98-56-7410
MOTC-IOT-97-H3DA003

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)

交 通 部 運 輸 研 究 所
中華民國 98 年 5 月

98-56-7410
MOTC-IOT-97-H3DA003

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)

著　者: 邱永芳、蘇青和

交通部運輸研究所
中華民國 98 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4) /
邱永芳、蘇青和著
-- 初版 -- 臺北市 ： 交通部運研所, 民 98.05
面 ； 公分
參考書目:面
ISBN 978-986-01-8840-2(平裝)
1.海洋救助 2. 海洋氣象 3. 自動化
557.49029 98007960

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)

著 者：邱永芳、蘇青和
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：10458 臺北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電 話：(04) 26587176
出版年月：中華民國 98 年 5 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定 價： 500 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1.電話：(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1009801090 ISBN：978-986-01-8440-2 (平裝)
著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)

國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN 978-986-01-8440-2（平裝）	1009801090	98-56-7410	97-H3DA003

主辦單位：港灣技術研究中心
主管：邱永芳
計畫主持人：邱永芳　共同主持人：蘇青和
研究人員：李俊穎、陳明宗、單誠基
參與人員：錢爾潔、陳正義、馬維倫、張麗瓊
聯絡電話：04-26587175　傳真號碼：04-26564415

研究期間
自 97 年 01 月
至 97 年 12 月

關鍵詞：近岸、防救災、預警系統、風浪預報、暴潮預報、流場預報、海嘯

摘要：

本計畫是依據係依行政院 95 年 4 月 28 日院臺字第 0950019240 號函核定「強化災害防救科技研發與落實運作方案」及相關國家科技發展計畫，在交通部有關促進海洋及海岸科技研發、建立良好海岸環境、減低海洋污染及海岸天然災害等目標，以擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預警系統。前幾個年度工作重點，包括海象觀測網分區規劃、建立本土化之風浪、水位、流場及擴散等數值模式及數值計算結果校驗。並建置作業化臺灣近岸海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括數值預報系統自動化的建立及與現場觀測資料比對驗證。

本年度主要研究工作目標為近岸波潮流之模擬技術與污染控制之預警精度及作業化功能經進。模式發展方面，除風場及氣壓場預報模式，由氣象局同步提供即時資訊，各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式、擴散模式及海嘯模式持續進行模式校驗。預警系統評估工作則以自動作業化方式進行全年推算，並取用現場觀測資料進行檢驗精度評估，而年度颱風期間列為評估重點。

本研究計畫之成果及效益，波浪方面建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供各港務局於港口航運安全所需之風浪預警資訊。水位方面建立本土化之水位預報模式，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位,以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準，並做為海岸災害防護措施的依據。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警及污染擴散資訊。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
98 年 5 月	650	500	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

□密□機密 □極機密 □絕對機密

（解密條件：□　年　月　日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，
□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）

■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Technology and Operation of a Early-warning System for Near-shore Disaster Prevention and Rescue (II)

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN978-986-01-8440-2 (pbk)	1009801090	98-56-7410	97-H3DA003

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER
DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-fang, Su Ching-ho
PROJECT STAFF: Lee Chun-ting, Chen Ming-chung, Shan Chen-chi, Chien Er-jier, Chen Cheng-yi, Ma Wei-lun, Chang Lee-chung
TEL: 886-4-26587175
FAX: 886-4-26564415

PROJECT PERIOD
FROM January 2008
TO December 2008

KEY WORDS: Near-shore Area; Disaster Prevention and Rescue; Forecast System; Wind-wave Forecast; Storm Surge Forecast; Flow Forecast, Tsunami

ABSTRACT:

This project is based on the National Technology Development Plan. The MOTC, encouraging ocean and shoreline technology development to get a goal of better shore environments, reduction of ocean pollution, and prevention of shore against natural disasters wants to set up a domestic prevention and rescue early-warning system for Taiwan's surrounding waters. The tasks emphasize, such as oceanographic observation net partition plan, localization of winds, waves, water level, current-field, and diffusion's numerical simulation models accompanied result values verification, and also establish the Taiwan Coastal Operational Modeling System (TaiCOMS), including the numerical forecast system automatically created and compared with on site observed data in the previous years.

In this year the tasks are to raise early-warning accuracy and operational function improvement regarding waves, tides, currents' numerical simulations and pollution control respectfully. In regards to model development, aside from the wind field and pressure forecast model supplying real-time information from the Central Weather Bureau, all localized wave, water level, current field, diffusion, and tsunami models are continuously verified. Early-warning system assessment work will take an automatic operation approach to proceed with the whole year and utilize on site observed data to proceed with precision assessment, especially during the typhoon period.

Estimated results of the project: Localize modeling techniques on waves, tides, currents and dispersions, integrate the defense system, including wind predictions, wave and tide forecast system, and the dispersion simulation system, integrate the observations and the model predictions for the use of flooding warning system, and provide wave and tide information for navigation of the 7 harbors. Oil spill predictions can offer quick and precise information for the necessary risk response system.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
May 2009	650	500	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)
目錄

中英文摘要..... Ⅰ

目錄..... Ⅲ

第一章 前言..... 1-1

1.1 計畫背景..... 1-1

1.2 國內外海氣象預報系統現況..... 1-4

1.3 研究計畫內容及成果..... 1-8

第二章 臺灣環島風場及氣壓場預報模式..... 2-1

2.1 臺灣環島風場模式..... 2-1

2.2 臺灣環島氣壓場模式..... 2-5

2.3 年度侵臺颱風..... 2-8

第三章 臺灣環島及近岸波浪預報模式..... 3-1

3.1 臺灣環島風浪預報模式..... 3-1

3.2 臺灣近岸及港區波浪預報模式..... 3-12

3.3 臺北港及高雄港近岸與港區波浪模擬..... 3-20

3.3 臺中港波浪相關模式..... 3-99

第四章 臺灣環島及近岸水動力模式..... 4-1

4.1 臺灣環島水動力模式..... 4-2

4.2 臺灣近岸水動力模式..... 4-17

4.3 臺北港及高雄港近岸與港區周圍流場模擬..... 4-22

第五章 臺灣海域及近岸擴散模式..... 5-1

5.1 臺灣河口溫鹽擴散模式..... 5-1

5.2 臺灣海域及近岸洩油軌跡預測模式..... 5-11

第六章 臺灣近海海嘯特性-案例分析..... 6-1

6.1 呂宋島西北方地震..... 6-2

6.2 福建泉州地震..... 6-10

6.3 宜蘭龜山島地震 6-21
6.4 日本琉球群島地震 6-29
6.5 日本關東地區地震 6-39
6.6 日本北海道地區地震 6-49
6.7 新幾內亞地震 6-59
6.8 綜合討論 6-69
第七章 海象預報作業及年度評估成果 7-1
7.1 年度觀測料統計 7-4
7.2 年度颱風波浪及颱風暴潮評估 7-10
7.3 氣象局預報風場評估 7-57
7.4 波浪作業化模式成果評估 7-95
7.5 水位作業化模式成果評估 7-160
7.6 海流作業化模式成果評估 7-195
第八章 臺灣主要港口海氣象模擬網站系統 8-1
8.1 網站內容 8-1
8.2 海氣象預報地理資訊展示系統介面 8-14
第九章 臺灣主要商港海氣象長期模擬及分析 9-1
9.1 臺灣主要商港風場長期模擬及分析 9-1
9.2 臺灣主要商港波浪長期模擬及分析 9-15
9.3 臺灣主要商港水位長期模擬及分析 9-52
9.4 臺灣主要商港海流長期模擬及分析 9-59
第十章 結論與建議 10-1
10.1 結論 10-1
10.2 建議 10-4
參考文獻 11-1
附錄 A 期末審查會議記錄 A-1
附錄 B 期末審查簡報 B-1

第一章 前　言

1.1 計畫背景

災害防救科技研發與落實應用對整體工作效能的提升，具有關鍵性的影響。過去「防災國家型科技計畫」所累積的防救災科技研發成果尚不足以應付未來艱鉅的挑戰，需持續加強推動，始可有效減輕災害所造成之損失與衝擊。透過災害防救業務相關單位多次工作協商，共同研擬「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，並於 95 年 4 月 28 日獲行政院以臺內字第 0950019240 號函核定。

整體研發推動涵蓋領域甚廣，包括地震、氣象、洪旱、坡地、人為、社會經濟、災害防救體系及災害防救教育等，參與單位有經濟部(水利署、地調所)、交通部(氣象局、運研所)、內政部(營建署、建研所、消防署)、教育部(顧問室)、農委會(水保局)、衛生署、環保署(毒管處)、勞委會(勞研所)、國家地震工程研究中心及國家災害防救科技中心等 14 個單位。本計畫即依行政院核定方案整體方案之總目標、重點工作、研發課題、執行期程與規劃經費等項目，以擬定研究目標及內容。

由於台灣之氣候、地理及地質等特殊情況，以及人為開發活動，致使整體環境之脆弱性增加，抗災能力相對較為薄弱，屬於高災害風險地區，將來勢必無法倖免各類災害之衝擊，應及早加強推動災害防救工作，而其中科技研發與落實應用實對整體工作效能的提升，具有關鍵性的影響。過去所累積的防救災科技研發成果尚不足以應付未來艱鉅的挑戰，唯有持續強化災害防救科技研發與成果落實應用，才能減輕將來面臨災害發生時的重大損失。

世界銀行 2005 年刊行 Natural Disaster Hotspots—A Global Risk Analysis 提及台灣曝露於三種或兩種天然災害下之人口與面積比例均為世界之冠。加以近年全球氣候變遷之影響，極端氣候事件發生頻率有日益增加之趨勢。例如，美國 Katrina 颶風、菲律賓土石流、台灣近年颱風豪雨事件，降雨量屢破紀錄，造成大規模重大災情；921 大地震後，造成許多地區土石鬆動，容易引發土石流與坡地崩坍災害，

甚至進一步導致水庫供水機能減損，引發原水濁度飆高，自來水無法正常供應；西南沿海地區長時期大量超抽地下水，導致大範圍地層下陷，此等地區極易淹水。此外，禽流感、恐怖攻擊、資通安全等新類型災害；長公路隧道、地下空間、高速鐵路等高風險設施空間；以及災害孤島、弱勢族群及高齡少子化社會防災對策等課題，致使我國未來所面對的災害型態具有災害大規模化、高頻率化、多樣化、複雜與複合化之趨勢。

臺灣四面環海，陸域面積約 3 萬 6 千平方公里，在這狹小的地區卻塞了 2 千 4 百萬的人口，因為如此，往海的那個方向發展就變得很自然了，所以很多人居住於海濱，為了保護人民的生命財產，必須在海岸興建人工建築物來抵擋海岸侵蝕、海水倒灌等等的災害，所以對於近海的海象狀況比需要有一定程度的了解；另一方面領海的面積約為 17 萬平方公里，比起陸域面積大上許多，提供了許多能源、資源及遊憩活動空間，如臺灣海峽廣大的漁場、填海造陸、各縣市政府推行的藍色公路等等，皆將人民的生活空間由陸地漸漸的推向海洋，所以為了讓政府決策單位及人民有一個依據，發展一套近岸海域海象預報系統是迫切需要的。

近海海水水位產生變化的原動力為由太陽及月球引力產生潮汐，由風及大氣壓力變化產生的的風暴潮（可影響水位變化由數小時到數天），另外就是風產生的風浪（週期可達到 25 秒，波長範圍由 10 公尺到 1000 公尺）。波浪比起潮汐及風暴潮更有威力的地方就是波浪在碎波的同時會釋放出大量的能量，這個能量可以破壞岸邊的人工結構物，並且會造成海岸侵蝕；在各種浪中，以颱風產生的颱風浪最為值得注意，因為颱風的風力強大，在海面產生的風剪力也相對較大，所以可以產生週期較長且波高較高能量也較大的颱風浪，若再經由地形的淺化效應，使其波高加大，所造成的影響就更大了；另外一方面，波浪的產生不像潮汐一樣為週期性的，由於這種不確定因素，所以在本計畫中列為重點考量的因素。

預測波浪甚為複雜，在本所港灣技術研究中心的努力下已經在臺灣五大商港去建立觀測站來觀測及紀錄波浪的資料，並藉著解析的方

法來重現波浪的產生情況，這種方式往往只適用於單點產生的波浪推算，對於整個臺灣海域全面的波浪情況便無法掌握了。

目前世界許多國家皆採用數值模式做為預報波浪的方式，國內也有一些學者開始進行這方面的研究，中央氣象局也引進美國海洋及大氣總署（NOAA）所發展的波浪預報模式 NWW3 做為海象波浪測報的工具。本所港灣技術研究中心長期為國內港灣建設、海岸開發及航運安全提供所需的資訊與服務，為保護和利用近岸海域，邁向 21 世紀的海洋國家，除近岸海域的使用外，應著重百姓生命財產的保護，以補往昔之不足。由於全球環境變遷，藉由過去觀測的資料加以統計分析所得的結果已不足為憑，各項迴歸週期之設計基準也將不足以應付新的自然條件所加諸之嚴酷挑戰。因此，近岸防救災系統的建立是在 21 世紀配合臺灣要邁向海洋國家最重要的施政項目之一。

本計畫係依行政院 95 年 4 月 28 日院臺字第 0950019240 號函核定「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，整體方案之總目標、重點工作、研發課題、執行期程與規劃經費等項目，擬定各項計畫目標及內容。本研究擬以計畫執行期間，結合國內專家學者，藉由國外的發展經驗，擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預報系統。主要研究目的有以下幾項:

1. 建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。
2. 建立本土化之水位預報模式，以整合臺灣環島海岸觀測水位資料，及數值模擬結果，迅速且經確的提供海岸溢淹之預警資訊。
3. 配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位,以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準, 並做為海岸災害防護措施的依據。
4. 建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警資訊。

5. 建立近岸與港區包括油污及不同污染物擴散數值模式，以能訊速正確掌控海岸各種污染擴散現象，以提供救災必要之資訊。
6. 配合本所海情中心業務，建立近岸防救災預報系統，並採用地理資訊系統之人性化操作界面，以利各界之使用。

1.2 國內外海氣象預報系統現況

數值模式的優點在於可以得到完整的時空特性並可根據過去的模擬參數預測未來的發展趨勢，由於現在電腦的運算能力比起從前強大許多，再加上數值計算方法的進步，使得數值模式的精度與執行效率較以往大幅的增加，所以世界各國，尤其是歐、美、日等先進國家，的近海預報系統皆已使用數值模式來模擬，臺灣鄰近的韓國、香港、泰國、新加坡等國亦都已有相當的發展，而國內中央氣象局海象測報中心，近幾年來致力於發展近海預報模式也有相當的成果。

近海預報模式包含了波浪、水位、流場等現象的預報。歐洲在這方面起步較早，所以近海預報系統也較為完備，美國現在亦以歐洲發展的基礎根據美國的地區特性加以改善成為美國本土性的近海預報模式系統，以下就國內外近海海象預報系統的發展情況概述如下：

1.2.1 挪威海氣象預報系統

挪威氣象中心（Norwegian Meteorological Institute, DNMI）發展的三維海洋模式 ECOM（Estuarine, Coastal and Ocean Model）預報風暴潮及海流情況（Engedahl, 1995；Martinsen et al., 1997），預報使用的平面網格解析度為 20 公里的卡氏座標系統，包含了大部分西北歐的大陸棚。在風暴潮的預報部分，ECOM 使用三維正壓項模擬（垂直分為 12 層），於海流預報則加入斜壓項分為 17 層，預報結果提供海流、海水水位變化及溫度、鹽度等資料。同時，挪威氣象中心並使用 WAM 波浪模式做為預報波浪的工具，網格解析度為 0.45 度，範圍包含了北大西洋、北海，挪威海、格林蘭海及白令海。

預報的時程部分則是一天做兩次預報，分別在 00 及 12 UTC 預

報未來 48 小時的海象狀況。其輸入的風場及氣壓場資料則是由挪威氣象中心執行的 HIRLAM 氣象預報模式所提供。

1.2.2 荷蘭海氣象預報系統

自 1990 年開始荷蘭皇家氣象研究所(KNMI)即使用一套由 Delft Hydraulics 及 Rijkswaterstaat（Gerritsen et al., 1995； Phillippart and Gebraad, 1997）發展的 Dutch Continental Shelf Model（DCSM）來預報潮汐及暴潮。模式模擬的範圍為西北歐洲大陸棚，網格解析度為緯度為 1/6 度，經度為 1/4 度。

自 1977 年起 KNMI 就已經開始預報北海的波浪，到了 1990 年，開始使用由第三代 WAM 修改的局部區域模式－NEDWAM 做為波浪預報的工具（Komen et al., 1994； Voorrips et al., 1997）。模式的模擬範圍包含了北海、挪威海、格林蘭海及英吉利海峽，網格解析度則為 32 公里。風場則由 KNMI－HIRLAM 大氣模式產生。

自 1993 年起，風場由 KNMI 的 HIRLAM 大氣模式產生。預報的時間為每天四次，進行 12 小時的現況模擬並預報未來 48 小時的海象狀況。從 1998 年起使用浮標監測的波浪紀錄與預報模式的現況模擬結果進行資料同化過程，以達到較佳的預報效果。

1.2.3 比利時海氣象預報系統

自 1970 年代開始，隸屬比利時國家研究院的數值模式管理中心，MUMM（Management Unit of the North Sea Mathematical Model）即使用垂直平均的 2D 水動力模式預報潮汐及風暴潮，預報範圍為北海（Adam, 1979），網格的解析度為北海北部使用 20 分網格大小，南部則使用 7 公里網格。1998 年新版本的 2D 水動力模式(Yu et al, 1994）在 MUMM 及 AWK（公共工程部海岸及航道工程處 Afdeling Waterwegen Kust； Ministry og the Flemish Government）正式啟用（Ozer et al., 1997； van den Eynde et al., 1998）。網格解析度為緯度方面為 2.5 分，經度方面則是 5 分。在風場及氣壓場的部分，使用英國氣象局（UKMO）所提供的資料。每天預報兩次，每次預報未來 4

天。

自 1992 年起，MUMM 及 AWK 使用由 GKSS（van den Eynde, 1992）發展的第二代風浪模式 HYPAS 預報波浪。使用了波浪浮標監測記錄及衛星 ERS-1 波高計的資料進行模式線上校正，並使用 HTML 發展使用者介面，讓使用者可以很容易的讀取模式產生的資料，現在亦積極發展以 WAM 結合 SWAN 的近海波浪模式系統上線預報。

1.2.4 英國海氣象預報系統

自 1978 年開始，英國氣象局（UKMO）即使用由 POL（Proudman Oceanographic Laboratiry）發展的二維風暴潮模式與潮汐模式預報潮位變化，模擬的範圍自北緯 48 度至北緯 63 度，西經 12 度至東經 13 度，模式解析度在緯度方面為 1/9 度，經度方面為 1/6 度。模式預報時間為每天兩次，每次預報未來 36 小時。於 1999 年以後，使用新的模式來預報風暴潮，此模式已將潮汐的變化考慮進去，所以可以得到更為準確的暴潮水位。

對於波浪的預報，英國氣象局使用由 Golding（1983）為基礎的第二代波浪模式，其後此模式由 Holt（1994）來維持更新。此模式不但可以模擬大尺度的範圍，同時也可以模擬水深 200 公尺以內的大陸棚區。在大尺度範圍方面，使用的網格點為 0.833 度 X 0.56 度，風場部分使用同樣尺度的全球數值氣候預報模式（NWP）預報風場，並且使用 ERS-2 波高計的資料來做同化。此模式每天預報兩次，分別為 00 UTC 及 12 UTC，預報未來五天的波浪。小尺度區域模式，包含西北歐洲大陸棚、地中海、波羅的海及黑海，網格解析度為 0.4 度 X 0.25 度，也是每天預報兩次，分別於 0230 UTC 及 1430 UTC 做預報，預報時間亦為未來 48 小時，風場使用全球數值氣候預報模式（NWP）預報風場，邊界部分則是使用大尺度模式的模擬結果。

1.2.5 美國海氣象預報系統

美國的近海海岸預報系統，目前是由 Ocean Modeling Branch of the National Weather Service's Environmental Modeling Center、the

National Ocean Service's Coast Survey Development Lab、Princeton University、以及 Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO) 所共同發展的 Regional Ocean Forecast System（ROFs），此套系統是由 1991 年開始發展，並於 1993 年開始作實驗性的預報。此系統為一三維水動力模式，模擬的範圍為北緯 30 度至 47 度，由美國東岸海岸線向外延伸至西經 50 度，網格解析度為 20 公里，在近岸的部分則變為 10 公里，海水表面的驅動力則是由 NCEP（National Centers for Environmental Prediction）的 Eta 中尺度大氣模式提供。此套系統一天預報一次，每次預報其後時間 48 小時。

在波浪的部分，則是使用由 NCPE 下的環境模式中心（EMC）中的海洋模式及分析部門（MMAB）所發展的 WAVEWATCH III，此模式為第三代風浪預報模式 WAM 修正版本，目前發展至 2.22 版本。

1.2.6 中央氣象局海氣象預報系統

中央氣象局海象測報中心的波浪預報是根據數值天氣預報所預測之海面風場，代入二種模式：一種是依據風向、風速、吹風歷時、風域長度與波高、週期關係之面積風域法；另一種是以能量平衡方程式為基礎之波譜數值模式。自民國八十四年起，每日提供一次上午八時之波浪分析圖及未來二十四小時波浪預報圖，波浪圖涵蓋範圍自東經 105 度至 140 度，北緯 5 度至 35 度，包括了臺灣海峽、東海、黃海、南海及部分西北太平洋海域，對於我國海域航行安全有相當大之助益。自九十年起改進為三十六小時預報，提供次日上午八時及下午八時之波浪預報圖，含 1 公尺以上波高等值線及波向。民國九十一年引進美國氣象局 NWW3 (NOAA Wave Watch III)波浪模式並加以本土作業化，與原先使用之 WAM 模式並行測試(中央氣象局海象測報中心網站資料)。另於民國九十二年底引用 SWAN 模式，研究東北角海岸模式範圍由東經 121.5 度到 122.5 度，北緯 24.5 度到 25.5 度，網格格點為 500 公尺，每天預報兩次，每次提供未來 24 小時及 36 小時的波浪預報場。

1.3 研究計畫內容及成果

參考各國近海海象預報系統的發展狀況，本計畫在上一期之研究期程已規劃完整的臺灣環島海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括觀測網的架設、觀測資料即時監測、數值預報模式的建立、模式驗證及海氣象資料庫的整合等，系統架構如圖 1.1 所示。

預報為觀測最重要的目標，而觀測為預報系統建立之基礎。目前臺灣海氣象之調查，以水利署、中央氣象局及交通部運輸研究所為主要單位，又各單位之調查因其目標不同而有不同的觀測需求；水資源局以潮位觀測為主，中央氣象局以風、溫度、潮位為主，交通部運輸研究所以各國際港之風、波、潮、流等為主要，各單位觀測網遍佈全臺灣，對於提供在臺灣近岸四周海域海氣象特性預測之數值模擬研究幫甚大。海氣象觀測站的分佈依數值模擬的需要，分成不同等級觀測，而其觀測點有依大尺度計算領域和小尺度計算領域不同需求而設立。有效觀測網後對數值模擬的檢驗，能提高精確度，同時不會重複觀測，簡省人力及資源之浪費。

過去幾年本中心在國內主要商港之即時海氣象觀測網已建置完成，歷年建置之海氣象資料庫內容豐富，海氣象資料及分析結果，除提供各港務局與其他公民營機構參考應用，並提供本計畫預報模式比對，以提昇預警精度。觀測網路部分預計可以得到的觀測資料為地形、水深、氣壓、颱風、風場(風速、風向)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)及流場(流速、流向)等現場資料，經同步連線回傳整理後統一輸入資料庫中以便未來提供查詢及模式的應用。

預報模式發展方面，為適用各種海象條件，整合規劃建置多種預報模式，包含了風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬，其中風場的模擬包含了季風及颱風，同樣波浪的模擬包含了季風波浪及颱風波浪，水位的模擬則包含天文潮位、暴潮位潮位及地震產生之海嘯，海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮流)、長週期恒流及波浪引起之沿岸流等。擴散模式主要重點為油污，其次為一般污染濃度。風場

的部分由於氣象局可以提供資訊，所以本計畫不擬執行一般風場的預報模擬，颱風期間由氣象提供颱風路徑、中心最大風速與暴風半徑等資料，也引用中央氣象局 NFS 海上風場模式所產生的全域及時預報風場及氣壓場。

本研究多年來在模式系統的建置方面，波浪模式部份已完成建立 WAN 模式、SWAN 模式、類神經網路颱風波浪模式、半經驗颱風波浪模式等 4 種風浪模式，波浪模式之大中小網格最佳化及水深資料建立。並完成幾個港區附近海域之區域性近岸波浪模式，以期有更準確、更有效率的預報臺灣沿岸海域的風浪。水位模式方面；建置本土化之潮汐及風暴潮水位預報模式，以臺灣環島海岸觀測水位資料，校驗數值模擬結果。海流模式方面已建立二維及三維全域水動力模式，並完成二維流場模式之驗證。擴散模式則初步建立近岸與港區包括油污及不同污染物擴散數值模式，以期能訊速正確掌控海岸各種污染擴散現象。預報系統方面則建置防救災預報系統網站，在完整取得中央氣象局每日預報氣象資料，也完成臺灣近海海域模式即時現報作業系統測試。

本年度主要工作目標為近岸波潮流之模擬技術與污染控制之預警精度及作業化功能改進。模式發展方面，除風場及氣壓場預報模式，由氣象局同步提供即時資訊，各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式、擴散模式及海嘯模式持續進行模式校驗。預報系統評估工作則以自動作業化方式進行全年推算，並取用現場觀測資料進行檢驗精度評估，而颱風期間列為評估重點。本年度並增加完成高雄港及台北港兩港之模擬上線作業，包括商港區及附近海域(港口)風場、波浪、水位及流場模擬作業上線，查詢應包括 72 小時模擬及即時模擬部份。

海氣象觀測站之長期觀測分析與預報系統之整合方面，包括相關觀測資料蒐集分析、與氣象局及水利署等單位協調、各種模組整合計算結果比對等皆是重點工作。有關預報模式作業化成果評估，各種海氣象波浪模式精確度、計算速度改進及成果評估，皆以自動作業化方式進行全年逐日預報結果，並取用七個主要商港及氣象局現場觀測資

料進行校驗及精度評估等工作，最後以環島近岸長期風場、波浪、水位及海流等模擬結果分析，以求得重要據點之海氣象特性。

未來研究目標希望在近海海象預報模擬系統的預報時間能夠在氣象局發佈氣象預報後三至六小時之內完成。波浪方面建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。水位方面建立本土化之水位預報模式，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位,以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準， 並做為海岸災害防護措施的依據。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警及污染擴散資訊。最後在配合本所海情中心建置計畫，建立近岸防救災預報網路查詢系統，隨時提供各相關單位參考，以提昇港埠營運效能，同時對於各種突發狀況，可以快速研擬緊急因應對策。

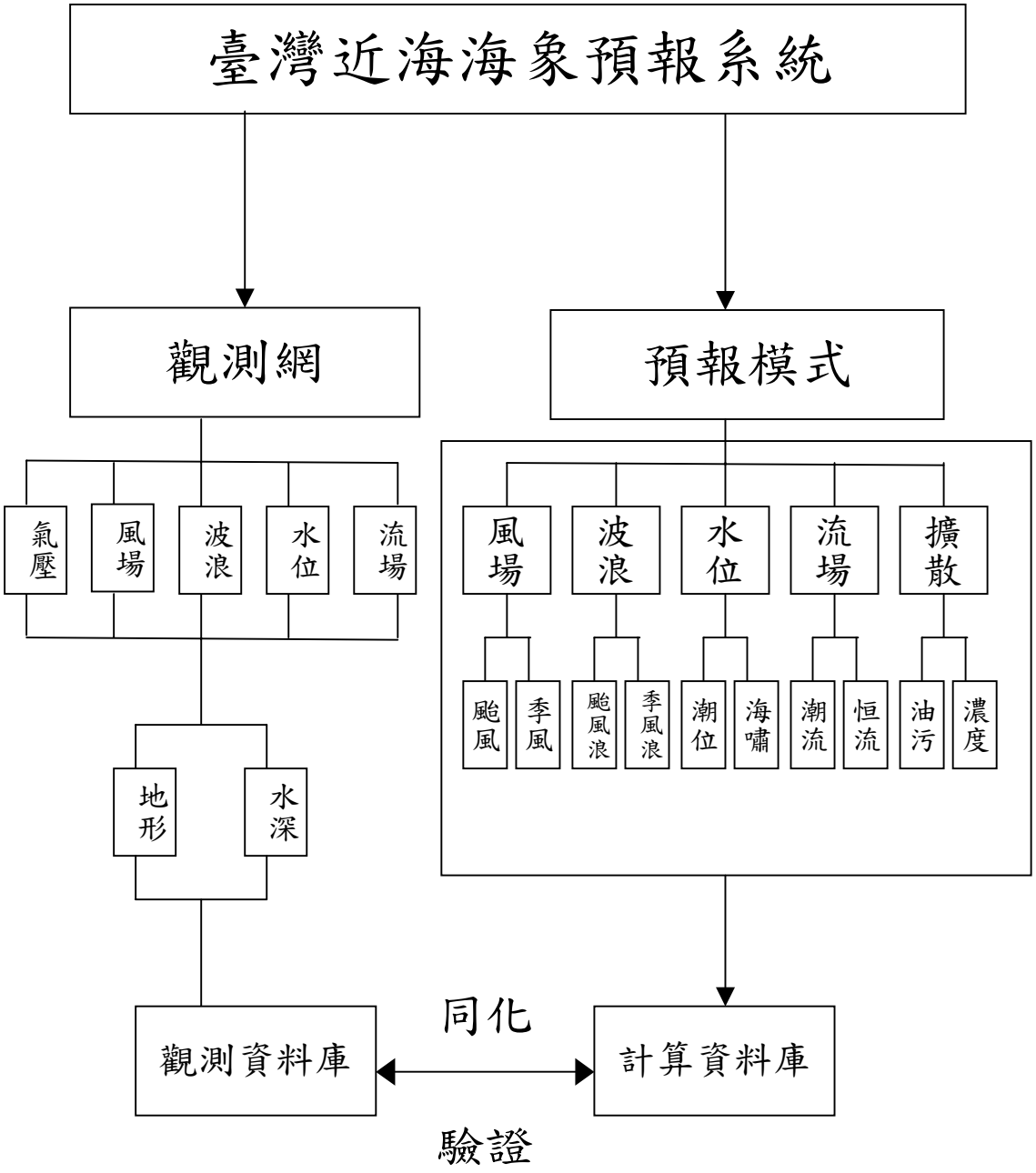


圖1.1　臺灣近海海象預報系統架構圖

第二章 臺灣環島風場及氣壓場預報模式

由於波浪及水位的預報皆會受到氣象條件的影響，特別是風速及氣壓的影響最大，因此本章節主要是探討這兩個因子的計算方法以及模擬的結果。全域風場方面主要以引用中央氣象局 NFS 預報風場為主。氣壓場的部分也取得中央氣象局預報 NFS 氣壓場。以下就風場及氣壓場兩部分做說明:

2.1 臺灣環島風場模式

現在歐洲（ECMWF）與美國（NOAA）皆有大型的氣象預報模式來預報全球的氣象資料，中央氣象局也在 2002 年完成臺灣海域動態氣象預報模式預報即時全域海上風場，目前本計畫已透過合作取得中央氣象局 NFS 預報風場即時資料。

中央氣象局 NFS 預報風場模式提供三種不同尺度範圍之風場(如圖 2.1.2)，西太平洋預報風場範圍為南緯 5 度至北緯 43 度，東經 78 度至東經 180 度，網格解析度為 45KM；中國海域預報風場範圍為北緯 9 度至北緯 35 度，東經 110 度至東經 138 度，網格解析度為 15KM；臺灣海域預報風場範圍為北緯 20 度至北緯 26 度，東經 119 度至東經 123 度，網格解析度為 5KM，以便得到更符合臺灣海域的風場狀況。圖 2.1.2 至圖 2.1.4 為央氣象局 NFS 預報風場模式三種不同尺度範圍之預報風場向量圖，時間為 2008 年 9 月 27 日凌晨 23 點(薔蜜強烈颱風侵臺期間)。

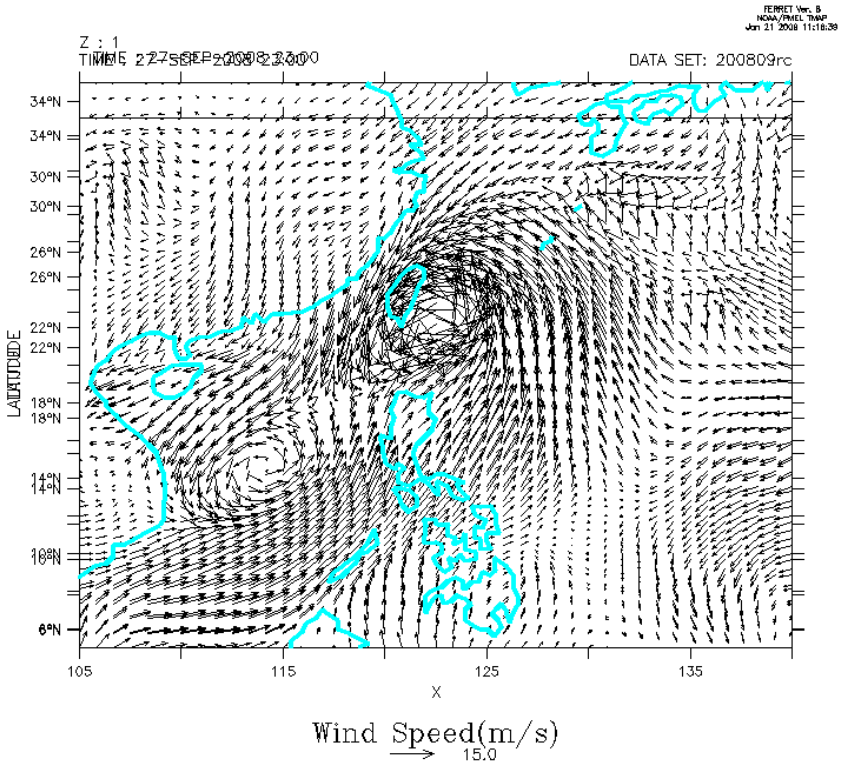


圖2.1.1 中央氣象局NFS風場模式西太平洋(45KM)風場向量圖

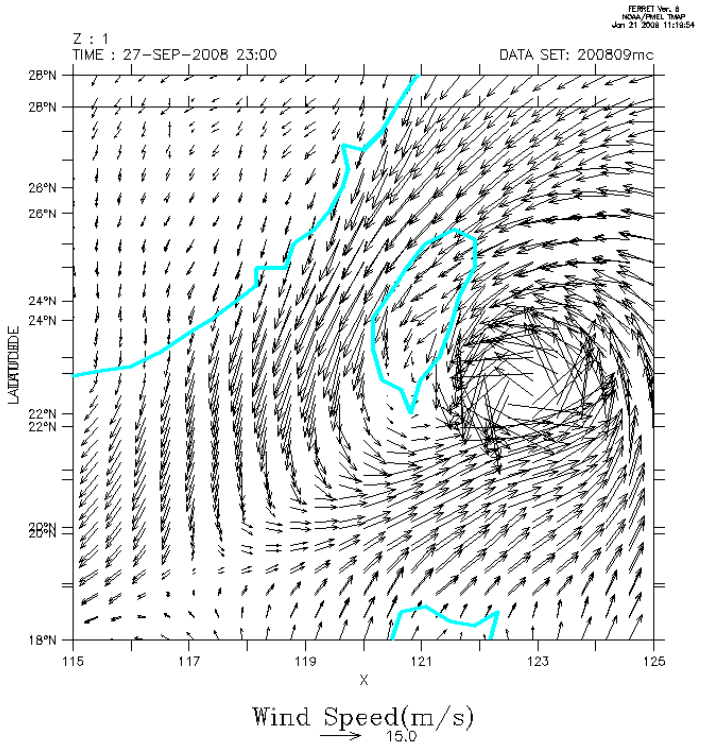


圖 2.1.2 中央氣象局 NFS 風場模式中國海域(15KM)風場向量圖

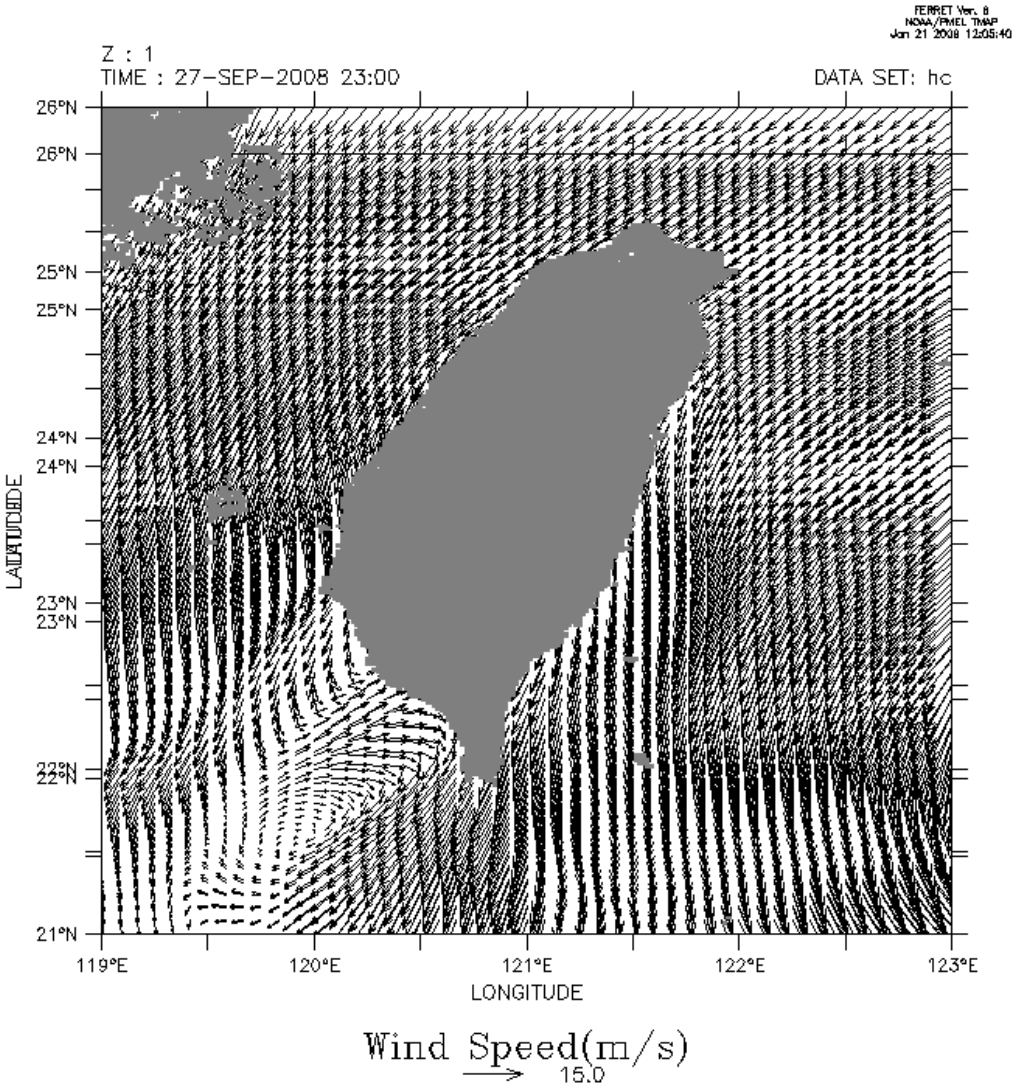


圖 2.1.3 中央氣象局 NFS 風場模式臺灣海域(5KM)風場向量圖

2.2 臺灣環島氣壓場模式

現在歐洲（ECMWF）與美國（NOAA）皆有大型的氣象預報模式來預報全球的氣象資料，中央氣象局也在 2002 年完成臺灣海域動態氣象預報模式預報即時全域海上風場，中央氣象局 NFS 預報氣壓模式提供三種不同尺度範圍與風場模式相同，西太平洋預報風場範圍為南緯 5 度至北緯 43 度，東經 78 度至東經 180 度，網格解析度為 45KM；中國海域預報風場範圍為北緯 9 度至北緯 35 度，東經 110 度至東經 138 度，網格解析度為 15KM；臺灣海域預報風場範圍為北緯 20 度至北緯 26 度，東經 119 度至東經 123 度，網格解析度為 5KM，以便得到更符合臺灣海域的風場狀況。圖 2.2.1 至圖 2.2.3 為央氣象局 NFS 預報氣壓場模式三種不同尺度範圍之預報等氣壓圖，時間為 2008 年 9 月 27 日凌晨 0 點(薔蜜強烈颱風侵臺期間)。

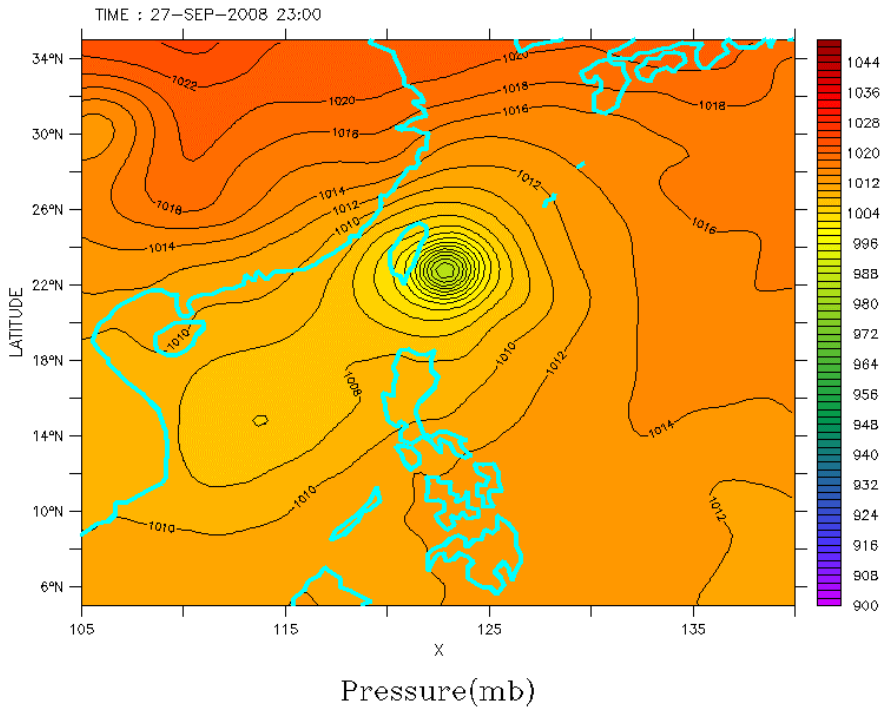


圖 2.2.1 中央氣象局 NFS 風壓模式西太平洋(45KM)等氣壓圖

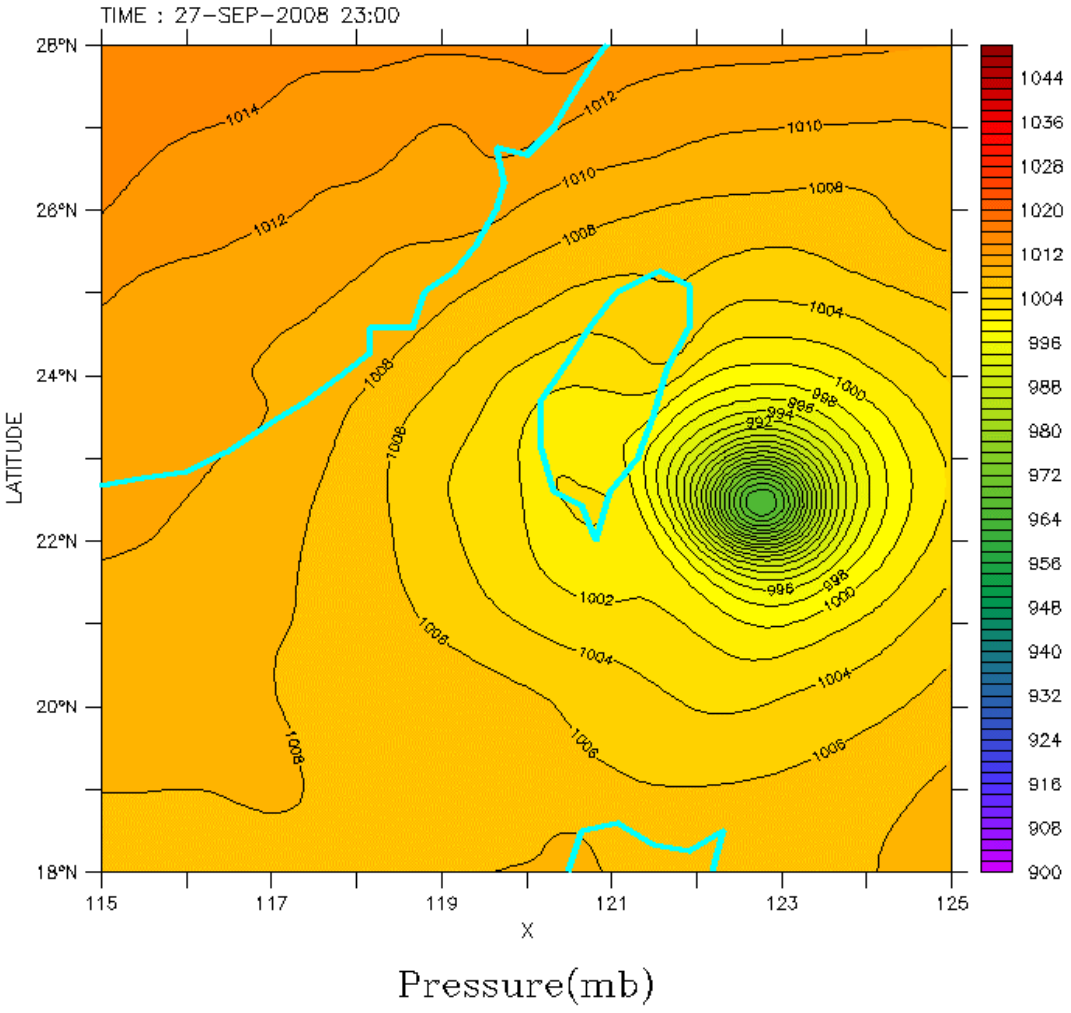


圖 2.2.2 中央氣象局 NFS 風壓模式中國海域(15KM)等氣壓圖

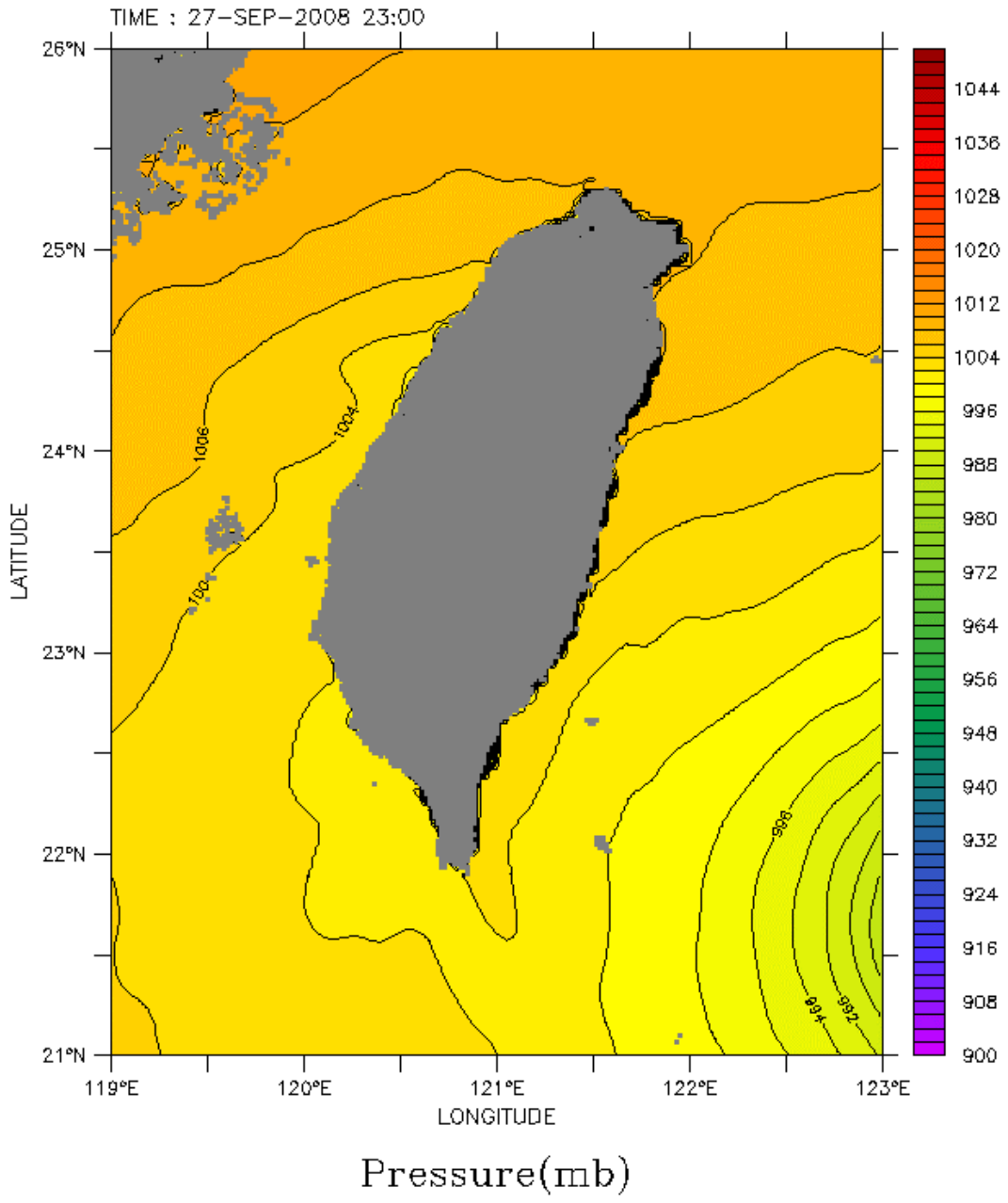


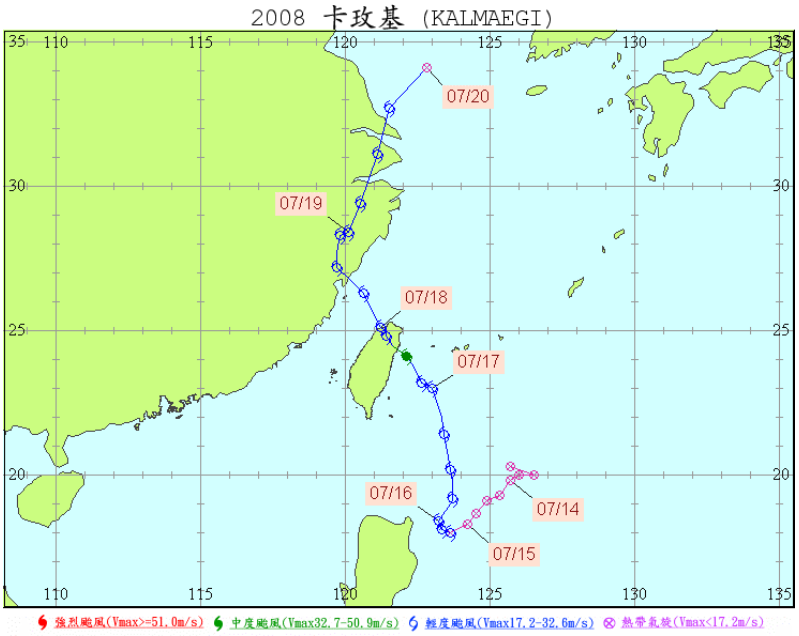
圖 2.2.3 中央氣象局 NFS 風壓模式臺灣海域(5KM)等氣壓圖

2.3 年度侵臺颱風

2008 年中央氣象局發佈侵台之颱風計有六個，如表 2.3.1，中央氣象局發佈之颱風路徑圖(包括概況表)如圖 2.3.1~圖 2.3.6。

表 2.3.1 2007 年侵臺颱風記錄表
(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw)

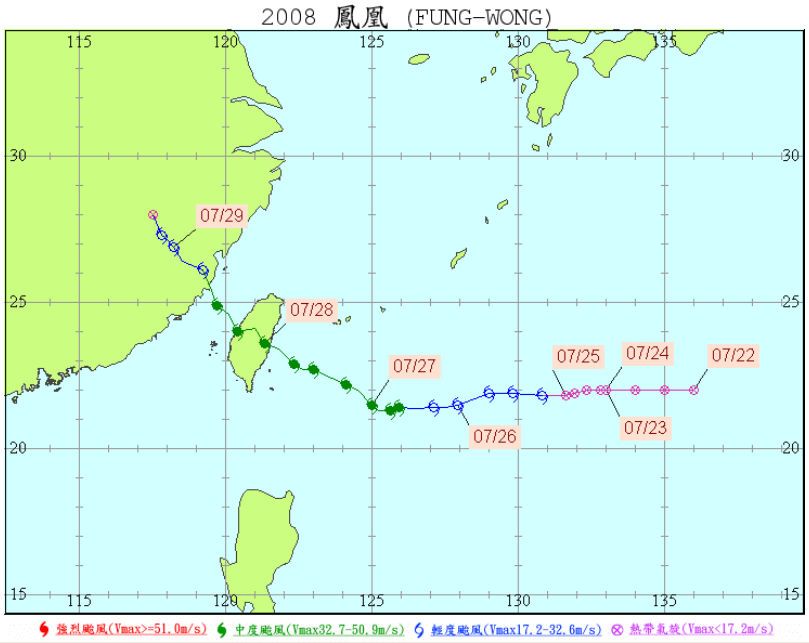
編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度	近中心最大風速 (m/s)	警報發布次數
200807	卡玫基	KALMAEGI	07/16～07/18	中度	33.0	20
200808	鳳凰	FUNG-WONG	07/26～07/29	中度	43.0	25
200812	如麗	NURI	08/19～08/21	中度	40.0	16
200813	辛樂克	SINLAKU	09/11～09/16	強烈	51.0	43
200814	哈格比	HAGUPIT	09/21～09/23	中度	45.0	15
200815	薔蜜	JANGMI	09/26～09/29	強烈	53.0	25



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	卡玫基(KALMAEGI)
編號	0807
生成地點	菲律賓東北近海
侵(近)台日期	2008 年 7 月 17 日
發布時間	海上:2008 年 7 月 16 日 14 時 30 分　　陸上:2008 年 7 月 17 日 2 時 30 分
解除時間	海上:2008 年 7 月 18 日 23 時 30 分　　陸上:2008 年 7 月 18 日 20 時 30 分
發布報數	20
最大強度	中度
近中心最大風速	33.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	宜蘭縣南部
動態	7 月 15 日在菲律賓東北方生成，移動緩慢而近似滯留，16 日凌晨轉向東北方向移動，不久後轉爲向北北西方向，朝台灣東部沿海靠近，17 日 17 時左右增強爲中度颱風，並 21 時 40 分於宜蘭縣南部登陸，18 日 7 時 20 分於桃園附近出海，並持續向西北方向移動，17 時 50 分進入大陸福建繼續向北移動。
災情	--

圖 2.3.1　2008 年 8 月卡玫基颱風路徑圖

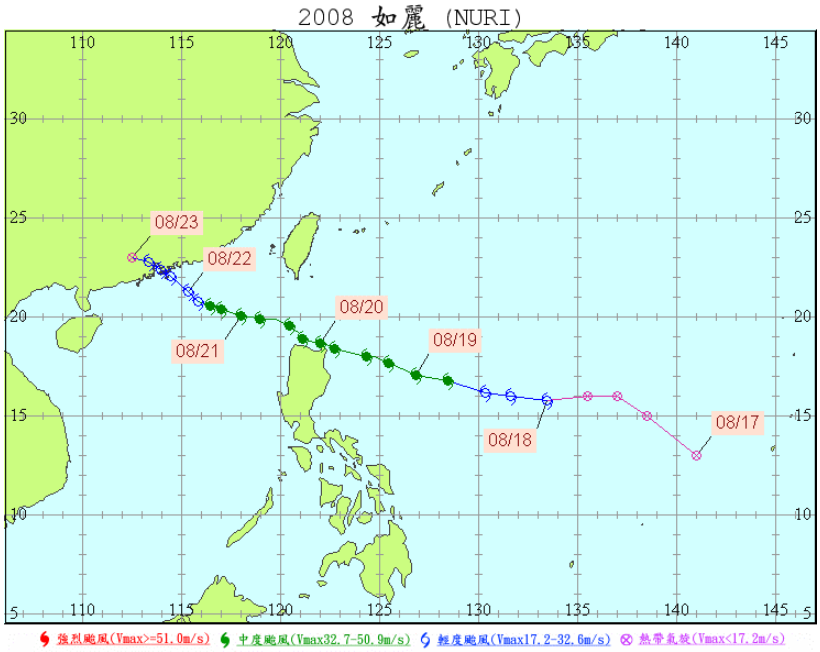
(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw**)**



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	鳳凰(FUNG-WONG)
編號	0808
生成地點	硫磺島西南方海面
侵(近)台日期	2008 年 7 月 28 日
發布時間	海上:2008 年 7 月 26 日 11 時 30 分　　陸上:2008 年 7 月 27 日 2 時 30 分
解除時間	海上:2008 年 7 月 29 日 11 時 30 分　　陸上:2008 年 7 月 29 日 11 時 30 分
發布報數	25
最大強度	中度
近中心最大風速	43.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	靜浦與長濱之間
動態	7 月 25 日在琉球東南方生成，以向西方向緩慢移動，26 日增強爲中度颱風，並持續以向西方向朝花蓮東南方海面接近，27 日轉爲向西北西方向移動，28 日凌晨 6 時 50 分於靜浦與長濱之間登陸，並持續向西北移動，14 時 30 分在彰化縣出海，23 時左右進入大陸福建，並繼續向西北移動。
災情	--

圖 2.3.2　2008 年 7 月鳳凰颱風路徑圖

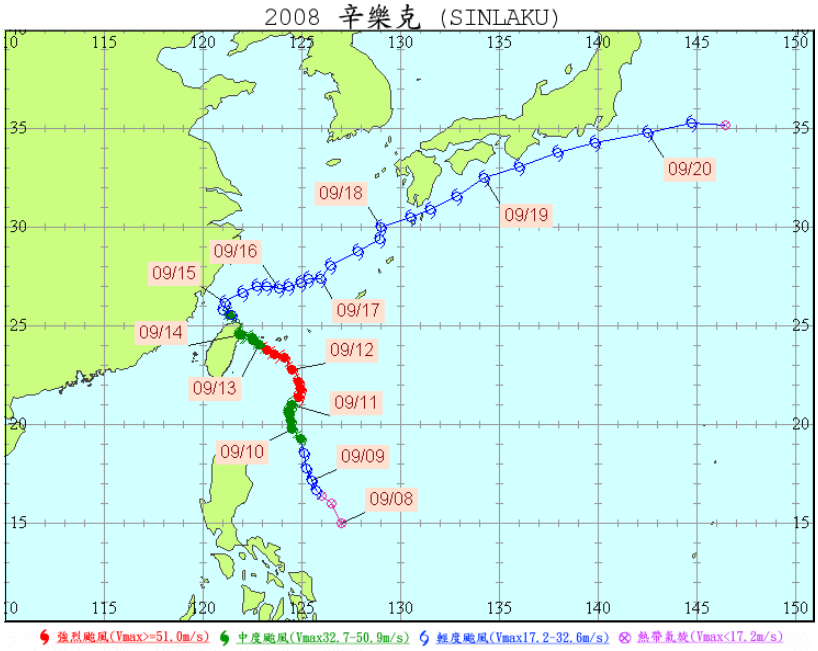
(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw)



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	如麗(NURI)
編號	0812
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2008 年 8 月 20 日
發布時間	海上:2008 年 8 月 19 日 11 時 30 分
解除時間	海上:2008 年 8 月 21 日 8 時 30 分
發布報數	16
最大強度	中度
近中心最大風速	40.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	--
動態	8 月 18 日在菲律賓東方海面生成，向西北西方向移動，19 日凌晨增強爲中度颱風，持續以西北西方向前進，20 日仍以西北西方向移動，穿越巴士海峽，並繼續往香港前進，22 日傍晚於香港登陸，23 日 8 時左右減弱爲熱帶性低氣壓。
災情	--

圖 2.3.3　2008 年 8 月如麗颱風路徑圖

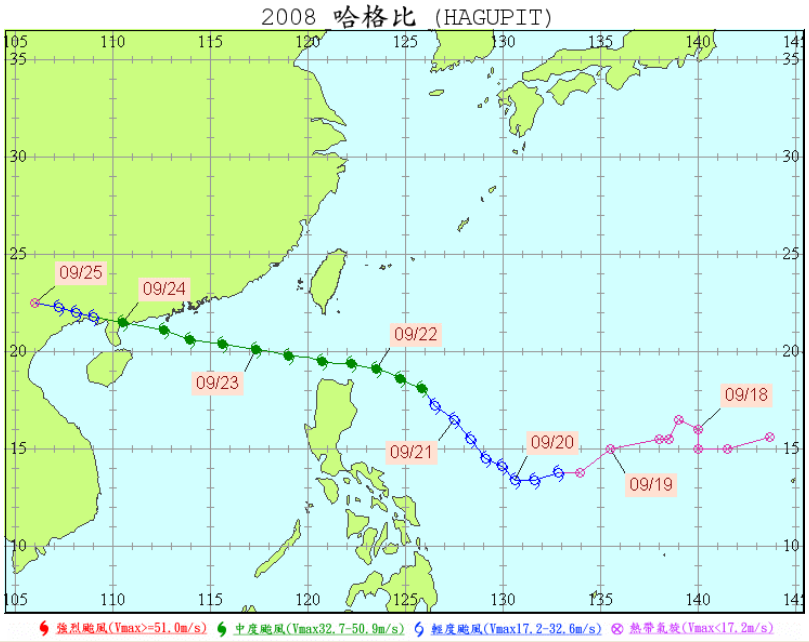
(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw)



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	辛樂克(SINLAKU)
編號	0813
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2008 年 9 月 14 日
發布時間	海上:2008 年 9 月 11 日 8 時 30 分　　陸上:2008 年 9 月 12 日 5 時 30 分
解除時間	海上:2008 年 9 月 16 日 14 時 30 分　陸上:2008 年 9 月 15 日 20 時 30 分
發布報數	43
最大強度	強烈
近中心最大風速	51.0 (公尺/秒)
登陸地段	宜蘭蘭陽溪附近
動態	9 月 9 日在菲律賓東方海面生成，向北北西方向移動，10 日增強爲中度颱風，11 日凌晨轉向北北東方向前進，14 時左右增強爲強烈颱風，並向北緩慢移動，12 日轉向西北方向前進，移速仍然緩慢，13 日 8 時左右減弱爲中度颱風，中心進入台灣東北部近海，持續向西北方向緩慢地移動，14 時至 20 時呈現滯留現象，14 日凌晨 1 時 50 分左右於宜蘭縣蘭陽溪附近登陸，登陸後強度繼續減弱且中心略有向南偏移，5 時左右中心在蘇澳附近呈現打轉現象，10 時左右其中心掠過台灣東北角進入台灣北部海面，在北部附近海面朝北北西方向十分緩慢地移動，至 14 時左右轉向西緩慢移動，17 時左右中心於北部近海再度向南偏移並呈現打轉現象，20 時左右強度減弱爲輕度颱風，且中心近似滯留，至 15 日 2 時左右中心仍在北部近海，5 時左右向北方向緩慢移動，8 時左右轉爲向東北前進，14 時左右暴風圈略微縮小，並向東北東方向移動，20 時左右強度持續減弱，並向東移動，全台陸地亦脫離其暴風圈。16 日 14 時解除海上颱風警報並持續向東北朝日本移動，隨後於 20 日 20 時於日本東方海面變性爲溫帶氣旋。

圖 2.3.4　2008 年 9 月辛樂克颱風路徑圖

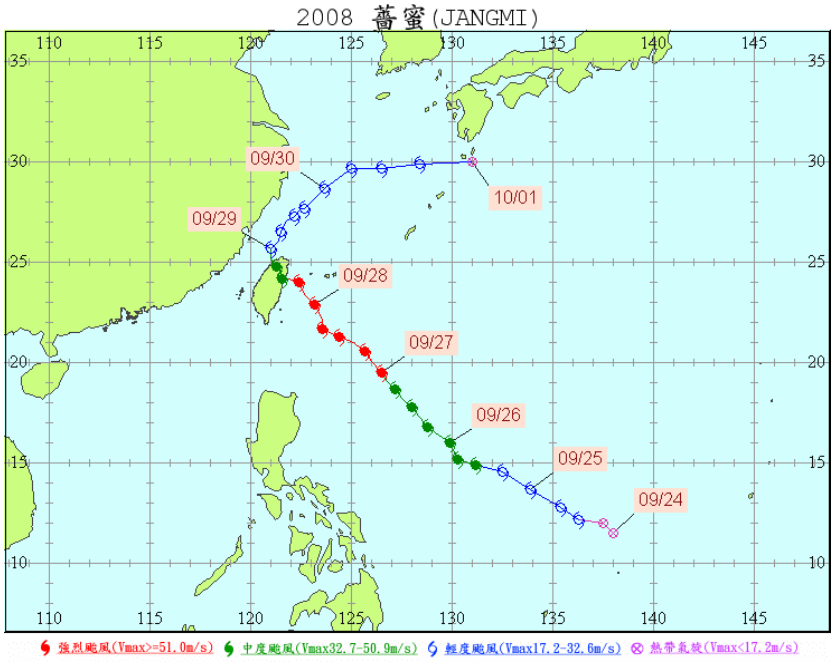
(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw)



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	哈格比(HAGUPIT)
編號	0814
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2008 年 9 月 22 日
發布時間	海上:2008 年 9 月 21 日 14 時 30 分　陸上:2008 年 9 月 22 日 2 時 30 分
解除時間	海上:2008 年 9 月 23 日 8 時 30 分　陸上:2008 年 9 月 23 日 2 時 30 分
發布報數	15
最大強度	中度
近中心最大風速	45.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	--
動態	9 月 19 日在菲律賓東方海面生成，並往西南西方向移動，20 日轉爲向西北方向前進，21 日 17 時左右增強爲中度颱風，暴風圈稍有增大，並持續朝西北西方向移動，22 日強度略有增強且暴風圈進入巴士海峽，14 時左右轉爲偏西移動，17 時左右暴風圈進入恆春半島，23 日 2 時左右恆春半島脫離其暴風圈，並快速地繼續向西移動，8 時 30 分解除海上颱風警報並持續往西北西方向前進。24 日登陸中國湛江，並減弱爲輕度颱風，25 日減弱爲熱帶性低氣壓。
災情	--

圖 2.3.5　2008 年 9 月哈格比颱風路徑圖

(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw)



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	薔蜜(JANGMI)
編號	0815
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2008 年 9 月 28 日
發布時間	海上:2008 年 9 月 26 日 23 時 30 分　陸上:2008 年 9 月 27 日 8 時 30 分
解除時間	海上:2008 年 9 月 29 日 23 時 30 分　陸上:2008 年 9 月 29 日 17 時 30 分
發布報數	25
最大強度	強烈
近中心最大風速	53.0 (公尺/秒)
登陸地段	宜蘭縣南澳附近
動態	9 月 24 日在菲律賓東方海面生成，向西北移動，25 日 20 時左右增強為中度颱風，26 日仍持續以西北方向前進，且強度逐漸增強，27 日 8 時左右增強為強烈颱風，暴風圈擴大，並繼續向西北方向移動，於 20 時左右再轉向西北西移動，且暴風圈逐漸進入東部近海，28 日移動速度略為減慢，並轉向西北方向移動，暴風圈逐漸進入東南部與東部陸地，並於 15 時 40 分左右於宜蘭縣南澳附近登陸，17 時左右減弱為中度颱風並向南偏移呈現打轉現象，23 時左右朝北北西方向移動，29 日 4 時 20 分在桃園附近出海，8 時左右減弱為輕度颱風，並轉向北北東移動，強度持續減弱，17 時左右中心於台灣北部海面，向東北移動，全台陸地脫離其暴風圈，23 時 30 分解除海上颱風警報，30 日轉為偏東移動，10 月 1 日變性為溫帶氣旋。

圖 2.3.6　2008 年 9 月薔蜜颱風路徑圖

(摘自中央氣象局網站 http://www.cwb.gov.tw)

第三章 臺灣環島及近岸波浪預報模式

3.1 臺灣環島風浪預報模式

3.1.1 WAM 風浪模式

3.1.1.1 WAM 模式基本理論及功能概述

本系統所使用的全域風浪模式是經過 WAMDI Group (1988)在模式的物理過程和數值方法上加以改良後，適用於遠域風浪預報的 WAM 模式(Wave Model)。WAM 模式所使用的基本控制方程式為波浪能量平衡方程式，此方程式能描述方向波譜在時間及空間上的變化過程。這些變化過程包括風傳遞到波浪的波能輸入條件、白沫效應、底床摩擦和波、波之非線性交互作用。其波浪能量平衡方程式可表示為：

$$\frac{\partial E}{\partial t}+\nabla_h\cdot\left[(\vec{U}+\vec{C}_g)E\right]=S_{tot} \tag{3.1.1}$$

由於在計算大範圍波場時，地球曲率將會影響到波浪的傳遞，為使模式適用於大範圍之計算，將式(3.1.1)從直角座標轉換為球面座標，其方程式表示如下 (WAMDI Group，1988)：

$$\frac{\partial E}{\partial t}+(\cos\phi)^{-1}\frac{\partial}{\partial\phi}(C_\phi E)+\frac{\partial}{\partial\lambda}(C_\lambda E)+\frac{\partial}{\partial\theta}(C_\theta E)=S_{tot} \tag{3.1.2}$$

式中，ϕ為緯度，λ為經度，C_ϕ、C_λ與 C_θ分別ϕ、λ與θ領域之傳遞速度，各領域的傳遞速度如下：

$$C_\phi=C_g\sin\theta/R\ ,\ C_\lambda=C_g\cos\theta/R\cos\phi \tag{3.1.3}$$

$$C_\theta=\frac{1}{k}\frac{\partial\sigma}{\partial d}\left(\frac{\sin\theta}{\cos\phi}\frac{\partial d}{\partial\lambda}-\cos\theta\frac{\partial d}{\partial\phi}\right)/R \tag{3.1.4}$$

如同波譜的線性假設，源項可表示為不同波浪成長與消散的能量總和，即

$$S_{tot}=S_{in}+S_{nl}+S_{ds}+\ldots \tag{3.1.5}$$

式中 S_{in} 為風傳遞到波浪的波能輸入通量，S_{nl} 為波與波間之非線性

交互作用波能傳遞通量，S_{ds} 為白沫效應所引起的波能消散通量。

當波浪傳遞至近岸地區時，由於水深變淺、地形變化顯著以及海流之作用，波浪可能受到碎波與底床摩擦影響導致波浪能量的衰減，而海流與地形變化也會使波浪在傳遞過程中產生頻率位移與折射效應。然而當波浪在遠域傳播時，這些現象並不顯著，而且波浪作用力在波浪傳遞過程中仍須保持守恆 (Bretherthon 和 Garrett，1968)，因此波浪作用力平衡方程式可退化成簡單的方程式。若不考慮波浪成長與消散情況時，波浪作用力平衡方程式可寫成：

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\nabla_h\cdot\left[(\vec{U}+\vec{C}_g)N\right]=0 \tag{3.1.6}$$

式中，$N(\sigma,\theta)=E(\sigma,\theta)/\sigma$ 為波浪作用力密度波譜，$E(\sigma,\theta)$ 為能量密度波譜。將 $E(\sigma,\theta)$ 代入式 (3.1.6)，則上式可改寫成

$$\frac{\partial E}{\partial t}+\nabla_h\cdot\left[(\vec{U}+\vec{C}_g)E\right]=\frac{E}{\sigma}\left[\frac{\partial\sigma}{\partial t}+(\vec{U}+\vec{C}_g)\cdot\nabla_h\sigma\right] \tag{3.1.7}$$

上式當波浪角頻率不因時空而變化時，可進一步化簡為波浪能量平衡方程式。但如果波浪場中有流之作用時，則能量平衡方程式將不適用，不過波浪作用力平衡方程式仍然成立，故利用波浪作用平衡力方程式可較為適用於地形與海流變化劇烈之近岸地區。

3.1.1.2 WAM 模式硬體及作業系統規格

本計劃在應用 WAN 模式模擬臺灣環島遠域之波浪時，採用桌上型高速電腦計算，相關規格為 INTEL Pentium 4 CPU 2.80 GHz 之中央處理器，512 MB 之記憶體，作業系統為 Microsoft Windows XP。由於 WAM 模式利用 Frotran 90 程式語言發展，故利用標準 Fortran 90 程式語言編譯成相關程式執行檔，本計劃選擇之編譯程式為 Compaq Visual Fortran Professional Edition 6.6。

3.1.1.3 WAM 模式流程圖

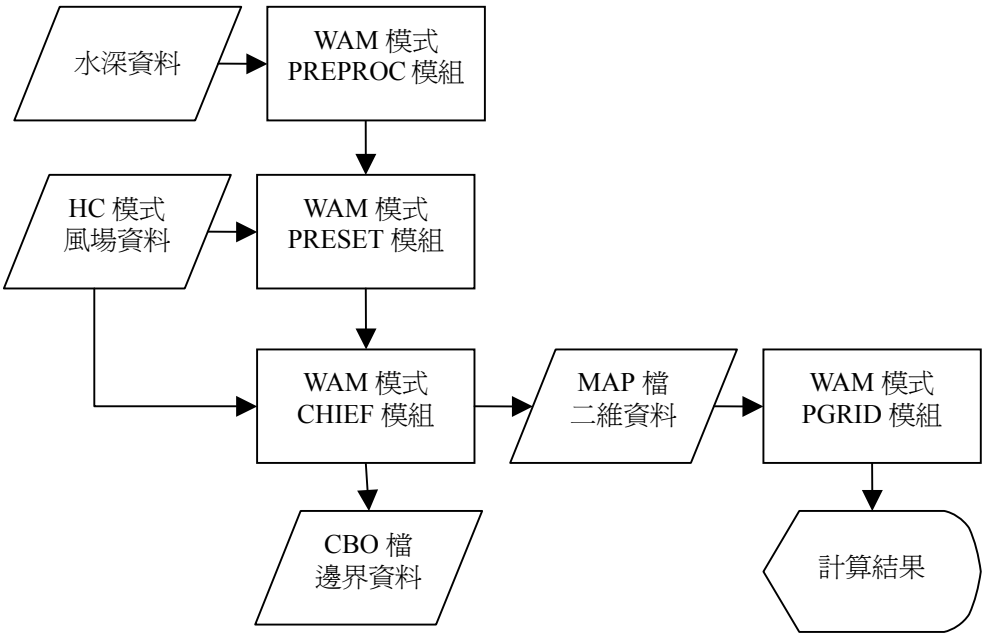


圖 3.1.1 WAM 風浪模式操作流程

3.1.1.4 WAM 模式相關程式檔說明

本計畫中所使用的版本是 WAM cycle 4 版本，其中包含數個模組 PREPROC、PRESET、CHIEF、BOUINT、PGRID、PSWGRID、PSPEC 及 PSWSPEC 等，根據本計劃執行需求，只使用到格網處理模組 PREPROC、初始值給定模組 PRESET、風浪計算模組 CHIEF 與後處理模組 PGRID。以下說明各模組之處理程序。

WAM 模式計算時，首先執行格網處理模組 PREPROC，程式檔檔名為 preproc.exe，此模組為模式計算前置作業之一，主要處理模式計算所需之格網水深資料、頻率帶及方位角、巢狀格網等相關資料，記錄於 ..\coarse 目錄下之 gridtai、ubuftai、bouctai。前置作業之二為初始值給定模組 PRESET，程式檔檔名為 preset.exe，此模組主要為 JONSWAP 波譜相關參數及風場輸入資料之設定，並將模式計算之初始條件記錄於 ..\coarse 目錄下之 blspanal、slatanal、lawianal。本計劃應用 WAM 模式進行長期波浪推算，因模式計算設定條件相同，故僅於首次計算時執行此二模組，初始條件則紀錄於相關檔案中，供後續模式計算使用。

風浪計算模組 CHIEF，程式檔檔名為 wamodel.exe，此模組為模式計算之主軸，包含決定模式計算時間、座標系、考慮折射與否以及計算結果相關輸出內容。後處理模組 PGRID，程式檔檔名為 pgrid.exe，此模組則是將風浪計算模組計算輸出之二維資料，分析為簡易作業之格式。

3.1. 1.5 WAM 模式計算範圍

本計畫應用 WAM 模式能快速模擬風浪能力與 SWAN 模式能解析近岸較小校格網之功能，利用兩者相互配合模擬海面風浪，使用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，獲得小範圍 SWAN 模式所需之邊界入射條件，使用巢狀網格進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分佈情形。圖 3.1.2 顯示遠域波浪計算範圍及水深分佈圖。詳細的操作程序可參考全區波浪模式使用手冊(SWAN 模式)。

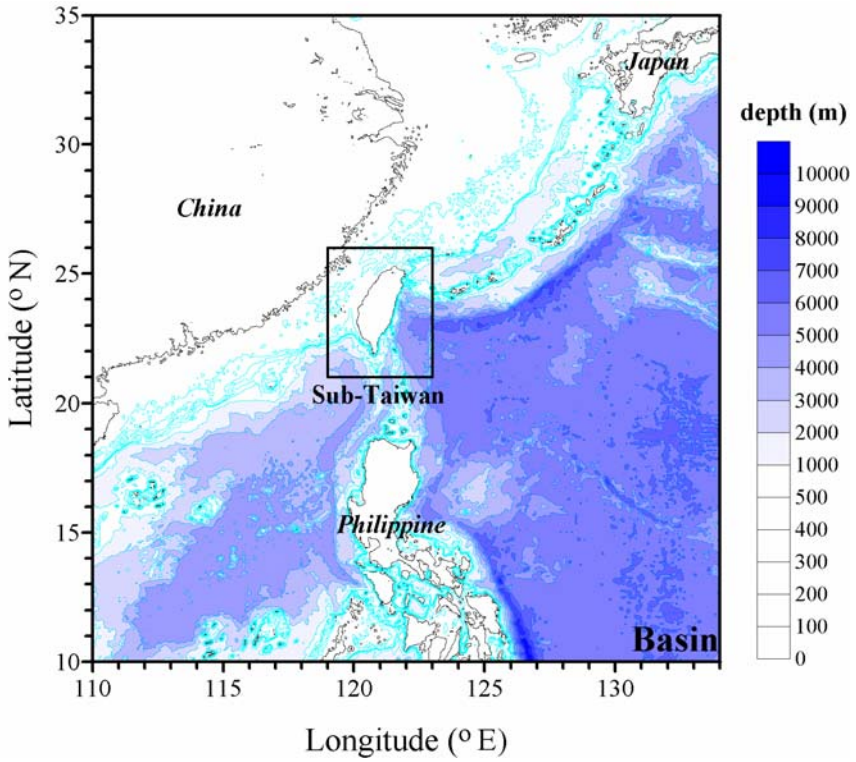


圖 3.1.2 遠域波浪計算範圍及水深分佈圖

3.1.2 SWAN 風浪模式

3.1.2.1 SWAN 的理論基礎

臺灣近岸海域的波浪模式係引用由荷蘭 Delft 技術大學所發展的波浪模式 SWAN 模式(Simulating WAve Nearshore, Booij et al., 1996)。在過去數十年中，有關波浪預報波浪的方法，從利用各種型式的經驗公式來推算波浪，發展至以波浪數值模式利用電子計算機的快速運算來更周延地預測波浪，目前已經發展到第三代的波浪模式，例如 SWAN、WAM 及 Wave Watch III 等模式即其中具有代表性的的模式。目前這些模式在全世界有相當多的國家在使用這些模式進行海洋及近海的波浪預報。然而，由於考慮的尺度不同，這些模式中對波浪的物理過程的描述並不完整，尤其是波浪的傳遞和消長過程。SWAN 的使用手冊便指出該模式沒有考慮波浪的繞射以及因為波浪引起的流。

SWAN 模式是一個利用風、海底底床及海流狀況以獲得在海岸地區、湖泊或河口附近水域的合理預估的波浪參數的波浪數值模式，這個數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式（wave action balance equation）或是沒有流作用下的能量平衡方程式，以及源流與沉流(source and sink)，它是屬於第三代的波浪預報模式。此一模式係累積過去學者的研究成果為基礎加以整合及改良而成，它可以計算波浪在時間及控間領域中的傳遞、波與波的非線性交互作用、波浪受風的成長、碎波、因底床摩擦所造成的能量衰減、及受到海流及地形變化而產生的頻率位移、淺化與折射。因此，SWAN 模式具有推算近岸波浪的功能。

SWAN 的功能中可表現出下列的波浪傳播過程：

(a) 在地理空間中的正線性傳播

(b) 由於海底底床與水流在空間上的變化而引致的折射與淺化

(c) 由於對向海流引起的阻滯與反射

(d) 障礙物所引致的反射、阻滯或通過的情形以及下列有關波浪

的生成及消散過程：

(a) 因為風所引致的波浪生成

(b) 因為白沫(whitecapping)所引致的波浪消散

(c) 因為水深引起碎波(depth-induced wave breaking)所引致的波浪消散

(d) 因為底床摩擦(bottom friction)所引致的波浪消散

(e) 波浪間的交互作用(quadruplets and triads wave-wave interaction)

(f) 障礙物

此外，SWAN 也可以計算因為波浪所引致的平均海水面的上升(wave-induced set-up)。

SWAN Cycle III 可以在直角座標及球面座標系統中進行定常(stationary)及部分非定常狀態(optionally non-stationary)的波浪模擬。定常狀態的模擬應用於短期的波浪作用，例如當波浪通過該水域的時間小於地理學上的條件（如波浪的邊界條件、風、潮位及暴潮等）。而類定常的模擬(quasi-stationary)則可以結合定常的 SWAN 計算模擬在時變序列上的定常狀況。

然而，我們也必須了解到 SWAN 並沒有考慮波浪的繞射。因此，SWAN 不應使用於在很短波長的距離內水深變化很大的場合，也因此 SWAN 不適用於島嶼或港灣附近的波浪模擬。SWAN 也不計算因為波浪引致的水流，該項水流必須被視為資料輸入的一部份。

在 SWAN 中，不論非線性效應是否明顯，波浪是利用二維的波浪作用力頻譜密度函數來描述。其理由是在高度非線性的情形下，它似乎可以比較合理且正確地預測波浪的二階頻譜矩的分布。SWAN 中所適用的頻譜是波浪作用力頻譜密度函數 $N(\sigma,\theta)$ (其中，σ 為相對頻率；θ 為波浪方向角)，而不是能量頻譜密度函數 $E(\sigma,\theta)$，主要是因為當有流的作用時，作用力密度可以守恆，但能量密度則否 (例如，Whitham,

1974) 。$N(\sigma,\theta)=E(\sigma,\theta)/\sigma$。在 SWAN 中，此一頻譜可以隨著時間及空間而改變。其理論簡述如下，詳細的理論敘述可參考 SWAN 的使用手冊：

(1)作用力平衡方程式(wave action balance equation)

波譜的發展過程可以用頻譜作用力平衡方程式來描述(Hasselmann et al., 1973)

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial c_x N}{\partial x}+\frac{\partial c_y N}{\partial y}+\frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma}+\frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta}=\frac{S}{\sigma} \tag{3.1.8}$$

其中，左式第一項表示作用力密度隨時間的變化率；第二及第三項為作用力在空間中分別以c_x及c_y的速度在x-及y-軸方向傳遞；第四項為受到水深及流的變化所導致相對頻率在 σ-軸上以c_σ的速度位移；第五項係表示因為水深或流所引起的折射(在 θ-軸上以c_θ的速度傳遞)；這些速度可以線性波理論計算而得(如，Whitham, 1974；Mei, 1983；Dingemans, 1997)。右式的$S(=S(\sigma,\theta))$是以能量密度表示的來源項，包含能量的生成、衰減、及非線性的波浪交互作用。

(2)風的能量輸入

風的能量傳入波的理論是以 Phillips(1957)的共鳴機制(resonance mechanism)以及 Miles(1957)的回饋機制(feed-back mechanism)來描述，其關係式如下：

$$S_{in}(\sigma,\theta)=A+BE(\sigma,\theta) \tag{3.1.9}$$

其中，A 及 B 的係數值受到波浪頻率及方向，以及風速及風向的影響。流的影響也是以區域性的風速及風向來表示。

(3)能量消散

SWAN 考慮的波浪能量的消散項包含了三個部分：飛沫(whitecapping) $S_{ds,w}(\sigma,\theta)$、底床摩擦$S_{ds,b}(\sigma,\theta)$、及水深引起碎波$S_{ds,b}(\sigma,\theta)$。

飛沫主要是由波形尖銳度(wave steepness)所控制，依據

Hasselmann(1974)所推導的 Pulse-based 模式，此一消散項可表為

$$S_{ds,w}(\sigma,\theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma,\theta) \tag{3.1.10}$$

其中，Γ 是與波形尖銳度有關的係數；$k = 2\pi / L$ 是波數；L 是波長；$\tilde{\sigma}$ 及 $\tilde{k}$ 分別為平均相對頻率及平均波數。

因為水深引致的能量消散的原因包含了底床摩擦、底床運動、底部滲漏、及因為底床不規則性所產生的逆向散射。對於屬砂質底床的大陸棚海域，其主要的消散機制應該是底床摩擦

$$S_{ds,b}(\sigma,\theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma,\theta) \tag{3.1.11}$$

其中，C_{bottom} 為底床摩擦係數。由於底床摩擦所引致的平均水流對能量消散的影響並不在考慮範圍內，其原因是在於該項因子的影響程度尚無法掌握。

有關因為水深引致的碎波過程，至今我們的了解仍然有限，更遑論它的頻譜變化。目前可以掌握的是因為碎波所引致的總能量消散

$$S_{ds,br}(\sigma,\theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma,\theta) \tag{3.1.12}$$

其中，E_{tot} 是總波浪能量；D_{tot}(負值)是依據 Battjes 及 Janssen(1978)所提有關因為碎波導致的總能量消散。D_{tot} 的值與碎波參數 $\gamma = H_{\max} / d$ 有明顯關係，其中 H_{max} 為最大可能個別波高；d 為當地水深。

SWAN 可以估算透過一個結構體（如防波堤或壩）的波浪。這樣的結構物可能以兩種方式影響波浪場：其一，它可以沿著結構體的堤身局部性降低波高；其次，在結構體的端緣產生波浪的繞射。SWAN 本質上並不考慮繞射現象，但對於多方向不規則波場而言，除非波譜為窄頻，且在結構物附近一至二個波長的範圍內，波浪繞射效應並不顯著，因此 SWAN 仍可以很合理地計算結構物附近的波場。就 SWAN 的海底地形格點分割而言，因為結構物的橫斷面積相對太小而無法顯

示，因此往往將結構物視為一條線。如果防波堤是容許越波情形發生時，其透過係數可表為

$$K_t = 0.5\left[1-\sin\left(\frac{\pi}{2\alpha}\left(\frac{F}{H_i}+\beta\right)\right)\right] \quad for \quad -\beta-\alpha<\frac{F}{H_i}<\alpha-\beta \qquad (3.1.13)$$

其中，$F=h-d$ 是堤體的乾舷高度；H_i 是入射波高；h 是冠牆高度；d 是平均水位；α 及 β 係數則與堤體的形狀有關，參考值如表 3.1.1。

表 3.1.1　不同堤體之透過係數參數表

堤 體 種 類	α	β
直立薄板	1.8	0.10
沉　　箱	2.2	0.40
2:3 坡度的壩體	2.6	0.15

(4)非線性波浪交互作用

在深水區裡，四波交互作用(quadruplet wave-wave interaction)的現象主導了頻譜的發展。它將能量從譜峰處下低頻區傳遞（所以譜峰頻率向低頻方向移動）以及向高頻區傳遞（以白沫型式消散能量）。而在非常淺水區，三波交互作用將能量低頻區傳遞至高頻區而引起較高的諧波。

3.1.2.2 SWAN 模式硬體及作業系統規格

本計劃在應用 SWAN 模式模擬臺灣環島近域之波浪時，採用桌上型高速電腦計算，相關規格為 INTEL Pentium 4 CPU 2.80 GHz 之中央處理器，512 MB 之記憶體，作業系統為 Microsoft Windows XP。由於 SWAN 模式利用 Frotran 90 程式語言發展，故利用標準 Fortran 90 程式語言編譯成相關程式執行檔，本計劃選擇之編譯程式為 Compaq Visual Fortran Professional Edition 6.6。

3.1.2.3　SWAN 模式流程圖

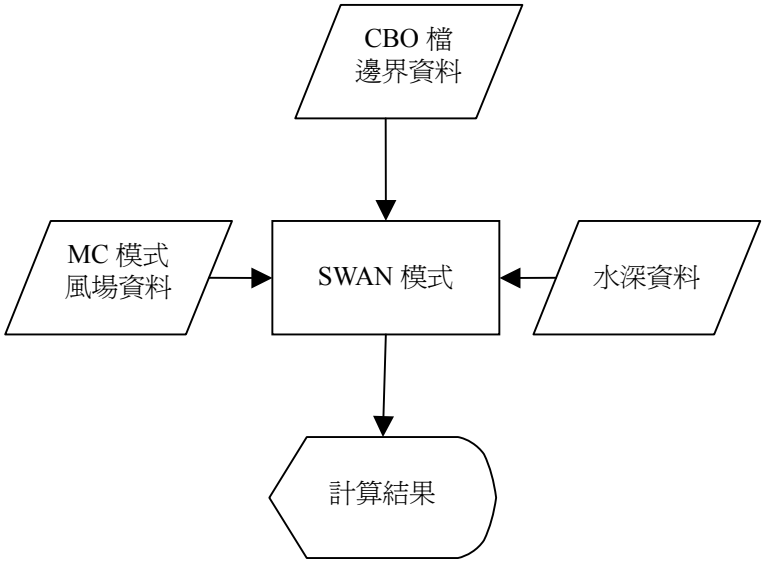


圖 3.1.3 SWAN 風浪模式操作流程

3.1.2.4 SWAN 模式相關程式檔說明

本計劃使用之 SWAN 模式為 SWAN cycle III Version 40.31 版本，模式執行程式包含模式處理批次檔 (swan.bat) 及風浪計算程式 (swannew.exe)。為便利計畫結束後相關人員之操作，本計劃建立模式處理之批次檔來進行模式計算，如此能簡易地完成模式計算過程。

模式程式檔之執行方式在 MS-DOS 環境下，路徑下須包括模式輸入檔、水深資料、風場資料及 CBO 檔邊界資料，執行批次檔 (D:\TaiCOMS\swan 01010100_swn) 即可完成模式計算。

3.1.2.5 SWAN 模式計算範圍

本計畫應用 WAM 模式能快速模擬風浪能力與 SWAN 模式能解析近岸較小校格網之功能，利用兩者相互配合模擬海面風浪，使用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，獲得小範圍 SWAN 模式所需之邊界入射條件，使用巢狀網格進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分佈情形。

以計算 2002 年 1 月份波浪為例，說明 SWAN 模式實例操作過程。SWAN 模式之計算範圍與數位化水深如圖 3.1.4 所示，南至北緯 21°，

北至北緯 26º，西至中國大陸約在東經 119º，東至東經 123º，模式所應用的格網大小 $\Delta x = \Delta y = 0.04°$，最小與最大頻率解析度為 0.05 Hz 和 1.0 Hz，並採指數遞增分佈共 25 個頻率帶，方向波譜之解析度採用 $\Delta\theta = 15°$，共計 24 個方位角，計算時間間隔為 $\Delta t = 10$ 分鐘。

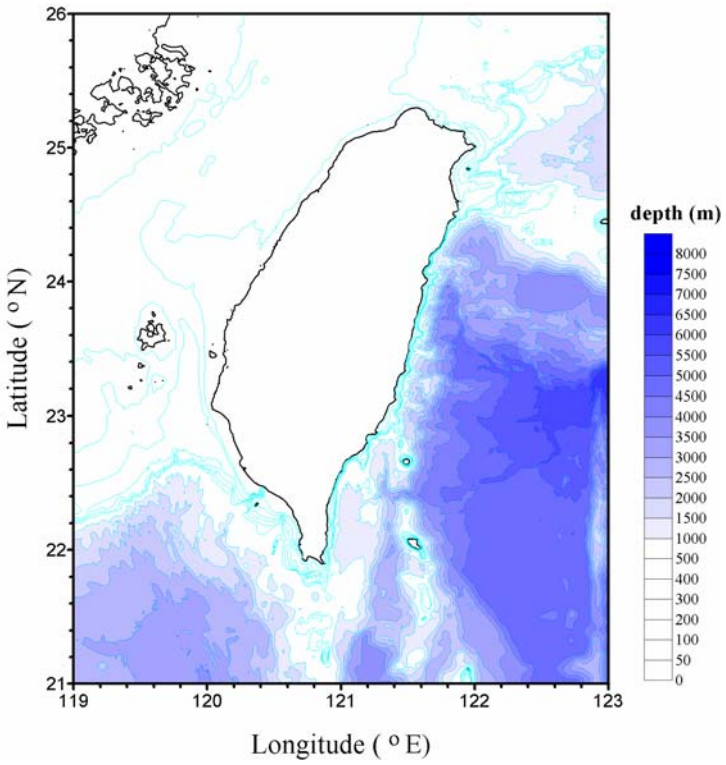


圖 3.1.4 臺灣附近海域計算範圍及水深分佈圖

地形水深檔檔名為 sub1_6hc.z，資料排列方式自左下往右排列，再由下往上排列。輸入風場範圍為南至北緯 10º，北至北緯 34º，西至中國大陸約在東經 110º，東至東經 135º，格網大小 $\Delta x = \Delta y = 0.2°$，起始時間為 2002 年 1 月 1 日 0 時，每 3 小時輸入一筆風場資料，風場序列檔檔名為 wind_serial0201.dat。利用 WAM 模式生成之巢狀格網邊界檔檔名為 wam_nest0201.dat。模式計算結果輸出於 02010100_swn.dat，輸出起始時間為 2002 年 1 月 1 日 0 時，每 1 小時輸入一筆風場資料。依據上述計算條件進行模式設定模式相關輸入檔，如圖 3.1.3 所示。詳細的操作程序可參考 93 年度期末報告的附件--全區波浪模式使用手冊(SWAN 模式)。

3.2 臺灣近岸及港區波浪預報模式

本計畫目的在於建立適合臺灣海域波浪模擬系統，藉以模擬臺灣沿海之波浪狀況。由於外海波浪向近岸區傳遞時，受到水深變淺之影響，波浪會產生折射、繞射及淺化效應；此外，海岸構造物的反射及底床摩擦效應等，亦會對近岸波浪狀況影響。基於本計畫中尺度全域風浪模式SWAN無法精確地描述近岸地形及海岸構造物對波場之影響，因此在SWAN模式之下構建一近岸海域波浪模擬系統，模擬臺灣近岸海域波浪狀況。此一近岸海域波浪模式係構建在緩坡方程式(MSE)之基礎上，模式可以模擬波浪向岸傳遞之淺化、折射、繞射與反射現象，並可考慮碎波及底床摩擦等波能損失效應。

當外海波浪向近岸傳播時，受到海域水深變淺之影響，波浪本身會產生淺化效應（即波長變短，波高增大），導致波浪尖銳度變大，產生非線性效應。一旦波浪尖銳度增大至波形保存極限時，波浪即發生碎波現象，並釋出大量的波能。此外，在波浪傳播過程中，平面波浪受到底床地形變化或水中結構物之影響則會產生諸如折射，繞射及反射等現象，導致海面波浪形狀變得相當複雜。除上述物理現象外，底床之摩擦效應以及碎波所造成的波能損失均會改變波浪之形狀。因此，如何有效且精確地模擬波浪傳播過程所產生的波浪變形，一直為本計畫研究目標之一。

為了能夠預測外海風浪向岸傳播之波浪變化，本計畫在TaiCOMS架構下分別建置小尺度之近岸波浪模式(nearshore wave model)及近域港區波浪模式(nearfield harbor wave model)，以承接全域波浪模式(WAN & SWAN)預報模擬結果，將近海波浪推算至岸邊乃至港區內。其中小尺度近岸波浪模式主要目的為模擬外海波浪向近岸傳播過程中因地形及水深變化所產生的波浪變形，其物理機制主要有波浪之淺化效應、折繞射現象以及波浪碎波後波高減衰現象。近域港區波浪模式主要目的為模擬波浪傳播至港口及港內水域之波浪變化，著重於港口之遮蔽及靜穩效應，其物理機制包括地形水深引起的淺化效應、港口或海岸結構物或港域形狀所引起的折射、繞射及反射等現象。

在近岸波浪場模擬方面，本計畫TaiCOMS基於線上模擬作業之效率需求，經評估後選取Kirby and Dalrymple (1983)所發展的波浪折繞射模式

(REF/DIF)為本計畫之近岸區域波浪模式。由於REF/DIF模式係建立於拋物線型緩坡方程式之基礎上，模式本身具有較快的運算效率及穩定的數值計算，同時可適用於較大範圍之波浪場模擬，因此適用於本計畫TaiCOMS之線上模擬作業化。

由於REF/DIF模式無法有效地模擬波浪遇到結構物後之反射波浪，因此針對港口及港內波浪模擬，本計畫TaiCOMS選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的波浪模式為本計畫之港域波浪模式。由於此類型之波浪模式對於數值計算網格之需求相當龐大且數值計算相當費時，因此較不利於大範圍波浪場之模擬，亦無法滿足本計畫TaiCOMS之線上模擬作業需求，因此本計畫港域波浪模擬重點主要針對颱風侵台期間所引起的大波浪進行相關數值模擬。

由於 REF/DIF 模式無法有效地模擬波浪遇到結構物後之反射波浪，因此針對港口及港內波浪模擬，本計畫 TaiCOMS 選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的波浪模式為本計畫之港域波浪模式。由於此類型之波浪模式對於數值計算網格之需求相當龐大且數值計算相當費時，因此較不利於大範圍波浪場之模擬，亦無法滿足本計畫 TaiCOMS 之線上模擬作業需求，因此本計畫港域波浪模擬重點主要針對颱風侵台期間所引起的大波浪進行相關數值模擬。

3.2.1 近岸波浪模式之基本理論

Radder (1979)依據線性緩坡方程式之理論基礎，將波浪場分離成向前之進行波與向後之進行波(忽略向後之散射波)等兩種成份波，發展出拋物線型緩坡波浪模式。相較於橢圓型緩坡方程式及雙曲線型緩坡方程式，拋物線型緩坡模式具有下列優點：(1)模式下游端之邊界條件不再是必要的，(2)具有高度數值運算效率。其缺點為受到垂直波向之橫向導數近似表示式之限制，波浪之傳播僅適用於給定波向之 45°範圍內。

Booij (1981)採用 Lagrangian 求解方法發展出含波、流交互作用影響之拋物線型緩坡方程式，同時引入較多的項次代表側向導數之近似解，將拋物線波浪模式適用範圍提升至給定波向之 60°範圍內。Kirby

and Dalrymple (1983)先於 Booij (1981)之模式中增加非線性修正項，使其可以處理弱非線性波浪及較強流速等問題。模式之基本控制方程如下：

$$\left(C_g+U\right)A_x+VA_y+i\left(\bar{k}-k\right)\left(C_g+U\right)A+\frac{\sigma}{2}\left\{\left(\frac{C_g+U}{\sigma}\right)_x+\left(\frac{V}{\sigma}\right)_y\right\}A$$
$$-\frac{i}{2\sigma}\left[\left(p-V^2\right)A_y\right]_y-\sigma\frac{k^2}{2}D|A|^2A=0 \qquad (3.2\text{-}1)$$

式中 A(x,y)為複數型式之自由表面波形振幅，A_x 及 A_y 分別為 x 及 y 方向之振幅分量，$\sigma=\omega-kU$ 為內在頻率(intrinsic frequency)，ω 為波浪之角頻率，$k(x,y)$為波浪週波數，$\bar{k}$ 為參考週波數(定義為沿 y 軸上週波數之平均值)， U 及 V 分別為 x 及 y 方向之平均流速度，參數 $p=CC_g$，C 為波浪之波速，C_g 為波浪群速度，D 為非線性影響項等於

$$D=\frac{\cosh\left(4kh\right)+8-2\tanh^2\left(kh\right)}{8\sinh^4\left(kh\right)} \qquad \text{.....(3.2-2)}$$

式中 h 為靜水深。Kirby (1986)進一步依據 minimax 原則將 Booiij 之近似解延伸以提升模式適用性之範圍，使得模式可以處理較大角度波浪傳播問題。因此，REF/DIF 模式之基本方程式如下：

$$
\begin{aligned}
&\left(C_g+U\right)A_x-2\Delta_1 VA_y+i\left(\bar{k}-a_0k\right)\left(C_g+U\right)A+\left\{\frac{\sigma}{2}\left(\frac{C_g+U}{\sigma}\right)_x-\Delta_1\sigma\left(\frac{V}{\sigma}\right)_y\right\}A\\
&+i\Delta'\left[\left(p-V^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_y-i\Delta_1\left\{\left[UV\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_x+\left[UV\left(\frac{A}{\sigma}\right)_x\right]_y\right\}\\
&+i\sigma\frac{k^2}{2}D|A|^2A+\frac{\upsilon}{2}A+\frac{-b_1}{k}\left\{\left[\left(p-V^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_{yx}+2i\left[\sigma V\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_x\right\}\\
&+b_1\beta\left\{2i\omega U\left(\frac{A}{\sigma}\right)_x+2i\sigma V\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y-2UV\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{xy}+\left[\left(p-V^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_y\right\}\\
&-\frac{i}{k}b_1\left[\left(\omega V\right)_y+3\left(\omega U\right)_x\right]\left(\frac{A}{\sigma}\right)_x-\Delta_2\left[\omega U\left(\frac{A}{\sigma}\right)_x+\frac{1}{2}\omega U_x\left(\frac{A}{\sigma}\right)\right]\\
&+ik\omega U\left(a_0-1\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)=0
\end{aligned}
\qquad (3.2\text{-}3)
$$

式中

$$
\beta=\frac{k_x}{k^2}+\frac{\left[k\left(p-U^2\right)\right]_x}{2k^2\left(p-U^2\right)} \qquad \text{.....(3.2-4)}
$$

$$
\Delta_1=a_1-b_1\ ,\quad \Delta_2=1+2a_1-2b_1\ ,\quad \Delta'=a_1-b_1\frac{\bar{k}}{k} \qquad \text{.....(3.2-5)}
$$

上述各式之中 υ 為波浪消散因子，而係數 a_0, a_1 及 b_1 可依據所考慮的波浪入射角度範圍利用 Minimax approximation 決定之，此處模式所採用的係數值分別為 a_0= 0.994733，a_1=-0.890065，b_1=-0.451641。

當考慮波浪受到底床摩擦影響以及波浪碎波所產生的波能損失，模式採用具有消散項的線性緩坡方程式處理，即

$$
\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{i}{k}\frac{\partial^2 A}{\partial x^2}+\upsilon A \qquad \text{.....(3.2-6)}
$$

式中 $i=\sqrt{-1}$；υ 為波能消散因子，可依據能量消散特性給定不同的

型式。

REF/DIF 模式採用有限差分數值方法求解此一拋物線型方程式，亦即將計算領域分割成具Δx 及Δy 大小之矩形網格，並求解格點上之複數振幅 A(x, y)，振幅 A 所在之位置係以(i, j)表示而非以座標(x, y)，如圖 3.2-1 所示，惟模式計算所需之地形可以輸入具(x, y)座標，其中 x = (i – 1)Δx，y = (j – 1)Δy。

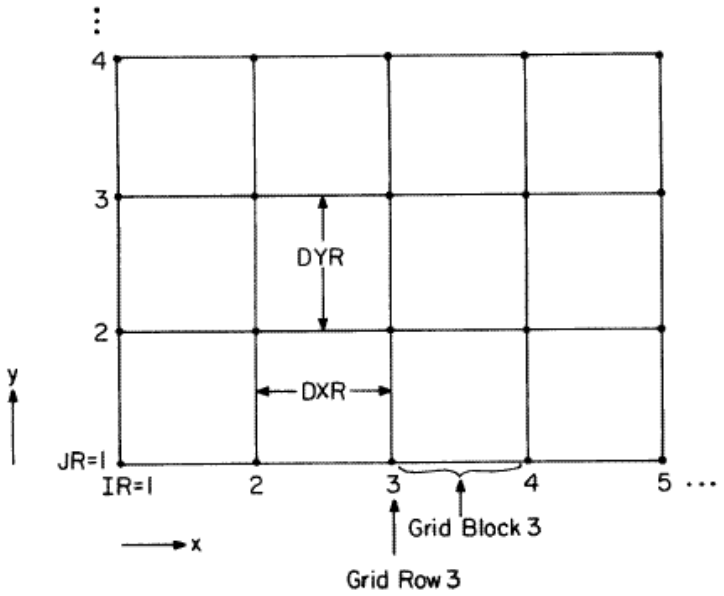


圖 3.2-1 REF/DIF 數值計算網格座標系統

3.2.2 港域波浪模式之基本理論

當波浪自外海傳播至港域時，由於受到水深地形變化以及海岸線、防波堤和港內岸壁等結構物之影響，波浪會產生繞射、折射及反射等現象。針對此一問題常見之求解方法是將整個問題的領域分為外海半無限領域和港池有限領域等兩個領域，如圖 3-2-1-2 所示；同時假設外海半無限領域為等水深，僅考慮港池有限領域則為緩變之不等深水域。

如圖 3.2-2 所示，所取之直角座標系統為 X 軸與海岸線重合，Y 軸向外海為正，Z 軸垂直紙面向上為正，Z＝0 為靜水面。外海半無線

領域及有限領域別以領域(I)及(II)稱之，領域(I)及領域(II)之相連邊界為半徑 R_0 之半圓，以 B_1 表示。領域(II)則包含了港池內及港外半徑 R_0 之半圓區內水域部分，其所包括的海岸邊界、防波堤邊界及港池岸壁邊界以 B_2 表示。假設領域(I)為等水深 h_1，領域(II)之水深變化為 $h_2(x, y)$。各領域內水位變化 $\eta_j(x, y, t)$可表示成

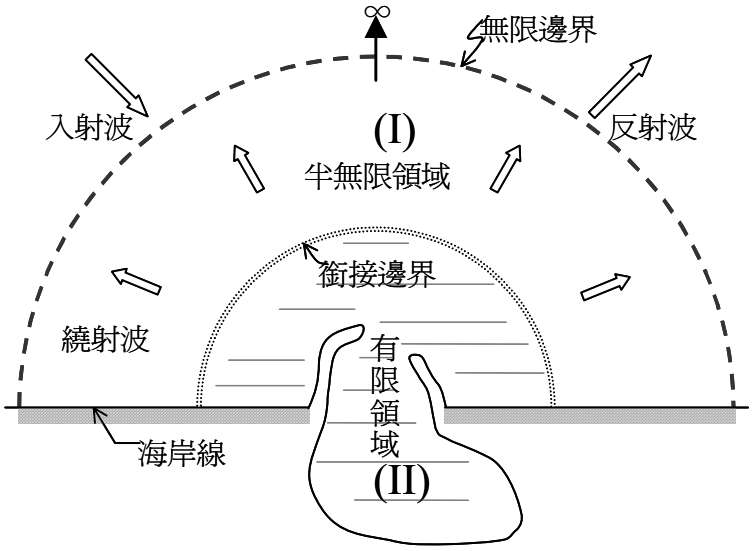


圖 3.2-2 港域波浪模式計算領域示意圖

$$\eta_j(x,y,t) = f_j(x,y)e^{i\omega t} \quad , \ \mathrm{j} = 1,2 \qquad \text{.....(3.2-7)}$$

式中 $f_1(x, y)$及 $f_2(x, y)$分別稱為領域(I)及領域(II)之波浪水位函數，ω 為入射波之角頻率$(2\pi/T)$，T 為入射波之週期。所欲求解之波浪水位函數 $f_j(x, y)$，$j = 1, 2$ 分別滿足下列控制方程式：

$$\nabla^2 f_1 + K_1^2 f_1 = 0 \quad , \text{ 在領域(I)內} \qquad \text{.....(3.2-8)}$$

$$\nabla\cdot\left(C_2C_{2g}\nabla\phi\right)+\left(C_2C_{2g}K_2^2+i\omega\mu+iC_{2g}\omega\gamma\right)\phi=0 \quad , \text{ 在領域(II)內} \qquad \text{.....(3.2-9)}$$

式中▽=$(\partial/\partial x, \partial/\partial y)$為二維梯度運算子，$\mu$ 為摩擦因子，γ 為考慮波浪碎波之碎波參數，K_1 及 K_2 分別為波浪在領域(I)及(II)內之波數，C_2

為波浪在領域(II)內之波速(=L_2/T，)，C_{2g}為群速度(=κC_2)。其中κ定義為

$$\kappa = 0.5\left[1 + 2K_2h_2 / \sinh(2K_2h_2)\right] \quad \text{.....(3.2-10)}$$

有關摩擦因子μ之計算可採用 Dalrymple et al. (1984)之表示式：

$$\mu = \frac{2\kappa\omega}{K_2}\left[\frac{2f_r}{3\pi}\frac{aK_2^2}{(2K_2h_2 + \sinh 2K_2h_2)\sinh K_2h_2}\right] \quad \text{.....(3.2-11)}$$

式中 a 為波浪之振幅，f_r 為摩擦係數。碎波參數 γ 可採用下列計算式

$$\gamma = \frac{\chi}{h_2}\left(1 - \frac{\Gamma^2 h_2^2}{4a^2}\right) \quad \text{.....(3.2-12)}$$

式中 χ 及 Γ 分別為經驗常數(其值可分別採用 0.15 及 0.4)。

在領域(I)及(II)之交接假想邊界(B_1)上須滿足下列連續條件：

$$f_1 = f_2 \quad \text{，在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \quad \text{.....(3.2-13)}$$

$$C_1C_{1g}\frac{\partial f_1}{\partial n} = -C_2C_{2g}\frac{\partial f_2}{\partial n} \quad \text{，在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \quad \text{.....(3.2-14)}$$

此外，在一般海岸線或結構物邊界(B_2)上須滿足下列部份反射邊界條件：

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = -i\alpha K_2 f_2 \quad \text{，在假想邊界 } B_2 \text{ 上} \quad \text{.....(3.2-15)}$$

式中$\bar{n}$表示邊界面上離開領域向外之單位法線向量，α 為消能係

數，其值與波浪入射角、相位及港池岸壁之反射係數有關，α=0 時表示港池岸壁為完全反射之情況(即$\partial f_2/\partial n$=0)，而 α=1 則表示港池岸壁具有完全消能之作用。一般常用之計算式如下：

$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \quad \text{.....(3.2-16)}$$

式中 K_r 為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪水位函數 f_1 通常是由入射波 f_I 及受到直線海岸線影響產生的反射波 f_R 及受到防波堤配置和港池開口影響而向外傳播之散射波 f_S 等構成的，因此 f_1 可表示

$$f_1 = f_I + f_R + f_S \quad \text{.....(3.2-17)}$$

其中散射波 f_S 係由港池開口往外海方向輻射出去，在無窮遠處滿足波浪輻射條件：

$$\lim_{K_1 r \to \infty} \sqrt{r}\left(\frac{\partial}{\partial r} + iK_1\right) f_S = 0 \quad \text{.....(3.2-18)}$$

假設入射波浪 η^{I}(x, y, t)之振幅為 A^{I}，波長為 L_1，週波數為 K_1，波向為與正 X 軸成 θ_0 角度，其複數表示為：

$$\eta^I(x,y,t) = A^I e^{-i[K_1(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0) - \omega t]} \quad \text{.....(3.2-19)}$$

針對上述邊界值問題，一般常採用混合方法求解(Mei, 1989)，即對於領域(I)使用理論解析法，領域(II)使用有限元素法合併求解(詳細求解過程請參考 Mei, 1989，或李等, 2002)。本計畫所使用的港域波浪模式係依據上述理論以有限元素法建構而成的港域有限元素波浪數值模式(FEWMH, Finite Element Wave Model in Harbor) 。

3.3 臺北港及高雄港近岸與港區波浪模擬

當外海波浪向近岸傳播時，受到海域水深變淺之影響，波浪本身會產生淺化效應（即波長變短，波高增大），導致波浪尖銳度變大，產生非線性效應。一旦波浪尖銳度增大至波形保存極限時，波浪即發生碎波現象，並釋出大量的波能。此外，在波浪傳播過程中，平面波浪受到底床地形變化或水中結構物之影響則會產生諸如折射，繞射及反射等現象，導致海面波浪形狀變得相當複雜。除上述物理現象外，底床之摩擦效應以及碎波所造成的波能損失均會改變波浪之形狀。

為了能夠瞭解各港區周圍及港內波浪狀況，本計畫分別規劃小尺度之近岸波浪模式(nearshore wave model)模擬港區周圍近岸波浪場狀況，及近域港區波浪模式(nearfield harbor wave model)模擬港口及港內水域波浪狀況。前項採用 Kirby and Dalrymple (1983)所發展的有限差分法波浪折繞射模式(REF/DIF)為本計畫小尺度近岸區域波浪模式，模式主要功能為模擬外海波浪向近岸傳播過程中因地形及水深變化所產生的波浪變形，其物理機制包括波浪之淺化效應、折繞射現象以及波浪碎波後波高減衰現象；後者採用以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法港域波浪模式為本計畫之近域港區波浪模式，模式主要功能為模擬波浪傳播至港口及港內水域之波浪變化，其物理機制包括地形水深引起的淺化效應、港口或海岸結構物或港域形狀所引起的折射、繞射及反射等現象。

本計畫 TaiCOMS 近岸波浪數值模擬主要針對花蓮港、蘇澳港、基隆港、台北港、台中港、安平港及高雄港等國內七大港口，各港口地理位置如圖 3.3.1 所示，模擬近岸及港域之波浪狀況。本年度工作重點為台北港及高雄港近岸及港內波浪場建置與模擬。

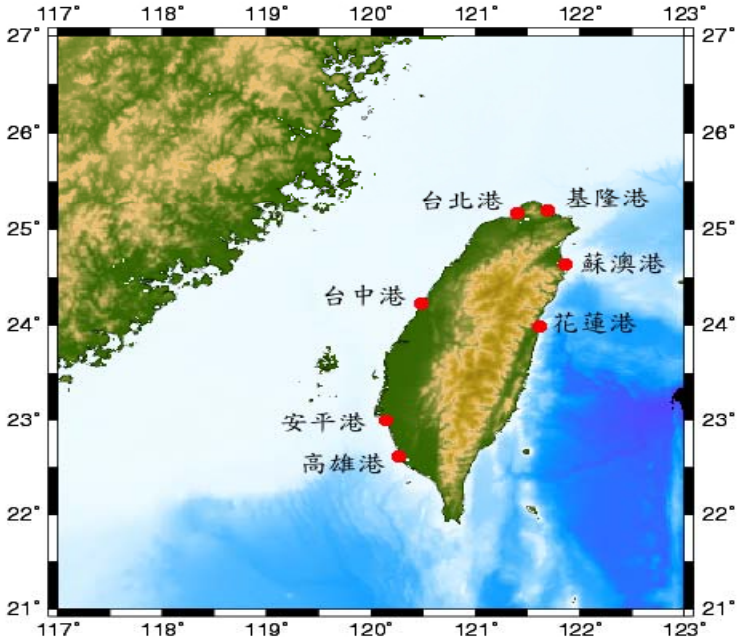


圖 3.3.1　國內七大港口位置示意圖

3.3.1 台北港及高雄港波浪觀測資料分析

本計畫蒐集 2006 年台北港及高雄港波浪觀測資料以為近岸區域及港域波浪模擬之依據及模式相關參數之率定。圖 3.3.2 及圖 3.3.3 所示分別為台北港及高雄外海波浪觀測資料(示性波高 H1/3、週期 T1/3 及波向)之逐時序列圖。依據 2006 年觀測資料之波高、週期及波向統計結果得知台北港波浪主要波向以 N 及 NNE 方向為主，二者合計約佔 56%；其次為 NE 及 NNW 方向，二者合計約佔 13%。台北港波浪示性波高分布以介於 0.25m~0.75m 間之波高分佈為主，約佔 42.5%；波高 2.0m 以上者則約佔 13.8%，全年示性波高觀測最大值為 5.44 m。示性波週期主要介於 4.5sec~6.5sec 之間，週期 8.0sec 以上的波浪所佔比率相當小(<1.0%)，全年波浪觀測資料示性波週期最大值為 9.1sec。

高雄港波浪觀測資料之波高、週期及波向統計結果顯示高雄港海域示性波波向分布相當集中，以 W、WSW 及 WNW 方向為主要波向，三者合計約佔 74.4%；其次分別為 SW 及 NW 方向，二者合計約佔

19.2%。在波高及週期資料統計上，高雄港波浪示性波高普遍小於1.0m，全年波浪觀測資料示性波波高最大值為 1.91m；示性波週期主要介於 5.0sec~6.5sec 之間，週期 8.0sec 以上的波浪所佔比率則超過 10%，全年波浪觀測資料示性波週期最大值為 12.2sec。

3.3.2 近岸港區周圍及港域波浪數值計算網格

本計畫近岸波浪模式模擬範圍大小之選取，除了與各港口面積大小及形狀有關外，亦與海岸線走向及波浪來向有關，因此各港區周圍近岸波浪場模擬範圍之選取大致上依循沿岸方向距離約在 10km～20km 之間，離岸方向距離與地形水深有關約在 5km～10km 以內。依據上述原則，本計畫台北港及高雄港近岸波場模擬範圍如圖 3.3.4 及圖 3.3.5 所示，其中台北港近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 13km，離岸方向之距離為 8km，外海邊界水深約 30m 左右；高雄港近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 17km，離岸方向之距離為 8km，外海邊界水深約介於 25m~33m 間。由於本計畫近岸波浪折繞射模式之數值計算方法係以方格網座標為基礎，因此需針對上述波浪場模擬範圍建立數值計算網格如圖 3.3.6~及圖 3.3.8 所示，其中台北港因持續擴建中，為因應台北港港池外廓之變化，本年度台北港波浪場數值計算網格有二，如圖 3.3.6 及圖 3.3.7 所示，分別代表南防波堤完工前及完工後之情況。圖中所示之座標為數值計算網格之(X,Y)直角座標系統，其中台北港與高雄港數值計算網格之 Y 軸與方位正北之夾角分別為-55º及 38º(逆時針方向為正)，各計算網格原點之二度分帶座標分別為(278577，2784690)及(177877，2487555)；各數值計算網格之格點間距為 10 m，台北港與高雄港數值計算網格之大小分別為 801×1301 及 801×1701。此外，圖中所示 A~D 點位代表數值模擬結果輸出之點位，其中點位 A 代表各港口波浪觀測點位置。

在港域波浪模擬方面，模式模擬範圍之選取除了需要配合海岸地形及港口形狀與方向等因素建置外，亦需能夠符合模式理論之基本假設，，如半圓無限領域等。圖 3.3.4 所示之圓形計算範圍為本計畫台北港

港域波浪模式模擬範圍示意圖，圖中貫穿圓形範圍之虛線為模式之假想岸線位置，模式模擬之半圓領域半徑為 3.5km。在有限元素法港域波浪模式中，數值網格大小基本上須滿足一個波長內至少涵蓋 6 至 10 個節點才足以合理地描述波浪場變化之要求，因此模式計算所需之有限元素網格數量除了與外海半圓假想領域大小有關外，亦與所欲模擬之波浪條件及地形水深關係密切。有鑑於此，本計畫針對常見之風浪(週期約 5、6sec)及颱風波浪、湧浪(週期約 9~11sec)分別規劃兩種不同元素大小及密度的數值計算網格，分別模擬一般風浪以及颱風波浪、湧浪等不同週期大小之波浪，以節省港域波浪模式數值計算之時間。於計畫中港域波浪模式數值網格之建立係先依據所選取的計算領域以人工方式建立適當的邊界節點及內部節點資料檔(包含座標及水深等資料)，再利用三角形網格自動生成程式將邊界節點及內部節點連結產生三角形元素網格資料(稱之為粗網格)，如圖 3.3.9 所示為台北港港域波浪模擬範圍之三角形元素粗網格分佈及水深分布圖。之後，再依據給定三角形元素細網格生成之波浪條件如入射波浪週期及每個波長之節點數產生新的邊界及內部節點資料檔，進而以程式產生滿足港域波浪模式計算所需之細網格資料。本計畫台北港港域波浪模擬對於颱風波浪及湧浪波浪條件採用以週期為 10 秒之波浪條件產生的有限元素三角形網格共 202234 個節點及 401493 個元素；對於一般風浪模擬則採用以 7 秒之波浪條件產生的有限元素三角形網格共 308551 個節點及 613593 個元素。

3.3.3 台北港港區周圍近岸波浪數值模擬結果

本年度近岸波浪模擬主要工作為依據各港區波浪觀測資料進行港區周圍近岸波浪場模擬，並比較近岸區域波浪模式推算結果與觀測資料之差異，以作為未來改善波浪模式模擬結果之依據。

在港區周圍近波浪場模擬工作上，本計畫延續上年度模擬方法，即先以港外波浪觀測資料為模式之輸入邊界條件進行系列波浪場數值模擬並輸出波浪觀測地點附近之波浪模擬結果，再依據波浪觀測資料

與模式模擬結果，利用回歸分析方法求得模式邊界條件之校正因子。最後再依據校正後之邊界條件進行港區周圍近岸波浪場模擬，以提升模式模擬結果之精確度。

首先，本計畫選取台北港 2006 年 3 月及 7 月波浪觀測資料進行近岸波浪場模擬，為避免外海波浪入射角過大影響模式模擬結果之準確性，本計畫選取波向介於 265º~360º及 0º~25º間之波浪觀測資料共 804 筆進行數值模擬。此外，由於 2006 年台北港南防堤尚未興建，故本計畫採用圖 3.3.6a 所示之數值計算網格(未含南防波堤)進行近岸波浪場模擬。針對數值模擬結果，本計畫以觀測資料為橫座標，數值模擬結果為縱座標，點繪波浪觀測點位之觀測值與數值模擬結果間之對應關係如圖 3.3.10 及圖 3.3.11 所示。其中圖 3.3.10 所示為波向觀測值與模式模擬結果之對應關係，顯示二者之間較大偏差主要出現在波向模擬範圍之兩端(註:波向大於 360º者減去 360º即等於觀測波浪之波向)；圖 3.3.11 所示為波高觀測值與模式模擬結果之對應關係。整體而言，台北港近岸波浪模式模擬結果與觀測值間相關性非常高，故本計畫採用台北港波浪觀測資料模擬台北港港區周圍波浪場具有高度的適當性。

本計畫選取 2006 年侵臺颱風碧利斯(輕度)、桑美(中度)、寶發(輕度)及珊珊(中度)等颱風侵臺期間台北港波浪觀則資料進行近岸波浪場模。圖 3.3.12 所示為輕度颱風碧利斯侵臺路徑路，顯示碧利斯颱風登陸後由淡水河口附近出海。圖 3.3.13 及圖 3.3.14 所示為波浪場模擬結果輸出之波高時序列圖，其中圖 3.3.13 所示為台北港觀測點位數值模擬之波高與觀測值之比較，顯示數值模擬結果與觀測值相當一致；圖 3.3.14 所示模式模擬結果輸出點位 B、C 及 D 等三點位(相關位置如圖 3.3.6 所示)之波高模擬結果，其中 D 點波高模擬結果顯示當颱風出海後外海波向改變致防波堤遮蔽效應減弱而波高明顯地變大。圖 3.3.15 及圖 3.3.16 所示分別為輕度颱風寶發及中度颱風桑美侵臺路徑路，由於二者侵臺時間相當接近，因此本計畫選取 8 月 7 日零時至 8 月 13 日零時波浪觀測資料進行數值模擬。圖 3.3.17 所示為台北港觀測點位數值模擬之波高與觀測值之比較，顯示數值模擬結果與觀測值亦相當一

致；圖 3.3.18 所示模式模擬結果輸出點位 B、C 及 D 等三點位之波高模擬結果，其中 D 點波高模擬結果顯示受到防波堤遮蔽效應影響波高普遍小於外海波高(B 及 C)。圖 3.3.19 所示為中度颱風珊珊侵臺路徑路，雖然珊珊颱風並未登陸但在珊珊颱風接近臺灣時台北港觀測到示性波高 5.4m 之大浪。圖 3.3.20 所示為台北港觀測點位數值模擬之波高與觀測值之比較，顯示數值模擬結果與觀測值亦相當一致；圖 3.3.21 所示模式模擬結果輸出點位 B、C 及 D 等三點位之波高模擬結果，其中 D 點波高模擬結果顯示受到防波堤遮蔽效應影響波高遠小於外海波高(B 及 C)。

本計畫近岸波浪場作業化模擬分為七十二小時預報作業模擬及每小時現報作業模擬兩種作業方式。在七十二小時預報作業化模擬上，近岸波浪模式係依據全域風浪模式 WAM 模式七十二小時預報模擬輸出各港口外海 72 小時逐時之波高、週期及波向結果進行波浪場模擬。在模式模擬結果後處理上，除了繪製特定點位(如上述 A~D 點位)之波高逐時歷線圖外，亦繪製波高分布及波向向量平面圖(如圖 3.3.22 所示)。在每小時現報作業模擬上，本計畫近岸波浪模式將依據各港口每小時回傳之觀測資料(波高、週期、波向及水位)進行數值模擬，並將模擬結果透過即時展示系統呈現。

3.3.4 高雄港港區周圍近岸波浪數值模擬結果

本計畫選取高雄港 2006 年 1 月及 9 月波浪觀測資料進行近岸波浪場模擬，為避免外海波浪入射角過大影響模式模擬結果之準確性，本計畫選取波向介於 172º~292º間之波浪觀測資料共 865 筆進行數值模擬。在數值模擬結果分析上，本計畫以觀測資料為橫座標，數值模擬結果為縱座標，點繪波浪觀測點位之觀測值與數值模擬結果間之對應關係如圖 3.3.23 及圖 3.3.24 所示。其中圖 3.3.23 所示為波向觀測值與模式模擬結果之對應關係，顯示二者之間較大偏差除了出現在波向模擬範圍之兩端外，在波向為 240º附近亦有較大之偏差現象，此時入射波向約對準高雄港二港口，研判可能受到二港口防波堤繞射之影響所

致；圖 3.3.24 所示為波高觀測值與模式模擬結果之對應關係，經線性回歸分析得到確定係數為 0.9524，顯示二者仍具有強烈的線性關係。基本上，高雄港近岸波浪模式模擬之波高與觀測值間仍具有高度的線性關係，故本計畫乃依據圖 3.3.24 所示之回歸關係式修正高雄港外海邊界之波高值進行高雄港近岸波浪數值模擬工作。

由於高雄港 2006 年波浪觀測資料缺少 5 月~8 月間之波浪資料，因此本計畫僅選取 2006 年中度颱風珊珊侵臺期間波浪觀測資料進行波浪場數值模擬。圖 3.3.25 所示為高雄港觀測點位數值模擬之波高與觀測值之比較，顯示大部份數值模擬結果與觀測值吻合，唯部份觀測資料因入射波向與模式邊界夾角過大而忽略未進行數值模擬；圖 3.3.26 所示模式模擬結果輸出點位 B、C 及 D 等三點位之波高模擬結果。

如上節所述，高雄港近岸波浪場作業化模擬分為七十二小時預報作業模擬及每小時現報作業模擬兩種作業方式。其中七十二小時預報作業化模擬依據全域風浪模式 WAM 模式七十二小時預報模擬輸出高雄港外海 72 小時逐時之波高、週期及波向結果進行波浪場模擬。為確保模式模擬結果之正確性，模式在操作上控制輸入波浪條件需在週期大於 4.5 秒且波向介於 170º~290º間才進行波浪場模擬。此外，在模式模擬結果後處理上，除了繪製特定點位(如上述 A~D 點位)之波高逐時歷線圖外，亦繪製波高分布及波向向量平面圖(如圖 3.3.27 所示)。每小時現報之作業模擬則依據高雄港海象觀測每小時回傳之觀測資料如波高、週期、波向及水位等且符合前述控制條件才進行數值模擬，並將模擬結果透過即時展示系統呈現。

3.3.5 台北港港內波浪數值模擬結果

由於港域波浪模式係採用有限元素法求解橢圓型緩坡方程式，因此面對龐大的數值計算網格時模式本身運算即相當費時，因此本計畫初步僅針對特定週期及波向進行台北港港域波浪模擬並率定模式相關參數，如全反射或部份反射等。

圖 3.3.28 所示為台北港港域波浪模式邊界條件設定示意圖，圖中(I)代表自然沙灘邊界，其邊界之反射率為 0.1～0.3(設定值為 0.1)；(II)代表不透水斜坡堤加消波拋石邊界，其邊界反射率介於 0.3～0.6(設定值為 0.5)；(III)為直立碼頭區邊界，其邊界反射率為 0.95~1.0(設定值為 1.0，即全反射邊界)；(IV)為無消波設施之直立堤邊界，其邊界反射率為 0.95~1.0(設定值為 0.95)；(V)為具有消波設施保護之直立海堤，其邊界反射率介於 0.5～0.65(設定值為 0.6)。

本計畫港域波浪模式作業化模擬針對七十二小時預報作業化模擬採取每間隔 3 小時之預報模擬波浪資料(波高、週期及波向等)進行港域波浪模擬。基於模式數值運算執行效率，在操作上設定颱風期間且波浪週期大於 7 秒時才進行模式運算。對於每小時港域波浪模擬未來將採波浪相關模式(如 2-3 節所述)方式進行。

3.3.6 2008 年颱風侵臺期間各港口近岸波浪場模擬結果

本計畫目前已分別完成（針對）花蓮港、台北港、台中港、安平港及高雄港等五大港口之近岸波浪場數值模式建置與模式即時模擬結果之率定與驗証，其中花蓮港、台中港及安平港等港口則持續進行線上作業化模擬與測試。為評估上述各港口近岸波浪場場即時模擬結果之精確性，本計畫針對上述各港口選取本年度(2008 年)侵臺颱風侵臺期間之波浪觀測資料進行波浪場數值模擬。

本年度中央氣象局發佈之侵臺颱風共有六個分別為：中度颱風卡玫基(07/16 ~ 07/18)、中度颱風鳳凰(07/26 ~ 07/29)、中度颱風如麗(08/19 ~08/21)、強烈颱風辛樂克(09/11 ~ 09/16)、中度颱風哈格比(09/21 ~ 09/23)及強烈颱風薔蜜(09/26 ~ 09/29)等。圖 3.3.29 所示分別為上述侵臺颱風路徑圖，其中中度颱風如麗及哈格比從臺灣南端巴士海峽通過未與陸地接觸，中度颱風鳳凰由東部海岸登陸通過中央山脈從中部海岸出海，其餘颱風卡玫基、辛樂克及薔蜜均由北部海岸登陸及出海。圖 3.3.30～圖 3.3.35 所示分別為上述颱風侵臺期間花蓮港等港口之波浪觀測資料，結果顯示上述颱風侵臺期間僅花蓮港及高雄港具有完整的波浪觀

測資料，台中港波浪觀測資料於強烈颱風薔蜜侵臺期間發生資料中斷，台北港則缺少 9 月份侵臺颱風哈格比及薔蜜之波浪觀測資料，安平港缺乏 9 月份三場侵臺颱風之波浪觀測資料。本計畫依據上述各港口波浪觀測資料進行波浪場模擬，其中波高資料採用每小時觀測資料之最大波高值為模式之輸入條件。此外，為避免入射波波向與數值計算網格 x 軸之夾角過大而影響模擬結果之正確性，本計畫模式設定入射波波向與數值計算網格 x 軸之夾角小於 70˚時才進行波浪場模擬。

圖 3.3.36 所示為花蓮港近岸波浪場模擬所採用之數值計算網格及水深分佈情形，其中數值計算網格原點之二度分帶座標為(316892.0, 2655232.0)，與 x 軸平行(即與 y 軸垂直)之入射波向為 120˚。圖 3.3.36 所示點位 A ~ D 代表模式輸出計算結果之點位，其中點位 A 代表波浪觀測位置。圖 3.3.37a,b 至圖 3.3.42a,b 所示分別為 2008 年颱風卡玫基、鳳凰、如麗、辛樂克、哈格比及薔蜜侵臺期間，花蓮港近岸波浪場模擬結果點位 A ~ D 之逐時波高序列圖。其中點位 A 波高模擬結果與波高觀測值比較結果顯示，點位 A 波高模擬結果有明顯偏大之趨勢，且波高愈大二者間之誤差亦大；而模式模擬波高與觀測值間誤差偏大之原因，除了與入射波波向、週期及海域地形有關外，觀測點離防波堤距離過近造成模擬波浪場受結構物影響而不易率定模式之邊界條件亦為影響模式模擬結果準確性之重因因素。因此在目前觀測點位無法移位之情況下，未來需要針對花蓮港颱風期間波浪場模擬結果進行模式邊界條件之重新率定與修正。圖 3.3.43 所示為強烈颱風辛樂克侵臺期間花蓮港近岸波浪場模擬結果之波高分布及波向平面圖。

2008 年台北港近岸波浪場模擬所使用的數值計算網格如圖 3.3.6b 所示，代表南防波堤完工後之情況，其中點位 A 代表波浪觀測位置。圖 3.3.44a,b 至圖 3.3.46a,b 所示分別為 2008 年颱風卡玫基、鳳凰及辛樂克侵臺期間，台北港近岸波浪場模擬結果與波高觀測值之比較及點位 B ~ D 之逐時波高序列圖。結果顯示除了少數波高模擬結果顯著偏小外，點位 A 波高模擬結果與台北港波高觀測值相當一致。進一步分析點位 A 少數波高模擬結果偏小之原因，得知主要發生於波浪週期小

於 5.0sec 以下之情況，顯示當數值計算網格間距為 10m 之情況下，週期小於 5.0sec 之波浪在模擬過格會遇到數值網格解析度不足之問題。由於增加數值計算網格解析度，將會增加數值模擬時間而影響模擬結果現報之時效，因此現階段在線上作業時將以控制波浪計算條件方式，設定波浪週期大(等)於 5.0sec 以上之波浪才進行線上模擬，以避免不正確的模擬結果發生。圖 3.3.47 所示為強烈颱風辛樂克侵臺期間台北港近岸波浪場模擬結果之波高分布及波向平面圖。

圖 3.3.48 所示為台中港近岸波浪場模擬所採用之數值計算網格及水深分佈情形，其中數值計算網格原點之二度分帶座標為(186945.0, 2680791.0)，與 x 軸平行之入射波向為 306°。圖中點位 A～D 代表模式輸出計算結果之點位，其中點位 A 代表波浪觀測位置。圖 3.3.49a,b 至圖 3.3.54a,b 所示分別為 2008 年侵臺颱風卡玫基等六個颱風侵臺期間，台中港近岸波浪場模擬結果與波高觀測值之比較及點位 B ~ D 之逐時波高序列圖。由模式點位 A 波高模擬值與波高觀測值比較結果得知，當入射波高大於 4.0 m 時模式模擬之點位 A 波高明顯地高於觀測值。此外，受到數值計算網格解析度之影響，當入射波週期小於 5.0 sec 時模式模擬結果易出現波高偏低之現象。圖 3.3.55 所示為強烈颱風辛樂克侵臺期間台中港近岸波浪場模擬結果之波高分布及波向平面圖。

圖 3.3.56 所示為安平港近岸波浪場模擬所採用之數值計算網格及水深分佈情形，其中數值計算網格原點之二度分帶座標為(162072.0, 2533583.0)，與 x 軸平行之入射波向為 240°。圖中點位 A～D 代表模式輸出計算結果之點位，其中點位 A 代表波浪觀測位置。圖 3.3.57a,b 至圖 3.3.59a,b 所示分別為 2008 年侵臺颱風卡玫基、鳳凰及如麗侵臺期間，安平港近岸波浪場模擬結果與波高觀測值之比較及點位 B ~ D 之逐時波高序列圖。模擬結果顯示點位 A 波高模擬值與觀測值相當一致，此一現象與波高觀測點位遠離港口較不受結構物影響有關。圖 3.3.60 所示為中度颱風如麗侵臺期間安平港近岸波浪場模擬結果之波高分布及波向平面圖。

高雄港近岸波浪場模擬之數值計算網格如圖 3.3.7 所示，數值計算

網格點為 801×1701，與 x 軸平行之入射波向為 232˚。圖 3.3.61a,b 至圖 3.3.66a,b 所示分別為 2008 年侵臺颱風卡玫基等六個颱風侵臺期間，高雄港近岸波浪場模擬結果與波高觀測值之比較及點位 B ~ D 之逐時波高序列圖。模擬結果顯示除了少數波高較大之情況(如中度颱風如麗及哈格比)呈現出與觀測值較大偏差外，點位 A 波高模擬結果與波高觀測值大致上相當吻合。圖 3.3.67 所示為強烈颱風辛樂克侵臺期間高雄港近岸波浪場模擬結果之波高分布及波向平面圖。

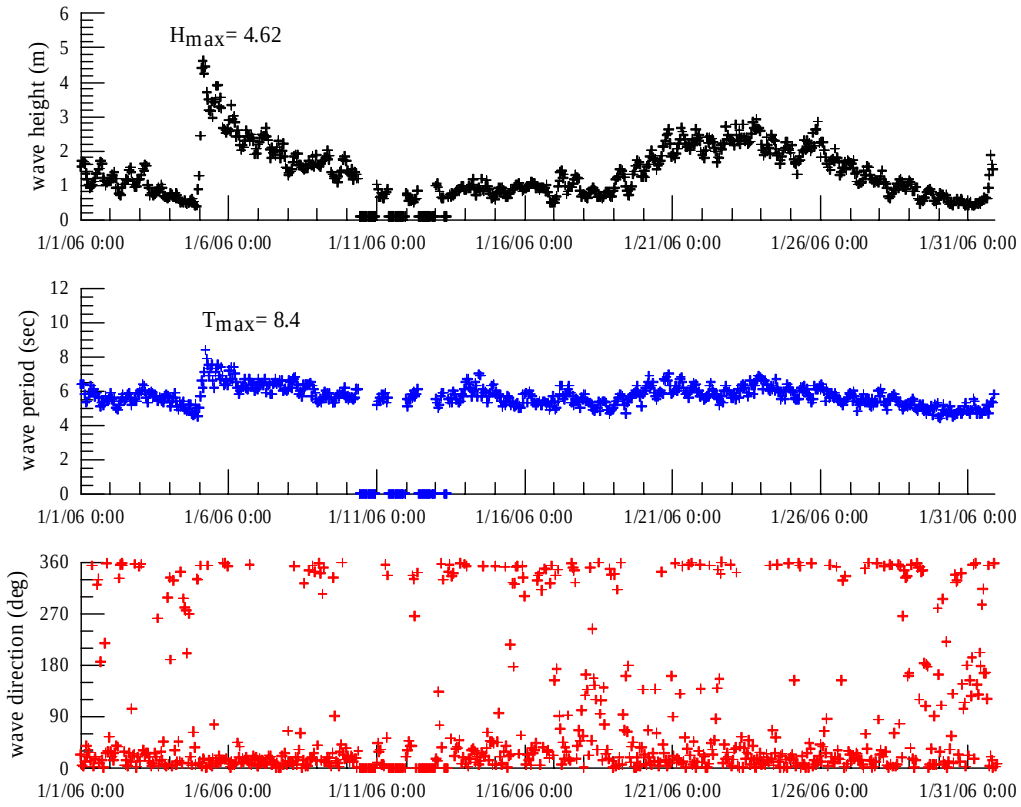


圖3.3.2　2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

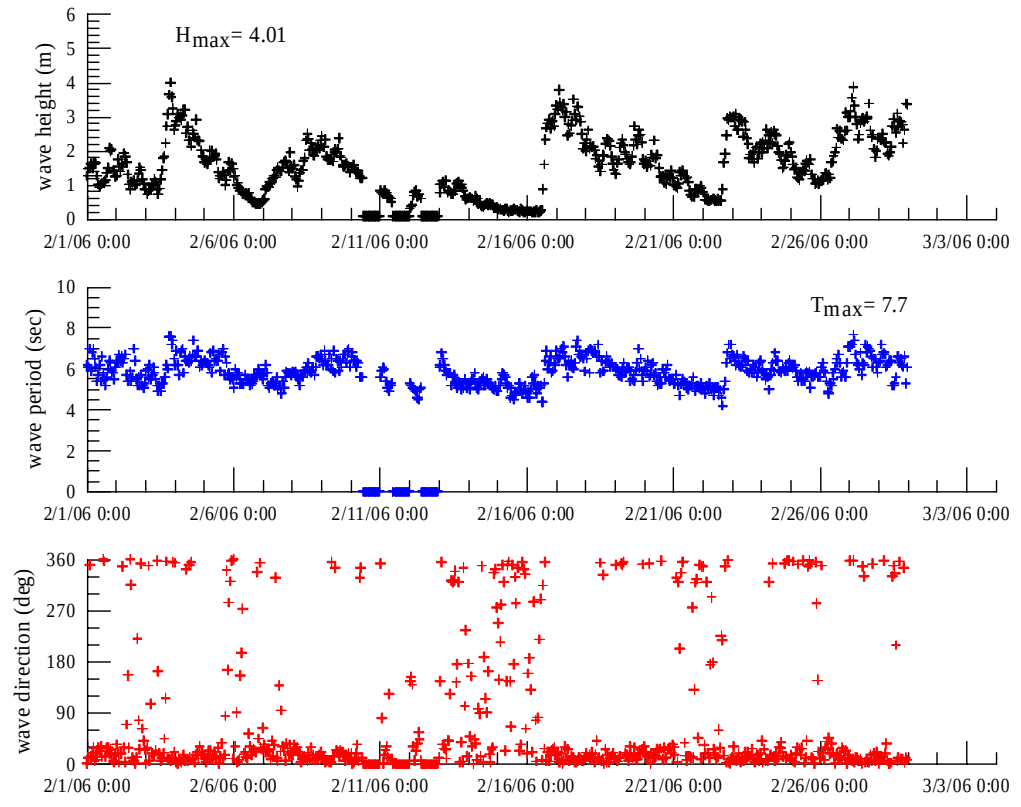


圖3.3.2 (續1) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

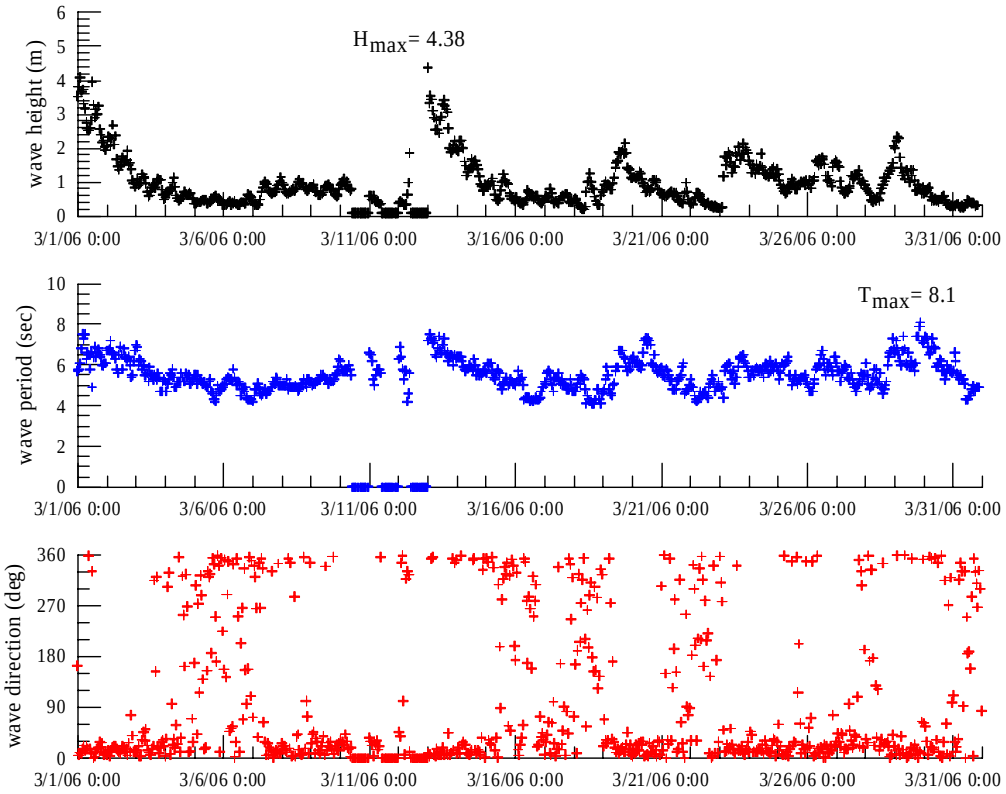


圖3.3.2 (續2) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

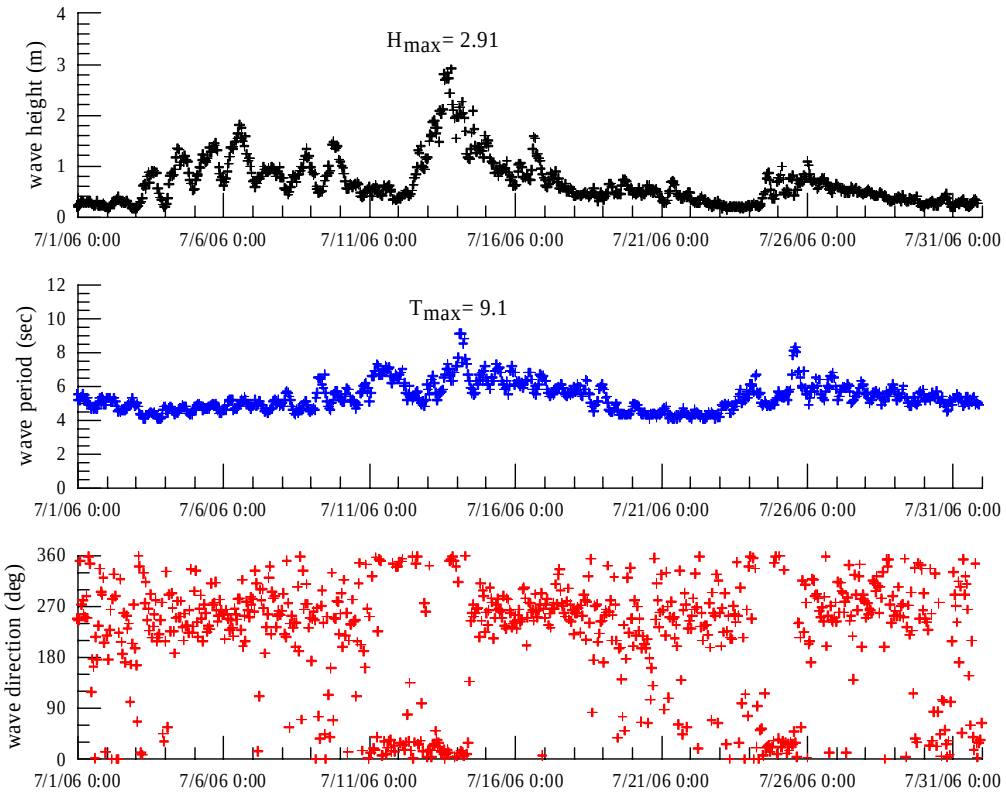


圖3.3.2 (續3) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

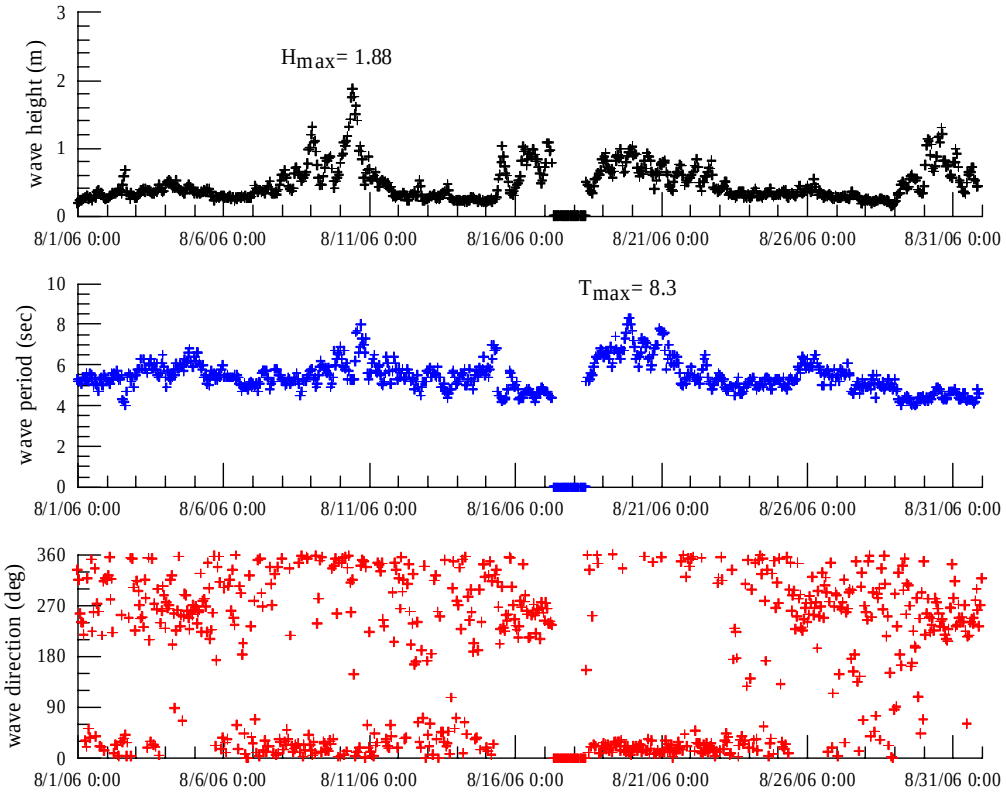


圖3.3.2 (續4) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

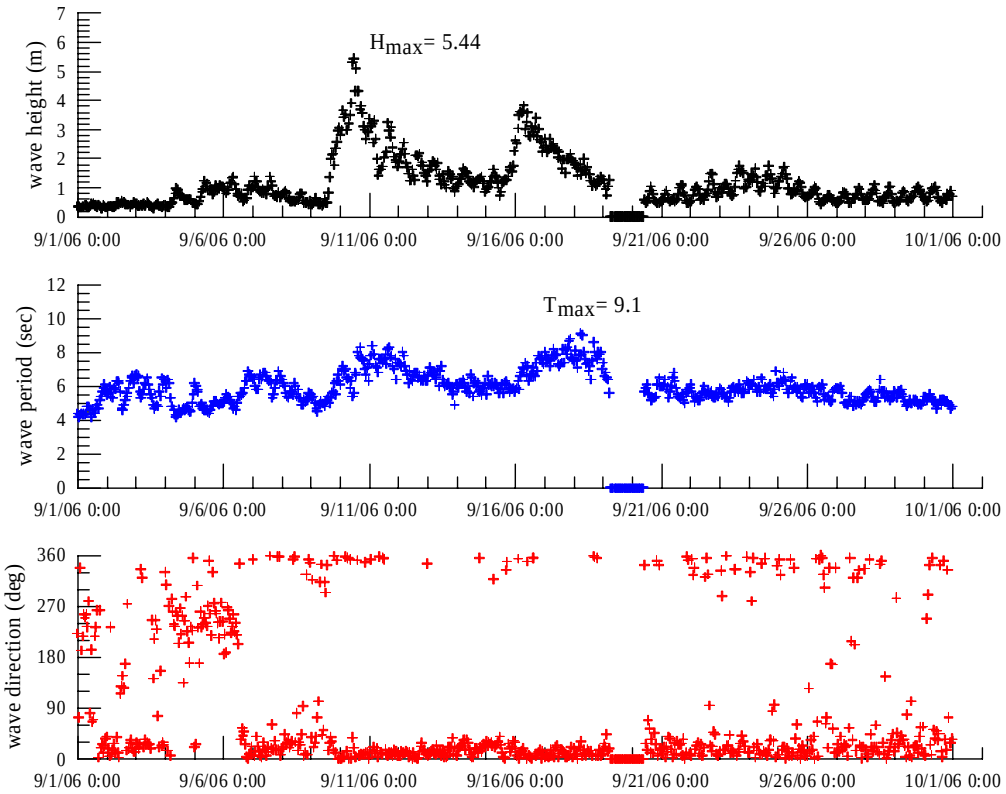


圖3.3.2 (續5) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

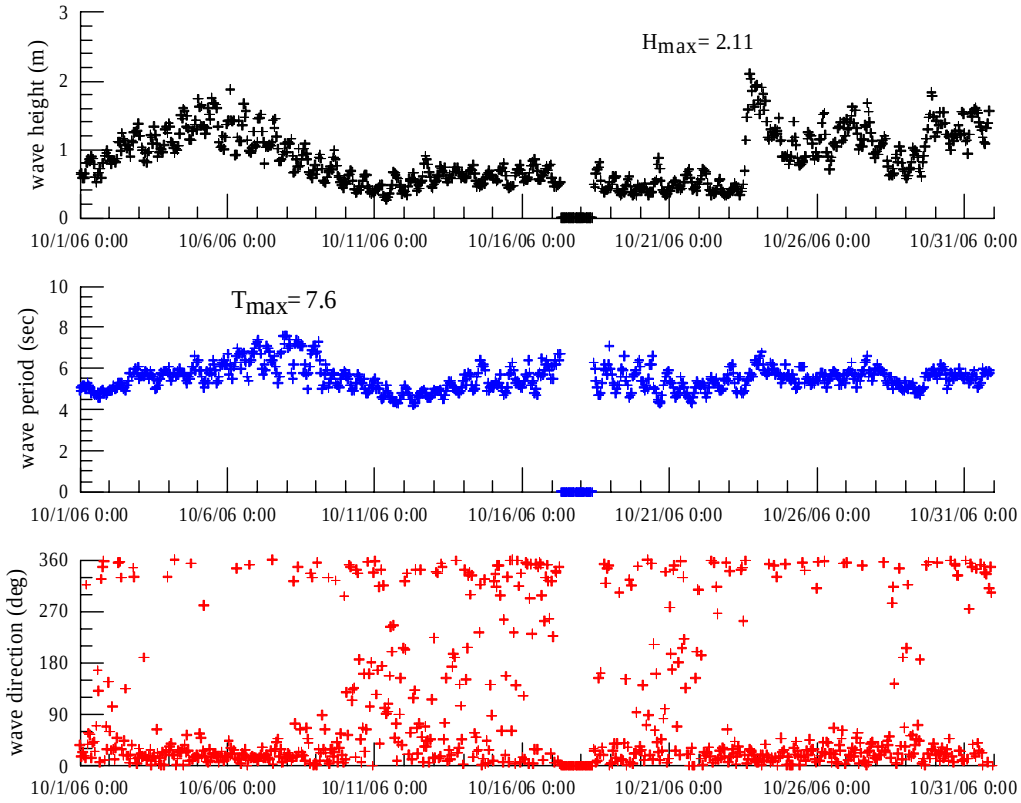


圖3.3.2 (續6) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

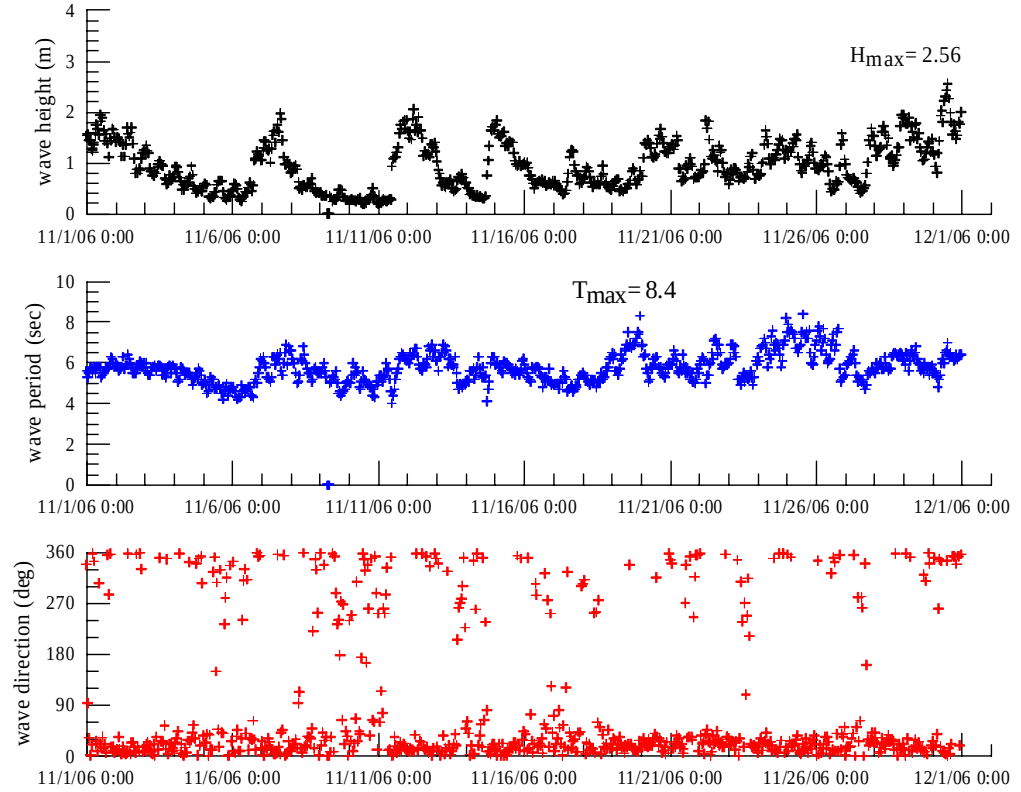


圖3.3.2 (續7) 2006年台北港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

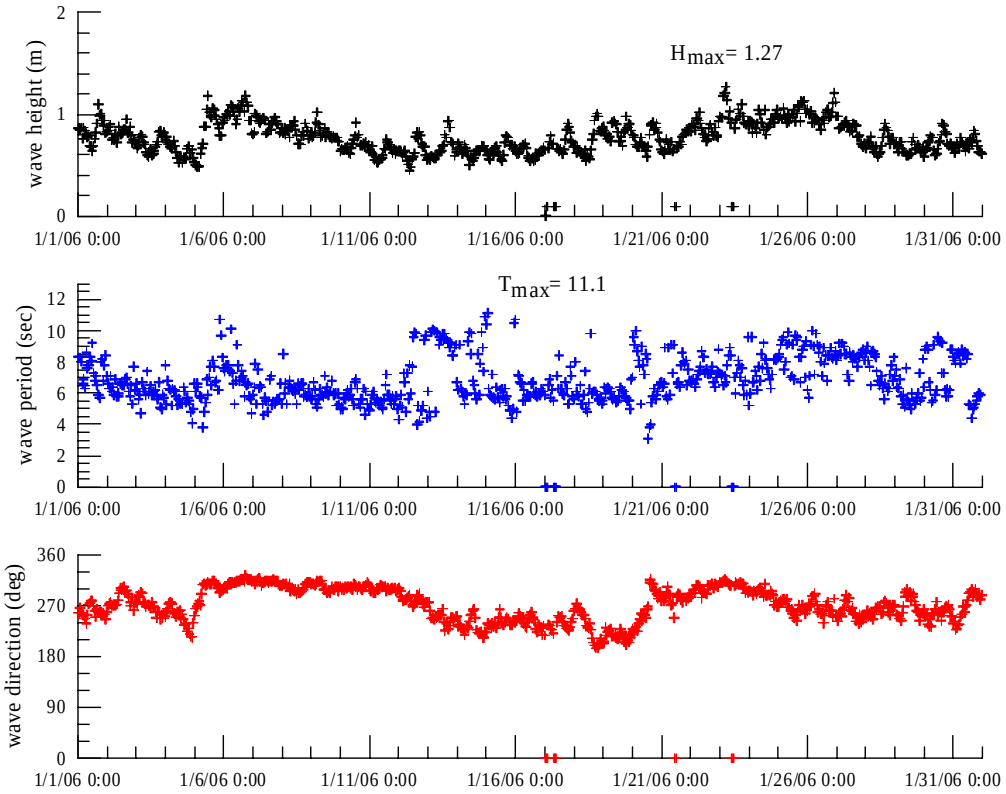


圖3.3.3　2006年高雄港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

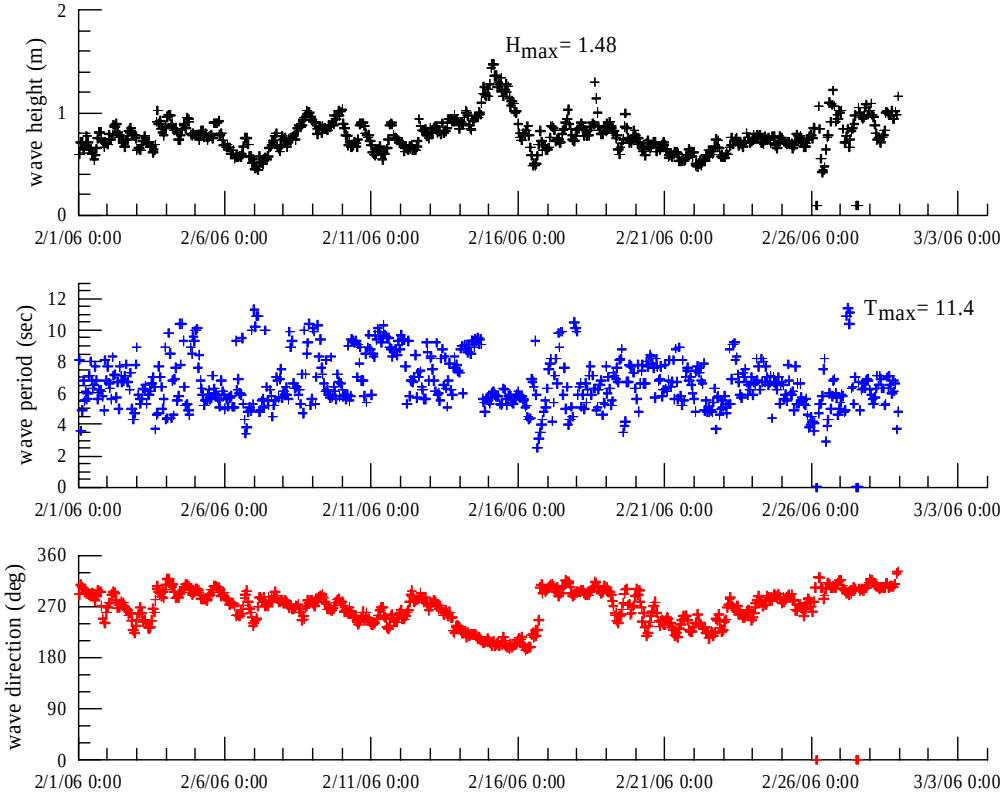


圖3.3.3 (續1) 2006年高雄港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

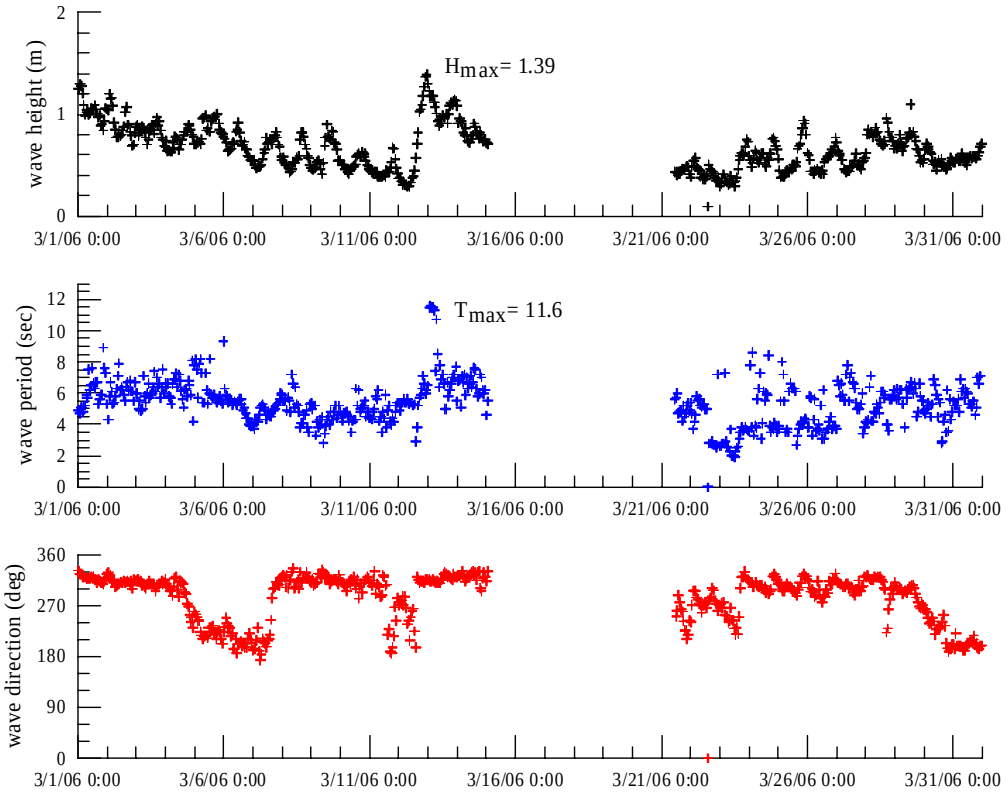


圖3.3.3 (續2) 2006年高雄港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

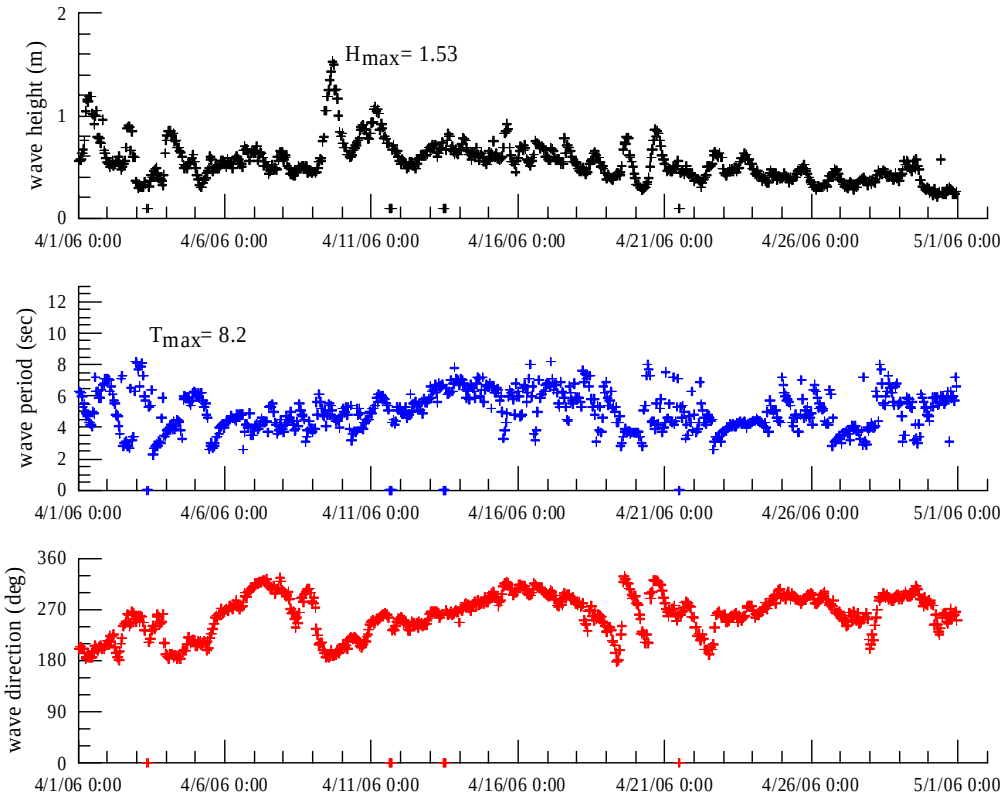


圖3.3.3 (續3) 2006年高雄港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

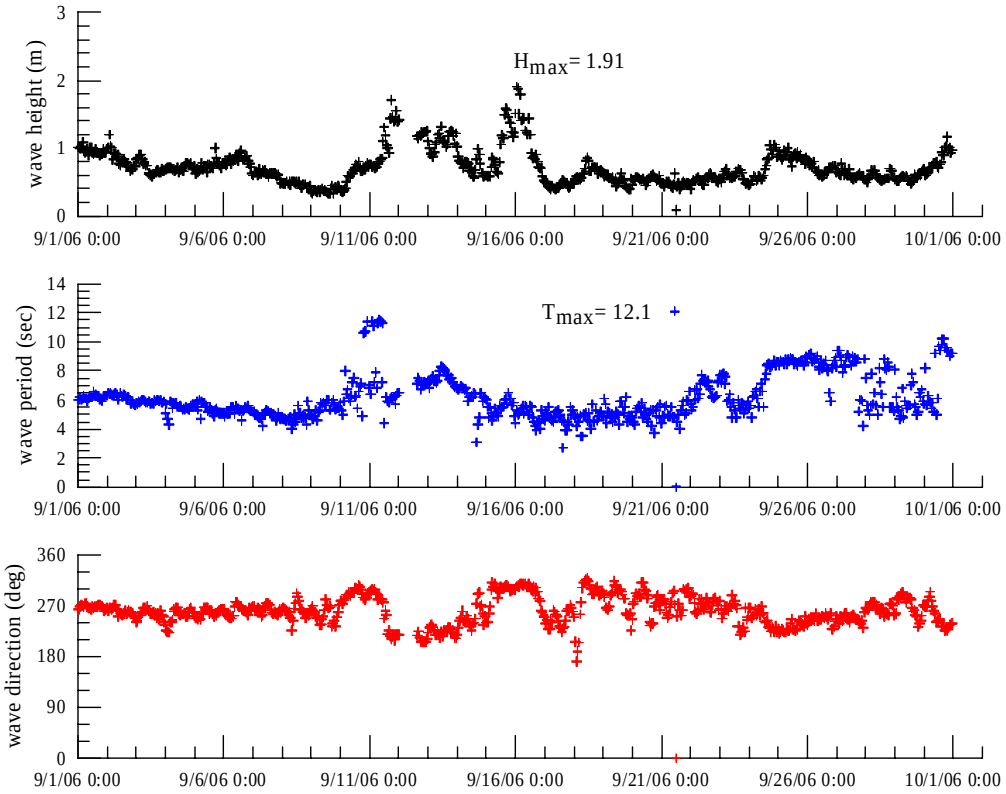


圖3.3.3 (續4) 2006年高雄港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

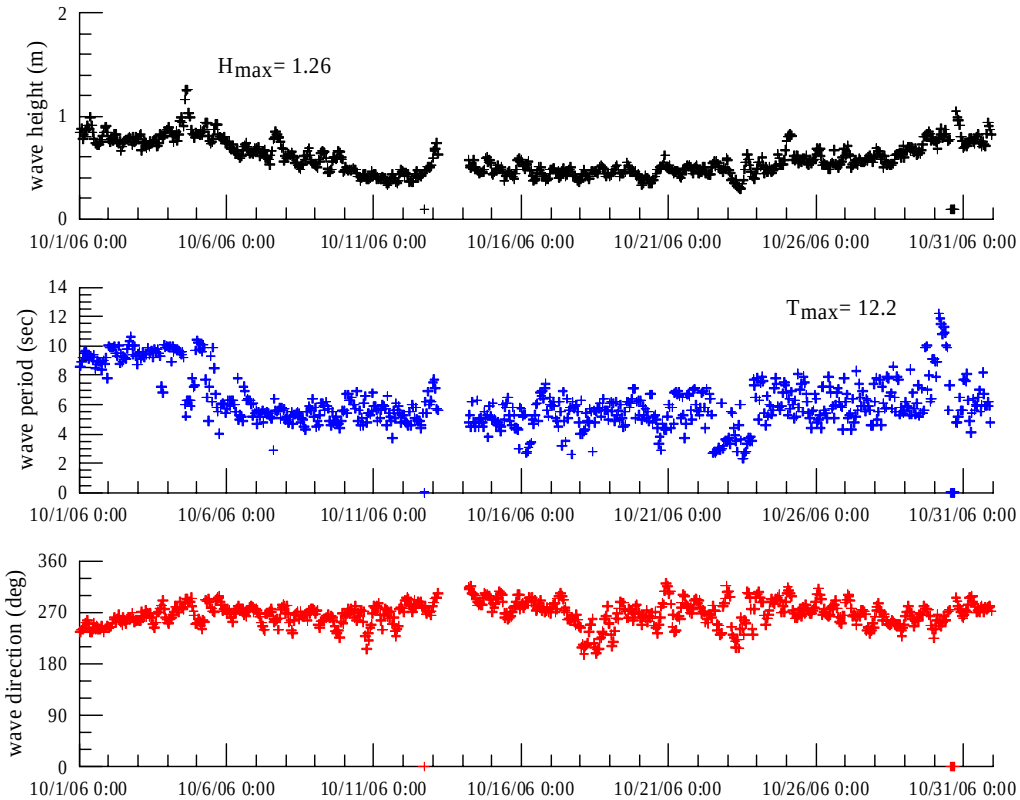


圖3.3.3 (續5) 2006年高雄港波浪觀測資料波高、週期及波向之逐時序列圖

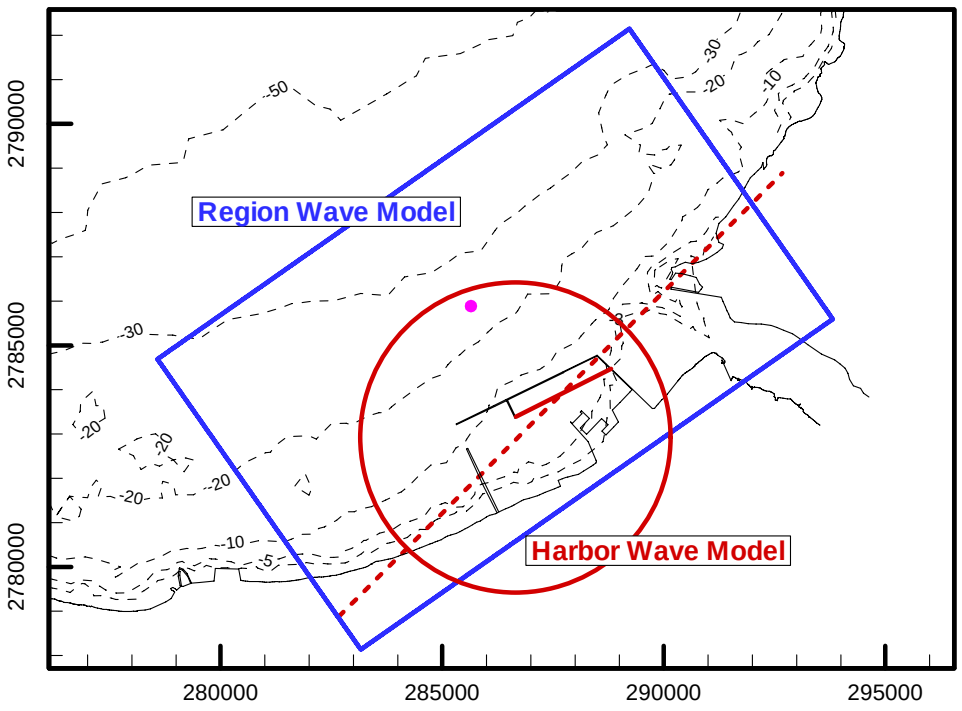


圖3.3.4　台北港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪及港域波浪模式之模擬範圍示意圖(圓點為台北港波浪觀測位置)

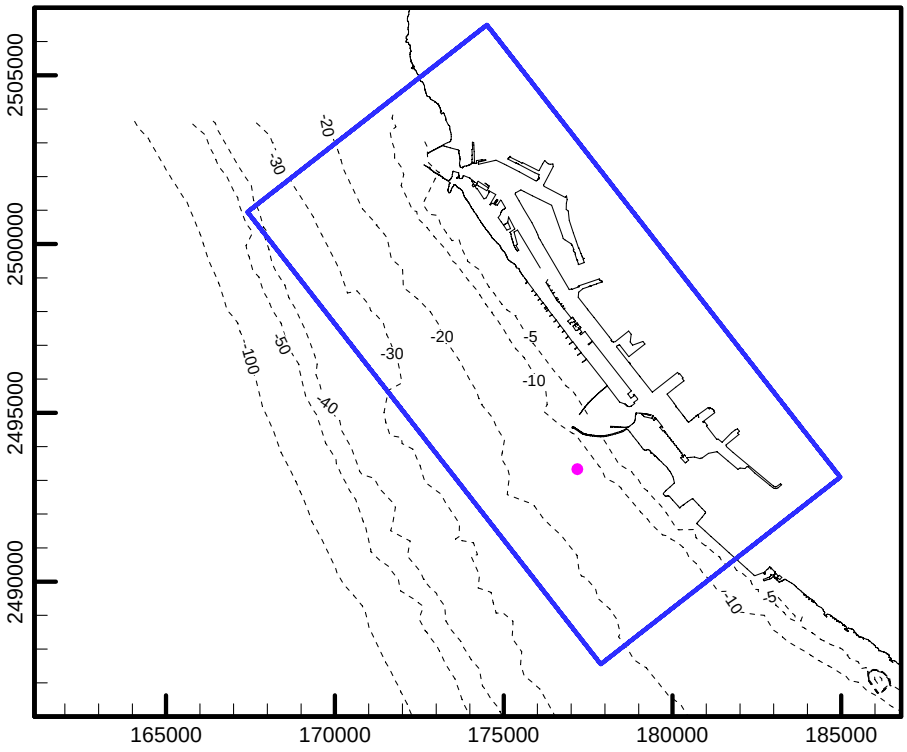


圖3.3.5　高雄港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪及港域波浪模式之模擬範圍示意圖(圓點為高雄港波浪觀測位置)

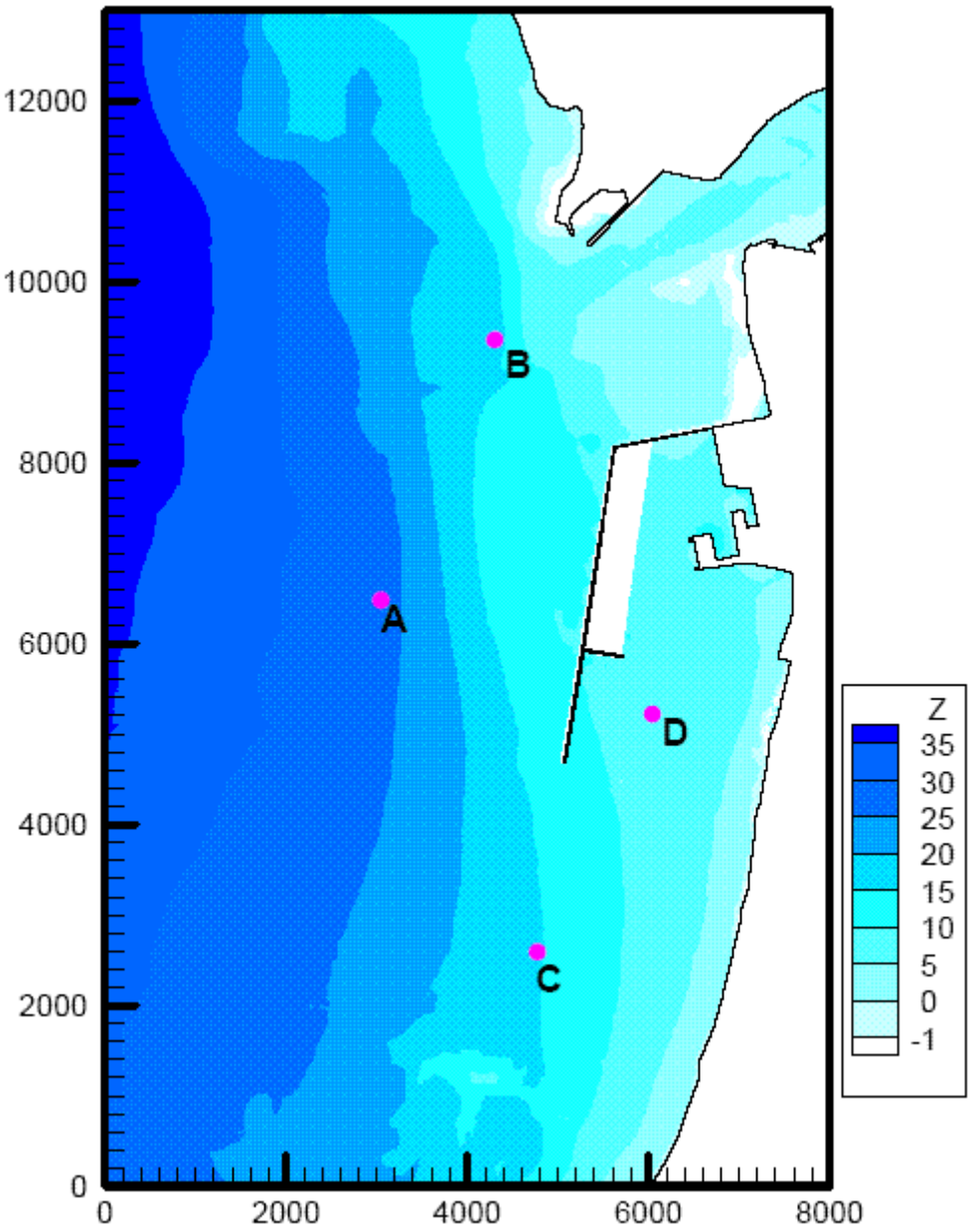


圖3.3.6　台北港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(南防波堤完工前)(點位A~D為模式模擬結果之輸出點位)

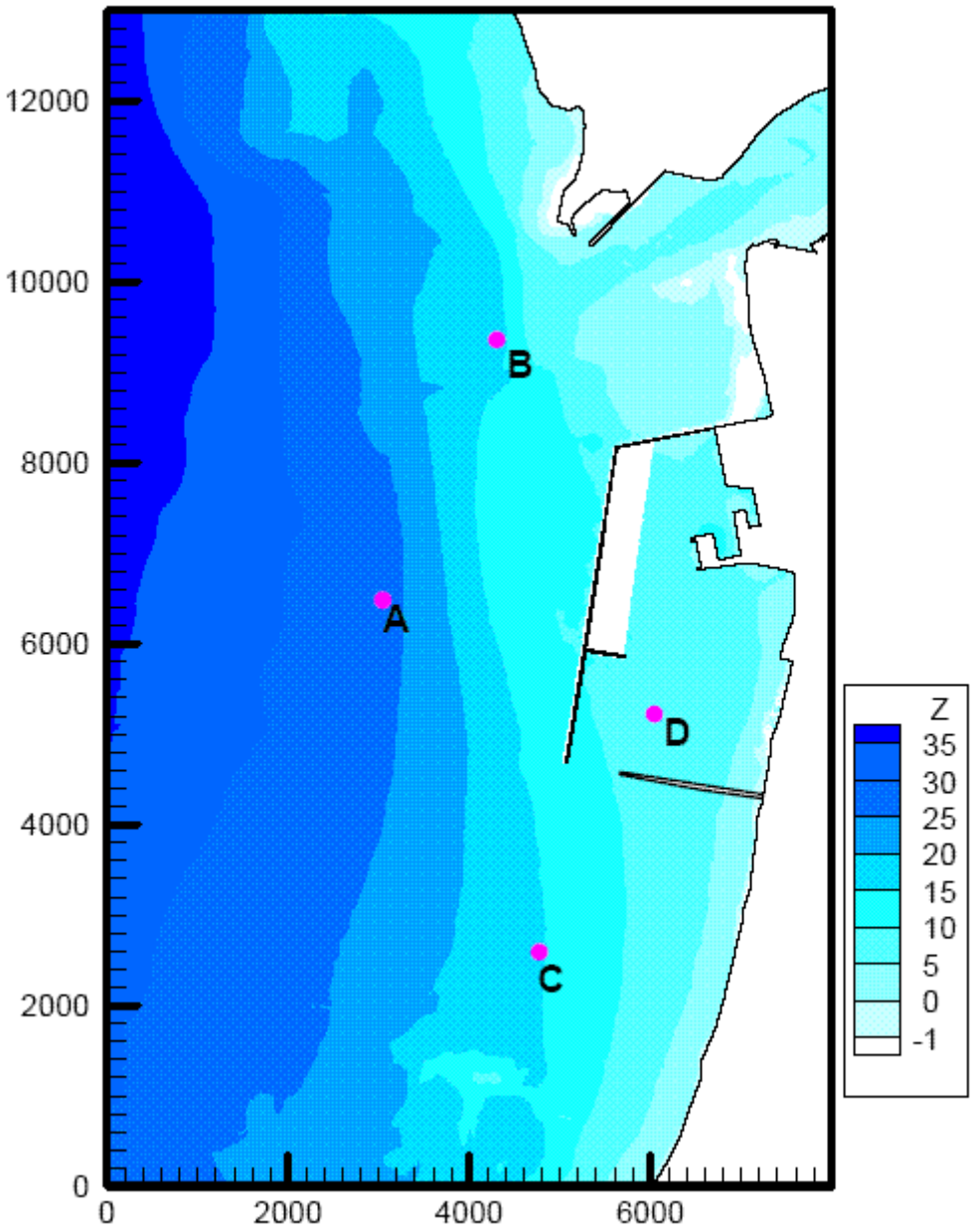


圖3.3.7台北港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖 (南防波堤完工後) (點位A~D為模式模擬結果之輸出點位)

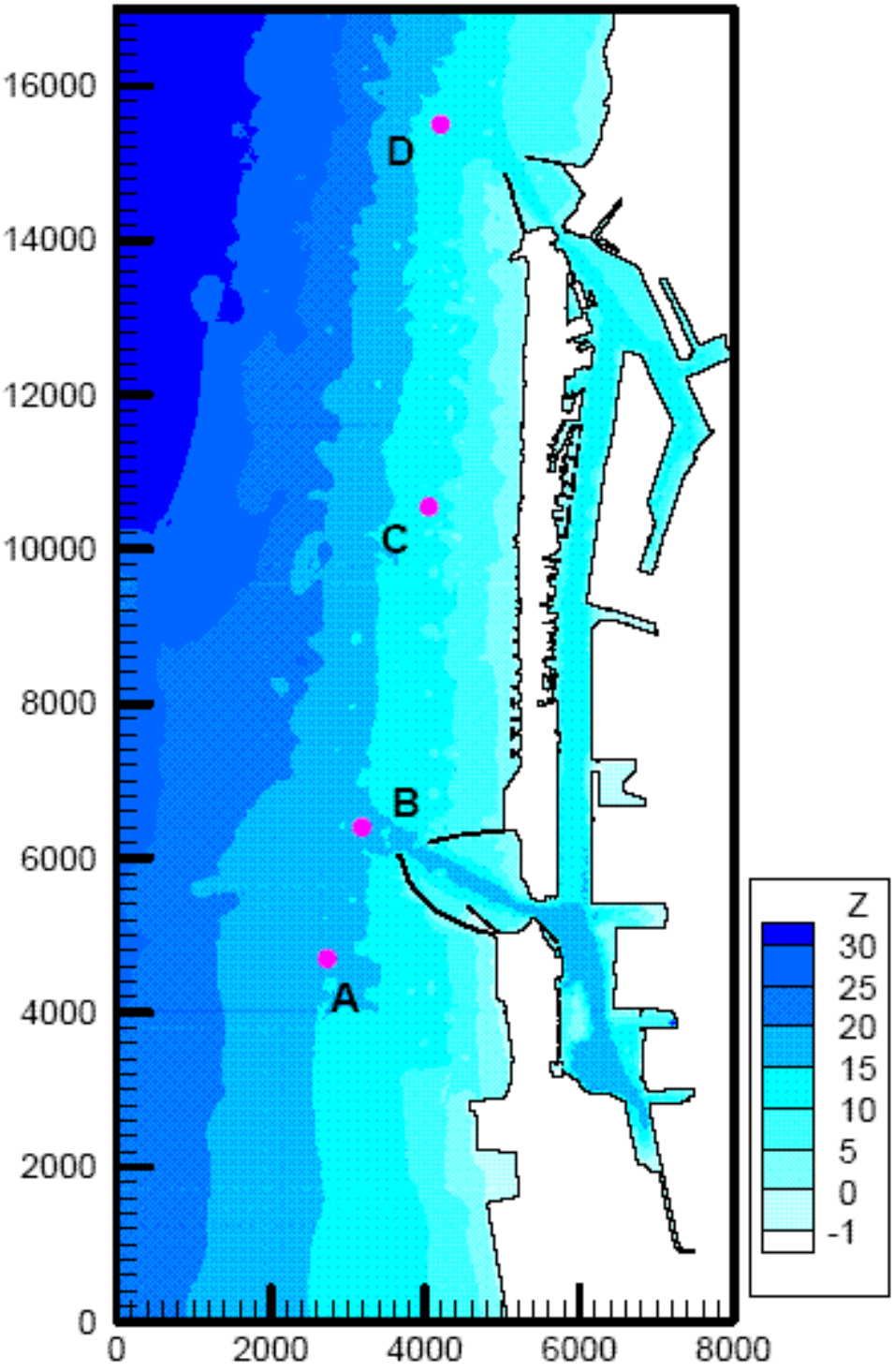


圖3.3.8　高雄港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖

(點位A~D為模式模擬結果之輸出點位)

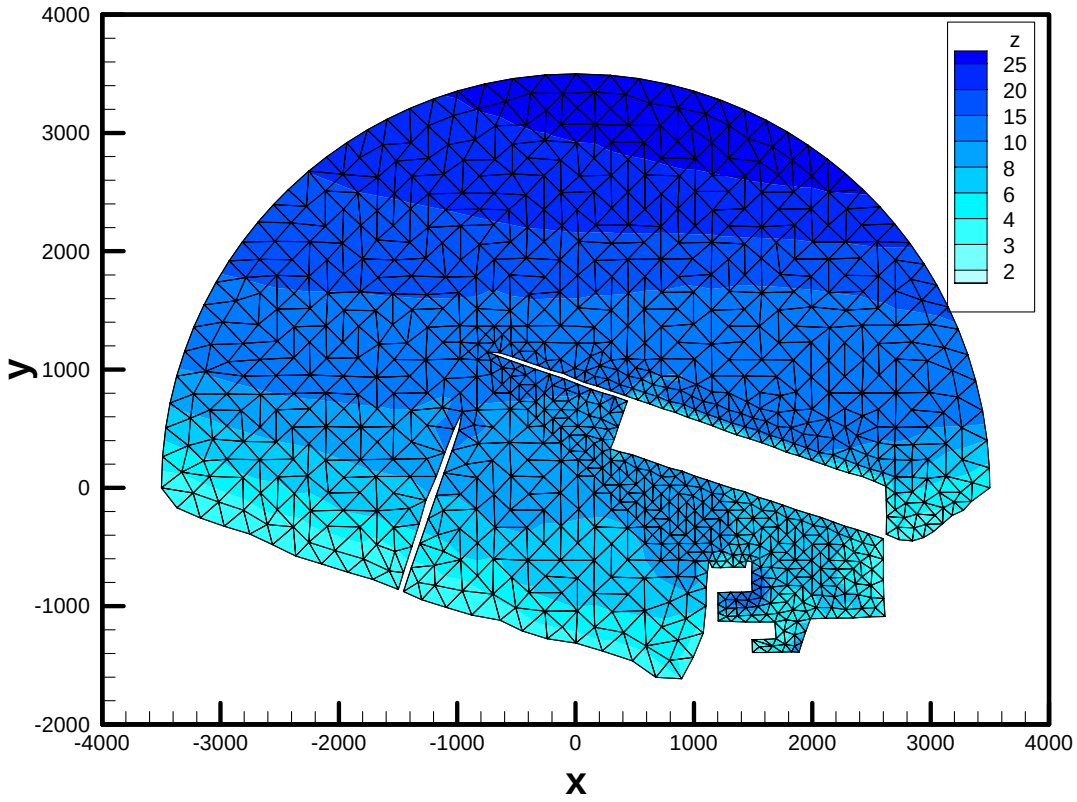


圖3.3.9 台北港港域波浪模式之座標系統及三角形元素粗網格分佈圖
(內含2344個節點及4041個三角形元素)

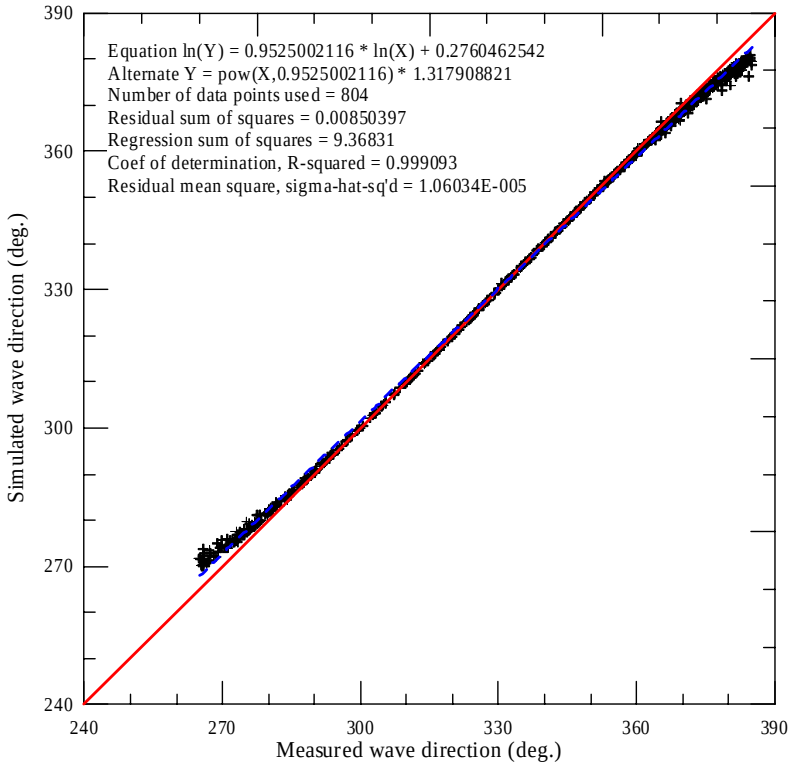


圖3.3.10　台北港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波向之比較
(圖中紅色對角線代表1:1之關係)

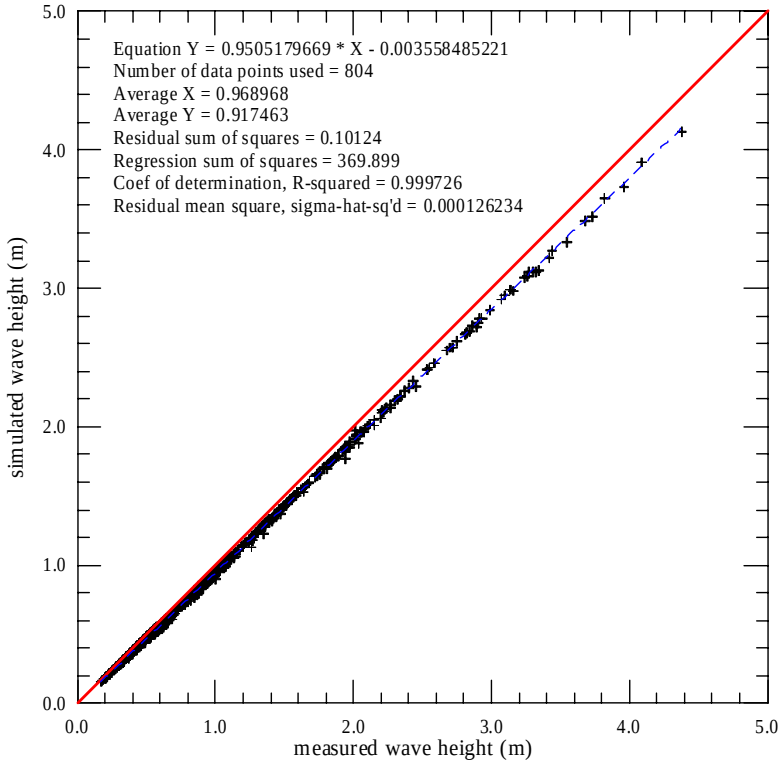


圖3.3.11　台北港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較
(圖中紅色對角線代表1:1之關係)

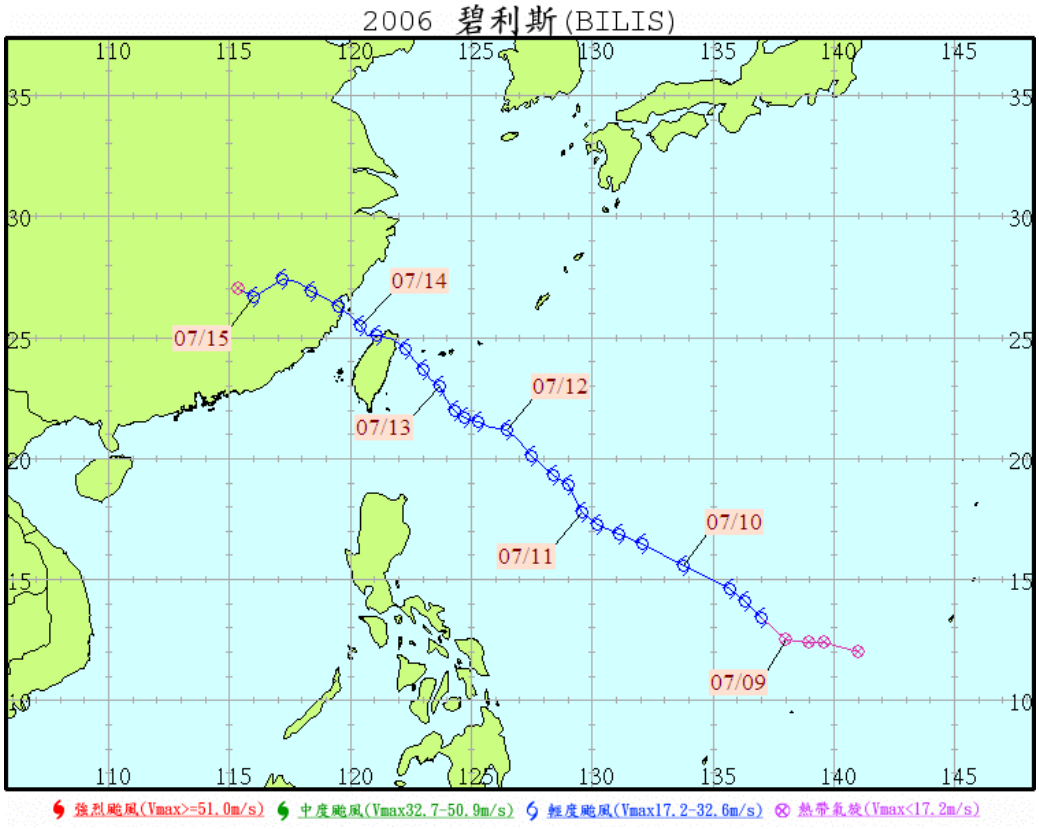


圖3.3.12　2006年輕度颱風碧利斯侵臺路徑圖(中央氣象局颱風資料庫)

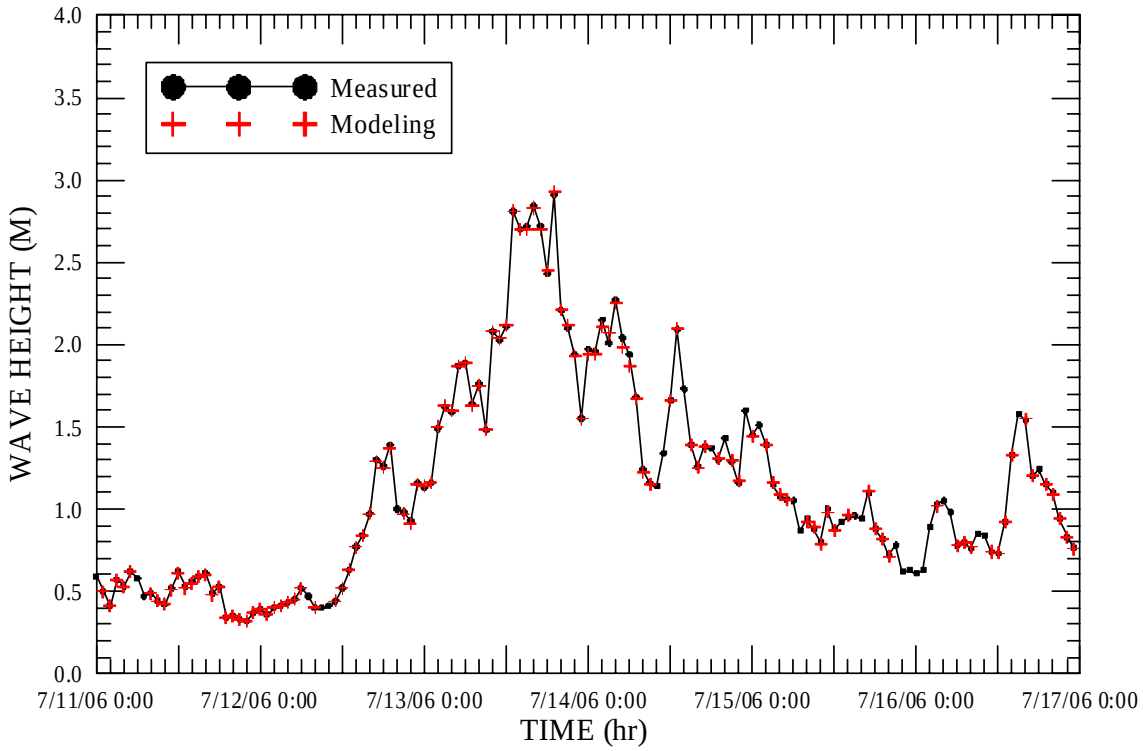


圖3.3.13　2006年輕度颱風碧利斯侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

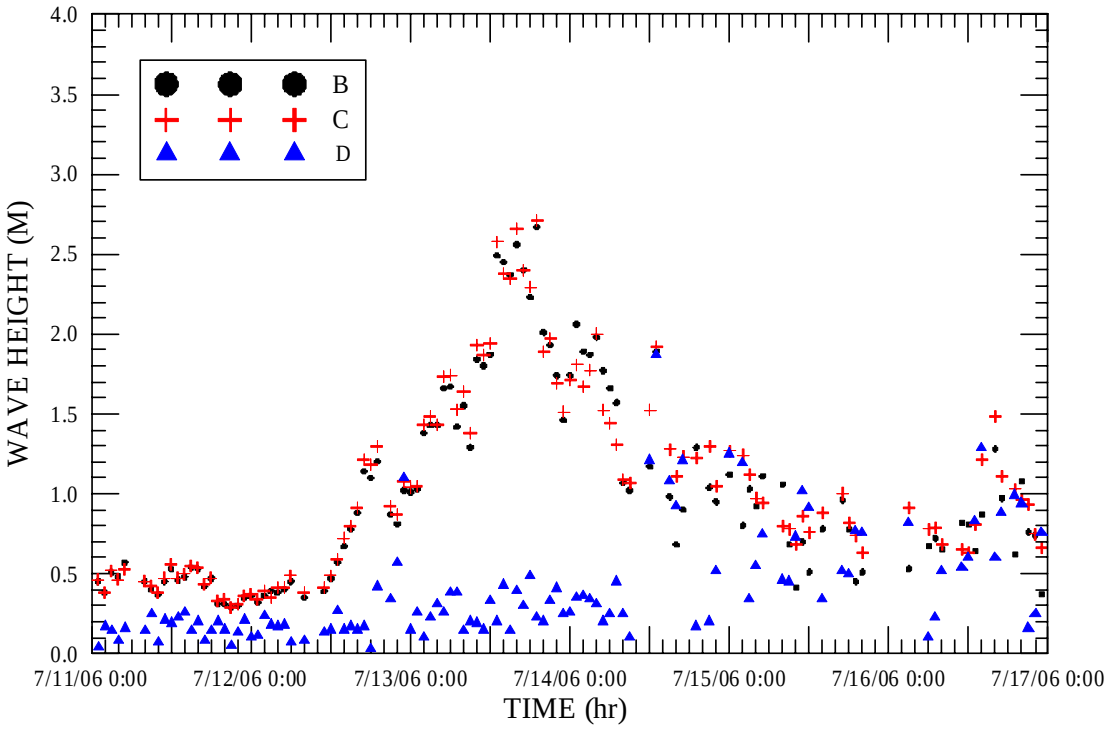


圖3.3.14　2006年輕度颱風碧利斯侵臺期間台北港波浪模擬點位B、C及D之波高逐時變化圖

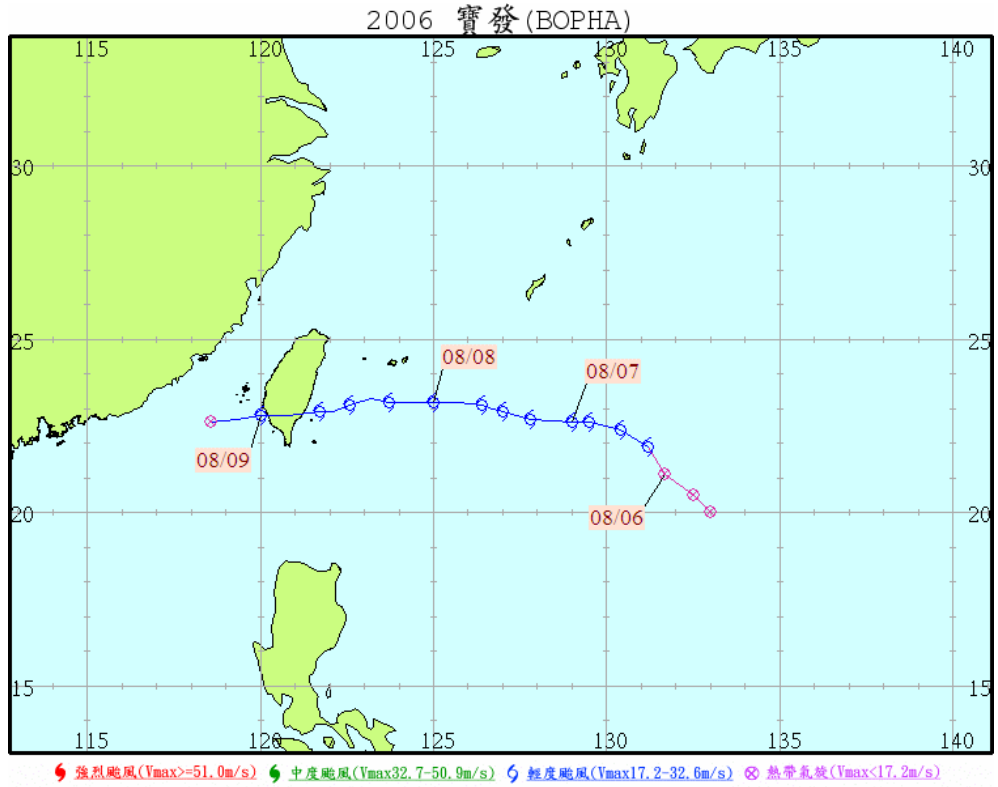


圖3.3.15　2006年輕度颱風寶發侵臺路徑圖(中央氣象局颱風資料庫)

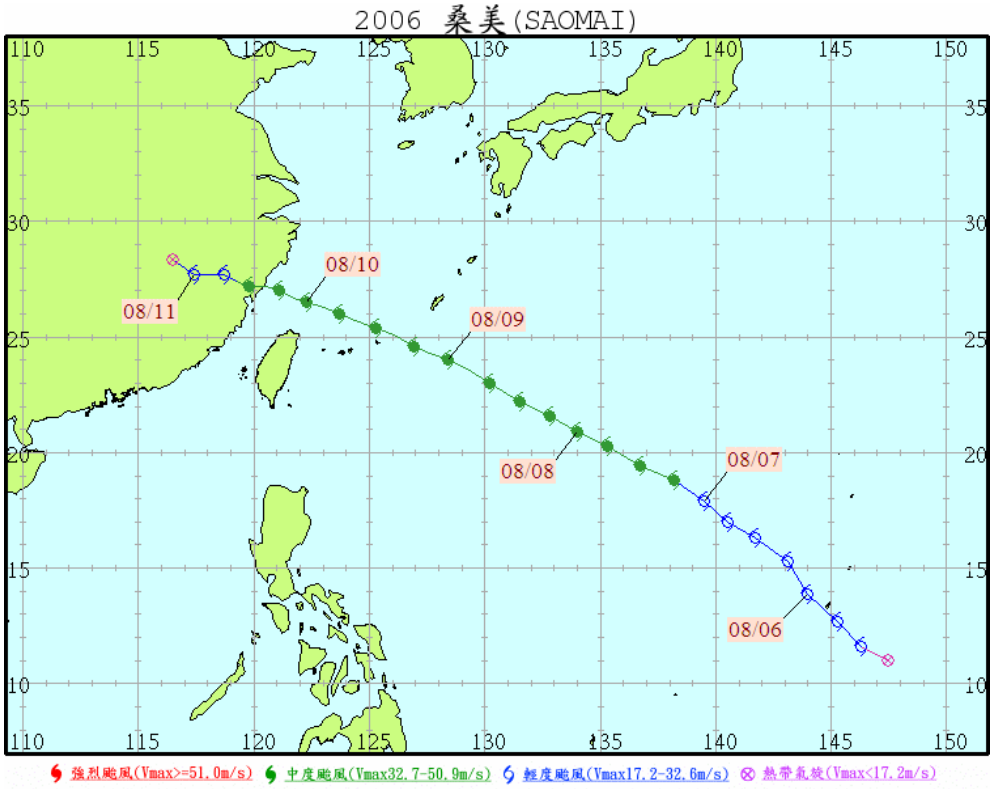


圖3.3.16　2006年中度颱風桑美侵臺路徑圖(中央氣象局颱風資料庫)

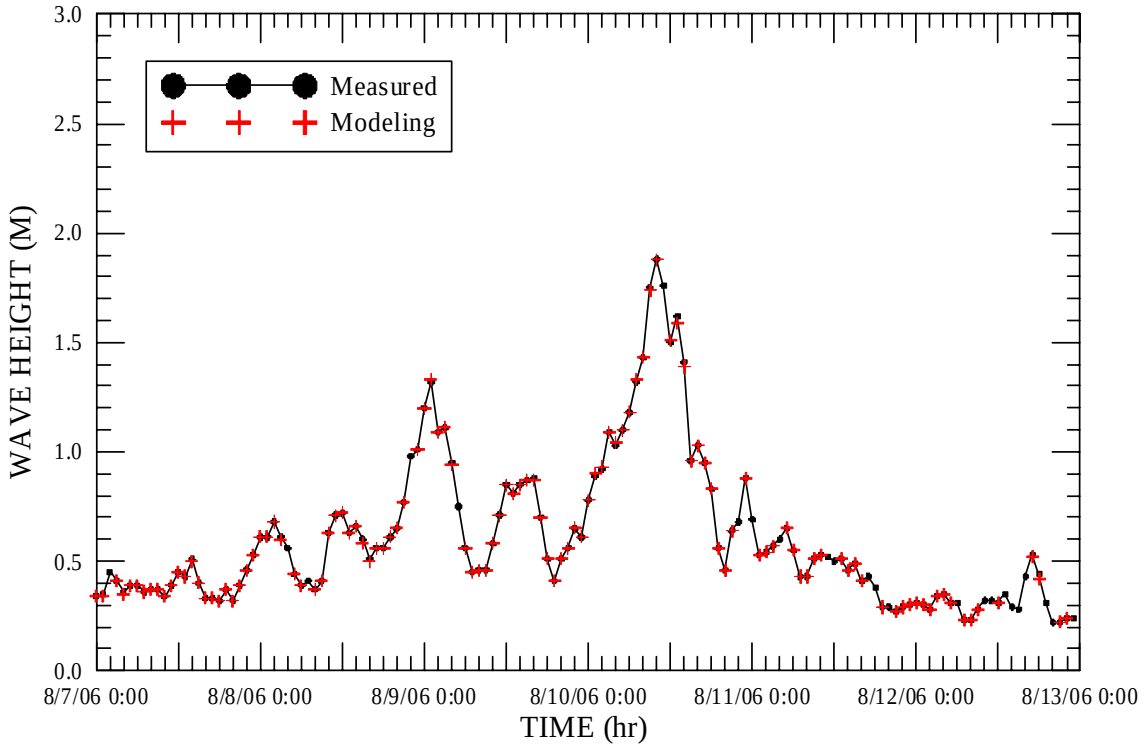


圖3.3.17　2006年輕度颱風寶發及中度颱風桑美侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

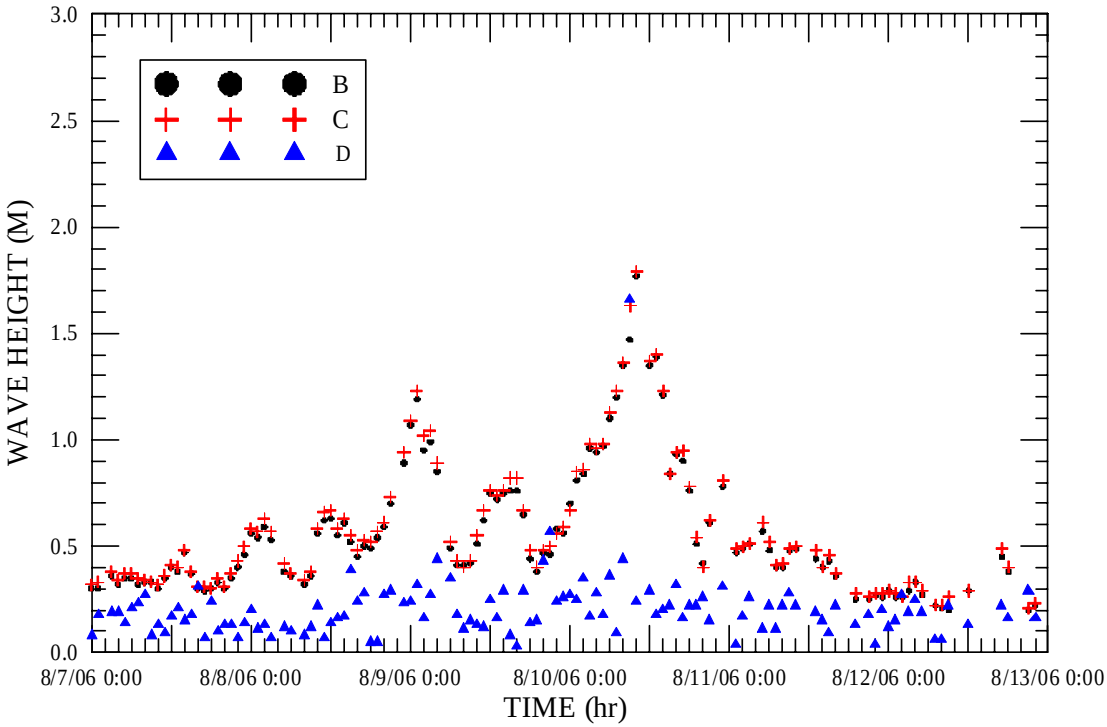


圖3.3.18　2006年輕度颱風寶發及中度颱風桑美侵臺期間台北港波浪模擬點位B、C及D之波高逐時變化圖

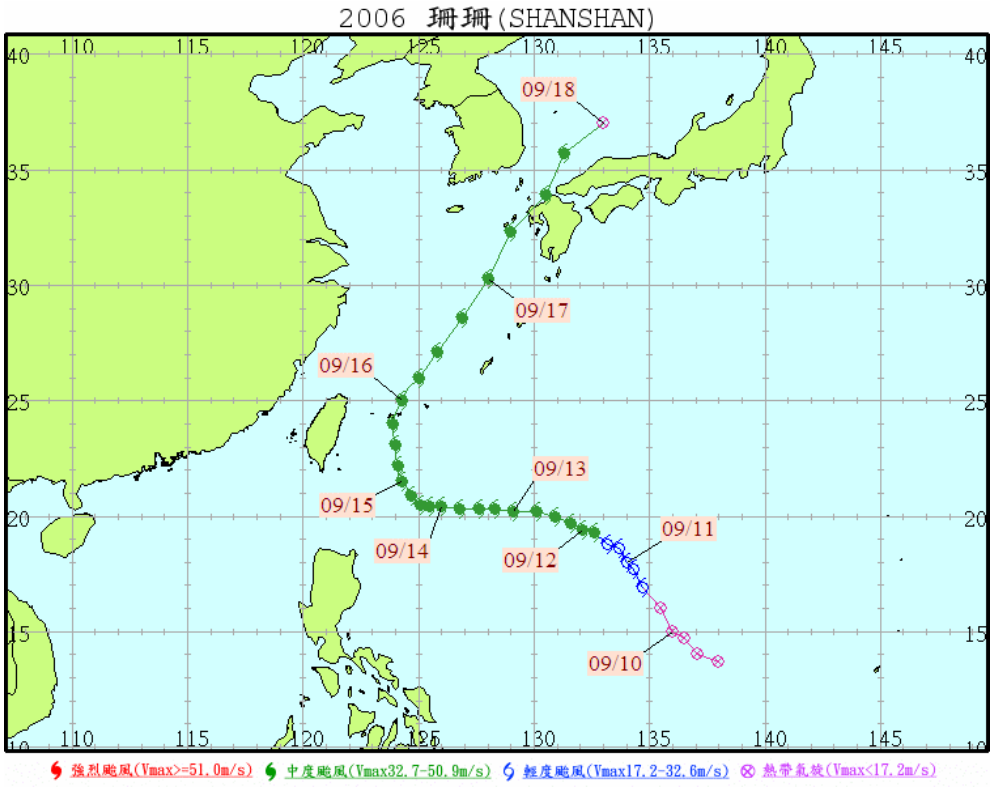


圖3.3.19　2006年中度颱風珊珊侵臺路徑圖(中央氣象局颱風資料庫)

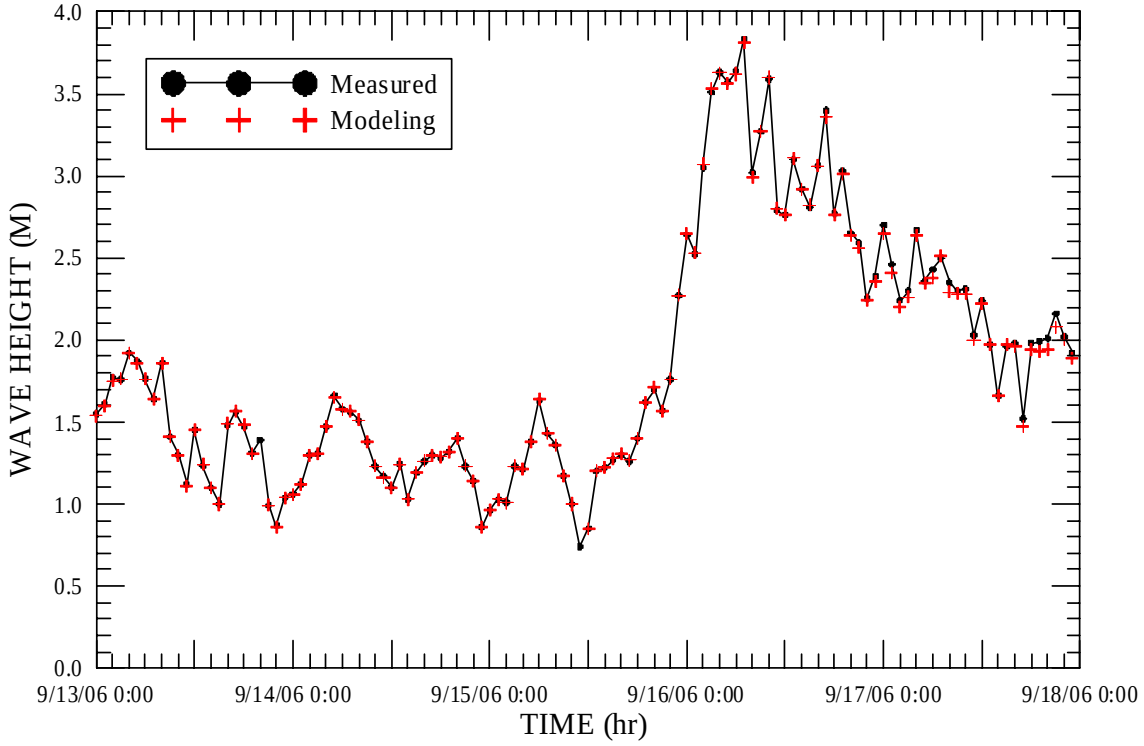


圖3.3.20　2006年中度颱風珊珊侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

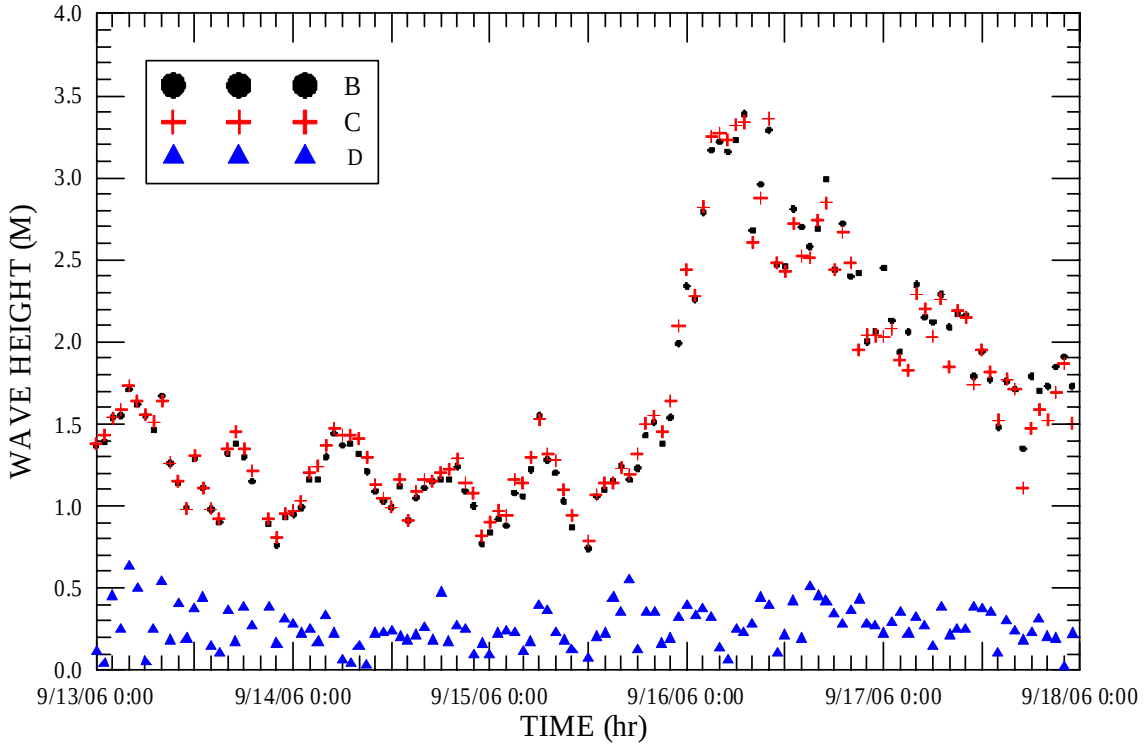


圖3.3.21　2006年中度颱風珊珊侵臺期間台北港波浪模擬點位B、C及D之波高逐時變化圖

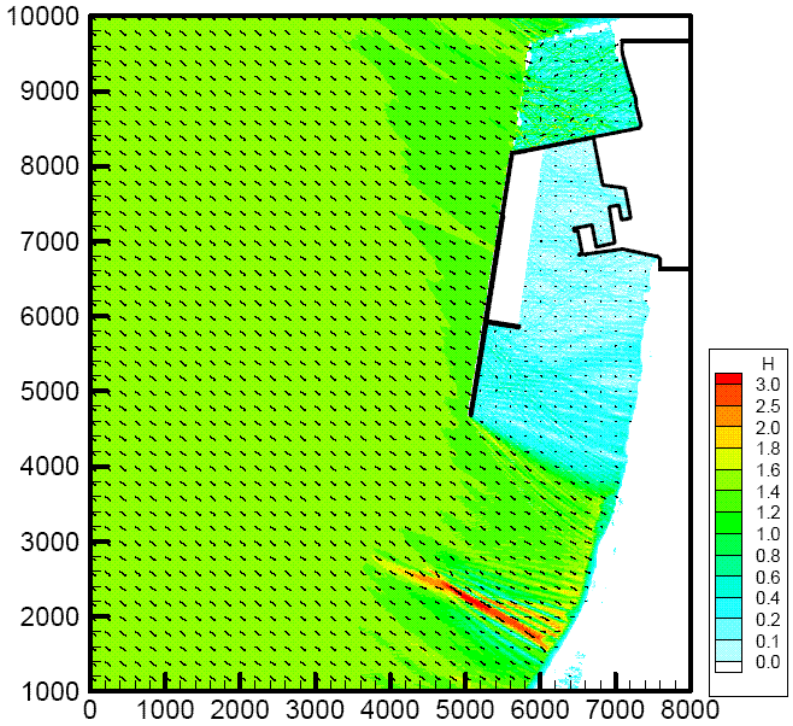


圖3.3.22 台北港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖

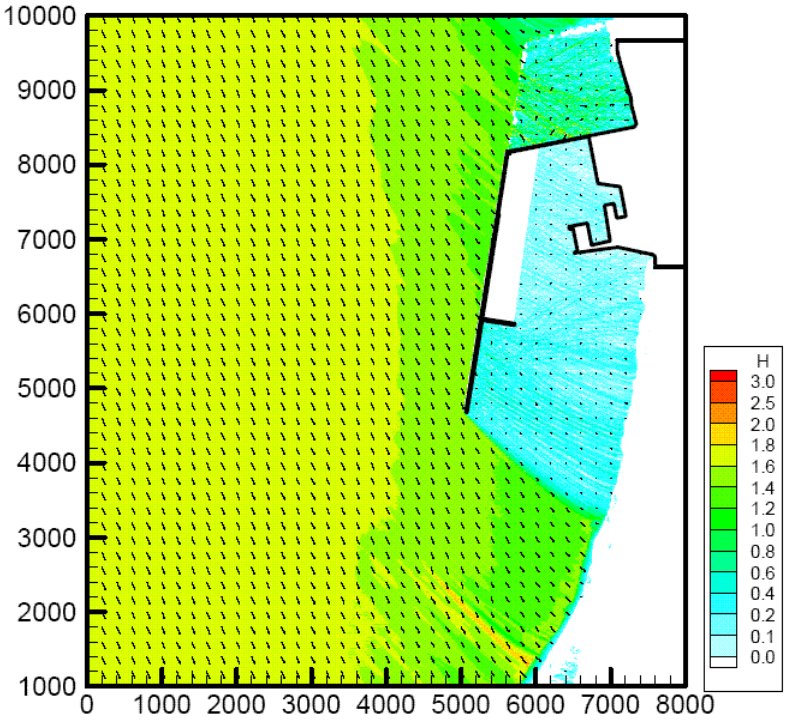


圖3.3.22 (續1)台北港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖

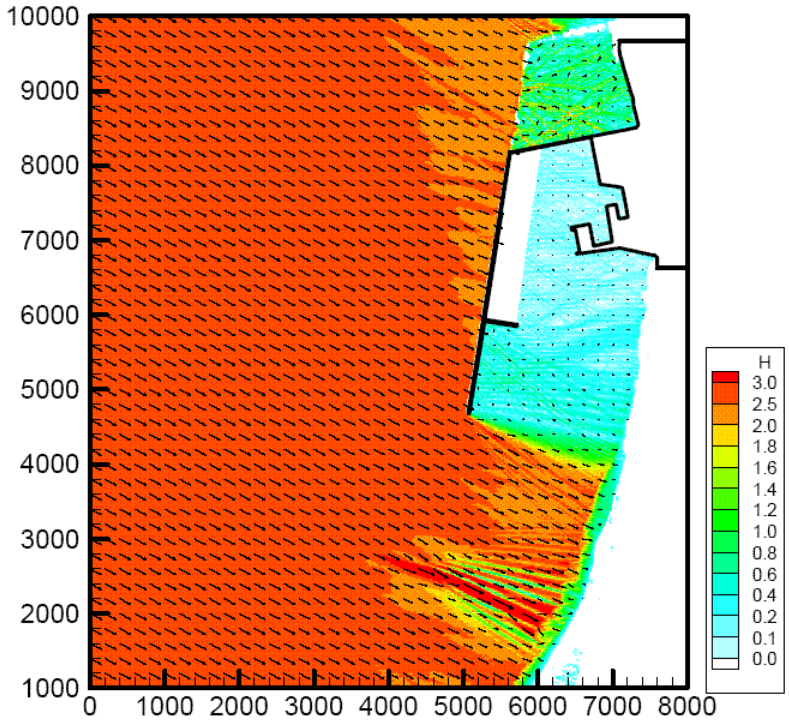


圖3.3.22 (續2)台北港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖

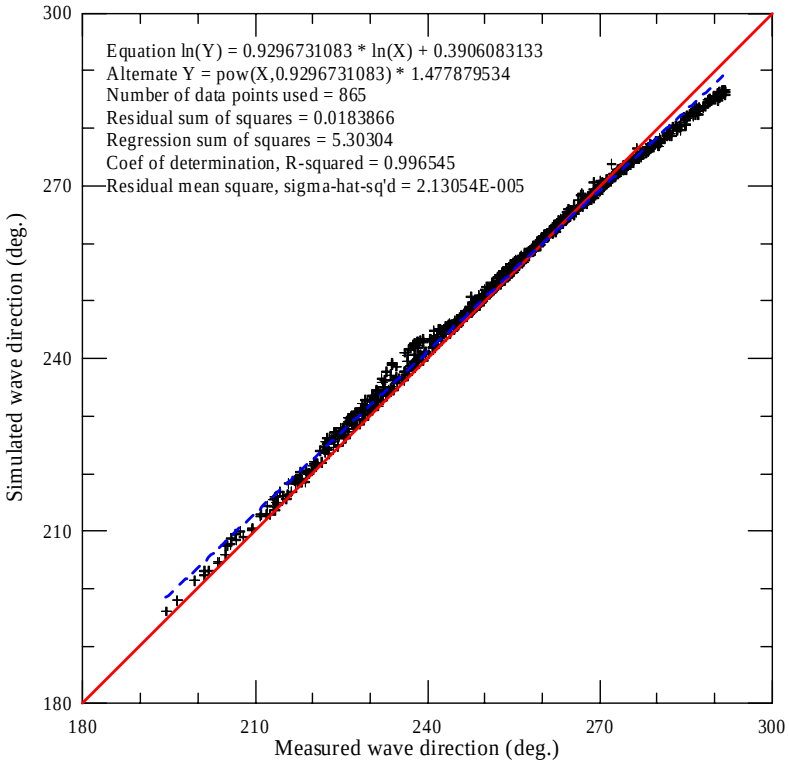


圖3.3.23　高雄港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波向之比較

(圖中紅色對角線代表1:1之關係)

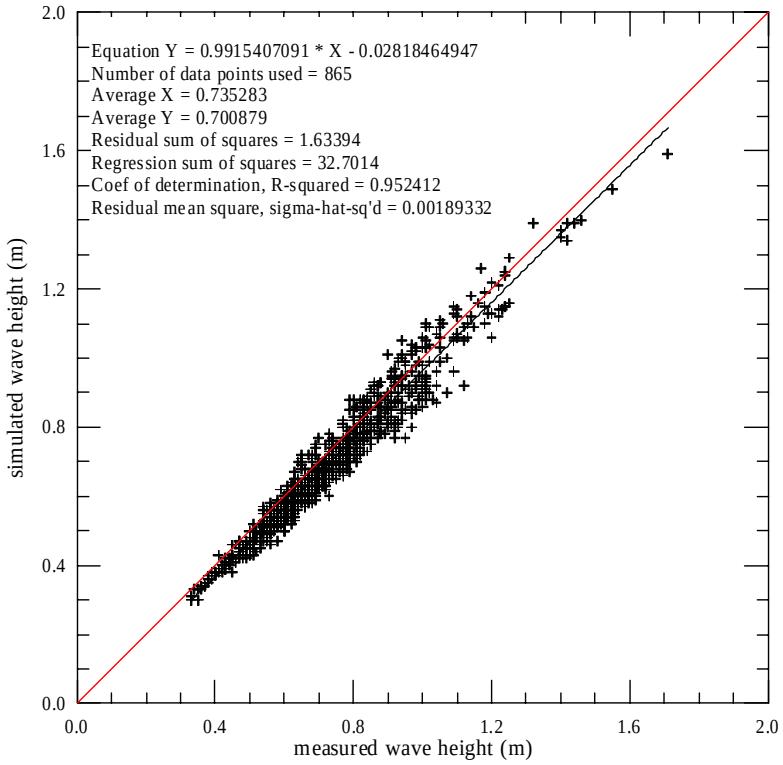


圖3.3.24　高雄港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表1:1之關係)

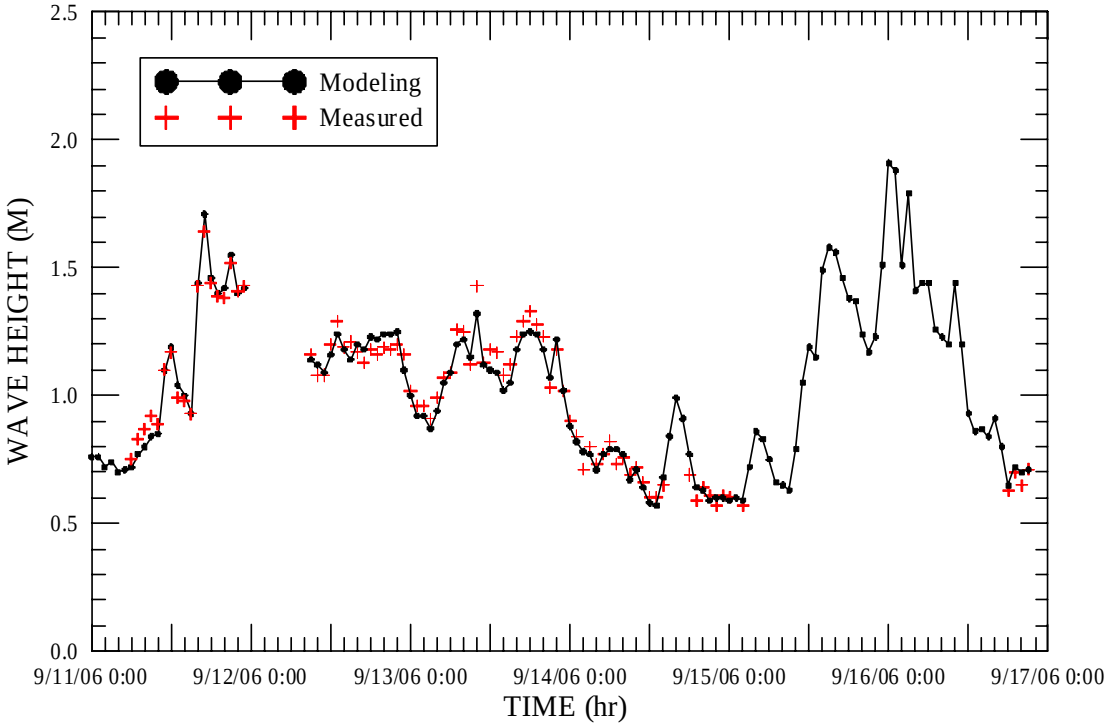


圖3.3.25　2006年中度颱風珊珊侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

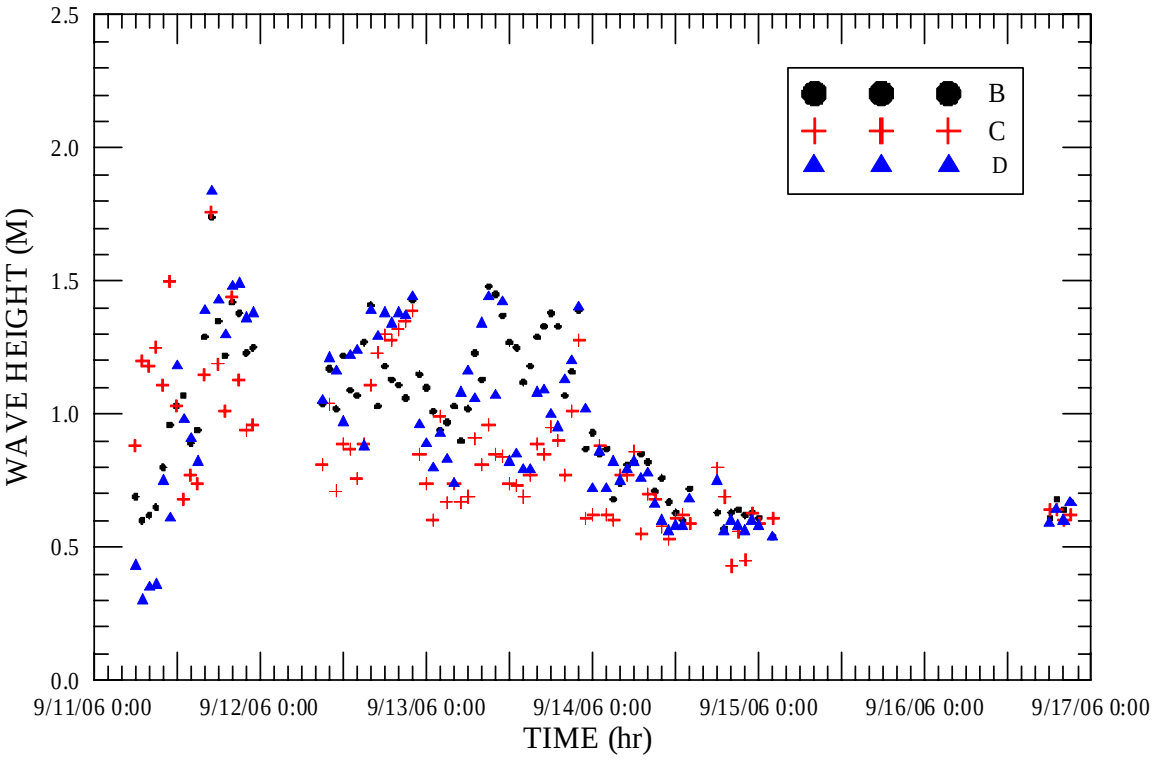


圖3.3.26　2006年中度颱風珊珊侵臺期間高雄港波浪模擬點位B、C及D之波高逐時變化圖

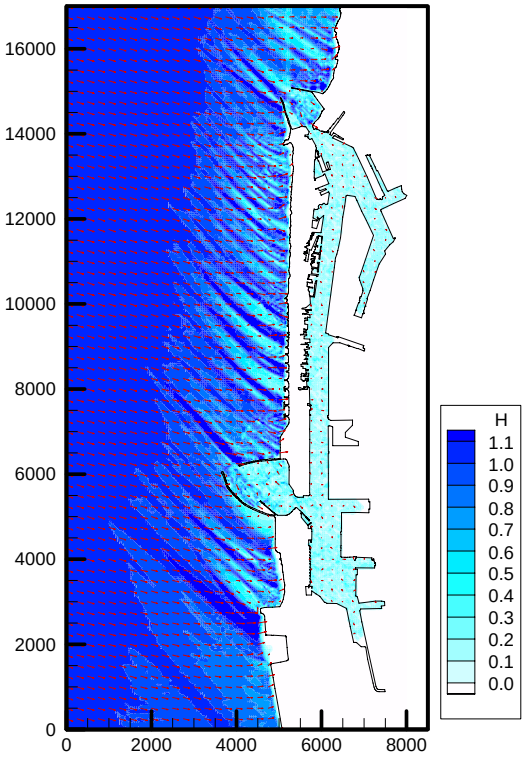


圖3.3.27 高雄港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖

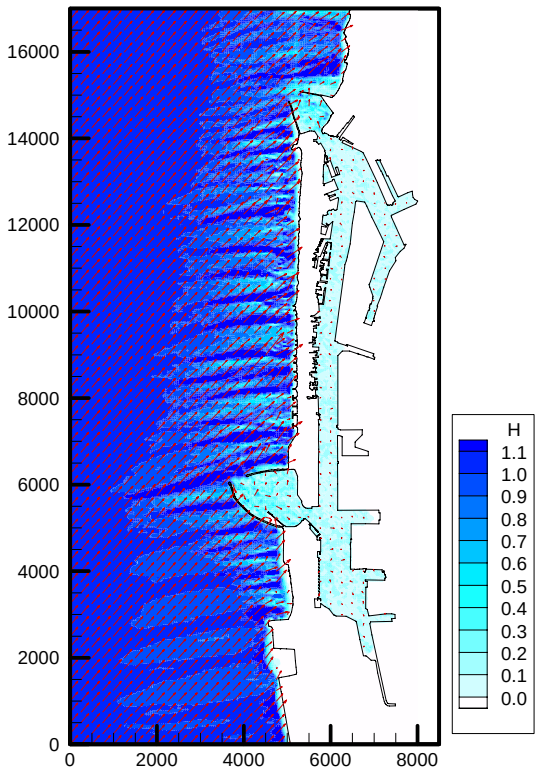


圖3.3.27 (續1)高雄港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖

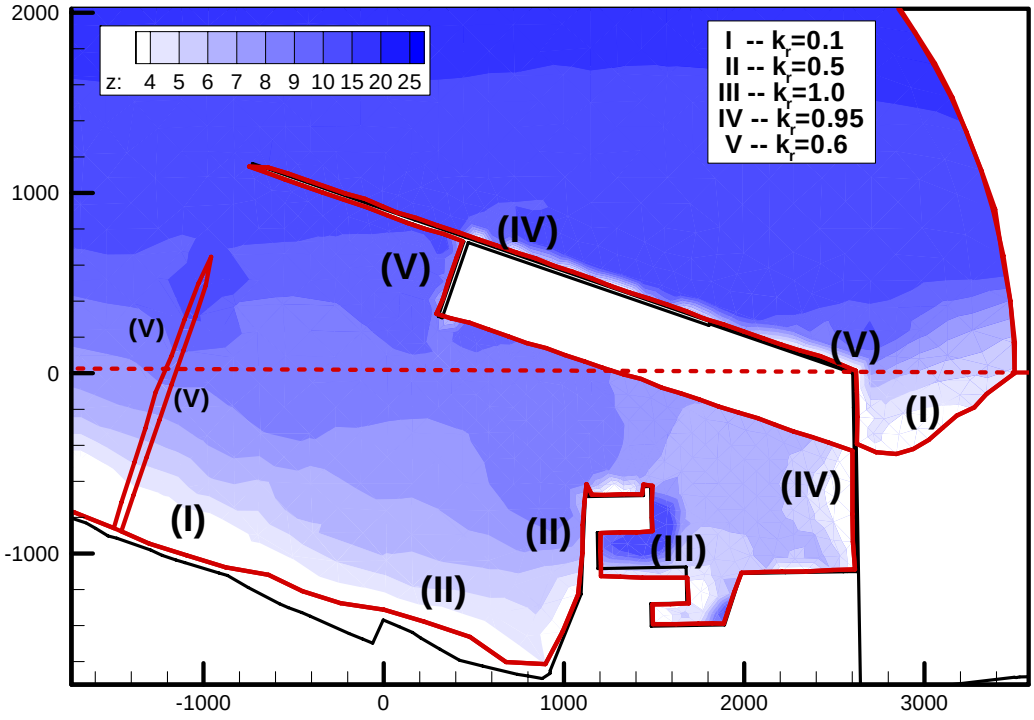


圖3.3.28 台北港港域波浪模式邊界條件設定示意圖

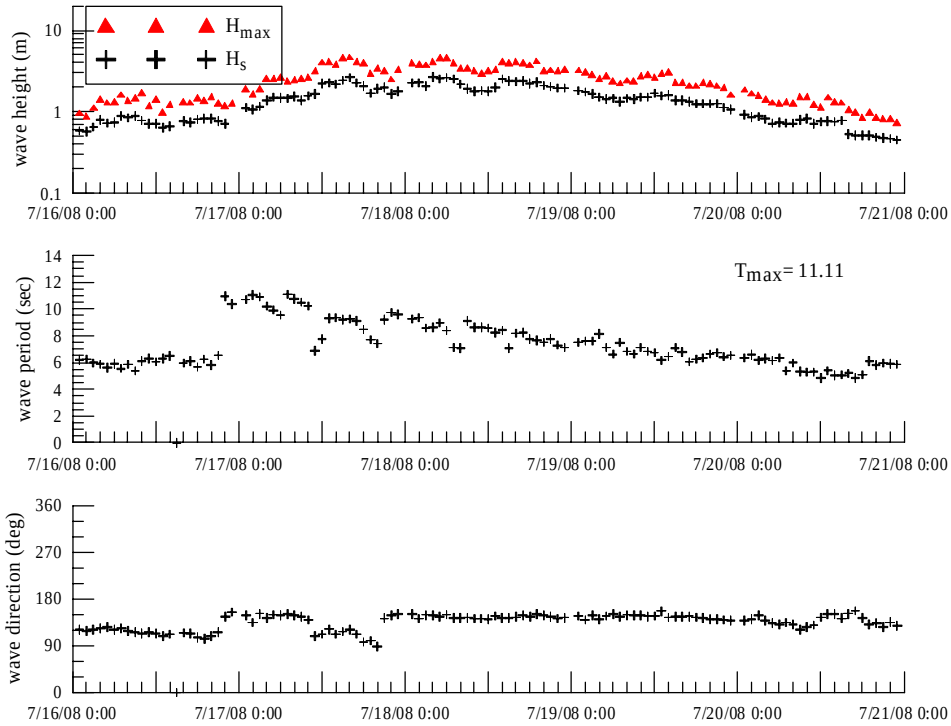


圖3.3.30　2008年卡玫基颱風侵臺期間花蓮港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

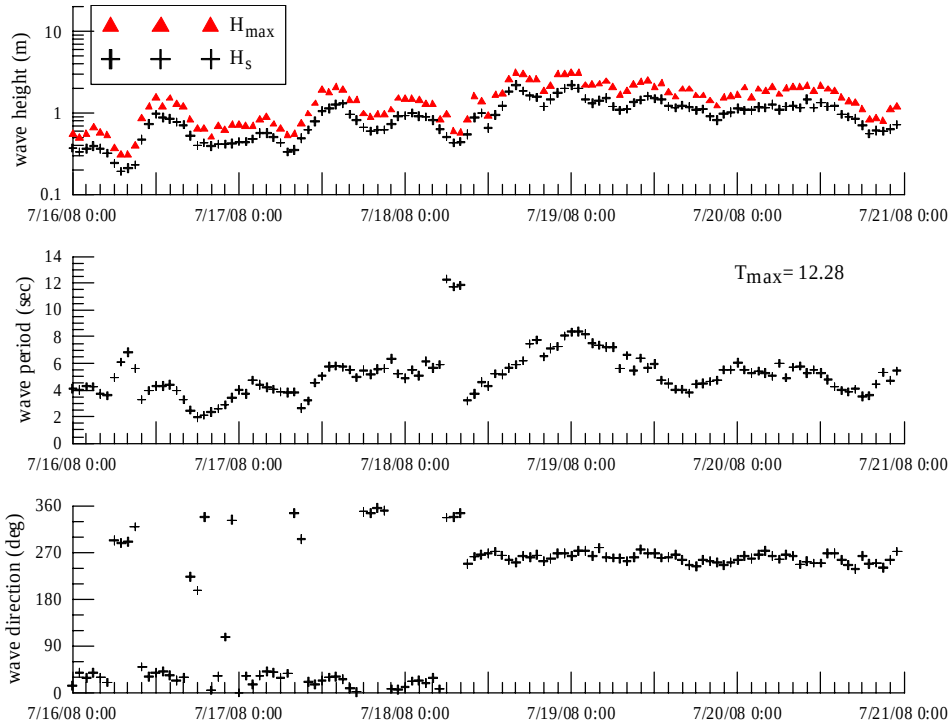


圖3.3.30　(續1)2008年卡玫基颱風侵臺期間台北港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

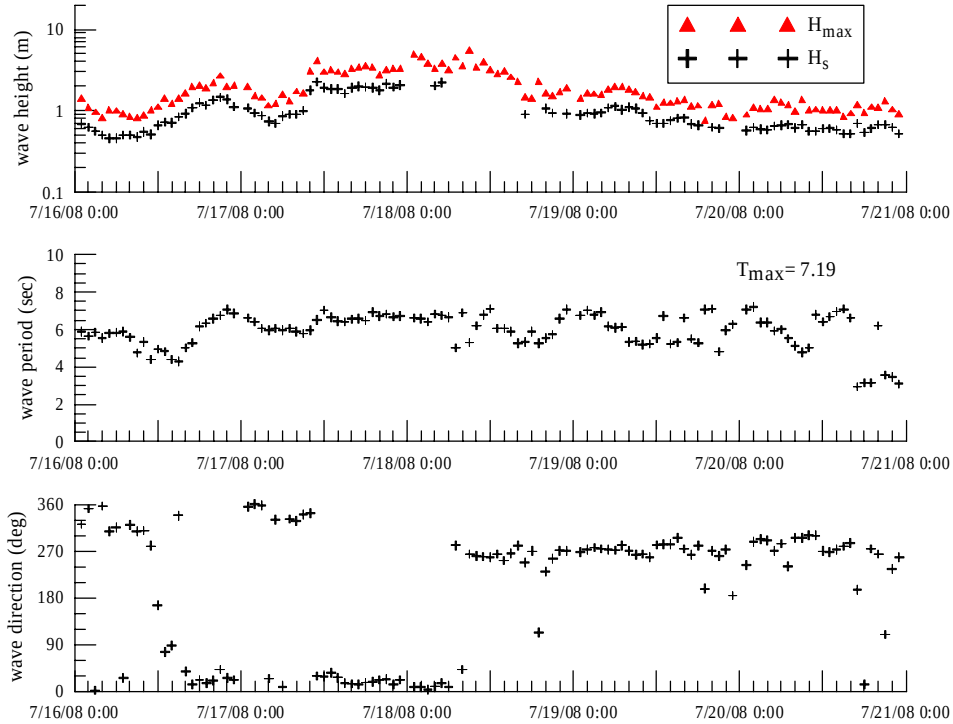


圖3.3.30　(續2)2008年卡玫基颱風侵臺期間台中港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

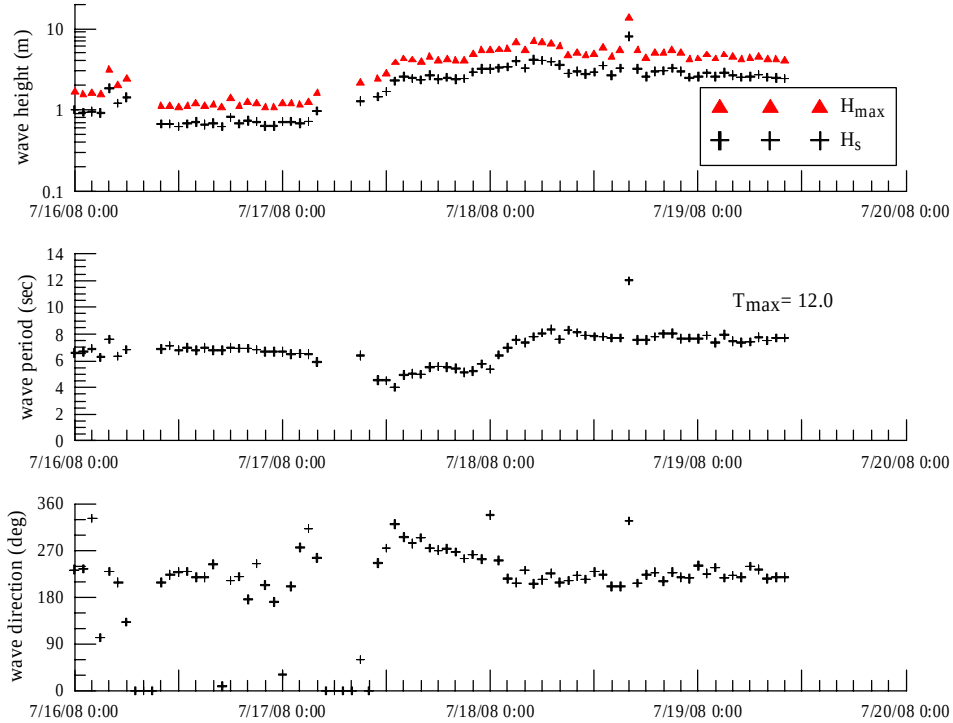


圖3.3.30　(續3)2008年卡玫基颱風侵臺期間安平港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

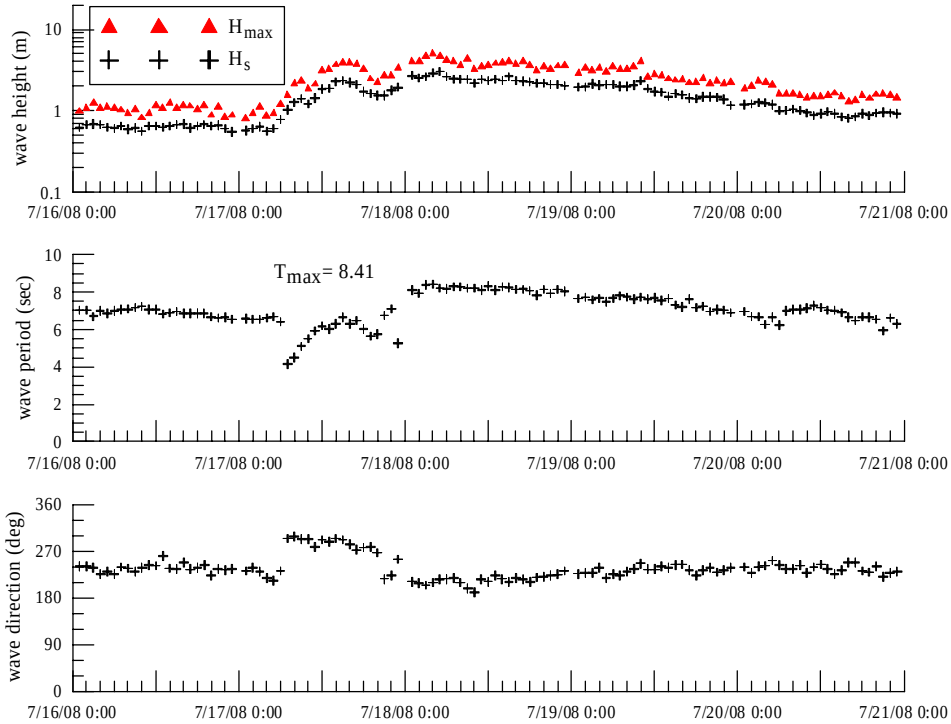


圖3.3.30　(續4)2008年卡玫基颱風侵臺期間高雄港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

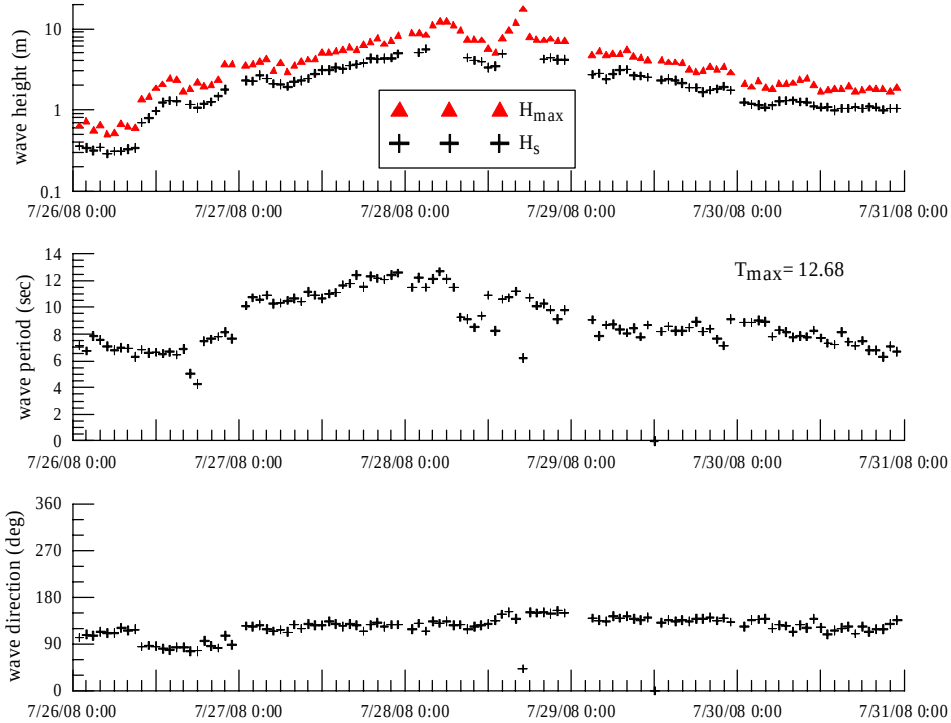


圖3.3.31　2008年鳳凰颱風侵臺期間花蓮港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

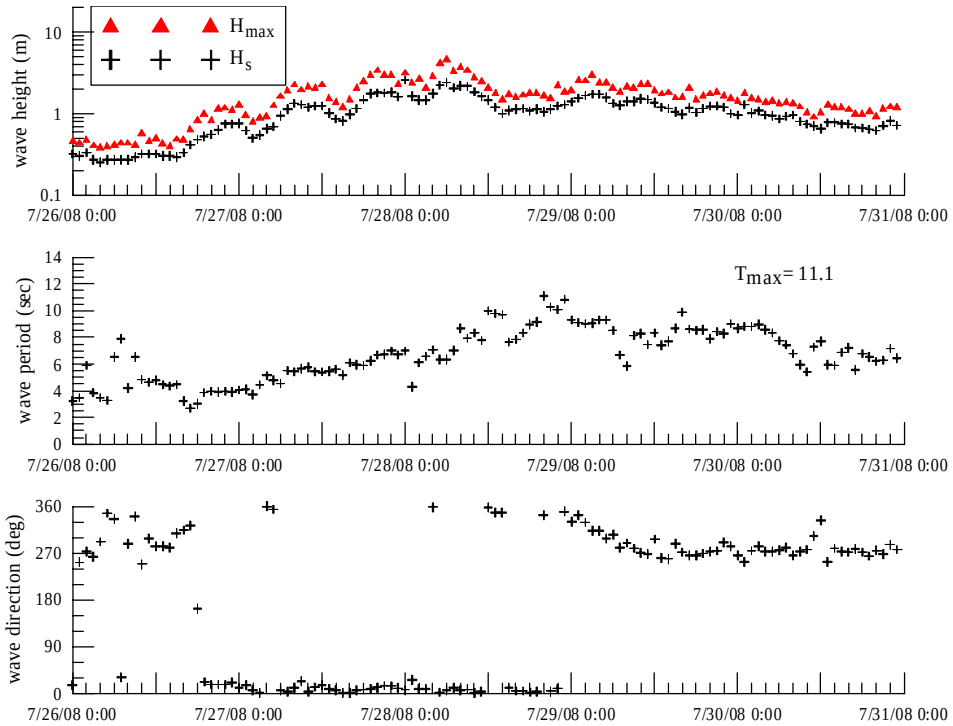


圖3.3.31　(續1)2008年鳳凰颱風侵臺期間台北港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

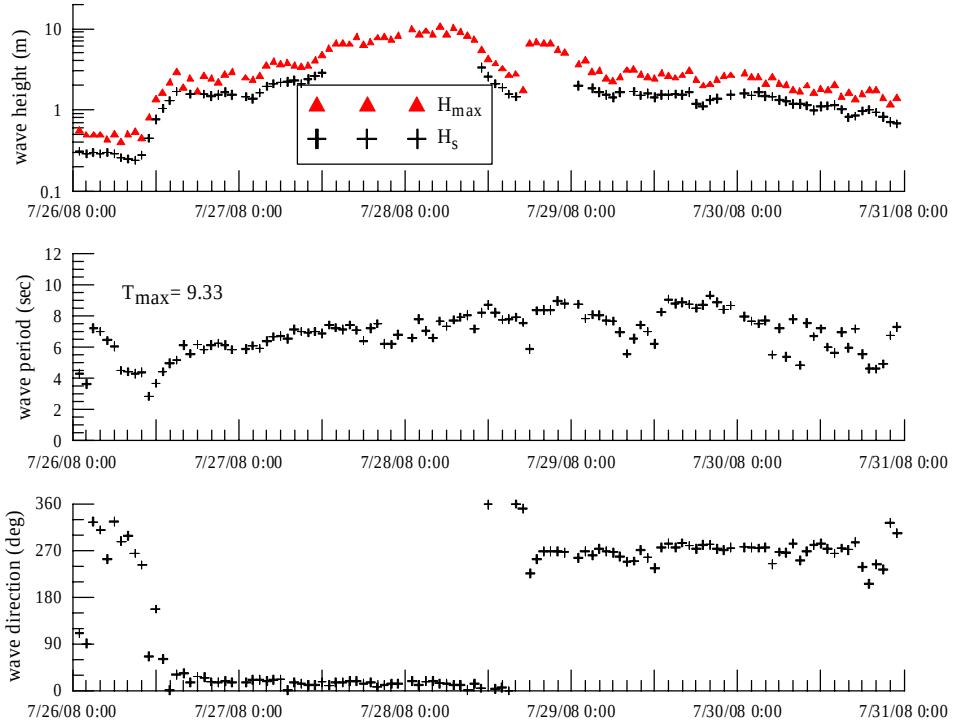


圖3.3.31　(續2)2008年鳳凰颱風侵臺期間台中港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

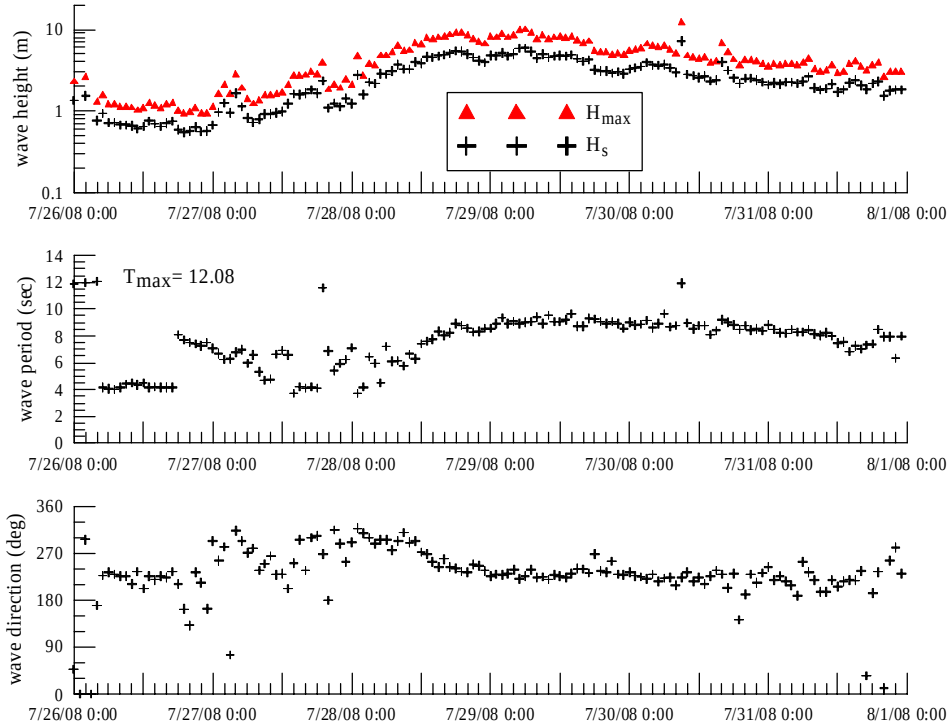


圖3.3.31　(續3)2008年鳳凰颱風侵臺期間安平港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

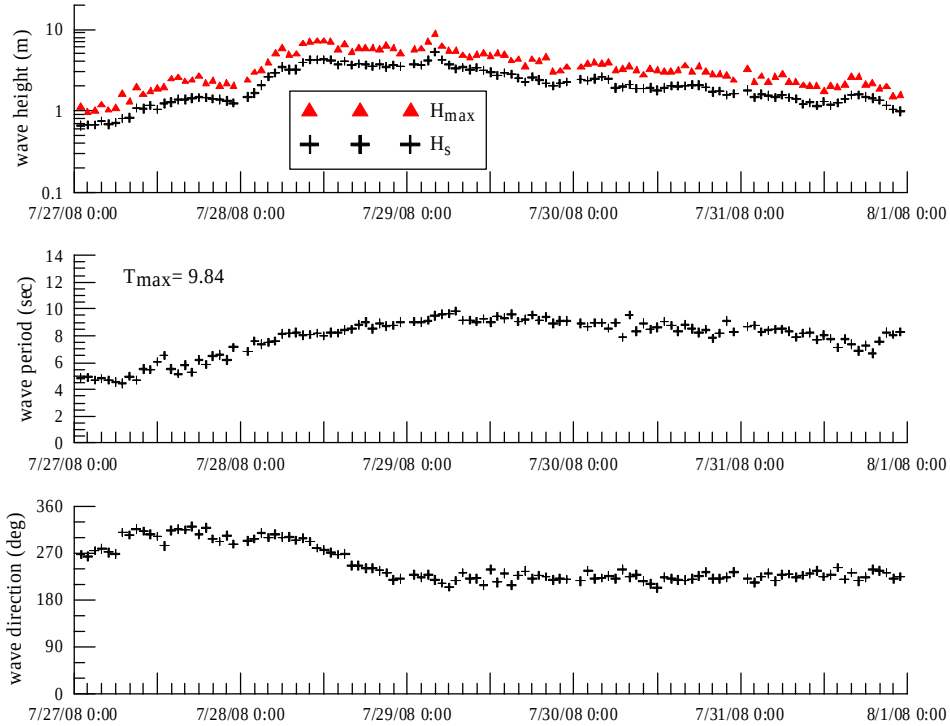


圖3.3.31　(續4)2008年鳳凰颱風侵臺期間高雄港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

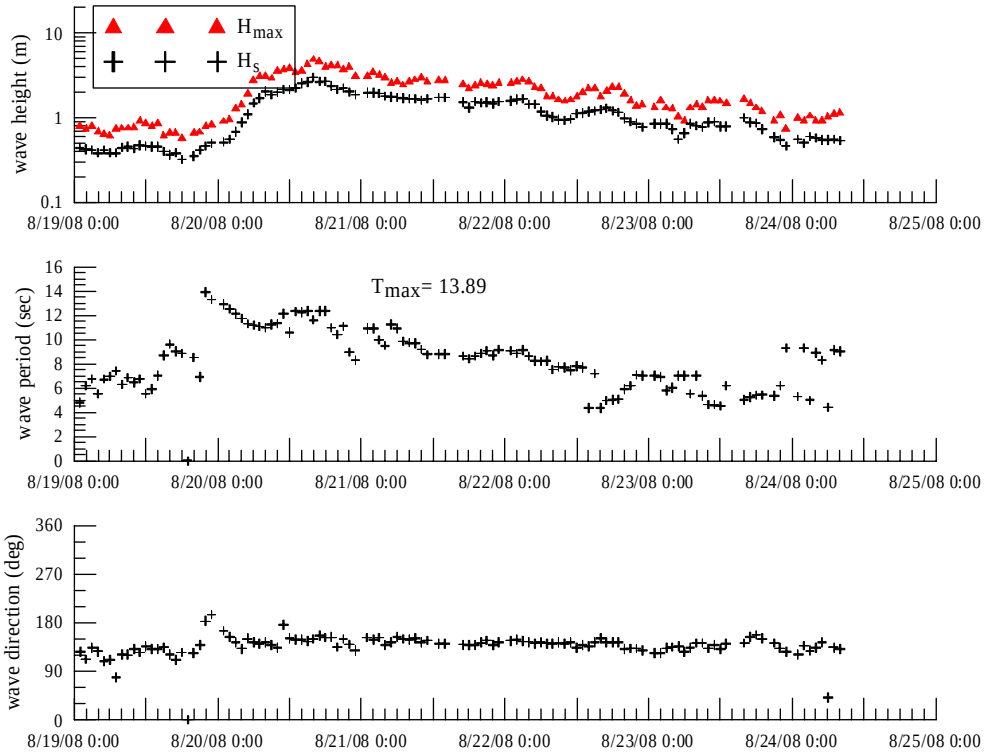


圖3.3.32　2008年如麗颱風侵臺期間花蓮港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

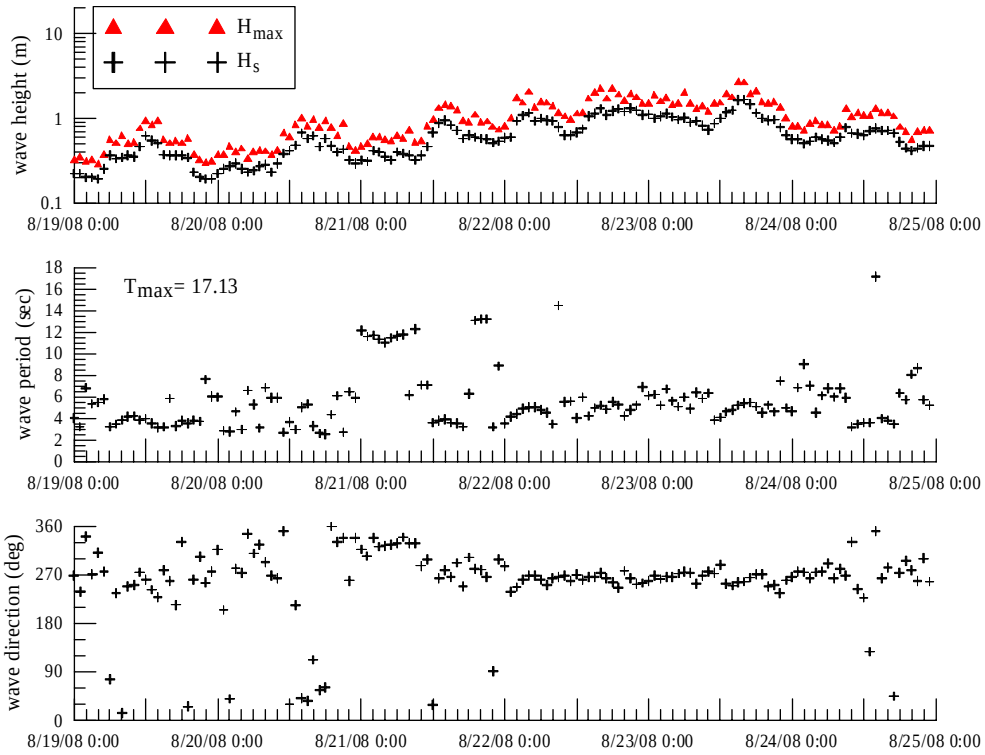


圖3.3.32　(續1)2008年如麗颱風侵臺期間台北港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

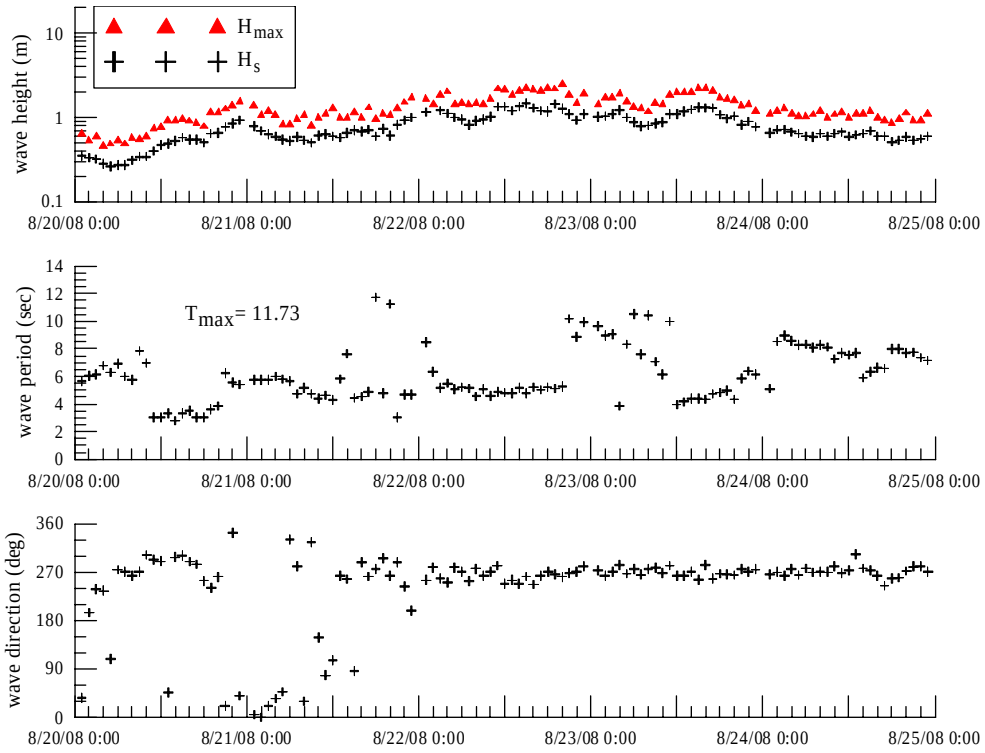


圖3.3.32　(續2)2008年如麗颱風侵臺期間台中港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

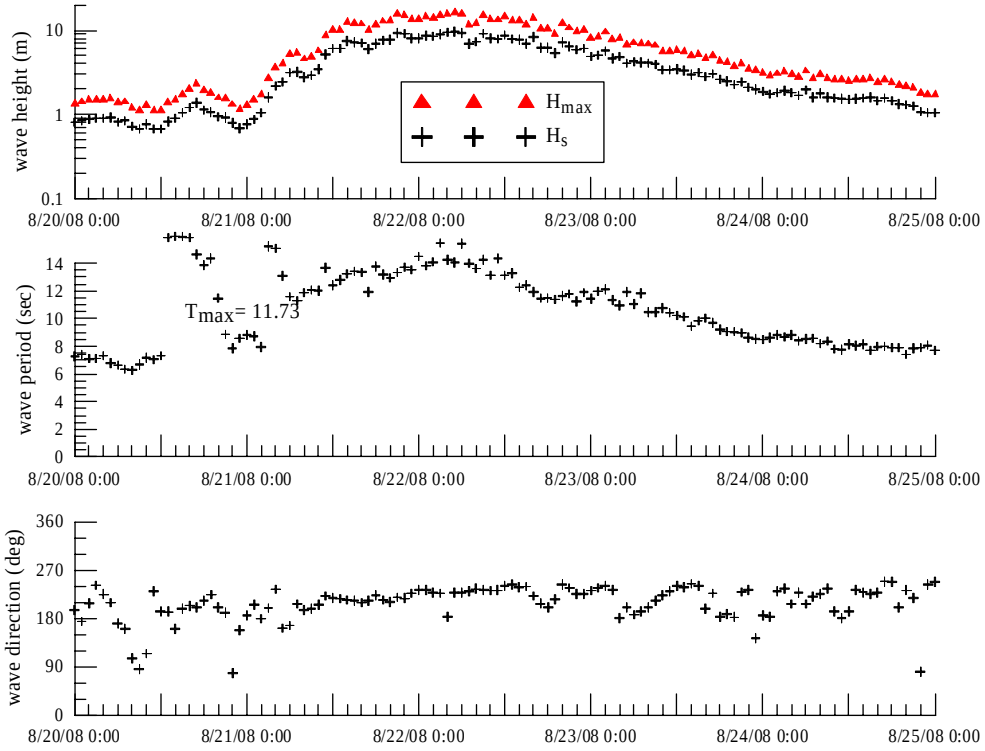


圖3.3.32　(續3)2008年如麗颱風侵臺期間安平港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

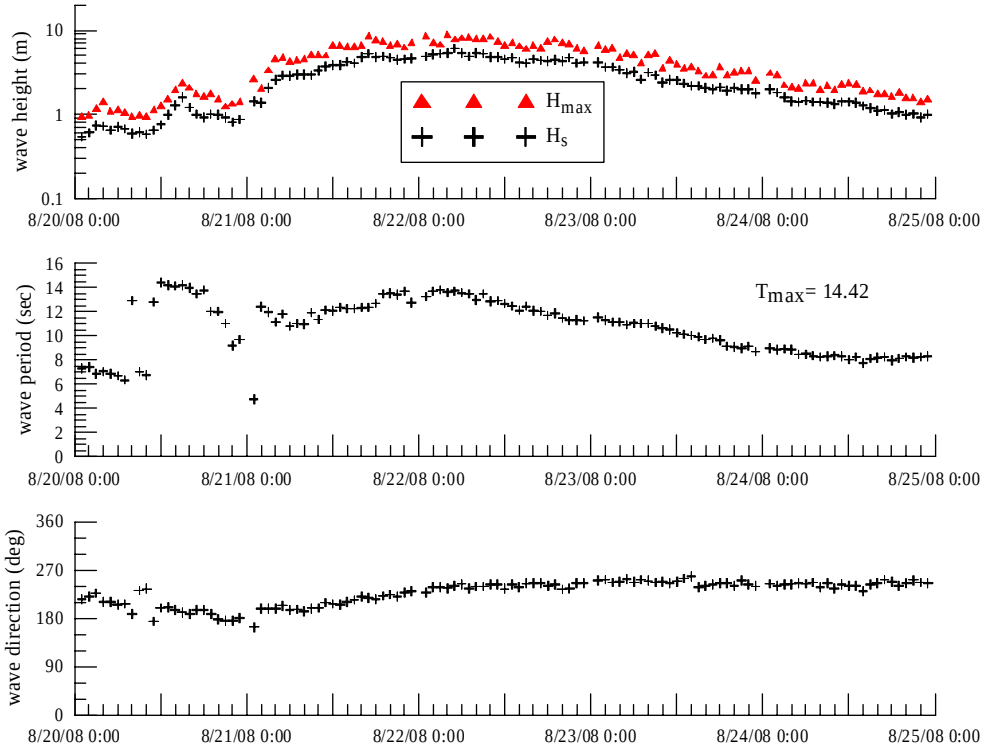


圖3.3.32　(續4)2008年如麗颱風侵臺期間高雄港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

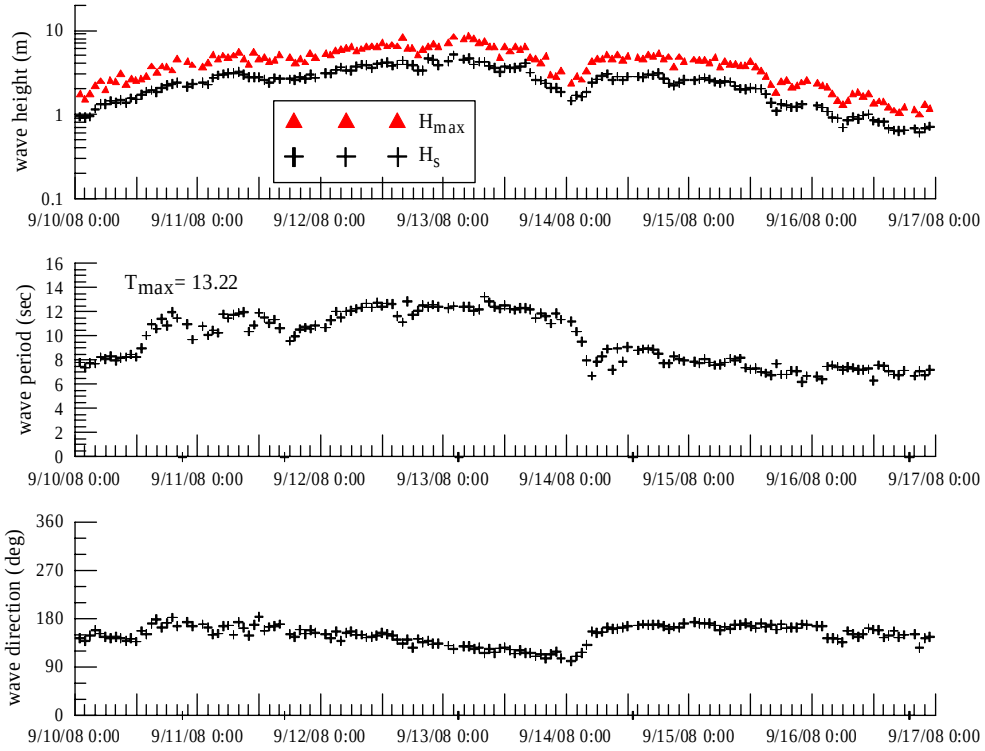


圖3.3.33　2008年辛樂克颱風侵臺期間花蓮港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

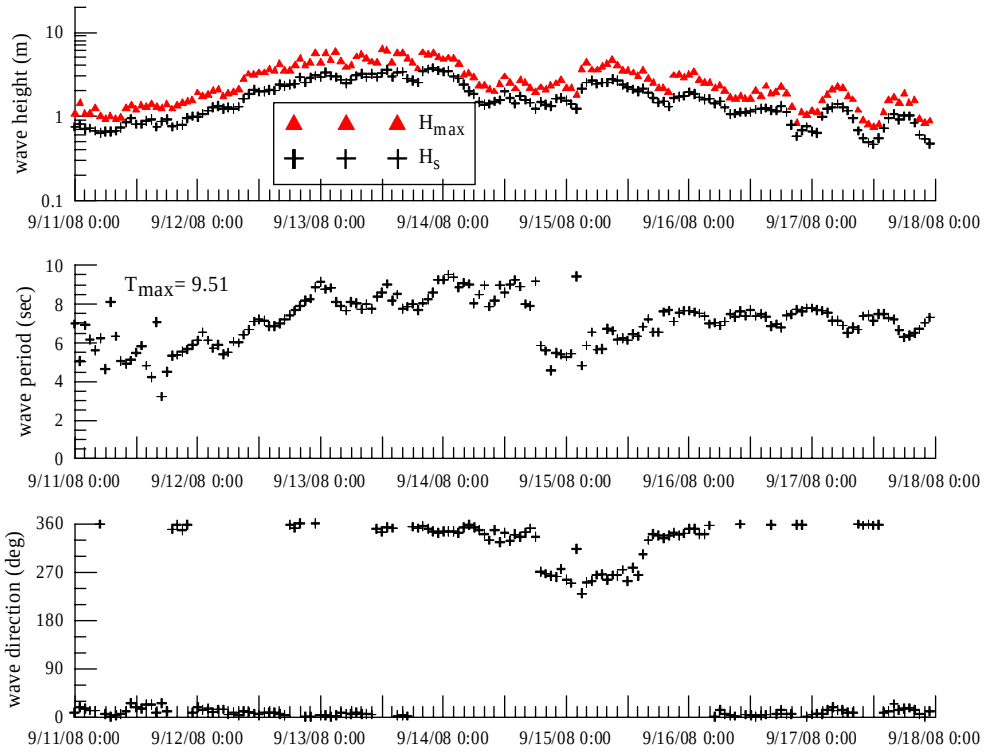


圖3.3.33　(續1)2008年辛樂克颱風侵臺期間台北港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

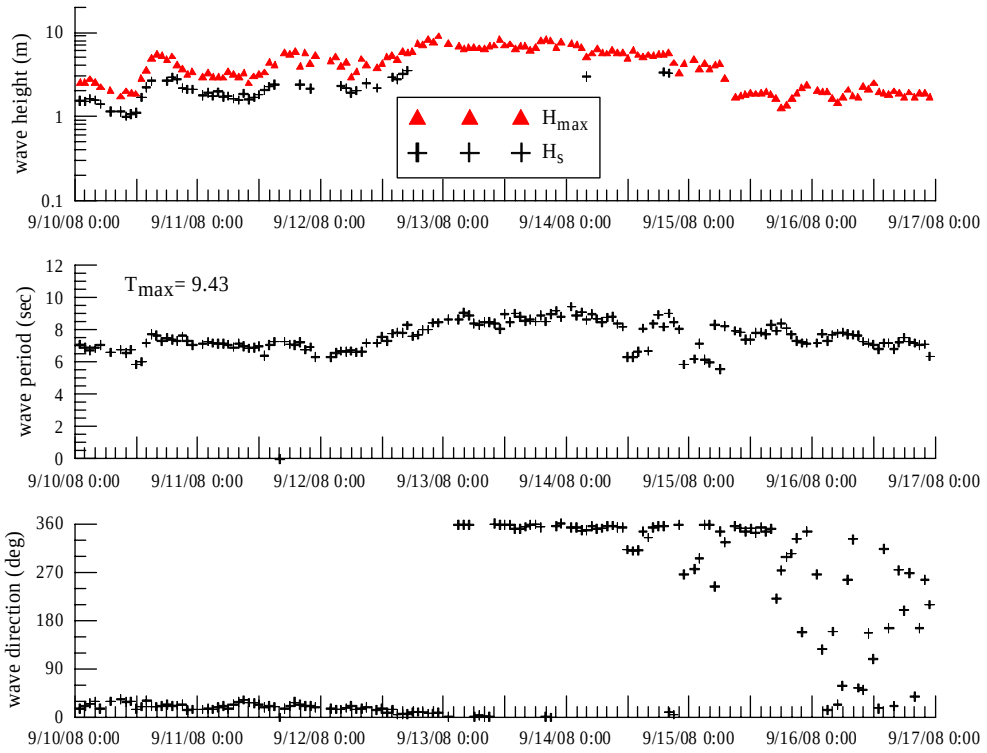


圖3.3.33　(續2)2008年辛樂克颱風侵臺期間台中港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

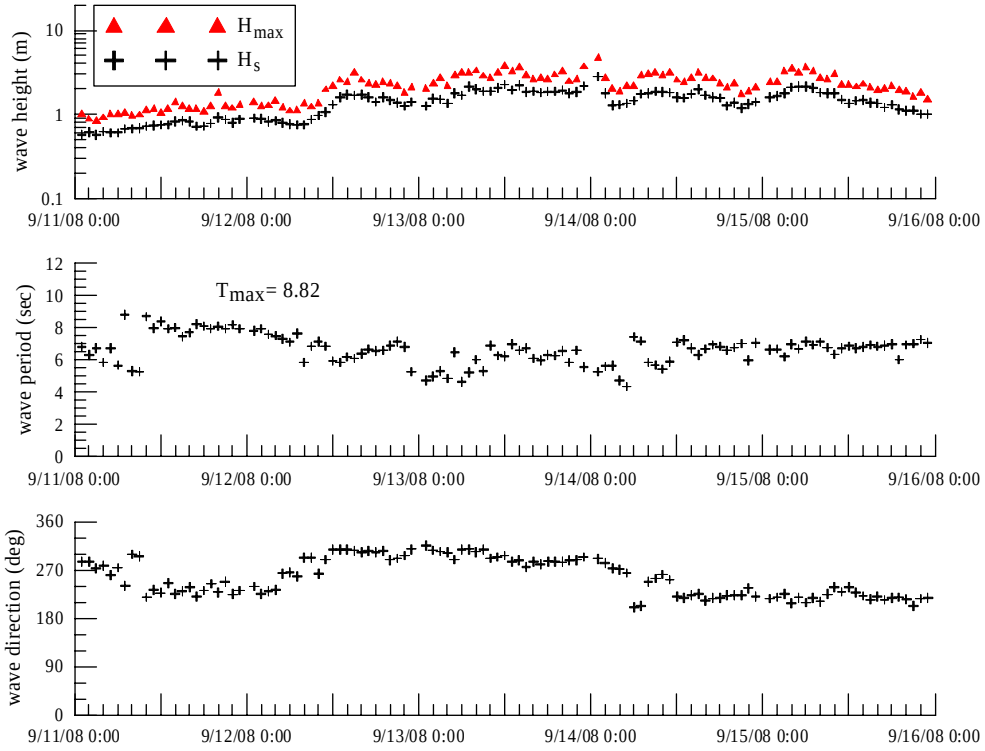


圖3.3.33　(續3)2008年辛樂克颱風侵臺期間高雄港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

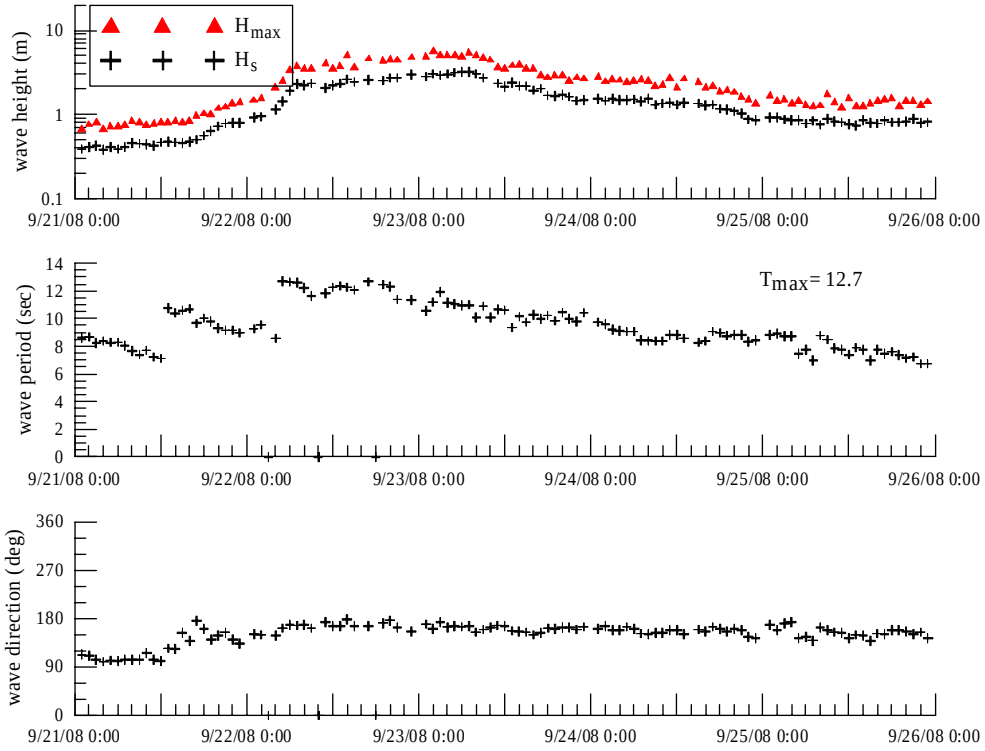


圖3.3.34　2008年哈格比颱風侵臺期間花蓮港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

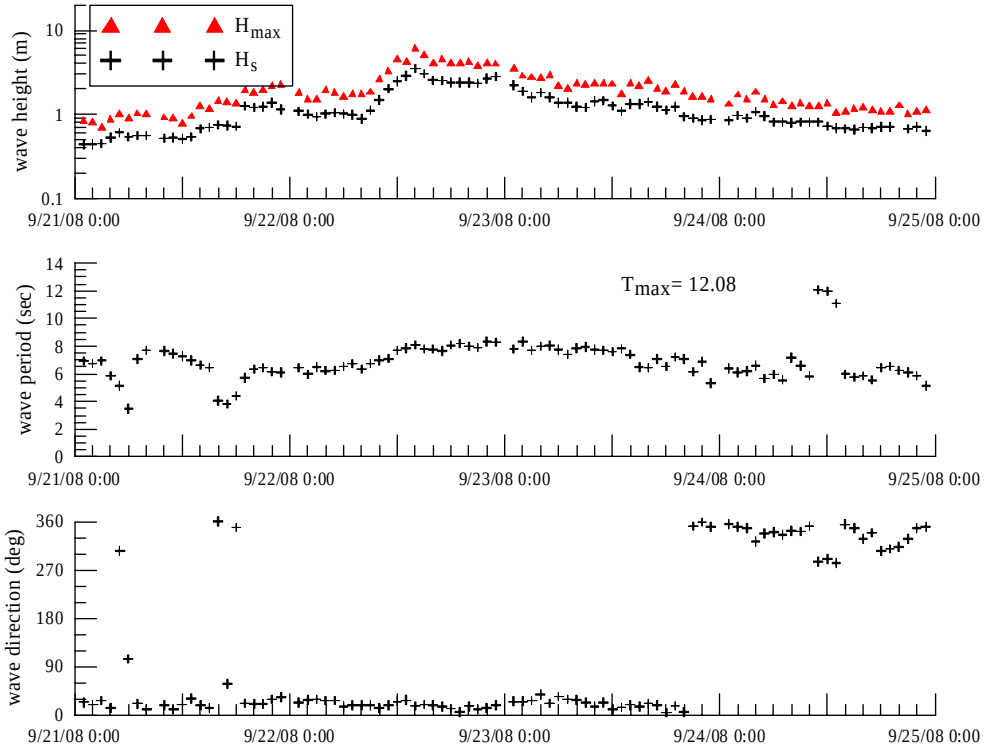


圖3.3.34　(續1)2008年哈格比颱風侵臺期間台中港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

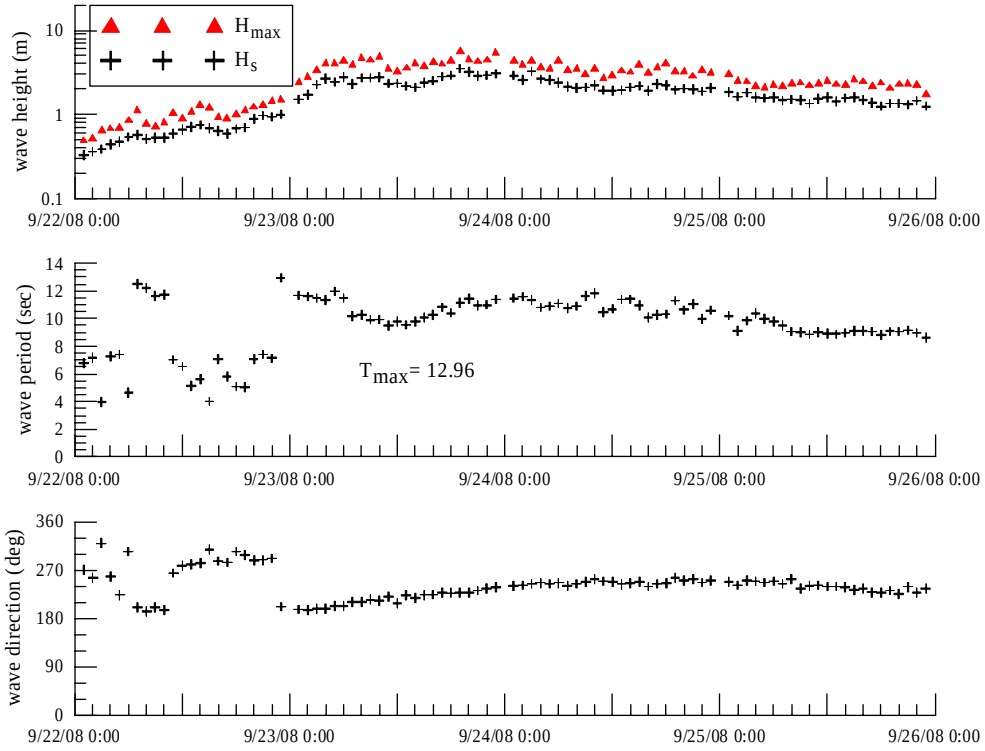


圖3.3.34　(續2)2008年哈格比颱風侵臺期間高雄港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

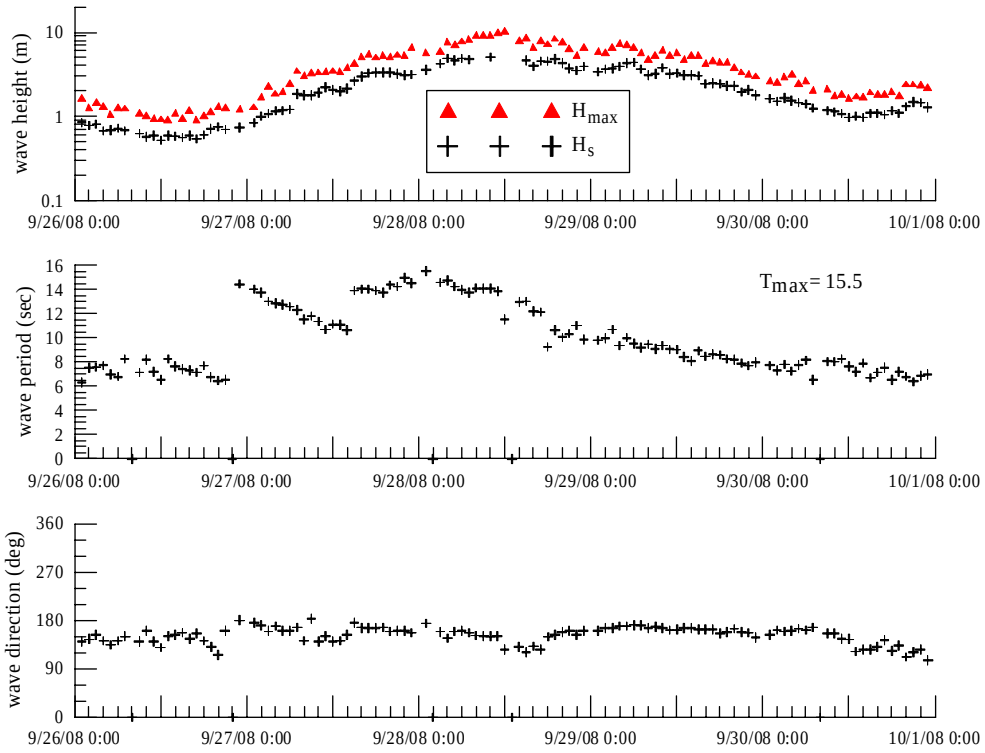


圖3.3.35　2008年薔密颱風侵臺期間花蓮港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

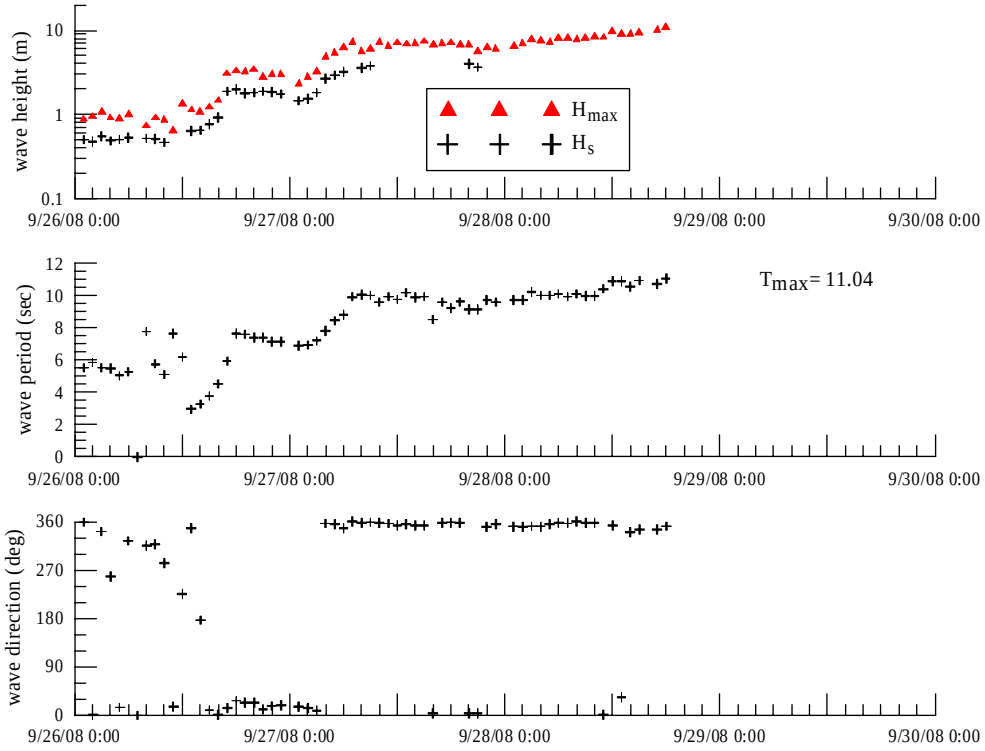


圖3.3.35　(續1)2008年薔密颱風侵臺期間台中港波浪觀測資料波高(H_{max}及H_s)、週期(T_p)及波向之逐時序列圖

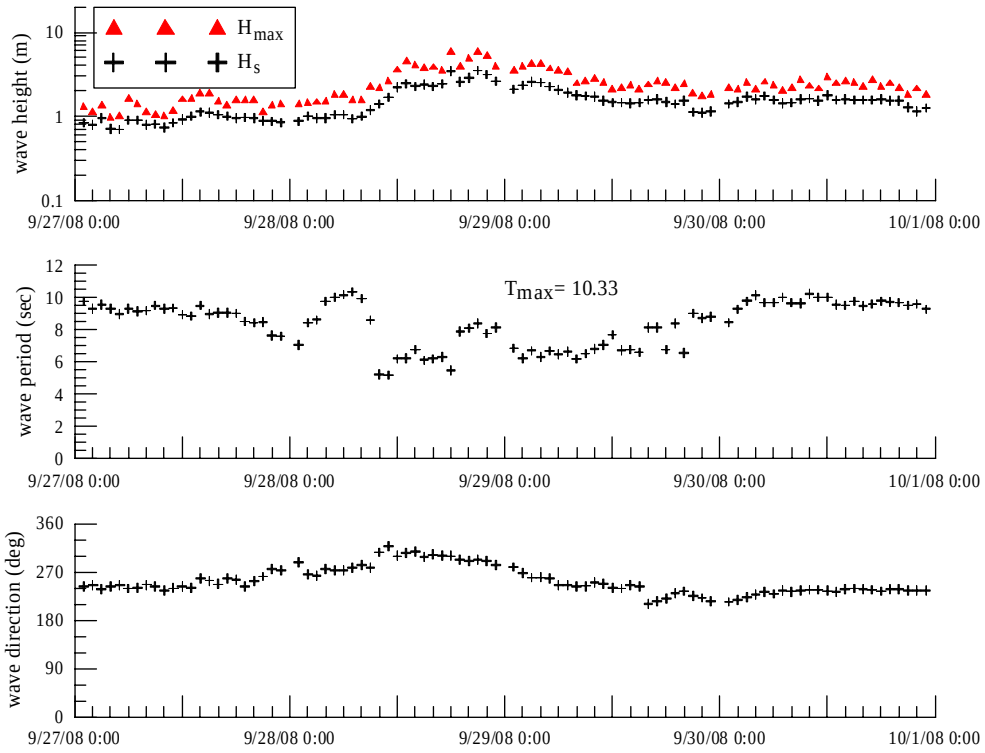


圖3.3.35　(續2)2008年薔密颱風侵臺期間高雄港波浪觀測資料波高(Hmax及Hs)、週期(Tp)及波向之逐時序列圖

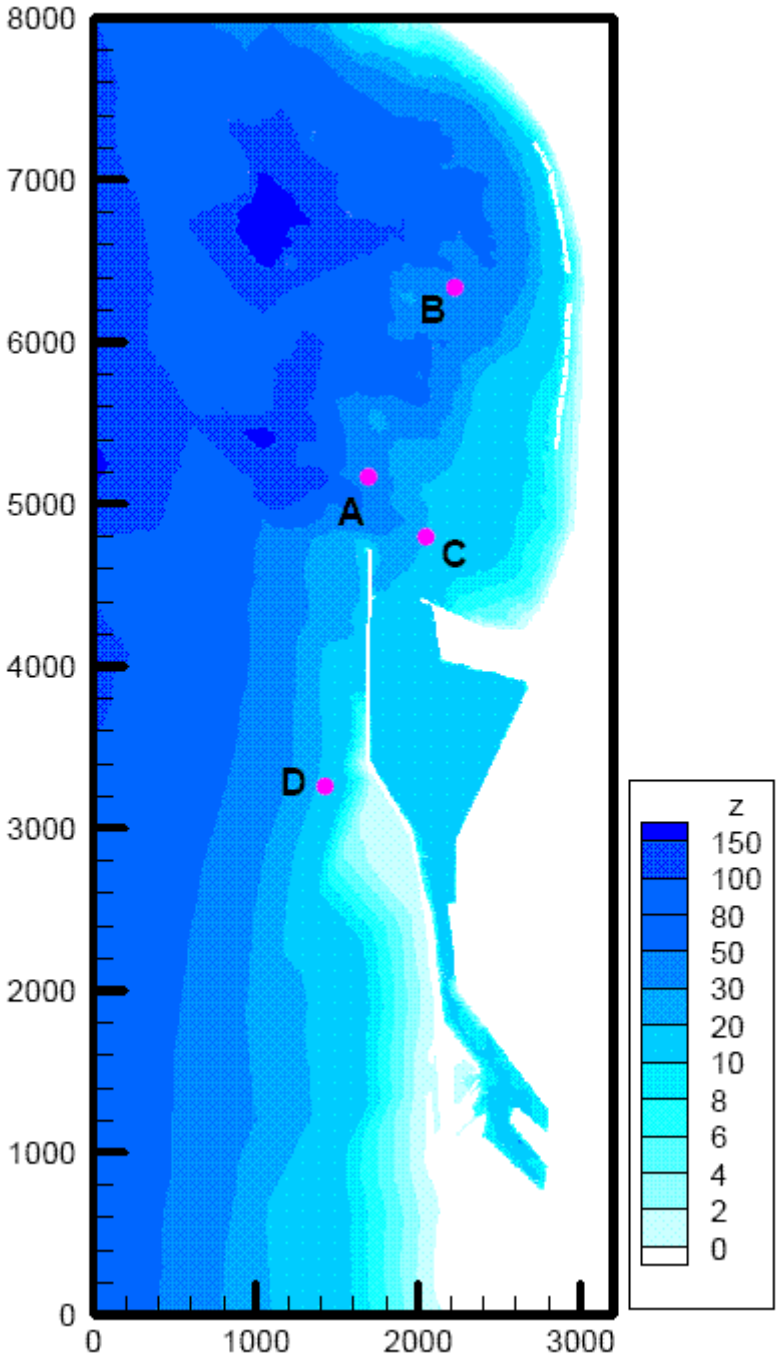


圖3.3.36 花蓮港近岸波浪場模擬之數值計算網格及水深分布
(點位A~D為模式模擬結果之輸出點位，A為波浪觀測位置)

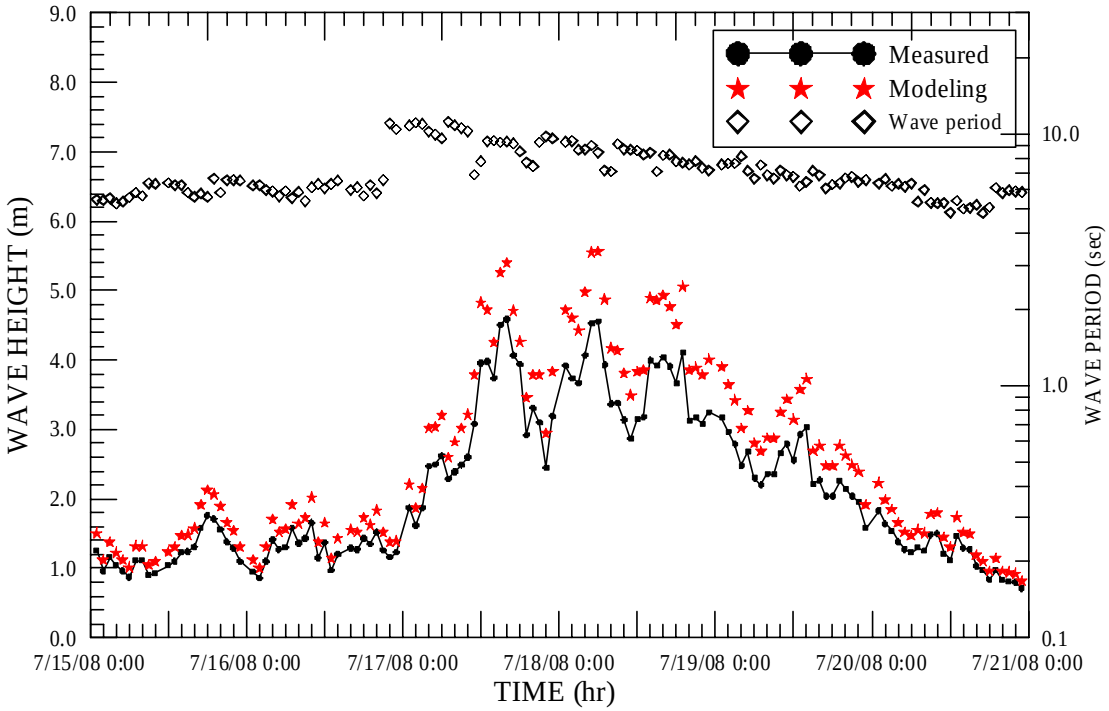


圖3.3.37a　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

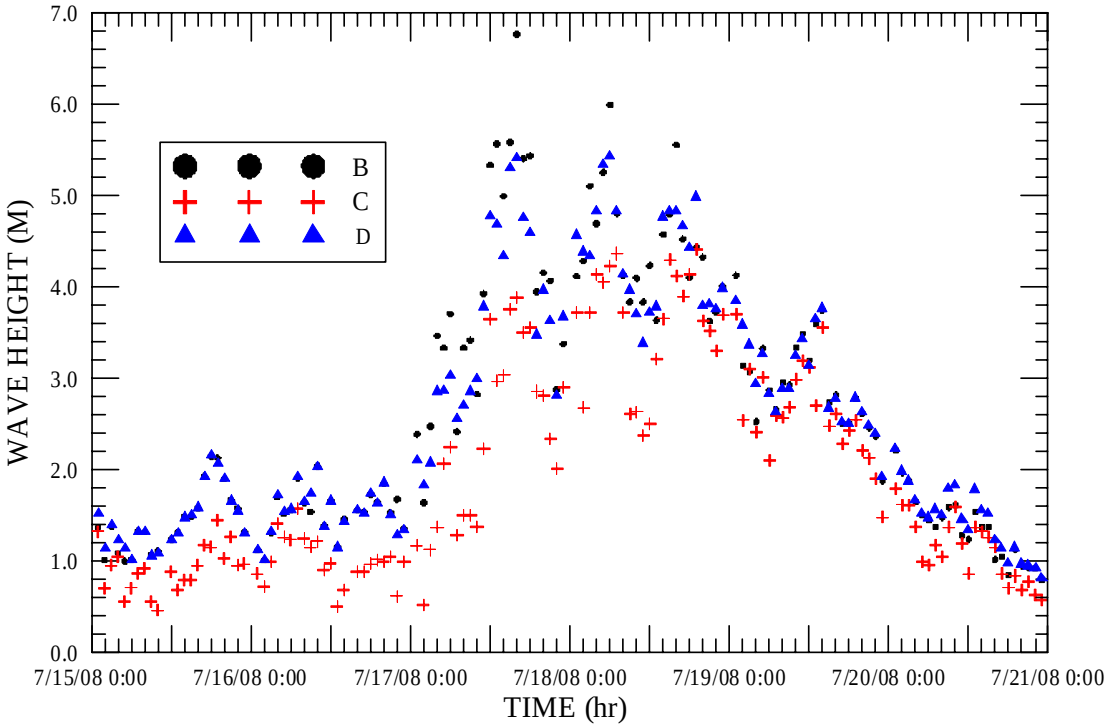


圖3.3.37b　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

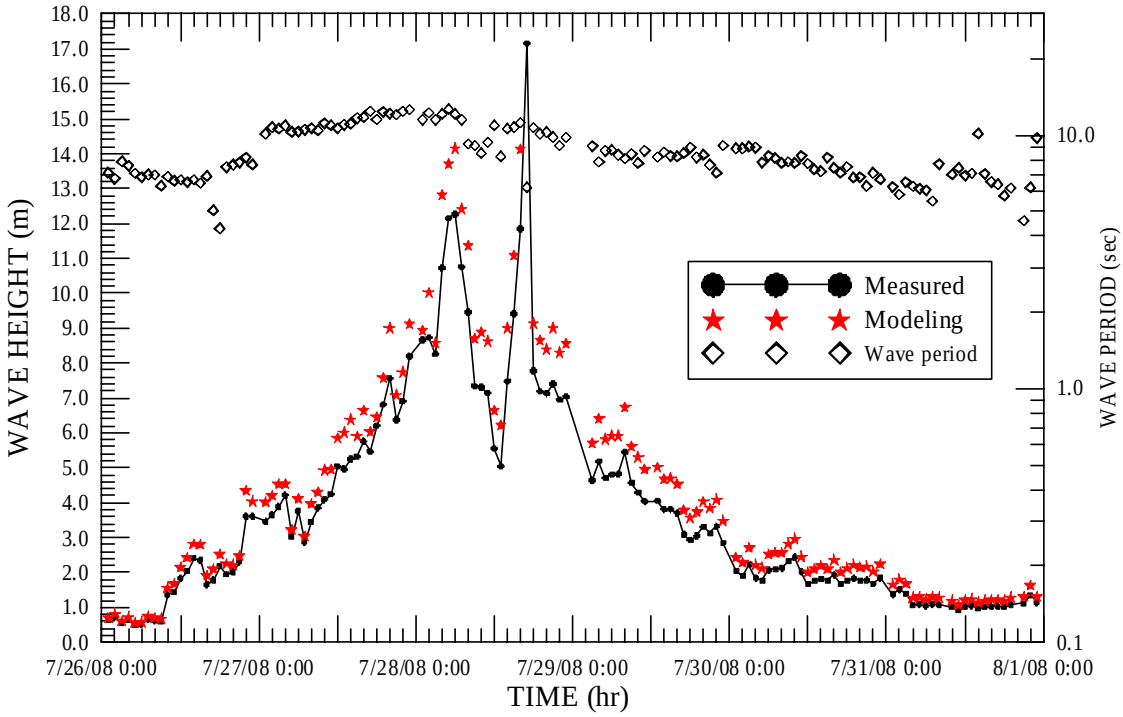


圖3.3.38a　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

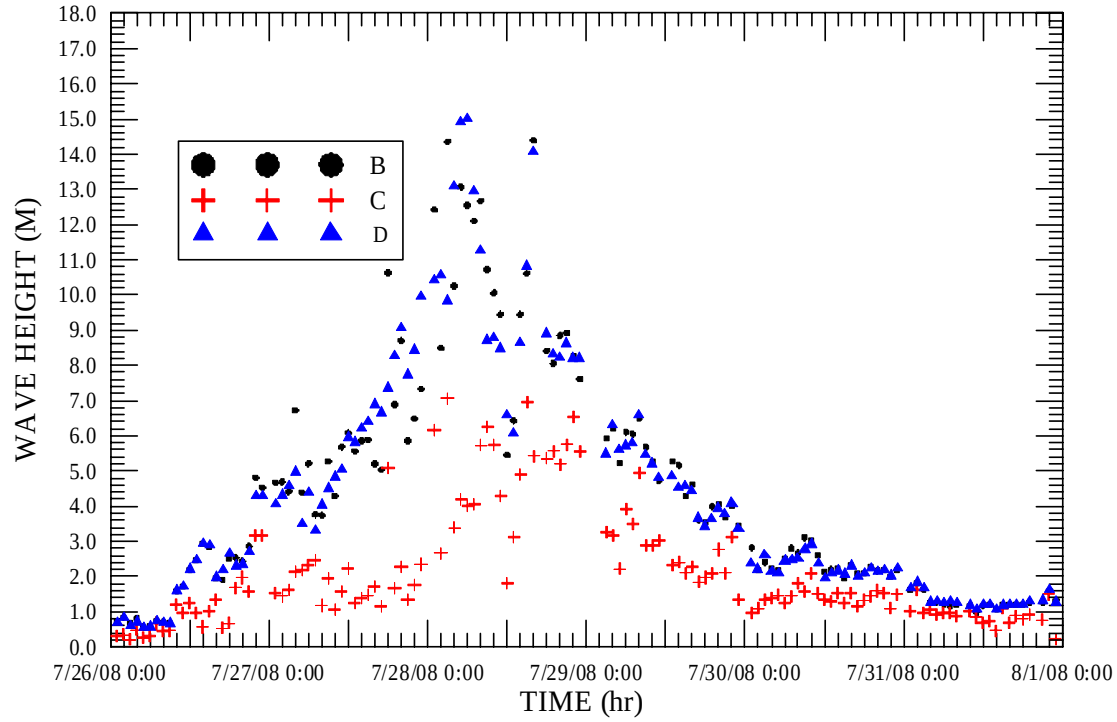


圖3.3.38b　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

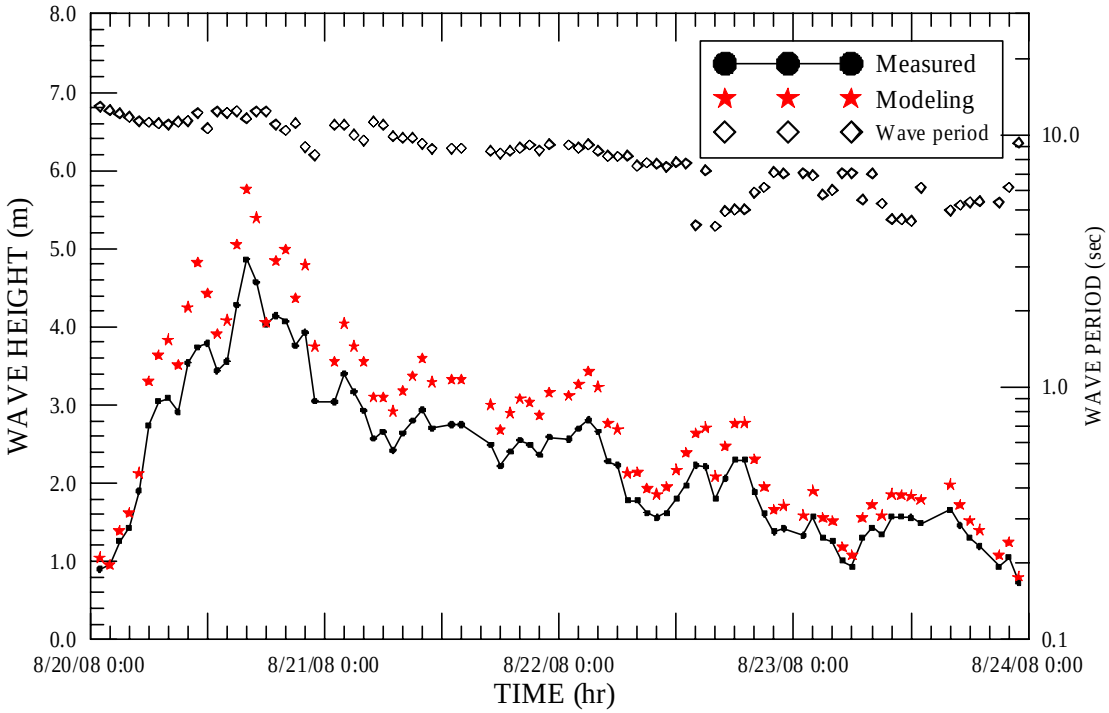


圖3.3.39a　2008年中度颱風如麗侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

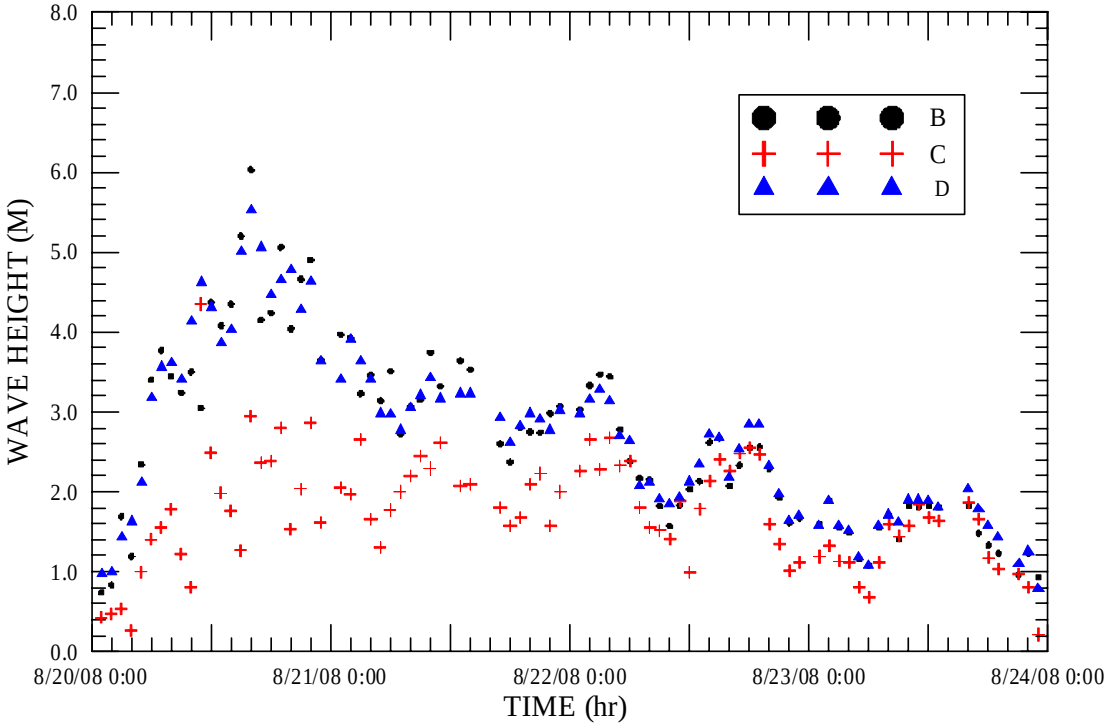


圖3.3.39b　2008年中度颱風如麗侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

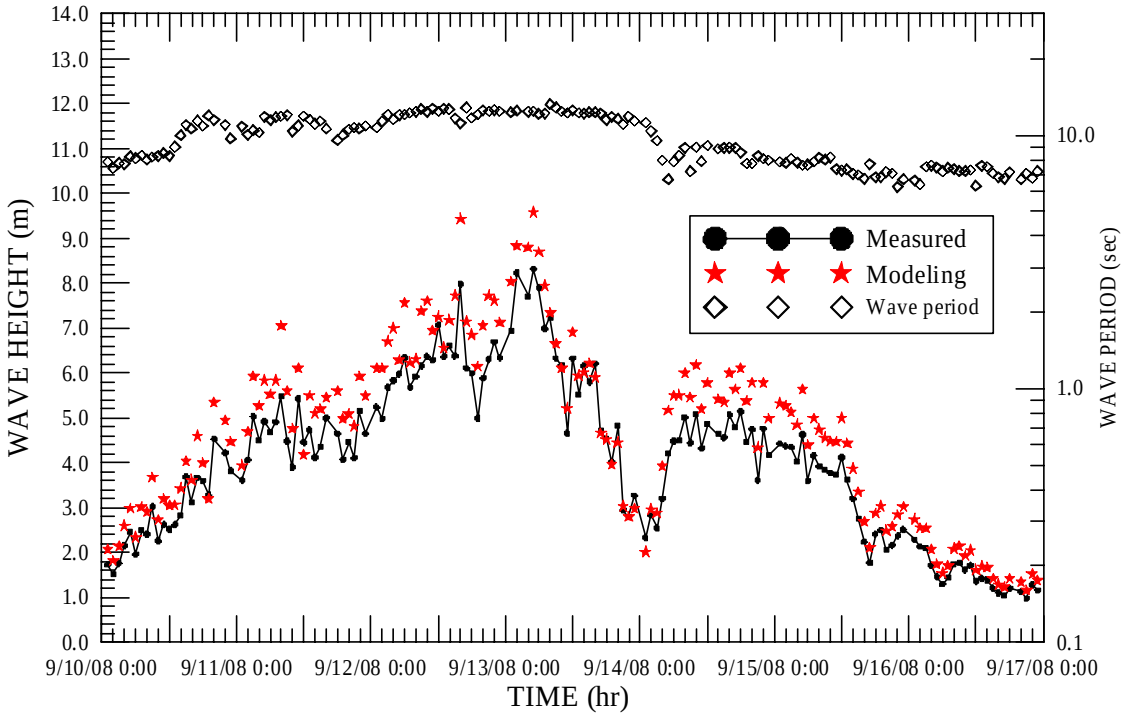


圖3.3.40a　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

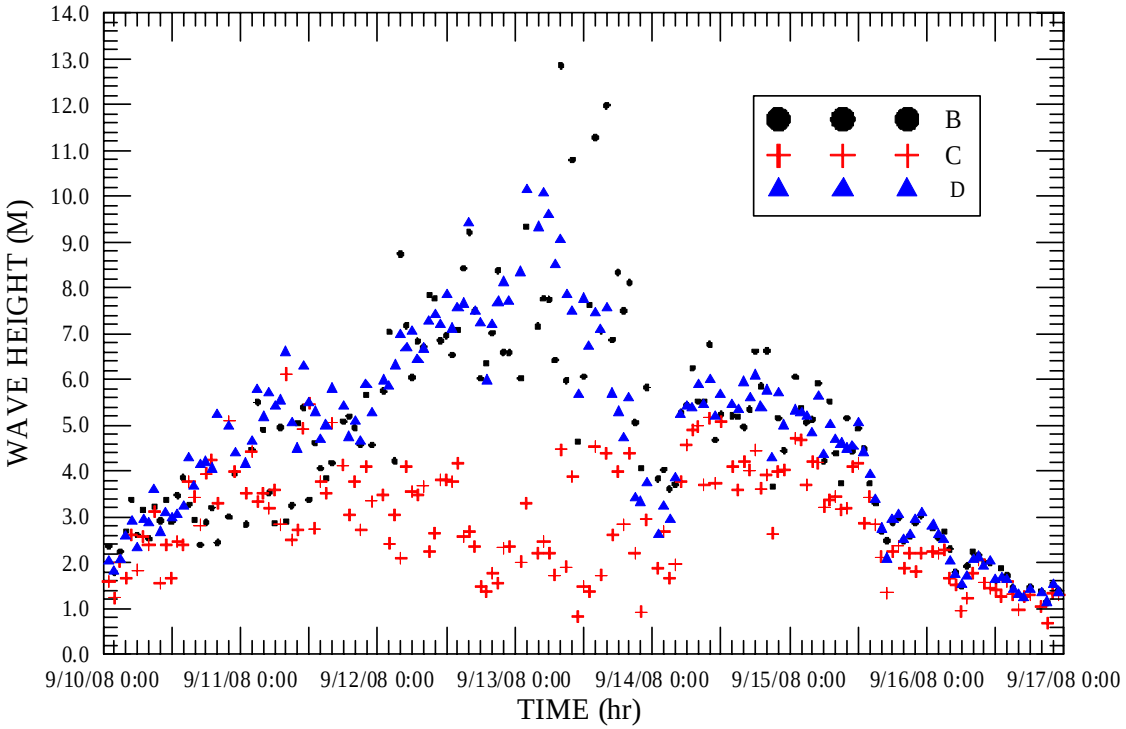


圖3.3.40b　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

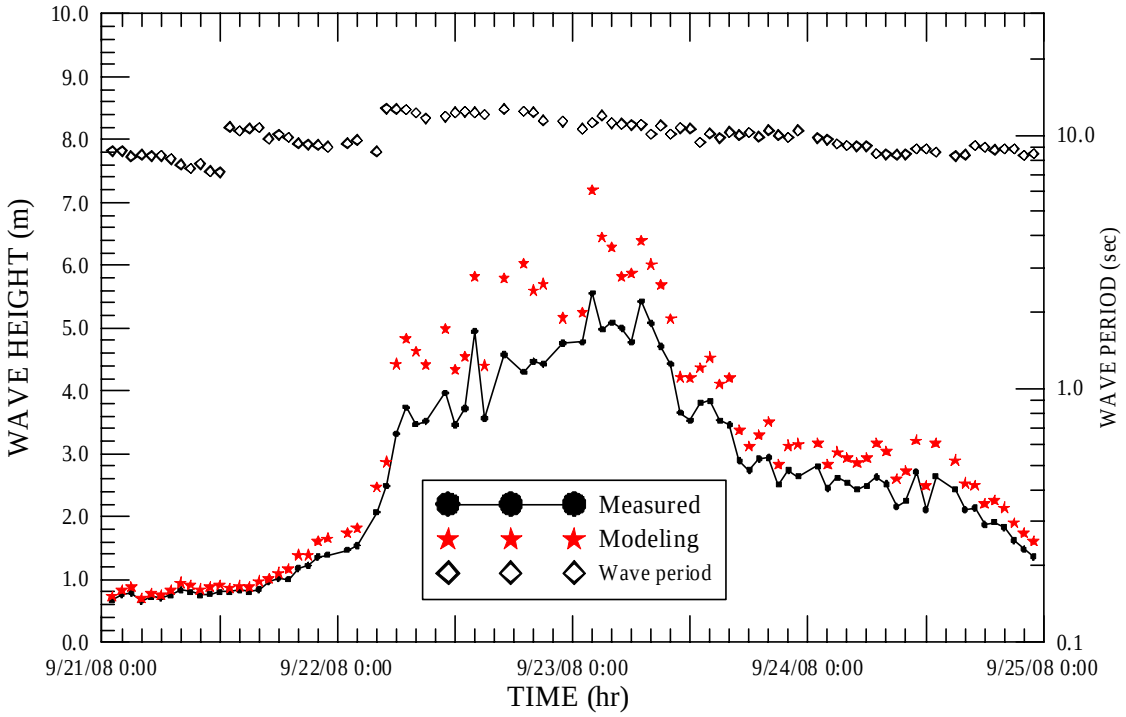


圖3.3.41a　2008年中度颱風哈格比侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

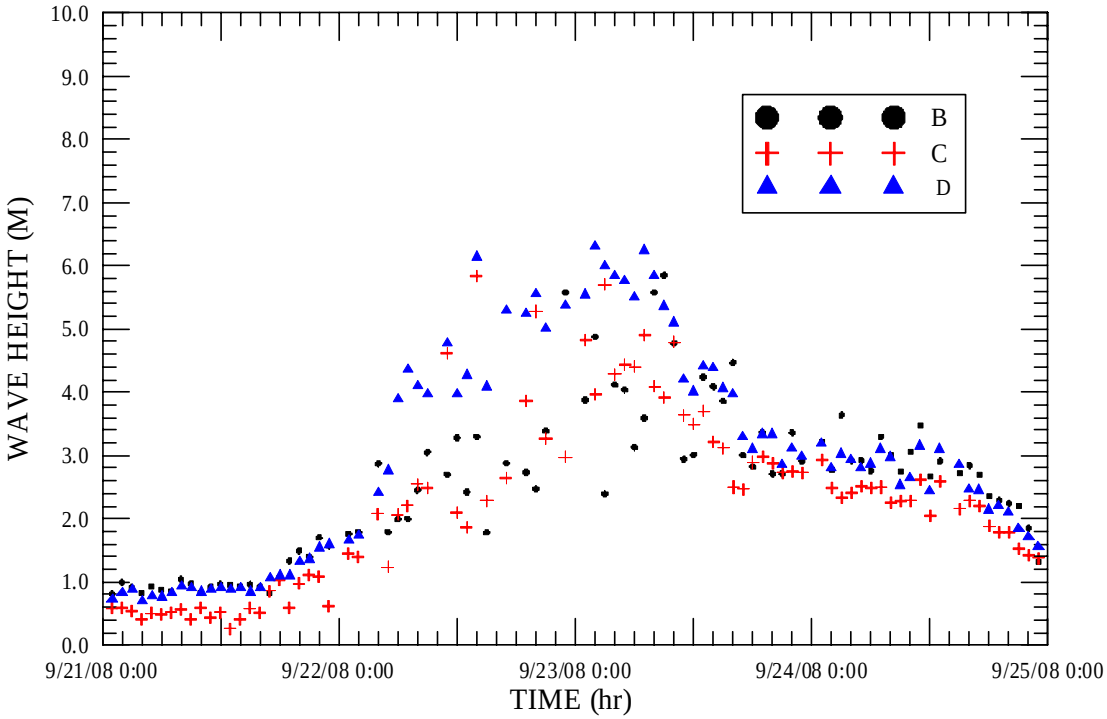


圖3.3.41b　2008年中度颱風哈格比侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

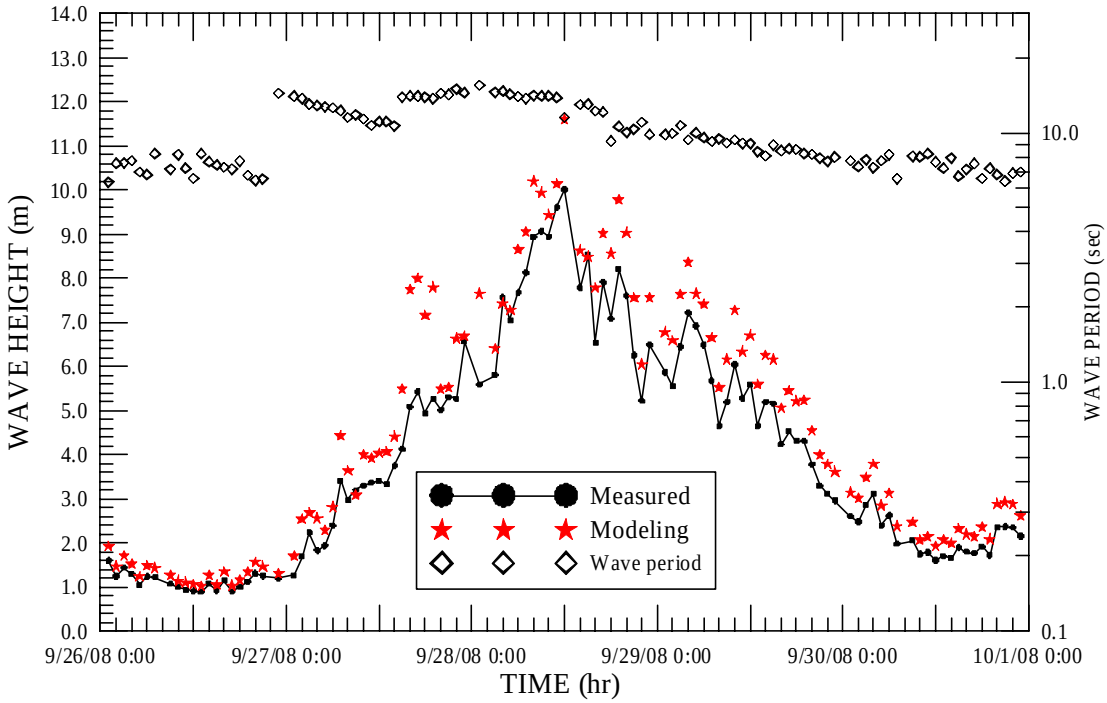


圖3.3.42a　2008年強烈颱風薔蜜侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

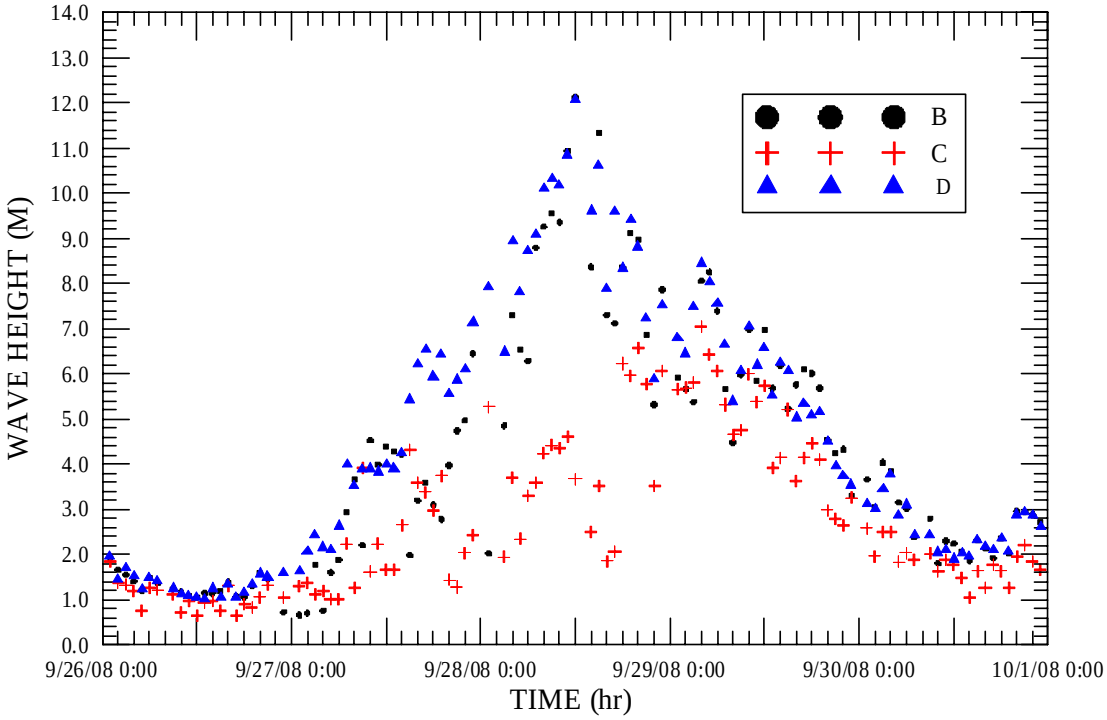


圖3.3.42b　2008年強烈颱風薔蜜侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

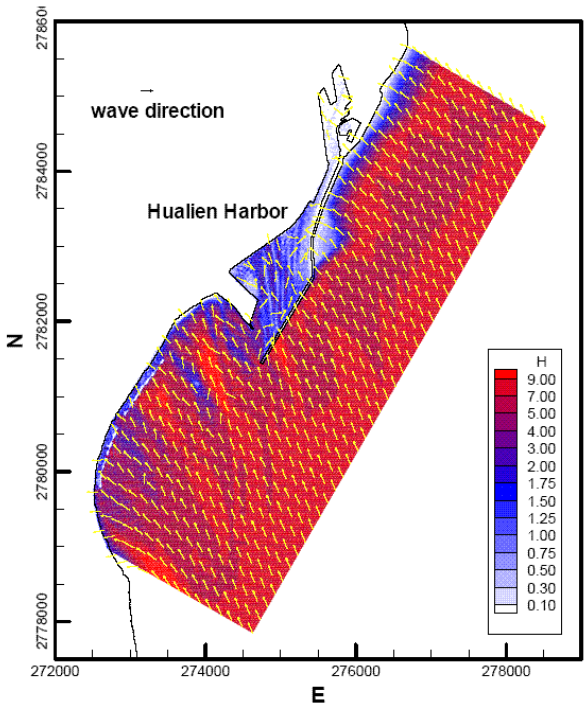


圖3.3.43　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12　3:00)

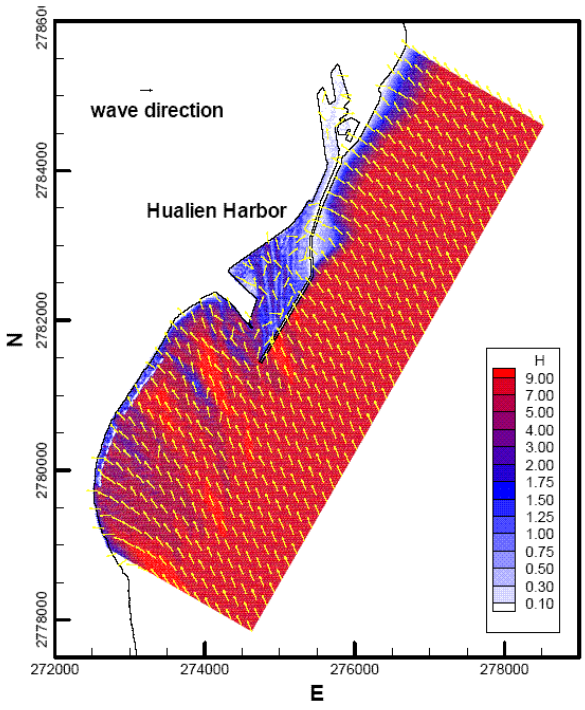


圖3.3.43　(續1)2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間花蓮港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12　6:00)

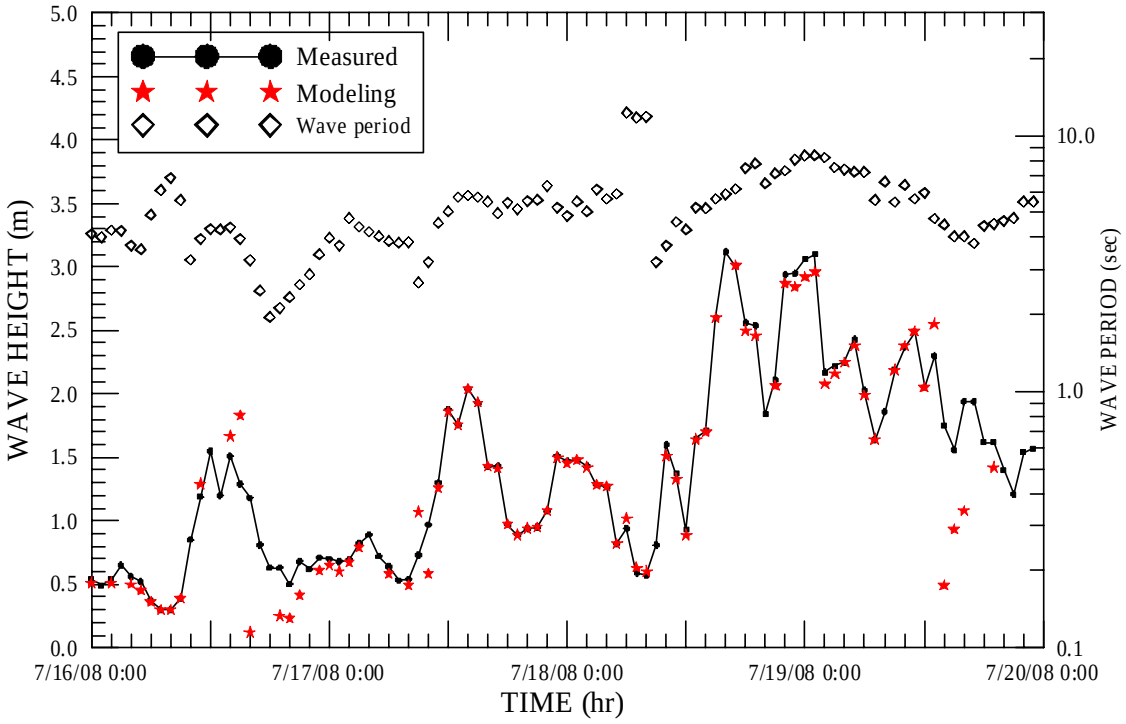


圖3.3.44a　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

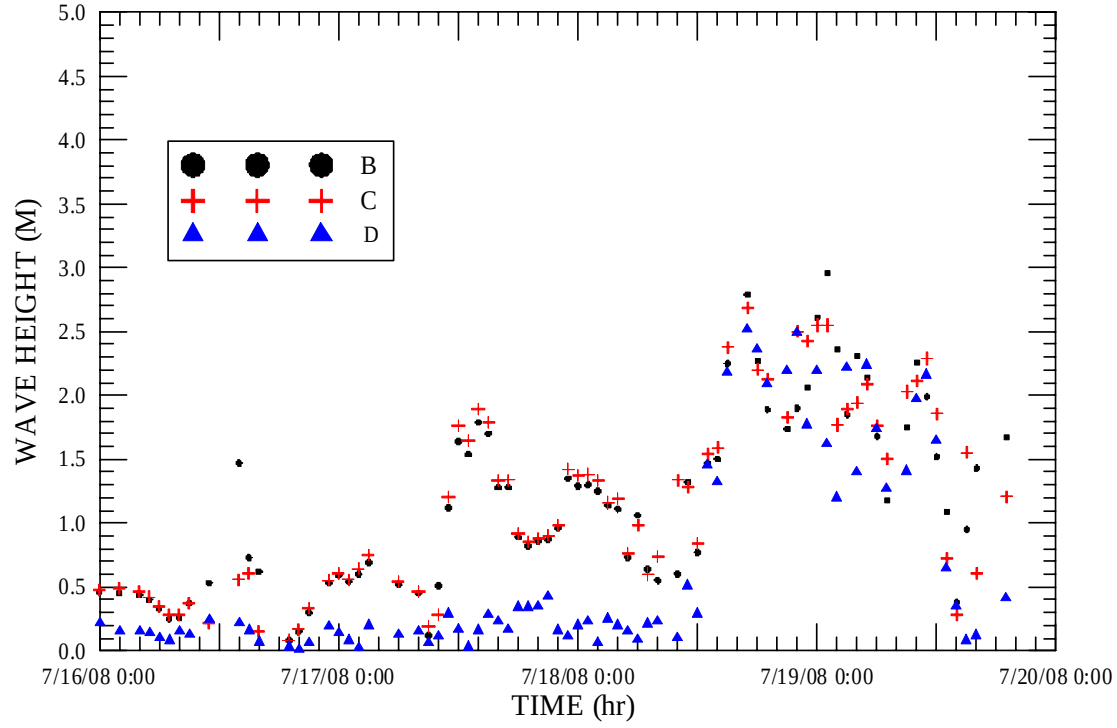


圖3.3.44b　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

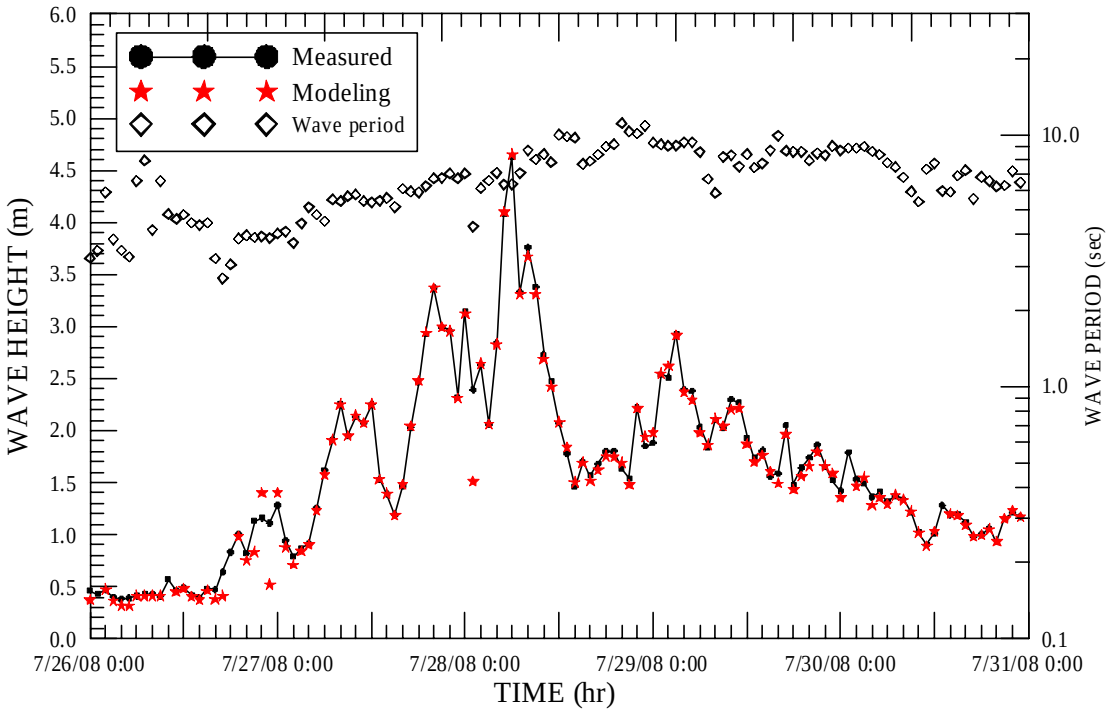


圖3.3.45a　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

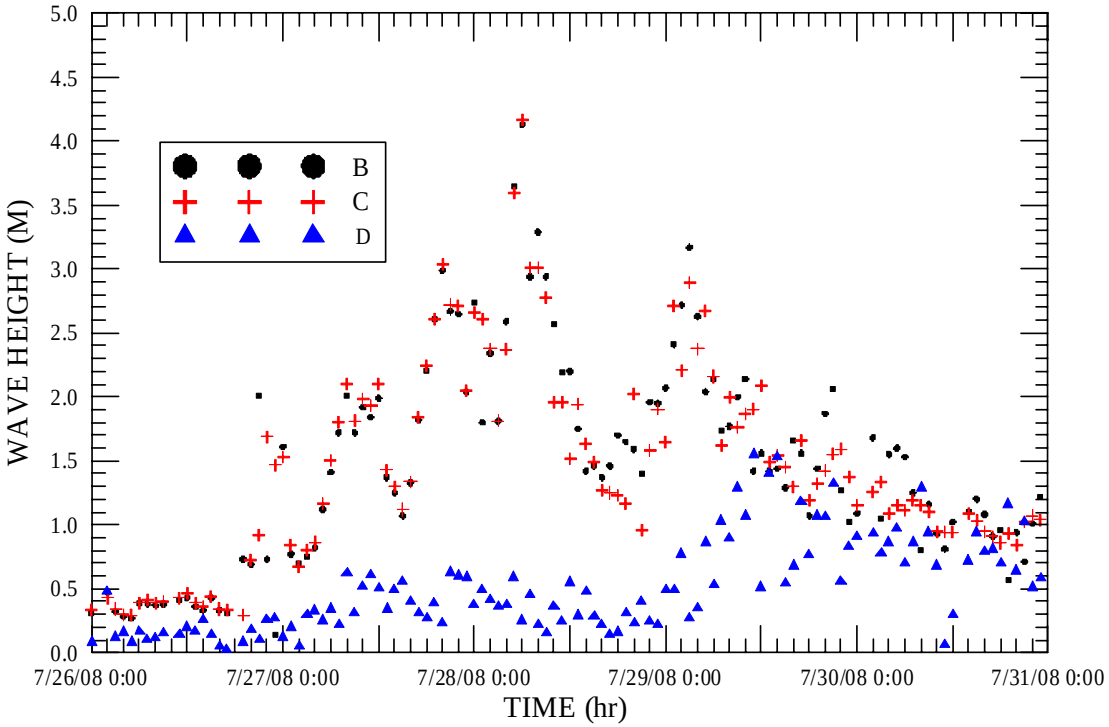


圖3.3.45b　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

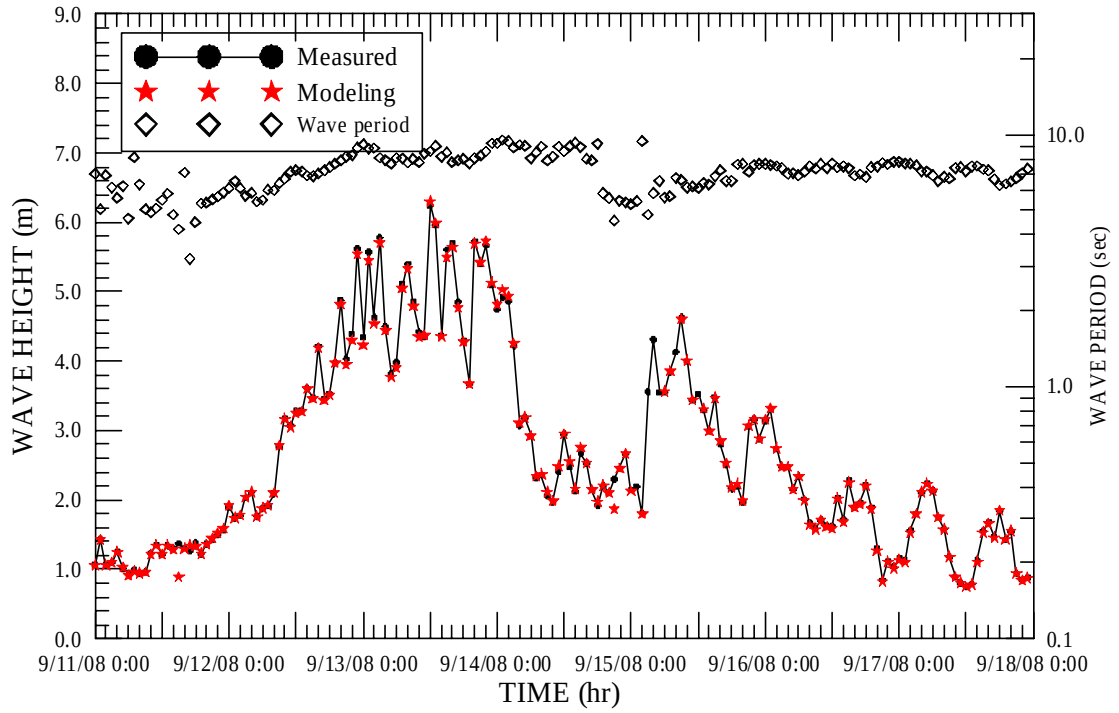


圖3.3.46a　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

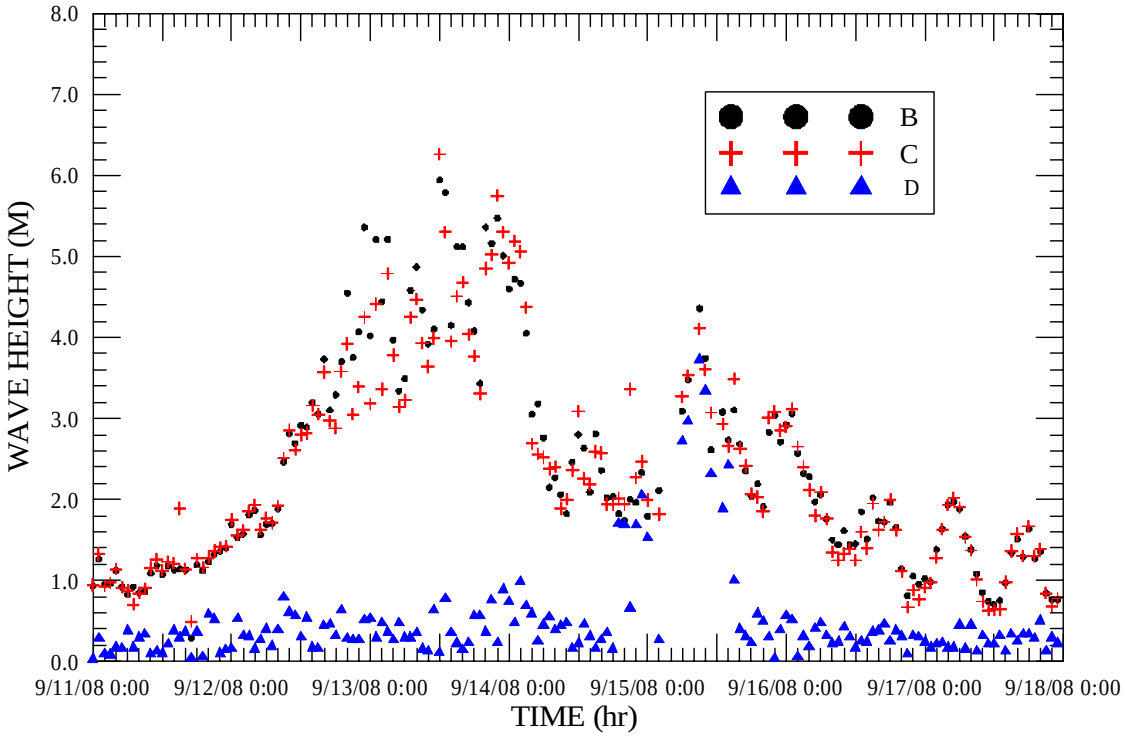


圖3.3.46b　2008年強烈颱風辛樂克臺期間台北港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

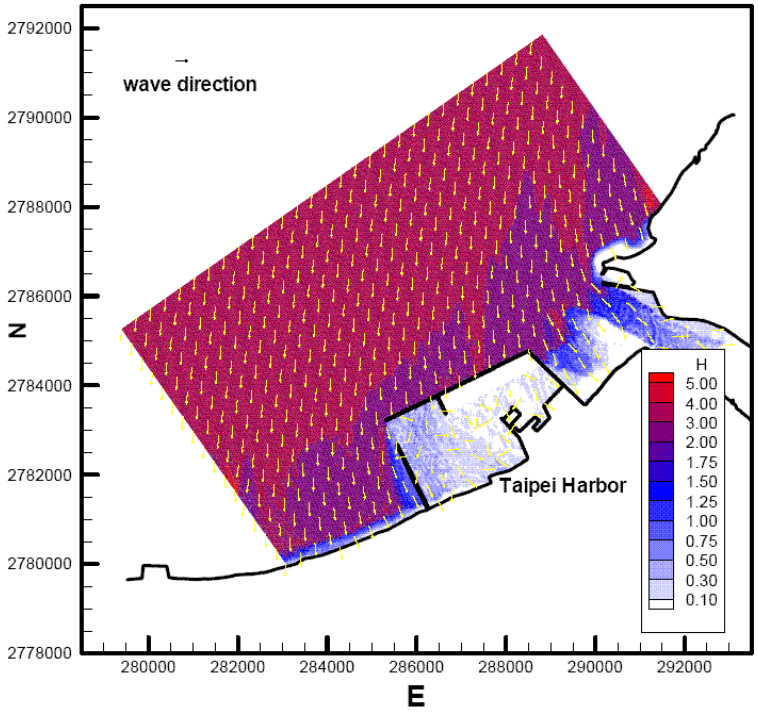


圖3.3.47　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12 12:00)

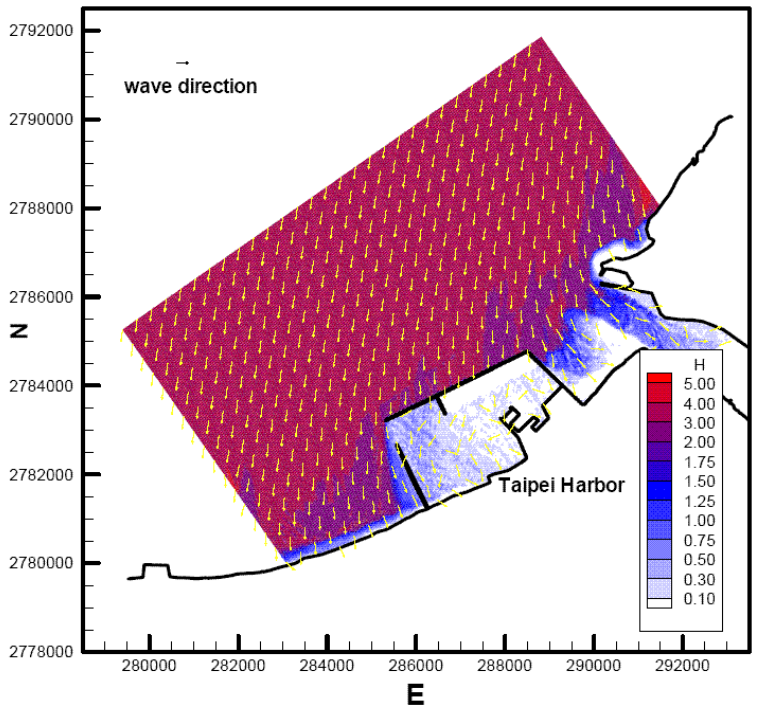


圖3.3.47　(續1)2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台北港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12 15:00)

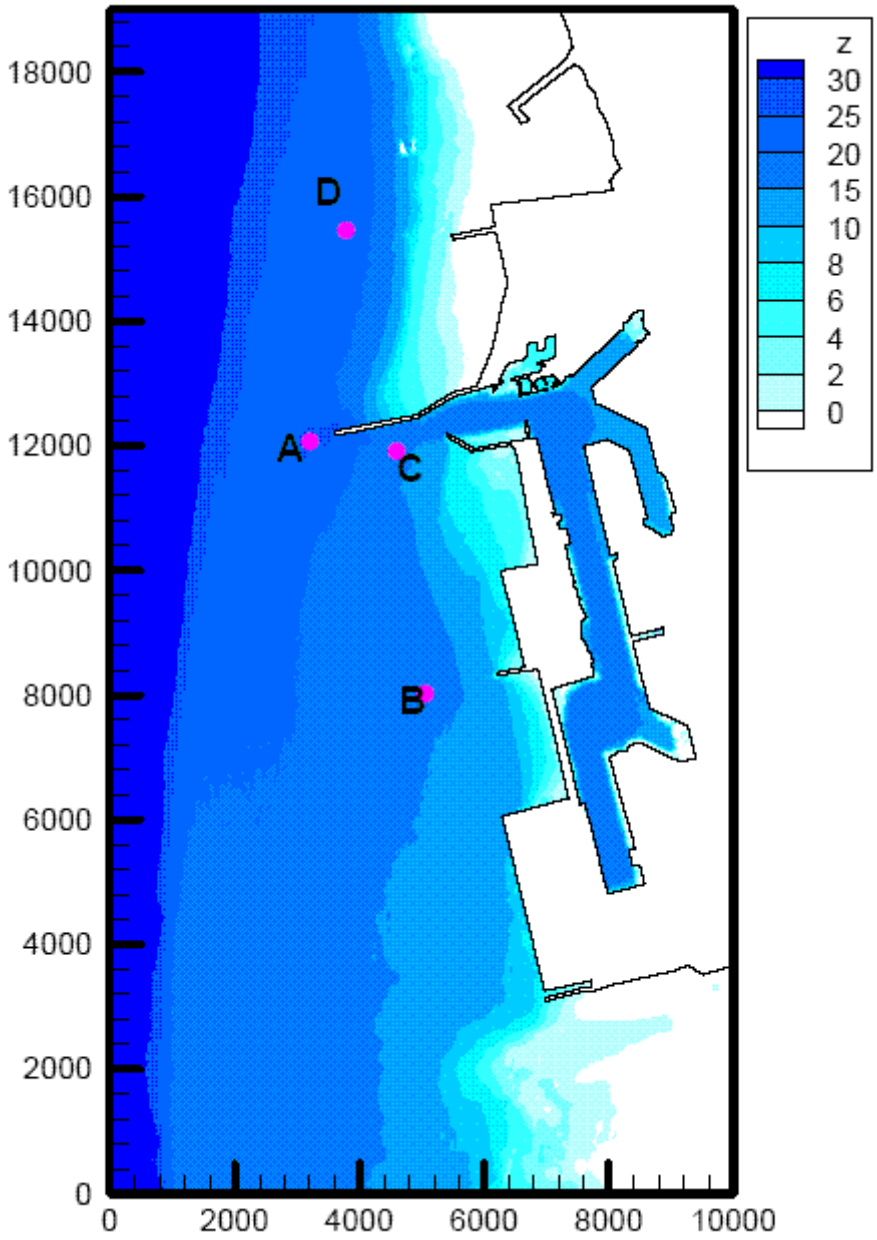


圖3.3.48　台中港近岸波浪場模擬之數值計算網格及水深分布
(點位A~D為模式模擬結果之輸出點位，A為波浪觀測位置)

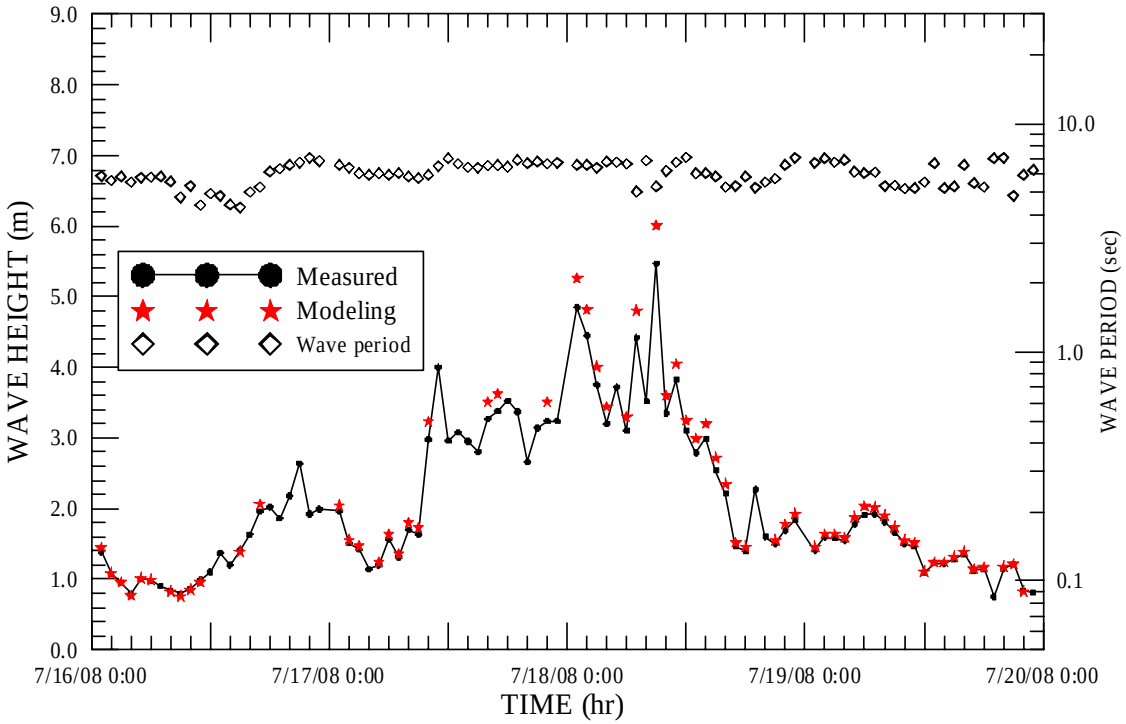


圖3.3.49a　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

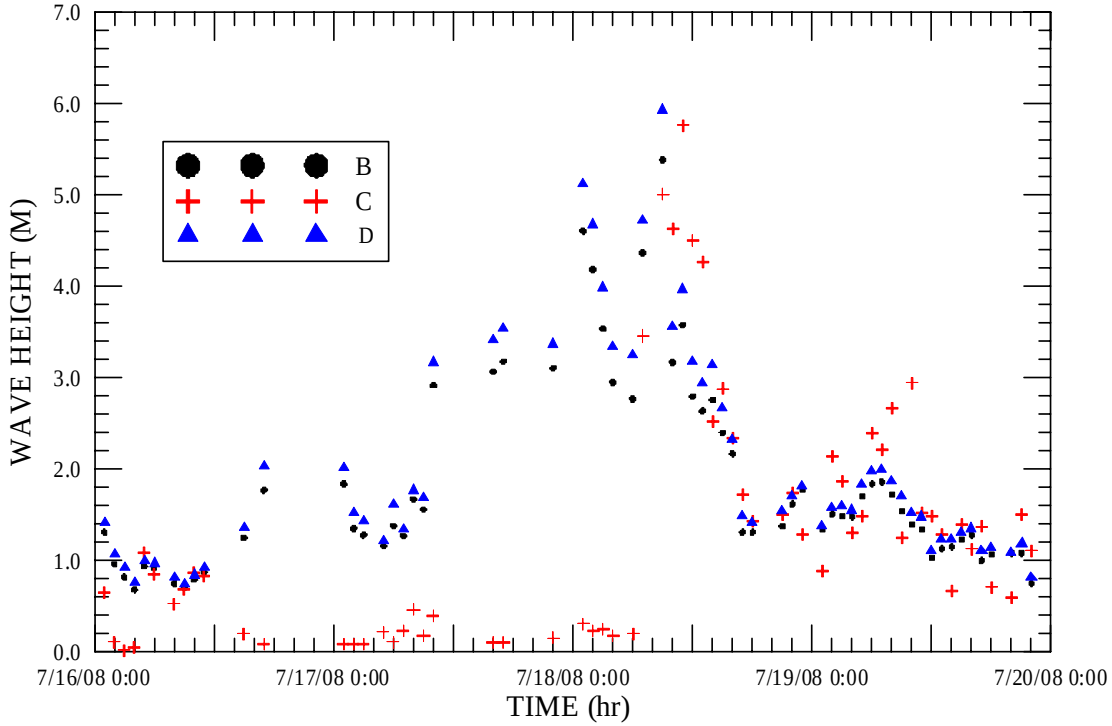


圖3.3.49b　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

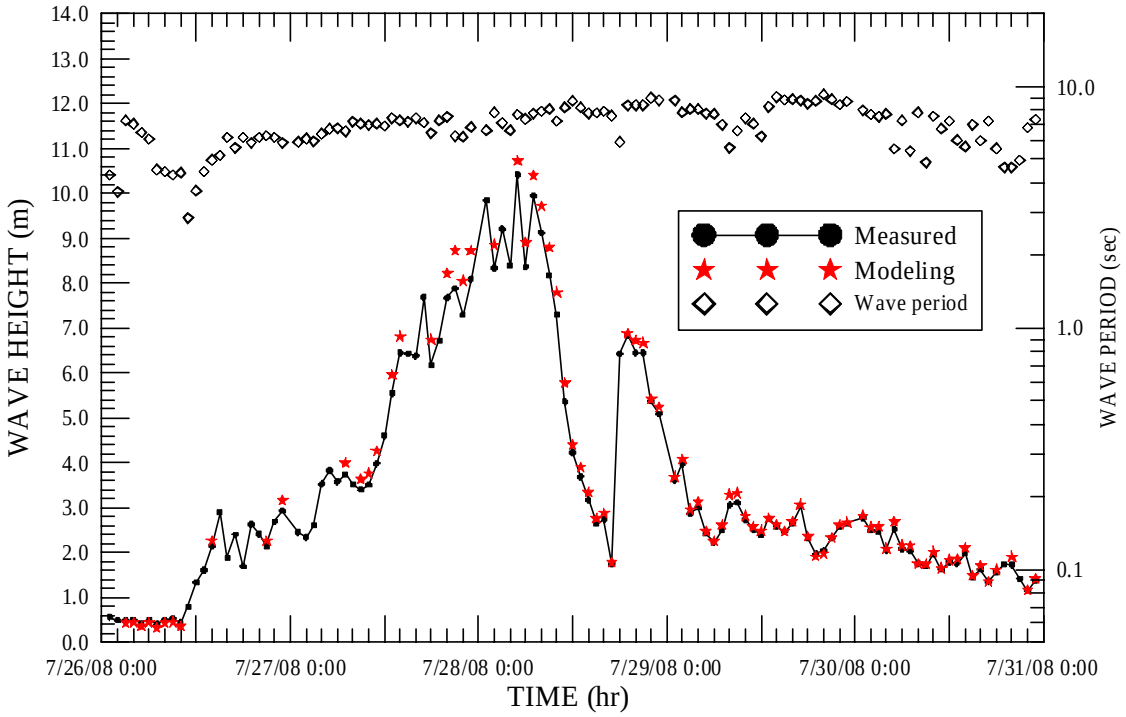


圖3.3.50a　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

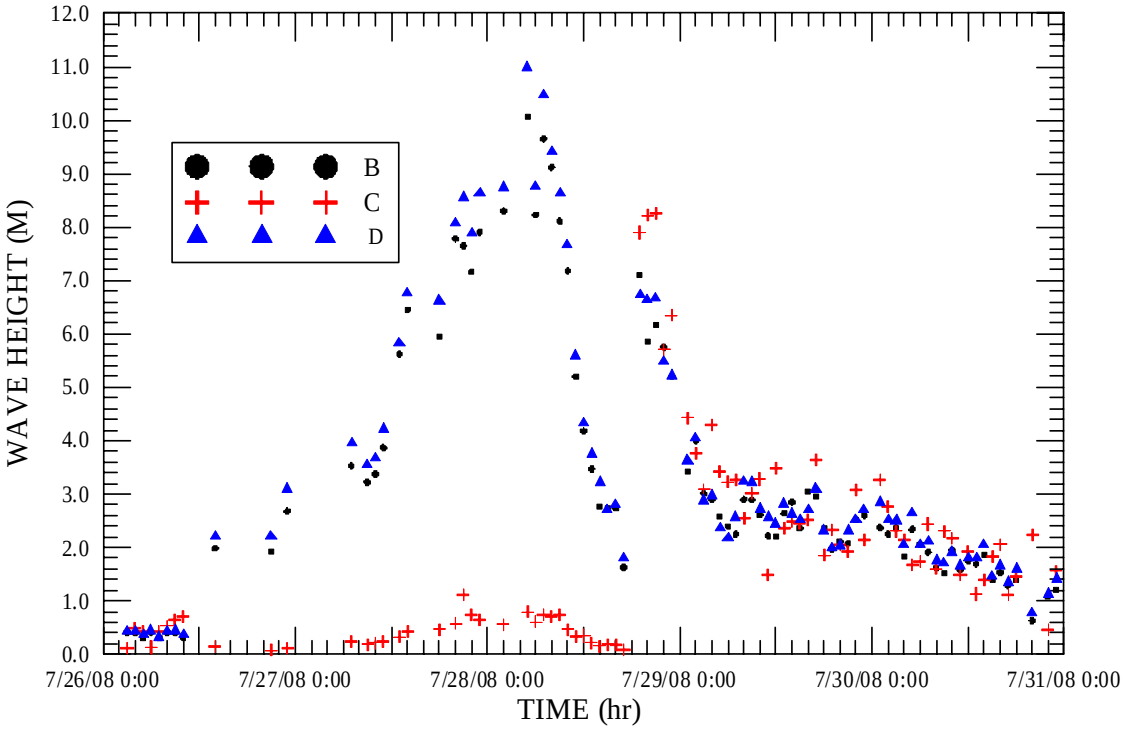


圖3.3.50b　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

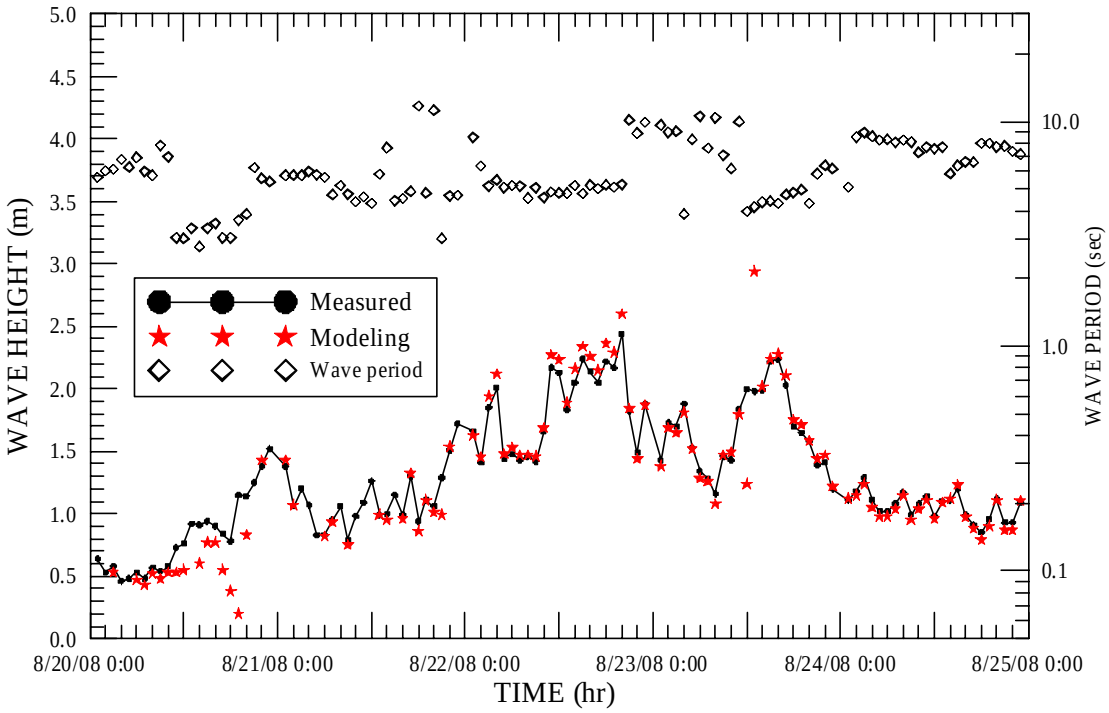


圖3.3.51a　2008年中度颱風如麗侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

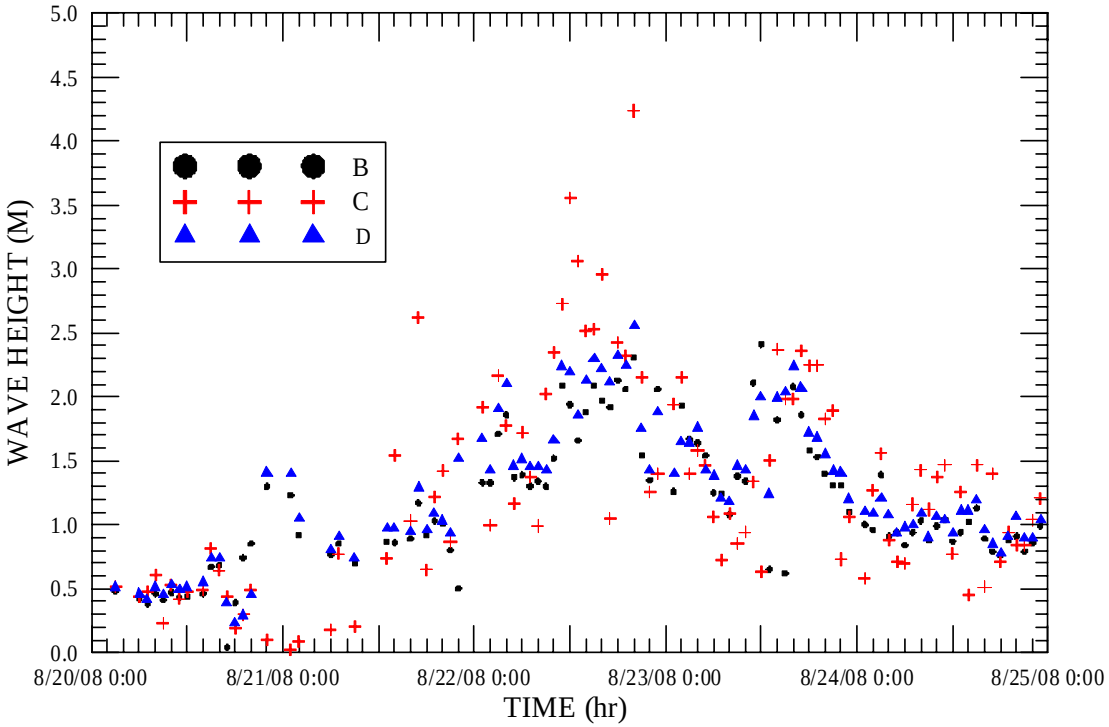


圖3.3.51b　2008年中度颱風如麗侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

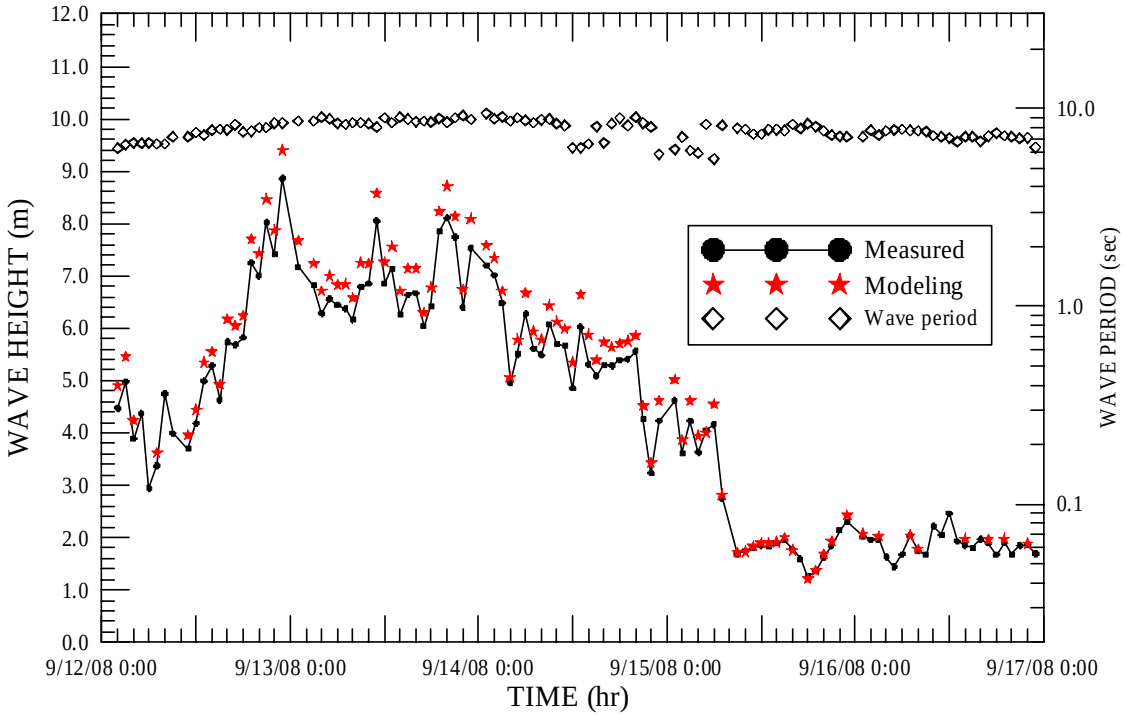


圖3.3.52a　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

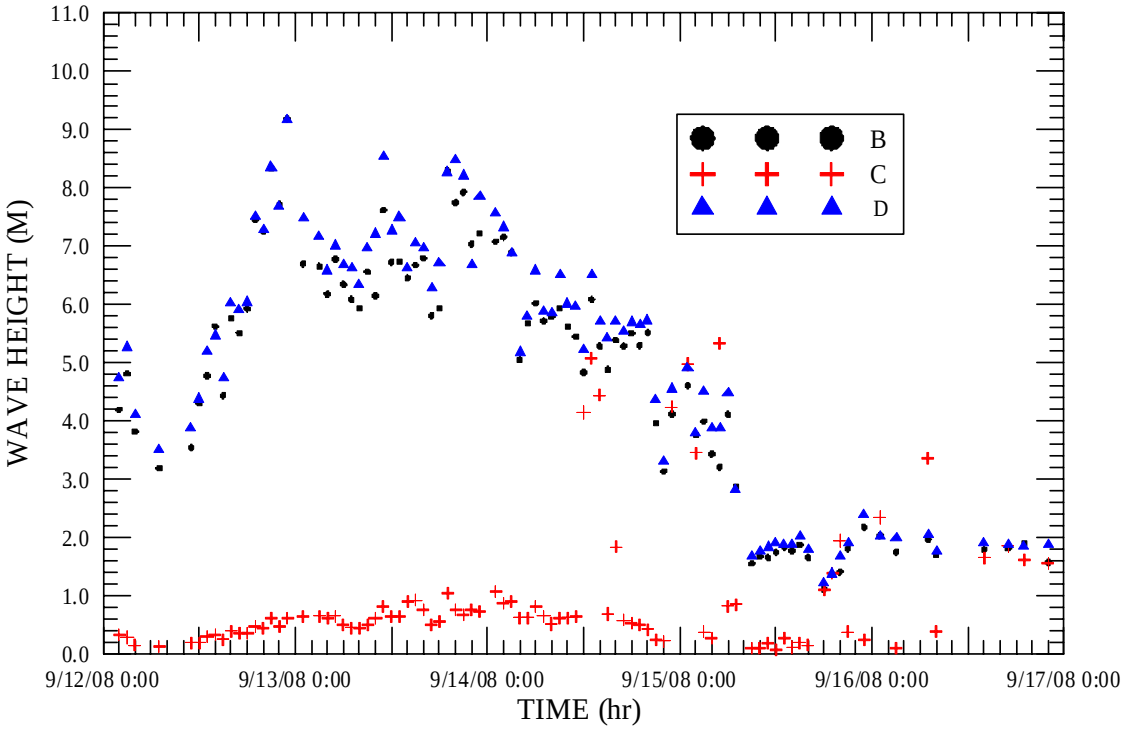


圖3.3.52b　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

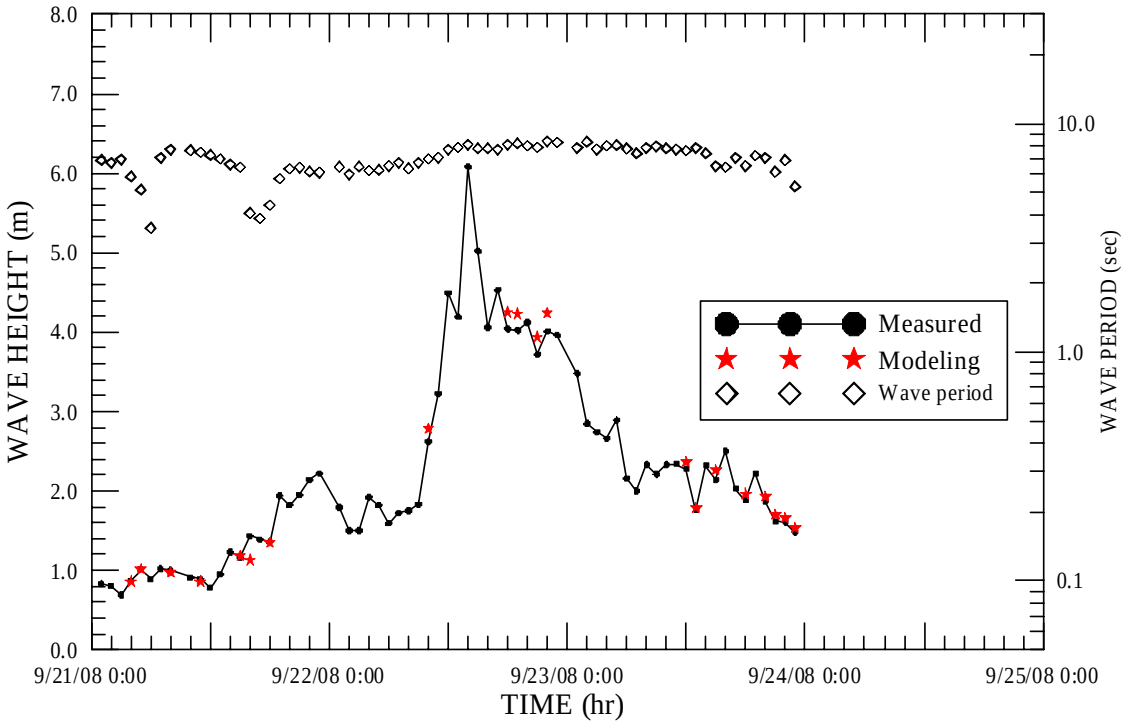


圖3.3.53a　2008年中度颱風哈格比侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

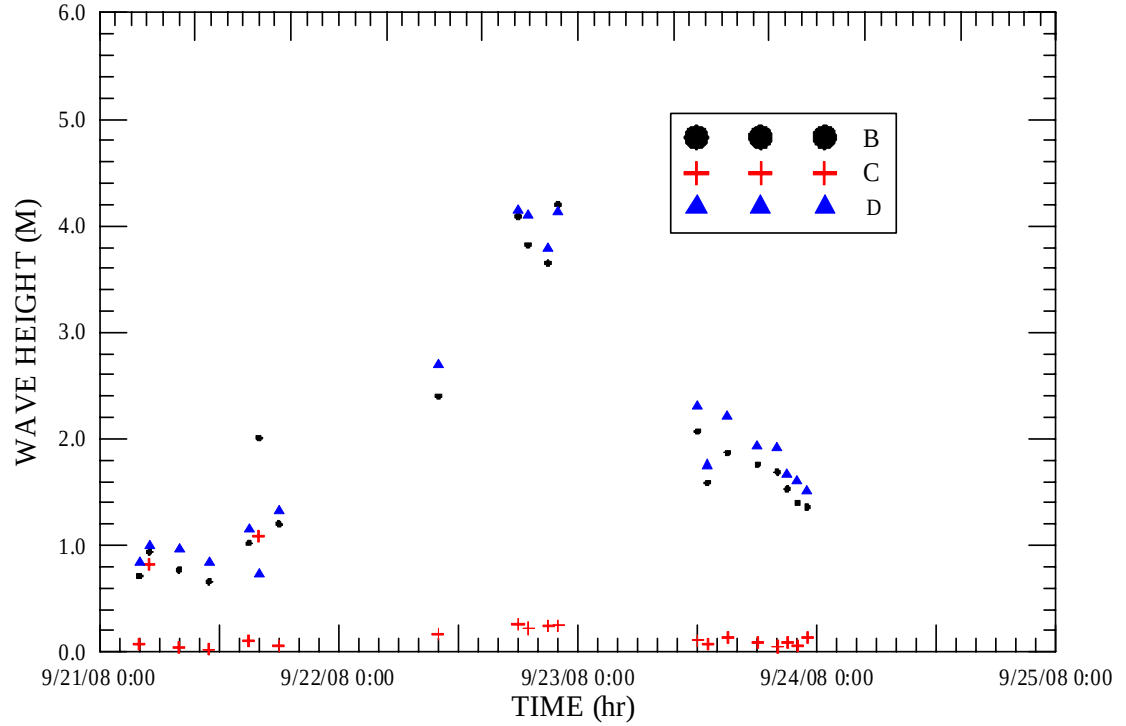


圖3.3.53b　2008年中度颱風哈格比侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

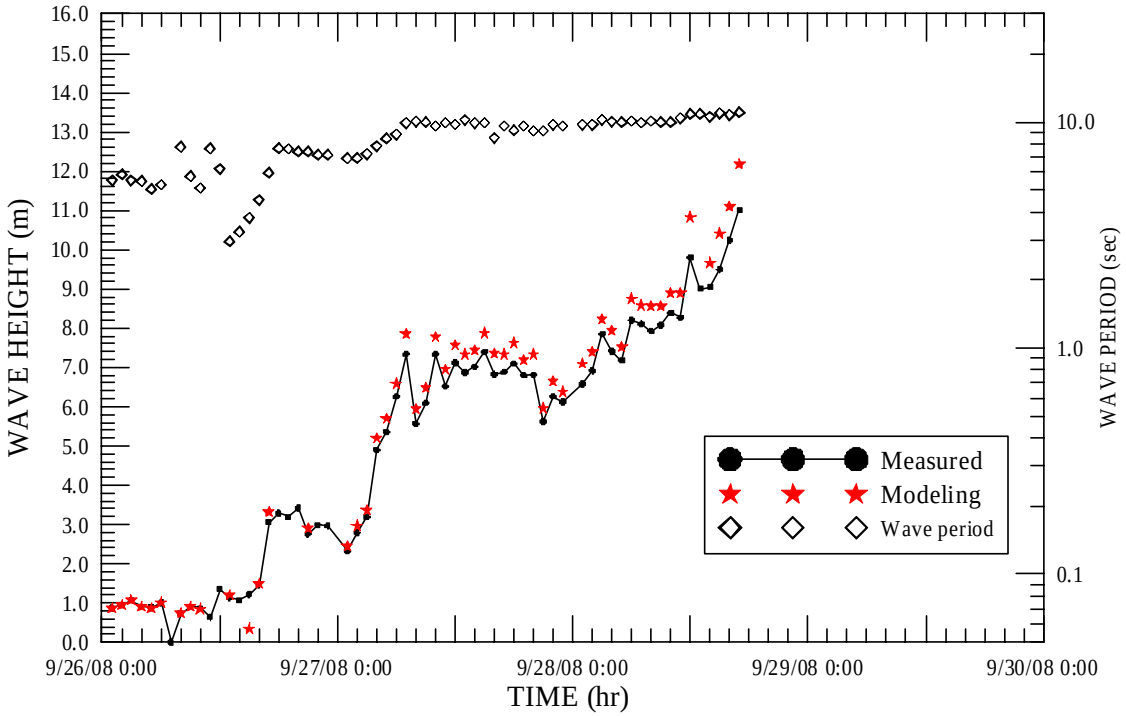


圖3.3.54a　2008年強烈颱風薔蜜侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

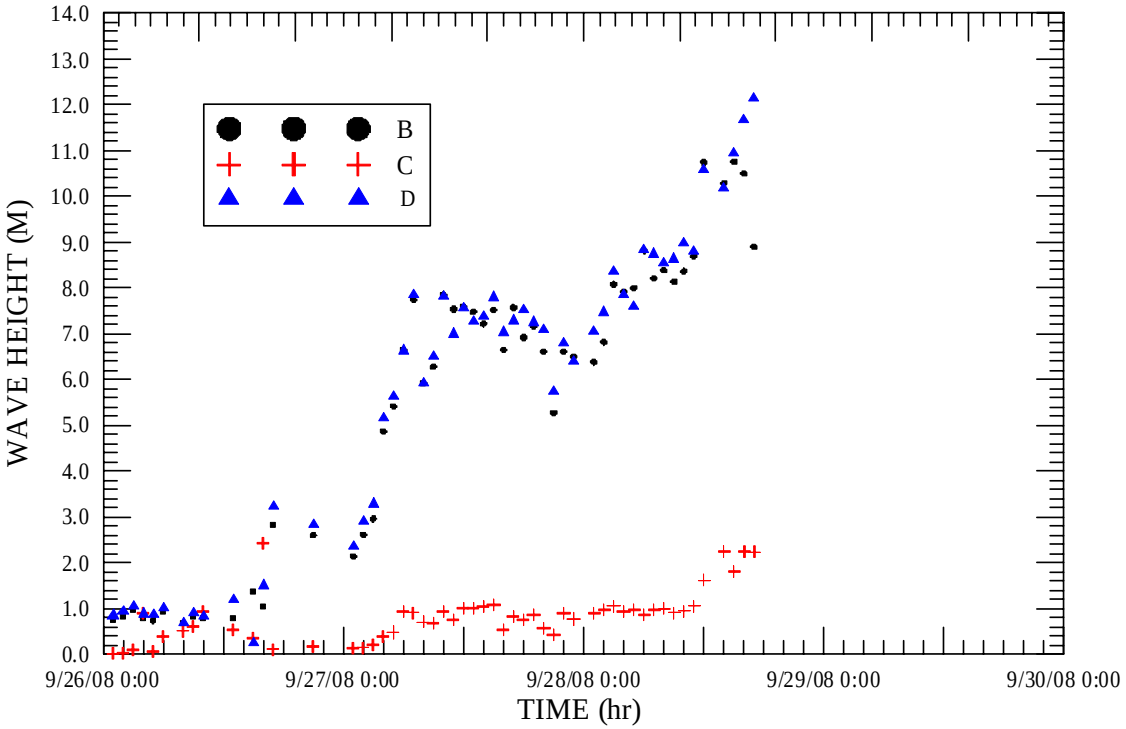


圖3.3.54b　2008年強烈颱風薔蜜侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

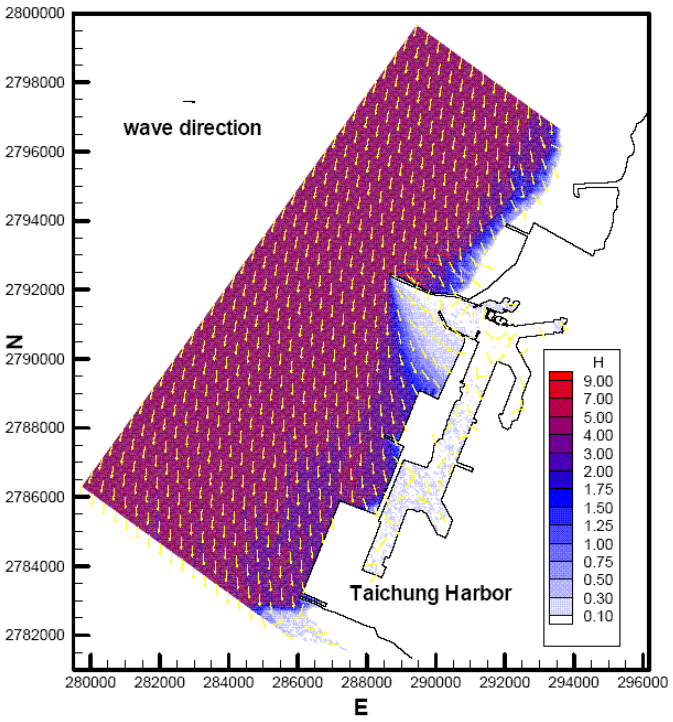


圖3.3.55　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12 12:00)

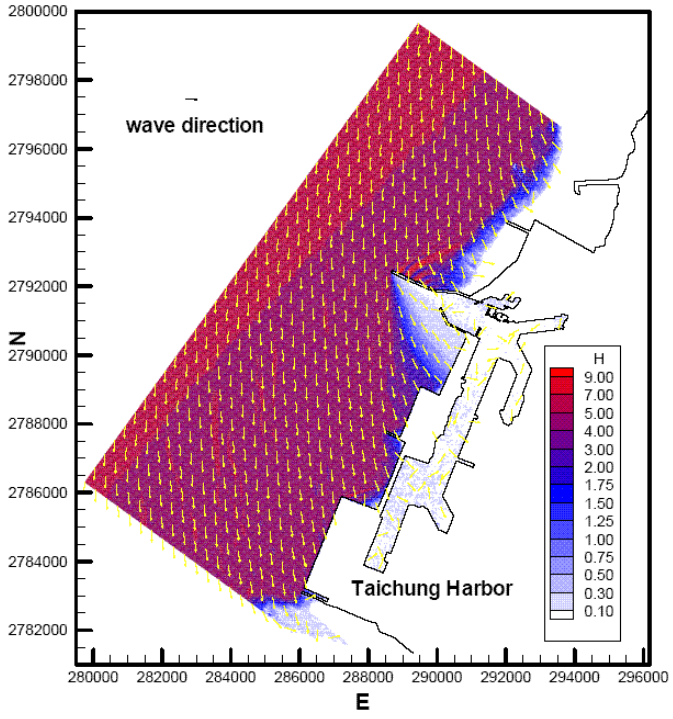


圖3.3.55　(續1)2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間台中港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12 15:00)

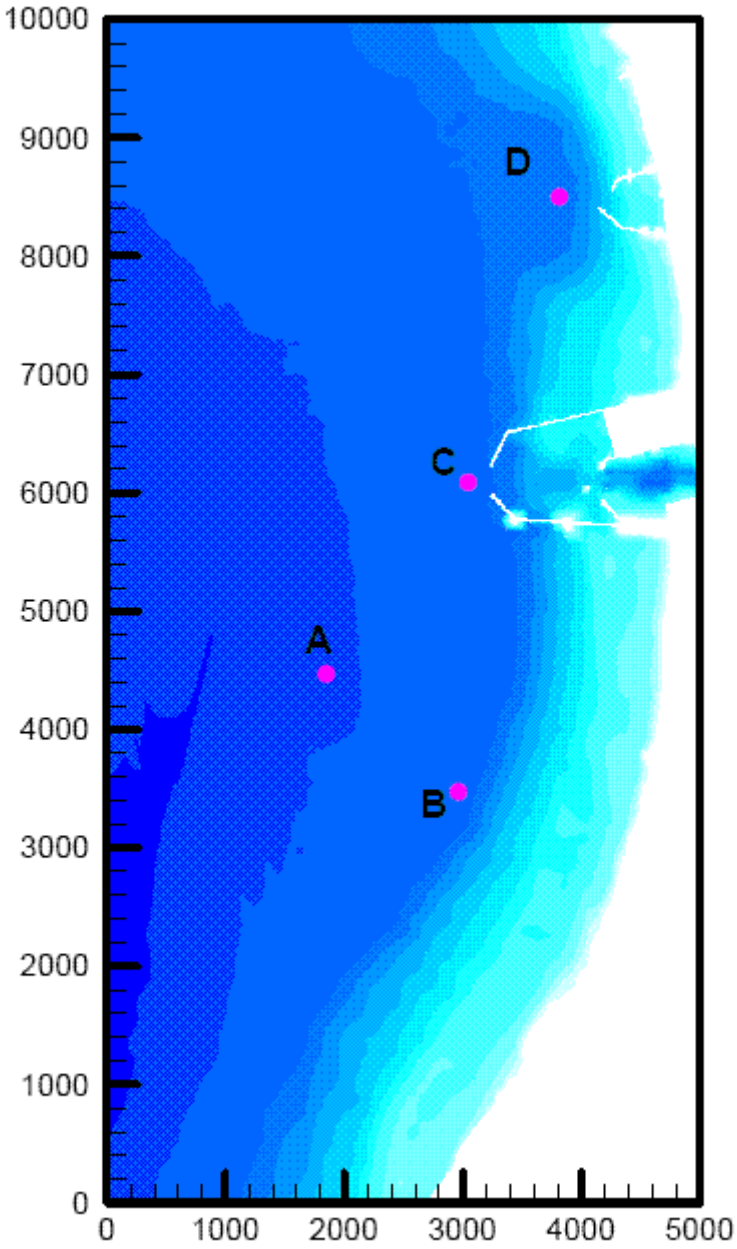


圖3.3.56　安平港近岸波浪場模擬之數值計算網格及水深分布
(點位A~D為模式模擬結果之輸出點位，A為波浪觀測位置)

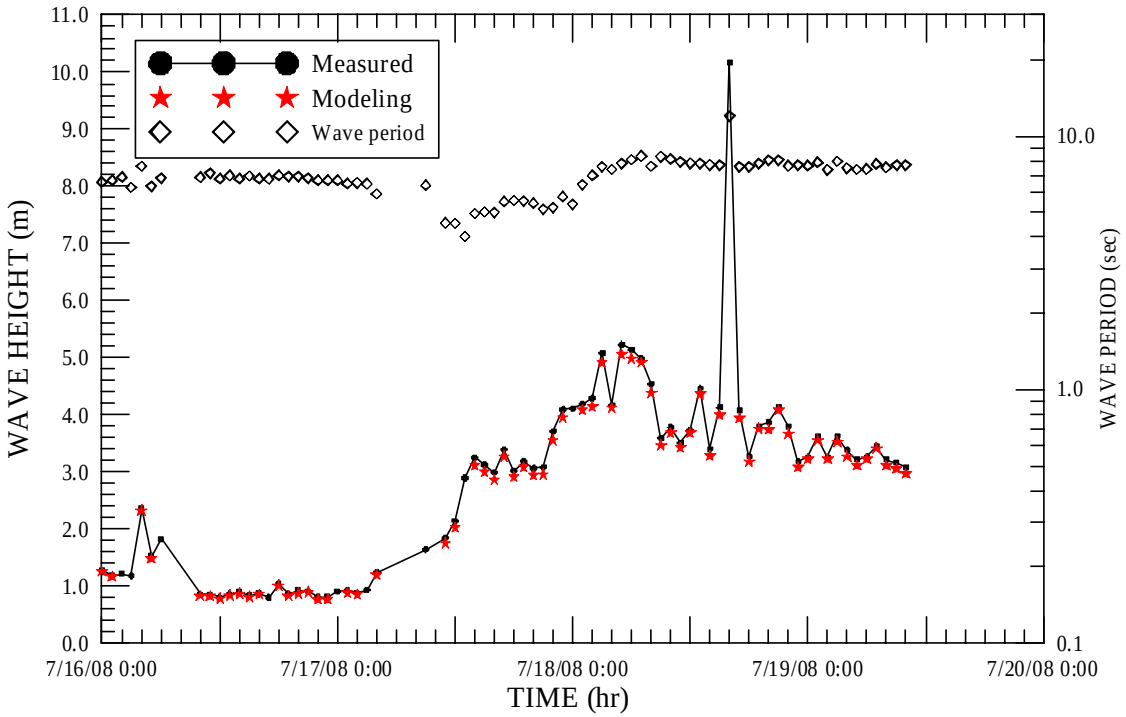


圖3.3.57a　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

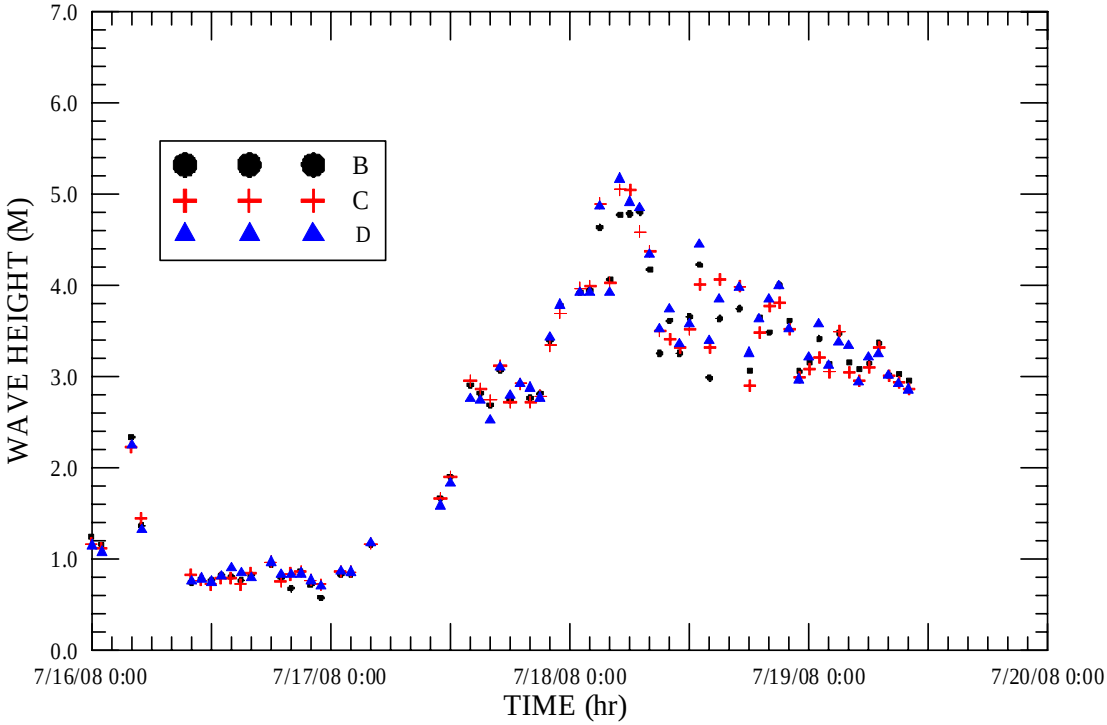


圖3.3.57b　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

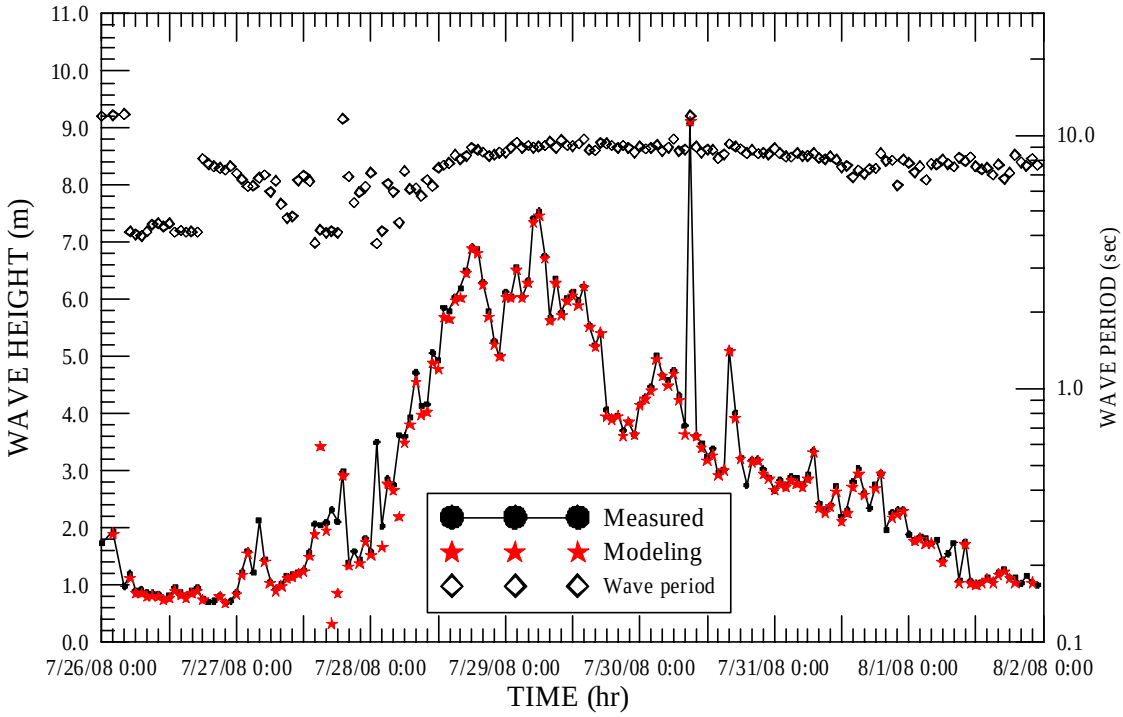


圖3.3.58a　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

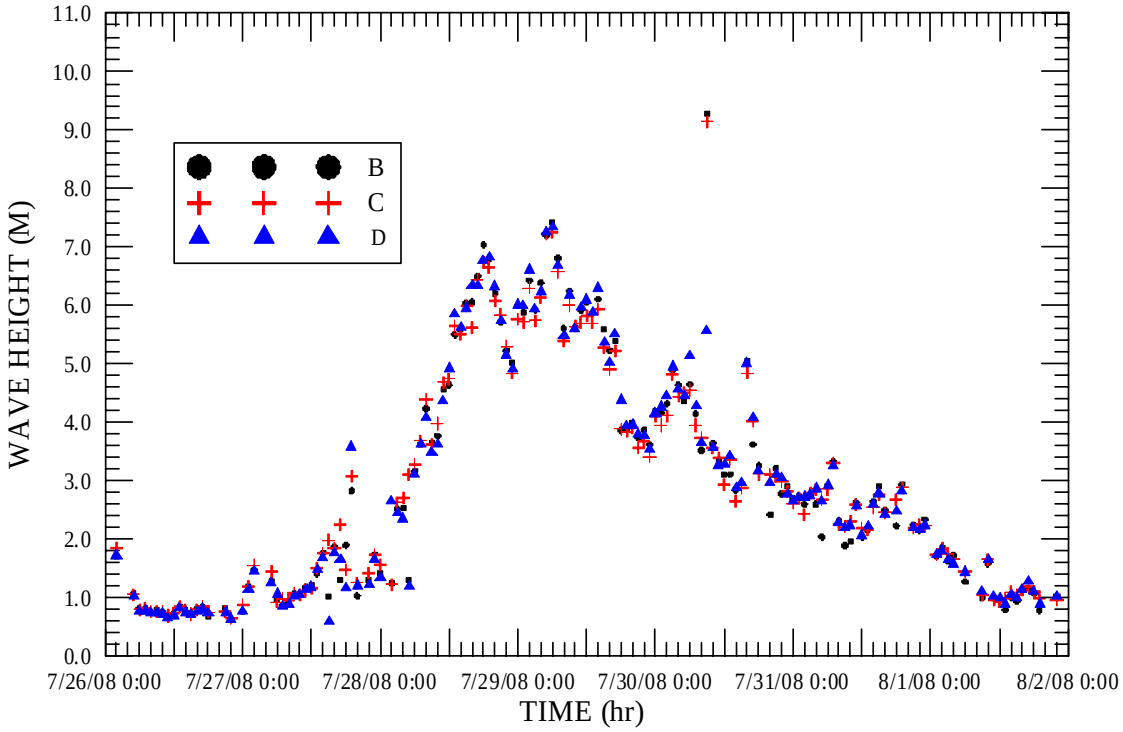


圖3.3.58b　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

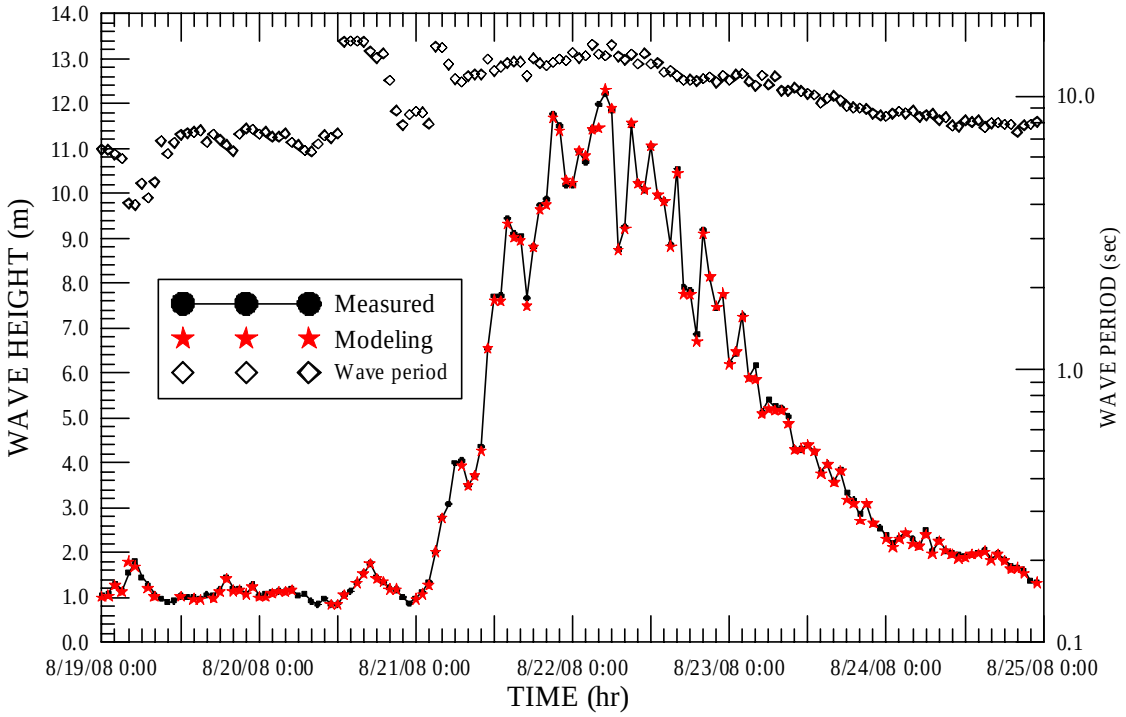


圖3.3.59a　2008年中度颱風如麗侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

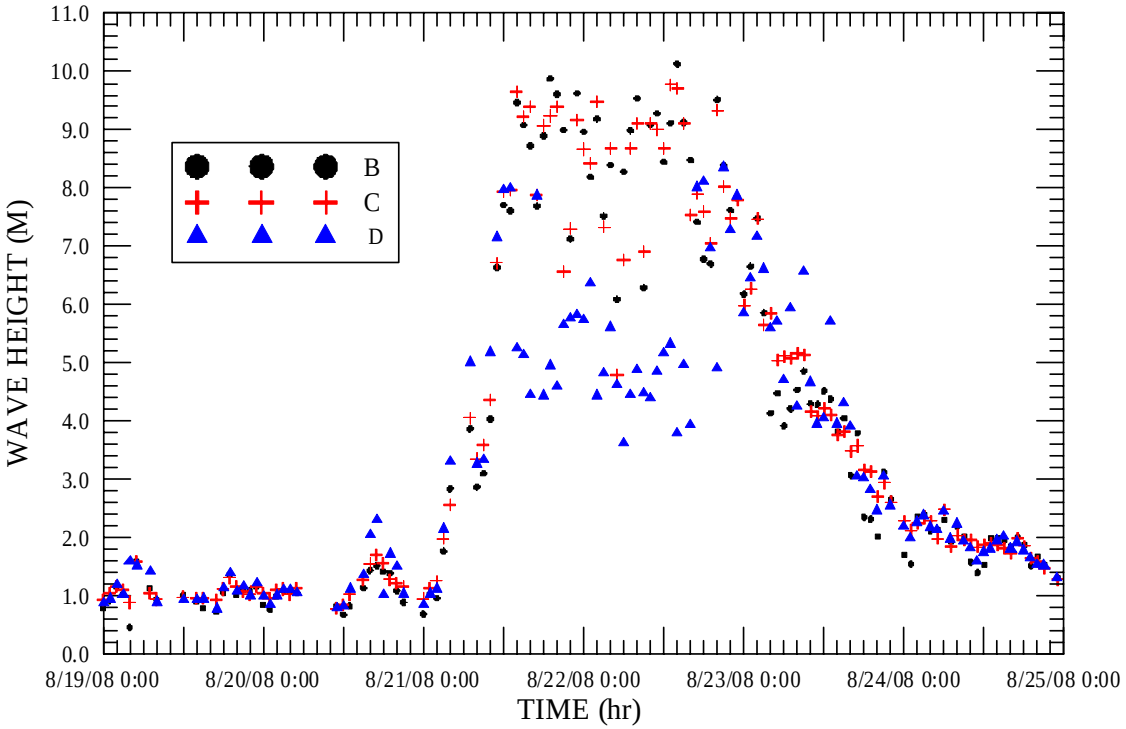


圖3.3.59b　2008年中度颱風如麗侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

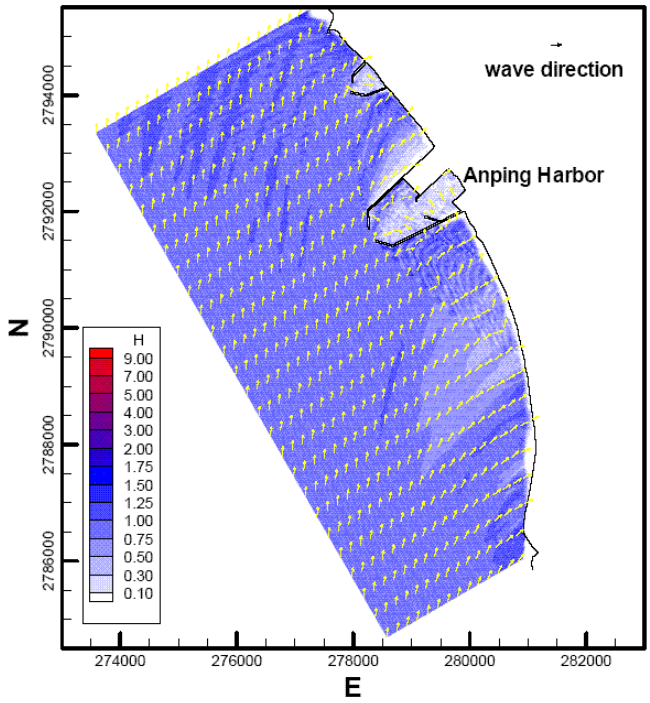


圖3.3.60　2008年中度颱風如麗侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/08/21　0:00)

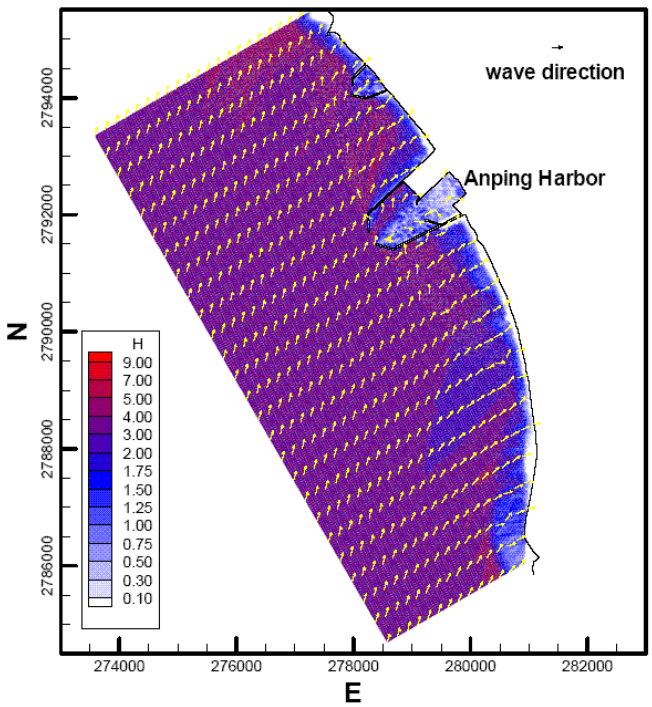


圖3.3.60　(續1)2008年中度颱風如麗侵臺期間安平港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/08/21　9:00)

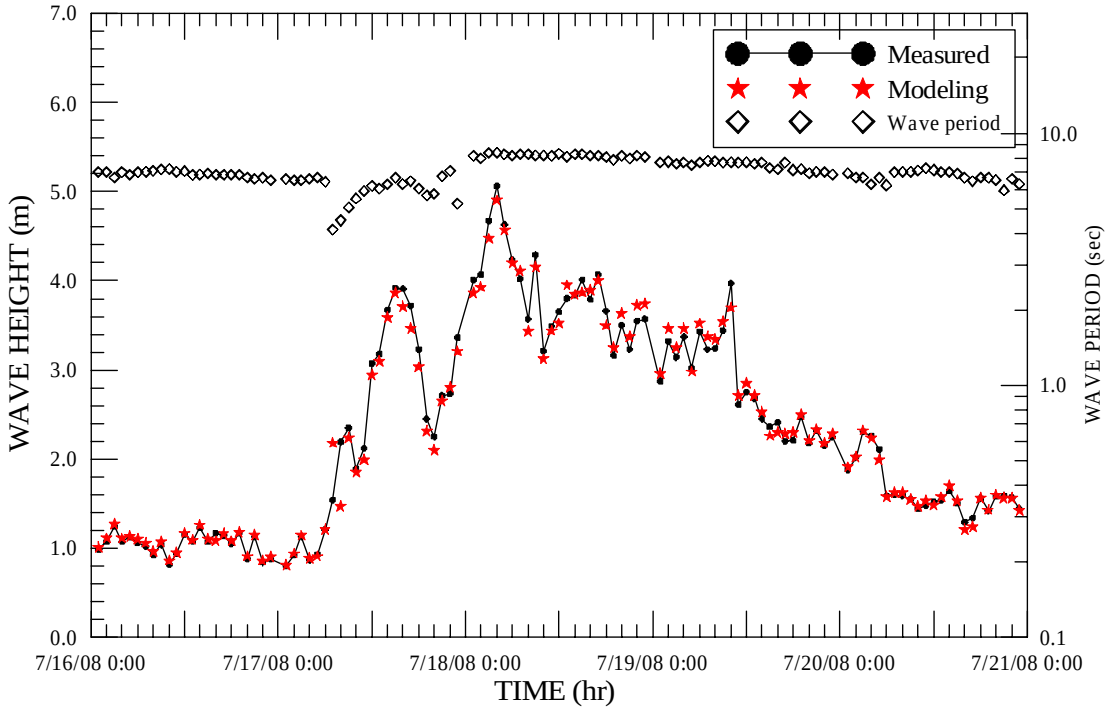


圖3.3.61a　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

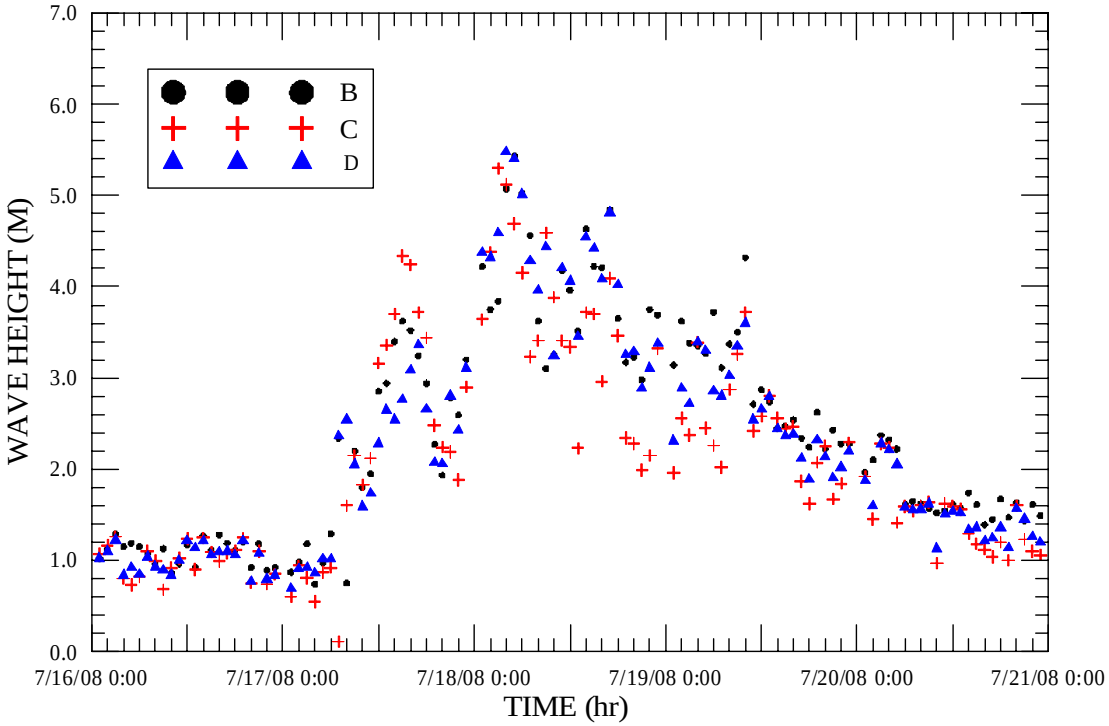


圖3.3.61b　2008年中度颱風卡玫基侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

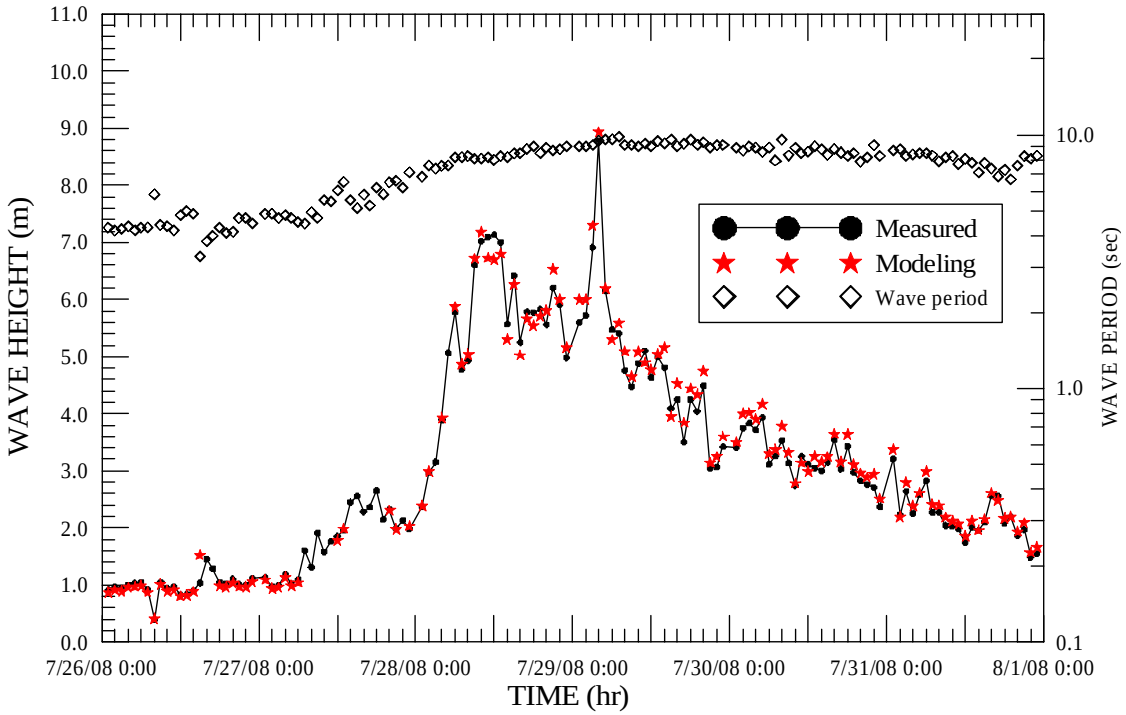


圖3.3.62a　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

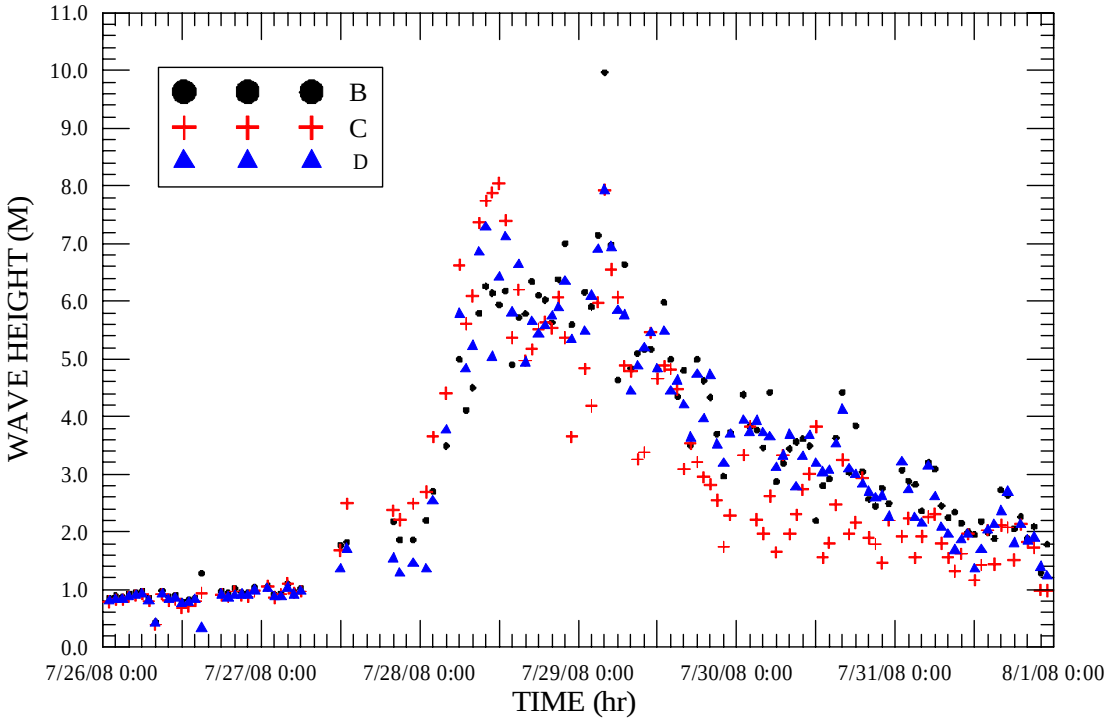


圖3.3.62b　2008年中度颱風鳳凰侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

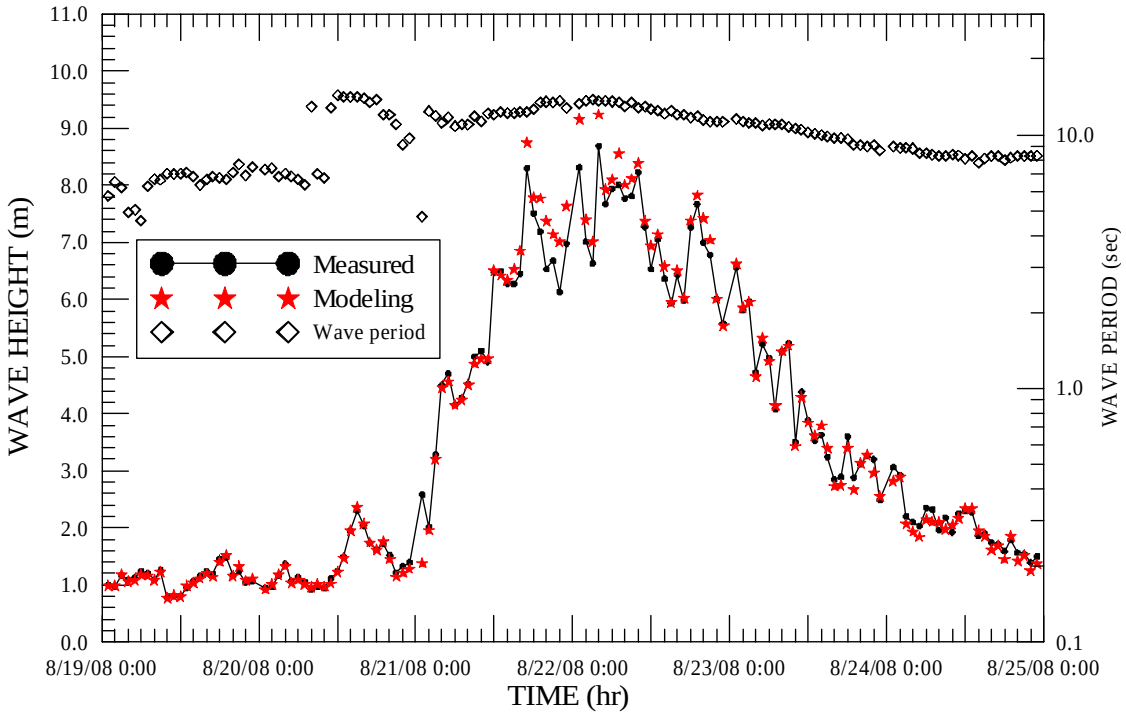


圖3.3.63a　2008年中度颱風如麗侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

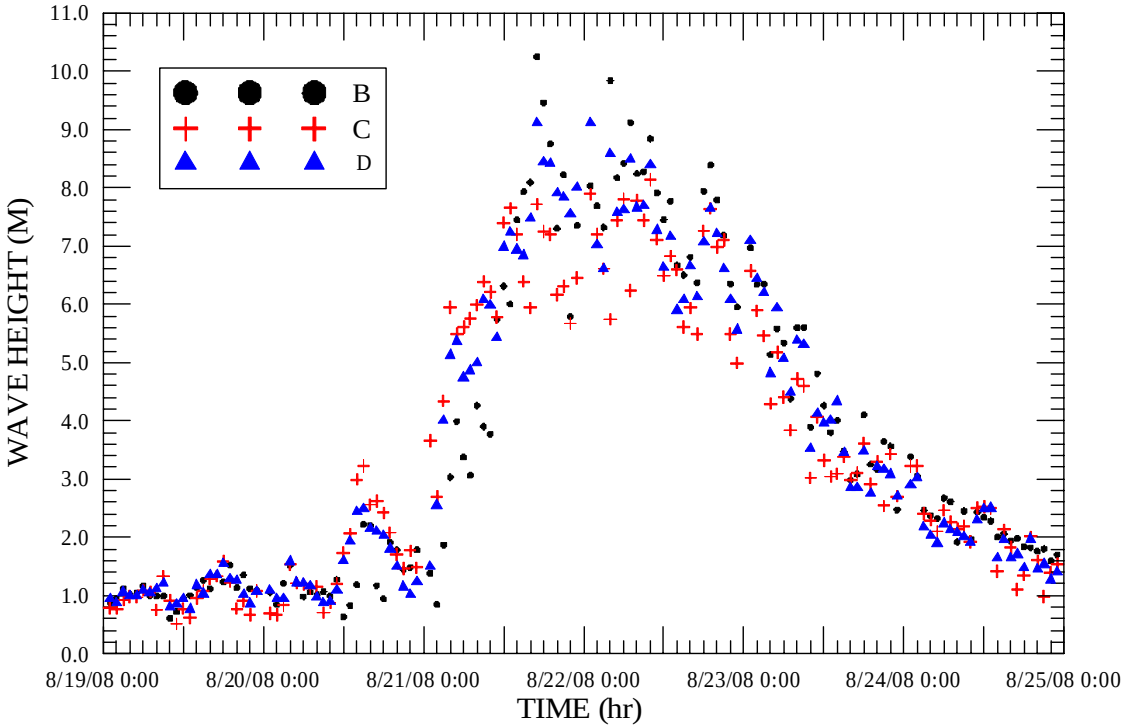


圖3.3.63b　2008年中度颱風如麗侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

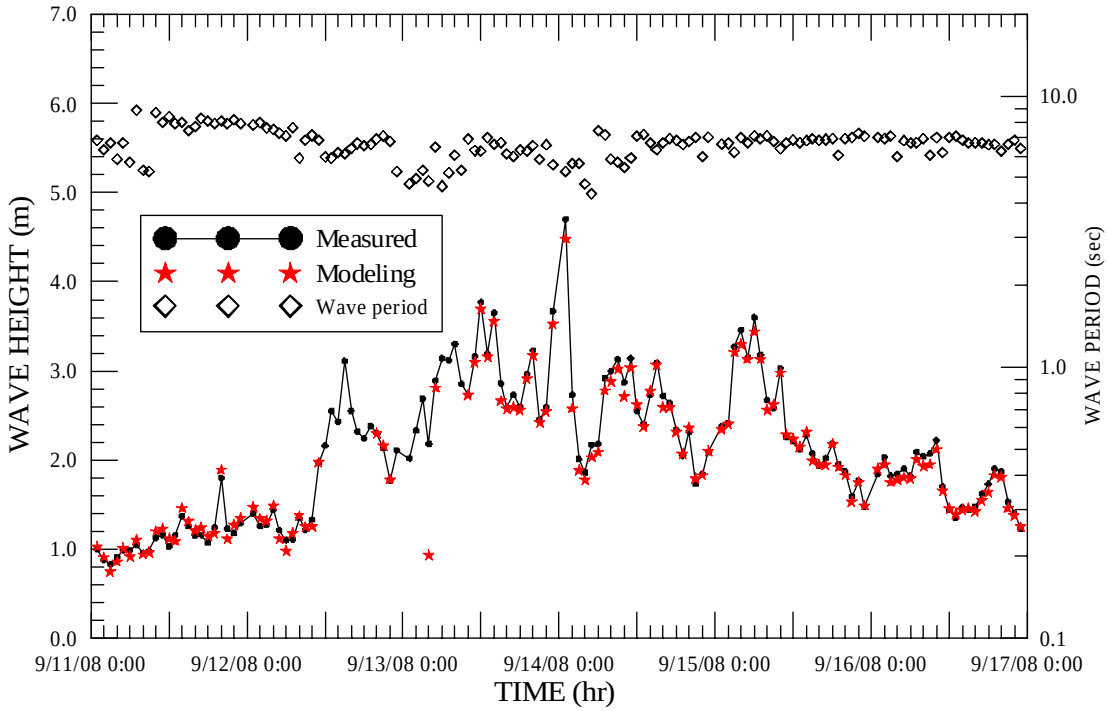


圖3.3.64a　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

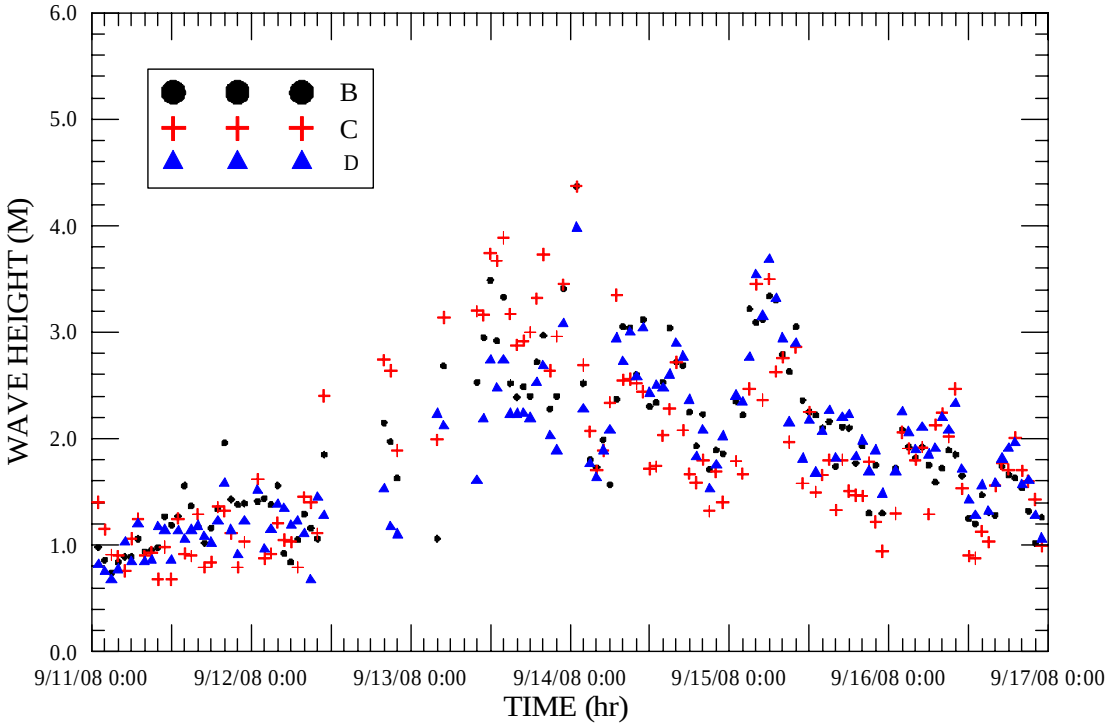


圖3.3.64b　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

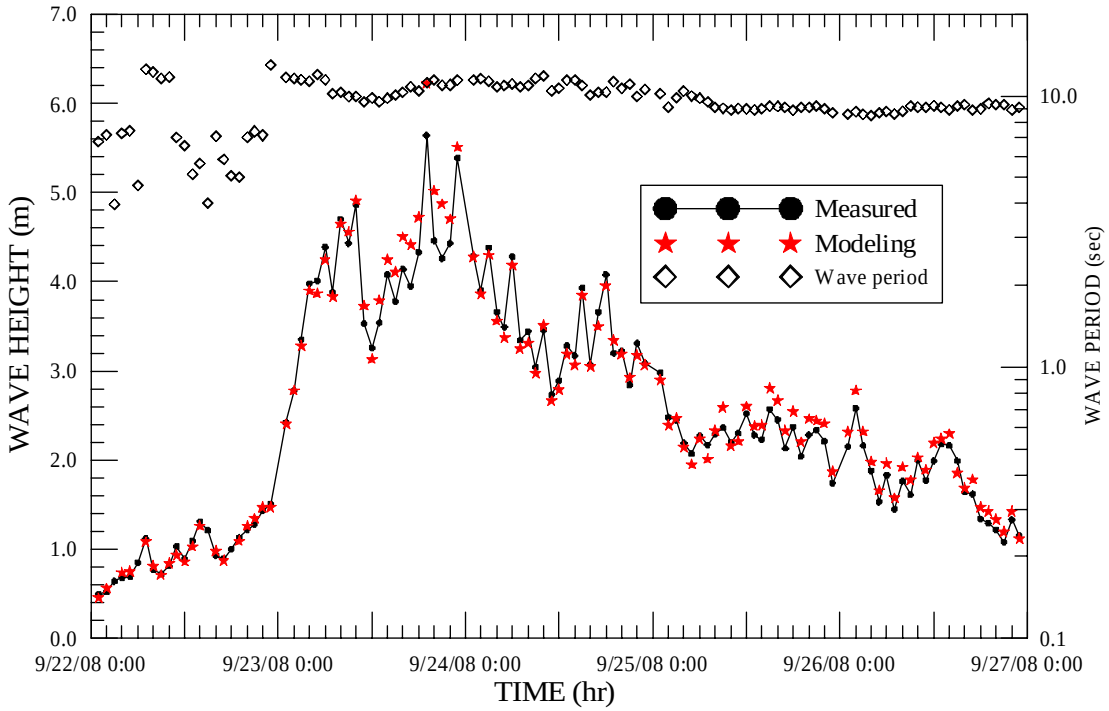


圖3.3.65a　2008年中度颱風哈格比侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

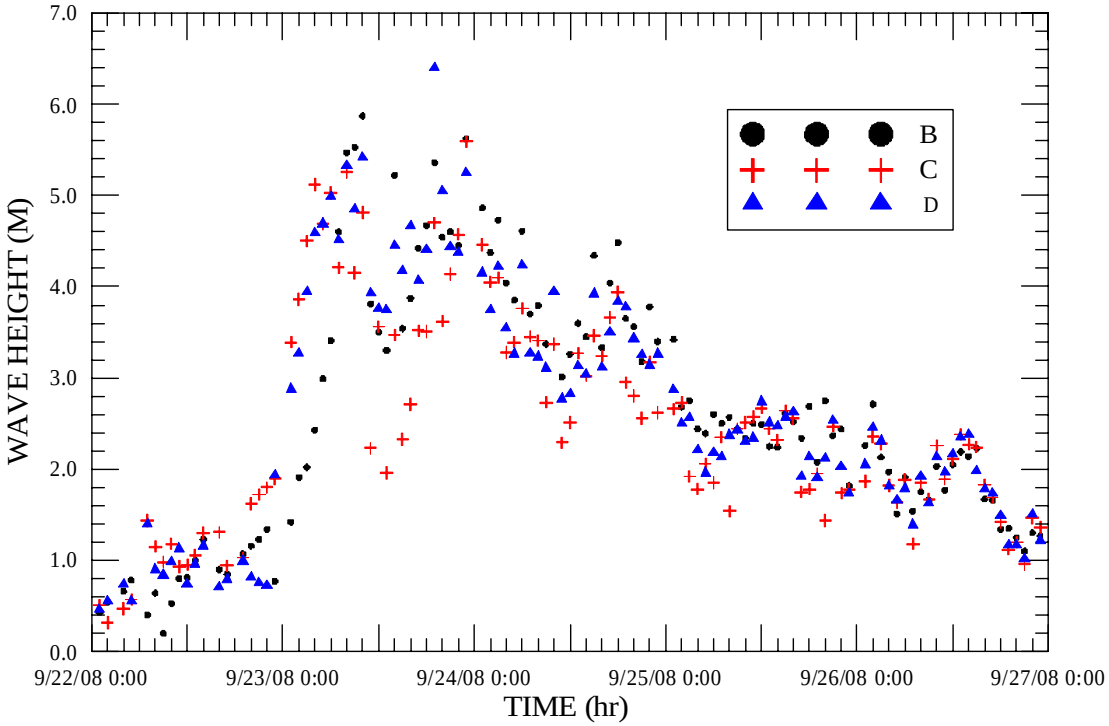


圖3.3.65b　2008年中度颱風哈格比侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

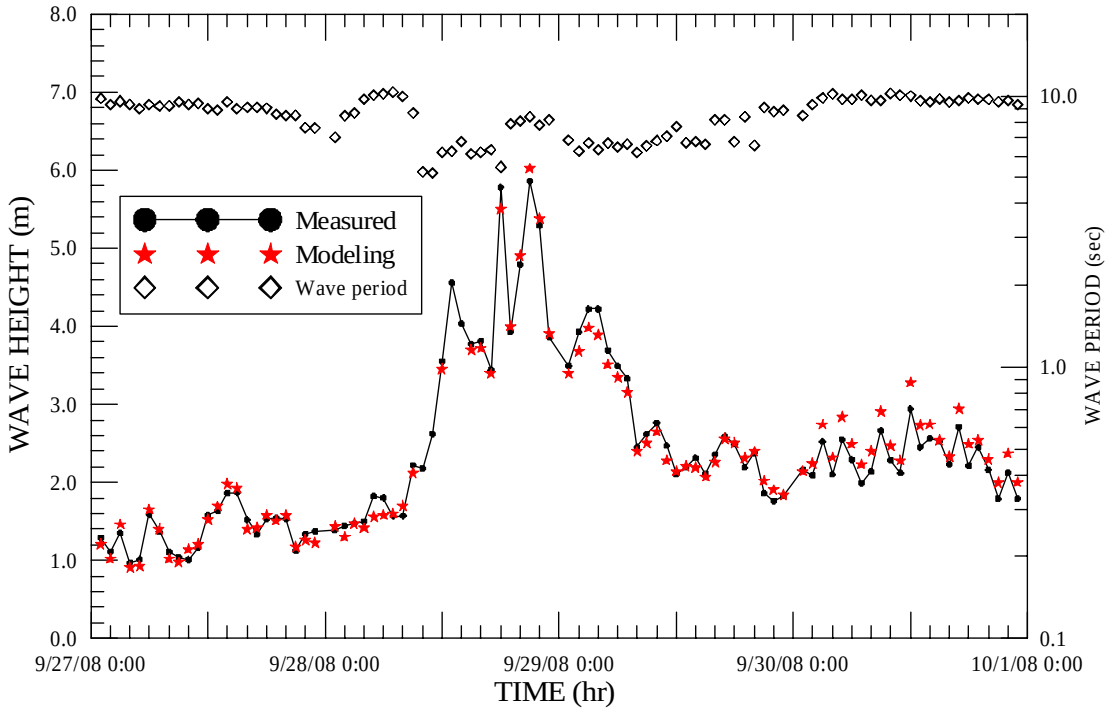


圖3.3.66a　2008年強烈颱風薔蜜侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果與波高觀測值之比較

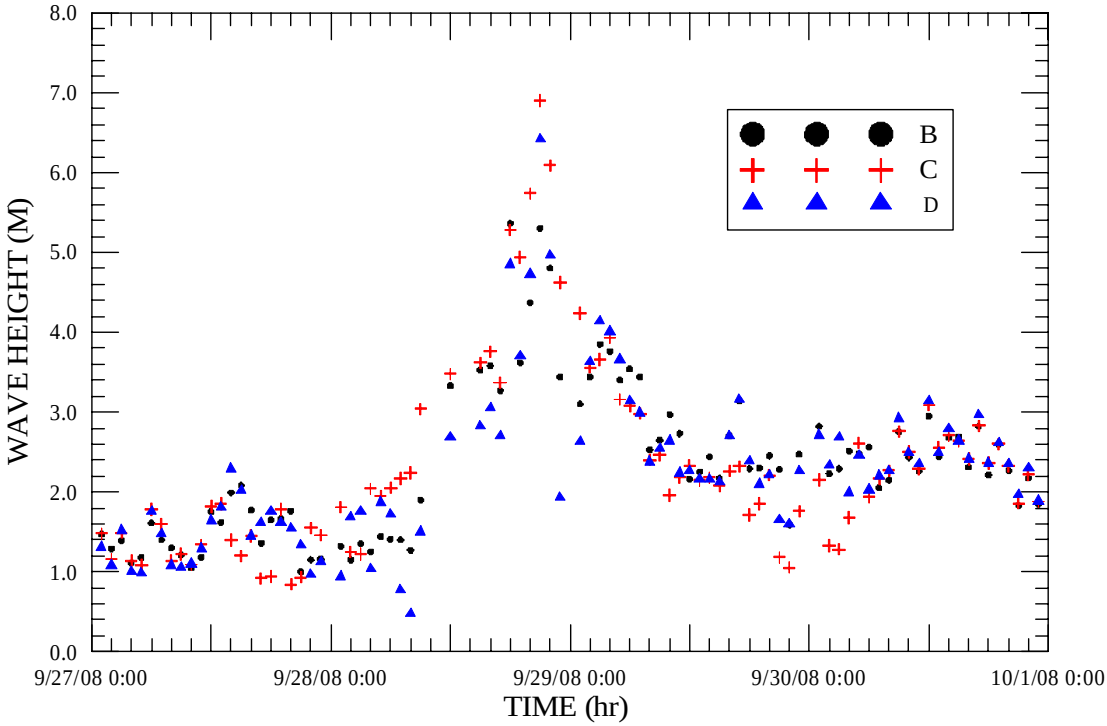


圖3.3.66b　2008年強烈颱風薔蜜侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果點位B、C及D之波高逐時變化圖

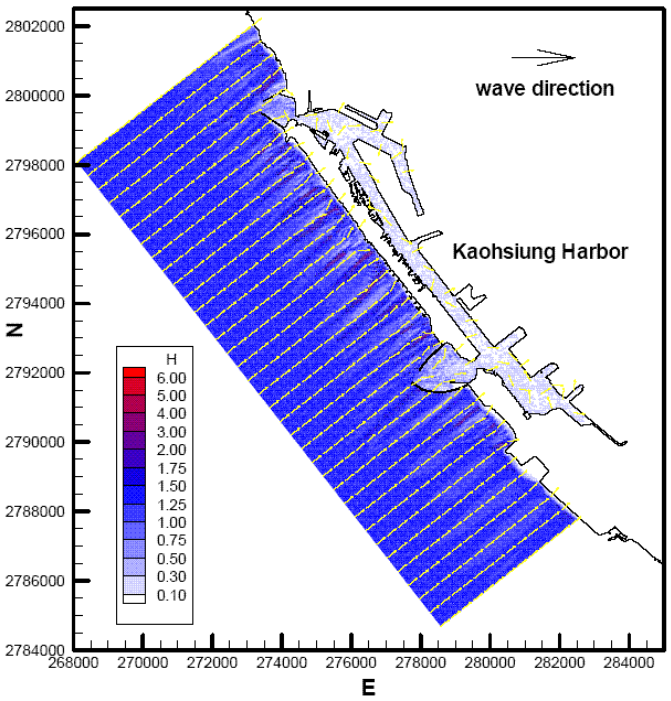


圖3.3.67　2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12　3:00)

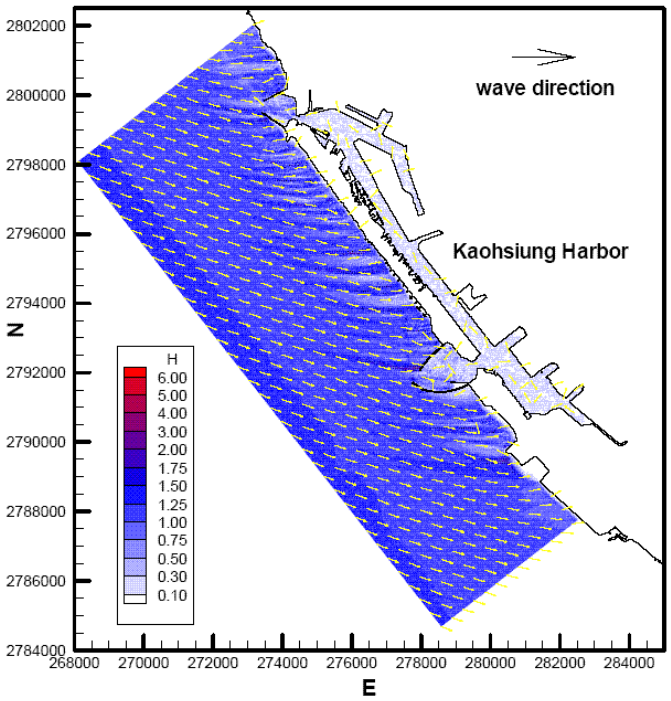


圖3.3.67　(續1)2008年強烈颱風辛樂克侵臺期間高雄港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向(2008/09/12　9:00)

3.4 台中港波浪相關模式

鑑於本計畫港域波浪模式係以橢圓型緩坡方程式為基礎之波浪場模式，模式本身不僅數值計算網格需求量相當龐大，且相當耗費電腦運算時間，因此無法滿足 TaiCOMS 線上作業之需求。為克服港域波浪模式運算費時問題，達成未來線上作業之目標，則有賴事先依長期波浪觀測結果模擬港域波浪場建立資料庫，璽依據波浪模擬條件與模擬結果建立波場相關模式，以期達到未來線上作業之目標。

為落實此一構想本計畫擬以資料庫方式構建七大港口近域波浪場資料庫，即根據長期波浪觀測資料構建波浪模擬條件資料庫，再根據波浪模擬條件以近域模式模擬各港口近域波浪場，並將相關模擬結果(網格座標、波高及相位角等)儲存成波場資料庫，再將波浪模擬條件及波場資料庫內波浪資料建立關聯模式。未來即可根據外海入射波浪條件透過此一關聯模式於波場資料庫內蒐取適當波浪場進行各港口近域波場模擬之線上作業。

本年度港域波浪相關模式之建立主要以台中港為研究對象，由於本計畫港域波浪模式基本上屬於線性模式，因此外海入射波浪之波高可以採用單位化方式表示，以減少波浪模擬條件，亦即本計畫波浪相關模式主要考慮之波浪條件為波浪週期及入射波向。

3.4.1 台中港港域波浪場模擬資料庫之建置

根據台中港波浪觀測資料得知，觀測點波浪之波向以 NNW ~ NNE 為主，其次為W ~ NW；週期分佈介於 4.0 ~ 12.0 sec 之間。鑑於台中港港域波浪模式建置之數值計算網格對於週期太短之波浪，如週期等 4 秒或 5 秒，模式模擬結果之正確性可能失真；因此目前台中港相關模式之波浪場資料庫模擬條件為週期 6 sec 至 12 sec，週期間隔為 0.1 sec；波向為 225˚(SW)至 360˚(N)，波向間距為 15˚。本計畫港域波浪場資料庫係假設外海波高為 1m 情況下所模擬之結果，儲存資料包括網格節點

座標(x,y)、水深、三角網格資料、波高、相位角及水面變化等數位資料及圖檔資料。其中圖檔資料如圖 3.4.1 所示，包含了波高分佈、相位分佈及水面波形分佈等三種圖形。

波浪場資料庫目錄及檔案名稱建置原則:

(1). 港域：如台中港以英文字母 “TC”代表，台北港以 “TP”表示，基隆港以 “KL”表示，蘇澳港以 “SA”表示，花蓮港以 “HL”表示，高雄港以 “KH”表示，安平港以 “AP”表示。

(2). 波向：以英文字母 “D”為開頭，後接 3 碼阿拉伯數代表波向，以波向以正北為 “000”，順時針方向依序為“015”、“030”、“045”、“060”….. 。

(3). 週期：以英文字母 “T”為開頭，後接 3 碼阿拉伯數代表週期；如 “T100”代表週期為 10.0sec 之波浪。

(4). 檔案格式：以附屬檔名為辨別碼，如 “PLT”表示數位資料檔，“PDF”表示圖檔等。

上述第(1)及(2)項原則除了用於檔案名稱外，亦被用於資料庫目錄管理上。以台中港為例，所有波浪場模擬資料均存放於硬碟目錄 TC:\，在目錄 TC:\下依波向分別建立 “D225”、“D240”、“D270”…..等子目錄。

3.4.2 台中港港域波浪相關模式之建置

本計畫關聯模式主要用於連結現場觀測資料或數值模式輸出之波浪條件：波向、週期及波高值，利用簡單之判別式決定波向及週期檔案名稱，從資料庫中開啟所需要的波浪場資料，如開啟數位化資料檔時，程式會進行相關之處現如波高值之轉換、水面波形之時序列資料計算與輸出、特定區位波高之計算與輸出等。其中特定區位波高之計算與輸出可以給定二度分帶座標或網格座標。圖 3.4.2 所示為本計畫波浪相關模式之流程架構示意圖。

為即時展現台中港港域波浪狀況，本計畫配合台中港港區預報地

理資訊即時展示系統，針對台中港港區特地區位如圖 3.4.3 所示之 1~8 點位建立網格連續資料以利即時計算相關波高資訊。

3.4.3 台中港港域波浪相關模式之操作

目前台中港港域波浪模式操作主要透過作業系統設定時間啓動程式，一旦網路接收系統收到台中港外海觀測站每小時回傳之波浪資料(波高、週期及波向)即進行相關程式計算，若無收接到更新資料時則仍以舊資料進行相計算，再將結果傳至台中港港區預報地理資訊即時展示系統。此外，相關模式對於超出資料庫儲存資訊範圍之即時觀測波浪條件則以”NA”值回應。

即時資訊展示上目前主要以台中港區規劃之特定區位，如圖 3.4.3 所示，進行數位資料展示，並保留 72 小時數位資料提供查詢。對於平面波場或者波場動畫部份則有待繪圖技術克服再提供給即時資訊展示系統。

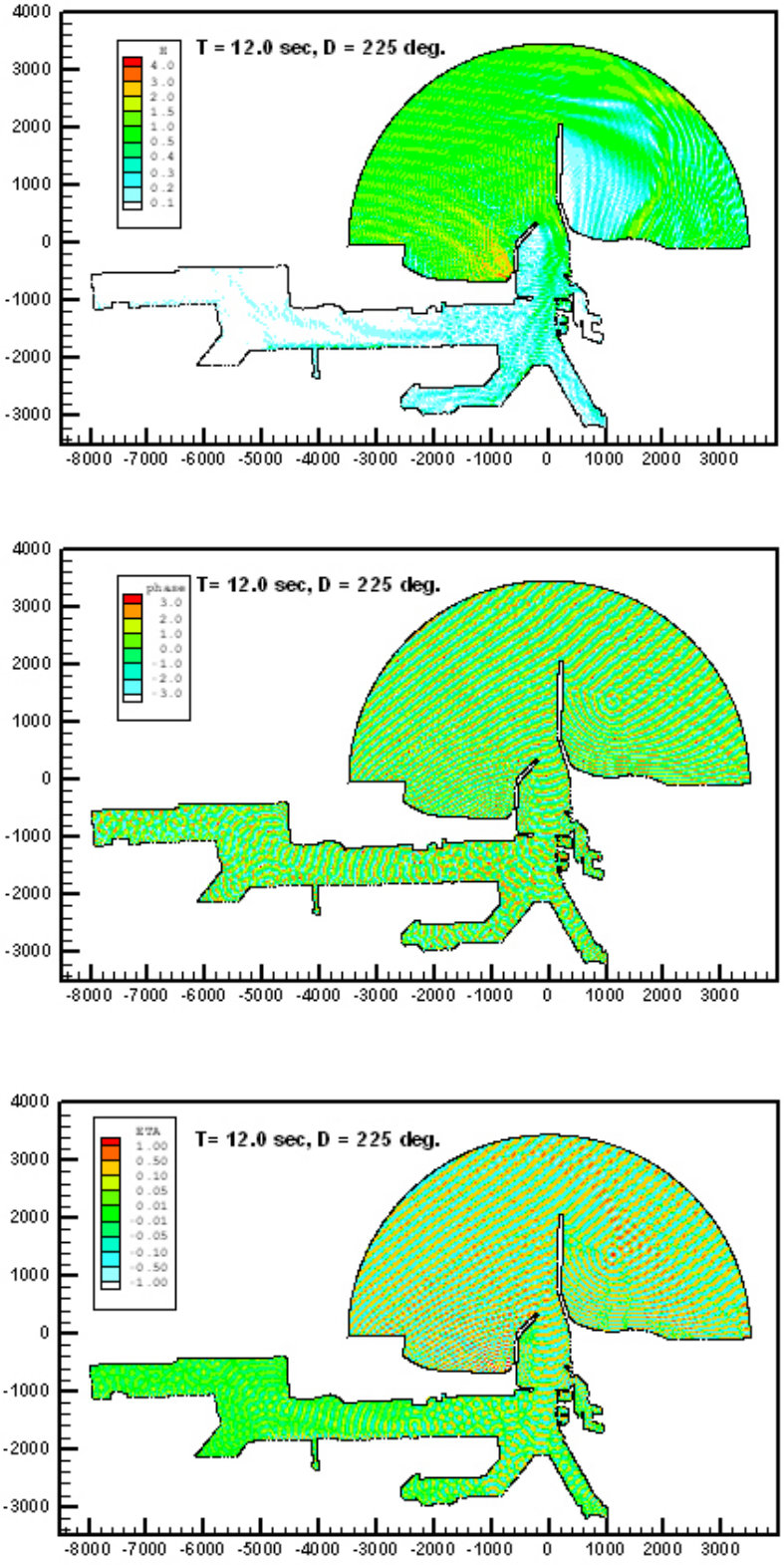


圖 3.4.1　台中港模擬波浪場資料庫儲存之圖形資料
(上：波高；中：相位；下：波形)

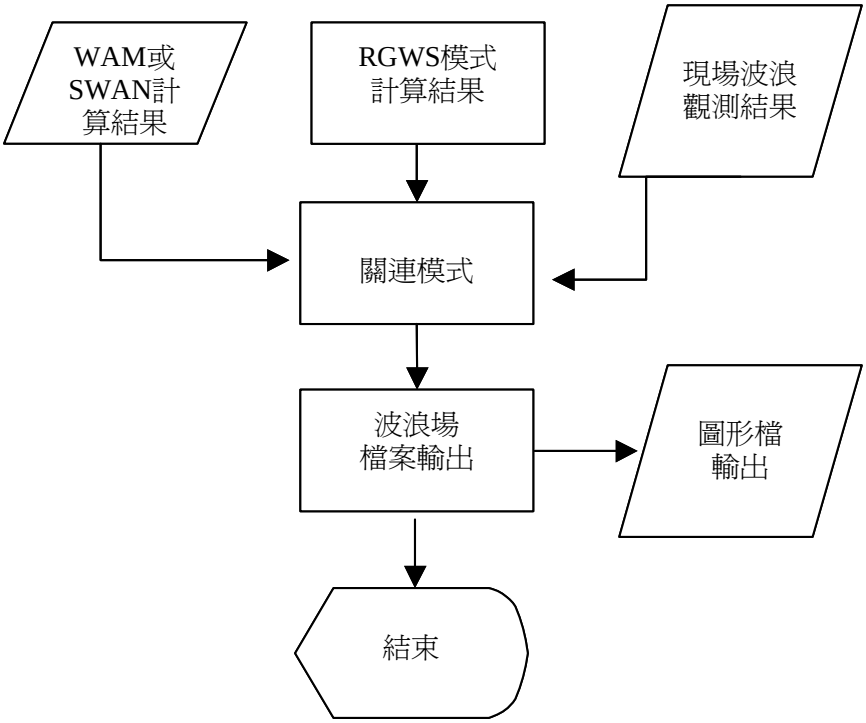


圖 3.4.2 波浪相關模式之流程架構示意圖

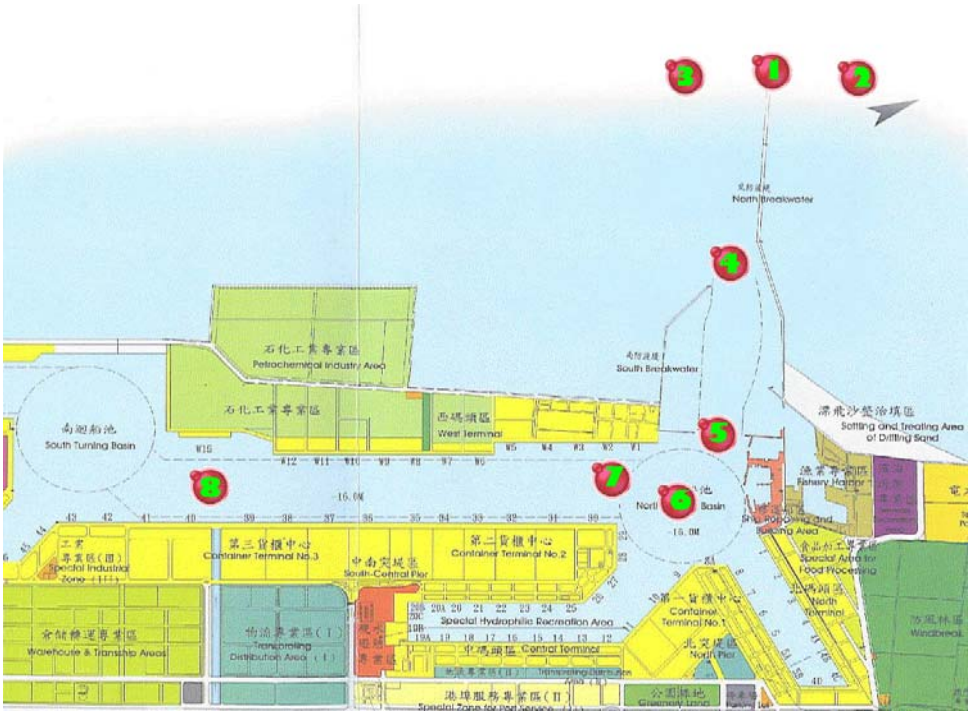


圖 3.4.3 台中港港區預報地理資訊即時展示系統之港區特地區位示意圖

第四章 臺灣環島及近岸水動力模式

水動力模式計算的項目包含即時水位計算及流場計算，水位變化的主要動力包含週期性的天文潮（潮汐部分）及突發性的氣象潮（風暴潮部分）。天文潮模式在國內外均有許多年的發展經驗，例如國內許多單位使用多年前由美國學者劉肖孔博士所建置的模式；風暴潮主要是由氣象參數中大氣壓力的變化與風場的驅動等因素所引發的海水水位異常變化的現象，與天文潮最大的差異點是其不具週期性，完全受到當時的氣象狀況影響，所以國內以往大多運用颱風數值模式模擬可能的暴潮偏差，且多為海事工程設計所需參數所做之計算，並沒有風暴潮即時預報的相關研究。

歐洲由於受到 1953 年風暴潮所造成的溢淹，北海沿岸國家均有非常嚴重的生命及財產的損失，即積極部署建置風暴潮預報的系統。剛開始是在北海沿岸設置一系列的氣象及海象即時觀測站網，並以統計的方法建立報潮水位的預警系統，稱之為關聯模式，數值模式的研究也快速發展，自 1960 年代以解析的方式，或以顯式法計算理想化的情況來探討風場的作用(Zundermann, 1960)，到複雜的數值模式(Dronkers, 1969; Abbott, 1973)，Lindertse and Liu (1978)為荷蘭建置風暴潮即時預報模式，歐洲各國也積極發展各自的線上作業預警數值模式，如英國(Heaps, 1976; Greenberg, 1977; Davies and Flather, 1978; and Flather, 1981)。

拜現今電腦科技進步神速，電腦所能提供的運算量比起以前有大幅度的進步，計算的方法也隨之大幅改進，因此許多國家所發展的水位預報數值模式皆已朝向將氣象條件（風速、風向及大氣壓力）的影響直接與天文潮波整合進以全域水動力方程式直接計算，在模式中達成動態平衡，使風暴潮與天文潮的相互影響可以被完整的考慮，如 Yu et al (1994) 為比利時發展的風暴潮線上即時作業預報模式。

本年度的工作將著重於改進水位模計算速度，以自動作業化方式進行模擬計算的長期線上自動操作，並利用現場觀測資料進行校驗及修正模式。同時，亦將使用水位預報模式對本年度侵臺颱風進行模擬現報作業（nowcast），每日由中央氣象局下載域暴風場資料，執行自動預報，並以現場觀測水位資料提供使用者做為比較評估的根據。

流場計算已完成計算二維全域流場的資料，並上線即時操作；三維水動力模式由於計算複雜，所需要的運算能力並非是單一主機可以負擔，對於預報並無實質效益，因此待符合本計畫計算能力之平行計算主機建置完成後，再積極進行三維流場之計算與校驗。

4.1 臺灣環島水動力模式

本計畫使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為水位及海流的計算工具，並配合發展適合臺灣海域颱風作用的颱風模式及參數率定，今年更與中央氣象局每日預報之動態封場結合，成為本土化應用之潮汐及風暴潮複合動力模式。

本模式之水動力模組以三維動量方程式、連續方程式描述海水的運動，動量方程式並採用水靜力平衡（hydrostatic equilibrium）的假設而簡化為僅考慮水平方向之動力傳輸，但仍然維持垂直方向的渦動擴散在水平動力方程中的影響。以顯式有限差分的數值方法將控制方程式在有限差分格點表示，進而根據各動力項之精度與穩定度之需求，以各種不同的數值方法進行演算。基本控制方程式如下（Luyten, 1999）：

動量方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x_1}+v\frac{\partial u}{\partial x_2}+w\frac{\partial u}{\partial x_3}-fv=-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x_1}+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(v_T\frac{\partial u}{\partial x_3}\right)+\frac{\partial}{\partial x_1}\tau_{11}+\frac{\partial}{\partial x_2}\tau_{21} \quad (4.1.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x_1}+v\frac{\partial v}{\partial x_2}+w\frac{\partial v}{\partial x_3}+fu=-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x_2}+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(v_T\frac{\partial v}{\partial x_3}\right)+\frac{\partial}{\partial x_1}\tau_{12}+\frac{\partial}{\partial x_2}\tau_{22} \quad (4.1.2)$$

壓力平衡方程式：

$$\frac{\partial p}{\partial x_3} = -\rho g \qquad (4.1.3)$$

連續方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial v}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_3} = 0 \qquad (4.1.4)$$

其中，水平剪力則定義如下：

$$\tau_{11} = 2\nu_H \frac{\partial u}{\partial x_1} \qquad (4.1.7)$$

$$\tau_{21} = \tau_{12} = \nu_H \left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1} \right) \qquad (4.1.8)$$

$$\tau_{22} = 2\nu_H \frac{\partial v}{\partial x_2} \qquad (4.1.9)$$

COHERENS 在水平格點分布採用 Arakawa-C Grid（Arakawa，1979）交錯網格(如圖 4.1.1 所示)，此方式使得流速及壓力、水位的計算點得以交錯開來，可以容易瞭解各計算點所得到的值，同時對於開放或海岸邊界條件的設定也變得較為容易。

若以卡式座標系統處理底層邊界的差分計算相當繁複且不易，所以 COHERENS 使用 Sigma 座標系統避免產生這樣的問題，將計算領域中垂直方向的座標，統一劃分成固定數目的層數，這樣的處理方式使得差分計算變得容易且易於了解 (如圖 4.1.2 所示)。經過座標轉換後，

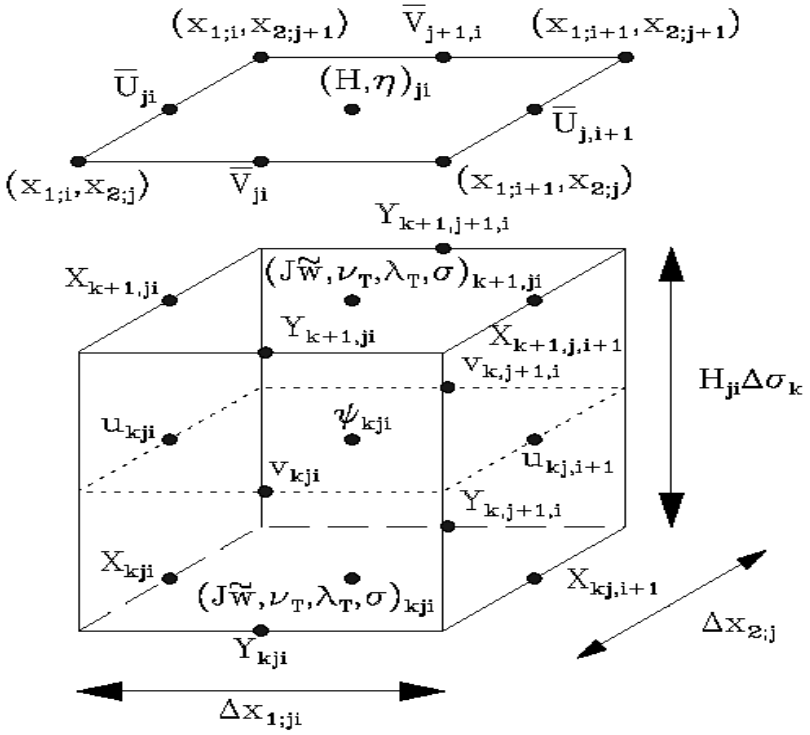


圖 4.1.1 二維及三維的格點分佈

(from COHERENS User Documentation)

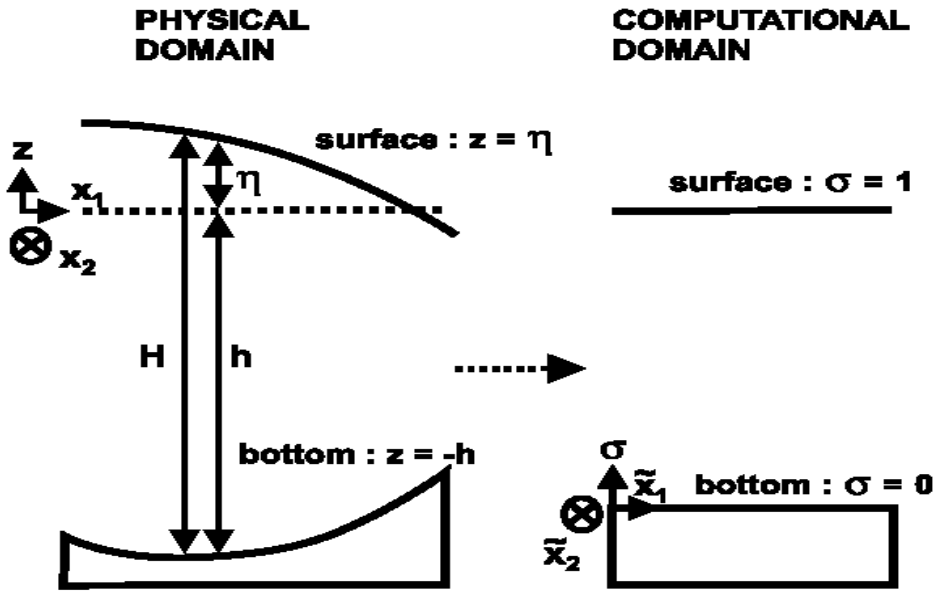


圖 4.1.2 垂直方向之σ座標系統

(from COHERENS User Documentation)

$\left(\tilde{t},\tilde{x}_1,\tilde{x}_2,\tilde{x}_3\right)=\left(t,x_1,x_2,Lf\left(\sigma\right)\right)$，其中 $\sigma=\frac{x_3+h}{H}$ ，方程式可轉換如下：

連續方程式：

$$\frac{1}{J}\frac{\partial J}{\partial t}+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(Ju\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(Jv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}\right)=0 \qquad (4.1.10)$$

動量方程式：

$$\begin{aligned}&\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{t}}\left(Ju\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(Ju^2\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(Juv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}u\right)-fv=\\&-g\frac{\partial\varsigma}{\partial\tilde{x}_1}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial\rho_a}{\partial\tilde{x}_1}+Q_1+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(\frac{\nu_T}{J}\frac{\partial u}{\partial\tilde{x}_3}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(J\tau_{11}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(J\tau_{21}\right)\end{aligned} \qquad (4.1.11)$$

$$\begin{aligned}&\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{t}}\left(Jv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(Jv^2\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(Juv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}u\right)+fu=\\&-g\frac{\partial\varsigma}{\partial\tilde{x}_2}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial\rho_a}{\partial\tilde{x}_2}+Q_2+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(\frac{\nu_T}{J}\frac{\partial v}{\partial\tilde{x}_3}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(J\tau_{12}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(J\tau_{22}\right)\end{aligned} \qquad (4.1.12)$$

壓力平衡方程式

$$\frac{1}{J}\frac{\partial q_d}{\partial\tilde{x}_3}=-g\left(\frac{\rho-\rho_0}{\rho_0}\right) \qquad (4.1.13)$$

其中

$$Q_i=-\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_i}\left(Jq_d\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left[q_d\left(\sigma\frac{\partial H}{\partial\tilde{x}_i}-\frac{\partial h}{\partial\tilde{x}_i}\right)\right]$$

$$J=H\Big/\left(L\frac{df}{d\sigma}\right)$$

$$\tilde{w}=\frac{\partial\tilde{x}_3}{\partial t}+u\frac{\partial\tilde{x}_3}{\partial x_1}+v\frac{\partial\tilde{x}_3}{\partial_2}+w\frac{\partial\tilde{x}_3}{\partial x_3}$$

4.1.1 紊流的計算

海洋流場模擬計算時，最常碰到的問題是如何在垂直交換過程中輸入一個合理的邊界層係數，通常也就是紊流系數的處理，這些系數不只影響了流場及溫鹽場計算的結果，相對地也影響了生物、沉積物及營養鹽計算的合理性，所以這些係數的給定是相當重要的。為了得到在模擬中得到合理的垂直擴散係數，有許多研究提供不同的數值方法進行演算，於 COHERENS 中也包含了數種常用的方法，最通用於海洋計算的是 2.5D Turbulence closure scheme（Mellor 和 Yamada，1982），這些數值方法涵蓋以下數個物理過程的影響：

- 底層摩擦力而造成的紊流
- 表層風場所造成的紊流
- 由於波和流在底層的交互作用加強底部摩擦而造成的紊流
- 季節循環造成溫度的不同產生的變化，包括斜溫層的升降
- 因河口淡水注入海水，在水層交界處引發剪應力造成的混合

4.1.2 水平擴散之計算

水平擴散係數則以通用的 Smagorinsky 參數化條件（1963），使用格點間隔大小設定，計算的方程式如下：

$\nu_H = C_{m0}\Delta x_1 \Delta x_2 D_T$ ， $\lambda_H = C_{s0}\Delta x_1 \Delta x_2 D_T$

其中在模式中 C_{m0} 及 C_{s0} 之數值係數預設為相等的值，

$D_T^2 = \left(\frac{\partial u}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x_2}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1}\right)^2$ ，Δx_1 及 Δx_2 為格點的間隔大小。

4.1.3 對流項的計算

對流項的計算會由於因為數值方法產生的誤差造成數值擴散，震盪，甚至有負值的產生，但是高階的數值方法又極為繁複耗時，所以 COHERENS 提供幾種常用的數值方法，提供使用者可以根據其應用的案例流場情況的需求，自行決定使用簡易的 Upwind scheme、Lax-Wendroff scheme，或複雜的 TVD superbee scheme 及 TVD monotonic scheme。 模式預設的數值方法為第三種，即 TVD superbee scheme，此法雖然仍有些微程度的數值擴散現象，但計算結果仍然比其他三種的數值方法準確。由於計算中變數可大可小，當變數極小時，數值方法而造成的擴散過大會使得計算的結果不能呈現出合理結果，尤其是鋒面的計算，所以對流項的計算正確與否，顯得特別重要。

4.1.4 邊界條件

1.表面邊界

水平流速的表面邊界為由風產生的剪力函數，表示如下：

$$\rho_0 \frac{\nu_T}{J}\left(\frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3},\frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3}\right)=(\tau_{s1},\tau_{s2})=\rho_a C_D^s\left(U_{10}^2+V_{10}^2\right)^{1/2}(U_{10},V_{10}) \qquad (4.1.14)$$

邊界其中 U_{10} 及 V_{10} 為水表面上方 10 公尺的風速，ρ_a 為空氣密度。

2.底層

底層邊界剪力同樣也是由水平流速所造成，表示如下：

$$\frac{\rho_0 \nu_T}{J}\left(\frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3},\frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3}\right)=(\tau_{b1},\tau_{b2}) \qquad (4.1.15)$$

在模式中有三種計算方式可以選擇：

- 底層無剪力

- 二次方摩擦方程式
- 線性摩擦方程式

3.開放邊界條件與陸地邊界條件

模式使用矩形格點，分成東西南北四個邊界，邊界條件可以設定為開放的海洋、河川以及陸地邊界。邊界的輸入型式分則有以下數種：

- 無水流進入
- 使用調和分析之形式輸入水位
- 使用調和分析之形式輸入流速
- 同時使用調和分析之形式輸入流速及水位

4.表層曳引係數(Surface Drag coefficient)

由前面的表層邊界敘述可以知道表面剪力主要是受到風場的吹拂而產生，其中將風速轉換成剪力最重要的就是曳引係數（drag coefficient）C_D^s的選擇以及風速的大小。一般來說風速皆是取海表面上方 10m 之風速，而 drag coefficient 則可由前人所推算出的經驗式得到。模式提供了五種 drag coefficient 讓使用者選擇：

- 固定常數　C_D^s = 0.0013 (可自行設定)
- Large and Pond（1981）

$$C_D^s = 0.0012 \quad |U_{10}| < 11 m/s$$

$$C_D^s = 10^{-3}\left(0.49 + 0.065|U_{10}|\right) \quad |U_{10}| \geq 11 m/s$$

- Smith and Banke（1975）

$$C_D^s = 10^{-3}\left(0.63 + 0.066|U_{10}|\right)$$

- Geernaert et al.（1986）

$$C_D^s = 10^{-3}\left(0.43 + 0.097|U_{10}|\right)$$

- Charnock（1955）

$$\ln\left(\frac{z_a g}{a|U_{10}|^2}\right) - \ln C_D^s = \frac{\kappa}{\left(C_D^s\right)^{1/2}}$$

其中 $z_a = 10$ m，$a = 0.014$（Charnock's constant）

5.氣象參數

氣象參數包含表面風速、大氣溫度、大氣壓力、雲量遮蓋率、相對濕度、水氣蒸發量、太陽幅射能及水體能量消失等因子，表 2-1。模式中，氣象所造成之變化影響著水溫、生化反應（例如光合作用）、空氣與水表面間交換（例如氧氣交換）等變化。其中水氣蒸發量(E_{vap})、太陽幅射能（Q_{SOL}）及水體能量散失（Q_{nsol}），由模擬時間、地點及氣候因素輸入方程式計算得知，其餘參數可由模擬地點當地資料提供。

$$E_{vap} = Q_{la} / L_V \qquad (4.1.16)$$

其中 Q_{la} 為潛熱（latent heat flux）散失，

$L_V = 2.5008\times10^6 - 2300.T_S$ 為水氣蒸發所散失之能量（J kg^{-1}），

T_S 為水表面之水溫（℃）。

$$Q_{SOL} = Q_{CS}(1 - 0.62 f_C + 0.0019\gamma_{\theta,\max})(1 - A_S) \qquad (4.1.17)$$

$$Q_{nsol} = Q_{la} + Q_{se} + Q_{lw} \qquad (4.1.18)$$

Q_{CS} 為晴朗天氣下之總幅射能，f_C 為雲量遮蓋率（0~1），$\gamma_{\theta,\max}$ 為太陽在中午時之高角度，A_S 為水表面之反射率，一般海表面為 0.06。

4.1.5 其他特色

為了加快計算的進行，COHERENS 使用 Mode Splitting 方法。由於密度所造成內部重力波的傳遞並不像表面重力波那麼明顯，將受重力波速度限制的水深平均正壓模組（主要為水位變化）與受斜壓主導（主要為溫度、鹽度等之變化）的垂直循環分開計算。如此，雖然正壓模式因時間步長必須滿足數值穩定條件的限制，但是僅需計算一層，所以可使計算速度加快；每隔一段時間後，再以正壓模組計算之水位代入斜壓模組計算其垂直流場的變化。溫度及鹽度的傳輸模式亦同時以更新的垂直流場重新計算其溫、鹽場的分佈狀況。

表 4.1.1 即為 COHERENS 使用之參數，整體說來，COHERENS 中的水動力模組包含了以下數個特色：

1. 採用 Mode-splitting 的方法計算動量及連續方程式，加快計算的時間。
2. 溫度場及鹽度場的模擬。
3. 包含了光照的影響，表層水體因光照而產生的溫度變化可加入模式中。
4. 在動量及紊流方程式中密度的影響藉由 equation of state 來計算。
5. 紊流的影響藉由數種不同的演算方法而獲得。
6. 包括了表面風場的影響。
7. 包含波流交互作用所造成底部剪應力的加強所造成的影響。
8. 利用不同的演算法來避免計算對流項時所造成的數值擴散。

表 4.1.1 COHERENS 中使用之參數

ν_T ， λ_T	垂直渦流（eddy）黏滯係數
ν_H ， λ_H	水平擴散係數
ρ	水體密度（kg/m^3）
ρ_0	reference density（$kg\ m^{-3}$）
f	科氏力
g	重力加速度（m/s^2）
u，v，w	x、y 及 z 方向流速（m/s）
x_1 ， x_2 ， x_3	代表 X、Y、Z 方向
h	水深（m）
ζ	水位變化（m）
H	$h+\zeta$
t	時間
p_a	大氣壓力（N/m^2）
C_D^s	拖曳係數
ρ_a	空氣密度（kg/m^3）
U_{10}, V_{10}	x 及 y 方向風速（m/s）
Q_{SOL}	太陽幅射能（Wm^{-2}）
Q_{nsol}	水體能量散失（Wm^{-2}）
Q_{la}	潛熱散失
Q_{se}	水表面之熱交換
Q_{lw}	長波幅射散失

4.1.6 COHERENS 運算流程

COHERENS 計算流程分為兩部分，一為產生初始值之前處理流程，如圖 4.1.3，一為計算流程，如圖 4.1.4。

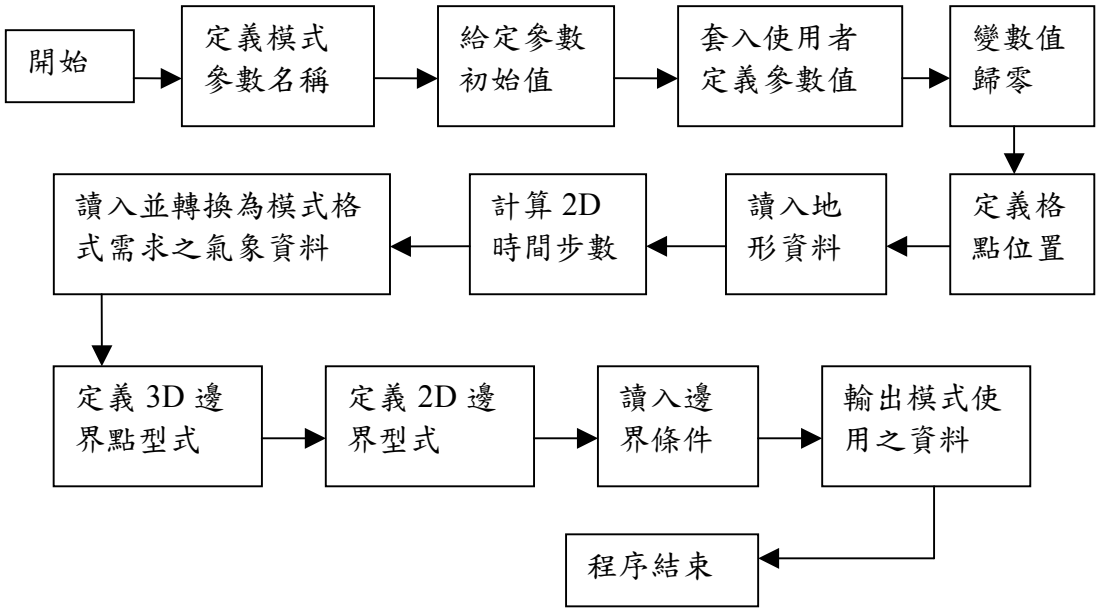


圖 4.1.3 COHERENS 前處裡流程

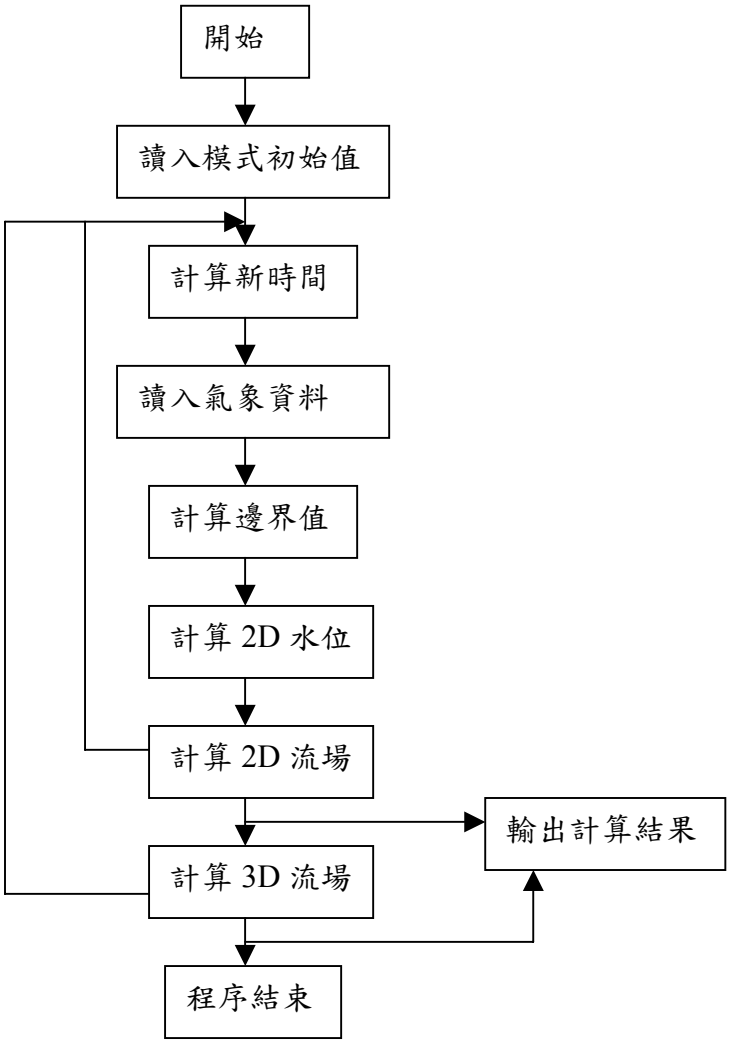


圖 4.1.4 COHERENS 計算流程

4.1.7 二維水位計算

由於二維水平動力模式計算較為迅速，且潮波運動是以重力波的形式傳遞，所以水位模擬可以二維水深平均的動力行為計算。由於二維模式的基本假設為垂直流速較水平流速小很多，因此垂直方向的變化可以忽略，將水深平均流速定義如下：

$$\left(\overline{U},\overline{V}\right)=\int_0^L (u,v)d\widetilde{x_3} \qquad (4.1.19)$$

所以二維水平動力控制方程式可以簡化為：

動量方程式

$$\frac{\partial \overline{U}}{\partial \tilde{t}}+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(\frac{\overline{U}^2}{H}\right)+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(\frac{\overline{V}\,\overline{U}}{H}\right)+f\overline{V}=$$

$$-gH\frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{x}_1}-\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial \tilde{x}_1}+\overline{Q_1}+\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_{s1}-\tau_{b1}\right)+\frac{\partial \overline{\tau_{11}}}{\partial \tilde{x}_1}+\frac{\partial \overline{\tau_{21}}}{\partial \tilde{x}_2}-\overline{A_1}^h+\overline{D_1}^h \qquad (4.1.20)$$

$$\frac{\partial \overline{V}}{\partial \tilde{t}}+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(\frac{\overline{U}\,\overline{V}}{H}\right)+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(\frac{\overline{V}^2}{H}\right)-f\overline{U}=$$

$$-gH\frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{x}_2}-\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial \tilde{x}_2}+\overline{Q_2}+\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_{s2}-\tau_{b2}\right)+\frac{\partial \overline{\tau_{12}}}{\partial \tilde{x}_1}+\frac{\partial \overline{\tau_{22}}}{\partial \tilde{x}_2}-\overline{A_2}^h+\overline{D_2}^h \qquad (4.1.21)$$

連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{t}}+\frac{\partial \overline{U}}{\partial \tilde{x}_1}+\frac{\partial \overline{V}}{\partial \tilde{x}_2}=0 \qquad (4.1.22)$$

其中

$$\left(\overline{Q_1},\overline{Q_2}\right)=\int_0^L J\left(Q_1,Q_2\right)dz$$

$$\tau_{11}=2\overline{\nu_H}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(\frac{\overline{U}}{H}\right)$$

$$\tau_{21}=\tau_{12}=\overline{\nu_H}\left[\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(\frac{\overline{U}}{H}\right)+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(\frac{\overline{V}}{H}\right)\right]$$

$$\tau_{22}=2\overline{\nu_H}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(\frac{\overline{V}}{H}\right)$$

$$\overline{\nu_H}=\int_0^L \nu_H J d\overline{x_3}$$

$$\overline{A_1}^h=\int_0^L\left[\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(Ju'^2\right)+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(Ju'v'\right)\right]d\tilde{x}_3$$

$$\overline{A_2}^h=\int_0^L\left[\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(Ju'v'\right)+\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(Jv'^2\right)\right]d\tilde{x}_3$$

$$\overline{D_1}^h = \int_0^L \left\{ \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left(2\nu_H J \frac{\partial u'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left[\nu_H J \left(\frac{\partial u'}{\partial \widetilde{x_2}} + \frac{\partial v'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) \right] \right\} d\widetilde{x_3}$$

$$\overline{D_2}^h = \int_0^L \left\{ \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left(2\nu_H J \frac{\partial v'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left[\nu_H J \left(\frac{\partial u'}{\partial \widetilde{x_2}} + \frac{\partial v'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) \right] \right\} d\widetilde{x_3}$$

$$(u', v') = \left(u - \overline{U}/H, v - \overline{V}/H \right)$$

實際計算由於模式範圍相當大，為避免圓曲率的誤差，所以需將卡氏座標轉換成球面座標，網格格點皆是以經緯度來表示，二維水動力控制方程式改寫如下：

動量方程式

$$\frac{\partial \overline{U}}{\partial \tilde{t}} + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \lambda}\left(\frac{\overline{U}^2}{H}\right) + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(\cos\phi \frac{\overline{V}\overline{U}}{H}\right) - \frac{\tan\phi}{R}\frac{\overline{U}\overline{V}}{H} =$$
$$2\Omega \sin\phi \overline{V} - \frac{H}{R\cos\phi}\left(g\frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} + \frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial \lambda} \right) + \overline{Q_\lambda} + \frac{1}{\rho_0}\left(\tau_{s\lambda} - \tau_{b\lambda}\right) + \qquad (4.1.23)$$
$$\frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial \overline{\tau_{\lambda\lambda}}}{\partial \lambda} + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(\cos\phi \overline{\tau_{\phi\lambda}}\right) - \frac{\tan\phi}{R}\overline{\tau_{\phi\lambda}} - \overline{A_\lambda}^h + \overline{D_\lambda}^h$$

$$\frac{\partial \overline{V}}{\partial \tilde{t}} + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \lambda}\left(\frac{\overline{V}\overline{U}}{H}\right) + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(\cos\phi \frac{\overline{V}^2}{H}\right) + \frac{\tan\phi}{R}\frac{\overline{U}^2}{H} =$$
$$-2\Omega \sin\phi \overline{U} - \frac{H}{R}\left(g\frac{\partial \zeta}{\partial \phi} + \frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial \phi} \right) + \overline{Q_\phi} + \frac{1}{\rho_0}\left(\tau_{s\phi} - \tau_{b\phi}\right) + \qquad (4.1.24)$$
$$\frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial \overline{\tau_{\lambda\phi}}}{\partial \lambda} + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(\cos\phi \overline{\tau_{\phi\phi}}\right) + \frac{\tan\phi}{R}\overline{\tau_{\lambda\lambda}} - \overline{A_\lambda}^h + \overline{D_\lambda}^h$$

連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial \overline{U}}{\partial \lambda} + \frac{1}{R\cos\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(\cos\phi \overline{V}\right) = 0 \qquad (4.1.25)$$

本計畫西太平洋大範圍模式之潮汐邊界條件是利用全球潮汐模式 (Schwiderski, 1982) 資料產生邊界上各點之分潮振幅及相位，使用分潮為 O1、P1、Q1 及 K1 四個主要全日潮以及 N2、M2、S2 及 K2 四個主要半日潮，共 8 個分潮重組後輸入邊界。

風場及氣壓場輸入部分，去年度由於推算的颱風期間還未取得中央氣象局提供之動態預報風場，因此仍舊使用傳統之颱風風場模式模擬颱風時的風場及氣壓場，今年度已取得中央氣象局動態風場，為配合上線作業，均以此作為模式風場及氣壓的輸入值，圖 4.1.5 為中央氣象局之動態風場資料氣壓場分佈圖範例。

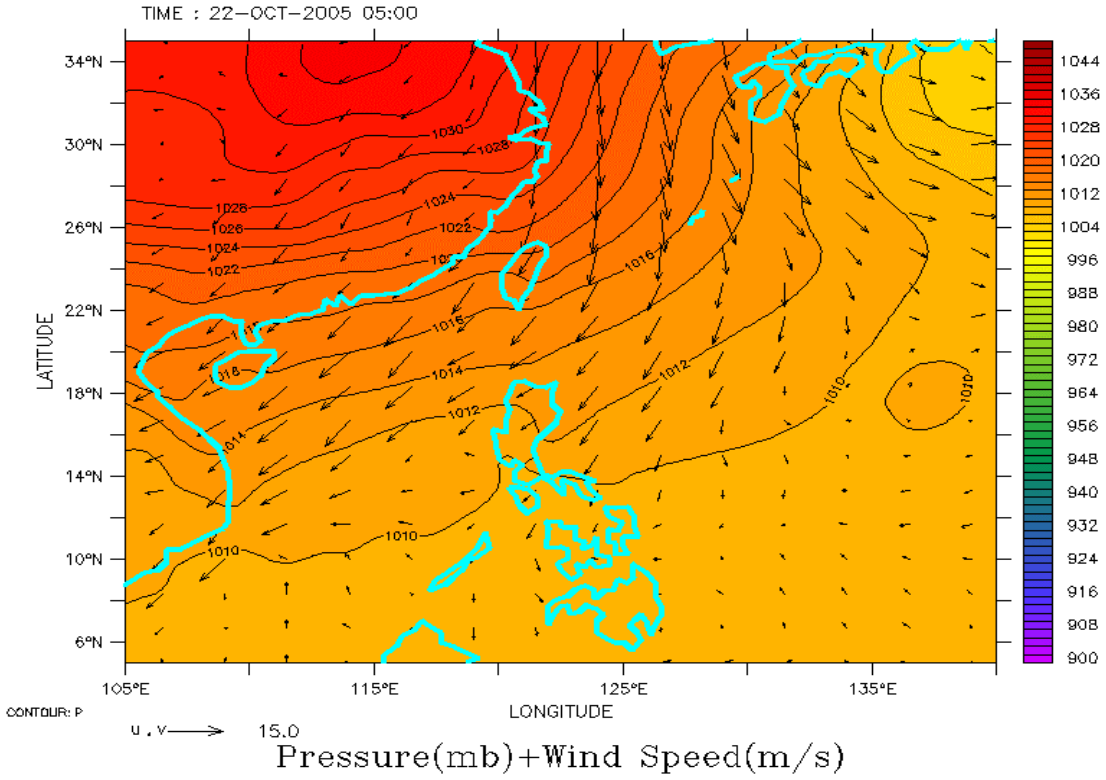


圖 4.1.5 氣象局之動態風場氣壓場

(根據中央氣象局預報資料繪製)

4.1.8 臺灣環島水位及海流計算

臺灣環島二維水位及海流模式，此部分為水深平均流速，主要驅動力為潮汐及風驅流，並無洋流的輸入。由於本年度未取得實際的流速資料，再加上模式得出的結果並非近岸流場，與近岸流速計測出之流場比對有其困難度，因此僅列出過去 10 各颱風及今年度兩個颱風之流場模擬結果，待未來取得實測資料會積極進行模式比對，以供未來擴散模式利用。目前模式計算網格大小為 10 分解析度，時間步長

為 20 秒。

為配合污染物傳輸模式，以完成完整的防救災預報系統，因此會需要三維的流場資訊作為傳輸動力，但由於三維水動力模式需要的計算時間相當的長，以目前單一 PC 的運算速度來說，要當作預報模式是不可行的，所以在三維水動力模式部分僅為初步建置，主要目標仍是將二維水動力模式上線，待未來平行計算主機建置完成後，再將其正式上線。三維海流模式計算，僅由潮汐及風場驅動，並未加入洋流等其它的外部流場之邊界條件輸入。

4.2 臺灣近岸水動力模式

基於數值模擬系統中全域流場預報模式之數值網格解析度，無法反映出近岸地形變化以及海岸結構物對波浪場及流場之影響，因此於全域預報模式之下構建近岸區域數值模式(水動力模式)，以承接全域預報模式之模擬結果(水位及流場等)，進而模擬臺灣近岸海域之流場。

近岸地區通常為人口聚集且海上交通頻繁的區域，影響此區最重要的因子為海流（影響船隻航行、污染擴散等）及波浪（影響近岸人工建築物的強度標準），因此本計畫的主要工作目標便是依序完成臺灣七大商港的近岸海域及港區海流及波浪預報模式。

本計畫所建構之近岸區域數值模式，主要考慮的因素簡述如下：一、數值模式描所述之物理特性是否滿足計畫目的之需求，二、模式數值網格解析度需足以反映近岸之地形變化，三、模式運算效率(或速度)需符合線上作業以及災害防治與預警之要求。於本年度計畫中，除了持續上述近岸波浪模擬工作項目外，並增列近岸潮流流場模擬工作，並選取以有限元素法建構之二維水理模式為本計畫近岸潮流模式。

由於近岸海域及港區預報模式在計算上因為網格小且地形變化複雜，因此仍需要相當的計算時間，對於短時間的預測仍有困難，為了彌補這方面的缺點，本計畫同時建置計算速度快的類神經網路預警

模式及波浪相關模式，填補近岸海域及港區域報模式的不足。本年度計畫目標為針對台中港及花蓮港兩個國際商港建立近岸區域潮流數值模擬系統，並援引全域水位及流場模式預報結果為近岸區域模式之邊界條件或輸入條件，進行相關數值模擬工作。

一般而言，影響近岸流場之外力主要有潮汐、波浪及風場等，其中潮汐可視為一種淺水長波，其所引致之流場稱之潮流。對於近岸流場而言，潮流垂直方向變化之尺度相較地遠小於水平方向變化之尺度，因此採用淺水方程式或水深積分平均之二維連續及運動方程式足以描述近岸流場之變化。

4.2.1 控制方程式

假設水體為具有黏滯性之不可壓縮流體，將描述流體運動之三維連續方程式及運動方程式，沿水深方向垂直積分，同時加入底部和表面的邊界條件，則可得到下列的平面二維流場連續方程式及運動方程式：

.連續方程式：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial Du}{\partial x}+\frac{\partial Dv}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial \sigma}=0 \tag{4.2.1}$$

動量方程式：

$$\begin{aligned}&\frac{\partial uD}{\partial t}+\frac{\partial u^2D}{\partial x}+\frac{\partial uvD}{\partial y}+\frac{\partial uw}{\partial \sigma}-fvD\\&=-gD\frac{\partial \zeta}{\partial x}-\frac{gD}{\rho_0}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(D\int_{\sigma}^{0}\rho d\sigma'\right)+\sigma\rho\frac{\partial D}{\partial x}\right]+\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(K_m\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right)+DF_x\end{aligned} \tag{4.2.2}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial vD}{\partial t}+\frac{\partial uvD}{\partial x}+\frac{\partial v^2D}{\partial y}+\frac{\partial vw}{\partial \sigma}+fuD\\&=-gD\frac{\partial \zeta}{\partial y}-\frac{gD}{\rho_0}\left[\frac{\partial}{\partial y}\left(D\int_{\sigma}^{0}\rho d\sigma'\right)+\sigma\rho\frac{\partial D}{\partial y}\right]+\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(K_m\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right)+DF_y\end{aligned} \tag{4.2.3}$$

$$DF_x \approx \frac{\partial}{\partial x}\left[2A_m H\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[A_m H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right] \tag{4.2.4}$$

$$DF_y \approx \frac{\partial}{\partial x}\left[A_m H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[2A_m H\frac{\partial v}{\partial y}\right] \tag{4.2.5}$$

其中

$$\sigma=\frac{z-\zeta}{H+\zeta}=\frac{z-\zeta}{D} \tag{4.2.6}$$

(u，v，w)：代表 X、Y、Z 方向之水流流速。

(x，y，σ)：代表 X、Y、Z 方向。

$f=2\Omega\sin\Phi$ ：地球自轉所產生之科氏力(Coriolis)，Ω 為地球自轉頻率，Φ為模擬地區之緯度。

ρ ：水體密度(kg m-3)。

g=9.81：重力加速度(ms-2)。

Am、Ah：水平渦流及擴散係數。

Km、Kh：垂直渦流及擴散係數。

水體中擴散控制方程式如方程式所示；

$$\frac{\partial TD}{\partial t}+\frac{\partial TuD}{\partial x}+\frac{\partial TvD}{\partial y}+\frac{\partial Tw}{\partial \sigma}=\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial\sigma}\left(K_h\frac{\partial T}{\partial\sigma}\right)+D\hat{H}+DF_T \tag{4.2.7}$$

方程式(4.2.7)是以溫度的擴散作為描述，式中 T 為溫度，若用於鹽度擴散時，式中的 T 則以 S(鹽度)取代之。

T：溫度(℃)

Kh：垂直方向的擴散係數。

$$D\left(F_T,F_S,F_{q^2},F_{q^{2l}}\right)\approx\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A_h H\frac{\partial}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(A_h H\frac{\partial}{\partial y}\right)\right]\left(T,S,q^2,q^{2l}\right) \tag{4.2.8}$$

4.2.2 有限元素網格

使用本套模式進行港區周圍海流模擬的好處為其所使用的數值方法為有限元素法，網格分割可以為三角形，此點對於模擬近岸地區複雜的海岸線有相當大的幫助，如圖 4.2.1。

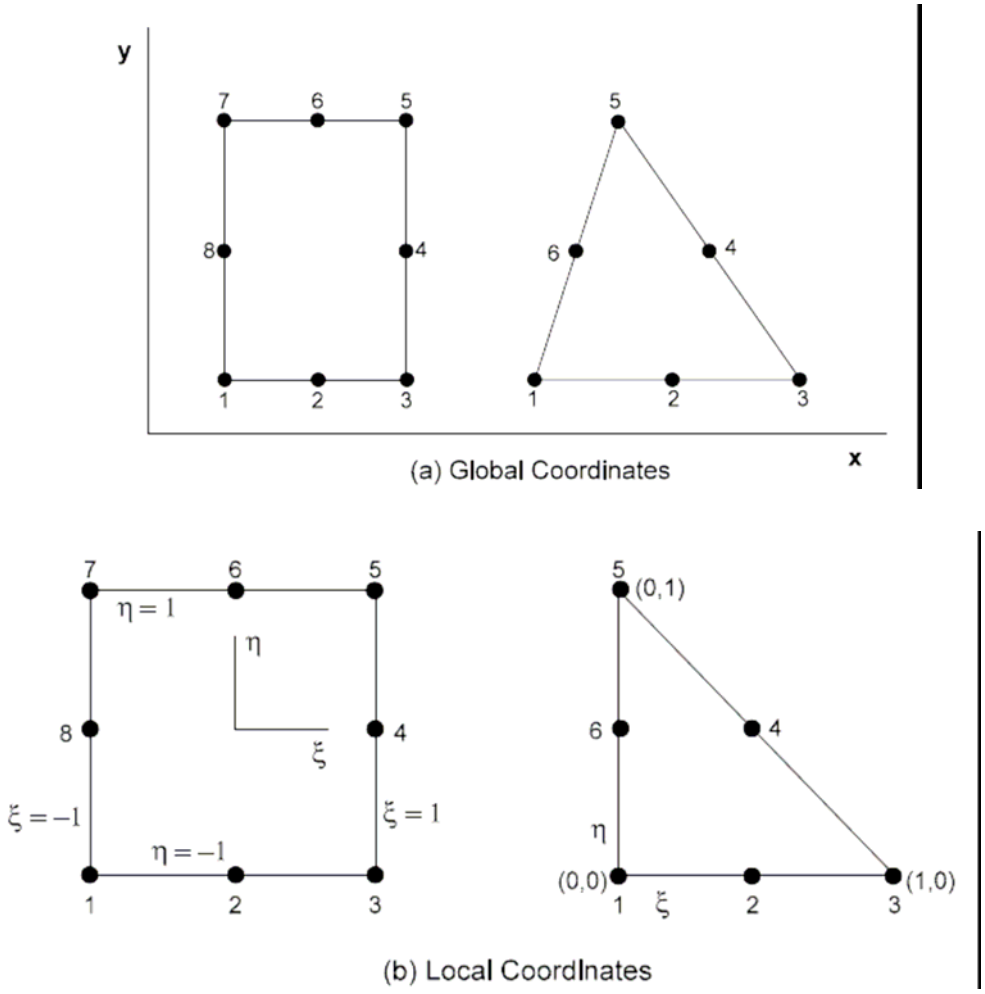


圖 4.2.1　近岸流場模式採用之有限元素網格

4.2.3 模式邊界輸入

模式計算時所需的邊界條件及初始資料來源及假設值包括：

1. 潮位資料：本模式採用在邊界點上可輸入潮汐及流速資料以驅動內部水位及流場，在 Taicoms 系統下目前利用台灣海域水動力模式(解析度為一分網格)計算結果作為邊界輸入。

2. 氣象資料：本模式可輸入風速進行流場的計算，在 Taicoms 系統下是使用港研中心的觀測站所量測的風場資料。

3. 流量資料：利用各河川之流量站所測之流量，作為模式計算之用。

4.3 臺北港及高雄港近岸與港區周圍流場模擬

理想的海流模式應可配合研究海域之全面需要，將可能影響海流的各種因素盡量納入模式中，我們選用之海流計算模式是採用有限體積數值方法模式。

本模式是用來解析沙洲、港灣、具有廣大潮間帶沼澤等及錯綜複雜地形河口而發展的三維水理及生態模式。其目的是為了藉由具有非結構性的網格、有限體積、自由表面及三維方程式的近岸海洋環境模式，來了解錯綜複雜的地形對水理及生態之影響。

過去十年間，有限元素法及有限差分法等數值方法廣泛的應用於海洋模式中，最典型的模式是就是 POM(Princeton Ocean Model)(Blumberg and Mellor,1987) 及 ROM(Regional Ocean Model)(Haidvogel et al.,2000)。然而，近岸海洋模式在數值計算難以突破的困難，包括(1)無法解決不規則地形、(2)無法保證質量、動量及能量的守恆。模式中所使用的非結構性網格及有限體積數值方法結合有線差分法容易識別及計算效率高的特色，同時也具備有限元素法幾何靈活性的特徵，提升計算的效率及準確性，同時滿足三大守恆定律。模式中流場的劃分是使用三角形網格，在垂直分層面是使用 σ 座標系統(sigma-coordinate system)，σ 座標系統的定義 $\sigma=(z-\zeta)/(H+\zeta)$，在垂直面上呈現相對分層，使全域的垂直座標在[-1 0]之間變化。這種方法在垂直面上具有相同的網格數，可隨意分層，且在淺水的部分具有較高的垂直分辨率。本模式目前在全世界廣泛的使用，如 East China Sea、Jiaozhou Bay 等。

模式中能考慮波浪作用力、潮汐水位變化、風場、地球自轉科氏力及海床底床摩擦等因素，可模擬海域水位變化及海域潮流流況。亦可考慮蒸發、降雨、日照等自然條件因素，河川入流之流量及溫鹽度皆可納入模式考量範圍。

4.3.1 海流水理模式

(一) 模式理論

水理模式的部份將包括流場、溫度及鹽度的擴散。其理論基礎分別是三維的水理控制方程式及計算溫度及鹽度的擴散傳輸方程式，詳細公式介紹請參見附錄 A。

(二) 數值方法及收斂條件

模式採用非結構性三角形網格，可在任意加密或縮小網格。為了能完整解析整體海域複雜的地形變化，預計使用 500~1500 個三角形網格，注重於港口內部及鄰近海域之計算，且探討由河流入流之淡水對海域的影響範圍，此外在時間步階上必須滿足以下的條件：

$$\Delta t_E \le \frac{\Delta L}{U + \sqrt{gD}}$$

Δt_E 為時間步階，ΔL 為三角形網格最短邊的長度，U 為水平速度，D 為水深。

(三) 計算條件及邊界條件

模式計算時所需的邊界條件及初始資料來源及假設值包括：

1. 潮位資料：利用 taicoms 系統之台灣海域水動力模式計算結果，取出模式所需的邊界點的潮位及流速進行輸入。
2. 氣象資料：模式所需氣象方面資料來源，則利用港研中心於觀測站所測得的風場資料進行輸入。
3. 流量資料：利用各河川之流量站所量測的流量，作為模式計算之用。

4.3.2 模式計算範圍

(一) 台北港

台北港位於台北縣八里鄉淡水河口南岸，東北隔淡水河與淡水鎮相望，西接林口鄉，南隔觀音山與五股鄉為鄰，西鄰台灣海峽。台北港實測站位於北緯 25˚10’ 44”、東經 121˚22’ 41”位置，距離台北港北方防波堤堤頭約 1150m，水深-15m 處之海上觀測樁。

依據台北港港域實際海流調查成果得知，台北港港域之海流活動受淡水河流量影響很大，基本上漲潮期間受地球自轉效應，往西南方向。而選定良好的計算範圍，具有良好的邊界條件資料可提供，是海流數值模擬成功的先決條件。

模式計算範圍，因須包含港灣研究中心的觀測站，以利後期於模式驗證部份，與實測資料比對。目前所採用的計算範圍(如圖 4.3-1 所示)，在地形資料上結合實測地形資料，再用以內插方法得到台北港港域的完整地形資料(如圖 4.3-2 所示)。

模式中模擬台北港第二期工程之建置，模擬港域流場變化，以 2007 年 1 月為例。淡水河流量採用台灣地區河川流量站資料，將鄰近流量站資料平均所得，假設 1 月淡水河流量為 15 CMS。

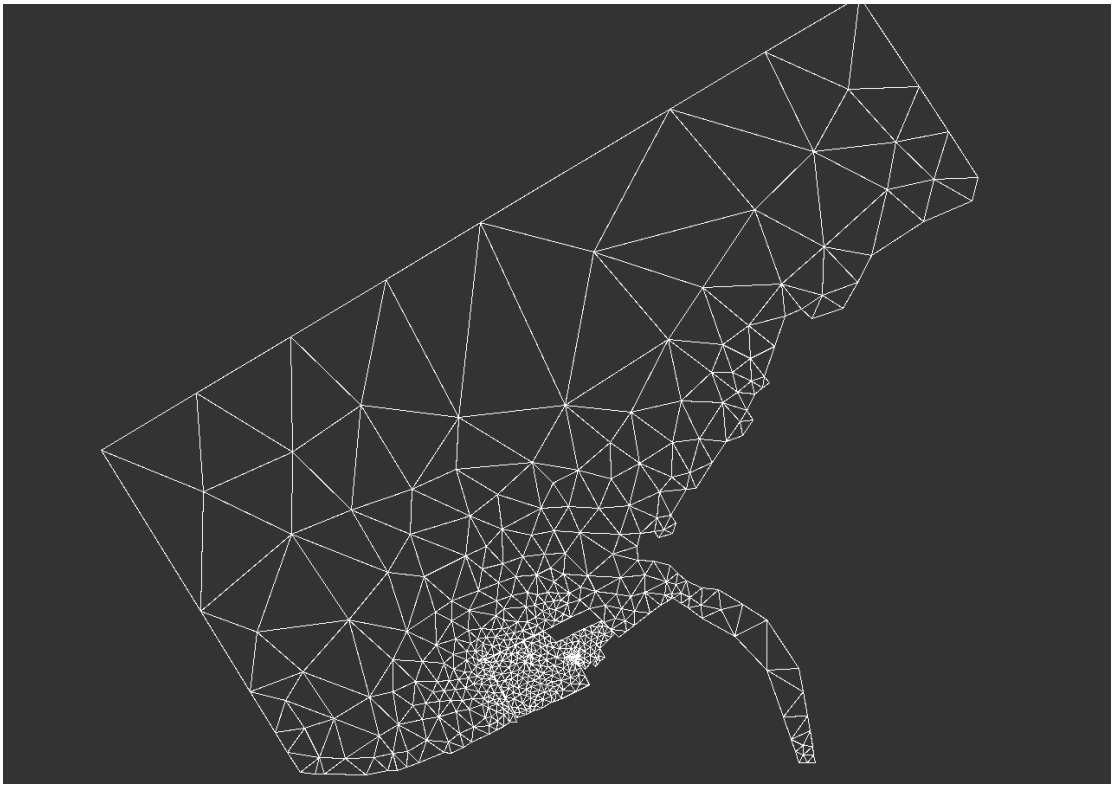


圖 4.3-1　台北港目前模式計算範圍

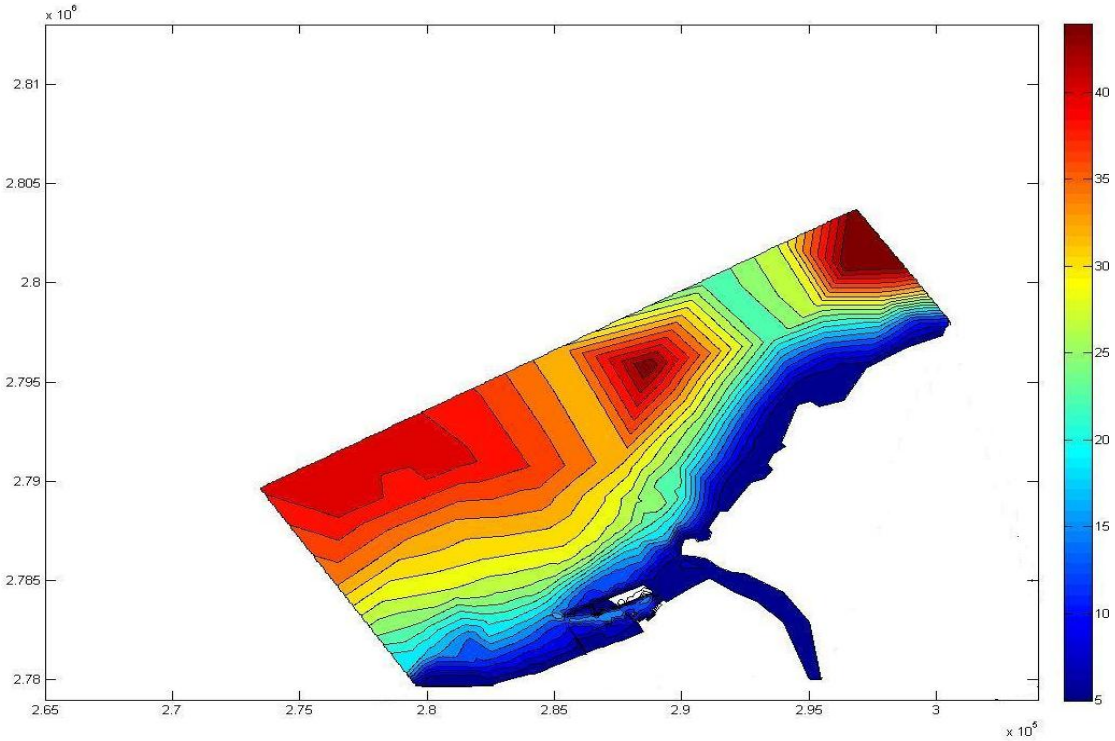


圖 4.3-2　台北港海流計算模式水深

(二) 高雄港

高雄港港域的調查資料顯示，其調查水深最深處僅約二十米左右，模式計算範圍(如圖 4.3-3 所示)，地形資料也是採用港域實測資料在加以內插所得(如圖 4.3-4 所示)。

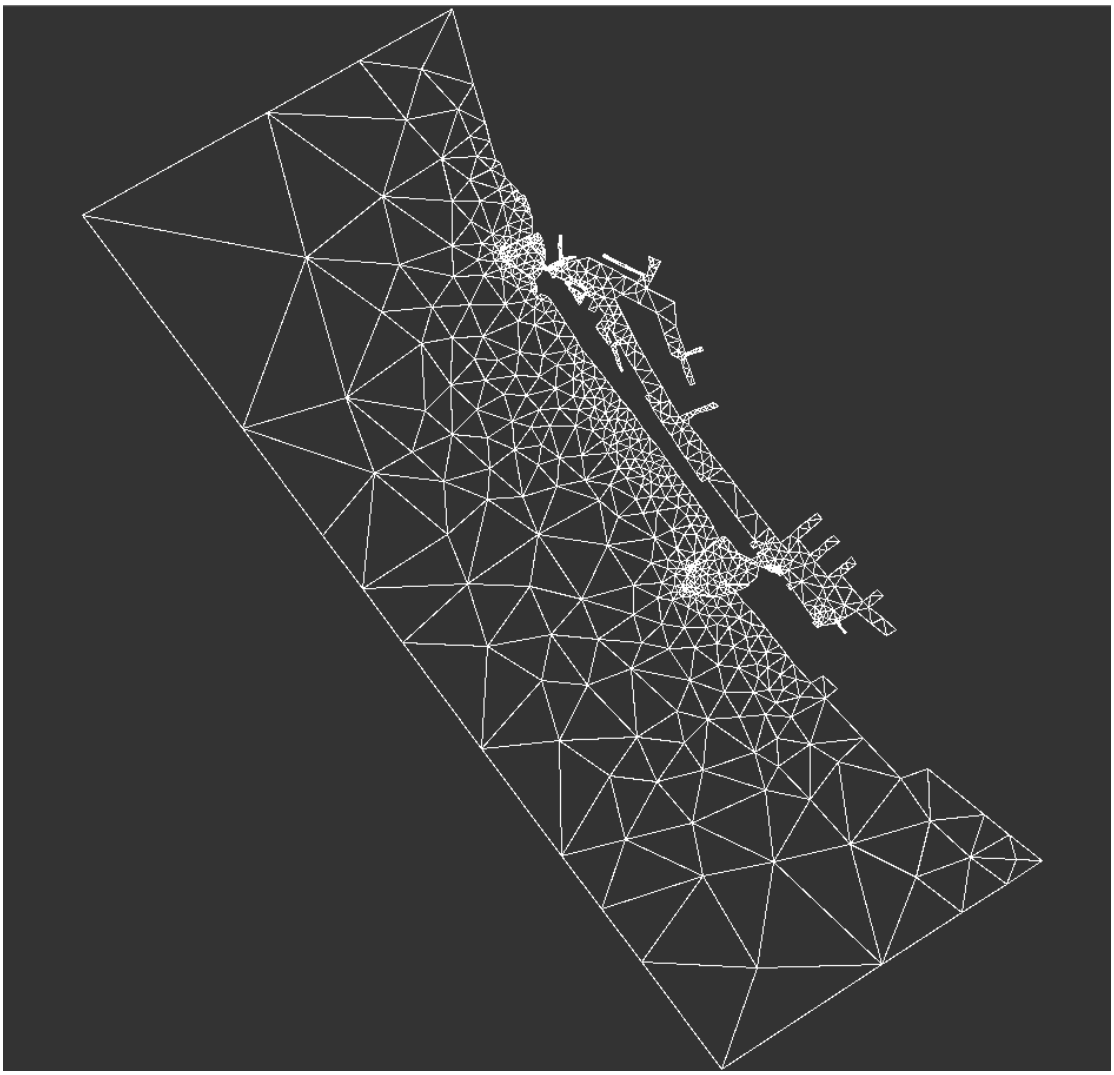


圖 4.3-3　高雄港模式計算範圍

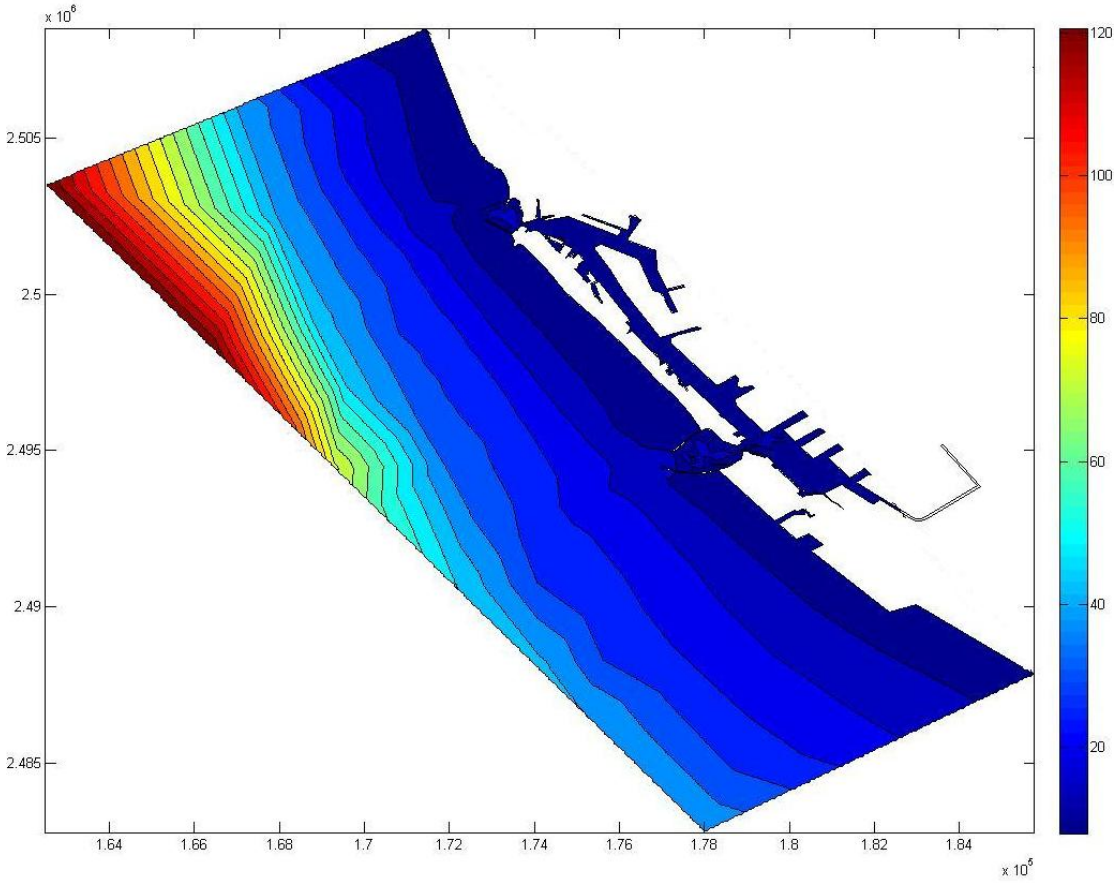


圖 4.3-4　高雄港海流計算模式水深

4.3.3 模擬結果

(一) 台北港模式模擬與驗證

1.　台北港實測海流及水位及風場

台北港實測水位及流場，以 2007 年 1 月為例(如圖 4.3-5、圖 4.3-6 所示)，可看到漲潮流場往南，退潮流場往北的現象。

模式中使用之風速及風向表示 1 小時平均風速及風向。最大風速、風向表示最大的 1 小時平均風速及當時之平均風向。風向定義為正北為零度，順時針為正，表示風之來向(如圖 4.3-7 所示)。

2.　計算港域之海流模擬

模式模擬時間取 2007 年 1 月 1 日至 2007 年 1 月 31 日止，模擬範

圍由淡水河北側至台北港八里一帶海域。

以目前的計算範圍模擬其漲退潮流場的變異，圖 4.3-8 至圖 4.3-11 是模擬其港域於漲退潮期間，流場變化情形。

在淡水河河口附近水域流場受潮流影響，在漲潮時，潮汐會注入淡水河；在退潮時，淡水河所排入海域的河水，流出河口後隨潮流往東北方向流去(如圖 4.3-12、圖 4.3-13 所示)。

3. 模擬結果與實測資料比對

由模式的流向方面(圖 4.3-16)可看出，整體流場流向大致吻合，漲潮呈現西南流向，退潮沿岸線往北北東流向，流速部分(圖 4.3-15)，大潮時，整體流場呈現流速較快的情形，在漲退潮轉換中間，其平均流速也會呈現較低的現象。

台北港港域目前計畫進行第二期工程及第三期工程，其工程建設對台北港域海流特性之影響，未來擬持續研究及分析。水位及流場流速驗證方面擬持續改善，以求完整解析台北港港域海流狀況。

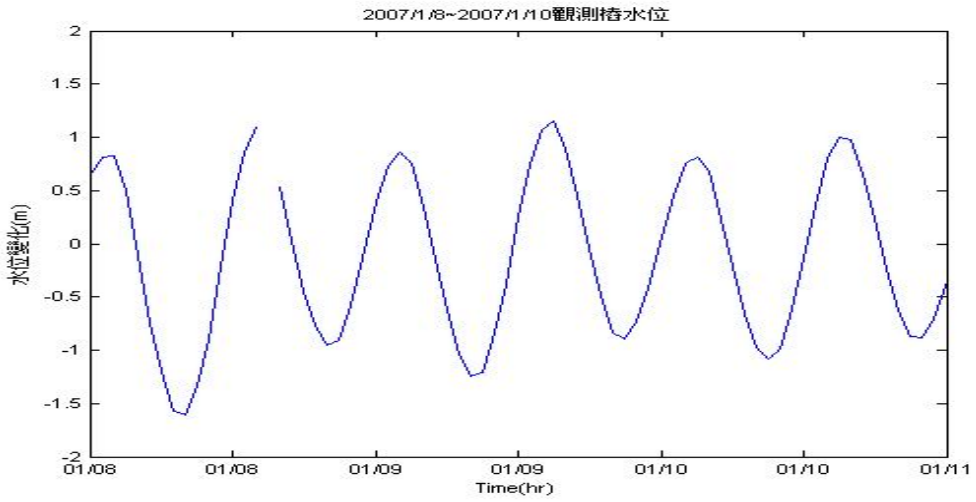


圖 4.3-5　台北港觀測樁水位實測資料時序圖

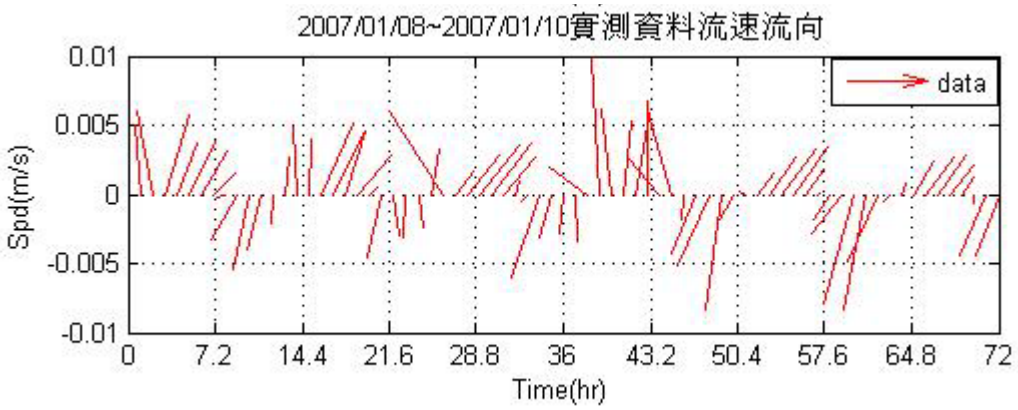
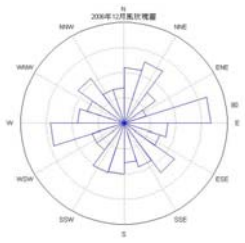
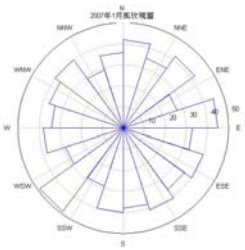


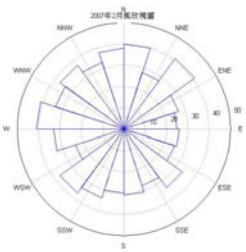
圖 4.3-6　流速實測資料時序圖



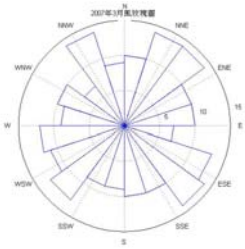
12 月份風向玫瑰圖



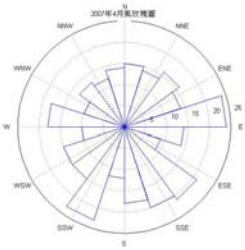
1 月份風向玫瑰圖



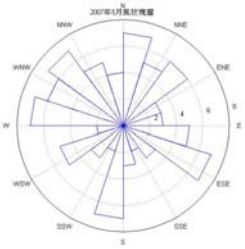
2 月份風向玫瑰圖



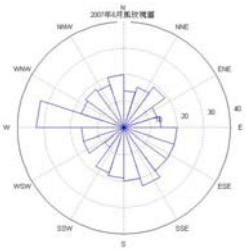
3 月份風向玫瑰圖



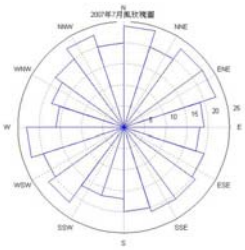
4 月份風向玫瑰圖



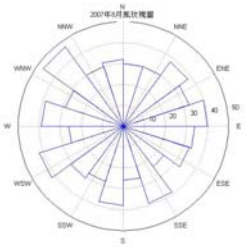
5 月份風向玫瑰圖



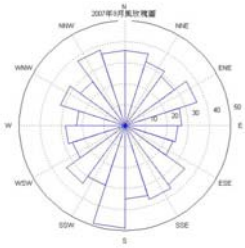
6 月份風向玫瑰圖



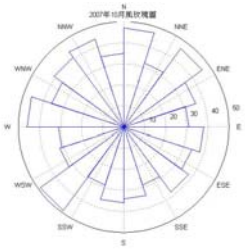
7 月份風向玫瑰圖



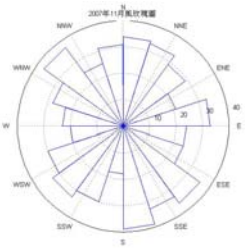
8 月份風向玫瑰圖



9 月份風向玫瑰圖



10 月份風向玫瑰圖



11 月份風向玫瑰圖

圖 4.3-7　台北港實測風場風向統計(以 2007 年為例)

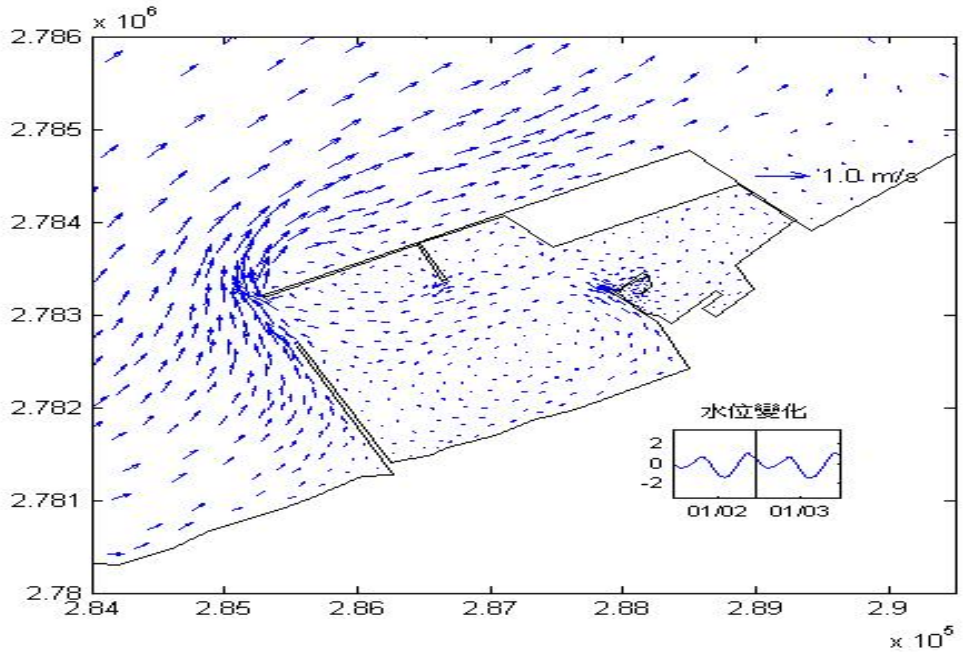


圖 4.3-8　台北港域退潮時期流場

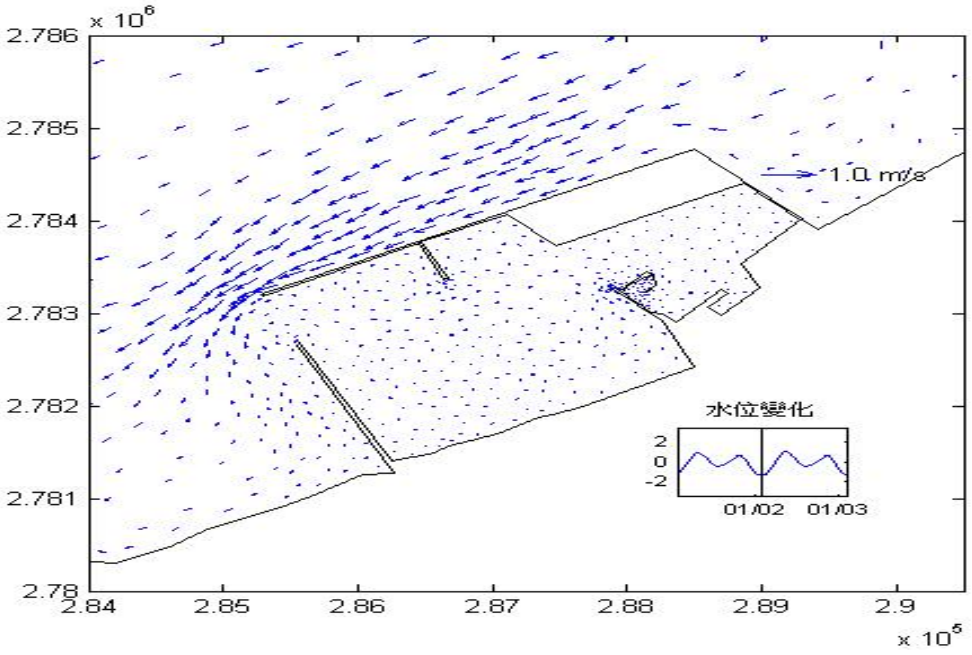


圖 4.3-9　台北港域低平潮時期流場

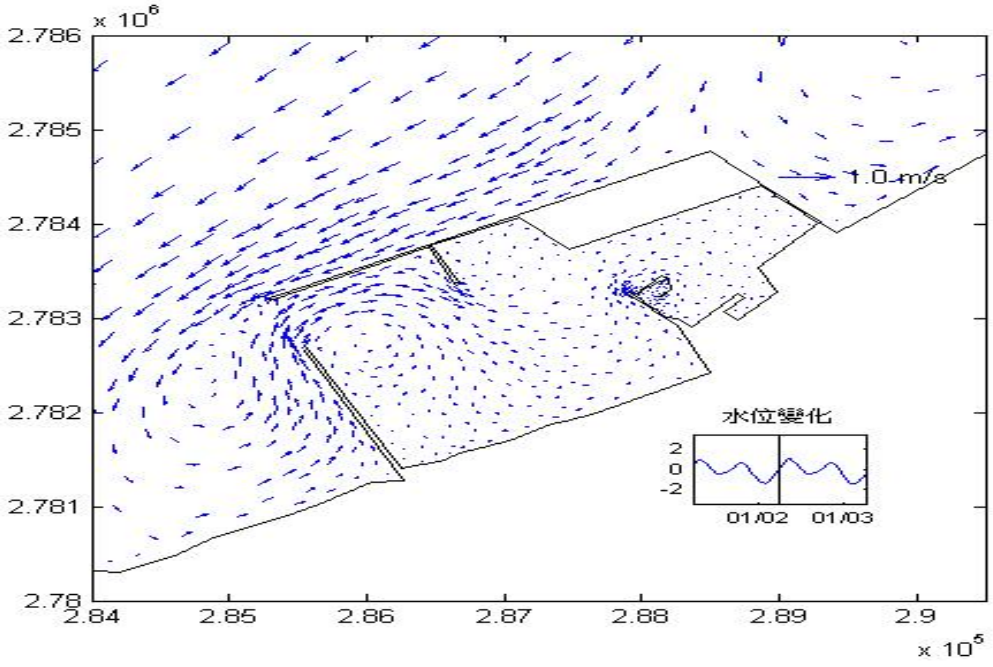


圖 4.3-10　台北港漲潮時期流場

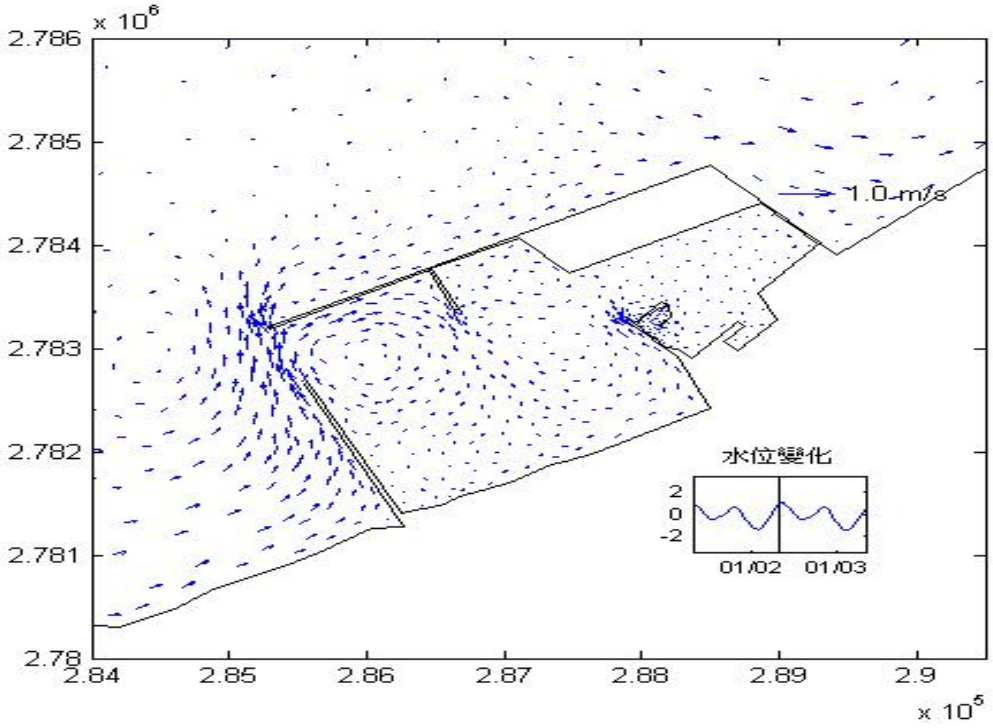


圖 4.3-11　台北港高平潮時期流場

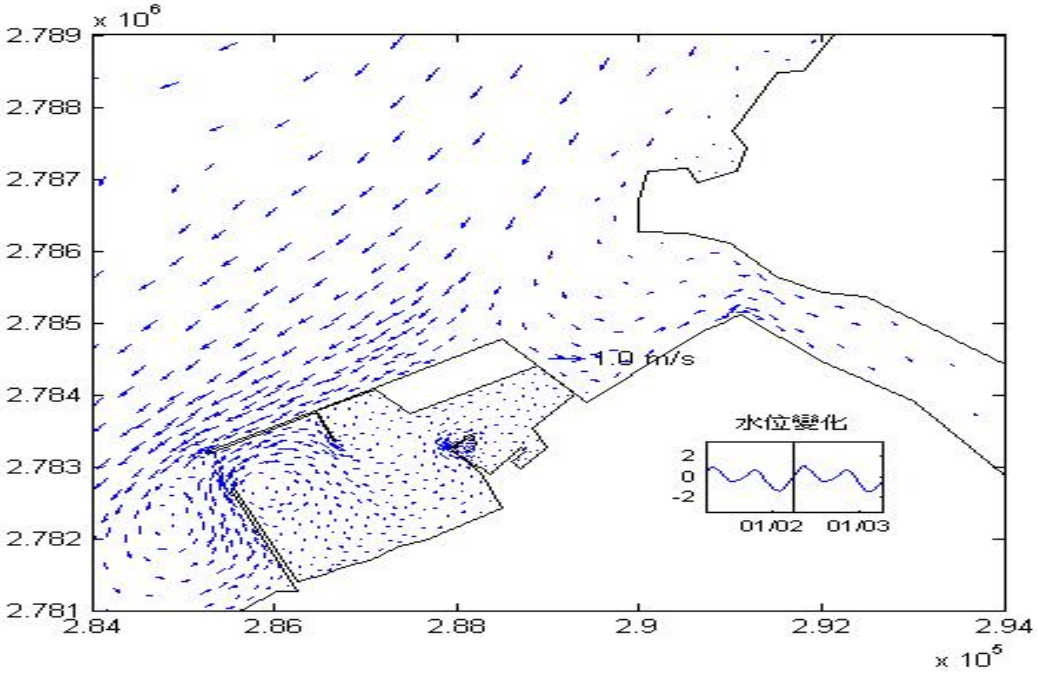


圖 4.3-12　台北港漲潮時期淡水河域流場

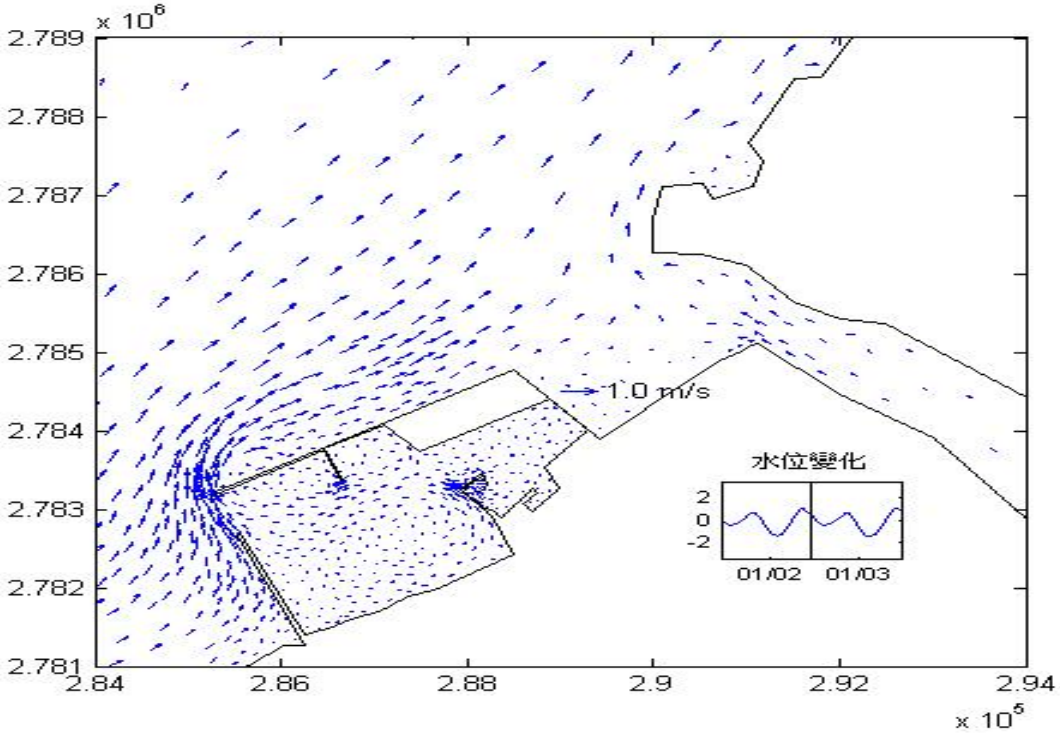


圖 4.3-13　台北港退潮時期淡水河域流場

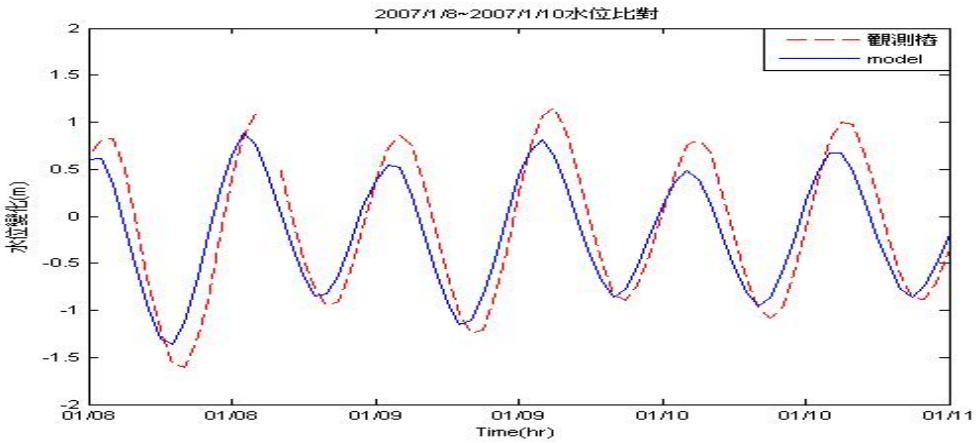


圖 4.3-14　模式水位與實測水位比對圖

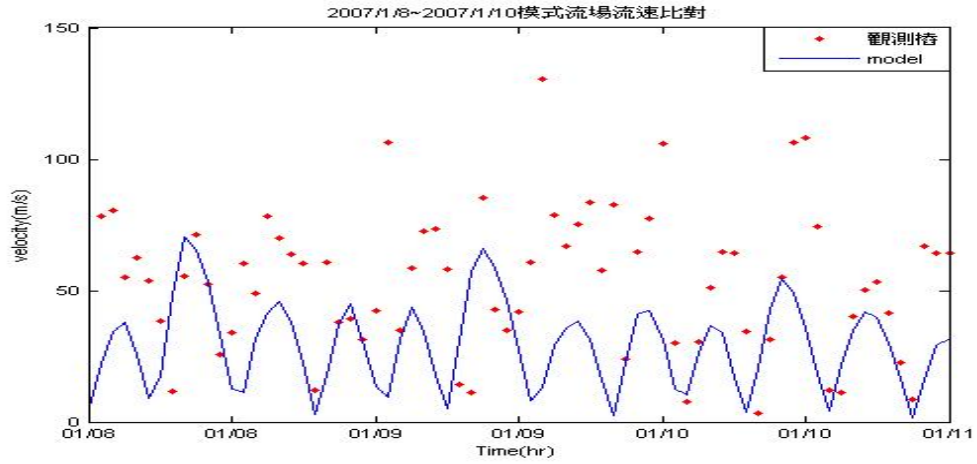


圖 4.3-15　模式流速與實測資料比對圖

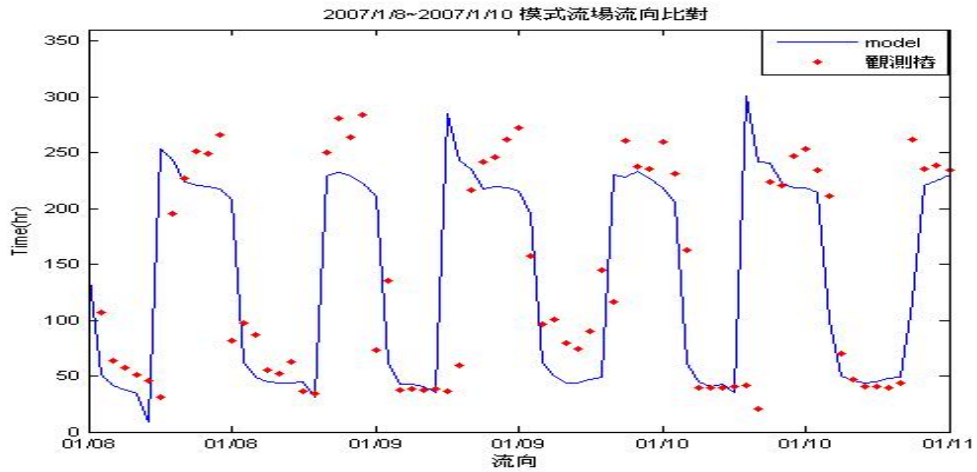


圖 4.3-16　模式流向與實測資料比對圖

(二) 高雄港

目前高雄港模擬結果為初步結果，未來仍會繼續效驗模式。

1. 高雄港實測海流及水位

高雄港實測水位及流場資料採用港灣研究中心於高雄港二港口附近所測之海流資料。

高雄港實測水位(如圖 4.3-17 所示)，以 2007 年 4 月為例。

2. 計算港域之海流模擬

模式模擬時間取 2007 年 4 月 1 日至 2007 年 4 月 30 日止，模擬範圍由高雄港港域往外延伸。

以目前的計算範圍模擬其漲退潮流場的變異，圖 4.3-18 至圖 4.3-21 是模擬其港域於漲退潮期間，流場變化情形。

3. 模式驗證

由模式的流向方面(圖 4.3-18~圖 4.3-21)可看出，漲潮呈現東南流向，退潮沿岸線往西北流向，與實測資料結果大致吻合。

水位驗證方面，取用模式中與實測海流觀測樁位置相近的計算水位作為模式驗證之水位(如圖 4.3-22 所示)，計算潮位與實際潮位大致吻合。

港口內部流向由圖 4.3-23 可看出，流速正值表示流量進流，流速負值表示流量出流，漲潮時期流場由高雄港一港口往高雄港二港口移動，退潮時其流場則由高雄港二港口往高雄港一港口移動。圖 4.3-24 及圖 4.3-25 為高雄港流速及流向比對圖，由於目前模式還在效驗中，且仍有許多資料缺乏，因此比對結果不理想，未來仍會持續精進模式結果。

高雄港港域海流特性複雜多變，海流模式仍屬於發展階段，未來擬加入氣象條件(如風…等)，以求更接近實際高雄港港域情況。未來擬增加模式校正及驗證部分，如流場流速、流向等，用以修正海流模式，使能精確模擬高雄港港域海流狀況。

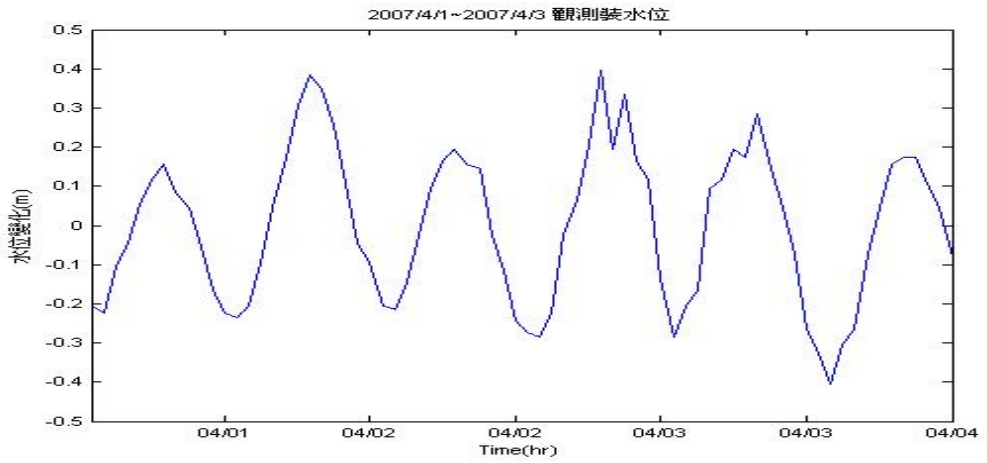


圖 4.3-17　高雄港水位實測資料時序圖

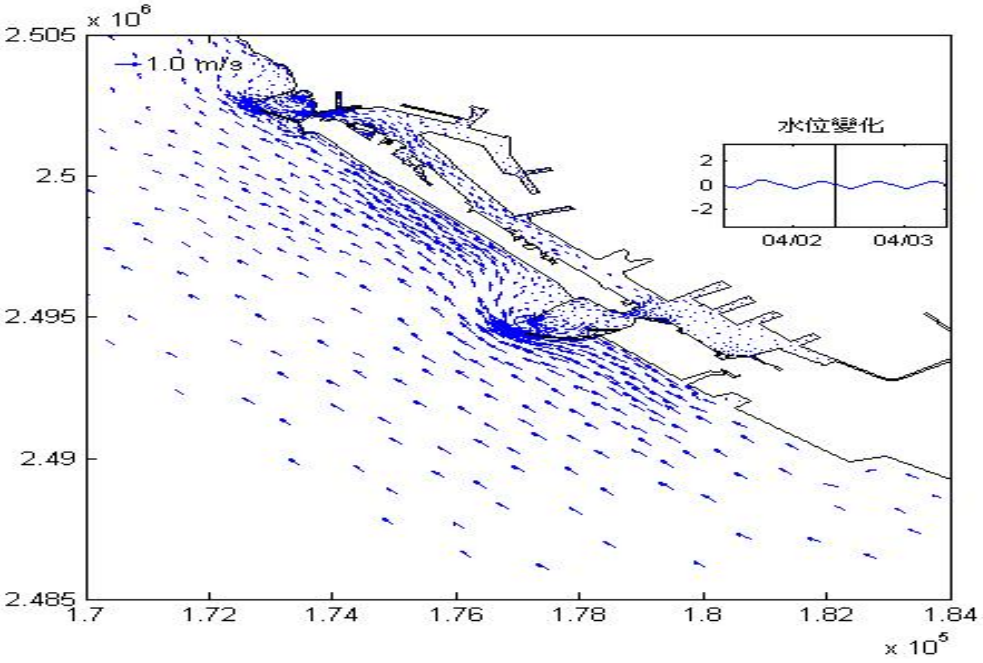


圖 4.3-18　高雄港退潮時期流場

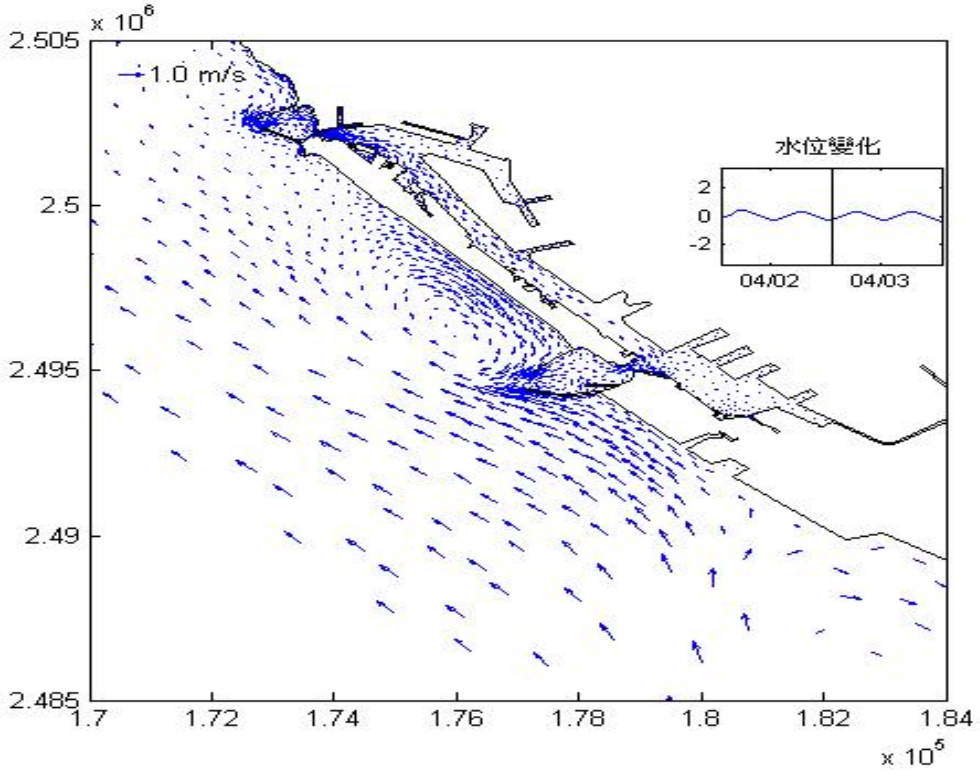


圖 4.3-19　高雄港低平潮時期流場

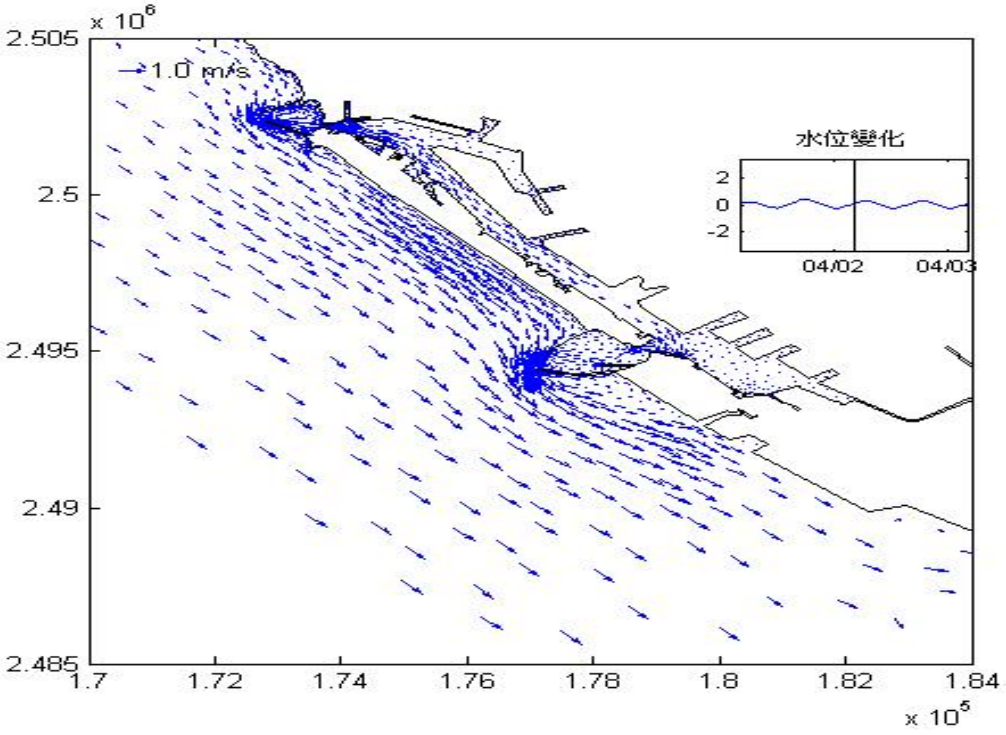


圖 4.3-20　高雄港漲潮時期流場

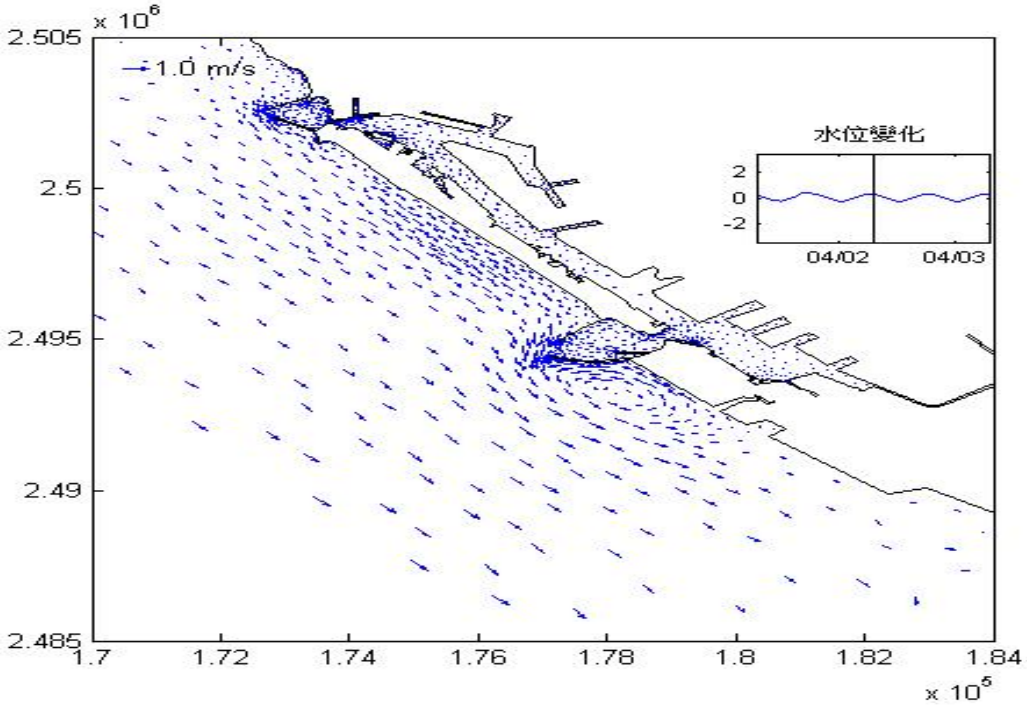


圖 4.3-21　高雄港高平潮時期流場

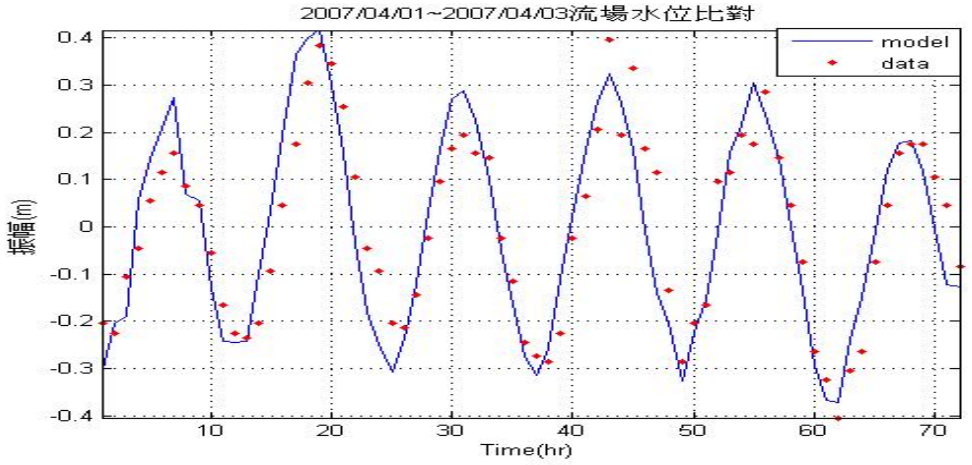


圖 4.3-22　模式水位與實測資料比對圖

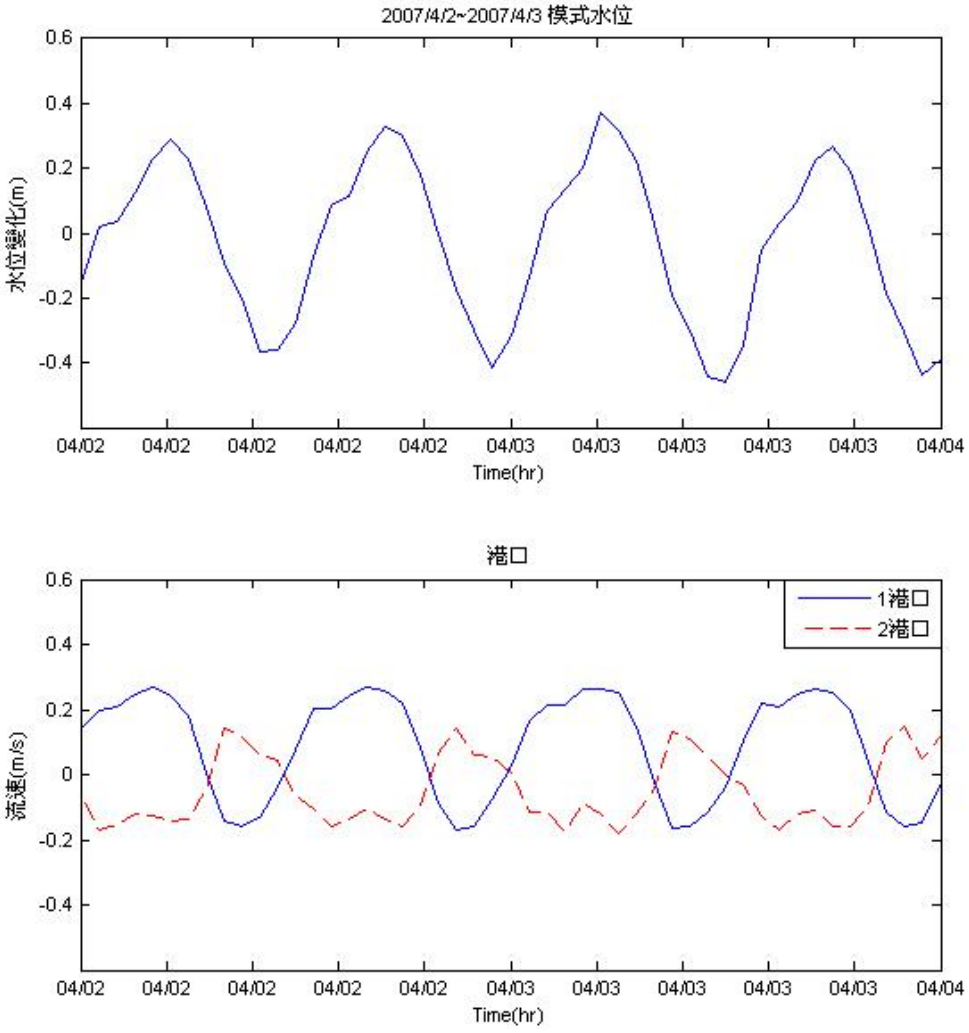


圖 4.3-23　模式港口流速與水位時序圖

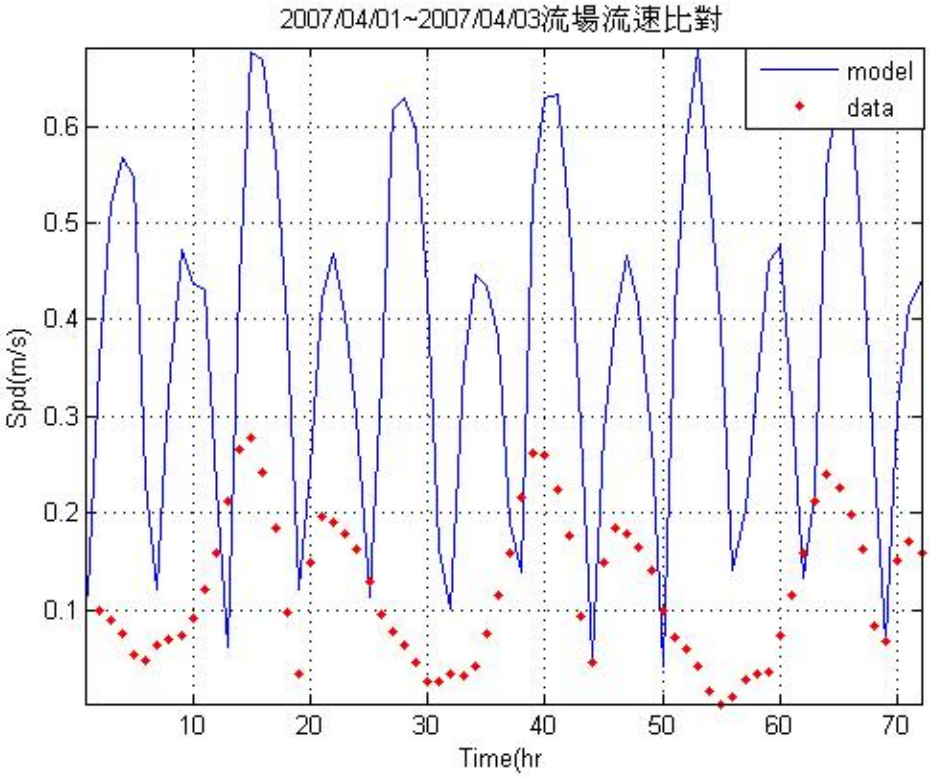


圖 4.3-24 高雄港流速比對圖

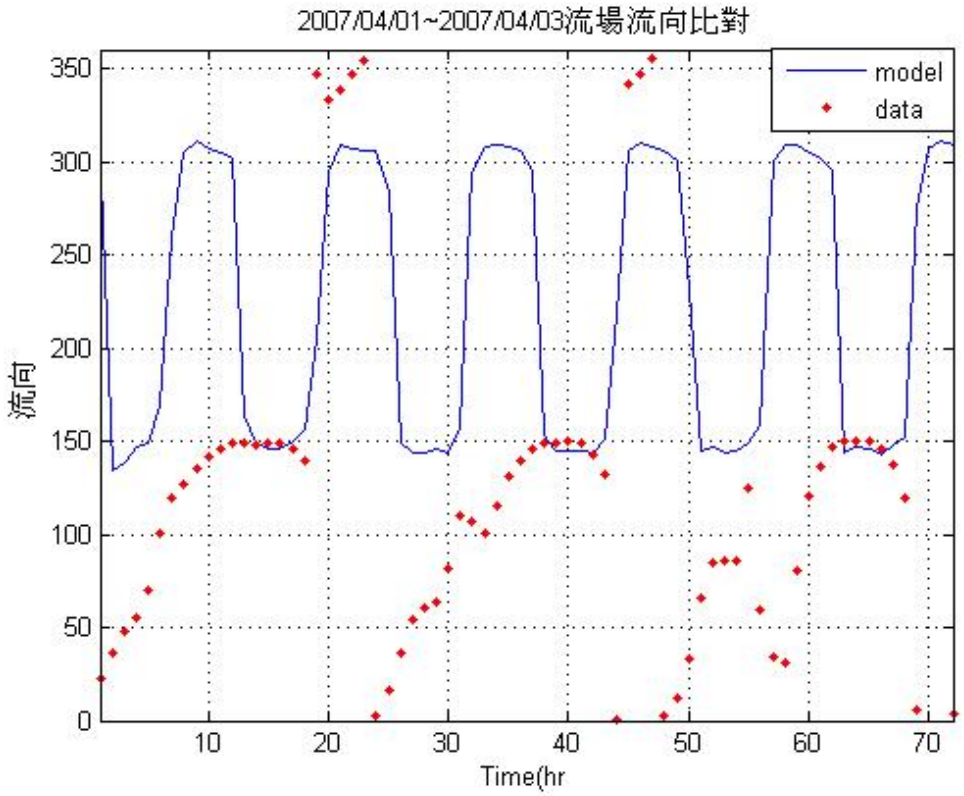


圖 4.3-25 高雄港流向比對圖

第五章 臺灣海域及近岸擴散模式

本計畫擴散模式的建置，主要重點目標為河口溫鹽擴散及油污擴散兩部份，分別論述如後兩節。

5.1 臺灣河口溫鹽擴散模式

本計畫使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為水位及海流的計算工具，並配合發展適合台灣海域颱風作用的颱風模式及參數率定，更與中央氣象局每日預報之動態封場結合，成為本土化應用之潮汐及風暴潮複合動力模式及海流模式。

有關溫鹽擴散模式建置。河口為淡水鹹水交會處，其中鹽度分佈會隨著潮夕漲退及河水流量的豐乾變化，鹽度的變化會影響沈積物的沈降，且污染物質普遍會與沈積物結合，因此本年度將著重於鹽度的於河口的分佈變化。由於 COHERENS 本身內含溫鹽模組，因此今年度嘗試利用 COHERENS 的溫鹽計算模組進行河口溫鹽擴散的推算。

本模式之水動力模組以三維動量方程式、連續方程式描述海水的運動，動量方程式並採用水靜力平衡（hydrostatic equilibrium）的假設而簡化為僅考慮水平方向之動力傳輸，但仍然維持垂直方向的渦動擴散在水平動力方程中的影響。溫鹽擴散方程式配合水動力模組，計算溫鹽場的分佈。以顯式有限差分的數值方法將控制方程式在有限差分的格點表示，進而根據各動力項之精度與穩定度之需求，以各種不同的數值方法進行演算。基本的控制方程式如下（Luyten, 1999）：

動量方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x_1}+v\frac{\partial u}{\partial x_2}+w\frac{\partial u}{\partial x_3}-fv=-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x_1}+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\nu_T\frac{\partial u}{\partial x_3}\right)+\frac{\partial}{\partial x_1}\tau_{11}+\frac{\partial}{\partial x_2}\tau_{21} \qquad (5.1.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x_1}+v\frac{\partial v}{\partial x_2}+w\frac{\partial v}{\partial x_3}+fu=-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x_2}+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\nu_T\frac{\partial v}{\partial x_3}\right)+\frac{\partial}{\partial x_1}\tau_{12}+\frac{\partial}{\partial x_2}\tau_{22} \qquad (5.1.2)$$

壓力平衡方程式：

$$\frac{\partial p}{\partial x_3} = -\rho g \qquad (5.1.3)$$

連續方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial v}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_3} = 0 \qquad (5.1.4)$$

溫鹽擴散方程式

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x_1} + v\frac{\partial T}{\partial x_2} + w\frac{\partial T}{\partial x_3} = \frac{1}{\rho_0 c_p}\frac{\partial I}{\partial x_3} + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\lambda_T \frac{\partial T}{\partial x_3}\right) + \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\lambda_H \frac{\partial T}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\lambda_H \frac{\partial T}{\partial x_2}\right) \qquad (5.1.5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u\frac{\partial S}{\partial x_1} + v\frac{\partial S}{\partial x_2} + w\frac{\partial S}{\partial x_3} = \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\lambda_T \frac{\partial S}{\partial x_3}\right) + \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\lambda_H \frac{\partial S}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\lambda_H \frac{\partial S}{\partial x_2}\right) \qquad (5.1.6)$$

其中，水平剪力則定義如下：

$$\tau_{11} = 2\nu_H \frac{\partial u}{\partial x_1} \qquad (5.1.7)$$

$$\tau_{21} = \tau_{12} = \nu_H\left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1}\right) \qquad (5.1.8)$$

$$\tau_{22} = 2\nu_H \frac{\partial v}{\partial x_2} \qquad (5.1.9)$$

COHERENS 在水平格點分布採用 Arakawa-C Grid（Arakawa，1979）交錯網格(如圖 5.1.1 所示)，此方式使得流速及壓力、水位的計算點得以交錯開來，可以容易瞭解各計算點所得到的值，同時對於開放或海岸邊界條件的設定也變得較為容易。

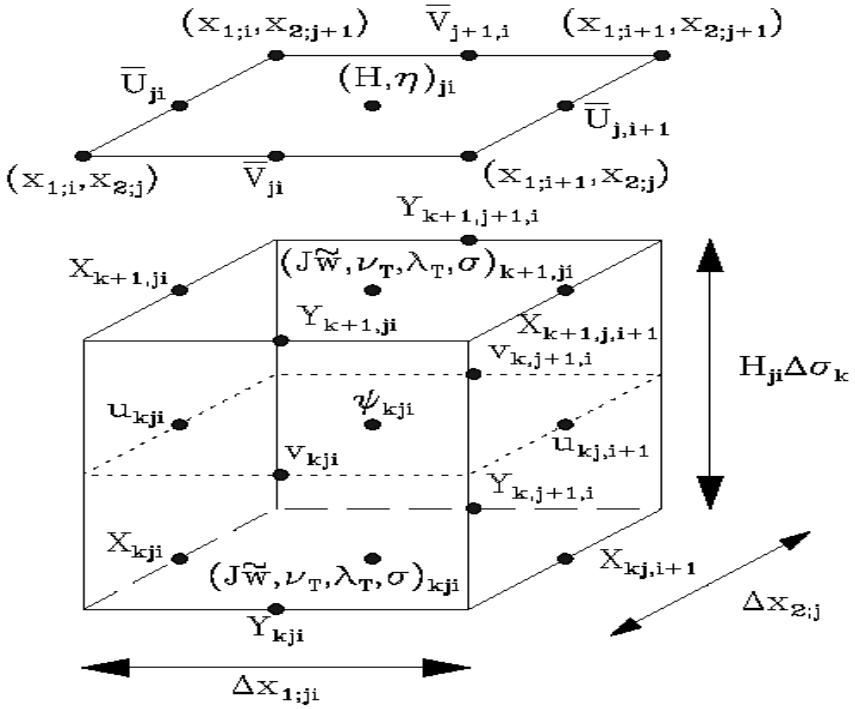


圖 5.1.1 二維及三維的格點分佈
(from COHERENS User Documentation)

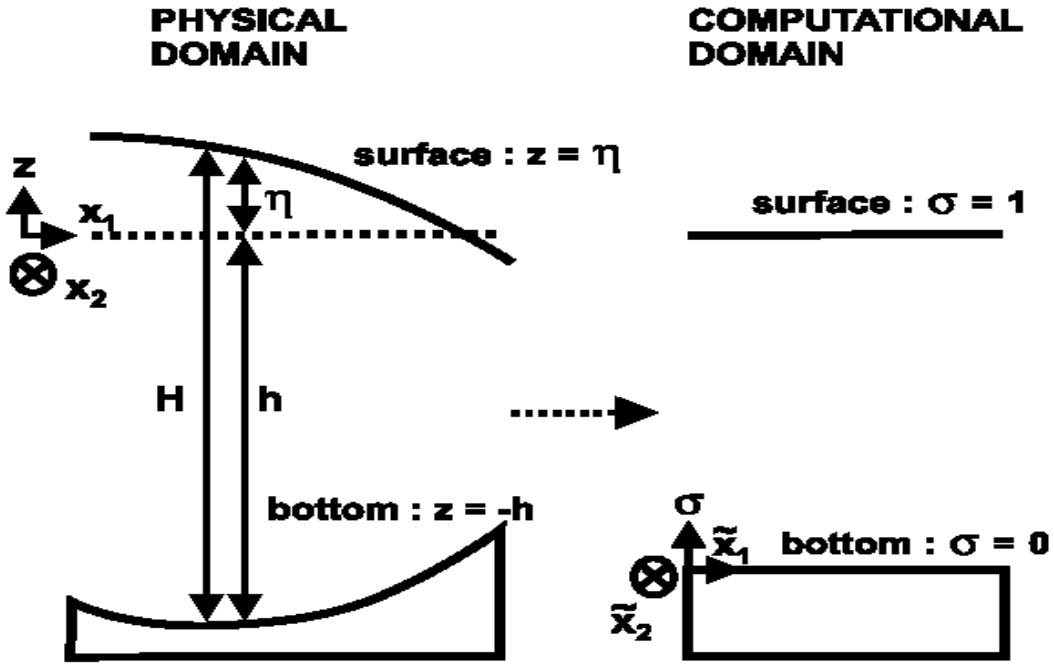


圖 5.1.2 垂直方向之σ座標系統
(from COHERENS User Documentation)

若以卡式座標系統處理底層邊界的差分計算相當繁複且不易，所以 COHERENS 使用 Sigma 座標系統避免產生這樣的問題，將計算領域中垂直方向的座標，統一劃分成固定數目的層數，這樣的處理方式使得差分計算變得容易且易於了解 (如圖 5.1.2 所示)。經過座標轉換後，

$\left(\tilde{t},\tilde{x}_1,\tilde{x}_2,\tilde{x}_3\right)=\left(t,x_1,x_2,Lf\left(\sigma\right)\right)$，其中 $\sigma=\dfrac{x_3+h}{H}$，方程式可轉換如下：

連續方程式：

$$\frac{1}{J}\frac{\partial J}{\partial t}+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(Ju\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(Jv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}\right)=0 \tag{5.1.10}$$

動量方程式：

$$\begin{aligned}&\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{t}}\left(Ju\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(Ju^2\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(Juv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}u\right)-fv=\\&-g\frac{\partial\varsigma}{\partial\tilde{x}_1}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial\rho_a}{\partial\tilde{x}_1}+Q_1+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(\frac{\nu_T}{J}\frac{\partial u}{\partial\tilde{x}_3}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(J\tau_{11}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(J\tau_{21}\right)\end{aligned} \tag{5.1.11}$$

$$\begin{aligned}&\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{t}}\left(Jv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(Jv^2\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(Juv\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}u\right)+fu=\\&-g\frac{\partial\varsigma}{\partial\tilde{x}_2}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial\rho_a}{\partial\tilde{x}_2}+Q_2+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(\frac{\nu_T}{J}\frac{\partial v}{\partial\tilde{x}_3}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(J\tau_{12}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(J\tau_{22}\right)\end{aligned} \tag{5.1.12}$$

壓力平衡方程式

$$\frac{1}{J}\frac{\partial q_d}{\partial\tilde{x}_3}=-g\left(\frac{\rho-\rho_0}{\rho_0}\right) \tag{5.1.13}$$

溫鹽擴散方程式

$$\begin{aligned}&\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{t}}\left(JT\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(JuT\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(JvT\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(J\tilde{w}T\right)=\\&\frac{1}{J\rho_0c_p}\frac{\partial I}{\partial\tilde{x}_1}+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_3}\left(\frac{\lambda_T}{J}\frac{\partial T}{\partial\tilde{x}_3}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_1}\left(J\lambda_H\frac{\partial T}{\partial\tilde{x}_1}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial\tilde{x}_2}\left(J\lambda_H\frac{\partial T}{\partial\tilde{x}_2}\right)\end{aligned} \tag{5.1.15}$$

$$\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{t}}(JS)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}(JuS)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}(JvS)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3}(J\tilde{w}S)=$$
$$\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3}\left(\frac{\lambda_T}{J}\frac{\partial S}{\partial \tilde{x}_3}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1}\left(J\lambda_H\frac{\partial S}{\partial \tilde{x}_1}\right)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2}\left(J\lambda_H\frac{\partial S}{\partial \tilde{x}_2}\right) \qquad (5.1.16)$$

其中

$$Q_i=-\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_i}(Jq_d)+\frac{1}{J}\frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3}\left[q_d\left(\sigma\frac{\partial H}{\partial \tilde{x}_i}-\frac{\partial h}{\partial \tilde{x}_i}\right)\right]$$

$$J=H\Big/\left(L\frac{df}{d\sigma}\right)$$

$$\tilde{w}=\frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial t}+u\frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial x_1}+v\frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial_2}+w\frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial x_3}$$

5.1.1 紊流的計算

海洋流場模擬計算時，最常碰到的問題是如何在垂直交換過程中輸入一個合理的邊界層係數，通常也就是紊流系數的處理，這些系數不只影響了流場及溫鹽場計算的結果，相對地也影響了生物、沉積物及營養鹽計算的合理性，所以這些係數的給定是相當重要的。為了得到在模擬中得到合理的垂直擴散係數，有許多研究提供不同的數值方法進行演算，於 COHERENS 中也包含了數種常用的方法，最通用於海洋計算的是 2.5D Turbulence closure scheme（Mellor 和 Yamada，1982），這些數值方法涵蓋以下數個物理過程的影響：

- 底層摩擦力而造成的紊流
- 表層風場所造成的紊流
- 由於波和流在底層的交互作用加強底部摩擦而造成的紊流
- 季節循環造成溫度的不同產生的變化，包括斜溫層的升降
- 因河口淡水注入海水，在水層交界處引發剪應力造成的混合

5.1.2 水平擴散之計算

水平擴散係數則以通用的 Smagorinsky 參數化條件（1963），使用格點間隔大小設定，計算的方程式如下：

$\nu_H=C_{m0}\Delta x_1\Delta x_2 D_T$ ， $\lambda_H=C_{s0}\Delta x_1\Delta x_2 D_T$

其中在模式中 Cm0 及 Cs0 之數值係數預設為相等的值，

$D_T^2 = \left(\frac{\partial u}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x_2}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1}\right)^2$ ，Δx_1 及 Δx_2 為格點的間隔大小。

5.1.3 對流項的計算

對流項的計算會由於因為數值方法產生的誤差造成數值擴散，震盪，甚至有負值的產生，但是高階的數值方法又極為繁複耗時，所以 COHERENS 提供幾種常用的數值方法，提供使用者可以根據其應用的案例流場情況的需求，自行決定使用簡易的 Upwind scheme、Lax-Wendroff scheme，或複雜的 TVD superbee scheme 及 TVD monotonic scheme。 模式預設的數值方法為第三種，即 TVD superbee scheme，此法雖然仍有些微程度的數值擴散現象，但計算結果仍然比其他三種的數值方法準確。由於計算中變數可大可小，當變數極小時，數值方法而造成的擴散過大會使得計算的結果不能呈現出合理結果，尤其是鋒面的計算，所以對流項的計算正確與否，顯得特別重要。

5.1.4 邊界條件

1、表面邊界

水平流速的表面邊界為由風產生的剪力函數，表示如下：

$$\rho_0 \frac{\nu_T}{J}\left(\frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3}, \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3}\right) = \left(\tau_{s1}, \tau_{s2}\right) = \rho_a C_D^s \left(U_{10}^2 + V_{10}^2\right)^{1/2} \left(U_{10}, V_{10}\right) \qquad (5.1.17)$$

其中 U10 及 V10 為水表面上方 10 公尺的風速，ρa 為空氣密度。

2、底層邊界

底層邊界剪力同樣也是由水平流速所造成，表示如下：

$$\frac{\rho_0 \nu_T}{J}\left(\frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3}, \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3}\right) = \left(\tau_{b1}, \tau_{b2}\right) \qquad (5.1.18)$$

在模式中有三種計算方式可以選擇：

- 底層無剪力
- 二次方摩擦方程式
- 線性摩擦方程式

3、開放邊界條件與陸地邊界條件

模式使用矩形格點，分成東西南北四個邊界，邊界條件可以設定為開放的海洋、河川以及陸地邊界。邊界的輸入型式分則有以下數種：

- 無水流進入
- 使用調和分析之形式輸入水位
- 使用調和分析之形式輸入流速
- 同時使用調和分析之形式輸入流速及水位

4、表層曳引係數(Surface Drag coefficient)

由前面的表層邊界敘述可以知道表面剪力主要是受到風場的吹拂而產生，其中將風速轉換成剪力最重要的就是曳引係數（drag coefficient）C_D^s 的選擇以及風速的大小。一般來說風速皆是取海表面上方 10m 之風速，而 drag coefficient 則可由前人所推算出的經驗式得到。模式提供了五種 drag coefficient 讓使用者選擇：

- 固定常數 $C_D^s = 0.0013$ (可自行設定)
- Large and Pond（1981）

$$C_D^s = 0.0012 \quad |U_{10}| < 11 m/s$$

$$C_D^s = 10^{-3}\left(0.49 + 0.065|U_{10}|\right) \quad |U_{10}| \geq 11 m/s$$

- Smith and Banke（1975）

$$C_D^s = 10^{-3}\left(0.63 + 0.066|U_{10}|\right)$$

- Geernaert et al.（1986）

$$C_D^s = 10^{-3}\left(0.43 + 0.097|U_{10}|\right)$$

- Charnock（1955）

$$\ln\left(\frac{z_a g}{a|U_{10}|^2}\right) - \ln C_D^s = \frac{\kappa}{\left(C_D^s\right)^{1/2}}$$

其中 za = 10 m，a = 0.014（Charnock's constant）

5、氣象參數

氣象參數包含表面風速、大氣溫度、大氣壓力、雲量遮蓋率、相對濕度、水氣蒸發量、太陽幅射能及水體能量消失等因子，表 2-1。模式中，氣象所造成之變化影響著水溫、生化反應（例如光合作用）、空氣與水表面間交換（例如氧氣交換）等變化。其中水氣蒸發量（E_{vap}）、太陽幅射能（Q_{SOL}）及水體能量散失（Q_{nsol}），由模擬時間、地點及氣候因素輸入方程式計算得知，其餘參數可由模擬地點當地資料提供。

$$E_{vap} = Q_{la} / L_V \qquad (5.1.19)$$

其中 Q_{la} 為潛熱（latent heat flux）散失，

$L_V = 2.5008 \times 10^6 - 2300.T_S$ 為水氣蒸發所散失之能量（J kg-1），

T_S 為水表面之水溫（℃）。

$$Q_{SOL} = Q_{CS}(1 - 0.62 f_C + 0.0019\gamma_{\theta,\max})(1 - A_S) \qquad (5.1.20)$$

$$Q_{nsol} = Q_{la} + Q_{se} + Q_{lw} \qquad (5.1.21)$$

Q_{CS} 為晴朗天氣下之總幅射能，f_C 為雲量遮蓋率（0~1），$\gamma_{\theta,\max}$ 為太陽在中午時之高角度，A_S 為水表面之反射率，一般海表面為 0.06。

5.1.5 其他特色

為了加快計算的進行，COHERENS 使用 Mode Splitting 方法。由於密度所造成內部重力波的傳遞並不像表面重力波那麼明顯，將受重力波速度限制的水深平均正壓模組（主要為水位變化）與受斜壓主導（主要為溫度、鹽度等之變化）的垂直循環分開計算。如此，雖然正壓模式因時間步長必須滿足數值穩定條件的限制，但是僅需計算一層，所以可使計算速度加快；每隔一段時間後，再以正壓模組計算之水位代入斜壓模組計算其垂直流場的變化。溫度及鹽度的傳輸模式亦同時以更新的垂直流場重新計算其溫、鹽場的分佈狀況。

整體說來，COHERENS 中的水動力模組包含了以下數個特色：

1. 採用 Mode-splitting 的方法計算動量及連續方程式，加快計算

的時間。

2. 溫度場及鹽度場的模擬。
3. 包含了光照的影響，表層水體因光照而產生的溫度變化可加入模式中。
4. 在動量及紊流方程式中密度的影響藉由 equation of state 來計算。
5. 紊流的影響藉由數種不同的演算方法而獲得。
6. 包括了表面風場的影響。
7. 包含波流交互作用所造成底部剪應力的加強所造成的影響。
8. 利用不同的演算法來避免計算對流項時所造成的數值擴散。

表 5.1.1 即為 COHERENS 使用之參數，圖 5.1.3 為台灣地區河川流量資料庫網站，其河川流量資料，可作為河口地區溫鹽擴散模式的河川流量輸入參考值。



圖 5.1.3 台灣地區河川流量資料庫截圖
（台灣地區河川流量資料庫網站）

表 5.1.1 COHERENS 中使用之參數

ν_T ， λ_T	垂直渦流（eddy）黏滯係數及擴散係數
ν_H	動量方程式之水平擴散係數
λ_H	溫鹽水平擴散係數
ρ	水體密度（kg/m^3）
ρ_0	reference density（$kg\ m^{-3}$）
f	科氏力
g	重力加速度（m/s^2）
u，v，w	x、y 及 z 方向流速（m/s）
x_1 ， x_2 ， x_3	代表 X、Y、Z 方向
h	水深（m）
ζ	水位變化（m）
H	$h+\zeta$
t	時間
p_a	大氣壓力（N/m^2）
C_D^s	拖曳係數
ρ_a	空氣密度（kg/m^3）
U_{10}, V_{10}	x 及 y 方向風速（m/s）
Q_{SOL}	太陽幅射能（Wm^{-2}）
Q_{nsol}	水體能量散失（Wm^{-2}）
Q_{la}	潛熱散失
Q_{se}	水表面之熱交換
Q_{lw}	長波幅射散失
I	日照強度

5.2 台灣海域及近岸洩油軌跡預測模式

台灣四面環海，東臨太平洋，北接東海，西邊及南邊分別又有台灣海峽及巴士海峽，海岸線長約一千四百多公里， 海域面積遼闊，為世界三大大陸棚之一；台灣海峽及台灣東岸太平洋沿岸早就是貨物運往大陸沿岸及日、韓等國必經的海域，海運交通相當頻繁。因此對海洋污染防治的工作，尤以意外洩油的處理，更需及早研擬有效的因應對策。

民國九十年一月十四日在墾丁龍坑附近海域所發生的「阿瑪斯號洩油污染事件」，政府相關部門無法有效的啟動緊急應變與防災除污的機制，造成繼二十四年前基隆外海所發生的「布拉格號油輪洩油污染事件」之後，較為嚴重的海洋洩油污染事件。所以全盤了解洩油的傳輸過程與其宿命，及洩油事故發生後，即時預測油團漂移的路徑，提供緊急應變機制做出即時處置之決策，並可提供資訊作為油污清除與環境復育的參考資料。

為有效防治或防範油污外洩對海洋環境所造成的衝擊，除了減少意外事故的發生以及事後除油技術的處理外，預測油污漂浮擴散的數值模式亦是一項很重要的工具。所以，利用數值模式預測洩油發生後可能的傳輸移動方式與擴散範圍，不僅能提供相關處理單位做有效的決策分析，亦可作為在海岸或海事工程開發及管理風險評估的工具。

本計畫擬發展應用於海洋環境的洩油模式，並將洩油軌跡受潮汐、風場的作用及洩油傳輸機制納入本模式中，並引用 TaiCOMS 預報潮流資料做為流場的基本資料。所以，在本計畫的內容可分成兩部份：第一是數值模式建立的部分，主要是討論水理模式與組群式流線追蹤理論、油團質量變化機制的數值計算步驟；第二是與作業化模式結合的部分。

5.2.1 洩油軌跡預測數值模式建立

洩油的移動主要是受到油團與空氣接觸部分的表面及與水面接觸部分的底層之平移外力（含風及海流）所影響；而其他如重力造成的擴散、黏滯力及表面張力等所形成的各種變化過程，亦可使油污本

身的質量、物理與化學性質產生複雜的變化。雖然文獻上有學者嘗試以非常精密的分析方法應用在油團的移動過程中（Foda and Cox，1980），但是這類複雜的數學處理及計算是一種理想的模式，並不適用在處理實際發生的問題上。因此本計畫擬引用「組群式流線軌跡追蹤」理論 （Lagrangian Discrete Parcel）來模擬意外洩油造成的油團移動過程。

這個理論是假設洩油發生後在海面產生的油污團可由一組大量的小油團所組成。但每一個小油團皆具備獨立移動的能力，所以他們都能單獨被所在的潮流、風場所帶動，他們的移動也會因鄰近油污濃度的不同而改變。所以，當這群小油團釋放在海面上以後，每一個小油團的移動路徑及質量變化都可利用模式加以追蹤並記錄他們在時間與空間的相對位置；洩油的濃度分佈亦可根據這些小油團在空間固定網格上的分佈情形，重新計算每一單位時間的擴散情形。雖然每個小油團均可自由移動，但是每個小油團代表在當時油污濃度的空間分佈情形，所以他們的移動必須是同時追蹤。

由於洩油擴散過程中許多複雜的機制受到海象與地理環境的影響，海象模擬的精確度就直接影響洩油模式的準確度。為建立一適用於台灣海域的洩油模式，本計畫引用 TaiCOMS 所發展的數值預報作業化程式，作為整個水理模式的基礎。

5.2.2 油團擴散傳輸機制 —「組群式流線軌跡追蹤」理論

「組群式流線軌跡追蹤」理論（Lagrangian Discrete Parcel Algorithm）應用在洩油模擬上是假設洩漏在海上的油團可由一組質量相同、平均分佈的小油團所組成，這群小油團在洩入海中的速率及流量與洩漏的流量成相關比例，每個洩入海上的小油團將受到海水表面流速的驅動而漂移，這個表面移動速度可以下式表示：

其中 vt 即是小油團的表面移動速度，v 是海面的平均流速

$$v_t = v + v'$$

v'是受紊流干擾而變化的流速分量，海面的平均流速是由風場及潮汐運動影響的組合。

在每個計算的單位時間Δt 利用表面速度追蹤各小油團在這段時間內的位移，如果流速資料的時間步長過大，為求精確追蹤每一小時油團正確的軌跡，追蹤計算的時間間隔就必須縮小為δt，因此每個油團在單位時間的位移則可以下式表達：

Vtk 代表各個小油團於 δtk 時段內在海面上的漂移速度，Δs 是Δt 時間內的位移，δtk 必須滿足以下的條件 (Roache, 1972; Cheng et al., 1984)

$$\Delta S = \sum^{k} v_{t,k}\delta t_k$$

$$\Delta t = \sum^{k} \delta t_k$$

uk 及 vk 是小油團在海面漂移速度在東西向及南北向的分量，這種方法非常類似 Oman and Sydor (1981)用於追蹤濁度的流線記錄法或是 Cheng et al (1984) 用於水質模式的 Eulerian-Lagrangian method。

5.2.3 油團變化機制 － 油團延散理論

在洩油發生後的第一時刻，最重要的過程就是油團的延散機制，因為延散的過程會影響油團在海面散佈的面積，也同時因為散佈面積的大小而影響到後來的一些油團風化作用的機制及結果，例如洩漏油團的揮發量。延散的過程除了由表面流場造程的水平對流與紊流擴散的水動力機制外，海面油團的延散亦受到油團本身的重力及黏滯性、海水表面及油團的表面間表面張力的平衡作用控制。風化作用也會相對的影響到油團的延散過程，因為大多數的過程都會改變油團的特性，不論是物理特性或是化學特性的變化都會影響到海面油團的總量。

延散理論是由一個固定體積的單一油團推導並引用理想化的海面條件，基本考慮是任一時刻的初期延散機制是受到油團重力與表面張力的作用，並與浮力及黏滯力相互平衡。因此可將油團延散的過程分為三個階段，這三個階段的延散過程對一個圓形輻射狀洩油過程的油團延散半徑可以下列三個方程式來描述：

- 洩油的瞬間是由內力及重力主導

$R = 1.14 (g V t^2 \Delta)^{1/4}$

- 接著是受到重力與黏滯力控制

$R = 0.98 (g V^2 t^{3/2} \nu^{-1/2} \Delta)^{1/6}$

- 最後才是黏滯力與表面張力的平衡。

$R = 1.60 (\sigma^2 t^3 \rho_w^{-1/2} \nu^{-1})^{1/4}$

這些公式中：

$\Delta = (\rho_w - \rho_o) / \rho_o$

ν ：水的黏滯係數

σ ：表面張力

因此，延散速率亦可由上三式的時間導數來取得，是中油團體積的變化是受到風化作用與其他洩油過程可能造程的體積變化。延散作用下油團在海面上的最後覆蓋面積 A 可以下式表示：

$A_f = 10^5 V^{3/4}$

這只是一個通常使用經驗公式，基本假設是最後覆蓋的油團厚度

$h=10^{-5} V^{1/4}$ m

或是當油團延散面積的半徑可由現場觀測回報，亦可以下列公式轉換為油團的厚度：

$h = V / (\pi R^2)$

5.2.4 油團變化機制 － 油團風化作用

洩油模式的操作必須是在事故發生時，能夠在第一時間取得所需的即時資料，面油品特性的資料庫必須蒐集完備，可隨時提供模式所需之油品特性；另一方面在洩油模式的計算中，複雜又耗時的油品分析程序對計算的效率並無助益，因此，洩油模式通常會專注考量於某些在短時間內即可造成油品質量變化的過程，應是較為有效可行的方式。這些過程包含油品與自然環境接觸後的物理或化學變化機制，亦包含事故發生後的應變措施所造程的油品質量改變，通常必須考量的過程有：

- 揮發
- 海氣交互作用

- 乳化過程
- 垂直擴散
- 溶解作用
- 應變措施－又涵蓋了人工或機械回收，及表面除油。表面除油的方法通常是噴灑分散除油劑以改變油團的比重、表面張力與黏滯性。
- 自然環境－通常考慮風及波浪在除油過程中的助益，例如風可以加速揮發作用與海氣交換的過程，波浪產生的紊流可以加速分散除油的效果亦可增加乳化作用的進行，增進垂直擴散，本計畫亦對對噴撒除油劑在波浪作用下的過程以實驗呈現。

油團的質量變化在模式的計算步驟與油團的漂移分成兩個部分，先計算漂移的位置再計算油團在這段時空中的變化，計算的過程可以流程圖 5.2.1 表示。

風化作用之機制計算公式如下：

1. 揮發作用（evaporation）

$$F_{11} = \frac{p}{4} k_{ev} 2^{2-b} u_a C_{11} R^{2-b} k_v / 60$$

$$F_{21} = 0$$

其中：$kev = 1.2 \times 10^{8}$

$kv = PM$　　（P ：蒸氣壓，M ：分子量）

$\beta = n/(2+n)$　（n ：紊流係數，$n = 0.25$）

$C_{11} = 0.02$　　（dumping factor）

$$Ve = F_{11} + F_{21} = F_{11}\ [m^3/s]$$

2. 海氣交換作用（Spray）

$$F_{12} = C_{12} V_{r1} H$$

$$F_{22} = C_{12} V_{r2} H$$

其中：$C_{12} = 10^{-8}\left[1/m.s\right]$

H ：波高

3. 垂直擴散（vertical dispersion）

$$F_{13} = C_{13} V_{r1} H + C_{x3} \frac{V_{r1}}{V_r}$$

$$F_{23} = C_{13} V_{r2} H + C_{x3} \frac{V_{r2}}{V_r}$$

$$V = V_{r1} + V_{r2}$$

$$V_d = F_{13} + F_{23} = C_{12} V H + C_{x3}$$

其中 $C_{13} = 3 \times 10^{-6} [m^{-1} s^{-1}]$

C_{x3} = oil removed by dispersant

4. 溶解作用（dissolution）

$$F_{14} = C_{14} V_{r1}$$

$$F_{24} = C_{14} V_{r2}$$

$$V_s = F_{14} + F_{24} = C_{14} V_r$$

其中 $C_{14} = 4 \times 10^{-10} [s^{-1}]$

5. 回收

$$F_{15} = C_{x5} \frac{V_{r1}}{V_t} \quad , \quad F_{25} = C_{x5} \frac{V_{r2}}{V_t}$$

$$F_{17} = C_{x5} \frac{V_{em1}}{V_t} \quad , \quad F_{27} = C_{x5} \frac{V_{em2}}{V_t}$$

$$V_t = V_{r1} + V_{r2} + V_{em1} + V_{em2}$$

$$Vm = F_{15} + F_{25} + F_{17} + F_{27}$$

$$= C_{x5} \ [m^3 s^{-1}]$$

6. 乳化作用

$$F_{16} = V_{r1} \frac{k_{em}}{C_{16}} H$$

$$F_{26} = V_{r2} \frac{k_{em}}{C_{16}} H$$

其中 $C_{16} = 5 \times 10^{7} \left[m \cdot s \right]$

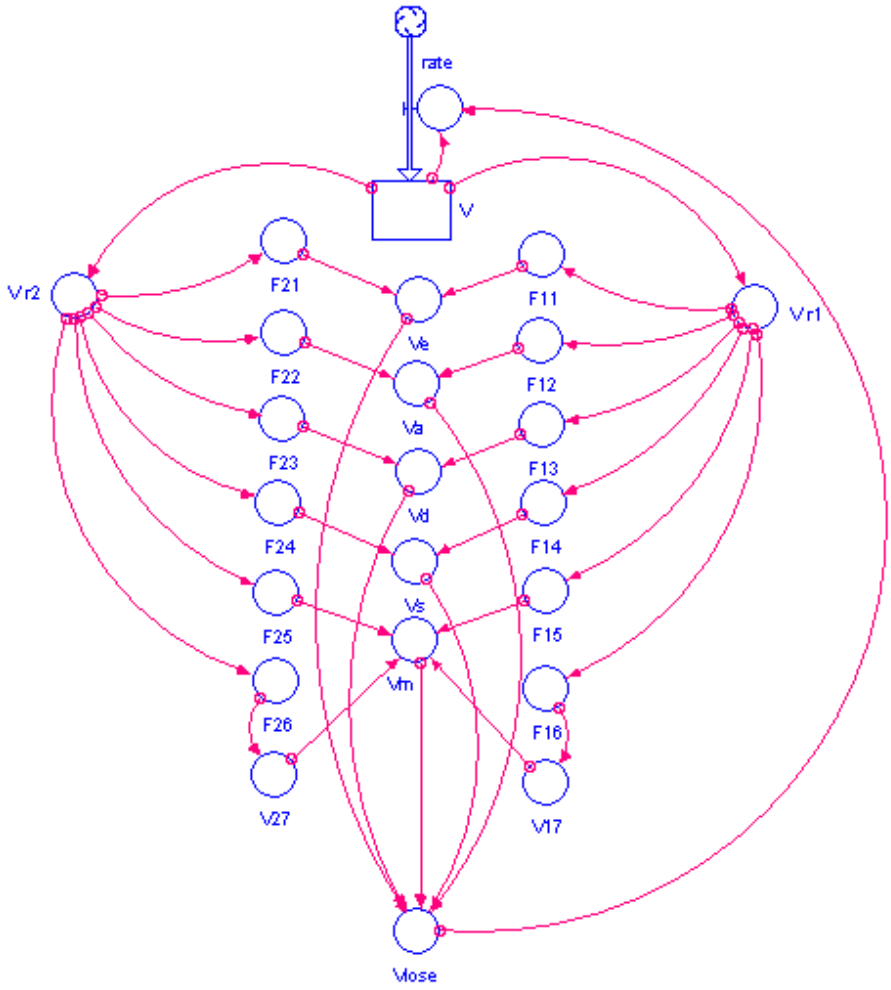


圖 5.2.1 油污擴散計算流程圖

圖中 V ：油團體積

V_1 ：油團體積中可揮發部分的量

V_2 ：油團體積中不可揮發部分的量

V_e ：揮發之油團體積（F11，F12）

V_a ：因海氣交換作用減少的量（F12，F22）

V_d ：因垂直擴散減少的量（F13，F23）

V_s ：溶解於水中的量（F14，F24）

V_m ：總回收（人工或機械）的量

V_{em} ：油團發生乳化作用之體積（F16，F26）

F15，F25：回收之油團體積

F17，F27：油團發生乳化作用後回收之體積

V_{lose}：油團體積的總損失量

rate ：油團體積變化率

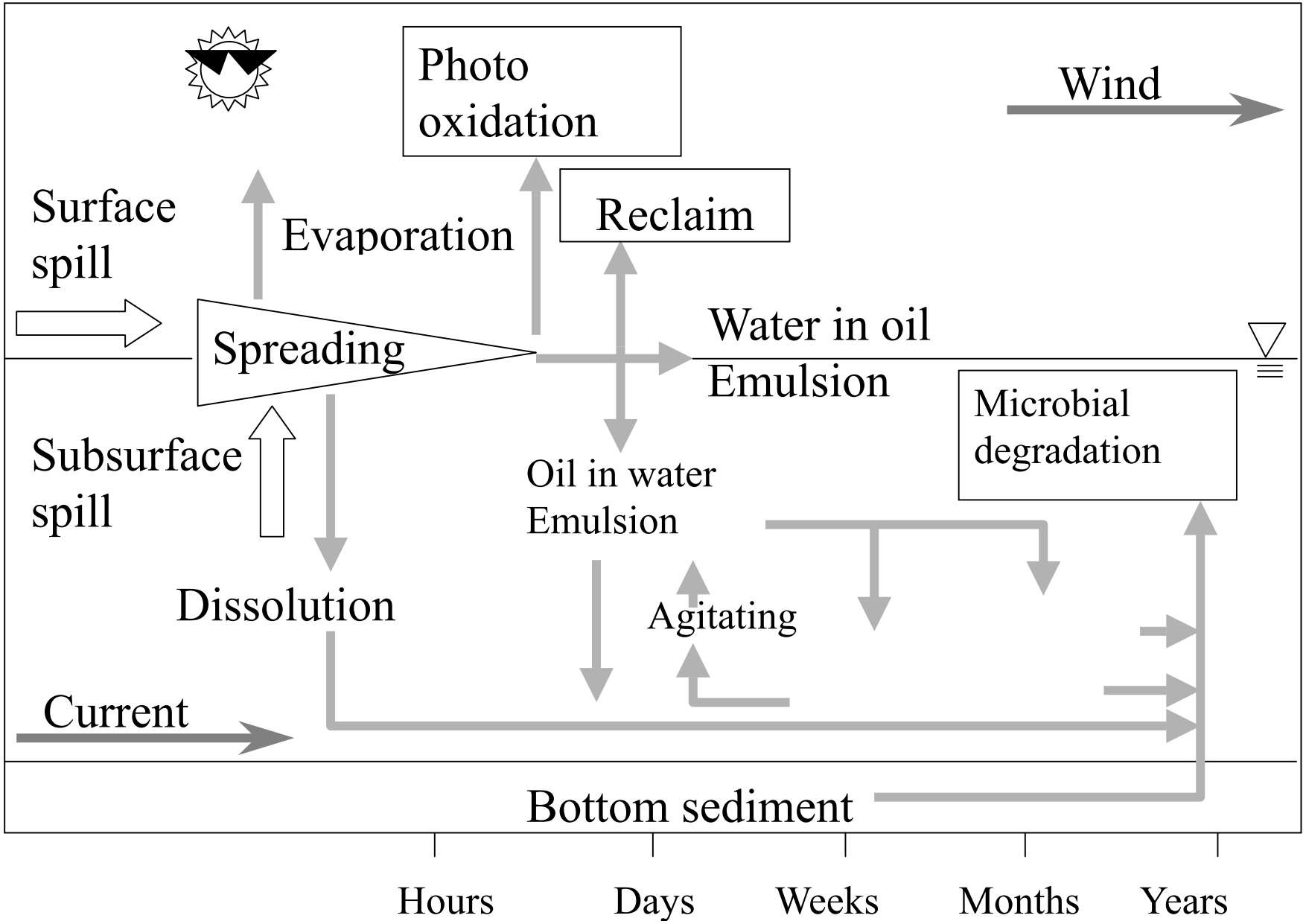

Photo
oxidation
Wind
Surface
spill
Evaporation
Reclaim
Spreading
Water in oil
Emulsion
Subsurface
spill
Oil in water
Emulsion
Microbial
degradation
Dissolution
Agitating
Current
Bottom sediment
Hours
Days
Weeks
Months
Years

圖 5.2.2 油團變化情形

5.2.5 MEDSLIK 的基本原理：

本計畫使用 MEDSLIK 作為今年度洩油軌跡模擬的模式。MEDSLIK 是在 1998 年由賽普勒斯大學海洋研究中心（Lardner et al. 1998）接受歐盟計劃「Life Project」所研發出來的，目的在於處裡和報告地中海東岸大量的油污染事件。而近幾年來，MEDSLIK 已經成功的應用在阿拉伯海灣、紅海和亞得里亞海。它是一個公共事業可以免費從網路上下載提供各國家的研究機構和和學術機構使用來模擬近岸沿海油污染事件。MEDSLIK 是以早期的 OILPOL model 作為基礎，它是個 3D 洩油模式，用來模擬油的傳輸、宿命和風化過程，且結合了許多的海洋預報系統(例如：CYCOFS、MFS-OPA、ROSARIO）和 SKIRON 的天氣預報系統，也結合了在在地中海常出現油品的資料庫（From REMPEC），油品資料多達 220 種以上。它是一個視窗軟體，這軟體包含三個部份：關於溢出和環境狀況的數據填寫在圖表的輸入畫面，在執行程式時將以 DOS 介面顯示，最後再輸出圖表形式的模擬圖示，如此會讓一般人對於洩油過程一目了然。.當然它也有簡易 GIS 的功能用來接收沿海和公海的訊息。

MEDSLIK 是集合洩油的各種機制。油剛開始溢出就會進行擴展（spreading）、蒸發（evaporation）、延散（Dispersion），幾天後皆會有風化（weathering）、乳化（emulsify）現象發生。在這期間油因為蒸發消失了一小部分，其餘的部分開始與海水結合或是乳化（emulsify），這些過程反應在密度和黏度的變化。因為一直都會受到流和風的作用，有部分油將會開始飄移至海岸，而海岸的吸收率被海岸線的種類所影響，而這軟體也在海岸線的類型上有所表現。這軟體對油粒子的追蹤，是在 Monte Carlo 模型中採用 Lagrangian 軌跡追蹤法，這是指油團洩漏至海面完成初步分散的過程後以一組的小油團代表整片油團的位置及特性，若是連續洩油可以由多組的小油團作為追蹤，如此可以明白了解油粒子擴散漂移的路徑。

MEDSLIK 是一個可以在網路上直接下載的免費軟體，它也對於其他使用者不設權限的使用各自所希望的地圖上，並且也在地中海附近區域已經成功的模擬許多的洩油污染事件，因此本計畫試著將這套

軟體套用在台灣附近海域，輸入台灣附近海域的水流、風場和地形，來更能確實模擬出油的傳輸、命運(黏度和密度的改變)和風化過程，來更快讓洩油所造成的汙染減至最低，以保護我們海域、海岸資源。地圖將包含台灣本島、離島和大陸沿岸，範圍設定在經度 118～123 度、緯度 21～26 度，格點將採用 1 分，如圖 5.2.3。這套軟體可讓使用者自行建立的資料包含：海岸線、地形、四季不同水深的水流速度、風速、海岸線類型、海平面溫度等。

目前 MEDSLIK 已更新至 5.1 版，又多增加了許多重要且值的注意洩油現象，其中就是油污上岸之後隨風場和流場的轉變而再度重回海中和油團移動軌跡的模擬，並 5.1 版已經解決在經度只能讀兩位數的問題。

以下是介紹 MEDSLIK5.1 版的功能及應用設計台中港外海油污染事件：

- MEDSLIK 5.1 版功能介紹
  1. MEDSLIK5.1 版的開始介面，其中較為不同的是在左下角會顯示出你所設計的地圖（見圖 5.2.2）

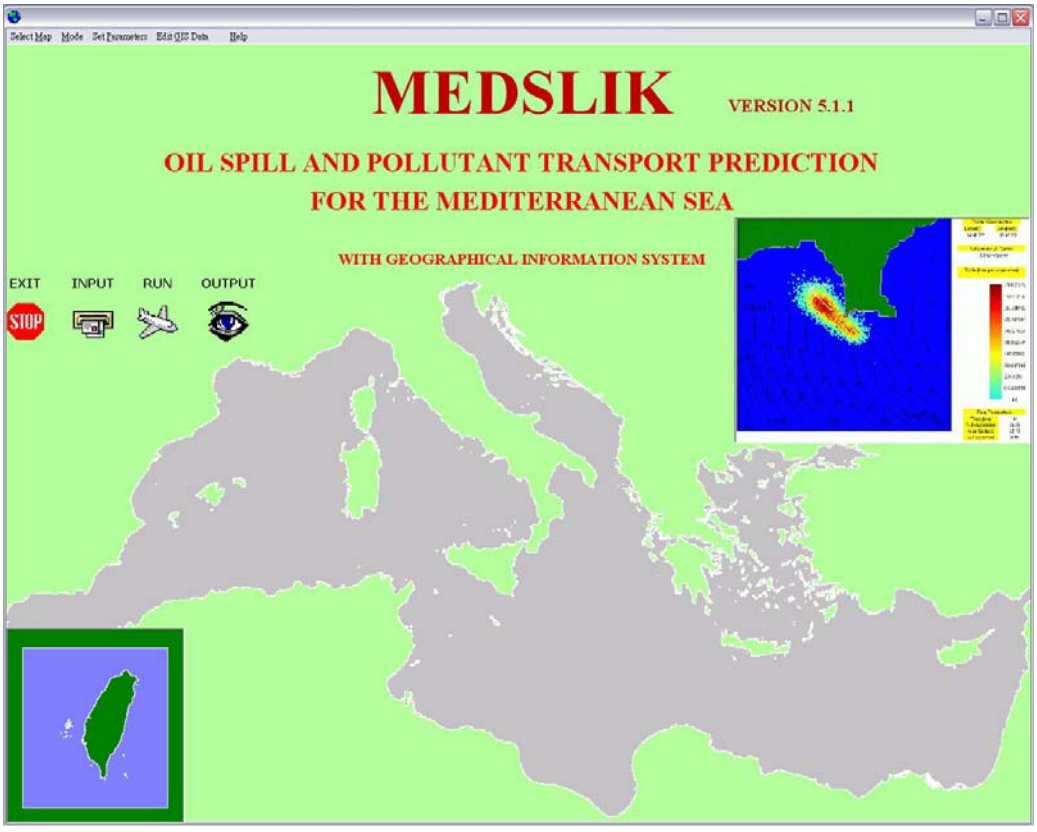


圖 5.2.3 MEDSLIK 5.1 版介面

2. 一些機制參數的修改(見圖 5.2.4),其中包含有蒸發、乳化、延展、擴散、海岸衝擊等模式的參數(見圖 5.2.5、圖 5.2.6)

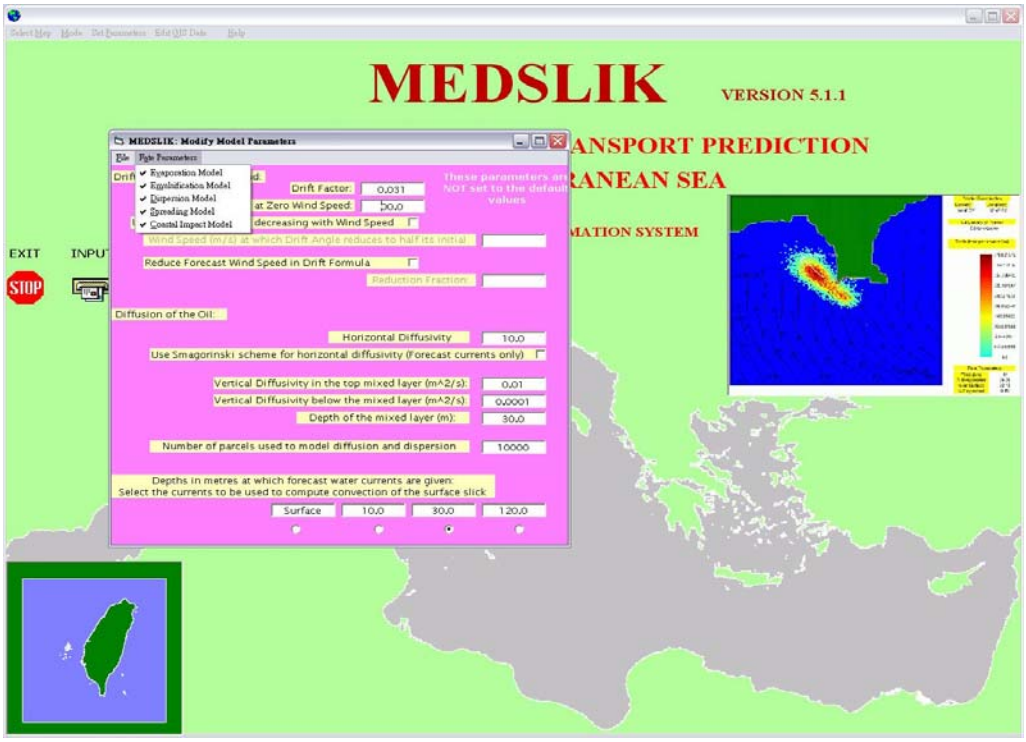


圖 5.2.4 洩油各種機制參數:包括蒸發、乳化、延展、擴散、海岸衝擊

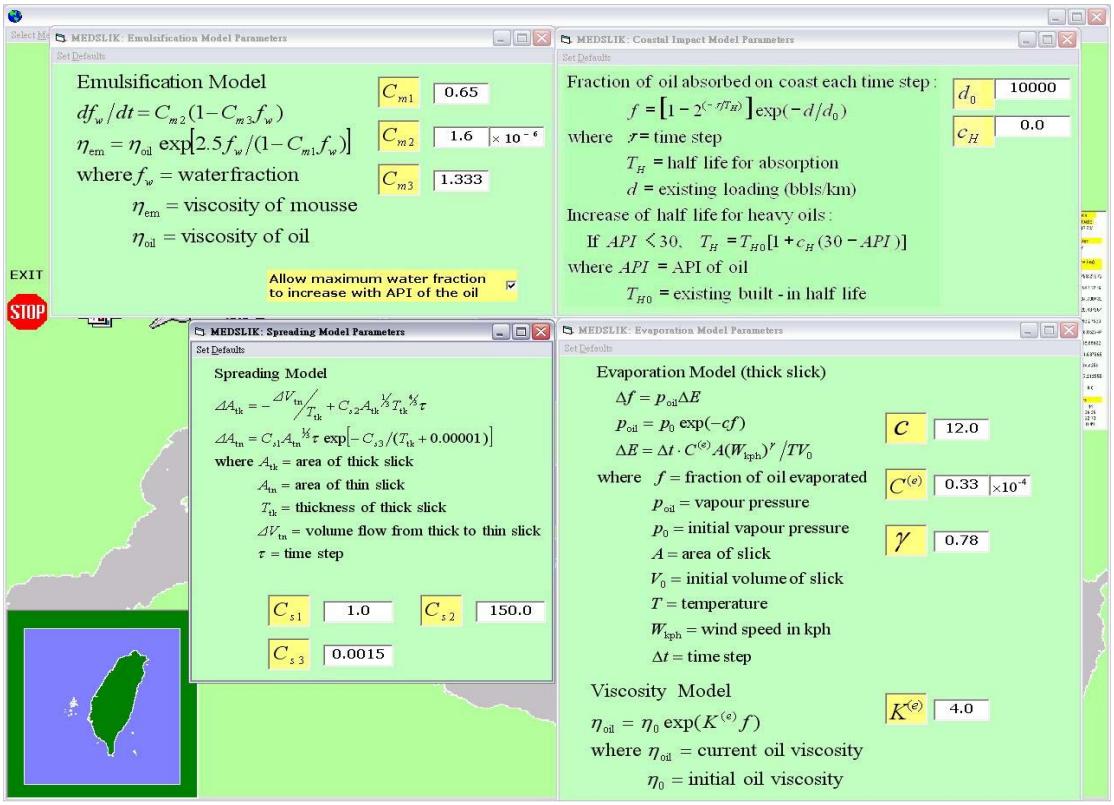


圖 5.2.5 洩油機制參數修改

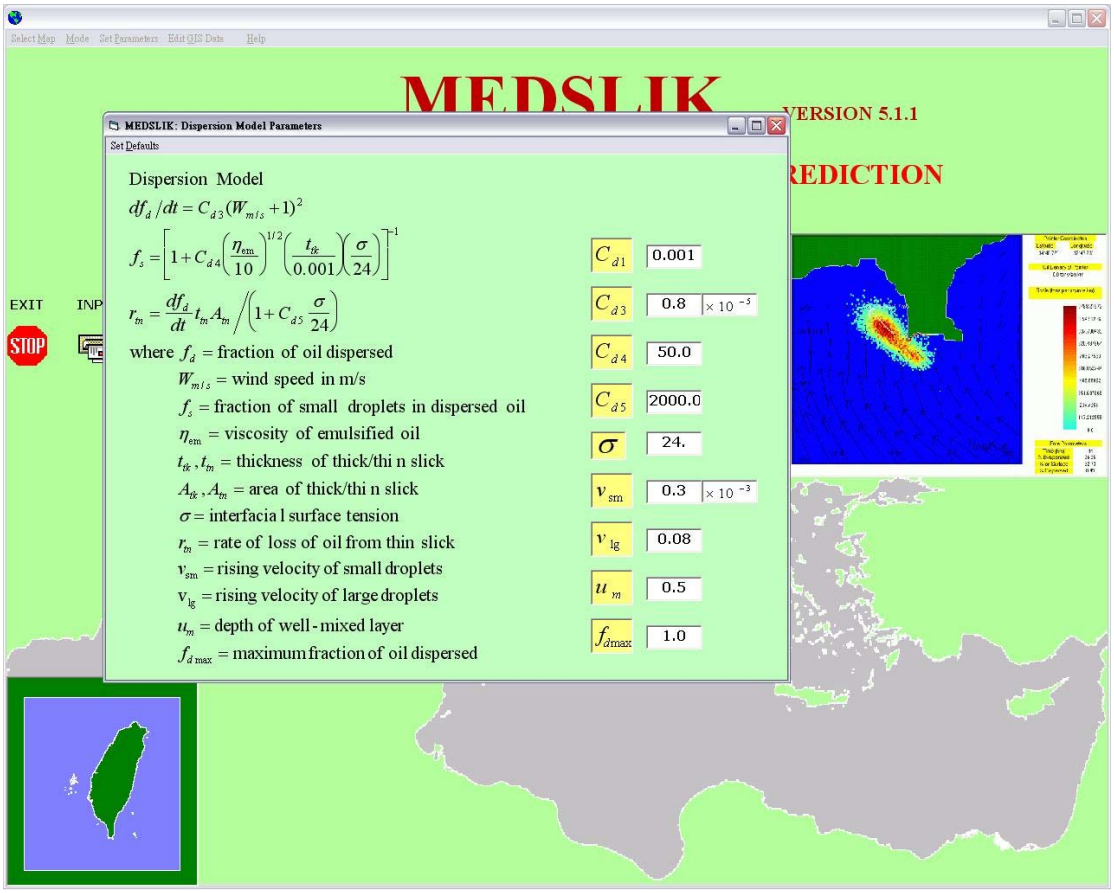


圖 5.2.6 洩油機制參數修改

3. 可以表現每個油團在所模擬時間油團所跑的軌跡（見圖 5.2.7）

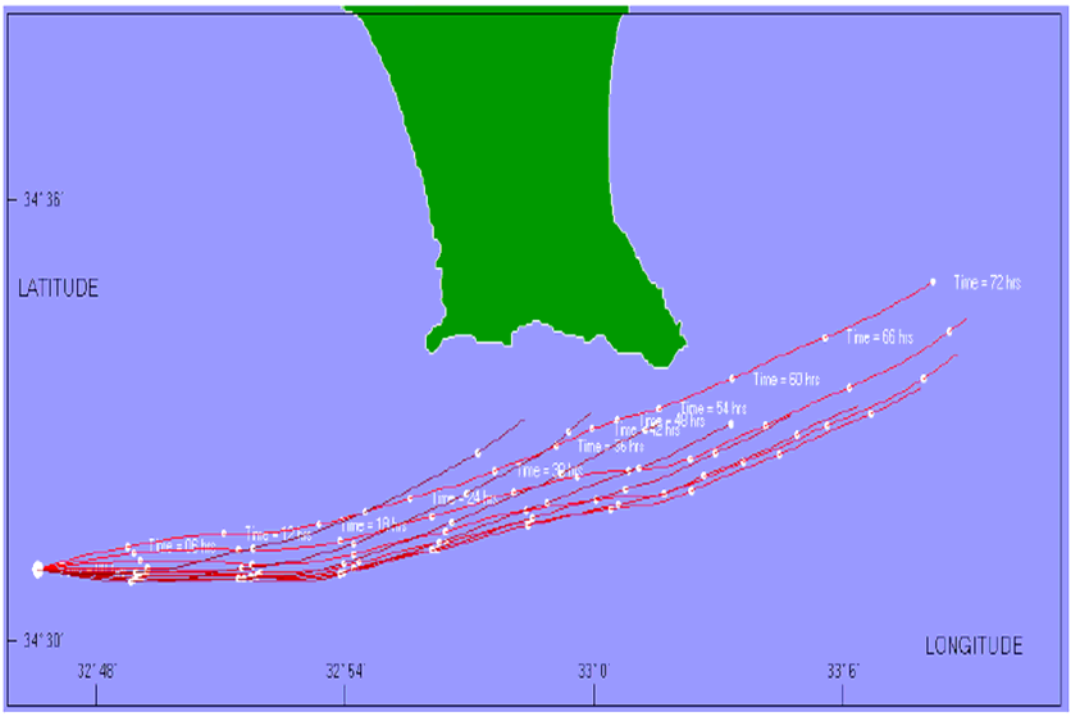


圖 5.2.7 油團隨時間變化的移動軌跡

- 以下是以 MEDSLIK5.1 版設計發生在台中港外海的油污染事件:

1. 在 2006/12/12 中午 12 點，在台中港外海發生義大利籍油輪洩油事件，位置在經度：120 度 26 分、緯度：24 度 14 分。洩油以每天 500 tons，其中油品是阿拉伯重油，持續洩漏 12 小時，我們模擬 24 小時來瞭解洩油的傳輸過程及其宿命，以及洩油事故發生後，及時預測油團飄移路徑，提供緊急應變單位資訊以便做出處置措施之抉擇。(見圖 5.2.8)

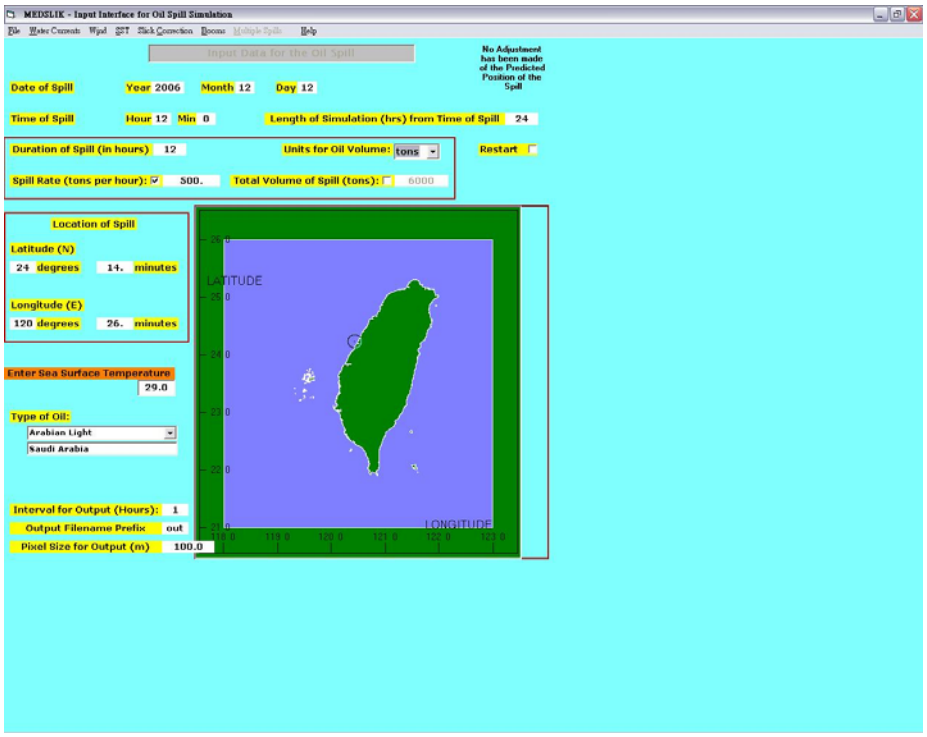


圖 5.2.8 MEDSLIK 的輸入介面

2. 流場和風場除了每天一筆、12 小時一筆的資料外，在 MEDSLIK5.1 版加入了每六小時輸出一筆的格式。在流場呈現方面有五種方式，依順序是：每天的預報、六小時的預報、氣象學、空間固定和空間改變（見圖 5.2.9）。在這例子裡面是流場以每 12 小時空間固定隨逆時鐘方向改變（見圖 5.2.10）。在風場方面也有五種形式呈現：1 小時 SKIRON 風場預報、3 小時 SKIRON 風場預報、由流場資料得來的風場、Cimatological Wind、自訂風場（見圖 5.2.11）。在這是以流場在 24 小時皆固定（見圖 5.2.12）。

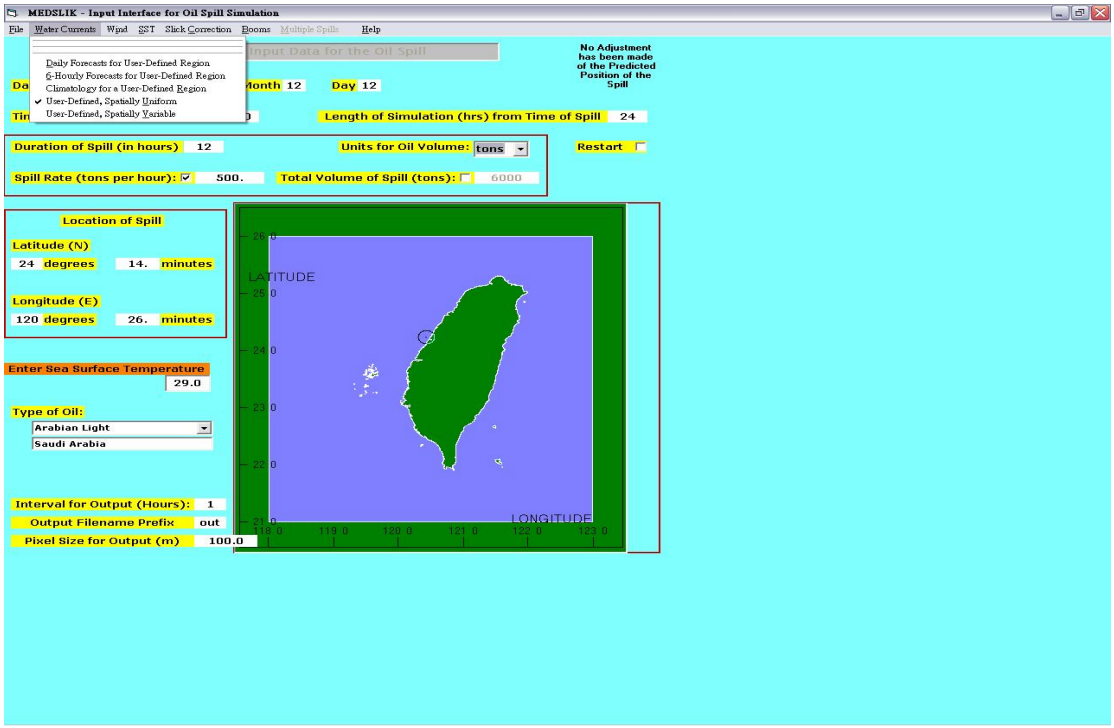


圖 5.2.9 在輸入介面的流場選項

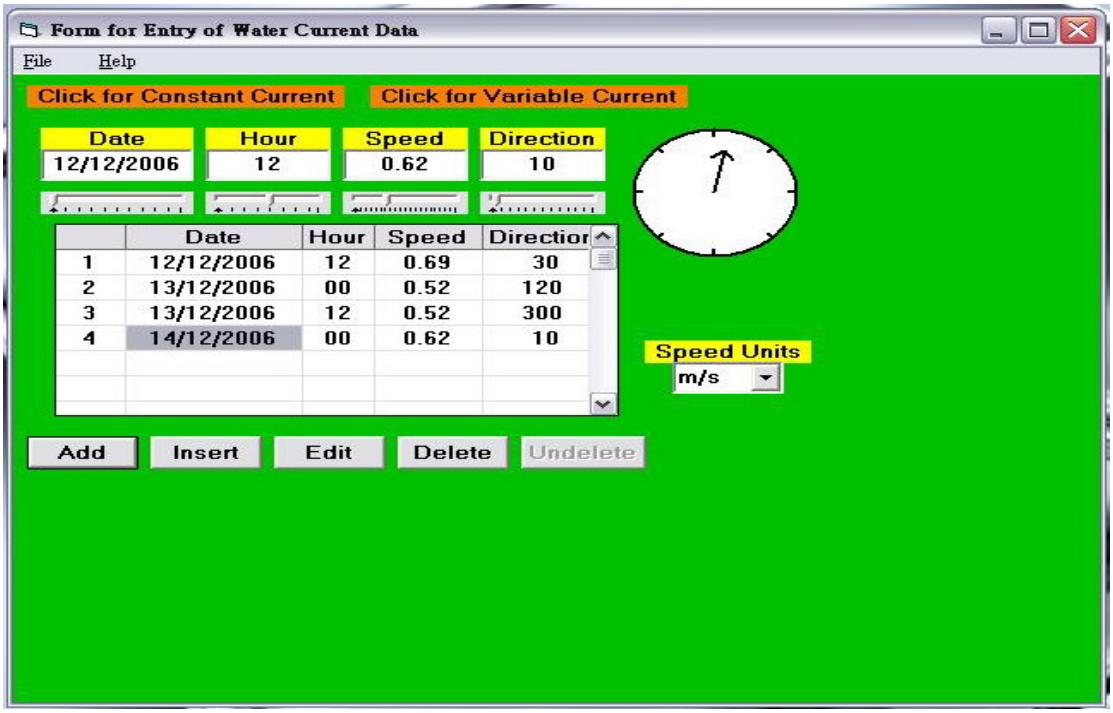


圖 5.2.10 例子所採用的空間固定流場每 12 小時逆時鐘改變

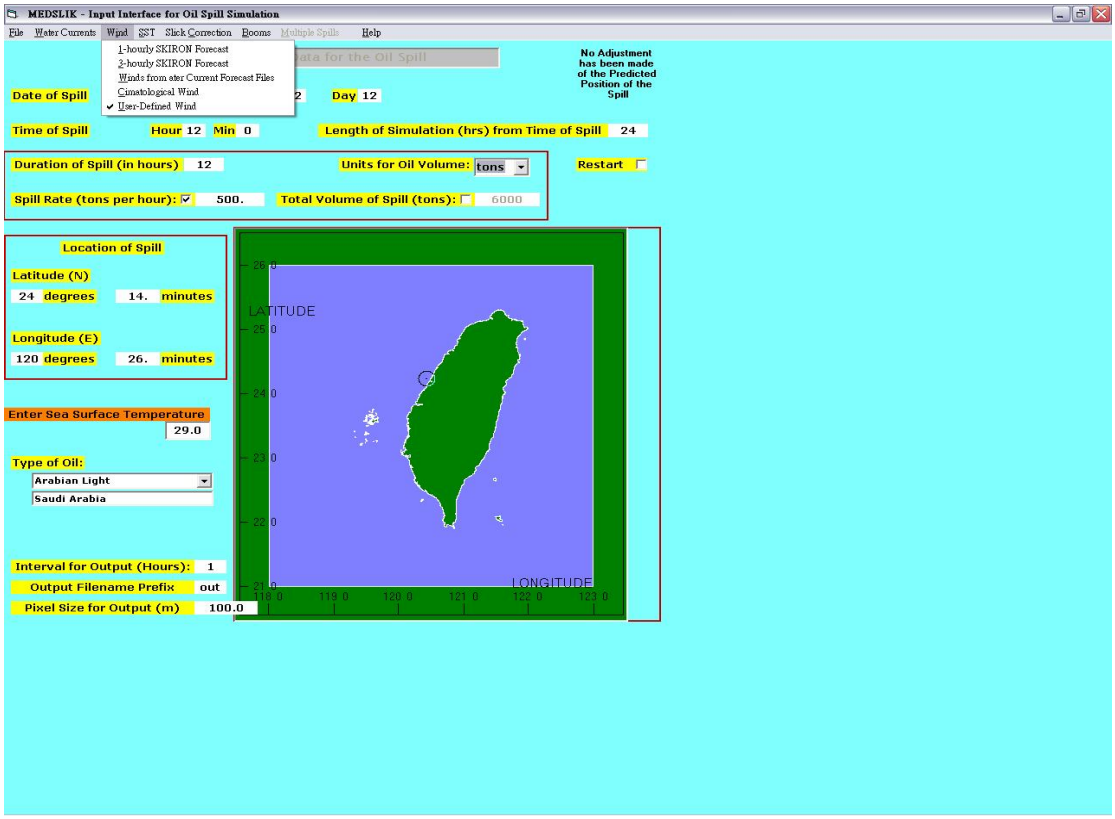


圖 5.2.11 在輸入介面的風場選項

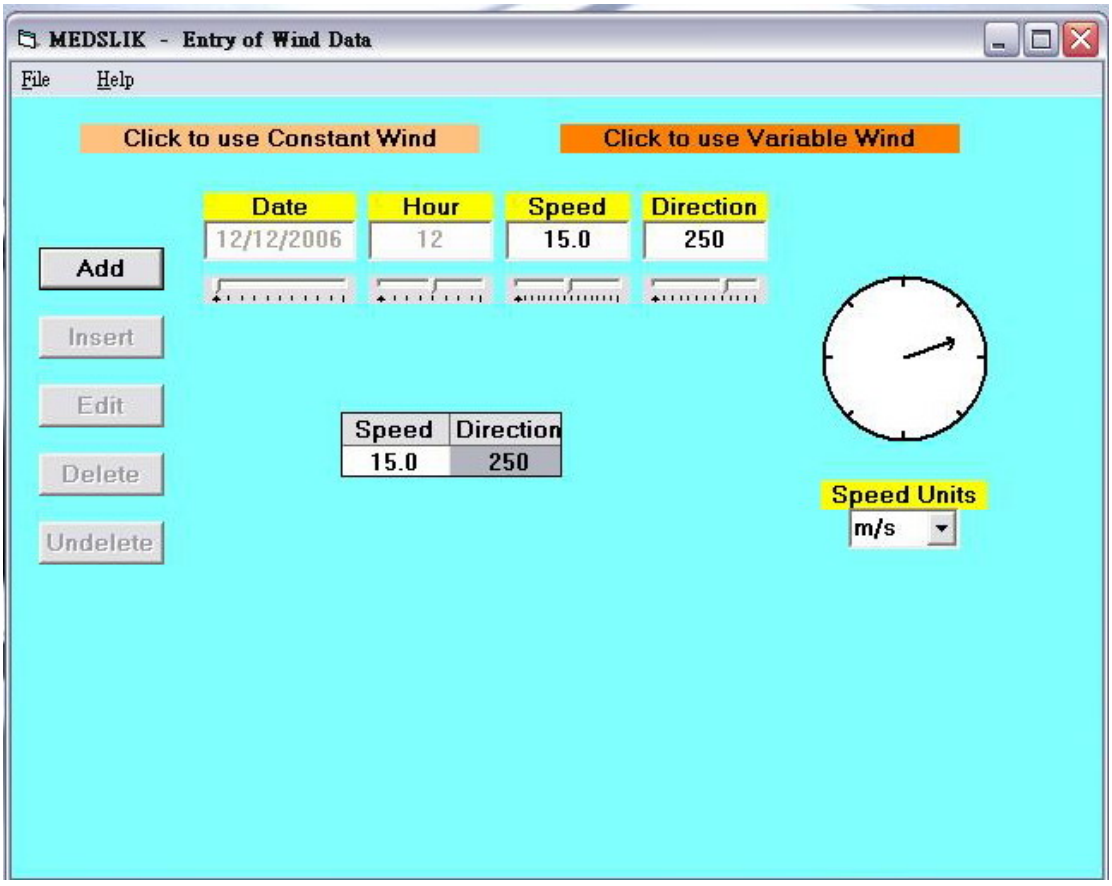


圖 5.2.12 例子所使用的自訂風場

3. 在輸出方面洩油行為有三種方式呈現：水表面、被驅散、上岸的油。下面將秀出在海面上的洩油從 2006/12/12　PM 12.00 開始釋放（見圖 5.2.13）、油在 2006/12/12　PM 04：00 開始上岸（見圖 5.2.14）、上岸浮油在 2006/12/13　PM 08：00 因為風場和流場方向改變（見圖 5.2.15）而重新回到海面上的機制也包含於其中（見圖 5.2.16）

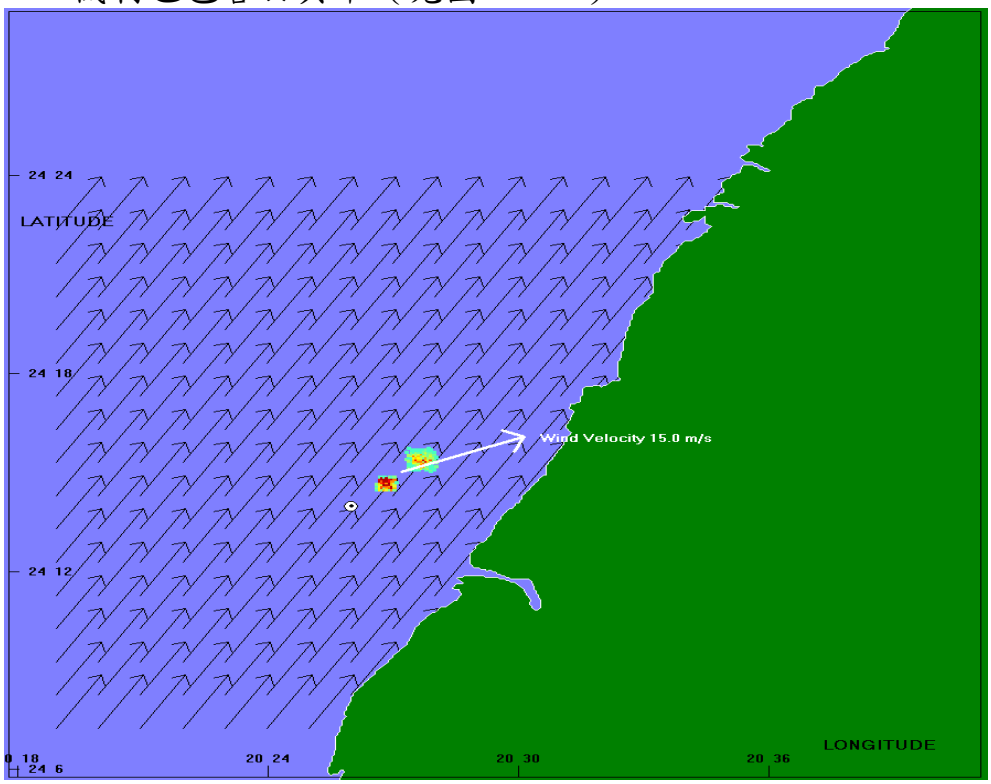


圖 5.2.13 模擬洩油在第一個小時的情況

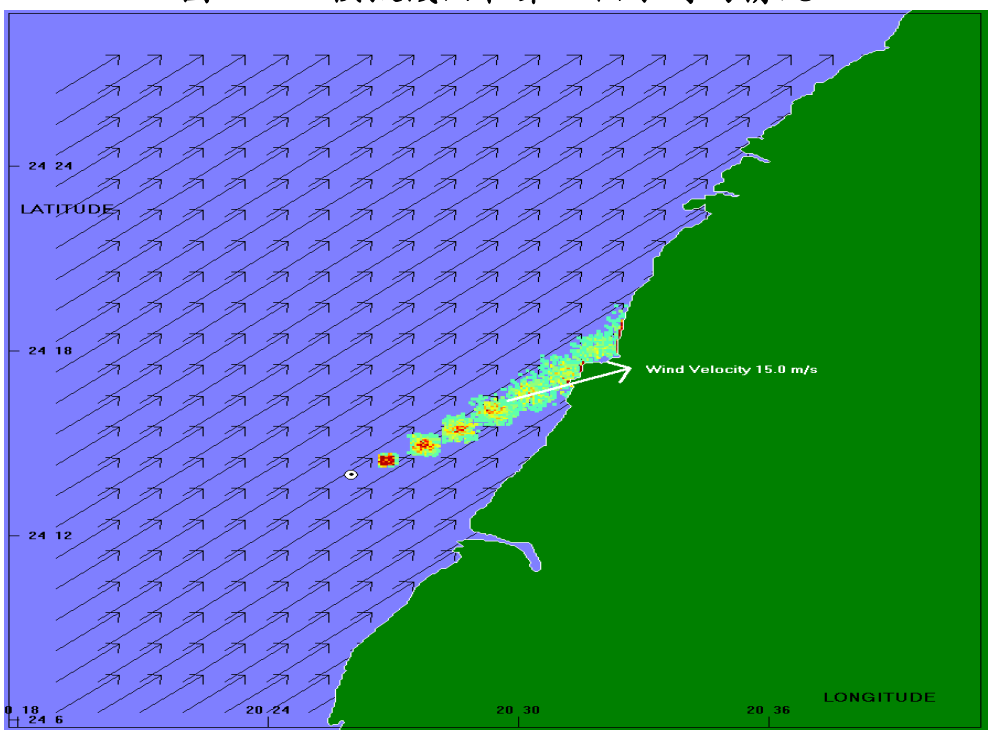


圖 5.2.14 模擬洩油在第四小時候開始上岸

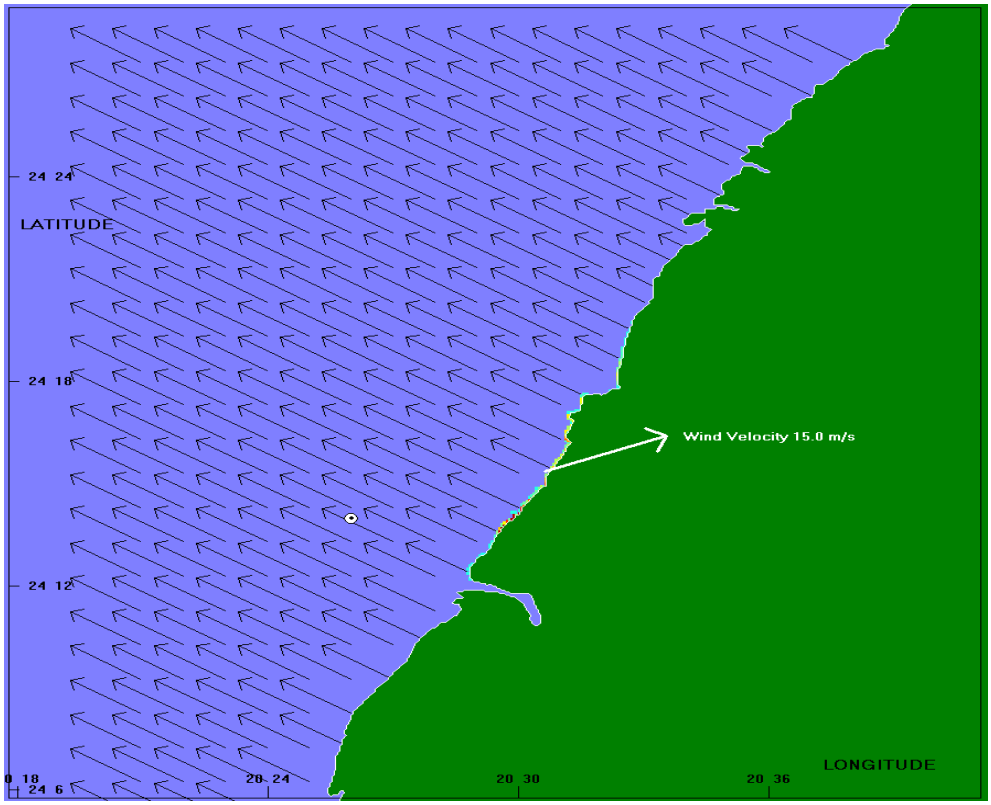


圖 5.2.15 模擬洩油在第二十小時流場開始改變

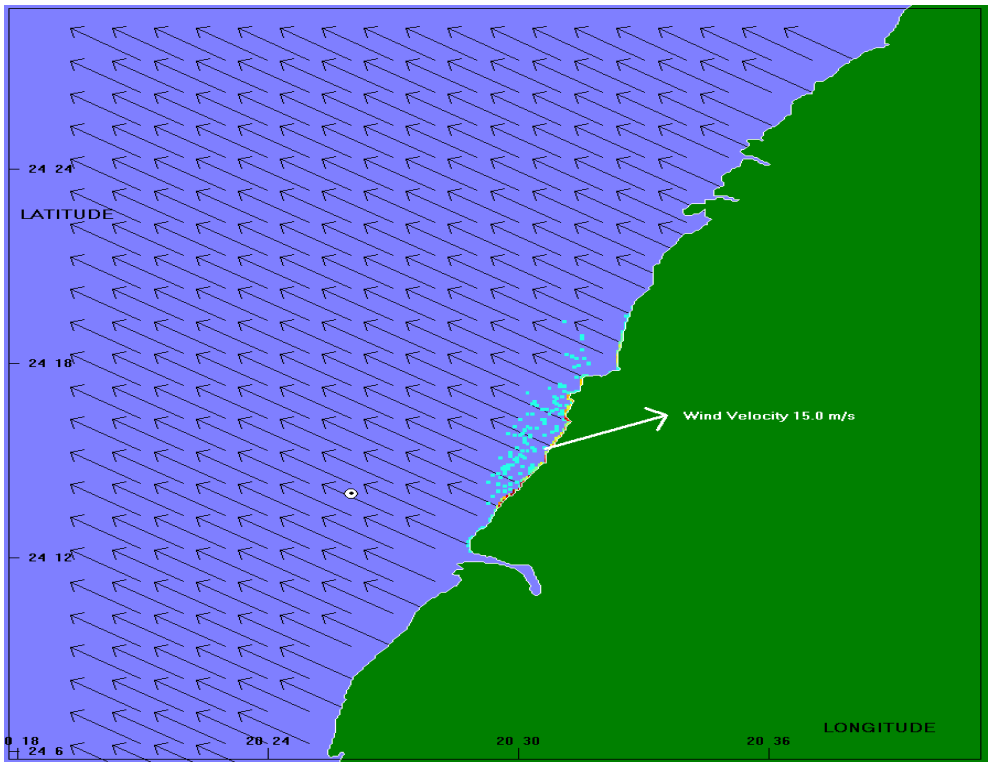


圖 5.2.16 模擬洩油在第二十四時上岸油團重回海上

4. 在敘述洩油宿命方面，MEDSLIK 5.1 版是以圖表呈現，可以分為參數、密度、黏滯性、體積這幾方面。以下是洩油宿命參數的表現：紅線表示海表面的油、土綠色的線表示油團蒸發率、藍色線表示驅散油團、黑色線表示上岸的油團、綠色線表示上岸油團在被釋放至海中的機率（見圖 5.2.17）：

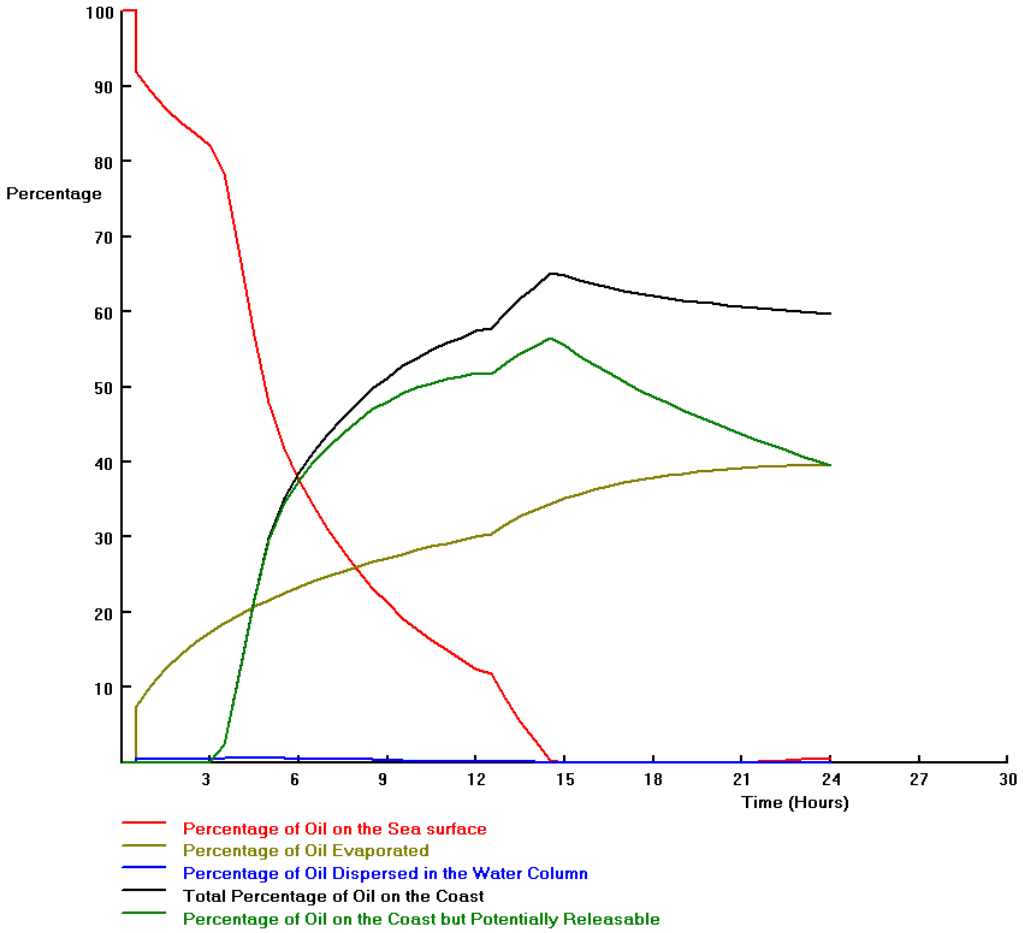


圖 5.2.17 油團的宿命展示圖

5.2.6 吉尼號洩油探討

2006 年 12 月 23 日馬爾他籍貨輪吉尼號（TZINI）自日本清水出港，準備進花蓮和平港載運水泥，在 24 日清晨三時，在蘇澳港外三海浬處下錨。清晨五時，船長向蘇澳港塔台求救，告知該船流錨，主機又故障失去動力，吉尼號被海浪拍打到蘇花公路一百零九公里下方，距岸不到一百公尺處擱淺（圖 5.2.17）。船艙破裂導致嚴重漏油，在海風助長下，浮油持續向花蓮海域蔓延擴散，污染海域長度超過 10 公里。並且洩油地點緊鄰豆腐峽珊瑚礁復育區，十分危急。

此部份以 CYCOFOS(Cyprus Coastal Ocean Forecasting and Observation System)中的 MEDSLIK 洩油模式來模擬吉尼號洩油油團的移動軌跡，並以國家太空中心（NSPO）所拍攝的衛星相片及 Google Earth 的衛星影像來做比對。輸入條件包括：(1)時間：2006.12.24 AM 05：00；(2)洩油地點：蘇澳港南方 3 海浬處（24°34 N，121°52 E）；(3)油品：Arabian Heavy；(4)漏油量：油污外洩約 100 噸；(5)海水溫度：18 度；(6)模擬時間：43 小時（06/12/24 AM 05：00 至 06/12/26 AM 00：00)；(7)風場：採用氣象局每小時實測資料；(8)流場：採用港研中心每小時實測資料。

吉尼號在岸邊擱淺且油艙破裂，導致污染海域（圖 5.2.18、圖 5.2.19）。藉由 MEDSLIK 的數值模擬，所得到的油團移動軌跡（圖 5.2.20）大致和 Google Earth（圖 5.2.21）、NSPO（圖 5.2.22）衛星照片符合。宜蘭環保局預測因為受到當時的風向和海流的影響，油團會向南部移動，並且豆腐峽珊瑚礁復育區離事故地點相隔不遠，生態環境將受到極大的威脅（圖 5.2.23）。但是由於宜蘭縣環境保護局密切監測，蘇澳海巡隊佈置攔油索，且漏油面積沒有持續的擴大和海流的改變，使得珊瑚礁區沒有受到污染，生態良好，珊瑚生態持續生長。



圖 5.2.17　吉尼號（TZINI）洩油事件

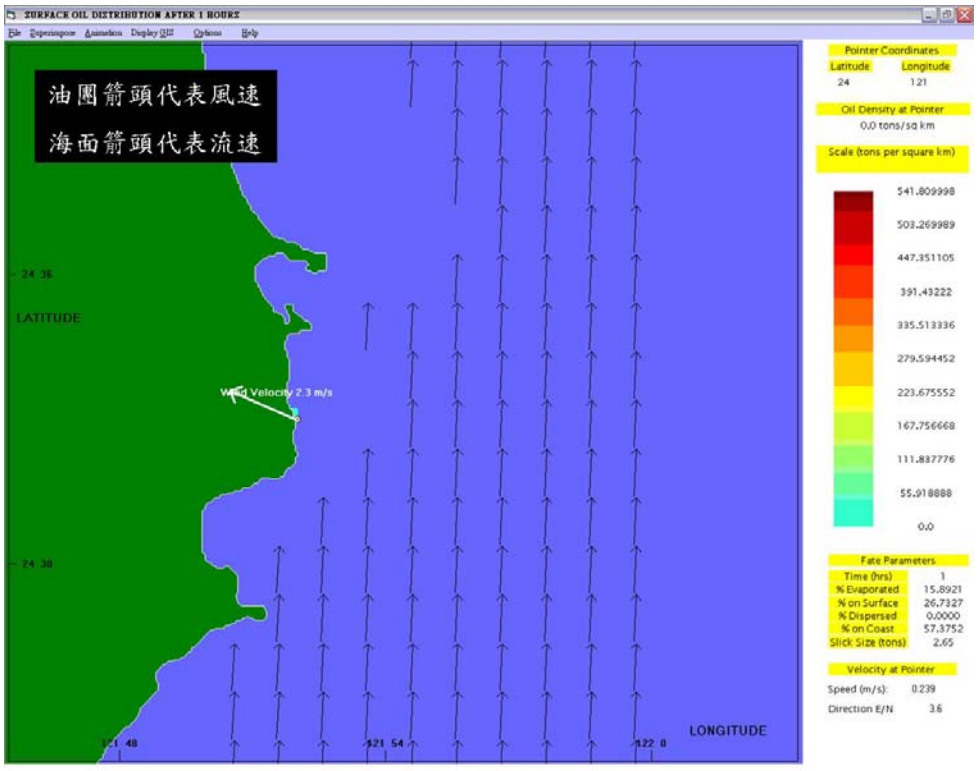


圖 5.2.18　模擬吉尼號開始發生洩油



圖 5.2.19　吉尼號洩油的衛星照片

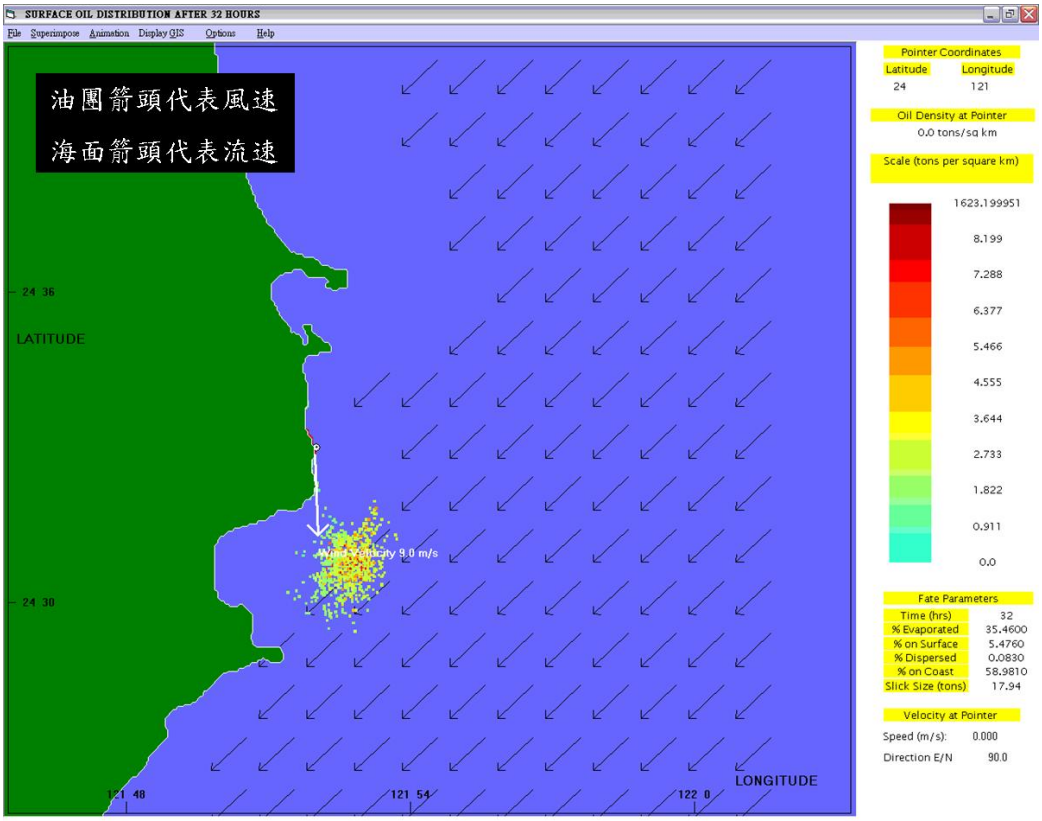


圖 5.2.20　模擬 32 小時後油團所移動的位置



圖 5.2.21　Google Earth 的衛星照片

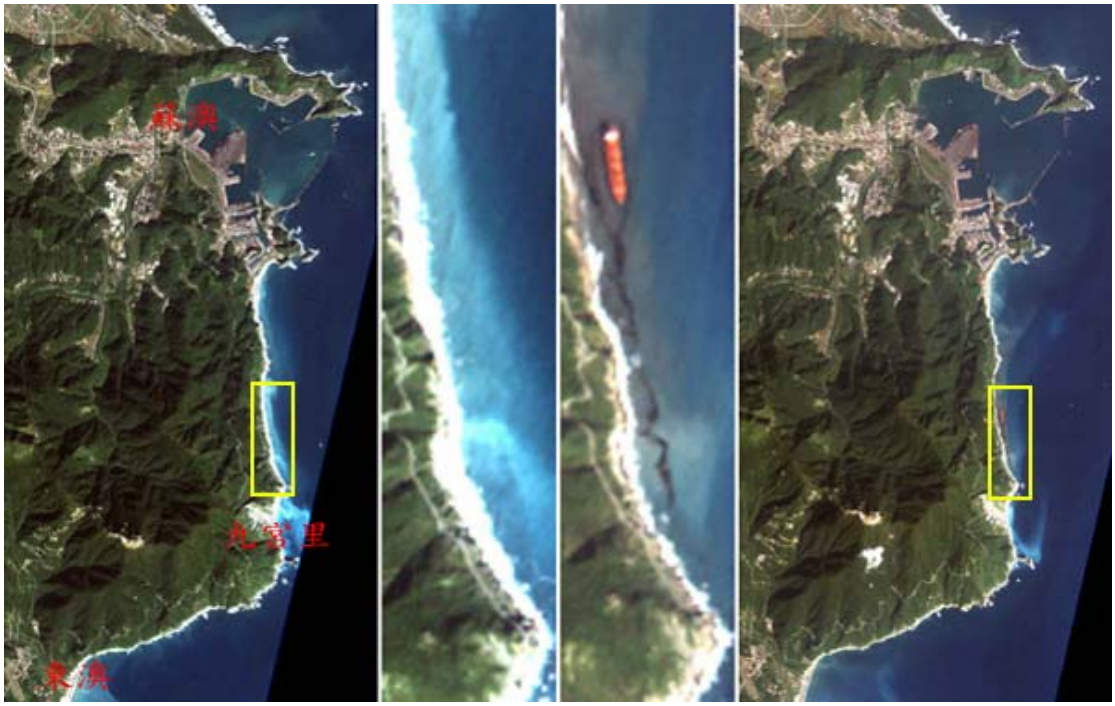


圖 5.2.22　NSPO 的衛星照片

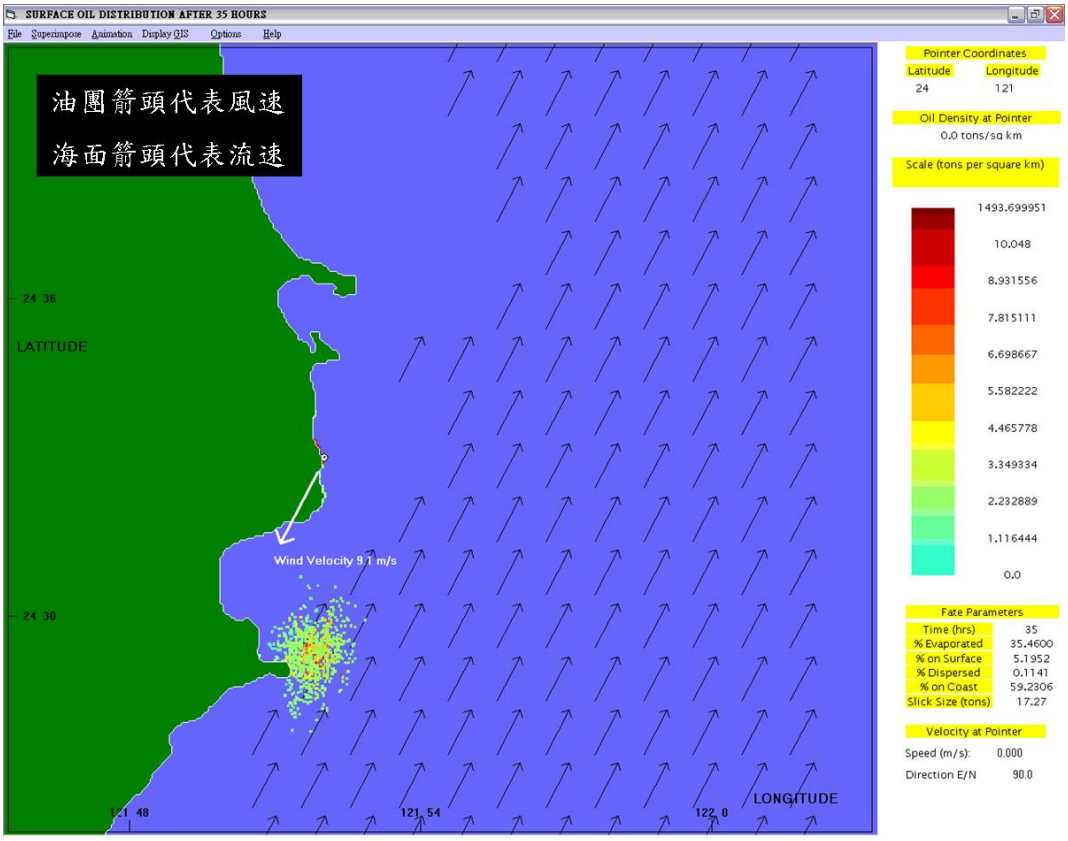


圖 5.2.23　模擬 35 小時後油團在豆腐峽上岸

第六章　臺灣近海海嘯特性-案例分析

本年度欲精進日本空港研究所 PARI 模式，藉由歷史案例來驗證模式適用性及便利性，以了解是否適用於臺灣近海。可能震源地點為(1)呂宋島西北方(2)福建泉州(3)宜蘭外海龜山島(4)日本琉球群島(5)關東(6)北海道及(7)新幾內亞等七處，而模擬條件以地震矩規模接近南亞大海嘯的程度來進行模式的計算。震源位置及斷層參數設定則參考哈佛 CMT 全球資訊系統網站(http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html)。

6.1 呂宋島西北方地震

菲律賓位於菲律賓海板塊和歐亞板塊交界。在呂宋東北部，菲律賓海板塊以每年 7 釐米的速度撞向歐亞板塊，在東南面接近菲律賓海溝處，菲律賓海板塊以每年 9 釐米的速度撞向歐亞板塊(Bautista etal.，2001)。由於臺灣及呂宋地區的地震活動相當活躍，有可能發生足以引發海嘯之強烈地震，故本節假設 1988 年 6 月 24 日發生於呂宋海峽的地震以類似南亞大海嘯般的規模產生藉以模擬對臺灣之影響及模式適用性。

此次模擬計算之地震矩規模(Mw)為 8.7，模擬的斷層參數設定如表 6.1。海底斷層長寬比以接近 2：1 之方式代表震源區之海底斷層，模式計算時間為 8 小時，計算區域範圍為東經 108 度~東經 128 度，南緯 10 度~北緯 30 度，其水深地形如圖 6.1 所示，其資料來源為 N0AA-ETOPO2 之四分地形資料，模式的網格數目為 301×301。

表 6.1 呂宋島西北方地震斷層模式參數之設定

Length of fault	330.0 *km*
Width of fault	150.0 *km*
Strike angle（θ）	202.0^{o}
Slip angle（λ）	93.0^{o}
Dip angle（δ）	59.0^{o}
Displacement（*d*）	11.0 *m*
Focal depth（*D*）	50.3 *km*
Origin of Computation	$108.00^{o}E/10.00^{o}N$
Location of epicenter	$121.01^{o}E/18.61^{o}N$

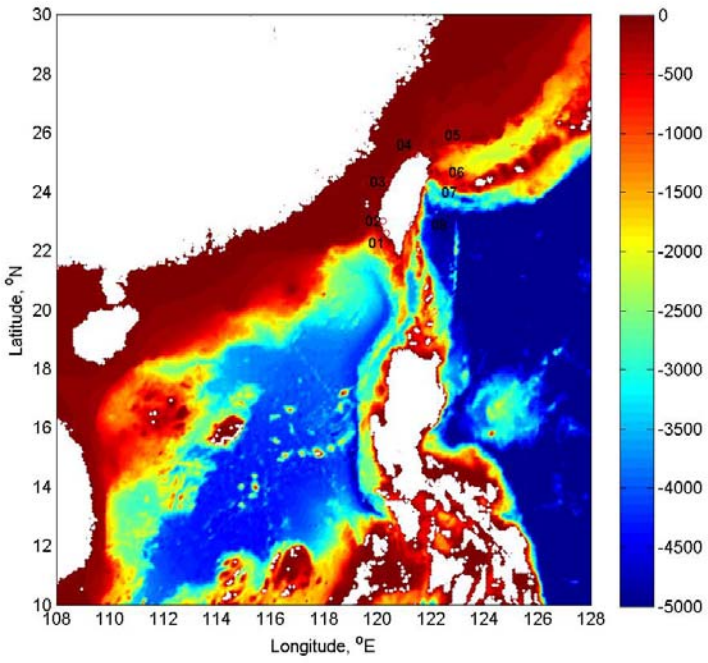


圖 6.1 模式計算區域水深地形圖

初始波形如圖6.2至圖6.5所示，波峰約4.2米，波谷約0.5米，海嘯

傳播方向為西北方向往南海傳播。由於此震源為相當接近陸域，故地震發生過後的極短時間內海嘯波即衝擊至附近沿岸，造成極大破壞。

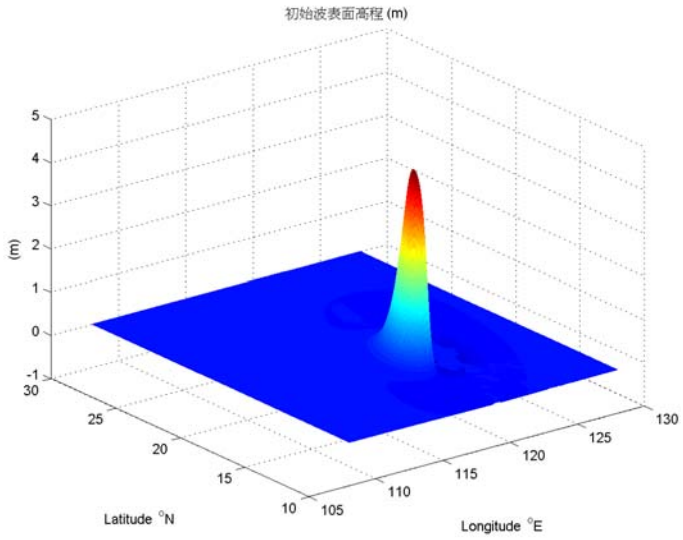


圖 6.2 初始波立體圖

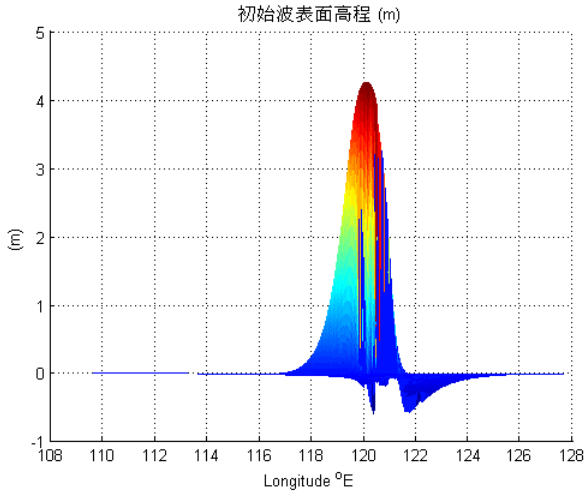


圖 6.3 初始波(X-Z 軸)

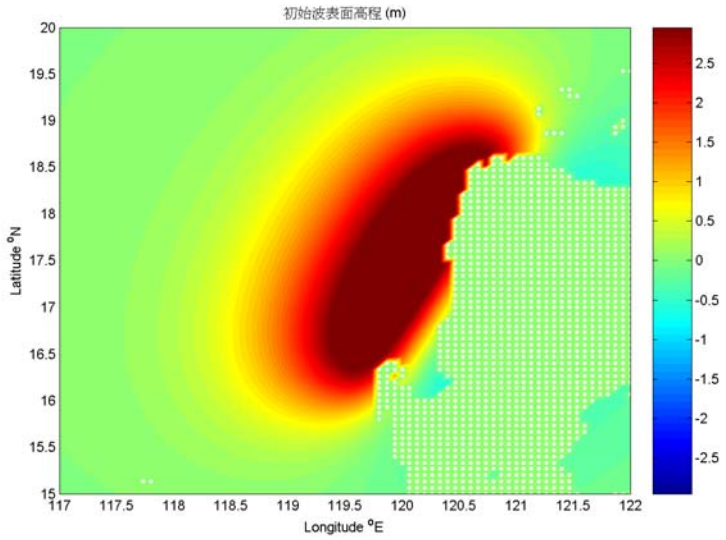


圖 6.4 初始波高程圖

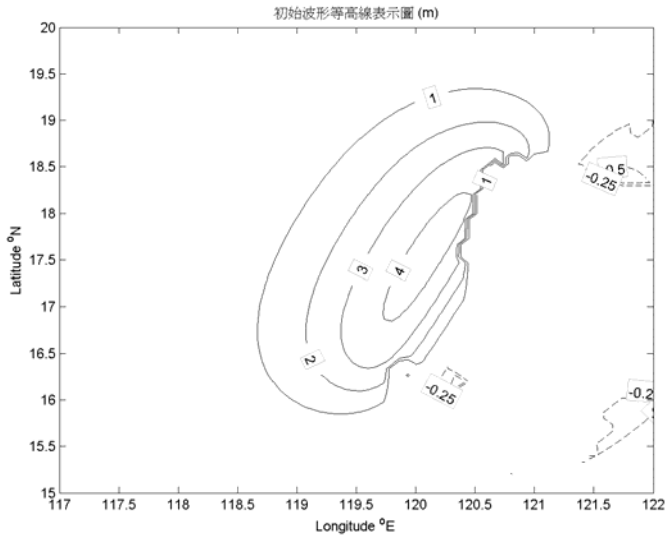


圖 6.5 初始波等高線圖

此模式設定為每 6 分鐘輸出一筆資料，並以 01 至 08 代表各測站位置：01 為高雄港、02 為臺南安平漁港、03 為臺中港、04 為淡水河口、05 為基隆港、06 為宜蘭蘇澳港、07 為花蓮港及 08 為臺東富岡漁港。圖 6.6(a)~(c)為各時序表面波高平面分佈圖，由此顯示，當此地發生地震產生海嘯後，約 30 分鐘後即可到達臺灣南部。

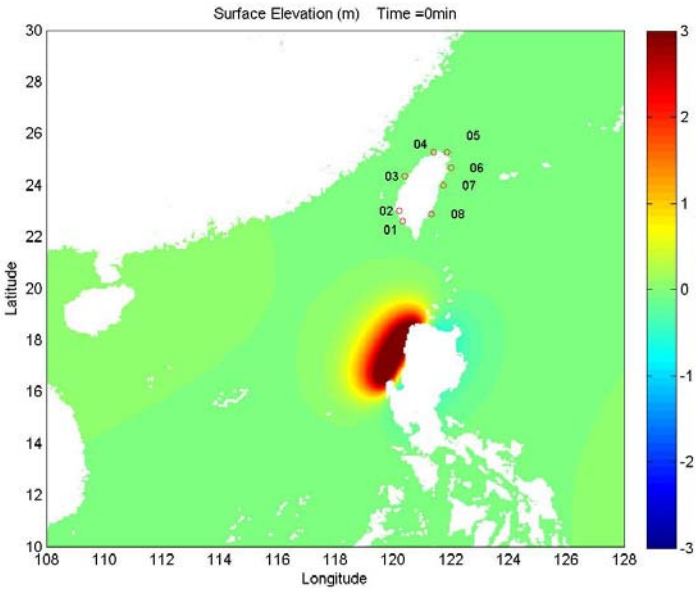


圖 6.6(a) 海嘯發生時

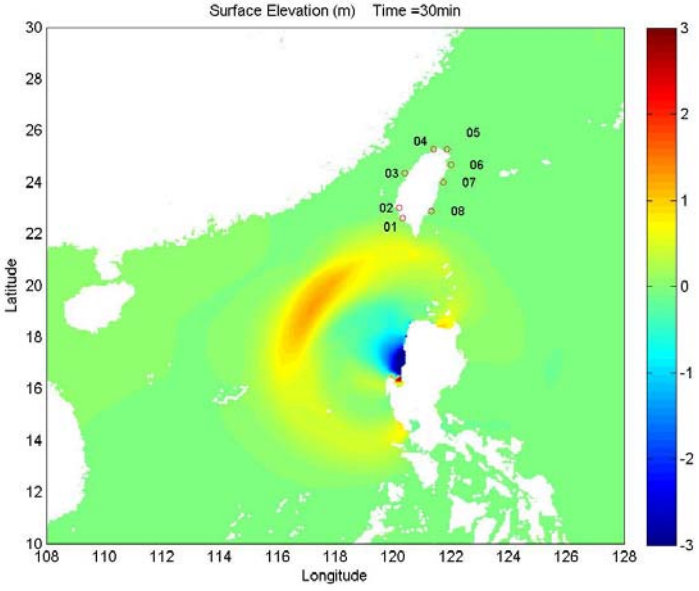


圖 6.6(b) 海嘯發生後 30 分鐘

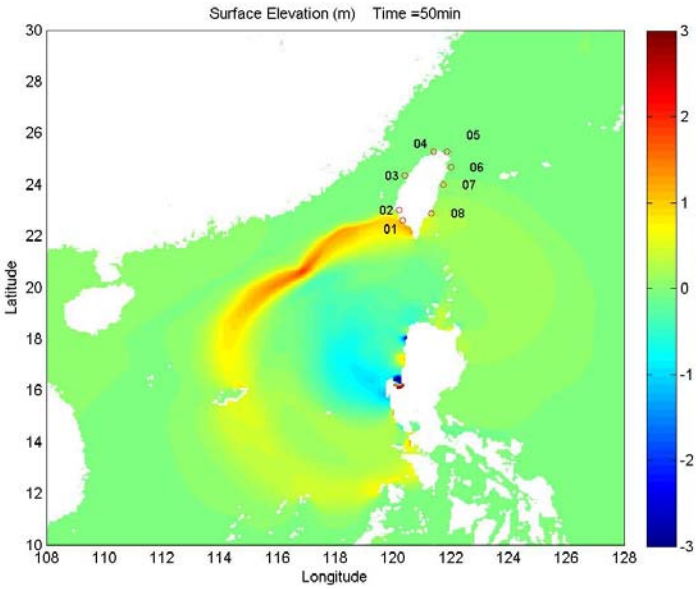


圖 6.6(C) 海嘯發生後 50 分鐘

由圖 6.7 至圖 6.13 得知，就臺灣周邊海域而言，從八個測站資料分析，以測站 01(高雄港)、測站 02(臺南安平)及測站 03(臺中港)所受海嘯影響最大；測站 06(蘇澳港)次之。於地震發生時間起算約 70 分後，第一前導波於測站 02(臺南安平) 產生約 2.2 米波高，同時也是最大波高發生時刻。最大流速發生時刻為地震發生時間起算約 220 分後於測站 03(臺中港) 產生約 3.0m/s 的流速。另外，測站 01(高雄港)的最大波高 1.5 米及流速 2.0m/s，顯示高雄也受到相當程度的海嘯威脅。而東部的測站 06(蘇澳港)最大波高有 0.4 米，流速大小 1.0m/s 左右，相較於東部其他港口所受影響最大，所以我們可以知道此次海嘯威脅最大的區域為集中在臺中港至高雄港的沿岸區域。

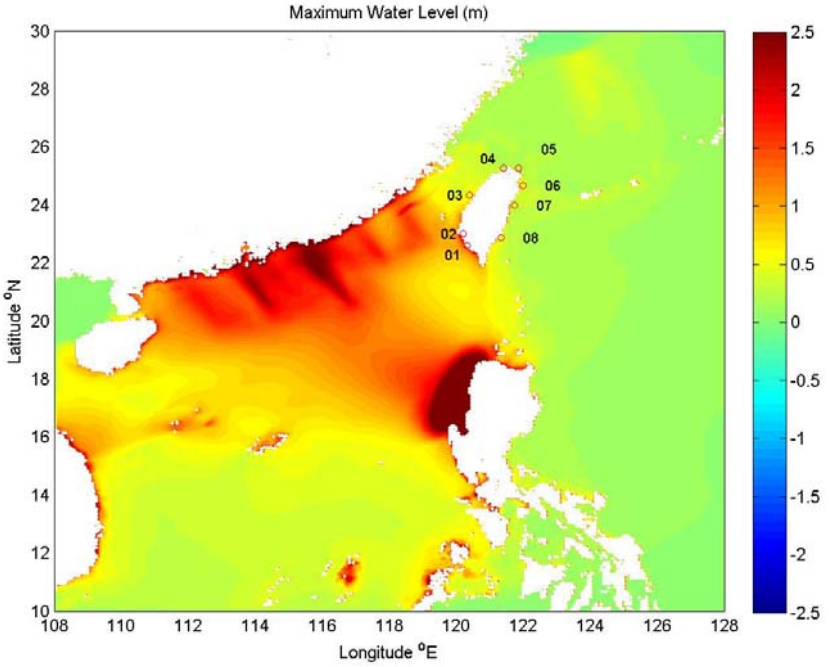


圖 6.7 最大表面波高程之平面分佈圖

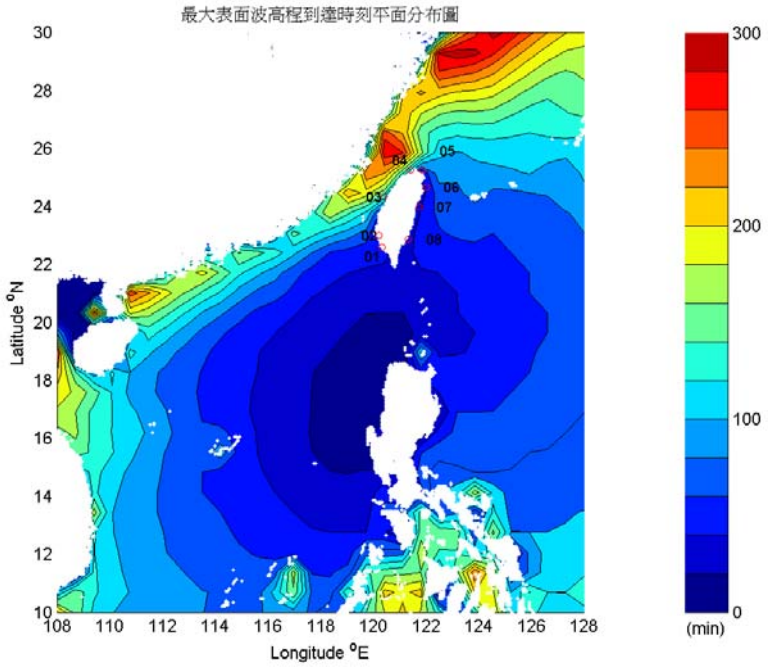


圖 6.8 最大波到達時刻之平面分佈圖

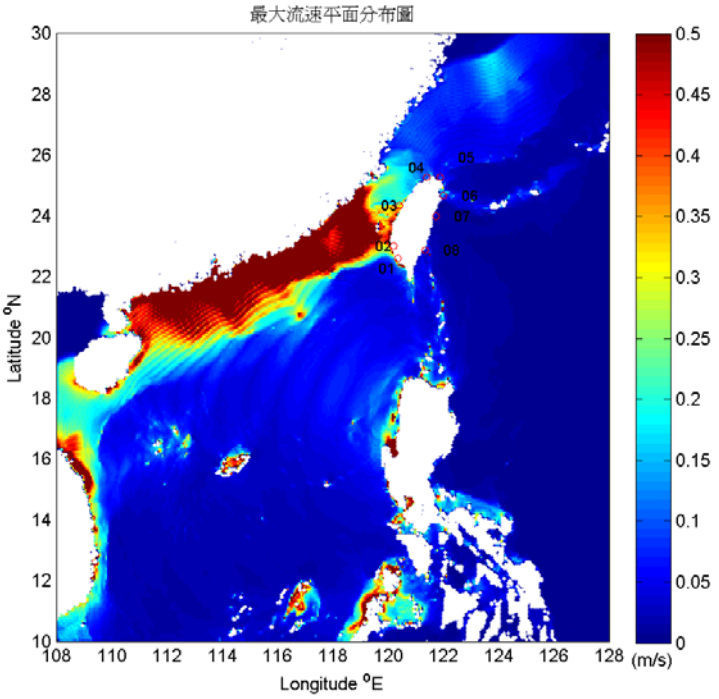


圖 6.9 最大流速之平面分佈圖

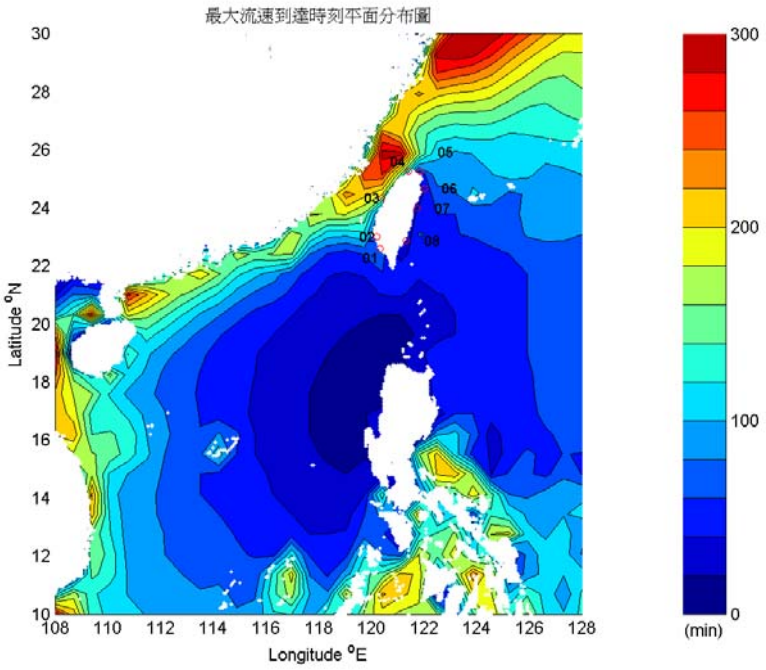


圖 6.10 最大流速到達時刻之平面分佈圖

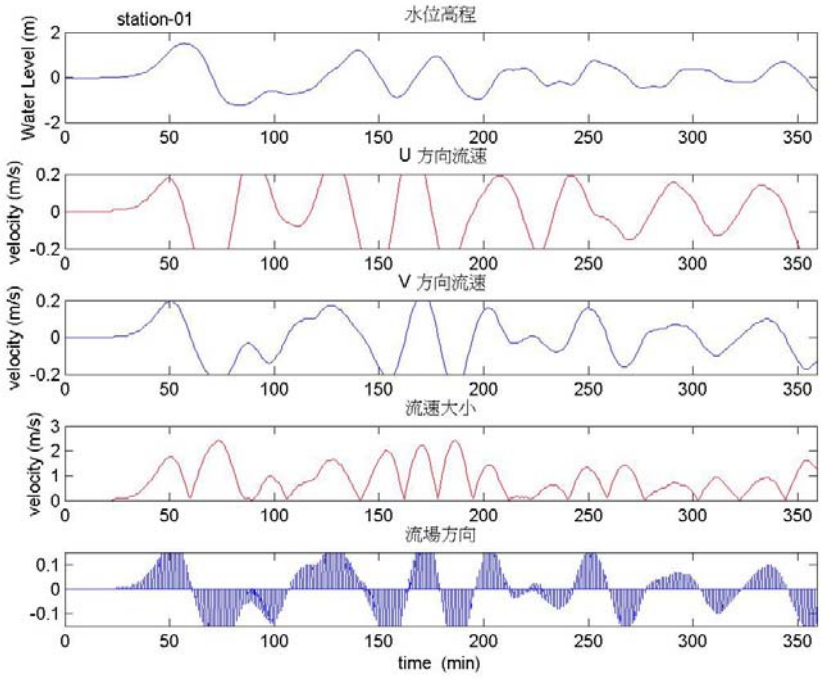


圖 6.11 測站 01(高雄港)模擬計算結果

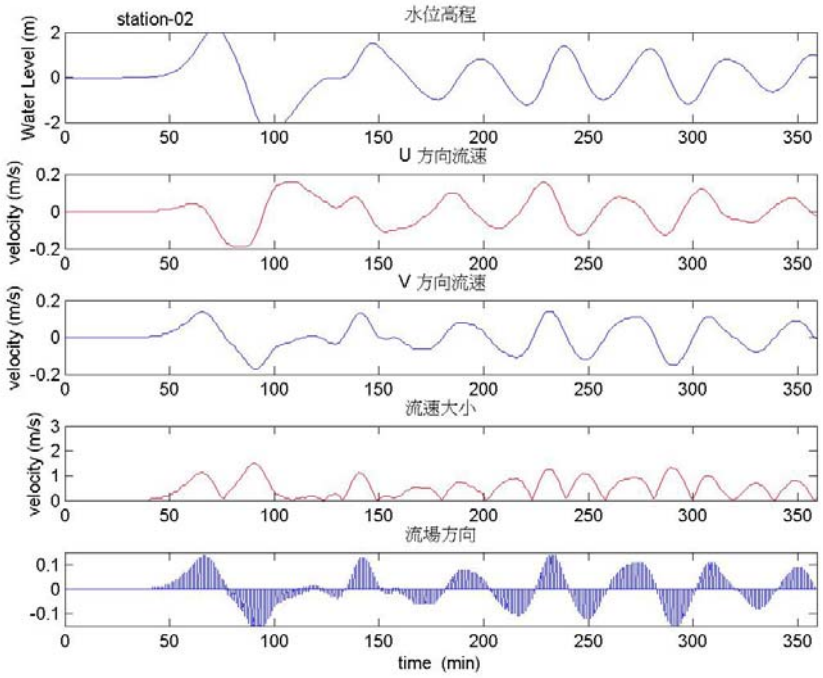


圖 6.12 測站 02(臺南安平)模擬計算結果

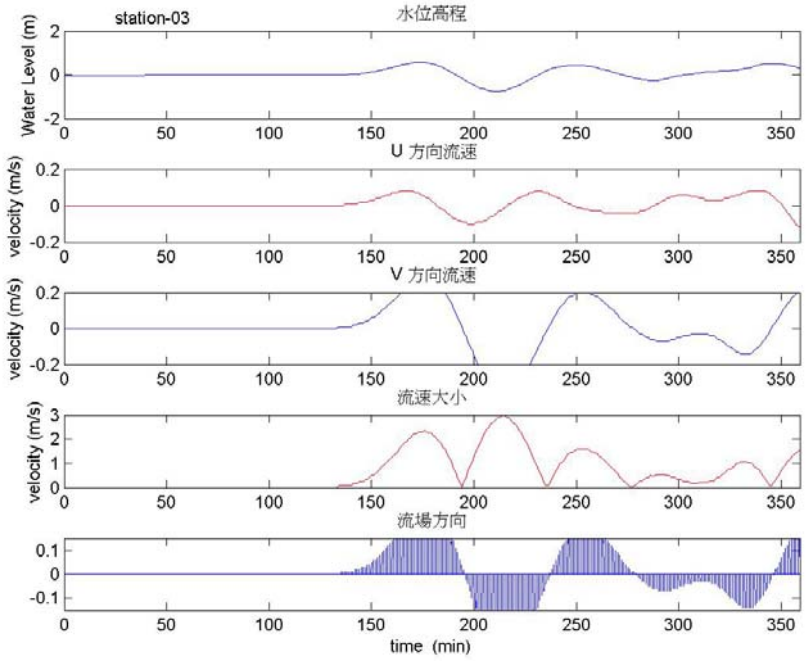


圖 6.13 測站 03(臺中港)模擬計算結果

6.2 福建泉州地震

本案例假設1604年12月29日發生於福建泉州的地震，模擬計算地震矩規模(M_w)為7.5的地震，來探討對臺灣的海嘯威脅影響。

模擬的斷層參數設定如表6.2所示，模式上海底斷層長寬比以接近2：1的方式來表示震源區域的海底斷層，模式計算時間為8小時，計算區域範圍為東經110°~東經130°，南緯12°~北緯32°，其水深地形如圖6.14所示，資料為NOAA-ETOPO2之四分地形資料，模式的網格數目為301×301。

表 6.2 福建泉州模式參數設定

Length of fault	200.0 *km*
Width of fault	75.0 *km*
Strike angle（θ）	30.0^{o}
Slip angle（λ）	290.0^{o}
Dip angle（δ）	15.0^{o}
Displacement（*d*）	11.0 *m*
Focal depth（*D*）	7.0 *km*
Origin of Computation	$110.00^{o}E/12.00^{o}N$
Location of epicenter	$119.50^{o}E/25.00^{o}N$

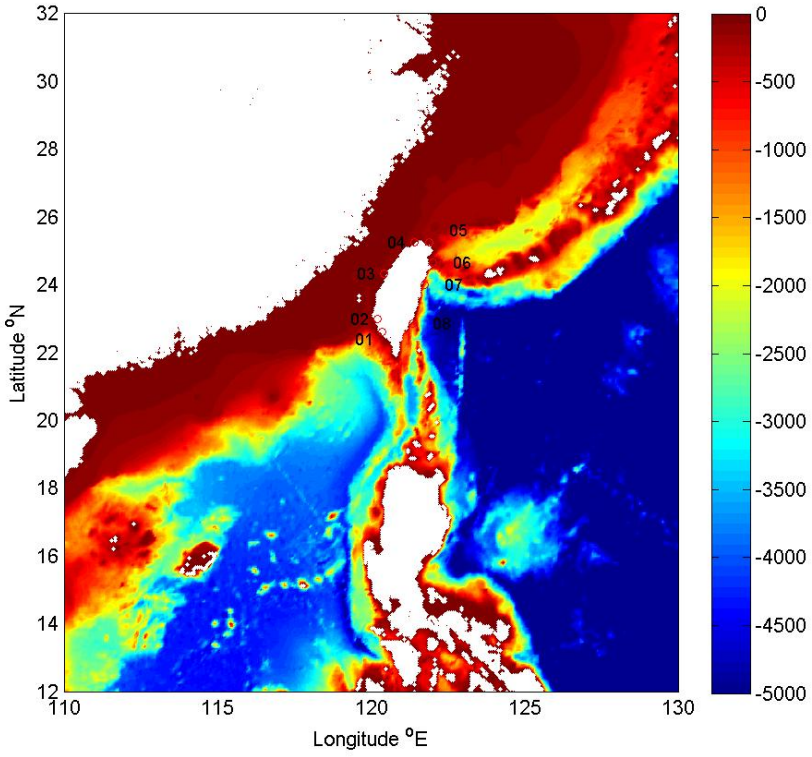


圖 6.14　模式計算區域水深地形圖

模式計算的初始波形(如圖6.15至圖6.18所示)，波峰約1.9米，波谷

約4.5米深，海嘯傳播方向為東南方向(波峰)與西北方向(波谷)。此震源類似前節案例，因此海嘯能量的傳遞於地震發生過後的極短時間內即衝擊至附近沿岸，造成極大破壞；主要之前進方向朝向臺灣。

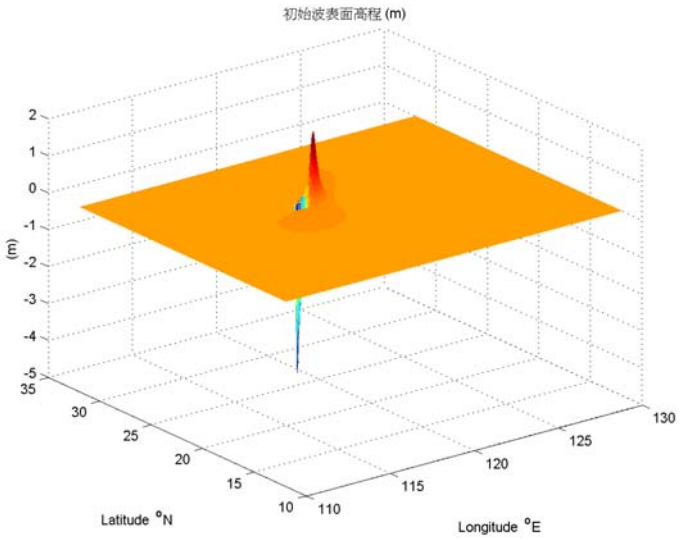


圖 6.15 初始波立體圖

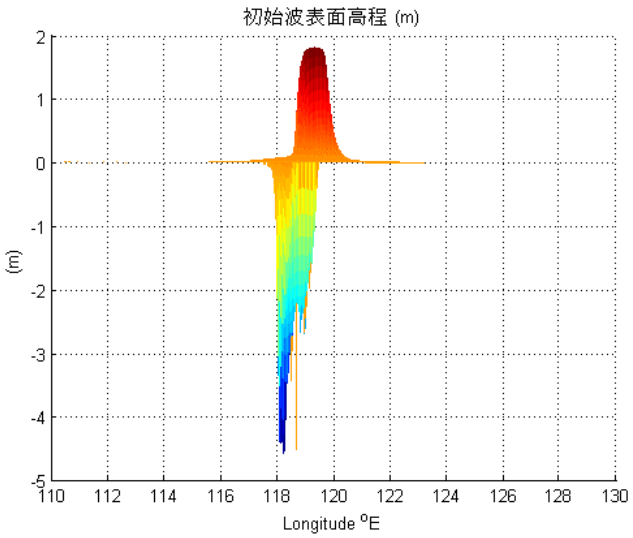


圖 6.16 初始波(X-Z 軸)

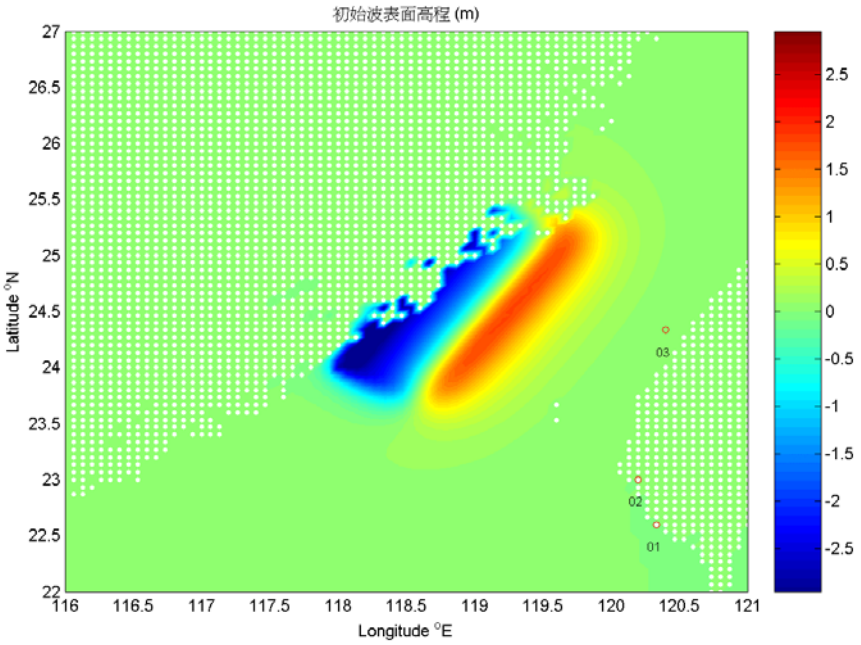


圖 6.17 初始波高程圖

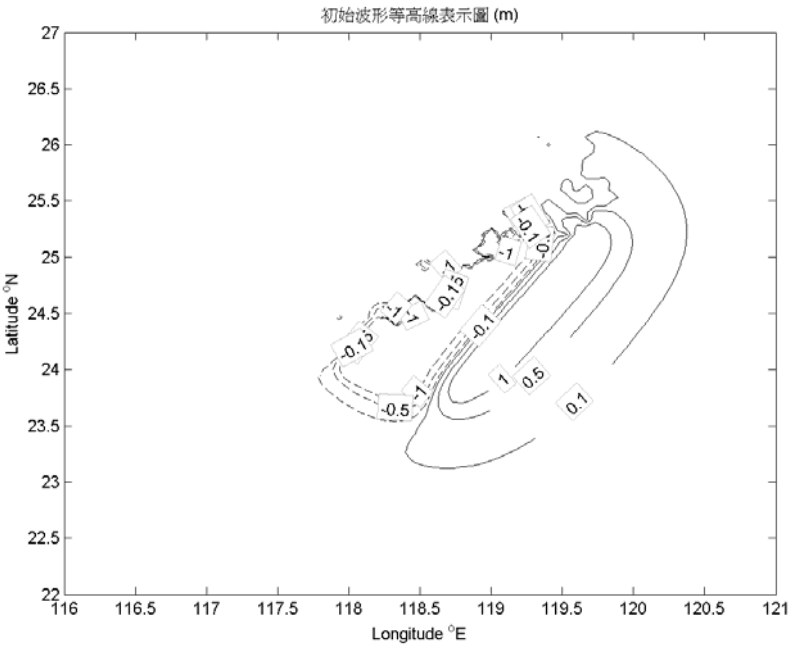


圖 6.18 初始波等高線圖

圖 6.19(a)~(c)為各時序表面波高平面分佈圖，如下：

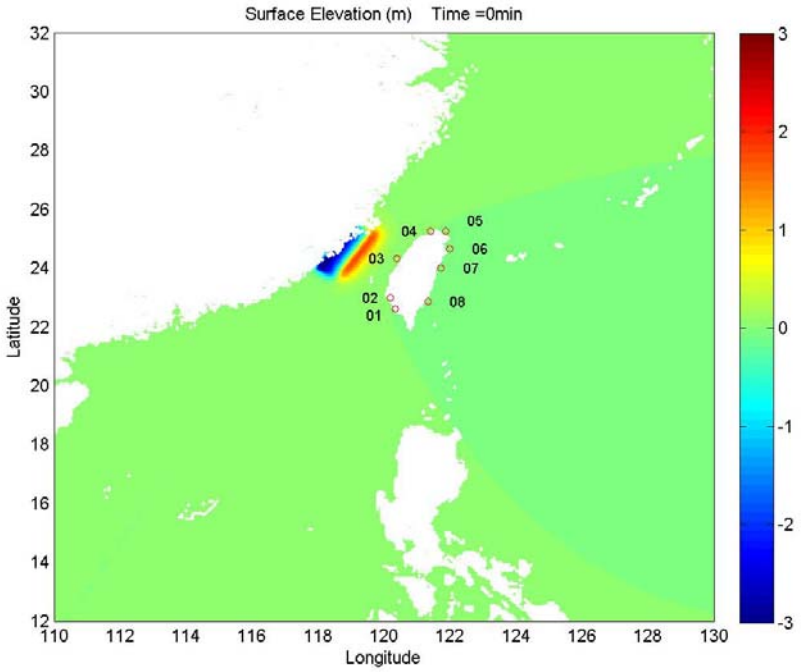


圖 6.19(a) 海嘯發生時

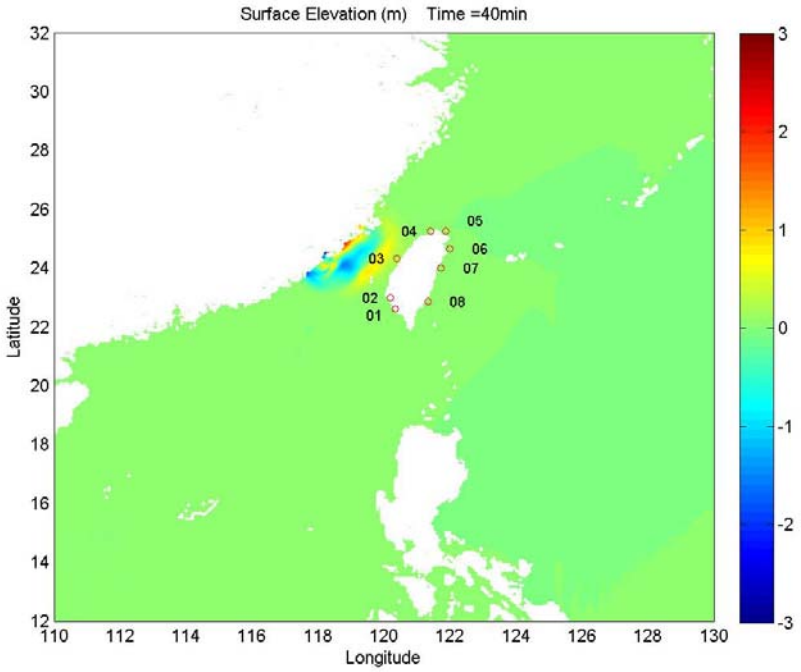


圖 6.19(b) **海嘯發生後 40 分鐘**

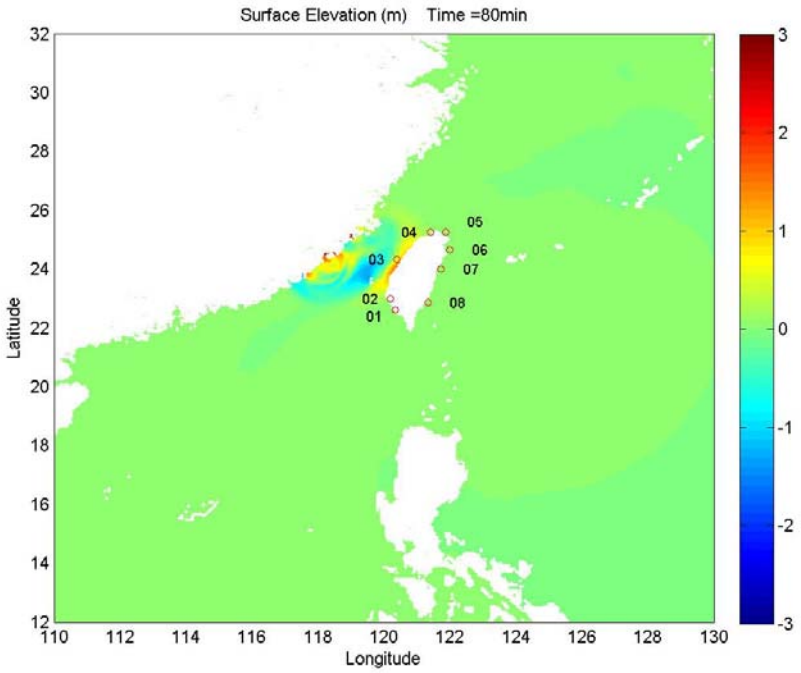


圖 6.19(c) **海嘯發生後 80 分鐘**

從各時序表面波高平面分佈圖(圖 6.19(a)~(c))得知，地震發生時間起算，第一前導波約 50 分後到達臺中港測站 03，最大波高約 0.95 米；測站 02 的臺南安平漁港及測站 04 的淡水河口第一前導波高也約有 0.45 米。另外，可以發現臺中港測站 03 及淡水河口測站 04 的第一前導波高大於第二波高，但高雄港測站 01 及臺南安平漁港測站 02 其第二波高反而大於第一前導波之波高。圖 6.20(a)~(c)表示各時序流速平面分佈圖。

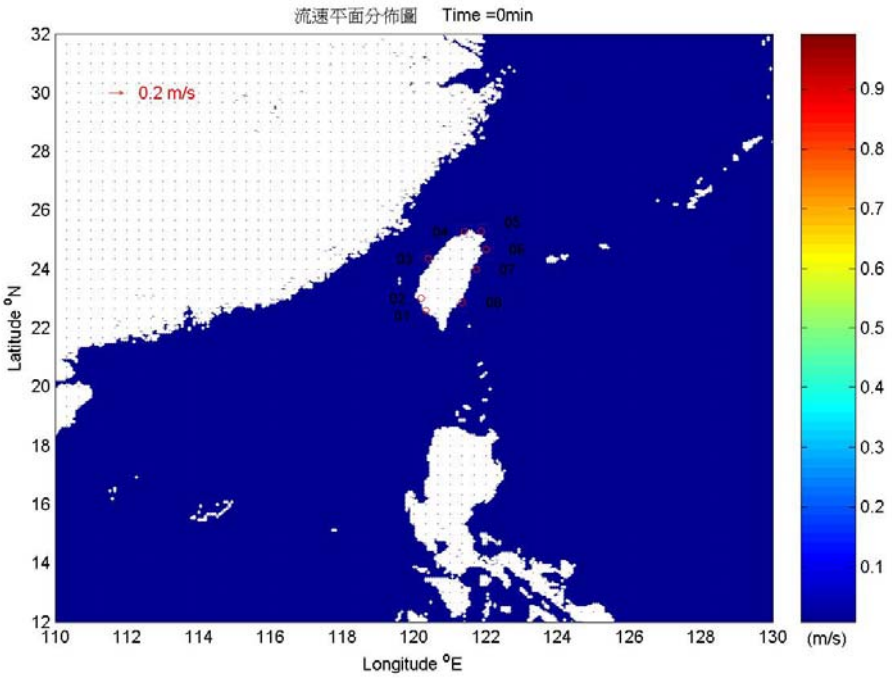


圖 6.20(a) 各時序流速平面分佈圖-海嘯發生時

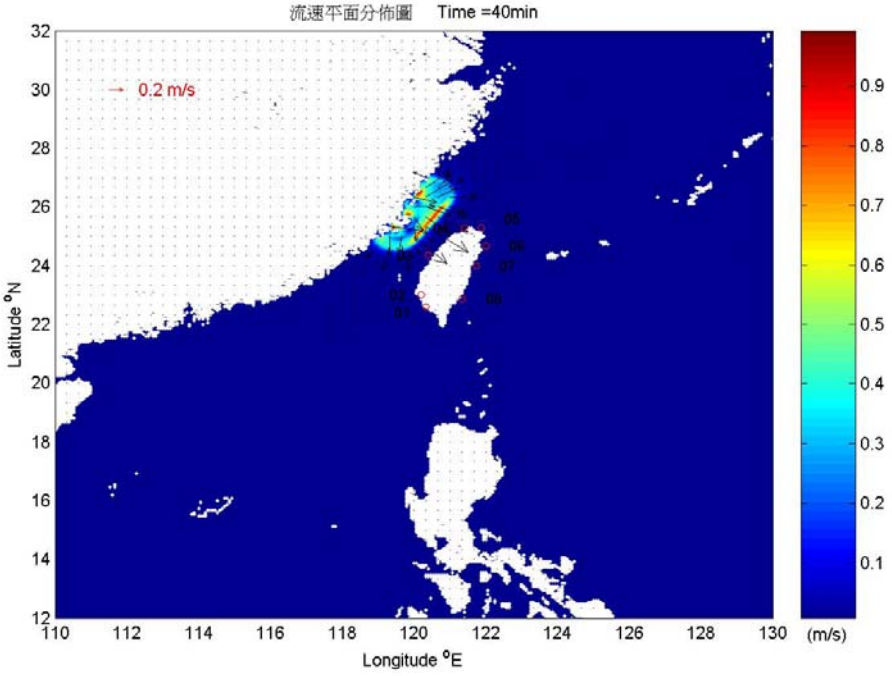


圖 6.20(b) 各時序流速平面分佈圖-海嘯發生後 40 分

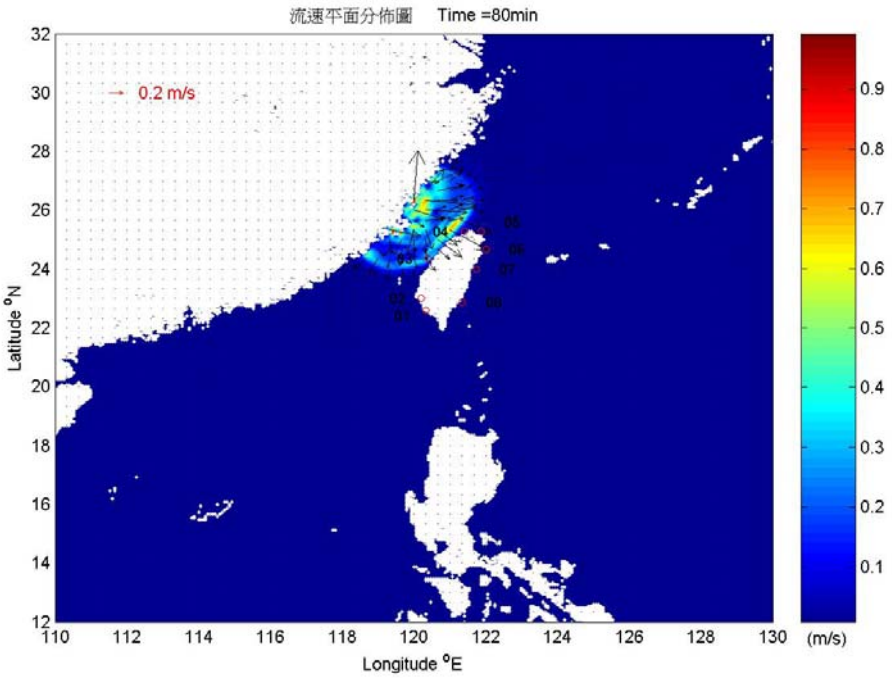


圖 6.20(b) 各時序流速平面分佈圖-海嘯發生後 80 分

圖 6.20 (a)~(c)表示各時序流速平面分佈圖

從各時序流速平面分佈圖(圖 6.20(a)~(c))得知，最大流速以測站 03(臺中港)為最大，約 2.75m/s；依序為測站 04(淡水河口)約 2.60m/s、測站 05(基隆港)約 1.25m/s、測站 06(蘇澳港)約 1.20m/s；其餘港口則無較大的流速變化。

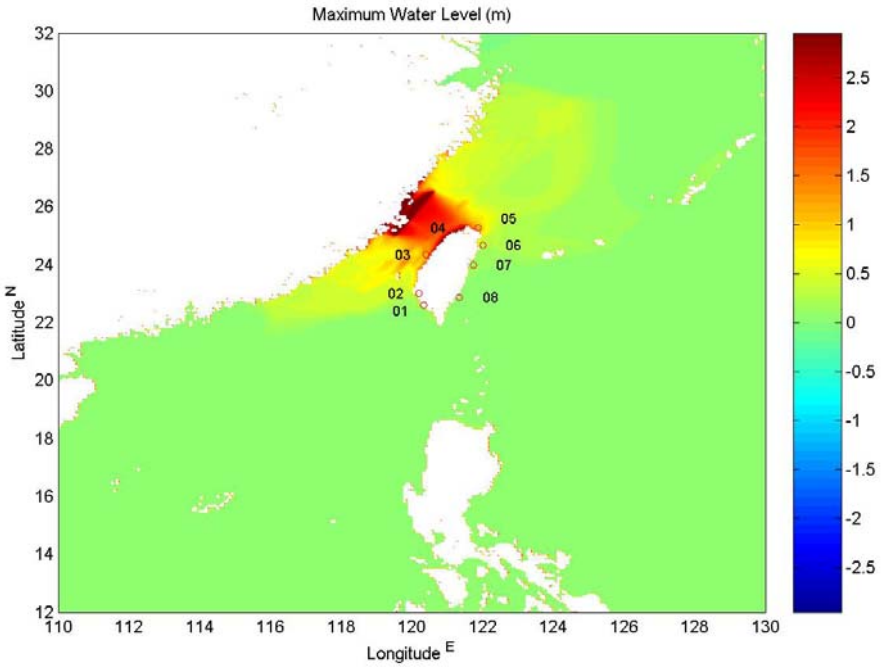


圖 6.21 最大表面波高程之平面分佈圖

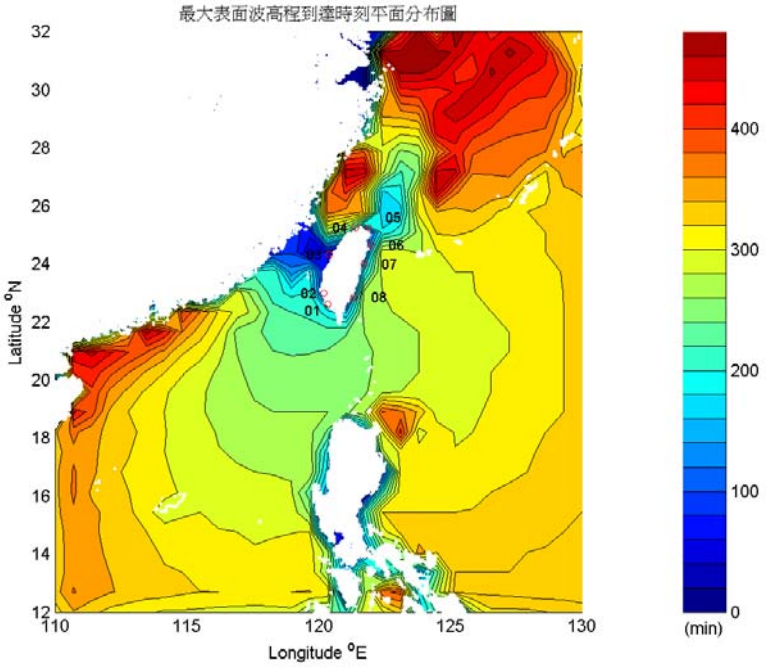


圖 6.22 最大表面波高程到達時刻之平面分佈圖

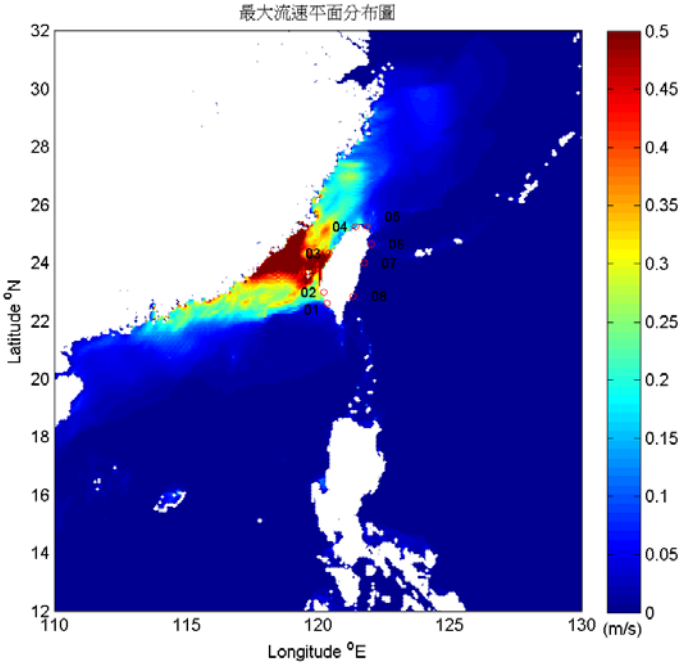


圖 6.23 最大流速之平面分佈圖

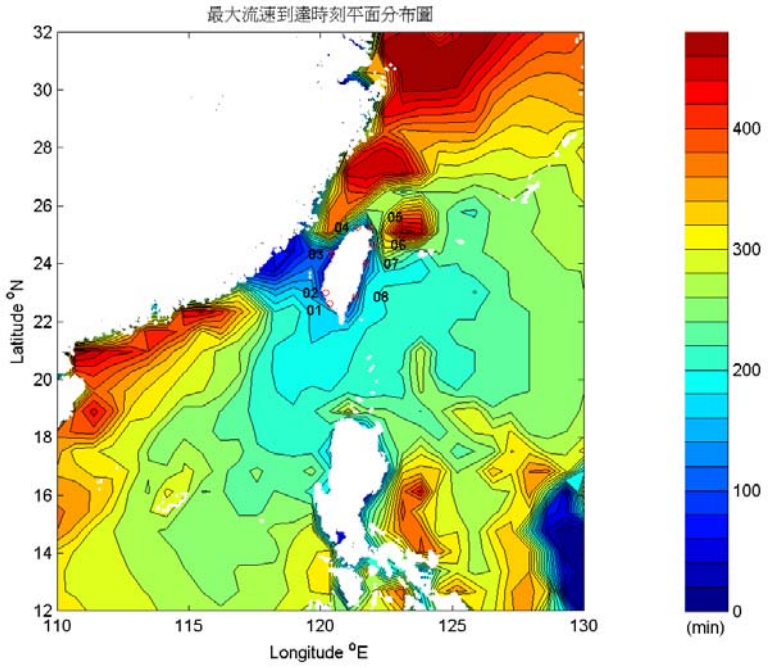


圖 6.24 最大流速到達時刻之平面分佈圖

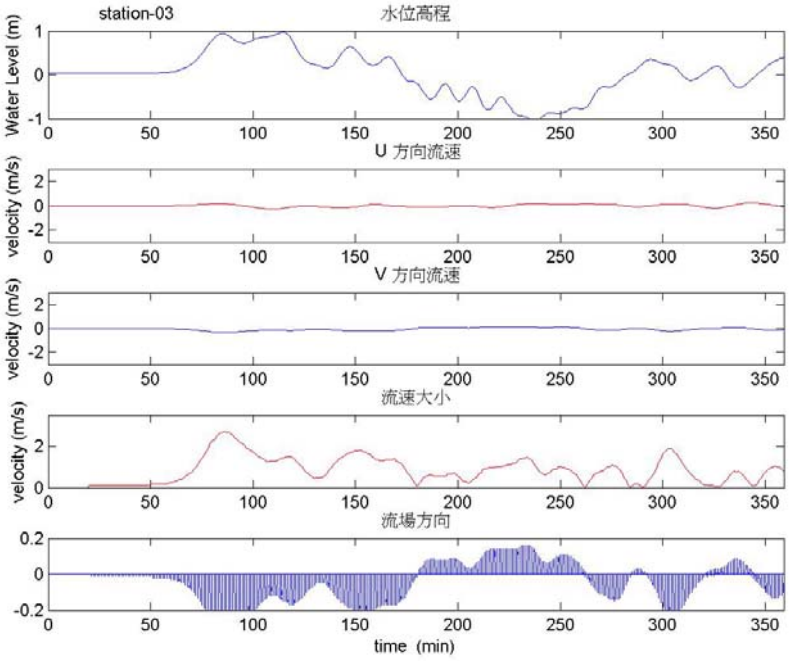


圖 6.25 測站 03(臺中港)模擬計算結果

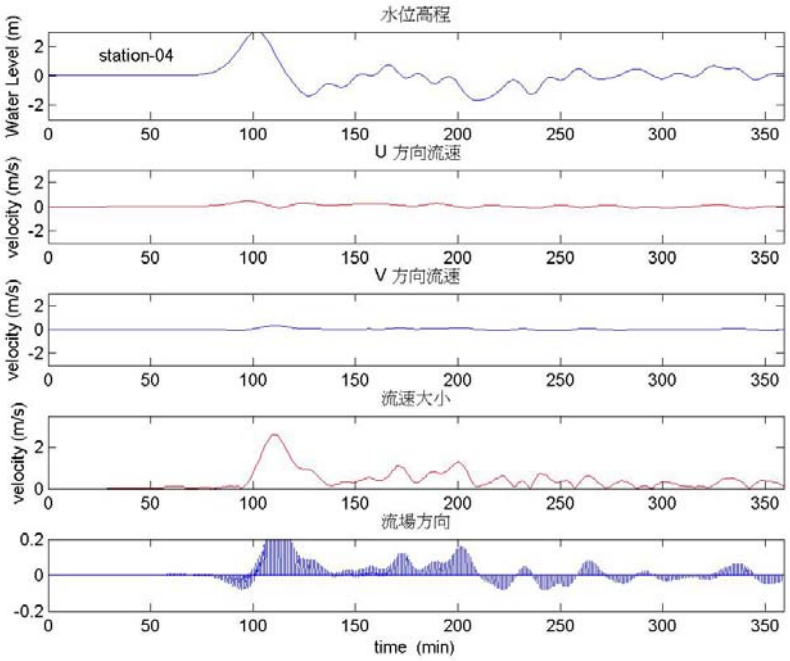


圖 6.26 測站 04(淡水河口)模擬計算結果

由圖6.21至圖6.26得知，就臺灣周邊海域而言，福建泉州引發的海嘯威脅及於臺灣西部沿岸至東北角，所帶來的威脅以淡水河口及臺中港的影響最大，於地震發生時間起算約100分後，淡水河口有最大波高

約3.0米。最大流速發生時刻為地震發生時間起算約90分後，於臺中港產生約2.75m/s的流速。所以在地震發生時間起算約90至120分內，臺中港與淡水河口受海嘯威脅最大。

6.3 宜蘭龜山島地震

本案例假設震源在宜蘭外海與龜山島間的沖繩海槽，模擬計算地震矩規模(M_w)為8.3的地震，其規模略小於南亞大海嘯，以此來探討對臺灣之影響。

在模擬計算時，模式以長寬比為2：1(如表6.3所示)的方式來表示震源區域的海底斷層。模式模擬計算時間為8小時，計算區域範圍為東經110°~東經130°，南緯12°~北緯32°，其水深地形(如圖6.20所示)資料為*ETOPO2*的四分地形資料，模式的網格數目為301×301。

表 6.3 宜蘭外海龜山島模式參數設定

Length of fault	150.0 *km*
Width of fault	75.0 *km*
Strike angle（θ）	70.0°
Slip angle（λ）	290.0°
Dip angle（δ）	15.0°
Displacement（*d*）	11.0 *m*
Focal depth（*D*）	7.0 *km*
Origin of Computation	110.00°*E*/12.00°*N*
Location of epicenter	122.25°*E*/24.80°*N*

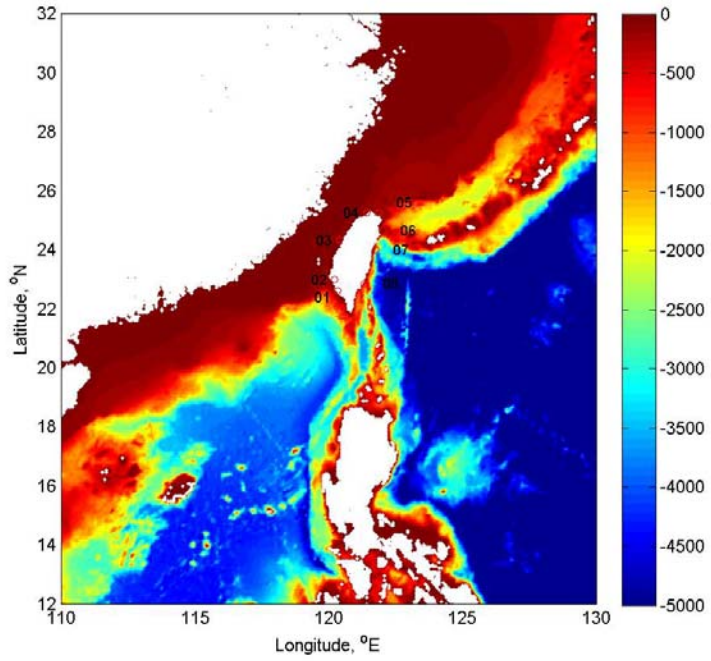


圖 6.27 模式計算區域水深地形圖

模式計算的初始波形如圖6.28至圖6.31所示，波峰約1.8米，波谷約4.4米深，海嘯傳播方向為正北偏西方向(波谷)與正南偏東方向(波峰)。海底斷層走向幾乎垂直海岸線，因此海嘯能量的傳遞並非直接朝著臺灣而來，但由於地震震源相當接近臺灣，故其海嘯威脅還是有探究的必要。

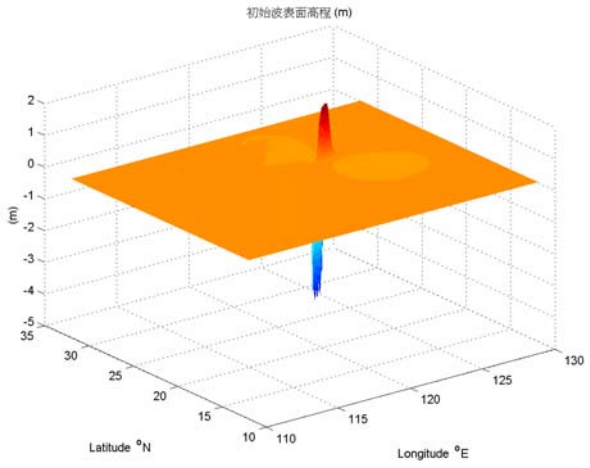


圖 6.28 初始波立體圖

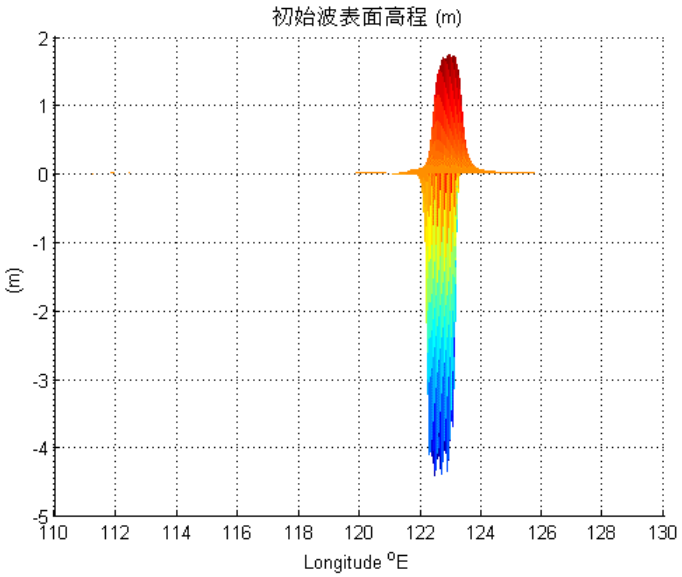


圖 6.29 初始波(X-Z 軸)

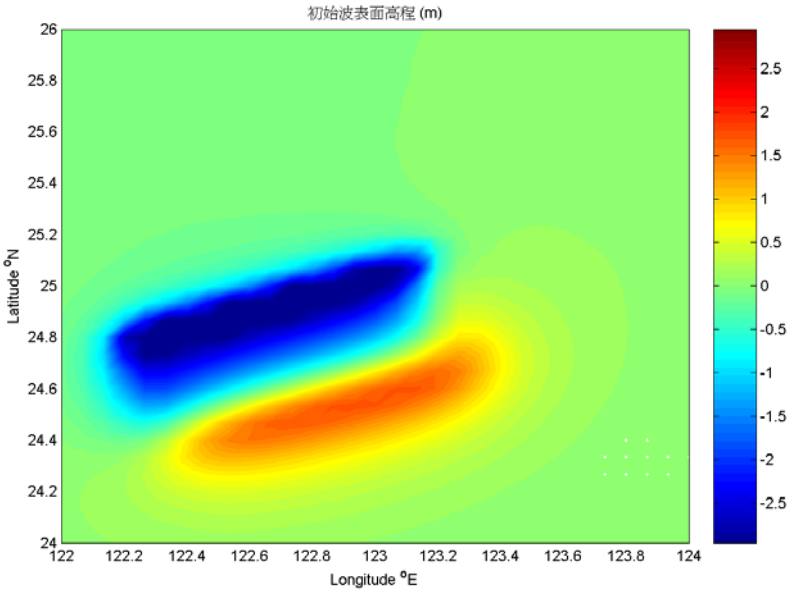


圖 6.30 初始波高程圖

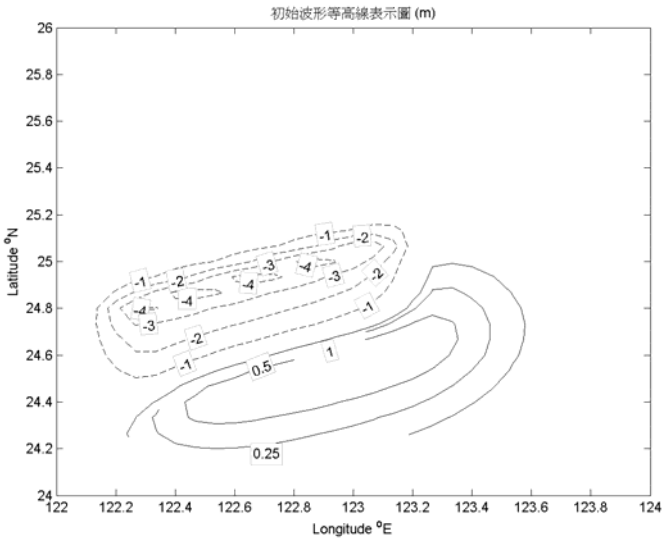


圖 6.31 初始波等高線圖

圖 6.32(a)~(c)為各時序表面波高平面分佈圖，如下：

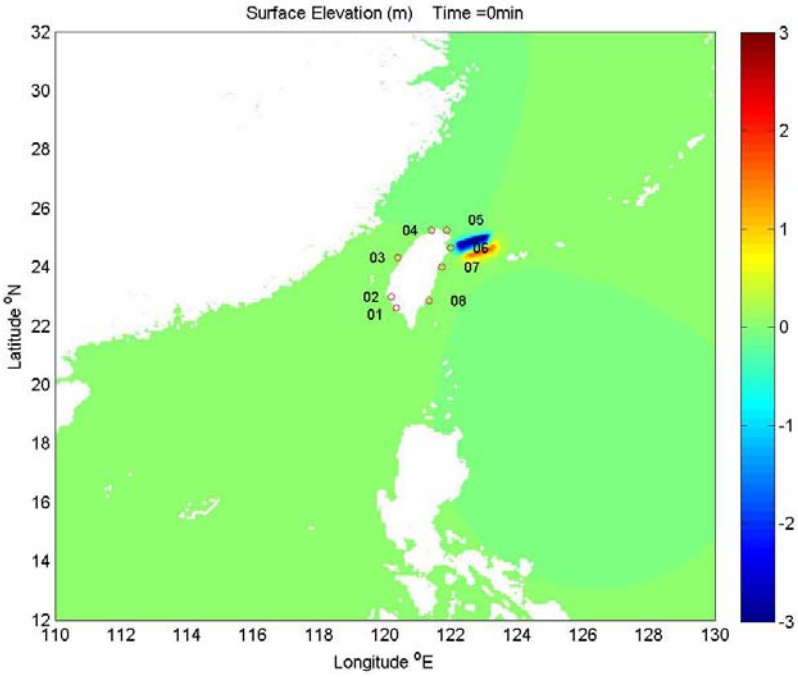


圖 6.32(a) 海嘯發生時

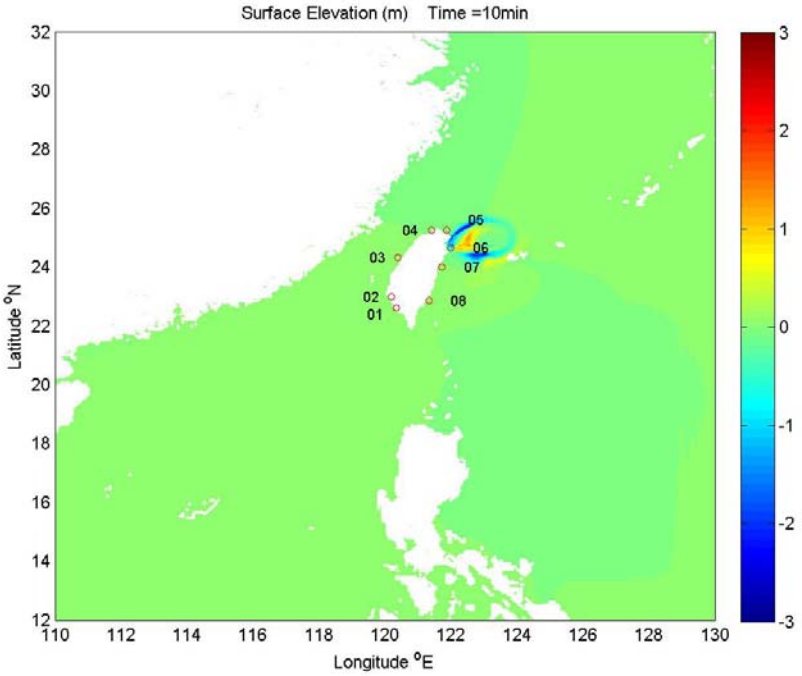


圖 6.32(b) 海嘯發生後 10 分鐘

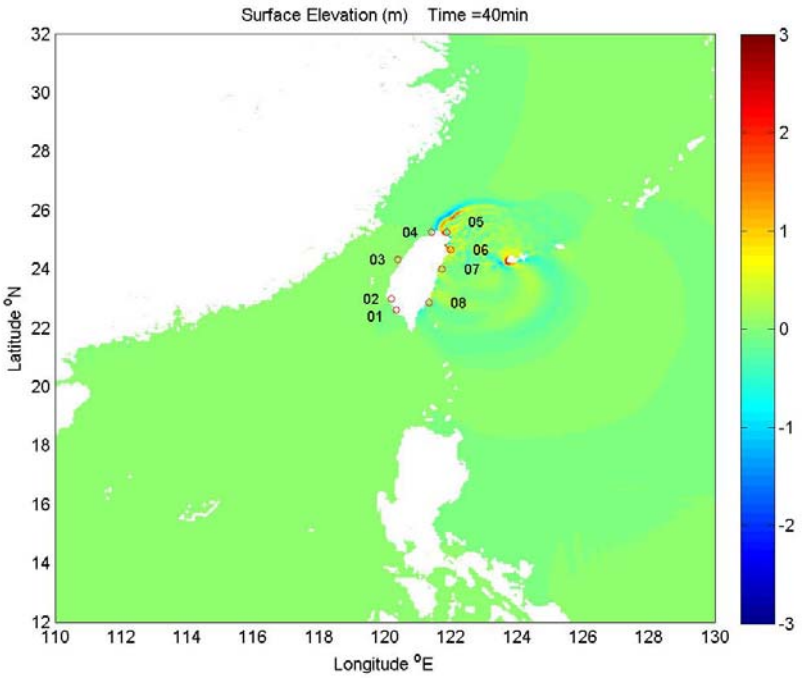


圖 6.32(C) 海嘯發生後 40 分鐘

從各時序表面波高平面分佈圖(圖 6.32(a)~(c))得知，地震發生時間起算，第一前導波於發生地震後的極短時間即到達蘇澳港測站 06，約 15 分後到達基隆港測站 05，約 45 分後到達淡水河口測站 04。

由圖6.33至圖6.37得知，就臺灣周邊海域而言，此海嘯所帶來的威脅以測站06(蘇澳港)、測站05(基隆港)及測站06(淡水河口)三者影響較大，其中更以測站06(蘇澳港)的影響最大，第一前導波產生約0.5米波谷，而最大波高發生時刻為地震發生時間起算約40分後，產生2.2米波高；最大流速發生時刻為地震發生時間起算約75分後，產生約2.6m/s的流速。所以在地震發生時間起算約75分內，蘇澳港附近沿岸受到此類的海嘯威脅最大，淡水河口至東北角沿岸次之。

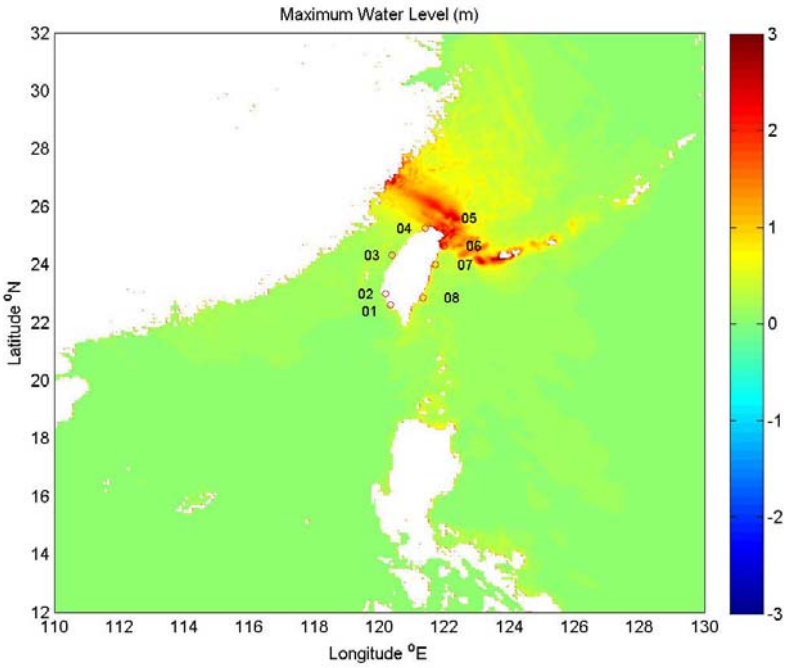


圖 6.33 最大表面波高程之平面分佈圖

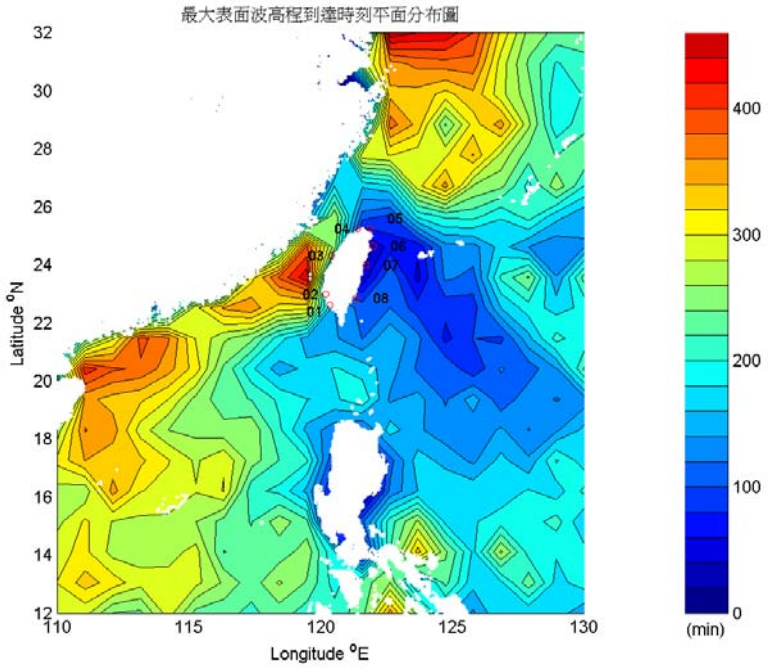


圖 6.34 最大表面波高程到達時刻之平面分佈圖

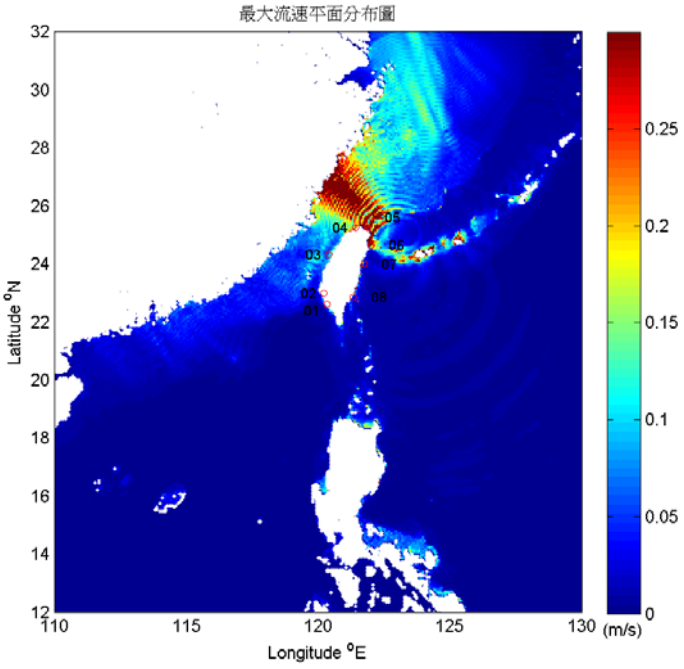


圖 6.35 最大流速之平面分佈圖

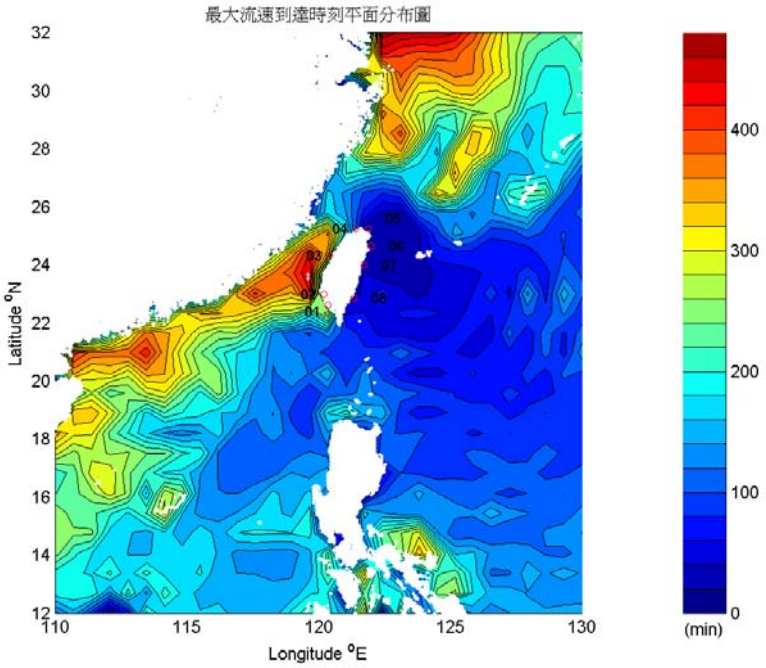


圖 6.36 最大流速到達時刻之平面分佈圖

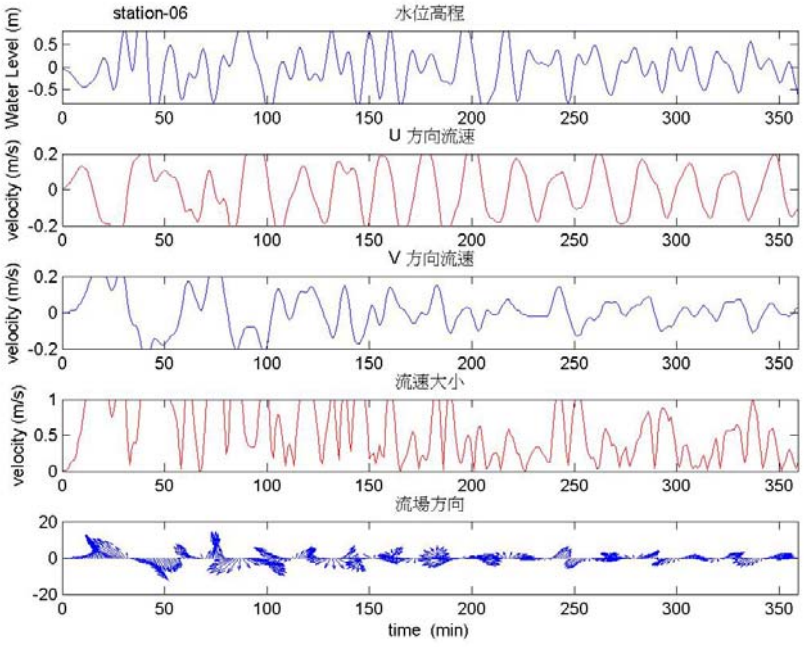


圖 6.37 測站 06(蘇澳港)模擬計算結果

6.4 日本琉球群島地震

臺灣東北方的琉球群島及日本海域均為地震頻繁地區，距臺灣約2000 公里，這些海域發生的大規模地震活動所引發的海嘯亦將有可能侵襲臺灣的海岸。因此模擬計算時，假設日本琉球附近海域產生類似南亞海嘯之規模，來觀察臺灣可能的受災情況。斷層參數設定如表 6.4所示，與南亞大海嘯的參數設定一致，只需調整斷層面的角度。首先將三段斷層帶的震源置於模擬區域的板塊隱沒帶上，並調整三段斷層帶的走向角度(Strike angle)，與隱沒帶走向一致，而其中走向角度從原本的第四象限轉向至第一象限，且傾向角度(Slip angle)不變情況下，因此再將斷層面抬升角度 15^o(Dip angle)調整為原本的互補角 165^o。其中，模式模擬計算時間為 8 小時，計算區域範圍為東經 115^o~東經 155^o，南緯 10^o~北緯 50^o，其水深地形如圖 6.38 所示，資料為 *ETOPO2* 的四分地形資料，模式的網格數目為 601×601。

表 6.4 日本琉球群島模式參數設定

Parameter	Fault plane-1	Fault plane-2	Fault plane-3
Length of fault	330.0 *km*	570.0 *km*	300.0 *km*
Width of fault	150.0 *km*	150.0 *km*	150.0 *km*
Strike angle（θ）	70.0^o	55.0^o	36.0^o
Slip angle（λ）	290.0^o	290.0^o	290.0^o
Dip angle（δ）	165.0^o	165.0^o	165.0^o
Displacement（*d*）	11.0 *m*	11.0 *m*	11.0 *m*
Focal depth（*D*）	7.0 *km*	7.0 *km*	7.0 *km*
Origin of Computation	$115.00^oE/10.00^oN$	$115.00^oE/10.00^oN$	$115.00^oE/10.00^oN$
Location of epicenter	$135.50^oE/31.50^oN$	$130.30^oE/28.60^oN$	$128.50^oE/26.50^oN$

模式計算的初始波形如圖6.39至圖6.41所示，其波峰約4.4米，波谷約2.0

米深，海嘯傳播方向為正交海岸線方向傳播。

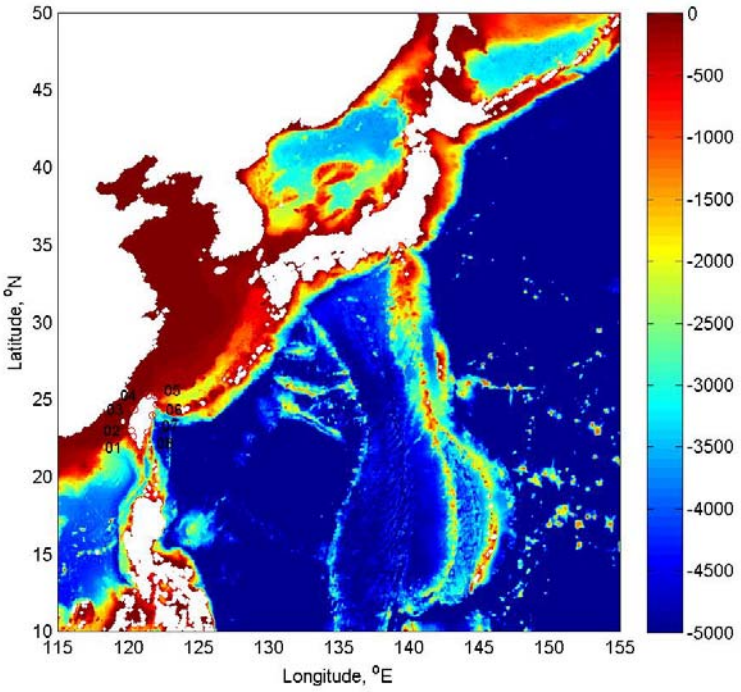


圖 6.38 模式計算區域水深地形圖

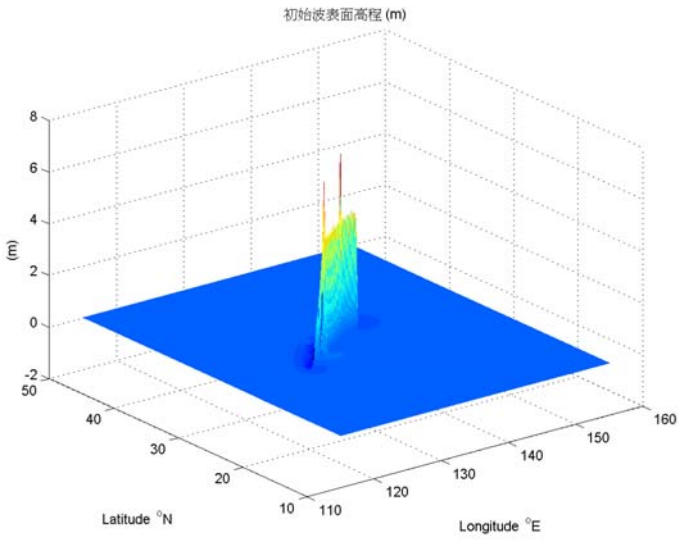


圖 6.39 初始波立體圖

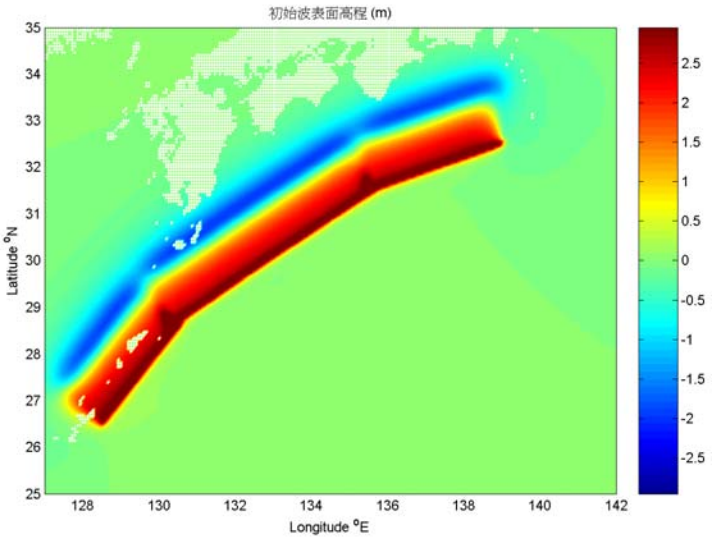


圖 6.40 初始波高程圖

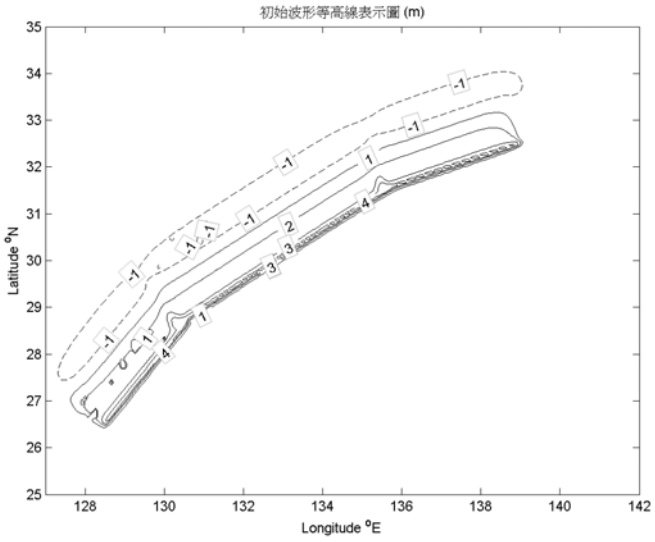


圖 6.41 初始波等高線圖

此模式計算為每 6 分鐘輸出一筆資料，並以 01 至 08 代表各測站位置：01 為高雄港、02 為臺南安平漁港、03 為臺中港、04 為淡水河口、05 為基隆港、06 為宜蘭蘇澳港、07 為花蓮港及 08 為臺東富岡漁港。如圖 6.42(a)~ (d)表示各時序表面波高平面分佈圖。圖 6.43 (a)~(d)表示各時序流速平面分佈圖。

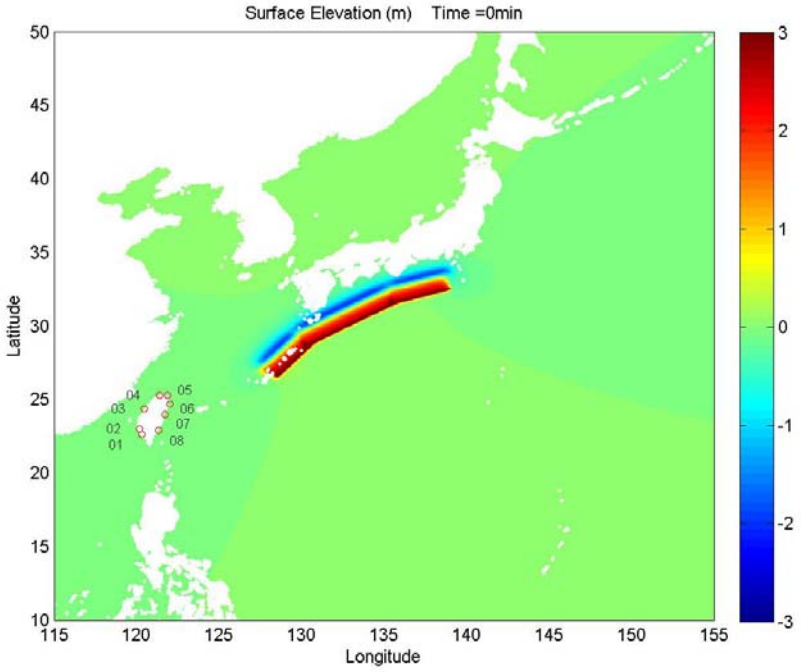


圖 6.42(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

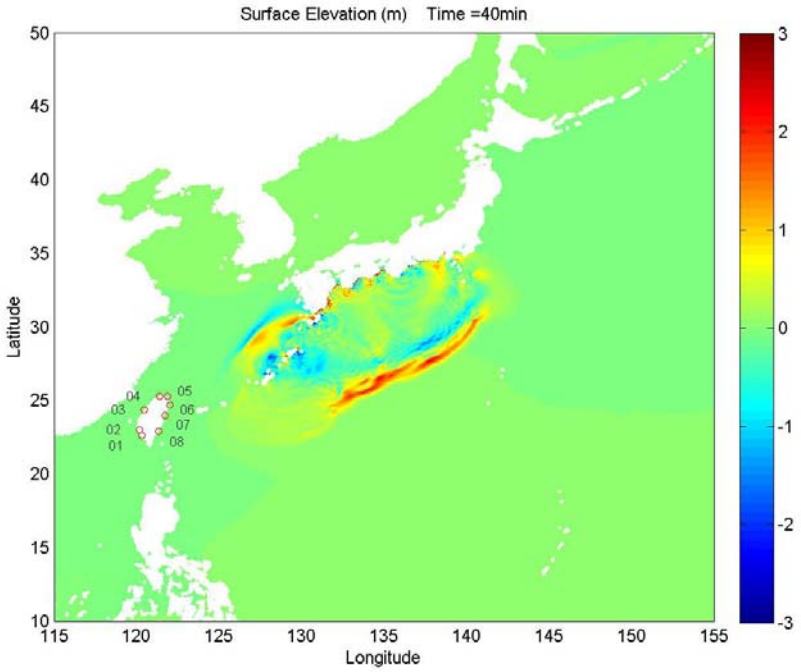


圖 6.42(b) 當海嘯開始發生後 40 分

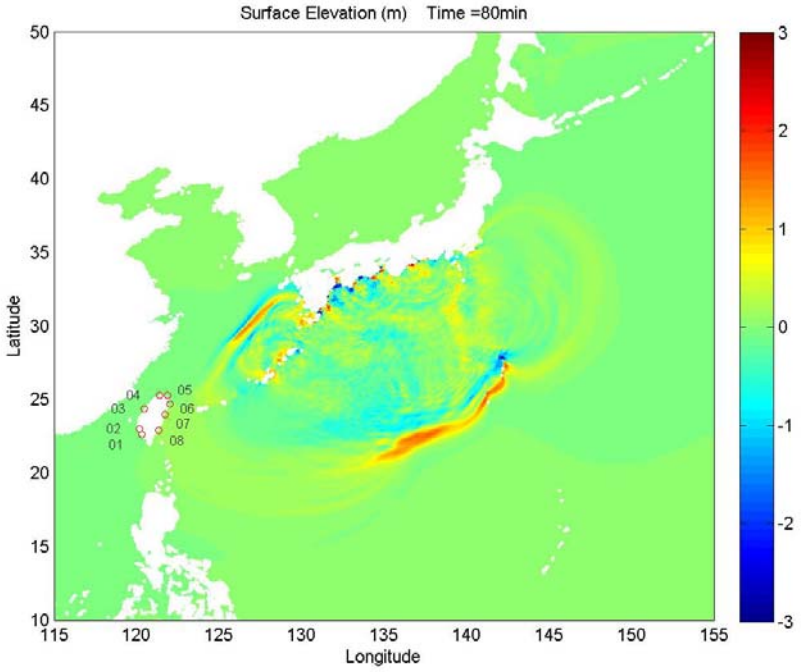


圖 6.42(c) 當海嘯開始發生後 80 分

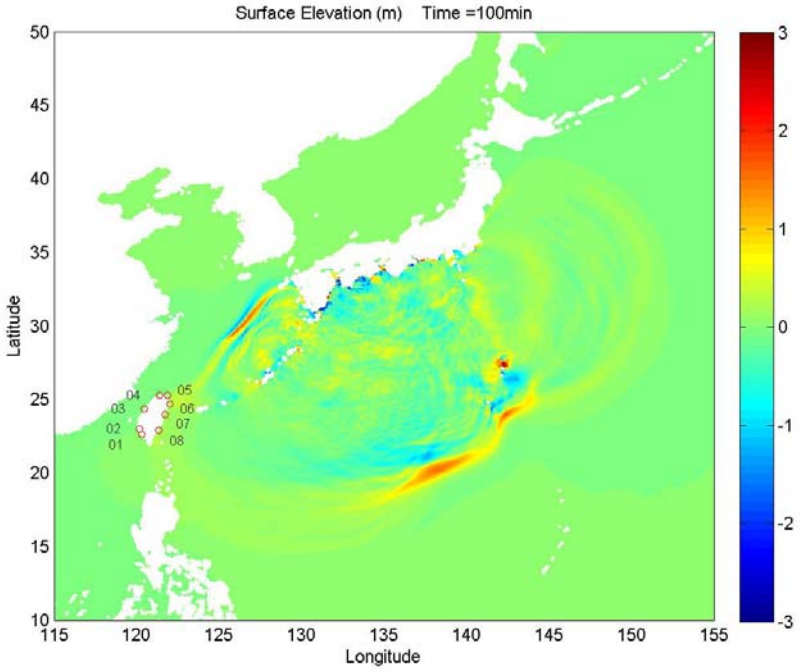


圖 6.42(d) 當海嘯開始發生後 100 分

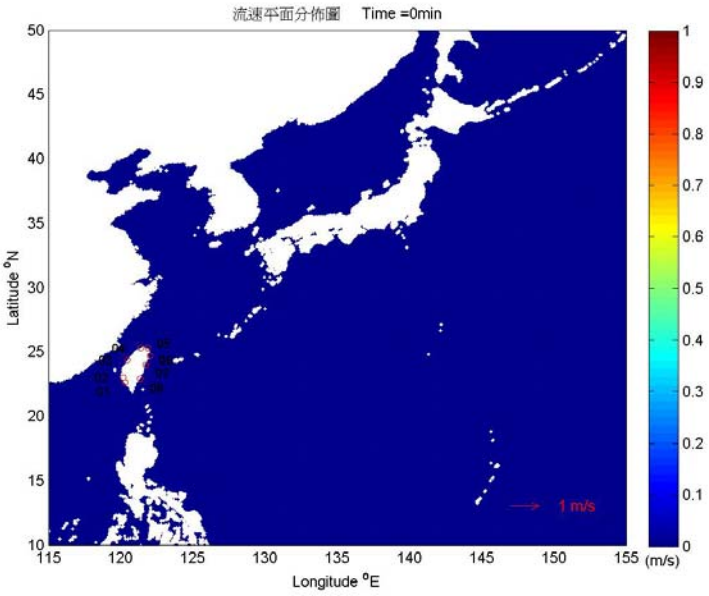


圖 6.43(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

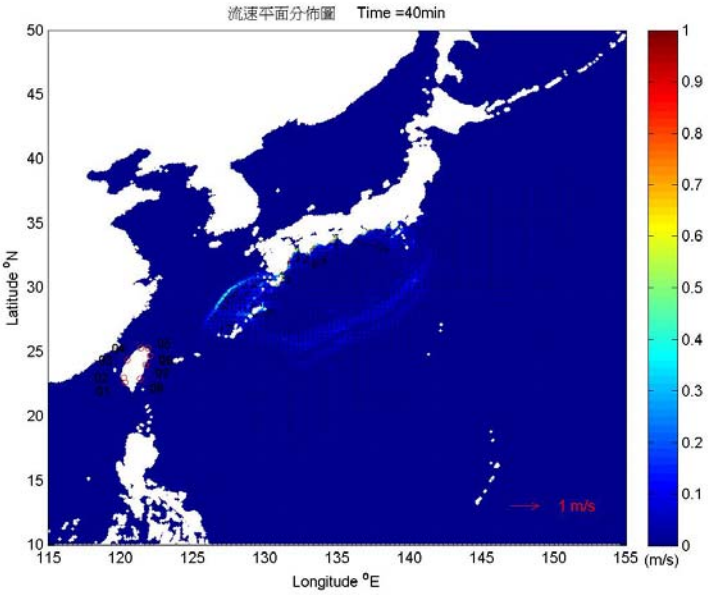


圖 6.43(b) 當海嘯開始發生後 40 分

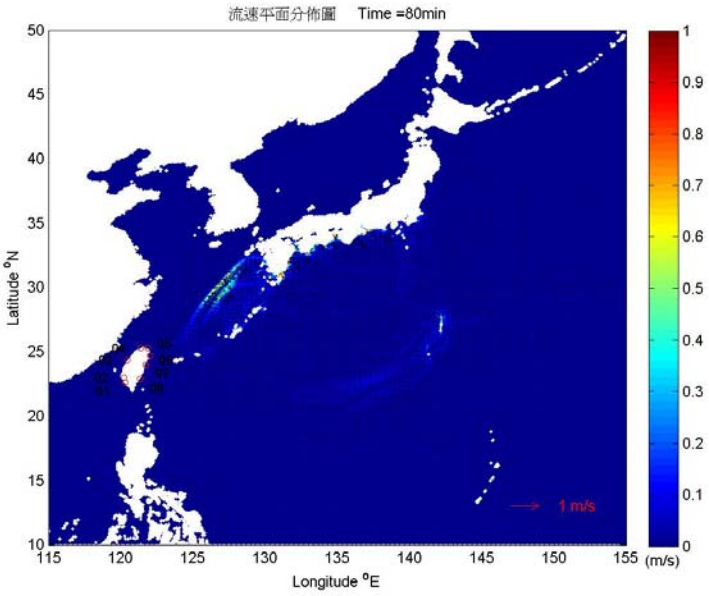


圖 6.43(c) 當海嘯開始發生後 80 分

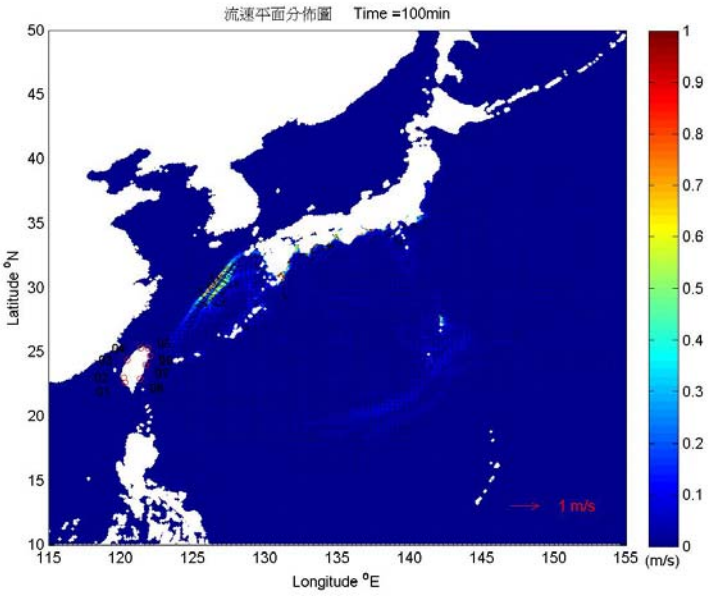


圖 6.43(d) 當海嘯開始發生後 100 分

從各時序表面波高平面分佈圖得知，地震發生時間起算，第一前導波約85分後到達測站08及07(臺東富岡漁港與花蓮港)；約90分後到達測站06(蘇澳港)；約100分後到達測站05(基隆港)。從各時序流速平面分佈圖得知，最大流速以測站06(蘇澳港)為最大，約2.20m/s；其餘測站流速偏小，主因與海嘯傳播方向有關。由圖6.44至圖6.48得知，就臺灣周邊海域而言，此海嘯所帶來的威脅不大，從八個測站資料分析，其中以測站06(蘇澳港)的影響最大，於地震發生時間起算約120分後，第一前導波產生約0.4米波高，而最大流速發生時刻為地震發生時間起算約255分後，此時水位有最大波降0.8米，最大流速接近2.20m/s，而基隆港雖然流速變化不大，但在地震發生時間起算約250分後有最大波高0.8米。由於臺灣位於海嘯傳播之短軸方向，故影響較大者僅限於東部及東北部；但是長軸方向是面對中國大陸黃海沿岸一帶，大部分的能量會集中於此地。

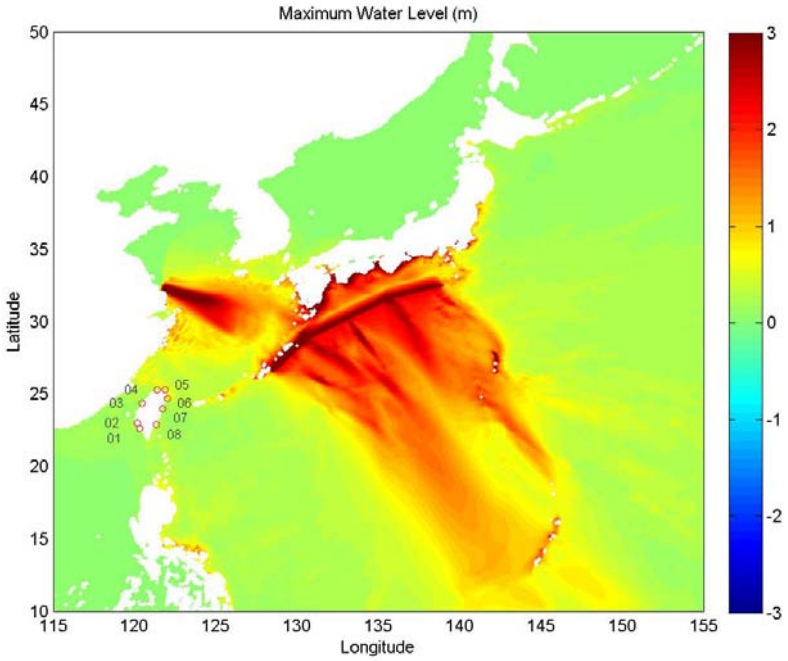


圖 6.44 最大表面波高程之平面分佈圖

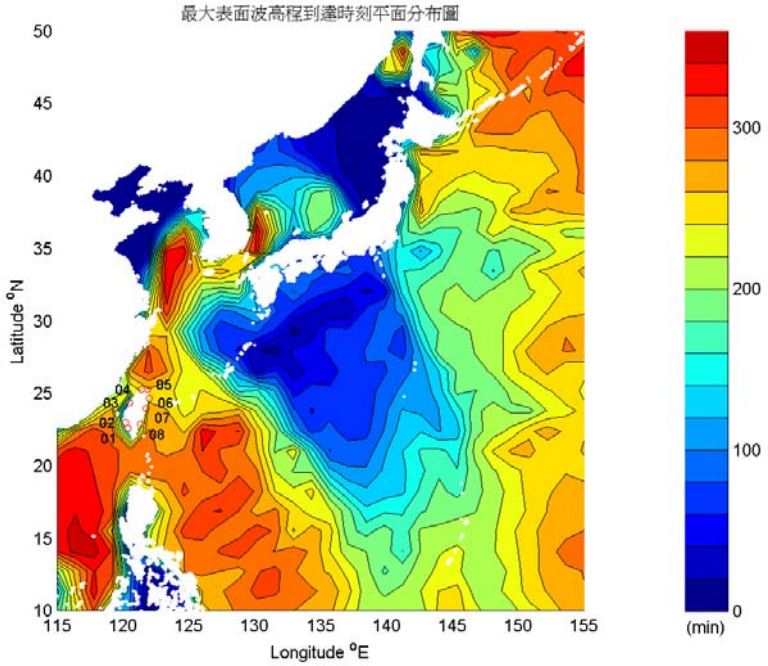


圖 6.45 最大表面波高程到達時刻之平面分佈圖

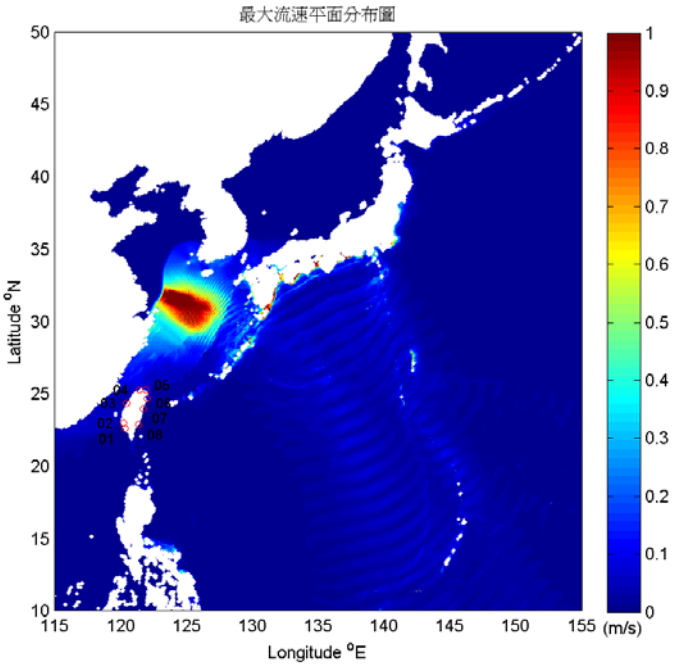


圖 6.46 最大流速之平面分佈圖

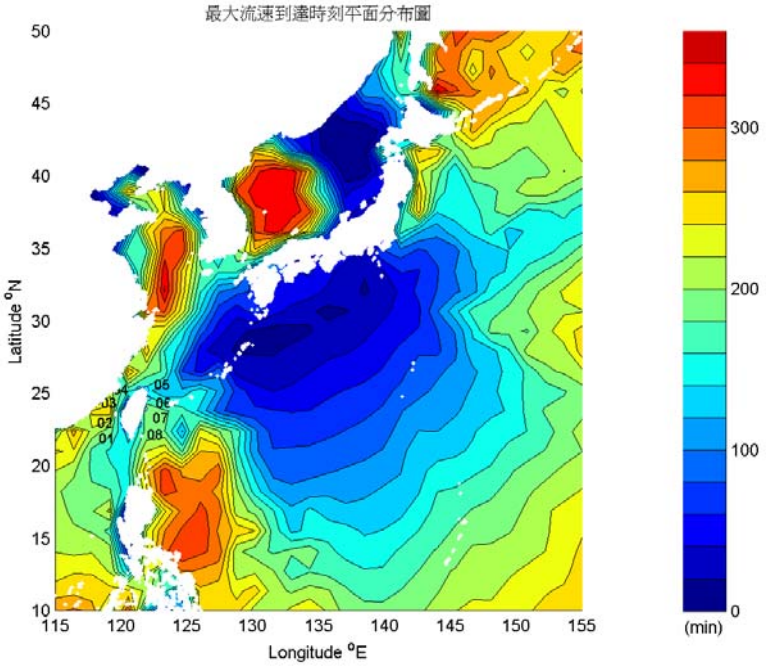


圖 6.47 最大流速到達時刻之平面分佈圖

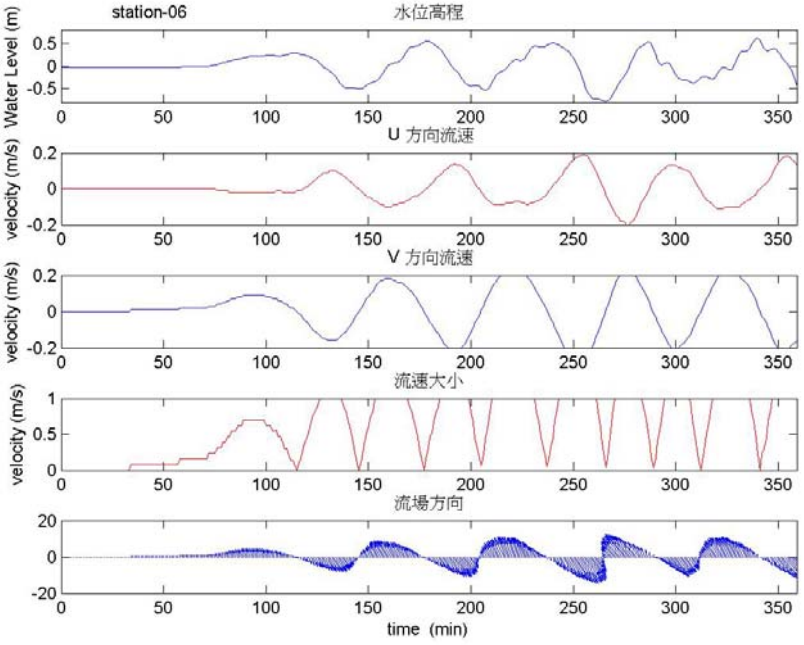


圖 6.48 測站 06(蘇澳港)模擬計算結果

6.5 日本關東地區地震

環太平洋地震帶的西北太平洋海域，是發生地震海嘯的集中區域。由前節發現日本琉球群島發生之海嘯對臺灣影響有限，離臺灣更遠的關東地區理應不影響臺灣；但是如果進一步考慮到海嘯於大洋傳播時，除了受地形水深影響外，碰上島嶼或陸地的反射、折射及繞射情形，其間接傳遞而來的海嘯威脅也是值得注意。因此本節以南亞大海嘯的規模於日本關東附近海域產生災難性的海嘯，來觀察臺灣可能的受災情況。斷層參數設定如表6.5所示，與南亞大海嘯的參數設定一致，只調整三段斷層帶走向角度與抬升角度，以符合實際情形。模式模擬計算時間為8小時，計算區域範圍為東經115^o~東經155^o，南緯10^o~北緯50^o，其水深地形如圖6.49所示，資料為*ETOPO2*的四分地形資料，模式的網格數目為601×601。

表 6.5 日本關東地區模式參數設定

Parameter	Fault plane-1	Fault plane-2	Fault plane-3
Length of fault	330.0 *km*	570.0 *km*	300.0 *km*
Width of fault	150.0 *km*	150.0 *km*	150.0 *km*
Strike angle（θ）	4.0^o	12.0^o	65.0^o
Slip angle（λ）	290.0^o	290.0^o	290.0^o
Dip angle（δ）	165.0^o	165.0^o	165.0^o
Displacement（*d*）	11.0 *m*	11.0 *m*	11.0 *m*
Focal depth（*D*）	7.0 *km*	7.0 *km*	7.0 *km*
Origin of Computation	115.00^o*E*/10.00^o*N*	115.00^o*E*/10.00^o*N*	115.00^o*E*/10.00^o*N*
Location of epicenter	144.00^o*E*/38.35^o*N*	141.00^o*E*/33.20^o*N*	137.30^o*E*/32.20^o*N*

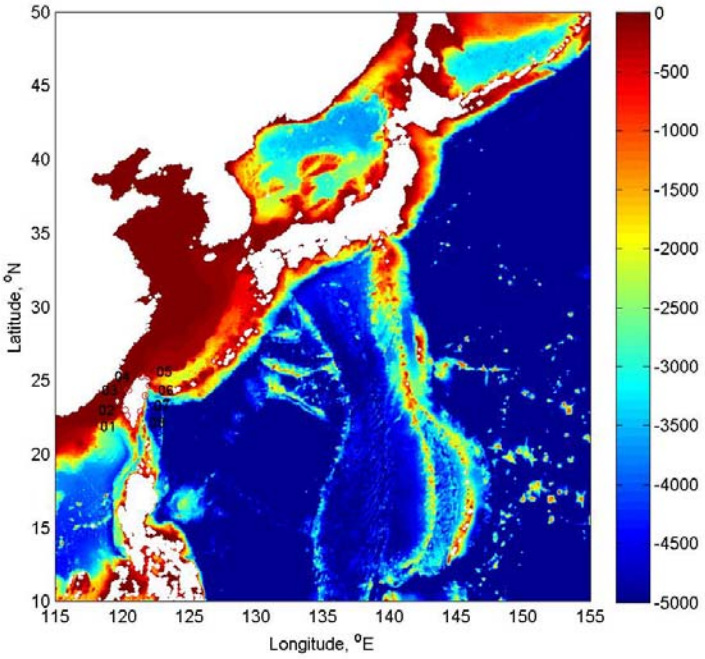


圖 6.49 模式計算區域水深地形圖

模式計算的初始波形如圖 6.50 至圖 6.52 所示，波峰約 2.0 米高，波谷約 5.0 米深，海嘯傳播方向為正交於海岸方向。

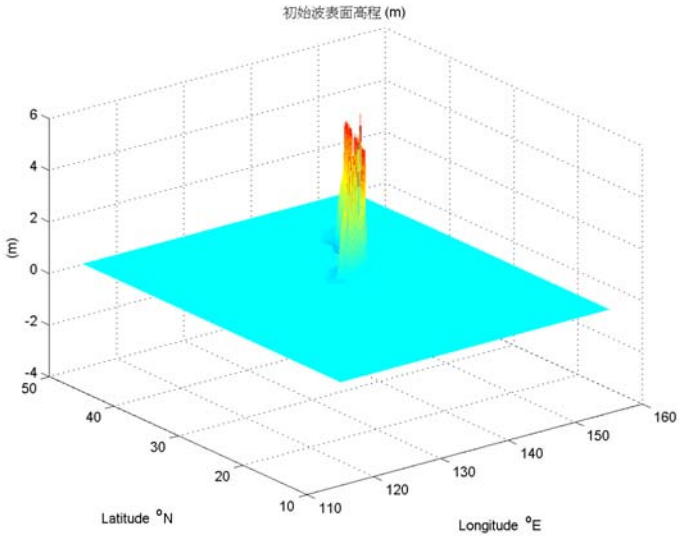


圖 6.50 初始波立體圖

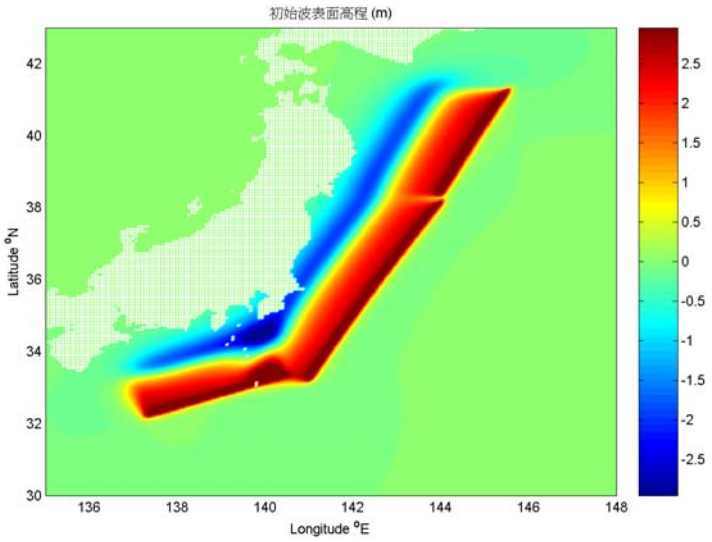


圖 6.51 初始波高程圖

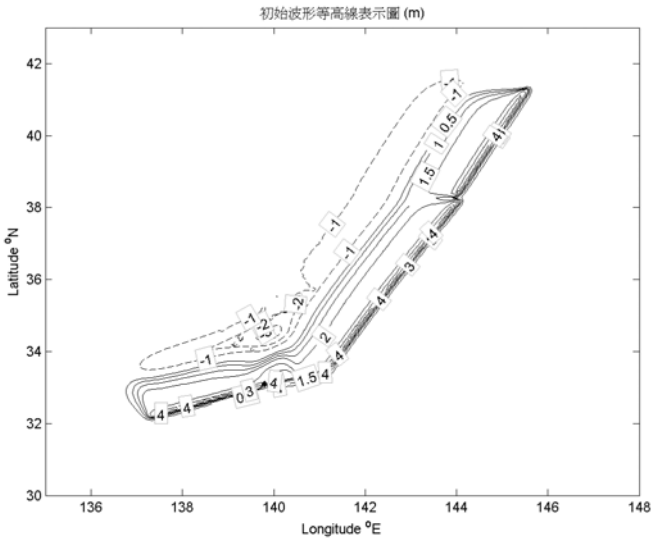


圖 6.52 初始波等高線圖

此模式計算為每 6 分鐘輸出一筆資料，並以 01 至 08 代表各測站位置：01 為高雄港、02 為臺南安平漁港、03 為臺中港、04 為淡水河口、05 為基隆港、06 為宜蘭蘇澳港、07 為花蓮港及 08 為臺東富岡漁港。圖 6.53(a)~(d)表示各時序表面波高平面分佈圖；圖 6.54 (a)~(d)表示各時序流速平面分佈圖

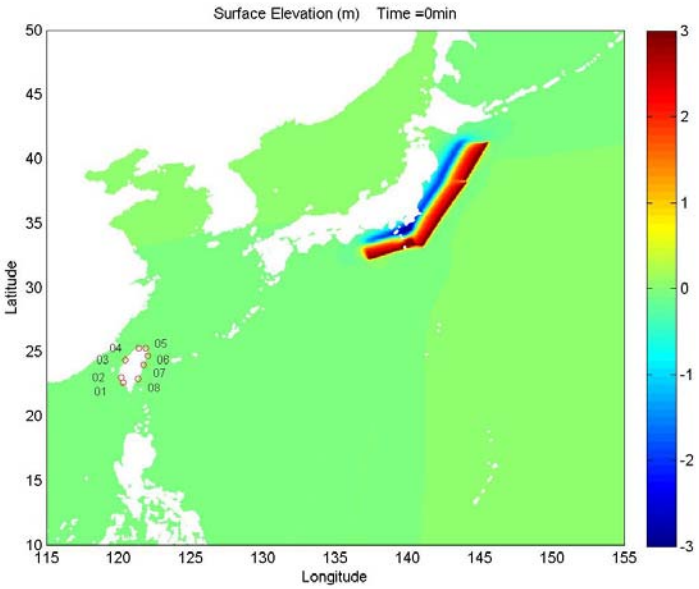


圖 6.53(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

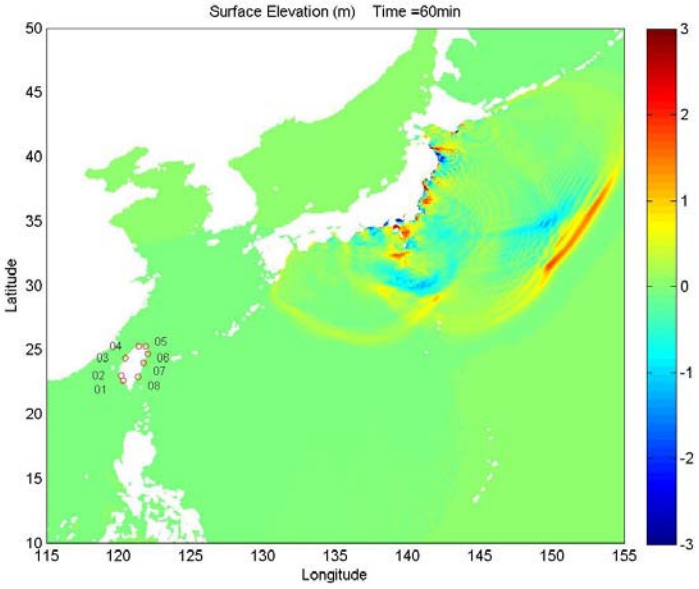


圖 6.53(b) 當海嘯開始發生後 60 分

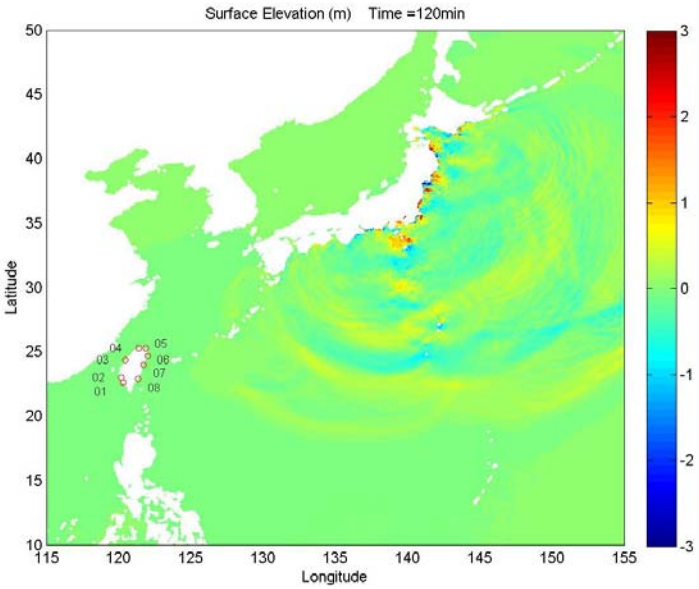


圖 6.53(c) 當海嘯開始發生後 120 分

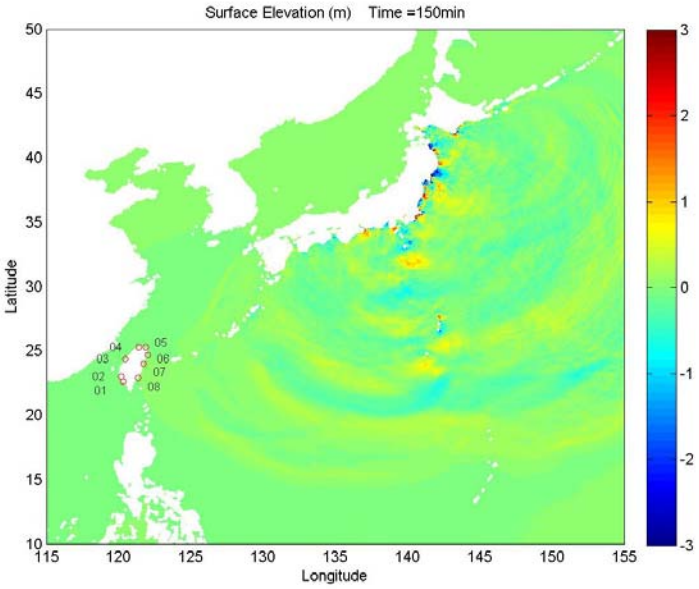


圖 6.53(d) 當海嘯開始發生後 150 分

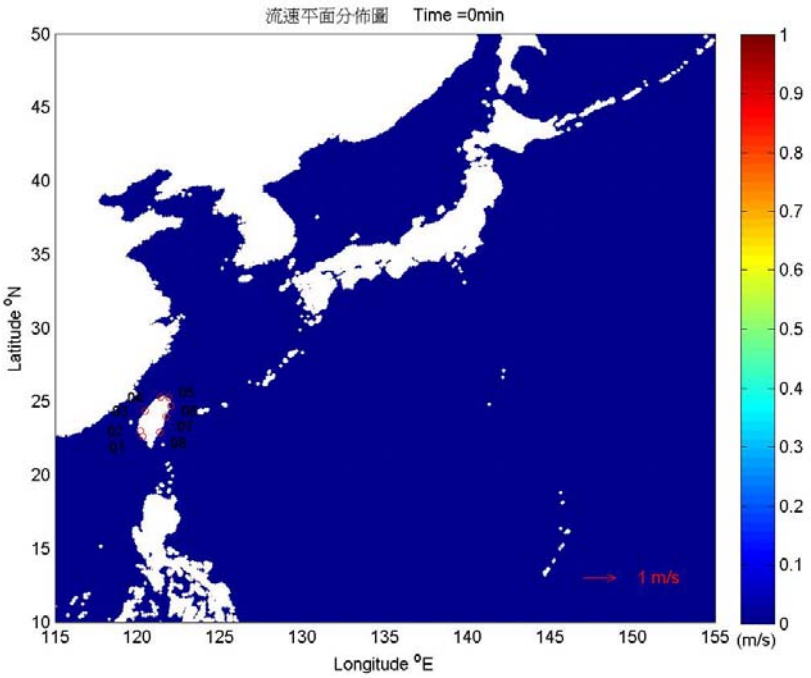


圖 6.54(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

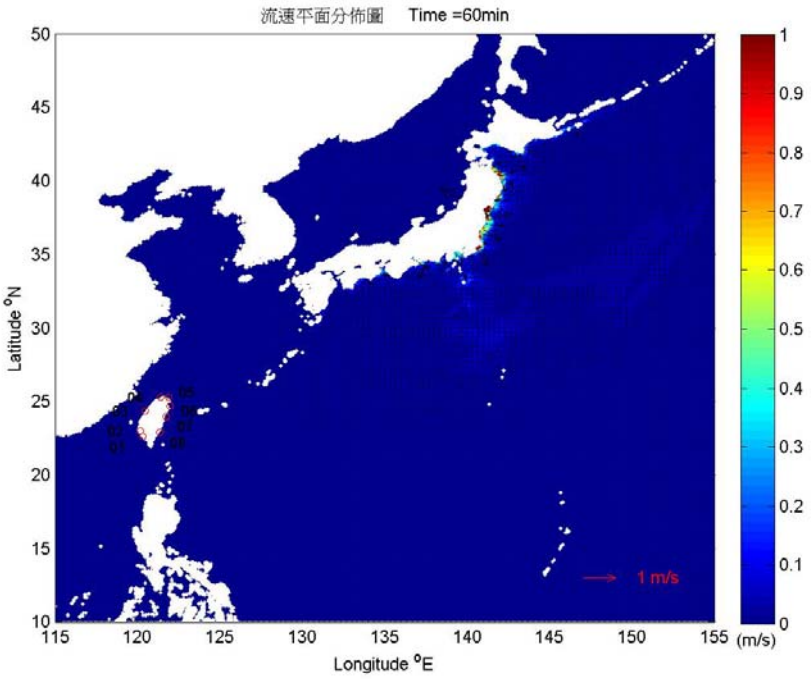


圖 6.54(b) 當海嘯開始發生後 60 分

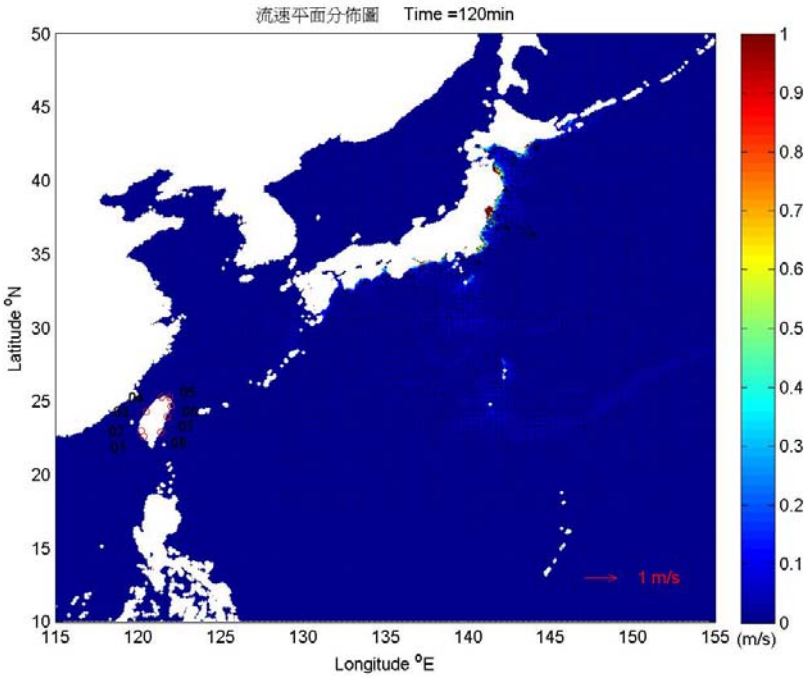


圖 6.54(c) 當海嘯開始發生後 120 分

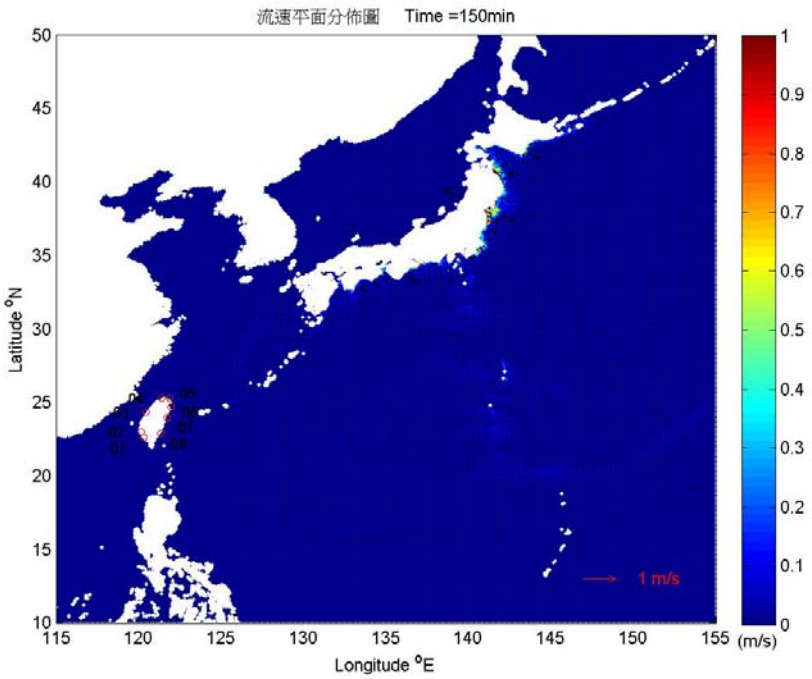


圖 6.54(c) 當海嘯開始發生後 150 分

從各時序表面波高平面分佈圖得知，地震發生時間起算，第一前導波約 145 分後到達測站 08 及 07(臺東富岡漁港與花蓮港)；約 155 分後到達測站 06(蘇澳港)；約 180 分後到達測站 05(基隆港)；約 200 分後到達測站 01(高雄港)。從各時序流速平面分佈圖中得知，最大流速以測站 01(高雄港)為最大，約 0.47m/s；測站 06(蘇澳港)次之，約 0.37m/s；其餘測站流速偏小，主因與海嘯傳播方向有關。事實上，由於琉球群島及關東地區距離臺灣甚遠且臺灣位於短軸方向，故直接影響臺灣本島不甚明顯，但是由於海嘯波在大洋傳遞過程中，仍有許多效應產生，故仍有可能對臺灣地區產生間接性之影響。

由圖 6.55 至圖 6.60 之模擬結果顯示，此海嘯所帶來對臺灣之影響甚小，其中以測站 06(蘇澳港)及測站 01(高雄港)的水位及流速變化最大。由高雄港後續的水位及流速有突增的情形來看，測站 01(高雄港)的水位與流速變化於地震發生時間約 340 分後，產生最大波高 0.22 米與最大流速 0.48m/s，此一情形可能與海嘯碰到夏威夷島群反射而間接影響臺灣，或者海嘯於近岸造成的邊緣波所致。

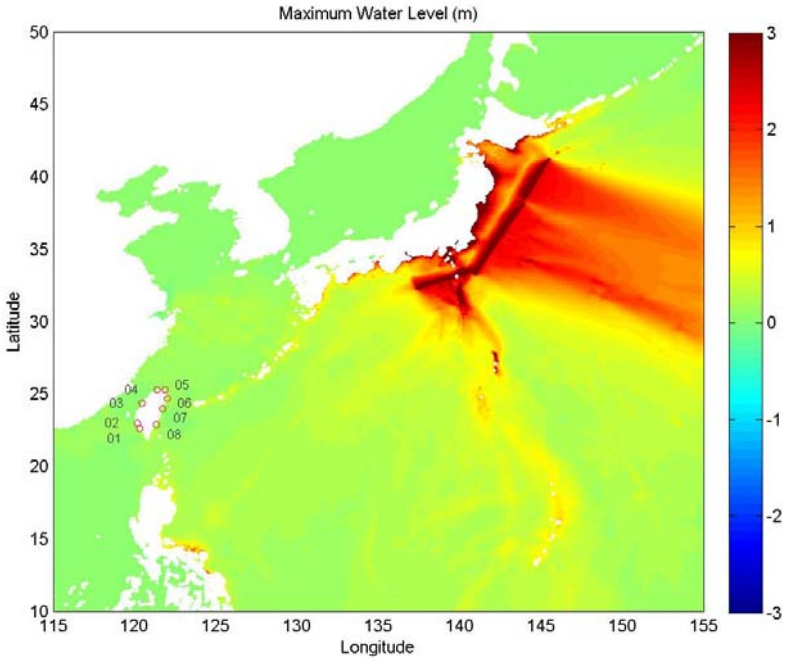


圖 6.55 最大表面波高程之平面分佈圖

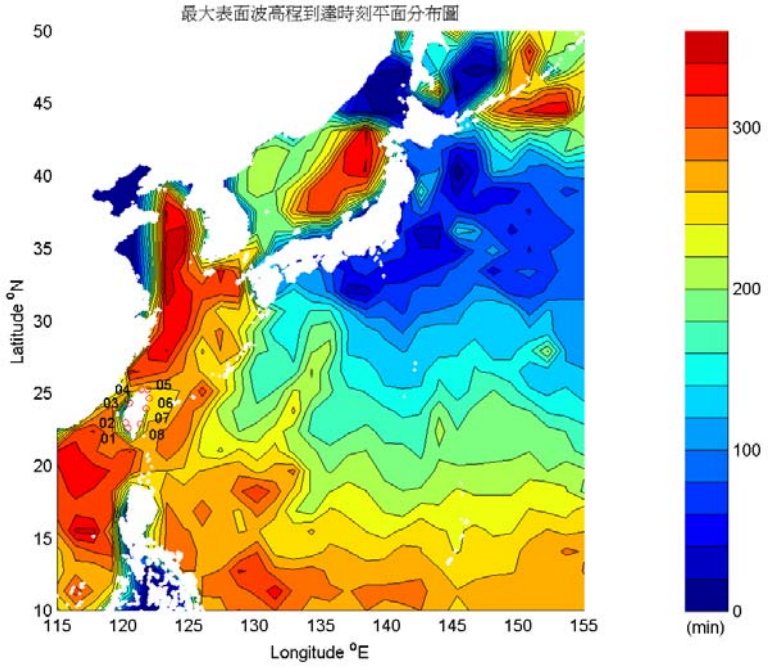


圖 6.56 最大表面波高程到達時刻之平面分佈圖

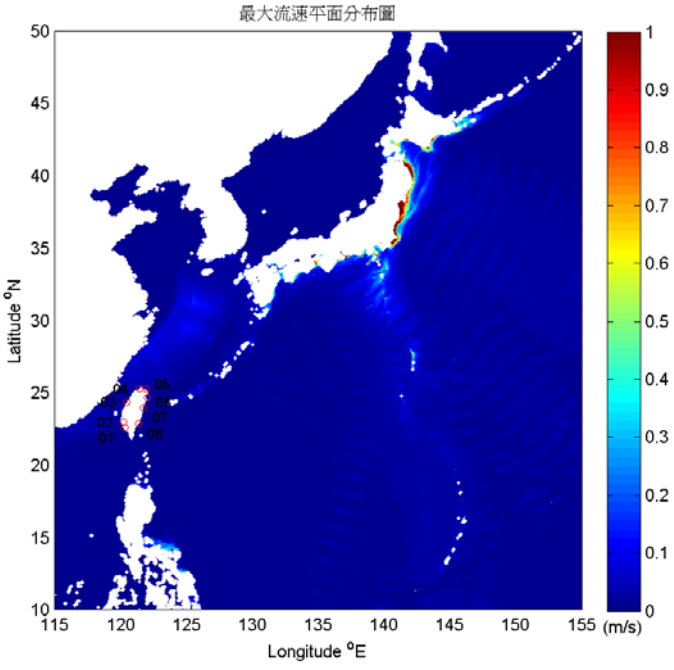


圖 6.57 最大流速之平面分佈圖

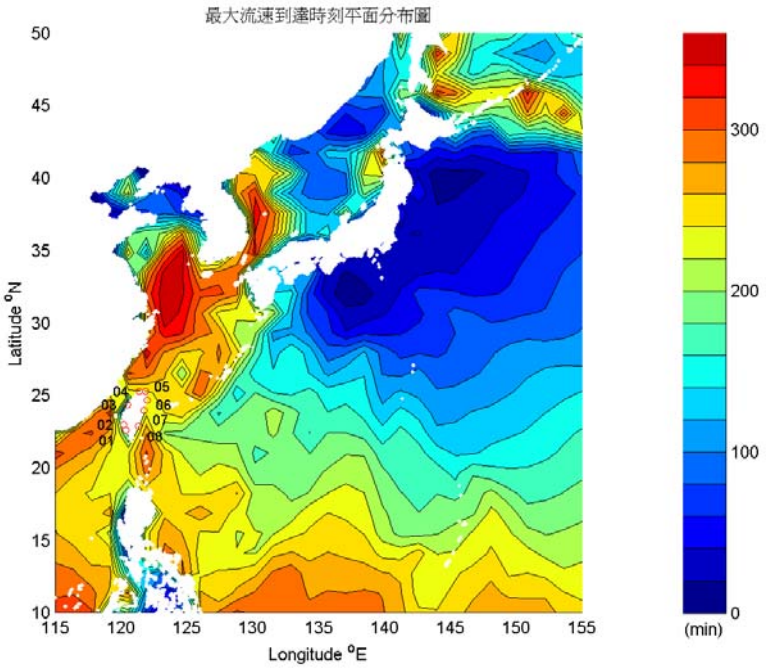


圖 6.58 最大流速到達時刻之平面分佈圖

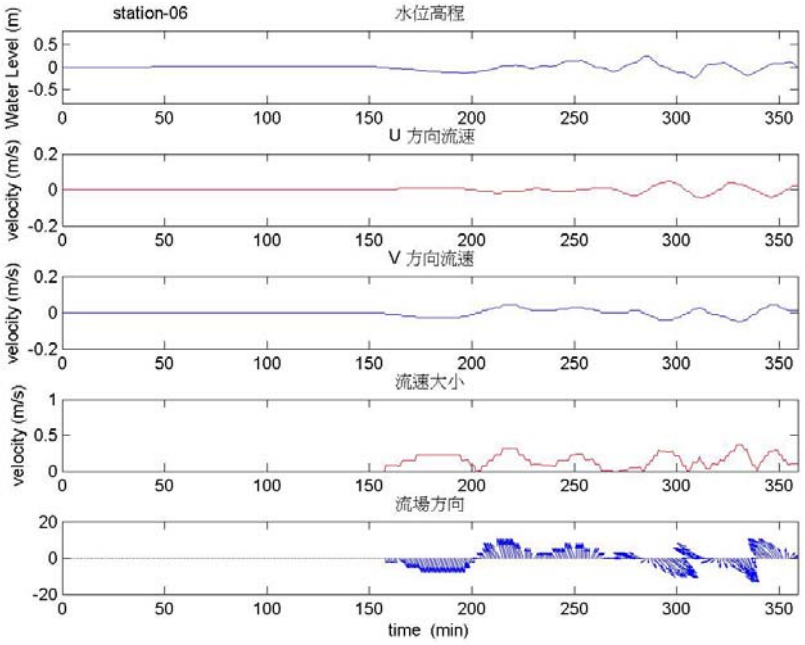


圖 6.59 測站 06(蘇澳港)模擬計算結果

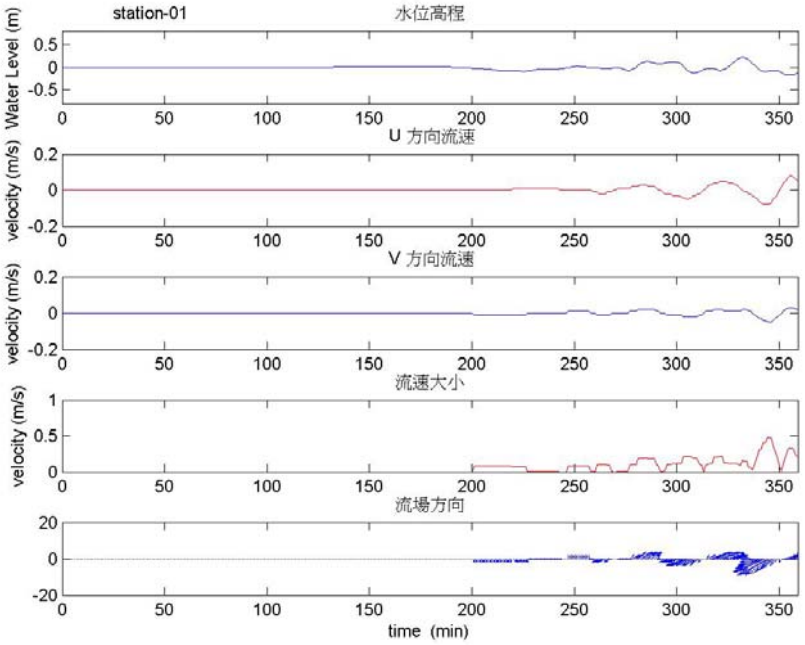


圖 6.60 測站 01(高雄港)模擬計算結果

6.6 日本北海道地區地震

日本北海道地區曾發生海嘯事件，故本節選擇此一案例來驗證對臺灣之影響；本案例主要考量在於海嘯於大洋傳播時，會受地形水深及島嶼或陸地的反射、折射及繞射，這些效應是否間接影響臺灣地區。模式斷層參數設定如表 6.6 所示，與南亞大海嘯的參數設定一致，只調整三段斷層帶走向角度與抬升角度，以符合實際情形。模式模擬計算時間為 8 小時，計算區域範圍為東經 115 度~東經 175 度，赤道至北緯 60 度，其水深地形如圖 6.61 所示資料為 ETOPO2 的十分地形資料，模式的網格數目為 361×361，由於此模擬計算的範圍較大，因此捨四分地形改採十分地形，以利模式的運算。

表 6.6 日本北海道地區模式參數設定

Parameter	Fault plane-1	Fault plane-2	Fault plane-3
Length of fault	330.0 *km*	570.0 *km*	300.0 *km*
Width of fault	150.0 *km*	150.0 *km*	150.0 *km*
Strike angle（θ）	30.0^o	45.0^o	20.0^o
Slip angle（λ）	290.0^o	290.0^o	290.0^o
Dip angle（δ）	165.0^o	165.0^o	165.0^o
Displacement（*d*）	11.0 *m*	11.0 *m*	11.0 *m*
Focal depth（*D*）	7.0 *km*	7.0 *km*	7.0 *km*
Origin of Computation	$115.00^oE/10.00^oN$	$115.00^oE/10.00^oN$	$115.00^oE/10.00^oN$
Location of epicenter	$154.50^oE/47.50^oN$	$147.20^oE/44.00^oN$	$145.00^oE/41.50^oN$

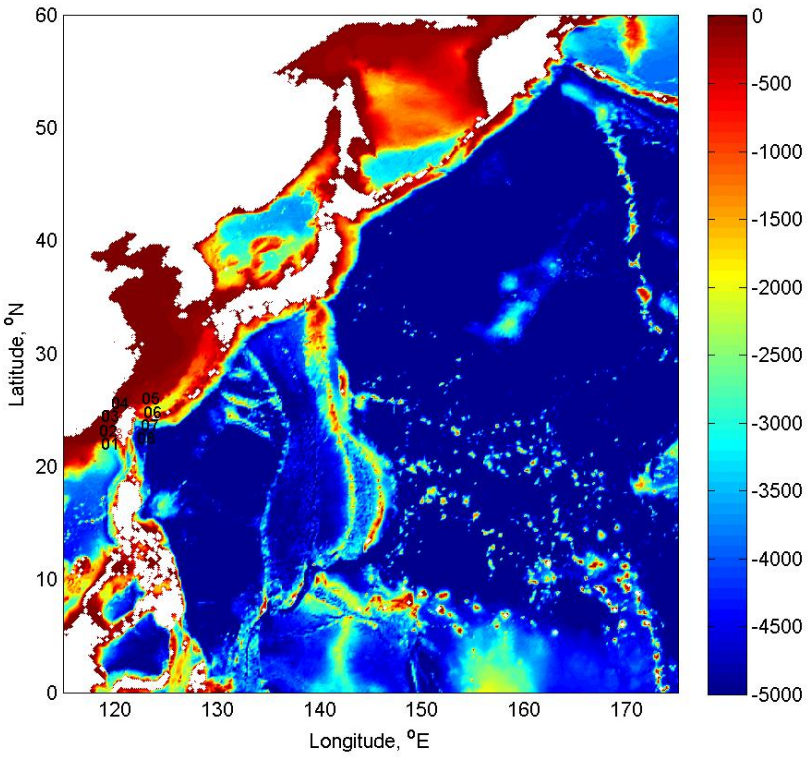


圖 6.61 模式計算區域水深地形圖

模式計算的初始波形如圖 6.62 至圖 6.64 所示，波峰約 2.0 米，波谷約 4.0 米深，海嘯傳播方向為正交海岸線方向。

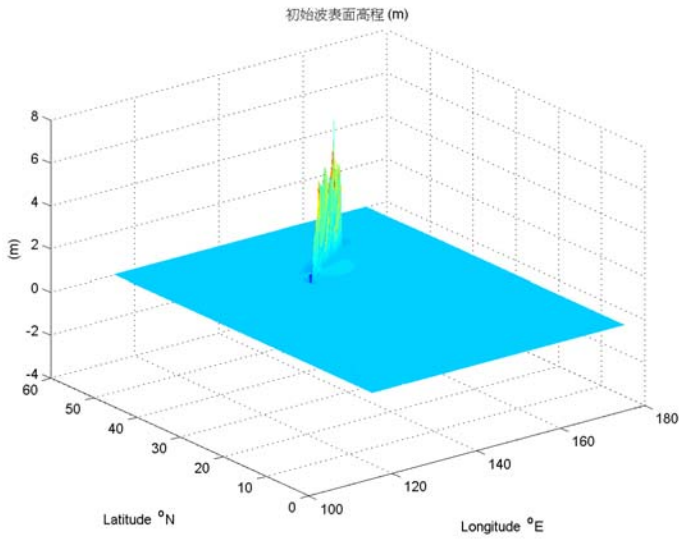


圖 6.62 初始波立體圖

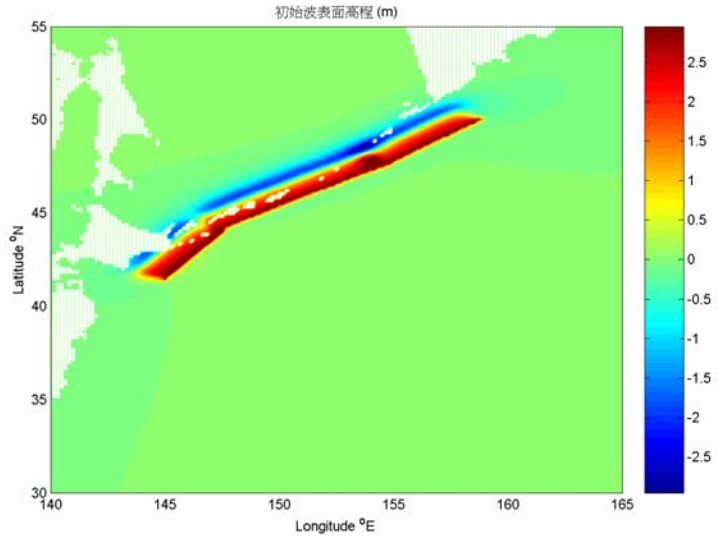


圖 6.63 初始波高程圖

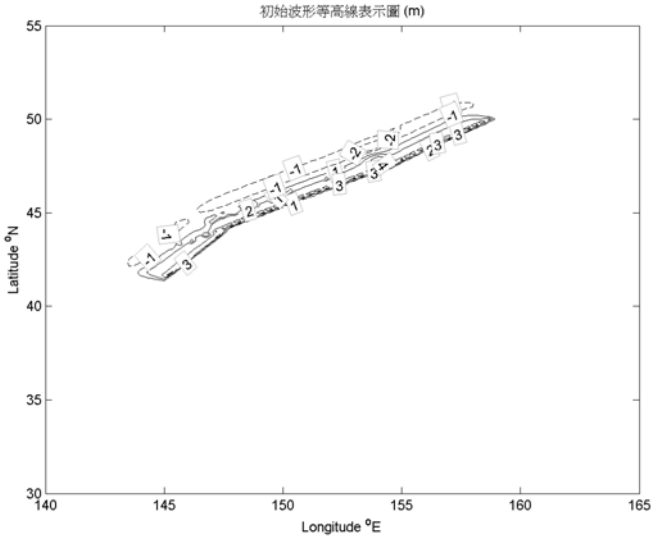


圖 6.64 初始波等高線圖

此模式計算為每 6 分鐘輸出一筆資料，並以 01 至 08 代表各測站位置：01 為高雄港、02 為臺南安平漁港、03 為臺中港、04 為淡水河口、05 為基隆港、06 為宜蘭蘇澳港、07 為花蓮港及 08 為臺東富岡漁港。圖 6.65 (a)~(d)表示各時序表面波高平面分佈圖；圖 6.66 (a)~(d)表示各時序流速平面分佈圖。

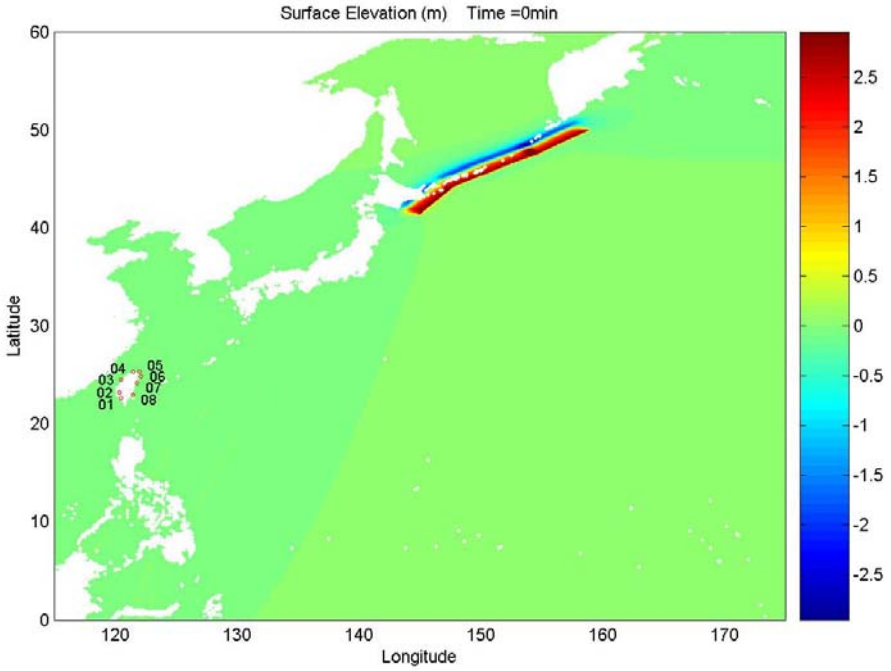


圖 6.65(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

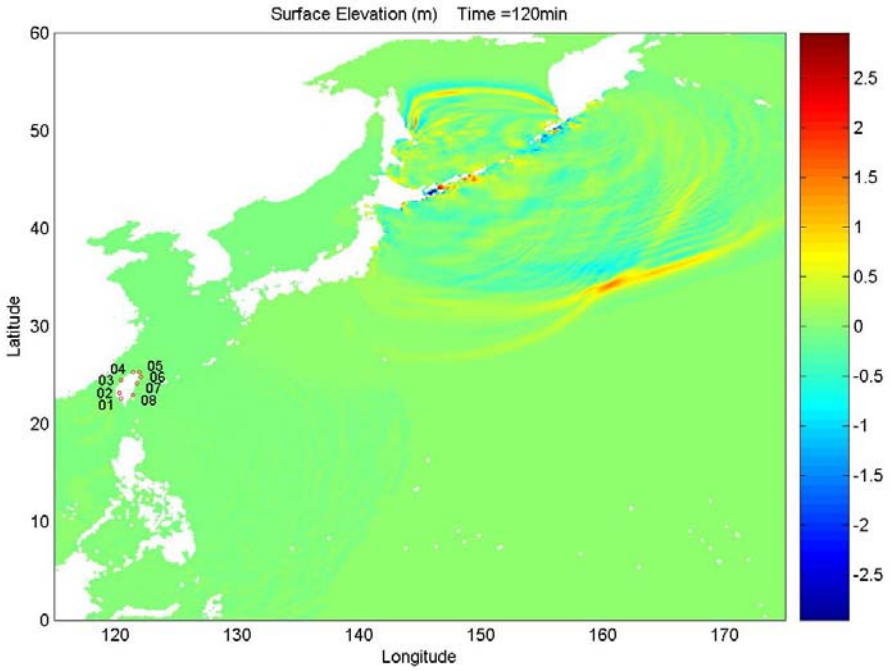


圖 6.65(b) 當海嘯開始發生後 120 分

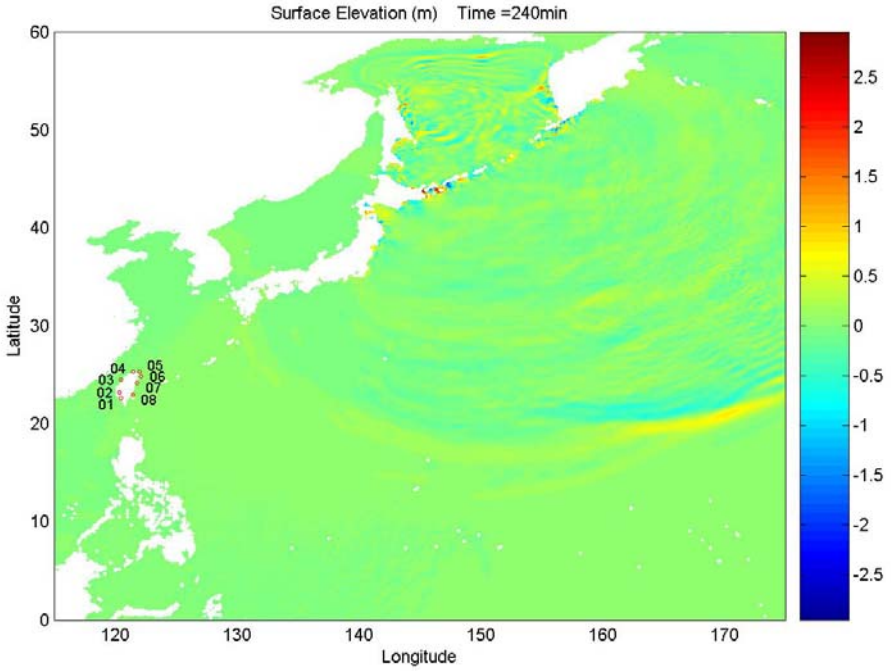


圖 6.65(c) 當海嘯開始發生後 240 分

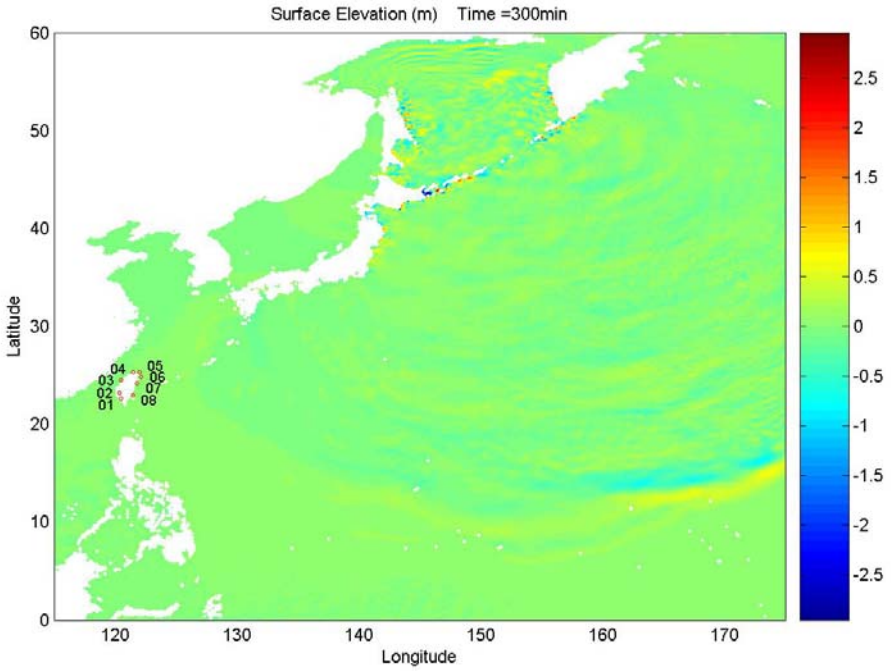


圖 6.65(d) 當海嘯開始發生後 300 分

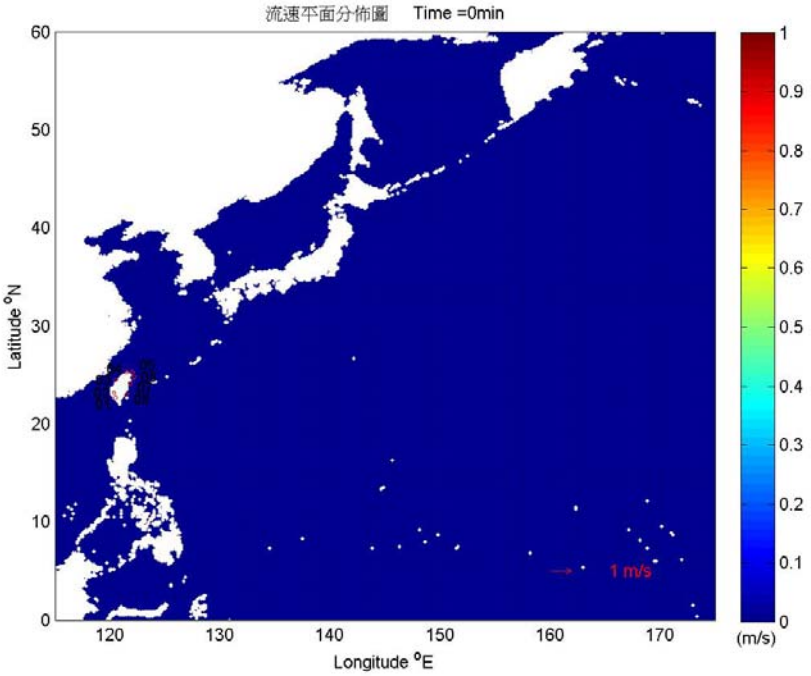


圖 6.66(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

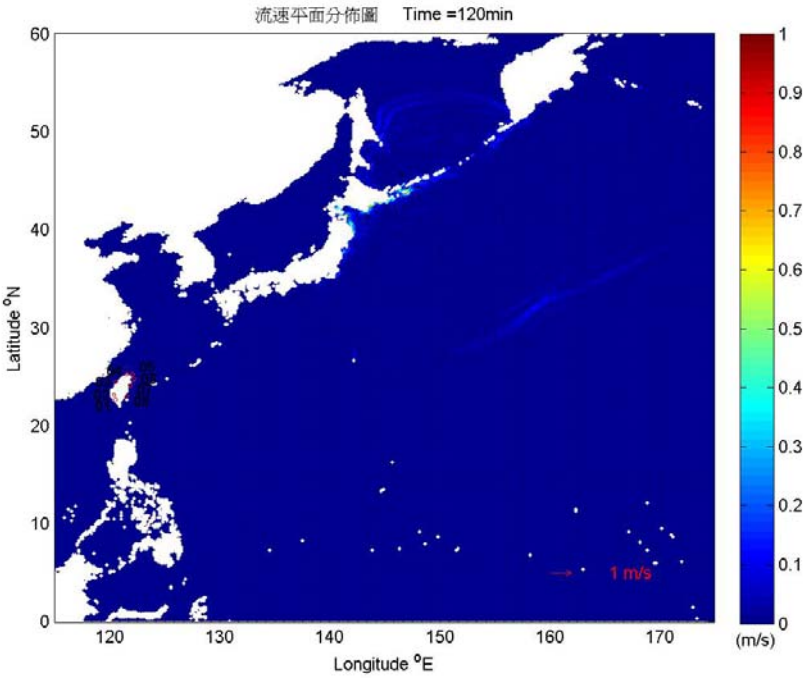


圖 6.66(b) 當海嘯開始發生後 120 分

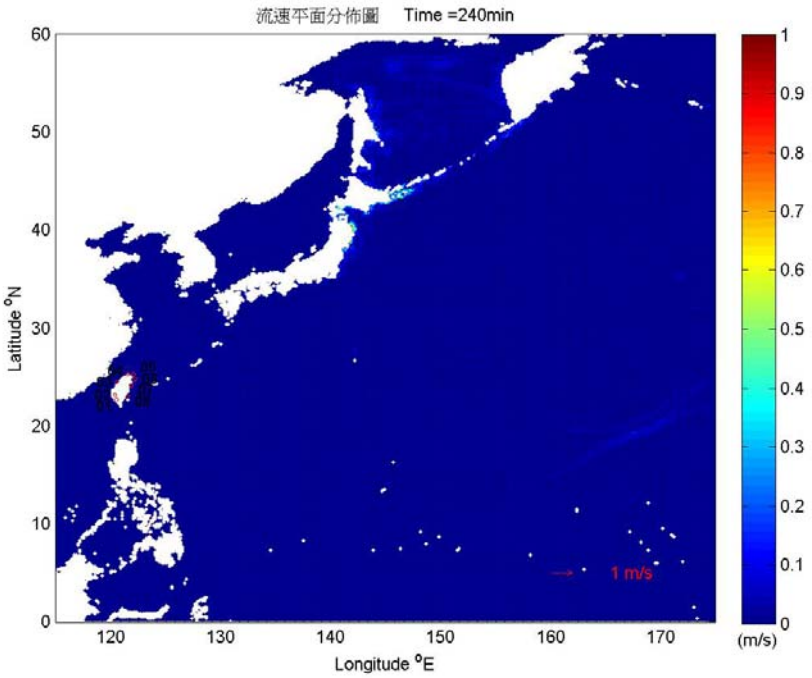


圖 6.66(c) 當海嘯開始發生後 240 分

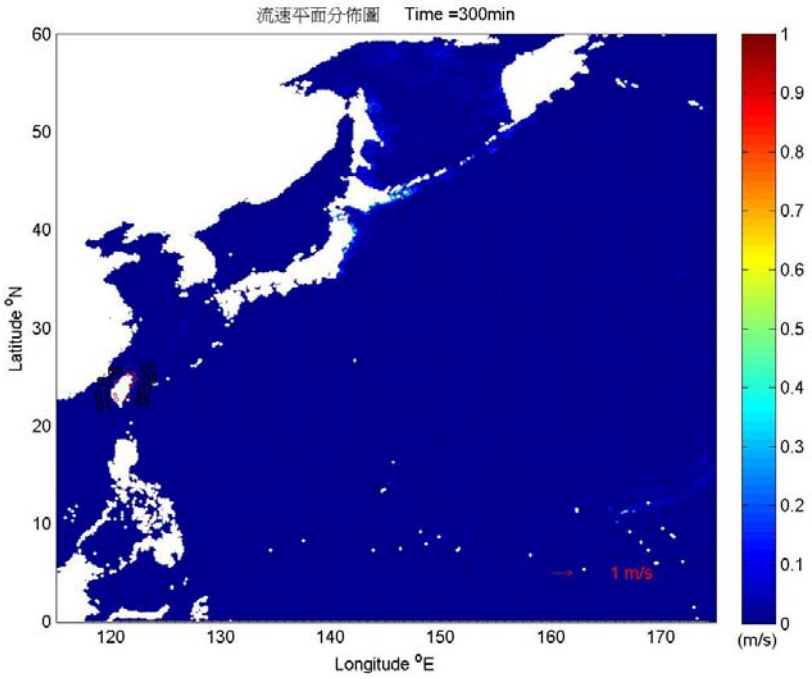


圖 6.66(d) 當海嘯開始發生後 300 分

從各時序表面波高平面分佈圖中得知，地震發生時間起算，第一前導波約 260 分後到達測站 06(蘇澳港)、約 290 分後到達測站 05(基隆港)、約 300 分後到達測站 01(高雄港)。從各時序流速平面分佈圖中得知，最大流速以測站 06(蘇澳港)為最大，約 0.25m/s；其餘測站流速更小。

由圖 6.67 至圖 6.70 得知，由於北海道發生海嘯的地點位於日本北道與勘察加半島之間，北面是鄂霍次克海，南面即是太平洋地區，當海嘯發生時，海嘯波有二個出口端供能量傳遞，長軸方向的北海道海岸地區、勘察加半島沿岸地區及鄂霍次克海北部海域會有相當大之影響；另一方面，由於南面的太平洋區域廣闊，海嘯波能量呈現發散，主要朝向太平洋東南部而去，且此區發生折繞射之可能性相當小，再加上海嘯波的能量經過長距離之傳遞消耗不少，故以臺灣周邊海域而言，此海嘯所帶來的威脅非常小，並從八個測站資料數值模擬顯示，水位與流速並無明確變化。故由日本琉球群島、關東地區及北海道地區案例顯示，臺灣位於海嘯傳遞之短軸方向，故若海嘯波源離臺灣相當遠，則臺灣地區受其影響相當有限。

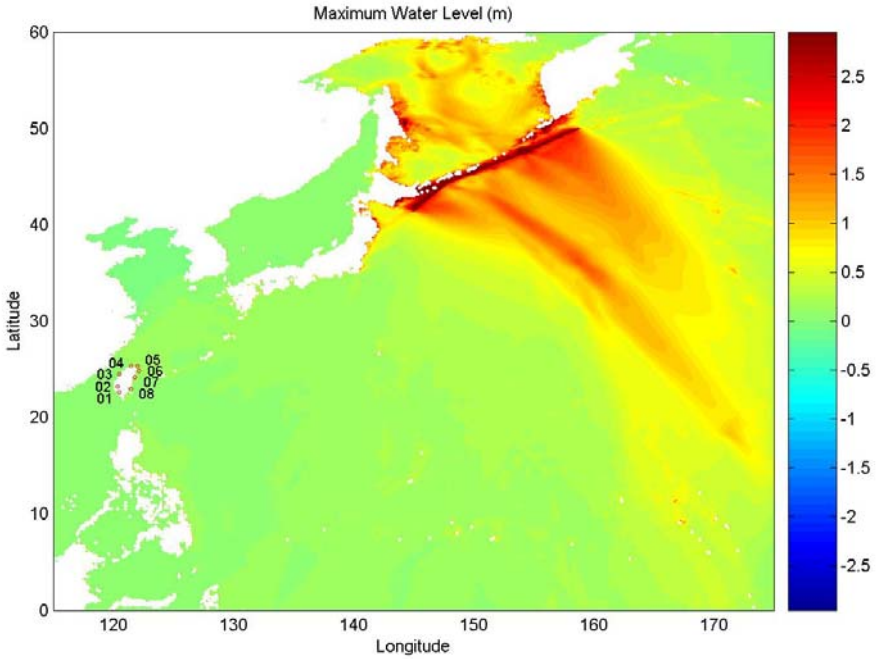


圖 6.67 最大表面波高程之平面分佈圖

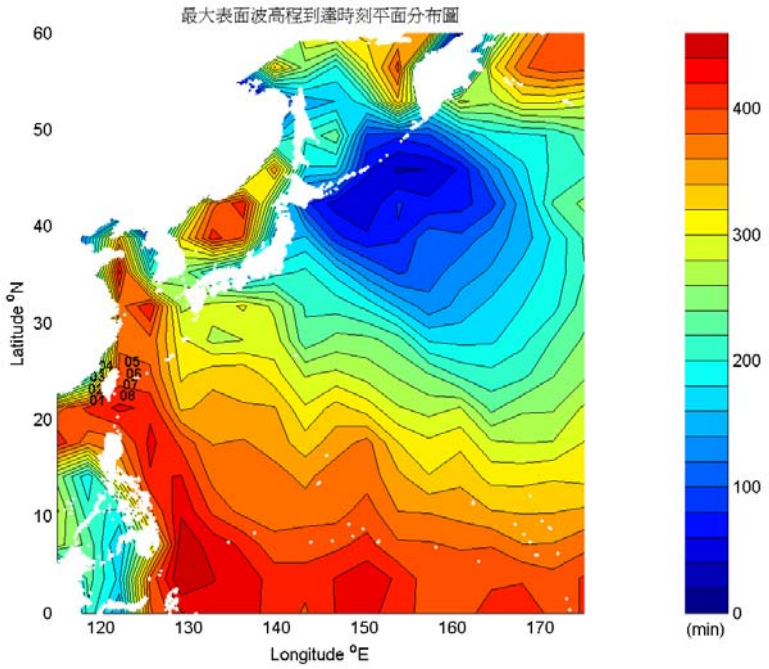


圖 6.68 最大表面波高程到達時刻之平面分佈圖

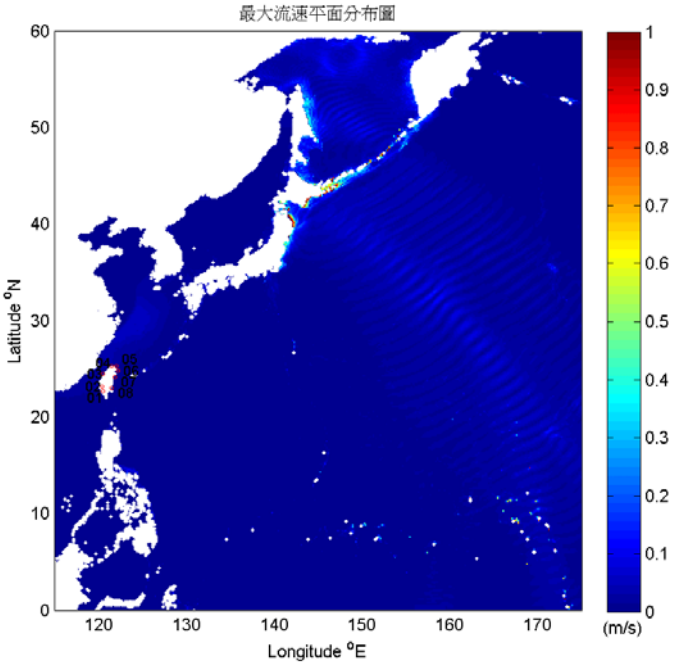


圖 6.69 最大流速之平面分佈圖

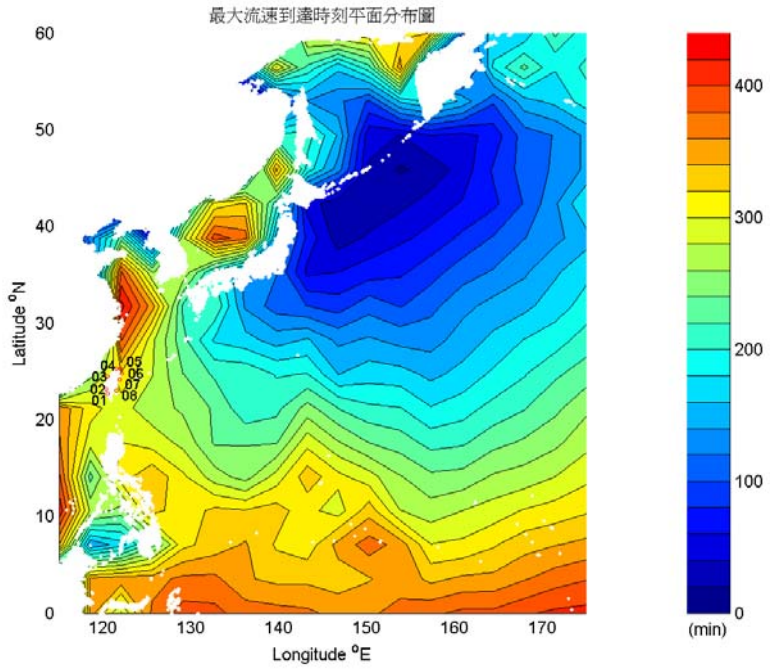


圖 6.70 最大流速到達時刻之平面分佈圖

6.7 新幾內亞地震

巴布亞新幾內亞位於南太平洋，距離臺灣相當遙遠。1998 年 7 月 17 日發生於巴布亞新幾內亞附近海域的海底地震，其地震矩規模(Mw)為 7.0，雖然附近海域有發生具災難性的大海嘯，但由於其震源位置離臺灣周邊海域相距甚遠，實際上也沒有觀測到海嘯之影響，因此模擬計算時，增加其斷層面長度至 600 公里，寬度至 300 公里，以類似南亞大海嘯的海嘯威脅來觀察臺灣可能的受災情況，而調整後的地震矩規模(Mw)為 9.2，超過南亞大海嘯的地震矩規模(Mw)9.0。在模擬計算時，模式上海底斷層長寬比為 2：1(如表 6.7 所示)的方式來表示震源區域的海底斷層，模式模擬計算時間為 8 小時，計算區域範圍為東經 115 度~東經 160 度，南緯 15 度~北緯 30 度，其水深地形(圖 6.71)資料為 ETOPO2 的四分地形資料，模式的網格數目為 676×676。

表 6.7 新幾內亞地震模式參數設定

Length of fault	600.0 *km*
Width of fault	300.0 *km*
Strike angle（θ）	287.0^o
Slip angle（λ）	78.0^o
Dip angle（δ）	75.0^o
Displacement（*d*）	15.0 *m*
Focal depth（*D*）	15.0 *km*
Origin of Computation	115.00^o*E*/15.00^o*S*
Location of epicenter	142.07^o*E*/2.50^o*S*

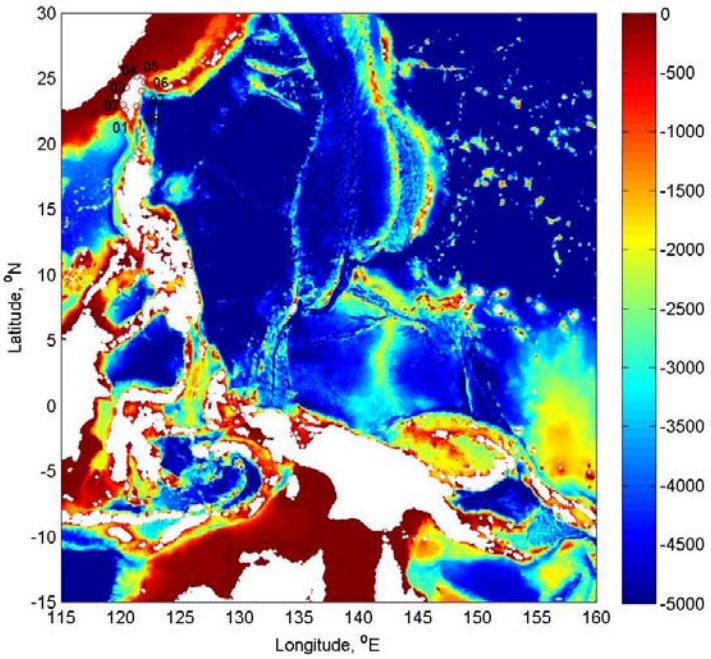


圖 6.71 模式計算區域水深地形圖

模式計算的初始波形(如圖6.72至圖6.74所示)，波峰約7.7米，波谷約4.2米深，海嘯傳播方向為正北偏東方向(波峰)，與正南偏西方向。此震源為一近岸之海底地震，海底斷層走向幾乎平行海岸線，因此海嘯能量的傳遞於地震發生過後的極短時間內即衝擊至附近沿岸(波谷)，造成極大破壞；同時間海嘯也朝太平洋方向傳播出去。

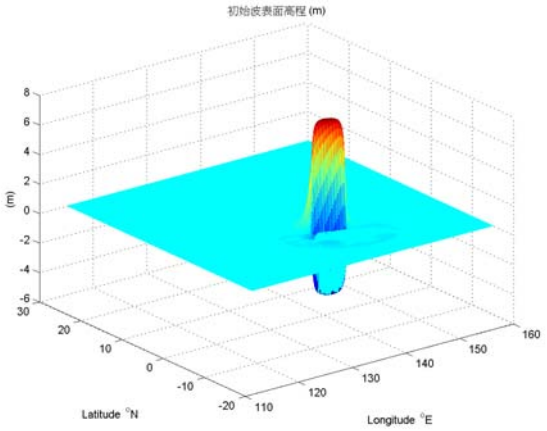


圖 6.72 初始波立體圖

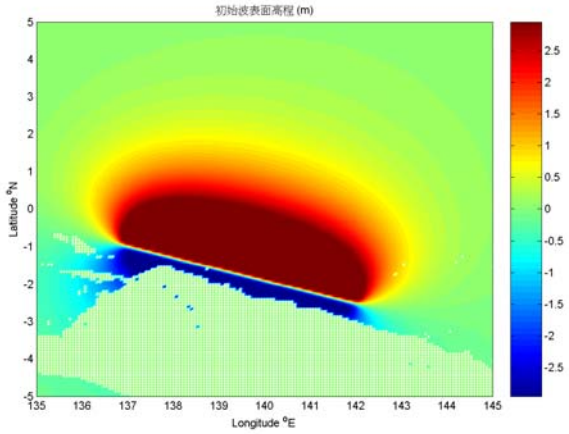


圖 6.73 初始波高程圖

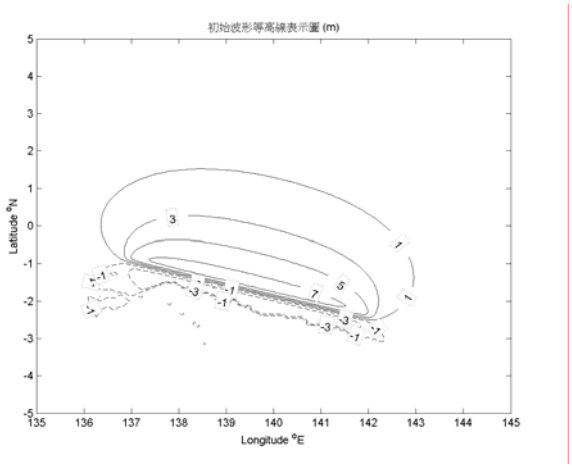


圖 6.74 初始波等高線圖

此模式計算為每 6 分鐘輸出一筆資料，並以 01 至 08 代表各測站位置：01 為高雄港、02 為臺南安平漁港、03 為臺中港、04 為淡水河口、05

為基隆港、06 為宜蘭蘇澳港、07 為花蓮港、08 為臺東富岡漁港。圖 6.75 (a)~(d)表示各時序表面波高平面分佈圖；圖 6.76(a)~(d)表示各時序流速平面分佈圖。

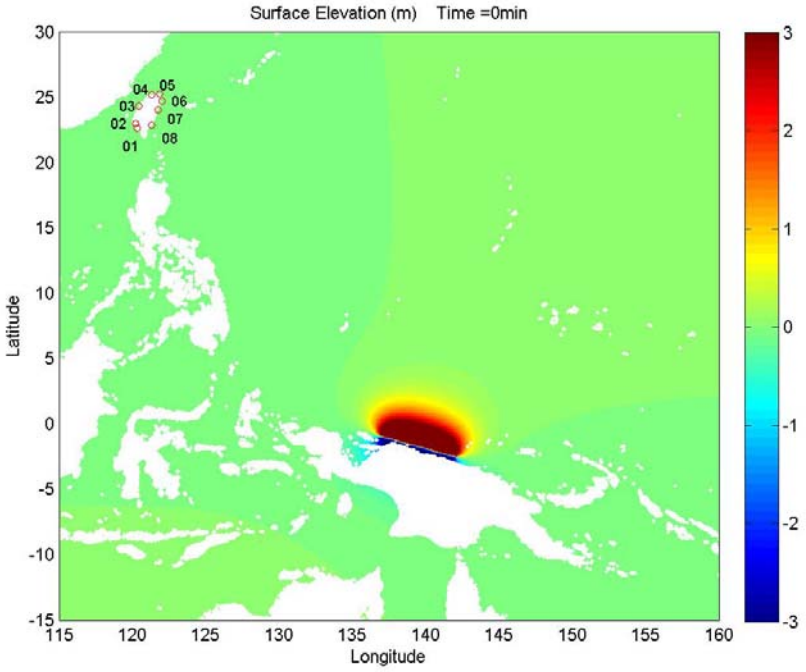


圖 6.75(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

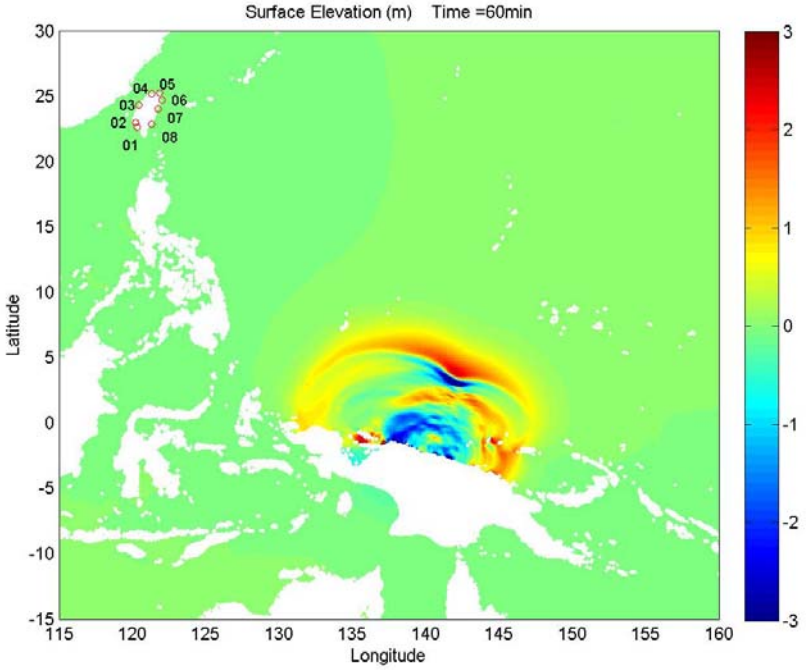


圖 6.75(b) 當海嘯開始發生後 60 分

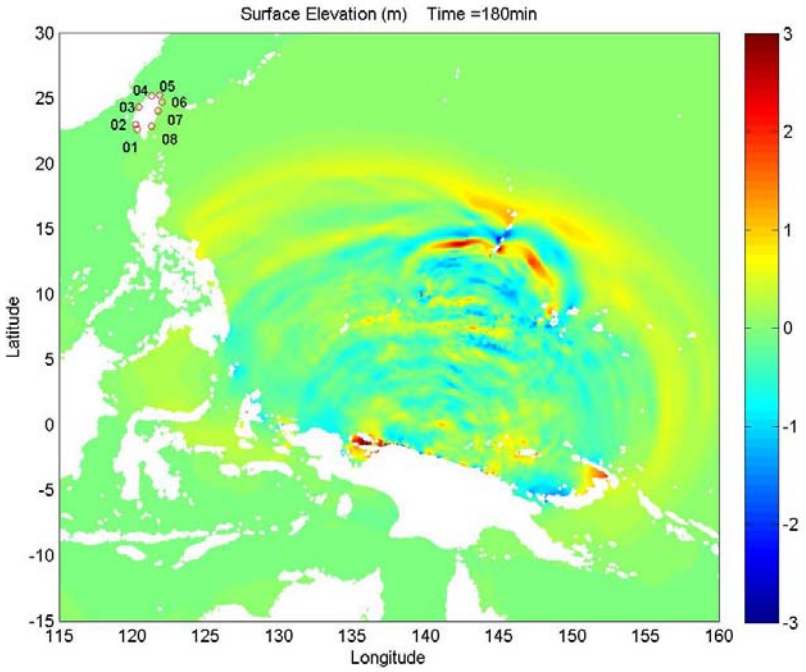


圖 6.75(c) 當海嘯開始發生後 180 分

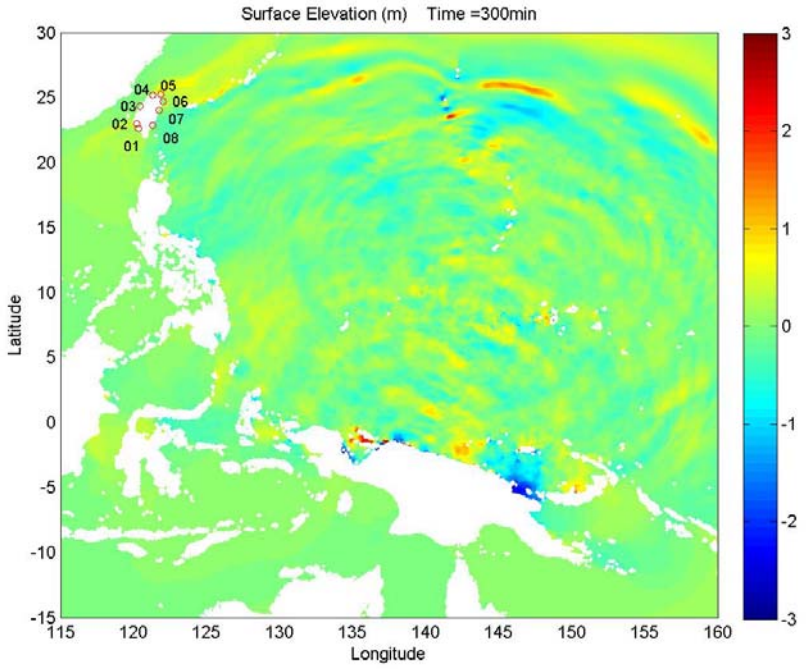


圖 6.75(d) 當海嘯開始發生後 300 分

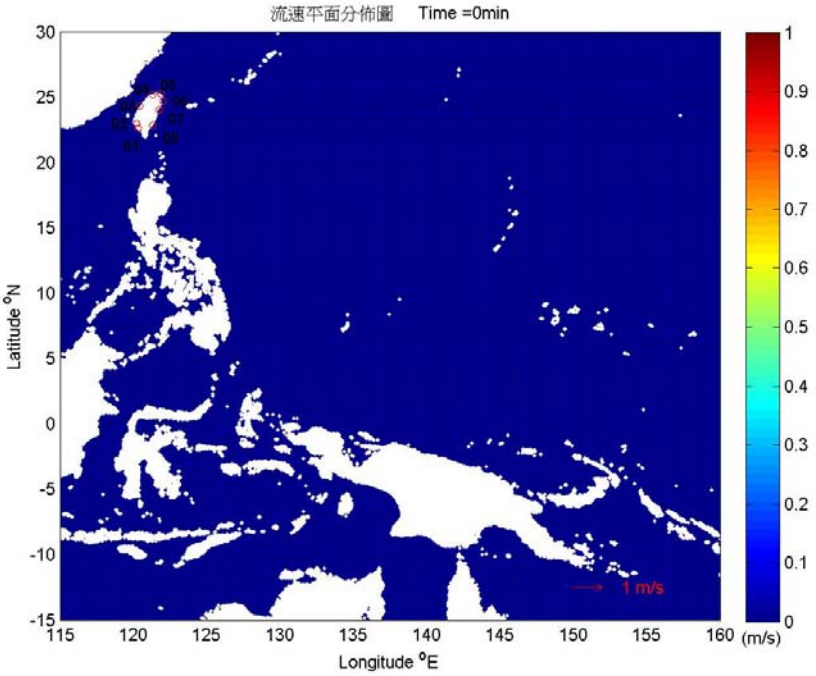


圖 6.76(a) 當海嘯開始發生時，時間=0 分

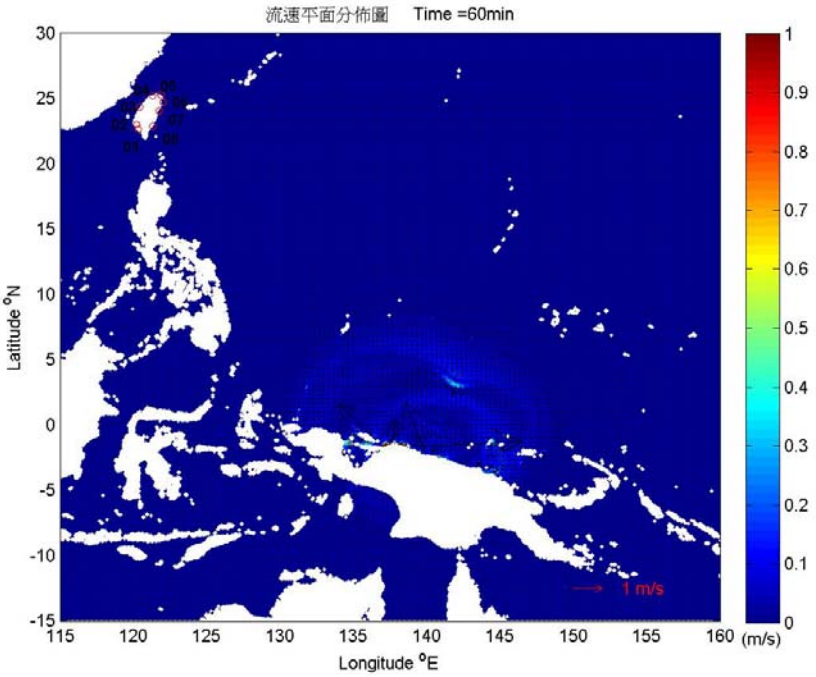


圖 6.76(b) 當海嘯開始發生後 60 分

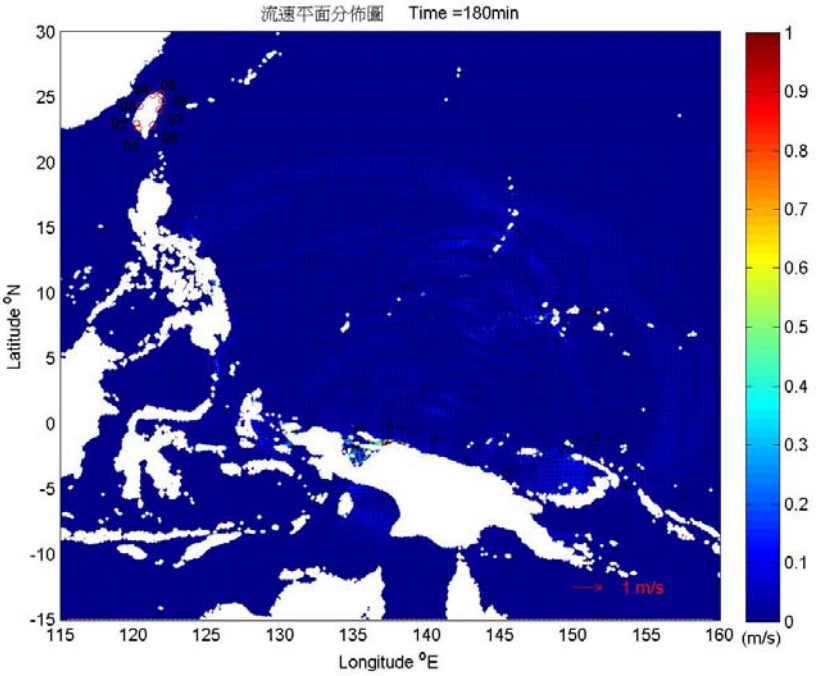


圖 6.76(c) 當海嘯開始發生後 180 分

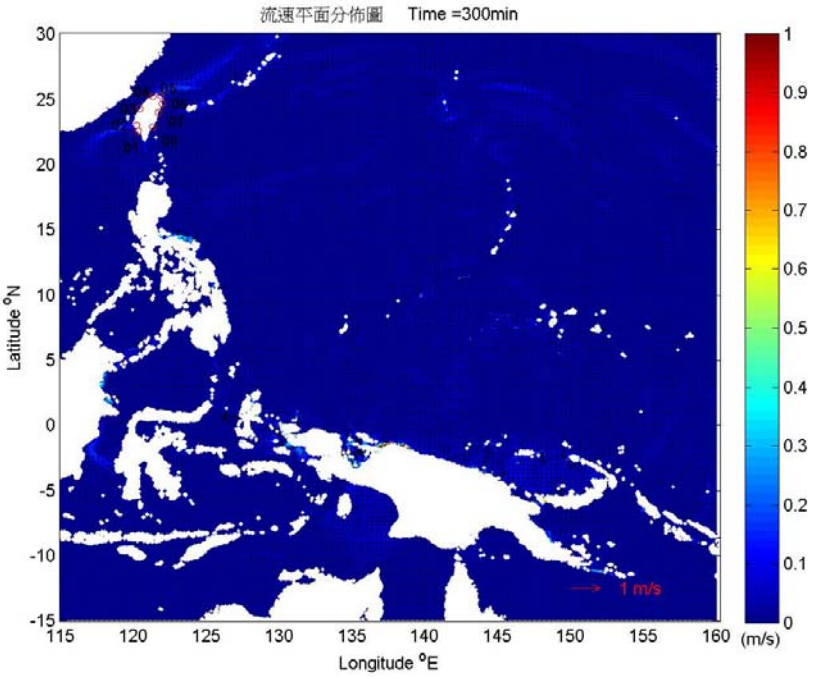


圖 6.76(d) 當海嘯開始發生後 300 分

從各時序表面波高平面分佈圖得知，地震發生時間起算，第一前導波約 235 分後到達測站 08 及 07 的臺東富岡漁港與花蓮港；約 240 分後到達測站 01 的高雄港；約 260 分後到達測站 02 的臺南安平漁港。

從各時序流速平面分佈圖得知，最大流速以測站 06(蘇澳港)為最大，約 2.25m/s；其次依序為測站 01(高雄港)約 1.70m/s、測站 02(臺南安平)約 1.05m/s；而測站 03(臺中港)、測站 04(淡水河口)與測站 05(基隆港)約 0.50m/s；但測站 07(花蓮港)約 0.25m/s、測站 08(臺東富岡漁港)約 0.40m/s。

由圖 6.77 至圖 6.81 得知，就臺灣周邊海域而言，此海嘯所帶來的威脅不算小，從八個測站資料分析，其中以測站 06(蘇澳港)的影響最大，於地震發生時間起算約 255 分後，第一前導波產生約 0.8 米波高，而最大波高發生時刻為地震發生時間起算約 465 分後，產生 1.25 米波高；較大流速發生時刻為地震發生時間起算約 255 分、345 分、375 分及 465 分後產生約 2.00m/s 的流速大小，所以我們可以說在地震發生時間起算 465 分後，蘇澳港附近沿岸受到此次的海嘯威脅最大。

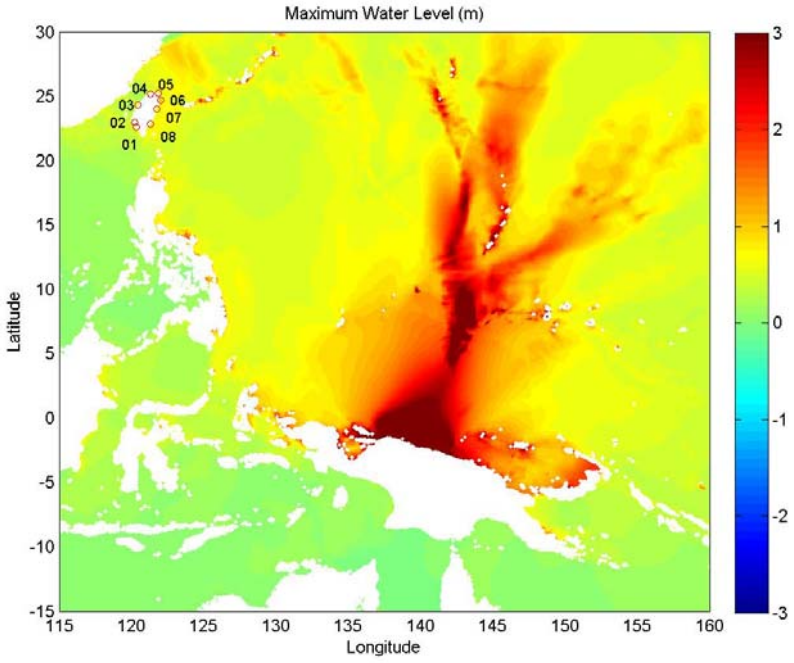


圖 6.77 最大表面波高程之平面分佈圖

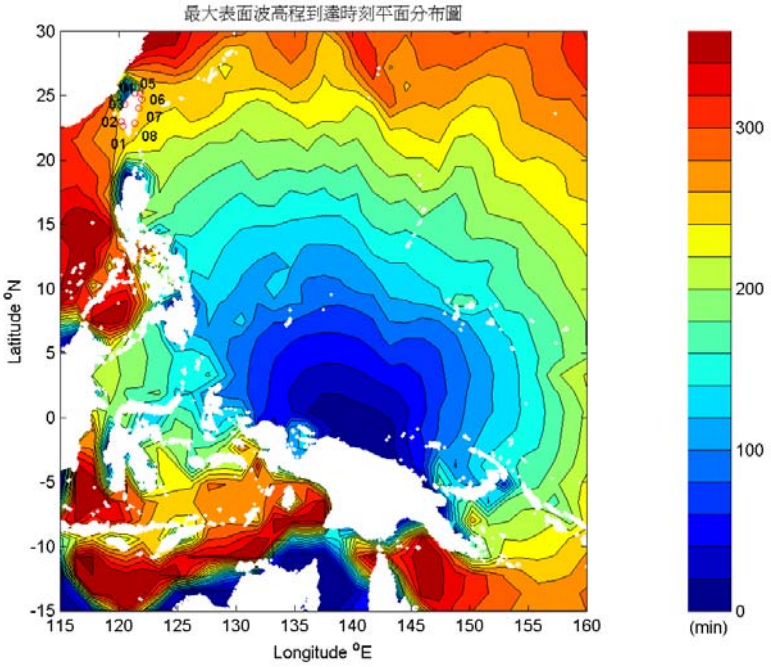


圖 6.78 最大表面波高程到達時刻之平面分佈圖

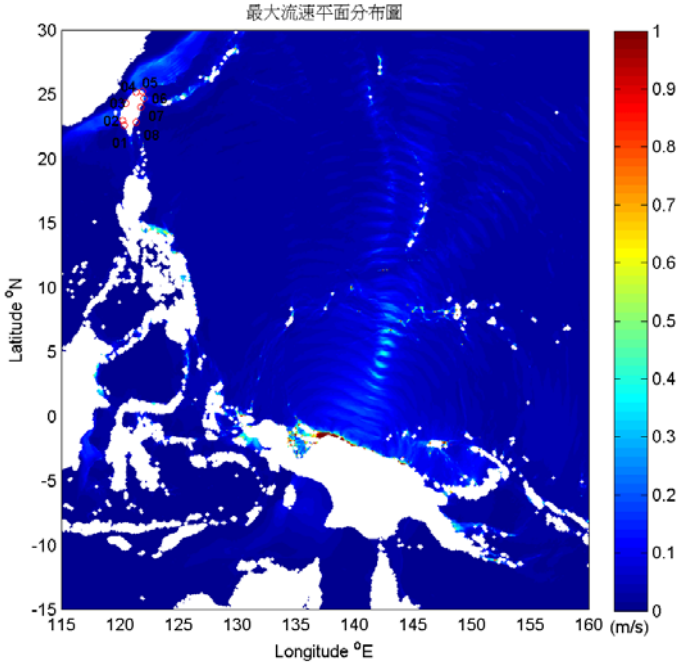


圖 6.79 最大流速平面分佈圖

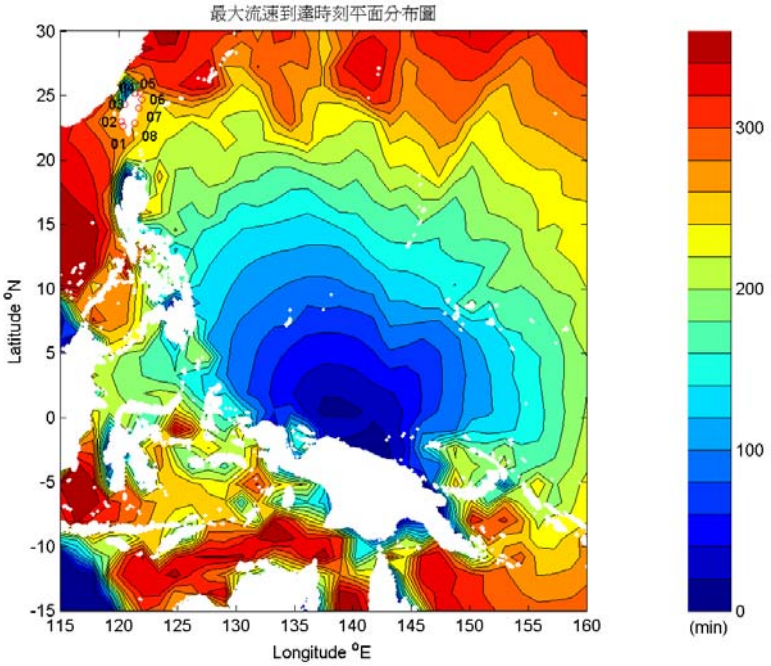


圖 6.80 最大流速到達時刻之平面分佈圖

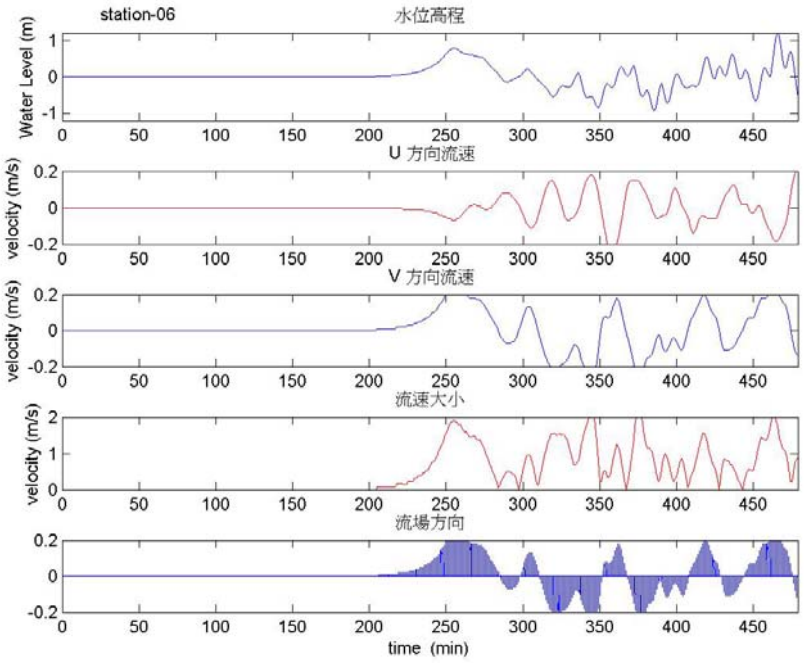


圖 6.81 測站 06(蘇澳港)模擬計算結果

6.8 綜合討論

綜合上述，各個波源區對國內各主要港口之影響列於表6.8，表中僅列影響最大之港口，由於波源之假設地大多是日本及南太平洋，故蘇澳港會受較大的影響；簡單地說，發生於日本及南太平洋之海嘯都東部沿岸會造成影響；若波源區在西岸或是南海一帶，則臺灣西岸會遭受較大影響。

臺灣附近的海嘯威脅經模式運算的結果如表6.9所示。呂宋島西北方引發的海嘯以高雄港、臺南安平及臺中港所受影響最大，因位海嘯波是近乎直接沿著臺灣西南海岸而上，於地震發生時間起算約70分後，臺南安平產生約2.2米波高，同時也是最大波高發生時刻。最大流速發生時刻為地震發生時間起算約220分後於臺中港產生約3.0m/s的流速。另外，高雄港的最大波高1.5米及最大流速2.0m/s，顯示高雄也受到相當程度的海嘯威脅，所以此次海嘯威脅區域較集中在臺中港至高雄港的沿岸。

福建泉州引發的海嘯威脅及於臺灣西部沿岸至東北角，所帶來的威脅以淡水河口及臺中港的影響最大，於地震發生時間起算約100分後，淡水河口有最大波高約3.0米。最大流速發生時刻為地震發生時間起算約90分後，於臺中港產生約2.75m/s的流速。所以在地震發生時間起算約90至120分內，臺中港與淡水河口受海嘯威脅最大。

宜蘭外海龜山島引發海嘯所帶來的威脅以蘇澳港、基隆港及淡水河口三者影響較大，其中更以蘇澳港的影響最大，第一前導波產生約0.5米波谷，而最大波高發生時刻為地震發生時間起算約40分後，產生2.2米波高；最大流速發生時刻為地震發生時間起算約75分後，產生約2.6m/s的流速。所以地震發生時間起算約75分內，蘇澳港附近沿岸受到此近岸震源的海嘯威脅最大，淡水河口至東北角沿岸次之。

日本琉球群島引發的海嘯威脅以基隆港與蘇澳港的影響最大，基隆港於地震發生時間起算約 130 分後，第一前導波產生約 0.55 米波高而最大波高發生時刻為地震發生時間起算約 250 分後，產生 0.8 米波高，蘇澳港於地震發生時間起算 255 分後，有最大流速 2.20m/s，同時

水位有最大波降 0.8 米；其中值得注意的是，即使此海嘯威脅對臺灣附近海域而言不算大，但對中國大陸華北沿岸地區卻帶來相當大的影響。至於日本關東與北海道引發的海嘯威脅皆不大，由於臺灣並不在其海嘯傳播方向上，且臺灣東岸陡直的大陸棚也提供保護作用，因此臺灣東北角的海嘯威脅以近岸震源所引發的海嘯較具潛在性危險，而臺灣西南海域引發的海嘯較集中於臺灣中南部沿岸，從臺中港延伸至臺南及高雄屏東沿岸，皆具較大的海嘯威脅。

新幾內亞引發的海嘯在地震發生時間起算約 465 分後，蘇澳港附近沿岸受到此次的海嘯威脅最大，產生最大波高約 1.25 米，最大流速約 2.00m/s，影響範圍為蘇澳港以北沿岸。可能的原因在於當海嘯波到達龜山島時產生繞射現象，以及地形的關係使得波高及流速均較花蓮港為大；另外可能的原因是受限於網格大小及點位之位置，必須依賴更細部的分析才能進一步討論。

由表 6.8 及表 6.9 顯示最大波高與最大流速未必在同一時刻及地點出現，這是因為波高受限於波行進方向及當地的地形。在此，要特別強調的是，模擬的點位都是位於港外，而對於港內的影響，因為要考慮港口實際的配置及邊界條件，必須要另外使用較精細的方法加以評估；雖然模擬之點位均在外海，其水位變化對港內仍具有參考之價值。未來將朝海嘯對港內之影響做細部探討。

本計劃研究目的在於有效降低海嘯來臨時之災害規模以及節省港埠船隻停泊之風險成本。目前，國內各設計規範均無有關抵禦長波(例如海嘯或是暴潮)之條文及案例，交通部運研所委託辦理「港灣構造物設計基準增補研究」中也未考慮此項設計要件；一般而言，設計要件列入規範或準則通常是「常態性」或是「高風險性」(例如：風力、地震、衝擊荷重)且必須進行長期試驗，方能取得較為可靠之統計數據；或是引進國外暨有規範。長波或是海嘯最令人關心的是波高及流速，海岸結構物之高程必須依靠波高加以計算，結構物所受之最大外力則可以用流速評估，本計劃模擬也著重這兩項重點；而海嘯與其他天然災害最不同的是，海嘯屬於罕見性之天災，未知因素太多且發生機率不足以用統計方式表示，故現今海嘯研究也多以靠數值模擬或是大斷

面水槽進行孤立波模擬。美國 FEMA(聯邦災害緊急管理署)自南亞海嘯後，委請專家進行數值模擬及研究，於 2008 年制定了「Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis」，正式將海嘯波力列入近岸結構物考量外力因子之一；但此一準則是否可應用於國內仍可進一步探討。

前述之模擬案例之斷層參數皆是經驗值，因為海嘯是一種罕見之天災且跟地震並沒有必然的關係，一般對於海底斷層掌握資訊甚少，故參數來源多半取自經驗值或是歷史資料；目前地層參數大多數的來源皆是哈佛 CMT 網站，內有地震超過某個規模之地層資料。斷層長度及寬度是主要的參數之一，直接影響模式中地震矩之計算，故不同參數設定就會導致不同之結果。

由於海嘯可供模擬及校對之案例極少，故本研究採取「情境模擬」之方式進行評估；換言之，就是以「南亞海嘯」之規模或是「可能發生之最大地震規模」為參數，模擬歷史上發生海嘯地點若發生相同等級之地震所引發海嘯，對臺灣影響程度為何；所以模擬結果傾向於極限狀況，意味著海嘯對臺灣並不是一種常態性之外力，必須要做更細部之探討；由於許多參數必須要進一步透過其他方式加以驗證或調查，故定性方面應無太大之問題；定量方面則有賴未來持續努力。

表 6.8 各個主要港口受海嘯震源之影響 (時刻：地震發生時間起算，僅列影響較嚴重者)

震源區域	地震矩規模	港口(波高單位為 m，流速單位為 m/s，時間單位為 min)								
			基隆港	臺北港	臺中港	蘇澳港	安平港	花蓮港	高雄港	富岡漁港
呂宋島西北方	8.7	波高(時間)	---	---	1(170)	---	2.2(70)	---	1.5(60)	---
		流速(時間)	---	---	3(220)	---	0.18(110)	---	2(90)	---
福建泉州	7.5	波高(時間)	---	3(300)	2.75(90)	---	---	---	---	---
		流速(時間)	---	---	---	---	---	---	---	---
宜蘭龜山島	8.3	波高(時間)	---	---	---	2.2(40)	---	---	---	---
		流速(時間)	---	---	---	2.6(75)	---	---	---	---
日本硫球群島	9.0	波高(時間)	0.8(250)	---	---	0.4(120)	---	---	---	---
		流速(時間)	---	---	---	2.2(250)	---	---	---	---
日本關東地區	9.0	波高(時間)	---	---	---	0.2(330)	---	---	0.22(340)	---
		流速(時間)	---	---	---	0.32(350)	---	---	0.48(340)	---
日本北海道	9.0	波高(時間)	0.13(360)	---	---	---	---	---	---	---
		流速(時間)	---	---	---	0.25(360)	---	---	---	---
新幾內亞	9.2	波高(時間)	---	---	---	0.8(255)	---	---	---	---
		流速(時間)	---	---	---	2(255)	---	---	---	---

表 6.9 不同震源引發的臺灣附近海嘯威脅 (時刻：地震發生時間起算)

震源區域	地震規模及級數(M_w)	最大波高發生時刻及地點			最大流速發生時刻及地點			臺灣受海嘯威脅區域
		波高(m)	時刻(分)	地點	流速(m/s)	時刻(分)	地點	
呂宋島西北方	8.7	2.20	70	臺南安平港	3.00	220	臺中港	臺中港以南沿岸至高雄屏東
福建泉州	7.5	3.00	100	淡水河口	2.75	90	臺中港	臺中港以北沿岸至臺灣東北角
宜蘭龜山島	8.3	2.20	40	蘇澳港	2.60	75	蘇澳港	臺灣東北角沿岸
日本硫球群島	9.0	0.80	250	基隆港	2.20	255	蘇澳港	臺灣東北角沿岸
日本關東地區	9.0	0.20	330	蘇澳港	0.32	350	蘇澳港	影響甚小
日本北海道	9.0	0.13	360	基隆港	0.25	360	蘇澳港	影響甚小
新幾內亞	9.2	1.25	465	蘇澳港	2.00	465	蘇澳港	蘇澳港以北沿岸

第七章　港區作業化預報操作及成果評估

近岸海象數值模擬及預警系統最重要的功能便是每日進行模擬計算作業，提供七大港區每日的風場、氣壓、水位、波浪及海流資訊供使用者參考，本系統目前建置測試的線上預報作業的模式如下：

風壓模式：

中央氣象局提供之 RC（西太平洋範圍）及 MC（台灣周圍海域）風壓場資料

波浪模式：

WAM – 西太平洋大範圍模式

SWAN – 台灣周圍海域波浪模式

安平、台中、花蓮近岸波場模式

台中港區相關模式（颱風時啟動）

水位模式：

全域天文潮模式

全域複合潮模式

海流模式：

西太平洋海流模式

台灣海域海流模式

台中近岸海流模式

擴散模式：

油污擴散模式

作業程序

本系統之表面氣壓及風場資訊以接收中央氣象局每日 0 點及中午 12 點的預報資訊時間為主，由於氣象預報資料計算完成至上傳仍需數小時，為考量模擬計算的時效性，目前規劃以前一日 12 時的預報資料作為氣象資料，期望能夠在每日凌晨 0 時開始之每日模擬欲警計算作業能在清晨 3 點以前下載取得前一日中午 12 時產生的 72 小時預報資料，經解碼重整及內差產出各模式所需氣象資料後，隨即開始進行各模式的計算作業，全部計算結果預計將會於中午 10 點以前完成，待圖

表製作完成後，預計於每天下午 2 點即時更新網頁資料，如圖 7-1。每次模擬作業時間為三天（72 小時），其中包含 24 小時現報模擬（現報結果將與七大港即時觀測系統資料比對以便由使用者判斷本次模擬作業結果之可信度）及 48 小時預測模擬計算（僅提供模式計算結果），每日作業一次。圖 7-2 為即時現報作業範例，即 6 月 27 日下午兩點發佈的現報資料時間為 6 月 26 日 0 時至 6 月 28 日 0 時，此時會將 6 月 27 日 0 時的計算結果存檔，以作為 6 月 28 日的計算起始點（warm start data），如此便可以直接將每日的氣象條件引入模式進行計算，無須重新起使模式，如此更能模擬連續的波浪及水位結果。圖 7-3 為本年度規劃進行之線上預報成果評估的流程。由於目前近岸海流模式仍在校驗中，且西太平洋範圍及台灣海域範圍之海流模式解析度無法解析近岸流場，因此暫不列入評估當中，待近岸海流模式校驗完成後，再將其列入評估系統中。洩油預警模式由於本年度並未有重大洩油事件產生，因此沒有啟動執行。

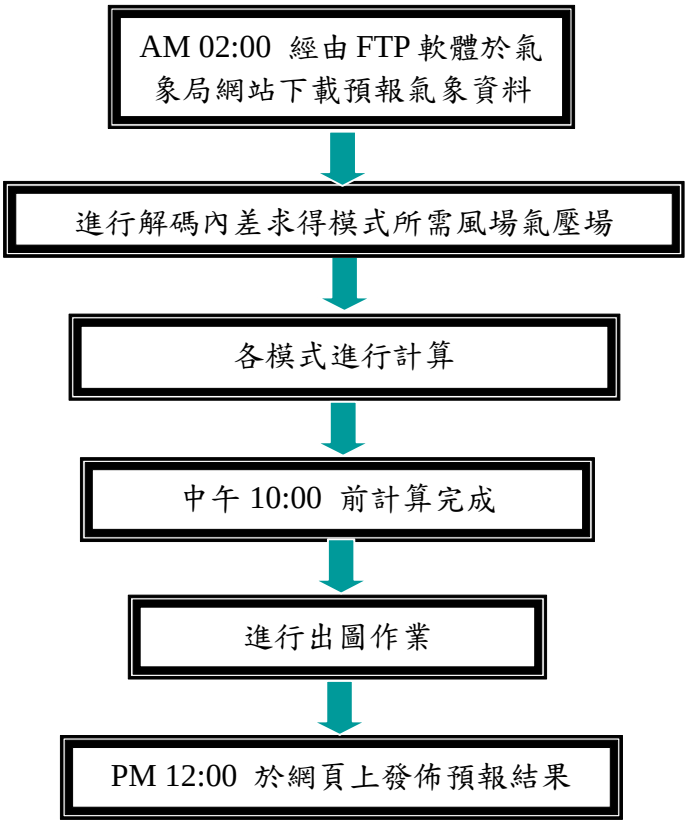


圖 7-1　近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程

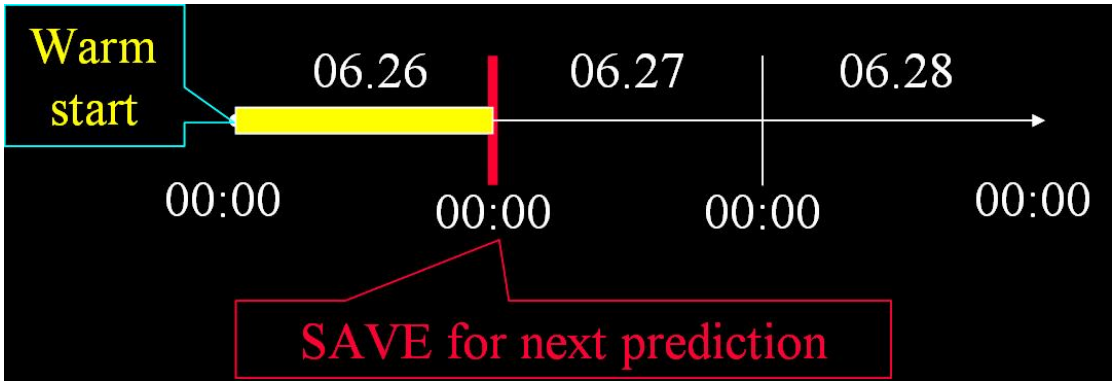


圖 7-2　近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例

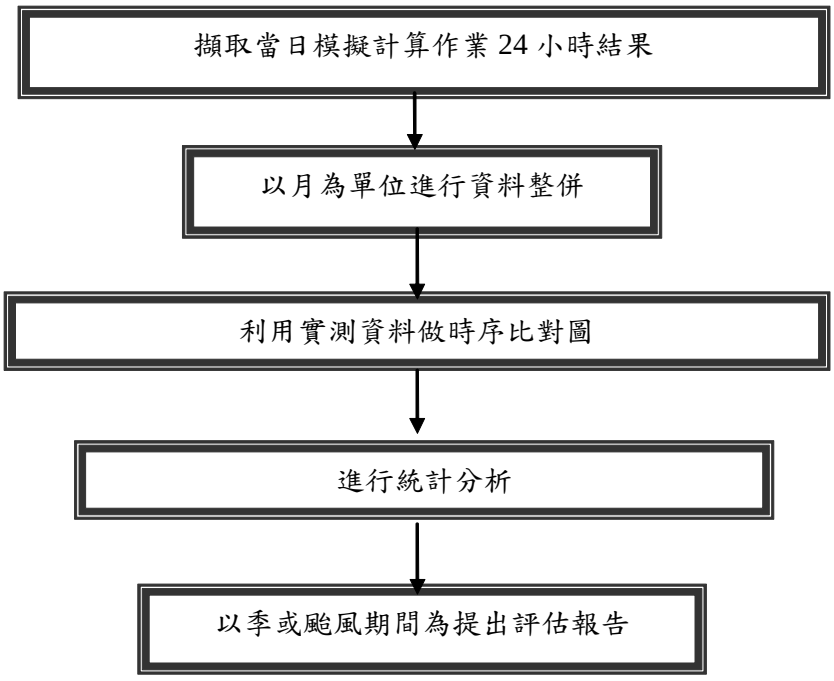


圖 7-3　近岸海象數值模擬及預警系統線上作業成果評估流程

7.1 年度觀測料統計

本年度取得的實測潮位有兩組，一組為每日上傳至計算主機的AWCP 資料，另一組則為由海情中心下載之潮位計資料；波浪資料同為兩組資料,每日上傳(每小時平均波高及平均週期)及海情中心資料庫下載(每小時最大波高及最大週期)；風速及海流資料則皆由海情中心資料庫下載。表 7.1-1 至表 7.1-5 即為第一季、第二季、第三季及第四季(2007 年 12 月至 2008 年 11 月止)實測資料比數統計。表中可了解 AWCP 資料較海情中心資料庫數量缺乏，台中測站兩季皆無資料，安平測站則有整月無資料的紀錄；以目前統計的資料比數，風速資料最為完整，其次為海流資料，再來為波浪資料，水位資料則是最容易缺少的。

表 7.1-1 實測水位資料筆數統計(海情中心)

		花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年 12 月	應到筆數	745	745	745	745	745
	實到筆數	582	467	728	732	731
	百分比	78.12	62.69	97.72	98.26	98.12
2008 年 1 月	應到筆數	745	745	745	745	745
	實到筆數	499	550	537	537	338
	百分比	66.98	73.83	72.08	72.08	45.37
2008 年 2 月	應到筆數	697	697	697	697	697
	實到筆數	47	109	36	36	36
	百分比	6.74	15.64	5.17	5.17	5.17
2008 年 3 月	應到筆數	745	745	745	745	745
	實到筆數	120	265	61	68	68
	百分比	16.11	35.57	8.19	9.13	9.13
2008 年 4 月	應到筆數	721	721	721	721	721
	實到筆數	721	721	721	721	721
	百分比	100	100	100	100	100
2008 年 5 月	應到筆數	745	745	745	745	745
	實到筆數	602	598	602	602	602
	百分比	80.81	80.27	80.81	80.81	80.81
2008 年 6 月	應到筆數	721	721	721	721	721
	實到筆數	496	478	617	617	617
	百分比	68.79	66.3	85.58	85.58	85.58
2008 年 7 月	應到筆數	745	745	745	745	745
	實到筆數	704	742	727	740	619
	百分比	95.5	99.6	97.58	99.33	83.09
2008 年 8 月	應到筆數	745	745	745	745	745
	實到筆數	465	580	643	638	646
	百分比	62.42	77.85	86.31	85.64	86.71
2008 年 9 月	應到筆數	721	721	721	721	721
	實到筆數	710	718	712	720	718
	百分比	98.47	99.58	98.75	99.86	99.58
2008 年 10 月	應到筆數	744	744	744	744	744
	實到筆數	744	416	744	649	744
	百分比	100	55.91	100	87.23	100
2008 年 11 月	應到筆數	720	720	720	720	720
	實到筆數	720	720	720	720	720
	百分比	100	100	100	100	100

表 7.1-2 實測水位資料筆數統計(每日上傳)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年 12 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	0	731	726	689	728	0
	百分比	0	98.25	97.58	92.61	97.85	0
2008 年 1 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	522	713	720	742	719	0
	百分比	70.16	95.83	96.77	99.73	96.64	0
2008 年 2 月	應到筆數	696	696	696	696	696	696
	實到筆數	0	646	666	681	662	0
	百分比	0	92.82	95.69	97.85	95.12	0
2008 年 3 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	0	710	723	718	728	0
	百分比	0	95.43	97.18	96.51	97.85	0
2008 年 4 月	應到筆數	720	720	720	720	720	720
	實到筆數	0	675	678	531	575	0
	百分比	0	93.75	94.17	73.75	79.86	0
2008 年 5 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	0	645	595	667	661	0
	百分比	0	86.69	79.97	89.65	88.84	0
2008 年 6 月	應到筆數	720	720	720	720	720	720
	實到筆數	427	636	541	626	677	649
	百分比	59.31	88.33	75.14	86.94	94.03	90.14
2008 年 7 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	687	661	599	0	663	643
	百分比	92.34	88.84	80.51	0	89.11	86.43
2008 年 8 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	48	661	689	0	438	685
	百分比	6.45	88.84	92.61	0	58.87	92.07
2008 年 9 月	應到筆數	720	720	720	720	720	720
	實到筆數	653	642	650	0	609	572
	百分比	90.69	89.17	90.28	0	84.58	79.44
2008 年 10 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	89	718	722	699	699	0
	百分比	11.96	96.51	97.04	93.95	93.95	0
2008 年 11 月	應到筆數	720	720	720	720	720	720
	實到筆數	163	707	710	646	717	0
	百分比	22.64	98.19	98.61	89.72	99.58	0

表 7.1-3 實測波浪資料筆數統計(海情中心)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年 12 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	573	720	716	703	724	0
	百分比	76.91	96.64	96.11	94.36	97.18	0
2008 年 1 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	743	618	632	655	629	0
	百分比	99.73	82.95	84.83	87.92	84.43	0
2008 年 2 月	應到筆數	697	697	697	697	697	697
	實到筆數	697	655	677	695	669	0
	百分比	100	93.97	97.13	99.71	95.98	0
2008 年 3 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	742	687	704	712	705	0
	百分比	99.59	92.22	94.5	95.57	94.631	0
2008 年 4 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	534	673	690	528	587	0
	百分比	74.06	93.34	95.7	73.23	81.42	0
2008 年 5 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	740	639	592	635	662	0
	百分比	99.33	85.77	79.46	85.24	88.86	0
2008 年 6 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	673	612	457	652	688	604
	百分比	93.34	84.88	63.38	90.43	95.42	83.77
2008 年 7 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	614	592	569	0	635	602
	百分比	82.42	79.46	76.38	0	85.24	80.81
2008 年 8 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	559	610	650	0	405	646
	百分比	75.03	81.88	87.25	0	54.36	86.71
2008 年 9 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	87	615	636	1	591	573
	百分比	12.07	85.3	88.21	0.14	81.97	79.17
2008 年 10 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	89	716	722	699	701	0
	百分比	11.96	96.24	97.04	93.95	94.22	0
2008 年 11 月	應到筆數	720	720	720	720	720	720
	實到筆數	159	705	710	646	717	0
	百分比	22.08	97.92	98.61	89.72	99.58	0

表 7.1-4 實測流場資料筆數統計

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年 12 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	575	728	726	722	743	0
	百分比	77.18	97.72	97.45	96.91	99.73	0
2008 年 1 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	745	639	650	657	650	0
	百分比	100	86.77	87.25	88.19	87.25	0
2008 年 2 月	應到筆數	697	697	697	697	697	697
	實到筆數	697	686	692	695	691	0
	百分比	100	98.42	99.28	99.71	99.14	0
2008 年 3 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	743	699	720	717	721	0
	百分比	99.73	93.83	96.64	96.24	96.78	0
2008 年 4 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	538	706	711	535	604	0
	百分比	74.62	97.92	98.61	74.2	83.77	0
2008 年 5 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	742	671	607	640	671	0
	百分比	99.56	90.07	81.48	85.91	90.07	0
2008 年 6 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	673	636	481	676	710	1
	百分比	93.34	88.21	66.71	93.76	98.47	0.14
2008 年 7 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	614	616	576	0	654	616
	百分比	82.42	82.69	77.32	0	87.79	82.69
2008 年 8 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	559	617	660	0	406	658
	百分比	75.03	82.82	88.59	0	54.5	88.32
2008 年 9 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	87	637	647	1	591	559
	百分比	12.07	88.35	89.74	0.14	81.97	77.53
2008 年 10 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	89	716	722	699	701	0
	百分比	11.96	96.24	97.04	93.95	94.22	0
2008 年 11 月	應到筆數	720	720	720	720	720	720
	實到筆數	163	708	710	646	717	0
	百分比	22.64	98.33	98.61	89.72	99.58	0

表 7.1-5 實測風速資料筆數統計

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年 12 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	744	743	501	739	742	737
	百分比	99.87	99.73	67.25	99.2	99.6	98.93
2008 年 1 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	745	571	745	745	745	697
	百分比	100	76.64	100	100	100	93.56
2008 年 2 月	應到筆數	697	697	697	697	697	697
	實到筆數	697	358	639	693	697	584
	百分比	100	51.36	91.68	99.43	100	83.79
2008 年 3 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	745	514	745	745	745	736
	百分比	100	68.99	100	100	100	98.79
2008 年 4 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	721	720	721	721	721	717
	百分比	100	99.86	100	100	100	99.45
2008 年 5 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	745	745	744	745	745	745
	百分比	100	100	99.87	100	100	100
2008 年 6 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	721	481	721	721	721	721
	百分比	100	66.71	100	100	100	100
2008 年 7 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	745	745	723	745	745	745
	百分比	100	100	97.05	100	100	100
2008 年 8 月	應到筆數	745	745	745	745	745	745
	實到筆數	325	744	745	745	726	208
	百分比	43.62	99.87	100	100	97.45	27.92
2008 年 9 月	應到筆數	721	721	721	721	721	721
	實到筆數	0	721	721	721	721	0
	百分比	0	100	100	100	100	0
2008 年 10 月	應到筆數	744	744	744	744	744	744
	實到筆數	0	743	416	744	374	0
	百分比	0	99.87	55.91	100	50.27	0
2008 年 11 月	應到筆數	720	720	720	720	720	744
	實到筆數	562	720	720	720	720	0
	百分比	78.06	100	100	100	100	0

7.2 年度颱風波浪及颱風暴潮評估

本年度颱風到九月份共發佈 6 個颱風警報，其中有 4 個颱風登陸台灣，包括卡玫基(200807)、鳳凰(200808)、辛樂克(200813)及薔蜜(200815)；如麗(200812)及哈格比(200814)則未登陸台灣。圖 7.2-1 至圖 7.2-6 為 6 個颱風路徑圖。

卡玫基颱風於 2008 年 7 月 15 日於菲律賓東方生成，於 7 月 17 日 17 時轉為中度颱風，並且在同一日 21 時於宜蘭縣南部登入，18 日 7 時 20 分於桃園附近出海，警報解除時間為 2008 年 7 月 18 日 23 時；鳳凰颱風於 2008 年 7 月 25 日於琉球東南方生成，7 月 26 日轉為中度颱風，於 7 月 28 日凌晨 6 時 50 分由靜浦與長濱之間登入，並於同日 14 時 30 分從彰化現出海，警報解除時間為 2008 年 7 月 29 日 13 時；圖 7.2-7 為卡玫基及鳳凰颱風期間模式各港風力與實測比對圖，圖 7.2-8 為卡玫基及鳳凰颱風期間模式各港波浪與實測比對圖，圖 7.2-9 為卡玫基及鳳凰颱風期間模式各港水位與實測比對圖，圖 7.2-10 為卡玫基及鳳凰颱風期間模式各港海流與實測比對圖。由於卡玫基及鳳凰颱風為中度颱風，且移動速度較快，因此對水位的影響並不大，僅在路徑上的蘇澳及花蓮可看出有暴潮的產生。

如麗颱風於 2008 年 8 月 18 在菲律賓東方海上生成後，向西北西移動，於 19 日增強為中度颱風，行進方向不變，至 20 日穿越巴士海峽後往香港方向移動，22 日於香港登陸，並在 23 日減弱為熱帶低氣壓。圖 7.2-11 為如麗颱風期間模式各港風力與實測比對圖，圖 7.2-12 為如麗颱風期間模式各港波浪與實測比對圖，圖 7.2-13 為如麗颱風期間模式各港水位與實測比對圖，圖 7.2-14 為如麗颱風期間模式各港海流與實測比對圖。

辛樂克颱風於 2008 年 9 月 9 日於菲律賓東方海面生成，9 月 10 日增強為中度颱風，9 月 11 日 14 時轉為強烈颱風，於 9 月 14 日凌晨 1 時 15 分由宜蘭縣蘭陽溪附近登入，並且在此呈現打轉滯留狀態，警報解除時間為 2008 年 9 月 16 日 14 時 30 分，圖 7.2-15 為辛樂克颱風期間模式各港風力與實測比對圖，圖 7.2-16 為辛樂克颱風期間模式各港波浪與實測比對圖，圖 7.2-17 為辛樂克颱風期間模式各港水位與實測比對圖，圖 7.2-18 為辛樂克颱風期間模式各港海流與實測比對圖。

哈格比颱風於 2008 年 9 月 19 日於菲律賓東方海面生成，往西南西方向移動，20 日轉為西北方向移動，於 21 日增強為中度颱風，暴風圈些許擴大，22 日繼續增強且暴風圈進入巴士海峽，14 時左右轉向，向西北方向移動，17 時左右暴風圈接觸恆春半島，23 日 2 時離開後向西前進，最後於 8 時 30 分解除海上颱風警報。圖 7.2-19 為哈格颱風期間模式各港風力與實測比對圖，圖 7.2-20 為哈格颱風期間模式各港波浪與實測比對圖，圖 7.2-21 為哈格颱風期間模式各港水位與實測比對圖，圖 7.2-22 為哈格颱風期間模式各港海流與實測比對圖。

薔蜜颱風於 2008 年 9 月 24 日在菲律賓東方海面生成，9 月 25 日轉為中度颱風，9 月 27 日增強為強烈颱風，於 9 月 28 日 15 時 40 分由宜蘭縣南澳附近登入，並且在此減弱打轉，並於 9 月 29 日 4 時 20 分由桃園出海，警報解除時間為 2008 年 9 月 29 日 23 時 30 分，圖 7.2-23 為如麗颱風期間模式各港風力與實測比對圖，圖 7.2-24 為薔蜜颱風期間模式各港波浪與實測比對圖，圖 7.2-25 為薔蜜颱風期間模式各港水位與實測比對圖，圖 7.2-26 為薔蜜颱風期間模式各港海流與實測比對圖。

表 7.2-1 為 6 個颱風期間最大高波(對應週期及波向)統計表，受到颱風路徑的影響，花蓮及蘇澳測站量測到的最大波高較其他測站大，花蓮測站介於 2~8 公尺，蘇澳測站介於 5~9 公尺，模式結果則都小於實測資料。

表 7.2-2 為 6 個颱風期間，最大的暴潮偏差統計，由於颱風主要皆是由東部侵台，因此蘇澳及花蓮的暴潮偏差較大，模式及 AWCP 的暴潮值介於 0.1~0.4 公尺，潮位計的暴潮偏差則較大，介於 0.2~0.8 公尺。

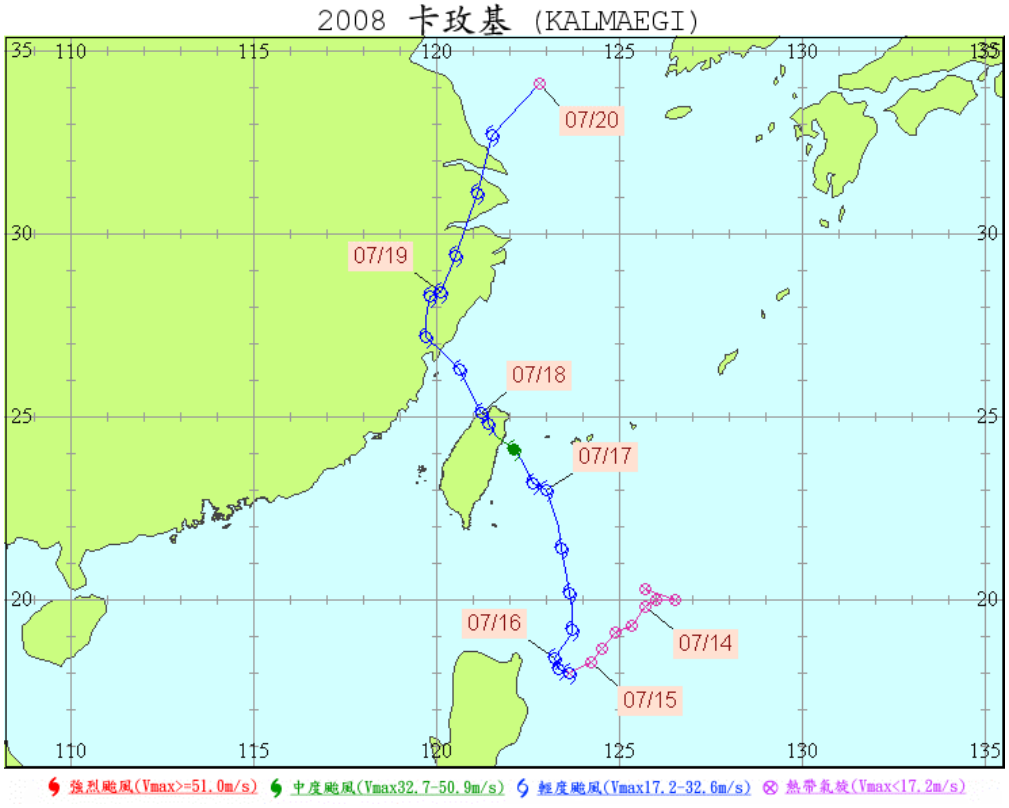


圖 7.2-1 卡玫基颱風路徑圖

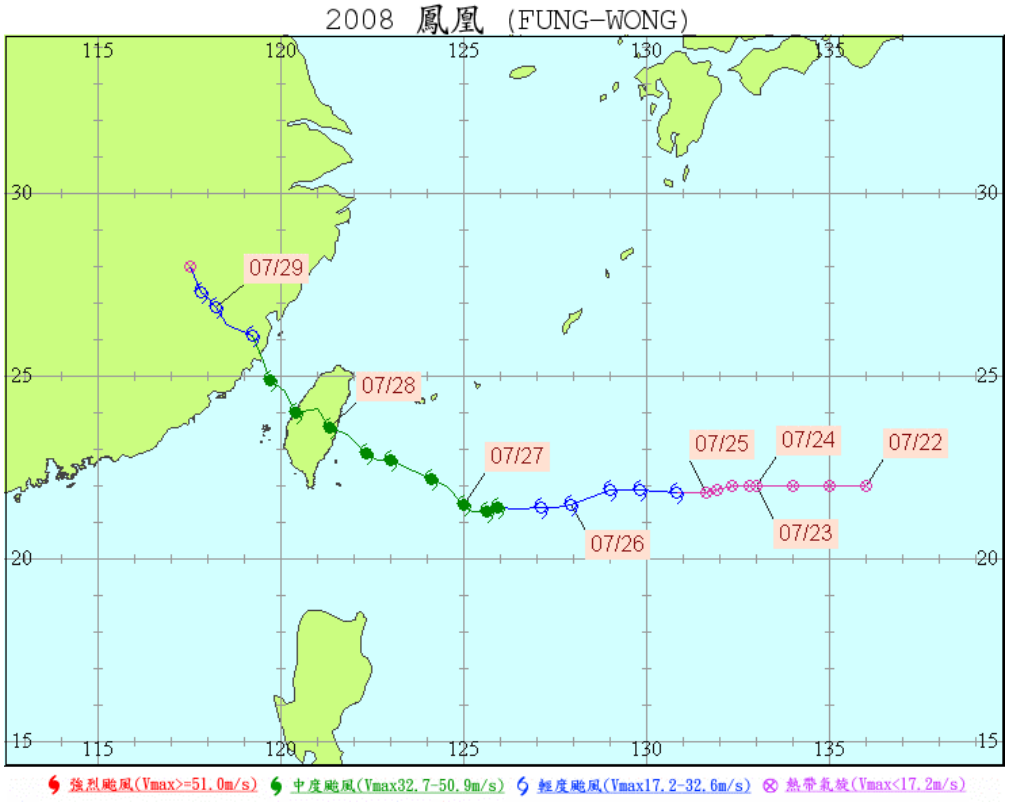


圖 7.2-2 鳳凰颱風路徑圖

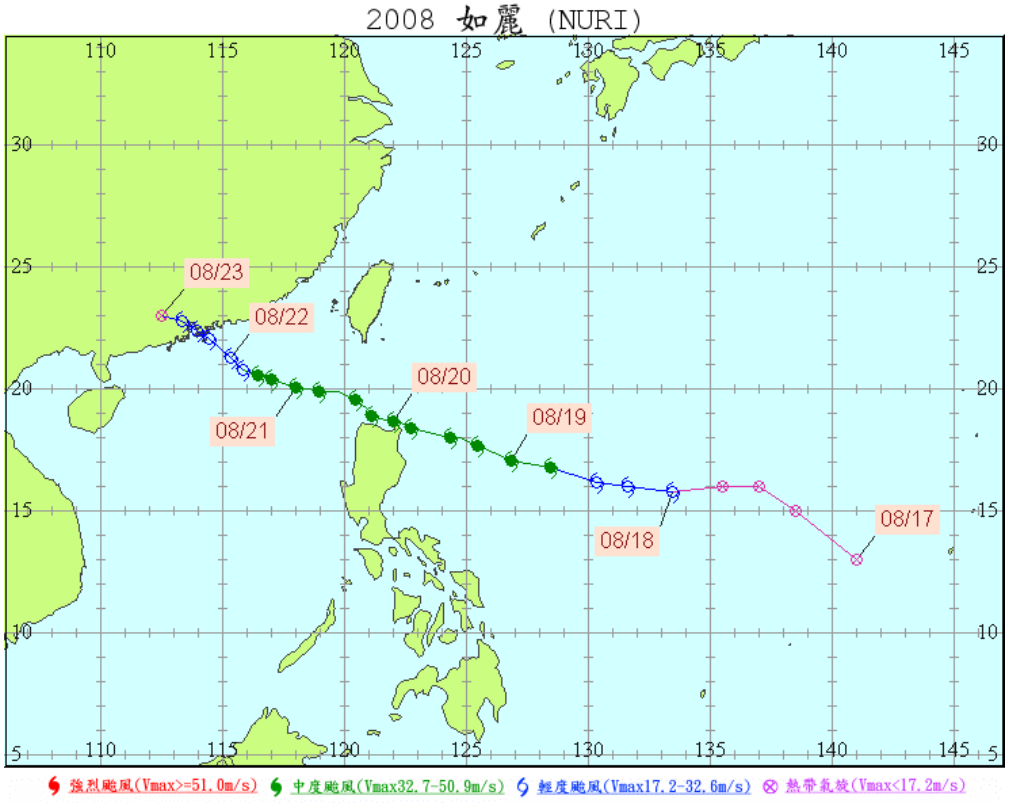


圖 7.2-3 如麗颱風路徑圖

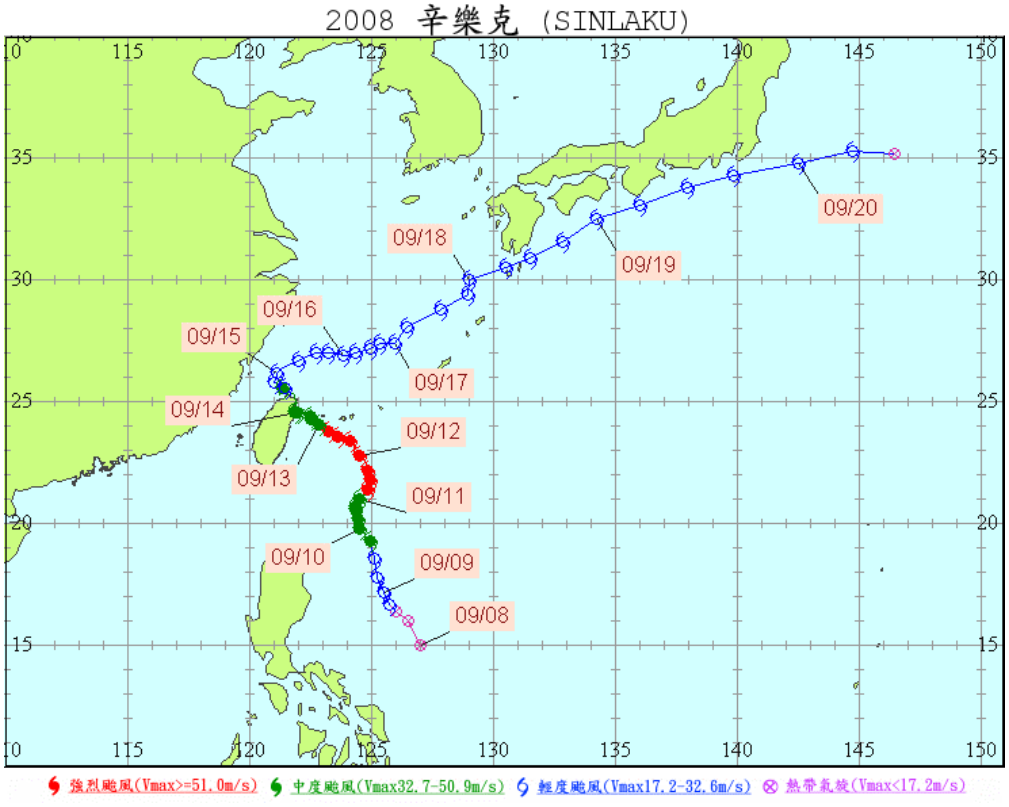


圖 7.2-4 辛樂克颱風路徑圖

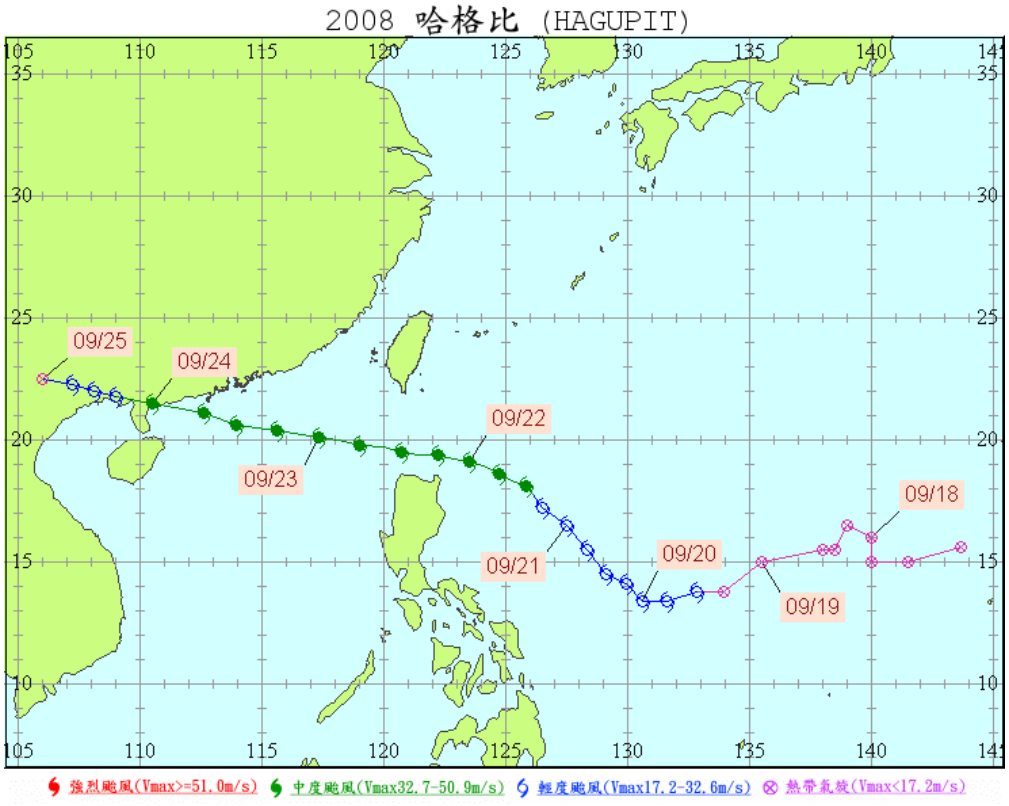


圖 7.2-5 哈格比颱風路徑圖

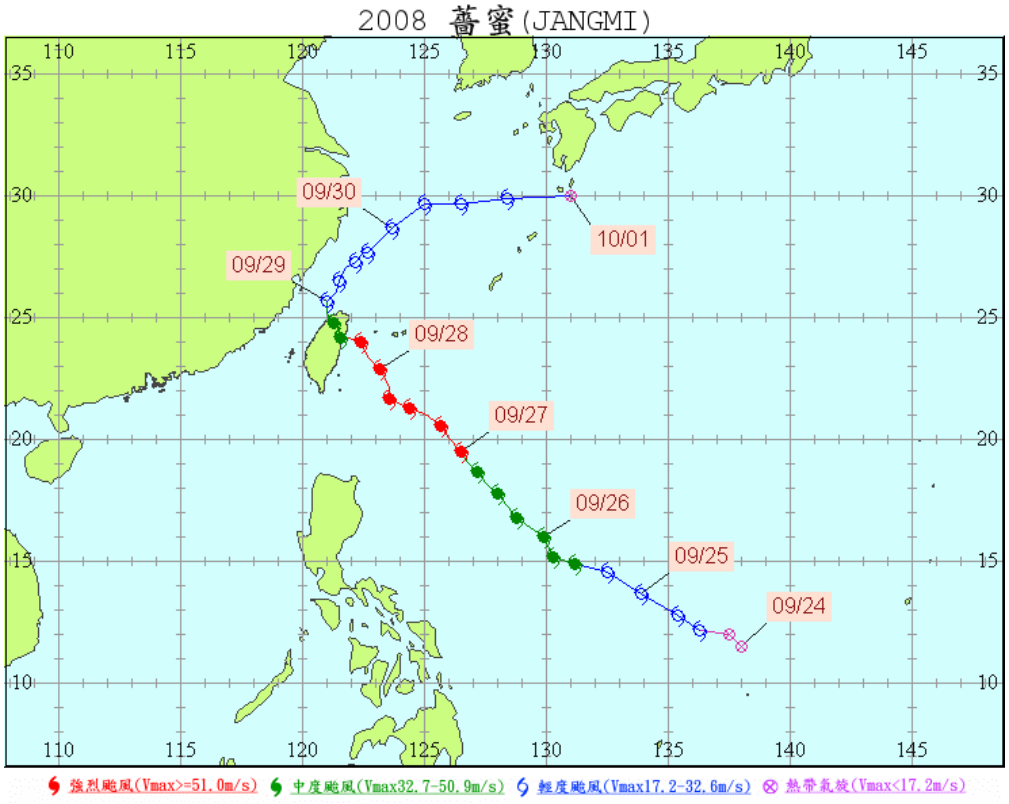
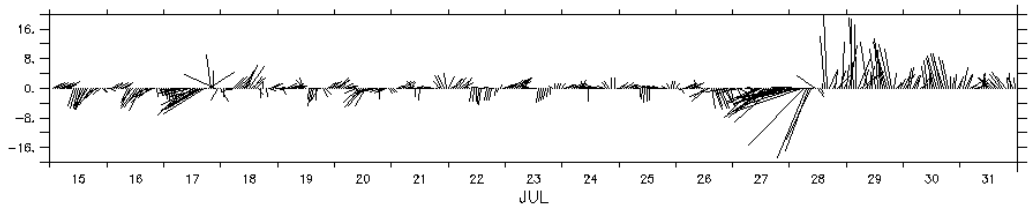
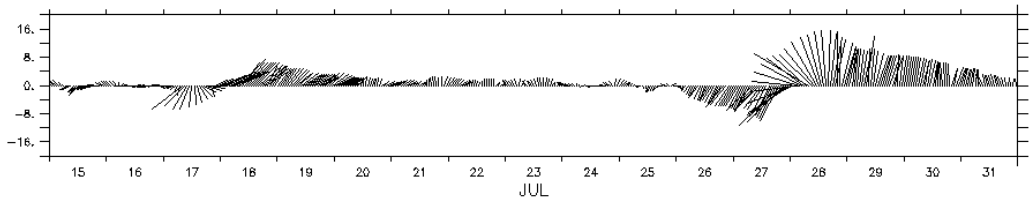


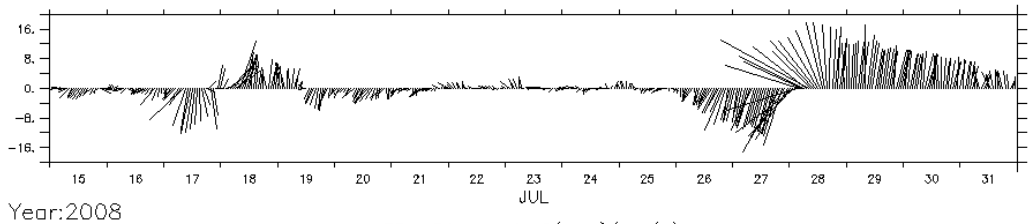
圖 7.2-6 薔蜜颱風路徑圖



HuaLien wind(obs)(m/s)

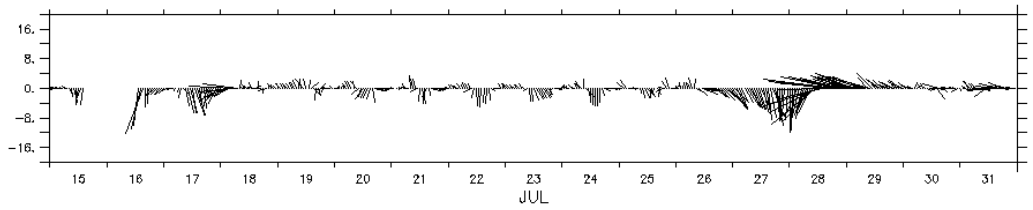


HuaLien wind(rc)(m/s)

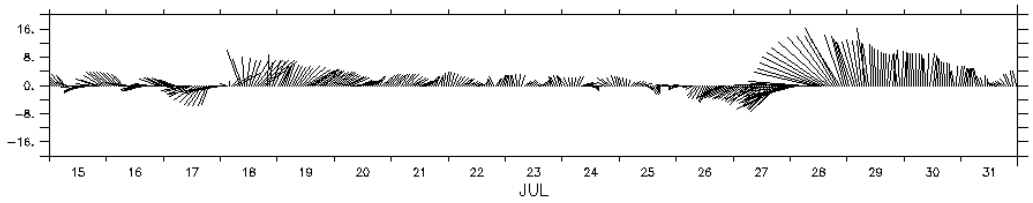


HuaLien wind(mc)(m/s)

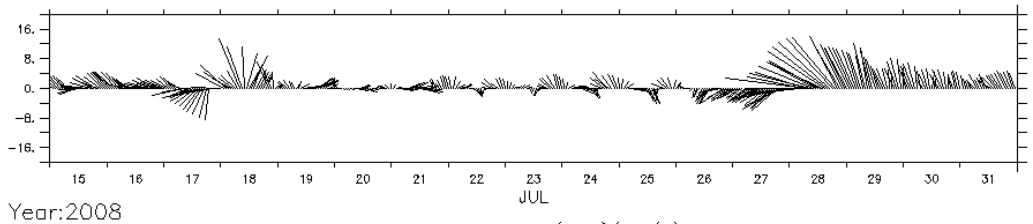
圖 7.2-7a 花蓮港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間風速比對圖



KeeLong wind(obs)(m/s)



KeeLong wind(rc)(m/s)



KeeLong wind(mc)(m/s)

圖 7.2-7b 基隆港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間風速比對圖

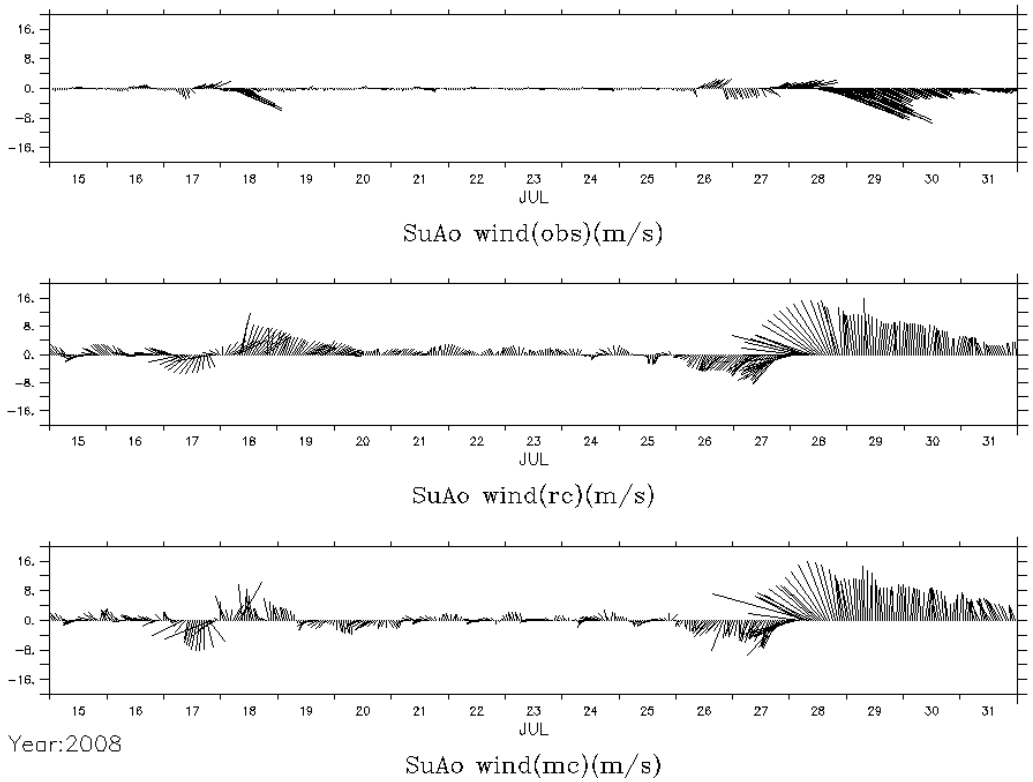


圖 7.2-7c 蘇澳港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間風速比對圖

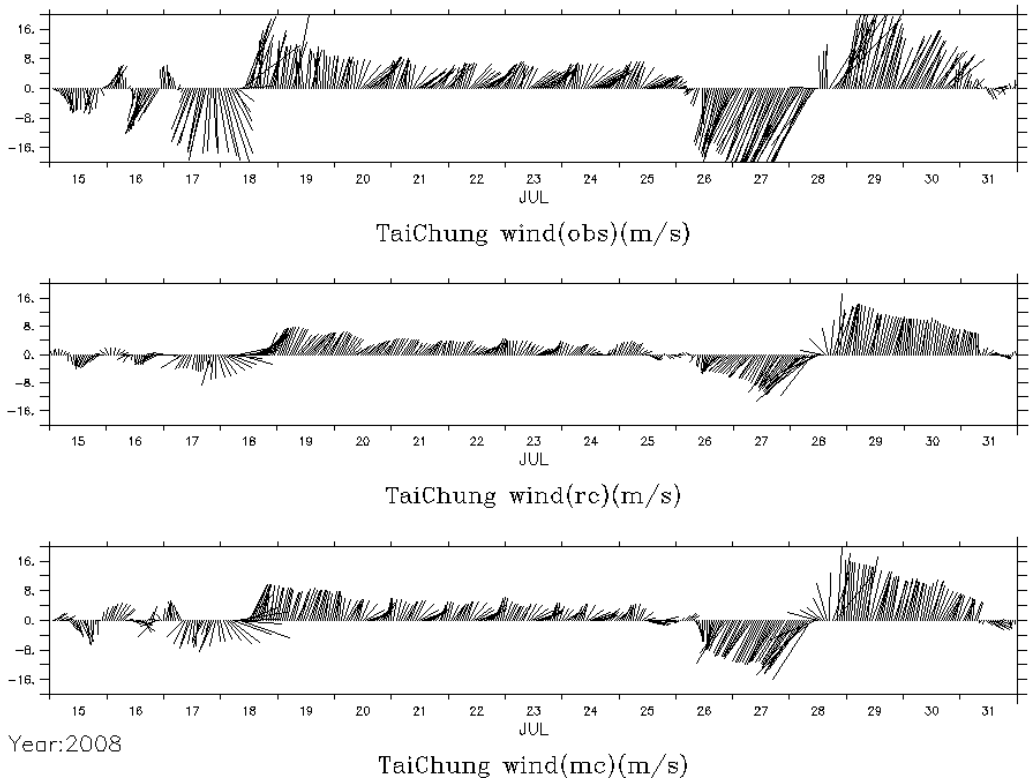


圖 7.2-7d 台中港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間風速比對圖

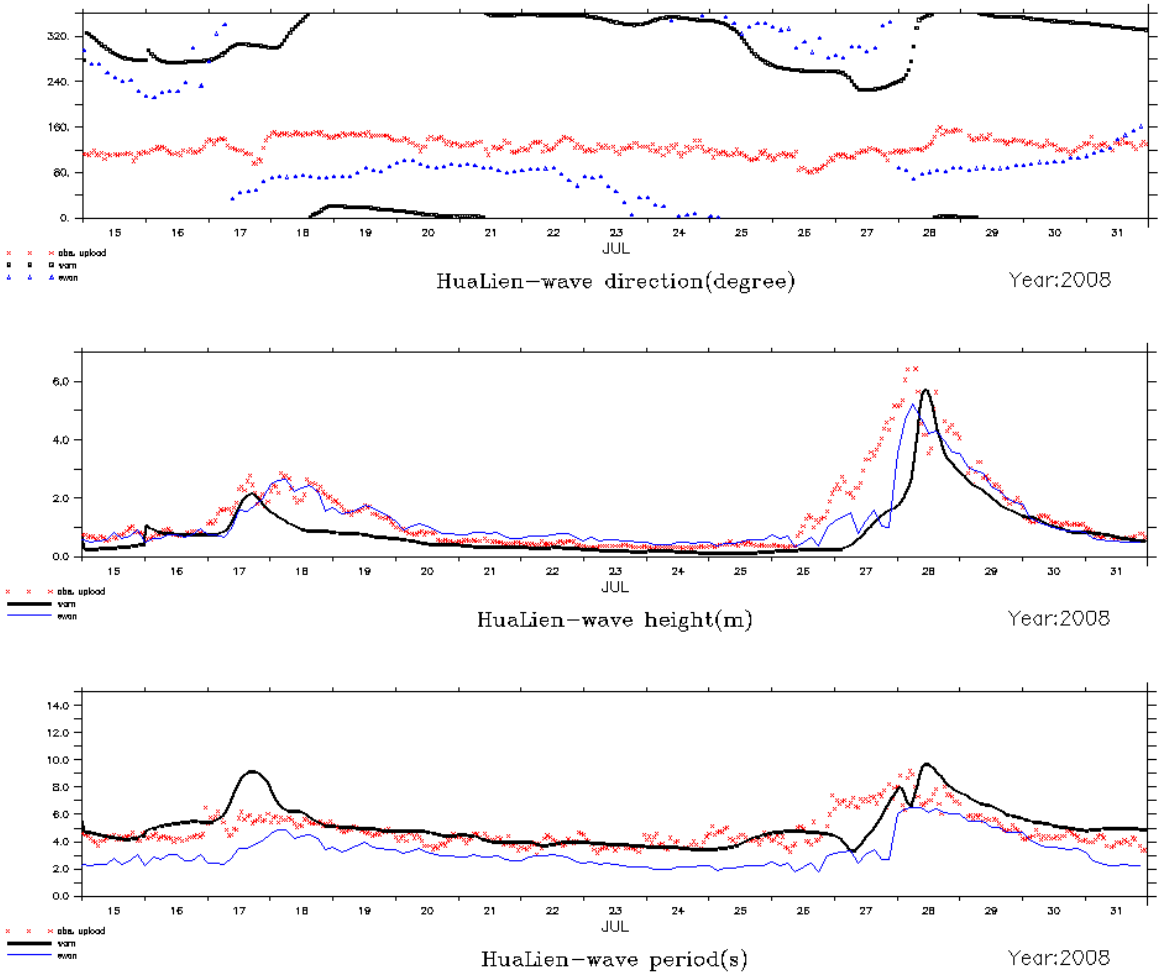


圖 7.2-8a 花蓮港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間波向波高週期比對圖

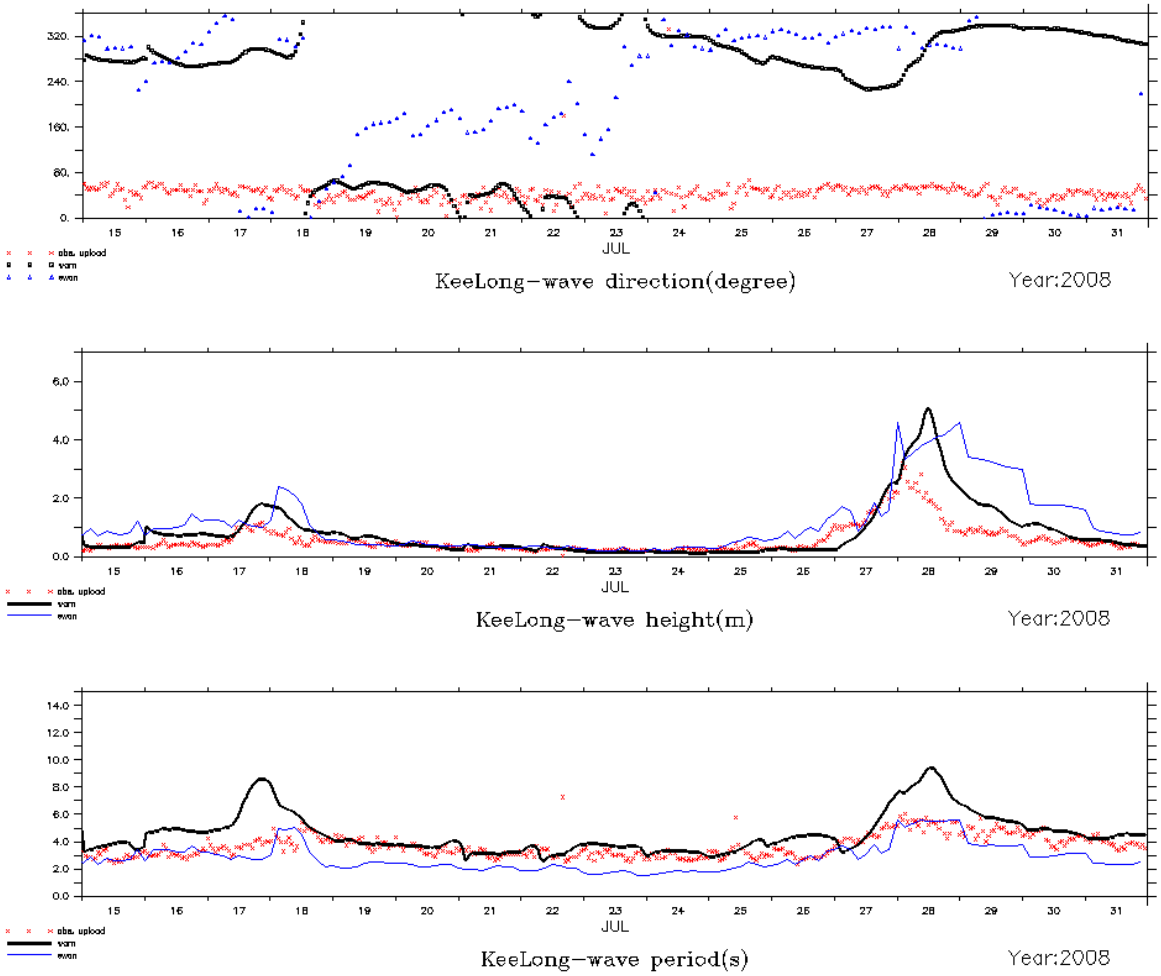


圖 7.2-8b 基隆港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間波向波高週期比對圖

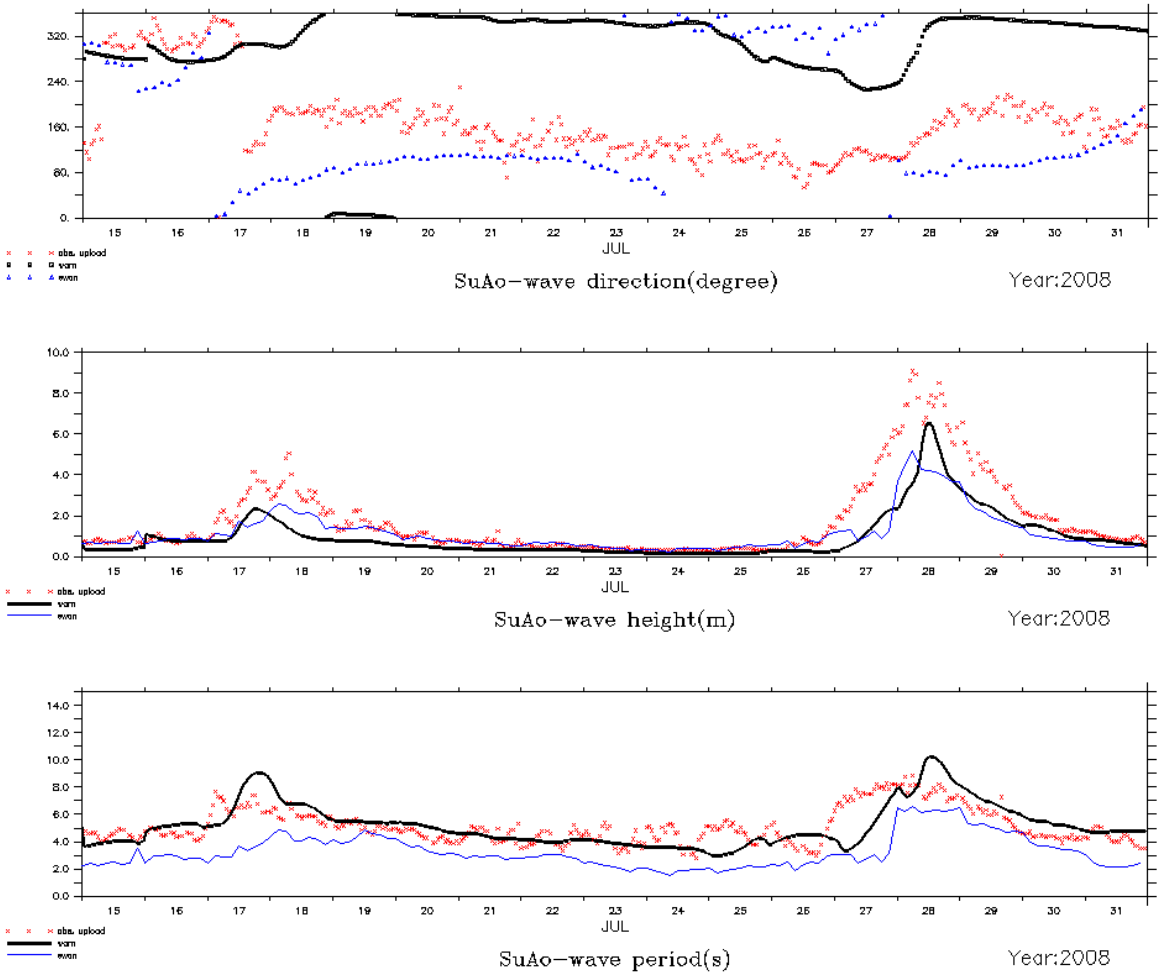


圖 7.2-8c 蘇澳港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間波向波高週期比對圖

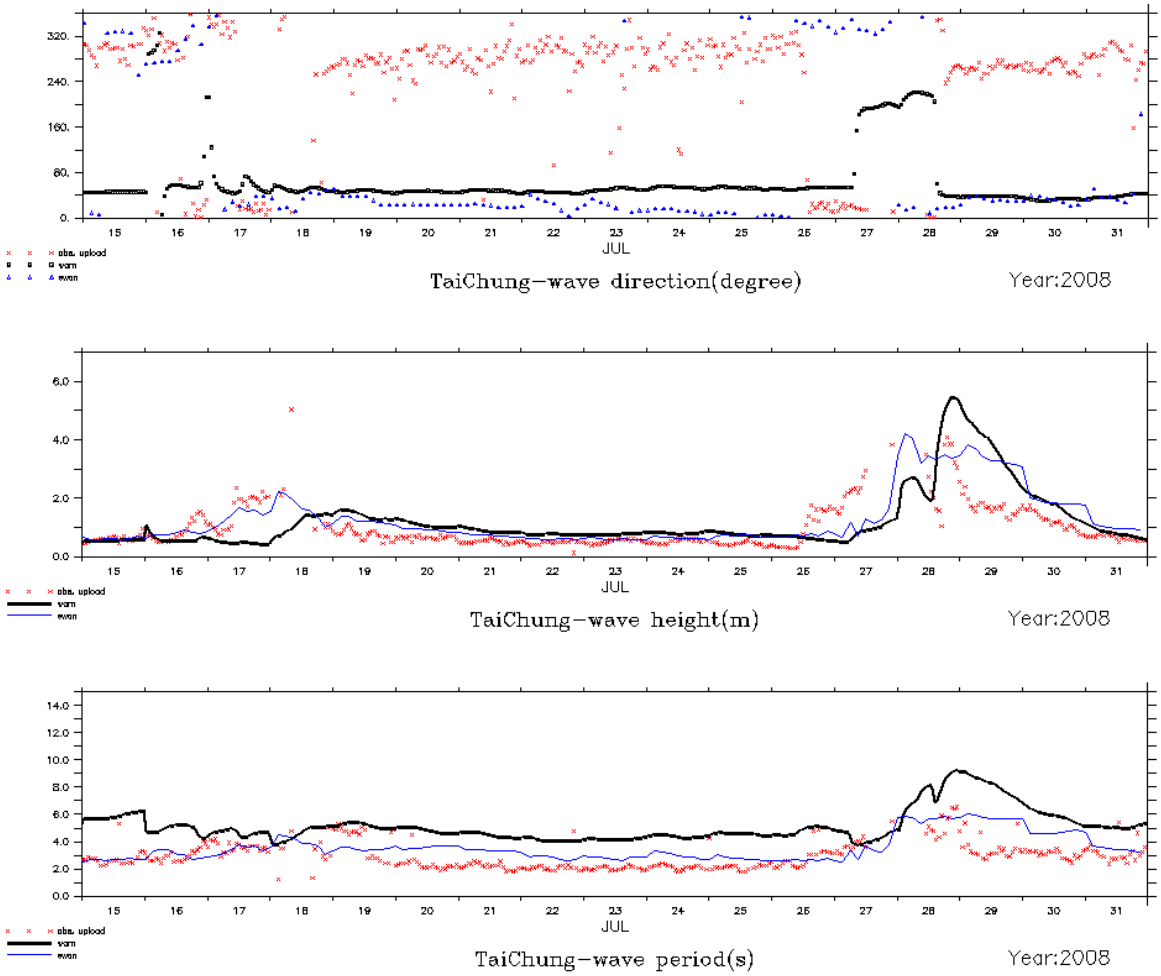


圖 7.2-8d 台中港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間波向波高週期比對圖

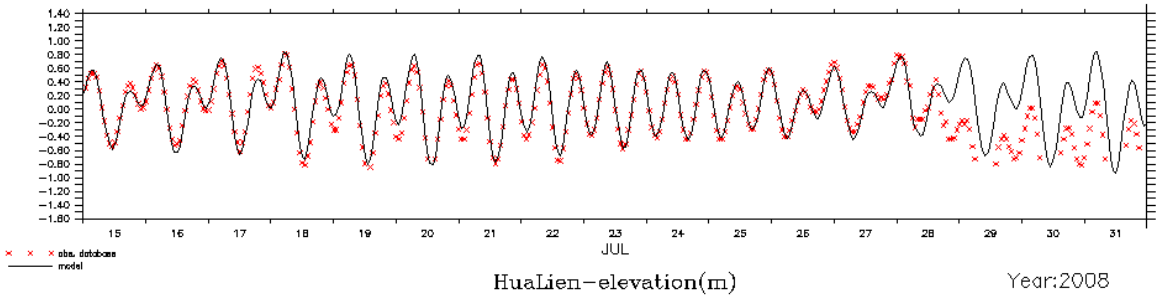


圖 7.2-9a 花蓮港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

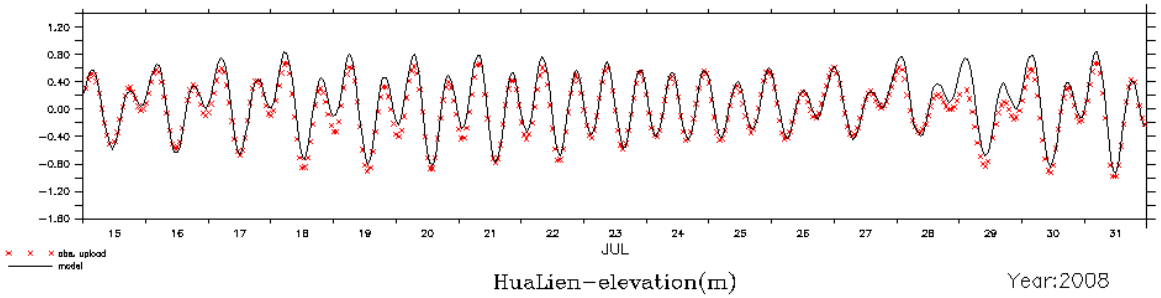


圖 7.2-9b 花蓮港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

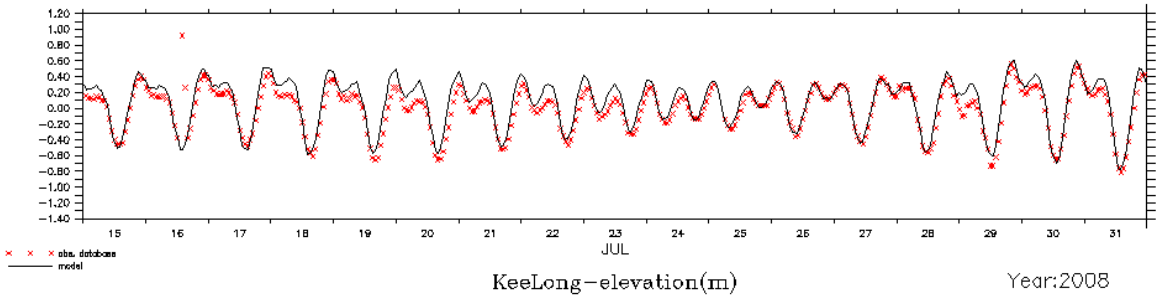


圖 7.2-9c 基隆港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

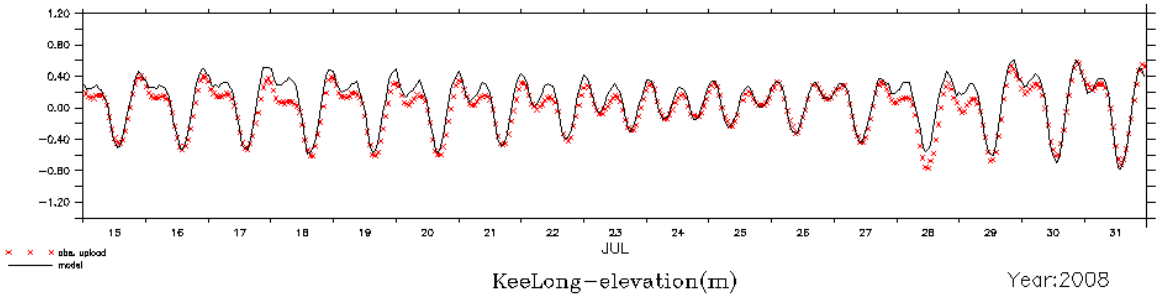


圖 7.2-9d 基隆港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

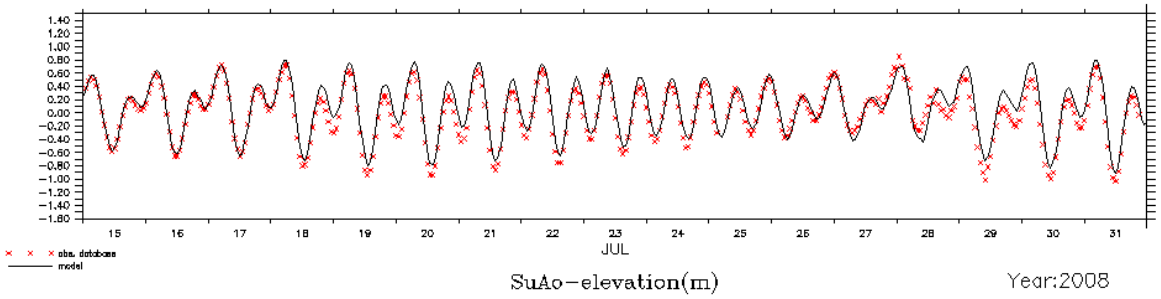


圖 7.2-9e 蘇澳港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

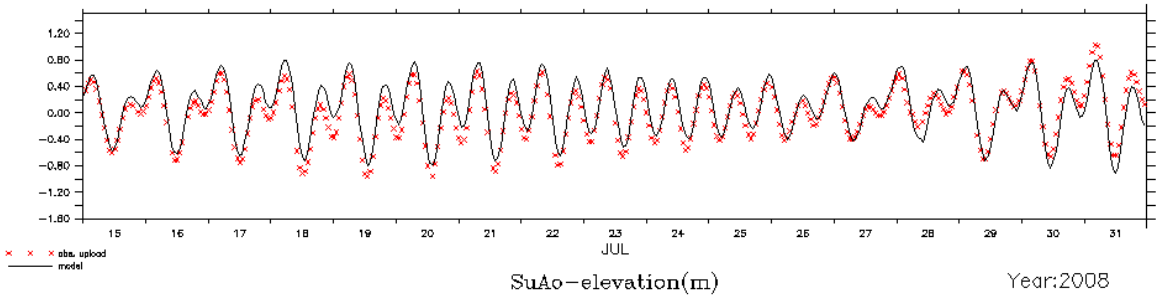


圖 7.2-9f 蘇澳港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

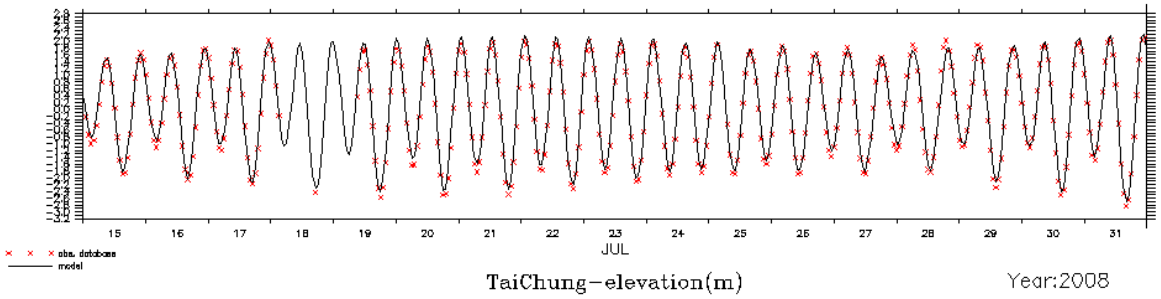


圖 7.2-9g 台中港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

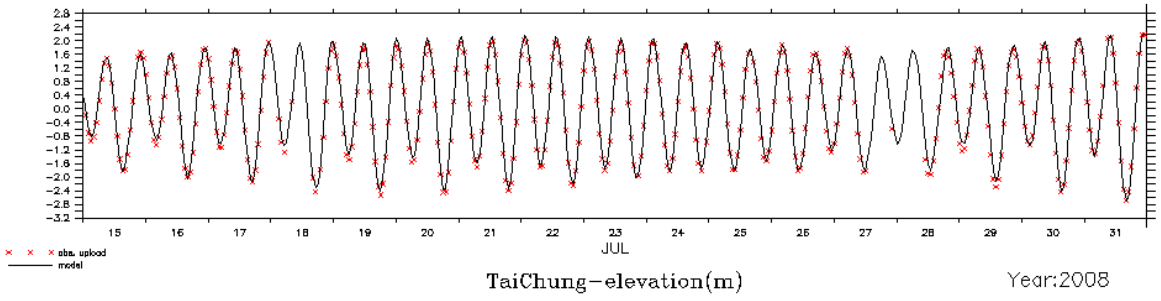
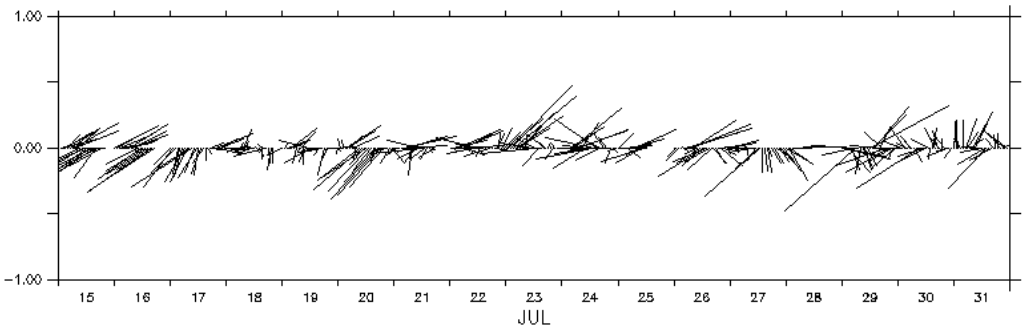
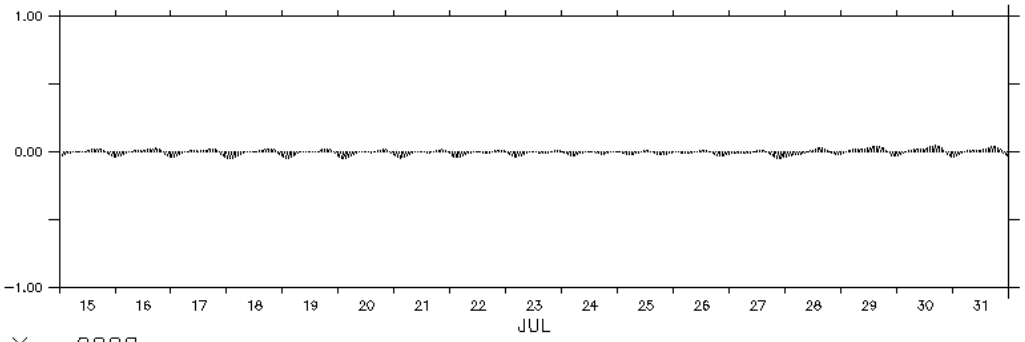


圖 7.2-9h 台中港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

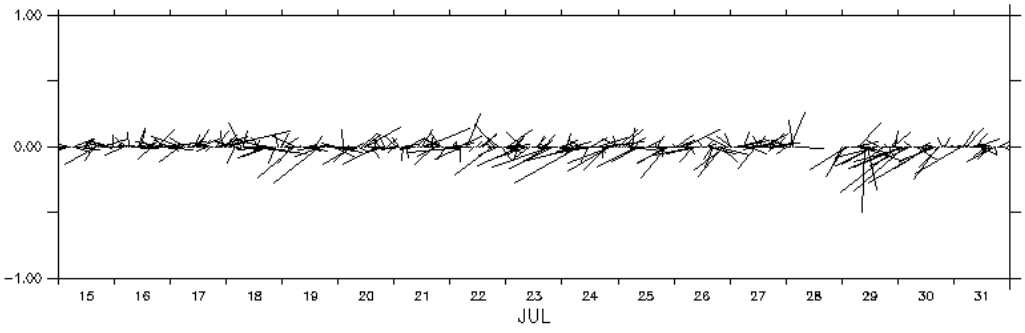


HuaLien current(obs_database)(m/s)

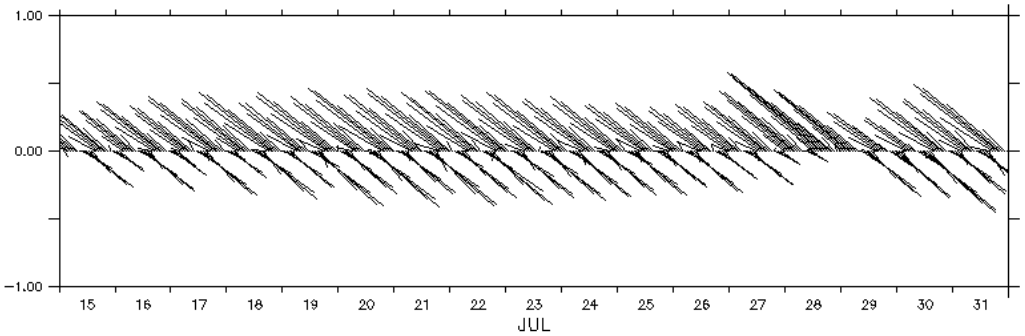


HuaLien current(model)(m/s)

圖 7.2-10a 花蓮港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間流速比對圖



KeeLong current(obs_database)(m/s)



KeeLong current(model)(m/s)

圖 7.2-10b 基隆港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間流速比對圖

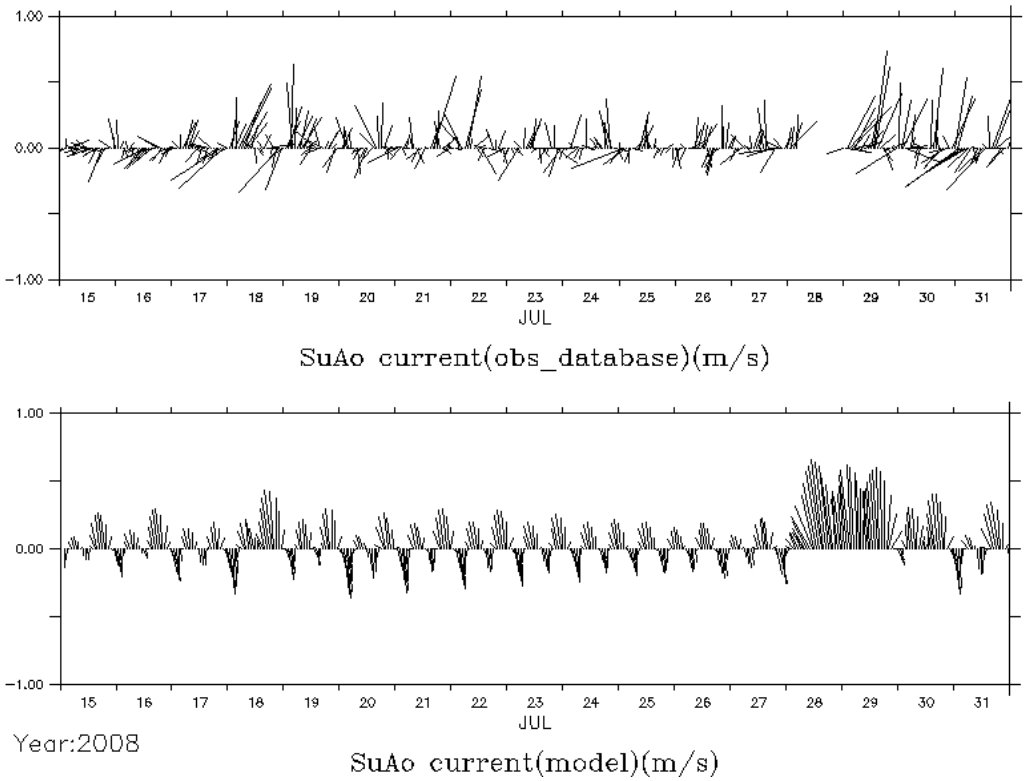


圖 7.2-10c 蘇澳港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間流速比對圖

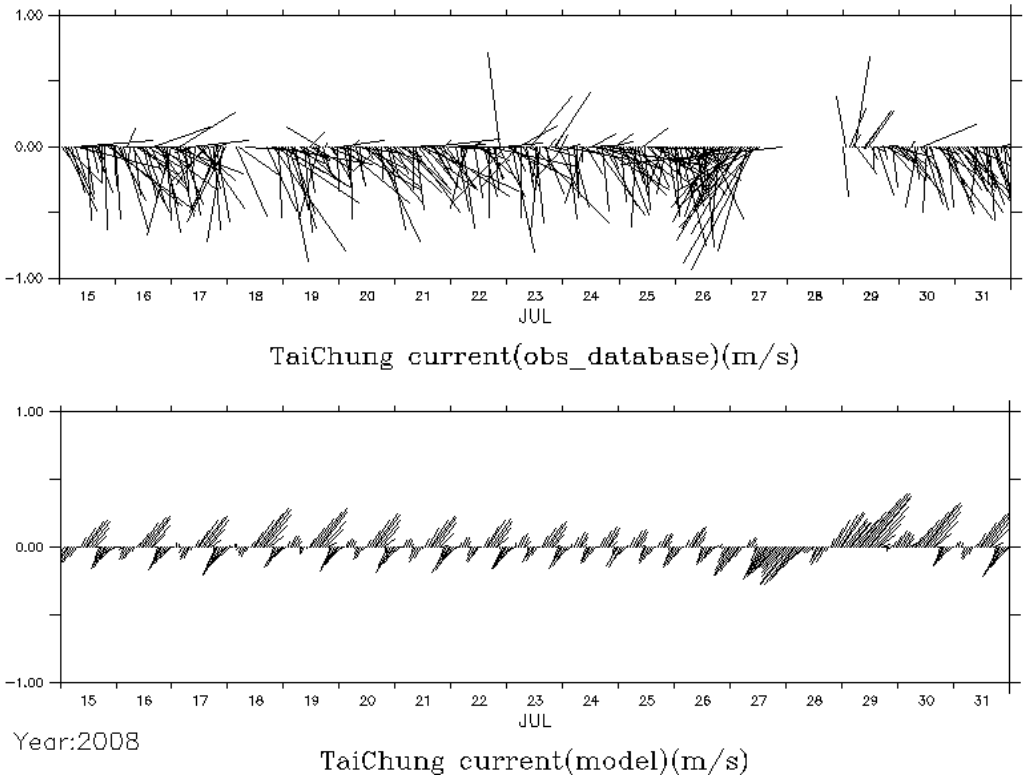


圖 7.2-10d 台中港 2008 年卡玫基鳳凰颱風期間流速比對圖

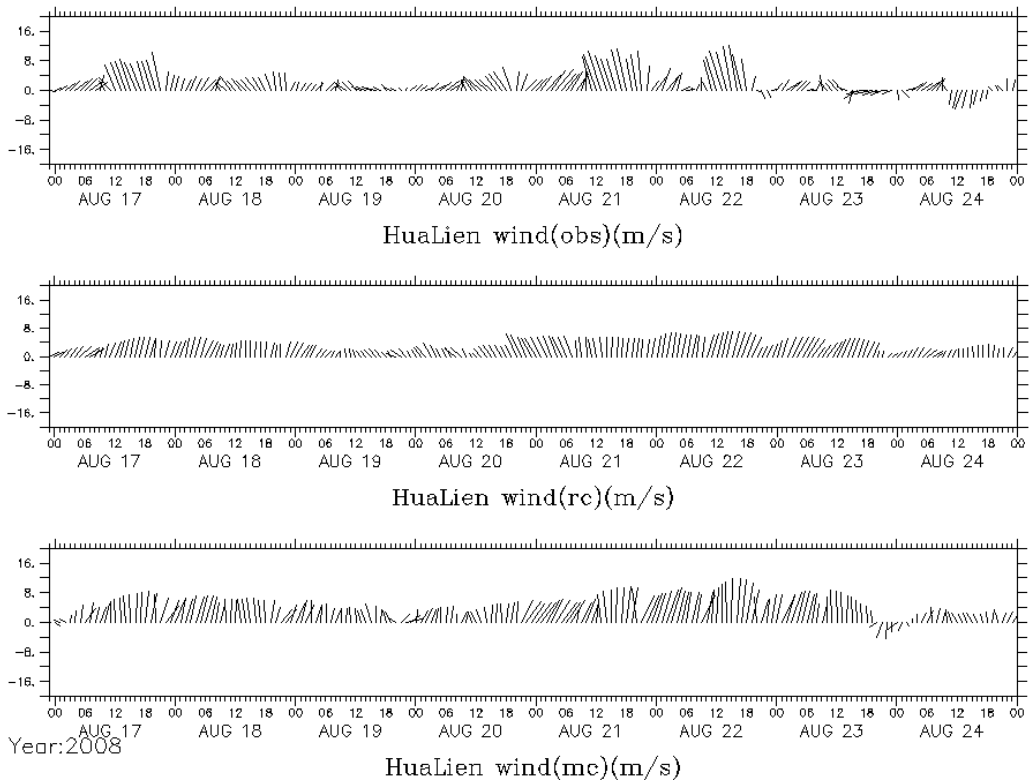


圖 7.2-11a 花蓮港 2008 年如麗颱風期間風速比對圖

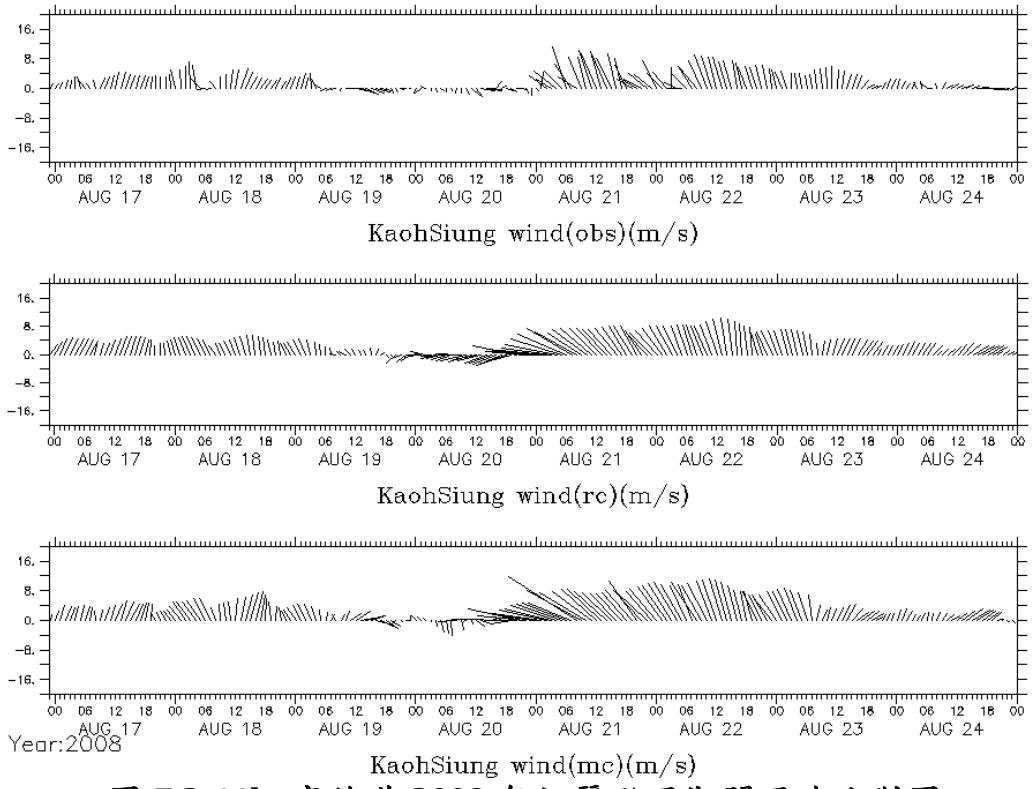


圖 7.2-11b 高雄港 2008 年如麗颱風期間風速比對圖

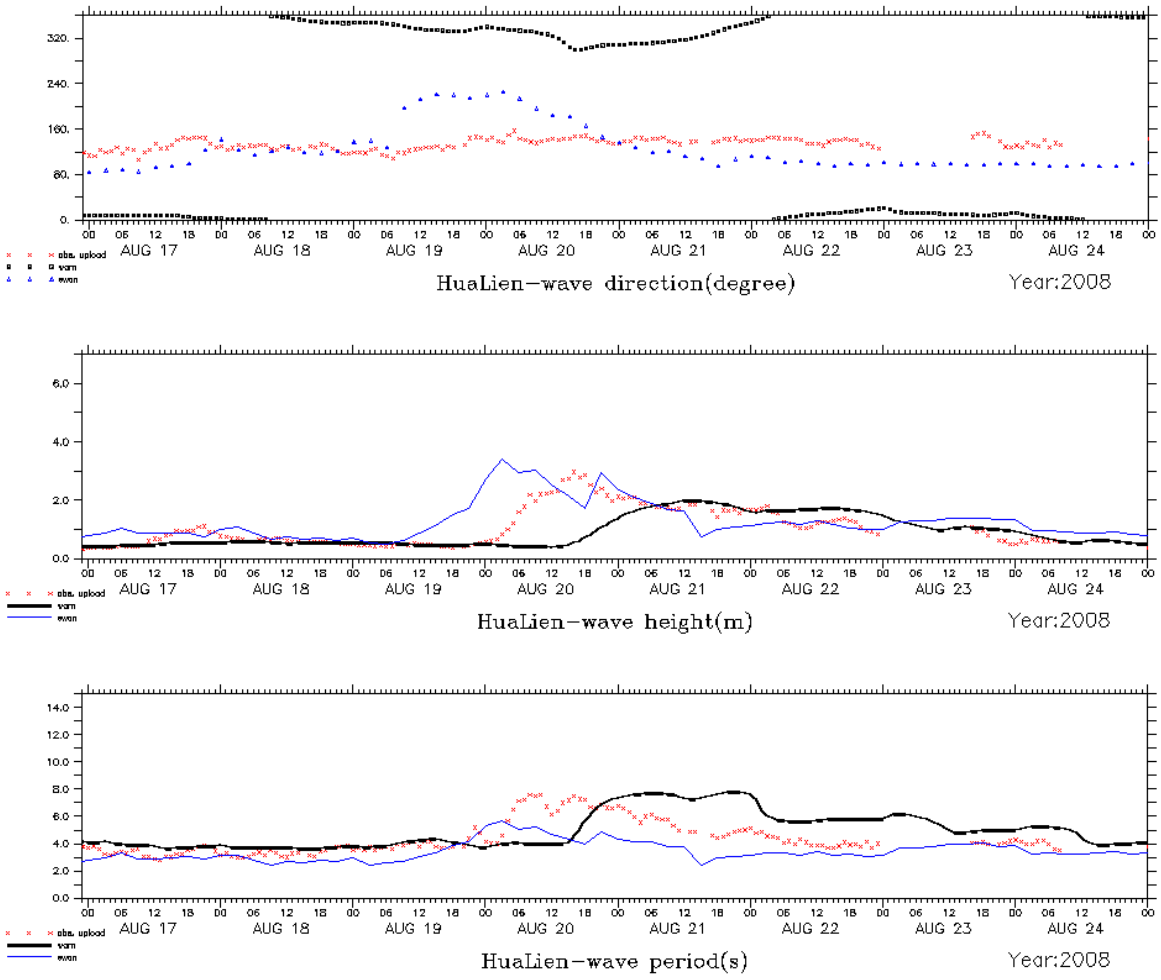


圖 7.2-12a 花蓮港 2008 年如麗颱風期間波向波高週期比對圖

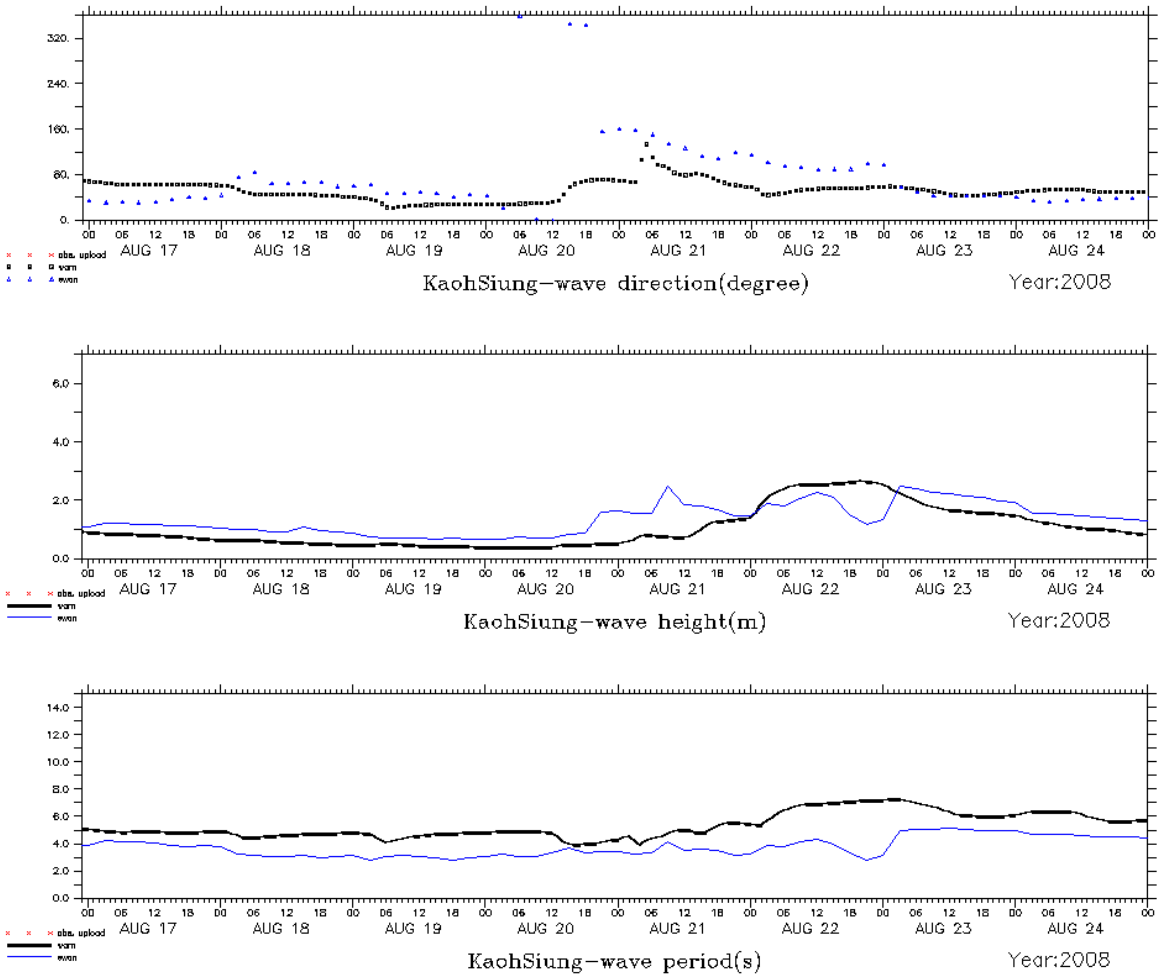


圖 7.2-12b 高雄港 2008 年如麗颱風期間波向波高週期比對圖

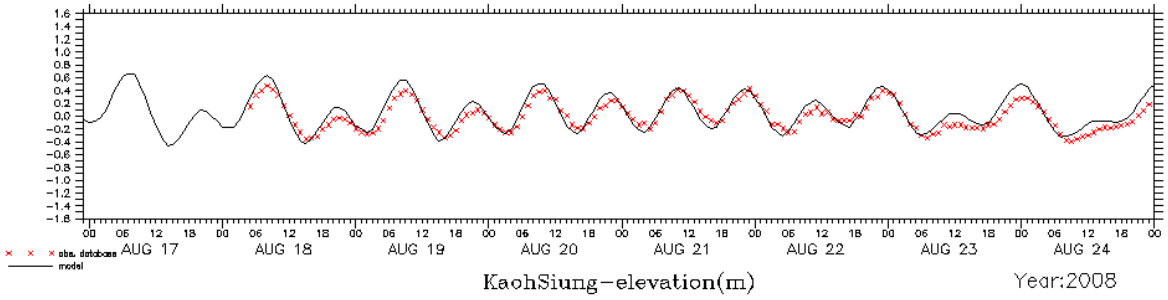


圖 7.2-13a 高雄港 2008 年如麗颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

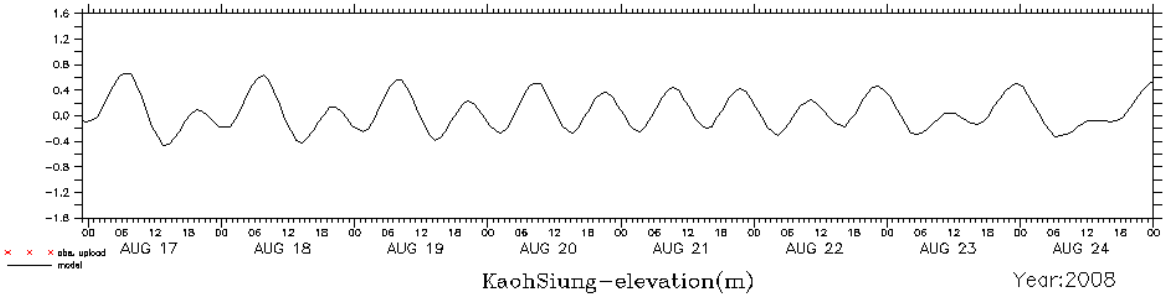
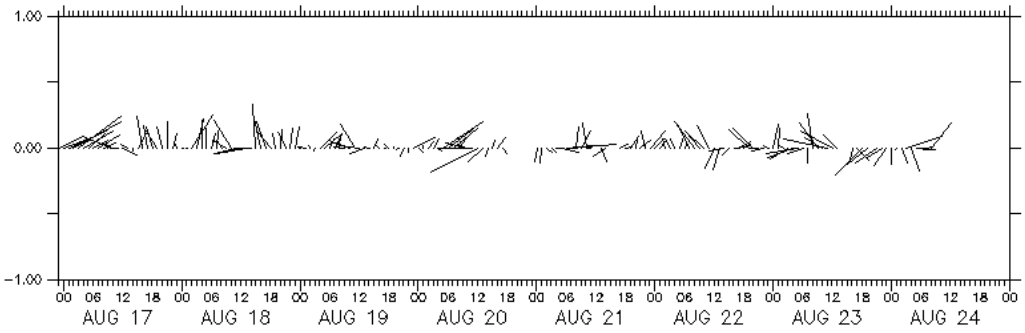


圖 7.2-13b 高雄港 2008 年如麗颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖



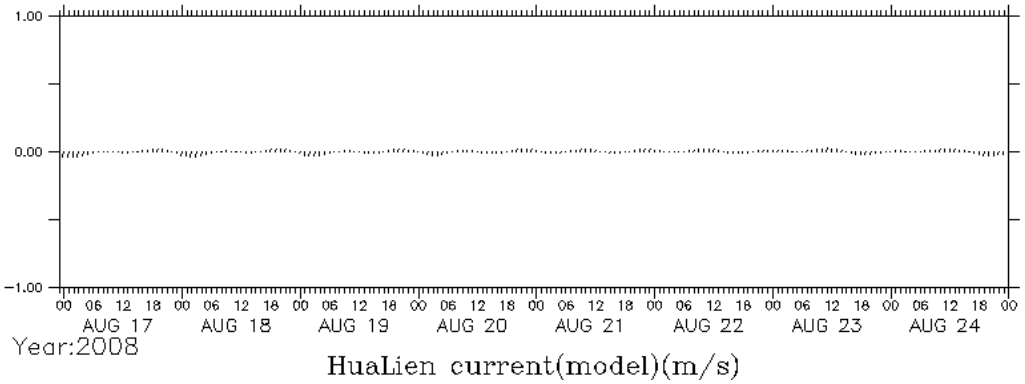
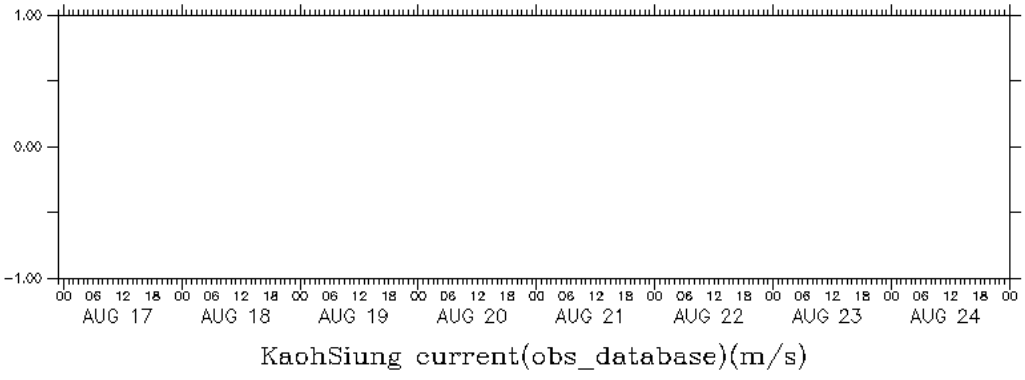


圖 7.2-14a 花蓮港 2008 年如麗颱風期間流速比對圖



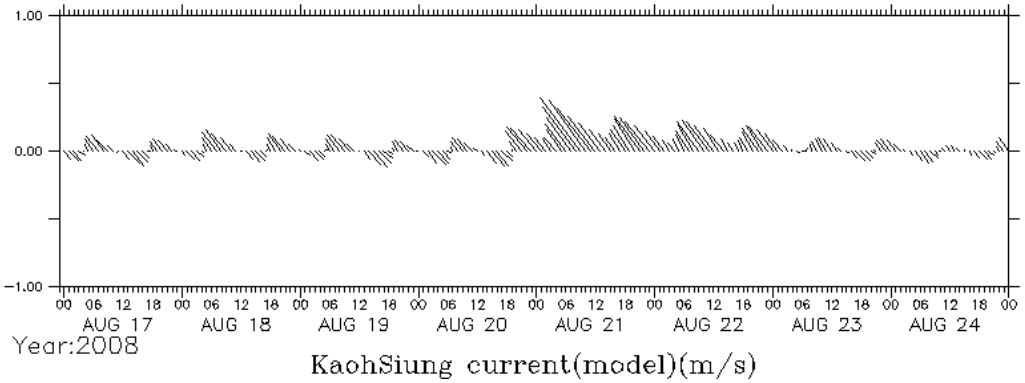


圖 7.2-14b 高雄港 2008 年如麗颱風期間流速比對圖

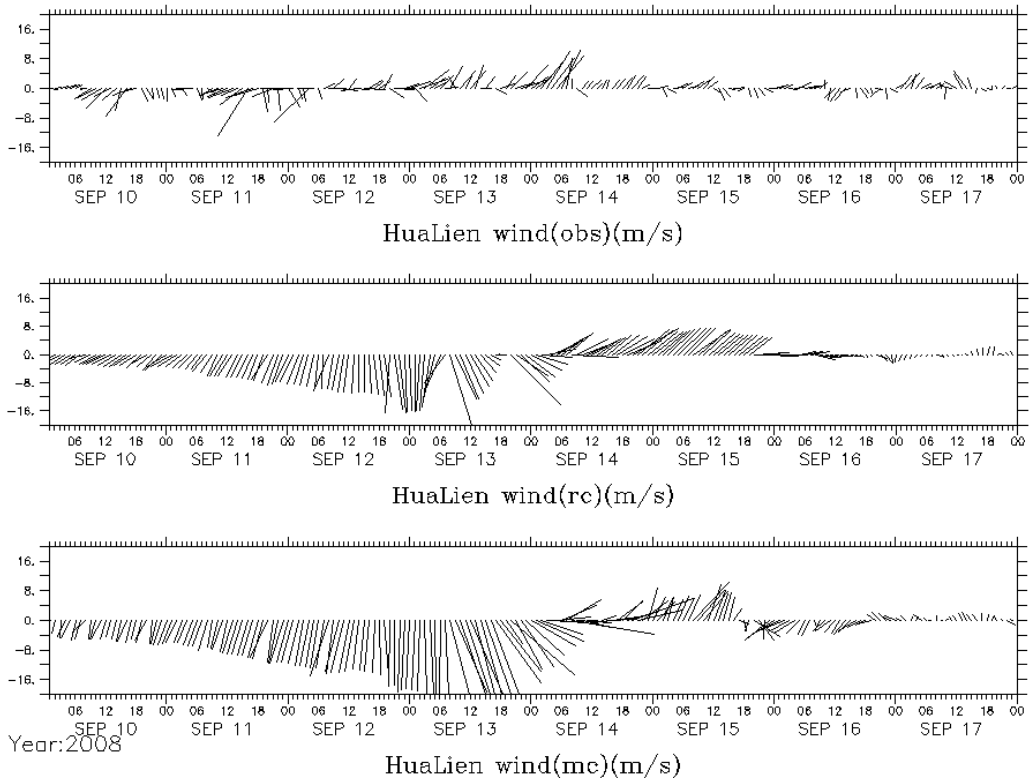


圖 7.2-15a 花蓮港 2008 年辛樂克颱風期間風速比對圖

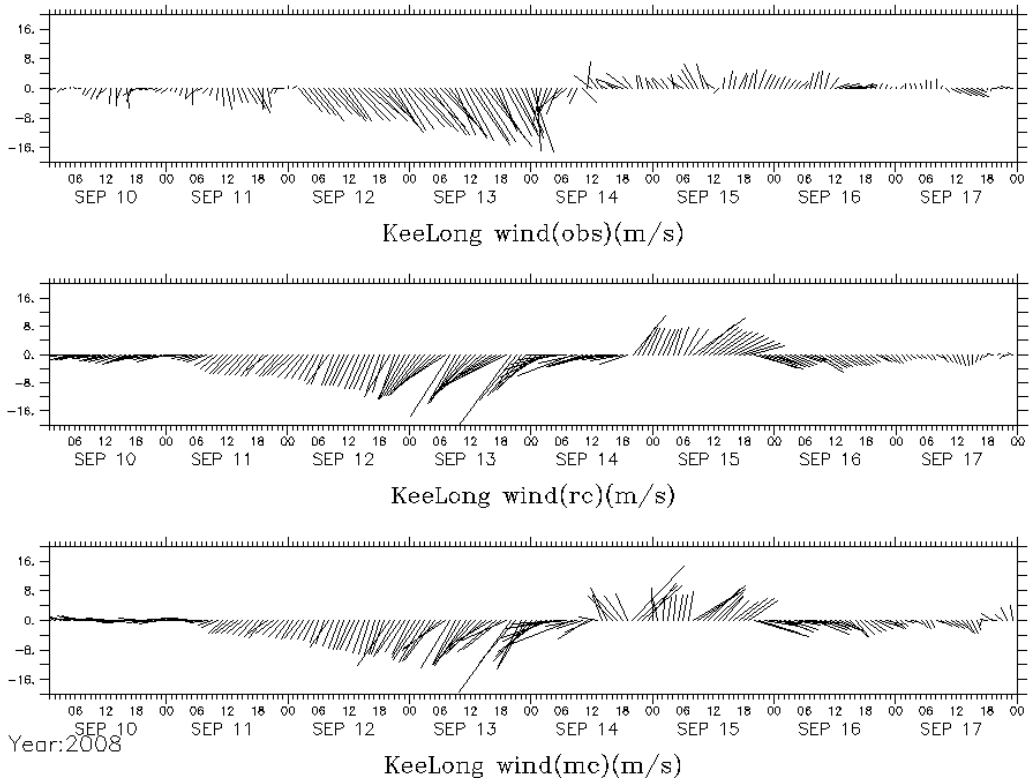


圖 7.2-15b 基隆港 2008 年辛樂克颱風期間風速比對圖

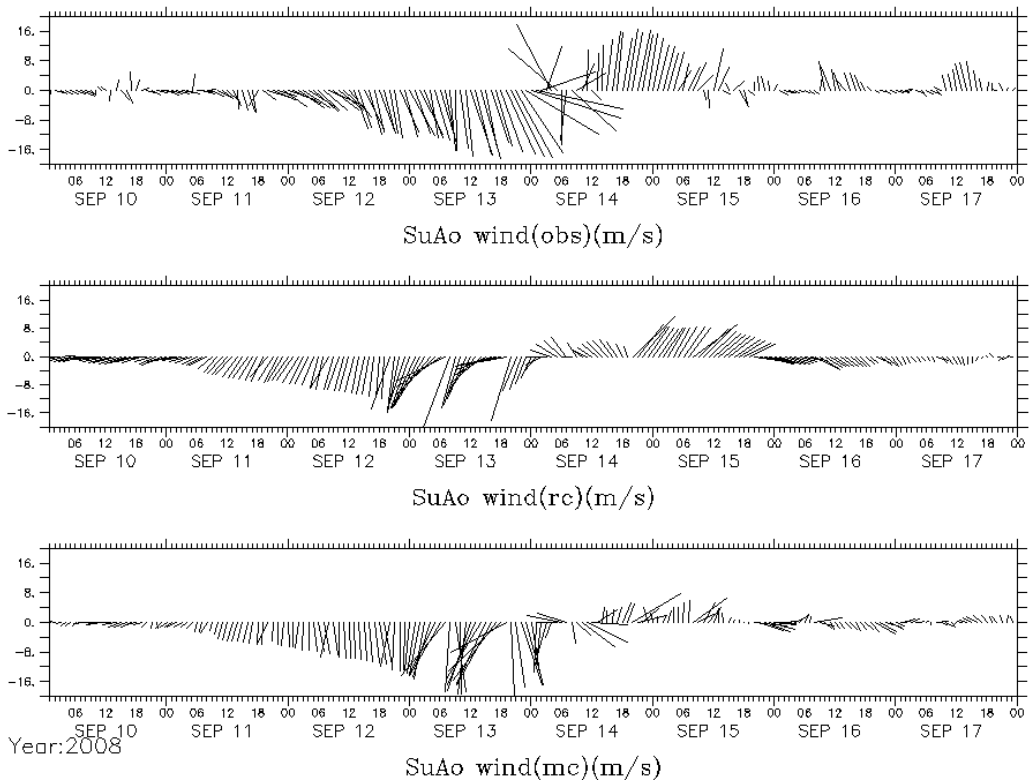


圖 7.2-15c 蘇澳港 2008 年辛樂克颱風期間風速比對圖

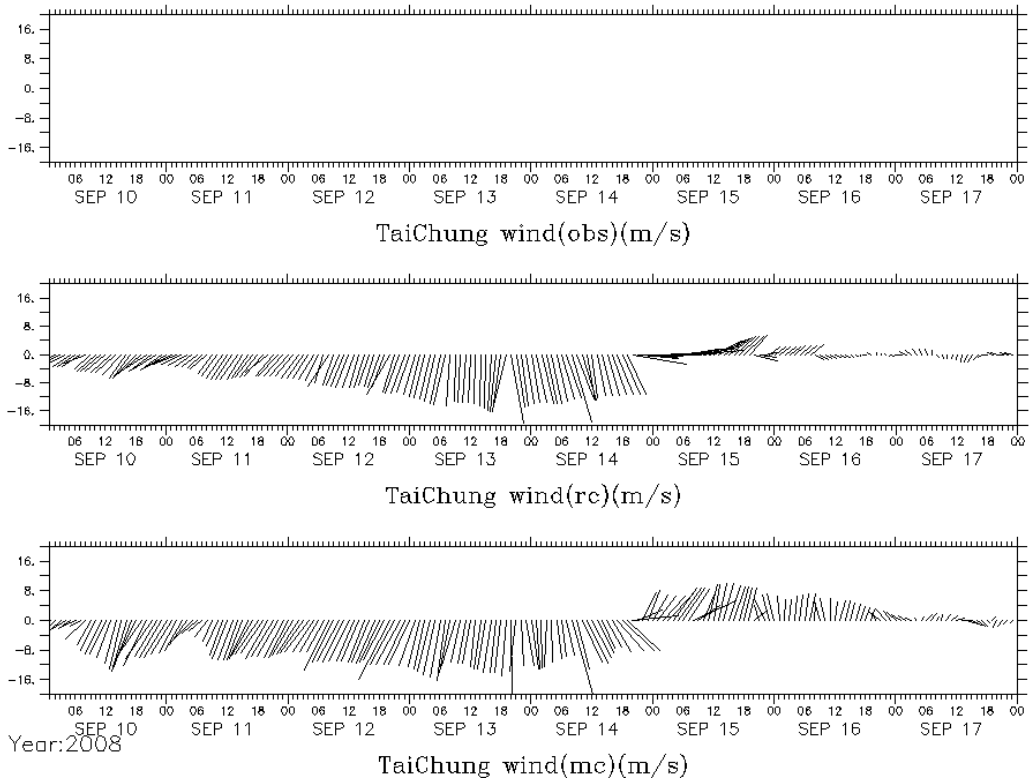


圖 7.2-15d 台中港 2008 年辛樂克颱風期間風速比對圖

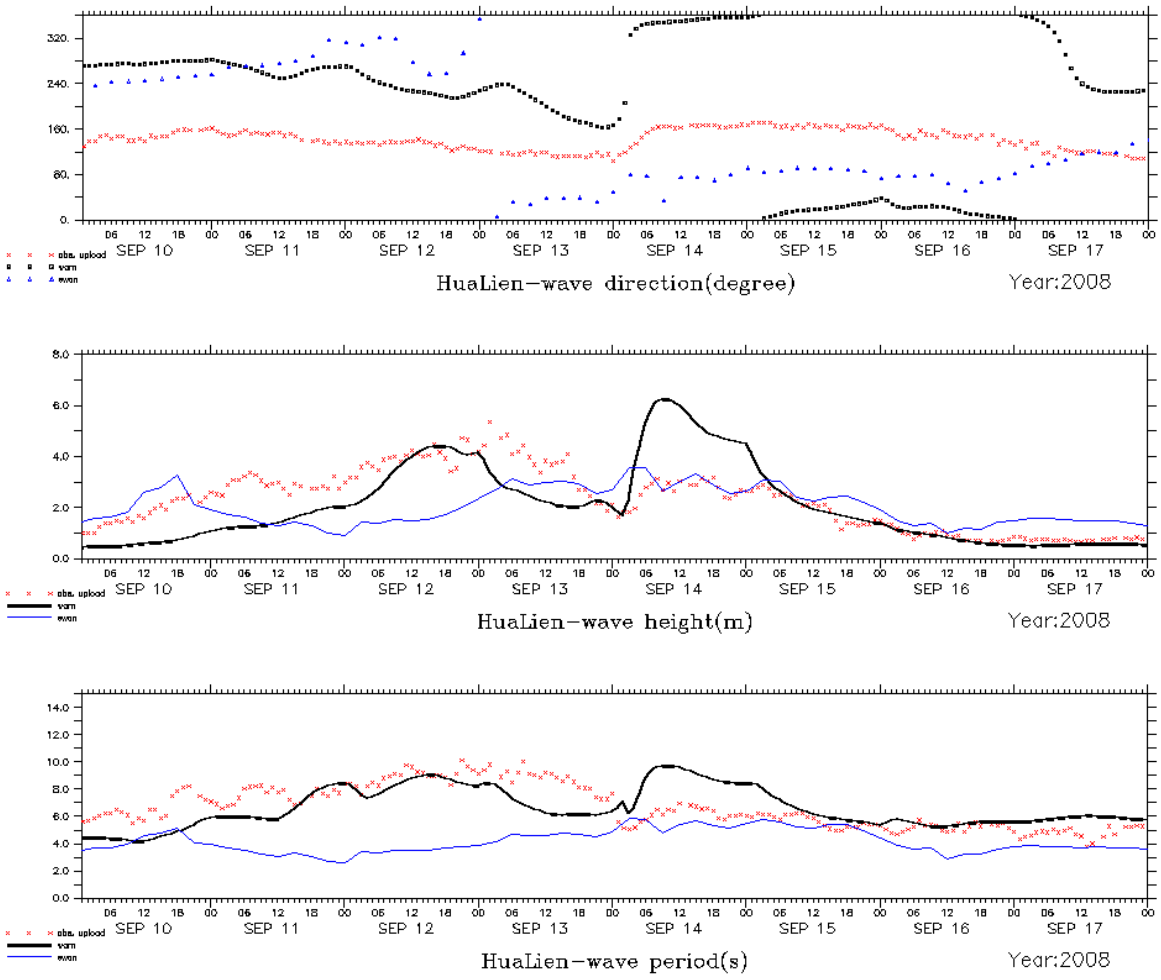


圖 7.2-16a 花蓮港 2008 年辛樂克颱風期間波向波高週期比對圖

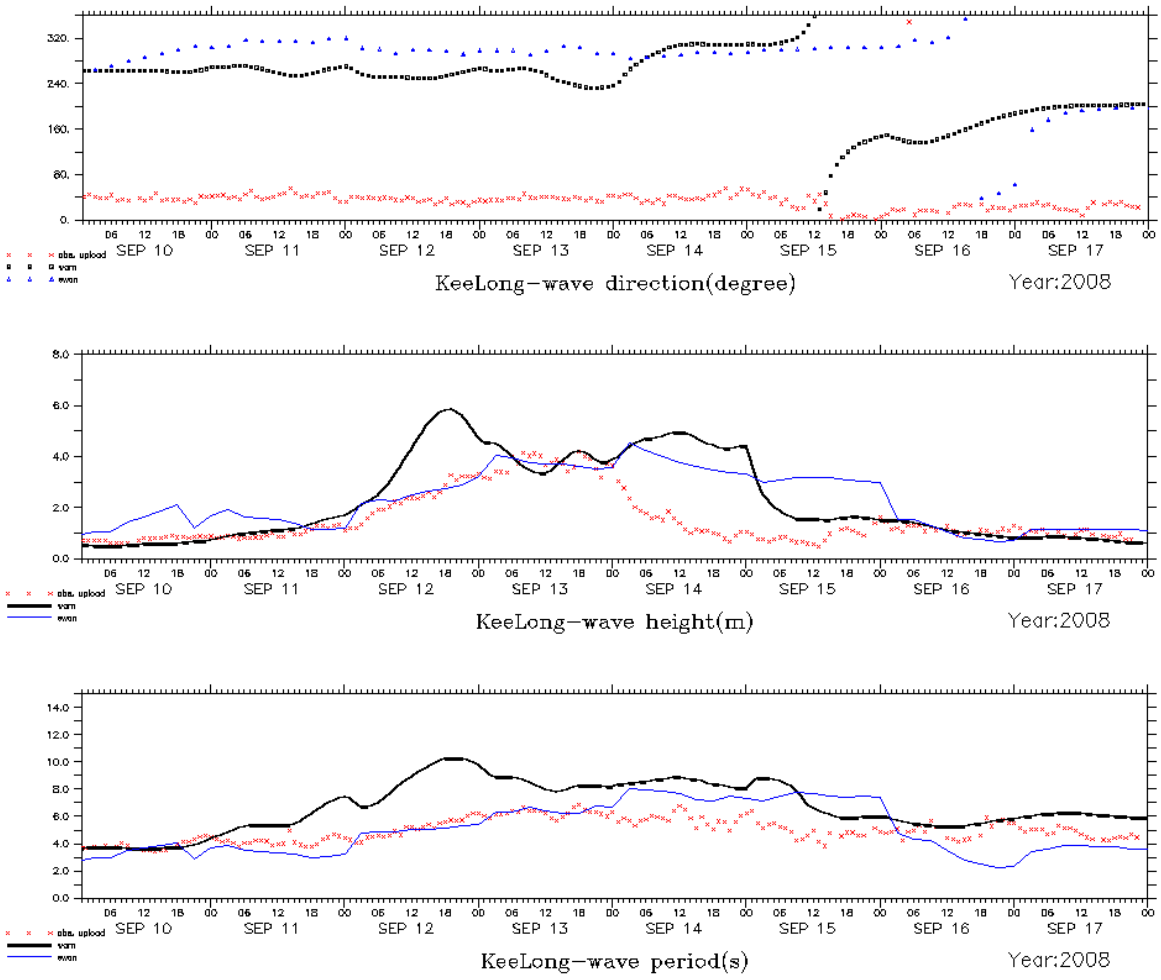


圖 7.2-16b 基隆港 2008 年辛樂克颱風期間波向波高週期比對圖

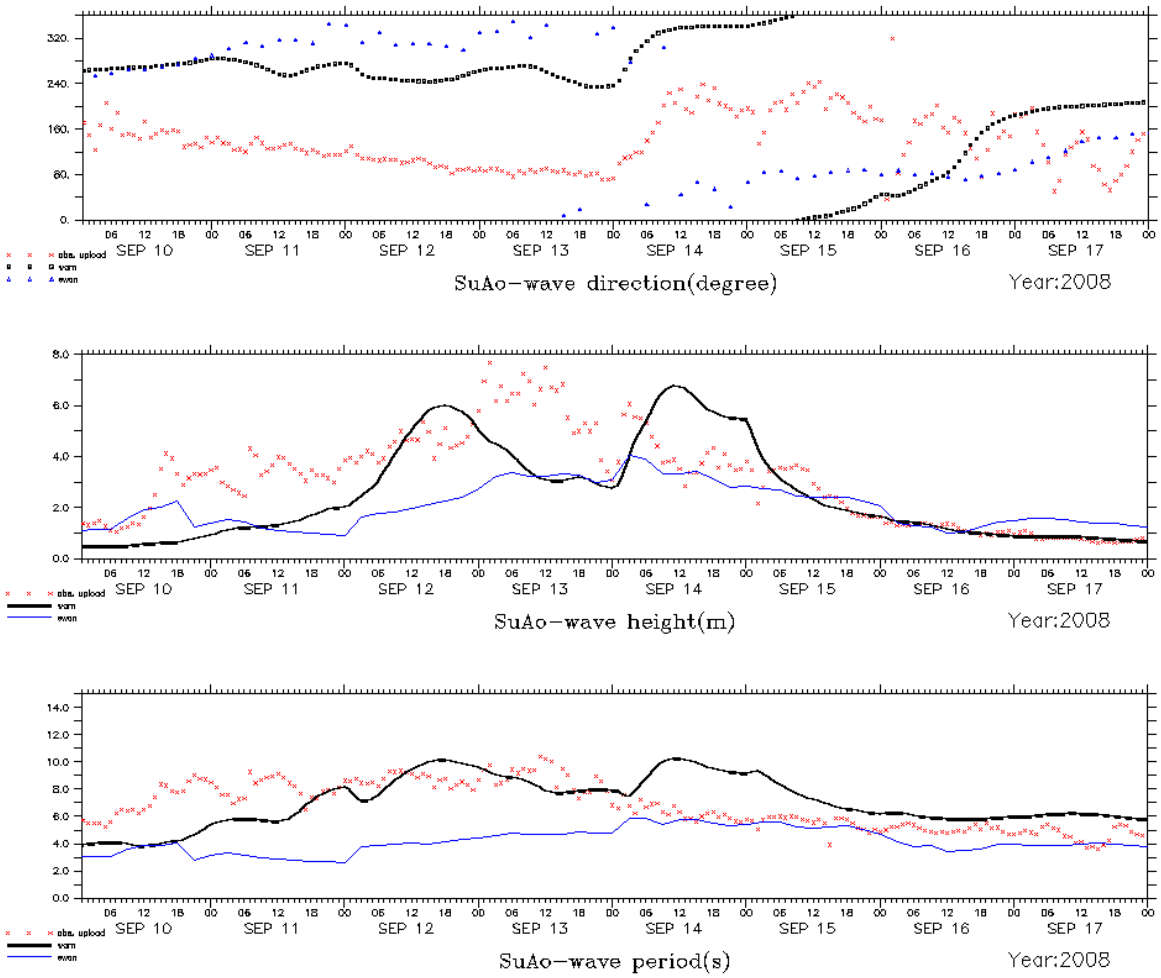


圖 7.2-16c 蘇澳港 2008 年辛樂克颱風期間波向波高週期比對圖

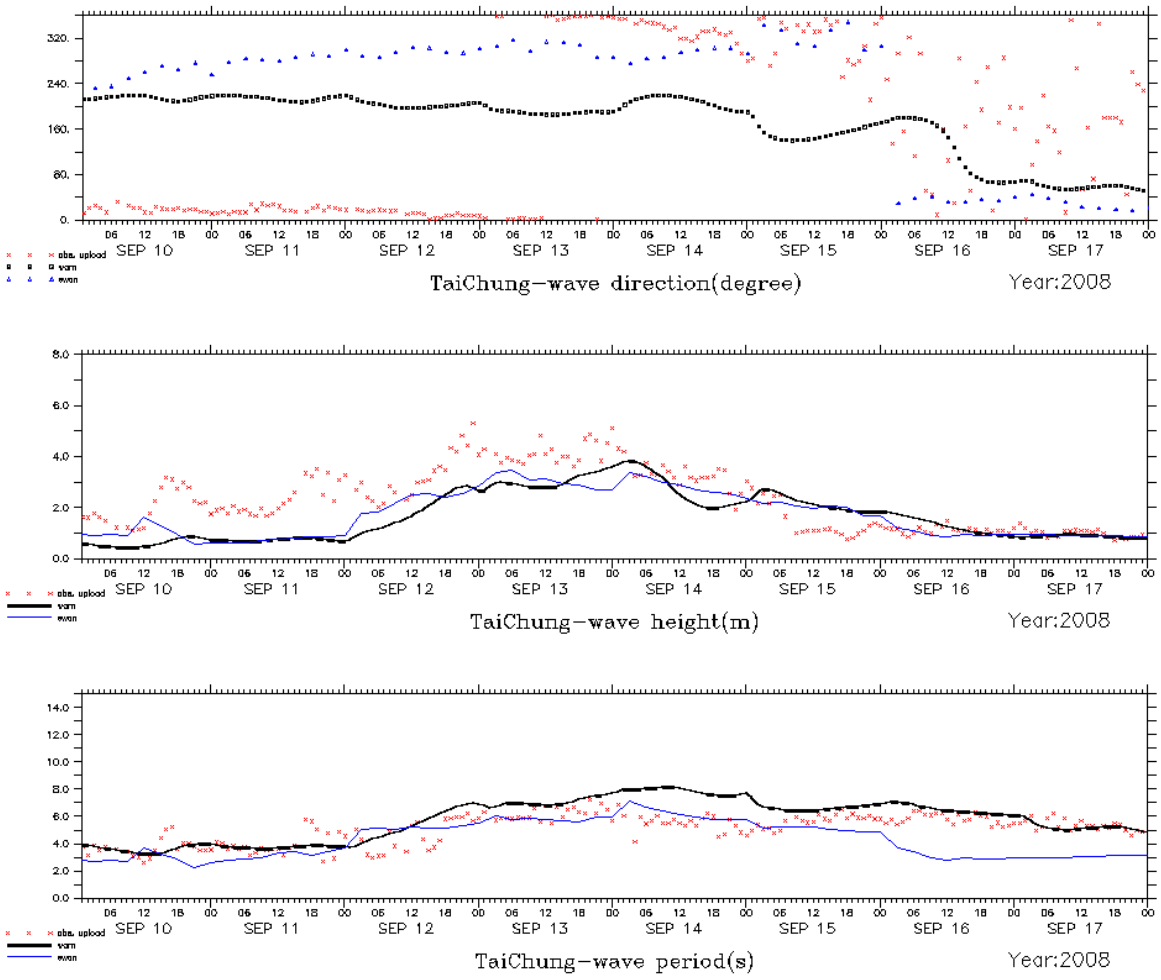


圖 7.2-16d 台中港 2008 年辛樂克颱風期間波向波高週期比對圖

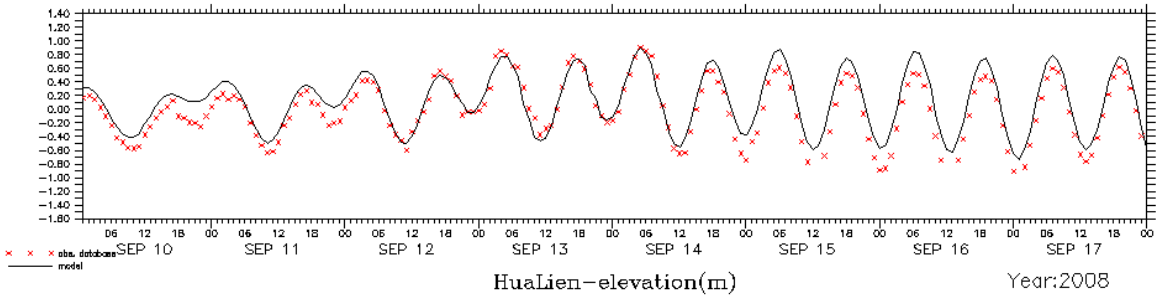


圖 7.2-17a 花蓮港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

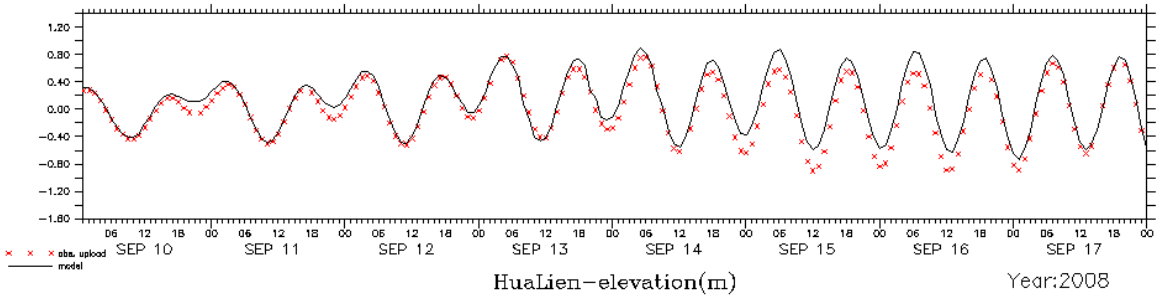


圖 7.2-17b 花蓮港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

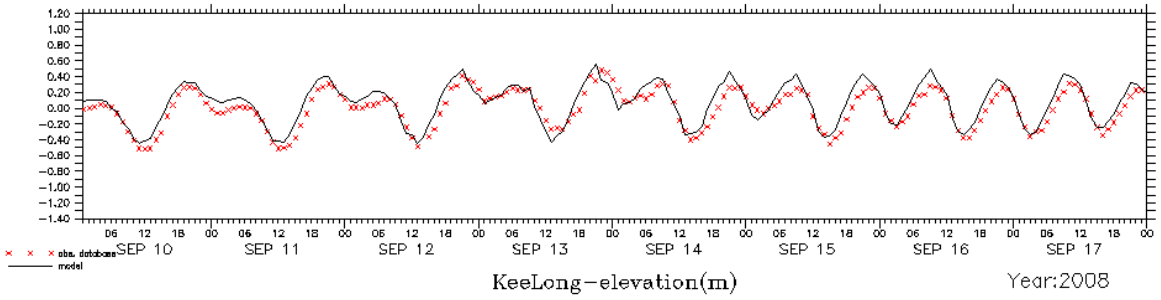


圖 7.2-17c 基隆港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

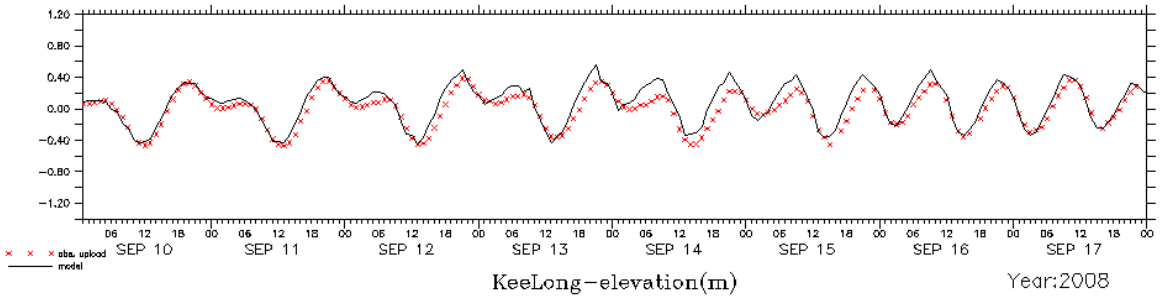


圖 7.2-17d 基隆港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

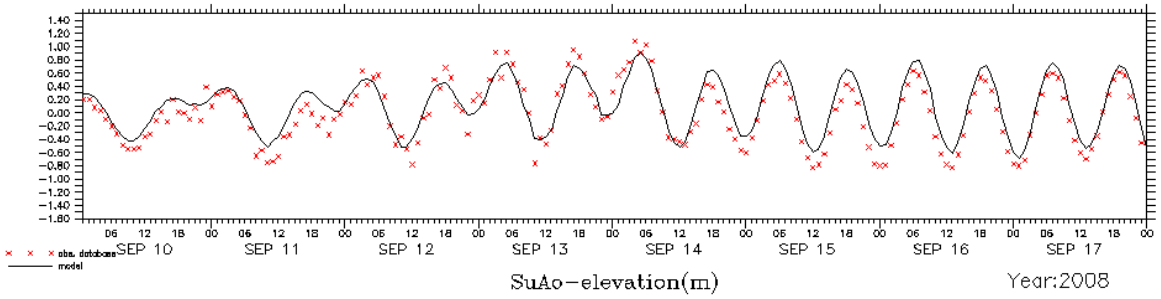


圖 7.2-17e 蘇澳港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

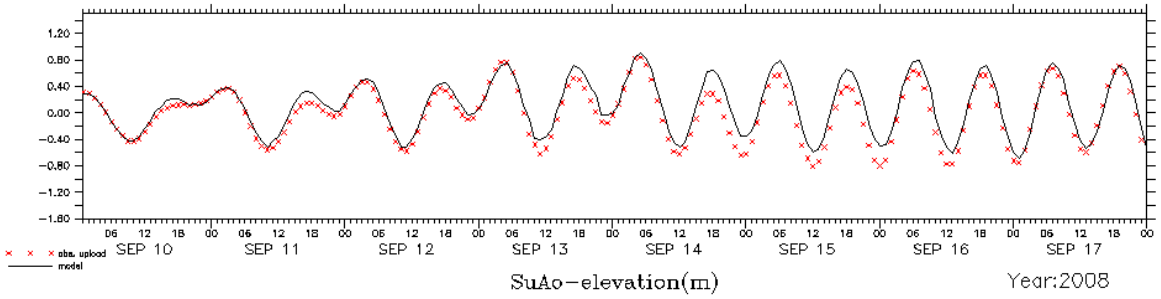


圖 7.2-17f 蘇澳港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

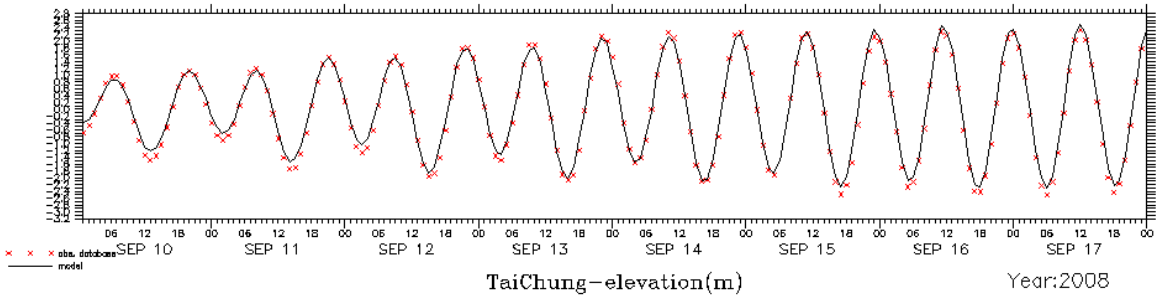


圖 7.2-17g 台中港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

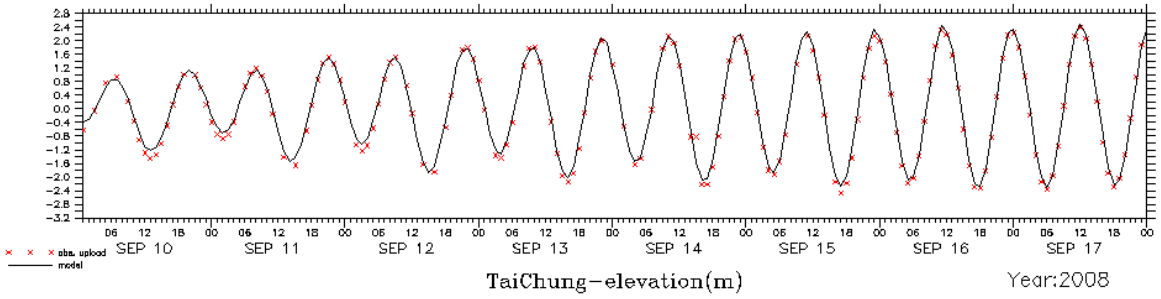
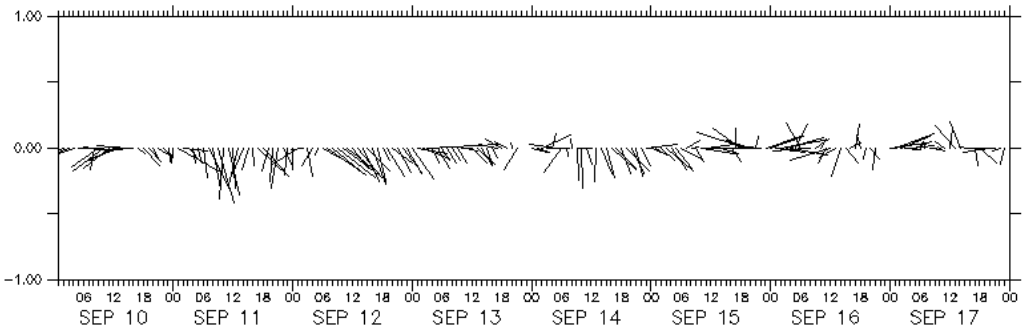


圖 7.2-17h 台中港 2008 年辛樂克颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖



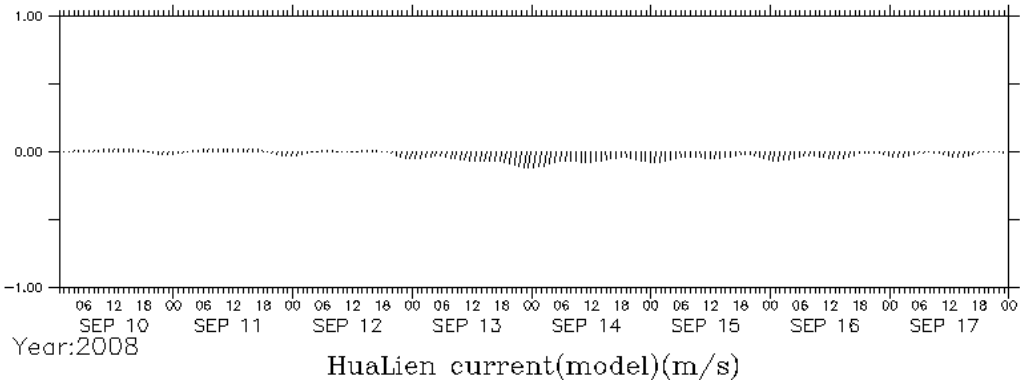
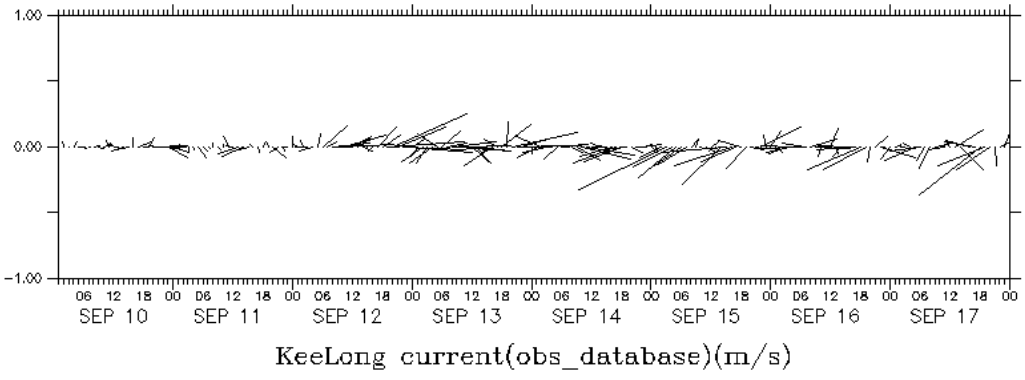


圖 7.2-18a 花蓮港 2008 年辛樂克颱風期間流速比對圖



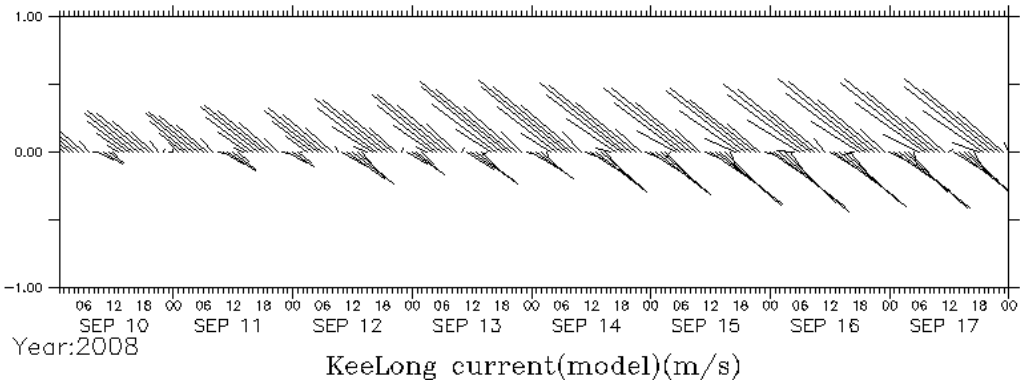
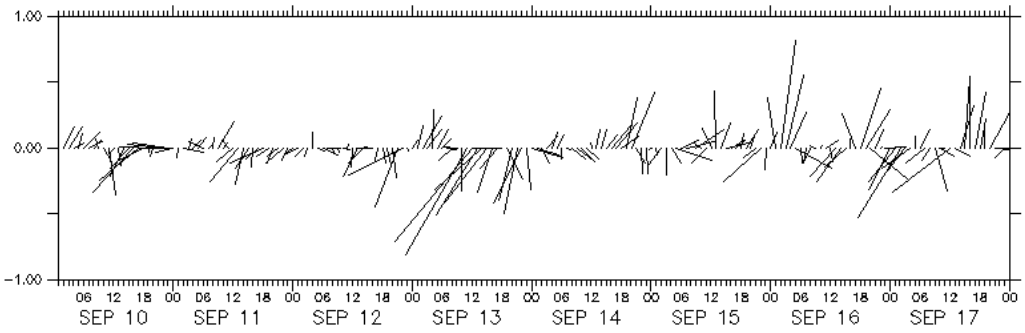


圖 7.2-18b 基隆港 2008 年辛樂克颱風期間流速比對圖



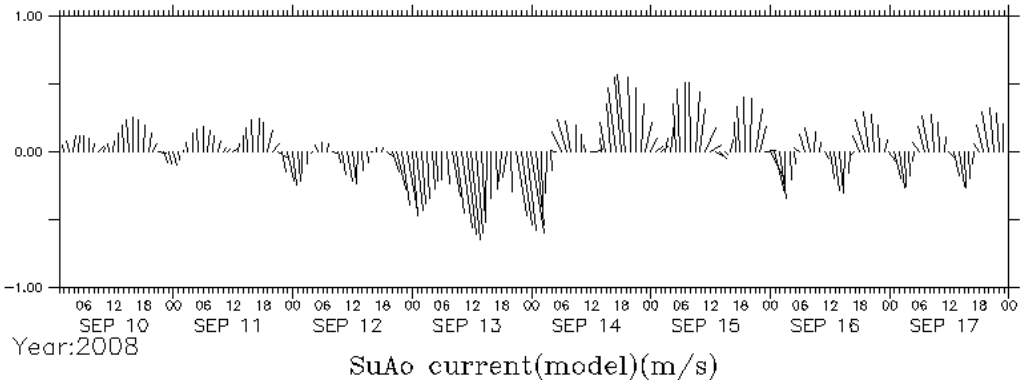
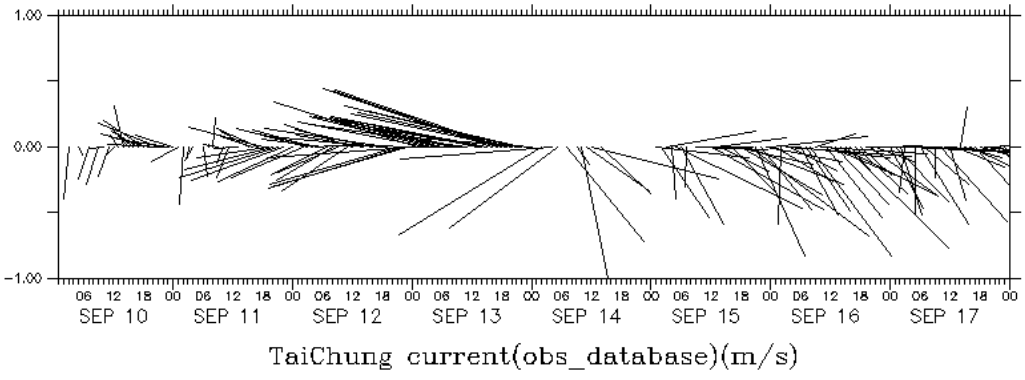


圖 7.2-18c 蘇澳港 2008 年辛樂克颱風期間流速比對圖



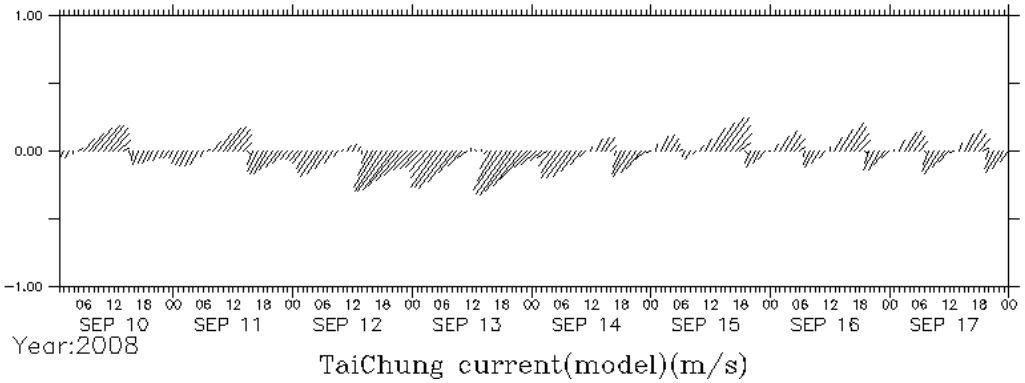


圖 7.2-18d 台中港 2008 年辛樂克颱風期間流速比對圖

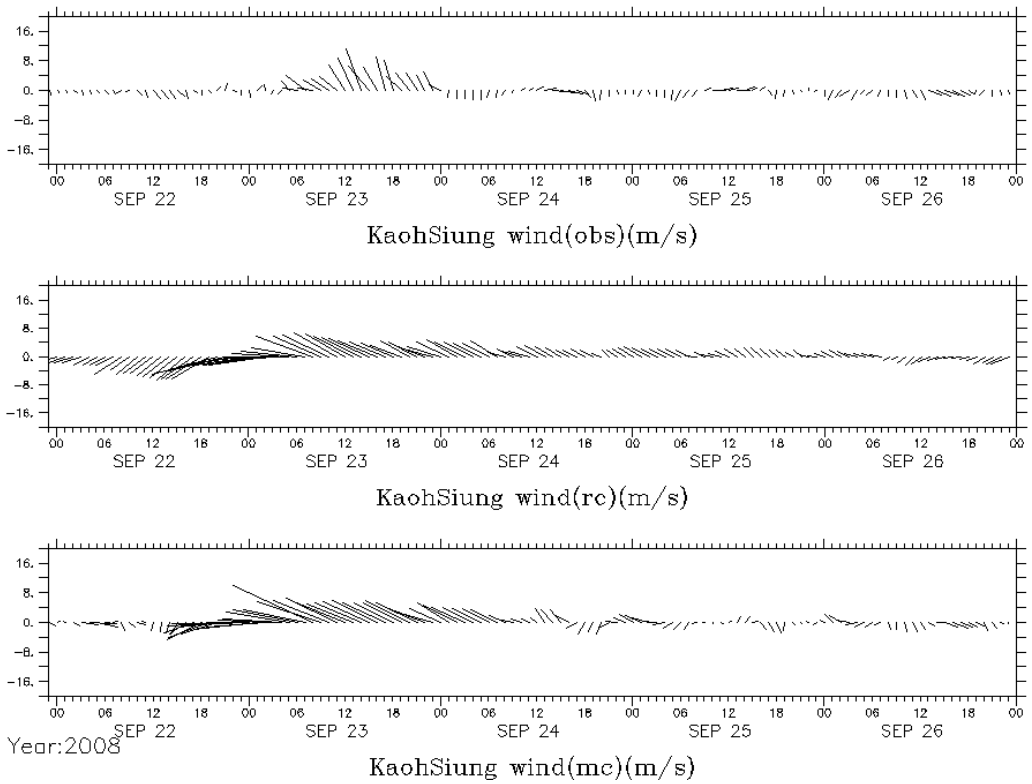


圖 7.2-19 高雄港 2008 年哈格比颱風期間風速比對圖

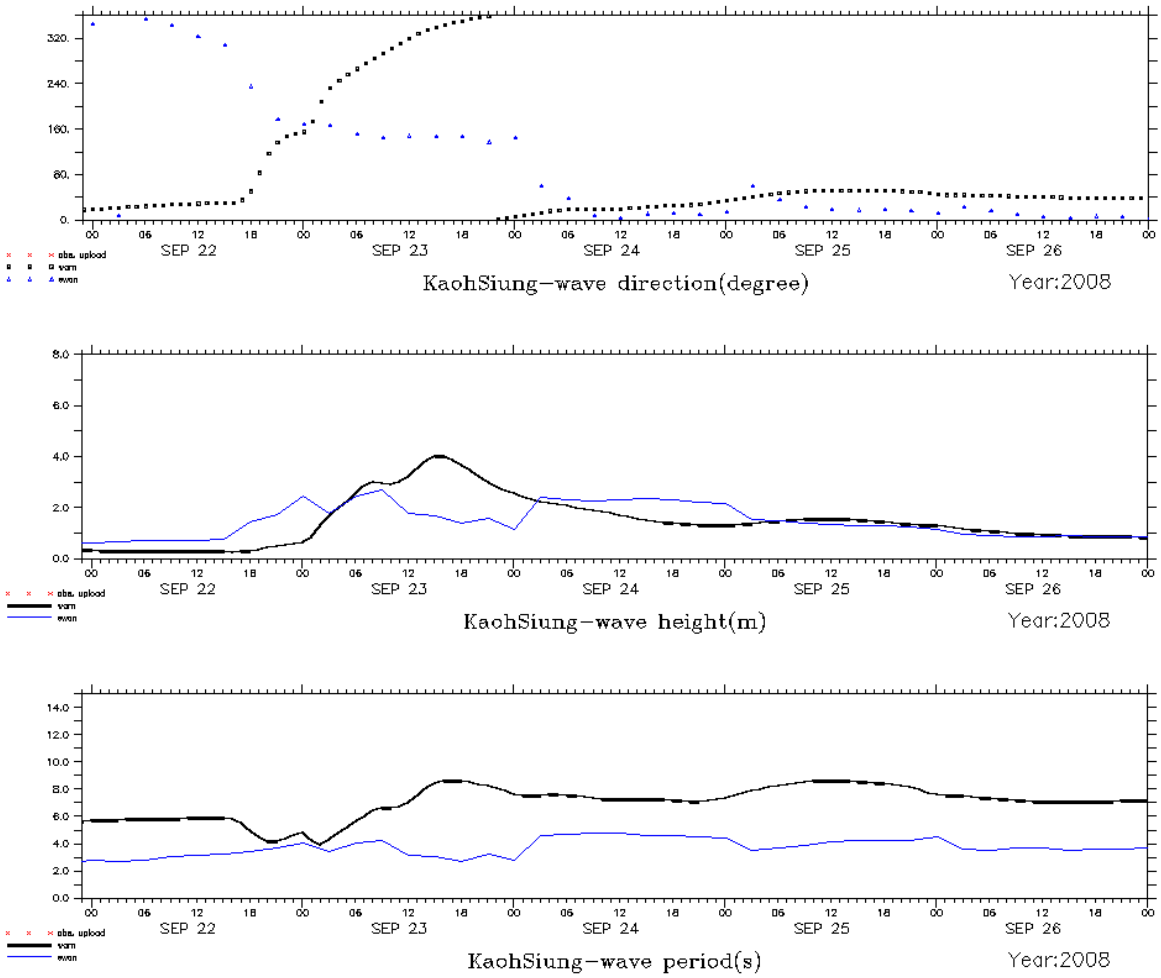


圖 7.2-20 高雄港 2008 年哈格比颱風期間波向波高週期比對圖

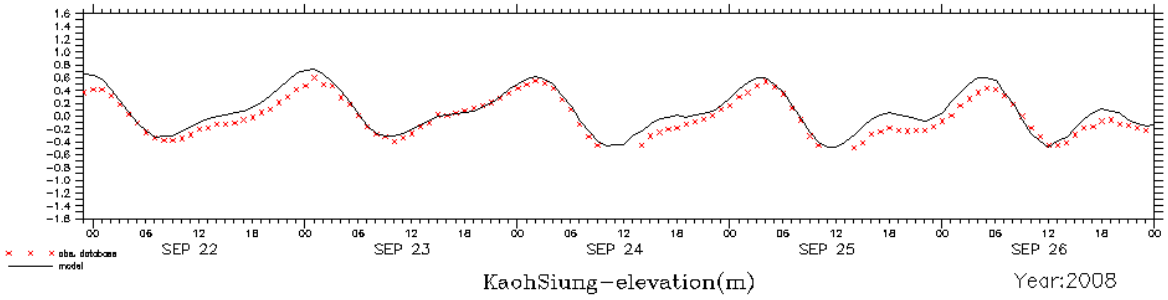


圖 7.2-21a 高雄港 2008 年哈格比颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

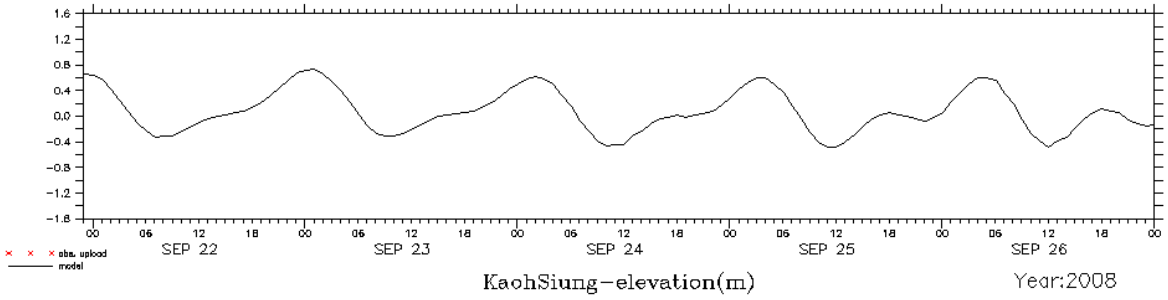


圖 7.2-21b 高雄港 2008 年哈格比颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

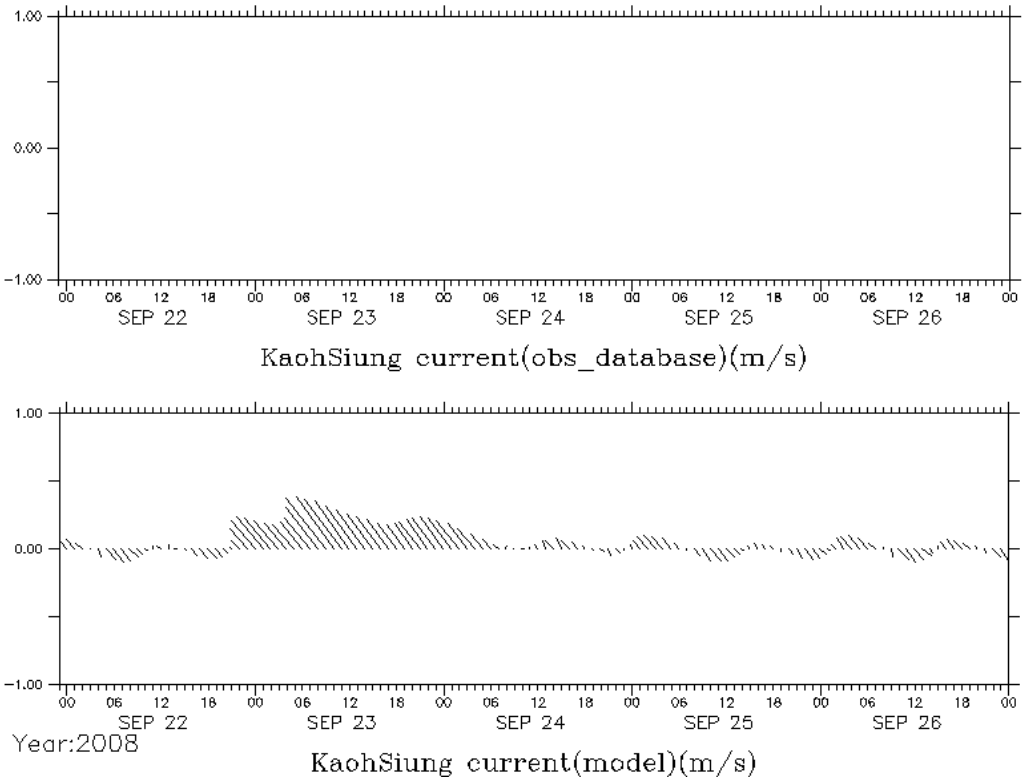
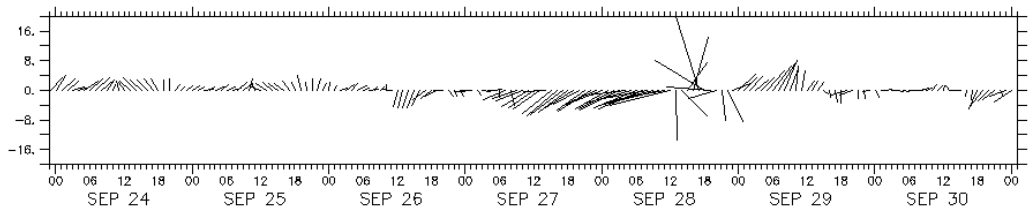
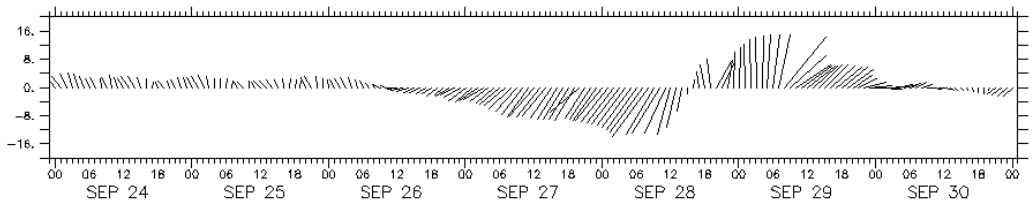


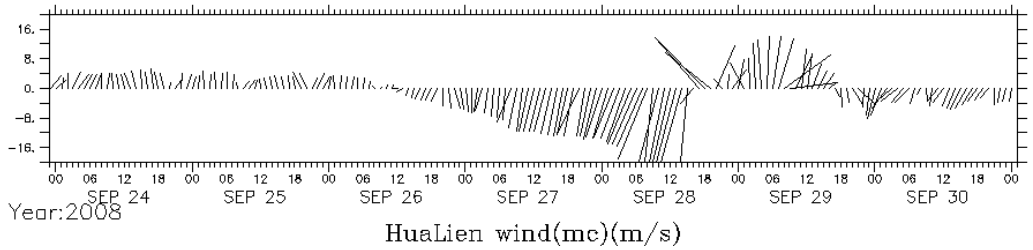
圖 7.2-22 高雄港 2008 年哈格比颱風期間流速比對圖



HuaLien wind(obs)(m/s)

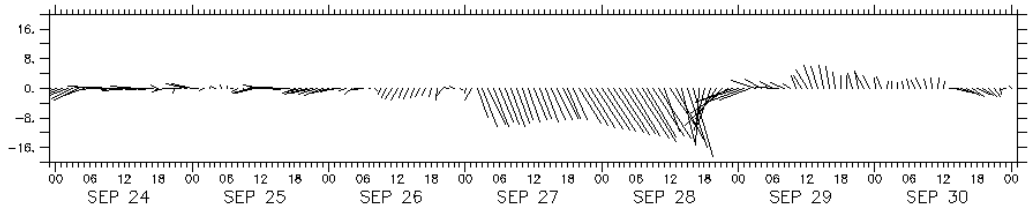


HuaLien wind(rc)(m/s)

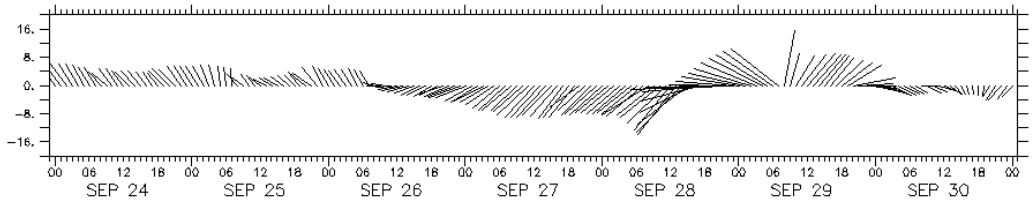


HuaLien wind(mc)(m/s)

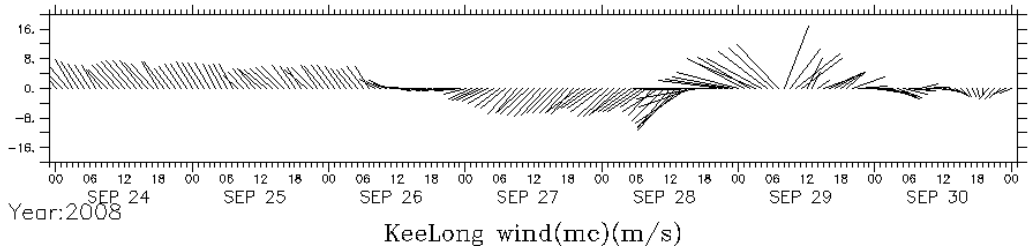
圖 7.2-23a 花蓮港 2008 年薔蜜颱風期間風速比對圖



KeeLong wind(obs)(m/s)



KeeLong wind(rc)(m/s)



KeeLong wind(mc)(m/s)

圖 7.2-23b 基隆港 2008 年薔蜜颱風期間風速比對圖

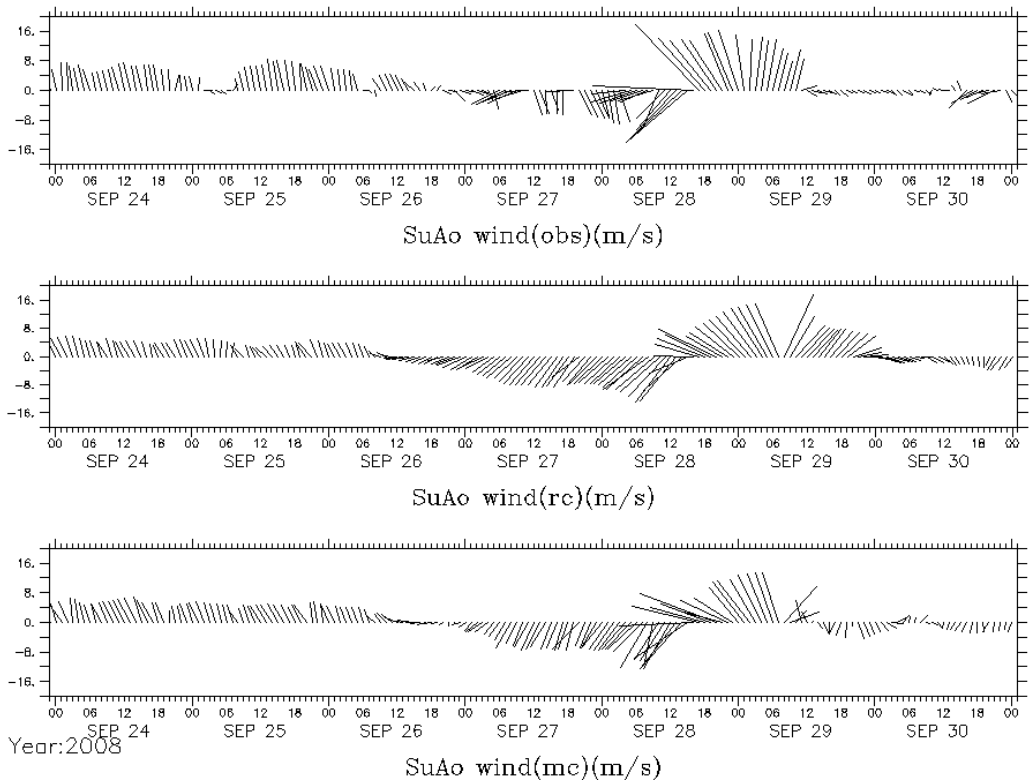


圖 7.2-23c 蘇澳港 2008 年薔蜜颱風期間風速比對圖

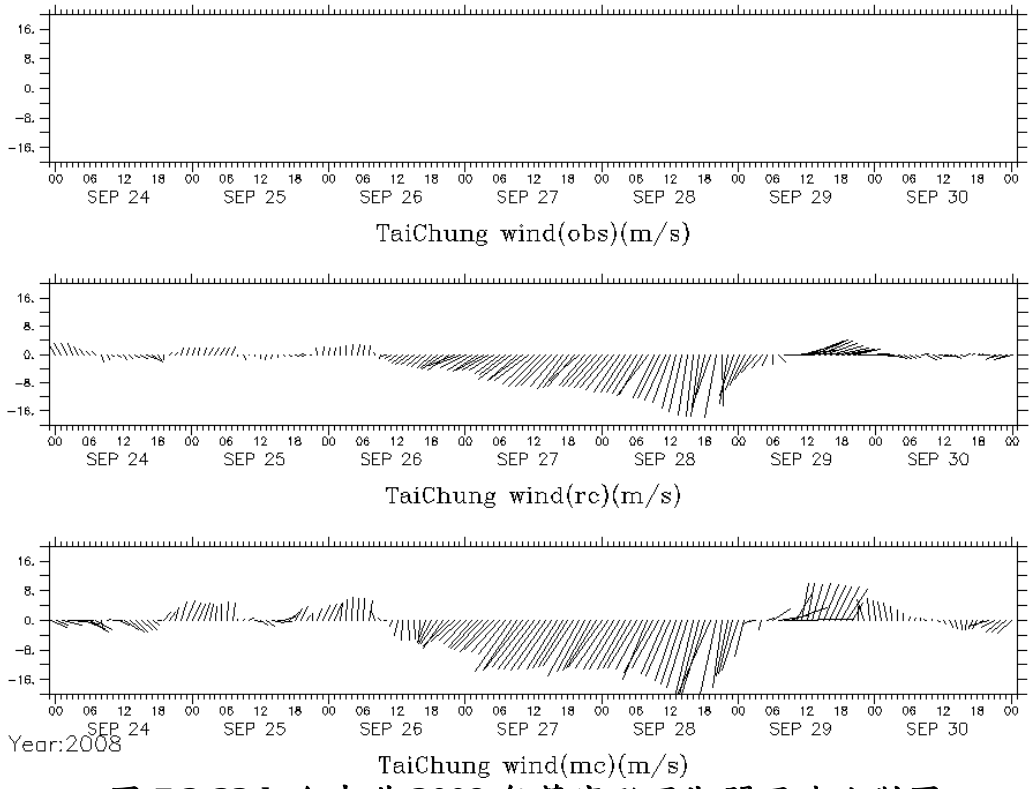


圖 7.2-23d 台中港 2008 年薔蜜颱風期間風速比對圖

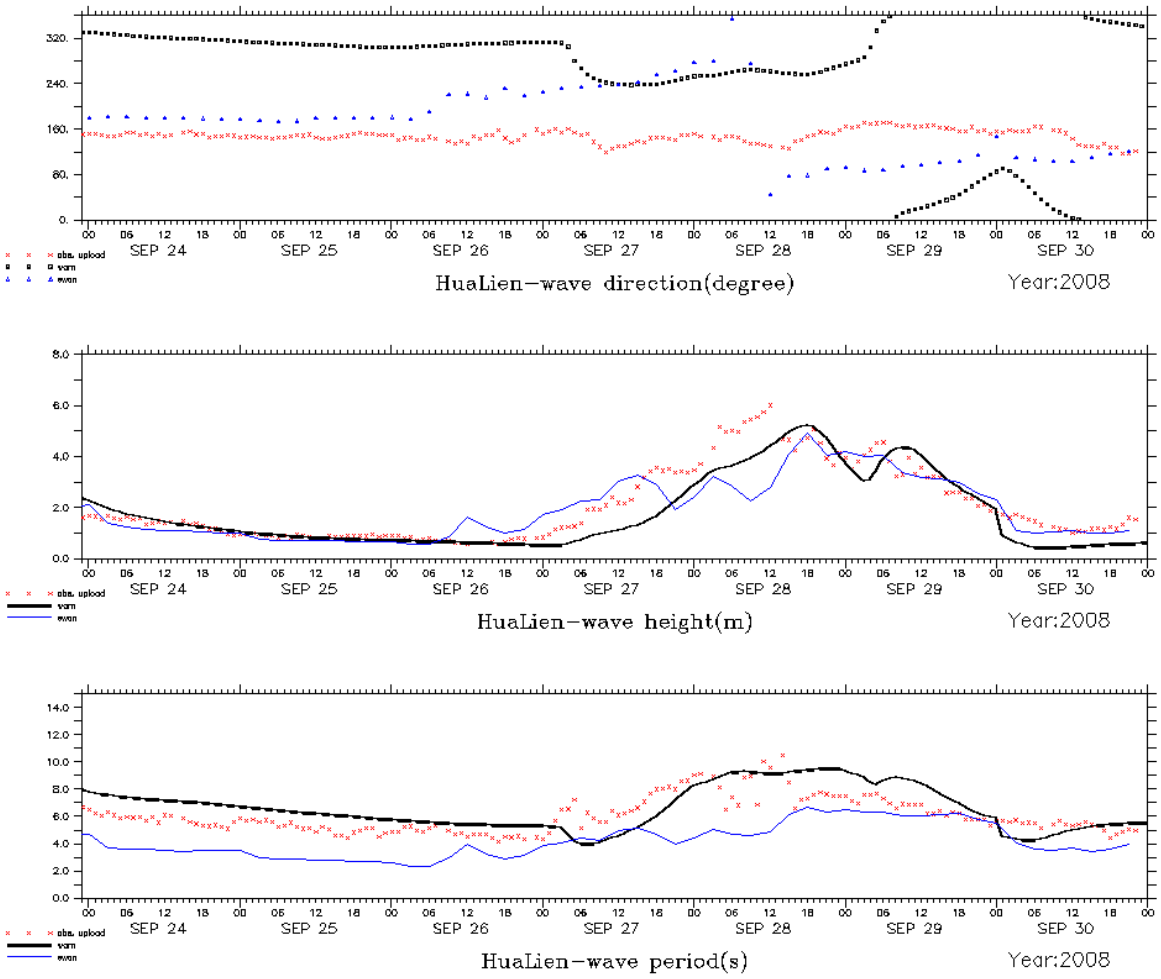


圖 7.2-24a 花蓮港 2008 年薔蜜颱風期間波向波高週期比對圖

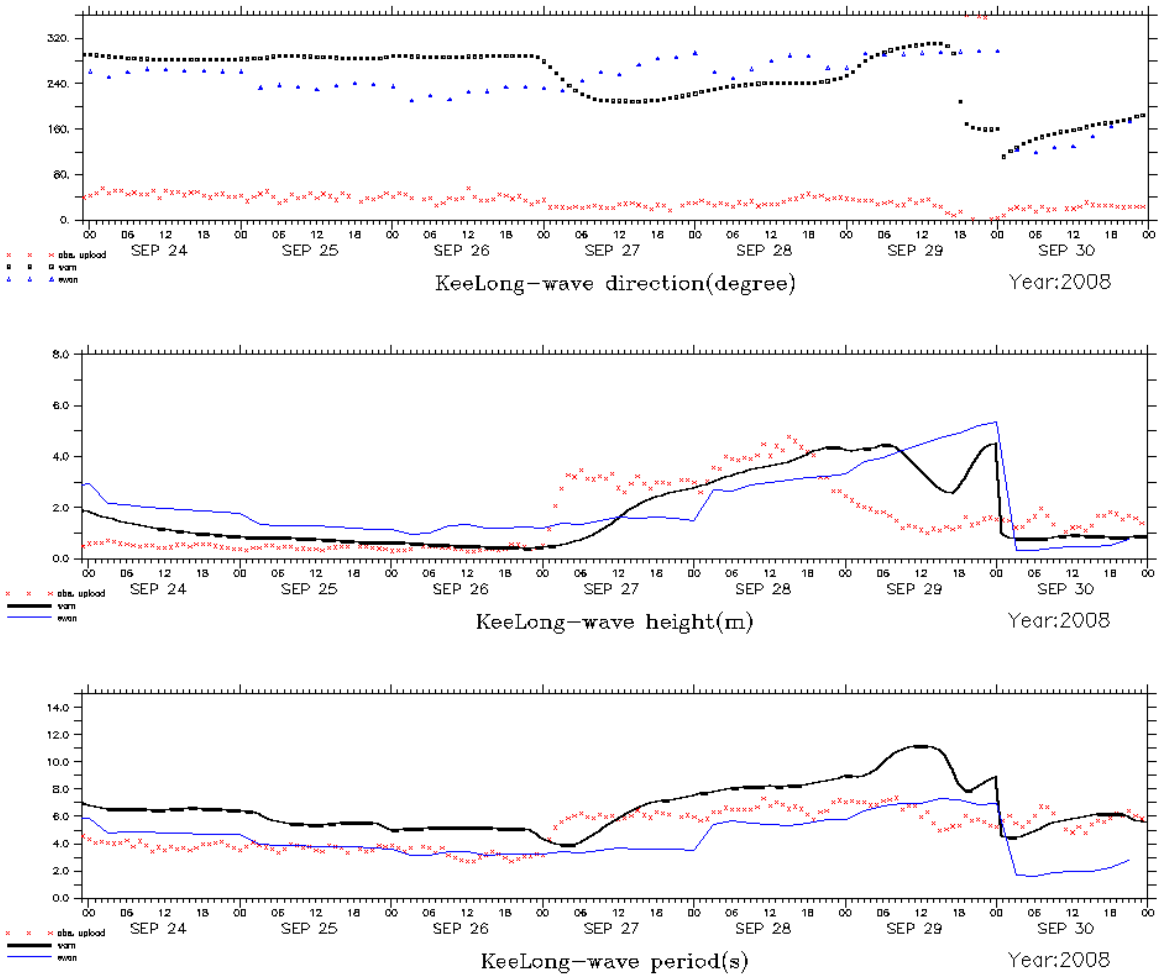


圖 7.2-24b 基隆港 2008 年薔蜜颱風期間波向波高週期比對圖

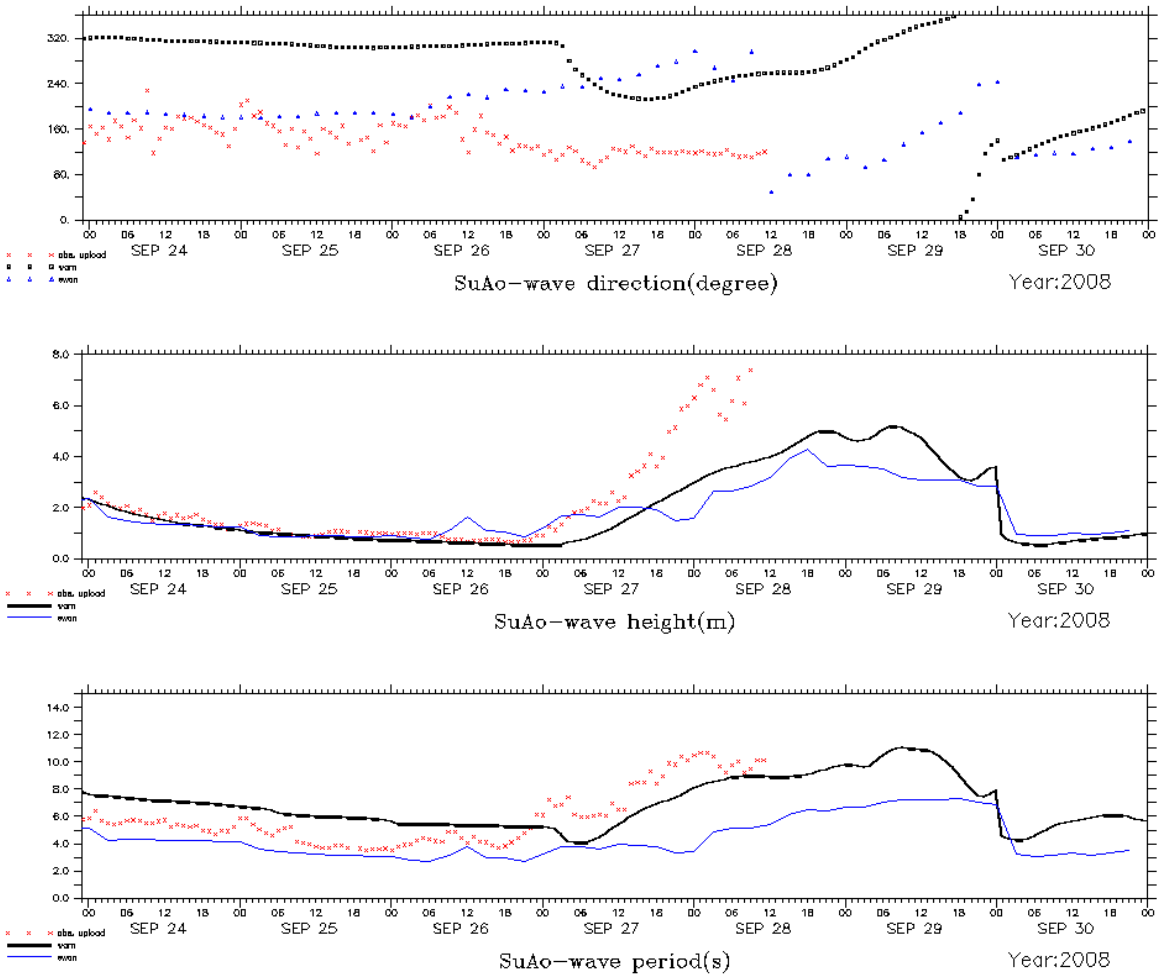


圖 7.2-24c 蘇澳港 2008 年薔蜜颱風期間波向波高週期比對圖

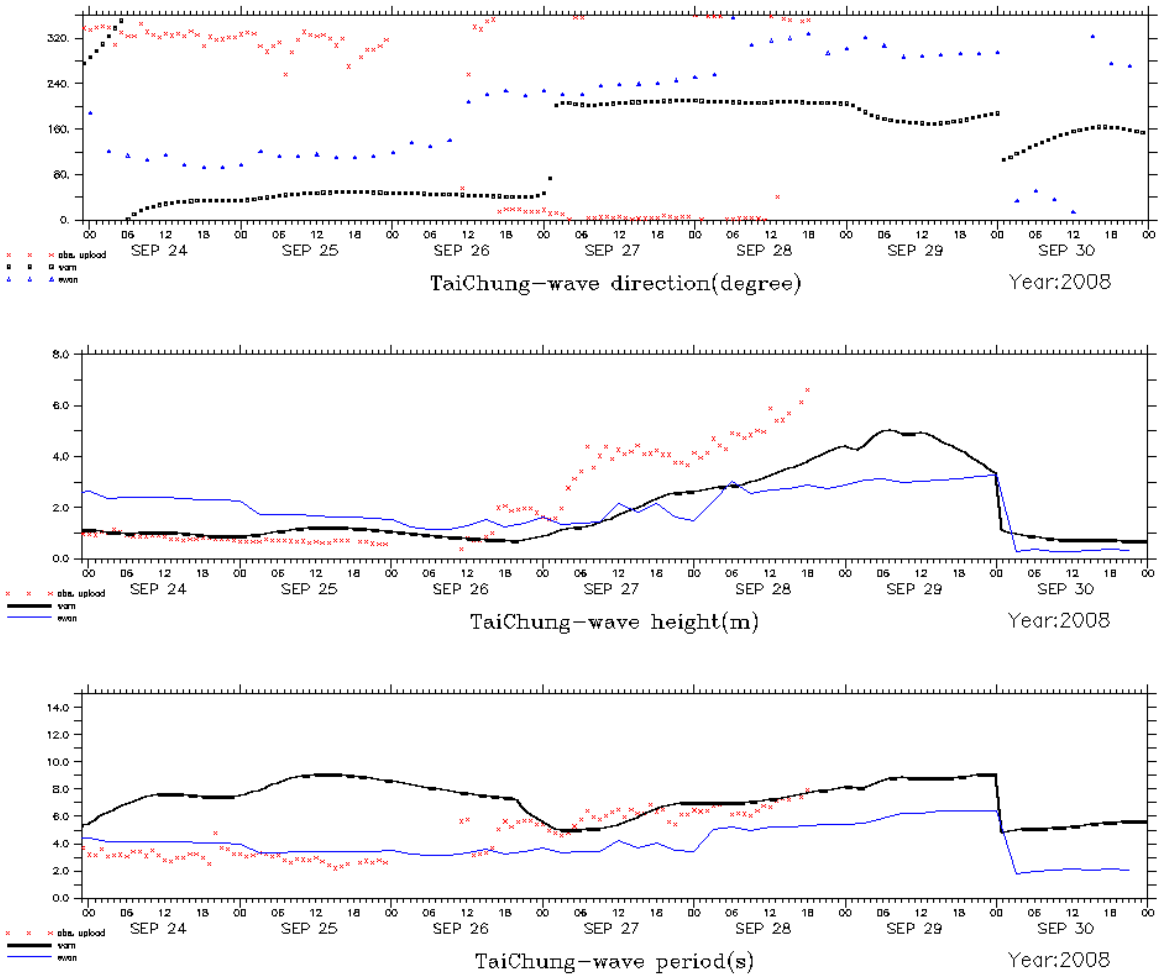


圖 7.2-24d 台中港 2008 年薔蜜颱風期間波向波高週期比對圖

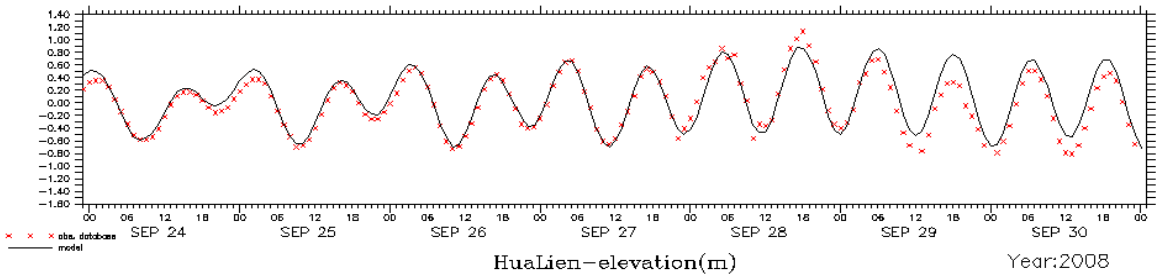


圖 7.2-25a 花蓮港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

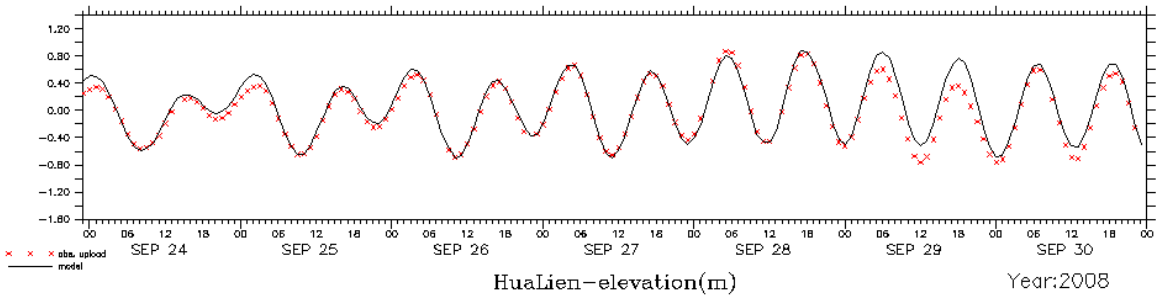


圖 7.2-25b 花蓮港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

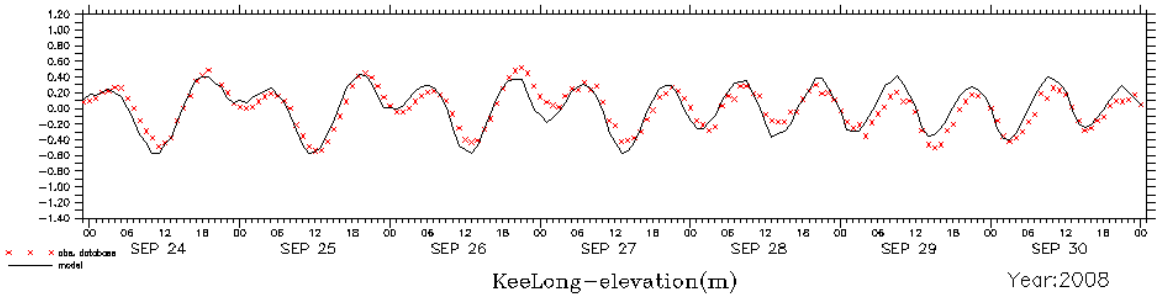


圖 7.2-25c 基隆港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

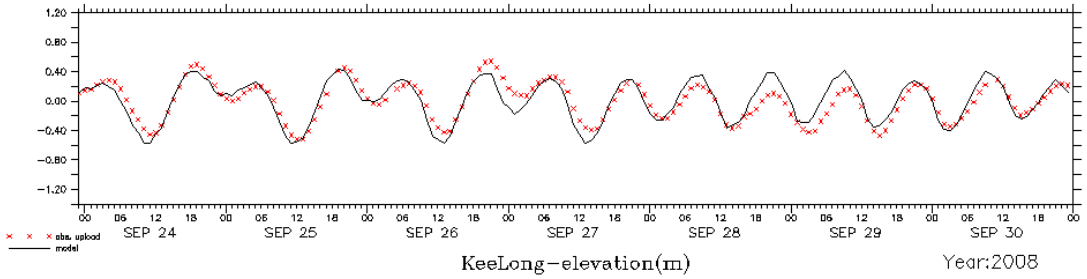


圖 7.2-25d 基隆港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

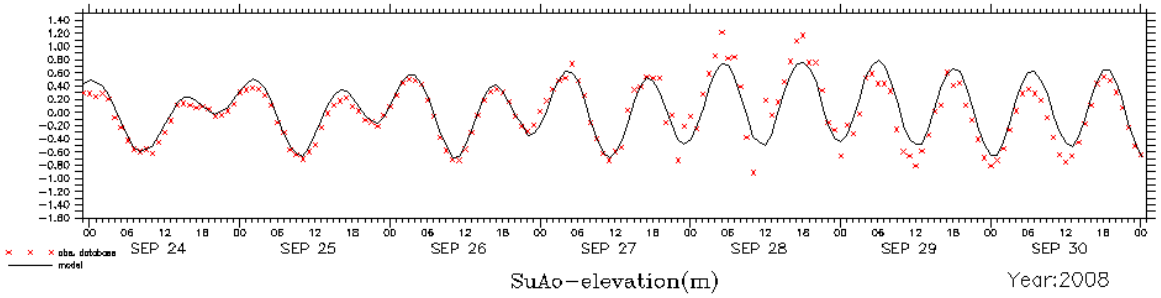


圖 7.2-25e 蘇澳港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

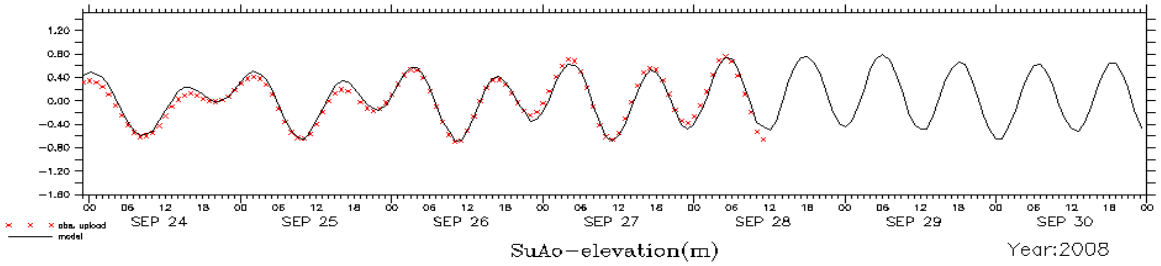


圖 7.2-25f 蘇澳港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

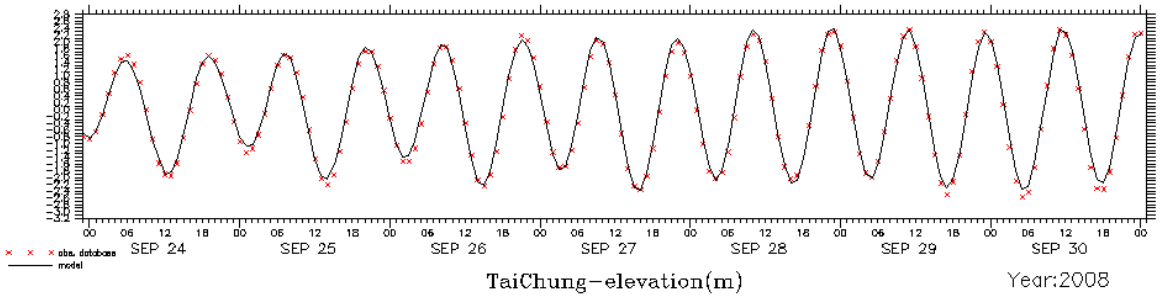


圖 7.2-25g 台中港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

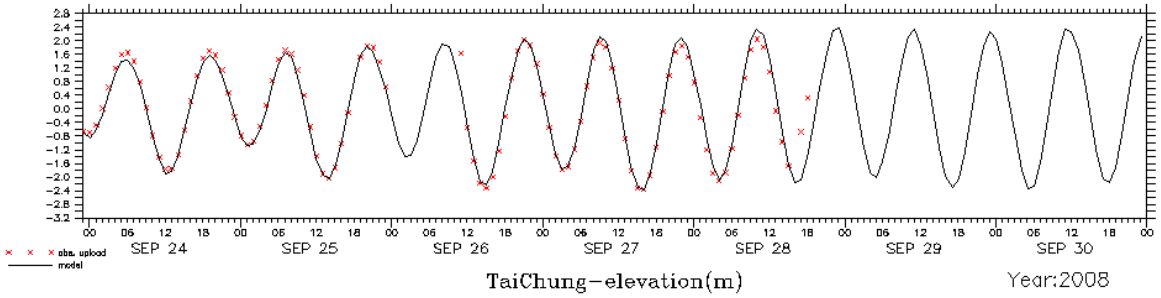
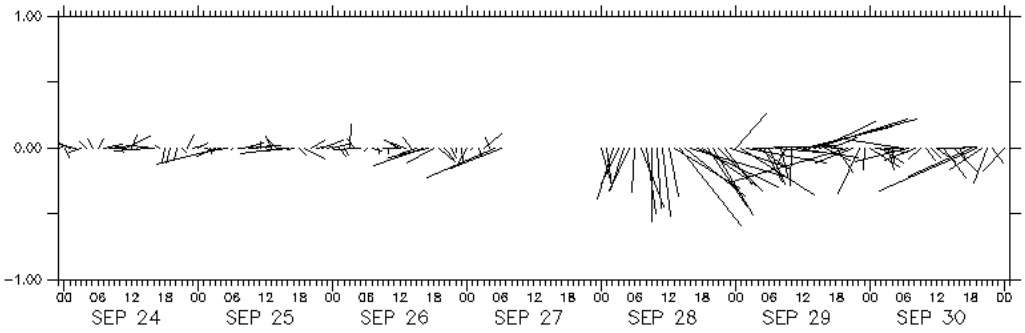


圖 7.2-25h 台中港 2008 年薔蜜颱風期間台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖



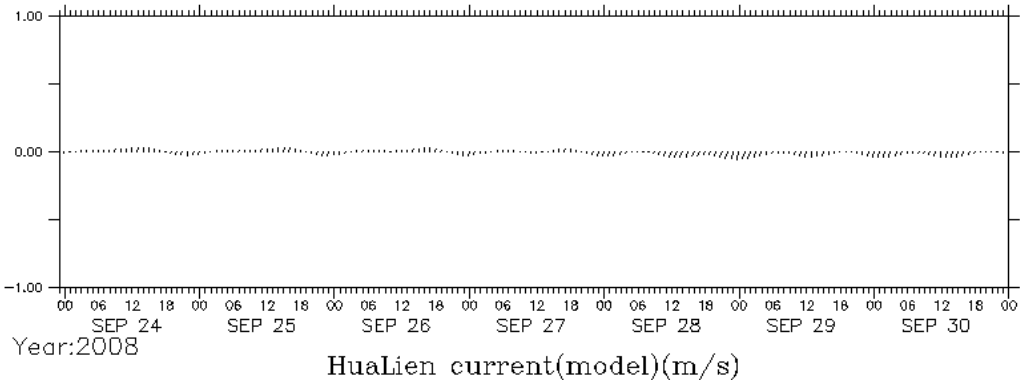
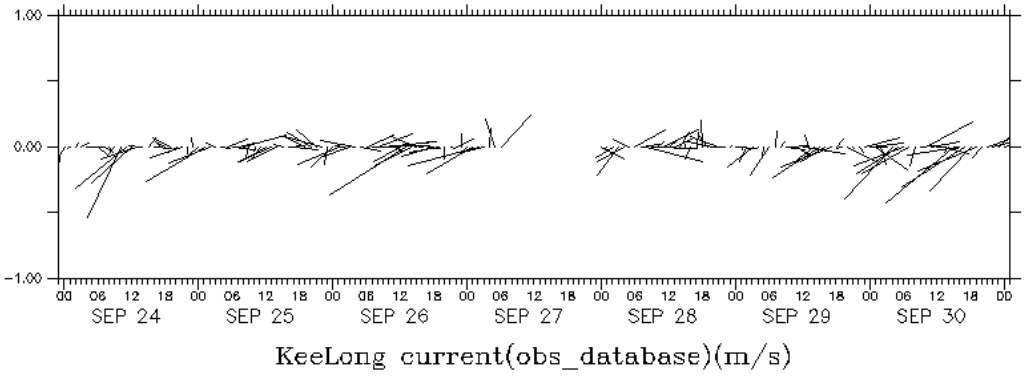


圖 7.2-26a 花蓮港 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖



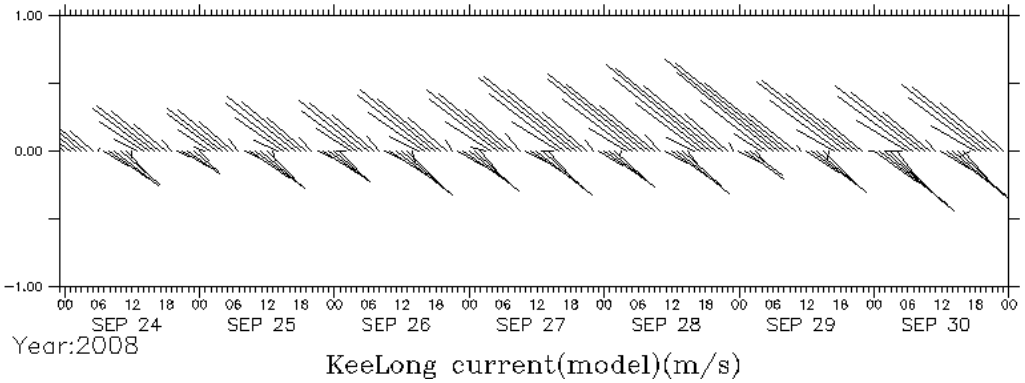
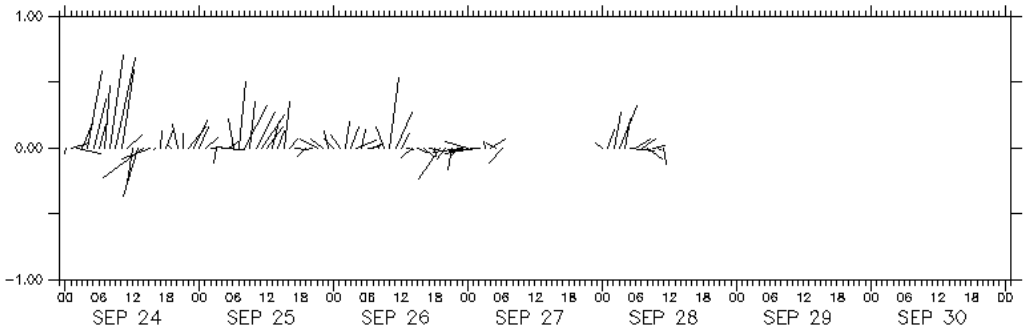


圖 7.2-26b 基隆港 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖



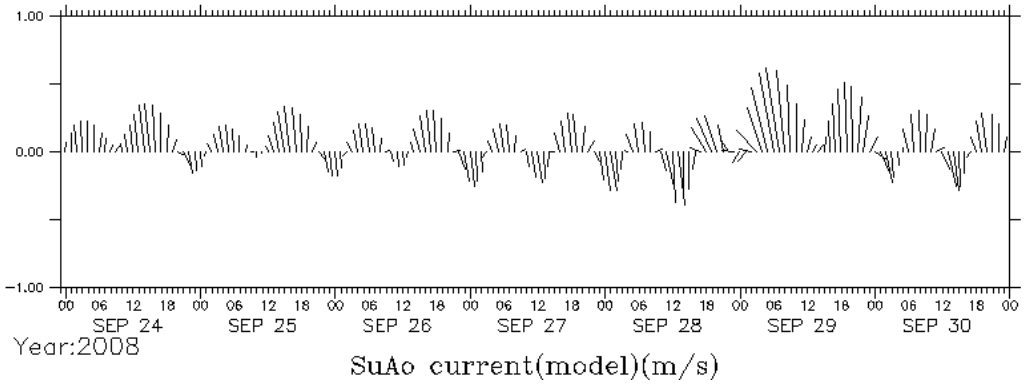
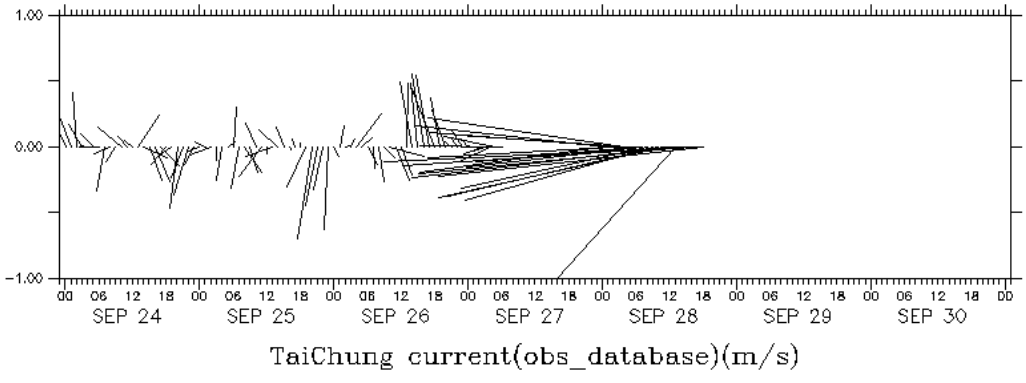


圖 7.2-26c　蘇澳港 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖



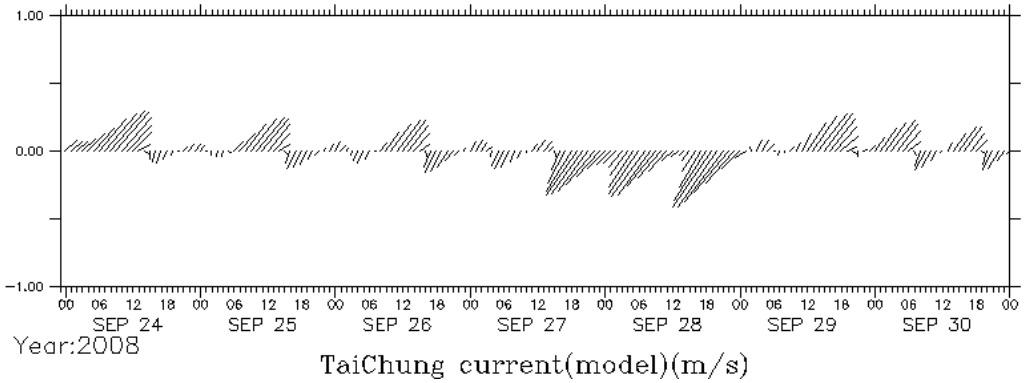


圖 7.2-26d　台中港 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖

表 7.2-1a 最大波高統計(公尺)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
卡玫基	實測	2.88	2.85	1.16	無資料	5.08	5.04
	WAM	1.04	2.1	1.79	1.17	2.32	1.59
	SWAN	1.9	2.67	2.37	1.86	2.57	2.23
鳳凰	實測	3.73	7.35	3.19	無資料	9.08	4.09
	WAM	4.9	5.7	5.05	4.87	6.49	5.46
	SWAN	4.49	5.23	4.6	4.23	5.17	4.23
如麗	實測	0.88	2.97	0.57	無資料	3.85	0.98
	WAM	1.21	1.97	1.38	1.359	1.923	0.73
	SWAN	3.095	3.407	5.61	2.48	3.75	4.94
辛樂克	實測	無資料	5.37	4.19	無資料	7.68	5.31
	WAM	4.25	4.39	5.82	3.72	5.97	3.82
	SWAN	2.42	3.57	4.54	2.48	4.06	3.45
哈格比	實測	無資料	3.39	1.14	無資料	5.01	3.23
	WAM	4.25	3.432	2.656	3.996	3.204	1.607
	SWAN	3.559	5.36	6.355	2.684	6.28	7.5
薔蜜	實測	無資料	6.0	4.78	無資料	8.54	6.59
	WAM	4.54	5.21	4.49	3.49	5.18	5.0
	SWAN	2.83	4.17	5.34	3.2	4.28	3.27

表 7.2-1b 最大波高時週期統計(秒)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
卡玫基	實測	7.71	8.63	5.05	無資料	9.28	7.37
	WAM	5.13	9.15	8.59	5.1	9.04	5.34
	SWAN	4.06	4.82	4.92	4.66	4.85	4.49
鳳凰	實測	8.16	12.11	9.93	無資料	12.74	7.19
	WAM	8.55	9.64	9.31	8.38	10.22	9.13
	SWAN	6.91	6.48	5.55	7.03	6.62	5.9
如麗	實測	7.2	11.59	12.55	無資料	14.21	5.4
	WAM	5.24	7.23	6.15	5.436	6.948	4.1
	SWAN	4.799	5.709	6.96	4.17	5.57	6.48
辛樂克	實測	無資料	12.46	9.99	無資料	12.76	8.44
	WAM	7.72	8.92	10.26	7.38	10.08	7.939
	SWAN	4.548	5.856	8.05	4.72	5.85	5.79
哈格比	實測	無資料	10.97	6.92	無資料	12.32	7.78
	WAM	7.71	9.824	8.3	8.555	9.65	5.1
	SWAN	5.07	6.7	6.971	4.212	6.91	7.7
蔷蜜	實測	無資料	11.5	10.38	無資料	15.5	11.04
	WAM	8.33	9.37	10.27	7.19	10.94	8.74
	SWAN	4.55	6.52	6.94	5.11	6.51	6.44

表 7.2-1c 最大波高時波向統計(度)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
卡玫基	實測	263.18	147.44	42.2	無資料	177.13	55.63
	WAM	47.82	304.29	297.22	51.58	306.27	46.07
	SWAN	67.51	72.25	314.65	64.52	65.97	17.26
鳳凰	實測	255.41	133.43	60.75	無資料	124.87	8
	WAM	61.35	357.34	310.33	65.9	343.04	37.68
	SWAN	38.45	69.65	298.49	34.25	79.34	37.6
如麗	實測	210.58	149.47	16.05	無資料	166.18	251.55
	WAM	55.8	318.91	313.72	58.51	324.46	44.85
	SWAN	129.73	225.78	230.28	133.83	129.16	240.52
辛樂克	實測	無資料	122.51	45.28	無資料	92.45	8.57
	WAM	99.85	218.43	255.76	89.27	246.58	208.632
	SWAN	314.13	78.98	283.58	303.57	277.17	317.24
哈格比	實測	無資料	165.88	65.92	無資料	171.18	23.12
	WAM	177.14	290.73	241.18	343.23	297.86	233.28
	SWAN	186.25	212.6	191.41	144.75	190.52	255.05
蔷蜜	實測	無資料	162.4	40.24	無資料	119.86	352.62
	WAM	173.35	256.81	298.36	41.64	326.41	175.5
	SWAN	320.78	92.21	297.17	324.79	78.95	295.14

表 7.2-2 最大暴潮偏差統計(公尺)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
卡玫基	AWCP	0.19	0.16	0.13	無資料	0.15	0.20
	潮位計	無資料	0.28	0.22	0.28	0.19	0.34
	模式	0.14	0.19	0.18	0.13	0.22	0.19
鳳凰	AWCP	0.17	0.31	0.31	無資料	0.64	0.82
	潮位計	無資料	0.47	0.46	0.54	0.51	0.92
	模式	0.43	0.37	0.52	0.43	0.48	0.73
如麗	AWCP	0.2	0.06	0.05	無資料	0.07	0.21
	潮位計	無資料	0.05	0.07	0.22	0.08	0.18
	模式	0.2	0.07	0.07	0.21	0.06	0.2
辛樂克	AWCP	0.1	0.25	0.16	無資料	0.25	0.2
	潮位計	無資料	0.44	0.41	0.22	0.77	0.2
	模式	0.14	0.33	0.22	0.15	0.31	0.15
哈格比	AWCP	0.21	0.05	0.06	無資料	0.04	0.21
	潮位計	無資料	0.1	0.06	0.19	0.1	0.18
	模式	0.21	0.08	0.06	0.2	0.08	0.19
薔蜜	AWCP	0.13	0.24	0.28	無資料	0.18	無資料
	潮位計	無資料	0.49	0.24	0.2	0.8	0.37
	模式	0.18	0.32	0.14	0.21	0.29	0.27

7.3 氣象局預報風場評估

本計劃利用中央氣象局 NFS 模式的每日預報氣壓及風速，提供本預報系統水位、海流及波浪模式進行運算，包含西太平洋及台灣近海兩種範圍。NFS 模式依據網格解析度及範圍大小，由大到小為 RC(45km)、MC(15km)及 HC(5km)三種，配合本預報模式的範圍，使用 RC 及 MC 來產生需要的風速及氣壓場進行運算。

圖 7.3-1 至 7.3-72 為 2007 年 12 月至 2008 年 11 月共 12 個月模式風速與港研中心測站風速資料比對圖，包含安平、花蓮、基隆、高雄、蘇澳以及台中六個測站。由於港研中心的風速測站除了安平為觀測樁外，其餘五個測站皆是陸站，因此風速主要都受到地形的影響，所以模式風速以安平測站在風向及風速大小最吻合；其次為台中測站模式風向吻合，但是風速較實測風速小；其餘測站則在風速較大的時段如颱風來臨期間，實測風速風向接近。RC 與 MC 風向全時段近乎相同，MC 風速則較 RC 為大。

表 7.3-1 為全年風速 r.m.s 統計表。

表 7.3-1 風速 r.m.s 統計表(公尺/秒)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年	MC	3.42	2.6	2.61	1.72	3.01	6.93
12 月	RC	3.42	2.01	3	2.98	4.04	8.56
2008 年	MC	3.23	3.27	2.66	1.74	3.06	7.37
1 月	RC	3.24	2.38	3.08	3.67	4.55	9.61
2008 年	MC	4.41	4.76	2.72	1.61	3.41	8.04
2 月	RC	4.12	2.99	3.21	3.02	4.5	10.23
2008 年	MC	2.84	2.39	2.53	1.96	2.34	5.8
3 月	RC	3.14	2.07	2.68	2.8	3.26	7
2008 年	MC	2.56	2.0	2.57	1.77	2.2	4.98
4 月	RC	3.16	1.85	2.56	2.43	3.1	6.14
2008 年	MC	2.16	2	2.66	1.48	2.23	4.52
5 月	RC	2.48	1.96	2.99	2.47	3.06	5.73
2008 年	MC	2.42	3.51	1.70	2.12	2.68	3.28
6 月	RC	2.32	2.79	2.89	2.5	3	3.83
2008 年	MC	3.43	3.06	2.56	2.05	2.84	4.57
7 月	RC	3	2.81	3.18	2.35	3.07	5.48
2008 年	MC	2.03	2.04	2.28	2.47	2.26	2.24
8 月	RC	2.64	1.89	2.09	2.45	2.49	3.19
2008 年	MC	無資料	4.57	3.65	3.13	2.56	無資料
9 月	RC	無資料	3.55	3.50	3.55	3.37	無資料
2008 年	MC	無資料	1.86	2.76	1.6	1.66	無資料
10 月	RC	無資料	1.71	3.19	2.53	2.0	無資料
2008 年	MC	3.97	3.46	2.65	1.79	1.78	無資料
11 月	RC	3.49	2.74	2.64	3.38	2.28	無資料

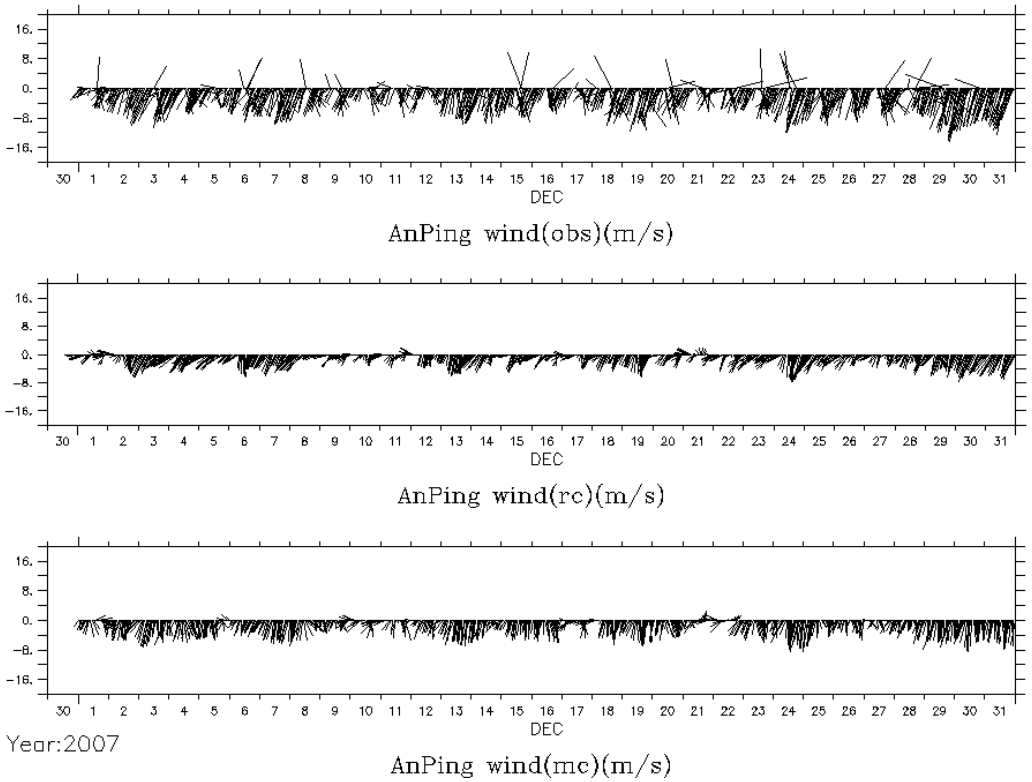


圖 7.3-1 安平港 2007 年 12 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

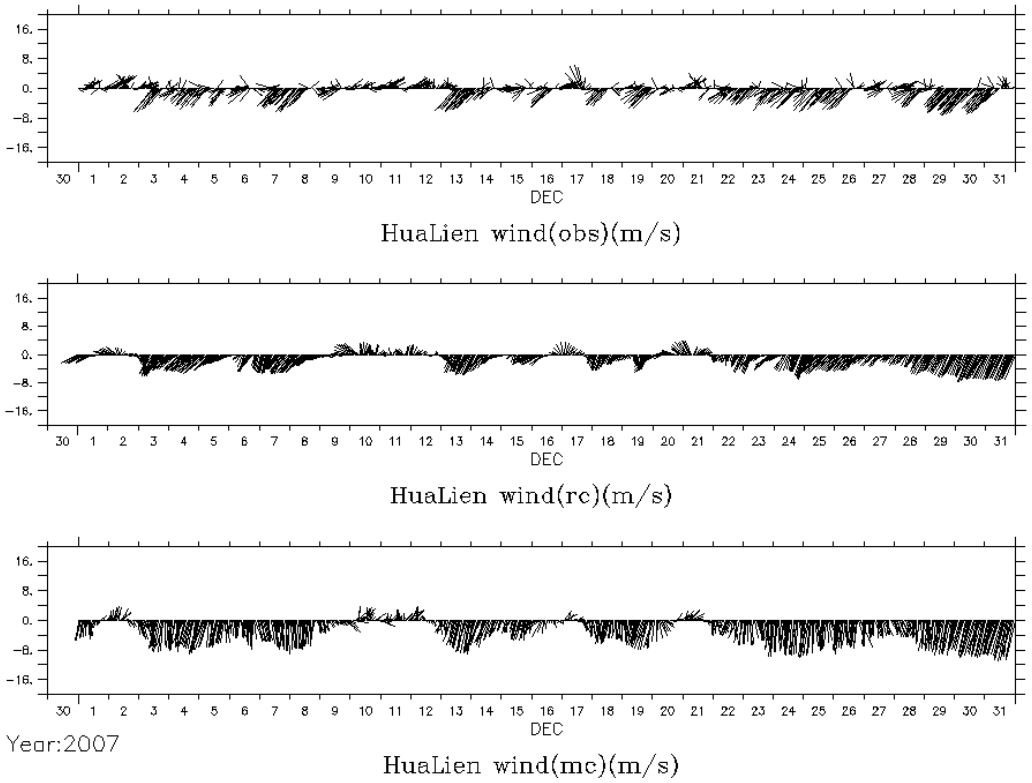


圖 7.3-2 花蓮港 2007 年 12 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

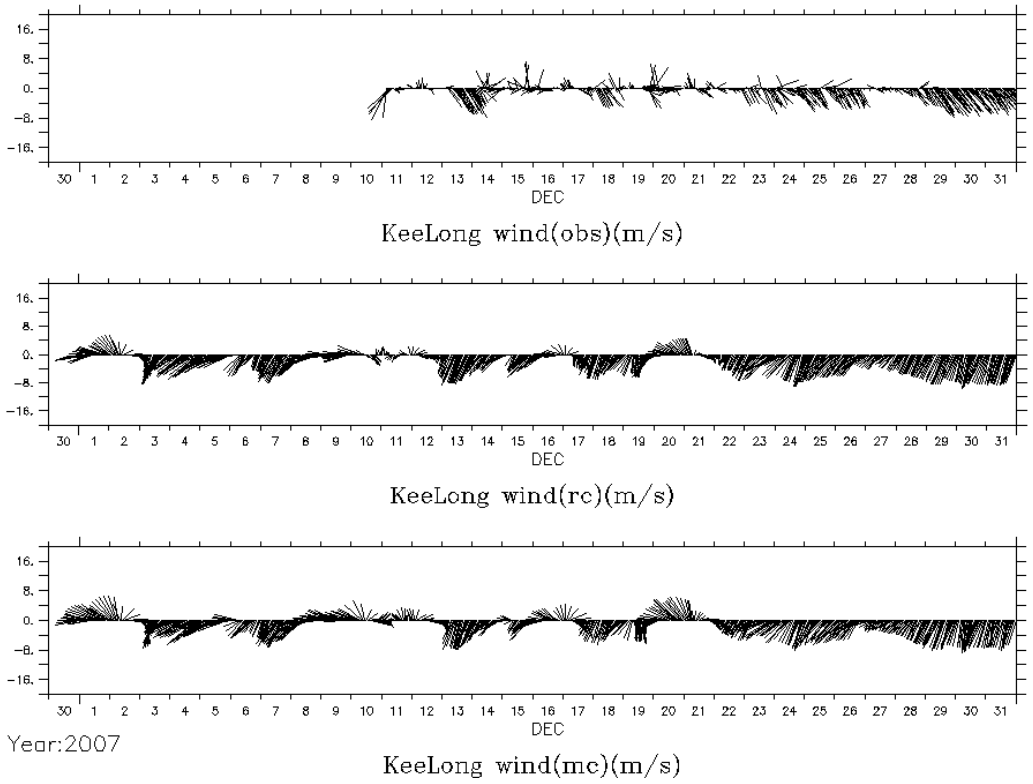


圖 7.3-3 基隆港 2007 年 12 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

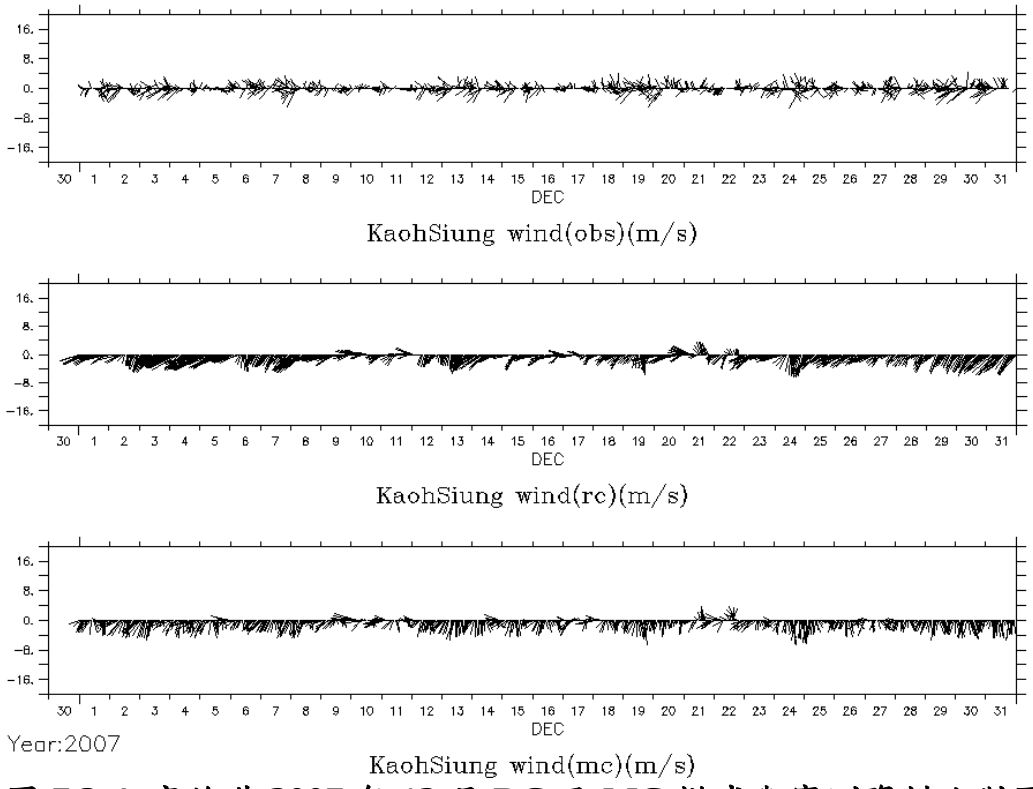


圖 7.3-4 高雄港 2007 年 12 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

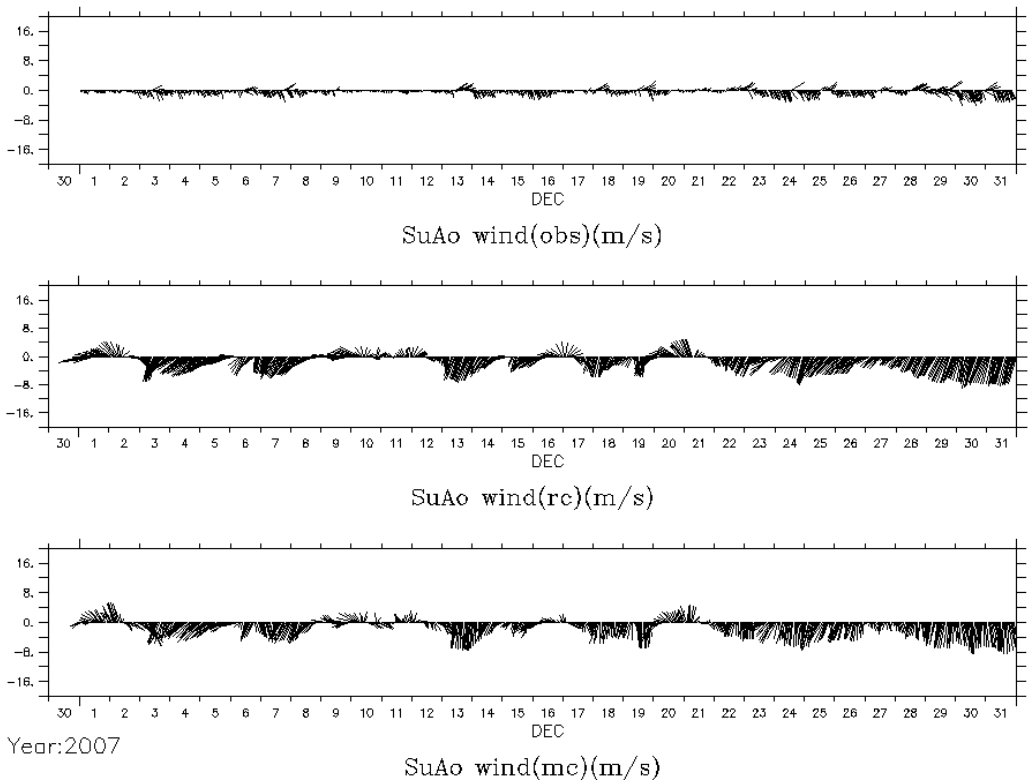


圖 7.3-5 蘇澳港 2007 年 12 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

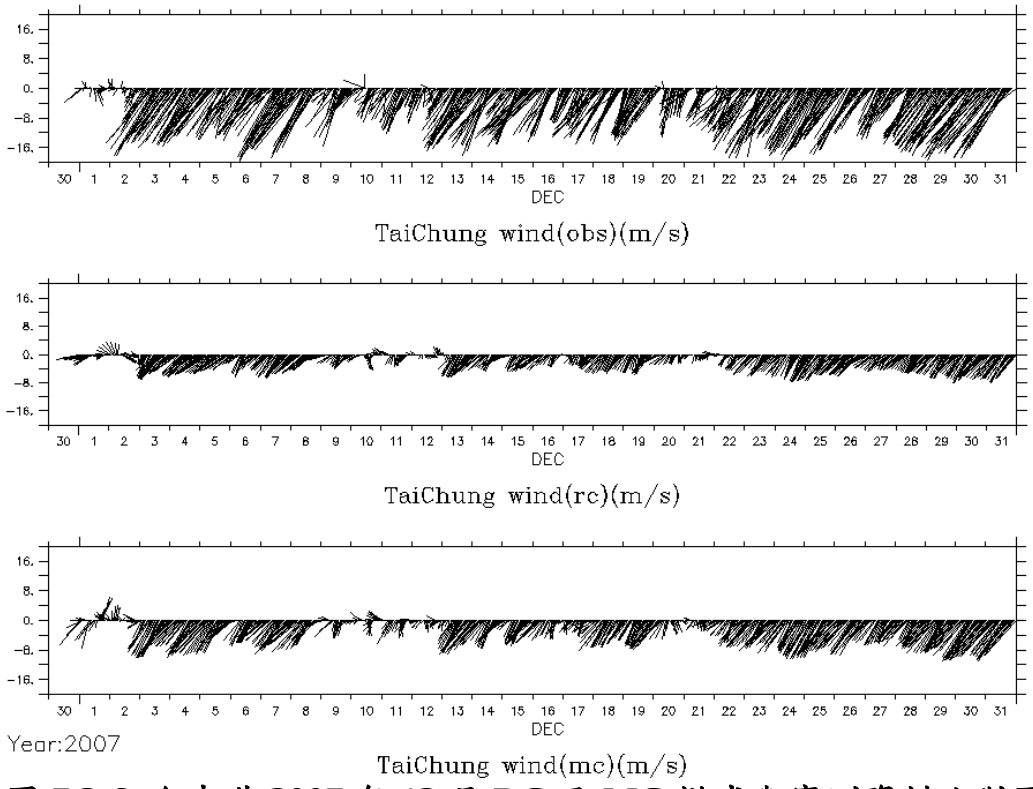


圖 7.3-6 台中港 2007 年 12 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

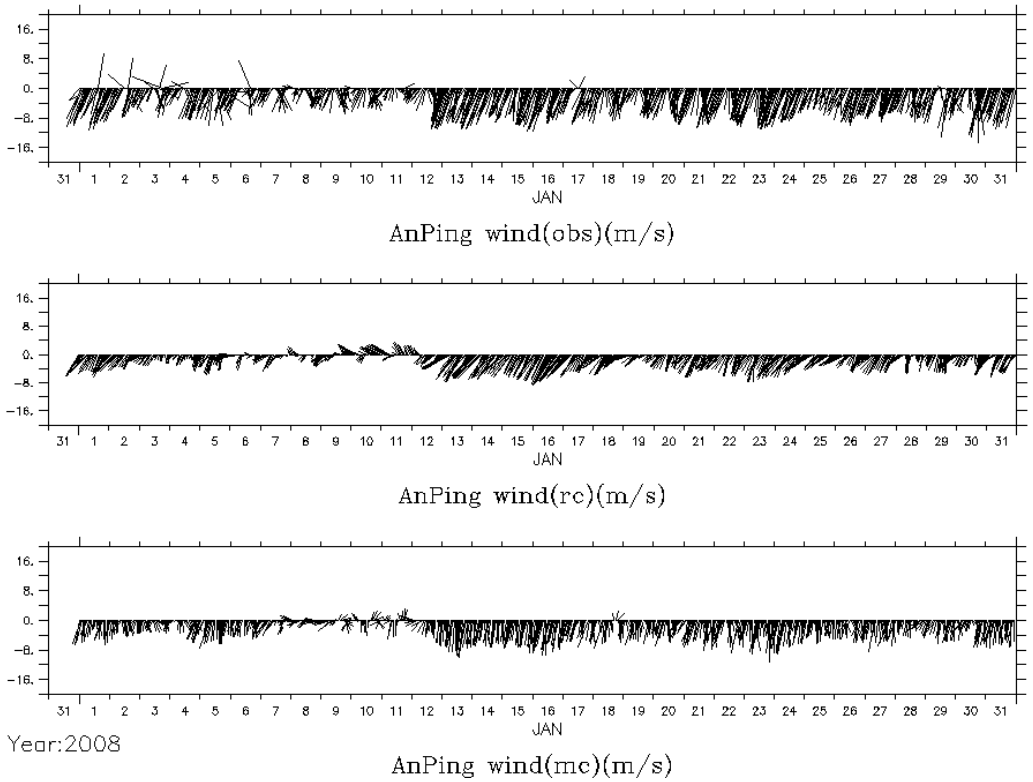


圖 7.3-7 安平港 2008 年 1 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

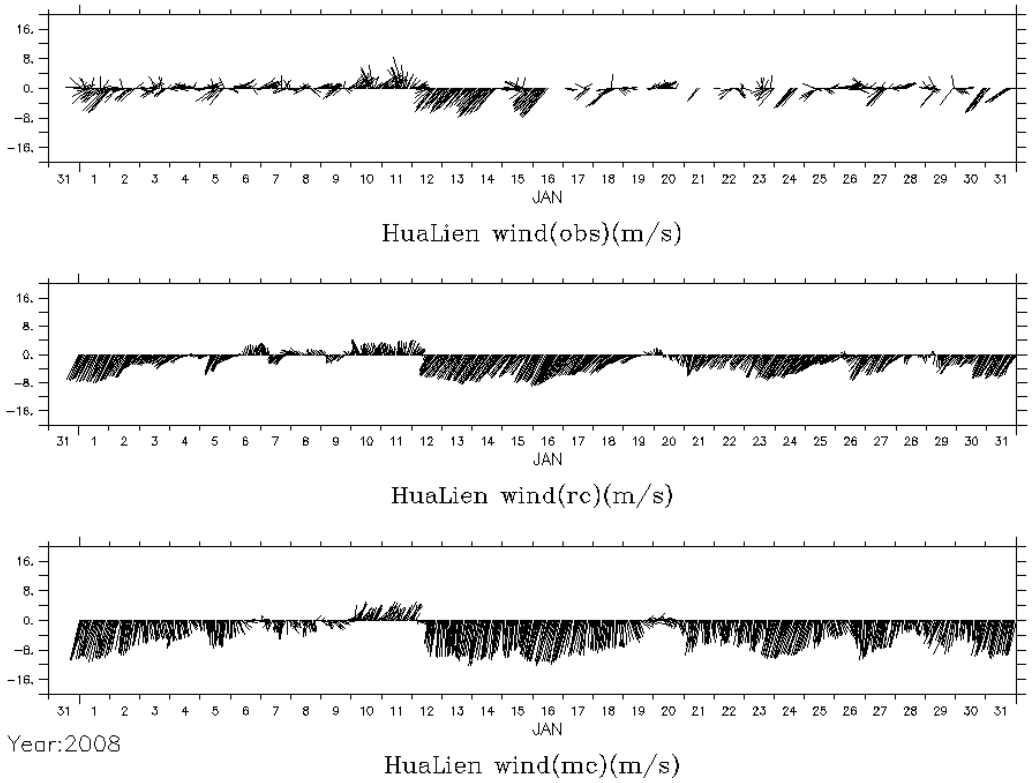


圖 7.3-8 花蓮港 2008 年 1 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

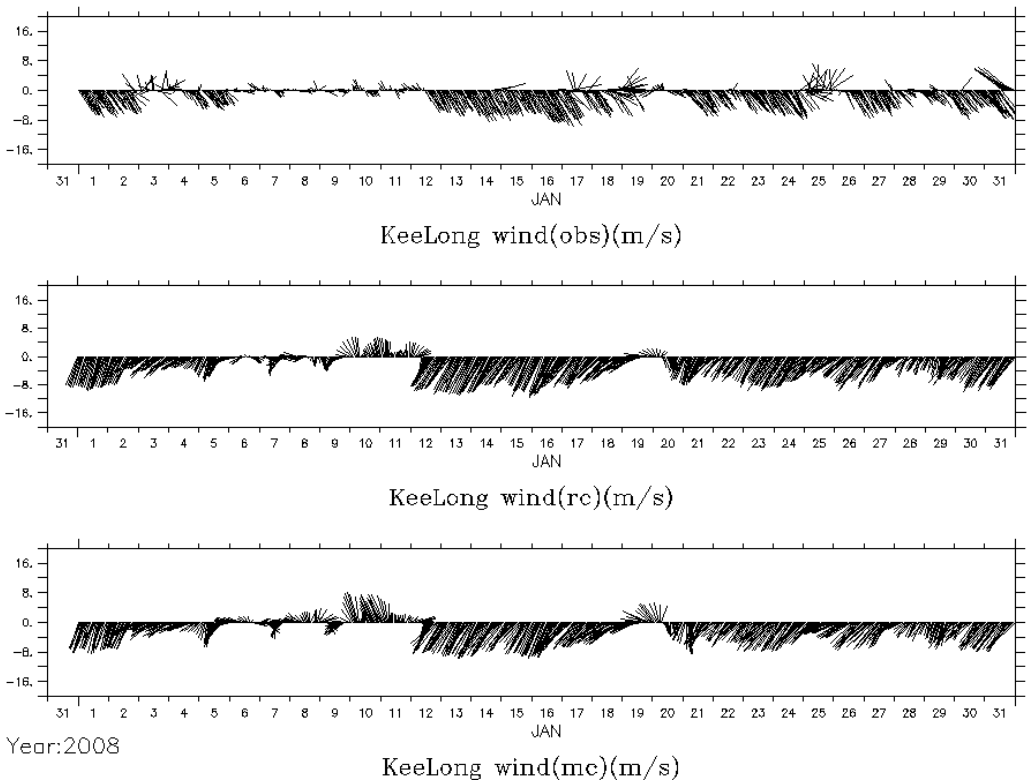


圖 7.3-9 基隆港 2008 年 1 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

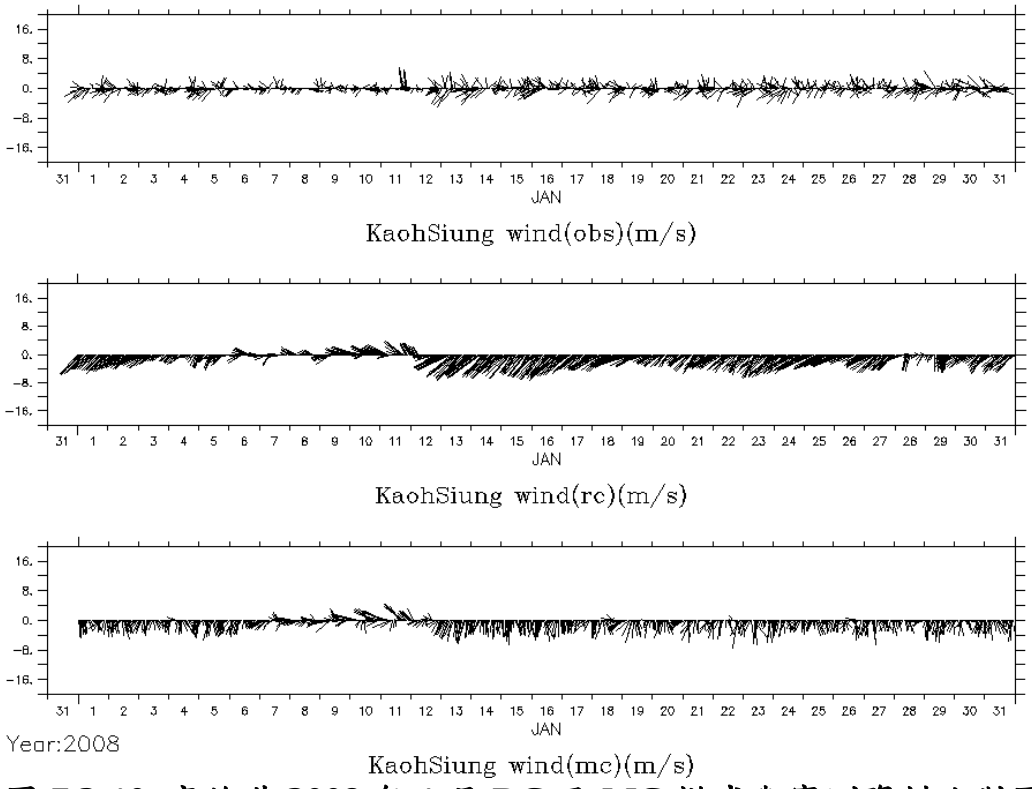


圖 7.3-10 高雄港 2008 年 1 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

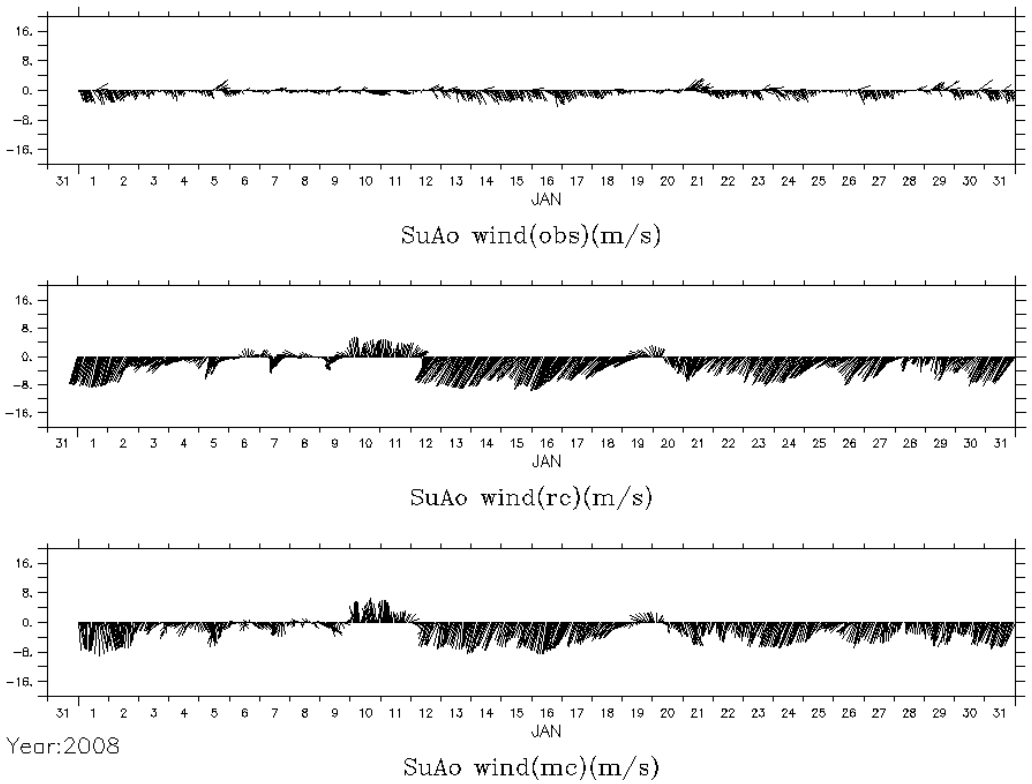


圖 7.3-11 蘇澳港 2008 年 1 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

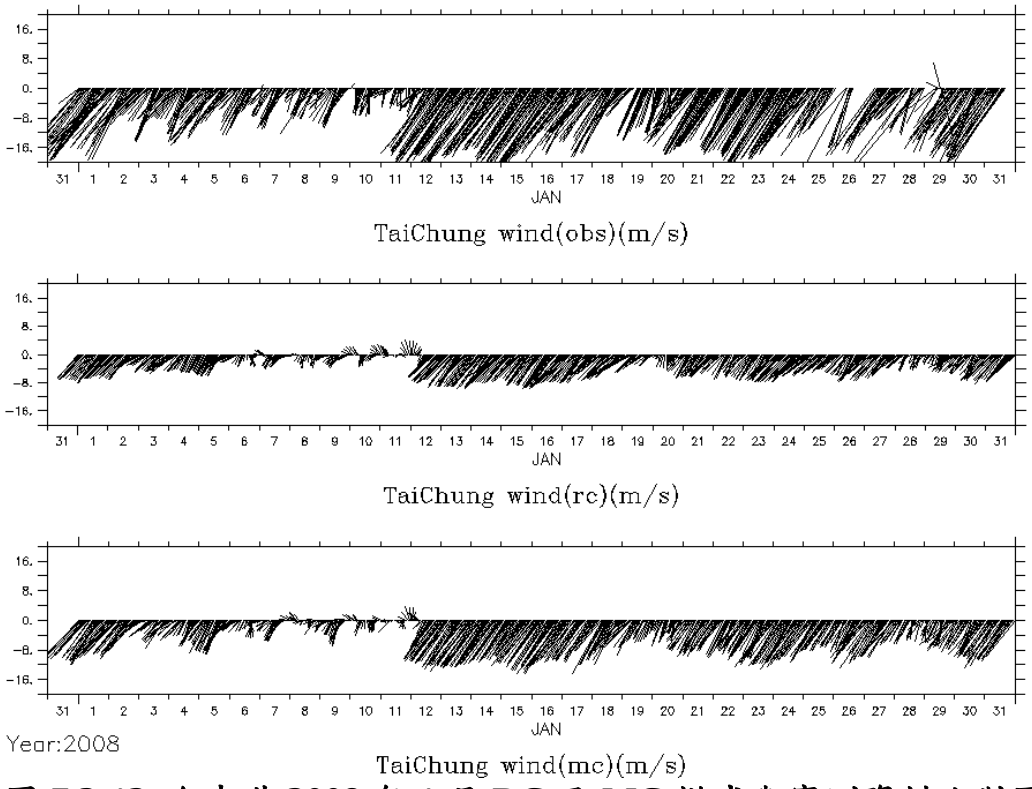


圖 7.3-12 台中港 2008 年 1 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

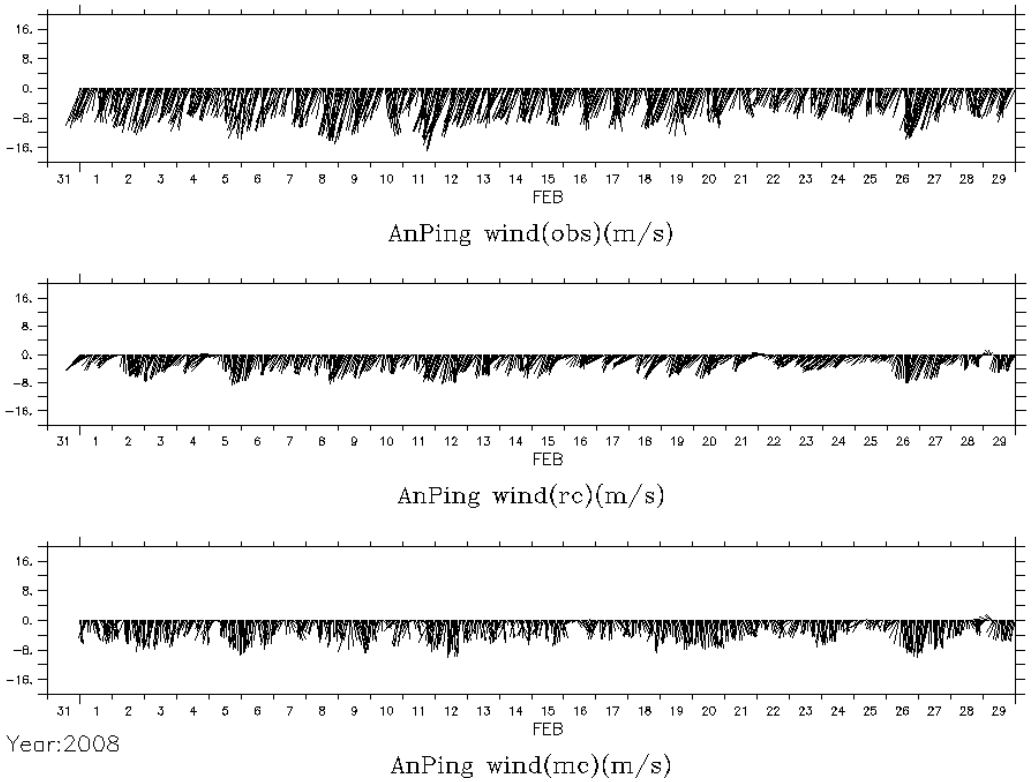


圖 7.3-13 安平港 2008 年 2 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

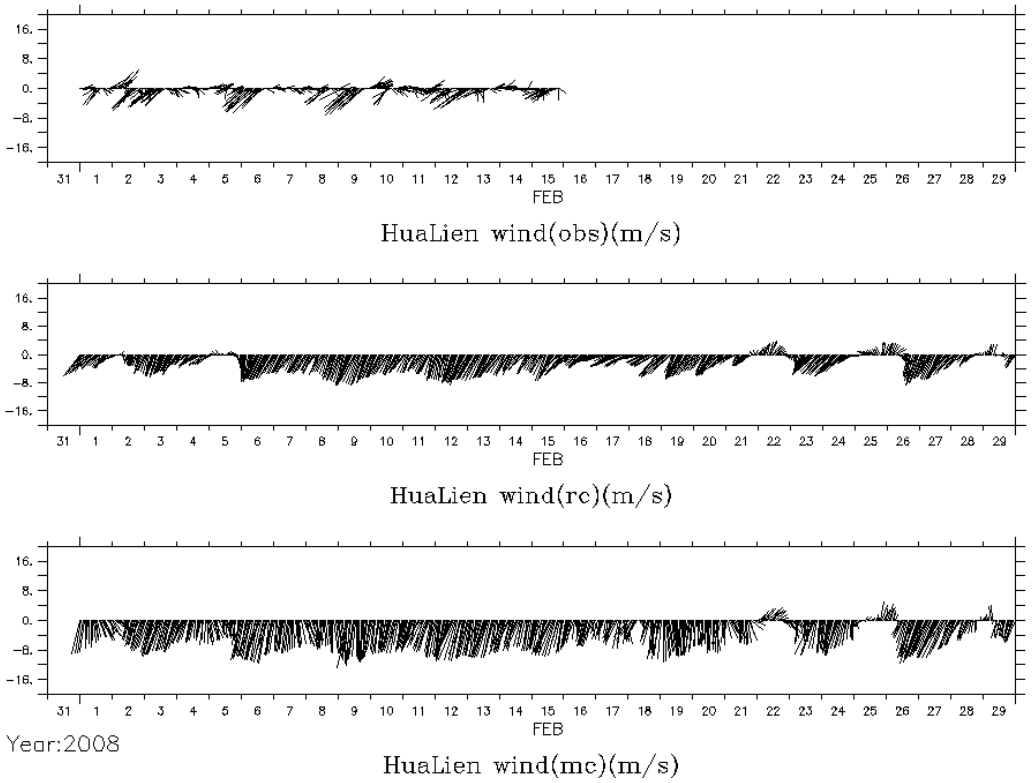


圖 7.3-14 花蓮港 2008 年 2 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

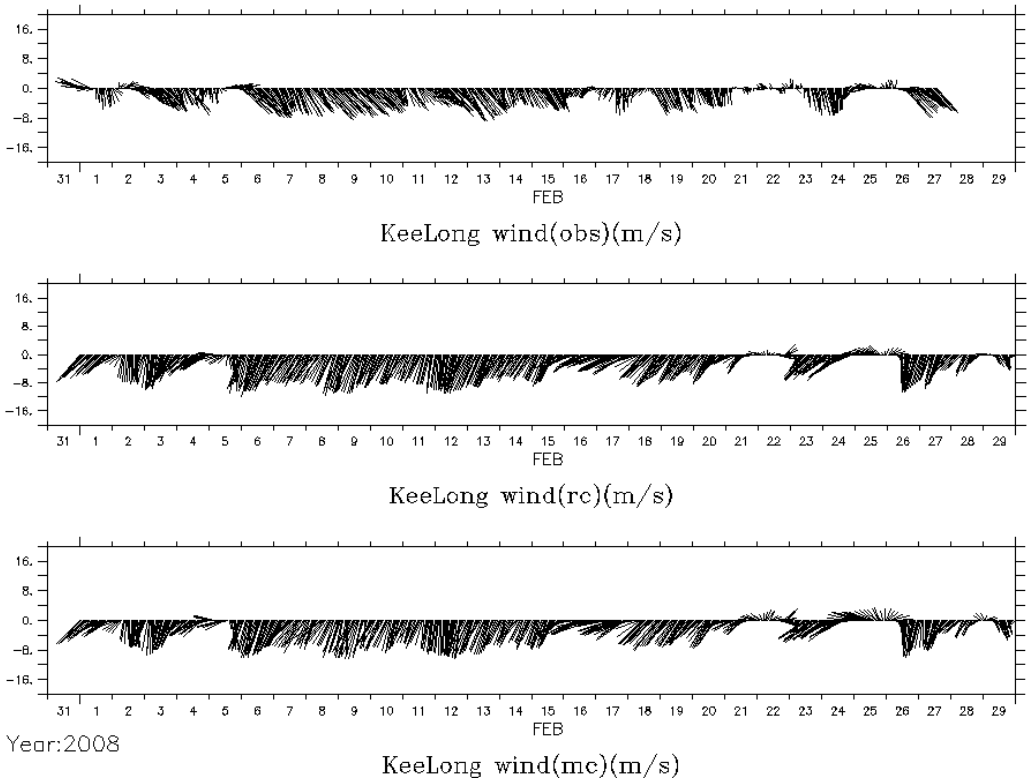


圖 7.3-15 基隆港 2008 年 2 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

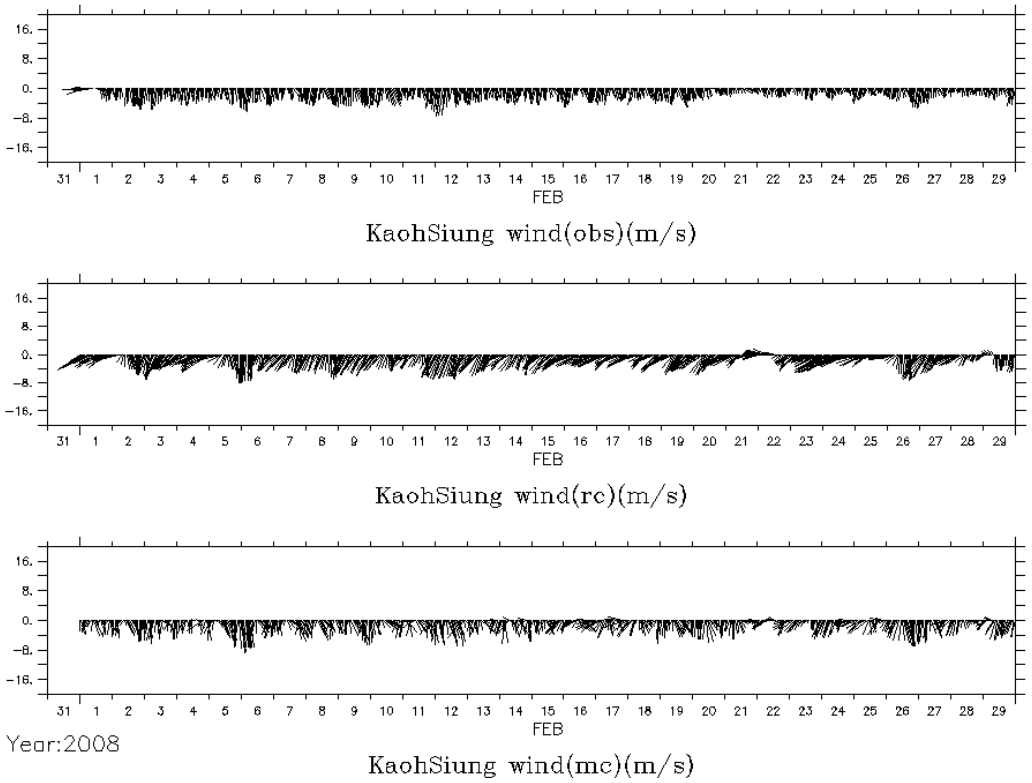


圖 7.3-16 高雄港 2008 年 2 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

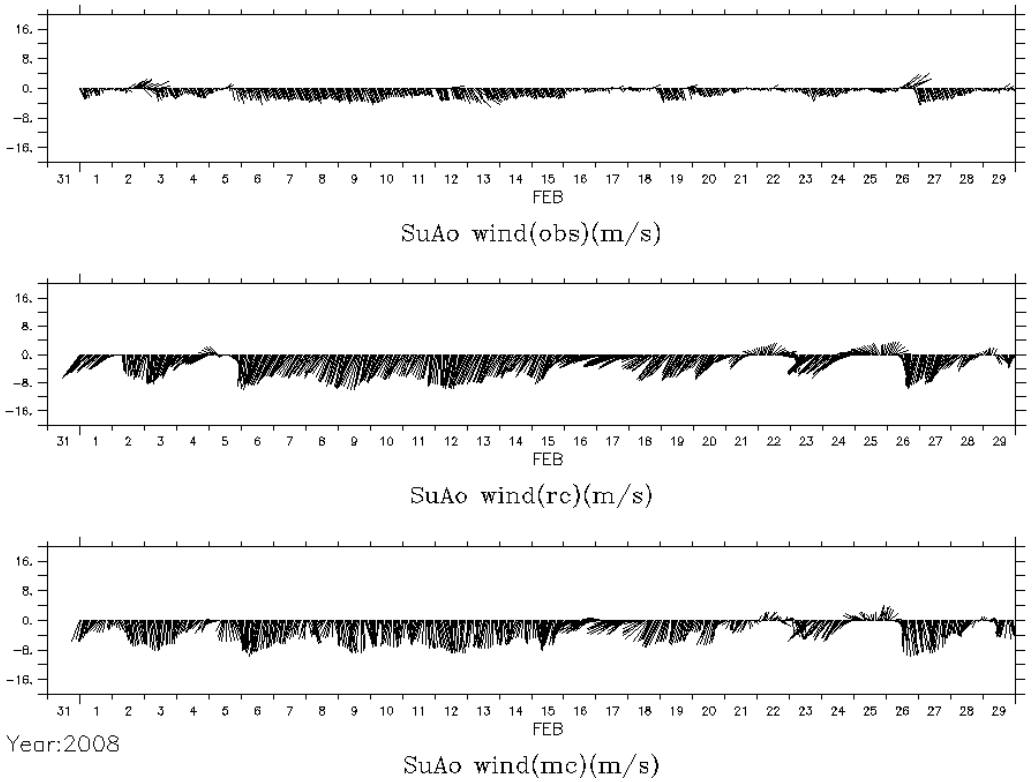


圖 7.3-17 蘇澳港 2008 年 2 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

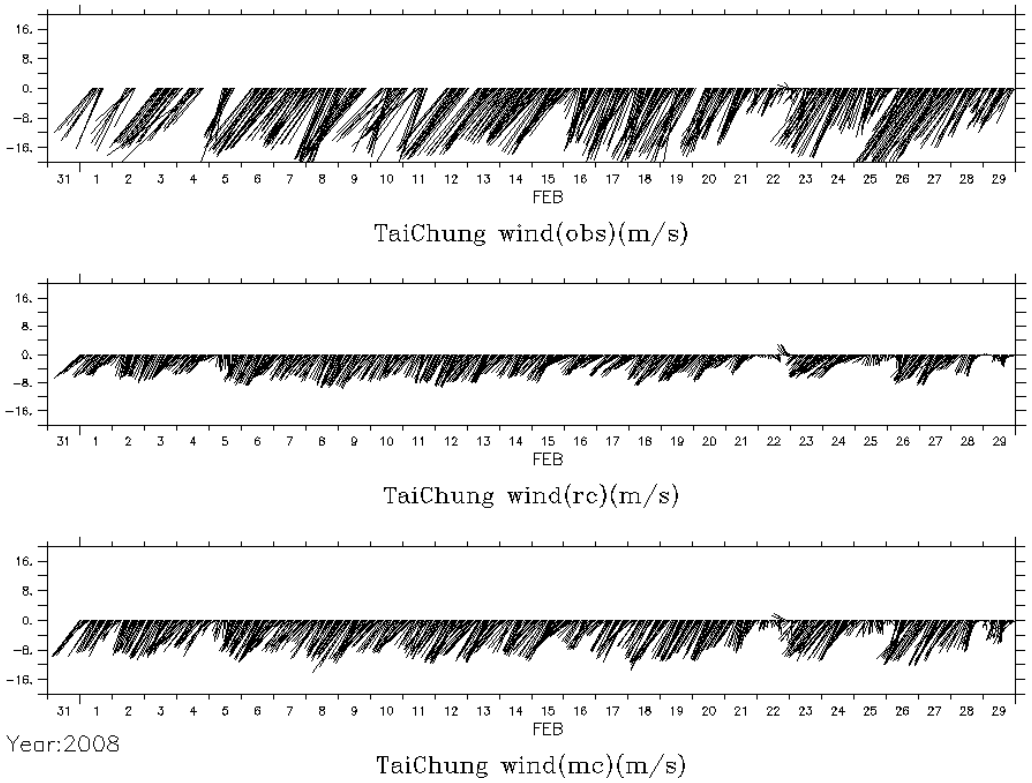


圖 7.3-18 台中港 2008 年 2 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

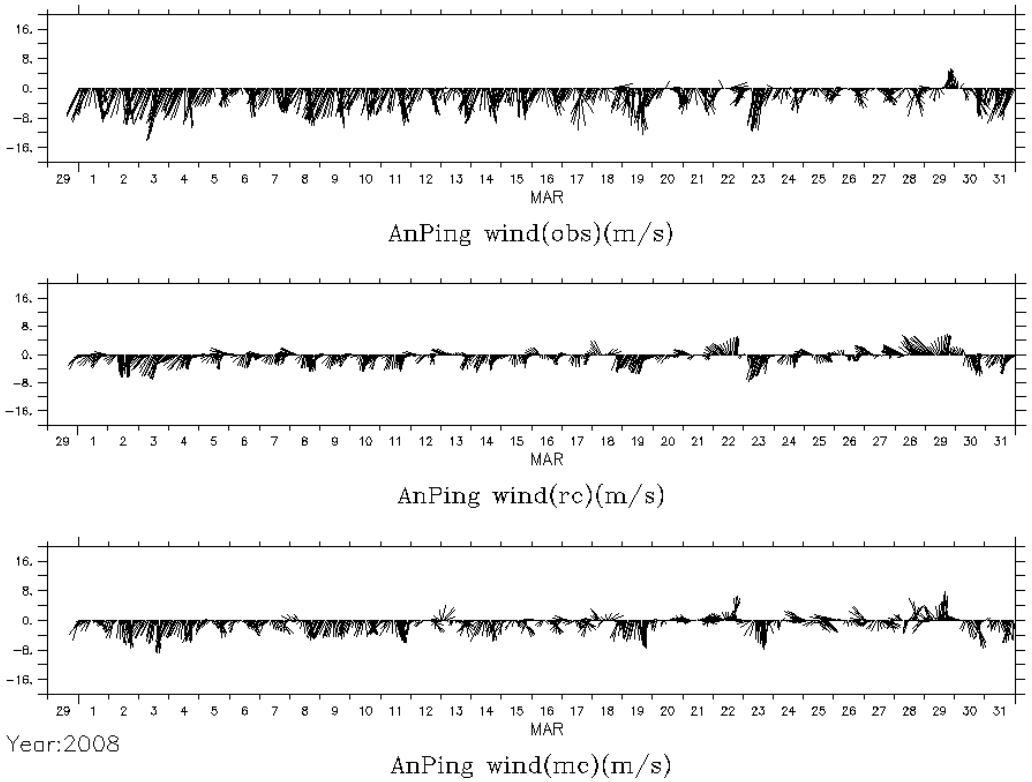


圖 7.3-19 安平港 2008 年 3 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

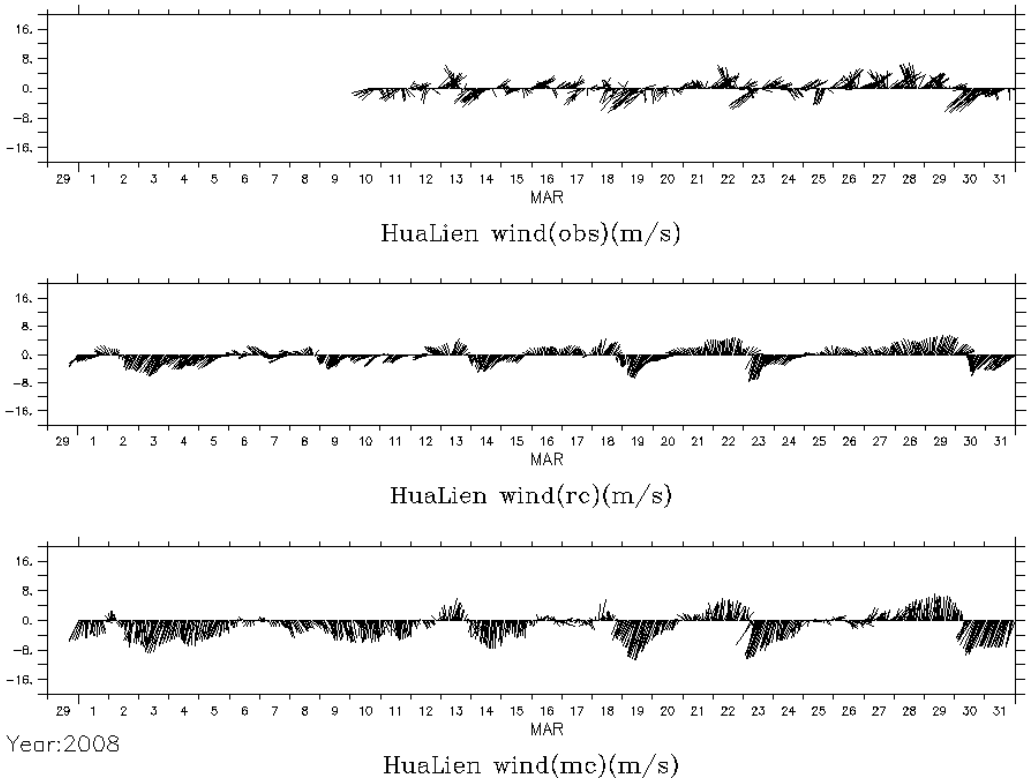


圖 7.3-20 花蓮港 2008 年 3 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

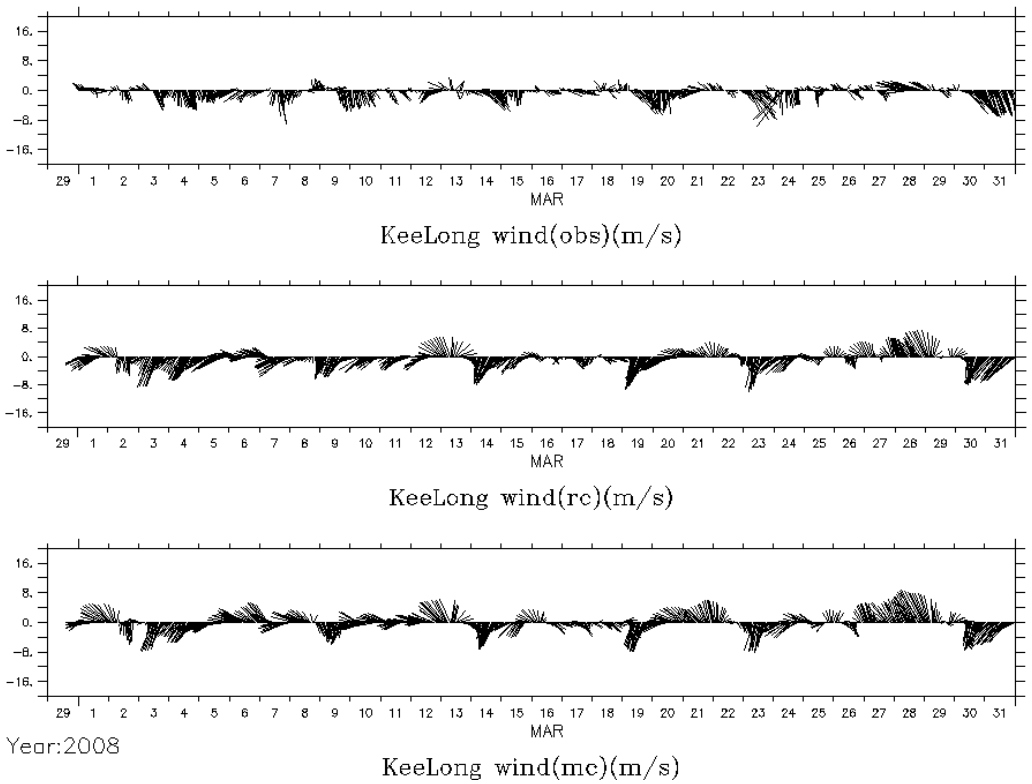


圖 7.3-21 基隆港 2008 年 3 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

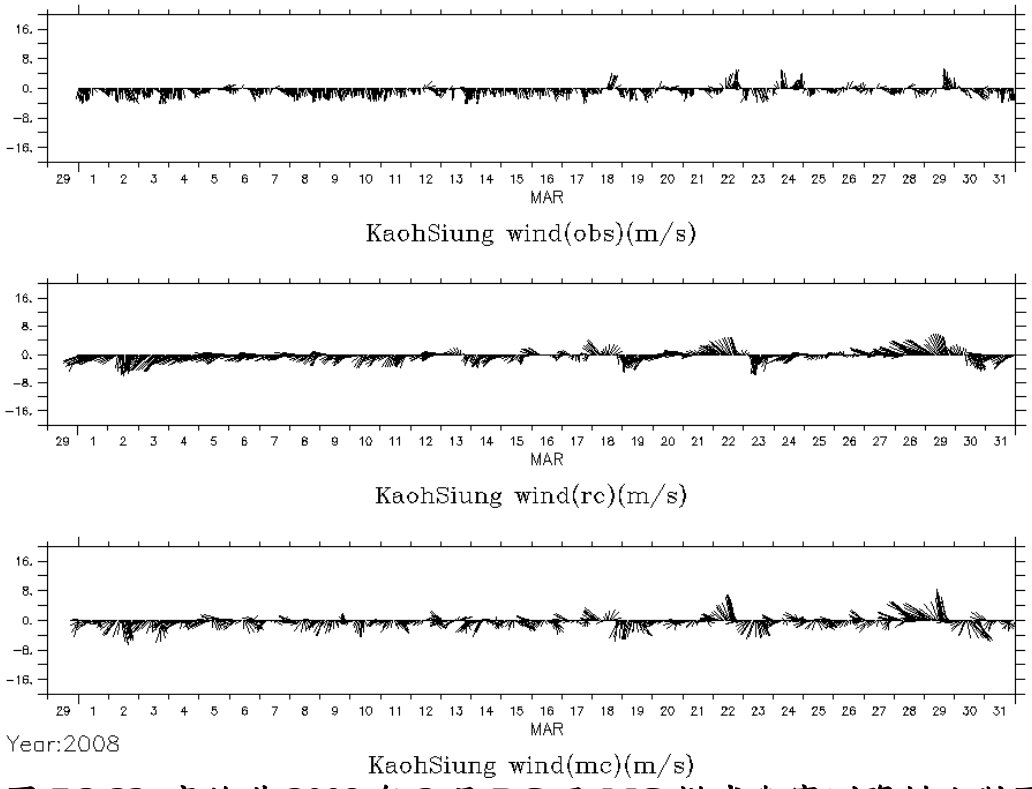


圖 7.3-22 高雄港 2008 年 3 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

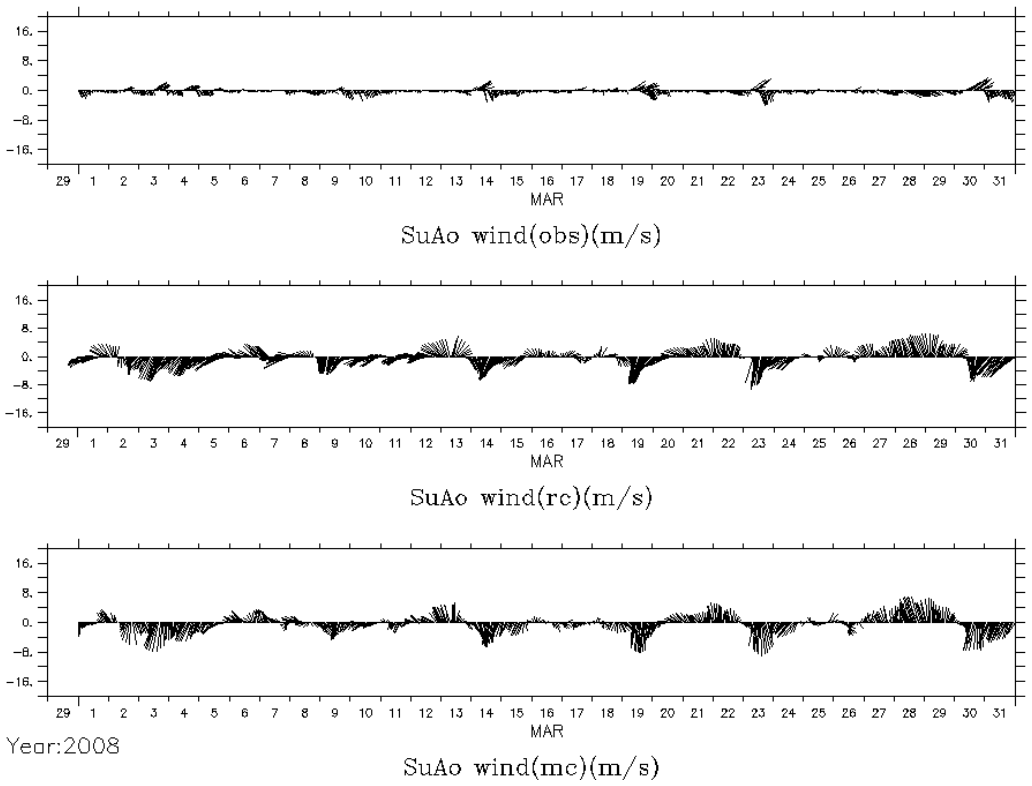


圖 7.3-23 蘇澳港 2008 年 3 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

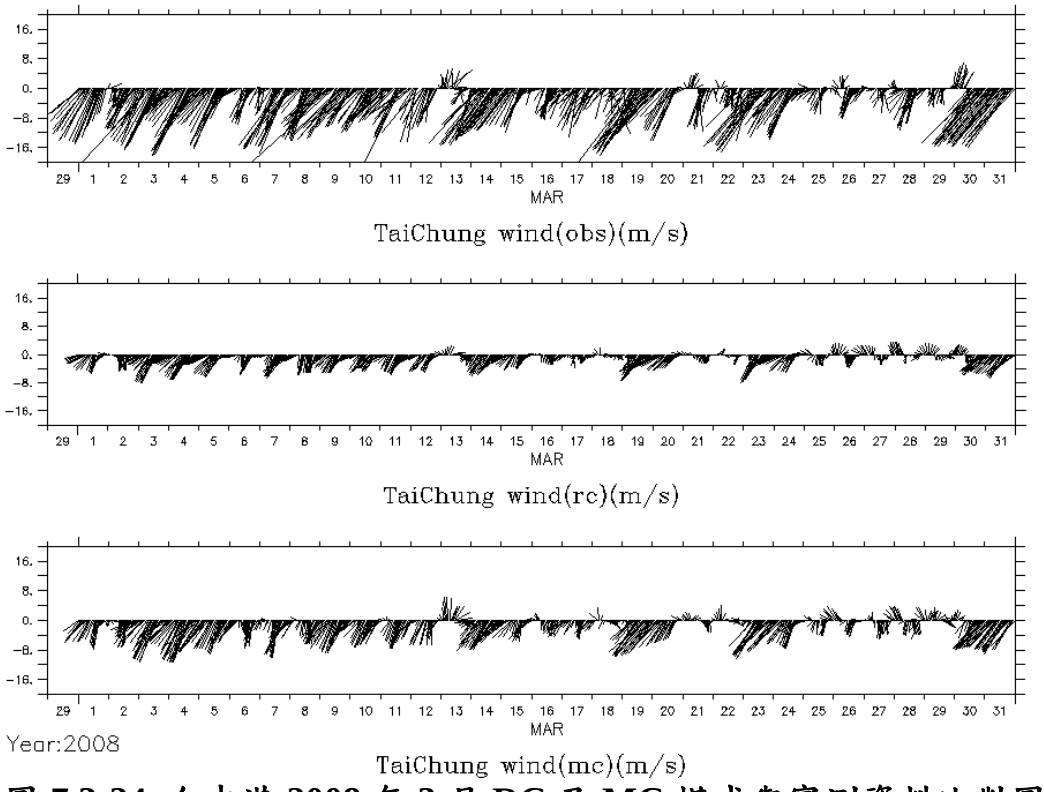


圖 7.3-24 台中港 2008 年 3 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

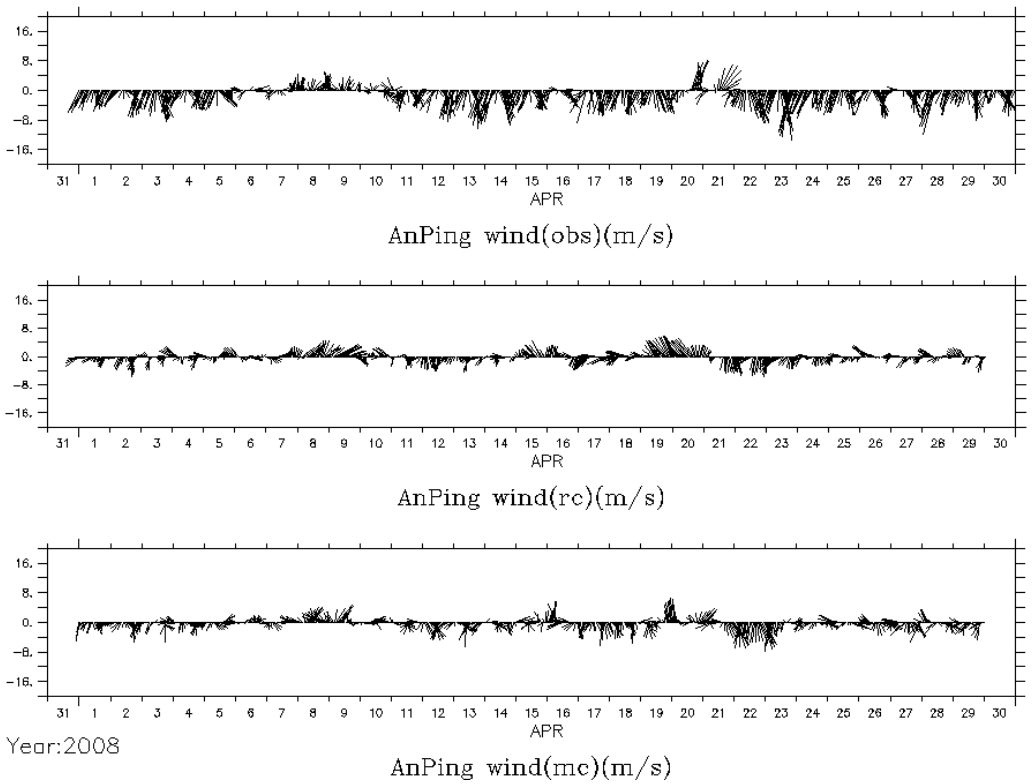


圖 7.3-25 安平港 2008 年 4 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

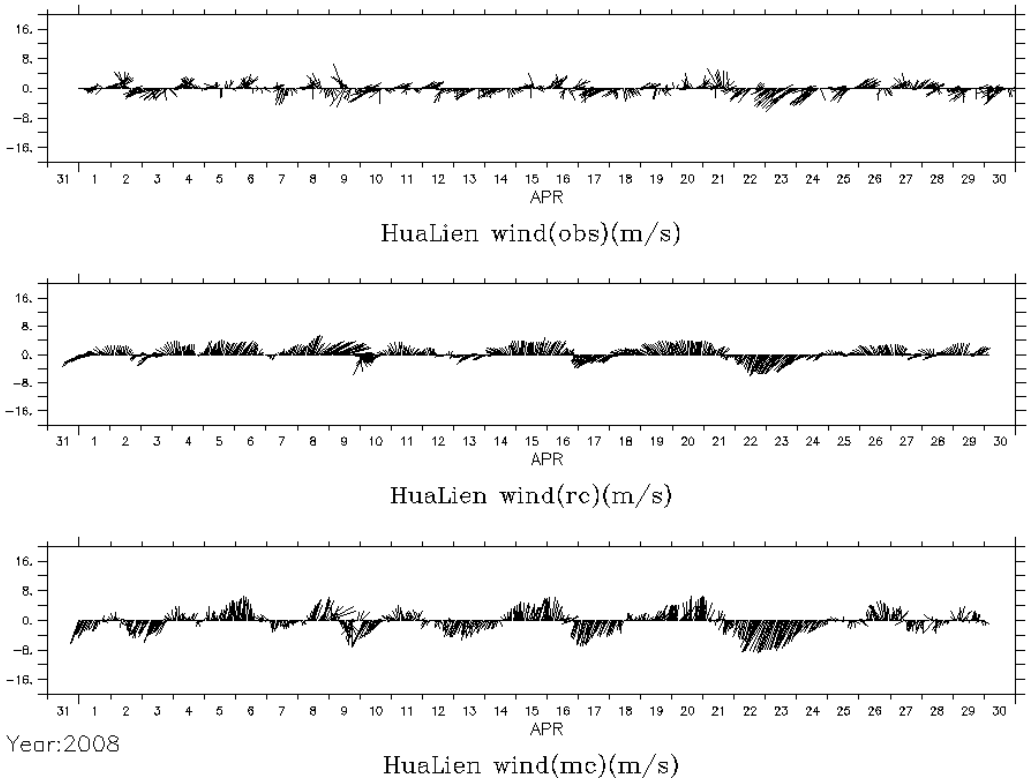


圖 7.3-26 花蓮港 2008 年 4 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

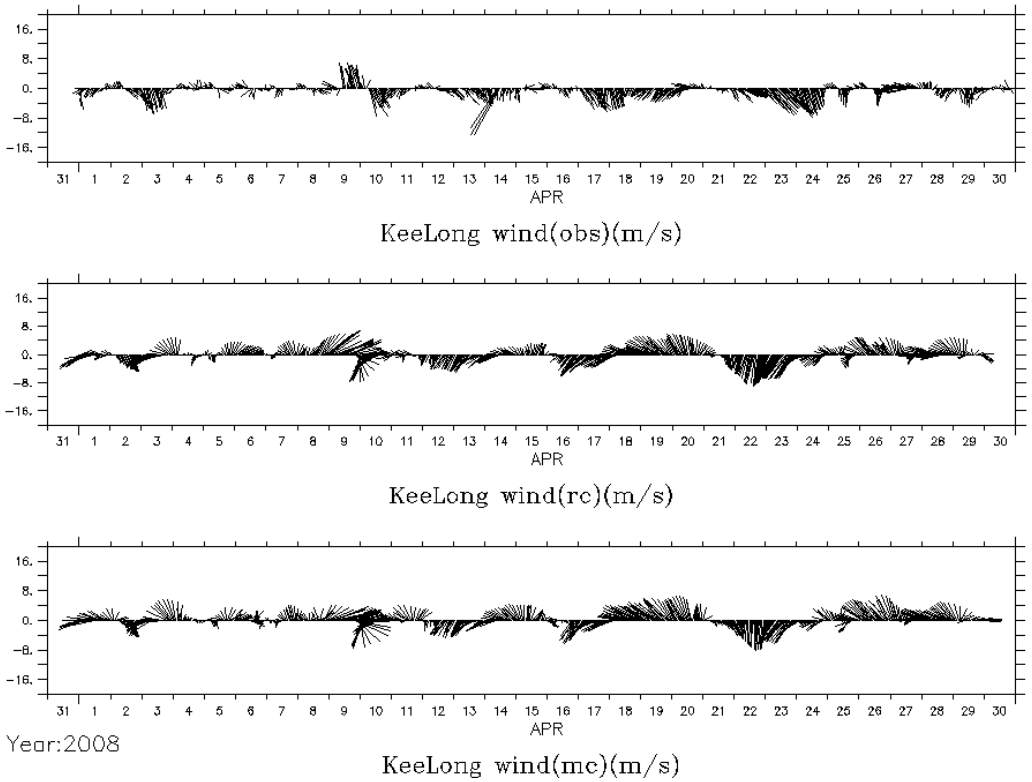


圖 7.3-27 基隆港 2008 年 4 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

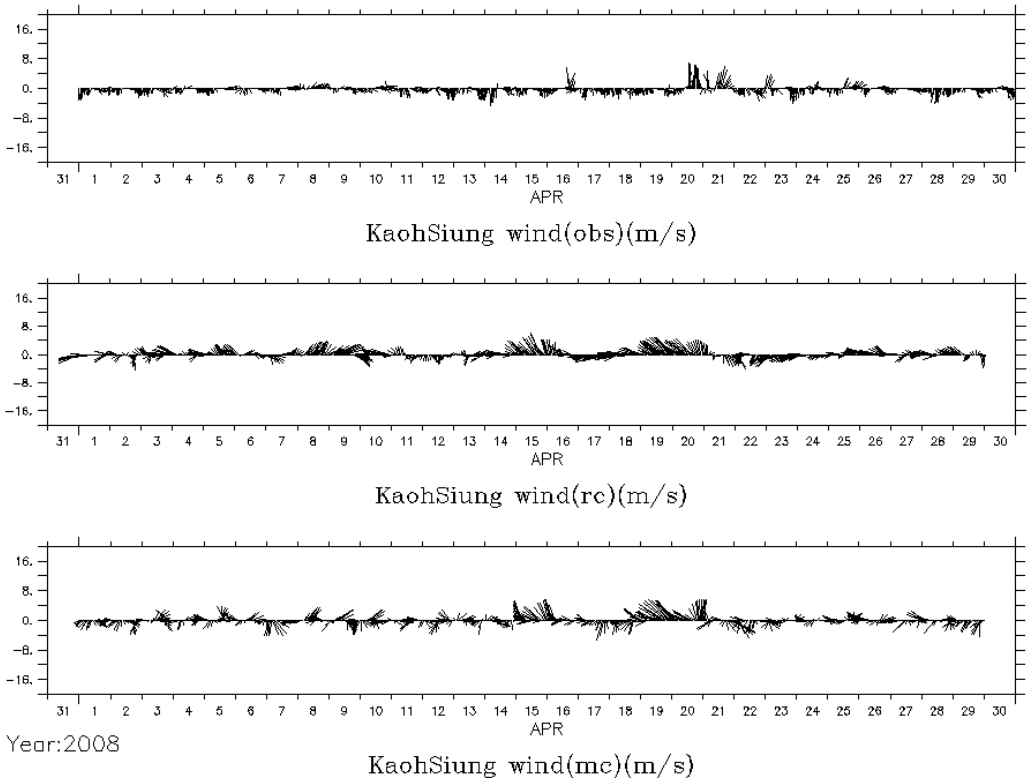


圖 7.3-28 高雄港 2008 年 4 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

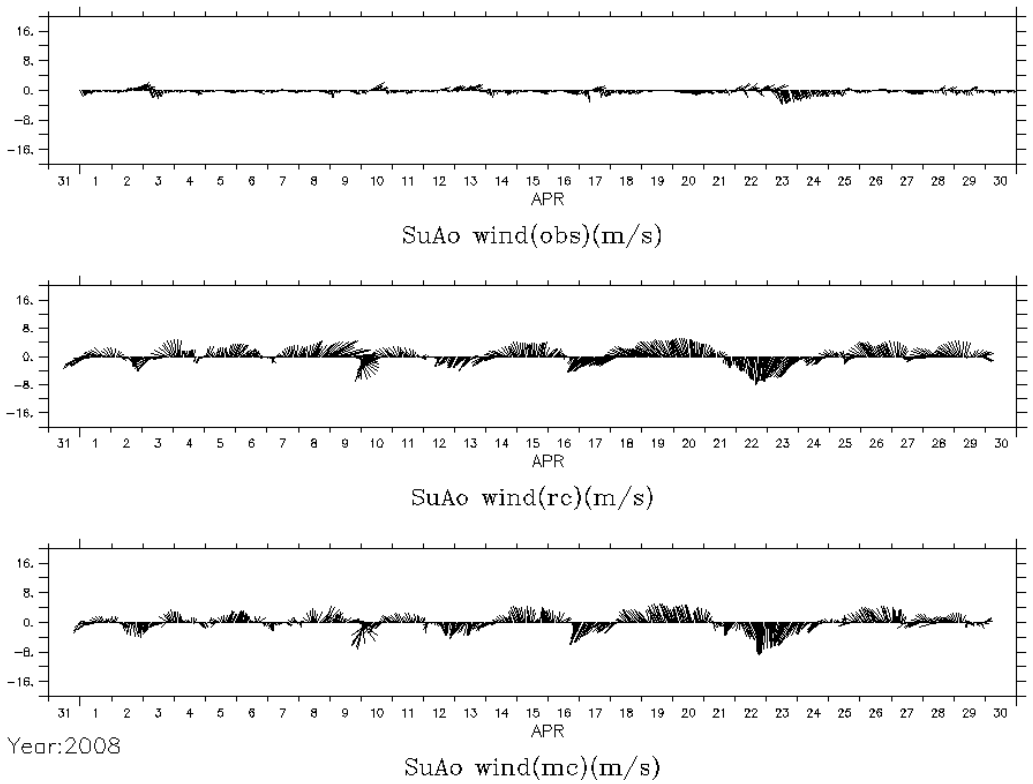


圖 7.3-29 蘇澳港 2008 年 4 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

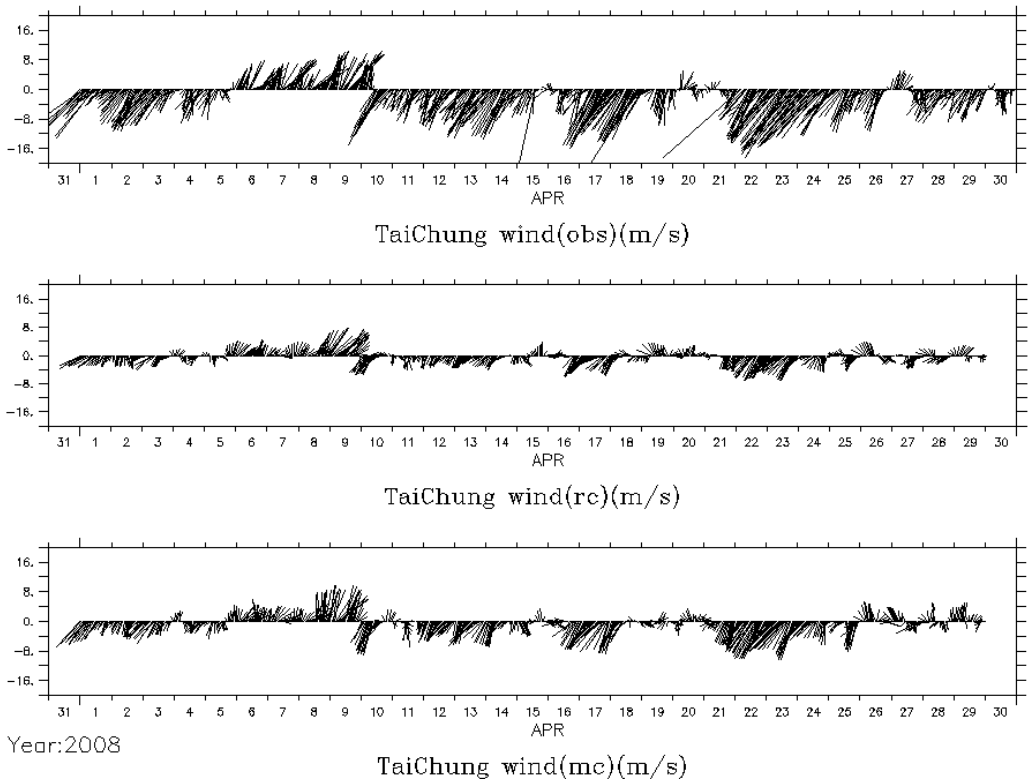


圖 7.3-30 台中港 2008 年 4 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

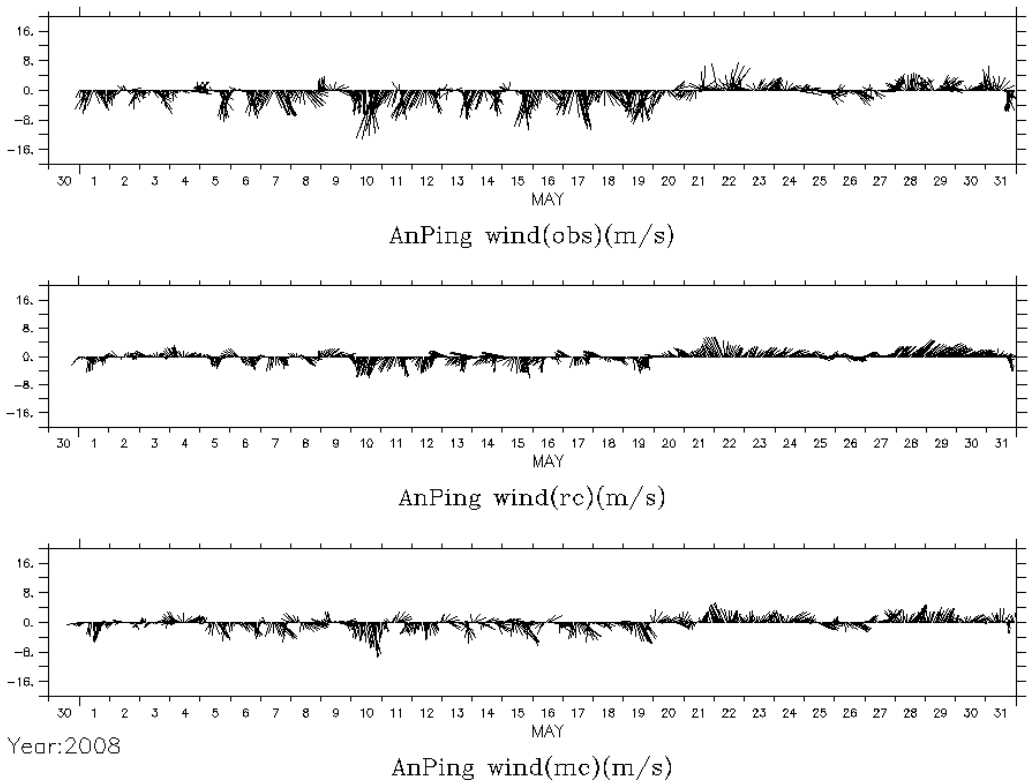


圖 7.3-31 安平港 2008 年 5 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

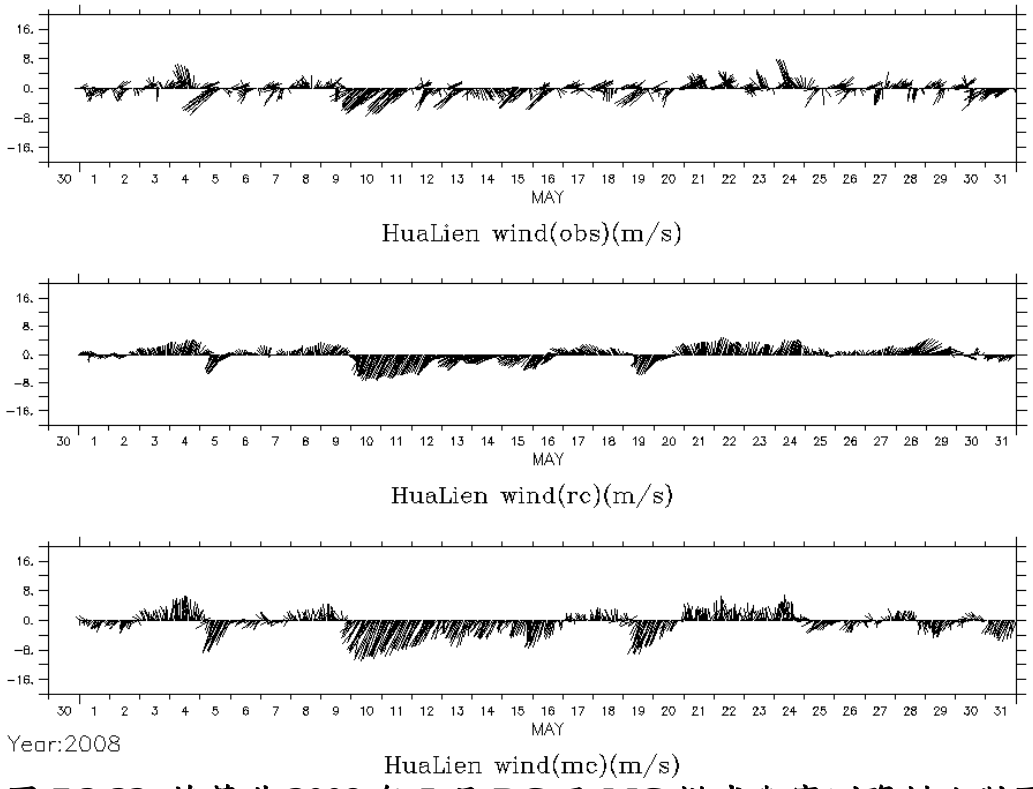


圖 7.3-32 花蓮港 2008 年 5 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

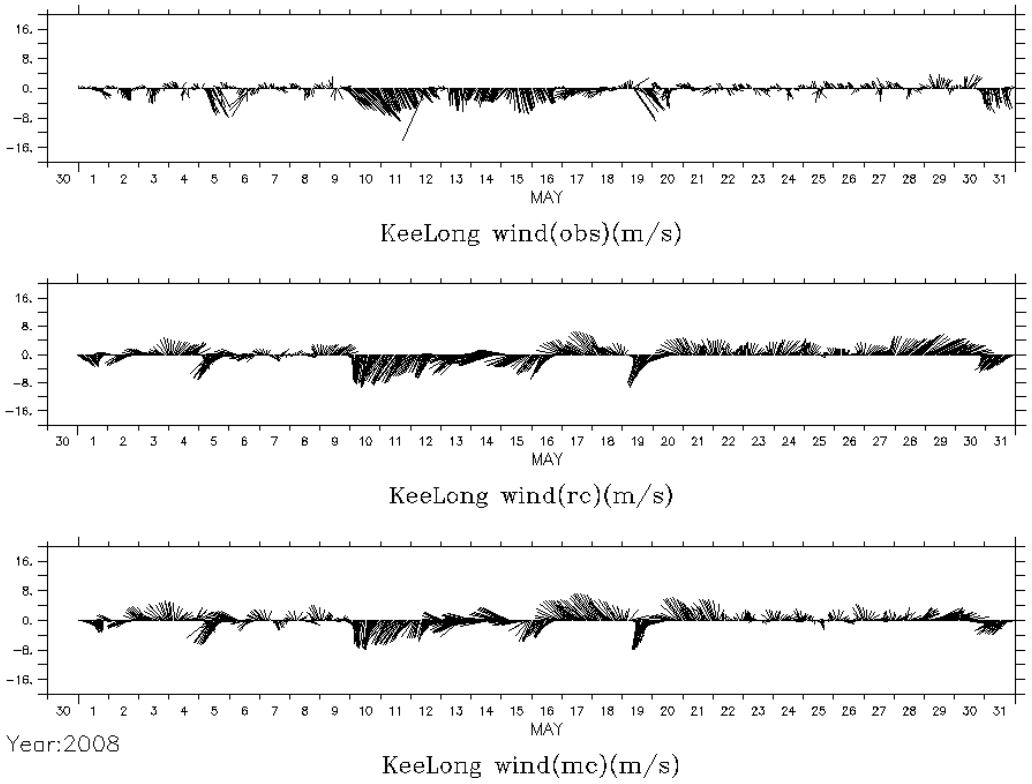


圖 7.3-33 基隆港 2008 年 5 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

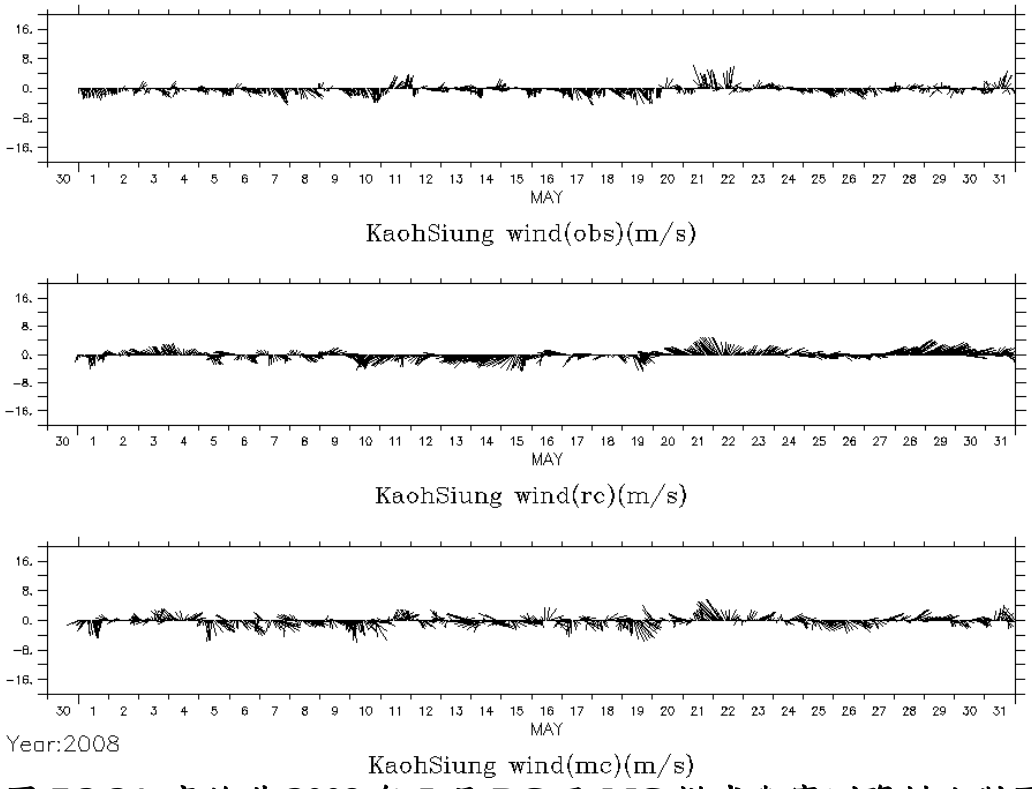


圖 7.3-34 高雄港 2008 年 5 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

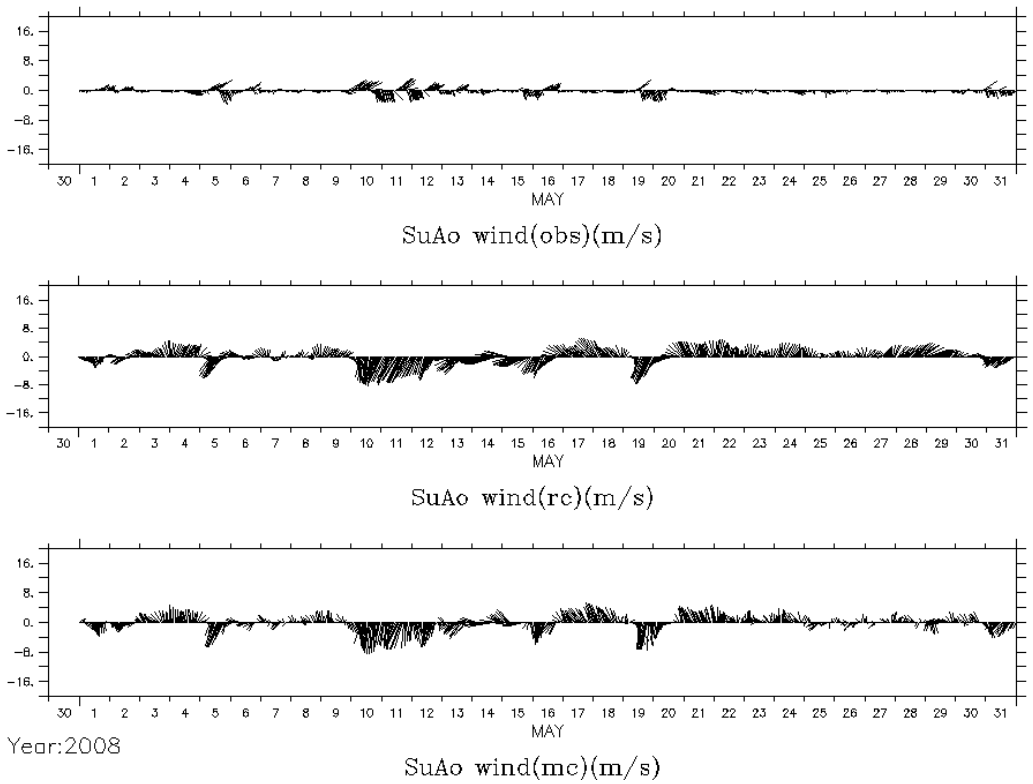


圖 7.3-35 蘇澳港 2008 年 5 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

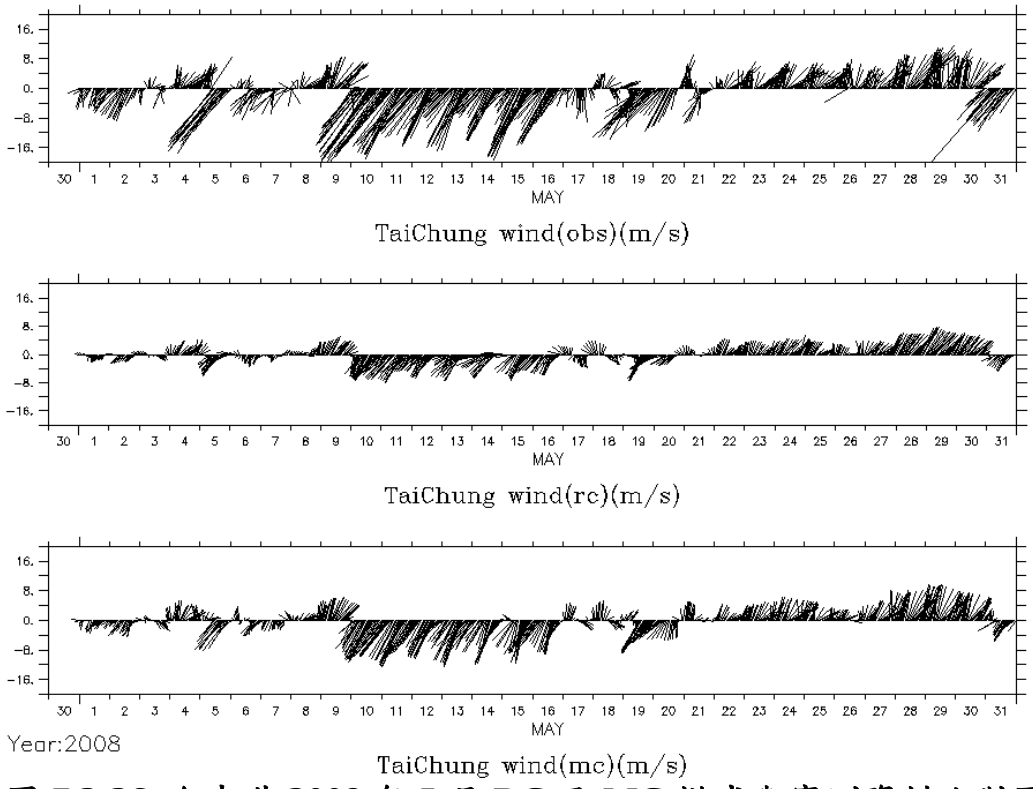


圖 7.3-36 台中港 2008 年 5 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

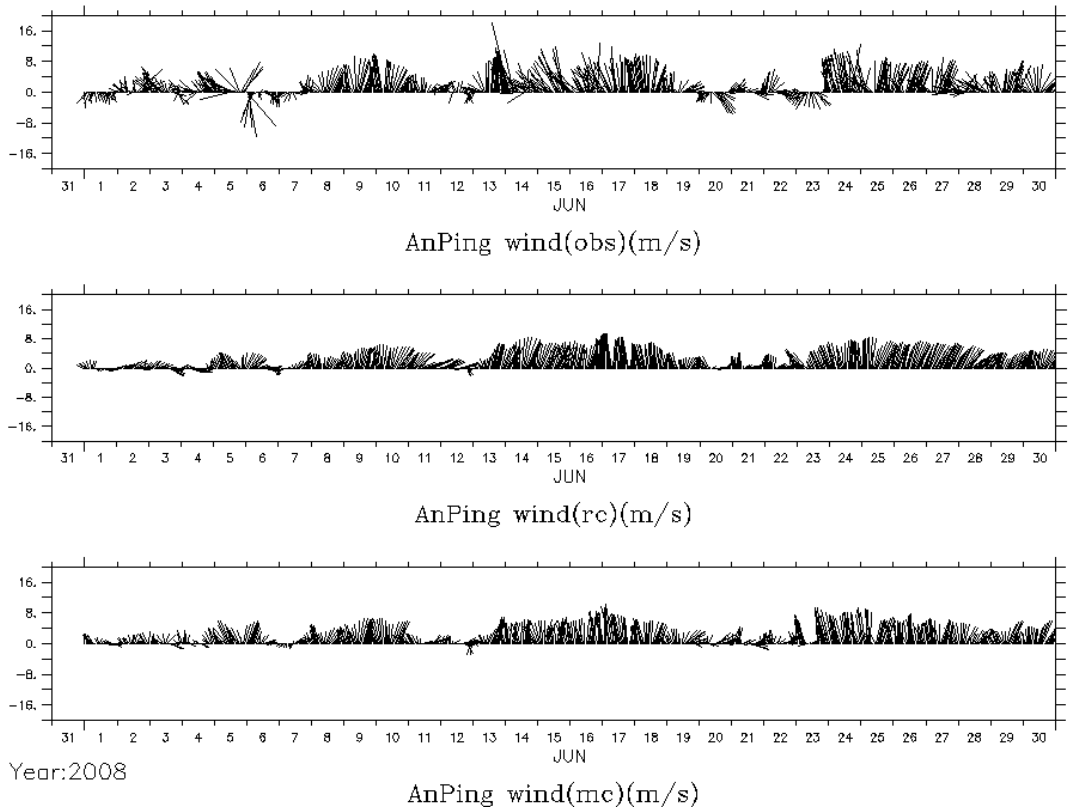


圖 7.3-37 安平港 2008 年 6 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

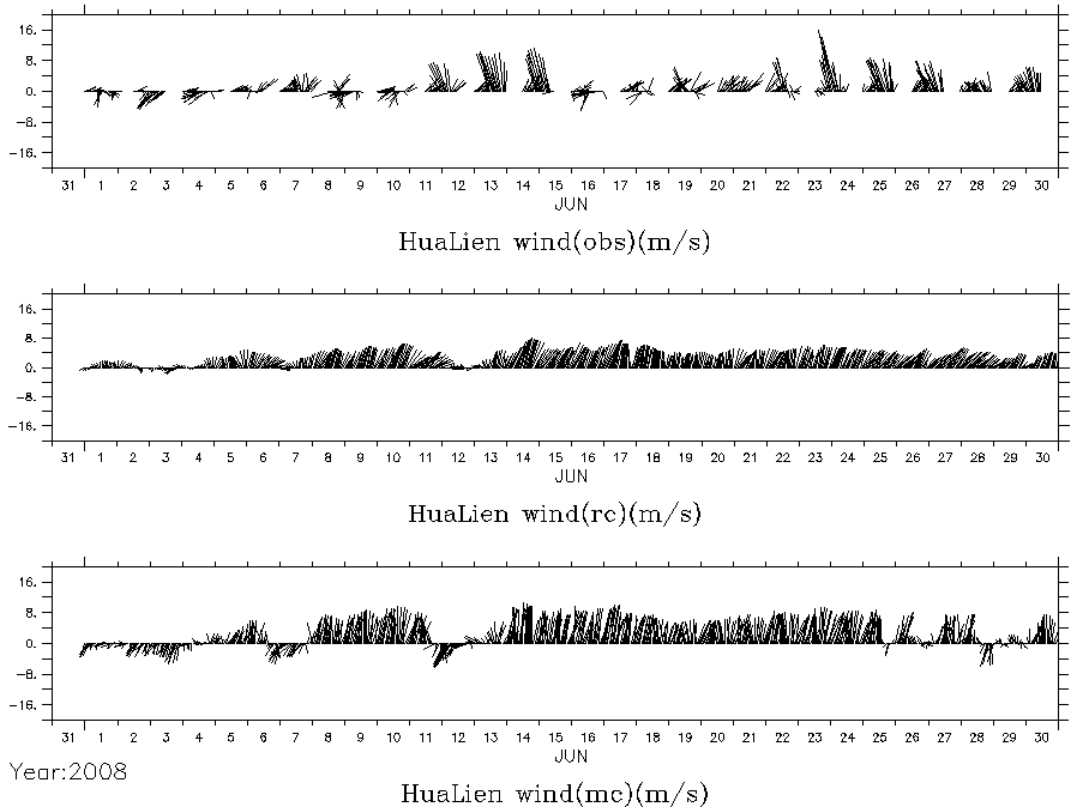


圖 7.3-38 花蓮港 2008 年 6 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

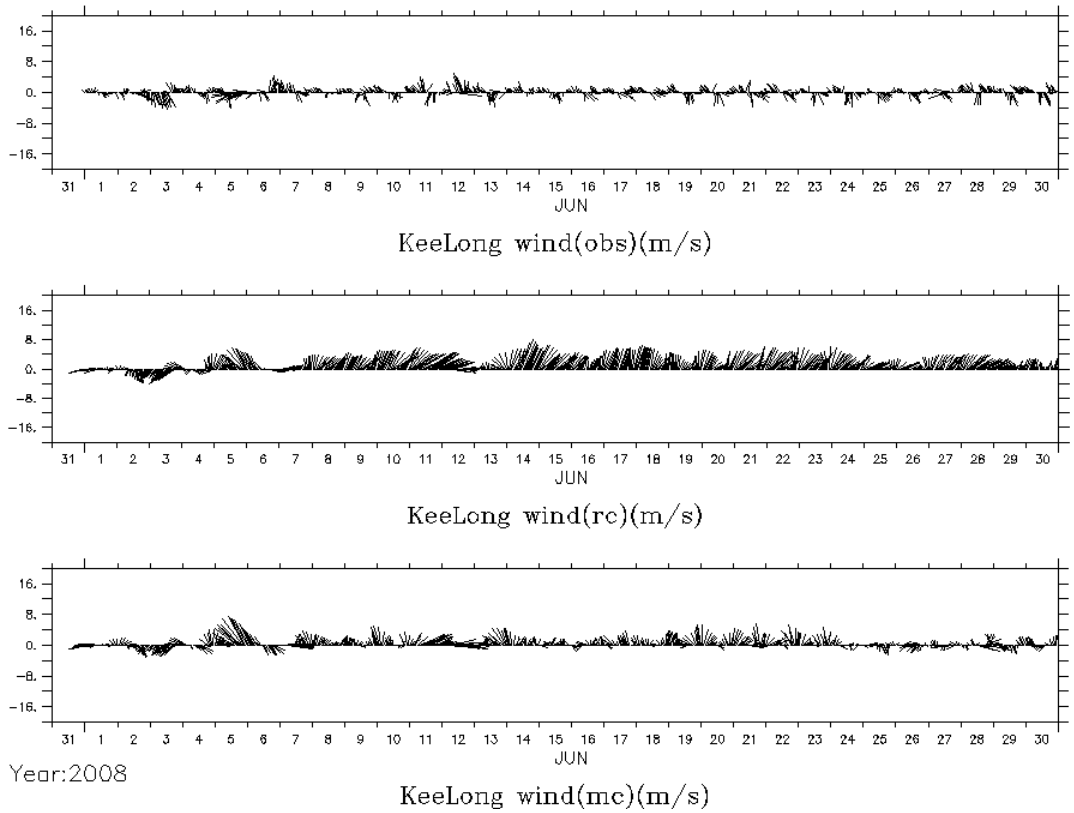


圖 7.3-39 基隆港 2008 年 6 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

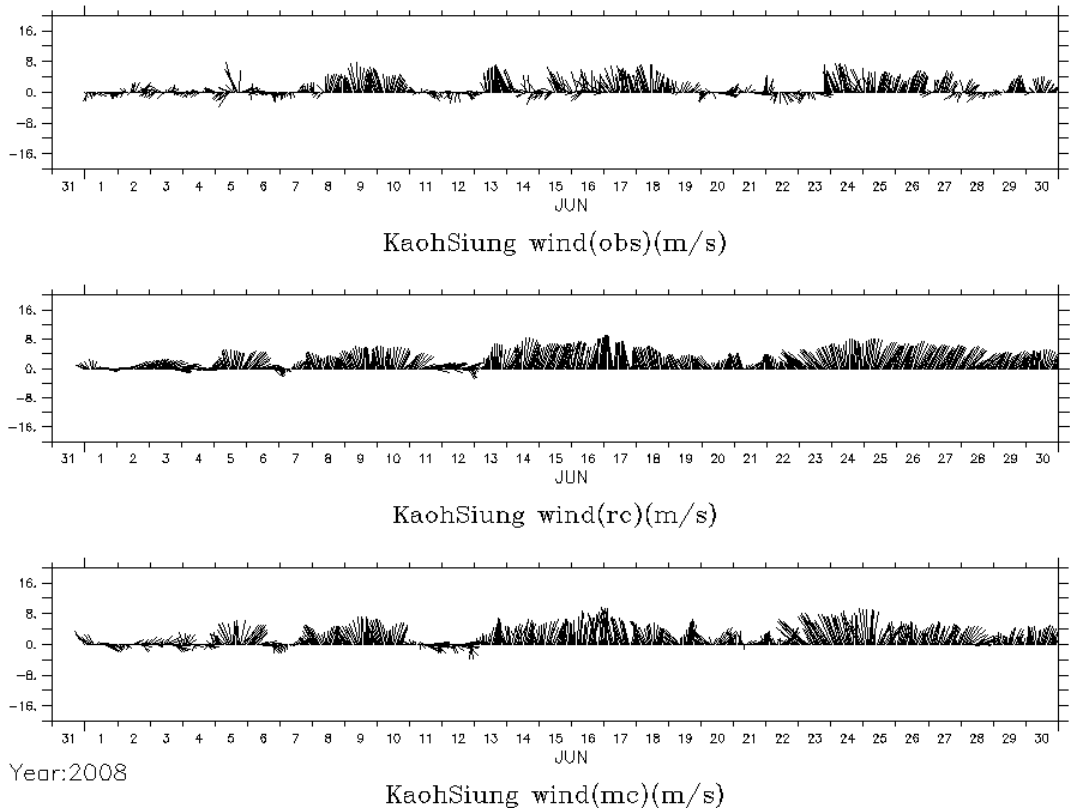


圖 7.3-40 高雄港 2008 年 6 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

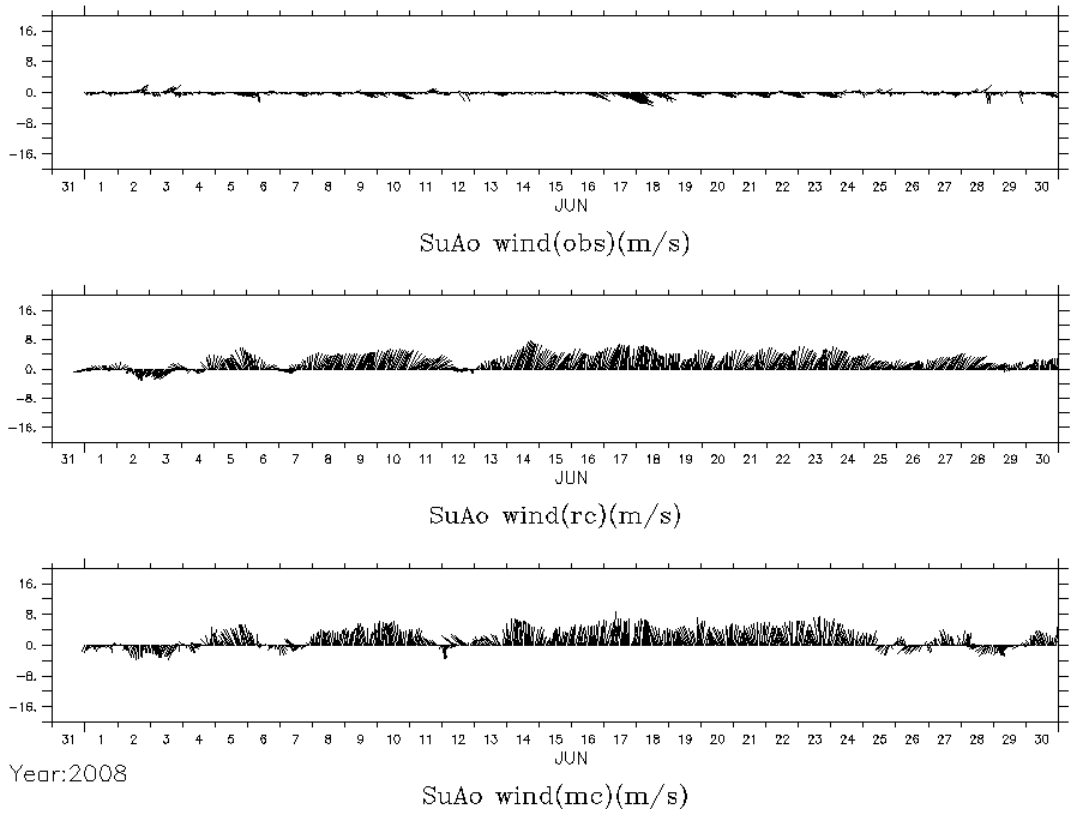


圖 7.3-41 蘇澳港 2008 年 6 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

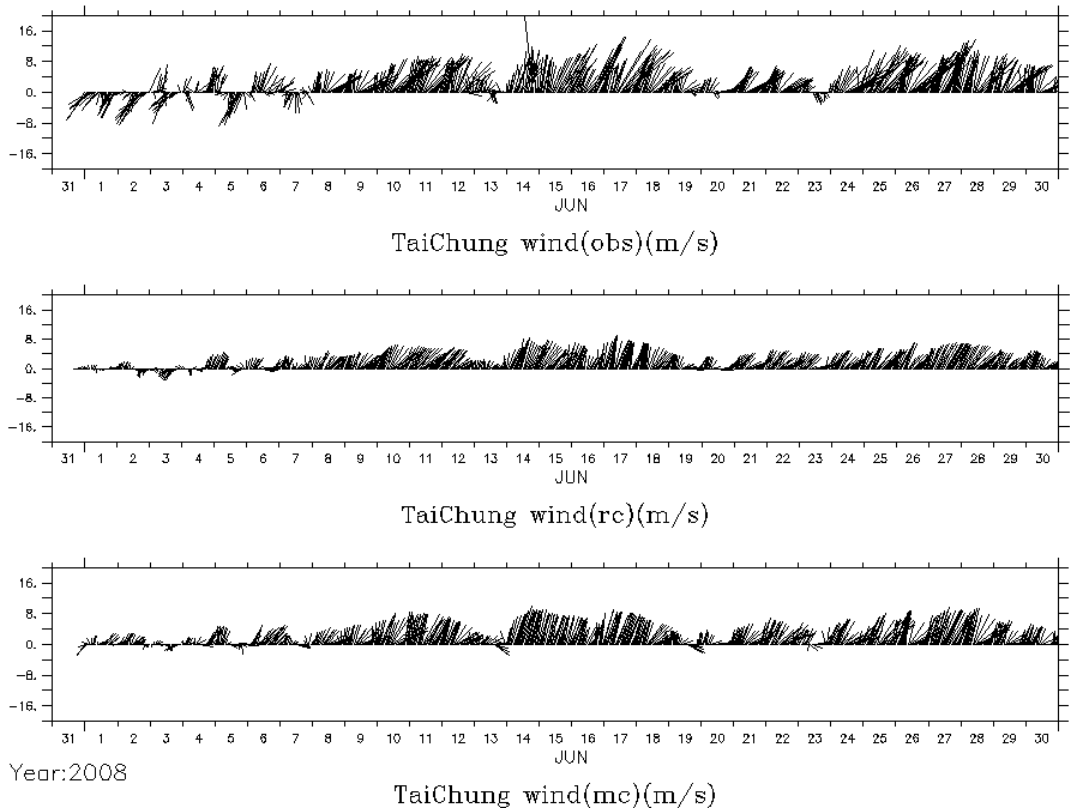
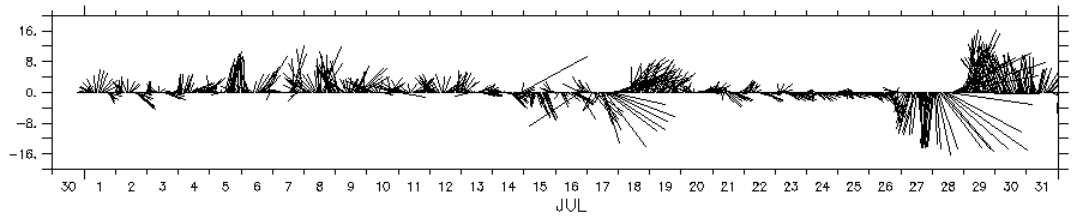
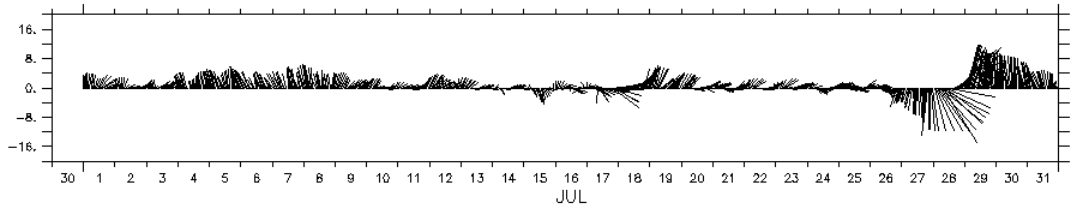


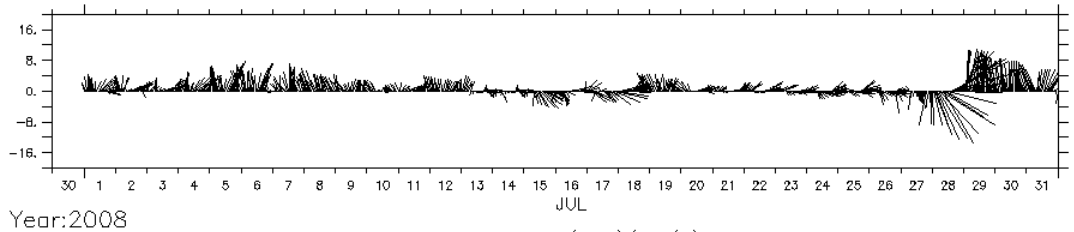
圖 7.3-42 台中港 2008 年 6 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖



AnPing wind(obs)(m/s)



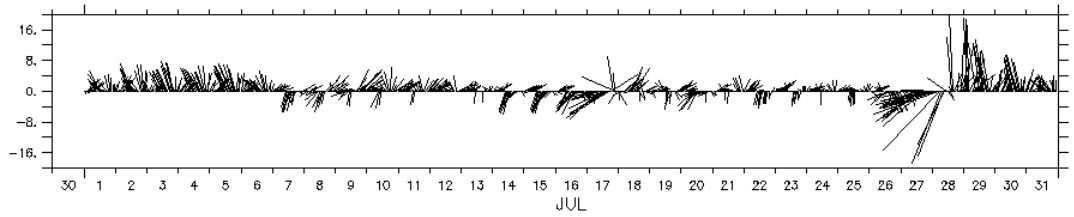
AnPing wind(rc)(m/s)



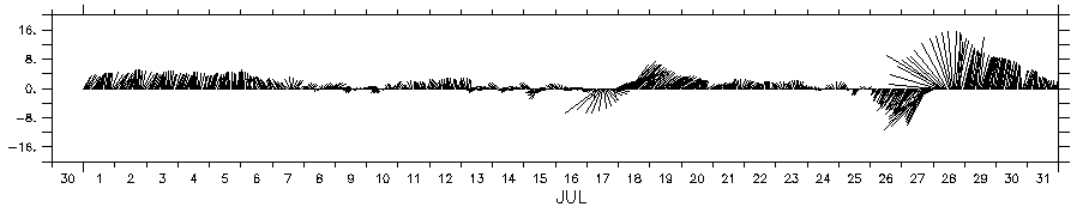
Year:2008

AnPing wind(mc)(m/s)

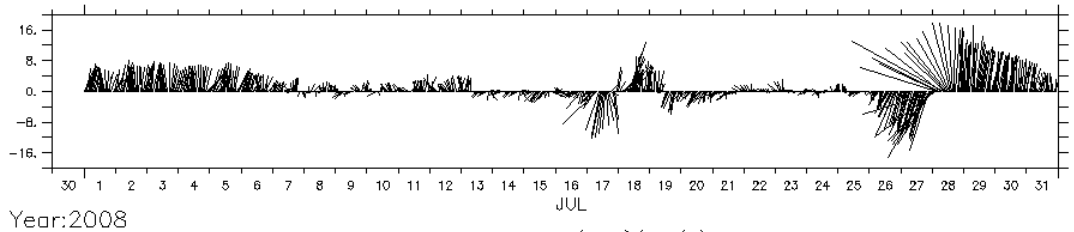
圖 7.3-43 安平港 2008 年 7 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖



HuaLien wind(obs)(m/s)



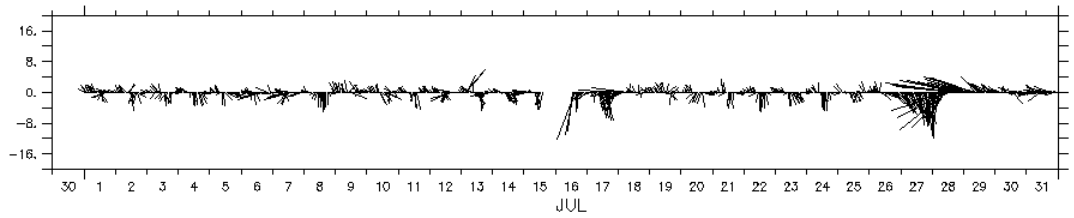
HuaLien wind(rc)(m/s)



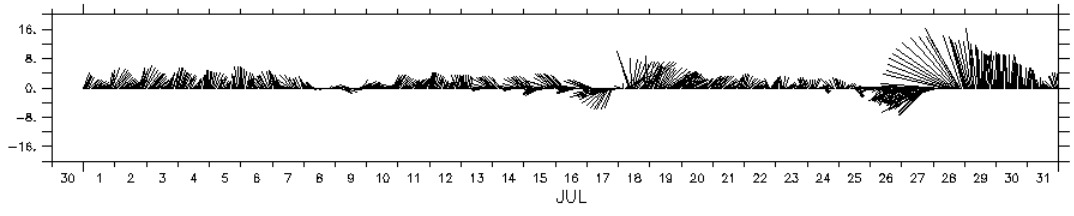
Year:2008

HuaLien wind(mc)(m/s)

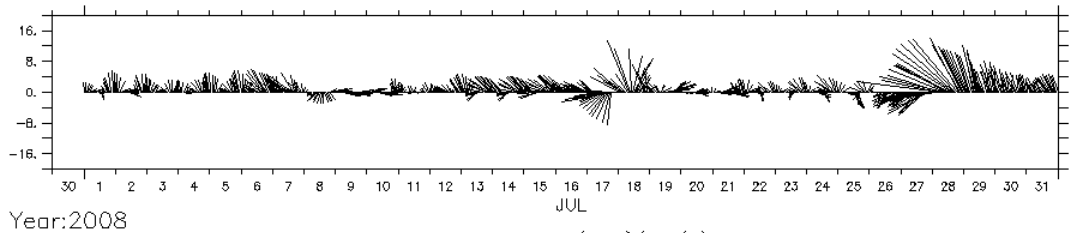
圖 7.3-44 花蓮港 2008 年 7 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖



KeeLong wind(obs)(m/s)

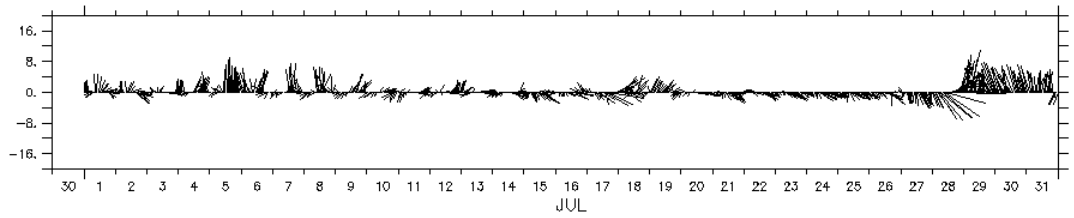


KeeLong wind(rc)(m/s)

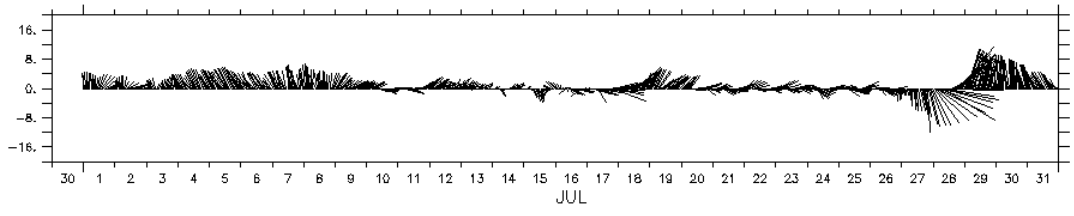


KeeLong wind(mc)(m/s)

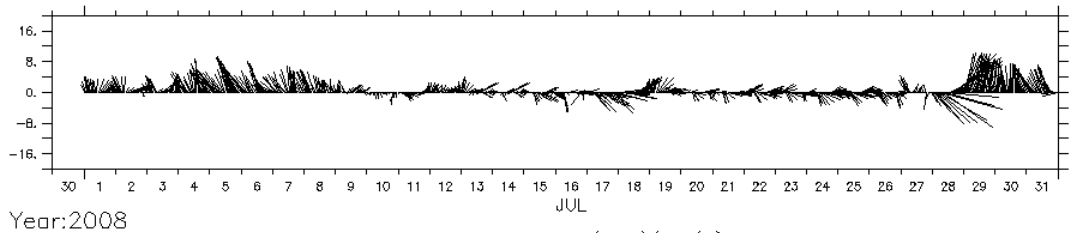
圖 7.3-45 基隆港 2008 年 7 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖



KaohSiung wind(obs)(m/s)



KaohSiung wind(rc)(m/s)



KaohSiung wind(mc)(m/s)

圖 7.3-46 高雄港 2008 年 7 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

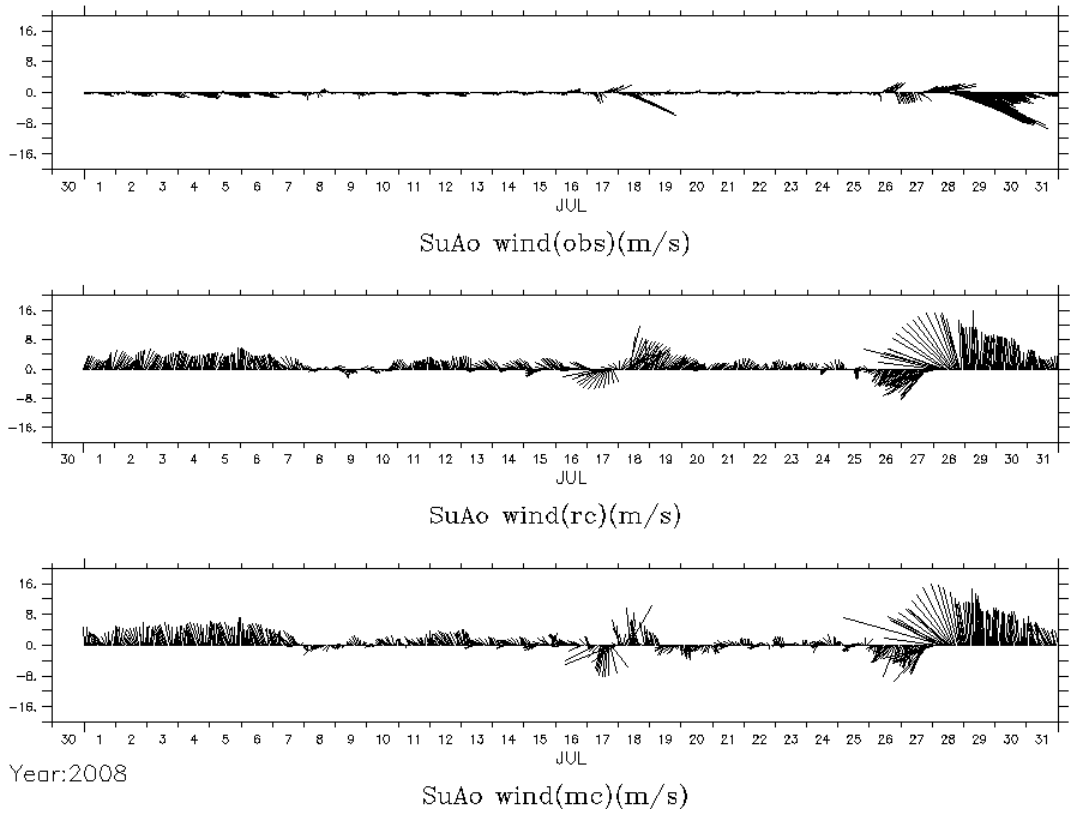


圖 7.3-47 蘇澳港 2008 年 7 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

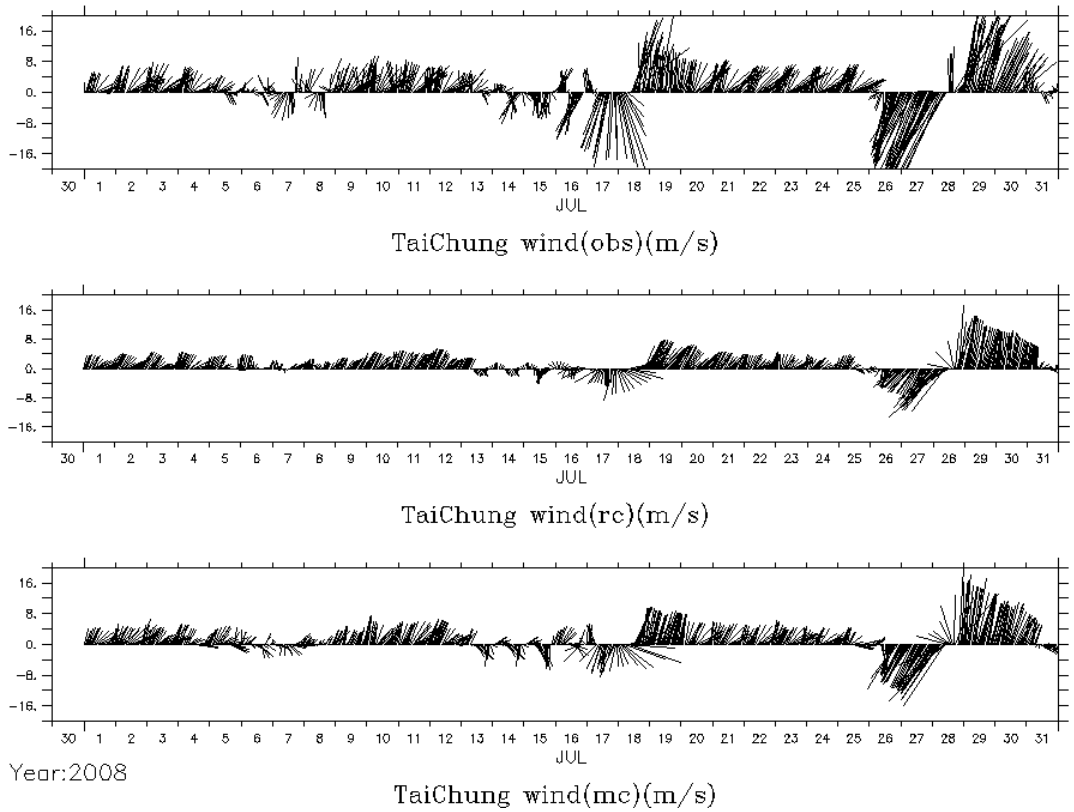


圖 7.3-48 台中港 2008 年 7 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

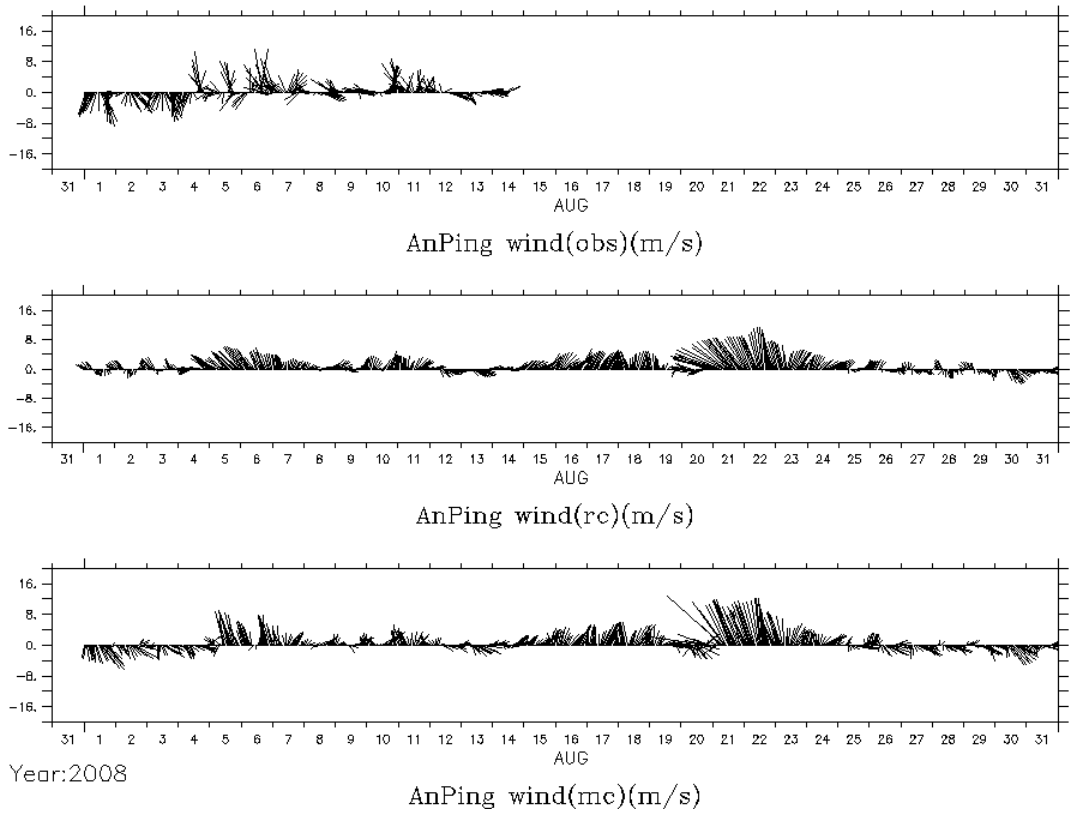


圖 7.3-49 安平港 2008 年 8 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

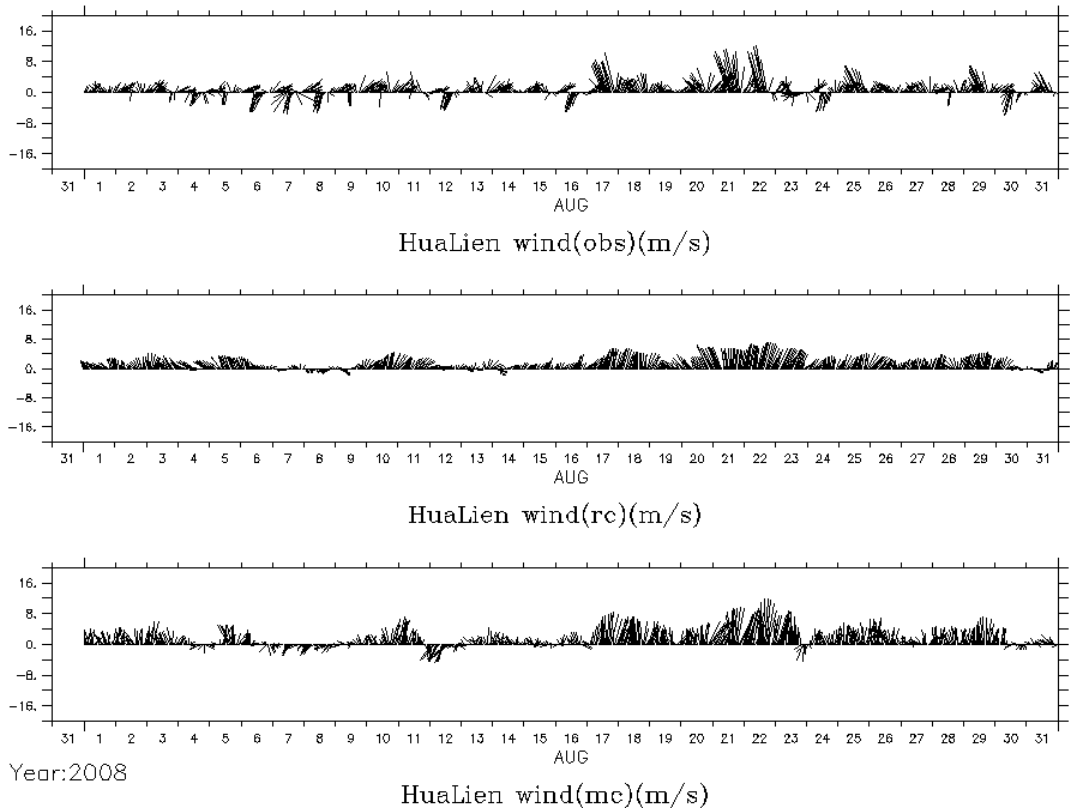


圖 7.3-50 花蓮港 2008 年 8 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

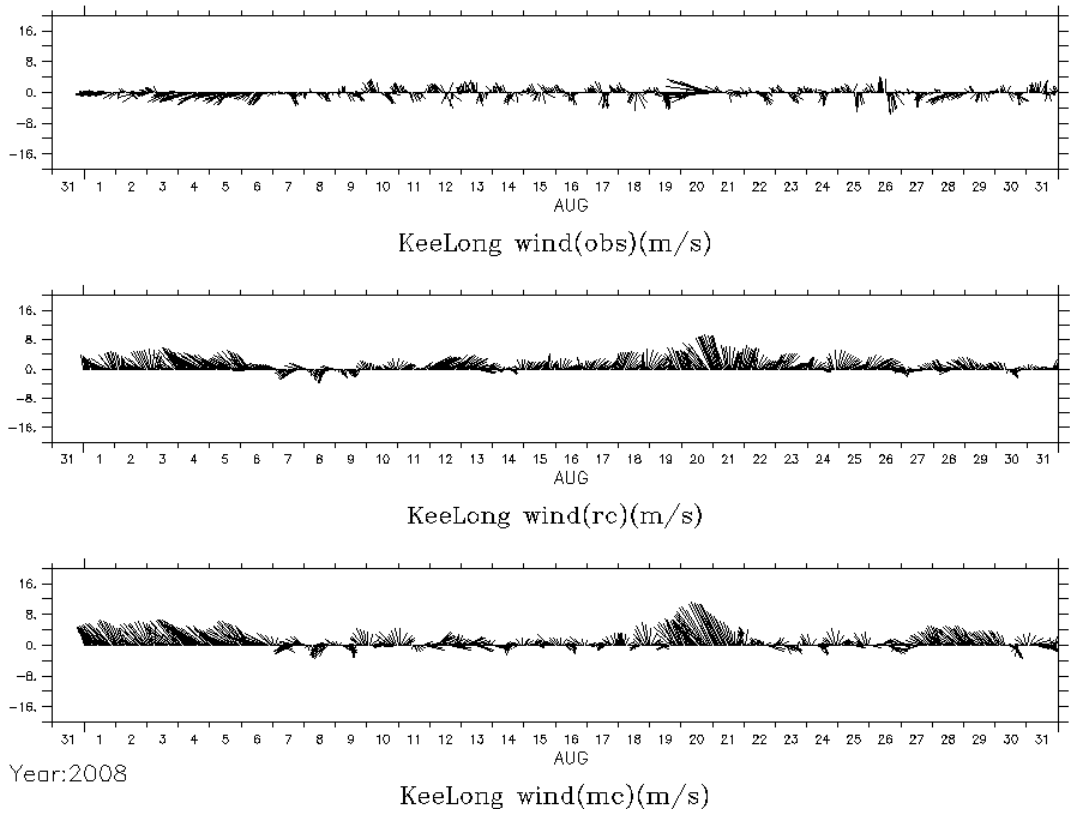


圖 7.3-51 基隆港 2008 年 8 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

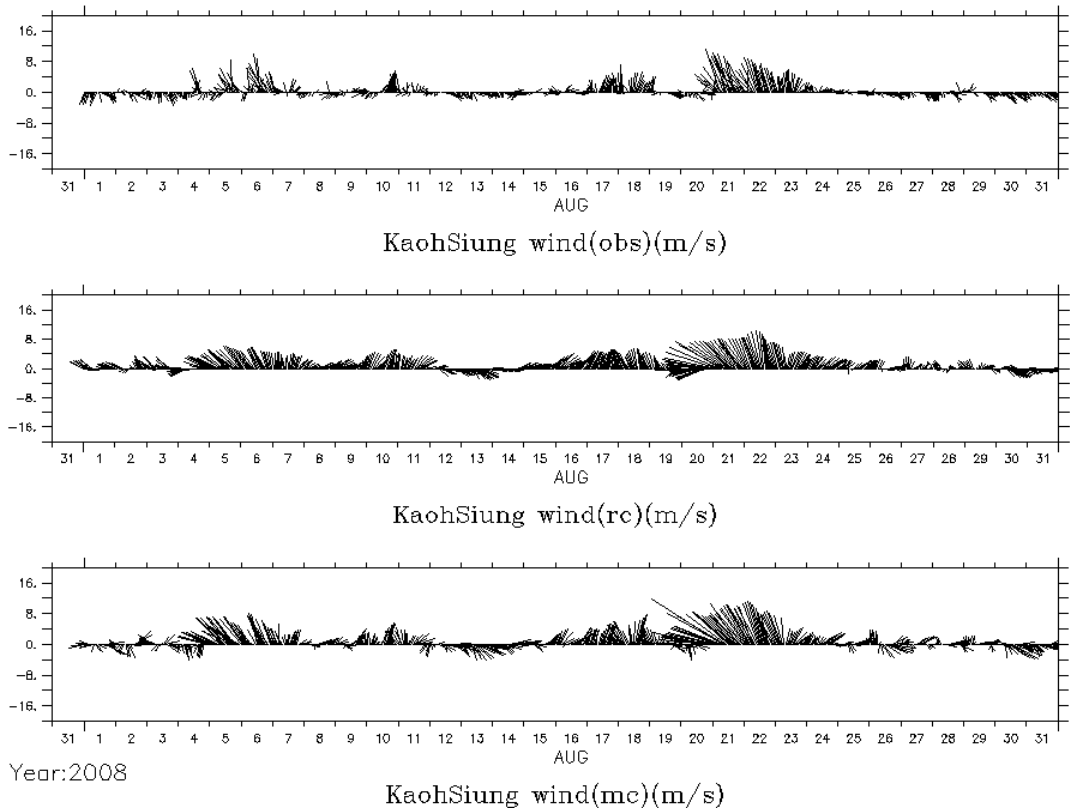


圖 7.3-52 高雄港 2008 年 8 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

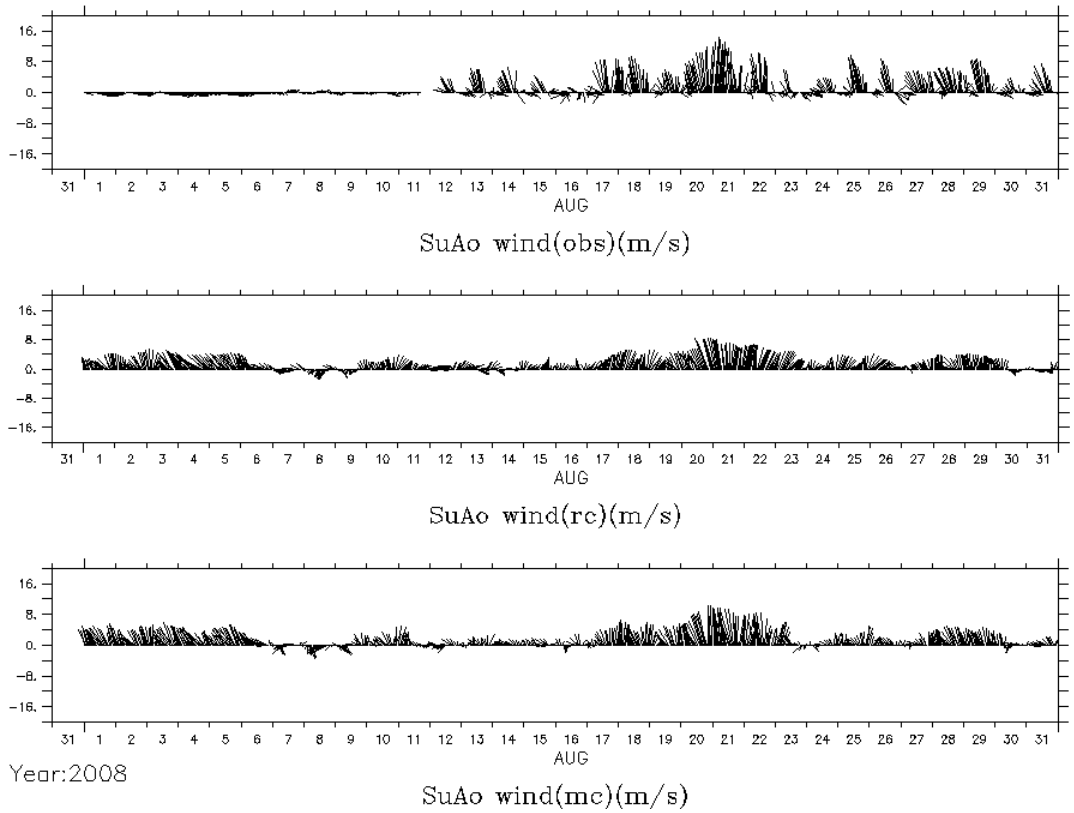


圖 7.3-53 蘇澳港 2008 年 8 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

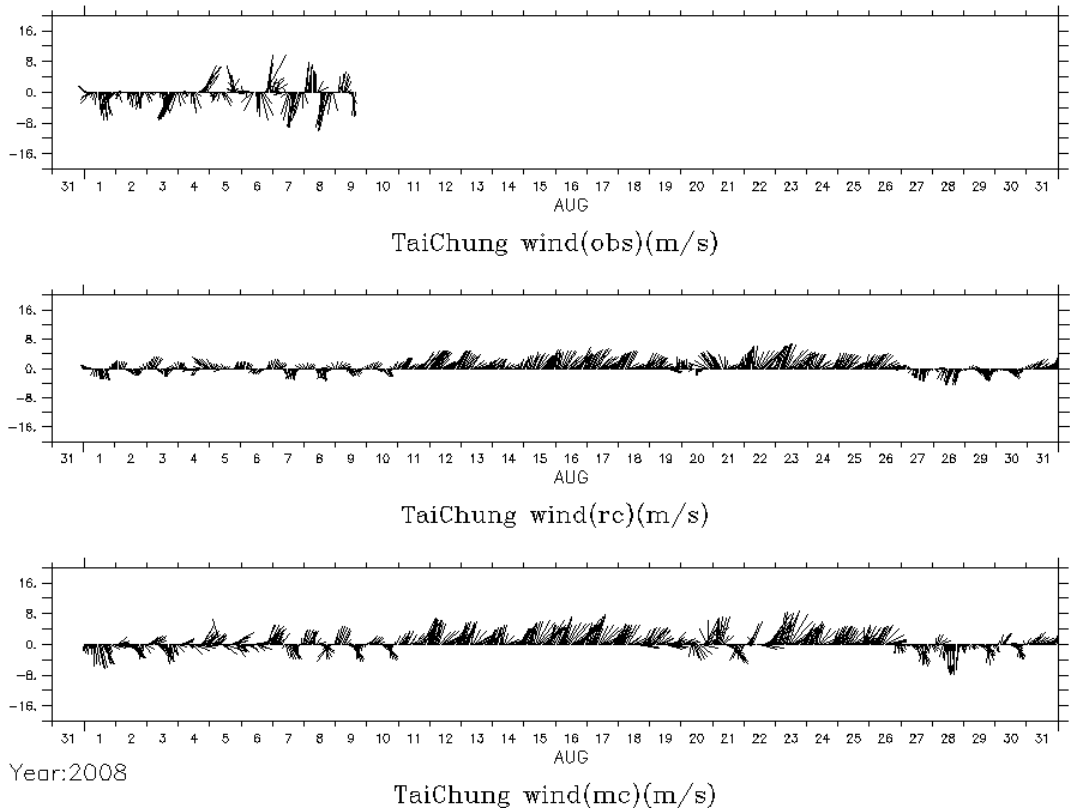


圖 7.3-54 台中港 2008 年 8 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

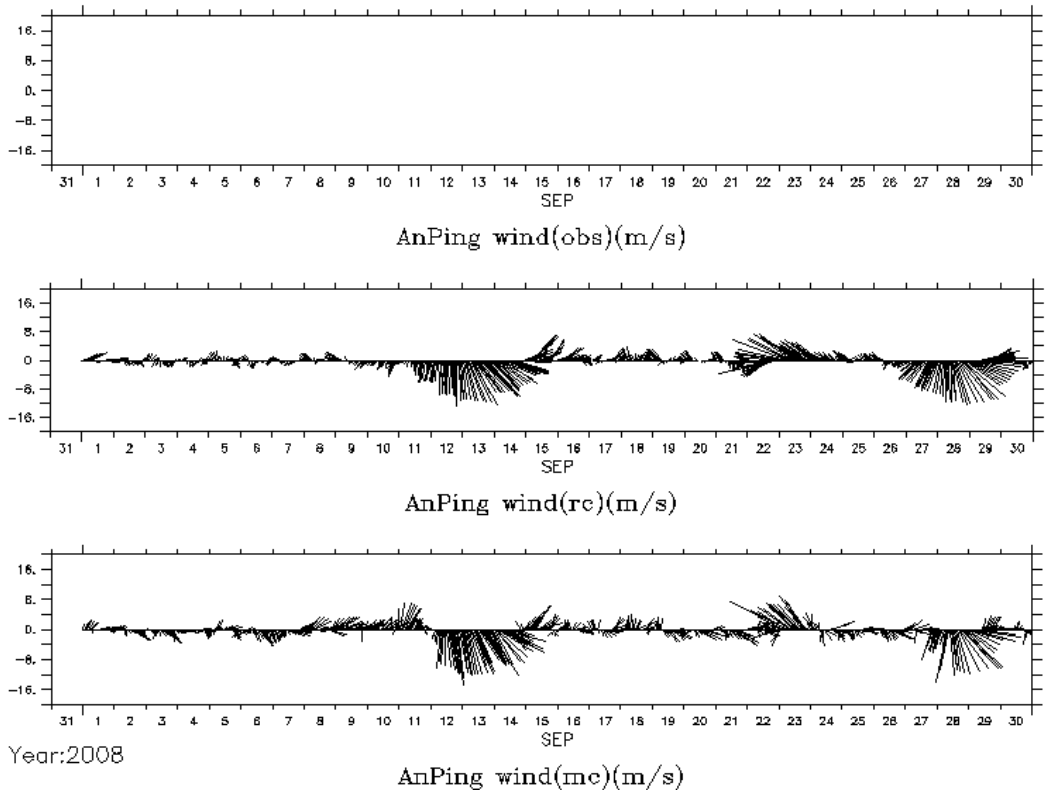


圖 7.3-55 安平港 2008 年 9 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

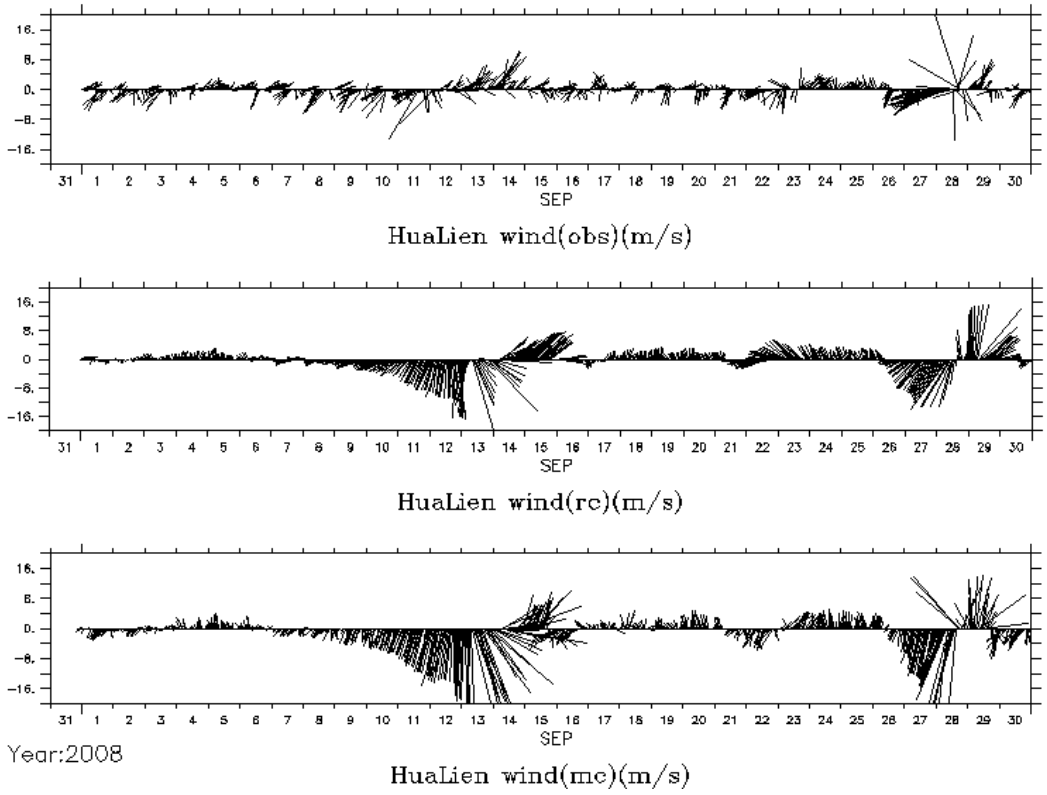


圖 7.3-56 花蓮港 2008 年 9 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

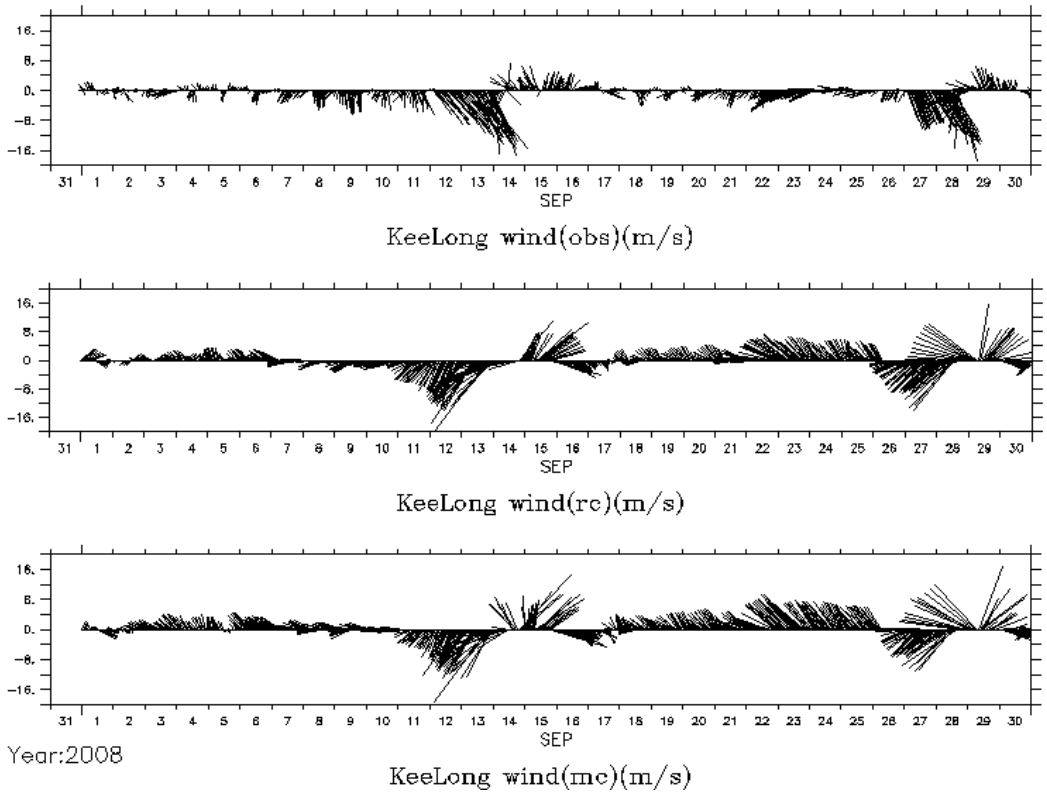


圖 7.3-57 基隆港 2008 年 9 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

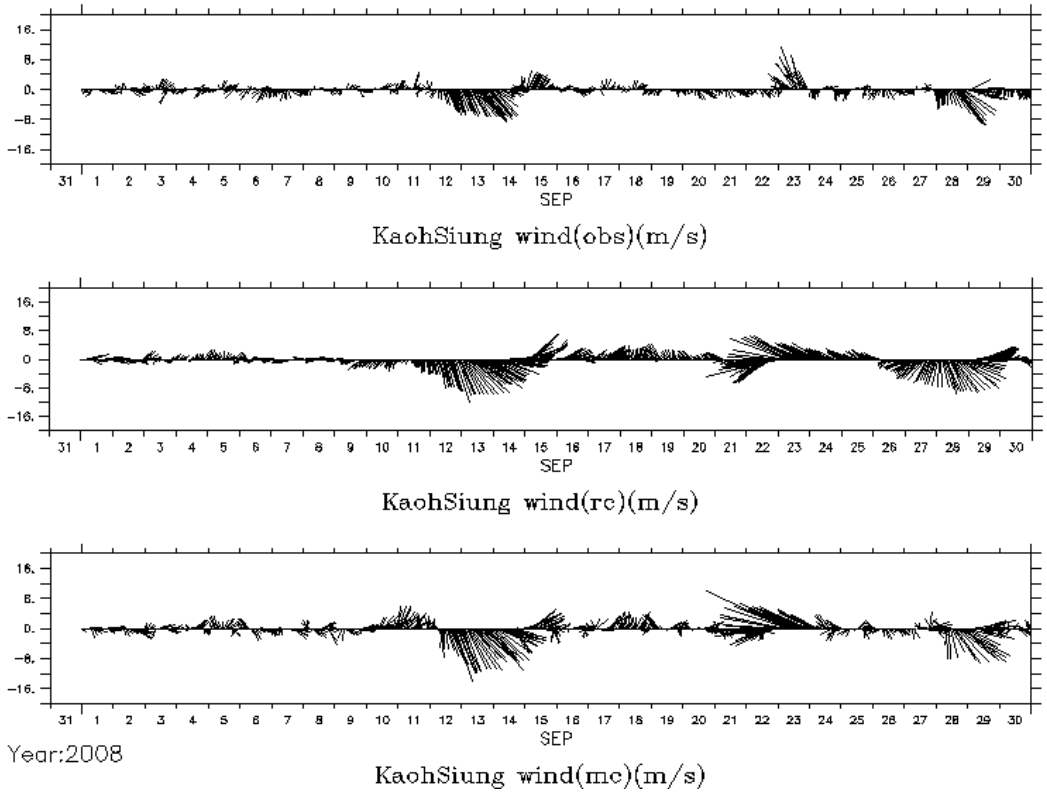


圖 7.3-58 高雄港 2008 年 9 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

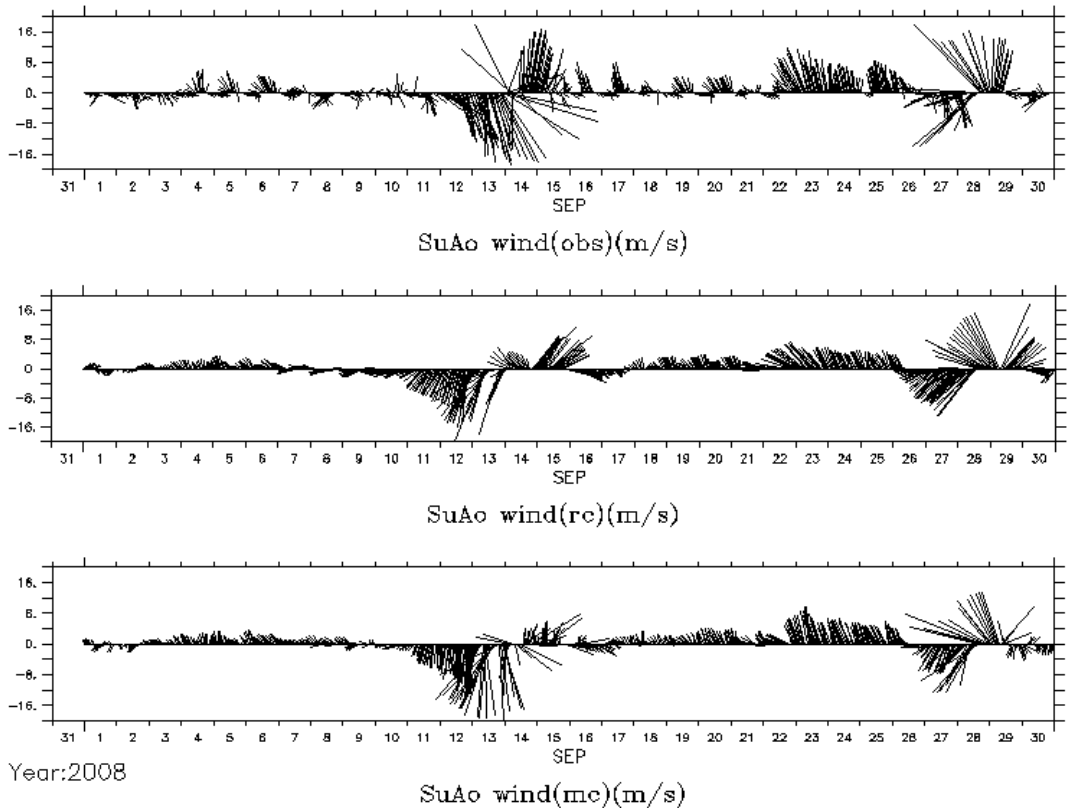


圖 7.3-59 蘇澳港 2008 年 9 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

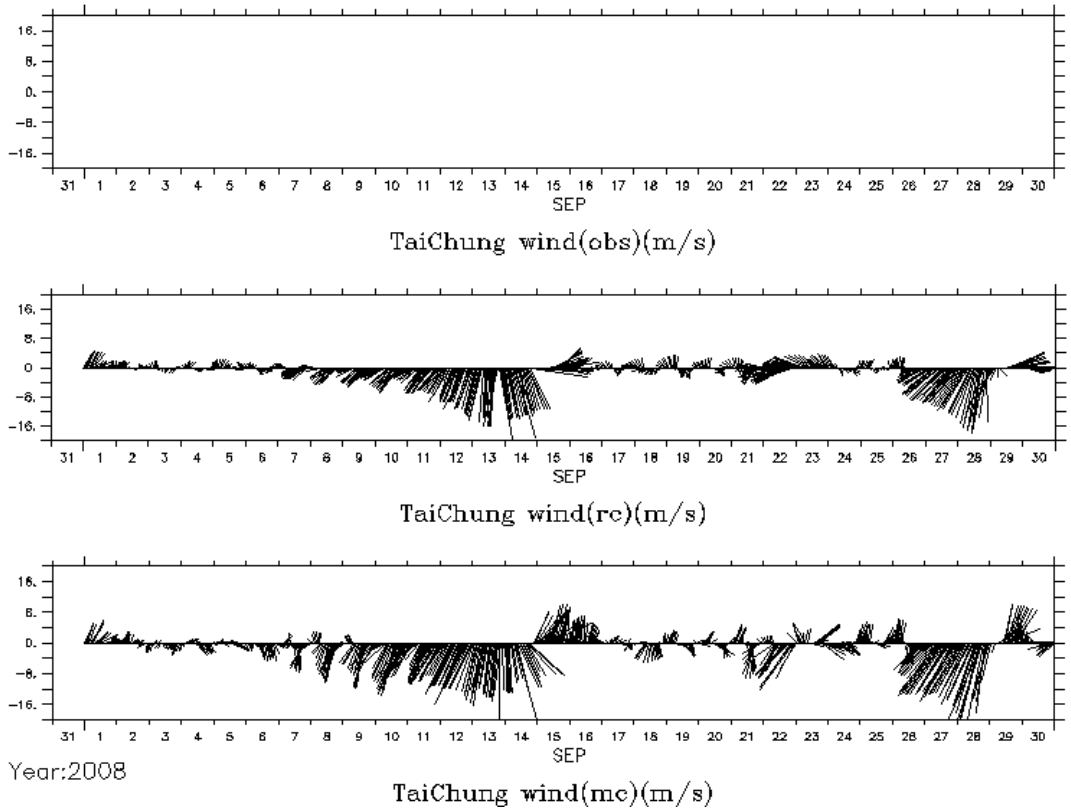


圖 7.3-60 台中港 2008 年 9 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

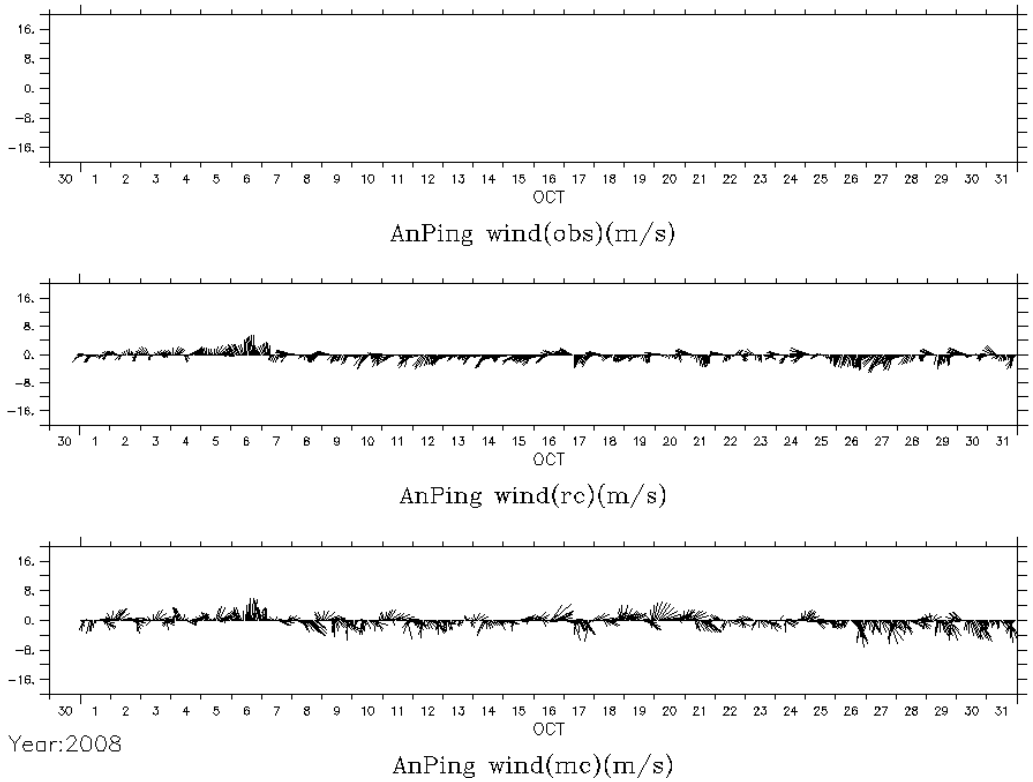


圖 7.3-61 安平港 2008 年 10 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

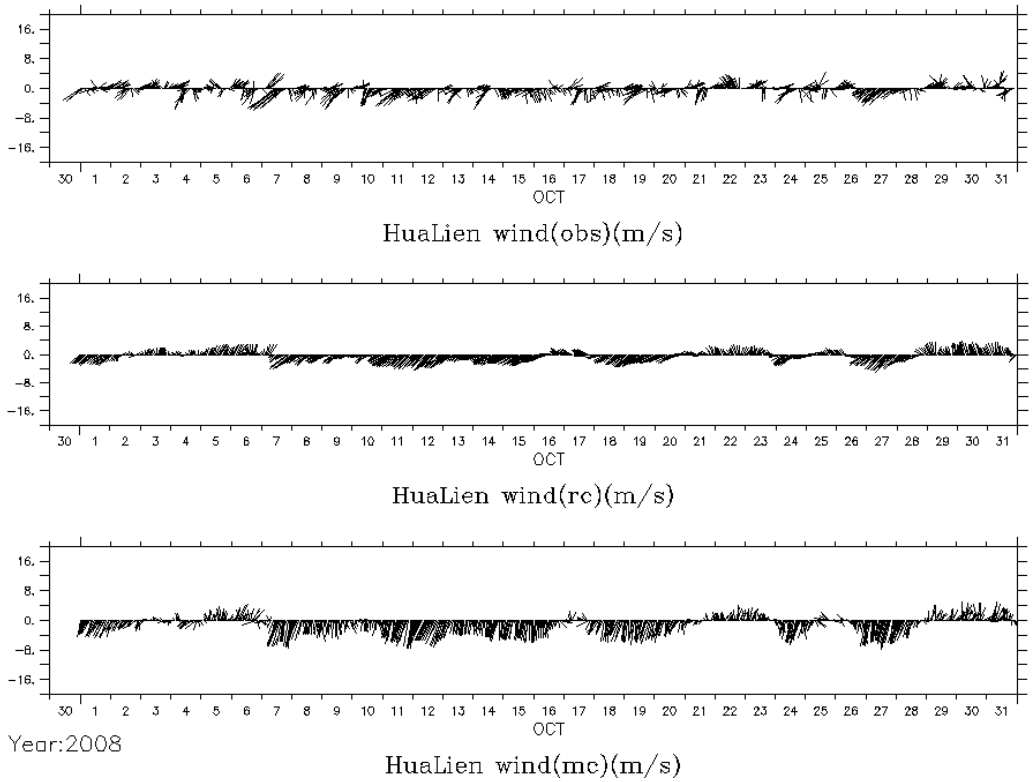


圖 7.3-62 花蓮港 2008 年 10 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

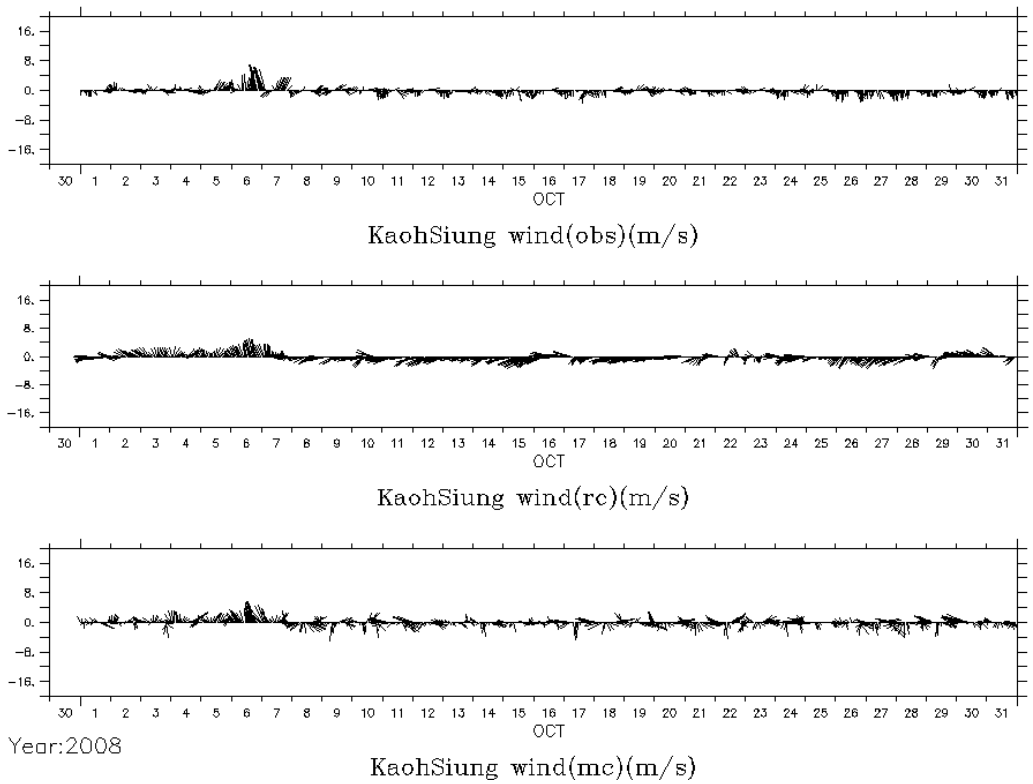


圖 7.3-63 高雄港 2008 年 10 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

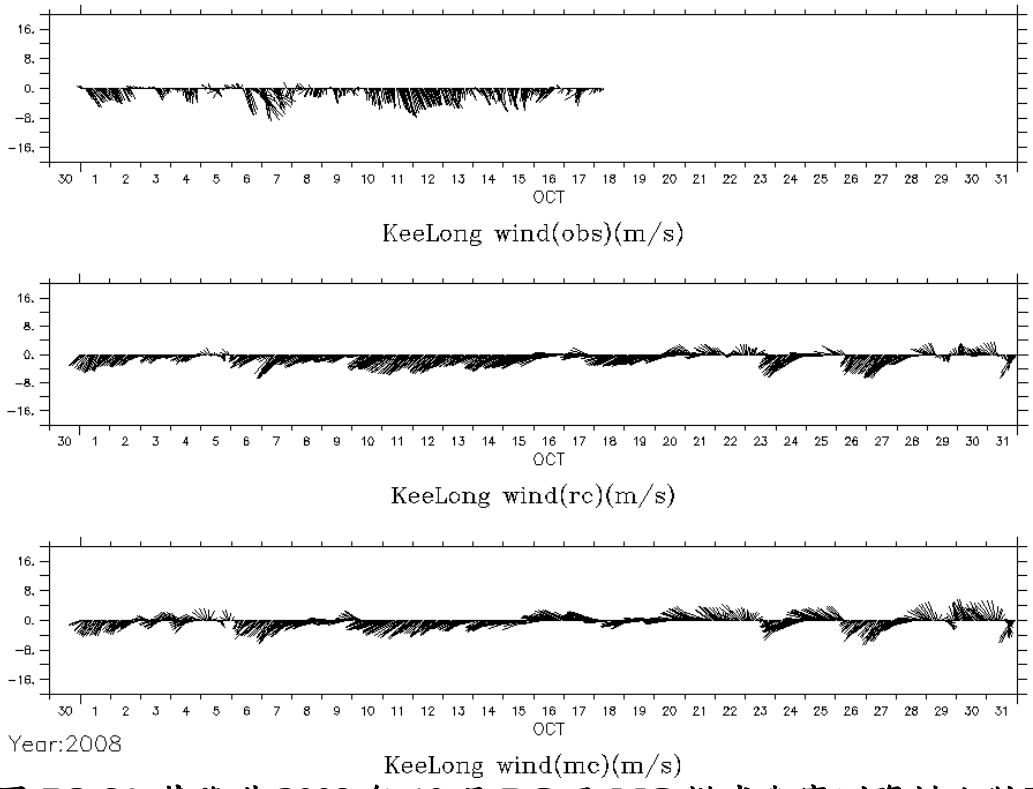


圖 7.3-64 基隆港 2008 年 10 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

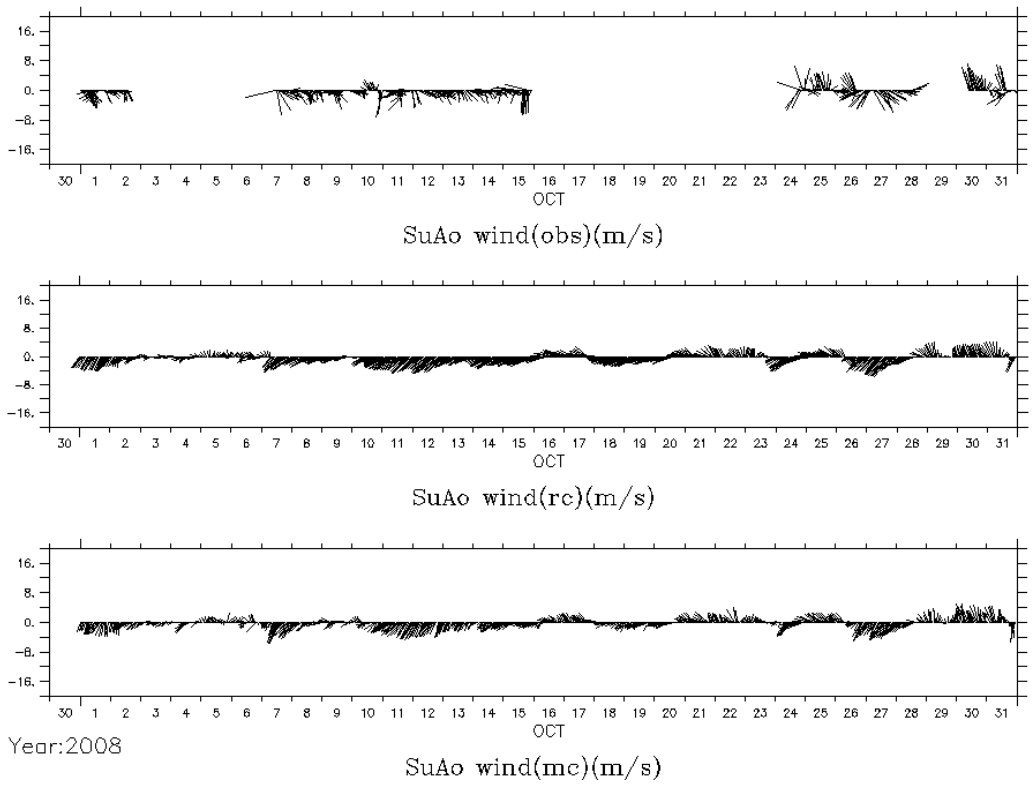


圖 7.3-65 蘇澳港 2008 年 10 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

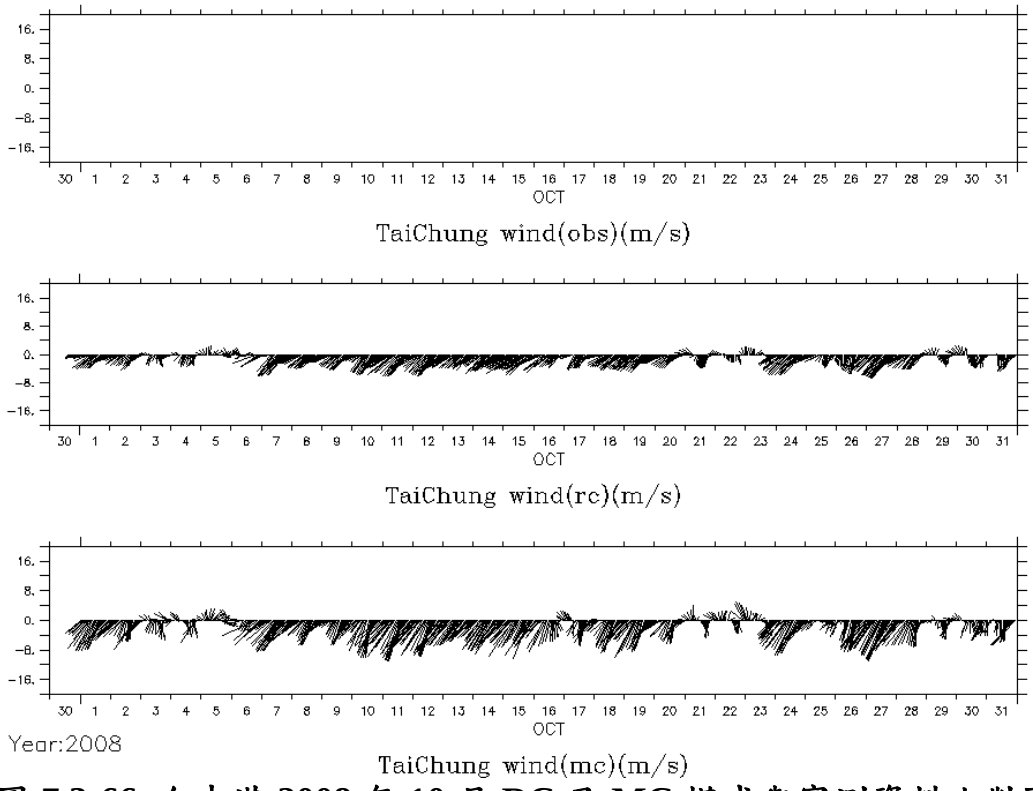


圖 7.3-66 台中港 2008 年 10 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

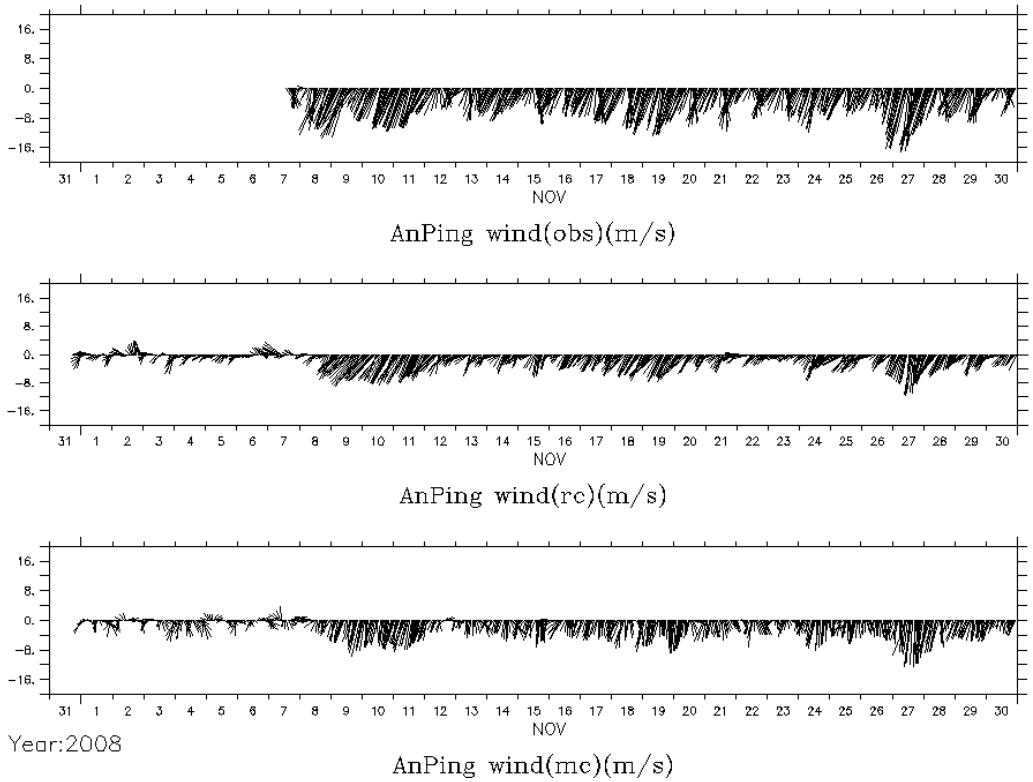


圖 7.3-67 安平港 2008 年 11 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

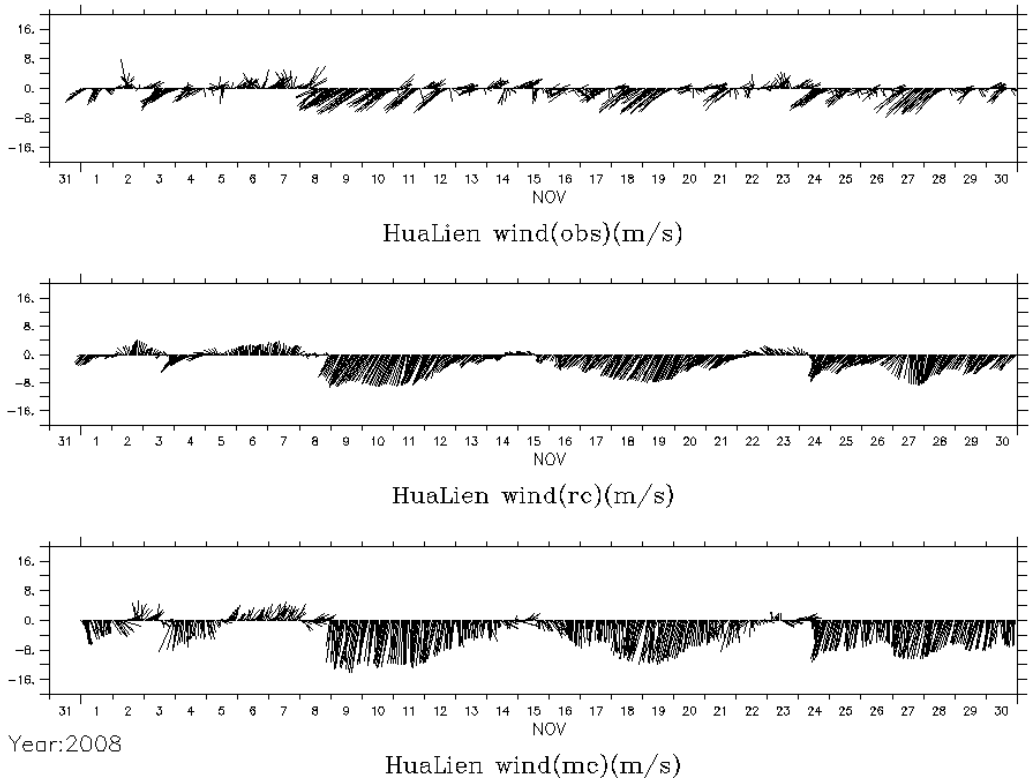


圖 7.3-68 花蓮港 2008 年 11 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

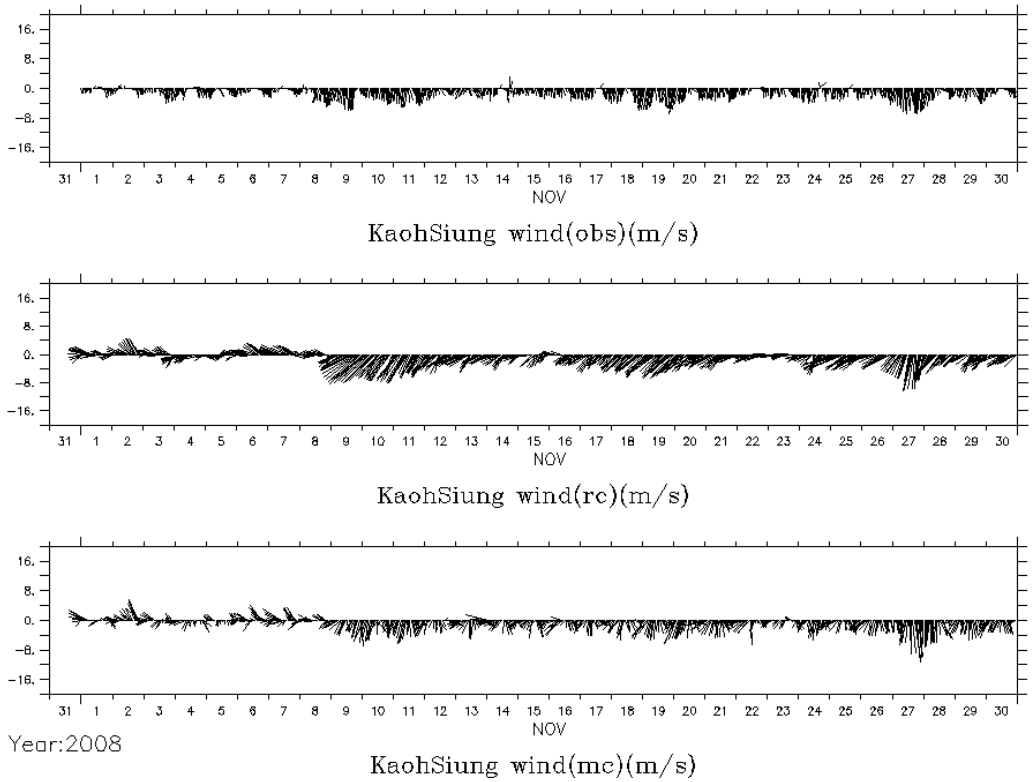


圖 7.3-69 高雄港 2008 年 11 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

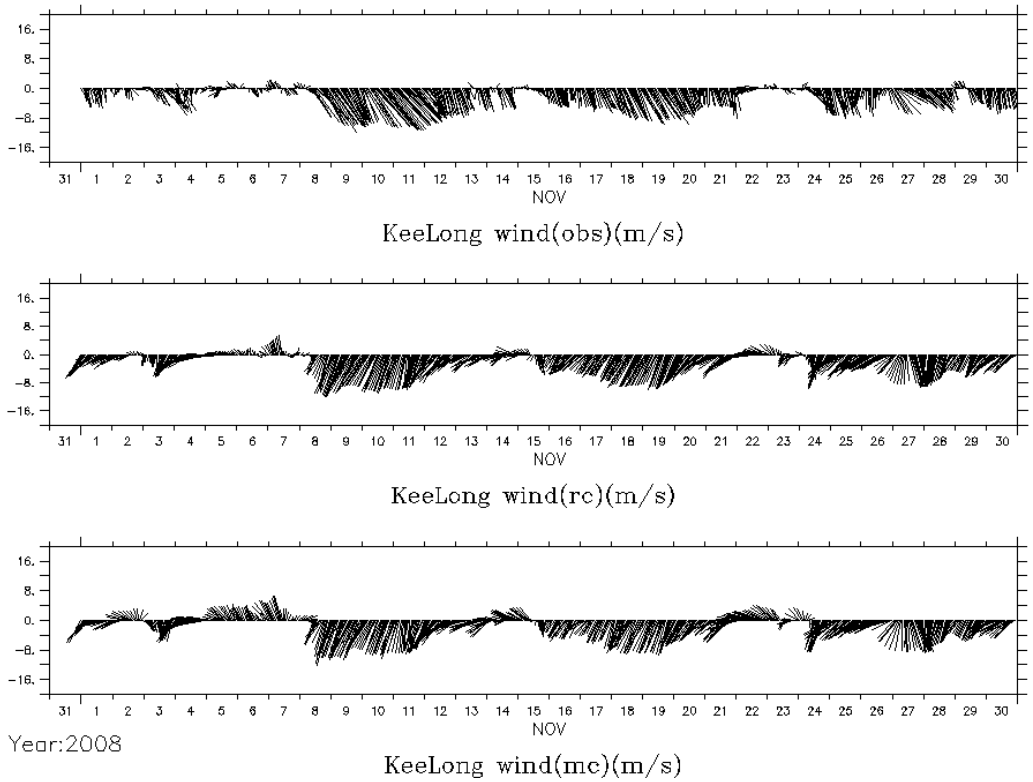


圖 7.3-70 基隆港 2008 年 11 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

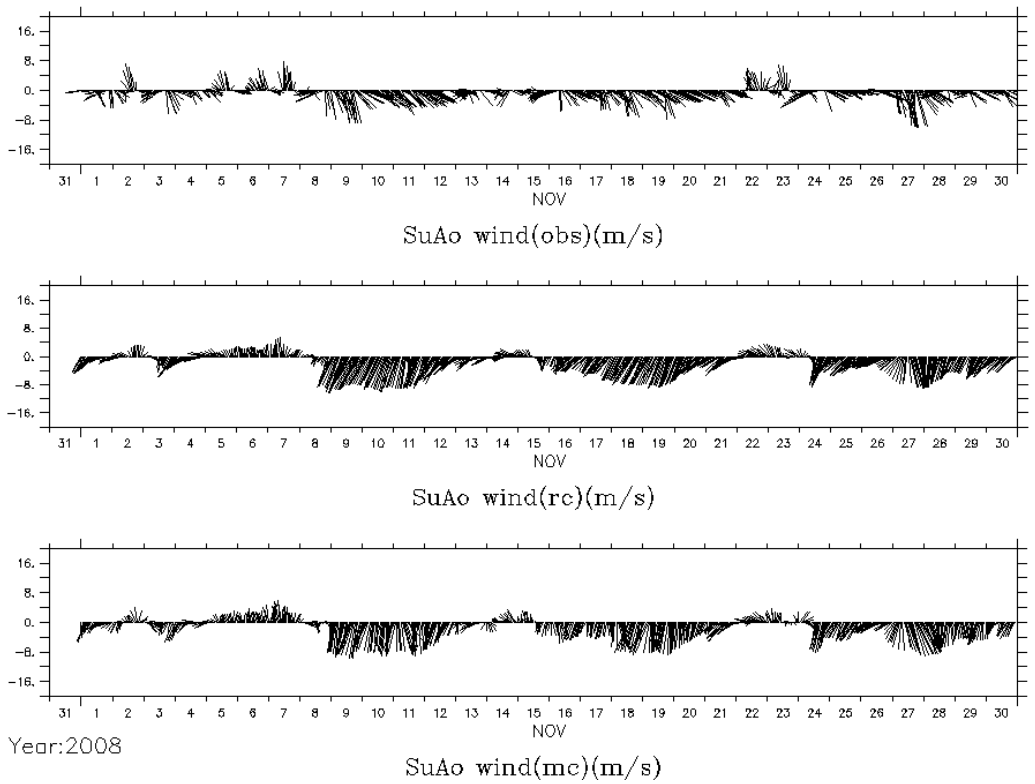


圖 7.3-71 蘇澳港 2008 年 11 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

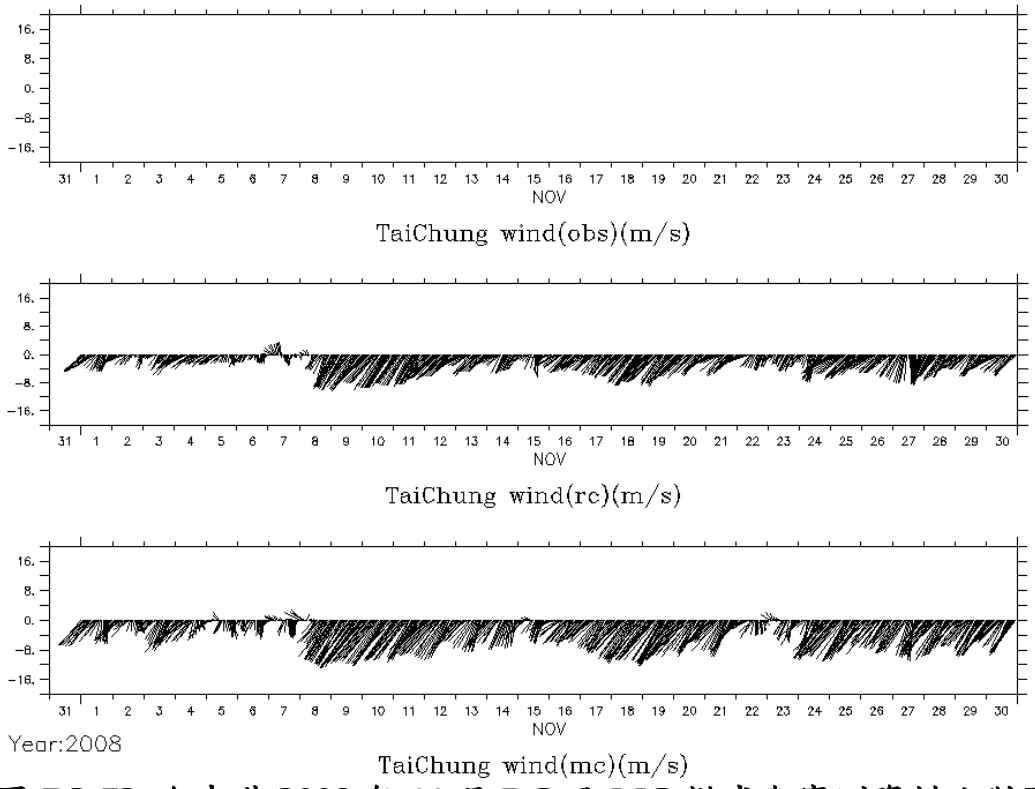


圖 7.3-72 台中港 2008 年 11 月 RC 及 MC 模式與實測資料比對圖

7.4 波浪作業化模式成果評估

為瞭解推算的波浪的正確性，本節整理了 2007/12 至 2008/06 共 7 個月的推算結果，以及相關的實測資料，進行波高、週期及波向的比對，完整的比較資料將展現於 4.2 節的波浪長期模擬中，本節僅節錄部分資料以便討論。

圖 7.4-1 至圖 7.4-7 依序呈現 2007/12～2008/06 各月份之台北港(圖 7.4-1)、台中港(圖 7.4-2)、安平港(圖 7.4-3)、高雄港(圖 7.4-4)、花蓮港(圖 7.4-5)、蘇澳港(圖 7.4-6)及基隆港(圖 7.4-7)之逐時波浪推算(WAM 及 SWAN)結果以及相關比較。各圖中分別有 WAM 及 SWAN 之推算結果，以及實測資料，由上依序為示性波高、平均週期、譜峰週期與波向、以及 WAM 及 SWAN 所採用之風向、風速時序圖，圖中藍色圓點為 WAM 的推算結果，黑色三角形為 SWAN 的推算結果，綠色圓圈則為實測資料。由於台北港及台中港的實測資料尚未整理出來，因此圖 7.4-1 及圖 7.4-2 中並未顯示實測資料。

從圖中可以發現 WAM 與 SWAN 之推算結果仍有很大差異性，且差異程度隨波高的增大而增加。各港的波高以 SWAN 的結果較大，但週期則相反；譜峰週期大致接近，但波向、風向及風速部分則都有明顯差異。

表 7.4-1 至表 7.4-3 分別顯示安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及基隆港之 WAM 及 SWAN 與實測資料的均方根誤差值，圖 7.4-8～圖 7.4-12 則依序顯示其比較圖。各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。從表圖中可以看到大部分的波高差值多在 1 公尺以下；而週期則有大約 2 秒的差異性，偶有更大的秒數差異；波向則有較大的差異性。這些差異性，除了部分原因是地形無法完全反應實際變化，以及風場仍有很大差異外，由於波浪觀測站多設於波動會受到地形強烈影響的淺水域，而且波浪推算無法精準計算觀測站正確位置上的波動(都需要用到內插求值)，因此波高的差異性尚能接受；而週期的部分必須提出說明的是：目前波浪推算係由頻譜譜距參數推算平均週期。而觀測的則為示性週期，由於尚無各港區當地的平均週期及示性週期的轉換參數，因此本節係直接進行比較，以便瞭解期間的相關性。如以 Goda 建議 $T_S = (1.1 \sim 1.3)T_{mean}$ 概估的

話，其偏差值應可以減小。波向的偏差較大亦應與區域性的地形變化有關。也就是說，波浪推算的波向係屬於大範圍的趨勢；而現場觀測的則完全是區域性的特性，兩者在比較上會有較大的差異性。

在波浪推算作業化模式中，目前遭遇的問題大致可以分為：

1. SWAN推算之波浪示性波高在東海岸偏高但西海岸則偏小；
2. SWAN推算之波浪平均週期偏小；
3. WAM與SWAN推算之波向差異性很大。

累積過去的相關經驗發現，波浪推算中可能影響到推算結果的因素包含下列幾項：

1. 風場的正確性與解析度：由於目前中央氣象局所提供之RC、MC及HC等風場，係採用不同模式及理論推算而來，對大尺度的大氣科學或海洋科學而言，可能其精度已經足夠提供可用之資訊；但是對小尺度且需要高精確度的海岸工程而言，便顯得精度不足，且嚴重影響推算結果。圖7.4-13及7.4-14所示為2004/07/01 00HR 之RC、MC及HC等風場的鑲嵌風速/風向分佈比較圖，圖中顯示在台灣附近的風場變化(包含風速及風向)差異非常大但在大洋處則相當一致，主要原因應是各個理論模式對於地域性效應反應不一致。雖然就模式本身而言，大尺度不善於推估地域性特性，預估而小尺度較佳乃是理所當然，但對於企圖結合多種風場模式推算結果的波浪推算則產生了相當大的負擔。要想得到較佳的波浪推算結果，未來仍需要從如何獲得較佳的風場著手。

2. 為了能夠以現有電腦設備在要求作業時程內完成波浪推算，目前的 WAM 波浪推算是以非定常狀態模擬，但由於 SWAN 的推算相當耗時，目前係採用定常狀態推算。然而從過去的測試中發現：定常狀態的推算方式可能不適合於目前的風浪推算規模，近域的風浪推算仍以非定常狀態的模擬為宜。計算時間間距變小會使得推算的波高轉小，可能與計算次數增加也相對提高了能量的損耗；但是週期則略有加長，可以改善 SWAN 波浪週期始終偏小的問題。此外，也可以明顯改善巢狀計算間的波高週期趨勢不一致的問題。迭代次數的提高(SWAN 的預設為 1 次)可以改善數值結果間的一致性，以及提高推算的波高與週期值，應能更接近實際的資料。計算範圍的大小以及邊界設置的地點都會影響到推算的結

果。未來除了考量硬體設備計算能力的提升外，亦需要逐項檢討各種可能的影響因素及數值技巧。

3. 雖然WAM及SWAN對於波向的計算公式相同，均係利用鄰近四個節點的能量值進行計算，但是由於兩個模式的網格解析度不同，導致所採用的參考節點值不同，而得到不同的結果。因此，網格解析度應是造成波向變化差異很大的緣故。

由於數值模式常有過度簡化區域形物理特性的情形，例如假設400m×400m 網格內的地形是均勻的；而實測資料又相當完整地呈現區域的特性，但資料點數又受限於經費、設備與人力，而無法擴增，導致在資料比對時常無法確認數值模擬的適切性。未來在資料比對上需要尋找一些較具參考性的統計參數，以免造成數值模擬永遠是錯的印象，降低對數值結果的操考價值。

表 7.4-1　2007/12~2008/11 各商港推算示性波高 r.m.s.值

年/月	模式	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
200712	WAM	5.25	0.43	0.24	0.44	0.44	NaN	5.38
	SWAN	1.71	0.58	0.29	0.59	0.64	NaN	2.72
200801	WAM	0.62	0.38	0.24	0.52	0.68	NaN	NaN
	SWAN	0.32	0.85	0.32	0.59	0.95	NaN	NaN
200802	WAM	NaN	0.39	0.22	0.57	0.56	NaN	NaN
	SWAN	NaN	0.71	0.31	0.67	0.89	NaN	NaN
200803	WAM	0.59	0.37	0.23	0.38	0.37	NaN	NaN
	SWAN	0.67	0.50	0.31	0.60	0.54	NaN	NaN
200804	WAM	NaN	0.34	0.26	0.36	0.38	NaN	NaN
	SWAN	NaN	0.43	0.33	0.37	0.44	NaN	NaN
200805	WAM	0.55	0.31	0.26	0.30	0.38	NaN	NaN
	SWAN	0.61	0.56	0.29	0.68	0.57	NaN	NaN
200806	WAM	0.63	0.37	0.63	0.61	0.43	NaN	NaN
	SWAN	0.74	0.44	0.66	0.48	0.49	NaN	NaN
200807	WAM	5.30	4.54	9.10	6.28	4.99	6.02	4.88
	SWAN	2.53	4.36	8.98	6.21	5.00	5.87	2.45
200809	WAM	5.95	4.42	9.10	5.84	6.91	5.98	5.90
	SWAN	2.42	4.28	9.05	5.70	6.83	5.67	2.55
200810	WAM	6.10	3.57	9.08	5.23	4.72	6.08	5.54
	SWAN	2.27	3.43	9.04	5.39	5.00	6.06	2.44
200811	WAM	5.47	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	5.17
	SWAN	1.82	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.38

表 7.4-2　2007/12~2008/11 各商港推算平均週期 r.m.s.值

年/月	模式	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
200712	WAM	1.71	2.69	1.47	2.13	2.80	NaN	2.43
	SWAN	3.06	4.82	3.45	3.89	4.76	NaN	2.32
200801	WAM	2.81	2.04	1.38	1.31	1.60	NaN	NaN
	SWAN	0.85	0.94	1.30	1.20	1.54	NaN	NaN
200802	WAM	NaN	2.12	1.60	1.26	1.36	NaN	NaN
	SWAN	NaN	0.86	1.03	0.93	1.20	NaN	NaN
200803	WAM	1.17	1.49	1.53	1.08	1.08	NaN	NaN
	SWAN	2.19	1.24	1.09	1.15	1.65	NaN	NaN
200804	WAM	NaN	0.89	1.78	1.03	1.00	NaN	NaN
	SWAN	NaN	2.00	1.37	1.38	1.82	NaN	NaN
200805	WAM	1.10	1.09	1.74	1.49	1.20	NaN	NaN
	SWAN	2.27	1.85	1.17	1.05	1.91	NaN	NaN
200806	WAM	2.85	1.15	2.53	1.31	1.17	NaN	NaN
	SWAN	1.03	2.00	0.89	1.86	2.06	NaN	NaN
200807	WAM	2.85	5.29	5.34	5.02	5.36	5.01	3.17
	SWAN	2.60	3.07	3.67	2.64	2.82	3.27	2.26
200809	WAM	3.11	5.41	5.85	4.73	5.26	5.60	2.73
	SWAN	3.20	2.94	3.32	2.66	2.87	3.22	2.71
200810	WAM	3.88	6.77	5.92	6.32	6.82	6.07	4.42
	SWAN	3.56	3.61	3.44	3.18	3.26	3.38	3.16
200811	WAM	2.65	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.53
	SWAN	3.19	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.28

表 7.4-3　2007/12~2008/11 各商港推算平均波向 r.m.s.值

年/月	模式	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
200712	WAM	191	143	102	195	138	NaN	208
	SWAN	187	103	62	177	112	NaN	202
200801	WAM	99	139	107	189	130	NaN	NaN
	SWAN	52	110	51	174	110	NaN	NaN
200802	WAM	NaN	134	116	185	136	NaN	NaN
	SWAN	NaN	119	45	182	127	NaN	NaN
200803	WAM	110	151	93	198	149	NaN	NaN
	SWAN	125	101	113	174	113	NaN	NaN
200804	WAM	NaN	167	161	204	106	NaN	NaN
	SWAN	NaN	86	142	162	118	NaN	NaN
200805	WAM	95	172	168	212	78	NaN	NaN
	SWAN	144	102	164	210	123	NaN	NaN
200806	WAM	209	222	221	259	116	NaN	NaN
	SWAN	205	35	220	185	167	NaN	NaN
200807	WAM	106	309	108	296	322	84	117
	SWAN	103	140	103	266	163	158	112
200809	WAM	119	328	117	283	330	93	134
	SWAN	116	129	150	220	137	181	130
200810	WAM	144	286	157	262	288	164	198
	SWAN	140	165	189	225	171	215	193
200811	WAM	182	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	215
	SWAN	179	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	210

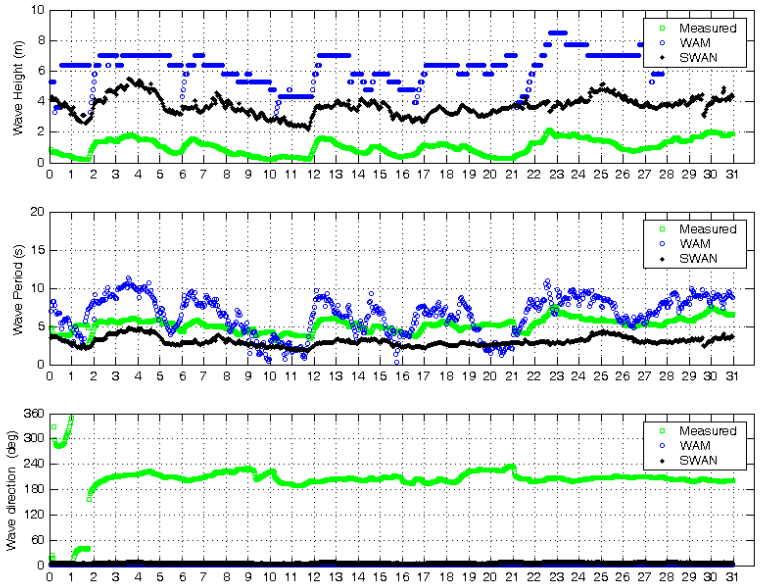


圖 7.4-1　台北港波浪推算及比較(2007/12)

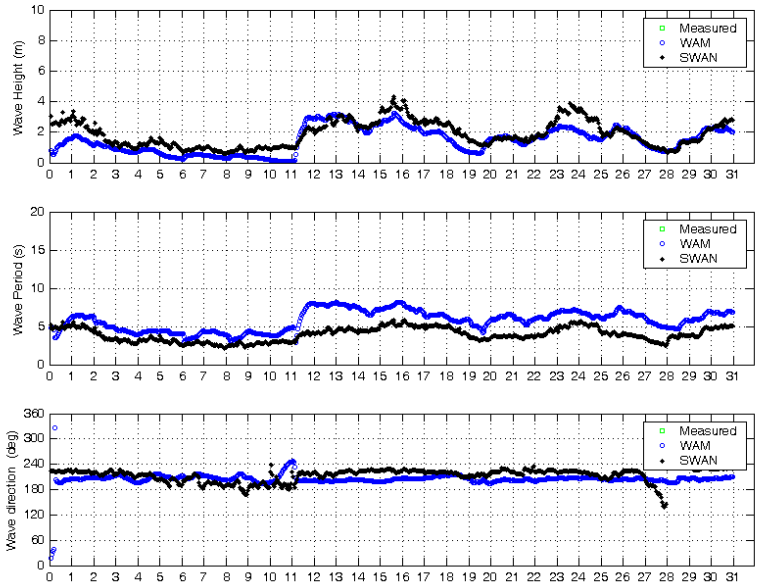


圖 7.4-2　台北港波浪推算及比較(2008/01)

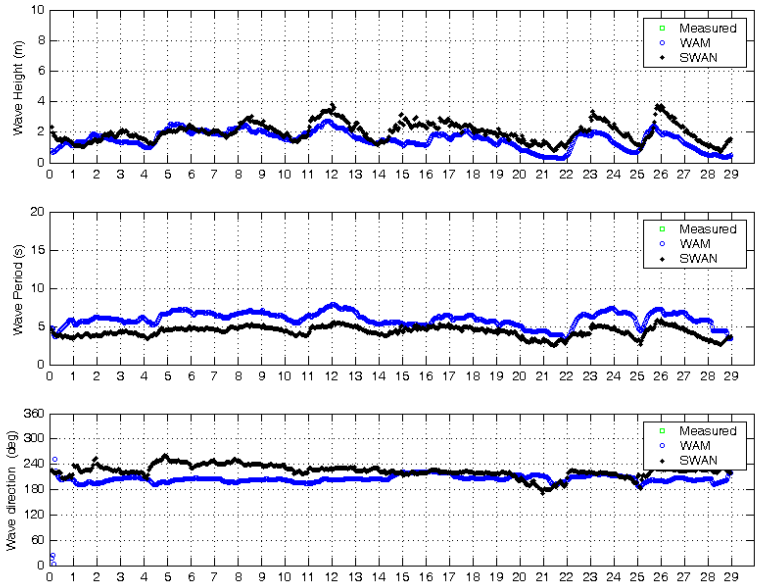


圖 7.4-3　台北港波浪推算及比較(2008/02)

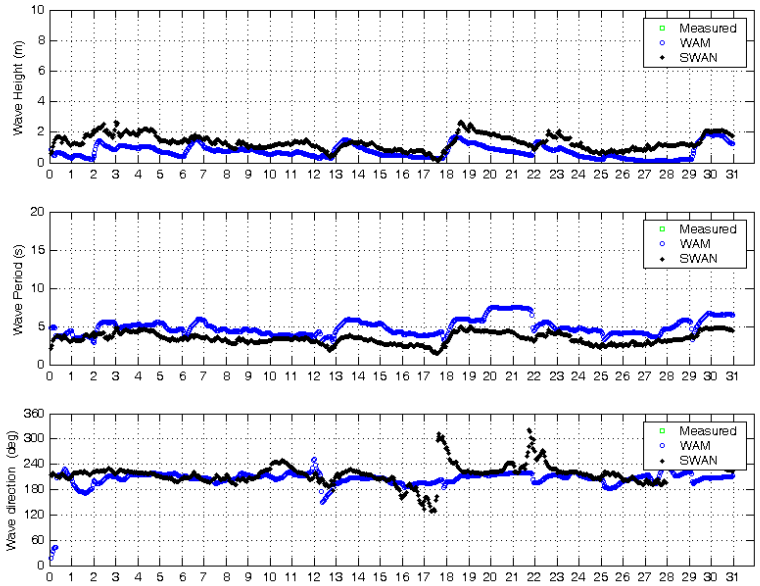


圖 7.4-4　台北港波浪推算及比較(2008/03)

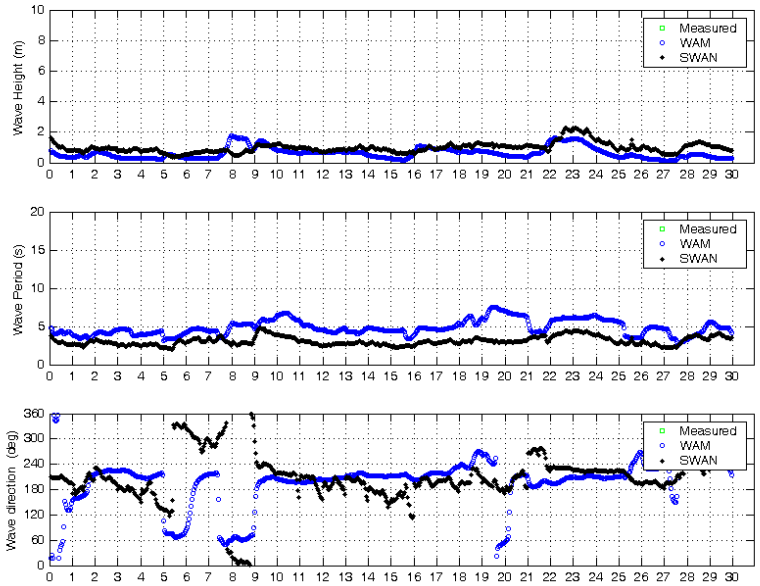


圖 7.4-5　台北港波浪推算及比較(2008/04)

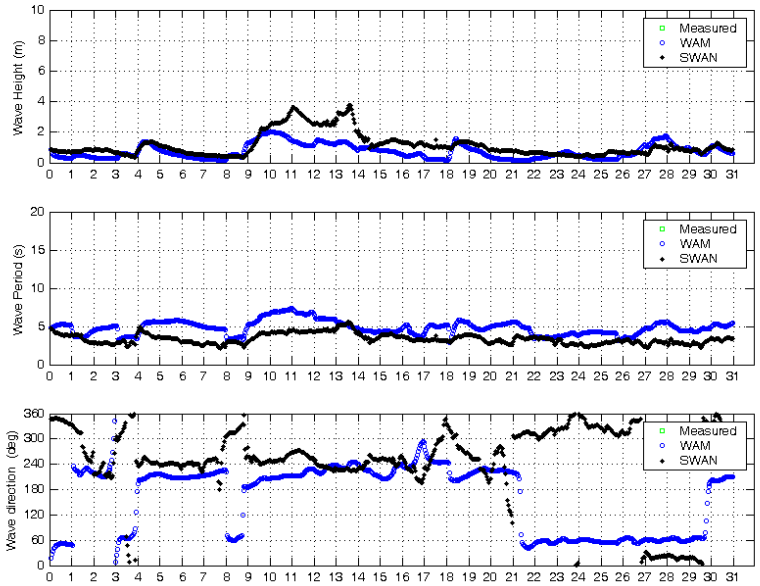


圖 7.4-6　台北港波浪推算及比較(2008/05)

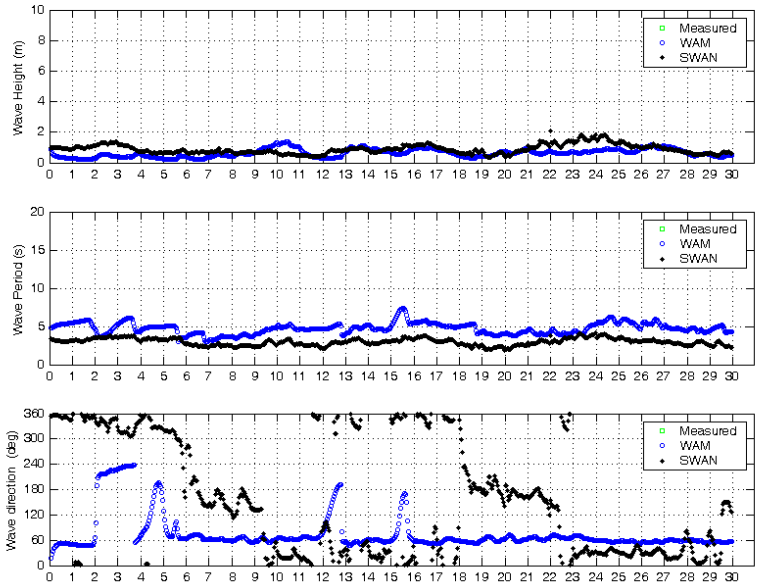


圖 7.4-7　台北港波浪推算及比較(2008/06)

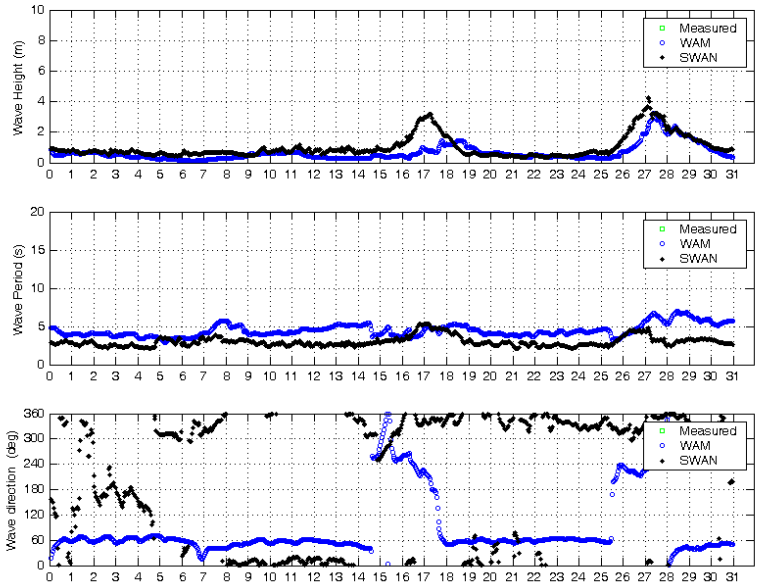


圖 7.4-8　台北港波浪推算及比較(2008/07)

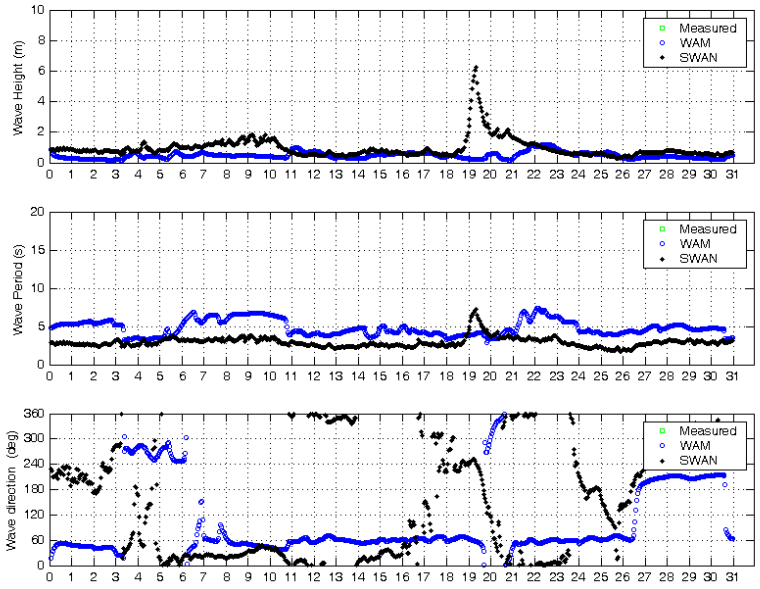


圖 7.4-9　台北港波浪推算及比較(2008/08)

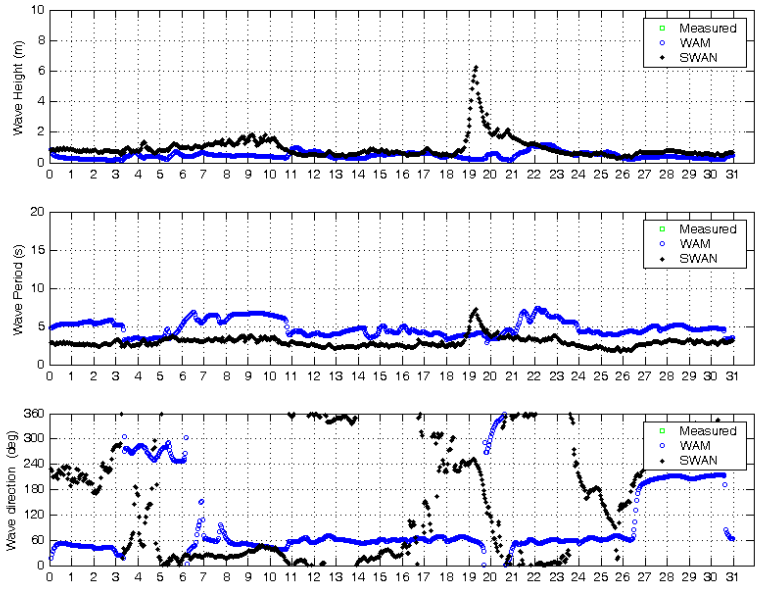


圖 7.4-10　台北港波浪推算及比較(2008/09)

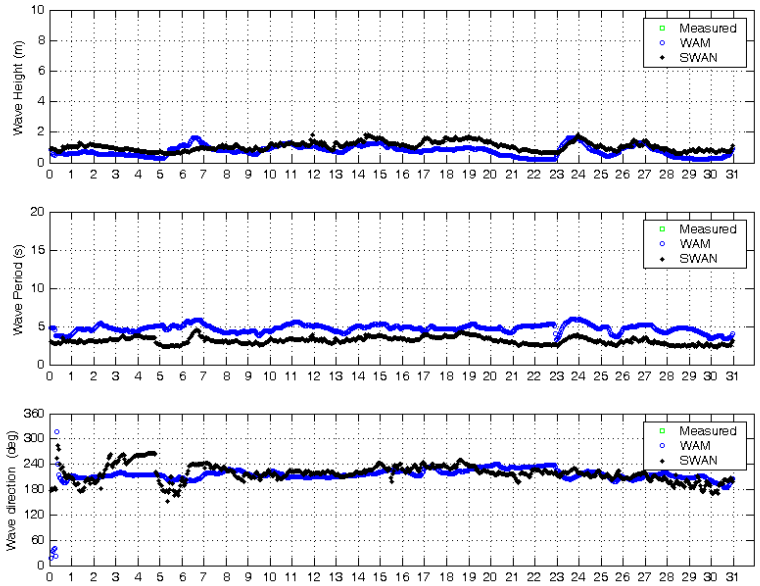


圖 7.4-11　台北港波浪推算及比較(2008/10)

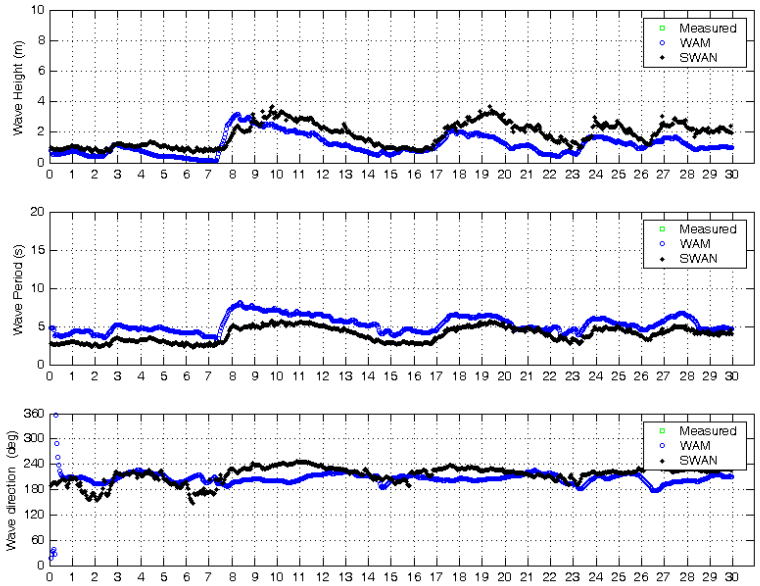


圖 7.4-12　台北港波浪推算及比較(2008/11)

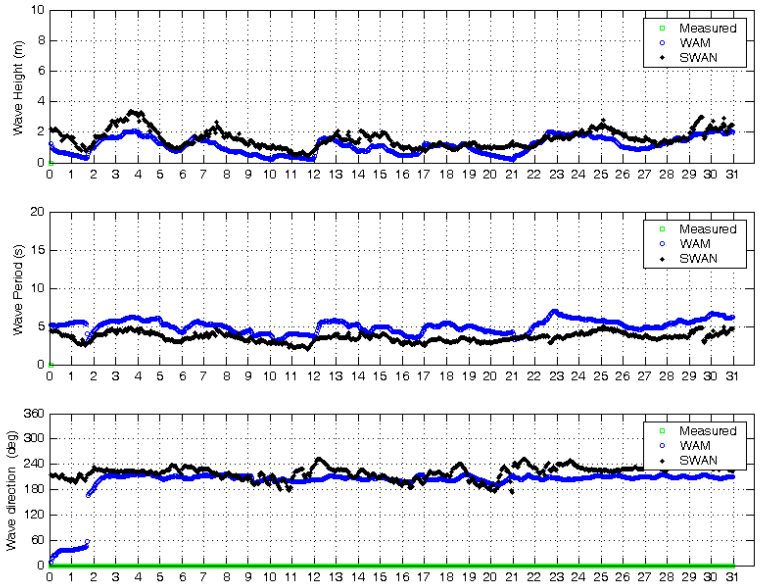


圖 7.4-13　台中港波浪推算及比較(2007/12)

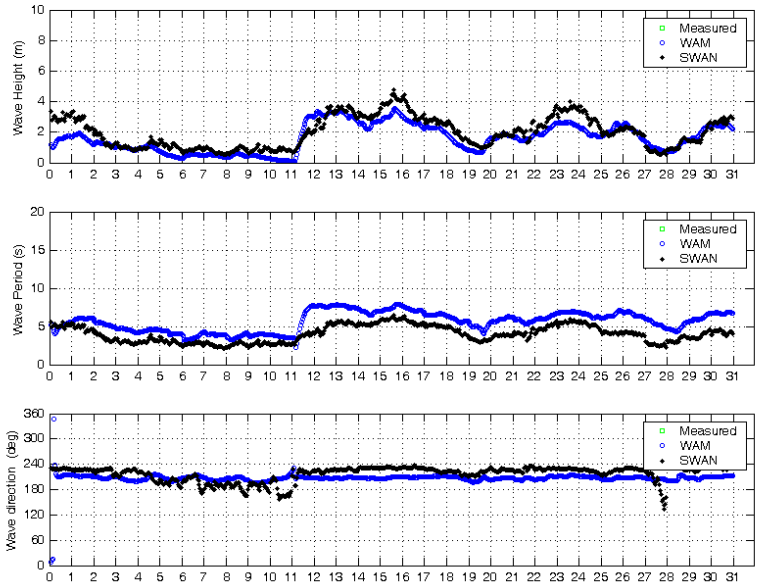


圖 7.4-14　台中港波浪推算及比較(2008/01)

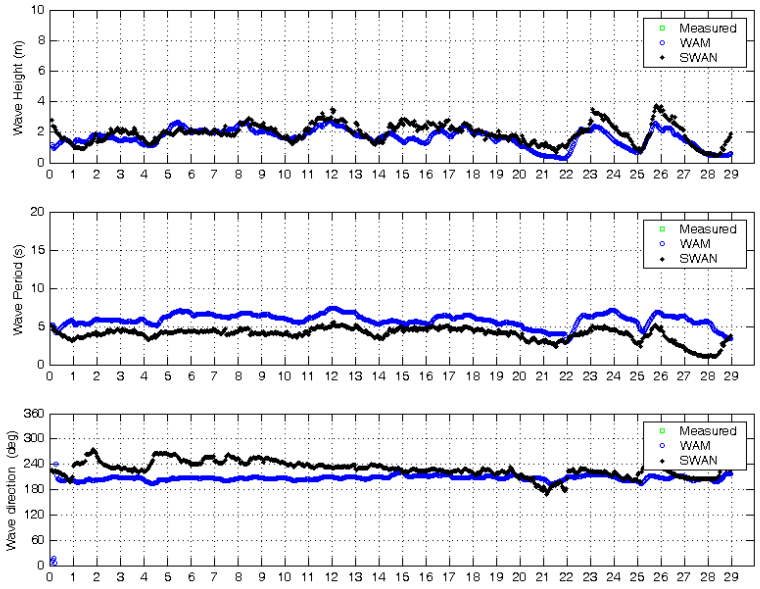


圖 7.4-15　台中港波浪推算及比較(2008/02)

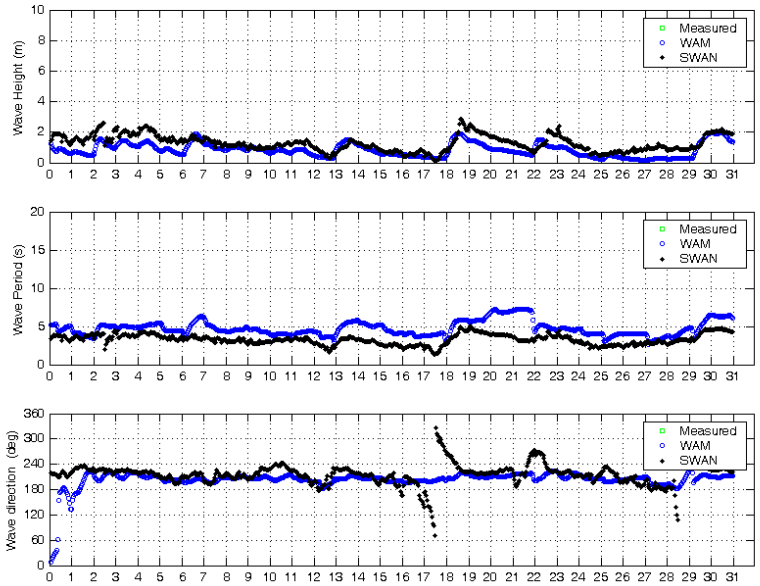


圖 7.4-16　台中港波浪推算及比較(2008/03)

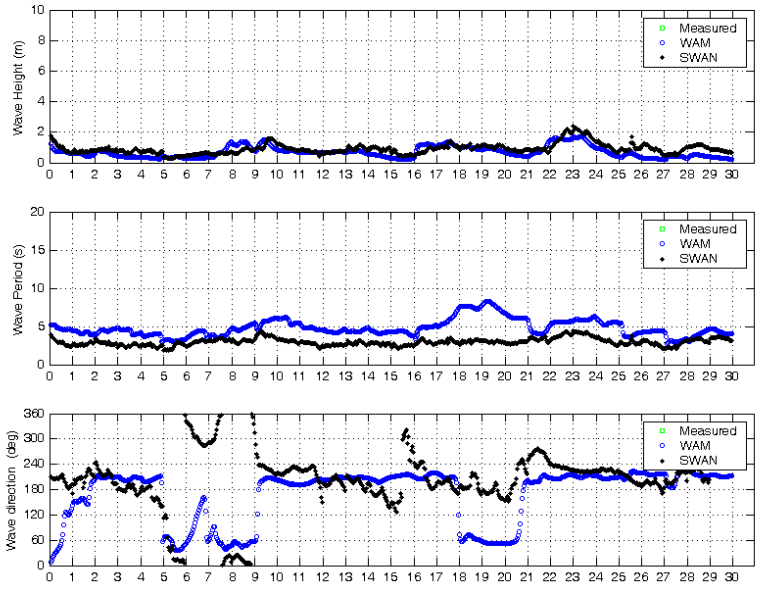


圖 7.4-17　台中港波浪推算及比較(2008/04)

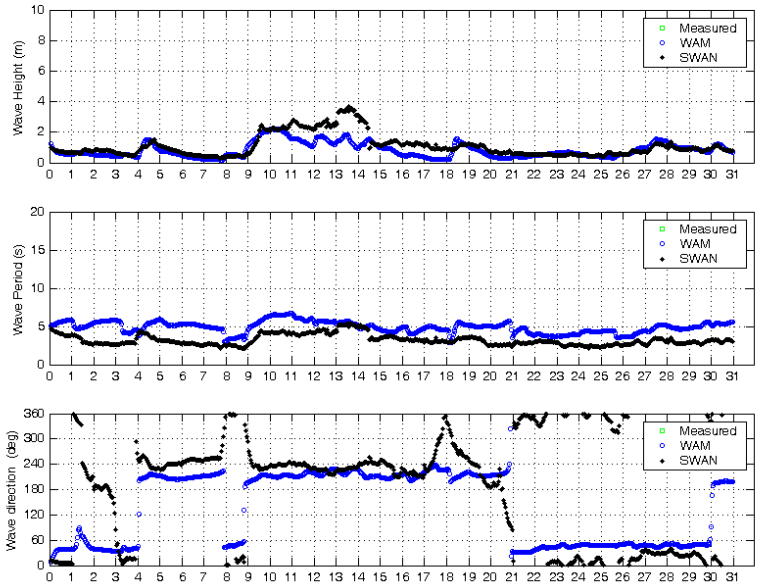


圖 7.4-18　台中港波浪推算及比較(2008/05)

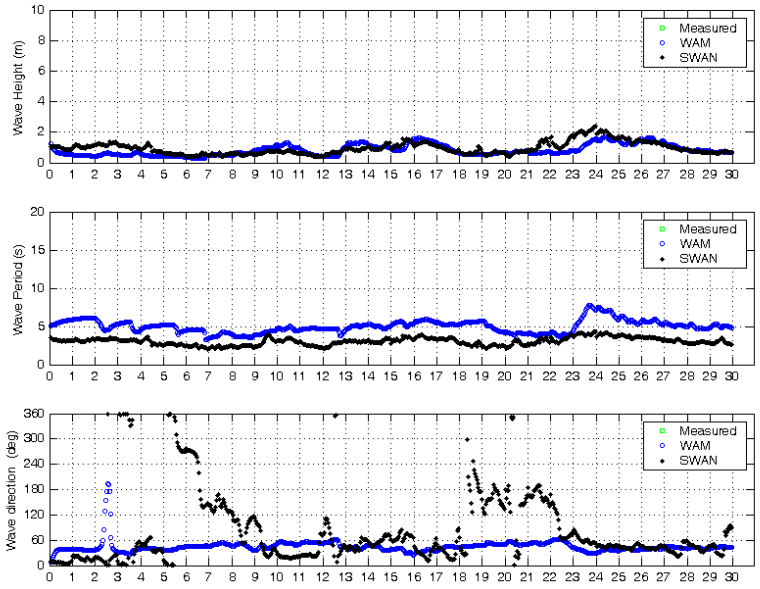


圖 7.4-19　台中港波浪推算及比較(2008/06)

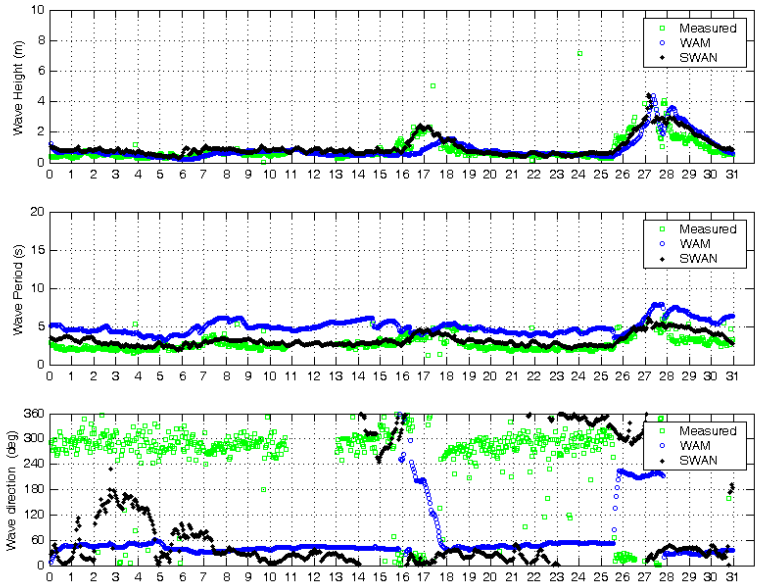


圖 7.4-20　台中港波浪推算及比較(2008/07)

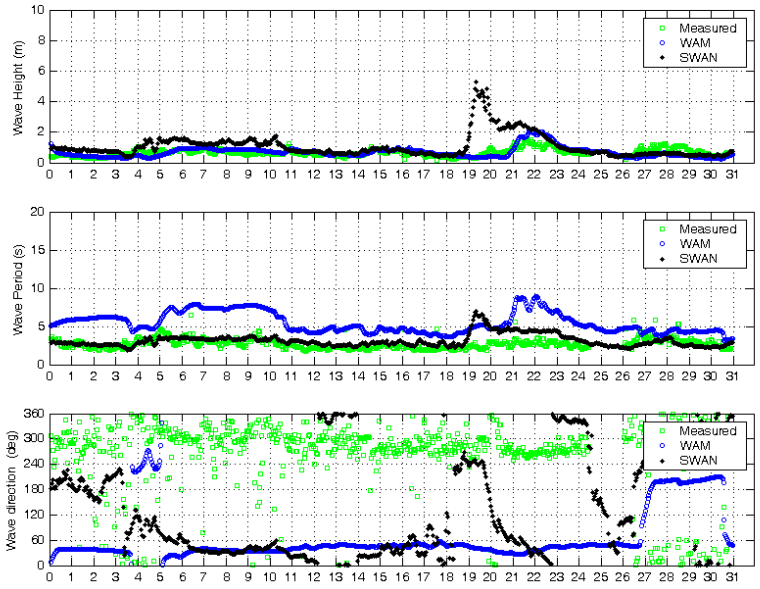


圖 7.4-21　台中港波浪推算及比較(2008/08)

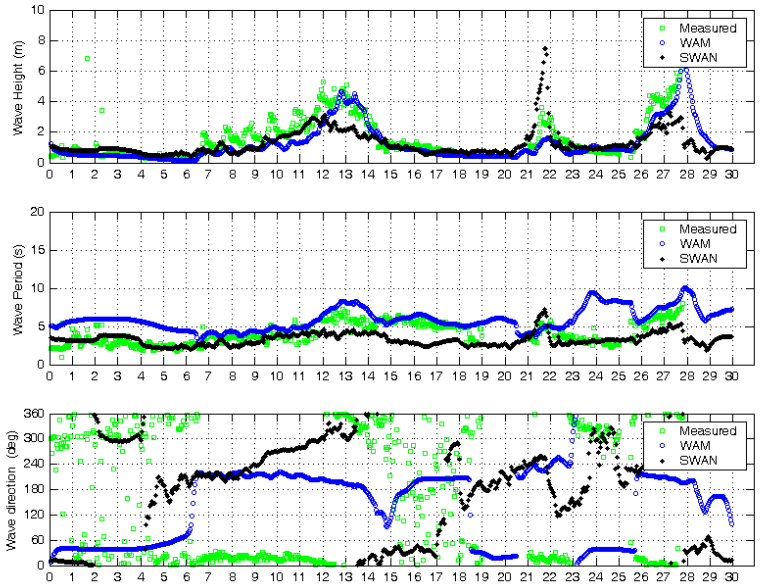


圖 7.4-22　台中港波浪推算及比較(2008/09)

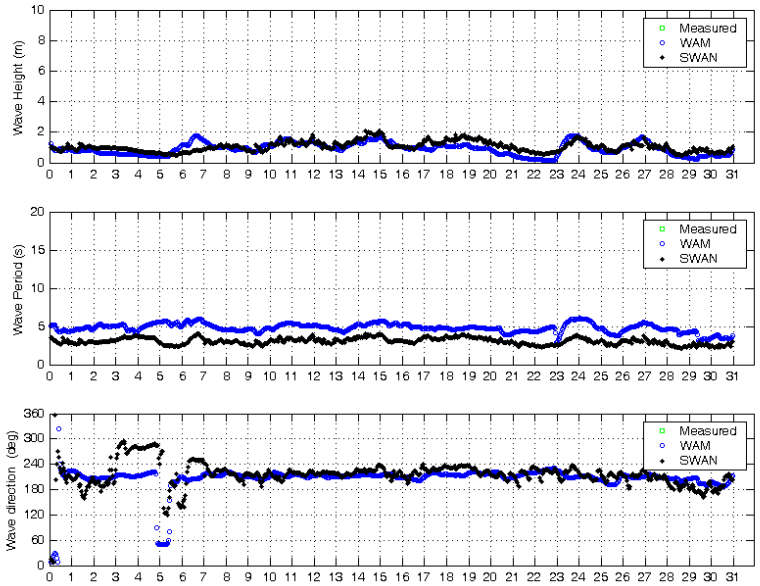


圖 7.4-23　台中港波浪推算及比較(2008/10)

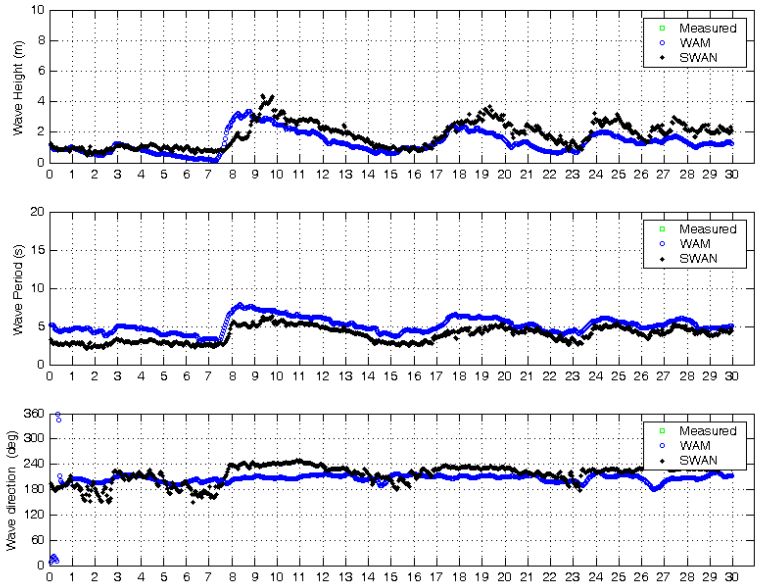


圖 7.4-24　台中港波浪推算及比較(2008/11)

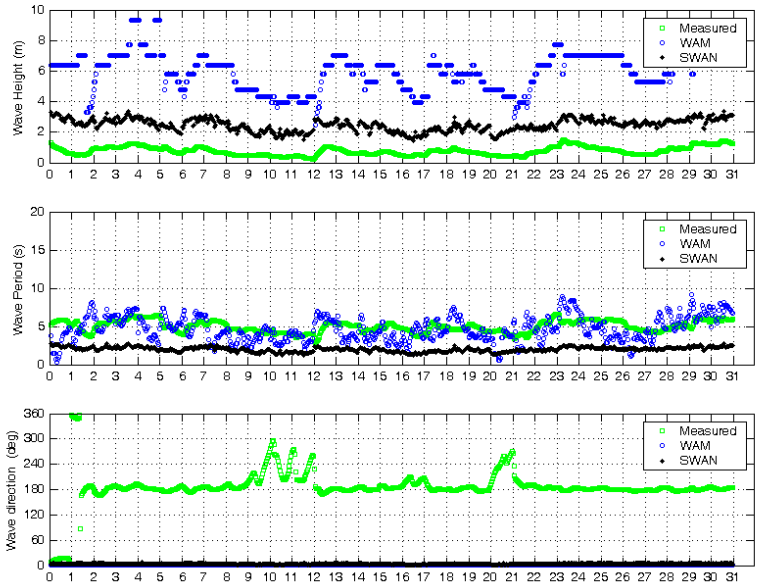


圖 7.4-25　安平港波浪推算及比較(2007/12)

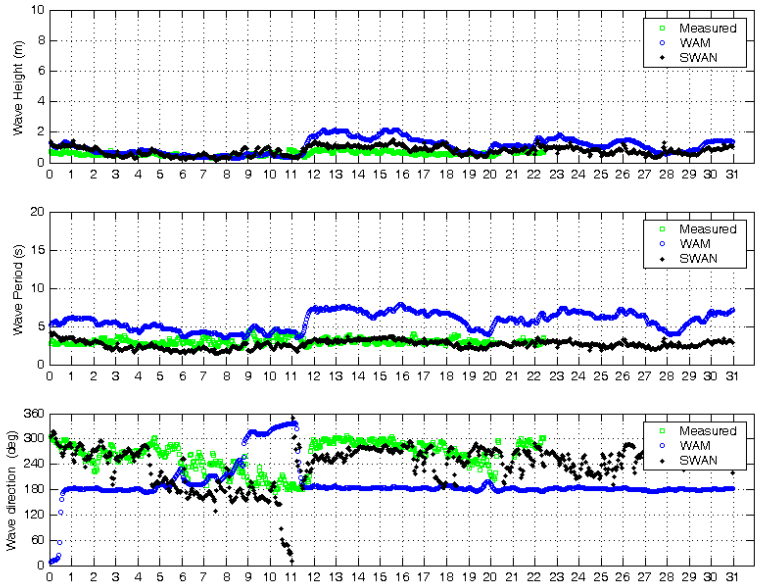


圖 7.4-26　安平港波浪推算及比較(2008/01)

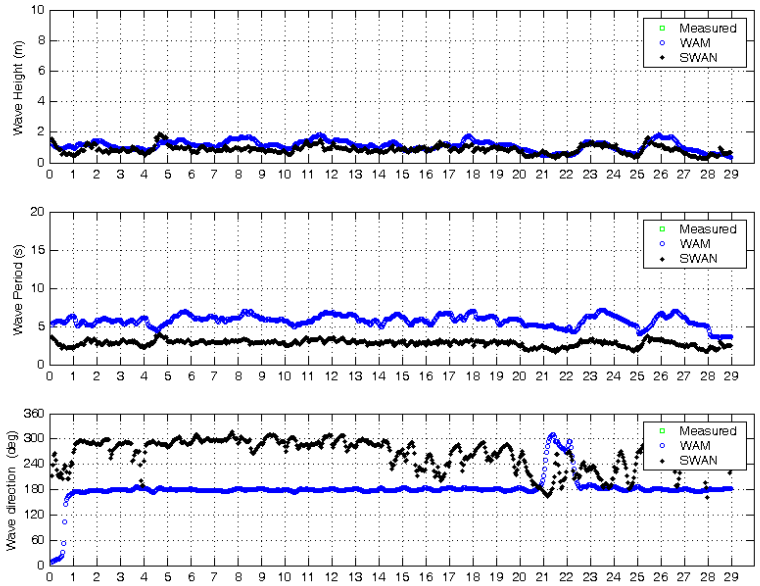


圖 7.4-27　安平港波浪推算及比較(2008/02)

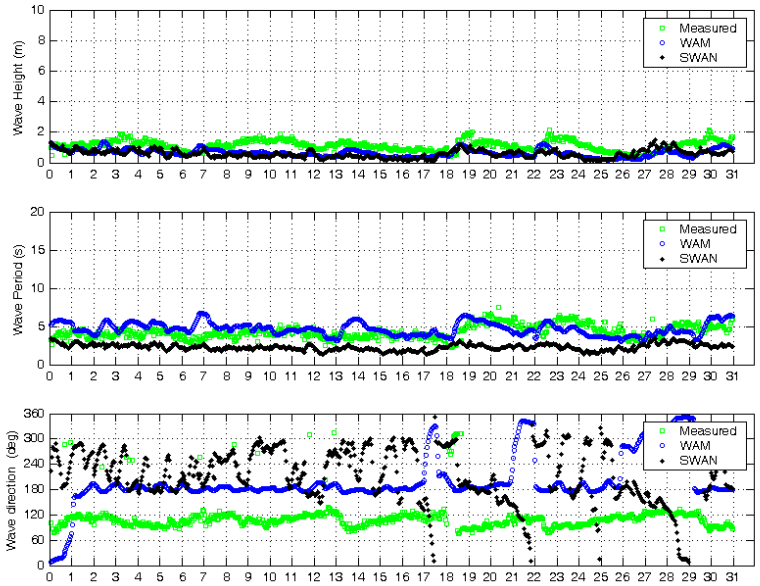


圖 7.4-28　安平港波浪推算及比較(2008/03)

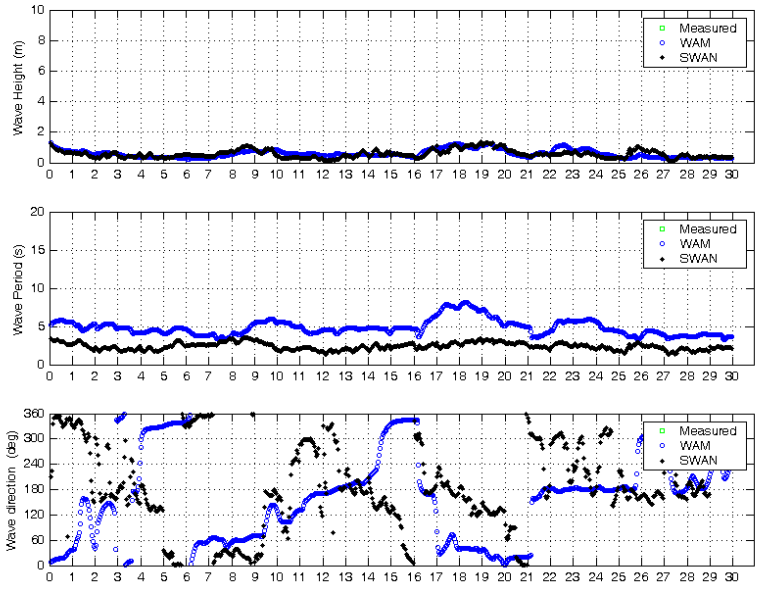


圖 7.4-29　安平港波浪推算及比較(2008/04)

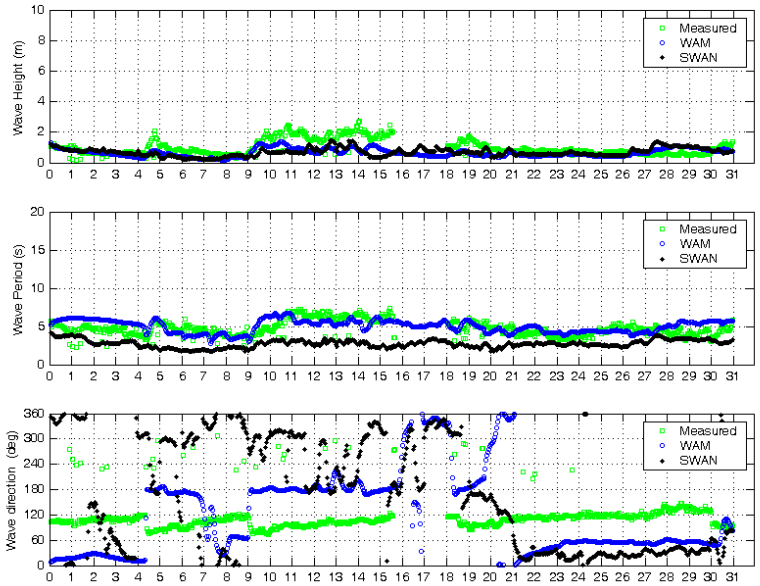


圖 7.4-30　安平港波浪推算及比較(2008/05)

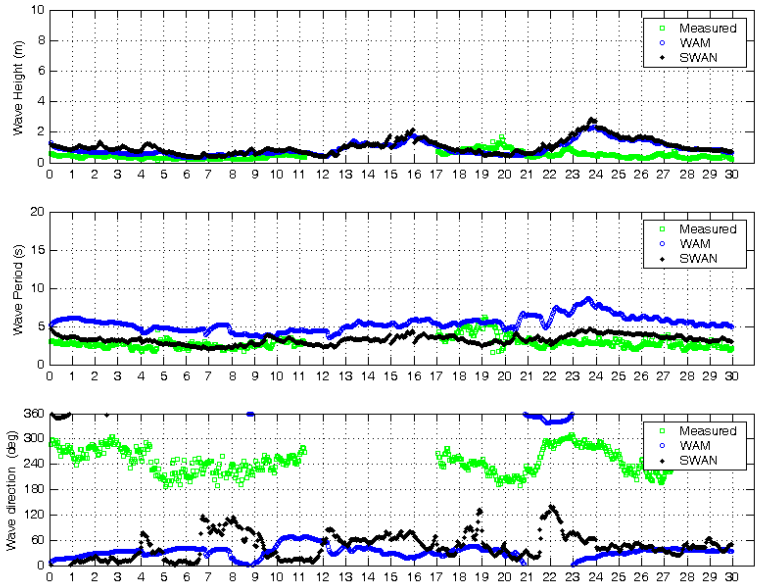


圖 7.4-31　安平港波浪推算及比較(2008/06)

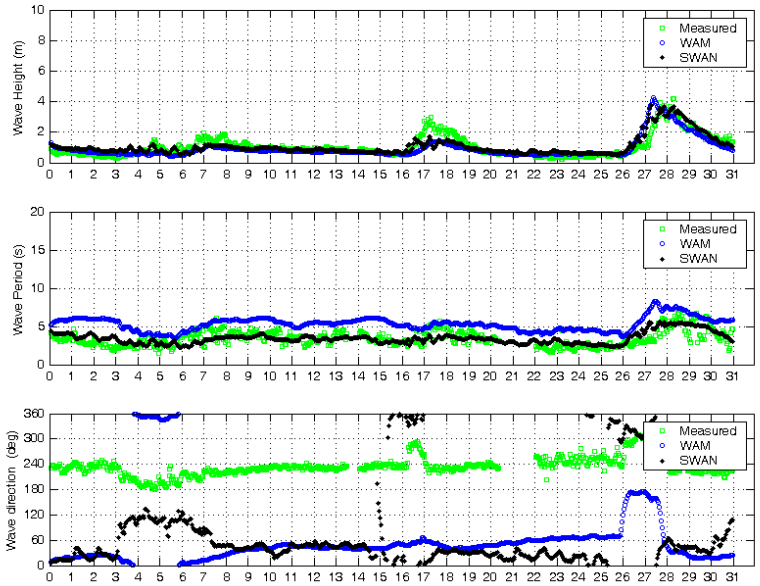


圖 7.4-32　安平港波浪推算及比較(2008/07)

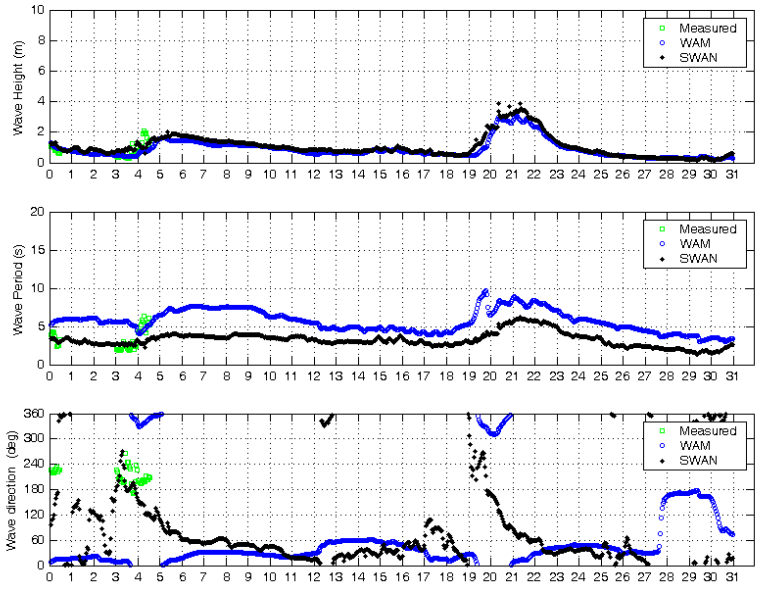


圖 7.4-33　安平港波浪推算及比較(2008/08)

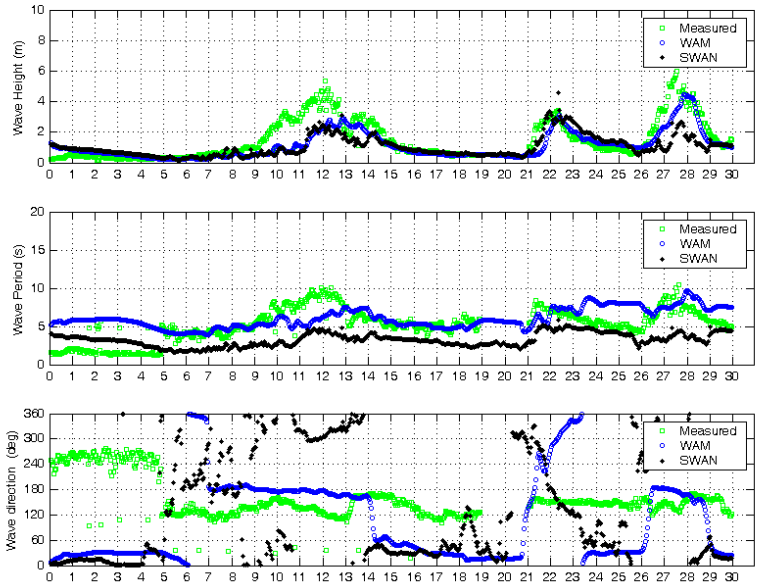


圖 7.4-34　安平港波浪推算及比較(2008/09)

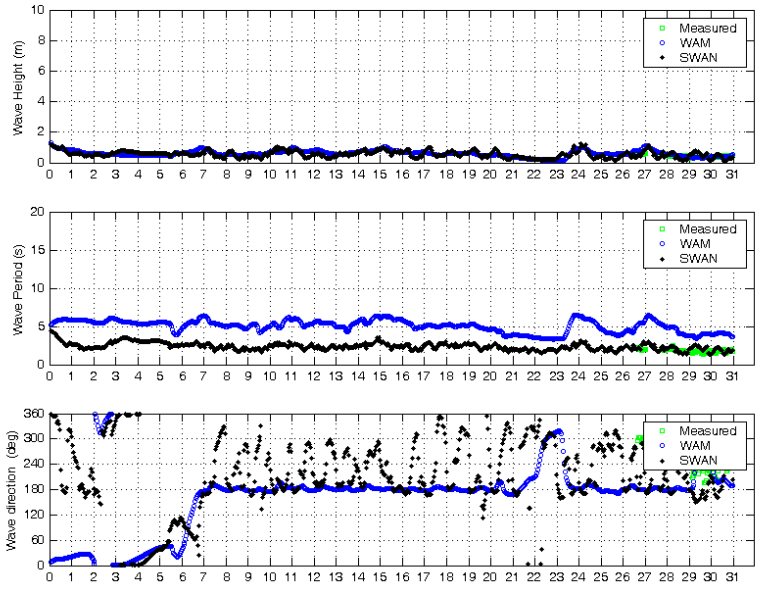


圖 7.4-35　安平港波浪推算及比較(2008/10)

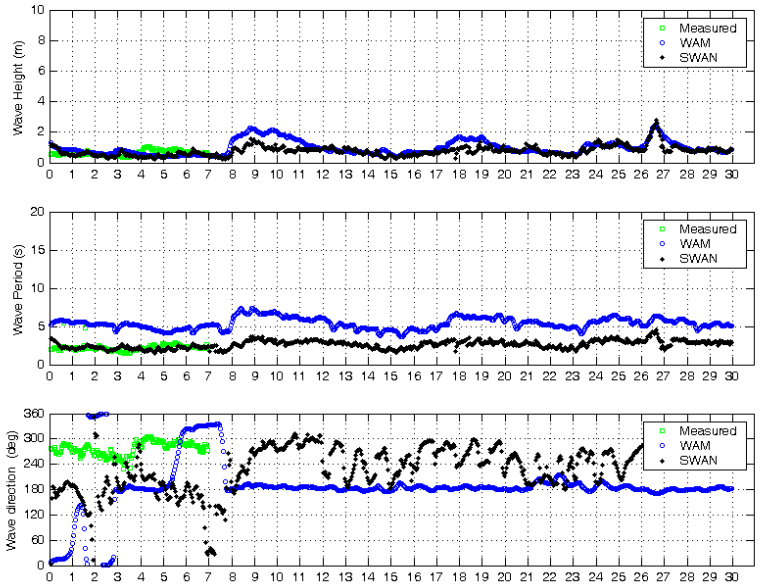


圖 7.4-36　安平港波浪推算及比較(2008/11)

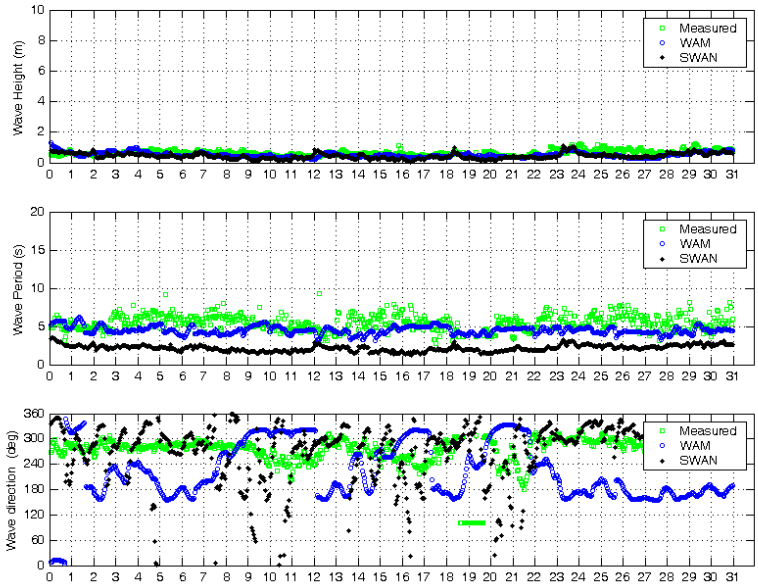


圖 7.4-37　高雄港波浪推算及比較(2007/12)

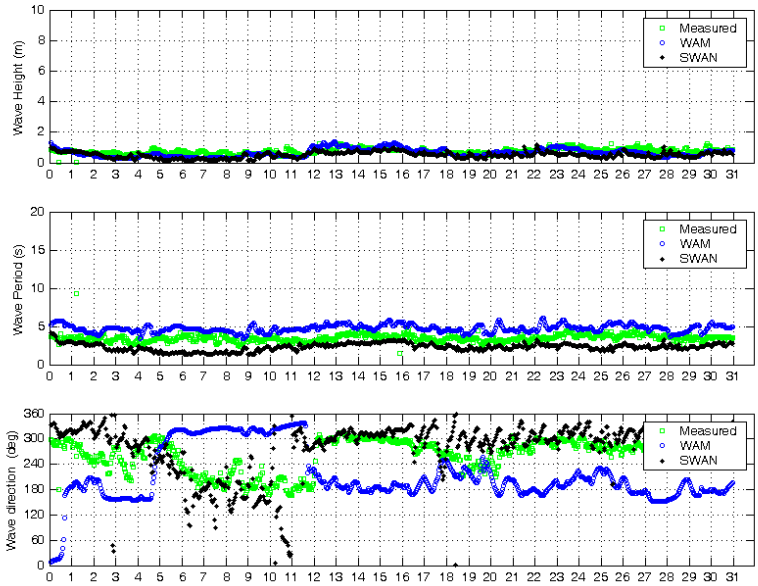


圖 7.4-38　高雄港波浪推算及比較(2008/01)

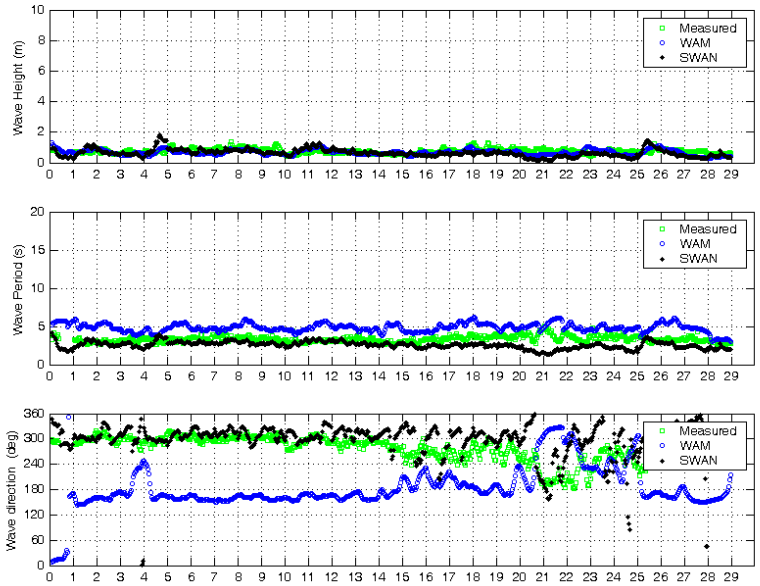


圖 7.4-39　高雄港波浪推算及比較(2008/02)

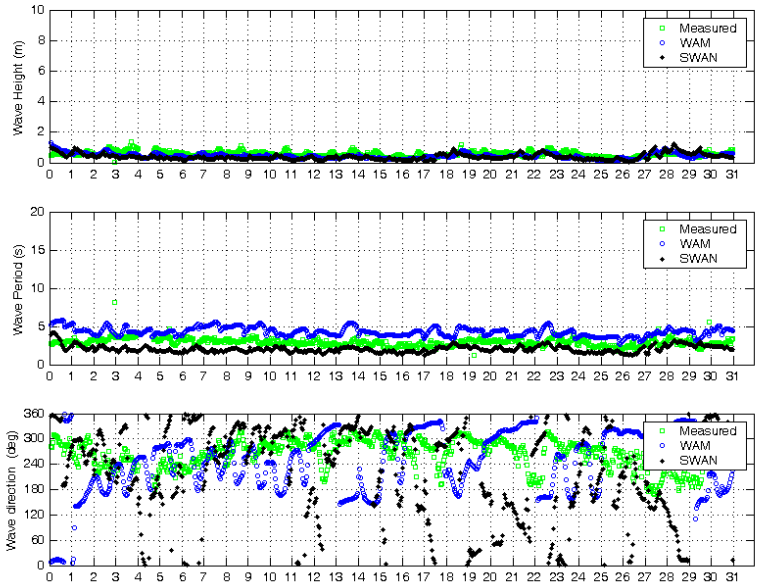


圖 7.4-40　高雄港波浪推算及比較(2008/03)

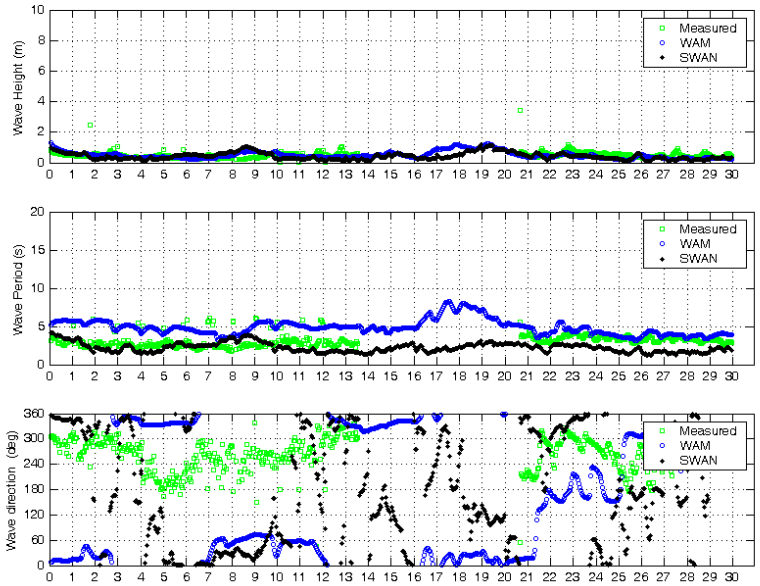


圖 7.4-41　高雄港波浪推算及比較(2008/04)

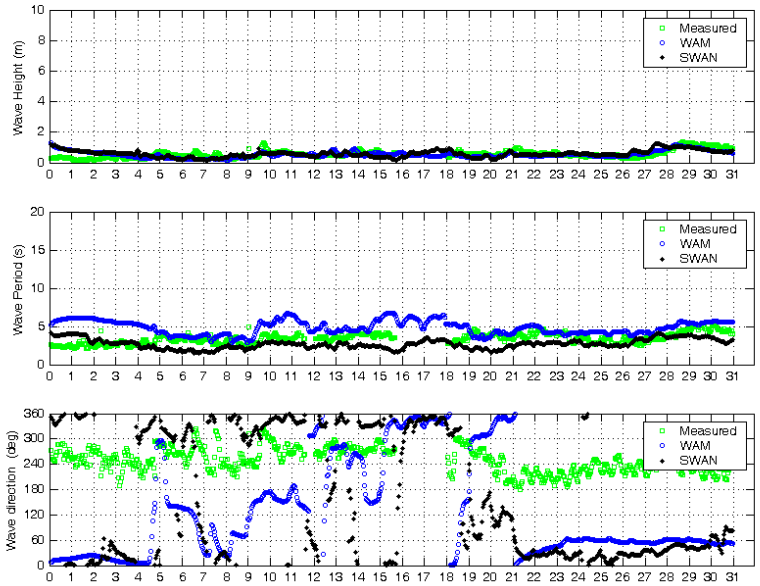


圖 7.4-42　高雄港波浪推算及比較(2008/05)

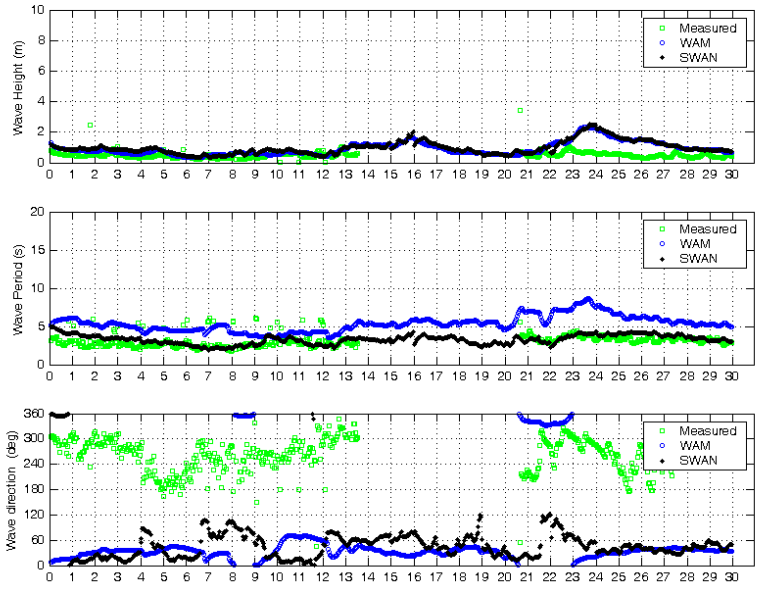


圖 7.4-43　高雄港波浪推算及比較(2008/06)

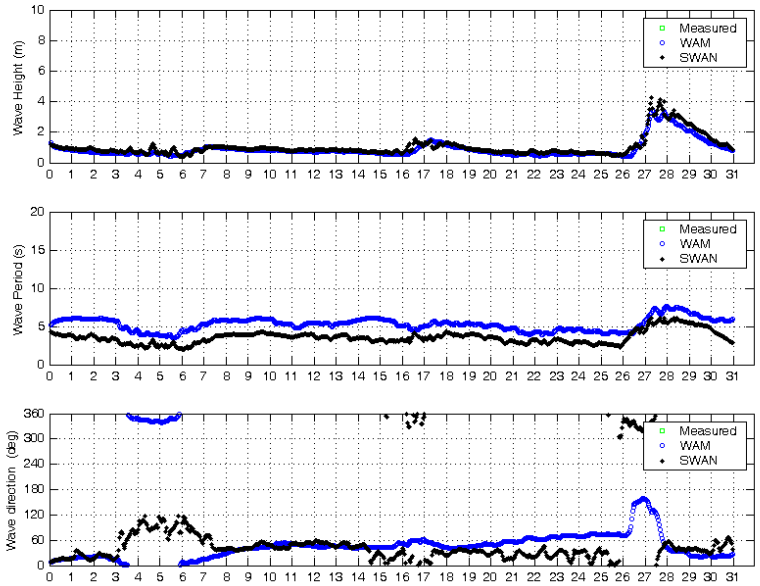


圖 7.4-44　高雄港波浪推算及比較(2008/07)

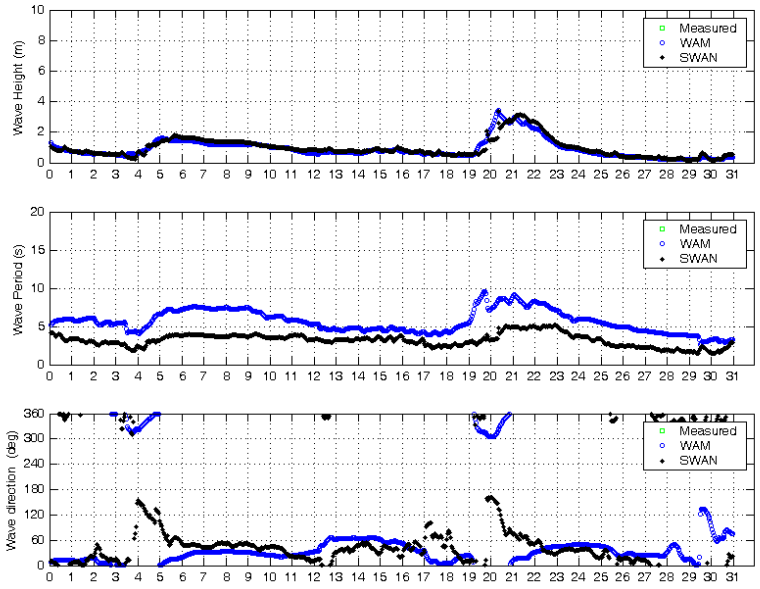


圖 7.4-45　高雄港波浪推算及比較(2008/08)

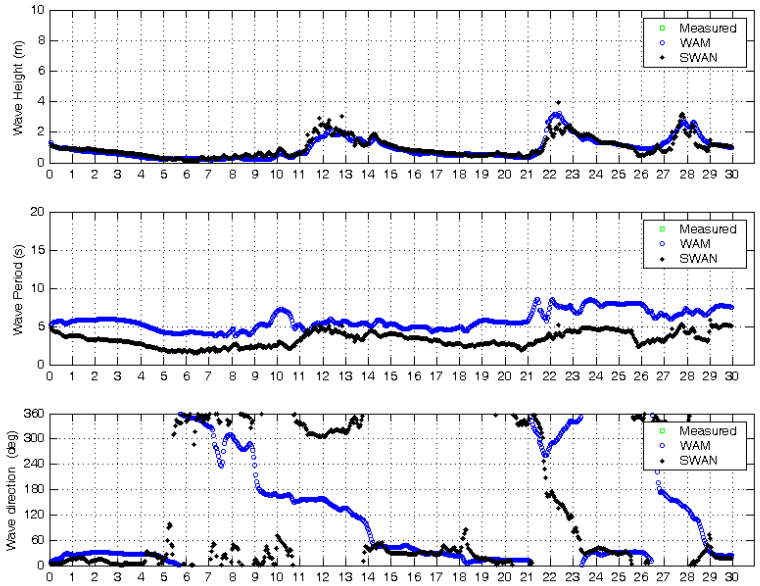


圖 7.4-46　高雄港波浪推算及比較(2008/09)

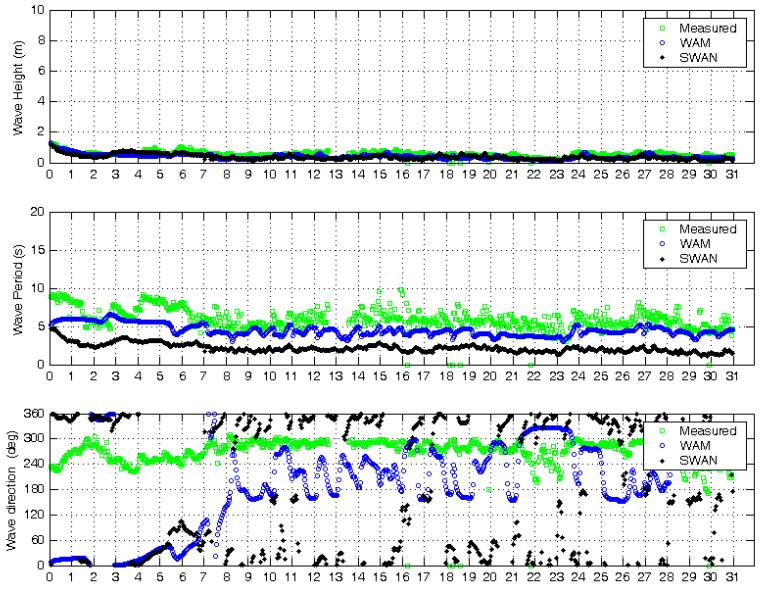


圖 7.4-47　高雄港波浪推算及比較(2008/10)

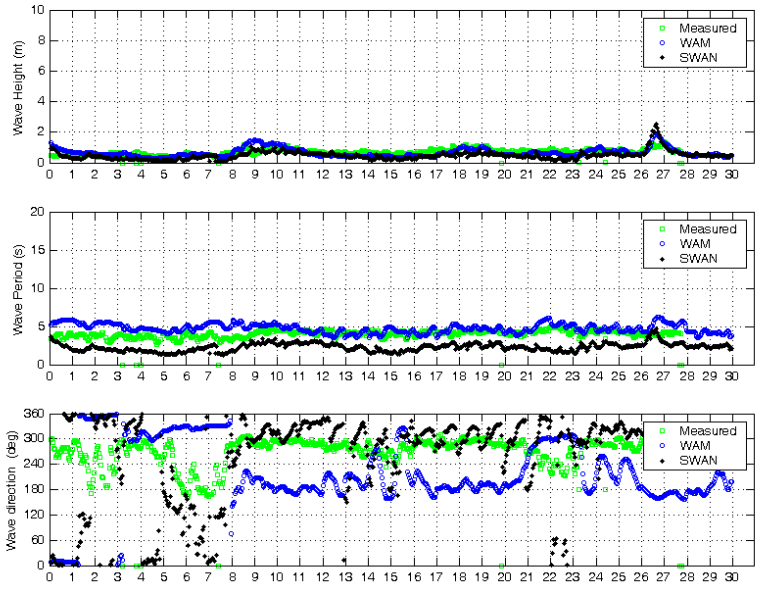


圖 7.4-48　高雄港波浪推算及比較(2008/11)

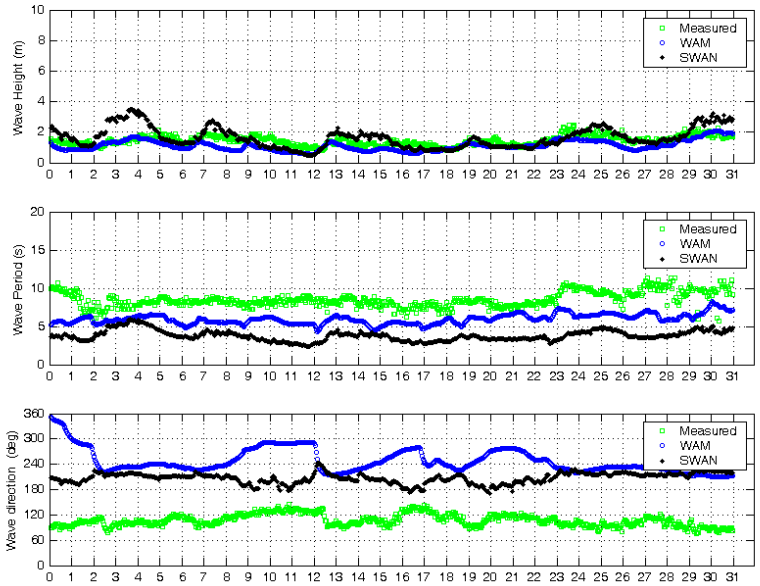


圖 7.4-49　花蓮港波浪推算及比較(2007/12)

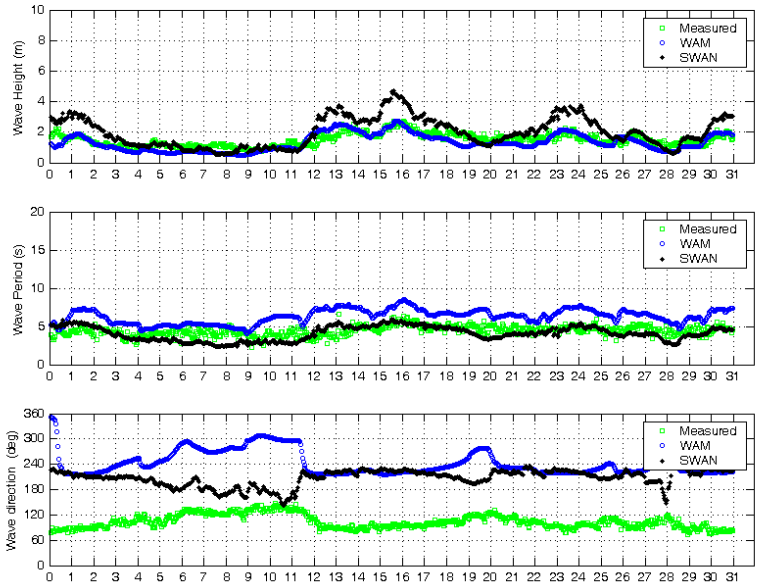


圖 7.4-50　花蓮港波浪推算及比較(2008/01)

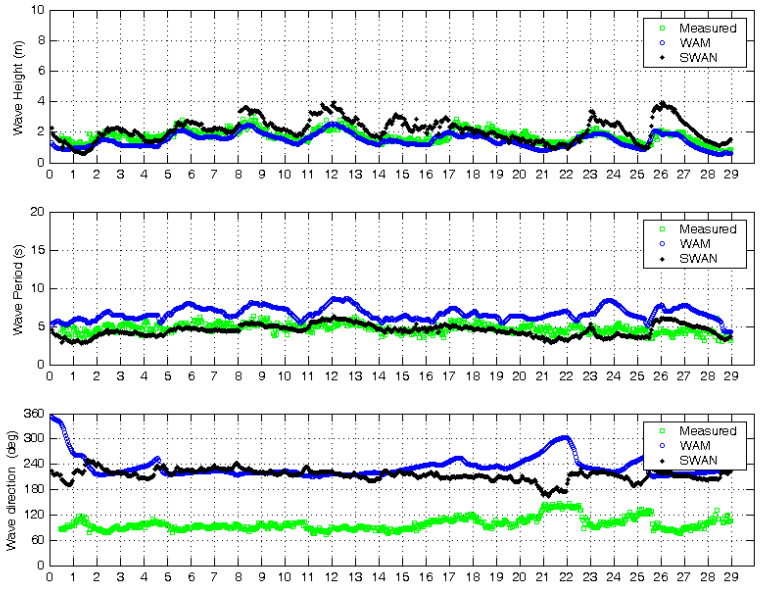


圖 7.4-51　花蓮港波浪推算及比較(2008/02)

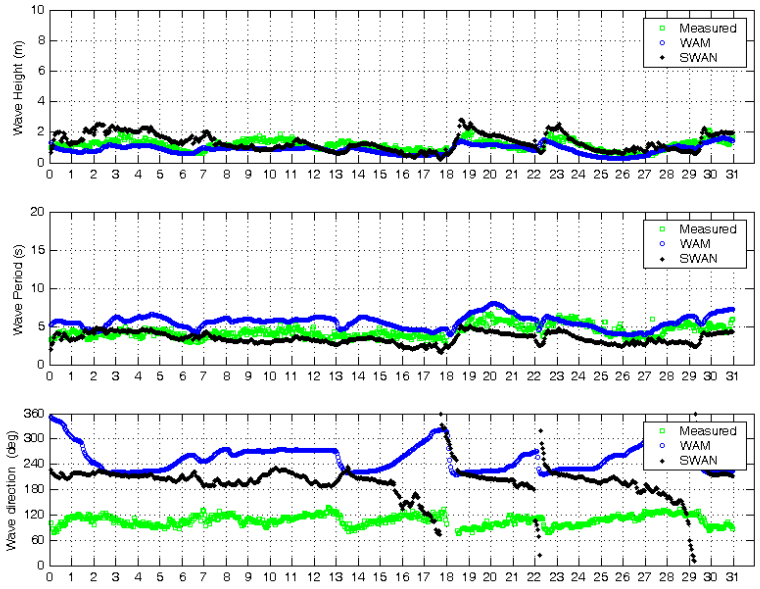


圖 7.4-52　花蓮港波浪推算及比較(2008/03)

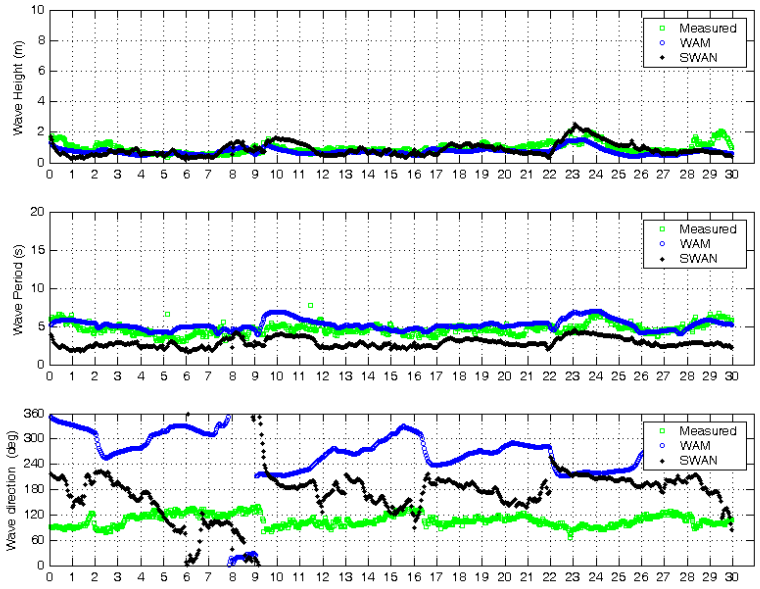


圖 7.4-53　花蓮港波浪推算及比較(2008/04)

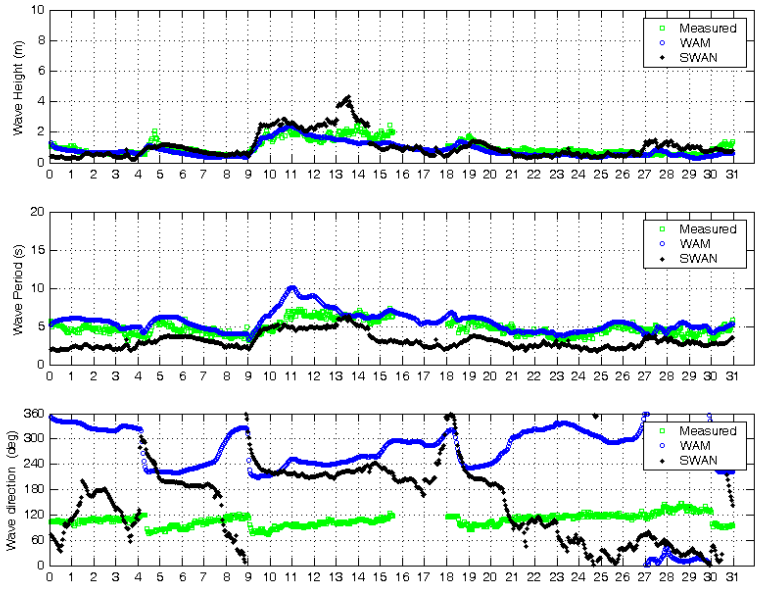


圖 7.4-54　花蓮港波浪推算及比較(2008/05)

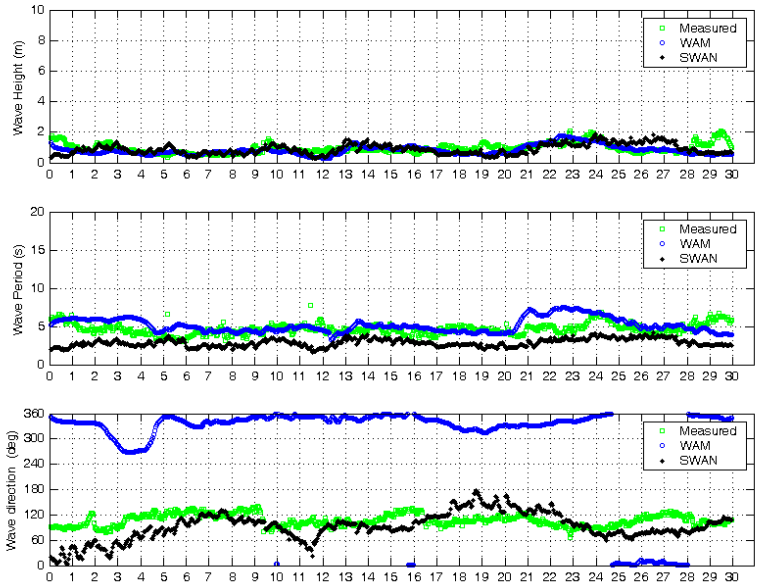


圖 7.4-55　花蓮港波浪推算及比較(2008/06)

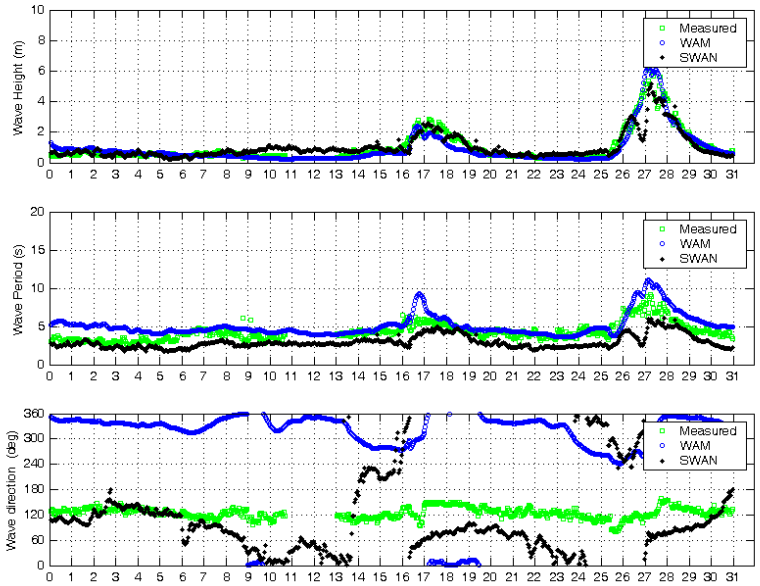


圖 7.4-56　花蓮港波浪推算及比較(2008/07)

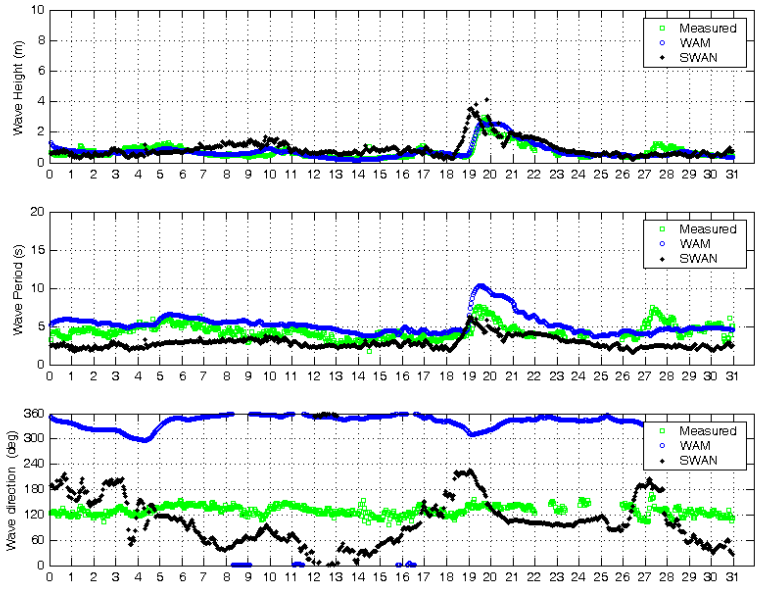


圖 7.4-57　花蓮港波浪推算及比較(2008/08)

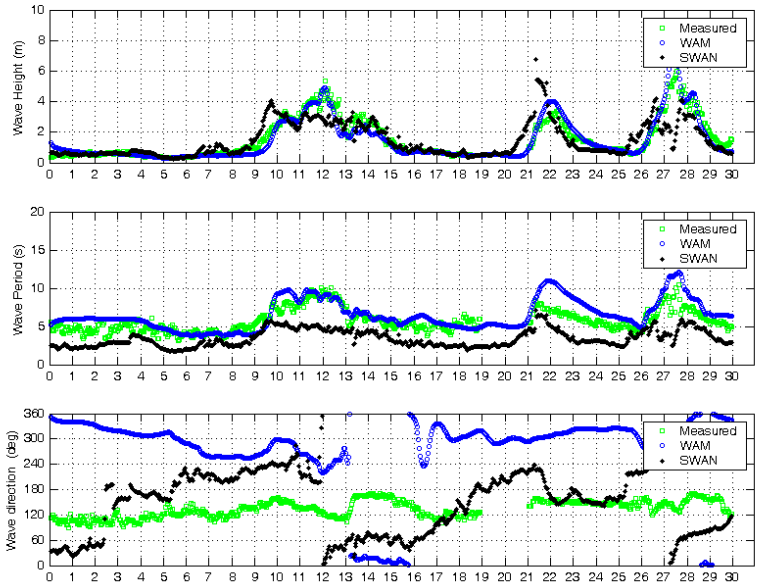


圖 7.4-58　花蓮港波浪推算及比較(2008/09)

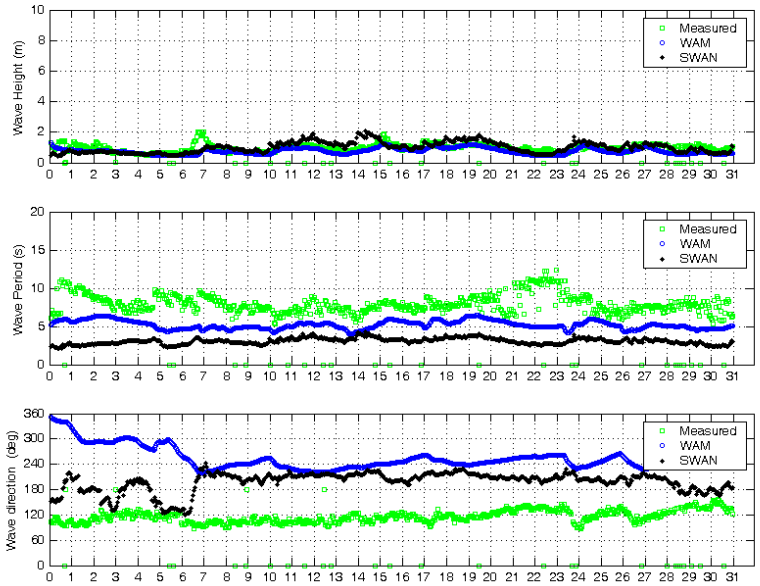


圖 7.4-59　花蓮港波浪推算及比較(2008/10)

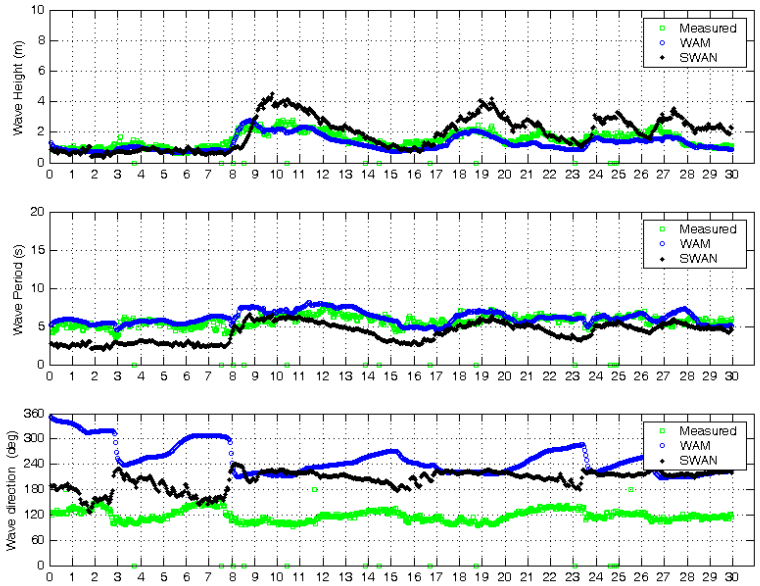


圖 7.4-60　花蓮港波浪推算及比較(2008/11)

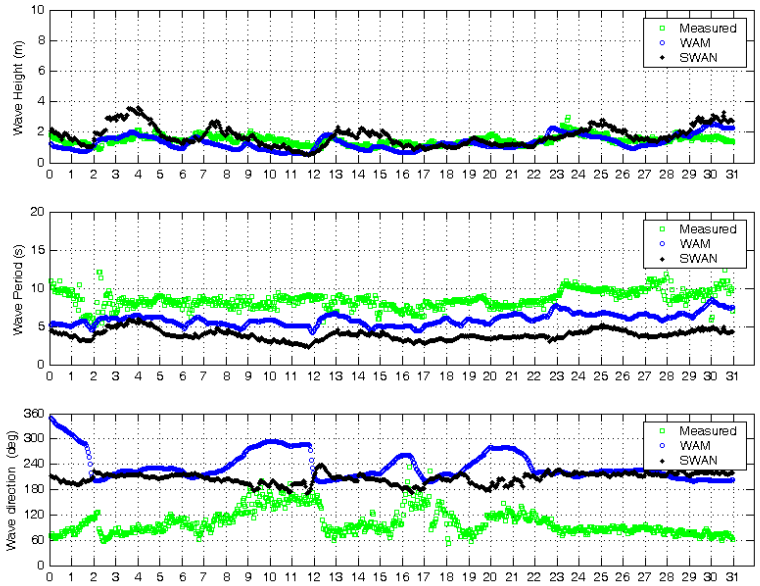


圖 7.4-61　蘇澳港波浪推算及比較(2007/12)

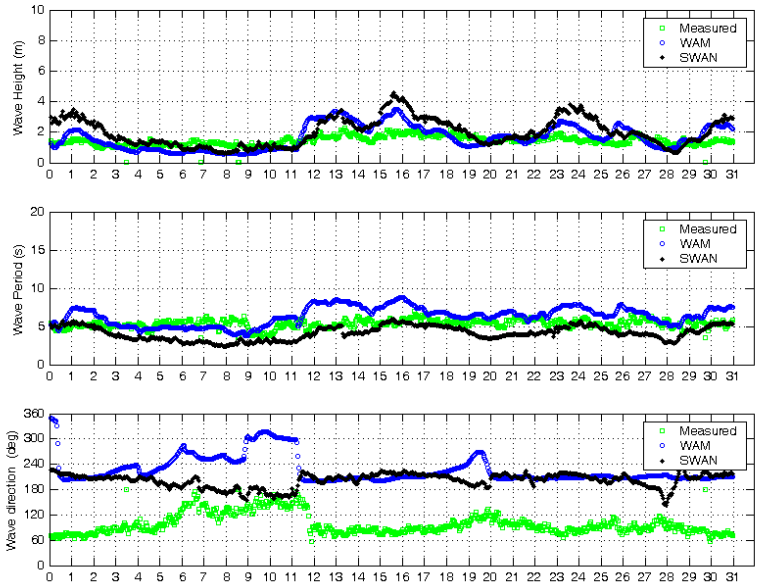


圖 7.4-62　蘇澳港波浪推算及比較(2008/01)

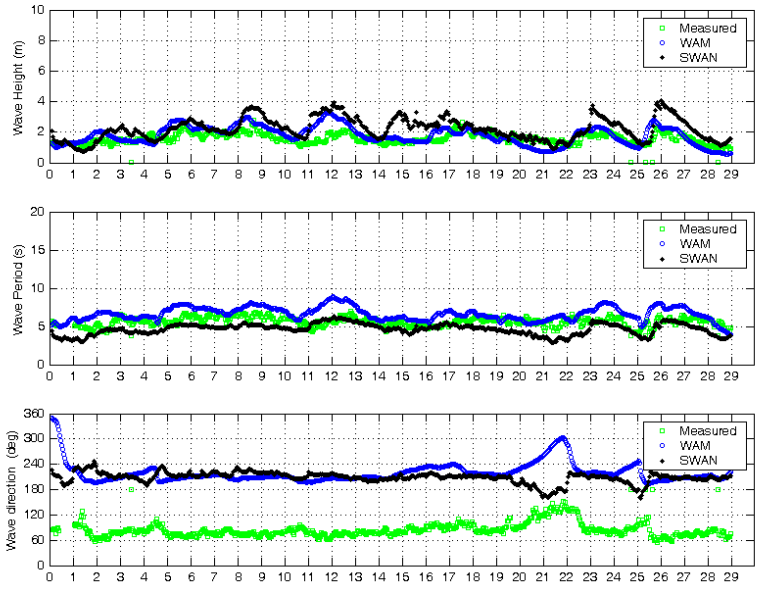


圖 7.4-63　蘇澳港波浪推算及比較(2008/02)

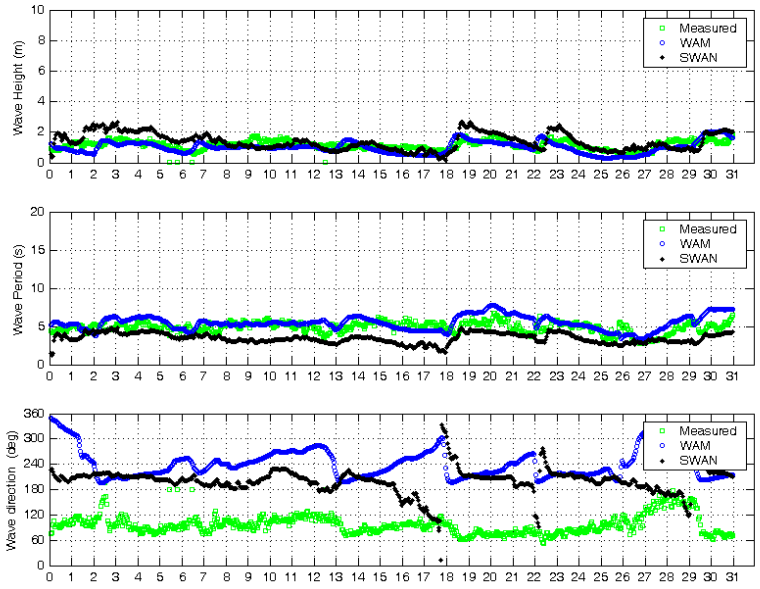


圖 7.4-64　蘇澳港波浪推算及比較(2008/03)

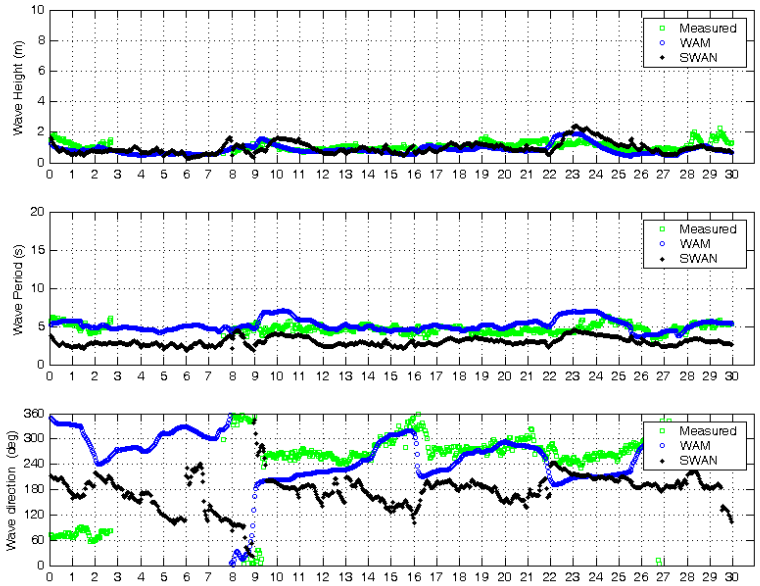


圖 7.4-65　蘇澳港波浪推算及比較(2008/04)

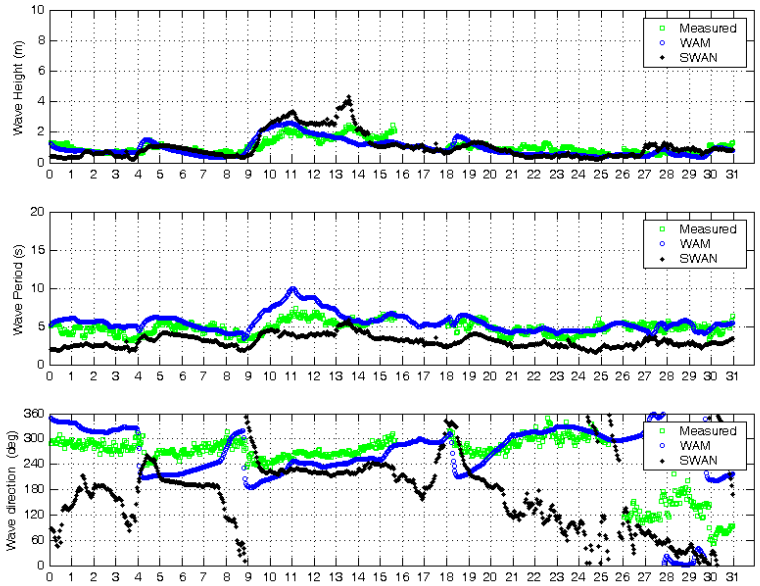


圖 7.4-66　蘇澳港波浪推算及比較(2008/05)

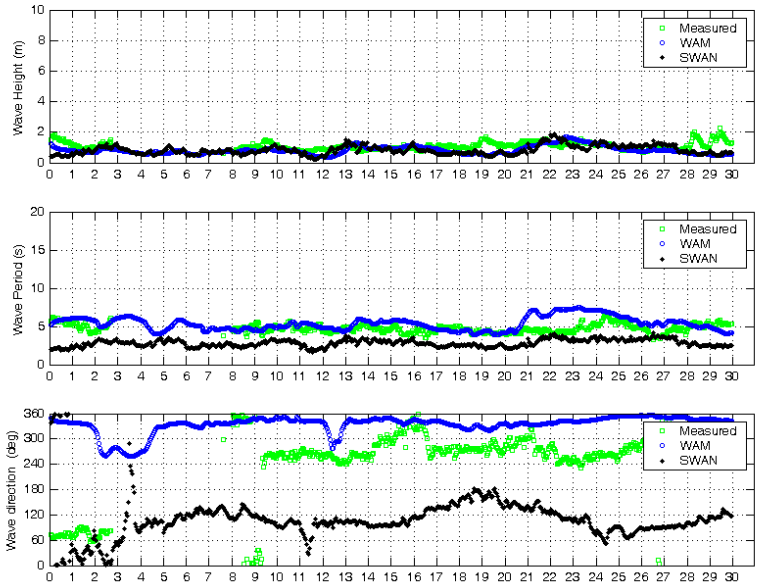


圖 7.4-67　蘇澳港波浪推算及比較(2008/06)

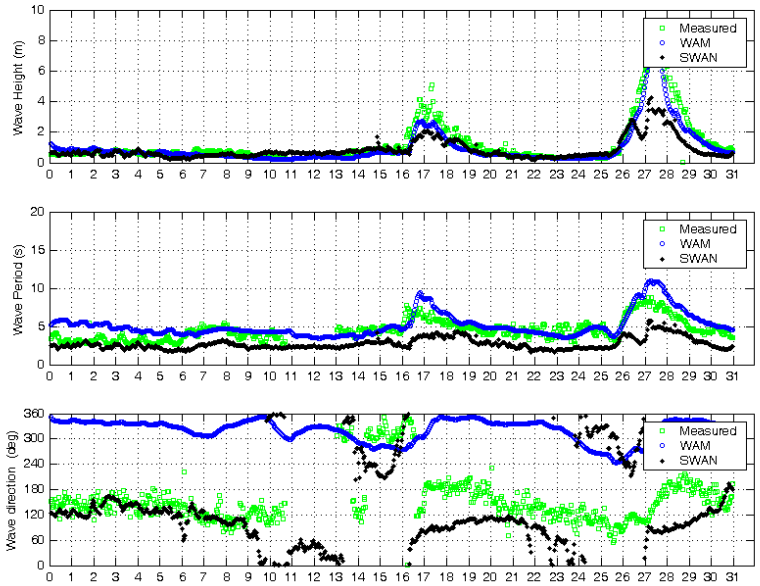


圖 7.4-68　蘇澳港波浪推算及比較(2008/07)

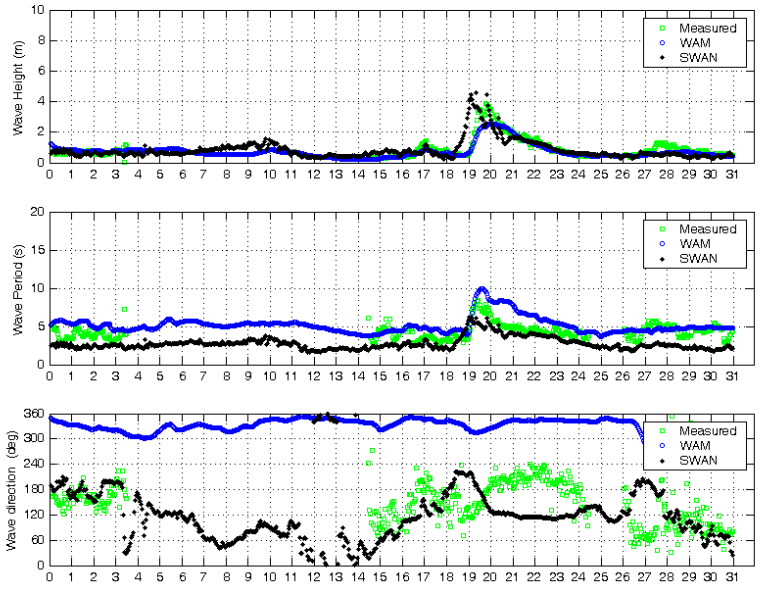


圖 7.4-69　蘇澳港波浪推算及比較(2008/08)

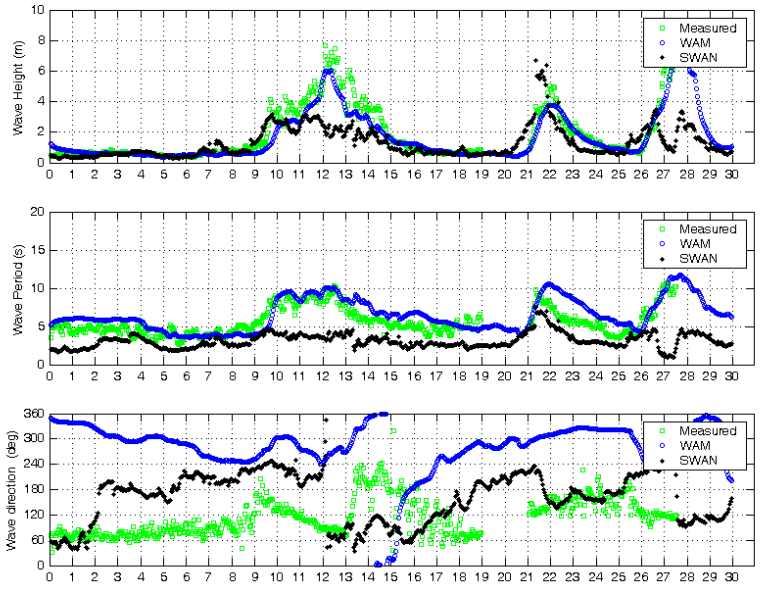


圖 7.4-70　蘇澳港波浪推算及比較(2008/09)

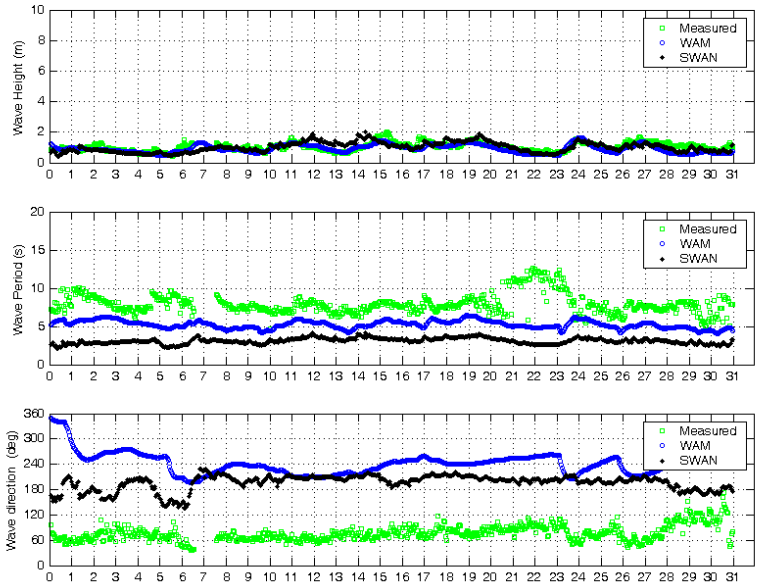


圖 7.4-71　蘇澳港波浪推算及比較(2008/10)

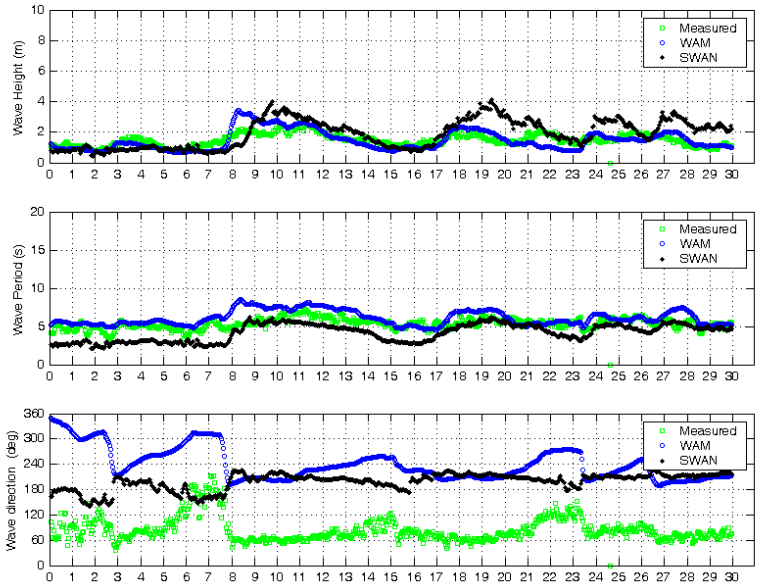


圖 7.4-72　蘇澳港波浪推算及比較(2008/11)

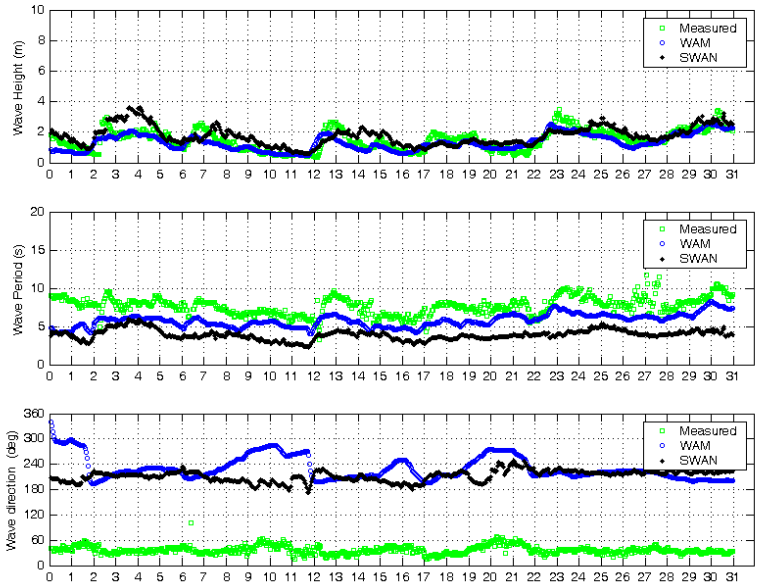


圖 7.4-73　基隆港波浪推算及比較(2007/12)

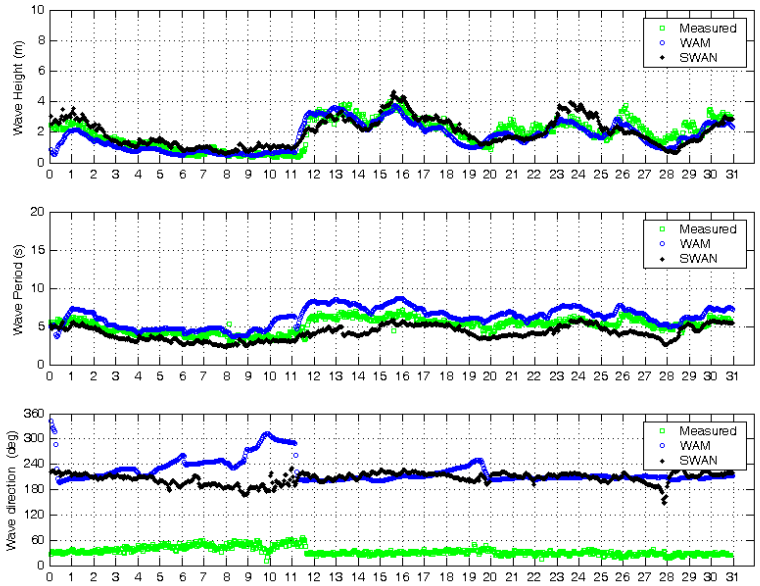


圖 7.4-74　基隆港波浪推算及比較(2008/01)

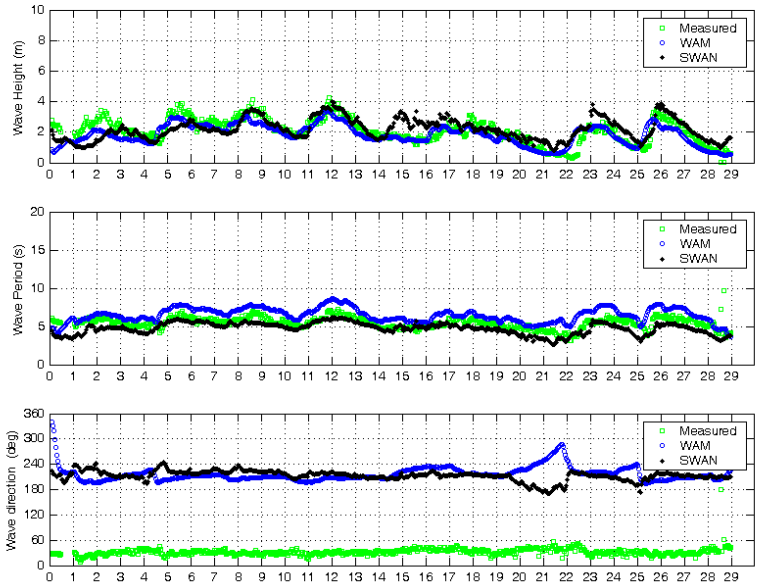


圖 7.4-75　基隆港波浪推算及比較(2008/02)

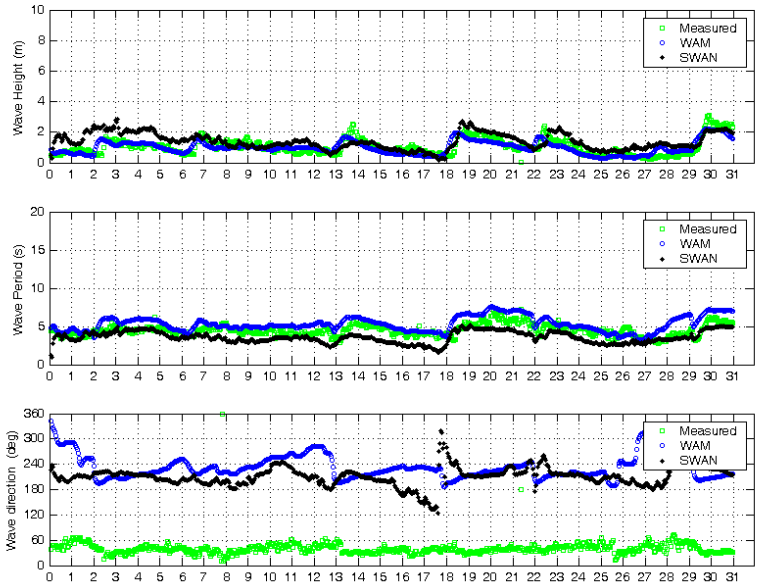


圖 7.4-76　基隆港波浪推算及比較(2008/03)

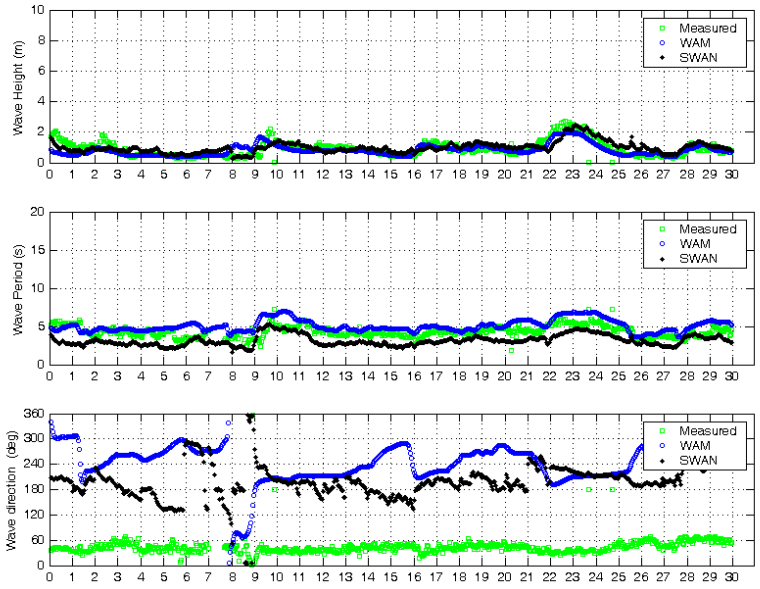


圖 7.4-77　基隆港波浪推算及比較(2008/04)

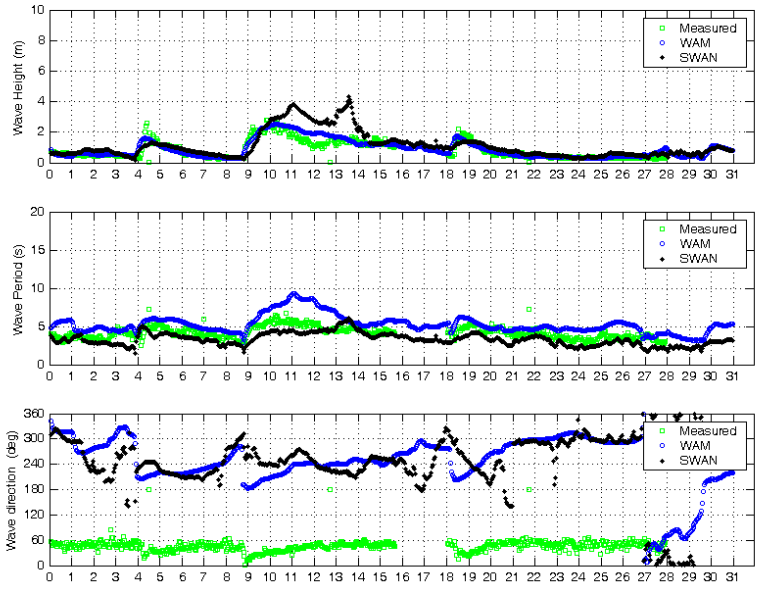


圖 7.4-78　基隆港波浪推算及比較(2008/05)

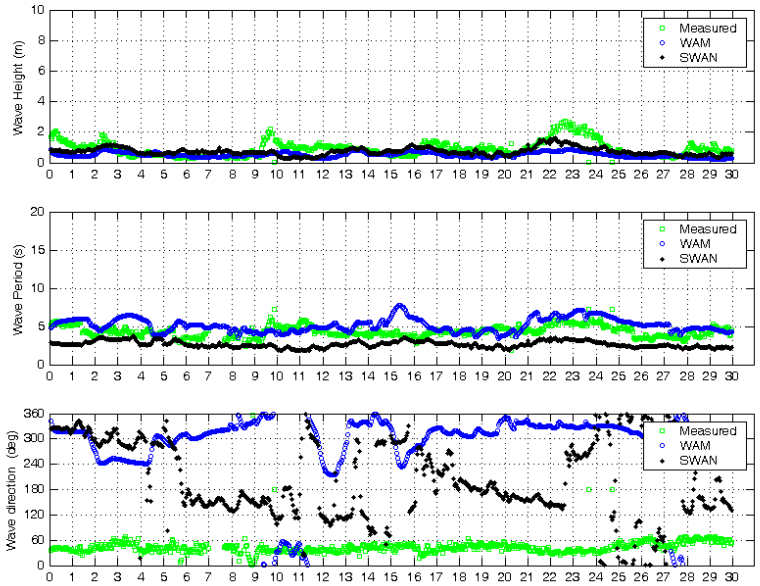


圖 7.4-79　基隆港波浪推算及比較(2008/06)

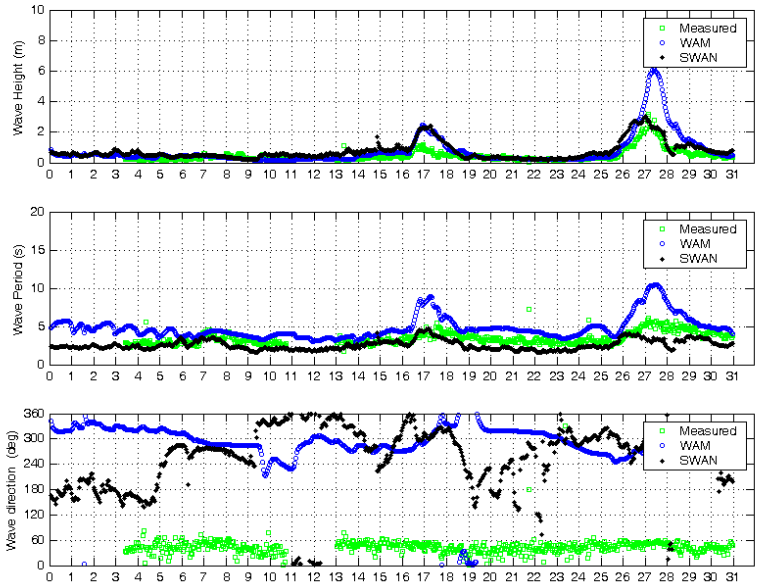


圖 7.4-80　基隆港波浪推算及比較(2008/07)

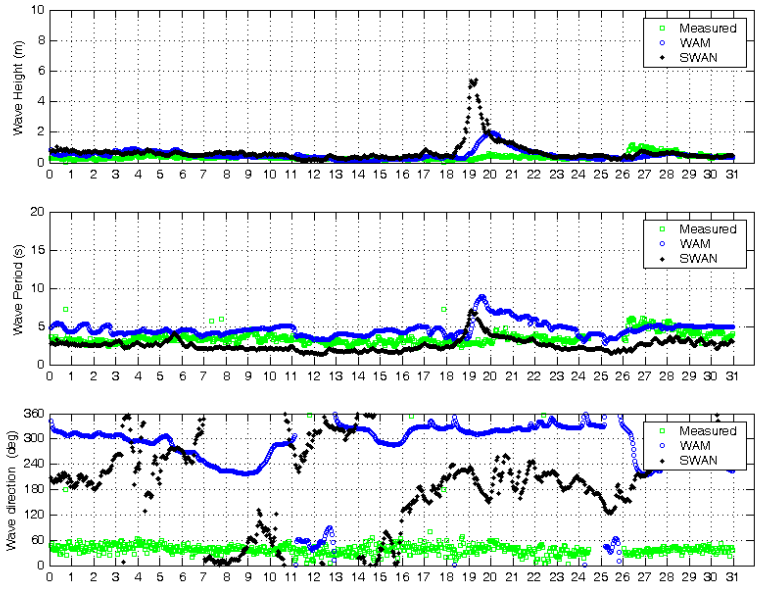


圖 7.4-81　基隆港波浪推算及比較(2008/08)

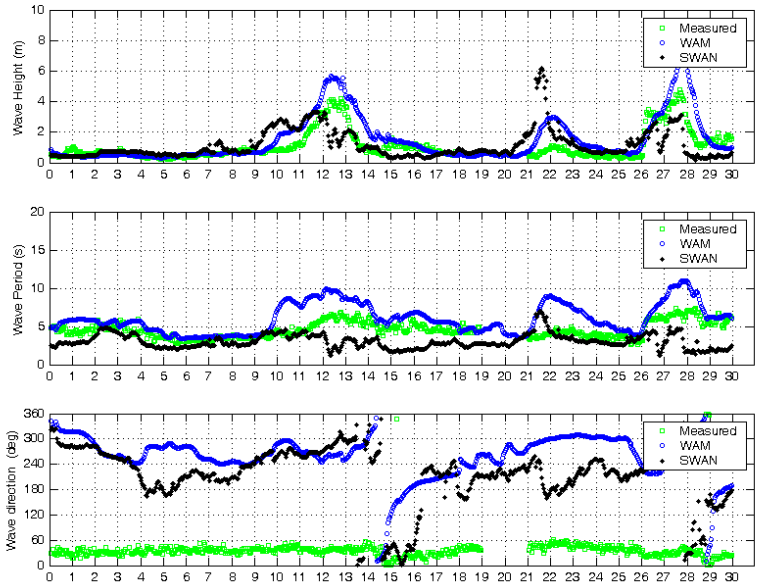


圖 7.4-82　基隆港波浪推算及比較(2008/09)

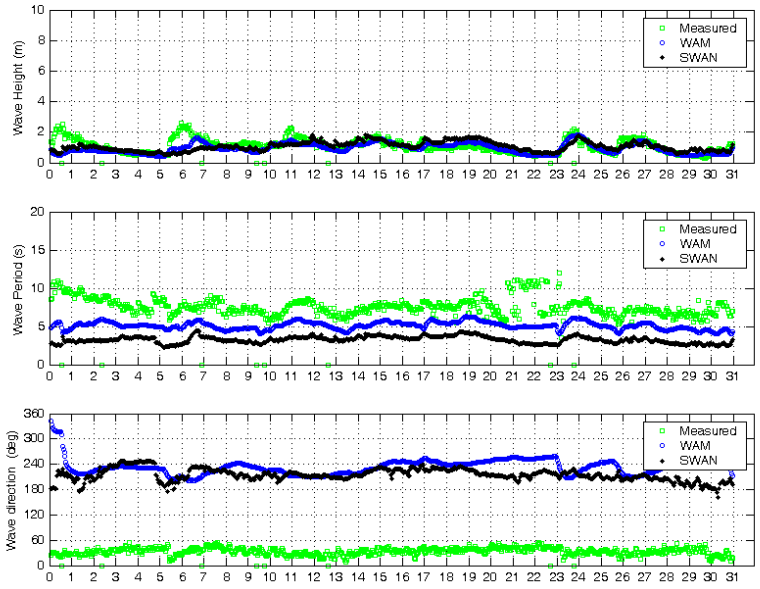


圖 7.4-83　基隆港波浪推算及比較(2008/10)

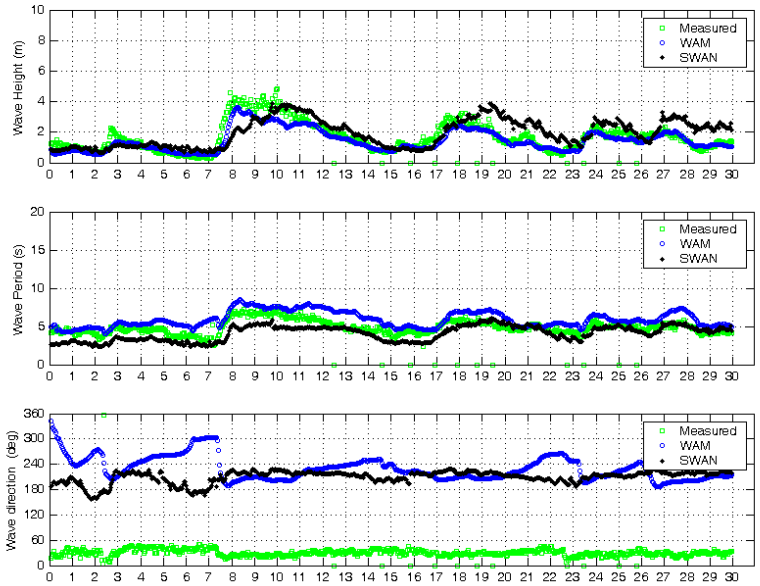
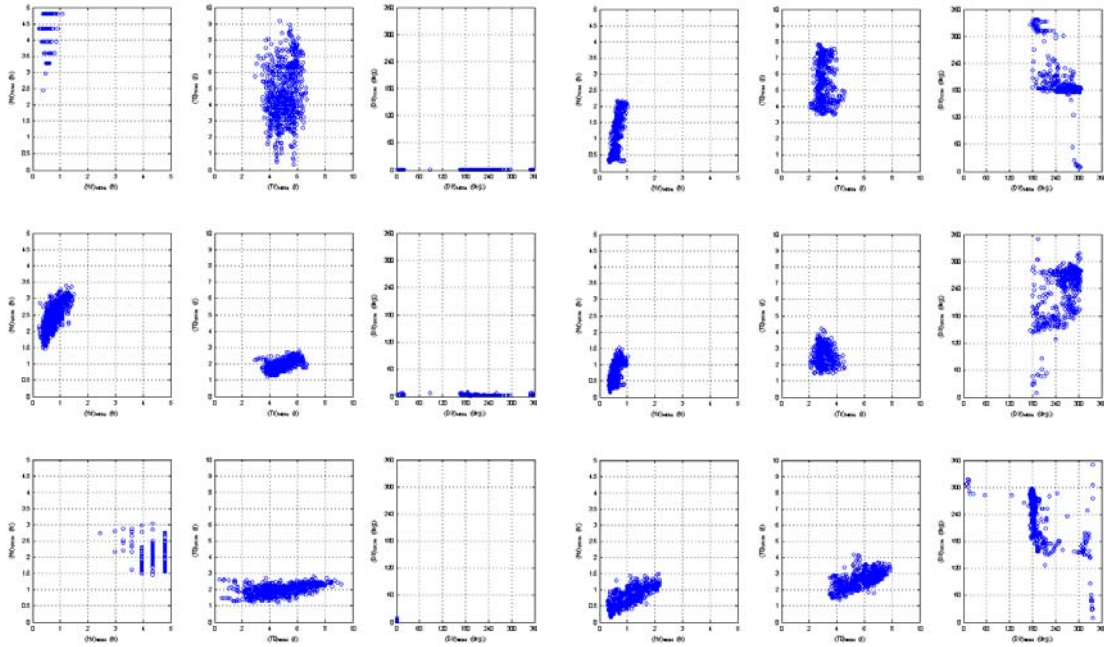
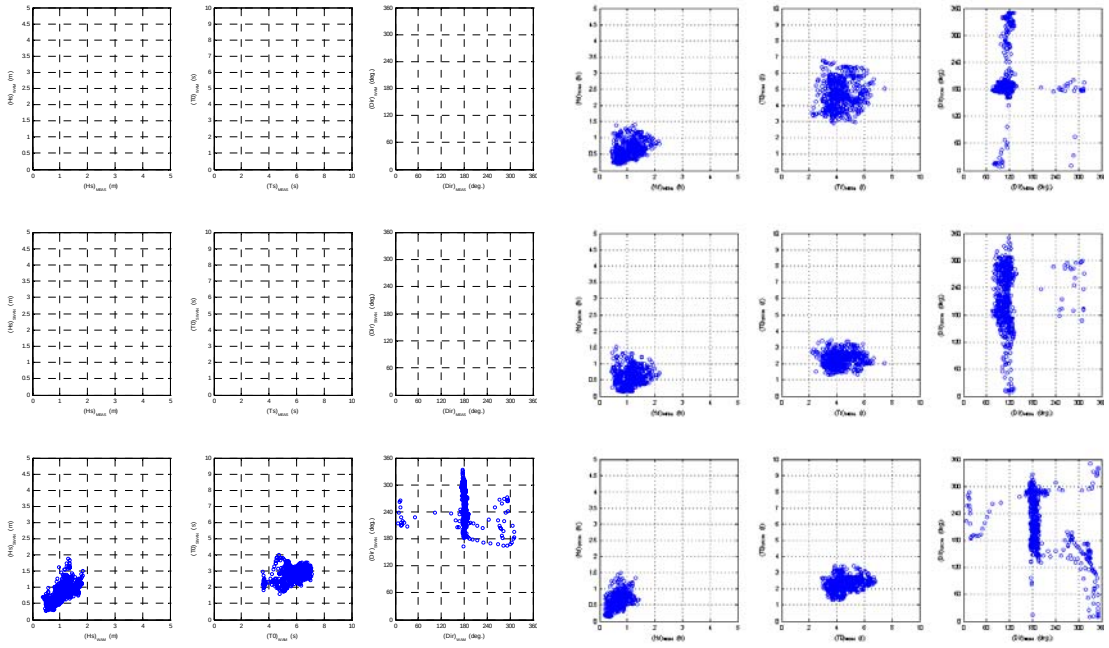


圖 7.4-84　基隆港波浪推算及比較(2008/11)



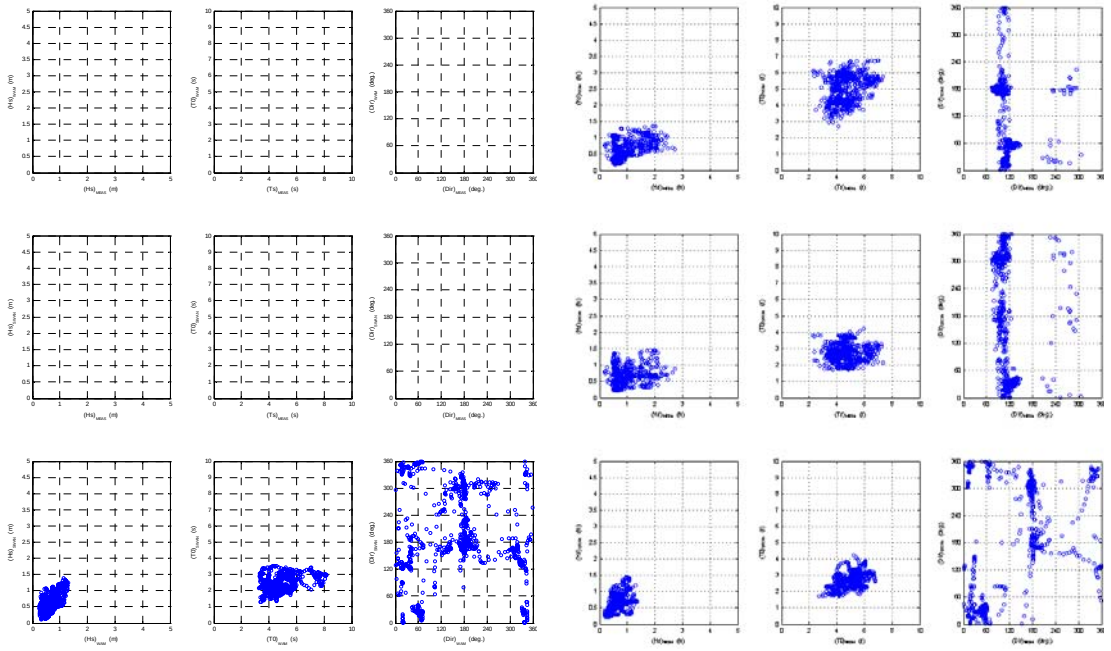
(a) 2007/12　　(b) 2008/01



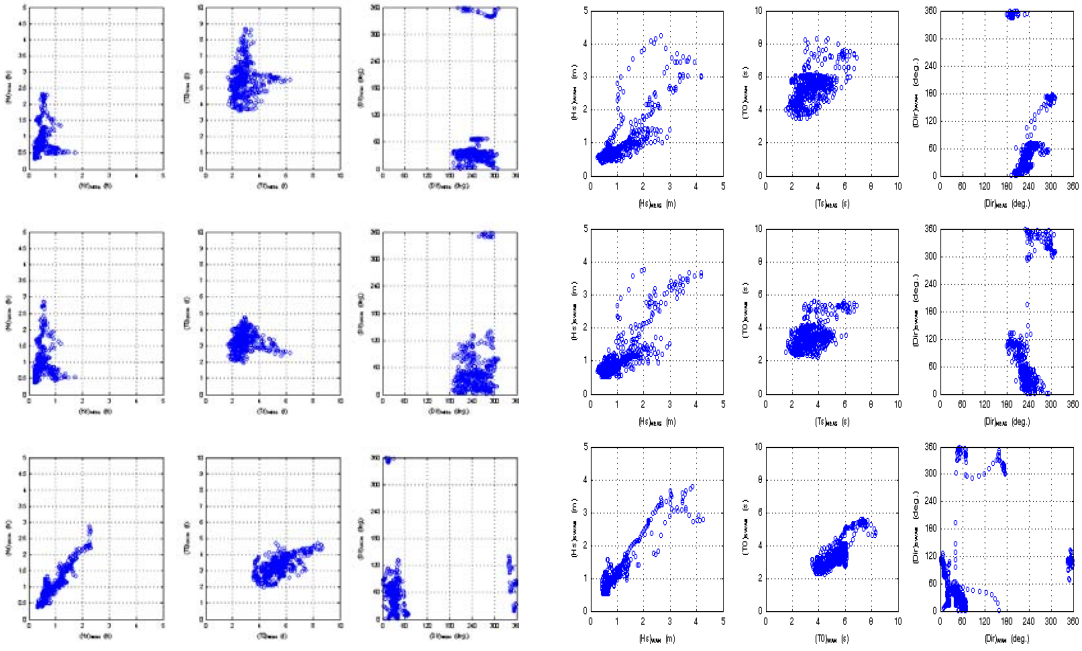
(c) 2008/02　　(d) 2008/03

圖 7.4-85 安平港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



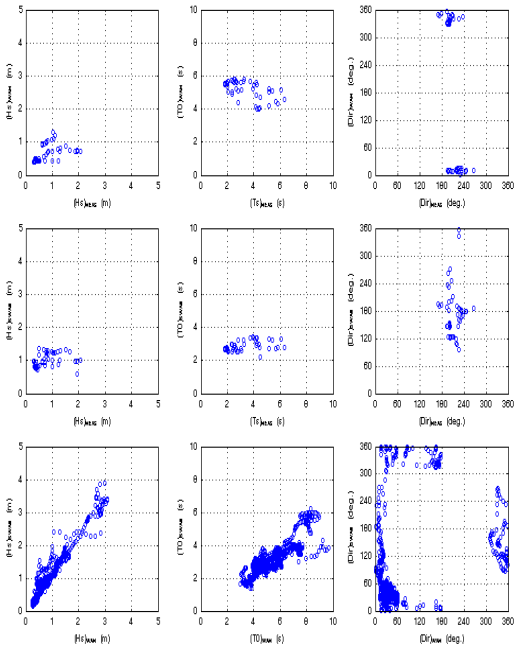
(e) 2008/04 **(f) 2008/05**



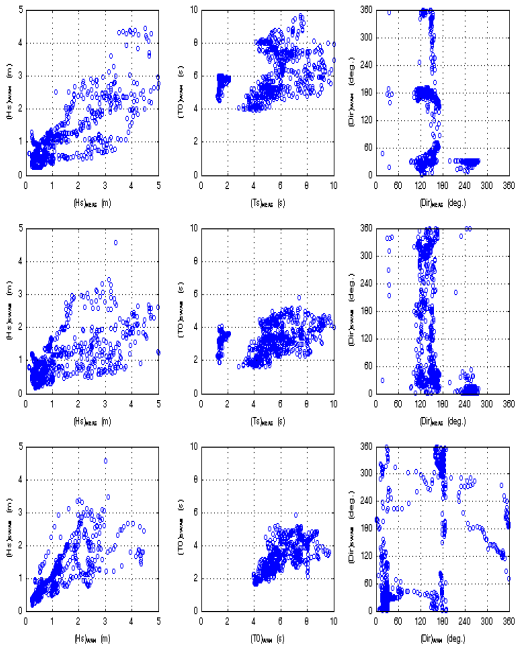
(g) 2008/06 **(h) 2008/07**

圖 7.4-85(續) 安平港波浪推算及實測結果關係比較圖

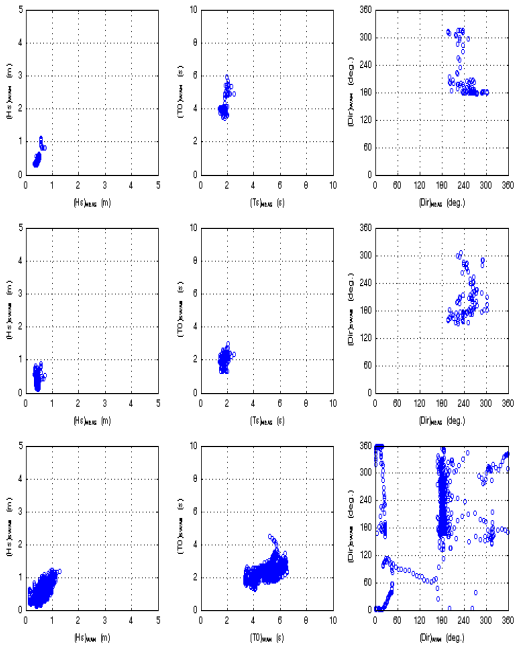
註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



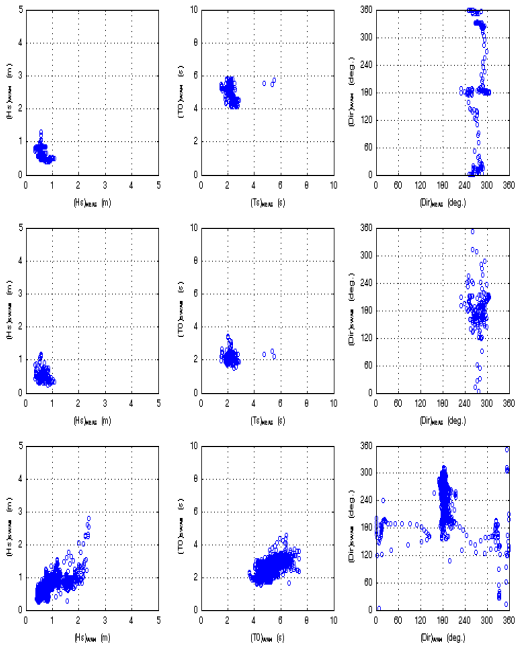
(i) 2008/08



(j) 2008/09



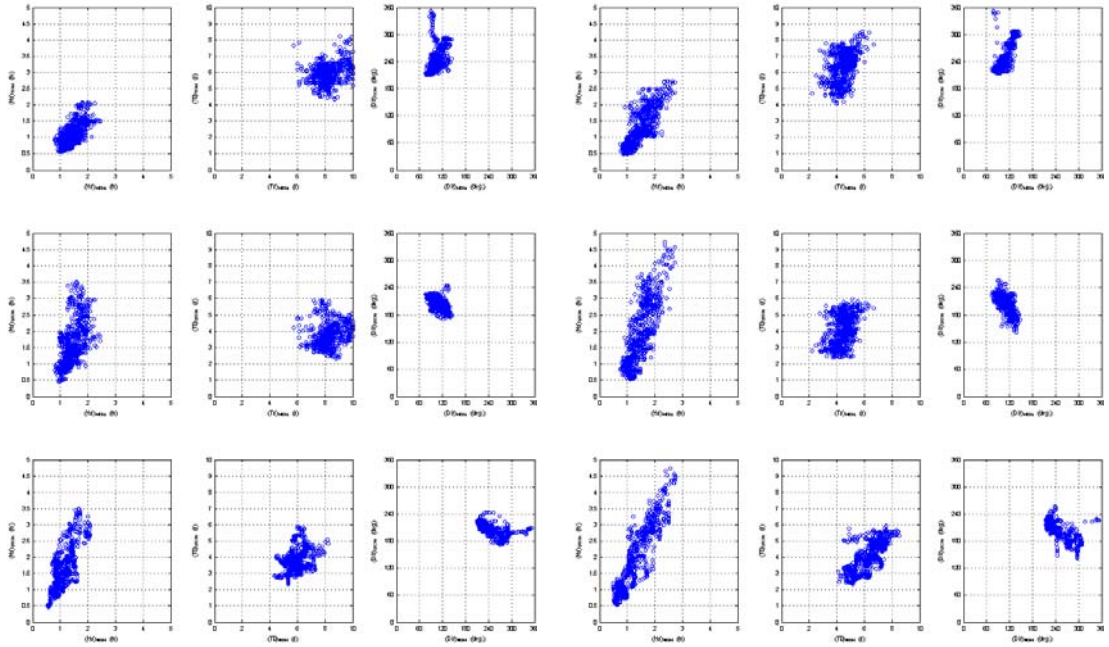
(k) 2008/10



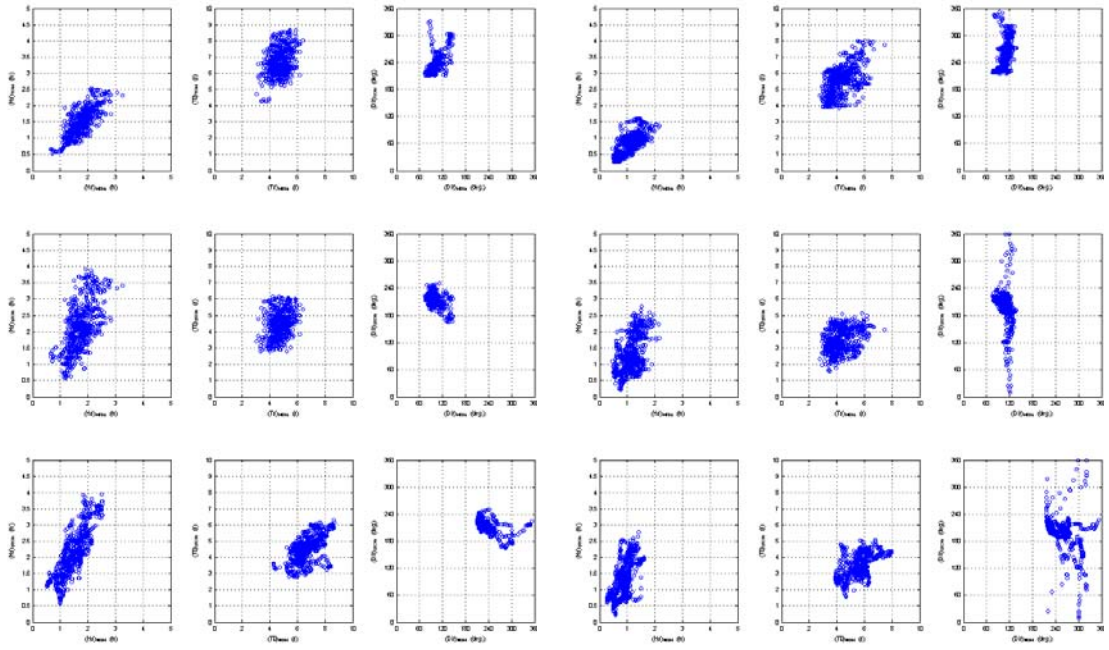
(l) 2008/11

圖 7.4-85(續) 安平港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



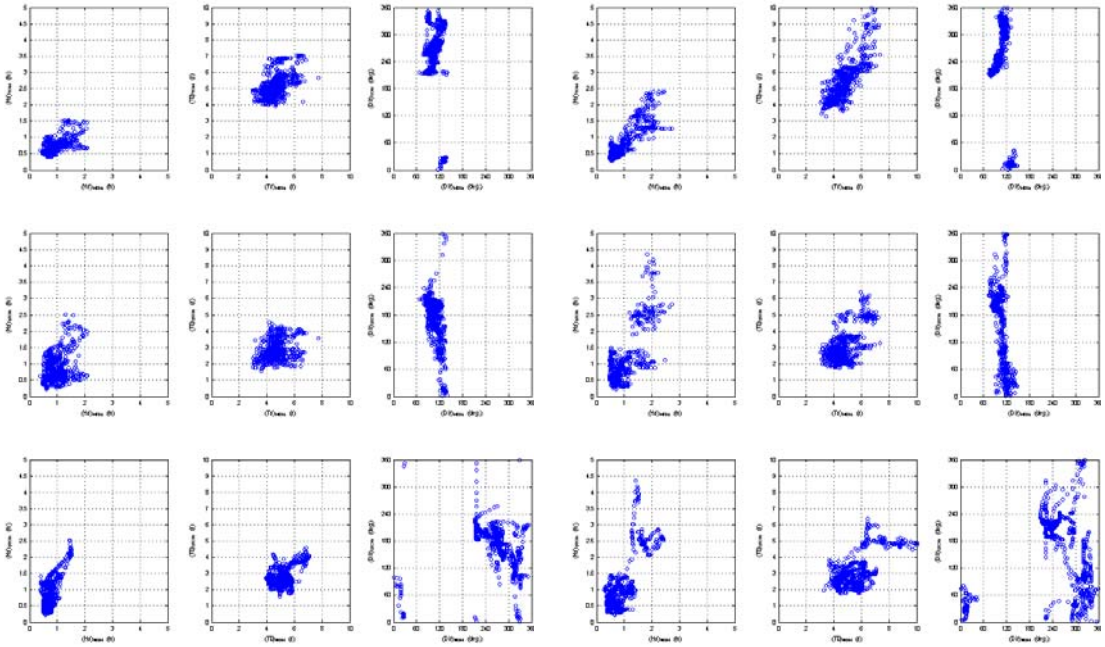
(a) 2007/12 **(b) 2008/01**



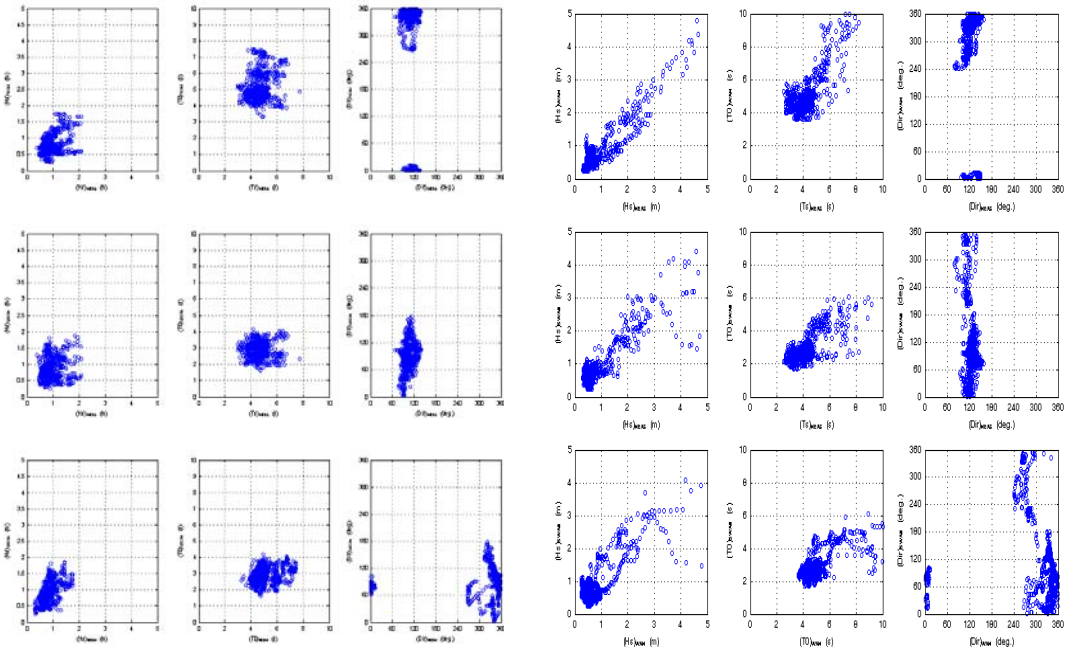
(c) 2008/02 **(d) 2008/03**

圖 7.4-86 花蓮港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



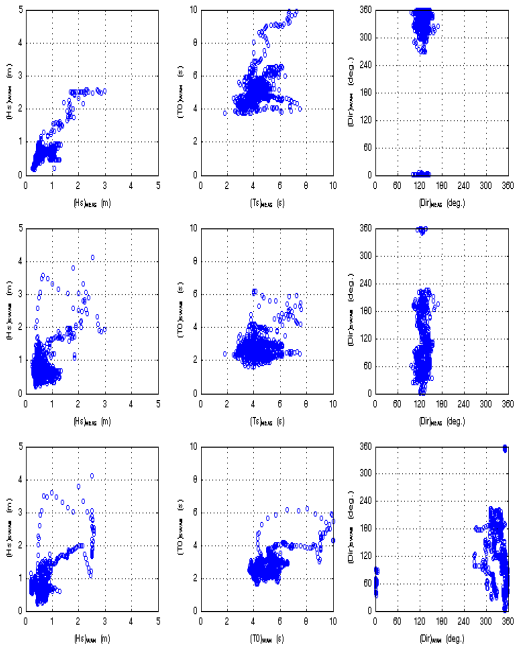
(e) 2008/04 **(f) 2008/05**



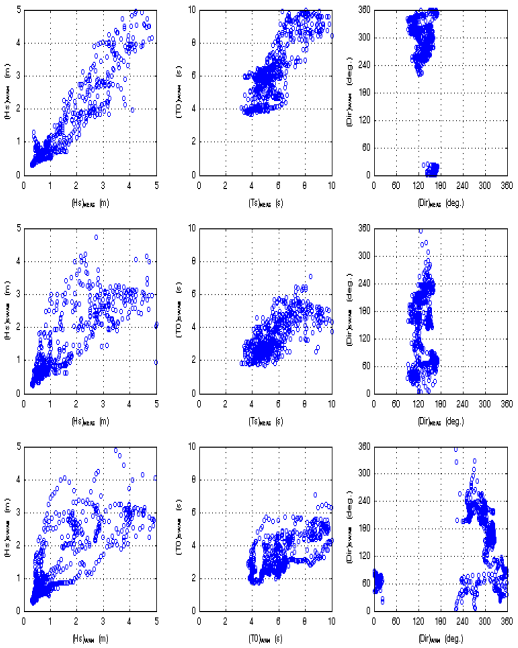
(g) 2008/06 **(h) 2008/07**

圖 7.4-86(續) 花蓮港波浪推算及實測結果關係比較圖

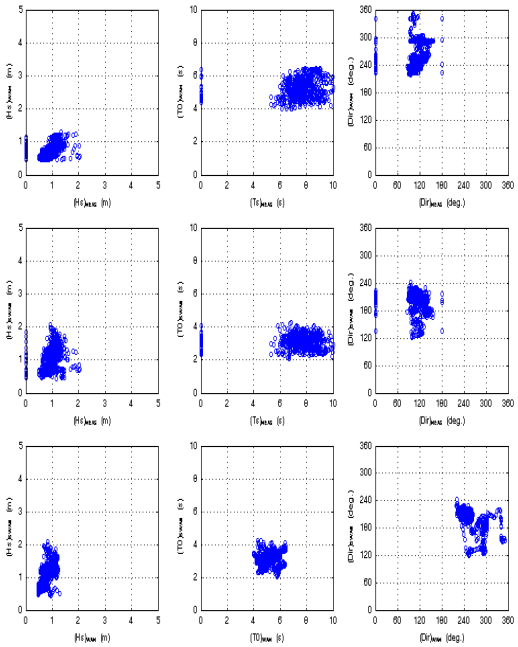
註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



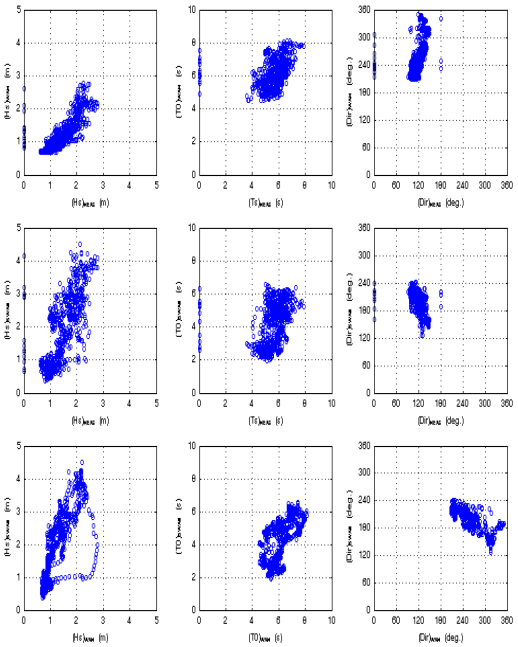
(i) 2008/08



(j) 2008/09



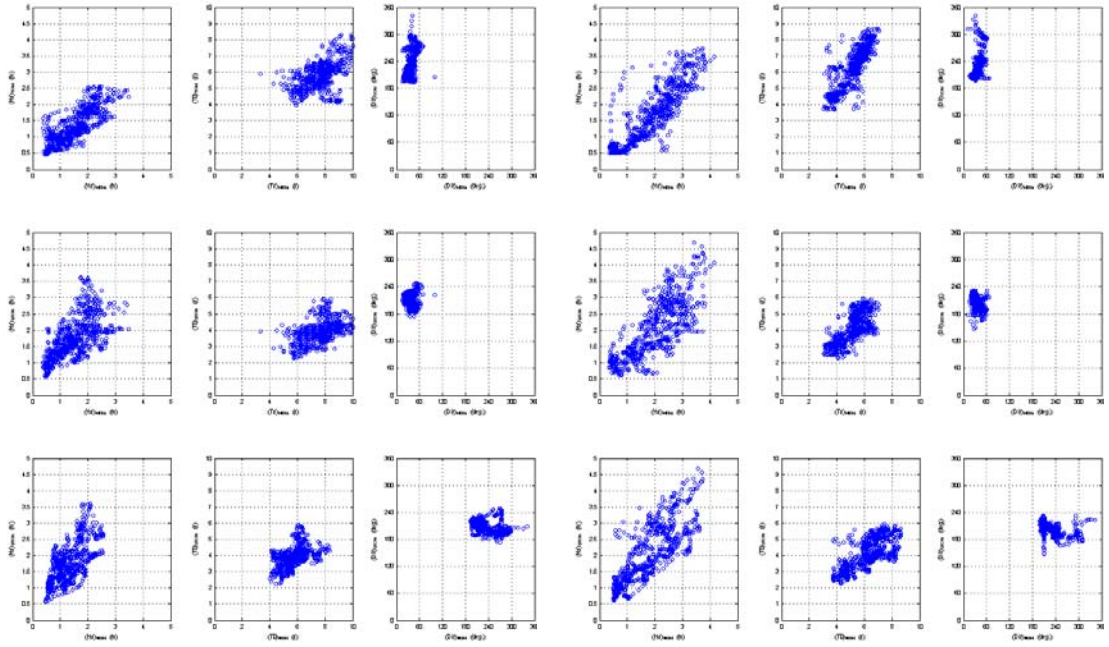
(k) 2008/10



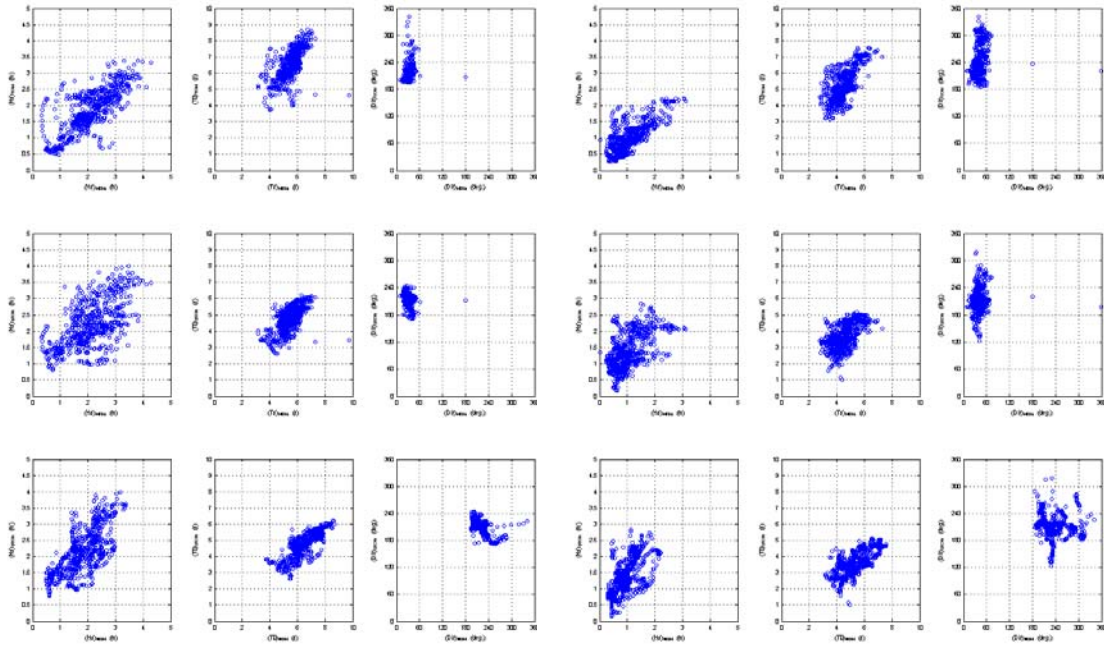
(l) 2008/11

圖 7.4-86(續) 花蓮港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



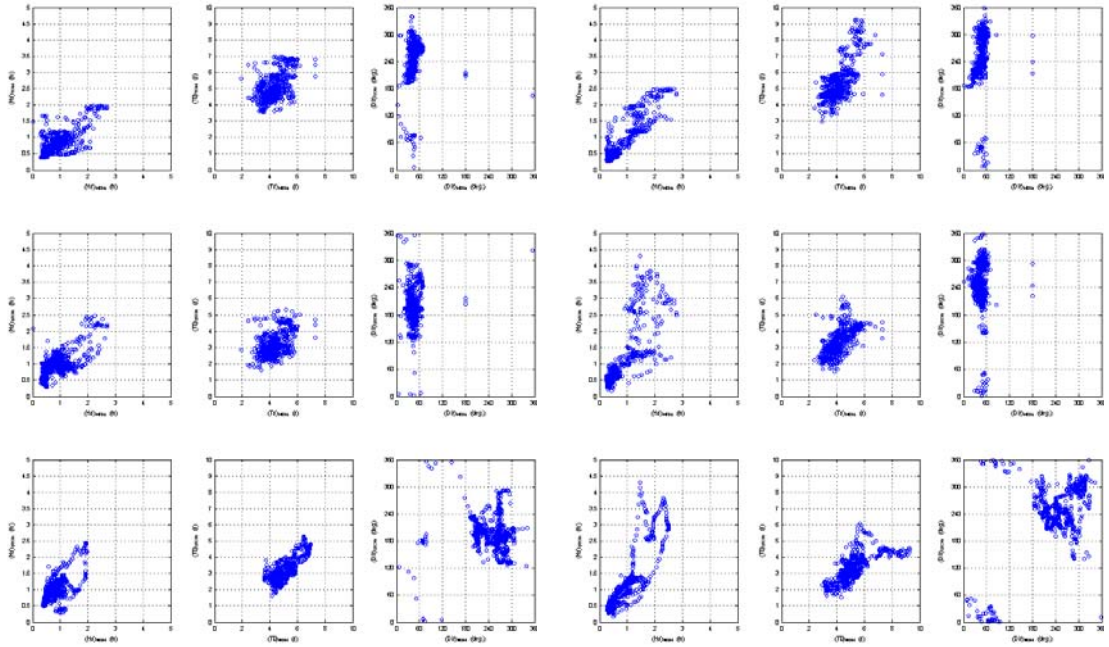
(a) 2007/12 **(b) 2008/01**



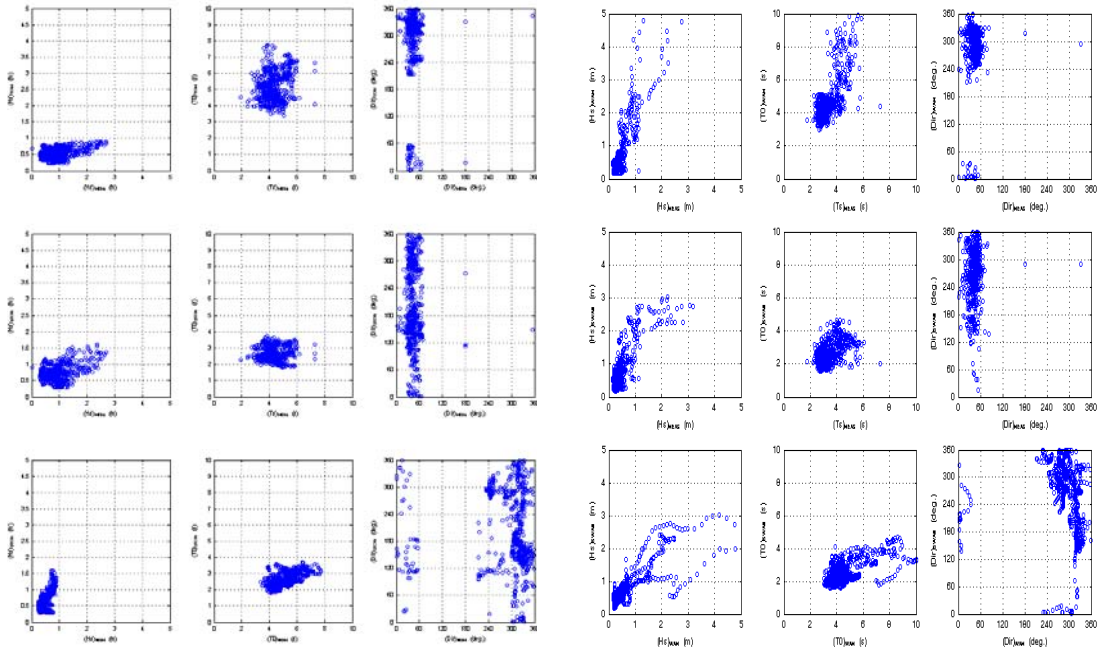
(c) 2008/02 **(d) 2008/03**

圖 7.4-87 基隆港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



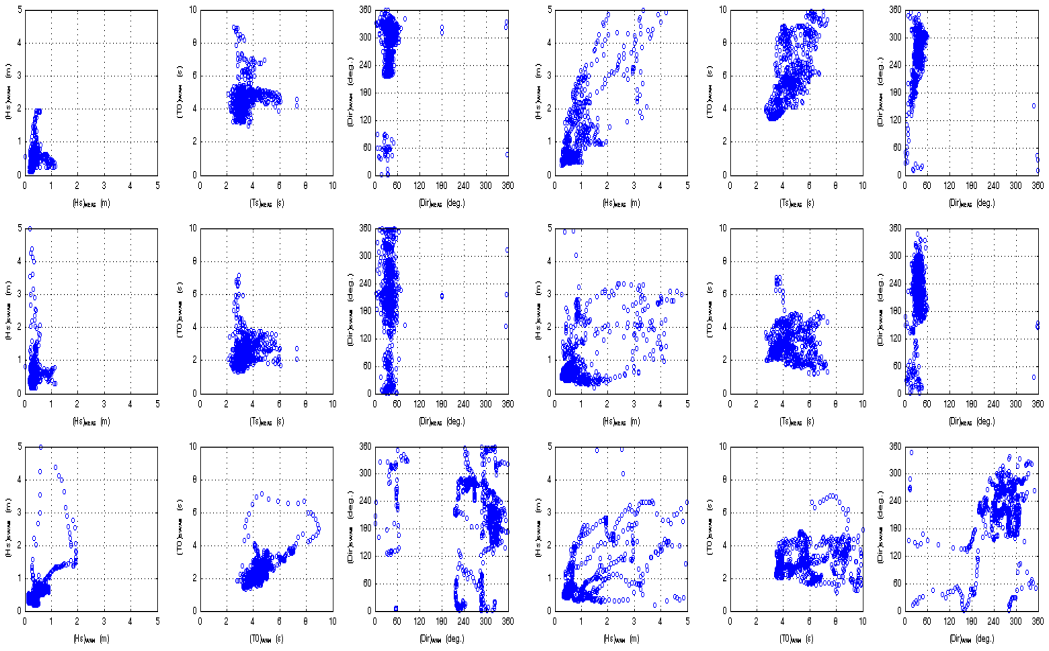
(e) 2008/04 **(f) 2008/05**



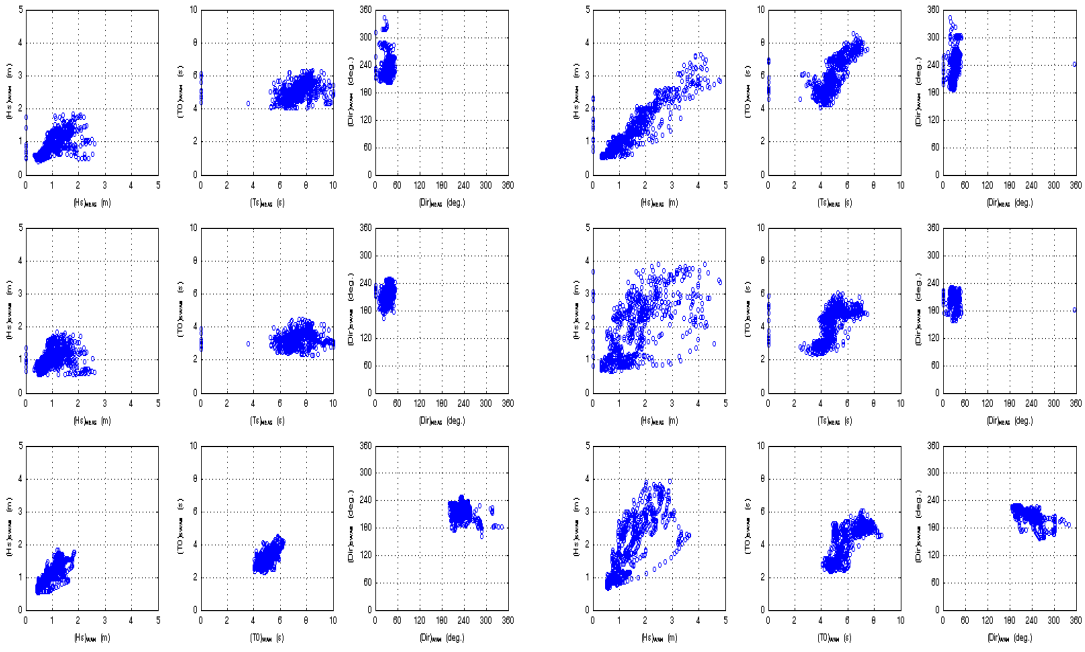
(g) 2008/06 **(h) 2008/07**

圖 7.4-87(續) 基隆港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



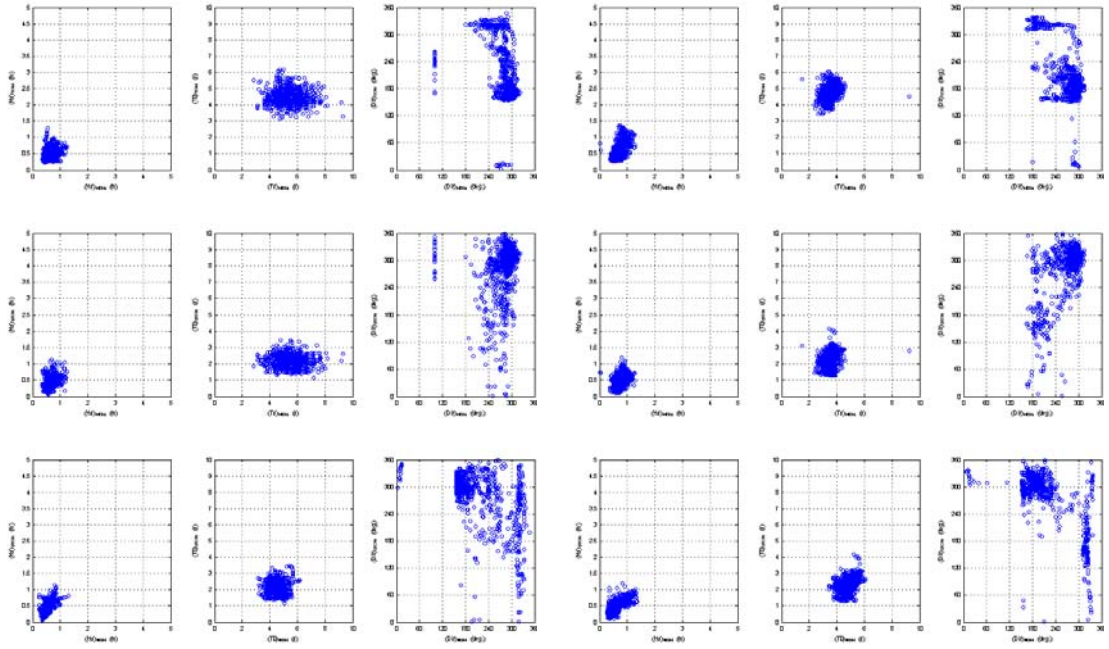
(i) 2008/08　　(j) 2008/09



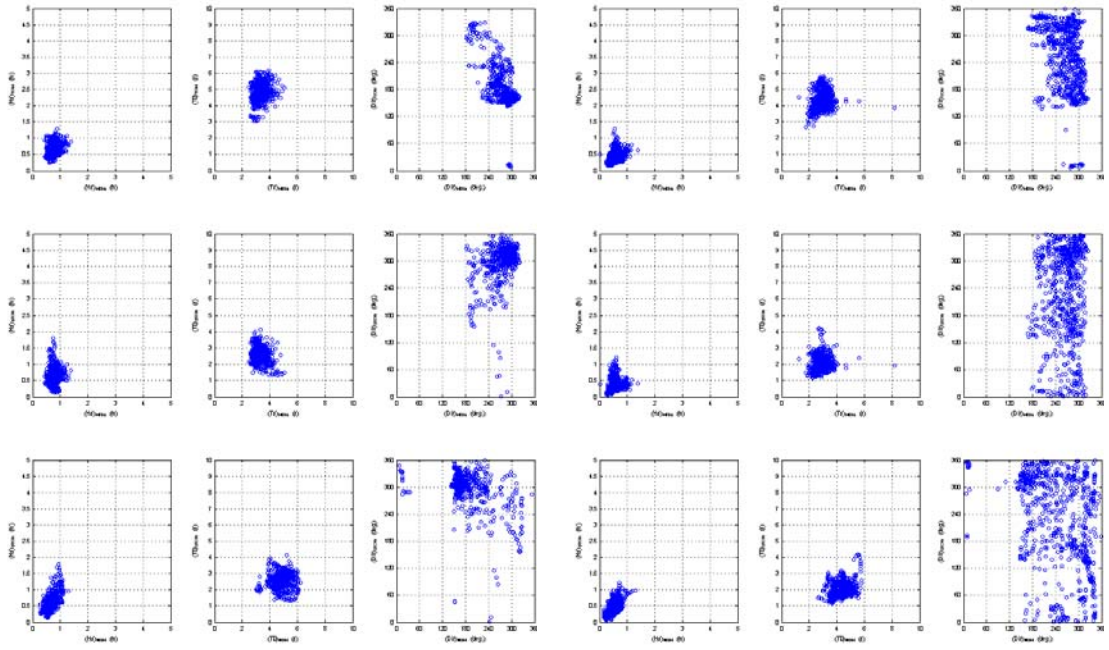
(k) 2008/10　　(l) 2008/11

圖 7.4-87(續) 基隆港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



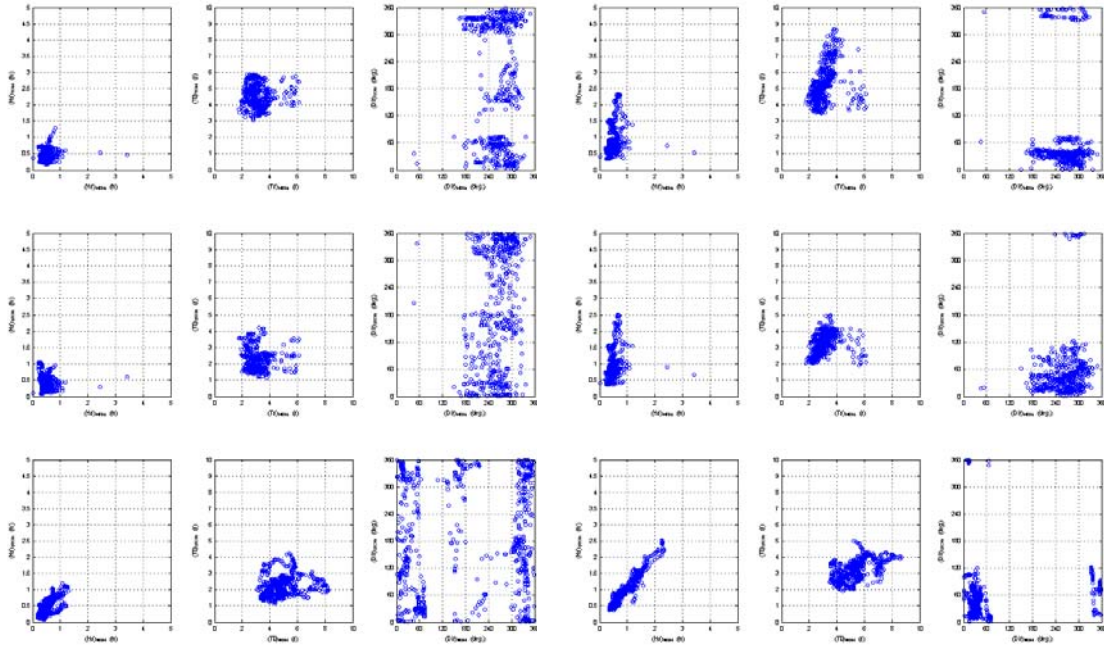
(a) 2007/12 **(b) 2008/01**



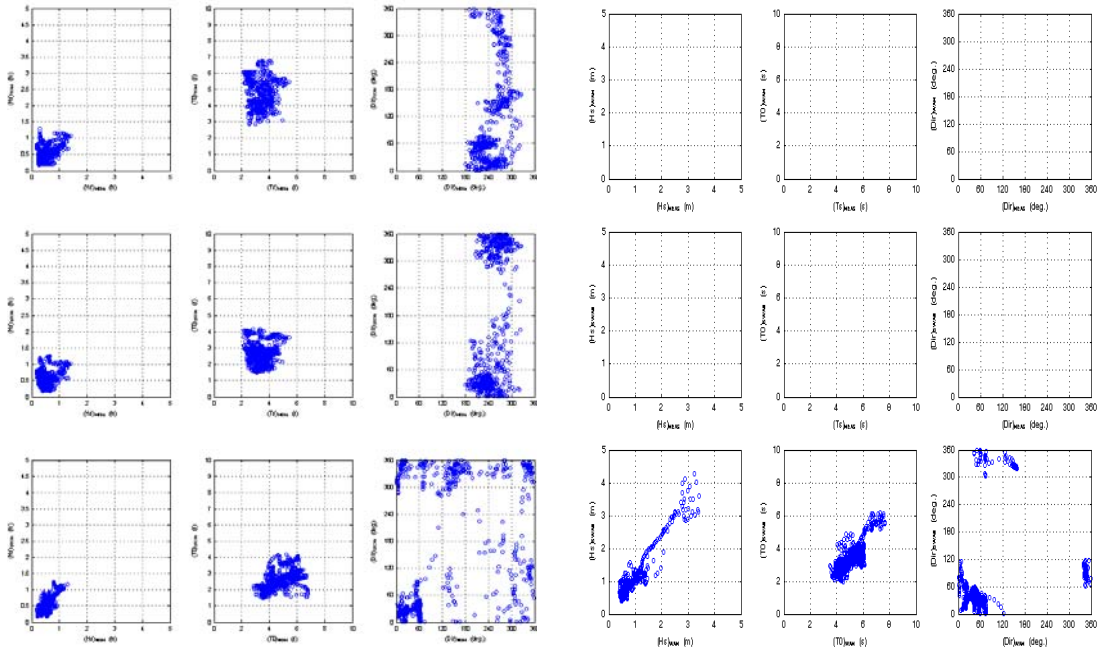
(c) 2008/02 **(d) 2008/03**

圖 7.4-88 高雄港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



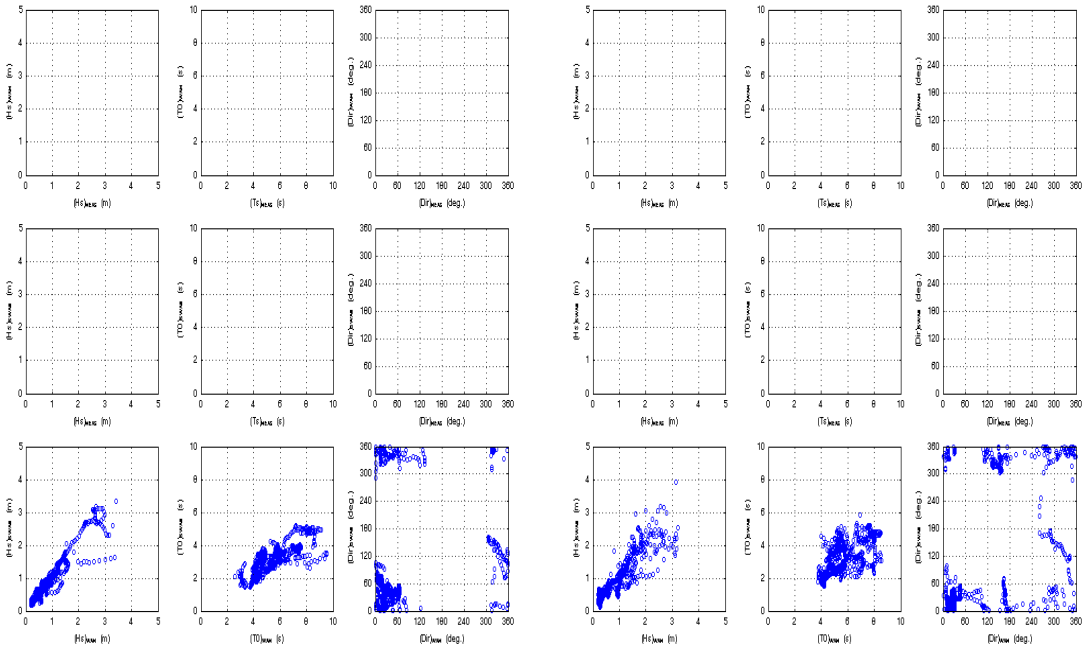
(e) 2008/04　　(f) 2008/05



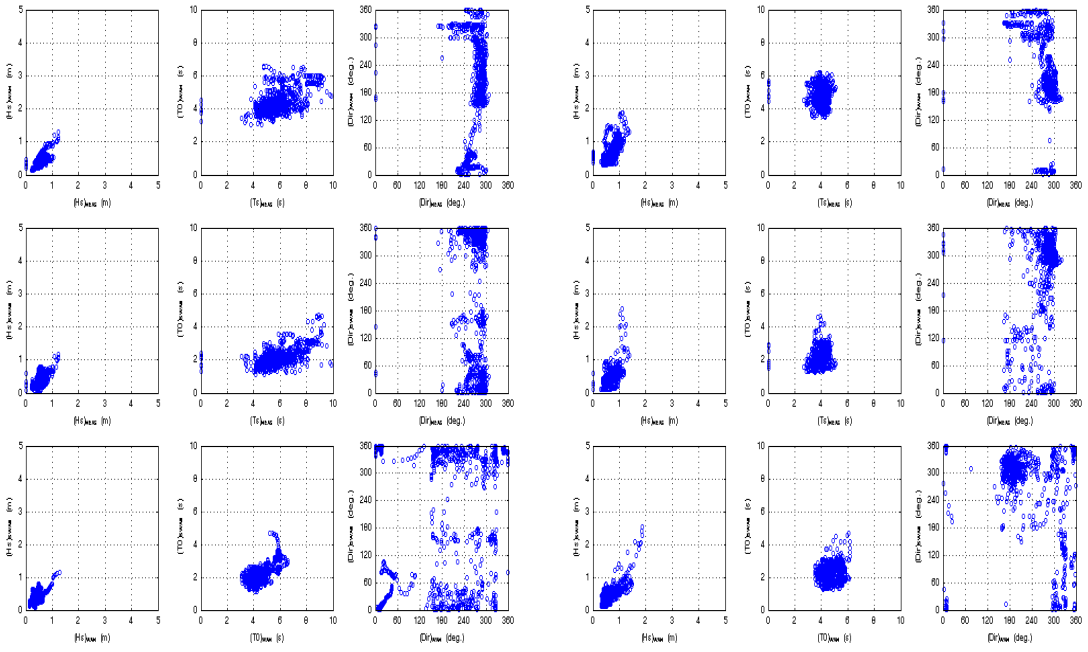
(g) 2008/06　　(h) 2008/07

圖 7.4-88(續) 高雄港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



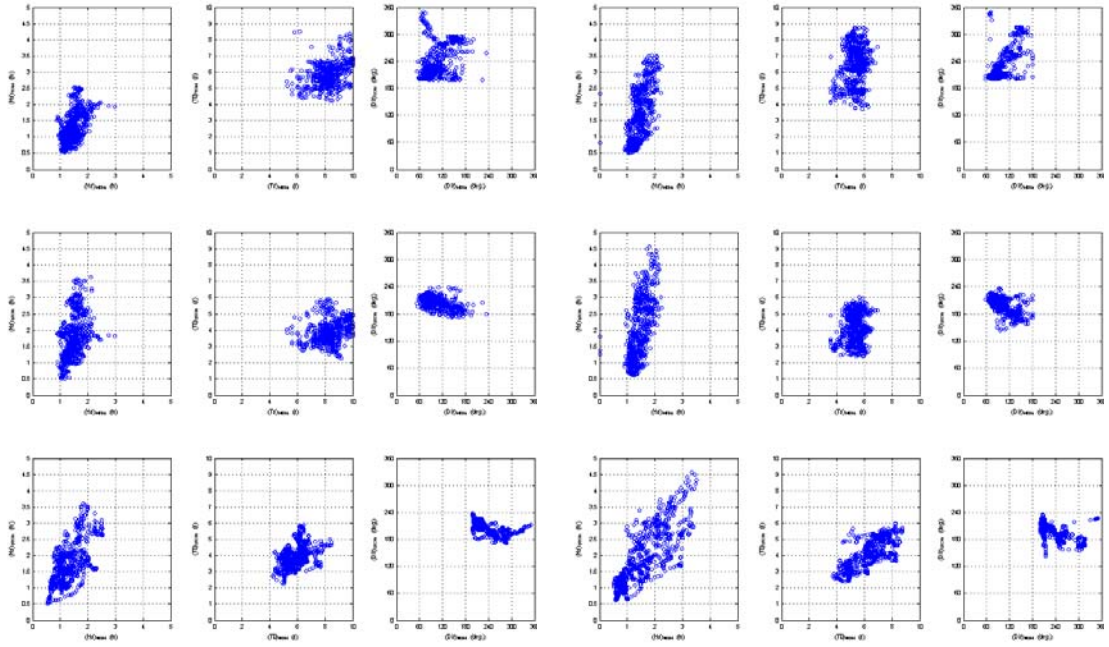
(i) 2008/08　　(j) 2008/09



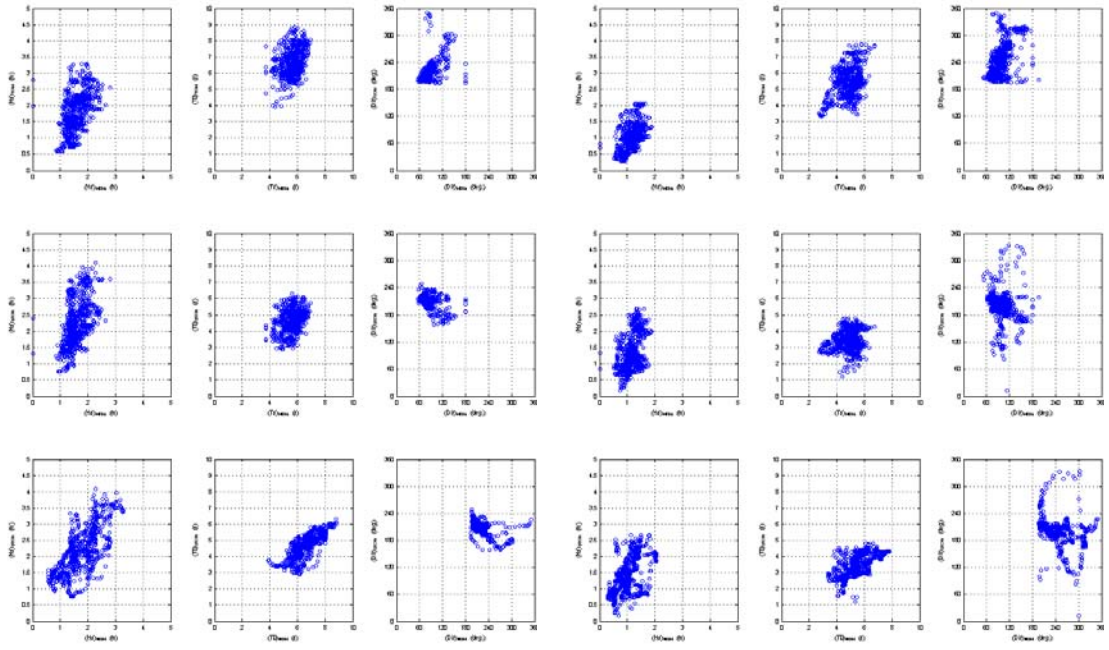
(k) 2008/10　　(l) 2008/11

圖 7.4-88(續) 高雄港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



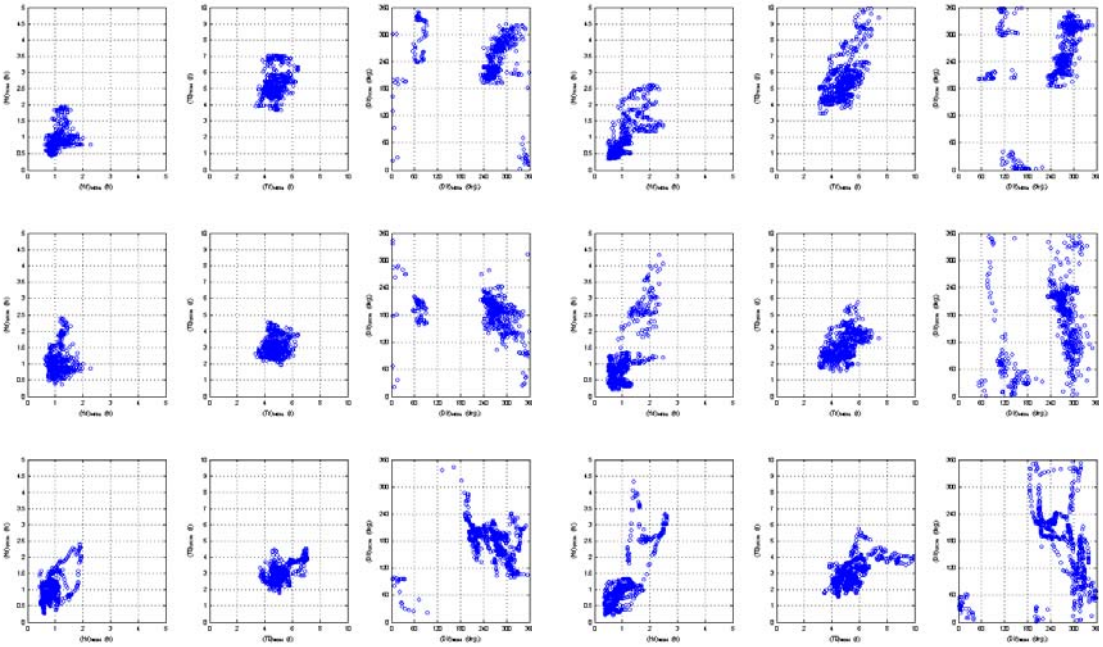
(a) 2007/12 **(b) 2008/01**



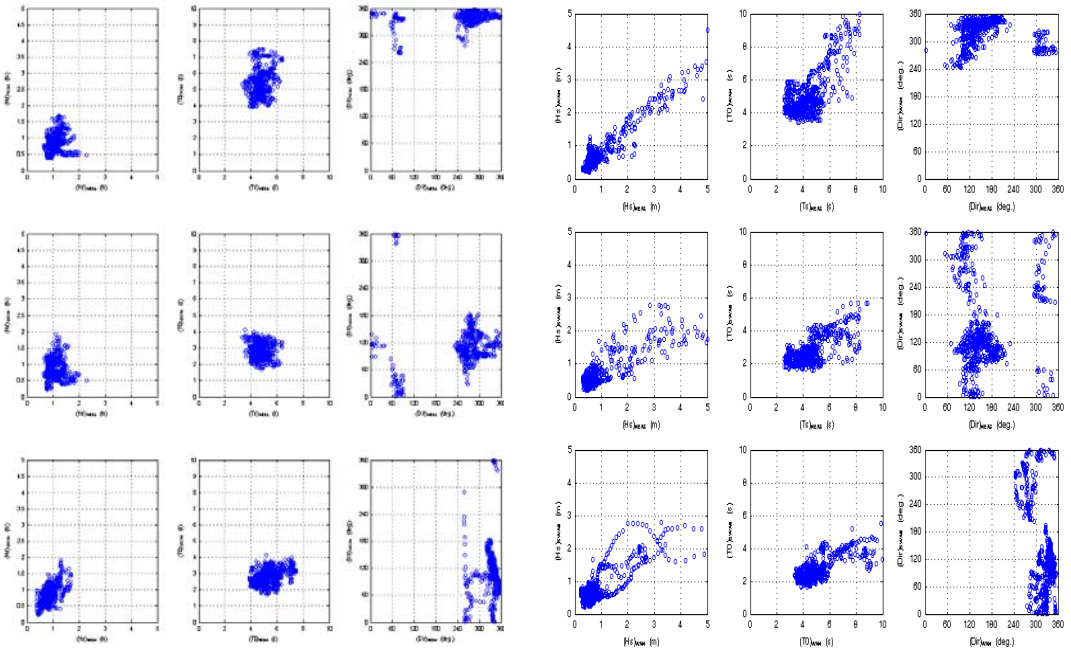
(c) 2008/02 **(d) 2008/03**

圖 7.4-89 蘇澳港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



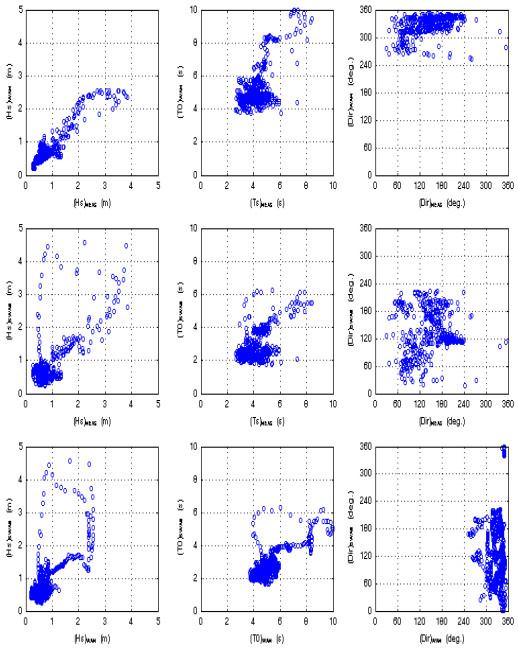
(e) 2008/04 **(f) 2008/05**



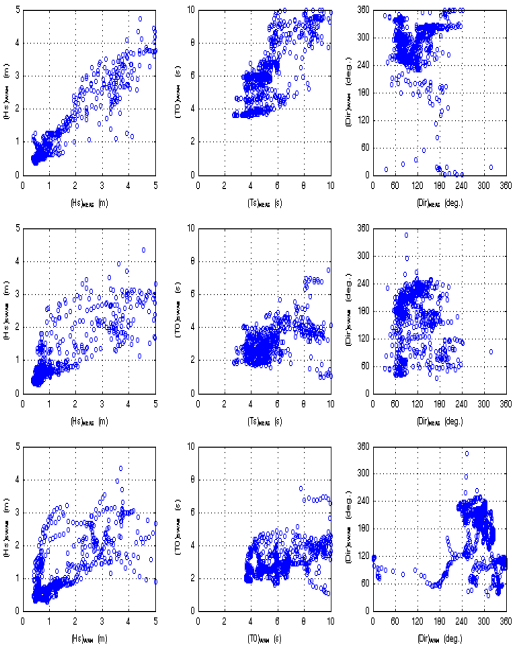
(g) 2008/06 **(h) 2008/07**

圖 7.4-89(續) 蘇澳港波浪推算及實測結果關係比較圖

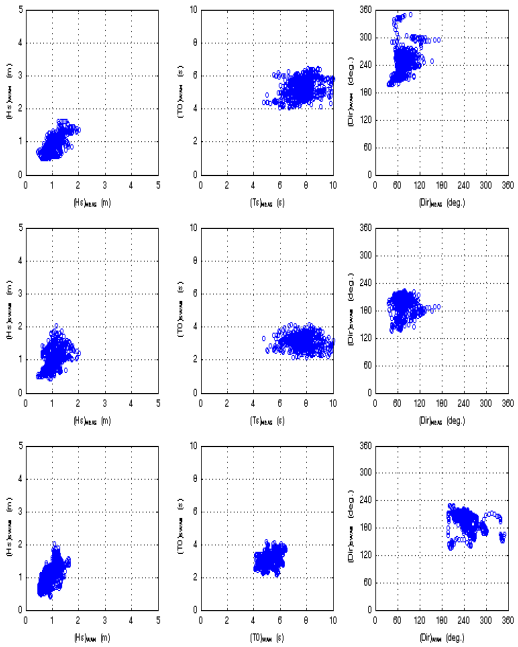
註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



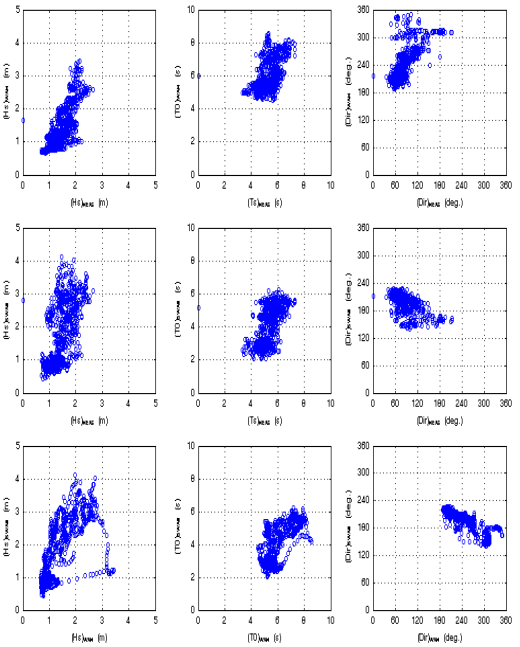
(i) 2008/08



(j) 2008/09



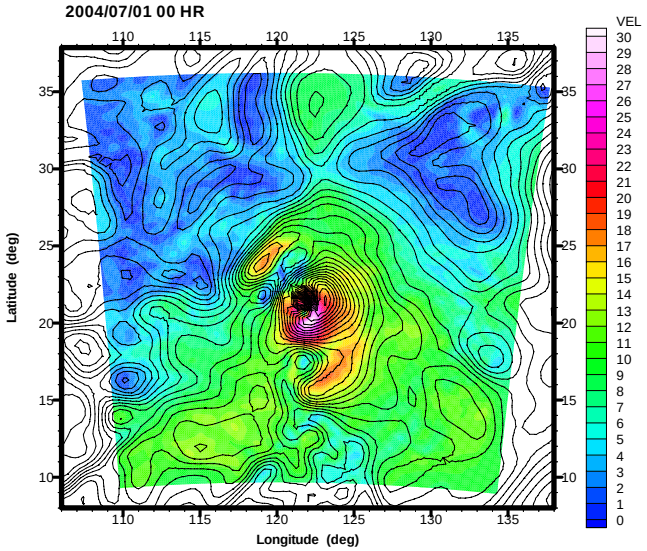
(k) 2008/10



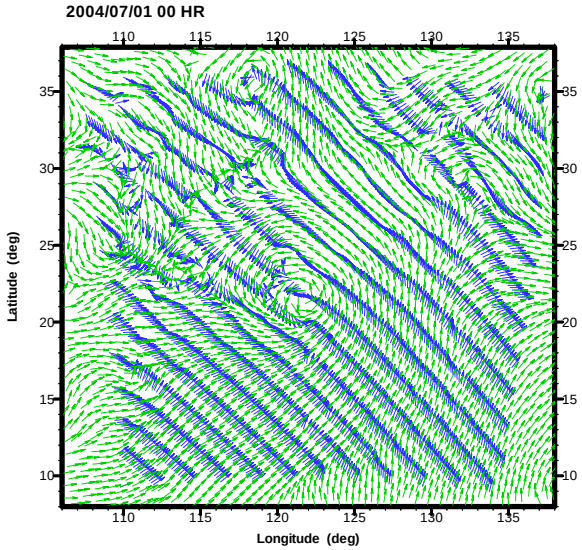
(l) 2008/11

圖 7.4-89(續) 蘇澳港波浪推算及實測結果關係比較圖

註：各圖中上列為 WAM 推算及實測資料的比較、中列為 SWAN 推算及實測資料的比較、下列為 WAM 推算及 SWAN 推算的比較；左欄為代表波高(示性波高)的比較、中欄為代表週期的比較、而右欄為主要波向的比較。



(a) 風速分佈



(b) 風向分佈

圖 7.4-90　RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)

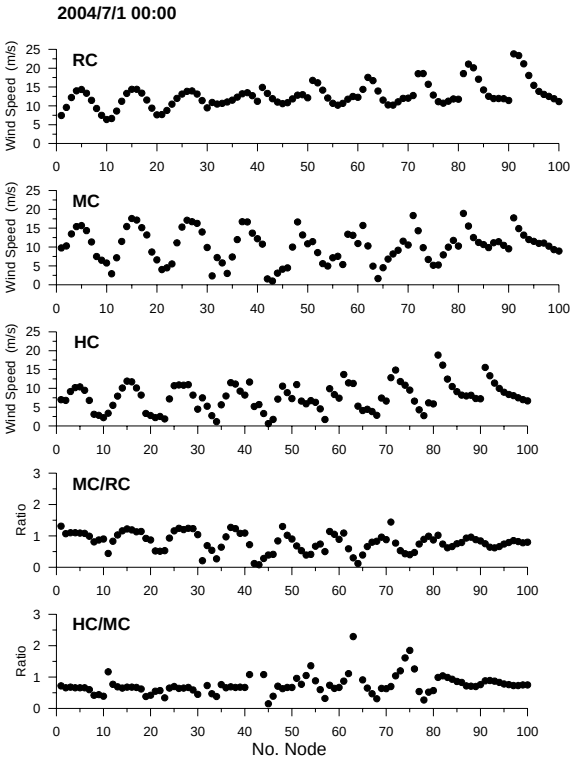


圖 7.4-91　RC/MC/HC 風速比較圖(2004/07/01 00H)

7.5 水位作業化模式成果評估

本季取得港研中心提供的實測資料，包括海情中心資料庫下載(潮位計)及每日上傳至預報主機的潮位資料(AWCP)。圖 7.5-1 至圖 7.5-132 為 2007 年 12 月至 2008 年 11 月，6 個測站台灣海域模式與實測資料比對圖。除了資料短缺的時段無法進行比對，模式的結果與實測資料皆能吻合。2008 九月份比對圖，蘇澳測站於颱風辛樂克及薔蜜期間，可發現潮位計與 AWCP 的水位資料不相同，潮位計水位明顯偏大，花蓮測站也有類似的結果，不過沒有蘇澳測站明顯，此部份仍待與港研中心討論，以確定實測資料的正確性。

表 7.5-1 為台灣海域水位模式結果與實測資料 r.m.s 值計算統計。安平港整季無資料以及台中港 AWCP 無資料可以進行 r.m.s 值計算。在表中除了高雄測站 3 月、4 月、基隆測站 5 月份、花蓮測站 8 月、蘇澳測站 8 月以及安平測站 9 月份 r.m.s 值超過 0.2 公尺，其餘測站的 r.m.s 值皆在 0.1 公尺附近。高雄、花蓮及蘇澳是因為 AWCP 水準產生偏移，導致計算的 r.m.s 值偏大，基隆測站則是部分時間水位突然變大，導致此部份計算偏大。

表 7.5-1 台灣海域水位模式與實測資料 r.m.s 值計算(公尺)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年	海情中心	無資料	0.17	0.15	0.11	0.19	0.65
12 月	每日上傳	無資料	0.11	0.13	0.09	0.11	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.09	0.17	0.12	0.12	0.23
1 月	每日上傳	0.12	0.13	0.16	0.11	0.13	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.10	0.18	0.08	0.11	0.49
2 月	每日上傳	無資料	0.11	0.17	0.10	0.13	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.07	0.14	0.07	0.08	0.22
3 月	每日上傳	無資料	0.13	0.11	0.23	0.09	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.06	0.09	0.09	0.05	0.13
4 月	每日上傳	無資料	0.07	0.09	0.78	0.07	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.08	0.27	0.12	0.07	0.12
5 月	每日上傳	無資料	0.09	0.09	0.12	0.10	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.08	0.09	0.12	0.08	0.14
6 月	每日上傳	0.1	0.08	0.10	0.11	0.10	0.14
2008 年	海情中心	無資料	0.23	0.20	0.13	0.11	0.16
7 月	每日上傳	0.12	0.11	0.10	無資料	0.14	0.13
2008 年	海情中心	無資料	0.30	0.09	0.10	0.09	0.13
8 月	每日上傳	0.21	0.44	0.09	無資料	0.24	0.11
2008 年	海情中心	無資料	0.13	0.10	0.11	0.14	0.13
9 月	每日上傳	6.01	0.12	0.11	無資料	0.12	0.17
2008 年	海情中心	無資料	0.07	0.09	0.07	0.08	0.16
10 月	每日上傳	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	無資料
2008 年	海情中心	無資料	0.1	0.14	0.11	0.11	0.19
11 月	每日上傳	0.1	0.11	0.14	0.13	0.12	無資料

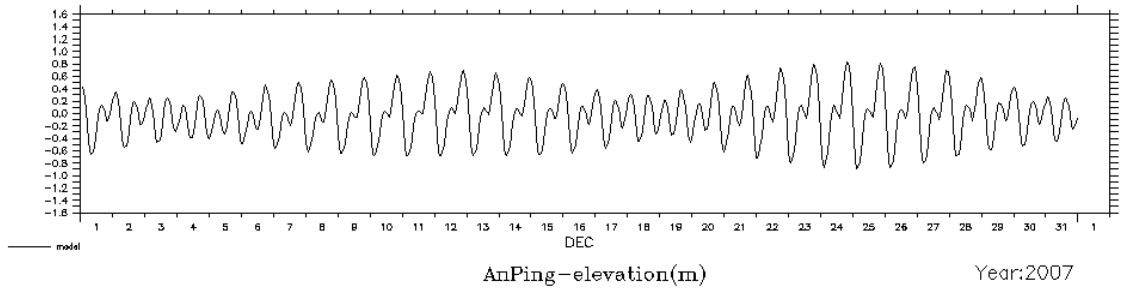


圖 7.5-1 安平港 2007 年 12 月台灣海域模式結果圖

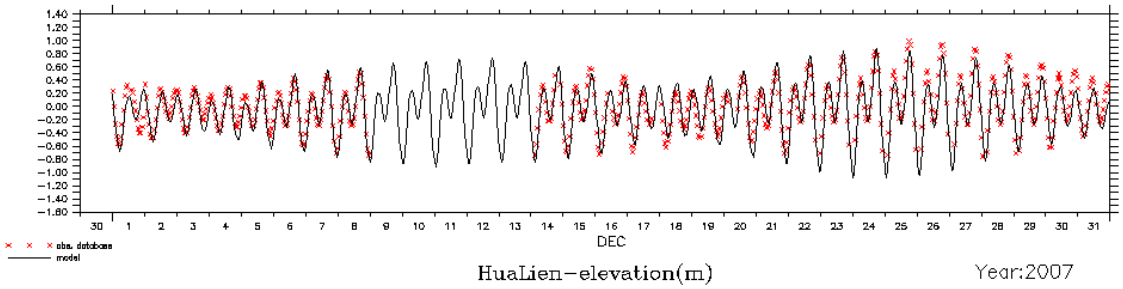


圖 7.5-2 花蓮港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

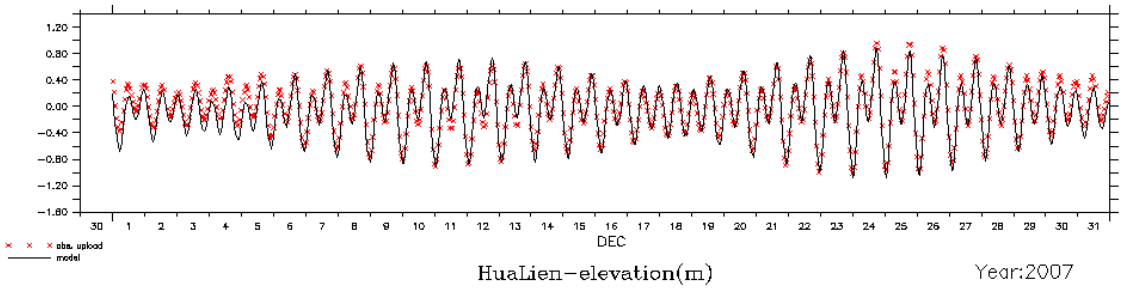


圖 7.5-3 花蓮港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

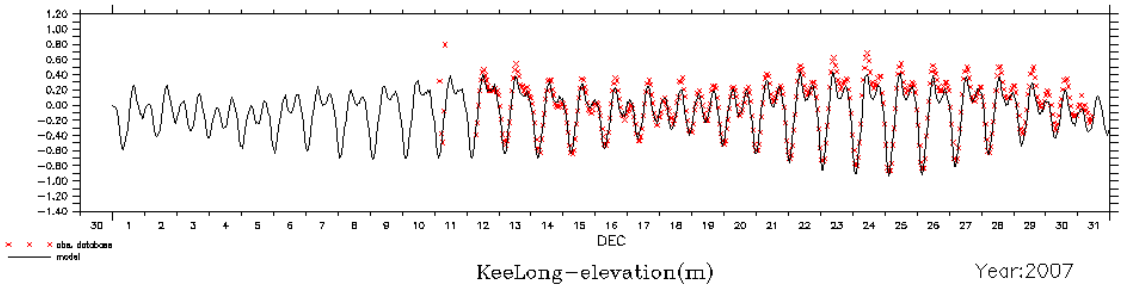


圖 7.5-4 基隆港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

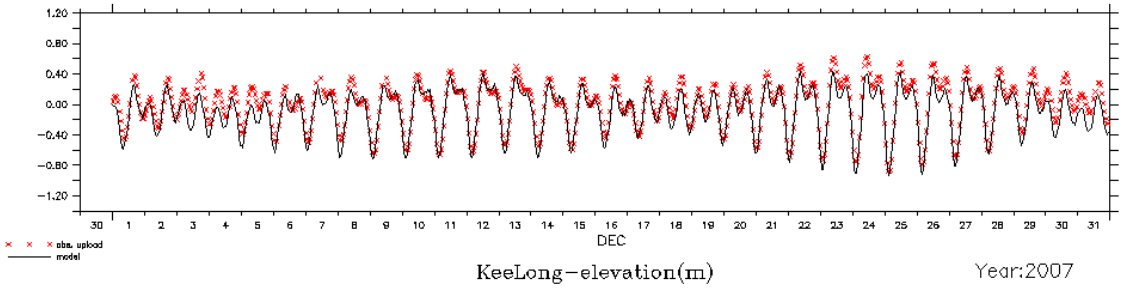


圖 7.5-5 基隆港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

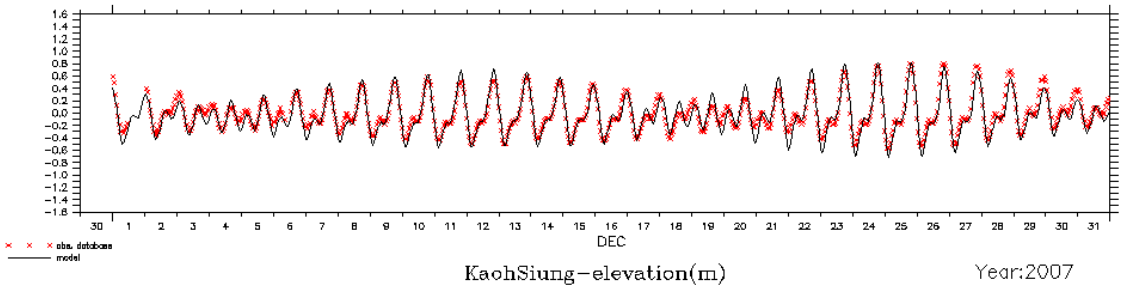


圖 7.5-6 高雄港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

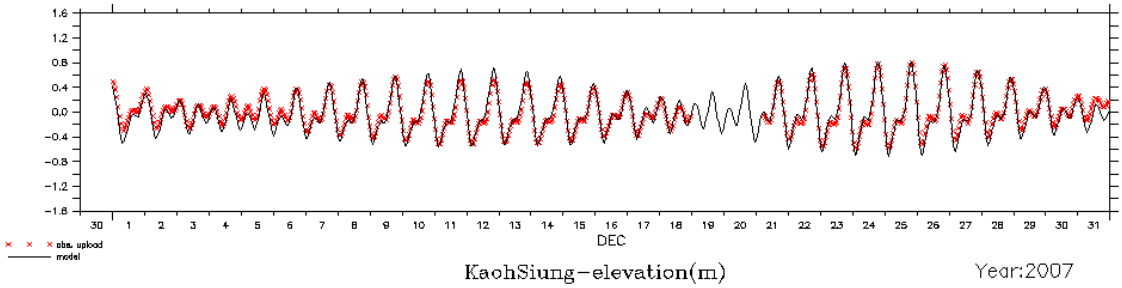


圖 7.5-7 高雄港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

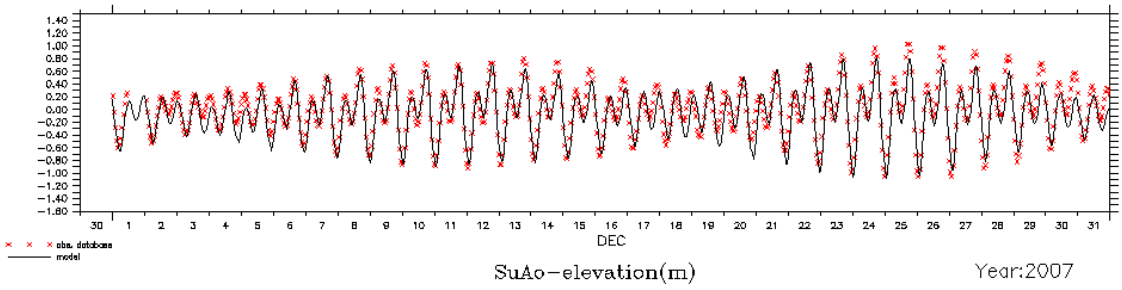


圖 7.5-8 蘇澳港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

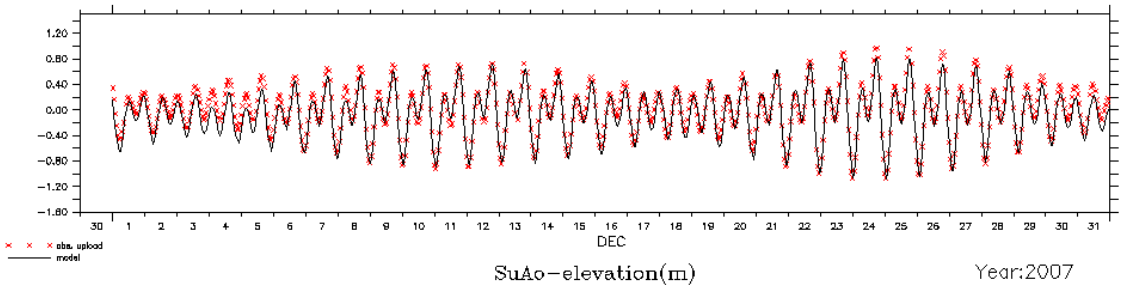


圖 7.5-9 蘇澳港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

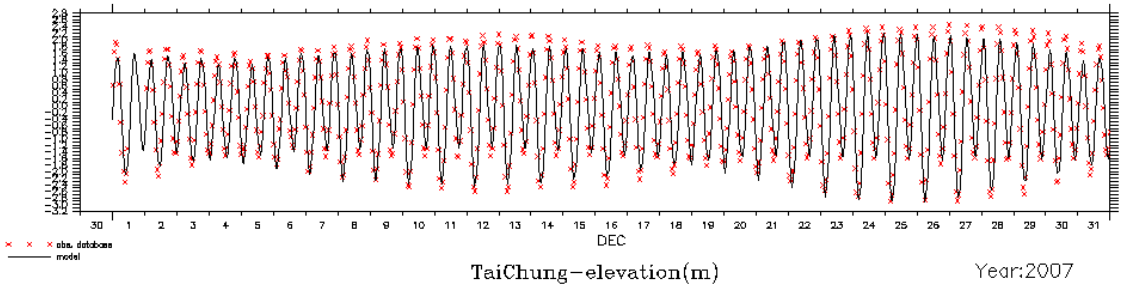


圖 7.5-10 台中港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

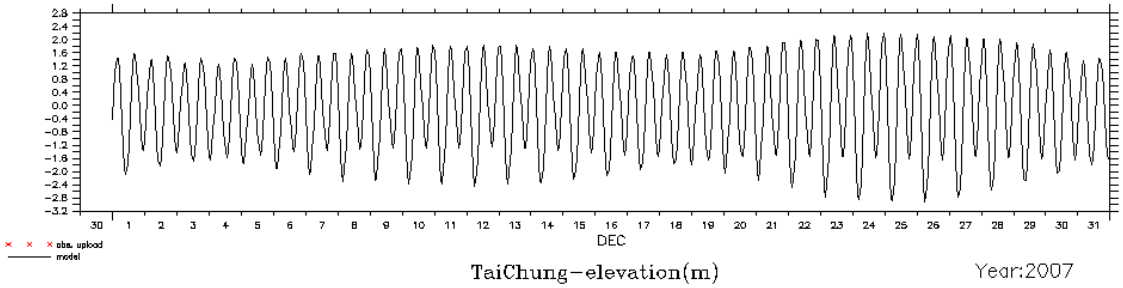


圖 7.5-11 台中港 2007 年 12 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

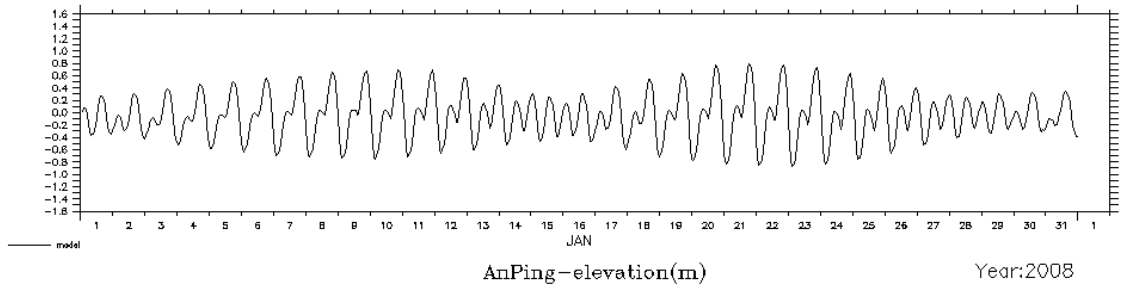


圖 7.5-12 安平港 2008 年 1 月台灣海域模式結果圖

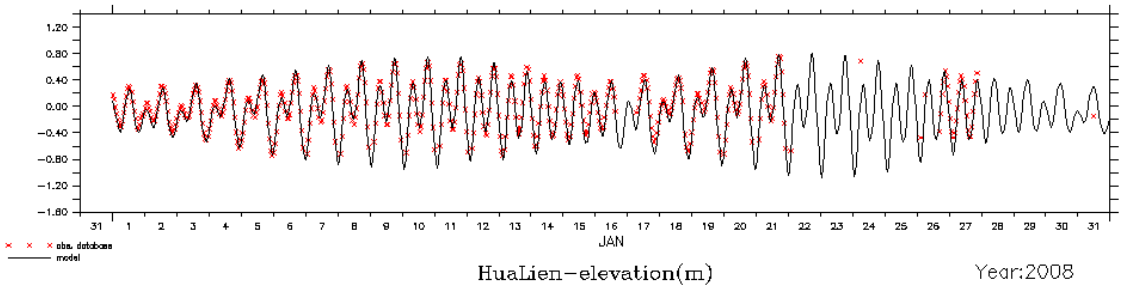


圖 7.5-13 花蓮港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

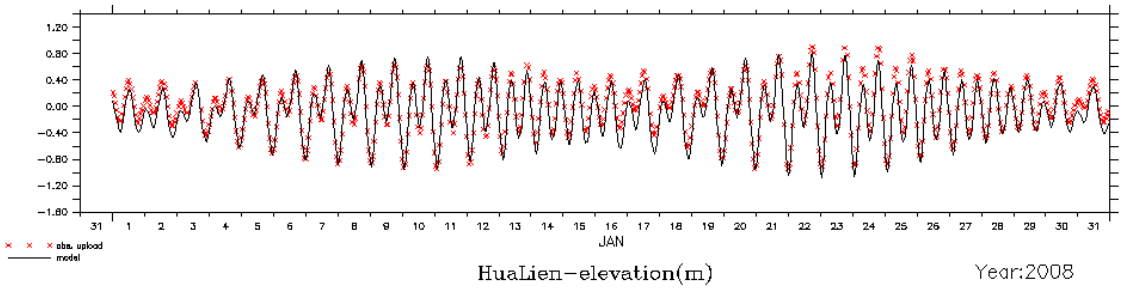


圖 7.5-14 花蓮港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

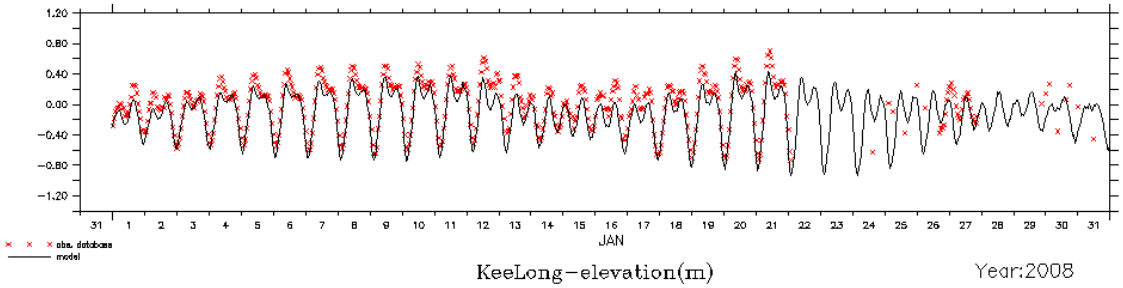


圖 7.5-15 基隆港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

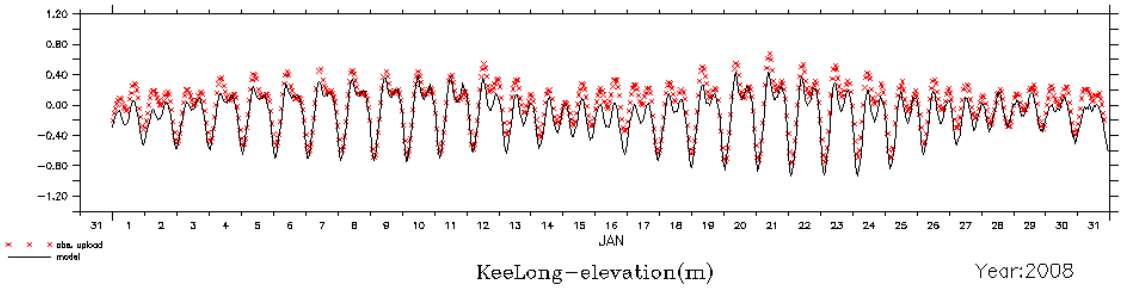


圖 7.5-16 基隆港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

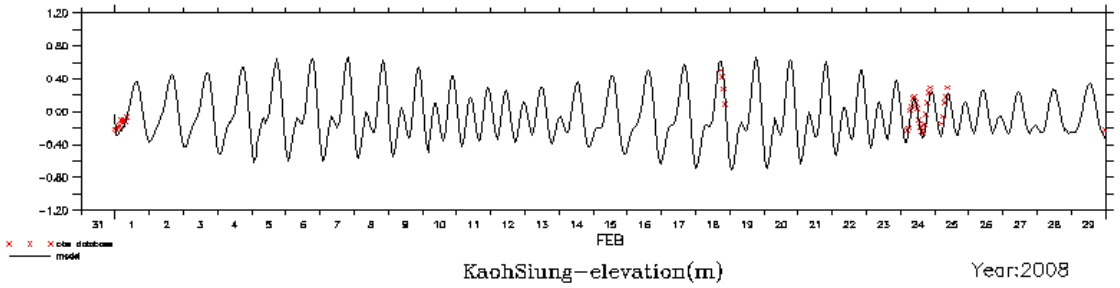


圖 7.5-17 高雄港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

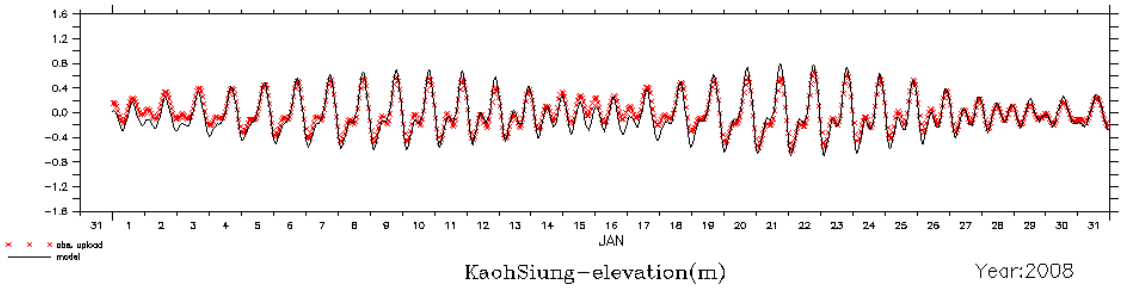


圖 7.5-18 高雄港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

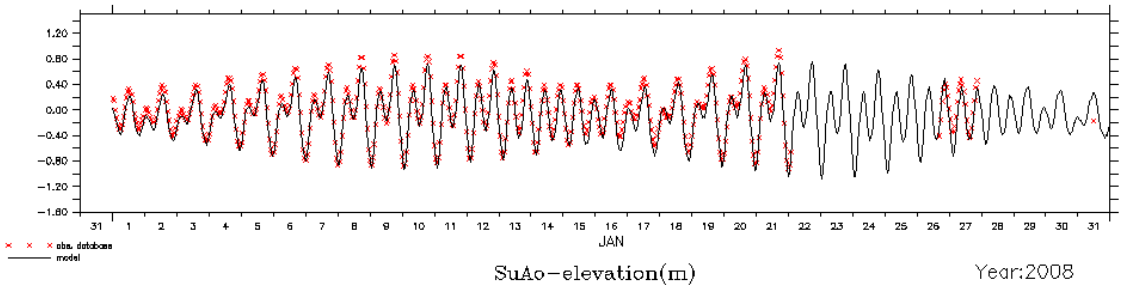


圖 7.5-19 蘇澳港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

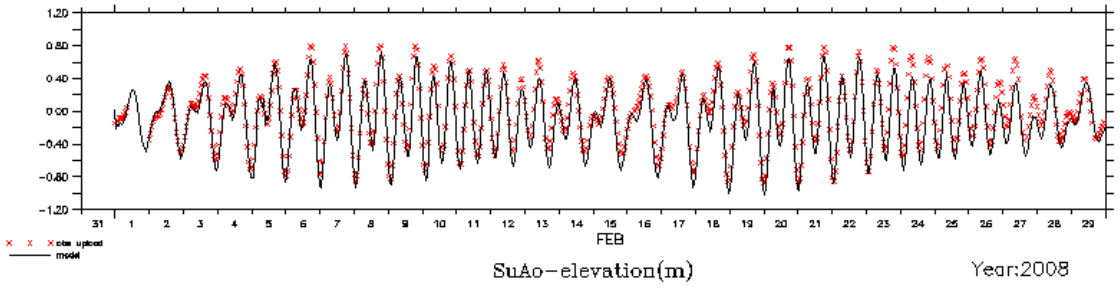


圖 7.5-20 蘇澳港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

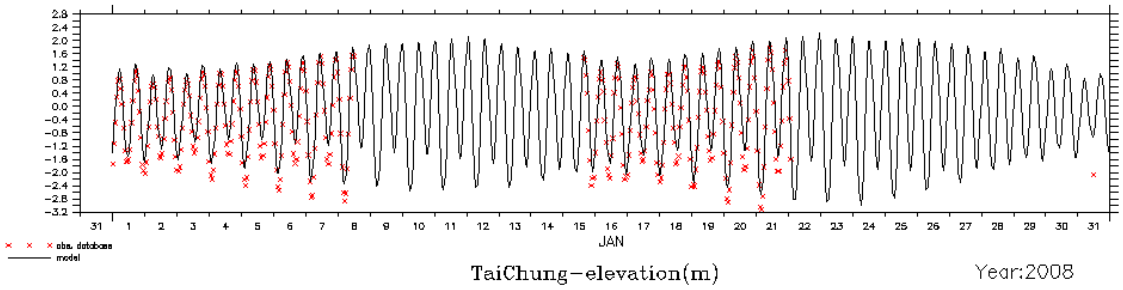


圖 7.5-21 台中港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

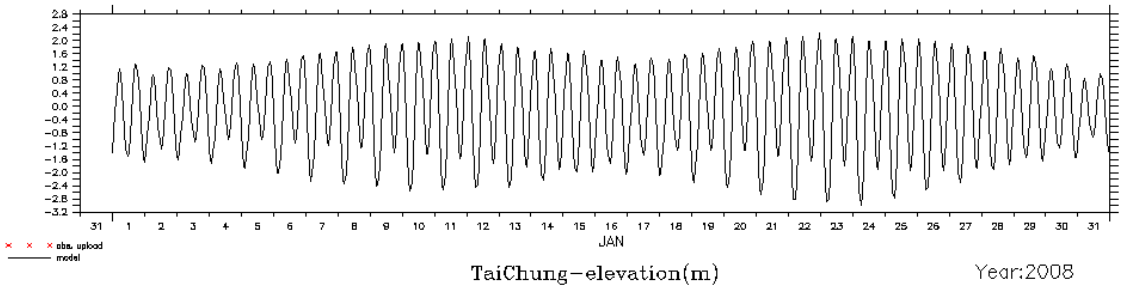


圖 7.5-22 台中港 2008 年 1 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

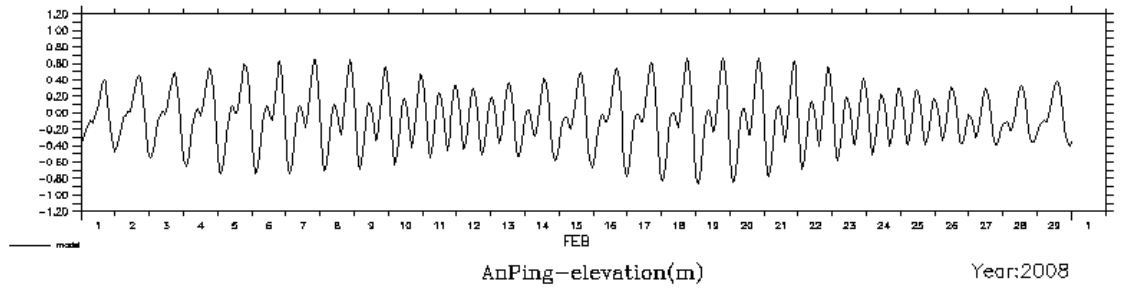


圖 7.5-23 安平港 2008 年 2 月台灣海域模式結果圖

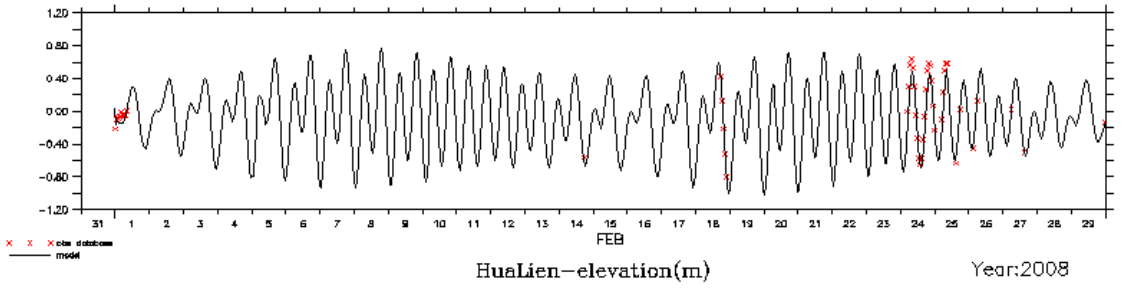


圖 7.5-24 花蓮港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

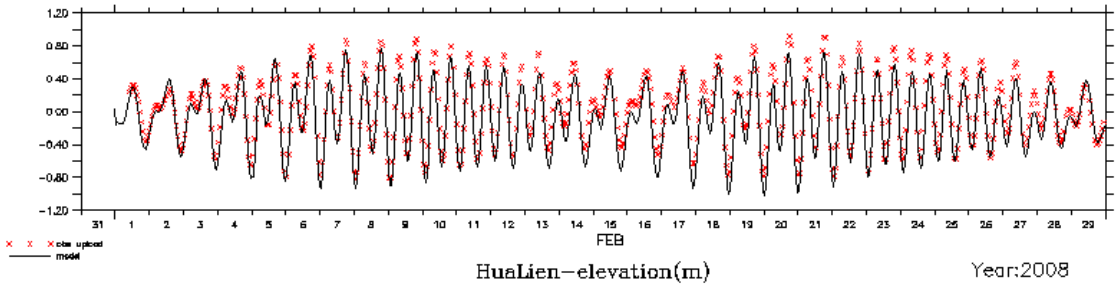


圖 7.5-25 花蓮港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

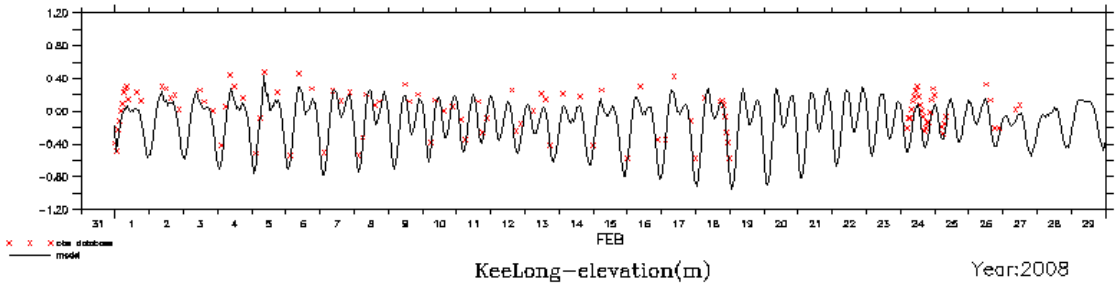


圖 7.5-26 基隆港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

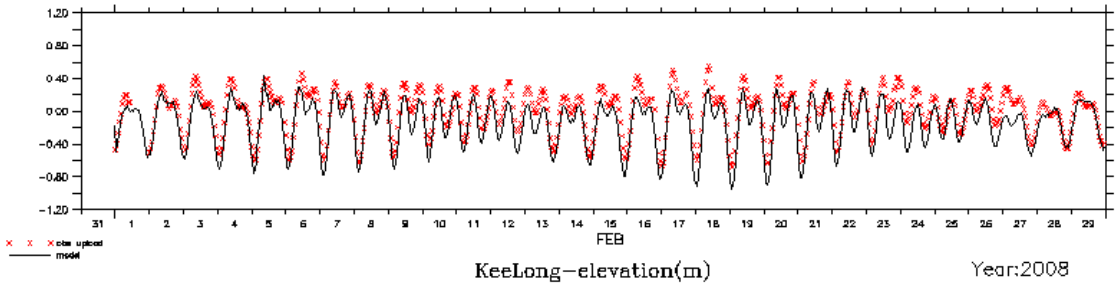


圖 7.5-27 基隆港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

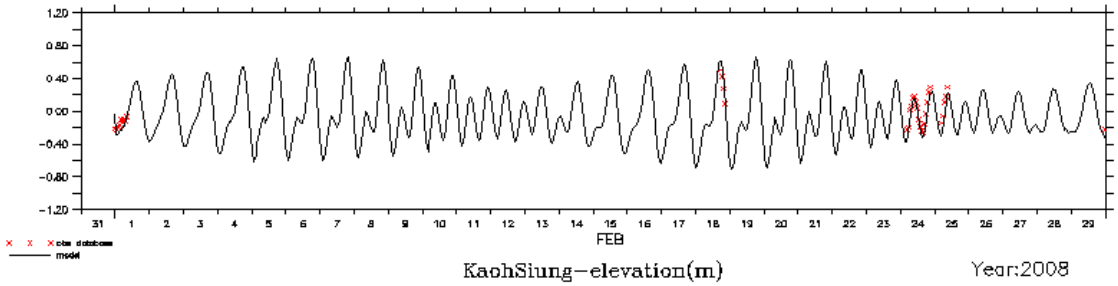


圖 7.5-28 高雄港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

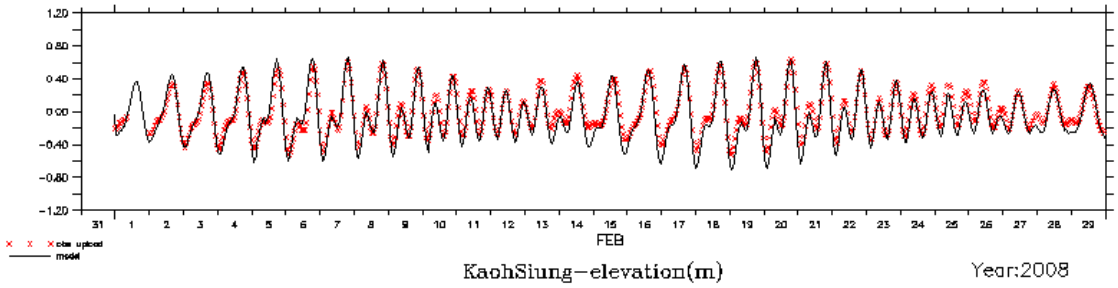


圖 7.5-29 高雄港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

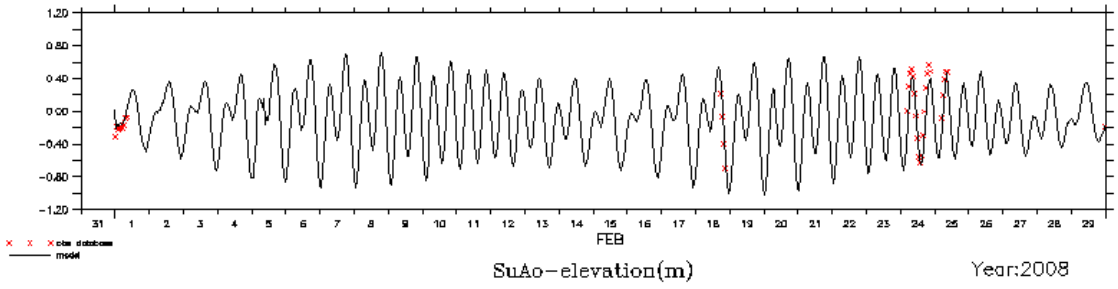


圖 7.5-30 蘇澳港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

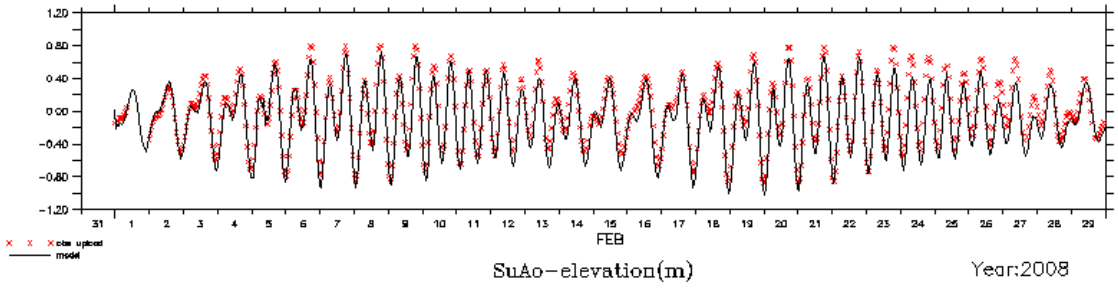


圖 7.5-31 蘇澳港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

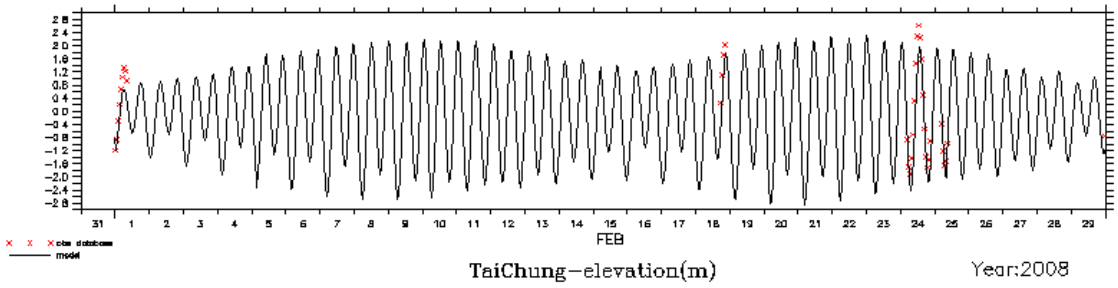


圖 7.5-32 台中港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

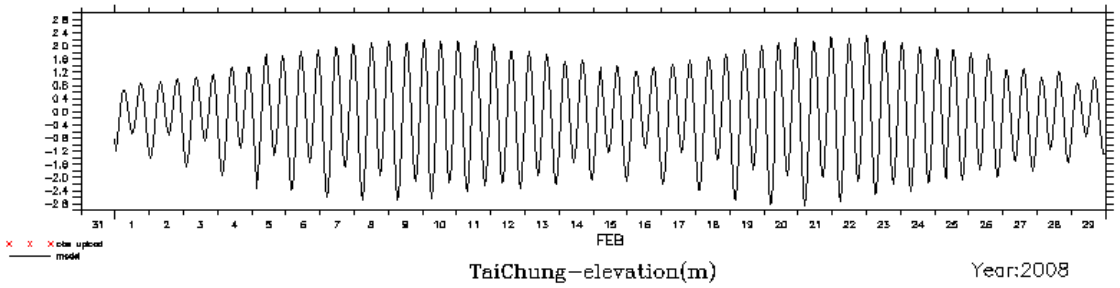


圖 7.5-33 台中港 2008 年 2 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

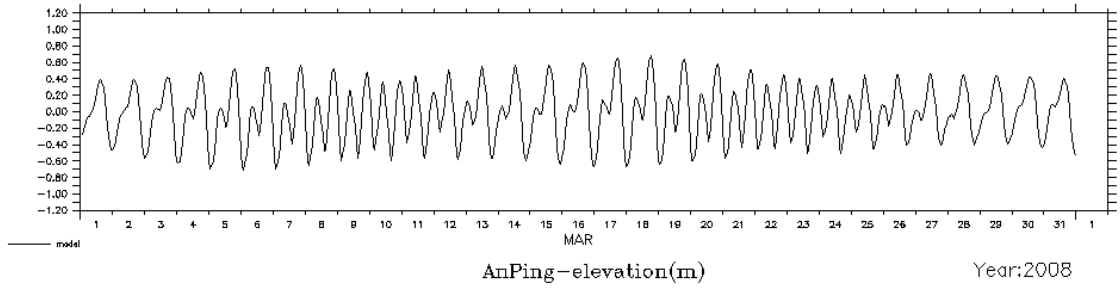


圖 7.5-34 安平港 2008 年 3 月台灣海域模式結果圖

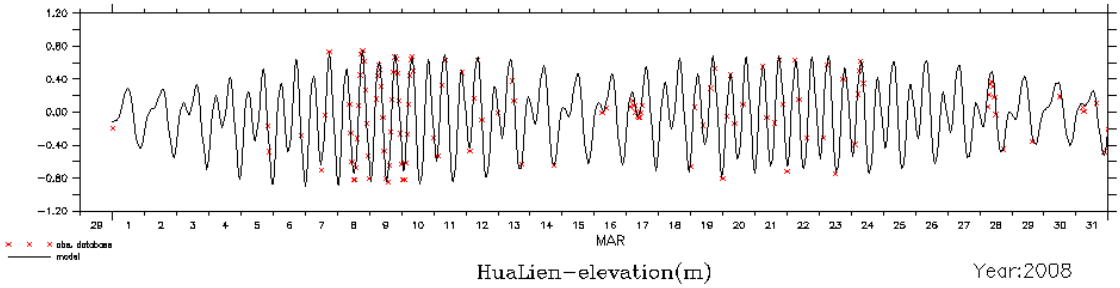


圖 7.5-35 花蓮港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

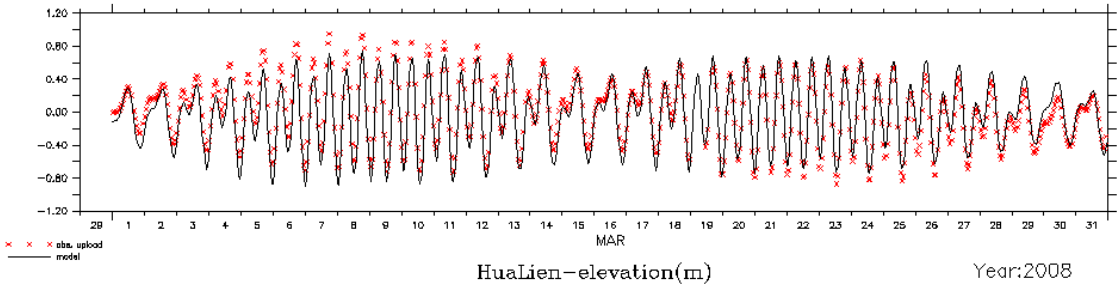


圖 7.5-36 花蓮港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

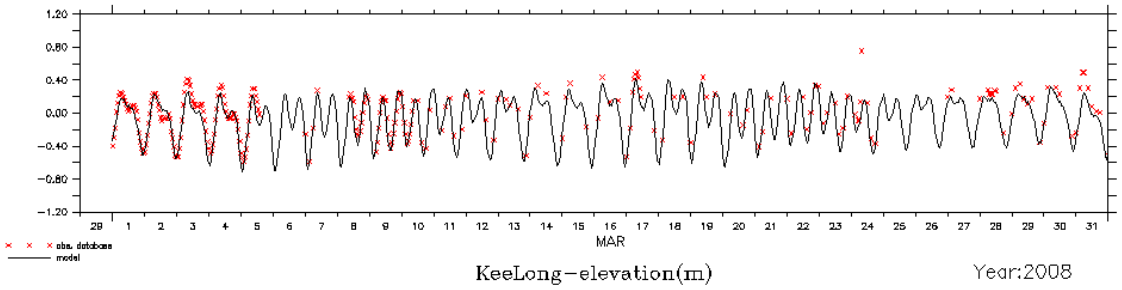


圖 7.5-37 基隆港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

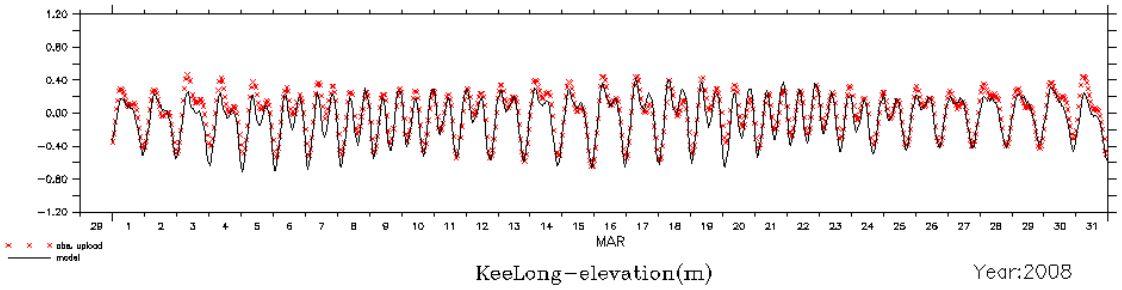


圖 7.5-38 基隆港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

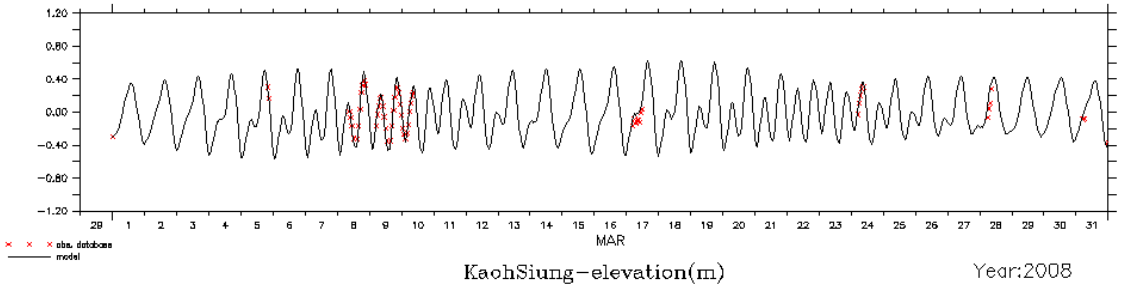


圖 7.5-39 高雄港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

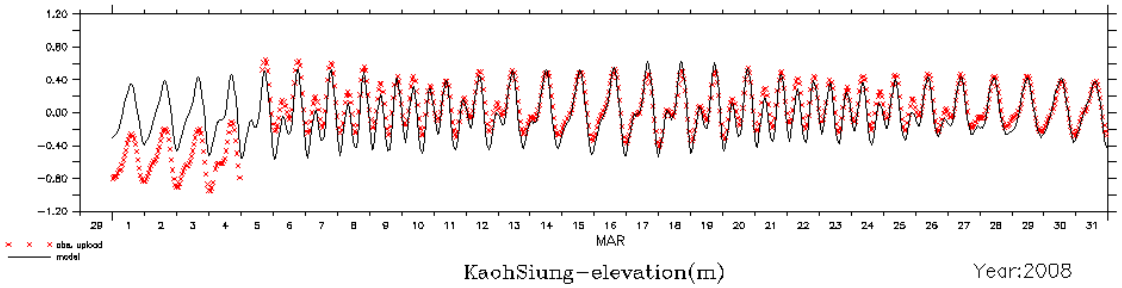


圖 7.5-40 高雄港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

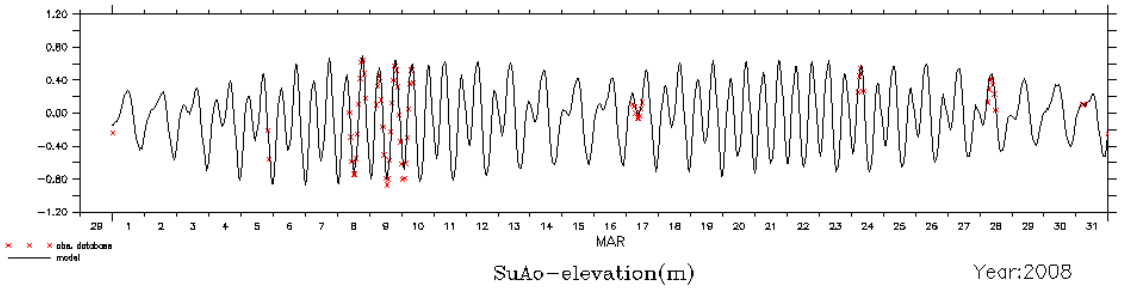


圖 7.5-41 蘇澳港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

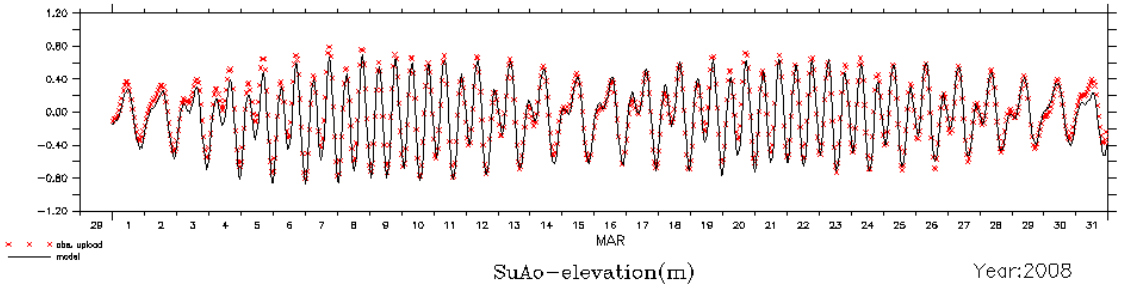


圖 7.5-42 蘇澳港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

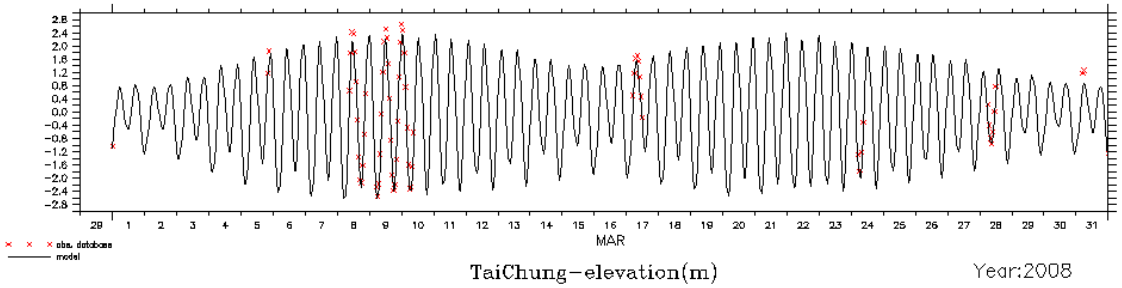


圖 7.5-43 台中港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

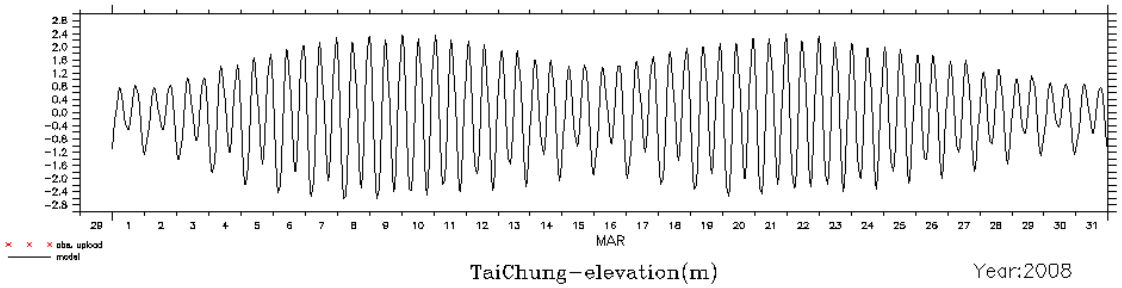


圖 7.5-44 台中港 2008 年 3 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

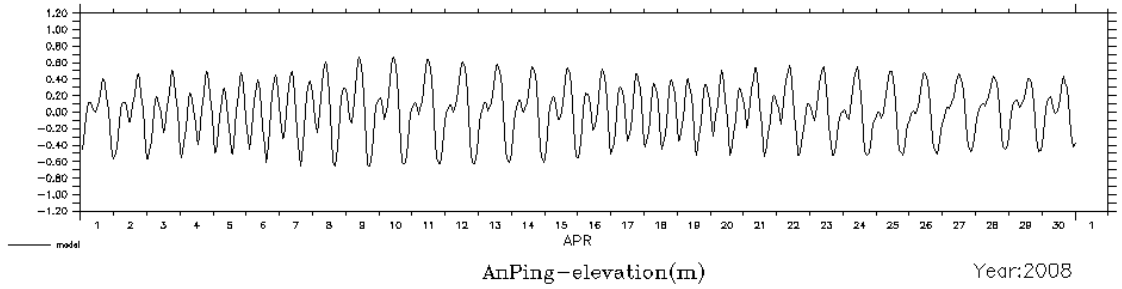


圖 7.5-45 安平港 2008 年 4 月台灣海域模式結果圖

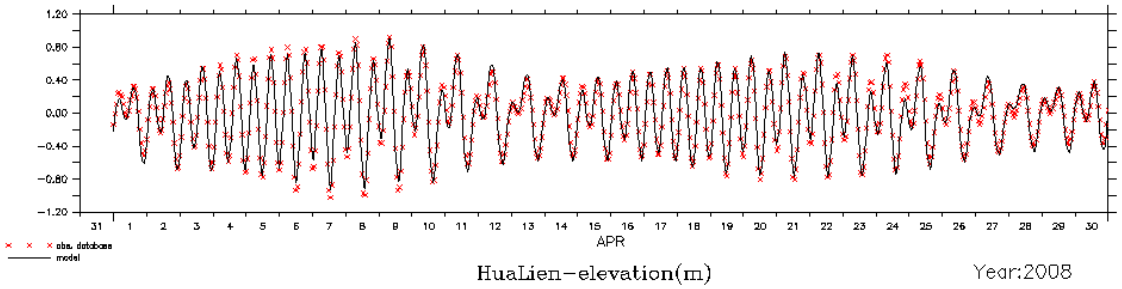


圖 7.5-46 花蓮港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

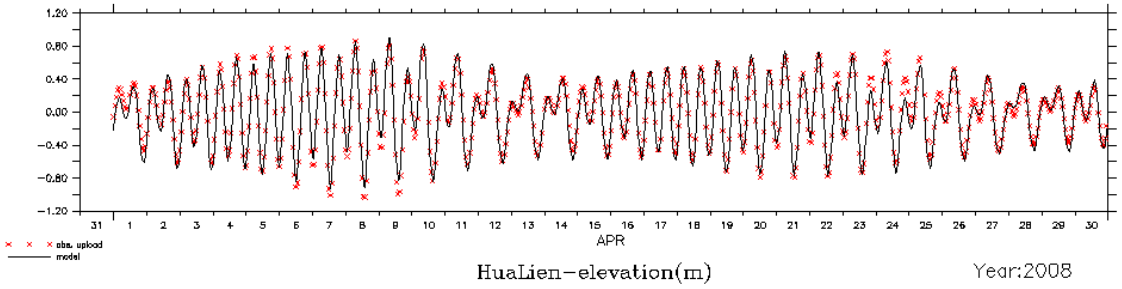


圖 7.5-47 花蓮港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

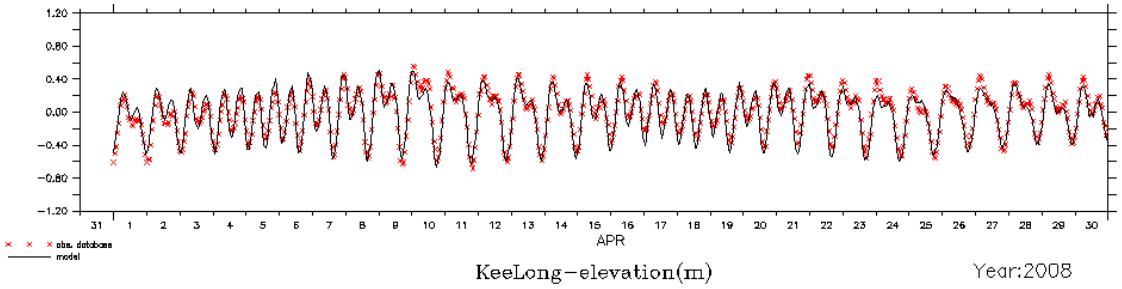


圖 7.5-48 基隆港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

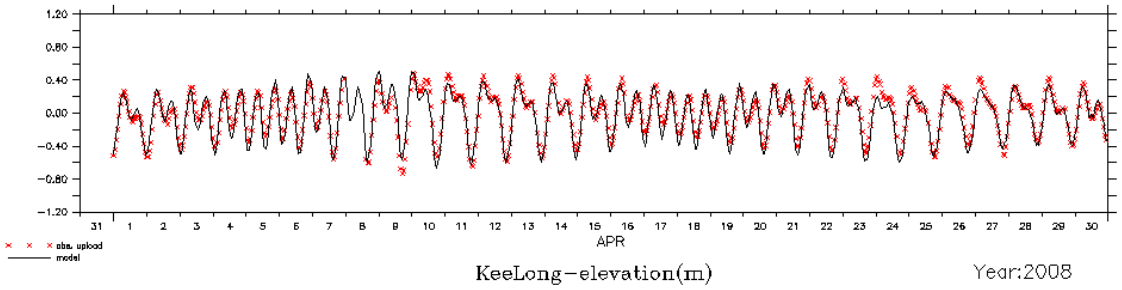


圖 7.5-49 基隆港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

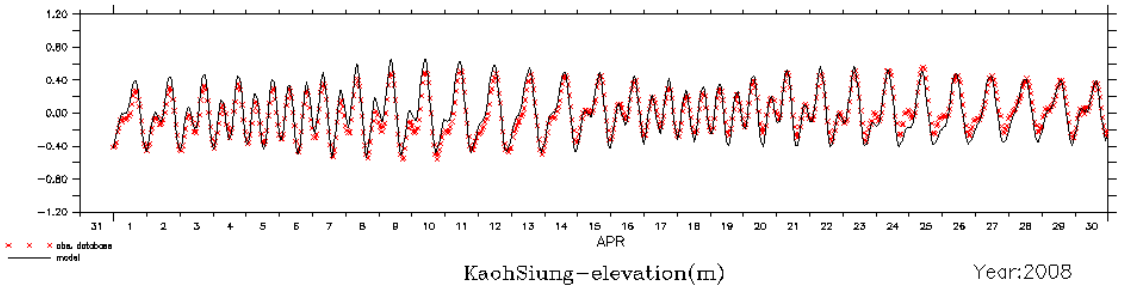


圖 7.5-50 高雄港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

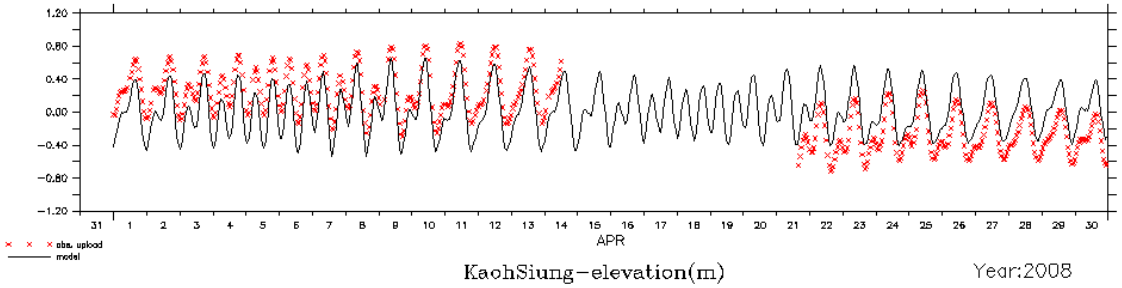


圖 7.5-51 高雄港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

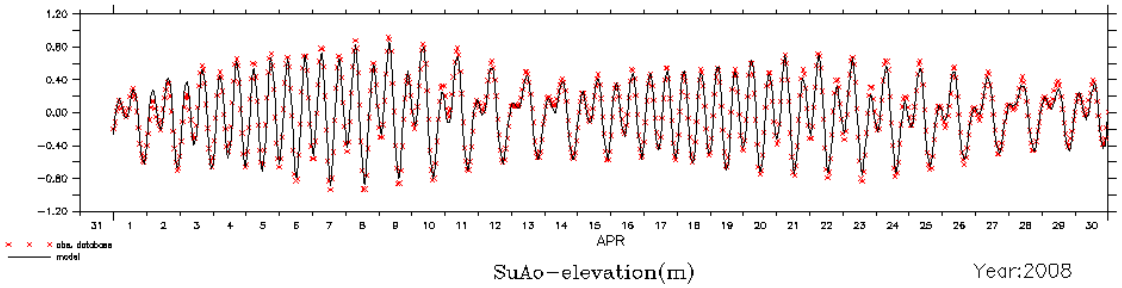


圖 7.5-52 蘇澳港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

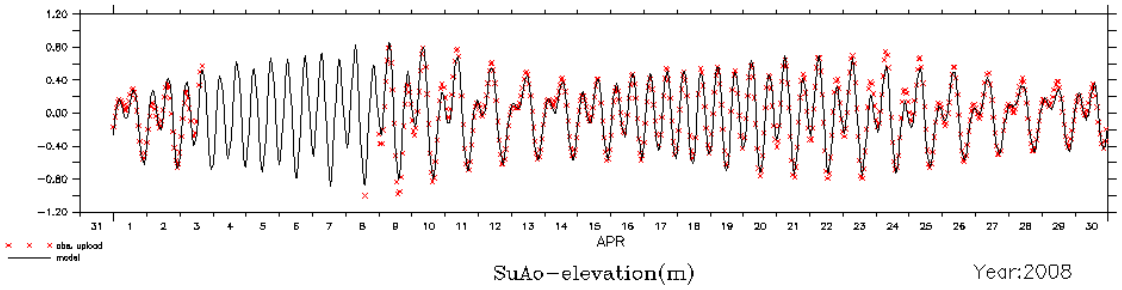


圖 7.5-53 蘇澳港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

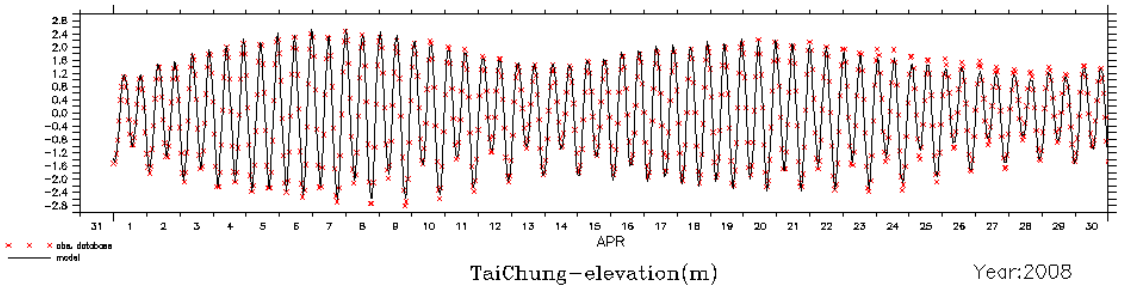


圖 7.5-54 台中港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

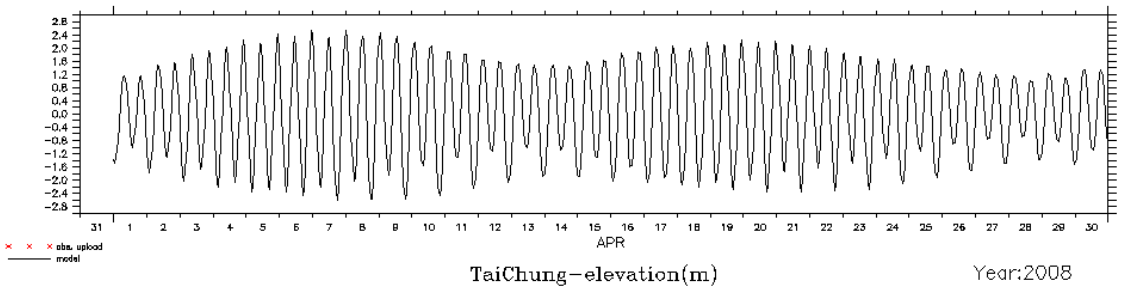


圖 7.5-55 台中港 2008 年 4 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

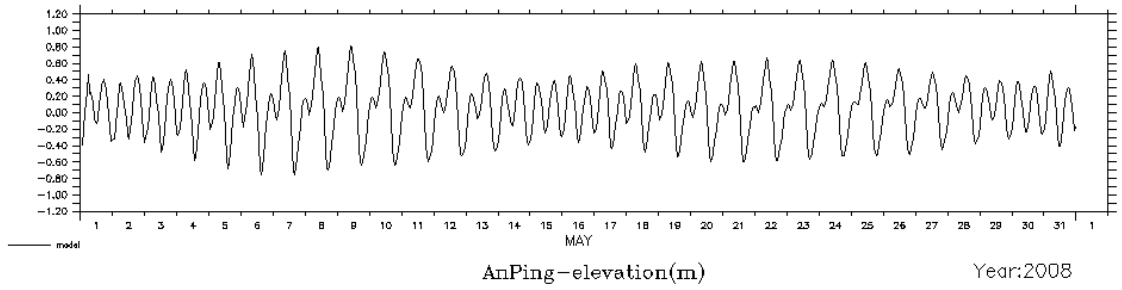


圖 7.5-56 安平港 2008 年 5 月台灣海域模式結果圖

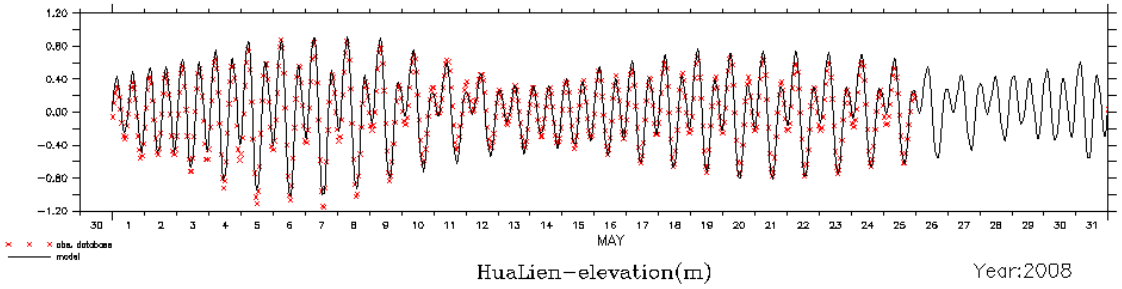


圖 7.5-57 花蓮港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

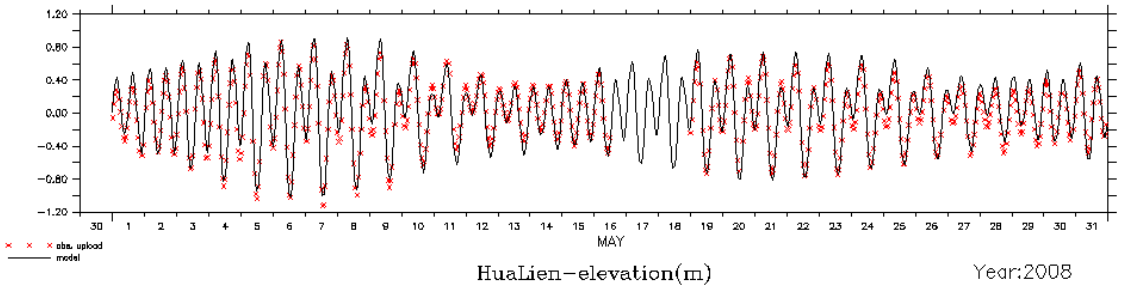


圖 7.5-58 花蓮港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

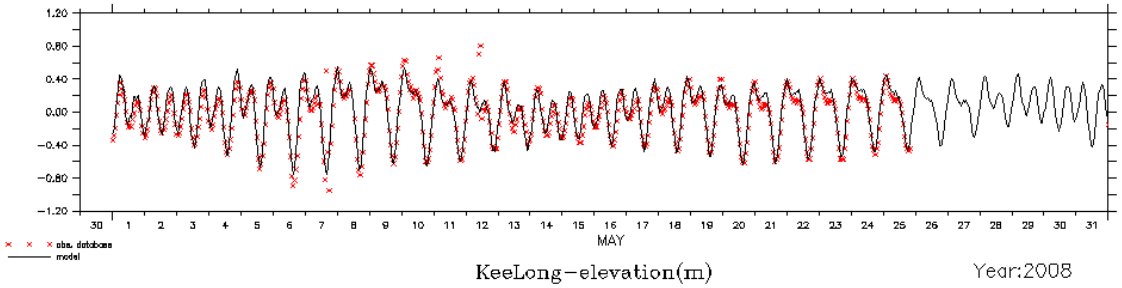


圖 7.5-59 基隆港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

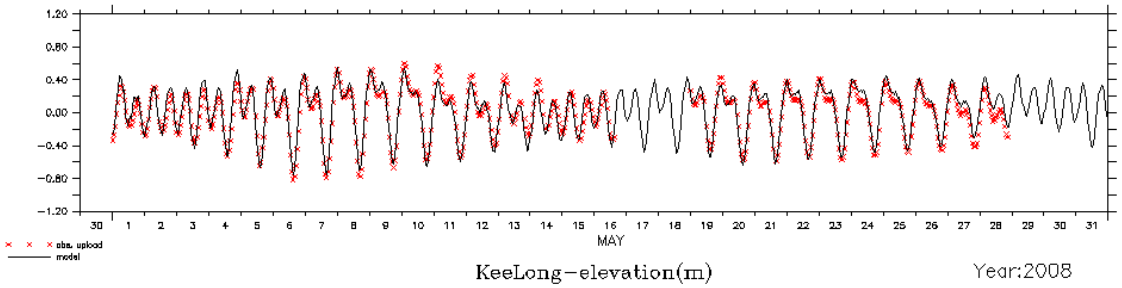


圖 7.5-60 基隆港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

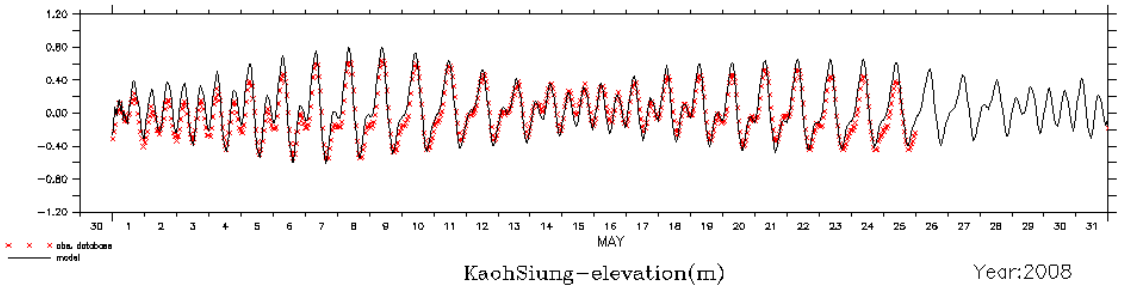


圖 7.5-61 高雄港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

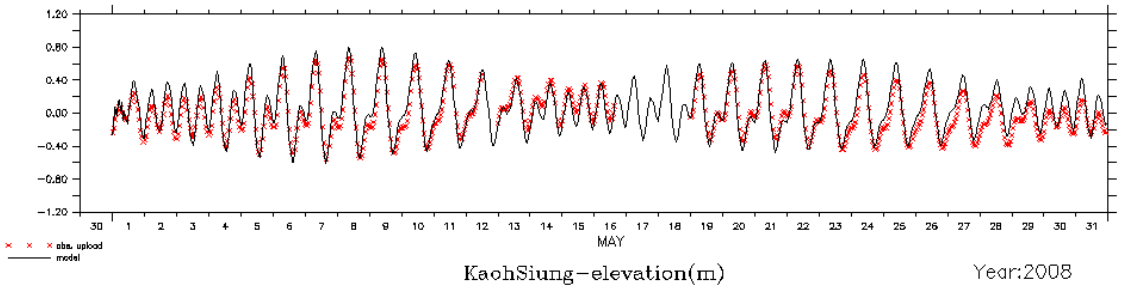


圖 7.5-62 高雄港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

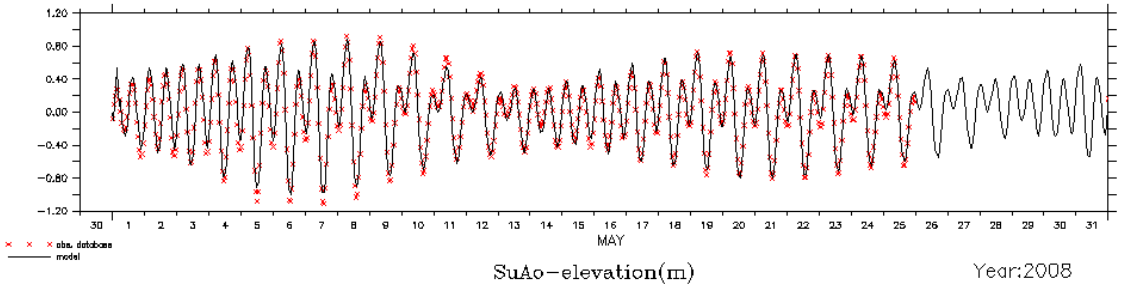


圖 7.5-63 蘇澳港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

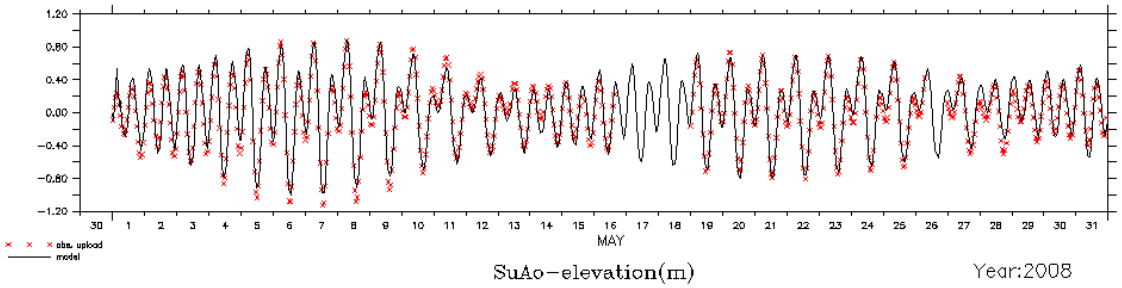


圖 7.5-64 蘇澳港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

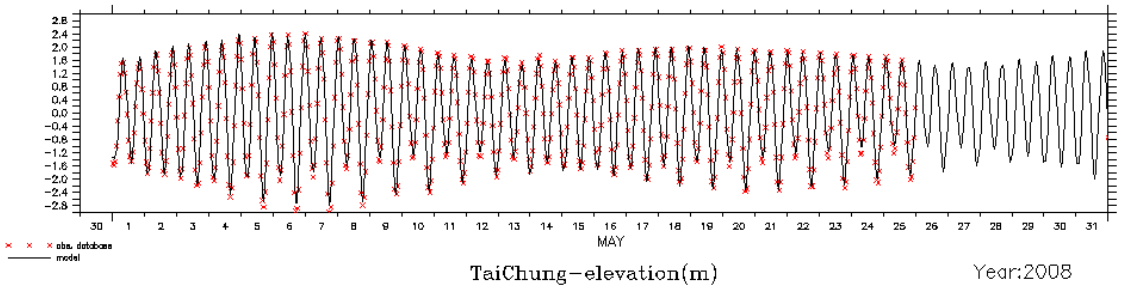


圖 7.5-65 台中港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

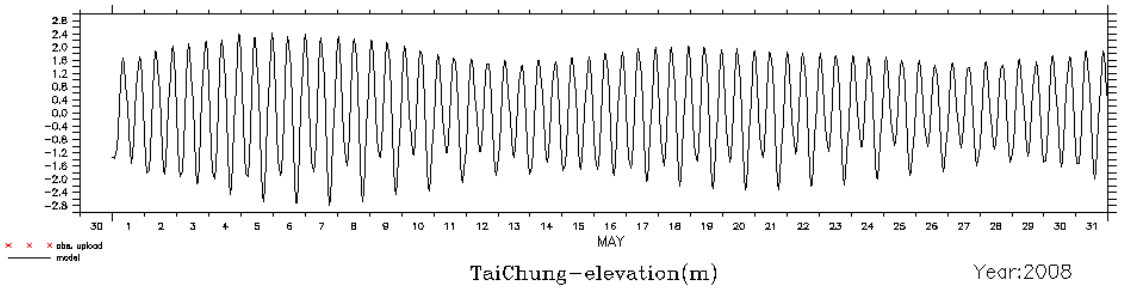


圖 7.5-66 台中港 2008 年 5 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

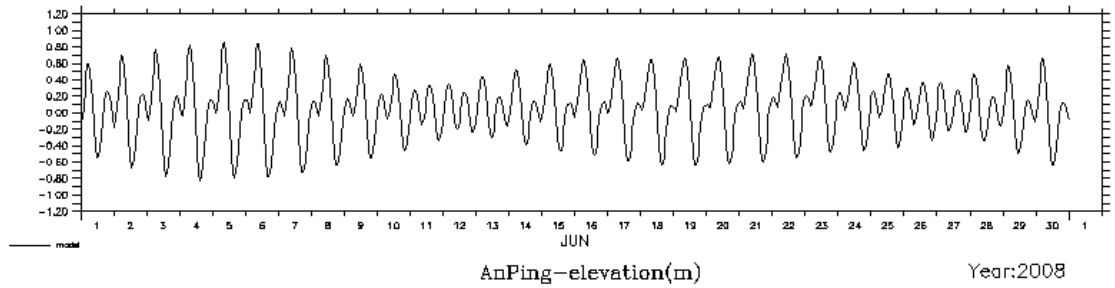


圖 7.5-67 安平港 2008 年 6 月台灣海域模式結果圖

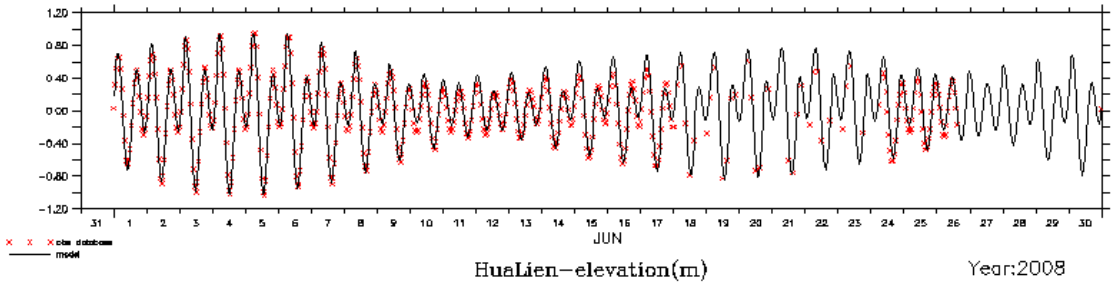


圖 7.5-68 花蓮港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

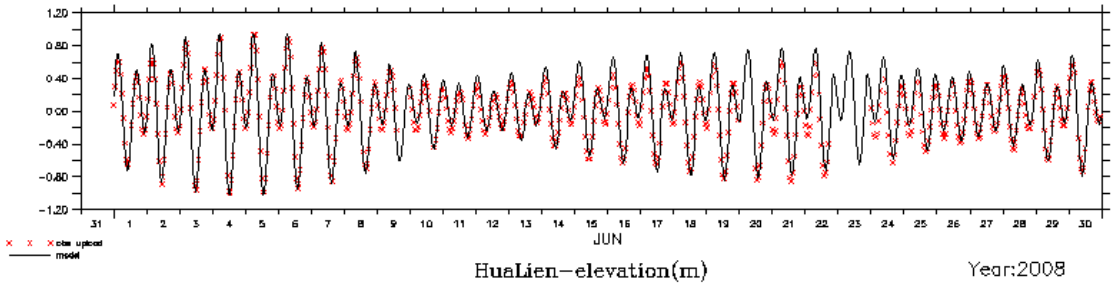


圖 7.5-69 花蓮港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

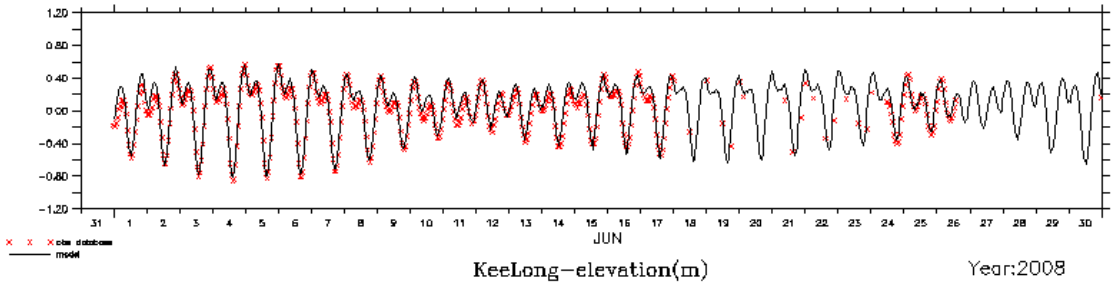


圖 7.5-70 基隆港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

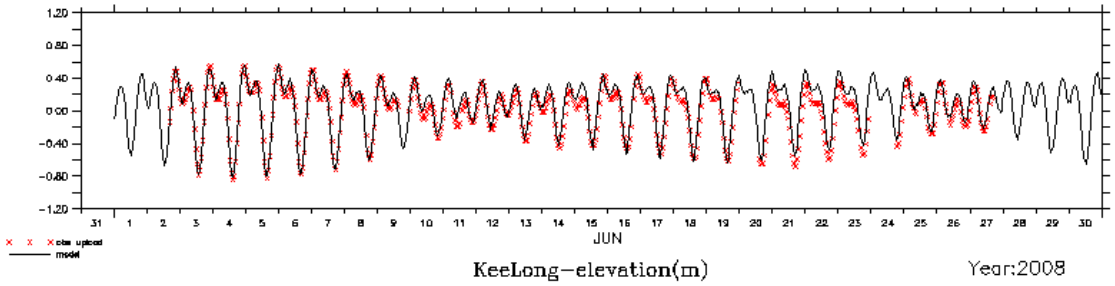


圖 7.5-71 基隆港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

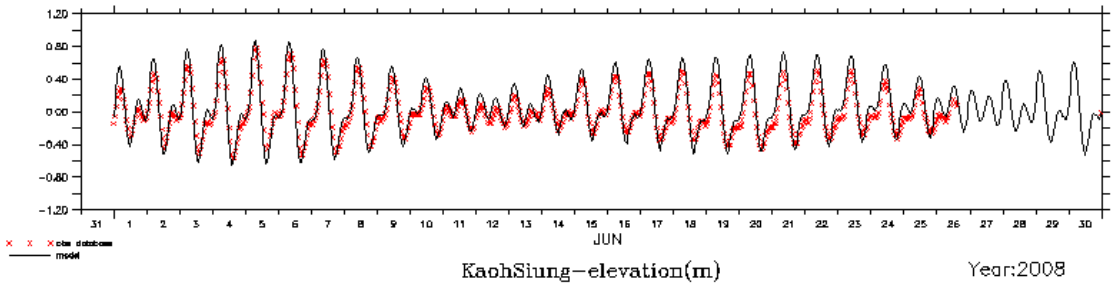


圖 7.5-72 高雄港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

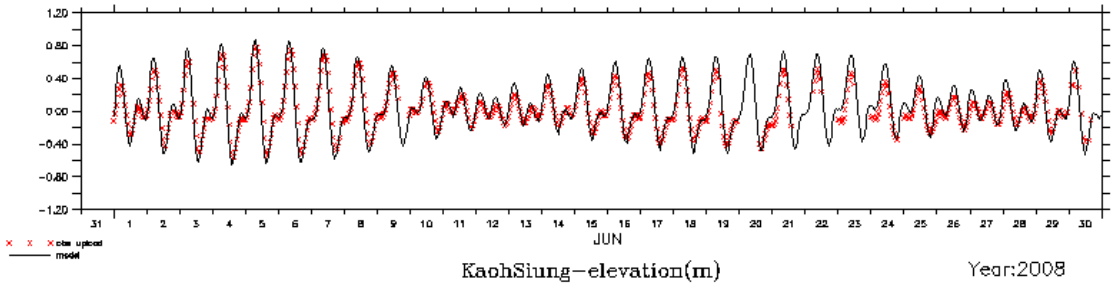


圖 7.5-73 高雄港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

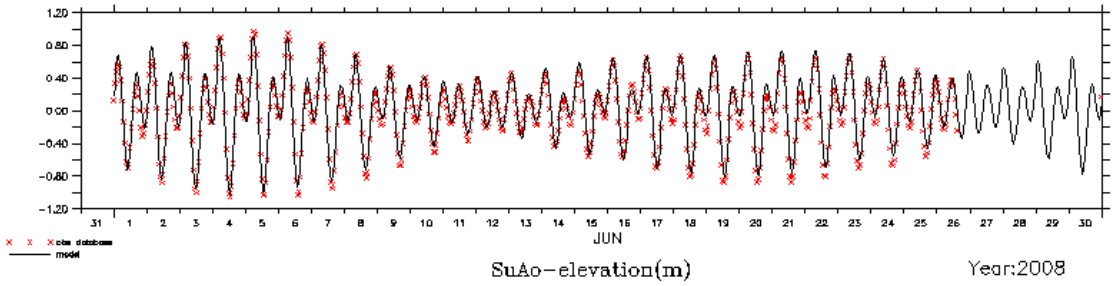


圖 7.5-74 蘇澳港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

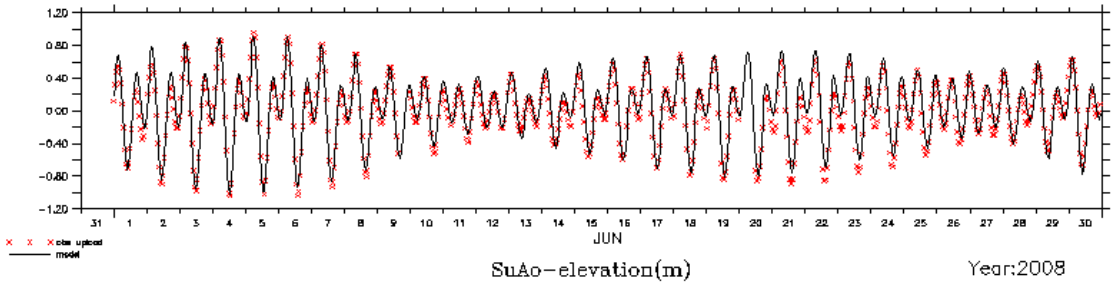


圖 7.5-75 蘇澳港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

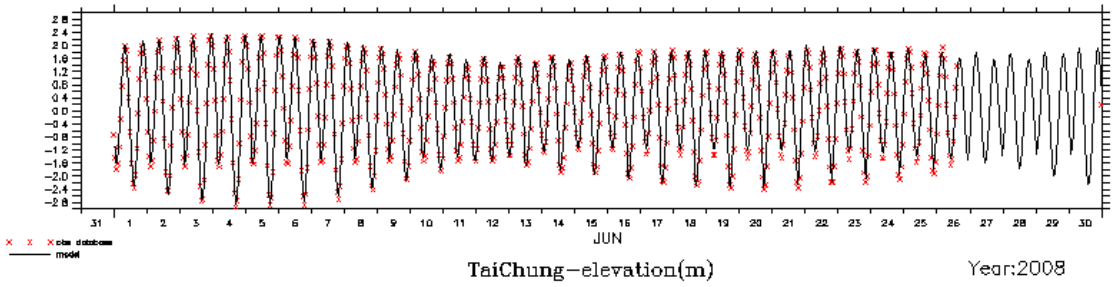


圖 7.5-76 台中港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

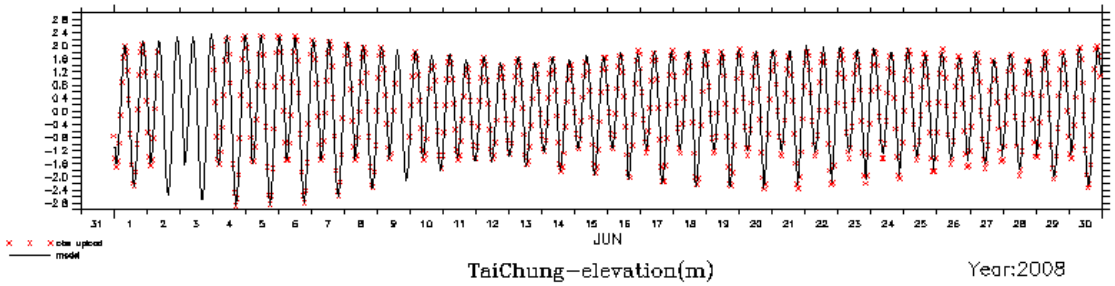


圖 7.5-77 台中港 2008 年 6 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

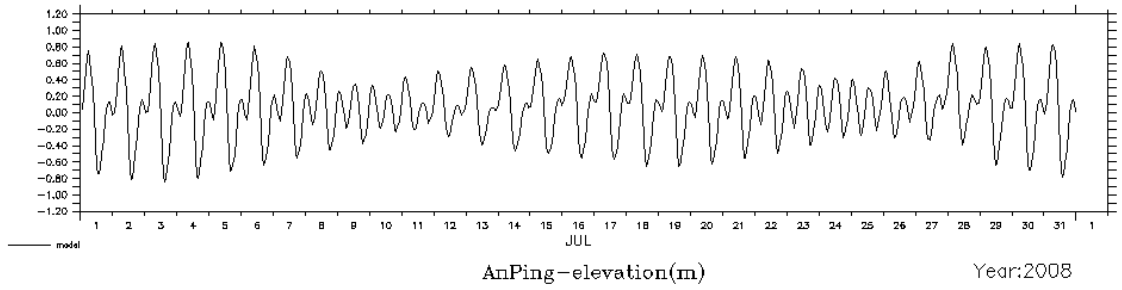


圖 7.5-78 安平港 2008 年 7 月台灣海域模式結果圖

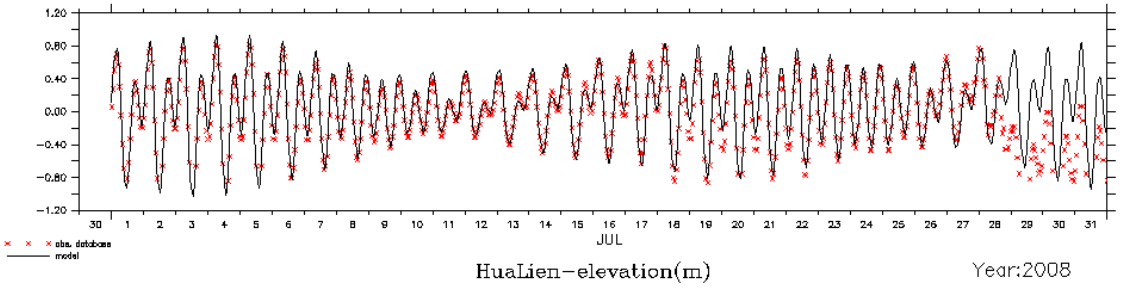


圖 7.5-79 花蓮港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

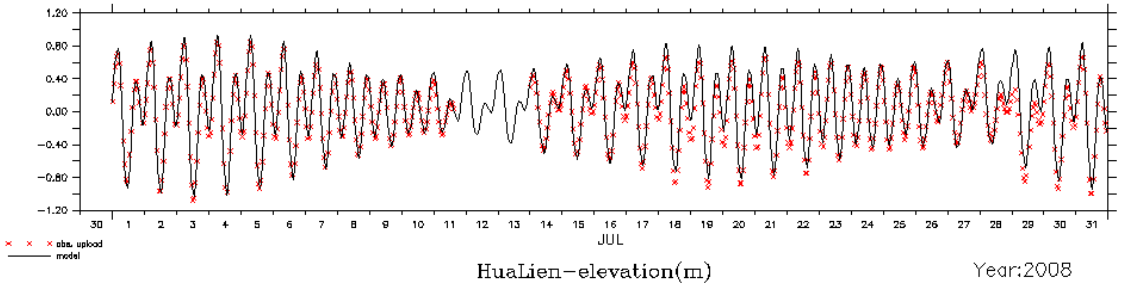


圖 7.5-80 花蓮港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

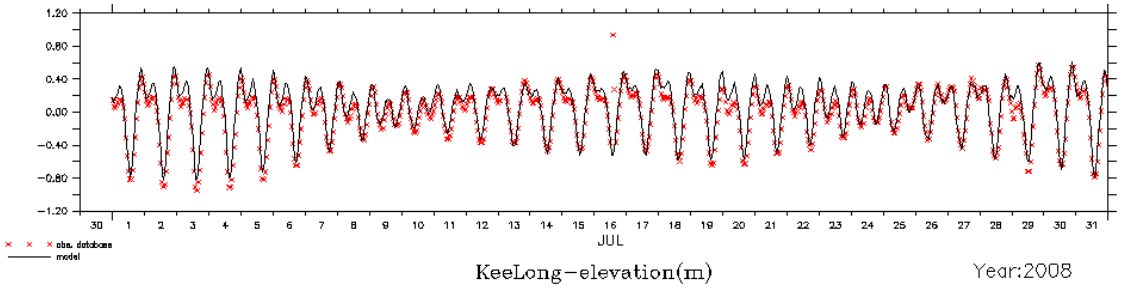


圖 7.5-81 基隆港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

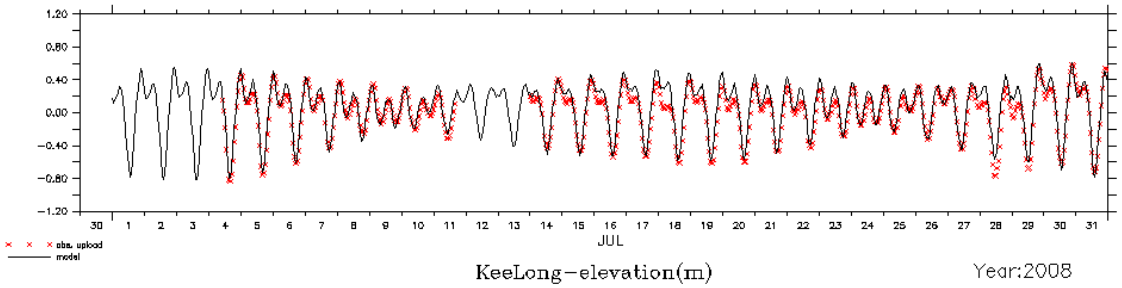


圖 7.5-82 基隆港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

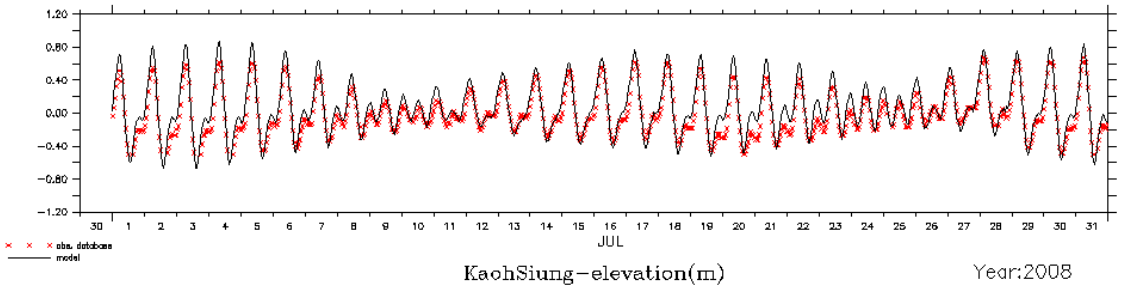


圖 7.5-83 高雄港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

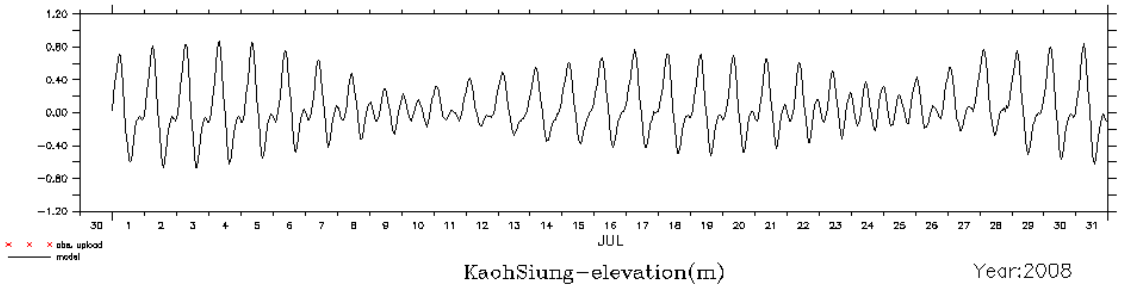


圖 7.5-84 高雄港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

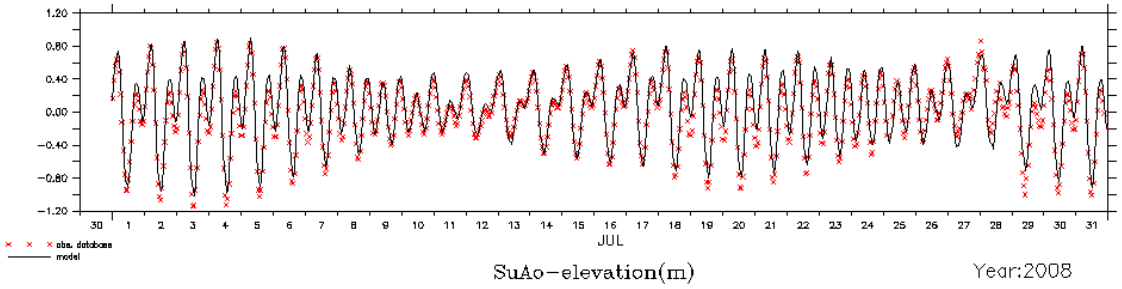


圖 7.5-85 蘇澳港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

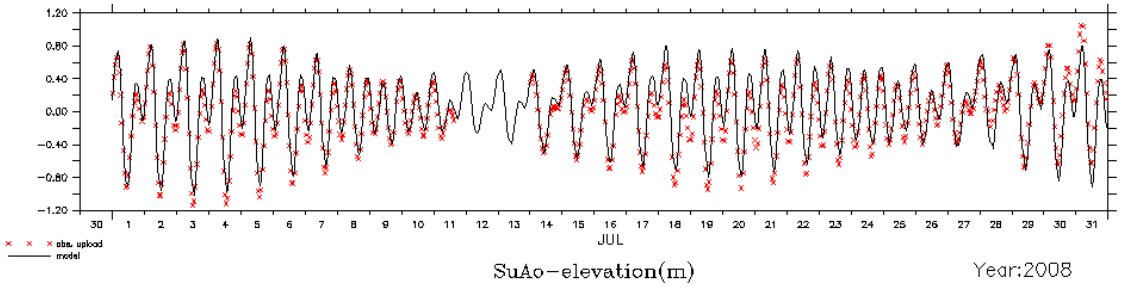


圖 7.5-86 蘇澳港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

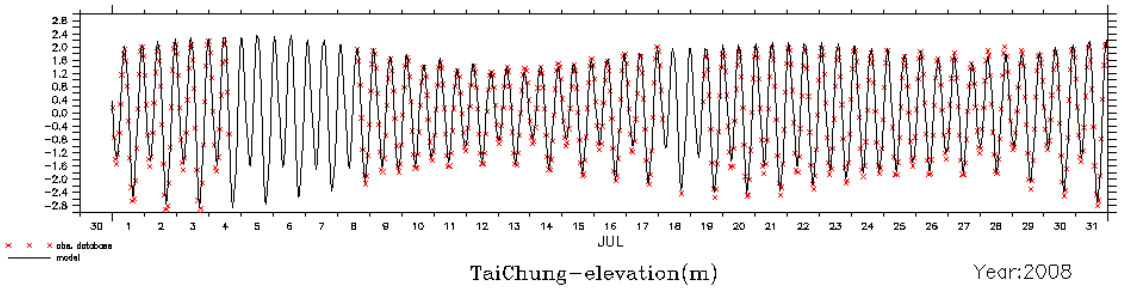


圖 7.5-87 台中港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

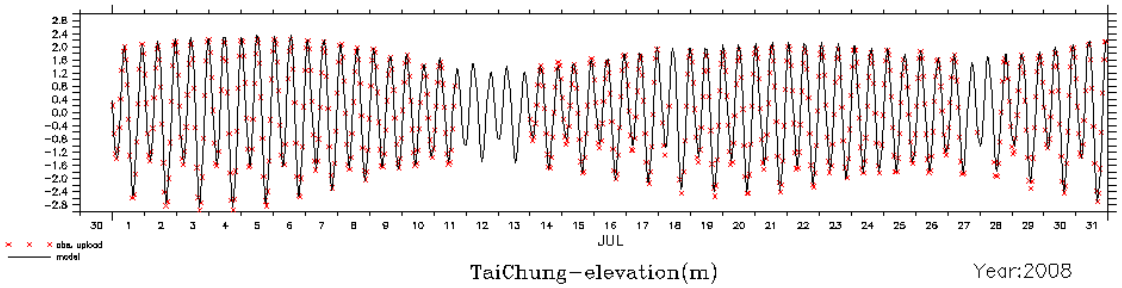


圖 7.5-88 台中港 2008 年 7 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

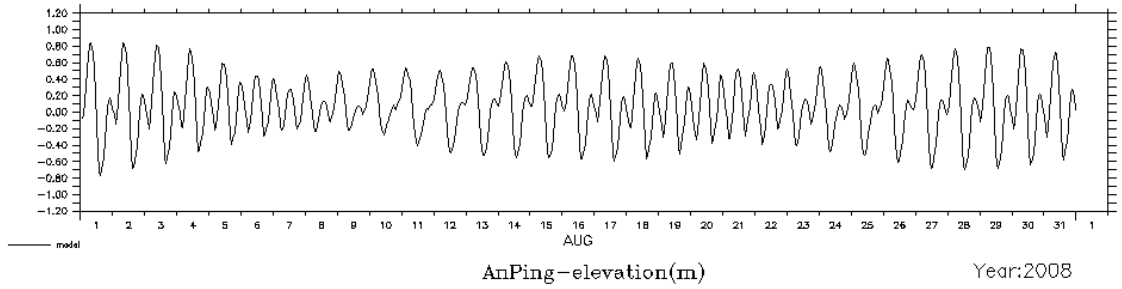


圖 7.5-89 安平港 2008 年 8 月台灣海域模式結果圖

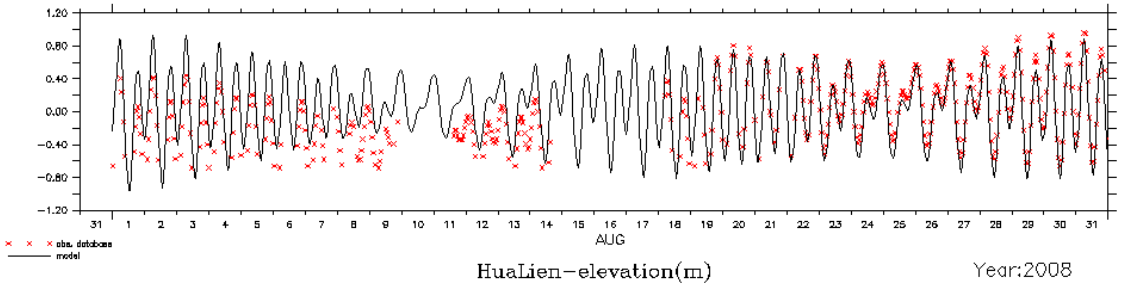


圖 7.5-90 花蓮港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

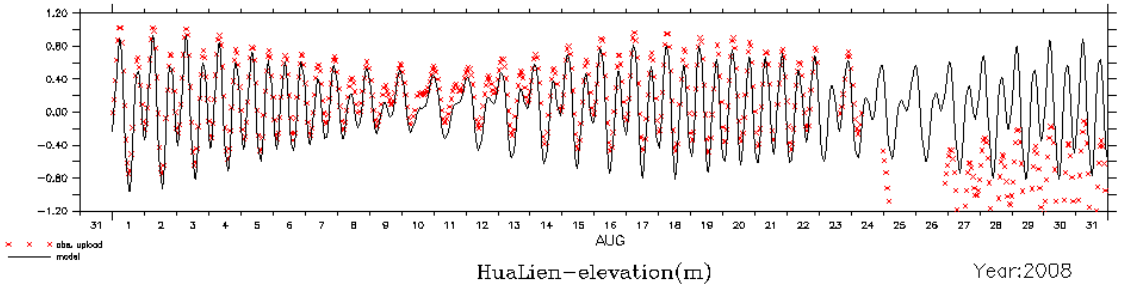


圖 7.5-91 花蓮港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

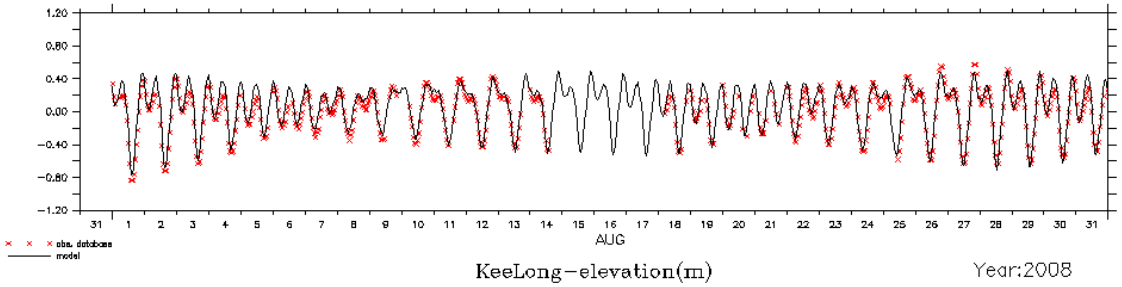


圖 7.5-92 基隆港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

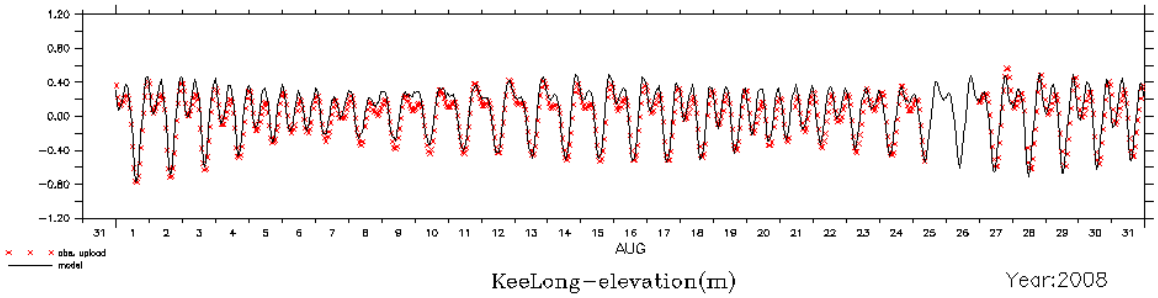


圖 7.5-93 基隆港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

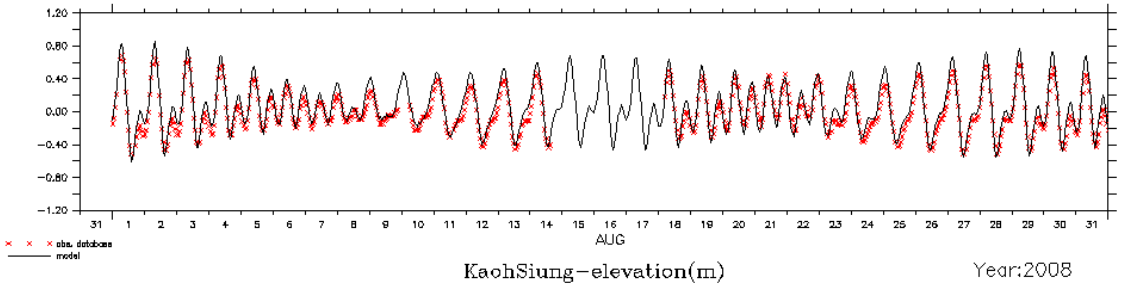


圖 7.5-94 高雄港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

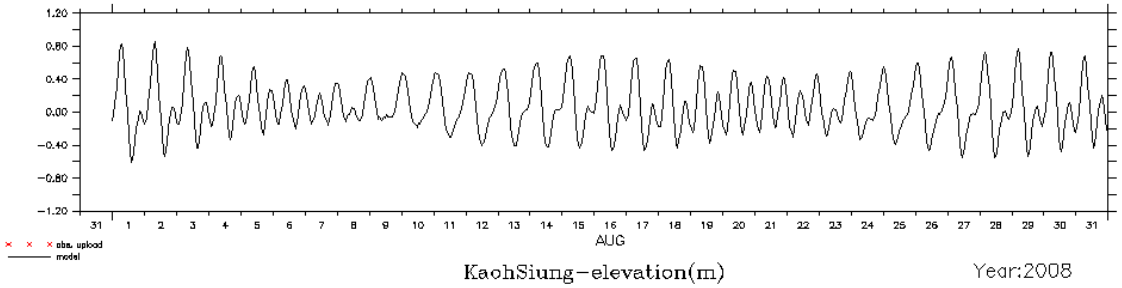


圖 7.5-95 高雄港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

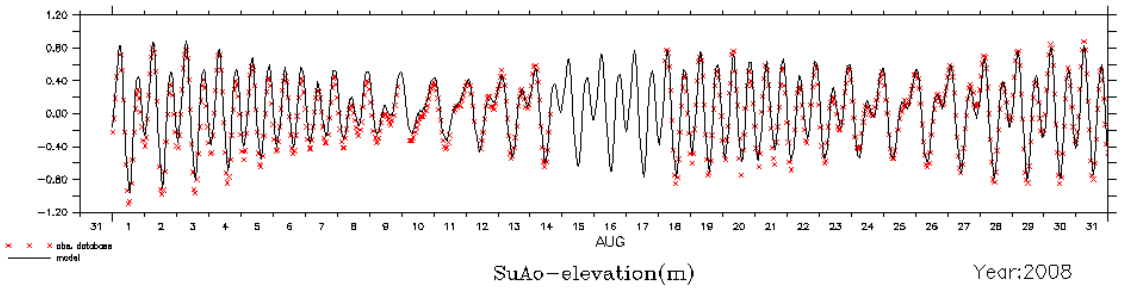


圖 7.5-96 蘇澳港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

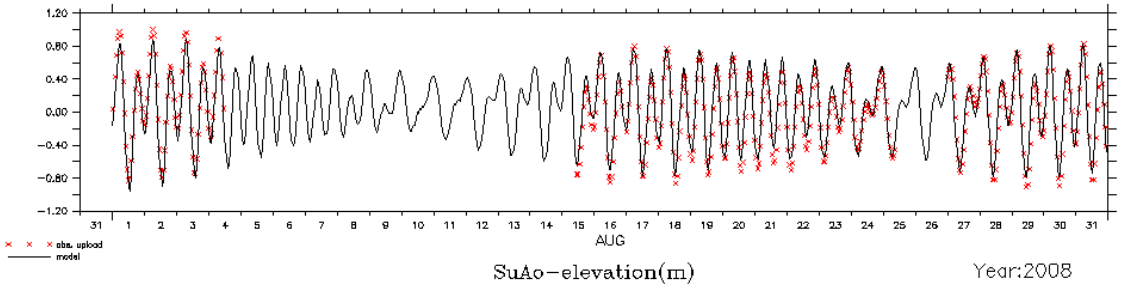


圖 7.5-97 蘇澳港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

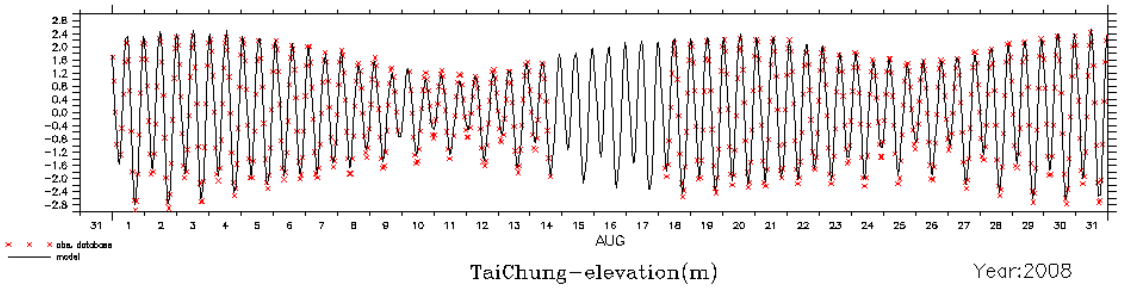


圖 7.5-98 台中港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

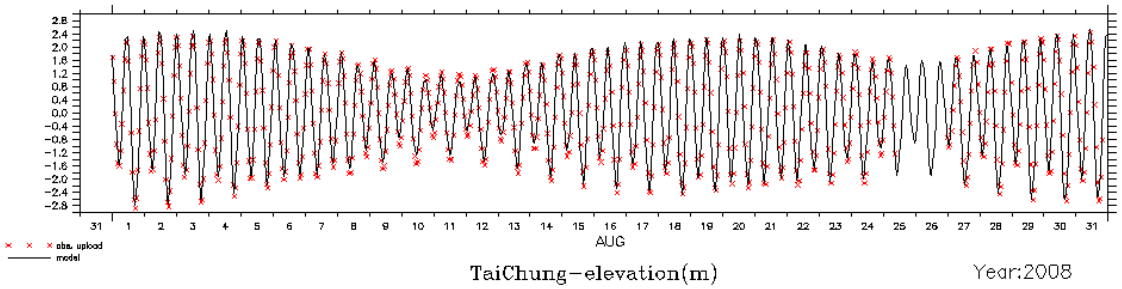


圖 7.5-99 台中港 2008 年 8 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

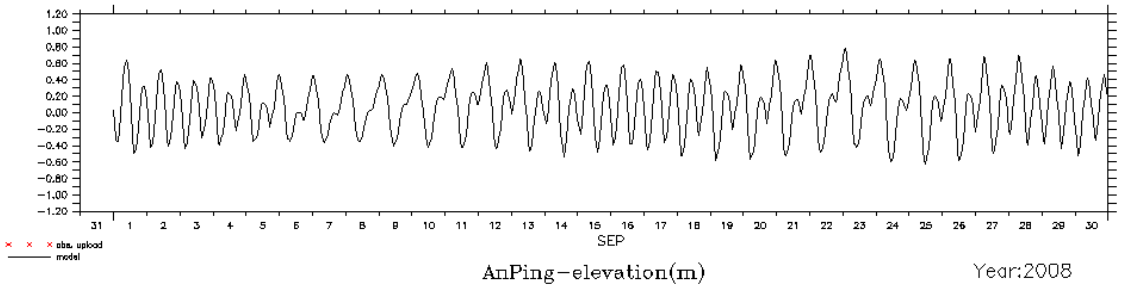


圖 7.5-100 安平港 2008 年 9 月台灣海域模式結果圖

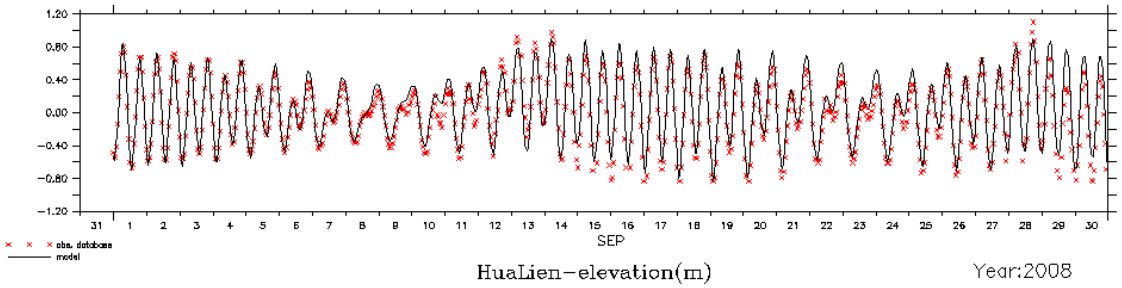


圖 7.5-101 花蓮港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

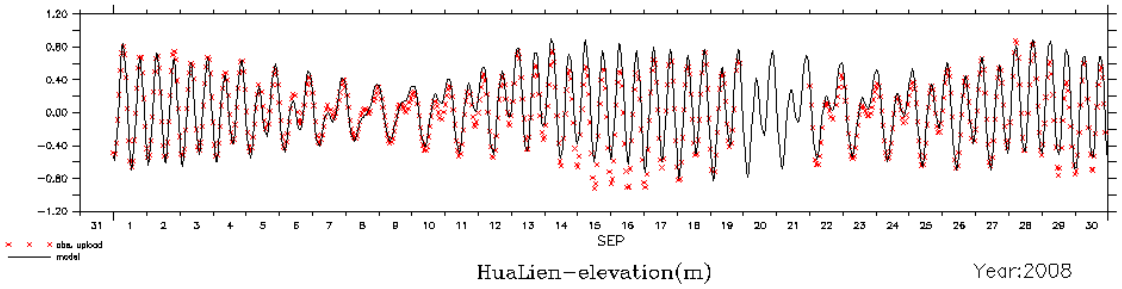


圖 7.5-102 花蓮港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

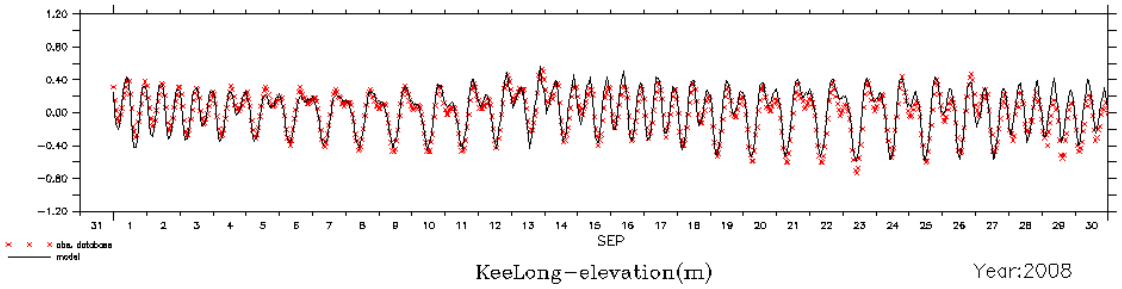


圖 7.5-103 基隆港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

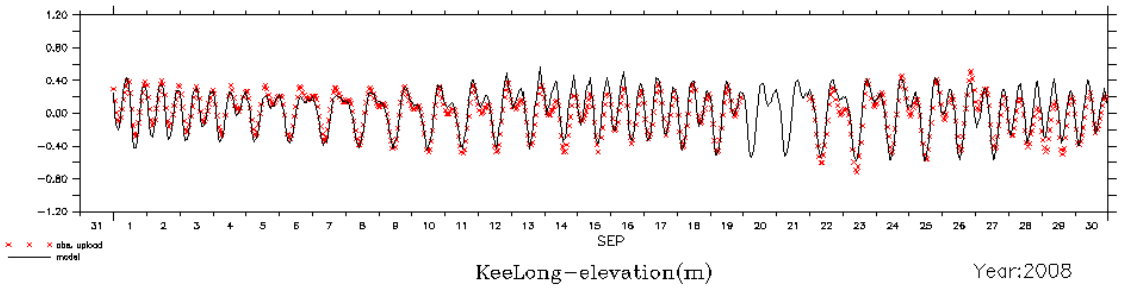


圖 7.5-104 基隆港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

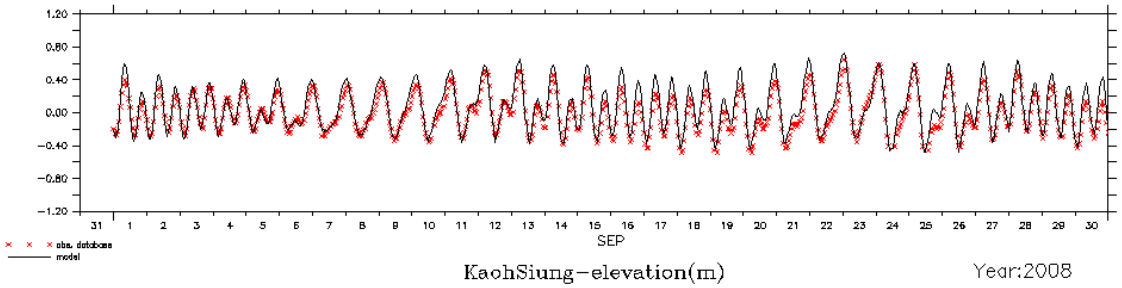


圖 7.5-105 高雄港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

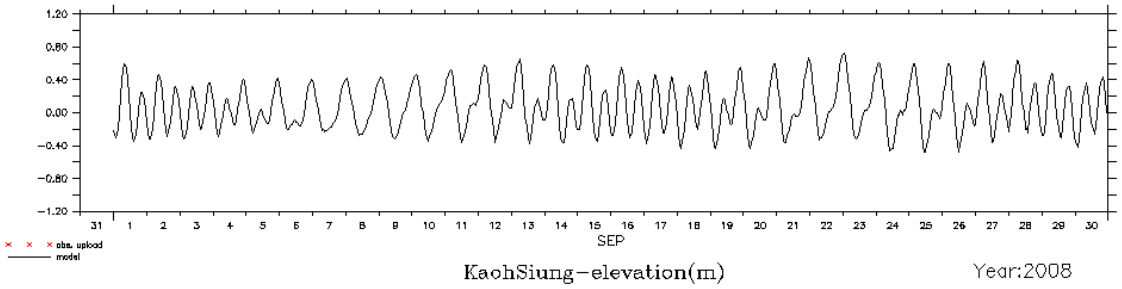


圖 7.5-106 高雄港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

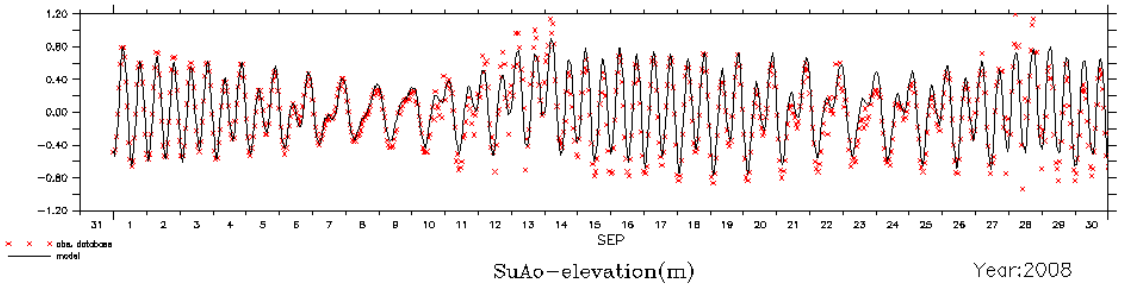


圖 7.5-107 蘇澳港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

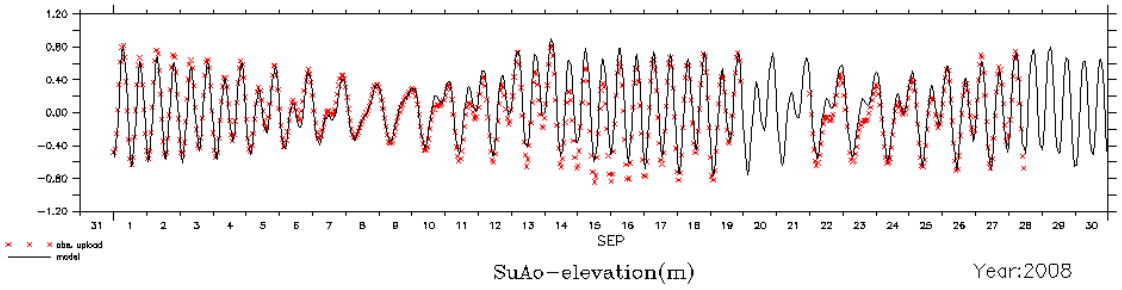


圖 7.5-108 蘇澳港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

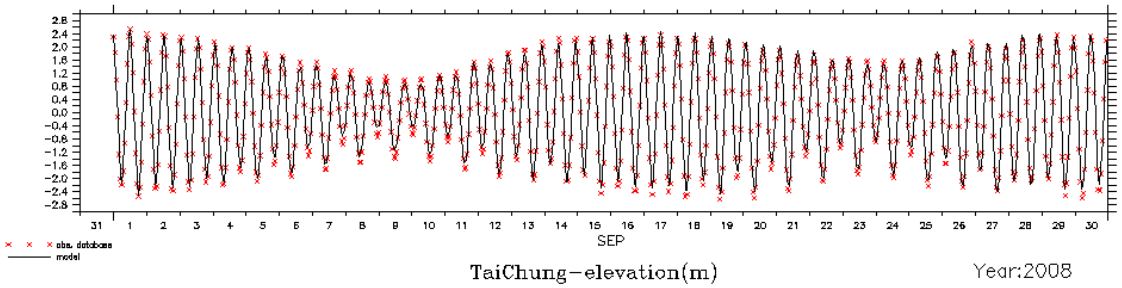


圖 7.5-109 台中港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

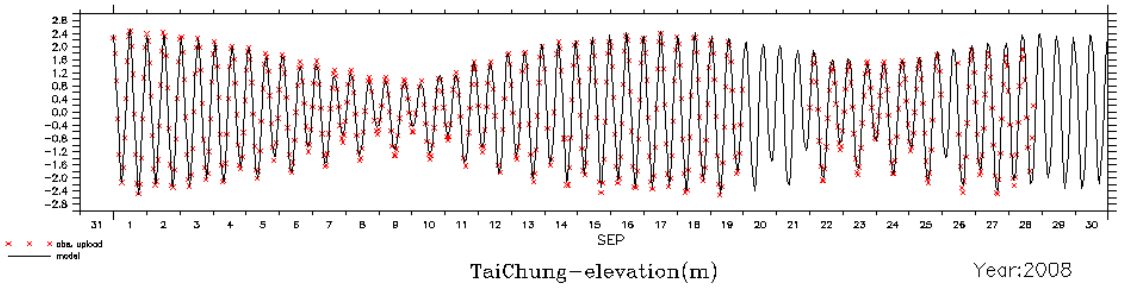


圖 7.5-110 台中港 2008 年 9 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

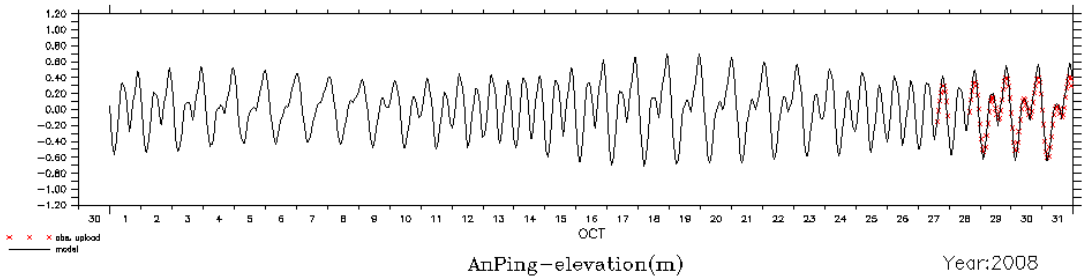


圖 7.5-111 安平港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

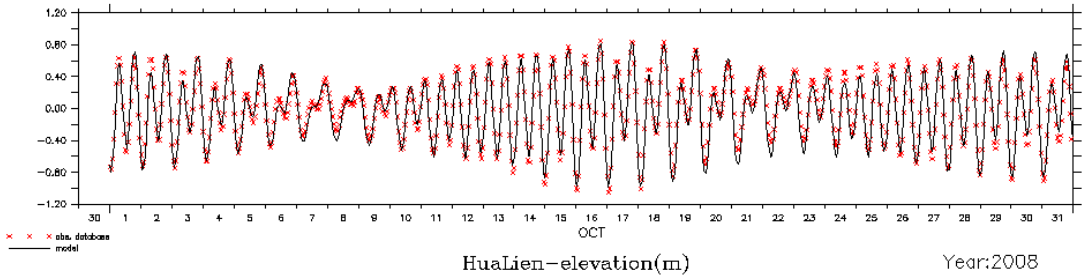


圖 7.5-112 花蓮港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

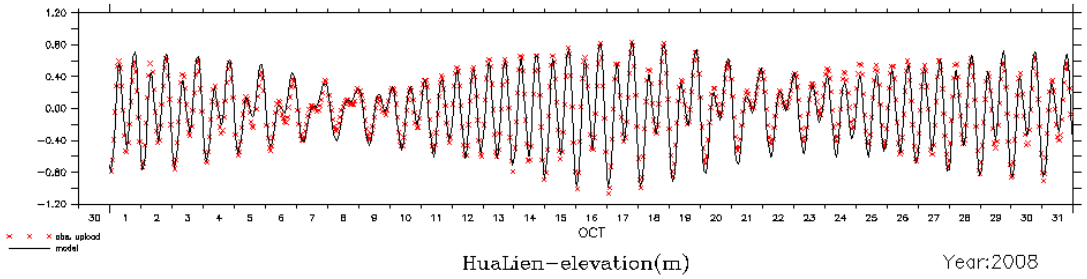


圖 7.5-113 花蓮港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

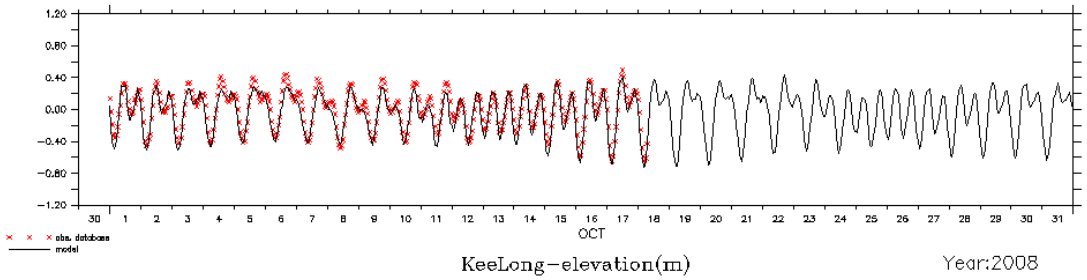


圖 7.5-114 基隆港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

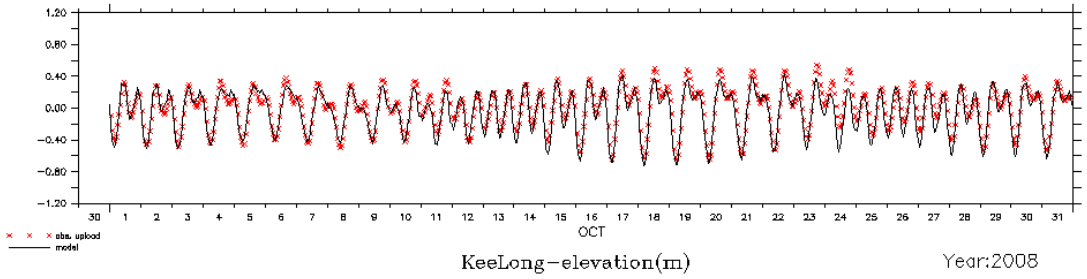


圖 7.5-115 基隆港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

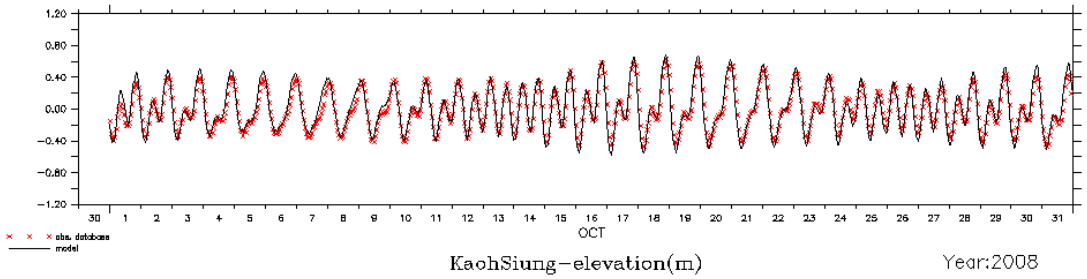


圖 7.5-116 高雄港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

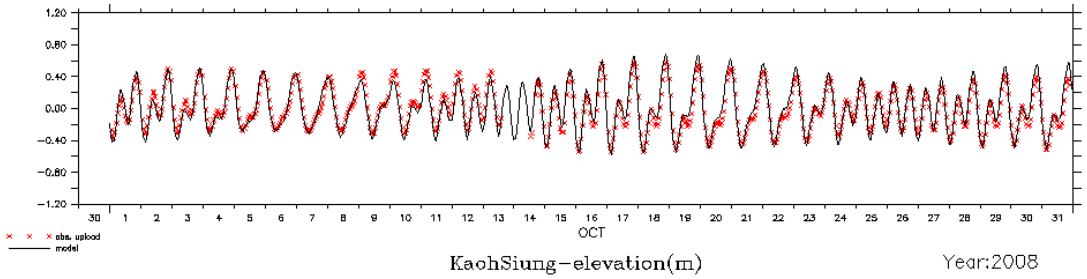


圖 7.5-117 高雄港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

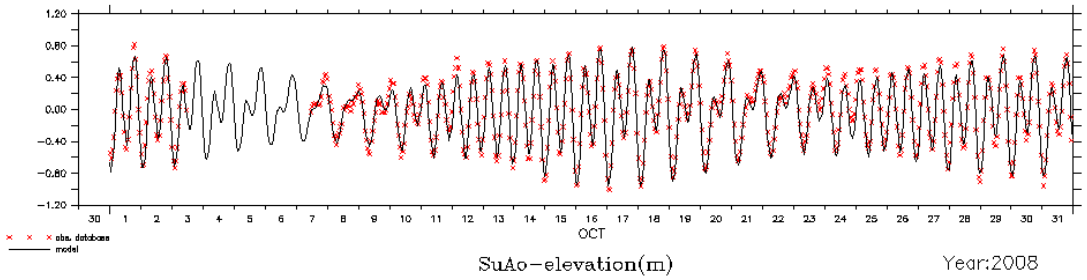


圖 7.5-118 蘇澳港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

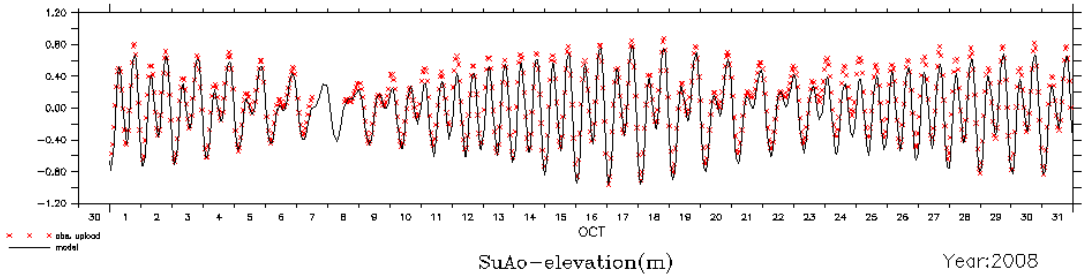


圖 7.5-119 蘇澳港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

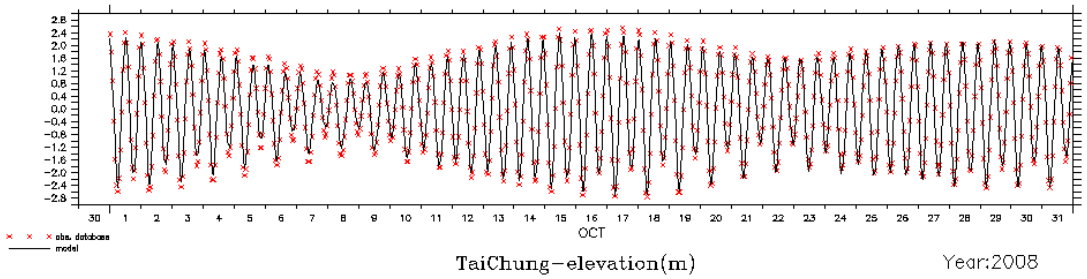


圖 7.5-120 台中港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

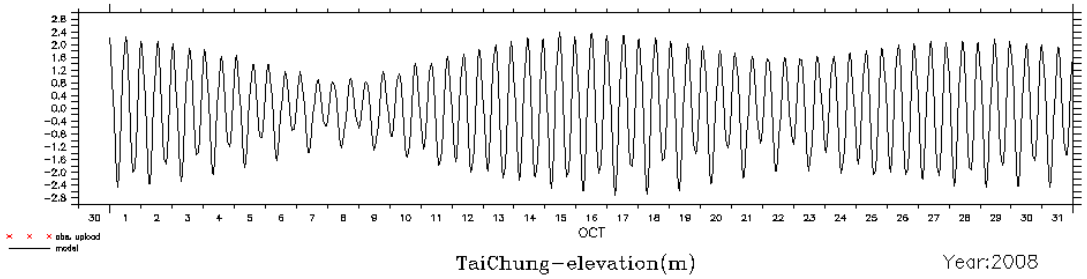


圖 7.5-121 台中港 2008 年 10 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

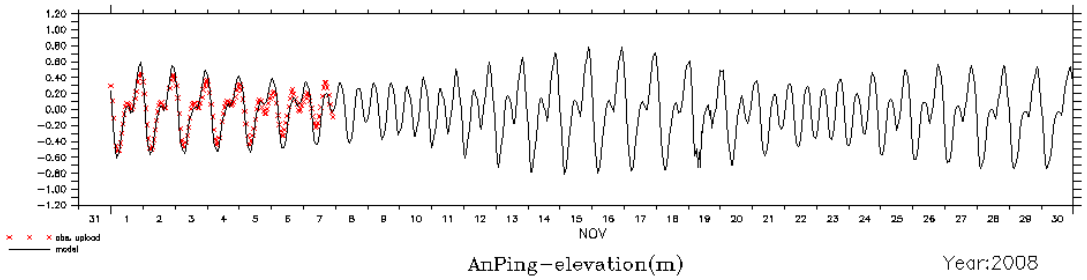


圖 7.5-122 安平港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

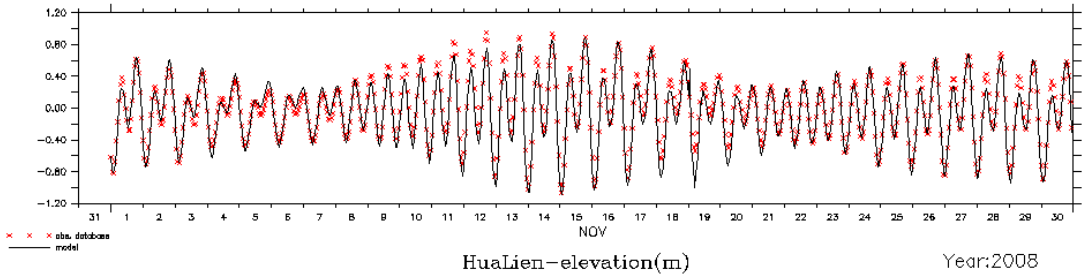


圖 7.5-123 花蓮港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

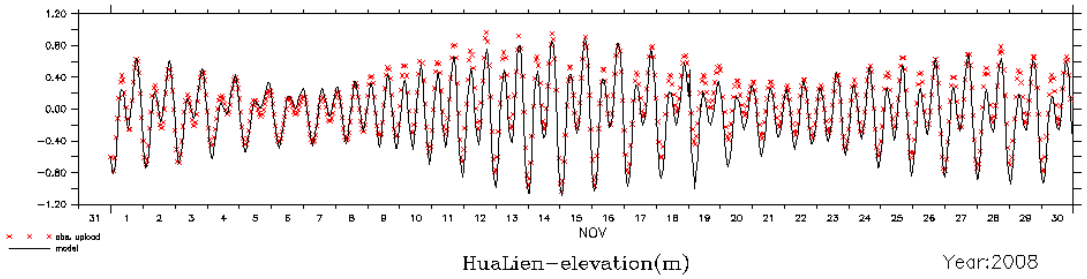


圖 7.5-124 花蓮港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

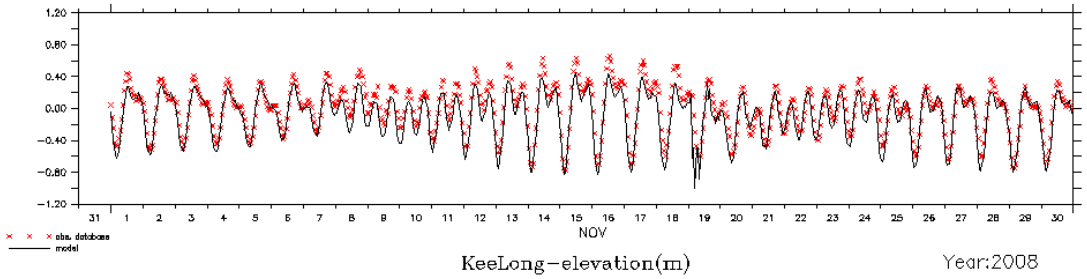


圖 7.5-125 基隆港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

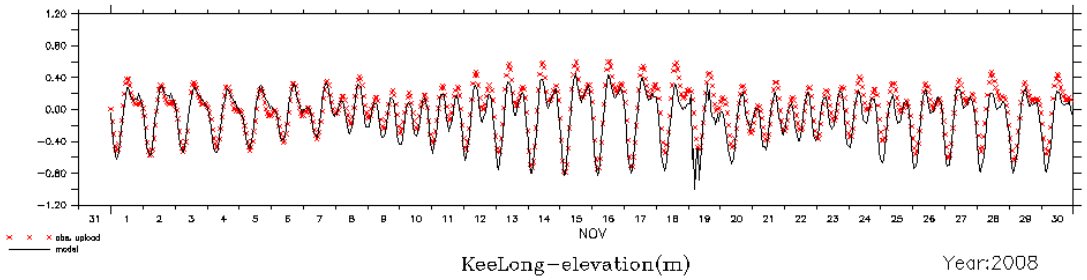


圖 7.5-126 基隆港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

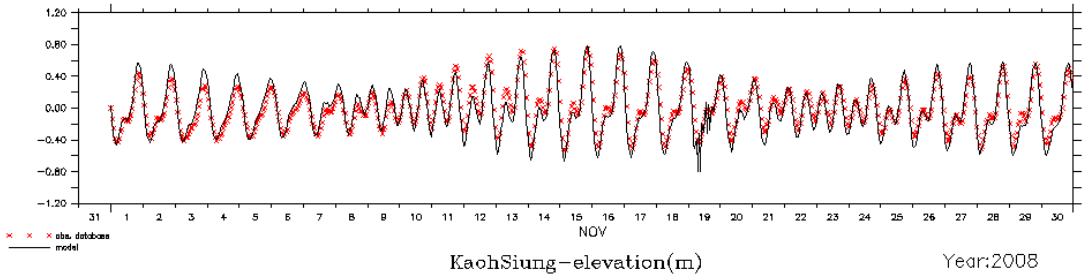


圖 7.5-127 高雄港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

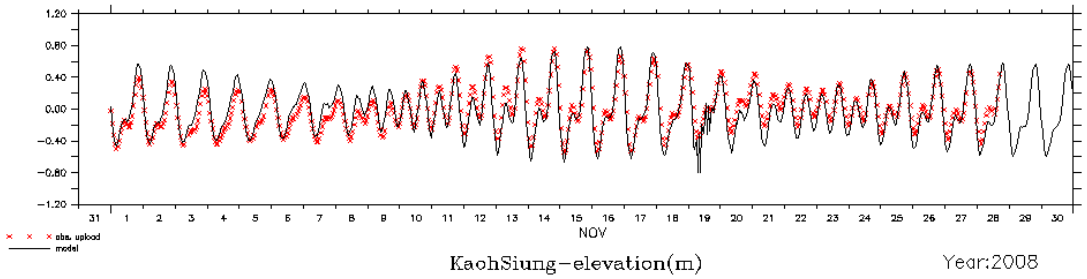


圖 7.5-128 高雄港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

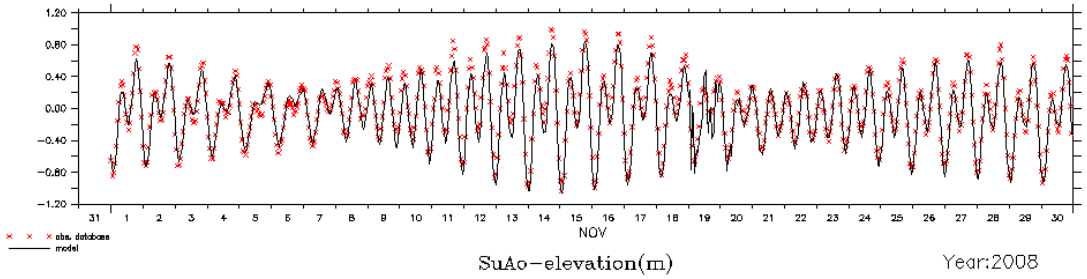


圖 7.5-129 蘇澳港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

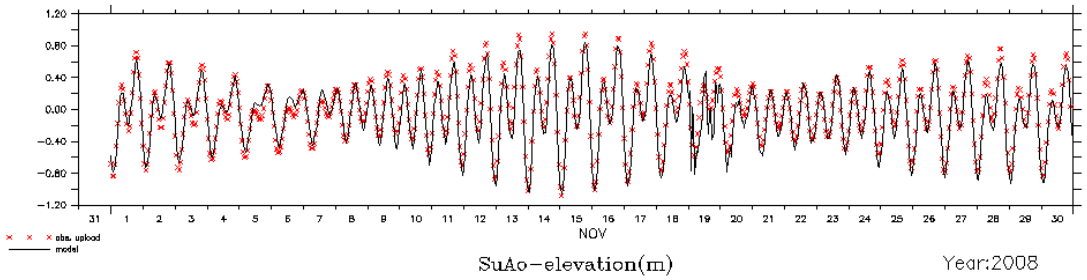


圖 7.5-130 蘇澳港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

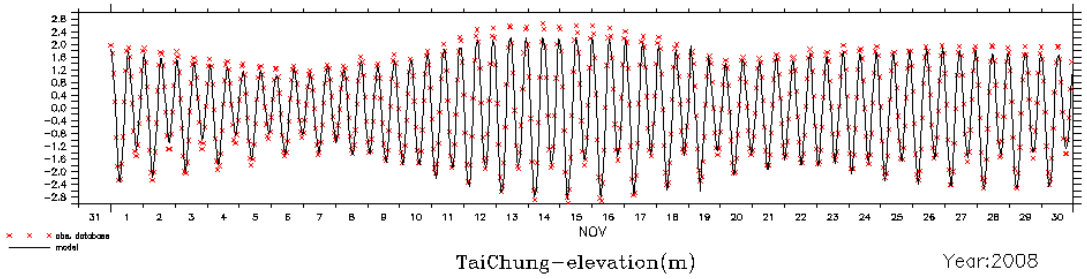


圖 7.5-131 台中港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與海情中心資料庫實測資料比對圖

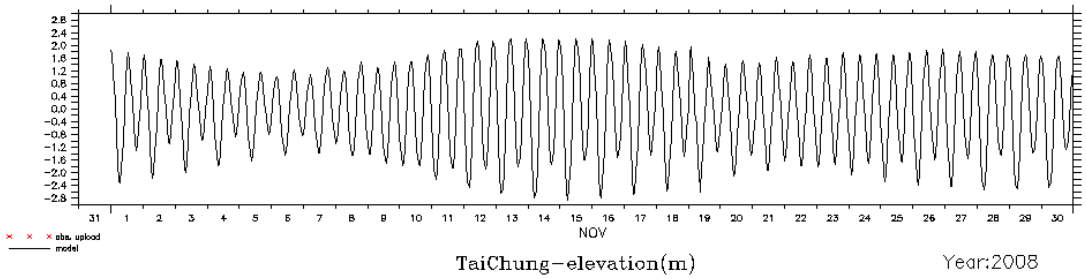


圖 7.5-132 台中港 2008 年 11 月台灣海域模式結果與上傳實測資料比對圖

7.6 海流作業化模式成果評估

目前預報系統中，海流模式已完成西太平洋、台灣近海範圍預報，然此兩個範圍的模式解析度過大，並無法解析近岸及港區海流，與港研中心的近岸海流測站比對效果不佳，僅能提供近岸海流所需之邊界條件，圖 7.6-1 至圖 7.6-72 為 2007 年 12 月至 2008 年 11 月整年度台灣近海範圍模式結果與實測資料比對圖。表 7.6-1 為台灣近海模式結果與實測資料流速 r.m.s 統計表。

近岸海流目前完成台中港近岸及港區的上線作業，本年度計畫結束也會完成台北港及高雄港的上線作業，目前仍缺乏完整的實測資料進行比對及校驗，因此待未來近岸及港區海流模式建置且校驗完成後，會進行其預報成效的評估。

表 7.6-1 海流模式與實測資料 r.m.s 統計(公尺)

		安平	花蓮	基隆	高雄	蘇澳	台中
2007 年 12 月	台灣海域	0.12	0.27	0.28	0.28	0.14	無資料
2008 年 1 月	台灣海域	0.13	0.28	0.28	0.24	0.14	無資料
2008 年 2 月	台灣海域	0.13	0.24	0.30	0.27	0.15	無資料
2008 年 3 月	台灣海域	0.12	0.25	0.29	0.29	0.15	無資料
2008 年 4 月	台灣海域	0.16	0.21	0.30	0.31	0.14	無資料
2008 年 5 月	台灣海域	0.13	0.23	0.30	0.27	0.14	無資料
2008 年 6 月	台灣海域	0.17	0.21	0.30	0.33	0.14	0.07
2008 年 7 月	台灣海域	0.19	0.23	0.32	無資料	0.15	0.32
2008 年 8 月	台灣海域	0.18	0.17	0.32	無資料	0.14	0.35
2008 年 9 月	台灣海域	0.18	0.21	0.33	0.08	0.15	0.48
2008 年 10 月	台灣海域	0.21	0.02	0.43	0.08	0.17	無資料
2008 年 11 月	台灣海域	0.15	0.02	0.41	0.08	0.17	無資料

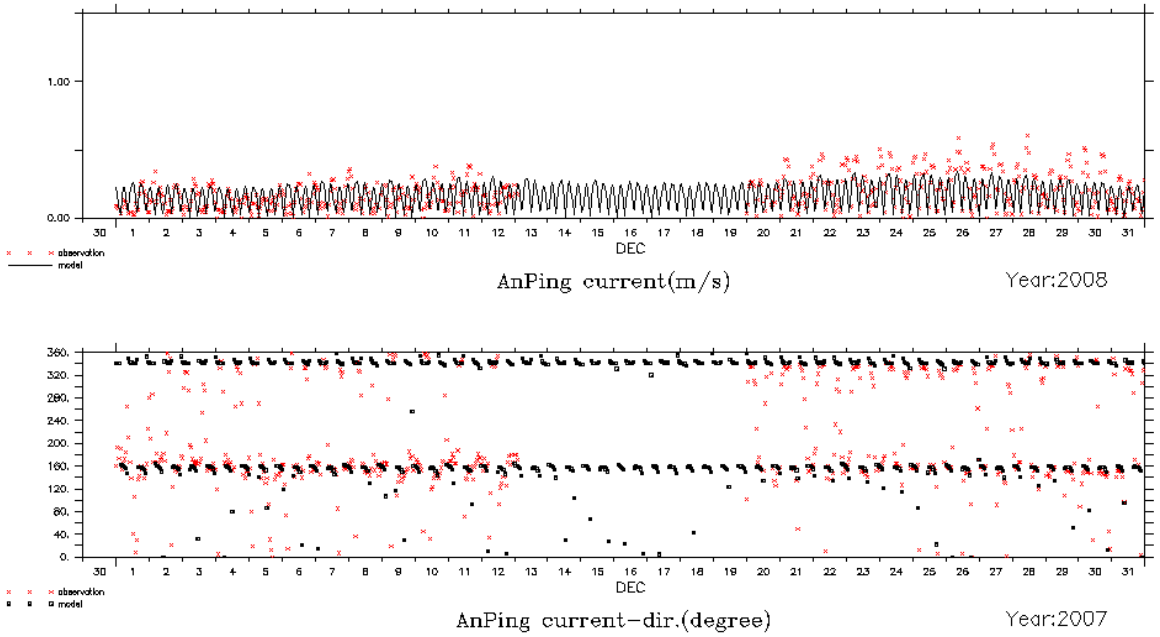


圖 7.6-1 安平港 2007 年 12 月模式與實測資料比對圖

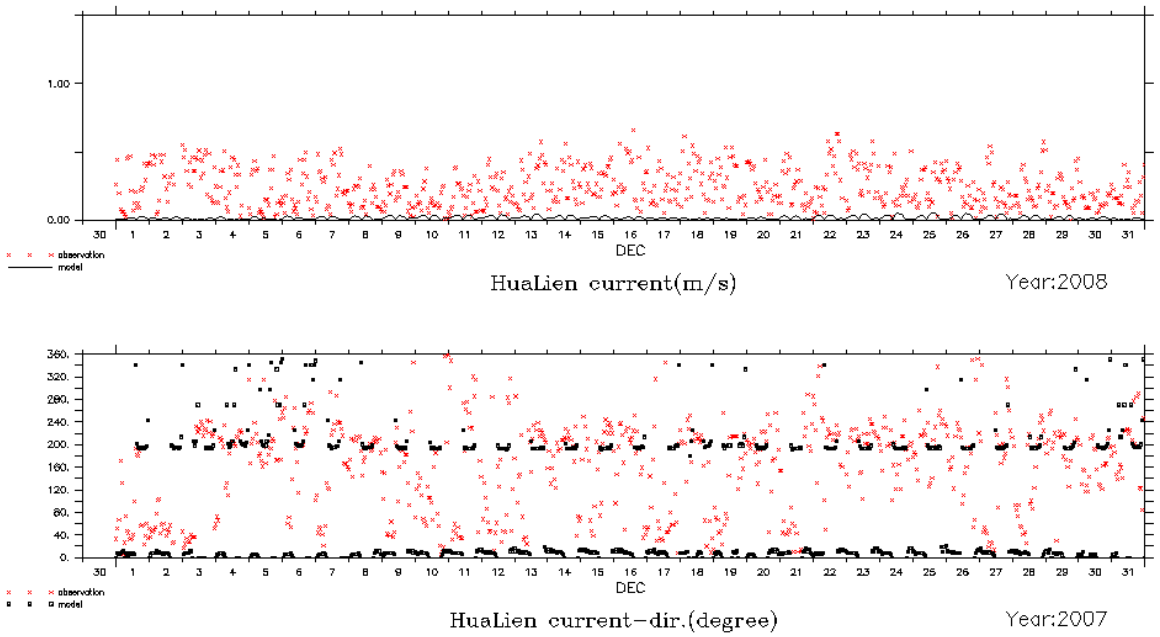


圖 7.6-2 花蓮港 2007 年 12 月模式與實測資料比對圖

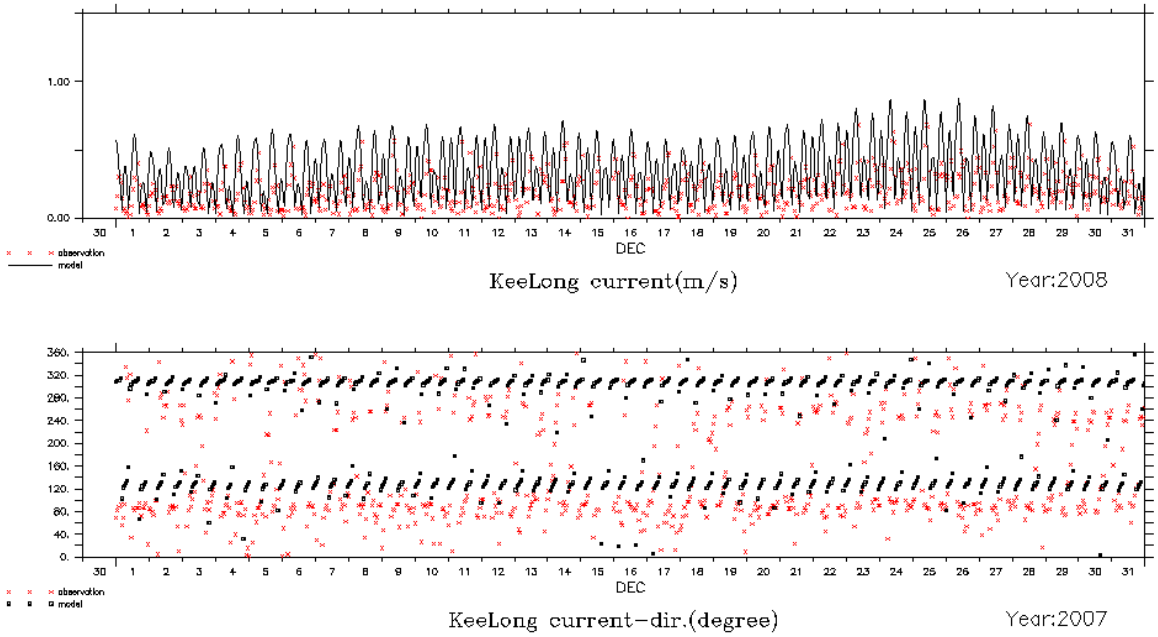


圖 7.6-3 基隆港 2007 年 12 月模式與實測資料比對圖

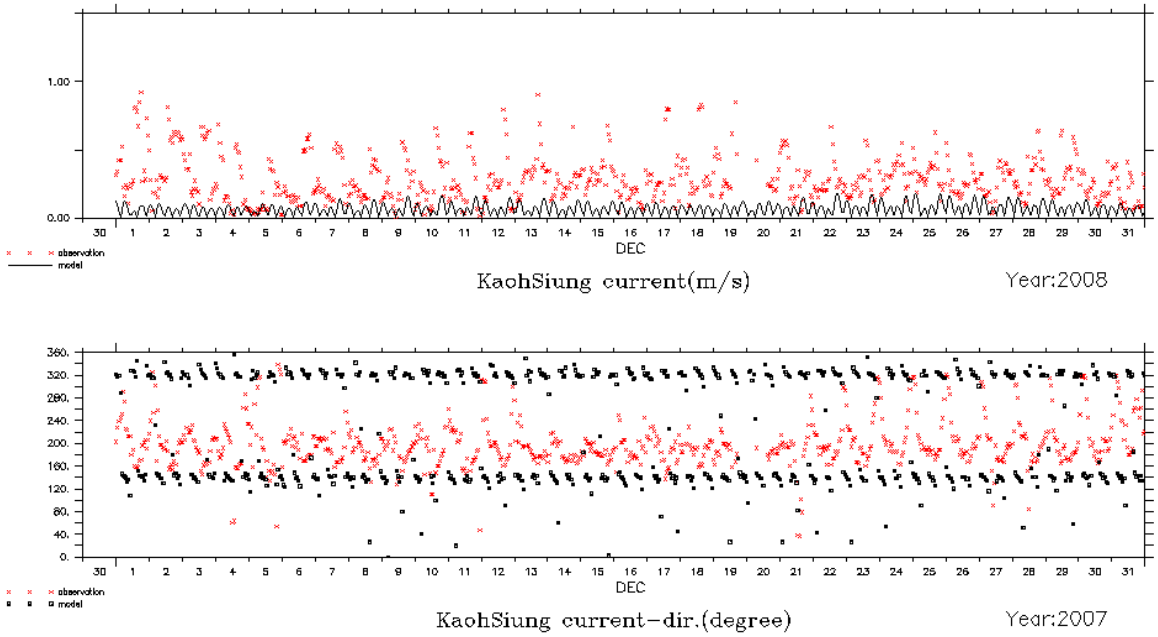


圖 7.6-4 高雄港 2007 年 12 月模式與實測資料比對圖

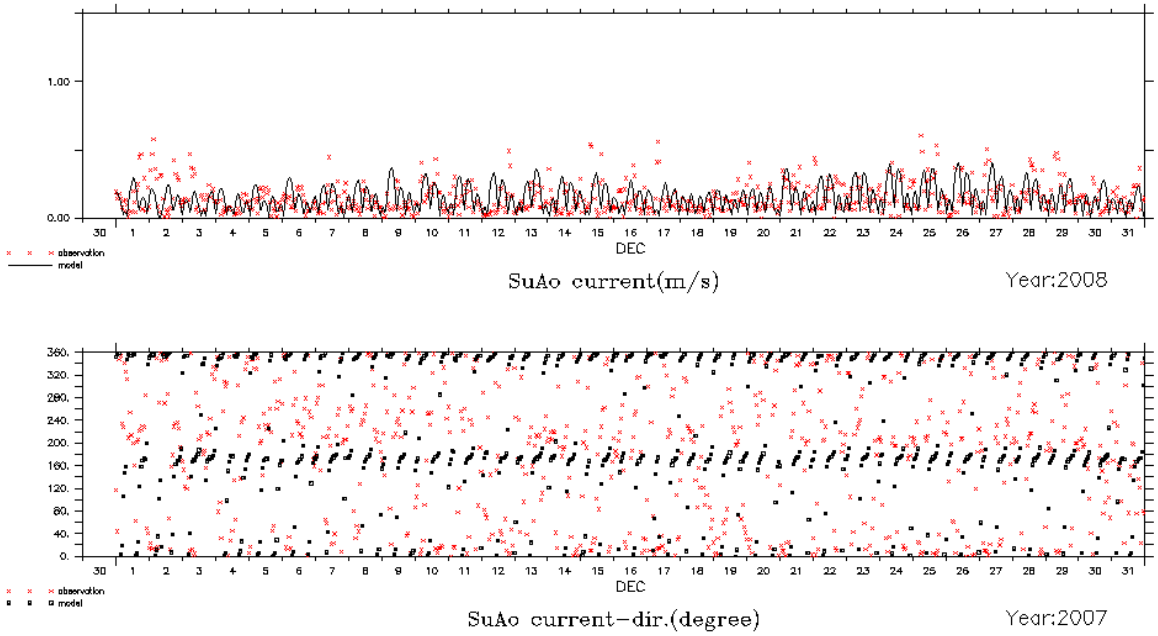


圖 7.6-5 蘇澳港 2007 年 12 月模式與實測資料比對圖

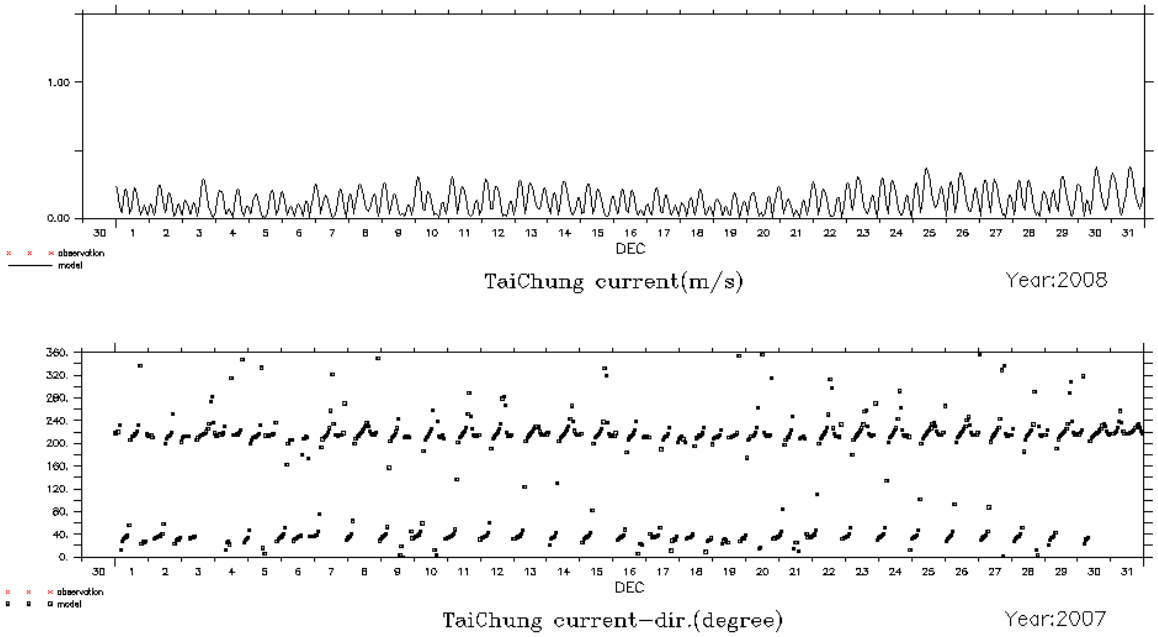


圖 7.6-6 台中港 2007 年 12 月模式與實測資料比對圖

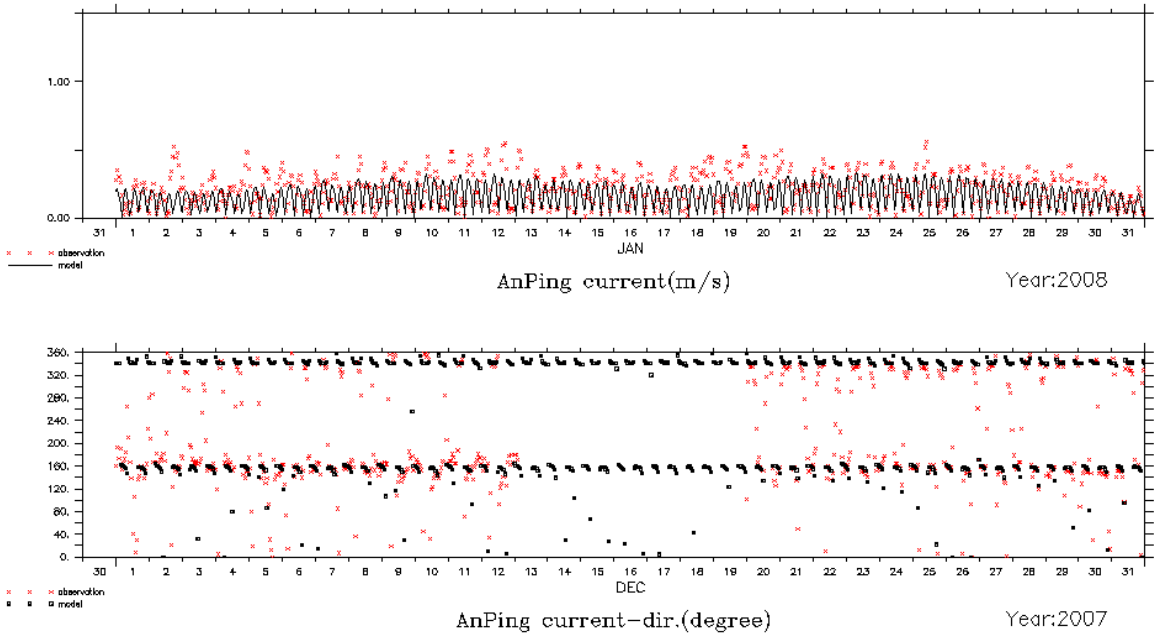


圖 7.6-7 安平港 2008 年 1 月模式與實測資料比對圖

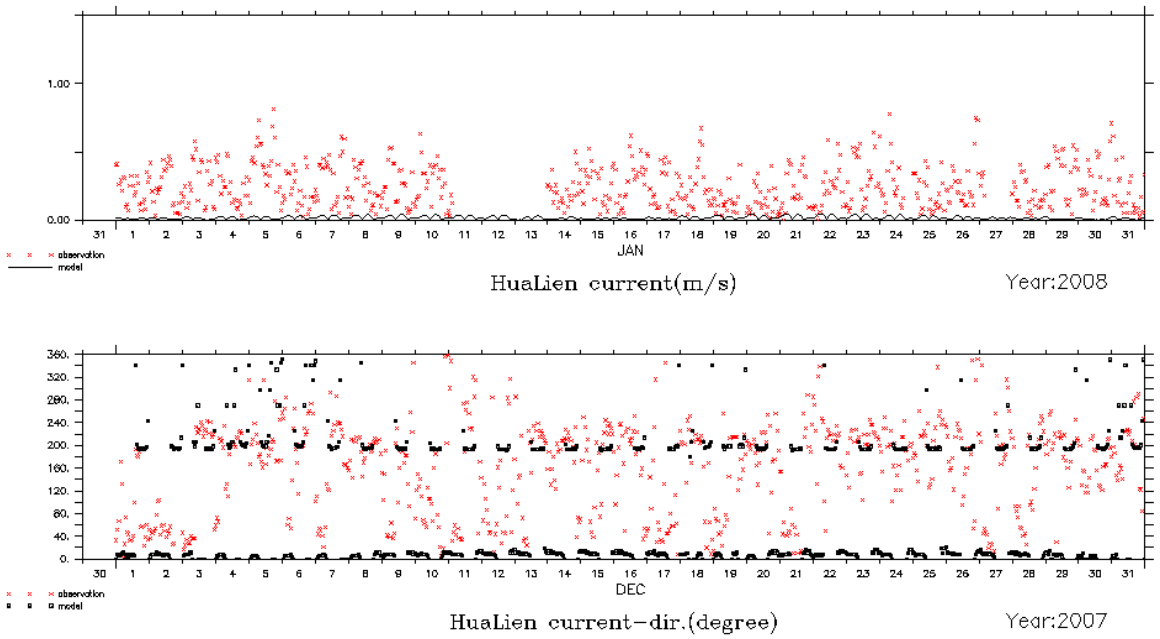


圖 7.6-8 花蓮港 2008 年 1 月模式與實測資料比對圖

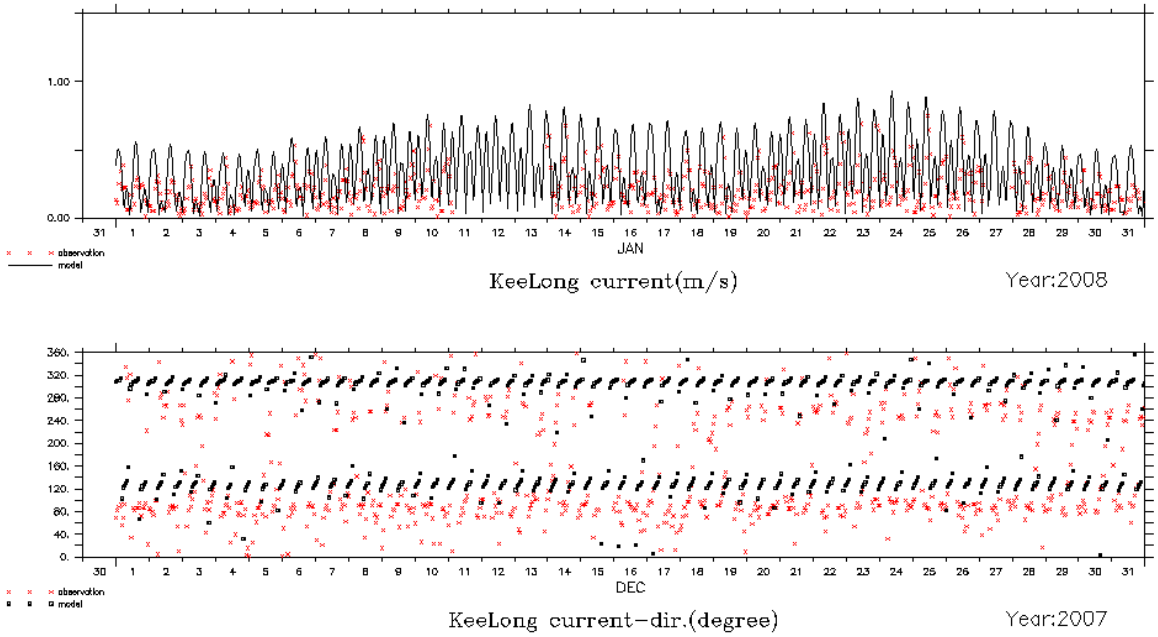


圖 7.6-9 基隆港 2008 年 1 月模式與實測資料比對圖

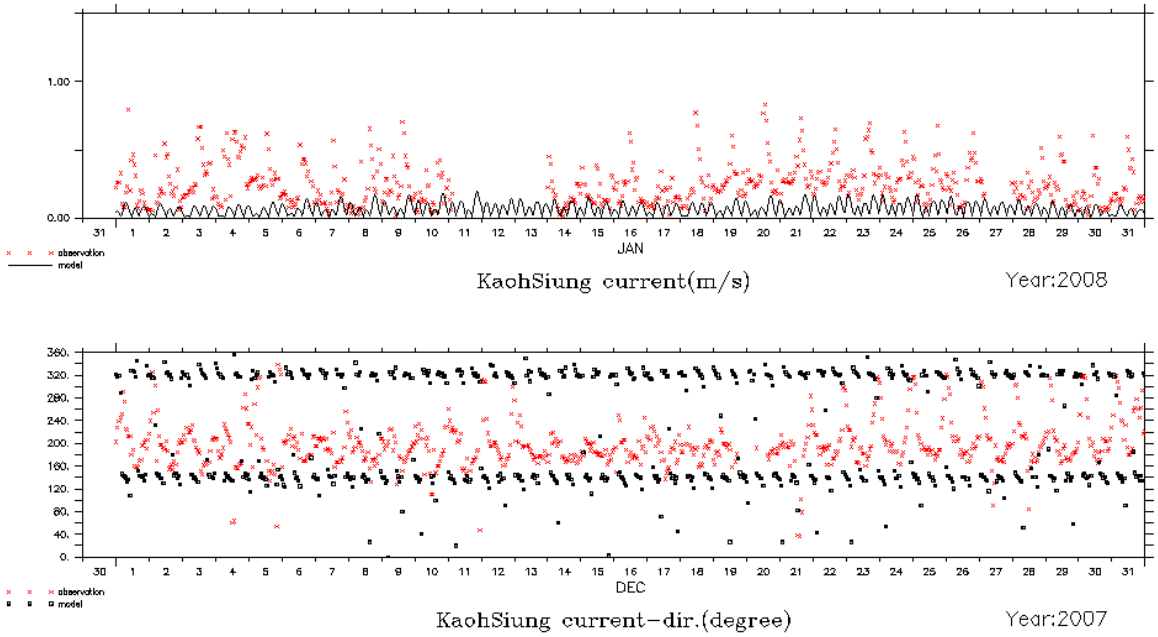


圖 7.6-10 高雄港 2008 年 1 月模式與實測資料比對圖

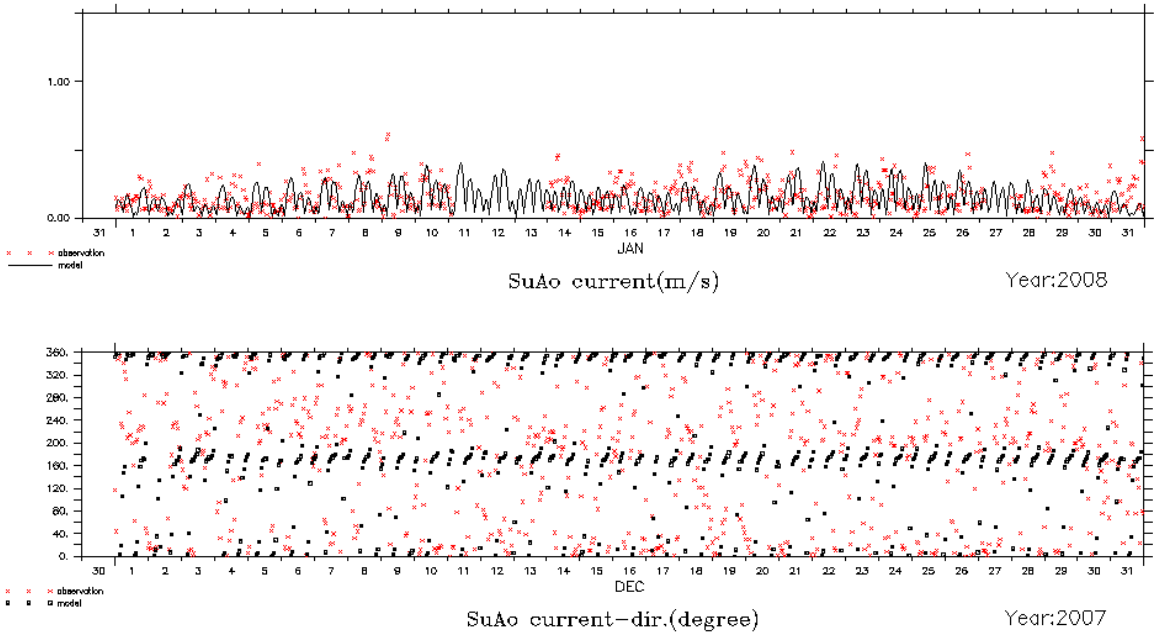


圖 7.6-11 蘇澳港 2008 年 1 月模式與實測資料比對圖

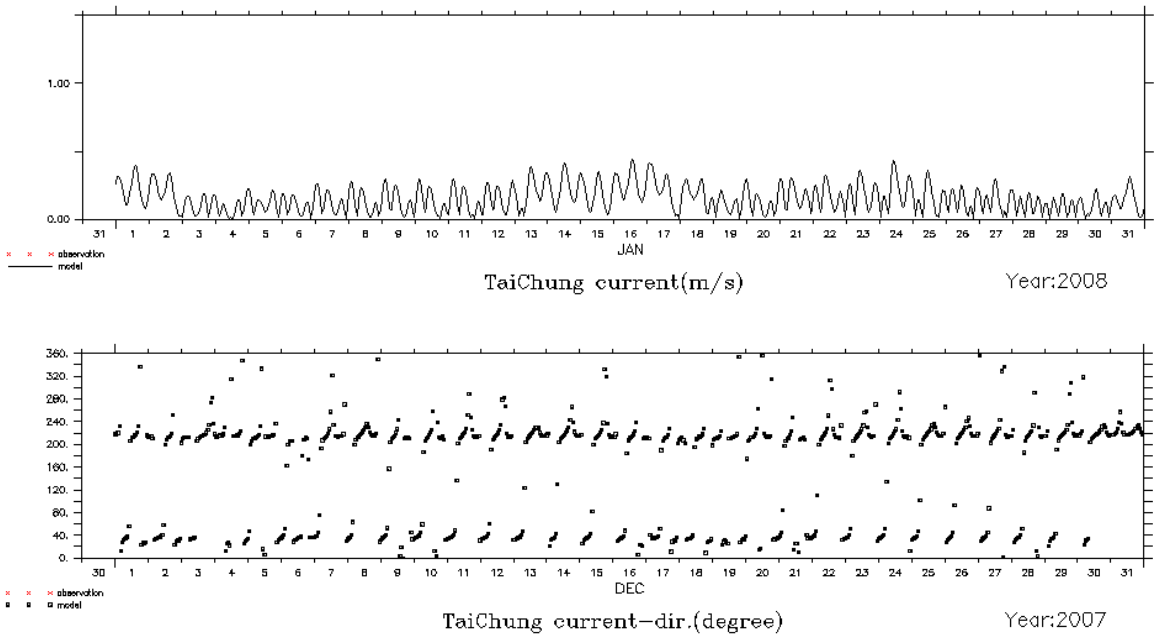


圖 7.6-12 台中港 2008 年 1 月模式與實測資料比對圖

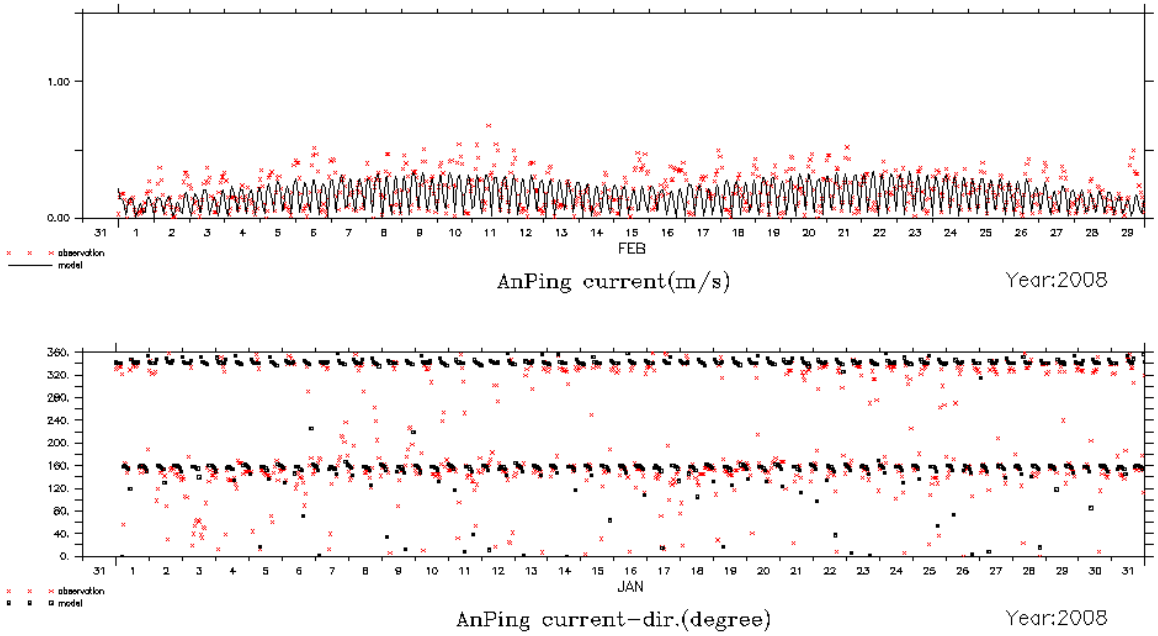


圖 7.6-13 安平港 2008 年 2 月模式與實測資料比對圖

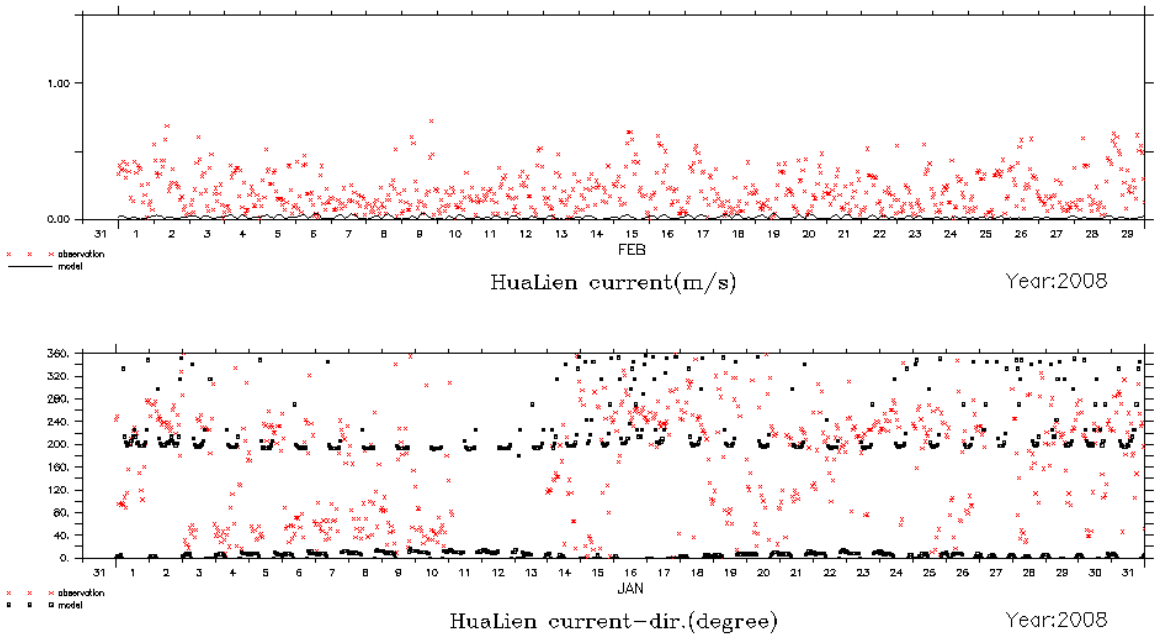


圖 7.6-14 花蓮港 2008 年 2 月模式與實測資料比對圖

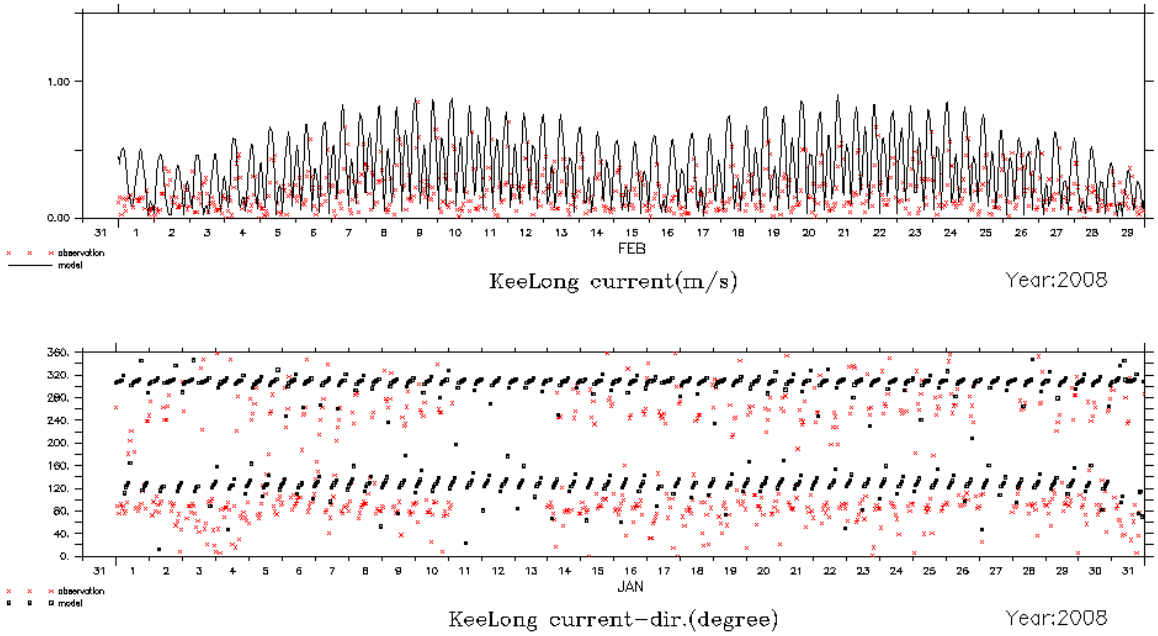


圖 7.6-15 基隆港 2008 年 2 月模式與實測資料比對圖

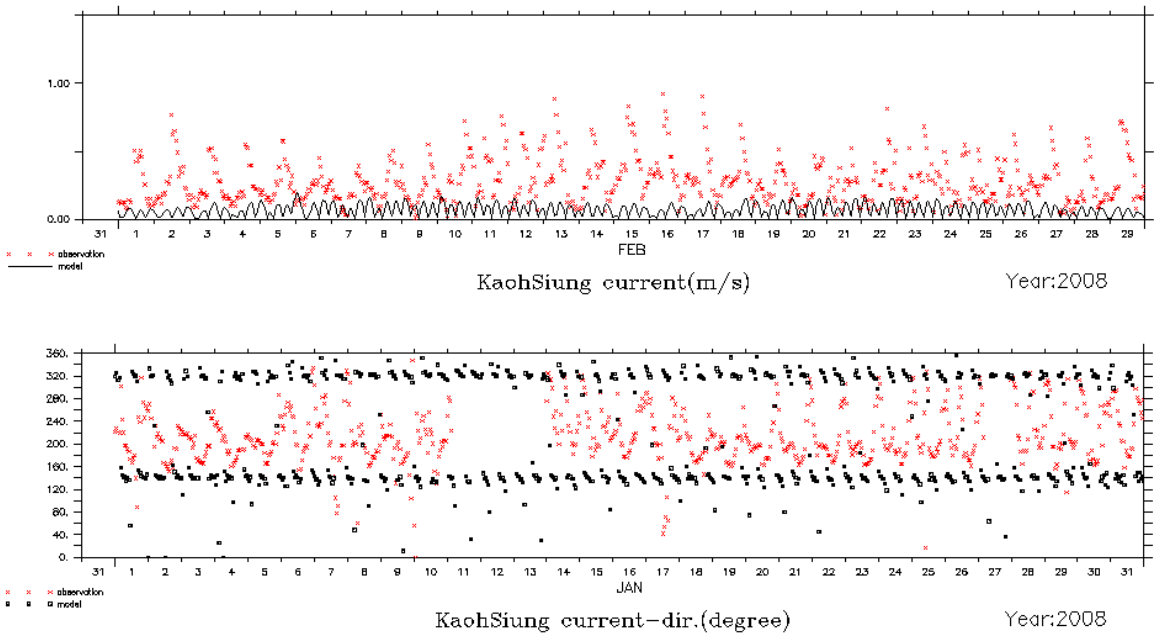


圖 7.6-16 高雄港 2008 年 2 月模式與實測資料比對圖

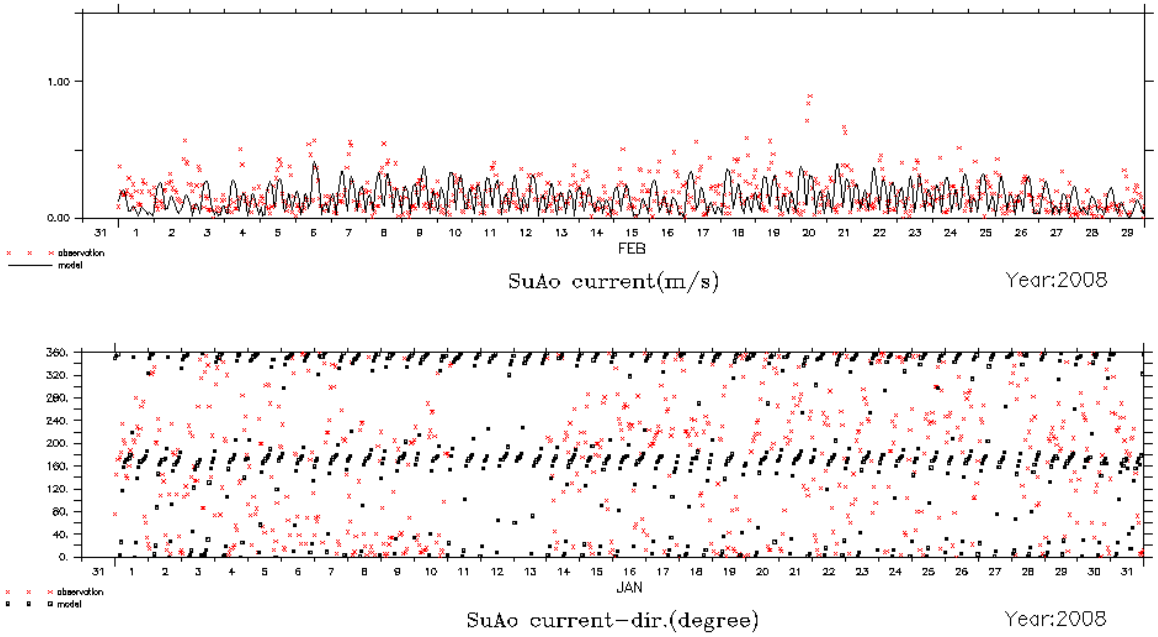


圖 7.6-17 蘇澳港 2008 年 2 月模式與實測資料比對圖

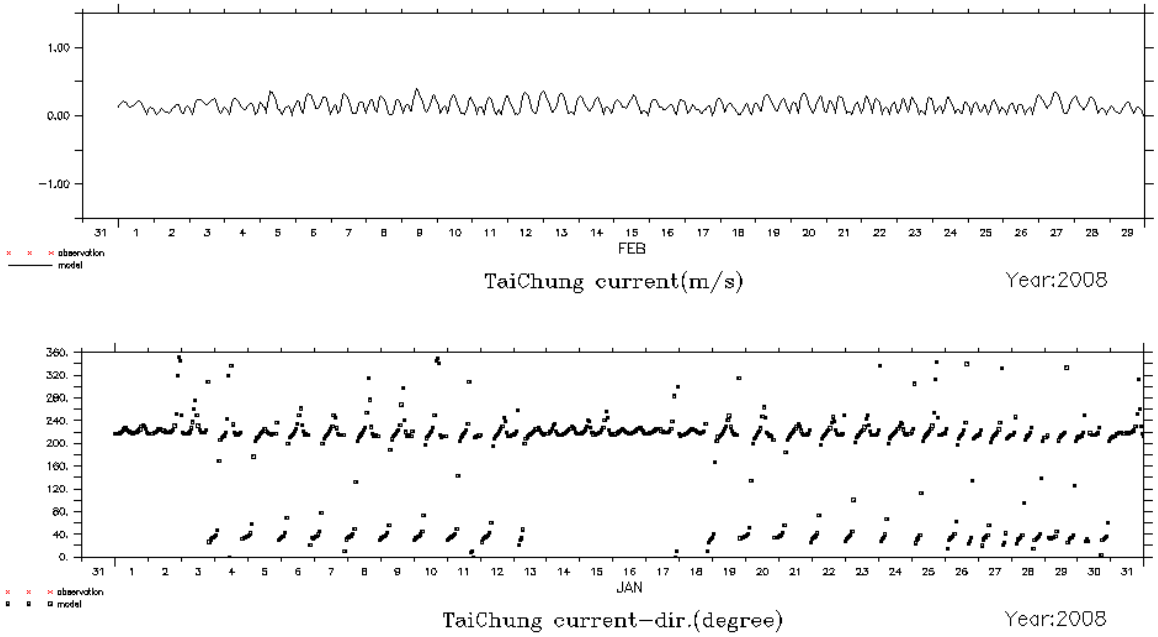


圖 7.6-18 台中港 2008 年 2 月模式與實測資料比對圖

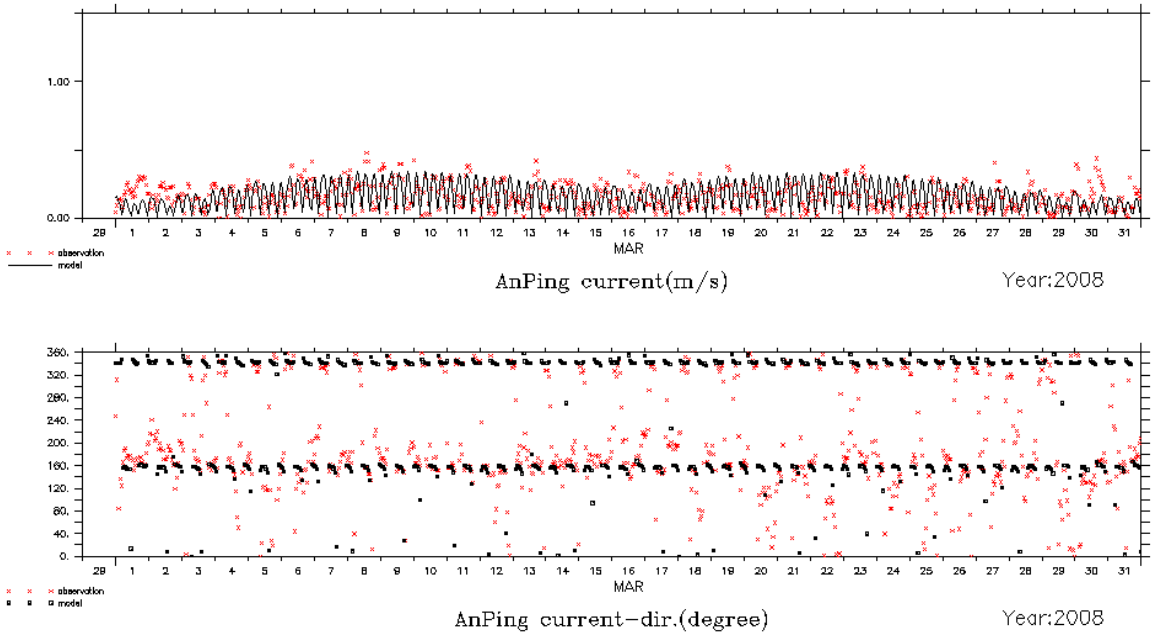


圖 7.6-19 安平港 2008 年 3 月模式與海實測資料比對圖

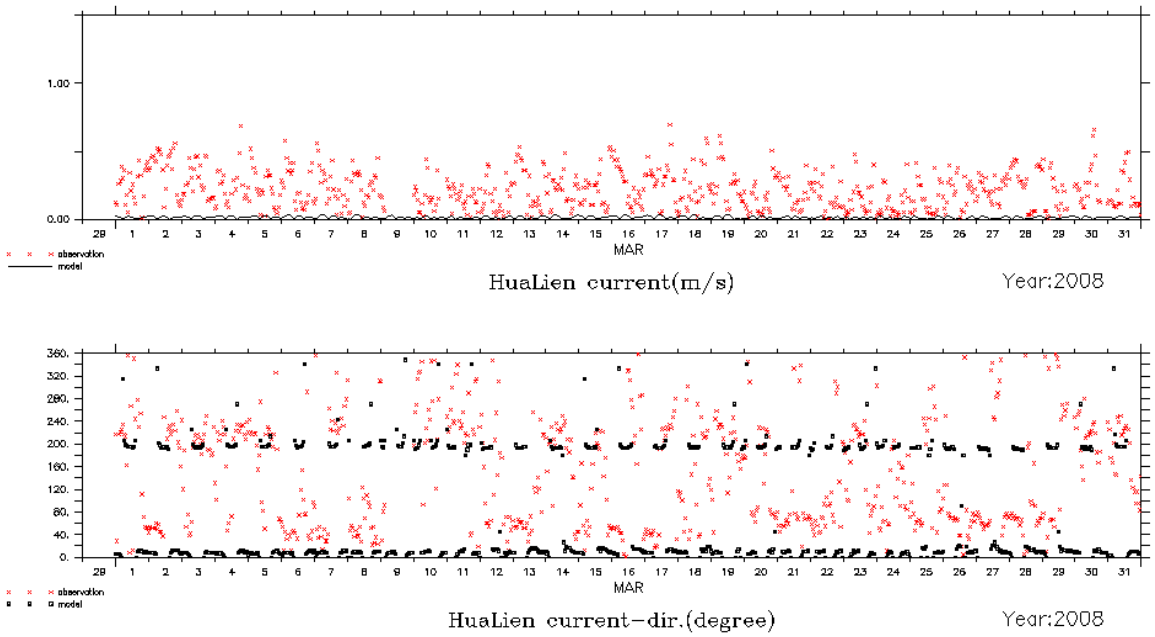


圖 7.6-20 花蓮港 2008 年 3 月模式與實測資料比對圖

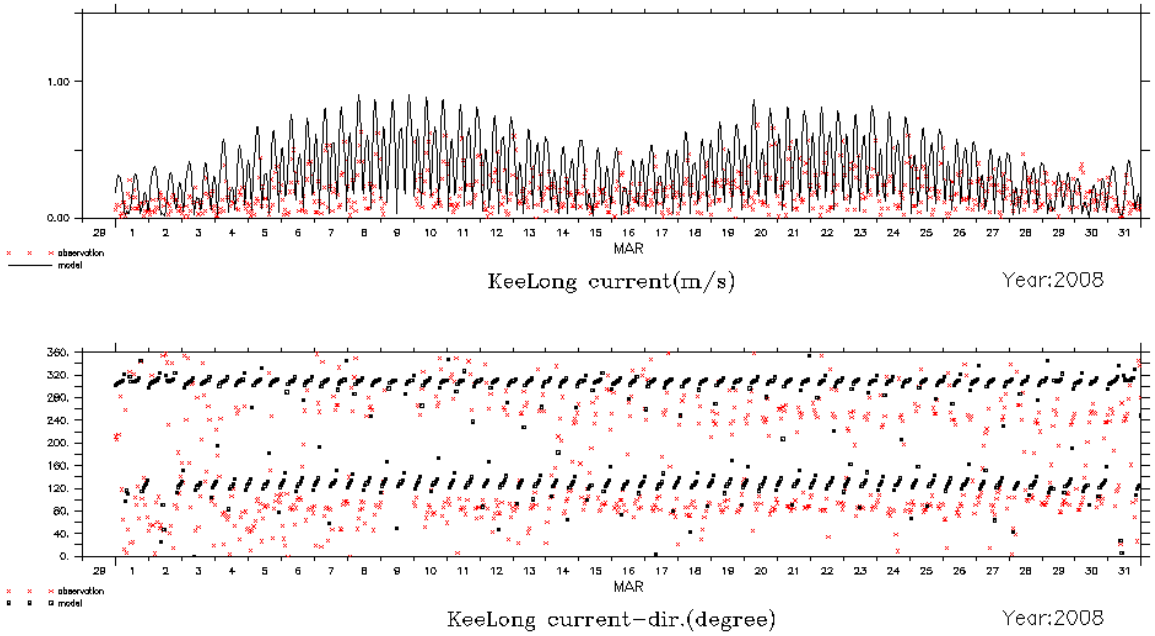


圖 7.6-21 基隆港 2008 年 3 月模式與實測資料比對圖

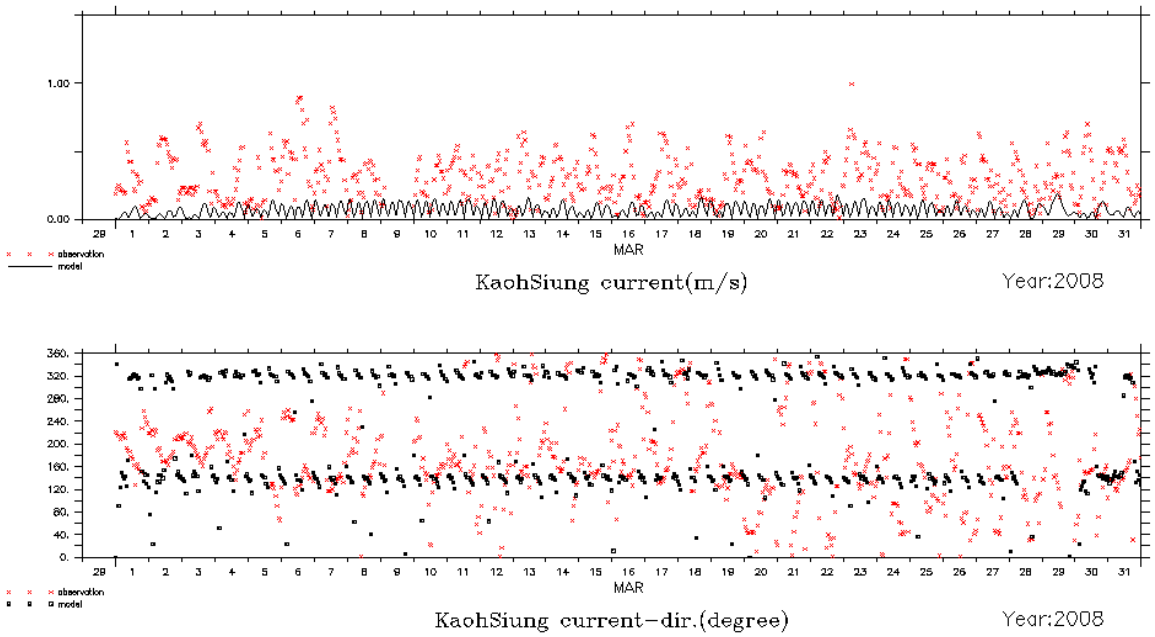


圖 7.6-22 高雄港 2008 年 3 月模式與實測資料比對圖

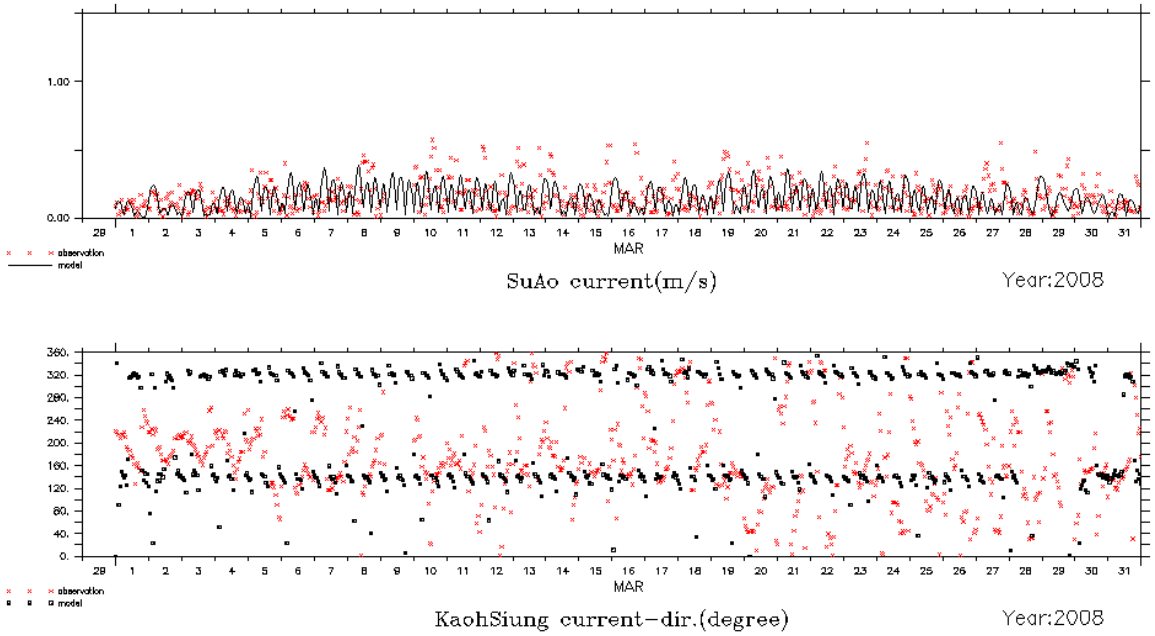


圖 7.6-23 蘇澳港 2008 年 3 月模式與實測資料比對圖

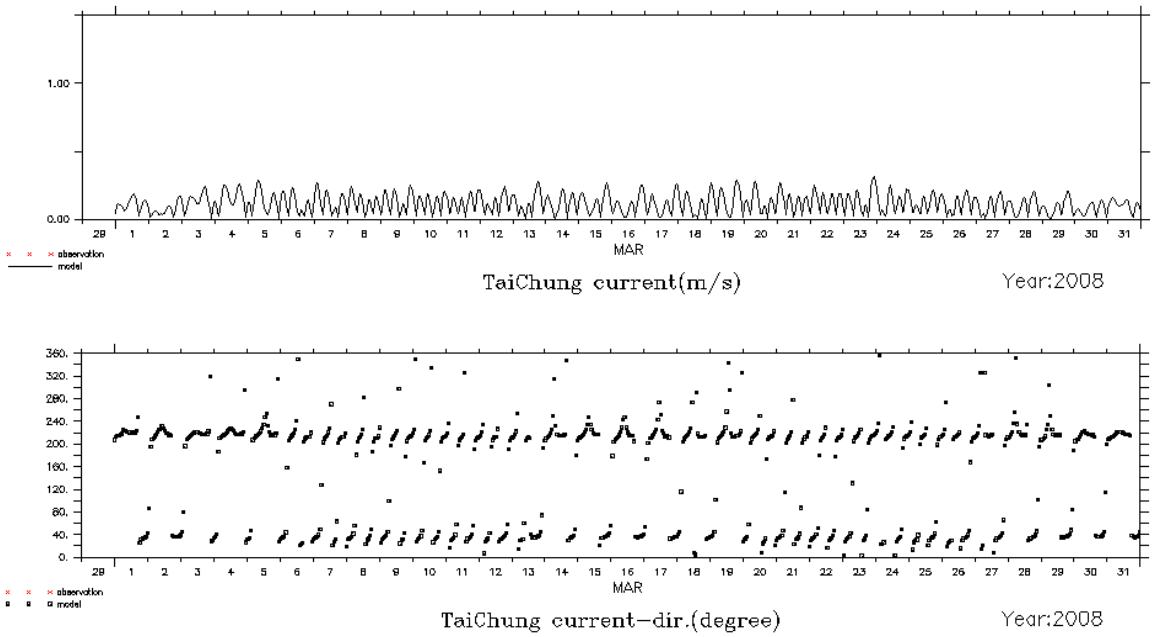


圖 7.6-24 台中港 2008 年 3 月模式與實測資料比對圖

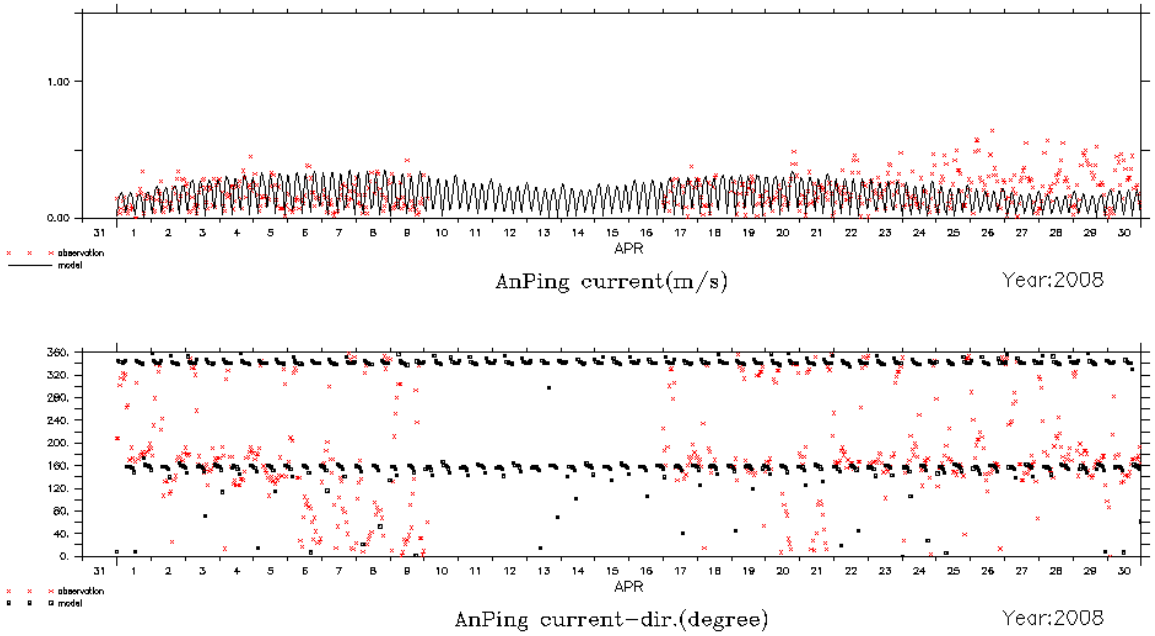


圖 7.6-25 安平港 2008 年 4 月模式與實測資料比對圖

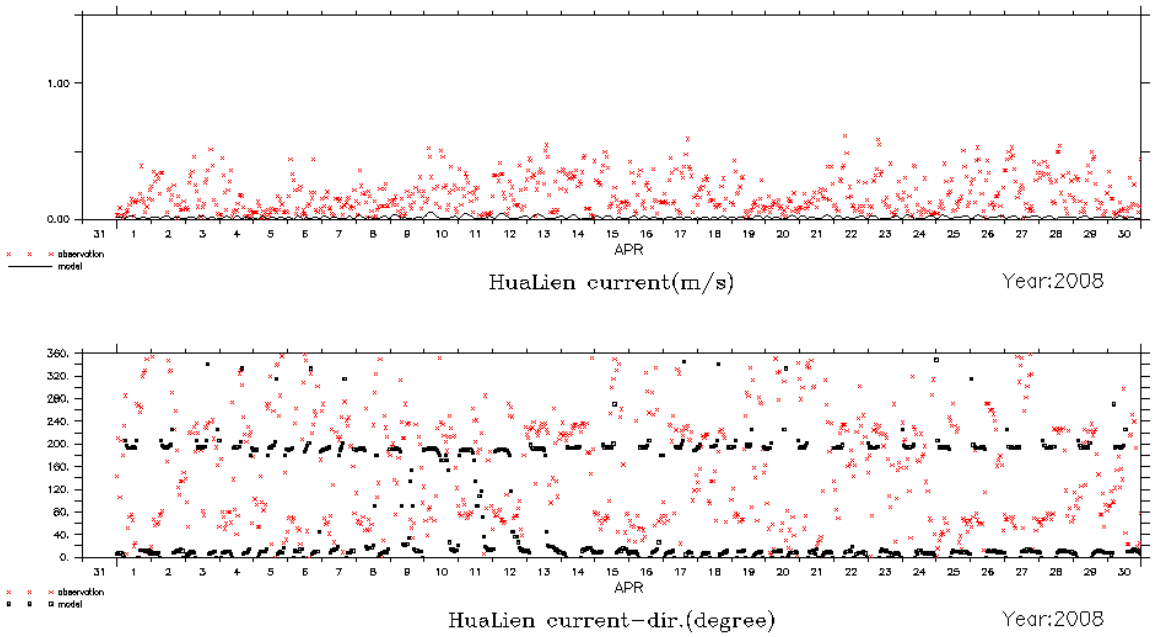


圖 7.6-26 花蓮港 2008 年 4 月模式與實測資料比對圖

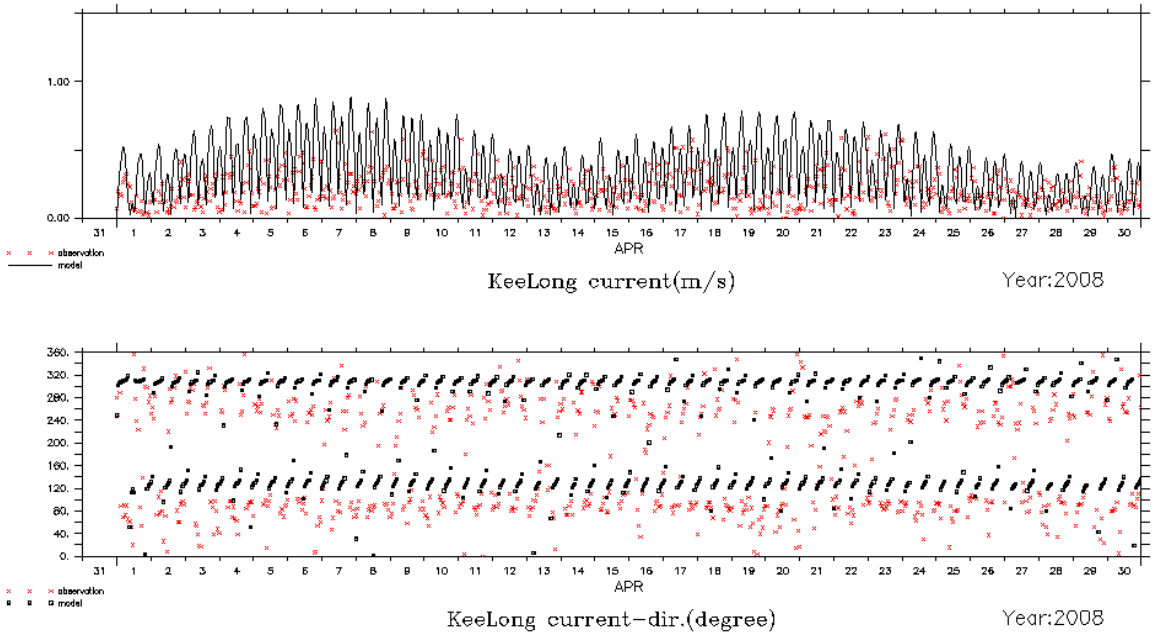


圖 7.6-27 基隆港 2008 年 4 月模式與實測資料比對圖

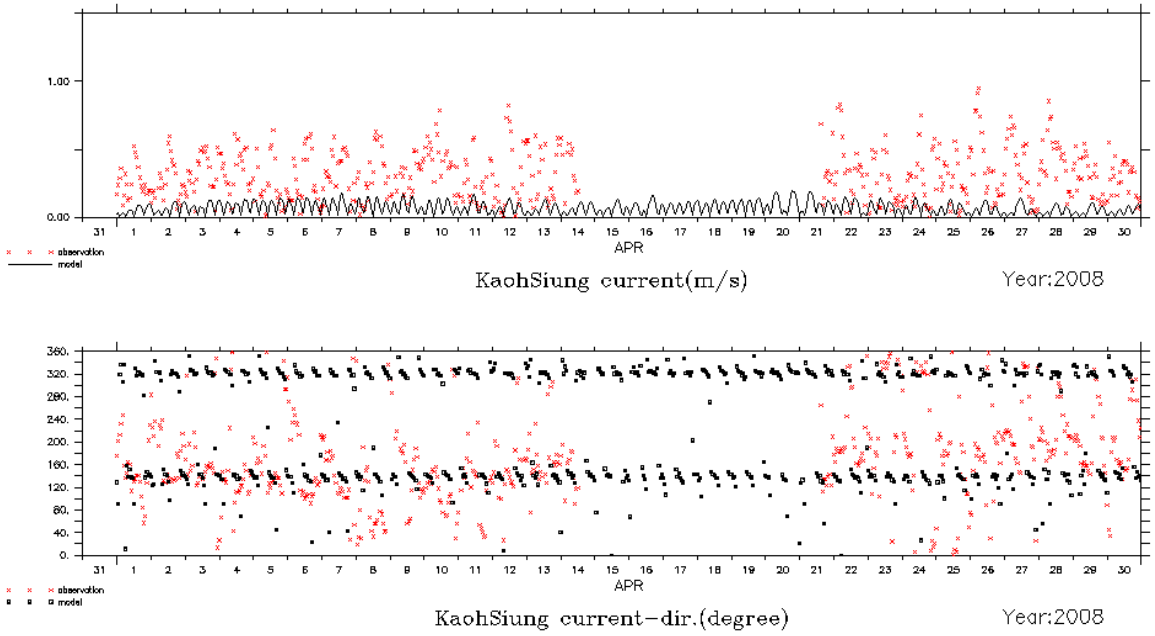


圖 7.6-28 高雄港 2008 年 4 月模式與實測資料比對圖

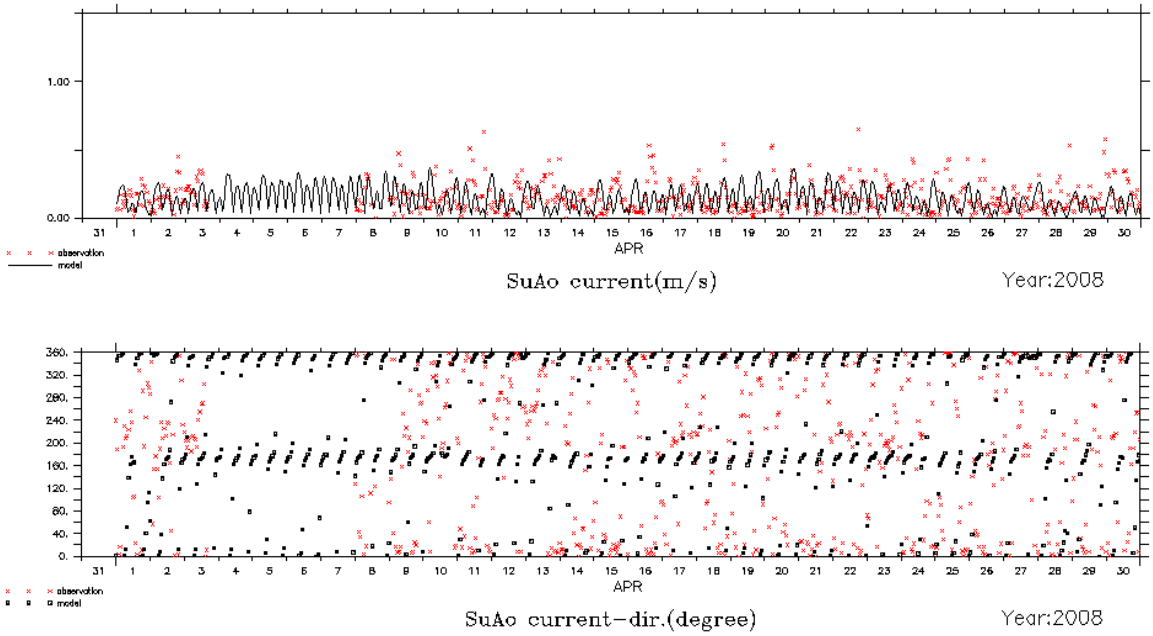


圖 7.6-29 蘇澳港 2008 年 4 月模式與實測資料比對圖

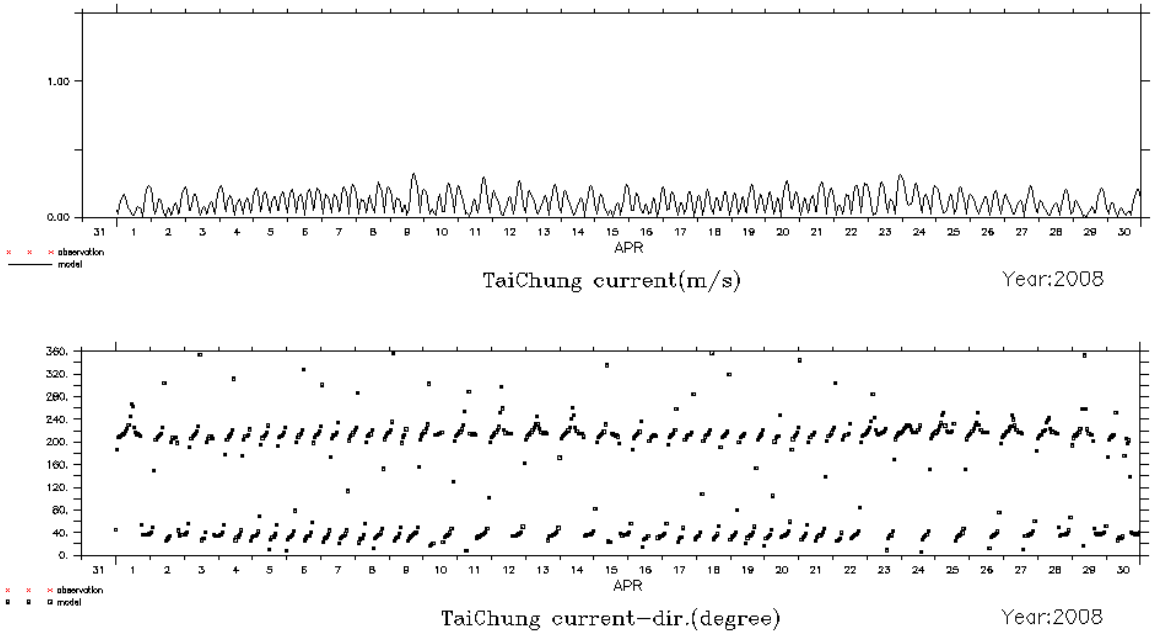


圖 7.6-30 台中港 2008 年 4 月模式與實測資料比對圖

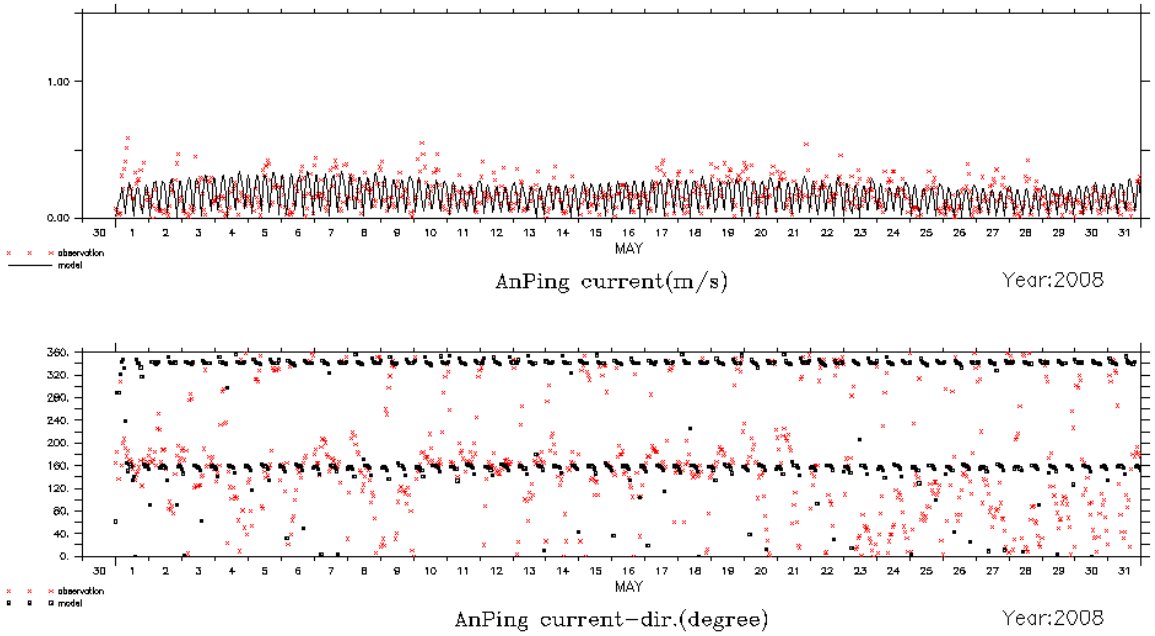


圖 7.6-31 安平港 2008 年 5 月模式與實測資料比對圖

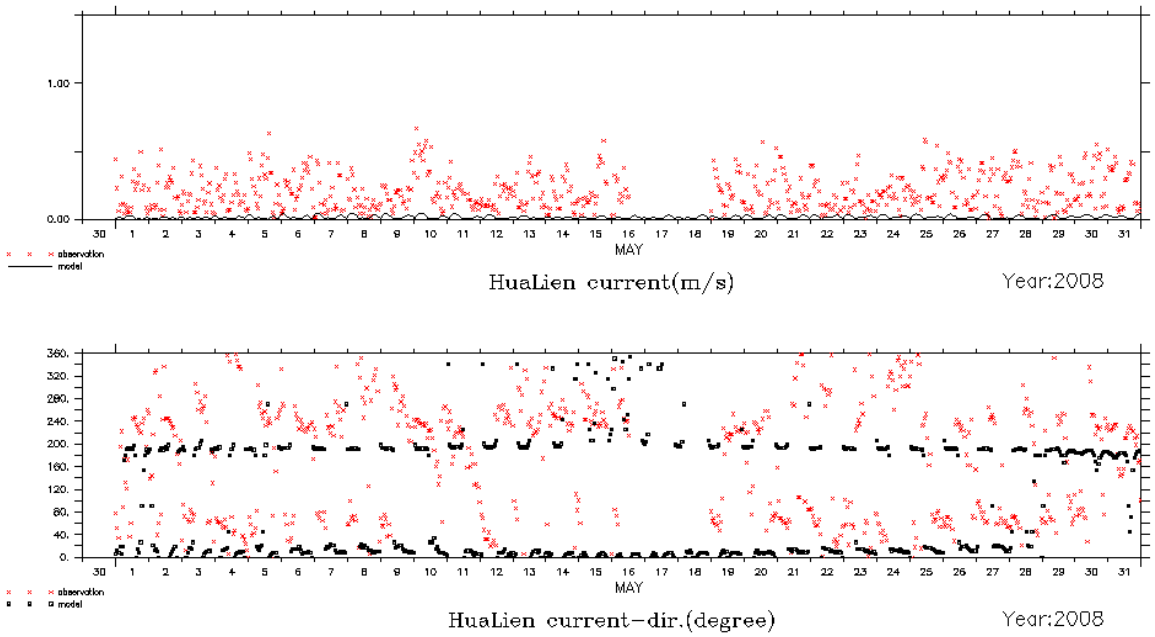


圖 7.6-32 花蓮港 2008 年 5 月模式與實測資料比對圖

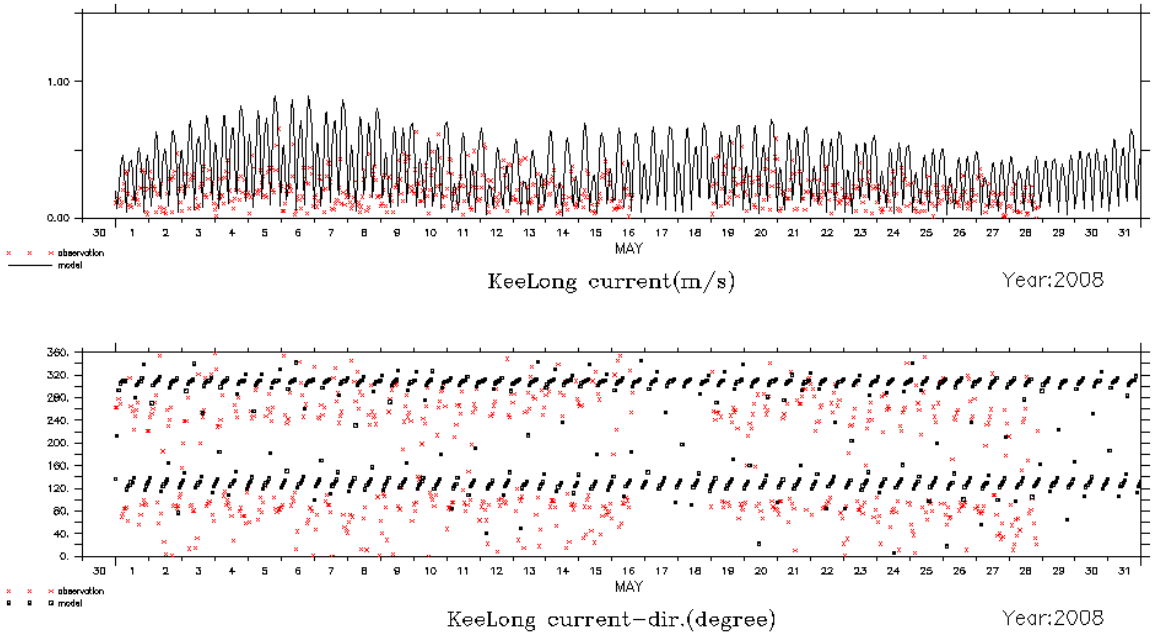


圖 7.6-33 基隆港 2008 年 5 月模式與實測資料比對圖

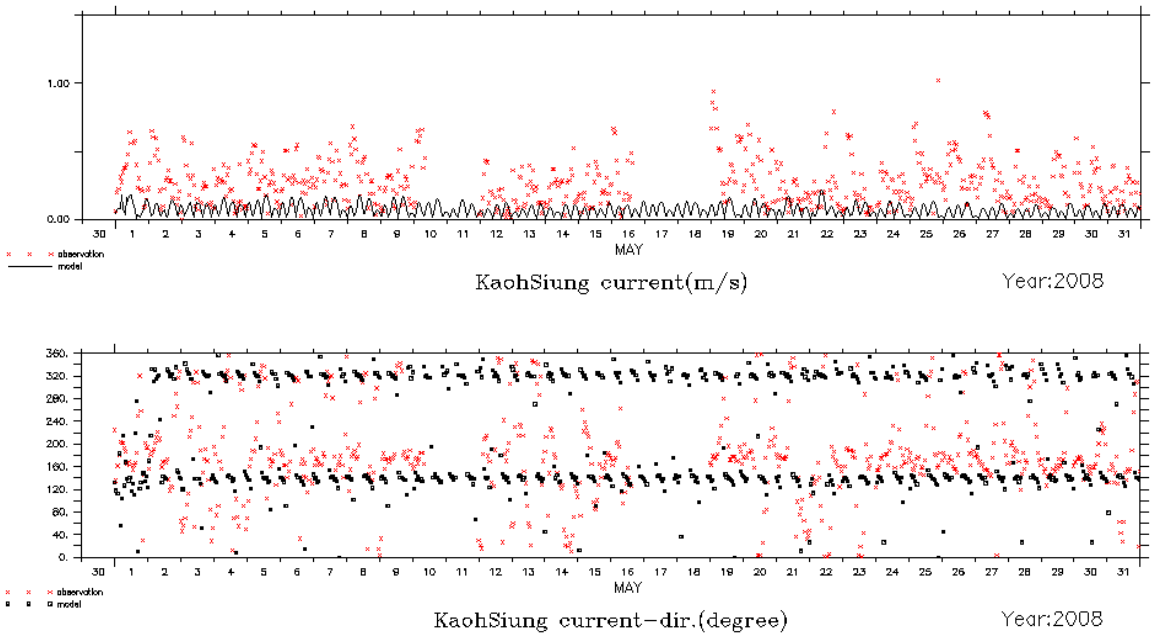


圖 7.6-34 高雄港 2008 年 5 月模式與實測資料比對圖

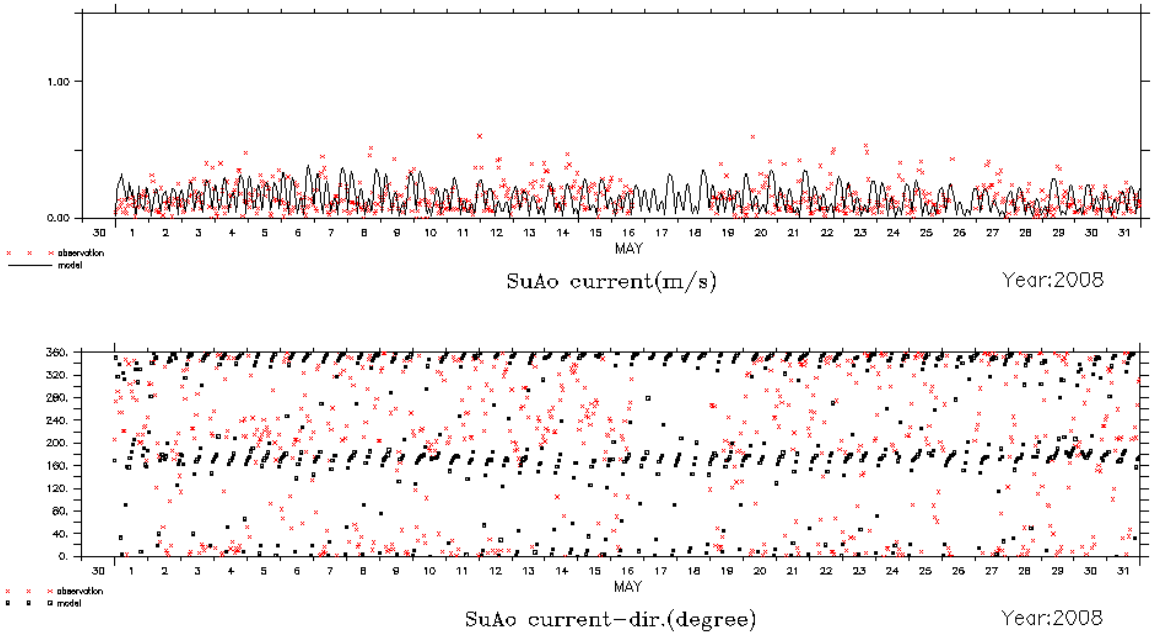


圖 7.6-35 蘇澳港 2008 年 5 月模式與實測資料比對圖

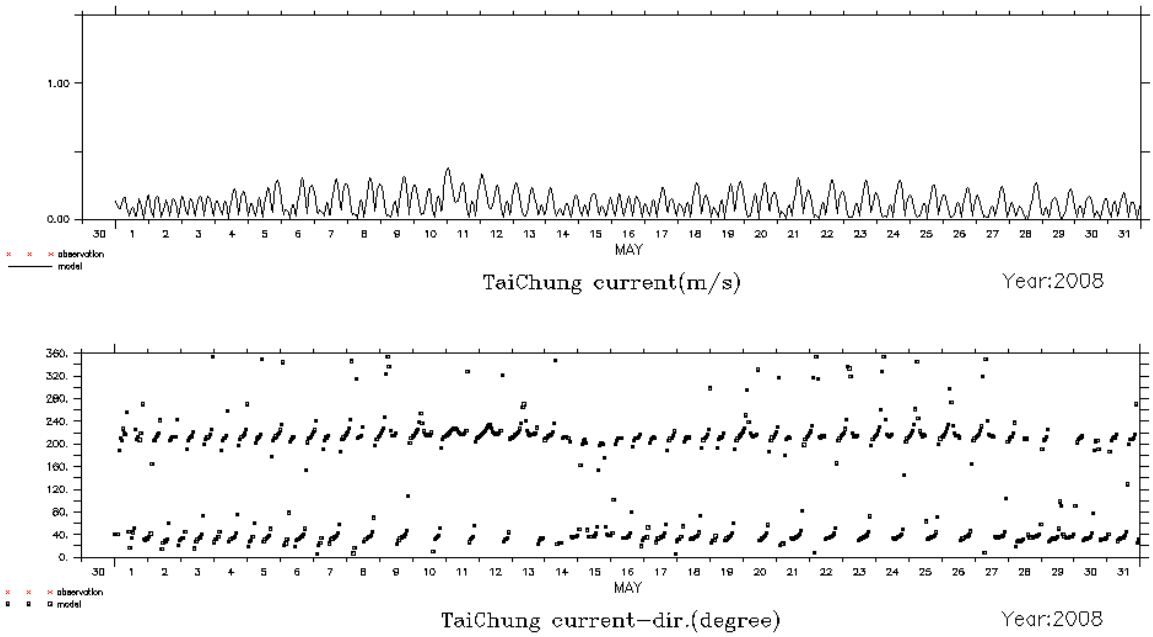


圖 7.6-36 台中港 2008 年 5 月模式與實測資料比對圖

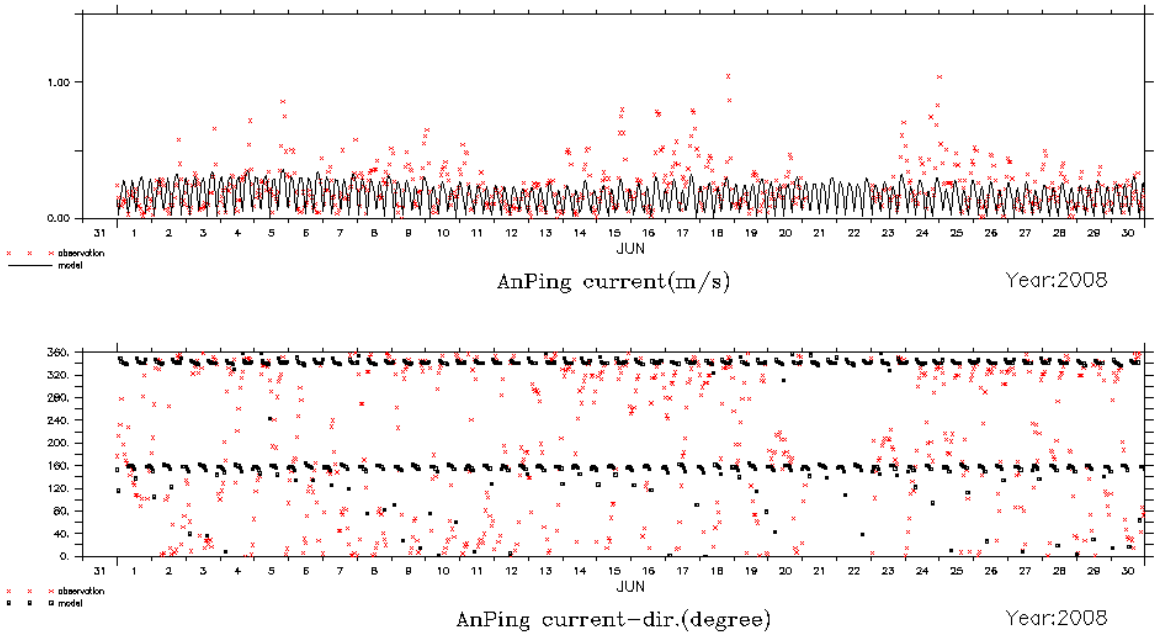


圖 7.6-37 安平港 2008 年 6 月模式與海實測資料比對圖

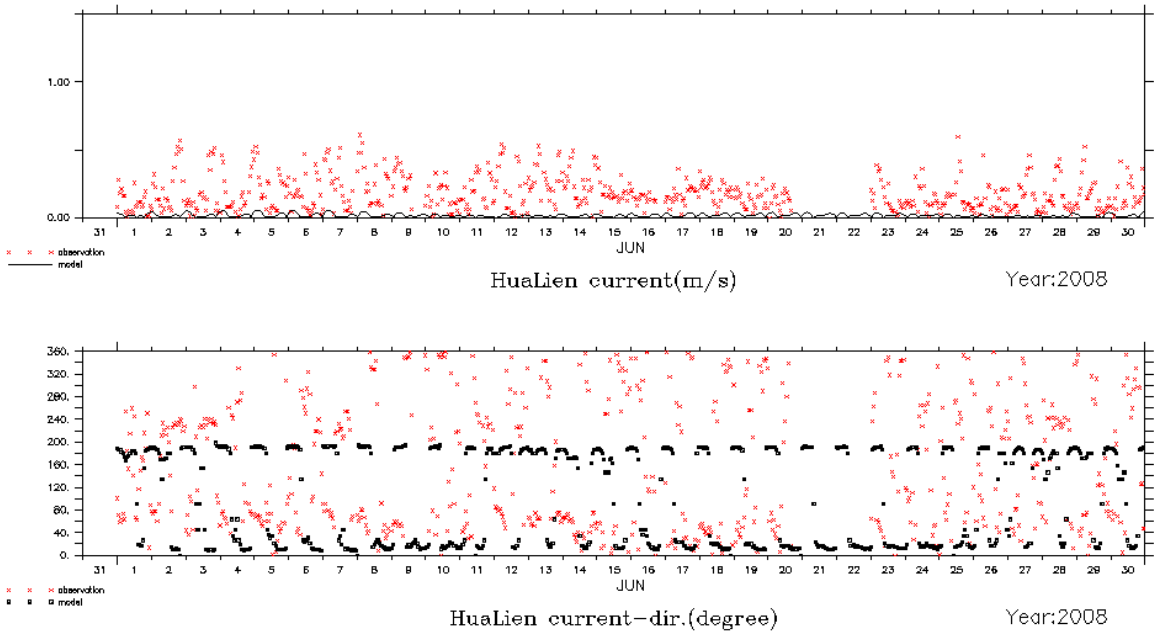


圖 7.6-38 花蓮港 2008 年 6 月模式與實測資料比對圖

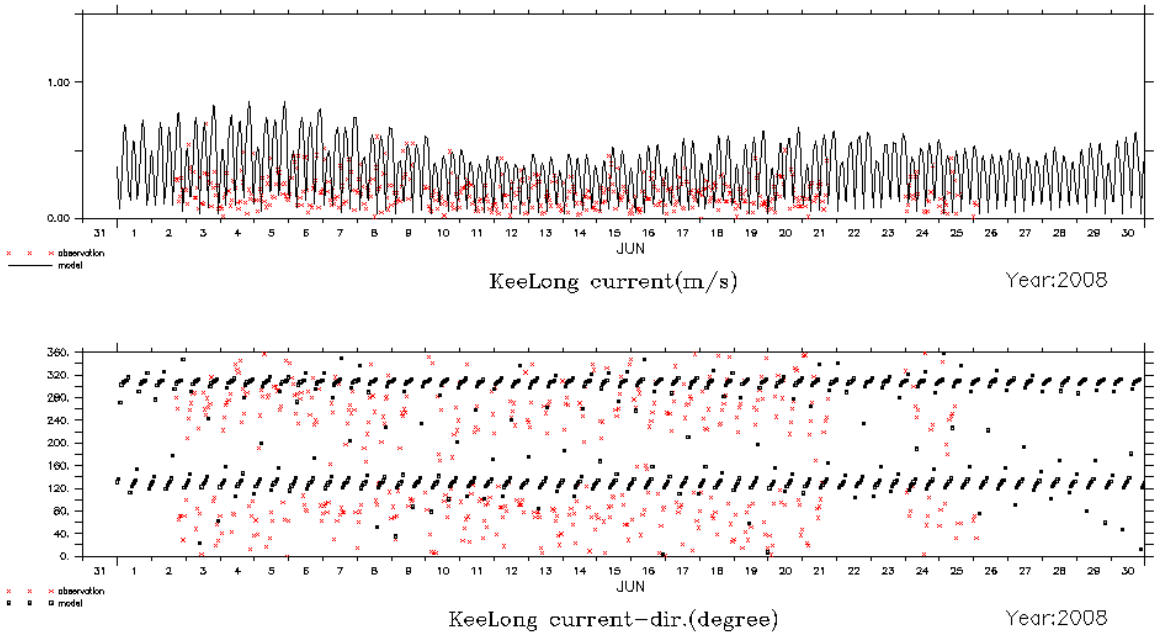


圖 7.6-39 基隆港 2008 年 6 月模式與實測資料比對圖

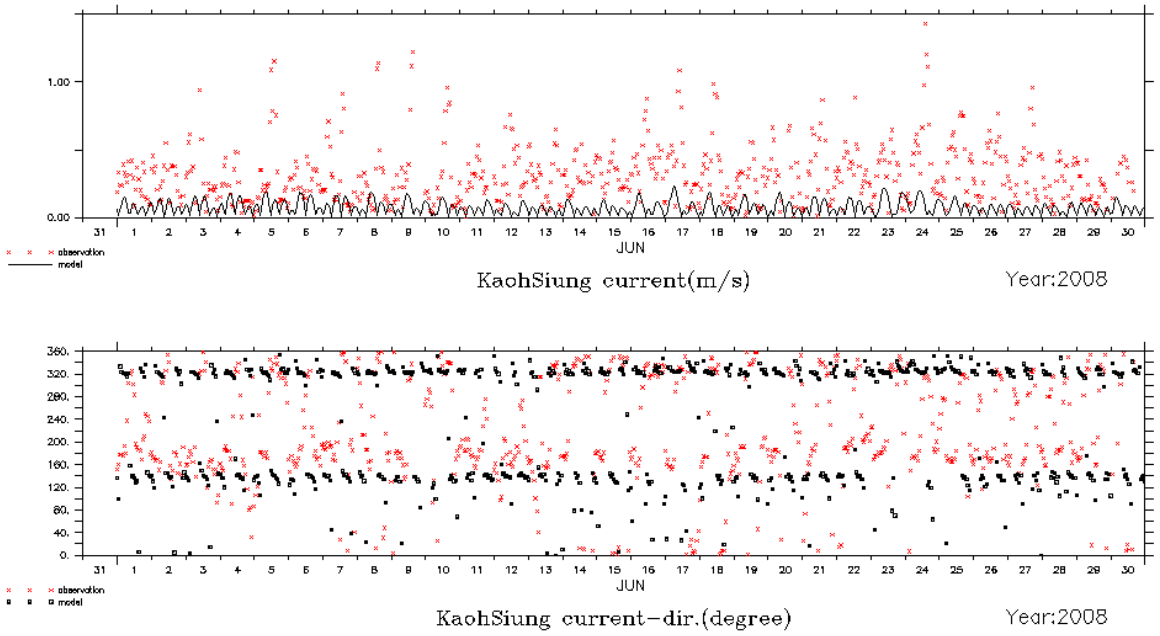


圖 7.6-40 高雄港 2008 年 6 月模式與實測資料比對圖

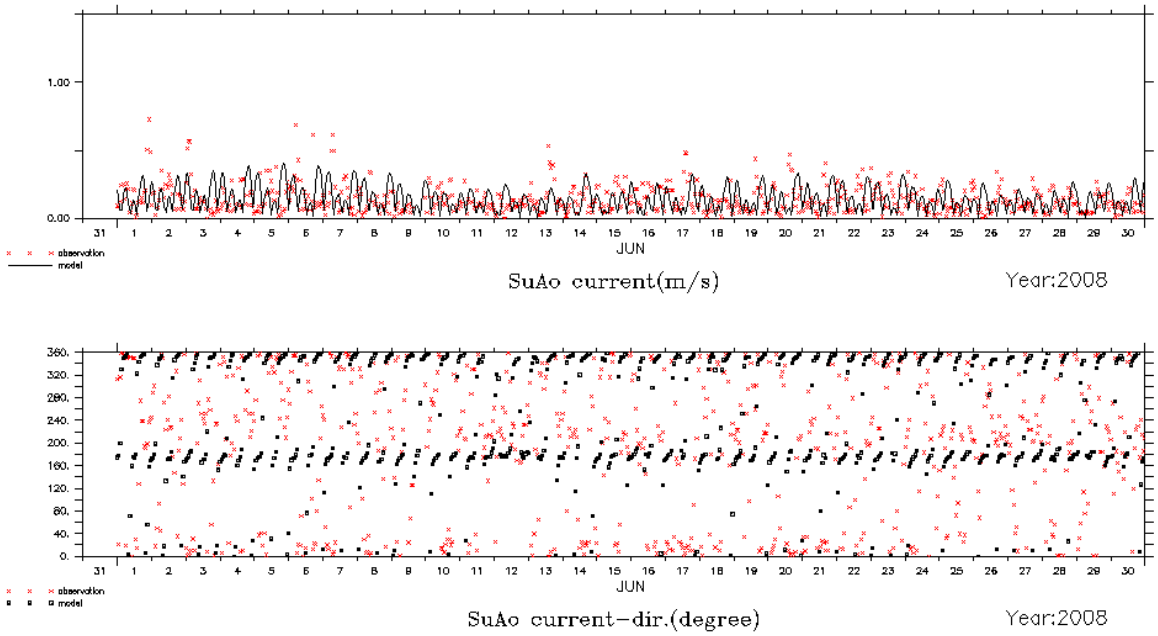


圖 7.6-41 蘇澳港 2008 年 6 月模式與實測資料比對圖

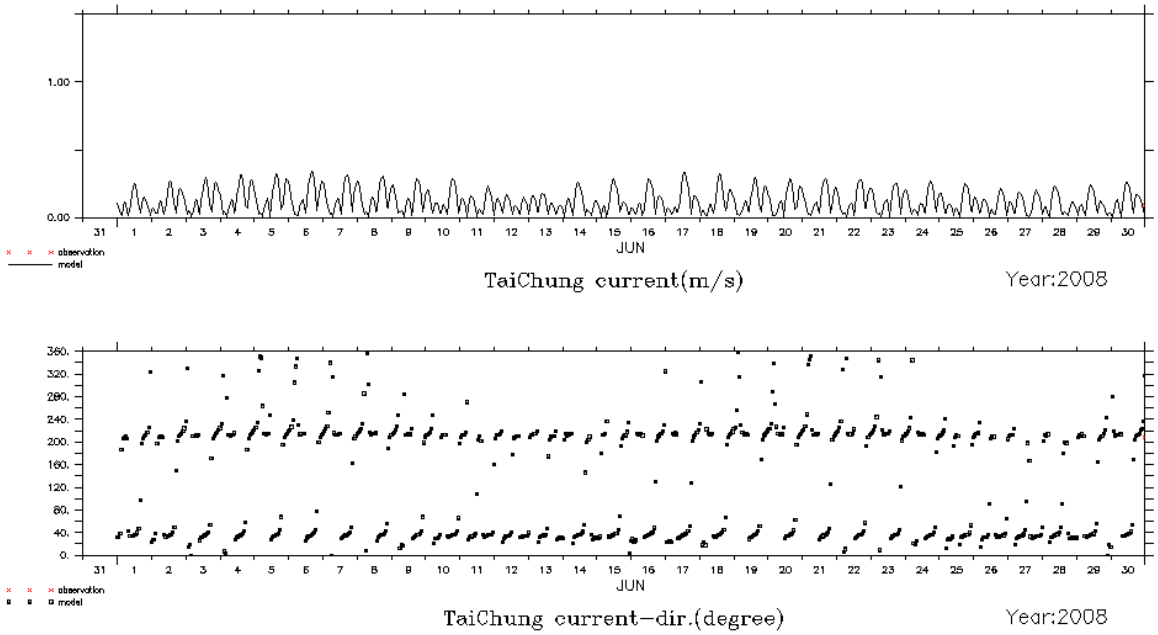


圖 7.6-42 台中港 2008 年 6 月模式與實測資料比對圖

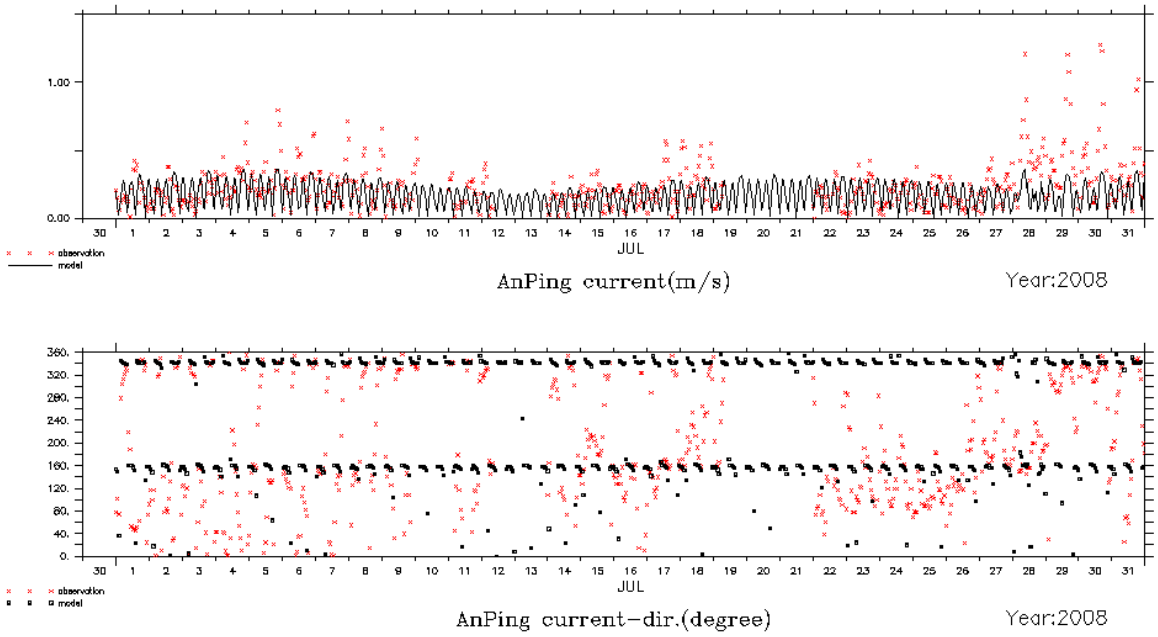


圖 7.6-43 安平港 2008 年 7 月模式與實測資料比對圖

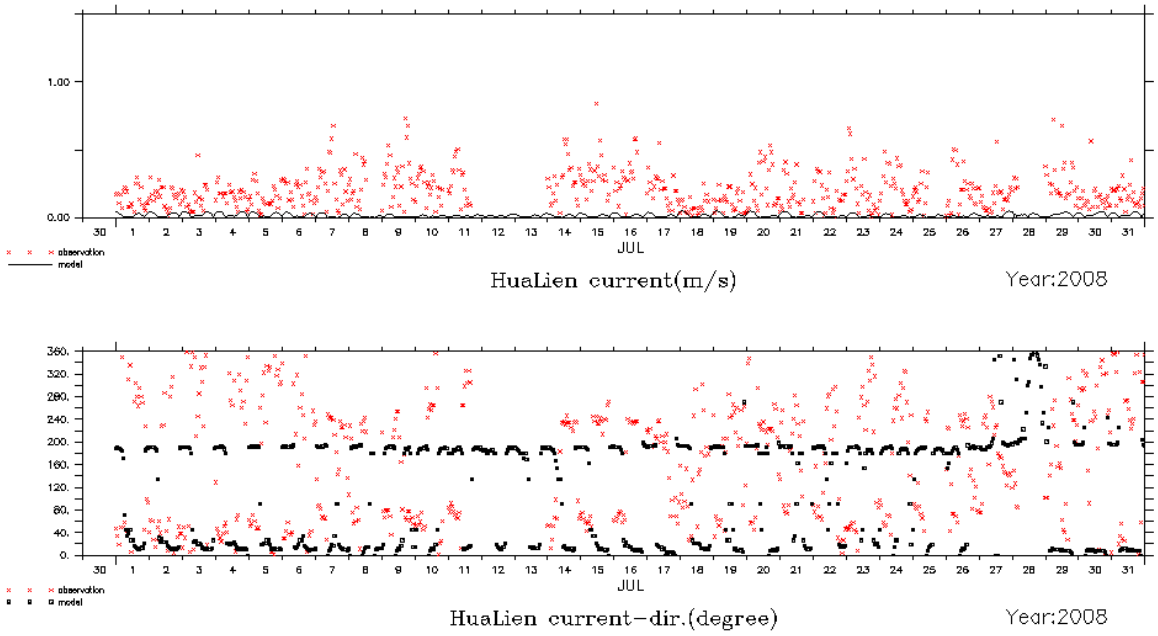


圖 7.6-44 花蓮港 2008 年 7 月模式與實測資料比對圖

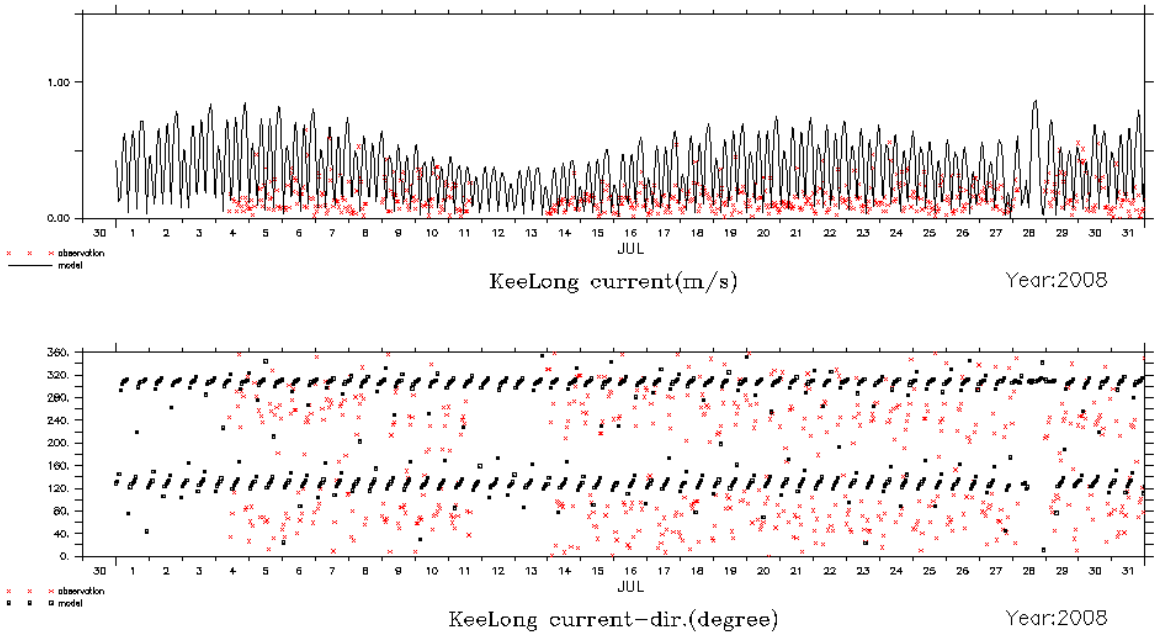


圖 7.6-45 基隆港 2008 年 7 月模式與實測資料比對圖

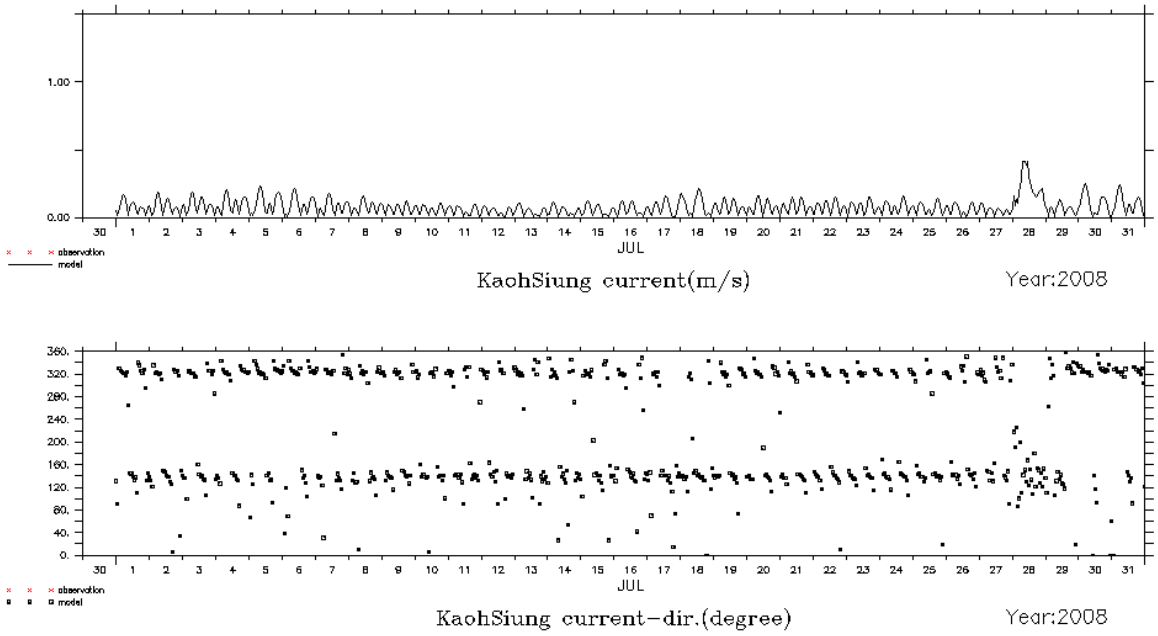


圖 7.6-46 高雄港 2008 年 7 月模式與實測資料比對圖

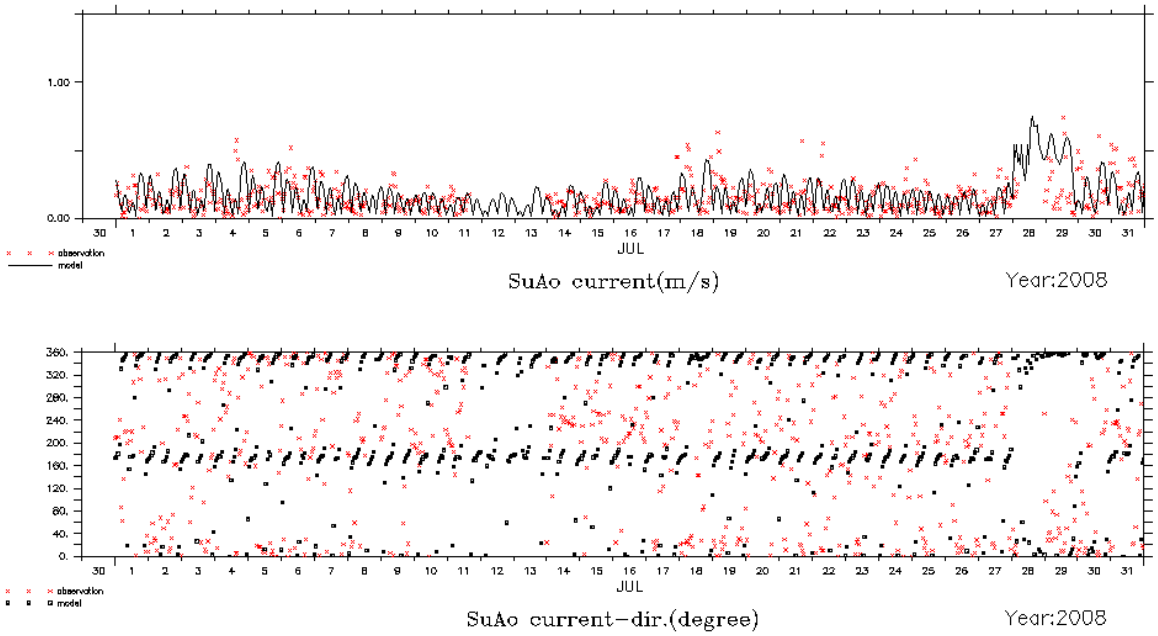


圖 7.6-47 蘇澳港 2008 年 7 月模式與實測資料比對圖

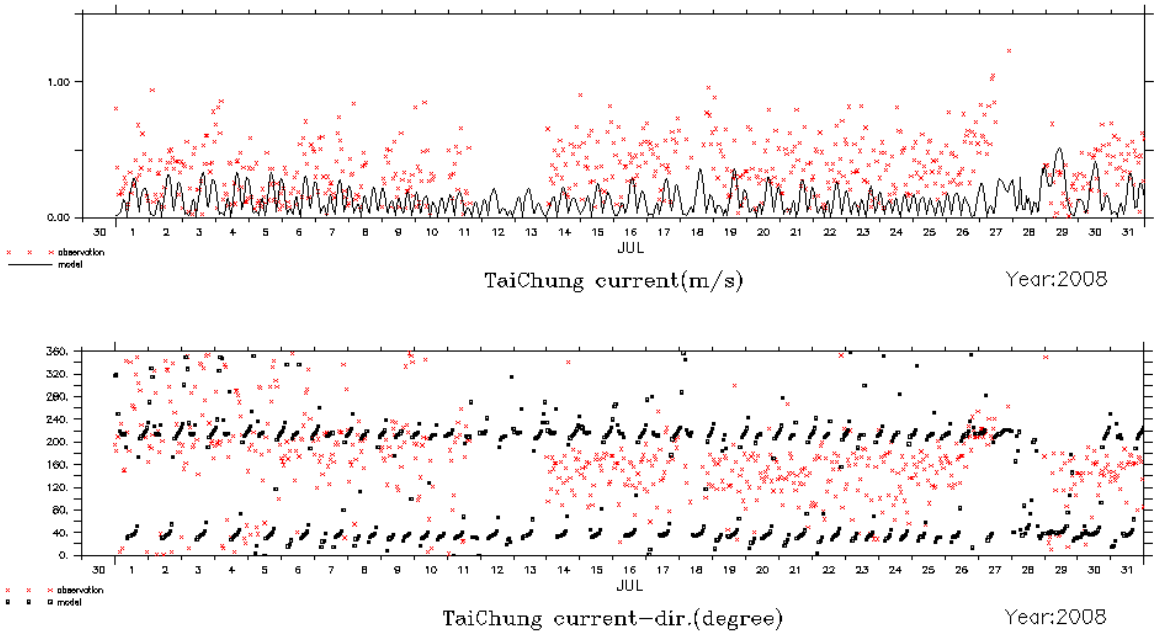


圖 7.6-48 台中港 2008 年 7 月模式與實測資料比對圖

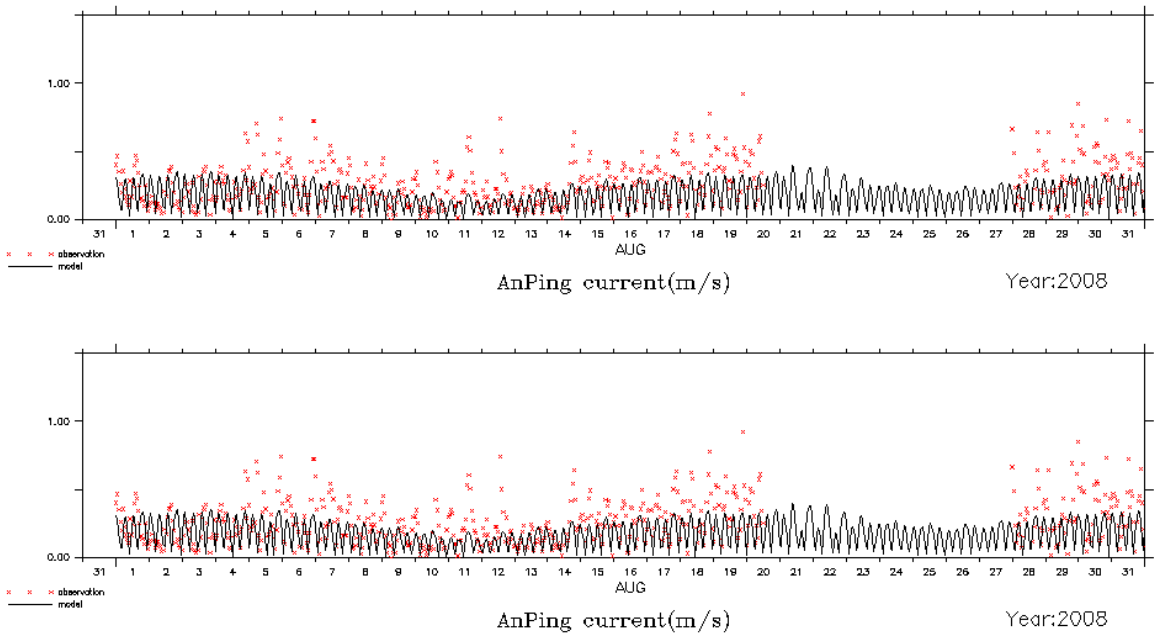


圖 7.6-49 安平港 2008 年 8 月模式與實測資料比對圖

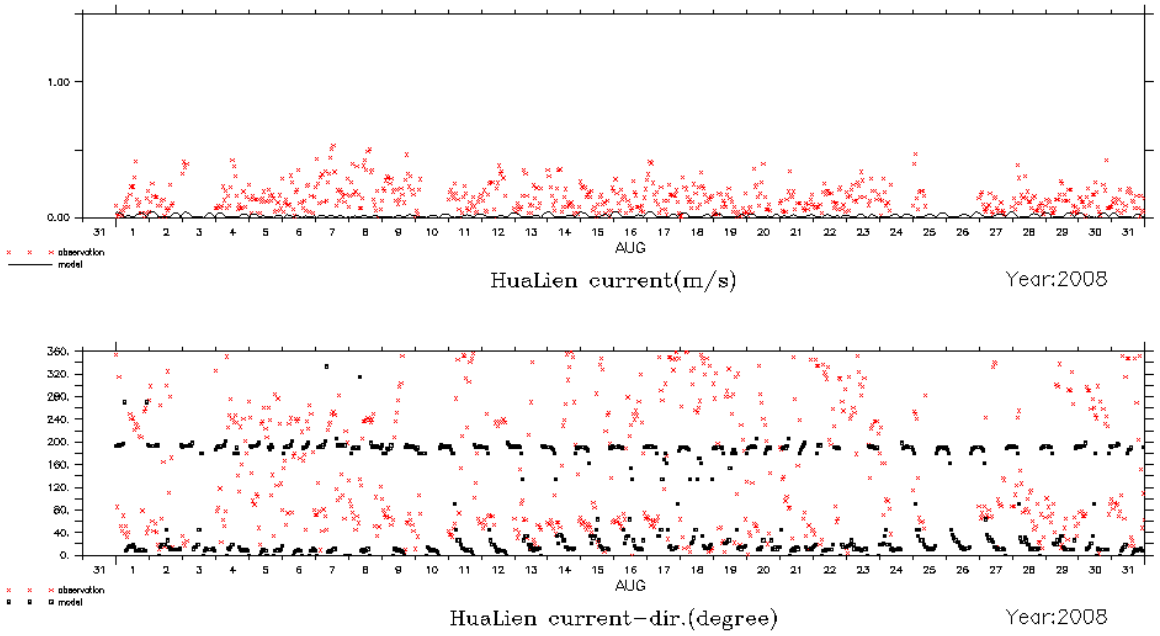


圖 7.6-50 花蓮港 2008 年 8 月模式與實測資料比對圖

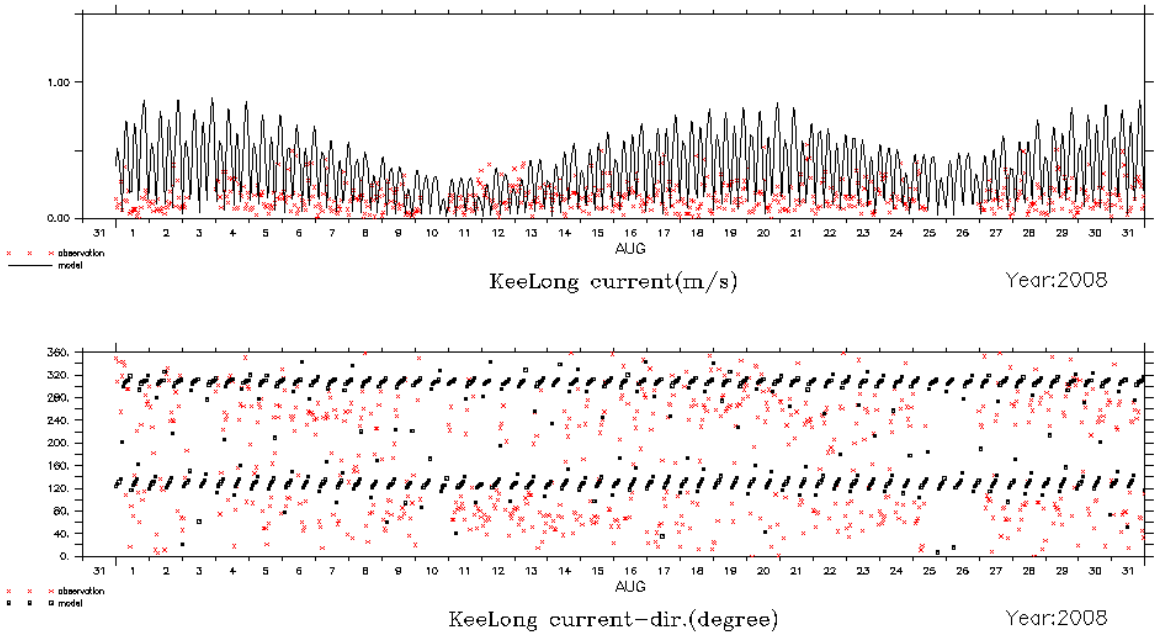


圖 7.6-51 基隆港 2008 年 8 月模式與實測資料比對圖

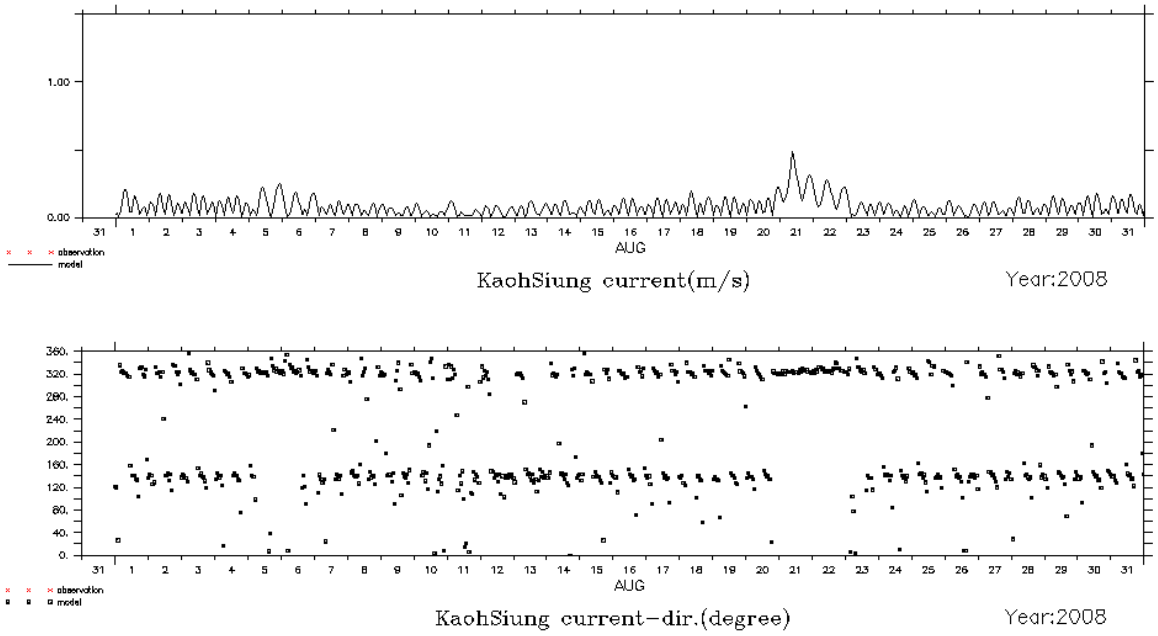


圖 7.6-52 高雄港 2008 年 8 月模式與實測資料比對圖

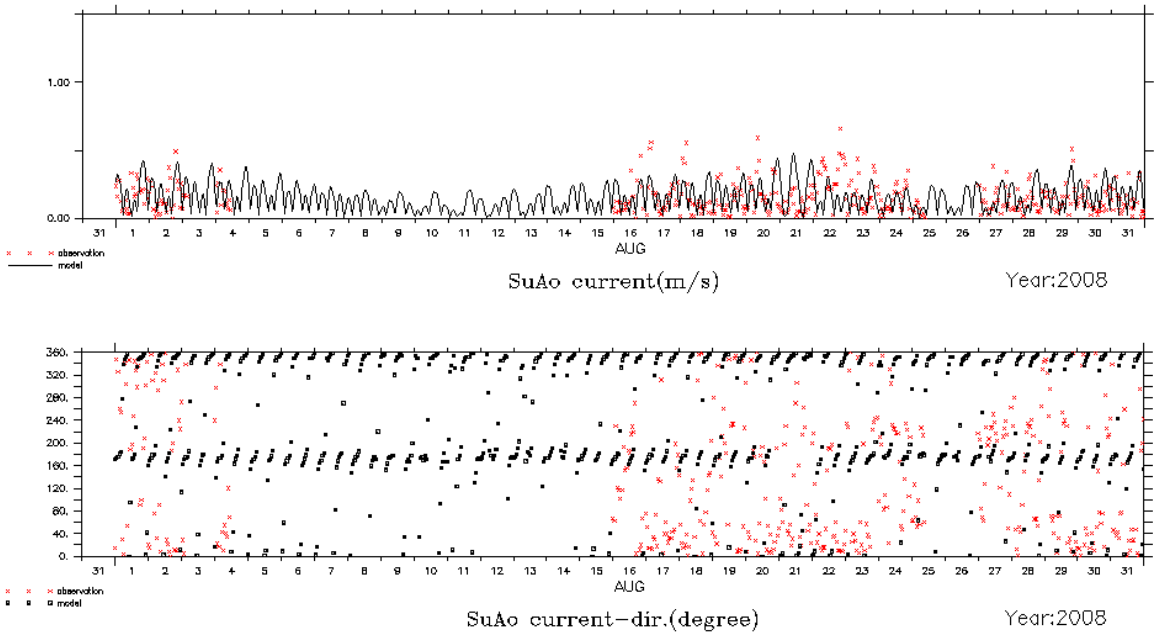


圖 7.6-53 蘇澳港 2008 年 8 月模式與實測資料比對圖

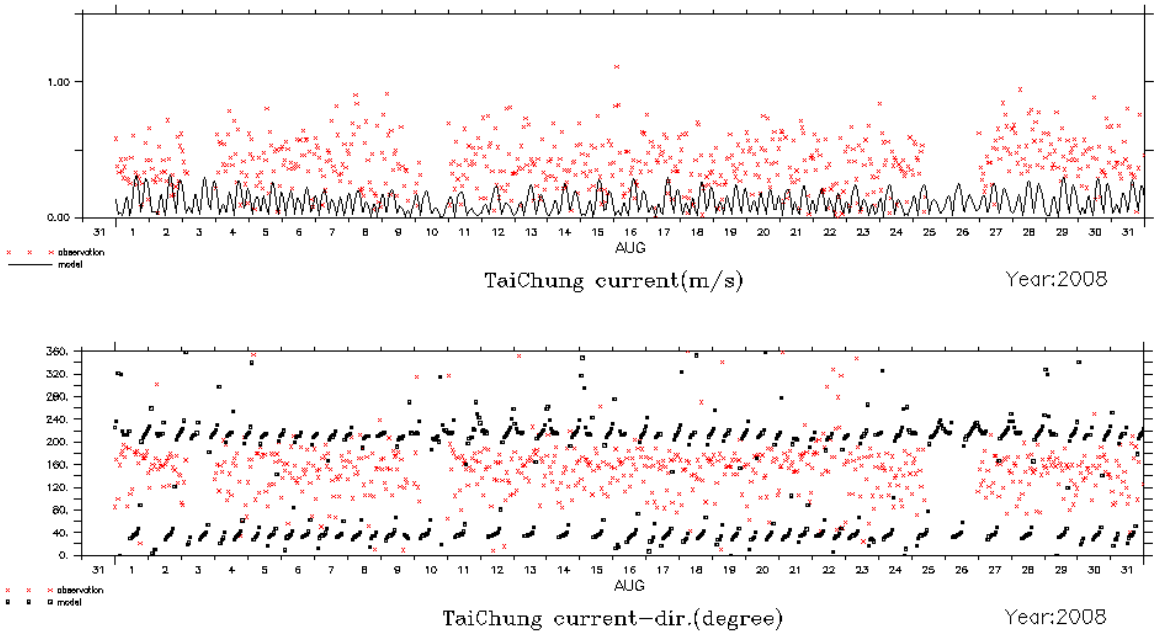


圖 7.6-54 台中港 2008 年 8 月模式與實測資料比對圖

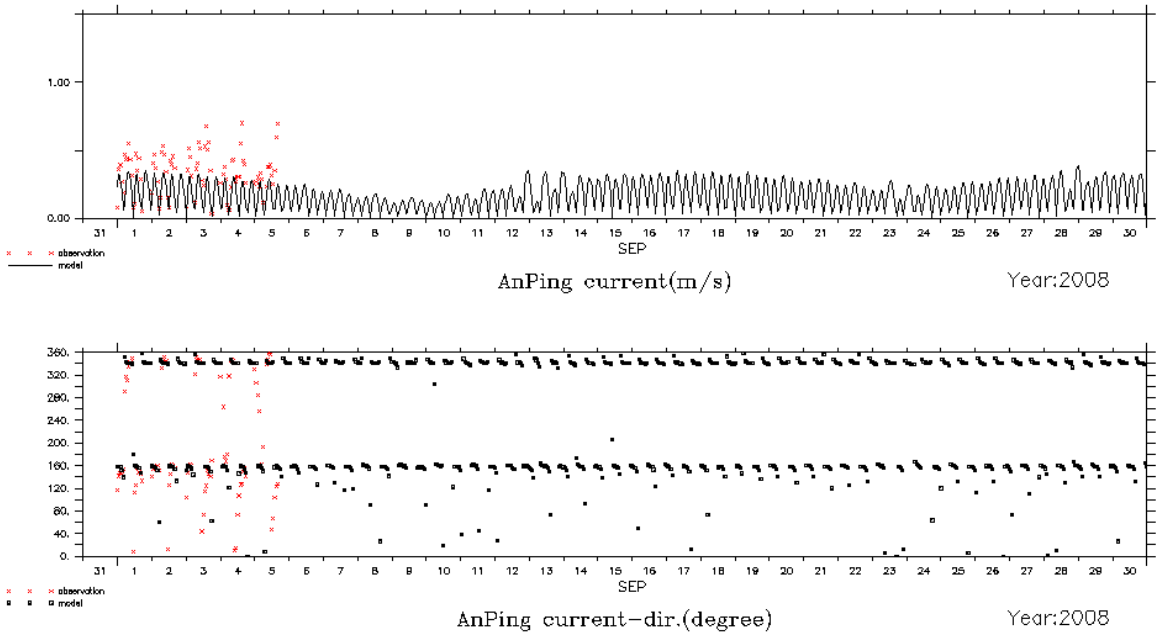


圖 7.6-55 安平港 2008 年 9 月模式與實測資料比對圖

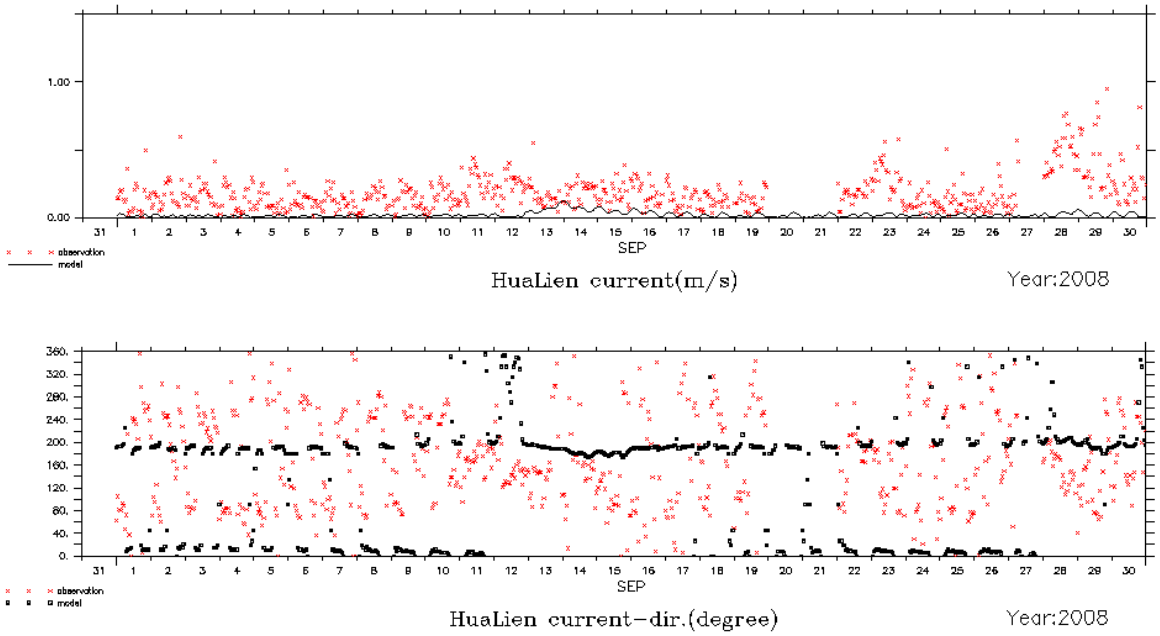


圖 7.6-56 花蓮港 2008 年 9 月模式與實測資料比對圖

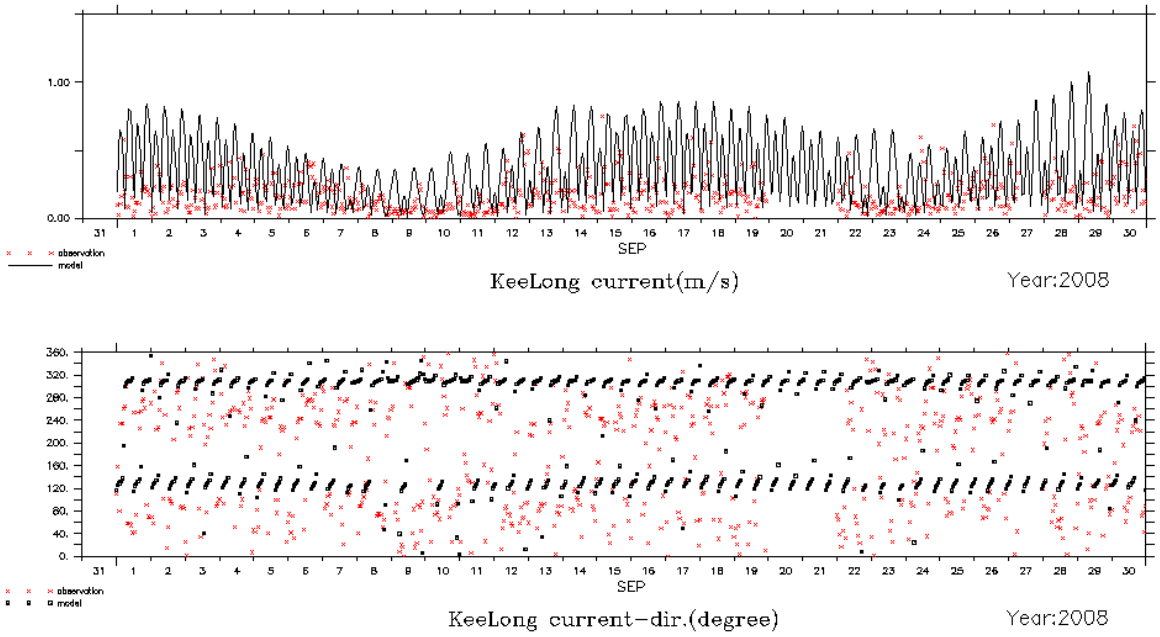


圖 7.6-57 基隆港 2008 年 9 月模式與實測資料比對圖

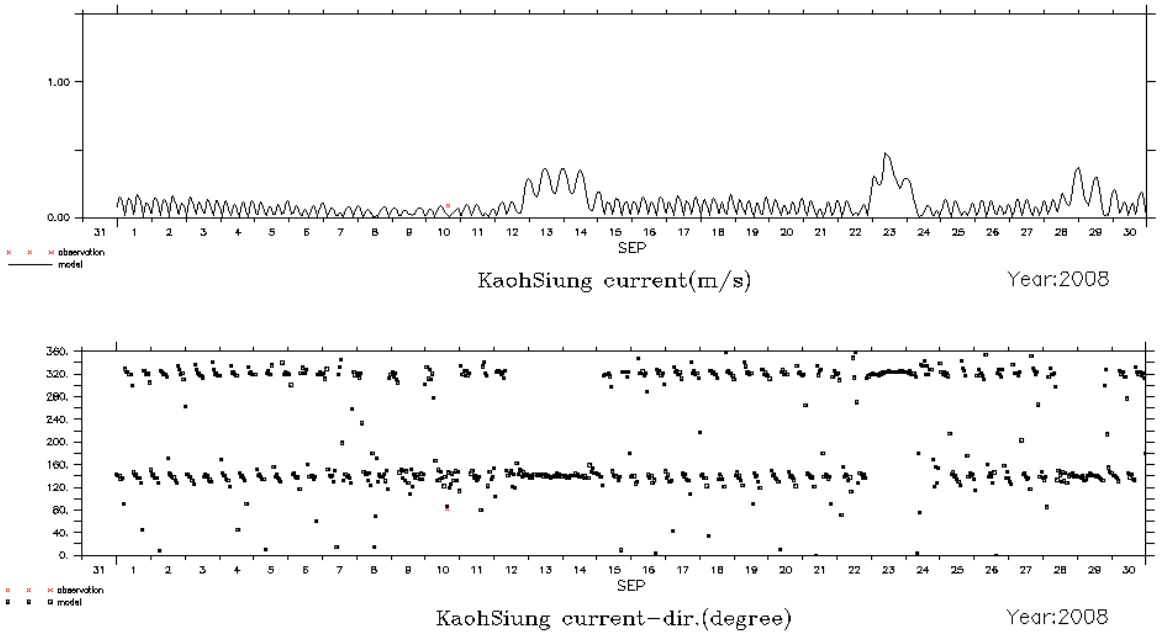


圖 7.6-58 高雄港 2008 年 9 月模式與實測資料比對圖

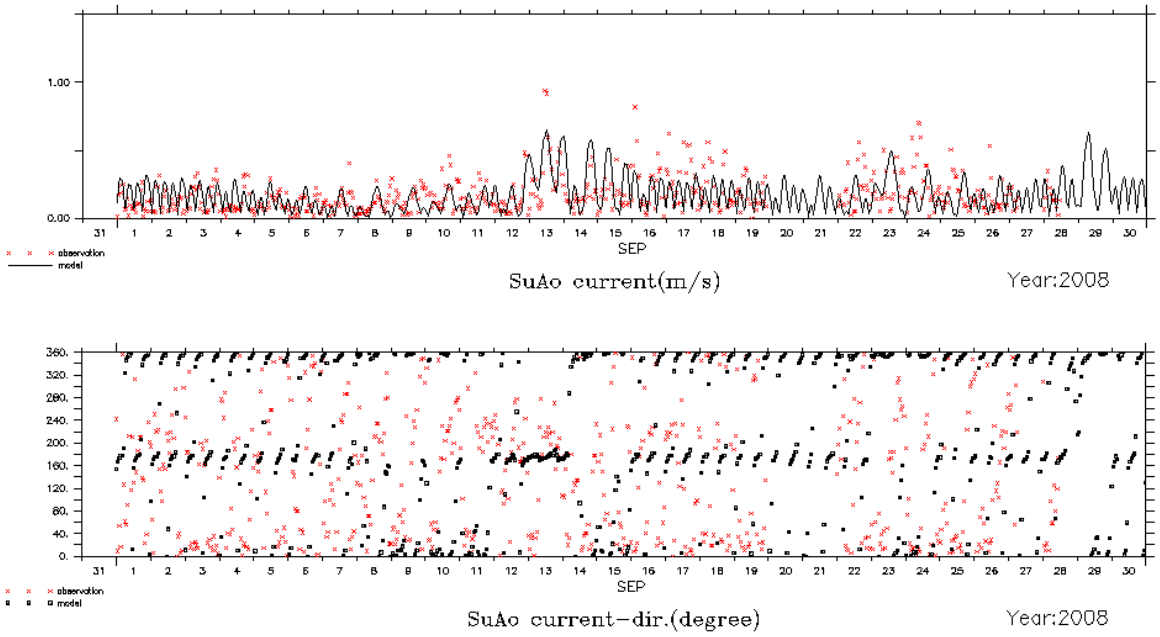


圖 7.6-59 蘇澳港 2008 年 9 月模式與實測資料比對圖

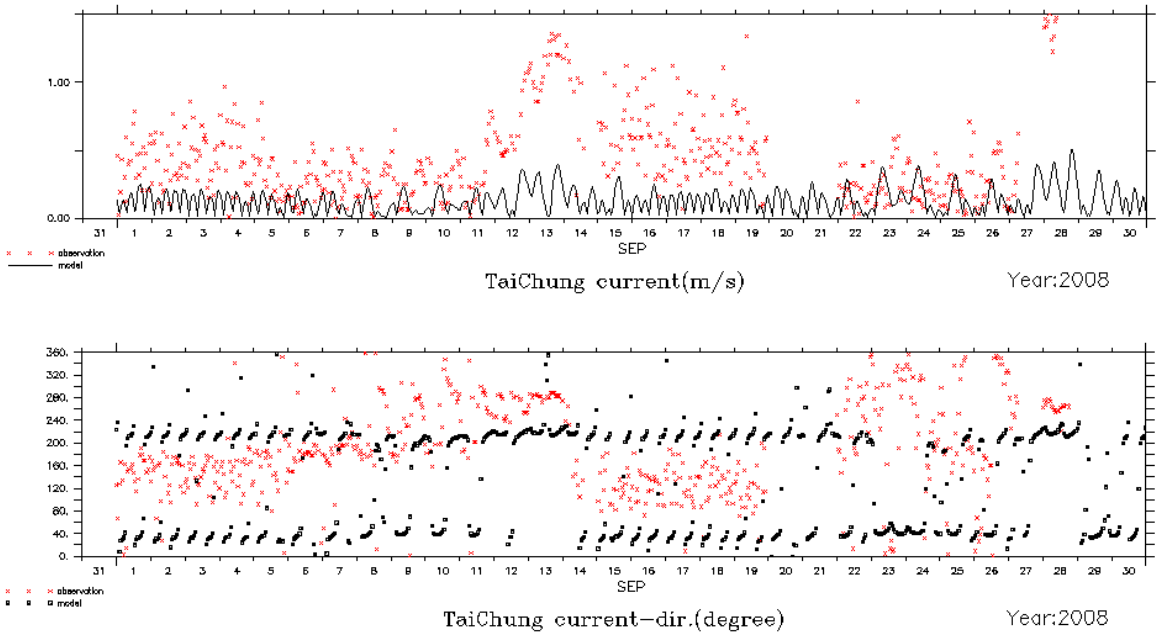


圖 7.6-60 台中港 2008 年 9 月模式與實測資料比對圖

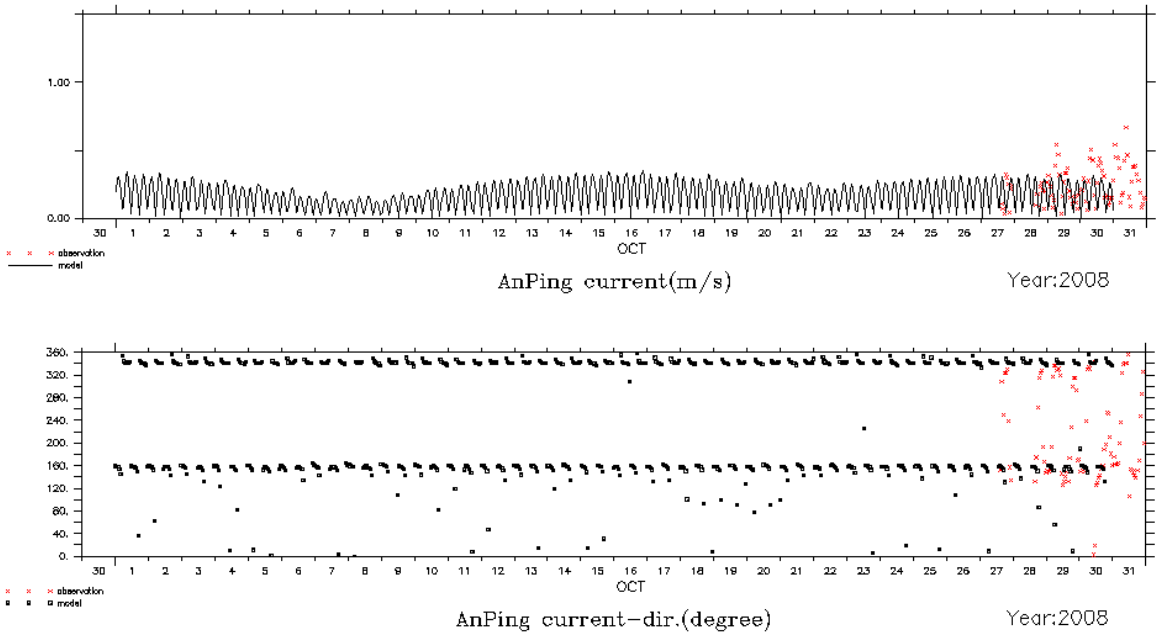


圖 7.6-61 安平港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

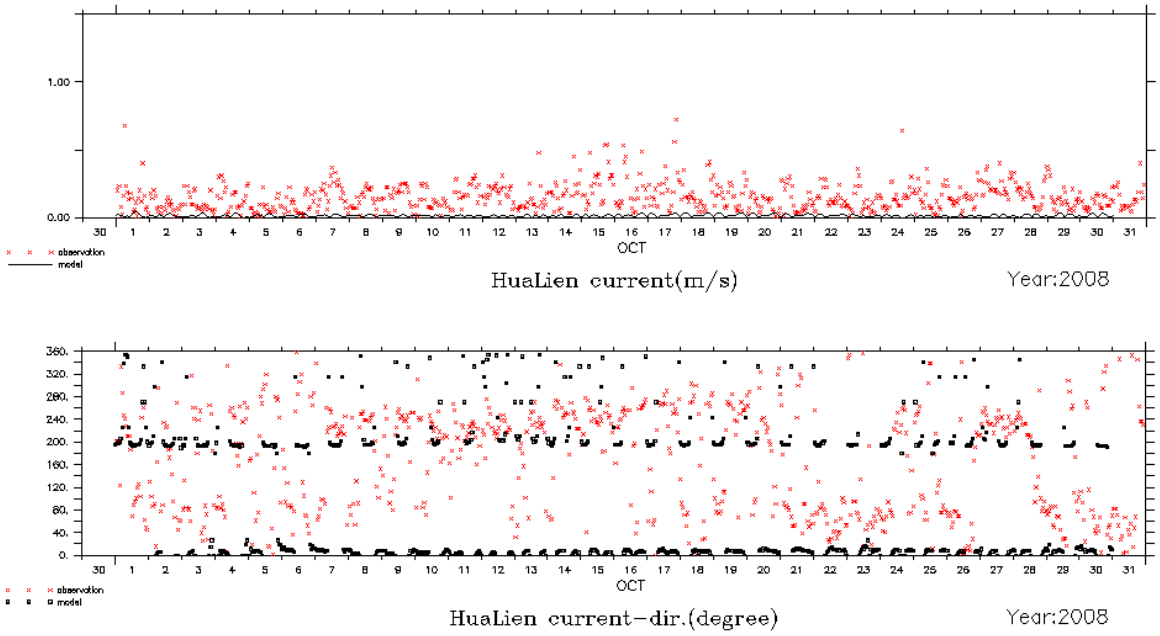


圖 7.6-62 花蓮港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

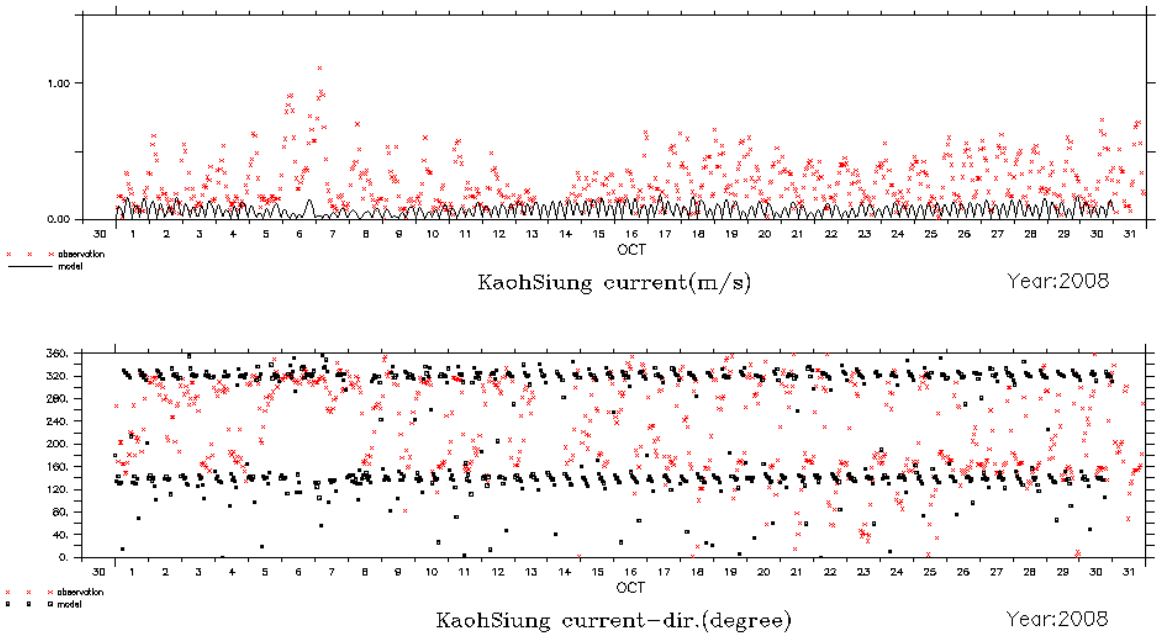


圖 7.6-63 高雄港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

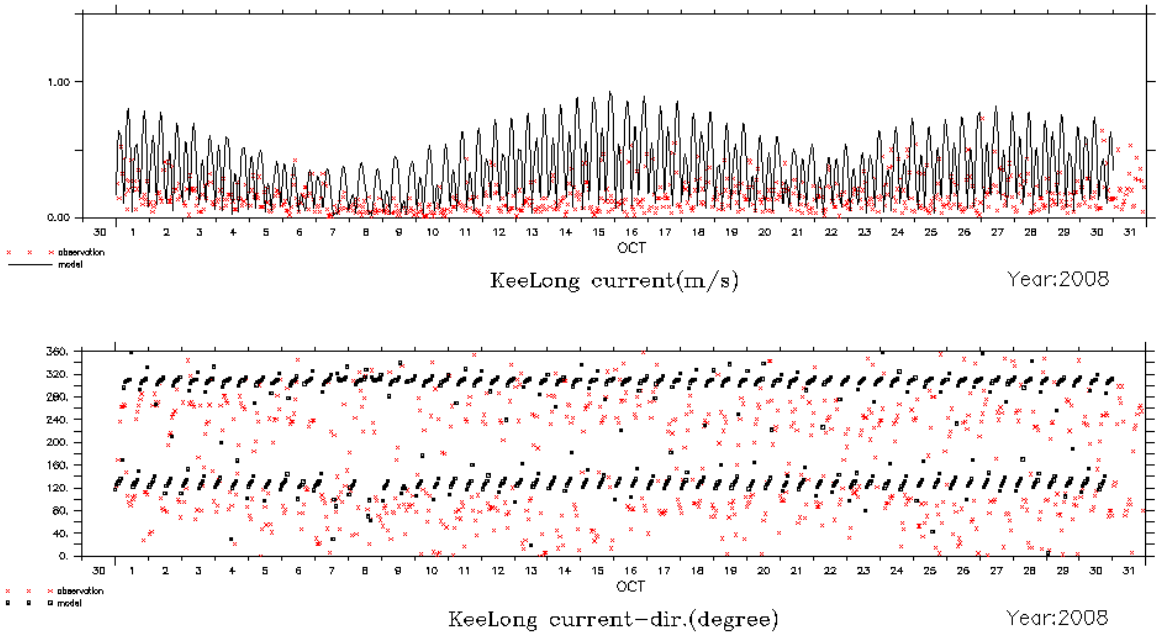


圖 7.6-64 基隆港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

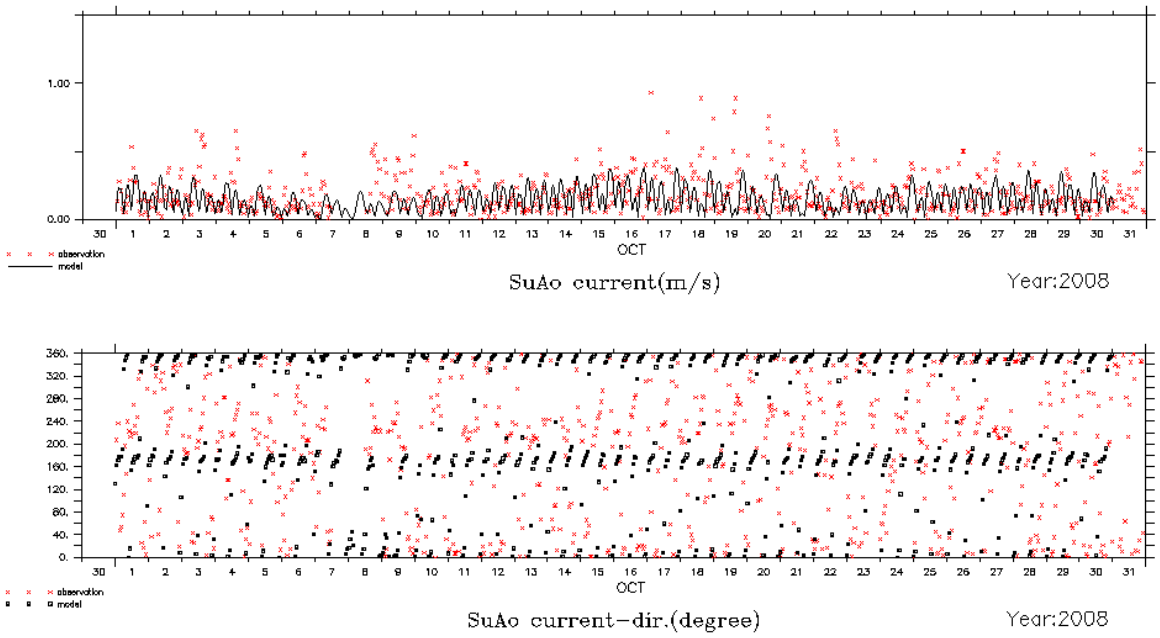


圖 7.6-65 蘇澳港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

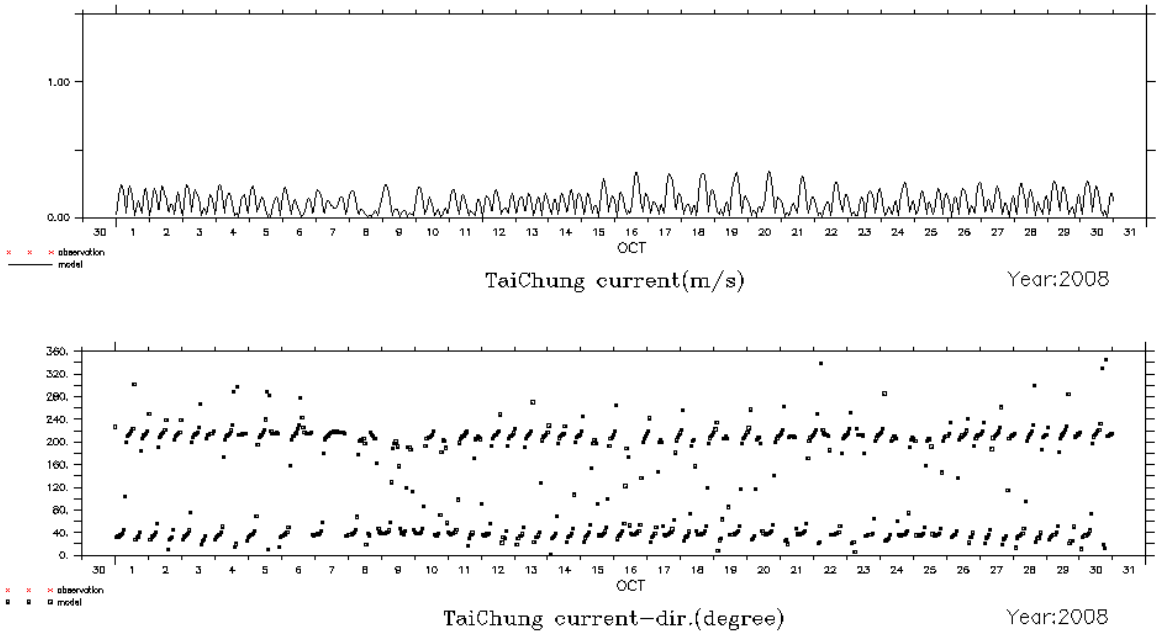


圖 7.6-66 台中港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

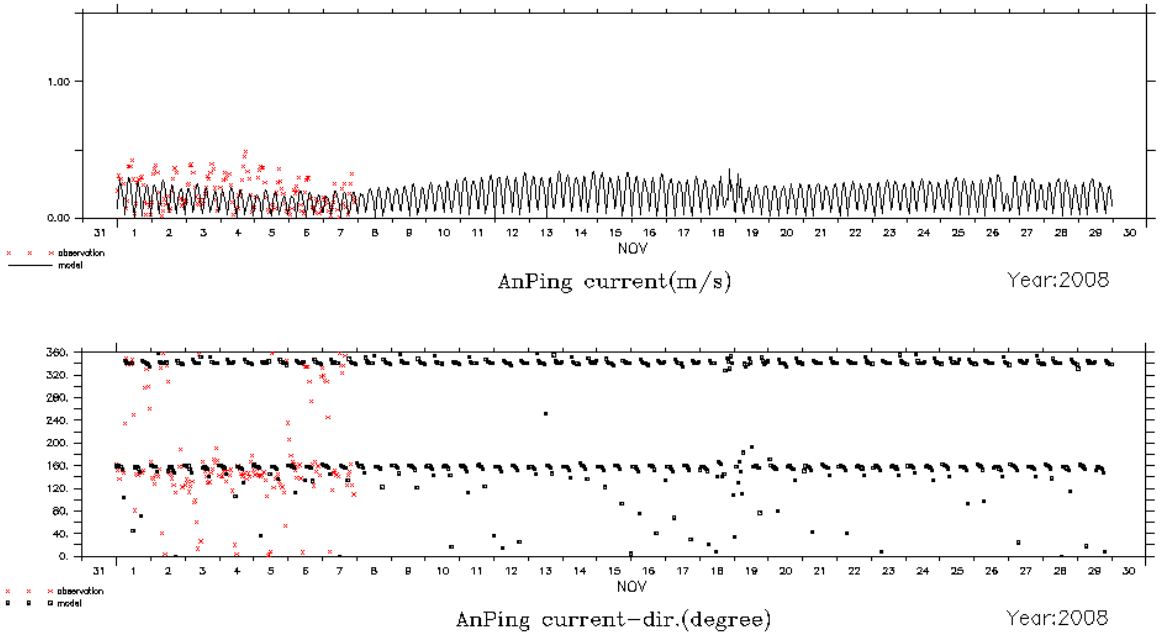


圖 7.6-67 安平港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

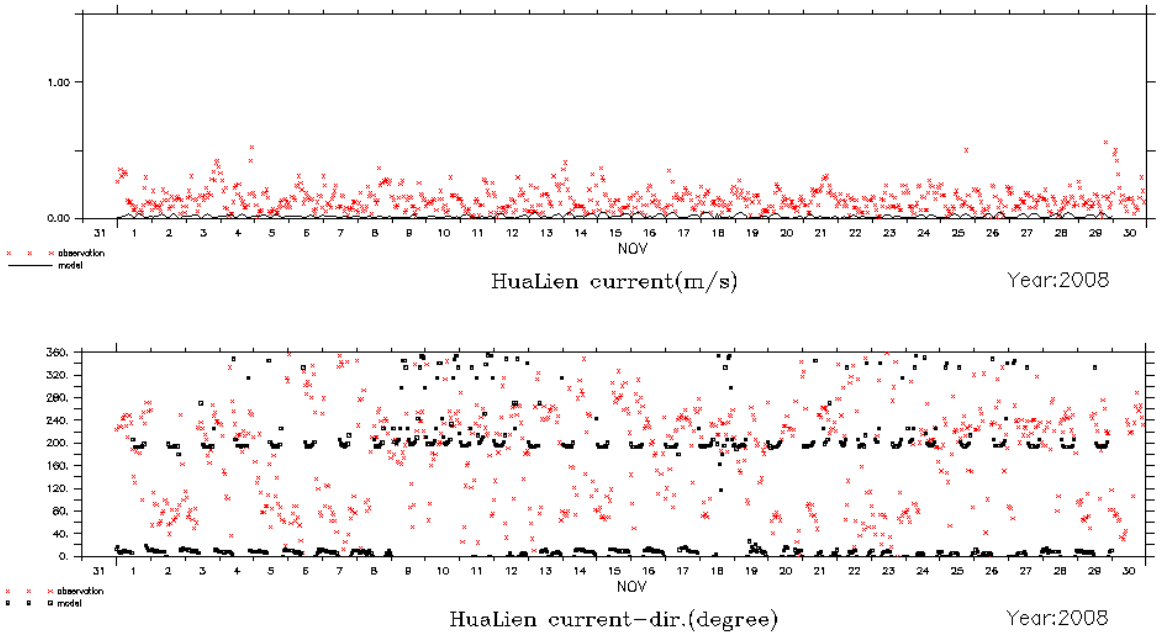


圖 7.6-68 花蓮港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

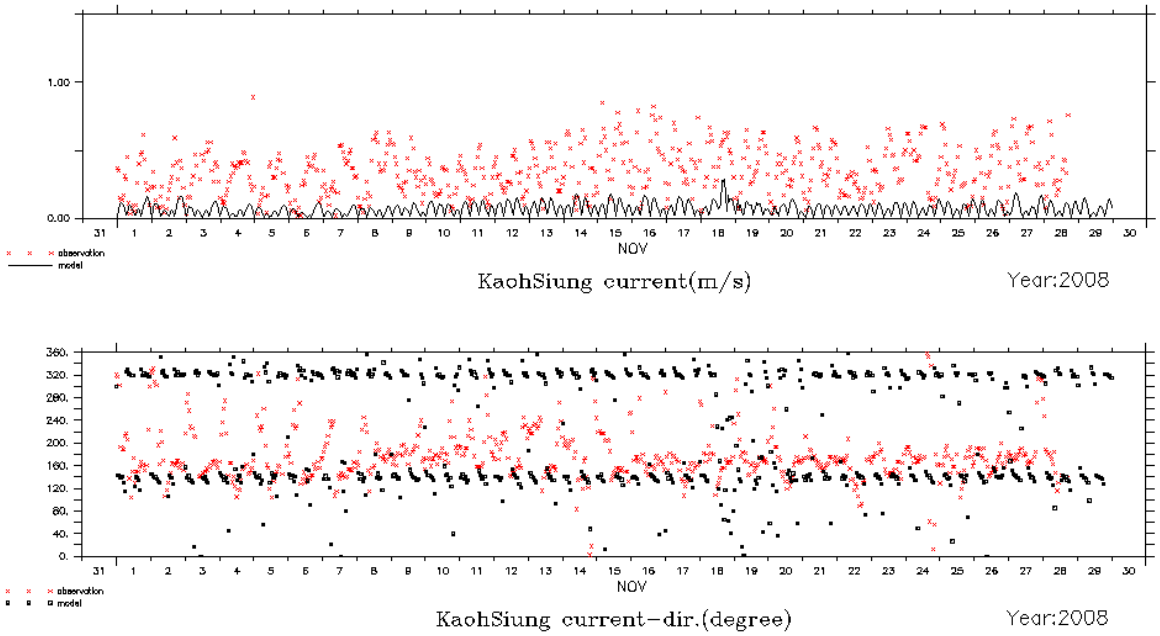


圖 7.6-69 高雄港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

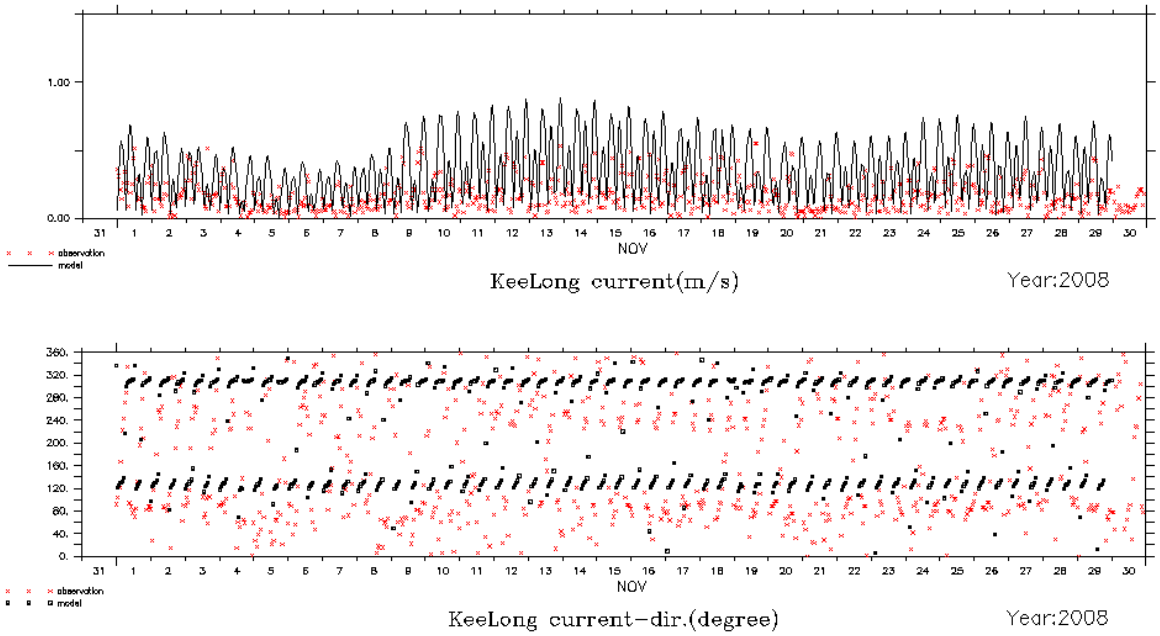


圖 7.6-70 基隆港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

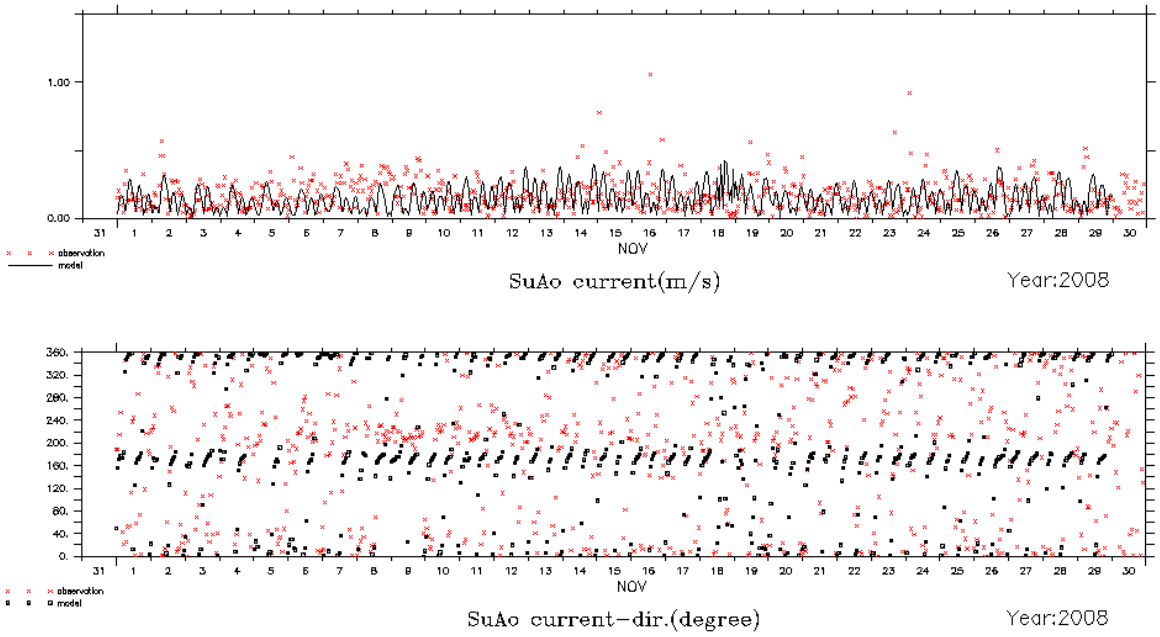


圖 7.6-71 蘇澳港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

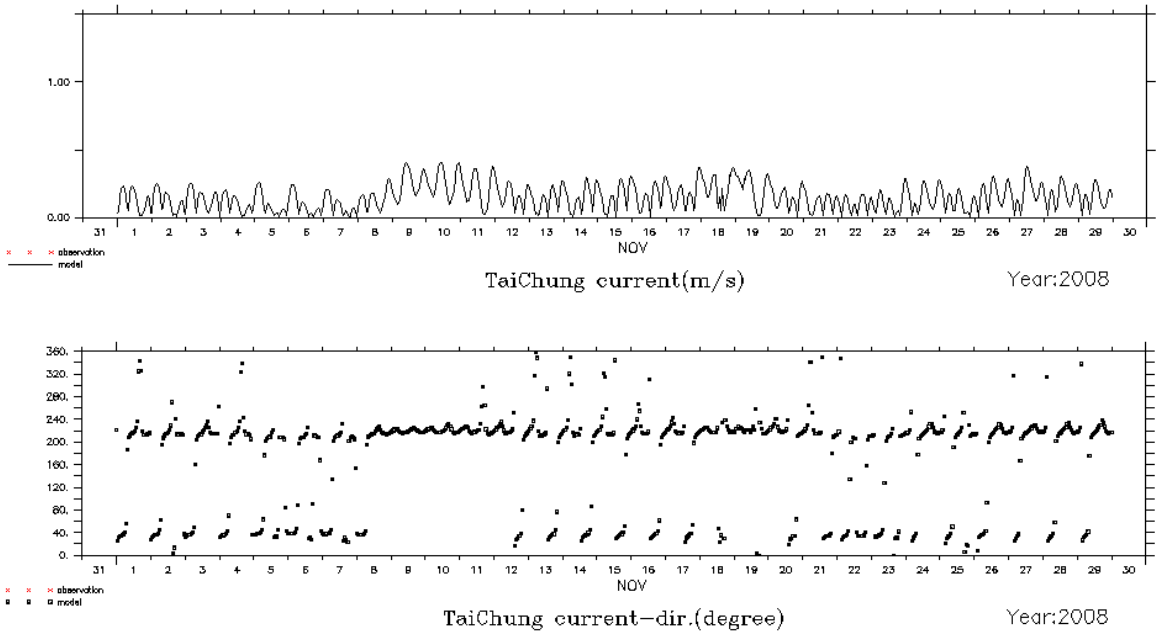


圖 7.6-72 台中港 2008 年 10 月模式與實測資料比對圖

第八章　臺灣主要港口海氣象模擬網站系統

8.1　網站內容

透過模式的預測模擬可提供臺灣沿海波浪在時間及空間上完整的資料，模式預報資料與現場觀測資料的比對與展示可以提供使用者參考，亦可作為模式修正的資訊。因此，規劃出一個以網路為溝通媒介的環境讓專家學者及各單位使用者能透過此系統輕鬆地掌握、瞭解所需的資料。

本模式介面的目標希望能藉由相關人員所建議且討論的資料架構圖，來建構一套符合需求的網站介面。而本計畫產生的資料量相當豐富，包括各個模式的模擬結果、觀測網觀測等資料，為讓網頁內容時時保持最新的資訊內容，讓使用者能觀看到最新的資訊，即時更新其網站內容及展示方式。更新的網頁如下：

1. 為了更能貼近所代表的意義，更改其相關項目名稱，更改項目如下，如圖 8.1-1：

   - 「風場模式」更改為「氣象資料」。
   - 「模式」更改為「模擬」。
   - 「西太平洋」及「大域」更改為「西太平洋」。
   - 「臺灣沿海」及「中域」更改為「臺灣近海」。



圖 8.1-1　更改相關名稱

2. 新增臺中港港區即時波場資訊。在臺中港港區波場模擬加入了前一小時的即時波場資訊（若波浪週期小於六秒時，便不啟動此機制）包含了平均波高、最大波高、最小波高、風速及風向，讓使用者在網頁上，即可得知臺中港波場資訊。此展示方式是利用 PHP 網頁程式語言，來讀取計算機端所計算及測量結果所儲存在 TXT 檔內的資料，並即時展現在網頁上，如圖 8.1-2。

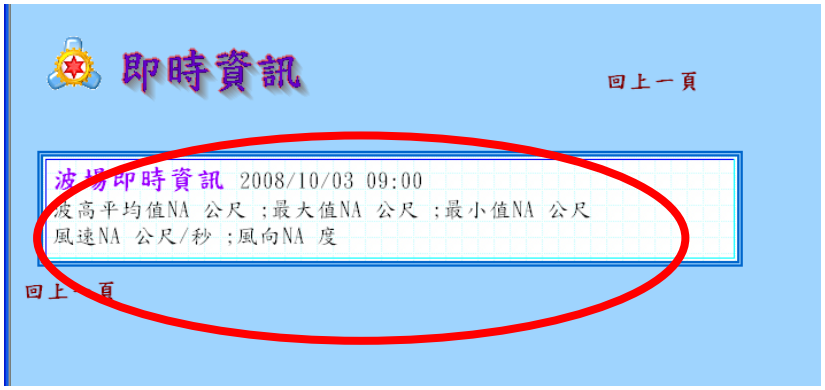


圖 8.1-2　新增臺中港港區即時波場資訊

3. 為了讓使用者在觀看網頁及操作上的方便，修改氣象、波場、水位、流場之三日模擬版面，如圖 8.1-3。

- 氣象資料。

- 波場模擬-增加時序圖及資訊。
- 水位模擬(水位歷線圖加點)。
- 流場模擬。

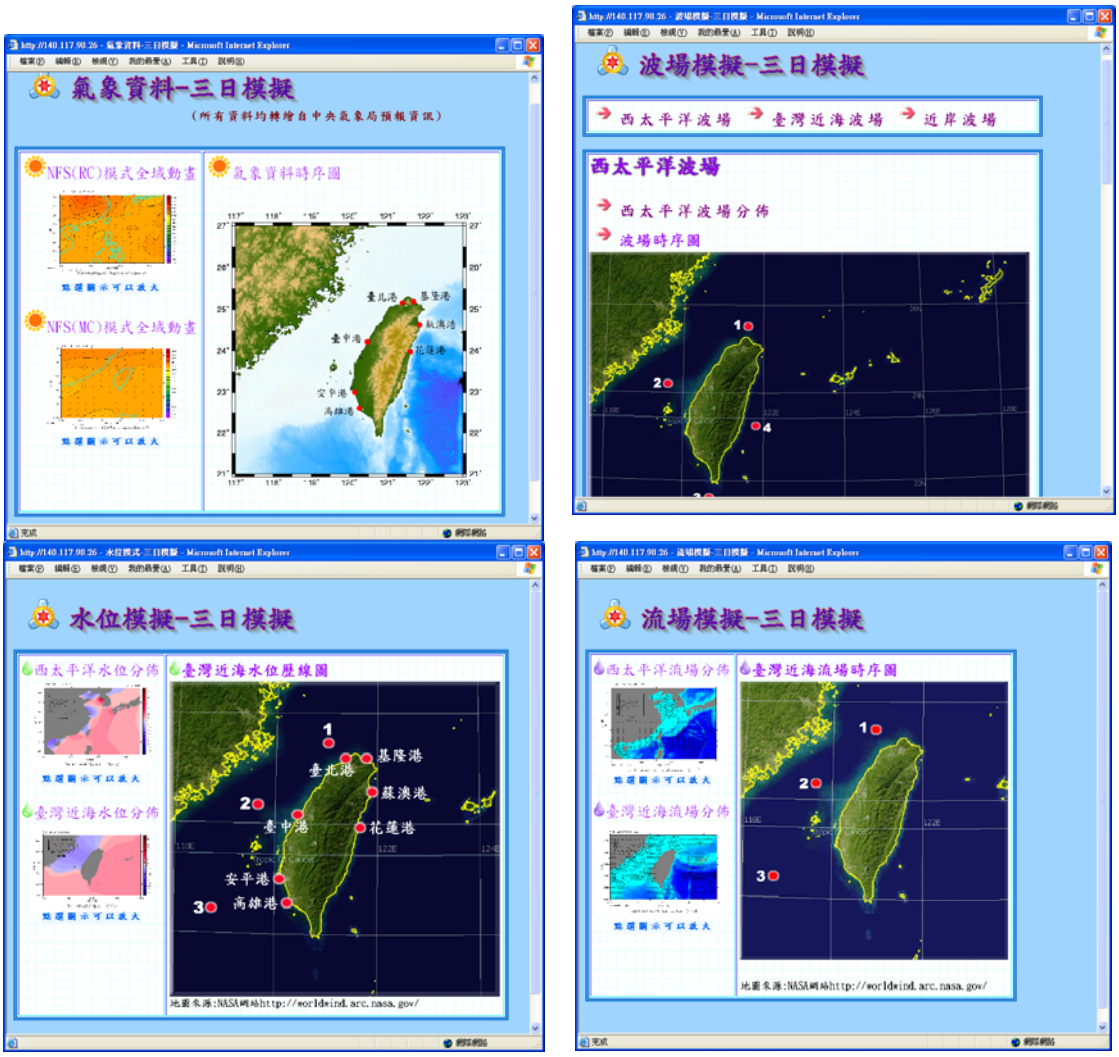


圖 8.1-3　修改三日模擬版面

4. 更新三日波場、水位、流場之模擬觀測點。更新詳細項目如下：
   - 三日波場模擬下的西太平洋波場時序圖更新為四個模擬觀測點、臺灣近海波場時序圖更新為十一個模擬觀測點、近岸波場波高圖有臺中港、安平港、花蓮港等三個點，如圖 8.1-4。

- 三日水位模擬下的臺灣近海水位歷線圖，更新為十個模擬觀測點，如圖 8.1-3。
- 三日流場模擬下的臺灣近海流場時序圖，更新為三個模擬觀測點，如圖 8.1-3。

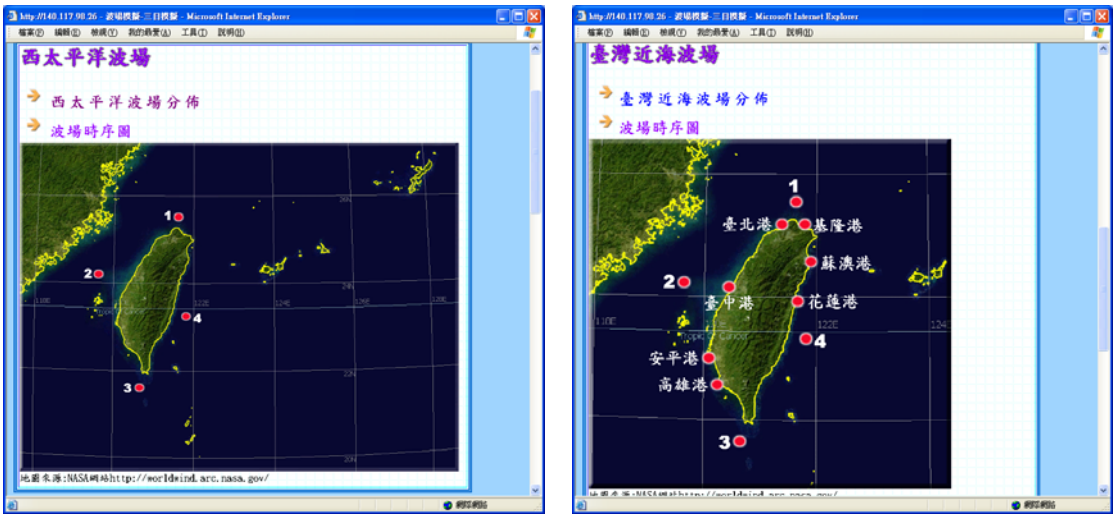


圖 8.1-4　更新三日波場模擬觀測點

5. 為了讓使用者在看各港整體動畫圖時，便可點選圖上的模擬點，即可獲得此模擬點的相關資訊。此展示功能是利用 CSS1網頁語言，將兩張圖套疊在一起，且兩張圖各自的功能依然存在，並不會相互抵觸，在網頁上展現其動態圖並有連結的動作。使用此套疊功能的網頁如下：

---

[1] CSS 是 Cascading Style Sheets 的縮寫，是 W3C 組織所擬定出的一套標準格式。主要是管理網頁中「style(樣式) 」部分，也就是網頁中與「板面」(如:文字、背景、連結、按鈕、表格…等)相關的部份都可以用 CSS 去做修改。增加了更多的樣式定義方式來輔助 HTML。

- 臺中港即時近岸波場模擬及即時港區波場模擬。套疊其波高(動畫)圖及連結模擬點相關資訊圖，如圖 8.1-5~圖 8.1-7。
- 安平港、花蓮港、臺中港三港的近岸三日波場模擬。套疊其波高(動畫)圖及連結模擬點相關資訊圖，如圖 8.1-8~圖 8.1-10。
- 臺中港之一日流場模擬。套疊其海流(動畫)圖及連結模擬點相關資訊圖，如圖 8.1-11。

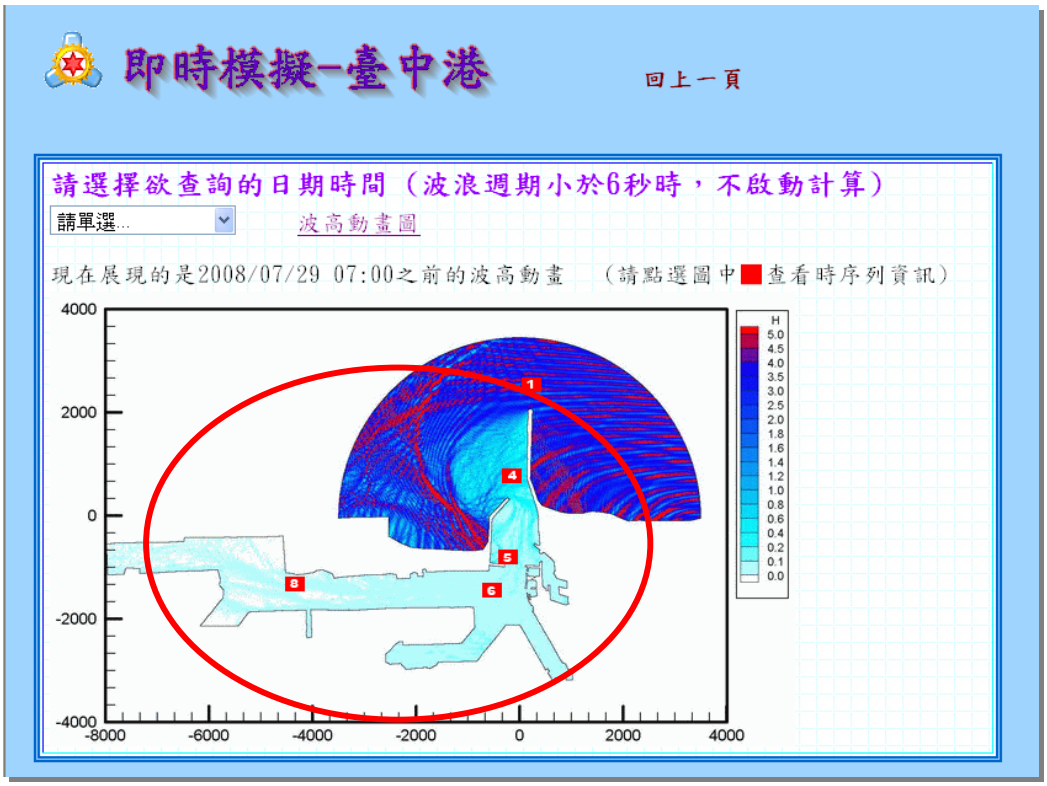


圖 8.1-5　套疊臺中港港區即時波場波高圖與模擬點



圖 8.1-6　點選模擬點後展開資訊網頁

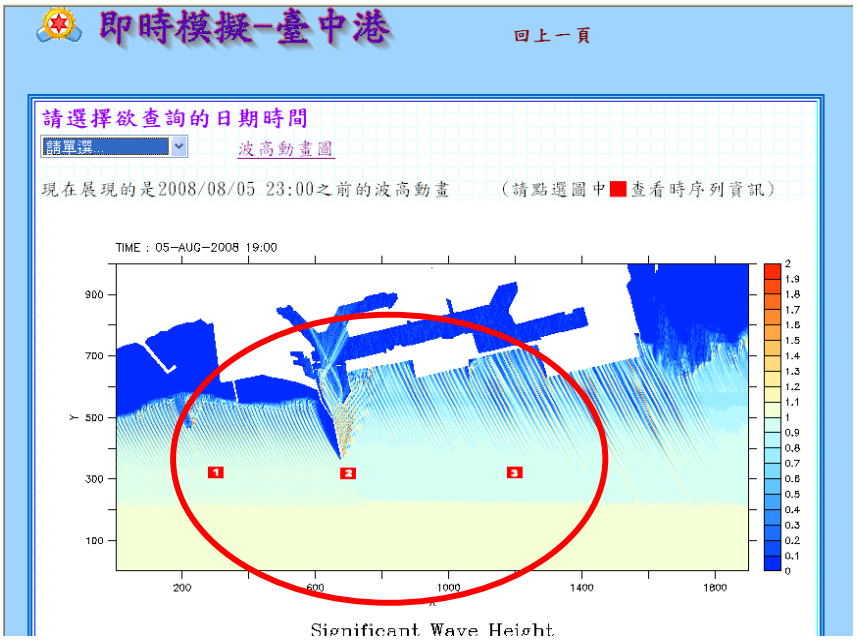


圖 8.1-7　套疊臺中港即時波場波高圖與模擬點

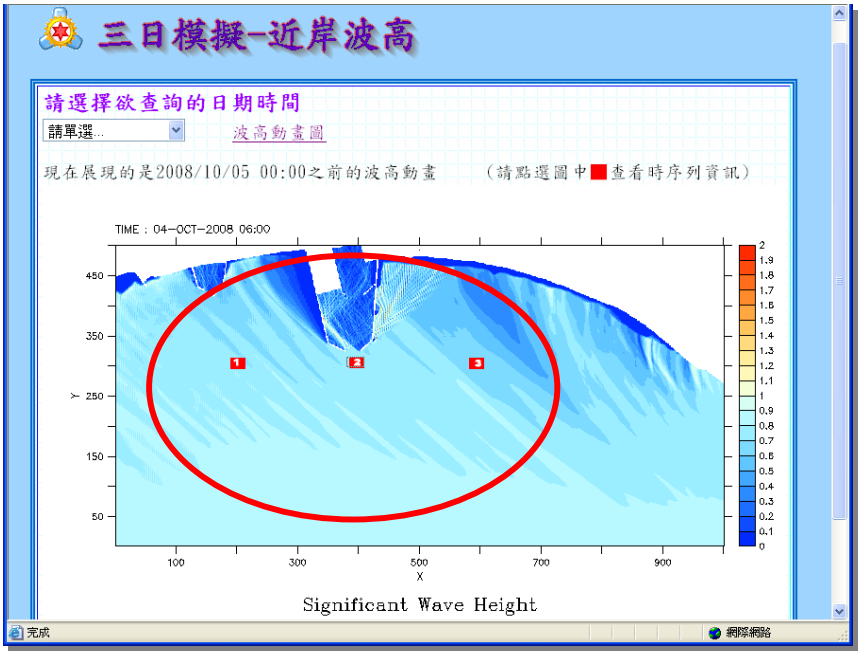


圖 8.1-8　套疊安平港三日近岸波高圖與模擬點

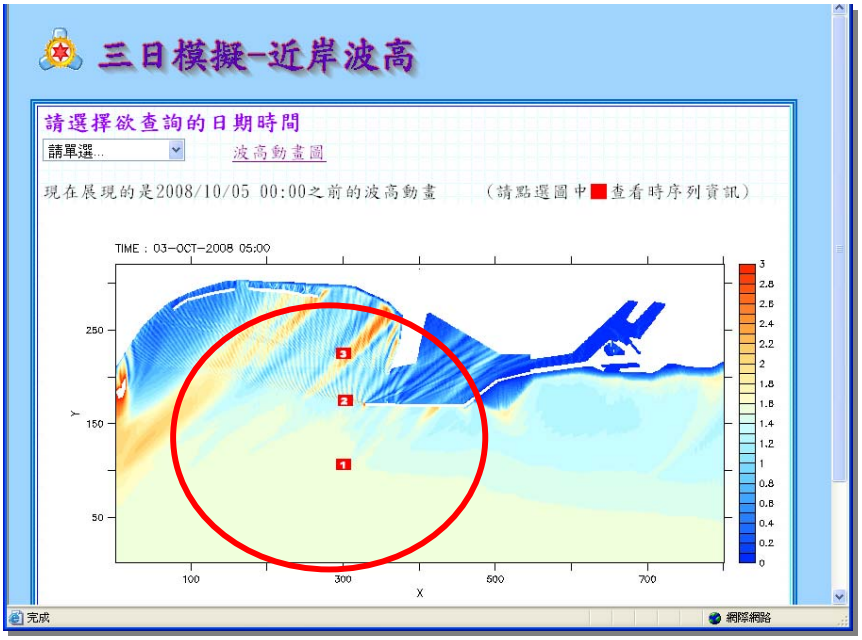


圖 8.1-9　套疊花蓮港三日近岸波高圖與模擬點

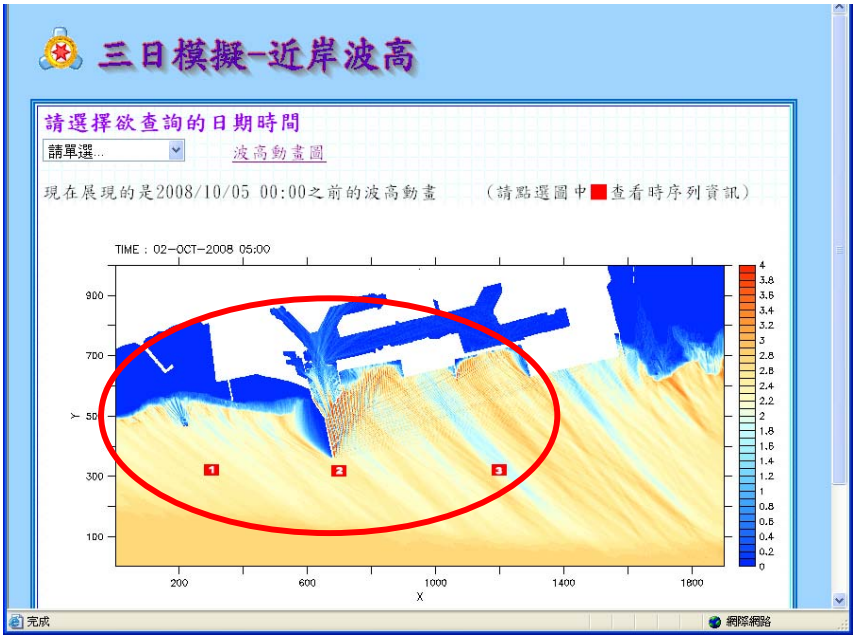


圖 8.1-10　套疊臺中港三日近岸波高圖與模擬點

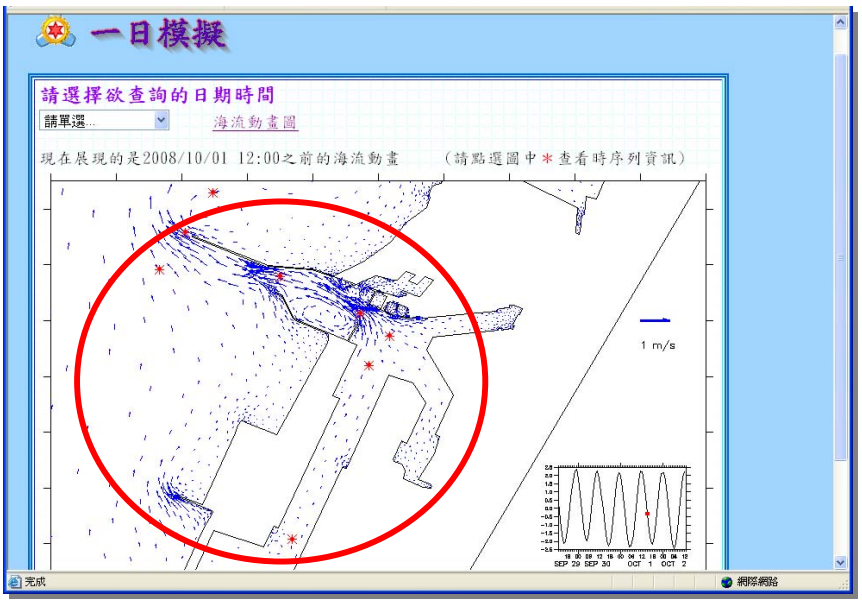


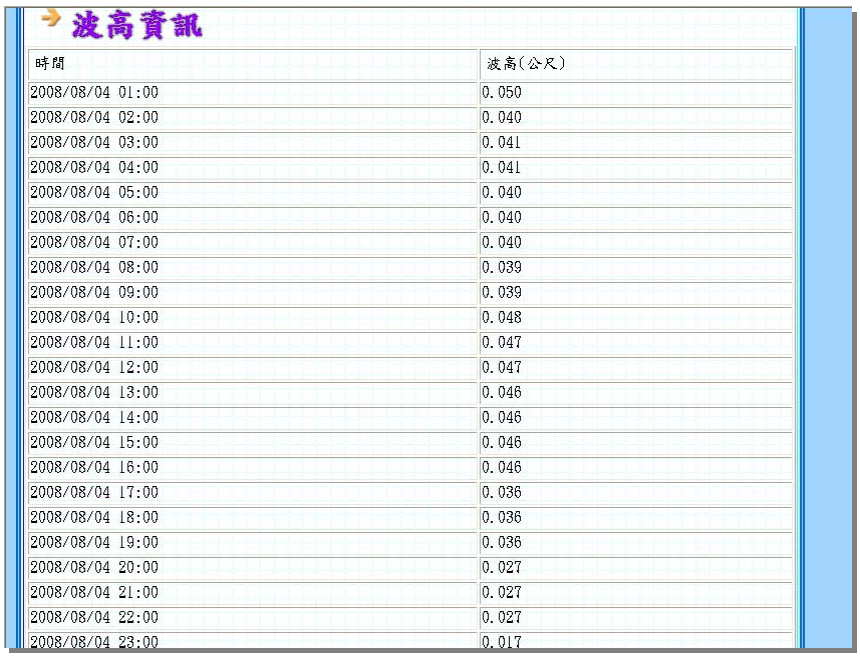
圖 8.1-11　套疊臺中港一日流場海流圖與模擬點

6. 在相關模擬點上加入七十二小時每小時的文字資訊，使能更明確獲得實際數據。此展示方式是利用 PHP 網頁程式語言，來讀取計算機端所計算及測量結果所儲存在 TXT 檔內的資料，並即時展現在網頁上。增加此功能的網頁如下：

- 臺中港即時近岸波場模擬內的各模擬點，展示其模擬點的七十二小時每小時的波高資訊，如圖 8.1-12。

- 三日波場模擬下的西太平洋波場時序圖、臺灣近海波場時序圖等各模擬點，展示其模擬點的七十二小時每小時的波高、週期、波向等資訊，如圖 8.1-13。近岸波場波高圖內的臺中港、安平港、花蓮港等各模擬點，展示其模擬點的七十二小時每小時的波高等資訊，如圖 8.1-14。

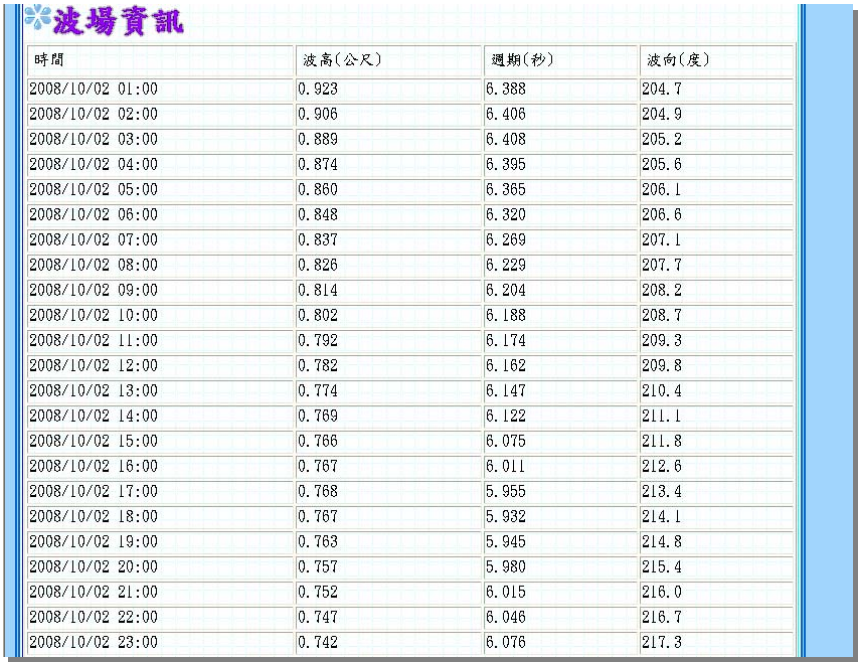
- 三日水位模擬之臺灣近海水位歷線圖內的各模擬點，展示其模擬點的七十二小時每小時的天文潮、水位等資訊，如圖 8.1-15。



波高資訊

時間	波高(公尺)
2008/08/04 01:00	0.050
2008/08/04 02:00	0.040
2008/08/04 03:00	0.041
2008/08/04 04:00	0.041
2008/08/04 05:00	0.040
2008/08/04 06:00	0.040
2008/08/04 07:00	0.040
2008/08/04 08:00	0.039
2008/08/04 09:00	0.039
2008/08/04 10:00	0.048
2008/08/04 11:00	0.047
2008/08/04 12:00	0.047
2008/08/04 13:00	0.046
2008/08/04 14:00	0.046
2008/08/04 15:00	0.046
2008/08/04 16:00	0.046
2008/08/04 17:00	0.036
2008/08/04 18:00	0.036
2008/08/04 19:00	0.036
2008/08/04 20:00	0.027
2008/08/04 21:00	0.027
2008/08/04 22:00	0.027
2008/08/04 23:00	0.017

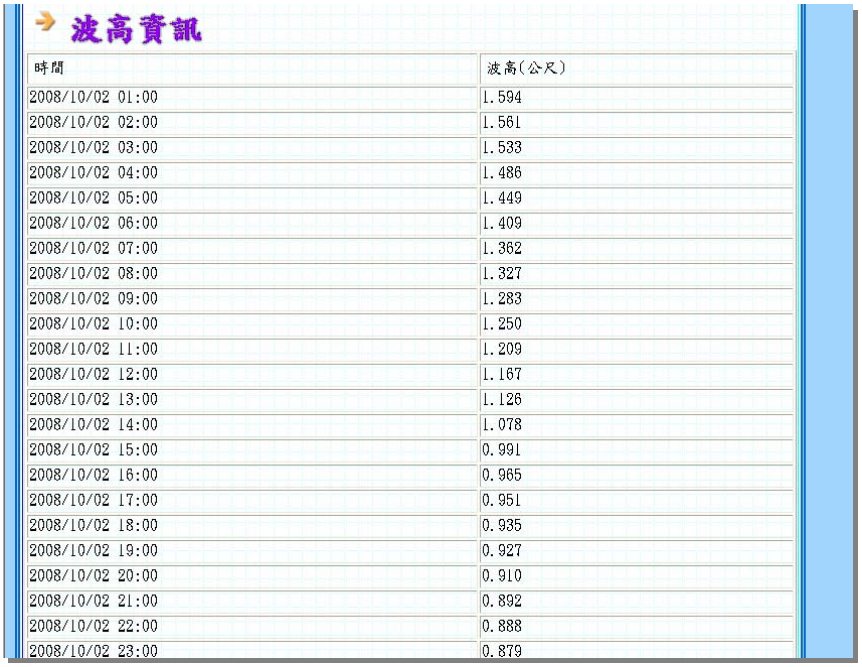
圖 8.1-12　臺中港即時近岸波場模擬點展示 72 小時波高資訊



波場資訊

時間	波高(公尺)	週期(秒)	波向(度)
2008/10/02 01:00	0.923	6.388	204.7
2008/10/02 02:00	0.906	6.406	204.9
2008/10/02 03:00	0.889	6.408	205.2
2008/10/02 04:00	0.874	6.395	205.6
2008/10/02 05:00	0.860	6.365	206.1
2008/10/02 06:00	0.848	6.320	206.6
2008/10/02 07:00	0.837	6.269	207.1
2008/10/02 08:00	0.826	6.229	207.7
2008/10/02 09:00	0.814	6.204	208.2
2008/10/02 10:00	0.802	6.188	208.7
2008/10/02 11:00	0.792	6.174	209.3
2008/10/02 12:00	0.782	6.162	209.8
2008/10/02 13:00	0.774	6.147	210.4
2008/10/02 14:00	0.769	6.122	211.1
2008/10/02 15:00	0.766	6.075	211.8
2008/10/02 16:00	0.767	6.011	212.6
2008/10/02 17:00	0.768	5.955	213.4
2008/10/02 18:00	0.767	5.932	214.1
2008/10/02 19:00	0.763	5.945	214.8
2008/10/02 20:00	0.757	5.980	215.4
2008/10/02 21:00	0.752	6.015	216.0
2008/10/02 22:00	0.747	6.046	216.7
2008/10/02 23:00	0.742	6.076	217.3

圖 8.1-13　西太平洋三日波場模擬點展示 72 小時波高資訊



波高資訊

時間	波高(公尺)
2008/10/02 01:00	1.594
2008/10/02 02:00	1.561
2008/10/02 03:00	1.533
2008/10/02 04:00	1.486
2008/10/02 05:00	1.449
2008/10/02 06:00	1.409
2008/10/02 07:00	1.362
2008/10/02 08:00	1.327
2008/10/02 09:00	1.283
2008/10/02 10:00	1.250
2008/10/02 11:00	1.209
2008/10/02 12:00	1.167
2008/10/02 13:00	1.126
2008/10/02 14:00	1.078
2008/10/02 15:00	0.991
2008/10/02 16:00	0.965
2008/10/02 17:00	0.951
2008/10/02 18:00	0.935
2008/10/02 19:00	0.927
2008/10/02 20:00	0.910
2008/10/02 21:00	0.892
2008/10/02 22:00	0.888
2008/10/02 23:00	0.879

圖 8.1-14　安平港近岸三日波場模擬點展示 72 小時波高資訊



水位資訊

時間	天文潮(公尺)	水位(公尺)
2008/10/02 01:00	-0.7640	-0.7680
2008/10/02 02:00	-0.7590	-0.7500
2008/10/02 03:00	-0.5930	-0.5990
2008/10/02 04:00	-0.3130	-0.3190
2008/10/02 05:00	0.0000	-0.0080
2008/10/02 06:00	0.2760	0.2540
2008/10/02 07:00	0.4420	0.4180
2008/10/02 08:00	0.4730	0.4500
2008/10/02 09:00	0.3610	0.3600
2008/10/02 10:00	0.1550	0.1330
2008/10/02 11:00	-0.0910	-0.1030
2008/10/02 12:00	-0.2910	-0.2980
2008/10/02 13:00	-0.3890	-0.4070
2008/10/02 14:00	-0.3590	-0.3660
2008/10/02 15:00	-0.1930	-0.2120
2008/10/02 16:00	0.0640	0.0480
2008/10/02 17:00	0.3470	0.3360
2008/10/02 18:00	0.5840	0.5650
2008/10/02 19:00	0.7010	0.6810
2008/10/02 20:00	0.6770	0.6570
2008/10/02 21:00	0.4990	0.4970
2008/10/02 22:00	0.2090	0.1940

圖 8.1-15　花蓮港三日水位模擬點展示 72 小時波高資訊

7. 目前網頁上所展示圖資上的圖說，皆為英文且字體較小，在觀看這些圖時，擔憂無法明白此圖所要表達的真實意義，因而利用 css 網頁語言來撰寫圖上的圖說、XY 軸標題及單位，讓整張圖更能清楚表達出所代表的意義。增加此功能的網頁如下：

- 三日氣象資料模擬下的 NFS(RC)模式全域動畫圖、NFS(MC)模式全域動畫圖及七個港之氣象資料時序圖，如圖 8.1-16。
- 臺中港即時近岸波場模擬內各模擬點所展示的圖，如圖 8.1-17。
- 三日波場模擬下之西太平洋波場分佈、臺灣近海波場分佈所展示圖。西太平洋波場、臺灣近海波場時序圖及近岸波場各模擬點所展示的圖，如圖 8.1-18。
- 三日水位模擬下之西太平洋水位分佈圖、臺灣近海水位分佈圖及十個模擬點之臺灣近海水位歷線圖，如圖 8.1-19。
- 三日流場模擬下之西太平洋流場分佈圖、臺灣近海流場分佈圖及三個模擬點之臺灣近海流場時序圖，如圖 8.1-20。

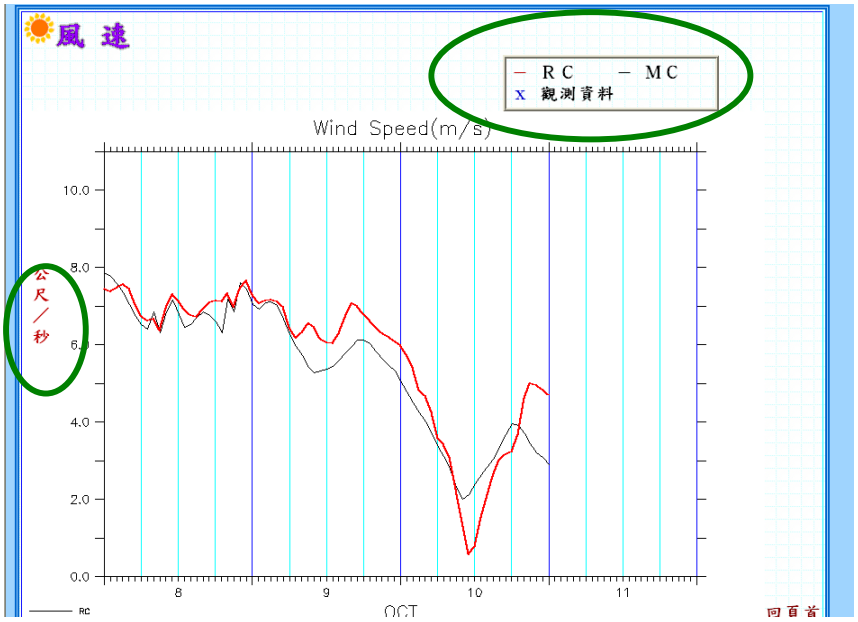


圖 8.1-16　臺北港三日氣象資料模擬點所展示圖加入圖說

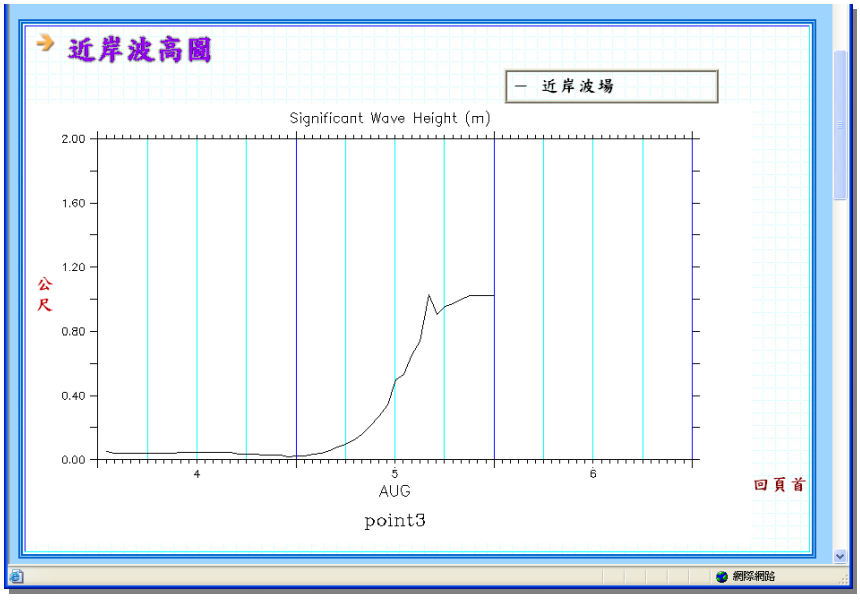


圖 8.1-17　臺中港即時近岸波場模擬點所展示圖加入圖說

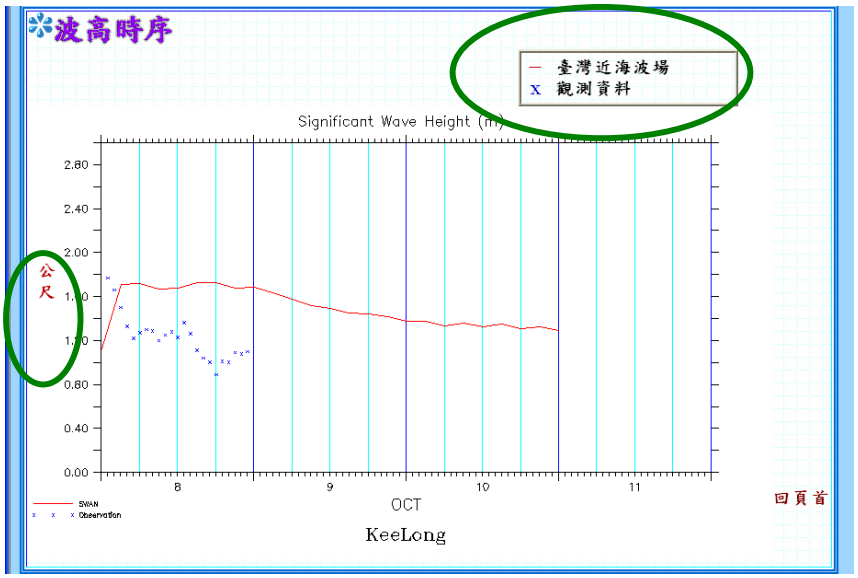


圖 8.1-18　基隆港三日臺灣近海波場模擬點所展示圖加入圖說

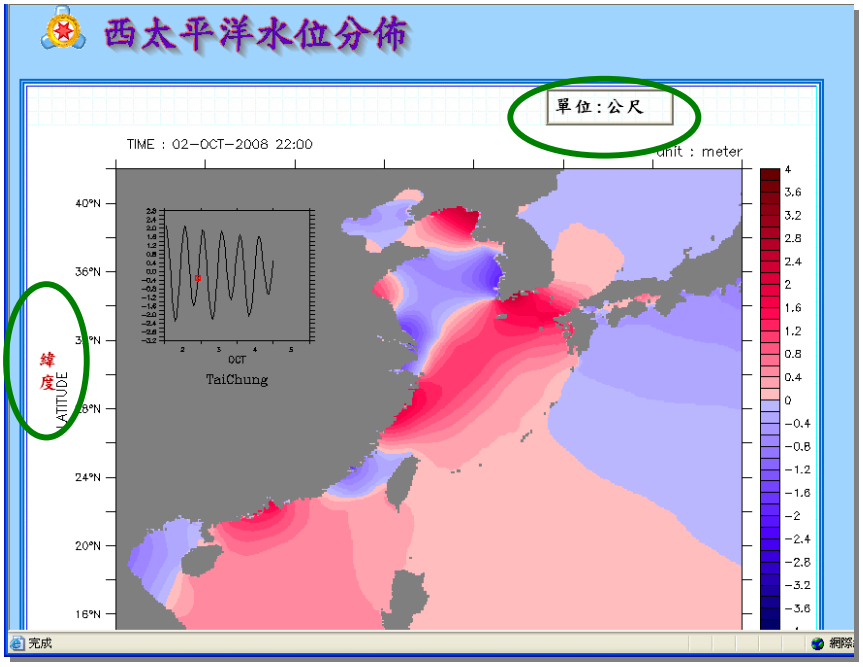


圖 8.1-19　西平洋水位分佈所展示圖加入圖說

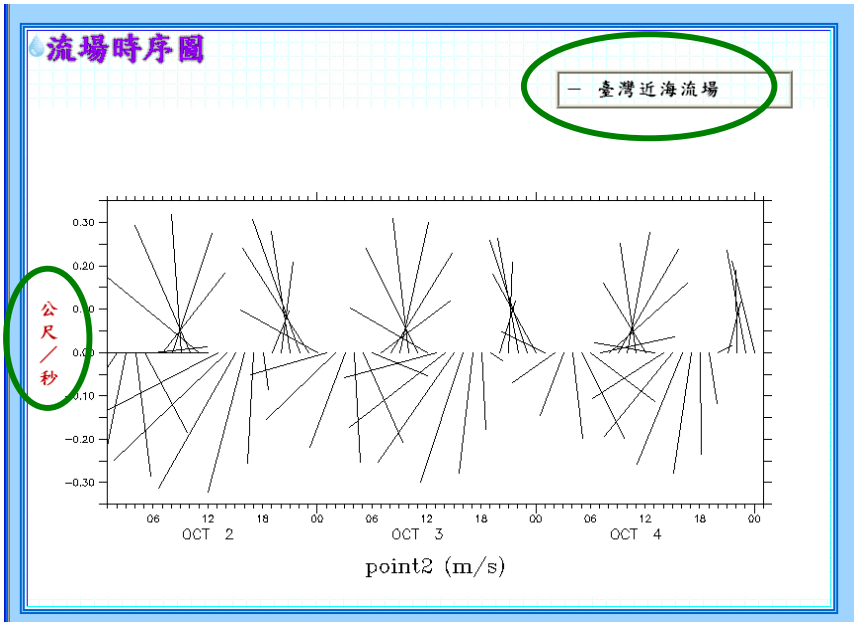


圖 8.1-20　三日臺灣近海流場模擬點所展示圖加入圖說

8.2　海氣象預報地理資訊展示系統介面

利用 URMAP 之地理系統來展示臺中港海氣象預報地理資訊之展示系統，其介面及操作方式與 URMAP 相同，因而容易上手與操作。

本預報地理資訊之展示系統已在防救災預報網站上建立連結，方便使用者觀看當日即時資訊，如圖 8.2-1～8.2-2。

而在臺中港預報地理資訊之展示系統，已建立八個模擬點可以觀看其相關資訊內容。只要使用者選其模擬點即可瞭解此模擬點的經緯度及可連結的一日海流歷線圖和即時波場資訊，如圖 8.2-3～8.2-5。

展示系統介面的左下角，加入了比例尺工具，可讓使用者在操作使用上，能清楚明瞭在介面上所見與實際的地形上的比例差異，如圖 8.2-6。

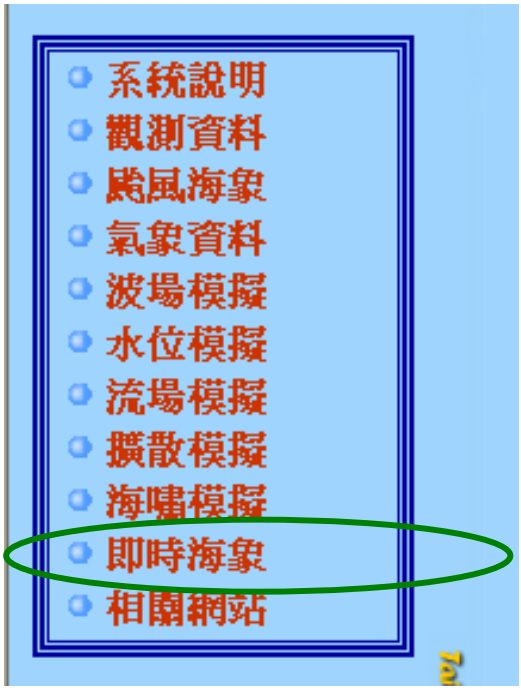


圖 8.2-1　網站加入預報地理資訊展示系統的連結

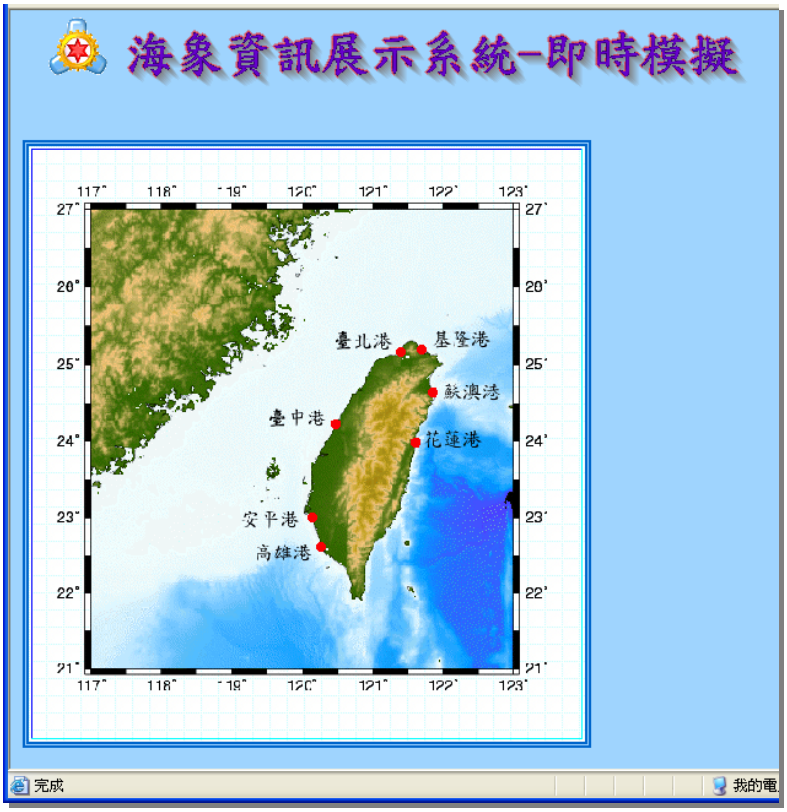


圖 8.2-2　展示系統之首頁



圖 8.2-3　臺中港預報地理資訊展示系統之介面

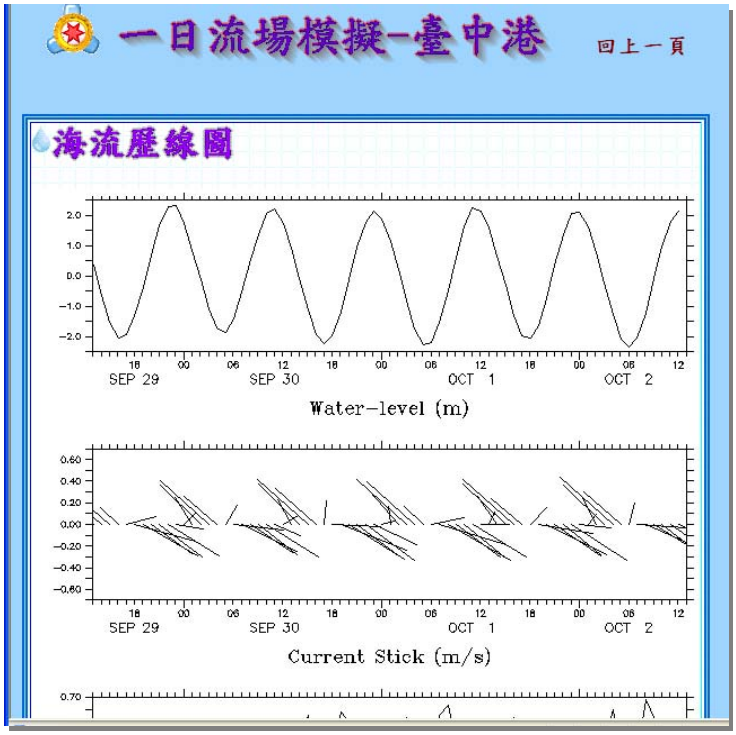


圖 8.2-4　可觀看海流歷線圖

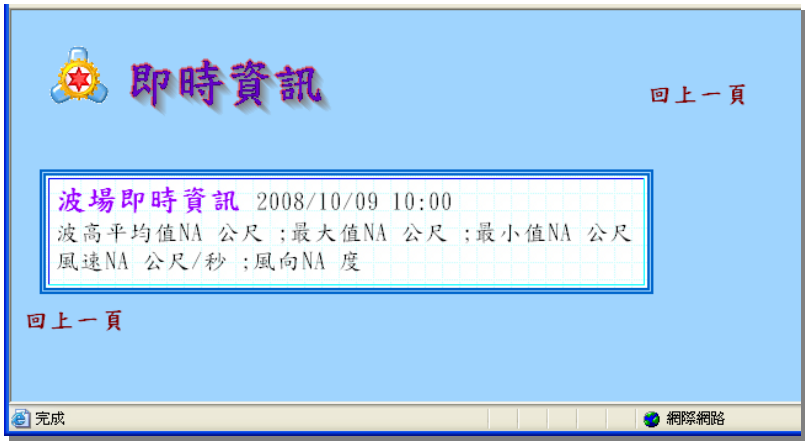


圖 8.2-5　可觀看波場即時資訊



圖 8.2-6　展示系統介面加入了比例尺工具

第九章 臺灣主要商港海氣象長期模擬及分析

本年度將進行 2005~2008 共四年的長期模擬，包括水位(台灣海域)、海流(台灣海域)及波浪(西太平洋及台灣海域)的長期模擬分析。

9.1 臺灣主要商港風場長期模擬及分析

本年度收集了 2005 年 12 月至 2008 年 11 月的氣象局預報風場資料進行風速特性的分析。表 9.1-1 至表 9.1-4 為 2005 年至 2008 年冬季及颱風期間最大風速及當時風向統計表。圖 9.1-1 至圖 9.1-22 為 2005 年至 2008 年龍王、凱米、聖帕及薔蜜颱風期間風速及實測資料比對圖。

表 9.1-1 各測站 2005 年冬季及颱風期最大風速風向統計(公尺及度)

觀測值		05/01	05/02	05/06	05/07	05/08	05/09	05/10	05/11	05/12
安平	風速	17.26	15.69	14.42	25.65	23.24	24.06	20.89	11.61	19.18
	風向	15.16	16.34	196.6	317.9	325.3	305.7	265.8	11.82	8.66
花蓮	風速	11.06	11.37	8.99	10.6	13.52	16.05	53.8	12.15	12.22
	風向	193.7	70.6	187.2	185.2	186.7	200.9	100.5	62.74	65.72
高雄	風速	8.08	7.69	9.77	13.53	13.44	15.4	11.87	5.55	8.38
	風向	317.5	178.7	174.5	271.6	145.3	263.4	267.1	273.3	150.1
基隆	風速	10.5	12.73	6.42	20.11	20.1	26.11	12.61	11.74	16.12
	風向	311.2	319.9	313.9	99.99	317.6	92.6	59.42	323.3	18.02
蘇澳	風速	7.7	9.85	6.35	24	19.79	22.89	20.17	4.12	6.68
	風向	328.8	222.2	293.3	295.7	343.2	284	268.6	287.7	243.4
台中	風速	15.33	16.7	10.38	26.09	23.53	26.21	27.31	17.47	19.
	風向	31.73	31.32	30.06	49.94	82.1	243.1	30.26	29.51	30.34
RC		**0501**	**0502**	**0506**	**0507**	**0508**	**0509**	**0510**	**0511**	**0512**
安平	風速	8.82	7.88	8.74	20.2	18.86	19.08	14.37	17.27	11.51
	風向	7.94	12.58	219.9	338.6	157	270.2	318.7	33.2	17.3
花蓮	風速	8.96	9.77	7.73	22.11	19.8	24.37	24.16	16.02	10.66
	風向	12.36	28.74	240.6	194	2.2	165.7	144.1	16.5	27.9
高雄	風速	8.12	9.64	9.21	21.07	17.86	16.77	13.79	15.63	10.53
	風向	2.65	85.25	233.5	250.1	161.8	254.8	281.2	35	41.5
基隆	風速	11.53	12.86	9.06	27.18	19.77	24.75	22.26	20.43	12.2
	風向	7.83	26.28	243	83.3	41.8	124.7	106.9	15.7	17.8
蘇澳	風速	9.73	11.32	6.45	30.02	21.95	24.43	25.24	17.67	10.91
	風向	10.62	24.19	246.7	95.5	33.6	141.9	124.4	14.5	0
台中	風速	9.81	11.4	9.38	25.88	16.68	16.68	20.78	19.13	11.94
	風向	39.96	41.72	227.1	35.2	13.2	13.2	82.5	24.1	42.1
MC		**0501**	**0502**	**0506**	**0507**	**0508**	**0509**	**0510**	**0511**	**0512**
安平	風速	11.7	9.58	9.04	19.72	16.83	20.51	18.92	17.02	13.48
	風向	12.38	13.87	192.5	338.2	158	268.5	306.2	12.4	8.8
花蓮	風速	12.13	12.84	9.29	41.4	13.35	26.39	29.63	22.05	13.97
	風向	11.26	22.65	187.2	99.1	28.0	170.6	143.5	14.6	23
高雄	風速	9.22	7.72	8.94	20.7	17.76	19.79	18.59	10.27	10.42
	風向	8.28	127.1	223	273.9	165	253.3	284.8	4.5	359.2
基隆	風速	9.9	11.27	10.31	28.87	23.17	23.19	25.49	20.16	11.28
	風向	13.7	27.66	257.2	121.8	304.5	123	109.6	12.7	357.8
蘇澳	風速	9.55	8.91	7.36	29.16	21.57	24	30.34	16.66	10.64
	風向	338	18.44	169.3	89.2	302	145	125.7	7.1	336.3
台中	風速	13.91	14.3	10.07	25.28	13.64	21.75	25.17	21.78	16.25
	風向	44.76	40.6	188	177.3	174.3	128.7	76.8	22.3	38.9

表 9.1-2 各測站 2006 年冬季及颱風期最大風速風向統計(公尺及度)

觀測值		0601	0602	0606	0607	0608	0609	0610	0611	0612
安平	風速	x	x	x	x	x	X	10.42	13.02	17.57
	風向	x	x	x	x	x	X	18.9	43.6	14.7
花蓮	風速	11.67	14.12	9.43	18.53	10.23	12.19	10.88	11.04	11.71
	風向	57	67.4	188.6	194.3	175.5	70	72.9	58	63.1
高雄	風速	6.94	7.88	10.18	12.35	11.01	8.92	4.95	5.7	6.91
	風向	43.3	152.7	186.9	316.7	160.3	174.1	153.4	163.6	210.8
基隆	風速	15.36	11.22	8.95	15.73	12.6	13.69	10.31	13.9	15.29
	風向	321.2	323.9	91.3	328.2	83.1	322.2	336.5	306.6	23.1
蘇澳	風速	6.26	6.44	6.16	17.32	5.48	6.61	5.69	5.32	10.12
	風向	243.7	229.2	297.7	291.1	336.7	338	230.8	230.9	299.1
台中	風速	17.78	18.68	7.7	18.28	14.45	18.11	22.67	25.46	26.8
	風向	31.7	2.2	215.4	19.9	32.1	32.1	33.3	32	36
RC		**0601**	**0602**	**0606**	**0607**	**0608**	**0609**	**0610**	**0611**	**0612**
安平	風速	8.68	9.15	12.52	15.39	9.56	9.37	8.33	7.91	10.21
	風向	24.1	41.	222.6	195.4	117.9	351.5	64	64.2	21
花蓮	風速	9.18	10.61	10.28	18.07	12.73	10.25	7.94	8.41	10.65
	風向	38.1	35.7	232.7	146	46.7	313.8	21.5	21.6	22.7
高雄	風速	10.5	10.05	12.47	17.63	10.42	9.23	10.7	9.96	10.8
	風向	64.4	59.7	226	217	115.7	333.3	61.6	66.5	65.8
基隆	風速	12.37	13.94	12.11	18.11	14.12	11.93	9.83	10.58	12.13
	風向	32	33.1	247.4	116.4	281.3	47.9	47.1	21.5	31.6
蘇澳	風速	10.33	11.76	9.84	16.81	11.24	10.85	8.38	9.59	10.96
	風向	34	32	253.2	131.5	62.1	323.8	47.6	19.7	19.1
台中	風速	11.34	13	11.11	21.9	13.73	11.84	9.9	10.51	11.71
	風向	43.6	45.2	232.1	118.9	85.5	43.97	63.3	32.6	57.2
MC		**0601**	**0602**	**0606**	**0607**	**0608**	**0609**	**0610**	**0611**	**0612**
安平	風速	9.47	9.44	9.75	19.23	11	11.36	9.41	7.89	11.71
	風向	4.7	0.9	179.5	211.2	148.1	344	353.3	2.1	12.2
花蓮	風速	13.35	12.41	7.91	17.7	13.22	15.33	11.28	11.12	14
	風向	14	14.6	179.7	184.6	38.3	20.4	34.2	17.7	9.5
高雄	風速	8.05	8.85	10.73	15.92	12.77	10.58	8.07	8.45	8.91
	風向	100.8	121.7	249.8	213.3	118.8	331.8	84.1	131	0.3
基隆	風速	11.83	11.36	12.65	18.67	12.94	10.03	9.04	9.53	10.59
	風向	10.6	35.2	254.5	120.9	279.5	329.2	50.5	17	48.3
蘇澳	風速	9.76	8.96	8.12	16.91	9.19	13.15	8.81	9.16	9.79
	風向	17.88	26	70.8	144.3	105.1	311.7	10.7	21.1	341.4
台中	風速	16.31	17.96	13.46	19.96	16.46	14.64	14.3	14.04	17.31
	風向	45.6	37.4	165.7	196.2	30.3	33.1	37.3	34.2	44.7

表 9.1-3 各測站 2007 年冬季及颱風期最大風速風向統計(公尺及度)

觀測值		0701	0702	0706	0707	0708	0709	0710	0711	0712
安平	風速	16.48	14.23	18.03	36.98	48.67	27.78	23.75	20.64	14.77
	風向	10.6	10.9	232.4	303.4	335.2	292.1	345.5	19.4	11.5
花蓮	風速	14.2	12.33	13.34	9.37	21.14	8.72	26.76	12.71	9.32
	風向	72.4	182.7	185.4	180.8	182.6	74.4	283.8	69.1	39.8
高雄	風速	6.76	6.82	9.83	8.05	12.59	6.38	13.16	6.46	6.49
	風向	297.2	172	165.8	170.3	190.7	217.6	316.3	187.7	83.1
基隆	風速	9.48	10.76	6.9	6.55	15.17	12.8	26.9	15.17	9.73
	風向	313.5	325.3	55.9	261.5	68.3	325.2	320.7	318.8	320.4
蘇澳	風速	8.94	6.01	5.87	5.54	17.52	6.95	12.1	7.42	4.34
	風向	228.4	234.9	292.5	231.6	273.2	339.5	250.1	312	340.6
台中	風速	24.64	22.46	21.1	14.97	30.09	24.46	34.34	32.2	23.56
	風向	35.7	30.2	217.6	228	39	354.2	318.2	29.8	40.1
RC		**0701**	**0702**	**0706**	**0707**	**0708**	**0709**	**0710**	**0711**	**0712**
安平	風速	9.52	8.64	7.68	7.16	21.11	10.51	19.48	14.32	7.93
	風向	15.6	14.6	168.9	178.3	130.5	336	312.3	27	18.6
花蓮	風速	8.74	8.53	6.81	6.14	26.02	13.06	19.41	14.23	8.48
	風向	28.9	34.3	170.2	245.6	137	336.6	354.9	20	33.5
高雄	風速	8.87	7.8	7.92	7.11	18.2	11.54	17.29	13.7	9.6
	風向	13.7	37.4	260.9	160.5	143.2	77.4	299.7	45	74.6
基隆	風速	10.67	11.13	6.53	8.8	24.29	14.97	24.83	15.46	10.73
	風向	0.1	38.3	181.1	246.4	100.2	9	58.1	21.5	49.6
蘇澳	風速	9.5	9.68	6.82	7.5	26.86	15.19	20.19	14.42	9.23
	風向	14.7	32.8	178.8	342.6	117.9	353.6	19.9	19.3	11.5
台中	風速	9.56	9.96	7.57	7.96	23.67	11.46	24.77	15.87	9.61
	風向	32.3	52.7	210.8	205	66.7	333.3	359.3	39.6	49.6
MC		**0701**	**0702**	**0706**	**0707**	**0708**	**0709**	**0710**	**0711**	**0712**
安平	風速	11.08	10	8.21	9.61	18.47	10.96	19.82	13.14	8.63
	風向	5.1	8.8	170	194.6	213.3	359.7	321.4	5.3	6.4
花蓮	風速	11.8	11.43	8.98	8.71	34.01	13.17	18.57	17.85	11.14
	風向	12.5	28.4	192.7	177.5	133.8	331.9	320	2.3	11.7
高雄	風速	9.53	7.72	8.58	9.28	19.44	12.78	18.08	8.55	7.14
	風向	23.1	126.1	140.4	174.7	92.8	80.7	308.9	13.9	84.4
基隆	風速	10.83	9.59	7.78	8.92	23.68	18.11	22.89	13.48	10.52
	風向	7.3	19	258.7	259.2	103.5	277.7	66.2	29.8	51.6
蘇澳	風速	9.39	9.44	7.7	7.4	29.04	14.57	26.15	11.68	8.46
	風向	341.6	3.8	165	319.9	119.1	310.2	56.3	20.3	355.1
台中	風速	14.55	14.42	9.08	10.31	27.88	14.08	25.72	20.08	14.08
	風向	40.6	41.2	213.8	41.5	160.4	25.3	358.1	30	45.5

表 9.1-4 各測站 2008 年冬季及颱風期最大風速風向統計(公尺及度)

觀測值		0801	0802	0806	0607	0808	0809	0810	0811	0812
安平	風速	14.64	17.23	18.5	25.94	11.28	X	X	17.59	15.64
	風向	0.1	13.5	166.1	305.3	171	X	X	13.8	16
花蓮	風速	10.08	10.66	16.4	21.28	12.41	23.44	9.97	11.51	12.91
	風向	39.5	47.1	166.9	44.3	170.3	162.6	57.5	52.7	51.7
高雄	風速	6.53	7.54	8.14	15.24	11.75	11.89	7.13	7.02	6.82
	風向	111.6	9.7	163.4	271.7	161.3	321.8	164.5	11.4	11.2
基隆	風速	12.13	11.95	6.75	18.12	12.53	19.8	10.61	14.33	14.67
	風向	321.8	309.9	277.3	97.5	97.5	321.4	322.2	322.1	314
蘇澳	風速	4.88	7.99	8	22.48	14.2	27.16	8.17	10.11	10.16
	風向	231.9	302.8	293.5	294.3	183.8	92.9	76.4	350.3	346.8
台中	風速	53.92	40.64	26.18	43.61	10.89	X	x	x	x
	風向	36.5	30.4	173.7	191.2	208.1	X	x	x	x
RC		0801	0802	0806	0607	0808	0809	0810	0811	0812
安平	風速	7.93	8.68	9.51	17.47	13.12	16.81	5.83	11.74	11.97
	風向	18.6	11.4	181.1	328.1	112.1	110.3	31.6	5.7	28.2
花蓮	風速	10.81	9.65	8.2	17.81	7.33	21.11	6.77	10.79	11.89
	風向	36.7	26.7	195.6	119.8	195	343	54	33.6	32.8
高雄	風速	10.78	9.95	9.12	16.64	15.07	19.13	7.44	11.61	10.95
	風向	52.8	59.2	181	272.1	106.7	74.9	75.7	44.6	33.8
基隆	風速	13.1	12.41	8.61	20.94	9.89	24.86	9.71	12.46	14.38
	風向	33.1	17.6	202.4	90.1	136.5	36.4	61.9	19.3	21.2
蘇澳	風速	11.36	10.48	8.07	22.32	8.89	22.25	7.63	11.04	12.8
	風向	34.1	23.4	198.8	104.2	158.5	20.7	69.1	20.4	25
台中	風速	12.9	11.35	9.16	19.98	7.73	19.88	9.27	12.27	13.6
	風向	41.2	39.3	186.1	48.3	222.4	343.7	54.5	33.8	35
MC		0801	0802	0806	0607	0808	0809	0810	0811	0812
安平	風速	11.17	9.89	10.5	16.47	19.05	17.32	7.18	12.6	12.17
	風向	358.7	2.3	171.9	302.3	131.5	115.6	350.9	0.1	10.7
花蓮	風速	12.48	13.06	10.48	27.02	11.97	27.57	8.17	14.23	14.7
	風向	13.5	13.9	181	119.1	181.2	357.1	15.6	7.1	3.9
高雄	風速	7.71	8.71	10.06	16.48	21.99	23.86	7.11	11.24	8.69
	風向	10.7	353.7	165.1	285.8	123	114.5	89	353.6	0.7
基隆	風速	11.24	10.73	8.63	22.59	12.53	24.03	8.8	12.41	12.77
	風向	38.3	18.6	140.9	97.3	154.6	36.1	74.4	14.3	2.2
蘇澳	風速	8.96	9.7	8.87	26.67	10.39	23.58	6.11	9.85	11.33
	風向	358.2	10.7	184.3	105.2	176.6	357	20	327.1	344
台中	風速	17.87	16.98	10.28	20.69	9.72	22.49	11.87	15.73	16.91
	風向	36.5	34.8	196.9	183.5	224.6	16.8	31.8	36.6	34

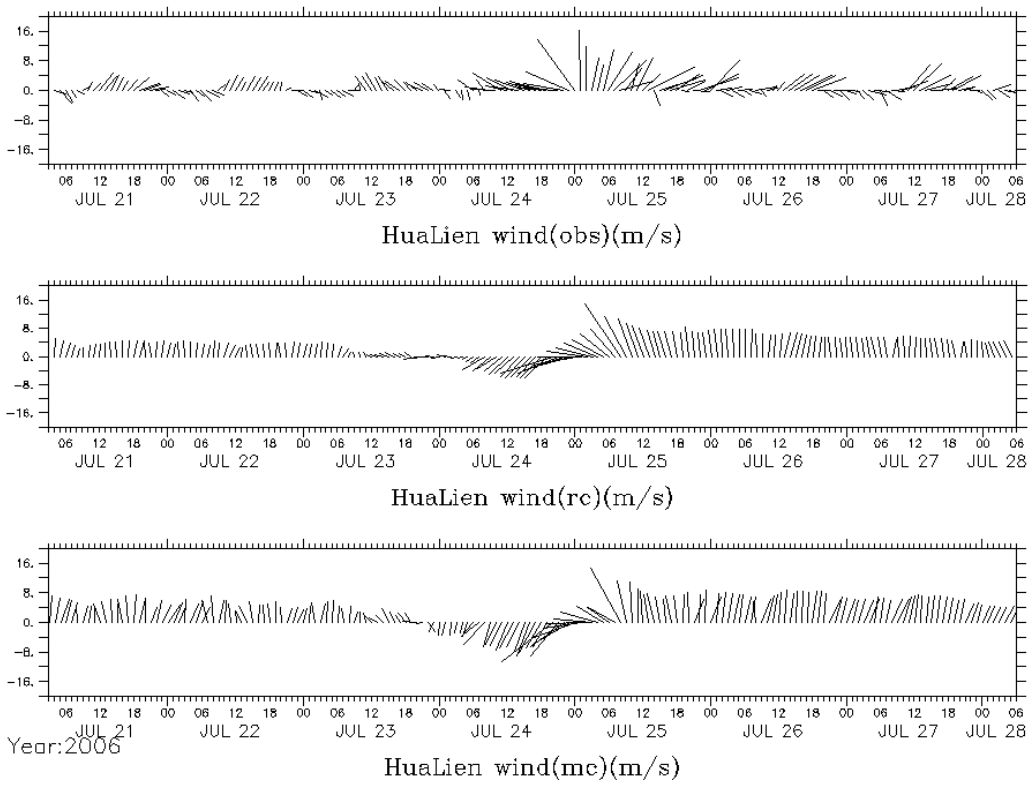


圖 9.1-6 花蓮測站 2006 年凱米颱風期間模式與實測資料比對圖

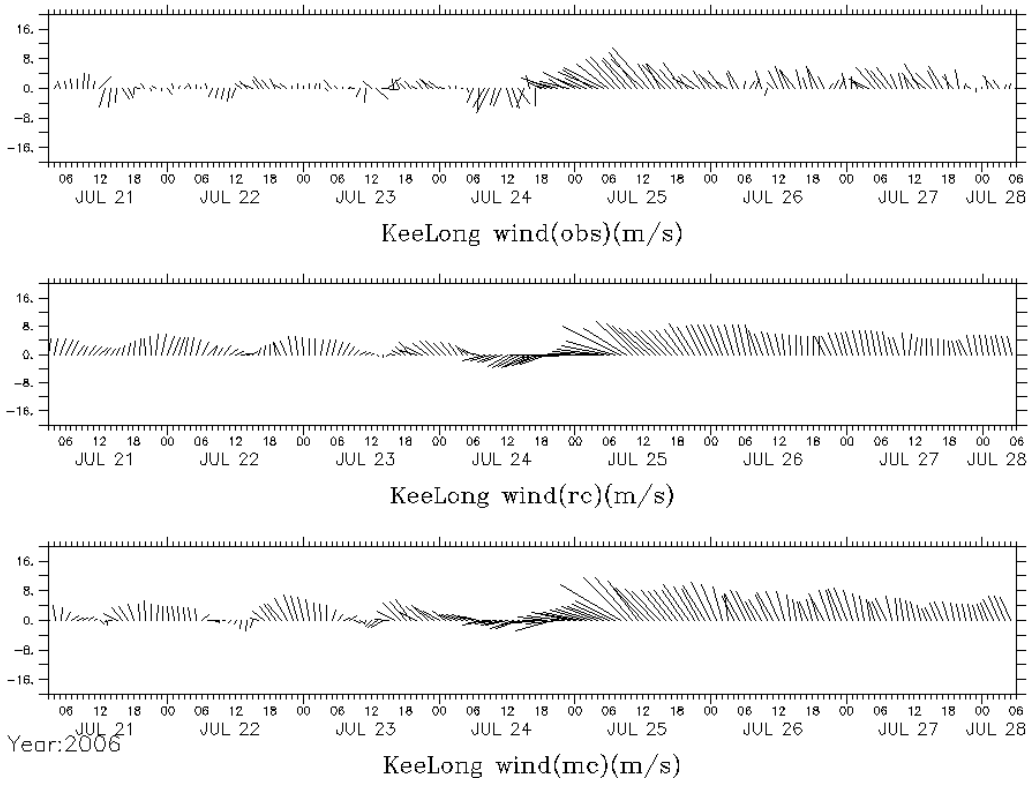


圖 9.1-7 基隆測站 2006 年凱米颱風期間模式與實測資料比對圖

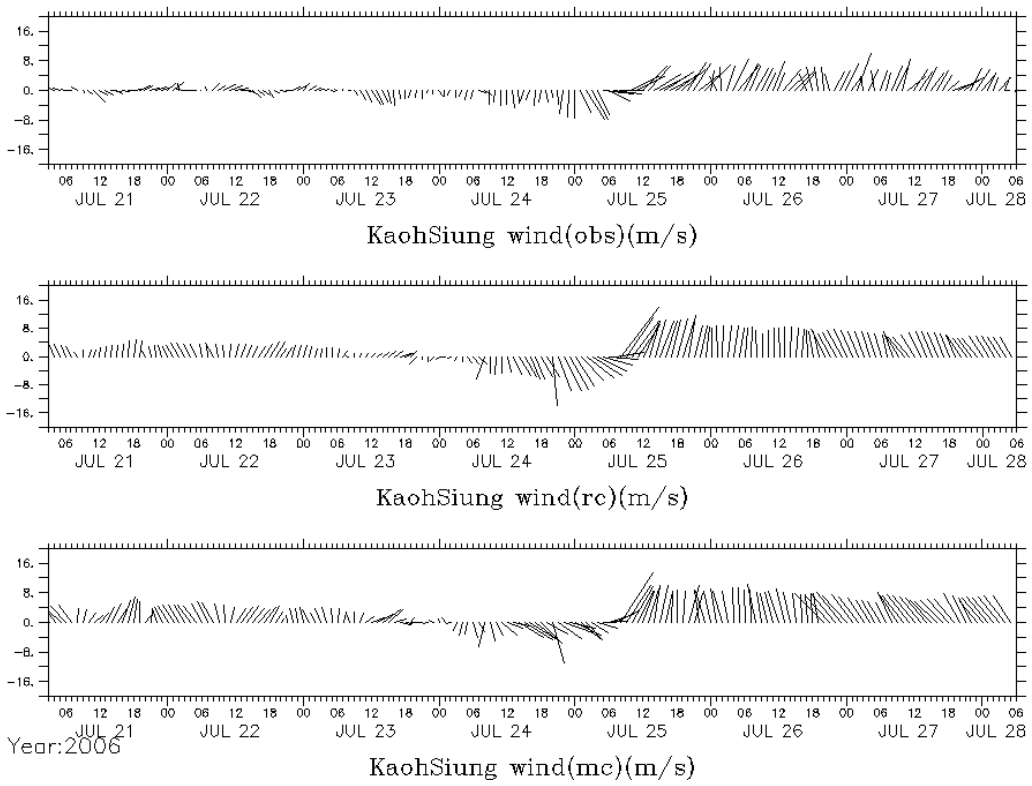


圖 9.1-8 高雄測站 2006 年凱米颱風期間模式與實測資料比對圖

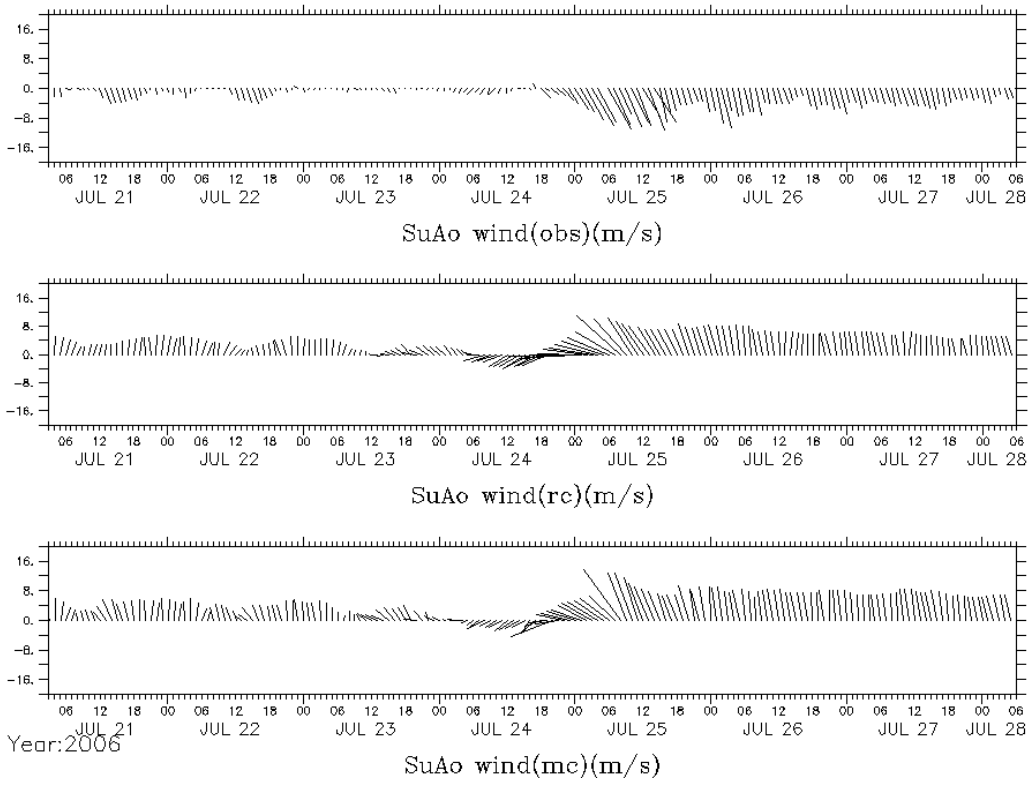


圖 9.1-9 蘇澳測站 2006 年凱米颱風期間模式與實測資料比對圖

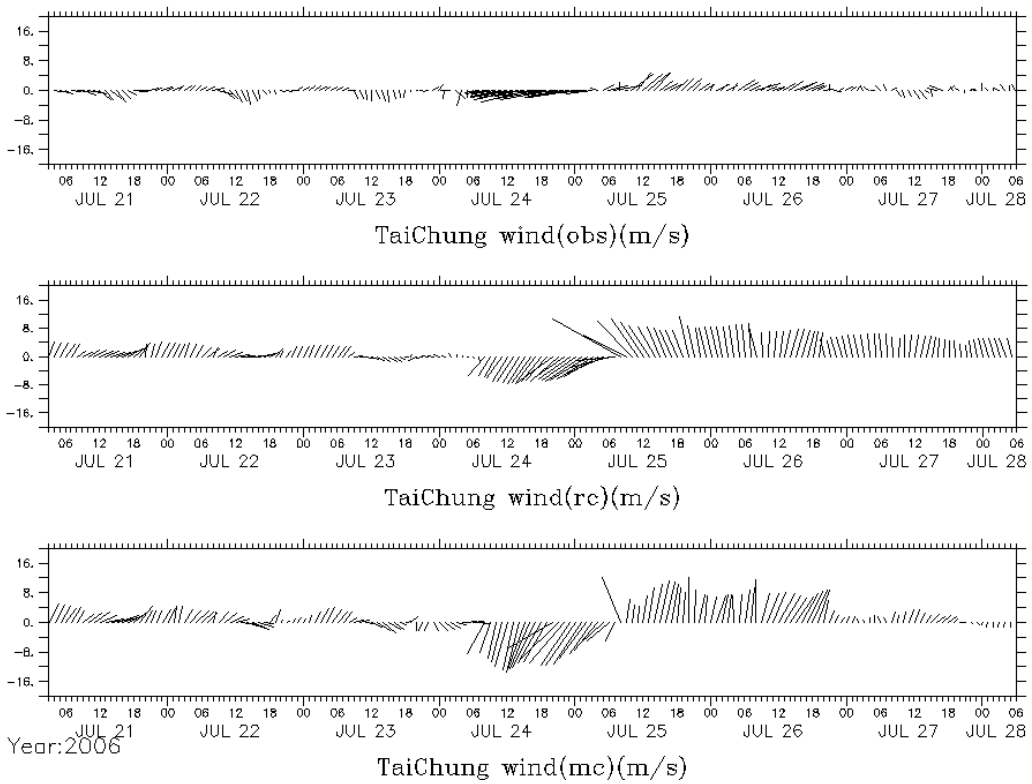


圖 9.1-10 台中測站 2006 年凱米颱風期間模式與實測資料比對圖

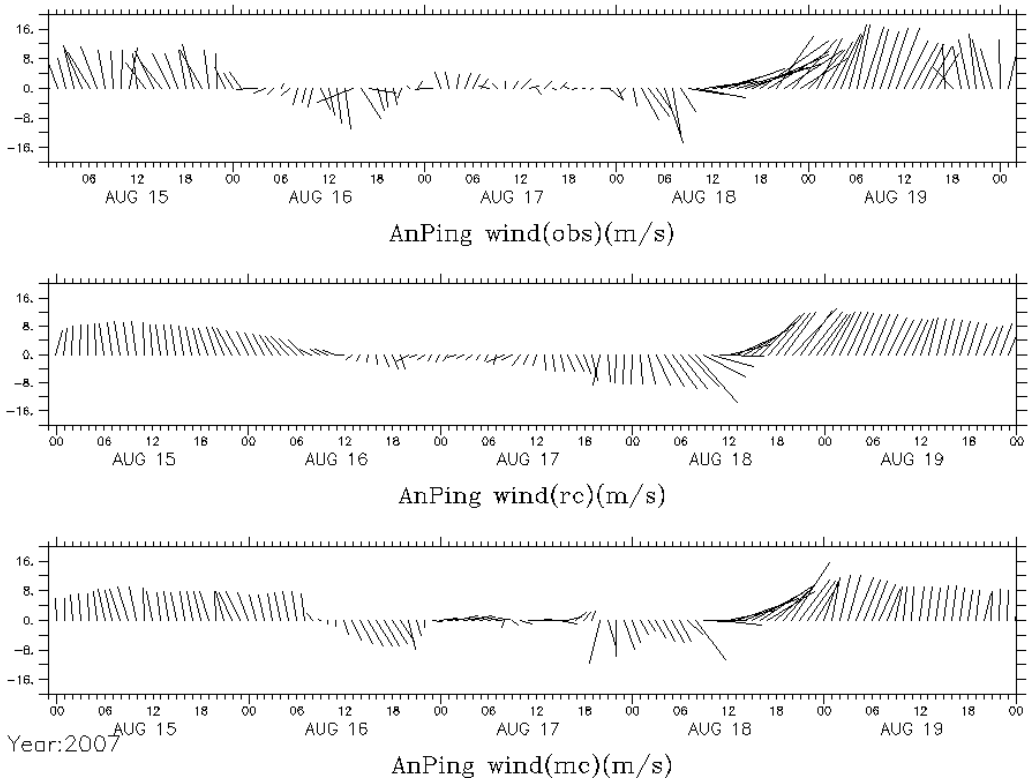


圖 9.1-11 安平測站 2007 年聖帕颱風期間模式與實測資料比對圖

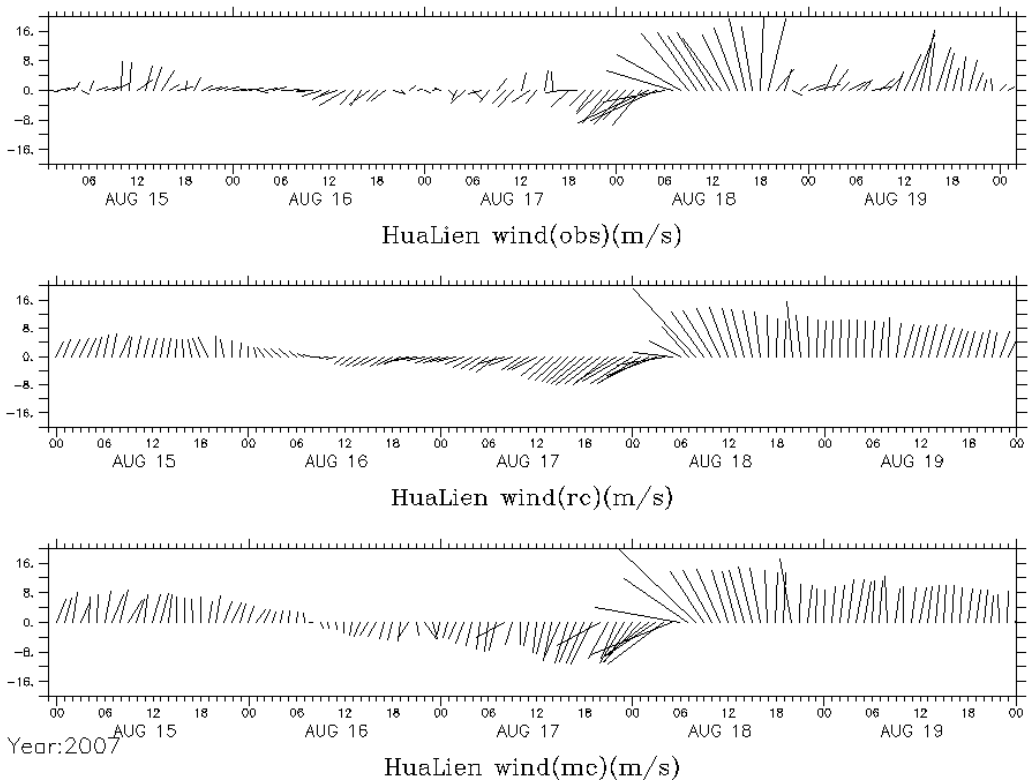


圖 9.1-12 花蓮測站 2007 年聖帕颱風期間模式與實測資料比對圖

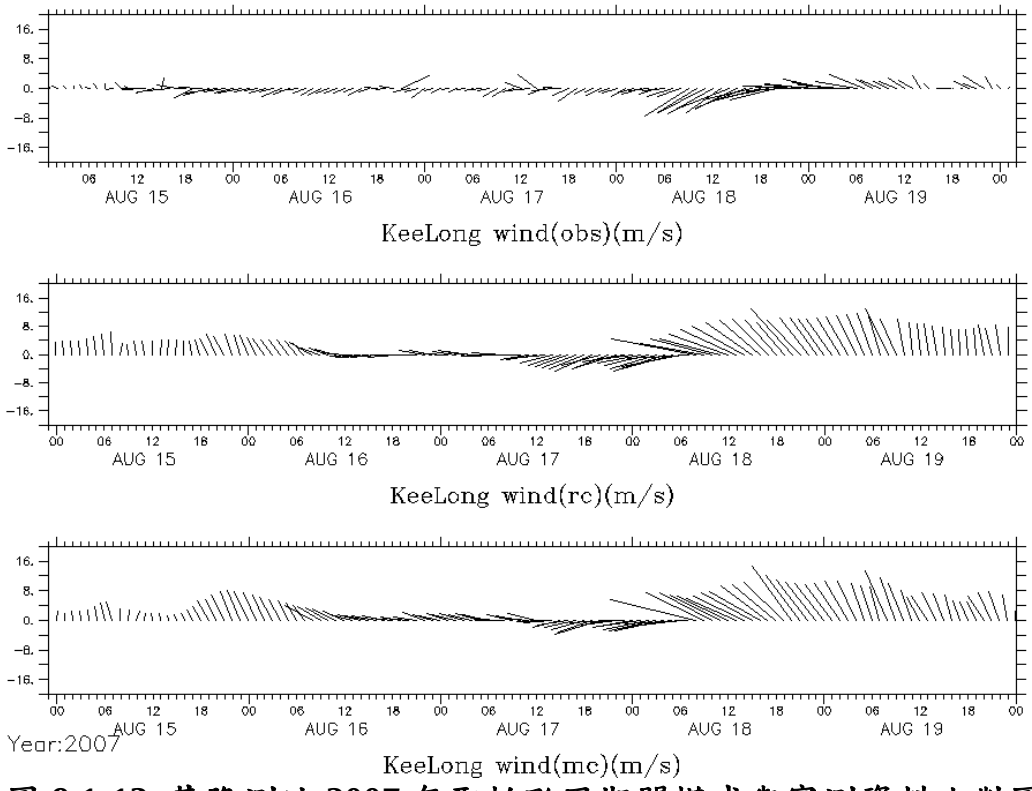


圖 9.1-13 基隆測站 2007 年聖帕颱風期間模式與實測資料比對圖

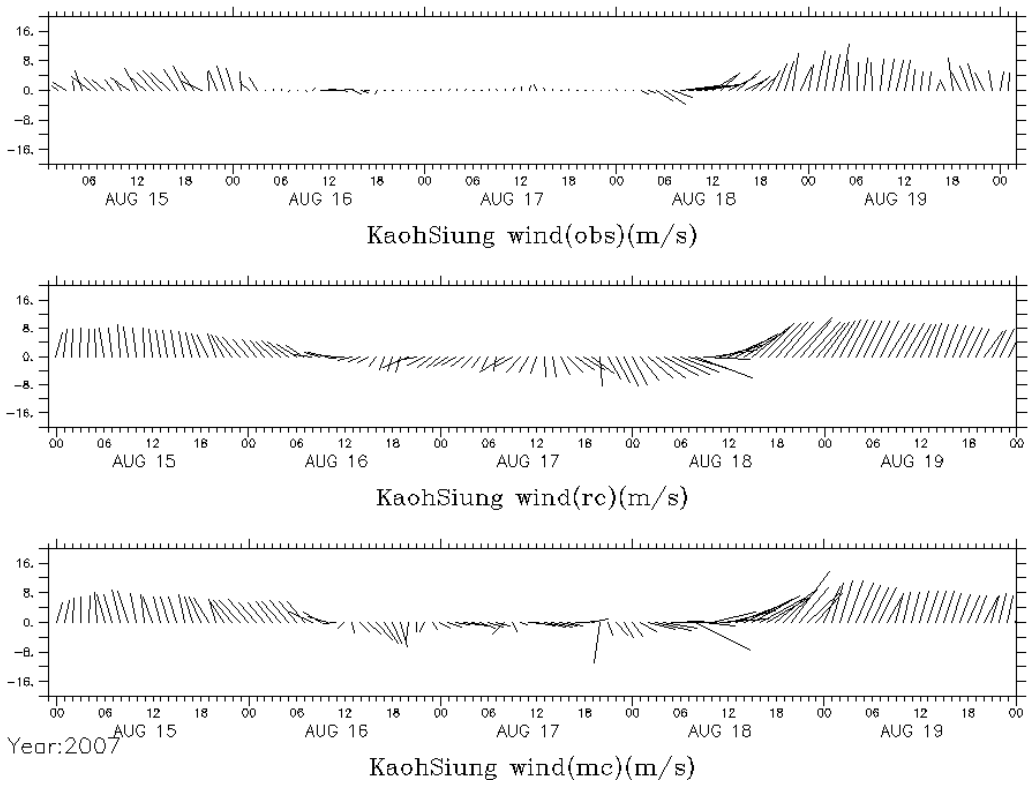


圖 9.1-14 高雄測站 2007 年聖帕颱風期間模式與實測資料比對圖

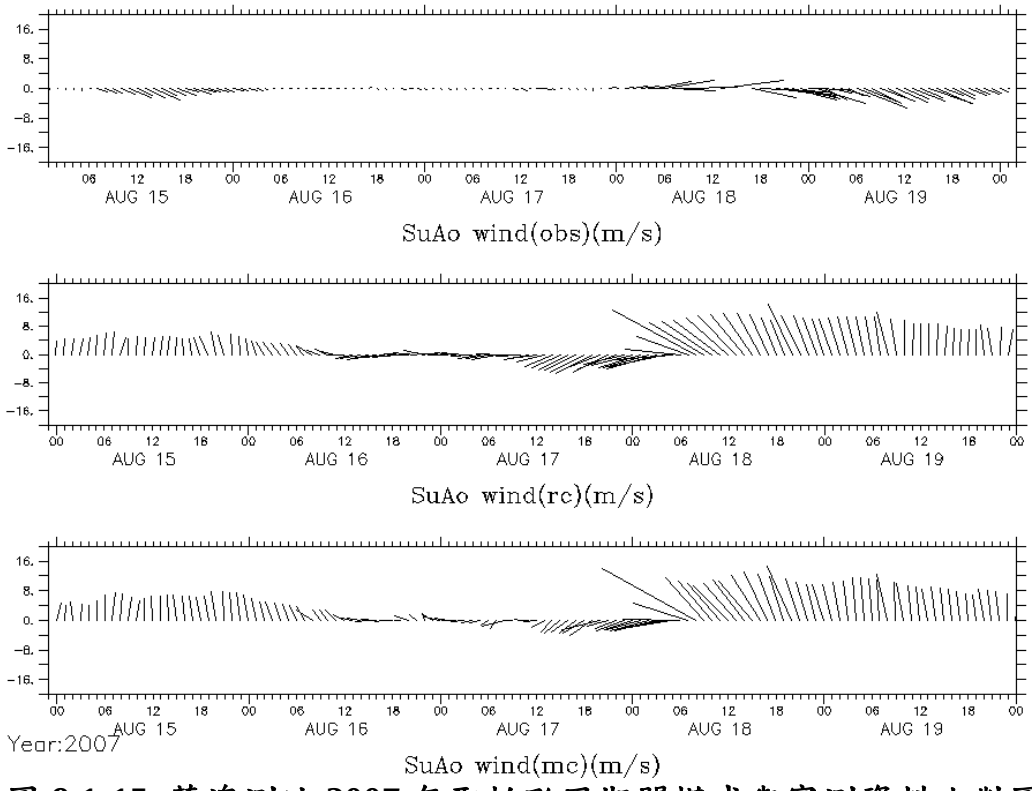


圖 9.1-15 蘇澳測站 2007 年聖帕颱風期間模式與實測資料比對圖

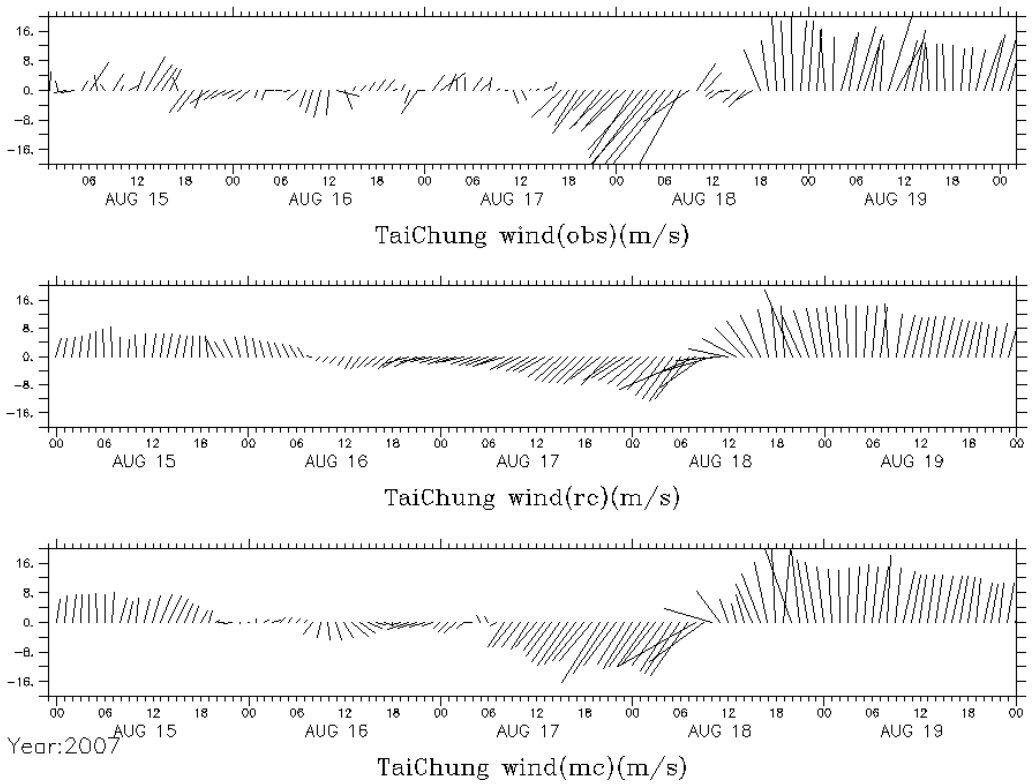


圖 9.1-16 台中測站 2007 年聖帕颱風期間模式與實測資料比對圖

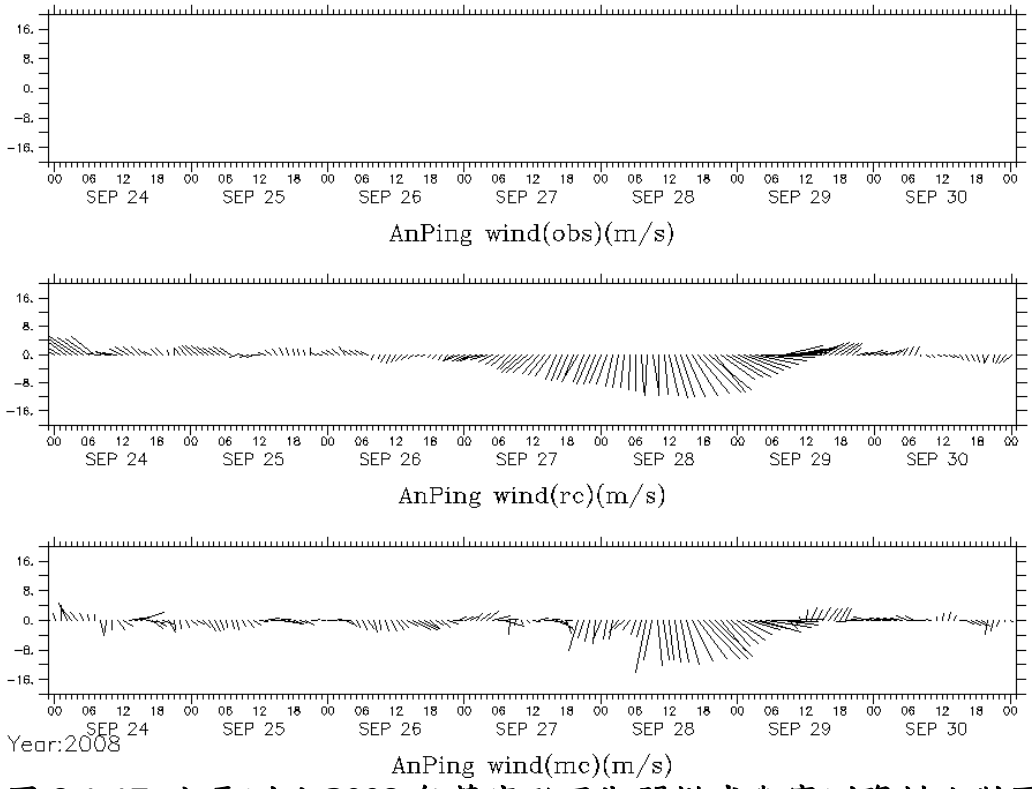


圖 9.1-17 安平測站 2008 年薔蜜颱風期間模式與實測資料比對圖

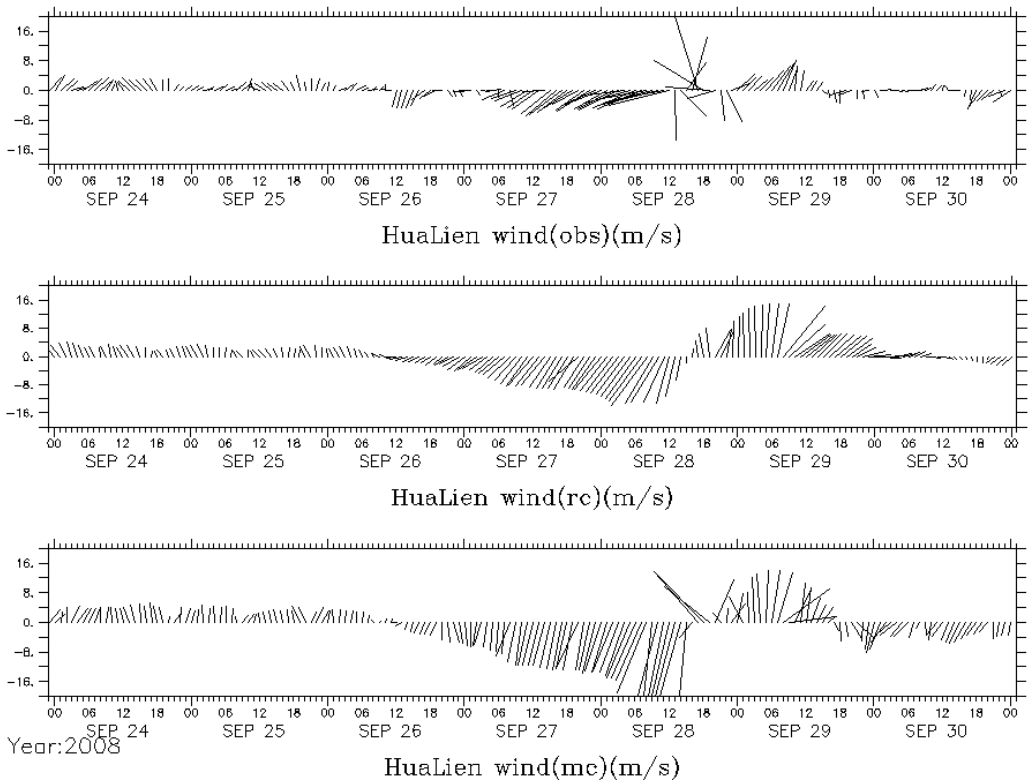


圖 9.1-18 花蓮測站 2008 年薔蜜颱風期間模式與實測資料比對圖

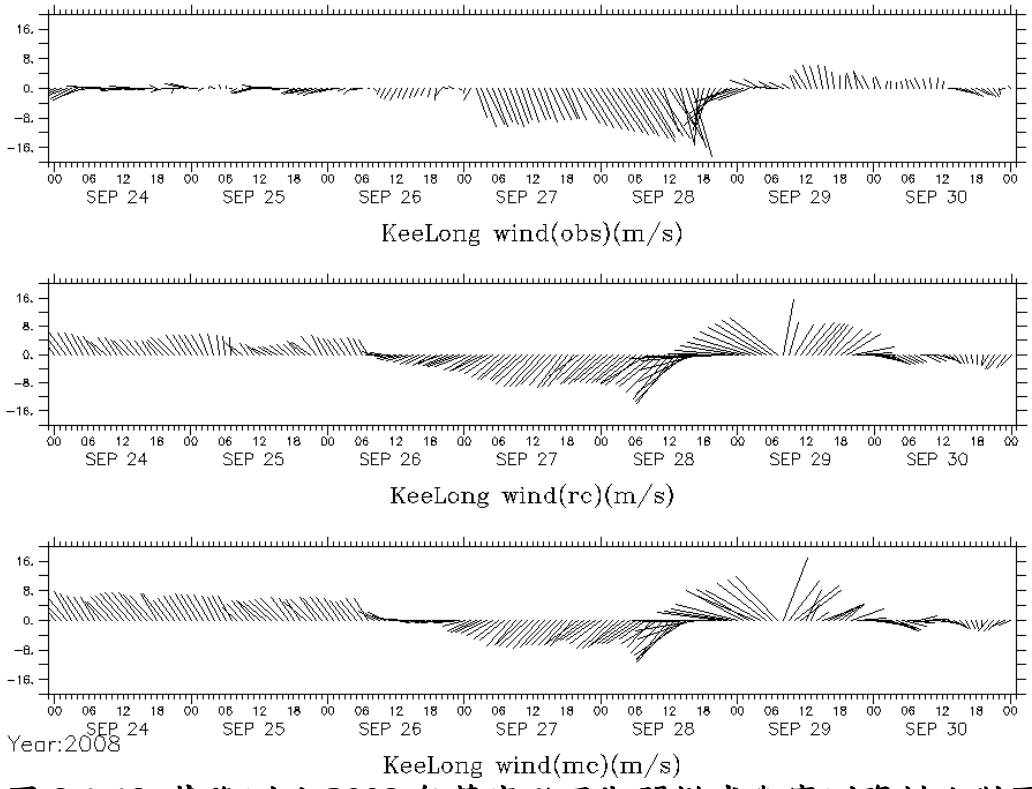


圖 9.1-19 基隆測站 2008 年薔蜜颱風期間模式與實測資料比對圖

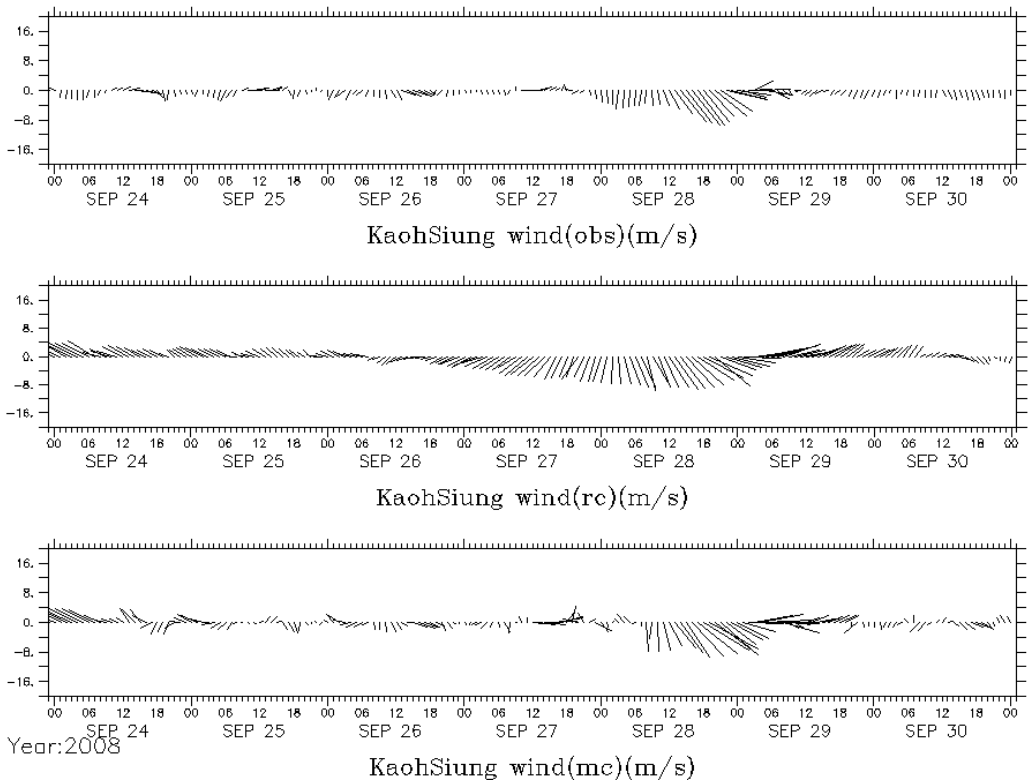


圖 9.1-20 高雄測站 2008 年薔蜜颱風期間模式與實測資料比對圖

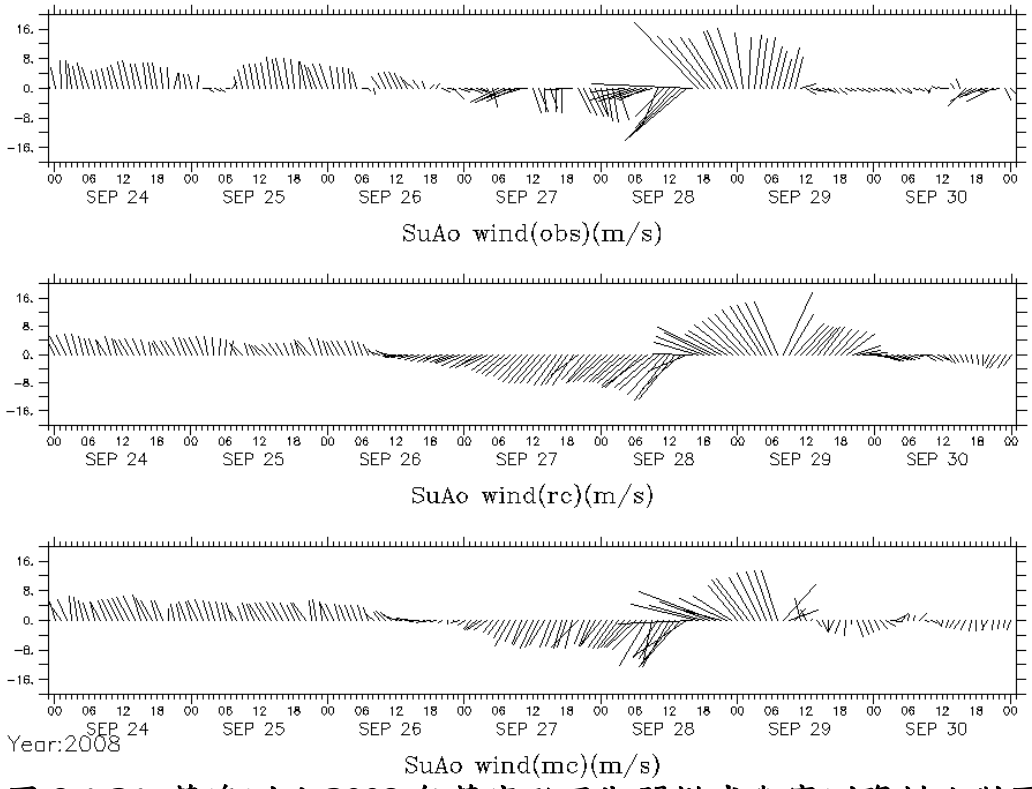


圖 9.1-21 蘇澳測站 2008 年薔蜜颱風期間模式與實測資料比對圖

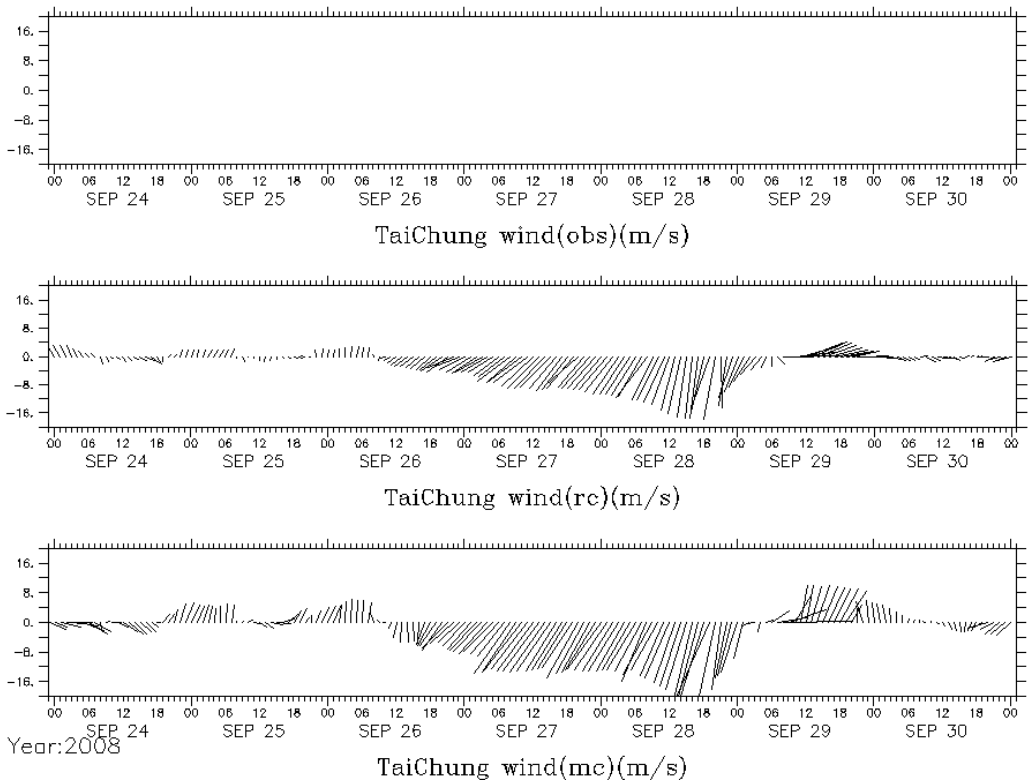


圖 9.1-22 台中測站 2008 年薔蜜颱風期間模式與實測資料比對圖

9.2 臺灣主要商港波浪長期模擬及分析

9.2.1 長期分月波浪模擬及分析

本節延續前一年之工作繼續進行波浪長期模擬及分析，由於目前所收集之完整風場涵蓋 2005 年至 2008 年，因此本節以一個月為單位進行波浪之推算，並以 7 個商港附近的波動進行 WAM 波場與 SWAN 波場的比較與討論。

為瞭解波浪推算結果與實測資料間的差異性，表 9.2-1-1～表 9.2-1-3、表 9.2-1-4～表 9.2-1-6、表 9.2-1-7～表 9.2-1-9、以及表 9.2-1-10～表 9.2-1-12 分別顯示安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及基隆港之 WAM 及 SWAN 與實測資料的均方根誤差值。表 9.2-1-13～表 9.2-1-19 則分別為 7 個商港各月份中之最大波高與相對之週期及波向統計表，表中最後一欄亦顯示所發生的颱風次數。

表 9.2-1-1 2005 年 1 至 12 月各商港推算示性波高 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	5.36	0.40	0.38	0.75	0.33	1.22	5.68
	SWAN	1.78	0.47	0.37	0.65	0.58	1.04	2.55
2	WAM	5.57	0.39	0.54	0.66	0.53	1.24	5.57
	SWAN	1.80	0.46	0.54	0.61	0.55	1.13	2.62
3	WAM	5.38	0.43	0.55	0.57	0.54	1.06	5.88
	SWAN	1.83	0.64	0.60	0.68	0.84	1.02	2.83
4	WAM	4.62	0.35	NaN	0.36	0.38	0.64	4.85
	SWAN	1.98	0.45	NaN	0.47	0.49	0.52	2.92
5	WAM	5.17	0.26	NaN	0.37	0.28	0.70	5.08
	SWAN	2.20	0.30	NaN	0.36	0.42	0.64	2.76
6	WAM	5.38	0.31	0.50	0.25	0.52	0.42	5.57
	SWAN	2.23	0.57	0.51	0.39	0.57	0.45	2.74
7	WAM	5.81	0.57	0.66	0.76	0.56	0.61	5.50
	SWAN	2.34	0.78	0.73	0.84	1.26	0.67	2.62
8	WAM	5.51	0.40	0.60	0.83	0.68	0.64	5.53
	SWAN	2.34	0.53	0.56	1.13	0.94	0.89	2.66
9	WAM	6.84	0.63	0.71	0.52	0.94	0.95	6.34
	SWAN	2.20	0.69	0.71	0.85	1.08	0.81	3.22
10	WAM	5.50	0.74	0.30	0.76	0.70	1.14	5.61
	SWAN	1.84	0.82	0.35	0.70	0.91	1.05	2.69
11	WAM	5.81	0.57	0.29	0.88	0.77	1.04	5.62
	SWAN	1.69	0.94	0.29	0.82	0.97	0.85	2.83
12	WAM	5.57	0.41	0.30	0.68	0.68	NaN	5.86
	SWAN	1.59	1.11	0.40	0.77	1.30	NaN	2.99

表 9.2-1-2 2005 年 1 至 12 月各商港推算示性週期 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	2.09	2.50	1.67	2.24	2.50	1.76	2.70
	SWAN	3.07	4.52	3.31	4.09	4.43	3.59	2.71
2	WAM	2.21	2.36	2.02	2.10	2.29	1.78	2.82
	SWAN	3.26	4.80	3.92	4.09	4.57	3.54	2.69
3	WAM	2.45	2.83	2.07	2.59	3.06	2.01	3.00
	SWAN	3.10	4.73	3.92	4.18	4.75	3.47	2.57
4	WAM	2.27	3.00	NaN	2.42	3.05	2.23	2.28
	SWAN	2.42	5.13	NaN	3.94	4.91	3.20	1.83
5	WAM	2.83	2.96	NaN	2.55	1.74	1.67	2.75
	SWAN	2.83	4.87	NaN	4.12	4.22	3.13	2.31
6	WAM	2.18	2.37	1.82	1.90	1.62	1.32	2.69
	SWAN	2.83	4.55	3.78	4.17	3.66	2.47	2.33
7	WAM	3.30	3.52	2.14	2.92	3.11	1.45	4.00
	SWAN	3.18	5.78	4.26	4.17	5.26	2.49	2.60
8	WAM	2.83	2.98	2.11	2.48	3.20	1.69	3.30
	SWAN	2.80	5.15	4.09	4.19	5.37	3.19	2.76
9	WAM	3.68	3.06	2.58	2.60	3.69	2.13	3.02
	SWAN	3.85	5.84	5.43	4.50	6.10	3.77	2.85
10	WAM	1.95	2.50	1.87	2.14	2.65	2.08	3.03
	SWAN	3.18	4.80	3.66	4.09	4.90	3.67	2.57
11	WAM	2.38	2.44	2.27	2.39	2.73	2.35	3.33
	SWAN	3.40	4.16	4.17	3.59	4.32	3.00	2.54
12	WAM	2.20	2.45	2.28	1.59	2.38	NaN	2.85
	SWAN	3.42	4.40	4.44	3.54	4.34	NaN	2.40

表 9.2-1-3 2005 年 1 至 12 月各商港推算波向 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	187.01	131.34	136.31	172.17	115.73	195.17	202.99
	SWAN	183.20	123.15	75.10	177.44	115.53	224.26	196.89
2	WAM	206.12	150.38	144.71	180.58	129.06	189.71	202.95
	SWAN	202.49	112.21	94.98	174.17	107.06	214.59	196.52
3	WAM	240.12	149.98	131.18	192.17	134.37	190.22	209.56
	SWAN	236.36	112.40	114.60	167.83	108.29	194.50	203.83
4	WAM	213.66	169.32	NaN	199.25	159.29	209.45	202.40
	SWAN	210.35	92.85	NaN	168.43	98.47	207.34	197.00
5	WAM	89.01	176.04	NaN	183.18	158.67	194.75	180.04
	SWAN	85.32	92.08	NaN	199.10	91.21	236.34	174.88
6	WAM	47.46	169.16	199.92	222.96	152.26	226.85	121.23
	SWAN	43.17	70.06	185.80	165.70	89.79	226.53	115.93
7	WAM	116.59	196.46	189.31	227.22	153.52	228.42	125.37
	SWAN	113.52	57.42	178.78	166.50	80.23	212.07	120.32
8	WAM	143.50	166.95	174.48	215.51	165.62	220.33	148.09
	SWAN	140.32	90.30	163.61	196.90	99.44	208.69	143.38
9	WAM	186.83	162.78	183.00	201.79	156.01	207.64	235.89
	SWAN	183.45	89.06	149.61	172.60	102.27	197.20	229.70
10	WAM	175.28	147.21	114.26	186.24	144.05	205.40	213.33
	SWAN	171.59	110.38	117.73	177.06	119.01	212.29	206.89
11	WAM	217.15	146.32	84.40	186.41	145.70	184.32	211.34
	SWAN	213.75	102.52	84.73	156.79	109.33	186.73	205.39
12	WAM	184.78	144.65	88.24	125.41	136.74	NaN	203.15
	SWAN	181.28	115.41	55.02	122.66	120.62	NaN	196.37

表 9.2-1-4 2006 年 1 至 12 月各商港推算示性波高 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	5.29	0.57	0.29	0.91	0.73	0.98	5.69
	SWAN	1.81	0.66	0.32	0.83	0.83	0.71	2.73
2	WAM	5.86	0.40	0.27	1.04	0.64	1.08	5.87
	SWAN	1.74	0.73	0.34	1.05	0.45	0.91	2.57
3	WAM	5.24	0.42	0.24	0.65	0.49	1.15	5.59
	SWAN	1.81	0.53	0.30	0.62	0.56	0.83	2.75
4	WAM	4.94	0.34	0.19	0.51	0.44	0.71	5.11
	SWAN	2.00	0.38	0.21	0.62	0.47	0.60	2.62
5	WAM	5.68	0.34	0.36	0.31	0.31	0.72	5.78
	SWAN	1.90	0.41	0.63	0.27	0.44	0.64	2.36
6	WAM	5.08	0.25	0.32	NaN	0.30	0.39	5.18
	SWAN	2.27	0.52	0.32	NaN	0.49	0.52	2.36
7	WAM	5.95	0.52	0.59	NaN	0.51	0.59	5.95
	SWAN	2.67	0.67	0.55	NaN	0.88	0.68	2.49
8	WAM	6.49	0.38	0.47	0.20	0.42	0.37	6.11
	SWAN	2.47	0.48	0.41	0.33	0.45	0.54	2.88
9	WAM	5.74	0.50	0.26	0.65	0.54	0.85	5.42
	SWAN	1.87	0.47	0.35	0.81	0.54	0.94	2.55
10	WAM	5.48	0.54	0.27	0.27	0.41	0.79	5.08
	SWAN	1.75	0.47	0.25	0.49	0.39	0.61	2.57
11	WAM	5.82	0.37	0.20	0.41	0.33	0.80	5.64
	SWAN	1.70	0.48	0.29	0.52	0.47	0.68	2.62
12	WAM	5.93	0.45	0.23	0.46	0.53	1.00	5.51
	SWAN	1.81	0.91	0.32	0.72	0.94	0.75	2.51

表 9.2-1-5 2006 年 1 至 12 月各商港推算示性週期 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	1.71	2.56	2.69	1.59	2.67	1.91	2.77
	SWAN	3.11	5.06	4.67	3.53	4.77	3.37	2.57
2	WAM	2.08	2.35	2.70	1.60	2.52	2.02	3.20
	SWAN	3.54	4.60	4.64	3.63	4.85	3.83	2.98
3	WAM	2.20	2.70	1.65	2.08	2.80	2.02	2.76
	SWAN	2.97	4.96	3.41	3.79	4.75	3.11	2.47
4	WAM	2.50	2.18	1.29	2.11	2.12	1.92	2.62
	SWAN	2.75	4.24	2.88	3.93	4.00	3.40	2.38
5	WAM	2.68	2.97	1.05	2.04	2.80	1.93	2.80
	SWAN	3.71	5.19	3.05	3.89	4.87	3.59	2.92
6	WAM	2.38	2.79	0.83	NaN	2.48	1.66	2.94
	SWAN	2.71	4.72	2.31	NaN	4.39	2.94	2.37
7	WAM	3.18	2.76	0.97	NaN	2.66	1.57	3.32
	SWAN	2.93	6.29	2.71	NaN	5.83	2.99	3.02
8	WAM	3.72	3.24	0.80	3.54	3.41	1.77	3.28
	SWAN	3.70	5.52	3.17	5.37	5.48	3.16	2.86
9	WAM	2.84	5.57	1.70	4.43	5.75	2.17	2.39
	SWAN	3.37	7.82	4.10	6.31	8.05	4.10	2.64
10	WAM	1.93	3.06	2.26	3.44	3.61	1.96	2.67
	SWAN	3.08	4.97	4.38	4.93	5.36	3.19	2.05
11	WAM	2.10	2.23	1.93	2.26	2.39	1.94	2.95
	SWAN	3.25	4.58	4.20	4.29	4.58	3.73	2.71
12	WAM	2.26	2.65	3.03	1.99	2.79	2.07	3.12
	SWAN	3.55	4.63	4.96	3.91	4.79	3.60	2.68

表 9.2-1-6 2006 年 1 至 12 月各商港推算波向 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	193.28	148.20	96.57	174.98	145.98	197.15	210.51
	SWAN	189.44	109.56	59.58	159.07	118.13	214.81	203.89
2	WAM	204.11	144.30	90.91	196.89	132.83	199.88	207.83
	SWAN	200.40	111.02	64.27	178.24	114.77	203.31	201.61
3	WAM	231.33	159.87	110.57	204.36	154.60	194.44	214.10
	SWAN	227.87	111.22	88.20	170.47	115.23	209.33	208.54
4	WAM	184.22	177.52	167.57	211.87	159.25	195.94	183.71
	SWAN	180.92	103.27	136.21	173.91	105.71	231.34	178.49
5	WAM	134.78	190.48	175.29	168.57	170.12	194.62	171.38
	SWAN	132.08	85.44	144.76	222.76	87.08	195.89	166.50
6	WAM	178.61	185.38	176.90	NaN	169.71	239.78	77.64
	SWAN	175.78	51.47	175.31	NaN	70.70	209.35	73.23
7	WAM	99.26	187.06	185.79	NaN	165.35	232.92	131.23
	SWAN	96.04	86.70	176.58	NaN	100.20	218.86	126.83
8	WAM	107.12	163.29	186.39	199.88	168.56	232.96	172.97
	SWAN	103.89	80.45	174.00	241.88	94.02	230.02	168.60
9	WAM	147.68	143.01	182.25	189.52	144.96	195.62	195.49
	SWAN	144.54	92.86	159.33	205.48	101.00	218.81	189.70
10	WAM	179.32	135.65	106.33	187.29	142.65	200.71	220.41
	SWAN	175.74	107.65	140.02	174.92	120.96	213.01	214.51
11	WAM	196.99	145.24	110.25	193.04	142.06	191.85	211.34
	SWAN	193.89	92.43	91.87	173.18	101.01	199.85	205.41
12	WAM	184.74	134.70	82.39	191.13	135.13	198.86	208.77
	SWAN	180.73	107.33	36.96	182.88	117.74	212.75	202.43

表 9.2-1-7 2007 年 1 至 12 月各商港推算示性波高 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	5.52	0.48	NaN	0.47	0.37	1.07	5.45
	SWAN	1.84	0.58	NaN	0.62	0.86	0.88	2.45
2	WAM	4.85	0.43	NaN	0.30	0.44	0.94	5.13
	SWAN	1.76	0.48	NaN	0.52	0.55	0.75	2.63
3	WAM	5.13	0.39	0.21	0.18	0.46	0.99	5.23
	SWAN	1.92	0.50	0.29	0.27	0.49	0.85	2.61
4	WAM	5.00	0.39	0.24	0.44	0.41	0.91	5.12
	SWAN	1.80	0.39	0.32	0.45	0.42	0.79	2.60
5	WAM	4.85	0.20	0.21	0.22	0.28	0.45	4.51
	SWAN	2.10	0.28	0.23	0.37	0.31	0.41	2.34
6	WAM	4.69	0.31	0.29	0.20	0.38	0.26	5.07
	SWAN	2.22	0.30	0.28	0.35	0.32	0.27	2.42
7	WAM	5.51	0.21	0.26	0.41	0.34	0.34	4.75
	SWAN	2.32	0.36	0.24	0.73	0.47	0.30	2.25
8	WAM	5.95	0.68	0.40	0.94	0.71	0.68	6.11
	SWAN	2.37	0.86	0.44	1.01	1.02	0.93	3.15
9	WAM	5.52	0.40	0.32	0.49	0.59	0.82	5.07
	SWAN	2.12	0.67	0.39	0.99	0.72	0.94	3.06
10	WAM	6.15	0.58	0.44	0.77	0.40	1.01	5.26
	SWAN	1.74	0.80	0.58	0.81	0.48	1.22	2.26
11	WAM	6.33	0.43	0.35	0.54	0.57	NaN	5.61
	SWAN	1.77	0.85	0.28	0.94	0.82	NaN	2.92
12	WAM	5.25	0.43	0.24	0.44	0.44	NaN	5.38
	SWAN	1.71	0.58	0.29	0.59	0.64	NaN	2.72

表 9.2-1-8 2007 年 1 至 12 月各商港推算示性週期 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	1.87	2.70	NaN	2.20	2.86	1.98	2.62
	SWAN	3.16	4.70	NaN	4.12	4.61	3.54	2.65
2	WAM	2.34	2.34	NaN	2.34	2.62	1.91	2.56
	SWAN	2.80	4.34	NaN	4.49	4.48	3.26	2.21
3	WAM	2.21	2.67	1.73	3.20	2.58	1.75	2.66
	SWAN	2.95	4.74	3.15	5.26	4.52	3.28	2.39
4	WAM	2.35	3.08	1.50	2.26	3.01	1.99	2.39
	SWAN	2.88	5.14	3.29	3.98	4.87	3.44	2.32
5	WAM	2.19	3.78	1.49	3.41	3.51	1.70	2.15
	SWAN	2.53	5.66	3.04	4.96	5.29	2.74	2.01
6	WAM	2.11	2.41	1.60	2.22	2.19	1.67	2.59
	SWAN	2.31	4.38	2.99	4.39	4.28	3.25	2.39
7	WAM	1.89	3.97	2.13	3.63	3.81	1.89	2.33
	SWAN	2.71	6.00	3.94	5.62	6.01	2.83	2.50
8	WAM	3.51	2.84	2.72	2.74	2.93	1.99	3.62
	SWAN	3.47	5.69	5.66	4.56	5.70	3.13	2.42
9	WAM	2.95	3.29	1.77	3.04	3.47	1.94	2.88
	SWAN	2.94	5.59	3.97	4.61	5.49	3.25	1.85
10	WAM	2.59	2.67	2.37	2.14	2.98	1.52	3.70
	SWAN	3.73	4.97	4.79	4.52	4.96	3.41	2.71
11	WAM	2.10	2.66	2.05	2.01	2.89	NaN	3.92
	SWAN	3.84	5.00	4.16	3.95	4.89	NaN	2.35
12	WAM	1.71	2.69	1.47	2.13	2.80	NaN	2.43
	SWAN	3.06	4.82	3.45	3.89	4.76	NaN	2.32

表 9.2-1-9 2007 年 1 至 12 月各商港推算波向 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	180.30	134.51	NaN	185.72	132.21	190.80	204.16
	SWAN	176.21	110.83	NaN	180.18	123.25	200.96	198.22
2	WAM	227.06	144.50	NaN	209.95	148.25	189.82	206.23
	SWAN	223.76	103.48	NaN	154.54	112.91	196.07	200.96
3	WAM	208.45	152.48	147.77	281.98	160.25	191.65	192.10
	SWAN	205.08	94.81	109.88	149.25	106.84	200.57	186.59
4	WAM	208.04	156.98	124.86	203.90	156.74	197.49	201.58
	SWAN	204.99	99.46	126.93	184.34	113.04	204.54	196.32
5	WAM	148.89	208.94	162.73	221.16	184.02	211.19	174.72
	SWAN	146.24	67.73	160.49	178.06	83.66	211.47	170.83
6	WAM	133.36	205.65	190.12	258.33	176.47	228.77	139.76
	SWAN	130.84	60.65	189.84	190.37	94.16	233.26	135.48
7	WAM	122.59	183.77	185.40	234.05	175.95	232.34	128.19
	SWAN	120.19	72.38	190.81	190.45	88.29	229.53	124.57
8	WAM	147.06	184.25	194.26	254.02	182.55	191.73	153.49
	SWAN	144.16	80.43	175.91	202.24	106.09	196.01	148.33
9	WAM	163.21	164.08	178.40	213.75	160.23	195.29	203.04
	SWAN	159.85	103.36	132.13	212.02	119.53	226.75	197.29
10	WAM	174.04	147.11	111.36	203.20	145.44	204.32	207.65
	SWAN	170.24	114.50	123.40	182.44	121.08	212.45	202.23
11	WAM	183.30	138.73	92.82	190.11	139.27	NaN	212.31
	SWAN	178.78	113.04	79.37	181.66	122.67	NaN	205.51
12	WAM	190.89	142.48	101.79	195.10	137.80	NaN	208.08
	SWAN	187.47	103.22	61.66	176.69	111.90	NaN	202.23

表 9.2-1-10 2008 年 1 至 11 月各商港推算示性波高 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	0.62	0.38	0.24	0.52	0.68	NaN	NaN
	SWAN	0.32	0.85	0.32	0.59	0.95	NaN	NaN
2	WAM	NaN	0.39	0.22	0.57	0.56	NaN	NaN
	SWAN	NaN	0.71	0.31	0.67	0.89	NaN	NaN
3	WAM	0.59	0.37	0.23	0.38	0.37	NaN	NaN
	SWAN	0.67	0.50	0.31	0.60	0.54	NaN	NaN
4	WAM	NaN	0.34	0.26	0.36	0.38	NaN	NaN
	SWAN	NaN	0.43	0.33	0.37	0.44	NaN	NaN
5	WAM	0.55	0.31	0.26	0.30	0.38	NaN	NaN
	SWAN	0.61	0.56	0.29	0.68	0.57	NaN	NaN
6	WAM	0.63	0.37	0.63	0.61	0.43	NaN	NaN
	SWAN	0.74	0.44	0.66	0.48	0.49	NaN	NaN
7	WAM	5.30	4.54	9.10	6.28	4.99	6.02	4.88
	SWAN	2.53	4.36	8.98	6.21	5.00	5.87	2.45
8	WAM	5.95	4.42	9.10	5.84	6.91	5.98	5.90
	SWAN	2.42	4.28	9.05	5.70	6.83	5.67	2.55
9	WAM	6.10	3.57	9.08	5.23	4.72	6.08	5.54
	SWAN	2.27	3.43	9.04	5.39	5.00	6.06	2.44
10	WAM	5.47	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	5.17
	SWAN	1.82	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.38
11	WAM	5.65	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	5.31
	SWAN	1.71	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.83

表 9.2-1-11 2008 年 1 至 11 月各商港推算平均週期 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	2.81	2.04	1.38	1.31	1.60	NaN	NaN
	SWAN	0.85	0.94	1.30	1.20	1.54	NaN	NaN
2	WAM	NaN	2.12	1.60	1.26	1.36	NaN	NaN
	SWAN	NaN	0.86	1.03	0.93	1.20	NaN	NaN
3	WAM	1.17	1.49	1.53	1.08	1.08	NaN	NaN
	SWAN	2.19	1.24	1.09	1.15	1.65	NaN	NaN
4	WAM	NaN	0.89	1.78	1.03	1.00	NaN	NaN
	SWAN	NaN	2.00	1.37	1.38	1.82	NaN	NaN
5	WAM	1.10	1.09	1.74	1.49	1.20	NaN	NaN
	SWAN	2.27	1.85	1.17	1.05	1.91	NaN	NaN
6	WAM	2.85	1.15	2.53	1.31	1.17	NaN	NaN
	SWAN	1.03	2.00	0.89	1.86	2.06	NaN	NaN
7	WAM	2.85	5.29	5.34	5.02	5.36	5.01	3.17
	SWAN	2.60	3.07	3.67	2.64	2.82	3.27	2.26
8	WAM	3.11	5.41	5.85	4.73	5.26	5.60	2.73
	SWAN	3.20	2.94	3.32	2.66	2.87	3.22	2.71
9	WAM	3.88	6.77	5.92	6.32	6.82	6.07	4.42
	SWAN	3.56	3.61	3.44	3.18	3.26	3.38	3.16
10	WAM	2.65	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.53
	SWAN	3.19	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.28
11	WAM	2.18	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.85
	SWAN	3.32	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	2.03

表 9.2-1-12 2008 年 1 至 11 月各商港推算平均波向 r.m.s.值

月　份	波向	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中	台北
1	WAM	99.45	139.30	107.26	189.25	130.45	NaN	NaN
	SWAN	51.65	109.60	51.43	174.12	110.29	NaN	NaN
2	WAM	NaN	134.16	116.20	184.91	135.62	NaN	NaN
	SWAN	NaN	118.70	45.06	181.74	126.84	NaN	NaN
3	WAM	110.05	151.33	92.78	197.52	149.02	NaN	NaN
	SWAN	125.37	101.11	113.21	173.93	112.69	NaN	NaN
4	WAM	NaN	167.42	160.93	203.57	105.82	NaN	NaN
	SWAN	NaN	86.43	142.43	161.62	118.23	NaN	NaN
5	WAM	94.94	171.85	167.83	212.37	77.70	NaN	NaN
	SWAN	143.82	101.74	164.34	210.45	122.96	NaN	NaN
6	WAM	208.92	220.91	220.59	258.87	116.05	NaN	NaN
	SWAN	204.62	34.61	219.82	184.81	167.03	NaN	NaN
7	WAM	106.41	309.05	108.36	295.80	321.83	83.80	116.50
	SWAN	103.37	140.06	103.38	265.59	163.05	158.08	112.34
8	WAM	118.97	328.26	116.61	282.79	330.38	93.30	133.70
	SWAN	116.10	129.29	149.93	219.88	137.04	180.94	129.58
9	WAM	143.56	285.78	156.52	262.36	287.69	163.97	198.44
	SWAN	139.90	164.84	188.81	224.53	170.88	215.04	193.12
10	WAM	182.17	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	215.34
	SWAN	179.13	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	210.06
11	WAM	197.50	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	206.18
	SWAN	193.73	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	200.26

表 9.2-1-13　台北港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風次數
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	
0501	8.48	4.30	0.17	6.08	5.10	7.67	2.12	6.25	193.65	
0502	10.26	8.89	0.37	5.82	4.77	7.67	2.84	7.46	204.25	
0503	11.29	7.38	0.29	6.59	5.28	9.75	3.05	7.99	203.95	
0504	8.48	6.96	0.26	5.77	4.51	8.64	1.59	5.26	61.10	
0505	7.01	6.09	0.22	5.50	4.38	6.80	1.44	5.13	61.23	
0506	8.48	5.10	0.20	4.96	4.06	6.80	1.60	5.30	63.03	
0507	9.33	17.58	0.88	6.68	5.65	12.38	4.74	7.92	232.55	1
0508	10.26	5.94	0.23	5.63	4.82	9.75	3.90	7.90	220.46	3
0509	12.42	3.49	0.11	10.02	9.04	12.38	2.85	5.82	280.59	3
0510	9.33	7.95	0.31	8.69	7.34	10.99	3.70	7.22	222.64	
0511	12.42	7.71	0.27	7.18	5.43	12.38	6.88	10.57	187.23	
0512	11.29	7.34	0.30	6.26	5.47	8.64	2.98	7.96	201.48	
0601	10.26	12.36	0.53	7.84	6.34	10.99	3.41	8.52	200.70	
0602	10.26	12.61	0.54	5.95	5.24	8.64	3.48	8.07	203.16	
0603	10.26	13.00	0.54	8.42	7.06	10.99	3.75	8.67	203.02	
0604	8.48	8.23	0.32	5.33	4.22	8.64	1.96	6.55	200.97	
0605	16.53	6.54	0.24	4.78	3.69	7.67	3.73	8.81	45.95	
0606	9.33	5.99	0.22	4.99	4.34	7.67	2.28	6.20	63.32	1
0607	10.26	2.72	0.10	5.12	3.93	9.75	3.08	7.40	212.45	
0608	12.42	2.79	0.08	9.48	8.05	12.38	2.49	7.60	184.17	3
0609	9.33	11.77	0.51	5.61	4.64	7.67	2.94	7.59	205.29	2
0610	8.48	5.97	0.22	4.74	3.80	7.67	1.59	5.59	215.83	1
0611	9.33	5.26	0.20	4.90	4.26	7.67	1.67	5.68	194.95	
0612	9.33	11.41	0.50	5.03	4.44	6.80	2.55	7.08	208.43	
0701	11.29	8.28	0.33	4.90	3.97	7.67	2.11	6.55	208.24	
0702	9.33	6.74	0.25	5.27	4.34	8.64	2.15	6.55	207.94	
0703	9.33	10.31	0.43	5.96	4.69	8.64	2.52	7.42	204.58	
0704	8.48	10.11	0.41	5.82	5.02	7.67	2.33	6.91	201.60	
0705	6.37	2.19	0.07	4.23	3.71	6.03	1.12	4.68	56.45	
0706	7.71	0.23	0.01	4.09	3.13	6.03	1.20	5.02	60.77	
0707	10.26	2.08	0.06	7.75	6.42	13.96	1.44	5.59	65.45	
0708	10.26	3.68	0.11	6.32	5.42	9.75	3.84	6.90	247.37	3
0709	13.66	5.54	0.21	8.25	7.07	9.75	4.18	8.37	180.07	1
0710	11.29	7.49	0.29	5.37	4.37	7.67	5.47	8.95	206.32	1
0711	9.33	11.52	0.48	6.27	5.51	8.64	4.12	8.41	197.47	1
0712	9.33	8.11	0.32	5.49	4.81	7.67	2.12	6.90	207.67	
0801	3.21	7.80	205.03	4.32	5.88	226.83	NaN	NaN	NaN	
0802	2.72	7.55	204.76	3.80	5.50	227.04	NaN	NaN	NaN	
0803	1.91	6.62	207.71	2.67	4.98	227.49	NaN	NaN	NaN	
0804	1.76	5.23	59.07	2.30	4.48	226.06	NaN	NaN	NaN	
0805	2.03	6.88	207.70	3.77	5.47	225.50	NaN	NaN	NaN	
0806	1.37	5.04	61.15	2.09	3.79	154.99	NaN	NaN	NaN	
0807	3.23	6.70	241.84	4.27	4.58	9.70	NaN	NaN	NaN	2
0808	1.20	6.37	59.67	6.28	7.20	240.77	NaN	NaN	NaN	1
0809	4.85	8.78	206.83	6.44	6.03	269.44	NaN	NaN	NaN	3
0810	1.66	5.86	202.88	1.85	3.97	216.88	NaN	NaN	NaN	
0811	3.19	7.79	198.75	3.70	5.76	238.40	NaN	NaN	NaN	

表 9.2-1-14　台中港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風次數
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	
0501	2.06	6.19	211.28	3.23	5.44	230.61	4.71	8.30	5.90	
0502	2.84	7.32	210.35	3.01	5.13	235.73	6.24	6.20	320.10	
0503	3.20	7.80	208.51	3.53	5.09	228.36	6.91	6.20	358.10	
0504	1.33	4.84	227.83	2.71	3.79	221.50	3.23	6.50	27.90	
0505	1.59	5.55	213.99	1.61	3.87	31.01	2.93	6.30	23.30	
0506	1.72	5.62	47.97	2.22	4.37	37.52	2.15	7.10	23.10	
0507	6.19	8.70	208.60	4.33	6.17	344.64	6.96	8.90	6.00	1
0508	4.72	8.41	210.53	4.48	5.71	67.77	5.80	8.00	6.50	3
0509	3.12	6.41	21.74	3.43	9.42	256.52	6.26	9.30	357.60	3
0510	4.62	7.80	210.59	3.62	7.18	280.88	6.26	6.20	13.20	
0511	6.50	9.88	196.63	5.51	6.60	237.97	4.46	6.20	7.70	
0512	3.00	7.58	206.22	5.11	6.55	229.45	NaN	NaN	NaN	
0601	3.40	8.18	206.79	3.52	5.86	230.88	4.66	10.10	358.50	
0602	3.57	8.16	210.12	4.05	6.00	226.26	4.88	10.10	359.80	
0603	3.91	8.41	209.84	3.58	5.97	232.97	3.74	9.50	4.40	
0604	2.04	6.36	208.56	2.97	5.07	228.60	2.81	7.90	6.30	
0605	5.56	10.13	34.75	2.88	3.75	80.21	4.93	12.10	4.20	
0606	2.28	6.24	50.49	2.95	4.68	35.90	1.98	5.70	252.20	1
0607	4.25	8.33	31.73	4.19	6.10	51.26	4.72	7.90	306.60	
0608	1.79	5.05	237.59	2.99	8.87	255.96	3.02	7.90	17.20	3
0609	3.29	7.64	208.63	3.05	5.78	293.74	4.86	10.20	0.50	2
0610	1.81	5.43	218.43	3.36	4.92	230.77	3.69	8.00	10.10	1
0611	1.86	5.67	215.91	3.42	5.08	222.77	3.42	7.00	10.60	
0612	2.78	6.93	216.76	3.98	5.89	230.34	4.08	8.60	5.20	
0701	2.23	6.42	211.51	3.59	5.53	249.76	5.21	6.90	9.20	
0702	2.15	6.29	213.89	2.90	4.50	231.59	4.79	7.70	8.90	
0703	2.69	7.02	211.83	3.25	5.54	230.38	5.63	8.20	6.30	
0704	2.61	6.86	208.04	3.20	5.21	232.04	5.86	9.30	0.30	
0705	1.23	5.10	7.91	2.26	4.38	219.84	3.48	7.50	14.80	
0706	1.23	4.83	48.39	1.15	3.29	0.02	3.52	6.30	72.00	
0707	1.63	5.86	37.20	3.56	6.72	287.43	3.23	6.70	286.80	
0708	5.06	7.82	221.42	3.53	4.97	38.82	5.43	9.10	NaN	3
0709	3.28	8.05	188.30	5.00	8.01	276.56	4.62	7.00	NaN	1
0710	6.24	9.23	191.30	3.39	5.36	319.97	6.74	9.80	NaN	1
0711	4.69	8.55	201.37	5.05	6.52	228.51	NaN	NaN	NaN	1
0712	2.14	6.48	206.11	3.39	4.80	223.85	NaN	NaN	NaN	
0801	3.53	7.76	210.27	4.79	6.46	232.19	NaN	NaN	NaN	
0802	2.72	7.31	209.22	3.76	5.05	232.22	NaN	NaN	NaN	
0803	1.98	6.26	208.49	2.85	4.97	227.97	NaN	NaN	NaN	
0804	1.73	5.82	208.35	2.38	4.46	226.43	NaN	NaN	NaN	
0805	2.22	6.47	209.53	3.69	5.43	231.20	NaN	NaN	NaN	
0806	1.68	6.98	37.18	2.39	4.30	53.10	NaN	NaN	NaN	
0807	4.41	7.69	217.35	4.48	6.12	17.78	10.15	3.95	61.62	2
0808	2.16	7.17	34.06	5.26	7.00	241.95	1.53	2.80	256.39	1
0809	6.59	9.93	196.58	7.45	6.87	251.81	6.81	4.60	299.53	3
0810	1.79	5.90	209.29	2.10	4.10	237.30	NaN	NaN	NaN	
0811	3.39	7.56	207.65	4.41	6.23	238.98	NaN	NaN	NaN	

表 9.2-1-15　安平港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風次數
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	
0501	8.48	6.35	0.23	3.95	3.22	6.03	1.71	5.68	178.70	
0502	10.26	4.73	0.18	3.72	3.02	5.35	1.61	5.94	180.33	
0503	10.26	6.19	0.22	4.34	3.49	6.80	2.06	7.15	180.79	
0504	10.26	1.27	0.04	3.67	2.87	5.35	1.16	4.88	183.40	
0505	8.48	3.62	0.11	4.40	3.63	6.03	1.50	5.64	61.37	
0506	7.71	7.03	0.26	4.18	3.41	6.03	1.75	5.92	38.31	
0507	10.26	20.07	1.12	5.67	4.95	7.67	5.91	9.36	128.98	1
0508	11.29	14.57	0.65	6.07	5.33	8.64	4.78	8.98	349.98	3
0509	12.42	3.20	0.12	5.54	4.77	7.67	2.69	6.01	97.10	3
0510	9.33	7.54	0.26	4.59	3.63	7.67	3.36	7.53	160.99	
0511	12.42	5.08	0.17	4.44	3.63	6.03	4.25	9.02	179.76	
0512	8.48	7.53	0.28	4.36	3.57	6.80	2.57	6.75	177.50	
0601	9.33	7.61	0.30	4.05	3.31	6.03	1.93	7.37	182.27	
0602	10.26	8.59	0.34	4.11	3.36	6.80	2.13	6.45	180.48	
0603	10.26	7.28	0.27	4.14	3.42	6.03	2.05	8.41	183.55	
0604	7.71	3.63	0.14	3.78	3.01	6.03	1.26	6.43	151.83	
0605	13.66	4.05	0.13	4.13	3.06	12.38	5.60	10.95	27.41	
0606	8.48	10.78	0.45	4.84	3.89	7.67	3.02	7.24	44.31	1
0607	10.26	13.80	0.59	7.28	6.14	10.99	4.24	8.88	39.49	
0608	10.26	4.41	0.16	4.74	3.81	6.80	1.93	9.33	33.32	3
0609	11.29	2.89	0.10	4.09	3.38	6.03	1.78	8.11	181.39	2
0610	13.66	6.62	0.24	3.74	3.11	4.75	1.65	8.83	17.29	1
0611	13.66	3.87	0.15	3.40	2.83	4.75	1.58	7.31	47.43	
0612	10.26	8.79	0.34	4.23	3.46	6.03	2.05	6.07	181.37	
0701	8.48	6.27	0.23	4.20	3.39	6.03	1.75	5.68	180.21	
0702	7.71	3.47	0.11	3.27	2.66	4.75	1.38	5.47	175.30	
0703	8.48	5.91	0.22	3.88	3.14	6.03	1.50	6.58	182.78	
0704	10.26	7.45	0.28	4.75	3.84	6.03	1.83	6.87	179.17	
0705	7.01	1.28	0.04	3.73	2.93	6.03	1.29	5.24	7.55	
0706	6.37	3.22	0.12	4.24	3.32	6.03	1.29	5.23	7.63	
0707	9.33	3.85	0.13	4.37	3.45	6.03	1.39	6.28	31.40	
0708	11.29	4.83	0.20	5.93	5.16	9.75	4.21	7.71	52.05	3
0709	9.33	4.61	0.18	4.59	3.63	6.03	2.18	6.16	167.70	1
0710	11.29	6.52	0.24	5.22	4.32	7.67	3.81	7.32	154.62	1
0711	13.66	9.25	0.39	4.64	3.70	6.03	4.26	8.87	184.44	1
0712	9.33	6.62	0.24	3.39	2.82	4.21	1.49	5.49	177.33	
0801	2.17	7.21	186.22	1.51	3.70	270.67	1.02	3.59	307.31	
0802	1.84	6.21	178.38	1.89	3.99	289.08	NaN	NaN	NaN	
0803	1.40	5.54	175.69	1.51	3.44	138.97	2.17	5.42	83.35	
0804	1.29	5.21	7.48	1.39	3.45	127.60	NaN	NaN	NaN	
0805	1.37	6.14	177.17	1.45	3.27	170.98	2.73	7.09	110.55	
0806	2.32	7.50	18.40	2.87	4.72	63.71	1.73	1.88	207.78	
0807	4.26	8.02	159.38	3.77	5.42	342.93	4.17	5.53	218.72	2
0808	3.09	8.81	9.82	3.88	5.33	130.39	2.06	6.34	200.47	1
0809	4.45	8.76	166.82	4.58	5.82	136.15	6.00	9.56	130.25	3
0810	1.29	5.21	7.48	1.22	3.10	178.04	0.72	2.29	302.00	
0811	2.38	6.37	170.17	2.80	4.52	287.71	1.07	2.09	305.28	

表 9.2-1-16　高雄港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風次數
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	
0501	1.09	4.59	162.37	1.80	3.97	294.29	1.59	4.00	320.30	
0502	0.97	4.90	199.99	1.45	3.62	294.29	1.77	8.20	299.30	
0503	1.45	5.10	162.01	2.39	4.37	295.65	1.55	4.50	321.80	
0504	0.87	4.03	257.54	1.28	3.35	305.58	NaN	NaN	NaN	
0505	1.53	5.75	64.56	1.78	4.15	35.24	NaN	NaN	NaN	
0506	1.84	6.24	39.30	1.78	3.93	43.01	3.82	8.40	236.40	
0507	6.01	9.06	90.42	5.24	6.48	352.78	6.46	8.40	262.00	1
0508	4.83	9.01	352.48	4.33	5.86	89.59	4.75	11.10	211.00	3
0509	2.40	6.00	81.13	2.67	5.48	56.62	4.94	7.20	259.40	3
0510	2.32	5.96	139.25	3.78	4.87	337.11	2.64	5.60	306.00	
0511	2.49	5.78	191.04	2.38	4.44	295.44	1.12	8.30	284.90	
0512	1.86	6.03	169.58	2.22	4.16	293.75	1.34	5.30	313.40	
0601	1.16	4.74	220.39	1.68	4.02	302.41	1.27	6.70	314.30	
0602	1.37	5.45	164.51	1.87	4.09	294.78	1.48	6.00	201.30	
0603	1.29	5.35	160.44	1.94	4.09	297.21	1.39	6.20	316.20	
0604	0.99	4.48	335.08	1.17	3.16	93.65	1.53	5.10	188.50	
0605	5.28	10.96	32.37	3.96	5.12	82.91	6.67	8.00	230.30	
0606	3.03	7.35	46.57	2.75	4.87	43.49	4.24	8.70	239.90	1
0607	4.23	8.96	40.68	5.32	7.05	60.37	5.75	7.60	236.00	
0608	1.90	9.27	34.97	2.12	3.91	51.08	4.17	7.80	225.30	3
0609	1.33	4.90	150.80	2.05	4.11	309.37	1.91	5.30	304.80	2
0610	1.60	9.40	9.36	1.00	2.95	298.86	1.26	6.30	293.60	1
0611	1.53	7.58	6.30	0.90	2.67	128.43	1.24	9.80	237.10	
0612	1.51	5.40	171.09	2.07	4.28	296.80	1.20	5.90	282.70	
0701	1.30	5.23	7.31	1.86	4.10	296.55	NaN	NaN	NaN	
0702	1.30	5.24	7.33	1.20	3.34	298.60	NaN	NaN	NaN	
0703	1.30	5.23	7.29	1.56	3.78	296.24	1.42	5.10	318.80	
0704	1.29	5.21	7.29	1.40	3.46	285.77	1.32	5.50	308.90	
0705	1.30	5.23	7.36	1.15	3.94	335.72	1.00	4.70	247.40	
0706	1.30	5.23	7.47	1.17	3.31	68.04	1.95	7.80	221.70	
0707	1.41	6.32	31.00	1.62	4.26	26.93	2.16	9.60	238.10	
0708	3.92	9.00	39.75	5.72	7.29	57.07	2.91	10.70	221.10	3
0709	1.76	5.41	148.54	2.72	4.77	312.03	1.98	5.90	285.60	1
0710	2.91	6.30	129.50	3.59	5.43	326.56	4.18	8.00	278.70	1
0711	2.82	7.55	190.29	2.49	4.93	308.25	1.83	9.90	302.30	1
0712	1.30	5.23	7.32	1.14	3.32	298.72	1.24	5.80	317.80	
0801	1.36	5.08	208.48	1.20	3.30	292.86	1.27	4.48	290.43	
0802	1.29	5.24	7.36	1.80	3.97	297.88	1.39	3.75	307.39	
0803	1.29	5.25	7.41	1.22	3.20	89.93	1.39	3.68	256.12	
0804	1.29	5.23	7.32	1.20	3.11	123.36	3.42	5.57	54.27	
0805	1.30	5.21	7.33	1.25	4.16	25.31	1.40	4.56	215.74	
0806	2.33	8.33	17.55	2.52	4.05	55.69	3.42	5.57	54.27	
0807	3.42	6.97	126.42	4.27	6.09	342.27	NaN	NaN	NaN	2
0808	3.42	8.39	320.70	3.35	4.81	132.46	NaN	NaN	NaN	1
0809	3.22	7.57	306.38	3.92	5.18	136.01	NaN	NaN	NaN	3
0810	1.29	5.21	7.29	1.16	4.70	0.12	1.24	8.93	232.34	
0811	1.88	6.08	160.07	2.54	4.66	303.23	1.38	4.33	321.75	

表 9.2-1-17　花蓮港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風次數
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	
0501	1.79	6.72	215.07	3.12	5.52	219.08	2.81	8.60	117.80	
0502	2.59	8.17	212.64	3.05	4.76	223.25	2.82	8.80	71.60	
0503	2.50	7.97	212.07	3.92	5.74	227.15	3.52	9.10	79.30	
0504	1.50	5.94	230.72	2.79	4.58	225.52	2.47	7.00	130.60	
0505	1.21	5.74	233.34	2.26	4.68	62.14	2.10	9.90	87.10	
0506	1.37	8.09	282.84	2.40	4.67	64.12	2.62	6.20	138.10	
0507	8.34	12.59	254.27	4.62	4.62	229.27	7.50	12.80	104.70	1
0508	5.99	10.67	244.37	4.55	6.21	124.14	5.32	12.60	107.00	3
0509	3.81	6.82	343.78	4.22	5.40	173.25	7.53	11.40	106.40	3
0510	5.74	9.65	281.15	4.10	6.73	93.14	10.85	12.40	111.70	
0511	3.38	6.86	212.32	4.98	6.74	224.82	3.38	9.80	90.70	
0512	2.82	7.99	216.09	5.89	7.21	218.14	3.37	9.70	73.70	
0601	2.64	8.33	214.59	4.01	6.27	222.53	3.32	8.60	71.30	
0602	2.83	8.27	219.06	4.32	6.10	218.13	3.23	9.10	84.10	
0603	2.71	8.51	212.76	4.00	6.46	216.46	3.62	11.50	83.60	
0604	1.37	5.62	346.18	2.81	5.05	221.45	2.31	6.80	138.80	
0605	2.22	6.37	4.84	2.19	3.88	125.89	2.89	6.40	146.20	
0606	1.77	6.00	24.29	3.03	4.50	56.56	1.35	6.60	146.80	1
0607	4.46	10.99	271.28	3.71	6.22	90.29	5.25	8.40	145.90	
0608	2.55	7.02	256.64	2.12	6.98	227.54	3.86	7.60	113.50	3
0609	3.52	9.41	265.48	2.64	4.59	232.04	4.24	12.60	113.70	2
0610	2.23	8.11	281.44	3.09	4.65	220.31	2.89	10.10	92.60	1
0611	2.13	9.41	297.55	3.26	4.32	213.98	3.53	7.30	109.80	
0612	2.79	8.07	220.87	5.11	6.74	222.46	3.19	10.10	100.60	
0701	2.05	7.49	211.81	4.08	5.72	222.26	3.36	8.40	85.20	
0702	1.59	6.53	215.77	3.27	5.06	229.86	2.74	8.00	80.50	
0703	2.26	7.85	215.25	3.22	5.78	218.79	2.69	10.40	94.00	
0704	2.03	6.94	217.52	3.19	5.23	223.50	2.85	5.60	84.10	
0705	1.29	5.20	352.40	2.04	4.27	218.15	1.25	5.70	100.30	
0706	1.29	5.24	352.41	1.48	3.83	82.52	2.12	8.40	132.50	
0707	3.57	12.35	276.12	2.98	4.04	328.74	3.69	15.20	136.70	
0708	7.51	10.00	314.09	4.83	6.57	75.43	7.22	11.90	27.90	3
0709	4.23	10.39	238.12	3.44	5.65	207.39	3.74	12.60	113.70	1
0710	6.38	10.80	242.56	4.36	5.75	254.31	6.49	13.30	115.80	1
0711	4.02	8.84	219.68	5.79	5.36	217.06	4.43	11.70	98.70	1
0712	2.08	7.90	210.44	3.50	5.92	218.47	2.45	9.70	96.30	
0801	2.74	7.71	218.39	4.73	5.83	224.89	2.73	6.33	100.18	
0802	2.53	8.36	216.31	3.95	6.34	220.38	3.25	6.40	85.04	
0803	1.61	7.03	220.65	2.79	5.00	218.15	2.17	5.42	83.35	
0804	1.53	6.65	220.21	2.52	4.58	216.23	2.09	4.63	73.68	
0805	2.41	9.96	250.02	4.36	6.38	225.10	2.73	7.09	110.55	
0806	1.75	7.29	342.52	1.86	4.03	73.01	2.09	4.63	73.68	
0807	6.24	11.04	279.01	5.16	6.00	65.60	10.28	6.06	148.06	2
0808	2.58	10.35	315.50	4.12	5.85	144.25	2.97	7.52	146.51	1
0809	7.29	11.48	270.17	6.77	7.08	226.49	6.00	9.56	130.25	3
0810	1.29	5.20	352.40	2.08	4.24	221.65	2.05	9.17	95.05	
0811	2.77	7.42	217.30	4.49	6.46	226.12	2.78	6.80	104.42	

表 9.2-1-18　蘇澳港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	次數
0501	2.37	6.90	202.68	3.29	5.30	220.77	2.27	10.40	89.20	
0502	3.40	8.41	202.81	3.21	4.63	230.39	2.71	7.60	145.00	
0503	3.27	8.30	201.33	3.98	4.93	228.89	3.00	11.10	89.40	
0504	1.52	6.04	226.41	2.81	4.88	213.98	2.03	7.10	147.80	
0505	1.52	5.88	234.48	1.88	4.69	80.66	1.38	6.00	231.70	
0506	1.45	7.69	277.90	2.19	4.42	66.75	2.62	8.10	211.20	
0507	10.13	11.54	289.03	5.01	5.13	233.24	12.04	12.20	116.20	1
0508	8.27	11.95	266.62	4.54	6.26	143.00	13.24	13.30	109.10	3
0509	4.21	7.81	326.55	4.47	6.13	149.32	9.88	11.20	162.00	3
0510	7.29	10.65	281.41	4.45	7.05	204.52	12.45	13.00	128.70	
0511	5.76	10.26	189.86	4.54	5.00	193.69	3.16	10.20	76.10	
0512	3.58	8.83	204.02	5.45	6.77	213.10	2.51	8.80	93.30	
0601	3.69	9.06	200.28	4.03	6.39	215.30	3.32	8.50	107.30	
0602	3.72	8.87	203.85	4.09	5.50	207.60	2.17	10.80	79.60	
0603	3.92	9.14	199.48	3.94	6.54	210.97	2.64	11.80	82.30	
0604	2.00	7.11	200.40	2.64	4.82	218.43	2.39	7.30	194.10	
0605	2.35	6.50	357.68	2.08	4.17	119.15	3.21	7.00	216.40	
0606	1.38	7.89	2.41	2.63	4.41	62.03	1.72	9.00	72.60	1
0607	4.96	9.97	263.89	3.54	4.47	311.56	7.37	12.50	183.50	
0608	3.10	10.26	241.05	2.86	8.65	248.98	3.84	9.80	103.00	3
0609	3.87	9.49	274.02	2.93	4.32	231.73	5.37	11.90	137.70	2
0610	2.15	7.70	272.17	3.26	4.99	219.21	2.84	10.70	94.60	1
0611	2.33	8.45	259.50	2.96	4.64	209.83	2.49	11.40	125.90	
0612	3.23	7.96	211.74	4.90	5.49	218.66	3.66	11.40	83.70	
0701	2.55	7.94	201.70	4.21	5.40	214.23	2.15	9.20	63.10	
0702	2.32	7.00	204.25	3.15	4.41	224.15	1.94	6.00	145.70	
0703	2.90	8.15	204.25	3.34	5.81	217.05	2.69	6.90	95.40	
0704	2.52	7.29	206.09	3.01	5.34	218.10	2.47	10.40	82.10	
0705	1.27	5.18	350.60	2.21	4.37	206.15	1.97	11.50	129.20	
0706	1.27	5.21	350.49	1.27	3.39	116.99	2.00	5.50	192.60	
0707	3.74	11.93	270.72	4.18	3.63	250.42	5.10	15.20	117.40	
0708	8.14	10.88	309.15	4.27	4.75	69.42	7.56	13.50	138.70	3
0709	5.77	10.71	236.41	5.65	4.48	270.32	3.59	11.30	78.40	1
0710	7.94	11.36	251.56	3.42	4.21	266.88	3.41	13.00	111.70	1
0711	4.74	8.93	209.47	5.52	7.22	218.77	3.85	10.60	118.30	1
0712	2.53	8.20	200.62	3.62	5.92	214.34	2.98	10.60	89.70	
0801	3.51	8.49	207.95	4.56	6.00	220.85	2.25	6.03	71.28	
0802	3.27	8.55	206.40	4.09	5.63	212.60	2.82	6.67	79.48	
0803	2.06	7.22	209.95	2.68	4.79	217.47	1.89	6.74	71.59	
0804	1.93	6.87	202.93	2.40	4.53	216.17	2.29	5.88	308.75	
0805	2.62	9.55	238.61	4.33	5.78	218.54	2.48	6.59	311.29	
0806	1.68	7.17	342.79	1.92	3.99	120.82	2.29	5.88	308.75	
0807	7.28	10.60	297.17	4.24	5.65	89.93	9.08	8.84	127.09	2
0808	2.55	8.32	326.04	4.56	6.10	194.34	3.85	7.84	178.56	1
0809	7.47	11.08	304.27	6.67	7.47	220.24	8.84	10.14	119.86	3
0810	1.63	5.99	219.25	2.02	4.13	214.51	2.01	8.06	72.77	
0811	3.45	8.19	198.66	4.12	6.25	217.25	2.65	7.27	68.14	

表 9.2-1-19　基隆港各月份最大波浪及相對週期與波向

時間	WAM			SWAN			現場觀測			颱風次數
	Hs	Tmean	Dir	Hs	Tmean	Dir	Hs	Ts	Dir	
0501	2.50	6.76	201.19	3.31	5.25	221.78	4.11	10.20	35.10	
0502	3.55	8.18	203.90	3.38	5.82	231.24	5.60	9.90	27.20	
0503	3.46	8.37	203.83	3.97	6.25	217.41	5.01	10.20	42.70	
0504	1.51	5.89	226.56	2.78	4.88	227.58	2.46	7.40	37.60	
0505	1.65	5.85	236.08	1.54	5.56	253.23	3.03	7.70	24.20	
0506	1.35	8.04	255.35	1.98	3.89	250.03	1.50	7.60	66.90	
0507	8.92	11.49	280.18	6.29	6.21	269.48	5.80	6.30	69.30	1
0508	8.13	11.78	269.42	4.56	4.65	298.73	7.41	7.30	31.40	3
0509	3.96	9.68	239.93	4.86	10.17	256.06	4.87	6.20	68.30	3
0510	6.72	10.45	275.11	4.85	8.99	265.21	4.62	9.00	25.60	
0511	6.95	10.28	188.73	4.75	6.44	231.93	4.54	8.90	40.30	
0512	3.68	8.68	204.33	5.14	5.43	213.10	6.17	6.20	71.00	
0601	3.95	9.03	201.84	3.95	6.40	218.54	8.14	10.10	246.20	
0602	3.98	8.73	205.22	4.17	5.89	216.61	6.74	9.10	25.10	
0603	4.23	9.06	201.80	3.90	6.54	215.51	5.25	9.80	18.60	
0604	2.19	6.95	200.53	2.60	5.03	219.82	4.76	6.20	10.00	
0605	2.29	6.73	211.21	1.71	3.71	197.68	1.73	10.10	25.40	
0606	1.28	4.47	80.18	1.45	3.18	39.35	0.00	0.00	0.00	1
0607	5.23	9.92	260.21	4.27	4.91	304.84	0.00	0.00	0.00	
0608	3.52	9.71	235.94	3.91	9.96	256.03	1.69	5.50	31.30	3
0609	3.35	8.81	260.87	2.99	5.04	286.84	4.67	8.90	27.40	2
0610	1.86	6.52	248.37	3.57	4.96	218.73	2.85	7.60	29.40	1
0611	2.08	6.95	222.33	2.90	4.33	213.98	2.95	9.00	26.30	
0612	3.27	7.91	214.12	4.57	5.49	224.78	3.72	9.40	27.20	
0701	2.58	7.58	201.16	4.05	5.51	211.95	3.29	9.20	25.70	
0702	2.52	6.95	206.00	3.15	4.60	221.26	2.22	8.80	28.50	
0703	3.02	8.05	205.19	3.43	6.07	217.51	0.75	13.90	28.50	
0704	2.61	7.23	206.91	3.06	5.61	217.76	4.09	9.80	22.50	
0705	1.20	5.77	288.19	2.12	4.11	205.06	2.15	7.40	28.80	
0706	0.86	4.86	341.83	1.04	2.96	151.02	1.10	7.00	34.00	
0707	3.62	11.77	268.64	5.74	5.59	274.06	1.89	9.70	54.60	
0708	6.46	9.92	290.44	3.98	4.02	284.83	2.51	7.30	61.10	3
0709	6.09	10.89	242.18	8.19	5.78	287.66	4.22	12.40	40.40	1
0710	7.57	11.39	251.88	4.02	5.19	305.38	7.06	11.10	24.60	1
0711	4.70	8.78	206.94	5.37	5.43	227.12	6.52	11.30	28.70	1
0712	2.56	8.05	202.21	3.61	5.90	214.52	3.48	9.20	36.90	
0801	3.72	8.39	208.74	4.67	5.87	220.19	4.15	6.99	29.22	
0802	3.38	8.28	207.16	4.00	6.16	222.32	4.29	7.09	30.24	
0803	2.22	7.08	205.85	2.84	4.97	215.95	3.11	6.25	33.06	
0804	1.97	6.76	209.05	2.45	4.66	221.14	2.70	5.95	32.48	
0805	2.50	7.68	212.28	4.30	6.10	215.96	2.78	5.62	29.26	
0806	0.89	6.22	329.53	1.61	3.50	144.00	2.70	5.95	32.48	
0807	6.25	10.28	285.64	3.03	3.40	290.69	3.19	5.60	55.79	2
0808	1.93	7.05	317.32	5.43	6.69	208.76	1.16	5.91	27.31	1
0809	7.40	10.80	285.03	6.19	6.92	207.57	4.78	6.54	36.91	3
0810	1.84	5.97	220.57	1.83	4.01	211.99	2.59	7.70	25.35	
0811	3.65	8.25	200.98	3.91	5.78	228.22	4.82	7.50	26.35	

9.2.2 颱風波浪模擬及分析

在 2005 年至 2008 年期間，中央氣象局共計發佈了 26 個颱風警報，如表 9.2-2-1 所示。表 9.2-2-2～表 9.2-2-8 則分別為 7 個商港 26 個颱風侵襲期間之最大示性波高及最大平均週期(實測值為最大示性週期)，由於最大波向之代表意義尚未名確定義，為免造成混淆，本節不予以討論。圖 9.2-2-1～圖 9.2-2-7、圖 9.2-2-8～圖 9.2-2-14、圖 9.2-2-15～圖 9.2-2-21、圖 9.2-2-22～圖 9.2-2-28 分別為 2005 年龍王颱風、2006 年凱米颱風、2007 年聖帕颱風與 2008 年薔蜜颱風在 7 個商港之實測與推算波高、週期及波向的時序圖。

表 9.2-2-1 2005 年～2008 年中央氣象局發佈之颱風警報

名　稱	編 號	發 佈 時 間	解 除 時 間	最大強度
海棠 (HAITANG)	0505	海上:2005/7/16 14:30 陸上:2005/7/16 23:30	海上:2005/7/20 2:30 陸上:2005/7/20 2:30	強烈
馬莎 (MATSA)	0509	海上:2005/8/3 8:30 陸上:2005/8/4 2:30	海上:2005/8/6 8:30 陸上:2005/8/5 20:30	中度
珊瑚 (SANVU)	0510	海上:2005/8/11 16:0 陸上:2005/8/13 2:30	海上:2005/8/13 20:30 陸上:2005/8/13 17:30	輕度
泰利 (TALIM)	0513	海上:2005/8/30 8:30 陸上:2005/8/30 20:30	海上:2005/9/1 23:30 陸上:2005/9/1 23:30	強烈
卡努 (KHANUN)	0515	海上:2005/9/9 17:30 陸上:2005/9/10 2:30	海上:2005/9/11 14:30 陸上:2005/9/11 5:30	中度
丹瑞 (DAMREY)	0518	海上:2005/9/21 10:30	海上:2005/9/23 8:30	中度
龍王 (LONGWANG)	0519	海上:2005/9/30 20:30 陸上:2005/10/1 5:30	海上:2005/10/3 8:30 陸上:2005/10/3 8:30	強烈
珍珠 (CHANCHU)	0601	海上:2006/5/16 17:30 陸上:2006/5/17 2:30	海上:2006/5/18 17:30 陸上:2006/5/18 17:30	中度
艾維尼 (EWINIAR)	0603	海上:2006/7/7 23:30	海上:2006/7/9 5:30	中度
碧利斯 (BILIS)	0604	海上:2006/7/12 2:30 陸上:2006/7/12 8:30	海上:2006/7/15 2:30 陸上:2006/7/15 2:30	輕度
凱米 (KAEMI)	0605	海上:2006/7/23 14:30 陸上:2006/7/23 23:30	海上:2006/7/26 2:30 陸上:2006/7/26 2:30	中度
桑美 (SAOMAI)	0608	海上:2006/8/9 2:30 陸上:2006/8/9 11:30	海上:2006/8/10 23:30 陸上:2006/8/10 23:30	中度
寶發 (BOPHA)	0609	海上:2006/8/7 20:30 陸上:2006/8/8 14:30	海上:2006/8/9 14:30 陸上:2006/8/9 11:30	輕度
珊珊 (SHANSHAN)	0613	海上:2006/9/14 14:30	海上:2006/9/16 14:30	中度
帕布 (PABUK)	0706	海上:2007/8/6 23:30 陸上:2007/8/7 5:30	海上:2007/8/8 14:30 陸上:2007/8/8 11:30	輕度
梧提 (WUTIP)	0707	海上:2007/8/8 11:30 陸上:2007/8/8 11:30	海上:2007/8/9 11:30 陸上:2007/8/9 11:30	輕度
聖帕 (SEPAT)	0708	海上:2007/8/16 8:30 陸上:2007/8/16 20:30	海上:2007/8/19 14:30 陸上:2007/8/19 14:30	強烈
韋帕 (WIPHA)	0712	海上:2007/9/17 5:30 陸上:2007/9/17 14:30	海上:2007/9/19 8:30 陸上:2007/9/19 8:30	中度
柯羅莎 (KROSA)	0715	海上:2007/10/4 17:30 陸上:2007/10/5 5:30	海上:2007/10/7 23:30 陸上:2007/10/7 20:30	強烈
米塔 (MITAG)	0723	海上:2007/11/26 5:30	海上:2007/11/27 11:30	中度
卡玫基 (KALMAEGI)	0807	海上:2008/7/16 14:30 陸上:2008/7/17 2:30	海上:2008/7/18 23:30 陸上:2008/7/18 20:30	中度
鳳凰 (FUNG-WONG)	0808	海上:2008/7/26 11:30 陸上:2008/7/27 2:30	海上:2008/7/29 11:30 陸上:2008/7/29 11:30	中度
如麗 (NURI)	0812	海上:2008/8/19 11:30	海上:2008/8/21 8:30	中度
辛樂克 (SINLAKU)	0813	海上:2008/9/11 8:30 陸上:2008/9/12 5:30	海上:2008/9/16 14:30 陸上:2008/9/15 20:30	強烈
哈格比 (HAGUPIT)	0814	海上:2008/9/21 14:30 陸上:2008/9/22 2:30	海上:2008/9/23 8:30 陸上:2008/9/23 2:30	中度
薔蜜 (JANGMI)	0815	海上:2008/9/26 23:30 陸上:2008/9/27 8:30	海上:2008/9/29 23:30 陸上:2008/9/29 17:30	強烈

表 9.2-2-2 台北港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

台北	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Tmean	Hs	Ts
Haitang	4.74	8.01	5.61	6.68	0.00	0.00
Matsa	3.39	7.77	4.24	4.79	0.00	0.00
Sanvu	1.37	6.77	3.79	5.63	0.00	0.00
Talim	3.90	7.96	4.26	6.01	0.00	0.00
Khanun	2.24	7.96	4.52	10.02	0.00	0.00
Damrey	1.06	5.15	2.61	4.66	0.00	0.00
Longwang	3.70	7.27	4.68	8.69	0.00	0.00
Chanchu	3.73	9.82	1.99	4.15	0.00	0.00
Ewiniar	1.11	7.72	3.70	4.49	0.00	0.00
Bilis	3.08	8.21	4.02	5.12	0.00	0.00
Kaemi	2.27	7.06	2.99	4.52	0.00	0.00
Saomai	2.49	7.67	3.79	9.48	0.00	0.00
Bopha	1.80	7.32	3.79	9.48	0.00	0.00
Shanshan	2.16	7.76	3.74	4.77	0.00	0.00
Pabuk	1.61	7.16	3.85	6.32	0.00	0.00
Wutip	1.71	6.44	3.72	6.32	0.00	0.00
Sepat	3.84	7.57	4.29	5.07	0.00	0.00
Wipha	4.18	8.47	7.69	6.65	0.00	0.00
Krosa	5.47	9.11	4.90	5.37	0.00	0.00
Mitag	4.12	8.55	4.71	6.23	0.00	0.00
Kalmaegi	1.45	5.00	3.15	5.36	0.00	0.00
Fungwong	3.23	7.03	4.27	4.75	0.00	0.00
Nuri	0.63	4.59	6.28	7.20	0.00	0.00
Sinlaku	4.42	7.84	3.88	4.77	0.00	0.00
Hagupit	1.23	5.47	6.44	6.52	0.00	0.00
Jangmi	4.85	8.95	3.66	6.01	0.00	0.00

表 9.2-2-3 台中港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

台中	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Tmean	Hs	Ts
Haitang	6.19	9.09	4.33	6.59	6.96	9.60
Matsa	2.25	8.00	3.06	4.42	4.34	11.80
Sanvu	2.52	7.36	4.48	5.71	2.03	9.80
Talim	4.72	8.43	3.38	5.02	6.26	9.50
Khanun	1.56	8.09	3.43	9.49	2.57	10.10
Damrey	1.35	6.72	3.33	5.17	3.27	8.90
Longwang	4.62	8.23	3.62	7.26	5.58	9.40
Chanchu	5.56	11.73	2.88	4.26	3.06	10.50
Ewiniar	1.34	6.72	2.63	4.06	1.15	8.10
Bilis	4.25	8.66	4.19	6.10	4.72	9.30
Kaemi	3.13	7.09	3.00	4.81	3.63	12.20
Saomai	1.79	8.27	2.99	8.99	3.02	8.30
Bopha	1.79	6.58	2.99	8.99	3.02	8.30
Shanshan	1.56	7.70	3.05	5.78	3.20	10.00
Pabuk	2.15	8.08	3.06	4.45	1.94	8.70
Wutip	1.87	6.73	2.85	4.67	1.94	8.20
Sepat	5.06	8.37	3.26	5.24	5.43	9.10
Wipha	3.28	8.61	5.00	8.06	4.62	9.90
Krosa	6.24	9.45	3.39	6.01	6.74	9.80
Mitag	4.69	8.59	5.05	6.69	0.00	0.00
Kalmaegi	1.54	5.73	2.49	4.56	10.15	5.02
Fungwong	4.41	7.87	4.48	6.12	4.09	6.55
Nuri	0.78	6.45	5.26	7.00	1.02	3.06
Sinlaku	4.68	8.32	3.13	4.60	5.31	7.20
Hagupit	1.60	5.93	7.45	7.20	3.64	5.68
Jangmi	6.59	10.04	3.30	5.38	6.59	7.96

表 9.2-2-4 安平港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

安平	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Tmean	Hs	Ts
Haitang	5.91	9.67	4.39	5.67	0.00	0.00
Matsa	2.03	6.52	2.45	4.55	0.00	0.00
Sanvu	4.78	9.62	4.96	6.07	0.00	0.00
Talim	4.37	8.02	3.12	5.54	0.00	0.00
Khanun	1.15	6.43	1.38	3.51	0.00	0.00
Damrey	1.57	6.82	2.03	3.75	0.00	0.00
Longwang	3.36	8.57	3.40	4.59	0.00	0.00
Chanchu	5.60	11.69	3.79	4.13	0.00	0.00
Ewiniar	1.61	6.78	1.85	4.25	0.00	0.00
Bilis	4.24	9.14	5.06	7.28	0.00	0.00
Kaemi	2.91	7.41	3.77	6.37	0.00	0.00
Saomai	1.17	7.29	1.87	4.74	0.00	0.00
Bopha	1.44	6.77	1.87	4.74	0.00	0.00
Shanshan	1.64	5.54	1.99	4.09	0.00	0.00
Pabuk	3.08	7.97	3.73	5.86	0.00	0.00
Wutip	3.08	7.34	3.73	5.86	0.00	0.00
Sepat	4.21	8.19	4.78	5.93	0.00	0.00
Wipha	2.18	7.16	2.64	4.36	0.00	0.00
Krosa	3.81	9.03	3.04	5.22	0.00	0.00
Mitag	4.26	8.95	2.82	4.56	0.00	0.00
Kalmaegi	1.43	6.01	1.71	3.91	2.97	5.73
Fungwong	4.26	8.32	3.77	5.60	4.17	6.89
Nuri	2.99	9.65	3.88	5.77	0.00	0.00
Sinlaku	2.89	7.55	3.08	4.86	5.37	10.10
Hagupit	3.12	7.66	4.58	5.82	3.40	8.39
Jangmi	4.45	9.65	2.67	4.75	6.00	10.47

表 9.2-2-5 高雄港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

高雄	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Hs	Tmean	Hs
Haitang	6.01	9.56	5.24	6.49	6.46	15.50
Matsa	1.98	6.40	2.60	4.85	3.12	8.00
Sanvu	4.83	9.77	4.33	6.48	4.75	11.50
Talim	3.36	6.85	4.13	5.61	4.94	9.20
Khanun	0.95	5.51	1.30	3.45	0.97	9.00
Damrey	1.85	6.85	1.59	3.36	3.84	11.50
Longwang	2.32	6.81	3.78	5.00	2.64	7.80
Chanchu	5.28	11.62	3.96	5.12	6.67	11.10
Ewiniar	1.65	6.80	1.73	4.77	2.75	6.90
Bilis	4.23	9.19	5.32	7.05	5.75	7.80
Kaemi	2.66	7.45	4.77	6.56	3.99	7.80
Saomai	1.07	7.36	1.83	4.76	1.47	7.60
Bopha	0.96	6.75	1.83	4.76	1.47	7.70
Shanshan	1.33	5.89	2.05	4.23	1.91	7.00
Pabuk	2.46	7.99	3.12	5.18	2.51	10.30
Wutip	2.46	7.38	3.12	5.18	2.51	10.30
Sepat	3.54	9.22	5.72	7.29	0.00	0.00
Wipha	1.76	5.50	2.72	4.77	1.98	7.00
Krosa	2.91	9.57	3.59	5.50	4.18	11.60
Mitag	2.82	8.98	2.49	4.93	1.83	11.30
Kalmaegi	1.48	5.97	1.57	4.27	0.00	0.00
Fungwong	3.42	7.63	4.27	6.14	0.00	0.00
Nuri	3.42	9.52	3.35	5.04	0.00	0.00
Sinlaku	2.25	7.20	3.03	5.12	0.00	0.00
Hagupit	3.22	8.56	3.92	5.18	0.00	0.00
Jangmi	2.78	8.06	3.18	5.31	0.00	0.00

表 9.2-2-6 花蓮港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

花蓮	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Hs	Tmean	Hs
Haitang	8.34	12.90	4.62	5.17	7.50	15.30
Matsa	3.67	10.47	2.58	4.35	3.18	12.60
Sanvu	4.37	9.91	4.55	6.21	3.86	10.90
Talim	5.99	11.79	4.41	6.48	7.53	14.10
Khanun	3.36	10.21	2.96	8.03	2.25	13.90
Damrey	1.80	7.67	4.22	5.41	3.13	9.70
Longwang	5.74	11.25	4.10	6.73	10.85	15.00
Chanchu	2.22	7.93	2.19	4.58	2.89	12.20
Ewiniar	2.34	10.36	2.17	4.07	2.17	12.40
Bilis	4.46	11.02	3.44	4.63	5.25	13.30
Kaemi	4.38	9.53	3.71	6.22	0.00	0.00
Saomai	2.38	10.13	2.12	8.57	3.86	13.70
Bopha	2.55	9.90	2.12	8.57	3.86	13.70
Shanshan	3.52	9.61	2.64	4.71	4.24	12.90
Pabuk	5.37	10.20	4.19	5.17	4.94	11.70
Wutip	3.40	9.18	2.44	4.84	4.94	11.10
Sepat	7.51	11.20	4.83	6.57	7.22	13.40
Wipha	4.23	10.80	3.27	5.39	3.74	13.30
Krosa	6.38	11.30	4.36	5.75	6.49	14.10
Mitag	4.02	9.15	5.68	5.51	4.43	12.00
Kalmaegi	2.38	9.23	2.57	4.93	2.85	6.47
Fungwong	6.24	11.07	5.16	6.07	10.28	9.17
Nuri	2.58	10.38	4.12	6.21	2.97	7.59
Sinlaku	4.91	9.76	3.32	5.53	5.37	10.10
Hagupit	4.01	10.98	6.77	7.08	3.40	8.39
Jangmi	7.29	12.10	4.23	5.95	6.00	10.47

表 9.2-2-7 蘇澳港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

蘇澳	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Hs	Tmean	Hs
Haitang	10.13	12.66	5.01	5.25	12.04	15.60
Matsa	4.21	10.25	2.82	5.00	4.27	13.30
Sanvu	4.35	9.66	4.54	6.36	5.45	11.00
Talim	8.27	11.95	4.17	5.60	13.24	15.00
Khanun	3.93	9.73	3.66	9.30	2.85	13.80
Damrey	1.80	7.19	4.47	6.13	2.09	19.30
Longwang	7.29	10.93	4.45	7.36	12.45	15.90
Chanchu	2.35	7.13	2.08	4.17	3.21	8.30
Ewiniar	2.61	10.40	2.66	4.00	3.00	12.90
Bilis	4.96	10.77	3.54	4.80	5.70	13.30
Kaemi	4.63	9.26	2.99	5.74	7.37	13.50
Saomai	3.10	10.26	2.86	8.72	3.82	15.80
Bopha	3.06	10.20	2.86	8.72	3.84	14.50
Shanshan	3.87	9.55	2.93	4.74	5.37	14.00
Pabuk	4.29	9.71	3.69	4.80	5.99	12.30
Wutip	4.11	9.01	2.44	4.02	7.42	11.70
Sepat	8.14	11.28	4.27	4.83	7.56	14.60
Wipha	5.77	11.40	5.65	5.53	3.59	13.10
Krosa	7.94	11.65	3.42	5.36	3.41	13.80
Mitag	4.74	9.28	5.23	7.09	3.85	12.50
Kalmaegi	2.70	9.37	2.08	4.18	5.08	7.71
Fungwong	7.28	10.92	4.24	5.68	9.08	8.84
Nuri	2.55	9.99	4.56	6.28	3.85	8.39
Sinlaku	6.06	10.11	3.14	4.56	7.68	10.36
Hagupit	3.76	10.56	6.67	7.47	5.02	9.83
Jangmi	7.47	11.71	3.52	4.63	8.84	10.70

表 9.2-2-8 基隆港 2005 至 2008 期間 26 個颱風時期最大示性波高及平均週期

基隆	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Hs	Tmean	Hs
Haitang	8.92	12.08	6.29	6.28	5.80	12.80
Matsa	4.09	9.69	4.04	4.48	7.41	10.80
Sanvu	3.34	8.54	3.52	5.42	1.72	8.10
Talim	8.13	11.79	4.56	5.27	5.44	12.70
Khanun	3.96	9.68	4.86	10.19	3.79	9.90
Damrey	1.58	6.02	3.02	5.27	1.94	8.90
Longwang	6.72	10.55	4.85	9.14	3.05	11.40
Chanchu	1.69	5.91	1.67	4.12	0.00	0.00
Ewiniar	2.43	10.65	3.79	4.47	0.00	0.00
Bilis	5.23	10.50	4.27	5.30	0.00	0.00
Kaemi	4.01	8.66	2.64	4.13	0.00	0.00
Saomai	3.52	10.19	3.91	10.12	0.00	0.00
Bopha	3.38	10.19	3.91	10.12	0.00	0.00
Shanshan	3.35	8.92	2.99	5.12	4.67	11.00
Pabuk	3.51	9.05	3.67	5.41	1.74	9.60
Wutip	3.80	8.97	3.46	4.81	2.01	10.60
Sepat	6.46	10.33	3.98	4.43	2.51	10.50
Wipha	6.09	11.37	8.19	6.66	4.22	14.80
Krosa	7.57	11.39	4.02	5.19	7.06	14.10
Mitag	4.70	9.11	5.18	5.85	6.52	11.40
Kalmaegi	2.49	8.95	2.40	4.68	1.16	5.40
Fungwong	6.25	10.47	3.03	4.08	3.19	6.07
Nuri	1.93	8.96	5.43	7.13	0.58	4.84
Sinlaku	5.69	9.88	3.33	4.61	4.19	6.88
Hagupit	2.97	9.02	6.19	7.02	1.15	4.95
Jangmi	7.40	11.02	3.10	4.92	4.78	7.36

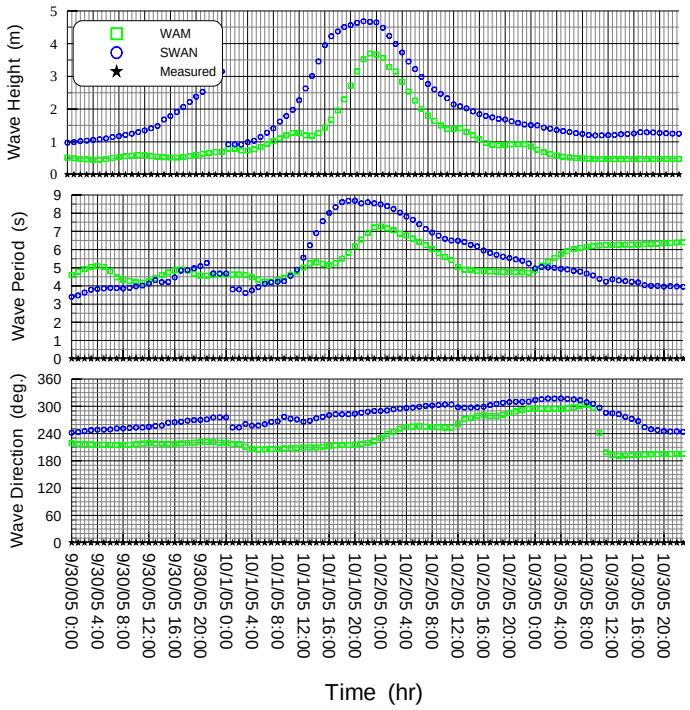


圖 9.2-2-1 台北港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

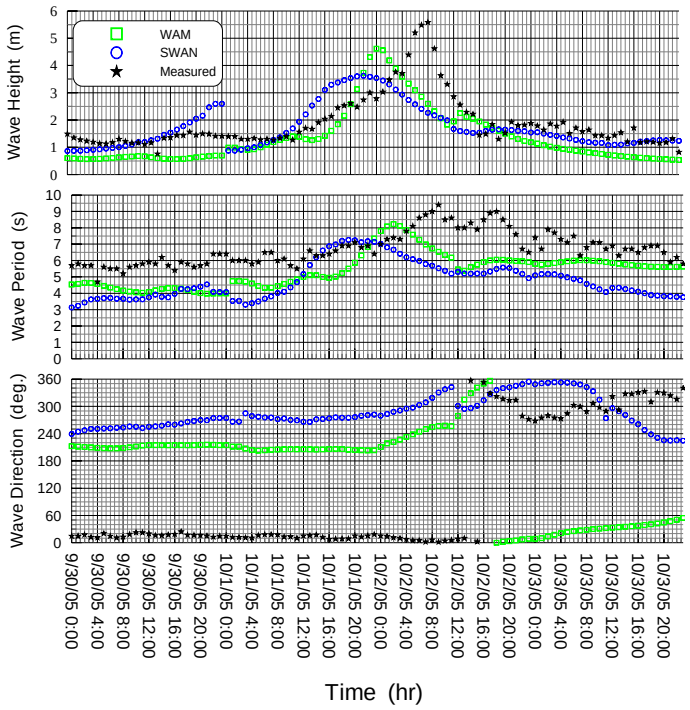


圖 9.2-2-2 台中港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

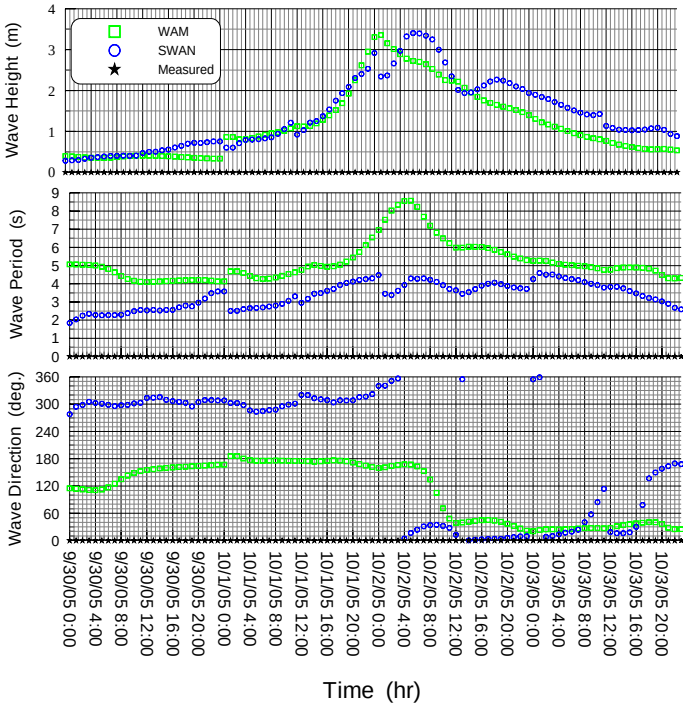


圖 9.2-2-3 安平港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

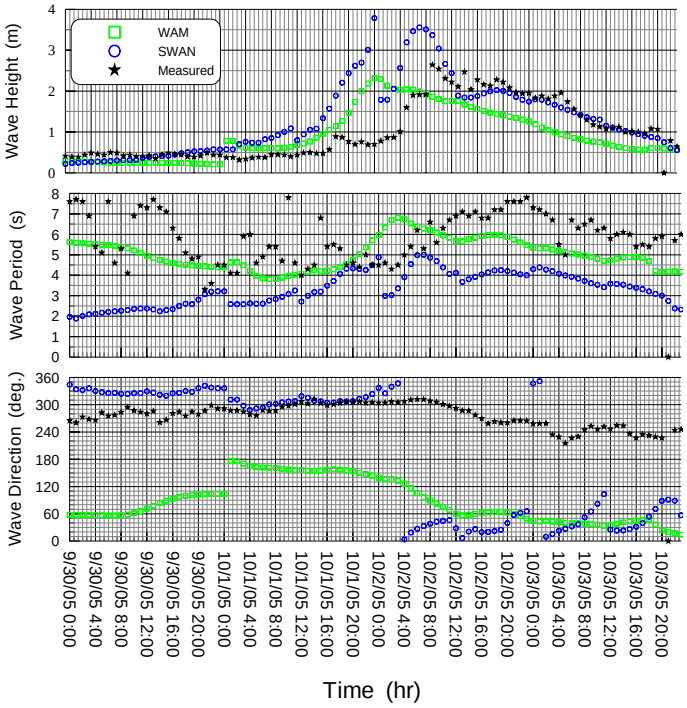


圖 9.2-2-4 高雄港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

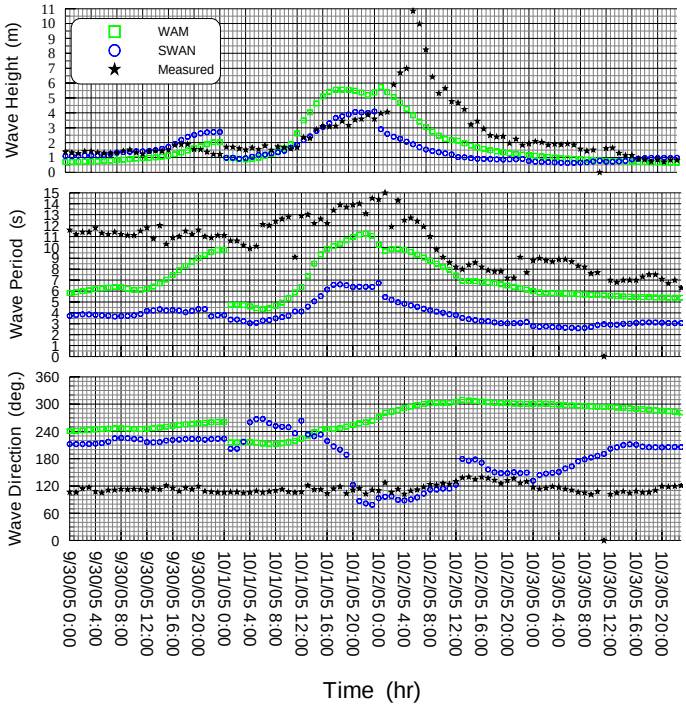


圖 9.2-2-5 花蓮港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

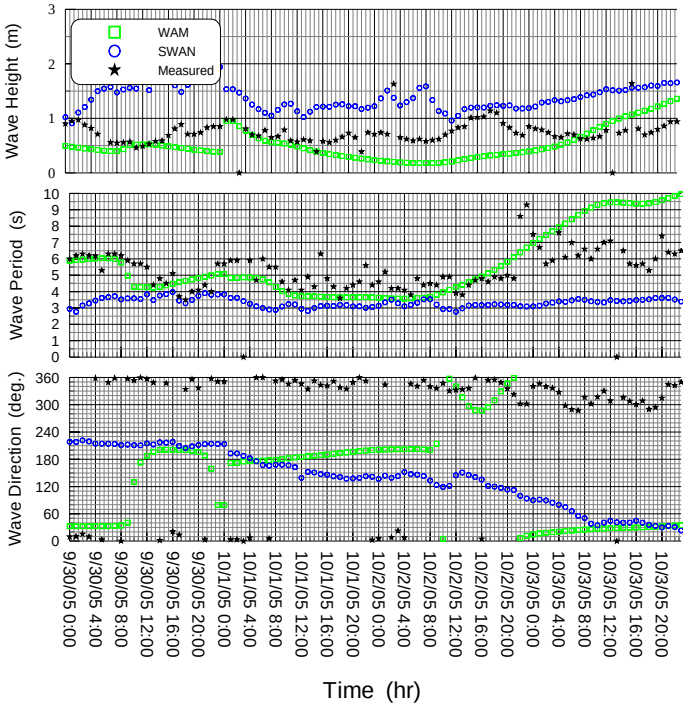


圖 9.2-2-6 蘇澳港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

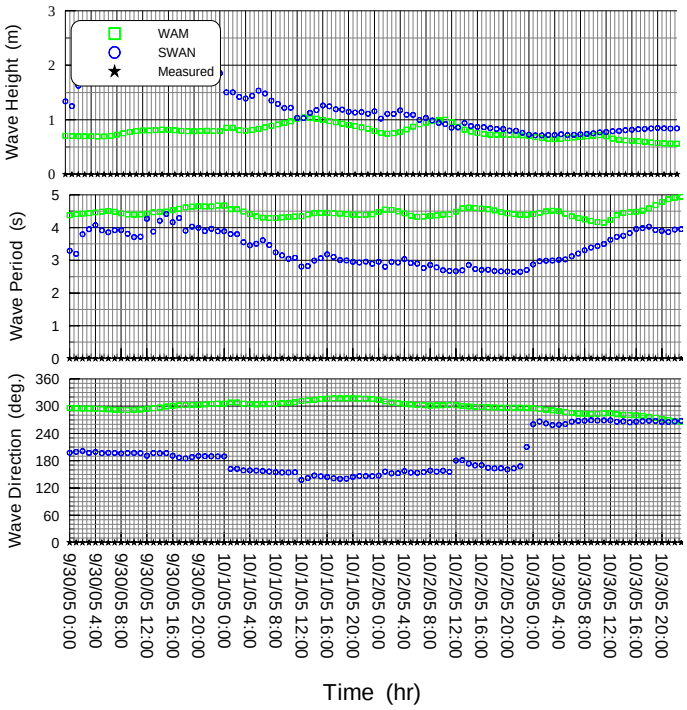


圖 9.2-2-7 基隆港 2005 龍王颱風波浪推算與實測值時序圖

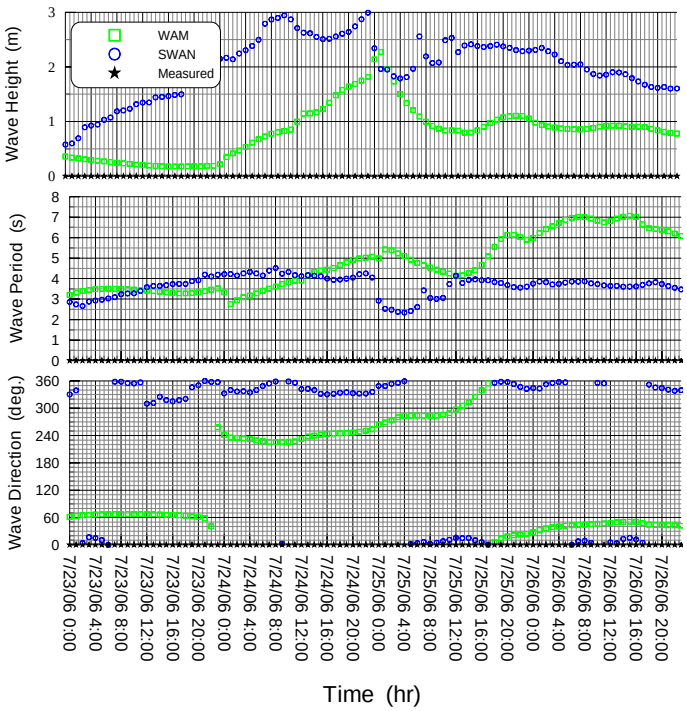


圖 9.2-2-8 台北港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

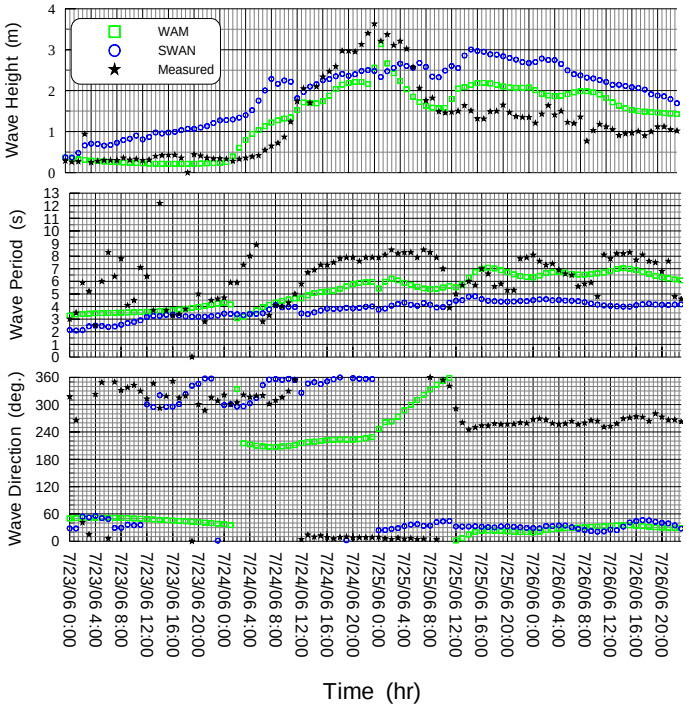


圖 9.2-2-9 台中港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

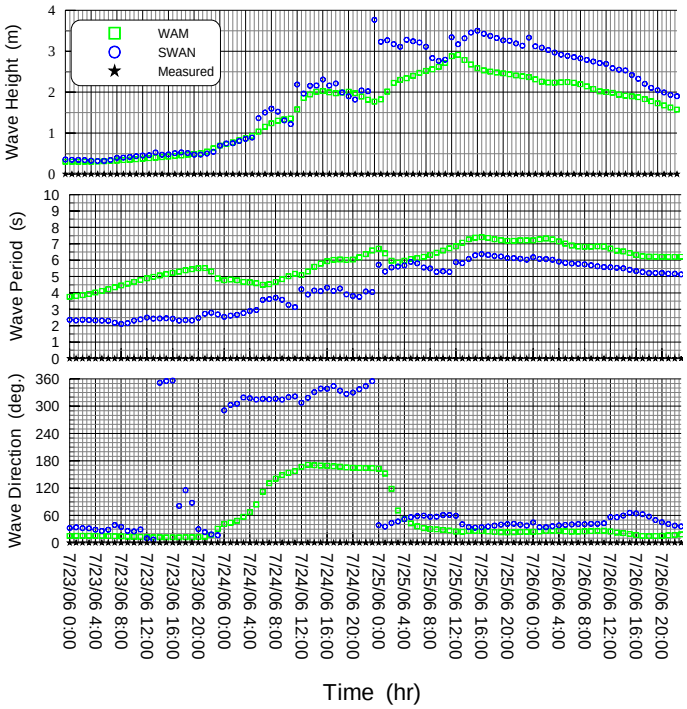


圖 9.2-2-10 安平港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

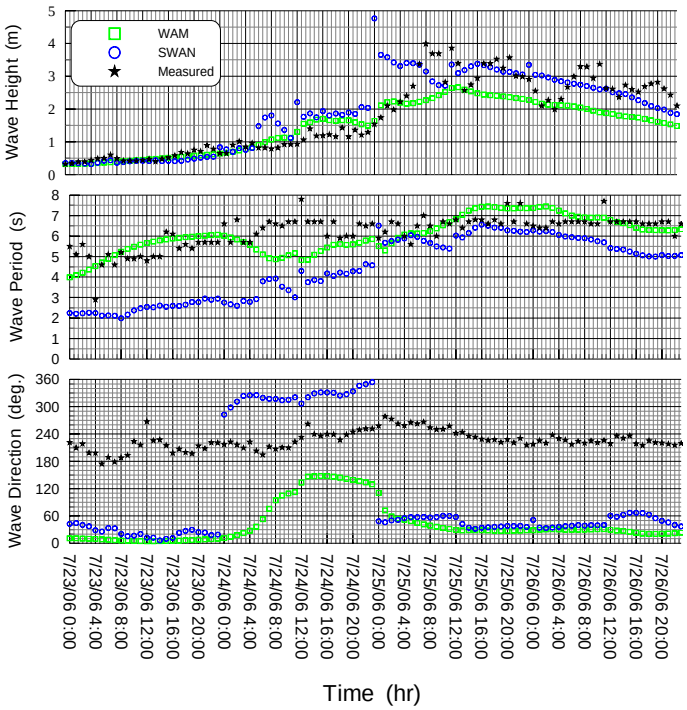


圖 9.2-2-11 高雄港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

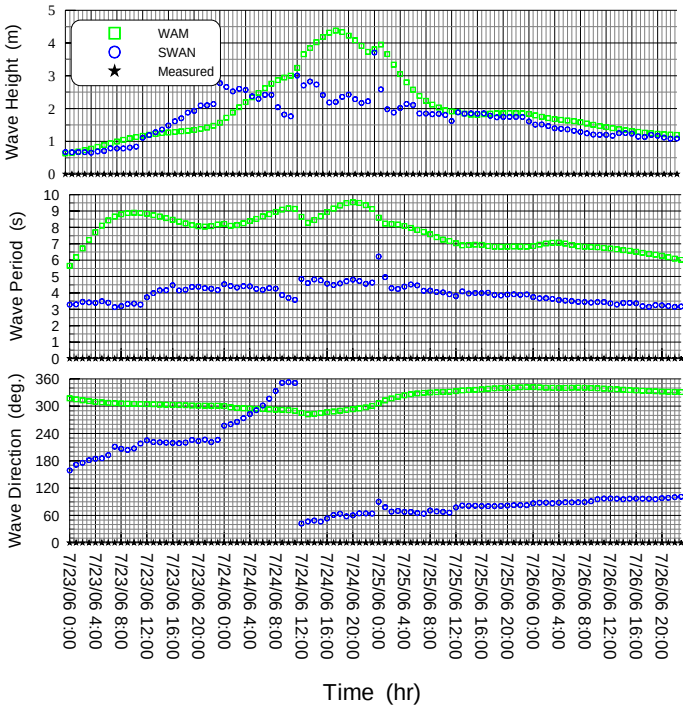


圖 9.2-2-12 花蓮港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

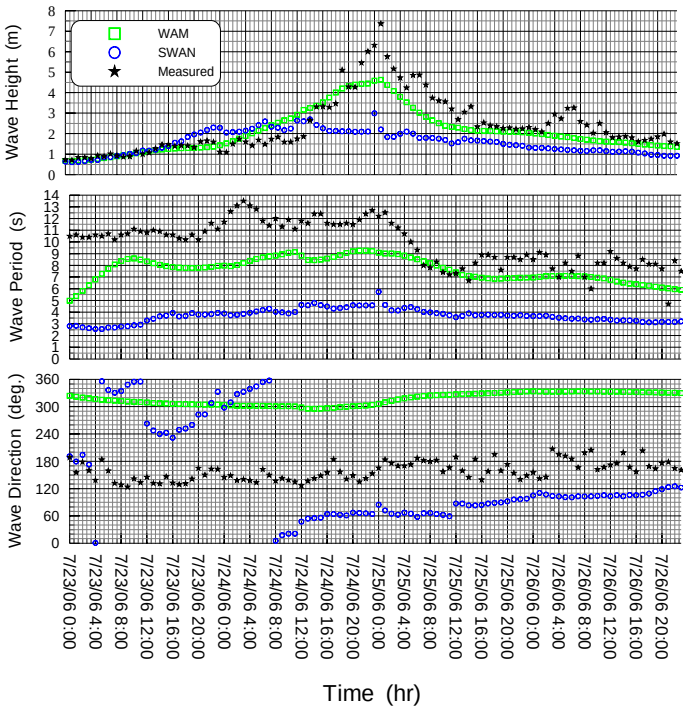


圖 9.2-2-13 蘇澳港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

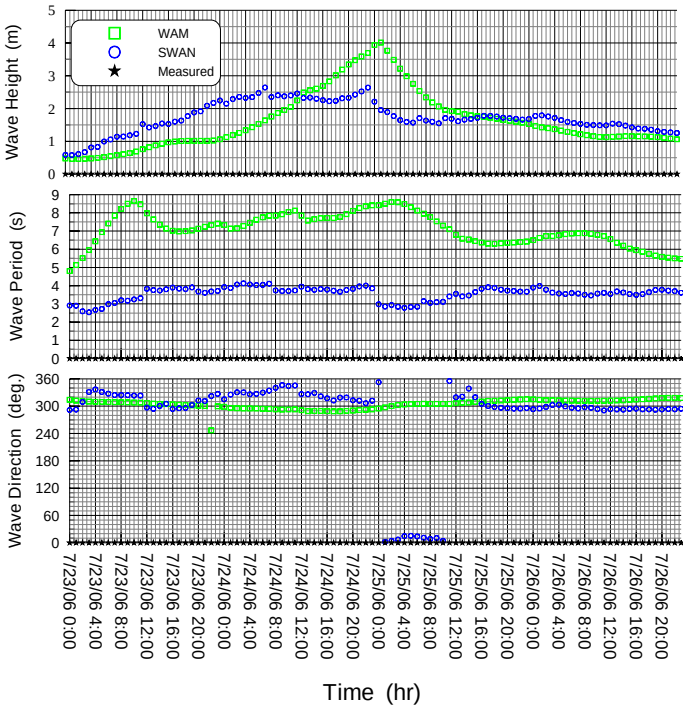


圖 9.2-2-14 基隆港 2006 凱米颱風波浪推算與實測值時序圖

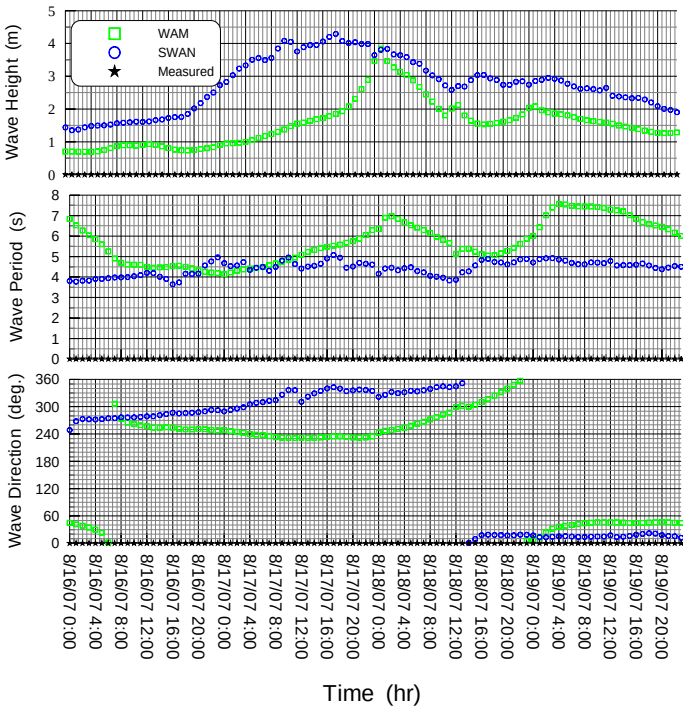


圖 9.2-2-15 台北港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

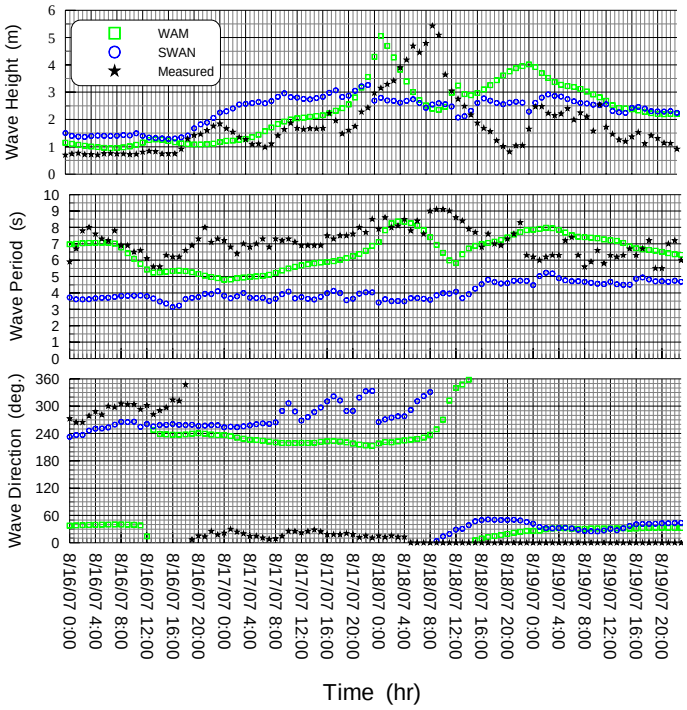


圖 9.2-2-16 台中港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

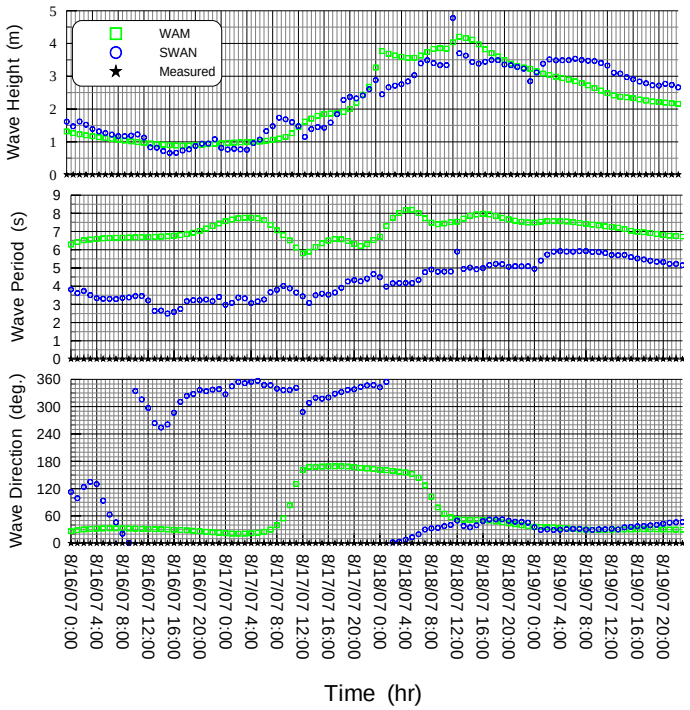


圖 9.2-2-17 安平港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

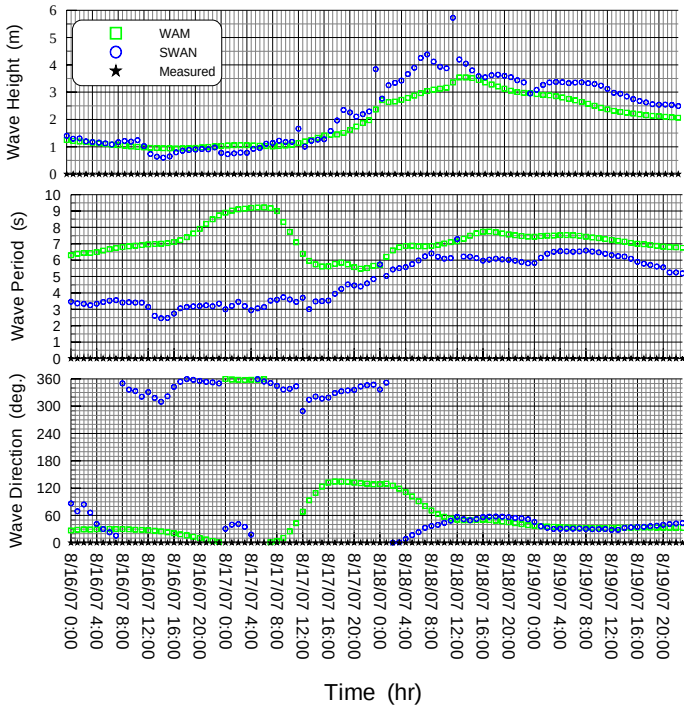


圖 9.2-2-18 高雄港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

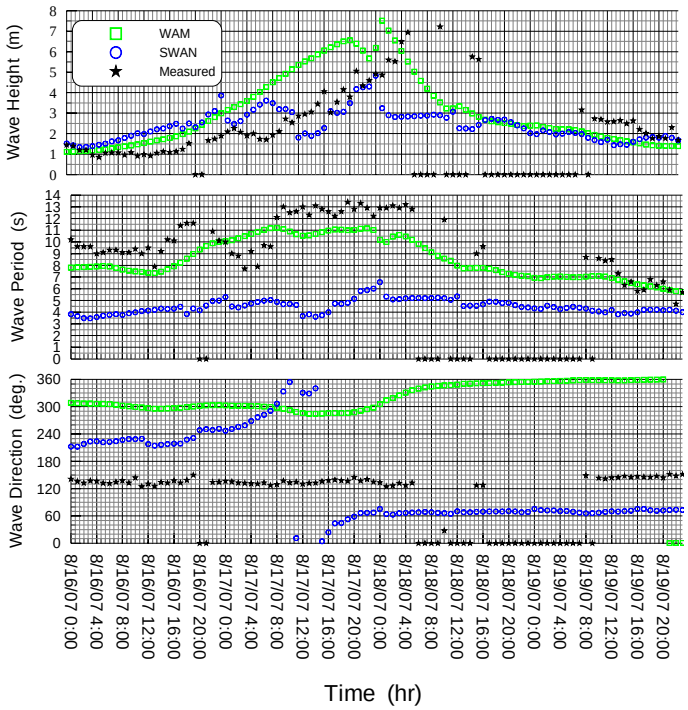


圖 9.2-2-19 花蓮港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

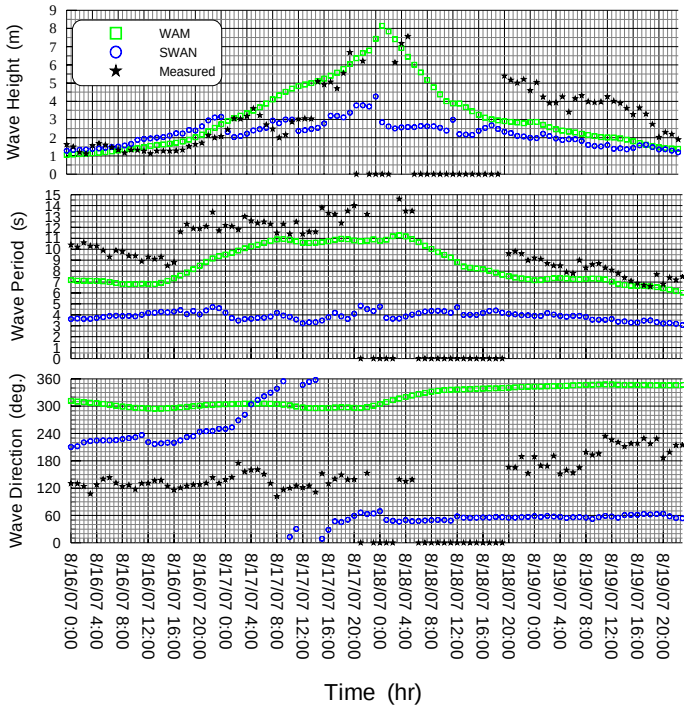


圖 9.2-2-20 蘇澳港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

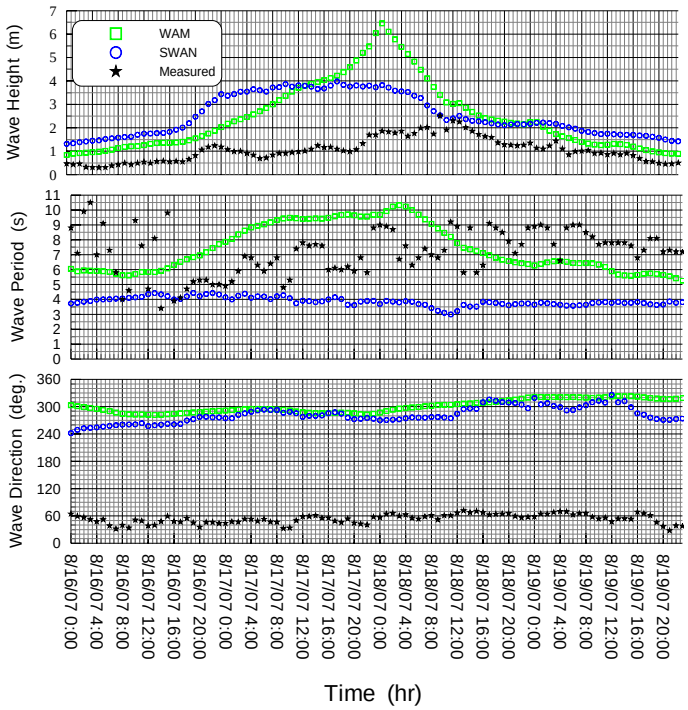


圖 9.2-2-21 基隆港 2007 聖帕颱風波浪推算與實測值時序圖

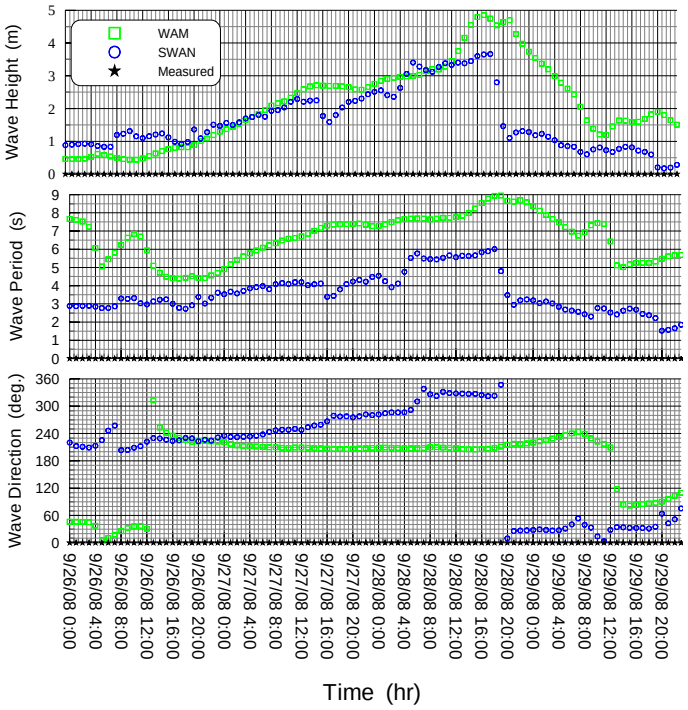


圖 9.2-2-22 台北港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

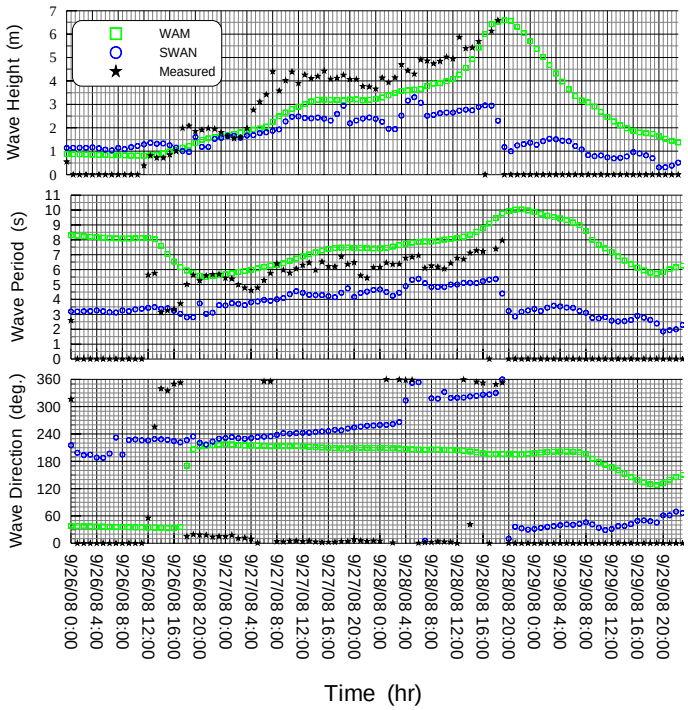


圖 9.2-2-23 台中港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

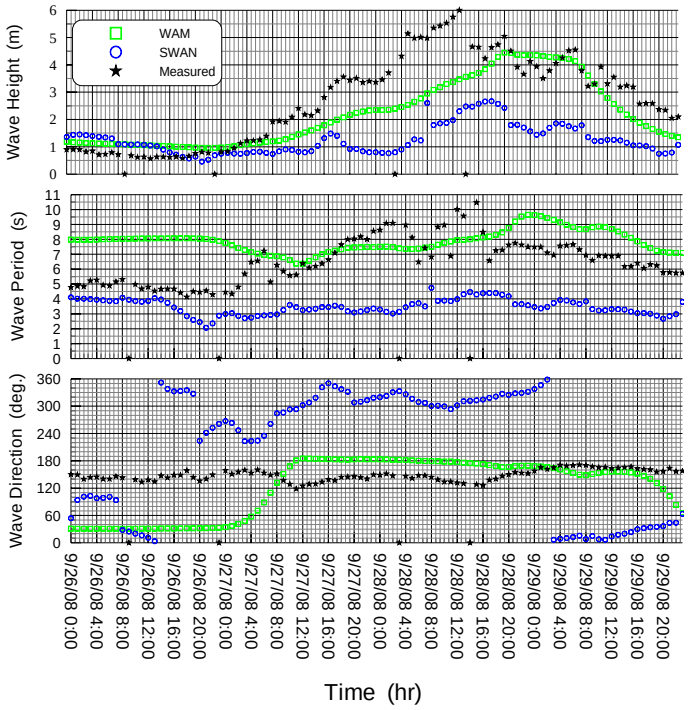


圖 9.2-2-24 安平港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

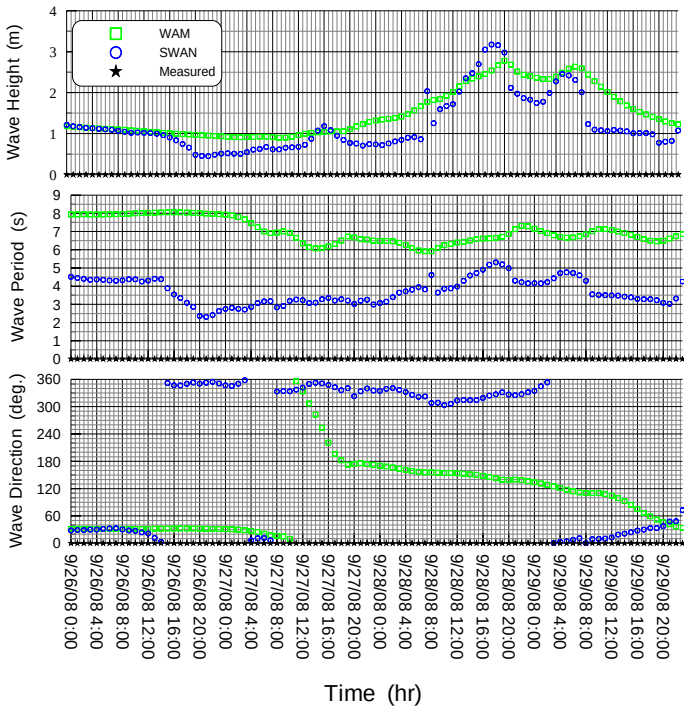


圖 9.2-2-25 高雄港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

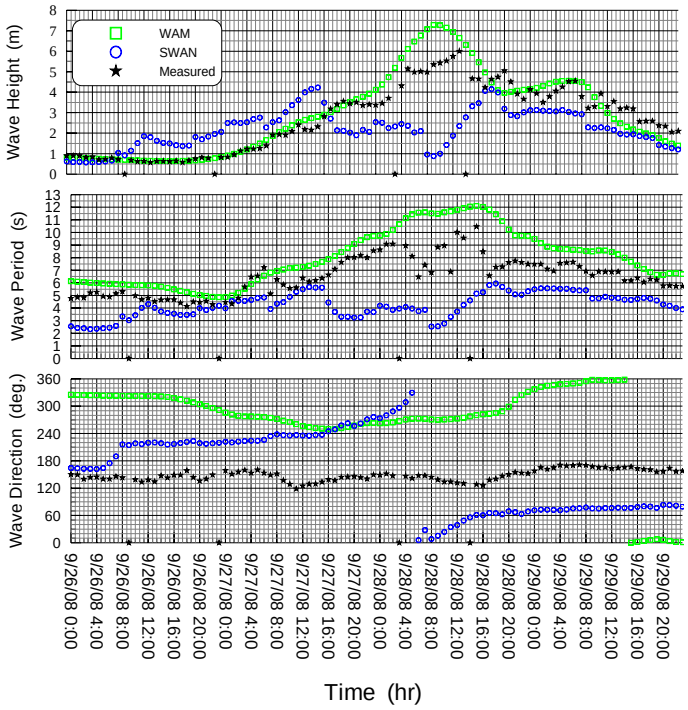


圖 9.2-2-26 花蓮港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

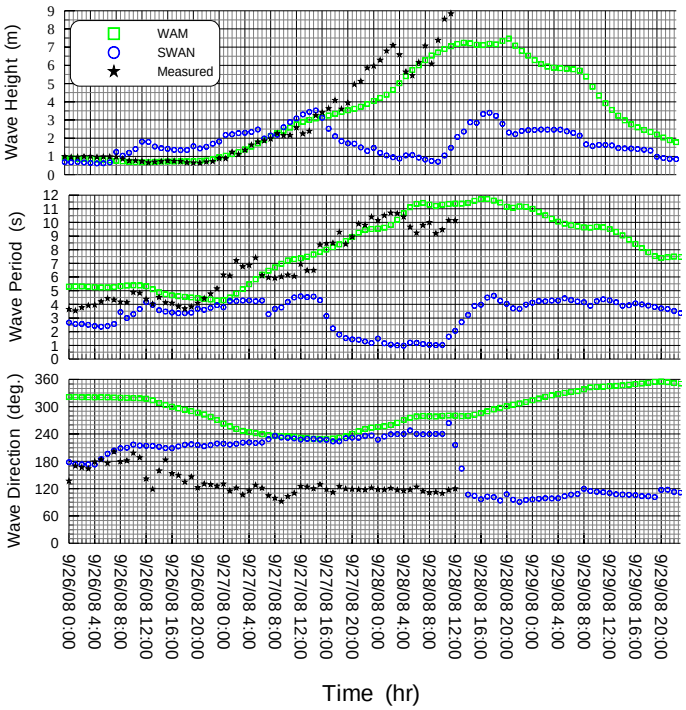


圖 9.2-2-27 蘇澳港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

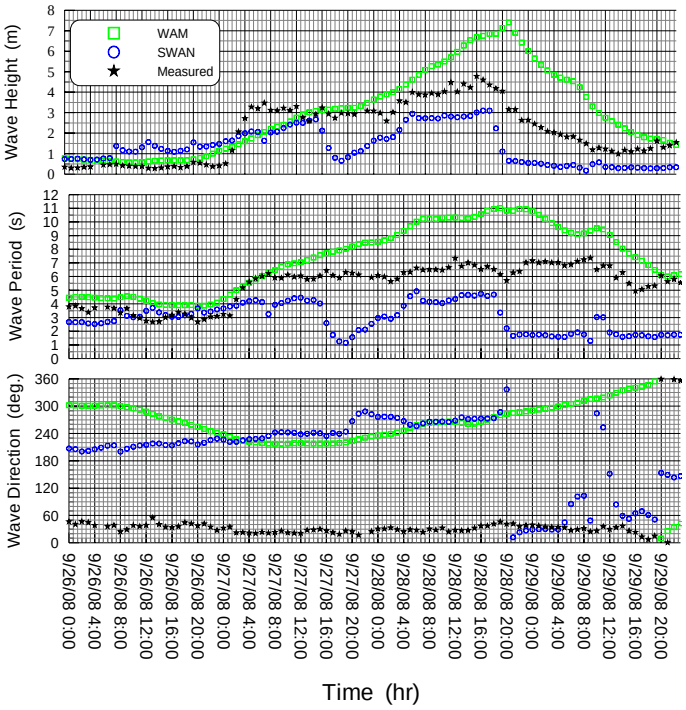


圖 9.2-2-28 基隆港 2008 薔蜜颱風波浪推算與實測值時序圖

9.3 臺灣主要商港水位長期模擬及分析

本年度水位長期模擬期間為 2005~2008 年，使用台灣海域水位模式配合中央氣象局 MC 風場進行長期模擬，表 9.3-1 至表 9.3-4 為四年度各測站 r.m.s.值統計表。除部份港區差距比較大，推測此部份為實測資料水準點偏移所導致，使得長期模擬的結果較作業評估來的差，其餘測站的結果都小於 0.2 公尺。此處 r.m.s.值推算方式與線上模式評估方式相同。

圖 9.3-1 至圖 9.3-20 為 2005 年至 2008 年龍王、凱米、聖帕及薔蜜颱風期間水位比對圖。

表 9.3-1 各測站 2005 年個月 r.m.s.值統計(公尺)

	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中
200501	0.17	0.17	0.21	0.27	0.09	0.68
200502	0.18	0.08	0.18	0.24	0.08	0.49
200503	0.2	0.12	0.16	0.2	0.1	0.51
200504	0.1	0.13	0.19	0.19	0.07	0.35
200505	0.15	0.09	0.23	0.23	0.11	0.34
200506	0.25	0.11	0.16	0.16	0.05	0.26
200507	0.08	0.07	0.25	0.18	0.11	0.39
200508	0.13	0.12	0.22	0.22	0.12	0.4
200509	0.19	0.13	0.2	0.23	0.08	0.39
200510	0.06	0.06	0.19	0.16	0.09	0.33
200511	0.11	0.15	0.1	0.19	0.1	0.3
200512	0.21	0.16	0.15	0.24	0.08	0.29

表 9.3-2 各測站 2006 年各月 r.m.s.值統計(公尺)

	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中
200601	0.17	0.08	0.09	0.24	0.09	0.68
200602	0.17	0.10	0.13	0.23	0.07	0.78
200603	0.13	0.12	0.1	0.23	0.1	0.56
200604	0.21	0.09	0.09	0.22	0.08	無資料
200605	0.15	0.36	0.42	0.24	0.4	無資料
200606	0.19	0.45	0.62	0.25	0.59	無資料
200607	0.1	0.14	無資料	0.23	0.09	無資料
200608	0.23	0.23	0.29	0.22	0.3	無資料
200609	0.25	0.08	0.11	0.21	0.17	無資料
200610	0.11	0.1	0.15	0.29	0.42	0.51
200611	0.1	0.15	0.14	0.25	0.13	0.49
200612	0.12	0.09	0.11	0.23	0.0.8	0.52

表 9.3-3 各測站 2007 年各月 r.m.s.值統計(公尺)

	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中
200701	0.13	0.14	0.12	無資料	0.06	0.51
200702	0.27	0.11	0.1	0.23	0.06	0.5
200703	0.23	0.08	0.09	0.12	0.1	0.2
200704	0.11	0.07	0.11	0.11	0.07	0.18
200705	0.13	0.06	0.13	0.07	0.08	0.13
200706	0.16	0.11	0.13	0.1	0.12	0.31
200707	0.12	0.1	0.12	0.09	0.07	0.22
200708	0.18	2.63	0.1	0.12	0.15	1.76
200709	0.15	無資料	0.14	0.23	0.16	0.41
200710	0.13	無資料	0.15	0.39	0.12	0.48
200711	0.11	無資料	0.3	0.41	0.25	0.45
200712	無資料	0.17	0.11	0.15	0.19	0.65

表 9.3-4 各測站 2008 年各月 r.m.s.值統計(公尺)

	安平	花蓮	高雄	基隆	蘇澳	台中
200801	無資料	0.09	0.12	0.17	0.12	0.23
200802	無資料	0.10	0.08	0.18	0.11	無資料
200803	無資料	0.07	0.07	0.14	0.08	0.22
200804	無資料	0.06	0.09	0.09	0.05	0.13
200805	無資料	0.08	0.12	0.27	0.07	0.12
200806	無資料	0.08	0.12	0.09	0.08	0.14
200807	無資料	0.23	無資料	0.1	0.11	0.16
200808	無資料	0.3	0.1	0.09	0.09	0.13
200809	無資料	0.13	0.11	0.1	0.14	0.13
200810	無資料	0.07	0.07	0.09	0.08	0.16
200811	無資料	0.1	0.11	0.14	0.11	0.19
200812	0.12	0.09	0.11	0.23	0.0.8	0.52

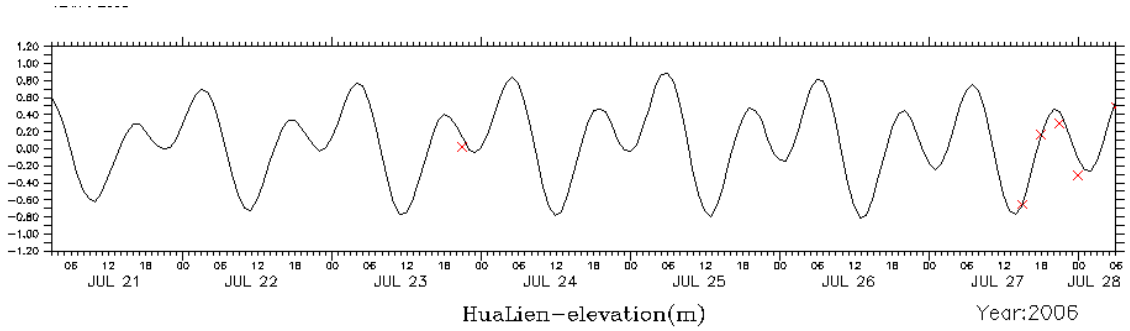


圖 9.3-6 2006 凱米颱風期間花蓮測站水位比對結果

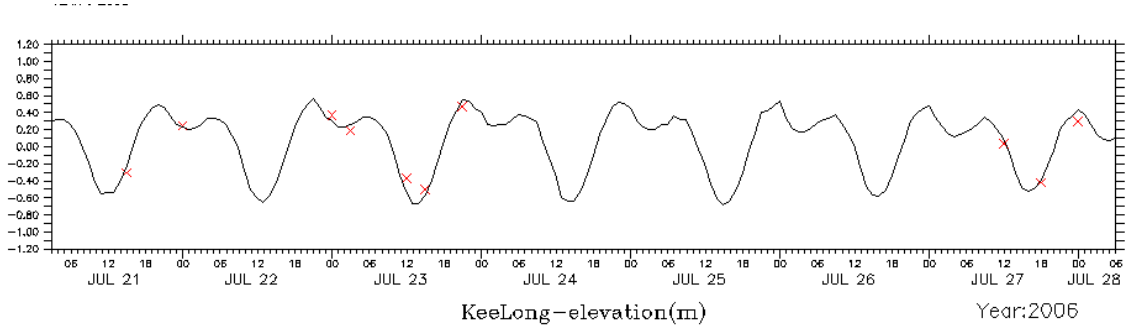


圖 9.3-7 2006 年凱米颱風期間基隆測站水位比對結果

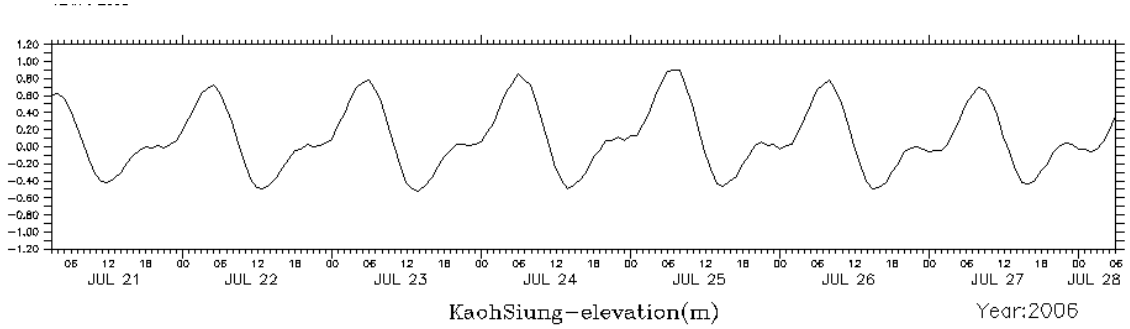


圖 9.3-8 2006 年凱米颱風期間高雄測站水位比對結果

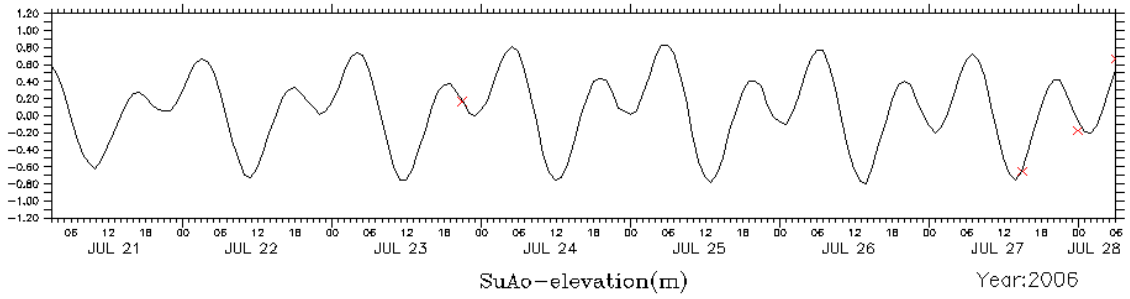


圖 9.3-9 2006 年凱米颱風期間蘇澳測站水位比對結果

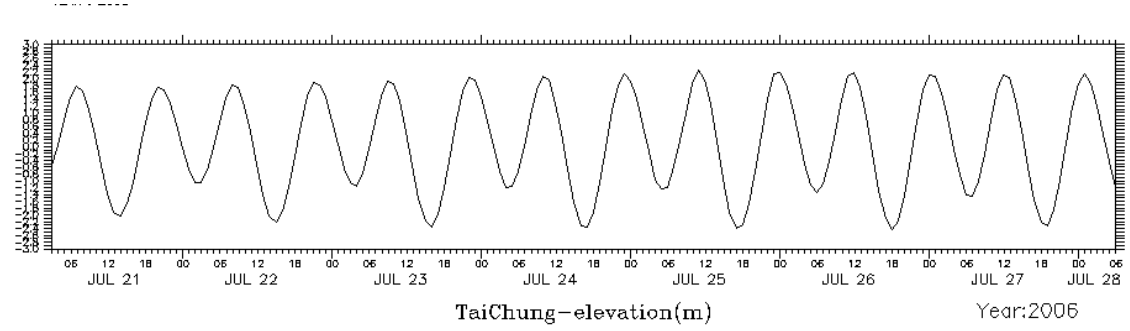


圖 9.3-10 2006 年凱米颱風期間台中測站水位比對結果

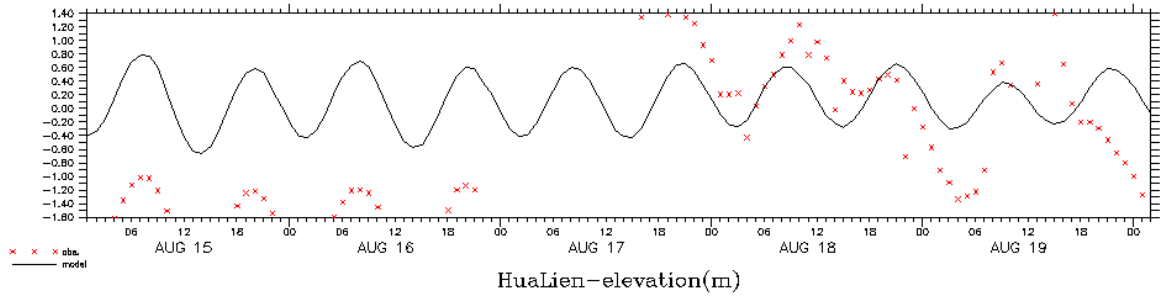


圖 9.3-11 2007 年聖帕颱風期間花蓮測站水位比對結果

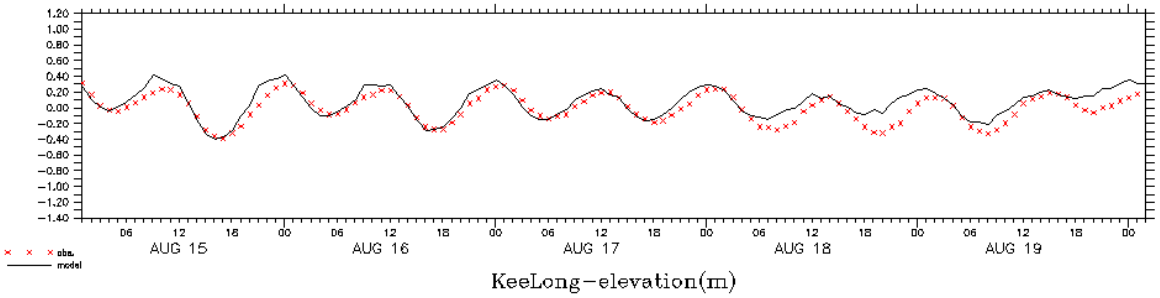


圖 9.3-12 2007 年聖帕颱風期間基隆測站水位比對結果

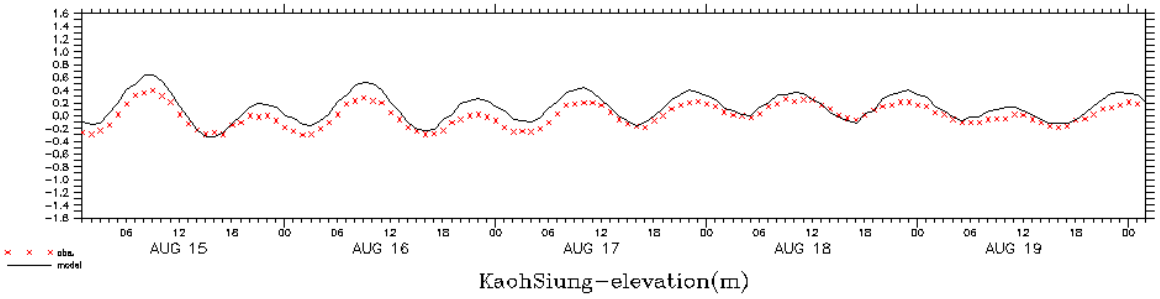


圖 9.3-13 2007 年聖帕颱風期間高雄測站水位比對結果

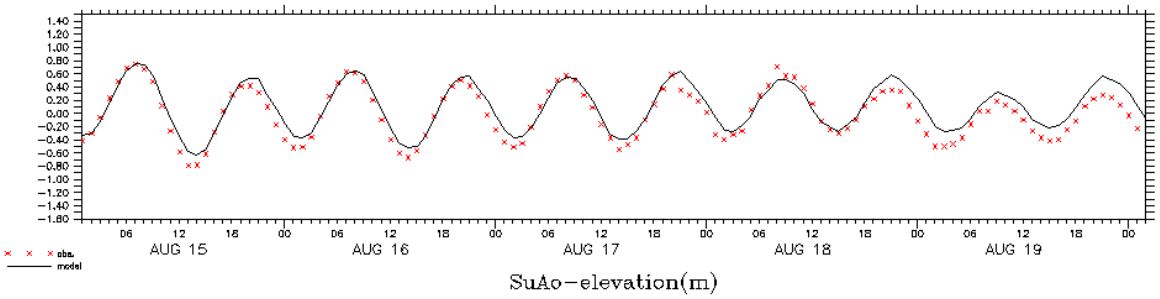


圖 9.3-14 2007 年聖帕颱風期間蘇澳測站水位比對結果

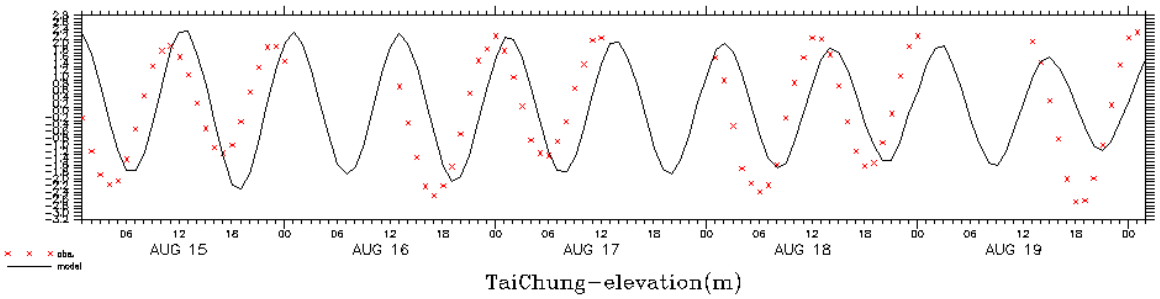


圖 9.3-15 2007 年聖帕颱風期間台中測站水位比對結果

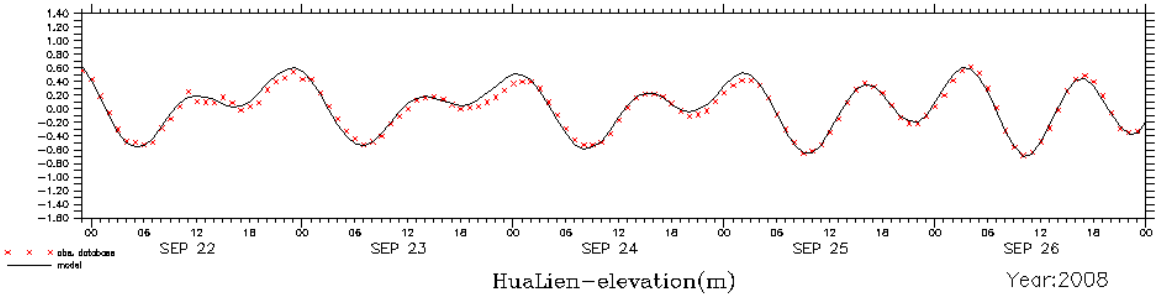


圖 9.3-16 2008 年薔蜜颱風期間花蓮測站水位比對結果

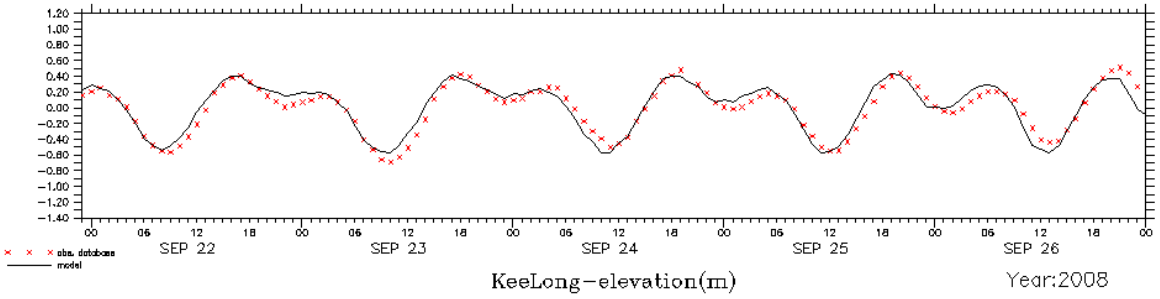


圖 9.3-17 2008 年薔蜜颱風期間基隆測站水位比對結果

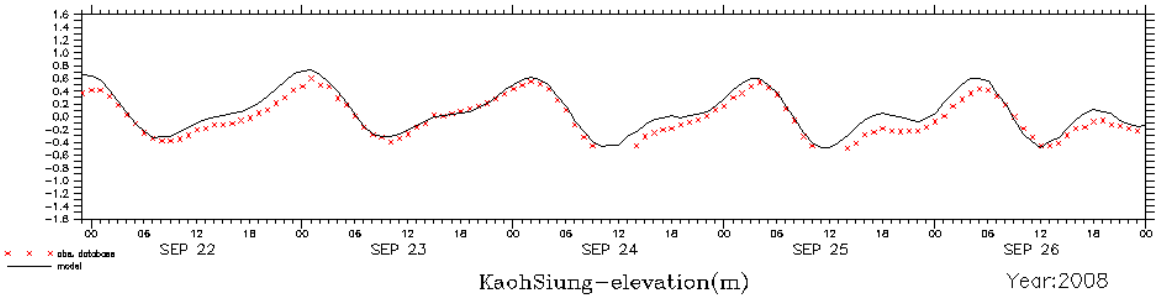


圖 9.3-18 2008 年薔蜜颱風期間高雄測站水位比對結果

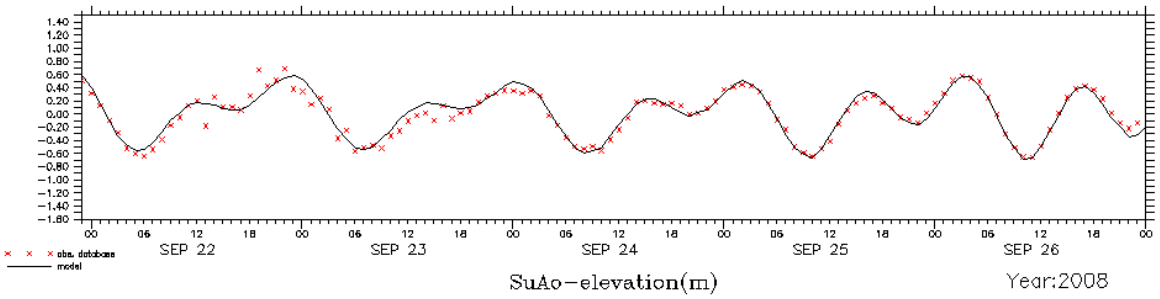


圖 9.3-19 2008 年薔蜜颱風期間蘇澳測站水位比對結果

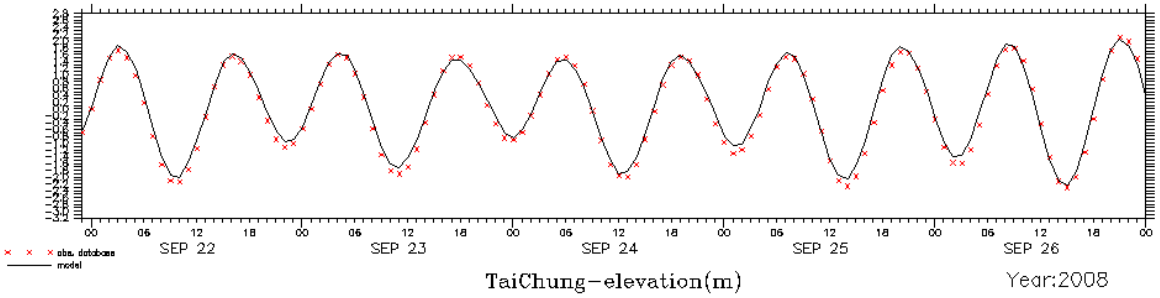


圖 9.3-20 2008 年薔蜜颱風期間台中測站水位比對結果

9.4 臺灣主要商港海流長期模擬及分析

本年度海流長期模擬結果為 2005~2008 年，利用台灣海域海流模式配合氣象局動態風場(MC)進行模擬，再將結果模式結果與實測資料利用調和分析，進行比對。比對分潮為四個主要全日潮 Q1、O1、P1、K1 及四個主要半日潮 N2、M2、S2、K2 等，比對結果如表 9.4-1 至表 9.4-6。實測資料分析出來的結果全日潮產生的潮流皆不大，不到 0.1 公尺，主要的潮流成分還是以半日潮 M2 為主，流速可達 0.5 公尺左右。模式結果則僅在花蓮港的分析結果較小，因為花蓮測站的地形太深，台灣海域模式流速為 2 維水深平均，流速太小所致，其餘測站的分析結果則較實測資料大，全日潮在 0.1 公尺以下，半日潮則以 M2 最大，台北可達 0.6 公尺以上。

圖 9.4-1 至圖 9.4-22 為 2005 年至 2008 年颱風龍王、凱米、聖帕及薔蜜期間流速比對圖。

表 9.4-1 安平港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
安平	major	minor	phase	major	minor	Phase
Q1	0.005	-0.001	133.7	0.006	-0.001	60.25
O1	0.003	-0.007	95.03	0.035	-0.002	93.3
P1	0.02	-0.004	114.57	0.015	-0.001	145.58
K1	0.06	-0.013	143.07	0.045	-0.002	138.51
N2	0.04	0.002	186.09	0.084	0.001	191.94
M2	0.248	-0.005	211.41	0.496	0.003	220.14
S2	0.066	0.003	253.73	0.135	0.001	263.86
K2	0.023	0.003	226.71	0.052	0.001	261.7

表 9.4-2 花蓮港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
花蓮	major	minor	phase	major	minor	Phase
Q1	0.009	-0.001	113.47	0.001	0	2.18
O1	0.016	0.011	126.9	0.004	0.002	20.36
P1	0.021	-0.010	134.19	0.002	0.001	69.56
K1	0.014	0.004	184.58	0.005	0.002	71.31
N2	0.015	0.005	12.79	0.001	0	139.32
M2	0.083	0.028	25.74	0.006	-0.001	173.16
S2	0.020	0.005	111.92	0.002	-0.001	190.1
K2	0.013	-0.002	100.11	0.001	0	172.0

表 9.4-3 高雄港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
高雄	major	minor	phase	major	minor	Phase
Q1	0.013	0.003	302.83	0.001	0	120.01
O1	0.107	-0.003	345.88	0.005	0.002	303.05
P1	0.055	0.005	90.51	0.002	0.001	342.81
K1	0.139	-0.017	34.74	0.006	0.003	335.74
N2	0.023	0	274.28	0.013	0.001	153.47
M2	0.146	0.006	304.99	0.08	0.006	185.34
S2	0.043	-0.020	356.27	0.022	0.003	226.12
K2	0.014	-0.001	343.5	0.008	0.001	222.73

表 9.4-4 基隆港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
基隆	major	minor	Phase	major	minor	Phase
Q1	0.003	0.001	281.86	0.001	0	328.28
O1	0.017	0.001	196.53	0.041	0.001	156.33
P1	0.007	0.003	340.54	0.019	0	203.79
K1	0.018	0.003	235.01	0.056	0.001	198.72
N2	0.056	-0.012	275.20	0.092	0.002	193.86
M2	0.308	-0.046	303.61	0.527	0.008	221.07
S2	0.105	-0.012	311.56	0.172	0.003	251.67
K2	0.038	-0.007	332.03	0.068	0.001	255.31

表 9.4-5 蘇澳港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
蘇澳	major	minor	phase	major	minor	Phase
Q1	0.006	0.003	103.25	0.016	-0.002	9.32
O1	0.02	-0.021	247.23	0.052	-0.005	39.67
P1	0.017	-0.004	3.86	0.021	-0.002	76.27
K1	0.06	-0.012	354.79	0.062	-0.006	91.93
N2	0.018	0.001	104.91	0.032	-0.004	188.57
M2	0.105	-0.013	139.42	0.197	-0.021	220.54
S2	0.037	-0.006	176.97	0.063	-0.007	253.6
K2	0.026	-0.002	227.4	0.019	-0.002	251.96

表 9.4-6 台中港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
台中	major	minor	phase	major	minor	Phase
Q1	0.012	0.004	281.54	0.016	0	329.54
O1	0.054	0.009	341.37	0.075	-0.001	357.27
P1	0.028	0.006	39.89	0.030	0	57.56
K1	0.086	0.019	32.82	0.09	-0.001	50.49
N2	0.018	-0.008	143.1	0.018	-0.002	44.89
M2	0.073	-0.01	181.95	0.121	-0.012	76.57
S2	0.047	0.001	194.04	0.042	-0.002	148.49
K2	0.014	0.003	197.87	0.012	-0.001	118.6

表 9.4-7 台北港海流調和分析結果

	觀測資料			模式結果		
台北	major	minor	phase	major	minor	Phase
Q1	0.007	0.002	216.55	0.002	-0.001	300.8
O1	0.036	0.004	289.54	0.077	-0.009	327.02
P1	0.017	0.001	339.66	0.031	-0.003	18.85
K1	0.052	0.004	332.59	0.094	-0.009	11.78
N2	0.059	0.004	323.29	0.117	-0.002	8.67
M2	0.447	0.019	4.54	0.671	-0.017	38.07
S2	0.124	0.008	47.66	0.197	-0.002	73.48
K2	0.078	-0.001	46.6	0.078	-0.002	77.69

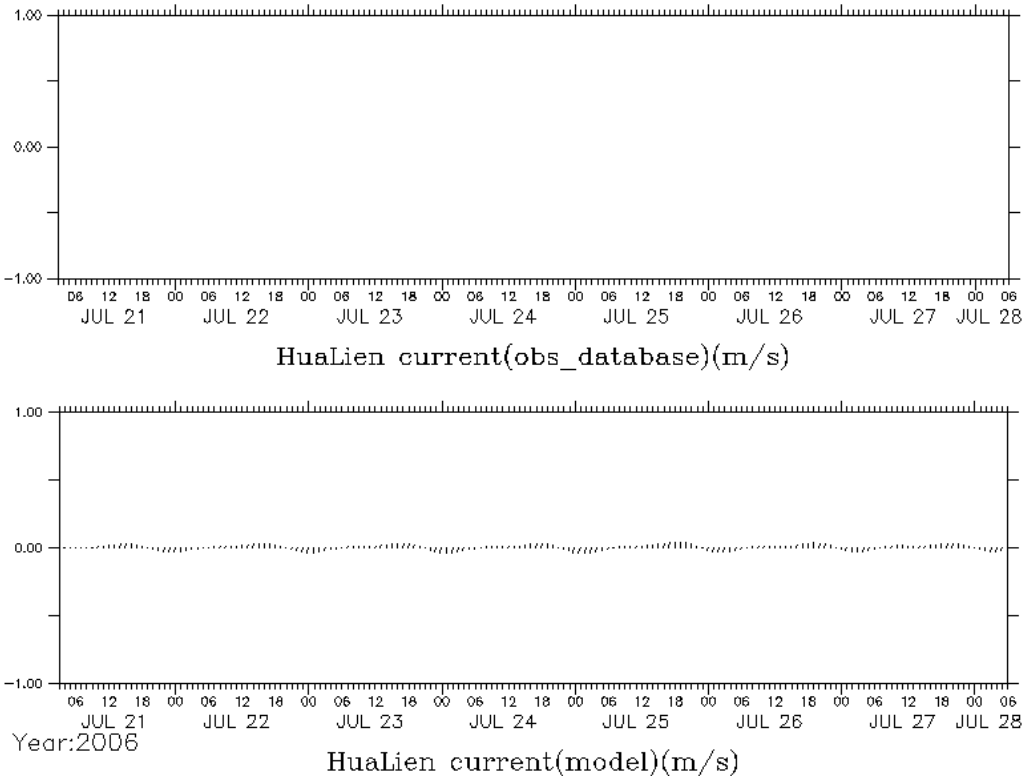


圖 9.4-6 花蓮測站 2006 年凱米颱風期間流速比對圖

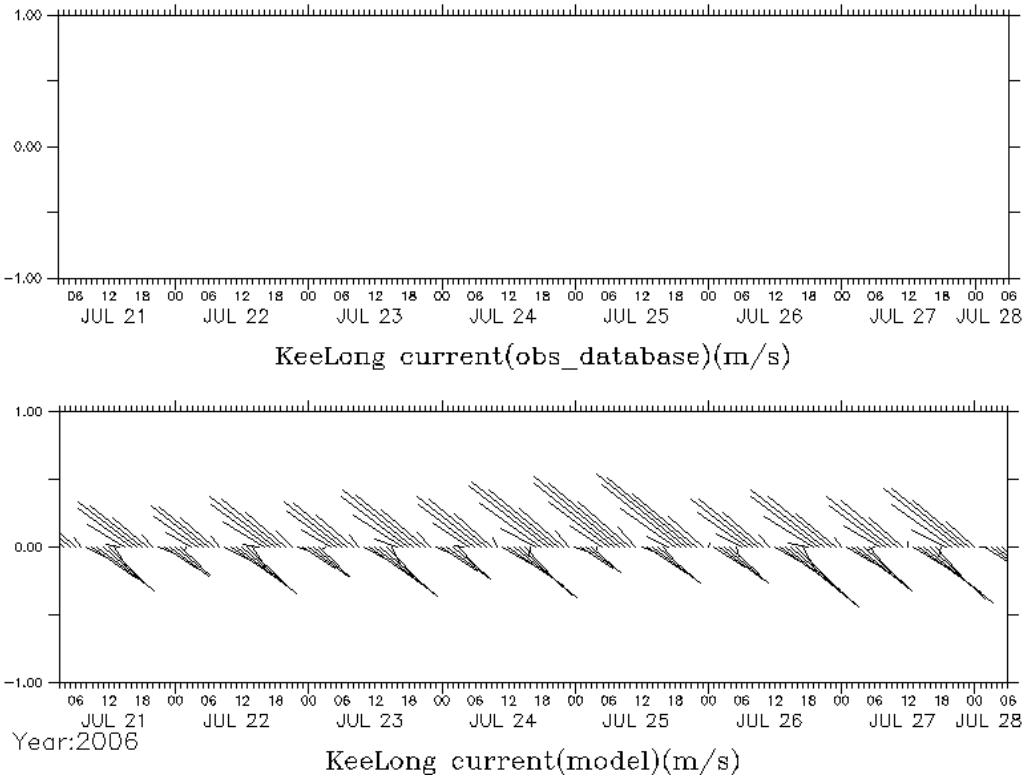
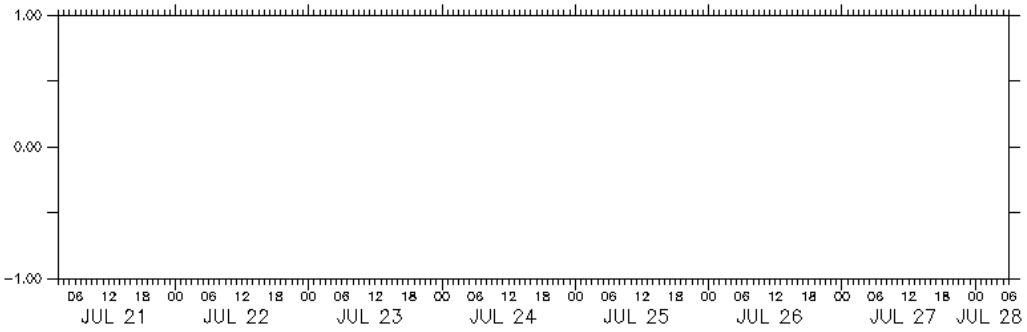


圖 9.4-7 基隆測站 2006 年凱米颱風期間流速比對圖



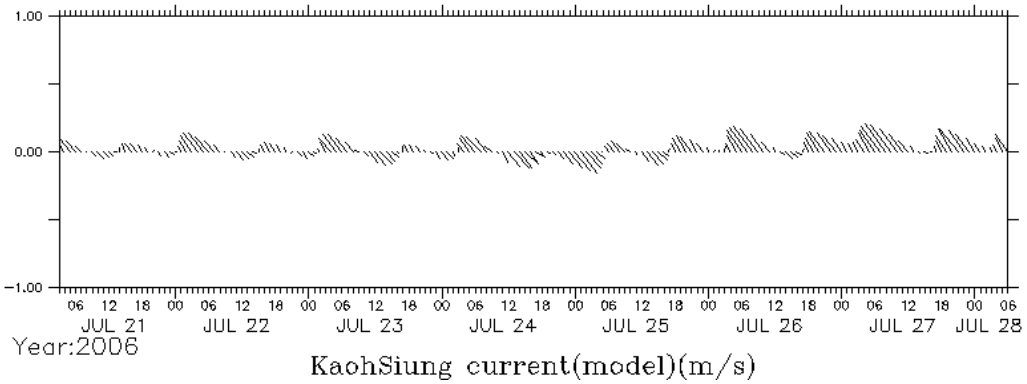
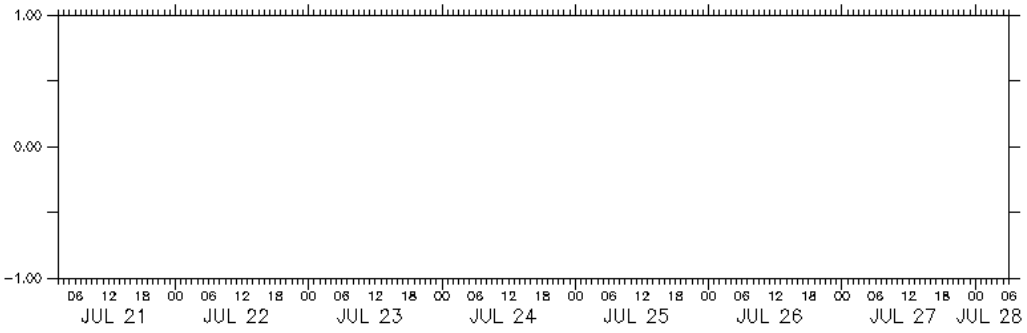


圖 9.4-8 高雄測站 2006 年凱米颱風期間流速比對圖



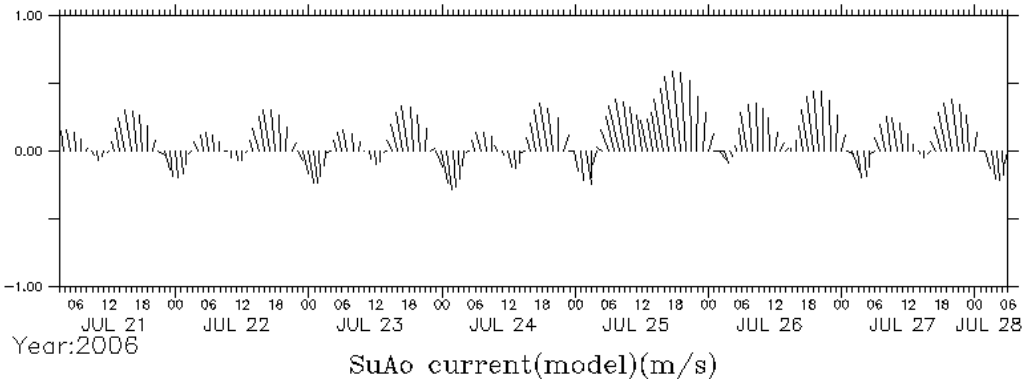


圖 9.4-9 蘇澳測站 2006 年凱米颱風期間流速比對圖

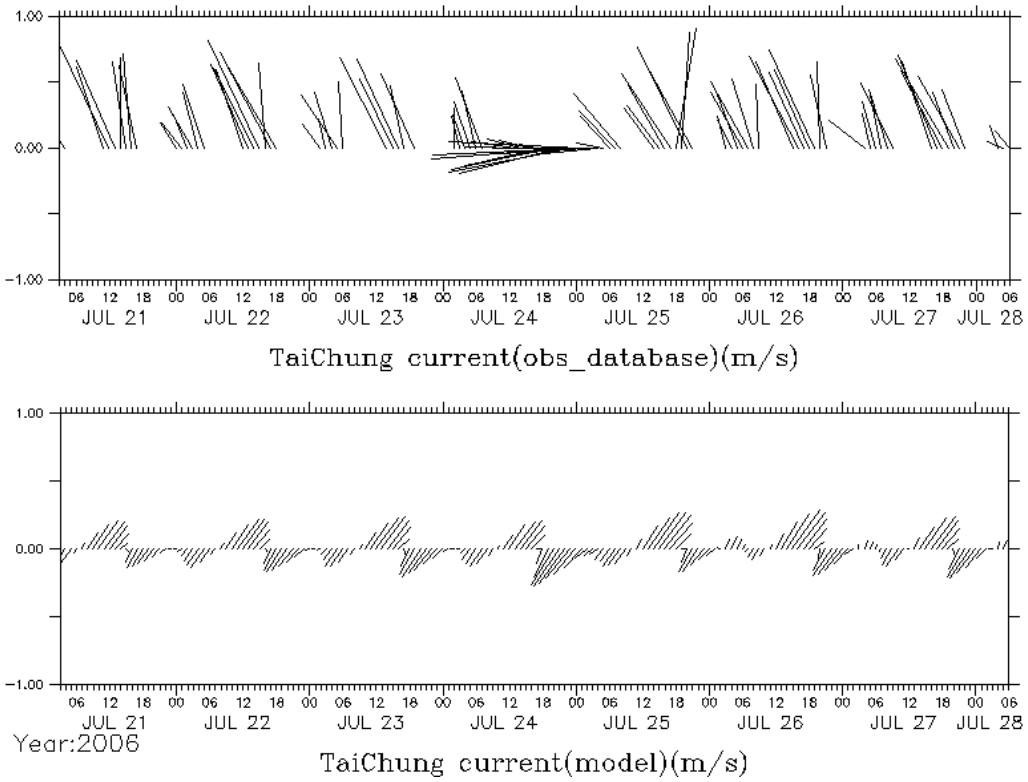


圖 9.4-10 台中測站 2006 年凱米颱風期間流速比對圖

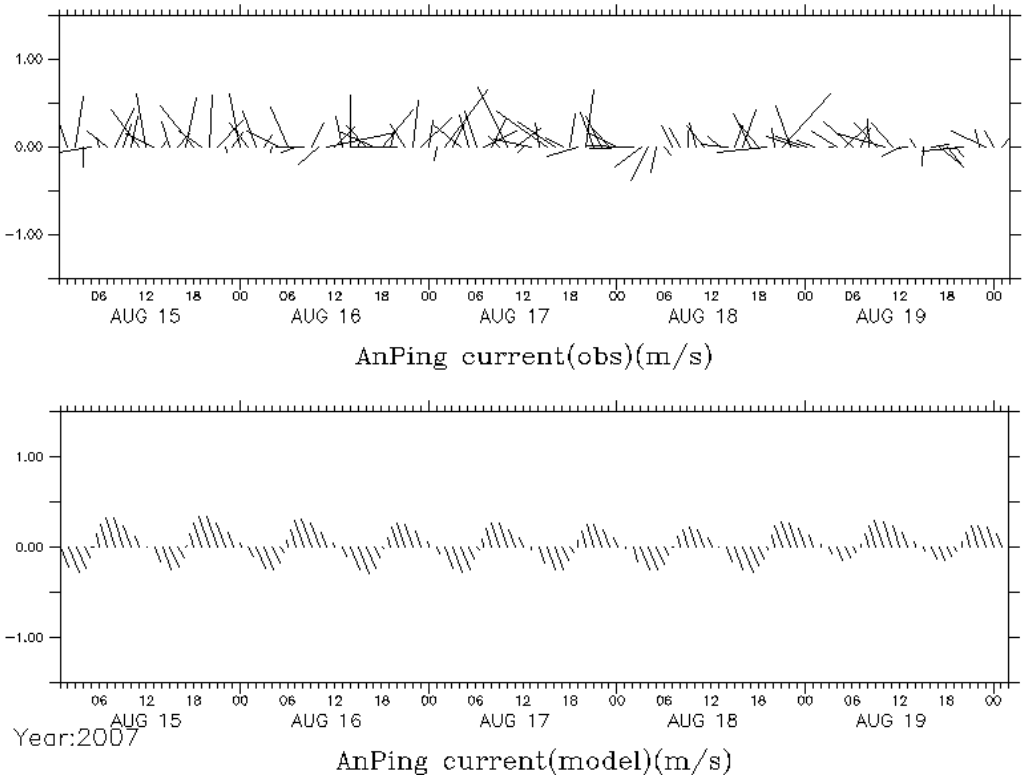
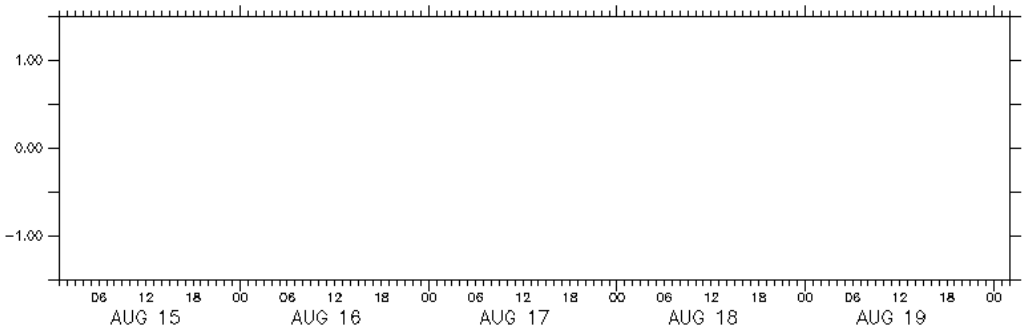
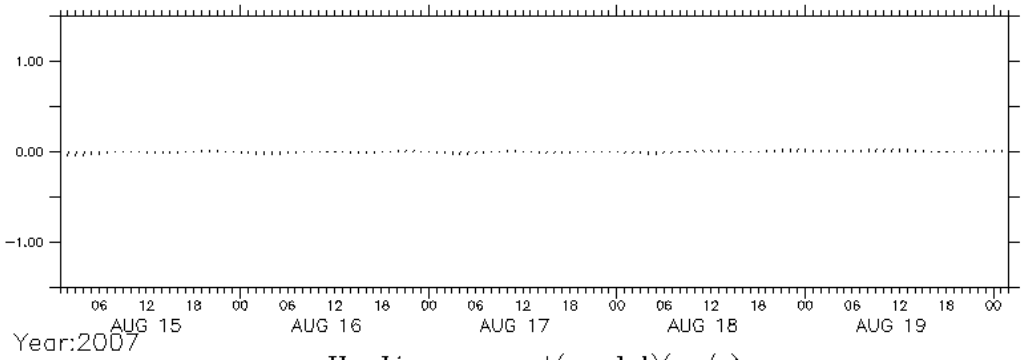


圖 9.4-11 安平測站 2007 年聖帕颱風期間流速比對圖

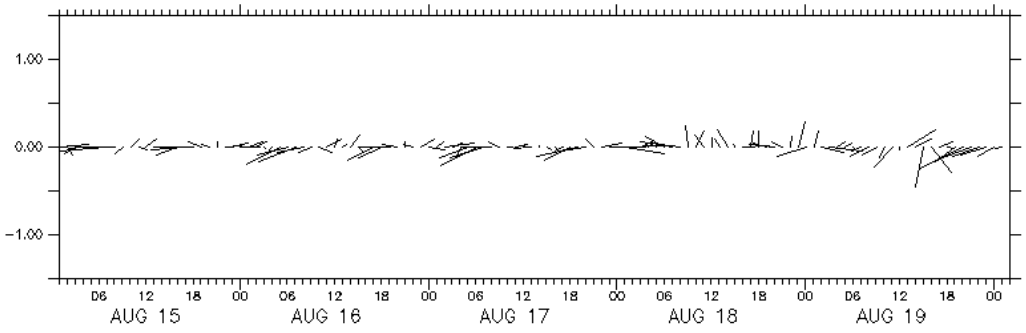


HuaLien current(obs)(m/s)

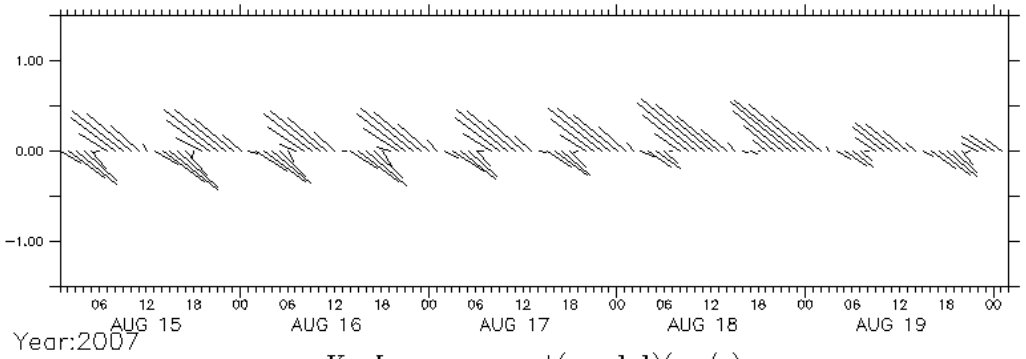


HuaLien current(model)(m/s)

圖 9.4-12 花蓮測站 2007 年聖帕颱風期間流速比對圖

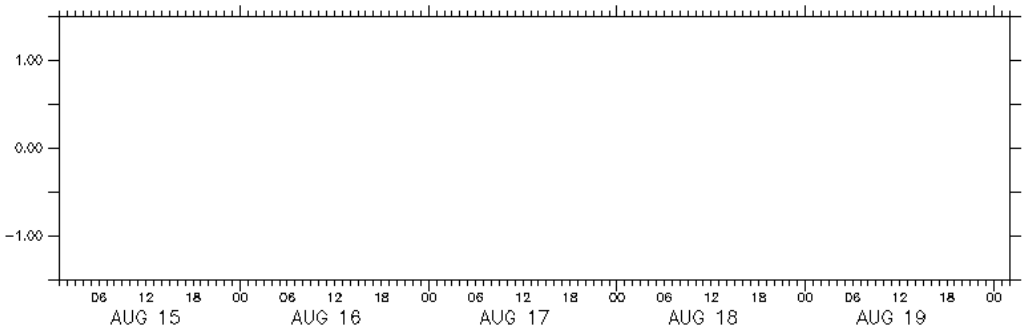


KeeLong current(obs)(m/s)

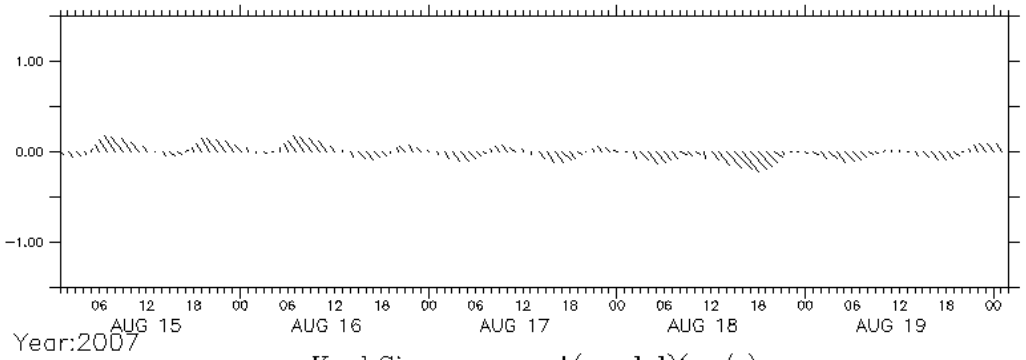


KeeLong current(model)(m/s)

圖 9.4-13 基隆測站 2007 年聖帕颱風期間流速比對圖

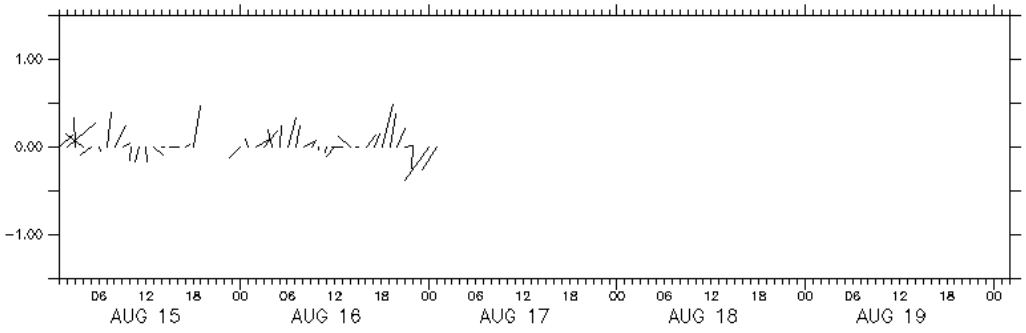


KaohSiung current(obs)(m/s)

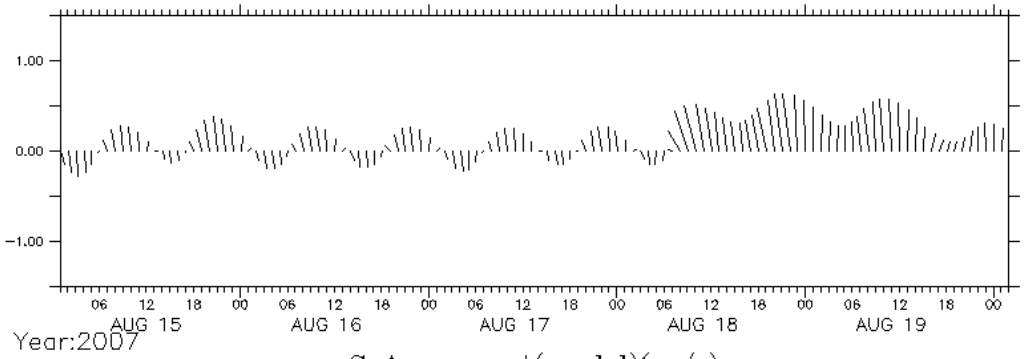


KaohSiung current(model)(m/s)

圖 9.4-14 高雄測站 2007 年聖帕颱風期間流速比對圖

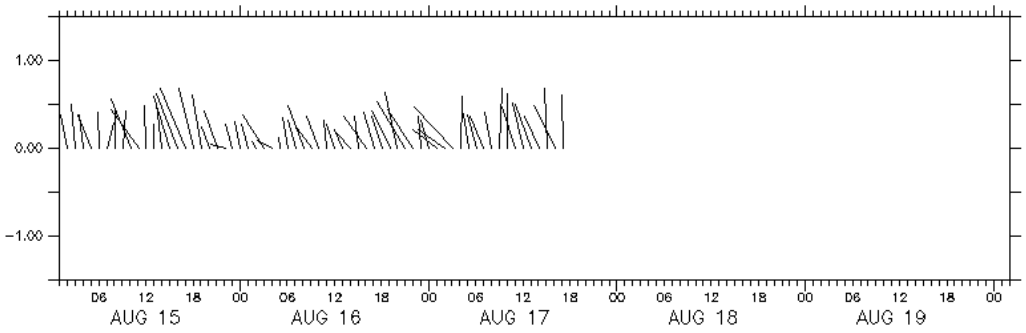


SuAo current(obs)(m/s)

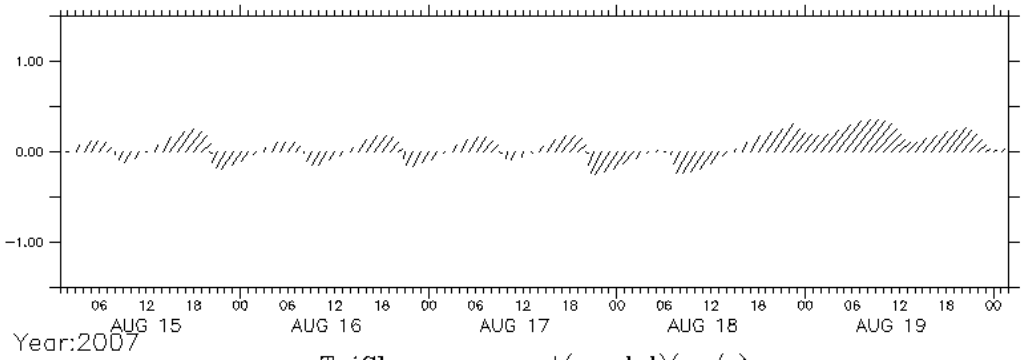


SuAo current(model)(m/s)

圖 9.4-15 蘇澳測站 2007 年聖帕颱風期間流速比對圖

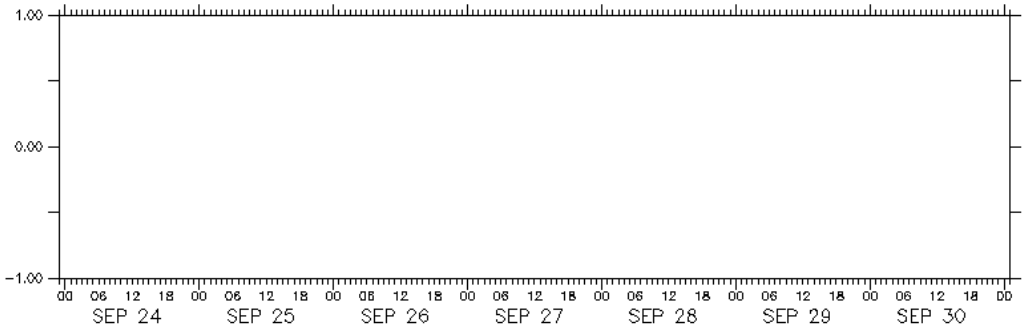


TaiChung current(obs)(m/s)

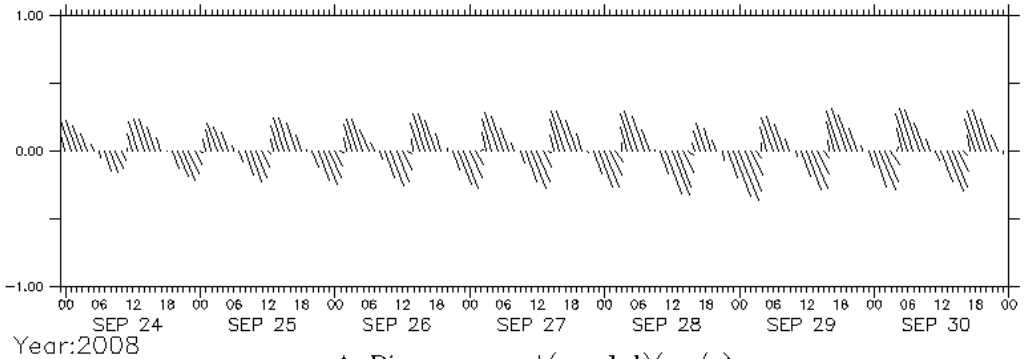


TaiChung current(model)(m/s)

圖 9.4-16 台中測站 2007 年聖帕颱風期間流速比對圖

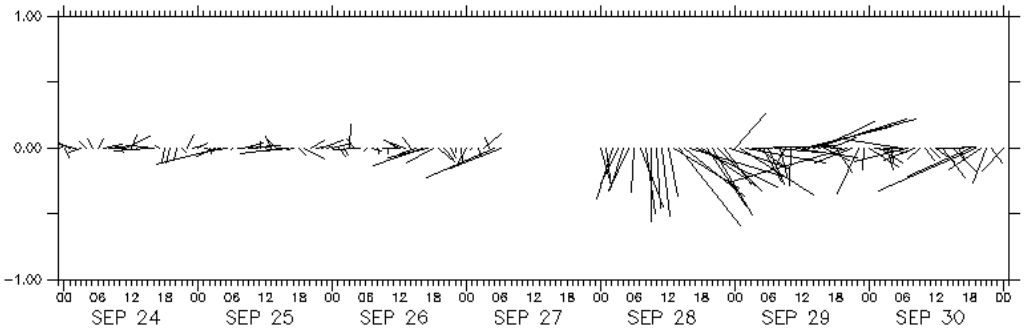


AnPing current(obs_database)(m/s)

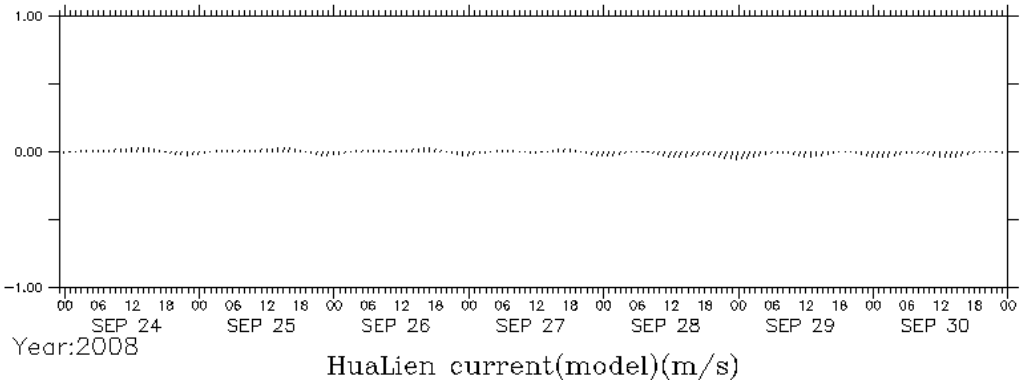


AnPing current(model)(m/s)

圖 9.4-17 安平測站 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖

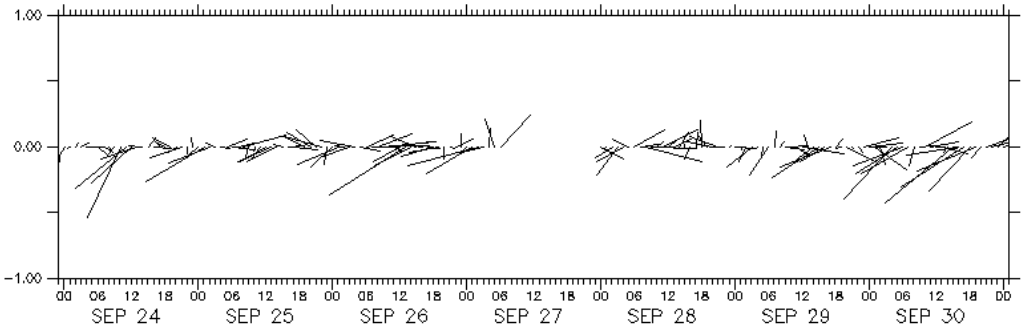


HuaLien current(obs_database)(m/s)

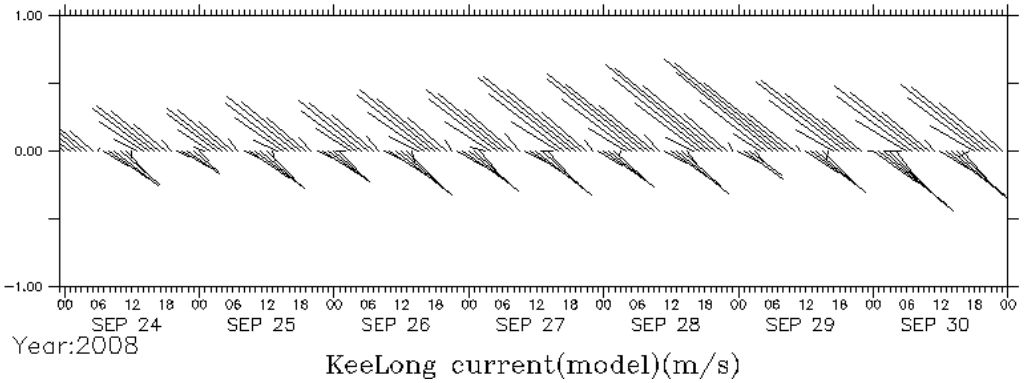


HuaLien current(model)(m/s)

圖 9.4-18 花蓮測站 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖

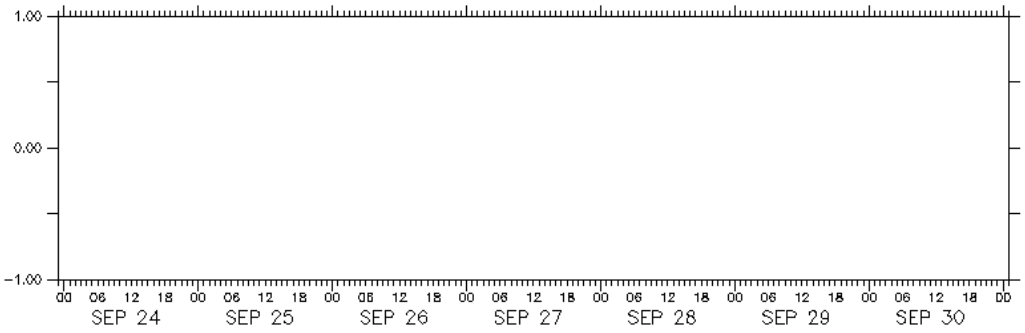


KeeLong current(obs_database)(m/s)



KeeLong current(model)(m/s)

圖 9.4-19 基隆測站 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖



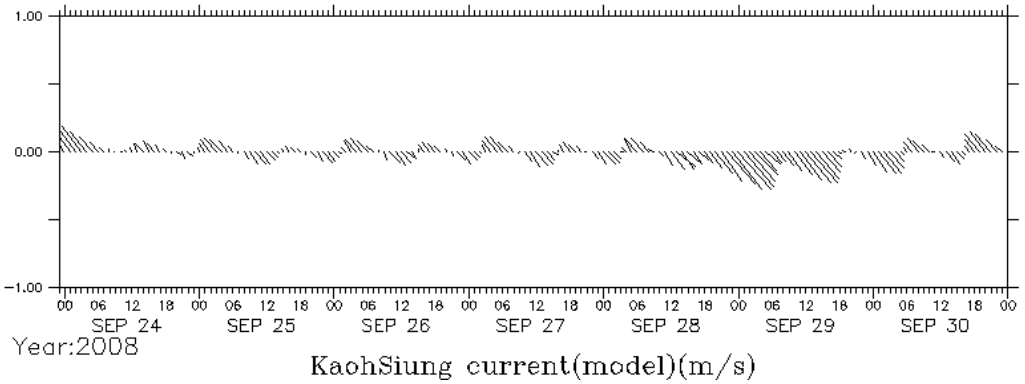
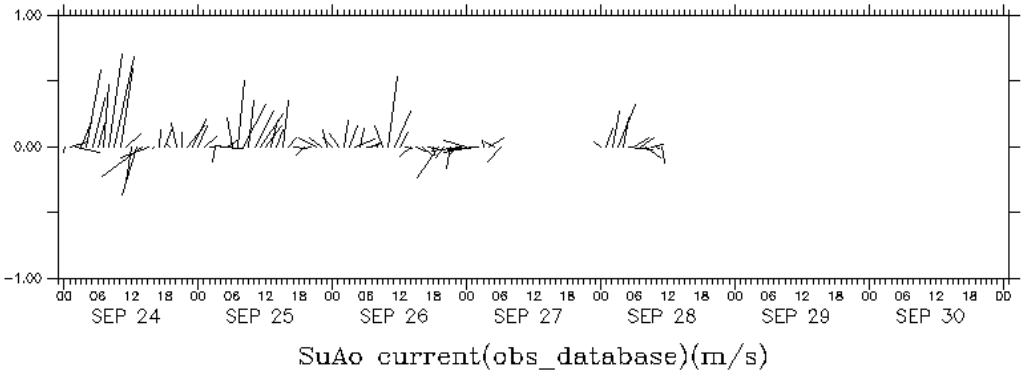


圖 9.4-20 高雄測站 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖



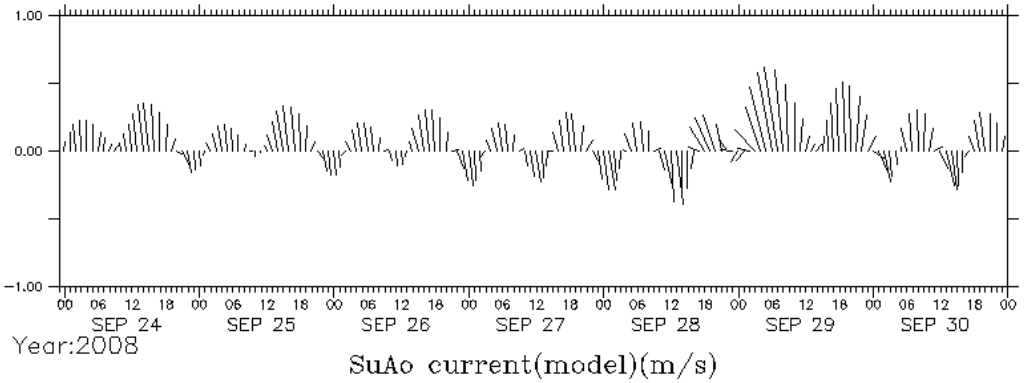


圖 9.4-21 蘇澳測站 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖

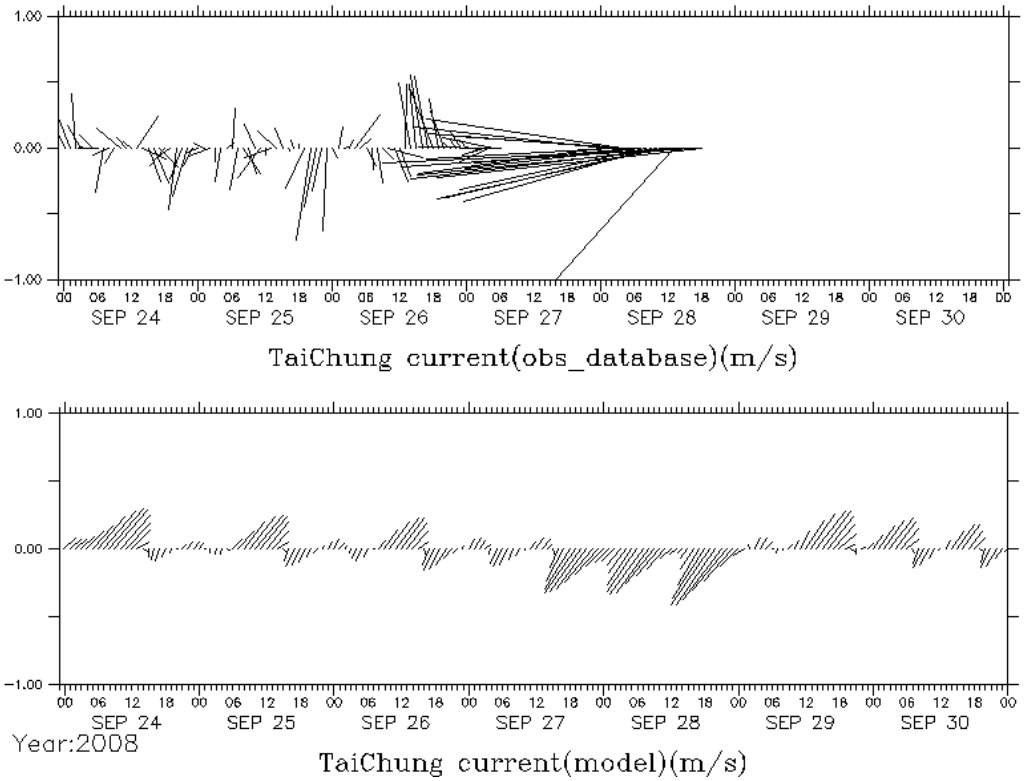


圖 9.4-22 台中測站 2008 年薔蜜颱風期間流速比對圖

第十章 結論與建議

為保護和利用近岸海域，邁向21世紀的海洋國家，除近岸海域的使用外，應著重百姓生命財產的保護。由於全球環境變遷，藉由過去觀測的資料加以統計分析所得的結果已不足為憑，各項迴歸週期之設計基準也將不足以應付新的自然條件所加諸之嚴酷挑戰。因此，近岸防救災系統的建立是在21世紀配合臺灣要邁向海洋國家最重要的施政項目之一。

由於台灣地理環境特殊，無法避免颱風與地震等天然災害之發生，海岸每年因颱風侵襲，常有颱風暴潮溢淹、海水倒灌、海岸侵蝕、颱風波浪破壞海堤等災害發生；另外在人為災害方面，也常有海難或漏油等事故發生，但常因缺乏當地較精確海象資料資料，以致無法很快地提供救災資訊。基於為提供精確海象資料資料，即時採取適當之應變措施，達到搶災救災之目的，國內亟需一套可作業化之近岸防救災預警系統。

本計畫係依行政院95年4月28日院臺字第0950019240號函核定「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，整體方案之總目標、重點工作、研發課題、執行期程與規劃經費等項目，擬定各項計畫目標及內容。擬以計畫執行期間，結合國內專家學者，藉由國外的發展經驗，擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預報系統。

本計畫主要研究成果效益，在波浪方面建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。水位方面建立本土化之水位預報模式，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位,以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準， 並做為海岸災害防護措施的依據。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警及污染擴散資訊。最後在配合本所海情中

心建置計畫，建立近岸防救災預報網路查詢系統，隨時提供各相關單位參考，以提昇港埠營運效能，同時對於各種突發狀況，可以快速研擬緊急因應對策。

10.1 結論

1. 本年度針對近岸波潮流之模擬技術與污染控制之預警精度及作業化功能改進。模式發展方面，除風場及氣壓場預報模式，由氣象局同步提供即時資訊，各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式、擴散模式及海嘯模式持續進行模式校驗。預報系統評估工作則以自動作業化方式進行全年推算，並取用現場觀測資料進行檢驗精度評估，而颱風期間列為評估重點。

2. 有關海氣象長期觀測分析與預報系統之整合，包括相關觀測資料蒐集分析、與氣象局及水利署等單位協調、各種模組整合計算結果比對等皆是重點工作。有關預報模式作業化成果評估，各種海氣象波浪模式精確度、計算速度改進及成果評估，皆以自動作業化方式進行全年逐日預報結果，並取用七個主要商港及氣象局現場觀測資料進行校驗及精度評估等工作，最後以環島近岸長期風場、波浪、水位及海流等模擬結果分析，以求得重要據點之海氣象特性。

3. 本年度針對風場(風速、風向)、氣壓場(氣壓)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)、流場(流速、流向)、擴散(河口溫鹽及油污擴散)、海嘯等各項海象預報數值模式持續進行模式校驗及精進。

4. 風場為海象模式中的重要外力，有精確的風場預報模式才能獲致準確的波浪及流場推算。預報風場方面，透過合作取得中央氣象局 NFS 預報風場即時資料，由中央氣象局每日同步提供即時 NFS 預報風場資訊。氣壓場的部分也取得中央氣象局 NFS 即時預報氣壓場。72 小時預報風場成果評估部份，前 24 小時

與各主要港口觀測資料之比較結果，顯示趨勢甚符合，但有部份港口偏小，另部份港口偏大之現象。

5. 波浪的模擬為海象預報中較複雜的，本年度已完成全域波浪預報模式系統的建置及驗證，包括大尺度的西太平洋海域 WAM 模式、中尺度臺灣海域 SWAN 模式、小尺度近岸波浪 REF/DIF 模式、細尺度港區波浪 FEMWVF 模式等四種尺度。波浪模式已正式上線進行每日 72 小時預報，並完成全年度評估成果。72 小時預報風場成果評估部份，前 24 小時與各主要港口觀測資料之比較結果，季風期間趨勢較符合，但颱風期間部份港口顯示與觀測值之誤差較大，精度提昇為未來工作重點。以年度鳳凰颱風波浪最大，在蘇澳港港口外觀測最大示性波高約 9.1 公尺。

6. 水位模式方面，全域模式分天文潮模式、全域暴潮模式及全域水位模式，全域天文潮模式主要為週期性水位變化，全域暴潮模式主要外力為颱風，全域水位模式則整合天文潮與暴潮，並使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為水位計算，其次為計算模式之順利運作及為配合計算精度之需求，分大中小三種計算範圍尺度，包括大尺度的西太平洋海域、中尺度臺灣海域、小尺度近岸海域(包括港口)，大中兩種計算範圍尺度已正式上線預報，並完成年度評估成果。72 小時預報水位成果評估部份，前 24 小時與各主要港口觀測資料之比較結果，天文潮精度甚佳、颱風暴潮偏差與觀測值之誤差也不大，以年度鳳凰颱風暴潮偏差最大，台中港亦未超過 1 公尺。

7. 海流模式方面，全域模式分二維海流模式及三維海流模式，並使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為海流計算，為計算模式之順利運作及為配合計算精度之需求，分大中小三種計算範圍尺度，包括大尺度的西太平洋海域、中尺度臺灣海域、小尺度近岸海域(包括港口)，大中兩種計算範圍尺度已正式上線預報，海流模式則僅止於上線測試，模式 結果還需要實測資料校正。三維海流模式則已建置完成，由於記憶體使用量過大及計

算時間過長，有其模擬限制。海流推算主要外力包括潮汐及風力。二維模式，在預報作業上來說，較三維適用於線上操作的預報系統。二維海流模式主要提供油污擴散模式計算，三維海流模式主要提供溫鹽擴散模式計算。

8. 近岸區域及港區海象預報為年度重點工作項目，為符合線上預報模擬作業需求，本年度增加台北港及高雄港進行近岸區域及港區模擬作業。近岸波浪場模擬方面，選取 Kirby and Dalrymple (1983)所發展的波浪折繞射模式(REF/DIF)，模式係拋物線型緩坡方程式，可適用於較大範圍之波浪場模擬，因此適用於線上模擬作業化。針對港口及港內波浪模擬，選取以橢圓型緩坡方程式之模式，此類型之數值計算相當費時，因此較不利於大範圍波浪場之模擬，以建立相關模式改善線上模擬作業化。近岸流場模擬方面，基於數值模擬系統中全域流場預報模式之數值網格解析度，無法反映出近岸地形變化以及海岸結構物對波浪場及流場之影響，因此於全域預報模式之下構建近岸區域數值模式(水動力模式)，以承接全域預報模式之模擬結果(水位及流場等)，進而模擬臺灣近岸海域之流場。

9. 污染擴散模式建置，主要重點為河口溫鹽及油污擴散，溫鹽擴散模式建置方面，河口為淡水鹹水交會處，其中鹽度分佈會隨著潮夕漲退及河水流量的豐乾變化，鹽度的變化會影響沈積物的沈降，且污染物質普遍會與沈積物結合，研究著重於鹽度的於河口分佈變化。油污擴散建置方面，擬發展應用於海洋環境的洩油模式，並將洩油軌跡受潮汐、風場的作用及洩油傳輸機制納入模式中，流場也為重要的基本資料。

10. 海嘯數值模式，本計畫成功引進日本港灣空港研究所（PARI）所發展之模式，本年度欲精進 PARI 模式，藉由歷史案例來驗證模式適用性及便利性，以了解是否適用於臺灣近海。可能震源地點為(1)呂宋島西北方(2)福建泉州(3)宜蘭外海龜山島(4)日本琉球群島(5)關東(6)北海道及(7)新幾內亞等七處，而模擬條件

以地震矩規模接近南亞大海嘯的程度來進行模式的計算。由於波源之假設地大多是日本及南太平洋，故蘇澳港會受較大的影響；簡單地說，發生於日本及南太平洋之海嘯都東部沿岸會造成影響；若波源區在西岸或是南海一帶，則臺灣西岸會遭受較大影響。

11. 臺灣主要港口海氣象模擬網站建置，建置本土化預報系統，透過模式的預測模擬可提供台灣沿海波浪在時間及空間上完整的資料，模式預報資料與現場觀測資料的比對與展示可以提供使用者參考，亦可作為模式修正的資訊。以網路為溝通媒介的環境，讓專家學者及各單位使用者能透過此系統輕鬆地掌握、瞭解所需之資訊。資料呈現的架構是利用分門別類的方式將每個主題突顯出來，然後在針對每個主體內容做細部資料的呈現或查詢。

10.2 建議

由於國內目前並無完整的近岸防救災預報系統，本研究完成後，即可提供立即且完整的預報資訊供政府決策參考，未來產生的預報資料也可供專業研究人員及一般民眾參考，因此建議將本研究完成之系統，在整合氣象局、水利署相關業務，以納入政府防救災體系中。在結合具有相當經驗與基礎之技術研發，擴大災害防救科技研發與技術支援能量，強化資訊綜整與分析研判機制，將研發能量由「技術支援」提升至「政策支持」，使政府面臨災害防救重大決策時，能夠及時獲得正確資訊。

參考文獻

1. 邱永芳、蘇青和等 2008，"臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究”，九十六度防救災專案計畫成果研討會，中華民國 97 年 5 月，台北防災科技中心。

2. 何良勝、蘇青和等，2008，"台灣地區主要港口附近海域海氣象調查及資料庫建立之研究(3/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告，MOTC- IOT-96-H2DA001。

3. 邱永芳、蘇青和、陳冠宇等，2008，"以格林函數快速預報高雄港外海海嘯波高”，2008 天氣分析與預報研討會論文集, 97 年 9 月，PP 439-442。

4. 邱永芳、蘇青和等，2008，"臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC-IOT-96-H3DA003。

5. 陳冠宇、蘇青和等， 2008， "臺灣沿岸海嘯影響範圍與淹水潛勢分析(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 研究報告， MOTC-IOT-96- H3DB004。

6. 蘇青和、謝明志，2008， "港灣地區海氣象資料查詢模組建置(1/2)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 研究報告， MOTC-IOT-96-H1DA003-3。

7. 蘇青和等， 2008，"2007 年海氣地象資料年報—潮汐部份"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告，97-149-7375，MOTC-IOT-97-H2DA001-5-4。

8. 蘇青和等， 2008，"2007 年海氣地象資料年報—海流部份"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告，97-146-7374，MOTC-IOT-97-H2DA001-5-3。

9. 蘇青和等， 2008，"2007 年海氣地象資料年報—風力部份"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，97-144-7373，MOTC-IOT-97-H2DA001-5-1。

10.蘇青和等， 2008，"2007 年海氣地象資料年報—波浪部份"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，97-143-7372，MOTC-IOT-97-H2DA001-5-2。

11.邱永芳、蘇青和、簡仲璟，2007，"近岸防救災預報系統之建立研究(4/5)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告 96-36-7255，MOTC-IOT-95-H3DA001。

12.何良勝、曾相茂、吳基、林柏青、蘇青和，2007，"台灣地區主要港口附近海域海氣象調查及資料庫建立之研究(2/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，96-76-7290，MOTC-IOT-95-H2DA001。

13.何良勝、吳基、林柏青、張富東、廖慶堂、徐如捐、邱永芳、蘇青和等， 2007，"臺北港海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業-95 年報告"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 代理研究報告。

14.蘇青和、謝明志，2007， "運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究--港灣地區海氣象資料建置(21/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 研究報告，95-54-7196， MOTC-IOT-94-H1DA003-3。

15.邱永芳、蘇青和，2006，"近岸防救災預報系統之建立"，九十四年度防救災專案計畫成果研討會論文集, 95 年 2 月。

16.邱永芳、蘇青和，2006，"臺灣近岸海象預報系統 "，2006 天氣分析與預報研討會論文集, 95 年 10 月參考文獻。

17.邱永芳、蘇青和、簡仲璟，2006，"近岸防救災預報系統之建立研究(3/5)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告 95-30-7175，MOTC-IOT-94-H3DA005。

18.邱永芳、蘇青和，2005，"近岸防救災預報系統之建立"，九十三年度防救災專案計畫成果研討會論文集, 94 年 2 月。

19.邱永芳、蘇青和、簡仲璟，2005，"近岸防救災預報系統之建立研究(2/5)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告94-49-7145，MOTC-IOT-93-H3DA005。

20.邱永芳、蘇青和，2004，"近岸防救災預報系統之建立研究"，九十二年度防救災專案計畫成果研討會，臺中中興大學，中華民國 93 年 2 月。

21.邱永芳、蘇青和、簡仲璟，2004，"近岸防救災預報系統之建立研究(1/5)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告93-77-7110，MOTC-IOT-92-H3BA03。

22.交通部運輸研究所港研中心，1996，花蓮港整體規劃及未來發展計畫，花蓮港務局委託，港灣技術研究所委託研究計畫期末報告。

23.李兆芳、劉正琪、張憲國，2001，港池振盪之數值模擬計算，海洋工程學刊，第一卷，第一期，1-22 頁。

24.侯和雄、劉正宗，1982，臺灣海峽風浪特性之研究，第六屆海洋工程研討會論文集，第 8-1~8-17 頁。

25.陳亞嵐，2004，近岸風浪推算資料同化之研究，成功大學水利及海洋工程系。

26.張憲國、曾彥吉吉，2001，輸入天文潮汐改善類神經網路的潮汐預報能力之研究，第二十三屆海洋工程研討會論文集，97 頁-104 頁。

27.張憲國、黃金維，2001，以 NAO99b 潮汐模式預測臺灣西岸潮汐之評估"，第二十三屆海洋工程研討會論文集，105 頁-111 頁。

28.劉文俊，1996，臺灣的潮汐"，文英出版社。

29.鄭明典，“數值天氣預報近期的發展趨勢”，物理雙月刊，第 23 卷第 3 期，2001 年 6 月，pp.422~427。

30.廖建明、歐善惠、許泰文、方介群、臧效義，2002，應用 SWAN 模式模擬臺灣附近颱風波浪之特性，臺中，第二十四屆海洋工程研討會論文集，第 469-476 頁。

31.錢維安、張憲國、何良勝，2000，類神經網路在推算颱風波浪之研究，第二十二屆海洋工程研討會論文集，高雄，第 132-138 頁。

32.錢維安、張憲國、何良勝，2001，神經-模糊網路在推算颱風波浪之應用，第二十三屆海洋工程研討會論文集，臺南，第 429-436 頁。

33.錢維安、張憲國、何良勝，2002，神經-模糊網路在推算颱風波浪之應用(Ⅱ)，第二十二屆海洋工程研討會論文集，臺中，第 461-468 頁。

34.謝榮哲，2000，類神經網路在長時期潮汐預報之應用，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。

35.Arakawa A. and Suarez M. J., 1983, Vertical differencing of the primitive equations in sigma coordinates. *Monthly Weather Review*, 111, 34-45.

36.Backhaus J. O., 1985, A three-dimensional model for the simulation of shelf sea dynamics. *Deutsche hyhrographische Zeitschrift*, 38, 165-187.

37.Bauer, E., S. Hasselmann and K. Hasselmann, 1992, Validation and Assimilation of Seaset Altimeter Wave Heights Using the WAM Wave Model, *J. Geophys. Res.*, 97, pp. 12671-12682.

38.Booji, N., 1981, Gravity waves on water with non-uniform depth and current, Department of Civil Engineering, Delft University of Technique, Delft, The Netherlands, Report No. 81-1.

39.Bretschneider, C.L., 1952, The generation and decay of wind waves in deep water. *Transaction American Geophysical Unio*, Vol. 33, No. 3, 381-389.

40.Cressman, G., 1959, An operational objective analysis system, *Monthly Weather Review*, 87, 367-374.

41.Darwin, G.. H., 1907, The harmonic analysis of tidal observations in

Scientific Papers, 1, Oceanic tides and lunar disturbances of gravity., Cambrige Univ. Press, London.

42. Deleersnijder E., Norro A. and Wolanski E., 1992, A three-dimensional model of the water circulation around an island in shallow water. *Continental Shelf Research*, 12, 891-906.

43. Deo, M.C., Gondane, D. S., and Sanil Kumar, V., 2002, Analysis of wave directional spreading using neural networks. *Journal of Waterway*, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol. 128, No. 1, pp. 30-37.

44. Deo, M.C., Jagdale, S.S., 2003, Prediction of breaking waves with neural networks. *Ocean Engineering*, Vol. 30, No. 9, pp. 1163-1178.

45. Deo, M.C., Jha, A., Chaphekar, A.S., Ravikant, K., 2001, Neural networks for wave forecasting. *Ocean Engineering*, Vol. 28, No. 7, pp. 889-898.

46. Deo, M.C., Kiran Kumar, N., 2000, Interpolation of wave heights. *Ocean Engineering*, Vol. 27, No. 9, pp. 907-919.

47. Deo, M.C., Sridhar Naidu, C., 1999, Real time wave forecasting using neural networks. *Ocean Engineering*, Vol. 26, No. 3, 191-203.

48. Desai, S. D., 1996, Ocean tides from TOPEX/POSEIDON altimetry with some geophysical applications. Ph. D. dissertation submitted to the department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO.

49. Desai, S. D., and Wahr, J., 1995, “Empirical ocean tide models estimated from TOPEX/POSEIDON altimetry.” J. Geophys. Res., 100(c12), 25205-25228.

50. Doodson, A.T., 1921, The harmonic development of the tid-generating potential. *Proc. R. Soc. Lond. A.*, 100, 305-329.

51. Evensen, G., 1992, Using the extended Kalman filter with a multi-layer quasi-geostrophic ocean model, *J. Geophys. Res.*, 97, 17905-17921.

52. Gandin, L.S., 1963, Objective Analysis of Meteorological Fields, Gidrometeoizdat, Leningrd, 242.

53. Gerling, T.W., 1992, Partitioning sequences and arrays of directional ocean wave spectra into component wave systems, *J. Atm. Oc.Techn.*, 9, 444-458.

54. Groves, G.. W., and Reynolds, R. W., 1975, An orthogonalized convolution method of tide prediction. *J. Geophys. Res.*, 80, 4131-4138.

55. Hajime, M., Sakamoto, M., and Sakai, T., 1995, Neural network for stability analysis of rubble-mound breakwaters. *J. of Waterway Port*, Coastal and Ocean Eng., ASCE, 97, 139–154.

56. Han, G.. R. Hendry and Ikeda, M., 2000, Assimilating TOPEX/POSEIDON derived tides in a primitive equation model over the Newfoundland Shelf. *Cont. Shelf Res.*, 20, 83-108.

57. Hasselmann, K., S. Hasselmann, E. Bauer, C. Brüning, S. Lehner, H.C. Graber and P. Lionello, 1988, Development of a Satellite SAR Image Spectra and Altimeter Wave Height Data Assimilation System for ERS-1, Final Report ESA Study Contract No. 6875/87/HGE-I(SC), Max-Planck-Institut für Meteorologie, Report No. 19, 155.

58. Hasselmann, S., C. Brüning and P. Lionell, 1994, Towards a generalized optimal interpolation method for the assimilation of ERS-1 SAR retrieved wave spectra in a wave model, *Proc. 2nd ERS-1 Symp.*, ESA SP-361, 21-25.

59. Hasselmann, S., P. Lionello and K. Hasselmann, 1997, An Optimal Interpolation Scheme for the Assimilation of Spectral Wave Data, *J. Geophys. Res.*, 102, 15823-15836.

60. Hedges, T. S., 1976, An empirical modification to linear wave theory, *Proc. Inst. Civ. Eng.*, 61, pp. 575-579.

61. Hiraoka, T., H. Maeda and N. Ikoma, 1999, Two-stage prediction method of typhoon position by fuzzy modeling-fusion of outline prediction and detailed prediction systems, Proceedings of IEEE SMC '99 Conference on Man, and Cybernetics, Vol. 6, pp. 581 -585.

62. Hopfield, J.J., and Tank, D., 1985, Neural computation of decision in optimization problems. *Biological Cybernetics*, Vol. 51, pp. 141-152.

63. Hsu, T. W. and Wen C. C., 2001, A parabolic equation extended to account for rapidly varying topography, *Ocean Engineering*, Vol. 28, pp. 1479-1498.

64. Janssen, P.A.E.M., P. Lionello, M. Reistad and A. Hollingsworth, 1989, Hindcasts and data assimilation studies with the WAM model during the Seasat period, *J. Geophys. Res.*, 94, 973-993.

65. Jeffreys, H., 1924, On the formation of water waves by wind. Proceedings of Royal Society of London Series A, Vol. 107, pp. 189-206.

66. Jeffreys, H., 1925, On the formation of water waves by wind Ⅱ. Proceedings of Royal Society of London Series A, Vol. 110, pp. 341-347.

67. Johnson, G.P. and F.C. Lin, 1996, Hurricane tracking via backpropagation neural network, Proceedings of 1996 IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. 2, pp. 1103-1106.

68. Kalman, R.E, 1960, A new approach to linear filtering and prediction problems, *Trans. ASME J. Basic Eng.*, 82, 35-45.

69. Kashiyama, K. and Okada T., 1992, Automatic mesh generation method for shallow water flow analysis, *International Journal Numerical Methods Fluid*, Vol. 15, pp. 1037-1057.

70. Kirby, J. T., 1986, Higher-order approximations in the parabolic equation method for water waves, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, No. C1, pp. 933-952.

71. Kirby, J. T. and Dalrymple R. A., 1983, The propagation of weakly nonlinear waves in the presence of varying depth and currents, *Proc. 20th Congress I.A.H.R.*, Moscow.

72. Kirby, J. T. and Dalrymple R. A., 1991, *User's manual, combined refraction/diffraction model*, Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, University of Delaware, Newark, De 19716, REF/DIF 1, version 2.3.

73. Komen, G.J., 1985, Introduction to Wave Models and Assimilation of Satellite Data in Wave Models, In: The Use of Satellite Data in Climate

Models, *Proc. Alpbach Conference, ESA Pub., ESA SP*, 244, 21-26.

74. Komen, G. J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann and P.A.E.M. Janssen, 1996, Dynamics and modeling of ocean waves, Cambridge University Press.

75. Kumar, A., and Minocha, V. K., 2001, A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L., *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 54-55.

76. Le Provost, C., Lyard, F., Molines, J., M. Genco, M. L., and Rabilloud, F., 1998, A hydrodynamic ocean tide model improved by assimilating a satellite altimeter-derived data set. *J. Geophys. Res.*, 103(C3), 5513-5529.

77. Lee, R. S. T., and Liu, J. N. K., 1999, An elastic graph dynamic link model for tropical cyclone pattern recognition, Proc. of the 6th Int. Conf. on Neural Information, ICONIP'99, 1, 177-182.

78. Lee, T.L., and D.S. Jeng, 2002. Application of artificial neural networks in tide forecasting, *Ocean Engineering*, Vol. 29, pp. 1003-1022.

79. Lionello, P., H. Günther and P.A.E.M. Janssen, 1992, Assimilation of Altimeter Data in a Global Third Generation Wave Model, *J. Geophys. Res.*, 97, 14253-14474.

80. Lionello, P., H. Günther and B. Hansen, 1995, A Sequential Assimilation Scheme Applied to Global Wave Analysis and Prediction, *J. Mar. Syst.*, 6, 87-107.

81. Luyten P. J., 1996. An analytical and numerical study of surface and bottom boundary layer with variable forcing and application to the North Sea, *Journal of Marine Systems*, 8, 171-189.

82. Matsumoto, K., Takanezawa, T., and Ooe, M., 2000, Ocean tide model developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimetry Data into hydrodynamical model: A global and a regional model around Japan. *Journal of Oceanography.*, 56 , 567-581.

83. Mandal S., 2001, A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L., *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 54-55.

84. Medina, J.R., 2001, A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L., *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 55-57.

85. Miles, J.W., 1957, On the generation of surface waves by shear flows. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 3, pp. 185-204.

86. Miles, J.W., 1960, On the generation of surface waves by turbulent shear flows. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 7, pp. 469-478.

87. Munk, W. H., and Cartwright, D. E., 1996, Tidal spectroscopy and prediction. *Philos. Trans. R. Soc. Landon, Ser. A.*, 259, 533-581.

88. Nelson, M., Hill, T., Remus, W., and O'Connor, M., 1999, Time series forecasting using neural networks: should the data be deseasonalizes first?, *Journal of Forecasting*, Vol. 18, pp. 359-367.

89. Panofsky, R.A., 1949, Objective weather-map analysis, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 6, 386-392.

90. Phillips, O.M., 1957, On the generation of waves by turbulent wind. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 2, pp. 417-445.

91. Ray, R. D., 1998, Spectral analysis of highly aliased sea-level signals, *J. Geophys. Res.*, 103(C11), 24991-25003.

92. Smith S. D. and Banke E. G., 1975. Variation of the sea surface drag coefficient with windspeed, *Quarterly Journal Meteorological Society*, 101, 665-673.

93. Sverdrup, H.U., W.H. Munk, 1947, Wind, sea and swell：theory of relation for forecasting. U.S. Navy Hydrographic Office Publication No. 601, pp. 44

94. Thomas, J.P., 1988, Retrieval of Energy Spectra from Measured Data for Assimilation into a Wave Model, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 114, 781-800.

95. Tsai, C.P., and Lee, T.L., 1999, Back-Propagation Neural Network in Tidal-Level Forecasting, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 125, pp. 195-202.

96. Voorrips, A.C., A.W. Heemink and G.J. Koman, 1999, Wave data assimilation with the Kalman filter, *Journal of Marine System*, 19, 267-291.

97. Voorrips, A.C., C. de Valk, 1997, A comparison of two operational wave assimilation method, KNMI Preprint 97-06, Subm. to The Global Atmosphere Ocean System, 1-46.

附錄 A　期末審查會議記錄

交通部運輸研究所港研中心

第三科 97 年度自辦研究計畫

「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)」期末審查會議

壹、 會議時間：民國 98 年 3 月 20 日（星期五）上午 11 時 10 分

貳、 會議地點：本所港研中心辦公大樓一樓會議室

參、 主持人：港研中心　簡科長仲璟　　紀錄：李俊穎

肆、 出席單位及人員：

審查委員：	
張前所長金機	張金機
交通大學　郭教授一羽	郭一羽
建國科技大學莊教授甲子	莊甲子
臺灣大學　梁教授乃匡	梁乃匡
臺灣海洋大學翁教授文凱	請假
本所港研中心：	
簡科長仲璟	簡仲璟
蘇研究員青和	蘇青和
	李俊穎
	單誠基
	陳明泉
	林莉凰

伍、主席致詞：略。

陸、計畫主持人簡報：略。

柒、各單位綜合評論：

參與審查人員 及其所提之意見	處理情形
一、張金機委員	
1. 整體而言計畫過於龐雜，報告圖說太小數值無法判讀，各港應註明 N 向。因此建議未來或地區作較詳細描述、驗證及探討，逐一由氣象(風速)推算外海波浪，再演算近岸波、潮、流等	1. 依委員意見修正。
2. 模式計算結果缺乏驗證、檢討。WAM 與 SWAN 推算結果現象誤差超過預期，未驗證並提檢討。	2. WAM 與 SWAN 模式誤差甚大，為未來改進之重要工作。
3. 高雄港近岸波浪模擬成果 p3-52、53 呈現黑白相間現象，波浪是否呈現大小相間現象。	3. 近岸波浪之特性。
4. p1-8 水資源局改為水利署，p2-1 27 日 0 點但 2-2、3 為 27 日 23 點。	4. 依委員意見修正。
5. 計畫過於龐大，無法對所有主題作描述驗證探討。建議針對各主題選擇較少情況，作詳細描述驗證探討。	5. 依委員意見未來計畫修正。
二、郭一羽委員	
1. 線上監測儀器故障的發現有無對策？	1. 本中心海氣象資料蒐集系統，對儀器故障資料異常或中斷，有自動檢驗及人員處理步驟。
2. 波浪預報依規模分四個等級，各等級之準確性的率定與驗證是研究重點應加強說明。	2. 依委員意見修正。
3. 是否可由觀測的風場來改善波浪預測的輸入條件。	3. 此為未來改善波浪預測之重要工作。
4. 流向預測準確，流速偏差較大，可能是預測模式的問題而非長週期海流等其他海流的影響	4. 謝謝委員意見。將盡力改善精度。
5. 盡量提高陸上風觀測站的資料的可用性。例如探討數值模擬結果與實測結果的相關性。	5. 將盡力改善精度。
6. 研究目標正確，內容充實，關鍵技術仍有不	6. 謝謝委員意見。

少地方可再尋求突破。加強驗證的工作與說明，及觀測資料與數值模擬結果的相關性探討，以有效運用數值模式。	
三、莊甲子委員 1. 風場及氣壓場預報成果(圖 2.1.2~2.1.4 及圖 2.2.1~2.2.3)宜加扼要說明中央氣象局與港研中心的模式計算與操作的差異性與相關之分際。 2. 報告中提到詳細的 WAM 模式之操作可參考 93 年度期末報告附件(p3-4)的說明似有不妥，感覺上會讓人有四年前的成果宜加補充說明本年度之改進狀況。 3. 部分圖碼跳號(如圖 3.3.9)應加修正。 4. 圖 5.1.4~圖 5.1.6 編號 5. 5.2.6 節中吉尼號卸油事件探討宜將模擬與衛星取得照片之油團漂移軌跡繪圖另作比較分析說明。 6. 辛樂克颱風模式計算與實測比較結果前者單鋒後者雙鋒之差異原因宜加探討說明。 7. 本研究內容廣泛豐富能於短期年度內完成確非易事，報告中各模式計算成果亦皆達到預期目標。惟部份模式之成果比較驗證仍宜加強。	1. 風場及氣壓場模式引自中央氣象局為波浪、潮位及海流等海象重要邊界條件。 2. 依委員意見修正。 3. 依委員意見修正。 4. 依委員意見修正。 5. 因缺較完整之相關油團漂移資料僅作定性比較。 6. 依委員意見修正。 7. 謝謝委員意見。
四、梁乃匡委員 1. 本計畫目標龐大，有許多大學教授參與工作，其成果將對港灣建設及運作有重要的影響。希加強各子計畫之協調及未來實際由中心操作時應建立操作手冊。	1. 謝謝委員意見。

捌、散會。

附錄 B　期末審查簡報

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)

計畫主持人:邱永芳
共同主持人:蘇青和
港灣技術研究中心
2009年3月20日

港灣技術研究中心

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(1/4)

1、前言

2、臺灣環島海氣象預報模式

- 風場(氣壓)、潮位、波浪、流場、海嘯

3、臺灣主要港區海氣象即時監測

4、線上預報作業及成果評估

5、長期海象推算

6、結論與建議

港灣技術研究中心

1、前 言

- 目的:建立適用於台灣海象預警系統。
  - 颱風侵襲:提供暴潮溢淹、波浪破壞、海岸侵蝕等天然災害資訊。
  - 航運及環境:提供有關海難、漏油等人為災害資訊。
  - 提供精確海象資料，即時採取應變措施，達到搶災救災目的。

港灣技術研究中心

1、前 言(續1)

- **研究重點:**
  - 精進**海氣象數值預報系統**。
  - 主要商港海氣象**即時觀測站資料蒐集**。
  - **預報系統網站**更新。
  - 線上**預報作業化及成果評估改善**。
  - 長期推算及**設計參數推估**。

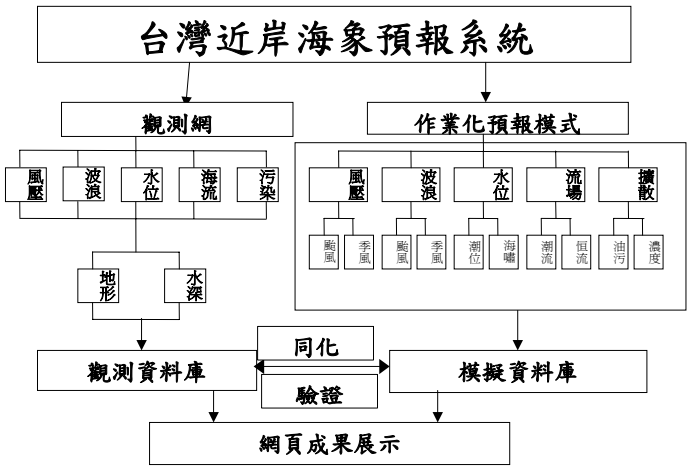
港灣技術研究中心

2、臺灣環島海氣象預報模式

- 海象預報模式:(颱風、海難為重點)
  - 預警項目:(1)波浪(季風波浪及颱風波浪)、(2)水位(天文潮及颱風暴潮位)、(3)流場(潮流及風驅流、近岸流場)(4)油污擴散、(5)海嘯。
  - 外來項目(1)氣象(風場、颱風、氣壓、雨量)、(2)河川水文資料(河口水位、流量)。(主要由氣象局或水利署提供)

港灣技術研究中心

2、臺灣環島海氣象預報模式(續1)



港灣技術研究中心

2.1 風場及氣壓模式

- 海面風場:
  - 中央氣象局NFS預報風場模式提供三種不同尺度(45km,15km,5km)[圖2.1]。
- 海面氣壓:
  - 中央氣象局NFS預報氣壓場模式提供三種不同尺度(45km,15km,5km)[圖2.2]。

港灣技術研究中心

NFS風場及氣壓場 72小時預報作業

- NFS 每日預報兩次:
  - 每日0時 及中午12時上線
  - 每次預報72小時。
  - 中央氣象局提供。

港灣技術研究中心

2.2 波場模式

- 全域波浪模式
  - 分外海、近海、近岸、港區4種網格
- 定點類神經網路波浪模式
- 定點半經驗颱風波浪模式

港灣技術研究中心

2.2 波場模式(續1)

- 全域波浪模式:
  - WAM風浪模式:歐洲波浪預報群研發,西太平洋海域(大域,大網格:20分)[@]。
  - SWAM風浪模式:荷蘭 Delft 大學發展,臺灣海域(中域,小網格:1分) [@]。
  - REF/DIF近岸波浪模式: Kirby發展,近岸海域(小域,小網格:200m) [@]。
  - MSE近岸港區波浪模式: Mild-Slope Eq.:各港區(細域,細網格:10m~50m) [@]。

港灣技術研究中心

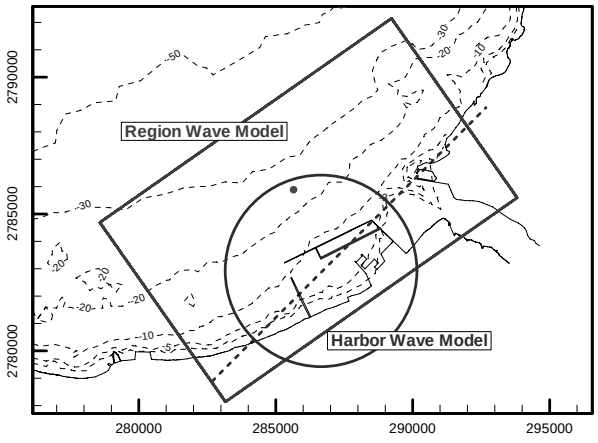
近岸及港區波浪模擬工作內容

本年度重點港口為台北港及高雄港：

- 針對兩港近岸海域，建置適當的數值計算網格。
- 近岸區域波浪模擬入射波之決定。
- 近岸區域波浪模擬入射波之率定。
- 72小時預報及即時預報線上作業模擬。

港灣技術研究中心

台北港近岸及港區波浪計算範圍



港灣技術研究中心

2.3 水位模式

- 全域水位模式：引用歐盟發展模式-COHERENS。
  - 天文潮模式(週期性水位變化)
  - 暴潮模式(颱風為主因)。
- 定點類神經網路水位模式。

港灣技術研究中心

水位模式(續1)

- 全域天文潮模式
  - 邊界潮位利用Global Ocean Model (Schwiderski, 1982)8個分潮計算。
  - 大域範圍:東經105~150度，北緯0~35度，解析度為1/6度同WAN模式。中域範圍同SWAN模式區域。小域範圍同REF/DIF波浪模式區域。
- 全域暴潮模式
  - 暴潮模式的四週邊界為自由邊界(free flux)，以風場及氣壓場作為表面驅動力。
  - 計算範圍同天文潮模式(大中小)，但重點於小區域。

港灣技術研究中心

2.4 海流模式

- 全域海流模式：引用歐盟發展模式-COHERENS(大、中尺度)。
  - 2D海流模式：潮汐及風力為主。
  - 3D海流模式：潮汐及風力為主。
  - 2D及3D模式比較
- 2D近岸水動力模式(HYDR2) (小尺度)

港灣技術研究中心

2D全域海流模式

- 大域四週測邊界潮位引用Global Ocean Model (Schwiderski, 1982) 結果:8個分潮(四個全日潮及四個半日潮)作為驅動。
- 表面輸入風場及氣壓資料(風剪力)。
- 模式計算範圍同水位模式(大中小3種)。
- 得到垂直方向平均之潮流與風驅流。
- 未來提供油污擴散模式計算。

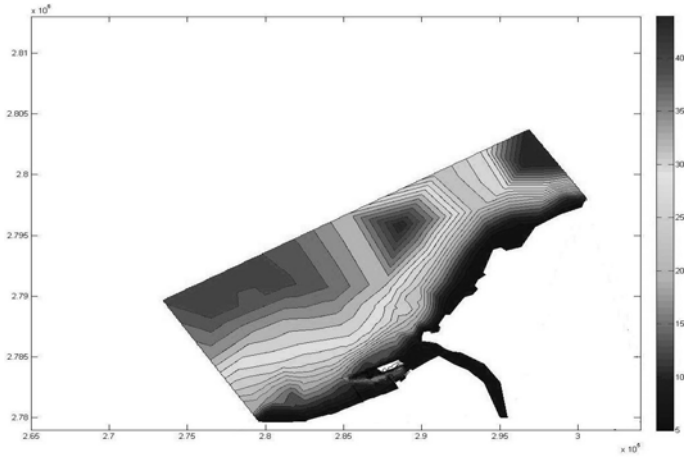
港灣技術研究中心

近岸及港區流場模擬(小域)

- 中域流場模式網格解析度，無法反映近岸地形變化及結構物影響。建構2D有限元素法近岸水理模式考慮因素：
  1. 網格解析度需足反映地形變化。
  2. 運算速度需符合線上作業及災害預警。

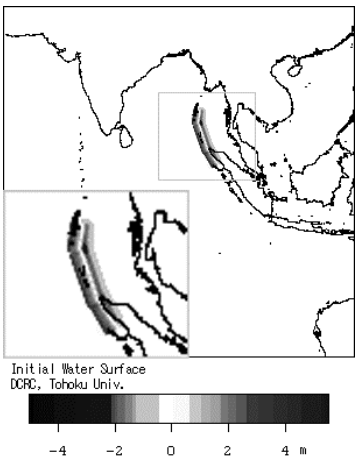
港灣技術研究中心

台北港計算範圍及水深分佈



港灣技術研究中心

2.5 海嘯模式



南亞海嘯造成的重大傷亡，讓國人進一步的正視海嘯可能造成的威脅

港灣技術研究中心

海嘯模式

- **PARI海嘯模式**(日本港灣空港研究所)
  - 採用非線性淺水方程式。
  - 經過南亞海嘯及日本北海道海嘯測試，與實測相符
- **COMCOT海嘯模式**(美國康乃爾大學土木與環境工程學系)(新增)
  - 採用非線性Boussinesq方程式所推導 。
  - 較佳之運算效率

港灣技術研究中心

臺灣近海海嘯特性-案例分析

■精進PARI模式，藉由歷史案例驗證模式適用性及便利性，以了解是否適用於臺灣近海。

■可能震源地點為(1)呂宋島西北方(2)福建泉州(3)宜蘭外海龜山島(4)日本琉球群島(5)關東(6)北海道及(7)新幾內亞等七處。

■模擬條件以地震矩規模接近南亞大海嘯的程度來進行模式的計算。

港灣技術研究中心

海嘯模擬結果與討論

- 發生於日本及南太平洋之海嘯都東部沿岸會造成影響，故蘇澳港會受較大的影響 。
- 呂宋島西北方引發的海嘯以高雄港、臺南安平及臺中港所受影響最大，因位海嘯波是近乎直接沿著臺灣西南海岸而上 。
- 福建泉州引發的海嘯威脅及於臺灣西部沿岸至東北角，所帶來的威脅以淡水河口及臺中港的影響最大 。
- 新幾內亞引發的海嘯在地震發生時間起算約465分後，蘇澳港附近沿岸受到海嘯威脅最大 。

港灣技術研究中心

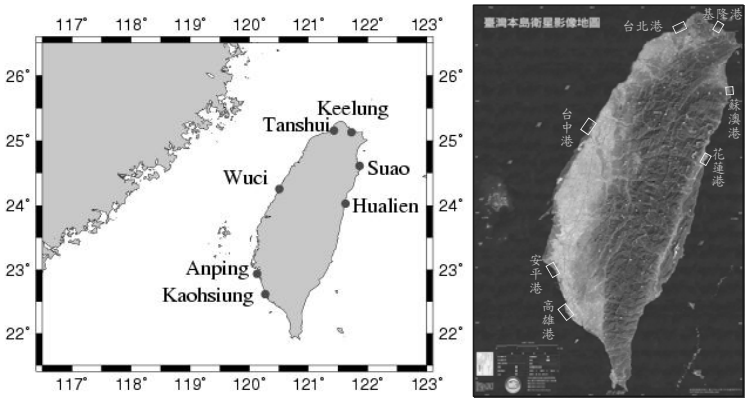
3、海氣象即時監測系統

現況:

- 國內近岸測站尚稱足夠，但較缺乏整合。而外海觀測站甚缺乏。
- 配合預報模式作業化，觀測資料需自動化即時監測功能。

港灣技術研究中心

港研中心所屬觀測站

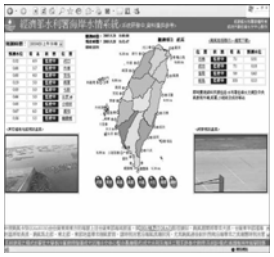


港灣技術研究中心

氣象局觀測站 (引自氣象局網站)　海科中心觀測 (引自海科中心網站)　水利署觀測站 (引自水利署網站)







港灣技術研究中心

8個主要商港海氣象觀測站現況

- **5個國際港(基隆港、蘇澳港、花蓮港、台中港、高雄港)**
  - 外海至少1即時監測站(AWCP:波、潮、流) 。
  - 港內另增設:風速站及潮位站。
  - 每小時回傳中心。
- **3個國內港(台北港、安平港、布袋港)**
  - 台北港、安平港設置觀測樁。
  - 觀測樁設2個即時監測站(S4及AWCP:波、潮、流) 及2個即時風速站。每小時回傳中心。港內將增設:風速站及潮位站。
  - 布袋港自記 式觀測站(AWCP:波、潮、流) ,港內另增設風速站及潮位站。(目前非即時監測) 。

港灣技術研究中心

4.線上預報作業及成果評估

- 海象預警系統網站 (TaiCOMS)。
- 作業化之線上預報系統。
- 年度預報成果評估。

港灣技術研究中心

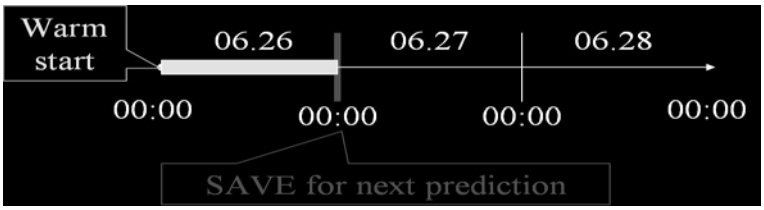
TaiCOMS 網站系統

- 網站架構
  - 系統說明
  - 風壓模式
  - 波場模式--------> ✓模式說明
    - ✓即時波場
    - ✓72時波場
    - ✓歷史波場
  - 水位模式
  - 流場模式
  - 擴散模式
  - 颱風海象
  - 觀測資料
  - 相關網站

港灣技術研究中心

72時現報作業概念

- 每次作業時間為三天
  - 24小時現報（與七大港即時觀測系統比對）
  - 48小時預報（純模式模擬結果）
- Example: 06.27 00:00



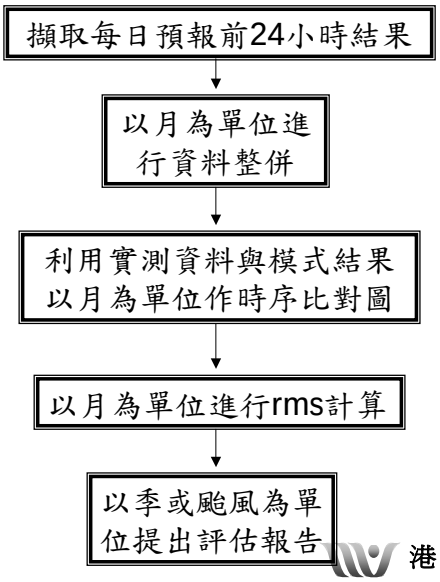
港灣技術研究中心

72時上線預報的模式

- 風壓模式：中央氣象局NFS模式
  - RC（西太平洋範圍(大)
  - MC（中國海域）(中)
  - HC（台灣海域）(小)
- 波浪模式：
  - WAM – 西太平洋大範圍模式(大)
  - SWAN – 台灣周圍海域波浪模式(中)
  - 近岸(7港)波浪模式(小)
- 水位模式：
  - 西太平洋天文潮及暴潮(複合潮)模式(大)
  - 台灣海域複合潮模式(中)
  - 近岸(7港)複合潮模式(小)
- 海流模式
  - 西太平洋海流模式(大)
  - 台灣周圍海域海流模式(中)
  - 近岸(7港)海流模式(小)
- 擴散模式:(人工啟用)
- 海嘯模式:(人工啟用)

港灣技術研究中心

72時預報成果評估方式流程



港灣技術研究中心

即時(24小時)預報模式

- 波浪模式：(即時預報)
  - 即時預報作業:採用港外觀測資料為入射波。
  - 近岸(7港)波浪模式(小)
  - 港區(7港)波浪模式(細)
- 海流(水位)模式：(24小時預報)
  - 24小時時預報作業: 採用中域模式推算結果+港外觀測資料修正邊界條件。
  - 近岸(7港)海流模式(小)

港灣技術研究中心

5.長期海象推算

- 2005~2008年四年推算與觀測值比對(26 個颱風為重點)
- 風場:
  - 氣象局NFS風場
- 波浪場
  - WAM進行推算(採用RC風場)
  - SWAN進行推算(採用MC風場)
- 水位及流場
  - MC風場
  - 台灣海域模式進行推算

港灣技術研究中心

05～08年有發警報颱風資料(26個)

名稱	編號	發佈時間	解除時間	最大強度
海棠 (HAITANG)	0505	海上:2005/7/16 14:30 陸上:2005/7/16 23:30	海上:2005/7/20 2:30 陸上:2005/7/20 2:30	強烈
馬莎 (MATSA)	0509	海上:2005/8/3 8:30 陸上:2005/8/4 2:30	海上:2005/8/6 8:30 陸上:2005/8/5 20:30	中度
珊瑚 (SANVU)	0510	海上:2005/8/11 16:0 陸上:2005/8/13 2:30	海上:2005/8/13 20:30 陸上:2005/8/13 17:30	輕度
泰利 (TALIM)	0513	海上:2005/8/30 8:30 陸上:2005/8/30 20:30	海上:2005/9/1 23:30 陸上:2005/9/1 23:30	強烈
卡努 (KHANUN)	0515	海上:2005/9/9 17:30 陸上:2005/9/10 2:30	海上:2005/9/11 14:30 陸上:2005/9/11 5:30	中度
丹瑞 (DAMREY)	0518	海上:2005/9/21 10:30	海上:2005/9/23 8:30	中度
龍王 (LONGWANG)	0519	海上:2005/9/30 20:30 陸上:2005/10/1 5:30	海上:2005/10/3 8:30 陸上:2005/10/3 8:30	強烈
珍珠 (CHANCHU)	0601	海上:2006/5/16 17:30 陸上:2006/5/17 2:30	海上:2006/5/18 17:30 陸上:2006/5/18 17:30	中度
艾維尼 (EWINIAR)	0603	海上:2006/7/7 23:30	海上:2006/7/9 5:30	中度
碧利斯 (BILIS)	0604	海上:2006/7/12 2:30 陸上:2006/7/12 8:30	海上:2006/7/15 2:30 陸上:2006/7/15 2:30	輕度
凱米 (KAEMI)	0605	海上:2006/7/23 14:30 陸上:2006/7/23 23:30	海上:2006/7/26 2:30 陸上:2006/7/26 2:30	中度
桑美 (SAOMAI)	0608	海上:2006/8/9 2:30 陸上:2006/8/9 11:30	海上:2006/8/10 23:30 陸上:2006/8/10 23:30	中度
寶發 (BOPHA)	0609	海上:2006/8/7 20:30 陸上:2006/8/8 14:30	海上:2006/8/9 14:30 陸上:2006/8/9 11:30	輕度
珊珊 (SHANSHAN)	0613	海上:2006/9/14 14:30	海上:2006/9/16 14:30	中度
帕布 (PABUK)	0706	海上:2007/8/6 23:30 陸上:2007/8/7 5:30	海上:2007/8/8 14:30 陸上:2007/8/8 11:30	輕度
梧提 (WUTIP)	0707	海上:2007/8/8 11:30 陸上:2007/8/8 11:30	海上:2007/8/9 11:30 陸上:2007/8/9 11:30	輕度
聖帕 (SEPAT)	0708	海上:2007/8/16 8:30 陸上:2007/8/16 20:30	海上:2007/8/19 14:30 陸上:2007/8/19 14:30	強烈
韋帕 (WIPHA)	0712	海上:2007/9/17 5:30 陸上:2007/9/17 14:30	海上:2007/9/19 8:30 陸上:2007/9/19 8:30	中度
柯羅莎	0715	海上:2007/10/4 17:30	海上:2007/10/7 23:30	強烈

港灣技術研究中心

花蓮港26個颱風時期最大示性波高及週期

花蓮	WAM		SWAN		現場觀測	
颱風名稱	Hs	Tmean	Hs	Hs	Tmean	Hs
Haitang	8.34	12.90	4.62	5.17	7.50	15.30
Matsa	3.67	10.47	2.58	4.35	3.18	12.60
Sanvu	4.37	9.91	4.55	6.21	3.86	10.90
Talim	5.99	11.79	4.41	6.48	7.53	14.10
Khanun	3.36	10.21	2.96	8.03	2.25	13.90
Damrey	1.80	7.67	4.22	5.41	3.13	9.70
Longwang	5.74	11.25	4.10	6.73	10.85	15.00
Chanchu	2.22	7.93	2.19	4.58	2.89	12.20
Ewiniar	2.34	10.36	2.17	4.07	2.17	12.40
Bilis	4.46	11.02	3.44	4.63	5.25	13.30
Kaemi	4.38	9.53	3.71	6.22	0.00	0.00
Saomai	2.38	10.13	2.12	8.57	3.86	13.70
Bopha	2.55	9.90	2.12	8.57	3.86	13.70
Shanshan	3.52	9.61	2.64	4.71	4.24	12.90
Pabuk	5.37	10.20	4.19	5.17	4.94	11.70
Wutip	3.40	9.18	2.44	4.84	4.94	11.10
Sepat	7.51	11.20	4.83	6.57	7.22	13.40
Wipha	4.23	10.80	3.27	5.39	3.74	13.30
Krosa	6.38	11.30	4.36	5.75	6.49	14.10
Mitag	4.02	9.15	5.68	5.51	4.43	12.00
Kalmaegi	2.38	9.23	2.57	4.93	2.85	6.47
Fungwong	6.24	11.07	5.16	6.07	10.28	9.17
Nuri	2.58	10.38	4.12	6.21	2.97	7.59
Sinlaku	4.91	9.76	3.32	5.53	5.37	10.10
Hagupit	4.01	10.98	6.77	7.08	3.40	10.10
Jangmi	7.29	12.10	4.23	5.95	4.00	9.10

港灣技術研究中心

6. 結論與建議

- 海象預警系統:提供政府決策與管理單位在航行預警、災害防護及工程設計等即時正確的資訊。
- 預警系統作業化重點:即時預報為主、72時預報為輔。
- 作業化改善及精確度提昇為工作重點。

港灣技術研究中心

6. 結論與建議(續1)

- 風場及氣壓模式方面:氣象局NFS提供三種尺度資訊--有正確氣象才有正確海象。引用觀測資料NFS作局部修正。
- 波浪預報作業:近海或港區波浪預報為未來重點。推算更長期颱風波浪,以檢討現有設計波高。

港灣技術研究中心

6. 結論與建議(續2)

- 水位模式方面: 提供環島海岸溢淹預警。推算長期暴潮,以檢討現有設計水位標準。
- 海流模式方面:建立大域及區域性流場及污染擴散模式，迅速提供緊急海難、油污擴散。推算近岸複雜地形，配合觀測資料及高速計算、提供港口航運安全資訊，以達到區域預警防災功能。

港灣技術研究中心

6. 結論與建議(續3)

- 海嘯模式方面: 未來將著重於台灣沿岸海嘯影響範圍，淹水潛勢分析，建立教育民眾防災自救知識及避難路線圖。
- 配合本所海情中心業務，並採用地理資訊系統之人性化操作界面，以利各界之使用。

港灣技術研究中心

簡報完畢
敬請指正!

港灣技術研究中心