

99-63-7472

MOTC-IOT-98-H3DB001a

近岸海象數值模擬及預警系統 之建立(3/4)-波浪部分



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

99-63-7472

MOTC-IOT-98-H3DB001a

近岸海象數值模擬及預警系統 之建立(3/4)-波浪部分

著者：林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和
陳明宗、李俊穎、林莉凰

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目資料

近岸海象數值模擬及預警系統之建立. (3/4) :

波浪部分 / 林炤圭等著. - 出版. - 臺北

市：交通部運研所，民 99. 05

面；公分

參考書目：面

ISBN 978-986-02-3669-9 (平裝)

1. 海洋氣象 2. 數值分析 3. 港埠資訊查詢系統

444.94029

99009696

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

著者：林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉凰

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 99 年 5 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定價：200 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：1009901604

ISBN：978-986-02-3669-9 (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。

近岸海象數值模擬及預警系統之建立
(3/4) 波浪部分

交通部運輸研究所

GPN : 1009901604
定價 200 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN978-986-02-3669-9(平裝)	政府出版品統一編號 1009901604	運輸研究所出版品編號 99-63-7472	計畫編號 98-H3DB001a
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 主持人：邱永芳、蘇青和 研究人員：陳明宗、李俊穎 參與人員：錢爾潔、陳正義 馬維倫、張麗瓊 聯絡電話：04-26587133 傳真號碼：04-26564415		合作研究單位：國立臺灣海洋大學 主持人：林炤圭 研究人員：劉正琪、林莉凰 李科毅、古明洲 李健鴻、張益誠 謝嘉凌 地址：基隆市北寧路2號 聯絡電話：02-24622192~6125	
研究期間 自 98 年 3 月 至 98 年 12 月			
關鍵詞：近岸海象數值模擬及預警系統；波浪模式；水動力模式			
摘要： 本計畫係屬交通部運輸研究所「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究」計畫規劃四年合作研究計畫之第三年的波浪推算部分，主要工作包含近岸風浪模擬技術之研發及預警精度改進；結合本所相關計畫之海象即時監測作業，發展颱風波浪之模擬技術，建置近岸防災預警方法，以減低颱風期間海岸災害破壞；以及加強近岸防災預警系統之作業化效能之提昇，預報系統採人性化操作界面，以利相關單位使用。在精進波浪自動化預報系統中檢討了目前有關SWAN輸出波向的格式，發現以平均波向為代表時近岸波向過於紊亂，無法表現近岸波浪的特性，並建議以主波方向輸出；在風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估部分除協助港研中心建置相關分析程式及人員訓練外，也進行資料與技術之轉移；七個主要商港區及附近海域波場模擬作業本年度增加完成基隆港與蘇澳港的建置工作。此外，在改善颱風波浪模擬技術部分對如何整合中央氣象局所提供的RC及MC風場，以及整合ETOPO2與TaiDBMv5數值水深地形進行討論與比較，預期未來能就擴大推算範圍以及縮短計算時間進行評估。由於臺灣周遭環境陸域及水域都相當複雜，風場與波場的複雜變化，加上風波預報模式不能正確反應波浪的繞射效應，使得風向與波向並不一定相近，從而增加比較上的困難度。未來宜先以面向開闊水域的花蓮港及蘇澳港進行波動特性比對，再據此檢討西部海岸風向與波向的明顯偏差現象。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
99 年 5 月	208	200	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。			

TITLE: Construction of Taiwan Coast Ocean Modeling and Prediction System (3/4) – Waves Prediction			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-3669-9 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901604	IOT SERIAL NUMBER 99-63-7472	PROJECT NUMBER 98-H3DB001a
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-fang, Su Ching-ho PROJECT STAFF: Chen Ming-chung, Lee Chun-ting, Chien Er-jier, Chen Cheng-yi, Ma Wei-luna, Chang Lee-chung TEL: 886-4-26587133 FAX: 886-4-26564415			PROJECT PERIOD FROM February 2009 TO December 2009
RESEARCH AGENCY: NATIONAL TAIWAN OCEAN UNIVERSITY PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin Jaw-guei PROJECT STAFF: Liu Cheng-chi, Lin Li-huang ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, Taiwan, R.O.C. PHONE: (02) 24622192 ext.6125			
KEY WORDS: TaiCOMS, Nowcast, Hydrodynamic Models			
ABSTRACT: This project is the third year of a 4-year project, entitled “Technology and Operation of a Pre-warning System for Near-shore Disaster Prevention and Rescue”, Institute of Transportation, MOTC. The major works include the improvement of near-shore wave prediction/precaution techniques, establishment of a typhoon wave precaution system, and the improvement of the operational performance of the TaiCOMS system. The proposed products include the improvement of the wave prediction system, the evaluations of wind (pressure) and wave prediction results, the wave prediction around seven commercial ports, and the transfer of data and techniques. In the improvement of the operation of the pre-warning system, the discussions about the wave directions of SWAN predictions were done, and mean wave directions may cause the complex of wave field, and peak wave directions were suggested. The education and training of new staff of the working group was done when needed and a communication pipeline was established. The programs about the analyses of wind/wave predicted/observed results were done and transferred. Furthermore, the integrations of different wind fields and different bathymetry files were discussed. Due to the complications of the topography of the Taiwan zone, the evaluations of wave prediction results are very difficult, and can easily miss the target. The future evaluation works are suggested to focus firstly on the eastern coast of Taiwan, since it faces to open seas with less interference, and then the variance of the prediction results along west coast might be more easily distinguished.			
DATE OF PUBLICATION May 2010	NUMBER OF PAGES 208	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

目 錄

中文摘要表	I
英文摘要表	II
目 錄	III
圖目錄	V
表目錄	XIII
第一章 計畫背景分析及文獻回顧	1-1
1.1 計畫目的	1-1
1.2 計畫重要性	1-1
1.3 研究內容與工作項目	1-3
1.4 國內相關研究情況	1-5
1.5 未來發展	1-12
第二章 研究範圍與對象	2-1
2.1 近岸海象數值模擬及預警系統	2-1
2.2 近岸數值模擬及預警系統網格架構	2-1
2.3 七港區作業化預報操作	2-5
第三章 台灣海域全域風浪模式系統	3-1
3.1 風浪模式的簡介	3-1
3.2 推算波浪方向的討論	3-7
3.3 數值風場的檢核	3-19

3.4 數值地形水深的整合討論.....	3-29
第四章 近岸及港域波浪模擬.....	4-1
4.1 近岸海域及港域波浪模擬.....	4-1
4.2 近岸港區周圍波浪模擬.....	4-11
4.3 各港口港域波浪模擬.....	4-24
4.4 颱風波浪模擬結果.....	4-38
第五章 七個商港作業化預報成果評估分析.....	5-1
5.1 各月份的風場及波場的模擬與實測結果的評估.....	5-1
5.2 2009年颱風的風場及波場的模擬與實測結果的評估	5-2
第六章 結論與建議.....	6-1
參考文獻.....	參-1
附錄一 期中報告審查意見處理情形表.....	附1-1
附錄二 期末報告審查意見處理情形表.....	附2-1
附錄三 期末審查簡報.....	附3-1

圖目錄

圖1.1	海象預報系統之計算範圍與水深圖	1-7
圖1.2	海象預報系統作業構想圖	1-8
圖1.3	臺灣近海海象預報系統架構圖	1-11
圖1.4	遠域波浪計算範圍及水深分佈圖	1-12
圖2.1	台灣近岸海象數值模擬及預警系統架構圖	2-2
圖2.2	西太平洋(大尺度)預報模式範圍	2-3
圖2.3	台灣周圍海域預報模式(中尺度)範圍	2-3
圖2.4	近岸預報模式範圍示意圖--花蓮港	2-4
圖2.5	近岸預報模式範圍示意圖--安平港	2-4
圖2.6	近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程	2-6
圖2.7	近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例	2-6
圖3.1	風浪模式之計算範圍(方框為巢狀網格範圍)	3-2
圖3.2	風浪遠域模式之波高分佈圖	3-2
圖3.3	2007/12/04 00H WAM波浪推算週期比較	3-10
圖3.4	2007/12/04 00H WAM波浪推算之風速風向及波高波向比較	3-11
圖3.5	2007/12/04 00H WAM波浪推算之波向及風向差異分佈圖 ...	3-12
圖3.6	2007/12/04 00H SWAN波浪推算週期比較	3-13
圖3.7	2007/12/04 00H SWAN波浪推算波向與風向比較	3-14
圖3.8	2007/12/04 00H利用平均波向計算的SWAN波場分佈圖	3-15
圖3.9	2007/12/04 00H利用主波波向計算的SWAN波場分佈圖	3-16

圖3.10	2007/12/01 01H~2007/12/04 00H各商港波浪推算結果比較圖	 3-17
圖3.10(續)	2007/12/01 01H~2007/12/04 00H各商港波浪推算結果比較圖	3-18
圖3.11	RC/MC/HC風場的推算範圍圖	 3-19
圖3.12	2004/06/23 00HR之RC/MC風速分佈圖	 3-22
圖3.13	2004年7月與8月RC/MC/HC風速比較圖	 3-22
圖3.14	RC/MC鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)	 3-23
圖3.15	RC/MC鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)	 3-23
圖3.16	MC/HC鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)	 3-24
圖3.17	MC/HC鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)	 3-24
圖3.18	MC與RC風場嵌合情形(20050830 00:00)	 3-25
圖3.19	MC與RC風場嵌合情形(20050901 00:00)	 3-25
圖3.20	MC與RC風場嵌合情形(20050830 00:00)	 3-26
圖3.21	MC與RC風場嵌合情形(20050901 00:00)	 3-26
圖3.22	MC與RC風場嵌合比較(20050830 00:00)	 3-27
圖3.23	MC與RC風場嵌合比較(20050901 00:00)	 3-28
圖3.24	臺灣附近ETOPO2與TaiDBMv5的直接嵌合的地形水深	 3-30
圖3.25	臺灣附近ETOPO2與TaiDBMv5的水深差異分佈情形	 3-30
圖3.26	臺灣附近經線性內插修正後水深地形	 3-31
圖4.1	REF/DIF數值計算網格座標系統	 4-4
圖4.2	港域波浪模式計算領域示意圖	 4-6
圖4.3	國內七大港口地理位置及港區示意圖	 4-7

圖4.4	近岸港區波浪模擬結果.....	4-8
圖4.4(續)	近岸港區波浪模擬結果.....	4-9
圖4.5	商港港域波浪模擬結果.....	4-9
圖4.6	基隆港近岸港區周圍波浪及港內波浪之模擬範圍.....	4-10
圖4.7	蘇澳港近岸港區周圍波浪及港內波浪之模擬範圍.....	4-10
圖4.8	基隆港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪模式模擬範圍 (虛線)示意圖.....	4-12
圖4.9	蘇澳港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪模式模擬範圍 (虛線)示意圖.....	4-12
圖4.10	基隆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).....	4-13
圖4.11	蘇澳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).....	4-13
圖4.12	基隆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).....	4-16
圖4.13	基隆港波浪觀測值之波向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).....	4-17
圖4.14	基隆港近岸波浪場模擬結果之波高比值分布與波向向量平面圖 ($H1/3 = 4.07$, $T1/3=10.7\text{sec}$, $D = 35.4^\circ$, NE向).....	4-17
圖4.15	基隆港近岸波浪場模擬結果之波高比值分布與波向向量平面圖 ($H1/3 = 1.06$, $T1/3 = 12.3\text{sec}$, $D = 50.8^\circ$, NE向).....	4-18
圖4.16	基隆港近岸波浪場模擬結果之波高比值分布與波向向量平面圖 ($H1/3 = 1.14$, $T1/3 = 6.7\text{sec}$, $D = 35.3^\circ$, NE向).....	4-18

圖 4.17	蘇澳港波浪觀測值之波高與模式模擬值之波高之比較(圖中紅色對角線代表1:1之關係).....	4-21
圖 4.18	蘇澳港波浪觀測值之波向與模式模擬值之波向之比較(圖中紅色對角線代表1:1之關係).....	4-22
圖 4.19	蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高比值分布與波向向量平面圖($H_{1/3} = 1.61$, $T_{1/3}=9.3\text{sec}$, $D = 78.1^\circ$, NE向).....	4-22
圖 4.20	蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高比值分布與波向向量平面圖($H_{1/3} = 1.68\text{m}$, $T_{1/3}=6.8\text{sec}$, $D = 131.7^\circ$, NE向).....	4-23
圖 4.21	蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高比值分布與波向向量平面圖($H_{1/3} = 1.55\text{m}$, $T_{1/3}=11.1\text{sec}$, $D = 60.5^\circ$, NE向).....	4-23
圖 4.22	蘇澳港波浪觀測值之波高與模式模擬值之波高之比較(邊界條件修正後模擬結果).....	4-24
圖 4.23	基隆港港域波浪模式數值計算之粗網格分布圖.....	4-26
圖 4.24	基隆港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形	4-26
圖 4.25	蘇澳港港域波浪模式數值計算之粗網格分布圖.....	4-27
圖 4.26	蘇澳港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形	4-27
圖 4.27	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期8秒，入射角 225°).....	4-28
圖 4.28	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期8秒，入射角 270°).....	4-28
圖 4.29	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期8秒，入射角 315°).....	4-29
圖 4.30	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期10秒，入射角 225°).....	4-29

圖 4.31	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期10秒，入射角 270°).....	4-30
圖 4.32	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期10秒，入射角 315°).....	4-30
圖 4.33	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期12秒，入射角 225°).....	4-31
圖 4.34	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期12秒，入射角 270°).....	4-31
圖 4.35	基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期12秒，入射角 315°).....	4-32
圖 4.36	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期8秒，入射角 225°).....	4-32
圖 4.37	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期8秒，入射角 270°).....	4-33
圖 4.38	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期8秒，入射角 315°).....	4-33
圖 4.39	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期10秒，入射角 225°).....	4-34
圖 4.40	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期10秒，入射角 270°).....	4-34
圖 4.41	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期10秒，入射角 315°).....	4-35
圖 4.42	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期12秒，入射角 225°).....	4-35

圖4.43	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期12秒，入射角 270°).....	4-36
圖4.44	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期12秒，入射角 315°).....	4-36
圖4.45	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期14秒，入射角 225°).....	4-37
圖4.46	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期14秒，入射角 270°).....	4-37
圖4.47	蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期14秒，入射角 315°).....	4-38
圖4.48	中度颱風莫拉克(MORAKOT)侵臺路徑圖(圖片來源：中央氣象局網站).....	4-40
圖4.49	中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波浪觀測資料時序列圖 ..	4-41
圖4.50	中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波浪觀測資料時序列圖 ..	4-41
圖4.51	中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位A)之比較	4-42
圖4.52	中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位B)之比較	4-42
圖4.53	中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪模式輸出點位B、C及D之波高變化模擬結果.....	4-43
圖4.54	中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080711， $H_{1/3}=4.51\text{m}$ ， $T_{1/3}=12.9\text{sec}$ ， $D=36.3^{\circ}$)....	4-43
圖4.55	中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080704， $H_{1/3}=3.74\text{m}$ ， $T_{1/3}=14.3\text{sec}$ ， $D=43.5^{\circ}$)	4-44

圖4.56	中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位A)之比較.....	4-44
圖4.57	中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波向觀測資料與模式模擬結果(輸出點位A)之比較.....	4-45
圖4.58	中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪模式輸出點位B、C及D之波高變化模擬結果	4-45
圖4.59	中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080807， $H_{1/3} = 7.15\text{m}$ ， $T_{1/3}=12.96\text{sec}$ ， $D = 153.3^\circ$).....	4-46
圖4.60	中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080706， $H_{1/3} = 4.81\text{m}$ ， $T_{1/3}=13.73\text{sec}$ ， $D = 64.5^\circ$).....	4-46
圖5.1	蓮花颱風相關資料與路徑圖	5-25
圖5.2	莫拉菲颱風相關資料與路徑圖	5-26
圖5.3	莫拉克颱風相關資料與路徑圖	5-27
圖5.4	芭瑪颱風相關資料與路徑圖	5-28
圖5.5	蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖.....	5-29
圖5.6	蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖.....	5-30
圖5.7	蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖.....	5-31
圖5.8	蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖.....	5-32
圖5.9	蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖.....	5-33
圖5.10	莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖.....	5-34
圖5.11	莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖.....	5-35

圖5.12	莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖	5-36
圖5.13	莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖	5-37
圖5.14	莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖	5-38
圖5.15	莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖.....	5-39
圖5.16	莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖.....	5-40
圖5.17	莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖	5-41
圖5.18	莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖	5-42
圖5.19	莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖	5-43
圖5.20	芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖.....	5-44
圖5.21	芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖.....	5-45
圖5.22	芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖	5-46
圖5.23	芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖	5-47
圖5.24	芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖	5-48

表目錄

表1-1	西元2000至2008年中央氣象局發佈颱風警報統計表	1-2
表1-2	SWAN 模式學說與修正參數.....	1-8
表3-1	不同堤體之透過係數參數表	3-6
表3-2	NFS預報風場模式(RC/MC/HC)基本資料	3-21
表4-1	基隆港2006年波浪觀測資料波高統計結果	4-15
表4-2	基隆港2006年波浪觀測資料週期統計結果	4-15
表4-3	基隆港2006年波浪觀測資料波向統計結果	4-16
表4-4	蘇澳港2006年波浪觀測資料波高統計結果	4-20
表4-5	蘇澳港2006年波浪觀測資料週期統計結果	4-20
表4-6	蘇澳港2006年波浪觀測資料波向統計結果	4-21
表5-1	2009年各商港觀測及預報風場資料蒐集率月統計表	5-3
表5-2	2009年各商港之觀測及預報平均風速及超越機率月統計表 ..	5-4
表5-3	2009年各商港之觀測及預報主要風向月統計表	5-5
表5-4	2009年各商港之觀測及預報東西平均風速分量月統計表	5-6
表5-5	2009年各商港之觀測及預報南北平均風速分量月統計表	5-7
表5-6	2009年各商港之觀測及預報最大風速(風向)月統計表	5-8
表5-7	2009年各商港之觀測及預報最大風速(日/時)月統計表	5-9
表5-8	2009年各商港之觀測及預報風速各種偏差月統計表	5-10
表5-9	2009年各商港之觀測及預報風向各種偏差月統計表	5-11

表5-10	2009年各商港之觀測及預報東西風速分量各種偏差月統計表	..5-12
表5-11	2009年各商港之觀測及預報南北風速分量各種偏差月統計表	..5-13
表5-12	2009年各商港觀測及預報波浪資料蒐集率月統計表.....	5-14
表5-13	2009年各商港之觀測及預報平均示性波高月統計表.....	5-15
表5-14	2009年各商港之觀測及預報主要波向月統計表	5-16
表5-15	2009年各商港之觀測及預報平均波浪週期月統計表.....	5-17
表5-16	2009年各商港之觀測及預報最大示性波高(週期)月統計表	5-18
表5-17	2009年各商港之觀測及預報最大示性波高(日/時)月統計表	5-19
表5-18	2009年各商港之觀測及預報最大平均波浪週期(波高)月統計表	.5-20
表5-19	2009年各商港之觀測及預報最大平均波浪週期(日/時)月統計表	5-21
表5-20	2009年各商港之觀測及SWAN預報示性波高各種偏差月統計表	5-22
表5-21	2009年各商港之觀測及SWAN預報波向各種偏差月統計表	...5-23
表5-22	2009年各商港之觀測及SWAN預報波浪週期各種偏差月統計表	..5-24
表5-23	2009年中央氣象局發佈之颱風警報分析時間.....	5-49
表5-24	2009年颱風時期各商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表	5-49
表5-25	2009年颱風時期各商港觀測及預報平均風速及超越機率統計表	5-49
表5-26	2009年颱風時期各商港之觀測及預報主要風向統計表	5-50
表5-27	2009年颱風時期各商港之觀測及預報東西平均風速分量統計表	5-50
表5-28	2009年颱風時期各商港之觀測及預報南北平均風速分量統計表	5-50
表5-29	2009年颱風時期各商港之觀測及預報最大風速(風向)統計表	5-51
表5-30	2009年颱風時期各商港之觀測及預報最大風速(日/時)統計表.....	5-51

表5-31	2009年颱風時期各商港之觀測及預報風速各種偏差統計表	5-52
表5-32	2009年颱風時期各商港之觀測及預報風向各種偏差統計表	5-52
表5-33	2009年颱風時期各商港觀測及預報東西分量風速偏差統計表	5-53
表5-34	2009年颱風時期各商港觀測及預報南北分量風速偏差統計表	5-53
表5-35	2009年颱風時期各商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表	5-54
表5-36	2009年颱風時期各商港之觀測及預報平均示性波高統計表	5-54
表5-37	2009年颱風時期各商港之觀測及預報主要波向統計表	5-54
表5-38	2009年颱風時期各商港之觀測及預報平均波浪週期統計表	5-55
表5-39	2009年颱風時期各商港之觀測及預報最大示性波高統計表	5-55
表5-40	2009年颱風時期各商港觀測及預報最大示性波高(日/時)統計表	5-55
表5-41	2009年颱風時期各商港觀測及預報最大平均週期(波高)統計表	.5-56
表5-42	2009年颱風時期各商港觀測及預報最大平均週期(日/時)統計表	5-56
表5-43	2009年颱風時期各商港觀測及SWAN預報波向各種偏差統計表	5-57
表5-44	2009年颱風時期各商港觀測及SWAN預報波向各種偏差統計表	5-57
表5-45	2009年颱風時期各商港觀測及SWAN預報平均週期偏差統計表	5-58

第一章 計畫背景分析及文獻回顧

1.1 計畫目的

為了使地狹人稠、陸上資源有限且四面環海的臺灣能夠積極規劃開發近岸生活圈，邁向 21 世紀的海洋國家，除了積極推動及規劃近岸海域的開發利用外，對於沿海的百姓生命財產及活動、近海的各種遊憩及漁業活動、海上運輸的安全，更應不餘遺力地加以保護，以祛除過去長期海禁所造成人們對海洋知識的不足與恐懼。近年來由於全球環境變遷劇烈，加上 921 地震後許多內陸觀光遊憩資源受到破壞，至今尚未完全復原，導致沿近海活動變得更加活躍，因此造成過去藉由觀測資料加以統計分析所做的海氣象預測已不足以應付即時性海氣象資訊的需求，而提供海岸工程或港灣工程需要的各項迴歸週期之設計基準也因為過去所引用的資料較少，偏差度較高。而今由於長期性觀測資料已經累積相當數量，新的理論推算模式也已經有顯著地發展，有必要重新檢討修正相關的設計基準，並設法提供較能符合近些年來劇烈變化的自然條件所造成的效應。因此，即時性的海洋資訊系統以及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。

1.2 計畫重要性

台灣屬於是海島型的生活圈，不僅是四面環海，東西向寬度約 144 公里，而南北向縱深大約 395 公里，陸域面積約 3 萬 6 千平方公里，其中山脈和丘陵佔了臺灣總陸地面積的三分之二，但環島海岸線長約 1140 公里，如果包含澎湖群島總長約 1,500 公里，然而這塊小小的土地上卻居住了 2 千 4 百萬的人口。此種窘境導致城鄉的發展除了山區稀疏的開發以外，大多集中於水岸地區，包含河川的兩岸及濱海地區。而由於臺灣特殊的地理環境東部面對浩瀚的太平洋，海床陡峭，風、浪及流都大；西部以大約 200 公尺水深的大陸棚與大陸連接，形成槽溝型的臺灣海峽，潮汐及流的變化極大，引發出強勁的海岸漂沙活動導致海岸劇烈變遷；北部與南部則鄰近波潮流與大陸板塊的交會點，地形及波潮流的變化更大。在大自然這樣的嚴

酷考驗下，如何提供一良好的生活環境，一直是政府相關機構所努力的目標。港研中心為配合政府「廿一世紀台灣要邁向海洋國家」的政策，以提供政府決策單位及民間機構有一個參考依據，乃推動發展近岸海域海象預報系統，而近岸防救災系統的建立則是其近中程目標之一。

根據中央氣象局統計西元 1896 至 2000 年間共計 104 年的颱風資料結果顯示，平均每年約有 3.5 個次颱風曾侵襲臺灣海岸。然而如果統計西元 2000 至 2009 年間中央氣象局曾發佈陸上海上颱風警報的次數來看(如表 1-1 所示)，颱風次數在近幾年內有明顯的增加，雖然說颱風並不一定登陸，但已經對臺灣沿近海造成了威脅。

本研究屬交通部運輸研究所「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究」計畫規劃四年合作研究計畫之第三年計畫中的波浪預報部分，研究之主要目的有以下幾項：

1. 近岸風浪模擬技術之研發及預警精度改進。
2. 結合本所相關計畫之海象即時監測作業，發展颱風波浪之模擬技術，建置近岸防災預警方法，以減低颱風期間海岸災害破壞。
3. 近岸防災預警系統之作業化研究，加強作業效能之提昇，預報系統採人性化操作界面，以利相關單位使用。

表 1-1 西元 2000 至 2008 年中央氣象局發佈颱風警報統計表

西元年代	年度發佈颱風 警報總次數	強烈颱風次數	中度颱風次數	輕度颱風次數
2009(迄今)	4	0	2	2
2008	6	2	4	0
2007	6	2	2	2
2006	7	0	5	2
2005	7	3	3	1
2004	9	0	7	2
2003	9	1	4	4
2002	3	0	2	1
2001	10	0	8	2
2000	7	1	5	1

1.3 研究內容與工作項目

本研究屬交通部運輸研究所「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究」計畫規劃之四年合作研究計畫，在前 2 年已完成的重要工作項目如下：

1. 完成風場(氣壓)及波浪等數值模式建置及自動化預報系統作業，每日提供包括 72 小時模擬及即時模擬等資訊。
2. 完成 96 年度及 97 年度兩個年度之風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估，及包括臺中港、高雄港、花蓮港、臺北港及安平港等五個主要商港口之港區及附近海域(港口)波場模擬作業。
3. 完成 97 年以前臺灣環島主要商港長期(約 4 年)風場及波場模擬結果，並分析重要據點之風力及波浪特性(包括季風波浪及颱風波浪)。
4. 建立預報系統網站以提供各種風場、氣壓、波浪場等數值模式之計算結果。

本計畫為第三年計畫中的波浪預報部分，預期完成的工作項目如下：

1. 精進波浪自動化預報系統：預報系統需提供整個年度由風場(氣壓)及波浪等數值模式，於臺灣環島海域不同尺度之計算結果。計畫期間並維持每日提供包括 72 小時模擬及即時模擬等預警資訊，颱風侵臺時期為研究重點。
2. 風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估：本計畫引進或建立之各種風浪模式(包括大域、中域及小域等 3 種全區域模式)精確度、計算速度改進及成果評估，以自動作業化方式進行全年逐日 72 小時預報作業，並取用本所港研中心七個主要商港(或其他單位)，現場觀測資料進行校驗及精度評估等工作，並於每個颱風離臺後及每季結束後(分四季)兩星期內將預報資料及評估結果提送本所港研中心，至本年度為止需完成基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等七個主要商港口之近海波浪模擬作業，颱風波浪為評估重點。

3. 臺灣七個主要商港區及附近海域(港口)波場模擬作業：本計畫建立之近岸及港區波浪模式(包括小域及細域等 2 種全區域模式)精確度、計算速度改進及成果評估，以自動作業化方式，取用本所港研中心七個主要商港現場即時觀測資料，進行全年每日逐時預報作業。至本年度為止需完成基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等七個主要商港口之模擬作業，並提交原始程式檔。
4. 資料與技術之轉移：數值模式、推算資料及相關資料與技術之轉移，年度結束時，須將風場、氣壓及波浪等數值模擬結果，包括各種測試結果、與現場觀測資料比較評估成果、正式預報結果及網站相關資料等，裝設於港研中心之個人電腦，並提供相關程式及使用手冊予港研中心。
5. 為了協助港研中心建立近岸防救災預報系統及相關數值預報子系統之模式計算、資料庫維護管理、資料統計、繪圖等工作，本計畫團隊需派碩士級(含)以上專業人員至本中心駐點服務。

近岸海象數值模擬及預警系統為一複雜且完整的系統，整套預警系統包含了波浪、水位、風速氣壓、海流及油污擴散的預測，使用多套模式作為計算工具，為瞭解整套系統的操作情形及模擬結果之精確度，今年度工作除了繼續改善波浪自動化預報系統，以提高其正確性與效率外，也針對風場、氣壓場及波浪預報成果進行評估便規劃各個預警模式的成果評估，以及完成臺灣七個主要商港區及附近海域(港口)波場模擬作業，並執行系統的維護與技術及資料的轉移。

由於港區為重要的航行據點，港區及港區附近的波浪及流場資訊對於航行安全相當重要，加上港研中心本身掌管台灣七大商港包括基隆、台北、台中、安平、高雄、蘇澳及花蓮的實測海象資訊，因此本研究規劃增加近岸海域及港區的模擬，使得近岸海象數值模擬及預警系統可以由外海延伸至港區，提供更完整的海象資訊。

在建置完各個模式之後，為分析港區的風壓、水位、波浪及海流等之長期特性，未來可以利用本研究計畫所建置的各模式，以現有已經收集的 6 年以上的風場，進行長期海象特性的模擬計算，並需將模擬結果進行分析，

包含統計特性分析，以得到港區重要時段的海象特性(包括季節性及颱風季節)提供海上運輸與遊憩活動、以及港灣或海岸工程規劃管理參考。

波浪模式由於推算時間較長，特別是在近岸及港區範圍，為解析近岸地形需使用較高解析度的地形資料，導致計算時間更長，而無法立即提供資訊。因此，為了加速得到各港區的預警資訊，本計畫同時規劃藉由港區波浪模式的長期情境計算，搭配港區的實測資料，建立波浪相關模式，以便在緊急時刻能隨時得到相關的資訊。

1.4 國內相關研究情況

風浪推算從作業時程上來說可分為追算(hindcasts)、現報(nowcasts)與預報(forecasts)。其中，追算係藉由已發生的事件來進行實測與理論或數值的比對，以探討已發生事件的特性，以及參數的修正以改善風浪預報模式的準確性與適用性，而現報與預報則是利用過去或目前發生的事件來推估未來的可能發展，因此僅只能以風浪數值推算模式或統計模式來獲得必要資訊。有關風浪預測的準確與否直接影響了工程或決策單位是否能獲得進一步的資訊，而作出正確的判斷與因應。對於預報的課題在氣象學中已有多年的發展基礎，也有許多對於預測模式進行校正的方式，但對於波浪預報方面仍是新興的問題，尤其是颱風波浪推測與預報。

隨著科技進步，電腦運算能力的增進，許多學者相繼投入以數值方法來模擬波浪演化之物理模型，世界各先進國家也都相繼發展適合於該國的波浪預報模式。這些眾多的國內外波浪數值模式雖各有所長，卻也都有其應用上的限制。例如 WAMDI(1988)所提出的第三代風浪模式 WAM(Wave Model)，它是目前各國最常使用的深海風浪預報模式，但其對於近岸淺水域的風浪運動行為模擬則略顯不足。近來由荷蘭 Delft 大學所發展之 SWAN(Simulating Waves Nearshore, Booij 等人，1996)近岸海域之風浪模擬雖可彌補大尺度範圍模式對近岸風浪行為模擬的不足，但卻無法正確地反應波浪遇到障礙物的繞射效應。而歐等人(1999, 2000)，Ou 等人(2002)及廖等人(2002)曾利用 SWAN 模式對侵襲臺灣之颱風風浪做過一系列之研究與模擬，並且已有初步成果。此外，Ou 等人(2002)以有限元素法為基礎來解析波浪作用力平衡方程式，保留了各種風浪模式之優點，發展適用於近岸

與遠域波浪模擬之波浪模式，此模式也經驗證適用於臺灣近岸海域之風浪模擬。林等人(2003)、徐等人(2004)也將 SWAN 應用在臺灣北部海域及東北部海域的海岸遊憩資訊系統中進行波浪預報的系統建構。相關的文獻回顧已於第一及第二年度計畫裡有詳實回顧，此處僅簡略概述。

關於作業化風浪預報模式方面，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結果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，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。歐美日等先進國家均已有多年的發展，而臺灣鄰近的各國如香港、韓國、泰國及新加坡等也陸續進行作業化風浪預報模式的建立，而我國的中央氣象局、經濟部水利署、交通部運輸研究所等機構亦依據其任務積極發展近海預報模式，且有相當的成果。

近海預報模式包含了風浪、潮汐、暴潮等現象的預報。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，以下僅就國內近海海象預報系統的發展情況概述如下。

1.4.1 交通部中央氣象局的近海風浪預報模式

我國中央氣象局海象測報中心為建構臺灣北海岸和東北角海岸附近水域的波浪推算模式，以提供近海遊憩資訊，自民國九十二年引進近海波浪推算模式(SWAN)，並著手進行與現有西北太平洋的波浪預報模式(NWW3)的結合。目前海象中心所建立的海象預報系統架構如圖 1.1 及 1.2 所示，在預報系統中(如圖 1.1 所示)預定採用兩層遠域波浪預報模式(暫以 NWW3-1 及 NWW3-2 表示)，及兩層近岸波浪預報模式(暫以 SWAN-3 及 SWAN-4 表示)。遠域波浪預報模式係引進美國海洋及大氣局(NOAA)所開發的 NWW3 (NOAA WaveWatch III)軟體，進行西北太平洋水域的波浪預報，以及臺灣近海水域的波浪預報。近海波浪預報則採用荷蘭 Delft 技術大學(Delft University of Technology)所開發並放置於公開網站供人免費下載的近海波浪推算軟體 SWAN(Simulating WAVE Nearshore)進行近岸地區水域的波浪推算，如北部海域波浪預報(SWAN-3)及富貴角至鼻頭角之間海域波浪預報(SWAN-4)。

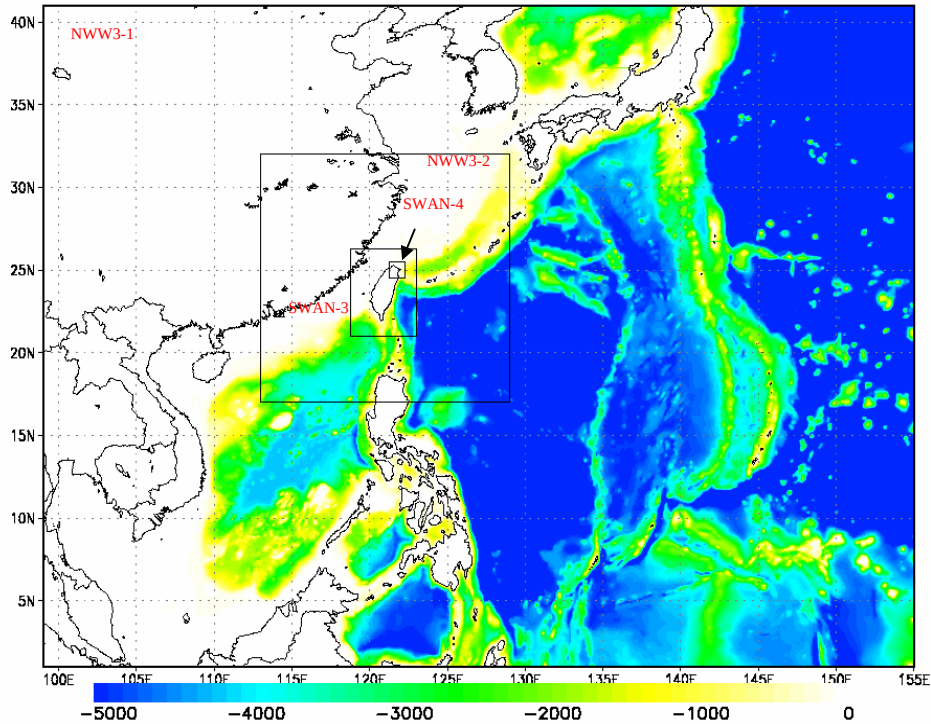


圖 1.1 海象預報系統之計算範圍與水深圖

相關資料簡述如下：

- (1) 水深地形資料檔：在NWW3-1及NWW3-2中為ETOPO5：在SWAN-3及SWAN-4則為TaiDBMv5。
- (2) 引用的風場資料：包含45km解析度風場(NWW3-1)、15km解析度風場(NWW3-2)，以及5km解析度風場(SWAN-3及SWAN-4)。
- (3) 波浪推算的網格解析度：NWW3-1為 0.5° 、NWW3-2為 0.25° 、SWAN-3為 0.05° 、而SWAN-4為500m。
- (4) 波浪預報的範圍：(如圖1.1所示)
 - (a) NWW3-1：南北向為 1°N 至 41°N ：東西向為 90°E 至 155°E ；
 - (b) NWW3-2：南北向為 10°N 至 35°N ：東西向為 110°E 至 135°E ；
 - (c) SWAN-3：南北向為 21°N 至 26.5°N ：東西向為 118.75°E 至 123°E ；
 - (d) SWAN-4：南北向為 24.5°N 至 25.5°N ：東西向為 121.25°E 至 122.25°E 。
- (5) 水位變化：尚未考慮。
- (6) 流場變化：尚未考慮。
- (7) SWAN參數修正：針對 SWAN 波浪模式所採用學說與參數設定值之

修正如表1-2所示。

表 1-2 SWAN 模式學說與修正參數

波浪能量授受機制	SWAN 模式所採用的學說與參數值
風的線性成長項	Cavaleri 和 Malanotte-Rizzoli (1981)
風的指數成長項	Komen 等人 (1984)
白沫消散項	Komen 等人 (1984) $\bar{s}_{PM} = 3.02 \times 10^{-3}$, $C_{ds} = 2.33 \times 10^{-5}$
四個波波交互作用項	Hasselmann 等人 (1985) $C_{nl4} = 3 \times 10^7$, $C_{sh1} = 5.5$, $C_{sh2} = 6/7$, $C_{sh3} = -1.25$
三個波波交互作用項	Eldeberky (1996) , $\alpha B_{EBB} = 0.1$
碎波消耗項	Battjes 和 Stive (1985) , $\gamma B_{bb} = 0.73$
底部摩擦項	Hasselmann 等人的 JONSWAP (1973)

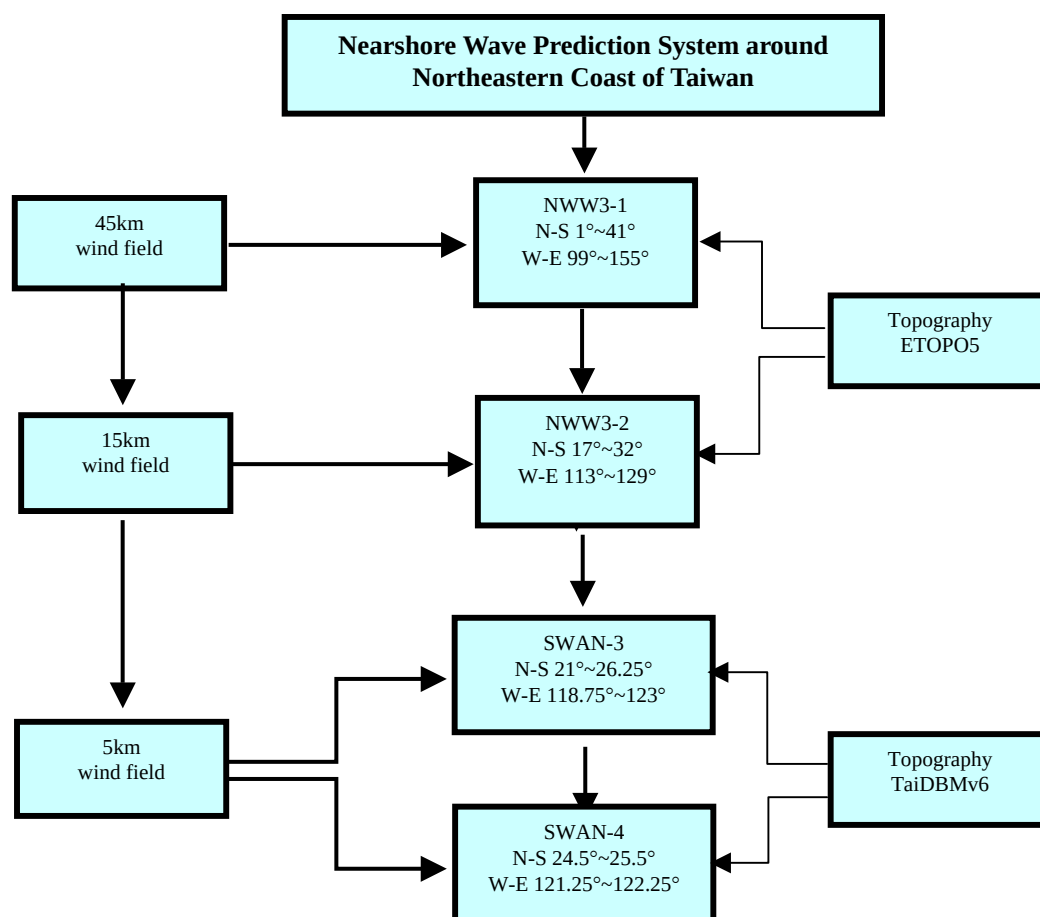


圖 1.2 海象預報系統作業構想圖

目前的海象波浪推算流程主要分為風場及波場的推算，簡述如下：

(1) 風場的推算過程：

中央氣象局海象中心所計算的風場如前所述，共分為三個領域：大域風場、中域風場及小域風場。大域風場涵蓋整個西北太平洋，並以 45km 的網格解析度進行計算。中域風場涵蓋台澎金馬、以及部份菲律賓及大陸地區附近海域，並以 15km 的網格解析度進行計算。小域風場則涵蓋臺灣附近海域，並以 5km 的網格解析度進行計算。

各個風場皆是以非定常狀態由分析場開始進行預報場的推算，首先是 45km 大域風場由利用氣壓場的變化推算分析場後，繼續計算間隔 6 小時連續 72 小時的預報風場，其中除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存預報風場部份供 15km 中域風場以及 NWW3-1 波場推算所需要的參考值。15km 中域風場係利用同一時刻 45km 大域分析風場作為初始值進行中域分析風場的推算，然後繼續進行間隔 6 小時連續 72 小時預報風場的推算。同樣地，除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存預報風場部份供 5km 小域風場以及 NWW3-1 波場推算所需要的邊界值。5km 小域風場也是利用同一時刻 15km 中域分析風場作為初始值進行小域分析風場的推算，然後繼續進行間隔 6 小時連續 72 小時預報風場的推算。同樣地，除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存預報風場部份供 SWAN-3 及 SWAN-4 波場推算所需要的邊界值。

(2) 波場的推算過程：

波浪場的推算如前所述，共分四個階段：NWW3-1、NWW3-2、SWAN-3 及 SWAN-4。NWW3-1 涵蓋整個西北太平洋，並以 0.5° 的網格解析度進行計算。NWW3-2 涵蓋台澎金馬、以及部份菲律賓及大陸地區附近海域，並以 0.25° 的網格解析度進行計算。SWAN-3 則涵蓋臺灣附近海域，並以 0.05° 的網格解析度進行計算。SWAN-4 則涵蓋臺灣附近海域，並以 500m 的網格解析度進行計算。

各個波場皆是以非定常狀態由分析場開始進行預報場的推算，首先是

NWW3-1 除承接上一預報時刻之分析波場作為初始值外，也由大域風場提供分析風場及所有預報風場的風場資料，在推算分析波場後，繼續計算間隔 6 小時連續 72 小時的預報波場，其中除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存所有波場供 NWW3-2 波場推算所需要的邊界值。NWW3-2 波場推算係利用同一時刻 NWW3-1 的波場作為邊界值，並配合 15km 中域風場進行分析及預報波場的推算，在各個計算時段都以巢狀運算的型式儲存所有波場供 SWAN-3 波場推算所需要的邊界值。SWAN-3 波場推算係利用同一時刻 NWW3-2 的波場作為邊界值，並配合 5km 小域風場進行分析及預報波場的推算，在各個計算時段都以巢狀運算的型式儲存所有波場供 SWAN-4 波場推算所需要的邊界值。SWAN-4 波場推算係利用同一時刻 SWAN-3 的波場作為邊界值，並配合 5km 小域風場進行分析及預報波場的推算。在各個階段及各個時段的計算波場均予以輸出以作為後續繪圖或分析之用。

目前此一模式主要以近海遊憩活動所需之波浪資訊為主，與本計畫的研究目標不同，而對於整個作業的流程，包含計算領域的層次與範圍切割、網格大小、計算時程等都仍在檢討與測試中。另外，交通部港灣技術研究中心也為了提供國內各商港足夠的海象資訊，自民國九十三年初起推動「臺灣環島海象預報系統」(TaiComs)的建構，其預報目標包含風、波、潮流、及水位等資料。

1.4.2 交通部運輸研究所的臺灣環島海象預報模式(TaiCOMS)

為了要提供臺灣沿海包含國際航線及藍色公路的船舶航行安全，交通部運輸研究所港灣技術研究中心參考各國近海海象預報系統的發展狀況規劃臺灣近岸海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，其系統(如圖 1.3 所示)整合了數值預報模式以及海氣象觀測網的作業。臺灣海域觀測網路部分可以得到的觀測資料除地形、水深外，各國際商港附近的氣壓、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，均可經由同步連線系統回傳，經整理後統一輸入資料庫中；而臺灣海域模式預報系統則包含了波浪、水位、流場及擴散等相關模式的模擬與預報。其中，波浪的模擬

包含季風波浪及颱風波浪，水位的模擬則包含天文潮位及暴潮潮位，海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮流)等。擴散模擬預報的主要重點為油污，其他污染(如颱風期間河川沖出之高濁度水團之擴散現象)，亦可應用海流資料進行模擬推估。

在 TaiComs 系統中，波浪的推算係分成遠域及近岸波浪的預報，如圖 1.4 所示。遠域的波浪推算是採用 WAM 模式，其範圍涵蓋西北太平洋的水域，包含部分中國大陸、日本及菲律賓的陸地，計算網格為 $10^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 及 $110^{\circ}\text{E}\sim 135^{\circ}\text{E}$ ，網格解析度為 $0.2^{\circ}\times 0.2^{\circ}$ ，採用中央氣象局所提供的 RC 風場；近域的波浪推算則以臺灣附近的海域為主，採用 SWAN 模式，計算網格為 $20^{\circ}\text{N}\sim 27^{\circ}\text{N}$ 及 $119^{\circ}\text{E}\sim 125^{\circ}\text{E}$ ，網格解析度為 $0.04^{\circ}\times 0.04^{\circ}$ ，採用中央氣象局所提供的 MC 風場。

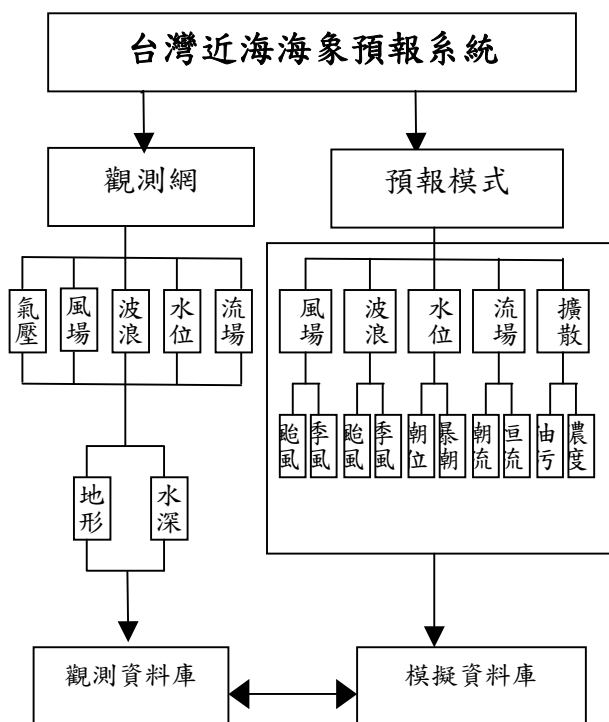


圖 1.3 臺灣近海海象預報系統架構圖

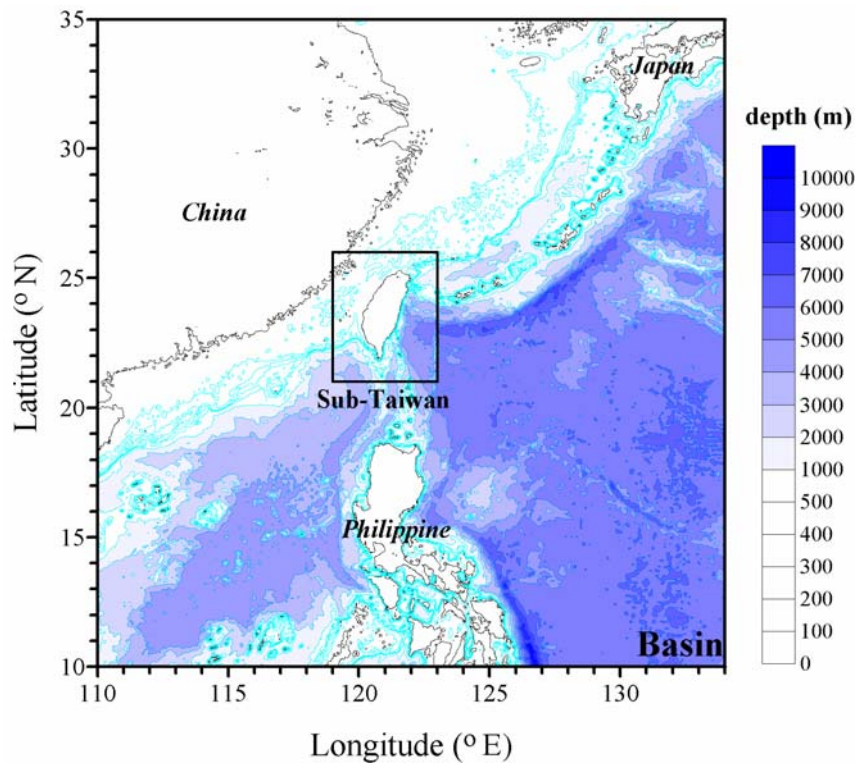


圖 1.4 遠域波浪計算範圍及水深分佈圖

1.5 未來發展

由上述幾個國家的近海海域報系統可以發現，目前在預報近海海象仍然使用不同的模式來提供預報資料，但就事實來看，近海海域的作用是由波浪、潮汐及暴潮相互影響所造成的，所以要實際呈現海水面變化，就要將這三種模式耦合起來同時考慮，這也是目前各個國家在努力的目標，如歐洲的 PROMISE(Pre-Operational Modelling In the Sea of Europe)計劃便包含了整合各個模式的目標；另外各國的預報模式系統並沒有包含流場的預報，對於未來防災及救災時會有不足之處(無法推算油污及污染物傳輸方向)，因此本計劃相當完整的預警系統規包括波浪、水位、海流流場、污染擴散等相關模式，並且建立近岸線上模擬及預警系統，提供政府機關在規劃近海活動以及救災系統的參考依據。

由於波和流會有交互作用的現象，未來在探討精進本預報系統時，可以在水位水流推算系統中加入考慮波浪推算場的影響，而在波浪推算中則加入水位場及水流場的影響。

第二章 研究範圍與對象

本計畫研究對象為近岸海象數值模擬及預警系統，相關資料簡述如下：

2.1 近岸海象數值模擬及預警系統

近岸海象數值模擬及預警系統的建置，規劃涵蓋風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬。波浪的模擬包含季風波浪及颱風波浪，由於類神經網路具有快速計算及學習的功能，因此也將類神經波浪模式納入系統；水位的模擬則包含天文潮位及暴潮潮位，另外同樣也將類神經暴潮模式納入計算；海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮流)波浪引起之沿岸流等。由於污染傳輸及擴散的現象在近岸海域已受到大眾的關切，尤其自龍坑阿瑪斯號油污染事件發生以來，今年度又在宜蘭外海發生吉尼號擱淺事件，船舶運輸的石油及化學品可能在載運傳輸的過程所發生的意外事件更為受到關注，所以在海流預報模式建置完成後，模擬預警的主要重點為油污擴散，油污擴散模式則是其主要的應用方向。風場預報的部分平日引用中央氣象局產生的全域即時預報風場及氣壓場來提供給各個模式使用，本預報系統的建構原則係不擬進行風場的預報，而直接由中央氣象局所提供的平時風場，以及配合颱風路徑、中心最大風速與暴風半徑等資料，搭配參數化颱風模式模擬颱風內部風場及氣壓提供颱風期間各模式所需要的氣象資料，視實際需要進行預警作業。為了提升波浪預警作業的速度及精度，本系統亦規劃了波浪相關模式及波浪資料同化等工作，整個系統架構如圖 2.1。

2.2 近岸數值模擬及預警系統網格架構

本計畫規劃三種尺度的網格點，包括西太平洋範圍、台灣周圍海域範圍及近岸海域範圍，以期將台灣海域所有可能預報的海象狀況包含在其中。在西太平洋模式範圍(大尺度)，為了將近 20 年的侵台颱風路徑包含在預報模式的計算範圍內，採用的解析度為 0.4° 的地球座標弧形網格，範圍由北緯 0 度至北緯 35 度，東經 105 度至 150 度(如圖 2.2 所示)。此範圍主要用來產生台灣海域範圍模式的邊界條件，主要應用的模式在波浪預報部

分使用現在世界各國在海洋波浪預測模式評價相當好的 WAM 來模擬。水位及海流預報使用二維全域水動力預報模式來模擬。

台灣周圍海域模式範圍(中尺度)採用的解析度為 0.02° 網格，範圍由北緯 21 度至 26 度，東經由 118 度至 123 度(如圖 2.3 所示)，此部分模擬則可以提供近岸範圍模式的邊界條件，波浪預警部分採用以荷蘭 Delft 大學發展的近海風浪模式 SWAN 做為基礎並以適合台灣海域的模式參數改善；水位及海流預報部分同樣使用二維全域水動力預報模式。中尺度模式的邊界條件則引用大尺度模式的模擬結果進行內插並作適當的校正。

小尺度的近岸區域模式系統則是依據個各地區不同特性來規劃，分為兩個部分近岸區域及港區，如圖 2.4 及 2.5 所示，黑色線即為近岸流場範圍示意，藍色及紅色線為近岸波場及港區波場範圍示意，此區域的模式邊界條件承接至台灣周圍海域模式的計算結果。波浪部分使用波浪折繞射(REF/DIF)模式為計畫之近岸區域波浪模式，而港區波浪則使用以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法數值模式，同時也使用類神經網路模式及風域推算之半經驗模式等傳統模式來做模擬比對，並比較各模式的模擬結果。水位預報使用定點類神經網路水位預報模式來計算。海流部分由於港區內部流場相當小，因此不進行港區海流的計算，僅建置近岸海流模式，提供船隻航行資訊。

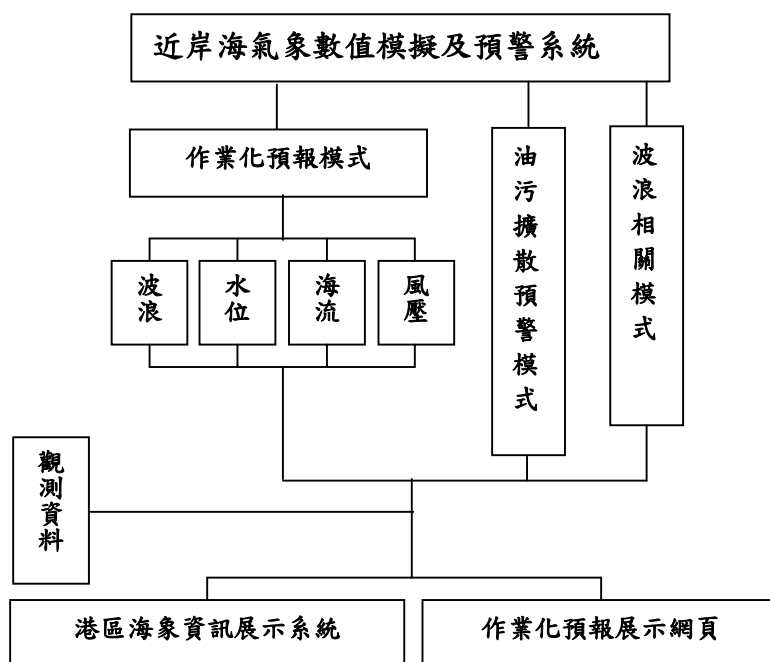


圖 2.1 台灣近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

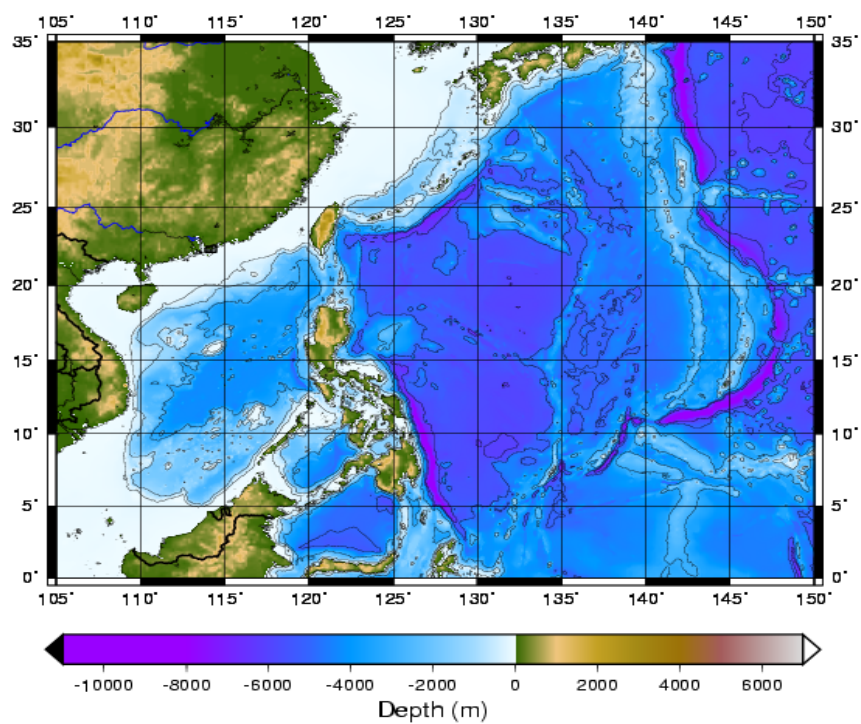


圖 2.2 西太平洋(大尺度)預報模式範圍

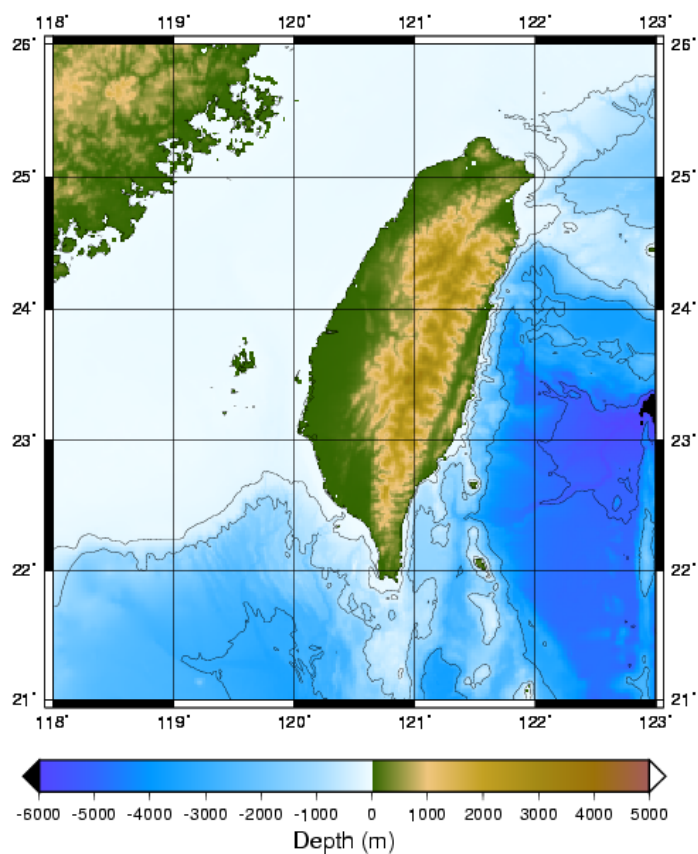


圖 2.3 台灣周圍海域預報模式(中尺度)範圍

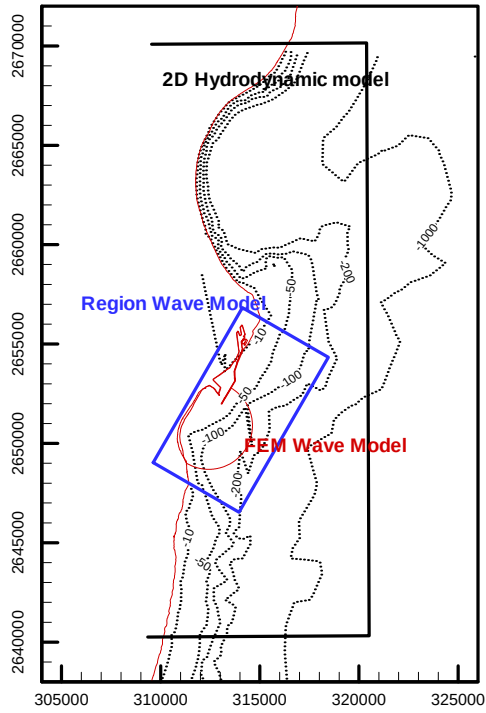


圖 2.4 近岸預報模式範圍示意圖--花蓮港

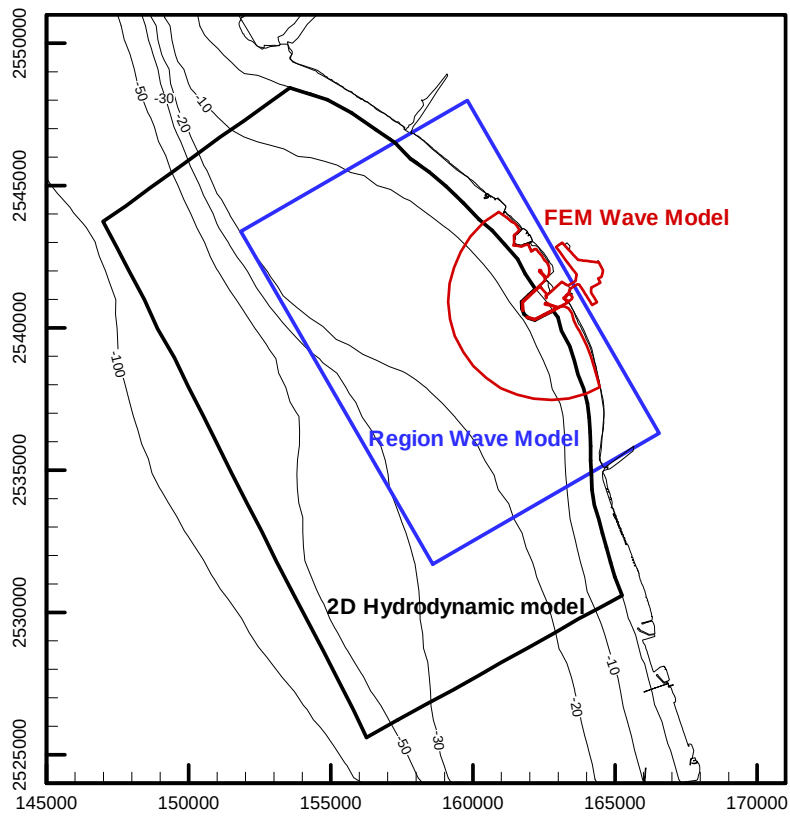


圖 2.5 近岸預報模式範圍示意圖--安平港

2.3 七港區作業化預報操作

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海象模擬計算作業，除了提供近海的風場、氣壓場、水位場、波浪場及流場外，也提供七大商港區三天的風、氣壓、水位、波浪及水流資訊供使用者參考，現行作業程序說明如下：

本系統所需要的表面氣壓場及風場預報資料係由中央氣象局所提供，該每天於下載每日 08:00 及 20:00(相當於格林威治時間的 0:00 及 12:00)美國海洋及大氣總署所提供的表面氣壓場，並開始推算相關的風場(RC、MC 及 HC)及風場預報資料，並於大約 03:00 及 15:00 前上傳推算資料。在考量中央氣象局的氣象預報資料從計算完成至上傳仍需數小時，並避免影響本系統的作業，及考量模擬計算的時效性，目前規劃以前一日 12:00 的預報氣象資料作為推算的基準，設定於每日 0 時開始之模擬預警計算作業能在 03:00 以前下載取得前一日 12:00 時所產生的 72 小時之表面氣壓場及風場預報資料，經解碼重整及內插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，全部計算結果預計於 10:00 時以前完成，待圖表製作完成後，預計於每天 14:00 即時更新網頁資料，如圖 2.6。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 2.7 為即時現報作業範例，例如，1 月 2 日 14 時發佈的現報資料時間為 1 月 1 日 0 時至 1 月 4 日 0 時，此時會將 1 月 2 日 0 時的計算結果存檔，以作為 1 月 3 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，無需重新啟動模式，如此更能模擬連續的波浪及水位結果。

本作業流程設置的主要關鍵有兩個：電腦軟硬體的執行效率及預報資料的發佈時間點，未來可能會因為作業系統的改變(例如平行處理)，或電腦硬體的更新而調整。

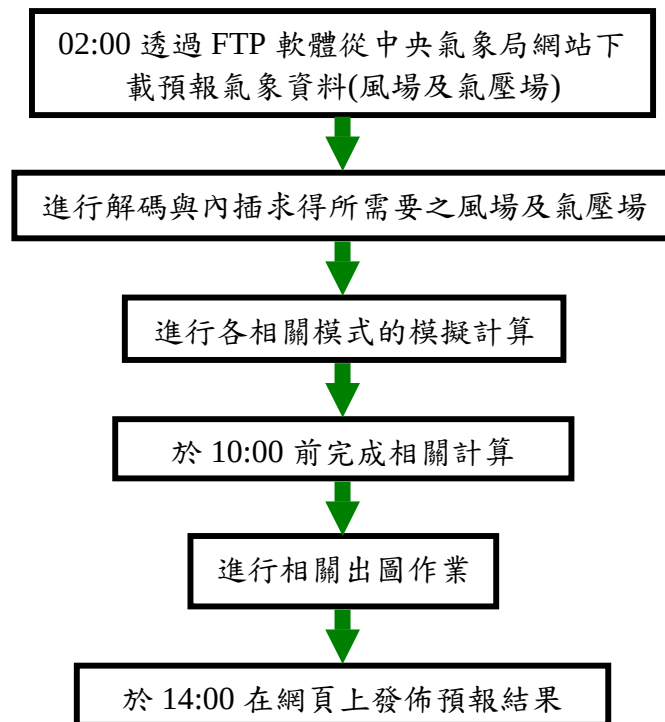


圖 2.6 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程

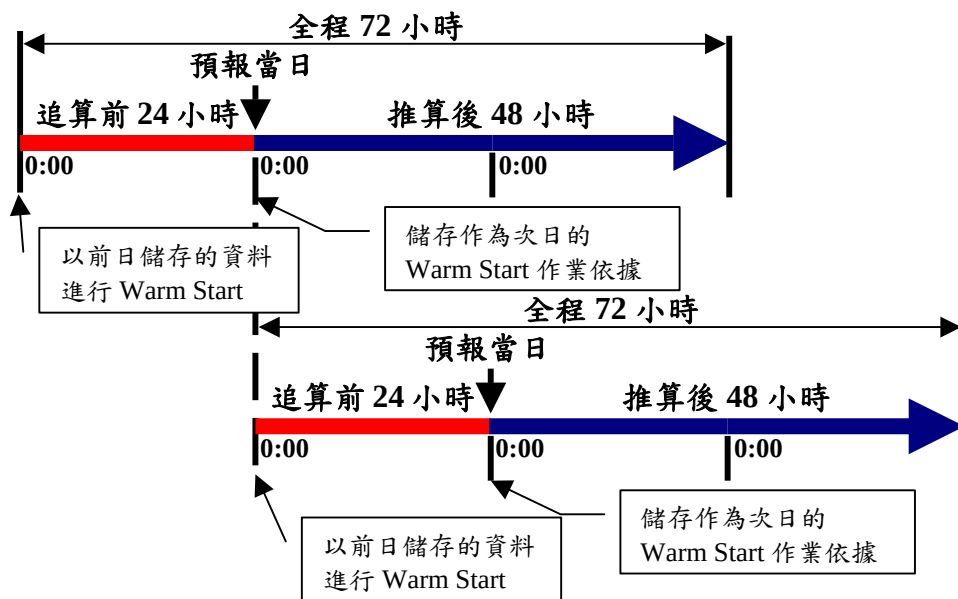


圖 2.7 近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例

第三章 台灣海域全域風浪模式系統

3.1 風浪模式的簡介

3.1.1 WAM 的理論簡述

目前使用的 WAM 模式經 WAMDI Group (1988) 在模式的物理過程和數值方法上加以改良，適用於遠域風浪之預報。WAM 模式所使用的基本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：

$$\frac{dF}{dt} + \frac{\partial}{\partial \phi}(\dot{\phi}F) + \frac{\partial}{\partial \lambda}(\dot{\lambda}F) + \frac{\partial}{\partial \theta}(\dot{\theta}F) = S_{tot} \quad (3.1)$$

式中， $F = F(f, \theta, \phi, \lambda)$ 為頻譜密度， f 為波浪的頻率， θ 為波浪的傳播方向， ϕ 為緯度， λ 為經度。而 $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$ 及 $\dot{\theta}$ 分別為位置 (ϕ, λ) 及波浪沿大圓路徑傳播方向角的變化率。 C_ϕ 、 C_λ 與 C_θ 分別 ϕ 、 λ 與 θ 領域之傳遞速度，在大範圍波場計算時，地球曲率會影響波浪的傳遞，為使模式適用於大範圍之計算，將式(3.1)從直角座標轉換為球面座標，其方程式為(WAMDI Group, 1988)：

$$\frac{\partial E}{\partial t} + (\cos \phi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \phi}(C_\phi E) + \frac{\partial}{\partial \lambda}(C_\lambda E) + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta E) = S_{tot} \quad (3.2)$$

式中， 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：

$$C_\phi = C_g \sin \theta / R, \quad C_\lambda = C_g \cos \theta / R \cos \phi \quad (3.3)$$

$$C_\theta = \frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left(\frac{\sin \theta}{\cos \phi} \frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial \phi} \right) / R \quad (3.4)$$

如同波譜的線性假設，源項 S_{tot} 可表示為不同波浪成長與消散的能量總和，即

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + \dots \quad (3.5)$$

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。

圖 3.1 為風浪模式計算範圍示意圖，圖中黑色方框為巢狀格網範圍，由圖中所示，風浪模式計算時先由遠域範圍計算，由遠域模式所得之結果經由內插方式，獲得近域範圍計算所需之邊界條件，再次計算近域範圍內之風浪，如此則可獲得近岸地區較為詳細與準確的風浪計算結果。圖 3.2 為遠域範圍內之波高分佈圖範例，圖中向量為風速與風向大小。

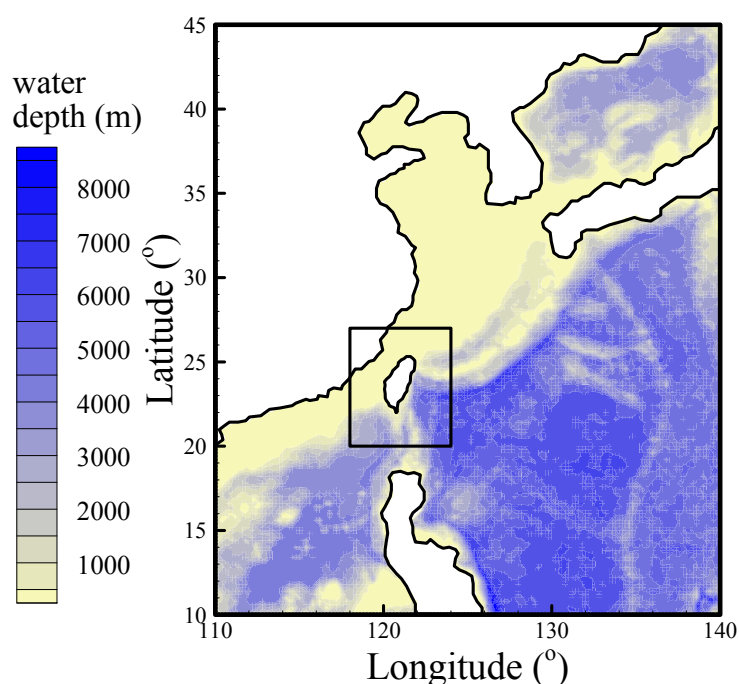


圖 3.1 風浪模式之計算範圍(方框為巢狀網格範圍)

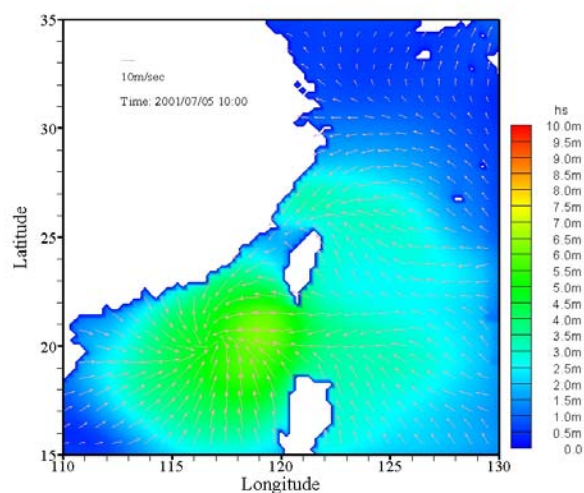


圖 3.2 風浪遠域模式之波高分佈圖

3.1.2 SWAN 的理論簡述

SWAN(Simulating WAVes Nearshore)風浪模式(Booij et al. 1996)，是由由荷蘭 Delft 技術大學統合以往學者之研究並加以改良所發展而成，模式具有第三代風浪模式的特徵，且在能量成長與消散項的參數選擇上，比其它模式更具彈性；同時也提供第一代、第二代與第三代的相關波浪成長與消散參數，可供使用者應用。因此，模式具有可預報近岸海域風浪之功能。此模式也經過學者 Holthuijsen et al.(1997)和 Booij et al.(1998)應用實測風浪資料加以驗證。而歐等人(1999，2000，2001)也曾利用 SWAN 對侵襲台灣之颱風風浪做過一系列之研究與模擬，並且已有初步成果。

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)，它是屬於第三代的風浪預報模式。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空間領域中的傳遞、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。從 SWAN 的功能中可表現出下列的波浪傳播過程：

- (1) 在地理空間中的正線性傳播
- (2) 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
- (3) 由於對向海流引起的阻滯與反射
- (4) 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：

- (1) 因為風所引致的波浪生成
- (2) 因為白沫(whitecapping)所引致的波浪消散
- (3) 因為水深引起碎波(depth-induced wave breaking)所引致的波浪消散
- (4) 因為底床摩擦(bottom friction)所引致的波浪消散

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

(6) 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 波浪推算中，不論非線性效應是否明顯，波浪均是利用二維的波浪作用力頻譜密度函數來描述。其理由是當在高度非線性的情形下，波浪作用力頻譜密度函數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。因此，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)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots(3.6)$$

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：

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

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 $S_{ds,w}(\sigma, \theta)$ 、底床摩擦 $S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ 、及水深引起碎波 $S_{ds,br}(\sigma, \theta)$ 。

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

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta) \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

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

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma, \theta) \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

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

$$S_{\text{ds,br}}(\sigma, \theta) = \frac{D_{\text{tot}}}{E_{\text{tot}}} E(\sigma, \theta) \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

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 $\gamma = H_{\text{max}}/d$ 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

$$K_t = 0.5 \left[1 - \sin \left(\frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{F}{H_i} + \beta \right) \right) \right] \quad \text{for} \quad -\beta - \alpha < \frac{F}{H_i} < \alpha - \beta \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

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，參考值如下表。

表 3-1 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。

在 SWAN 波浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解，對於邊界之處理，SWAN 模式中假定波浪能量遇陸地邊界為完全消散，亦即無任何波浪能量反射，而外海開放邊界條件則假設沒有任何波能可以由邊界外進入，且波能可以由邊界內自由離開計算領域。

由於計算網格的大小會影響計算結果與精度，故其需要與解析問題互相配合。例如在模擬颱風波浪時，在颱風中心處所形成的波浪向外傳遞形成湧浪(swell)，其可傳遞至相當遠的距離，因此計算領域亦需夠大才可模擬此一現象。較小計算網格距離固然可以提高波浪解析的精度，但計算時間較長。此外在海岸工程的應用上，複雜的地形與多變的海岸線也需要較小的網格距離才能加以描述，使近岸推算處的波浪能達到適當精度。巢狀網格(nested grid)與非結構性網格的應用可以有效解決網格大小問題。較粗的網格應用在起始計算領域，使得計算能快速模擬大範圍的波浪演變，較細的巢狀網格可以插入其中，以適當模擬海岸之波浪變化，如此可以更精確地預報波浪，也可以有效率地解決問題。

3.2 推算波浪方向的討論

依據前幾年波浪推算的經驗，推算波浪的方向一直是相關計畫的討論重點，然而由於影響波浪方向變化的因素繁多，例如臺灣周遭環境中的陸域及海域地形變化複雜且劇烈，陸域部分有高度超過三千公尺的中央山脈，以及東部一千多公尺的海岸山脈，使得在台灣附近的風場產生劇烈的變化，再加上海象預警系統中主要關注的風向為東北季風或東南向來的颱風，在受到地形阻隔後，風速及風向產生極大的變化。例如花蓮及蘇澳所量測的風速風向資料就明顯地屬於地域性的風場變化，而其與近岸的波場特性可能會有明顯地差異。就本研究團隊在花蓮鹽寮漁港的量測經驗，該地區由於海岸山脈的影響，近岸風向都是南北向(沿台 11 線方向)。

為了尋求適當的波向表示方式，本計畫乃針對波浪預報系統中的 WAM 及 SWAN 的計算結果進行探討。討論方式是以 2007 年 12 月全月的推算結果進行討論。圖 3.3 至圖 3.5 為 2007 年 12 月 4 日 0 時的 WAM 波浪推算結果；圖 3.6 至圖 3.10 為同一時間 SWAN 的推算結果。

圖 3.3 中分別顯示 WAM 波浪推算的波浪平均週期的分佈圖與波浪譜峰週期的分佈圖，圖中可以看到臺灣附近海域譜峰週期略大於平均週期。圖 3.4 中依序分別顯示風速與風向分佈圖及利用平均波向(Huik et al. 1988)

$$\text{平均波向} = \tan^{-1} \left[\frac{\int \sin \theta E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta}{\int \cos \theta E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta} \right] \dots\dots\dots (3.12)$$

計算而得的波高與波向分佈圖，雖然計算時段屬於冬季季風時期，風向應該相當一致，但是從圖中可以發現風向的分佈與波向的分佈並不一致，而且兩者都有在相鄰區域方向相對的情形，探究其原因應是與計算格網過大，方向的計算可能發生偏差有關。然而從圖 3.5 的波向與風向差異比較分佈(以波向角減去風向角的絕對值表示)則可看到兩者的差異性約在 $\pm 60^\circ$ 以內，屬於可接受的範圍。不過在其他的時刻在某些水域，尤其是臺灣的西海岸，則可能發生有 $\pm 180^\circ$ 差異性的情形。

圖 3.6 中分別顯示 SWAN 波浪推算的波浪平均週期的分佈圖與波浪譜峰週期的分佈圖，圖中仍可看到臺灣附近海域譜峰週期略大於平均週期。圖 3.7 中依序分別顯示風速風向分佈圖、平均波向與風向差異分佈圖及主波波向(spectral peak direction)與風向差異分佈圖，從圖中可以看到平均波向與風向的差異性較為均勻。然而。從圖 3.8 所顯示以平均波向表示的波場分佈在海岸附近的分佈較難找出一個符合一般常識的規律性；而從圖 3.9 所顯示以主波波向表示的波場分佈則可約略看出一個屬於季風型的波場分佈，但仍可以看到該時間在台灣東南海岸以及西部海岸的波向是向外傳播。前者應是與地形的效應有關，後者則是由於東北季風由東向西吹而發生主波波向是向外的。

為進一步瞭解其間的差異性，圖 3.10 顯示 7 個商港的相關參數比較圖，圖中各小圖的第一列比較了由 WAM 及 SWAN 所計算出來的平均週期與譜峰週期；第二列比較了示性波高；第三列比較了 WAM 的平均波向以及 SWAN 的平均波向與主波波向。從各圖中可以發現在各個港區的波向仍有

明顯的差異性存在。究其原因，檢視 WAM 及 SWAN 的原始程式，應是在利用有限差分數值模式計算波場時，波浪的行進方向明顯地受到計算網格大小的影響，而在 WAM 網格為 $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ ，SWAN 則為 $0.04^\circ \times 0.04^\circ$ ，從空間的尺度來看，該網格的輸出波向應該僅能視為一代表方向，而且偏差值可能很大。而且在 WAM 及 SWAN 模式中，多種輸出點均是以最近的計算節點值做為參考值。例如在 WAM 中，SWAN 的邊界波浪資料係以最近的 WAM 計算節點的推算值(波高值大於零，即不為陸界)為參考。其相關片段程式如下：

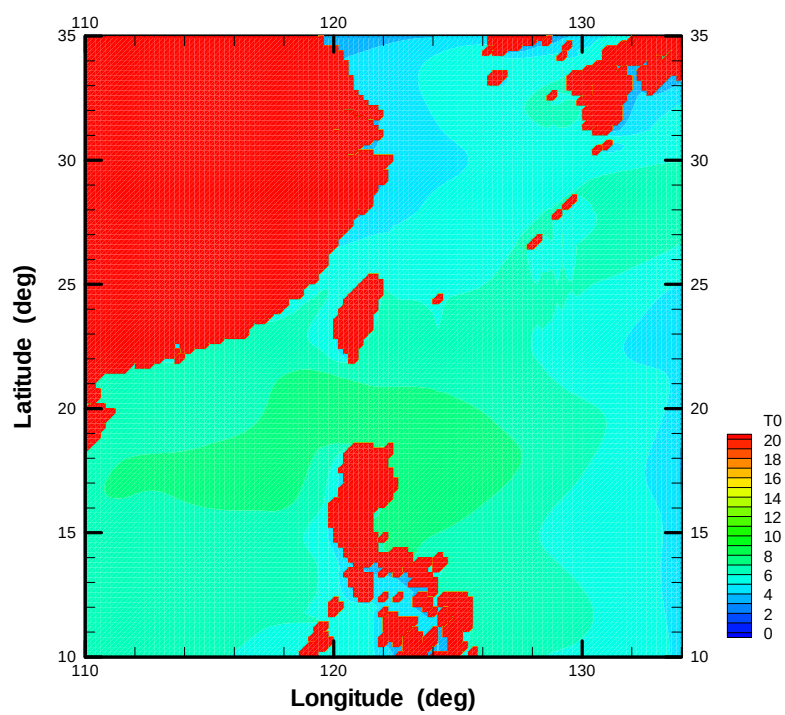
程式名稱：OUTPPE.F90

```
...
write(*,*) 'outppe: searching site ID',amowep, amosop, amoeap, amonop, dlama, dphia
do i = 1,siteno
  delx=5.0*dlama
  dely=-5.0*dphia
  do ii = 1,nx
    do kk = 1,ny

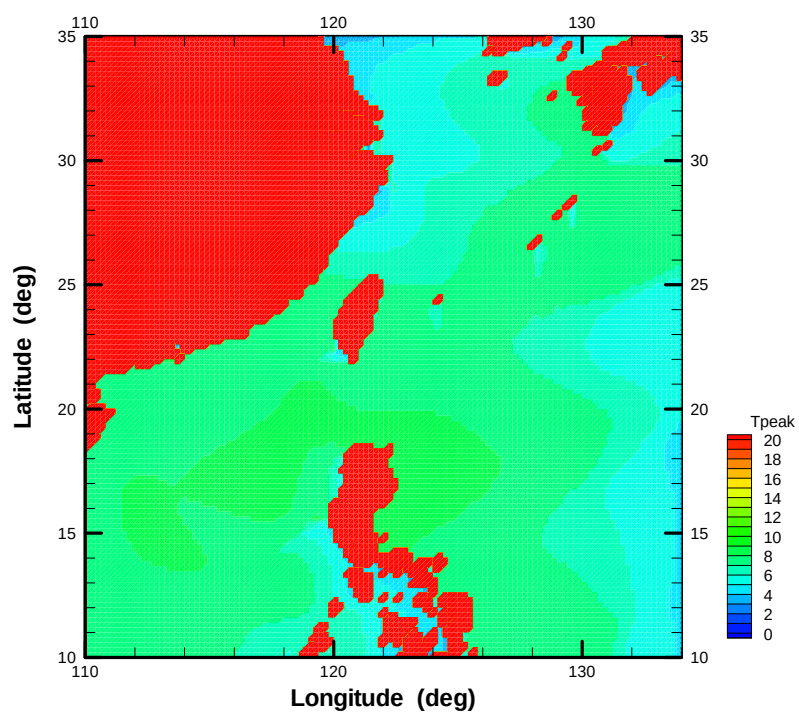
if(abs(sitex(i)-xlon(ii)).lt.delx.and.abs(sitey(i)-ylat(kk)).lt.dely.and.waveht(ii,kk)>0.0) then
  sitei(i) = ii
  sitej(i) = kk
  delx = abs(sitex(i)-xlon(ii))
  dely = abs(sitey(i)-ylat(kk))
endif
    enddo
  enddo
enddo

write(*,*) 'outppe: searching nodal ID for swan BC',amowec, amosoc, amoeac, amonoc
write(*,*) 'outppe: searching nodal ID for swan BC',xlon(1),xlon(nx),ylat(1),ylat(ny)
...
```

基於以上的比較，以及考量與風場的一致性，和實測波浪常以主波波向為代表，本計畫建議未來有關波向部分以主波方向為代表，並以較不受水深地形影響的臺灣東海岸(如花蓮港及蘇澳港)來進行模式的校訂，以免因複雜的地形水深變化所產生的複雜風場及波場變化混淆探討的方向。

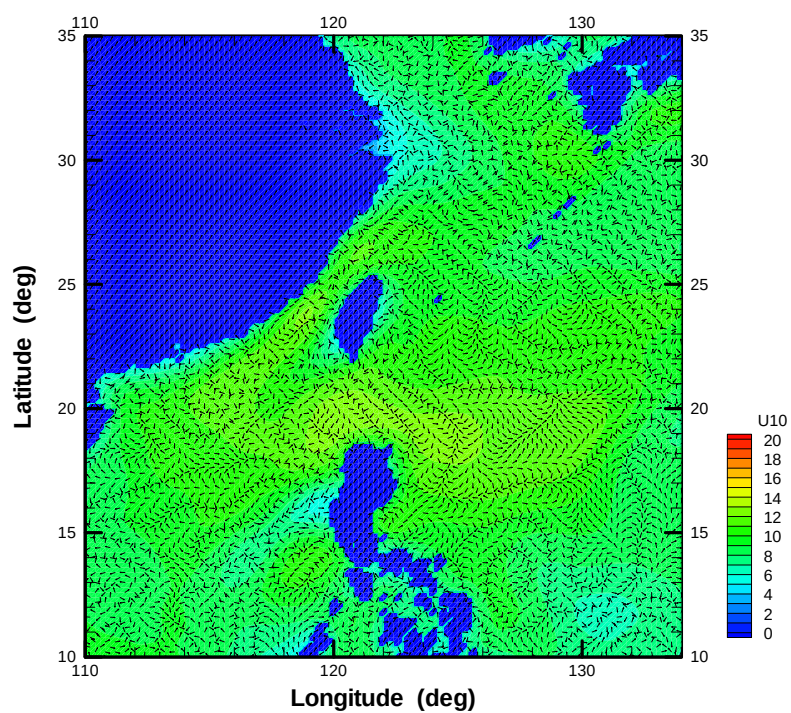


(a) 平均波浪週期分佈圖

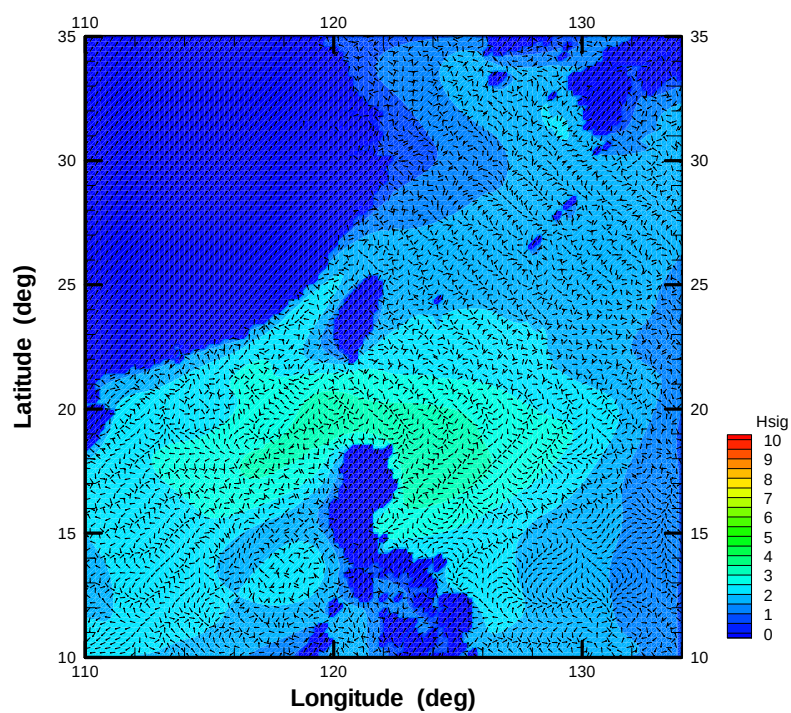


(b) 譜峰波浪週期分佈圖

圖 3.3 2007/12/04 00H WAM 波浪推算週期比較



(a) 風速及風向分佈圖



(b) 波高及波向分佈圖

圖 3.4 2007/12/04 00H WAM 波浪推算之風速風向及波高波向比較

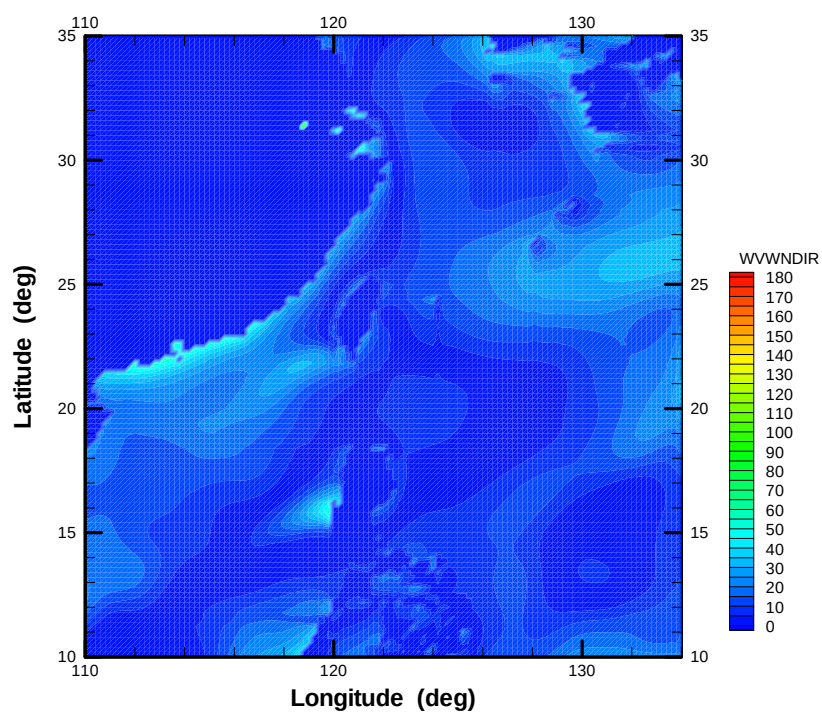
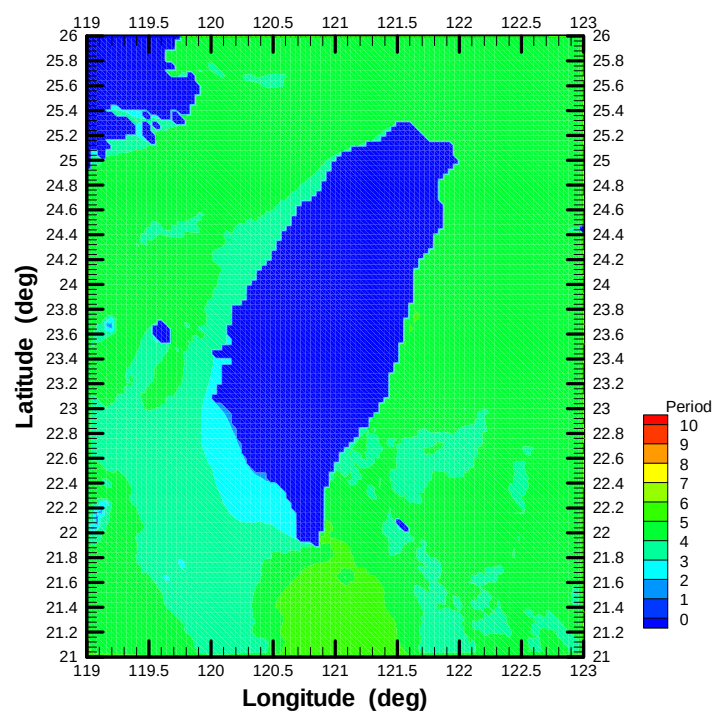
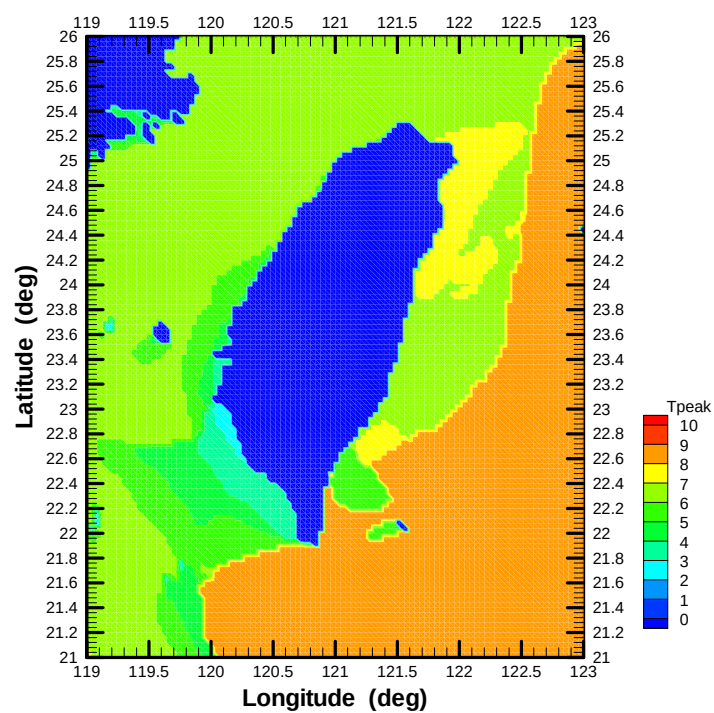


圖 3.5 2007/12/04 00H WAM 波浪推算之波向及風向差異分佈圖

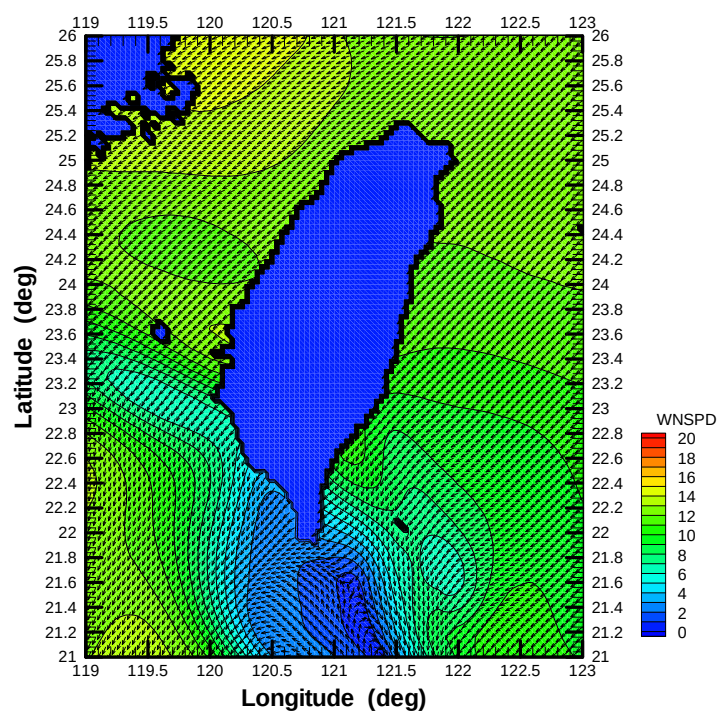


(a) 平均週期分佈圖

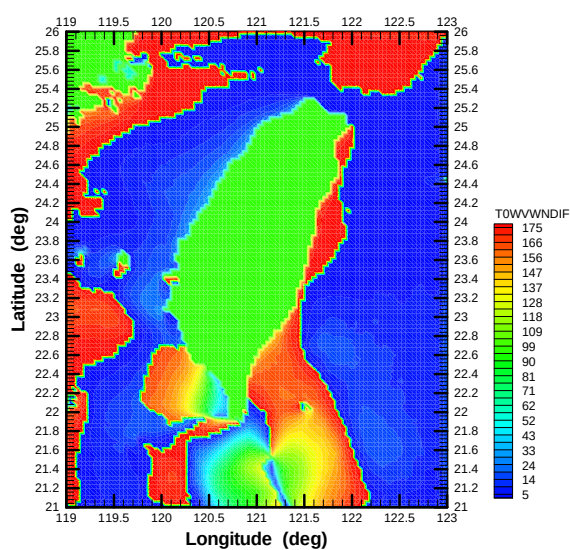


(b) 譜峰週期分佈圖

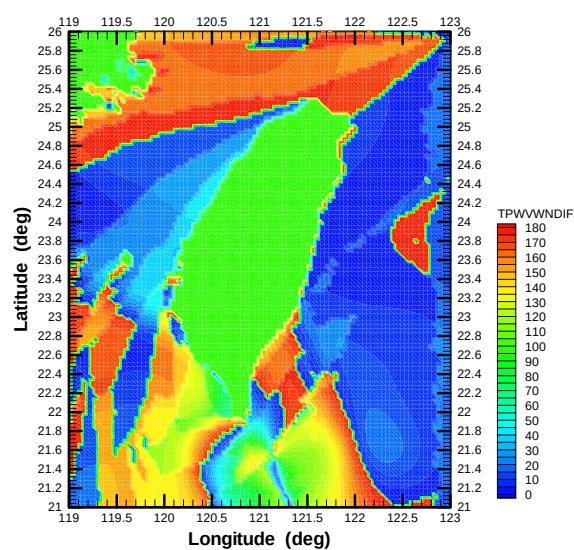
圖 3.6 2007/12/04 00H SWAN 波浪推算週期比較



(a) 風速及風向分佈圖

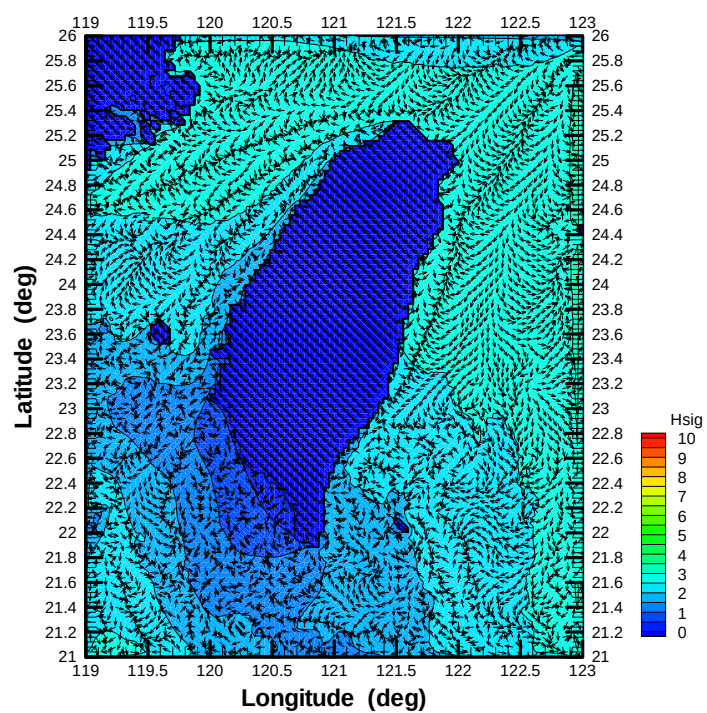


(b) 平均波向與風向差異比較圖

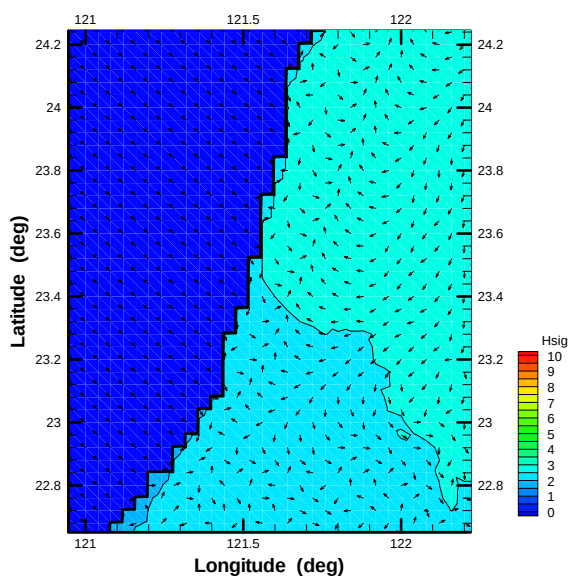


(c) 主波波向與風向差異比較圖

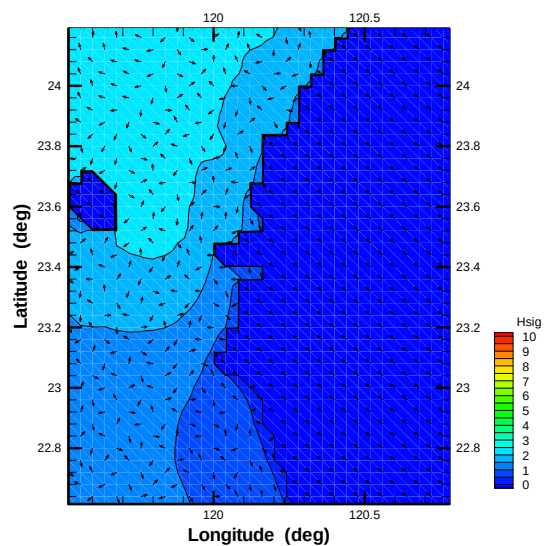
圖 3.7 2007/12/04 00H SWAN 波浪推算波向與風向比較



(a) 臺灣全域

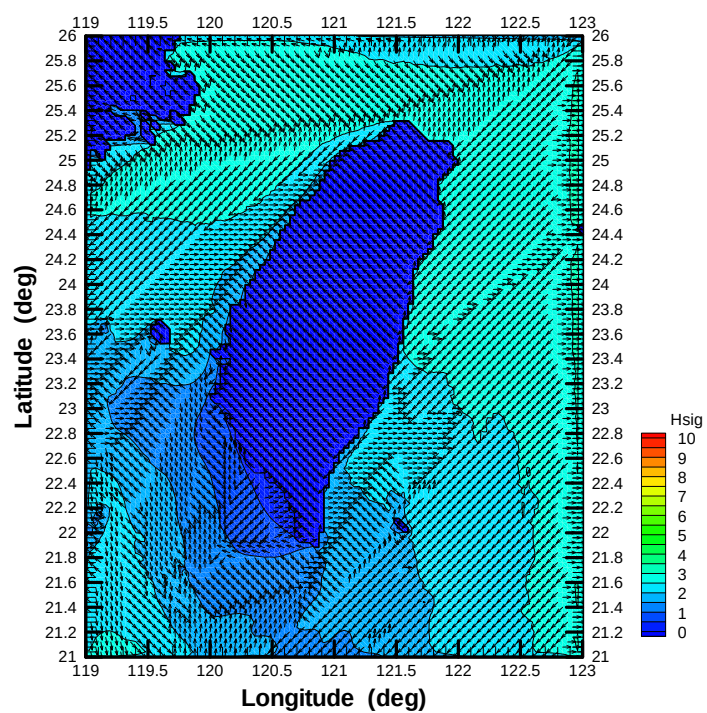


(b) 東海岸

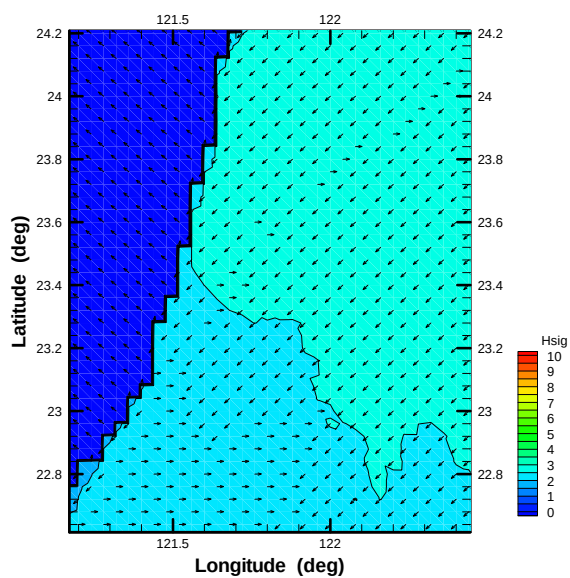


(c) 西海岸

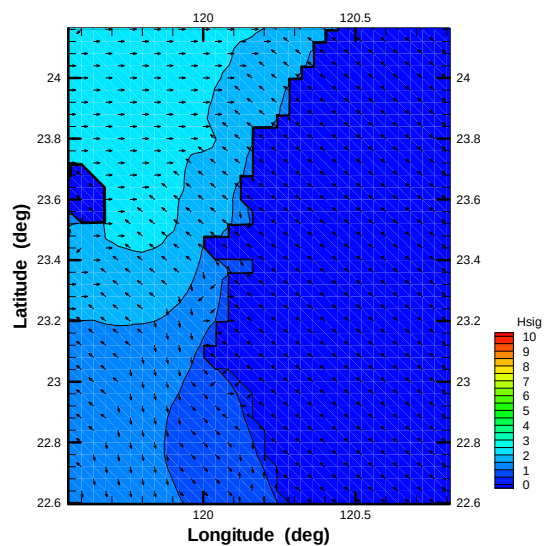
圖 3.8 2007/12/04 00H 利用平均波向計算的 SWAN 波場分佈圖



(a) 臺灣全域



(b) 東海岸



(c) 西海岸

圖 3.9 2007/12/04 00H 利用主波波向計算的 SWAN 波場分佈圖

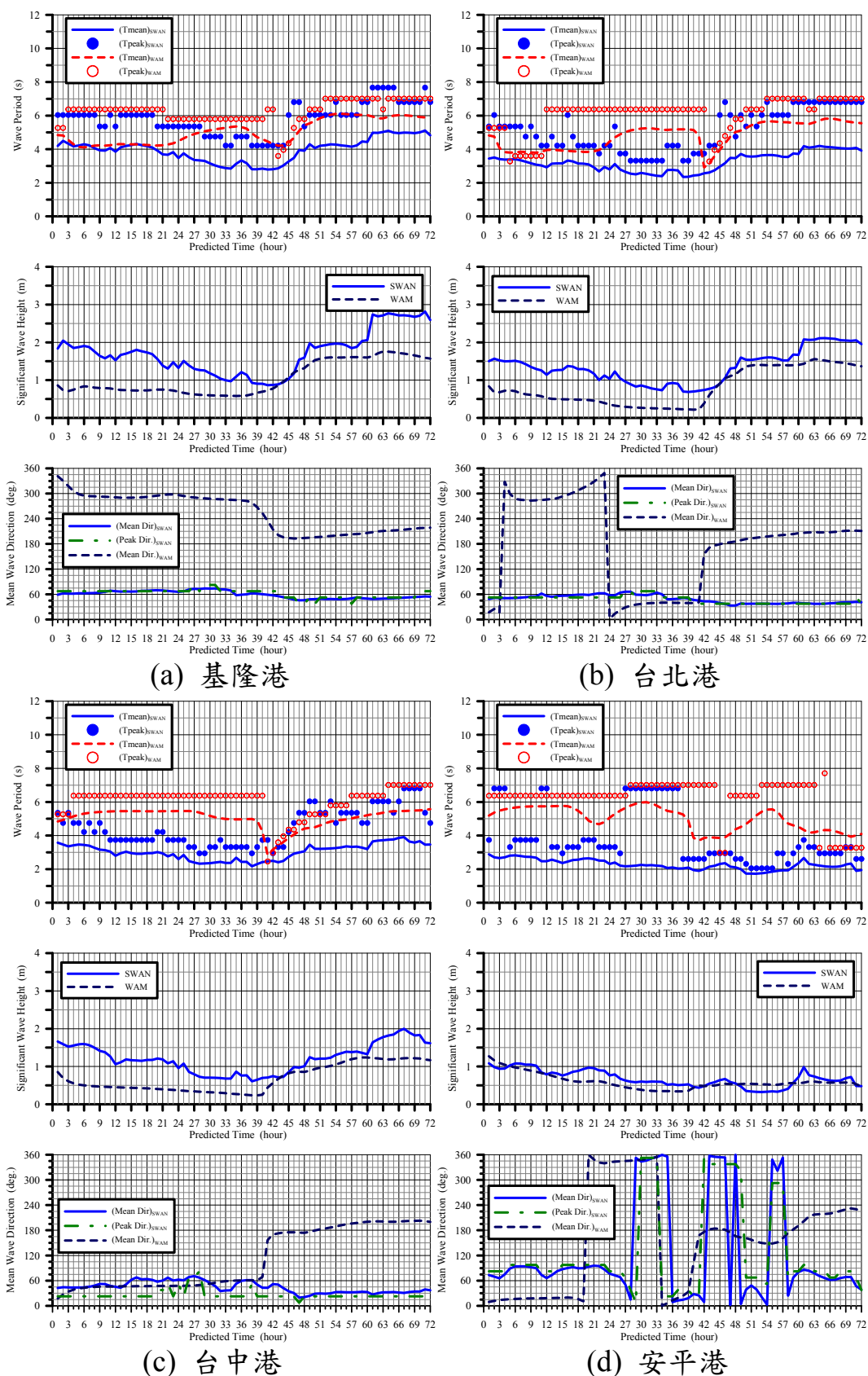
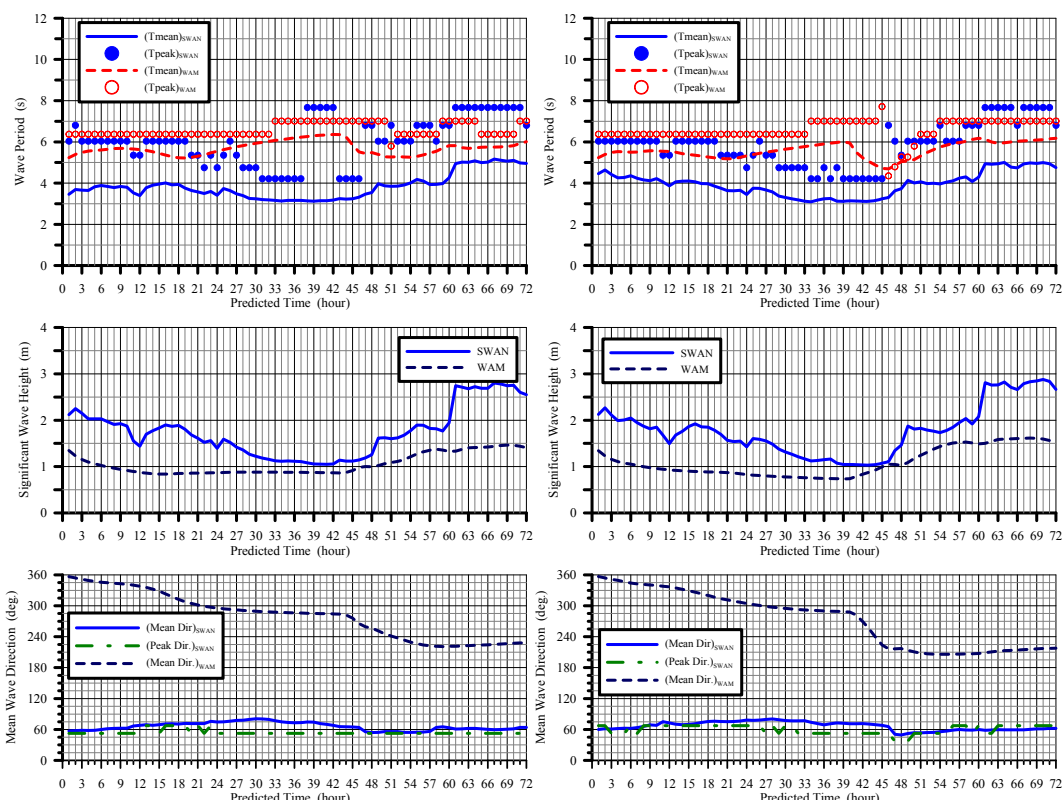
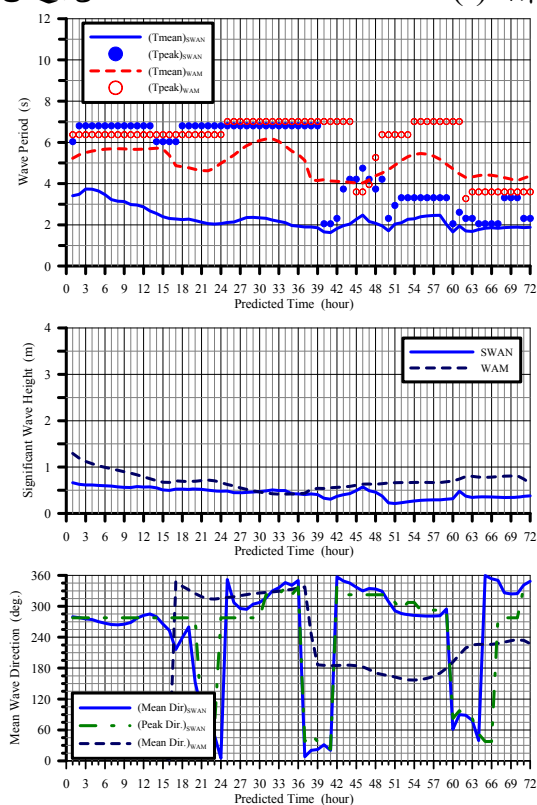


圖 3.10 2007/12/01 01H~2007/12/04 00H 各商港波浪推算結果比較圖



(e) 花蓮港

(f) 蘇澳港



(g) 高雄港

圖 3.10(續) 2007/12/01 01H~2007/12/04 00H 各商港波浪推算結果比較圖

3.3 數值風場的檢核

本團隊曾於中央氣象局 2005 年委託計畫『近岸風浪預報模式之研究與建立(1/3)』中針對數值風場的一致性直接影響波浪推算的準確性，並針對同一時期的 RC、MC 及 HC 風場進行比較。以下簡述檢核內容。

在遠域與近域的風浪推算中，還沒有考慮潮位與水流變化等影響因素之前，風場成為主要的外力，因此在檢討風浪推算的準確性時，也必須要瞭解風場的一致性。檢核風場的方式一般而言，均係以現場實際量測的風速及風向進行比對，但由於該項觀測多半是在海岸邊進行，除了因此明顯缺乏大洋的風速風向資料外，也在瞭解地形效應對風速風向的影響，以及數值風場的極限後，而忽略對風向的比較，僅對風速加以檢核。基於在利用 NWW3 及 SWAN 進行巢狀連結計算時，常發現內外兩層在交界處有明顯的波高變化，而在進行各種可能的處理都未能得到有效改善的情形下，因此乃重新檢查風場的一致性。

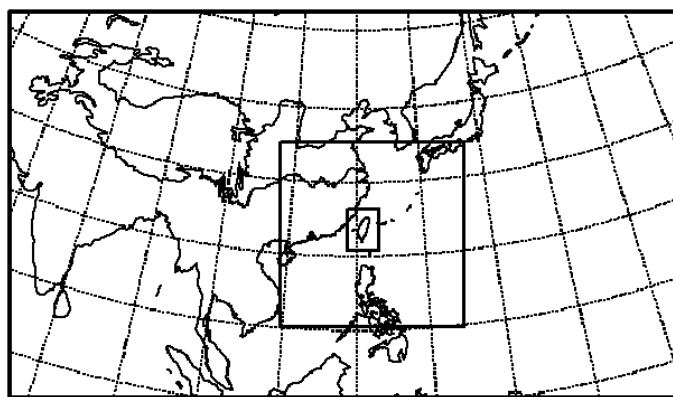


圖 3.11 RC/MC/HC 風場的推算範圍圖

中央氣象局目前所使用的風場共有三種，分別為 RC、MC 及 HC 風場(自 2004 年 4 月開始啟用)。各風場的解析度 RC 為 45km，MC 為 15km，而 HC 為 5km，計算領域也各有不同，如圖 3.11 所示，依據中央氣象局所提供的風場基本資料整理如表 3-2。圖 3.12 為 2004/06/23 00HR 的 RC 及 MC 風場的風速分佈，圖中的方框係台灣附近的水域。從圖中可以發現 RC 及 MC 風場的風速分佈從大趨勢來看還算一致，但是如以方框內的計算水域來觀察的話則有明顯不同。為了瞭解三種風場的連續性，圖 3.13 顯示為 2004 年

7 月及 8 月兩個月的三種風場風速比較圖及風速比值圖，係以 RC 風場 45km 的網格以及 HC 風場的範圍，針對同時擁有三種風場資料的網格點(有 100 個格點)分別從三個不同的風場擷取風速風向資料進行比較。比較的方式除了列出其風速值以外，也比較 MC 及 HC 風場值與 RC 風場值的比值。圖 3.14 及圖 3.15 分別為其 RC-MC 鑲嵌風場之風速風向分佈圖；圖 3.16 及圖 3.17 則分別為 MC-HC 鑲嵌風場之風速風向分佈圖。例如 RC-MC 表示 RC 風場中鑲嵌 MC 風場，並擷取部分的範圍繪製風速風向分佈圖以瞭解組合中在交界面上的連續性。從圖中的比較可以發現，在陸地上的部分由於各個風場模式所考慮的邊界效應精度不同，理所當然地在陸域部分有不同的風速及風向，此部分並非我們所顧慮。但是如果觀察與風浪計算直接相關的近岸水域風場的話，則發現圖 3.13 中的 RC 風場與 MC 風場的風速比值時大時小並無一定趨勢，而且劇烈變化的風場有較大的差異性。然而如果比較 MC 風場與 HC 風場時，則由圖 3.5 顯示 HC 風場明顯地小於 MC 風場。在外海的水域部分，兩個風場的風向分佈大致相近，但近岸地區則有較明顯地差異性。從圖 3.14 及 3.15 由於風速與風向的差異性在海岸地區更加明顯，對於小範圍的近岸風浪推算，其發生誤差的可能性是可以預期的。

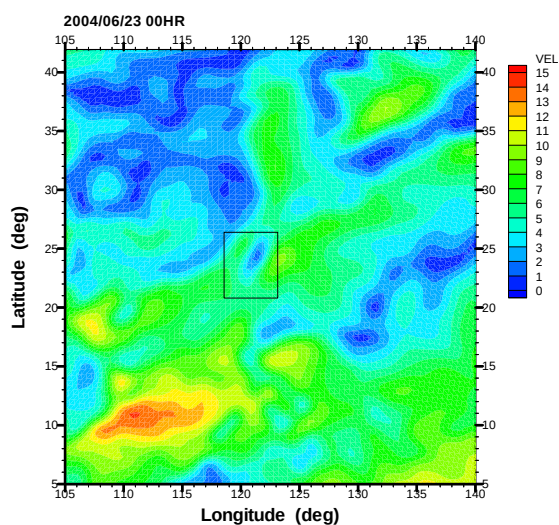
為了進一步改善風場的一致性，本計畫仍假設 MC 風場較能反映風場受臺灣地形之影響，並重新檢討其鑲嵌的方式，經多次測試以後，發現 MC 風場如果其計算範圍的四周各去除經緯度 1° 的邊界，則嵌合情形相當良好。圖 3.18 及圖 3.19 係 2005 年 8 月 30 日 0 時及 2005 年 8 月 31 日 12 時的風場嵌合情形。底層為風速嵌合後的等風速分佈，上層為嵌合後的風速向量，從分佈的情形來看，其嵌合情形相當良好。

藉著此一鑲嵌的處理，本計畫亦乘機會進行格網加密的處理，也就是利用線性內插的方式，將 RC 風場加密成 MC 風場的解析度，如圖 3.20 及圖 3.21 所示。圖 3.22 及圖 3.23 係沿著 15°N 、 20°N 、 25°N 及 30°N 之橫剖面風速分佈，圖中的虛線乃 RC 風場與 MC 風場的嵌合邊界，從圖中可以發現，風速的變化相當平順。藉由風場的整合，本計畫也進行了運用單一風場的波浪推算，並與原有的分別用兩個風場的推算方式相比較。

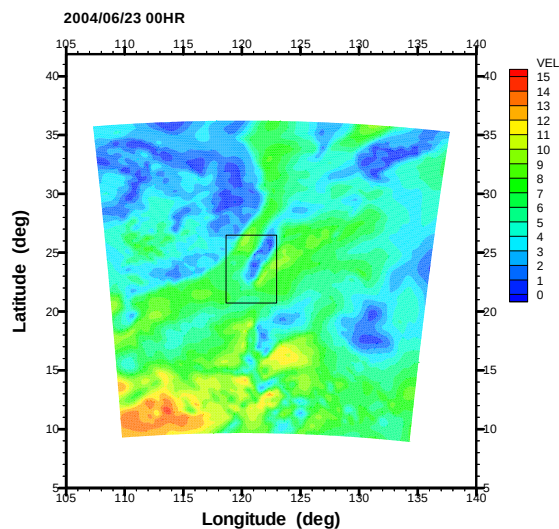
表 3-2 NFS 預報風場模式(RC/MC/HC)基本資料

資料整理：中央氣象局柳再明(2004/2/25)

Version	
Operational Status	•Semi operaton in 2000 •Operation from 2001/01/08
Operational/Research Group	NWP Group of Central Weather Bureau (CWB) in Taiwan
Model	Nonhydrostatic Forecast System (NFS)
Basic equations	Primitive equations
Grid type	Arakawa C-grid staggering with leap-frog time integration scheme
Integration domain	Regional, over the western North Pacific and Southern Chinese Sea 221*127(45km) , 181*193(15km) ,91*121(5km)
Projection	Lambert conformal mapping
Mapping information	Center (120E), true (10N, 40N) •45KM MESH 座標(114,71)位置位於(30°N , 120°E) 底圖 下點(-5.34068°N , 77.91867°E) 右上點(42.92812°N , 180.2034°E) •15KM MESH 座標(76,148)位置位於(30°N , 120°E) 底圖 左下點(9.28194°N , 109.7727°E) 右上點(35.26665°N , 137.7342°E) 座標(1,1)位置對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置 •5KM MESH 座標(28,199)位置位於(30°N , 120°E) 底圖 左下點(20.78609°N , 118.6597°E) 右上點(26.33824°N , 123.2724°E) 座標(1,1)位置對應至 15KM MESH 之(67,82)座標位置
Horizontal resolution	45/15/5 km
Vertical levels	30 vertical levels on sigma coordinates
Nested grids	level of nesting is 3 , one-way interactive
Forecast time	72 hour
Run time	00Z / 12Z (72h), 06Z/18Z(6h)
Initial fields	Last run of 6h forecast, keep 6h update cycle
First-guess analysis	Optimal Interpolation(OI)
Boundary conditions	GFS forecast to NFS 45km domain
Horizontal diffusion	4 th order diffusion
Moisture physics	Kuo's cumulus parameterization, Cloud ice&water microphysics
Planetary boundary layer	TKE-εPBL scheme
Radiation parameterization	Longwave : Sasamori Shortwave : Katayama
Land surface	Force restore method
Ocean surface	Optimal Interpolation with GFS reanalysis
Reference	Conference on Weather Analysis and Forecasting, 2000, p303-308
Remarks	This model configuration is used to simulate the weather pattern

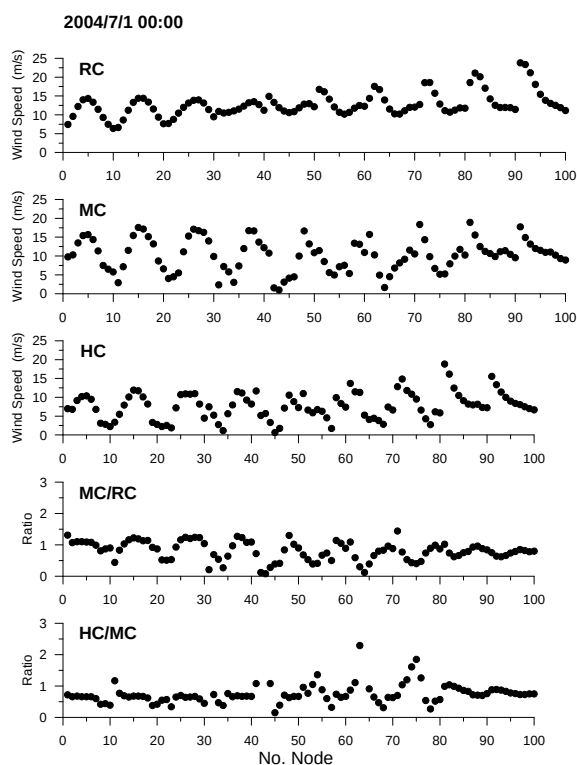


(a) RC 風場

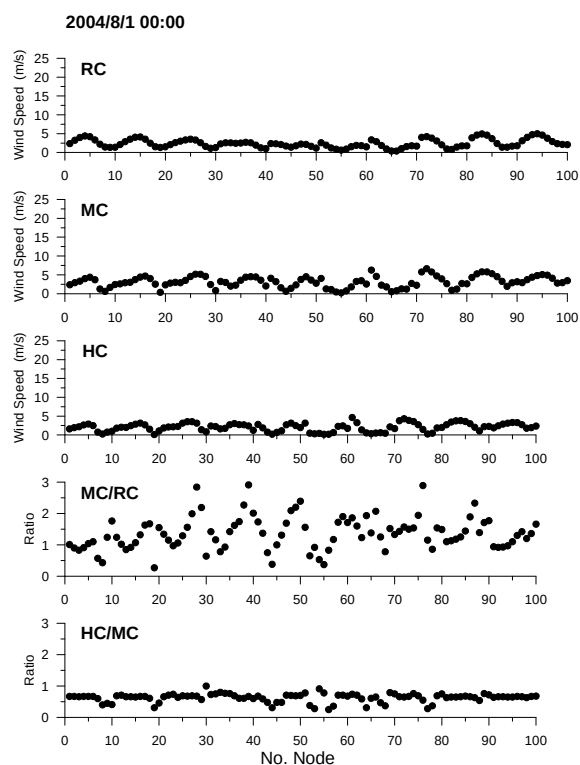


(b) MC 風場

圖 3.12 2004/06/23 00HR 之 RC/MC 風速分佈圖

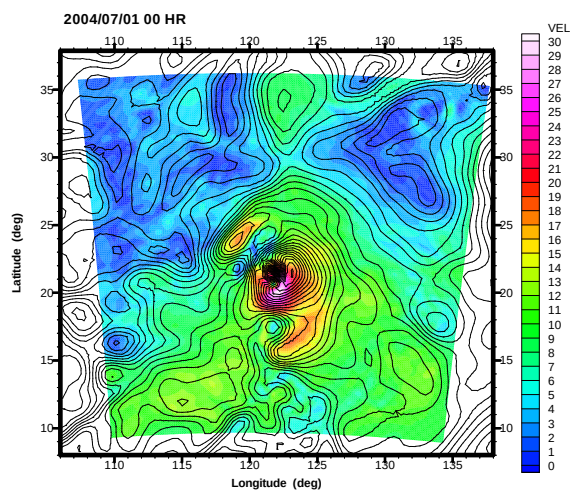


(a) 2004/07/01 00H

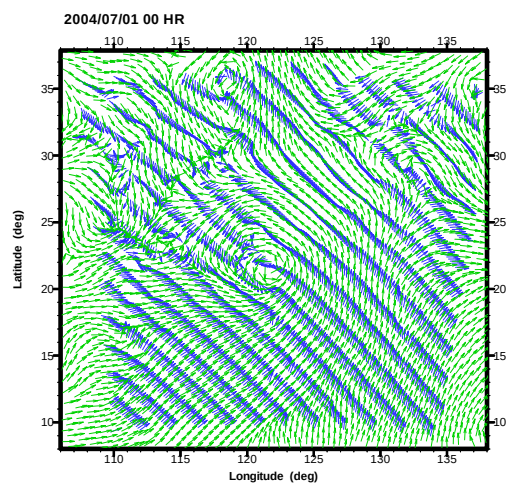


(b) 2004/08/01 00H

圖 3.13 2004 年 7 月與 8 月 RC/MC/HC 風速比較圖

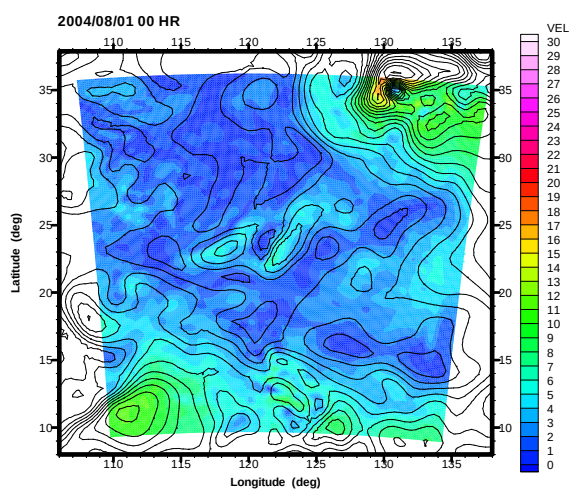


(a) 風速分佈

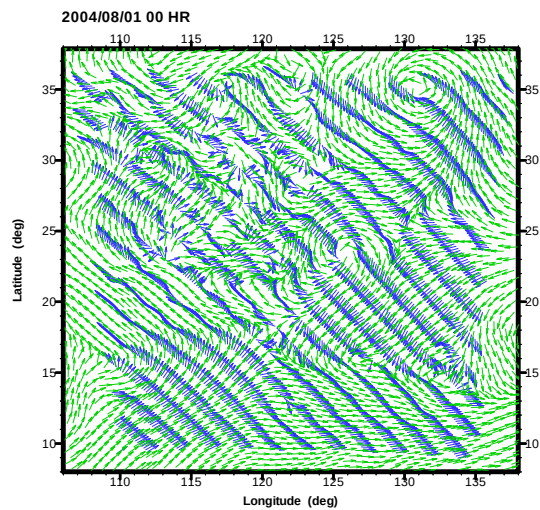


(b) 風向分佈

圖 3.14 RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)

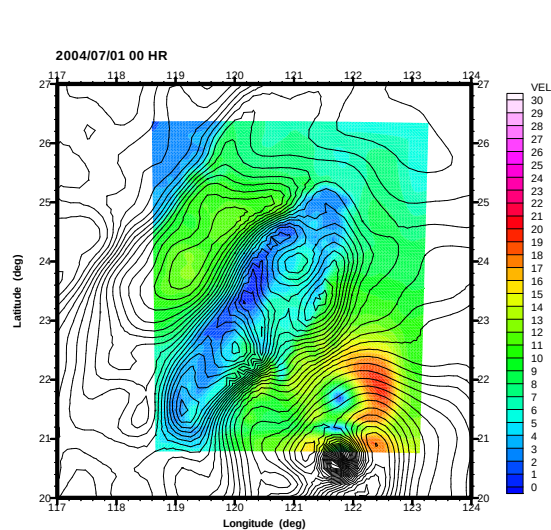


(a) 風速分佈

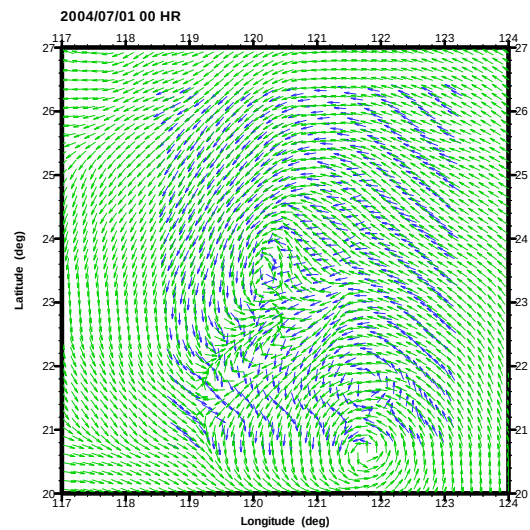


(b) 風向分佈

圖 3.15 RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)

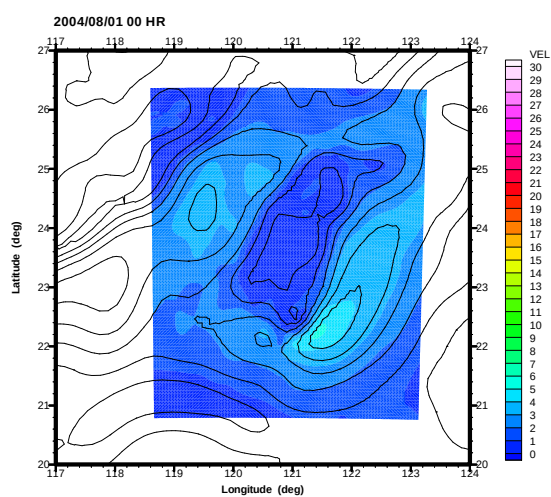


(a) 風速分佈

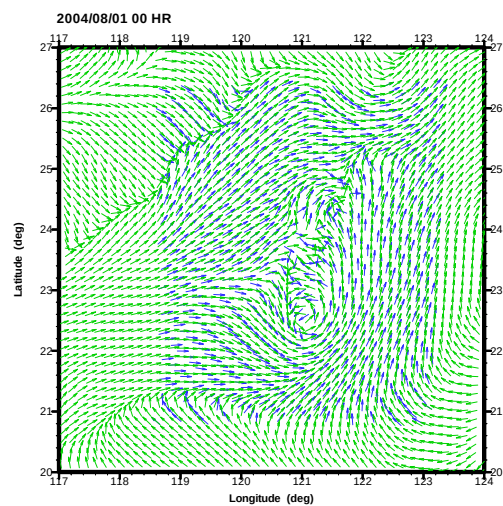


(b) 風向分佈

圖 3.16 MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)



(a) 風速分佈



(b) 風向分佈

圖 3.17 MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)

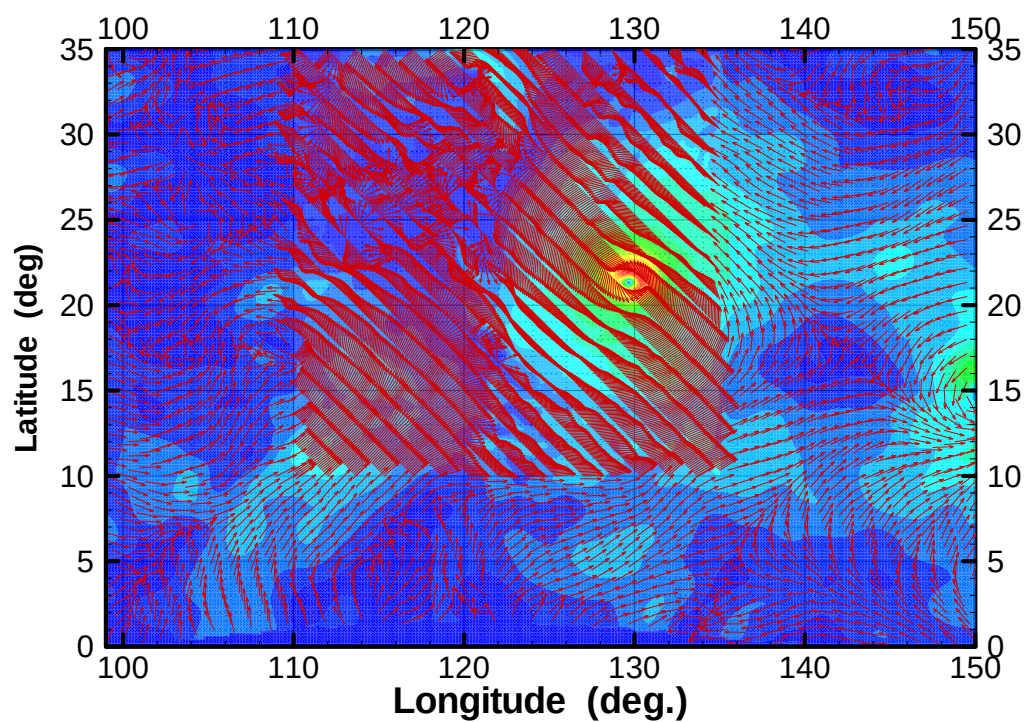


圖 3.18 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050830 00:00)

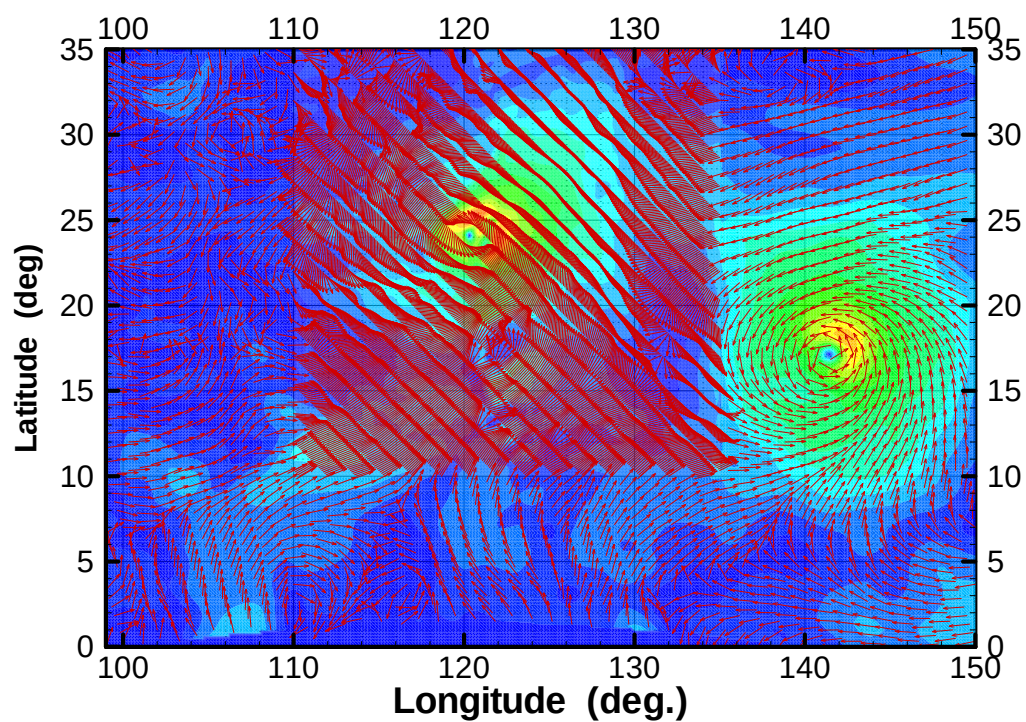


圖 3.19 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050901 00:00)

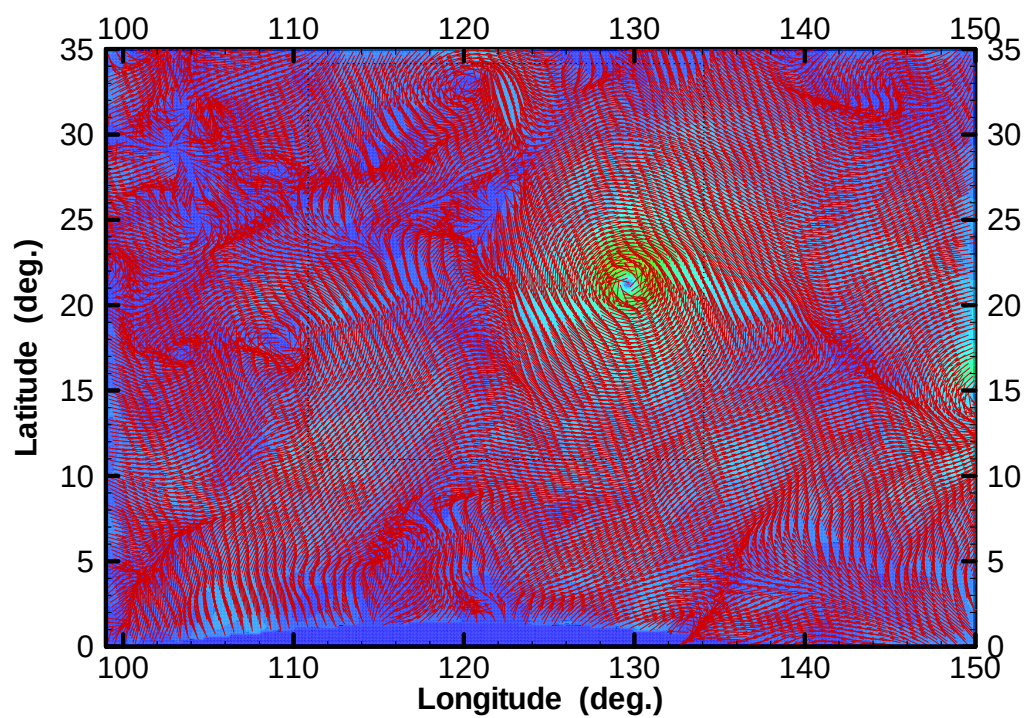


圖 3.20 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050830 00:00)

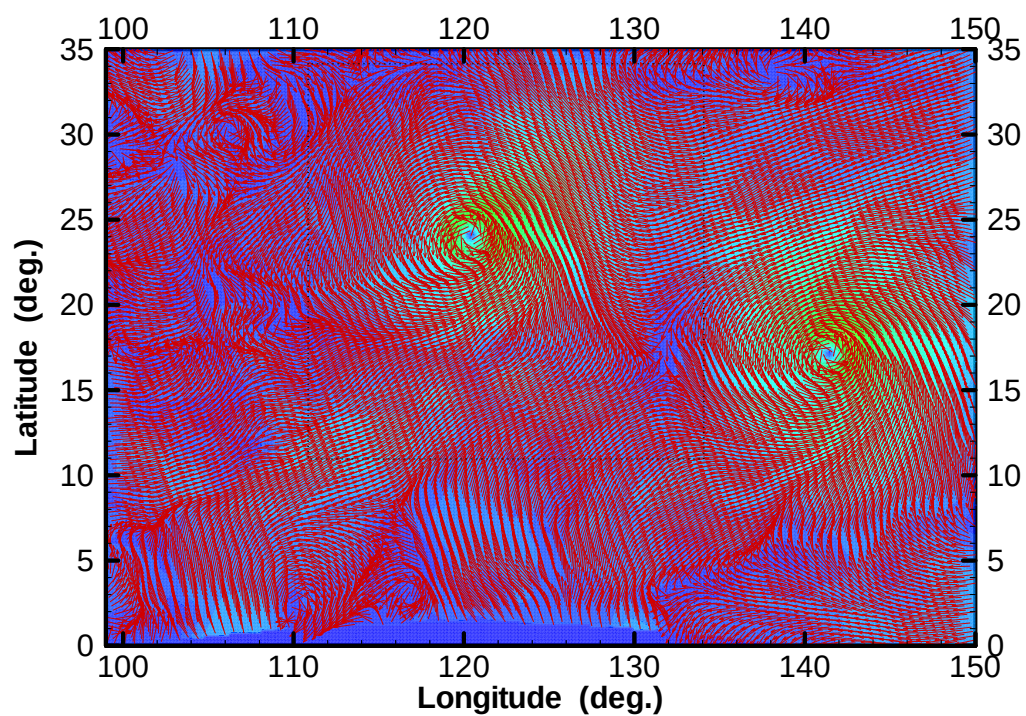
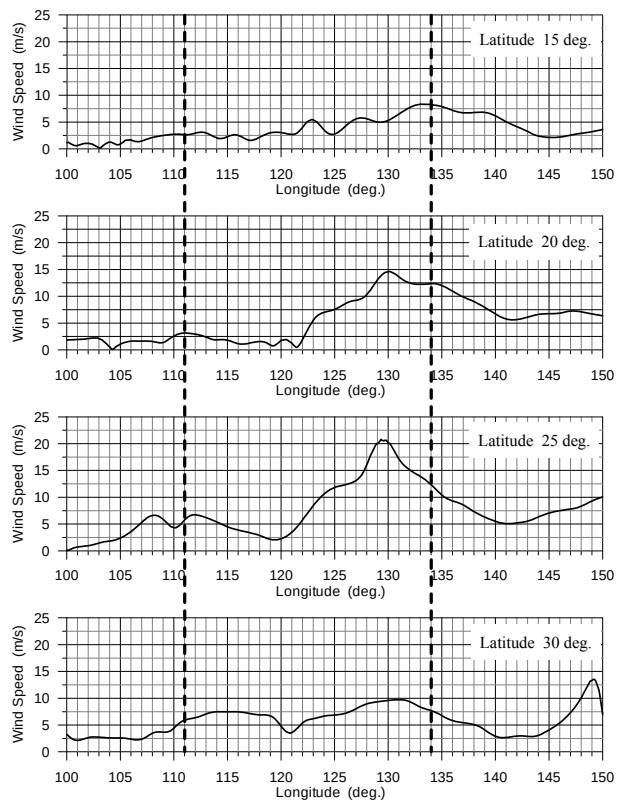
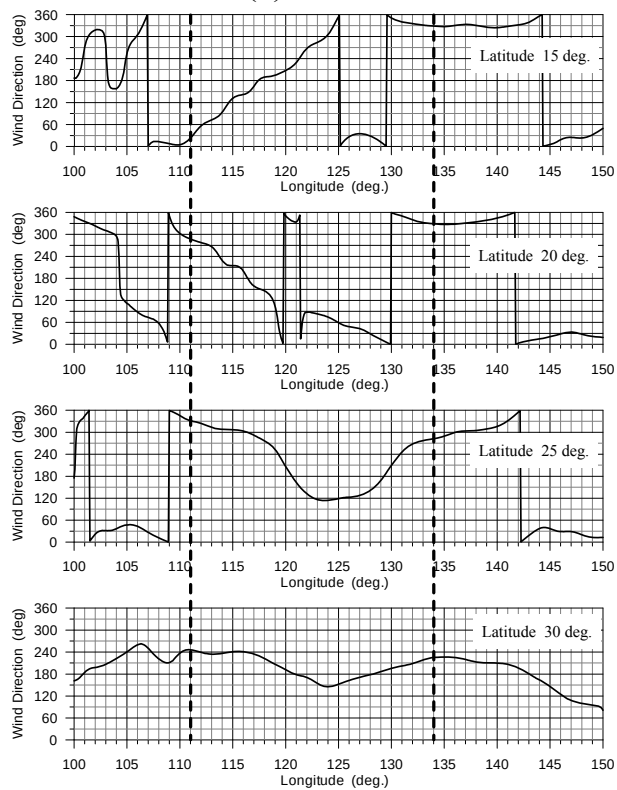


圖 3.21 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050901 00:00)

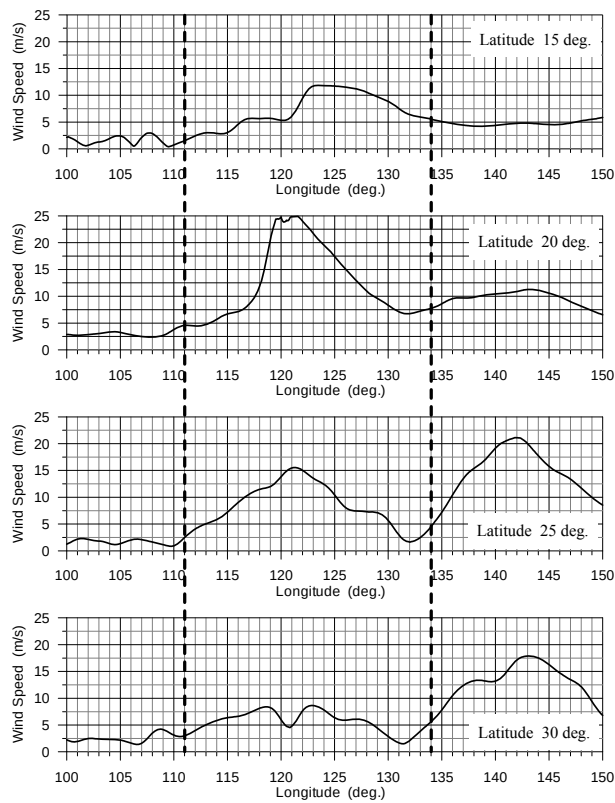


(a) 風速

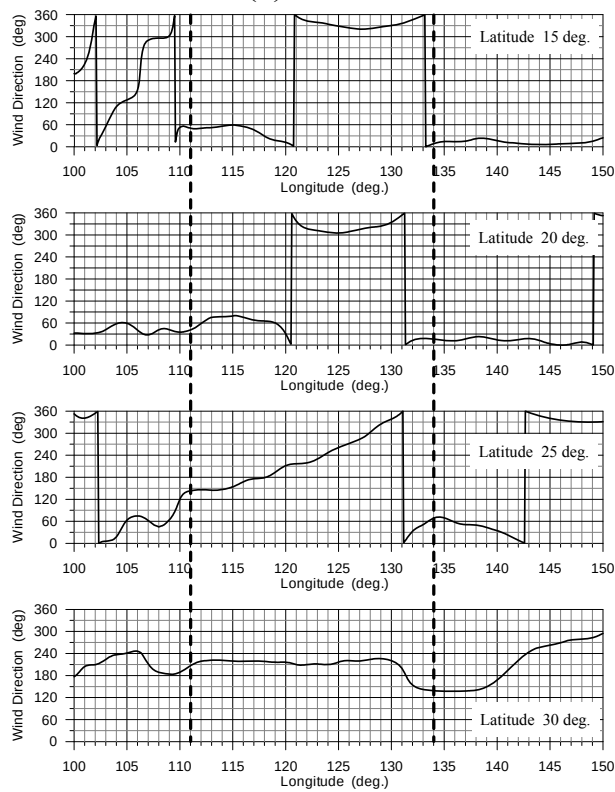


(b) 風向

圖 3.22 MC 與 RC 風場嵌合比較(20050830 00:00)



(a) 風速



(b) 風向

圖 3.23 MC 與 RC 風場嵌合比較(20050901 00:00)

3.4 數值地形水深的整合討論

由於數值水深地形及數值風場涵蓋範圍的限制，目前的近域 SWAN 波浪推算僅能侷限於擷取自 TaiDBMv5 數值水深地形檔(SUB1_6HC.Z)，範圍介於(26.0°N，119.0°E)-(21.0°N，123.0°E)之間，以及 MC 風場，範圍介於(9.28194°N，109.7727°E)-(35.26665°N，137.7342°E)之間，而無法擴大計算範圍，使能涵蓋中央氣象局的颱風警報警戒區域範圍。同時，也無法進一步檢核計算範圍的大小及解析度對風波推算的影響性。為了避免此一現象所帶來的限制，本計畫除了進行上節所討論的風場整合外，也進行兩種數值水深地形(ETOPO2 及 TaiDBMv5)的整合研究。兩種地形的嵌合方式係首先將由 ETOPO2 擷取的 TOPO_TAIWAN.DAT(格網解析度 0.2°×0.2°)利用雙向線性內插方式細分成 0.04°×0.04°格網解析度以與 SUB1_6HC.Z 的解析度相同，其次利用對等座標點的方式進行高程值的置換。圖 3.24 為 TOPO_TAIWAN.DAT 及 SUB1_6HC.Z 兩種地形的直接嵌合，從圖中可以看到在相接邊界處有明顯的高度差，其原因應是兩個數值水深的參考基準水位不同，以及要求的測量精度也不一樣所致。圖 3.25 為(26.0°N，119.0°E)-(21.0°N，123.0°E)範圍內兩種地形水深的差值分佈圖，顯示其差異性並非依系統性的誤差，也顯示了無法用一般平差或同化的方式來修正。為了讓地形較為平順，本計畫乃假設 SUB1_6HC.Z 的地形較具區域性的正確性，以約為 25 公里的距離自 SUB1_6HC.Z 的邊界沿經線及緯線進行線性內插，同時為了避免線性內插可能造成等坡度的情形，乃將內插值與對應的現有水深值平均後作為水深代表值。圖 3.26 為透過線性內插調整過的水深地形，從圖中約略可看出地形水深的改善情形，但是仍無法完全平滑化，主要是因為邊界上部分節點水深值的差異性過大所致。後續研究將以此嵌合地形進行與計算範圍有關的風波數值模擬及比較評估。

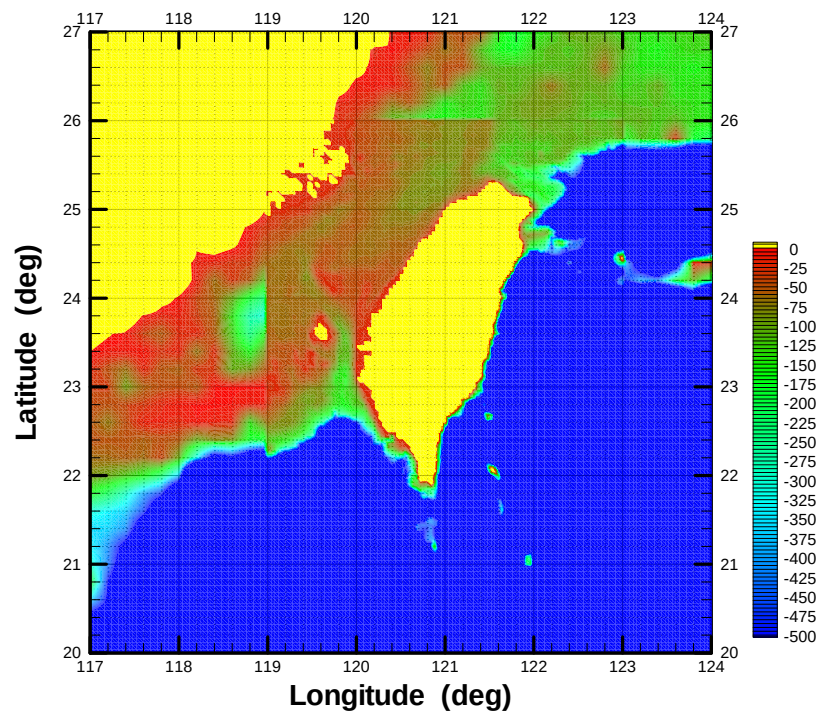


圖 3.24 臺灣附近 ETOPO2 與 TaiDBMv5 的直接嵌合的地形水深

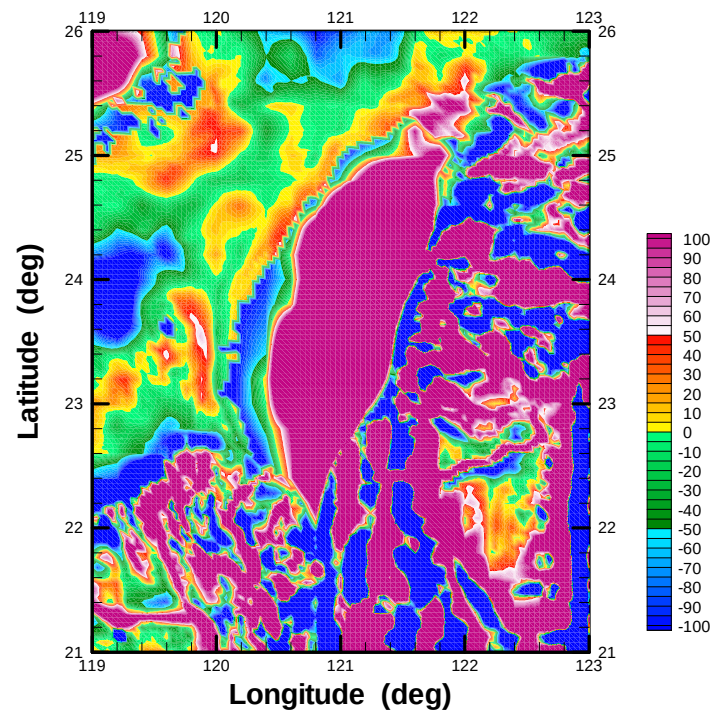


圖 3.25 臺灣附近 ETOPO2 與 TaiDBMv5 的水深差異分佈情形

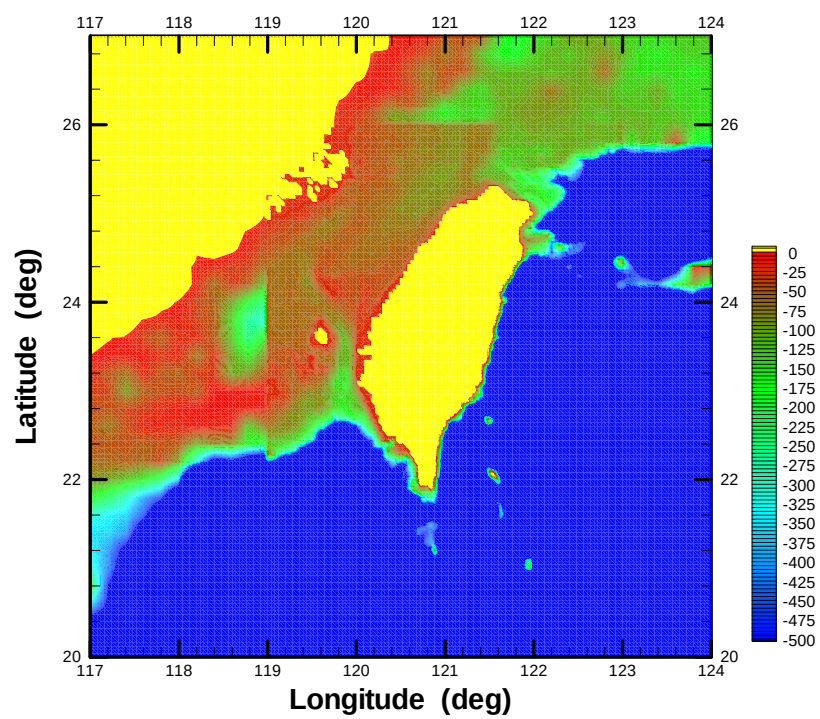


圖 3.26 臺灣附近經線性內插修正後水深地形

第四章 近岸及港域波浪模擬

4.1 近岸海域及港域波浪模擬

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之極限時，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國內各主要港口及其周圍波浪狀況乃為本計畫目標之一。

本計畫在臺灣近海波浪預報模擬作業化下，分別規畫大、中、小尺度及細網格等四種不同尺度網格進行臺灣近海波浪模擬與預報。其中小尺度網格主要用於模擬近岸及港域周圍波浪場，主要考慮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；細網格主要用於模擬波浪傳播至港口及港內水域時波浪及波高分佈情形，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。

針對近岸海域小尺度網格波浪模擬，本計畫選取 Kirby and Dalrymple (1983)依據拋物線型緩坡方程式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，由於此類型波浪模式本身不僅具有較快速且穩定的數值計算，同時可適用於較大的空間尺度之波浪場模擬，因此非常適合於本計畫之線上作業化，並可承接本計畫全域波浪預報模式(WAN & SWAN)預報模擬結果，將近海波浪推算至岸邊。

針對港口及港內波浪模擬，本計畫選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法波浪模式為本計畫之港域波浪模式，此類型波浪模式不僅可以準確地模擬波浪之折、繞現象，同時可以模擬波浪受到港域構造物影響所產生的反射現象。唯此類型波浪數值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，因而無法滿足本計畫 TaiCOMS 之線上作業需求，針對此問題本計畫另以建立港域波浪相關模式因應之。現階段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。

針對本計畫所採用的近岸區域波浪模式及港域波浪模式之基本理論簡述如下：

4.1.1 近岸區域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：

$$\begin{aligned} (C_g + U)A_x + VA_y + i(\bar{k} - k)(C_g + U)A + \frac{\sigma}{2} \left\{ \left(\frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x + \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\ - \frac{i}{2\sigma} \left[(p - V^2)A_y \right]_y - \sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A = 0 \end{aligned} \quad \dots\dots (4-1)$$

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

$$D = \frac{\cosh(4kh) + 8 - 2 \tanh^2(kh)}{8 \sinh^4(kh)} \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

式中 h 為靜水深。Kirby (1986)進一步依據 minimax 原則將 Booij 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：

$$\begin{aligned}
& (C_g + U)A_x - 2\Delta_1 VA_y + i(\bar{k} - a_0 k)(C_g + U)A + \left\{ \frac{\sigma}{2} \left(\frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x - \Delta_1 \sigma \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\
& + i\Delta' \left[\left(p - V^2 \right) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y - i\Delta_1 \left\{ \left[UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x + \left[UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x \right]_y \right\} \\
& + i\sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A + \frac{\nu}{2} A + \frac{-b_1}{k} \left\{ \left[\left(p - V^2 \right) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_{yx} + 2i \left[\sigma V \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x \right\} \\
& + b_1 \beta \left\{ 2i\omega U \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x + 2i\sigma V \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y - 2UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_{xy} + \left[\left(p - V^2 \right) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y \right\} \\
& - \frac{i}{k} b_1 \left[(\omega V)_y + 3(\omega U)_x \right] \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x - \Delta_2 \left[\omega U \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x + \frac{1}{2} \omega U_x \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] \\
& + ik\omega U(a_0 - 1) \left(\frac{A}{\sigma} \right) = 0
\end{aligned} \quad \dots (4-3)$$

式中

$$\beta = \frac{k_x}{k^2} + \frac{\left[k(p - U^2) \right]_x}{2k^2(p - U^2)} \quad \dots (4-4)$$

$$\Delta_1 = a_1 - b_1, \quad \Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1, \quad \Delta' = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}}{k} \quad \dots (4-5)$$

上述各式之中 ν 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

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{i}{k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \nu A \quad \dots (4-6)$$

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

本計畫 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 4.1 所示，惟模式計算所需之地形可以輸入具 (x, y) 座標，其中 $x=(i-1)\Delta x$ ， $y=(j-1)\Delta y$ 。

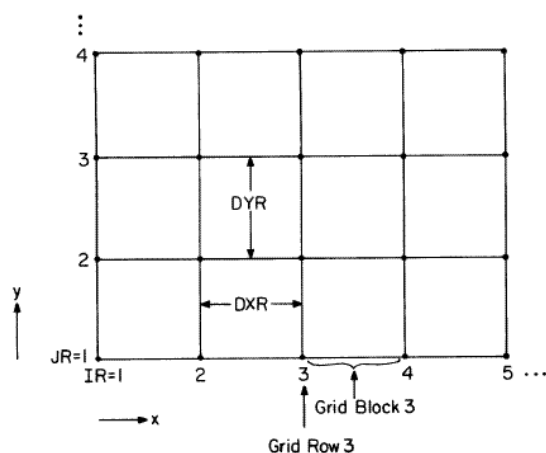


圖 4.1 REF/DIF 數值計算網格座標系統

4.1.2 港域波浪模式之基本理論

當波浪自外海傳播至港域時，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 4.2 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 4.2 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。外海半無限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

$$\eta_j(x, y, t) = f_j(x, y)e^{i\omega t}, \quad j=1, 2 \quad \dots\dots\dots (4-7)$$

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：

$$\nabla^2 f_1 + K_1^2 f_1 = 0 \quad , \quad \text{在領域(I)內} \quad \dots\dots\dots (4-8)$$

$$\nabla \cdot (C_2 C_{2g} \nabla \phi) + (C_2 C_{2g} K_2^2 + i\omega\mu + iC_{2g}\omega\gamma)\phi = 0 \quad , \quad \text{在領域(II)內} \quad \dots\dots\dots (4-9)$$

式中 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ 為二維梯度運算子， μ 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

$$\kappa = 0.5[1 + 2K_2 h_2 / \sinh(2K_2 h_2)] \quad \dots\dots\dots (4-10)$$

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

$$\mu = \frac{2\kappa\omega}{K_2} \left[\frac{2f_r}{3\pi} \frac{aK_2^2}{(2K_2 h_2 + \sinh 2K_2 h_2) \sinh K_2 h_2} \right] \quad \dots\dots\dots (4-11)$$

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

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

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：

$$f_1 = f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \quad \dots\dots\dots (4-13)$$

$$C_1 C_{1g} \frac{\partial f_1}{\partial n} = -C_2 C_{2g} \frac{\partial f_2}{\partial n} \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \quad \dots\dots\dots (4-14)$$

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：

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = -i\alpha K_2 f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_2 \text{ 上} \quad \dots\dots\dots (4-15)$$

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， $\alpha=0$ 時表示港池岸壁為完全反射之情況(即 $\partial f_2 / \partial n = 0$)，而 $\alpha=1$ 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：

$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \dots\dots\dots (4-16)$$

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

$$f_1 = f_I + f_R + f_S \dots\dots\dots (4-17)$$

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：

$$\lim_{K_1 r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} + iK_1 \right) f_S = 0 \dots\dots\dots (4-18)$$

假設入射波浪 $\eta_I(x, y, t)$ 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：

$$\eta^I(x, y, t) = A^I e^{-i[K_1(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0) - \omega t]} \dots\dots\dots (4-19)$$

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)。

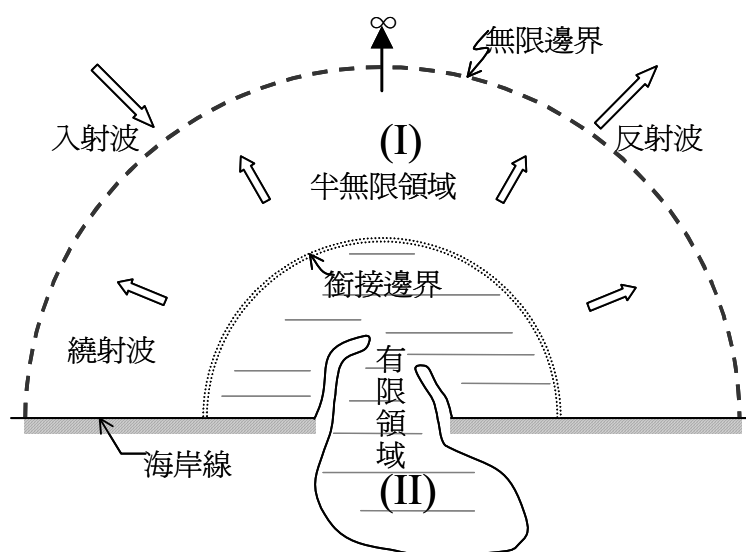


圖 4.2 港域波浪模式計算領域示意圖

4.1.3 近岸港區周圍及港內波浪模擬

本計畫近岸港區周圍及港內波浪模主要針對國內七大港口：基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等進行港區周圍及港內波浪場模擬工作，各港口之地理位置如圖 4.3 所示。本年度為四年分期計畫之第三年，至 97 年度底本計畫已先後完成安平港、台中港、花蓮港、台北港及高雄港等 5 港口之港區周圍及港內波浪模擬之工作，如圖 4.4 及圖 4.5 所示。本年度計畫除了延續上述五港口港區周圍及港內波浪模擬作業化測試外，主要工作內容為基隆港及蘇澳港港區周圍及港內波浪模擬新建工作。圖 4.6 及圖 4.7 所示分別為本年度基隆港與蘇澳港近岸港區周圍波浪及港內波浪模擬範圍，其中基隆港與蘇澳港之港域波浪模式外海模擬半徑分別為 1500m 及 825m。

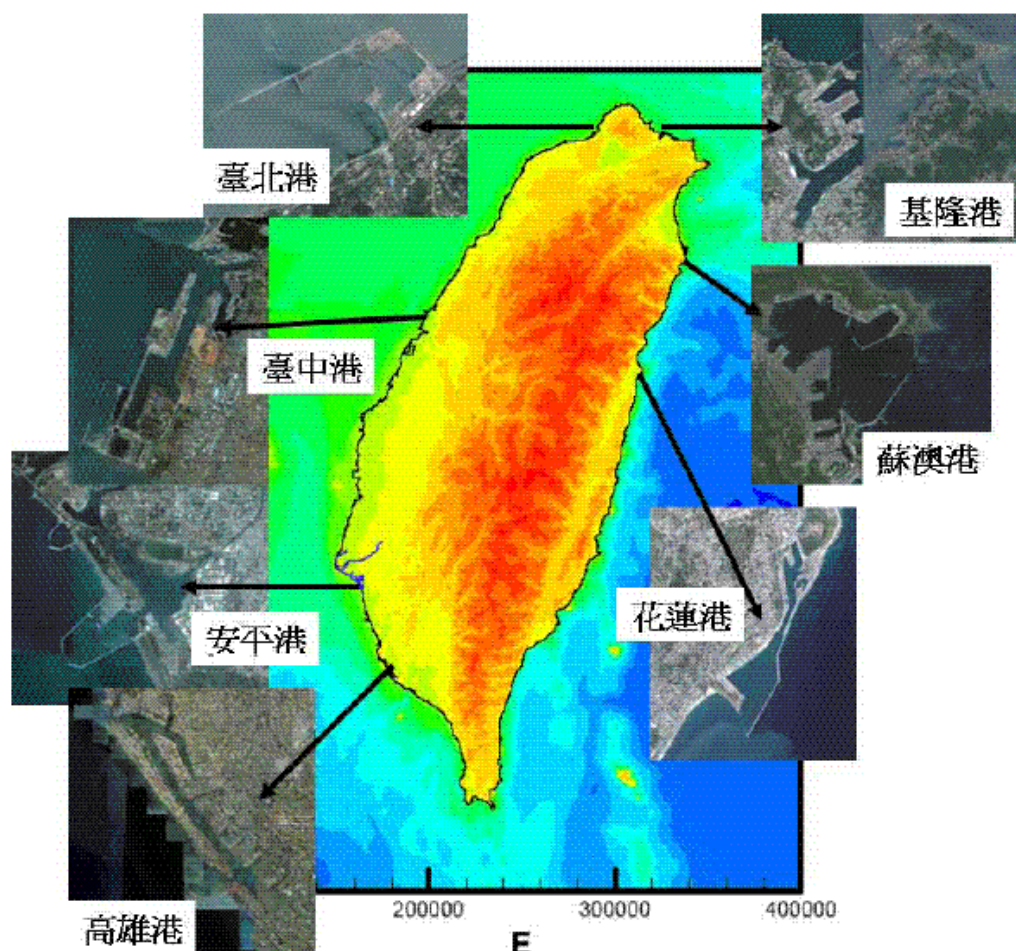
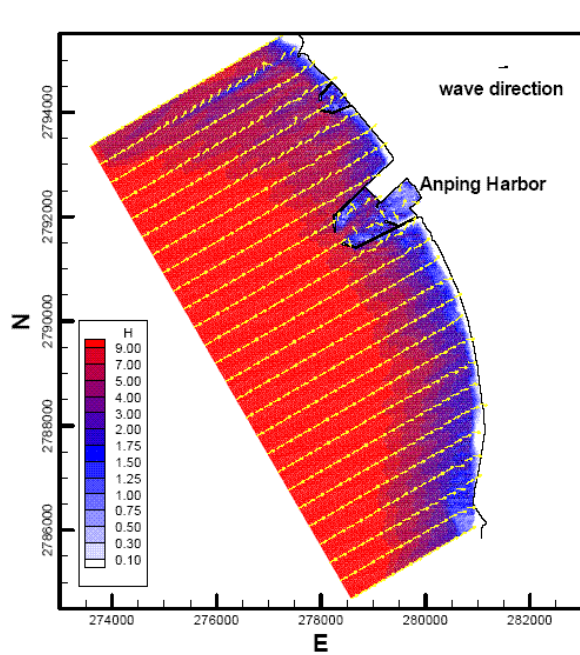
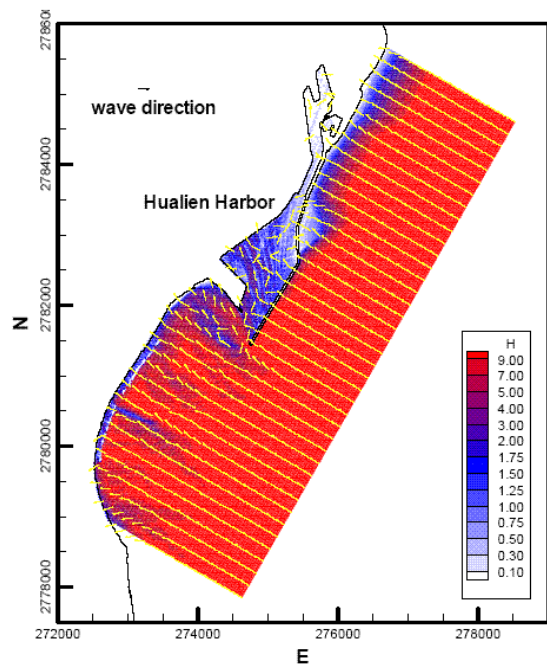


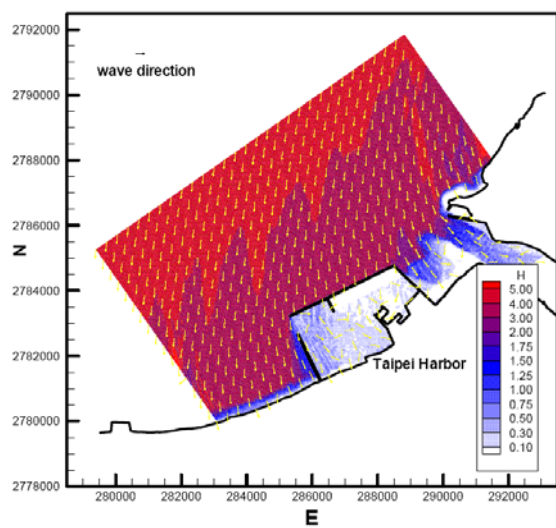
圖 4.3 國內七大港口地理位置及港區示意圖示意圖



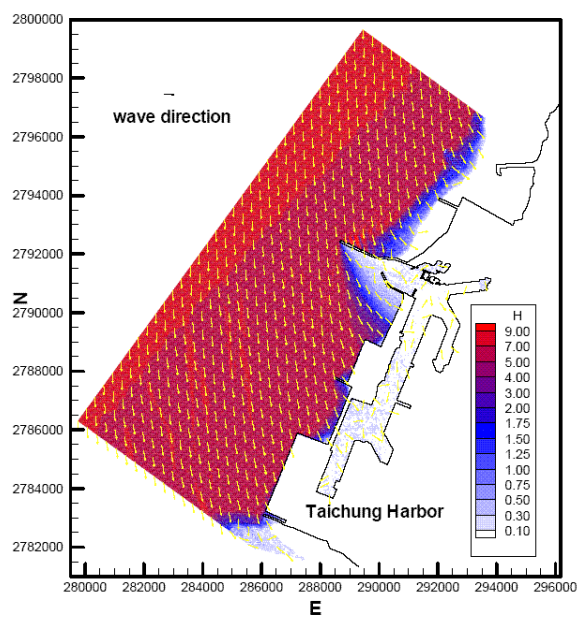
(a) 安平港



(b) 花蓮港

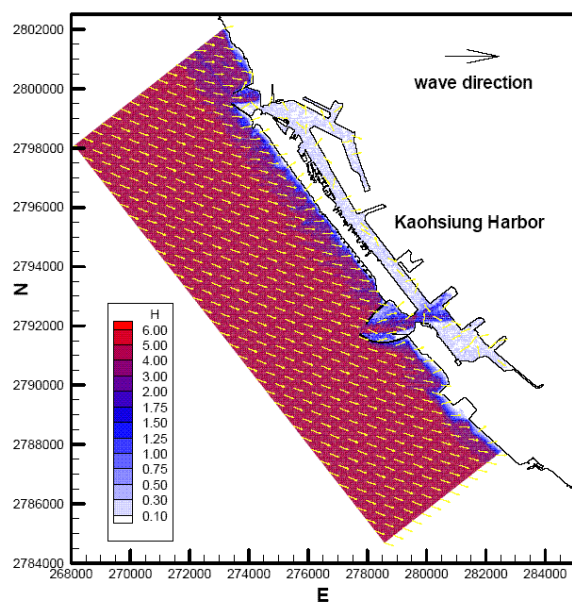


(c) 台北港



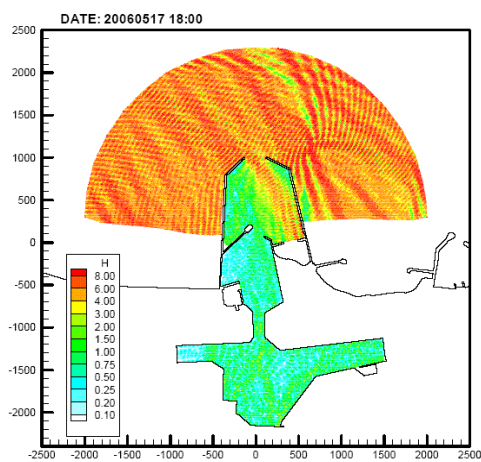
(d) 台中港

圖 4.4 近岸港區波浪模擬結果

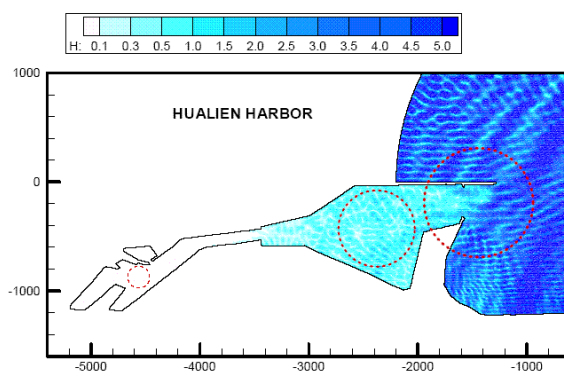


(e) 高雄港

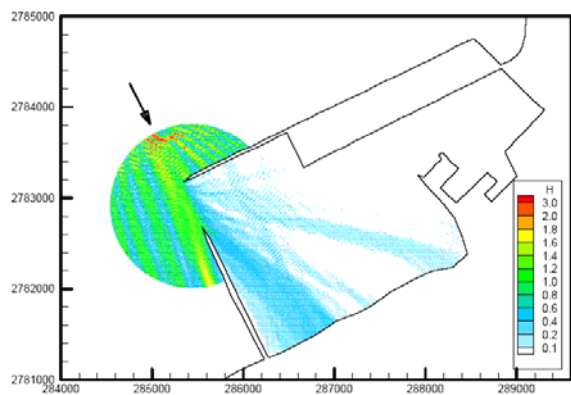
圖 4.4(續) 近岸港區波浪模擬結果



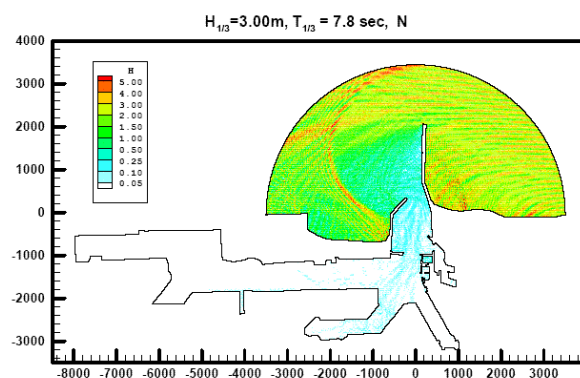
(a) 安平港



(b) 花蓮港



(c) 台北港



(d) 台中港

圖 4.5 商港港域波浪模擬結果

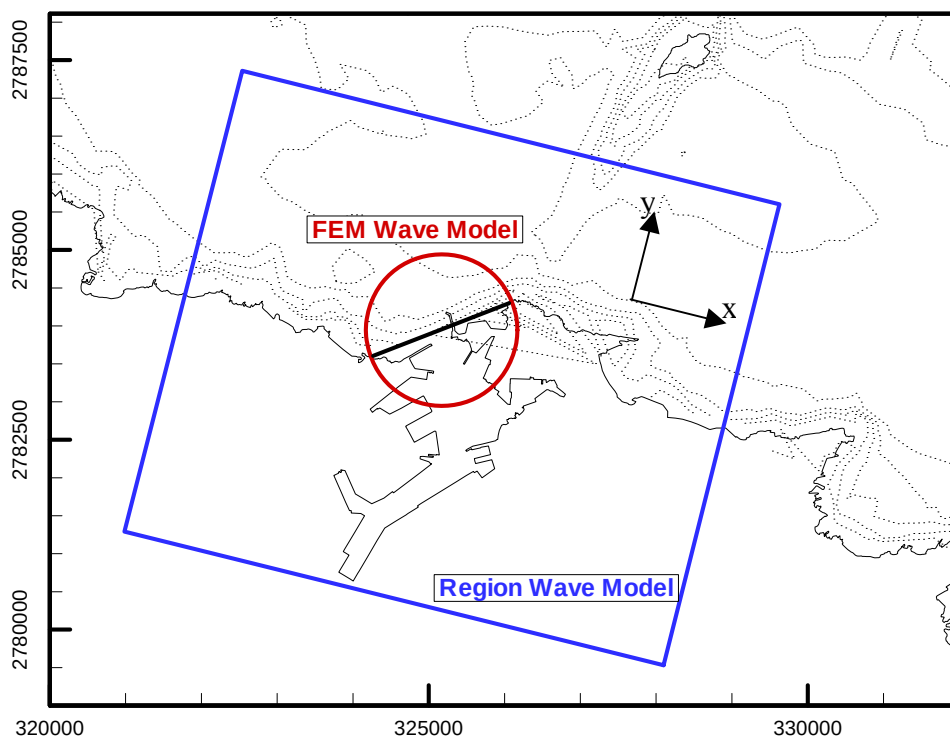


圖 4.6 基隆港近岸港區周圍波浪及港內波浪之模擬範圍

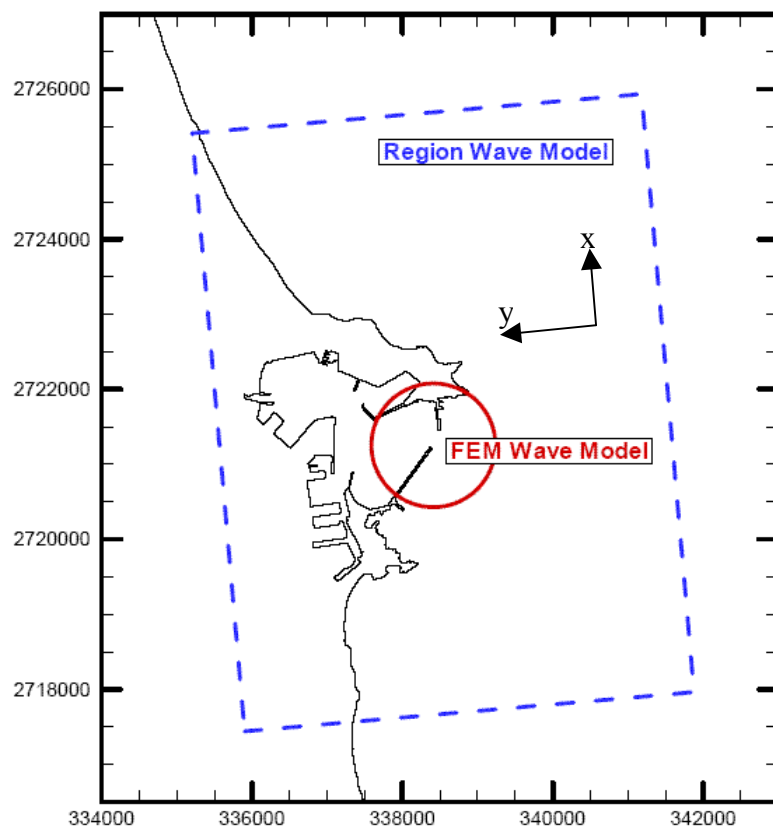


圖 4.7 蘇澳港近岸港區周圍波浪及港內波浪之模擬範圍

4.2 近岸港區周圍波浪模擬

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之極限時，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國內各主要港口及其周圍波浪狀況乃為本計畫目標之一。

4.2.1 近岸港區周圍波浪數值計算網格

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，本計畫基隆港及蘇澳港近岸港區周圍波浪場模擬範圍如圖 4.8 及圖 4.9 所示，其中基隆港近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 7.3km，離岸方向之距離為 6.2km，外海邊界水深約介於 50m~60m 間；蘇澳港近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 8km，離岸方向之距離為 6km，外海邊界水深約介於 60m~80m 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 4.10 及圖 4.11 所示。圖中所示之座標為數值計算網格之(X,Y)直角座標系統，其中基隆港與蘇澳港數值計算網格之 Y 軸與方位正北之夾角分別為 256°及 185° (逆時針方向為正)，各計算網格原點之二度分帶座標分別為(322539，2787360)及(341180，2725933)；各數值計算網格之格點間距為 10 m，基隆港與蘇澳港數值計算網格之大小分別為 621×731 及 601×801。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。

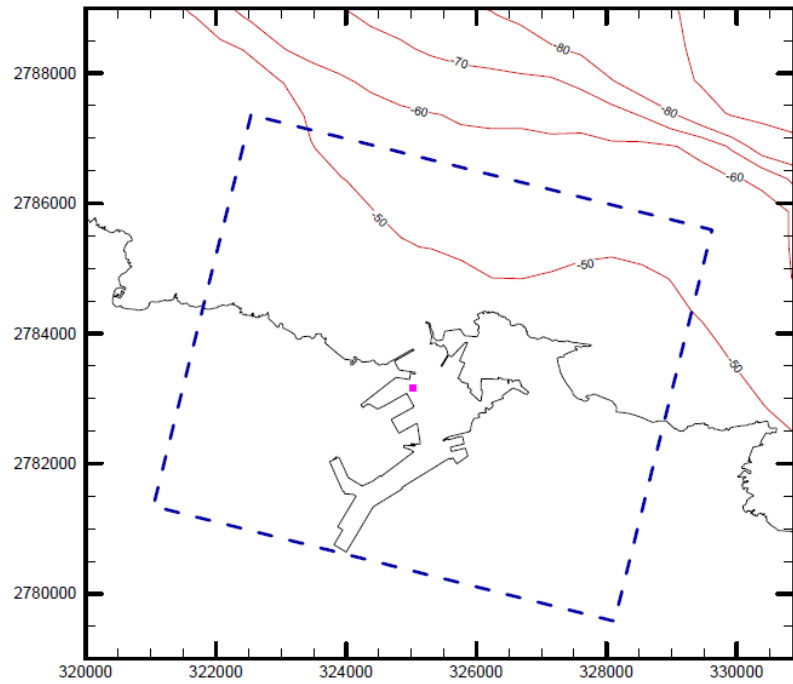


圖 4.8 基隆港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪模式模擬範圍(虛線)示意圖

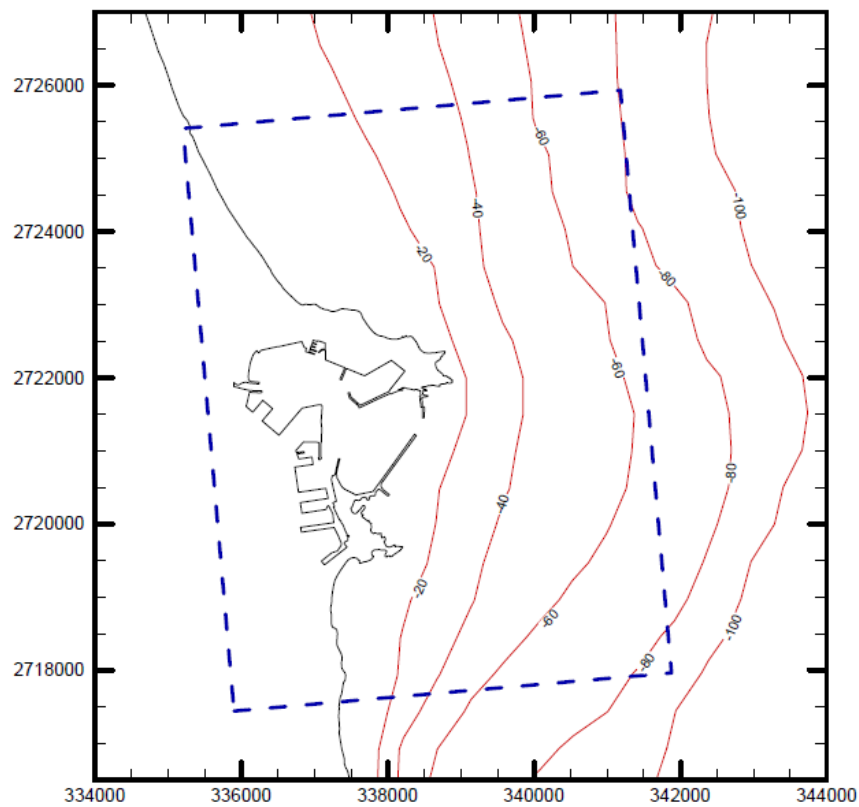


圖 4.9 蘇澳港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪模式模擬範圍(虛線)示意圖

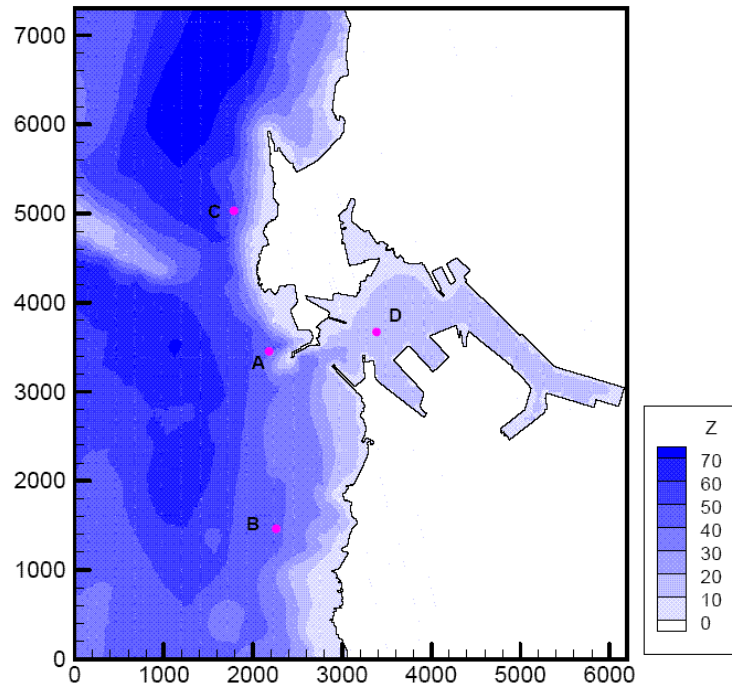


圖 4.10 基隆港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位)

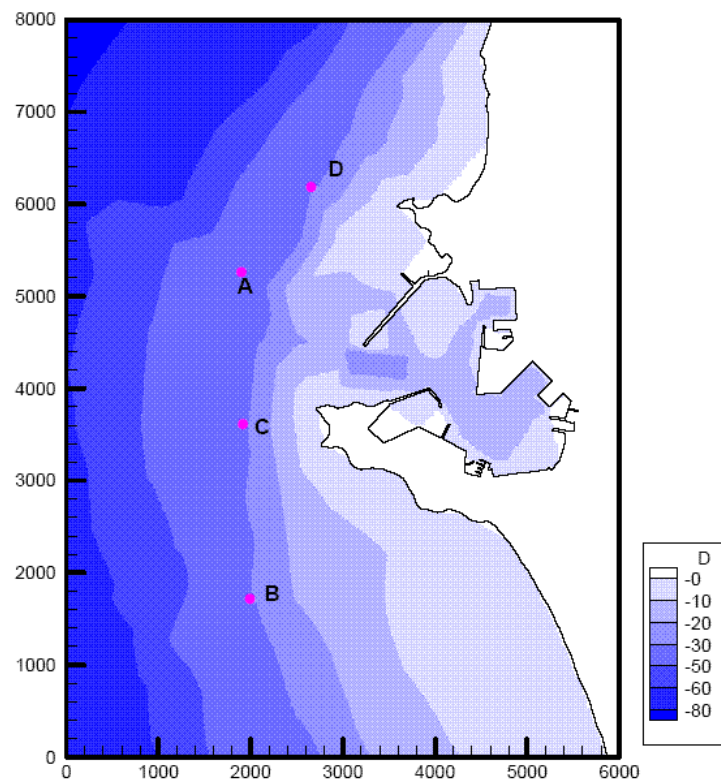


圖 4.11 蘇澳港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位)

4.2.2 基隆港近岸港區周圍波浪模擬結果

在港區周圍近波浪場模擬工作上，本計畫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。

本計畫蒐集 2006 及 2007 年基隆港波浪觀測資料(示性波高 $H_{1/3}$ 、週期 $T_{1/3}$ 及波向)做為近岸區域波浪模擬之依據及模式相關參數之率定。依據 2006 年觀測資料之波高、週期及波向統計結果，如表 4.1 至表 4.3 所列，得知基隆港波浪主要波向以 NE 及 NNE 方向為主，二者合計約佔 83.7%；其次為 ENE 及 N 方向，二者合計約佔 12%。基隆港波浪示性波高分布以介於 0.5m~2.0m 間之波高分佈為主；波高 2.0m(含)以上者則約佔 30%，全年示性波高觀測最大值為 8.14 m。示性波週期主要介於 6.0sec~8.0sec 之間，週期 10.0sec 以上的波浪亦佔有相當之比率約 6.4%)，全年波浪觀測資料示性波週期最大值為 17.8sec。

本計畫依據上述波浪統計結果從波浪週期 6.0sec~12.0sec 間及波向 N~NE 間之波浪資料取樣共 144 組資料進行波浪場模擬。針對數值模擬結果，本計畫以觀測資料為橫座標，觀測點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 4.12 及圖 4.13 所示。模擬結果顯示模式模擬之波高及波向值與觀測之波高及波向間誤差頗大，此一結果研判係受到地形因素之影響所致。為瞭解入射波向對基隆港近岸波浪場之影響，本計畫從上述 144 組波浪觀測資料模擬結果選取三組具代表性之波向模擬結果，分別繪出波高分布及波向向量平面圖，如圖 4.14 至圖 4.16 所示，圖中波向向量方向代表波浪傳播方向，向量長度代表波高值，間距為 250 m 或 25 個計算網格點。模式模擬結果顯示基隆嶼下方隆起的地形(詳見圖 4.10)對波浪場影響甚大，由於模式波浪觀測輸出點位位於隆起的地形之西南方向，因此當波浪入射波向在隆起地形之右側時，輸出點位之波浪模擬結果易出現偏大或偏小之現象；亦即當輸出點位位於波浪聚焦範圍內時波高模擬結果會大於波浪觀測值，反之波高模擬結果會小於波浪觀測值。當波浪入射波向在隆起地形之上方或偏左時，模式波浪觀測輸出點位之波高模擬結果與波浪觀測值之誤差會顯著縮小。由於模式所模擬

基隆港外海波浪之波高及波向變化相當大，因此本計畫採用直接以波浪觀測值率定模式邊界條件之方法是否適用於基隆港近岸港區波浪模擬仍需進一步研究，並找出可能之替代方法。

表 4.1 基隆港 2006 年波浪觀測資料波高統計結果

基 隆 港		
波高(m)	資料數	百分比
0.50	1429	23.71
1.00	1642	27.24
1.50	1072	17.79
2.00	821	13.62
2.50	416	6.90
3.00	262	4.35
3.50	163	2.70
4.00	94	1.56
4.50	56	0.93
5.00	30	0.50
5.50	18	0.30
6.00	4	0.07
6.50	2	0.03
7.00	1	0.02
合計	6010	99.72
The maximum wave height = 8.14 m		
Total number of waves = 6027		

表 4.2 基隆港 2006 年波浪觀測資料週期統計結果

基 隆 港		
週期(s)	資料數	百分比
5.00	89	1.48
5.50	252	4.18
6.00	555	9.21
6.50	742	12.31
7.00	779	12.93
7.50	968	16.06
8.00	701	11.63
8.50	447	7.42
9.00	571	9.47
9.50	288	4.78
10.00	155	2.57
10.50	57	0.95
11.00	71	1.18
11.50	47	0.78
12.00	56	0.93
合計	5778	95.87
Maximum wave period = 17.80 sec		
Total number of waves = 6027		

表 4.3 基隆港 2006 年波浪觀測資料波向統計結果

基隆港		
波向	資料數	百分比
N	102	1.69
NNE	2085	34.59
NE	2961	49.13
ENE	628	10.42
E	65	1.08
ESE	19	0.32
SE	14	0.23
SSE	20	0.33
S	11	0.18
SSW	17	0.28
WS	20	0.33
WSW	19	0.32
W	15	0.25
WNW	13	0.22
NW	15	0.25
NNW	23	0.38
合計	6027	100.00
Total number of waves = 6027		

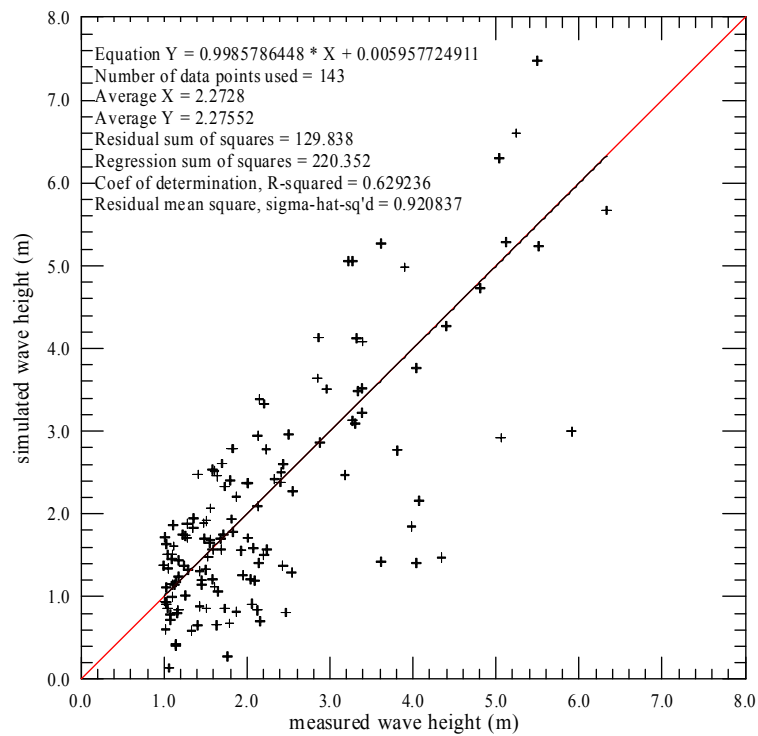


圖 4.12 基隆港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

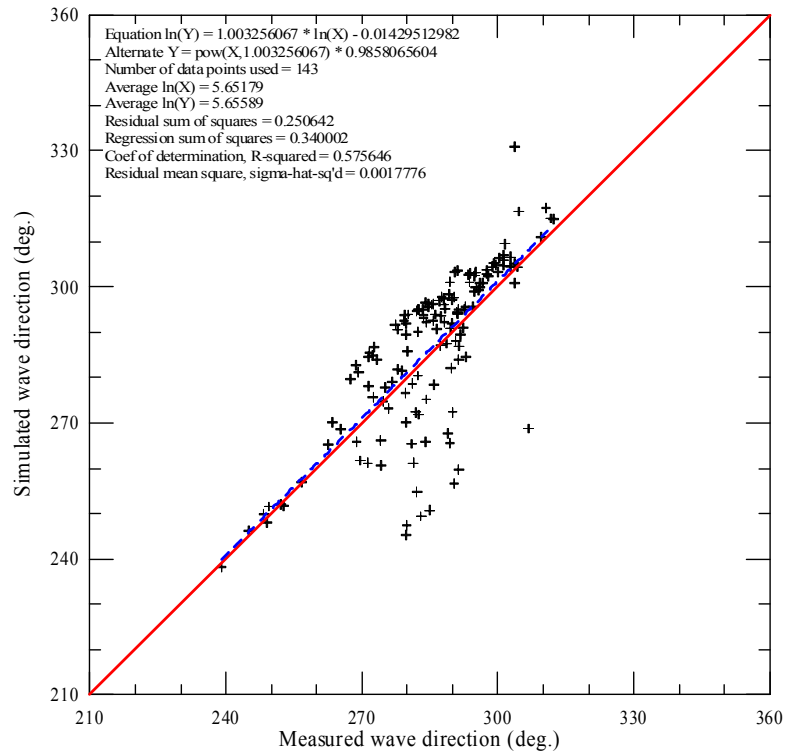


圖 4.13 基隆港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

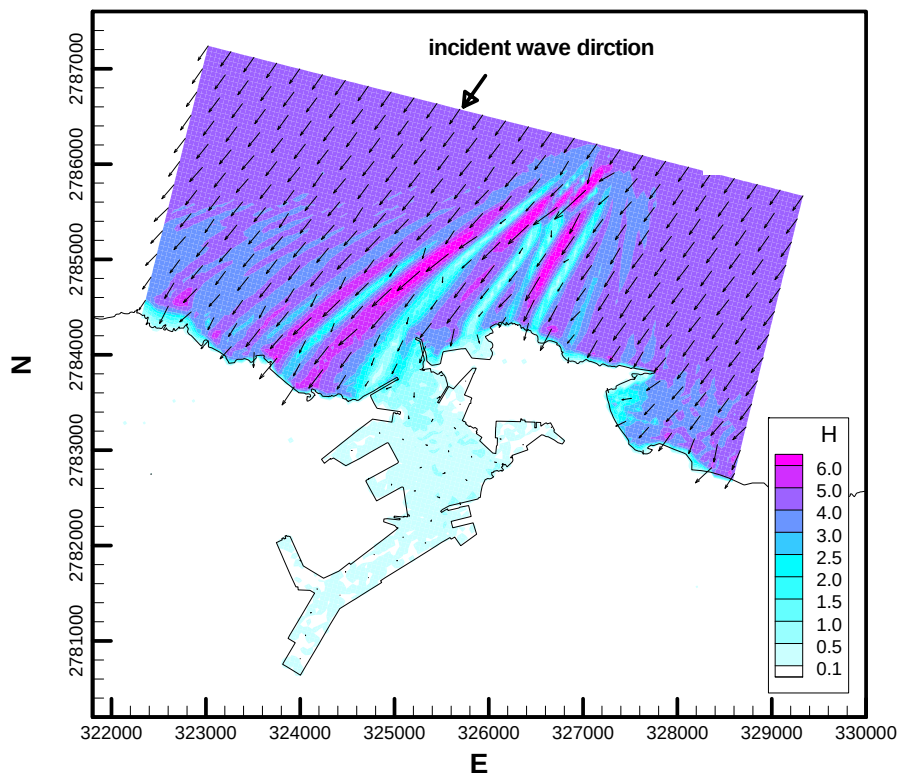


圖 4.14 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006091700， $H_{1/3} = 4.07\text{m}$ ， $T_{1/3} = 10.7\text{sec}$ ， $D = 35.4^\circ$)

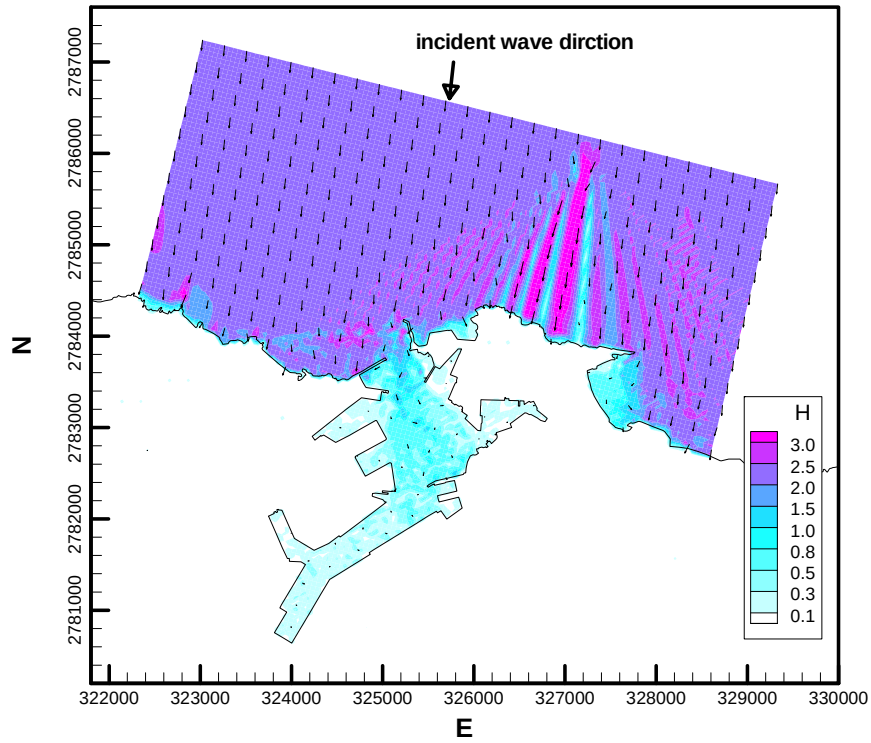


圖 4.15 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006010102， $H_{1/3}=2.44\text{m}$ ， $T_{1/3}=7.6\text{sec}$ ， $D=6.5^\circ$)

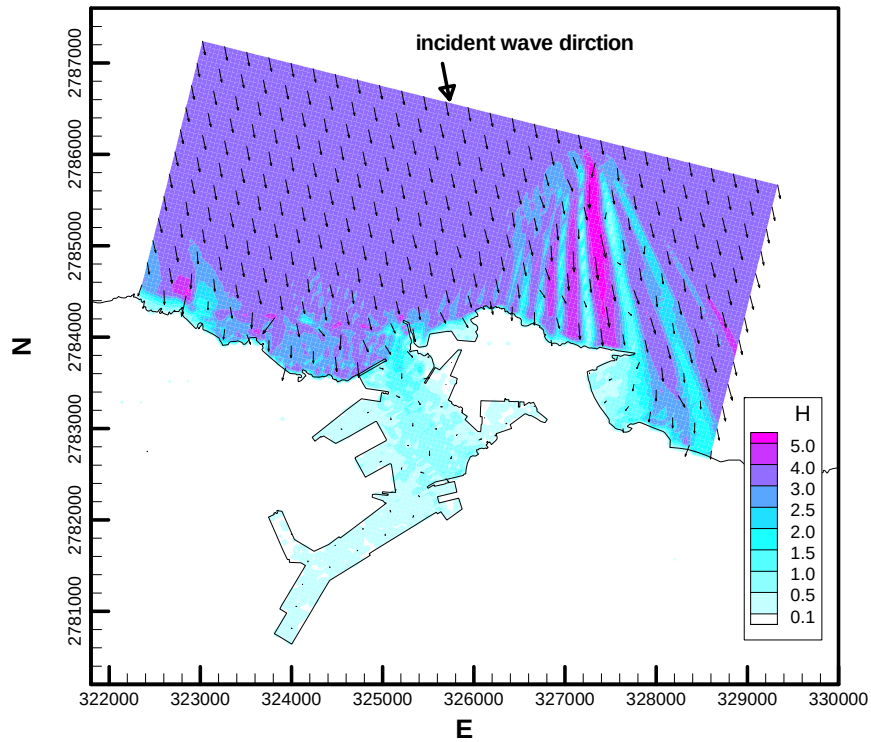


圖 4.16 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006010613， $H_{1/3}=3.30\text{m}$ ， $T_{1/3}=9.3\text{sec}$ ， $D=349.1^\circ$)

4.2.3 蘇澳港近岸港區周圍波浪模擬結果

本計畫蒐集 2006 及 2007 年蘇澳港波浪觀測資料(示性波高 $H_{1/3}$ 、週期 $T_{1/3}$ 及波向)做為近岸區域波浪模擬之依據及模式相關參數之率定。表 4.4 至表 4.6 所列分別為蘇澳港 2006 年觀測資料之波高、週期及波向統計結果，得知蘇澳港波浪主要波向以 E 及 ESE 方向為主，二者合計約 58.0%；其次為 ENE 及 SE 方向，二者合計約佔 24%。蘇澳港波浪示性波高分布以介於 1.0m~2.0m 間之波高分佈為主約佔 82.6%；波高 2.0m 以上者有 463 筆資料約佔 6%，全年示性波高觀測最大值為 7.37 m。示性波週期主要介於 6.0sec~10.0sec 之間，週期 10.0sec 以上的波浪亦佔有相當之比率，全年波浪觀測資料示性波週期最大值為 17.0sec。

本計畫依據上述波浪統計結果從波浪週期 6.0sec~12.0sec 間及波向 ENE~SE 間之波浪資料取樣共 144 組資料進行波浪場模擬。為瞭解模擬結果與觀測資料間之對應關係，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 4.17 及圖 4.18 所示。模擬結果顯示，蘇澳港近岸波浪模式模擬結果與觀測值間相關性非常高，意味本計畫採用蘇澳港波浪觀測資料模擬蘇澳港港區周圍波浪場具有高度的適當性。同樣地，本計畫從蘇澳港 144 組波浪場模擬結果選取三組具代表性之波向模擬結果，分別繪出波高分布及波向向量平面圖，如圖 4.19 至圖 4.21 所示，以瞭解地形水深與不同入射波向間之關係。圖 4.22 所示當蘇澳港近岸波浪模式之邊界條件經過校正後，模式模擬結果與觀測值間之相關性可獲得進一步提升。

表 4.4 蘇澳港 2006 年波浪觀測資料波高統計結果

蘇 澳 港		
波高(m)	資料數	百分比
0.50	869	11.34
1.00	3394	44.29
1.50	2101	27.42
2.00	836	10.91
2.50	251	3.28
3.00	86	1.12
3.50	54	0.70
4.00	34	0.44
4.50	19	0.25
5.00	9	0.12
5.50	6	0.08
6.00	2	0.03
6.50	1	0.01
7.00	1	0.01
合計	7663	100.00
The maximum wave height = 7.37 m		
Total number of waves = 7663		

表 4.5 蘇澳港 2006 年波浪觀測資料週期統計結果

蘇 澳 港		
週期(s)	資料數	百分比
5.00	98	1.28
5.50	255	3.33
6.00	475	6.20
6.50	618	8.06
7.00	754	9.84
7.50	854	11.14
8.00	872	11.38
8.50	786	10.26
9.00	771	10.06
9.50	524	6.84
10.00	361	4.71
10.50	228	2.98
11.00	202	2.64
11.50	218	2.84
12.00	150	1.96
合計	7166	93.51
Maximum wave period = 17.00 sec		
Total number of waves = 7663		

表 4.6 蘇澳港 2006 年波浪觀測資料波向統計結果

蘇 澳 港		
波向	資料數	百分比
N	1	0.01
NNE	2	0.03
NE	20	0.26
ENE	972	12.68
E	2828	36.90
ESE	1613	21.05
SE	870	11.35
SSE	684	8.93
S	444	5.79
SSW	175	2.28
WS	50	0.65
WSW	2	0.03
W	1	0.01
WNW	1	0.01
NW	0	0.00
NNW	0	0.00
合計	7663	100.00

Total number of waves = 7663

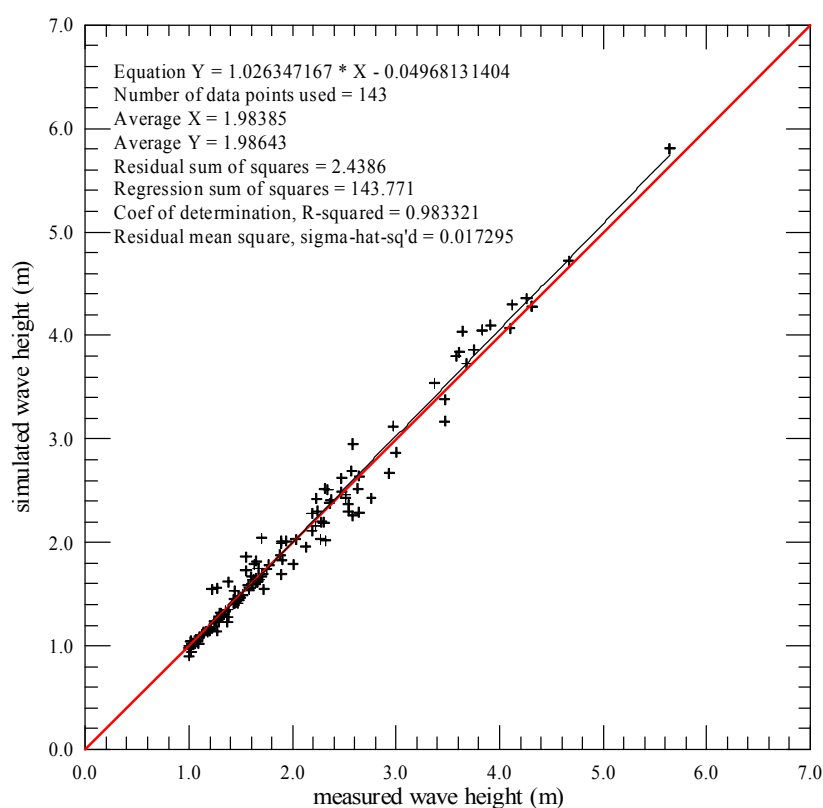


圖 4.17 蘇澳港波浪觀測值之波高與模式模擬值之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

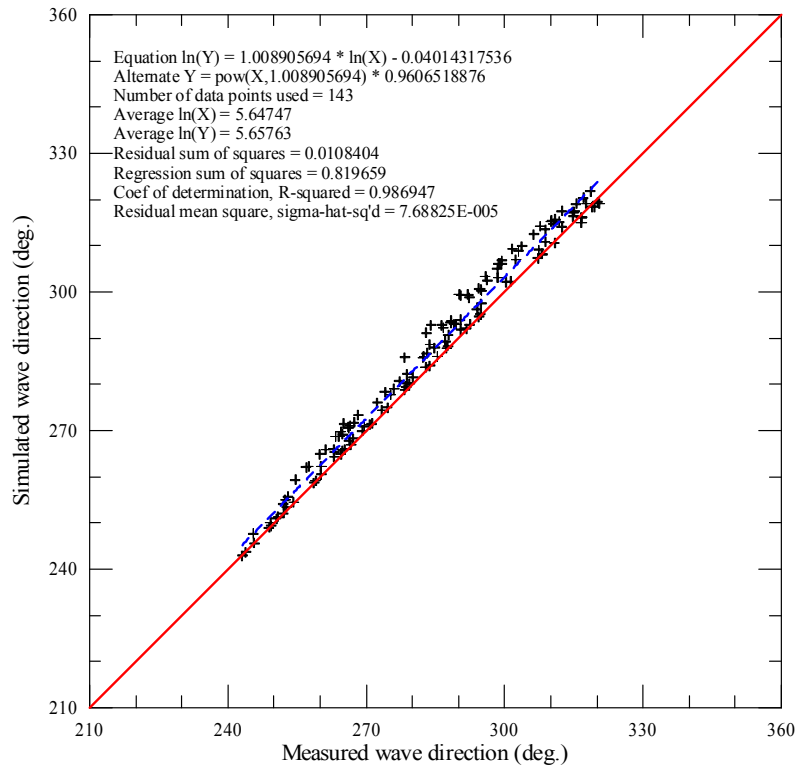


圖 4.18 蘇澳港波浪觀測值之波向與模式模擬值之波向之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

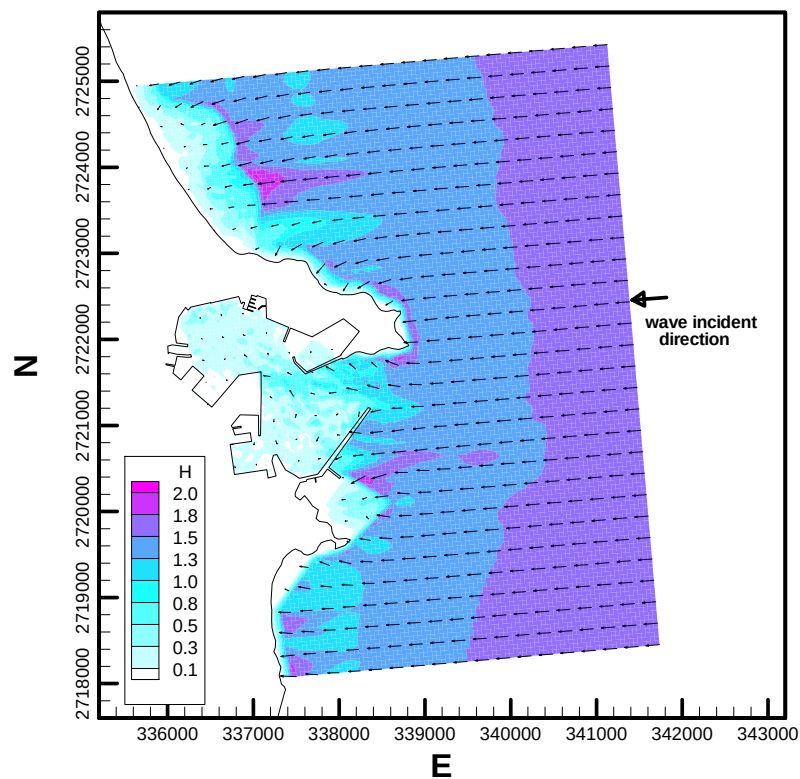


圖 4.19 蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006041315， $H_{1/3} = 1.52\text{m}$ ， $T_{1/3} = 7.3\text{sec}$ ， $D = 85.7^\circ$)

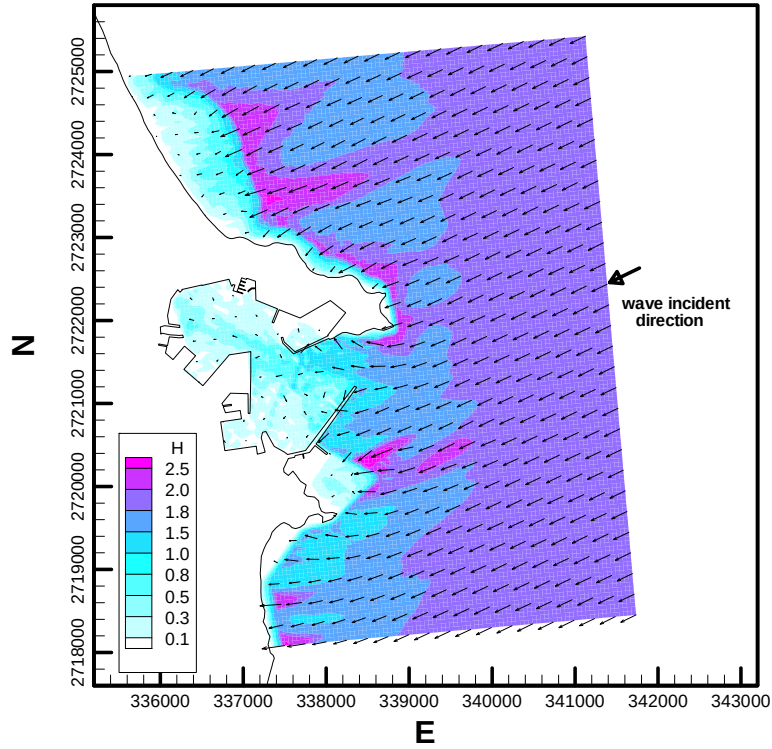


圖 4.20 蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006010513， $H_{1/3}=1.94\text{m}$ ， $T_{1/3}=9.1\text{sec}$ ， $D=64.2^\circ$)

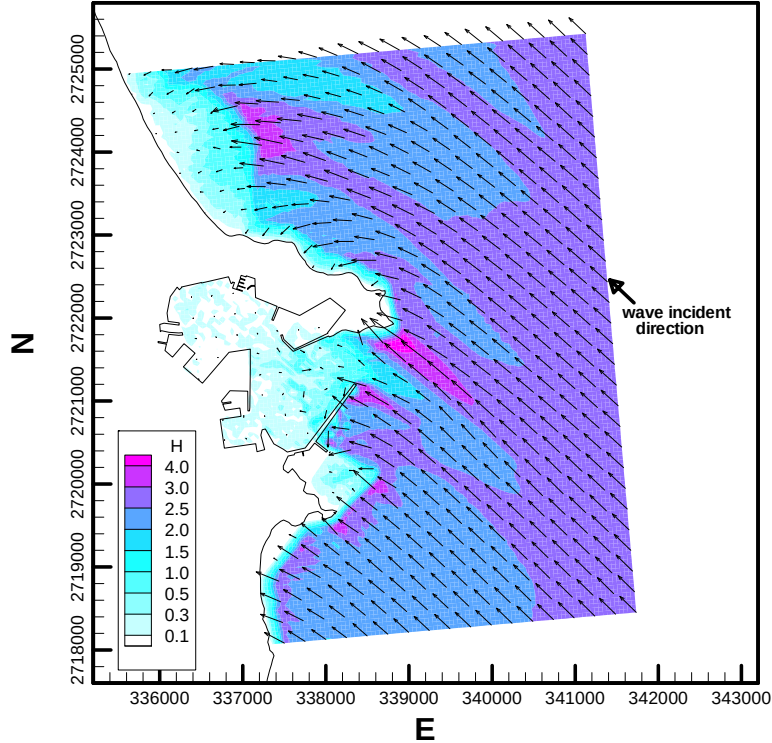


圖 4.21 蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006091500， $H_{1/3}=2.64\text{m}$ ， $T_{1/3}=11.9\text{sec}$ ， $D=133.6^\circ$)

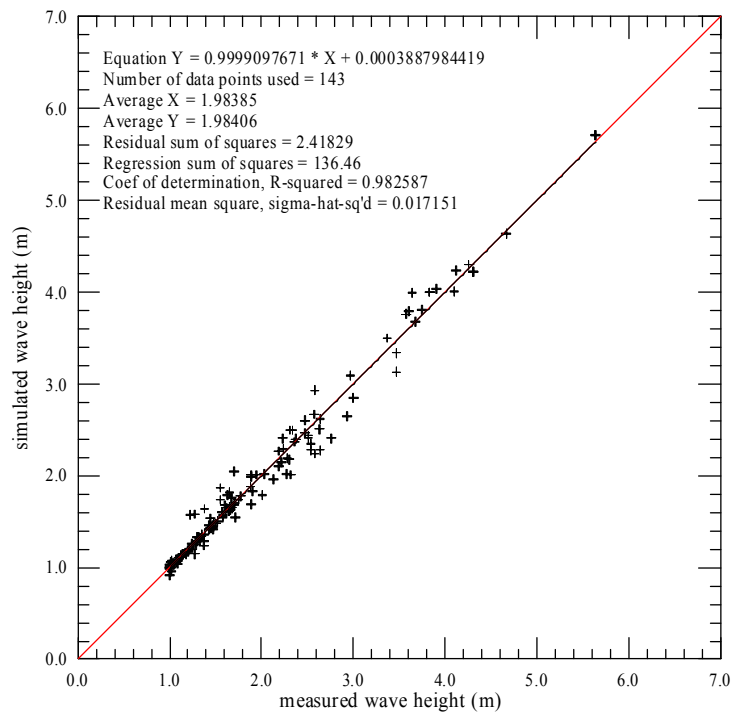


圖 4.22 蘇澳港波浪觀測值之波高與模式模擬值之波高之比較(邊界條件修正後模擬結果)

4.3 各港口港域波浪模擬

本年度計畫除了持續進行台北港、台中港、安平港、花蓮港及高雄港等五港口港內波浪模擬校正及作業化模擬測試外，主要工作內容為基隆港及蘇澳港港內波浪模擬新建工作。

4.3.1 港域波浪數值計算網格

一般而言，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 4.6 所示之圓形計算範圍為本計畫基隆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 1.5 km。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 4.23 所示為基隆港港域波浪模擬範圍之三角形元素粗網格分佈圖。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。本計畫基隆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 8 秒之波浪條件產生的有限元素三角形網格共 30679 個節點及 59693 個元素。圖 4.24 所示為基隆港港域模式數值計算網格之水深分布情形，其中模擬範圍內最大水深約為 60 m。

圖 4.25 所示為本計畫針對蘇澳港所建置之三角形元素粗網格分布圖，其中模式模擬之半圓領域半徑為 0.825 km。與前述基隆港港域波浪模擬之數值計算網格產生方式相同，當以週期為 8 秒之波浪條件所產生的數值計算網格共有 36436 個節點及 70796 個三角元素。蘇澳港港域水深之分布情形如圖 4.26 所示，顯示模式模擬範圍內最大水深約為 30 m。

4.3.2 港域波浪模擬結果

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，因此本計畫先針對特定週期及波向進行基隆港港域波浪模擬並率定模式邊界之反射係數。

圖 4.27 至圖 4.29 所示為波浪週期 8 秒，波浪入射角度分別為 225°、270°及 315°時模式模擬結果之波高平面分布情形。模擬結果顯示當波浪入射角度為 270°時，港內波浪受入射波浪影響較為顯著，當波浪入射角度為 225°時，受到外廓東防波堤遮蔽之影響，港內波浪顯著地偏小。圖 4.30 至圖 4.32 所示為波浪週期 10 秒，波浪入射角度分別為 225°、270°及 315°時模式模擬結果之波高平面分布情形。圖 4.33 至圖 4.35 所示為波浪週期 12 秒，波浪入射角度分別為 225°、270°及 315°時模式模擬結果之波高平面分布情形。上述模擬結果顯示當波浪週期為 10 秒、入射角度 270°時港內波浪靜穩狀況最差。在週期相同條件下，波浪入射角度為 225°時港內波浪靜穩狀況明顯地較波浪入射角度 270°及 315°之模擬結果為佳。

同樣地，蘇澳港港域波浪初步亦先針對特定週期及波向進行波浪場模擬，模式模擬之波高平面分布結果如圖 4.36 至圖 4.47 所示。其中圖 4.36 至圖 4.38 所示為波浪週期 8 秒條件下，入射波向分別為 225°、270°及 315°時模式之模擬結果，結果顯示此三種入射波向之波浪均會進入到港內，對港內波浪之靜穩度造成某種程度之影響。

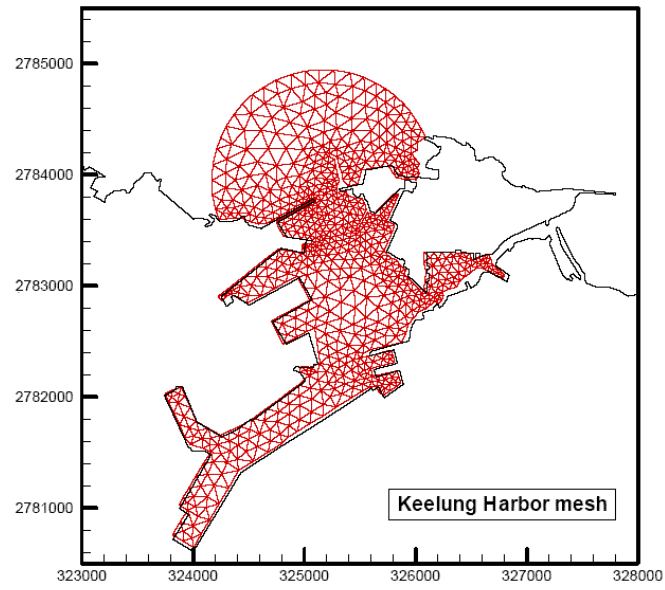


圖 4.23 基隆港港域波浪模式數值計算之粗網格分布圖

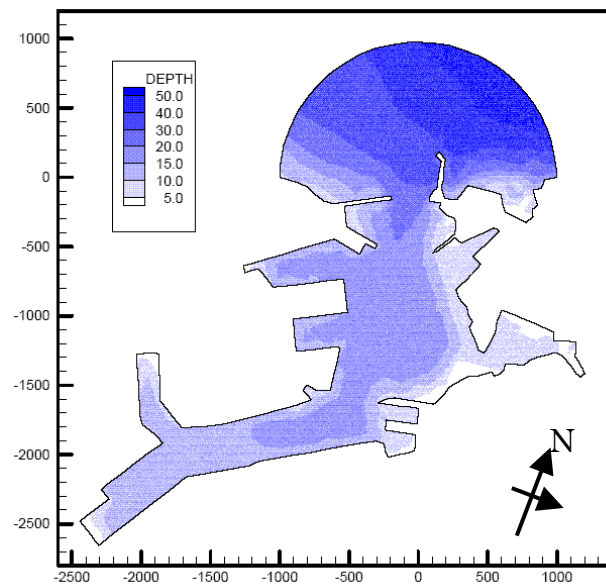


圖 4.24 基隆港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形

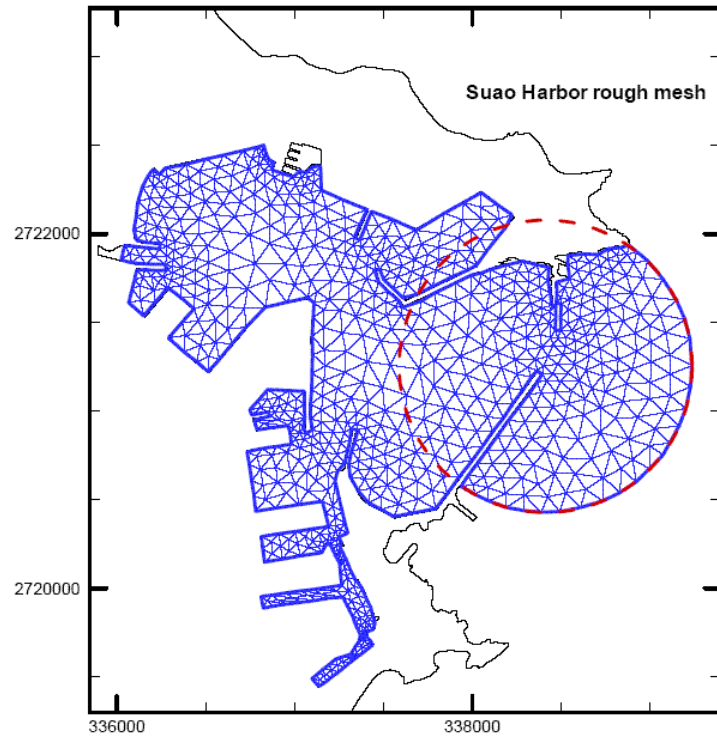


圖 4.25 蘇澳港港域波浪模式數值計算之粗網格分布圖

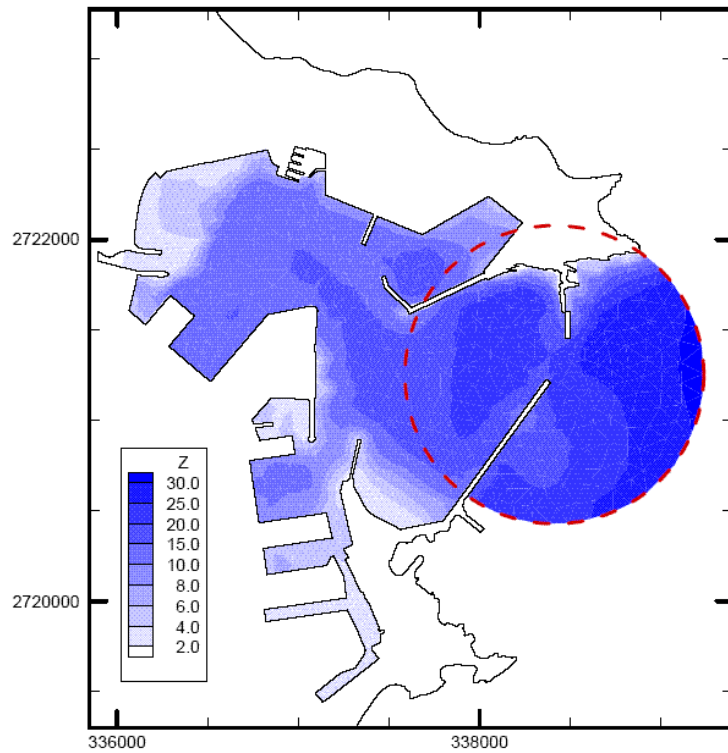


圖 4.26 蘇澳港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形

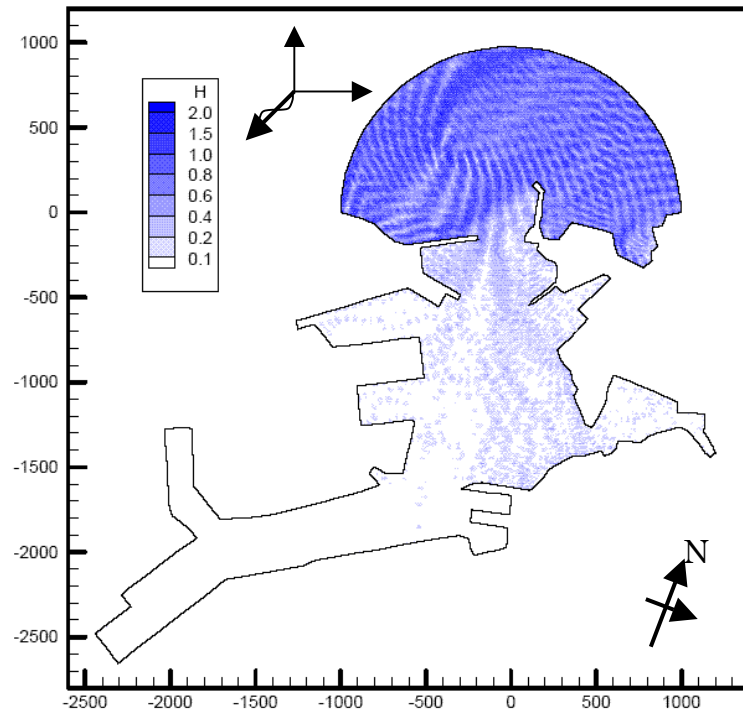


圖 4.27 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，入射角 225°)

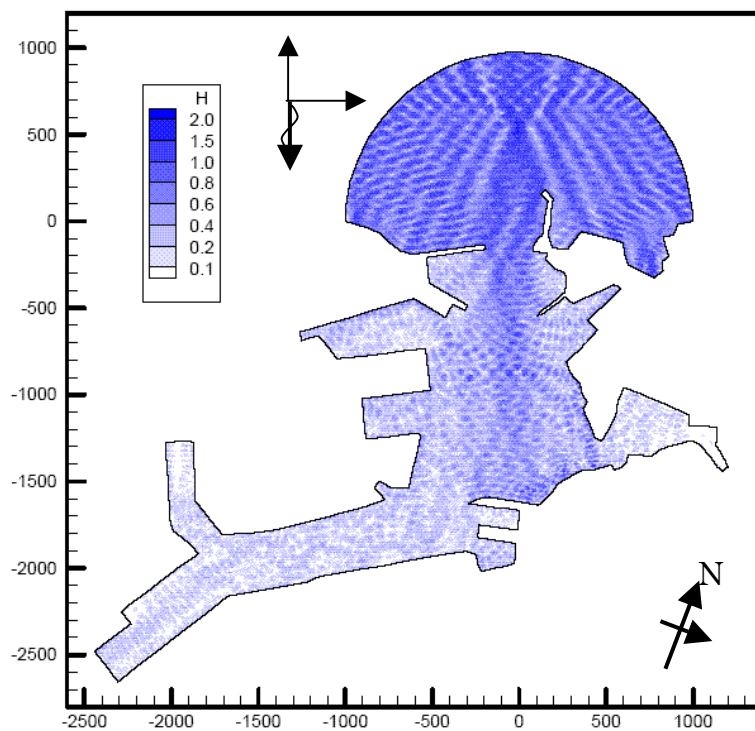


圖 4.28 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，入射角 270°)

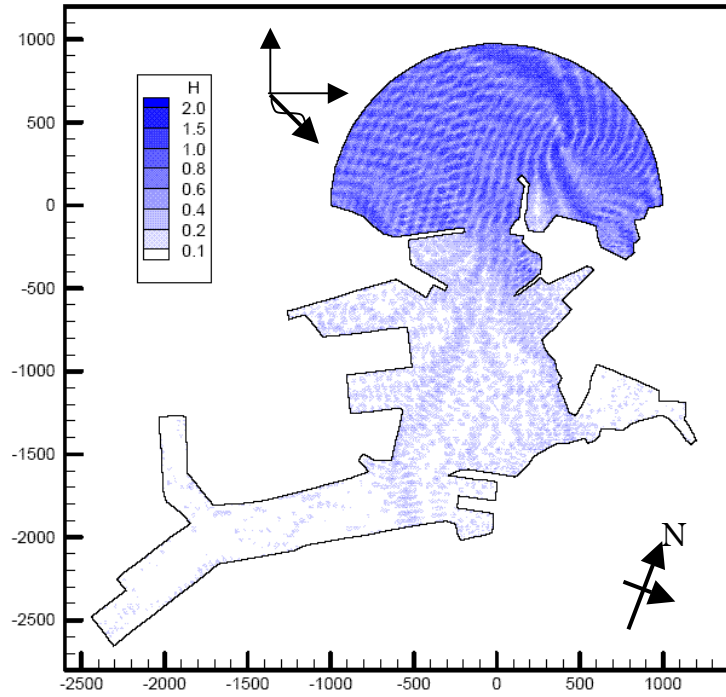


圖 4.29 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，
入射角 315°)

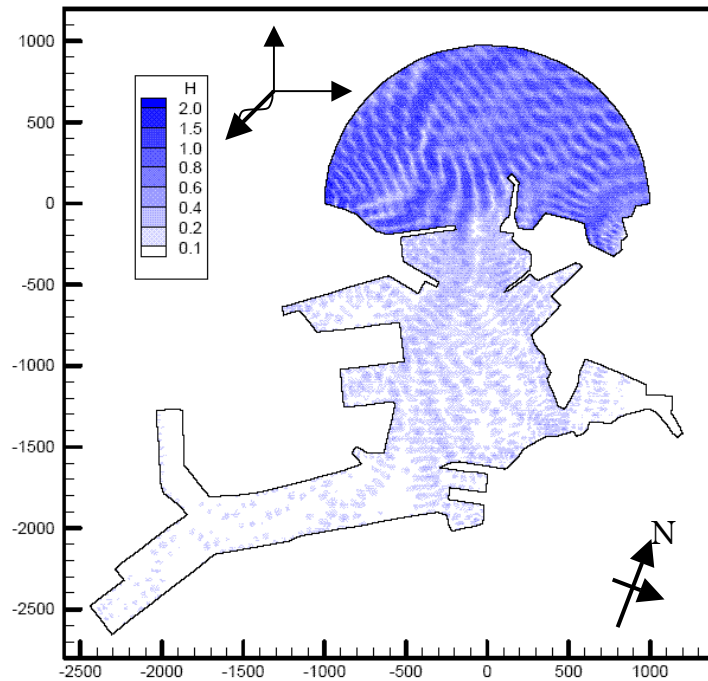


圖 4.30 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，
入射角 225°)

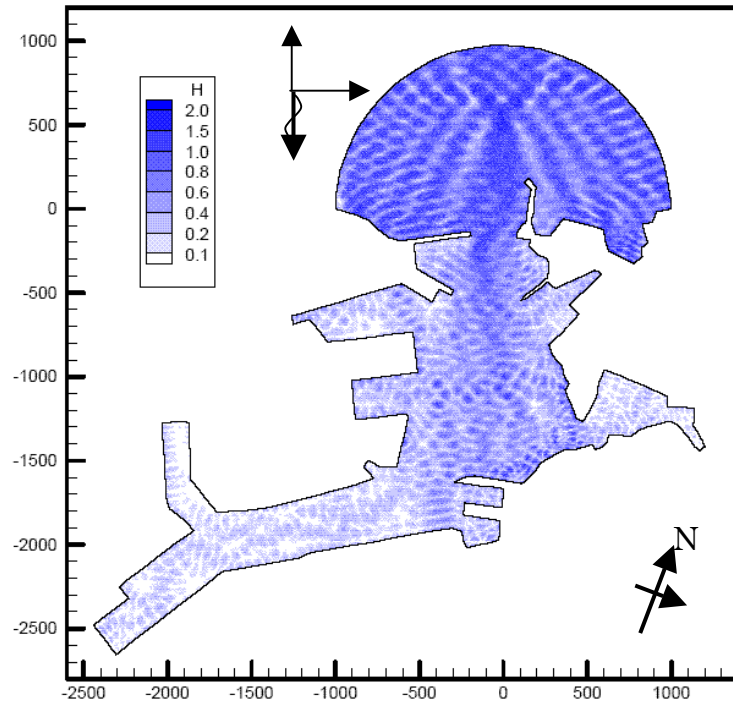


圖 4.31 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，
入射角 270°)

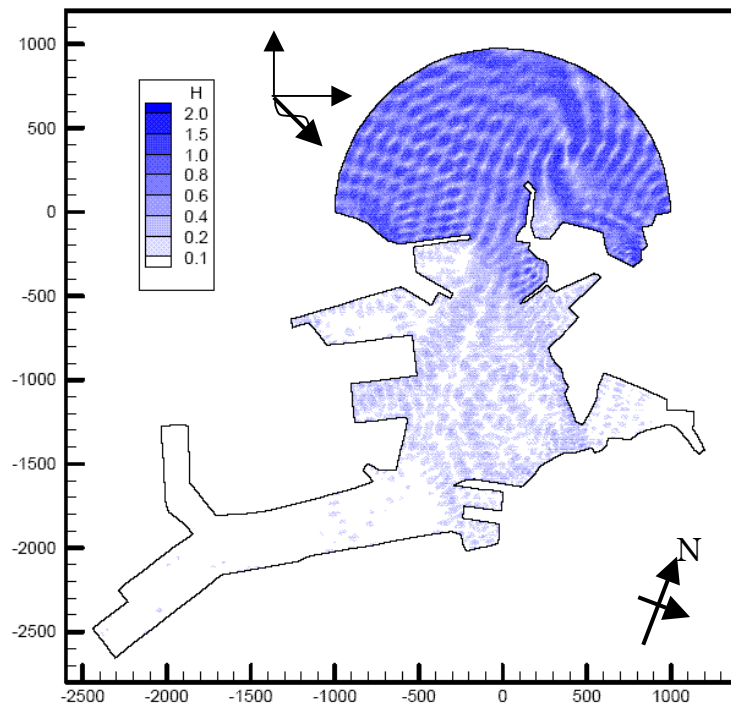


圖 4.32 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，
入射角 315°)

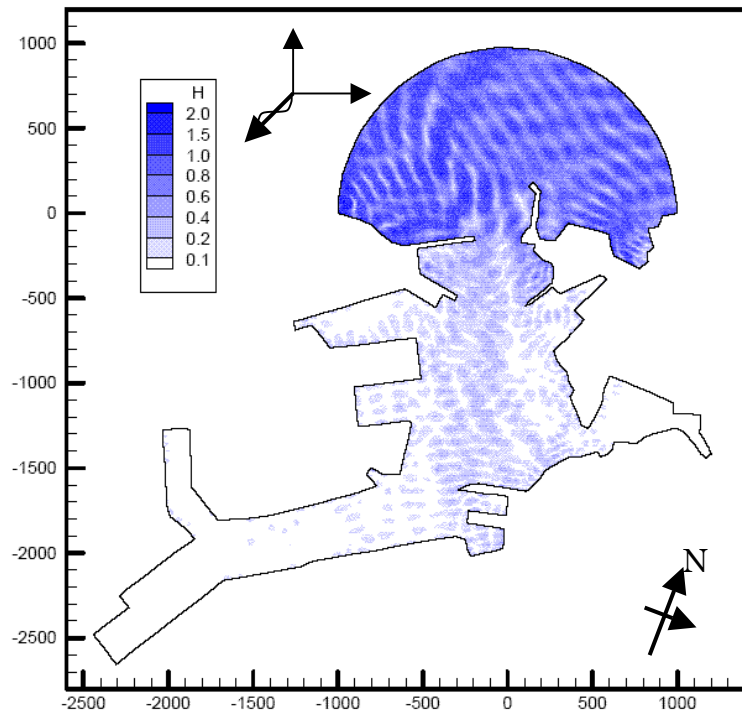


圖 4.33 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，
入射角 225°)

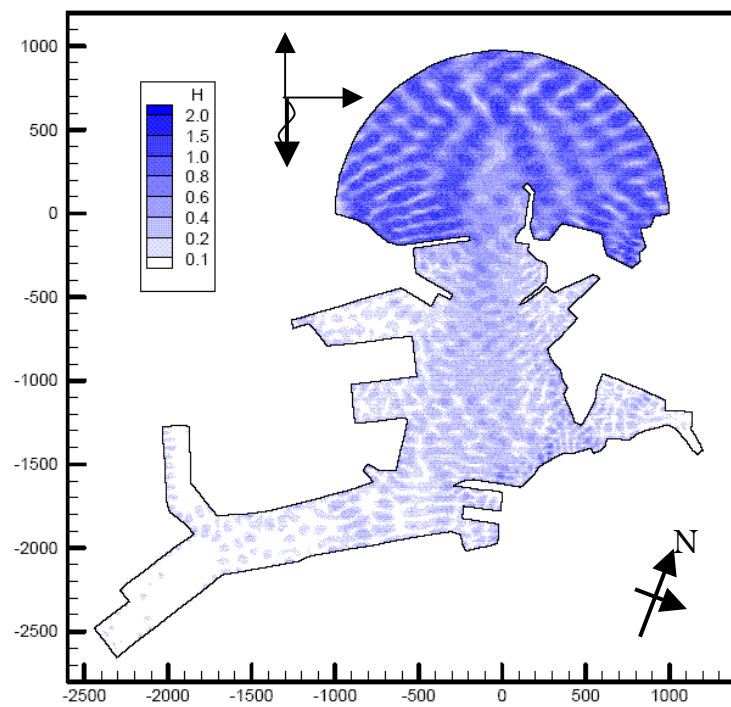


圖 4.34 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，
入射角 270°)

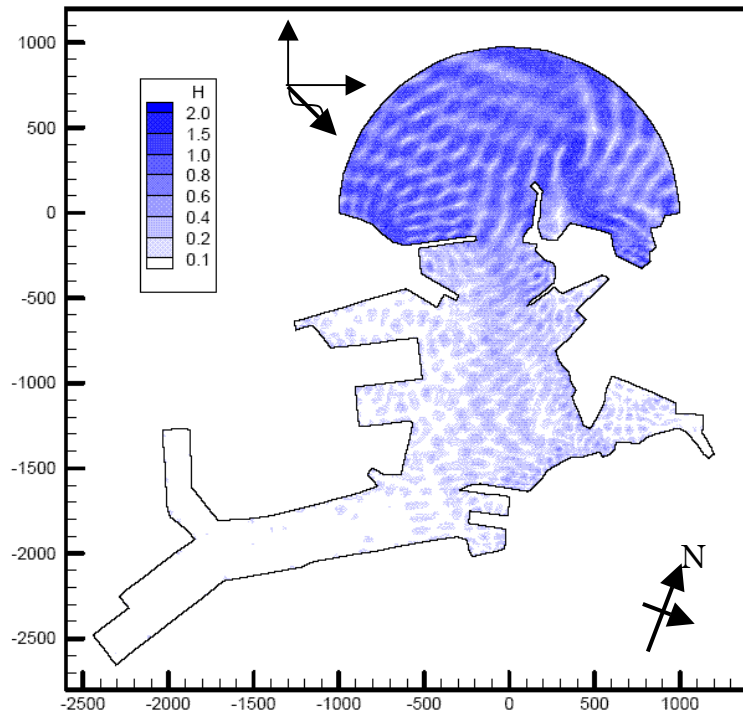


圖 4.35 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 315°)

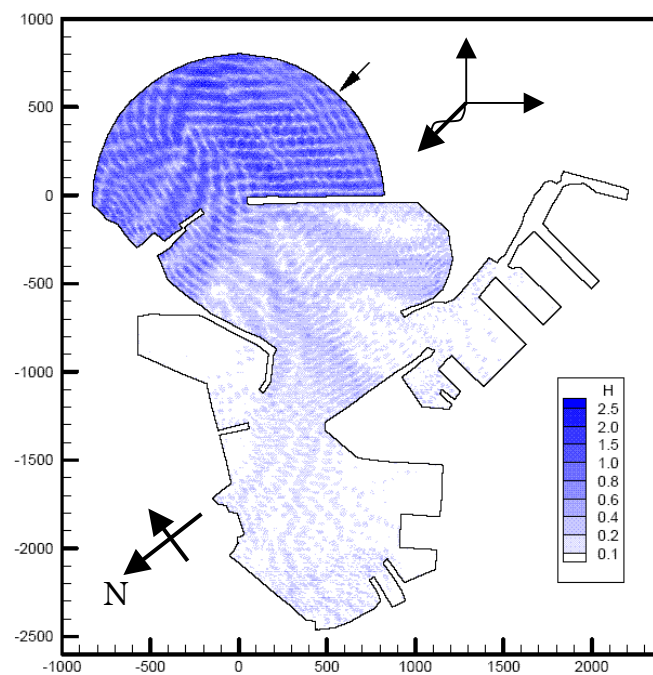


圖 4.36 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，入射角 225°)

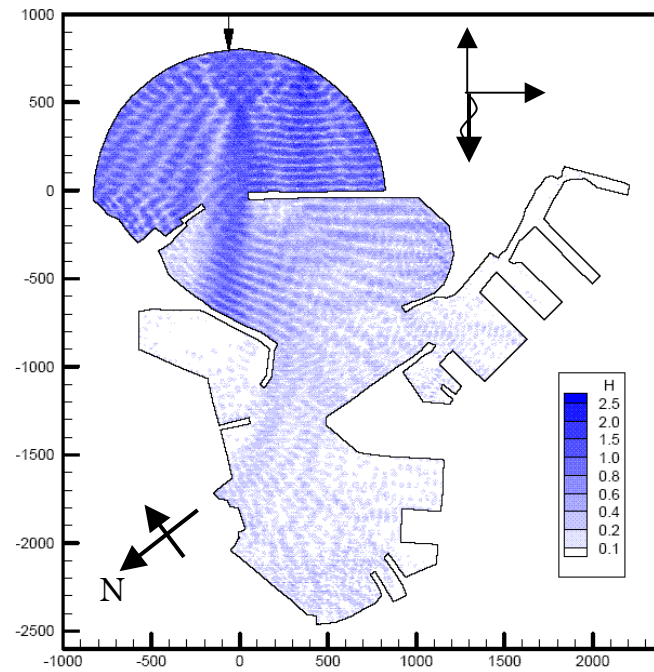


圖 4.37 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，
入射角 270°)

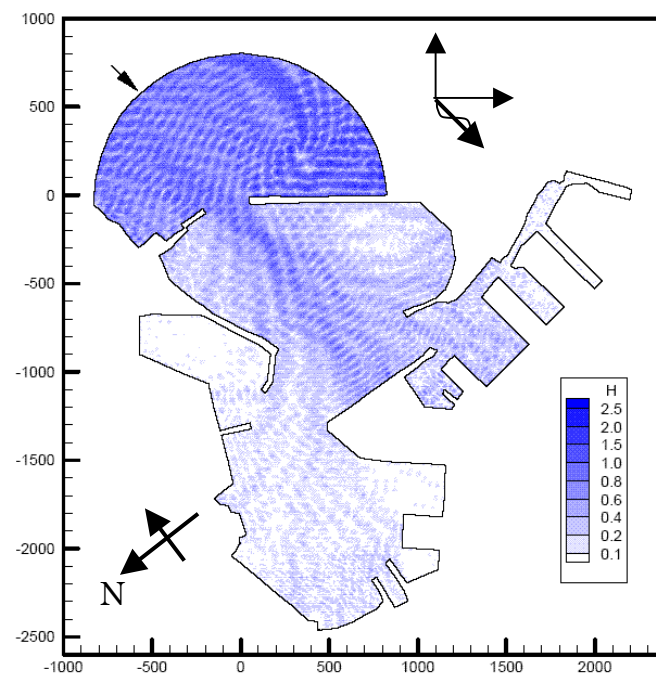


圖 4.38 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，
入射角 315°)

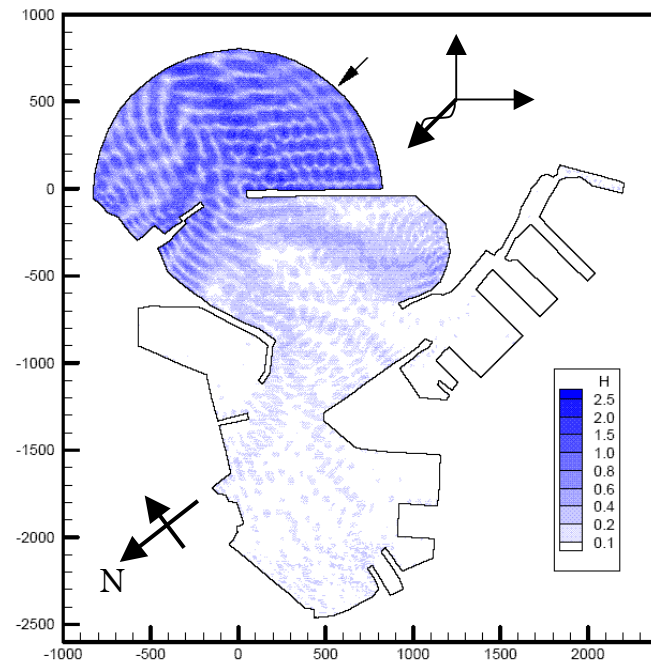


圖 4.39 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 225°)

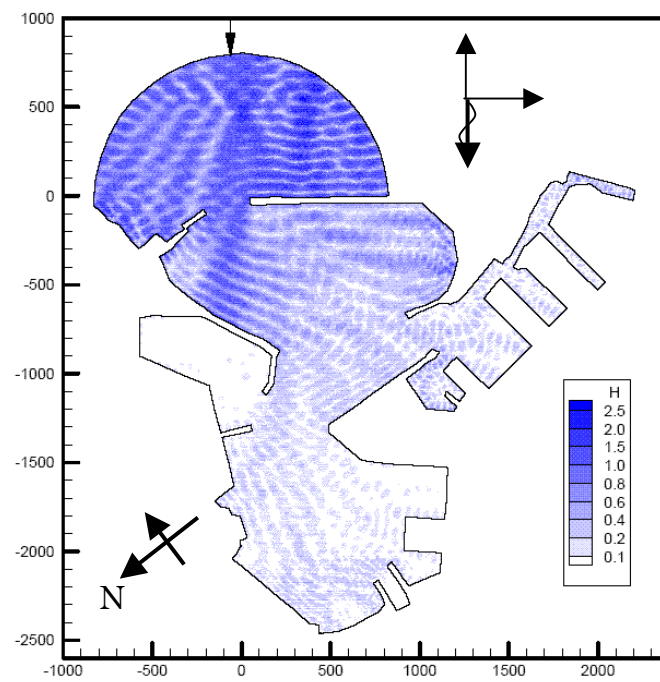


圖 4.40 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 270°)

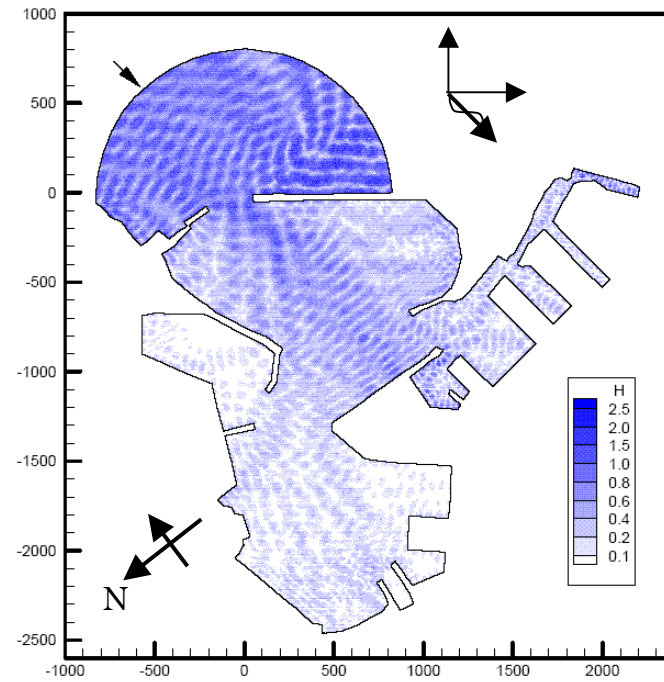


圖 4.41 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，
入射角 315°)

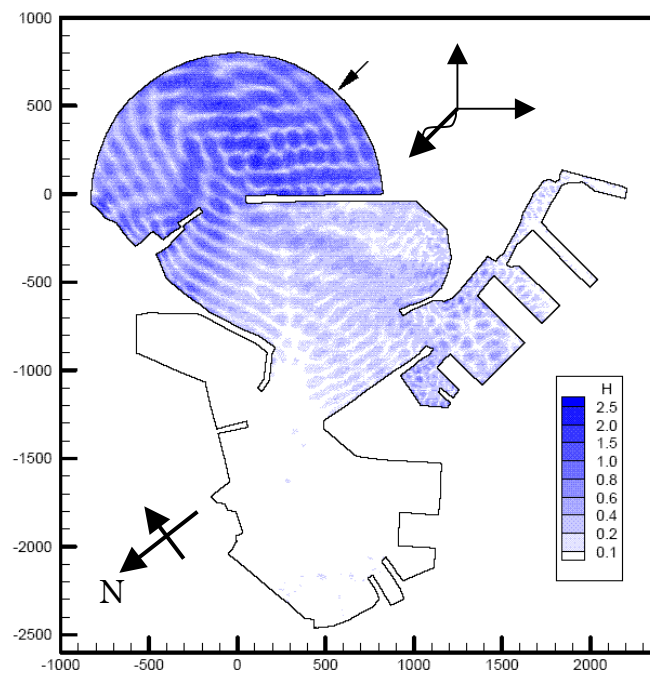


圖 4.42 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，
入射角 225°)

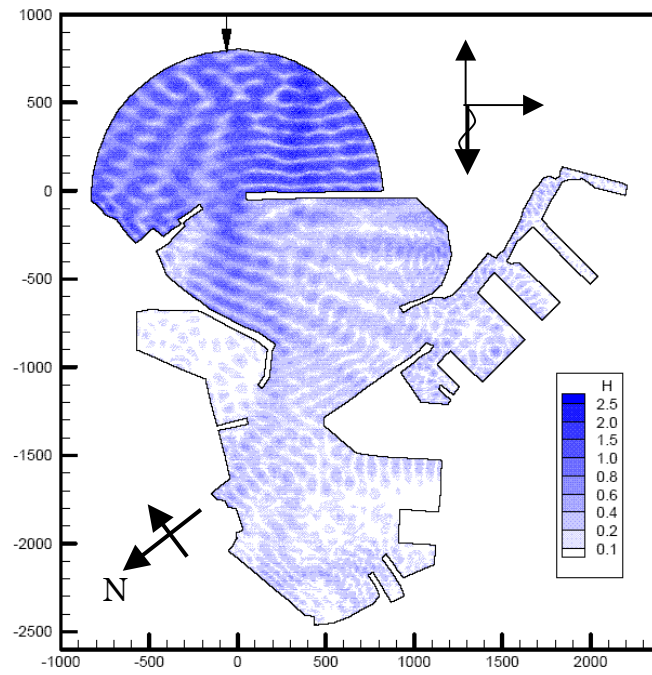


圖 4.43 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 270°)

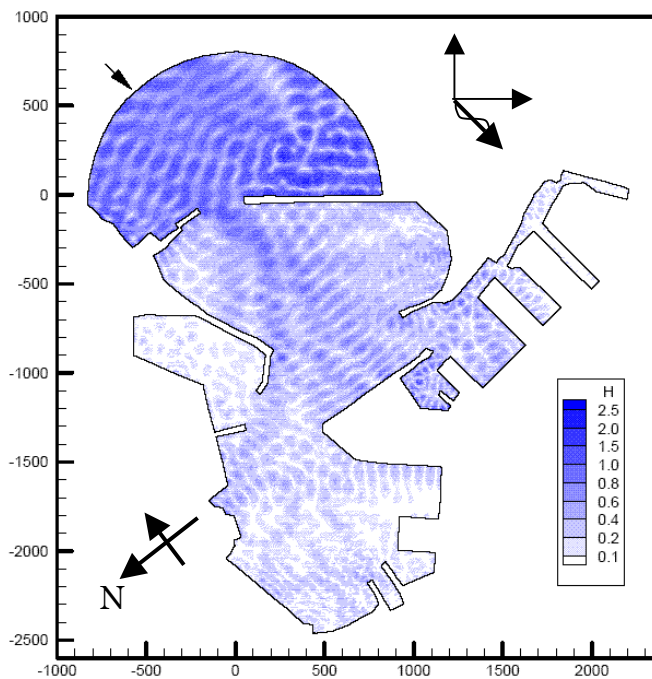


圖 4.44 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 315°)

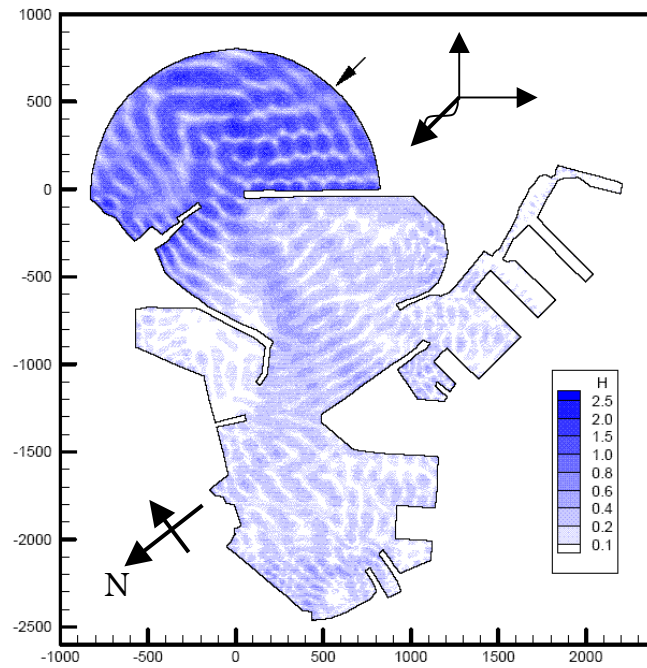


圖 4.45 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 14 秒，
入射角 225°)

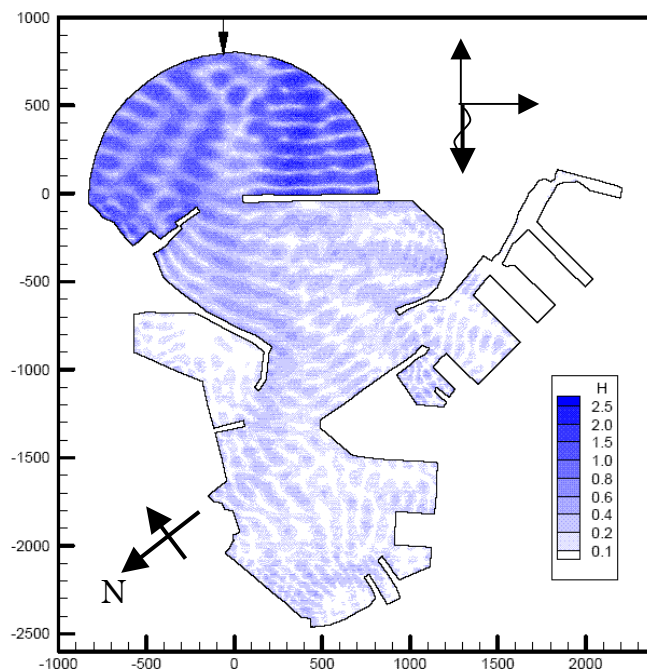


圖 4.46 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 14 秒，
入射角 270°)

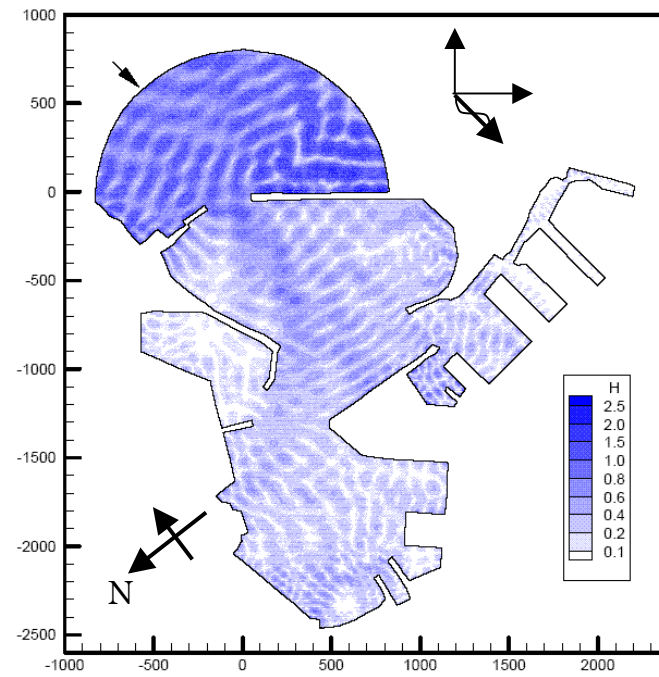


圖 4.47 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 14 秒，
入射角 315°)

4.4 颱風波浪模擬結果

本年度(98)中央氣象局發佈之侵臺颱風計有輕度颱風蓮花(LINFA，2009/06/19~2009/06/22)、莫拉菲(MOLAVE，2009/07/16~2009/07/18)、中度颱風莫拉克(MORAKOT，2009/08/05~2009/08/10)及芭瑪(PARMA，2009/10/03~2009/10/06)等。本計畫除了針對上述颱風侵臺期間依據各港口波浪觀測資料模擬近岸及港區波浪場，以校正模式模擬結果之準確度外，並選取中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港及蘇澳港近岸及港區波高模擬結果進行說明如下：

4.4.1 中度颱風莫拉克侵臺期間波浪觀測結果

中度颱風莫拉克於 2009 年 8 月 4 日在菲律賓東北方約 1000 公里附近海面生成，5 日增強為中度颱風，於 6 日 17 時左右暴風逐漸接近臺灣東部海域，颱風中心於 7 日 23 時 50 分在花蓮市附近登，直至 8 日 14 時左右於桃園附近出海，繼續向北北西緩慢移動，並於 11 日凌晨減弱為熱帶性低氣壓，其侵臺路徑如圖 4.48 所示。

中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港與蘇澳港波浪觀測資料如圖 4.49 及圖 4.50 所示，其中基隆港波浪觀測之最大示性波高為 4.51 m，波浪週期最大值為 14.3 sec，波向主要為東北向；蘇澳港波浪觀測之最大示性波高為 7.15 m，波浪週期最大值為 13.7 sec，波向變化分在於東北向至南南西向之間。

4.4.2 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波浪模擬結果

本計畫依據莫拉克颱風侵臺期間基隆港波浪觀測資料(2009/08/06 00:00:00~2009/08/11 00:00:00)，如圖 4.49 所示，以本年度新建之基隆港近岸區域波浪模式，模擬莫拉克颱風侵臺期間基隆港近岸區域每小時之波浪場。圖 4.51 所示為基隆港近岸區域波浪模式輸出點位 A(詳見圖 4.10)之波高模擬結果與波浪觀測資料之比較，結果顯示輸出點位 A 因位於基隆嶼南邊隆起地形之西南方，模式模擬之波浪場受到此隆起地形之影響，產生顯著的折繞現象，致使輸出點位 A 波高模擬結果與波高觀測值間相關係不佳。圖 4.52 所示為模式輸出點位 B 之波高模擬結果與波浪觀測資料之比較，結果顯示輸出點位 B 因遠離基隆嶼南邊隆起地形，因此受此隆起地形所產生

的波浪繞射影響較小，故波高模擬結果有部份時段波高模擬結果與觀測點波高觀測值相關性良好。圖 4.53 所示為模式輸出點位 B、C、D(詳見圖 4.10)之波高模擬結果之時列圖，其中點位 D 位於基隆港內受到港口遮蔽之影響，波高呈現顯著降低之結果，惟點位 D 波高模擬結果之最大值仍可達 1.14 m。由於無法將每小時模擬結果之平面波高分佈及波向變化全部繪出，本計畫仍針對波浪觀測資料選出出現波高最大值及週期最大值之波浪場模擬結果，分別繪出其波高分佈及波向向量平面圖，如圖 4.54 及圖 4.55 所示。由於圖 4.54 及圖 4.55 所示波浪來向差異不太(約東北向)，因此波浪通過基隆外海隆起地形時，均會發生顯著折繞射現象。

4.4.3 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波浪模擬結果

同樣地，本計畫亦以本年度新建之蘇澳港近岸區域波浪模式，以蘇澳港外海波浪觀測資料為模式輸入條件，模擬莫拉克颱風侵臺期間每小時之波浪場。圖 4.56 所示為蘇澳港近岸區域波浪模式輸出點位 A(詳見圖 4.11)波高模擬結果與觀測點波高觀測值之比較，結果顯示模式模擬結果止於 2009 年 8 月 8 日 7 時；之後，因波浪波向(波浪來向)觀測值已超過模式設定之限制，即波向與數值計算網格 X 軸之夾角大於 70 度(相當於波向觀測值大於 165 度或小於 25 度)，以致模式無法針對該波浪條件進行波浪場模擬。僅就符合模式模擬限制之波高模擬結果而言，顯示輸出點位 A 之波高模擬結果與波浪觀測值二者相近似。圖 4.57 所示為模式輸出點位 A 之波向模擬結果與波浪觀測值之比較，結果顯示模式模擬結果與波浪觀測值相當吻合。圖 4.58 所示為模式其他輸出點位 B、C、D(詳見圖 4.11)之波高模擬結果之時列圖，顯示蘇澳港外海 B、C、D 等點位波高模擬結果差異不大。

針對莫拉克颱風侵臺期間蘇澳港區及其近岸波浪場模擬結果，本計畫分別選取波浪觀測資料中出現最大波高及週期最大值之波浪場模擬結果，分別繪出其波高分佈及波向向量平面圖，如圖 4.59 及圖 4.60 所示。由圖 4.59 所示波高分佈情形得知當波浪來自西南偏西時，在南防波堤堤頭及北方澳岬頭附近會出現波高顯著增大之現象，其中最大波高可達 9.0 m 以上。當波浪來自東北東時，波高除了在港口附近有顯著增大現象外，北方澳岬頭及其以北海岸波浪在近岸時均有增大現象。此外，圖中近岸波高呈現急遽減小之處代表波浪發生碎波之位置。

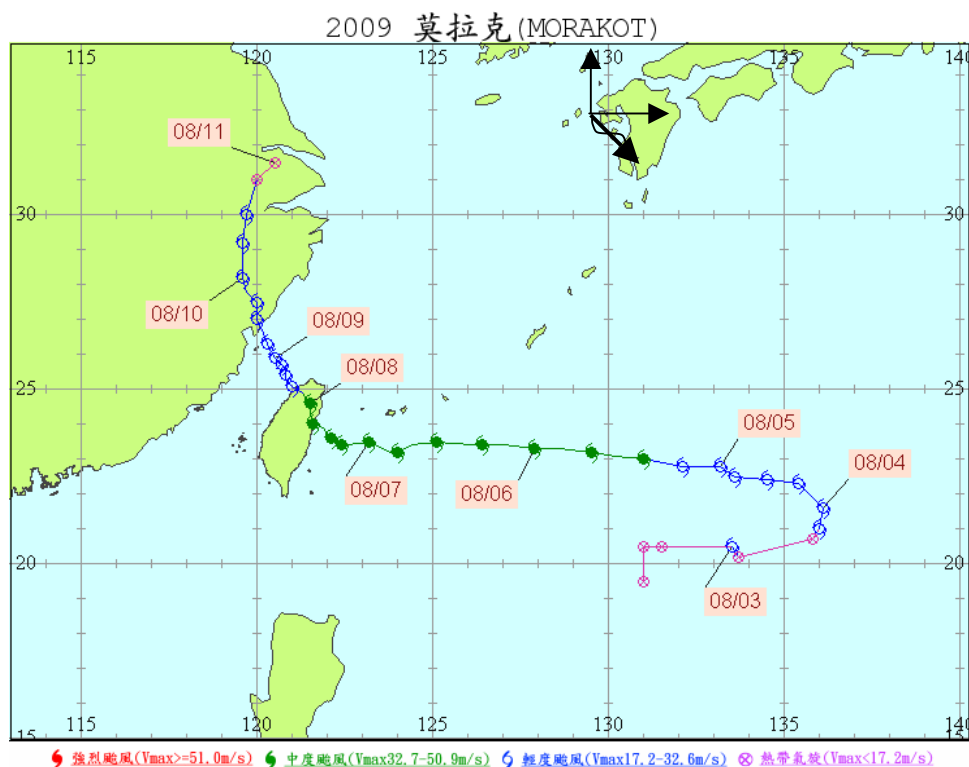


圖 4.48 中度颱風莫拉克(MORAKOT)侵臺路徑圖(圖片來源：中央氣象局網站)

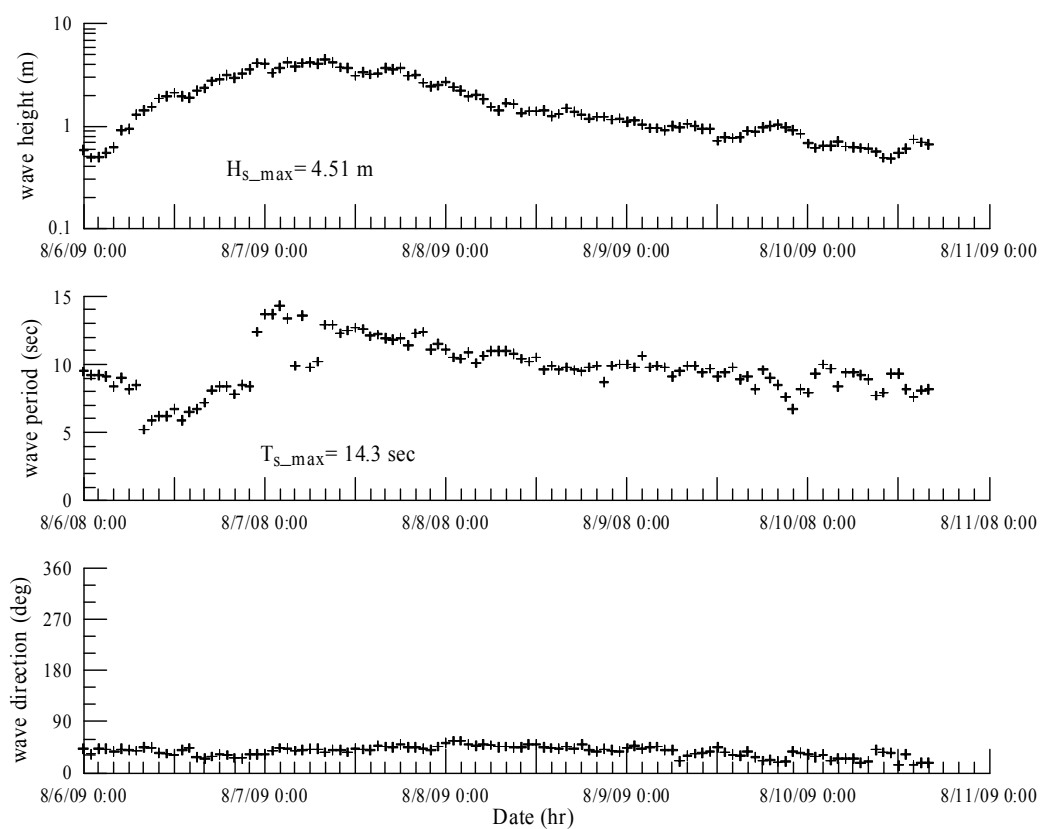


圖 4.49 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波浪觀測資料時序列圖

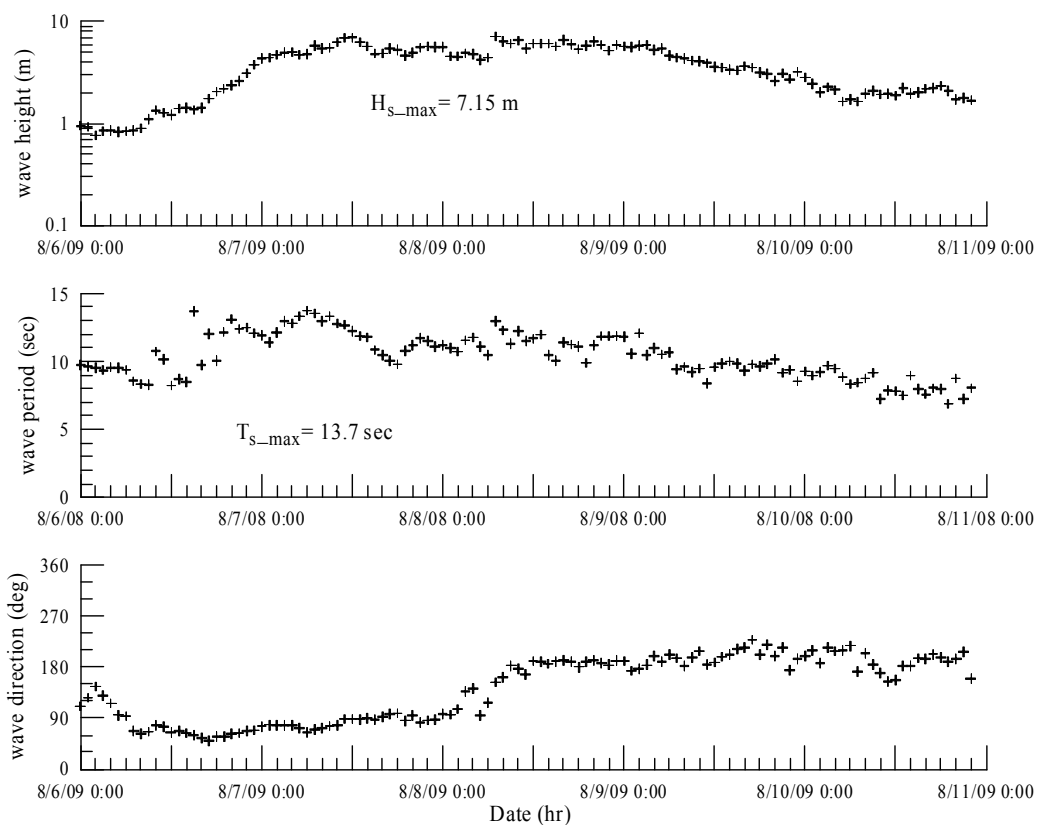


圖 4.50 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波浪觀測資料時序列圖

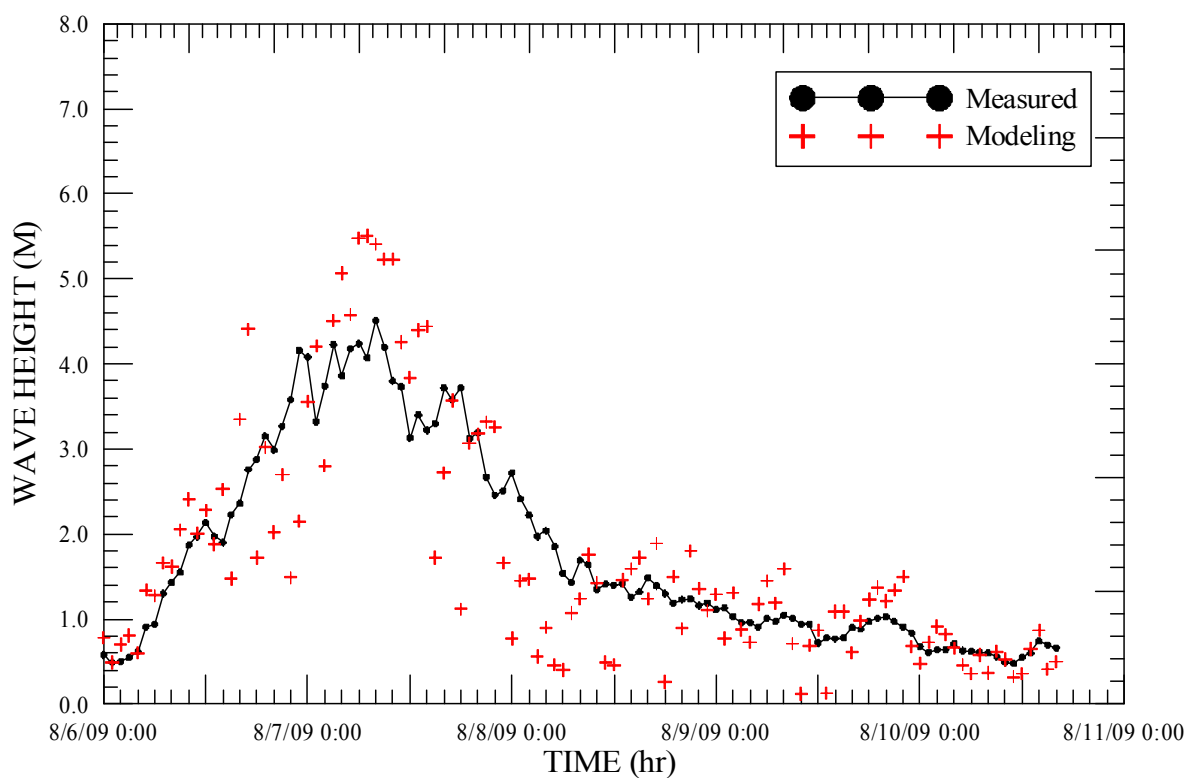


圖 4.51 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 A)之比較

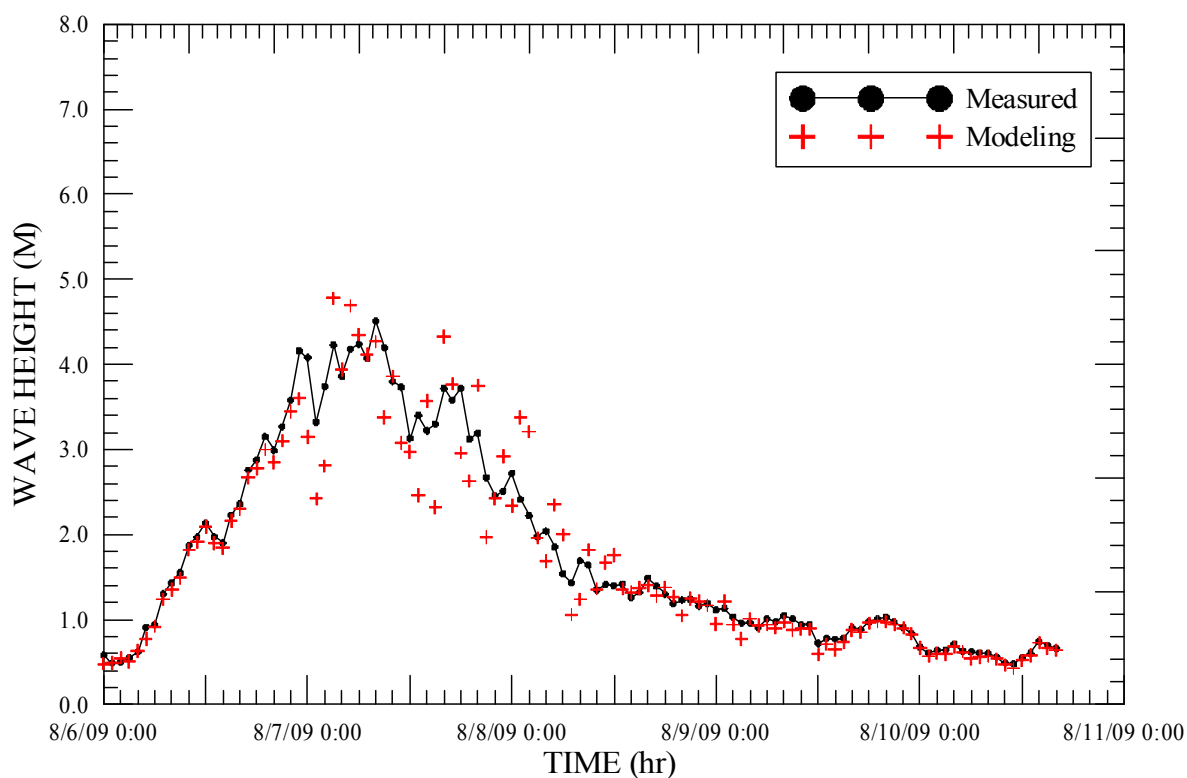


圖 4.52 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 B)之比較

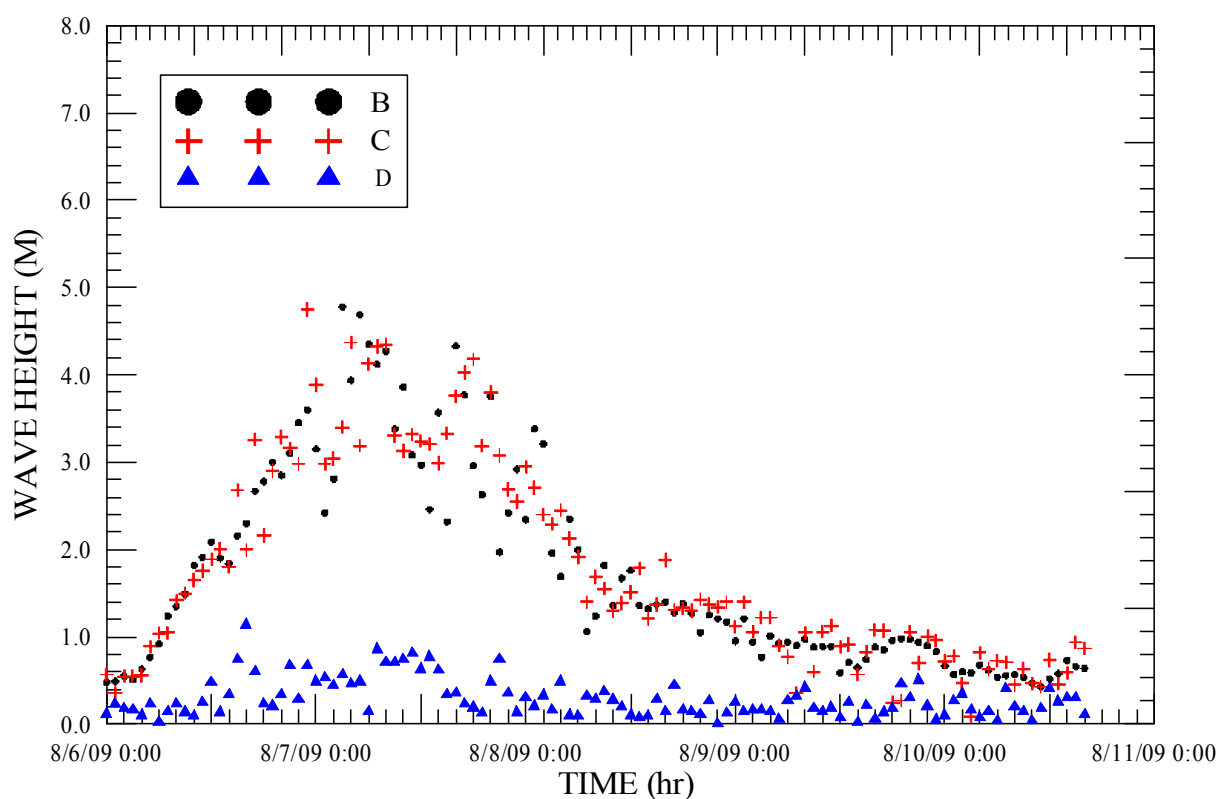


圖 4.53 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪模式輸出點位 B、C 及 D 之波高變化模擬結果

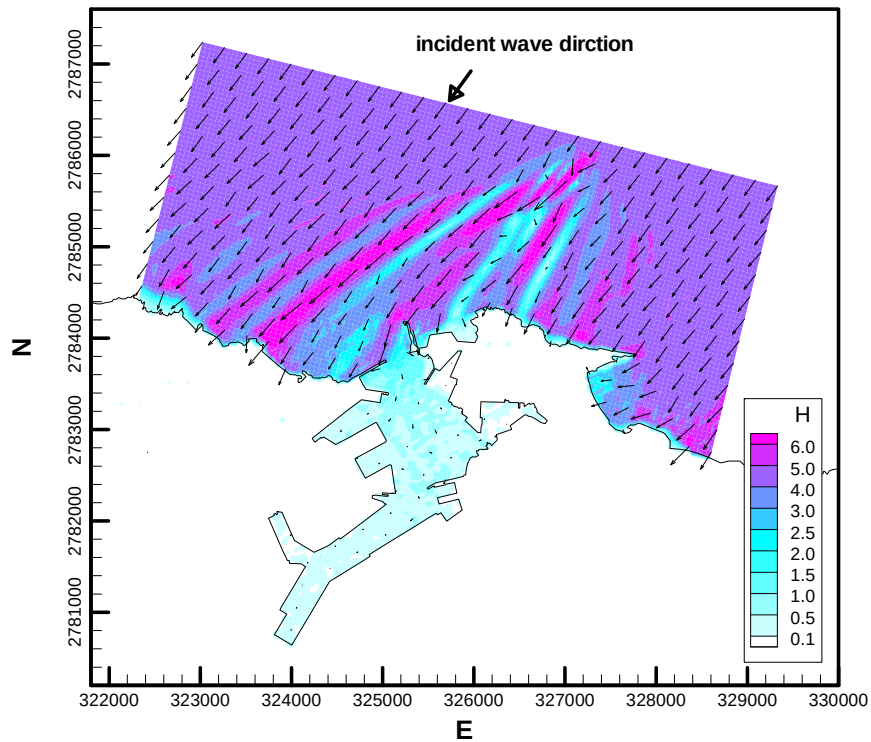


圖 4.54 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080711， $H_{1/3} = 4.51\text{m}$ ， $T_{1/3} = 12.9\text{sec}$ ， $D = 36.3^\circ$)

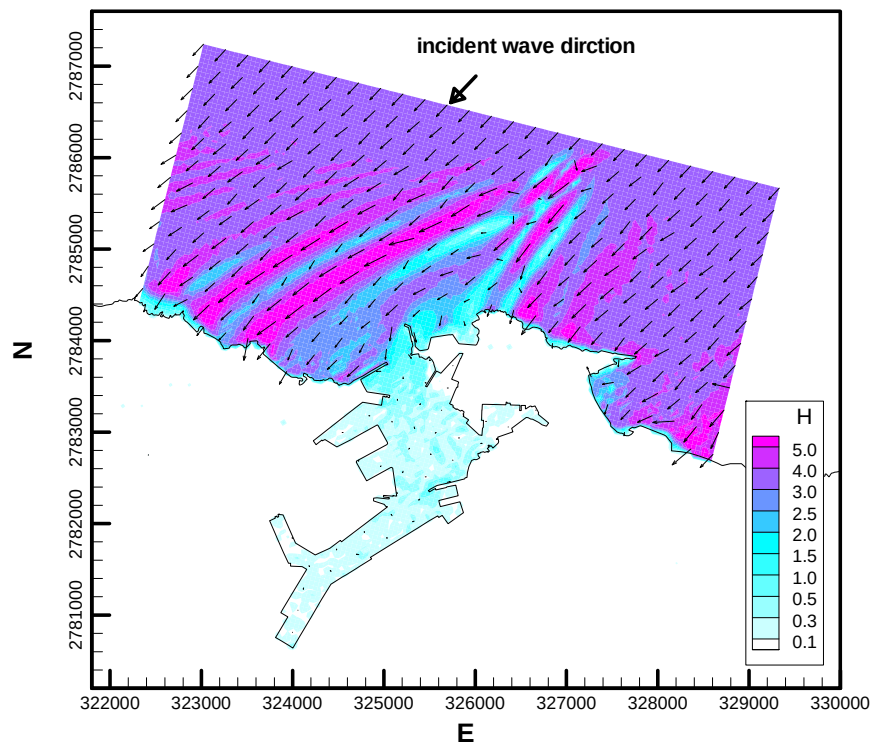


圖 4.55 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080704， $H_{1/3} = 3.74\text{m}$ ， $T_{1/3} = 14.3\text{sec}$ ， $D = 43.5^\circ$)

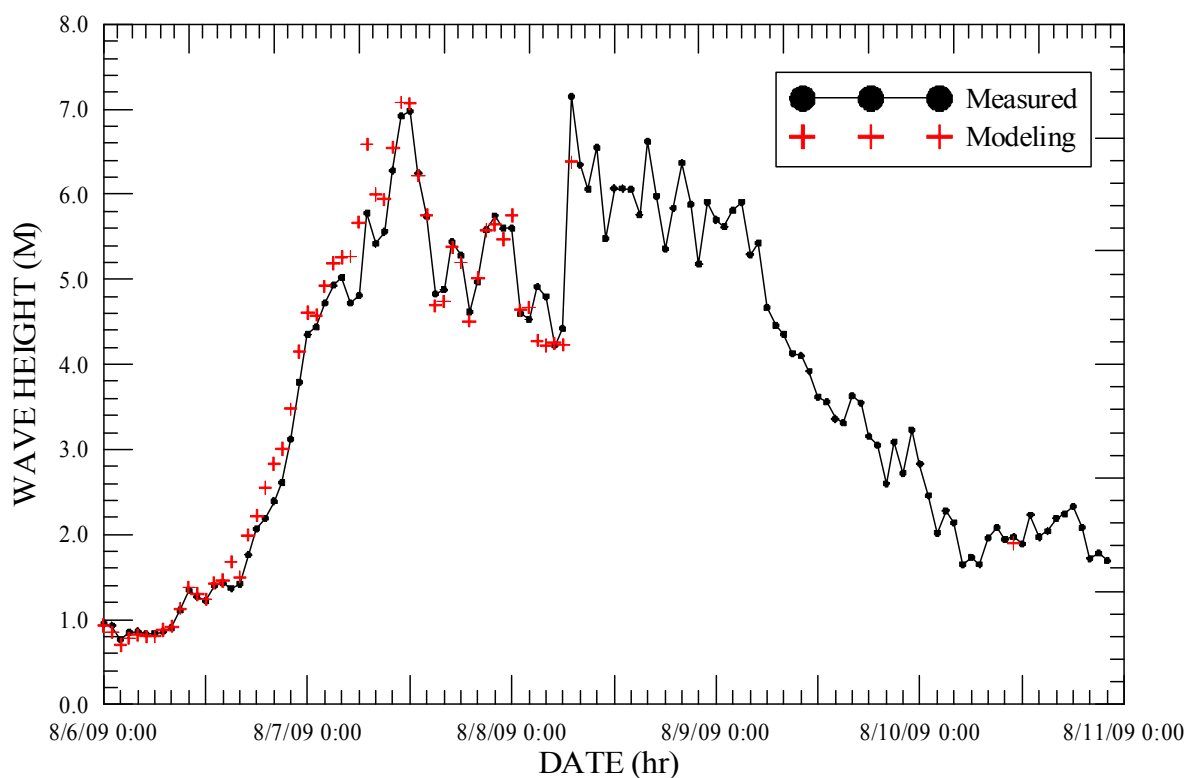


圖 4.56 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 A)之比較

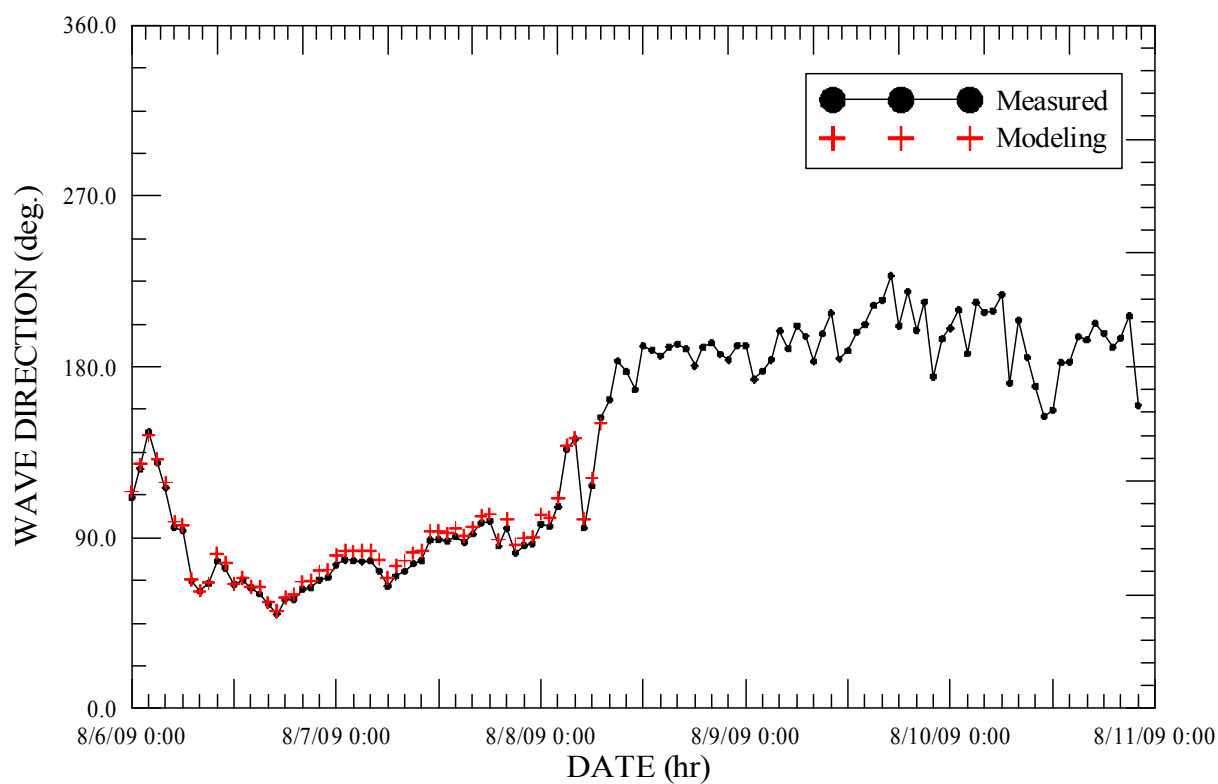


圖 4.57 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波向觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 A)之比較

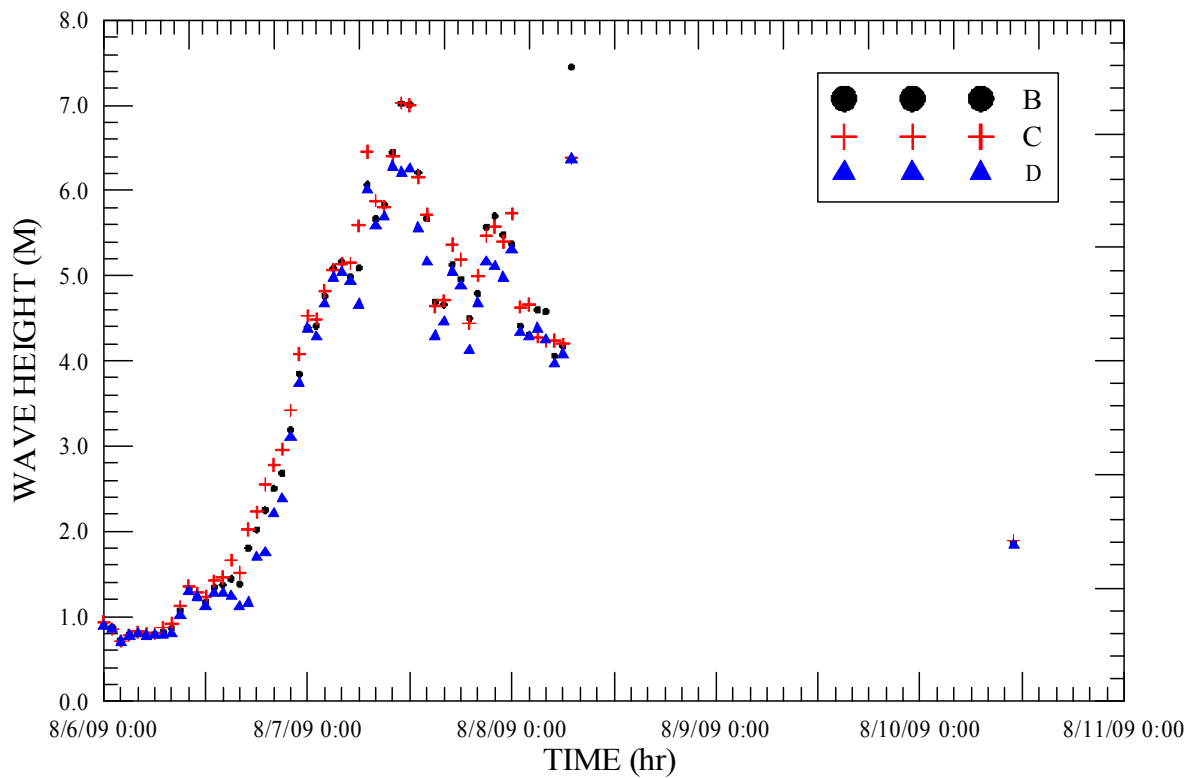


圖 4.58 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪模式輸出點位 B、C 及 D 之波高變化模擬結果

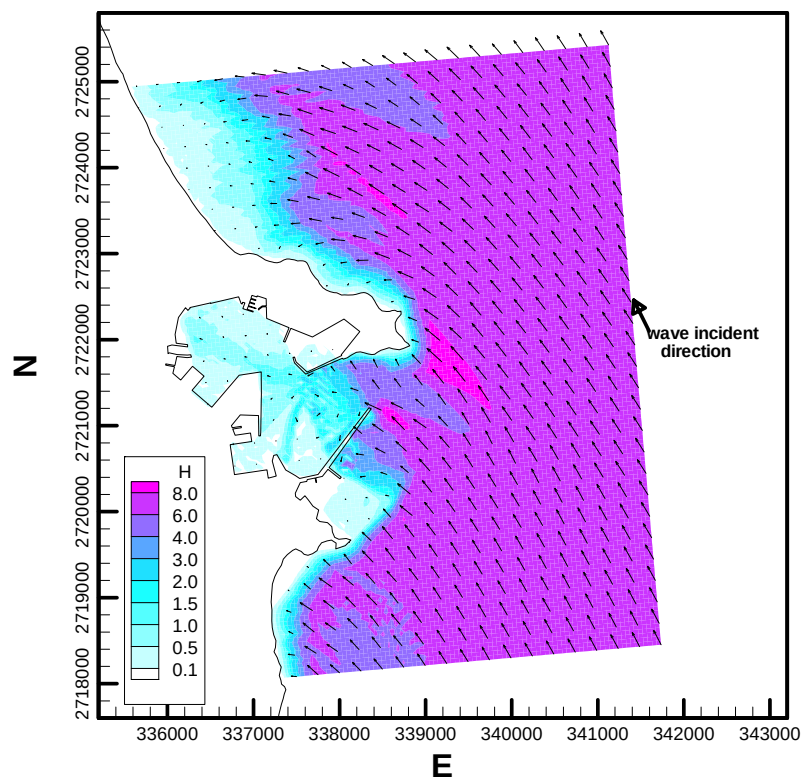


圖 4.59 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080807， $H_{1/3} = 7.15\text{m}$ ， $T_{1/3} = 12.96\text{sec}$ ， $D = 153.3^\circ$)

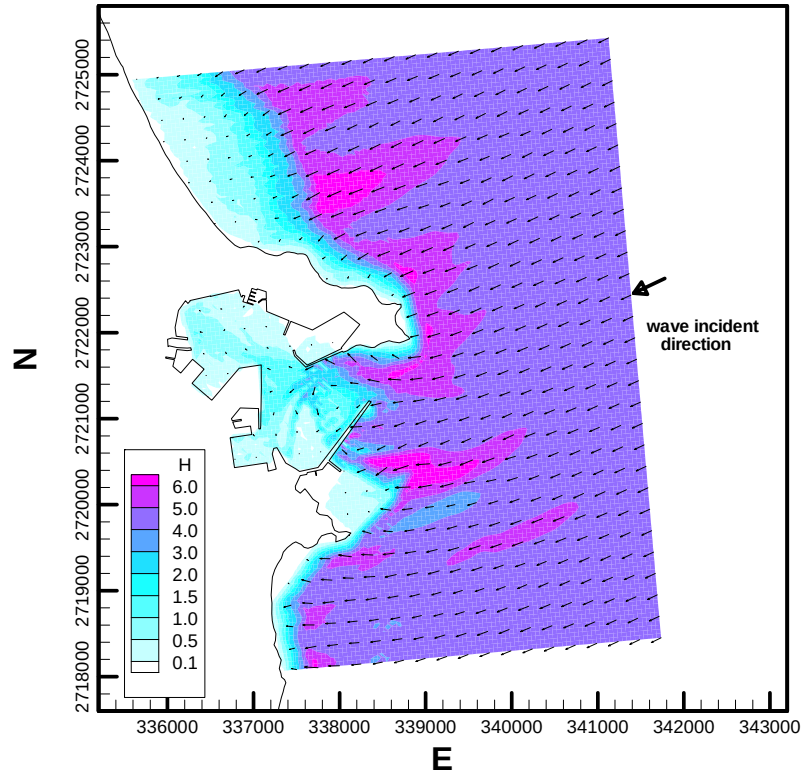


圖 4.60 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080706， $H_{1/3} = 4.81\text{m}$ ， $T_{1/3}=13.73\text{sec}$ ， $D = 64.5^\circ$)

第五章 七個商港作業化預報成果評估分析

有關七個商港作業化預報成果的評估分析主要分成兩個部份：其一為在港研中心由本計劃團隊的駐點專案助理配合每日的預報作業彙整資料，並以月為單位整理相關報表，此外對於颱風的特殊事件則另建置分析報表進行評估，相關報表亦放置於 FTP 網站提供計畫參與人員下載評估及討論；其二為由駐點專案助理逐月提供已經整理過的相關資料檔案，包含數值模擬及實測資料，本計劃團隊依任務需求進行相關評估比對，以瞭解台灣環島近岸重要據點之風與波浪的特性。分析時段包含夏季、冬季等季節變化以及颱風季節的颱風影響。

由於預報作業涉及許多不確定性的影響因素，包含台灣附近的複雜風場與地形的變化、甚至模式本身所使用的理論或所設定參數，在在都需要以抽絲剝繭的精神一步一步檢討改進，目前 NWW3 及 SWAN 自從在網路提供自由下載後，仍陸陸續續提供新的版本即是一例。

有關計畫成果的展示，由於主要還是應該以 Taicoms 波浪預報系統的推算成果為主，因此目前所採用的操作模式是由本計畫駐中心之專案助理林小姐負責下載 Taicoms 系統每天的預報資料，並彙整港研中心的觀測資料，製作標準資料檔，包括風場、波場、水位場及流場，提供給相關子計畫團隊，進行評估作業。本計畫應該展示的第一部分工作成果基本上分為季報告與颱風報告，由於目前 Taicoms 系統已經完全在港研中心執行，未來只需要在中心網站上直接下載存檔即可，不需要再輾轉由計畫團隊下載整理。因此本部份例行性報表將不在本期末報告中呈現，而將以附件方式於繳交期末報告定稿時以書面及電子檔繳交。本章將只就推算所得的各項資料進行評估，並呈現評估的結果。

5.1 各月份的風場及波場的模擬與實測結果的評估

在駐點專案助理的協助整理下，至目前已經配合現有的圖表要求建置 FORTRAN 程式，處理相關書表，並配合文書處理軟體編寫各個圖表。目前整理的資料係自 2008 年 12 月至 2009 年 10 月的資料，評估表格如表 5-1 至表 5-11 為與風場相關的評估；而表 5-12 至表 5-22 則為與波場有關的評

估成果。從各個統計表格中的數字可發現風場及波場的模擬與實測的結果之間仍有很大差異性，其可能原因已於前面章節討論，此處不再論述，未來將在方向的定義釐清後，重新整理相關圖表。

5.2 2009 年颱風的風場及波場的模擬與實測結果的評估

在本計畫年度裡中央氣象局共計發佈了 4 個颱風警報，依序為 98 年 6 月的蓮花颱風、98 年 7 月的莫拉菲颱風、98 年 8 月的莫拉克颱風及 98 年 10 月的芭瑪颱風，相關颱風資訊如圖 5.1 至圖 5.4 所示，統計分析時間如表 5-23 所示，而相關分析圖表如表 5-24 至表 5-45 所示，圖 5.5 至圖 5.9、圖 5.10 至圖 5.14、圖 5.15 至圖 5.19、及圖 5.20 至圖 5.24 依序分別為蓮花颱風、莫拉菲颱風、莫拉克颱風及芭瑪颱風的平均風速、平均風向、示性波高、平均波浪週期及平均波向的時間序列圖。。

表 5-1 2009 年各商港觀測及預報風場資料蒐集率月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	744(100.0%)	0(0.0%)	744(100.0%)	742(99.7%)	744(100.0%)	684(91.9%)	743(99.9%)
2008/12	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/01	OBS1	543(73.0%)	0(0.0%)	542(72.8%)	540(72.6%)	543(73.0%)	543(73.0%)	543(73.0%)
2009/01	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/02	OBS1	670(99.7%)	0(0.0%)	672(100.0%)	294(43.8%)	668(99.4%)	603(89.7%)	603(89.7%)
2009/02	MC	672(100.0%)	672(100.0%)	672(100.0%)	672(100.0%)	672(100.0%)	672(100.0%)	672(100.0%)
2009/03	OBS1	624(83.9%)	288(38.7%)	744(100.0%)	666(89.5%)	743(99.9%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/03	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/04	OBS1	715(99.3%)	720(100.0%)	720(100.0%)	717(99.6%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)
2009/04	MC	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)
2009/05	OBS1	731(98.3%)	744(100.0%)	744(100.0%)	742(99.7%)	672(90.3%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/05	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/06	OBS1	718(99.7%)	720(100.0%)	720(100.0%)	715(99.3%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)
2009/06	MC	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)
2009/07	OBS1	704(94.6%)	684(91.9%)	710(95.4%)	708(95.2%)	592(79.6%)	296(39.8%)	441(59.3%)
2009/07	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/08	OBS1	739(99.3%)	744(100.0%)	742(99.7%)	743(99.9%)	744(100.0%)	296(39.8%)	441(59.3%)
2009/08	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)
2009/09	OBS1	713(99.0%)	709(98.5%)	720(100.0%)	717(99.6%)	711(98.8%)	296(41.1%)	441(61.2%)
2009/09	MC	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)	720(100.0%)
2009/10	OBS1	713(95.8%)	718(96.5%)	719(96.6%)	714(96.0%)	702(94.4%)	543(73.0%)	298(40.1%)
2009/10	MC	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)	744(100.0%)

說明：

1. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
2. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
3. 資料格式：資料蒐集筆數(蒐集率百分數)

表 5-2 2009 年各商港之觀測及預報平均風速及超越機率月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	4.7(42.6%)	0.0(0.0%)	2.6(48.7%)	4.4(41.1%)	4.6(46.2%)	8.2(49.6%)	6.8(46.4%)
2008/12	MC	6.3(47.7%)	8.0(50.8%)	3.3(50.0%)	6.1(46.0%)	4.3(43.4%)	6.6(52.4%)	4.1(45.8%)
2009/01	OBS1	5.5(55.2%)	0.0(0.0%)	3.1(42.8%)	4.3(38.1%)	4.9(49.7%)	8.8(58.6%)	8.0(45.1%)
2009/01	MC	6.4(53.4%)	8.6(53.4%)	3.9(46.8%)	6.8(51.2%)	4.9(46.9%)	6.7(55.9%)	4.9(42.9%)
2009/02	OBS1	3.5(43.1%)	0.0(0.0%)	2.5(43.8%)	3.5(46.6%)	3.8(42.1%)	6.8(48.4%)	5.2(45.4%)
2009/02	MC	5.1(51.8%)	5.8(45.7%)	3.5(41.5%)	4.5(46.1%)	3.4(45.1%)	5.3(53.9%)	3.9(44.2%)
2009/03	OBS1	3.0(43.6%)	5.7(51.4%)	2.4(46.0%)	3.6(41.9%)	4.5(43.2%)	7.6(51.9%)	5.9(44.5%)
2009/03	MC	5.3(57.5%)	6.1(45.7%)	3.2(45.3%)	5.1(45.0%)	3.8(44.0%)	5.6(55.2%)	3.7(42.7%)
2009/04	OBS1	3.8(43.9%)	4.7(39.6%)	2.5(41.7%)	3.2(39.7%)	4.1(43.8%)	7.3(51.1%)	5.1(46.0%)
2009/04	MC	5.9(55.1%)	5.4(41.7%)	3.0(44.0%)	4.3(44.2%)	3.9(47.9%)	6.2(56.5%)	3.3(45.6%)
2009/05	OBS1	3.3(43.1%)	3.6(42.3%)	2.3(42.1%)	3.2(43.0%)	3.6(39.4%)	6.2(48.1%)	4.0(45.6%)
2009/05	MC	4.5(50.3%)	4.8(44.8%)	2.7(43.8%)	3.6(45.8%)	3.2(47.2%)	4.9(54.7%)	2.9(45.6%)
2009/06	OBS1	2.3(39.8%)	2.4(44.7%)	3.3(35.4%)	3.4(42.7%)	3.6(33.2%)	4.8(36.7%)	5.5(36.9%)
2009/06	MC	3.4(44.7%)	4.6(46.4%)	4.6(40.3%)	4.8(49.0%)	3.7(43.3%)	3.8(42.6%)	4.3(40.3%)
2009/07	OBS1	3.5(31.8%)	1.7(51.2%)	3.0(36.6%)	3.4(39.1%)	5.2(45.1%)	5.4(38.2%)	5.0(40.4%)
2009/07	MC	4.6(44.1%)	4.7(47.2%)	4.1(37.8%)	3.8(45.6%)	4.0(43.1%)	4.7(40.7%)	4.0(39.1%)
2009/08	OBS1	3.1(27.1%)	3.6(29.2%)	3.2(37.3%)	3.2(34.9%)	3.9(28.1%)	5.4(38.2%)	5.0(40.4%)
2009/08	MC	4.0(40.1%)	5.3(37.4%)	4.1(34.7%)	3.7(34.1%)	3.0(37.8%)	5.1(39.7%)	4.3(38.8%)
2009/09	OBS1	3.1(43.8%)	3.8(32.2%)	2.3(37.4%)	3.1(40.7%)	3.3(41.8%)	5.4(38.2%)	5.0(40.4%)
2009/09	MC	5.2(54.2%)	5.6(46.2%)	3.7(40.3%)	3.6(44.4%)	3.0(51.4%)	6.4(53.1%)	3.9(47.6%)
2009/10	OBS1	4.8(46.4%)	8.8(51.1%)	2.2(44.5%)	3.9(42.6%)	4.9(44.6%)	9.7(57.1%)	5.8(48.7%)
2009/10	MC	6.4(54.8%)	8.2(52.6%)	2.9(41.9%)	5.5(47.2%)	4.0(45.3%)	7.6(59.0%)	3.7(45.8%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 5-3 2009 年各商港之觀測及預報主要風向月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	NW(23.8%)	N(0.0%)	N(57.9%)	NE(21.2%)	WNW(30.1%)	NE(34.5%)	NNE(58.3%)
2008/12	MC	NNE(22.3%)	NE(52.3%)	N(25.1%)	N(43.3%)	NNE(27.7%)	NE(29.4%)	N(34.8%)
2009/01	OBS1	NaN(0.0%)	N(0.0%)	N(57.9%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)	NE(37.6%)	NNE(64.8%)
2009/01	MC	NNE(23.5%)	NE(46.6%)	N(37.0%)	N(40.7%)	N(39.5%)	NE(37.4%)	N(41.8%)
2009/02	OBS1	NNW(21.8%)	N(0.0%)	N(43.8%)	NaN(0.0%)	WNW(18.4%)	NE(37.8%)	NNE(34.7%)
2009/02	MC	ENE(22.9%)	NNE(30.1%)	NNE(11.0%)	N(19.2%)	NNE(18.8%)	NE(29.6%)	N(24.0%)
2009/03	OBS1	NW(22.3%)	NaN(0.0%)	N(46.8%)	SSW(31.1%)	WNW(22.1%)	NE(34.5%)	NNE(45.3%)
2009/03	MC	NE(17.2%)	NE(31.9%)	N(14.4%)	NNE(38.4%)	N(20.3%)	NE(27.4%)	N(26.3%)
2009/04	OBS1	NW(13.0%)	NNE(34.4%)	N(30.7%)	SSW(56.6%)	WNW(29.7%)	ENE(20.7%)	NNE(31.2%)
2009/04	MC	ESE(15.4%)	NE(26.8%)	NNE(10.7%)	NNE(32.8%)	SSE(15.4%)	ENE(19.6%)	N(16.2%)
2009/05	OBS1	NNW(17.8%)	NNE(26.7%)	WNW(14.9%)	SSW(49.9%)	WNW(23.5%)	NE(25.9%)	NNE(19.8%)
2009/05	MC	ENE(14.8%)	NNE(24.1%)	SE(9.9%)	NNE(23.7%)	SSE(19.1%)	ENE(23.1%)	NW(15.3%)
2009/06	OBS1	SE(17.7%)	SSW(18.8%)	S(13.2%)	SSW(43.9%)	S(19.7%)	S(10.7%)	S(16.8%)
2009/06	MC	SSE(19.0%)	SSW(32.2%)	S(16.2%)	S(35.7%)	S(33.8%)	WSW(24.9%)	S(23.3%)
2009/07	OBS1	E(14.9%)	N(53.5%)	SSW(13.8%)	SSW(41.8%)	S(37.0%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/07	MC	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)
2009/08	OBS1	NE(11.9%)	N(43.5%)	NW(13.3%)	SSW(41.5%)	WNW(20.8%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/08	MC	ESE(17.7%)	SSW(17.3%)	WNW(14.0%)	S(17.7%)	SSE(13.8%)	E(16.5%)	NW(15.5%)
2009/09	OBS1	NNE(18.1%)	NNE(35.1%)	W(17.4%)	SSW(50.3%)	WNW(23.8%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/09	MC	E(25.1%)	NNE(28.1%)	E(12.2%)	NNE(26.2%)	SSE(16.4%)	ENE(32.6%)	W(18.6%)
2009/10	OBS1	NNW(25.5%)	NNE(80.6%)	N(39.1%)	SSW(35.7%)	WNW(27.4%)	NE(50.3%)	NaN(0.0%)
2009/10	MC	ENE(35.8%)	NNE(45.0%)	WNW(12.1%)	NNE(39.7%)	NE(19.5%)	ENE(47.6%)	N(19.5%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：主要風向(超越機率百分數)

表 5-4 2009 年各商港之觀測及預報東西平均風速分量月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	1.5(43.5%)	0.0(0.0%)	0.1(32.7%)	-0.7(57.4%)	1.5(64.9%)	-5.7(45.6%)	-1.8(38.8%)
2008/12	MC	-3.6(44.0%)	-4.6(48.7%)	-1.3(52.8%)	0.0(51.1%)	-0.8(46.9%)	-4.4(39.4%)	-0.9(47.3%)
2009/01	OBS1	2.4(48.6%)	0.0(0.0%)	0.0(34.1%)	-1.0(55.0%)	2.3(57.6%)	-5.7(42.0%)	-2.1(38.3%)
2009/01	MC	-3.0(44.5%)	-4.9(46.0%)	-0.6(53.8%)	-0.4(52.3%)	-0.1(48.9%)	-4.1(42.1%)	-0.8(46.4%)
2009/02	OBS1	0.4(52.4%)	0.0(0.0%)	0.4(36.2%)	0.1(56.1%)	0.4(53.9%)	-3.8(51.4%)	-0.5(41.1%)
2009/02	MC	-2.9(44.0%)	-2.1(50.0%)	-1.4(50.9%)	0.4(55.7%)	-0.8(52.1%)	-3.0(42.1%)	-0.7(51.3%)
2009/03	OBS1	1.2(39.6%)	-2.6(45.5%)	0.6(32.0%)	-0.7(55.3%)	0.9(54.4%)	-4.4(44.0%)	-0.9(41.8%)
2009/03	MC	-2.3(45.3%)	-2.3(48.8%)	-0.3(47.7%)	-1.0(51.3%)	-0.8(48.5%)	-2.8(45.3%)	0.1(46.9%)
2009/04	OBS1	-0.3(45.9%)	-1.9(55.0%)	0.7(38.6%)	-0.4(62.1%)	1.0(56.2%)	-4.8(42.8%)	-0.3(42.4%)
2009/04	MC	-3.4(38.6%)	-1.9(54.9%)	-0.4(48.8%)	-1.4(48.5%)	-1.5(48.1%)	-3.9(40.0%)	0.5(47.6%)
2009/05	OBS1	-0.4(49.9%)	-1.1(51.6%)	1.2(43.8%)	-0.5(56.5%)	0.4(53.4%)	-3.3(46.0%)	0.6(47.7%)
2009/05	MC	-2.8(43.3%)	-1.0(52.2%)	0.2(44.1%)	-1.0(48.8%)	-1.4(54.4%)	-3.1(43.3%)	1.4(46.8%)
2009/06	OBS1	-0.4(39.4%)	0.4(46.7%)	0.3(52.1%)	-0.4(53.8%)	0.0(50.1%)	1.3(36.2%)	0.3(51.4%)
2009/06	MC	-0.3(50.4%)	1.5(52.6%)	-0.3(57.5%)	0.1(51.0%)	-0.7(52.9%)	1.4(50.0%)	0.3(48.1%)
2009/07	OBS1	0.0(45.7%)	0.4(26.3%)	-1.1(56.9%)	-2.0(47.0%)	-4.2(39.9%)	-1.6(17.3%)	-0.9(30.1%)
2009/07	MC	-1.2(50.7%)	2.4(46.6%)	-0.4(63.4%)	0.2(48.1%)	-1.2(53.0%)	1.0(57.7%)	1.1(50.4%)
2009/08	OBS1	-0.1(44.0%)	0.3(41.5%)	1.5(37.5%)	-0.8(58.1%)	-0.2(46.4%)	1.1(54.7%)	0.4(52.6%)
2009/08	MC	-2.2(54.0%)	0.7(58.1%)	2.4(38.2%)	-0.4(47.8%)	-1.1(56.9%)	-1.6(52.6%)	2.6(39.5%)
2009/09	OBS1	-1.0(53.4%)	-1.0(46.3%)	0.9(51.1%)	-0.5(59.3%)	0.4(52.6%)	1.1(54.7%)	0.4(52.6%)
2009/09	MC	-4.2(43.1%)	-2.0(48.1%)	-0.3(60.1%)	-0.3(47.4%)	-1.5(50.0%)	-5.5(43.5%)	2.4(53.5%)
2009/10	OBS1	1.3(52.2%)	-3.4(48.3%)	0.8(36.0%)	-0.7(54.5%)	0.9(65.8%)	-7.7(41.8%)	-0.8(46.0%)
2009/10	MC	-5.0(38.2%)	-4.0(44.1%)	0.1(53.0%)	-0.9(48.0%)	-1.8(44.0%)	-6.3(36.2%)	1.1(49.9%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 5-5 2009 年各商港之觀測及預報南北平均風速分量月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	-3.4(50.7%)	0.0(0.0%)	-2.3(50.8%)	-0.9(53.1%)	-1.4(49.2%)	-4.2(47.2%)	-6.3(51.1%)
2008/12	MC	-2.7(49.1%)	-5.9(46.6%)	-2.5(49.7%)	-5.1(45.2%)	-2.6(46.1%)	-3.4(48.3%)	-3.6(49.7%)
2009/01	OBS1	-3.9(41.3%)	0.0(0.0%)	-2.9(56.1%)	-1.5(53.9%)	-2.4(53.0%)	-5.5(44.2%)	-7.5(54.5%)
2009/01	MC	-4.3(47.7%)	-6.7(45.6%)	-3.3(52.6%)	-6.4(45.6%)	-4.2(49.5%)	-4.5(45.3%)	-4.5(54.7%)
2009/02	OBS1	-1.9(57.2%)	0.0(0.0%)	-0.9(37.2%)	0.5(48.3%)	-0.4(33.7%)	-3.1(47.6%)	-3.4(43.8%)
2009/02	MC	-0.7(43.8%)	-3.2(43.2%)	-0.4(41.4%)	-1.4(42.6%)	-0.6(43.6%)	-2.0(44.9%)	-1.5(40.8%)
2009/03	OBS1	-2.0(59.3%)	-4.5(44.1%)	-1.6(53.0%)	-0.1(57.8%)	-1.9(51.8%)	-3.5(47.8%)	-5.1(53.1%)
2009/03	MC	-1.5(48.1%)	-4.2(45.4%)	-1.4(47.3%)	-2.3(45.3%)	-1.5(48.4%)	-2.5(48.5%)	-2.6(51.5%)
2009/04	OBS1	-1.9(51.7%)	-3.6(56.9%)	-1.0(39.2%)	0.4(69.0%)	-0.2(35.3%)	-0.8(49.6%)	-3.4(46.1%)
2009/04	MC	0.3(53.1%)	-3.0(50.6%)	-0.7(45.0%)	-1.6(51.2%)	-0.2(53.5%)	-1.1(51.7%)	-1.4(45.4%)
2009/05	OBS1	-1.4(46.6%)	-2.6(52.3%)	-0.4(35.3%)	1.1(65.0%)	0.0(33.0%)	-1.2(49.5%)	-2.1(45.3%)
2009/05	MC	0.4(49.1%)	-2.9(48.5%)	0.3(47.6%)	-0.2(49.3%)	0.3(51.9%)	-1.0(48.8%)	-0.8(48.1%)
2009/06	OBS1	-0.2(52.8%)	0.2(56.5%)	1.6(39.3%)	1.8(52.4%)	1.5(37.6%)	0.6(52.9%)	2.7(45.3%)
2009/06	MC	1.6(48.6%)	2.0(52.8%)	3.2(48.1%)	3.1(55.4%)	2.4(52.8%)	0.6(52.9%)	3.1(48.5%)
2009/07	OBS1	1.7(33.7%)	-0.4(62.0%)	-0.4(47.0%)	0.4(45.3%)	0.3(56.6%)	-1.1(45.3%)	-0.4(47.4%)
2009/07	MC	2.8(44.1%)	1.8(51.3%)	1.8(44.9%)	2.6(55.6%)	3.1(47.3%)	1.3(52.0%)	1.8(50.9%)
2009/08	OBS1	-1.3(54.9%)	-2.4(64.8%)	0.3(39.4%)	0.7(61.8%)	0.7(43.7%)	1.6(56.4%)	0.9(49.2%)
2009/08	MC	0.4(55.0%)	-0.9(47.8%)	0.6(47.6%)	-0.1(51.7%)	0.0(56.0%)	-0.3(48.3%)	0.3(45.7%)
2009/09	OBS1	-1.9(49.4%)	-2.7(57.0%)	0.0(39.7%)	0.3(62.1%)	-0.2(35.4%)	1.6(56.4%)	0.9(49.2%)
2009/09	MC	0.5(47.4%)	-3.7(45.3%)	0.0(46.4%)	-2.1(44.2%)	0.1(47.6%)	-0.9(44.2%)	0.1(48.6%)
2009/10	OBS1	-3.8(51.2%)	-7.9(47.5%)	-1.4(49.1%)	-1.3(50.1%)	-2.6(53.0%)	-5.5(44.2%)	-5.3(49.7%)
2009/10	MC	-2.1(45.4%)	-6.7(45.0%)	-0.9(51.3%)	-4.9(48.1%)	-2.1(52.4%)	-3.0(44.2%)	-2.5(53.8%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 5-6 2009 年各商港之觀測及預報最大風速(風向)月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	14.7(NW)	0.0(NaN)	6.8(N)	12.9(NE)	10.2(NNW)	19.0(NE)	15.6(NNE)
2008/12	MC	12.8(N)	16.9(NE)	8.7(N)	14.7(N)	11.3(NNW)	12.7(NNE)	12.2(N)
2009/01	OBS1	13.6(NW)	0.0(NaN)	6.8(N)	11.1(NE)	10.0(NW)	18.0(NNE)	16.4(NNE)
2009/01	MC	11.1(N)	16.4(NE)	10.3(N)	13.1(N)	10.1(NNW)	10.6(NNE)	11.8(NNE)
2009/02	OBS1	10.3(NW)	0.0(NaN)	8.4(SSE)	12.8(SSE)	13.5(S)	16.4(NE)	13.0(S)
2009/02	MC	10.2(ENE)	13.6(NE)	9.9(SE)	11.2(SSW)	8.7(S)	11.6(ENE)	9.6(N)
2009/03	OBS1	9.8(NW)	14.1(NNE)	8.4(N)	11.6(NE)	12.7(NNE)	17.8(NE)	19.8(NNE)
2009/03	MC	11.0(N)	15.6(NE)	10.0(N)	12.7(NNE)	9.8(NNW)	11.0(N)	12.4(N)
2009/04	OBS1	10.4(WNW)	14.8(NNE)	7.4(SSE)	9.4(NE)	10.7(NNE)	15.8(W)	12.0(N)
2009/04	MC	9.9(ESE)	16.2(NE)	9.7(SE)	11.6(NE)	8.0(NE)	12.4(WSW)	9.1(N)
2009/05	OBS1	8.5(NNW)	12.2(NNE)	7.2(SSE)	8.9(SE)	10.8(SSE)	13.1(ESE)	9.3(NNE)
2009/05	MC	8.7(ESE)	11.9(NNE)	7.1(SSE)	10.7(NNE)	8.2(N)	10.2(E)	7.1(SSW)
2009/06	OBS1	6.6(NNW)	8.2(NNE)	12.8(S)	11.8(SSE)	12.2(S)	18.8(WSW)	20.6(S)
2009/06	MC	9.1(SE)	13.7(S)	14.6(SE)	14.1(SSW)	10.7(SSE)	12.3(SW)	15.7(SSE)
2009/07	OBS1	14.5(E)	6.8(N)	12.6(SSE)	13.4(S)	15.9(S)	15.4(WSW)	17.0(SSE)
2009/07	MC	14.7(N)	9.9(N)	20.1(N)	9.6(N)	11.8(N)	13.7(N)	17.9(N)
2009/08	OBS1	19.1(NE)	26.2(N)	14.6(W)	22.8(S)	24.3(S)	15.4(WSW)	17.0(SSE)
2009/08	MC	19.3(S)	24.3(NNE)	18.0(NW)	26.8(NE)	21.0(ENE)	21.0(SSW)	18.9(W)
2009/09	OBS1	7.9(E)	13.8(NNE)	8.6(SSE)	9.1(SSE)	9.1(S)	15.4(WSW)	17.0(SSE)
2009/09	MC	9.5(SE)	13.3(NNE)	12.7(E)	8.1(NNE)	7.2(S)	10.6(ESE)	9.4(S)
2009/10	OBS1	13.9(NNW)	18.8(NNE)	5.1(W)	10.3(NE)	14.2(NE)	20.5(NE)	11.2(N)
2009/10	MC	10.4(NNE)	16.9(NNE)	13.7(E)	13.1(N)	10.0(N)	11.6(ENE)	10.8(N)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：最大風速(風向)

表 5-7 2009 年各商港之觀測及預報最大風速(日/時)月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	14.7(04/03)	0.0(NaN)	6.8(04/09)	12.9(04/07)	10.2(04/07)	19.0(21/02)	15.6(04/07)
2008/12	MC	12.8(04/06)	16.9(04/15)	8.7(04/06)	14.7(04/08)	11.3(04/08)	12.7(21/11)	12.2(04/08)
2009/01	OBS1	13.6(22/15)	0.0(NaN)	6.8(09/09)	11.1(07/17)	10.0(09/08)	18.0(22/13)	16.4(09/07)
2009/01	MC	11.1(22/22)	16.4(00/21)	10.3(23/13)	13.1(22/19)	10.1(09/08)	10.6(22/21)	11.8(09/06)
2009/02	OBS1	10.3(19/07)	0.0(NaN)	8.4(11/18)	12.8(11/16)	13.5(11/21)	16.4(15/22)	13.0(12/00)
2009/02	MC	10.2(16/21)	13.6(19/20)	9.9(11/17)	11.2(11/21)	8.7(11/21)	11.6(16/21)	9.6(19/18)
2009/03	OBS1	9.8(28/20)	14.1(24/13)	8.4(13/04)	11.6(12/22)	12.7(13/00)	17.8(12/18)	19.8(13/03)
2009/03	MC	11.0(13/00)	15.6(13/09)	10.0(13/01)	12.7(13/01)	9.8(13/04)	11.0(13/00)	12.4(13/01)
2009/04	OBS1	10.4(24/13)	14.8(00/15)	7.4(18/18)	9.4(24/12)	10.7(04/18)	15.8(19/08)	12.0(07/17)
2009/04	MC	9.9(29/16)	16.2(24/21)	9.7(19/01)	11.6(24/21)	8.0(24/21)	12.4(19/14)	9.1(04/21)
2009/05	OBS1	8.5(26/01)	12.2(04/18)	7.2(20/10)	8.9(20/16)	10.8(15/14)	13.1(00/11)	9.3(03/06)
2009/05	MC	8.7(00/20)	11.9(03/18)	7.1(19/18)	10.7(26/05)	8.2(26/04)	10.2(00/17)	7.1(19/18)
2009/06	OBS1	6.6(03/20)	8.2(03/20)	12.8(20/09)	11.8(19/18)	12.2(20/07)	18.8(21/14)	20.6(20/10)
2009/06	MC	9.1(16/06)	13.7(21/10)	14.6(20/03)	14.1(21/09)	10.7(20/09)	12.3(21/19)	15.7(20/09)
2009/07	OBS1	14.5(17/12)	6.8(22/16)	12.6(17/14)	13.4(17/08)	15.9(17/09)	15.4(02/18)	17.0(17/13)
2009/07	MC	14.7(17/09)	9.9(23/18)	20.1(17/09)	9.6(18/17)	11.8(17/09)	13.7(17/10)	17.9(17/09)
2009/08	OBS1	19.1(07/06)	26.2(07/00)	14.6(07/04)	22.8(07/13)	24.3(07/13)	15.4(02/18)	17.0(17/13)
2009/08	MC	19.3(07/21)	24.3(06/21)	18.0(06/21)	26.8(06/21)	21.0(06/21)	21.0(08/09)	18.9(07/08)
2009/09	OBS1	7.9(27/05)	13.8(02/18)	8.6(13/13)	9.1(13/15)	9.1(13/13)	15.4(02/18)	17.0(17/13)
2009/09	MC	9.5(29/07)	13.3(00/17)	12.7(26/17)	8.1(03/13)	7.2(13/11)	10.6(26/16)	9.4(13/18)
2009/10	OBS1	13.9(03/20)	18.8(03/22)	5.1(28/16)	10.3(23/13)	14.2(04/23)	20.5(03/21)	11.2(01/17)
2009/10	MC	10.4(23/16)	16.9(21/21)	13.7(04/00)	13.1(23/17)	10.0(23/17)	11.6(03/21)	10.8(23/16)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：最大風速(發生日時)

表 5-8 2009 年各商港之觀測及預報風速各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	2.3(42.3%)	0.0(0.0%)	1.4(43.4%)	2.5(43.5%)	1.3(41.8%)	2.9(48.0%)	2.9(47.1%)
2008/12	標準偏差	1.6(57.5%)	0.0(0.0%)	1.0(58.7%)	1.9(57.1%)	1.1(50.3%)	1.9(67.0%)	1.9(67.2%)
2008/12	最大偏差	8.3(0.1%)	0.0(0.0%)	4.9(0.1%)	10.1(0.1%)	6.1(0.1%)	11.3(0.1%)	9.2(0.1%)
2008/12	平均比值	2.6(23.4%)	0.0(0.0%)	1.5(37.4%)	1.6(36.3%)	1.0(50.7%)	1.0(29.2%)	0.7(39.2%)
2009/01	平均偏差	1.7(39.4%)	0.0(0.0%)	1.3(43.0%)	3.2(43.5%)	1.2(40.1%)	2.7(45.1%)	3.3(49.9%)
2009/01	標準偏差	1.3(50.6%)	0.0(0.0%)	1.0(58.3%)	2.2(61.1%)	1.0(48.8%)	1.8(67.0%)	2.0(69.1%)
2009/01	最大偏差	6.6(0.2%)	0.0(0.0%)	4.5(0.2%)	9.3(0.2%)	5.3(0.2%)	10.2(0.2%)	9.9(0.2%)
2009/01	平均比值	1.9(22.3%)	0.0(0.0%)	1.4(38.4%)	1.9(38.7%)	1.1(42.4%)	0.9(26.3%)	0.6(47.0%)
2009/02	平均偏差	1.9(43.6%)	0.0(0.0%)	1.7(38.8%)	2.1(41.2%)	1.5(38.6%)	2.5(44.6%)	2.2(44.4%)
2009/02	標準偏差	1.5(51.0%)	0.0(0.0%)	1.5(43.6%)	1.6(53.1%)	1.3(44.5%)	1.8(56.4%)	1.6(56.9%)
2009/02	最大偏差	7.0(0.1%)	0.0(0.0%)	9.1(0.1%)	6.7(0.3%)	7.2(0.1%)	9.9(0.2%)	8.9(0.2%)
2009/02	平均比值	2.3(27.9%)	0.0(0.0%)	1.9(32.1%)	1.5(35.7%)	1.1(34.6%)	1.0(27.0%)	0.9(31.3%)
2009/03	平均偏差	2.7(41.5%)	1.8(42.4%)	1.5(43.0%)	2.5(43.8%)	1.4(40.1%)	2.7(43.8%)	2.6(39.5%)
2009/03	標準偏差	2.2(50.0%)	1.2(61.1%)	1.1(53.2%)	1.9(53.6%)	1.2(45.0%)	2.0(56.2%)	2.0(51.2%)
2009/03	最大偏差	10.8(0.2%)	5.7(0.3%)	5.9(0.1%)	10.0(0.2%)	9.0(0.1%)	13.1(0.1%)	9.0(0.1%)
2009/03	平均比值	9.9(31.3%)	1.6(22.6%)	1.7(36.7%)	1.9(33.0%)	0.9(41.7%)	0.9(29.6%)	0.8(32.3%)
2009/04	平均偏差	2.4(52.0%)	1.9(40.0%)	1.4(38.8%)	2.0(38.6%)	1.3(39.4%)	2.3(42.9%)	2.3(42.5%)
2009/04	標準偏差	1.5(67.3%)	1.5(52.4%)	1.3(44.6%)	1.6(49.2%)	1.1(51.8%)	1.7(59.2%)	1.7(55.7%)
2009/04	最大偏差	7.2(0.1%)	8.7(0.1%)	6.6(0.1%)	8.4(0.1%)	7.2(0.1%)	9.0(0.1%)	7.9(0.1%)
2009/04	平均比值	1.8(40.6%)	1.7(29.4%)	1.6(30.8%)	1.6(35.3%)	1.1(38.5%)	1.1(32.6%)	0.9(29.3%)
2009/05	平均偏差	1.9(44.9%)	1.7(40.7%)	1.2(39.7%)	1.5(40.8%)	1.5(39.9%)	2.2(43.3%)	1.7(42.5%)
2009/05	標準偏差	1.3(60.3%)	1.3(51.3%)	1.0(50.3%)	1.2(50.1%)	1.2(50.7%)	1.6(57.4%)	1.4(51.1%)
2009/05	最大偏差	6.7(0.1%)	7.6(0.1%)	5.5(0.1%)	7.0(0.1%)	7.8(0.1%)	7.2(0.1%)	8.0(0.1%)
2009/05	平均比值	1.6(40.1%)	1.9(27.2%)	1.4(35.2%)	1.4(35.6%)	1.1(36.8%)	1.0(33.3%)	0.9(37.4%)
2009/06	平均偏差	1.7(41.4%)	2.5(44.4%)	1.7(39.4%)	2.4(43.2%)	1.9(39.0%)	1.9(37.1%)	2.0(39.7%)
2009/06	標準偏差	1.4(48.6%)	1.9(55.7%)	1.5(43.8%)	1.9(52.9%)	1.6(45.8%)	1.8(40.4%)	1.6(47.1%)
2009/06	最大偏差	7.1(0.1%)	10.7(0.1%)	8.2(0.1%)	10.5(0.1%)	8.6(0.1%)	9.9(0.1%)	8.3(0.1%)
2009/06	平均比值	1.6(41.9%)	2.4(40.4%)	1.7(33.2%)	1.9(34.0%)	1.4(33.9%)	1.0(36.0%)	1.0(28.6%)
2009/07	平均偏差	1.7(38.4%)	3.0(43.7%)	1.8(33.9%)	1.7(44.9%)	1.8(39.2%)	1.9(40.2%)	1.8(45.1%)
2009/07	標準偏差	1.4(48.3%)	1.9(66.2%)	2.0(30.0%)	1.3(55.2%)	1.4(49.5%)	1.5(52.7%)	1.3(58.0%)
2009/07	最大偏差	7.6(0.1%)	8.0(0.1%)	15.9(0.1%)	8.6(0.1%)	7.9(0.2%)	6.8(0.3%)	6.5(0.2%)
2009/07	平均比值	1.5(38.4%)	3.6(27.9%)	1.7(30.3%)	1.5(36.9%)	1.1(29.2%)	1.0(34.8%)	1.0(27.2%)
2009/08	平均偏差	1.6(39.0%)	2.4(37.4%)	1.4(35.0%)	1.9(35.7%)	1.7(28.9%)	4.4(39.9%)	4.0(38.1%)
2009/08	標準偏差	1.5(43.7%)	2.4(38.2%)	1.4(35.2%)	2.0(32.8%)	2.5(14.2%)	3.5(48.3%)	3.5(45.4%)
2009/08	最大偏差	14.0(0.1%)	18.6(0.1%)	8.8(0.1%)	14.6(0.1%)	20.3(0.1%)	16.7(0.3%)	17.7(0.2%)
2009/08	平均比值	1.5(42.8%)	2.1(28.2%)	1.4(42.0%)	1.5(34.3%)	1.0(36.7%)	2.0(32.4%)	1.7(29.9%)
2009/09	平均偏差	2.1(46.8%)	2.3(38.9%)	1.9(33.3%)	1.5(42.3%)	1.2(41.8%)	2.6(43.2%)	2.3(32.7%)
2009/09	標準偏差	1.2(70.3%)	1.8(51.2%)	2.0(30.1%)	1.2(54.0%)	0.9(52.5%)	1.8(59.5%)	2.3(32.0%)
2009/09	最大偏差	7.9(0.1%)	8.4(0.1%)	11.3(0.1%)	5.9(0.1%)	6.3(0.1%)	8.7(0.3%)	12.0(0.2%)
2009/09	平均比值	1.8(43.5%)	2.1(33.7%)	2.0(33.5%)	1.4(37.8%)	1.1(38.5%)	1.6(36.8%)	1.1(35.1%)
2009/10	平均偏差	2.4(48.4%)	2.1(42.9%)	1.5(38.2%)	2.5(40.1%)	1.7(33.2%)	2.5(44.4%)	2.6(46.3%)
2009/10	標準偏差	1.5(66.5%)	1.5(60.4%)	1.5(37.1%)	2.1(49.3%)	1.9(27.8%)	1.8(61.1%)	1.6(71.8%)
2009/10	最大偏差	7.1(0.1%)	7.2(0.1%)	11.8(0.1%)	10.4(0.1%)	11.9(0.1%)	10.7(0.2%)	7.9(0.3%)
2009/10	平均比值	1.7(40.1%)	1.1(37.9%)	1.6(37.6%)	1.9(33.9%)	1.0(41.9%)	0.9(35.2%)	0.7(31.5%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 5-9 2009 年各商港之觀測及預報風向各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	83.7(53.8%)	0.0(0.0%)	60.8(40.5%)	63.4(41.5%)	76.6(50.0%)	27.4(28.8%)	45.0(29.3%)
2008/12	標準偏差	43.0(76.6%)	0.0(0.0%)	54.5(42.5%)	37.9(74.5%)	46.8(68.7%)	32.8(24.0%)	54.1(26.0%)
2008/12	最大偏差	178.3(0.1%)	0.0(0.0%)	179.3(0.1%)	178.8(0.1%)	179.8(0.1%)	162.6(0.1%)	177.4(0.1%)
2008/12	平均比值	2.1(16.4%)	0.0(0.0%)	20.6(11.3%)	2.4(10.4%)	0.7(36.8%)	1.7(6.7%)	14.5(8.5%)
2009/01	平均偏差	94.0(61.9%)	0.0(0.0%)	63.0(37.1%)	70.1(43.5%)	76.0(49.2%)	22.9(28.0%)	36.2(25.0%)
2009/01	標準偏差	38.1(88.0%)	0.0(0.0%)	61.9(37.8%)	39.4(74.3%)	43.7(72.7%)	31.4(20.1%)	51.0(20.4%)
2009/01	最大偏差	174.2(0.2%)	0.0(0.0%)	179.5(0.2%)	172.4(0.2%)	179.8(0.2%)	178.7(0.2%)	177.3(0.2%)
2009/01	平均比值	1.3(16.4%)	0.0(0.0%)	18.1(15.3%)	1.6(12.2%)	0.9(42.2%)	1.7(7.4%)	8.1(13.3%)
2009/02	平均偏差	73.3(49.3%)	0.0(0.0%)	59.5(40.5%)	63.6(42.2%)	71.4(48.5%)	41.5(33.2%)	55.4(36.7%)
2009/02	標準偏差	41.4(72.8%)	0.0(0.0%)	46.4(52.2%)	42.9(62.2%)	49.8(57.9%)	43.3(31.7%)	52.2(39.6%)
2009/02	最大偏差	178.3(0.1%)	0.0(0.0%)	179.2(0.1%)	174.3(0.3%)	179.6(0.1%)	177.7(0.2%)	178.9(0.2%)
2009/02	平均比值	2.5(10.0%)	0.0(0.0%)	17.5(9.1%)	2.1(16.0%)	2.4(10.3%)	2.7(10.4%)	7.1(14.1%)
2009/03	平均偏差	82.6(53.2%)	27.8(22.9%)	67.4(43.3%)	47.5(30.0%)	74.5(50.7%)	33.5(34.5%)	59.3(37.8%)
2009/03	標準偏差	44.5(76.0%)	44.1(18.1%)	55.0(48.6%)	50.7(28.7%)	54.2(58.0%)	36.0(31.7%)	57.3(38.3%)
2009/03	最大偏差	178.7(0.2%)	170.8(0.3%)	179.0(0.1%)	179.5(0.2%)	178.2(0.1%)	177.4(0.1%)	177.9(0.1%)
2009/03	平均比值	2.5(8.8%)	4.4(10.4%)	15.2(12.8%)	2.3(8.9%)	3.0(10.5%)	2.2(10.1%)	32.8(6.0%)
2009/04	平均偏差	71.3(42.2%)	35.7(30.6%)	63.3(42.1%)	55.1(32.5%)	62.3(42.6%)	35.0(31.9%)	56.4(37.1%)
2009/04	標準偏差	40.9(75.8%)	45.3(26.2%)	51.9(47.4%)	59.5(31.7%)	50.1(50.0%)	37.7(30.4%)	53.1(38.5%)
2009/04	最大偏差	178.3(0.1%)	175.2(0.1%)	179.9(0.1%)	179.9(0.1%)	179.3(0.1%)	178.3(0.1%)	176.9(0.1%)
2009/04	平均比值	1.9(24.8%)	7.3(9.4%)	15.8(8.3%)	0.8(38.6%)	1.2(8.5%)	3.6(8.9%)	8.6(17.5%)
2009/05	平均偏差	74.1(47.2%)	37.4(30.8%)	61.9(39.7%)	52.9(31.9%)	71.3(45.8%)	32.4(32.3%)	62.8(41.8%)
2009/05	標準偏差	40.6(76.9%)	48.4(25.0%)	48.8(49.3%)	53.7(31.5%)	50.9(57.4%)	35.5(28.8%)	50.7(49.1%)
2009/05	最大偏差	179.6(0.1%)	177.6(0.1%)	179.2(0.1%)	179.7(0.1%)	177.4(0.1%)	176.2(0.1%)	179.3(0.1%)
2009/05	平均比值	4.1(7.5%)	3.9(9.3%)	13.7(3.4%)	1.0(30.3%)	2.1(9.1%)	1.6(10.3%)	14.8(7.3%)
2009/06	平均偏差	68.4(45.3%)	34.2(28.1%)	46.3(38.2%)	43.0(31.7%)	60.0(43.1%)	49.5(38.5%)	41.8(37.1%)
2009/06	標準偏差	45.7(60.9%)	43.0(23.6%)	42.5(40.4%)	45.0(30.1%)	51.2(46.5%)	44.3(41.7%)	41.4(37.4%)
2009/06	最大偏差	178.1(0.1%)	174.5(0.1%)	177.6(0.1%)	179.8(0.1%)	180.0(0.1%)	178.8(0.1%)	179.9(0.1%)
2009/06	平均比值	7.8(6.1%)	4.8(9.9%)	2.9(10.4%)	1.4(20.7%)	2.7(5.8%)	3.8(14.2%)	1.9(12.4%)
2009/07	平均偏差	99.8(50.6%)	96.6(49.3%)	82.6(47.2%)	88.3(50.6%)	120.5(60.3%)	85.5(48.6%)	86.9(48.8%)
2009/07	標準偏差	48.9(81.4%)	74.3(55.0%)	58.6(58.3%)	61.2(55.8%)	59.1(80.9%)	47.8(71.6%)	57.8(56.5%)
2009/07	最大偏差	180.0(0.1%)	179.9(0.1%)	179.8(0.1%)	179.9(0.1%)	179.9(0.2%)	179.4(0.3%)	179.7(0.2%)
2009/07	平均比值	3.2(5.3%)	15.5(16.1%)	1.5(5.5%)	1.4(21.3%)	0.4(12.3%)	1.7(6.1%)	4.8(10.0%)
2009/08	平均偏差	78.6(47.8%)	66.8(38.9%)	42.7(33.7%)	53.3(35.0%)	58.1(40.5%)	84.0(50.7%)	81.5(47.2%)
2009/08	標準偏差	43.9(76.2%)	58.7(41.7%)	43.4(32.9%)	49.8(36.6%)	50.3(45.3%)	49.3(73.3%)	52.4(62.6%)
2009/08	最大偏差	179.9(0.1%)	179.9(0.1%)	177.5(0.1%)	179.9(0.1%)	178.5(0.1%)	177.5(0.3%)	179.4(0.2%)
2009/08	平均比值	2.7(19.8%)	17.3(4.7%)	9.1(3.1%)	1.6(16.4%)	2.3(3.8%)	1.5(26.0%)	4.3(11.3%)
2009/09	平均偏差	68.8(48.3%)	44.0(30.6%)	55.4(38.8%)	67.3(40.3%)	62.1(41.8%)	84.4(49.0%)	67.7(42.2%)
2009/09	標準偏差	30.4(89.5%)	52.7(28.1%)	47.3(45.4%)	57.9(42.4%)	50.3(48.0%)	52.7(63.5%)	50.1(53.3%)
2009/09	最大偏差	177.1(0.1%)	179.7(0.1%)	179.7(0.1%)	180.0(0.1%)	179.9(0.1%)	179.2(0.3%)	177.7(0.2%)
2009/09	平均比值	4.6(14.7%)	5.5(4.2%)	2.2(11.8%)	1.5(28.3%)	2.9(6.6%)	0.8(17.2%)	5.2(10.9%)
2009/10	平均偏差	81.0(56.5%)	20.0(19.1%)	69.6(45.1%)	49.0(30.4%)	64.0(45.3%)	19.1(30.4%)	77.6(47.3%)
2009/10	標準偏差	34.6(88.2%)	33.9(12.8%)	51.6(54.9%)	52.3(29.0%)	47.2(55.3%)	25.9(19.0%)	52.5(59.1%)
2009/10	最大偏差	179.4(0.1%)	166.6(0.1%)	179.5(0.1%)	180.0(0.1%)	179.6(0.1%)	177.8(0.2%)	168.8(0.3%)
2009/10	平均比值	4.2(11.6%)	2.4(8.8%)	19.1(12.1%)	1.9(10.0%)	1.0(26.6%)	1.5(14.5%)	43.0(12.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風向偏差值(超越機率百分數)

表 5-10 2009 年各商港之觀測及預報東西風速分量各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	5.4(44.6%)	0.0(0.0%)	1.7(42.2%)	2.8(45.8%)	3.6(49.5%)	2.9(44.2%)	1.7(46.0%)
2008/12	標準偏差	2.9(81.6%)	0.0(0.0%)	1.3(55.2%)	1.7(69.9%)	2.2(68.3%)	1.9(66.4%)	1.1(58.8%)
2008/12	最大偏差	13.7(0.1%)	0.0(0.0%)	6.4(0.1%)	10.7(0.1%)	11.1(0.1%)	10.6(0.1%)	5.9(0.1%)
2008/12	平均比值	6.5(22.8%)	0.0(0.0%)	17.9(12.4%)	1.4(10.4%)	1.0(22.3%)	1.8(13.5%)	1.8(10.9%)
2009/01	平均偏差	5.8(52.1%)	0.0(0.0%)	1.4(40.9%)	2.6(47.0%)	3.6(47.5%)	2.4(45.5%)	1.7(45.5%)
2009/01	標準偏差	2.7(84.9%)	0.0(0.0%)	1.1(50.5%)	1.6(67.6%)	2.1(72.9%)	1.4(74.0%)	1.1(68.9%)
2009/01	最大偏差	14.4(0.2%)	0.0(0.0%)	6.5(0.2%)	8.2(0.2%)	9.8(0.2%)	6.6(0.2%)	5.7(0.2%)
2009/01	平均比值	8.4(12.0%)	0.0(0.0%)	12.9(11.8%)	0.9(21.5%)	1.5(7.9%)	1.3(12.0%)	1.9(9.2%)
2009/02	平均偏差	4.3(51.5%)	0.0(0.0%)	2.1(44.8%)	2.2(44.9%)	2.3(39.2%)	2.3(40.0%)	1.7(43.4%)
2009/02	標準偏差	2.7(64.3%)	0.0(0.0%)	1.6(57.7%)	1.5(56.1%)	1.8(49.1%)	1.9(50.1%)	1.2(55.4%)
2009/02	最大偏差	11.3(0.1%)	0.0(0.0%)	7.4(0.1%)	6.0(0.3%)	9.6(0.1%)	11.7(0.2%)	5.9(0.2%)
2009/02	平均比值	7.6(15.8%)	0.0(0.0%)	21.9(13.4%)	9.7(1.7%)	2.4(13.0%)	2.3(13.3%)	2.0(20.7%)
2009/03	平均偏差	4.0(50.7%)	1.4(42.4%)	1.7(40.8%)	2.1(44.9%)	2.5(42.9%)	2.7(46.4%)	1.7(41.5%)
2009/03	標準偏差	2.6(64.0%)	1.0(61.1%)	1.3(50.3%)	1.5(59.9%)	1.9(54.8%)	1.8(67.2%)	1.3(54.7%)
2009/03	最大偏差	11.5(0.2%)	7.3(0.3%)	8.7(0.1%)	8.2(0.2%)	8.9(0.1%)	12.2(0.1%)	7.1(0.1%)
2009/03	平均比值	25.6(13.8%)	3.1(18.4%)	15.8(16.6%)	1.8(25.1%)	1.3(22.9%)	1.6(18.4%)	1.7(16.7%)
2009/04	平均偏差	4.1(45.2%)	1.4(41.0%)	1.9(42.5%)	2.0(46.9%)	3.0(44.6%)	2.5(42.9%)	1.7(40.8%)
2009/04	標準偏差	2.5(70.8%)	1.1(55.4%)	1.5(51.9%)	1.3(62.6%)	2.2(54.6%)	1.9(54.0%)	1.4(49.5%)
2009/04	最大偏差	13.5(0.1%)	7.7(0.1%)	7.1(0.1%)	6.3(0.1%)	10.1(0.1%)	12.0(0.1%)	7.6(0.1%)
2009/04	平均比值	5.5(13.3%)	3.2(15.1%)	10.5(15.0%)	1.7(27.5%)	1.9(18.8%)	2.1(14.0%)	2.6(12.4%)
2009/05	平均偏差	3.1(46.0%)	1.2(44.6%)	1.7(41.5%)	2.0(46.2%)	2.3(44.9%)	2.1(44.4%)	1.7(40.7%)
2009/05	標準偏差	2.1(62.5%)	0.8(57.8%)	1.3(51.7%)	1.3(64.2%)	1.5(62.9%)	1.5(61.7%)	1.3(50.9%)
2009/05	最大偏差	11.4(0.1%)	3.9(0.1%)	8.7(0.1%)	6.5(0.1%)	7.8(0.1%)	9.6(0.1%)	6.9(0.1%)
2009/05	平均比值	5.8(11.1%)	4.2(12.0%)	5.3(13.7%)	1.8(21.0%)	2.2(14.9%)	2.0(16.4%)	3.0(9.7%)
2009/06	平均偏差	2.2(41.8%)	1.5(45.4%)	1.8(35.9%)	1.7(45.7%)	1.3(42.6%)	2.6(42.1%)	1.8(40.6%)
2009/06	標準偏差	1.7(52.9%)	1.0(62.6%)	1.7(37.6%)	1.1(62.2%)	1.0(54.4%)	1.9(55.3%)	1.5(47.1%)
2009/06	最大偏差	7.5(0.1%)	5.5(0.1%)	8.6(0.1%)	9.3(0.1%)	5.6(0.1%)	9.7(0.1%)	8.8(0.1%)
2009/06	平均比值	4.0(14.4%)	5.9(16.1%)	6.1(13.2%)	3.2(11.2%)	2.2(14.0%)	3.9(15.2%)	2.1(13.1%)
2009/07	平均偏差	3.7(41.4%)	2.3(41.9%)	3.1(42.5%)	3.5(44.2%)	4.0(43.6%)	4.7(41.2%)	3.7(43.5%)
2009/07	標準偏差	2.8(55.2%)	1.4(74.1%)	2.5(50.4%)	2.5(59.2%)	3.1(52.0%)	3.8(49.7%)	2.8(53.1%)
2009/07	最大偏差	11.7(0.1%)	7.3(0.1%)	18.2(0.1%)	16.6(0.1%)	13.6(0.2%)	16.6(0.3%)	12.8(0.2%)
2009/07	平均比值	3.5(24.5%)	22.8(25.8%)	6.2(14.8%)	0.9(26.4%)	1.6(12.0%)	4.7(11.1%)	1.8(16.6%)
2009/08	平均偏差	3.1(42.8%)	1.8(38.6%)	1.6(38.0%)	1.8(38.4%)	1.4(40.5%)	8.3(46.6%)	3.4(38.8%)
2009/08	標準偏差	2.7(49.5%)	1.7(41.9%)	1.4(40.8%)	1.7(44.4%)	1.2(48.0%)	5.4(62.8%)	3.3(39.5%)
2009/08	最大偏差	17.8(0.1%)	19.0(0.1%)	9.2(0.1%)	13.8(0.1%)	8.1(0.1%)	23.1(0.3%)	21.1(0.2%)
2009/08	平均比值	4.0(17.3%)	22.5(11.5%)	5.0(12.3%)	2.0(19.1%)	1.4(26.1%)	5.2(17.2%)	4.8(11.6%)
2009/09	平均偏差	3.4(52.2%)	1.8(41.6%)	2.6(33.2%)	1.9(45.5%)	2.3(45.1%)	7.3(45.6%)	2.9(41.7%)
2009/09	標準偏差	1.8(76.0%)	1.3(58.0%)	2.7(31.2%)	1.3(63.5%)	1.6(58.7%)	4.6(67.6%)	2.3(49.7%)
2009/09	最大偏差	8.7(0.1%)	6.1(0.1%)	14.8(0.1%)	6.5(0.1%)	8.2(0.1%)	21.8(0.3%)	12.5(0.2%)
2009/09	平均比值	7.6(14.9%)	4.7(12.6%)	5.4(14.3%)	1.2(29.6%)	3.6(10.3%)	5.6(16.6%)	3.6(13.2%)
2009/10	平均偏差	6.3(51.9%)	1.5(45.0%)	2.0(35.4%)	1.9(45.7%)	4.1(52.4%)	1.8(45.9%)	2.6(48.3%)
2009/10	標準偏差	2.4(94.7%)	1.0(64.6%)	2.0(34.4%)	1.4(57.6%)	2.4(72.5%)	1.4(55.2%)	1.6(67.4%)
2009/10	最大偏差	12.0(0.1%)	4.7(0.1%)	14.1(0.1%)	8.5(0.1%)	11.6(0.1%)	7.6(0.2%)	7.5(0.3%)
2009/10	平均比值	9.7(13.6%)	1.6(27.2%)	15.4(14.3%)	1.3(25.0%)	1.2(24.8%)	1.4(8.3%)	4.3(17.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 5-11 2009 年各商港之觀測及預報南北風速分量各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	1.9(37.0%)	0.0(0.0%)	1.3(43.8%)	4.4(50.4%)	2.2(43.7%)	2.4(44.7%)	3.0(45.8%)
2008/12	標準偏差	1.7(40.9%)	0.0(0.0%)	1.0(54.7%)	2.5(73.0%)	1.6(57.8%)	1.6(60.9%)	2.0(66.2%)
2008/12	最大偏差	8.4(0.1%)	0.0(0.0%)	5.9(0.1%)	11.6(0.1%)	9.8(0.1%)	7.8(0.1%)	9.7(0.1%)
2008/12	平均比值	3.9(15.9%)	0.0(0.0%)	2.5(11.3%)	7.6(16.4%)	3.1(18.8%)	1.9(17.3%)	1.1(11.7%)
2009/01	平均偏差	1.9(42.9%)	0.0(0.0%)	1.3(39.1%)	5.1(51.7%)	2.4(44.8%)	2.5(43.3%)	3.3(49.0%)
2009/01	標準偏差	1.5(54.1%)	0.0(0.0%)	1.0(51.5%)	2.7(76.7%)	1.7(60.4%)	1.8(57.5%)	2.1(67.0%)
2009/01	最大偏差	6.5(0.2%)	0.0(0.0%)	5.1(0.2%)	12.6(0.2%)	8.1(0.2%)	11.2(0.2%)	10.1(0.2%)
2009/01	平均比值	2.3(19.7%)	0.0(0.0%)	1.8(19.9%)	7.7(20.0%)	6.5(8.5%)	3.1(10.1%)	0.7(37.9%)
2009/02	平均偏差	2.2(46.3%)	0.0(0.0%)	1.7(42.0%)	3.4(48.3%)	2.3(41.8%)	2.6(43.4%)	2.8(44.7%)
2009/02	標準偏差	1.5(59.6%)	0.0(0.0%)	1.4(50.6%)	2.0(72.4%)	1.9(48.5%)	1.9(55.1%)	2.0(59.6%)
2009/02	最大偏差	10.5(0.1%)	0.0(0.0%)	6.4(0.1%)	8.5(0.3%)	10.5(0.1%)	11.3(0.2%)	9.9(0.2%)
2009/02	平均比值	4.4(19.6%)	0.0(0.0%)	3.3(14.6%)	5.8(19.0%)	2.8(20.4%)	1.2(17.4%)	2.1(10.5%)
2009/03	平均偏差	2.5(38.9%)	1.6(42.4%)	1.5(41.8%)	3.6(41.1%)	2.0(41.6%)	2.6(43.1%)	2.9(44.9%)
2009/03	標準偏差	2.2(43.0%)	1.2(57.6%)	1.2(49.2%)	3.1(47.3%)	1.5(56.4%)	2.0(54.8%)	2.1(56.6%)
2009/03	最大偏差	10.8(0.2%)	5.8(0.3%)	7.2(0.1%)	16.0(0.2%)	7.8(0.1%)	14.9(0.1%)	9.8(0.1%)
2009/03	平均比值	26.4(18.9%)	1.6(17.4%)	3.4(13.8%)	11.3(3.2%)	2.1(20.6%)	1.2(20.2%)	2.1(6.6%)
2009/04	平均偏差	2.9(43.4%)	1.9(40.0%)	1.5(40.2%)	3.2(39.1%)	1.9(41.7%)	2.7(43.5%)	2.8(42.4%)
2009/04	標準偏差	2.2(55.3%)	1.5(49.9%)	1.2(46.5%)	2.6(47.7%)	1.5(53.3%)	1.9(57.6%)	2.0(57.4%)
2009/04	最大偏差	8.4(0.1%)	8.9(0.1%)	6.9(0.1%)	13.5(0.1%)	8.1(0.1%)	10.8(0.1%)	10.1(0.1%)
2009/04	平均比值	4.6(14.0%)	3.2(12.1%)	2.5(15.3%)	2.1(29.8%)	8.2(4.0%)	2.2(11.8%)	1.4(13.9%)
2009/05	平均偏差	2.8(43.6%)	1.7(42.1%)	1.7(42.5%)	2.3(40.3%)	2.3(42.1%)	2.2(45.3%)	2.6(43.9%)
2009/05	標準偏差	1.9(60.1%)	1.3(53.0%)	1.3(51.2%)	1.9(47.7%)	1.8(54.6%)	1.5(64.2%)	1.9(57.1%)
2009/05	最大偏差	7.8(0.1%)	7.9(0.1%)	7.8(0.1%)	8.5(0.1%)	7.8(0.1%)	7.1(0.1%)	11.0(0.1%)
2009/05	平均比值	3.1(22.3%)	6.6(9.7%)	4.3(13.0%)	1.9(27.4%)	2.4(24.9%)	1.5(15.3%)	2.4(11.3%)
2009/06	平均偏差	2.5(44.8%)	2.4(42.8%)	2.1(41.2%)	2.9(43.4%)	2.8(44.0%)	1.9(42.8%)	2.5(38.4%)
2009/06	標準偏差	1.8(57.6%)	1.8(56.1%)	1.7(49.6%)	2.2(55.1%)	2.2(53.6%)	1.4(52.5%)	2.2(44.2%)
2009/06	最大偏差	9.7(0.1%)	10.7(0.1%)	10.2(0.1%)	12.9(0.1%)	11.4(0.1%)	9.8(0.1%)	13.2(0.1%)
2009/06	平均比值	5.3(13.7%)	5.6(11.4%)	8.2(9.3%)	4.5(12.6%)	9.5(6.2%)	1.8(12.6%)	2.1(19.2%)
2009/07	平均偏差	2.1(39.8%)	3.4(41.1%)	2.8(42.0%)	3.5(44.6%)	3.8(45.4%)	4.7(39.2%)	3.4(40.8%)
2009/07	標準偏差	1.7(49.1%)	2.9(46.8%)	2.0(55.5%)	2.3(64.5%)	2.6(60.0%)	3.7(51.4%)	2.7(51.9%)
2009/07	最大偏差	8.6(0.1%)	12.8(0.1%)	9.1(0.1%)	10.6(0.1%)	13.0(0.2%)	19.1(0.3%)	14.5(0.2%)
2009/07	平均比值	4.2(13.1%)	3.5(24.1%)	7.6(16.3%)	6.1(15.5%)	22.4(8.4%)	2.1(14.5%)	6.5(7.3%)
2009/08	平均偏差	2.6(40.9%)	4.1(29.0%)	1.5(37.6%)	2.7(32.2%)	2.3(34.8%)	4.1(38.9%)	6.0(46.9%)
2009/08	標準偏差	2.1(51.3%)	4.9(25.5%)	1.4(40.3%)	3.2(26.2%)	2.9(24.7%)	3.3(47.6%)	4.2(59.4%)
2009/08	最大偏差	21.6(0.1%)	21.2(0.1%)	8.5(0.1%)	24.0(0.1%)	23.5(0.1%)	18.4(0.3%)	18.8(0.2%)
2009/08	平均比值	4.1(15.4%)	4.7(13.6%)	2.4(17.7%)	3.0(18.8%)	2.3(15.6%)	4.1(18.2%)	2.8(22.2%)
2009/09	平均偏差	3.0(44.7%)	2.4(41.3%)	1.6(40.8%)	3.1(43.7%)	1.5(39.8%)	4.0(44.6%)	3.5(34.9%)
2009/09	標準偏差	2.0(62.0%)	1.8(53.5%)	1.3(49.9%)	2.4(55.0%)	1.2(50.6%)	2.7(61.8%)	3.9(30.6%)
2009/09	最大偏差	9.4(0.1%)	9.6(0.1%)	7.5(0.1%)	9.9(0.1%)	5.4(0.1%)	14.2(0.3%)	21.6(0.2%)
2009/09	平均比值	4.1(13.9%)	6.4(9.0%)	4.8(13.6%)	2.3(20.9%)	2.1(21.7%)	3.5(12.2%)	1.5(21.8%)
2009/10	平均偏差	2.7(42.1%)	2.2(43.3%)	1.5(42.7%)	4.2(41.7%)	1.9(40.1%)	2.8(44.6%)	3.3(46.6%)
2009/10	標準偏差	2.1(54.4%)	1.5(61.8%)	1.1(53.8%)	3.4(49.4%)	1.5(49.9%)	2.1(54.3%)	2.1(66.4%)
2009/10	最大偏差	12.3(0.1%)	6.9(0.1%)	6.1(0.1%)	17.7(0.1%)	10.1(0.1%)	10.1(0.2%)	12.3(0.3%)
2009/10	平均比值	1.9(20.2%)	1.5(11.3%)	2.5(15.3%)	3.0(20.9%)	3.2(10.0%)	0.9(24.7%)	0.7(25.5%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 5-12 2009 年各商港觀測及預報波浪資料蒐集率月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	727(97.7%)	0(0.0%)	732(98.4%)	713(95.8%)	737(99.1%)	717(96.4%)	539(72.4%)
2008/12	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)
2009/01	OBS1	532(71.5%)	0(0.0%)	429(57.7%)	516(69.4%)	33(4.4%)	352(47.3%)	448(60.2%)
2009/01	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)
2009/02	OBS1	660(98.2%)	0(0.0%)	589(87.6%)	649(96.6%)	648(96.4%)	446(66.4%)	602(89.6%)
2009/02	SWAN	224(100.0%)	224(100.0%)	224(100.0%)	224(100.0%)	224(100.0%)	224(100.0%)	224(100.0%)
2009/03	OBS1	725(97.4%)	0(0.0%)	536(72.0%)	712(95.7%)	717(96.4%)	0(0.0%)	601(80.8%)
2009/03	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)
2009/04	OBS1	702(97.5%)	0(0.0%)	713(99.0%)	692(96.1%)	700(97.2%)	0(0.0%)	719(99.9%)
2009/04	SWAN	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)
2009/05	OBS1	727(97.7%)	0(0.0%)	737(99.1%)	714(96.0%)	725(97.4%)	0(0.0%)	675(90.7%)
2009/05	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)
2009/06	OBS1	701(97.4%)	284(39.4%)	711(98.8%)	693(96.2%)	420(58.3%)	583(81.0%)	588(81.7%)
2009/06	SWAN	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)
2009/07	OBS1	685(92.1%)	704(94.6%)	434(58.3%)	688(92.5%)	684(91.9%)	700(94.1%)	691(92.9%)
2009/07	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)
2009/08	OBS1	677(91.0%)	736(98.9%)	453(60.9%)	716(96.2%)	737(99.1%)	422(56.7%)	131(17.6%)
2009/08	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)
2009/09	OBS1	680(94.4%)	714(99.2%)	598(83.1%)	703(97.6%)	711(98.8%)	0(0.0%)	0(0.0%)
2009/09	SWAN	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)	240(100.0%)
2009/10	OBS1	723(97.2%)	741(99.6%)	725(97.4%)	724(97.3%)	726(97.6%)	541(72.7%)	300(40.3%)
2009/10	SWAN	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)	248(100.0%)

說明：

1. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
2. SWAN: SWAN 預報波場資料
3. 資料格式：資料蒐集筆數(蒐集率百分數)

表 5-13 2009 年各商港之觀測及預報平均示性波高月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	1.5(35.2%)	0.0(0.0%)	0.6(48.1%)	1.5(42.6%)	1.5(45.7%)	1.3(38.9%)	0.6(46.0%)
2008/12	SWAN	2.0(39.5%)	1.9(42.7%)	0.5(35.9%)	2.0(39.5%)	2.0(38.3%)	1.9(42.7%)	0.8(44.4%)
2009/01	OBS1	1.8(50.8%)	0.0(0.0%)	0.7(42.4%)	1.6(44.0%)	1.6(51.5%)	1.7(51.4%)	0.7(40.8%)
2009/01	SWAN	1.9(47.2%)	1.7(46.0%)	0.6(41.1%)	1.8(48.0%)	1.9(48.4%)	1.8(46.8%)	0.8(41.9%)
2009/02	OBS1	1.3(45.5%)	0.0(0.0%)	0.6(48.6%)	1.3(44.8%)	1.5(46.8%)	1.1(46.2%)	0.6(39.2%)
2009/02	SWAN	1.3(37.1%)	1.3(38.4%)	0.5(33.9%)	1.2(36.2%)	1.3(38.4%)	1.3(39.7%)	0.7(38.8%)
2009/03	OBS1	1.4(50.1%)	0.0(0.0%)	0.6(45.0%)	1.3(47.9%)	1.3(49.5%)	0.0(0.0%)	0.5(42.3%)
2009/03	SWAN	1.4(41.1%)	1.2(43.1%)	0.5(39.9%)	1.3(42.7%)	1.4(43.1%)	1.3(42.7%)	0.6(38.3%)
2009/04	OBS1	1.0(38.0%)	0.0(0.0%)	0.6(51.1%)	1.2(46.1%)	1.2(44.6%)	0.0(0.0%)	0.6(47.0%)
2009/04	SWAN	1.3(42.5%)	1.3(43.3%)	0.5(28.8%)	1.3(44.2%)	1.3(43.8%)	1.3(47.9%)	0.7(37.1%)
2009/05	OBS1	0.7(47.5%)	0.0(0.0%)	0.6(44.5%)	0.9(38.5%)	1.0(43.9%)	0.0(0.0%)	0.6(45.9%)
2009/05	SWAN	0.9(44.0%)	0.9(41.1%)	0.3(45.6%)	0.8(48.0%)	0.9(46.0%)	0.9(38.7%)	0.5(38.7%)
2009/06	OBS1	0.4(33.5%)	0.8(33.5%)	1.2(31.6%)	0.9(38.4%)	0.9(35.0%)	0.7(32.6%)	1.2(26.9%)
2009/06	SWAN	0.8(45.0%)	1.0(30.0%)	1.0(42.5%)	1.0(42.1%)	1.0(41.7%)	1.0(35.4%)	1.1(36.7%)
2009/07	OBS1	0.4(36.4%)	0.6(38.1%)	0.9(38.5%)	0.9(32.8%)	1.1(33.2%)	0.6(40.4%)	0.9(37.6%)
2009/07	SWAN	0.7(33.1%)	0.9(54.0%)	1.0(51.2%)	0.9(45.2%)	0.8(44.8%)	0.8(38.3%)	1.1(51.6%)
2009/08	OBS1	0.6(25.4%)	1.0(31.8%)	0.5(28.0%)	1.2(29.6%)	1.2(27.3%)	0.9(30.3%)	1.4(45.0%)
2009/08	SWAN	1.2(29.4%)	1.2(31.9%)	0.9(27.4%)	1.1(31.5%)	1.1(29.4%)	1.3(27.8%)	1.0(29.0%)
2009/09	OBS1	0.9(47.9%)	1.5(49.0%)	1.1(24.7%)	1.2(45.8%)	1.2(47.7%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	SWAN	1.2(39.6%)	1.2(41.7%)	0.7(40.0%)	1.1(46.2%)	1.1(42.5%)	1.2(39.6%)	0.9(45.0%)
2009/10	OBS1	1.6(48.7%)	2.2(52.2%)	0.9(30.8%)	1.8(45.7%)	2.0(42.6%)	1.4(44.9%)	0.9(30.0%)
2009/10	SWAN	2.2(44.0%)	1.8(45.6%)	0.6(43.5%)	1.7(41.9%)	1.6(36.3%)	1.9(47.6%)	0.8(41.1%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 5-14 2009 年各商港之觀測及預報主要波向月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	NNE(62.9%)	NaN(0.0%)	WNW(40.0%)	SE(53.9%)	E(37.0%)	N(69.6%)	W(38.8%)
2008/12	SWAN	SSW(59.3%)	SW(66.5%)	WNW(22.6%)	SSW(50.4%)	SSW(59.3%)	SW(64.9%)	W(39.9%)
2009/01	OBS1	NNE(80.3%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)	ESE(45.5%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/01	SWAN	SW(56.9%)	SW(65.3%)	WNW(45.2%)	SW(54.0%)	SSW(53.2%)	SW(77.8%)	W(41.5%)
2009/02	OBS1	NNE(68.3%)	NaN(0.0%)	WSW(21.2%)	SE(63.8%)	E(34.4%)	N(73.5%)	WSW(21.4%)
2009/02	SWAN	SSW(49.1%)	SW(35.3%)	NW(16.5%)	SSW(50.4%)	SSW(52.2%)	SW(39.7%)	SSW(12.5%)
2009/03	OBS1	NNE(60.0%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)	ESE(52.0%)	ENE(39.5%)	NaN(0.0%)	WNW(39.8%)
2009/03	SWAN	SSW(41.5%)	SW(37.9%)	WNW(21.0%)	SSW(50.4%)	SSW(46.8%)	SW(38.7%)	WNW(27.4%)
2009/04	OBS1	NE(70.9%)	NaN(0.0%)	W(26.1%)	ESE(47.8%)	E(46.1%)	NaN(0.0%)	W(22.1%)
2009/04	SWAN	SW(38.3%)	SW(49.2%)	NNW(21.2%)	SW(35.8%)	SW(34.6%)	SW(49.2%)	S(18.3%)
2009/05	OBS1	NE(75.8%)	NaN(0.0%)	SSW(26.5%)	SE(49.6%)	E(32.4%)	NaN(0.0%)	SW(28.6%)
2009/05	SWAN	SW(32.3%)	SSW(32.3%)	NNE(20.6%)	SW(29.0%)	SSW(28.2%)	SW(26.2%)	S(19.4%)
2009/06	OBS1	NE(63.6%)	NaN(0.0%)	SW(58.1%)	SSE(48.5%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)	SW(64.1%)
2009/06	SWAN	S(15.4%)	NE(29.6%)	NE(38.3%)	E(25.0%)	ESE(28.3%)	NNE(30.4%)	NE(35.4%)
2009/07	OBS1	NE(60.4%)	WNW(36.5%)	NaN(0.0%)	SE(54.4%)	SE(24.3%)	W(37.9%)	SW(58.8%)
2009/07	SWAN	SW(16.1%)	NNE(29.0%)	NE(42.7%)	ENE(21.4%)	E(27.8%)	NNE(33.1%)	NE(46.4%)
2009/08	OBS1	NE(66.6%)	NNE(32.0%)	NaN(0.0%)	SE(51.8%)	E(21.8%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/08	SWAN	SW(19.4%)	NNE(16.5%)	NNE(31.5%)	SW(20.6%)	SW(27.8%)	N(22.2%)	NNE(29.4%)
2009/09	OBS1	NE(60.1%)	NNE(68.5%)	SW(41.0%)	ESE(44.5%)	ENE(43.9%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/09	SWAN	WSW(43.8%)	WSW(26.2%)	N(33.8%)	SW(43.8%)	SW(44.6%)	WSW(38.3%)	NNW(18.3%)
2009/10	OBS1	NNE(61.3%)	NNE(55.1%)	W(34.8%)	ESE(52.1%)	ENE(40.6%)	N(66.2%)	NaN(0.0%)
2009/10	SWAN	SW(51.2%)	SW(46.8%)	NNW(34.3%)	SSW(52.8%)	SSW(42.3%)	SW(41.5%)	WNW(21.4%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：主要波向(超越機率百分數)

表 5-15 2009 年各商港之觀測及預報平均波浪週期月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	4.8(42.4%)	0.0(0.0%)	3.9(51.9%)	5.8(54.1%)	5.5(50.6%)	3.7(50.5%)	2.1(43.2%)
2008/12	SWAN	4.2(47.2%)	3.9(46.4%)	2.3(41.9%)	4.1(41.5%)	4.1(39.9%)	3.9(46.0%)	2.7(48.0%)
2009/01	OBS1	5.1(52.3%)	0.0(0.0%)	3.9(55.5%)	5.8(49.8%)	5.9(36.4%)	4.1(52.0%)	2.1(43.5%)
2009/01	SWAN	4.1(50.4%)	3.8(46.8%)	2.4(50.8%)	3.8(43.5%)	4.1(47.6%)	3.7(45.2%)	2.7(50.0%)
2009/02	OBS1	4.8(47.7%)	0.0(0.0%)	3.7(49.2%)	5.6(54.5%)	5.1(48.8%)	3.7(48.4%)	2.0(39.4%)
2009/02	SWAN	3.4(42.9%)	3.3(42.4%)	2.4(33.0%)	3.3(46.4%)	3.4(41.1%)	3.3(43.8%)	2.6(35.3%)
2009/03	OBS1	4.8(57.4%)	NaN(0.0%)	3.6(48.9%)	5.5(49.7%)	5.0(48.8%)	NaN(0.0%)	1.9(43.6%)
2009/03	SWAN	3.8(43.1%)	3.3(45.2%)	2.2(47.2%)	3.5(48.4%)	3.7(45.6%)	3.5(43.1%)	2.4(46.8%)
2009/04	OBS1	4.4(53.3%)	NaN(0.0%)	3.6(51.9%)	5.2(52.2%)	4.9(49.0%)	NaN(0.0%)	2.2(30.9%)
2009/04	SWAN	3.7(53.3%)	3.4(49.6%)	2.3(33.8%)	3.4(45.8%)	3.6(48.8%)	3.6(54.6%)	2.5(40.0%)
2009/05	OBS1	4.1(45.9%)	NaN(0.0%)	3.8(44.6%)	5.0(53.1%)	4.7(50.5%)	NaN(0.0%)	2.0(35.3%)
2009/05	SWAN	2.9(51.2%)	2.8(41.5%)	2.1(40.3%)	2.8(50.0%)	2.9(50.0%)	2.8(45.2%)	2.3(44.0%)
2009/06	OBS1	3.6(42.2%)	3.6(42.3%)	4.7(46.8%)	4.6(47.2%)	4.2(53.3%)	3.1(42.2%)	3.2(31.3%)
2009/06	SWAN	2.8(40.0%)	3.1(40.8%)	3.3(50.8%)	3.0(47.5%)	3.0(45.4%)	3.0(39.2%)	3.4(42.5%)
2009/07	OBS1	3.4(46.6%)	3.3(36.1%)	4.2(48.6%)	4.8(43.8%)	4.3(45.6%)	2.9(46.6%)	2.8(35.2%)
2009/07	SWAN	2.6(33.1%)	3.1(54.0%)	3.5(48.0%)	2.8(48.0%)	2.9(47.2%)	3.0(37.1%)	3.5(50.4%)
2009/08	OBS1	3.8(37.5%)	4.5(57.5%)	3.4(35.8%)	5.5(44.8%)	5.0(39.6%)	3.3(37.7%)	3.6(36.6%)
2009/08	SWAN	3.2(36.7%)	3.2(38.3%)	3.1(37.1%)	2.9(38.7%)	3.0(37.1%)	3.4(37.5%)	3.0(39.9%)
2009/09	OBS1	4.6(52.1%)	4.8(53.2%)	5.1(43.0%)	5.8(47.5%)	5.2(49.5%)	NaN(0.0%)	NaN(0.0%)
2009/09	SWAN	3.7(35.0%)	3.5(36.2%)	2.8(29.2%)	3.2(47.1%)	3.4(40.4%)	3.7(30.0%)	3.0(39.2%)
2009/10	OBS1	4.9(51.2%)	4.9(56.8%)	4.5(33.2%)	6.3(49.0%)	6.2(42.0%)	3.7(46.8%)	3.5(36.7%)
2009/10	SWAN	4.3(50.4%)	4.1(52.8%)	2.7(37.1%)	3.9(43.5%)	3.7(43.1%)	4.2(51.2%)	2.9(44.4%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 5-16 2009 年各商港之觀測及預報最大示性波高(週期、波向)月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	5.8(7.8,NW)	0.0(0.0,NaN)	1.1(4.2,N)	2.9(5.9,NE)	2.7(4.5,NNW)	4.3(6.4,NE)	1.1(2.1,NNE)
2008/12	SWAN	4.9(7.1,N)	4.5(6.1,NE)	1.9(4.3,N)	5.3(7.0,N)	5.1(7.2,NNW)	4.3(6.2,NNE)	2.0(4.1,N)
2009/01	OBS1	4.1(6.9,NW)	0.0(0.0,NaN)	1.2(4.2,N)	2.8(6.7,NE)	2.1(7.3,NW)	2.8(4.3,NNE)	1.9(2.3,NNE)
2009/01	SWAN	4.2(6.0,N)	3.8(5.1,NE)	1.9(4.1,N)	4.3(6.3,N)	4.2(6.1,NNW)	3.7(5.0,NNE)	2.0(4.1,NNE)
2009/02	OBS1	3.5(6.7,NW)	0.0(0.0,NaN)	1.2(3.8,SSE)	3.2(5.4,SSE)	10.0(5.4,S)	3.0(5.6,NE)	2.1(3.9,S)
2009/02	SWAN	2.9(5.3,ENE)	3.0(5.0,NE)	1.6(3.9,SE)	3.0(5.0,SSW)	2.9(5.2,S)	2.8(4.9,ENE)	1.6(3.7,N)
2009/03	OBS1	4.1(6.8,NW)	0.0(0.0,NNE)	1.6(3.8,N)	2.7(7.0,NE)	2.9(7.6,NNE)	0.0(0.0,NE)	1.3(2.1,NNE)
2009/03	SWAN	4.1(6.6,N)	3.6(5.7,NE)	2.1(4.3,N)	4.5(6.6,NNE)	4.3(6.7,NNW)	3.7(5.9,N)	2.2(4.3,N)
2009/04	OBS1	2.9(5.8,WNW)	0.0(0.0,NNE)	1.1(4.5,SSE)	2.8(6.4,NE)	2.4(6.4,NNE)	0.0(0.0,W)	1.5(3.7,N)
2009/04	SWAN	2.8(4.5,ESE)	2.6(4.4,NE)	2.0(4.6,SE)	2.8(4.6,NE)	2.9(4.9,NE)	2.6(4.2,WSW)	2.2(4.5,N)
2009/05	OBS1	1.9(5.4,NNW)	0.0(0.0,NNE)	1.1(5.9,SSE)	2.6(6.0,SE)	2.1(6.5,SSE)	0.0(0.0,ESE)	1.1(1.2,NNE)
2009/05	SWAN	2.3(4.5,ESE)	2.3(4.3,NNE)	0.8(3.8,SSE)	2.2(4.3,NNE)	2.0(4.2,N)	2.1(4.1,E)	1.6(3.4,SSW)
2009/06	OBS1	1.7(5.1,NNW)	2.8(5.5,NNE)	6.4(7.8,S)	2.6(6.0,SSE)	2.2(5.7,S)	2.7(5.3,WSW)	7.0(7.6,S)
2009/06	SWAN	1.6(3.5,SE)	3.7(4.9,S)	3.3(5.1,SE)	2.5(4.0,SSW)	2.0(4.6,SSE)	2.6(4.7,SW)	4.8(6.2,SSE)
2009/07	OBS1	1.1(1.7,E)	1.8(5.4,N)	3.5(7.0,SSE)	4.1(7.8,S)	5.1(6.9,S)	2.0(3.7,WSW)	3.3(7.9,SSE)
2009/07	SWAN	2.4(4.4,N)	2.6(4.5,N)	2.8(4.5,N)	3.8(5.6,N)	3.7(5.7,N)	1.9(3.9,N)	3.3(5.1,N)
2009/08	OBS1	4.5(7.0,NE)	7.8(6.1,N)	3.9(7.0,W)	6.5(8.0,S)	7.2(9.2,S)	4.2(5.3,WSW)	3.3(4.6,SSE)
2009/08	SWAN	5.4(5.5,S)	5.5(7.2,NNE)	4.3(6.0,NW)	5.6(6.9,NE)	5.8(7.2,ENE)	6.1(7.8,SSW)	4.2(5.5,W)
2009/09	OBS1	2.2(5.6,E)	3.3(6.7,NNE)	4.2(9.8,SSE)	2.7(6.6,SSE)	2.5(6.0,S)	0.0(0.0,WSW)	0.0(0.0,SSE)
2009/09	SWAN	2.6(4.7,SE)	2.8(4.8,NNE)	1.7(5.8,E)	2.5(4.6,NNE)	2.5(5.9,S)	2.6(4.6,ESE)	2.1(5.0,S)
2009/10	OBS1	3.8(6.6,NNW)	4.3(6.0,NNE)	3.1(7.9,W)	3.5(7.1,NE)	4.8(10.1,NE)	3.2(3.5,NE)	2.3(5.2,N)
2009/10	SWAN	4.9(6.6,NNE)	5.1(6.1,NNE)	2.0(4.7,E)	4.4(6.1,N)	4.8(6.1,N)	4.7(6.3,ENE)	2.5(4.1,N)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 5-17 2009 年各商港之觀測及預報最大示性波高(日/時)月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	5.8(04/04)	0.0(NaN)	1.1(21/22)	2.9(21/15)	2.7(09/01)	4.3(21/09)	1.1(04/07)
2008/12	SWAN	4.9(22/01)	4.5(22/01)	1.9(04/07)	5.3(04/13)	5.1(22/01)	4.3(22/01)	2.0(04/07)
2009/01	OBS1	4.1(22/14)	0.0(NaN)	1.2(08/23)	2.8(09/14)	2.1(01/09)	2.8(06/22)	1.9(05/15)
2009/01	SWAN	4.2(09/10)	3.8(00/01)	1.9(23/13)	4.3(23/04)	4.2(09/10)	3.7(01/01)	2.0(23/13)
2009/02	OBS1	3.5(19/13)	0.0(NaN)	1.2(11/22)	3.2(14/07)	10.0(09/15)	3.0(15/19)	2.1(11/20)
2009/02	SWAN	2.9(20/04)	3.0(20/01)	1.6(12/04)	3.0(20/01)	2.9(20/04)	2.8(20/07)	1.6(11/19)
2009/03	OBS1	4.1(13/02)	0.0(NaN)	1.6(13/02)	2.7(13/15)	2.9(29/08)	0.0(NaN)	1.3(13/06)
2009/03	SWAN	4.1(13/19)	3.6(13/13)	2.1(13/01)	4.5(13/10)	4.3(13/19)	3.7(13/13)	2.2(13/01)
2009/04	OBS1	2.9(24/13)	0.0(NaN)	1.1(08/17)	2.8(01/09)	2.4(01/00)	0.0(NaN)	1.5(19/01)
2009/04	SWAN	2.8(01/13)	2.6(01/01)	2.0(19/07)	2.8(01/13)	2.9(01/13)	2.6(01/13)	2.2(19/16)
2009/05	OBS1	1.9(25/22)	0.0(NaN)	1.1(06/22)	2.6(12/10)	2.1(28/20)	0.0(NaN)	1.1(15/11)
2009/05	SWAN	2.3(07/07)	2.3(06/19)	0.8(17/01)	2.2(07/16)	2.0(07/07)	2.1(07/07)	1.6(07/01)
2009/06	OBS1	1.7(03/22)	2.8(21/02)	6.4(20/10)	2.6(17/18)	2.2(04/02)	2.7(21/18)	7.0(20/09)
2009/06	SWAN	1.6(04/10)	3.7(20/04)	3.3(20/07)	2.5(21/16)	2.0(21/16)	2.6(03/19)	4.8(20/07)
2009/07	OBS1	1.1(06/18)	1.8(19/09)	3.5(17/23)	4.1(17/03)	5.1(17/07)	2.0(00/13)	3.3(17/22)
2009/07	SWAN	2.4(16/13)	2.6(17/10)	2.8(17/10)	3.8(16/22)	3.7(16/22)	1.9(16/16)	3.3(17/10)
2009/08	OBS1	4.5(06/12)	7.8(07/00)	3.9(04/14)	6.5(06/11)	7.2(07/08)	4.2(06/13)	3.3(03/13)
2009/08	SWAN	5.4(09/01)	5.5(06/22)	4.3(06/22)	5.6(06/22)	5.8(06/22)	6.1(06/22)	4.2(06/22)
2009/09	OBS1	2.2(28/06)	3.3(28/04)	4.2(29/02)	2.7(19/12)	2.5(12/15)	0.0(NaN)	0.0(NaN)
2009/09	SWAN	2.6(25/16)	2.8(25/19)	1.7(29/07)	2.5(25/10)	2.5(02/04)	2.6(25/19)	2.1(29/07)
2009/10	OBS1	3.8(04/00)	4.3(03/23)	3.1(04/11)	3.5(23/14)	4.8(05/17)	3.2(04/04)	2.3(05/00)
2009/10	SWAN	4.9(21/19)	5.1(02/22)	2.0(23/16)	4.4(21/19)	4.8(21/19)	4.7(02/22)	2.5(03/22)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 5-18 2009 年各商港之觀測及預報最大平均波浪週期(波高)月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	7.9(5.5,NW)	0.0(0.0,NaN)	4.9(0.5,N)	7.2(1.7,NE)	7.3(0.0,NNW)	6.4(3.4,NE)	5.5(0.5,NNE)
2008/12	SWAN	7.1(4.9,N)	6.1(4.2,NE)	4.3(1.9,N)	7.0(5.3,N)	7.2(5.1,NNW)	6.2(4.3,NNE)	4.2(1.7,N)
2009/01	OBS1	7.5(2.8,NW)	0.0(0.0,NaN)	4.7(0.7,N)	7.3(2.1,NE)	7.3(0.0,NW)	5.7(1.8,NNE)	5.6(0.3,NNE)
2009/01	SWAN	6.4(4.0,N)	5.7(3.7,NE)	4.1(1.9,N)	6.3(4.1,N)	6.4(4.2,NNW)	5.7(3.6,NNE)	4.1(2.0,NNE)
2009/02	OBS1	7.3(0.0,NW)	0.0(0.0,NaN)	8.4(0.0,SSE)	7.1(1.5,SSE)	7.3(0.0,S)	5.6(3.0,NE)	5.0(0.3,S)
2009/02	SWAN	5.3(2.9,ENE)	5.0(3.0,NE)	4.4(1.4,SE)	5.0(3.0,SSW)	5.2(2.9,S)	4.9(2.8,ENE)	4.4(1.3,N)
2009/03	OBS1	7.3(0.0,NW)	0.0(0.0,NaN)	4.7(0.9,N)	7.5(1.5,NE)	7.6(2.9,NNE)	0.0(0.0,NaN)	5.0(0.4,NNE)
2009/03	SWAN	7.8(2.9,N)	5.7(3.5,NE)	4.3(2.1,N)	7.1(3.2,NNE)	7.7(3.2,NNW)	6.2(1.8,N)	4.3(2.2,N)
2009/04	OBS1	6.3(2.5,WNW)	0.0(0.0,NaN)	5.1(0.4,SSE)	6.8(1.5,NE)	7.3(0.0,NNE)	0.0(0.0,NaN)	5.5(0.3,N)
2009/04	SWAN	5.1(1.3,ESE)	4.7(1.8,NE)	4.6(2.0,SE)	5.0(1.6,NE)	5.0(2.7,NE)	5.1(1.3,WSW)	4.8(2.1,N)
2009/05	OBS1	6.8(1.5,NNW)	0.0(0.0,NaN)	6.3(1.0,SSE)	7.2(1.6,SE)	7.3(0.0,SSE)	0.0(0.0,NaN)	6.3(0.8,NNE)
2009/05	SWAN	4.5(2.3,ESE)	4.3(2.3,NNE)	3.8(0.8,SSE)	4.3(2.2,NNE)	4.2(2.0,N)	4.2(0.8,E)	3.6(0.7,SSW)
2009/06	OBS1	7.3(0.0,NNW)	6.2(1.1,NNE)	8.4(5.8,S)	7.4(1.8,SSE)	7.3(0.0,S)	6.2(1.2,WSW)	8.4(3.7,S)
2009/06	SWAN	6.0(1.4,SE)	4.9(3.7,S)	6.3(2.1,SE)	4.3(2.1,SSW)	4.6(2.0,SSE)	4.7(2.6,SW)	6.2(4.8,SSE)
2009/07	OBS1	5.9(0.5,E)	5.5(1.0,N)	7.0(3.5,SSE)	7.8(4.1,S)	6.9(5.1,S)	4.9(1.2,WSW)	7.9(3.3,SSE)
2009/07	SWAN	5.4(1.5,N)	4.5(1.0,N)	4.9(1.5,N)	5.6(3.8,N)	5.7(3.7,N)	5.2(1.6,N)	5.1(3.3,N)
2009/08	OBS1	7.3(0.0,NE)	7.4(3.9,N)	7.5(3.8,W)	9.7(5.6,S)	9.2(5.8,S)	7.2(1.4,WSW)	8.0(2.6,SSE)
2009/08	SWAN	8.0(1.6,S)	7.2(5.5,NNE)	6.5(3.5,NW)	6.9(5.6,NE)	7.2(5.8,ENE)	7.8(5.6,SSW)	5.5(4.2,W)
2009/09	OBS1	7.3(0.0,E)	6.9(3.1,NNE)	10.4(4.0,SSE)	9.4(1.7,SSE)	9.3(2.0,S)	0.0(0.0,NaN)	0.0(0.0,NaN)
2009/09	SWAN	6.3(2.5,SE)	6.5(1.8,NNE)	7.1(1.6,E)	5.6(2.4,NNE)	5.9(2.5,S)	6.4(1.9,ESE)	6.0(1.7,S)
2009/10	OBS1	11.1(0.1,NNW)	6.0(4.3,NNE)	9.1(2.7,W)	8.9(3.2,NE)	10.1(4.8,NE)	6.1(2.7,NE)	7.7(2.1,N)
2009/10	SWAN	6.6(4.9,NNE)	6.5(1.8,NNE)	7.3(1.5,E)	6.1(4.4,N)	6.4(3.4,N)	6.4(2.0,ENE)	5.4(1.9,N)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 5-19 2009 年各商港之觀測及預報最大平均波浪週期(日/時)月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	OBS1	7.9(21/09)	0.0(NaN)	4.9(02/06)	7.2(01/21)	7.3(21/13)	6.4(04/06)	5.5(00/15)
2008/12	SWAN	7.1(22/01)	6.1(04/13)	4.3(04/07)	7.0(22/01)	7.2(21/22)	6.2(22/01)	4.2(21/13)
2009/01	OBS1	7.5(09/18)	0.0(NaN)	4.7(01/12)	7.3(01/10)	7.3(00/06)	5.7(10/04)	5.6(12/06)
2009/01	SWAN	6.4(23/07)	5.7(09/07)	4.1(23/13)	6.3(09/07)	6.4(23/04)	5.7(23/07)	4.1(23/13)
2009/02	OBS1	7.3(27/18)	0.0(NaN)	8.4(17/17)	7.1(00/09)	7.3(26/12)	5.6(15/19)	5.0(02/17)
2009/02	SWAN	5.3(20/04)	5.0(20/01)	4.4(13/13)	5.0(20/01)	5.2(20/04)	4.9(20/07)	4.4(22/04)
2009/03	OBS1	7.3(07/20)	0.0(NaN)	4.7(14/01)	7.5(09/16)	7.6(29/08)	0.0(NaN)	5.0(14/15)
2009/03	SWAN	7.8(13/07)	5.7(13/19)	4.3(13/01)	7.1(13/04)	7.7(13/04)	6.2(13/04)	4.3(13/01)
2009/04	OBS1	6.3(25/01)	0.0(NaN)	5.1(24/06)	6.8(01/23)	7.3(04/14)	0.0(NaN)	5.5(24/15)
2009/04	SWAN	5.1(17/07)	4.7(19/19)	4.6(19/07)	5.0(05/04)	5.0(01/04)	5.1(23/10)	4.8(19/07)
2009/05	OBS1	6.8(29/03)	0.0(NaN)	6.3(07/02)	7.2(02/10)	7.3(01/18)	0.0(NaN)	6.3(06/22)
2009/05	SWAN	4.5(07/07)	4.3(06/19)	3.8(17/01)	4.3(07/16)	4.2(07/07)	4.2(26/07)	3.6(17/01)
2009/06	OBS1	7.3(09/22)	6.2(20/11)	8.4(20/01)	7.4(18/00)	7.3(02/16)	6.2(21/02)	8.4(19/04)
2009/06	SWAN	6.0(18/19)	4.9(20/04)	6.3(22/04)	4.3(21/07)	4.6(21/16)	4.7(03/19)	6.2(20/07)
2009/07	OBS1	5.9(21/16)	5.5(19/08)	7.0(17/23)	7.8(17/03)	6.9(17/07)	4.9(13/16)	7.9(17/22)
2009/07	SWAN	5.4(13/07)	4.5(12/13)	4.9(03/01)	5.6(16/22)	5.7(16/22)	5.2(12/22)	5.1(17/10)
2009/08	OBS1	7.3(00/19)	7.4(06/11)	7.5(04/11)	9.7(06/05)	9.2(06/08)	7.2(07/12)	8.0(03/09)
2009/08	SWAN	8.0(03/16)	7.2(06/22)	6.5(09/04)	6.9(06/22)	7.2(06/22)	7.8(06/10)	5.5(06/22)
2009/09	OBS1	7.3(00/16)	6.9(28/11)	10.4(29/00)	9.4(18/00)	9.3(17/07)	0.0(NaN)	0.0(NaN)
2009/09	SWAN	6.3(02/04)	6.5(29/22)	7.1(29/04)	5.6(02/04)	5.9(02/04)	6.4(29/22)	6.0(29/04)
2009/10	OBS1	11.1(00/13)	6.0(03/23)	9.1(00/02)	8.9(20/07)	10.1(05/17)	6.1(07/05)	7.7(00/01)
2009/10	SWAN	6.6(21/19)	6.5(00/01)	7.3(00/10)	6.1(21/19)	6.4(07/04)	6.4(00/01)	5.4(00/01)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 5-20 2009 年各商港之觀測及 SWAN 預報示性波高各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	0.8(45.9%)	0.0(0.0%)	0.2(41.8%)	0.7(36.9%)	0.8(32.0%)	0.8(47.0%)	0.3(42.2%)
2008/12	標準偏差	0.5(68.9%)	0.0(0.0%)	0.2(52.0%)	0.7(35.6%)	0.8(28.7%)	0.5(68.2%)	0.2(50.6%)
2008/12	最大偏差	3.2(0.4%)	0.0(0.0%)	1.2(0.4%)	3.2(0.4%)	4.5(0.4%)	2.7(0.4%)	1.1(0.6%)
2008/12	平均比值	1.6(48.0%)	0.0(0.0%)	1.3(10.7%)	1.3(44.9%)	3.6(0.8%)	1.7(47.9%)	1.3(51.1%)
2009/01	平均偏差	0.7(49.7%)	0.0(0.0%)	0.2(41.0%)	0.7(45.9%)	1.3(45.5%)	0.7(50.8%)	0.2(45.5%)
2009/01	標準偏差	0.5(60.3%)	0.0(0.0%)	0.1(47.9%)	0.5(67.6%)	0.6(90.9%)	0.4(70.5%)	0.2(49.7%)
2009/01	最大偏差	2.8(0.6%)	0.0(0.0%)	0.7(0.7%)	2.4(0.6%)	2.5(9.1%)	1.9(0.8%)	1.4(0.7%)
2009/01	平均比值	1.3(44.1%)	0.0(0.0%)	1.0(48.6%)	2.5(1.2%)	1.8(45.5%)	1.4(45.9%)	1.2(49.7%)
2009/02	平均偏差	0.4(43.0%)	0.0(0.0%)	0.3(37.3%)	0.4(38.6%)	0.4(37.4%)	0.3(40.4%)	0.3(33.8%)
2009/02	標準偏差	0.4(49.3%)	0.0(0.0%)	0.3(49.2%)	0.3(47.4%)	0.3(40.4%)	0.3(54.1%)	0.3(35.3%)
2009/02	最大偏差	2.7(0.5%)	0.0(0.0%)	1.4(0.5%)	2.4(0.5%)	1.7(0.5%)	1.4(0.7%)	1.0(0.5%)
2009/02	平均比值	1.3(35.3%)	0.0(0.0%)	2.5(13.0%)	0.9(44.7%)	0.9(47.8%)	1.3(32.9%)	1.4(35.3%)
2009/03	平均偏差	0.5(38.3%)	0.0(0.0%)	0.2(43.8%)	0.5(42.6%)	0.5(38.0%)	0.0(0.0%)	0.2(34.5%)
2009/03	標準偏差	0.5(42.9%)	0.0(0.0%)	0.1(69.7%)	0.4(50.6%)	0.5(38.0%)	0.0(0.0%)	0.2(29.5%)
2009/03	最大偏差	3.2(0.4%)	0.0(0.0%)	1.1(0.6%)	2.4(0.4%)	2.8(0.4%)	0.0(0.0%)	1.6(0.5%)
2009/03	平均比值	1.2(42.5%)	0.0(0.0%)	1.2(17.4%)	1.0(50.2%)	3.3(1.7%)	0.0(0.0%)	1.2(40.0%)
2009/04	平均偏差	0.6(46.8%)	0.0(0.0%)	0.3(41.0%)	0.4(42.2%)	0.5(43.4%)	0.0(0.0%)	0.2(33.3%)
2009/04	標準偏差	0.4(64.8%)	0.0(0.0%)	0.2(51.5%)	0.3(56.5%)	0.4(57.0%)	0.0(0.0%)	0.2(30.8%)
2009/04	最大偏差	1.9(0.4%)	0.0(0.0%)	1.3(0.4%)	1.5(0.4%)	1.5(0.4%)	0.0(0.0%)	1.3(0.4%)
2009/04	平均比值	1.5(48.9%)	0.0(0.0%)	0.9(32.6%)	1.1(50.9%)	1.1(46.0%)	0.0(0.0%)	1.2(39.6%)
2009/05	平均偏差	0.4(40.2%)	0.0(0.0%)	0.3(49.0%)	0.3(36.2%)	0.3(40.3%)	0.0(0.0%)	0.2(44.4%)
2009/05	標準偏差	0.3(56.6%)	0.0(0.0%)	0.2(63.7%)	0.3(44.0%)	0.2(47.3%)	0.0(0.0%)	0.1(56.4%)
2009/05	最大偏差	1.8(0.4%)	0.0(0.0%)	0.8(0.4%)	2.3(0.4%)	1.3(0.4%)	0.0(0.0%)	0.6(0.9%)
2009/05	平均比值	1.6(47.1%)	0.0(0.0%)	0.6(42.0%)	0.9(42.2%)	1.3(15.2%)	0.0(0.0%)	0.9(42.2%)
2009/06	平均偏差	0.4(44.0%)	0.5(36.2%)	0.5(25.0%)	0.3(38.8%)	0.3(31.2%)	0.6(38.9%)	0.4(28.4%)
2009/06	標準偏差	0.3(63.2%)	0.5(33.0%)	0.7(18.2%)	0.3(50.0%)	0.3(29.8%)	0.5(46.1%)	0.5(20.8%)
2009/06	最大偏差	1.2(0.4%)	3.1(1.1%)	3.9(0.4%)	1.2(0.4%)	1.5(0.7%)	2.2(0.5%)	3.1(0.5%)
2009/06	平均比值	2.3(44.0%)	1.6(36.2%)	1.0(49.6%)	1.2(45.7%)	2.1(1.4%)	2.1(41.5%)	1.0(49.2%)
2009/07	平均偏差	0.3(38.7%)	0.3(40.3%)	0.4(38.6%)	0.4(40.0%)	0.5(33.6%)	0.4(40.8%)	0.3(39.2%)
2009/07	標準偏差	0.3(39.1%)	0.2(57.6%)	0.3(51.7%)	0.4(42.2%)	0.6(25.8%)	0.3(53.2%)	0.3(41.9%)
2009/07	最大偏差	1.8(0.4%)	1.8(0.4%)	1.5(0.7%)	2.6(0.4%)	3.9(0.4%)	1.4(0.4%)	1.6(0.4%)
2009/07	平均比值	1.8(43.5%)	1.6(44.1%)	1.3(36.6%)	1.2(35.2%)	1.0(34.9%)	1.6(45.1%)	1.4(32.2%)
2009/08	平均偏差	0.7(28.8%)	0.6(35.5%)	0.2(15.8%)	0.3(33.1%)	0.3(29.8%)	1.1(35.0%)	0.6(37.0%)
2009/08	標準偏差	1.0(22.3%)	0.6(38.4%)	0.5(5.9%)	0.4(31.0%)	0.4(21.2%)	1.1(32.9%)	0.6(37.0%)
2009/08	最大偏差	4.5(0.4%)	4.1(0.4%)	3.0(0.7%)	2.1(0.4%)	2.8(0.4%)	3.8(0.7%)	2.3(2.2%)
2009/08	平均比值	2.7(21.8%)	1.6(41.2%)	1.3(43.4%)	1.1(28.1%)	0.9(39.6%)	2.3(37.9%)	0.7(45.7%)
2009/09	平均偏差	0.4(35.8%)	0.5(40.5%)	0.5(23.7%)	0.4(37.9%)	0.4(39.6%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	標準偏差	0.4(42.4%)	0.5(44.3%)	0.6(20.2%)	0.3(48.9%)	0.3(46.2%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	最大偏差	2.0(0.4%)	2.3(0.4%)	3.6(0.5%)	1.5(0.4%)	1.4(0.4%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	平均比值	1.9(16.2%)	1.2(16.0%)	0.9(49.0%)	1.5(10.6%)	1.4(8.8%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/10	平均偏差	0.7(37.4%)	0.7(41.1%)	0.4(36.1%)	0.6(35.5%)	0.8(40.3%)	0.7(35.4%)	0.4(37.0%)
2009/10	標準偏差	0.7(41.2%)	0.5(58.5%)	0.4(32.4%)	0.5(50.2%)	0.6(63.0%)	0.7(37.0%)	0.3(45.0%)
2009/10	最大偏差	3.1(0.4%)	2.2(0.4%)	2.2(0.4%)	2.6(0.4%)	3.3(0.4%)	3.3(0.6%)	1.4(1.0%)
2009/10	平均比值	1.4(42.0%)	0.9(49.6%)	0.7(49.0%)	0.9(44.9%)	1.5(7.4%)	1.3(44.2%)	1.2(45.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：示性波高偏差值(超越機率百分數)

表 5-21 2009 年各商港之觀測及 SWAN 預報波向各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	82.9(46.7%)	0.0(0.0%)	40.3(41.4%)	86.8(54.4%)	118.3(57.1%)	71.6(38.6%)	30.6(44.2%)
2008/12	標準偏差	79.7(46.7%)	0.0(0.0%)	33.0(49.2%)	18.7(99.6%)	28.5(98.8%)	50.8(39.8%)	24.1(53.0%)
2008/12	最大偏差	180.0(0.4%)	0.0(0.0%)	162.3(0.4%)	123.0(0.4%)	166.4(0.4%)	179.6(0.4%)	100.7(0.6%)
2008/12	平均比值	6.9(48.4%)	0.0(0.0%)	1.0(64.3%)	1.7(49.8%)	2.5(47.8%)	64.5(20.3%)	0.9(55.2%)
2009/01	平均偏差	47.1(21.8%)	0.0(0.0%)	34.5(40.3%)	97.8(51.8%)	151.6(54.5%)	64.0(28.7%)	19.1(36.6%)
2009/01	標準偏差	66.5(21.8%)	0.0(0.0%)	30.0(45.1%)	25.2(100.0%)	8.2(100.0%)	43.1(41.0%)	18.2(39.3%)
2009/01	最大偏差	179.7(0.6%)	0.0(0.0%)	175.2(0.7%)	145.5(0.6%)	163.8(9.1%)	140.7(0.8%)	90.2(0.7%)
2009/01	平均比值	7.9(45.8%)	0.0(0.0%)	1.1(49.3%)	1.9(49.4%)	3.4(45.5%)	62.0(29.5%)	1.0(52.4%)
2009/02	平均偏差	92.8(57.5%)	0.0(0.0%)	70.4(47.2%)	59.4(55.3%)	82.3(58.6%)	74.0(41.1%)	62.1(42.3%)
2009/02	標準偏差	70.8(60.2%)	0.0(0.0%)	44.7(65.8%)	29.3(80.9%)	42.7(78.3%)	54.6(45.2%)	47.2(52.7%)
2009/02	最大偏差	179.9(0.5%)	0.0(0.0%)	174.7(0.5%)	145.0(0.5%)	156.4(0.5%)	179.5(0.7%)	179.1(0.5%)
2009/02	平均比值	7.0(48.9%)	0.0(0.0%)	0.9(54.9%)	1.4(56.7%)	1.9(51.7%)	85.4(17.8%)	0.7(56.2%)
2009/03	平均偏差	79.7(47.5%)	0.0(0.0%)	53.1(44.9%)	74.3(57.4%)	99.7(62.9%)	0.0(0.0%)	50.8(46.0%)
2009/03	標準偏差	72.3(47.5%)	0.0(0.0%)	43.9(48.9%)	36.1(79.3%)	44.0(83.5%)	0.0(0.0%)	43.1(48.5%)
2009/03	最大偏差	180.0(0.4%)	0.0(0.0%)	174.2(0.6%)	172.7(0.4%)	174.1(0.4%)	0.0(0.0%)	179.0(0.5%)
2009/03	平均比值	6.9(49.2%)	0.0(0.0%)	0.9(66.9%)	1.7(57.8%)	2.3(58.6%)	0.0(0.0%)	0.9(58.5%)
2009/04	平均偏差	80.1(43.3%)	0.0(0.0%)	66.7(43.9%)	84.1(50.9%)	105.0(63.8%)	0.0(0.0%)	52.2(43.3%)
2009/04	標準偏差	68.7(46.8%)	0.0(0.0%)	43.4(66.5%)	34.2(90.5%)	41.4(87.2%)	0.0(0.0%)	41.1(52.5%)
2009/04	最大偏差	179.5(0.4%)	0.0(0.0%)	177.3(0.4%)	175.4(0.4%)	172.2(0.4%)	0.0(0.0%)	179.7(0.4%)
2009/04	平均比值	6.3(39.9%)	0.0(0.0%)	0.9(58.2%)	1.7(55.2%)	2.3(51.1%)	0.0(0.0%)	0.9(50.4%)
2009/05	平均偏差	98.7(62.3%)	0.0(0.0%)	87.5(45.7%)	62.8(55.6%)	89.2(56.4%)	0.0(0.0%)	74.3(43.1%)
2009/05	標準偏差	65.2(64.3%)	0.0(0.0%)	51.2(73.5%)	36.3(72.4%)	44.2(79.8%)	0.0(0.0%)	44.4(74.2%)
2009/05	最大偏差	179.4(0.4%)	0.0(0.0%)	180.0(0.4%)	144.8(0.4%)	166.7(0.4%)	0.0(0.0%)	179.8(0.4%)
2009/05	平均比值	5.6(43.4%)	0.0(0.0%)	0.6(39.2%)	1.5(54.3%)	2.0(49.0%)	0.0(0.0%)	0.7(47.1%)
2009/06	平均偏差	91.5(53.0%)	71.6(42.6%)	97.4(56.4%)	54.0(48.7%)	57.9(51.1%)	74.8(44.0%)	116.6(56.3%)
2009/06	標準偏差	50.4(76.1%)	42.3(71.3%)	60.8(68.6%)	28.7(78.0%)	39.2(61.0%)	51.6(60.1%)	53.0(85.3%)
2009/06	最大偏差	176.9(0.4%)	170.7(1.1%)	179.6(0.4%)	113.9(0.4%)	156.3(0.7%)	175.3(0.5%)	179.9(0.5%)
2009/06	平均比值	5.8(42.7%)	2.8(9.6%)	0.4(33.9%)	0.8(36.6%)	1.0(42.6%)	10.3(7.8%)	0.5(36.0%)
2009/07	平均偏差	89.9(52.2%)	78.6(43.6%)	63.5(38.6%)	51.6(52.6%)	53.4(45.9%)	63.8(41.2%)	68.9(41.9%)
2009/07	標準偏差	56.4(65.2%)	37.8(87.7%)	46.5(51.7%)	27.8(75.7%)	34.0(67.7%)	37.4(77.3%)	61.5(43.2%)
2009/07	最大偏差	178.7(0.4%)	179.0(0.4%)	179.9(0.7%)	123.3(0.4%)	159.4(0.4%)	175.8(0.4%)	179.6(0.4%)
2009/07	平均比值	8.2(12.6%)	1.9(9.3%)	0.4(33.8%)	0.8(37.8%)	1.0(46.3%)	1.8(6.0%)	0.4(32.2%)
2009/08	平均偏差	75.6(46.3%)	75.8(44.3%)	64.0(42.1%)	72.1(59.1%)	86.3(51.8%)	82.3(47.9%)	86.5(52.2%)
2009/08	標準偏差	49.3(62.0%)	51.2(58.9%)	44.5(60.5%)	38.8(76.4%)	48.4(72.7%)	50.7(70.7%)	40.7(87.0%)
2009/08	最大偏差	179.8(0.4%)	179.6(0.4%)	179.5(0.7%)	175.1(0.4%)	179.3(0.4%)	174.5(0.7%)	164.6(2.2%)
2009/08	平均比值	7.2(42.8%)	31.3(6.1%)	0.5(30.3%)	1.3(53.3%)	1.9(48.6%)	44.4(10.7%)	0.9(50.0%)
2009/09	平均偏差	60.8(31.9%)	63.5(35.4%)	77.7(50.0%)	79.4(59.6%)	122.1(61.2%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	標準偏差	56.3(33.6%)	48.9(55.7%)	39.1(82.8%)	31.7(90.2%)	46.9(89.2%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	最大偏差	179.1(0.4%)	178.0(0.4%)	178.3(0.5%)	127.8(0.4%)	178.8(0.4%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	平均比值	6.8(41.5%)	20.9(19.4%)	0.8(47.5%)	1.6(60.9%)	2.7(55.8%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/10	平均偏差	45.6(25.5%)	49.0(37.0%)	65.2(44.8%)	91.3(55.9%)	123.1(60.9%)	75.5(45.9%)	46.6(45.0%)
2009/10	標準偏差	57.0(20.2%)	36.6(56.9%)	33.6(85.1%)	26.4(98.4%)	34.3(96.3%)	44.8(62.4%)	26.1(73.0%)
2009/10	最大偏差	179.8(0.4%)	179.1(0.4%)	175.4(0.4%)	175.5(0.4%)	178.9(0.4%)	171.0(0.6%)	108.8(1.0%)
2009/10	平均比值	7.3(42.8%)	21.8(40.7%)	1.0(68.9%)	1.8(47.8%)	2.6(45.7%)	45.7(18.2%)	0.8(57.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：波向偏差值(超越機率百分數)

表 5-22 2009 年各商港之觀測及 SWAN 預報平均波浪週期各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
2008/12	平均偏差	0.8(43.0%)	0.0(0.0%)	1.6(52.9%)	1.9(52.5%)	1.6(49.0%)	0.7(41.5%)	0.6(48.9%)
2008/12	標準偏差	0.6(54.1%)	0.0(0.0%)	0.7(89.3%)	0.9(84.7%)	0.8(82.2%)	0.5(50.4%)	0.4(65.6%)
2008/12	最大偏差	3.9(0.4%)	0.0(0.0%)	3.0(0.4%)	3.7(0.4%)	4.4(0.4%)	2.3(0.4%)	2.3(0.6%)
2008/12	平均比值	0.9(48.8%)	0.0(0.0%)	0.6(42.2%)	0.7(40.3%)	0.8(42.1%)	1.1(42.8%)	1.3(53.3%)
2009/01	平均偏差	1.0(44.7%)	0.0(0.0%)	1.3(57.6%)	2.0(50.0%)	1.2(45.5%)	0.6(41.0%)	0.8(52.4%)
2009/01	標準偏差	0.7(60.3%)	0.0(0.0%)	0.5(91.0%)	1.1(75.3%)	0.7(63.6%)	0.5(54.1%)	0.4(83.4%)
2009/01	最大偏差	3.3(0.6%)	0.0(0.0%)	2.4(0.7%)	4.7(0.6%)	2.3(9.1%)	2.3(0.8%)	2.0(0.7%)
2009/01	平均比值	0.8(52.5%)	0.0(0.0%)	0.7(41.0%)	0.7(46.5%)	0.8(45.5%)	0.9(47.5%)	1.4(51.7%)
2009/02	平均偏差	1.4(46.2%)	0.0(0.0%)	1.4(47.7%)	2.3(51.2%)	1.7(49.8%)	0.6(39.0%)	0.8(33.3%)
2009/02	標準偏差	0.6(88.7%)	0.0(0.0%)	0.7(80.8%)	0.8(96.3%)	0.7(89.2%)	0.5(48.6%)	0.8(33.3%)
2009/02	最大偏差	3.3(0.5%)	0.0(0.0%)	3.3(0.5%)	4.5(0.5%)	3.4(0.5%)	2.6(0.7%)	2.9(0.5%)
2009/02	平均比值	0.7(49.3%)	0.0(0.0%)	0.7(39.4%)	0.6(46.5%)	0.7(41.9%)	0.9(47.3%)	1.4(31.8%)
2009/03	平均偏差	1.1(47.1%)	0.0(0.0%)	1.4(50.6%)	2.0(48.9%)	1.5(46.4%)	0.0(0.0%)	0.6(40.5%)
2009/03	標準偏差	0.7(72.5%)	0.0(0.0%)	0.6(88.2%)	0.9(89.0%)	0.9(73.0%)	0.0(0.0%)	0.5(51.5%)
2009/03	最大偏差	3.9(0.4%)	0.0(0.0%)	2.8(0.6%)	4.0(0.4%)	4.8(0.4%)	0.0(0.0%)	3.0(0.5%)
2009/03	平均比值	0.8(44.6%)	0.0(0.0%)	0.6(45.5%)	0.6(49.4%)	0.7(45.1%)	0.0(0.0%)	1.3(42.5%)
2009/04	平均偏差	0.9(41.2%)	0.0(0.0%)	1.4(48.5%)	1.9(50.0%)	1.3(49.8%)	0.0(0.0%)	0.6(33.8%)
2009/04	標準偏差	0.7(54.9%)	0.0(0.0%)	0.6(86.2%)	0.7(94.4%)	0.8(74.5%)	0.0(0.0%)	0.6(42.5%)
2009/04	最大偏差	3.1(0.4%)	0.0(0.0%)	2.9(0.4%)	3.6(0.4%)	3.5(0.4%)	0.0(0.0%)	2.8(0.4%)
2009/04	平均比值	0.8(55.8%)	0.0(0.0%)	0.6(41.8%)	0.6(47.0%)	0.7(45.1%)	0.0(0.0%)	1.2(48.8%)
2009/05	平均偏差	1.2(45.1%)	0.0(0.0%)	1.8(47.8%)	2.3(49.1%)	1.8(46.9%)	0.0(0.0%)	0.6(36.0%)
2009/05	標準偏差	0.6(80.7%)	0.0(0.0%)	0.8(84.5%)	0.9(93.1%)	0.9(86.0%)	0.0(0.0%)	0.6(36.4%)
2009/05	最大偏差	3.2(0.4%)	0.0(0.0%)	4.1(0.4%)	4.3(0.4%)	4.2(0.4%)	0.0(0.0%)	3.7(0.4%)
2009/05	平均比值	0.7(50.4%)	0.0(0.0%)	0.6(45.7%)	0.6(50.0%)	0.6(46.9%)	0.0(0.0%)	1.2(44.4%)
2009/06	平均偏差	1.0(40.6%)	0.7(41.5%)	1.5(41.5%)	1.6(48.7%)	1.5(51.1%)	0.7(38.3%)	1.0(36.0%)
2009/06	標準偏差	0.7(60.3%)	0.5(51.1%)	1.1(58.9%)	0.9(74.1%)	0.8(72.3%)	0.6(42.0%)	1.0(37.1%)
2009/06	最大偏差	5.4(0.4%)	1.8(1.1%)	4.8(0.4%)	4.5(0.4%)	3.8(0.7%)	3.5(0.5%)	5.3(0.5%)
2009/06	平均比值	0.8(44.4%)	0.9(46.8%)	0.7(45.8%)	0.7(48.7%)	0.7(44.7%)	1.0(44.6%)	1.2(45.2%)
2009/07	平均偏差	0.9(48.7%)	0.5(39.4%)	1.3(44.1%)	2.0(48.7%)	1.5(48.9%)	0.6(42.9%)	1.1(48.5%)
2009/07	標準偏差	0.5(76.1%)	0.4(50.0%)	0.9(57.9%)	1.0(82.2%)	0.8(74.2%)	0.5(47.6%)	0.7(70.5%)
2009/07	最大偏差	3.8(0.4%)	2.2(0.4%)	4.2(0.7%)	4.6(0.4%)	3.7(0.4%)	2.9(0.4%)	3.4(0.4%)
2009/07	平均比值	0.8(44.3%)	1.0(53.4%)	0.8(44.8%)	0.6(46.1%)	0.7(47.2%)	1.1(39.9%)	1.4(46.7%)
2009/08	平均偏差	1.1(39.7%)	1.4(46.5%)	1.0(42.1%)	2.6(56.2%)	2.0(51.0%)	1.1(42.9%)	1.0(23.9%)
2009/08	標準偏差	0.9(51.5%)	0.9(62.9%)	0.8(52.0%)	1.2(84.7%)	0.9(86.1%)	0.9(48.6%)	1.3(23.9%)
2009/08	最大偏差	5.6(0.4%)	4.0(0.4%)	4.1(0.7%)	5.8(0.4%)	4.5(0.4%)	4.1(0.7%)	5.3(2.2%)
2009/08	平均比值	0.8(42.4%)	0.7(47.8%)	0.7(53.9%)	0.5(38.8%)	0.6(44.1%)	1.3(47.1%)	0.9(60.9%)
2009/09	平均偏差	1.1(51.5%)	1.5(44.7%)	2.1(37.4%)	2.6(46.8%)	1.8(46.2%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	標準偏差	0.7(69.9%)	0.9(68.8%)	1.5(57.6%)	1.1(94.0%)	1.0(77.5%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	最大偏差	3.9(0.4%)	3.8(0.4%)	7.7(0.5%)	6.4(0.4%)	6.8(0.4%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/09	平均比值	0.8(40.6%)	0.7(42.2%)	0.6(52.5%)	0.6(48.1%)	0.7(47.1%)	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)
2009/10	平均偏差	0.8(42.8%)	1.1(45.1%)	1.8(42.3%)	2.4(49.8%)	2.5(45.7%)	0.8(38.7%)	0.9(45.0%)
2009/10	標準偏差	0.7(53.9%)	0.7(66.3%)	1.1(74.3%)	0.9(95.1%)	1.6(67.5%)	0.7(47.0%)	0.7(56.0%)
2009/10	最大偏差	5.9(0.4%)	2.8(0.4%)	5.6(0.4%)	4.9(0.4%)	6.4(0.4%)	2.7(0.6%)	3.5(1.0%)
2009/10	平均比值	0.9(47.3%)	0.8(48.8%)	0.6(48.5%)	0.6(45.3%)	0.6(47.7%)	1.1(39.2%)	1.0(46.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：平均週期偏差值(超越機率百分數)

中央氣象局颱風警報發布概況表		
名 稱	蓮花(LINFA)	
編 號	0903	
生 成 地 點	菲律賓西方海面	
侵(近)台日期	2009 年 6 月 21 日	
發 布 時 間	海上:2009 年 6 月 19 日 20 時 30 分 陸上:2009 年 6 月 20 日 23 時 30 分	
解 除 時 間	海上:2009 年 6 月 22 日 8 時 30 分 陸上:2009 年 6 月 22 日 8 時 30 分	
發 布 報 數	21	
最 大 強 度	輕度	
近中心最大風速	28.0 (公尺/秒)	
侵台路徑分類	--	
登 陸 地 段	金門	
動 態	6 月 18 日在菲律賓西方海面上生成後近似滯留打轉，19 日轉而向北緩慢移動，20 日 15 時轉為朝北北東方向持續緩慢移動，20 時暴風圈進入海峽南部且移速略有加快地向北移動，21 日 2 時再度轉為偏北北東方向朝金門前進，8 時暴風圈進入澎湖及金門地區，強度略為減弱並繼續向北北東移動，17 時中心在金門附近且移速緩慢，22 時左右由金門附近進入大陸並轉向東北移動，22 日 5 時暴風圈進入馬祖地區且強度持續減弱，8 時減弱為熱帶性低氣壓。	
災 情	--	

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。

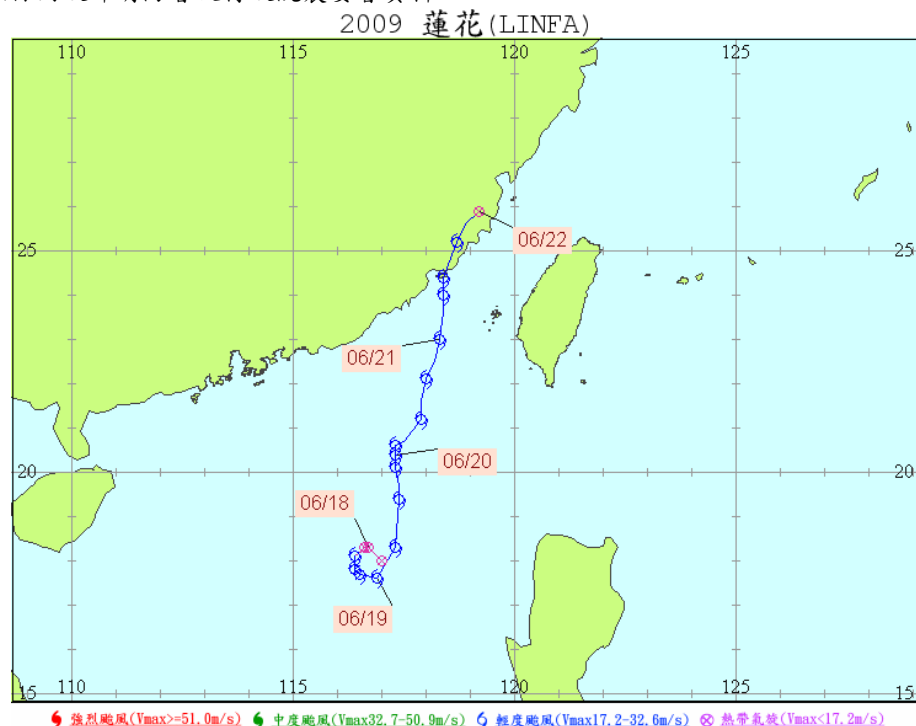


圖 5.1 蓮花颱風相關資料與路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況表	
名 稱	莫拉菲(MOLAVE)
編 號	0906
生 成 地 點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2009 年 7 月 17 日
發 布 時 間	海上:2009 年 7 月 16 日 22 時 0 分
解 除 時 間	海上:2009 年 7 月 18 日 8 時 30 分
發 布 報 數	13
最 大 強 度	輕度
近中心最大風速	30.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登 陸 地 段	未登陸
動 態	7 月 16 日在菲律賓東方海面上生成，23 時左右暴風圈進入巴士海峽，往西北西方向移動，17 日強度增強並繼續以西北西方向朝臺灣海峽南部前進，18 日 8 時左右中心位於東沙島東北方海面，對臺灣近海的威脅已解除。
災 情	--

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料

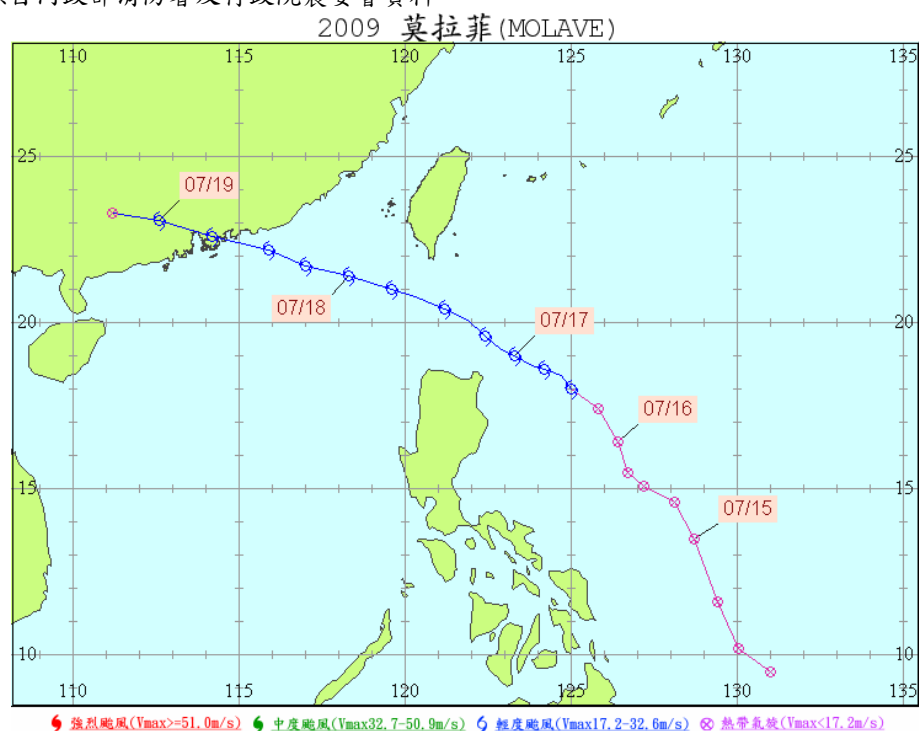


圖 5.2 莫拉菲颱風相關資料與路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況表	
名 稱	莫拉克(MORAKOT)
編 號	0908
生 成 地 點	菲律賓東北方海面
侵(近)台日期	2009 年 8 月 8 日
發 布 時 間	海上:2009 年 8 月 5 日 20 時 30 分 陸上:2009 年 8 月 6 日 8 時 30 分
解 除 時 間	海上:2009 年 8 月 10 日 5 時 30 分 陸上:2009 年 8 月 10 日 5 時 30 分
發 布 報 數	36
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	花蓮
動 態	8 月 4 日在菲律賓東北方約 1000 公里海面上生成，5 日增強為中度颱風並向西移動，6 日 17 時左右暴風圈逐漸進入台灣東部近海，強度持續增強並繼續向西移動，7 日 2 時左右路徑略為偏南，5 時左右移動速度略為減慢，並朝西北西至偏西的方向移動，其暴風圈已逐漸進入台灣東部陸地，17 時左右轉向西北方向移動，移速仍然緩慢，暴風圈已籠罩台灣各地，23 時 50 分左右在花蓮市附近登陸，8 日 2 時強度略為減弱，並於 5 時左右轉為偏北前進，11 時左右減弱為輕度颱風並往西北方向移動，14 時左右於桃園附近出海，並繼續向北北西緩慢移動，9 日 14 時左右強度減弱且暴風圈略為縮小，18 時 30 分左右在馬祖北方進入福建，台灣本島已脫離暴風圈，10 日 2 時左右強度持續減弱且暴風圈亦縮小，5 時馬祖脫離其暴風圈，11 日凌晨減弱為熱帶性低氣壓。
災 情	--

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。

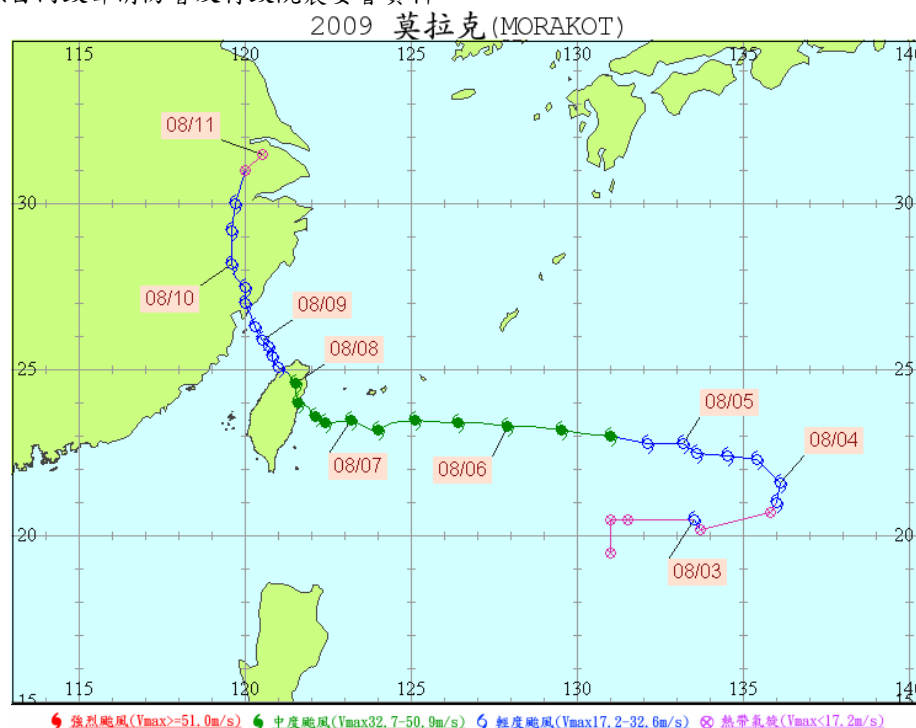


圖 5.3 莫拉克颱風相關資料與路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況表	
名 稱	芭瑪(PARMA)
編 號	0917
生 成 地 點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2009 年 10 月 5 日
發 布 時 間	海上:2009 年 10 月 3 日 5 時 30 分 陸上:2009 年 10 月 4 日 5 時 30 分
解 除 時 間	海上:2009 年 10 月 6 日 17 時 30 分 陸上:2009 年 10 月 5 日 23 時 30 分
發 布 報 數	29
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	未登陸
動 態	9 月 29 日在菲律賓東方約 1500 公里海面上生成，30 日增強為中度颱風並向西北移動，10 月 1 日迅速地增強為強烈颱風，移動方向仍朝向西北前進，2 日強度略減為中度颱風，並持續以向西北方向朝菲律賓前進，3 日於菲律賓東北岸登陸，移速減慢並持續向西北移動，4 日於菲律賓西北岸出海後，移速更為緩慢，強度亦減弱為輕度颱風，5 日於菲律賓西北方近海近似滯留，6 日凌晨左右轉為向東南方向移動，並於菲律賓西北岸再度登陸，7 日於菲律賓東北岸出海後，8 日轉為向西南方移動並二度登陸菲律賓，9 日於菲律賓西岸出海，以西北西方向緩慢移動，12 日於海南島登陸，14 日減弱為熱帶低氣壓。
災 情	--

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。

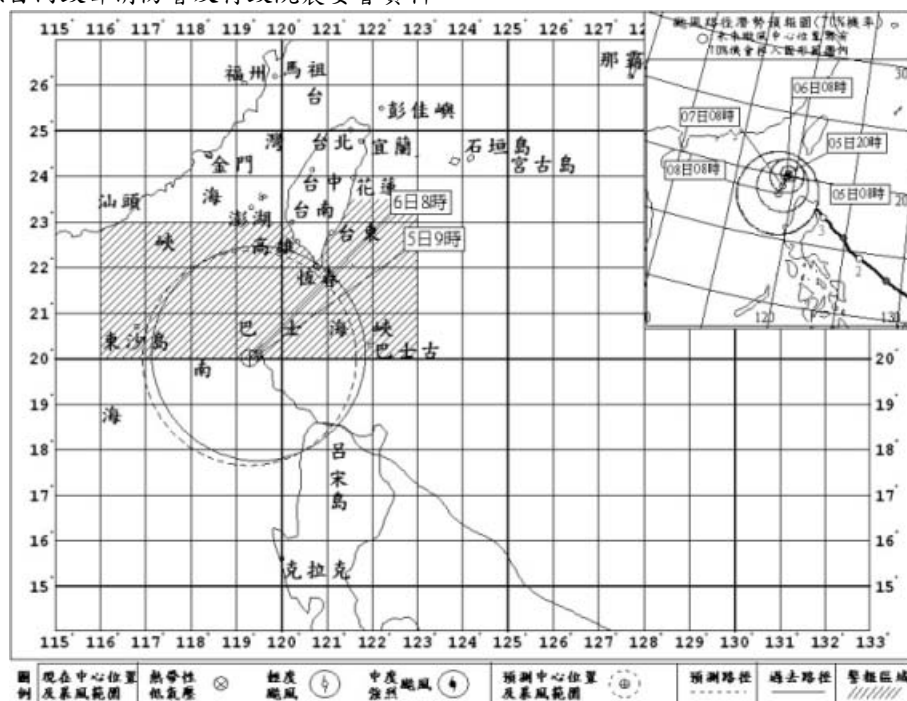


圖 5.4 芭瑪颱風相關資料與路徑圖

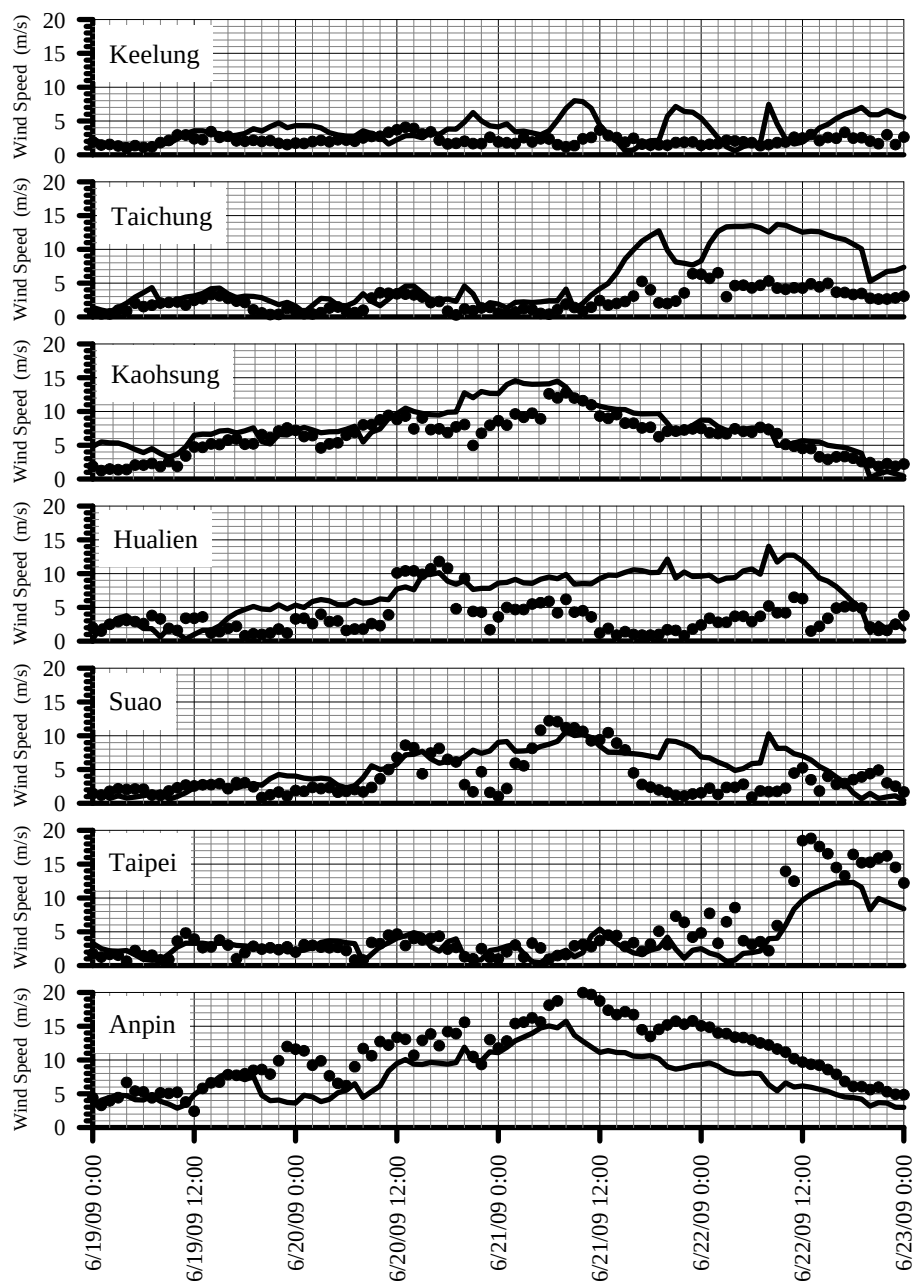


圖 5.5 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖

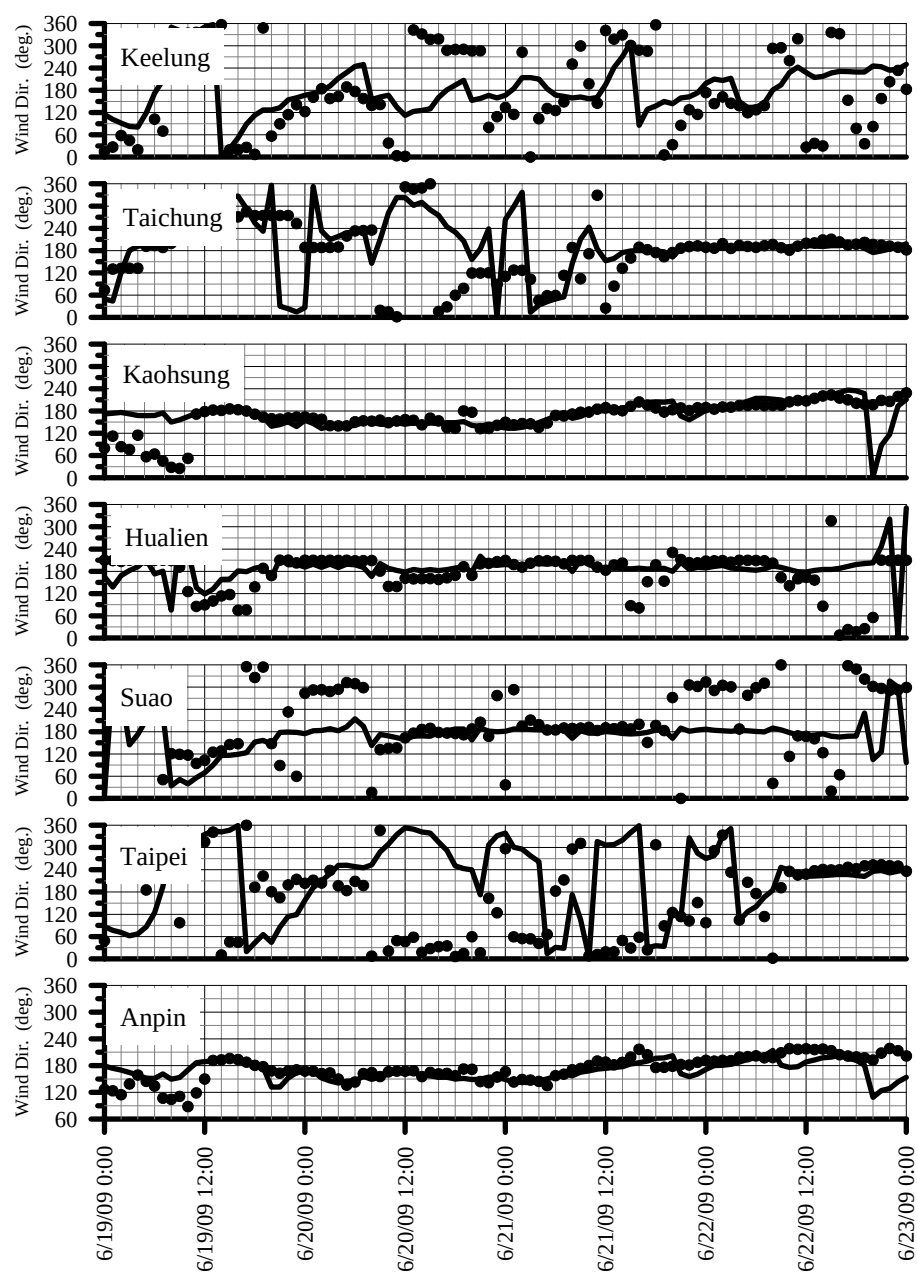


圖 5.6 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖

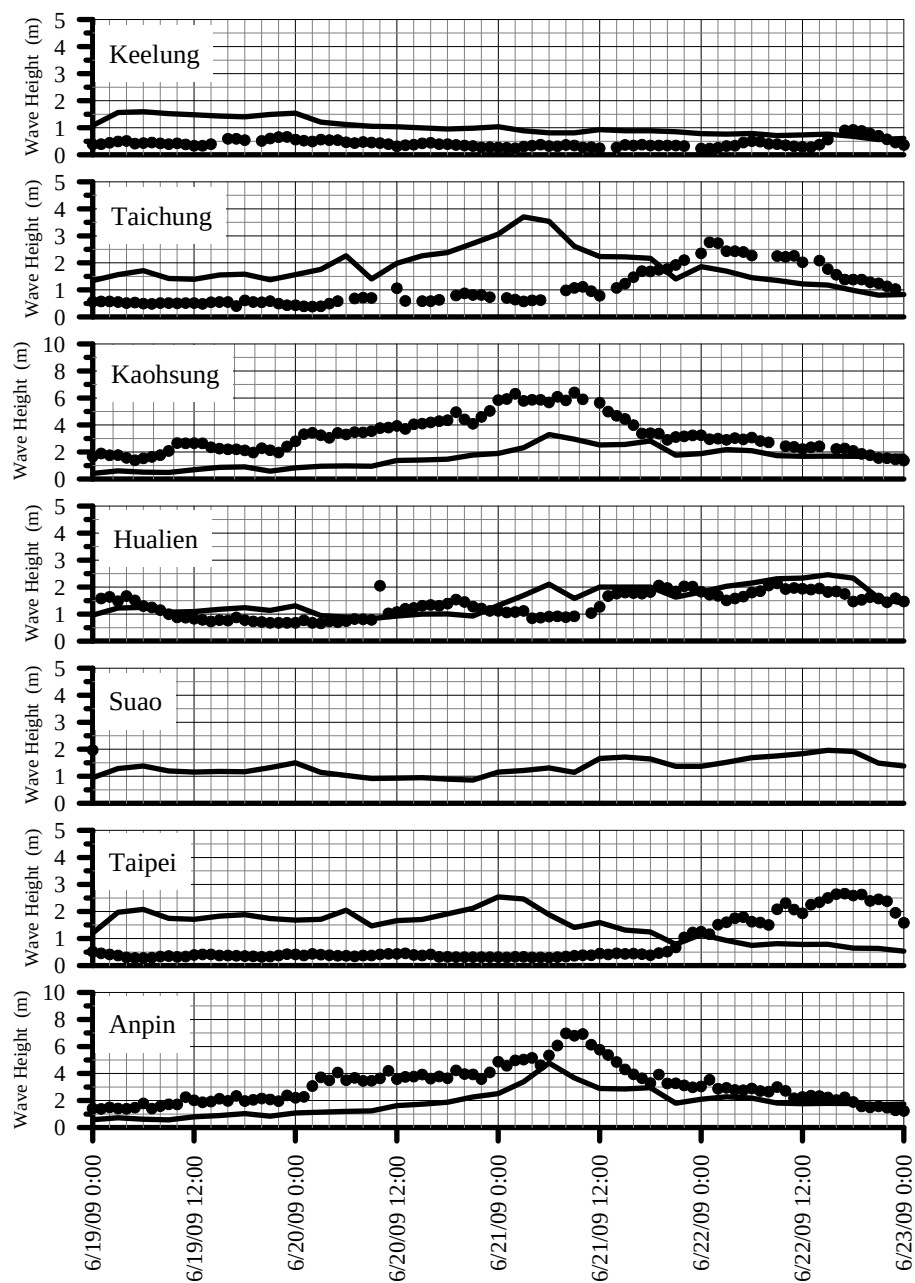


圖 5.7 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖

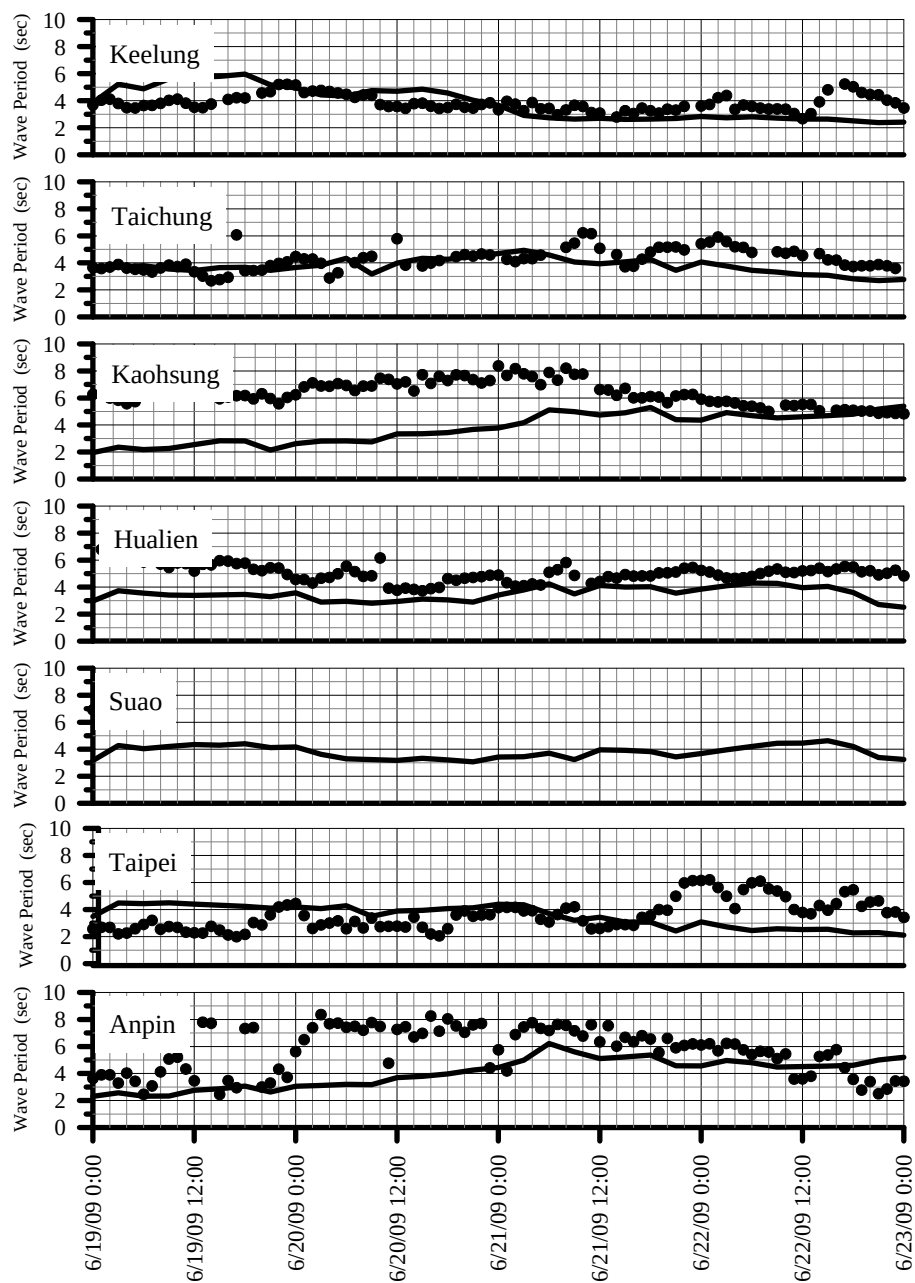


圖 5.8 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖

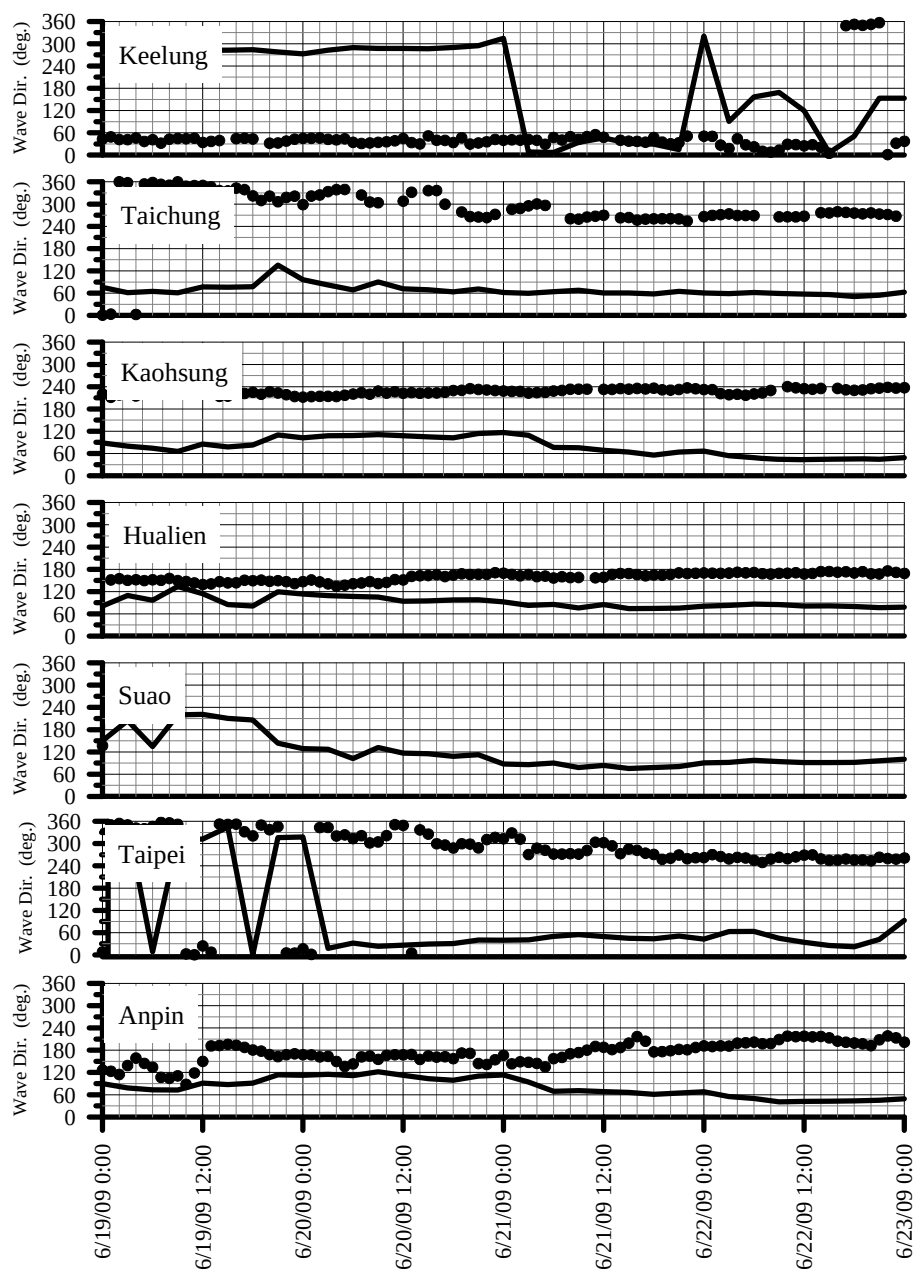


圖 5.9 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖

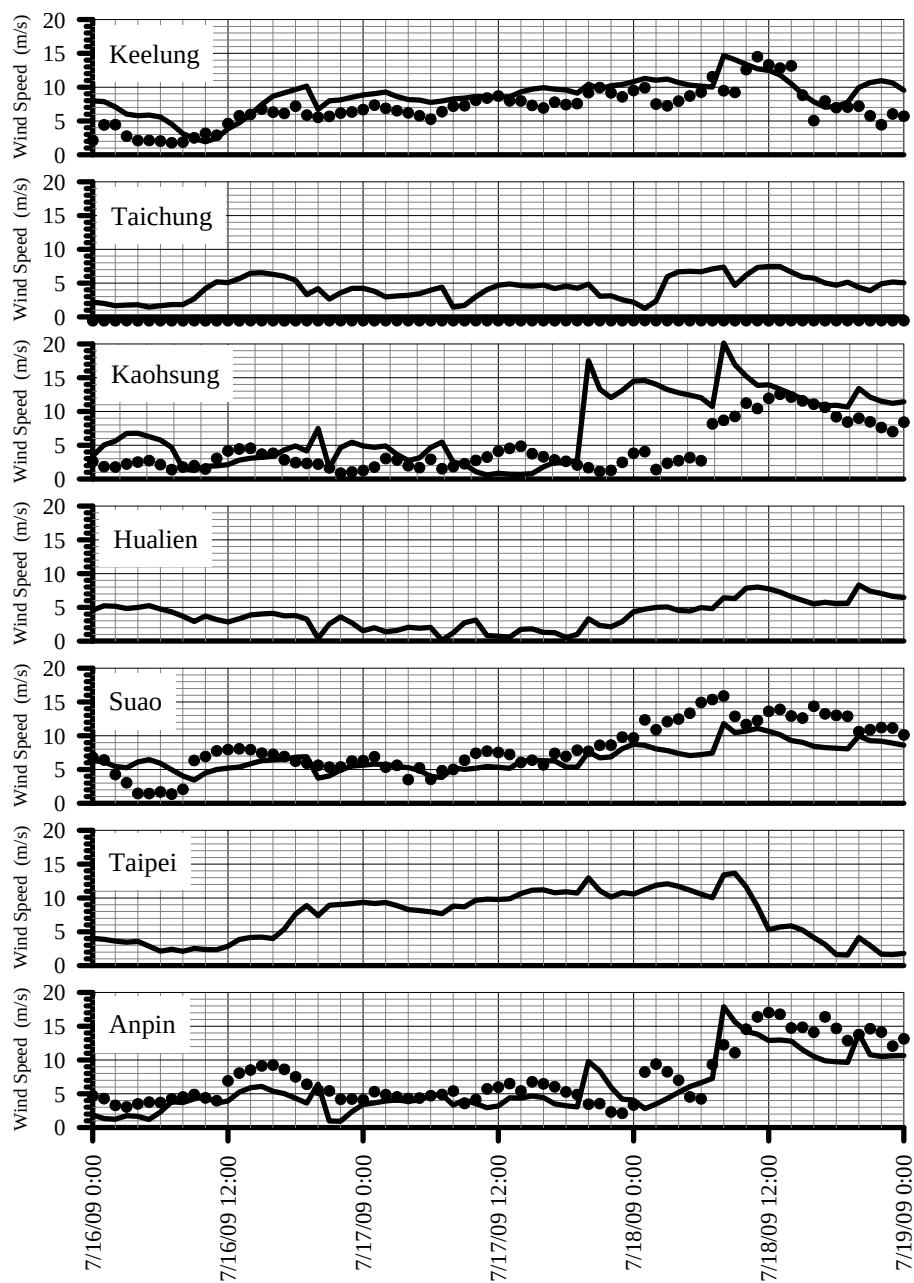


圖 5.10 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖

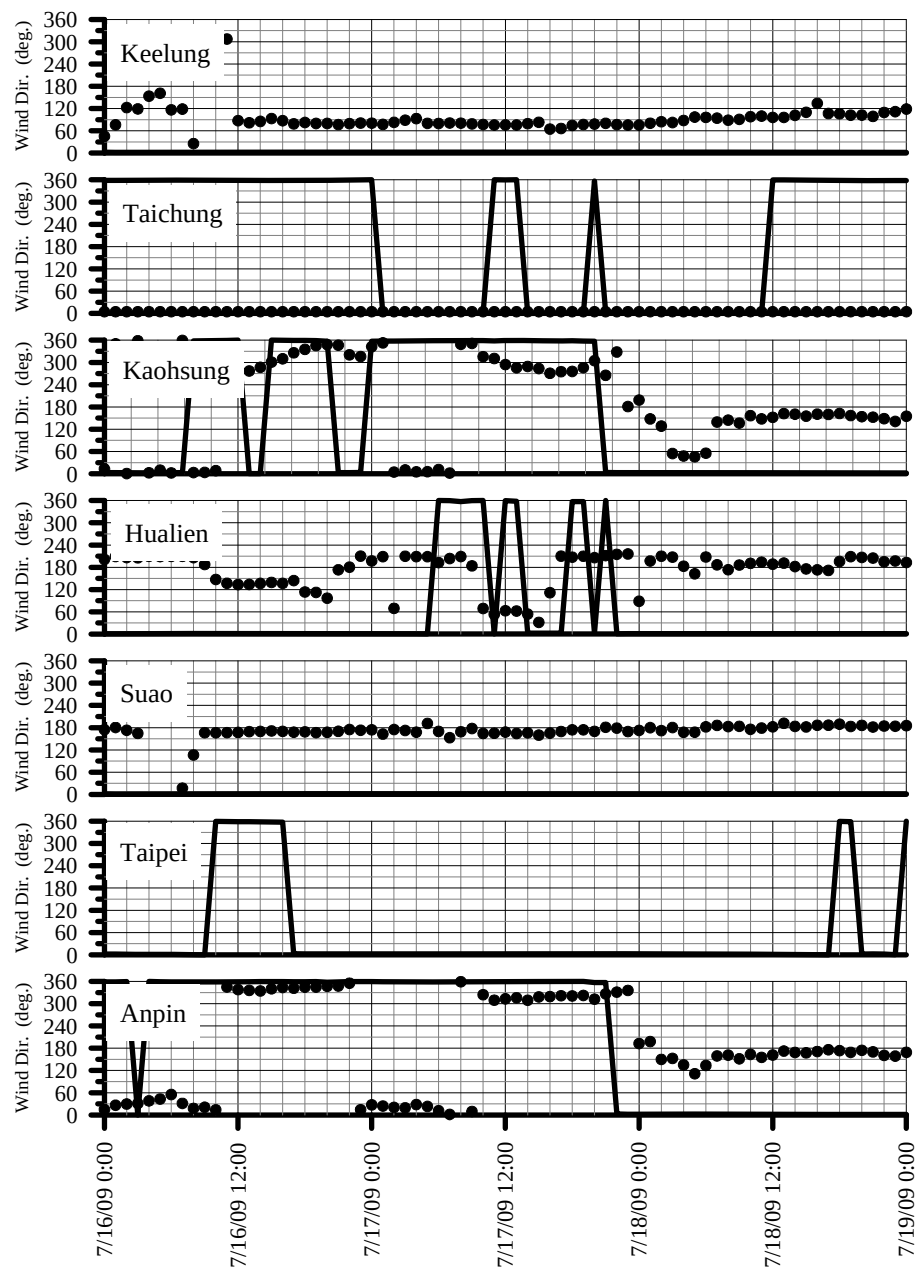


圖 5.11 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖

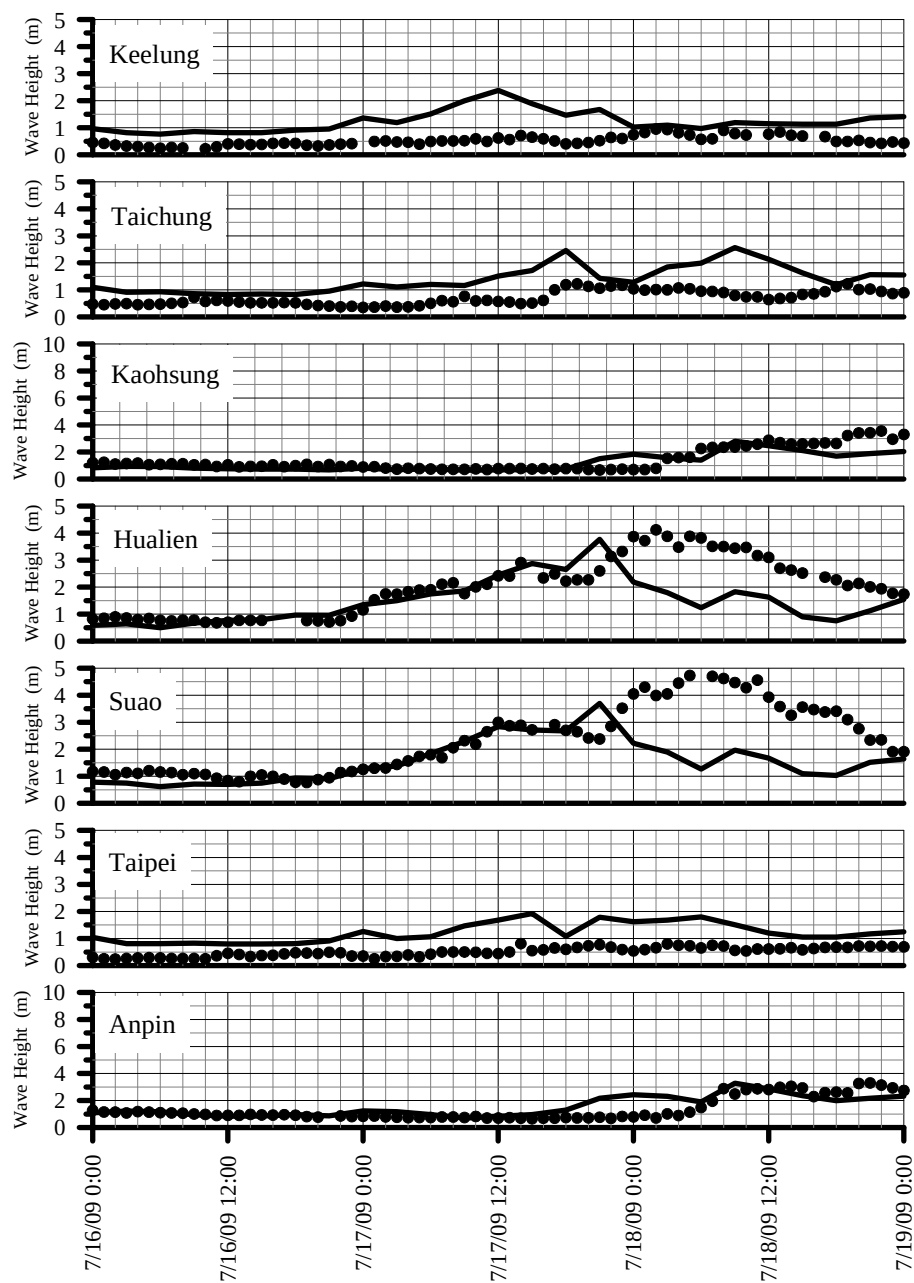


圖 5.12 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖

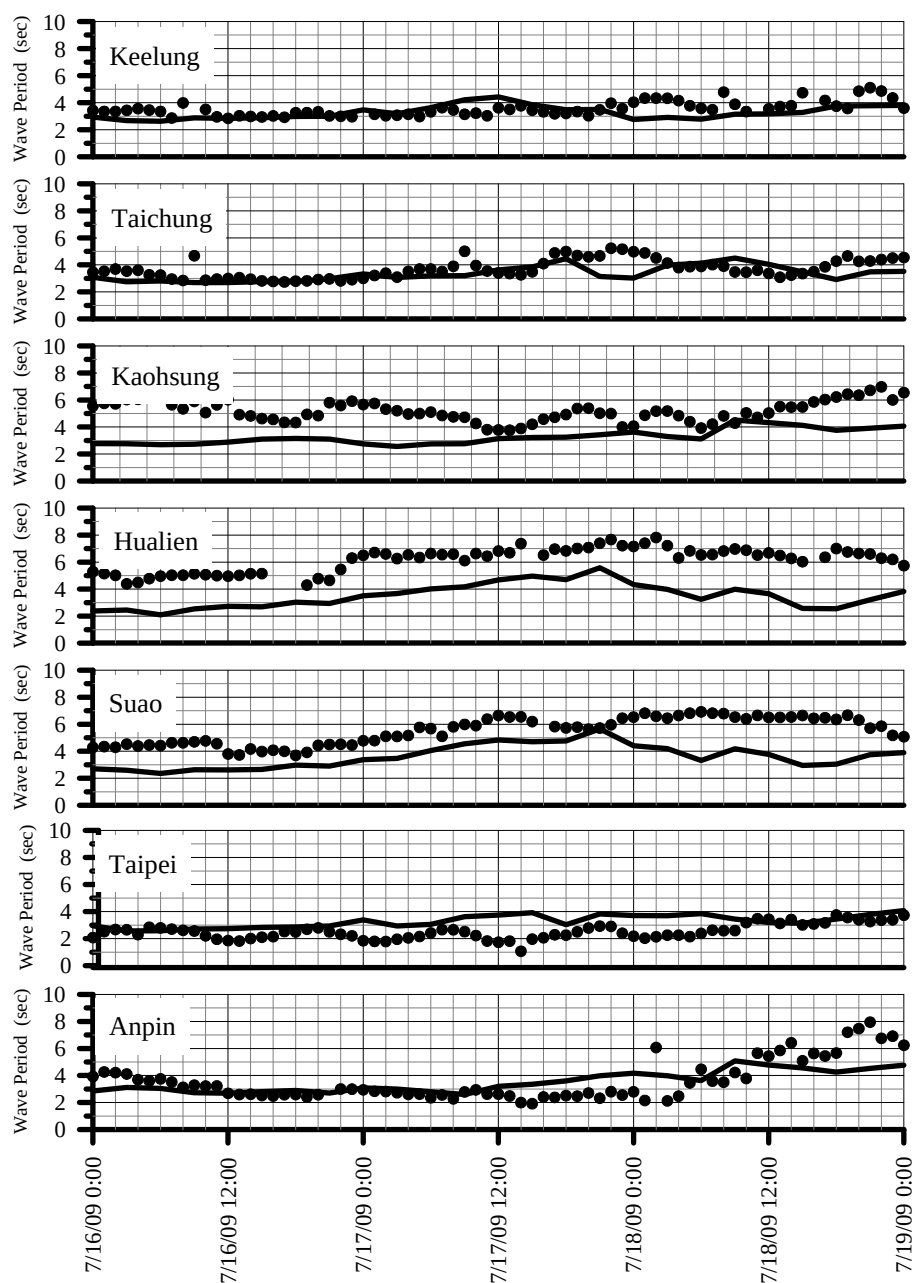


圖 5.13 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖

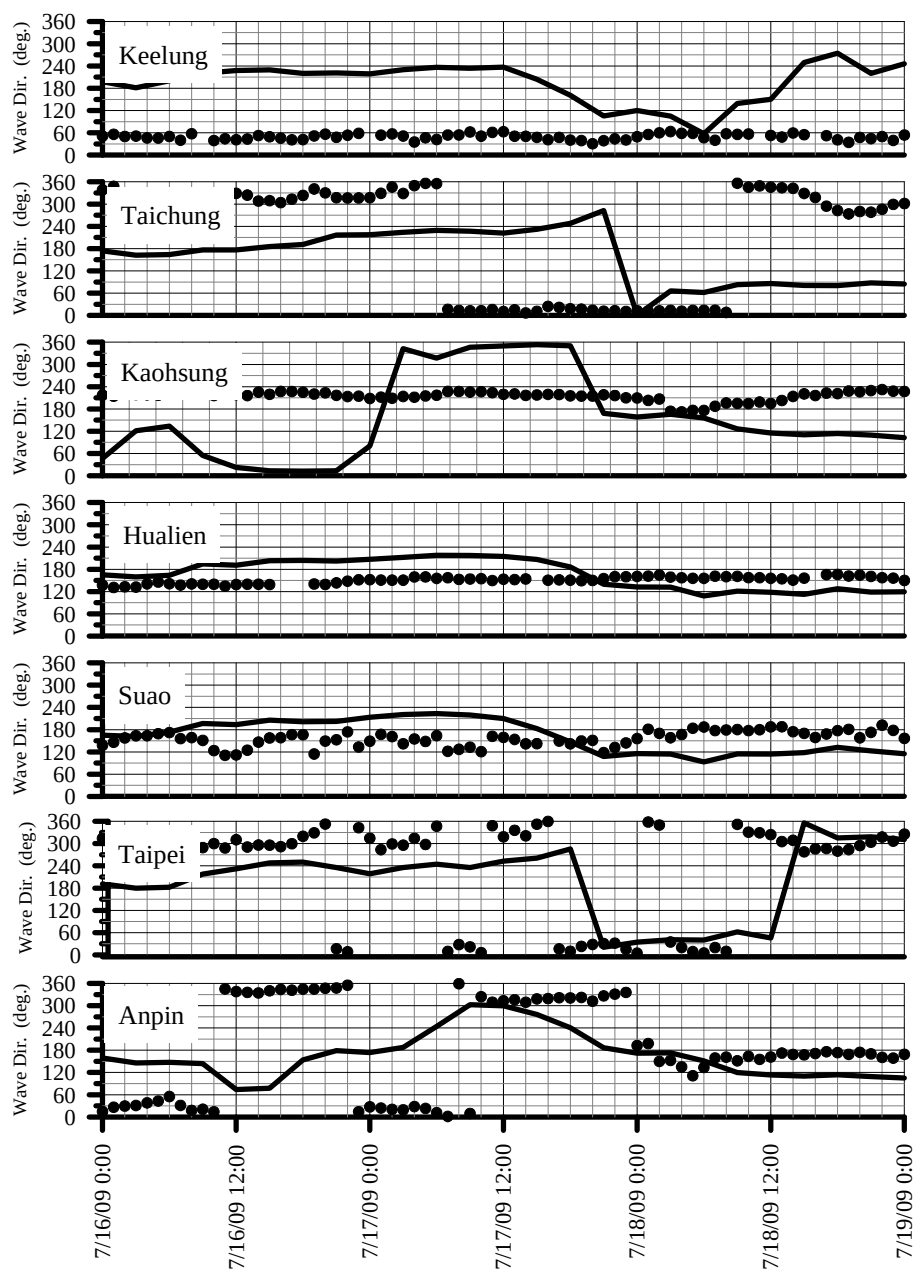


圖 5.14 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖

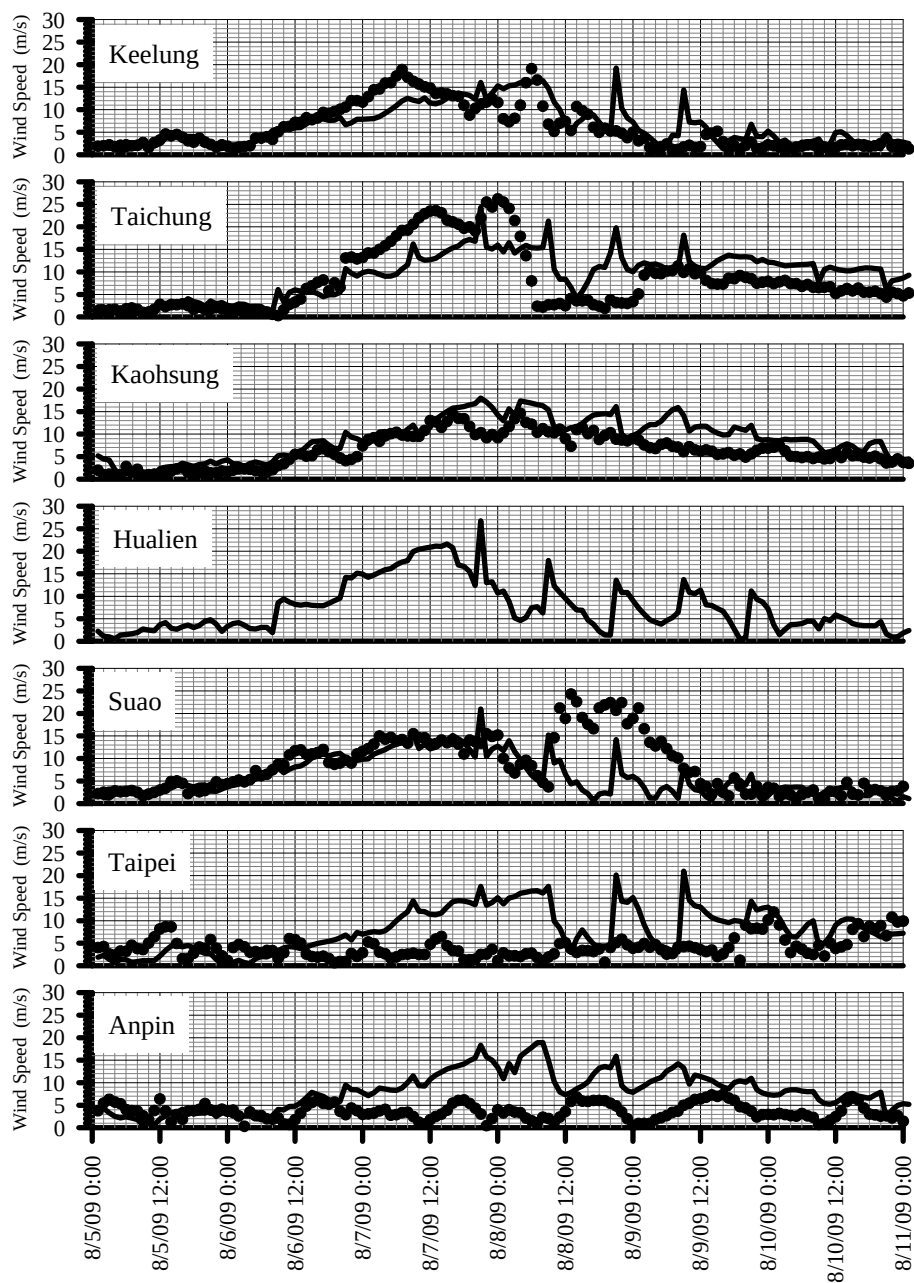


圖 5.15 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖

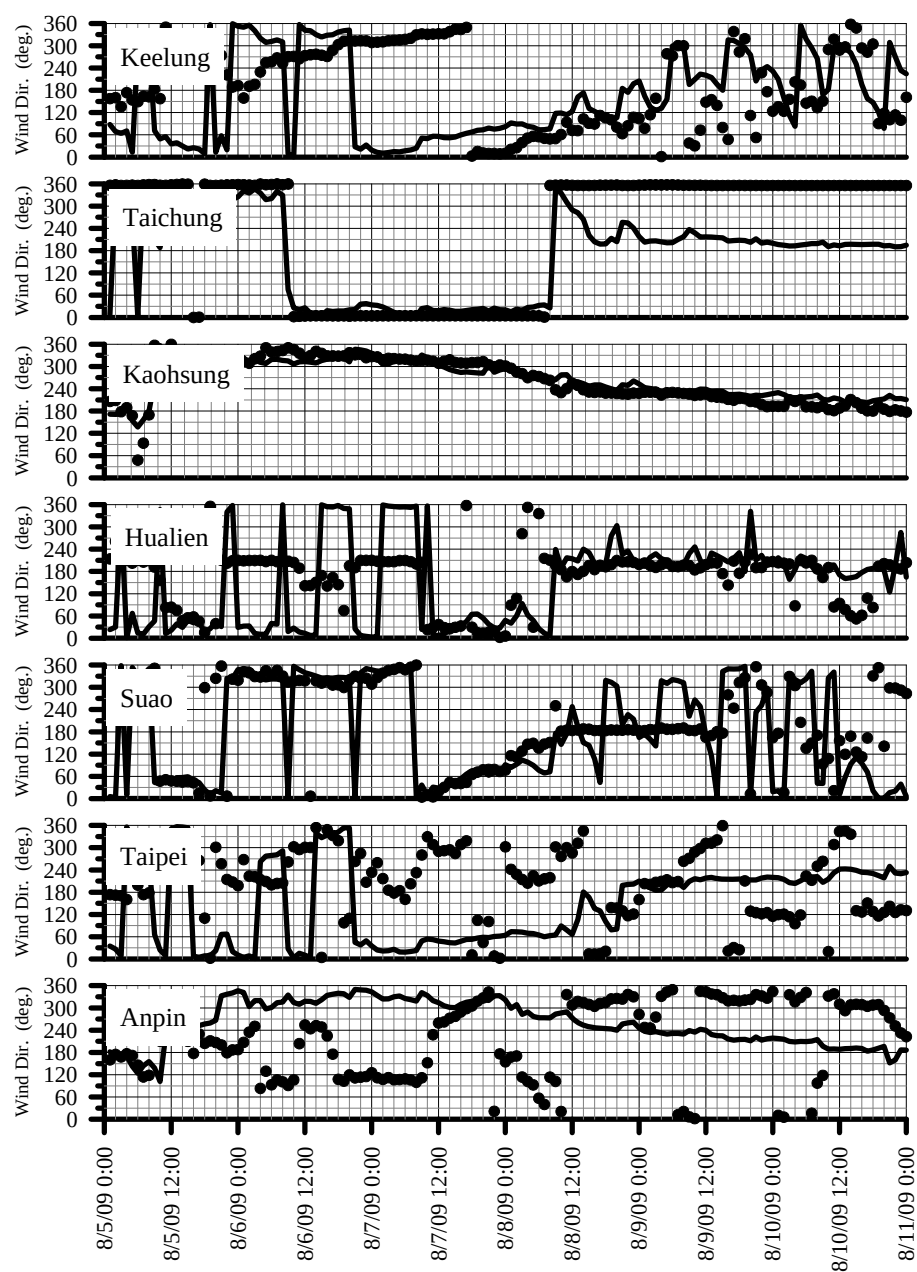


圖 5.16 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖

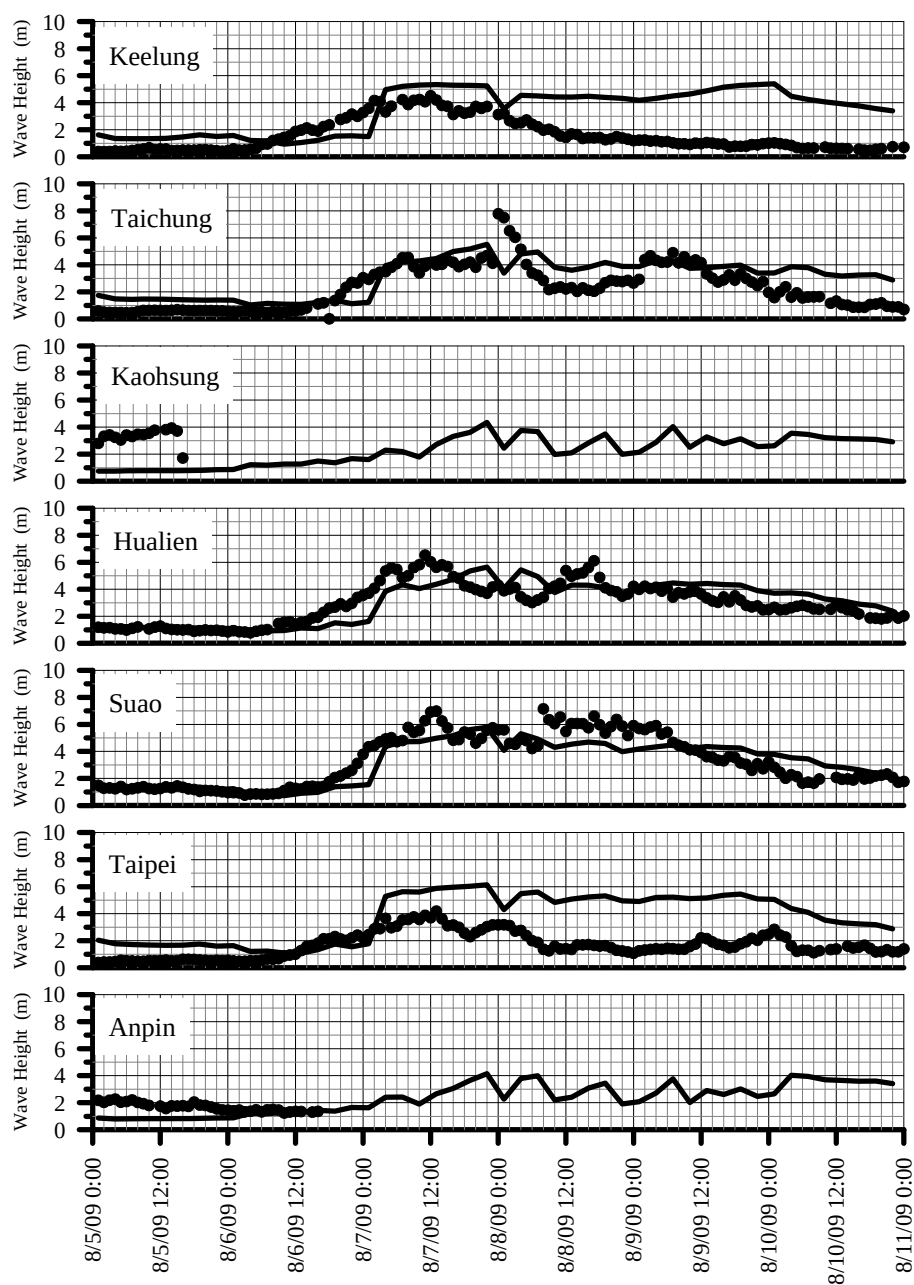


圖 5.17 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖

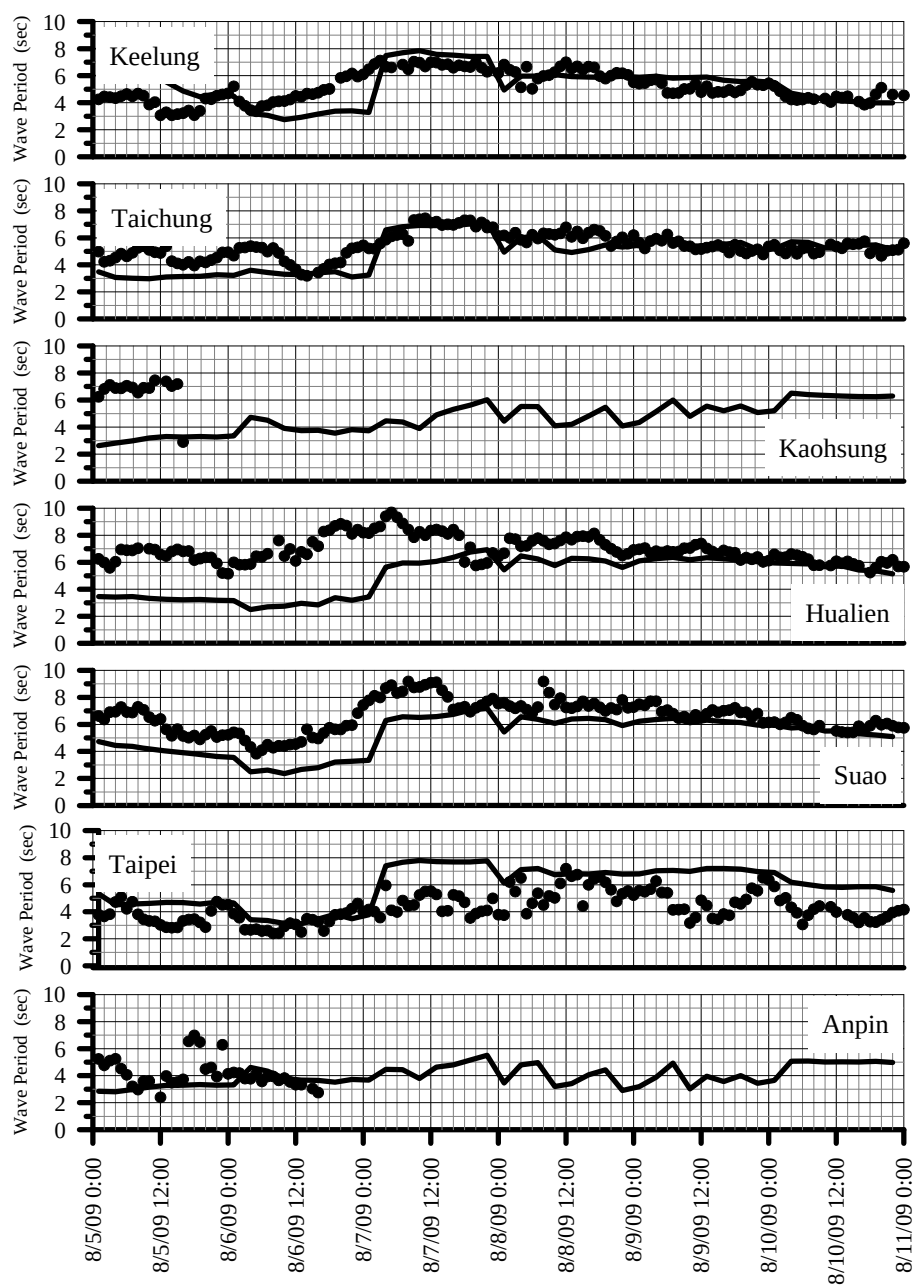


圖 5.18 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖

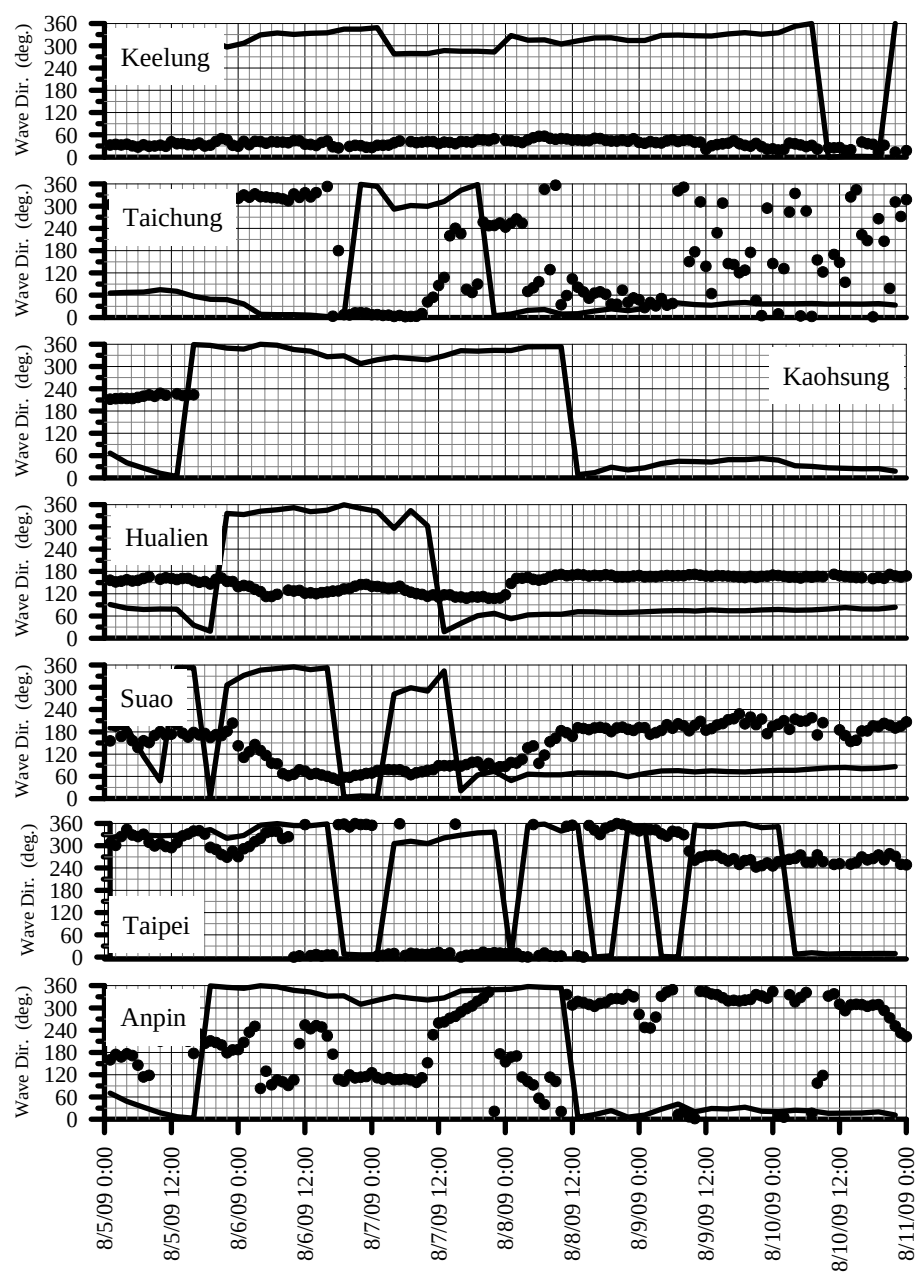


圖 5.19 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖

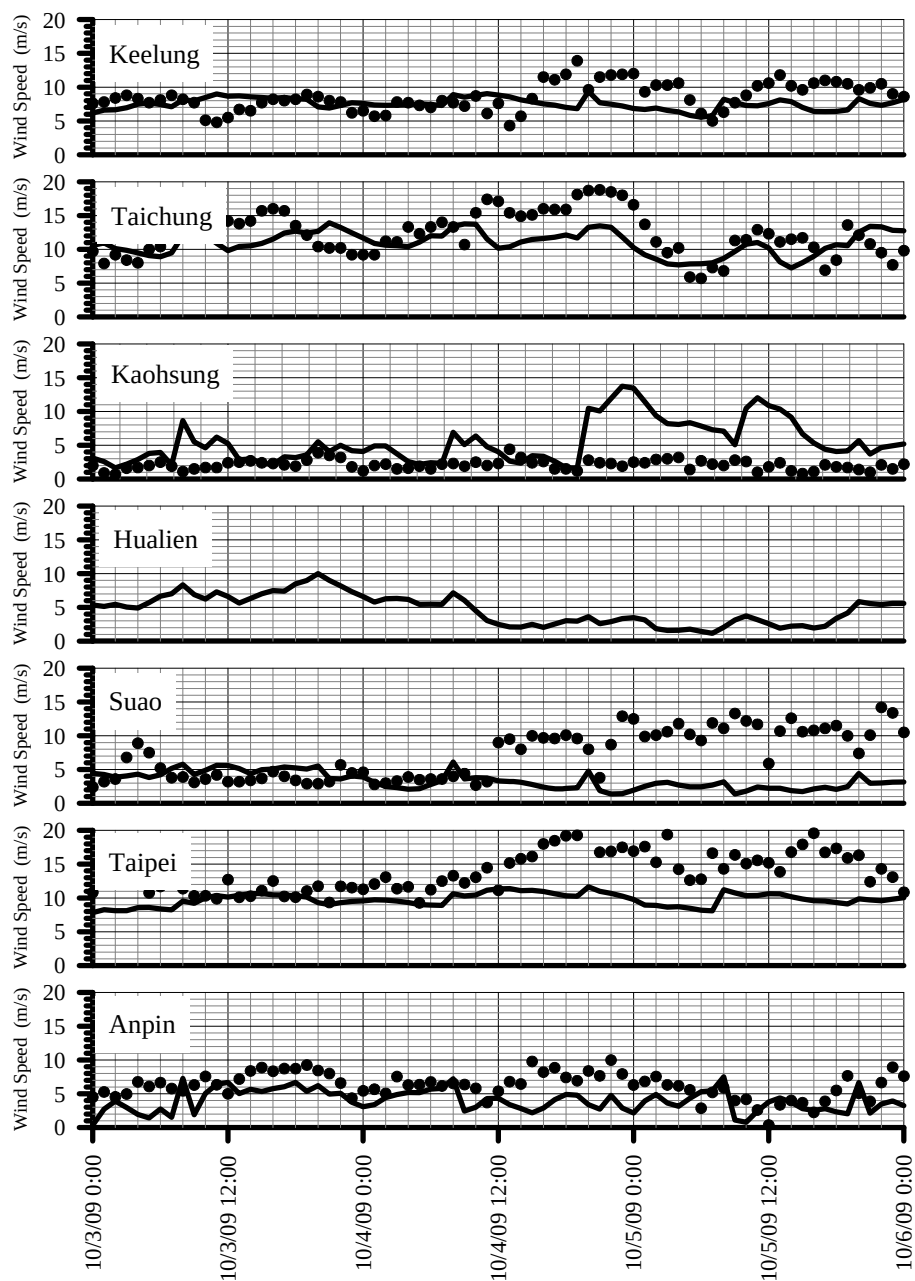


圖 5.20 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖

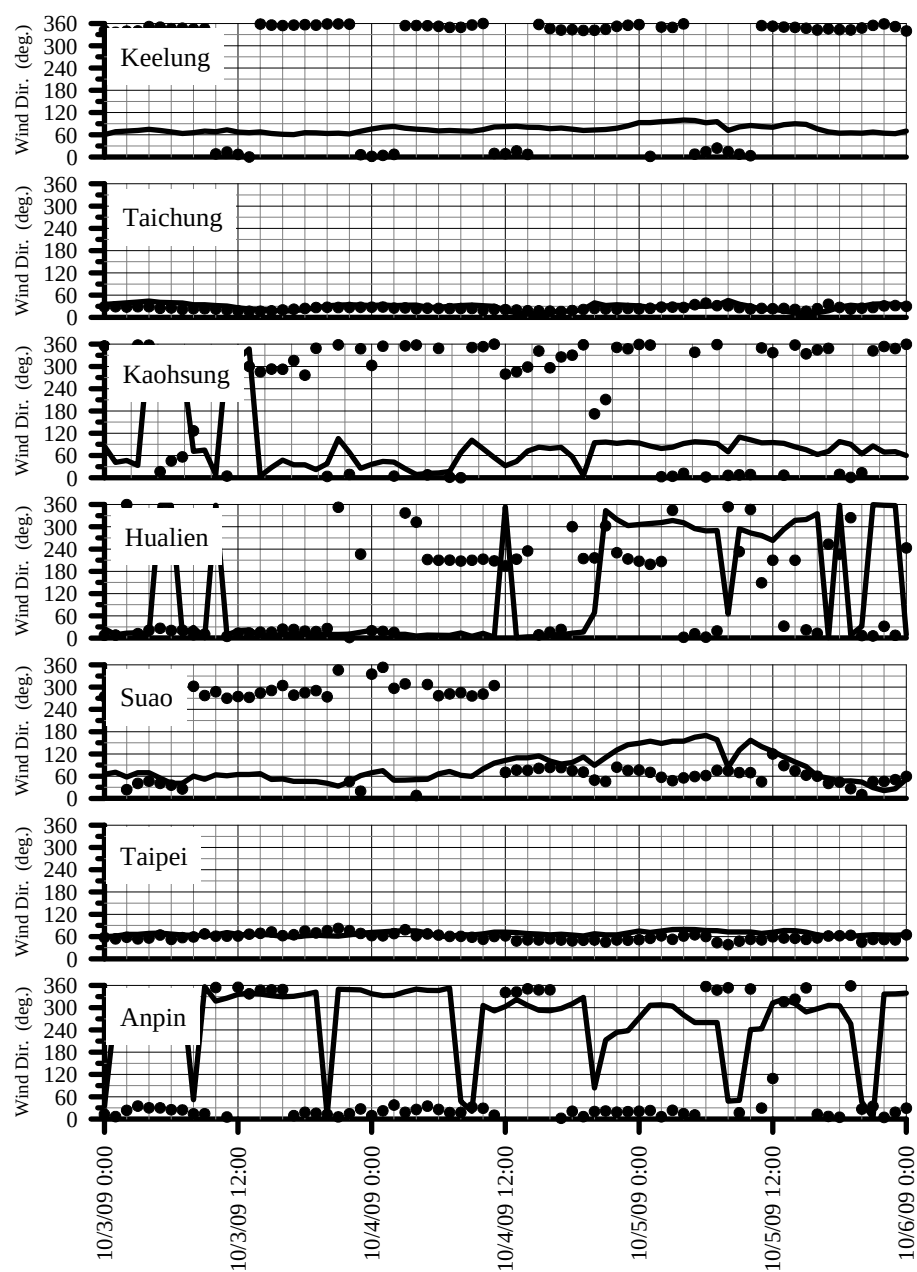


圖 5.21 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖

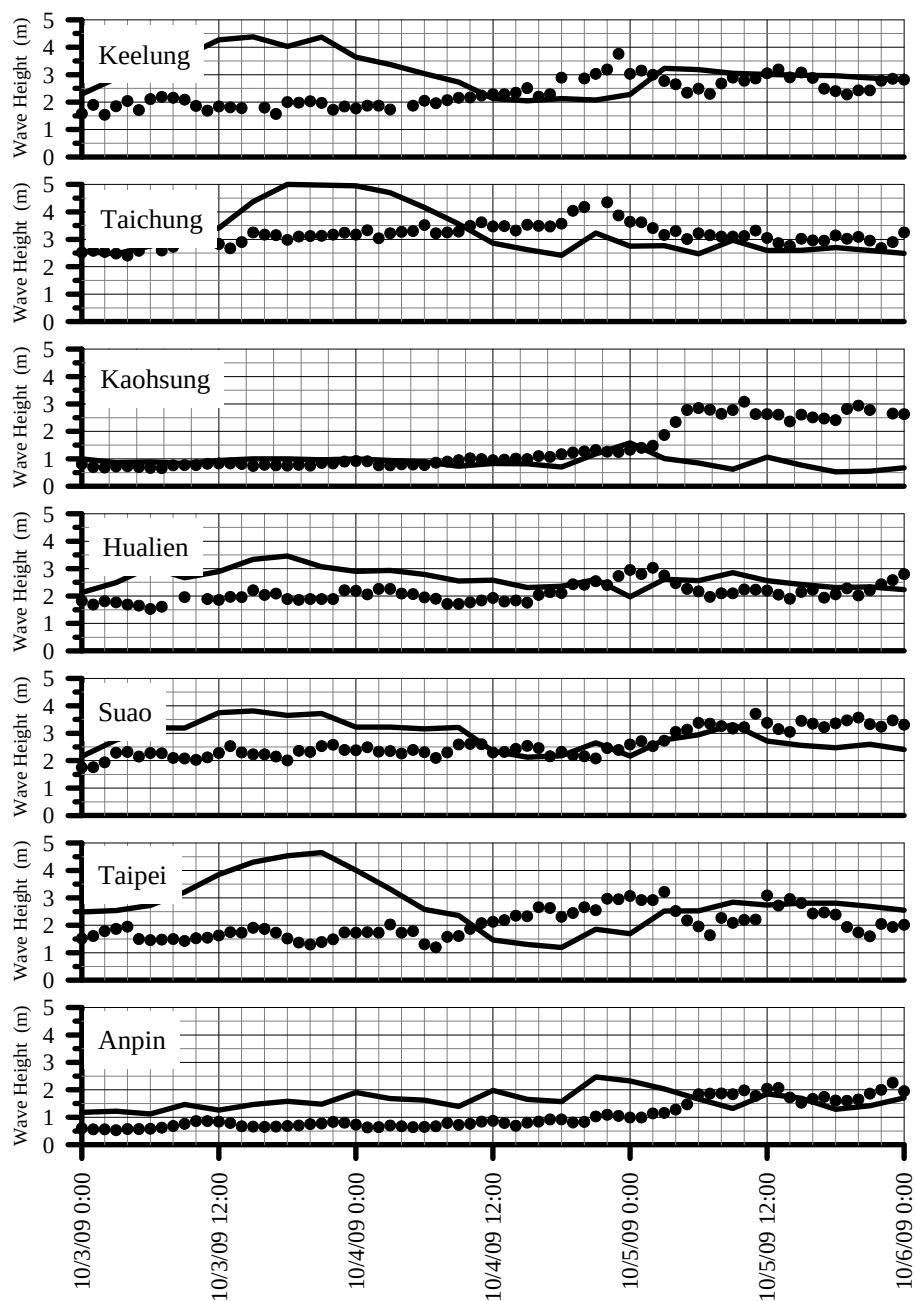


圖 5.22 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖

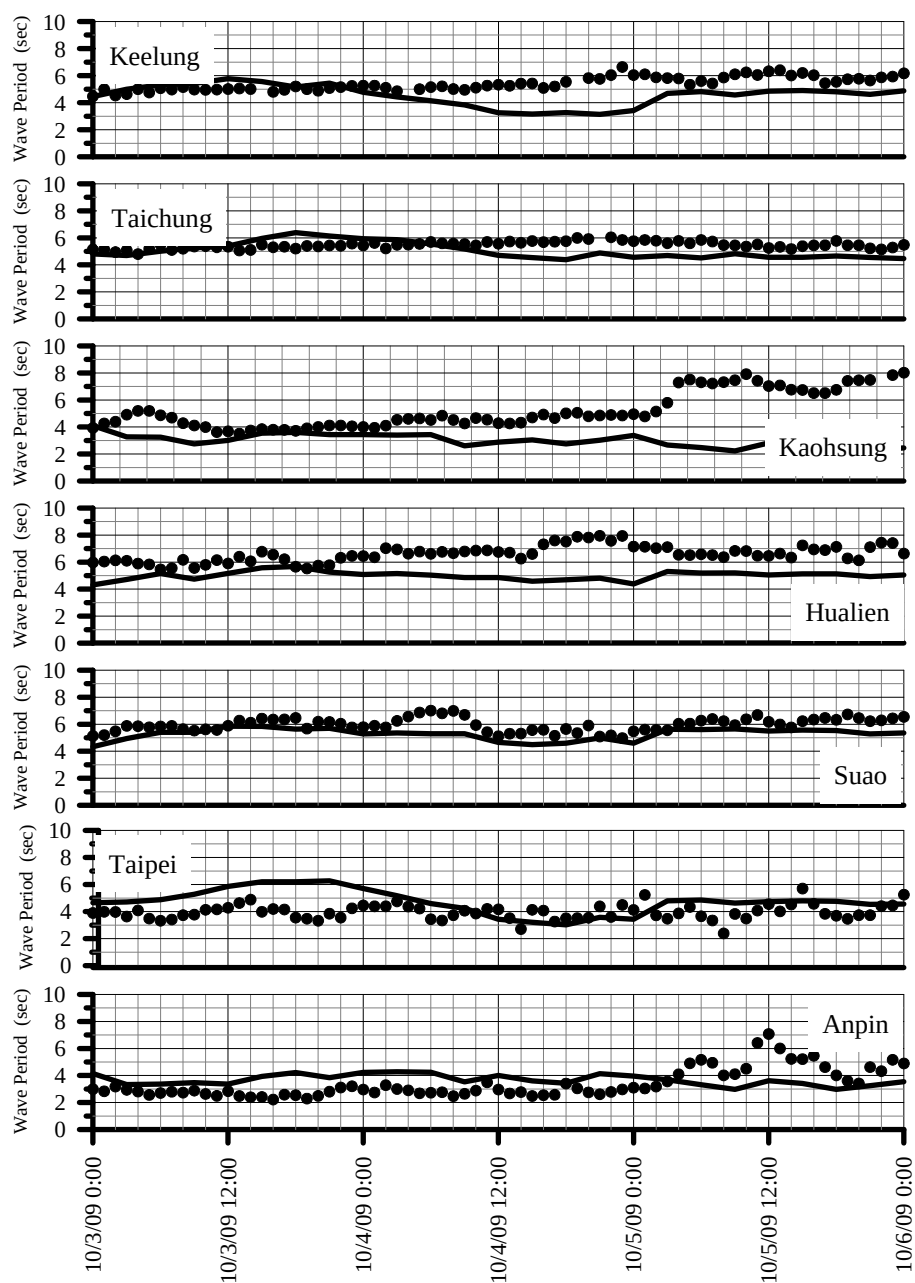


圖 5.23 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖

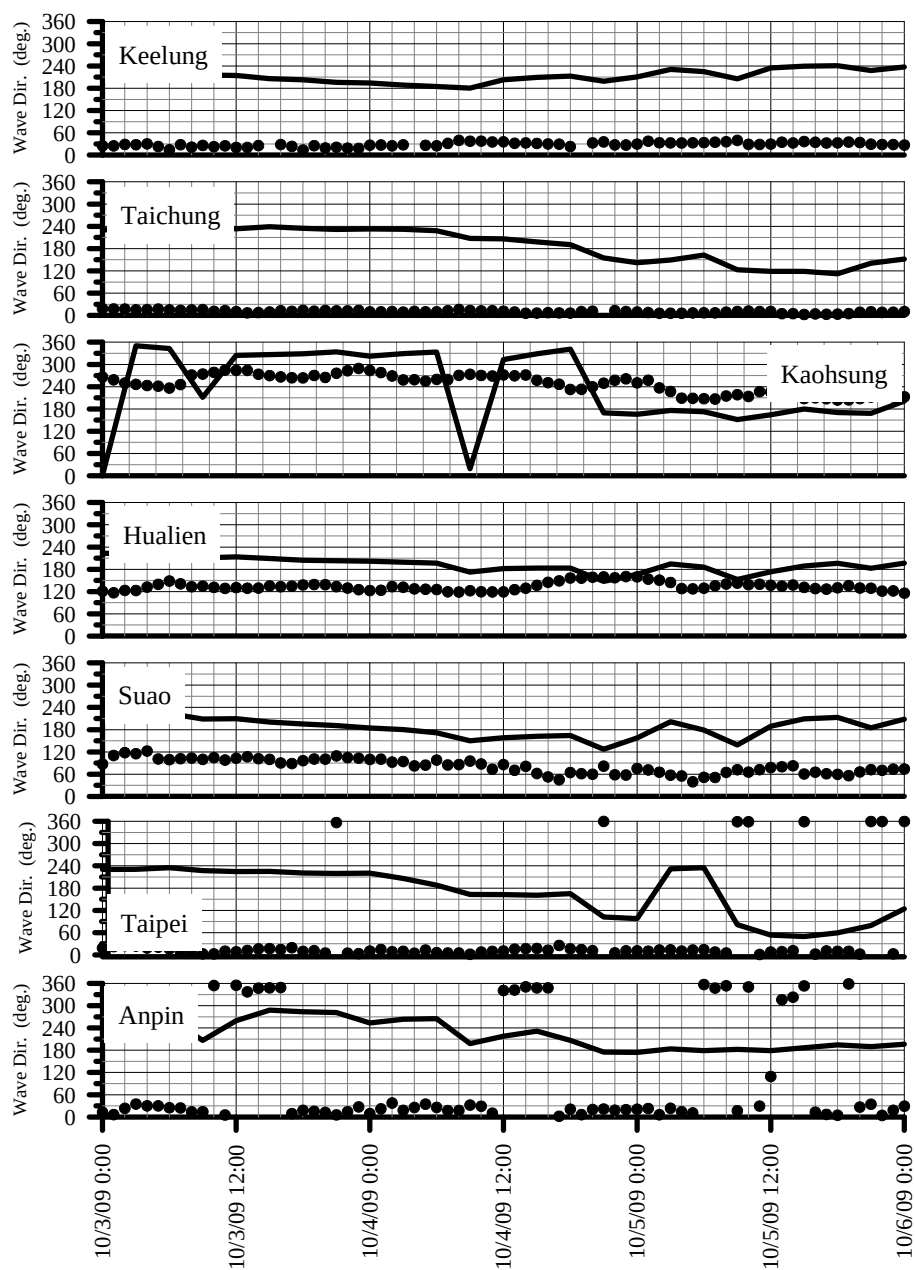


圖 5.24 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖

表 5-23 2009 年中央氣象局發佈之颱風警報分析時間

颱風名稱	分析起迄時間
蓮 花	2009/6/19 0:00～2009/6/23 0:00
莫拉菲	2009/7/16 0:00～2009/7/19 0:00
莫拉克	2009/8/5 0:00～2009/8/11 0:00
芭 瑪	2009/10/3 0:00～2009/10/6 0:00

表 5-24 2009 年颱風時期各商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)
蓮花	MC	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)
莫拉菲	OBS1	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	0(0.0%)	73(100.0%)
莫拉菲	MC	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)
莫拉克	OBS1	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)
莫拉克	MC	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)
芭瑪	OBS1	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)
芭瑪	MC	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)

說明：

1. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
2. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
3. 資料格式：資料蒐集筆數(蒐集率百分數)

表 5-25 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報平均風速及超越機率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	2.1(42.3%)	2.4(44.3%)	6.3(57.7%)	3.6(41.2%)	3.8(32.0%)	4.9(22.7%)	10.9(51.5%)
蓮花	MC	3.6(42.3%)	5.5(35.1%)	7.7(41.2%)	6.9(55.7%)	5.2(52.6%)	3.7(26.8%)	7.6(47.4%)
莫拉菲	OBS1	6.9(50.7%)	-0.6(46.6%)	4.3(30.1%)	3.7(34.2%)	8.3(38.4%)	0.0(0.0%)	7.5(37.0%)
莫拉菲	MC	8.7(50.7%)	4.3(50.7%)	7.3(41.1%)	3.9(49.3%)	6.8(41.1%)	7.2(57.5%)	6.0(34.2%)
莫拉克	OBS1	5.9(37.2%)	8.2(34.5%)	6.4(46.2%)	5.2(31.0%)	8.5(45.5%)	4.1(38.6%)	3.6(46.2%)
莫拉克	MC	6.5(42.1%)	9.3(59.3%)	9.0(48.3%)	7.7(42.1%)	6.1(38.6%)	7.9(44.8%)	8.1(49.0%)
芭瑪	OBS1	8.5(45.2%)	12.3(46.6%)	2.1(49.3%)	4.1(52.1%)	7.2(50.7%)	13.8(43.8%)	6.2(54.8%)
芭瑪	MC	7.5(46.6%)	10.9(47.9%)	5.4(35.6%)	4.7(53.4%)	3.4(42.5%)	9.8(50.7%)	4.0(46.6%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 5-26 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報主要風向統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	SE(13.4%)	S(22.7%)	S(27.8%)	SSW(57.7%)	S(20.6%)	WSW(13.4%)	SSE(28.9%)
蓮花	MC	SSE(22.7%)	S(25.8%)	SSE(25.8%)	S(48.5%)	S(54.6%)	WSW(13.4%)	SSE(40.2%)
莫拉菲	OBS1	E(47.9%)	N(100.0%)	N(24.7%)	SSW(49.3%)	S(61.6%)	N(0.0%)	NNE(21.9%)
莫拉菲	MC	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)
莫拉克	OBS1	WNW(11.7%)	N(100.0%)	NW(22.8%)	SSW(49.7%)	S(21.4%)	WNW(14.5%)	NW(17.9%)
莫拉克	MC	NNE(12.4%)	SSW(30.3%)	NW(22.1%)	N(19.3%)	N(17.9%)	SW(18.6%)	NW(17.9%)
芭瑪	OBS1	N(64.4%)	NNE(95.9%)	N(49.3%)	NNE(34.2%)	ENE(26.0%)	ENE(54.8%)	NNE(49.3%)
芭瑪	MC	ENE(68.5%)	NNE(74.0%)	E(31.5%)	N(49.3%)	NE(27.4%)	ENE(98.6%)	NNW(27.4%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：主要風向(超越機率百分數)

表 5-27 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報東西平均風速分量統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	-0.1(44.3%)	0.4(48.5%)	-1.0(52.6%)	0.1(61.9%)	0.5(56.7%)	1.7(24.7%)	-0.8(45.4%)
蓮花	MC	0.1(44.3%)	1.0(56.7%)	-1.5(56.7%)	1.2(47.4%)	-0.3(55.7%)	1.6(40.2%)	-1.6(50.5%)
莫拉菲	OBS1	0.3(58.9%)	0.0(17.8%)	-1.2(71.2%)	-2.9(67.1%)	-8.0(61.6%)	0.0(0.0%)	-0.9(65.8%)
莫拉菲	MC	-5.2(50.7%)	1.4(50.7%)	-5.0(50.7%)	1.4(56.2%)	-2.1(52.1%)	-4.6(41.1%)	-0.7(58.9%)
莫拉克	OBS1	0.7(43.4%)	-0.2(70.3%)	4.1(42.8%)	-0.4(67.6%)	0.2(60.7%)	0.4(59.3%)	0.7(53.1%)
莫拉克	MC	-2.2(66.9%)	1.1(55.2%)	6.9(42.8%)	-0.3(53.8%)	-0.9(63.4%)	-0.7(61.4%)	5.3(41.4%)
芭瑪	OBS1	1.0(46.6%)	-4.9(57.5%)	0.4(31.5%)	0.1(46.6%)	-3.8(46.6%)	-11.5(60.3%)	-1.1(46.6%)
芭瑪	MC	-7.2(45.2%)	-5.2(42.5%)	-4.3(57.5%)	-0.3(45.2%)	-2.7(52.1%)	-9.0(43.8%)	1.6(60.3%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 5-28 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報南北平均風速分量統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	-0.4(46.4%)	1.3(42.3%)	5.5(58.8%)	2.6(43.3%)	1.9(36.1%)	0.8(45.4%)	10.0(50.5%)
蓮花	MC	2.3(51.5%)	3.9(39.2%)	6.8(46.4%)	6.5(54.6%)	4.7(55.7%)	0.4(40.2%)	7.0(51.5%)
莫拉菲	OBS1	6.5(56.2%)	0.6(53.4%)	0.4(38.4%)	0.0(37.0%)	0.5(57.5%)	0.0(0.0%)	0.6(58.9%)
莫拉菲	MC	6.7(49.3%)	-0.7(46.6%)	1.7(38.4%)	3.0(58.9%)	6.3(41.1%)	3.1(54.8%)	1.5(34.2%)
莫拉克	OBS1	-2.7(70.3%)	-8.2(65.5%)	0.4(50.3%)	0.5(71.7%)	0.2(37.2%)	0.8(52.4%)	-0.4(55.2%)
莫拉克	MC	-1.3(48.3%)	-0.2(44.8%)	0.8(52.4%)	-2.3(55.2%)	-3.0(59.3%)	0.3(40.7%)	0.2(54.5%)
芭瑪	OBS1	-8.4(57.5%)	-11.2(53.4%)	-1.6(43.8%)	-2.2(38.4%)	-3.2(56.2%)	-7.4(56.2%)	-5.9(47.9%)
芭瑪	MC	-2.0(42.5%)	-9.5(43.8%)	-1.5(46.6%)	-4.3(45.2%)	-0.9(42.5%)	-3.7(43.8%)	-2.5(52.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 5-29 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大風速(風向)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	4.1(NNW)	6.5(SSW)	12.8(S)	11.8(SSE)	12.2(S)	18.8(WSW)	20.6(S)
蓮花	MC	8.0(SSE)	13.7(S)	14.6(SE)	14.1(SSW)	10.7(SSE)	12.3(SW)	15.7(SSE)
莫拉菲	OBS1	14.5(E)	0.0(NaN)	12.6(SSE)	13.4(S)	15.9(S)	0.0(NaN)	17.0(SSE)
莫拉菲	MC	14.7(N)	7.5(N)	20.1(N)	8.3(N)	11.8(N)	13.7(N)	17.9(N)
莫拉克	OBS1	19.1(NE)	26.2(N)	14.6(W)	22.8(S)	24.3(S)	11.9(ESE)	7.4(NW)
莫拉克	MC	19.3(S)	24.3(NNE)	18.0(NW)	26.8(NE)	21.0(ENE)	21.0(SSW)	18.9(W)
芭瑪	OBS1	13.9(NNW)	18.8(NNE)	4.4(WNW)	6.9(NNE)	14.2(NE)	20.5(NE)	10.0(NNE)
芭瑪	MC	9.4(ENE)	13.9(NNE)	13.7(E)	10.0(N)	6.1(ENE)	11.6(ENE)	7.5(NE)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：最大風速(風向)

表 5-30 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大風速(日/時)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	4.1(19/14)	6.5(21/03)	12.8(20/09)	11.8(19/18)	12.2(20/07)	18.8(21/14)	20.6(20/10)
蓮花	MC	8.0(20/10)	13.7(21/10)	14.6(20/03)	14.1(21/09)	10.7(20/09)	12.3(21/19)	15.7(20/09)
莫拉菲	OBS1	14.5(17/12)	0.0(_NaN_)	12.6(17/14)	13.4(17/08)	15.9(17/09)	0.0(_NaN_)	17.0(17/13)
莫拉菲	MC	14.7(17/09)	7.5(17/14)	20.1(17/09)	8.3(17/21)	11.8(17/09)	13.7(17/10)	17.9(17/09)
莫拉克	OBS1	19.1(07/06)	26.2(07/00)	14.6(07/04)	22.8(07/13)	24.3(07/13)	11.9(09/01)	7.4(08/16)
莫拉克	MC	19.3(07/21)	24.3(06/21)	18.0(06/21)	26.8(06/21)	21.0(06/21)	21.0(08/09)	18.9(07/08)
芭瑪	OBS1	13.9(03/20)	18.8(03/22)	4.4(03/14)	6.9(02/21)	14.2(04/23)	20.5(03/21)	10.0(03/23)
芭瑪	MC	9.4(03/21)	13.9(02/22)	13.7(04/00)	10.0(02/21)	6.1(03/09)	11.6(03/21)	7.5(04/09)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：最大風速(發生日時)

表 5-31 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	1.8(39.2%)	3.2(34.0%)	1.9(39.2%)	4.0(38.1%)	2.4(38.1%)	1.9(26.8%)	3.5(49.5%)
蓮花	標準偏差	1.6(44.3%)	3.1(35.1%)	1.5(50.5%)	2.8(60.8%)	2.2(43.3%)	2.1(25.8%)	2.3(66.0%)
蓮花	最大偏差	6.7(1.0%)	10.7(1.0%)	7.1(1.0%)	10.5(1.0%)	8.6(1.0%)	8.8(1.0%)	8.3(1.0%)
蓮花	平均比值	1.8(38.1%)	2.5(42.3%)	1.3(36.1%)	2.9(30.9%)	2.0(32.0%)	1.0(37.1%)	0.7(39.2%)
莫拉菲	平均偏差	2.1(46.6%)	4.8(50.7%)	3.7(35.6%)	1.9(47.9%)	2.3(38.4%)	0.0(0.0%)	2.4(47.9%)
莫拉菲	標準偏差	1.5(60.3%)	1.7(100.0%)	3.7(35.6%)	1.4(60.3%)	1.8(52.1%)	0.0(0.0%)	1.6(68.5%)
莫拉菲	最大偏差	6.5(1.4%)	8.0(1.4%)	15.9(1.4%)	8.6(1.4%)	7.9(1.4%)	0.0(0.0%)	6.5(1.4%)
莫拉菲	平均比值	1.4(34.2%)	7.7(50.7%)	2.3(31.5%)	1.5(34.2%)	1.0(20.5%)	0.0(0.0%)	0.8(35.6%)
莫拉克	平均偏差	2.3(35.2%)	4.2(42.8%)	2.7(39.3%)	3.7(36.6%)	3.5(22.8%)	5.1(40.0%)	5.1(42.1%)
莫拉克	標準偏差	2.4(33.1%)	3.5(52.4%)	2.1(51.0%)	3.5(37.9%)	4.9(18.6%)	4.3(42.8%)	3.9(57.2%)
莫拉克	最大偏差	14.0(0.7%)	18.6(0.7%)	8.8(0.7%)	14.6(0.7%)	20.3(0.7%)	16.7(0.7%)	17.7(0.7%)
莫拉克	平均比值	1.4(36.6%)	1.7(29.7%)	1.5(44.1%)	2.1(35.9%)	0.9(40.0%)	2.7(34.5%)	3.2(31.0%)
芭瑪	平均偏差	2.1(41.1%)	2.8(49.3%)	3.4(35.6%)	1.9(39.7%)	4.7(45.2%)	4.1(46.6%)	2.7(47.9%)
芭瑪	標準偏差	1.6(50.7%)	1.7(67.1%)	3.0(38.4%)	1.4(52.1%)	3.7(49.3%)	2.8(60.3%)	1.6(69.9%)
芭瑪	最大偏差	7.1(1.4%)	6.9(1.4%)	11.8(1.4%)	5.1(1.4%)	11.9(1.4%)	10.7(1.4%)	7.6(1.4%)
芭瑪	平均比值	0.9(42.5%)	0.9(39.7%)	2.9(34.2%)	1.3(34.2%)	0.7(41.1%)	0.7(47.9%)	0.8(30.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風向偏差值(超越機率百分數)

表 5-32 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報風向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	64.3(45.4%)	40.9(36.1%)	22.5(24.7%)	36.7(28.9%)	59.2(42.3%)	62.1(42.3%)	19.1(34.0%)
蓮花	標準偏差	47.0(53.6%)	45.6(30.9%)	33.3(14.4%)	42.6(25.8%)	53.6(43.3%)	50.4(50.5%)	20.9(29.9%)
蓮花	最大偏差	177.4(1.0%)	171.1(1.0%)	131.1(1.0%)	179.8(1.0%)	180.0(1.0%)	173.2(1.0%)	89.8(1.0%)
蓮花	平均比值	16.8(4.1%)	3.7(7.2%)	1.2(11.3%)	1.6(12.4%)	12.0(1.0%)	5.5(23.7%)	1.0(33.0%)
莫拉菲	平均偏差	89.3(39.7%)	101.7(57.5%)	102.0(52.1%)	72.0(41.1%)	124.5(69.9%)	0.0(0.0%)	106.5(61.6%)
莫拉菲	標準偏差	22.5(100.0%)	85.0(57.5%)	61.0(68.5%)	61.6(42.5%)	71.1(75.3%)	0.0(0.0%)	64.9(61.6%)
莫拉菲	最大偏差	159.3(1.4%)	175.3(1.4%)	178.2(1.4%)	179.9(1.4%)	179.9(1.4%)	0.0(0.0%)	177.1(1.4%)
莫拉菲	平均比值	0.0(57.5%)	45.5(57.5%)	10.3(12.3%)	0.4(13.7%)	0.0(23.3%)	0.0(0.0%)	8.0(26.0%)
莫拉克	平均偏差	80.7(51.0%)	82.5(49.0%)	20.0(38.6%)	56.8(35.2%)	53.7(37.9%)	74.8(52.4%)	70.8(43.4%)
莫拉克	標準偏差	45.0(74.5%)	65.3(51.0%)	17.4(46.2%)	56.6(35.2%)	51.5(40.0%)	45.6(72.4%)	45.6(62.1%)
莫拉克	最大偏差	178.7(0.7%)	174.7(0.7%)	113.9(0.7%)	178.7(0.7%)	174.8(0.7%)	167.6(0.7%)	168.9(0.7%)
莫拉克	平均比值	2.3(14.5%)	26.1(2.1%)	1.0(46.9%)	1.3(31.0%)	1.8(6.9%)	2.1(11.7%)	3.5(9.0%)
芭瑪	平均偏差	90.4(52.1%)	7.0(46.6%)	86.5(47.2%)	64.5(42.5%)	45.7(39.7%)	11.7(52.1%)	85.3(57.5%)
芭瑪	標準偏差	15.5(100.0%)	4.3(69.9%)	36.9(93.1%)	57.2(45.2%)	30.6(58.9%)	7.7(65.8%)	50.3(67.1%)
芭瑪	最大偏差	116.0(1.4%)	17.7(1.4%)	172.5(1.4%)	173.9(1.4%)	133.1(1.4%)	34.5(1.4%)	164.0(1.4%)
芭瑪	平均比值	8.1(17.8%)	1.2(56.2%)	5.9(23.6%)	7.4(16.4%)	1.2(46.6%)	1.2(50.7%)	16.6(30.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風向偏差值(超越機率百分數)

表 5-33 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報東西分量風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	1.9(40.2%)	1.2(43.3%)	1.5(37.5%)	1.7(40.2%)	1.4(45.4%)	3.2(46.4%)	2.3(45.4%)
蓮花	標準偏差	1.7(43.3%)	0.9(53.6%)	1.4(43.8%)	1.1(58.8%)	1.0(58.8%)	2.1(66.0%)	1.9(48.5%)
蓮花	最大偏差	7.4(1.0%)	3.4(1.0%)	7.6(1.0%)	4.4(1.0%)	5.2(1.0%)	8.6(1.0%)	8.8(1.0%)
蓮花	平均比值	5.7(11.3%)	10.3(8.2%)	5.9(6.2%)	2.4(20.6%)	5.7(4.1%)	7.5(6.2%)	1.4(16.5%)
莫拉菲	平均偏差	5.6(49.3%)	2.3(38.4%)	4.4(37.0%)	4.7(45.2%)	6.1(37.0%)	0.0(0.0%)	4.3(32.9%)
莫拉菲	標準偏差	3.2(76.7%)	1.7(53.4%)	4.6(37.0%)	3.9(49.3%)	3.6(76.7%)	0.0(0.0%)	3.6(41.1%)
莫拉菲	最大偏差	11.7(1.4%)	7.3(1.4%)	18.2(1.4%)	16.6(1.4%)	13.6(1.4%)	0.0(0.0%)	12.8(1.4%)
莫拉菲	平均比值	6.6(21.9%)	51.9(38.4%)	4.6(17.8%)	1.5(13.7%)	0.4(16.4%)	0.0(0.0%)	0.7(31.5%)
莫拉克	平均偏差	5.3(35.2%)	3.3(42.1%)	3.0(45.5%)	2.9(35.2%)	2.2(40.0%)	6.9(42.8%)	5.1(42.1%)
莫拉克	標準偏差	4.7(42.1%)	2.7(50.3%)	2.1(59.3%)	2.9(35.2%)	1.8(49.7%)	5.2(53.8%)	4.3(49.7%)
莫拉克	最大偏差	17.8(0.7%)	19.0(0.7%)	9.2(0.7%)	13.8(0.7%)	8.1(0.7%)	18.0(0.7%)	21.1(0.7%)
莫拉克	平均比值	3.0(22.1%)	38.1(11.7%)	9.3(8.3%)	4.1(20.7%)	2.0(18.6%)	6.1(17.2%)	5.1(26.9%)
芭瑪	平均偏差	8.1(49.3%)	1.5(49.3%)	5.1(35.2%)	1.7(37.0%)	6.2(63.0%)	2.6(42.5%)	3.2(50.7%)
芭瑪	標準偏差	1.5(100.0%)	0.9(64.4%)	3.4(63.4%)	1.2(57.5%)	2.8(80.8%)	1.8(64.4%)	1.8(76.7%)
芭瑪	最大偏差	12.0(1.4%)	3.2(1.4%)	14.1(1.4%)	5.1(1.4%)	11.6(1.4%)	7.6(1.4%)	7.0(1.4%)
芭瑪	平均比值	21.5(13.7%)	1.1(50.7%)	31.1(19.7%)	2.2(15.1%)	0.9(38.4%)	0.8(52.1%)	2.7(28.8%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 5-34 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報南北分量風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	2.9(46.4%)	3.5(38.1%)	1.9(35.1%)	4.6(39.2%)	3.5(41.2%)	1.6(38.1%)	3.5(44.3%)
蓮花	標準偏差	2.1(59.8%)	3.0(41.2%)	1.7(41.2%)	3.3(62.9%)	2.8(52.6%)	1.4(44.3%)	2.2(60.8%)
蓮花	最大偏差	8.2(1.0%)	10.7(1.0%)	6.1(1.0%)	12.9(1.0%)	11.4(1.0%)	6.1(1.0%)	8.3(1.0%)
蓮花	平均比值	4.9(19.6%)	8.2(11.3%)	2.0(11.3%)	6.1(16.5%)	7.2(17.5%)	1.3(20.6%)	1.0(18.6%)
莫拉菲	平均偏差	2.1(46.6%)	3.1(46.6%)	2.6(49.3%)	3.6(43.8%)	5.8(41.1%)	0.0(0.0%)	3.9(46.6%)
莫拉菲	標準偏差	1.5(57.5%)	2.1(60.3%)	1.7(64.4%)	2.5(54.8%)	2.9(83.6%)	0.0(0.0%)	2.6(67.1%)
莫拉菲	最大偏差	5.7(1.4%)	6.9(1.4%)	7.8(1.4%)	9.9(1.4%)	13.0(1.4%)	0.0(0.0%)	10.0(1.4%)
莫拉菲	平均比值	1.3(20.5%)	5.5(46.6%)	9.1(16.4%)	14.0(4.1%)	19.3(12.3%)	0.0(0.0%)	2.9(27.4%)
莫拉克	平均偏差	3.7(37.2%)	9.1(46.2%)	1.8(38.6%)	5.8(36.6%)	4.4(31.0%)	5.3(44.1%)	6.8(54.5%)
莫拉克	標準偏差	3.0(50.3%)	7.2(53.1%)	1.5(44.1%)	5.5(39.3%)	5.5(24.8%)	3.7(60.0%)	3.8(71.7%)
莫拉克	最大偏差	21.6(0.7%)	21.2(0.7%)	8.2(0.7%)	24.0(0.7%)	23.5(0.7%)	18.4(0.7%)	15.4(0.7%)
莫拉克	平均比值	5.1(17.9%)	1.4(45.5%)	1.8(16.6%)	3.7(24.1%)	1.3(24.1%)	5.5(18.6%)	5.7(23.4%)
芭瑪	平均偏差	6.4(38.4%)	2.7(41.1%)	1.6(42.5%)	3.3(47.9%)	3.3(42.5%)	4.0(41.1%)	3.5(45.2%)
芭瑪	標準偏差	2.6(95.9%)	1.8(65.8%)	1.2(56.2%)	2.2(63.0%)	2.4(57.5%)	2.7(61.6%)	2.4(65.8%)
芭瑪	最大偏差	12.3(1.4%)	6.8(1.4%)	4.8(1.4%)	9.3(1.4%)	10.1(1.4%)	10.1(1.4%)	12.3(1.4%)
芭瑪	平均比值	0.3(50.7%)	0.9(37.0%)	1.6(35.6%)	1.4(35.6%)	7.0(6.8%)	0.6(35.6%)	0.8(20.5%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 5-35 2009 年颱風時期各商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	92(94.8%)	83(85.6%)	94(96.9%)	95(97.9%)	1(1.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)
蓮花	SWAN	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)
莫拉菲	OBS1	69(94.5%)	73(100.0%)	73(100.0%)	68(93.2%)	72(98.6%)	73(100.0%)	72(98.6%)
莫拉菲	SWAN	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)
莫拉克	OBS1	138(95.2%)	143(98.6%)	15(10.3%)	141(97.2%)	143(98.6%)	143(98.6%)	38(26.2%)
莫拉克	SWAN	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)
芭瑪	OBS1	70(95.9%)	72(98.6%)	72(98.6%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)
芭瑪	SWAN	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)

說明：

1. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
2. SWAN: SWAN 預報波場資料
3. 資料格式：資料蒐集筆數(蒐集率百分數)

表 5-36 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報平均示性波高統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	0.4(41.3%)	1.1(38.6%)	3.3(42.6%)	1.3(48.4%)	2.0(100.0%)	0.8(27.8%)	3.1(45.4%)
蓮花	SWAN	1.0(42.4%)	1.8(39.4%)	1.6(54.5%)	1.5(45.5%)	1.3(45.5%)	1.5(54.5%)	1.8(36.4%)
莫拉菲	OBS1	0.5(39.1%)	0.7(43.8%)	1.4(30.1%)	2.0(50.0%)	2.3(47.2%)	0.5(47.9%)	1.4(26.4%)
莫拉菲	SWAN	1.2(36.0%)	1.4(44.0%)	1.2(40.0%)	1.5(48.0%)	1.6(44.0%)	1.2(40.0%)	1.6(40.0%)
莫拉克	OBS1	1.6(33.3%)	2.3(47.6%)	3.3(60.0%)	3.0(48.9%)	3.3(46.2%)	1.7(39.9%)	1.7(50.0%)
莫拉克	SWAN	3.4(61.2%)	3.0(61.2%)	2.3(53.1%)	3.0(57.1%)	3.1(53.1%)	3.7(53.1%)	2.4(53.1%)
芭瑪	OBS1	2.3(42.9%)	3.2(47.2%)	1.4(30.6%)	2.1(41.1%)	2.6(34.2%)	2.0(42.5%)	1.1(32.9%)
芭瑪	SWAN	3.1(40.0%)	3.2(32.0%)	0.9(48.0%)	2.6(40.0%)	2.9(48.0%)	2.8(40.0%)	1.6(48.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 5-37 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報主要波向統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	NE(64.1%)	W(45.8%)	SW(88.3%)	SSE(58.9%)	NaN(0.0%)	W(25.8%)	SW(90.7%)
蓮花	SWAN	WNW(39.4%)	ENE(81.8%)	ESE(33.3%)	E(57.6%)	E(42.4%)	NE(39.4%)	ENE(27.3%)
莫拉菲	OBS1	NE(78.3%)	NNE(28.8%)	SW(69.9%)	SSE(72.1%)	SSE(44.4%)	N(0.0%)	SW(62.5%)
莫拉菲	SWAN	SW(40.0%)	SW(28.0%)	ESE(24.0%)	SSW(28.0%)	ESE(32.0%)	SW(24.0%)	ESE(24.0%)
莫拉克	OBS1	NE(63.0%)	NW(21.7%)	NaN(0.0%)	SSE(52.5%)	S(28.0%)	N(38.5%)	NaN(0.0%)
莫拉克	SWAN	NNW(34.7%)	NE(34.7%)	NNE(28.6%)	ENE(44.9%)	ENE(38.8%)	N(63.3%)	NNE(36.7%)
芭瑪	OBS1	NNE(80.0%)	N(63.9%)	W(34.7%)	SE(64.4%)	E(37.0%)	N(61.6%)	W(28.8%)
芭瑪	SWAN	SSW(40.0%)	SW(40.0%)	NNW(32.0%)	SSW(40.0%)	SSW(32.0%)	SW(44.0%)	S(32.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：主要波向(超越機率百分數)

表 5-38 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報平均波浪週期統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	3.8(38.0%)	4.3(47.0%)	6.4(45.7%)	5.1(49.5%)	6.9(100.0%)	3.6(46.4%)	5.7(54.6%)
蓮花	SWAN	3.8(48.5%)	3.7(48.5%)	3.8(51.5%)	3.5(51.5%)	3.8(51.5%)	3.5(51.5%)	4.0(54.5%)
莫拉菲	OBS1	3.5(39.1%)	3.7(39.7%)	5.2(46.6%)	6.2(66.2%)	5.5(55.6%)	0.0(100.0%)	3.6(33.3%)
莫拉菲	SWAN	3.3(40.0%)	3.3(40.0%)	3.3(36.0%)	3.5(52.0%)	3.6(48.0%)	3.3(48.0%)	3.5(44.0%)
莫拉克	OBS1	5.2(45.7%)	5.4(44.1%)	6.7(80.0%)	6.9(41.8%)	6.6(52.4%)	4.3(43.4%)	4.2(34.2%)
莫拉克	SWAN	5.3(57.1%)	4.9(65.3%)	4.7(51.0%)	5.0(63.3%)	5.2(61.2%)	5.9(53.1%)	4.0(42.9%)
芭瑪	OBS1	5.4(42.9%)	5.5(47.2%)	5.2(29.2%)	6.6(49.3%)	6.0(47.9%)	4.0(50.7%)	3.4(32.9%)
芭瑪	SWAN	4.5(64.0%)	5.0(36.0%)	3.0(52.0%)	5.0(60.0%)	5.3(68.0%)	4.7(52.0%)	3.7(44.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 5-39 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大示性波高(週期、波向)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	0.9(5.0,NNW)	2.8(5.5,SSW)	6.4(7.8,S)	2.1(5.3,SSE)	2.0(6.9,S)	2.7(5.3,WSW)	7.0(7.6,S)
蓮花	SWAN	1.6(4.9,SSE)	3.7(4.9,S)	3.3(5.1,SE)	2.5(4.0,SSW)	2.0(4.6,SSE)	2.5(4.4,SW)	4.8(6.2,SSE)
莫拉菲	OBS1	0.9(4.3,E)	1.2(4.7,NaN)	3.5(7.0,SSE)	4.1(7.8,S)	5.1(6.9,S)	0.8(1.1,NaN)	3.3(7.9,SSE)
莫拉菲	SWAN	2.4(4.4,N)	2.6(4.5,N)	2.8(4.5,N)	3.8(5.6,N)	3.7(5.7,N)	1.9(3.9,N)	3.3(5.1,N)
莫拉克	OBS1	4.5(7.0,NE)	7.8(6.1,N)	3.9(7.0,W)	6.5(8.0,S)	7.2(9.2,S)	4.2(5.3,ESE)	2.3(5.2,NW)
莫拉克	SWAN	5.4(5.5,S)	5.5(7.2,NNE)	4.3(6.0,NW)	5.6(6.9,NE)	5.8(7.2,ENE)	6.1(7.8,SSW)	4.2(5.5,W)
芭瑪	OBS1	3.8(6.6,NNW)	4.3(6.0,NNE)	3.1(7.9,WNW)	3.0(5.8,NNE)	3.7(6.7,NE)	3.2(3.5,NE)	2.3(5.2,NNE)
芭瑪	SWAN	4.4(5.6,ENE)	5.1(6.1,NNE)	1.6(3.4,E)	3.5(5.7,N)	3.8(5.8,ENE)	4.7(6.3,ENE)	2.5(4.1,NE)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 5-40 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大示性波高(日/時)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	0.9(21/19)	2.8(21/02)	6.4(20/10)	2.1(21/10)	2.0(18/01)	2.7(21/18)	7.0(20/09)
蓮花	SWAN	1.6(18/07)	3.7(20/04)	3.3(20/07)	2.5(21/16)	2.0(21/16)	2.5(20/01)	4.8(20/07)
莫拉菲	OBS1	0.9(17/03)	1.2(16/20)	3.5(17/23)	4.1(17/03)	5.1(17/07)	0.8(16/15)	3.3(17/22)
莫拉菲	SWAN	2.4(16/13)	2.6(17/10)	2.8(17/10)	3.8(16/22)	3.7(16/22)	1.9(16/16)	3.3(17/10)
莫拉克	OBS1	4.5(06/12)	7.8(07/00)	3.9(04/14)	6.5(06/11)	7.2(07/08)	4.2(06/13)	2.3(04/04)
莫拉克	SWAN	5.4(09/01)	5.5(06/22)	4.3(06/22)	5.6(06/22)	5.8(06/22)	6.1(06/22)	4.2(06/22)
芭瑪	OBS1	3.8(04/00)	4.3(03/23)	3.1(04/11)	3.0(02/11)	3.7(04/12)	3.2(04/04)	2.3(05/00)
芭瑪	SWAN	4.4(02/16)	5.1(02/22)	1.6(04/01)	3.5(02/19)	3.8(02/16)	4.7(02/22)	2.5(03/22)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 5-41 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大平均週期(波高)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	5.2(0.9,NNW)	6.2(1.1,SSW)	8.4(5.8,S)	6.8(1.6,SSE)	6.9(2.0,S)	6.2(1.2,WSW)	8.4(3.7,S)
蓮花	SWAN	6.0(1.4,SSE)	4.9(3.7,S)	5.4(1.7,SE)	4.3(2.1,SSW)	4.6(2.0,SSE)	4.5(1.8,SW)	6.2(4.8,SSE)
莫拉菲	OBS1	5.1(0.4,E)	5.2(1.1,NaN)	7.0(3.5,SSE)	7.8(4.1,S)	6.9(5.1,S)	3.7(0.7,NaN)	7.9(3.3,SSE)
莫拉菲	SWAN	4.4(2.4,N)	4.5(2.6,N)	4.5(2.8,N)	5.6(3.8,N)	5.7(3.7,N)	4.1(1.2,N)	5.1(3.3,N)
莫拉克	OBS1	7.1(4.1,NE)	7.4(3.9,N)	7.5(3.8,W)	9.7(5.6,S)	9.2(5.8,S)	7.2(1.4,ESE)	7.0(2.0,NW)
莫拉克	SWAN	7.9(1.6,S)	7.2(5.5,NNE)	6.5(3.5,NW)	6.9(5.6,NE)	7.2(5.8,ENE)	7.8(5.6,SSW)	5.5(4.2,W)
芭瑪	OBS1	6.6(3.8,NNW)	6.0(4.3,NNE)	8.0(2.6,WNW)	7.9(2.5,NNE)	7.0(2.3,NE)	5.7(2.8,NE)	7.1(2.0,NNE)
芭瑪	SWAN	5.8(4.3,ENE)	6.4(5.0,NNE)	4.1(1.0,E)	5.7(3.5,N)	5.8(3.8,ENE)	6.3(4.7,ENE)	4.3(1.7,NE)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 5-42 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大平均週期(日/時)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	5.2(21/18)	6.2(20/11)	8.4(20/01)	6.8(18/03)	6.9(18/01)	6.2(21/02)	8.4(19/04)
蓮花	SWAN	6.0(18/19)	4.9(20/04)	5.4(22/01)	4.3(21/07)	4.6(21/16)	4.5(18/10)	6.2(20/07)
莫拉菲	OBS1	5.1(17/22)	5.2(16/23)	7.0(17/23)	7.8(17/03)	6.9(17/07)	3.7(17/19)	7.9(17/22)
莫拉菲	SWAN	4.4(16/13)	4.5(17/10)	4.5(17/10)	5.6(16/22)	5.7(16/22)	4.1(18/01)	5.1(17/10)
莫拉克	OBS1	7.1(06/03)	7.4(06/11)	7.5(04/11)	9.7(06/05)	9.2(06/08)	7.2(07/12)	7.0(04/18)
莫拉克	SWAN	7.9(04/01)	7.2(06/22)	6.5(09/04)	6.9(06/22)	7.2(06/22)	7.8(06/10)	5.5(06/22)
芭瑪	OBS1	6.6(04/00)	6.0(03/23)	8.0(05/01)	7.9(03/22)	7.0(03/07)	5.7(04/16)	7.1(04/13)
芭瑪	SWAN	5.8(02/13)	6.4(02/19)	4.1(02/01)	5.7(02/19)	5.8(02/13)	6.3(02/22)	4.3(03/04)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 5-43 2009 年颱風時期各商港之觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	62.4(50.0%)	55.0(42.9%)	116.4(61.3%)	67.3(62.5%)	13.3(100.0%)	73.3(39.4%)	119.3(57.6%)
蓮花	標準偏差	37.4(75.0%)	38.7(50.0%)	52.1(83.9%)	23.8(96.9%)	0.0(100.0%)	46.9(63.6%)	48.1(87.9%)
蓮花	最大偏差	155.6(3.1%)	170.7(3.6%)	171.8(3.2%)	94.9(3.1%)	13.3(100.0%)	167.9(3.0%)	179.9(3.0%)
蓮花	平均比值	5.1(62.5%)	4.2(3.6%)	0.4(51.6%)	0.6(40.6%)	1.1(100.0%)	2.5(9.1%)	0.4(48.5%)
莫拉菲	平均偏差	96.9(52.2%)	85.5(52.0%)	89.5(56.0%)	43.4(47.8%)	47.7(52.0%)	65.4(52.0%)	69.3(58.3%)
莫拉菲	標準偏差	65.9(65.2%)	49.0(68.0%)	48.0(76.0%)	14.7(100.0%)	24.9(84.0%)	36.2(68.0%)	35.8(75.0%)
莫拉菲	最大偏差	178.7(4.3%)	164.6(4.0%)	170.5(4.0%)	64.3(4.3%)	93.8(4.0%)	122.8(4.0%)	152.1(4.2%)
莫拉菲	平均比值	4.0(56.5%)	4.7(24.0%)	0.7(40.0%)	1.1(56.5%)	1.1(48.0%)	3.4(20.0%)	0.8(45.8%)
莫拉克	平均偏差	91.8(47.9%)	78.8(47.9%)	91.0(50.0%)	76.4(66.7%)	92.8(56.2%)	93.8(53.2%)	89.8(64.3%)
莫拉克	標準偏差	34.4(93.8%)	47.5(72.9%)	61.9(50.0%)	32.3(89.6%)	42.0(81.2%)	60.5(68.1%)	47.4(64.3%)
莫拉克	最大偏差	166.4(2.1%)	170.5(2.1%)	172.8(16.7%)	161.0(2.1%)	174.3(2.1%)	174.5(2.1%)	157.1(7.1%)
莫拉克	平均比值	8.3(39.6%)	6.6(14.6%)	0.4(16.7%)	1.0(27.1%)	1.3(27.1%)	120.2(6.4%)	0.9(57.1%)
芭瑪	平均偏差	73.0(37.5%)	68.3(37.5%)	62.1(52.0%)	59.4(56.0%)	102.8(48.0%)	70.0(40.0%)	42.3(44.0%)
芭瑪	標準偏差	71.4(37.5%)	48.3(41.7%)	24.5(96.0%)	24.9(88.0%)	28.5(100.0%)	48.2(48.0%)	23.7(72.0%)
芭瑪	最大偏差	178.2(4.2%)	155.8(4.2%)	109.0(4.0%)	102.8(4.0%)	153.3(4.0%)	161.2(4.0%)	108.8(4.0%)
芭瑪	平均比值	8.1(33.3%)	21.3(45.8%)	1.0(48.0%)	1.5(56.0%)	2.3(40.0%)	17.7(28.0%)	0.9(36.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：示性波高偏差值(超越機率百分數)

表 5-44 2009 年颱風時期各商港之觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	62.4(50.0%)	55.0(42.9%)	116.4(61.3%)	67.3(62.5%)	13.3(100.0%)	73.3(39.4%)	119.3(57.6%)
蓮花	標準偏差	37.4(75.0%)	38.7(50.0%)	52.1(83.9%)	23.8(96.9%)	0.0(100.0%)	46.9(63.6%)	48.1(87.9%)
蓮花	最大偏差	155.6(3.1%)	170.7(3.6%)	171.8(3.2%)	94.9(3.1%)	13.3(100.0%)	167.9(3.0%)	179.9(3.0%)
蓮花	平均比值	5.1(62.5%)	4.2(3.6%)	0.4(51.6%)	0.6(40.6%)	1.1(100.0%)	2.5(9.1%)	0.4(48.5%)
莫拉菲	平均偏差	96.9(52.2%)	85.5(52.0%)	89.5(56.0%)	43.4(47.8%)	47.7(52.0%)	65.4(52.0%)	69.3(58.3%)
莫拉菲	標準偏差	65.9(65.2%)	49.0(68.0%)	48.0(76.0%)	14.7(100.0%)	24.9(84.0%)	36.2(68.0%)	35.8(75.0%)
莫拉菲	最大偏差	178.7(4.3%)	164.6(4.0%)	170.5(4.0%)	64.3(4.3%)	93.8(4.0%)	122.8(4.0%)	152.1(4.2%)
莫拉菲	平均比值	4.0(56.5%)	4.7(24.0%)	0.7(40.0%)	1.1(56.5%)	1.1(48.0%)	3.4(20.0%)	0.8(45.8%)
莫拉克	平均偏差	91.8(47.9%)	78.8(47.9%)	91.0(50.0%)	76.4(66.7%)	92.8(56.2%)	93.8(53.2%)	89.8(64.3%)
莫拉克	標準偏差	34.4(93.8%)	47.5(72.9%)	61.9(50.0%)	32.3(89.6%)	42.0(81.2%)	60.5(68.1%)	47.4(64.3%)
莫拉克	最大偏差	166.4(2.1%)	170.5(2.1%)	172.8(16.7%)	161.0(2.1%)	174.3(2.1%)	174.5(2.1%)	157.1(7.1%)
莫拉克	平均比值	8.3(39.6%)	6.6(14.6%)	0.4(16.7%)	1.0(27.1%)	1.3(27.1%)	120.2(6.4%)	0.9(57.1%)
芭瑪	平均偏差	73.0(37.5%)	68.3(37.5%)	62.1(52.0%)	59.4(56.0%)	102.8(48.0%)	70.0(40.0%)	42.3(44.0%)
芭瑪	標準偏差	71.4(37.5%)	48.3(41.7%)	24.5(96.0%)	24.9(88.0%)	28.5(100.0%)	48.2(48.0%)	23.7(72.0%)
芭瑪	最大偏差	178.2(4.2%)	155.8(4.2%)	109.0(4.0%)	102.8(4.0%)	153.3(4.0%)	161.2(4.0%)	108.8(4.0%)
芭瑪	平均比值	8.1(33.3%)	21.3(45.8%)	1.0(48.0%)	1.5(56.0%)	2.3(40.0%)	17.7(28.0%)	0.9(36.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：波向偏差值(超越機率百分數)

表 5-45 2009 年颱風時期各商港之觀測及 SWAN 預報平均週期各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	0.9(43.8%)	0.8(50.0%)	2.8(58.1%)	1.5(50.0%)	3.7(100.0%)	1.5(45.5%)	1.9(36.4%)
蓮花	標準偏差	0.7(56.2%)	0.6(60.7%)	1.5(77.4%)	0.7(84.4%)	0.0(100.0%)	0.9(69.7%)	1.4(48.5%)
蓮花	最大偏差	2.5(3.1%)	1.8(3.6%)	4.7(3.2%)	2.8(3.1%)	3.7(100.0%)	3.5(3.0%)	5.3(3.0%)
蓮花	平均比值	1.0(43.8%)	0.9(50.0%)	0.6(41.9%)	0.7(46.9%)	0.5(100.0%)	1.1(51.5%)	0.8(36.4%)
莫拉菲	平均偏差	0.6(43.5%)	0.7(40.0%)	2.0(48.0%)	2.7(47.8%)	1.8(44.0%)	0.8(48.0%)	0.9(41.7%)
莫拉菲	標準偏差	0.5(47.8%)	0.6(40.0%)	1.0(80.0%)	0.6(100.0%)	0.8(92.0%)	0.6(60.0%)	0.7(50.0%)
莫拉菲	最大偏差	1.5(4.3%)	2.0(4.0%)	3.5(4.0%)	4.4(4.3%)	3.7(4.0%)	2.0(4.0%)	3.4(4.2%)
莫拉菲	平均比值	0.9(52.2%)	0.9(48.0%)	0.6(44.0%)	0.6(43.5%)	0.7(52.0%)	1.4(40.0%)	1.1(45.8%)
莫拉克	平均偏差	1.0(31.2%)	0.7(37.5%)	3.3(83.3%)	2.0(45.8%)	1.4(45.8%)	1.6(44.7%)	1.0(21.4%)
莫拉克	標準偏差	0.8(39.6%)	0.7(43.8%)	1.3(83.3%)	1.5(52.1%)	0.9(62.5%)	1.1(61.7%)	0.9(21.4%)
莫拉克	最大偏差	3.6(2.1%)	2.3(2.1%)	4.1(16.7%)	5.3(2.1%)	4.4(2.1%)	4.1(2.1%)	3.2(7.1%)
莫拉克	平均比值	1.1(45.8%)	0.9(58.3%)	0.5(16.7%)	0.7(56.2%)	0.8(52.1%)	1.4(48.9%)	0.9(42.9%)
芭瑪	平均偏差	1.1(45.8%)	0.7(41.7%)	2.3(32.0%)	1.6(52.0%)	0.7(48.0%)	1.1(40.0%)	1.2(44.0%)
芭瑪	標準偏差	0.8(58.3%)	0.4(75.0%)	1.8(40.0%)	0.7(84.0%)	0.4(80.0%)	0.6(84.0%)	0.7(76.0%)
芭瑪	最大偏差	2.6(4.2%)	1.4(4.2%)	5.6(4.0%)	3.1(4.0%)	1.7(4.0%)	2.6(4.0%)	3.5(4.0%)
芭瑪	平均比值	0.8(45.8%)	0.9(41.7%)	0.6(60.0%)	0.8(40.0%)	0.9(52.0%)	1.2(60.0%)	1.2(60.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：平均週期偏差值(超越機率百分數)

第六章 結論與建議

本年度預期成果包含下列事項：

1. 建立本土化風場(氣壓)數值模式，可提供環島海域及港區之風場及氣壓場計算。
2. 建立本土化波浪數值模式，可提供環島海域及港區之波場計算。
3. 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之風場及氣壓模擬預報及檢驗成果評估。
4. 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之波浪模擬預報及檢驗成果評估。

就目前所完成的工作內容簡述如下：

1. 從波向的比較分析中發現，在過去風波預報中常發生不合理的波向情形主要應係採用平均波向的緣故。採用主波波向的話在主要的風域內(例如東北季風時的臺灣東北角海域)將有與風向較一致的分佈，但是在下風區或背風區則發生明顯差異，研判應是風波推算模式無法反應波浪的繞射效應，使得該區域的波浪場仍由風場主導所致。
2. 透過MC及RC風場的嵌合研究發現MC風場因邊界的影響所造成的差異性大約涵蓋 1° 左右，如果在MC風場四周各截去 1° 的話，不論是風向或風速方面，與RC風場鑲嵌的吻合度相當高。且藉此亦可用雙線性內插方式加密風場的格網。未來可以提供擴大近海風浪推算的可能性。
3. 透過兩種數值水深地形的比較發現其間具有明顯的差異性，該差異性對大尺度的風浪推算而言可能影響不大，但對於近岸地區的風浪推算則有明顯影響。透過地形水深的嵌合與雙線性內插的修正可以改善此種差異性，但無法完全消弭不同測量系統所導致的差異性。大體而言，本次的整合仍算成功。

依據本年度的研究成果，建議下年度的工作可以進行

1. 由於風場的合併可能會連帶刺激到波浪預報程序的檢討。依目前的研究心得，雖然目前的波浪預報模式提供了格網內插的功能，使用者不需要擔心計算格網與風場、水位場、流場及地形格網的不一致性。但由於臺灣附近地形過於複雜，自動內插可能會引發不可預期的誤差，因此本計畫傾向於建議未來將所有的格網分割加以統一化，也就是讓每一個輸入的資料點與計算點完全相合，以便在控制計算下能掌握推算的結果，始能再深入探討其他影響因子對波浪推算的影響。
2. 由於水深地形的整合成功，以及考量本波浪預報系統中遠域的風波推算主要是為了得到近域風波推算所需要的邊界值，因此未來可以配合風場的整合擴大，評估單獨利用SWAN或者縮小WAM計算範圍以進行臺灣附近風波推算的可行性與經濟時效性。
3. 水位場與流場已經在相關研究中確認會影響要風波的推算，以及近岸的水位抬升，建議應及早進行相關的整合規劃。

參考文獻

1. Booij, N.,1981, "Gravity waves on water with non-uniform depth and current," Report No 81-1, Department of Civil Engineering, Delft Univ. of Technology, Delft, The Netherland.
2. Booij, N., J.G. Haagsma, L.H. Holthuijsen, A.T.M.M. Kieftenburg, R.C. Ris, A.J. van der Westhuysen, M. Zijlema, 2004, *SWAN Cycle III version 40.41 USER MANUAL*, Delft University of Technology
3. Bouttier, F., P. Courtier, 1999, "Data Assimilation Concepts and Methods," Meteorological Training Course Lecture Series, ECMWF
4. Chen, H.S., D. Behringer, L.D. Burroughs, and H.L. Tolman, (2004), "A Variational Wave Height Data Assimilation System for NECP Operational Wave Models," Technical Procedures bulletin, NWS, NCEP, NOAA, USA.
5. Chiu, Y.F., J.G. Lin and H.S. Hou, 2004, "WAVE CONDITIONS INSIDE THE HUALIEN PORT, TAIWAN," Presented in PACON, 2004.(in print)
6. Engedahl, H., 1995, Implementation of the Princeton Ocean Model (POM/ECOM 3D) at Norwegian Meteorological Institute. Research Report No.5, DNMI.
7. Gerritsen, H., de Vries, J.W., Phillippart, M.E., 1995. The Dutch continental shelf model. Quantitative Skill Assessment for Coastal Ocean Models. In: Lynch, D., Davies, A.M. (Eds.), Coastal and Estuarine Studies AGU, Washington DC, pp. 425-467.
8. Golding, B., 1983. A wave prediction system for real time sea state forecasting. Q.J.R. Meteorol. Soc. 109, 393-416.
9. Holt, M.W., 1994. Improvements to the UKMO wave model swell dissipation and performance in light winds. Forecasting Research Division Technical Report 119, October 1994. Unpublished report available from the Met. Office.
10. Hsu, Y.J. G., T.W. Hsu, J.G. Lin, J.M. Liao, T.W. Yang and F.J. Lin, 2004, "Nearshore Wave Predictions Around the Northeastern Coast of Taiwan," The Fourteenth OMISAR Workshop on Ocean Models, PACON.
11. Kirby, J.T., 1986, "Rational approximations in the parabolic equation method for water waves," Coastal Eng., Vol. 10, pp. 355-378.
12. Kirby, J.T. and Dalrymple, R.A., 1983, "A parabolic equation for combined refraction-

- diffraction of Stokes waves by mildly varying topography,” *J. Fluid Mech.*, Vol. 136, pp. 219-232.
13. Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan, M. Hasselmann, K., Hasselmann, S., Janssen, P.A.E.M., 1994. *Dynamics and modeling of Ocean Waves*. Cambridge Univ. Press, Cambridge UK.
 14. Martinsen, E.A., Hackett B., Røed, L.P., Melstrom, A., 1997. Operational marine models at Norwegian Meteorological Institute. In: Stel, J.H. (Ed.), *Operational Oceanography. The challenge for European Co-operation*. Elsevier, Amsterdam, pp. 436-443, Elsevier Oceanography Series 62, 757 pp.
 15. Mei, C.C., 1989, “*The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves*”, John Wiley, New York.
 16. Oder, J., Berlamont, J., Van den Eynde, D., Yu, C.S., 1997. Operational modeling of the Northwest European Continental Shelf. Activity Report No. 5. Report MNECS/O/XX/199710/NL/AR/5, 25 pp.
 17. Phillipart, M.E., Gebraad, A., 1997. A new storm surge forecasting system. In: Stel, J.H. (Ed.), *Operational Oceanography. The Challenge for European Co-operation*. Elsevier, Amsterdam, pp. 487-495, Elsevier Oceanography Series 62, 757 pp.
 18. Phillipart, M.E., Gebraad, A.W., Scharroo, R., Roset, M.R.T., Bollebrecht, E.A.H., Jacobs, A., van den Boogaard, H.F.P., Peters, H.C., 1998. DATUM2: data assimilation with altimetry; Techniques used in a tidal model, 2nd program. Netherlands Remote Sensing Board (BCRS) NRSP-2 report 98-19.
 19. Radder, A.C., 1979, “On the parabolic equation method for water-wave propagation,” *J. Fluid. Mech.*, Vol. 95, pp. 159-176.
 20. van den Eynde, D., 1992. MU-WAVE: an operational wave forecasting system for the Belgian coast. *Proceedings of the third International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting*, Montreal, 19-22 May 1992. pp. 313-324.
 21. van den Eynde, D., Malisse, J.-p., Ozer, J., Scory, S., 1998. Operational modeling of the Northwest European Continental Shelf: Gebruikershandleiding. Report OMNECS/O/XX/199808/NL/TR/3.1, 83 pp.
 22. voorrips, A.C., Hersbach, H., Koek, F.B., Komen, G.J., Makin, V.K., Onvlee, J.R.N., 1997. Wave prediction and data assimilation at the North Sea. In: Stel, J.H. (Ed.), *Operational Oceanography. The Challenge for European Co-operation*. Elsevier,

Amsterdam, pp. 463-471, Elsevier Oceanography Series 62, 757pp.

23. 尤皓正、江朕榮、于嘉順、蘇青和，2007，「台中港結構對近岸流場的影響」，第二十九屆海洋工程研討會論文集，153頁-158頁。
24. 江中權、曾相茂、莊文傑，2002，「台灣北部海域海流之數值模擬計算」，第二十四屆海洋工程研討會論文集，205頁-212頁。
25. 李兆芳、劉正琪、張憲國，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。中華民國90年。
26. 李忠潘、陳陽益、林炤圭、劉景毅、王兆璋、張憲國、許泰文、薛憲文、于嘉順，近岸數值模擬系統之建立(II)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-94-H3DB001，中華民國94年11月。
27. 李忠潘、陳陽益、薛憲文、林炤圭、劉正琪、張憲國、于嘉順、王兆璋，近岸數值模擬系統之建立(III)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-95-H3DB001，中華民國95年11月。
28. 林炤圭、徐月娟、莊士賢、羅司宜、劉玉祥、林昭暉，2003，「東北角海域區域波浪模式之建置研究」，第二十五屆海洋工程研討會東北角海岸專題(東北角海域海氣象特性與海岸防護)，基隆，17頁-23頁。
29. 林炤圭，2003，沿海遊憩安全資訊與監測系統之建立(1/2)－沿海遊憩安全資訊系統之建立，交通部科技顧問室92年度專題研究計畫報告
30. 林炤圭，2004，沿海遊憩安全資訊與監測系統之建立(2/2)－沿海遊憩安全資訊系統之建立，交通部科技顧問室93年度專題研究計畫報告
31. 林炤圭，2003，東北角海域海象預報系統的建立，中央氣象局92年度研究計畫報告
32. 林炤圭，2004，東北角海域波浪預報模式之建立與檢核，中央氣象局93年度研究計畫報告
33. 林炤圭、許泰文，2005，近岸風浪預報模式之研究與建立(1/3)，中央氣象局94年度研究計畫報告
34. 林炤圭、岳景雲、林玉峰、涂宗男，花蓮港港池共振機制研究(1/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-94-H3DB003，226頁，中華民國94年11月。(95年4月出版)
35. 林炤圭、岳景雲、林玉峰、涂宗男，花蓮港港池共振機制研究(2/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-95-H3DB002，中華民國95年11月。
36. 林炤圭、許泰文、廖建明，海岸區域溢淹災害潛勢分析研究－近岸波浪計算預測模式之建置(I)，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，

NSC94-2625-Z-019-007, 中華民國 95 年 10 月。

37. 林勝豐、楊穎堅、唐存勇, 2005, 「北台灣沿海潮流特性分析」, 第二十七屆海洋工程研討會論文集, 295 頁-301 頁。
38. 林豐福、洪憲忠、廖建明、林達遠、許泰文, 2004, 「台北港海域潮流流場數值模擬分析」, 第二十六屆海洋工程研討會論文集, 175 頁-182 頁。
39. 陳明宗、邱永芳、李中潘、陳陽益、劉正琪、于嘉順、林炤圭、張憲國、薛憲文、王兆璋, 近岸海象數值模擬及預警系統之建立(1/4), 交通部運輸研究所合作研究計畫報告, MOTC-IOT-96-H3DB001, 中華民國 96 年 12 月。
40. 許泰文、歐善惠、廖建明、陳亞嵐, 2003, 「修正型近岸風浪模式之研究」, 第二十五屆海洋工程研討會論文集, 基隆, 179 頁-185 頁。
41. 廖建明、歐善惠、許泰文、方介群、臧效義, 2002, 「應用 SWAN 模式模擬台灣附近颱風波浪之特性」, 第二十四屆海洋工程研討會論文集, 台中, 469-476 頁。
42. 歐善惠、許泰文、臧效義、方介群、廖建明, 1999, 「應用SWAN波浪模式推算台灣附近海域颱風波浪之研究」, 第二十一屆海洋工程研討會論文集, 87頁-95頁。
43. 歐善惠、許泰文、臧效義、廖建明、方介群, 2000, 「應用SWAN模式於台灣西部海岸之波浪預測」, 第二屆國際海洋大氣會議論文集, 台北, 183頁-188頁。
44. 蘇青和、吳基、廖慶堂、徐如娟, 2003, 「台北港港口區域潮汐及海流特性研究」, 第二十五屆海洋工程研討會論文集, 23 頁-30 頁。

附錄一 期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)- 波浪部份

執行單位：國立臺灣海洋大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、陳陽益委員： - 海氣接觸面的邊界效應，在吹風時之剪力與正壓力如何對起伏海面使風浪生成與成長的邊界層機制，應要適時清楚列述，以便日後改進時較有頭緒與著手方向。 - 與歷來的模式結果比較看看，尤其是歷時圖的比較。 - 近岸碎波條件及其大小與範圍(即碎波帶的範圍)，以及碎波後加上再生波，這對近岸的波浪歷時圖之預報準確性有相當的影響，應請列述以便日後做修正時有方向可循。	- 將於期末報告補充比較，並作適當說明。 - 遵照辦理。 - 由於格網解析度的選擇，以及本預報系統的任務，目前尚無法考慮到近岸碎波的問題。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
二、林銘崇委員： - 研究報告之摘要過度偏重研究計畫之陳述，宜以研究成果之敘述為主。 - 風場、波浪預報模式精確度及計算速度之精進基準如何考量？	- 摘要部分將於期末報告改進。 - 由於數值模擬始終存在著數值模式理想化以及輸入資訊的不足，再加	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

3. 蘇澳港波浪觀測與數值模擬結果比較相當良好，但基隆港波高結果則並不理想，值得進一步檢討。	上多重的模式計算(風場及波浪)，風場及波浪的預報結果必然與實測結果有差異(更遑論觀測資料仍有其區域性存在)。因此風場及波浪預報的改善將以數值的收斂性為目標。 3. 目前在港研中心充分提供實測資料的狀況下，本團隊將儘量找出各港推算值與觀測值間的差異性。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
三、李兆芳委員： 1. 在計畫中，海域計算範圍是否能加以考慮能否減少，並且在格網密度增加，以增加結果的代表性 2. 圖 4.4 各港區模擬結果可以再表示清楚些。	1. 藉由計算範圍的縮小，以提升計算的時效，係本計畫團隊的目標，但目前的經驗是可能要考慮有限差分計算中邊界計算值的不準確性的向內延伸是否會影響到推算的範圍。 2. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
四、許泰文委員(書面審查)： 1. 報告中許多地形波浪資料分析示意圖及比較圖，建議以彩色印刷，相關分析圖亦應放大，否則無法辨識圖形的分析結果，圖說明及符號說明有許多錯誤，應再加以檢查改進。另所有	1. 相關圖的繪製與說明將於期末報告改進。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

分析圖採用的地形年份，輸入的條件均應說明清楚。 2. 中文摘要應可再增加篇幅，研究方法及成果均可重點說明。另應附英文摘要。 3. 研究工作中資料及技術轉移項目，請問有訓練港研中心人員的計畫嗎？計畫結束駐點人員離開後，港研中心人員是否能自行操作。另外，報告中應附詳細使用手冊以利日後操作。 4. 預警系統的建立準確度及時效性非常重要，建議詳細說明所利用的電腦設備，資料收集整理時間，實際的電腦運算時間。此外，在預測模擬後，與實測資料比對結果的差異性，亦應作統計檢討原因，以作為模式修正或其他研究方法過程修正用。 5. 目前蘇澳港和基隆港模擬結果不多，後期建議進行更多條件模擬計算，以確保模式應用的可靠性。	2. 摘要部分亦於期末報告中改進，為受限於摘要文字字數的限制規定，可能無法過於翔實。 3. 目前相關手冊均已編列並提供港研中心使用，日後將再依實際需要進行修改。本計畫執行過程中均隨時與中心人員及駐點人員聯繫及討論，未來的技術移轉應不致發生問題。 4. 有關提升預警系統的建立準確度及時效性係本計畫團隊一直配合的態度。相關的電腦軟硬體資訊將於期末報告補充說明。 5. 蘇澳港和基隆港的模擬將於期末報告補充說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
五、蘇青和委員： 1. 年度工作第1項“精進波浪預報系統”之具體成果不明顯，應將較大誤差之現況及改進後之情形作詳細說明比較。	1. 波浪預報系統的正确性已於各年度之報告及簡報中說明，也因此確認本年度的工作目標係針對風場設法改善，目前	同意合作研究單位之說明與處理情形。

	正依據過去累積的經驗進行相關的進一步測試。計畫執行團隊僅能根據真正的改善情形進行說明，但是風場的差異性如同7月16日的工作會議中所討論，可能是造成波浪成長的延遲原因。	
2. 第44頁圖4.5商港港域波浪模擬結果，缺少高雄港部份請補增。除圖4.5等波高分佈，建議增加颱風或代表性季風期間，具代表性之定點波浪歷線比較說明。圖4.4商港近岸地區部份也是相同建議。	2. 商港近岸或港域波浪模擬將於期末報告補足相關圖說，亦將進行定點之比較。但是數值模擬與實測資料間的差異性是可以預期的結果，不建議過度討論，以免失焦。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 第5章預報成果評估僅列各項統計表，缺少代表性之歷線比對圖，評估結果也缺少各種誤差狀況說明，請補增。	3. 預報成果評估所缺之歷線比較圖如同期中報告所述，將與港研中心研商，哪些圖表由駐點專任助理處理，哪些由計畫團隊處理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 第73頁表5-2.1基隆港計算波向與觀測波向相差約180度甚不合理。波高部份SWAN模式計算之最大波位置與觀測值差異甚大(WAN模式並無此現象)，此應為精進改善重點。	4. 各港計算波向與觀測波向的差異性已經多次於工作會議討論，本年度計畫會設法找出原因。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、簡仲璟委員：		
1. RC 風場以線性內插方式進行格網加密之目的，請補充說明。風場格網加密後僅以嵌合邊	1. 風場嵌合的討論將於計畫後期再作加強，並於期末報告中補充說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

界之風速作比較，是否應對風向也進行比較。 2. 表 5-20~ 表 5-22 有 SWAN 預報示性波高、波向及平均週期之各港於不同月份之偏差統計結果，但報告無文字對應說明請補充。 3. 第二章部分圖編號有誤，請修正。	2. 相關的圖表與比較說明，將於期末報告中補充說明。 3. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
--	---	---

附錄二 期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4) - 波浪部份

執行單位：國立臺灣海洋大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、陳陽益委員：		
1. 本研究已頗具體的呈現所預期的成果，值得肯定。	1. 謝謝委員肯定與鼓勵。	
2. 已有與蘇澳港的觀測的風浪資料進行比較，且頗不錯，但可再加入其他港口的實測資料的比較，及同一週期條件等等。	2. 有關近岸及港灣波浪折繞射模式的驗證，將儘量收集所有目標港灣的實測風波資料以便瞭解推算值與實測值間的差異特性。	2. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 蘇澳港與實測資料比較於邊界條件修正後，波高之模式模擬值很不錯，但波向者如何呢?建議可述明一下。	3. 目前各港口近岸波浪模式之入射波浪邊界條件校正主要針對波高進行，未來將進一步針對波向進行探討(目前已有部份港口在進行入射波向校正)。	3. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 本研究報告所列的是一季風者，但變風速、風向，尤其颱風時，以及水深地形改變下，其特性仍再述明一下較好。	4. 目前計畫所採用的風場均係以氣象局所提供的數值資料為主。第 3.2 節以季風風場所進行的討論主要是因為東北季風風場的風向較為穩定容易辨識。	4. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 各港口之波浪特性的預測值與模擬值之比較的	5. 謝謝委員之建議。本年度主要針對新建置之基	5. 同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
優劣性，可請再述明，以便日後可再深入探討因地形的地形水深條件之不同所造成的差異，及日後改進的參考基礎!	隆港及蘇澳港進行探討，其餘各商港之波浪模式建置與驗證已分別於 96 及 97 年度報告討論，未來計畫之執行時再進一步探討地形水深條件不同時所造成的差異。	
6. 碎波尚無很深入的探討，尤其颱風時的連續不同地點，不同方向的碎波者。	6. 謝謝委員之建議。未來計畫執行時將針對各港口近岸波浪場模擬結果之碎波現象做進一步描述。	6. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
二、蔡清標委員：		
1. 式(3-1)，各代表符號應定義說明。	1. 謝謝指正，已於 P.19 修訂。	1. 已修訂。
2. 本計畫探討平均波向及主波波向之模擬，建議平均波向及主波波向應有所定義。	2. 謝謝指正，已於 P.25 及 26 補充說明。	2. 已補充。
3. 圖 3-9(b)、(c)，陸地顏色與風向及波向重複，請改正。	3. 謝謝指正，P.30 圖 3.4(b)及 P.32 及 P.33 的圖 3.8 與 3.9 中陸地上的波向係數值輸出的錯誤，已經修正刪除。	3. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 圖 3-10，SWAN 及 WAM 結果差異甚大，最後為何選取 SWAN 評估(如表 5-20 及 5.21)？	4. 選取 SWAN 進行評估係因其較能反應近岸波浪變形且網格解析度較高。	4. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 基隆港 R^2 值偏低，建議檢討精度偏低之原因。而圖 4-14~4-16，模擬之	5. 基隆港的 R^2 值偏低係因基隆港附近屬於礁岩海岸，變化甚大，但無法	5. 同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
波高及週期條件之依據為何？圖 4-15 之波浪尖銳度過小，是否具意義，也不能代表颱風波浪，請檢討。	在數值模式中反應真實變化情形，因此偏差較大。波高及週期條件係選擇基隆港 2006 年的統計資料為測試值，未來評估時可在選擇適當的颱風波浪進行模擬。本計畫近岸波浪模式模擬條件係依據各港口波浪觀測結果設定的，報告中圖示之波浪條件係為冬季波浪觀測之結果，故波浪尖銳度較小，未來在評估時將會針對颱風波浪進行模擬。	
6. 各圖請標示 N 向及入射波向，而入射角應定義。各圖之波向變化較不清楚，建議改進。	6. 已經於各圖中加強修正。因近岸及港域的波動模擬於本年度之工作係建置基隆港及蘇澳港的數模，報告中僅示展示目前所能輸出的結果，其中包含以等值線表示的波高分佈及以向量表示的波向分佈。未來在需要特對波向進行討論或正式評估時，將會另圖顯示其變化情形。	6. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
7. 第四章港域波浪之模擬，週期選定為 8 秒，似不能代表颱風波浪條件，其選取依據為何？	7. 港域波浪模擬所選取的入射波週期為 8 秒係配合本計畫為考量計算時程所選用的格網大小所	7. 同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	能模擬的最短週期。	
8. 近岸區域及港域波浪模式，如何結合，即邊界如何 match？建議有所說明。	8. 目前近岸區域波浪模式入射波條件係採用波浪觀測結果校正模式之邊件條件，港域波浪模式則直接以波浪觀測結果為模式之入射波條件；近岸區域及港域波浪模式之結合，可納入未來模式之發展。	8. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
9. 圖 2-7 作業範例中，有前 24 小時之追算，不知是否有評估追算之精度，再進行預報之作業。	9. 相關評估作業除已於前期計畫中評估外，亦已納入例行性的全年長期評估中。	9. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
三、李兆芳委員：		
1. 報告內容對於波浪海象預警系統作業化程序敘述相當清楚。	1. 謝謝委員肯定。	
2. 在風浪預報模式結果之說明上，提及風場無法反應繞射效應，在報告內容中可加強說明。	2. 已經於 p.22 有關 SWAN 的理論中說明。	2. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
四、許泰文委員：		
1. WAM 波浪推算模式的架構為位相平均(phase averagee)，並沒有波浪方向的因素，波向會因水深而改變。本計畫使用主波向代表波向是合理的作法。	1. 謝謝委員認同。	
2. 計算網格粗細影響數值	2. 網格粗細的討論還影響	2. 同意合作研究單位之說

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
模擬結果，建議在此部分多加著墨，特別是颱風風場解析度宜加強。 3. 近岸港區波浪模擬使用緩坡方程式，使用邊界條件在七大港口是否全部適用，請再檢討。另計算條件和前面風浪計算無法結合。	到計算的時間，未來將再配合電腦軟硬體的擴充，進行格網解析度的探討，或研擬採用非結構性格網的可能性。 3. 有關緩坡度方程式的適用性將於七個商港的模式建構完成後，利用實測資料進行比較評估。計算條件與遠近域風浪計算的連結問題除可參考花蓮港港灣波動預報模式的構想外，亦考慮對計算邊界附近水域的波動進行評估最大可能的波高及波向。	明與處理情形。 3. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 預警系統應以颱風波浪為主，建議報告宜以颱風為主體。	4. 近岸及港域波動的預報係以颱風波浪為主。遠近域波浪預報未來視運研所的任務導向進行修正。	4. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
五、蘇青和委員：		
1. 第 3 章波浪模式推算波向有更正之部份，年度整個評估報告應作全面修正。	1. 有關波向的更正部分將與港研中心作業人員一統進行修改並反映於評估報告中。	1. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 第 4 章近岸及港域波浪模擬，除模式之驗證與比較外，應增加年度颱風波浪計算結果與特性分析。	2. 由於本年度係針對基隆港及蘇澳港的數模建置，相關季風及颱風波浪的驗證擬於下年度擴大進行。	2. 同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 第 5 章七個商港作業化預報成果評估分析，除分月成果評估外，應增加年度颱風期間，風浪預報成果評估分析。	3. 颱風期間的預報成果評估將於港研中心提供完整預報資料後進行評估並呈現於定稿中。	3. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 第 5 章作業化預報成果評估分析成果，一般性之圖表應另以附冊印製，報告應重點說明颱風期間，或冬夏代表性季風期間，之評估分析成果及改善情形。	4. 作業化預報成果的展現將與港研中心團隊，以及本計畫駐中心人員討論後確認呈現方式。	4. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 為節省自然資源，研究報告宜雙面印製。	5. 遵照辦理。未來是否請運研所明確規定。	5. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、簡仲璟委員：		
1. 對於風浪(週期約 5~6 秒)及颱風波浪、湧浪(週期約 9~11 秒)分別規劃兩種不同元素大小及密度之數值網格，以節省計算時間。但在自動化作業處理中將如何進行？	1. 由於入射波浪係以前處理方式進行擷取，因此在自動化過程中可以條件性判斷方式執行對應的程式。	1. 同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 圖 4.27~圖 4.35 請直接標示出入射波波向，此外圖中色階圖所列數值是否為入射波高值？請補充說明。表 5-1~表 5-22 中有部分數值不合理，請檢核後修正。	2. 圖 4.27~圖 4.35 已經重新整理。表 5-1~表 5-22 中的數值係資料格式不同造成自動化的讀取錯誤，已經改善。色階圖是波高分佈，已於文字中補充說明。	2. 已重新整理及改善補充。
3. 波向問題可能為模式本身先天之限制，無論由	3. 由於網格大小的不同，風向的分佈合理性會隨	3. 同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
平均波向或主波波向都可能無法得到理想之結果。目前數值風場風向的分佈情形與實際情況是否已有顯著差異？其合理性如何？是否為波向問題的根源？建議後續研究中可進行探討。	季風與颱風而不同，本團隊仍一直在嘗試各種不同的評估方式，以期能先確認風場的合理性。後續仍將繼續努力。	
4. 後續工作對於格網分割的統一，請考量其他計畫之水位場及流場網格，作合適之整合，同時格網大小對波浪推算結果的影響程度可再評估。	4. 列入後續計畫研究工作參考。	4. 同意合作研究單位之說明與處理情形。

附錄三 期末審查簡報

交通部運輸研究所合作研究計畫

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)
-波浪部分-

(MOTC-IOT-98-H3DB001a)

期末簡報

國立臺灣海洋大學 林昭主
國立成功大學大水文試驗所 劉正琪

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

本年度預期完成的工作項目

1. 精進波浪自動化預報系統
2. 風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估
3. 臺灣七個主要商港區及附近海域(港口)波場模擬作業
4. 數值模式、推算資料及相關資料與技術之轉移
5. 系統維護

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

工作進度檢討

1. 精進波浪自動化預報系統

- 預報系統需提供整個年度由風場(氣壓)及波浪等數值模式，於臺灣環島海域不同尺度之計算結果。
- 計畫期間並維持每日提供包括72小時模擬及即時模擬等預警資訊，颱風侵臺時期為研究重點。
 - 目前TaiComs預報系統(包含遠域、近域、近岸及港區波浪模擬)已經在港研中心每日定時進行各種預報及資料整理
 - 駐點專任助理就地協助相關資料分析，並隨時反應及討論可再精進的工作項目，包含預報模式的安裝、分析程式的撰寫
 - 有關推算波向的討論與修正

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

工作進度檢討

2. 風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估

- 風場(氣壓)、波浪預報成果評估：取用本所港研中心七個主要商港，現場觀測資料進行校驗及精度評估等工作，並製作相關報表
 - 配合各月份的推算結果，進行相關分析報表的程式編寫，並隨時修正，以及移轉駐點專任助理使用
 - 目前依港研中心所提供之推算成果整了2008/12至2009/09的評估報表。後續資料相關報表將陸續完成

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

工作進度檢討

2. 風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估

- 風場(氣壓)、波浪預報作業改善：針對本計畫引進或建立之各種風浪模式(包括大域、中域及小域等3種全區域模式)精確度、計算速度的改進及建構七個主要商港口之近海波浪模擬作業。
 - 推算風場的改善：RC與MC風場的嵌合與測試
 - 進行水深地形的整合：將ETOPO2及TaiDBMv5數值水深地形進行嵌合與內插加密
 - 就計算精度及時間，進行推算系統的檢討
 - 進行個別風場之WAM+SWAN推算
 - 進行嵌合風場與嵌合地形的SWAN推算

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

工作進度檢討

3. 臺灣七個主要商港區及附近海域(港口)波場模擬作業

- 完成基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等七個主要商港附近水域波浪模擬作業之建構，並提交原始程式檔。
 - 近岸波浪模擬：至本年度止共計完成安平港、花蓮港、台北港、台中港、高雄港、基隆港及蘇澳港的建構
 - 港區波浪模擬：至本年度止共計完成安平港、花蓮港、台北港、台中港、基隆港及蘇澳港的建構

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海浪數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

工作進度檢討

4. 數值模式、推算資料及相關資料與技術之轉移

■ 於年度結束時，繳交風場、氣壓場及波場等數值模擬結果，包括各種測試結果、與現場觀測資料比較評估成果、正式預報結果及網站相關資料等。系統之改善應於審慎評估後，協助安裝於港研中心之電腦系統，並提供相關程式及使用手冊。

➢ 由於目前TaiComs系統已經移轉回港研中心進行例常性之預報作業，相關報表已由本計畫駐點專任助理直接處理，未來將以電子檔方式繳交；而需由計畫團隊攜回處理部分則顯示於期末報告中。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海浪數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

工作進度檢討

5. 系統維護

■ 需要指派碩士級(含)以上專業人員駐點港研中心，進行

- 1) 建立近岸防救災預報系統及相關數值預報子系統之模式計算
- 2) 資料庫維護管理
- 3) 資料統計
- 4) 繪圖

等工作

➢ 已於2009/3委請鴻陽電腦資訊社派林蔚鳳小姐駐點港研中心，協助處理風場、氣壓場及波場的預報作業及相關報表。本計畫團隊亦隨時提供訓練、與工作研討。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海浪數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

推算波浪方向的討論

2007/12/04 00H WAM波浪推算週期比較

波浪平均週期 Longitude (deg)

波浪譜峰週期 Longitude (deg)

臺灣附近海域譜峰週期略大於平均週期

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海浪數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

推算波浪方向的討論

2007/12/04 00H WAM波浪推算之風速風向及波高波向比較

風速與風向 Longitude (deg)

波高與平均波向 Longitude (deg)

風向的分佈與波向的分佈並不一致，而且兩者都有在相鄰區域方向相對的情形，探究其原因應是與計算格網過大，方向的計算可能發生偏差有關

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海浪數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

推算波浪方向的討論

2007/12/04 00H WAM波浪推算之波向及風向差異分佈圖

Longitude (deg)

波向與風向差異比較分佈(以波向角減去風向角的絕對值表示)則可看到兩者的差異性均在 $\pm 60^\circ$ 以內，屬於可接受的範圍。

不過在其他的時刻在某些水域，尤其是臺灣的西海岸，則可能發生有 $\pm 180^\circ$ 差異性的情形。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海浪數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

推算波浪方向的討論

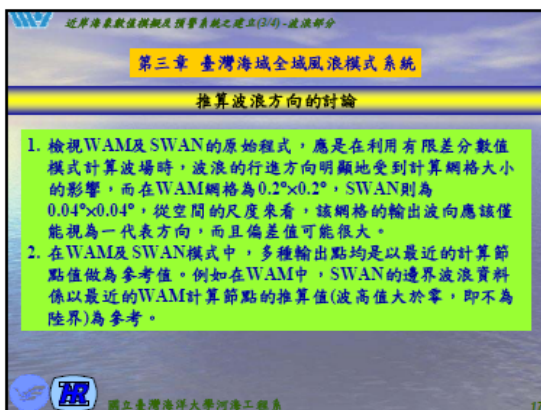
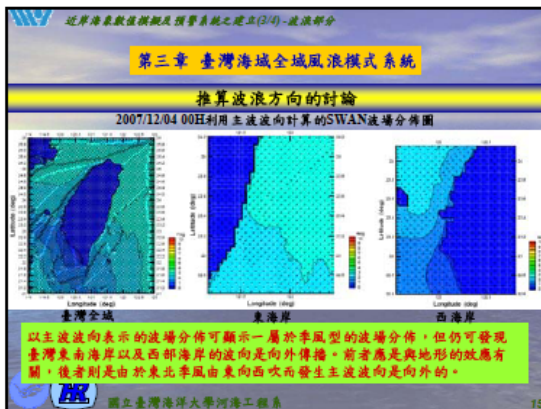
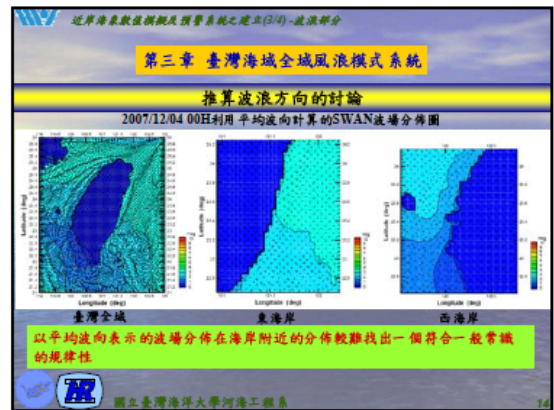
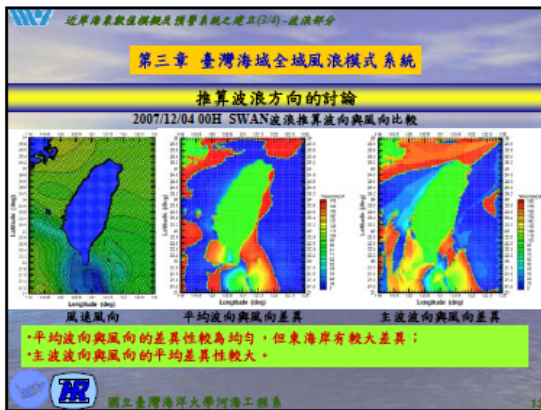
2007/12/04 00H SWAN波浪推算週期比較

波浪平均週期 Longitude (deg)

波浪譜峰週期 Longitude (deg)

臺灣附近海域譜峰週期略大於平均週期

國立臺灣海洋大學河海工程系



第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

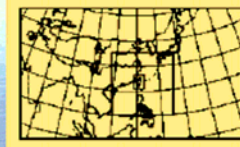
推算波浪方向的討論

基於以上的比較，以及考量與風場的一致性，和實測波浪常以主波波向為代表，本計畫建議未來有關波向部分以主波方向為代表，並以較不受地形深地影響的臺灣東海岸(如花蓮港及蘇澳港)來進行模式的校訂，以免因複雜的地形水深變化所產生的複雜風場及波場變化混淆探討的方向。

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

數值風場的檢核

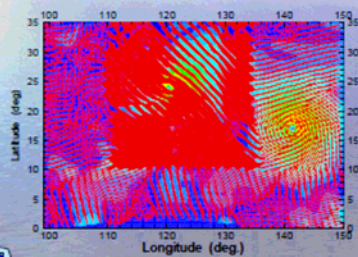
NFS預報風場模式(RC/MC/HC)基本資料



Mapping information	Centris (120K), Arise (10K, 40K) +15KMA3021H 位置: 114,710bp 位置比例: 120% 距離: 點 1,546,600bp - 77,916,000bp 正上流 (43,828,127) - (100,204,976) +15KMA3021H 位置: 76,140bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,428,200bp - 108,772,776bp 正上流 (51,266,667) - 137,743,776 +15KMA3021H 位置: 120,190bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,307,780bp - 114,659,976bp 正上流 (26,318,624) - 122,772,976 位置: 1,100 點距離: 495KMA3021H 正上流 22,228bp
	Centris (120K), Arise (10K, 40K) +15KMA3021H 位置: 114,710bp 位置比例: 120% 距離: 點 1,546,600bp - 77,916,000bp 正上流 (43,828,127) - (100,204,976) +15KMA3021H 位置: 76,140bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,428,200bp - 108,772,776bp 正上流 (51,266,667) - 137,743,776 +15KMA3021H 位置: 120,190bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,307,780bp - 114,659,976bp 正上流 (26,318,624) - 122,772,976 位置: 1,100 點距離: 495KMA3021H 正上流 22,228bp
	Centris (120K), Arise (10K, 40K) +15KMA3021H 位置: 114,710bp 位置比例: 120% 距離: 點 1,546,600bp - 77,916,000bp 正上流 (43,828,127) - (100,204,976) +15KMA3021H 位置: 76,140bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,428,200bp - 108,772,776bp 正上流 (51,266,667) - 137,743,776 +15KMA3021H 位置: 120,190bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,307,780bp - 114,659,976bp 正上流 (26,318,624) - 122,772,976 位置: 1,100 點距離: 495KMA3021H 正上流 22,228bp
	Centris (120K), Arise (10K, 40K) +15KMA3021H 位置: 114,710bp 位置比例: 120% 距離: 點 1,546,600bp - 77,916,000bp 正上流 (43,828,127) - (100,204,976) +15KMA3021H 位置: 76,140bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,428,200bp - 108,772,776bp 正上流 (51,266,667) - 137,743,776 +15KMA3021H 位置: 120,190bp 位置比例: 120% 距離: 點 7,307,780bp - 114,659,976bp 正上流 (26,318,624) - 122,772,976 位置: 1,100 點距離: 495KMA3021H 正上流 22,228bp

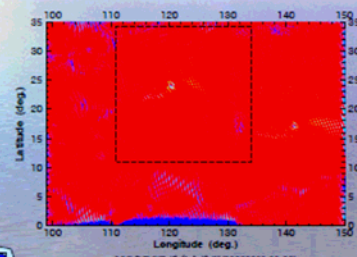
CWB提供RC/MC/HC風場的推算範圍圖

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

RC/MC 數值風場的嵌合測試(MC 風場四周各去除 1°)

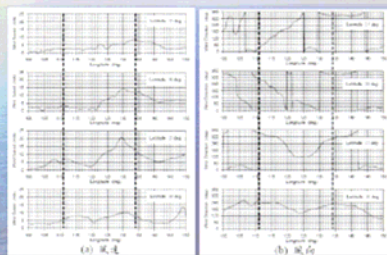
第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

RC/MC 數值風場的嵌合後加密處理



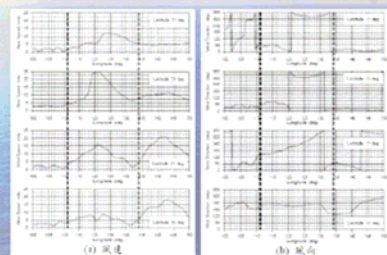
第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

RC/MC數值風場的嵌合比較(20050901 00:00)



第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

RC/MC 數值風場的嵌合比較(20050830 00:00)



近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

數值地形水深的整合

由於數值水深地形及數值風場涵蓋範圍的限制，目前的近域SWAN波浪推算僅能侷限於擷取自TaiDBMv5數值水深地形檔(SUB1_6HC.Z)，範圍介於(26.0°N, 119.0°E)-(21.0°N, 123.0°E)之間，以及MC風場，範圍介於(9.28194°N, 109.7727°E)-(35.2666°N, 137.7342°E)之間，而無法擴大計算範圍，使能涵蓋中央氣象局的颱風警報警戒區域範圍。

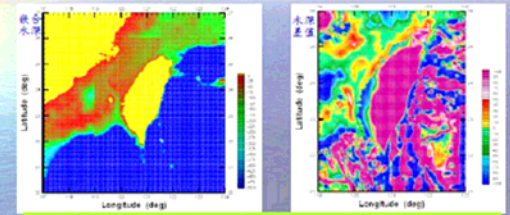
為了避免此一現象所帶來的限制，本計畫除了進行上節所討論的風場整合外，也進行兩種數值水深地形(ETOPO2及TaiDBMv5)的整合研究。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

數值地形水深的整合



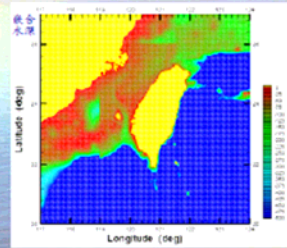
- 根據邊界處有明顯高差，應是由數值水深的參考基準水位不同，以及測量精度不一所致。
- 若其異位非系統性的誤差，無法用一般平差或同化的方式來修正。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

數值地形水深的整合



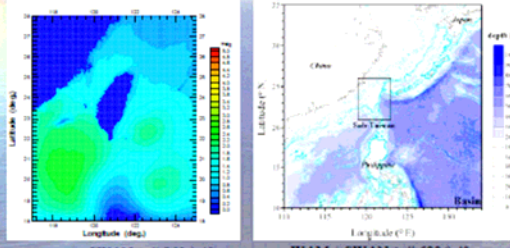
- 假設SUB1_6HC.Z的地形較具區域性的正確性，以作為25公里的距離與SUB1_6HC.Z的邊界高程線及緯線進行線性內插，同時為了避免線性內插可能造成等深線的情形，將內插值與對應的現有水深值平均後作為水深代表值。
- 地形水深有略改善，但仍無法完全準確化，主要是因為邊界上部分節點水深值的差異性過大所致。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

擴大計算領域的SWAN波浪推算



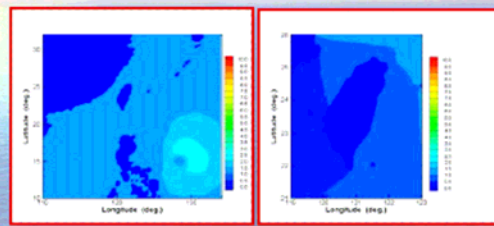
SWAN：約360分鐘
WAM+SWAN：約680分鐘

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第三章 臺灣海域全域風浪模式系統

RC/MC數值風場的整合測試



WAM with [RC+MC] wind field
SWAN with [RC+MC] wind field

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第四章 近岸及港域波浪模擬

近岸及港域波浪模擬緣由

TaiCOMS近岸海域波浪模擬主要目的為承接全域波浪模式(WAN & SWAN)預報模擬之結果，將近海波浪推算至岸邊乃至港區內，以提供防救災所需之資訊。

波浪向岸傳播過程中因海域地形、海岸地貌及構造物等影響而產生的物理現象主要有淺化效應、折繞射、反射以及碎波等現象；為能夠充分模擬上述物理機制，本計畫在TaiCOMS架構下構建小尺度近岸波浪模式及近域港區波浪模式。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

第四章 近岸及港域波浪模擬

近岸區域及港域波浪模擬

- 近岸區域波浪模式：主要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，經評估選擇Kirby and Dalrymple發展之波浪折反射模式(REF/DIF)為計畫之近岸區域波浪模式，模式本身具有模擬波浪演化效應、折反射以及碎波後波高減衰等現象。
- 近域港域波浪模式：主要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之模擬；本計畫選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法數值模式為TaiCOMS之港域波浪模式，模式本身可充分反應結構物附近之波浪折、反射及反射等現象，極適合模擬港口及港域內波浪狀況。

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

第四章 近岸及港域波浪模擬

港區周圍及港內波浪模擬工作進度及成果

- 近岸區域波浪模式
 - 歷年已完成台北港、台中港、安平港、花蓮港及高雄港等港口近岸港區周圍波浪模擬相關工作
 - 本年度完成
 1. 建置基隆港及蘇澳港近岸波浪模式數值計算網格
 2. 近岸區域波浪模式之邊界條件率定與驗證
- 近域港區波浪模式
 - 已完成台北港、台中港、安平港及花蓮港等港口近域港區波浪模擬相關工作
 - 本年度完成
 1. 建置基隆港及蘇澳港近域港區波浪模式數值計算網格
 2. 近域港區波浪模式之邊界條件率定與驗證

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

第四章 近岸及港域波浪模擬

基隆港及蘇澳港一波浪觀測資料分析

站別	日期	波高	波向
基隆港	1/1	1.50	100
	1/2	1.50	100
	1/3	1.50	100
	1/4	1.50	100
蘇澳港	1/1	1.50	100
	1/2	1.50	100
	1/3	1.50	100
	1/4	1.50	100

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

第四章 近岸及港域波浪模擬

近岸港區周圍波浪模擬—模式模擬範圍

基隆港

蘇澳港

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

第四章 近岸及港域波浪模擬

近岸港區周圍波浪模擬—數值計算網格及水深分佈

基隆港

蘇澳港

國立臺灣海洋大學河海工程系

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)-波浪部分

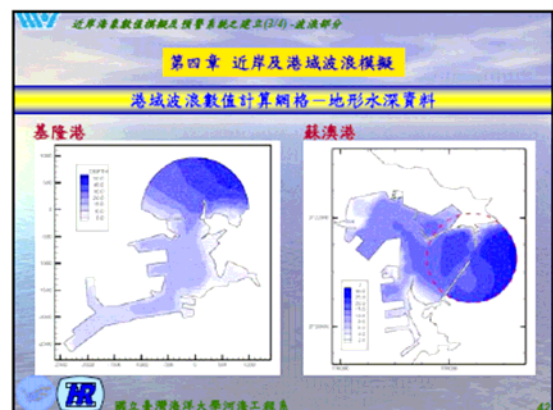
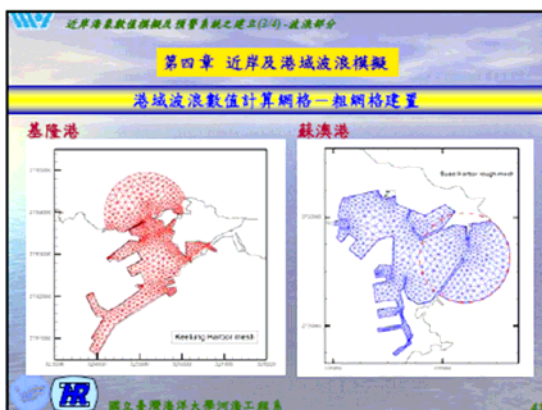
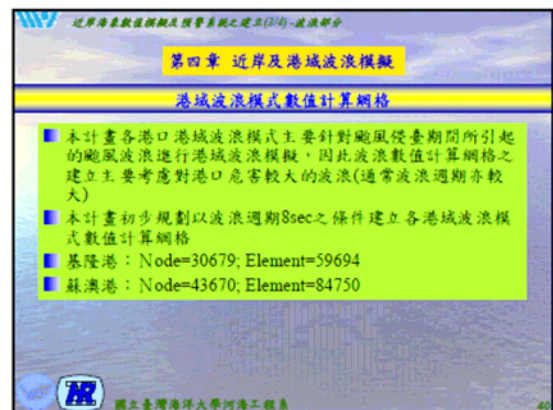
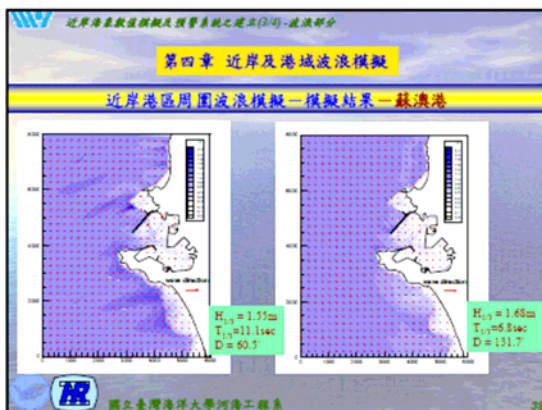
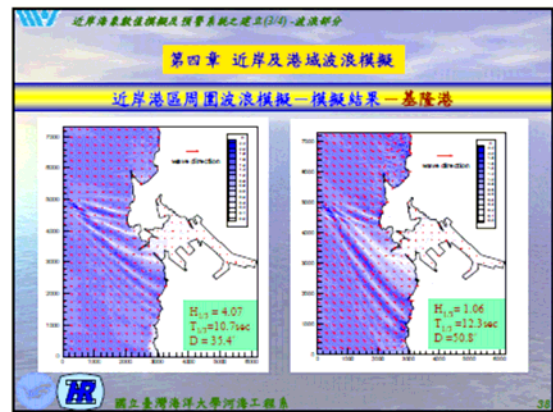
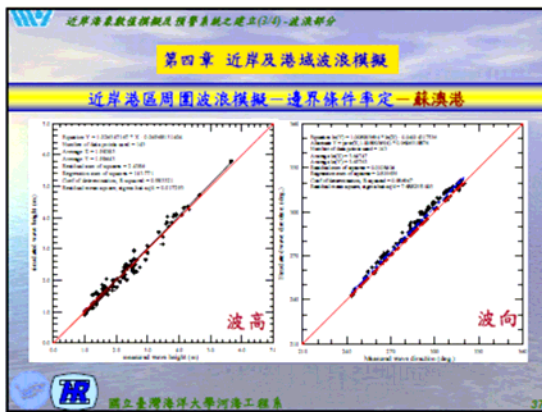
第四章 近岸及港域波浪模擬

近岸港區周圍波浪模擬—邊界條件率定—基隆港

波高

波向

國立臺灣海洋大學河海工程系



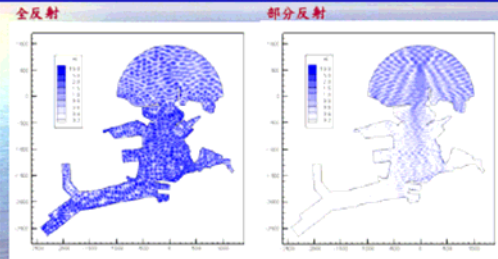
第四章 近岸及港域波浪模擬

港域波浪模式邊界條件設定

- | | |
|-----------------|--------------------|
| (1) 自然砂灘 | $K_r=0.1\sim0.3$ |
| (2) 直立壁碼頭 | $K_r=0.95\sim1.0$ |
| (3) 直立壁防波堤 | $K_r=0.95\sim1.0$ |
| (4) 外廓防波堤+消波設施 | $K_r=0.50\sim0.65$ |
| (5) 不透水斜面堤 | $K_r=0.60\sim0.70$ |
| (6) 不透水斜面堤+消波設施 | $K_r=0.40\sim0.60$ |

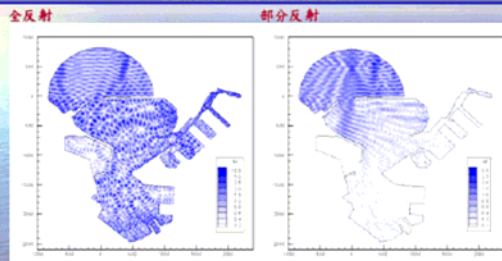
第四章 近岸及港域波浪模擬

基隆港港域波浪模擬結果



第四章 近岸及港域波浪模擬

蘇澳港港域波浪模擬結果



第五章 七個商港作業化預報成果評估分析

1. 年報表：以全年為單位編寫各港各月份相關參數的統計書表
2. 颱風報告：以全年為單位編寫各港所有颱風期間相關參數的統計書表

第 1 次		第 2 次	
1	歐洲經濟發展委員會會計表	1	歐洲經濟委員會預算會計表
2	歐洲經濟發展委員會預算會計表	2	歐洲經濟委員會預算會計表
3	歐洲經濟發展委員會預算會計表	3	歐洲經濟委員會預算會計表
4	歐洲經濟發展委員會預算會計表	4	歐洲經濟委員會預算會計表
5	歐洲經濟發展委員會預算會計表	5	歐洲經濟委員會預算會計表
6	歐洲經濟發展委員會預算會計表	6	歐洲經濟委員會預算會計表
7	歐洲經濟發展委員會預算會計表	7	歐洲經濟委員會預算會計表
8	歐洲經濟發展委員會預算會計表	8	歐洲經濟委員會預算會計表
9	歐洲經濟發展委員會預算會計表	9	歐洲經濟委員會預算會計表
10	歐洲經濟發展委員會預算會計表	10	歐洲經濟委員會預算會計表
11	歐洲經濟發展委員會預算會計表	11	歐洲經濟委員會預算會計表
12	歐洲經濟發展委員會預算會計表	12	歐洲經濟委員會預算會計表
第 1 次		第 2 次	
1	歐洲經濟發展委員會預算會計表	1	歐洲經濟委員會預算會計表
2	歐洲經濟發展委員會預算會計表	2	歐洲經濟委員會預算會計表
3	歐洲經濟發展委員會預算會計表	3	歐洲經濟委員會預算會計表
4	歐洲經濟發展委員會預算會計表	4	歐洲經濟委員會預算會計表
5	歐洲經濟發展委員會預算會計表	5	歐洲經濟委員會預算會計表
6	歐洲經濟發展委員會預算會計表	6	歐洲經濟委員會預算會計表
7	歐洲經濟發展委員會預算會計表	7	歐洲經濟委員會預算會計表
8	歐洲經濟發展委員會預算會計表	8	歐洲經濟委員會預算會計表
9	歐洲經濟發展委員會預算會計表	9	歐洲經濟委員會預算會計表
10	歐洲經濟發展委員會預算會計表	10	歐洲經濟委員會預算會計表
11	歐洲經濟發展委員會預算會計表	11	歐洲經濟委員會預算會計表
12	歐洲經濟發展委員會預算會計表	12	歐洲經濟委員會預算會計表

第六章 結論與建議

結 論

1. 從波向的比較分析中發現，在過去風波預報中常發生不合理的波向情形，主要應係採用平均波向的缘故。採用主波波向的話在主要的風域內(例如東北季風時的臺灣東、北角海域)將有與風向較一致的分佈，但是在下風區或背風區則發生明顯差異，研判應是風波推算模式無法反應波浪的繞射效應，使得該區域的波場面仍由風場主導所致。
2. 透過MC及RC風場的嵌合研究發現MC風場因邊界的影響所造成的差異性大約涵蓋 1° 左右，如果在MC風場四周各截去 1° 的話，不論是風向或風速方面，與RC風場鑲嵌的吻合度相當高，且藉此亦可採用雙線性內插方式加密風場的格網。未來可以依據擴大近海風浪推算的可能性。

第六章 結論與建議

結 論

3. 透過兩種數值水深地形的比較發現其間具有明顯的差異性,該差異性對大尺度的風浪推算而言可能影響不大,但對於近岸地區的風浪推算則有明顯影響。透過地形水深的嵌合與雙線性內插的修正可以改善此種差異性,但無法完全消弭不同測量系統所導致的差異性。大體而言,本次的整合仍算成功。

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第六章 結論與建議

建議

1. 由於風場的合併可能會連帶刺激到波浪預報程序的檢討。依目前的研究心得，雖然目前的波浪預報模式提供了格網內插的功能，使用者不需要擔心計算格網與風場、水位場、流場及地形格網的不一致性。但由於臺灣附近地形過於複雜，自動內插可能會引發不可預期的誤差，因此本計畫傾向於建議未來將所有的格網分割加以統一化，也就是讓每一個輸入的資料點與計算點完全相合，以便在控制計算下能掌握推算的結果，始能再深入探討其他影響因子對波浪推算的影響。

國立臺灣海洋大學河海工程系

49

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第六章 結論與建議

建議

2. 由於水深地形的整合成功，以及考量本波浪預報系統中遠域的風波推算主要是為了得到近域風波推算所需要的邊界值，因此未來可以配合風場的整合擴大，評估單獨利用SWAN或者縮小WAM計算範圍以進行臺灣附近風波推算的可行性與經濟時效性。
3. 水位場與流場在相關研究中已確認會影響風波的推算，以及近岸的水位抬升，建議應及早進行相關的整合規劃。

國立臺灣海洋大學河海工程系

50

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

第六章 結論與建議

近岸及海域波浪模擬

- 本年度分別完成基隆港與蘇澳港近岸區域波浪模式及近域港區波浪模式之建置與模擬
- 基隆港近岸區域波浪模擬受到外海地形變化過大影響，模式邊界條件(入射波浪)率定結果相關性較差
- 蘇澳港近岸區域波浪模擬結果顯示，模式邊界條件率定結果相關性良好
- 本計畫大致上已分別完成七大港口近岸區域波浪模式及近域港區波浪模式之建置與模擬，未來將持續改善模式模擬結果之缺失及進一步完成線上作業模擬

國立臺灣海洋大學河海工程系

51

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部分

簡報完畢

敬請指教

國立臺灣海洋大學河海工程系

52