106-009-7911
MOTC-IOT-105-H3DC001

105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 106 年 3 月

106-009-7911
MOTC-IOT-105-H3DC001

105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

著 者：李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗
李俊穎、謝佳紘、江朕榮

交 通 部 運 輸 研 究 所
中 華 民 國 106 年 3 月

106

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

交通部運輸研究所

GPN：1010600306
定價 400 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運. 105年 / 李兆芳等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民106.03
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-1929-7(平裝)

1.海洋氣象

444.94 106002159

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

著　　者：李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、謝佳紘、江朕榮
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 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)26587132
出版年月：中華民國 106 年 3 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價：400 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)25781515
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1010600306　　ISBN：978-986-05-1929-7 (平裝)
著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-05-1929-7(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010600306</td><td>運輸研究所出版品編號
106-009-7911</td><td>計畫編號
105-H3DC001</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：港研中心
主管：邱永芳
計畫主持人：邱永芳
研究人員：蘇青和、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：04-26587135
傳真號碼：04-26564415</td><td colspan="2">合作研究單位：國立成功大學
計畫主持人：李兆芳
協同主持人：劉正琪
研究人員：謝佳紘、江朕榮

地址：70101 臺南市東區大學路 1 號
聯絡電話：06-2371938 轉 422</td><td>研究期間
自 105 年 2 月
至 105 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：澎湖海域、風浪、暴潮、流場</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：

本研究屬於交通部運輸研究所 105 年科技計畫「海洋防災科技及永續發展計畫」綱要計畫之分項計畫「臺灣主要商港海象暨溢淹資訊建置之研究」計畫中規劃兩年期計畫之第二年，目的在確保波浪、水位及海流等海象預報模擬系統(TaiCOMS)作業化之運作與維護，並針對臺灣周圍海域建置中尺度水動力模擬子系統，以及依據澎湖海域海象特性規劃與建置合適的波浪、水位及流場等海象模擬子系統，提供澎湖港與本島各港口間藍色公路相關的海象模擬資訊。

本年度計畫完成研究成果主要有：(1)建構包含中尺度臺灣周圍海域及小尺度各港區近岸海域水動力模組整合之水動力模擬作業化系統；(2)更新風浪模擬系統作業化模擬流程，包括近域風浪非穩態模擬及巢狀網格邊界波譜資料輸入等；(3)完成小尺度澎湖海域水動力模式建置、模擬與校驗，並結合中尺度水動力模組建構出澎湖海域水動力模擬子系統；(4)建構包含遠域、近域及近岸三層巢狀網格之澎湖海域風浪模擬子系統；(5)完成澎湖港龍門尖山港區港域波場模擬與港池共振特性分析等。

本計畫達成效益包括確保海象預報模擬系統正常運作、改善海象模擬預報品質有助於港口營運及海上航運安全維護，颱風期間或緊急海難、海岸災害時可提供防救災必要資訊。此外，本計畫得到之臺灣周圍海域及澎湖海域波浪、水位及流場等海象模擬資料可應用於本島與離島藍色公路，提供船舶即時海象資訊，保障船舶交通航行安全。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>106 年 3 月</td><td>394</td><td>400</td><td>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。</td></tr>
<tr><td colspan="4">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</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

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

TITLE: Operational calibration and maintenance of the marine meteorology automatic forecast simulation system, 2016

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-05-1929-7 (pbk)	1010600306	106-009-7911	105-H3DC001

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-fang
PROJECT STAFF: Su Ching-ho, Chen Ming-tzong, Lee Chun-ting
PHONE: (04) 26587135
FAX: (04) 26564415

PROJECT PERIOD
FROM February 2016
TO December 2016

RESEARCH AGENCY: National Cheng Kung University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee Jaw-fang
CO-PROJECT INVESTIGATOR: Liu Cheng-chi
PROJECT STAFF: Shieh Chia-hon, Chiang Chen-jung
ADDRESS: NO.1, University Road, Tainan, Taiwan 70101, R.O.C.
PHONE: (06) 2371938 ext. 422

KEY WORDS:
PENGHU SEA AREA, WIND WAVE, STORM SURGE, CURRENT

ABSTRACT:

This research project is the 2nd-year subprogram of a 2-year project “Research on Establishment of Marine Meteorology of Taiwan Main Commercial Harbors and Flooding Information” under the main project “2016 Ocean disaster Prevention Technology and Sustainable Development” which belongs to Instutute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications. The purpose has twofold. One is to ensure automatic operation and maintenance of the forecast simulation system, TaiComs, for waves, water elevations, and currents. The other is to setup an appropriate simulation subsystem for waves, water elevations, and currents according to marine meteorology of Penghu sea areas characteristics, so as to providing information for blue highways between Penghu harbor and harbors of Taiwan.

The achievements this year include (1) Setup an integrated hydrodynamic operational simulation system including a middle-scale sea areas surrounding Taiwan, and a small-scale nearshore areas for individual harbors. (2) Update the operational process of the wind waves simulation system, including the unsteady simulations and wave spectra data inputs on nested grids boundries. (3) Setup the hydrodynamic simulation subsystem for Penghu sea areas, which is a small scale simulation model combing a middle scale module. (4) Setup the wind-wave simulation subsystem for Penghu sea areas including far-field, near-field, and nearshore three-layer nested grid meshs. (5) Wave fields simulation and characteristic analysis of harbor resonance of Longmen-Jianshan harbors of Penghu.

Beneficial results obtained in this project includeascertaining normal operation of the marine meteorology forecast simulation system and improving forecast quality for helping harbor operation, safeguarded seakeeping, providing information for prevention and rescuing disasters during typhoon and emergent sea perils. In addition, simulation results obtained in this project can be applied to blue highways between Taiwan and outlying islands, in-time marine meteorology for seakeeping, and ensuring safety of ship navigation.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
March 2017	394	400	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

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

105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

目　錄

計畫摘要.....I
目　錄　.....III
表目錄　.....VI
圖目錄　.....XI
第一章　緒論.....1-1
1.1 計畫緣起及目的.....1-1
1.2 相關本計畫.....1-2
1.3 研究範圍與對象.....1-4
1.4 上年度(104 年)主要工作項目.....1-5
1.5 本年度(105 年)主要工作項目.....1-6
第二章　臺灣近岸海象預報模擬系統維運與改善.....2-1
2.1 臺灣近岸海象預報系統簡介.....2-1
2.2 海象模擬作業化系統.....2-3
2.3 海象模擬作業化系統維運與改善成果.....2-17
2.4　105 年度海象預報作業化成果評估.....2-41
第三章　中尺度臺灣周圍海域水動力模式.....3-1
3.1 中尺度臺灣周圍海域水動力模式之演進.....3-1
3.2 模式邊界條件及初始條件.....3-6
3.3 模式物理參數率定.....3-7

3.4 數值模擬風壓場.....3-9
3.5 臺灣周圍海域水動力模式模擬結果與討論.....3-14
第四章　澎湖海域基本資料蒐集與分析.....4-1
4.1 地理位置.....4-1
4.2 水深.....4-1
4.3 潮汐.....4-10
4.4 海流.....4-34
4.5 波浪.....4-45
4.6 風力.....4-47
第五章　澎湖海域水動力模式建置.....5-1
5.1 模式模擬範圍.....5-1
5.2 數值計算網格.....5-1
5.3 邊界條件及初始條件.....5-1
5.4 模式物理參數設定.....5-2
5.5 澎湖海域水動力模擬結果與驗證.....5-7
5.6 澎湖海域水動力模擬子系統作業化模擬.....5-7
第六章　澎湖海域近岸風浪模式建置.....6-1
6.1 數值計算網格.....6-1
6.2 風場資料及邊界條件.....6-4
6.3 風浪模組設定.....6-5
6.4 風浪模擬作業化系統安裝與模擬測試.....6-9
第七章　澎湖港龍門尖山港區港域波浪模式建置.....7-1
7.1 龍門尖山港區介紹.....7-1
7.2 數值計算網格建置.....7-1

7.3 港域波浪場模擬.....7-2
7.4 港池共振特性探討.....7-15
第八章　結論與建議.....8-1
8.1 結論.....8-1
8.2 建議.....8-3
參考文獻.....參-1
附錄一　有限元素法二維水動力模式.....附1-1
附錄二　相關波浪模式介紹.....附2-1
附錄三　澎湖海域海流觀測資料.....附3-1
附錄四　期中報告審查意見處理情形表.....附4-1
附錄五　期末報告審查意見處理情形表.....附5-1
附錄六　期末簡報資料.....附6-1

表目錄

表2.1　主要商港港區近岸波浪模組之數值參考網格基本資料 2-5
表2.2　港研中心海象模擬伺服器主要功能說明.....2-19
表2.3　系統內主要應用軟體說明.....2-21
表2.4　臺北港港區碼頭水域輸出點位經緯度及二度分帶座標 2-34
表2.5　2016年各商港風力觀測及預報資料平均風速統計表.....2-44
表2.5　(續)2016年各商港風力觀測及預報資料平均風速統計表.....2-45
表2.6　2016年各商港風力觀測及預報資料最大風速統計表.....2-46
表2.6　(續)2016年各商港風力觀測及預報資料最大風速統計表.....2-47
表2.7　2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之風速偏差統計表 2-48
表2.7　(續)2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之風速偏差統計表 2-49
表2.8　2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之風向偏差統計表 2-50
表2.8　(續)2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之風向偏差統計表 2-51
表2.9　2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之東西分量偏差統計表 2-52
表2.9　(續)2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之東西分量偏差統計表 2-53
表2.10 2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之南北分量偏差統計表 2-54
表2.10 (續)2016年各商港風力觀測及預報資料WA02之南北分量偏差統計表 2-55
表2.11 2016年各商港波浪觀測及預報資料平均示性波高統計表 2-56

表2.11 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料平均示性波高統計表 2-57
表2.12 2016年各商港波浪觀測及預報資料平均週期統計表 2-58
表2.12 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料平均週期統計表 2-59
表2.13 2016年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高之波向及週期統計表 2-60
表2.13 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高之波向及週期統計表 2-61
表2.14 2016年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高發生時間(日/時)統計表 2-62
表2.14 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高發生時間(日/時)統計表 2-63
表2.15 2016年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之示性波高偏差統計表 2-64
表2.15 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之示性波高偏差統計表 2-65
表2.16 2016年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均波向偏差統計表 2-66
表2.16 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均波向偏差統計表 2-67
表2.17 2016年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均週期偏差統計表 2-68
表2.17 (續)2016年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均週期偏差統計表 2-69
表2.18 2016年各商港水位觀測及預報資料平均水位統計表 2-70
表2.18 (續)2016年各商港水位觀測及預報資料平均水位統計表 2-71
表2.19 2016年各商港水位觀測及預報資料最大水位(日/時)統計表 2-72

表2.19 (續)2016年各商港水位觀測及預報資料最大水位(日/時)統計表 2-73
表2.20 2016年各商港水位觀測(測站1)及預報資料水位偏差統計表 2-74
表2.20 (續)2016年各商港水位觀測(測站1)及預報資料水位偏差統計表 2-75
表2.21 2016年各商港水位觀測(測站2)及預報資料水位偏差統計表 2-76
表2.21 (續)2016年各商港水位觀測(測站2)及預報資料水位偏差統計表 2-77
表2.22 2016年各商港海流觀測及預報資料平均流速統計表 2-78
表2.23 2016年各商港海流觀測及預報資料最大流速之流向統計表 2-79
表2.24 2016年各商港海流觀測及預報資料最大流速發生時間(日/時)統計表 2-80
表2.25 2016年各商港海流觀測及預報資料流速偏差統計表 2-81
表2.25 (續)2016年各商港海流觀測及預報資料流速偏差統計表 2-82
表2.26 2016年各商港海流觀測及預報資料流向偏差統計表 2-83
表2.26 (續)2016年各商港海流觀測及預報資料流向偏差統計表 2-84
表3.1 中尺度模擬範圍M2歷年數值計算網格主要差異性比較表 3-2
表3.2 2015年逐月水位模擬結果與CWB、IHMT觀測資料之均方根誤差分析表 3-15
表3.3 2015年逐月水位模擬結果與CWB、IHMT觀測資料間相關係數分析表 3-15
表4.1 澎湖港馬公潮位站觀測資料代表性潮位及潮差年統計表 4-11
表4.2 澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2008) 4-12

表4.2 (續1)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2009).....4-13
表4.2 (續2)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2010).....4-14
表4.2 (續3)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2011).....4-15
表4.2 (續4)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2012).....4-16
表4.2 (續5)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2013).....4-17
表4.2 (續6)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2014).....4-18
表4.2 (續7)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2015).....4-19
表4.3 2008～2016年侵臺颱風事件一覽表.....4-20
表4.3 (續1)2008～2016年侵臺颱風事件一覽表.....4-21
表4.3 (續2)2008～2016年侵臺颱風事件一覽表.....4-22
表4.4 澎湖資料浮標2014年逐時海流之流速大小及流向分布統計.....4-37
表4.5 澎湖資料浮標2014年1月海流觀測資料之調和分析成果表.....4-37
表4.6 澎湖資料浮標2014年2月海流觀測資料之調和分析成果表.....4-37
表4.7 澎湖資料浮標2014年3月海流觀測資料之調和分析成果表.....4-38
表4.8 東吉島測站2014年逐時海流之流速大小及流向分布統計.....4-38
表4.9 東吉島測站2014年1月海流觀測資料之調和分析成果表.....4-38
表4.10 東吉島測站2014年2月海流觀測資料之調和分析成果表.....4-39
表4.11 東吉島測站標2014年3月海流觀測資料之調和分析成果表.....4-39
表4.12 澎湖海域波高分布2014年統計結果.....4-46
表4.13 澎湖海域波向分布2014年統計結果.....4-47
表4.14 澎湖測站及東吉島測站歷年各月份風速統計表.....4-48

表4.15 澎湖資料浮標測站風速風向統計表
(2006/9/1~2010/12/31).....4-49
表4.16 歷年(1897~2012年)各月侵臺颱風之次數及頻率統計表.....4-49

圖目錄

圖1.1　近岸海象數值模擬及預警系統架構圖.....1-4
圖1.2　澎湖群島、澎湖港與臺灣本島之相關位置圖.....1-5
圖2.1　臺灣近岸海象預報系統整體架構圖.....2-1
圖2.2　國內主要商港海氣象觀測站位置圖.....2-2
圖2.3　海象模擬作業化系統整體模式架構圖.....2-8
圖2.4　中央氣象局NFS及WRF風場資料巢狀網模擬範圍圖 2-9
圖2.5　海象模擬作業化系統風場資料輸出範圍示意圖.....2-9
圖2.6　TaiCOMS遠域風浪模擬範圍及計算網格地形水深分布圖 2-10
圖2.7　TaiCOMS近域風浪模擬範圍及計算網格地形水深分布圖 2-10
圖2.8　各主要商港港區近岸波浪模組模擬範圍示意圖.....2-11
圖2.9　各主要商港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖.....2-12
圖2.10 遠域及近域水動力模組模擬範圍示意圖.....2-13
圖2.11 各主要商港小尺度水動力模組模擬範圍圖.....2-14
圖2.12 海象模擬作業化系統作業化流程圖.....2-15
圖2.13 海象模擬作業化系統產生組合風場之資料擷取時段與組合示意圖 2-16
圖2.14 海象模擬作業化系統之作業時間流程.....2-16
圖2.15 海象作業化模擬之追算與推算時間示意圖.....2-17
圖2.16 系統新硬體及資料流程說明圖.....2-19
圖2.17 小尺度流場及海嘯系統硬體及資料備援流程說明圖.....2-22
圖2.18 風、波、潮流計算作業化流程圖.....2-22
圖2.19 TaiCOMS水動力模擬子系統架構及流程圖 2-25
圖2.20 水動力模擬子系統各港區小尺度水動力模組模擬範圍 2-25

圖2.21 繪圖軟體Tecplot產出之水位分布及流場平面圖 2-26
圖2.22 近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(花蓮港).....2-29
圖2.22 (續)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(蘇澳港).....2-30
圖2.22 (續2)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(基隆港).....2-30
圖2.22 (續3)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(臺中港).....2-31
圖2.22 (續4)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(安平港).....2-31
圖2.22 (續5)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(高雄港).....2-32
圖2.23 臺北港外廓及港池配置今昔圖.....2-35
圖2.24 臺北港近岸水動力模組前期計畫建置的數值計算網格圖 2-36
圖2.25 臺北港近岸水動力模組本期計畫建置的數值計算網格圖 2-36
圖2.26 本期計畫更新臺北港港域配置及數值計算網格圖.....2-37
圖2.27 臺北港近岸水動力模組港外及港內碼頭區輸出點位分布圖 2-37
圖2.28 臺北港近岸水動力模組水位模擬結果與觀測資料之比較圖 2-38
圖2.29 基隆港海氣象觀測位置(2010年).....2-39
圖2.30 基隆港海氣象觀測位置(2012年).....2-39
圖2.31 基隆港水動力模組流速驗証點位修正前、後模擬值之比較圖 2-40
圖2.32 基隆港近岸水動力模組港外及港內碼頭區輸出點位分布圖 2-41

圖2.33 2016年5月基隆港風力預報(WA01實線)與觀測資料比較圖 2-85
圖2.34 2016年5月基隆港風力預報(WA02實線)與觀測資料比較圖 2-86
圖2.35 2016年5月基隆港遠域模擬風浪(WAM實線)與觀測資料比較圖 2-87
圖2.36 2016年5月基隆港遠域模擬風浪(SWAN實線)與觀測資料比較圖 2-88
圖2.37 2016年5月基隆港近域模擬水位(實線)、觀測資料(粗虛線)與調和分析預測(細虛線)比較圖 2-89
圖2.38 2016年5月基隆港近域模擬潮流(實線)與觀測海流比較圖 2-90
圖2.39 2016年強烈颱風尼伯特行進路徑圖 2-91
圖2.40 2016年強烈颱風莫蘭蒂行進路徑圖 2-91
圖2.41 2016年中度颱風馬勒卡行進路徑圖 2-92
圖2.42 2016年中度颱風梅姬行進路徑圖 2-92
圖2.43 2016年輕度颱風艾利行進路徑圖 2-93
圖2.44 2016年中度颱風梅姬之風速比較圖(實線:模式WA02，虛線:觀測) 2-94
圖2.45 2016年中度颱風梅姬之風向比較圖(實圓:模式WA02，虛圓:觀測) 2-95
圖2.46 2016年中度颱風梅姬之波高比較圖(實線:模式SWAN，虛線:觀測) 2-96
圖2.47 2016年中度颱風梅姬之波向比較圖(實圓:模式SWAN，虛圓:觀測) 2-97
圖2.48 2016年中度颱風梅姬之週期比較圖(實線:模式SWAN，虛線:觀測) 2-98

圖2.49 2016年中度颱風梅姬之水位比較圖(實線:模式SWAN，虛線:觀測) 2-99
圖2.50 2016年中度颱風梅姬之流速比較圖(實線:模式SWAN，虛線:觀測) 2-100
圖2.51 2016年中度颱風梅姬之流向比較圖(實圓:模式SWAN，虛圓:觀測) 2-101
圖3.1 臺灣周圍海域暴潮模式模擬範圍(M1：100年計畫，M2：101年計畫).....3-3
圖3.2 臺灣周圍海域模擬範圍M1之非結構性三角形元素網格圖 3-4
圖3.3 臺灣周圍海域模擬範圍M2之非結構性三角形元素網格(R1版本).....3-4
圖3.4 臺灣周圍海域模擬範圍M2之非結構性三角形元素網格(R2版本).....3-5
圖3.5 臺灣周圍海域模擬範圍M2之非結構性三角形元素網格(R3版本，本年度計畫) 3-5
圖3.6 臺灣周圍海域暴潮模式之地形水深分布圖.....3-6
圖3.7 中尺度臺灣周圍海域水動力模式採用的天文潮水位邊界 條件圖 3-8
圖3.8 本計畫非結構三角形元素網格之風場及等壓線分布圖 3-14
圖3.9 主要商港颱風暴潮模擬結果之輸出點位圖.....3-16
圖3.10 本計畫中尺度水動力模式模擬結果(實線)與主要商港潮位觀測值(圓點)之比較圖 3-17
圖3.11 本計畫中尺度水動力模式模擬結果(實線)與主要商港天文潮位調和分析預測值(圓點)之比較圖 3-18
圖3.12 2015年蘇迪勒颱風路徑圖 3-21
圖3.13 蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖 3-21

圖3.13 (續1)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖 3-22
圖3.13 (續2)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖 3-22
圖3.13 (續3)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖 3-23
圖3.13 (續4)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖 3-23
圖3.14 蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖 3-24
圖3.14 (續1)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-24
圖3.14 (續2)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-25
圖3.14 (續3)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-25
圖3.14 (續4)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-26
圖3.14 (續5)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-26
圖3.14 (續6)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-27
圖3.14 (續7)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-27
圖3.14 (續8)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-28
圖3.14 (續9)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差 分布圖 3-28

圖3.14 (續10)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖 3-29
圖3.14 (續11)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖 3-29
圖3.15 臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較， (a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-30
圖3.15 (續1)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-31
圖3.15 (續2)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-32
圖3.15 (續3)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-33
圖3.15 (續4)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-34
圖3.15 (續5)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-35
圖3.15 (續6)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-36
圖3.15 (續7)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮) 3-37
圖3.16 2015年中度颱風蘇迪勒侵臺期間主要商港水位模擬歷線與觀測資料之比較圖 3-38
圖4.1 澎湖群島地理位置圖 4-2
圖4.2 澎湖海域水深資料點位分布圖 4-3
圖4.3 澎湖海域水深分布圖 4-4
圖4.4 澎湖港馬公港區水深資料圖 4-5
圖4.5 澎湖港龍門尖山港區水深資料圖 4-6
圖4.6 海圖04525澎湖群島北部海域水深圖 4-7

圖4.7　海圖04528澎湖群島西南海域水深圖.....4-8
圖4.8　海圖04529澎湖群島東南海域水深圖.....4-9
圖4.9　澎湖馬公潮位站(2008～2015年)代表性潮位逐月統計值之變化.....4-23
圖4.10 2015年強烈颱風杜鵑侵臺路徑圖.....4-23
圖4.11 2012年中度颱風蘇拉侵臺路徑圖.....4-24
圖4.12 2009～2014年澎湖港馬公測站潮位能譜圖.....4-25
圖4.13 澎湖港馬公測站(2008～2014年)主要分潮(O1、K1、M2、S2) 振幅大小之年變化趨勢圖.....4-26
圖4.14 澎湖港馬公潮位站2014年觀測值與天文潮預測值圖.....4-27
圖4.14 (續)澎湖港馬公潮位站2014年觀測值與天文潮預測值圖.....4-28
圖4.15 澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2008年中度颱風鳳凰).....4-29
圖4.15 (續1)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2008年中度颱風薔蜜).....4-29
圖4.15 (續2)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2009年輕度颱風蓮花).....4-30
圖4.15 (續3)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2009年中度颱風莫拉克).....4-30
圖4.15 (續4)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2010年中度颱風凡那比).....4-31
圖4.15 (續5)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2010年中度颱風梅姬).....4-31
圖4.15 (續6)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2011年強烈颱風南瑪都).....4-32
圖4.15 (續7)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2012年中度颱風蘇拉).....4-32
圖4.15 (續8)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2012年輕度颱風泰利).....4-33

圖4.15 (續9)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2013年強烈颱風蘇力).....4-33
圖4.15 (續10)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2014年中度颱風 麥德姆).....4-34
圖4.16 澎湖資料浮標及東吉島波浪測站位置示意圖.....4-40
圖4.17 澎湖資料浮標冬季海流東西向速度能譜圖.....4-41
圖4.18 澎湖資料浮標冬季海流南北向速度能譜圖.....4-41
圖4.19 澎湖資料浮標冬季海流資料之潮流及非潮流成份圖.....4-42
圖4.20 東吉島測站冬季海流東西向速度能譜圖.....4-43
圖4.21 東吉島測站冬季海流南北向速度能譜圖.....4-43
圖4.22 東吉島測站冬季海流資料之潮流及非潮流成份圖.....4-44
圖4.23 歷年(1897~2013)侵襲臺灣之颱風路徑統計圖.....4-50
圖4.24 侵臺颱風路徑統計圖(1897-2013).....4-51
圖5.1 澎湖海域水動力模式模擬範圍圖.....5-3
圖5.2 澎湖海域水動力模式使用的非結構性三角形元素網格圖.....5-4
圖5.3 澎湖海域水深分布圖.....5-4
圖5.4 澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(Nao99Jb).....5-5
圖5.4 (續)澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(Nao99Jb).....5-5
圖5.5 澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(由本計畫中尺度水動力模式產生).....5-6
圖5.5 (續)澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(由本計畫中尺度水動力模式產生).....5-6
圖5.6 澎湖海域水動力模式模擬結果與澎湖資料浮標潮流調和分析結果比較.....5-8

圖5.6 (續)澎湖海域水動力模式模擬結果與澎湖資料浮標潮流調和分析結果比較.....5-9
圖5.7 澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-10
圖5.7 (續1)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-10
圖5.7 (續2)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-11
圖5.7 (續3)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-11
圖5.7 (續4)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-12
圖5.7 (續5)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-12
圖5.7 (續6)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-13
圖5.7 (續7)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-13
圖5.7 (續8)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-14
圖5.7 (續9)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-14
圖5.7 (續10)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-15
圖5.7 (續11)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-15
圖5.7 (續12)澎湖海域水動力模式流場模擬結果.....5-16
圖5.8 澎湖港龍門尖山港區外海水位及流速流向數值模擬結果.....5-17
圖6.1 西太平洋範圍遠域風浪模組模擬範圍及水深分布圖.....6-2
圖6.2 臺灣周圍海域近域風浪模組模擬範圍及水深分布圖.....6-3
圖6.3 澎湖海域風浪模擬範圍示意圖(細虛線為遠域計算網格，實線為近域計算網格) 6-3
圖6.4 澎湖海域小尺度風浪模式計算網格之地形水深分布圖 6-4
圖6.5 遠域風浪模擬操作流程圖.....6-7
圖6.6 近域風浪模組非穩態模擬操作流程圖.....6-9
圖6.7 近域風浪模組及澎湖海域近岸風浪模擬結果輸出點位圖 6-10

圖6.8 每日作業化輸入之預測風場資料與安平港風速觀測值之比較圖 6-11
圖6.9 每日作業化輸入之預測風場資料與澎湖港(龍門尖山港區)風速觀測值之比較圖 6-11
圖6.10 近域風浪模組每日作業化安平港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-12
圖6.11 澎湖海域近岸風浪模組每日作業化安平港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-12
圖6.12 近域風浪模組每日作業化澎湖資料浮標處風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-13
圖6.13 澎湖海域近岸風浪模組每日作業化澎湖資料浮標處風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-13
圖6.14 近域風浪模組每日作業化澎湖港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-14
圖6.15 澎湖海域近岸風浪模組每日作業化澎湖港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-14
圖6.16 近域風浪模組每日作業化東吉島風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-15
圖6.17 澎湖海域近岸風浪模組每日作業化東吉島風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖 6-15
圖7.1 澎湖港地理位置圖 7-4
圖7.2 龍門尖山碼頭區平面規劃圖(資料來自臺灣港務股份有限公司網站) 7-4
圖7.3 澎湖港龍門尖山港區港域波浪模擬範圍示意圖 7-5
圖7.4 海軍大氣海洋局刊行海圖61709龍門及尖山漁港 7-5
圖7.5 海軍大氣海洋局刊行海圖04529澎湖群島東南部 7-6
圖7.6 澎湖港龍門尖山港區模擬範圍有限元素粗網格分布圖 7-7
圖7.7 澎湖港龍門尖山港區模擬範圍粗網格地形水深分布圖 7-7

圖7.8a 澎湖港龍門尖山港區W向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-8
圖7.8b 澎湖港龍門尖山港區W向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-8
圖7.9a 澎湖港龍門尖山港區WSW向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-9
圖7.9b 澎湖港龍門尖山港區WSW向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-9
圖7.10a 澎湖港龍門尖山港區SW向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-10
圖7.10b 澎湖港龍門尖山港區SW向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-10
圖7.11a 澎湖港龍門尖山港區SSW向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-11
圖7.11b 澎湖港龍門尖山港區SSW向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-11
圖7.12a 澎湖港龍門尖山港區S向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-12
圖7.12b 澎湖港龍門尖山港區S向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-12
圖7.13a 澎湖港龍門尖山港區SSE向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-13
圖7.13b 澎湖港龍門尖山港區SSE向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-13
圖7.14a 澎湖港龍門尖山港區SE向波浪場模擬結果相位分布圖.....7-14
圖7.14b 澎湖港龍門尖山港區SE向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-14
圖7.15 澎湖港龍門尖山港區SE向波浪場模擬結果波高分布圖.....7-16
圖7.16 澎湖港龍門尖山港區檢核點A波高放大率與無因次參數KL之關係圖.....7-16
圖7.17 澎湖港龍門尖山港區檢核點B波高放大率與無因次參數KL之關係圖.....7-17

圖7.18　澎湖港龍門尖山港區檢核點A波高放大率與無因次參數KL之關係圖 7-17
圖7.19　澎湖港龍門尖山港區檢核點D波高放大率與無因次參數KL之關係圖 7-18
圖7.20　澎湖港龍門尖山港區檢核點A波高放大率與無因次參數KL之關係圖 7-18
圖7.21　澎湖港龍門尖山港區波高放大率分布圖(週期780s) 7-19

第一章　緒論

1.1 計畫緣起及目的

台灣四面環海，地狹人稠、陸上資源有限，為了能夠合理且有效地規劃與開發近岸生活圈，政府機構長期以來積極推動規劃近岸海域的開發利用，致力於保護與維護沿海的百姓生命財產及海上運輸的安全。基於保護臺灣周遭水域航行船舶與人員安全，以及水環境維護等考量，交通部運輸研究所乃於民國 92 年起著手推動近岸/近海防救災相關海象預報系統，配合已經推動多年的海氣象觀測，成立海情中心，提供相關海象觀測與預測的資料，協助相關單位維護臺灣水域的安全。

我國屬於海島型國家，臺灣本島與離島間各類物資及人員多需仰賴海洋運輸，因此發展藍色公路乃為政府長期推動的政策；維護船舶海上航行安全，乃為國家施政積極努力之目標。考量臺灣周圍海域海象變化莫測，時有船舶或漁船筏等海上事件發生，如近年來發生的海洋拉拉號、百麗客輪等客輪航行安全事件，前述事件雖未造成人員重大傷亡，但也突顯離島海運存在的風險實不容輕忽。

基於此，交通部運輸研究所長期推動發展近岸/近海防救災相關海象預報系統，配合海氣象觀測，除了提供各大商港海象觀測與預報的資料外，更以海洋國家格局，積極態度面對發展藍色公路，提供相關航線上海象數值預報資訊，確保航運安全，同時協助相關單位維護臺灣海域的安全。

本研究屬於交通部運輸研究所 105 年科技計畫「海洋防災科技及永續發展計畫」綱要計畫之分項計畫，「臺灣主要商港海象暨溢淹資訊建置之研究」，計畫中規劃兩年計畫之第二年，本計畫除了協助港灣技術研究中心針對現有主要商港有關風力、波浪、潮位及海流等海象預報系統進行改善及維護，以及相關預報與實測資料的比較分析外，在既有的系統及研究基礎上，針對離島澎湖港海域規劃與建置合適的波浪、水位及流場等海象模擬子系統，提供澎湖港與本島各港口間藍色

公路相關的海象模擬資訊；另於颱風侵襲期間，藍色公路相關海象模擬結果亦可作為防災預警之評估依據，以確保藍色公路海上航行安全。

本計畫預期相關研究之成果及經驗將能夠應用至其他離島海域，達到完善臺灣週圍海域「海氣象模擬預報系統」之目標。

1.2 相關本計畫

交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研心)自民國 92 年起著手於整合近岸海象數值模擬與海象觀測資料之研究計畫，建構適用於臺灣本土四周海域之海象數值模擬與預警系統。規劃中的「近岸海象數值模擬及預警系統」架構，如圖 1.1 所示，顯示此海象數值模擬及預警系統之規劃係以結合波浪、水位、海流、海嘯及污染擴散等相關數值模式，以及海象即時觀測系統，構建成整合性的近岸海域海象數值模擬及預警系統為研究方向。整體研究之先期計畫係由中山大學陳陽益教授及李忠潘教授所組成的跨領域研究團隊及港研究中心研究人員共同進行合作研究，除了參考國內外近海海象預報系統及相關海象數值模式的發展與應用外，並依據臺灣周圍海域海象特性及模擬需求，規劃不同尺度與解析度之數值計算網格及其適用的相關海象數值模式。在研究團隊整合研究下，陸續完成相關軟、硬體之建置，以及海象數值模擬相關作業化模組開發。之後，由港研中心與國立中山大學合作於民國 96 年取得「臺灣近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System)」之專利權，並將整個近岸海象數值模擬作業化系統移轉至港研中心持續運作與維護至今。

港灣技術研究中心於四年期計畫(民國 96~99 年)「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究」計畫中，陸續推動 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。另在水動力部分，於 98 年計畫進行 1.)各港口及其鄰近潮位站潮位資料蒐集

與分析，並建置各港口數值模擬所需之預測水位條件；2.)完成基隆港等七大商港港口三角形有限元素數值計算網格之建置；3.)進行七大商港水位及流場之模擬，並進行模擬結果的驗證，同時率定相關參數及邊界條件。99 年的計畫除了將七大商港港口水位及流場模擬成果提供港研中心進行模擬作業外，再針對基隆港水位及海流模擬子系統提出水動力修正模式，計算結果除提供較精確基隆港模擬結果外，並增加風場效應對於港域水位和流場模擬結果之影響。

由於臺灣附近水域的地形與環境複雜，仍有諸多影響因子需要持續進行研究與改善，港研中心乃於四年期計畫(民國 100~103 年)進行「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究」分項研究計畫。計畫中先於 100 年及 101 年規劃了「提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究」與「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究」等合作研究計畫，102 年規劃「提昇海岸及港灣海域海象模擬技術之研究」及 103 年規劃「臺灣主要商港海象模擬技術之精進及系統維運」等合作研究計畫。目的為了提升海岸及港灣海域海象模擬技術之研究，除了進行現有波浪、潮位及海流等海象預報系統的維護，以及相關預報與實測資料的比較分析以外，並將進一步探討水位對風浪預報的影響與系統建置，此外也進行近岸海象預報系統的改善尋求其他可能方案。第一年(民國 100 年)計畫係以基隆港域及臺北港域為對象分別進行波浪、水位及流場等海象模擬結果精進之研究，第二年(民國 101 年)計畫則以臺中港域及布袋港域為對象分別進行波浪、水位及流場等海象模擬結果精進之研究，第三年(民國 102 年)計畫改以安平港域及高雄港域為對象分別進行波浪、水位及流場等海象模擬結果精進之研究，第四年(民國 103 年)計畫除了將蘇澳港域及花蓮港域列為主要研究對象外，同時針對前述基隆、臺北、高雄、安平、臺中及布袋等 6 個港域之研究成果進行整合。

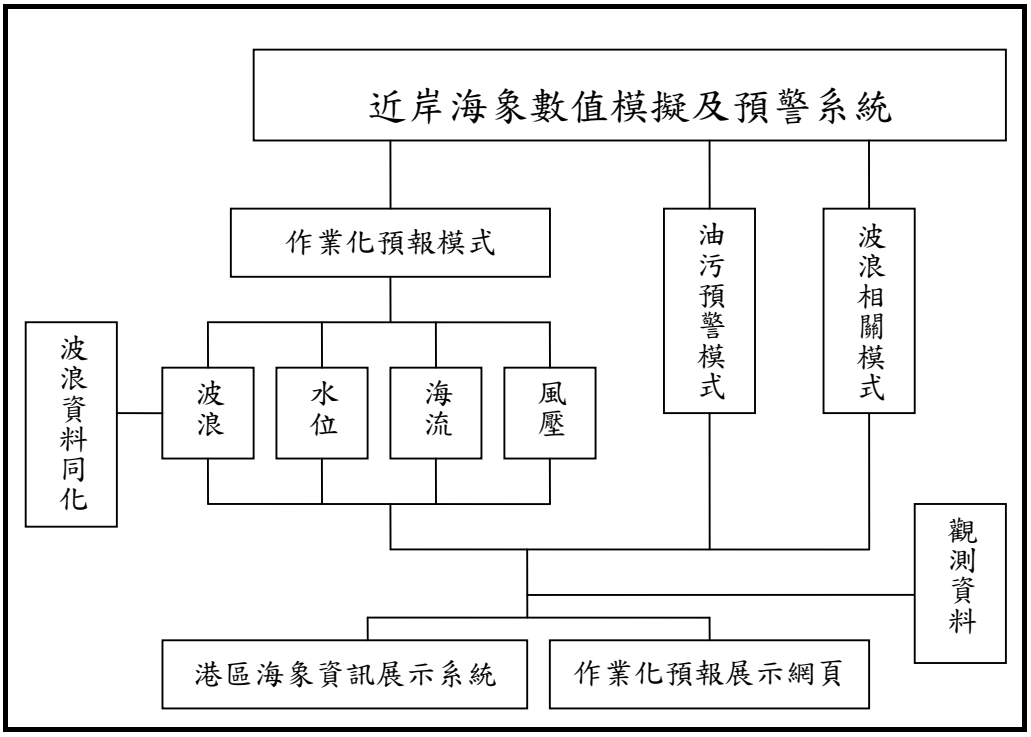


圖 1.1　近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

1.3 研究範圍與對象

本計畫研究範圍含蓋波浪、水位及海流等海象模擬資訊，同時以離島澎湖港海域為研究對象，規劃與建置合適的波浪、水位及流場等海象模擬子系統，提供澎湖港與本島各港口間藍色公路相關的海象模擬資訊。圖 1.2 所示為本計畫研究對象澎湖群島、澎湖港(馬公港區及龍門尖山港區)與臺灣本島之相關位置圖。

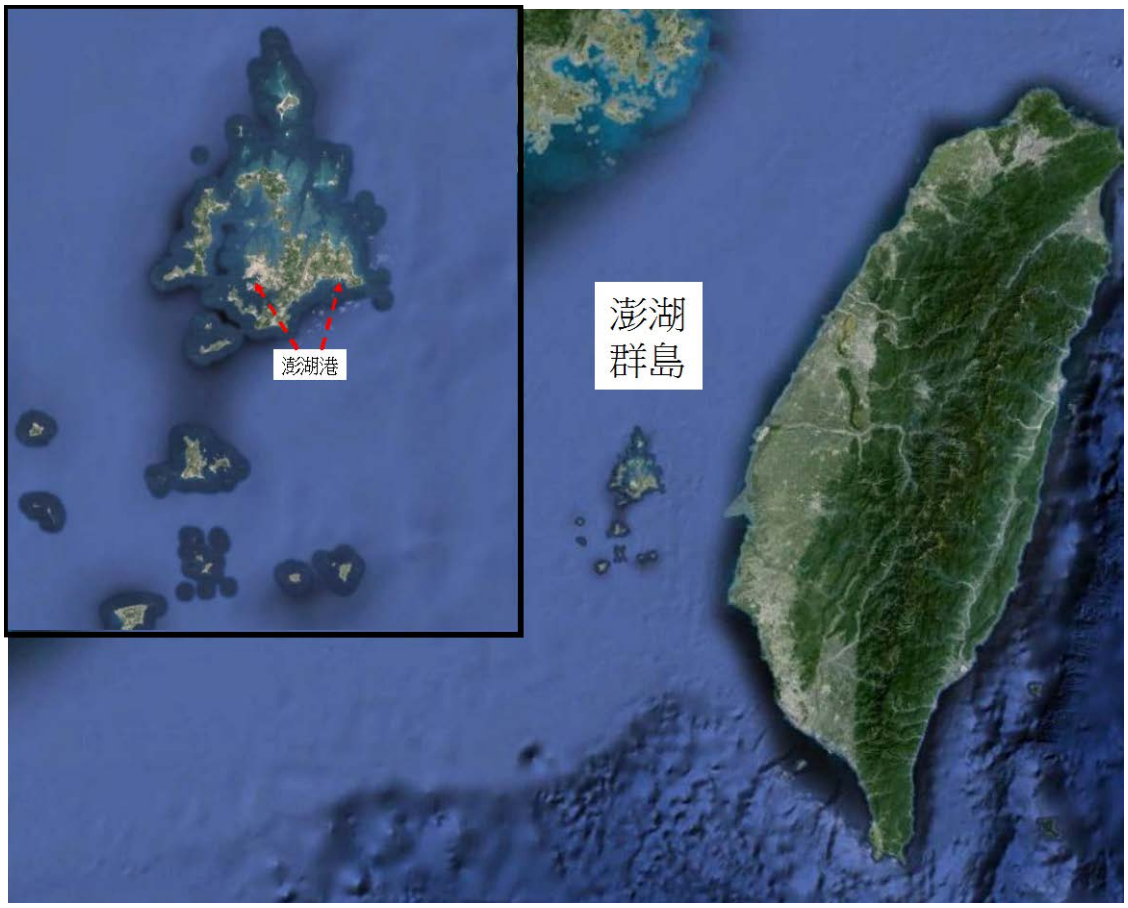


圖 1.2　澎湖群島、澎湖港與臺灣本島之相關位置圖

1.4 上年度(104 年)主要工作項目

本計畫「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」合作研究計畫，上年度(104 年)主要工作項目及研究內容說明如下：

1. 海氣象自動化預報模擬系統校修與維運：配合港灣技術研究中心進行臺灣近岸海象模擬系統(TaiCOMS)之維護與資料更新、軟硬體更新與測試、模式作業化環境之改善及維護等相關工作。
2. 海象自動化預報模擬系統之預報精確度改善：臺灣本島主要商港海象作業化預報之精確度改善。
3. 波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：配合港灣技術研究中心(或中央氣象局)臺灣本島主要商港之現場觀測資料，以進行年度預報成果評估。

4. 澎湖海域基本資料蒐集與分析：包括地形水深、風(壓)場、波浪、水位及海流等海象資料分析及藍色公路相關資訊蒐集與建置。
5. 澎湖海域近岸風浪模式建置：依據澎湖海域海象條件規劃與建置合適的風浪模式模擬澎湖海域近岸風浪，同時利用港灣技術研究中心(或中央氣象局)澎湖海域波浪觀測資料校驗模式相關參數及數值模擬結果。
6. 澎湖細尺度港域波浪模式建置：針對澎湖港龍門尖山港區現況建置合適的細尺度波浪模式模擬港區波浪場。
7. 澎湖海域近岸水動力模式建置：依據澎湖海域海象條件規劃與建置合適的水動力模式模擬澎湖海域近岸水位及流場，同時利用港灣技術研究中心澎湖海域水位及海流觀測資料校驗模式相關參數及數值模擬結果。
8. 中尺度臺灣周圍海域水動力模式校驗：依據港灣技術研究中心水位及海流觀測資料校驗模式模擬結果，作為後續模式修正之依據；並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。
9. 為建立相關數值模擬系統及數值預報系統之模式計算、資料庫維護管理、資料統計、繪圖等工作，需派碩士級（含）以上專業人員一員至港灣技術研究中心駐點服務，其人員工作期間為履約時限(自簽約日起算)。

1.5 本年度(105 年)主要工作項目

本年度計畫主要工作項目及研究內容如下：

1. 海氣象自動化預報模擬系統校修與維運：配合港灣技術研究中心進行臺灣近岸海象模擬系統(TaiCOMS)之維護與資料更新、軟硬體更新與測試、模式作業化環境之改善及維護等相關工作。
2. 海象自動化預報模擬系統之預報精確度改善：臺灣環島海域、澎湖海域及主要商港等海象作業化預報之精確度改善。

3. 波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署)於臺灣環島海域之現場觀測資料，以進行年度預報成果評估。

4. 中尺度臺灣周圍海域風浪及水動力模式校驗：利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署、海科中心等)海象觀測資料，以校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。

5. 澎湖海域基本資料蒐集與分析：澎湖海域地形水深、風(壓)場、波浪、水位及海流等海象資料分析，及藍色公路相關資訊蒐集與建置。

6. 澎湖海域近岸風浪模式建置：完成澎湖海域近岸風浪模組建置，並利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署)澎湖海域波浪觀測資料，校驗模式相關參數及數值模擬結果。

7. 澎湖細尺度港域波浪模式建置：完成澎湖港龍門尖山港區細尺度波浪模組建置，及港區波浪場穩定模擬之分析成果。

8. 澎湖海域近岸水動力模式建置：完成澎湖海域水動力模組建置，同時利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署)澎湖海域水位及海流觀測資料，校驗模式相關參數及數值模擬結果。

9. 為建立相關數值模擬系統及數值預報系統之模式計算、資料庫維護管理、資料統計、繪圖等工作，需派碩士級（含）以上專業人員一員至港灣技術研究中心駐點服務，其人員工作期間為履約時限(自簽約日起算)。

第二章　臺灣近岸海象預報模擬系統維運與改善

本章節主要說明本計畫有關海氣象自動化預報模擬系統校修與維運、海象自動化預報模擬系統之預報精確度改善及海象預報作業化成果評估等工作項目成果。

2.1 臺灣近岸海象預報系統簡介

臺灣近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System，TaiCOMS)整體架構如圖 2.1 所示，係由即時海象觀測網、海象模擬作業化系統及海象資訊展示端等三部份構成；其中即時海象觀測網目前計有花蓮港等 10 處主要商港海氣象觀測站，如圖 2.2 所示，觀測內容包括風力(風速、風向)、波浪(波高、週期及波向)、水位及海流(流速、流向)等海氣象資料。海象模擬作業化系統主要由風場處理、波浪模擬及水動力模擬等三個子系統構成，每日提供包括風場、波場、水位及流場等海象模擬資訊，其中風場模擬資料則透過合作方式取得中央氣象局天氣預報之數值風(壓)場資料交由風場處理系統產生海象模擬作業化系統所需的風(壓)場資料。在海象資訊展示端上，TaiCOMS 以港研中心建構的『港灣環境資訊網』為界面(平台)，展示即時海象觀測資料及海象模擬資訊。

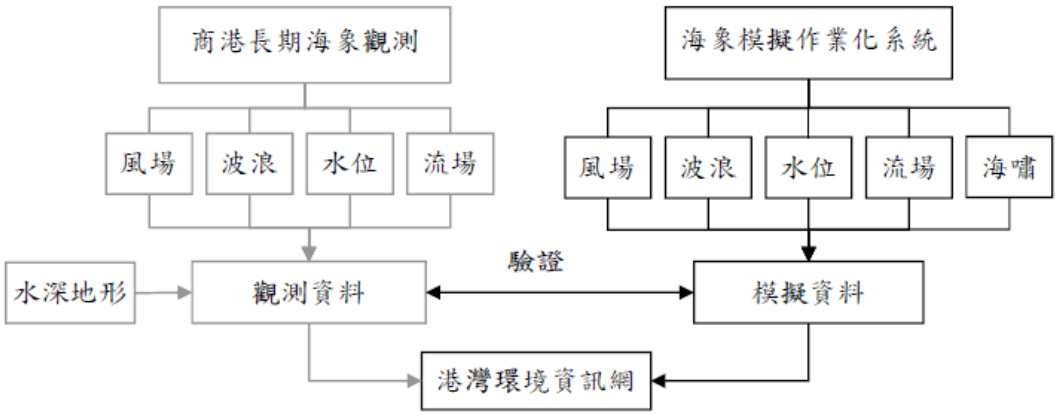


圖 2.1　臺灣近岸海象預報系統整體架構圖



花蓮港



蘇澳港



基隆港



臺北港



臺中港



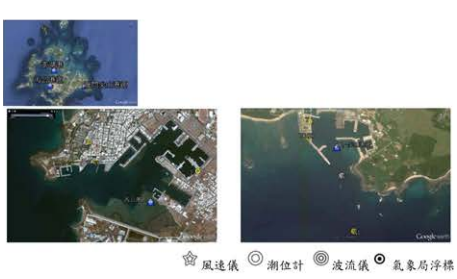
布袋港



安平港



高雄港



澎湖港



金門港

圖 2.2　國內主要商港海氣象觀測站位置圖

2.2 海象模擬作業化系統

為了能夠充份模擬臺灣周圍及近岸海域海象特性，港研中心所建構的海象模擬作業化系統包含了多種尺度及多種模式，其整體架構如圖 2.3 所示。在此架構下，海象模擬作業化系統組成可區分為風(壓)場處理系統、波浪模擬系統、水動力模擬系統及海嘯模擬系統等四個子系統。以下僅就本計畫相關的風(壓)場處理系統、波浪模擬系統及水動力模擬系統簡介如下：

2.2.1 風(壓)場處理系統

自 2014 年 5 月起 TaiCOMS 改採用中央氣象局第四代數值天氣預報系統(Weather Research and Forecasting model，WRF)每日預報之 M00 模組風(壓)場資料為海象模擬作業化系統預報之風(壓)場數值(預報)資料，執行每日 72 小時(昨日、今日及明日)相關海象模擬預測。因此風(壓)場處理系統主要目的為將下載的天氣數值預報之氣象資料解碼、重組及內插產生本系統海象模擬所需之格式化風、壓場資料。依據 WRF 風場數值模擬使用的水平三層巢狀網格(如圖 2.4 所示)分別產生本系統定義的西太平洋風場及氣壓(A01)、中國海域風場及氣壓(A02)及臺灣海域風場及氣壓(A03)等三種不同尺度模式預報資料。

1. 西太平洋風場及氣壓(WA01)：依據 WRF 水平第一層解析度 45km 網格之風(壓)場資料產生，資料輸出範圍為西太平洋北緯 0°至 35°，東經 99°至 150°，參考圖 2.5 所示；資料網格為解析度 1/6°(或 10')之球面座標規則網格，又稱為大尺度風壓場。目前西太平洋風場及氣壓(A01)主要功用為提供遠域風浪模組及水動力模組作業化模擬所需之風(壓)場。
2. 中國海域風場及氣壓(WA02)：依據 WRF 水平第二層解析度 15km 網格之風(壓)場資料產生，資料輸出範圍為西太平洋北緯 10°至 35°，東經 110°至 135°，參考圖 2.5 所示；資料網格為解析度 1/12°(或 5')之球面座標規則網格，又稱為中尺度風壓場。目前中國海域

風場及氣壓資料(A02)主要功用為提供近域風浪模組及水動力模組作業化模擬所需之風(壓)場。

3. 臺灣海域風場及氣壓(WA03)：依據 WRF 水平第三層解析度 5km 網格之風(壓)場資料產生，資料輸出範圍為臺灣周圍海域北緯 20.5°至 28°，東經 117.5°至 124.5°，參考圖 2.5 所示；資料網格為解析度 1/24°(或 2.5')之球面座標規則網格，又稱為小尺度風壓場。臺灣海域風場及氣壓(A01)主要功用為提供未來近域及小尺度風浪模組作業化模擬所需之風(壓)場。

2.2.2 波浪模擬系統

波浪模擬作業化系統主要目的為針對國內主要商港(如基隆港等)近岸及港域波浪進行作業化模擬與預測，整體架構分為遠域風浪、近域風浪、近岸波浪及港域波浪等四種不同尺度波浪模組，各模組特性及主要功用分述如下：

1. 遠域風浪模組：以西太平洋北緯 10°至 35°，東經 110°至 134°之海域為模擬範圍，如圖 2.6 所示；數值計算格網採用 0.2°(或 12')之地球弧形網格，又稱之為大尺度風浪模組。遠域風浪模擬目的除了可提供西太平洋範圍遠域風浪場模擬資訊外，主要功能為產生作業系統近域風浪模擬所需的開放邊界條件。因此遠域風浪模擬作業化系統使用的數值模式為海洋波浪預測模式 WAM (WAve Modeling)，模式相關介紹如附錄二所述。

2. 近域風浪模組：以臺灣周圍海域北緯 21°至 27°，東經 117°至 123°為模擬範圍，如圖 2.7 所示；數值計算格網採用 0.04°(或 2.4')之球面座標規則網格，又稱之為中尺度風浪模組。近域波浪模擬目的：(1)提供臺灣周圍海域較高解析度與較精確的風浪場模擬結果，(2)提供各主要商港近岸預測波浪條件作為各商港近岸波浪場及港域波浪場模擬之依據。因此近域風浪模擬作業化系統使用的數值模式為荷蘭 Delft 大學所發展之近海風浪模式 SWAN (Simulating WAves Nearshore)，模式簡介如附錄二所述。

3. 近岸波浪模組：以基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等 8 個主要商港為模擬對象，分別針對各商港近岸海域建置適當的模擬範圍，如圖 2.8 所示；各商港近岸波浪模擬採用的數值計算格網為解析度 10 m 之規則網格，網格相關資料如表 2.1 所列，又稱為小尺度近岸波浪模組。近岸波浪模擬目的主要針對各港口依據近域風浪模擬預測的波浪資訊，模擬外海波浪向岸傳播過程產生的波浪場變化，提供各港口外海特定區域之波高及波向模擬預測資訊。因此各港口近岸波浪場模擬作業化系統採用的數值模式為 Kirbyand 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 1)，模式基本理論說明如附錄二所述。

表 2.1　主要商港港區近岸波浪模組之數值參考網格基本資料

港口名稱	原點座標(tw97 二度分帶)		座標系統旋轉角度	網格大小(10m)
	X(m)	Y(m)		
基隆港	322539.0	2787360.0	256.0°	621× 731
台北港	278577.0	2784690.0	-55.0º	801×1301
台中港	198113.0	2696163.0	-36.0°	1001×1901
布袋港	150038.7	2579393.8	11.00°	1601× 901
安平港	160526.8	2531091.8	31.44°	1401×1041
高雄港	177877.0	2487555.0	38.0º	801×1701
蘇澳港	342011.8	2725729.3	185.00°	601× 801
花蓮港	316892.0	2655232.0	150.0°	321× 801

4. 港域波浪模組：同樣以基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等 8 個主要商港港域為對象，模擬預測各港港域內波浪場變化情形；各港港域波浪模場擬範圍，如圖 2.9 所示。為能夠充份展現港域形狀不規則及波浪場變化受到地形及結構物影響等特性，港域波浪模擬使用的數值計算網格為有限元素三角形網格，且因建置的非結構數值計網格之解析度高於前述近岸波浪模組，故又稱為細尺度港域波浪模組。港域波浪模擬主要目的為模擬外海波浪進到港域內波浪場變化情形，因考量港域波浪會受到港

口構造物存在及地形水深變化等因素影響，產生波浪折射、繞射、反射及波能損失等作用，因此港域波浪模擬系統採用的數值模式屬於以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素港域波浪模式。

2.2.3 水動力模擬系統

水動力模擬作業化系統主要目的同樣是針對國內主要商港(如基隆港等)港區及近岸海域進行水位及流場模擬與預測，整體架構分為遠域水動力模組、近域水動力模組及港區近岸水動力模組浪等三種不同尺度的水動力模組，各模組特性及功用分述如下：

1. 遠域水動力模組：以西太平洋北緯 10°至 42°，東經 105°至 150°之海域為模擬範圍，如圖 2.10 所示；數值計算格網採用 1/6°(或 10')之球形座標之規則網格，又稱為大尺度水動力模組。遠域水位及流場模擬採用的數值模式為歐盟發展的模式 COHERENS (COupled Hydrodynamical Ecological model for REgioNal Shelf seas)，與中央氣象局每日預報之動態風(壓)場結合，成為適用於臺灣海域之潮汐及風暴潮複合之水動力模式。

2. 近域水動力模擬：以臺灣周圍海域為模擬範圍，含蓋北緯 21°至 26.5°，東經 116.5°至 125°之海域，如圖 2.10 所示；模式數值計算格網採用 1/60°(或 1')之球面座標規則網格，又稱為中尺度水動力模組。與前述遠域水動力模組相同，近域水動力模組採用歐盟發展的模式 COHERENS，結合中央氣象局每日預報之動態風場進行臺灣周圍海域潮汐變化及風驅流作業化模擬。

3. 港區近岸水動力模擬：以基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等 8 個主要商港為對象，分別針對各商港及其鄰近海域建置適當的水位及流場模擬範圍，如圖 2.11 所示；因其模擬範圍明顯小於前述遠域及近域水動力模組，因此又稱為小尺度港區近岸水動力模組。同樣地，為能夠充份呈現港域形狀特性，各港港區近岸水動力模組數值計算網格採用較具調適性的有

限元素三角形網格；數值模式則採用，水深積分平均之二維有限元素水動力模式(Finite Element Hydraulic Dynamic Model, FEHDM)。

2.2.4 海象模擬作業化流程

海象模擬作業化系統自 2006 年起由港研中心維護運作至今，系統維運主要工作為確保系統每日執行海象模擬作業，並提供臺灣主要港區每日 72 小時(昨日、今日、明日)之模擬風場、波浪、水位及海流等資訊於港灣環境資訊網站供港研中心同仁及相關使用者參考。目前系統海象模擬每日作業化之流程，如圖 2.12 所示，依序分為風場後處作業流程、海象數值模擬作業流程、數值模資料整合及港灣環境資訊網展出等流程。

風場作業化流程除了配合中央氣象局每日 0、6、12 及 18 時數值預報風壓場資料(WRF)發布的時間起動下載資料程式外，基於海象模擬預報之時效性考量，本系統採取彙整前兩日發布之預報風壓場資料方式，組合成系統 72 小時(昨日、今日、明日)海象模擬所需的氣象預報資料。風壓場預報資料擷取時段與組合方式，如圖 2.13 所示，此規劃將可預留氣象資料下載傳輸時間，以及減少因自氣象局下載資料過程發生部份資料短缺導致整體作業系統無法運作之困擾。

本系統海象模擬作業化流程設定於每日淩晨 3 時啟動，其中風場處理作業及遠、近域海象模擬整體作業之時間流程，如圖 2.14 所示，即相關海象模擬結果可於每日上午 7 時展示於港灣環境資訊網。

本系統每日海象模擬時間長度為 72 小時(昨日、今日、明日)，其中前 24 小時代表海象模擬追算之結果，後 48 小時代表海象模擬預測推算之結果，如圖 2.15 所示。此模擬預測方式主要規劃目的是提供 24 小時數值模擬結果(含追算及預測)與即時海象觀測比對資訊，以利評估當日海象模擬及預測結果之可信度。

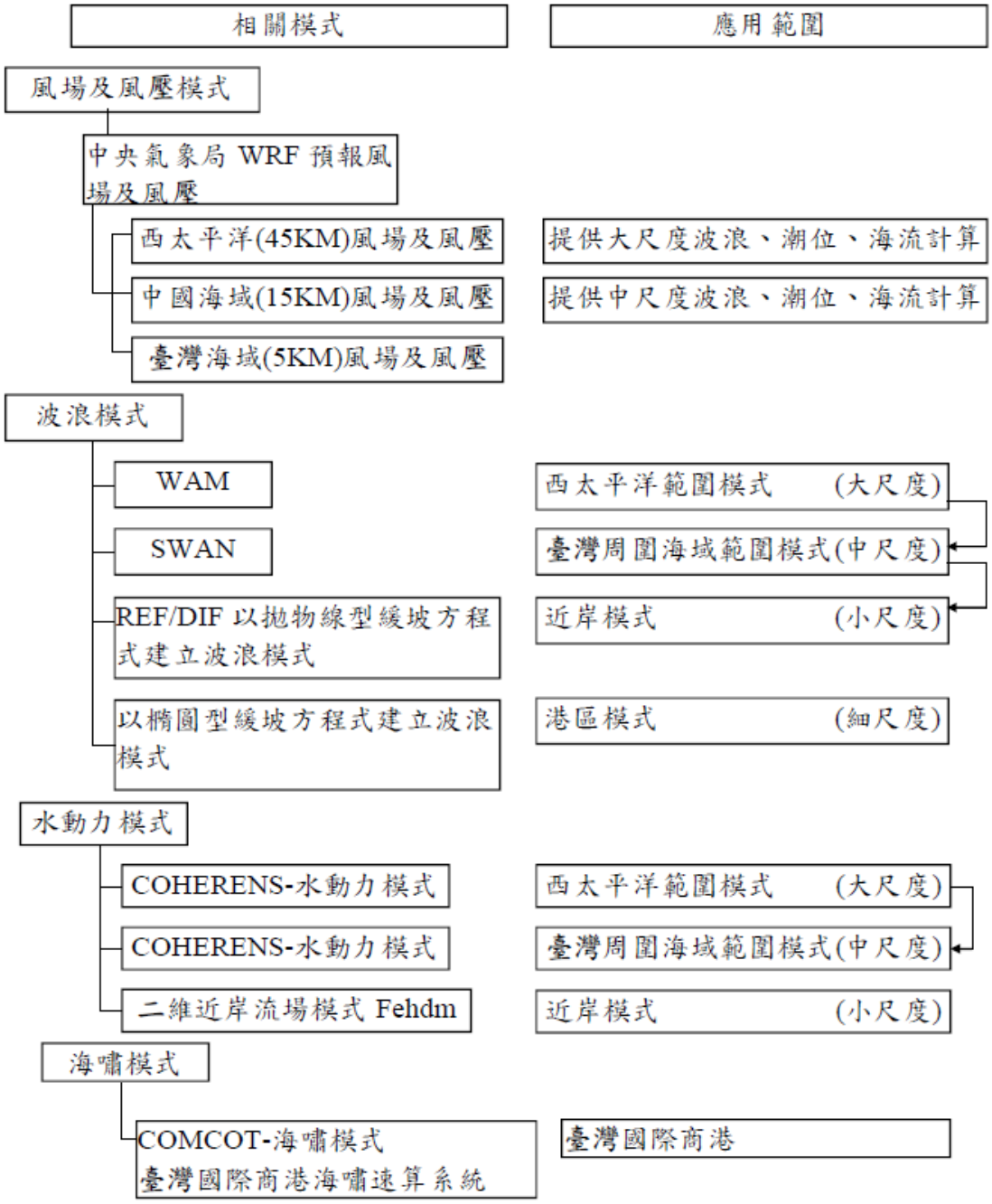


圖 2.3　海象模擬作業化系統整體模式架構圖

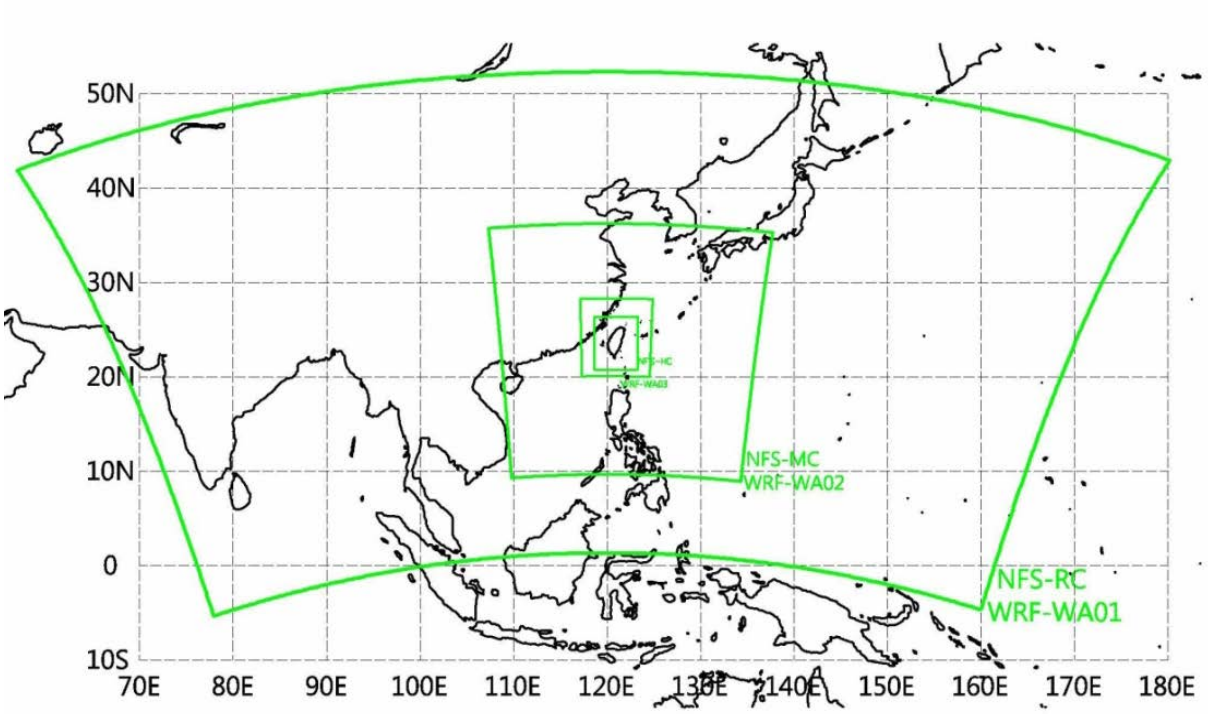


圖 2.4　中央氣象局 NFS 及 WRF 風場資料巢狀網模擬範圍圖

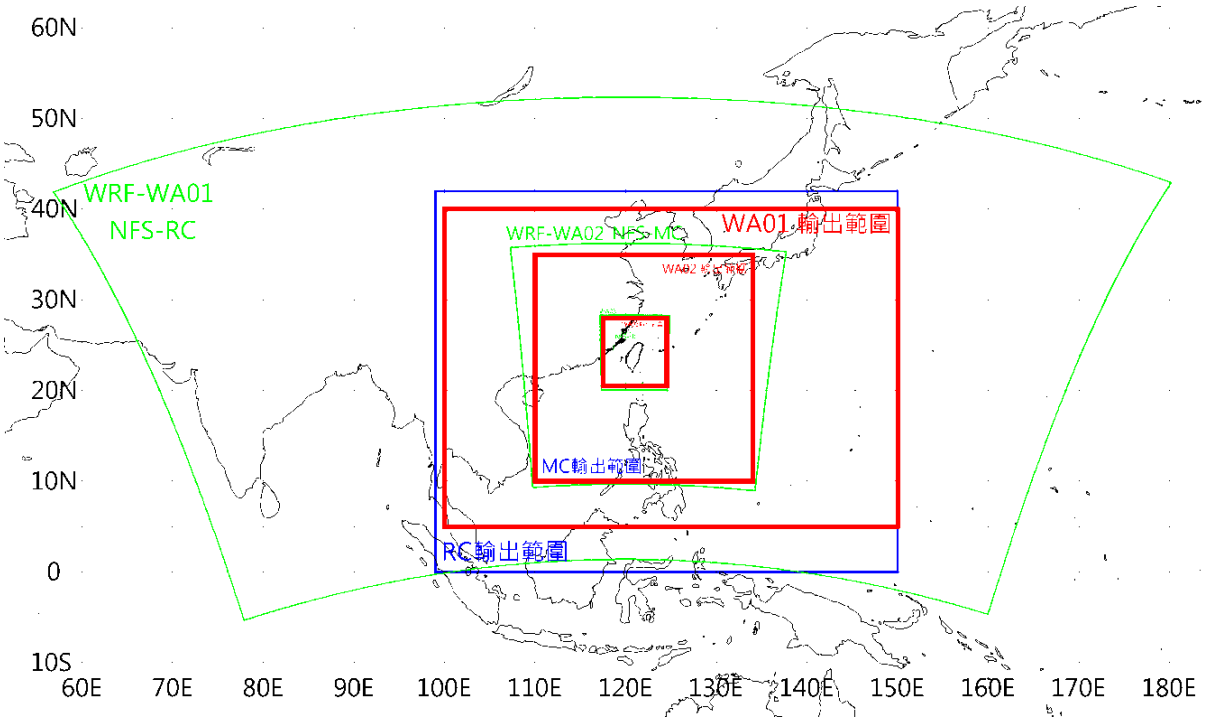


圖 2.5　海象模擬作業化系統風場資料輸出範圍示意圖

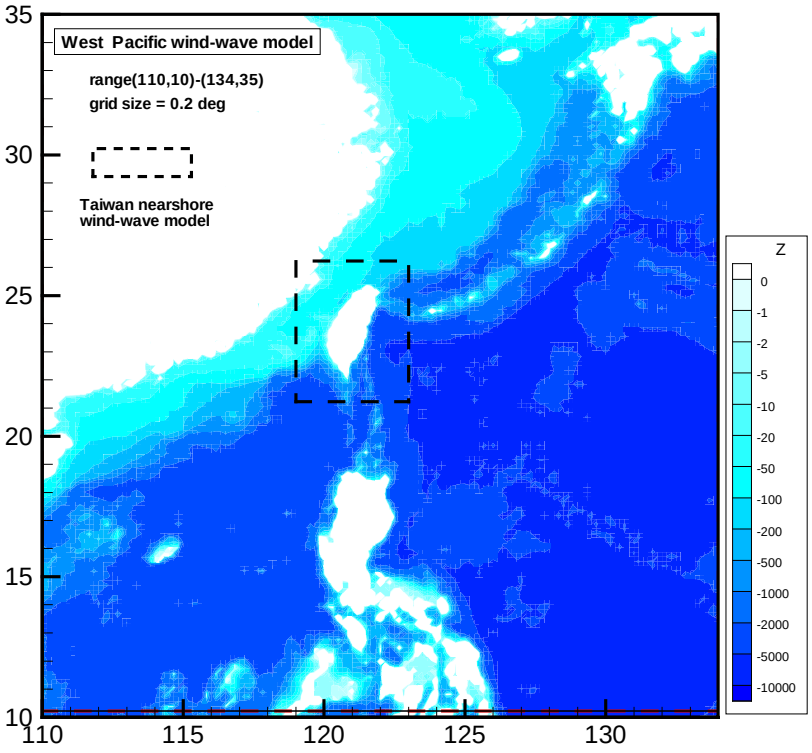


圖 2.6　TaiCOMS 遠域風浪模擬範圍及計算網格地形水深分布圖

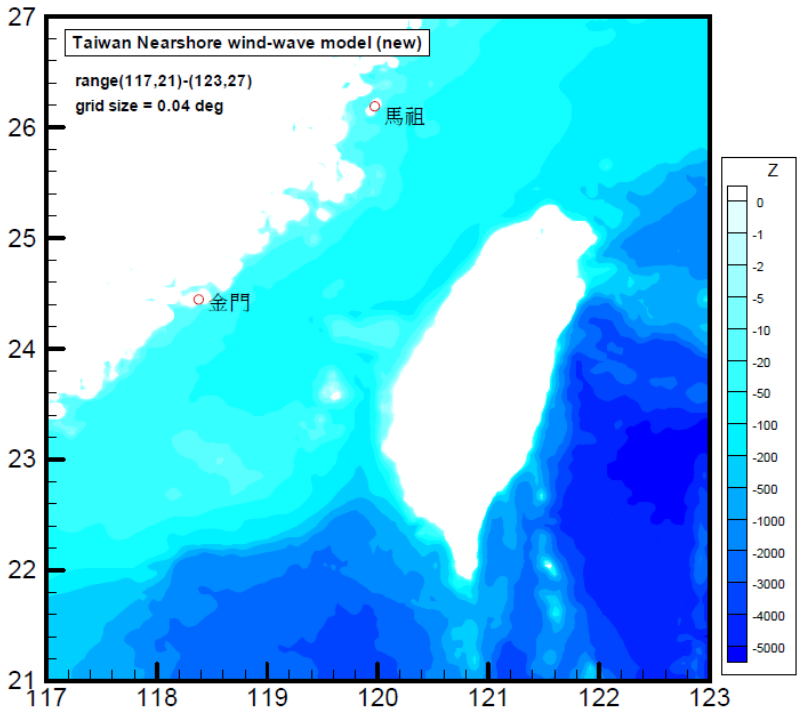
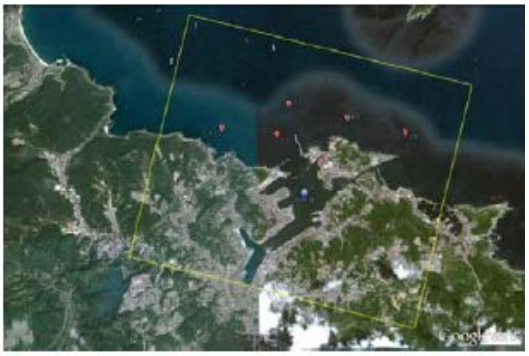


圖 2.7　TaiCOMS 近域風浪模擬範圍及計算網格地形水深分布圖



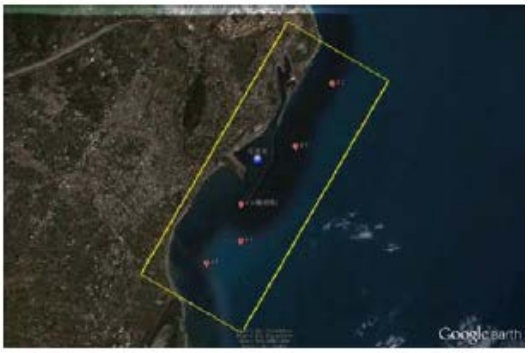
臺 北 港



基 隆 港



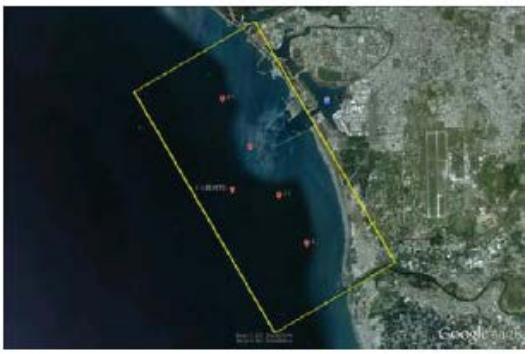
蘇 澳 港



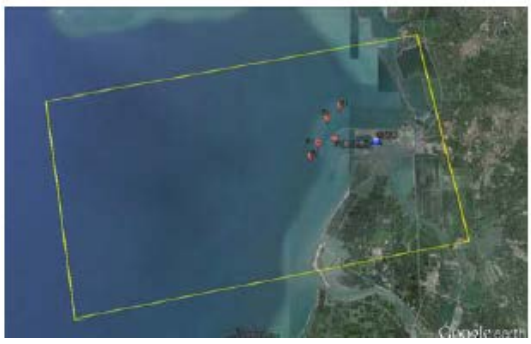
花 蓮 港



高 雄 港



安 平 港



布 袋 港



臺 中 港

圖 2.8　各主要商港港區近岸波浪模組模擬範圍示意圖

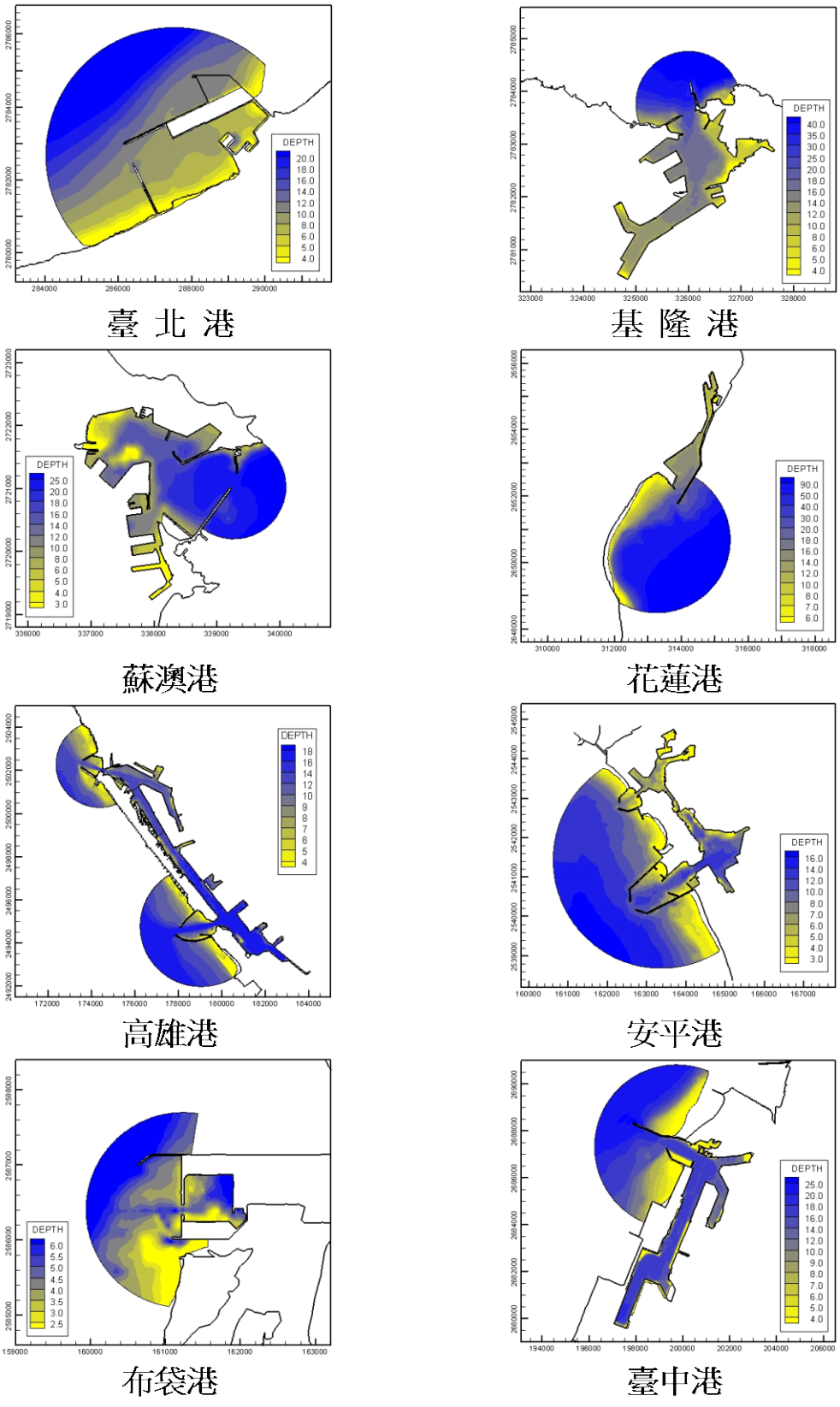


圖 2.9　各主要商港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

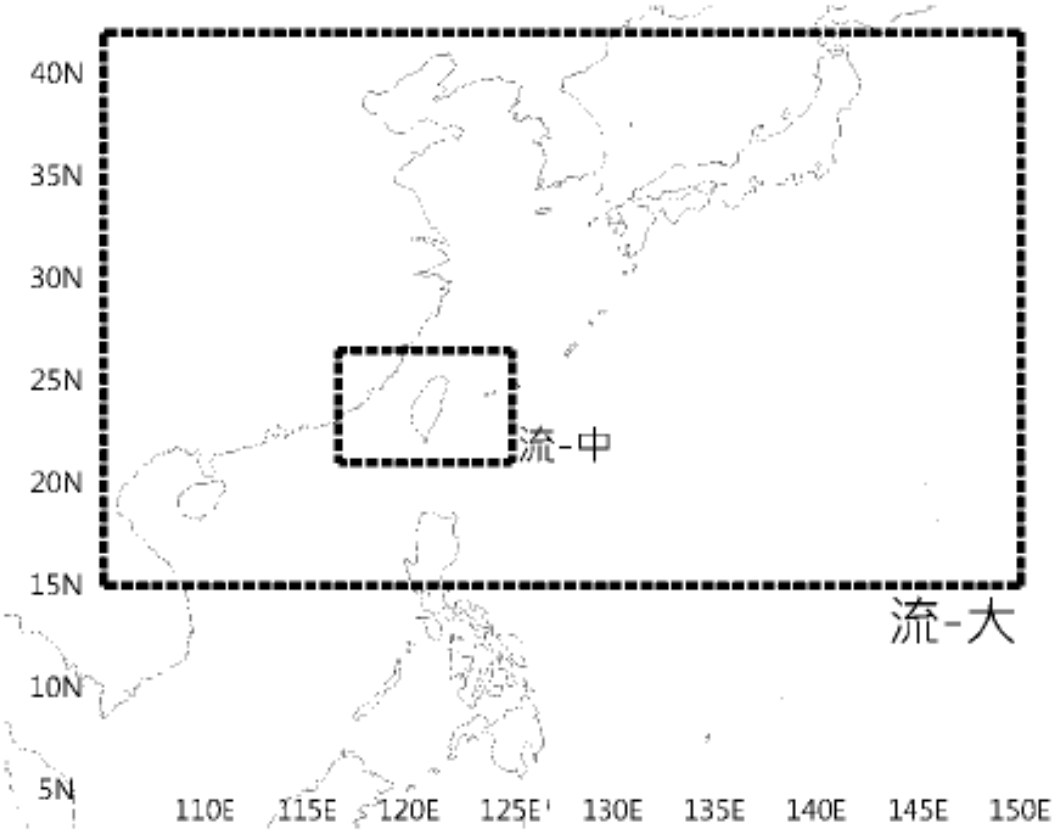
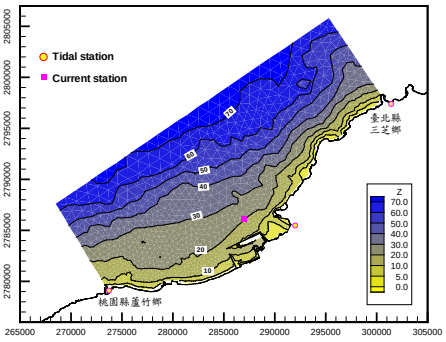
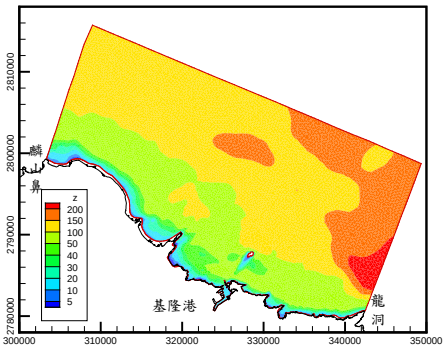


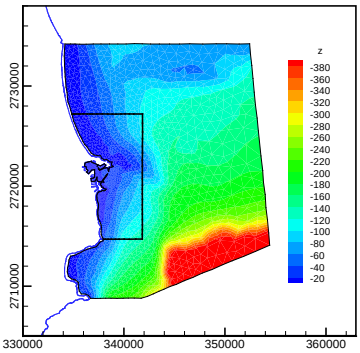
圖 2.10　遠域及近域水動力模組模擬範圍示意圖



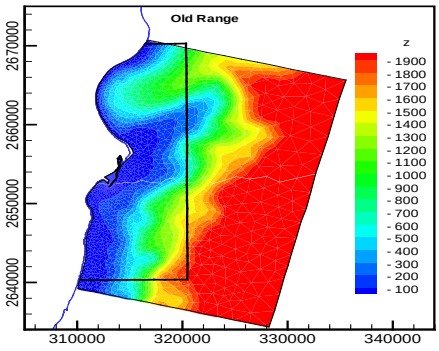
臺 北 港



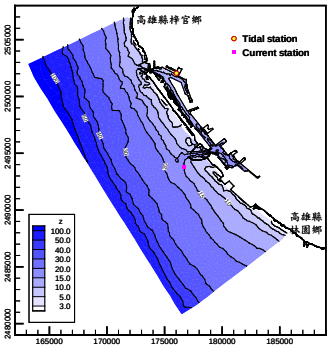
基 隆 港



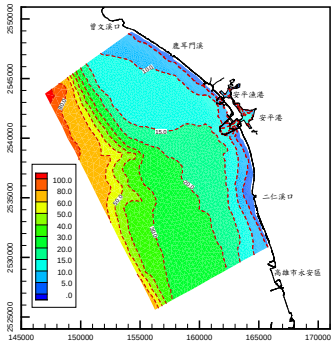
蘇 澳 港



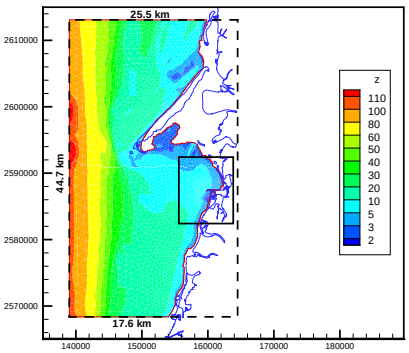
花 蓮 港



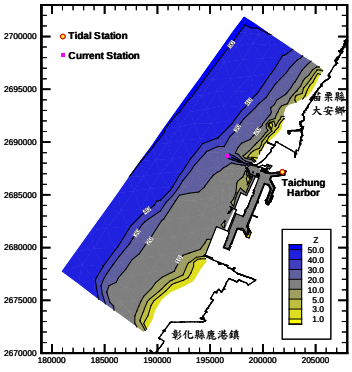
高 雄 港



安 平 港



布 袋 港



臺 中 港

圖 2.11　各主要商港小尺度水動力模組模擬範圍圖

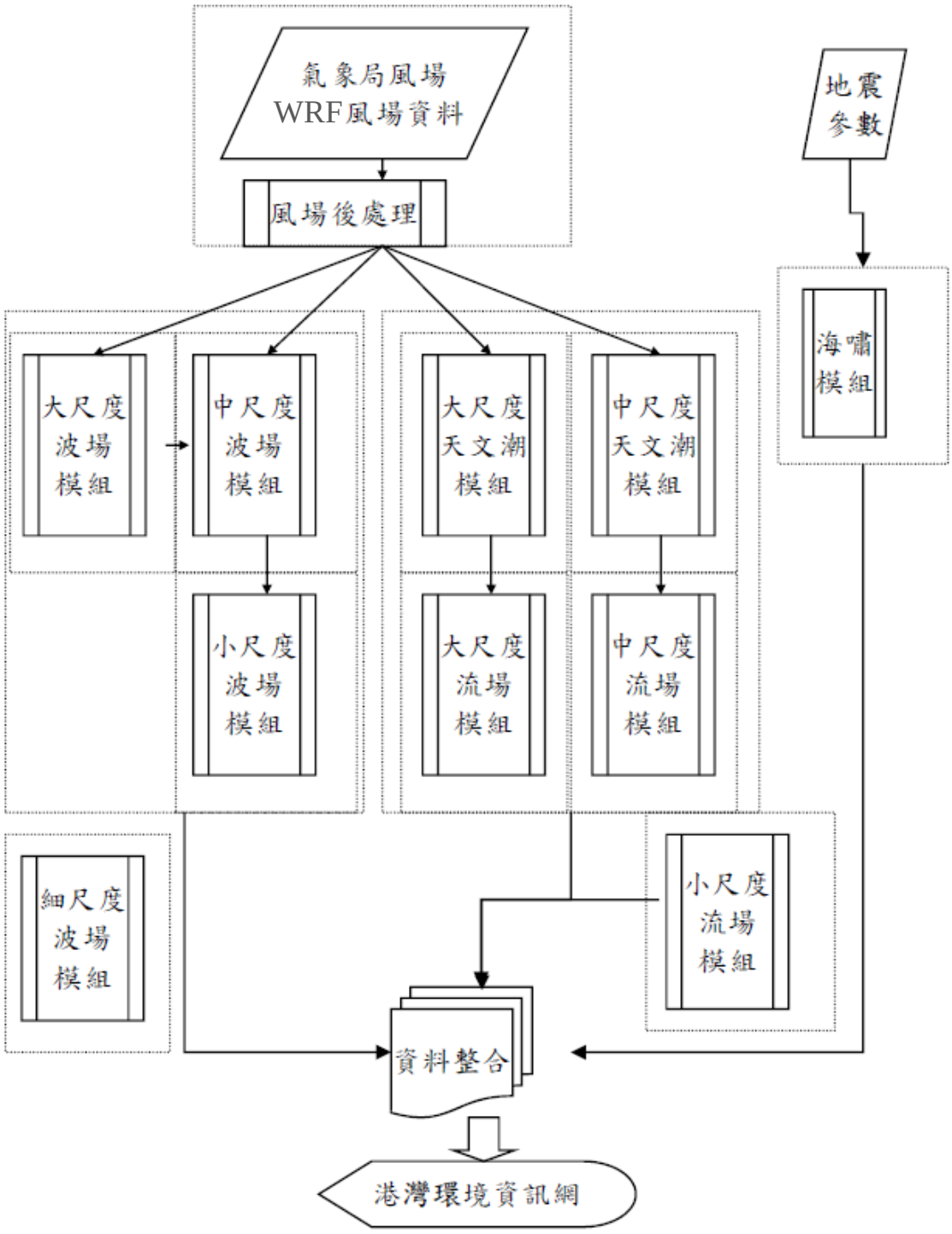


圖 2.12　海象模擬作業化系統作業化流程圖

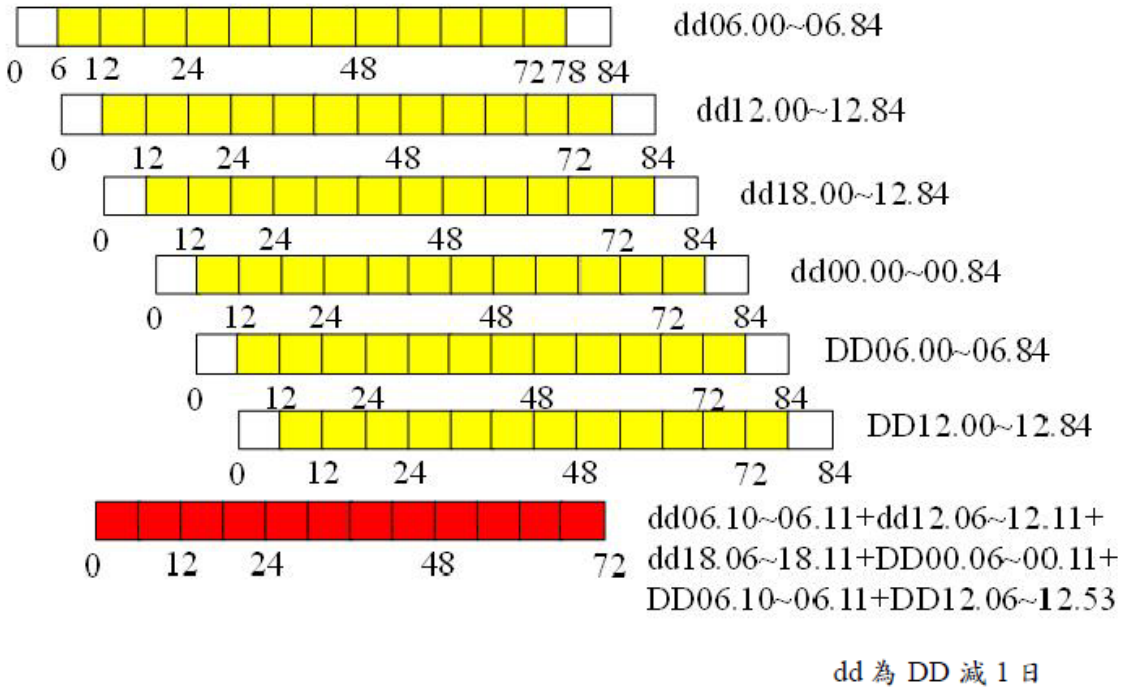


圖 2.13　海象模擬作業化系統產生組合風場之資料擷取時段與組合示意圖

每6小時 (4次/日) 經由FTP軟體於
中央氣象局網站下載最新預報氣象資料

每日03:00進行氣象資料解碼內插，
求得風浪及水動力模式所需風場及氣壓場

每日06:00前完成大尺度及中尺度模式計算

進行資料處理及出圖作業

每日08:00於港灣環境資訊網網頁上
發布模擬結果

圖 2.14　海象模擬作業化系統之作業時間流程

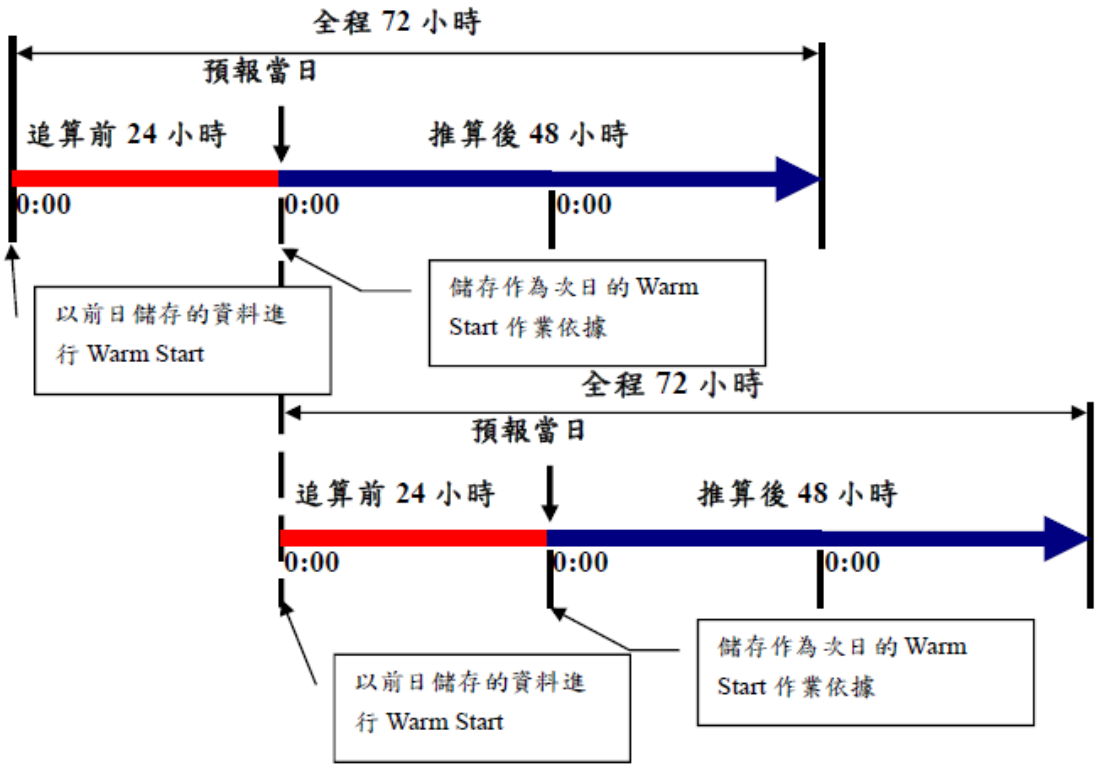


圖 2.15　海象作業化模擬之追算與推算時間示意圖

2.3 海象模擬作業化系統維運與改善成果

本計畫工作項目之一就是維持海象模擬作業化系統每日定時執行各海象模擬預報作業正常運作，提供數值資料包括 72 小時風場、波場、潮位及流等數值模擬結果。綜合上年度(104 年)及本年度(105 年)有關海象模擬作業化系統改善成果說明如下：

2.3.1 軟硬體設備更新與測試

在系統硬體設備方面，104 年度依據硬體區分方式將各主要模擬程式規劃成分工計算以節省部分時間，並確保整體系統資料不至於同時發生損毀情形。在港研中心之伺服器內原規劃共區分為資料、風場、波場、水動力、資料儲存備份共五部中低階伺服器進行計算及備份。各伺服器主要功能說明如下：

1. 資料伺服器：主要功能為讀取本中心各港口觀測資料。
2. 風場伺服器：主要功能為讀取氣象局的風場資料，解碼內插風場資料(昨日、今日、明日)，彙整本所相關觀測資料，做為本系統資料溝通平臺，並提供波場伺服器及水動力伺服器相關計算所需風場資料及時間參數。
3. 水動力伺服器：主要功能為計算三日的水動力模擬(昨日、今日、明日)，其中包含了大尺度流場、中尺度流場及早期發展港域流場的即時模擬。
4. 波場伺服器：主要功能為提供三日的波場模擬(昨日、今日、明日)，其中包含了大尺度風浪模擬、中尺度風浪模擬、及早期發展小尺度港區和港域波場的即時模擬。
5. 資料儲存備份伺服器：主要功能為備份各模組程式及輸出結果。

各伺服器為確保資料安全，且由於經費及實際工作考量僅於硬碟部分採用硬碟陣列 RAID level 5 方式 (RAID，Redundant Array of Independent Disks) ，此方式可將多個硬碟組合起來，成為一個大的硬碟陣列組，其效能達到甚至超過一個價格昂貴、容量巨大的硬碟，並確保當伺服器內硬碟若有一顆損壞時，並不影響整體系統資料，且可持續運作，另加入資料儲存備份伺服器來保全資料完整性。硬體及資料流程相關說明，如圖 2.16 所示。

小尺度流場計算及海嘯計算系統，建置於微軟 windows server 作業系統，小尺度流場亦採取相似觀念，同時建置 2 套模式於 2 臺伺服主機內，今年度新增 server (HP ProLiant PL380p Gen8) 將 OS 作業系統由 windows server 2008 (32 bit) 提昇至 windows server 2012R2(64 bit) 版本，記憶體由 4G 提昇至 64G。平時主要運作小尺度流場系統，原來之 windows server 2008 亦同時執行每日小尺度流場作為備援之用。小尺度流場計算及海嘯計算系統也可作為相互備援，並防止伺服主機損毀造成作業中斷及損毀，如圖 2.17 所示。原小尺度流場系統之作業時間，

已可從 6 小時提昇為 4 小時內完成相關作業，各伺服器主要功能說明如表 2.2。

表 2.2　港研中心海象模擬伺服器主要功能說明

伺服器	主要功能
資料伺服器	抓取各國際港及國內港之風、波、潮、流觀測資料。
風場伺服器	抓取氣象局 WRF 風場資料並進行資料解碼內插(昨日、今日、明日)。 彙整本所相關觀測資料。 提供波場伺服器及水動力伺服器相關計算所需之每日風場資料。
水動力伺服器	大尺度流場、中尺度流場。
波場伺服器	資料整合平臺：提供海情中心每日風、波、潮、流模擬結果。 三日模擬：大尺度波場、中尺度波場、小尺度波場。
資料儲存備份伺服器	主要功能為備份各模組程式及輸出結果。
備援伺服器	每日同步進行風場、波場及水動力模擬。
小尺度水動力伺服器	小尺度流場(作為海嘯伺服器備援)。
海嘯伺服器	海嘯模擬計算(作為小尺度水動力伺服器備援)。

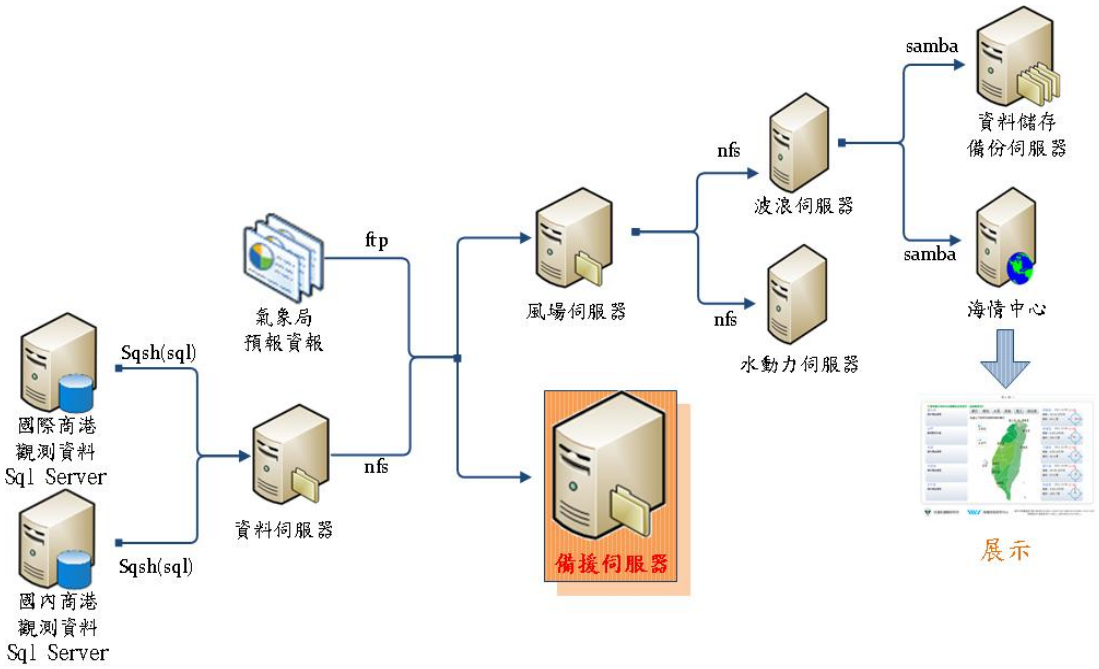


圖 2.16　系統新硬體及資料流程說明圖

在軟體設備方面，整體作業流程在遠域及近域(含風、波浪、水位、海流)模組部分以及各港區近岸波浪模組部分，延續前期系統架構將主要作業軟體建置於 SUSE linux 作業系統內。目前已陸續將作業系統版本由 SUSE linux10、11 更新至 11、12 版，並將風、波浪及水動力分別建置於不同伺服器進行運作，作業環境利用系統內 shell script 程式語言撰寫，部分則利用 fortran 程式語言撰寫。過程中同時使用美國海洋大氣總署(NOAA)太平洋環境實驗室(PMEL)所發展鼬(ferret)軟體，作為本系統作業化主要的排程包含資料格式建置及前後處理軟體繪圖等。軟體目前已發展到 6.85 版本，主要功能可分析其數值海洋模式的產出和網格化，並與觀測數據進行比較。

各港區近岸水動力模組則建置於微軟作業系統，其中近岸水動力模組目前已陸續將作業系統由 Window server 2003、2008 更新至 Window server2008、2012R2。此部分可分別透過商用 tecplot 及 matlab 軟體進行後處理出圖。系統內相關應用軟體如表 2.3 所示，海象模擬風波潮流計算作業流程，如圖 2.18 所示。

系統內除作業所需軟體外，有相當多共同資料必須透過區域網路由各伺服主機提供整合應用，系統必須兼具能存取遠端伺服主機資料及資料庫資料，於是在各伺服主機上分別建置不同軟體安裝及程式撰寫，大略可分為下列四個部分。

1. 系統聯外部分：如連接中央氣象局，由於氣象局以 FTP(File Transfer Protocol server)方式提供氣象資料，於是本系統內已建置 FTP 軟體及 linux 系統內 shell script 程式語言撰寫排程定時下載相關資料。
2. 系統連結區網內電腦部分：由於系統內模擬資料必須讀取海象觀測資料庫內資料比對驗證，故在系統內安裝 freetds 及 sqsh 軟體，並撰寫資料庫語法建置相關程式後，可由 Linux 伺服主機直接讀取海象觀測所建置微軟資料庫伺服器。平時所內操作電腦則透過 SSH(Secure Shell)方式進行遠端登入，進行系統維護管理。

3. 在作業系統內部環境：主要透過 linux 作業系統內安裝 NFS 伺服器軟體(NFS 就是 Network FileSystem 的縮寫)。NFS 主要功能為透過網路，讓不同的電腦、可以彼此分享 NFS 伺服主機的檔案。所以本系統內主要檔案可以在其他伺服主機來將網路端的 NFS 伺服主機分享的目錄，掛載到本地端的主機中，在本地端的主機使用該目錄檔案就如同使用主機內的檔案。

4. 在 linux 作業系統及微軟作業系統資訊傳遞部分：該部分則是透過安裝 SAMBA 伺服器軟體的設定安裝的話，透過區域網路『網路芳鄰』的功能，直接連線遠端伺服器所提供的目錄。

表 2.3　系統內主要應用軟體說明

軟體套件	說明
一、作業系統：	
SUSE linux 11、12	作業系統
Window server2008、2012R2	作業系統
二、原有 suse 套件：	
gcc、gcc-fortran	編譯軟體
NFS server (NFS clicent)	提供各伺服器共同資料
samba	提供 linux 伺服器與 window 系統資料路徑網路芳鄰
三、個別安裝套件：	
pgifortran	Fortran 語言編譯軟體
ferret	主要前後處理及繪圖工具
wgrib	讀取及解碼風場資料
gifsicle	產生 gif 動畫圖檔
freetds	為 linux 系統提供 TDS 協議的客戶端
sqsh	為資料庫系統提供交談介面
Tecplot(裝於微軟作業系統)	繪圖軟體

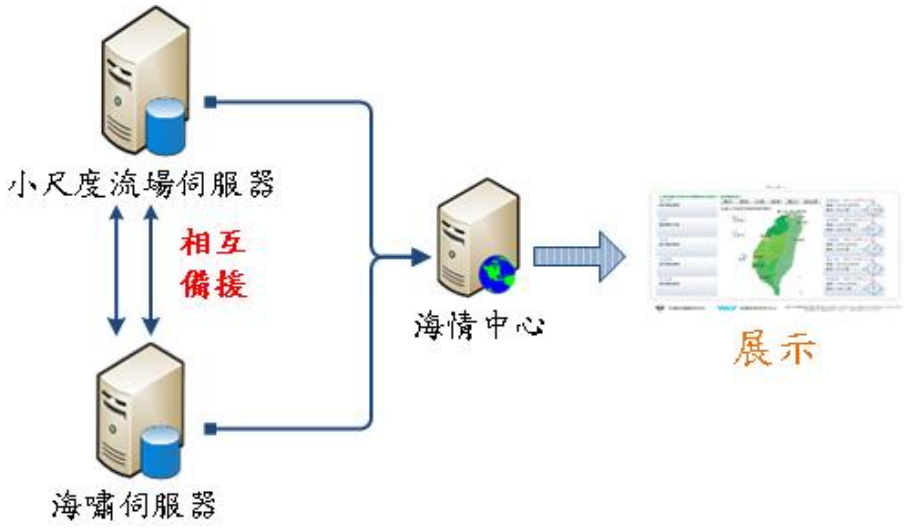


圖 2.17　小尺度流場及海嘯系統硬體及資料備援流程說明圖

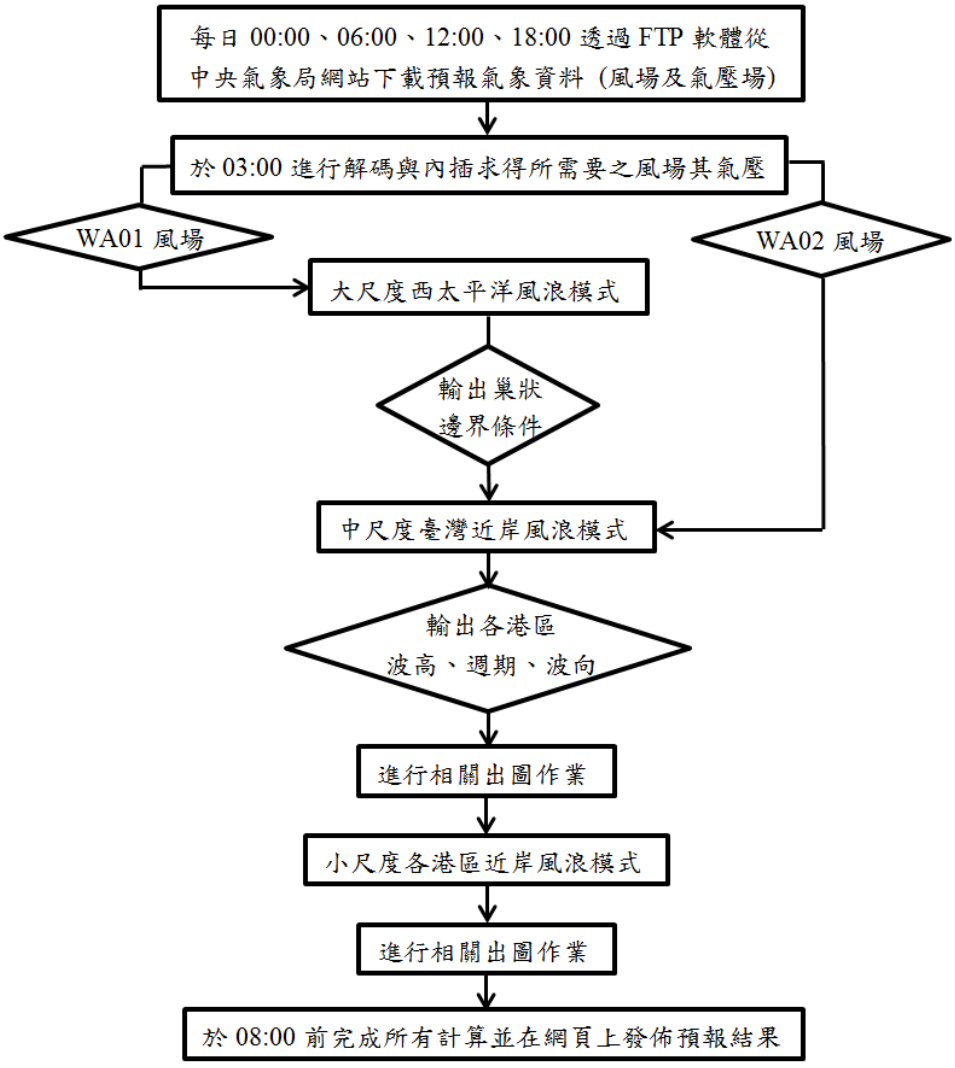


圖 2.18　風、波、潮流計算作業化流程圖

2.3.2 水動力模擬作業化子系統建置與測試

本年度(105 年)針對中尺度臺灣周圍海域及小尺度各港區水動力模組進行整合，於海象模擬作業化系統下建置水動力模擬作業化系統。

1. 系統架構及模擬流程

本計畫水動力模擬作業化子系統架構及中、小尺度水動力模擬流程，如圖 2.19 所示，顯示本系統架構主要由中尺度水動力模組及各港區小尺度水動力模組所組成，其中各港區小尺度水動力模組包含基隆港、北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等主要商港，如圖 2.20 所示。作業化模擬系統整合重點主要為各港區小尺度水動力模組之開放邊界水位條件需由中尺度水動力模組作業化模擬結果提供，其次為中、小尺度座標系統整合及前、後處理程式整合等。

另依據圖 2.19 顯示本計畫水動力模擬作業化系統,每日作業化模擬輸入資料包括中尺度水動力模組之開放邊界逐時天文潮水位資料及逐時平面風、壓場預報資料，以及各港區小尺度水動力模組逐時風速、風向預報資料。

本計畫水動力模擬作業化流程可分為輸入資料前處理、中尺度水動力模擬、各港口小尺度水動力模擬、輸出資料後處理及資料上傳與備份等階段，分述如下：

(1) 資料前處理階段：每日作業化啟動時系統會先執行前處理程式，此階段除了產生水動力模擬系統每日作業化執行流程之批次檔(mainrun_hd.bat)外，同時依據 TaiCOMS 每日作業化的數值風壓場資料產出中尺度水動力模組逐時二維風、壓預報資料輸入檔及各港區小尺度水動力模組逐時一維風速、風向預報資料輸入檔。以及各階段作業化模組執行程式之設定檔案(附屬檔名為 inp),如中尺度水動力模組及各港區小尺度水動力模組之輸入設定檔案、各港區小尺度水動力模組開放邊界條件產出設定檔、中尺度水動力模組及各港區小尺度水動力模組模擬資料後處理輸入設定檔等。

(2) 中尺度水動力模擬階段：在中尺度水動力模組目錄(tai\)下執行每日 72 小時(昨日、今日、明日)臺灣周圍海域水位及流場之追算及預報模擬，並產出各港區小尺度水動力模組開放邊界逐時水位資料檔(附屬檔名為 tid)至各港區小尺度水動力模組目錄區之子目錄(BC\)下。

(3) 小尺度水動力模擬階段：此階段係在各港區小尺度水動力模組目錄區(如 taicoms_hd\AP\)下，同步執行各港口每日 72 小時(昨日、今日、明日)水位及流場作業化模擬，並產生各港區港外及港內輸出點位逐時水位及流速資料表。

(4) 模擬資料後處理階段：主要針對中尺度及各港口小尺度模擬輸出結果，利用應用程式產生以繪圖軟體 Tecplot 產出的水位分布及流場平面圖形(如圖 2.21 所示)，以及各港區港外及港內相關點位水位及流速模擬資料時序列變化圖等。

(5) 上傳及備份階段：將相關模擬資料檔案及後處理產出圖檔上傳至港灣資訊網。

2. 作業化模擬系統測試

本計畫依據前述系統架構及模擬流程修訂相關程式碼，並利用桌上型電腦在 window 作業系統進行作業化模擬系統作業化測試。本計畫測試機系統規格說明如下：

(1) 處理器：Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU @ 3.4GHz，3.4GHz；

(2) 記憶體：32.00GB；

(3) 系統類型：64 位元作業系統。

目前水動力模擬系統已完成中尺度臺灣周圍海域模組及基隆港、臺北港、安平港、花蓮港、蘇澳港及澎湖海域等小尺度水動力模組整合，其中中尺度臺灣周圍海域模組模擬時間約 1hr 05min.，小尺度水動力模組模擬時間瓶頸為安平港水動力模組約費時 1hr 30min.，主要原因為安平港水動力模組數值計算網格(含 7481 節點及 13696 元素)高出其他港口甚多所致；整體水動力模擬系統作業化模

擬時間約費時 2hr 35min.。本系統經測試後預計 11 月中旬移轉至港研中心測試。

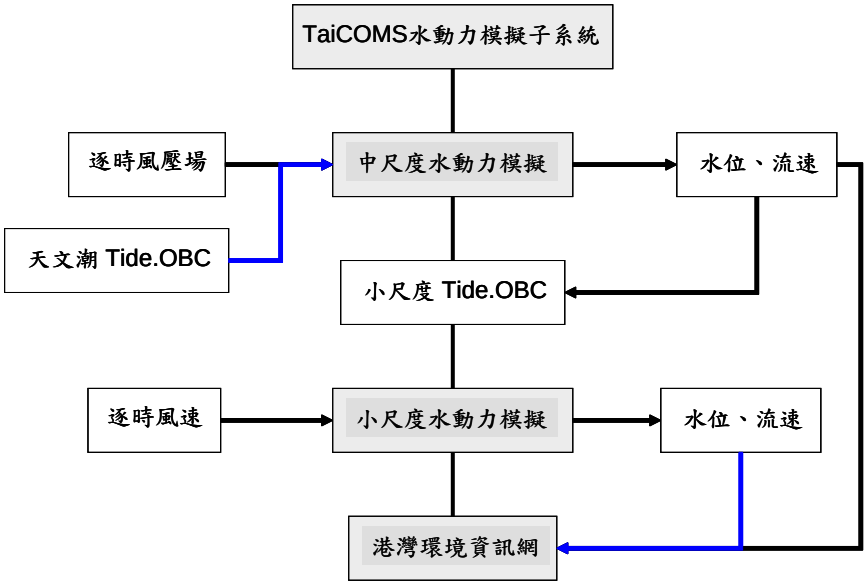


圖 2.19　TaiCOMS 水動力模擬子系統架構及流程圖

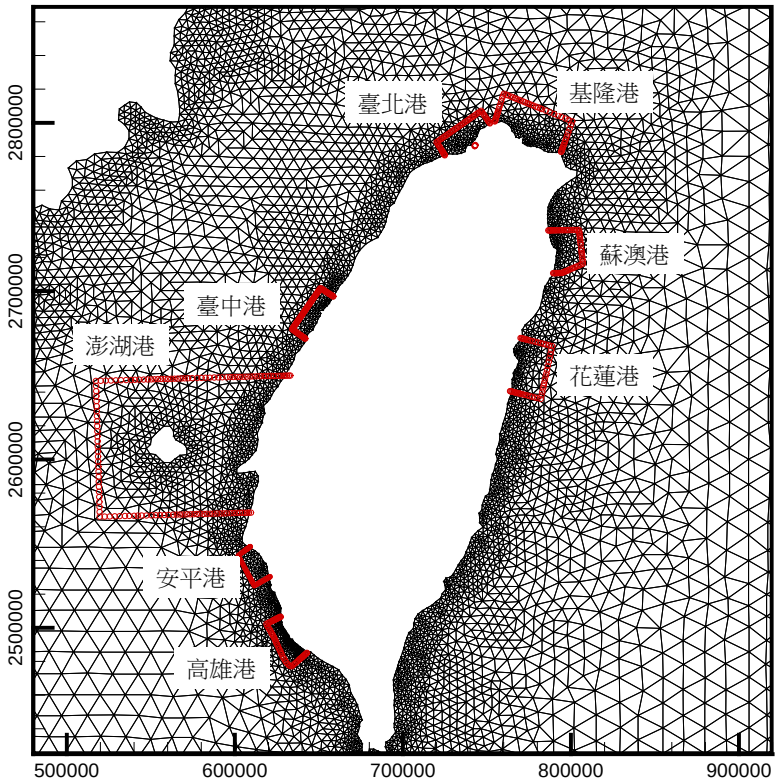


圖 2.20　水動力模擬子系統各港區小尺度水動力模組模擬範圍

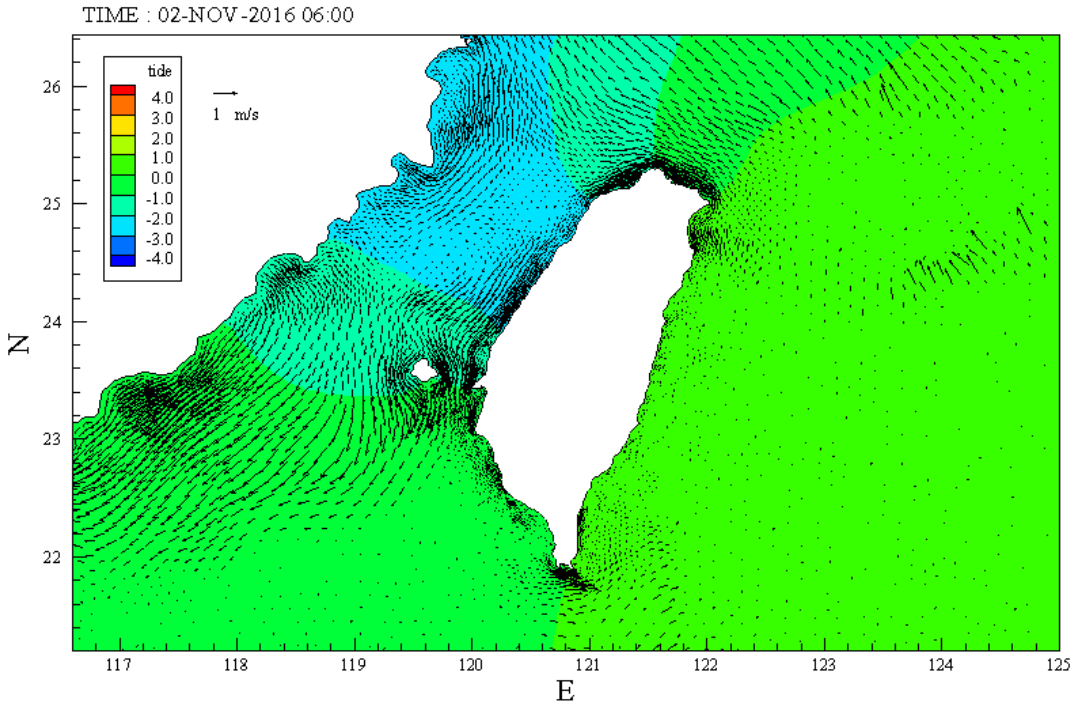


圖 2.21　繪圖軟體 Tecplot 產出之水位分布及流場平面圖

2.3.3 風浪模擬作業化子系統改善成果

長期以來港研中心近域風浪模組作業化模擬困境主要有模擬方式仍維持逐時穩態模擬、模式開放邊界輸入條件仍採用輸入風浪參數(示性波高、週期、波向)方式等。因此本年度近域風浪模組改善成果包括：(1)近域風浪模組非穩態模擬改善、(2) 開放邊界輸入條件改善、(3)風場輸入資料改善、(4)作業化模擬流程修正、(5)小尺度風浪模組巢狀網格邊界條件輸出等。

1. 非穩態模擬方式改善

近域風浪模組設定檔(INPUT)內容主要修正如下：

MODE　**NONSTAtionary**　TWODimensional

INPgrid　WInd　REGular　117.5 20.5 0.0　168 180 0.041667 0.041667　&

NONSTATionary　yyyymmdd1.000000 1.0 HR　yyyymmdd2.000000

NUMeric　ACCUR　0.02 0.02 0.02 98　**NONSTat** 1 0.1　DIRimpl 0.5 4

COMPute　**NONSTationary**　yyyymmdd1.000000 300 sec　yyyymmdd2.000000

為配合非穩態模擬，本計畫將每日作業化模擬產生的 73 筆逐時風場輸入資料合成為一個風場資料檔。

2. 開放邊界輸入條件改善

近域風浪模組設定檔(INPUT)相關內容修正如下：

BOUNdnest2 **WAMNest** 'wam_nestyyyymmdd.fln' FRee

由於港研中心風浪模擬系統產生的遠域風浪巢狀網格邊界波譜資料檔(*.CBO)，因作業化電腦型式與 SWAN 程式內定不相符，其產出的二進位碼格式資料無法直接由近域風浪模組讀取，因此本計畫以修改遠域風浪模組後處理程式(Pgrid.f90)方式，在作業化模擬過程將遠域風浪模組產生的巢狀網格邊界波譜資料檔(*.CBO)轉換成自由格式資料檔，以解決無法直接讀取所需資料困擾。

3. 風場輸入資料改善

由於港研中心近域風浪模擬採用的數值預報風場為網格解析度 15 公里之 WRF 風場(wa02)，本年度風場輸入資料改善目的為期望藉由風場解析度之提昇達到改善風浪模擬精確性之目的。因此，本計畫除了將近域風浪模組輸入風場資料修正為採用 5 公里網格解析度之 WRF 風場(wa03)外，同時將遠域風浪模組輸入風場資料由網格解析度 45 公里之 WRF 風場(wa01)提昇至 15 公里網格風場(即 wa02)。

4. 作業化模擬流程修正

由於港研中心海象模擬系統每日風浪作業化模擬包含追算(昨日)及預報(今日及明日)兩個階段，因此近域風浪模組每日作業化模擬輸入的初始波浪場資料(即熱起動檔)實為前日作業化模擬第 24 小時之模擬結果。由於 SWAN 程式未提供非穩態模擬過程於中途產出熱起動檔設定功能，因此針對此問題本計畫提出兩種方式因應：(1)每日近域風浪模組作業化模擬前先進行穩態模擬產生熱起動檔作為初始波浪場，(2)將近域風浪模組作業化模擬流程分為兩階段，即先執行昨日非穩態模擬追算(前 24 小時)產生明日作業化模擬所需之熱起動檔(過程將不產生任何模擬資料輸出動作)，再執行今日非穩態模擬作

業化模擬(昨日、今日及明日)。經測試與評估後，本計畫採用兩階段模擬方式修正近域風浪模組作業化流程。

5. 小尺度巢狀網格邊界條件輸出

近域風浪模組設定檔(INPUT)相關內容修正如下：

NGRid 'PH sea' 119.0 22.80 0.0 1.48 1.40 185 175

NESTout 'PH sea' 'phseayyyymmddhh.txt' **OUTPUT** yyyymmdd.000000 1.0 HR

此部份屬於配合本計畫澎湖海域小尺度風浪模擬新增功能。

6. 其他

有關近域風浪模組設定檔(INPUT)其他內容修正說明如下：

(1) 座標系統設定修訂：

SET **NAUT**

SET **nor** 0.0

其中 nor 原設定值為 90。

(2) 數值計算網格範圍修訂：

CGRID **REGular** 117.60, 21.0, 0.0, 5.40, 7.0, 135, 175 **CIRcle** ……

此部份修訂為配合 5 公里網格解析度 WRF 風場(wa03)資料範圍而作出的計算網格範圍調整。

(3) 波譜計算網格修訂：

CGRID **REGular** …… **CIRcle** 24, 0.05, , 25

此部份修定目的為使遠域及近域風浪模組有關波譜計算網格數目及範圍一致。

(4) 風浪繞射功能設定修訂：

DIFFRac 1 0.2 0 1

原模組作業化設定為關閉。

(5) 增列各港口風浪波譜模擬資料輸出：

SPECout 'Keelung' **SPEC2D** ABSolute 'spcyyyymmddhhKL.txt' **OUTPUT** yyyymmdd.000000 1.0 HR

原模組作業化設定為關閉。

本計畫為配合遠域風浪及近域風浪模組之改善研究，本年度將原風浪模擬子系統更新為 Windows 版本並進行作業化模擬測試，同時已於 11 月移轉至港研中心進行測試。圖 2.22 所示為近域風浪模組改善前與改善後模擬結果之比較，

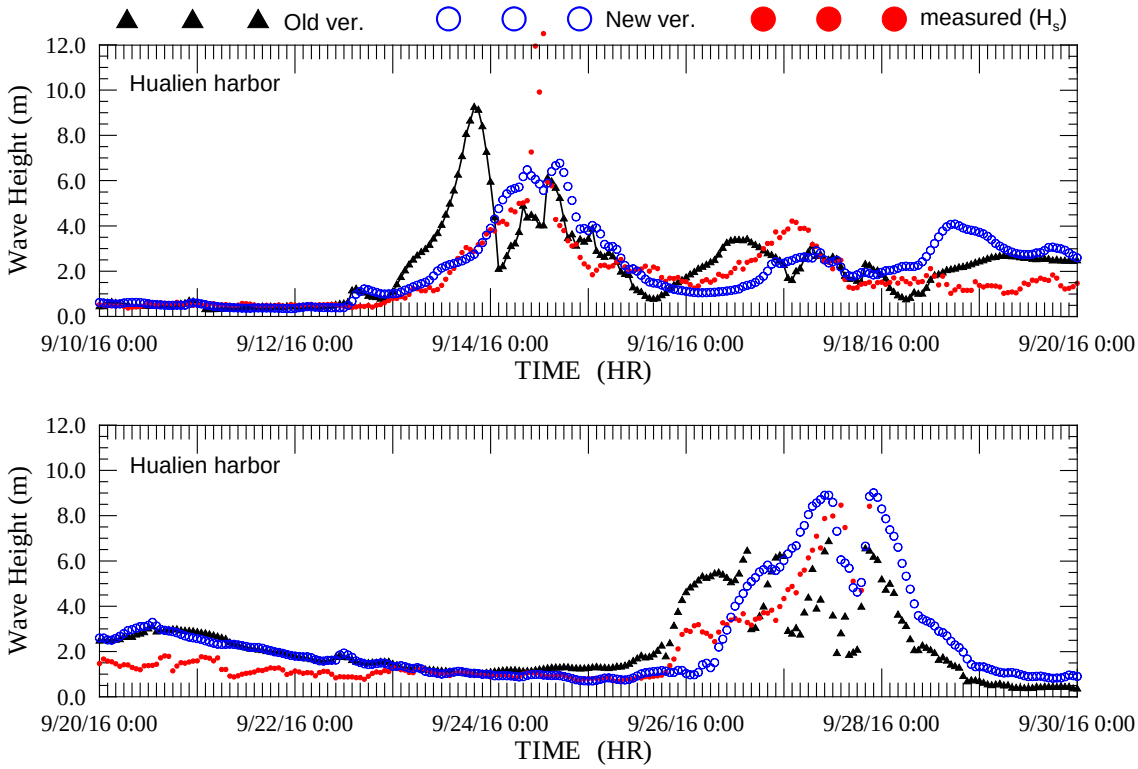


圖 2.22　近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(花蓮港)

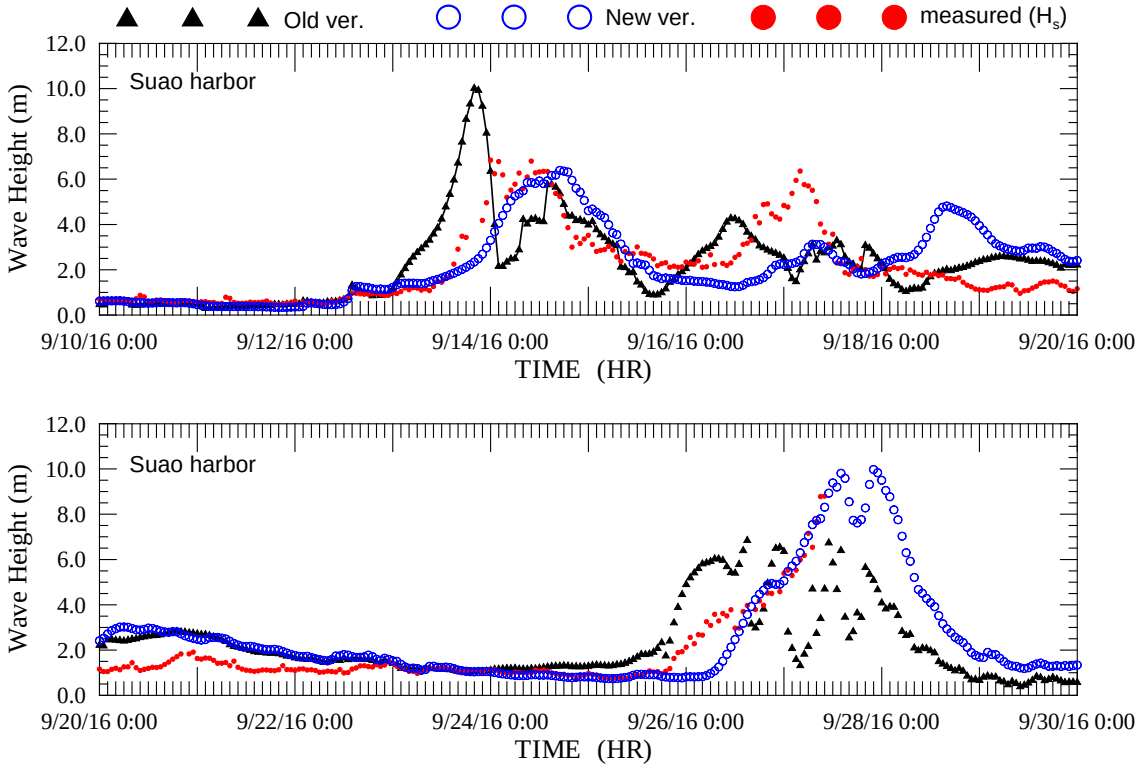


圖 2.22　(續)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(蘇澳港)

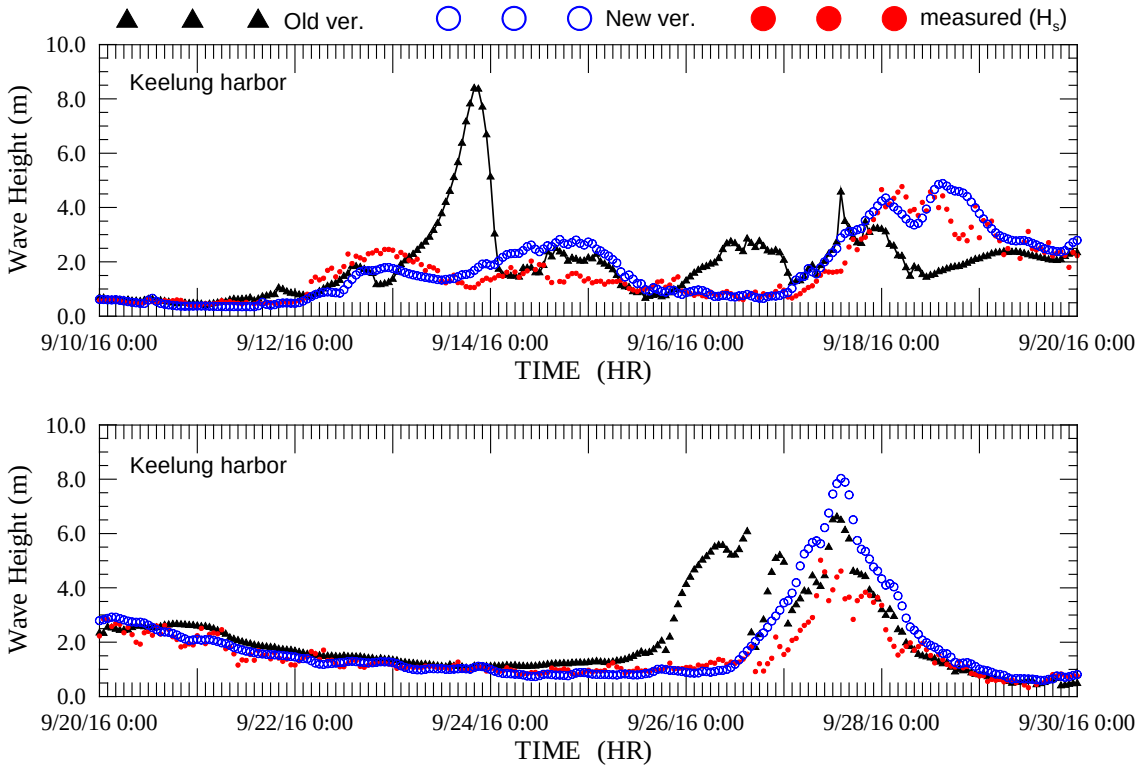


圖 2.22 (續 2)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(基隆港)

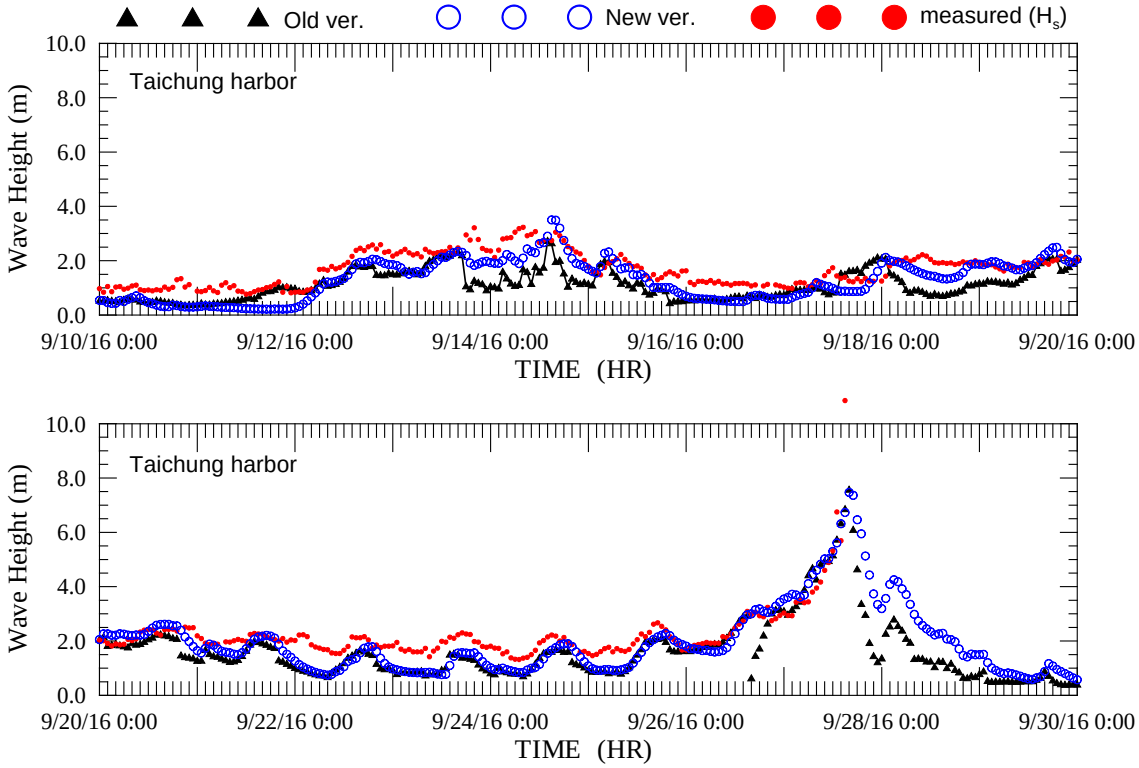


圖 2.22 (續 3)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(臺中港)

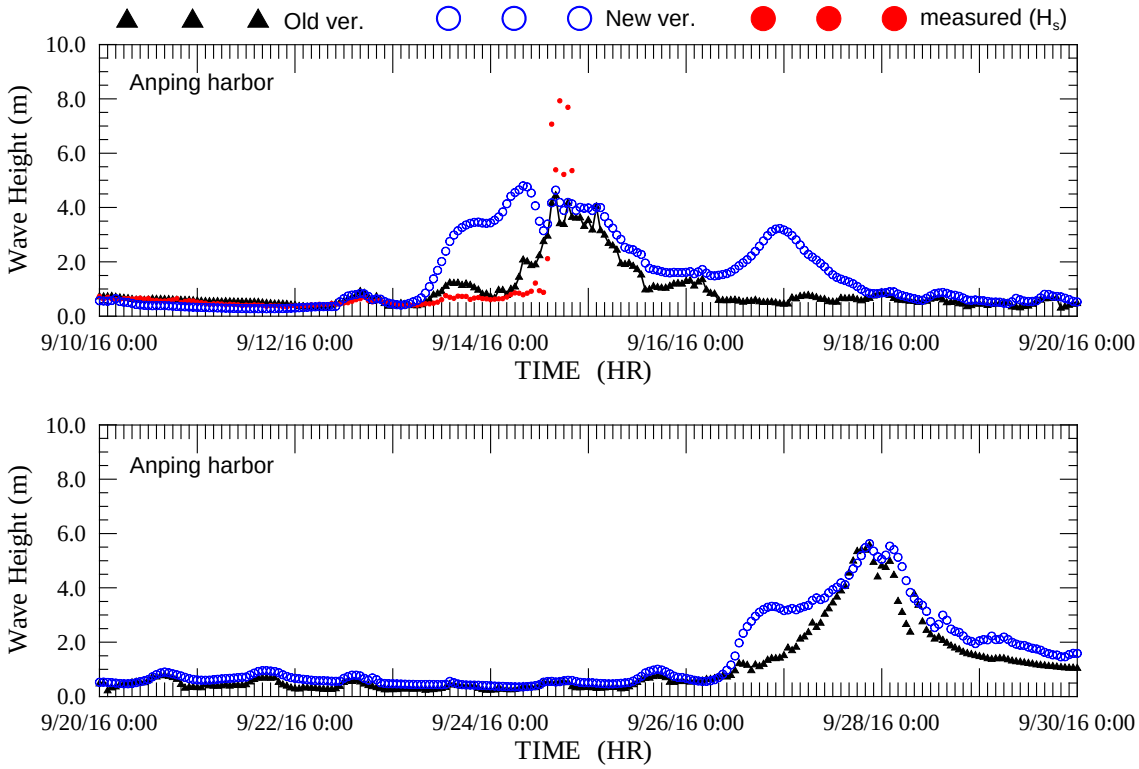


圖 2.22 (續 4)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(安平港)

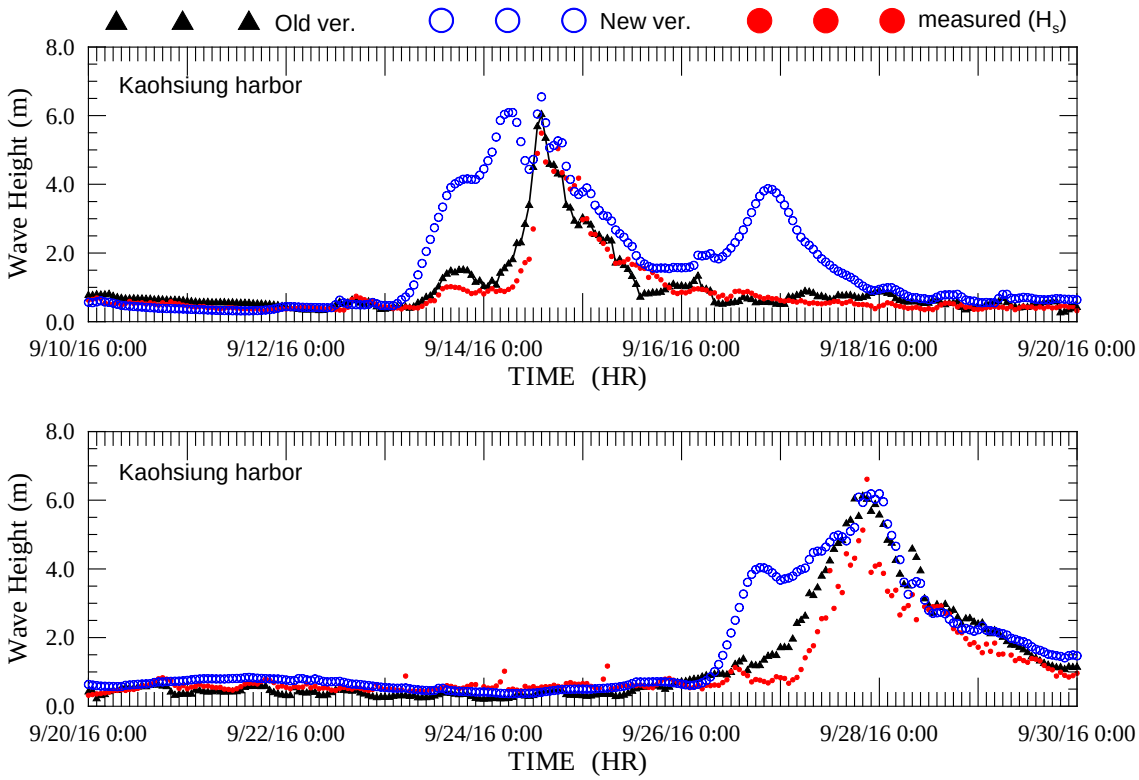


圖 2.22 (續 5)近域風浪模組改善前、後波高模擬結果比較(高雄港)

2.3.4 臺北港近岸水動力模組更新

臺北港近岸水動力模組自前期計畫 2011 年建置以來，港池外廓及港內構造物形狀已有顯著變化，如圖 2.23 所示；因此去年度計畫乃針對臺北港近岸水動力模組進行更新模組研究，內容包括數值計算網格更新、地形水深資料更新、模式邊界條件修正以及模式輸出後處理等。

1. 數值計算網格更新：臺北港近岸水動力模組更新前數值計算網格如圖 2.24 所示，計有 1867 個節點及 3388 個三角形元素；更新後數值計算網格如圖 2.25 所示，計有 2389 個節點及 4341 個三角形元素。圖 2.26 所示為本期計畫針對臺北港現況配置更新後的港域三角元素網格配置。模式網格座標系統更新為 TWD97 二度分帶座標系統。

2. 港域水深資料更新：本期計畫利用 2013 年 11 月臺北港地形水深調查資料更新港域數值計算網格水深值。

3. 模式邊界條件修正：目前臺北港近岸水動力模組輸入的開放邊界水位資料係利用 NAO.99b 模式建立的，本期計畫改採用本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模式模擬結果產出的小尺度近岸水動力模組開放邊界條件。

4. 模式輸出後處理更新：水動力模式模擬結果輸出資料內容包括逐時的一維網格節點水位及流速資料檔及含網格資料之水位及流速繪圖資料檔，前者用於直接讀取節點水位、東西向流速及南北向流速時序列資料，或利用建構的後處理程式利用有限元素網格資料檔，計算模擬範圍內海域任意位置之水位及流速(東西分量、南北分量、流速大小及流向)等時序列資料；後者除了可以直接利用繪圖軟體TECPLOT繪出流場向量圖及水位分布圖，亦可透過TECPLOT繪圖軟體查詢模擬領域內平面空間上任意點位之模擬值及其流線走向。目前「港灣環境資訊網」展出的臺北港小尺度水位及流速模擬結果之資料點位置，如圖 2.27 所示，其中港外輸出點位 A 為海流觀測資料比較與驗証點，港內碼頭區水位及流速模擬資訊則為本期計畫新增提供資訊，表 2.4 所例為港內碼頭區輸出點位相關資訊。

5. 水位及流場模擬結果：本期計畫配合水動力作業化系統測試選取 2015 年 8 月 1 日至 16 日進行系統作業化模擬測試。圖 2.28 所示為臺北港港內水位模擬結果與港研中心臺北港潮位觀測資料之比較，模擬值與觀測值間均方根誤差(RMS)為 0.1416 m，相關係數 R 值為 0.9904。(註：因臺北港海象觀測樁於 2015 年傾倒，目前暫時無法提供海流觀測資料比較。)

表 2.4　臺北港港區碼頭水域輸出點位經緯度及二度分帶座標

編號	碼頭水域名稱	經度	緯度	二度分帶 x-座標	二度分帶 x-座標
1	第一貨櫃儲運中心	121.3775	25.1580	288056.16	2783331.43
2	NO.3-NO.6	121.3837	25.1620	289012.60	2783777.21
3	NO.1-NO.2	121.3940	25.1630	289717.94	2783890.02
4	第三散裝貨中心 E01-E03	121.3950	25.1600	289819.72	2783558.02
5	E04-E05	121.3940	25.1560	289720.21	2783114.66
8	E06-E07	121.3925	25.1540	289569.63	2782892.69
7	E14	121.3880	25.1546	289115.77	2782957.83
8	E15	121.3880	25.1575	289114.85	2783279.05
9	E16	121.3845	25.1568	288762.22	2783200.51



圖 2.23　臺北港外廓及港池配置今昔圖

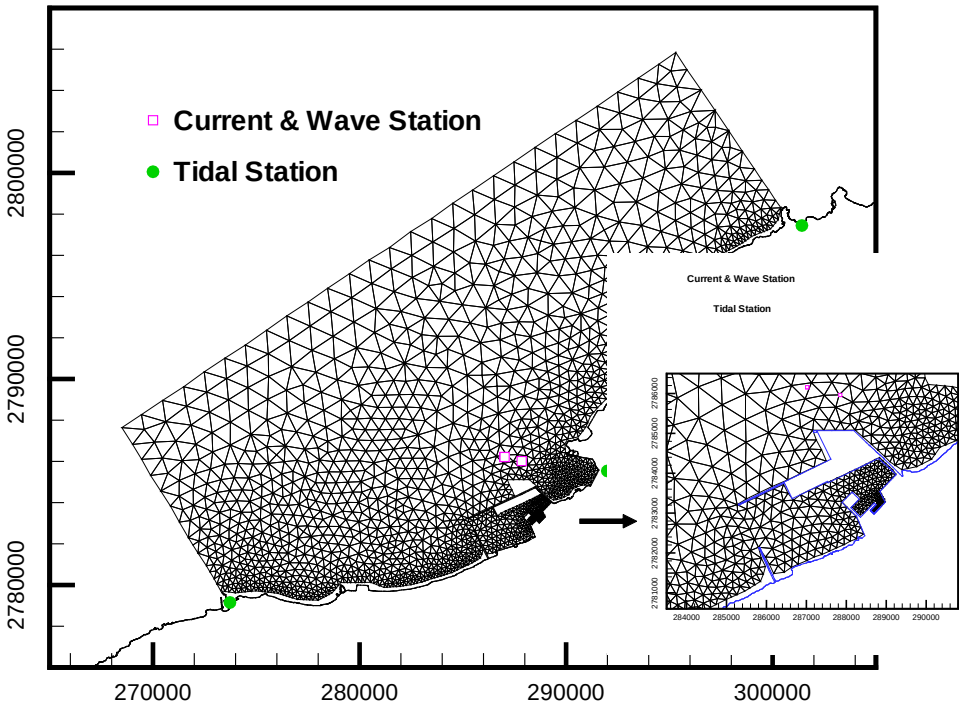


圖 2.24　臺北港近岸水動力模組前期計畫建置的數值計算網格圖

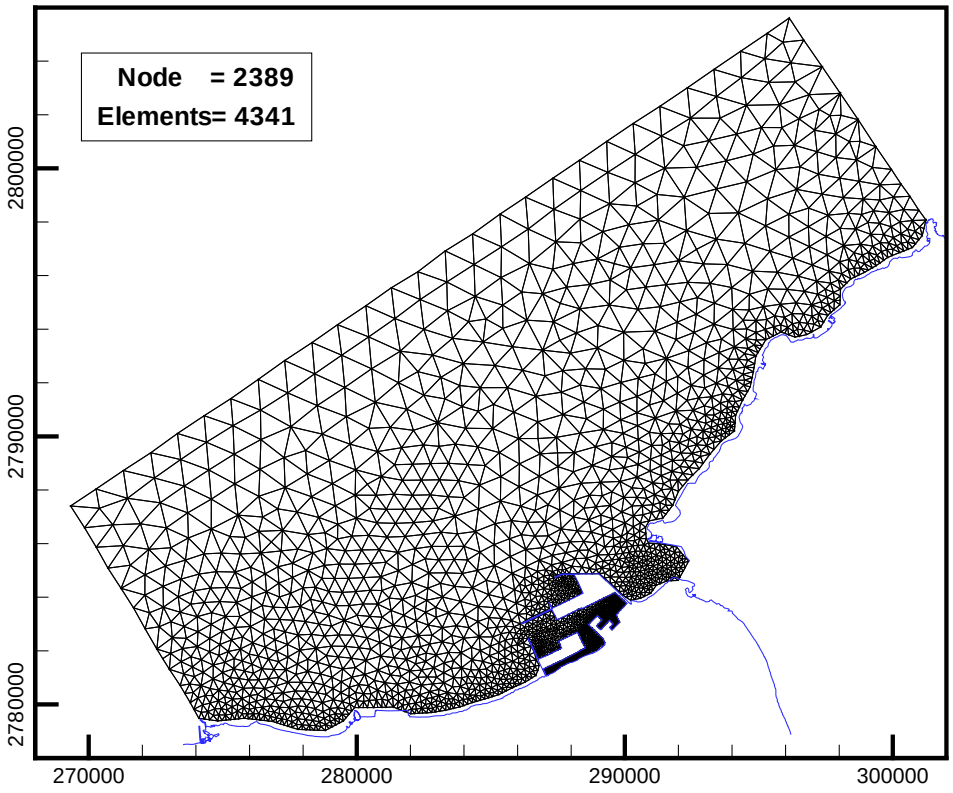


圖 2.25　臺北港近岸水動力模組本期計畫建置的數值計算網格圖

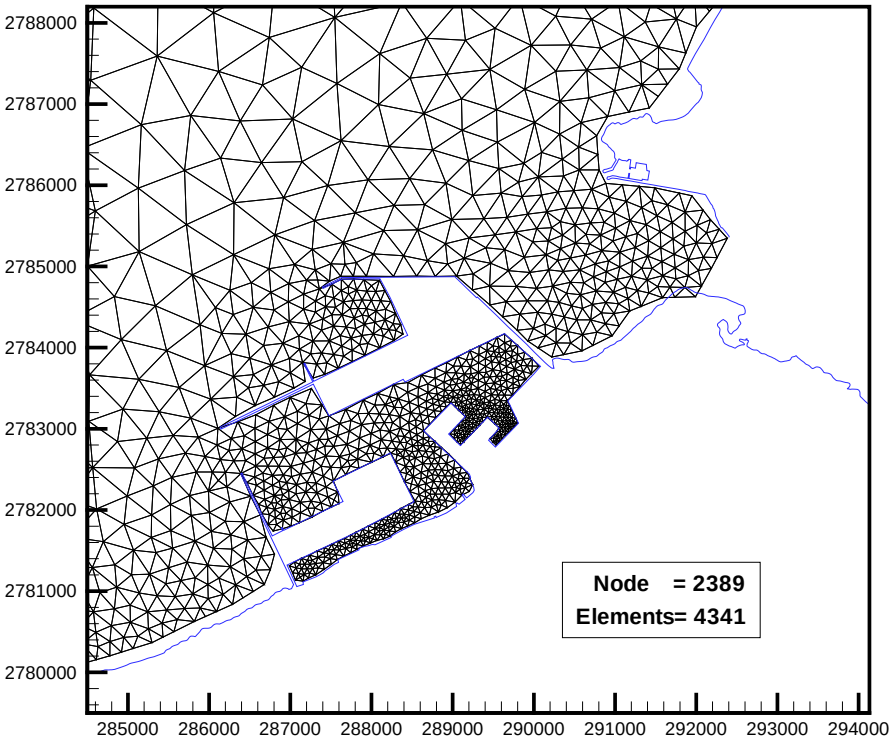


圖 2.26　本期計畫更新臺北港港域配置及數值計算網格圖

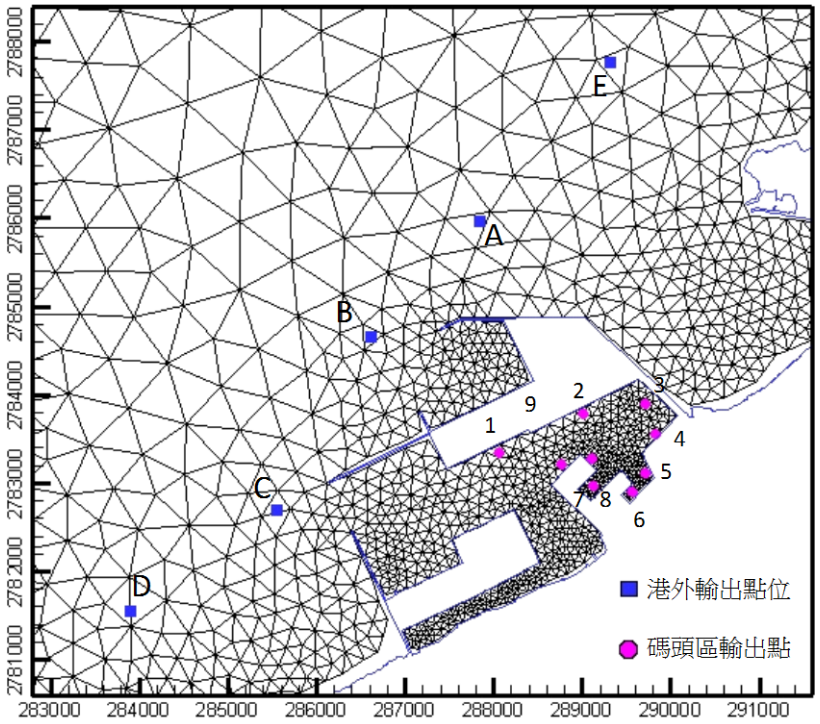


圖 2.27　臺北港近岸水動力模組港外及港內碼頭區輸出點位分布圖

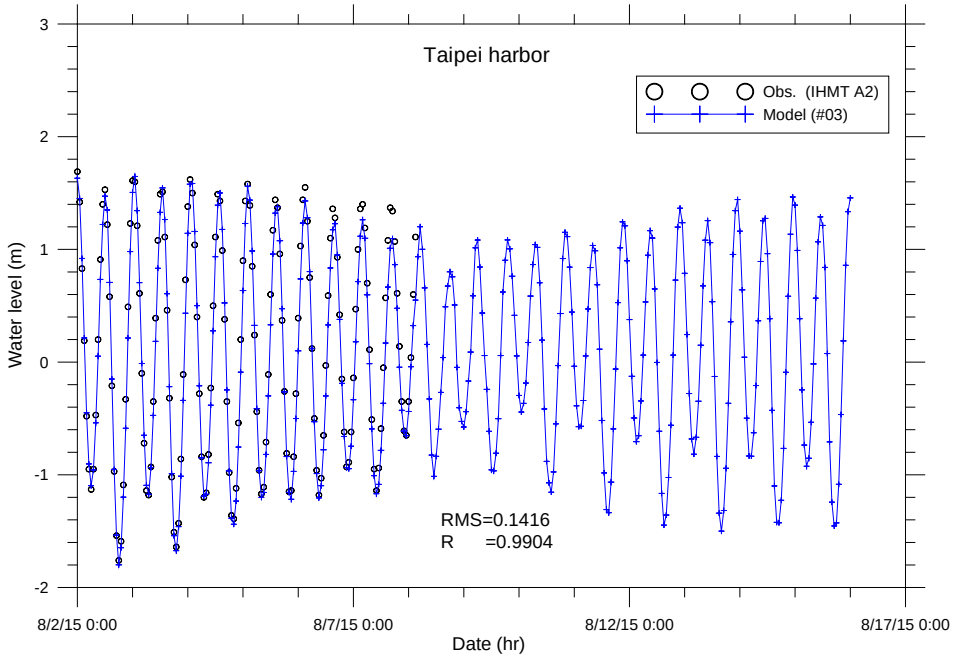


圖 2.28　臺北港近岸水動力模組水位模擬結果與觀測資料之比較圖

2.3.3 基隆港近岸水動力模組

1. 流速模擬驗証結果檢討：

同樣地，本期計畫於上年度針對基隆港小尺度近岸水動力模擬與驗証結果進行檢討，檢討結果得知現有作業系統流速模擬結果與觀測資料比對誤差偏大原因之一：係因作業化系統在模擬資料後端處理上，未能配合海象觀測位置由西防波堤外海處(2012 年以前，如圖 2.29 所示)移至東防波堤延長段堤頭外海處(2012 年後，如圖 2.30 所示)，同步更新基隆港港外輸出點位 A(即觀測資料驗証點)所致。因此本期計畫針對作業化系統資料後端處理問題修正後，即明顯改善模擬資料與觀測資料偏大，如圖 2.31 所示。

2. 模式邊界條件修正：

同樣地，本期計畫配合水動力模擬作業化子系統建置工作，小尺度模式邊界條件改採用本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模式模擬結果產出方式，取代目前利用 NAO.99Jb 區域模式建立基隆港小尺度近岸水動力模組開放邊界條件方法。

3. 模式輸出後處理更新：

與臺北港相同，本期計畫針對基隆港港內碼頭區新增水位及流速資料輸出點位如圖 2.32 所示，其中港外輸出點位 A 為海流觀測資料比較與驗証點。



圖 2.29　基隆港海氣象觀測位置(2010 年)



圖 2.30　基隆港海氣象觀測位置(2012 年)

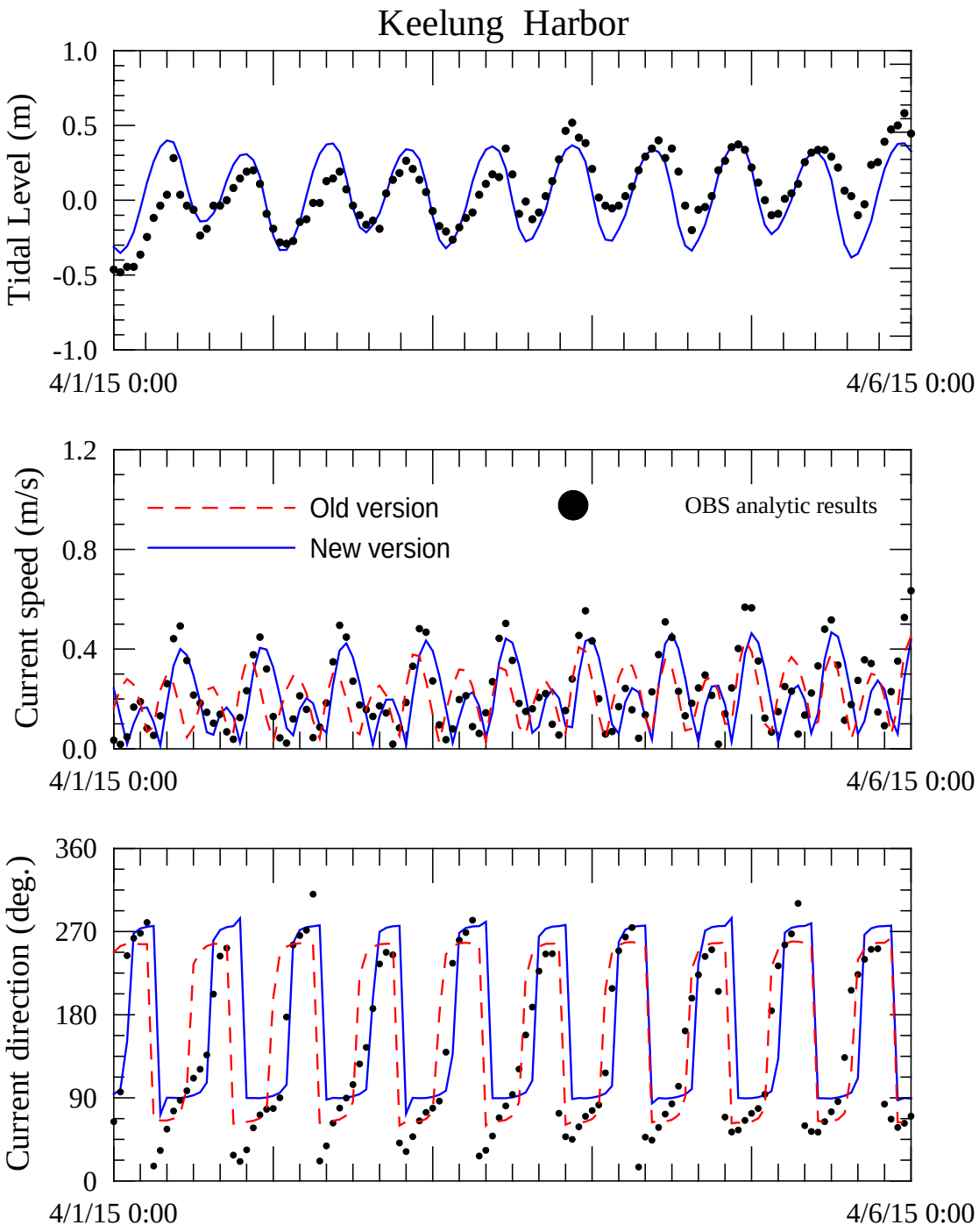


圖 2.31　基隆港水動力模組流速驗証點位修正前、後模擬值之比較圖

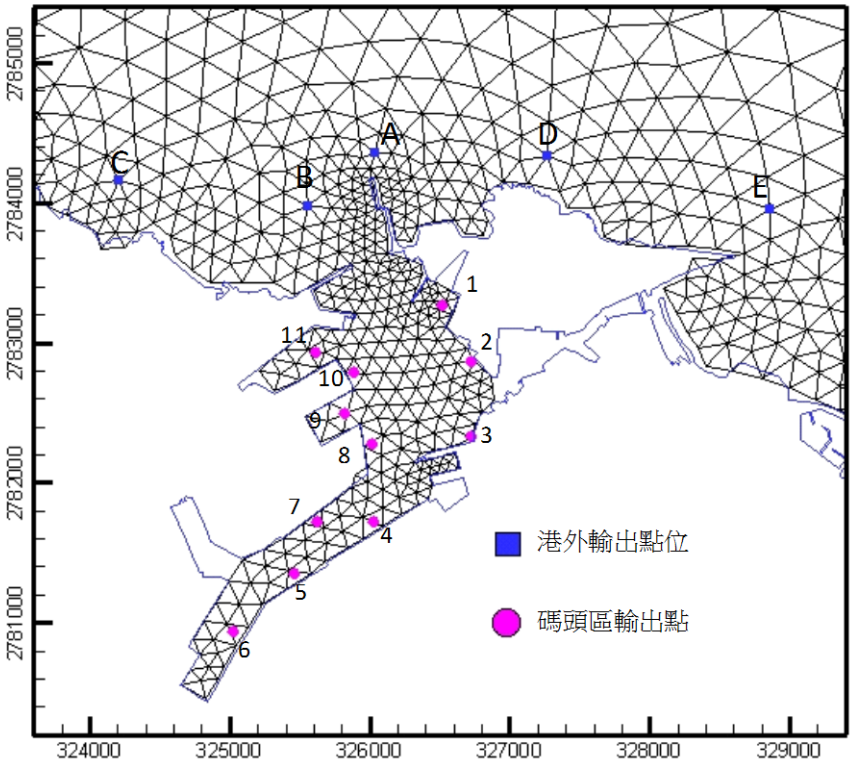


圖 2.32　基隆港近岸水動力模組港外及港內碼頭區輸出點位分布圖

2.4　105 年度海象預報作業化成果評估

本年度海象預報作業化成果評估之期程為 2015 年 12 月至 2016 年 11 月，海象觀測資料計有基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、澎湖港及金門港等 10 個測站，其中金門港不在本計畫研究範圍。本計畫作業成果評估內容可分為風力、波浪、水位及流場等四部份，評估內容包含各模式模擬值與觀測資料間各種歷線比較圖(如水位歷線、流速流向歷線、波高歷線等)及關係圖；以及各模式模擬值與觀測值之月統計資料，如蒐集率、平均值、極端值、誤差分析及相關係數等，其中誤差分析之偏差定義為預報值減觀測值，比值定義為預報值/觀測值。

2.4.1 風力

風力作業化評估對象為西太平洋風場(WA01)及中國海域風場(WA02)，105 年度風力評估統計資料包括蒐集率、平均風速(如表 2.5)、

東西向及南北向平均風速、最大風速(如表 2.6)、最大風速發生時間、風速偏差(如表 2.7)、風向偏差(如表 2.8)、東西向及南北向風速偏差(如表 2.9 及表 2.10)。

本計畫以基隆港為例選取 2016 年 5 月預報風場與觀測資料之歷線比較圖，如圖 2.33 及圖 2.34 所示，圖中包括風速大小、風向變化等。

2.4.2 波浪

波浪模擬作業化評估對象包括遠域風浪(WAM)及近域風浪(SWAN)模擬結果，105 年度波浪評估統計資料包括蒐集率、平均示性波高(如表 2.11)、平均週期(如表 2.12)、最大示性波高(波向、週期，如表 2.13)、最大示性波高發生時間(日/時，如表 2.14)、最大平均週期(波向、波高)、最大平均週期發生時間(日/時)、示性波高偏差(如表 2.15)、平均波向偏差(如表 2.16)、平均週期偏差(如表 2.17)。

同樣，本計畫以基隆港為例選取 2016 年 5 月預報波浪與觀測資料之歷線比較圖，以如圖 2.35 及圖 2.36 所示，圖中包括波高大小、週期及波向變化等。

2.4.3 水位及海流

水位及海流模擬作業化評估對象主要針對近域水動力模組模擬結果，其中 105 年度水位評估之統計資料分為資料蒐集率、平均水位(如表 2.18)、最高水位(如表 2.19)、最低水位、水位偏差(如表 2.20 及表 2.21)等；海流評估之統計資料分為資料蒐集率、平均流速(如表 2.22)、東西向及南北向分量平均流速、最大流速(流向，表 2.23)、最大流速發生時間(日/時，表 2.24)、流速偏差(如表 2.25)、流向偏差(如表 2.26)、東西向及南北向分量流速偏差等。

同樣，本計畫以基隆港為例選取 2016 年 5 月預報水位與觀測資料之歷線比較圖，如圖 2.37 所示，以及預報潮流與觀測資料之歷線比較圖，如圖 2.38 所示，圖中包括流速大小及流向變化等。

2.4.4 颱風作業化成果評估

本年度中央氣象局發布的侵臺颱風計有強烈颱風尼伯特(如圖 2.39 所示)、強烈颱風莫蘭蒂(如圖 2.40 所示)、中度颱風馬勒卡(如圖 2.41 所示)、中度颱風梅姬(如圖 2.42 所示)及輕度颱風艾利(如圖 2.43 所示)等 5 個，其中強烈颱風尼伯特、莫蘭蒂及中度颱風梅姬侵臺路徑分別屬於第 4 類、第 7 類及第 2 類。本計畫分別針對上述 5 個侵臺颱風選取中央氣象局發布及解除海上颱風警報時段，將颱風警報期間海象作業化模擬結果(如風力、波浪、水位與流場資料)與各港口觀測資料製作成颱風海象作業化成果評估。評估對象、項目及內容與 2.4.1~2.4.3 節所述相同，本報告僅摘錄梅姬颱風數值模擬資料(風速、風向、波高、週期、波向、水位及流速、流向等)與觀測資料之比較結果如圖 2.44 至圖 2.51。其中安平、布袋、臺北及金門無波、流觀測資料，蘇澳、花蓮、台中及澎湖於颱風期間發生斷訊無波、流觀測資料；波高模擬方面基隆港明顯偏大(原因推測應為基隆海面風場偏大產生的模擬誤差)，澎湖偏大原因為包括目前作業化近域模式網格解析度無法反映澎湖島嶼遮蔽效應，及模擬輸出值點位選在澎湖島北方等因素)、海流模擬誤差大原因係目前作業化近域水動力模式網格解析度無法反應港口附近流況為其主因。

表 2.5　2016 年各商港風力觀測及預報資料平均風速統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	5.1(100%)	4.3(91.9%)	3.8(100%)	4.7(99.9%)	6.7(85.9%)	5.7(99.7%)	12.9(100%)	6.6(100%)	8.6(99.9%)	5.2(100%)
	WA01	6.2(100%)	6.6(100%)	6.6(100%)	4.4(100%)	4.8(100%)	5.5(100%)	6.5(100%)	6.3(100%)	10.1(100%)	5.7(100%)
	WA02	6.4(100%)	4.4(100%)	3.5(100%)	2.9(100%)	4.0(100%)	6.3(100%)	10.3(100%)	7.0(100%)	11.3(100%)	8.2(100%)
2016/01月	OBS1	4.7(100%)	4.6(86.8%)	3.4(100%)	5.2(99.9%)	7.5(99.1%)	6.0(100%)	12.6(100%)	5.5(73.3%)	7.5(73.3%)	4.6(100%)
2016/01月	WA01	5.7(100%)	6.5(100%)	6.5(100%)	5.0(100%)	5.2(100%)	5.6(100%)	6.2(100%)	5.7(100%)	9.8(100%)	5.2(100%)
2016/01月	WA02	5.8(100%)	4.2(100%)	3.3(100%)	3.4(100%)	4.3(100%)	6.7(100%)	9.6(100%)	6.3(100%)	10.7(100%)	7.6(100%)
2016/02月	OBS1	5.2(100%)	4.9(87.8%)	4.2(100%)	5.2(99.9%)	7.3(98.6%)	6.1(99.7%)	13.1(100%)	6.0(79.3%)	7.3(99.1%)	4.7(100%)
	WA01	6.0(100%)	6.7(100%)	6.9(100%)	4.8(100%)	5.6(100%)	6.1(100%)	6.7(100%)	5.8(100%)	9.9(100%)	5.3(100%)
	WA02	6.1(100%)	4.7(100%)	3.8(100%)	3.4(100%)	4.4(100%)	6.8(100%)	10.1(100%)	6.6(100%)	11.0(100%)	7.8(100%)
2016/03月	OBS1	3.7(100%)	4.1(93.0%)	3.2(100%)	4.1(99.9%)	5.6(96.8%)	4.4(97.3%)	9.8(100%)	4.9(46.2%)	5.4(98.0%)	4.0(61.8%)
	WA01	4.4(100%)	5.5(100%)	5.4(100%)	4.4(100%)	3.5(100%)	4.0(100%)	4.9(100%)	4.5(100%)	6.9(100%)	4.3(100%)
	WA02	4.7(100%)	3.5(100%)	2.7(100%)	2.6(100%)	3.1(100%)	4.7(100%)	7.4(100%)	5.1(100%)	8.0(100%)	6.3(100%)
2016/04月	OBS1	2.2(63.6%)	3.2(100%)	2.9(100%)	3.8(100%)	4.1(98.6%)	3.2(86.3%)	6.2(100%)	3.6(99.9%)	3.2(99.6%)	3.0(4.4%)
	WA01	3.1(100%)	4.2(100%)	4.1(100%)	3.7(100%)	3.2(100%)	3.4(100%)	3.5(100%)	3.2(100%)	4.4(100%)	3.3(100%)
	WA02	3.1(100%)	2.7(100%)	2.4(100%)	2.4(100%)	2.5(100%)	3.4(100%)	4.9(100%)	3.6(100%)	5.0(100%)	5.2(100%)
2016/05月	OBS1	2.6(100%)	3.2(87.8%)	2.9(100%)	4.0(98.1%)	4.4(96.9%)	3.4(97.4%)	6.5(100%)	4.4(98.4%)	3.5(98.4%)	3.5(97.4%)
	WA01	3.3(100%)	4.6(100%)	4.3(100%)	4.4(100%)	3.5(100%)	3.5(100%)	3.5(100%)	3.8(100%)	4.7(100%)	3.7(100%)
	WA02	3.2(100%)	2.8(100%)	2.2(100%)	2.8(100%)	2.8(100%)	3.4(100%)	4.6(100%)	4.1(100%)	5.2(100%)	5.7(100%)
2016/06月	OBS1	2.0(100%)	3.6(68.1%)	3.0(99.9%)	4.7(99.9%)	5.1(71.5%)	3.4(78.2%)	6.1(100%)	5.4(82.8%)	2.6(73.2%)	3.6(68.5%)
	WA01	3.1(100%)	2.1(100%)	3.0(100%)	4.0(100%)	3.8(100%)	4.0(100%)	4.9(100%)	3.8(100%)	5.2(100%)	4.3(100%)
	WA02	2.3(100%)	2.5(100%)	2.0(100%)	3.4(100%)	4.0(100%)	4.4(100%)	5.5(100%)	4.1(100%)	5.2(100%)	5.0(100%)
2016/07月	OBS1	2.6(100%)	3.8(100%)	3.0(100%)	5.0(99.9%)	5.2(96.0%)	3.5(85.2%)	6.6(100%)	5.1(97.7%)	3.7(50.8%)	3.9(99.9%)
	WA01	3.7(100%)	2.5(100%)	3.0(100%)	3.7(100%)	3.6(100%)	3.9(100%)	4.8(100%)	4.2(100%)	5.1(100%)	4.5(100%)
	WA02	2.9(100%)	2.7(100%)	2.1(100%)	3.2(100%)	3.8(100%)	4.3(100%)	5.3(100%)	4.3(100%)	5.3(100%)	5.0(100%)

表 2.5　(續)2016 年各商港風力觀測及預報資料平均風速統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	2.8(100%)	3.6(100%)	2.9(100%)	4.9(99.9%)	4.7(92.6%)	3.3(70.2%)	4.4(100%)	3.6(99.1%)	3.2(99.9%)	2.9(100%)
	WA01	3.6(100%)	2.2(100%)	2.1(100%)	3.8(100%)	3.3(100%)	3.2(100%)	2.9(100%)	3.2(100%)	4.2(100%)	3.2(100%)
	WA02	3.2(100%)	2.5(100%)	1.5(100%)	3.3(100%)	3.6(100%)	3.4(100%)	3.5(100%)	3.3(100%)	4.4(100%)	3.9(100%)
2016/09月	OBS1	4.3(100%)	4.8(100%)	3.8(100%)	5.7(99.9%)	6.5(93.3%)	5.0(88.9%)	8.8(100%)	5.4(99.4%)	5.1(100%)	5.0(100%)
	WA01	6.0(100%)	3.8(100%)	4.1(100%)	4.6(100%)	4.6(100%)	5.1(100%)	6.0(100%)	5.7(100%)	7.4(100%)	5.1(100%)
	WA02	5.2(100%)	3.9(100%)	2.9(100%)	3.9(100%)	4.9(100%)	5.4(100%)	6.6(100%)	5.7(100%)	7.9(100%)	5.9(100%)
2016/10月	OBS1	4.6(99.5%)	4.4(100%)	3.1(100%)	4.2(99.9%)	4.5(96.4%)	3.4(90.1%)	8.1(100%)	6.7(99.9%)	5.8(32.8%)	5.5(99.5%)
	WA01	6.2(100%)	3.5(100%)	3.1(100%)	3.3(100%)	3.4(100%)	3.8(100%)	5.5(100%)	6.5(100%)	6.8(100%)	5.9(100%)
	WA02	5.5(100%)	3.5(100%)	2.1(100%)	2.8(100%)	3.4(100%)	3.7(100%)	6.2(100%)	6.9(100%)	7.2(100%)	6.5(100%)
OBS1：港灣技術研究中心觀測1站風速資料											

表 2.6　2016 年各商港風力觀測及預報資料最大風速統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	11.9(N)	11.4(NNE)	10.2(ENE)	12.0(NNW)	15.1(N)	13.9(NNW)	25.6(NNE)	12.5(NNE)	15.8(NNE)	12.2(ENE)
	WA01	11.2(SSE)	15.3(SSE)	12.2(SSE)	11.2(ESE)	13.1(N)	14.1(N)	11.9(NNE)	10.5(NW)	18.5(NNE)	9.0(NE)
	WA02	10.5(ESE)	10.7(NW)	7.7(NE)	9.5(SSE)	10.3(SSE)	14.7(N)	18.6(NNE)	11.9(NNE)	19.1(NNE)	12.7(NNE)
2016/01月	OBS1	13.8(N)	12.6(NNE)	11.8(NE)	15.1(N)	21.3(N)	15.8(N)	26.8(NNE)	13.5(NE)	14.7(NNE)	10.4(ENE)
	WA01	11.2(N)	12.3(NNW)	13.2(N)	13.7(N)	15.6(N)	15.8(NNE)	13.4(NNE)	11.3(N)	20.4(NNE)	9.1(N)
	WA02	11.3(N)	11.9(NNW)	9.5(NNE)	10.3(N)	12.5(NNE)	16.5(NNE)	19.8(NNE)	13.1(N)	20.5(NNE)	13.8(NNE)
2016/02月	OBS1	12.6(N)	10.4(NNE)	12.0(NE)	12.5(NNW)	19.7(NNE)	15.9(N)	25.2(NNE)	13.9(NNE)	14.6(N)	12.9(ESE)
	WA01	9.8(NNE)	11.1(SSE)	11.5(NNE)	11.1(E)	13.4(N)	14.1(N)	12.1(NNE)	9.9(N)	18.8(NNE)	9.3(NE)
	WA02	10.4(N)	9.4(NNW)	7.7(NE)	8.4(N)	10.5(N)	14.4(NNE)	19.6(NNE)	12.2(NNE)	19.4(NNE)	13.6(NE)
2016/03月	OBS1	13.2(N)	10.8(NNE)	10.4(S)	11.6(NNW)	15.0(NNE)	11.7(N)	25.5(NNE)	14.0(NNE)	13.5(N)	13.3(E)
	WA01	10.4(N)	9.1(N)	11.3(NNE)	9.8(N)	10.9(N)	12.0(N)	12.1(NNE)	10.8(NNE)	18.4(NNE)	10.1(NE)
	WA02	11.1(NNE)	9.1(NNW)	7.1(NE)	7.7(N)	8.4(N)	12.7(NNE)	18.6(NNE)	13.4(NNE)	19.7(NNE)	15.5(NE)
2016/04月	OBS1	8.6(NNE)	10.3(S)	11.5(S)	13.9(WSW)	13.9(SW)	8.7(NNW)	17.3(NNE)	12.5(W)	11.4(WNW)	6.0(E)
	WA01	7.3(N)	8.9(S)	8.7(NNE)	8.8(SE)	8.8(SE)	9.2(N)	9.4(SSW)	8.4(WSW)	13.1(NNE)	7.8(SSW)
	WA02	10.3(N)	6.3(N)	6.5(NE)	6.7(SE)	6.9(SSW)	9.1(NNE)	13.2(NNE)	10.0(SW)	14.6(SW)	12.1(NE)
2016/05月	OBS1	11.4(NNE)	10.2(NE)	10.2(S)	10.6(NW)	11.4(S)	10.5(NNW)	20.3(NNE)	14.6(NE)	10.2(NNE)	9.7(SSE)
	WA01	9.4(NNE)	8.8(S)	10.6(NNE)	9.4(ESE)	8.8(SSW)	8.8(SSW)	11.2(NNE)	9.9(SW)	14.2(NNE)	7.6(NE)
	WA02	9.8(NNE)	6.7(NNE)	7.1(NNE)	7.0(SSE)	7.1(S)	9.4(N)	15.3(NNE)	11.9(NNE)	15.9(NNE)	11.8(SW)
2016/06月	OBS1	6.7(WSW)	10.9(S)	9.8(S)	14.3(S)	16.2(WSW)	8.1(SSW)	16.0(SW)	16.9(SW)	6.3(SW)	9.7(SSE)
	WA01	10.7(WNW)	6.5(NW)	7.5(SSW)	9.6(SE)	10.4(SSW)	10.6(S)	12.7(SSW)	12.6(SW)	12.6(SSW)	9.7(SW)
	WA02	9.6(NNW)	7.1(NW)	6.7(NE)	9.1(SSE)	12.1(SSW)	11.4(S)	14.0(SSW)	13.8(SW)	13.8(SSW)	12.9(SW)
2016/07月	OBS1	9.9(SE)	15.8(S)	13.2(S)	31.4(NW)	26.2(NNW)	15.5(NNW)	22.4(NNE)	16.5(E)	16.3(N)	11.6(W)
	WA01	11.6(ESE)	9.8(SSE)	11.2(ESE)	19.3(NW)	20.5(NNW)	21.9(N)	14.5(NNE)	13.0(ESE)	20.6(N)	10.7(NNE)
	WA02	10.1(ESE)	11.7(SSE)	10.4(ENE)	19.3(NW)	24.6(NNW)	23.6(N)	14.9(NNE)	13.3(E)	21.8(N)	11.7(NW)

表 2.6　(續)2016 年各商港風力觀測及預報資料最大風速統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	11.1(N)	11.6(S)	11.7(NNW)	15.4(S)	15.7(SSE)	8.2(NW)	16.2(NNE)	17.0(ESE)	8.9(N)	8.5(NNE)
	WA01	9.8(SE)	7.7(SSE)	7.4(NNE)	12.4(SE)	11.9(SSE)	10.6(SSE)	9.6(NNE)	10.6(ESE)	13.9(SE)	8.6(SE)
	WA02	9.4(SE)	8.6(S)	5.1(ENE)	11.7(SE)	13.2(SE)	11.7(SSE)	12.3(NNE)	11.8(ESE)	13.8(SE)	11.6(SE)
2016/09月	OBS1	21.4(NE)	27.3(E)	24.5(S)	36.9(SE)	34.1(W)	28.4(NW)	46.2(N)	24.2(NE)	24.5(ESE)	36.3(SW)
	WA01	24.3(ENE)	20.2(NNE)	21.9(N)	25.9(E)	19.3(WSW)	20.8(W)	24.4(N)	22.6(NE)	25.6(NNE)	17.3(NNE)
	WA02	22.3(NE)	20.9(NNE)	18.2(N)	24.8(E)	27.0(SSE)	26.8(SE)	30.2(N)	24.7(NE)	32.9(NNE)	24.1(NNW)
2016/10月	OBS1	12.9(NNE)	13.5(S)	9.9(S)	15.7(SE)	15.3(S)	9.5(N)	23.2(NNE)	20.2(ESE)	14.4(NNE)	15.2(N)
	WA01	12.6(N)	8.9(SE)	9.0(NE)	14.0(SE)	10.7(SSE)	10.4(SSE)	13.6(NNE)	11.8(NNE)	16.0(NNE)	11.5(NE)
	WA02	13.6(NNE)	9.8(SE)	7.0(S)	12.2(SE)	12.0(SE)	10.8(N)	16.6(NNE)	13.8(NNE)	16.7(NNE)	13.4(NE)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站風速資料
WA01：WRF WA01預報風速資料
WA02：WRF WA02預報風速資料　　單位：m/s(來向)

表 2.7　2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之風速偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	1.3(100%)	.1(91.9%)	-.3(100%)	-1.8(99.9%)	-2.7(85.8%)	.6(99.7%)	-2.6(100%)	.4(100%)	2.7(99.9%)	3.1(100%)
	標準偏差	2.3(100%)	1.5(91.9%)	1.7(100%)	2.6(99.9%)	3.3(85.8%)	1.6(99.7%)	3.8(100%)	2.0(100%)	3.3(99.9%)	3.5(100%)
	最大偏差	8.5(100%)	-8.7(91.9%)	-5.5(100%)	-8.3(99.9%)	-11.1(85.8%)	8.1(99.7%)	-10.9(100%)	9.9(100%)	8.2(99.9%)	9.7(100%)
	平均比值	1.7(100%)	1.2(91.9%)	1.1(100%)	.7(99.9%)	.6(85.8%)	1.2(99.7%)	.9(100%)	1.3(100%)	1.4(99.9%)	1.9(100%)
2016/01月	平均偏差	1.1(100%)	-.2(86.8%)	-.1(100%)	-1.8(99.9%)	-3.2(99.1%)	.7(100%)	-3.0(100%)	.4(73.3%)	3.4(73.3%)	3.1(100%)
	標準偏差	2.1(100%)	1.3(86.8%)	1.9(100%)	2.5(99.9%)	3.9(99.1%)	1.8(100%)	4.1(100%)	1.9(73.3%)	4.0(73.3%)	3.5(100%)
	最大偏差	7.3(100%)	-5.4(86.8%)	-6.0(100%)	-8.5(99.9%)	-14.1(99.1%)	6.9(100%)	-11.2(100%)	8.7(73.3%)	10.1(73.3%)	10.1(100%)
	平均比值	1.7(100%)	1.0(86.8%)	1.2(100%)	.7(99.9%)	.6(99.1%)	1.2(100%)	.8(100%)	1.4(73.3%)	1.6(73.3%)	2.1(100%)
2016/02月	平均偏差	1.0(100%)	-.3(87.8%)	-.4(100%)	-1.8(99.9%)	-3.0(98.6%)	.8(99.7%)	-3.0(100%)	.5(79.2%)	3.7(99.1%)	3.1(100%)
	標準偏差	2.2(100%)	1.6(87.8%)	2.0(100%)	2.7(99.9%)	3.7(98.6%)	1.7(99.7%)	4.1(100%)	2.2(79.2%)	4.3(99.1%)	3.5(100%)
	最大偏差	7.8(100%)	-5.7(87.8%)	-6.9(100%)	-9.0(99.9%)	-10.9(98.6%)	-5.9(99.7%)	-13.4(100%)	8.9(79.2%)	8.7(99.1%)	9.7(100%)
	平均比值	1.6(100%)	1.0(87.8%)	1.1(100%)	.8(99.9%)	.7(98.6%)	1.3(99.7%)	.9(100%)	1.4(79.2%)	1.7(99.1%)	2.3(100%)
2016/03月	平均偏差	1.0(100%)	-.5(93.0%)	-.5(100%)	-1.5(99.9%)	-2.4(96.8%)	.3(97.3%)	-2.5(100%)	.3(46.2%)	2.7(97.8%)	2.3(61.8%)
	標準偏差	2.0(100%)	1.6(93.0%)	1.8(100%)	2.3(99.9%)	3.1(96.8%)	1.6(97.3%)	3.6(100%)	2.1(46.2%)	3.4(97.8%)	2.9(61.8%)
	最大偏差	5.5(100%)	-7.3(93.0%)	-6.5(100%)	-8.6(99.9%)	-8.8(96.8%)	6.3(97.3%)	-9.4(100%)	-9.1(46.2%)	10.3(97.8%)	7.3(61.8%)
	平均比值	1.8(100%)	1.0(93.0%)	1.0(100%)	.7(99.9%)	.6(96.8%)	1.2(97.3%)	1.0(100%)	1.6(46.2%)	1.9(97.8%)	2.1(61.8%)
2016/04月	平均偏差	.9(63.6%)	-.4(100%)	-.5(100%)	-1.4(100%)	-1.6(98.5%)	.3(86.3%)	-1.3(100%)	.0(99.9%)	1.9(99.4%)	2.3(4.4%)
	標準偏差	1.7(63.6%)	1.9(100%)	1.5(100%)	2.3(100%)	2.4(98.5%)	1.6(86.3%)	2.6(100%)	2.3(99.9%)	2.8(99.4%)	3.0(4.4%)
	最大偏差	-5.2(63.6%)	-7.7(100%)	-5.9(100%)	-9.5(100%)	-9.2(98.5%)	-5.7(86.3%)	-11.4(100%)	8.8(99.9%)	9.5(99.4%)	8.6(4.4%)
	平均比值	1.8(63.6%)	1.1(100%)	1.0(100%)	.8(100%)	.8(98.5%)	1.3(86.3%)	1.1(100%)	1.6(99.9%)	2.0(99.4%)	2.5(4.4%)
2016/05月	平均偏差	.6(100%)	-.3(87.8%)	-.7(100%)	-1.2(98.1%)	-1.6(96.9%)	.0(97.4%)	-2.0(100%)	-.3(98.4%)	1.8(98.4%)	2.2(97.3%)
	標準偏差	1.6(100%)	2.0(87.8%)	1.6(100%)	2.2(98.1%)	2.4(96.9%)	1.5(97.4%)	3.1(100%)	2.2(98.4%)	2.7(98.4%)	2.9(97.3%)
	最大偏差	7.4(100%)	-6.9(87.8%)	-5.2(100%)	-8.4(98.1%)	-7.2(96.9%)	-5.1(97.4%)	-10.8(100%)	-8.9(98.4%)	7.6(98.4%)	10.2(97.3%)
	平均比值	1.6(100%)	1.2(87.8%)	.9(100%)	.8(98.1%)	.7(96.9%)	1.2(97.4%)	1.0(100%)	1.3(98.4%)	2.0(98.4%)	2.4(97.3%)

表 2.7　(續)2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之風速偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/06月	平均偏差	.3(100%)	-.9(68.1%)	-1.0(99.9%)	-1.3(99.9%)	-1.0(71.5%)	1.0(78.2%)	-.6(99.9%)	-1.1(82.8%)	2.7(73.2%)	1.7(68.5%)
	標準偏差	1.7(100%)	2.2(68.1%)	1.7(99.9%)	2.6(99.9%)	2.4(71.5%)	1.9(78.2%)	2.2(99.9%)	2.6(82.8%)	3.3(73.2%)	2.9(68.5%)
	最大偏差	8.3(100%)	-6.8(68.1%)	6.0(99.9%)	-8.5(99.9%)	9.5(71.5%)	-5.7(78.2%)	-7.7(99.9%)	-10.7(82.8%)	8.6(73.2%)	7.9(68.5%)
	平均比值	1.4(100%)	1.0(68.1%)	.8(99.9%)	.9(99.9%)	1.0(71.5%)	1.4(78.2%)	1.3(99.9%)	1.0(82.8%)	2.3(73.2%)	2.0(68.5%)
2016/07月	平均偏差	.3(100%)	-1.1(100%)	-1.0(100%)	-1.8(99.9%)	-1.4(96.0%)	.7(85.2%)	-1.3(100%)	-.8(97.7%)	2.5(50.8%)	1.1(99.7%)
	標準偏差	1.6(100%)	2.3(100%)	2.0(100%)	3.1(99.9%)	2.6(96.0%)	1.9(85.2%)	2.7(100%)	2.4(97.7%)	4.0(50.8%)	2.3(99.7%)
	最大偏差	-6.0(100%)	-8.1(100%)	-11.7(100%)	-12.1(99.9%)	-11.6(96.0%)	8.4(85.2%)	-12.7(100%)	-9.5(97.7%)	10.5(50.8%)	10.3(99.7%)
	平均比值	1.3(100%)	.9(100%)	.8(100%)	.8(99.9%)	.9(96.0%)	1.3(85.2%)	1.1(100%)	1.1(97.7%)	2.1(50.8%)	1.6(99.7%)
2016/08月	平均偏差	.4(100%)	-1.1(100%)	-1.3(100%)	-1.7(99.9%)	-1.2(92.6%)	.3(70.2%)	-.9(100%)	-.3(99.1%)	1.2(99.9%)	1.0(100%)
	標準偏差	1.5(100%)	2.0(100%)	1.8(100%)	2.6(99.9%)	2.3(92.6%)	1.9(70.2%)	2.7(100%)	1.8(99.1%)	2.8(99.9%)	2.3(100%)
	最大偏差	6.4(100%)	-7.2(100%)	-9.0(100%)	-9.9(99.9%)	-8.7(92.6%)	8.5(70.2%)	-9.2(100%)	-7.1(99.1%)	9.8(99.9%)	7.9(100%)
	平均比值	1.4(100%)	.8(100%)	.6(100%)	.8(99.9%)	.8(92.6%)	1.3(70.2%)	1.4(100%)	1.2(99.1%)	1.9(99.9%)	1.7(100%)
2016/09月	平均偏差	.9(100%)	-.9(100%)	-1.0(100%)	-1.7(99.9%)	-1.6(93.3%)	.5(88.9%)	-2.2(100%)	.2(99.4%)	2.8(100%)	.9(100%)
	標準偏差	2.0(100%)	2.3(100%)	2.3(100%)	3.0(99.9%)	3.1(93.3%)	2.4(88.9%)	4.0(100%)	2.5(99.4%)	3.8(100%)	2.2(100%)
	最大偏差	8.6(100%)	-12.2(100%)	-14.2(100%)	-16.0(99.9%)	-14.6(93.3%)	11.2(88.9%)	-16.1(100%)	8.1(99.4%)	20.7(100%)	-13.4(100%)
	平均比值	1.5(100%)	.8(100%)	.8(100%)	.8(99.9%)	.8(93.3%)	1.3(88.9%)	1.0(100%)	1.4(99.4%)	1.9(100%)	1.4(100%)
2016/10月	平均偏差	.9(99.5%)	-.9(100%)	-1.0(100%)	-1.4(99.9%)	-1.1(96.4%)	.3(90.1%)	-1.9(99.9%)	.1(99.9%)	.7(32.8%)	1.0(99.5%)
	標準偏差	2.4(99.5%)	2.2(100%)	1.6(100%)	2.3(99.9%)	2.1(96.4%)	1.5(90.1%)	3.4(99.9%)	2.2(99.9%)	2.2(32.8%)	2.1(99.5%)
	最大偏差	-9.9(99.5%)	-8.5(100%)	-5.9(100%)	-7.9(99.9%)	9.4(96.4%)	-4.7(90.1%)	-11.2(99.9%)	10.0(99.9%)	5.5(32.8%)	7.3(99.5%)
	平均比值	1.5(99.5%)	.9(100%)	.7(100%)	.8(99.9%)	.9(96.4%)	1.2(90.1%)	1.2(99.9%)	1.2(99.9%)	1.3(32.8%)	1.4(99.5%)
註：偏差＝預報值—觀測值，比值＝預報值÷觀測值，單位：m/s											

表 2.8　2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之風向偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	26.9(100%)	69.1(91.9%)	52.1(100%)	23.8(99.5%)	14.7(83.9%)	20.8(96.9%)	11.8(100%)	24.5(99.6%)	7.0(99.7%)	47.5(99.9%)
	標準偏差	45.7(100%)	82.6(91.9%)	71.0(100%)	39.3(99.5%)	26.6(83.9%)	30.8(96.9%)	23.6(100%)	40.9(99.6%)	13.7(99.7%)	52.9(99.9%)
	最大偏差	178.8(100%)	179.7(91.9%)	179.4(100%)	179.5(99.5%)	180.0(83.9%)	167.8(96.9%)	170.4(100%)	179.5(99.6%)	143.5(99.7%)	178.6(99.9%)
2016/01月	平均偏差	39.7(99.9%)	64.7(86.7%)	65.9(100%)	24.8(99.9%)	15.2(97.3%)	20.7(96.4%)	12.1(99.9%)	29.7(73.1%)	9.0(73.0%)	47.0(99.6%)
	標準偏差	62.6(99.9%)	80.4(86.7%)	84.7(100%)	39.2(99.9%)	27.1(97.3%)	27.8(96.4%)	23.4(99.9%)	46.3(73.1%)	15.0(73.0%)	52.2(99.6%)
	最大偏差	179.9(99.9%)	177.5(86.7%)	179.0(100%)	169.9(99.9%)	174.1(97.3%)	177.9(96.4%)	171.7(99.9%)	176.4(73.1%)	163.1(73.0%)	177.3(99.6%)
2016/02月	平均偏差	35.5(99.9%)	56.6(87.6%)	52.3(100%)	24.2(99.9%)	14.3(97.0%)	22.9(97.4%)	13.9(100%)	32.4(79.2%)	11.0(98.4%)	46.8(99.4%)
	標準偏差	59.0(99.9%)	71.8(87.6%)	72.0(100%)	40.7(99.9%)	25.4(97.0%)	31.8(97.4%)	29.5(100%)	51.5(79.2%)	19.1(98.4%)	52.7(99.4%)
	最大偏差	179.7(99.9%)	179.3(87.6%)	179.2(100%)	178.1(99.9%)	168.9(97.0%)	168.7(97.4%)	163.5(100%)	175.5(79.2%)	174.5(98.4%)	176.8(99.4%)
2016/03月	平均偏差	45.8(99.9%)	64.4(93.0%)	57.5(100%)	40.9(99.9%)	22.8(95.4%)	25.0(95.7%)	21.7(99.9%)	48.1(45.8%)	18.0(97.3%)	45.7(61.7%)
	標準偏差	68.8(99.9%)	80.9(93.0%)	77.7(100%)	59.0(99.9%)	36.7(95.4%)	37.4(95.7%)	39.1(99.9%)	68.0(45.8%)	31.7(97.3%)	54.2(61.7%)
	最大偏差	178.7(99.9%)	179.9(93.0%)	179.7(100%)	179.5(99.9%)	175.9(95.4%)	178.9(95.7%)	179.3(99.9%)	177.8(45.8%)	167.6(97.3%)	179.5(61.7%)
2016/04月	平均偏差	59.5(63.6%)	68.3(100%)	65.9(99.9%)	52.0(100%)	43.8(97.8%)	35.0(84.6%)	29.7(100%)	50.5(99.0%)	37.8(99.6%)	24.7(4.4%)
	標準偏差	78.7(63.6%)	86.4(100%)	85.8(99.9%)	69.4(100%)	61.3(97.8%)	53.0(84.6%)	48.0(100%)	68.1(99.0%)	57.0(99.6%)	28.2(4.4%)
	最大偏差	180.0(63.6%)	179.9(100%)	179.9(99.9%)	179.9(100%)	179.2(97.8%)	180.0(84.6%)	179.9(100%)	179.5(99.0%)	178.7(99.6%)	54.3(4.4%)
2016/05月	平均偏差	46.5(99.7%)	64.7(87.8%)	58.2(100%)	49.1(98.1%)	43.5(96.6%)	34.7(96.8%)	31.3(100%)	43.6(98.0%)	30.2(97.8%)	38.7(96.4%)
	標準偏差	66.1(99.7%)	84.0(87.8%)	76.6(100%)	67.3(98.1%)	63.7(96.6%)	52.7(96.8%)	52.3(100%)	61.3(98.0%)	45.1(97.8%)	52.3(96.4%)
	最大偏差	178.9(99.7%)	180.0(87.8%)	179.4(100%)	178.0(98.1%)	179.4(96.6%)	178.9(96.8%)	179.4(100%)	177.5(98.0%)	179.9(97.8%)	179.8(96.4%)
2016/06月	平均偏差	60.1(100%)	58.6(67.9%)	52.5(99.9%)	44.3(99.9%)	37.0(71.4%)	28.8(78.1%)	31.0(100%)	45.7(82.5%)	32.3(73.2%)	36.3(68.5%)
	標準偏差	76.7(100%)	78.5(67.9%)	69.9(99.9%)	62.9(99.9%)	52.8(71.4%)	44.8(78.1%)	51.7(100%)	63.1(82.5%)	46.1(73.2%)	46.6(68.5%)
	最大偏差	180.0(100%)	179.5(67.9%)	179.0(99.9%)	179.9(99.9%)	179.4(71.4%)	178.8(78.1%)	178.3(100%)	179.2(82.5%)	171.7(73.2%)	172.0(68.5%)
2016/07月	平均偏差	47.7(100%)	51.7(99.9%)	40.7(100%)	45.6(99.9%)	40.2(95.4%)	31.1(84.9%)	25.0(99.9%)	40.2(97.4%)	38.1(50.5%)	34.4(99.9%)
	標準偏差	64.9(100%)	69.7(99.9%)	55.9(100%)	63.2(99.9%)	57.6(95.4%)	47.8(84.9%)	43.2(99.9%)	58.2(97.4%)	54.5(50.5%)	44.1(99.9%)
	最大偏差	177.9(100%)	179.7(99.9%)	179.7(100%)	178.4(99.9%)	179.1(95.4%)	178.6(84.9%)	179.8(99.9%)	178.1(97.4%)	179.5(50.5%)	176.1(99.9%)

表 2.8　(續)2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之風向偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	41.4(100%)	38.2(100%)	56.9(99.9%)	39.7(99.9%)	38.3(92.5%)	40.6(70.2%)	44.3(100%)	43.1(98.7%)	42.5(99.1%)	47.0(99.9%)
	標準偏差	58.5(100%)	53.4(100%)	74.2(99.9%)	57.9(99.9%)	53.9(92.5%)	58.5(70.2%)	64.2(100%)	59.9(98.7%)	59.5(99.1%)	62.5(99.9%)
	最大偏差	175.1(100%)	177.3(100%)	179.4(99.9%)	179.5(99.9%)	174.8(92.5%)	179.8(70.2%)	179.9(100%)	179.8(98.7%)	179.9(99.1%)	179.9(99.9%)
2016/09月	平均偏差	36.9(100%)	48.2(99.9%)	50.2(100%)	49.9(99.9%)	39.8(92.4%)	34.5(87.8%)	26.8(100%)	40.5(98.9%)	27.7(99.6%)	35.3(99.6%)
	標準偏差	55.9(100%)	66.8(99.9%)	66.4(100%)	69.5(99.9%)	57.6(92.4%)	52.6(87.8%)	44.3(100%)	59.7(98.9%)	45.0(99.6%)	50.0(99.6%)
	最大偏差	179.5(100%)	178.6(99.9%)	176.1(100%)	179.9(99.9%)	179.1(92.4%)	179.2(87.8%)	175.4(100%)	179.9(98.9%)	179.7(99.6%)	177.8(99.6%)
2016/10月	平均偏差	30.3(99.3%)	47.2(100%)	51.2(100%)	43.6(99.7%)	34.1(94.4%)	36.9(88.7%)	26.9(100%)	25.0(99.7%)	28.6(32.5%)	32.8(99.3%)
	標準偏差	47.7(99.3%)	65.8(100%)	68.8(100%)	62.2(99.7%)	52.1(94.4%)	55.3(88.7%)	47.6(100%)	42.9(99.7%)	49.4(32.5%)	44.0(99.3%)
	最大偏差	179.7(99.3%)	179.8(100%)	180.0(100%)	177.4(99.7%)	179.7(94.4%)	177.7(88.7%)	179.3(100%)	179.3(99.7%)	176.0(32.5%)	177.4(99.3%)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位為度，偏差大小範圍為0-180度。											

表 2.9　2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之東西分量偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	-1.5(99.7%)	-2.9(91.5%)	-1.1(99.9%)	-.8(98.8%)	.2(83.6%)	-1.6(96.5%)	1.8(100%)	.0(99.7%)	-1.2(99.7%)	.3(99.7%)
	標準偏差	2.5(99.7%)	4.3(91.5%)	2.7(99.9%)	1.9(98.8%)	1.5(83.6%)	2.1(96.5%)	2.6(100%)	2.4(99.7%)	1.7(99.7%)	2.0(99.7%)
	最大偏差	-8.7(99.7%)	-9.9(91.5%)	-7.5(99.9%)	-7.8(98.8%)	7.7(83.6%)	-7.8(96.5%)	8.5(100%)	-10.5(99.7%)	-6.3(99.7%)	8.0(99.7%)
2016/01月	平均偏差	-1.4(99.5%)	-2.5(86.4%)	-2.0(99.9%)	-.3(99.1%)	.6(97.0%)	-1.7(95.8%)	2.2(99.9%)	-.2(72.7%)	-1.5(73.0%)	.0(99.2%)
	標準偏差	2.4(99.5%)	3.5(86.4%)	3.3(99.9%)	2.0(99.1%)	1.7(97.0%)	2.4(95.8%)	2.8(99.9%)	2.0(72.7%)	2.0(73.0%)	2.2(99.2%)
	最大偏差	-7.4(99.5%)	7.6(86.4%)	-8.0(99.9%)	-14.5(99.1%)	6.8(97.0%)	-7.1(95.8%)	9.9(99.9%)	-7.1(72.7%)	-7.7(73.0%)	-11.3(99.2%)
2016/02月	平均偏差	-1.3(99.7%)	-2.4(87.6%)	-1.0(99.9%)	-.8(99.9%)	.5(96.3%)	-1.9(96.7%)	1.8(99.7%)	.3(78.9%)	-1.7(98.3%)	-.2(99.1%)
	標準偏差	2.2(99.7%)	3.7(87.6%)	3.0(99.9%)	2.1(99.9%)	1.5(96.3%)	2.5(96.7%)	2.7(99.7%)	2.4(78.9%)	2.2(98.3%)	2.1(99.1%)
	最大偏差	-8.0(99.7%)	-7.8(87.6%)	-7.0(99.9%)	-8.1(99.9%)	6.0(96.3%)	-6.2(96.7%)	7.2(99.7%)	-9.3(78.9%)	-6.1(98.3%)	7.8(99.1%)
2016/03月	平均偏差	-1.1(99.7%)	-1.7(92.6%)	-1.3(100%)	-.6(99.6%)	.6(95.0%)	-1.0(95.6%)	2.0(99.9%)	.6(45.7%)	-1.3(96.8%)	-.2(61.6%)
	標準偏差	2.2(99.7%)	3.0(92.6%)	2.5(100%)	1.8(99.6%)	1.6(95.0%)	1.8(95.6%)	2.8(99.9%)	2.5(45.7%)	2.1(96.8%)	2.1(61.6%)
	最大偏差	-7.2(99.7%)	-8.3(92.6%)	-6.0(100%)	-5.6(99.6%)	6.2(95.0%)	6.2(95.6%)	8.4(99.9%)	-8.6(45.7%)	-9.7(96.8%)	-6.8(61.6%)
2016/04月	平均偏差	-.6(63.2%)	-.9(99.6%)	-.8(99.0%)	-.5(99.9%)	.4(96.9%)	.0(83.2%)	.3(99.7%)	-.4(98.8%)	-.3(97.9%)	-1.1(4.4%)
	標準偏差	2.1(63.2%)	2.2(99.6%)	2.0(99.0%)	2.0(99.9%)	2.0(96.9%)	1.4(83.2%)	2.2(99.7%)	2.7(98.8%)	1.9(97.9%)	2.4(4.4%)
	最大偏差	9.4(63.2%)	7.9(99.6%)	-6.4(99.0%)	-7.9(99.9%)	8.7(96.9%)	-5.1(83.2%)	7.0(99.7%)	16.8(98.8%)	-9.9(97.9%)	-8.6(4.4%)
2016/05月	平均偏差	-.5(99.3%)	-.7(86.8%)	-.7(99.6%)	-.6(97.8%)	.4(96.1%)	.0(95.3%)	.3(99.6%)	-.1(97.8%)	-.1(96.0%)	-.3(95.4%)
	標準偏差	1.7(99.3%)	2.1(86.8%)	1.9(99.6%)	2.0(97.8%)	1.8(96.1%)	1.4(95.3%)	2.3(99.6%)	2.6(97.8%)	1.9(96.0%)	3.0(95.4%)
	最大偏差	10.2(99.3%)	9.6(86.8%)	-5.4(99.6%)	-7.3(97.8%)	-6.1(96.1%)	-6.0(95.3%)	-9.5(99.6%)	16.9(97.8%)	-7.8(96.0%)	11.1(95.4%)
2016/06月	平均偏差	.3(99.0%)	.5(67.2%)	-.5(99.6%)	.0(99.6%)	.0(70.6%)	-.2(76.5%)	-.8(99.4%)	.1(81.7%)	.7(70.1%)	2.4(67.9%)
	標準偏差	2.1(99.0%)	1.7(67.2%)	1.9(99.6%)	2.5(99.6%)	2.7(70.6%)	1.7(76.5%)	2.3(99.4%)	3.5(81.7%)	2.2(70.1%)	3.2(67.9%)
	最大偏差	8.3(99.0%)	9.1(67.2%)	-5.9(99.6%)	-11.8(99.6%)	12.8(70.6%)	-7.7(76.5%)	-10.9(99.4%)	18.0(81.7%)	8.9(70.1%)	-8.0(67.9%)
2016/07月	平均偏差	-.1(99.7%)	-.1(99.6%)	-.2(99.6%)	-.3(99.3%)	.2(94.6%)	-.1(83.6%)	-.7(99.7%)	.6(97.3%)	-.2(49.6%)	1.6(97.8%)
	標準偏差	1.9(99.7%)	1.6(99.6%)	1.7(99.6%)	2.6(99.3%)	2.9(94.6%)	1.9(83.6%)	2.5(99.7%)	3.3(97.3%)	2.8(49.6%)	2.7(97.8%)
	最大偏差	6.8(99.7%)	-7.9(99.6%)	8.4(99.6%)	12.8(99.3%)	-24.3(94.6%)	-9.3(83.6%)	14.7(99.7%)	16.5(97.3%)	-11.8(49.6%)	-8.2(97.8%)

表 2.9　(續)2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之東西分量偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	.0(99.6%)	-.5(99.6%)	-.5(99.6%)	-.2(99.7%)	-.2(91.7%)	-.6(69.4%)	.4(99.5%)	-.2(98.0%)	-.7(98.1%)	-.3(98.8%)
	標準偏差	1.6(99.6%)	1.5(99.6%)	2.0(99.6%)	2.4(99.7%)	2.3(91.7%)	1.8(69.4%)	2.0(99.5%)	2.3(98.0%)	2.2(98.1%)	2.4(98.8%)
	最大偏差	5.6(99.6%)	6.7(99.6%)	7.2(99.6%)	-7.9(99.7%)	10.4(91.7%)	-6.7(69.4%)	-9.4(99.5%)	-12.6(98.0%)	-9.6(98.1%)	7.5(98.8%)
2016/09月	平均偏差	-.8(99.9%)	-.9(99.7%)	-.4(99.3%)	-.1(99.6%)	-.1(91.7%)	-.8(87.1%)	.6(100%)	-.3(98.9%)	.2(99.2%)	-.3(99.2%)
	標準偏差	2.3(99.9%)	2.6(99.7%)	2.5(99.3%)	3.3(99.6%)	3.5(91.7%)	2.5(87.1%)	2.8(100%)	3.0(98.9%)	2.5(99.2%)	3.6(99.2%)
	最大偏差	-8.5(99.9%)	-11.2(99.7%)	12.8(99.3%)	33.0(99.6%)	21.7(91.7%)	-16.8(87.1%)	-16.0(100%)	18.7(98.9%)	12.5(99.2%)	30.5(99.2%)
2016/10月	平均偏差	-1.4(99.3%)	-1.0(99.9%)	-.4(99.7%)	-.8(99.5%)	-.2(93.8%)	-.8(88.3%)	.8(99.9%)	-.2(99.7%)	-.7(32.5%)	-2.0(99.1%)
	標準偏差	2.3(99.3%)	2.5(99.9%)	2.1(99.7%)	2.1(99.5%)	1.9(93.8%)	1.6(88.3%)	2.0(99.9%)	2.5(99.7%)	2.0(32.5%)	3.1(99.1%)
	最大偏差	-8.0(99.3%)	-11.0(99.9%)	-9.4(99.7%)	10.2(99.5%)	12.1(93.8%)	-5.7(88.3%)	8.0(99.9%)	-12.0(99.7%)	-8.6(32.5%)	-8.0(99.1%)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位：m/s											

表 2.10　2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之南北分量偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	-.3(99.9%)	-.6(91.9%)	-.7(100%)	1.7(99.9%)	2.6(85.8%)	-.6(99.7%)	1.9(100%)	-.7(99.7%)	-2.4(99.9%)	-5.6(97.0%)
	標準偏差	2.0(99.9%)	2.2(91.9%)	1.7(100%)	2.6(99.9%)	3.3(85.8%)	1.7(99.7%)	3.3(100%)	2.3(99.7%)	3.1(99.9%)	6.1(97.0%)
	最大偏差	-10.4(99.9%)	-7.5(91.9%)	-6.6(100%)	12.0(99.9%)	16.8(85.8%)	15.1(99.7%)	11.2(100%)	-11.7(99.7%)	9.3(99.9%)	-10.5(97.0%)
2016/01月	平均偏差	-.6(100%)	-.6(86.7%)	-.9(99.5%)	1.8(99.9%)	3.1(99.1%)	-.6(100%)	2.3(100%)	-.7(72.4%)	-3.1(73.3%)	-5.1(96.5%)
	標準偏差	2.3(100%)	2.1(86.7%)	1.9(99.5%)	2.8(99.9%)	3.9(99.1%)	1.9(100%)	3.5(100%)	2.3(72.4%)	3.7(73.3%)	5.7(96.5%)
	最大偏差	10.7(100%)	6.2(86.7%)	-7.2(99.5%)	16.1(99.9%)	16.3(99.1%)	10.2(100%)	12.4(100%)	-8.5(72.4%)	-10.7(73.3%)	-11.3(96.5%)
2016/02月	平均偏差	-.3(100%)	-1.0(87.6%)	-.4(99.9%)	1.8(99.9%)	2.9(98.1%)	-.4(99.7%)	2.3(100%)	-.9(78.4%)	-2.8(99.0%)	-5.2(97.4%)
	標準偏差	2.7(100%)	2.4(87.6%)	1.9(99.9%)	2.7(99.9%)	3.7(98.1%)	1.8(99.7%)	3.5(100%)	2.3(78.4%)	3.9(99.0%)	6.0(97.4%)
	最大偏差	9.7(100%)	-7.5(87.6%)	8.3(99.9%)	9.6(99.9%)	14.3(98.1%)	9.5(99.7%)	11.5(100%)	-8.8(78.4%)	-9.0(99.0%)	-12.0(97.4%)
2016/03月	平均偏差	.4(100%)	.3(92.6%)	-.2(99.5%)	1.5(99.6%)	2.3(96.5%)	.1(96.6%)	2.0(100%)	-.6(46.0%)	-1.9(97.2%)	-3.4(59.7%)
	標準偏差	2.2(100%)	2.5(92.6%)	1.7(99.5%)	2.6(99.6%)	3.2(96.5%)	1.7(96.6%)	3.1(100%)	2.3(46.0%)	3.2(97.2%)	4.7(59.7%)
	最大偏差	9.1(100%)	7.5(92.6%)	7.4(99.5%)	10.6(99.6%)	10.3(96.5%)	9.5(96.6%)	10.0(100%)	-8.3(46.0%)	11.5(97.2%)	-9.9(59.7%)
2016/04月	平均偏差	.4(63.6%)	.5(99.7%)	.4(99.4%)	1.0(99.9%)	1.0(98.1%)	.7(86.0%)	.5(99.9%)	-.7(97.9%)	.6(98.1%)	-2.2(4.4%)
	標準偏差	2.1(63.6%)	2.7(99.7%)	2.0(99.4%)	2.7(99.9%)	2.7(98.1%)	1.9(86.0%)	3.1(99.9%)	2.7(97.9%)	3.2(98.1%)	2.7(4.4%)
	最大偏差	6.3(63.6%)	8.6(99.7%)	6.7(99.4%)	10.6(99.9%)	10.8(98.1%)	8.3(86.0%)	17.9(99.9%)	-12.2(97.9%)	12.2(98.1%)	-4.3(4.4%)
2016/05月	平均偏差	.7(99.7%)	.8(87.6%)	.2(99.9%)	1.0(97.7%)	.7(95.4%)	.8(96.4%)	.3(99.6%)	-.6(96.4%)	1.0(97.3%)	.6(96.2%)
	標準偏差	1.9(99.7%)	2.9(87.6%)	1.7(99.9%)	2.6(97.7%)	2.7(95.4%)	1.8(96.4%)	3.1(99.6%)	2.2(96.4%)	2.7(97.3%)	2.7(96.2%)
	最大偏差	-7.8(99.7%)	10.1(87.6%)	5.6(99.9%)	8.3(97.7%)	9.8(95.4%)	-6.5(96.4%)	-11.5(99.6%)	-10.8(96.4%)	7.5(97.3%)	-10.4(96.2%)
2016/06月	平均偏差	.1(99.4%)	-.3(67.9%)	-.5(99.3%)	-.1(99.6%)	-.1(70.7%)	1.1(77.1%)	-.2(99.6%)	-.6(81.7%)	2.6(72.4%)	1.2(67.9%)
	標準偏差	1.9(99.4%)	3.0(67.9%)	1.9(99.3%)	3.1(99.6%)	2.9(70.7%)	2.1(77.1%)	2.6(99.6%)	2.5(81.7%)	3.3(72.4%)	2.4(67.9%)
	最大偏差	-10.2(99.4%)	-7.9(67.9%)	6.6(99.3%)	-10.0(99.6%)	10.9(70.7%)	9.8(77.1%)	11.1(99.6%)	-13.6(81.7%)	-10.8(72.4%)	7.2(67.9%)
2016/07月	平均偏差	.6(99.3%)	-.1(100%)	-.3(99.5%)	-.1(99.6%)	-.1(95.0%)	.7(84.3%)	-.2(100%)	.0(95.3%)	2.1(50.3%)	.4(99.3%)
	標準偏差	1.8(99.3%)	2.8(100%)	2.0(99.5%)	3.2(99.6%)	3.1(95.0%)	2.4(84.3%)	3.0(100%)	1.8(95.3%)	4.0(50.3%)	2.4(99.3%)
	最大偏差	7.7(99.3%)	-10.9(100%)	-12.0(99.5%)	-11.7(99.6%)	-15.5(95.0%)	-16.7(84.3%)	-25.8(100%)	-6.8(95.3%)	11.9(50.3%)	10.8(99.3%)

表 2.10　(續)2016 年各商港風力觀測及預報資料 WA02 之南北分量偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	.0(99.7%)	-.6(99.7%)	-.9(99.7%)	-.2(99.6%)	.0(91.7%)	.7(69.1%)	1.2(99.6%)	-.1(98.1%)	1.1(98.8%)	.3(97.2%)
	標準偏差	1.7(99.7%)	2.3(99.7%)	1.8(99.7%)	2.7(99.6%)	2.6(91.7%)	2.1(69.1%)	3.0(99.6%)	1.9(98.1%)	2.9(98.8%)	2.4(97.2%)
	最大偏差	-6.2(99.7%)	-8.2(99.7%)	12.9(99.7%)	-11.2(99.6%)	11.2(91.7%)	-8.8(69.1%)	10.0(99.6%)	-6.7(98.1%)	-10.0(98.8%)	10.9(97.2%)
2016/09月	平均偏差	.3(99.9%)	-.4(99.7%)	-.5(99.6%)	.0(99.6%)	.4(92.8%)	.9(88.6%)	1.7(100%)	-.1(97.8%)	.5(99.4%)	.2(99.3%)
	標準偏差	2.1(99.9%)	2.4(99.7%)	2.4(99.6%)	3.0(99.6%)	3.3(92.8%)	2.5(88.6%)	4.0(100%)	2.4(97.8%)	3.9(99.4%)	3.7(99.3%)
	最大偏差	7.3(99.9%)	-7.2(99.7%)	-13.9(99.6%)	-13.7(99.6%)	-17.3(92.8%)	13.0(88.6%)	16.4(100%)	-7.1(97.8%)	-26.9(99.4%)	-49.0(99.3%)
2016/10月	平均偏差	.7(99.1%)	-.6(99.7%)	-.4(99.2%)	.4(99.6%)	.6(95.6%)	.0(88.8%)	1.5(99.9%)	-.3(98.5%)	-.9(32.8%)	.4(99.1%)
	標準偏差	2.5(99.1%)	2.6(99.7%)	1.7(99.2%)	2.5(99.6%)	2.5(95.6%)	1.8(88.8%)	3.1(99.9%)	2.0(98.5%)	2.6(32.8%)	2.0(99.1%)
	最大偏差	14.0(99.1%)	-8.3(99.7%)	-5.9(99.2%)	9.9(99.6%)	14.0(95.6%)	-7.6(88.8%)	10.1(99.9%)	-6.7(98.5%)	-10.5(32.8%)	8.0(99.1%)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位：m/s											

表 2.11　2016 年各商港波浪觀測及預報資料平均示性波高統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	1.93(98.7%)	1.52(61.0%)	1.57(99.3%)	.62(99.2%)	.52(85.1%)	*(*)	2.12(94.4%)	1.78(26.3%)	*(*)	.31(97.0%)
	SWAN	2.12(100%)	1.95(100%)	1.88(100%)	.67(100%)	.68(100%)	.41(100%)	1.92(100%)	1.58(100%)	1.38(100%)	.26(100%)
	WAM	1.85(100%)	1.88(100%)	1.88(100%)	.87(100%)	1.65(100%)	1.79(100%)	1.64(100%)	1.52(100%)	2.10(100%)	1.23(100%)
2016/01月	OBS1	1.89(99.7%)	1.52(96.2%)	1.57(98.1%)	.62(99.9%)	.51(98.8%)	*(*)	1.92(98.7%)	1.24(23.8%)	.19(98.7%)	.29(99.5%)
	SWAN	1.99(100%)	1.87(100%)	1.90(100%)	.73(100%)	.71(100%)	.40(100%)	1.66(100%)	1.52(100%)	1.25(100%)	.24(100%)
	WAM	1.83(100%)	1.90(100%)	1.89(100%)	.93(100%)	1.65(100%)	1.75(100%)	1.56(100%)	1.49(100%)	2.03(100%)	1.08(100%)
2016/02月	OBS1	1.93(99.9%)	1.65(67.1%)	1.62(91.8%)	.63(99.0%)	.55(100%)	*(*)	1.99(99.7%)	*(*)	.22(98.0%)	.31(99.9%)
	SWAN	2.19(100%)	2.18(100%)	2.21(100%)	.78(100%)	.74(100%)	.42(100%)	1.77(100%)	1.58(100%)	1.38(100%)	.25(100%)
	WAM	1.84(100%)	1.96(100%)	1.97(100%)	1.00(100%)	1.74(100%)	1.82(100%)	1.55(100%)	1.41(100%)	2.12(100%)	1.20(100%)
2016/03月	OBS1	1.45(98.3%)	1.35(94.0%)	1.26(98.9%)	.50(99.9%)	.45(98.4%)	*(*)	1.56(99.6%)	*(*)	.18(98.3%)	.27(99.6%)
	SWAN	1.63(100%)	1.60(100%)	1.58(100%)	.55(100%)	.52(100%)	.31(100%)	1.30(100%)	1.25(100%)	.99(100%)	.21(100%)
	WAM	1.48(100%)	1.58(100%)	1.53(100%)	.68(100%)	1.15(100%)	1.24(100%)	1.17(100%)	1.10(100%)	1.45(100%)	.97(100%)
2016/04月	OBS1	.76(96.9%)	1.13(62.4%)	.89(99.0%)	.43(99.7%)	.44(96.1%)	*(*)	.94(99.7%)	*(*)	.19(96.9%)	.24(97.1%)
	SWAN	.80(100%)	.90(100%)	.90(100%)	.63(100%)	.58(100%)	.26(100%)	.73(100%)	.73(100%)	.64(100%)	.19(100%)
	WAM	.83(100%)	1.04(100%)	.98(100%)	.60(100%)	.73(100%)	.75(100%)	.73(100%)	.70(100%)	.82(100%)	.61(100%)
2016/05月	OBS1	.73(99.2%)	.98(97.0%)	.78(99.6%)	.50(99.2%)	.57(98.1%)	*(*)	.97(98.8%)	*(*)	.22(99.9%)	.28(99.3%)
	SWAN	.88(100%)	.91(100%)	.84(100%)	.58(100%)	.55(100%)	.25(100%)	.77(100%)	.85(100%)	.64(100%)	.21(100%)
	WAM	.85(100%)	1.04(100%)	.99(100%)	.63(100%)	.78(100%)	.80(100%)	.72(100%)	.73(100%)	.89(100%)	.69(100%)
2016/06月	OBS1	.40(83.3%)	.85(99.6%)	.71(97.1%)	.68(100%)	.74(98.5%)	.45(75.1%)	.77(99.7%)	1.16(17.1%)	.29(99.4%)	.39(99.4%)
	SWAN	.51(100%)	.85(100%)	.81(100%)	.82(100%)	.78(100%)	.31(100%)	.63(100%)	.75(100%)	.72(100%)	.23(100%)
	WAM	.60(100%)	.84(100%)	.81(100%)	.81(100%)	.84(100%)	.81(100%)	.73(100%)	.72(100%)	.86(100%)	.70(100%)
2016/07月	OBS1	.43(96.1%)	1.08(98.8%)	.78(99.2%)	1.08(42.1%)	.79(98.5%)	.41(14.1%)	1.00(99.7%)	*(*)	.30(95.6%)	.31(27.6%)
	SWAN	.63(100%)	1.06(100%)	1.02(100%)	.93(100%)	.85(100%)	.31(100%)	.67(100%)	.67(100%)	.77(100%)	.22(100%)
	WAM	.70(100%)	1.04(100%)	1.05(100%)	.93(100%)	1.03(100%)	1.03(100%)	.92(100%)	.71(100%)	1.08(100%)	.77(100%)

表 2.11　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料平均示性波高統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	.71(98.3%)	.95(98.7%)	.93(94.2%)	1.13(83.7%)	1.14(48.9%)	.60(41.4%)	1.10(96.2%)	*(*)	.72(94.2%)	.29(18.7%)
	SWAN	.94(100%)	1.06(100%)	.98(100%)	1.14(100%)	1.00(100%)	.31(100%)	.69(100%)	.75(100%)	.90(100%)	.18(100%)
	WAM	.97(100%)	1.13(100%)	1.04(100%)	1.32(100%)	1.37(100%)	1.33(100%)	.94(100%)	.73(100%)	1.39(100%)	1.03(100%)
2016/09月	OBS1	1.26(98.9%)	1.57(87.2%)	1.44(89.0%)	.98(99.3%)	1.05(46.3%)	*(*)	1.65(87.4%)	*(*)	.78(88.1%)	.38(74.7%)
	SWAN	1.61(100%)	1.80(100%)	1.74(100%)	1.12(100%)	1.01(100%)	.35(100%)	1.16(100%)	1.17(100%)	1.14(100%)	.22(100%)
	WAM	1.92(100%)	2.18(100%)	2.03(100%)	1.29(100%)	1.68(100%)	1.76(100%)	1.56(100%)	1.31(100%)	1.89(100%)	1.18(100%)
2016/10月	OBS1	1.55(100%)	1.53(53.6%)	1.28(89.5%)	.77(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	SWAN	1.66(100%)	1.33(100%)	1.20(100%)	.73(100%)	.66(100%)	.28(100%)	1.43(100%)	1.43(100%)	1.06(100%)	.23(100%)
	WAM	1.87(100%)	1.87(100%)	1.66(100%)	1.03(100%)	1.54(100%)	1.67(100%)	1.71(100%)	1.50(100%)	1.92(100%)	1.50(100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站波高資料
SWAN：SWAN預報波高資料
WAM：WAM預報波高資料　　單位：m

表 2.12　2016 年各商港波浪觀測及預報資料平均週期統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	7.9(98.7%)	8.7(61.0%)	8.8(99.3%)	6.5(99.2%)	6.8(85.1%)	*(*)	7.3(94.2%)	7.0(26.3%)	*(*)	9.1(97.0%)
	SWAN	7.7(100%)	8.1(100%)	7.9(100%)	4.7(100%)	4.0(100%)	2.5(100%)	6.4(100%)	6.5(100%)	5.7(100%)	1.8(100%)
	WAM	7.3(100%)	7.4(100%)	7.4(100%)	7.8(100%)	7.3(100%)	7.3(100%)	7.1(100%)	7.1(100%)	7.4(100%)	7.8(100%)
2016/01月	OBS1	8.0(99.7%)	8.8(96.2%)	8.8(98.1%)	6.3(99.9%)	6.5(98.8%)	*(*)	6.8(98.7%)	6.3(23.8%)	8.0(98.3%)	10.5(99.5%)
	SWAN	7.7(100%)	8.0(100%)	7.8(100%)	4.6(100%)	3.9(100%)	2.4(100%)	5.9(100%)	6.4(100%)	5.5(100%)	1.8(100%)
	WAM	7.4(100%)	7.7(100%)	7.7(100%)	7.5(100%)	7.1(100%)	7.0(100%)	6.7(100%)	7.0(100%)	7.1(100%)	7.6(100%)
2016/02月	OBS1	8.3(99.9%)	8.8(67.1%)	8.8(91.7%)	6.4(99.0%)	6.4(99.9%)	*(*)	6.9(99.4%)	*(*)	8.1(98.0%)	5.7(99.7%)
	SWAN	7.9(100%)	8.1(100%)	8.1(100%)	4.9(100%)	4.1(100%)	2.5(100%)	6.0(100%)	6.5(100%)	5.7(100%)	2.0(100%)
	WAM	7.5(100%)	7.6(100%)	7.6(100%)	7.7(100%)	7.1(100%)	7.0(100%)	6.6(100%)	7.1(100%)	7.2(100%)	7.6(100%)
2016/03月	OBS1	7.8(98.3%)	8.6(94.0%)	8.8(98.9%)	6.0(99.9%)	6.0(98.3%)	*(*)	6.2(99.1%)	*(*)	7.5(97.8%)	5.7(97.4%)
	SWAN	7.4(100%)	7.5(100%)	7.4(100%)	4.0(100%)	3.6(100%)	2.3(100%)	5.3(100%)	6.5(100%)	5.1(100%)	1.9(100%)
	WAM	7.2(100%)	7.2(100%)	7.2(100%)	6.1(100%)	6.3(100%)	6.2(100%)	6.0(100%)	6.7(100%)	6.3(100%)	7.0(100%)
2016/04月	OBS1	6.7(96.9%)	7.7(62.4%)	7.9(99.0%)	5.8(99.7%)	5.7(96.1%)	*(*)	5.4(99.7%)	*(*)	6.4(96.8%)	5.0(94.9%)
	SWAN	5.6(100%)	5.1(100%)	5.0(100%)	4.7(100%)	4.6(100%)	3.0(100%)	4.6(100%)	5.7(100%)	4.7(100%)	2.5(100%)
	WAM	6.4(100%)	6.1(100%)	5.9(100%)	5.9(100%)	5.8(100%)	5.7(100%)	5.5(100%)	5.9(100%)	5.8(100%)	5.7(100%)
2016/05月	OBS1	6.6(99.2%)	7.1(97.0%)	7.4(99.5%)	5.6(99.2%)	5.7(97.8%)	*(*)	5.5(97.2%)	*(*)	6.0(99.5%)	4.9(98.8%)
	SWAN	5.9(100%)	5.5(100%)	5.3(100%)	4.3(100%)	4.1(100%)	2.3(100%)	5.3(100%)	6.1(100%)	4.6(100%)	2.4(100%)
	WAM	6.4(100%)	6.2(100%)	6.1(100%)	5.7(100%)	5.8(100%)	5.8(100%)	6.0(100%)	6.4(100%)	5.9(100%)	6.2(100%)
2016/06月	OBS1	6.3(83.3%)	6.5(99.6%)	6.6(97.1%)	6.6(100%)	6.2(97.8%)	6.1(75.1%)	5.1(99.2%)	6.0(17.1%)	5.9(99.4%)	4.7(99.2%)
	SWAN	4.7(100%)	5.2(100%)	5.0(100%)	5.1(100%)	4.9(100%)	2.5(100%)	4.0(100%)	5.1(100%)	4.4(100%)	3.9(100%)
	WAM	6.2(100%)	6.3(100%)	6.2(100%)	6.2(100%)	6.2(100%)	6.2(100%)	6.1(100%)	6.1(100%)	6.2(100%)	5.8(100%)
2016/07月	OBS1	6.6(96.1%)	8.2(98.8%)	9.0(99.1%)	7.0(42.1%)	6.2(98.5%)	5.7(14.0%)	4.5(95.4%)	*(*)	5.7(95.6%)	4.7(27.6%)
	SWAN	4.2(100%)	5.4(100%)	5.5(100%)	5.6(100%)	5.4(100%)	2.7(100%)	4.0(100%)	4.6(100%)	5.1(100%)	3.3(100%)
	WAM	6.3(100%)	6.2(100%)	6.2(100%)	6.8(100%)	6.7(100%)	6.7(100%)	6.3(100%)	5.8(100%)	6.7(100%)	5.8(100%)

表 2.12　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料平均週期統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	9.1(98.3%)	9.4(98.7%)	9.8(94.2%)	8.6(83.7%)	7.9(48.9%)	7.5(41.3%)	6.3(95.2%)	*(*)	7.9(94.1%)	6.7(18.5%)
	SWAN	6.2(100%)	7.2(100%)	7.3(100%)	7.0(100%)	6.9(100%)	4.8(100%)	5.0(100%)	6.2(100%)	6.4(100%)	4.1(100%)
	WAM	7.3(100%)	7.6(100%)	7.8(100%)	8.5(100%)	8.4(100%)	8.4(100%)	8.3(100%)	8.0(100%)	8.4(100%)	8.3(100%)
2016/09月	OBS1	7.6(98.9%)	8.7(87.2%)	9.3(89.0%)	7.2(99.2%)	7.2(46.1%)	*(*)	6.7(87.2%)	*(*)	7.3(88.1%)	5.8(74.6%)
	SWAN	7.2(100%)	7.8(100%)	7.6(100%)	5.4(100%)	4.8(100%)	2.9(100%)	5.4(100%)	6.1(100%)	5.7(100%)	2.8(100%)
	WAM	8.9(100%)	9.2(100%)	9.3(100%)	7.4(100%)	7.4(100%)	7.5(100%)	7.4(100%)	7.6(100%)	7.5(100%)	7.6(100%)
2016/10月	OBS1	8.3(100%)	8.7(53.6%)	9.0(89.5%)	7.2(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	SWAN	7.4(100%)	6.2(100%)	6.0(100%)	4.9(100%)	4.4(100%)	2.5(100%)	6.6(100%)	7.6(100%)	6.3(100%)	2.4(100%)
	WAM	8.8(100%)	9.1(100%)	9.1(100%)	8.5(100%)	8.6(100%)	8.4(100%)	8.4(100%)	8.4(100%)	8.6(100%)	8.8(100%)
OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站週期資料 SWAN：SWAN 預報週期資料											

表 2.13　2016 年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高之波向及週期統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	4.4(N,10)	2.6(SE,9)	2.5(ENE,10)	1.1(W,7)	1.1(WNW,7)	*(*)	4.0(SSW,9)	3.3(E,9)	*(*)	.6(S,3)
	WAM	4.5(N,10)	3.6(N,10)	3.5(NNE,9)	2.1(NNW,9)	4.3(N,9)	4.5(N,9)	3.8(N,9)	4.3(N,9)	4.7(N,9)	2.3(ENE,9)
	SWAN	3.8(NNE,11)	3.9(NNE,11)	3.9(NE,9)	2.0(S,6)	2.2(S,7)	.7(N,3)	3.4(N,8)	3.3(NNW,8)	2.6(SSE,8)	.4(NE,2)
2016/01月	OBS1	6.4(N,12)	2.7(ENE,12)	3.5(E,11)	1.5(WNW,8)	1.2(WNW,7)	*(*)	4.8(S,10)	3.4(N,9)	1.4(E,100)	.6(ESE,3)
	WAM	5.1(NNE,10)	4.9(NNE,11)	4.8(NNE,11)	3.6(NNW,9)	5.6(N,10)	5.4(N,10)	4.5(NNE,10)	4.4(N,10)	6.1(NNE,10)	2.2(ENE,9)
	SWAN	4.4(N,10)	4.3(NNE,13)	4.9(ENE,13)	2.2(NW,7)	2.0(NNW,5)	.8(N,3)	4.0(N,9)	4.1(N,9)	3.0(NE,9)	.4(NNE,2)
2016/02月	OBS1	5.6(N,11)	2.6(ESE,8)	2.6(E,10)	1.1(W,5)	1.5(S,5)	*(*)	4.9(E,100)	*(*)	.5(SSW,7)	.8(SW,3)
	WAM	3.8(NNE,9)	3.5(NNE,10)	3.5(NNE,10)	2.1(NNW,10)	3.7(N,9)	3.9(N,9)	3.3(NNE,9)	3.3(NNE,9)	4.4(NNE,9)	2.7(ENE,10)
	SWAN	4.3(NNE,11)	4.3(NE,11)	4.6(NE,11)	1.7(NW,7)	1.6(NNW,5)	.7(N,3)	3.7(N,8)	3.3(N,9)	3.0(NE,9)	.4(NE,2)
2016/03月	OBS1	5.3(N,11)	2.5(SE,10)	2.5(E,11)	1.0(WNW,5)	.9(WNW,5)	*(*)	4.7(E,100)	*(*)	.4(S,5)	.7(SW,3)
	WAM	4.4(NNE,10)	4.1(NNE,11)	3.7(NNE,11)	1.7(NNW,9)	4.1(N,10)	4.6(N,10)	4.1(NNE,10)	3.9(NNE,10)	5.2(NNE,10)	2.5(ENE,9)
	SWAN	4.5(NNE,10)	3.8(NE,12)	3.8(NE,12)	1.5(WNW,7)	1.5(NNW,5)	.7(N,3)	3.4(N,8)	3.8(N,9)	3.0(NE,8)	.4(ENE,2)
2016/04月	OBS1	2.8(NNE,8)	1.8(NE,5)	1.6(ENE,8)	1.7(WSW,6)	1.8(SW,7)	*(*)	2.4(NNE,8)	*(*)	.9(E,100)	.6(SW,7)
	WAM	1.7(NNE,7)	1.8(SSE,6)	1.8(NNE,7)	1.4(SW,6)	1.6(N,6)	1.9(N,7)	1.8(NNE,7)	2.1(WSW,7)	2.2(NNE,7)	1.3(ENE,7)
	SWAN	3.8(NNE,9)	2.0(NE,9)	2.1(S,8)	1.5(SW,6)	1.4(SW,6)	.6(SW,3)	2.3(WSW,7)	2.6(NNE,9)	1.7(NE,7)	.4(SSW,6)
2016/05月	OBS1	4.1(N,9)	2.1(WSW,6)	1.8(ENE,9)	1.4(SW,10)	1.5(SW,9)	*(*)	3.3(NNE,9)	*(*)	1.2(E,100)	.8(SW,4)
	WAM	2.4(NNE,9)	2.4(NNE,9)	2.4(NNE,8)	1.4(NNW,9)	3.0(N,9)	3.2(N,8)	2.5(NNE,8)	2.2(N,8)	3.6(NNE,9)	1.7(ENE,9)
	SWAN	3.3(NNE,8)	2.5(NNE,8)	2.4(NE,7)	1.3(SSE,6)	1.1(S,5)	.6(N,3)	2.9(N,7)	3.0(N,8)	2.4(NE,8)	.4(SSW,5)
2016/06月	OBS1	1.3(N,8)	1.8(S,8)	1.9(SSE,7)	1.8(WSW,8)	2.4(W,17)	1.5(WSW,3)	1.6(WSW,6)	2.3(WSW,6)	.9(SSW,5)	1.0(SW,4)
	WAM	1.3(NE,7)	1.7(S,9)	1.8(S,8)	1.8(SW,7)	1.9(SW,8)	1.9(SW,7)	1.9(SSW,8)	2.2(SW,8)	2.0(SW,7)	1.4(S,8)
	SWAN	1.5(NE,6)	2.0(SSE,8)	2.3(S,7)	1.9(SSW,6)	2.2(SW,7)	.7(SSW,5)	2.5(WSW,7)	2.7(WSW,7)	2.3(SSW,6)	.5(SSW,7)
2016/07月	OBS1	1.8(E,5)	5.7(ESE,12)	6.2(SE,12)	4.0(NW,6)	2.8(SW,5)	.7(WSW,4)	3.6(NNE,9)	*(*)	.9(SSW,8)	.6(SW,4)
	WAM	3.3(ESE,14)	4.4(SE,12)	4.8(SE,12)	4.9(NNW,9)	5.7(N,10)	4.4(N,9)	3.4(NNE,9)	2.2(ENE,6)	4.7(N,9)	2.4(ENE,10)
	SWAN	7.0(NE,14)	8.9(E,14)	8.5(E,14)	5.0(W,9)	4.4(WNW,9)	.8(N,3)	2.9(N,7)	3.5(NNE,14)	3.4(NE,9)	.4(S,5)

表 2.13　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高之波向及週期統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	2.4(NNE,9)	3.2(SW,11)	2.8(SE,10)	3.6(SW,10)	3.5(SSW,9)	2.5(WSW,11)	2.3(NNE,7)	*(*)	2.4(S,8)	1.1(SW,3)
	WAM	2.9(ENE,14)	3.8(SSE,12)	4.0(SSE,12)	5.6(S,14)	5.4(S,14)	4.8(S,14)	2.0(SW,11)	1.9(NNE,9)	5.2(S,14)	5.5(SSE,15)
	SWAN	2.3(N,7)	2.6(SSE,11)	2.4(S,11)	3.7(SSW,11)	2.9(SSW,11)	.7(SW,5)	2.2(N,7)	2.1(N,6)	3.5(SSE,12)	.4(SE,8)
2016/09月	OBS1	5.0(NE,8)	8.8(E,14)	12.5(SW,7)	6.6(ENE,10)	7.9(SW,9)	*(*)	10.9(NNE,11)	*(*)	11.9(SSE,11)	2.7(NNE,5)
	WAM	9.6(ESE,15)	11.7(ESE,15)	11.4(E,15)	6.6(W,10)	8.6(NNW,12)	9.3(N,12)	8.1(NNE,11)	5.6(NE,11)	9.1(N,12)	4.5(ENE,14)
	SWAN	8.4(NE,16)	10.0(ENE,16)	9.2(ENE,16)	6.1(W,10)	5.6(W,10)	.9(W,3)	7.6(NNW,11)	5.2(NNE,9)	5.4(SSE,9)	.5(SSW,7)
2016/10月	OBS1	5.1(NE,10)	4.0(SSE,9)	3.9(SE,14)	5.6(NE,12)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	WAM	3.4(NNE,10)	4.7(SE,15)	4.9(SE,15)	4.1(S,14)	4.3(S,14)	3.9(SSW,14)	3.6(NNE,10)	3.3(NNE,10)	4.3(S,14)	5.1(S,15)
	SWAN	3.6(NNE,8)	3.6(ENE,14)	3.4(ENE,14)	4.1(SSW,14)	3.4(SSW,14)	.7(SSW,5)	3.4(N,8)	3.1(N,9)	3.2(SSE,8)	.4(SSE,7)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站波高資料
WAM：WAM預報波高資料
SWAN：SWAN預報波高資料　　單位：m(來向,s)

表 2.14　2016 年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高發生時間(日/時)統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	4.4(06/20)	2.6(10/01)	2.5(16/17)	1.1(10/10)	1.1(16/23)	*(*)	4.0(06/00)	3.3(28/16)	*(*)	.6(08/17)
	WAM	4.5(06/09)	3.6(06/12)	3.5(17/09)	2.1(10/06)	4.3(06/09)	4.5(06/08)	3.8(06/07)	4.3(06/07)	4.7(06/08)	2.3(08/00)
	SWAN	3.8(17/04)	3.9(17/04)	3.9(16/17)	2.0(10/01)	2.2(10/01)	.7(16/16)	3.4(17/10)	3.3(10/05)	2.6(10/01)	.4(31/18)
2016/01月	OBS1	6.4(23/10)	2.7(23/14)	3.5(23/08)	1.5(24/07)	1.2(23/18)	*(*)	4.8(23/08)	3.4(07/01)	1.4(29/07)	.6(31/03)
	WAM	5.1(23/15)	4.9(23/23)	4.8(23/23)	3.6(24/10)	5.6(24/07)	5.4(24/00)	4.5(23/23)	4.4(23/10)	6.1(24/00)	2.2(01/00)
	SWAN	4.4(23/05)	4.3(24/09)	4.9(24/09)	2.2(24/10)	2.0(24/05)	.8(24/04)	4.0(23/16)	4.1(23/04)	3.0(23/08)	.4(23/19)
2016/02月	OBS1	5.6(14/19)	2.6(12/06)	2.6(15/05)	1.1(29/16)	1.5(11/15)	*(*)	4.9(01/08)	*(*)	.5(11/20)	.8(25/01)
	WAM	3.8(24/01)	3.5(15/00)	3.5(15/03)	2.1(06/09)	3.7(01/14)	3.9(01/13)	3.3(24/01)	3.3(24/01)	4.4(01/13)	2.7(24/21)
	SWAN	4.3(05/20)	4.3(05/19)	4.6(05/19)	1.7(06/18)	1.6(05/18)	.7(15/02)	3.7(01/15)	3.3(14/13)	3.0(15/02)	.4(29/10)
2016/03月	OBS1	5.3(10/23)	2.5(06/19)	2.5(14/17)	1.0(27/16)	.9(10/18)	*(*)	4.7(11/04)	*(*)	.4(08/22)	.7(10/00)
	WAM	4.4(10/16)	4.1(10/18)	3.7(10/22)	1.7(10/18)	4.1(10/16)	4.6(10/16)	4.1(10/15)	3.9(10/15)	5.2(10/16)	2.5(24/05)
	SWAN	4.5(10/16)	3.8(10/18)	3.8(10/19)	1.5(10/16)	1.5(10/17)	.7(10/17)	3.4(09/16)	3.8(10/16)	3.0(10/18)	.4(09/15)
2016/04月	OBS1	2.8(18/14)	1.8(18/13)	1.6(28/23)	1.7(13/18)	1.8(13/21)	*(*)	2.4(18/18)	*(*)	.9(13/13)	.6(14/06)
	WAM	1.7(18/15)	1.8(23/17)	1.8(29/00)	1.4(13/18)	1.6(28/16)	1.9(18/22)	1.8(18/20)	2.1(13/12)	2.2(18/22)	1.3(19/02)
	SWAN	3.8(18/08)	2.0(18/08)	2.1(13/15)	1.5(13/14)	1.4(13/14)	.6(13/14)	2.3(13/14)	2.6(18/08)	1.7(18/18)	.4(13/19)
2016/05月	OBS1	4.1(16/09)	2.1(10/13)	1.8(16/21)	1.4(27/14)	1.5(28/15)	*(*)	3.3(16/17)	*(*)	1.2(10/17)	.8(29/17)
	WAM	2.4(16/18)	2.4(16/22)	2.4(16/23)	1.4(16/19)	3.0(16/18)	3.2(16/17)	2.5(16/16)	2.2(16/12)	3.6(16/18)	1.7(17/01)
	SWAN	3.3(16/08)	2.5(16/08)	2.4(16/14)	1.3(22/12)	1.1(05/13)	.6(16/13)	2.9(16/14)	3.0(16/05)	2.4(16/15)	.4(10/12)
2016/06月	OBS1	1.3(02/20)	1.8(20/09)	1.9(12/18)	1.8(11/12)	2.4(03/01)	1.5(12/12)	1.6(12/17)	2.3(01/12)	.9(12/14)	1.0(12/17)
	WAM	1.3(02/01)	1.7(13/10)	1.8(13/08)	1.8(13/00)	1.9(12/20)	1.9(12/18)	1.9(13/02)	2.2(13/09)	2.0(12/18)	1.4(12/15)
	SWAN	1.5(17/18)	2.0(12/13)	2.3(12/13)	1.9(11/02)	2.2(11/08)	.7(11/05)	2.5(12/17)	2.7(12/19)	2.3(11/02)	.5(12/16)
2016/07月	OBS1	1.8(08/13)	5.7(08/00)	6.2(08/08)	4.0(08/07)	2.8(08/19)	.7(28/20)	3.6(08/08)	*(*)	.9(12/11)	.6(09/16)
	WAM	3.3(07/22)	4.4(08/08)	4.8(08/06)	4.9(08/08)	5.7(08/10)	4.4(08/10)	3.4(08/15)	2.2(08/21)	4.7(08/10)	2.4(08/19)
	SWAN	7.0(07/16)	8.9(07/16)	8.5(07/16)	5.0(08/12)	4.4(08/09)	.8(08/09)	2.9(08/13)	3.5(07/15)	3.4(08/13)	.4(05/03)

表 2.14　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料最大示性波高發生時間(日/時)統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	2.4(28/22)	3.2(01/15)	2.8(01/15)	3.6(01/20)	3.5(01/23)	2.5(02/00)	2.3(28/15)	*(*)	2.4(15/16)	1.1(31/23)
	WAM	2.9(28/13)	3.8(01/19)	4.0(01/17)	5.6(01/20)	5.4(01/22)	4.8(02/00)	2.0(18/21)	1.9(29/10)	5.2(02/00)	5.5(02/04)
	SWAN	2.3(28/13)	2.6(02/02)	2.4(02/02)	3.7(02/03)	2.9(02/04)	.7(02/15)	2.2(28/13)	2.1(28/13)	3.5(02/01)	.4(02/00)
2016/09月	OBS1	5.0(27/09)	8.8(27/10)	12.5(14/13)	6.6(27/21)	7.9(14/17)	*(*)	10.9(27/15)	*(*)	11.9(14/18)	2.7(15/02)
	WAM	9.6(27/19)	11.7(27/18)	11.4(27/16)	6.6(28/01)	8.6(27/19)	9.3(27/20)	8.1(27/20)	5.6(27/20)	9.1(27/21)	4.5(14/23)
	SWAN	8.4(13/20)	10.0(13/20)	9.2(13/20)	6.1(27/20)	5.6(27/21)	.9(27/18)	7.6(27/16)	5.2(27/15)	5.4(14/20)	.5(28/14)
2016/10月	OBS1	5.1(09/08)	4.0(07/10)	3.9(20/14)	5.6(21/03)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	WAM	3.4(08/01)	4.7(20/15)	4.9(20/14)	4.1(21/11)	4.3(21/12)	3.9(21/16)	3.6(08/01)	3.3(08/10)	4.3(21/16)	5.1(21/16)
	SWAN	3.6(10/08)	3.6(19/23)	3.4(20/00)	4.1(21/12)	3.4(21/13)	.7(21/14)	3.4(29/16)	3.1(10/01)	3.2(21/13)	.4(21/19)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站波高資料
WAM：WAM預報波高資料
SWAN：SWAN預報波高資料　　單位：m(日/時)

表 2.15　2016 年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之示性波高偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	.19(98.7%)	.38(61.0%)	.31(99.3%)	.05(99.2%)	.17(85.1%)	*(*)	-.15(94.4%)	-.37(26.3%)	*(*)	-.05(97.0%)
	標準偏差	.48(98.7%)	.80(61.0%)	.54(99.3%)	.22(99.2%)	.27(85.1%)	*(*)	.42(94.4%)	.55(26.3%)	*(*)	.11(97.0%)
	最大偏差	-1.77(98.7%)	2.24(61.0%)	1.68(99.3%)	1.47(99.2%)	1.76(85.1%)	*(*)	-2.75(94.4%)	-1.60(26.3%)	*(*)	-.34(97.0%)
	平均比值	1.14(98.7%)	1.25(61.0%)	1.19(99.3%)	1.08(99.2%)	1.31(85.1%)	*(*)	.92(94.4%)	.83(26.3%)	*(*)	.88(97.0%)
2016/01月	平均偏差	.10(99.7%)	.35(96.2%)	.34(98.1%)	.10(99.9%)	.19(98.8%)	*(*)	-.26(98.7%)	-.20(23.8%)	1.07(98.7%)	-.05(99.5%)
	標準偏差	.48(99.7%)	.75(96.2%)	.71(98.1%)	.27(99.9%)	.31(98.8%)	*(*)	.46(98.7%)	.44(23.8%)	1.20(98.7%)	.10(99.5%)
	最大偏差	-2.43(99.7%)	2.76(96.2%)	2.18(98.1%)	1.10(99.9%)	1.21(98.8%)	*(*)	-1.46(98.7%)	-1.54(23.8%)	2.77(98.7%)	-.39(99.5%)
	平均比值	1.15(99.7%)	1.23(96.2%)	1.20(98.1%)	1.13(99.9%)	1.34(98.8%)	*(*)	.87(98.7%)	1.03(23.8%)	6.75(98.7%)	.85(99.5%)
2016/02月	平均偏差	.26(99.9%)	.61(67.1%)	.64(91.8%)	.15(99.0%)	.19(100%)	*(*)	-.22(99.7%)	*(*)	1.16(98.0%)	-.06(99.9%)
	標準偏差	.59(99.9%)	1.01(67.1%)	.95(91.8%)	.28(99.0%)	.29(100%)	*(*)	.45(99.7%)	*(*)	1.35(98.0%)	.11(99.9%)
	最大偏差	2.79(99.9%)	2.64(67.1%)	2.80(91.8%)	1.08(99.0%)	.96(100%)	*(*)	2.71(99.7%)	*(*)	2.65(98.0%)	-.63(99.9%)
	平均比值	1.31(99.9%)	1.39(67.1%)	1.39(91.8%)	1.25(99.0%)	1.34(100%)	*(*)	.91(99.7%)	*(*)	6.35(98.0%)	.85(99.9%)
2016/03月	平均偏差	.19(98.3%)	.27(94.0%)	.32(98.9%)	.05(99.9%)	.07(98.4%)	*(*)	-.27(99.6%)	*(*)	.81(98.3%)	-.06(99.6%)
	標準偏差	.55(98.3%)	.72(94.0%)	.74(98.9%)	.18(99.9%)	.22(98.4%)	*(*)	.45(99.6%)	*(*)	1.05(98.3%)	.10(99.6%)
	最大偏差	2.14(98.3%)	1.92(94.0%)	2.09(98.9%)	.92(99.9%)	.71(98.4%)	*(*)	-2.09(99.6%)	*(*)	2.67(98.3%)	-.35(99.6%)
	平均比值	1.33(98.3%)	1.20(94.0%)	1.24(98.9%)	1.09(99.9%)	1.14(98.4%)	*(*)	.83(99.6%)	*(*)	5.48(98.3%)	.79(99.6%)
2016/04月	平均偏差	.04(96.9%)	-.15(62.4%)	.01(99.0%)	.20(99.7%)	.14(96.1%)	*(*)	-.21(99.7%)	*(*)	.45(96.9%)	-.05(97.1%)
	標準偏差	.30(96.9%)	.37(62.4%)	.34(99.0%)	.33(99.7%)	.27(96.1%)	*(*)	.34(99.7%)	*(*)	.54(96.9%)	.09(97.1%)
	最大偏差	2.24(96.9%)	-.85(62.4%)	1.29(99.0%)	.95(99.7%)	.79(96.1%)	*(*)	1.41(99.7%)	*(*)	1.53(96.9%)	-.38(97.1%)
	平均比值	1.07(96.9%)	.87(62.4%)	1.00(99.0%)	1.55(99.7%)	1.38(96.1%)	*(*)	.80(99.7%)	*(*)	3.67(96.9%)	.82(97.1%)
2016/05月	平均偏差	.15(99.2%)	-.07(97.0%)	.06(99.6%)	.08(99.2%)	-.02(98.1%)	*(*)	-.21(98.8%)	*(*)	.42(99.9%)	-.07(99.3%)
	標準偏差	.36(99.2%)	.32(97.0%)	.33(99.6%)	.23(99.2%)	.19(98.1%)	*(*)	.36(98.8%)	*(*)	.52(99.9%)	.11(99.3%)
	最大偏差	1.91(99.2%)	1.22(97.0%)	1.27(99.6%)	.94(99.2%)	.54(98.1%)	*(*)	1.59(98.8%)	*(*)	2.16(99.9%)	-.40(99.3%)
	平均比值	1.28(99.2%)	.94(97.0%)	1.12(99.6%)	1.32(99.2%)	1.06(98.1%)	*(*)	.82(98.8%)	*(*)	3.35(99.9%)	.77(99.3%)

表 2.15　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之示性波高偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/06月	平均偏差	.07(83.3%)	-.01(99.6%)	.10(97.1%)	.14(100%)	.03(98.5%)	-.14(75.1%)	-.14(99.7%)	.00(17.1%)	.43(99.4%)	-.16(99.4%)
	標準偏差	.20(83.3%)	.35(99.6%)	.36(97.1%)	.27(100%)	.22(98.5%)	.19(75.1%)	.27(99.7%)	.37(17.1%)	.50(99.4%)	.19(99.4%)
	最大偏差	1.03(83.3%)	1.02(99.6%)	1.35(97.1%)	1.12(100%)	-1.62(98.5%)	-.90(75.1%)	.94(99.7%)	-.97(17.1%)	1.75(99.4%)	-.58(99.4%)
	平均比值	1.24(83.3%)	1.06(99.6%)	1.25(97.1%)	1.34(100%)	1.08(98.5%)	.74(75.1%)	.82(99.7%)	1.02(17.1%)	2.65(99.4%)	.62(99.4%)
2016/07月	平均偏差	.19(96.1%)	-.01(98.8%)	.24(99.2%)	.23(42.1%)	.06(98.5%)	-.17(14.1%)	-.33(99.7%)	*(*)	.49(95.6%)	-.10(27.6%)
	標準偏差	.70(96.1%)	.58(98.8%)	.73(99.2%)	.47(42.1%)	.32(98.5%)	.19(14.1%)	.42(99.7%)	*(*)	.68(95.6%)	.13(27.6%)
	最大偏差	6.00(96.1%)	4.46(98.8%)	5.53(99.2%)	2.70(42.1%)	1.82(98.5%)	-.51(14.1%)	-1.57(99.7%)	*(*)	3.19(95.6%)	-.33(27.6%)
	平均比值	1.30(96.1%)	.97(98.8%)	1.39(99.2%)	1.27(42.1%)	1.18(98.5%)	.59(14.1%)	.65(99.7%)	*(*)	2.98(95.6%)	.70(27.6%)
2016/08月	平均偏差	.23(98.3%)	.11(98.7%)	.07(94.2%)	.06(83.7%)	.06(48.9%)	-.29(41.4%)	-.41(96.2%)	*(*)	.13(94.2%)	-.13(18.7%)
	標準偏差	.37(98.3%)	.46(98.7%)	.41(94.2%)	.42(83.7%)	.27(48.9%)	.41(41.4%)	.46(96.2%)	*(*)	.29(94.2%)	.16(18.7%)
	最大偏差	1.28(98.3%)	-1.81(98.7%)	-1.69(94.2%)	-1.47(83.7%)	-1.35(48.9%)	-1.93(41.4%)	-1.09(96.2%)	*(*)	1.22(94.2%)	-.85(18.7%)
	平均比值	1.39(98.3%)	1.19(98.7%)	1.15(94.2%)	1.15(83.7%)	1.11(48.9%)	.57(41.4%)	.63(96.2%)	*(*)	1.27(94.2%)	.56(18.7%)
2016/09月	平均偏差	.36(98.9%)	.20(87.2%)	.34(89.0%)	.13(99.3%)	-.07(46.3%)	*(*)	-.47(87.4%)	*(*)	.27(88.1%)	-.18(74.7%)
	標準偏差	1.18(98.9%)	1.19(87.2%)	1.20(89.0%)	.41(99.3%)	.49(46.3%)	*(*)	.65(87.4%)	*(*)	.71(88.1%)	.26(74.7%)
	最大偏差	7.33(98.9%)	-5.39(87.2%)	-8.50(89.0%)	1.82(99.3%)	-4.52(46.3%)	*(*)	-4.01(87.4%)	*(*)	-7.89(88.1%)	-2.23(74.7%)
	平均比值	1.41(98.9%)	1.25(87.2%)	1.38(89.0%)	1.12(99.3%)	1.01(46.3%)	*(*)	.71(87.4%)	*(*)	1.54(88.1%)	.60(74.7%)
2016/10月	平均偏差	.11(100%)	-.43(53.6%)	-.13(89.5%)	-.03(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	標準偏差	.81(100%)	.64(53.6%)	.58(89.5%)	.42(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	最大偏差	-3.65(100%)	-2.24(53.6%)	-2.04(89.5%)	-3.12(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	平均比值	1.26(100%)	.73(53.6%)	.95(89.5%)	1.00(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
註：偏差＝預報值—觀測值，比值＝預報值÷觀測值，單位：m											

表 2.16　2016 年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均波向偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	24.4(98.7%)	47.7(61.0%)	38.2(98.9%)	44.3(99.2%)	45.8(85.1%)	*(*)	168.3(93.8%)	35.1(26.3%)	161.3(.3%)	146.1(96.9%)
	標準偏差	27.0(98.7%)	51.5(61.0%)	40.0(98.9%)	48.9(99.2%)	51.7(85.1%)	*(*)	168.4(93.8%)	41.3(26.3%)	161.9(.3%)	150.0(96.9%)
	最大偏差	60.9(98.7%)	121.3(61.0%)	69.0(98.9%)	148.4(99.2%)	132.6(85.1%)	*(*)	179.9(93.8%)	134.6(26.3%)	175.3(.3%)	179.9(96.9%)
2016/01月	平均偏差	23.3(99.7%)	43.7(95.8%)	33.4(97.8%)	48.7(99.9%)	48.7(98.8%)	*(*)	171.5(98.5%)	33.6(23.8%)	159.1(98.3%)	142.7(99.5%)
	標準偏差	26.4(99.7%)	48.8(95.8%)	36.4(97.8%)	54.9(99.9%)	56.4(98.8%)	*(*)	171.6(98.5%)	41.4(23.8%)	160.6(98.3%)	147.5(99.5%)
	最大偏差	65.6(99.7%)	133.4(95.8%)	79.1(97.8%)	162.6(99.9%)	173.2(98.8%)	*(*)	180.0(98.5%)	141.3(23.8%)	180.0(98.3%)	179.9(99.5%)
2016/02月	平均偏差	25.0(99.7%)	30.5(67.1%)	35.1(91.1%)	47.0(99.1%)	41.0(99.9%)	*(*)	15.4(99.4%)	*(*)	145.1(98.0%)	141.6(99.6%)
	標準偏差	28.7(99.7%)	35.5(67.1%)	37.7(91.1%)	54.0(99.1%)	47.6(99.9%)	*(*)	31.3(99.4%)	*(*)	151.5(98.0%)	148.3(99.6%)
	最大偏差	95.6(99.7%)	101.3(67.1%)	87.1(91.1%)	176.6(99.1%)	156.9(99.9%)	*(*)	179.8(99.4%)	*(*)	179.9(98.0%)	179.9(99.6%)
2016/03月	平均偏差	20.9(98.3%)	32.1(93.5%)	33.9(98.7%)	52.7(99.9%)	42.8(98.4%)	*(*)	18.8(98.9%)	*(*)	142.1(98.3%)	128.2(98.7%)
	標準偏差	26.4(98.3%)	36.7(93.5%)	36.6(98.7%)	60.7(99.9%)	55.8(98.4%)	*(*)	33.8(98.9%)	*(*)	148.9(98.3%)	137.9(98.7%)
	最大偏差	148.8(98.3%)	120.0(93.5%)	69.7(98.7%)	169.9(99.9%)	178.8(98.4%)	*(*)	177.4(98.9%)	*(*)	180.0(98.3%)	180.0(98.7%)
2016/04月	平均偏差	26.9(96.9%)	35.3(62.4%)	37.6(98.8%)	36.0(99.7%)	25.8(96.1%)	*(*)	42.8(99.7%)	*(*)	73.9(96.8%)	98.2(94.6%)
	標準偏差	34.6(96.9%)	43.8(62.4%)	41.2(98.8%)	45.9(99.7%)	33.2(96.1%)	*(*)	61.4(99.7%)	*(*)	97.7(96.8%)	115.3(94.6%)
	最大偏差	148.1(96.9%)	128.1(62.4%)	78.1(98.8%)	171.1(99.7%)	134.3(96.1%)	*(*)	177.7(99.7%)	*(*)	179.7(96.8%)	179.7(94.6%)
2016/05月	平均偏差	27.2(99.2%)	35.8(96.9%)	33.6(99.3%)	45.8(99.2%)	23.0(97.8%)	*(*)	33.4(97.0%)	*(*)	75.4(99.5%)	97.0(98.7%)
	標準偏差	34.9(99.2%)	43.9(96.9%)	37.8(99.3%)	58.2(99.2%)	30.4(97.8%)	*(*)	45.6(97.0%)	*(*)	98.4(99.5%)	112.7(98.7%)
	最大偏差	130.5(99.2%)	160.3(96.9%)	96.4(99.3%)	152.8(99.2%)	135.6(97.8%)	*(*)	153.3(97.0%)	*(*)	180.0(99.5%)	179.9(98.7%)
2016/06月	平均偏差	34.3(83.3%)	41.7(99.4%)	37.0(97.1%)	30.5(100%)	17.2(97.8%)	56.3(75.1%)	61.0(99.2%)	40.2(17.1%)	23.4(99.3%)	50.1(99.2%)
	標準偏差	43.8(83.3%)	49.3(99.4%)	41.4(97.1%)	39.0(100%)	25.7(97.8%)	63.3(75.1%)	71.3(99.2%)	55.0(17.1%)	30.6(99.3%)	61.2(99.2%)
	最大偏差	175.4(83.3%)	177.1(99.4%)	131.6(97.1%)	168.0(100%)	164.2(97.8%)	177.7(75.1%)	178.3(99.2%)	143.9(17.1%)	140.0(99.3%)	179.9(99.2%)
2016/07月	平均偏差	45.7(96.1%)	43.0(98.7%)	38.0(99.1%)	23.7(42.1%)	19.6(98.5%)	24.7(14.0%)	53.5(95.3%)	*(*)	42.0(95.6%)	83.8(27.6%)
	標準偏差	57.1(96.1%)	51.0(98.7%)	41.3(99.1%)	33.7(42.1%)	30.6(98.5%)	36.0(14.0%)	61.1(95.3%)	*(*)	63.7(95.6%)	99.6(27.6%)
	最大偏差	177.2(96.1%)	164.2(98.7%)	143.7(99.1%)	154.5(42.1%)	171.9(98.5%)	116.7(14.0%)	174.0(95.3%)	*(*)	179.9(95.6%)	179.3(27.6%)

表 2.16　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均波向偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	29.9(98.0%)	34.6(98.4%)	28.2(94.1%)	143.8(83.7%)	14.1(48.9%)	22.6(41.3%)	38.9(95.0%)	*(*)	41.5(94.1%)	82.5(18.5%)
	標準偏差	38.3(98.0%)	43.1(98.4%)	32.7(94.1%)	151.2(83.7%)	18.5(48.9%)	34.4(41.3%)	49.7(95.0%)	*(*)	62.0(94.1%)	101.4(18.5%)
	最大偏差	153.7(98.0%)	147.4(98.4%)	90.6(94.1%)	179.9(83.7%)	76.1(48.9%)	178.7(41.3%)	170.1(95.0%)	*(*)	176.6(94.1%)	179.1(18.5%)
2016/09月	平均偏差	28.9(98.9%)	35.1(87.1%)	30.3(88.9%)	155.4(99.2%)	15.5(46.1%)	*(*)	34.0(86.9%)	*(*)	54.5(88.1%)	100.7(74.6%)
	標準偏差	35.7(98.9%)	47.8(87.1%)	36.9(88.9%)	157.1(99.2%)	24.4(46.1%)	*(*)	52.3(86.9%)	*(*)	68.2(88.1%)	118.2(74.6%)
	最大偏差	142.5(98.9%)	178.5(87.1%)	162.7(88.9%)	180.0(99.2%)	116.0(46.1%)	*(*)	179.1(86.9%)	*(*)	174.1(88.1%)	179.9(74.6%)
2016/10月	平均偏差	21.7(100%)	37.5(53.6%)	30.7(89.4%)	139.3(98.5%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	標準偏差	28.6(100%)	44.6(53.6%)	36.3(89.4%)	141.3(98.5%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	最大偏差	113.4(100%)	149.9(53.6%)	133.7(89.4%)	179.9(98.5%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位為度，偏差大小範圍為 0-180 度。											

表 2.17　2016 年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均週期偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	-.2(98.7%)	-.7(61.0%)	-.9(99.3%)	-1.9(99.2%)	-2.8(85.1%)	*(*)	-.9(94.2%)	-1.1(26.3%)	*(*)	-7.2(97.0%)
	標準偏差	1.3(98.7%)	1.6(61.0%)	1.6(99.3%)	2.7(99.2%)	3.3(85.1%)	*(*)	1.3(94.2%)	1.5(26.3%)	*(*)	8.0(97.0%)
	最大偏差	3.8(98.7%)	-7.3(61.0%)	-5.5(99.3%)	-8.0(99.2%)	-7.1(85.1%)	*(*)	-3.4(94.2%)	-3.8(26.3%)	*(*)	-11.1(97.0%)
	平均比值	1.0(98.7%)	.9(61.0%)	.9(99.3%)	.8(99.2%)	.6(85.1%)	*(*)	.9(94.2%)	.9(26.3%)	*(*)	.3(97.0%)
2016/01月	平均偏差	-.3(99.7%)	-.8(96.2%)	-1.0(98.1%)	-1.7(99.9%)	-2.6(98.8%)	*(*)	-.9(98.7%)	-.5(23.8%)	-2.5(98.3%)	-8.7(99.5%)
	標準偏差	1.7(99.7%)	2.0(96.2%)	2.1(98.1%)	2.7(99.9%)	3.1(98.8%)	*(*)	1.5(98.7%)	1.6(23.8%)	3.4(98.3%)	9.0(99.5%)
	最大偏差	-5.6(99.7%)	-7.0(96.2%)	-7.8(98.1%)	-8.2(99.9%)	-8.5(98.8%)	*(*)	3.8(98.7%)	4.0(23.8%)	-9.3(98.3%)	-11.4(99.5%)
	平均比值	1.0(99.7%)	.9(96.2%)	.9(98.1%)	.8(99.9%)	.6(98.8%)	*(*)	.9(98.7%)	1.0(23.8%)	.8(98.3%)	.2(99.5%)
2016/02月	平均偏差	-.4(99.9%)	-.7(67.1%)	-.6(91.7%)	-1.5(99.0%)	-2.3(99.9%)	*(*)	-.9(99.4%)	*(*)	-2.4(98.0%)	-3.7(99.7%)
	標準偏差	1.3(99.9%)	1.4(67.1%)	1.3(91.7%)	2.6(99.0%)	2.7(99.9%)	*(*)	1.6(99.4%)	*(*)	3.3(98.0%)	4.7(99.7%)
	最大偏差	-5.0(99.9%)	-4.6(67.1%)	-4.2(91.7%)	-7.0(99.0%)	-5.9(99.9%)	*(*)	5.9(99.4%)	*(*)	6.9(98.0%)	-9.9(99.7%)
	平均比值	1.0(99.9%)	.9(67.1%)	.9(91.7%)	.8(99.0%)	.7(99.9%)	*(*)	.9(99.4%)	*(*)	.9(98.0%)	.5(99.7%)
2016/03月	平均偏差	-.3(98.3%)	-1.1(94.0%)	-1.3(98.9%)	-2.0(99.9%)	-2.3(98.3%)	*(*)	-.9(99.1%)	*(*)	-2.4(97.8%)	-3.8(97.4%)
	標準偏差	1.4(98.3%)	1.8(94.0%)	2.1(98.9%)	2.9(99.9%)	2.9(98.3%)	*(*)	1.7(99.1%)	*(*)	3.1(97.8%)	4.6(97.4%)
	最大偏差	-4.3(98.3%)	-6.0(94.0%)	-7.9(98.9%)	-7.5(99.9%)	-6.6(98.3%)	*(*)	5.6(99.1%)	*(*)	-7.6(97.8%)	-10.4(97.4%)
	平均比值	1.0(98.3%)	.9(94.0%)	.9(98.9%)	.7(99.9%)	.6(98.3%)	*(*)	.9(99.1%)	*(*)	.8(97.8%)	.4(97.4%)
2016/04月	平均偏差	-1.0(96.9%)	-2.3(62.4%)	-3.0(99.0%)	-1.0(99.7%)	-1.0(96.1%)	*(*)	-.8(99.7%)	*(*)	-1.6(96.8%)	-2.5(94.9%)
	標準偏差	2.1(96.9%)	2.9(62.4%)	3.5(99.0%)	2.0(99.7%)	2.1(96.1%)	*(*)	1.9(99.7%)	*(*)	2.8(96.8%)	3.3(94.9%)
	最大偏差	-7.1(96.9%)	-7.1(62.4%)	-7.8(99.0%)	-6.6(99.7%)	-5.6(96.1%)	*(*)	-24.6(99.7%)	*(*)	-7.4(96.8%)	-7.4(94.9%)
	平均比值	.9(96.9%)	.7(62.4%)	.6(99.0%)	.8(99.7%)	.9(96.1%)	*(*)	.9(99.7%)	*(*)	.8(96.8%)	.6(94.9%)
2016/05月	平均偏差	-.7(99.2%)	-1.6(97.0%)	-2.1(99.5%)	-1.3(99.2%)	-1.6(97.8%)	*(*)	-.2(97.2%)	*(*)	-1.4(99.5%)	-2.5(98.8%)
	標準偏差	1.8(99.2%)	2.5(97.0%)	2.9(99.5%)	2.0(99.2%)	2.1(97.8%)	*(*)	2.1(97.2%)	*(*)	2.6(99.5%)	3.3(98.8%)
	最大偏差	5.4(99.2%)	-6.0(97.0%)	-20.9(99.5%)	-5.5(99.2%)	-5.2(97.8%)	*(*)	-32.6(97.2%)	*(*)	6.8(99.5%)	-10.2(98.8%)
	平均比值	.9(99.2%)	.8(97.0%)	.7(99.5%)	.8(99.2%)	.8(97.8%)	*(*)	1.0(97.2%)	*(*)	.9(99.5%)	.6(98.8%)

表 2.17　(續)2016 年各商港波浪觀測及預報資料近域風浪之平均週期偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/06月	平均偏差	-1.7(83.3%)	-1.3(99.6%)	-1.7(97.1%)	-1.5(100%)	-1.3(97.8%)	-3.6(75.1%)	-1.1(99.2%)	.1(17.1%)	-1.5(99.4%)	-.9(99.2%)
	標準偏差	2.6(83.3%)	2.2(99.6%)	2.5(97.1%)	2.1(100%)	1.8(97.8%)	3.9(75.1%)	1.8(99.2%)	1.1(17.1%)	2.1(99.4%)	1.9(99.2%)
	最大偏差	-9.3(83.3%)	-7.0(99.6%)	-17.1(97.1%)	-7.2(100%)	-11.9(97.8%)	-7.7(75.1%)	-5.2(99.2%)	3.1(17.1%)	-5.3(99.4%)	-5.2(99.2%)
	平均比值	.8(83.3%)	.8(99.6%)	.8(97.1%)	.8(100%)	.8(97.8%)	.4(75.1%)	.8(99.2%)	1.0(17.1%)	.8(99.4%)	.9(99.2%)
2016/07月	平均偏差	-2.5(96.1%)	-2.8(98.8%)	-3.5(99.1%)	-1.0(42.1%)	-.8(98.5%)	-2.7(14.0%)	-.5(95.4%)	*(*)	-.6(95.6%)	-2.0(27.6%)
	標準偏差	3.7(96.1%)	4.2(98.8%)	4.5(99.1%)	1.8(42.1%)	1.6(98.5%)	3.3(14.0%)	1.5(95.4%)	*(*)	2.2(95.6%)	2.9(27.6%)
	最大偏差	-10.1(96.1%)	-10.6(98.8%)	-10.1(99.1%)	-10.5(42.1%)	4.5(98.5%)	-6.3(14.0%)	-6.0(95.4%)	*(*)	-7.1(95.6%)	-9.9(27.6%)
	平均比值	.7(96.1%)	.7(98.8%)	.6(99.1%)	.9(42.1%)	.9(98.5%)	.6(14.0%)	1.0(95.4%)	*(*)	1.1(95.6%)	.7(27.6%)
2016/08月	平均偏差	-2.8(98.3%)	-2.2(98.7%)	-2.4(94.2%)	-1.4(83.7%)	-.8(48.9%)	-2.8(41.3%)	-1.3(95.2%)	*(*)	-1.5(94.1%)	-4.3(18.5%)
	標準偏差	4.5(98.3%)	3.7(98.7%)	3.6(94.2%)	2.5(83.7%)	1.7(48.9%)	4.1(41.3%)	2.9(95.2%)	*(*)	2.4(94.1%)	4.7(18.5%)
	最大偏差	-13.1(98.3%)	-9.5(98.7%)	-9.7(94.2%)	-5.6(83.7%)	-5.2(48.9%)	-8.8(41.3%)	-8.3(95.2%)	*(*)	-6.5(94.1%)	-7.3(18.5%)
	平均比值	.7(98.3%)	.8(98.7%)	.8(94.2%)	.8(83.7%)	.9(48.9%)	.7(41.3%)	.9(95.2%)	*(*)	.8(94.1%)	.4(18.5%)
2016/09月	平均偏差	-.4(98.9%)	-.6(87.2%)	-1.3(89.0%)	-1.8(99.2%)	-1.3(46.1%)	*(*)	-1.1(87.2%)	*(*)	-1.7(88.1%)	-3.0(74.6%)
	標準偏差	3.4(98.9%)	2.5(87.2%)	2.8(89.0%)	2.6(99.2%)	2.1(46.1%)	*(*)	2.0(87.2%)	*(*)	2.4(88.1%)	3.9(74.6%)
	最大偏差	9.5(98.9%)	-10.4(87.2%)	-9.2(89.0%)	-16.3(99.2%)	6.5(46.1%)	*(*)	6.1(87.2%)	*(*)	-7.5(88.1%)	-13.1(74.6%)
	平均比值	1.0(98.9%)	1.0(87.2%)	.9(89.0%)	.8(99.2%)	.8(46.1%)	*(*)	.9(87.2%)	*(*)	.8(88.1%)	.5(74.6%)
2016/10月	平均偏差	-.9(100%)	-3.3(53.6%)	-3.1(89.5%)	-2.3(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	標準偏差	2.7(100%)	4.1(53.6%)	3.8(89.5%)	3.3(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	最大偏差	8.6(100%)	-9.4(53.6%)	-9.5(89.5%)	-13.5(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	平均比值	.9(100%)	.6(53.6%)	.7(89.5%)	.7(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
註：偏差＝預報值—觀測值，比值＝預報值÷觀測值，單位：s											

表 2.18　2016 年各商港水位觀測及預報資料平均水位統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	.00(98.7%)	.00(61.0%)	.00(99.3%)	.00(99.2%)	.00(85.1%)	*(*)	.00(94.4%)	.00(26.3%)	*(*)	.00(97.0%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(68.3%)	.00(72.2%)	.00(100%)	.00(75.5%)	.00(12.8%)	.00(66.8%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/01月	OBS1	.00(99.7%)	.00(96.2%)	.00(98.1%)	.00(99.9%)	.00(92.6%)	*(*)	.00(98.7%)	.00(23.8%)	.00(98.7%)	.00(99.5%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(28.1%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(88.6%)	.00(62.9%)	.00(95.3%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/02月	OBS1	.00(99.9%)	.00(67.1%)	.00(91.8%)	.00(99.4%)	.00(100%)	*(*)	.00(99.7%)	*(*)	.00(98.0%)	.00(99.9%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(19.4%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(36.6%)	.00(100%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/03月	OBS1	.00(98.3%)	.00(94.0%)	.00(98.9%)	.00(99.9%)	.00(98.4%)	*(*)	.00(99.6%)	*(*)	.00(49.7%)	.00(49.7%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(92.2%)	.00(100%)	.00(54.6%)	.00(99.6%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(78.9%)	.00(99.6%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/04月	OBS1	.00(96.9%)	.00(62.4%)	.00(99.0%)	.00(99.7%)	.00(96.1%)	*(*)	.00(99.7%)	*(*)	.00(96.9%)	.00(97.1%)
	OBS2	.00(63.6%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(98.3%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/05月	OBS1	.00(99.2%)	.00(97.0%)	.00(99.6%)	.00(99.2%)	.00(98.1%)	*(*)	.00(98.8%)	*(*)	.00(99.9%)	.00(99.3%)
	OBS2	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(100%)	.00(92.5%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.10(96.4%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/06月	OBS1	.00(83.3%)	.00(99.6%)	.00(97.1%)	.00(100%)	.00(98.5%)	.00(75.1%)	.00(99.7%)	.00(17.1%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(39.3%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/07月	OBS1	.00(96.1%)	.00(98.8%)	.00(99.2%)	.00(42.1%)	.00(98.5%)	.00(14.1%)	.00(99.9%)	*(*)	.00(95.6%)	.00(27.6%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(88.6%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)

表 2.18　(續)2016 年各商港水位觀測及預報資料平均水位統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	.00(98.3%)	.00(98.7%)	.00(94.2%)	.00(83.7%)	.00(99.2%)	.00(41.4%)	.00(96.6%)	*(*)	.00(94.2%)	.00(18.7%)
	OBS2	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(91.8%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/09月	OBS1	.00(98.9%)	.00(87.2%)	.00(89.0%)	.00(99.3%)	.00(46.3%)	*(*)	.00(87.4%)	*(*)	.00(88.1%)	.00(74.7%)
	OBS2	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.4%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(99.6%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)	.28(88.9%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)
2016/10月	OBS1	.00(100%)	.00(53.6%)	.00(89.5%)	.00(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	OBS2	.00(98.3%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.2%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.41(91.7%)
	MED	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站潮位資料
OBS2：港灣技術研究中心觀測2站潮位資料
MED：中尺度水動力模式預報潮位資料　　單位：m

表 2.19　2016 年各商港水位觀測及預報資料最大水位(日/時)統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	.52(25/10)	.90(25/18)	.84(25/18)	.58(13/20)	.55(26/21)	*(*)	2.37(24/22)	1.64(27/12)	*(*)	2.66(28/14)
	OBS2	.56(25/10)	.89(25/18)	1.01(14/20)	.61(13/20)	.57(12/21)	1.06(15/00)	2.55(24/22)	1.65(27/12)	.00(27/12)	2.73(25/12)
	MED	.55(25/10)	.85(24/17)	.88(24/17)	.72(25/19)	.74(24/19)	1.13(24/22)	2.39(24/22)	1.48(24/10)	1.21(24/22)	2.94(25/13)
2016/01月	OBS1	.53(22/09)	.93(12/19)	.95(24/18)	.69(25/20)	.62(25/21)	*(*)	2.45(12/00)	1.13(08/09)	1.23(23/22)	2.87(12/14)
	OBS2	.56(12/11)	.89(12/19)	1.18(12/20)	.63(11/21)	.51(09/20)	1.14(10/23)	2.56(12/00)	1.67(11/12)	2.11(15/02)	2.90(12/14)
	MED	.50(23/10)	.86(11/19)	.90(11/19)	.71(11/20)	.74(22/19)	1.05(13/00)	2.31(12/00)	1.42(11/12)	1.17(22/22)	2.92(13/15)
2016/02月	OBS1	.55(14/13)	.88(10/19)	.88(09/19)	3.19(18/16)	.58(08/20)	*(*)	2.54(11/00)	*(*)	1.16(08/23)	2.69(14/16)
	OBS2	.63(14/14)	.94(10/19)	1.06(11/20)	.59(08/19)	.51(08/20)	1.12(11/00)	2.62(11/00)	1.70(10/12)	1.23(14/15)	2.88(14/16)
	MED	.46(09/10)	.85(09/19)	.87(10/19)	.66(10/21)	.70(09/21)	1.15(11/00)	2.53(12/01)	1.50(11/13)	1.24(12/01)	2.99(11/15)
2016/03月	OBS1	.61(09/10)	.89(09/19)	1.02(10/19)	.51(07/18)	.53(09/21)	*(*)	2.85(09/23)	*(*)	1.37(12/01)	3.26(10/00)
	OBS2	.66(09/10)	.94(09/19)	1.12(22/18)	.55(08/19)	.50(07/20)	1.18(11/00)	2.79(09/11)	2.00(09/23)	1.52(09/23)	3.47(10/00)
	MED	.50(09/10)	.87(08/18)	.90(08/18)	.67(08/19)	.69(08/20)	1.17(09/23)	2.54(10/00)	1.43(09/11)	1.25(09/23)	3.17(10/01)
2016/04月	OBS1	.44(04/07)	.73(24/07)	.79(09/07)	.44(10/09)	.46(10/10)	*(*)	2.59(09/00)	*(*)	1.16(09/12)	3.12(09/01)
	OBS2	2.08(28/02)	.81(10/08)	1.09(23/19)	.46(13/11)	.60(13/14)	1.04(13/14)	2.69(09/00)	1.76(09/00)	1.17(10/01)	3.20(09/01)
	MED	.43(07/21)	.77(10/08)	.81(10/08)	.53(10/09)	.55(10/10)	1.11(06/22)	2.60(09/00)	1.50(07/23)	1.22(10/01)	3.14(09/02)
2016/05月	OBS1	.50(07/22)	.88(08/07)	.79(08/07)	.59(08/08)	.59(08/09)	*(*)	2.56(07/11)	*(*)	1.21(08/00)	3.07(08/01)
	OBS2	.56(11/02)	.94(08/07)	1.28(26/08)	.52(09/09)	.60(09/10)	1.05(09/12)	2.55(08/00)	1.67(07/23)	1.18(08/12)	3.29(08/01)
	MED	.46(11/01)	.80(07/06)	.84(07/06)	.61(10/09)	.63(10/10)	1.04(06/23)	2.56(06/23)	1.50(06/23)	1.21(06/23)	3.09(07/01)
2016/06月	OBS1	.50(06/23)	.94(06/06)	.85(23/07)	.60(06/08)	.59(06/09)	1.04(05/10)	2.41(05/23)	1.66(04/22)	1.18(06/11)	2.95(06/01)
	OBS2	.48(05/23)	.92(06/06)	.86(05/06)	.59(06/08)	.59(06/09)	1.04(06/11)	2.53(05/23)	2.37(02/09)	1.16(06/11)	2.75(03/23)
	MED	.45(04/21)	.84(06/06)	.88(06/06)	.69(06/08)	.70(07/09)	1.06(06/11)	2.41(05/11)	1.44(07/00)	1.16(05/11)	3.08(07/02)
2016/07月	OBS1	.45(04/23)	.92(05/06)	.84(06/07)	.63(05/08)	.65(31/06)	.88(31/08)	2.35(06/00)	*(*)	5.39(31/08)	2.83(07/02)
	OBS2	.50(31/21)	.86(05/06)	2.35(08/07)	.71(08/10)	.61(08/12)	1.01(07/12)	2.35(06/00)	1.59(06/00)	1.29(08/13)	3.00(07/02)
	MED	.42(04/22)	.80(05/06)	.84(05/06)	.78(08/10)	.78(08/11)	1.10(08/13)	2.34(06/00)	1.43(04/23)	1.19(09/02)	3.03(06/02)

表 2.19　(續)2016 年各商港水位觀測及預報資料最大水位(日/時)統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	OBS1	.51(28/19)	.86(19/06)	.81(19/06)	.65(30/06)	.67(02/08)	1.08(02/10)	2.49(20/12)	*(*)	1.20(21/13)	2.38(30/23)
	OBS2	.50(28/20)	.85(19/06)	.81(19/06)	.59(02/06)	.64(02/08)	1.02(02/10)	2.63(30/10)	1.62(22/01)	1.18(21/13)	2.86(22/03)
	MED	.42(02/22)	.81(20/07)	.85(20/07)	.72(01/06)	.73(01/06)	1.13(01/09)	2.47(21/13)	1.36(20/00)	1.17(21/13)	2.97(02/00)
2016/09月	OBS1	.62(17/22)	.85(18/07)	.87(18/19)	.67(15/05)	.67(14/20)	*(*)	2.73(18/12)	*(*)	3.03(21/01)	3.13(20/14)
	OBS2	.57(17/22)	1.28(27/16)	2.26(27/06)	.63(15/06)	1.09(27/19)	1.40(27/21)	3.05(03/12)	1.94(17/23)	1.83(14/21)	3.46(18/01)
	MED	.49(18/09)	.86(17/06)	.91(17/06)	.60(27/04)	.67(15/07)	1.30(27/20)	2.57(18/12)	1.47(18/00)	1.22(27/21)	3.07(19/14)
2016/10月	OBS1	.56(23/17)	.73(15/05)	.77(18/20)	.53(20/23)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	OBS2	.73(23/17)	.82(18/19)	2.32(19/19)	.60(20/23)	.62(21/00)	1.22(19/00)	2.93(17/11)	1.81(17/11)	1.32(16/23)	3.43(17/13)
	MED	.46(23/16)	.78(17/19)	.82(18/19)	.63(20/22)	.67(20/23)	1.08(18/12)	2.55(17/12)	1.50(18/12)	1.20(17/12)	3.14(18/14)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站潮位資料
OBS2：港灣技術研究中心觀測 2 站潮位資料
MED：中尺度水動力模式預報潮位資料　　單位：m(日/時)

表 2.20　2016 年各商港水位觀測(測站 1)及預報資料水位偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	.00(98.4%)	.00(60.9%)	.00(99.2%)	.00(99.2%)	.00(84.9%)	*(*)	.00(94.4%)	-.05(26.3%)	*(*)	.01(97.0%)
	標準偏差	.08(98.4%)	.08(60.9%)	.08(99.2%)	.09(99.2%)	.09(84.9%)	*(*)	.98(94.4%)	.18(26.3%)	*(*)	.63(97.0%)
	最大偏差	.24(98.4%)	-.25(60.9%)	.22(99.2%)	.33(99.2%)	-.29(84.9%)	*(*)	25.14(94.4%)	-.47(26.3%)	*(*)	-1.57(97.0%)
2016/01月	平均偏差	.00(99.6%)	.00(96.1%)	.00(98.1%)	.00(99.7%)	.00(90.9%)	*(*)	.00(98.7%)	.01(23.8%)	.00(98.7%)	.01(99.5%)
	標準偏差	.09(99.6%)	.10(96.1%)	.09(98.1%)	.09(99.7%)	.10(90.9%)	*(*)	.22(98.7%)	.16(23.8%)	.11(98.7%)	.61(99.5%)
	最大偏差	-.28(99.6%)	-.28(96.1%)	.27(98.1%)	-.29(99.7%)	-.39(90.9%)	*(*)	.53(98.7%)	-.36(23.8%)	-.42(98.7%)	-1.81(99.5%)
2016/02月	平均偏差	.00(99.9%)	.02(67.1%)	.00(91.8%)	.00(99.3%)	.00(99.9%)	*(*)	.00(99.7%)	*(*)	.00(97.7%)	.00(99.9%)
	標準偏差	.10(99.9%)	.07(67.1%)	.07(91.8%)	1.69(99.3%)	.08(99.9%)	*(*)	.20(99.7%)	*(*)	.11(97.7%)	.62(99.9%)
	最大偏差	-.31(99.9%)	.19(67.1%)	-.21(91.8%)	-2.97(99.3%)	-.24(99.9%)	*(*)	-.62(99.7%)	*(*)	-.32(97.7%)	-1.70(99.9%)
2016/03月	平均偏差	.00(98.3%)	.00(94.0%)	.00(98.9%)	.00(99.7%)	.00(98.0%)	*(*)	-.01(99.5%)	*(*)	.01(49.7%)	.00(49.7%)
	標準偏差	.09(98.3%)	.08(94.0%)	.10(98.9%)	.07(99.7%)	.08(98.0%)	*(*)	.19(99.5%)	*(*)	.10(49.7%)	.64(49.7%)
	最大偏差	-.30(98.3%)	-.21(94.0%)	.26(98.9%)	.23(99.7%)	.30(98.0%)	*(*)	.52(99.5%)	*(*)	-.33(49.7%)	-1.82(49.7%)
2016/04月	平均偏差	.00(96.7%)	-.01(62.2%)	.00(98.9%)	.00(99.4%)	.00(95.8%)	*(*)	.00(99.4%)	*(*)	.00(96.9%)	-.02(97.1%)
	標準偏差	.07(96.7%)	.07(62.2%)	.09(98.9%)	.07(99.4%)	.08(95.8%)	*(*)	.17(99.4%)	*(*)	.10(96.9%)	.53(97.1%)
	最大偏差	-.26(96.7%)	-.21(62.2%)	-.28(98.9%)	-.20(99.4%)	-.29(95.8%)	*(*)	-.47(99.4%)	*(*)	-.30(96.9%)	-1.19(97.1%)
2016/05月	平均偏差	.00(99.2%)	.01(96.2%)	.00(99.6%)	.00(97.8%)	.00(97.6%)	*(*)	-.01(98.8%)	*(*)	.00(99.7%)	.00(99.3%)
	標準偏差	.07(99.2%)	.07(96.2%)	.09(99.6%)	.11(97.8%)	.09(97.6%)	*(*)	.15(98.8%)	*(*)	.10(99.7%)	.51(99.3%)
	最大偏差	-.20(99.2%)	.22(96.2%)	.28(99.6%)	.27(97.8%)	-.24(97.6%)	*(*)	-.44(98.8%)	*(*)	-.31(99.7%)	1.13(99.3%)
2016/06月	平均偏差	.00(83.3%)	.00(99.6%)	.00(96.9%)	.00(99.7%)	.00(98.1%)	.01(75.1%)	.00(99.7%)	-.14(17.1%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)
	標準偏差	.06(83.3%)	.07(99.6%)	.18(96.9%)	.09(99.7%)	.08(98.1%)	.12(75.1%)	.13(99.7%)	.18(17.1%)	.09(99.4%)	.48(99.4%)
	最大偏差	.22(83.3%)	.22(99.6%)	.35(96.9%)	-.29(99.7%)	-.26(98.1%)	-.30(75.1%)	-.36(99.7%)	-.50(17.1%)	.23(99.4%)	-1.23(99.4%)
2016/07月	平均偏差	.00(96.0%)	.00(98.7%)	.00(99.2%)	.02(41.8%)	.00(98.0%)	.01(14.0%)	.00(99.9%)	*(*)	.00(95.6%)	.04(27.6%)
	標準偏差	.07(96.0%)	.11(98.7%)	.09(99.2%)	.09(41.8%)	.17(98.0%)	.13(14.0%)	.12(99.9%)	*(*)	.92(95.6%)	.59(27.6%)
	最大偏差	.21(96.0%)	.42(98.7%)	.31(99.2%)	.30(41.8%)	.65(98.0%)	.24(14.0%)	.43(99.9%)	*(*)	-4.84(95.6%)	-1.14(27.6%)

表 2.20　(續)2016 年各商港水位觀測(測站 1)及預報資料水位偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	.00(98.3%)	.00(98.0%)	.00(93.4%)	.00(83.5%)	.00(98.8%)	-.01(41.4%)	.03(96.6%)	*(*)	.00(94.2%)	-.08(18.7%)
	標準偏差	.08(98.3%)	.08(98.0%)	.07(93.4%)	.09(83.5%)	.09(98.8%)	.11(41.4%)	.14(96.6%)	*(*)	.10(94.2%)	.42(18.7%)
	最大偏差	-.27(98.3%)	-.29(98.0%)	-.25(93.4%)	-.25(83.5%)	-.32(98.8%)	-.35(41.4%)	.37(96.6%)	*(*)	-.35(94.2%)	1.19(18.7%)
2016/09月	平均偏差	.00(98.2%)	-.01(87.2%)	.00(89.0%)	.00(99.3%)	.00(46.8%)	*(*)	.00(87.2%)	*(*)	-.01(88.1%)	.00(74.7%)
	標準偏差	.34(98.2%)	.10(87.2%)	.08(89.0%)	.13(99.3%)	.08(46.8%)	*(*)	.18(87.2%)	*(*)	1.69(88.1%)	.58(74.7%)
	最大偏差	1.19(98.2%)	.30(87.2%)	.31(89.0%)	.50(99.3%)	.61(46.8%)	*(*)	-.51(87.2%)	*(*)	-2.10(88.1%)	-1.51(74.7%)
2016/10月	平均偏差	.00(100%)	.01(53.6%)	.00(89.4%)	.00(98.5%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	標準偏差	.09(100%)	.08(53.6%)	.09(89.4%)	.09(98.5%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	最大偏差	.34(100%)	.33(53.6%)	-.33(89.4%)	-.28(98.5%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位：m											

表 2.21　2016 年各商港水位觀測(測站 2)及預報資料水位偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	.00(98.1%)	.00(99.7%)	.00(99.6%)	.00(97.4%)	.02(68.1%)	-.01(72.2%)	.00(100%)	.00(75.5%)	*(*)	.00(66.8%)
	標準偏差	.08(98.1%)	.06(99.7%)	.17(99.6%)	.08(97.4%)	.09(68.1%)	.12(72.2%)	.31(100%)	.24(75.5%)	*(*)	.75(66.8%)
	最大偏差	-.24(98.1%)	-.16(99.7%)	-.50(99.6%)	.21(97.4%)	.25(68.1%)	-.36(72.2%)	.90(100%)	3.39(75.5%)	*(*)	7.22(66.8%)
2016/01月	平均偏差	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(97.7%)	.06(28.1%)	.00(100%)	.00(100%)	-.01(88.6%)	-.01(62.9%)	.01(95.3%)
	標準偏差	.09(99.9%)	.06(99.9%)	.22(99.9%)	.08(97.7%)	.10(28.1%)	.10(100%)	.18(100%)	.20(88.6%)	1.10(62.9%)	.57(95.3%)
	最大偏差	-.28(99.9%)	.20(99.9%)	.77(99.9%)	.22(97.7%)	.23(28.1%)	.48(100%)	.52(100%)	-.51(88.6%)	2.23(62.9%)	-1.77(95.3%)
2016/02月	平均偏差	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(99.9%)	.06(19.4%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.6%)	-.04(36.6%)	.00(100%)
	標準偏差	.09(100%)	.05(100%)	.19(99.7%)	.07(99.9%)	.10(19.4%)	.11(100%)	.16(100%)	.19(99.6%)	.10(36.6%)	.56(100%)
	最大偏差	-.36(100%)	-.15(100%)	.69(99.7%)	-.21(99.9%)	.27(19.4%)	.39(100%)	-.56(100%)	-.60(99.6%)	-.36(36.6%)	-1.60(100%)
2016/03月	平均偏差	.00(100%)	.00(100%)	.00(92.2%)	.00(99.9%)	.02(53.5%)	.00(99.6%)	.00(99.9%)	.00(99.6%)	.00(78.8%)	.00(99.6%)
	標準偏差	.10(100%)	.05(100%)	.34(92.2%)	.06(99.9%)	.10(53.5%)	.10(99.6%)	.17(99.9%)	.21(99.6%)	.11(78.8%)	.55(99.6%)
	最大偏差	-.33(100%)	-.18(100%)	.78(92.2%)	.20(99.9%)	.34(53.5%)	.43(99.6%)	.54(99.9%)	-.70(99.6%)	.37(78.8%)	-1.85(99.6%)
2016/04月	平均偏差	.00(63.3%)	.00(99.9%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.01(98.3%)
	標準偏差	2.18(63.3%)	.06(99.9%)	.31(99.7%)	.07(99.7%)	.09(99.9%)	.12(100%)	.14(100%)	.16(100%)	.11(100%)	.48(98.3%)
	最大偏差	3.12(63.3%)	-.17(99.9%)	.76(99.7%)	.20(99.7%)	-.31(99.9%)	.69(100%)	-.44(100%)	.50(100%)	-.35(100%)	1.21(98.3%)
2016/05月	平均偏差	.00(98.7%)	.00(100%)	.00(98.9%)	.00(99.7%)	-.01(92.2%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	-.10(96.4%)
	標準偏差	.07(98.7%)	.11(100%)	.49(98.9%)	.10(99.7%)	.09(92.2%)	.13(100%)	.11(100%)	.15(99.9%)	.11(99.9%)	.46(96.4%)
	最大偏差	-.55(98.7%)	.33(100%)	.90(98.9%)	.31(99.7%)	-.27(92.2%)	1.36(100%)	-.30(100%)	.34(99.9%)	-.32(99.9%)	-1.08(96.4%)
2016/06月	平均偏差	.00(98.8%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(39.3%)
	標準偏差	.07(98.8%)	.05(100%)	.05(99.6%)	.09(99.7%)	.08(100%)	.12(100%)	.13(100%)	.14(100%)	.11(100%)	.46(39.3%)
	最大偏差	.22(98.8%)	-.17(100%)	-.15(99.6%)	-.25(99.7%)	-.26(100%)	-.33(100%)	-.39(100%)	-1.34(100%)	-.31(100%)	-1.14(39.3%)
2016/07月	平均偏差	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.7%)	.00(99.6%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(100%)	.01(88.6%)
	標準偏差	.08(99.9%)	.07(99.9%)	.14(99.9%)	.08(99.7%)	.08(99.6%)	.13(99.9%)	.11(100%)	.15(99.6%)	.12(100%)	.41(88.6%)
	最大偏差	.24(99.9%)	.28(99.9%)	-1.83(99.9%)	-.25(99.7%)	-.26(99.6%)	-.31(99.9%)	.31(100%)	.37(99.6%)	-.30(100%)	-1.15(88.6%)

表 2.21　(續)2016 年各商港水位觀測(測站 2)及預報資料水位偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	.00(99.9%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(99.5%)	-.01(91.8%)
	標準偏差	.08(99.9%)	.06(99.7%)	.06(99.7%)	.09(99.7%)	.09(99.7%)	.12(100%)	.16(100%)	.18(99.6%)	.12(99.5%)	.45(91.8%)
	最大偏差	-.24(99.9%)	-.22(99.7%)	-.23(99.7%)	-.25(99.7%)	-.30(99.7%)	-.36(100%)	-1.12(100%)	.37(99.6%)	-.38(99.5%)	-1.10(91.8%)
2016/09月	平均偏差	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.4%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)	-.26(88.9%)
	標準偏差	.10(99.9%)	.09(100%)	.34(99.4%)	.07(100%)	.10(100%)	.11(99.7%)	.61(99.4%)	.19(99.4%)	.13(99.4%)	.56(88.9%)
	最大偏差	.30(99.9%)	-.71(100%)	-2.43(99.4%)	.24(100%)	-.72(100%)	-.54(99.7%)	1.04(99.4%)	-.49(99.4%)	-.81(99.4%)	-1.74(88.9%)
2016/10月	平均偏差	.00(98.3%)	.00(99.9%)	.00(99.5%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.2%)	.00(99.7%)	.00(100%)	-.40(91.7%)
	標準偏差	.14(98.3%)	.07(99.9%)	.14(99.5%)	.08(99.9%)	.07(99.9%)	.10(100%)	.23(99.2%)	.22(99.7%)	.11(100%)	.70(91.7%)
	最大偏差	-.38(98.3%)	.33(99.9%)	-1.88(99.5%)	-.27(99.9%)	-.27(99.9%)	.46(100%)	-.84(99.2%)	.50(99.7%)	.41(100%)	-1.69(91.7%)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位：m											

表 2.22　2016 年各商港海流觀測及預報資料平均流速統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	29.9(98.7%)	15.7(60.9%)	16.8(99.3%)	14.4(99.2%)	18.7(85.1%)	*(*)	41.7(94.4%)	54.0(26.3%)	*(*)	47.1(97.0%)
	MED	38.4(100%)	17.3(100%)	1.1(100%)	7.0(100%)	22.9(100%)	40.0(100%)	15.5(100%)	43.5(100%)	33.9(100%)	40.1(100%)
2016/01月	OBS1	29.1(99.7%)	14.2(96.2%)	14.8(98.1%)	14.7(99.9%)	16.4(98.8%)	*(*)	40.8(98.7%)	36.0(23.8%)	30.8(98.7%)	46.0(99.5%)
	MED	37.6(100%)	16.8(100%)	1.0(100%)	7.4(100%)	22.7(100%)	39.7(100%)	14.7(100%)	43.1(100%)	33.7(100%)	39.8(100%)
2016/02月	OBS1	29.2(99.9%)	14.9(67.1%)	13.3(91.8%)	15.4(99.4%)	17.8(99.9%)	*(*)	46.5(99.7%)	*(*)	29.4(98.0%)	46.5(99.9%)
	MED	39.3(100%)	16.8(100%)	1.1(100%)	7.3(100%)	22.9(100%)	40.1(100%)	17.3(100%)	43.8(100%)	34.0(100%)	40.0(100%)
2016/03月	OBS1	26.5(98.3%)	16.4(94.0%)	14.4(98.9%)	16.4(99.9%)	14.6(98.4%)	*(*)	37.8(99.6%)	*(*)	26.3(98.3%)	44.8(99.6%)
	MED	37.9(100%)	16.5(100%)	.9(100%)	6.9(100%)	22.8(100%)	39.5(100%)	11.2(100%)	43.4(100%)	34.1(100%)	39.5(100%)
2016/04月	OBS1	25.3(96.9%)	16.3(62.4%)	19.0(99.0%)	20.0(99.7%)	15.5(96.1%)	*(*)	20.3(99.7%)	*(*)	18.3(96.9%)	40.0(97.1%)
	MED	38.0(100%)	16.0(100%)	.9(100%)	7.1(100%)	23.2(100%)	40.1(100%)	5.6(100%)	44.1(100%)	35.3(100%)	40.0(100%)
2016/05月	OBS1	22.3(99.1%)	16.0(97.0%)	21.3(99.6%)	20.8(99.2%)	17.7(98.1%)	*(*)	18.3(98.8%)	*(*)	16.3(99.9%)	46.6(99.3%)
	MED	38.1(100%)	16.4(100%)	1.0(100%)	7.3(100%)	23.4(100%)	40.4(100%)	5.8(100%)	44.3(100%)	35.5(100%)	40.0(100%)
2016/06月	OBS1	17.5(83.3%)	14.4(99.3%)	23.6(97.1%)	14.9(100%)	22.3(98.5%)	38.6(75.1%)	24.1(99.7%)	35.0(17.1%)	13.4(99.4%)	46.2(99.4%)
	MED	38.0(100%)	17.1(100%)	1.1(100%)	7.6(100%)	23.5(100%)	40.5(100%)	7.5(100%)	44.5(100%)	35.8(100%)	40.3(100%)
2016/07月	OBS1	28.4(96.1%)	16.8(98.8%)	26.1(99.2%)	17.7(42.1%)	32.3(98.5%)	36.2(14.1%)	26.1(99.9%)	*(*)	17.3(95.6%)	52.2(27.6%)
	MED	38.1(100%)	18.1(100%)	1.0(100%)	7.6(100%)	23.5(100%)	40.3(100%)	7.2(100%)	44.2(100%)	35.6(100%)	40.0(100%)
2016/08月	OBS1	24.0(98.1%)	16.0(98.7%)	26.8(94.2%)	16.8(83.6%)	34.5(99.2%)	38.1(41.4%)	18.6(96.6%)	*(*)	24.9(94.2%)	43.5(18.7%)
	MED	38.3(100%)	16.4(100%)	.9(100%)	8.3(100%)	23.5(100%)	40.4(100%)	6.2(100%)	44.4(100%)	35.5(100%)	40.0(100%)
2016/09月	OBS1	26.3(98.9%)	17.4(87.2%)	32.3(89.0%)	22.9(99.3%)	33.3(46.3%)	*(*)	25.8(87.4%)	.0(3.3%)	24.5(88.1%)	48.6(74.7%)
	MED	39.2(100%)	20.4(100%)	1.2(100%)	9.3(100%)	24.0(100%)	40.6(100%)	9.6(100%)	44.5(100%)	35.2(100%)	39.9(100%)
2016/10月	OBS1	33.4(100%)	19.0(53.6%)	24.8(89.5%)	24.5(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	MED	39.0(100%)	18.9(100%)	.9(100%)	8.1(100%)	23.2(100%)	40.1(100%)	10.0(100%)	44.2(100%)	34.8(100%)	39.9(100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站流速資料

MED：中尺度水動力模式預報流速資料　　單位：cm/s

表 2.23　2016 年各商港海流觀測及預報資料最大流速之流向統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	101.0(ENE)	71.0(NE)	73.0(WSW)	47.0(ESE)	42.0(S)	*(*)	139.0(NW)	107.0(ENE)	*(*)	132.0(SW)
	MED	91.4(NW)	46.3(N)	4.4(SW)	23.8(NNW)	45.5(SE)	82.1(SSW)	52.0(SSW)	97.2(NE)	69.1(NE)	72.0(SSW)
2016/01月	OBS1	105.0(ENE)	53.0(NNE)	71.0(ENE)	50.0(SE)	43.3(SSE)	*(*)	157.0(WSW)	89.0(ENE)	59.0(SSW)	129.0(SW)
	MED	94.9(NW)	50.1(S)	5.7(SW)	29.4(SSE)	51.4(SE)	90.4(SSW)	55.0(SSW)	93.1(NE)	67.8(NE)	70.9(SSW)
2016/02月	OBS1	102.0(ENE)	50.0(NNE)	61.0(NE)	60.0(ENE)	44.3(S)	*(*)	130.0(WSW)	*(*)	60.0(SSW)	144.0(SW)
	MED	93.0(NW)	56.1(N)	4.1(SW)	28.7(NNW)	46.6(SE)	80.5(SSW)	45.5(SSW)	100.0(NE)	73.6(NE)	73.7(SSW)
2016/03月	OBS1	118.0(ENE)	65.0(N)	79.0(SW)	59.0(ESE)	42.4(S)	*(*)	123.0(WSW)	*(*)	58.7(SSW)	143.3(SW)
	MED	101.4(NW)	43.5(N)	2.7(SW)	21.8(NNW)	48.7(SSE)	88.4(SSW)	39.3(SSW)	98.4(NE)	73.5(NE)	74.7(SSW)
2016/04月	OBS1	96.0(ENE)	59.0(NNE)	75.0(ENE)	69.0(E)	45.9(N)	*(*)	62.0(NNE)	*(*)	59.0(SSW)	151.0(SW)
	MED	93.0(NW)	43.5(N)	2.9(SW)	24.4(NNW)	48.3(SSE)	83.0(SSW)	16.8(NNE)	100.6(NE)	75.5(NE)	74.7(SSW)
2016/05月	OBS1	87.0(NE)	70.0(NNE)	75.0(SSW)	65.0(WSW)	52.5(SSE)	*(*)	75.0(SW)	*(*)	61.0(SSW)	142.0(SW)
	MED	92.4(NW)	44.4(S)	2.9(SSW)	23.7(NNW)	48.8(NNW)	81.6(SSW)	18.7(NNE)	101.3(NE)	75.9(NE)	74.1(SSW)
2016/06月	OBS1	71.0(S)	55.0(NNE)	82.0(ENE)	92.0(WSW)	66.4(NW)	97.0(N)	60.0(NNE)	101.0(ENE)	47.0(N)	133.0(SW)
	MED	91.2(NW)	42.0(S)	3.7(SSW)	24.5(NNW)	46.5(NNW)	79.5(SSW)	26.2(NNE)	102.5(NE)	73.9(NE)	72.9(SSW)
2016/07月	OBS1	89.0(ENE)	95.0(N)	211.0(NE)	63.0(S)	107.5(SSE)	91.0(NNE)	68.0(NNW)	*(*)	69.0(SSE)	127.0(SW)
	MED	96.6(NW)	65.0(N)	3.5(SW)	43.8(SSE)	57.4(SSE)	89.6(SSW)	23.5(NNE)	101.4(NE)	71.9(NE)	73.1(SSW)
2016/08月	OBS1	80.0(ENE)	69.0(N)	84.0(SW)	68.0(SE)	110.6(NNW)	115.0(NNE)	65.0(WSW)	*(*)	60.0(SE)	123.0(SW)
	MED	89.1(NW)	57.3(N)	3.1(SSW)	34.7(NNW)	49.5(NNW)	80.1(SSW)	22.0(SSW)	97.7(NE)	73.3(NE)	72.3(SSW)
2016/09月	OBS1	115.0(ENE)	67.0(N)	114.0(ESE)	84.0(S)	180.8(NW)	*(*)	191.0(WSW)	.0(WSW)	70.0(ESE)	154.0(SW)
	MED	109.5(WNW)	92.2(N)	9.0(SW)	57.1(NW)	66.3(SSE)	87.2(N)	57.4(SSW)	96.8(NE)	75.2(NE)	73.9(SSW)
2016/10月	OBS1	90.0(ENE)	70.0(NNE)	69.0(SSW)	65.0(SSE)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	MED	99.2(NW)	63.5(N)	2.6(NNE)	37.2(NNW)	50.8(NNW)	81.4(SSW)	32.2(SSW)	97.2(NE)	74.6(NE)	73.5(SSW)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站流速資料

MED：中尺度水動力模式預報流速資料　　單位：cm/s(去向)

表 2.24　2016 年各商港海流觀測及預報資料最大流速發生時間(日/時)統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	OBS1	101.0(28/13)	71.0(14/17)	73.0(15/19)	47.0(24/15)	42.0(28/02)	*(*)	139.0(23/13)	107.0(25/00)	*(*)	132.0(27/03)
	MED	91.4(26/08)	46.3(09/07)	4.4(16/17)	23.8(10/06)	45.5(27/14)	82.1(28/02)	52.0(17/15)	97.2(27/02)	69.1(24/06)	72.0(27/04)
2016/01月	OBS1	105.0(13/13)	53.0(11/04)	71.0(27/06)	50.0(18/13)	43.3(25/01)	*(*)	157.0(23/11)	89.0(08/00)	59.0(04/10)	129.0(28/05)
	MED	94.9(24/08)	50.1(23/14)	5.7(23/13)	29.4(24/13)	51.4(24/13)	90.4(24/00)	55.0(24/12)	93.1(12/03)	67.8(11/08)	70.9(25/04)
2016/02月	OBS1	102.0(25/14)	50.0(11/07)	61.0(10/05)	60.0(13/16)	44.3(21/01)	*(*)	130.0(15/03)	*(*)	60.0(06/20)	144.0(10/16)
	MED	93.0(10/09)	56.1(22/07)	4.1(06/11)	28.7(11/09)	46.6(10/14)	80.5(10/02)	45.5(06/10)	100.0(11/03)	73.6(10/21)	73.7(11/05)
2016/03月	OBS1	118.0(11/00)	65.0(23/16)	79.0(23/20)	59.0(31/16)	42.4(10/14)	*(*)	123.0(10/23)	*(*)	58.7(07/11)	143.3(09/14)
	MED	101.4(11/09)	43.5(16/01)	2.7(11/02)	21.8(08/19)	48.7(11/02)	88.4(11/02)	39.3(11/01)	98.4(09/01)	73.5(08/19)	74.7(10/04)
2016/04月	OBS1	96.0(12/02)	59.0(22/18)	75.0(30/02)	69.0(22/11)	45.9(10/10)	*(*)	62.0(03/16)	*(*)	59.0(05/10)	151.0(08/15)
	MED	93.0(09/21)	43.5(20/19)	2.9(29/05)	24.4(21/07)	48.3(09/02)	83.0(09/14)	16.8(13/19)	100.6(08/14)	75.5(08/20)	74.7(08/16)
2016/05月	OBS1	87.0(11/02)	70.0(24/03)	75.0(28/02)	65.0(16/01)	52.5(25/15)	*(*)	75.0(16/20)	*(*)	61.0(24/08)	142.0(08/15)
	MED	92.4(07/20)	44.4(11/05)	2.9(11/04)	23.7(09/09)	48.8(08/20)	81.6(07/13)	18.7(10/19)	101.3(07/14)	75.9(06/19)	74.1(08/16)
2016/06月	OBS1	71.0(02/12)	55.0(24/18)	82.0(08/04)	92.0(19/18)	66.4(28/13)	97.0(13/00)	60.0(13/12)	101.0(03/12)	47.0(03/19)	133.0(05/02)
	MED	91.2(05/20)	42.0(05/02)	3.7(07/02)	24.5(28/13)	46.5(06/20)	79.5(05/13)	26.2(12/19)	102.5(06/14)	73.9(04/19)	72.9(06/16)
2016/07月	OBS1	89.0(23/02)	95.0(09/04)	211.0(08/13)	63.0(08/08)	107.5(08/15)	91.0(28/00)	68.0(12/18)	*(*)	69.0(31/15)	127.0(06/16)
	MED	96.6(08/23)	65.0(09/11)	3.5(08/03)	43.8(08/15)	57.4(08/15)	89.6(08/15)	23.5(09/18)	101.4(05/14)	71.9(05/20)	73.1(05/16)
2016/08月	OBS1	80.0(03/12)	69.0(02/02)	84.0(07/13)	68.0(26/12)	110.6(01/19)	115.0(11/12)	65.0(21/12)	*(*)	60.0(21/08)	123.0(31/14)
	MED	89.1(20/21)	57.3(01/19)	3.1(28/22)	34.7(02/06)	49.5(02/19)	80.1(20/14)	22.0(29/22)	97.7(02/13)	73.3(20/21)	72.3(04/16)
2016/09月	OBS1	115.0(19/00)	67.0(15/17)	114.0(14/17)	84.0(14/17)	180.8(14/17)	*(*)	191.0(27/15)	.0(27/15)	70.0(15/06)	154.0(18/03)
	MED	109.5(28/06)	92.2(28/17)	9.0(27/12)	57.1(14/18)	66.3(27/21)	87.2(14/17)	57.4(27/16)	96.8(28/11)	75.2(18/08)	73.9(18/16)
2016/10月	OBS1	90.0(18/12)	70.0(07/00)	69.0(23/20)	65.0(27/14)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	MED	99.2(18/09)	63.5(21/11)	2.6(21/09)	37.2(21/10)	50.8(21/10)	81.4(17/01)	32.2(30/11)	97.2(18/02)	74.6(17/08)	73.5(18/04)

OBS1：港灣技術研究中心觀測1站流速資料

MED：中尺度水動力模式預報流速資料　　單位：cm/s(日/時)

表 2.25　2016 年各商港海流觀測及預報資料流速偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	8.6(98.7%)	2.8(60.6%)	-15.6(98.1%)	-7.5(98.5%)	4.6(85.1%)	*(*)	-25.9(94.4%)	-5.2(26.3%)	*(*)	-7.2(97.0%)
	標準偏差	34.8(98.7%)	15.0(60.6%)	19.0(98.1%)	11.9(98.5%)	11.8(85.1%)	*(*)	31.7(94.4%)	26.8(26.3%)	*(*)	26.8(97.0%)
	最大偏差	-87.6(98.7%)	39.7(60.6%)	-70.5(98.1%)	-45.0(98.5%)	34.2(85.1%)	*(*)	-130.2(94.4%)	-78.0(26.3%)	*(*)	-85.2(97.0%)
	平均比值	2.5(98.7%)	2.0(60.6%)	.1(98.1%)	.8(98.5%)	1.5(85.1%)	*(*)	.5(94.4%)	1.1(26.3%)	*(*)	1.2(97.0%)
2016/01月	平均偏差	8.5(99.5%)	2.7(96.2%)	-13.8(96.9%)	-7.3(99.7%)	6.3(98.8%)	*(*)	-26.0(98.7%)	-3.1(23.8%)	2.9(98.5%)	-6.3(99.5%)
	標準偏差	33.9(99.5%)	14.1(96.2%)	17.8(96.9%)	12.6(99.7%)	15.0(98.8%)	*(*)	33.3(98.7%)	17.0(23.8%)	21.9(98.5%)	26.6(99.5%)
	最大偏差	-89.7(99.5%)	-47.5(96.2%)	-69.9(96.9%)	-48.1(99.7%)	38.2(98.8%)	*(*)	-118.5(98.7%)	-42.0(23.8%)	55.3(98.5%)	-86.0(99.5%)
	平均比值	2.5(99.5%)	2.0(96.2%)	.1(96.9%)	.7(99.7%)	2.6(98.8%)	*(*)	.4(98.7%)	1.2(23.8%)	1.7(98.5%)	1.4(99.5%)
2016/02月	平均偏差	10.1(99.9%)	1.8(67.1%)	-12.2(91.2%)	-8.1(99.4%)	5.1(99.9%)	*(*)	-29.2(99.7%)	*(*)	4.6(98.0%)	-6.4(99.9%)
	標準偏差	35.3(99.9%)	14.1(67.1%)	16.0(91.2%)	13.5(99.4%)	15.7(99.9%)	*(*)	35.7(99.7%)	*(*)	22.8(98.0%)	28.3(99.9%)
	最大偏差	-82.8(99.9%)	-41.6(67.1%)	-59.7(91.2%)	-54.8(99.4%)	42.4(99.9%)	*(*)	-94.3(99.7%)	*(*)	70.4(98.0%)	-78.7(99.9%)
	平均比值	2.5(99.9%)	1.9(67.1%)	.2(91.2%)	.7(99.4%)	3.0(99.9%)	*(*)	.4(99.7%)	*(*)	2.1(98.0%)	1.5(99.9%)
2016/03月	平均偏差	11.2(98.1%)	.1(93.5%)	-13.5(97.7%)	-9.6(99.9%)	8.2(98.4%)	*(*)	-26.7(99.5%)	*(*)	7.7(98.3%)	-5.3(99.6%)
	標準偏差	33.7(98.1%)	13.1(93.5%)	17.7(97.7%)	15.4(99.9%)	16.2(98.4%)	*(*)	33.6(99.5%)	*(*)	24.0(98.3%)	26.7(99.6%)
	最大偏差	-111.3(98.1%)	-50.4(93.5%)	-77.9(97.7%)	-57.6(99.9%)	40.7(98.4%)	*(*)	-99.9(99.5%)	*(*)	68.1(98.3%)	-86.5(99.6%)
	平均比值	2.9(98.1%)	1.6(93.5%)	.1(97.7%)	.7(99.9%)	2.7(98.4%)	*(*)	.4(99.5%)	*(*)	2.9(98.3%)	1.4(99.6%)
2016/04月	平均偏差	12.9(96.9%)	-1.5(62.4%)	-18.0(98.2%)	-12.9(99.6%)	7.7(96.1%)	*(*)	-14.8(99.6%)	*(*)	16.8(96.3%)	.0(97.1%)
	標準偏差	33.4(96.9%)	13.2(62.4%)	22.4(98.2%)	19.3(99.6%)	14.4(96.1%)	*(*)	18.8(99.6%)	*(*)	27.2(96.3%)	26.3(97.1%)
	最大偏差	83.9(96.9%)	-49.6(62.4%)	-69.0(98.2%)	-65.1(99.6%)	43.8(96.1%)	*(*)	-60.9(99.6%)	*(*)	71.3(96.3%)	-79.1(97.1%)
	平均比值	2.9(96.9%)	1.5(62.4%)	.1(98.2%)	.7(99.6%)	2.2(96.1%)	*(*)	.4(99.6%)	*(*)	4.2(96.3%)	1.8(97.1%)
2016/05月	平均偏差	15.9(98.8%)	.4(96.9%)	-20.4(99.3%)	-13.5(99.1%)	5.7(98.1%)	*(*)	-12.5(98.5%)	*(*)	19.1(99.6%)	-6.5(99.3%)
	標準偏差	32.7(98.8%)	12.9(96.9%)	25.5(99.3%)	19.9(99.1%)	12.8(98.1%)	*(*)	17.3(98.5%)	*(*)	28.6(99.6%)	28.8(99.3%)
	最大偏差	-84.7(98.8%)	-49.5(96.9%)	-74.1(99.3%)	-57.7(99.1%)	38.4(98.1%)	*(*)	-63.0(98.5%)	*(*)	73.3(99.6%)	-80.4(99.3%)
	平均比值	3.1(98.8%)	1.7(96.9%)	.1(99.3%)	.7(99.1%)	1.7(98.1%)	*(*)	.5(98.5%)	*(*)	5.1(99.6%)	1.4(99.3%)

表 2.25　(續)2016 年各商港海流觀測及預報資料流速偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/06月	平均偏差	19.5(83.2%)	2.6(99.3%)	-22.5(96.3%)	-7.4(99.7%)	1.2(98.5%)	1.9(75.1%)	-16.6(99.7%)	16.5(17.1%)	22.3(98.3%)	-5.9(99.4%)
	標準偏差	31.0(83.2%)	12.7(99.3%)	27.5(96.3%)	13.6(99.7%)	13.8(98.5%)	28.4(75.1%)	19.8(99.7%)	32.1(17.1%)	29.5(98.3%)	28.4(99.4%)
	最大偏差	78.3(83.2%)	-48.4(99.3%)	-78.7(96.3%)	-80.2(99.7%)	-43.0(98.5%)	-72.0(75.1%)	-46.8(99.7%)	72.7(17.1%)	68.8(98.3%)	-79.5(99.4%)
	平均比值	3.5(83.2%)	1.9(99.3%)	.1(96.3%)	.9(99.7%)	1.7(98.5%)	1.6(75.1%)	.4(99.7%)	2.0(17.1%)	5.3(98.3%)	1.4(99.4%)
2016/07月	平均偏差	9.4(96.1%)	1.2(98.8%)	-25.1(98.7%)	-8.9(41.9%)	-8.9(98.5%)	3.2(14.0%)	-18.9(99.7%)	*(*)	18.5(95.6%)	-7.5(27.6%)
	標準偏差	31.2(96.1%)	15.2(98.8%)	31.8(98.7%)	15.9(41.9%)	17.0(98.5%)	28.3(14.0%)	22.3(99.7%)	*(*)	26.9(95.6%)	32.4(27.6%)
	最大偏差	84.6(96.1%)	-77.6(98.8%)	-210.5(98.7%)	-50.6(41.9%)	-59.8(98.5%)	57.3(14.0%)	-62.8(99.7%)	*(*)	69.9(95.6%)	-81.6(27.6%)
	平均比值	2.4(96.1%)	1.8(98.8%)	.1(98.7%)	.9(41.9%)	.9(98.5%)	1.6(14.0%)	.4(99.7%)	*(*)	3.9(95.6%)	1.6(27.6%)
2016/08月	平均偏差	14.4(98.1%)	.4(98.5%)	-26.0(93.0%)	-8.5(83.3%)	-11.1(99.2%)	.9(41.4%)	-12.4(96.6%)	*(*)	10.4(94.0%)	-3.7(18.7%)
	標準偏差	32.3(98.1%)	12.4(98.5%)	31.1(93.0%)	14.7(83.3%)	17.7(99.2%)	27.0(41.4%)	15.8(96.6%)	*(*)	19.1(94.0%)	23.0(18.7%)
	最大偏差	80.6(98.1%)	-56.2(98.5%)	-83.9(93.0%)	-63.6(83.3%)	-80.3(99.2%)	-71.3(41.4%)	-61.8(96.6%)	*(*)	57.2(94.0%)	-58.8(18.7%)
	平均比值	2.8(98.1%)	1.6(98.5%)	.1(93.0%)	.8(83.3%)	.8(99.2%)	2.0(41.4%)	.5(96.6%)	*(*)	1.9(94.0%)	1.3(18.7%)
2016/09月	平均偏差	12.7(98.9%)	.3(87.1%)	-31.2(88.1%)	-13.6(99.3%)	-11.5(46.3%)	*(*)	-17.4(87.4%)	*(*)	10.2(88.1%)	-8.4(74.7%)
	標準偏差	34.2(98.9%)	14.5(87.1%)	37.0(88.1%)	19.1(99.3%)	20.2(46.3%)	*(*)	22.0(87.4%)	*(*)	19.7(88.1%)	30.8(74.7%)
	最大偏差	-107.5(98.9%)	57.6(87.1%)	-110.4(88.1%)	-55.4(99.3%)	-119.3(46.3%)	*(*)	-140.6(87.4%)	*(*)	64.0(88.1%)	-92.5(74.7%)
	平均比值	3.3(98.9%)	1.5(87.1%)	.1(88.1%)	.6(99.3%)	.8(46.3%)	*(*)	.4(87.4%)	*(*)	1.8(88.1%)	1.3(74.7%)
2016/10月	平均偏差	5.6(99.9%)	.3(53.5%)	-24.0(89.2%)	-16.5(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	標準偏差	32.8(99.9%)	14.9(53.5%)	28.6(89.2%)	22.5(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	最大偏差	88.5(99.9%)	-47.1(53.5%)	-67.8(89.2%)	-62.9(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	平均比值	1.9(99.9%)	1.5(53.5%)	.1(89.2%)	.6(98.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
註：偏差＝預報值—觀測值，比值＝預報值÷觀測值，單位：cm/s											

表 2.26　2016 年各商港海流觀測及預報資料流向偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2015/12月	平均偏差	79.1(98.7%)	101.4(60.2%)	70.9(94.8%)	97.9(98.8%)	44.3(84.9%)	*(*)	54.4(94.1%)	40.8(26.3%)	*(*)	45.2(96.9%)
	標準偏差	89.9(98.7%)	113.8(60.2%)	90.9(94.8%)	115.3(98.8%)	65.9(84.9%)	*(*)	70.1(94.1%)	64.9(26.3%)	*(*)	63.5(96.9%)
	最大偏差	179.7(98.7%)	179.7(60.2%)	179.8(94.8%)	180.0(98.8%)	179.3(84.9%)	*(*)	179.2(94.1%)	173.7(26.3%)	*(*)	179.7(96.9%)
2016/01月	平均偏差	77.1(99.3%)	96.8(95.7%)	82.9(94.4%)	81.7(99.6%)	63.9(98.7%)	*(*)	71.5(98.4%)	39.4(23.8%)	103.0(98.4%)	44.6(99.5%)
	標準偏差	88.6(99.3%)	109.8(95.7%)	100.4(94.4%)	100.5(99.6%)	87.5(98.7%)	*(*)	83.8(98.4%)	64.7(23.8%)	117.1(98.4%)	62.6(99.5%)
	最大偏差	179.9(99.3%)	179.8(95.7%)	180.0(94.4%)	179.7(99.6%)	179.9(98.7%)	*(*)	179.2(98.4%)	176.5(23.8%)	179.5(98.4%)	179.8(99.5%)
2016/02月	平均偏差	80.0(99.7%)	93.6(66.7%)	80.9(89.7%)	86.5(98.7%)	73.8(99.3%)	*(*)	65.7(99.3%)	*(*)	100.3(97.8%)	45.4(99.6%)
	標準偏差	91.7(99.7%)	108.5(66.7%)	99.4(89.7%)	104.9(98.7%)	95.3(99.3%)	*(*)	78.0(99.3%)	*(*)	114.0(97.8%)	61.8(99.6%)
	最大偏差	178.9(99.7%)	180.0(66.7%)	179.1(89.7%)	180.0(98.7%)	179.5(99.3%)	*(*)	179.8(99.3%)	*(*)	179.9(97.8%)	175.7(99.6%)
2016/03月	平均偏差	78.2(98.3%)	97.3(93.7%)	96.7(95.3%)	90.6(99.5%)	66.6(98.0%)	*(*)	76.1(98.8%)	*(*)	99.1(98.0%)	47.6(99.3%)
	標準偏差	89.5(98.3%)	112.0(93.7%)	111.1(95.3%)	108.0(99.5%)	87.8(98.0%)	*(*)	90.6(98.8%)	*(*)	114.0(98.0%)	63.5(99.3%)
	最大偏差	179.4(98.3%)	179.4(93.7%)	180.0(95.3%)	179.7(99.5%)	179.9(98.0%)	*(*)	179.7(98.8%)	*(*)	180.0(98.0%)	178.9(99.3%)
2016/04月	平均偏差	71.6(96.5%)	91.1(62.2%)	97.9(95.7%)	85.1(99.0%)	42.3(96.0%)	*(*)	81.8(99.3%)	*(*)	83.6(96.4%)	47.9(96.7%)
	標準偏差	82.2(96.5%)	106.0(62.2%)	113.4(95.7%)	101.5(99.0%)	62.2(96.0%)	*(*)	97.2(99.3%)	*(*)	99.5(96.4%)	62.9(96.7%)
	最大偏差	178.4(96.5%)	180.0(62.2%)	179.9(95.7%)	180.0(99.0%)	178.2(96.0%)	*(*)	179.7(99.3%)	*(*)	179.9(96.4%)	174.4(96.7%)
2016/05月	平均偏差	71.0(98.4%)	93.7(95.7%)	90.8(96.8%)	90.9(98.8%)	38.6(97.7%)	*(*)	74.2(97.6%)	*(*)	88.0(99.1%)	49.6(99.2%)
	標準偏差	82.8(98.4%)	107.2(95.7%)	107.3(96.8%)	104.1(98.8%)	57.8(97.7%)	*(*)	89.6(97.6%)	*(*)	103.3(99.1%)	64.3(99.2%)
	最大偏差	179.3(98.4%)	180.0(95.7%)	180.0(96.8%)	179.8(98.8%)	179.7(97.7%)	*(*)	179.4(97.6%)	*(*)	179.8(99.1%)	179.6(99.2%)
2016/06月	平均偏差	68.9(83.3%)	98.4(98.2%)	99.4(94.6%)	96.0(99.3%)	44.0(98.3%)	53.5(74.7%)	65.4(98.6%)	54.6(17.1%)	74.4(98.8%)	53.0(99.4%)
	標準偏差	81.1(83.3%)	110.5(98.2%)	113.0(94.6%)	107.6(99.3%)	64.7(98.3%)	73.1(74.7%)	86.0(98.6%)	73.9(17.1%)	89.5(98.8%)	66.8(99.4%)
	最大偏差	179.0(83.3%)	180.0(98.2%)	179.6(94.6%)	179.8(99.3%)	179.7(98.3%)	178.4(74.7%)	179.8(98.6%)	173.1(17.1%)	179.9(98.8%)	176.4(99.4%)
2016/07月	平均偏差	82.6(95.8%)	89.6(97.7%)	95.3(96.1%)	85.7(41.5%)	41.9(98.5%)	55.3(14.0%)	70.5(98.9%)	*(*)	72.2(94.9%)	52.6(27.3%)
	標準偏差	94.4(95.8%)	103.3(97.7%)	110.8(96.1%)	102.3(41.5%)	61.0(98.5%)	77.3(14.0%)	88.8(98.9%)	*(*)	90.7(94.9%)	66.7(27.3%)
	最大偏差	179.8(95.8%)	179.7(97.7%)	179.4(96.1%)	179.7(41.5%)	179.9(98.5%)	164.5(14.0%)	180.0(98.9%)	*(*)	179.1(94.9%)	178.8(27.3%)

表 2.26　(續)2016 年各商港海流觀測及預報資料流向偏差統計表

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	安平港	布袋港	臺中港	臺北港	澎湖	金門
2016/08月	平均偏差	85.5(97.8%)	91.0(97.8%)	93.2(91.3%)	90.3(83.5%)	34.9(98.9%)	47.7(41.3%)	78.6(95.6%)	*(*)	63.7(94.0%)	43.9(18.7%)
	標準偏差	99.5(97.8%)	105.1(97.8%)	109.7(91.3%)	105.2(83.5%)	51.1(98.9%)	70.2(41.3%)	92.9(95.6%)	*(*)	72.0(94.0%)	58.3(18.7%)
	最大偏差	179.7(97.8%)	179.8(97.8%)	179.9(91.3%)	179.9(83.5%)	179.4(98.9%)	179.4(41.3%)	179.8(95.6%)	*(*)	176.3(94.0%)	169.7(18.7%)
2016/09月	平均偏差	83.9(98.9%)	90.2(86.3%)	89.4(86.1%)	80.4(99.0%)	43.5(46.3%)	*(*)	64.0(86.7%)	*(*)	67.1(88.1%)	47.5(74.7%)
	標準偏差	97.0(98.9%)	103.9(86.3%)	105.3(86.1%)	96.9(99.0%)	60.7(46.3%)	*(*)	77.7(86.7%)	*(*)	77.9(88.1%)	62.7(74.7%)
	最大偏差	179.7(98.9%)	180.0(86.3%)	180.0(86.1%)	179.5(99.0%)	179.0(46.3%)	*(*)	179.2(86.7%)	*(*)	179.5(88.1%)	178.7(74.7%)
2016/10月	平均偏差	81.3(100%)	98.1(53.0%)	93.8(86.3%)	87.2(97.8%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	標準偏差	94.9(100%)	110.4(53.0%)	108.8(86.3%)	105.6(97.8%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
	最大偏差	179.3(100%)	179.4(53.0%)	179.7(86.3%)	180.0(97.8%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
註：偏差＝預報值—觀測值，單位為度，偏差大小範圍為0-180度。											

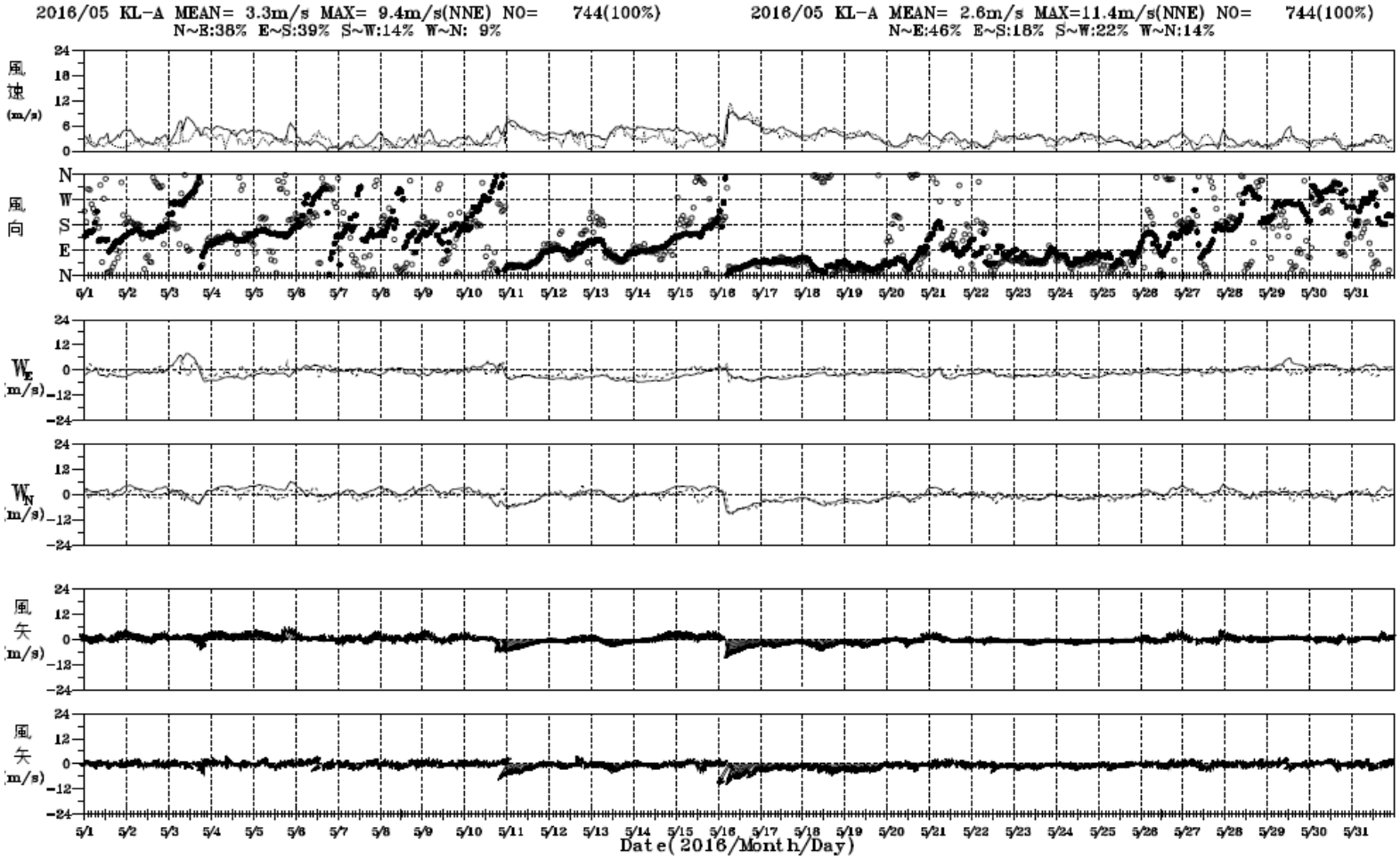


圖 2.33　2016 年 5 月基隆港風力預報(WA01 實線)與觀測資料比較圖

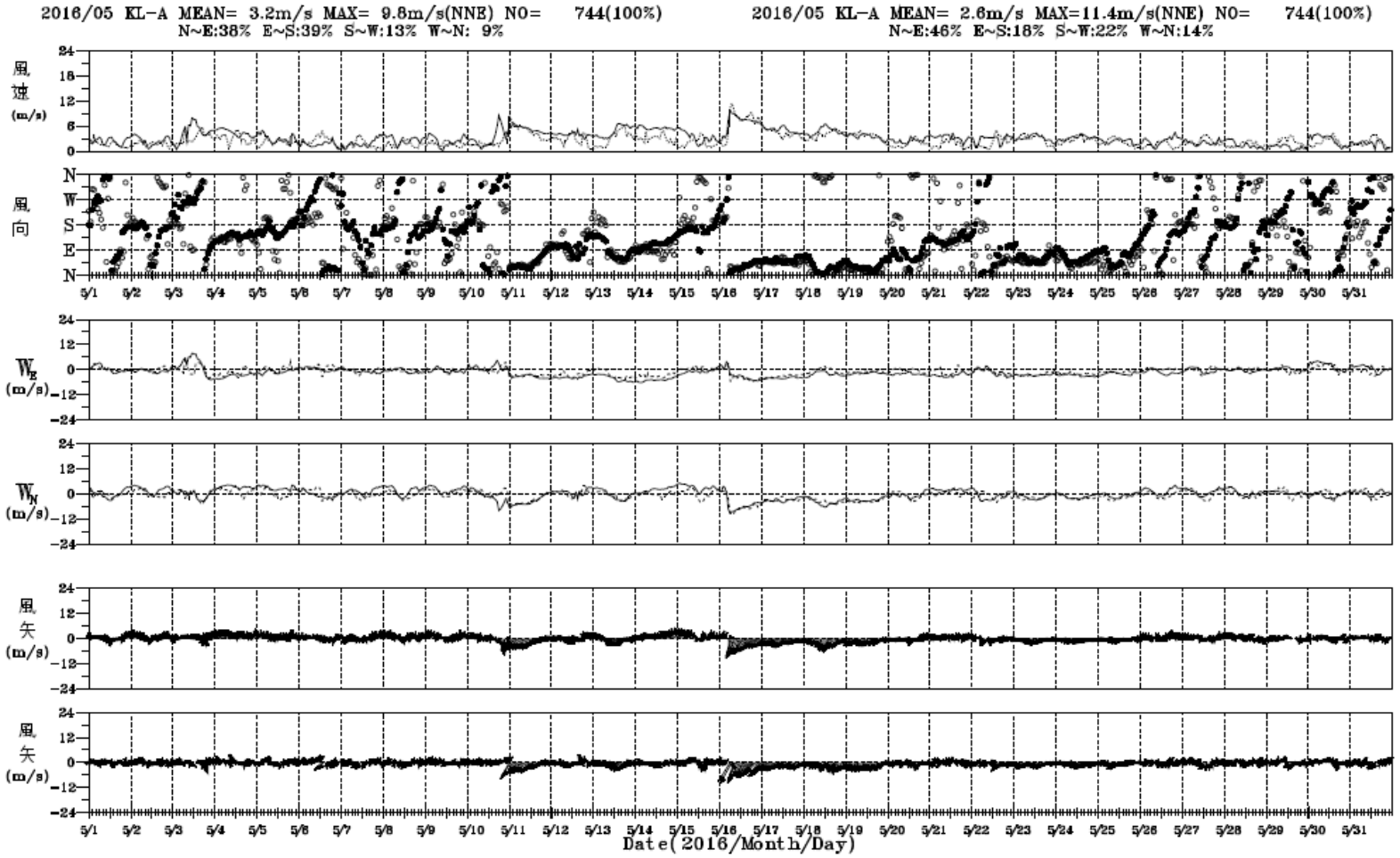


圖 2.34　2016 年 5 月基隆港風力預報(WA02 實線)與觀測資料比較圖

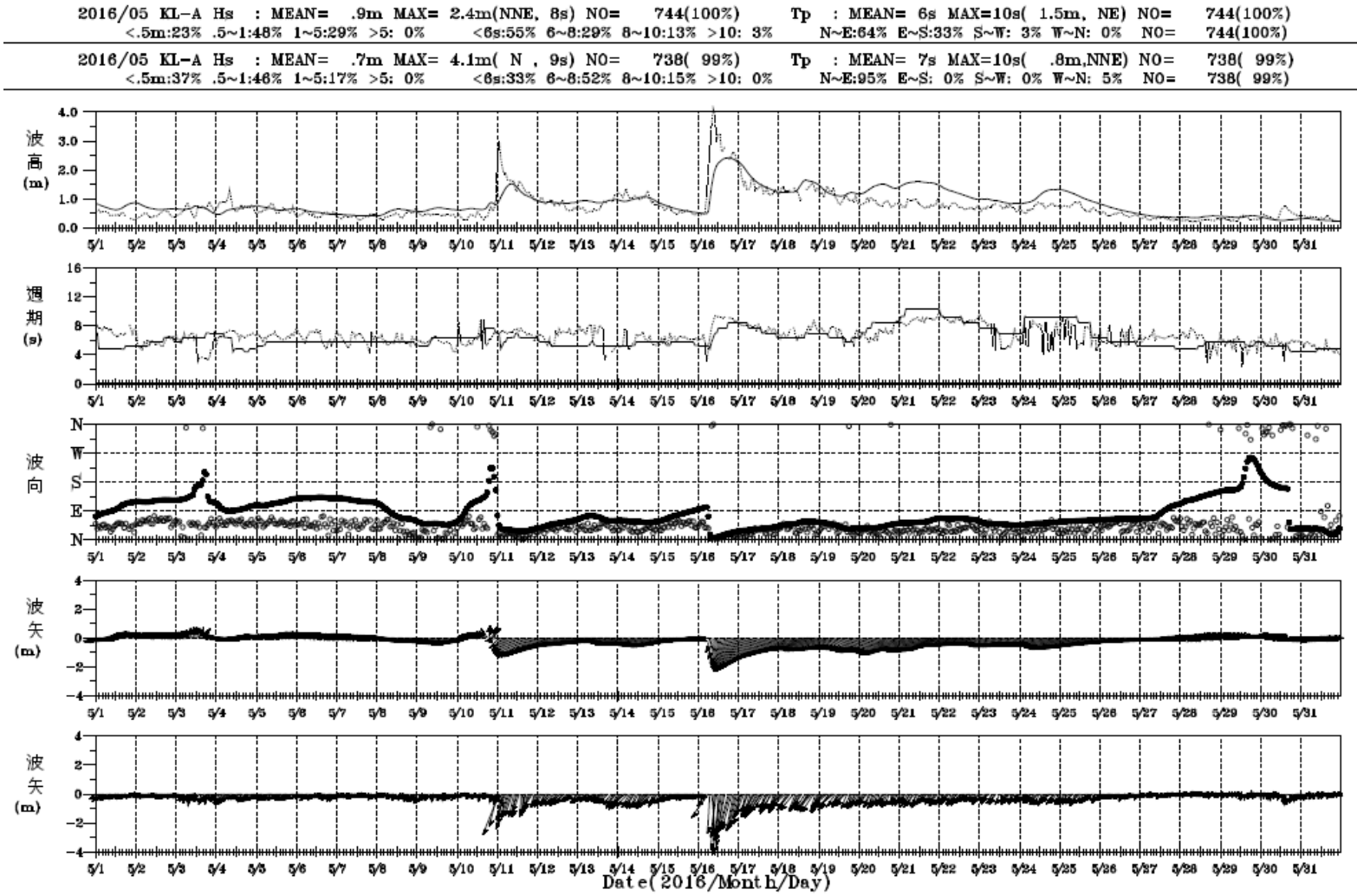


圖 2.35　2016 年 5 月基隆港遠域模擬風浪(WAM 實線)與觀測資料比較圖

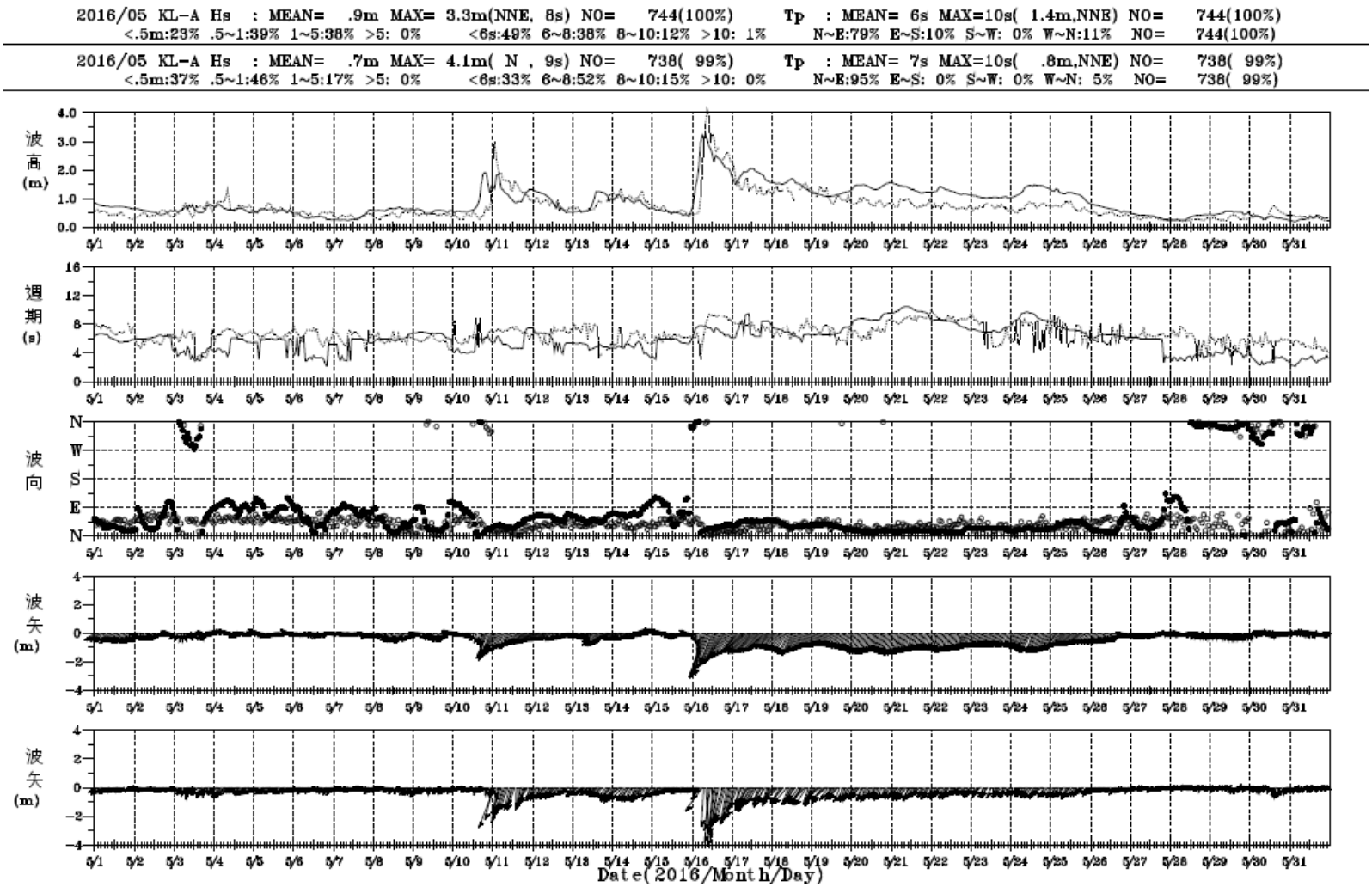


圖 2.36　2016 年 5 月基隆港遠域模擬風浪(SWAN 實線)與觀測資料比較圖

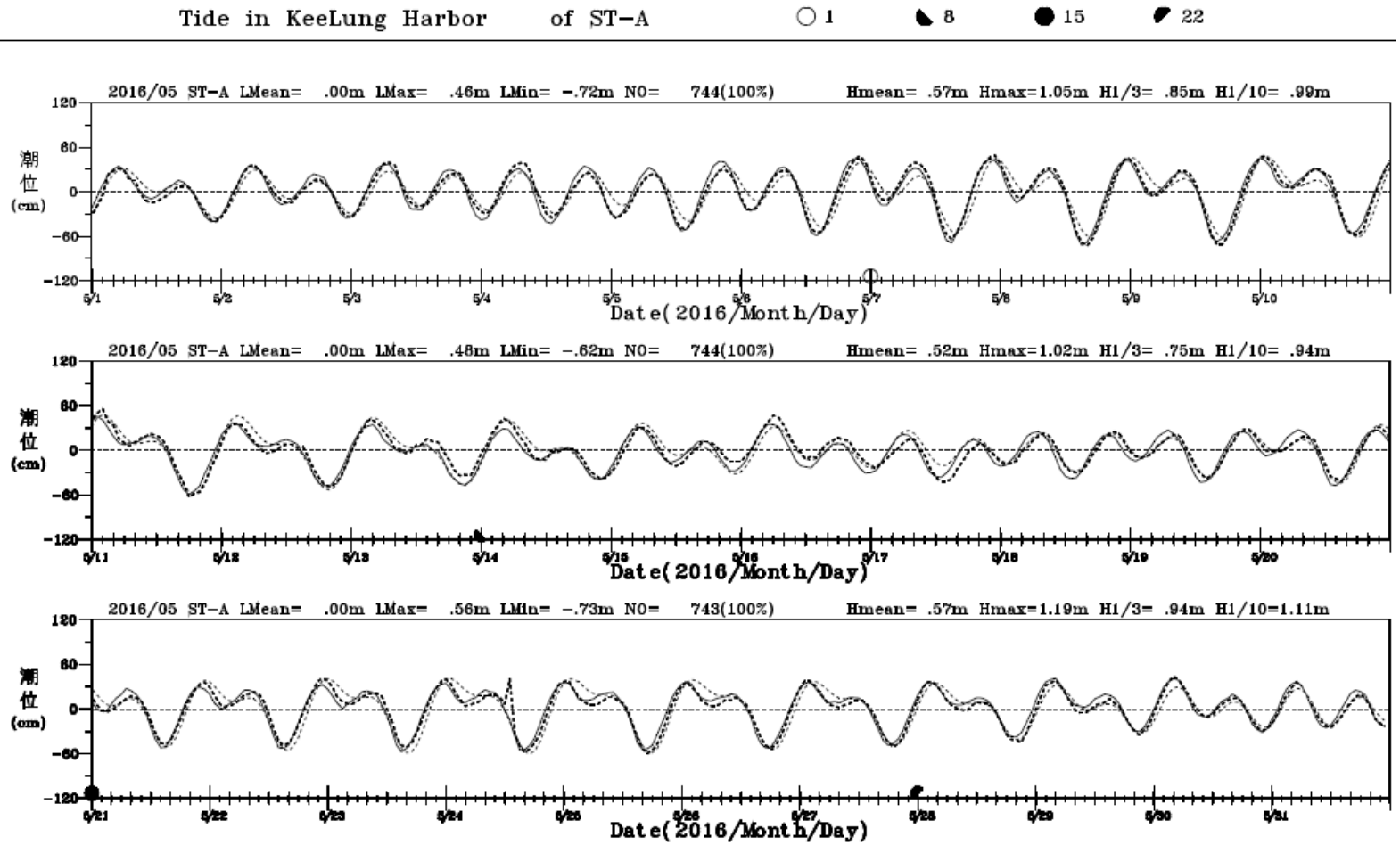


圖 2.37　2016 年 5 月基隆港近域模擬水位(實線)、觀測資料(粗虛線)與調和分析預測(細虛線)比較圖

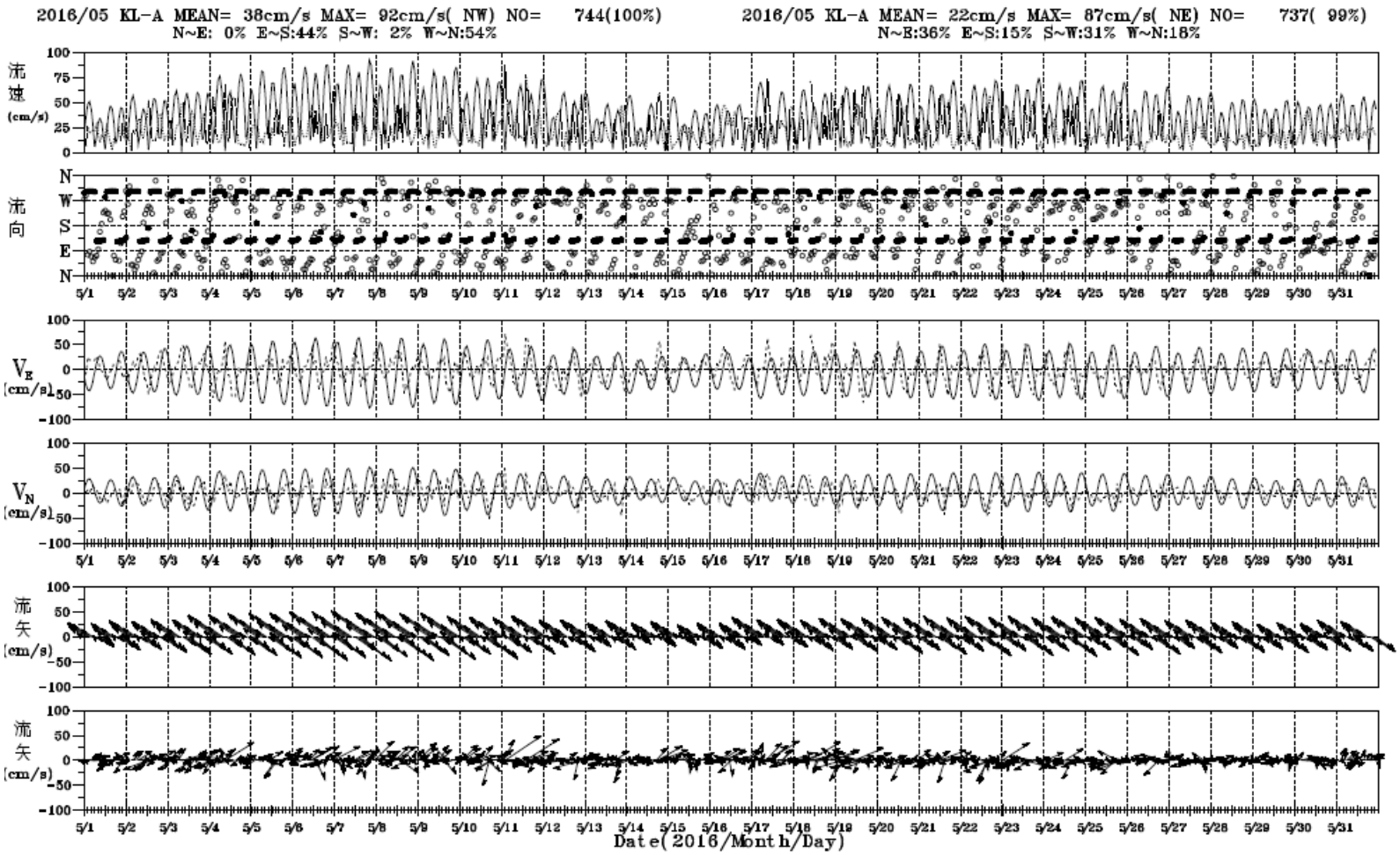


圖 2.38　2016 年 5 月基隆港近域模擬潮流(實線)與觀測海流比較圖

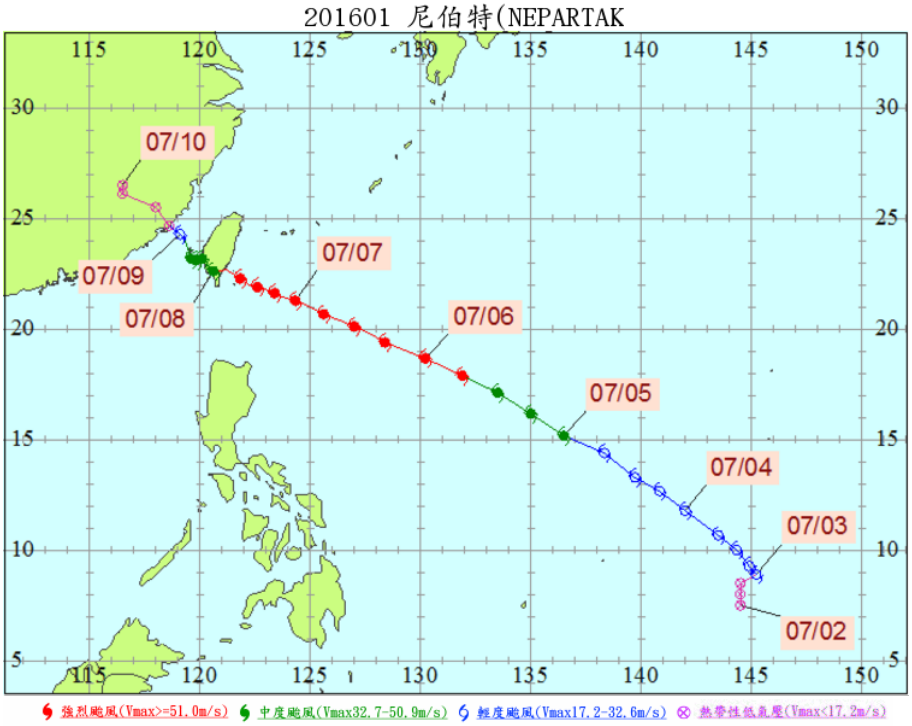


圖 2.39　2016 年強烈颱風尼伯特行進路徑圖

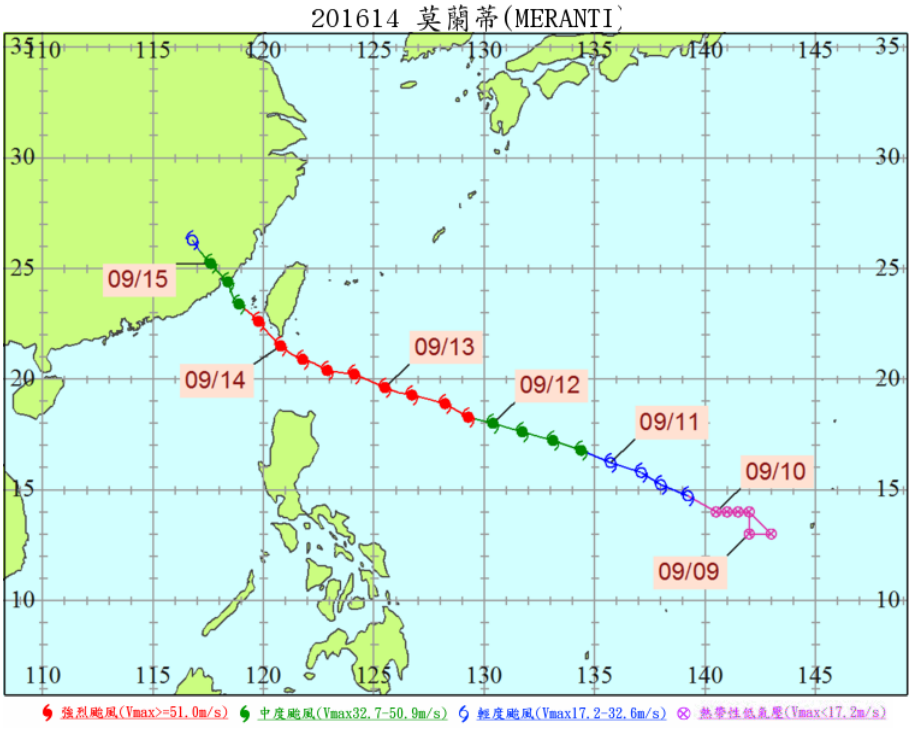


圖 2.40　2016 年強烈颱風莫蘭蒂行進路徑圖

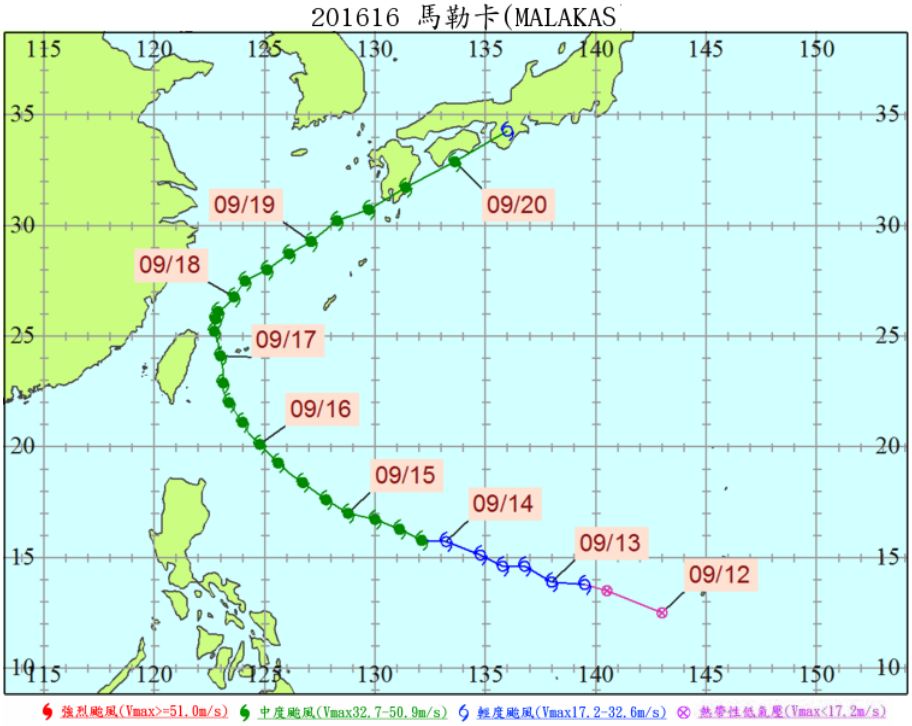


圖 2.41　2016 年中度颱風馬勒卡行進路徑圖

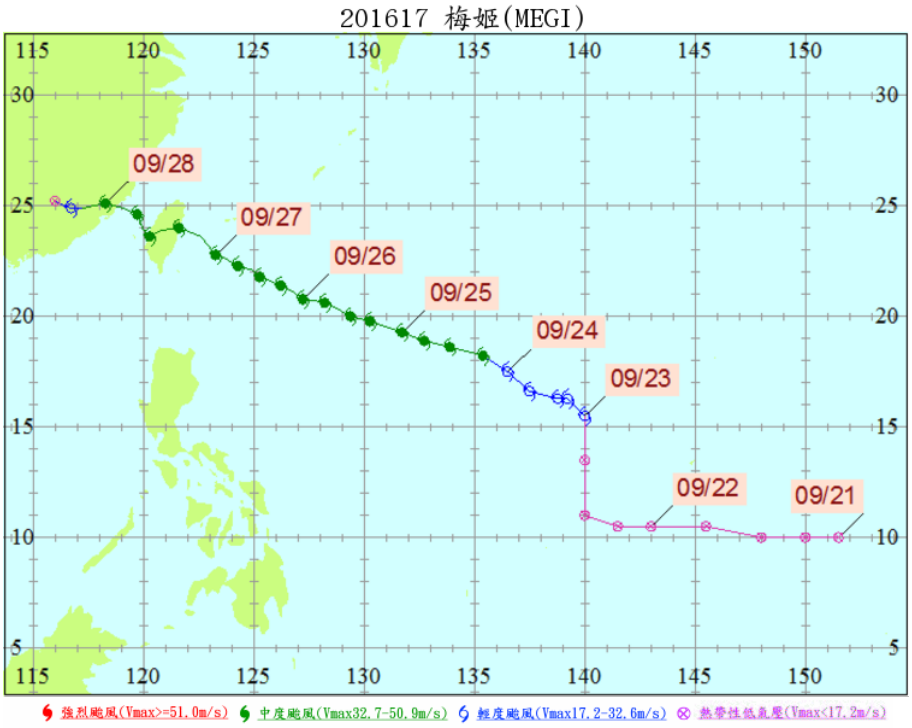


圖 2.42　2016 年中度颱風梅姬行進路徑圖

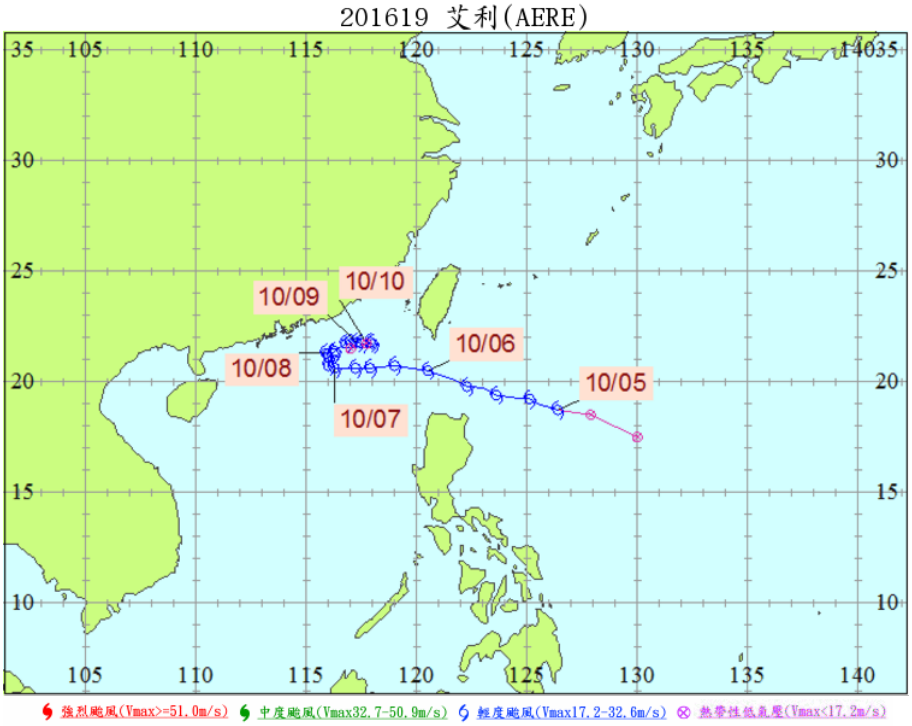


圖 2.43　2016 年輕度颱風艾利行進路徑圖

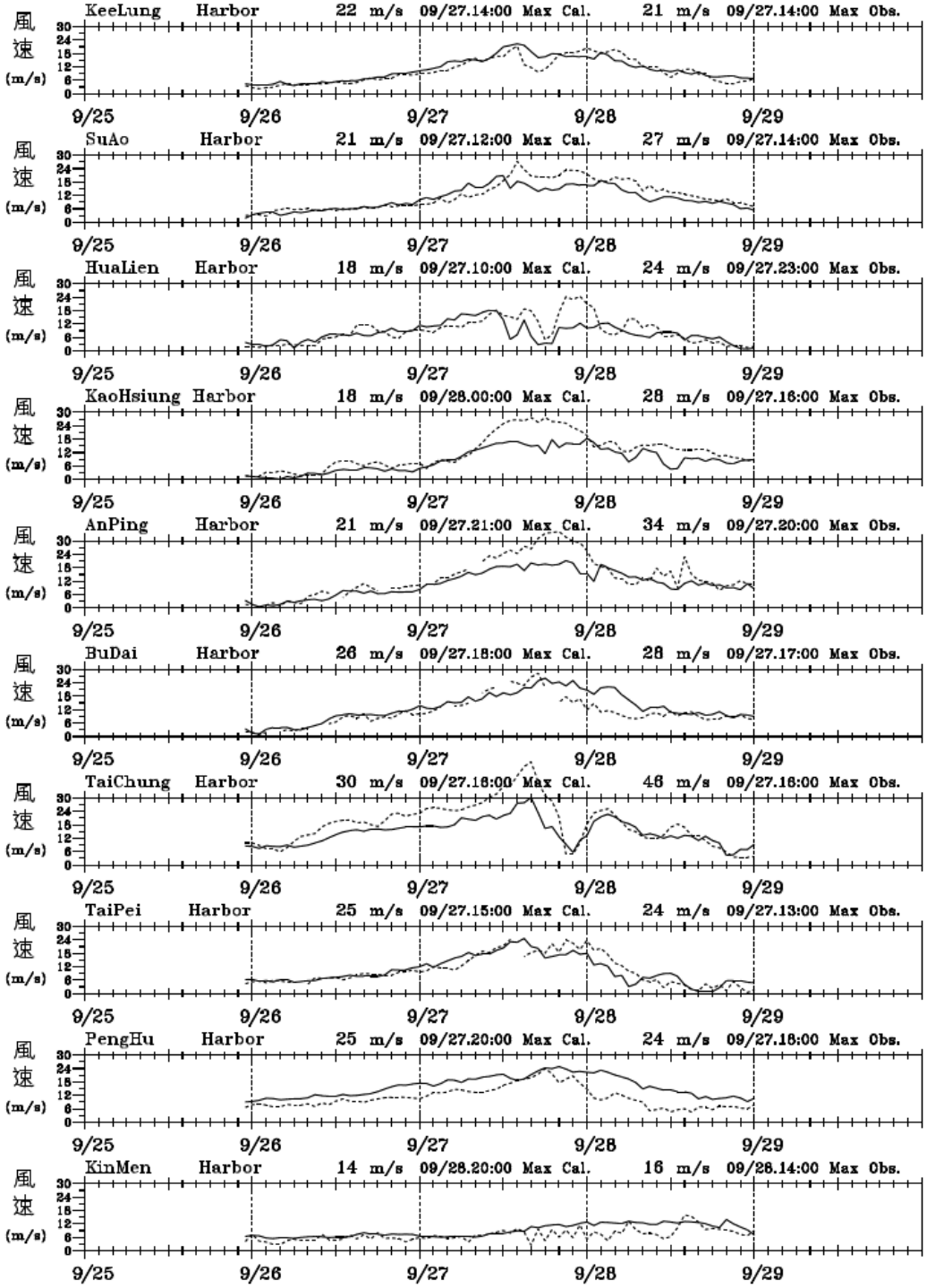


圖 2.44　2016 年中度颱風梅姬之風速比較圖(實線:模式 WA02，虛線:觀測)

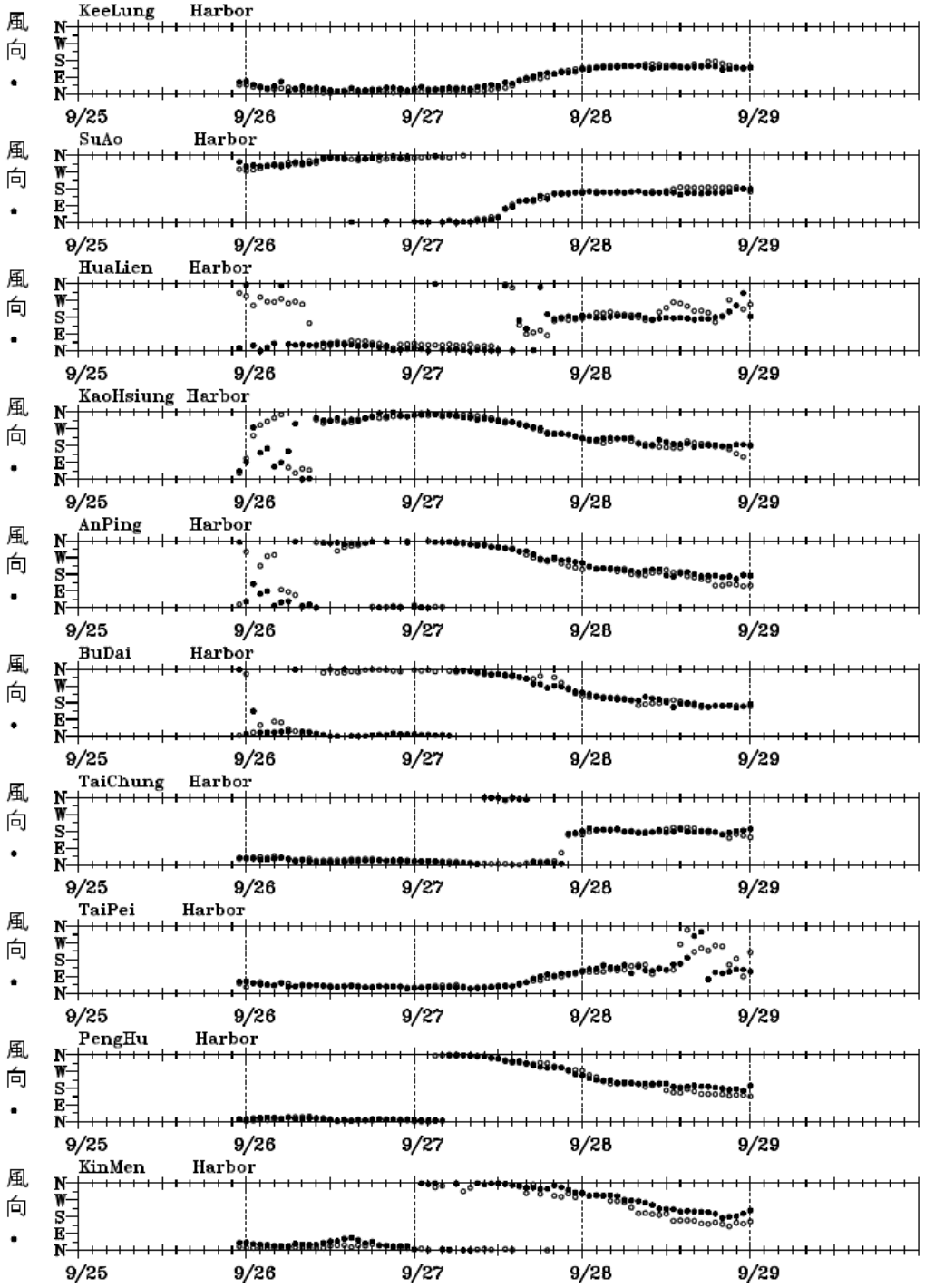


圖 2.45　2016 年中度颱風梅姬之風向比較圖(實圓:模式 WA02，虛圓:觀測)

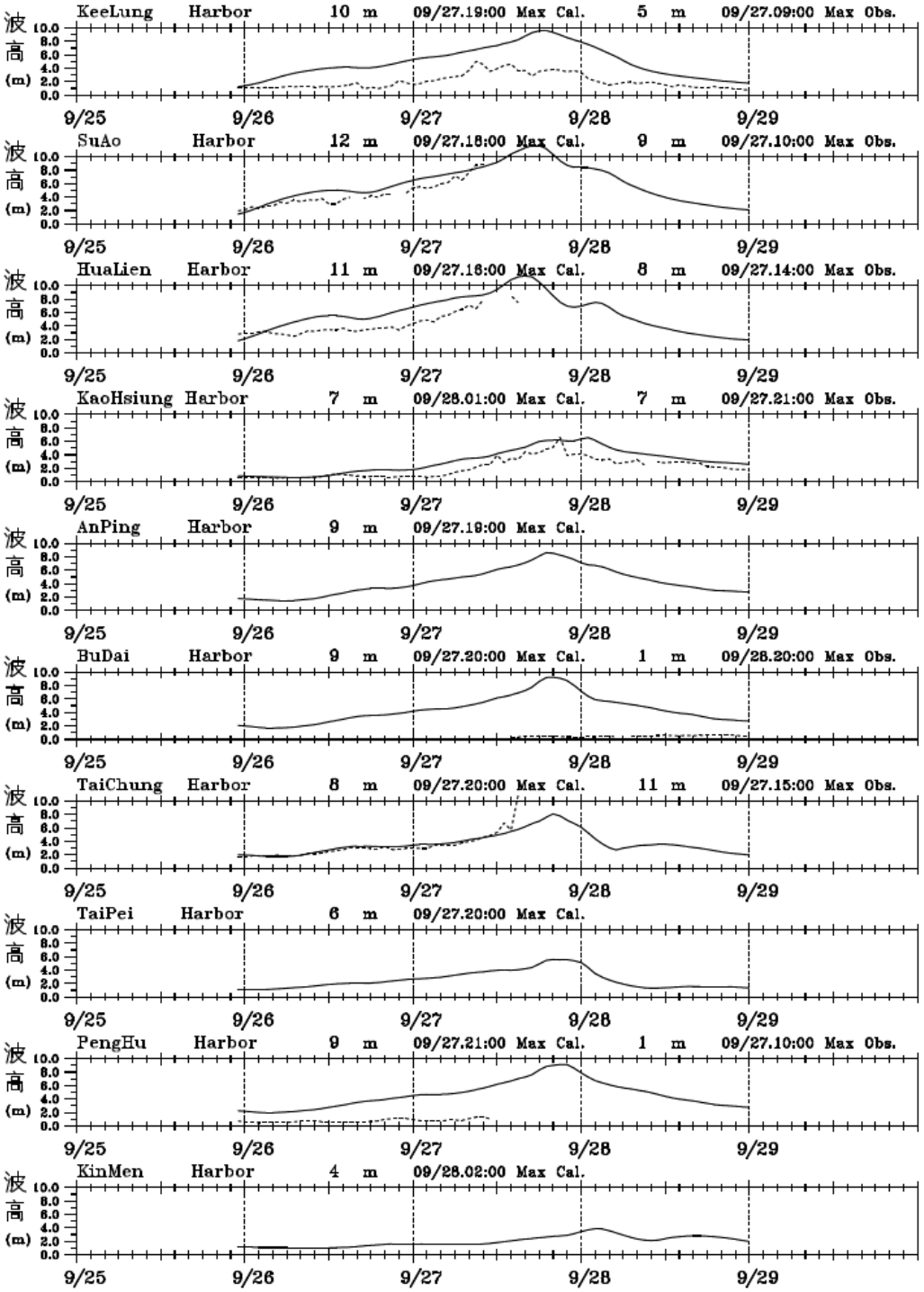


圖 2.46　2016 年中度颱風梅姬之波高比較圖(實線:模式 SWAN，虛線:觀測)

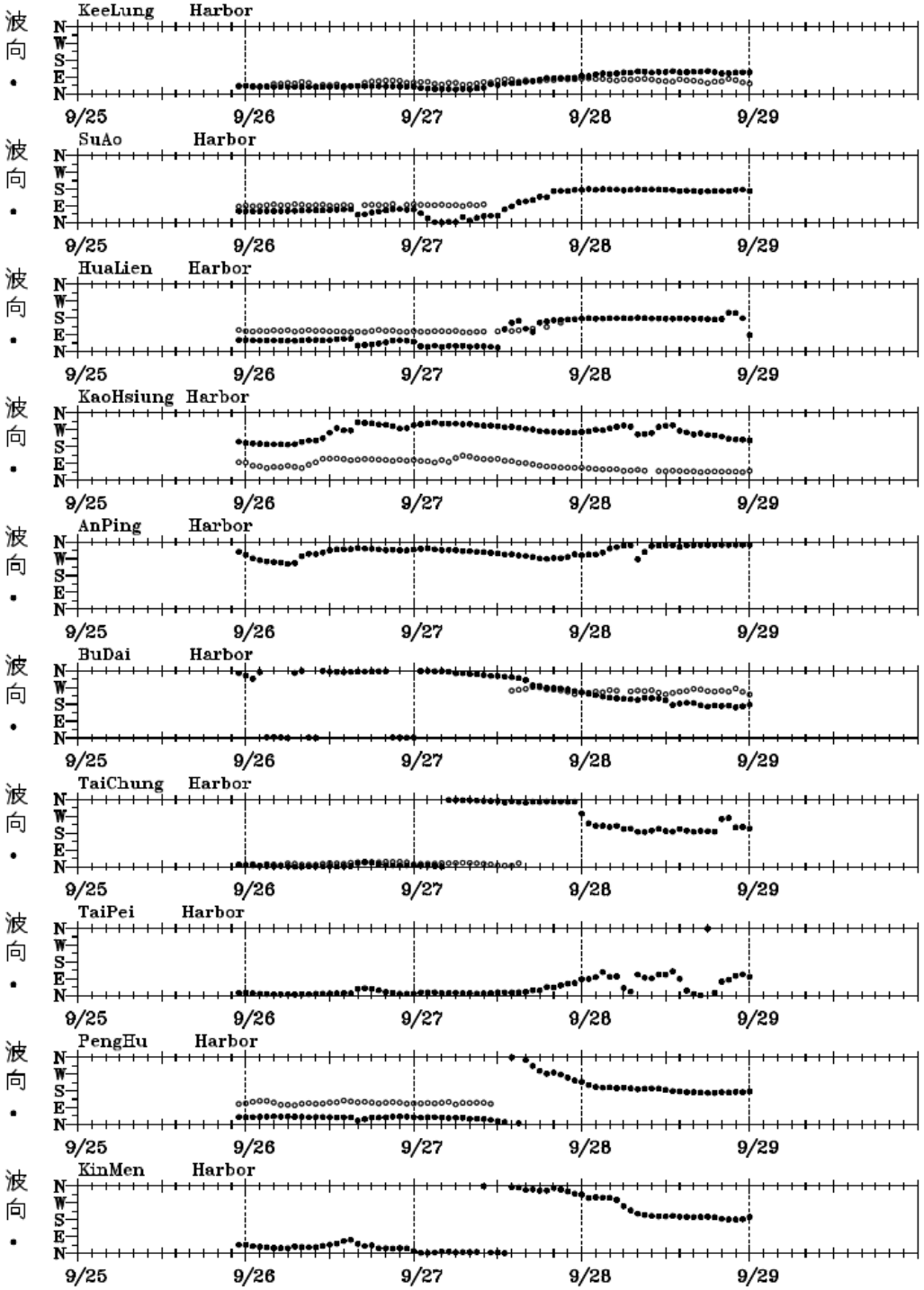


圖 2.47　2016 年中度颱風梅姬之波向比較圖(實圓:模式 SWAN，虛圓:觀測)

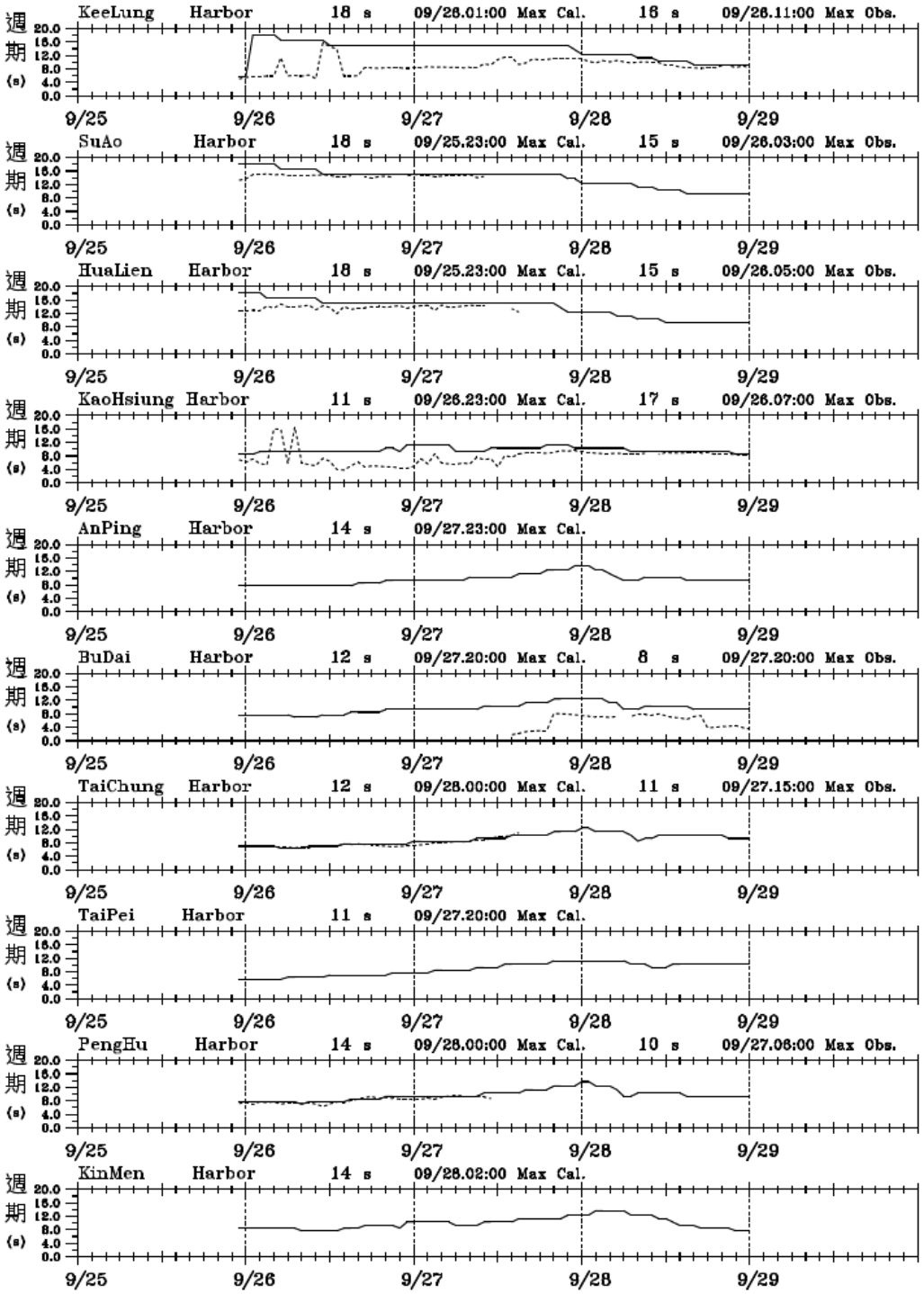


圖 2.48　2016 年中度颱風梅姬之週期比較圖(實線:模式 SWAN，虛線:觀測)

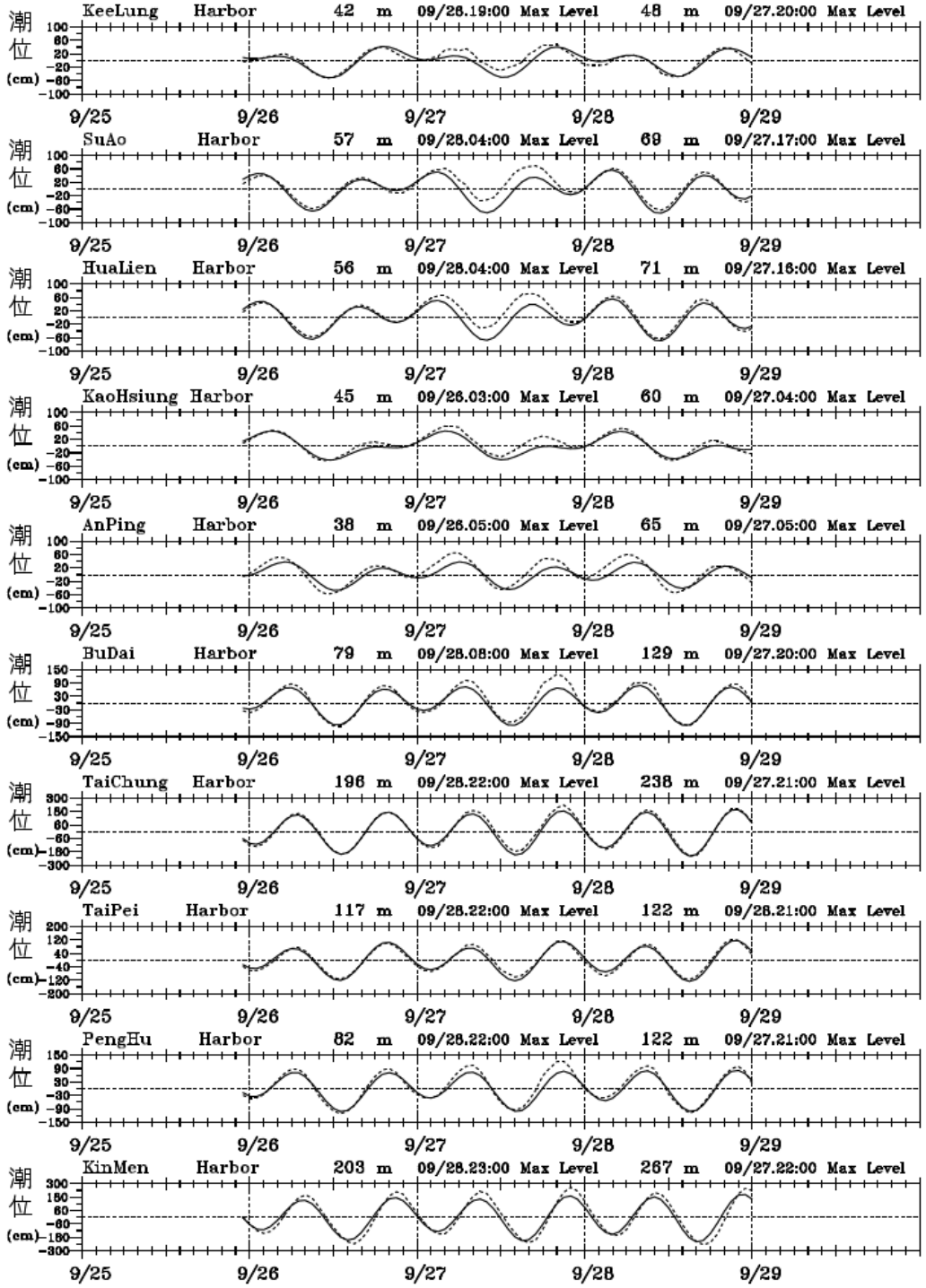


圖 2.49　2016 年中度颱風梅姬之水位比較圖(實線:模式 SWAN，虛線:觀測)

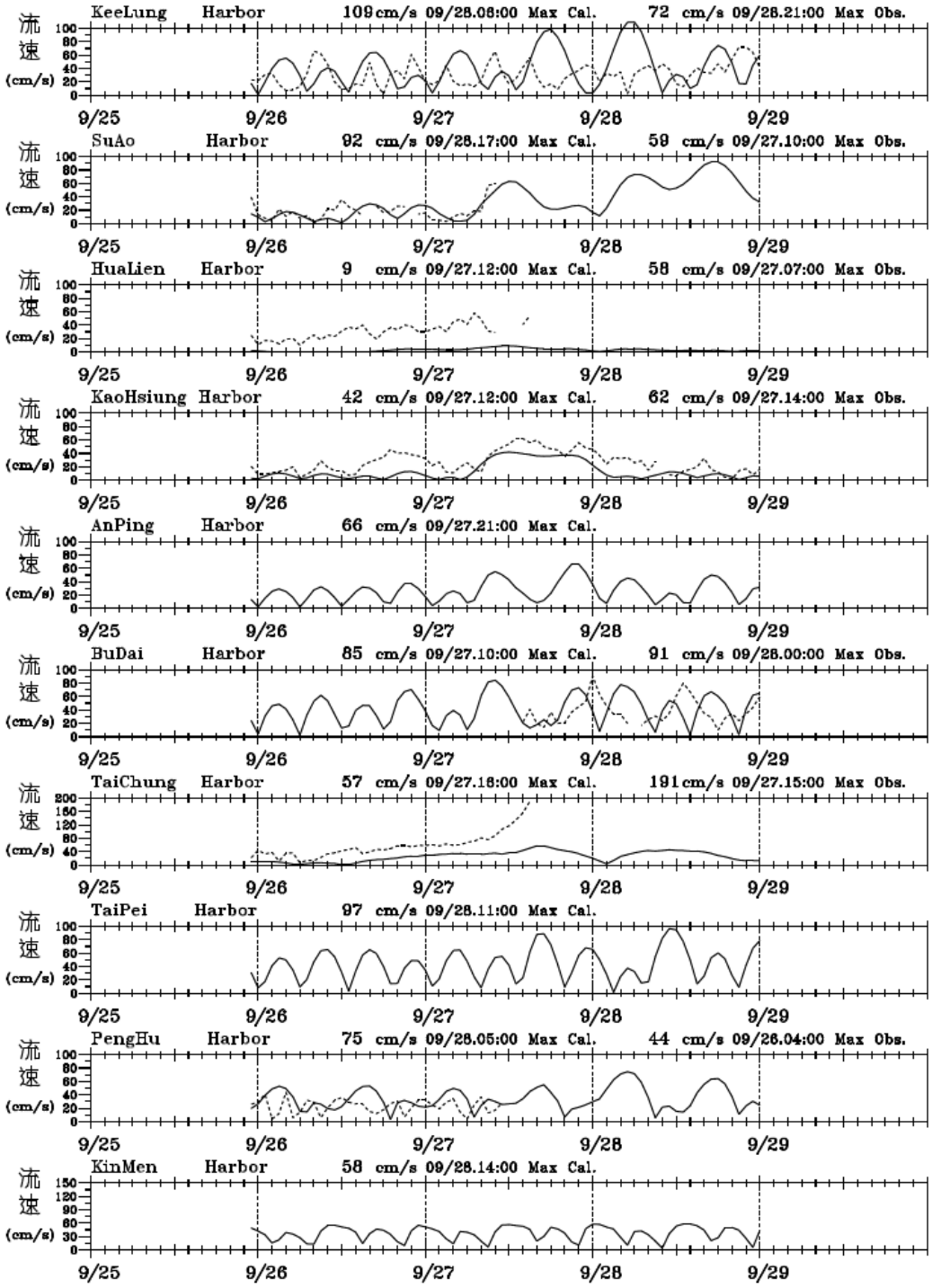


圖 2.50　2016 年中度颱風梅姬之流速比較圖(實線:模式 SWAN，虛線:觀測)

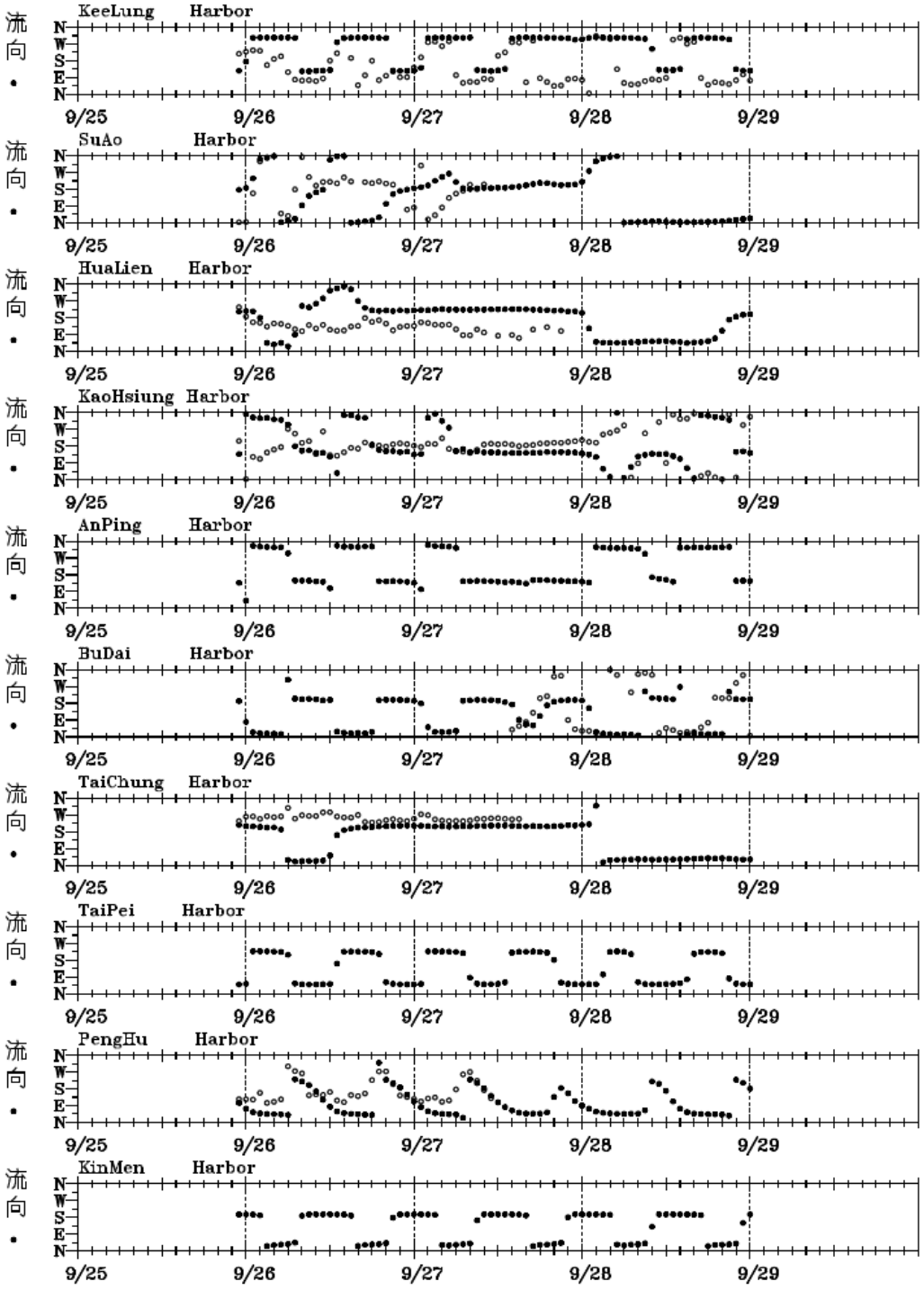


圖 2.51　2016 年中度颱風梅姬之流向比較圖(實圓:模式 SWAN，虛圓:觀測)

第三章　中尺度臺灣周圍海域水動力模式

港研中心於前期四年計畫(100 年~103 年)著手臺灣周圍海域暴潮模式建置研究工作，規劃採用與各港口近岸小尺度水位及流場模擬相同的有限元素法水動力模式，初期以颱風暴潮為研究對象。本期(104~105 年)計畫以逐步整合 TaiCOMS 中尺度水位及流場模組與各港區近岸小尺度水位及流場模組為研究目標，並利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署、海科中心等)海象觀測資料，持續校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。

3.1 中尺度臺灣周圍海域水動力模式之演進

有關本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模組歷年研究在模式模擬範圍、數值計算網格、地形水深建置的演變說明如下：

3.1.1 模擬範圍

中尺度臺灣周圍海域水動力模式模擬範圍演進有二，如圖 3.1 所示，(1)模擬範圍 M1：為 100 年度計畫初期規劃選取的模擬範圍，其範圍為東經 116°～123°及北緯 21°～26°之間的水域，約略與 TaiCOMS 之中尺度風浪模組模擬範圍相當(邱等，2012)；(2)模擬範圍 M2：基於港研中心擬規劃將離島馬祖海域納入 TaiCOMS 作業化模擬範圍內，以及考量模擬範圍 M1 之東邊界(東經 123º)與臺灣本島東部海岸距離不足可能無法反映颱風暴潮水位的變化，乃於 101 年度計畫擴大臺灣周圍海域暴潮模式模擬範圍為東經 116.5°～125°及北緯 21°～26.5°之海域(李等，2013)，並延用至今。

3.1.2 數值計算網格

1. 模擬範圍 M1：100 年計畫初期針對模擬範圍 M1 建置的有限元素數值計算網，如圖 3.2 所示，圖中非結構性三角形元素網格係由 5,807 個節點及 11,103 個三角形元素組成，其中最小三角形元素之

邊長約 2.5km，主要構建於本計畫所在之海域；最大三角形元素之邊長約 15km，分佈於水深較深之海洋開放邊界附近。

2. 模擬範圍 M2：依據模擬範圍 M2 建置的數值計算網格版本有三，分別以 R1、R2 及 R3 表示；(1)R1 數值計算網格係 101 年度計畫建置的，如圖 3.3 所示，圖中非結構性三角形元素網格係由 6528 個節點及 12514 個三角形元素組成；(2) R2 數值計算網格則為提昇港口附近海域網格解析度，針對西南海域安平港及高雄港等港口附近海域局部加密三角形元素網格配置，如圖 3.4 所示，圖中非結構性三角形元素網格係由 6695 個節點及 12813 個三角形元素組成；(3) R3 數值計算網格：基於 102 年度計畫研究結果顯示高雄港等港口附近海域網格解析度提昇後，高雄港等海域水位及流場模擬結果呈現出較明顯的改善現象(劉等，2014)；遂於 103 年計畫著手規劃針對臺灣本島海岸線離岸約 20 ~ 30 公里範圍的數值計算網，建置較高網格解析度的三角形元素計算網格，如圖 3.5 所示，圖中非結構性三角形元素網格係由 8237 個節點及 15800 個三角形元素組成。

本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模擬範圍 M2 歷年數值計算網格 R1、R2、R3 版本之主要差異性，如表 3.1 所列。

表 3.1　中尺度模擬範圍 M2 歷年數值計算網格主要差異性比較表

版本	網格節點數量	網格三角形元素數量	臺灣本島陸地節點數	備　註
R1	6528	12514	227	101 年度計畫
R2	6695	12813	262	102 年度計畫
R3	8237	15800	359	104 年度計畫
R3-R1	1709	3286	132	
R3-R2	1542	2987	97	

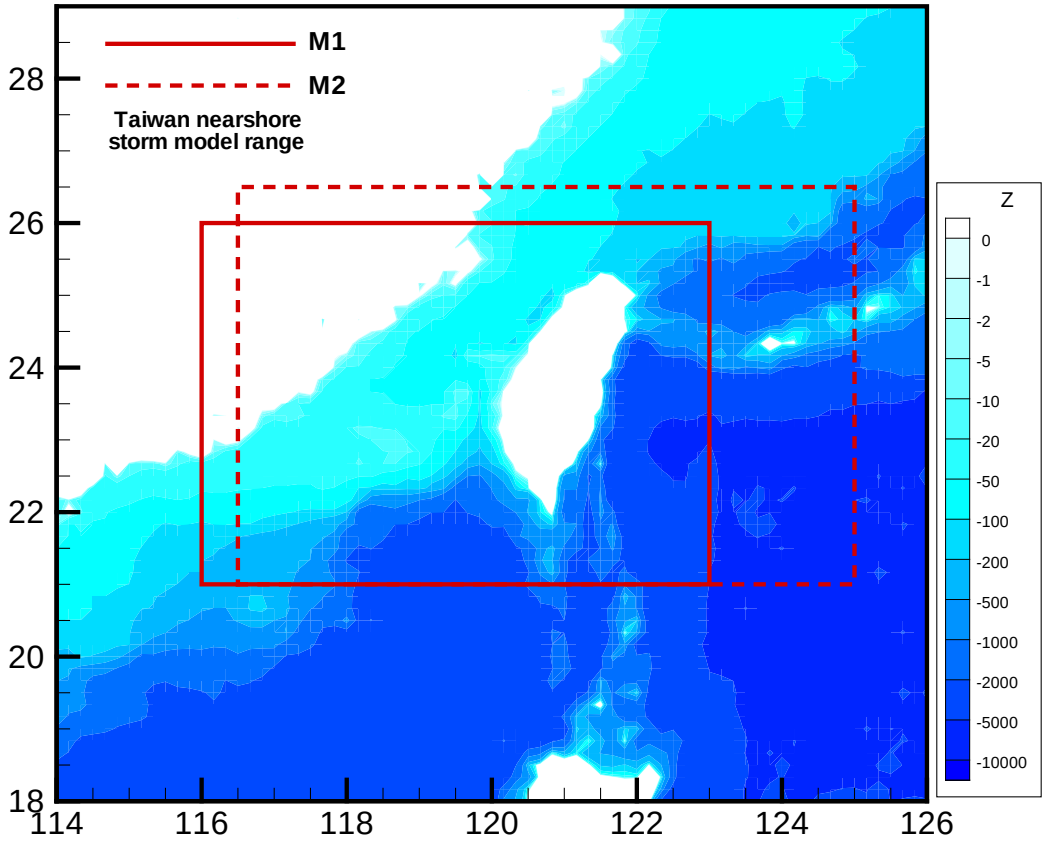


圖 3.1　臺灣周圍海域暴潮模式模擬範圍(M1：100 年計畫，M2：101 年計畫)

3.1.3 地形水深資料

數值計算網格之水深資料來源為海科中心臺灣附近海域格網數值地形資料及海軍測量局刊行之海軍水道圖(編號 0307)，如圖 3.6 所示。

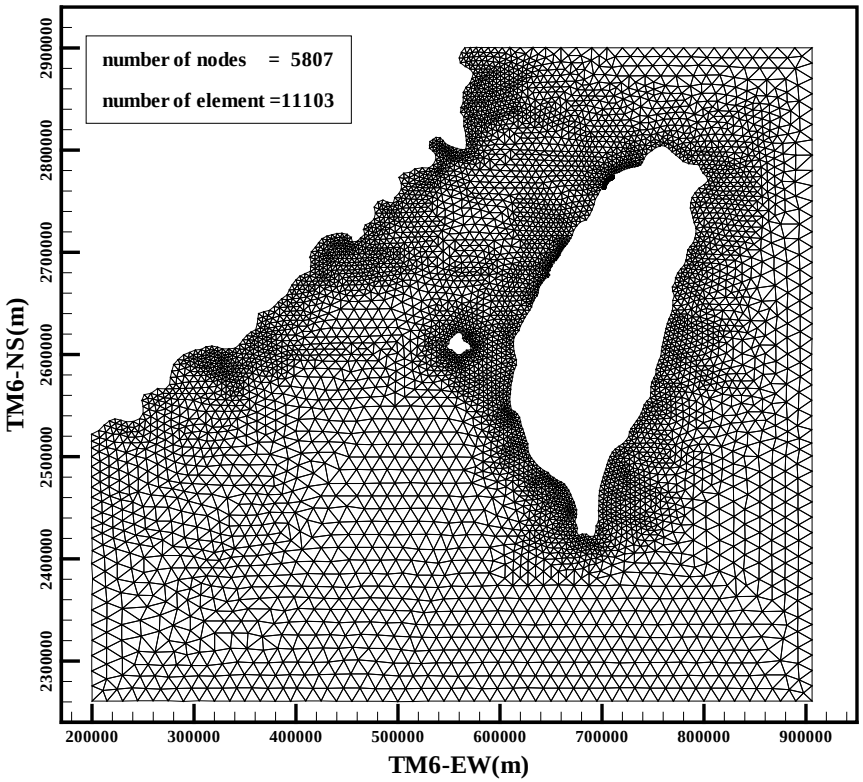


圖 3.2　臺灣周圍海域模擬範圍 M1 之非結構性三角形元素網格圖

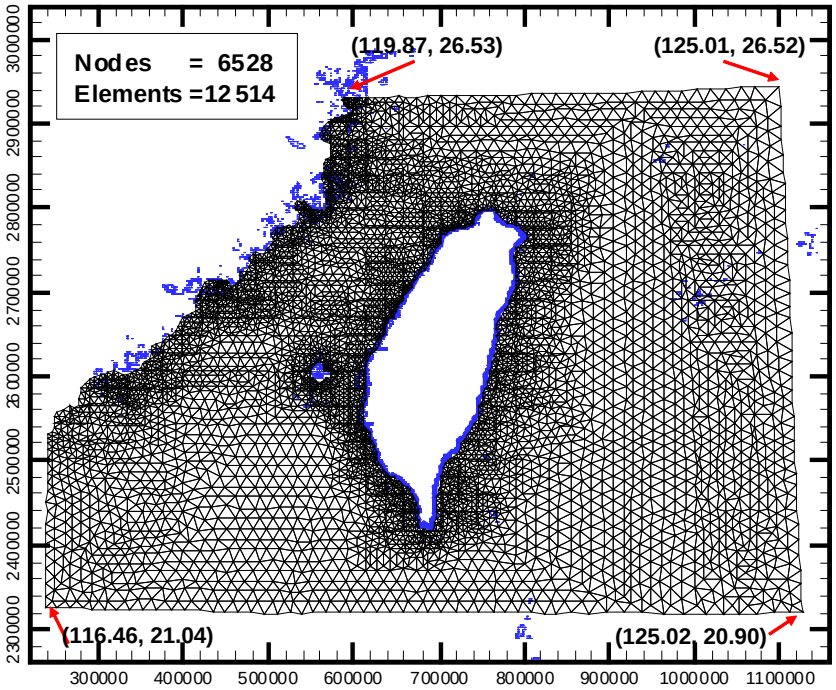


圖 3.3　臺灣周圍海域模擬範圍 M2 之非結構性三角形元素網格 (R1 版本)

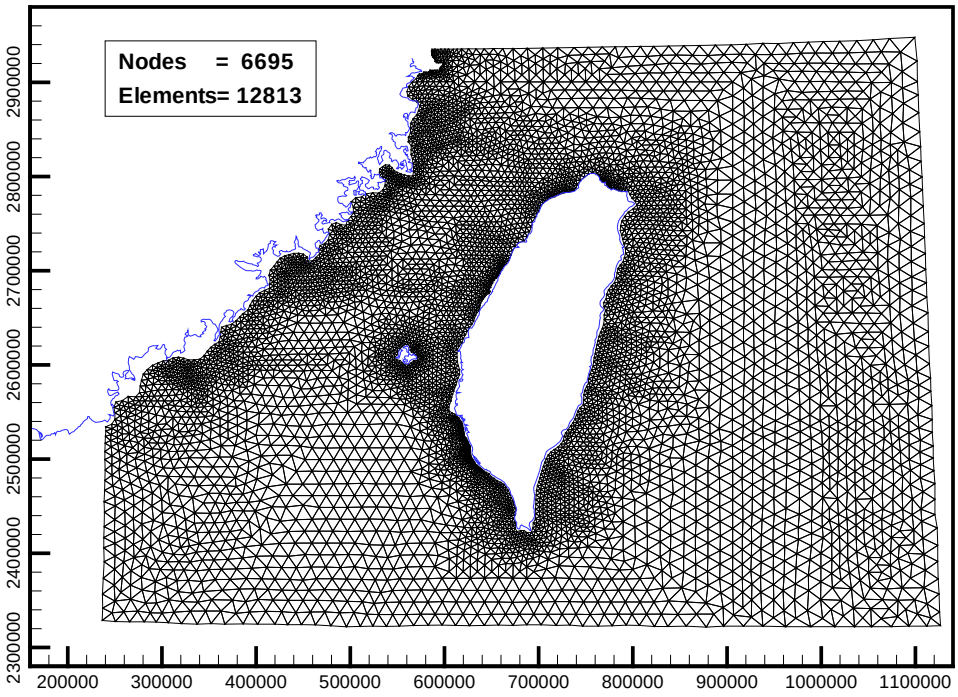


圖 3.4　臺灣周圍海域模擬範圍 M2 之非結構性三角形元素網格 (R2 版本)

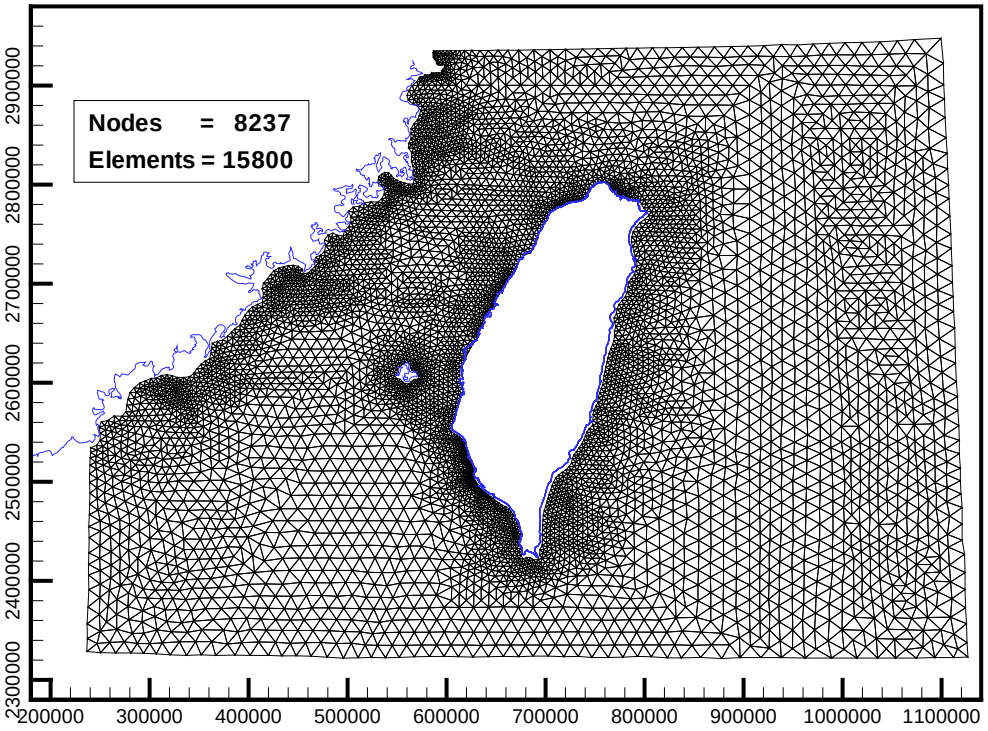


圖 3.5　臺灣周圍海域模擬範圍 M2 之非結構性三角形元素網格 (R3 版本，本年度計畫)

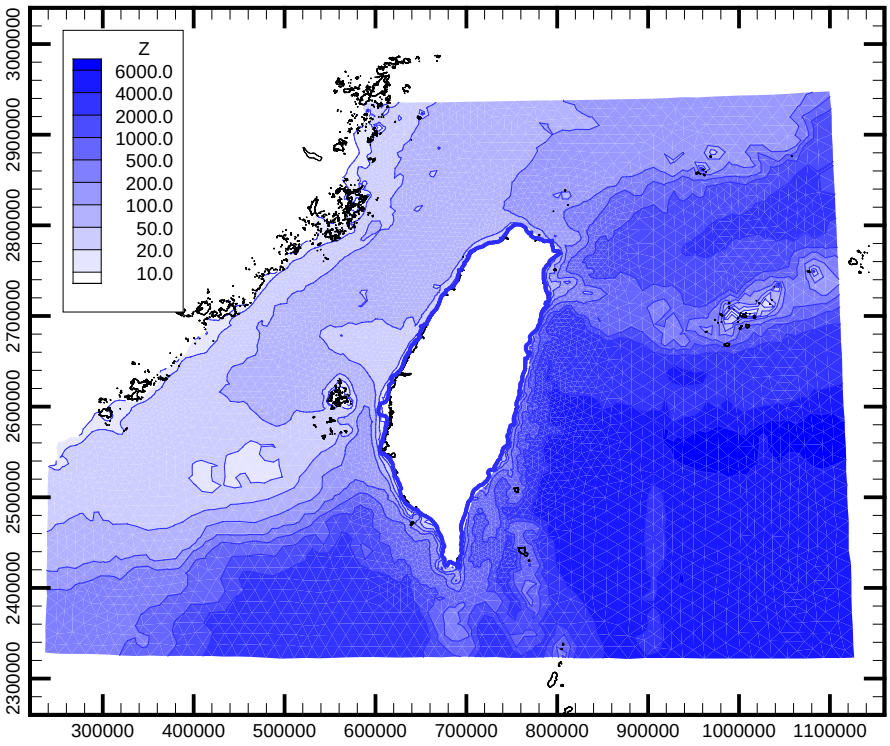


圖 3.6　臺灣周圍海域暴潮模式之地形水深分布圖

3.2 模式邊界條件及初始條件

本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模式之邊界型態分為海域開放邊界及陸地邊界兩種，其中陸地邊界採用不滑動邊界條件，即假設陸地邊界節點之流速等於零。海域開放邊界則採用水位邊界條件，即

$$\eta = \eta_a(t) + \frac{\Delta P(t)}{\rho g} \quad \text{.....(3.1)}$$

式中 $\eta_a(t)$代表天文潮引起的水位變化，第二項代表氣壓變化引起的水位變化。其中天文潮引起的水位變化，本計畫採用 Matsumoto et al.(2000)發展的 NAO.99Jb 模式(註：網格間距為 1 分)，預測本計畫數值計算網格開放邊界各節點天文潮水位時序列資料，如圖 3.7 所示。圖 3.7 所示水位時序列變化分別為數值計算網格 R3 開放邊界上四個角落節點(參考圖 3.3 所示)之天文潮時序列資料，顯示數值計算網格左上角臨近陸地(中國大陸)之開放邊界節點天文潮位呈現半日潮型，臺灣東部

太平洋海上開放邊界節點之天文潮位屬於混合潮型態，網格西南角落開放邊界節點之天文潮位則呈現全日潮型態。

模式模擬之初始條件在冷啟動模擬(cold start)狀況下模式假設流場之初始速度及水位均為零，另在熱啟動模擬(hot start)狀況下模式採用前次模擬結果儲存的流場速度及水位值為初始條件。

3.3 模式物理參數率定

在中尺度臺灣周圍海域水動力模式中，需要設定或率定的物理參數包括時間間距、底床摩擦係數及渦動粘滯性係數等，本計畫採用前期計畫參數率定結果：即模式計算的時間間距△t 為 2.0 sec，計算底床摩擦係數值之曼寧係數 n = 0.022 (註：部份元素之底床摩擦係數值則視模擬結果予以適度地修正)；渦動粘滯性係數計算則選取無因次係數 a = 0.025，代表性潮差 =1.20 m，潮流代表性流速為 0.5 m/s，分別計算各個元素代表性的渦動粘滯係數值。

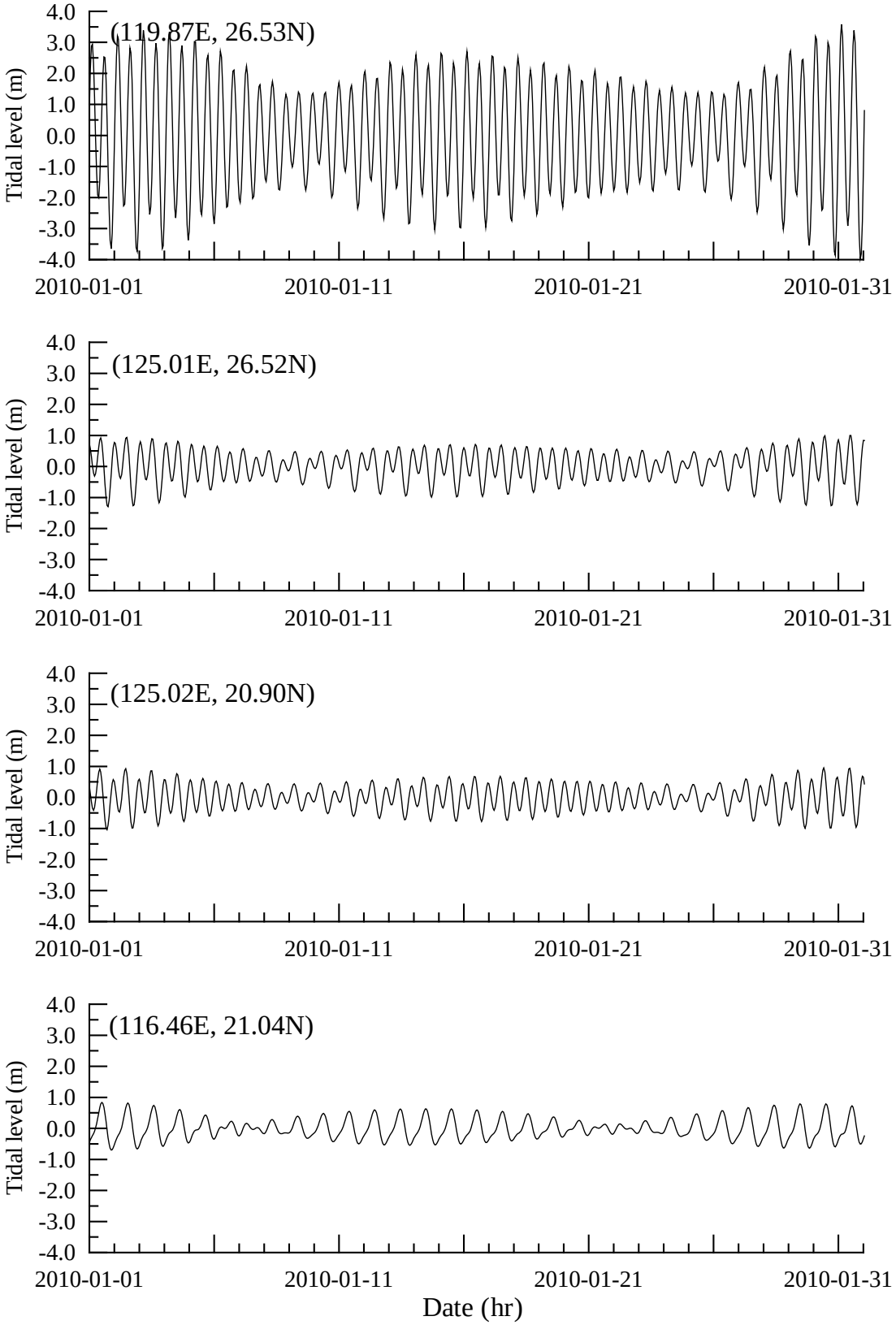


圖 3.7　中尺度臺灣周圍海域水動力模式採用的天文潮水位邊界條件圖

3.4 數值模擬風壓場

本計畫數值模擬風壓場輸入方式有二：(1)利用程式碼內建之模型颱風數值風壓場，(2)由外部輸入中央氣象局天氣預報模式提供的數值風壓場資料。其中模式內建模型颱風數值風壓場說明如下：

3.4.1 移動風域之風壓場(湯，1971)

假設模型颱風之等壓線幾近呈現圓形分佈，則模型颱風之氣壓分佈可採用 Myers(1954)之經驗式表示如下：

$$P = P_c + a\exp\left(-r_0/r\right) \quad \text{.....(3.2)}$$

式中 P_c 為颱風中心之氣壓值(mb)，r_0 為颱風最大風速之半徑，a 為颱風中心氣壓常數。任意座標位置(x,y)之模型颱風氣壓梯度計算如下：

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{r_0\left(x - x_c\right)}{r^3} a\exp\left(-r_0/r\right) \quad \text{.....(3.3)}$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{r_0\left(y - y_c\right)}{r^3} a\exp\left(-r_0/r\right) \quad \text{.....(3.4)}$$

式中 x_c 及 y_c 為颱風中心座標。於(3.2)式中 r_0 及 a 值較不易估計，如有數站氣壓資料，便可由最小二乘法求出，惟海上颱風暴風圈內之氣壓值通常不易獲得。因此係數 a 值通常採用假設值，即假設 $a = \Delta P_c = P_\infty - P_c$，$P_\infty$ 為遠離颱風中心之外圍氣壓，一般取其值為標準海平面氣壓約 1013mb。

颱風最大風速半徑 r_0 值可根據 Graham 及 Nunn 提出之經驗公式如下：

$$r_0 = \left[28.52\tanh\left[0.0873\left(\phi - 28\right)\right]\right] + 12.22\exp\left[\left(P_c - 1013.2\right)/33.86\right] + 0.2V_F + 37.22 \quad \text{.....(3.5)}$$

式中 ϕ 為緯度，V_F 為颱風移動速度(km/hr)。

在颱風風場之計算上，模式將科氏力之影響納入，因此颱風風場引起的傾度風風速 W_g 計算如下

$$W_g = \left[\frac{ar_0}{\rho_a r} \exp(-r_0/r) + (fr/2)^2 \right]^{1/2} - (fr/2) \quad \text{.....(3.6)}$$

式中ρ_a為空氣密度，a為颱風中心氣壓常數，f為科氏參數，r_0為颱風最大風速之半徑。當$r = r_0$時可得到最大傾度風$(W_g)_{\max}$。

此外，移動中之颱風除了因氣壓梯度引起的風速$\vec{W}'$外，尚有因颱風移動而產生的速度$\vec{W}''$。其中$\vec{W}'$與傾度風成正比，$\vec{W}''$ 與颱風進行速度$\vec{V}_f$成正比，即

$W' = c_1 V_g$，其方向與等壓線切線夾角α約為 30°～35°；

$\vec{W}' = c_2 \vec{V}_f$，其方向與颱風進行方向同。

其中c_1值約為 0.5～0.7 之間，臺灣地區可用 0.6；$c_2 = \dfrac{0.6V_g}{(V_g)_{\max}}$。

因此颱風圈內，任何地點之海面上風速可表示如下：

$$W_x = -\frac{c_1 W_g}{r}\left[(x - x_c)\sin\alpha + (y - y_c)\cos\alpha\right] + c_2 \frac{(V_f)_x}{(W_g)_{\max}} W_g \quad \text{.....(3.7)}$$

$$W_y = \frac{c_1 W_g}{r}\left[(x - x_c)\cos\alpha - (y - y_c)\sin\alpha\right] + c_2 \frac{(V_f)_y}{(W_g)_{\max}} W_g \quad \text{.....(3.8)}$$

本計畫模型颱風風壓場主要依據中央氣象局發布的颱風警報單之內容，選取颱風中心位置(觀測時間及經緯度座標)、颱風中心氣壓值等資料為輸入條件；至於，颱風移動速度則由颱風中心之觀測時間及經緯度座標推算，颱風最大風速半徑r_0值利用(3.5)式計算。有關模型颱風風壓場之計算本計畫直接建置於模式之程式碼內，因此風壓場資料產生之時間與水動力模擬的時間同步。

3.4.2 修正型 Holland 風場模式

常見的**參數化颱風模式**分別有修正型的 Rankine vortex 風場模式、Jelesnianski et al. (1992)之 SLOSH 模式以及 Holland (1980)等模式

風壓場；本研究以修正型 Holland 風場模式為基礎建置參數化颱風模式，相關說明如下：

假設颱風暴風圈內氣壓分佈可表示成

$$P = P_c + a_c \exp\left[\left(-r_0/r\right)^B\right] \quad \text{.....(3.9)}$$

式中 P_c 為颱風中心之氣壓值(mb) ，a_c 為颱風中心氣壓常數(=P_a - P_c)，P_a 為遠域氣壓值，B 為尖銳度參數；r_0 為颱風最大風速之半徑，r 為計算點至颱風中心之距離。

當 B=1 時，(3.9)式可簡化為 Myers(1954)理論式(3.2)；關於 B 值經驗式之討論，劉(1987)建議採用下列經驗式：

$$B = 2.7 - 0.0166667\left(P_c - 940\right) \quad \text{.....(3.10a)}$$

Harper and Holland (1999)提出估算 B 值之經驗式：

$$B = 2 - \frac{\left(P_c - 900\right)}{160} \text{，for } 1 \le B \le 2.5 \quad \text{.....(3.10b)}$$

近颱風中心最大風速之暴風半徑 r_0 值除了可由氣象觀測資料決定外，亦可利用相關經驗公式計算之；如 Graham 及 Nunn (1952)提出 r_0 值與颱風中心所在緯度 ϕ 及颱風移動速度 V_f 有關係之經驗式(3.5)；或龔(1997)分析 1945 至 1996 年中央氣象局發佈之颱風資料，得到 r_0 值與颱風中心氣壓值 P_c 之多項式迴歸關係式(3.11)：

$$r_0 = 2\times10^{-5}P_c^3 + 0.0625P_c^2 - 56.112P_c + 16899 \quad \text{.....(3.11a)}$$

MacAfee and Pearson (2006)提出以颱風中心所在緯度 ϕ、颱風中心氣壓 P_c 及颱風最外圍閉合之等氣壓 P_n 計算 r_0 值之經驗公式(3.11b)：

$$\ln r_0 = 2.636 - 0.00005086\left(P_n - P_c\right) + 0.0394899\varphi \quad \text{.....(3.11b)}$$

其中

$$P_n = P_c - 20.69 + 1.33W_{\max} + 0.11\varphi \quad \text{.....(3.12)}$$

當考慮科氏力影響時，颱風模型風場之梯度風風速(gradient wind speed) W_g 計算如下：

$$W_g(r)=\sqrt{\frac{Ba_c}{\rho_a}\left(\frac{r_0}{r}\right)^B \exp\left[-\left(\frac{r_0}{r}\right)^B\right]+\frac{(rf)^2}{4}}-\frac{rf}{2} \quad \text{.....(3.13)}$$

當 r 值趨近於 r_0 時，相較於壓力差科氏力之影響可以忽略，此時最大旋衡風速 $W_{\max}$ 等於：

$$W_{\max}=\sqrt{B\frac{(P_a-P_c)}{\rho_a e}} \quad \text{.....(3.14)}$$

對於近颱風中心最大風速 $W_{\max}$ 之估算，Atkinson and Holliday (1977)提出 $W_{\max}$ 與颱風中心氣壓值 P_c 之經驗式如下：

$$W_{\max}=3.44(1010.-P_c)^{0.644} \quad \text{.....(3.15)}$$

本研究亦針對修正型的 Rankine vortex 風場模式及 SLOSH 風場模式進行評估，提供未來颱風模型風場改善之依據；其中修正型的 Rankine vortex 風場模式其軸向風速分布如下：

$$W(r)=W_{\max}(r/r_0)^b \quad , \quad r<r_0 \quad \text{.....(3.16a)}$$

$$W(r)=W_{\max}(r_0/r)^b \quad , \quad r_0\le r \quad \text{.....(3.16b)}$$

式中指數 b 為形狀參數，具有調整軸向風速分布之功用，其值約介於 0.4~0.6 之間。

SLOSH 風場模式其風速分布採用下列表示式：

$$W(r)=W_{\max}\left(\frac{2r_0 r}{r_0^2+r^2}\right) \quad \text{.....(3.17)}$$

基於上述各風場模式之風速均屬海面風速，因此必須將海面風速 W 校正至海面 10m 處風速 W_{10}，即

$$W_{10}=k_m W \quad \text{.....(3.18)}$$

式中 k_m 為校正係數，Harper and Holland (1999)建議 k_m=0.7，另 Powell (1987) 建議 0.75<k_m<0.8，湯(1971)建議採用 0.6，本計畫採用 0.8。

由於實際颱風風場受到表面摩擦效應之影響，颱風風向通常會沿等壓線向颱風中心傾斜；此風向與等壓線切線夾角 β 值，Bretschneider (1972)提出下列近似關係式：

$$\beta = 10^{\circ}\left(1 + r/r_0\right) \quad , \quad 0 \le r < r_0 \qquad (3.19a)$$

$$\beta = 20^{\circ} + 25^{\circ}\left(r/r_0 - 1\right) \quad , \quad r_0 \le r < 1.2r_0 \qquad (3.19b)$$

$$\beta = 25^{\circ} \quad , \quad r > 1.2r_0 \qquad (3.19c)$$

當颱風移動對風場產生的校正風速W'通常可表示成

$$W' = c_2 V_f \qquad (3.20)$$

式中 V_f 為颱風移動速度(m/s)，係數 c_2 值之估算，湯(1971)建議臺灣地區可採用下列關係式

$$c_2 = 0.6\frac{W_g}{W_{\max}} \qquad (3.21)$$

Jelesnianski(1966)曾針對緩慢移動颱風提出下列關係式

$$c_2 = \frac{r_0 r}{r_0^2 + r^2} \qquad (3.22)$$

因此在颱風暴風圈內任何地點(x,y)之海面上 10m 風速可表示如下：

$$W_x = -W_{10}\left(\frac{\Delta x}{r}\sin\beta + \frac{\Delta y}{r}\cos\beta\right) + c_2 V_f \sin\theta \qquad (3.23a)$$

$$W_y = W_{10}\left(\frac{\Delta x}{r}\cos\beta - \frac{\Delta y}{r}\sin\beta\right) + c_2 V_f \cos\theta \qquad (3.23b)$$

式中$\Delta x = x - x_c$，$\Delta y = y - y_c$，θ 為颱風移動方向。

3.4.3 外部輸入風壓場資料中央氣象局天氣預報模式模擬之風壓場

目前 TaiCOMS 作業化模擬使用的風壓場資料，分為大尺度西太平洋範圍風場 WA01、中尺度中國海域風場 WA02 及小尺度臺灣海域風場 WA03，臺灣海域風場 WA03 資料雖然解析度最高，但因其資料範圍略小於本計畫臺灣周圍海域水動力模式模擬範圍，因此本計畫採用網格解析度為 1/12°(或 5')之 WA02 風場資料，並利用前處理程式產生模式輸入所需之非結構三角形元素網格風(壓)場逐時資料，如圖 3.8 所示。

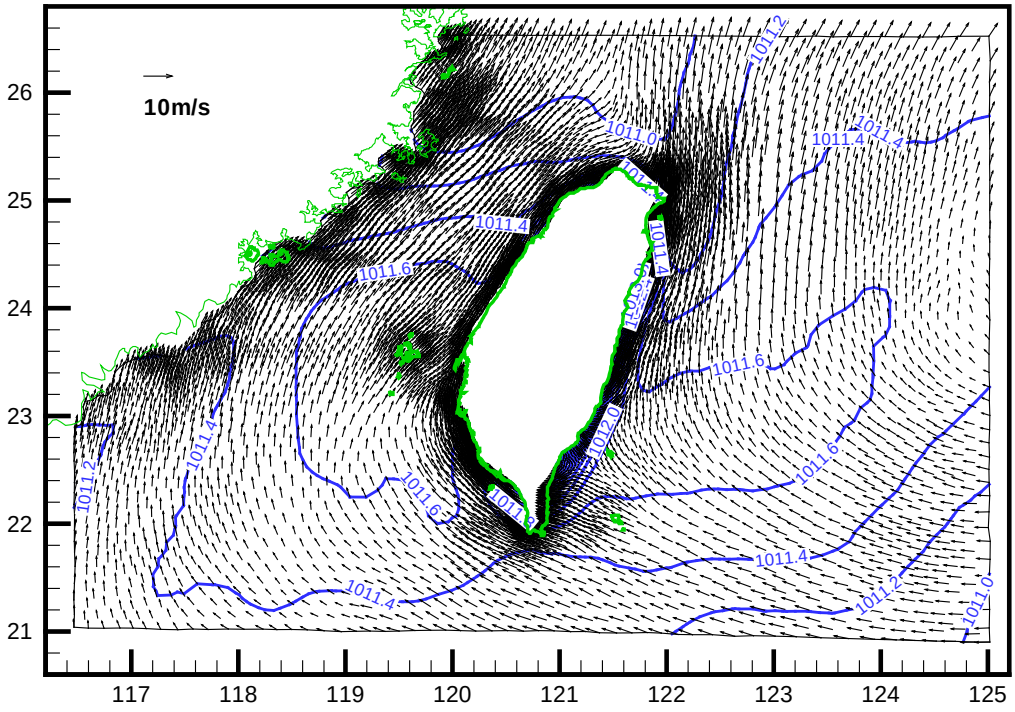


圖 3.8　本計畫非結構三角形元素網格之風場及等壓線分布圖

3.5 臺灣周圍海域水動力模式模擬結果與討論

3.5.1 天文潮模擬

在不考慮氣象因素(如風場及氣壓場)之情況下，本計畫已於 104 年度利用中尺度水動力模式針對天文潮進行預報模擬(2015 年 1 月至 12 月)，並選取各主要商港水位模擬結果與港研中心水位即時觀測資料進行比較分析。各港口模式水位輸出點位置，如圖 3-9 所示；模式天文潮逐時水位模擬值，與港研中心主要商港水位即時觀測值、潮位調和分

析預測值比較結果，分別如圖 3.10 及圖 3.11 所示，顯示模式水位歷線模擬值與觀測值、調和分析預測值間均具有高度的一致性。為瞭解模式模擬結果之精確度，本計畫逐月分析模式模擬值與觀測值間之誤差均方根(RMS)及相關係數(R)，如表 3.2 及表 3.3 所列；其中誤差均方根分析結果顯示潮差較小者如花蓮港、基隆港、高雄港等，模式模擬值與觀測值間誤差均方根之平均值約小於 0.1 m；潮差較大者如臺北港、臺中港及澎湖港等，誤差均方根之平均值約介於 0.1～0.2 m。

表 3.2　2015 年逐月水位模擬結果與 CWB、IHMT 觀測資料之均方根誤差分析表

年月	花蓮港		基隆港		臺北港		臺中港		高雄港		澎湖港	
	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)
1	0.060	0.149	0.090	0.114	0.200	0.204	0.210	0.390	0.066	0.058	0.109	0.161
2	0.057	0.052	0.034	0.069	0.198	0.209	0.190	0.252	0.056	0.056	0.114	0.143
3	0.055	0.055	0.071	0.067	0.190	0.204	0.171	0.252	0.049	0.052	0.128	0.117
4	0.067	0.101	0.083	0.062	0.190	0.202	0.166	0.237	0.054	0.052	0.141	—
5	0.069	0.075	0.086	0.062	0.161	0.173	0.135	0.192	0.073	0.063	0.143	0.116
6	0.063	0.061	0.056	0.052	0.152	0.160	0.114	0.138	0.061	0.060	0.161	0.104
7	0.073	0.076	0.074	0.077	0.194	0.211	0.176	0.208	0.089	0.074	0.178	0.128
8	0.086	0.136	0.076	0.076	—	0.203	0.143	0.275	0.081	0.109	0.181	0.161
9	0.105	0.094	0.077	0.059	—	—	0.171	0.430	0.088	0.075	0.166	—
10	0.059	0.227	0.081	0.072	—	—	0.174	0.521	0.091	0.165	0.131	—
11	0.069	0.080	0.067	0.063	—	—	0.201	0.217	0.088	0.124	0.119	—
12	0.061	0.056	0.088	0.065	—	0.151	0.208	0.333	0.091	0.087	0.116	—
平均	0.069	0.097	0.074	0.070	0.184	0.191	0.172	0.287	0.076	0.081	0.141	0.133

表 3.3　2015 年逐月水位模擬結果與 CWB、IHMT 觀測資料間相關係數分析表

年月	花蓮港		基隆港		臺北港		臺中港		高雄港		澎湖港	
	CWB	IHMT	CWB	IHMT	CWB	IHMT	CWB	IHMT	CWB	IHMT	CWB	IHMT
1	0.990	0.927	0.946	0.911	0.987	0.988	0.989	0.961	0.973	0.971	0.991	0.976
2	0.991	0.993	0.951	0.965	0.988	0.988	0.992	0.985	0.969	0.967	0.991	0.982
3	0.991	0.991	0.960	0.963	0.989	0.988	0.993	0.984	0.973	0.967	0.986	0.990
4	0.988	0.974	0.943	0.969	0.985	0.987	0.993	0.986	0.967	0.968	0.982	—
5	0.986	0.984	0.942	0.974	0.989	0.990	0.995	0.990	0.951	0.959	0.980	0.991
6	0.989	0.990	0.980	0.984	0.992	0.992	0.998	0.995	0.969	0.968	0.976	0.994
7	0.985	0.982	0.964	0.961	0.992	0.990	0.997	0.990	0.953	0.952	0.976	0.985
8	0.985	0.954	0.952	0.957	—	0.994	0.996	0.986	0.933	0.885	0.976	0.978
9	0.969	0.976	0.949	0.973	—	—	0.994	0.972	0.911	0.930	0.978	—
10	0.992	0.983	0.949	0.960	—	—	0.993	0.943	0.911	0.775*	0.987	—
11	0.989	0.985	0.969	0.972	—	—	0.990	0.989	0.936	0.875	0.989	—
12	0.990	0.992	0.948	0.972	—	0.993	0.989	0.974	0.916	0.936	0.989	—
平均	0.987	0.978	0.954	0.963	0.989	0.990	0.993	0.980	0.947	0.943	0.983	0.985

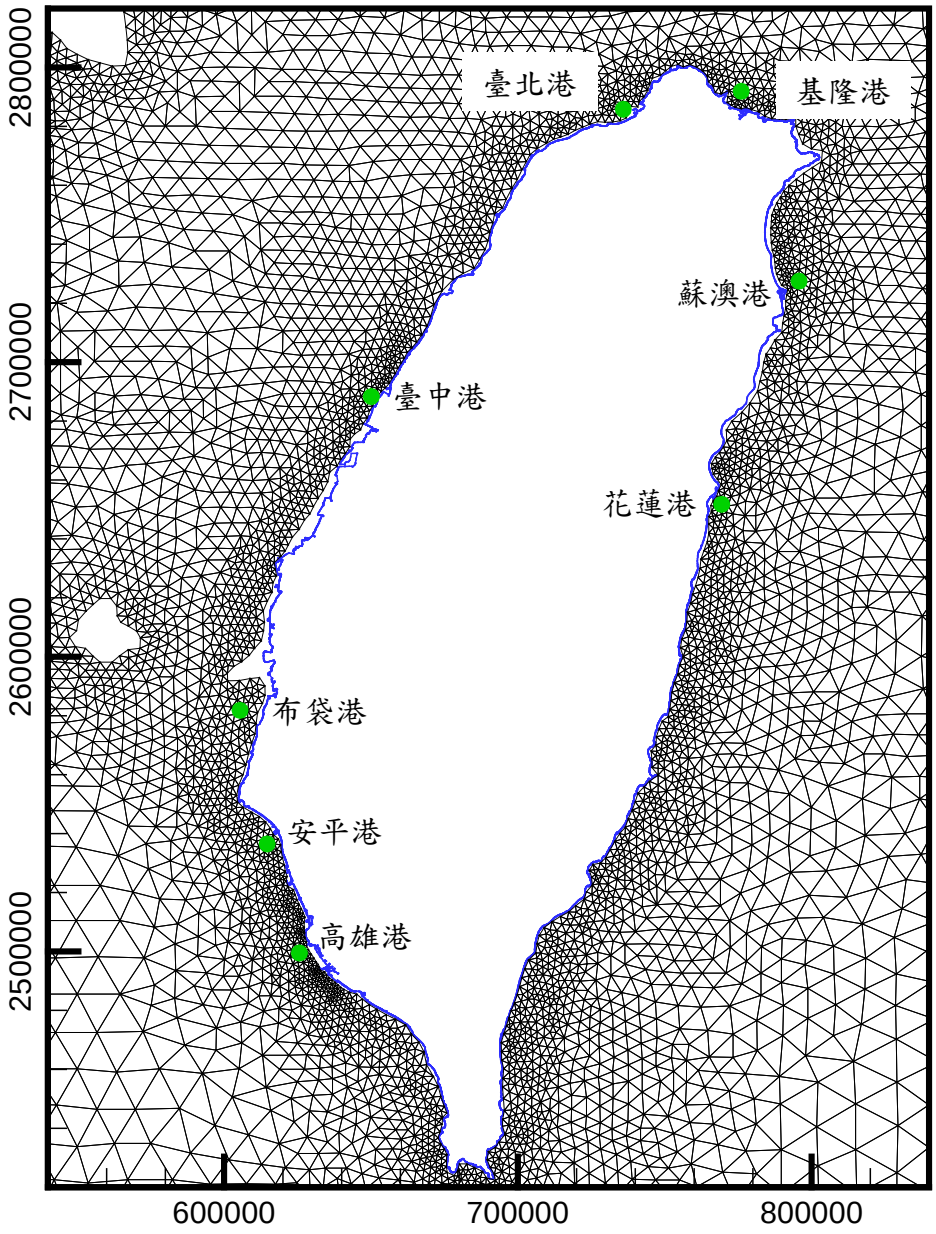


圖 3.9　主要商港颱風暴潮模擬結果之輸出點位圖

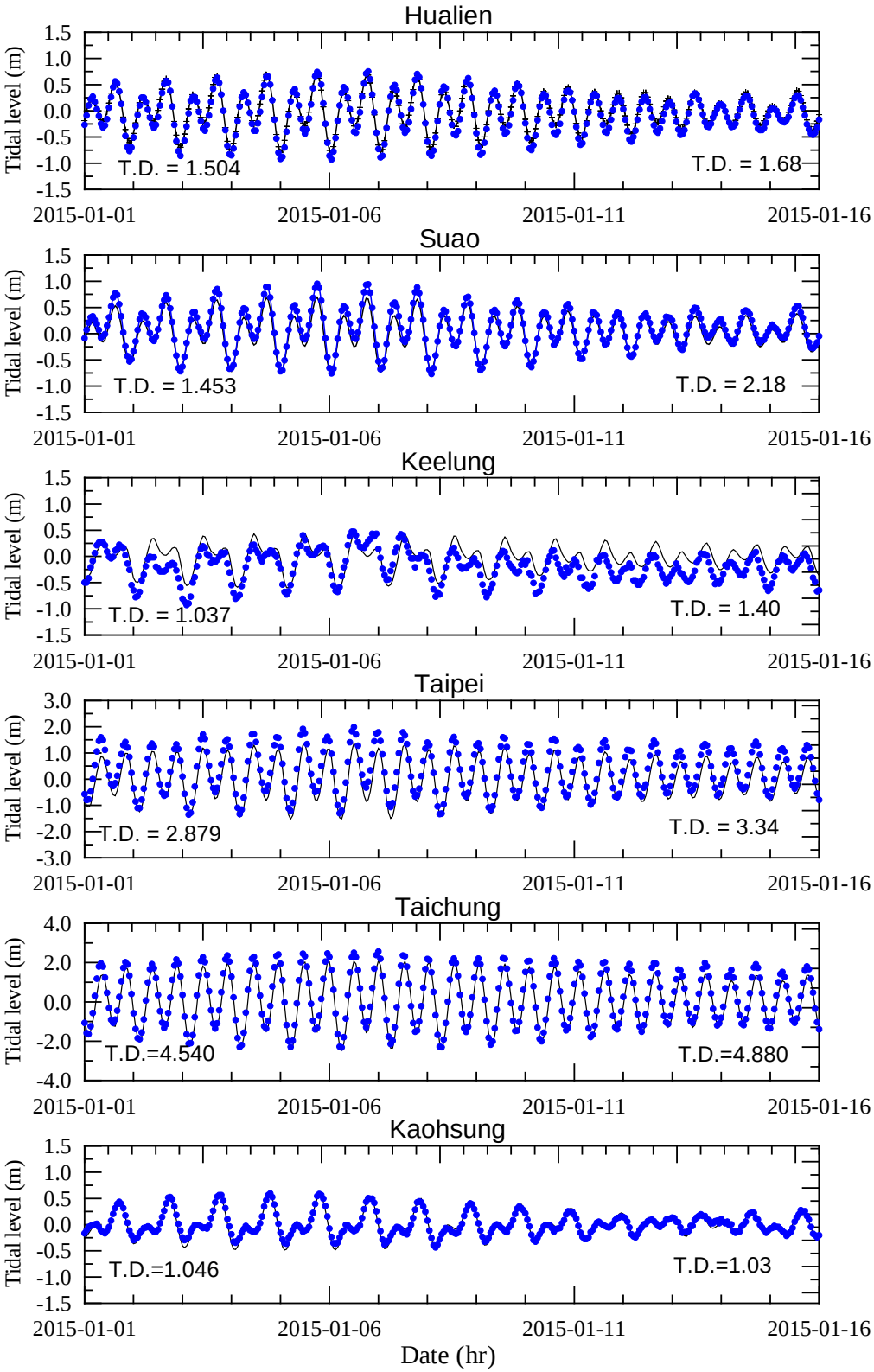


圖 3.10　本計畫中尺度水動力模式模擬結果(實線)與主要商港潮位觀測值(圓點)之比較圖

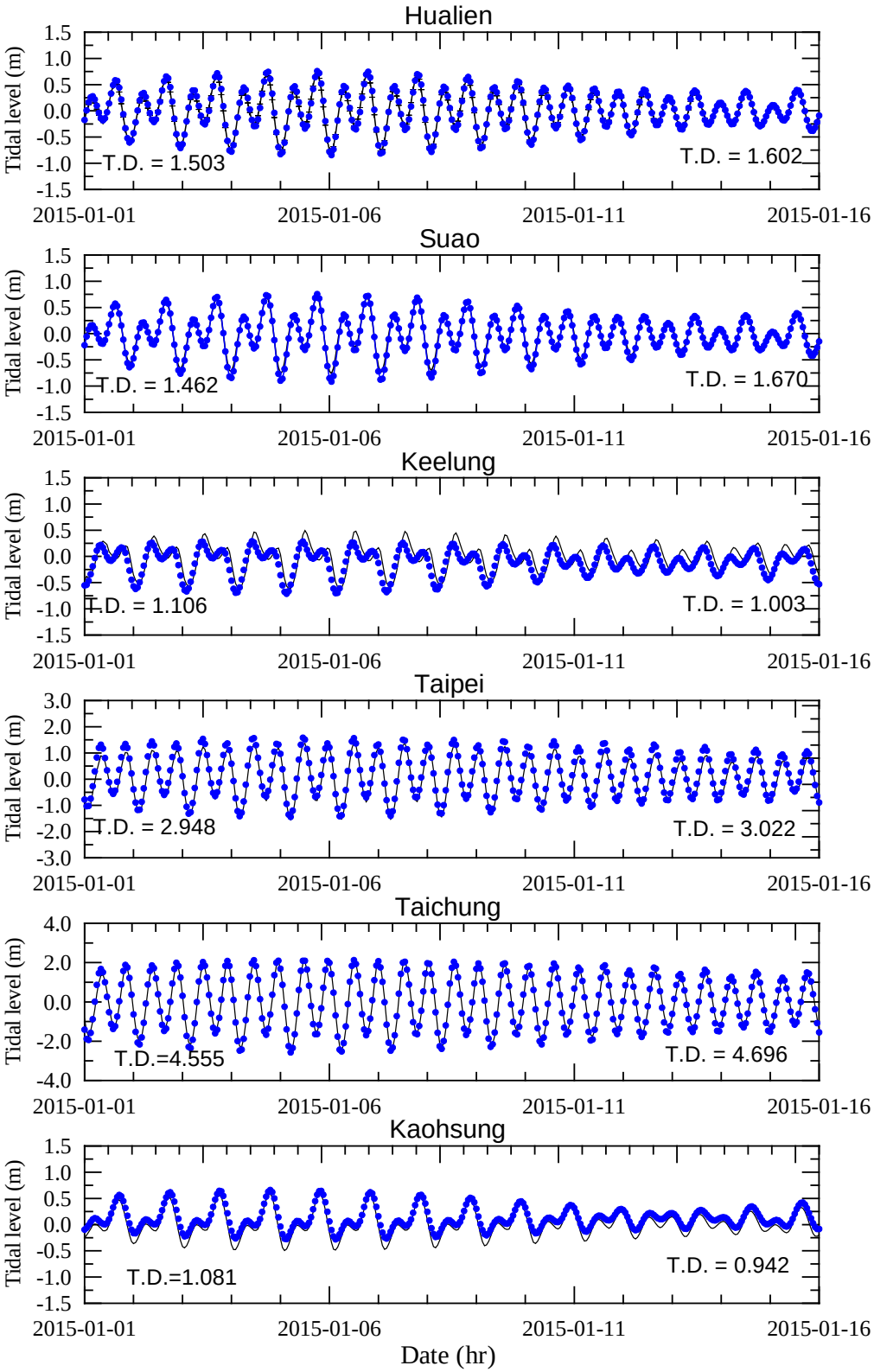


圖 3.11　本計畫中尺度水動力模式模擬結果(實線)與主要商港天文潮位調和分析預測值(圓點)之比較圖

3.5.2 颱風暴潮偏差模擬(不含潮汐)

本計畫以 104 年侵臺中度颱風蘇迪勒(SOUDELOR)為例說明模式模擬結果，圖 3.12 為中度颱風蘇迪勒之行進路徑，顯示蘇迪勒颱風在 8 月 1 日形成輕度颱風，行進過程曾一度發展成為強烈颱風，最後以中度颱風規模(接近強烈颱風)侵襲臺灣陸地。圖 3.13 為本計畫依據 TaiCOMS 作業化風(壓)場資料 WA02 產生的數值模式非結構網格風場及氣壓場資料，顯示蘇迪勒颱風結構在受到臺灣陸地破壞前近似圓形風場模型。

在不考慮天文潮作用情況下，即模式開放邊界條件僅考慮氣壓與標準氣壓差引起的水位變動量，本計畫水動力模式水位模擬結果相當於颱風風壓場作用引起的暴潮偏差。圖 3.14 為本計畫模式針對蘇迪勒颱風作業化風壓場模擬的流場及暴潮偏差分布情形，顯示臺灣東部海域海面暴潮偏差分布情形與颱風風壓場結構相當近似；其中 8 月 7 日 23 時颱風風壓場模擬結果顯示，臺灣東部海域海面暴潮偏差分布情形與颱風風壓場結構相當近似，颱風中心附近海面暴潮偏差超過 0.6m，臺灣東部海岸地區暴潮偏差超過 0.3m。

西部海域受到陸地及臺灣海峽效應影響，除了流場流速顯著增加外，暴潮偏差分布多呈現不規則狀，尤其近岸海域暴潮偏差分布更為複雜。模擬結果顯示大陸沿海地區蘇迪勒颱風引起的暴潮偏差明顯較臺灣周圍海域嚴重，部份地區暴潮偏差最大值超過 1.2m 以上，如圖 3.14 (續 9)所示。

3.5.3 颱風期間水位及流場模擬

本計畫同樣以 104 年侵臺中度颱風蘇迪勒(SOUDELOR)為例，說明同時考慮天文潮及颱風風壓場作用時中尺度模式水位模擬結果。本計畫同時將考慮天文潮及颱風風壓場作用之數值模式模擬結果與前述僅考慮天文潮汐作用模擬結果繪出流場及水位分布比較，如圖 3.15 所示。顯示因為模式具有非線性效應因素，因此颱風期間水位模擬結果

扣除天文潮水位模擬結果不會等於上述暴潮偏差水位模擬結果(3.5.2節)。

本計畫選取花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港及高雄港等商港颱風期間水位模擬值與觀測值比較，如圖 3.16 所示；圖中水位觀測值分為港內觀測(三角形符號)及港外 AWCP 觀測(圓形符號)，其中基隆港港內觀測值採用中央氣象局觀測資料。整體而言，蘇迪勒颱風侵臺期間花蓮港、蘇澳港、基隆港及高雄港等港口水位均曾發生顯著的暴潮偏差，其中港內水位觀測僅高雄港記錄到完整的水位變化歷線，在颱風影響最劇烈時段花蓮港、蘇澳港及基隆港等測站均有部份水位記錄出現異常現象。在颱風中心與陸地接觸前，各港口水位模擬歷線與觀測值(港內及港外)相當接近；颱風中心登陸期間，花蓮港及蘇澳港水位模擬歷線與觀測值間有較明顯偏差現象，推測此應屬於中央氣象局天氣預報之風壓場與實際的颱風風壓場有誤差所產生的現象；因此當颱風減弱或遠離時，模式水位模擬值與觀測值間之一致性再度回復。

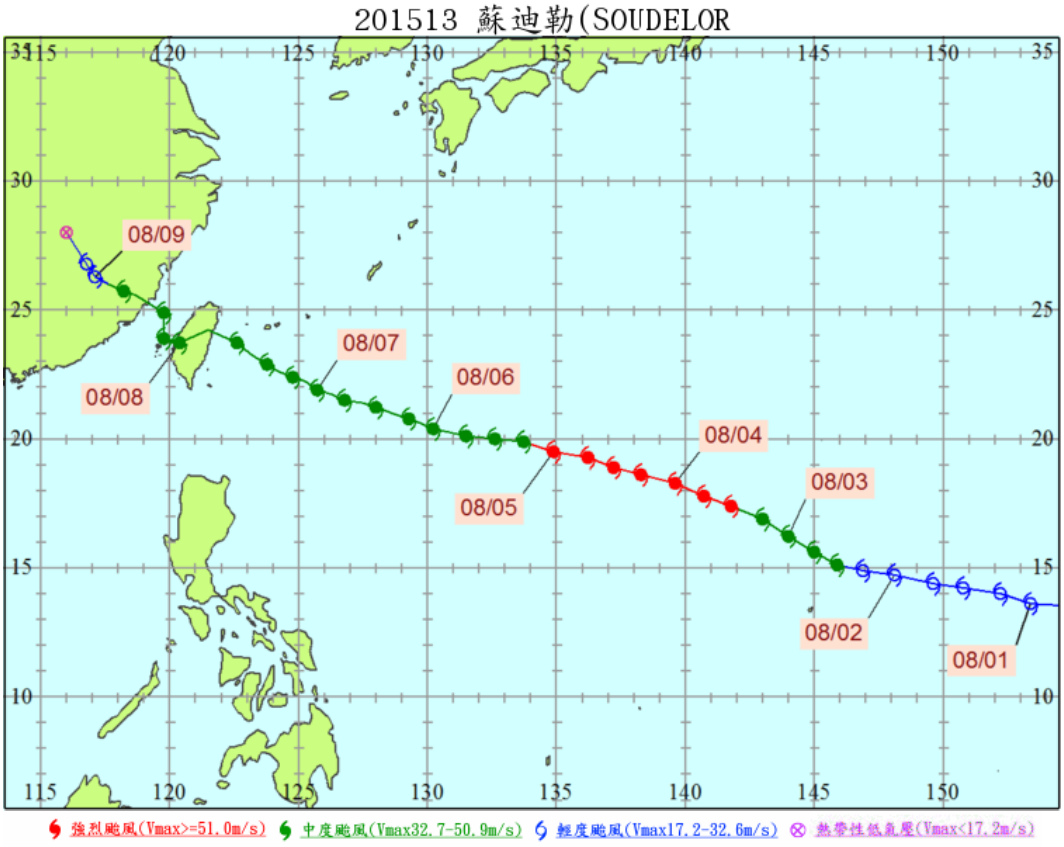


圖 3.12　2015 年蘇迪勒颱風路徑圖

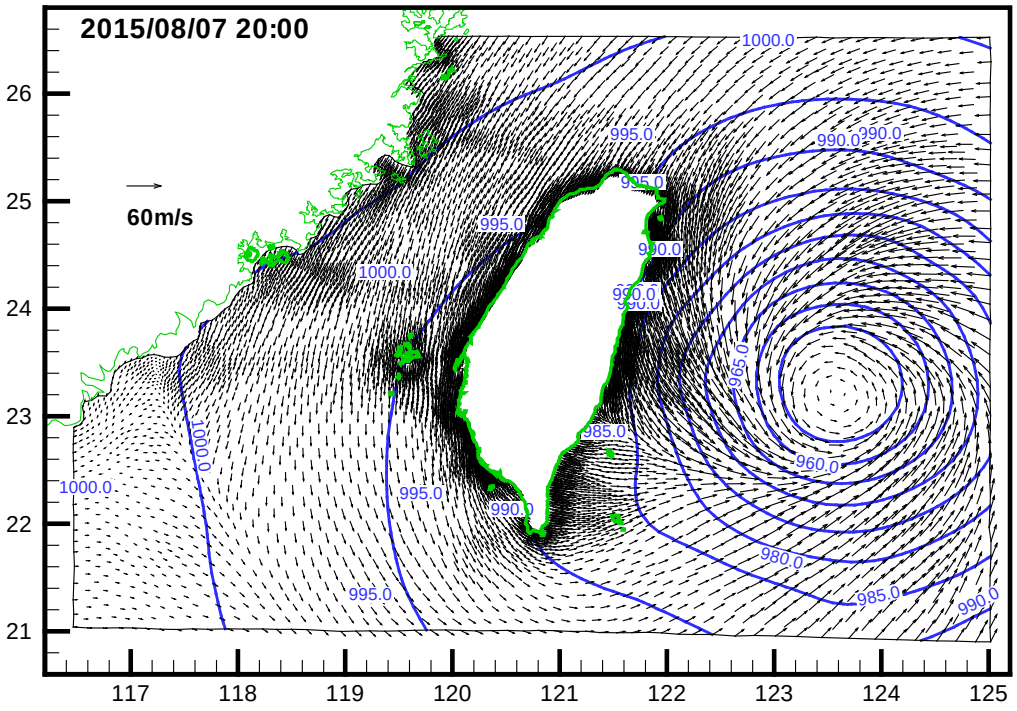


圖 3.13　蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖

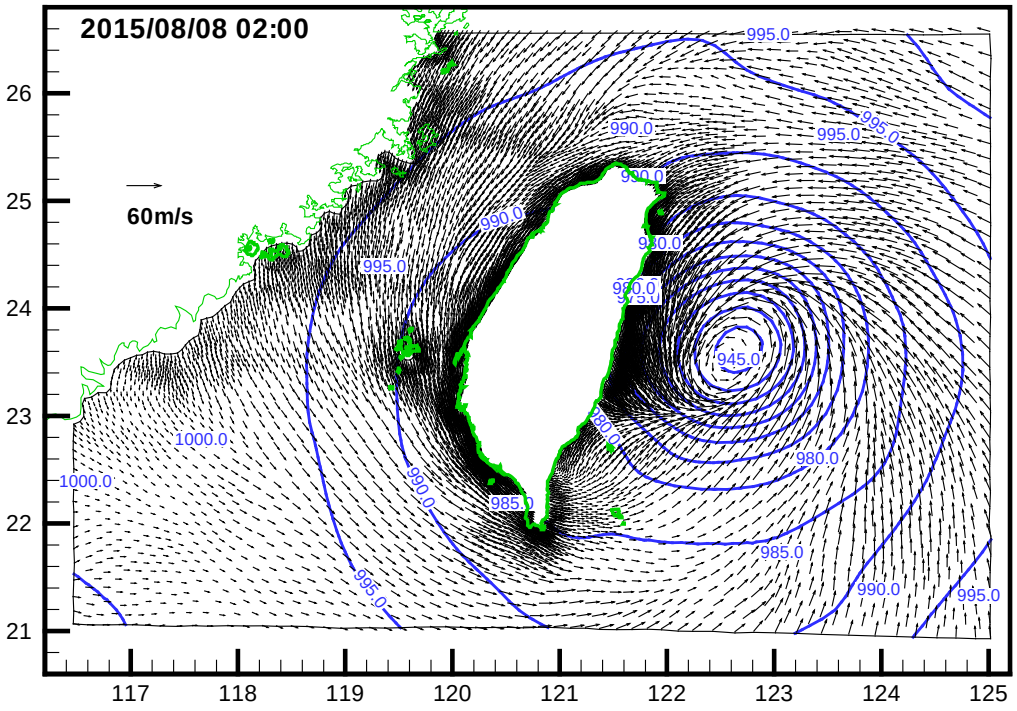


圖 3.13　(續 1)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖

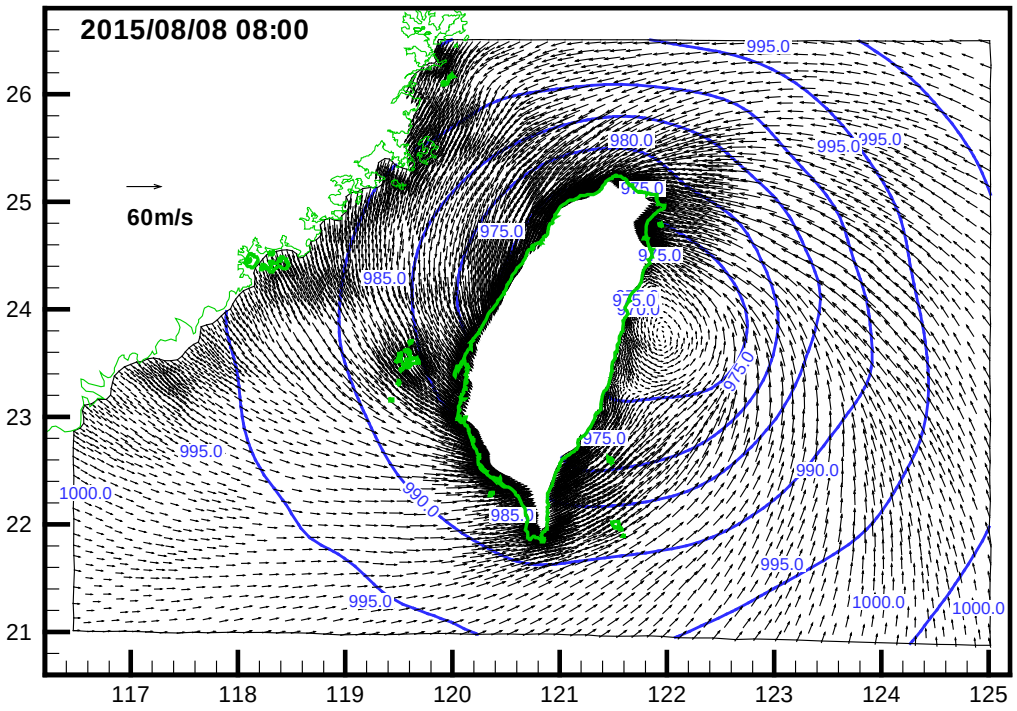


圖 3.13　(續 2)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖

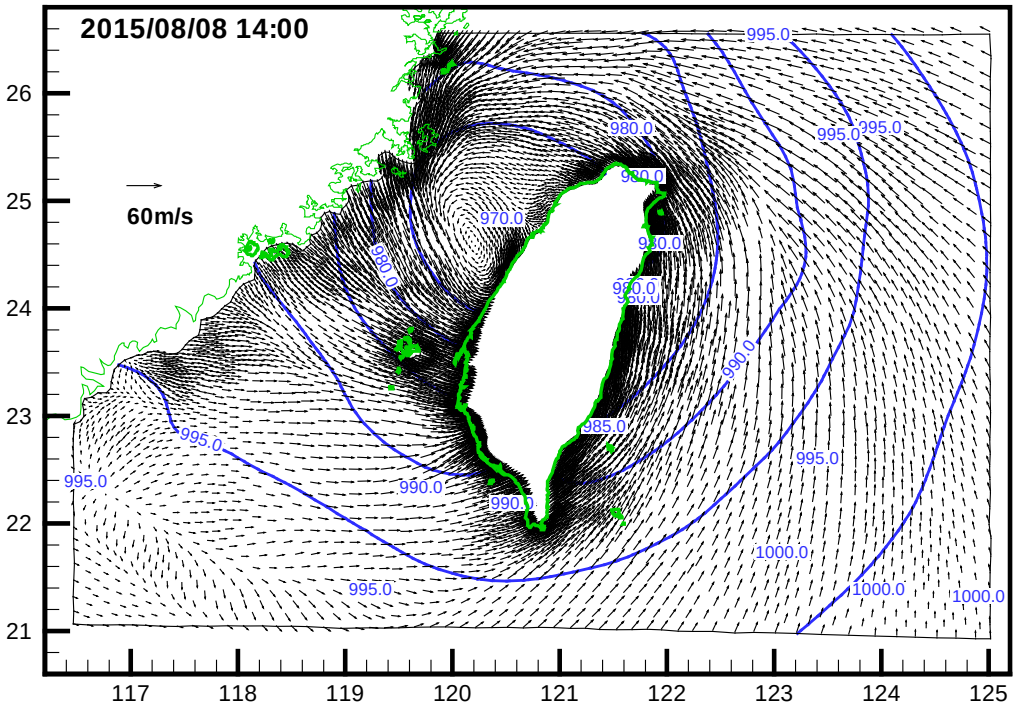


圖 3.13　(續 3)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖

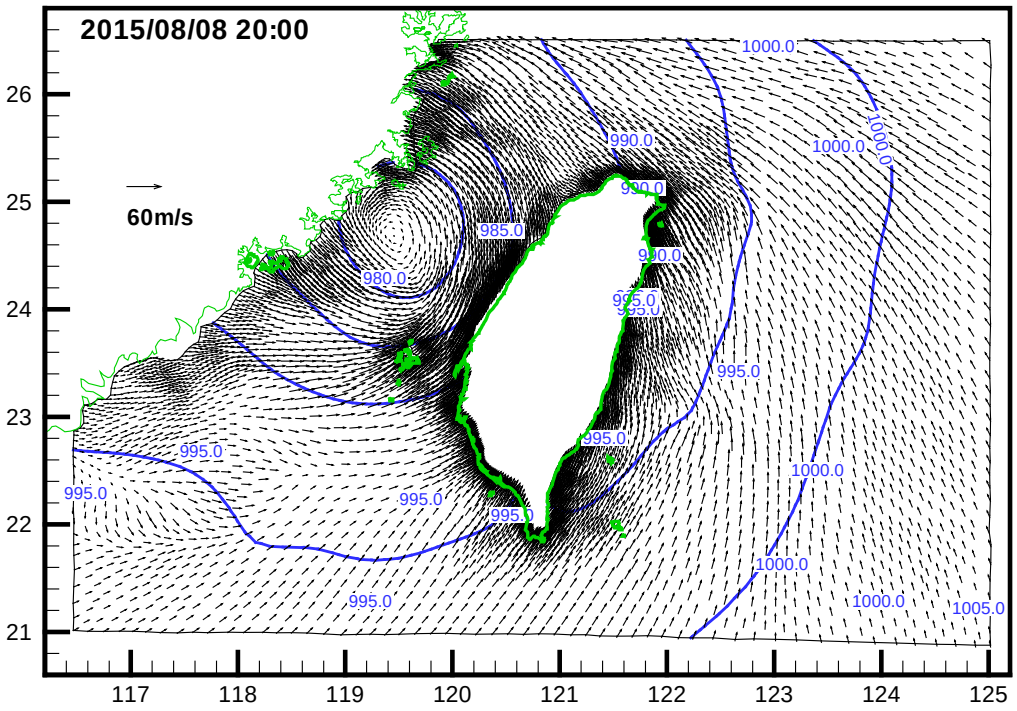


圖 3.13　(續 4)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模擬輸入預報風場及氣壓場圖

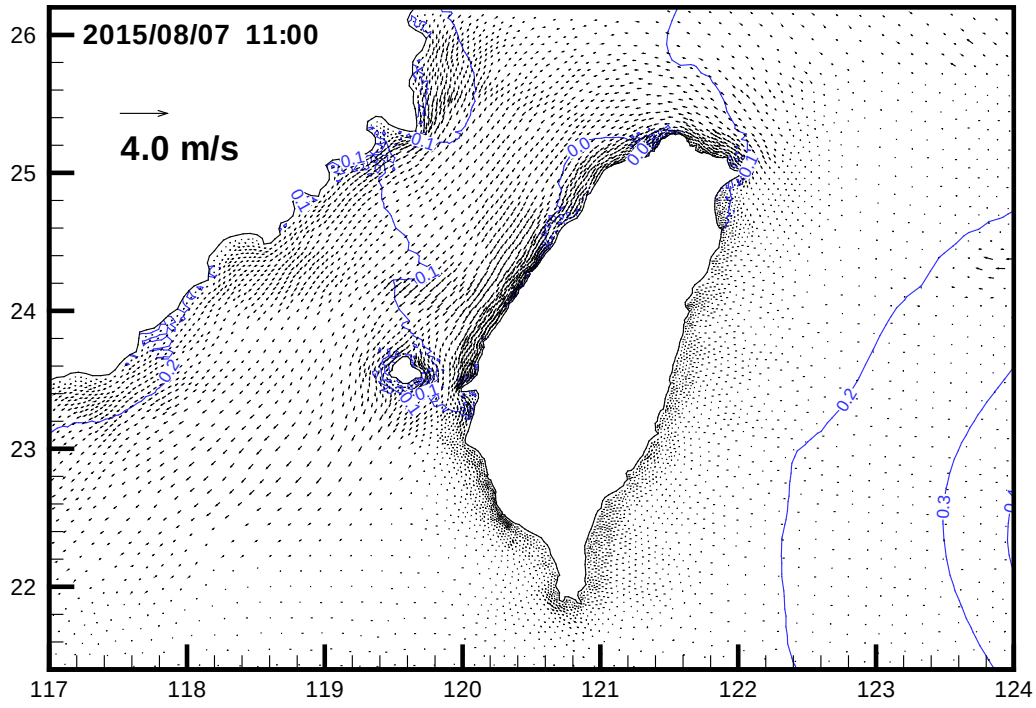


圖 3.14　蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

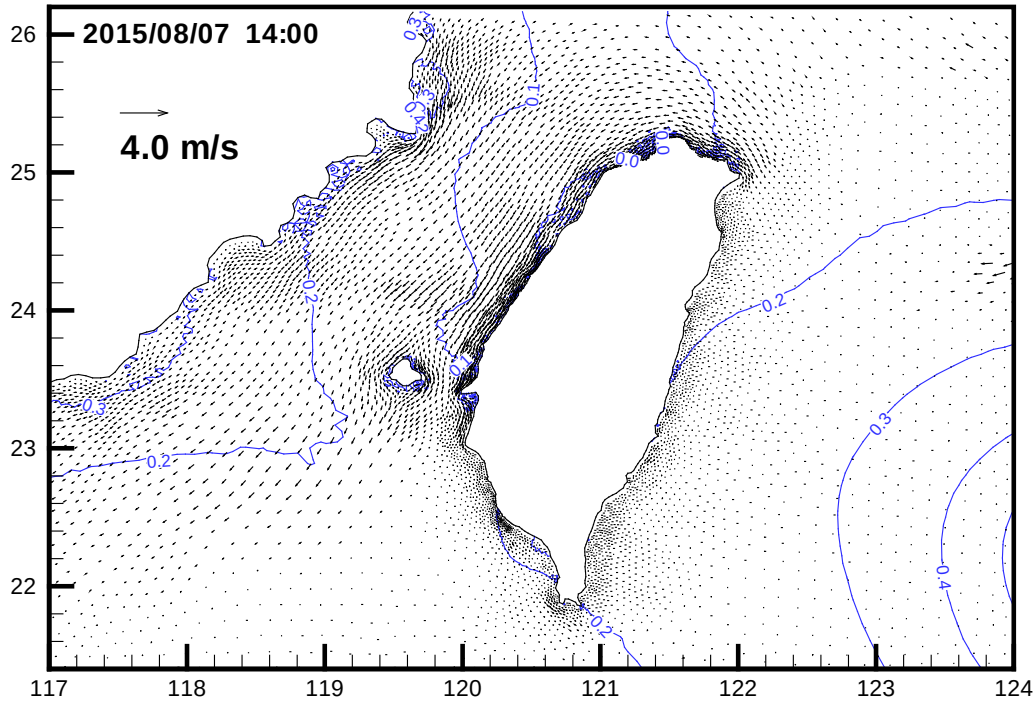


圖 3.14　(續 1)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

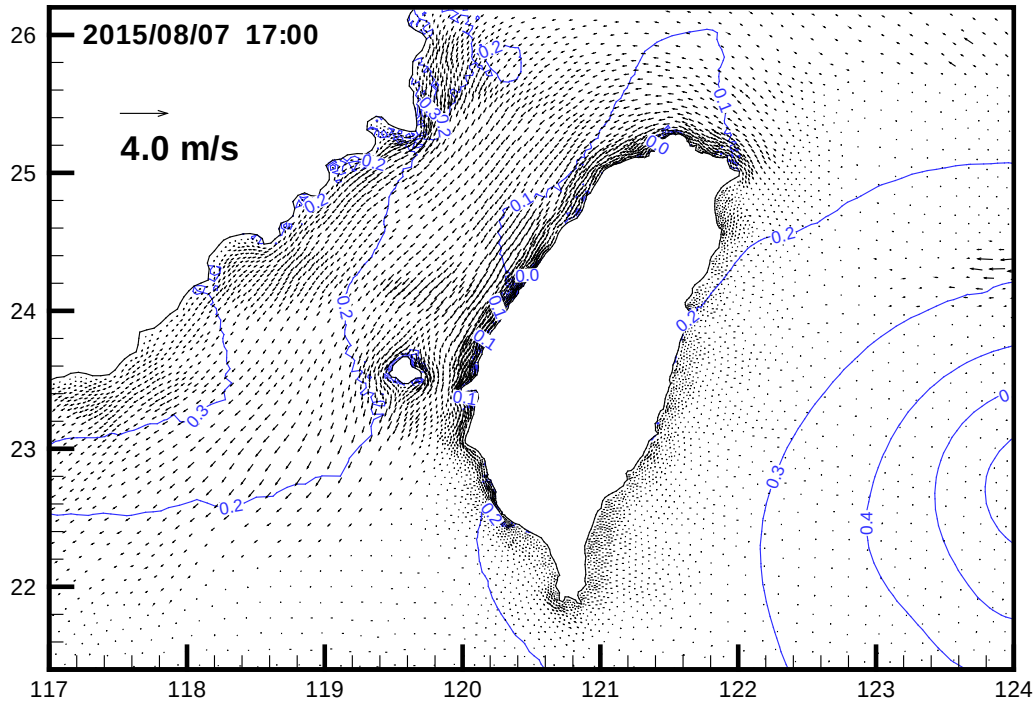


圖 3.14　(續 2)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

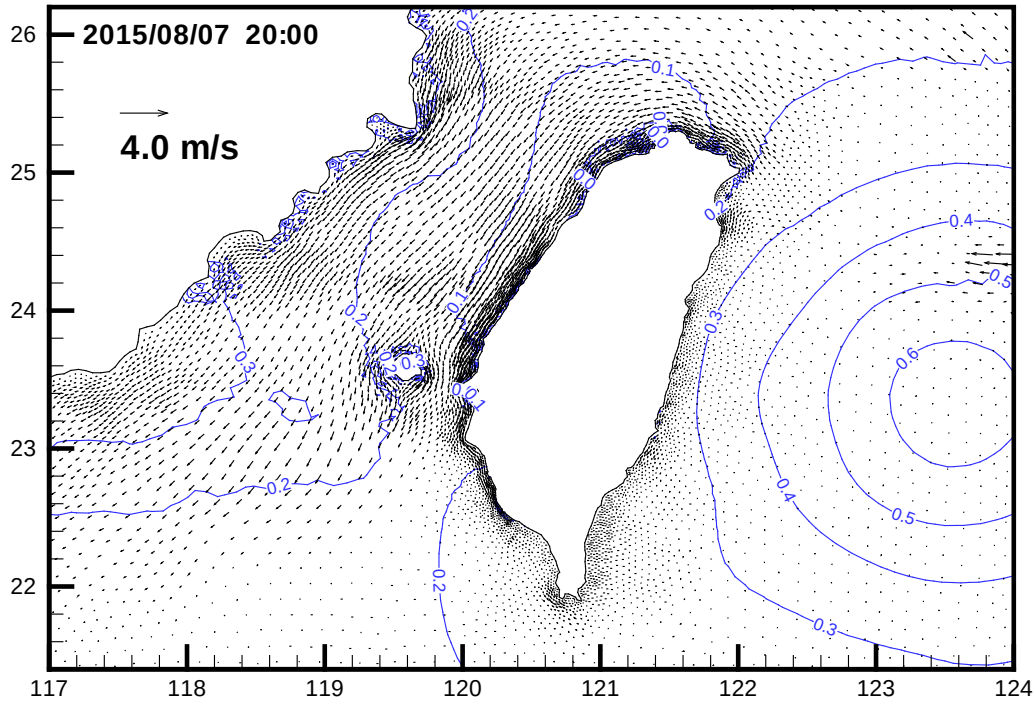


圖 3.14　(續 3)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

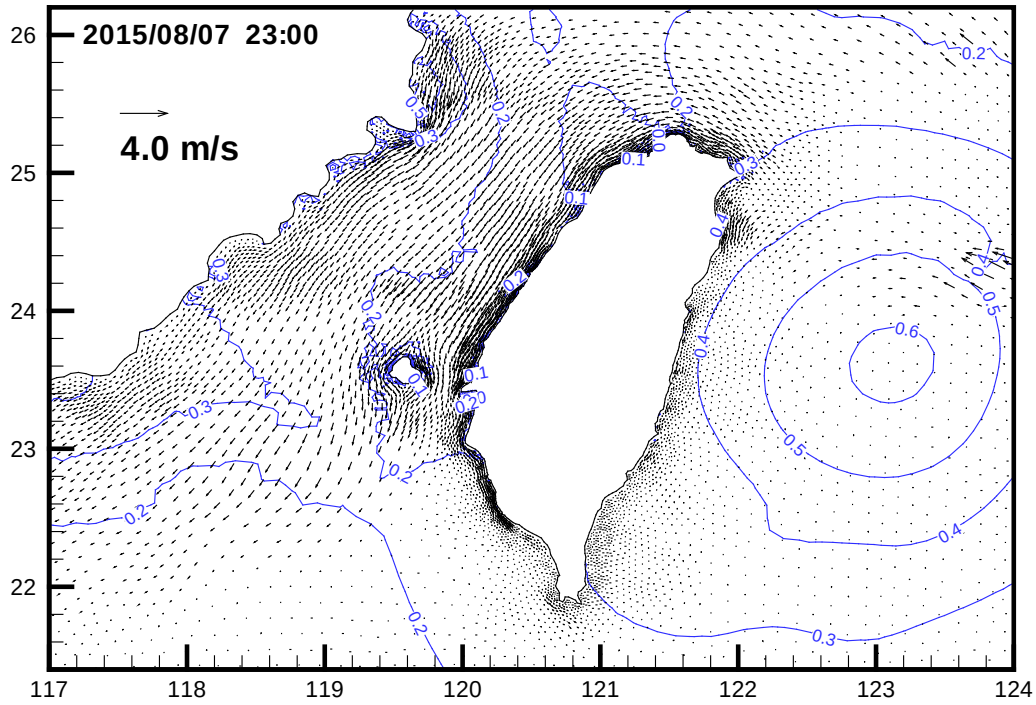


圖 3.14　(續 4)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

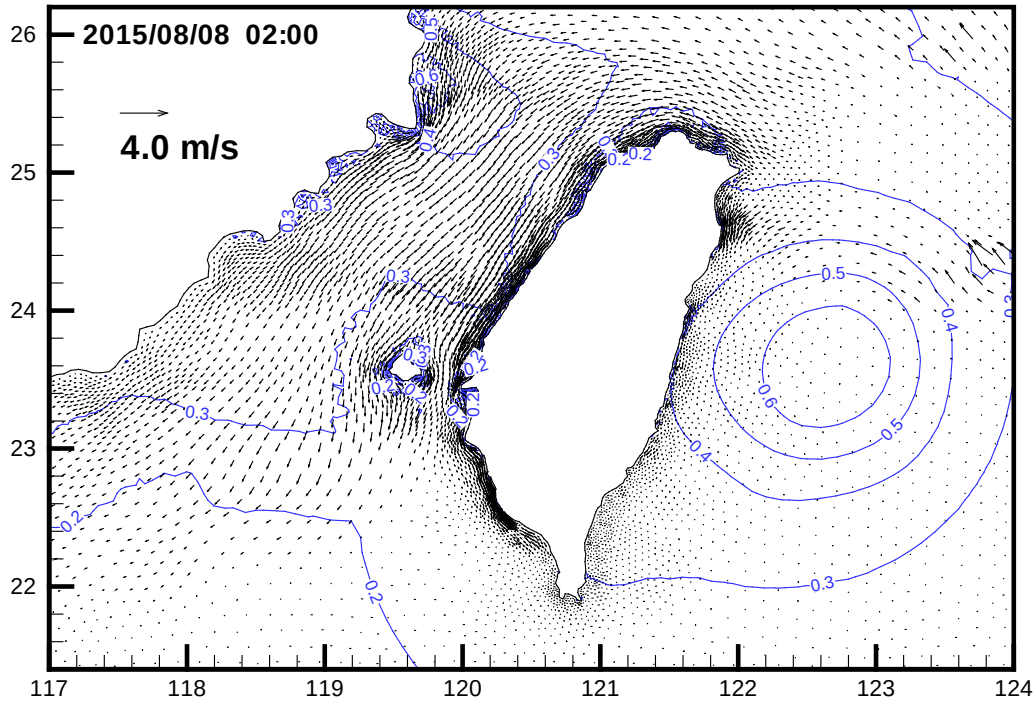


圖 3.14　(續 5)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

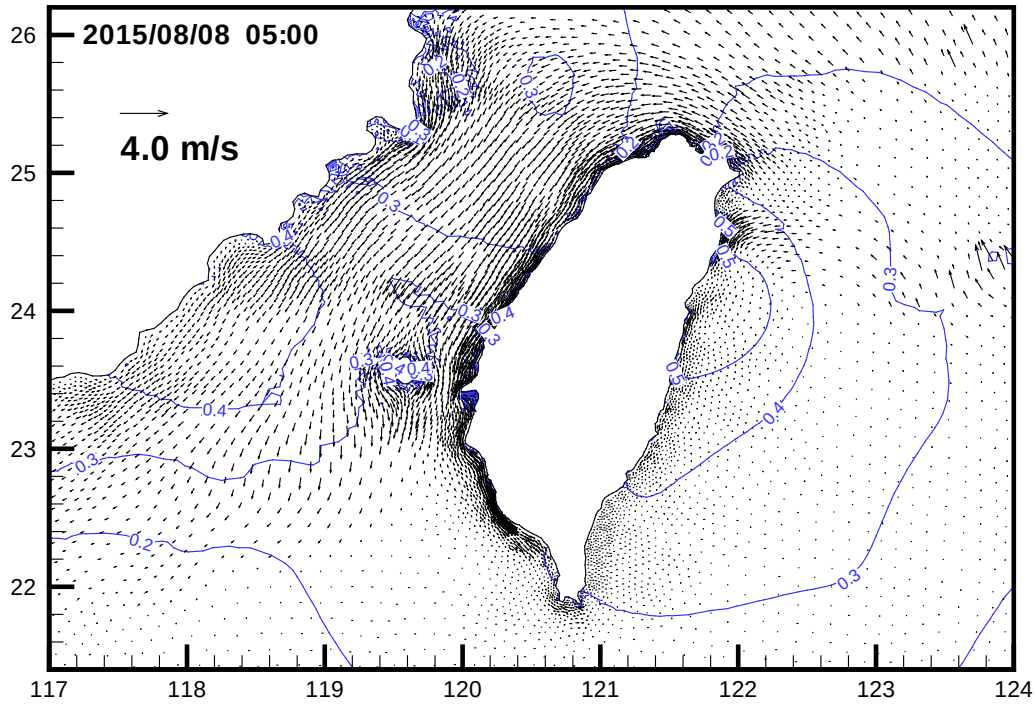


圖 3.14　(續 6)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

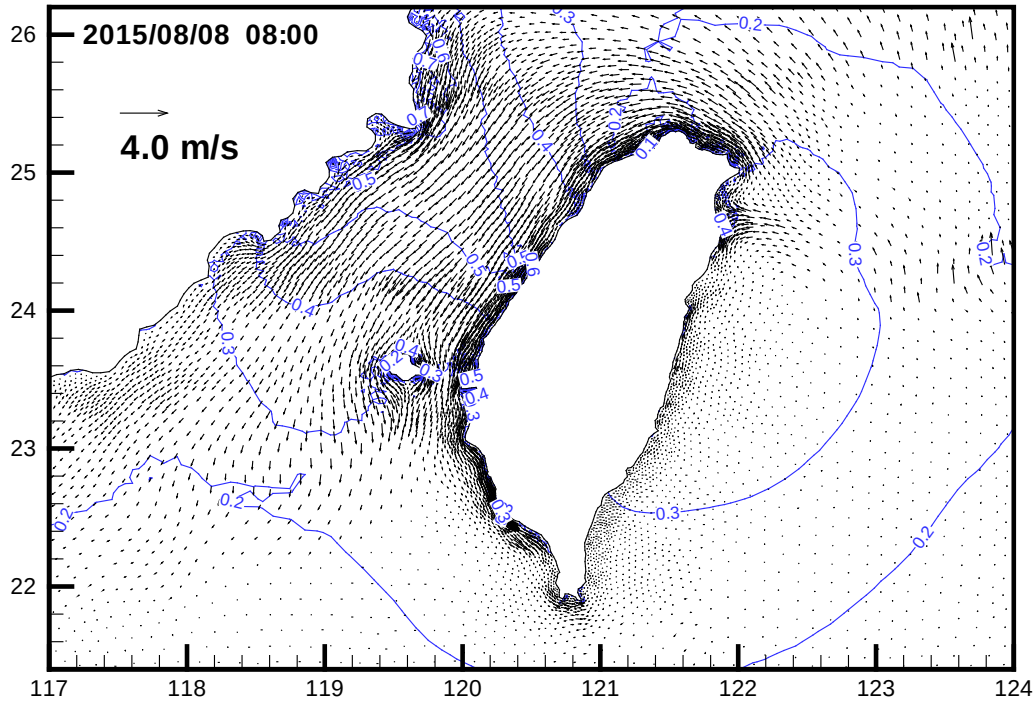


圖 3.14　(續 7)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

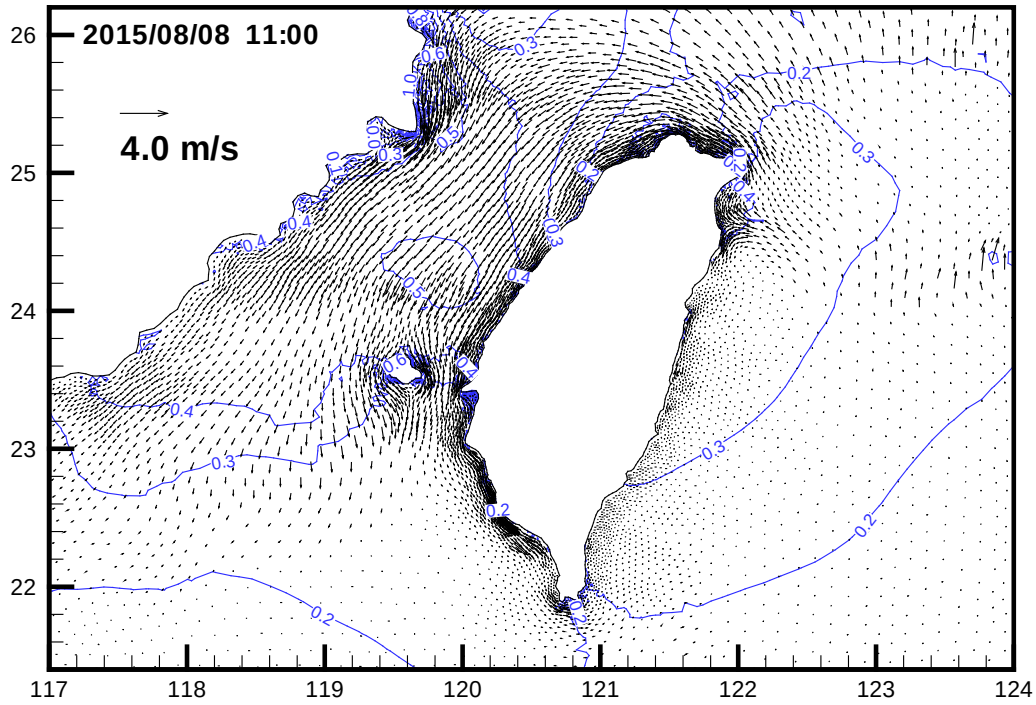


圖 3.14　(續 8)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

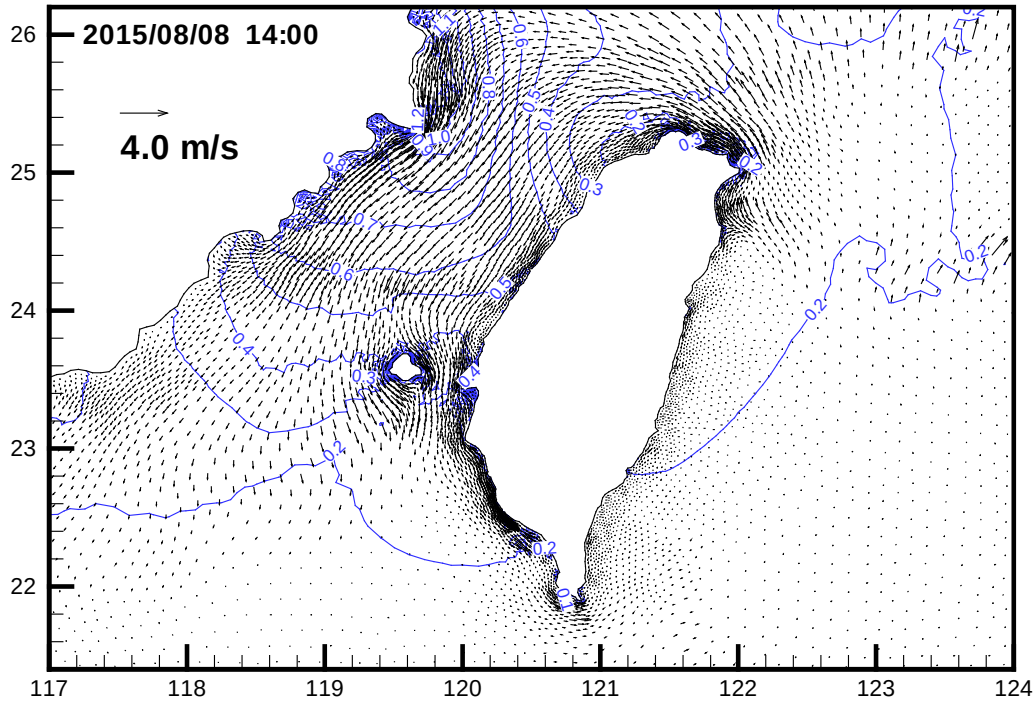


圖 3.14　(續 9)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

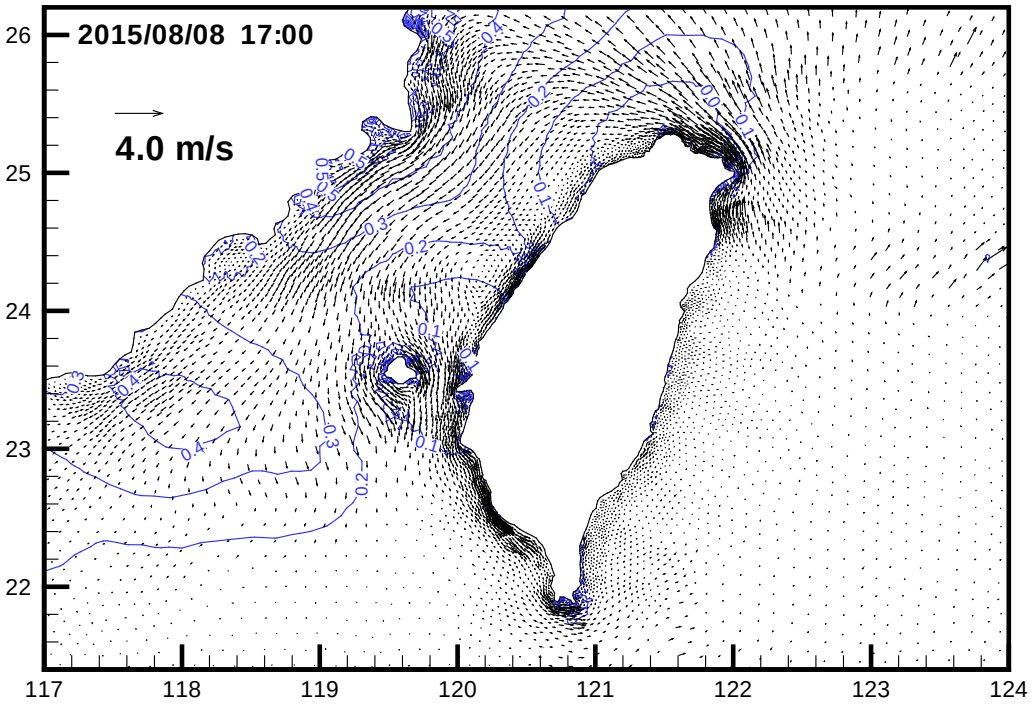


圖 3.14　(續 10)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

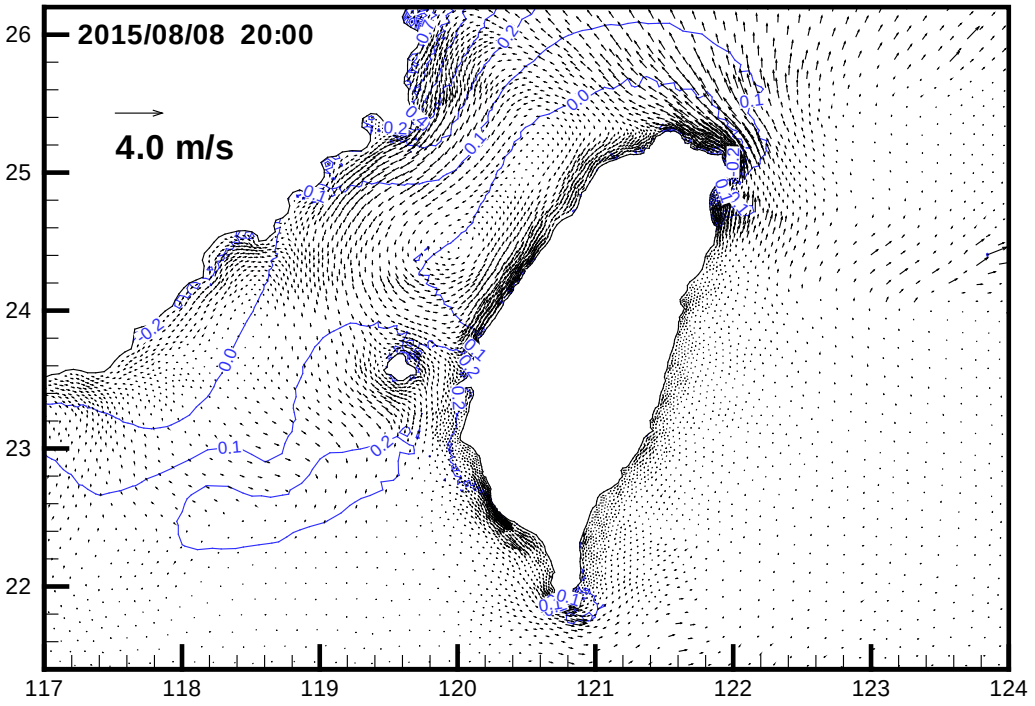
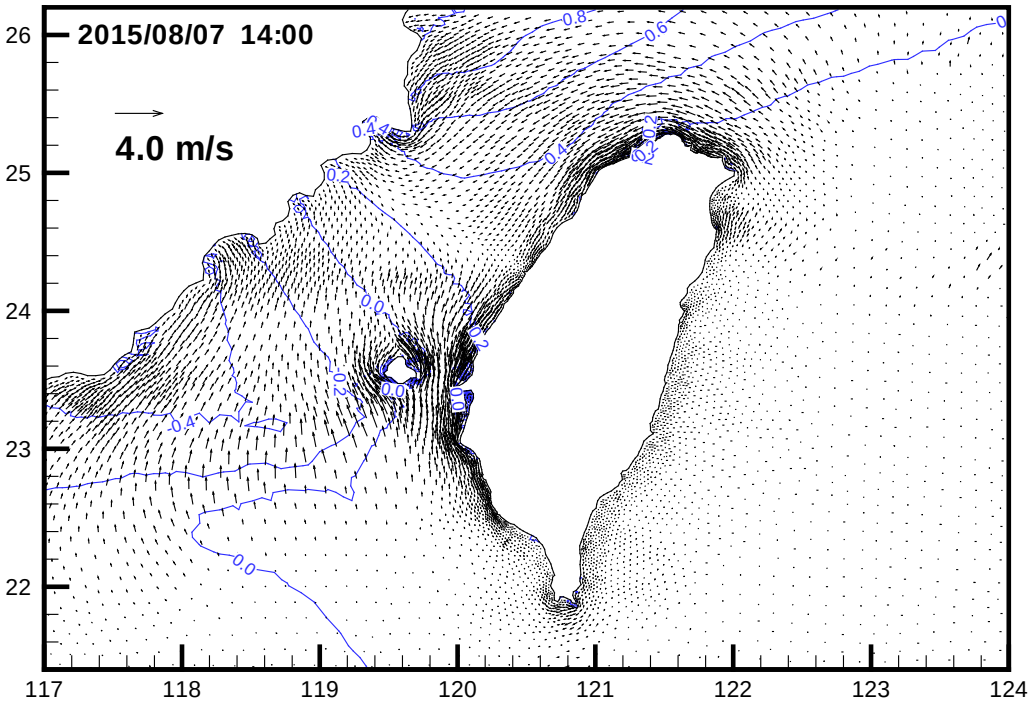
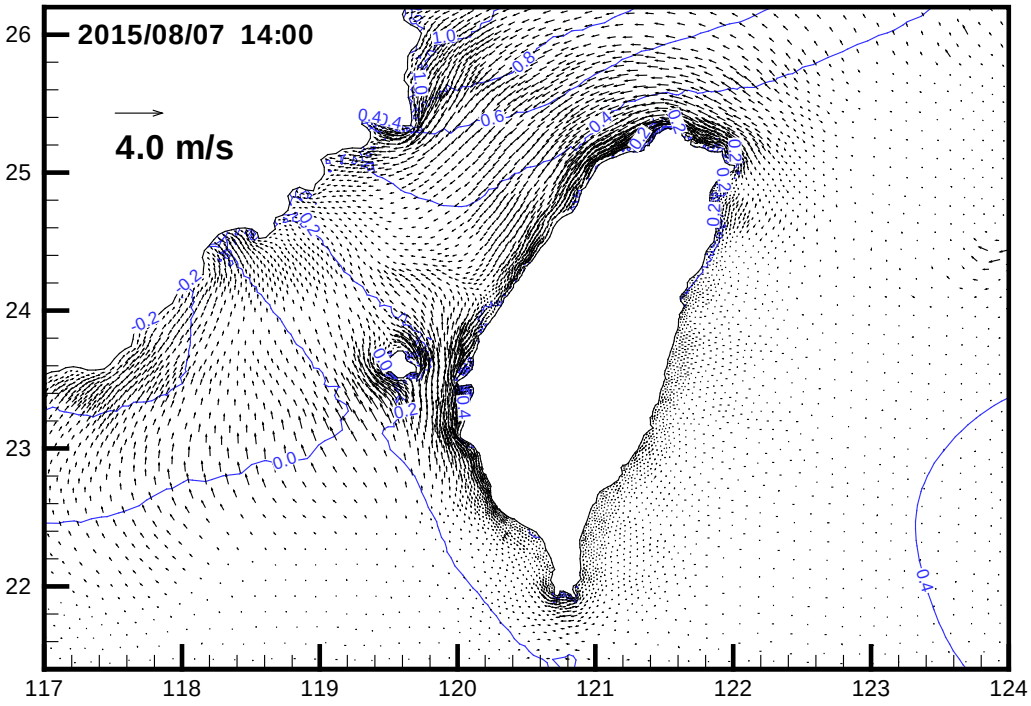


圖 3.14　(續 11)蘇迪勒颱風侵臺期間暴潮模式模擬之流場及暴潮偏差分布圖

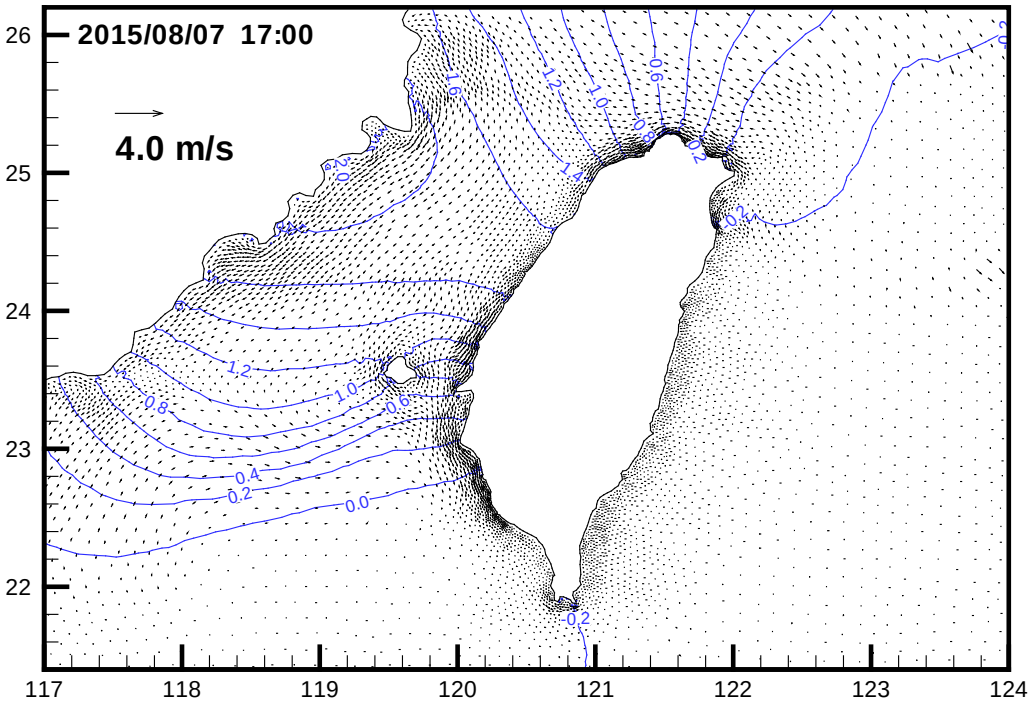


(a)

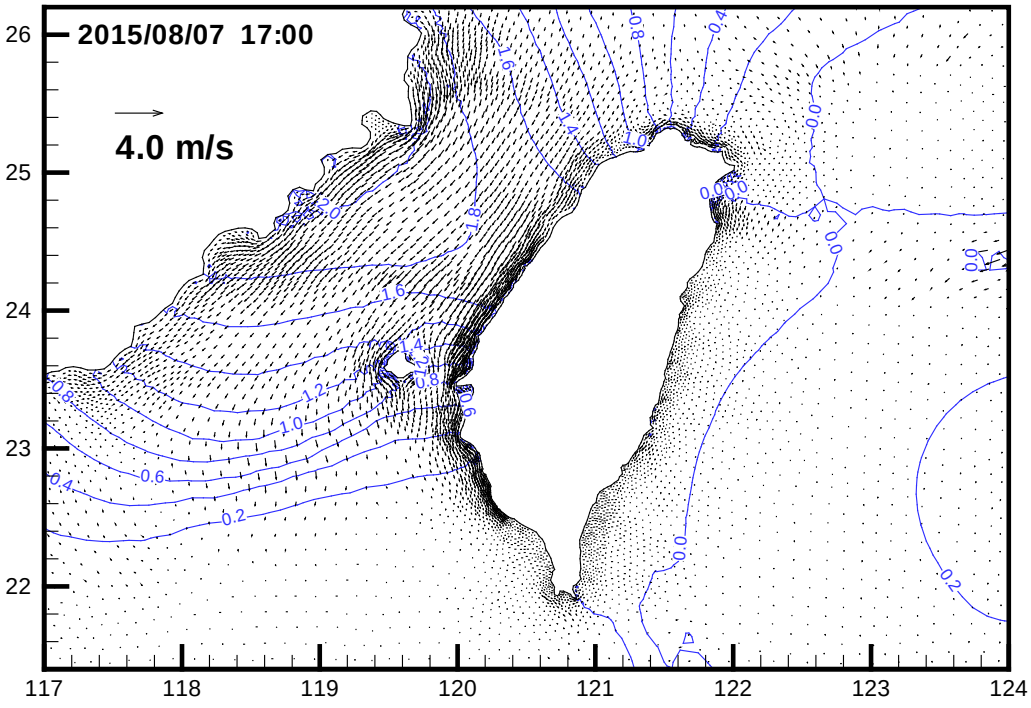


(b)

圖 3.15　臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

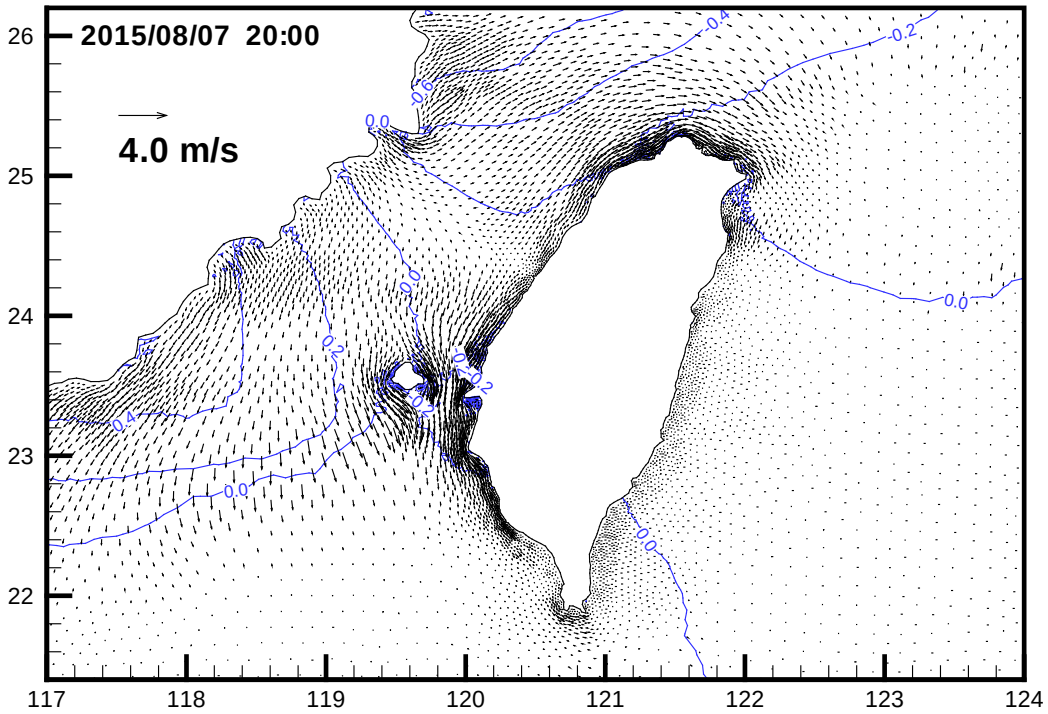


(a)

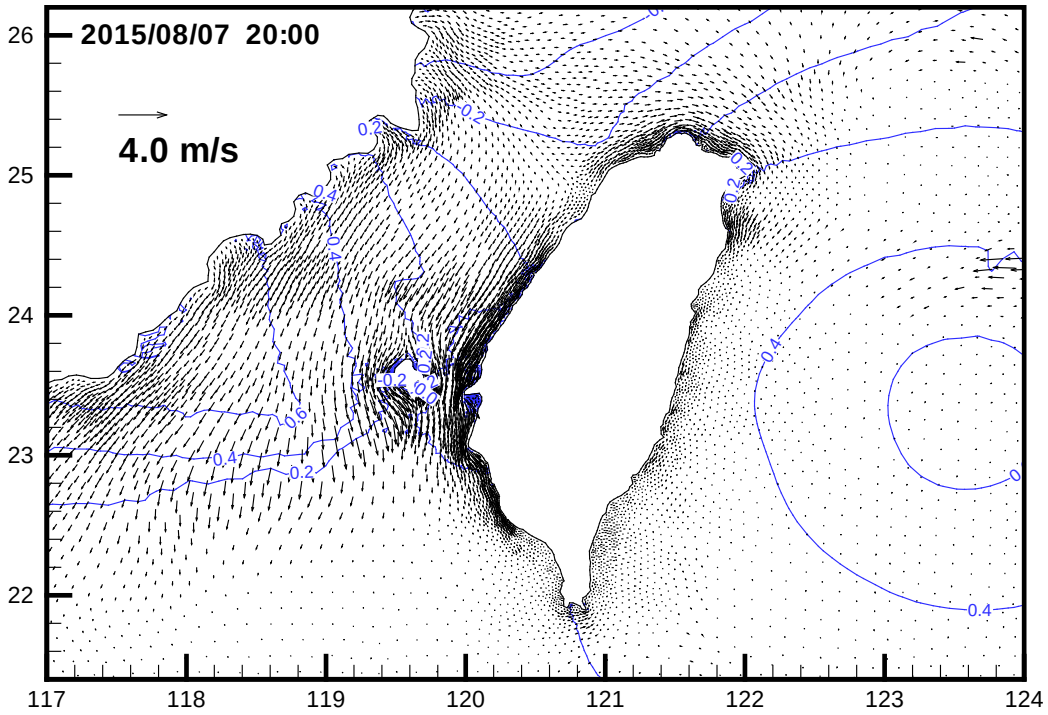


(b)

圖 3.15　(續 1)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

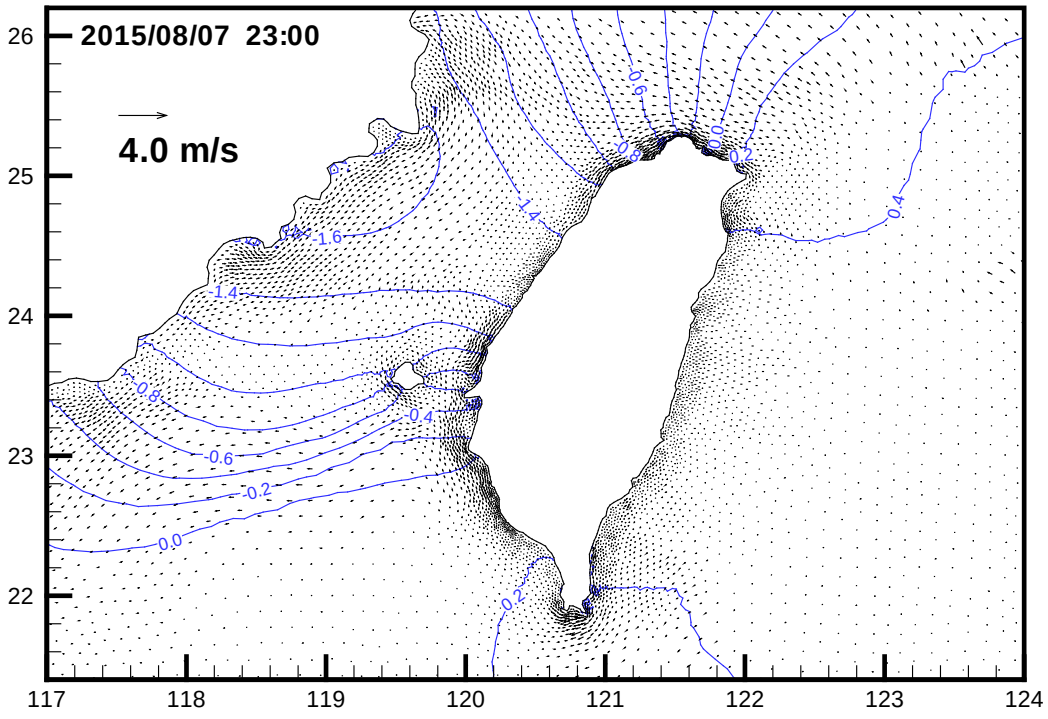


(a)

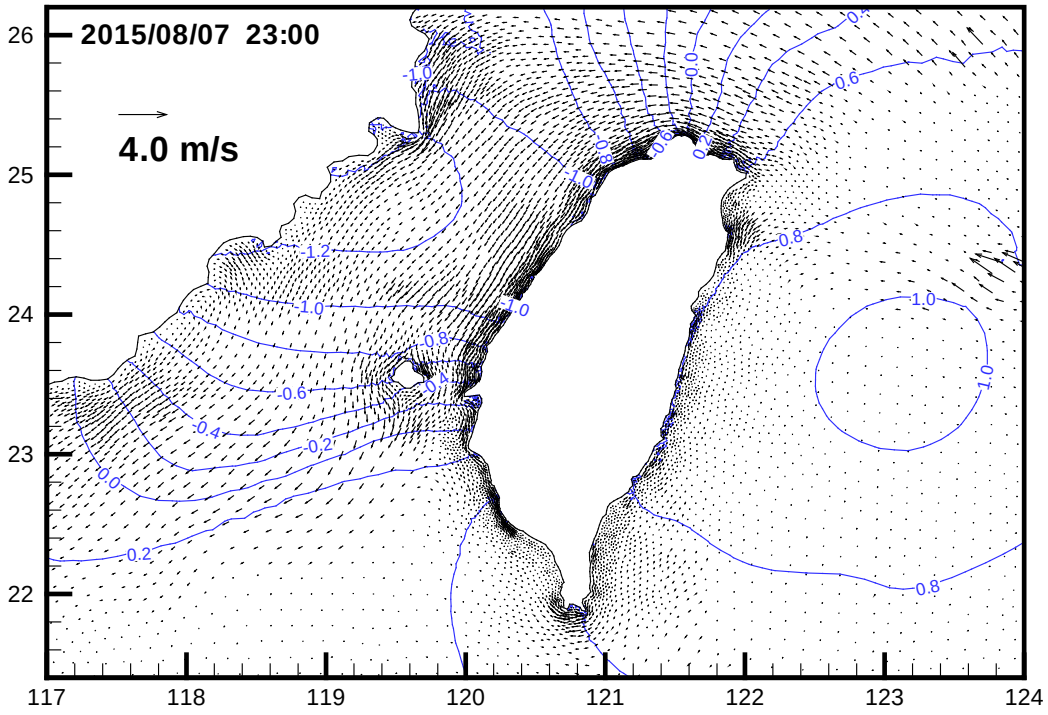


(b)

圖 3.15　(續 2)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

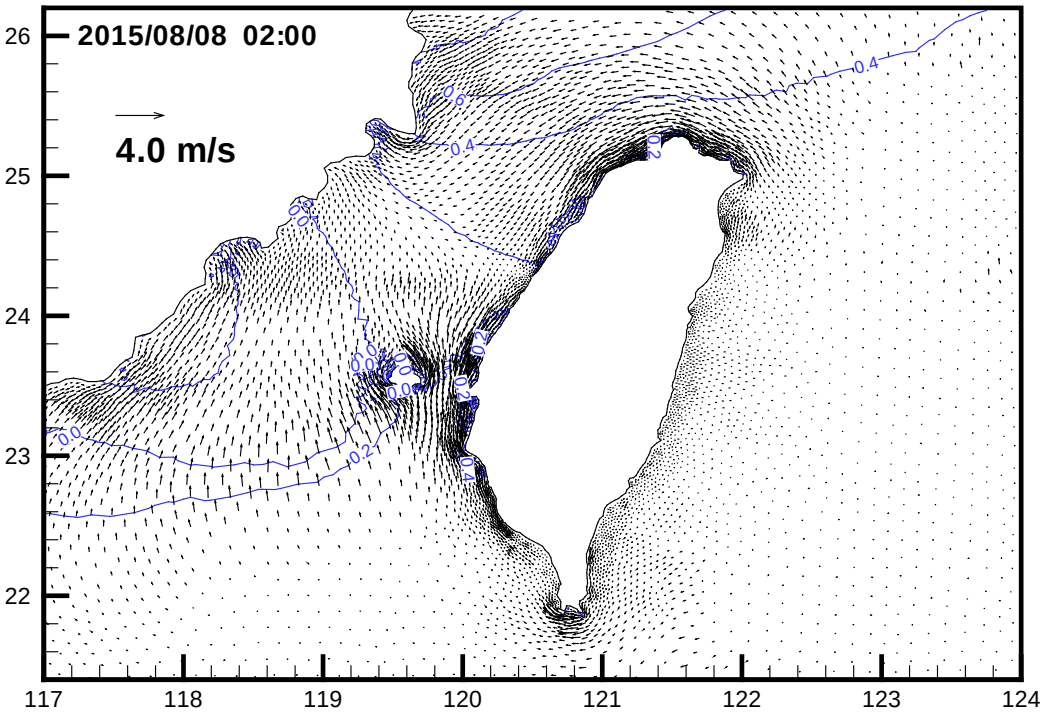


(a)

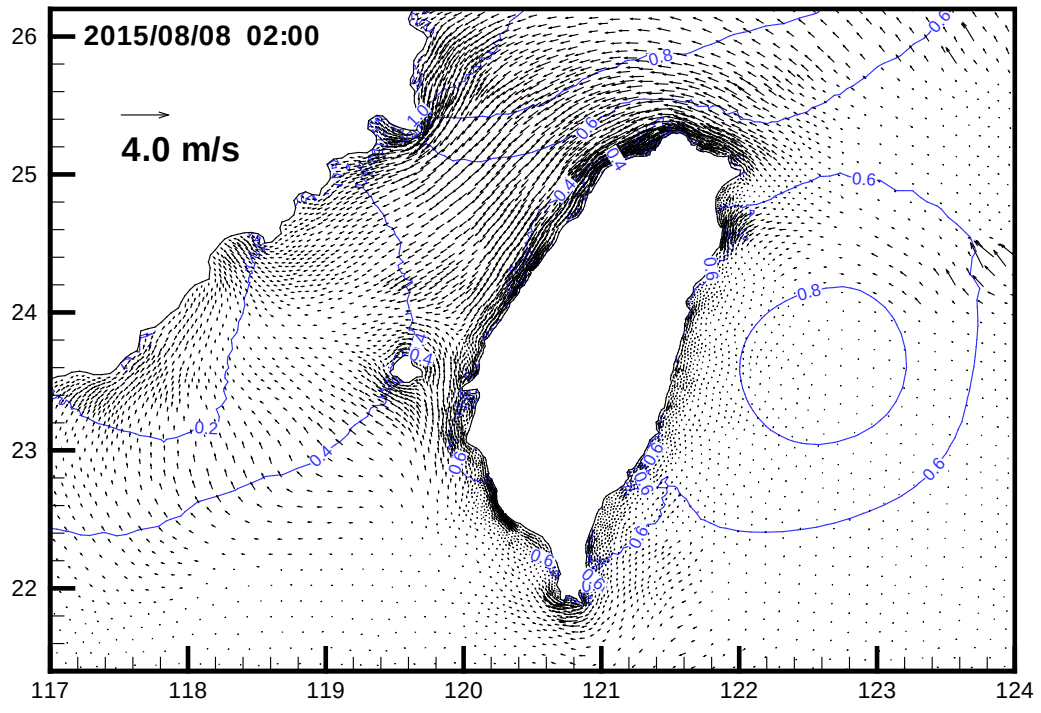


(b)

圖 3.15　(續 3)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

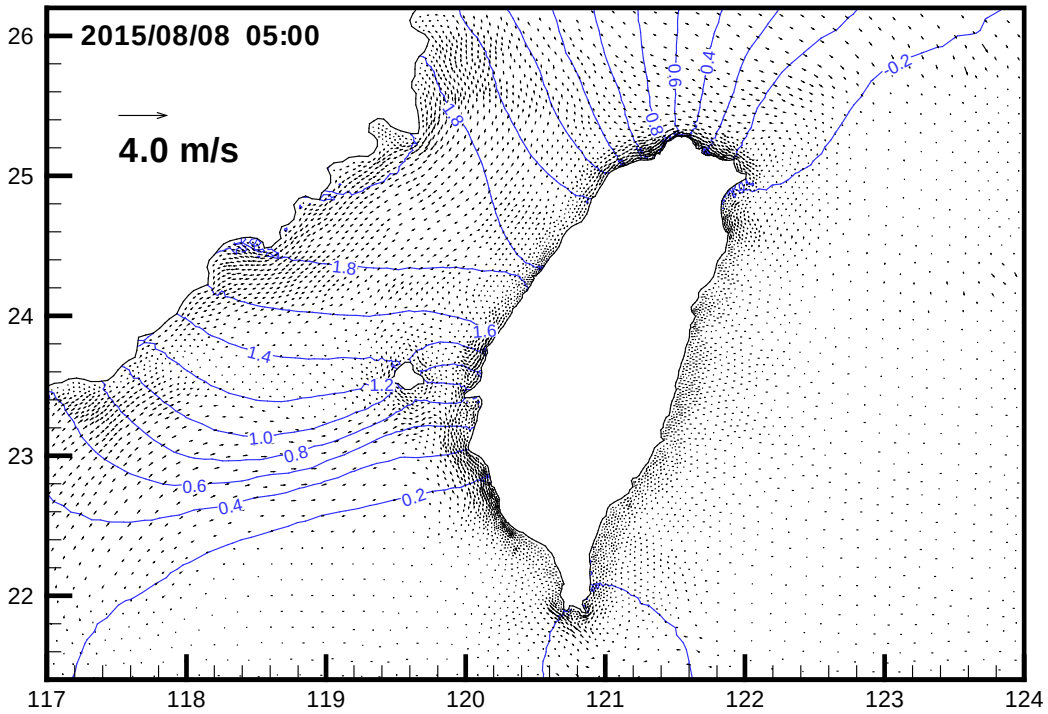


(a)

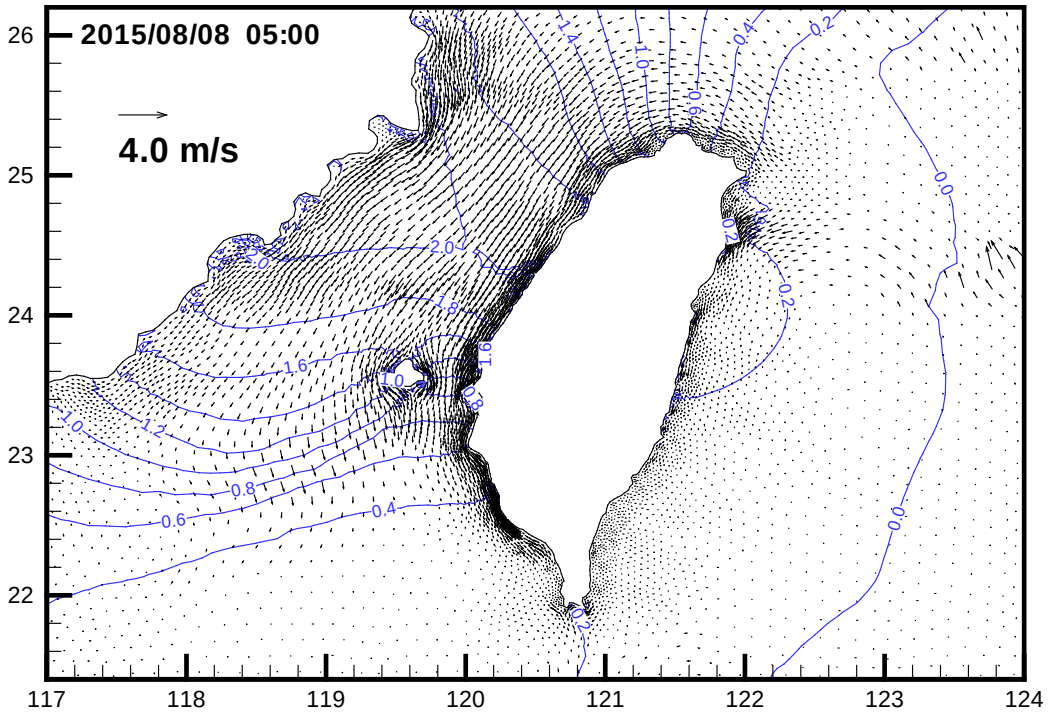


(b)

圖 3.15　(續 4)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

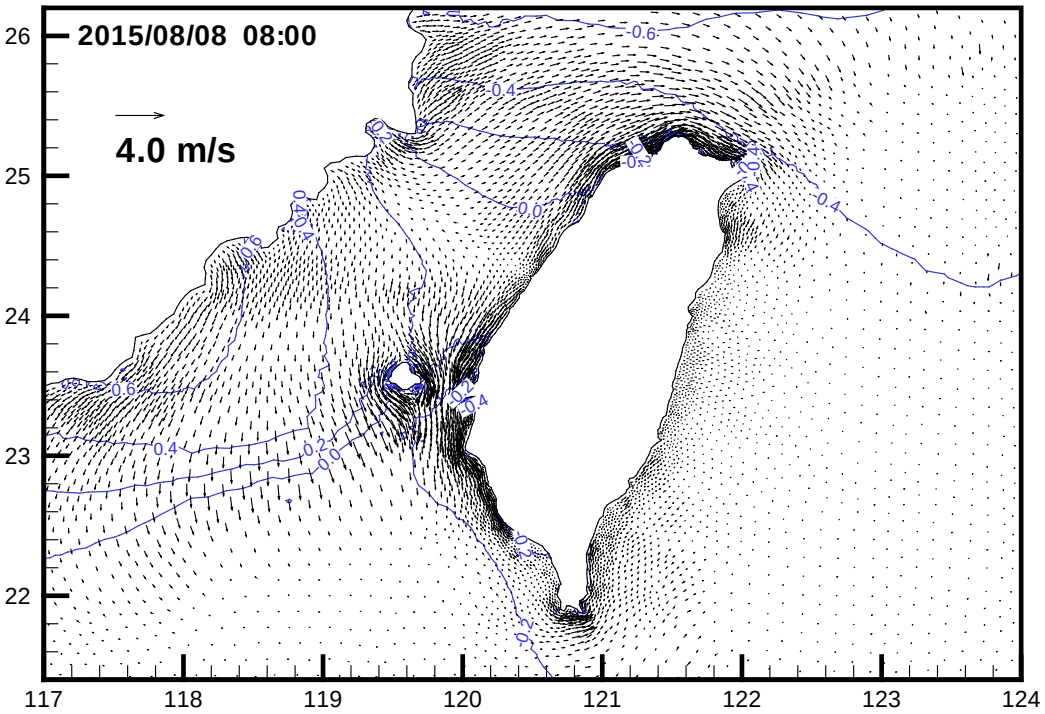


(a)

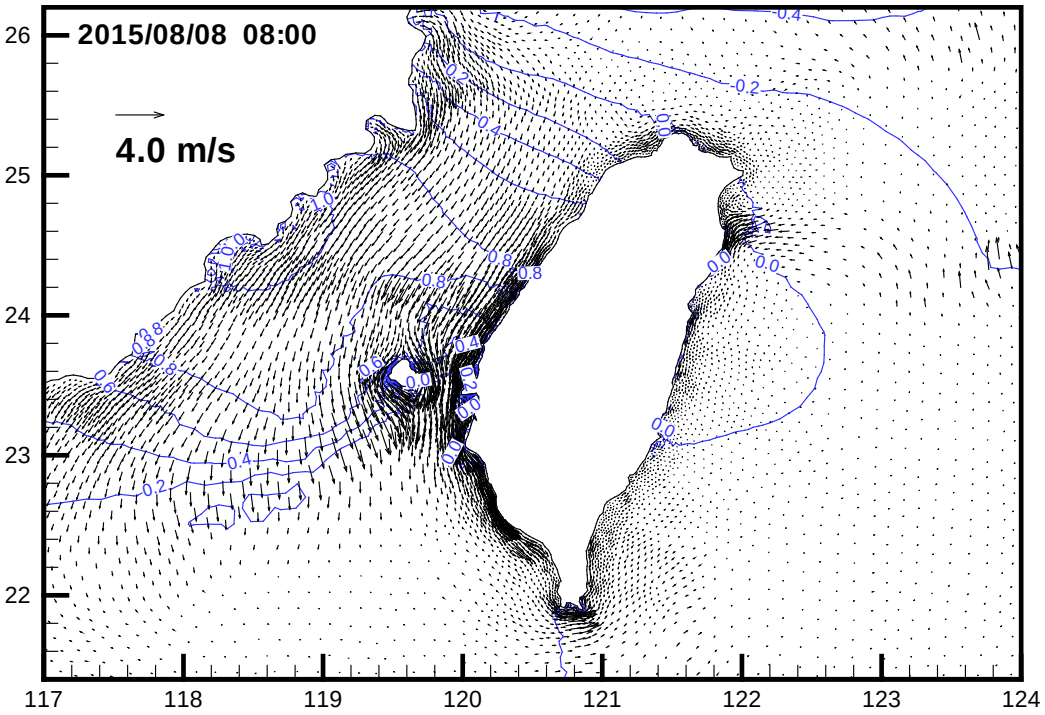


(b)

圖 3.15　(續 5)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

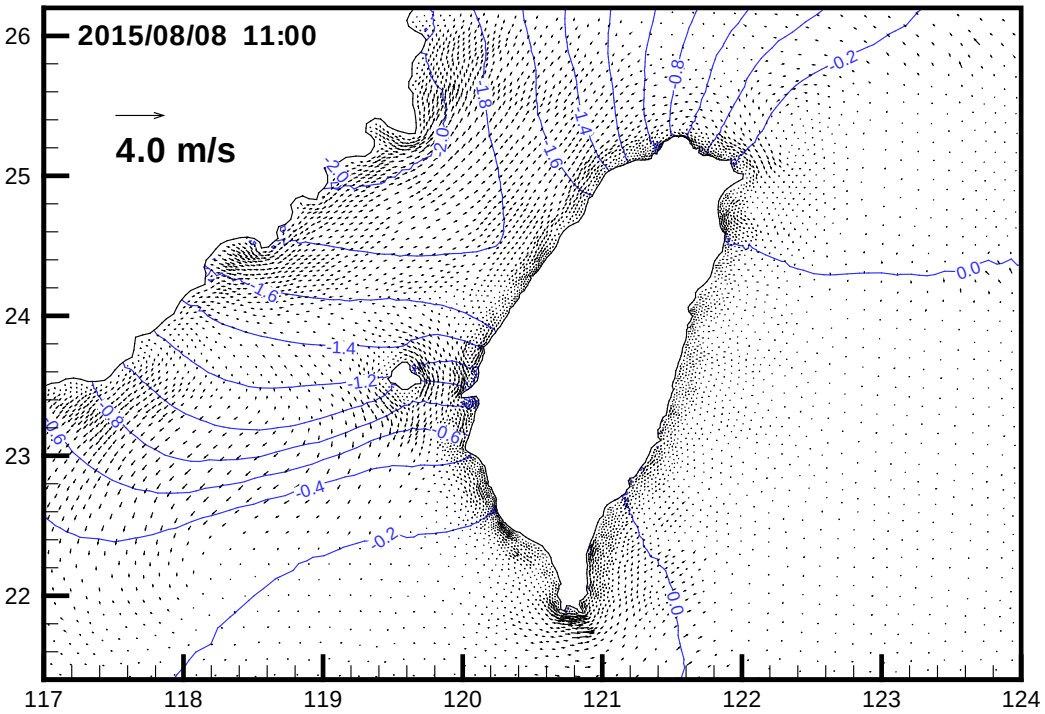


(a)

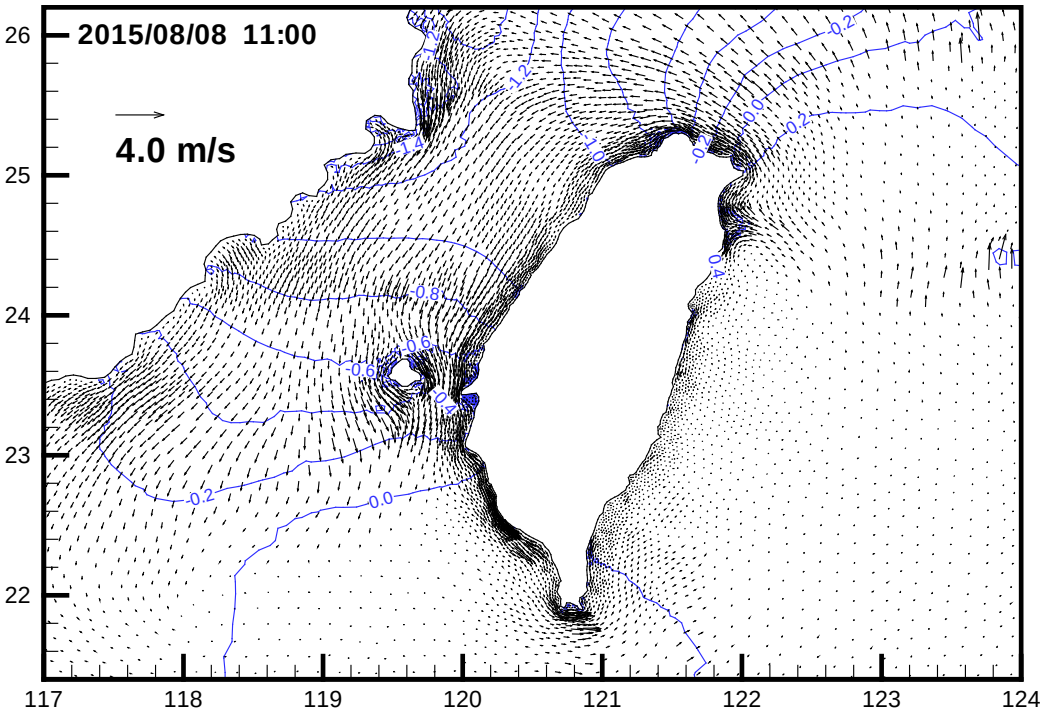


(b)

圖 3.15　(續 6)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)



(a)



(b)

圖 3.15　(續 7)臺灣周圍海域水動力模擬結果水位及流場之比較，(a)天文潮，(b)颱風暴潮(含天文潮)

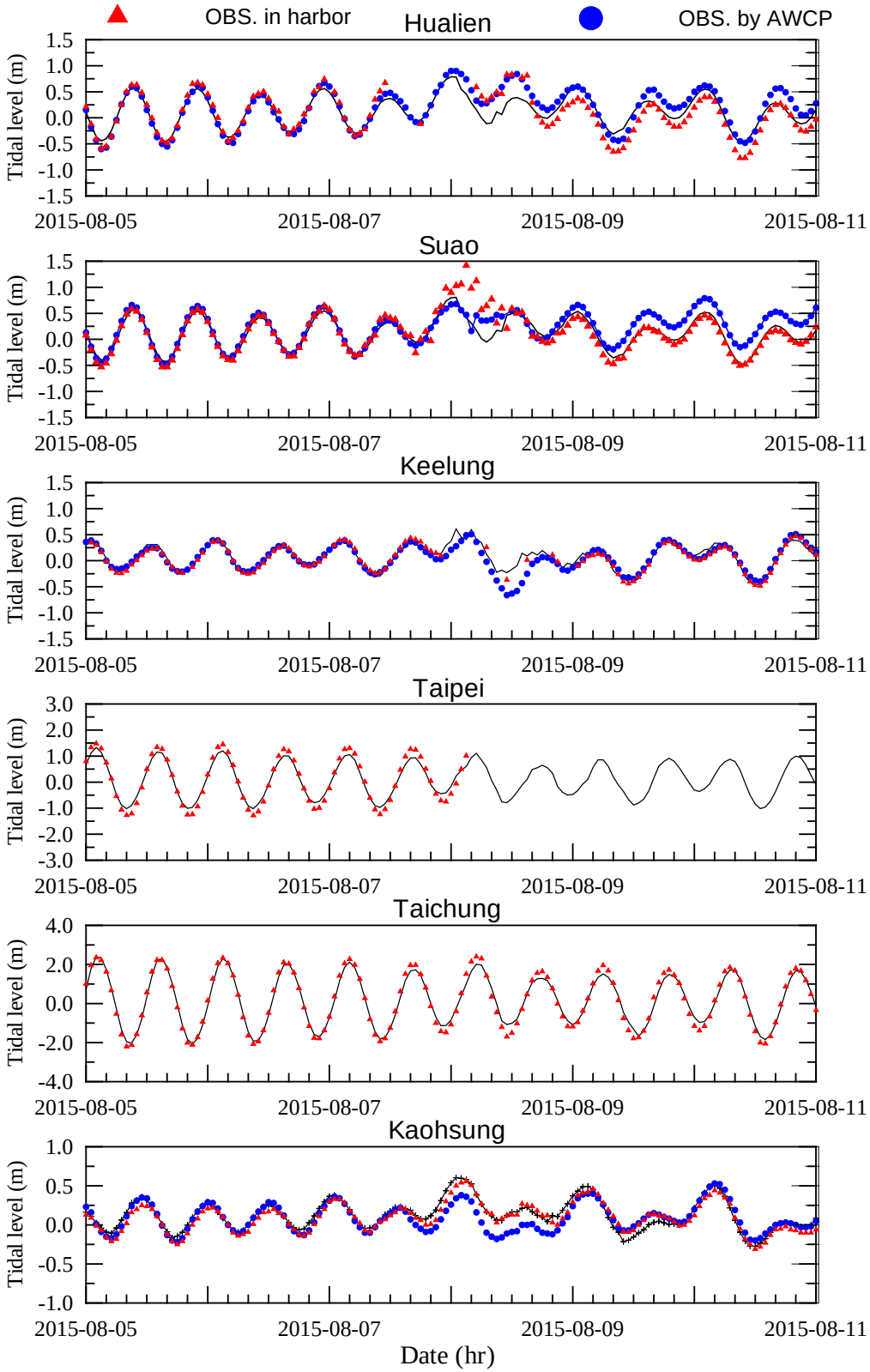


圖 3.16　2015 年中度颱風蘇迪勒侵臺期間主要商港水位模擬歷線與觀測資料之比較圖

第四章　澎湖海域基本資料蒐集與分析

本章節主要針對澎湖海域之地形水深、潮汐、海流及波浪等海象觀測資料，以及藍色公路相關資訊等進行蒐集與分析。

4.1 地理位置

澎湖群島位於臺灣海峽，範圍介於北緯 23˚12'至 23˚47'，東經 119˚19'至 119˚43'之間，東距臺灣本島約 50 公里，西離中國大陸約 140 公里。澎湖群島共有大小島嶼 90 座，多數為無人居住之小島，極東為查母嶼，極西為花嶼，極北為目斗嶼，極南是七美嶼，以澎湖本島、白沙嶼及西嶼三島為最大。澎湖群島南北長約 60 餘公里，東西寬約 40 餘公里，陸地總面積約為 127.9636 平方公里，海岸線總長約 449 公里，如圖 4.1 所示。

澎湖群島的地質，為更新世火山作用使然，其組成除花嶼為安山岩質的火成岩外，多為玄武岩質的火成岩，其中夾雜沉積岩而成，是第三紀末期以後產生的岩層。內部淺礁灣澳環繞，外部則是寬闊的臺灣海峽海域。澎湖群島各島嶼的最高標高，以虎井嶼的 61 公尺最高，其次為 56 公尺的澎湖本島。

4.2 水深

針對澎湖海域地形水深資料，本計畫蒐集海軍大氣海洋局刊行的海圖(圖號 0336)及澎湖內海海圖水深資料、成大水工試驗所於澎湖觀音亭及跨海大橋附近海域施測之水深資料，相關水深資料點位分布如圖 4.2 所示。

依據上述水深資料繪製澎湖周圍海域地形水深分布情形，如圖 4.3 所示，顯示澎湖群島海床多為淺礁灣澳地形，深度變化大；澎湖群島與台灣之間存在一北尖南寬之海槽，水深介於 100～200 公尺之間，俗稱「澎湖水道」。另外，澎湖群島西南方海域有一淺灘，俗稱「台灣灘」，

深度亦淺於 40 公尺，屬於淹沒的水下丘陵，最淺之處低潮時甚至會露出水面。

此外，本計畫除了蒐集澎湖港馬公港區及龍門尖山港區地形水深資料外，如圖 4.4 及圖 4.5 所示，同時蒐集海軍大氣海洋局刊行的海圖圖號 04525 澎湖群島北部海域(如圖 4.6 所示)、04528 澎湖群島西南海域(如圖 4.7 所示) 及 04529 澎湖群島東南海域(如圖 4.8 所示)等進行數化工作，建置澎湖海域水深資料檔。

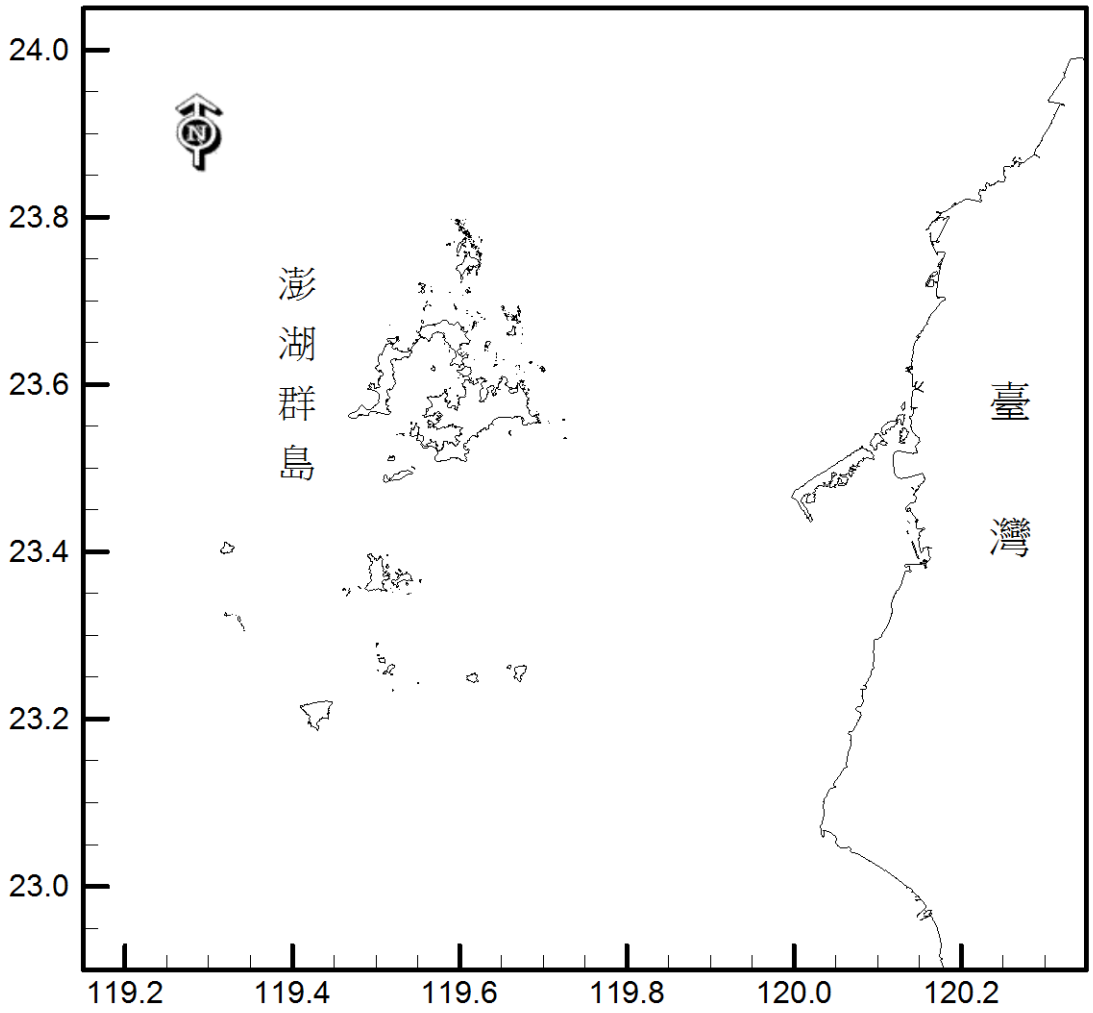


圖 4.1　澎湖群島地理位置圖

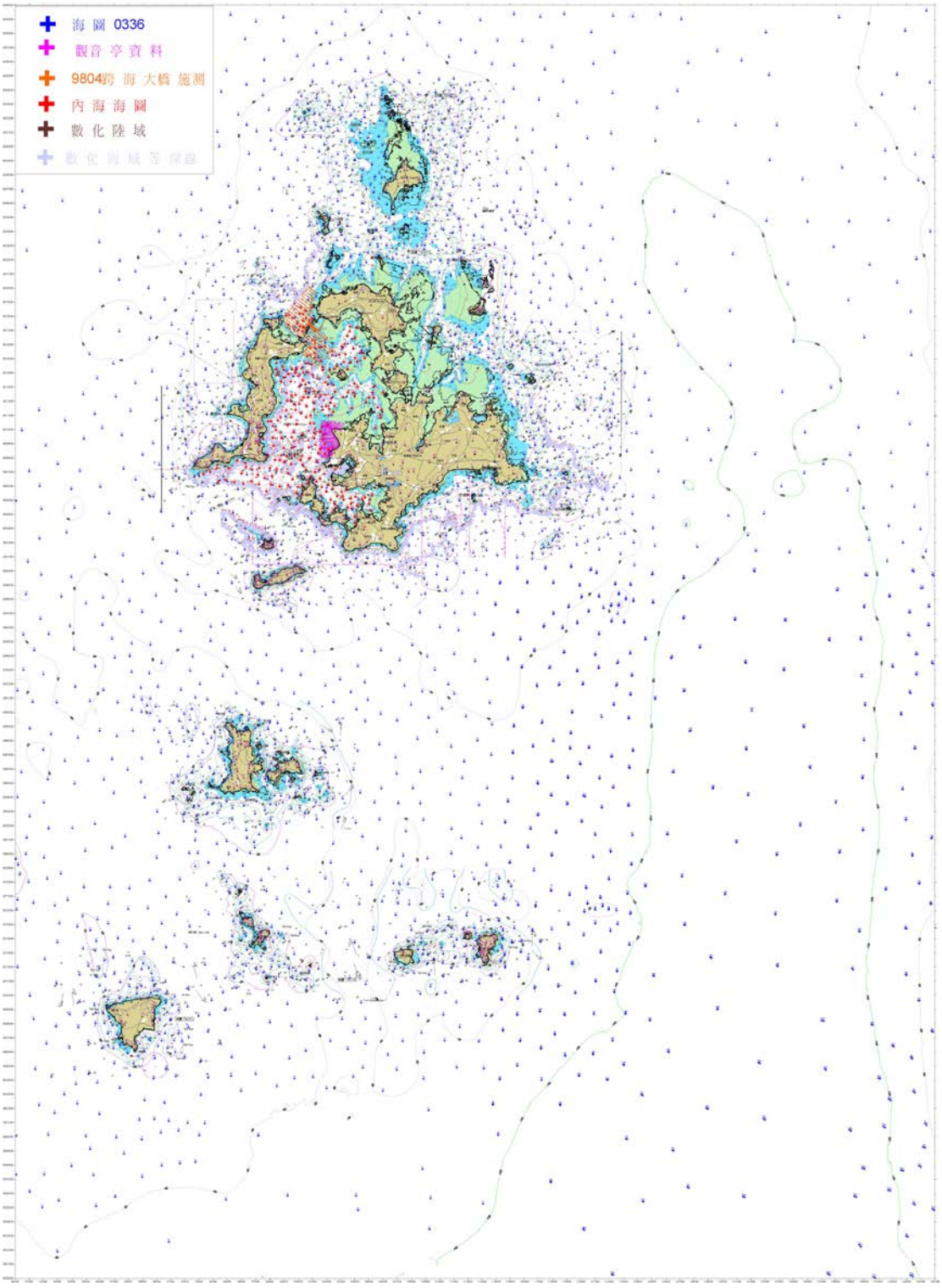


圖 4.2　澎湖海域水深資料點位分布圖

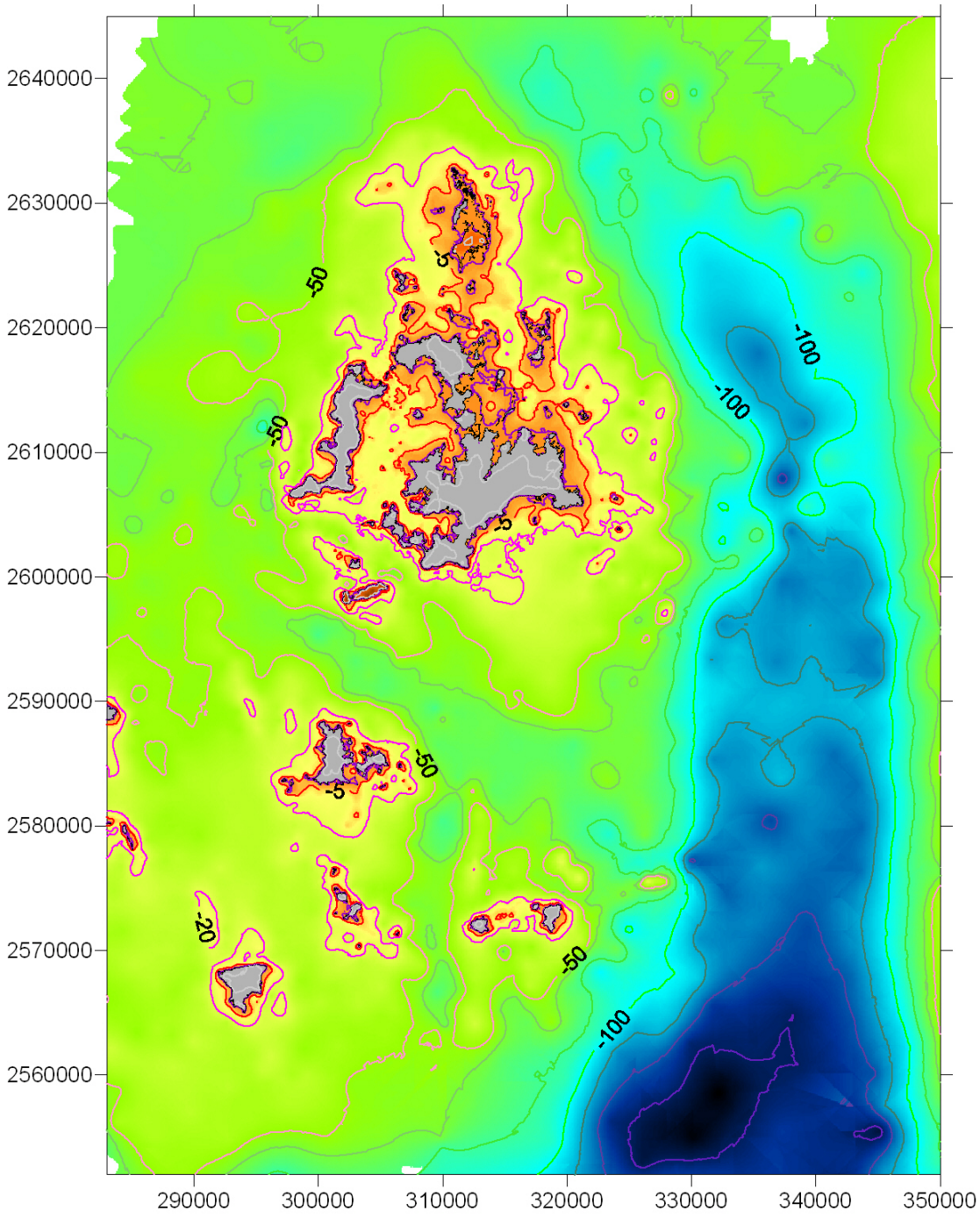


圖 4.3　澎湖海域水深分布圖

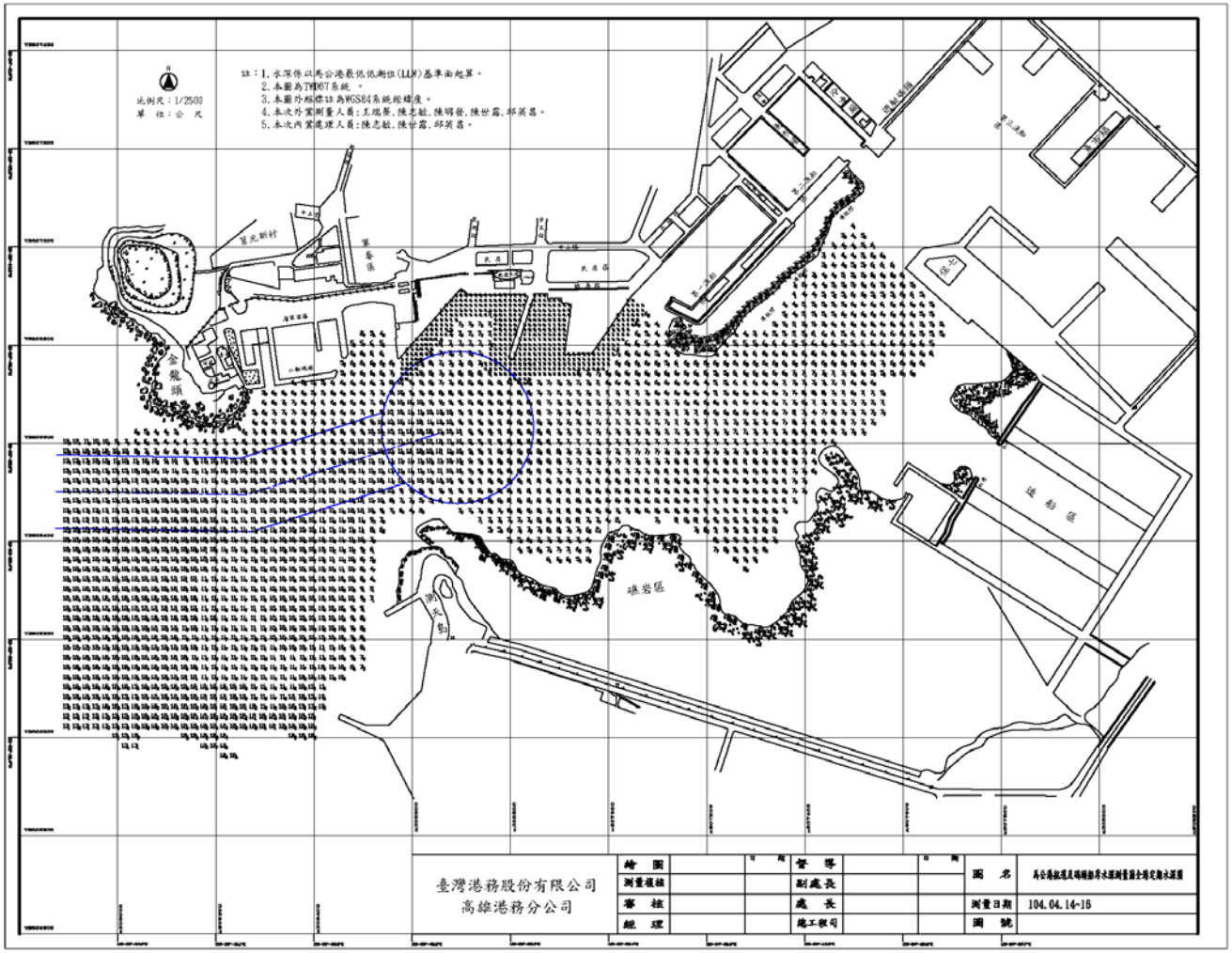


圖 4.4　澎湖港馬公港區水深資料圖

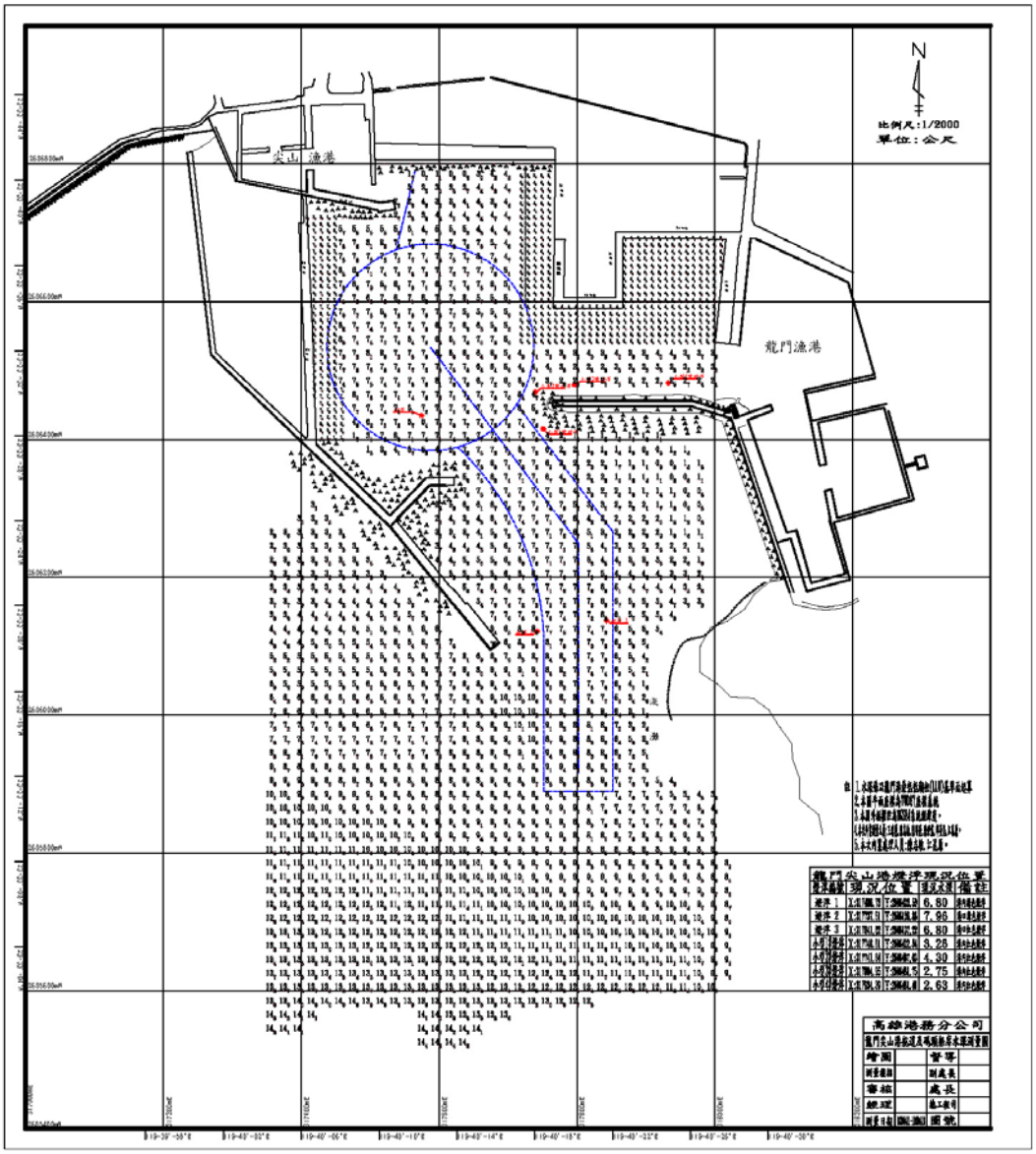


圖 4.5　澎湖港龍門尖山港區水深資料圖

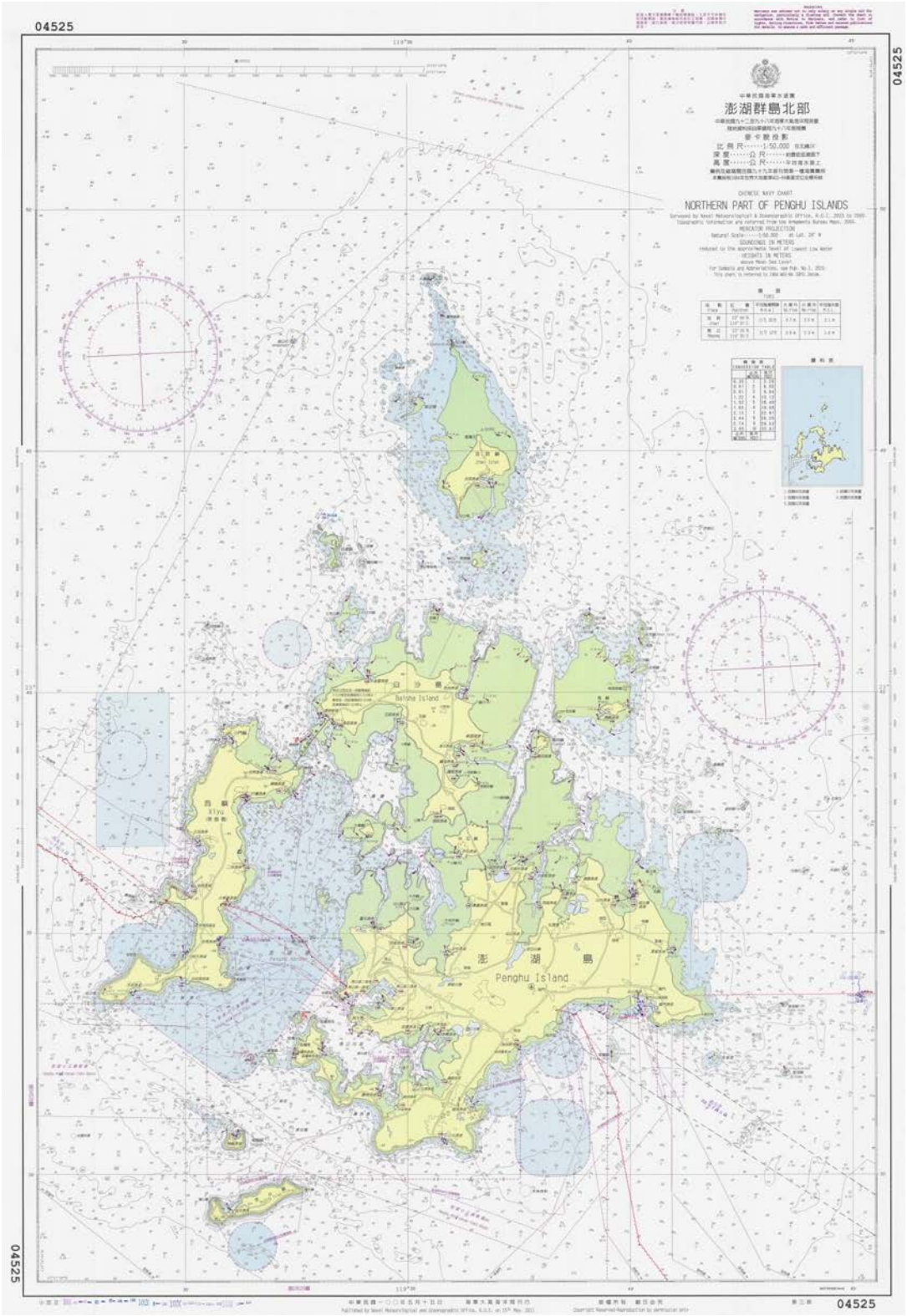


圖 4.6　海圖 04525 澎湖群島北部海域水深圖

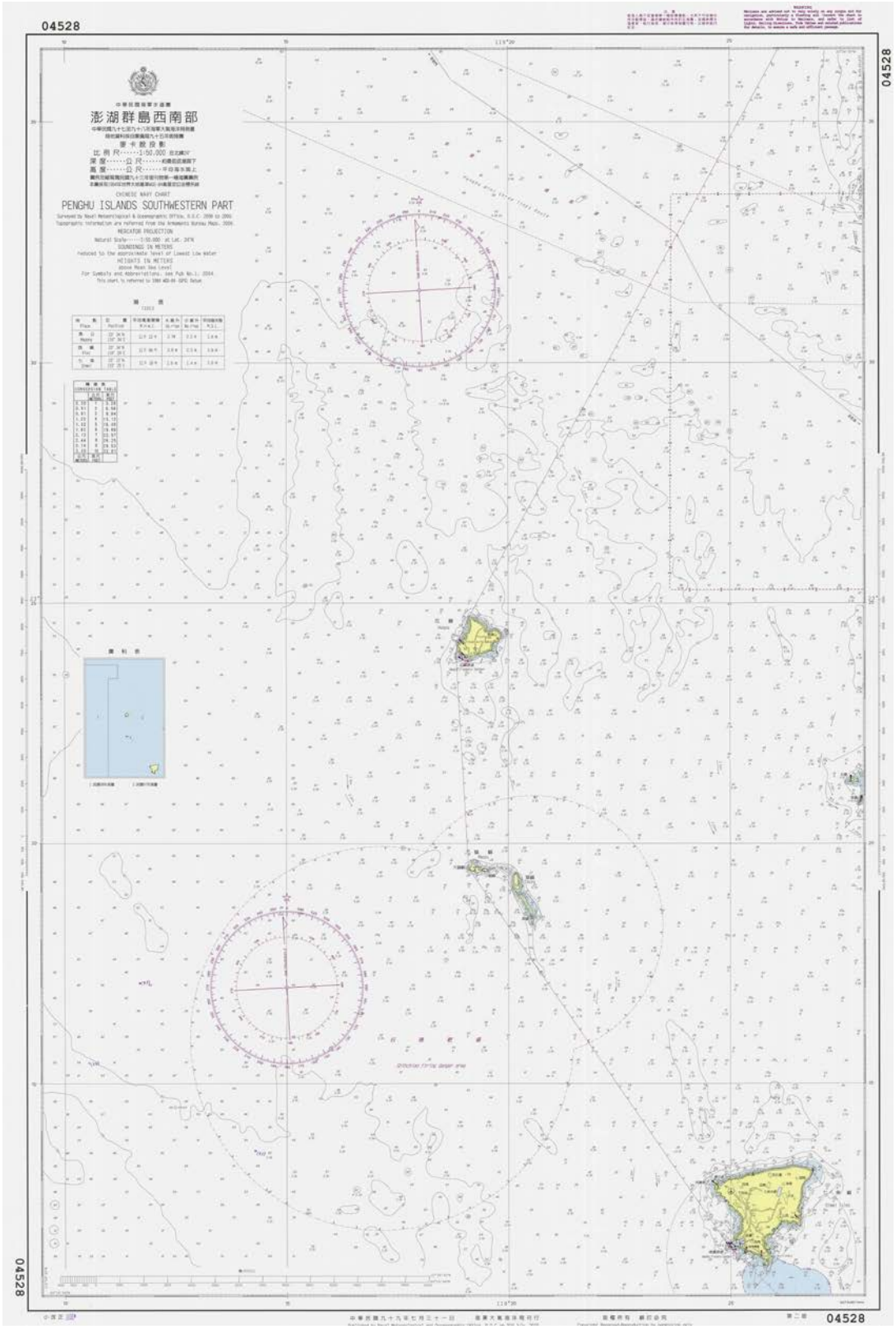


圖 4.7　海圖 04528 澎湖群島西南海域水深圖

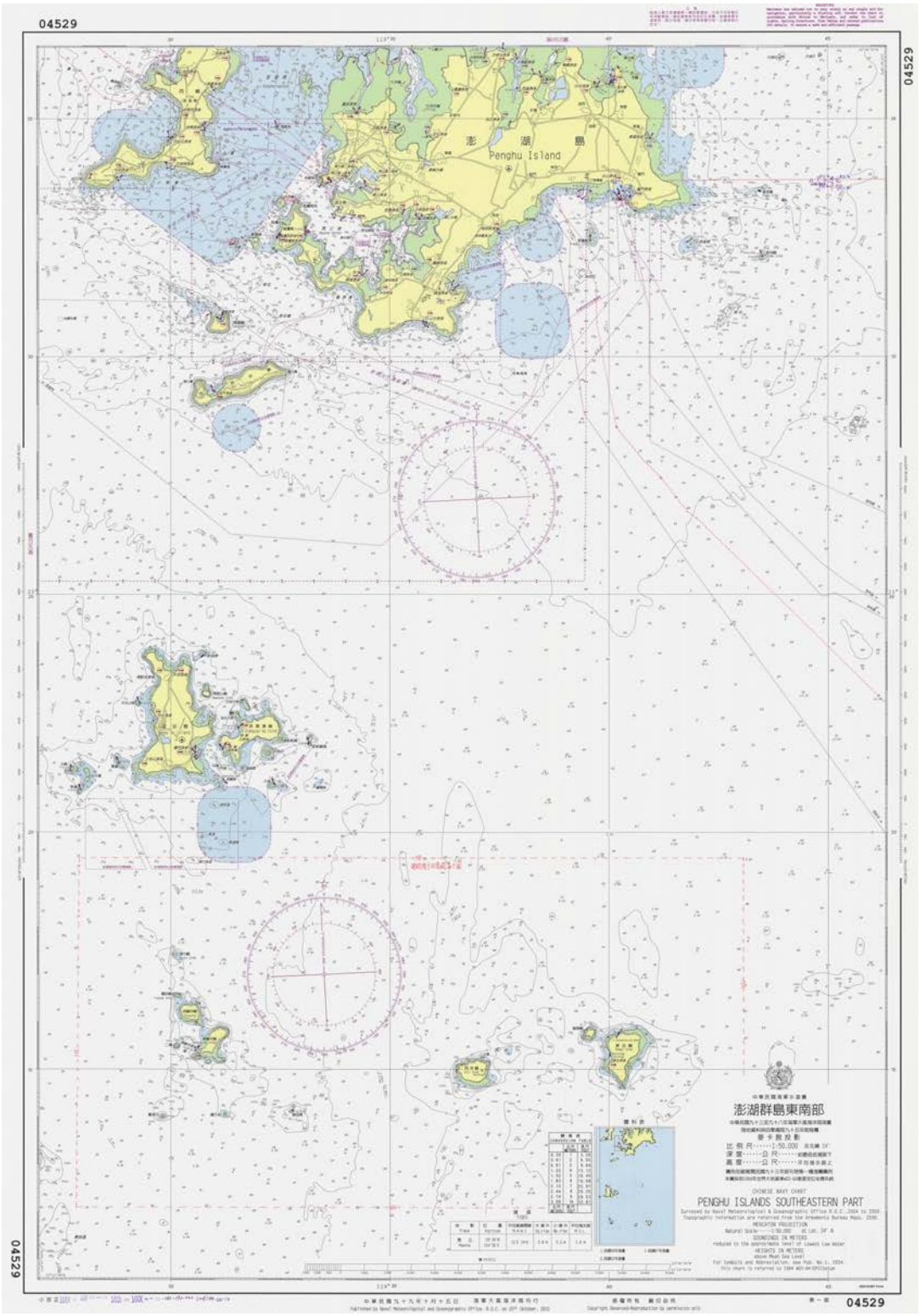


圖 4.8　海圖 04529 澎湖群島東南海域水深圖

4.3 潮汐

針對澎湖海域潮汐本計畫蒐集中央氣象局馬公潮位站(測站代碼1356) 2008 年 1 月至 2015 年 12 月逐時潮位觀測資料，進行重要代表性潮位統計及天文潮調和分析與預測。

2008 至 2015 年馬公潮位站代表性潮位逐月統計特性變化，如圖 4.9 所示；相關重要代表性潮位及潮差之年統計特性如表 4.1 所示，顯示 2008 至 2015 年馬公潮位站潮位平均值為-0.414 m，高潮位及低潮位之平均值分別為 0.650 及-1.299 m，潮差平均值為 1.949 m，最大潮差值為 3.282 m。2008 至 2015 年間馬公潮位站最高潮位觀測值為 1.626 m，發生於 2015 年 9 月 28 日 23 時，適值強烈颱風杜鵑 (DUJUAN)侵臺期間，侵臺路徑如圖 4.10 所示，屬於第二類侵臺路徑；次高潮位為 1.509 m，發生於 2012 年 8 月 2 日 11 時，適值中度颱風蘇拉(SAOLA)侵臺期間，侵臺路徑如圖 4.11 所示，同樣屬於第二類侵臺路徑。

在天文潮特性分析上，本計畫選取 60 個天文分潮進行調和分析，同時利用天文潮調和分析預測值進行潮位觀測資料補遺。經由潮位資料補遺後，馬公潮位站潮位歷年(2009~2014 年)資料之能譜分析結果，如圖 4.12 所示，圖中“+”代表為天文潮 60 個分潮之能量密度值。由能譜分析結果得知，澎湖馬公測站潮位能譜在全日潮、半日潮、1/3 日潮、1/4 日潮及 1/8 日潮區問均有顯著能量分布，最大能量密度值落在 M_2 半日分潮。

馬公潮位站歷年(2008~2014 年)潮位資料之天文分潮調和分析結果，如表 4.2 所列。本計畫依據表 4.2 天文分潮調和分析結果分別選出主要分潮 O_1、K_1、M_2 及 S_2 之振幅探討其年變化特性，如圖 4.13 所示；結果顯示在 2008~2014 年全日潮 O_1 及 K_1 分潮振幅大小呈現逐年下降之趨勢相當明顯，半日潮 M_2 分潮振幅大小微幅上升，S_2 分潮振幅變化不顯著。2008 ~ 2014 年全日潮 O_1 及 K_1 分潮振幅之平均值分別為 0.2128m 及 0.2458m，半日潮 M_2 及 S_2 分潮振幅之平均值分別為 0.9298m 及 0.2386 m，則馬公潮位站之潮型指標$[(O_1+K_1)/ (M_2+S_2)]$值約等於 0.3925，顯示澎湖海域潮汐型態應屬於半日潮型。(註：當潮型指標小

於 0.5 者屬於半日潮型，大於 1.25 者屬於全日潮型，介於二者之間為混合潮型)

依據天文潮調和分析結果(表 4.2)得到，馬公潮位站觀測值與天文潮預測值間絕對誤差值之年平均值約介於 0.065m ~ 0.074m 之間，如圖 4.14 所示為 2014 年 1 ~ 12 月馬公潮位站觀測值與天文潮預測值之比較。本計畫乃利用觀測值與天文潮預測值之差，分析颱風期間馬公潮位站之暴潮偏差歷線。本計畫統計 2008 ~ 2014 年中央氣象局發布之侵臺颱風，如表 4.3 所列，共計 36 個侵臺颱風，平均每年 5.1 個。依颱風侵臺路徑分類可推論對澎湖海域影響較劇烈的路徑，主要有第二至第四類及第九類侵臺路徑；因此本計畫依據 2008 ~ 2014 年馬公潮位站潮位分析結果，整理出颱風侵臺期間發生的暴潮偏差歷線，如圖 4.15 所示，其中最大暴潮偏差值為 0.741 m，發生於 2008 年中度颱風鳳凰侵臺期間。

表 4.1　澎湖港馬公潮位站觀測資料代表性潮位及潮差年統計表

年	最高高潮位	平均高潮位	平均潮位	平均低潮位	最低低潮位	最大潮差	平均潮差	資料數
2008	1.202	0.627	-0.409	-1.271	-2.178	3.282	1.898	8432
2009	1.299	0.639	-0.415	-1.282	-2.167	3.212	1.921	8549
2010	1.196	0.618	-0.435	-1.302	-2.195	3.137	1.920	8471
2011	1.369	0.654	-0.423	-1.310	-2.094	3.231	1.964	8592
2012	1.509	0.696	-0.382	-1.277	-2.147	3.235	1.973	8201
2013	1.421	0.654	-0.420	-1.310	-2.176	3.185	1.964	8136
2014	1.432	0.671	-0.410	-1.312	-2.171	3.159	1.983	8046
2015	1.626	0.640	-0.423	-1.329	-2.085	3.241	1.970	7375
極值/平均	1.626	0.650	-0.414	-1.299	-2.195	3.282	1.949	65802

表 4.2　澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2008)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.0683	39.0765	M_2	28.98410416	0.9042	320.4784
S_{aa}	0.08213730	0.0363	257.4724	MKS_2	29.06624222	0.0085	41.3021
M_m	0.54437470	0.0082	130.2011	λ_2	29.45562553	0.0218	215.1233
M_{sf}	1.01589584	0.0112	285.7305	L_2	29.52847862	0.0440	156.3000
M_f	1.09803307	0.0050	302.1638	T_2	29.95893288	0.0247	198.6183
$2Q_1$	12.85428619	0.0073	43.8181	S_2	30.00000000	0.2374	44.4230
σ_1	12.92714024	0.0078	3.5256	R_2	30.04106712	0.0160	200.0434
Q_1	13.39866066	0.0515	50.0376	K_2	30.08213806	0.0891	186.5805
ρ_1	13.47151470	0.0111	355.3093	MSN_2	30.54437447	0.0075	241.4744
O_1	13.94303513	0.2437	55.5423	KJ_2	30.62651253	0.0013	44.8380
MP_1	14.02517319	0.0089	115.2873	$2SM_2$	31.01589584	0.0153	327.6430
M_1	14.49202538	0.0106	117.3695	MO_2	42.92713928	0.0175	10.1238
χ_1	14.56954765	0.0043	337.3276	M_3	43.47615814	0.0043	82.5166
π_1	14.91786480	0.0026	297.4552	SO_3	43.94303513	0.0092	69.9106
P_1	14.95893097	0.0750	119.9466	MK_3	44.02517319	0.0170	45.0811
S_1	15.00000000	0.0006	238.0309	SK_3	45.04106903	0.0054	129.9158
K_1	15.04106903	0.2676	99.4280	MN_4	57.42383194	0.0234	278.2442
ψ_1	15.08213520	0.0019	208.5252	M_4	57.96820831	0.0668	291.9509
ϕ_1	15.12320614	0.0020	225.0659	SN_4	58.43972778	0.0055	339.1328
θ_1	15.51258945	0.0039	161.1349	MS_4	58.98410416	0.0434	13.5214
J_1	15.58544350	0.0168	100.9689	MK_4	59.06624222	0.0155	152.1870
SO_1	16.05696487	0.0052	215.8253	S_4	60.00000000	0.0044	95.7098
OO_1	16.13910103	0.0077	340.4020	SK_4	60.08213806	0.0030	216.8608
OQ_2	27.34169579	0.0071	288.5292	$2MN_6$	86.40793610	0.0022	143.2208
MNS_2	27.42383385	0.0103	21.3644	M_6	86.95231628	0.0040	133.8762
2N2	27.85935402	0.0099	258.5639	MSN_6	87.42383575	0.0012	297.7513
μ_2	27.96820450	0.0491	44.9182	$2MS_6$	87.96820831	0.0068	249.4681
N_2	28.43972969	0.1678	307.0861	$2MK_6$	88.05034637	0.0034	27.5037
ν_2	28.51258278	0.0495	250.4449	$2SM_6$	88.98410797	0.0032	339.7249
OP_2	28.90196609	0.0010	308.9918	MSK_6	89.06623840	0.0020	135.7029
平均潮位＝-0.4060m				絕對誤差平均值= 0.07255 m			
資料原點時間：2008/07/01 23:00:00							

表 4.2 (續 1)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2009)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.1083	60.4354	M_2	28.98410416	0.9145	231.0793
S_{aa}	0.08213730	0.0401	187.8192	MKS_2	29.06624222	0.0039	27.5745
M_m	0.54437470	0.0227	152.0278	λ_2	29.45562553	0.0264	299.0065
M_{sf}	1.01589584	0.0035	70.4182	L_2	29.52847862	0.0581	330.5835
M_f	1.09803307	0.0066	61.2196	T_2	29.95893288	0.0207	192.2518
$2Q_1$	12.85428619	0.0059	324.1409	S_2	30.00000000	0.2395	44.2721
σ_1	12.92714024	0.0062	12.4435	R_2	30.04106712	0.0084	109.9436
Q_1	13.39866066	0.0491	239.0727	K_2	30.08213806	0.0838	188.5126
ρ_1	13.47151470	0.0116	250.2159	MSN_2	30.54437447	0.0107	155.8094
O_1	13.94303513	0.2363	149.4385	KJ_2	30.62651253	0.0025	36.9936
MP_1	14.02517319	0.0086	216.0579	$2SM_2$	31.01589584	0.0110	82.9415
M_1	14.49202538	0.0114	348.2857	MO_2	42.92713928	0.0176	9.9241
χ_1	14.56954765	0.0035	61.4322	M_3	43.47615814	0.0021	230.3488
π_1	14.91786480	0.0085	89.9752	SO_3	43.94303513	0.0099	162.2130
P_1	14.95893097	0.0778	298.3110	MK_3	44.02517319	0.0159	133.3797
S_1	15.00000000	0.0054	335.4734	SK_3	45.04106903	0.0051	318.6801
K_1	15.04106903	0.2619	277.0912	MN_4	57.42383194	0.0268	196.1644
ψ_1	15.08213520	0.0014	302.9115	M_4	57.96820831	0.0676	112.6392
ϕ_1	15.12320614	0.0042	38.5157	SN_4	58.43972778	0.0066	10.0657
θ_1	15.51258945	0.0037	200.6852	MS_4	58.98410416	0.0433	281.1962
J_1	15.58544350	0.0156	189.8972	MK_4	59.06624222	0.0166	68.9659
SO_1	16.05696487	0.0050	132.4859	S_4	60.00000000	0.0063	82.5051
OO_1	16.13910103	0.0089	234.4042	SK_4	60.08213806	0.0047	223.2378
OQ_2	27.34169579	0.0056	164.5124	$2MN_6$	86.40793610	0.0015	301.7221
MNS_2	27.42383385	0.0107	287.0602	M_6	86.95231628	0.0034	212.0547
2N2	27.85935402	0.0082	71.2476	MSN_6	87.42383575	0.0014	152.7439
μ_2	27.96820450	0.0546	229.1031	$2MS_6$	87.96820831	0.0057	55.4895
N_2	28.43972969	0.1775	314.2714	$2MK_6$	88.05034637	0.0027	204.3454
ν_2	28.51258278	0.0451	346.0047	$2SM_6$	88.98410797	0.0021	271.7153
OP_2	28.90196609	0.0120	302.1981	MSK_6	89.06623840	0.0021	42.0430
平均潮位＝-0.4153m				絕對誤差平均值= 0.07203 m			
資料原點時間：2009/07/02 11:00:00							

表 4.2 (續 2)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2010)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.1017	82.5719	M_2	28.98410416	0.9092	130.6126
S_{aa}	0.08213730	0.0563	209.0823	MKS_2	29.06624222	0.0067	315.2648
M_m	0.54437470	0.0224	27.4730	λ_2	29.45562553	0.0194	36.2628
M_{sf}	1.01589584	0.0200	109.9898	L_2	29.52847862	0.0538	142.1013
M_f	1.09803307	0.0051	277.8505	T_2	29.95893288	0.0239	197.3950
$2Q_1$	12.85428619	0.0038	46.1303	S_2	30.00000000	0.2383	45.4872
σ_1	12.92714024	0.0063	167.3987	R_2	30.04106712	0.0112	193.9004
Q_1	13.39866066	0.0453	229.8099	K_2	30.08213806	0.0734	185.7037
ρ_1	13.47151470	0.0098	317.2788	MSN_2	30.54437447	0.0132	65.6638
O_1	13.94303513	0.2271	50.6061	KJ_2	30.62651253	0.0008	299.9308
MP_1	14.02517319	0.0074	99.6550	$2SM_2$	31.01589584	0.0128	181.0089
M_1	14.49202538	0.0214	74.6093	MO_2	42.92713928	0.0174	171.8750
χ_1	14.56954765	0.0048	201.2811	M_3	43.47615814	0.0025	212.3003
π_1	14.91786480	0.0051	76.9293	SO_3	43.94303513	0.0110	67.1258
P_1	14.95893097	0.0771	300.6446	MK_3	44.02517319	0.0172	32.4868
S_1	15.00000000	0.0051	324.0444	SK_3	45.04106903	0.0054	319.6379
K_1	15.04106903	0.2568	275.9779	MN_4	57.42383194	0.0269	85.0698
ψ_1	15.08213520	0.0019	177.7506	M_4	57.96820831	0.0691	272.5587
ϕ_1	15.12320614	0.0046	35.4861	SN_4	58.43972778	0.0061	7.9305
θ_1	15.51258945	0.0010	318.3130	MS_4	58.98410416	0.0443	185.2177
J_1	15.58544350	0.0138	96.1940	MK_4	59.06624222	0.0147	327.1234
SO_1	16.05696487	0.0071	218.5662	S_4	60.00000000	0.0059	84.6635
OO_1	16.13910103	0.0102	337.1554	SK_4	60.08213806	0.0040	236.3753
OQ_2	27.34169579	0.0047	359.2575	$2MN_6$	86.40793610	0.0012	131.7555
MNS_2	27.42383385	0.0170	177.0907	M_6	86.95231628	0.0034	303.9055
2N2	27.85935402	0.0021	247.4458	MSN_6	87.42383575	0.0010	22.4486
μ_2	27.96820450	0.0480	15.5421	$2MS_6$	87.96820831	0.0049	223.7063
N_2	28.43972969	0.1780	303.4065	$2MK_6$	88.05034637	0.0026	13.6552
ν_2	28.51258278	0.0453	56.6245	$2SM_6$	88.98410797	0.0018	177.4101
OP_2	28.90196609	0.0248	178.0153	MSK_6	89.06623840	0.0014	296.4702
平均潮位＝-0.4337m				絕對誤差平均值= 0.06662 m			
資料原點時間：2010/07/02 11:00:00							

表 4.2 (續 3)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2011)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)	分潮名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)
S_a	0.04106860	0.1166	78.7111	M_2	28.98410416	0.9337	28.7059
S_{aa}	0.08213730	0.0245	184.1471	MKS_2	29.06624222	0.0024	289.2147
M_m	0.54437470	0.0149	324.9582	λ_2	29.45562553	0.0225	132.9350
M_{sf}	1.01589584	0.0124	191.1662	L_2	29.52847862	0.0576	316.0718
M_f	1.09803307	0.0093	203.5130	T_2	29.95893288	0.0226	196.7116
$2Q_1$	12.85428619	0.0055	120.3081	S_2	30.00000000	0.2400	45.0571
σ_1	12.92714024	0.0065	318.7884	R_2	30.04106712	0.0137	180.5649
Q_1	13.39866066	0.0410	218.1546	K_2	30.08213806	0.0709	182.9230
ρ_1	13.47151470	0.0052	19.6378	MSN_2	30.54437447	0.0097	341.0221
O_1	13.94303513	0.2103	311.3156	KJ_2	30.62651253	0.0027	227.5463
MP_1	14.02517319	0.0073	9.9512	$2SM_2$	31.01589584	0.0100	251.8430
M_1	14.49202538	0.0230	188.5766	MO_2	42.92713928	0.0170	326.7387
χ_1	14.56954765	0.0035	5.2753	M_3	43.47615814	0.0036	181.0687
π_1	14.91786480	0.0040	56.6013	SO_3	43.94303513	0.0096	322.3812
P_1	14.95893097	0.0787	299.3888	MK_3	44.02517319	0.0159	293.5853
S_1	15.00000000	0.0071	307.4919	SK_3	45.04106903	0.0053	313.6324
K_1	15.04106903	0.2460	276.0610	MN_4	57.42383194	0.0279	329.6144
ψ_1	15.08213520	0.0010	238.7636	M_4	57.96820831	0.0707	65.7239
ϕ_1	15.12320614	0.0030	92.8279	SN_4	58.43972778	0.0043	319.9113
θ_1	15.51258945	0.0043	151.8700	MS_4	58.98410416	0.0447	80.9006
J_1	15.58544350	0.0113	5.6305	MK_4	59.06624222	0.0143	220.5269
SO_1	16.05696487	0.0056	331.8991	S_4	60.00000000	0.0049	98.9625
OO_1	16.13910103	0.0067	68.5274	SK_4	60.08213806	0.0035	225.3218
OQ_2	27.34169579	0.0041	338.9802	$2MN_6$	86.40793610	0.0013	244.3469
MNS_2	27.42383385	0.0141	67.0821	M_6	86.95231628	0.0041	337.6482
2N2	27.85935402	0.0038	157.1128	MSN_6	87.42383575	0.0019	258.6397
μ_2	27.96820450	0.0428	180.1935	$2MS_6$	87.96820831	0.0057	16.1943
N_2	28.43972969	0.1779	290.6586	$2MK_6$	88.05034637	0.0022	189.3923
ν_2	28.51258278	0.0479	103.3020	$2SM_6$	88.98410797	0.0027	61.9005
OP_2	28.90196609	0.0076	69.9446	MSK_6	89.06623840	0.0023	196.0558
平均潮位＝-0.4219m				絕對誤差平均值= 0.06651 m			
資料原點時間：2011/07/02 11:00:00							

表 4.2 (續 4)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2012)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.0854	60.1514	M_2	28.98410416	0.9449	300.3192
S_{aa}	0.08213730	0.0476	168.3405	MKS_2	29.06624222	0.0106	323.8731
M_m	0.54437470	0.0042	344.5848	λ_2	29.45562553	0.0277	212.7530
M_{sf}	1.01589584	0.0171	352.5713	L_2	29.52847862	0.0601	129.4102
M_f	1.09803307	0.0070	243.9773	T_2	29.95893288	0.0232	191.0071
$2Q_1$	12.85428619	0.0069	37.2503	S_2	30.00000000	0.2408	43.6989
σ_1	12.92714024	0.0088	344.5562	R_2	30.04106712	0.0073	149.9474
Q_1	13.39866066	0.0386	43.0553	K_2	30.08213806	0.0610	179.4656
ρ_1	13.47151470	0.0088	323.5189	MSN_2	30.54437447	0.0144	246.7886
O_1	13.94303513	0.2000	43.3676	KJ_2	30.62651253	0.0023	103.7495
MP_1	14.02517319	0.0068	88.1442	$2SM_2$	31.01589584	0.0128	358.4704
M_1	14.49202538	0.0155	114.0107	MO_2	42.92713928	0.0168	330.1129
χ_1	14.56954765	0.0043	333.6061	M_3	43.47615814	0.0050	342.4514
π_1	14.91786480	0.0065	289.9223	SO_3	43.94303513	0.0089	61.9203
P_1	14.95893097	0.0749	119.3261	MK_3	44.02517319	0.0155	24.2977
S_1	15.00000000	0.0054	127.5889	SK_3	45.04106903	0.0036	118.9714
K_1	15.04106903	0.2367	96.4169	MN_4	57.42383194	0.0286	251.8080
ψ_1	15.08213520	0.0009	57.1618	M_4	57.96820831	0.0734	251.2241
ϕ_1	15.12320614	0.0030	201.6314	SN_4	58.43972778	0.0034	347.6365
θ_1	15.51258945	0.0024	187.1892	MS_4	58.98410416	0.0448	351.5317
J_1	15.58544350	0.0119	90.2626	MK_4	59.06624222	0.0112	127.0435
SO_1	16.05696487	0.0062	233.9372	S_4	60.00000000	0.0041	80.0829
OO_1	16.13910103	0.0027	351.9535	SK_4	60.08213806	0.0018	201.8086
OQ_2	27.34169579	0.0021	267.0956	$2MN_6$	86.40793610	0.0017	38.0112
MNS_2	27.42383385	0.0084	4.4408	M_6	86.95231628	0.0031	61.7816
2N2	27.85935402	0.0105	287.2281	MSN_6	87.42383575	0.0025	189.8448
μ_2	27.96820450	0.0419	8.5650	$2MS_6$	87.96820831	0.0057	185.0603
N_2	28.43972969	0.1797	299.6199	$2MK_6$	88.05034637	0.0013	320.2053
ν_2	28.51258278	0.0440	210.7508	$2SM_6$	88.98410797	0.0023	313.3004
OP_2	28.90196609	0.0146	197.4592	MSK_6	89.06623840	0.0015	98.4729
平均潮位＝-0.3793m				絕對誤差平均值= 0.07379 m			
資料原點時間：2012/07/01 23:00:00							

表 4.2 (續 5)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2013)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.0802	58.6884	M_2	28.98410416	0.9438	212.7981
S_{aa}	0.08213730	0.0744	184.6515	MKS_2	29.06624222	0.0150	340.4641
M_m	0.54437470	0.0083	108.6558	λ_2	29.45562553	0.0324	324.4126
M_{sf}	1.01589584	0.0105	42.9284	L_2	29.52847862	0.0542	300.9080
M_f	1.09803307	0.0091	281.5428	T_2	29.95893288	0.0261	192.6497
$2Q_1$	12.85428619	0.0043	337.7678	S_2	30.00000000	0.2354	44.0249
σ_1	12.92714024	0.0064	330.7410	R_2	30.04106712	0.0132	153.5244
Q_1	13.39866066	0.0369	226.5091	K_2	30.08213806	0.0559	181.7947
ρ_1	13.47151470	0.0121	219.9567	MSN_2	30.54437447	0.0092	137.9464
O_1	13.94303513	0.1913	132.0088	KJ_2	30.62651253	0.0009	308.1166
MP_1	14.02517319	0.0083	180.0746	$2SM_2$	31.01589584	0.0118	76.2273
M_1	14.49202538	0.0115	22.3974	MO_2	42.92713928	0.0161	329.8901
χ_1	14.56954765	0.0029	356.3595	M_3	43.47615814	0.0058	175.9185
π_1	14.91786480	0.0043	70.2064	SO_3	43.94303513	0.0090	147.2148
P_1	14.95893097	0.0794	300.9938	MK_3	44.02517319	0.0157	120.2340
S_1	15.00000000	0.0067	302.7920	SK_3	45.04106903	0.0055	297.3981
K_1	15.04106903	0.2274	278.1185	MN_4	57.42383194	0.0259	170.8486
ψ_1	15.08213520	0.0043	113.7610	M_4	57.96820831	0.0747	75.8028
ϕ_1	15.12320614	0.0016	23.1196	SN_4	58.43972778	0.0031	2.3215
θ_1	15.51258945	0.0027	229.0373	MS_4	58.98410416	0.0446	263.7274
J_1	15.58544350	0.0112	177.9104	MK_4	59.06624222	0.0105	42.9344
SO_1	16.05696487	0.0038	146.2779	S_4	60.00000000	0.0044	90.9361
OO_1	16.13910103	0.0032	269.6233	SK_4	60.08213806	0.0031	219.7328
OQ_2	27.34169579	0.0079	184.9794	$2MN_6$	86.40793610	0.0015	284.2024
MNS_2	27.42383385	0.0131	265.3110	M_6	86.95231628	0.0031	175.3727
2N2	27.85935402	0.0045	6.3785	MSN_6	87.42383575	0.0013	126.4136
μ_2	27.96820450	0.0482	186.9226	$2MS_6$	87.96820831	0.0048	17.4595
N_2	28.43972969	0.1722	306.4224	$2MK_6$	88.05034637	0.0021	164.3686
ν_2	28.51258278	0.0572	294.3517	$2SM_6$	88.98410797	0.0025	235.7820
OP_2	28.90196609	0.0099	348.0280	MSK_6	89.06623840	0.0019	352.3356
平均潮位＝-0.4167m				絕對誤差平均值= 0.07159 m			
資料原點時間：2013/07/02 11:00:00							

表 4.2 (續 6)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2014)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.0774	68.9402	M_2	28.98410416	0.9580	112.8701
S_{aa}	0.08213730	0.0355	203.5970	MKS_2	29.06624222	0.0016	238.3725
M_m	0.54437470	0.0135	277.3321	λ_2	29.45562553	0.0195	65.5932
M_{sf}	1.01589584	0.0189	105.3556	L_2	29.52847862	0.0490	113.6630
M_f	1.09803307	0.0108	148.8542	T_2	29.95893288	0.0243	198.3808
$2Q_1$	12.85428619	0.0038	56.3170	S_2	30.00000000	0.2379	46.3882
σ_1	12.92714024	0.0067	125.5048	R_2	30.04106712	0.0117	178.4786
Q_1	13.39866066	0.0363	213.1014	K_2	30.08213806	0.0552	196.4784
ρ_1	13.47151470	0.0083	273.5965	MSN_2	30.54437447	0.0115	30.9756
O_1	13.94303513	0.1807	26.9151	KJ_2	30.62651253	0.0023	23.9358
MP_1	14.02517319	0.0062	97.1970	$2SM_2$	31.01589584	0.0094	176.1995
M_1	14.49202538	0.0134	111.1652	MO_2	42.92713928	0.0146	123.3403
χ_1	14.56954765	0.0006	253.0446	M_3	43.47615814	0.0079	197.8891
π_1	14.91786480	0.0051	89.6523	SO_3	43.94303513	0.0103	39.7728
P_1	14.95893097	0.0781	301.4737	MK_3	44.02517319	0.0161	19.7412
S_1	15.00000000	0.0044	293.1559	SK_3	45.04106903	0.0056	313.4896
K_1	15.04106903	0.2240	280.3264	MN_4	57.42383194	0.0247	60.3729
ψ_1	15.08213520	0.0041	111.1646	M_4	57.96820831	0.0766	236.0723
ϕ_1	15.12320614	0.0020	348.3117	SN_4	58.43972778	0.0041	341.2977
θ_1	15.51258945	0.0014	80.7041	MS_4	58.98410416	0.0474	166.2153
J_1	15.58544350	0.0124	109.8926	MK_4	59.06624222	0.0121	316.7129
SO_1	16.05696487	0.0046	249.6003	S_4	60.00000000	0.0071	96.2281
OO_1	16.13910103	0.0043	18.9871	SK_4	60.08213806	0.0027	250.8609
OQ_2	27.34169579	0.0050	2.9197	$2MN_6$	86.40793610	0.0007	96.6345
MNS_2	27.42383385	0.0187	156.5237	M_6	86.95231628	0.0016	226.7277
2N2	27.85935402	0.0098	201.2906	MSN_6	87.42383575	0.0020	26.8957
μ_2	27.96820450	0.0568	344.0692	$2MS_6$	87.96820831	0.0048	188.3631
N_2	28.43972969	0.1661	295.6485	$2MK_6$	88.05034637	0.0015	330.1301
ν_2	28.51258278	0.0520	359.3612	$2SM_6$	88.98410797	0.0010	148.9542
OP_2	28.90196609	0.0112	216.8048	MSK_6	89.06623840	0.0004	336.4168
平均潮位＝-0.4156m				絕對誤差平均值= 0.06495 m			
資料原點時間：2014/07/02 11:00:00							

表 4.2　(續 7)澎湖馬公潮位站潮位資料調和分析成果表(2015)

澎湖馬公潮位站							
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)	分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
S_a	0.04106860	0.1020	70.4822	M_2	28.98410416	0.9547	12.8431
S_{aa}	0.08213730	0.0236	143.0064	MKS_2	29.06624222	0.0032	43.9387
M_m	0.54437470	0.0088	77.3460	λ_2	29.45562553	0.0277	133.3751
M_{sf}	1.01589584	0.0202	166.6429	L_2	29.52847862	0.0491	286.3794
M_f	1.09803307	0.0050	223.5605	T_2	29.95893288	0.0217	169.3235
$2Q_1$	12.85428619	0.0034	148.8943	S_2	30.00000000	0.2381	45.8641
σ_1	12.92714024	0.0071	263.3026	R_2	30.04106712	0.0106	149.0394
Q_1	13.39866066	0.0331	196.4682	K_2	30.08213806	0.0520	203.7005
ρ_1	13.47151470	0.0090	345.8587	MSN_2	30.54437447	0.0094	320.4877
O_1	13.94303513	0.1759	282.2963	KJ_2	30.62651253	0.0020	295.2959
MP_1	14.02517319	0.0034	354.1745	$2SM_2$	31.01589584	0.0101	295.5958
M_1	14.49202538	0.0171	205.7750	MO_2	42.92713928	0.0126	284.7848
χ_1	14.56954765	0.0008	61.0367	M_3	43.47615814	0.0066	203.0155
π_1	14.91786480	0.0049	65.3463	SO_3	43.94303513	0.0099	308.5686
P_1	14.95893097	0.0785	301.1638	MK_3	44.02517319	0.0156	284.7508
S_1	15.00000000	0.0065	316.4272	SK_3	45.04106903	0.0053	318.4439
K_1	15.04106903	0.2190	283.8180	MN_4	57.42383194	0.0285	304.0324
ψ_1	15.08213520	0.0039	107.7736	M_4	57.96820831	0.0743	36.1750
ϕ_1	15.12320614	0.0026	138.3441	SN_4	58.43972778	0.0033	342.4955
θ_1	15.51258945	0.0006	32.1514	MS_4	58.98410416	0.0484	64.4112
J_1	15.58544350	0.0120	24.8008	MK_4	59.06624222	0.0103	231.1041
SO_1	16.05696487	0.0050	347.4073	S_4	60.00000000	0.0079	91.3268
OO_1	16.13910103	0.0032	138.6653	SK_4	60.08213806	0.0027	202.4733
OQ_2	27.34169579	0.0027	187.6001	$2MN_6$	86.40793610	0.0009	112.2840
MNS_2	27.42383385	0.0179	36.2699	M_6	86.95231628	0.0021	295.4109
2N2	27.85935402	0.0062	37.9618	MSN_6	87.42383575	0.0013	255.7996
μ_2	27.96820450	0.0490	145.9807	$2MS_6$	87.96820831	0.0035	341.1571
N_2	28.43972969	0.1701	281.6888	$2MK_6$	88.05034637	0.0010	207.2624
ν_2	28.51258278	0.0528	73.9170	$2SM_6$	88.98410797	0.0012	57.1129
OP_2	28.90196609	0.0040	328.3778	MSK_6	89.06623840	0.0009	226.7837
平均潮位＝-0.4366 m 資料原點時間：2015/07/02 11:00:00							

表 4.3　2008～2016 年侵臺颱風事件一覽表

年份	颱風名稱	路徑分類	警報時間	颱風強度	中心最低氣壓(hpa)	7 級暴風半徑(km)	近台近中心最大風速(m/s)
2008	卡玫基(KALMAEGI)	2	2008/07/16 14 2008/07/18 23	中度	970	120	23
	鳳凰(FUNG-WONG)	3	2008/07/26 11 2008/07/29 11	中度	948	220	43
	如麗(NURI)	…	2008/08/19 14 2008/08/21 23	中度	955	220	40
	辛樂克(SINLAKU)	2	2008/09/11 08 2008/09/16 23	強烈	925	250	51
	哈格比(HAGUPIT)	…	2008/09/21 14 2008/09/23 08	中度	940	280	45
	薔蜜(JANGMI)	2	2008/09/26 23 2008/09/29 23	強烈	925	280	53
2009	蓮花(LINFA)	9	2009/06/19 20 2009/06/22 08	輕度	980	150	28
	莫拉菲(MOLAVE)	…	2009/07/16 22 2009/07/18 08	輕度	978	100	28
	莫拉克(MORAKOT)	3	2009/08/05 20 2009/08/10 05	中度	950	250	40
	芭瑪(PARMA)	特殊	2009/10/03 05 2009/10/06 17	中度	920	250	40
2010	萊羅克(LIONROCK)	9	2010/08/31 20 2010/09/02 14	輕度	990	100	23
	南修(NAMTHEUN)	…	2010/08/30 22 2010/08/31 20	輕度	995	80	18
	莫蘭蒂(MERANTI)	…	2010/09/09 10 2010/09/10 11	輕度	990	100	23
	凡那比(FANAPI)	4	2010/09/17 23 2010/09/20 14	中度	940	200	45
	梅姬(MEGI)	9	2010/10/21 02 2010/10/23 23	中度	935	250	48
2011	艾利(AERE)	…	2011/05/09 05 2011/05/10 17	輕度	990	150	23
	桑達(SONGDA)	…	2011/05/27 02 2011/05/28 14	強烈	920	200	55

表 4.3　(續 1)2008～2016 年侵臺颱風事件一覽表

年份	颱風名稱	路徑分類	警報時間	颱風強度	中心最低氣壓(hpa)	7 級暴風半徑(km)	近台近中心最大風速(m/s)
2011	米雷(MEARI)	…	2011/06/23 23 2011/06/25 14	輕度	982	200	28
	梅花(MUIFA)	…	2011/08/04 17 2011/08/06 11	中度	928	280	43
	南瑪都(NANMADOL)	4	2011/08/27 05 2011/08/31 08	強烈	920	180	53
2012	泰利(TALIM)	9	2012/06/19 05 2012/06/21 05	輕度	985	150	25
	杜蘇芮(DOKSURI)	…	2012/06/28 05 2012/06/29 08	輕度	995	120	23
	蘇拉(SAOLA)	2	2012/07/30 20 2012/08/03 14	中度	960	220	38
	海葵(HAIKUI)	…	2012/08/06 11 2012/08/07 17	中度	960	180	35
	啟德(KAI-TAK)	…	2012/08/14 14 2012/08/15 17	輕度	995	150	20
	天秤(TEMBIN)	特殊	2012/08/21 14 2012/08/25 14	中度	945	180	35
			2012/08/26 11 2012/08/28 23	中度	945	180	45
	杰拉華(JELAWAT)	…	2012/09/27 02 2012/09/28 20	強烈	910	250	55
2013	蘇力(SOULIK)	2	2013/07/11 08 2013/07/13 23	強烈	92	280	51
	西馬隆(CIMARON)	…	2013/07/17 10 2013/07/18 11	輕度	998	100	18
	潭美(TRAMI)	1	2013/08/20 11 2013/08/22 08	輕度	970	180	30
	康芮(KONG-REY)	6	2013/08/27 11 2013/08/29 20	輕度	985	120	25
	天兔(USAGI)	5	2013/09/19 23 2013/09/22 14	強烈	910	280	55
	菲特(FITOW)	1	2013/10/04 23 2013/10/07 08	中度	960	250	38

表 4.3　(續 2)2008～2016 年侵臺颱風事件一覽表

年份	颱風名稱	路徑分類	警報時間	颱風強度	中心最低氣壓(hpa)	7 級暴風半徑(km)	近台近中心最大風速(m/s)
2014	哈吉貝(HAGIBIS)	…	2014/06/14 23 2014/06/15 17	輕度	992	100	20
	麥德姆(MATMO)	3	2014/07/21 17 2014/07/23 23	中度	960	200	38
	鳳凰(FUNG-WONG)	特殊	2014/09/23 23 2014/09/25 14	輕度	985	150	25
2015	紅霞(NOUL)	…	2015/05/10 08 2015/05/11 20	強烈	925	200	51
	昌鴻(CHAN-HOM)	…	2015/07/09 05 2015/07/11 11	中度	935	280	48
	蓮花(LINFA)	…	2015/07/06 08 2015/07/09 05	輕度	975	120	30
	蘇迪勒(SOUDELOR)	3	2015/08/06 11 2015/08/09 08	中度	930	300	48
	天鵝(GONI)	…	2015/08/20 17 2015/08/23 20	強烈	925	200	51
	杜鵑(DUJUAN)	2	2015/09/27 08 2015/09/29 17	強烈	925	220	51
2016	尼伯特(NEPARTAK)	4	2016/07/06 14 2016/07/09 14	強烈	905	200	58
	莫蘭蒂(MERANTI)	7	2016/09/12 23 2016/09/15 11	強烈	900	220	60
	馬勒卡(MALAKAS)	…	2016/09/15 23 2016/09/18 08	中度	940	180	45
	梅姬(MEGI)	3	2016/09/25 23 2016/09/28 17	中度	940	250	45
	艾利(AERE)	…	2016/10/05 11 2016/10/06 14	輕度	998	120	18

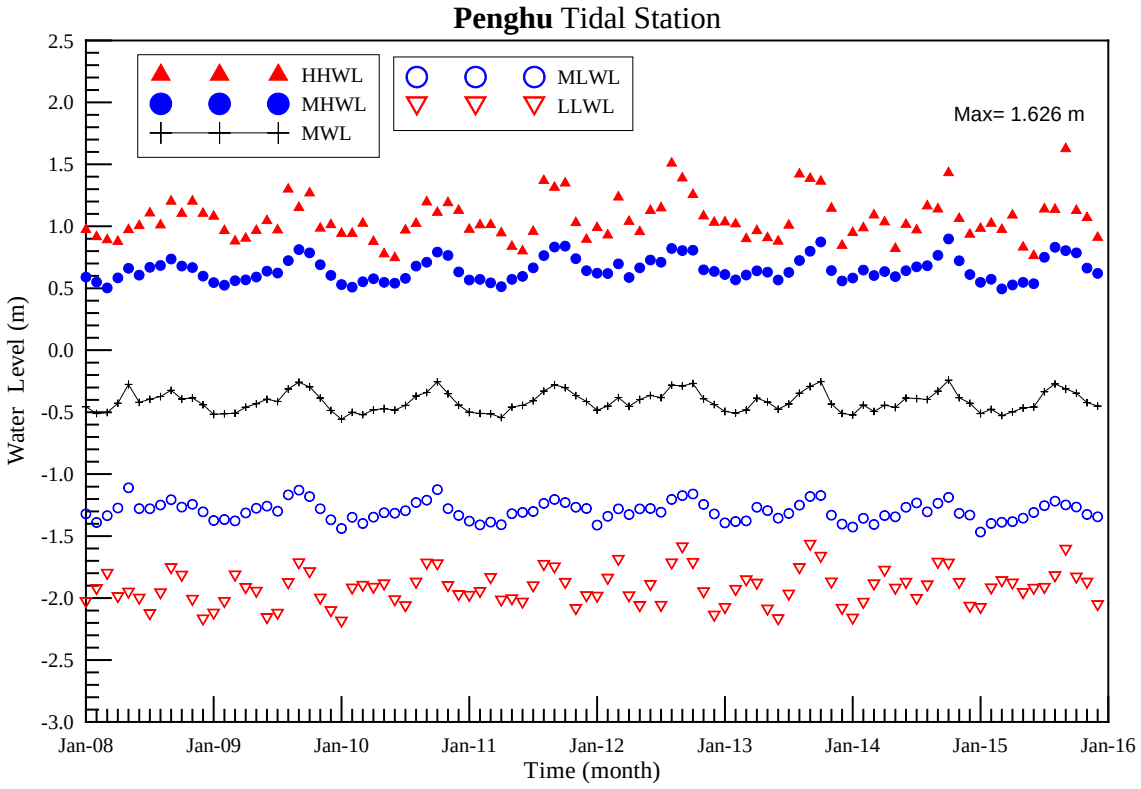


圖 4.9　澎湖馬公潮位站(2008～2015 年)代表性潮位逐月統計值之變化

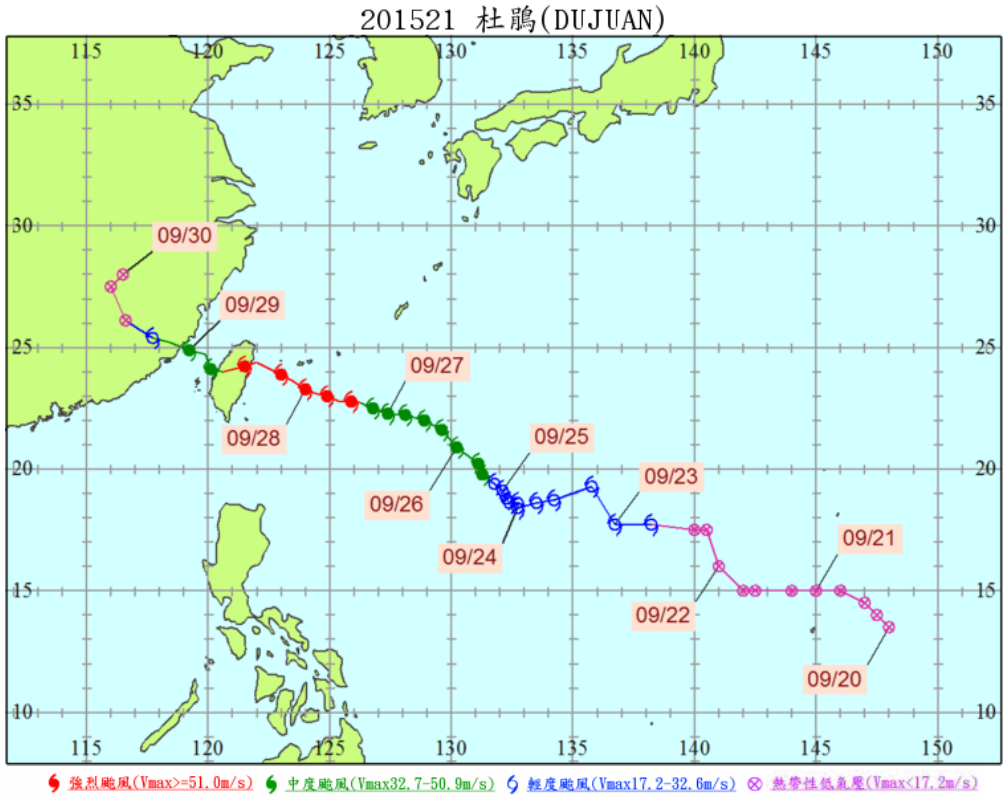


圖 4.10　2015 年強烈颱風杜鵑侵臺路徑圖

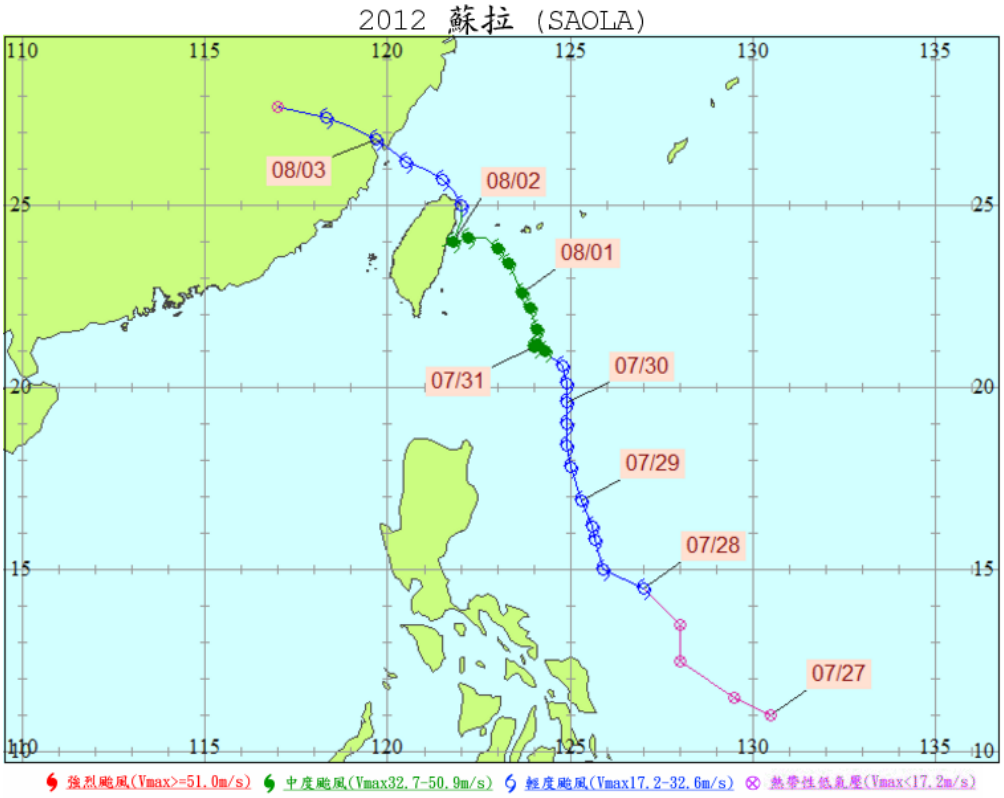


圖 4.11　2012 年中度颱風蘇拉侵臺路徑圖

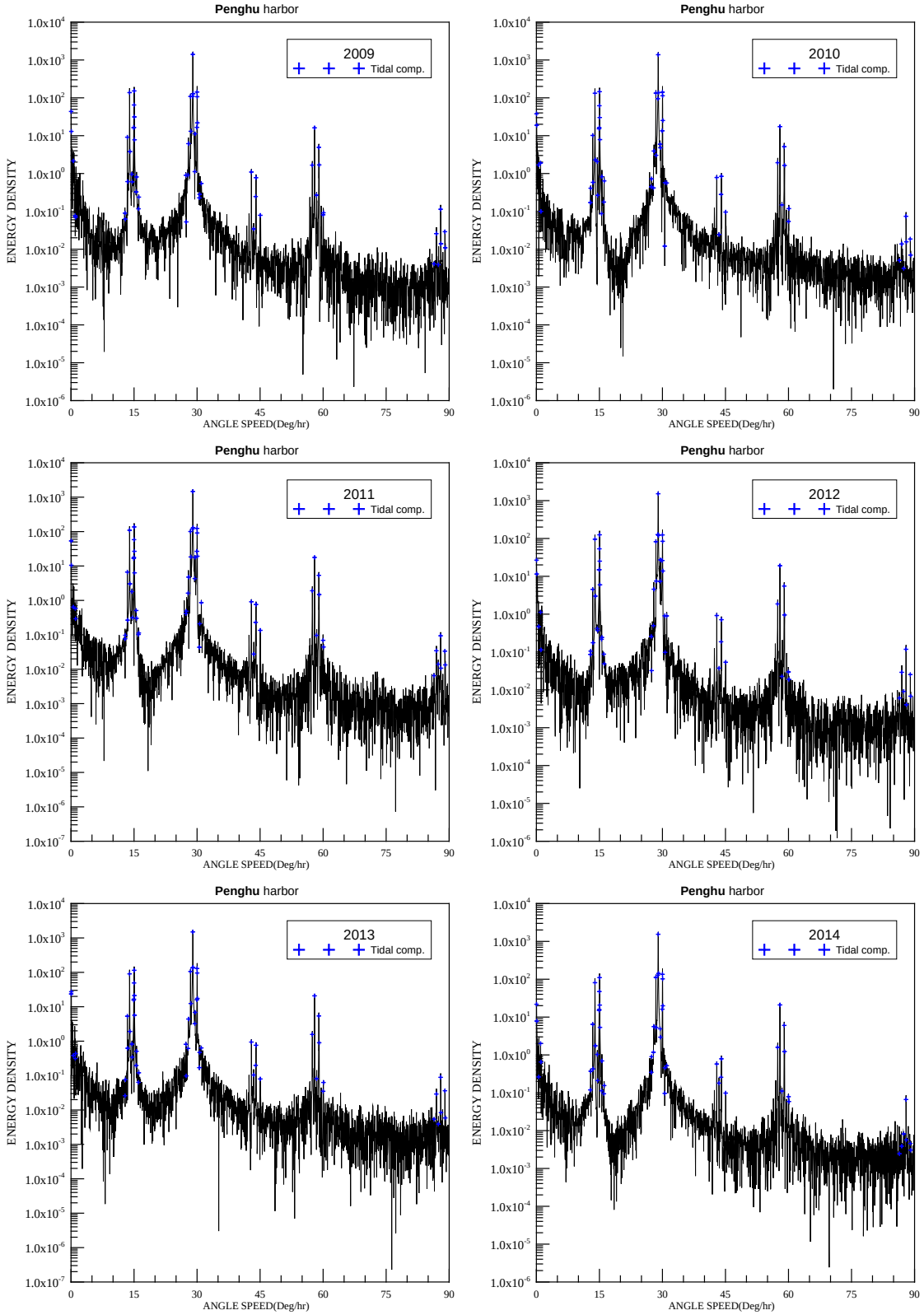


圖 4.12　2009 ~ 2014 年澎湖港馬公測站潮位能譜圖

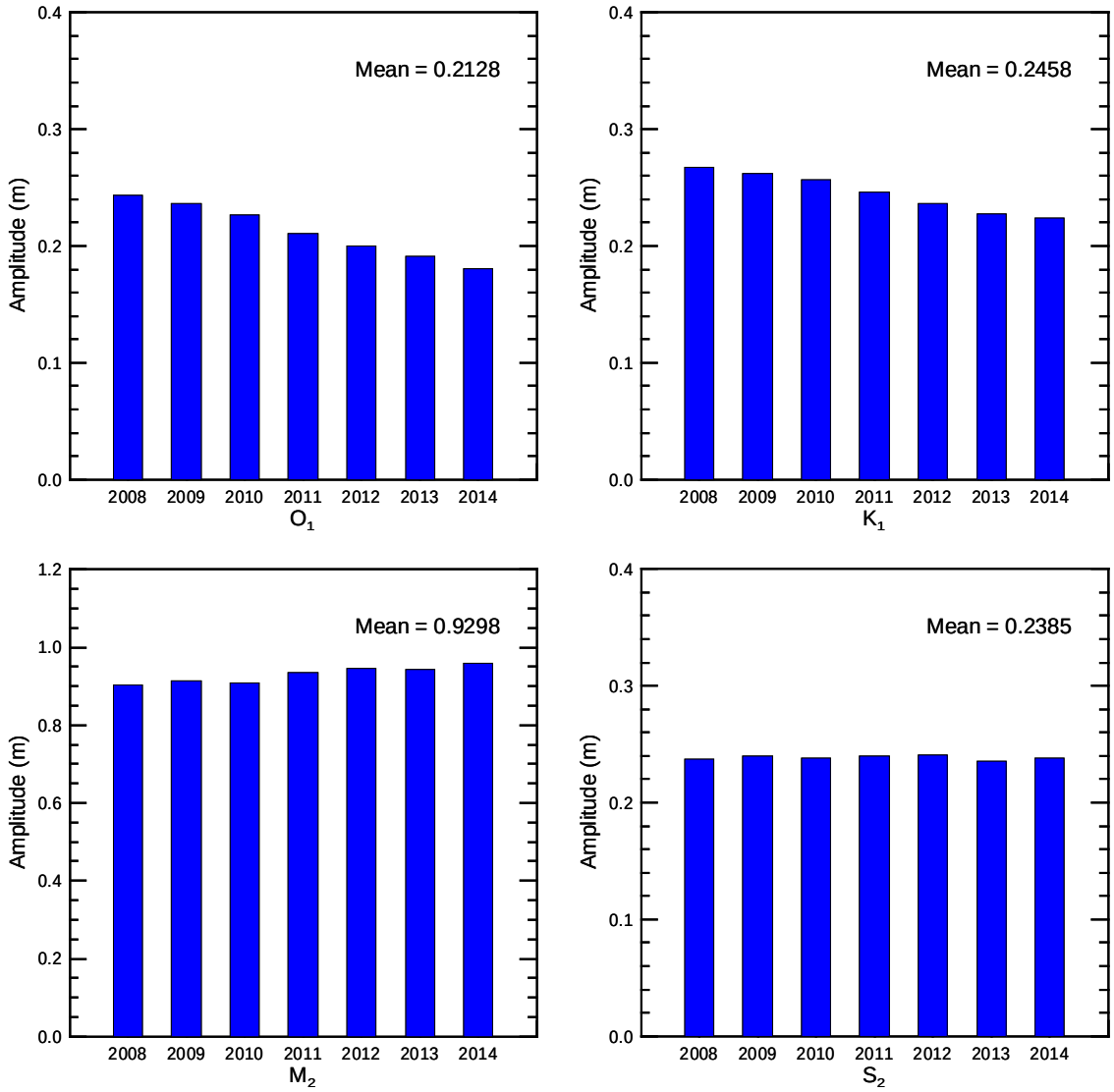


圖 4.13　澎湖港馬公測站(2008 ~ 2014 年)主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)振幅大小之年變化趨勢圖

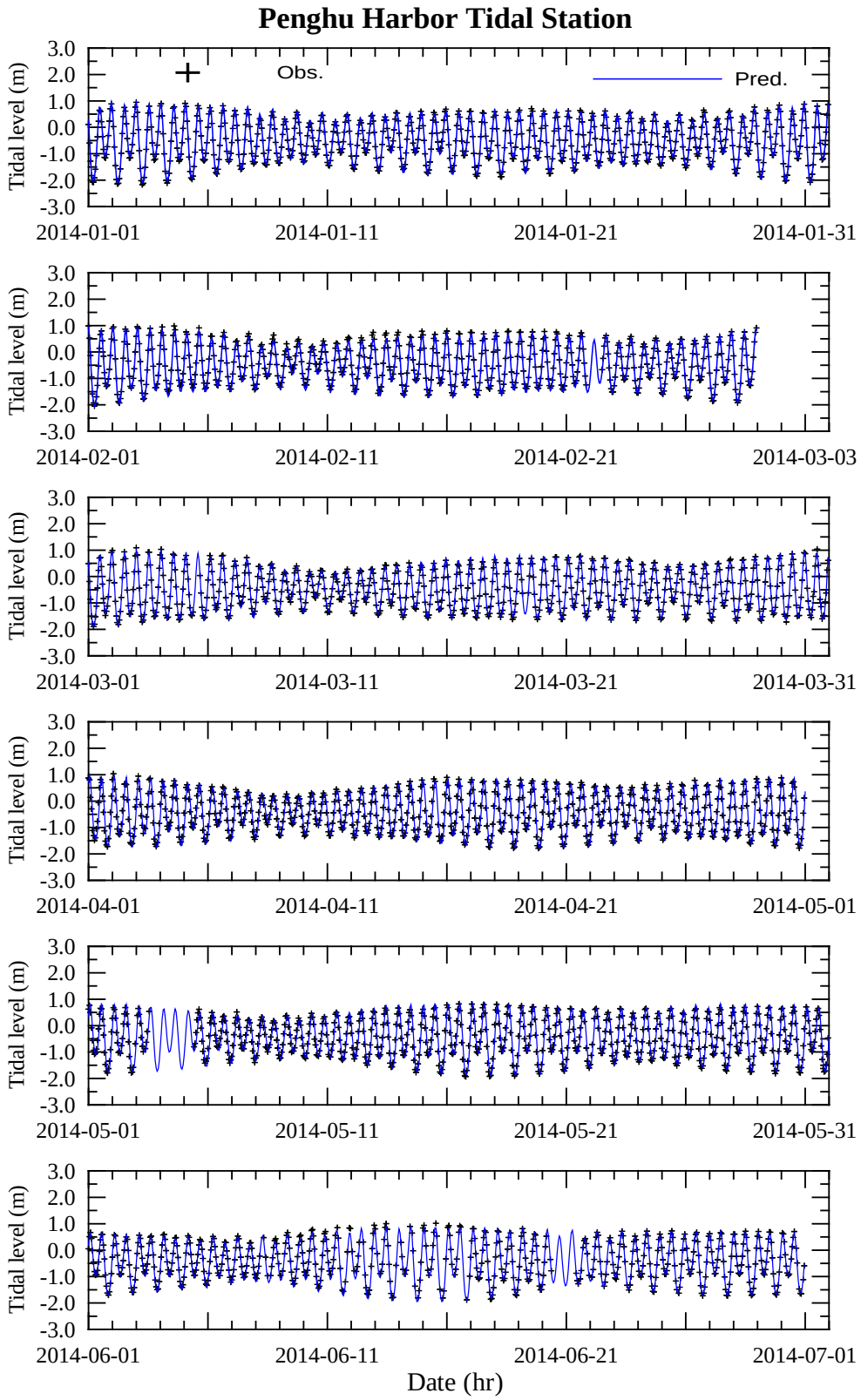


圖 4.14　澎湖港馬公潮位站 2014 年觀測值與天文潮預測值圖

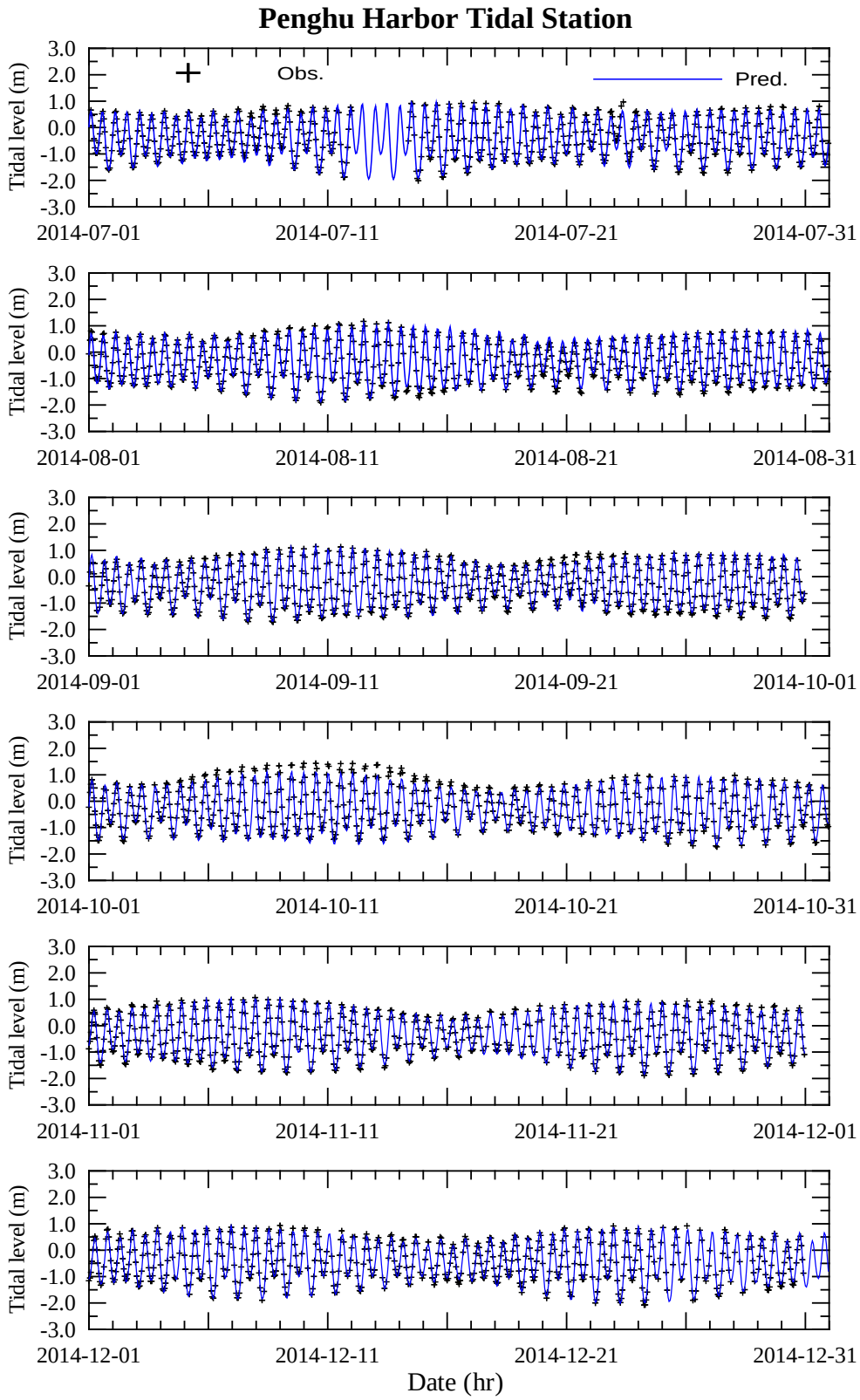


圖 4.14　(續)澎湖港馬公潮位站 2014 年觀測值與天文潮預測值圖

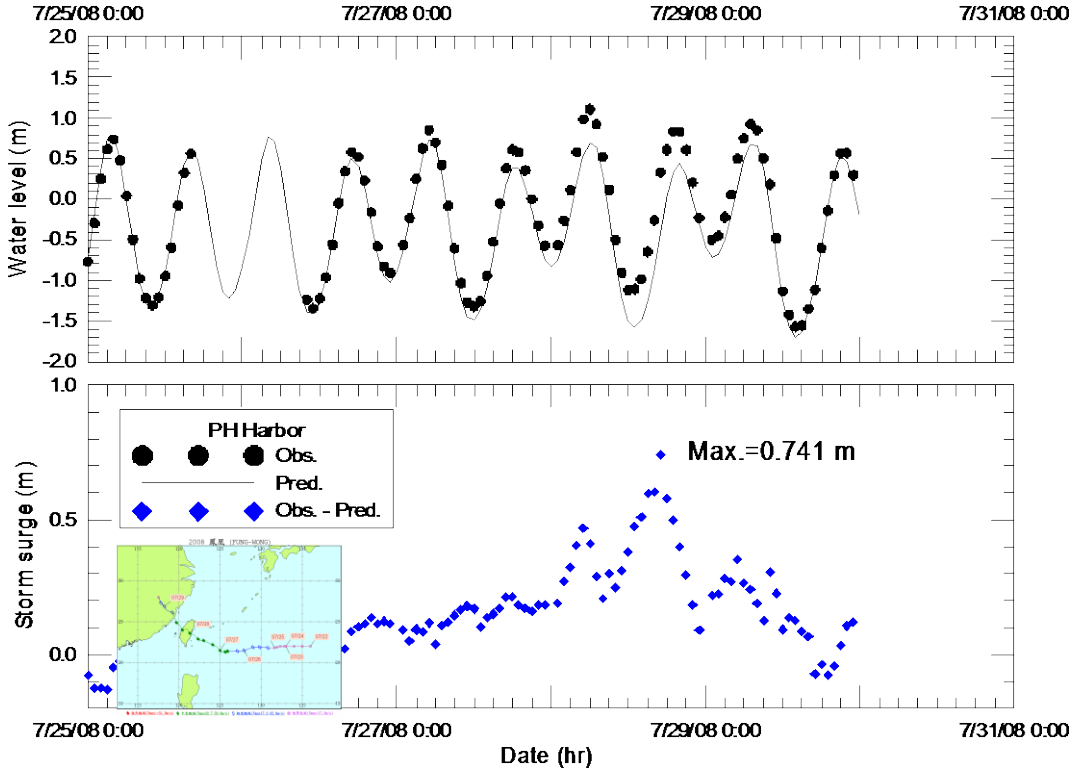


圖 4.15　澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2008 年中度颱風鳳凰)

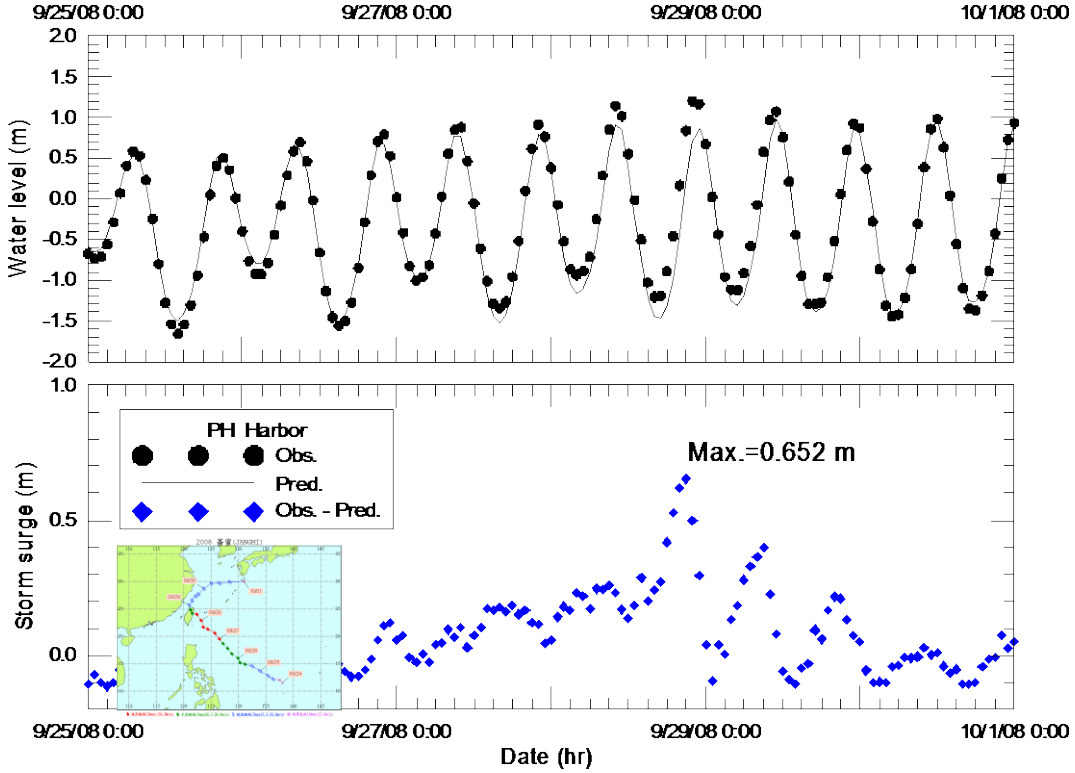


圖 4.15　(續 1)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2008 年中度颱風薔蜜)

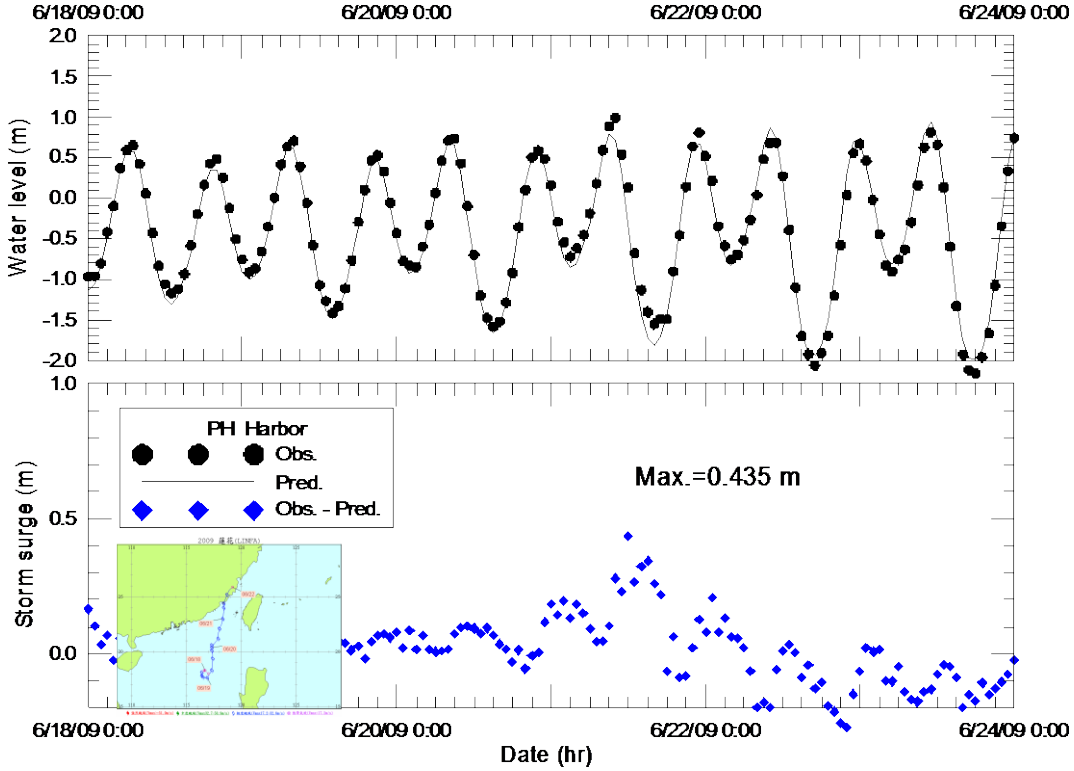


圖 4.15　(續 2)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2009 年輕度颱風蓮花)

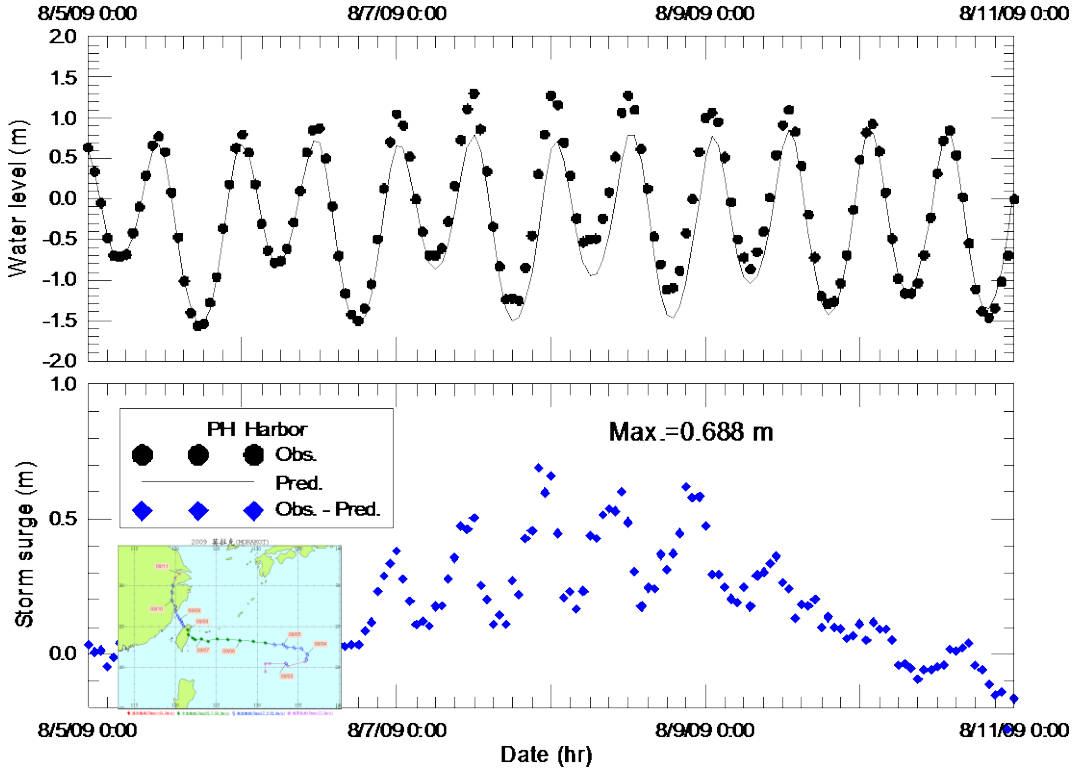


圖 4.15　(續 3)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2009 年中度颱風莫拉克)

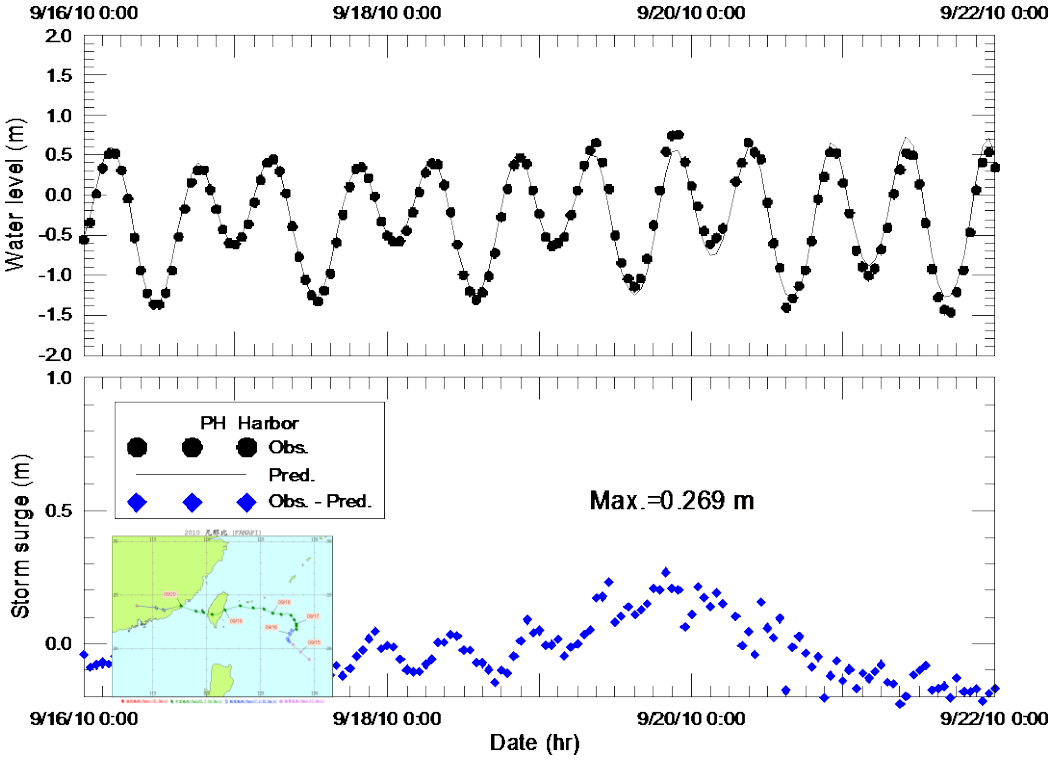


圖 4.15　(續 4)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2010 年中度颱風凡那比)

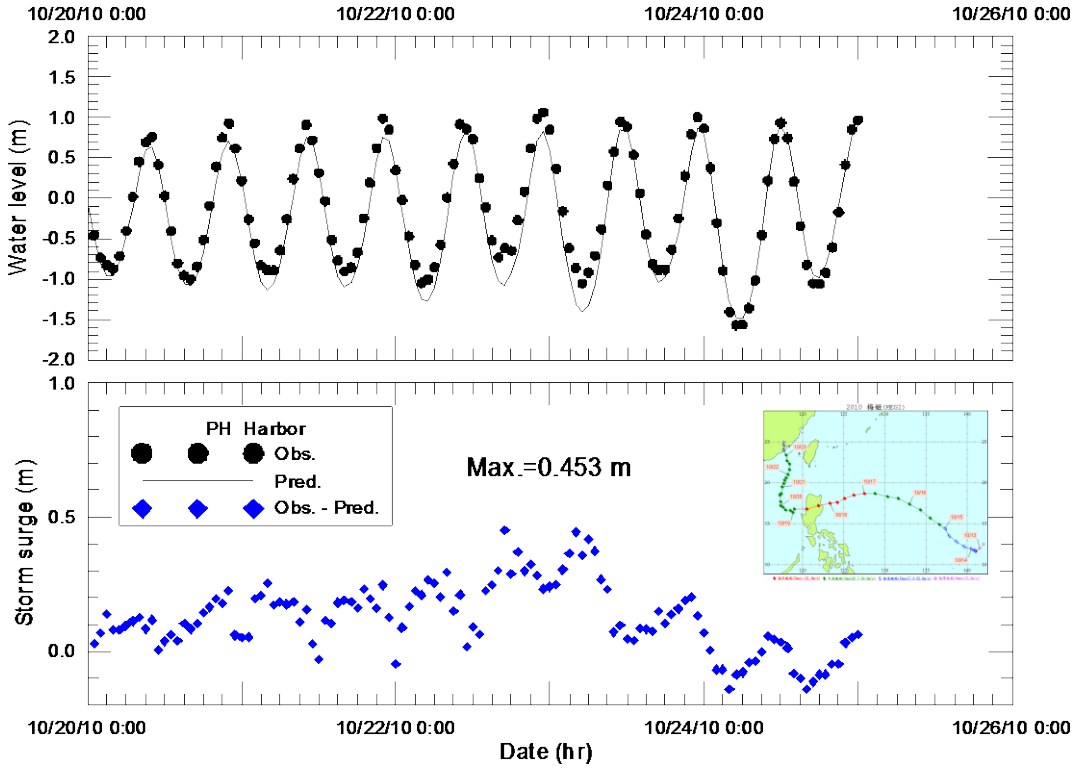


圖 4.15　(續 5)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2010 年中度颱風梅姬)

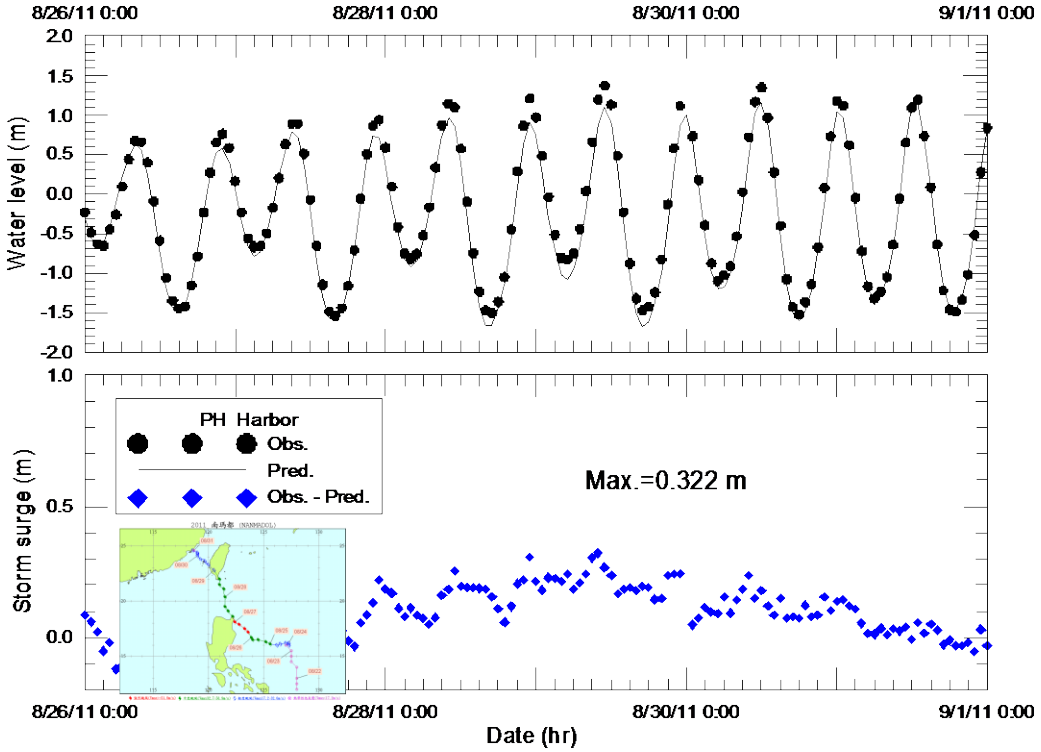


圖 4.15　(續 6)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2011 年強烈颱風南瑪都)

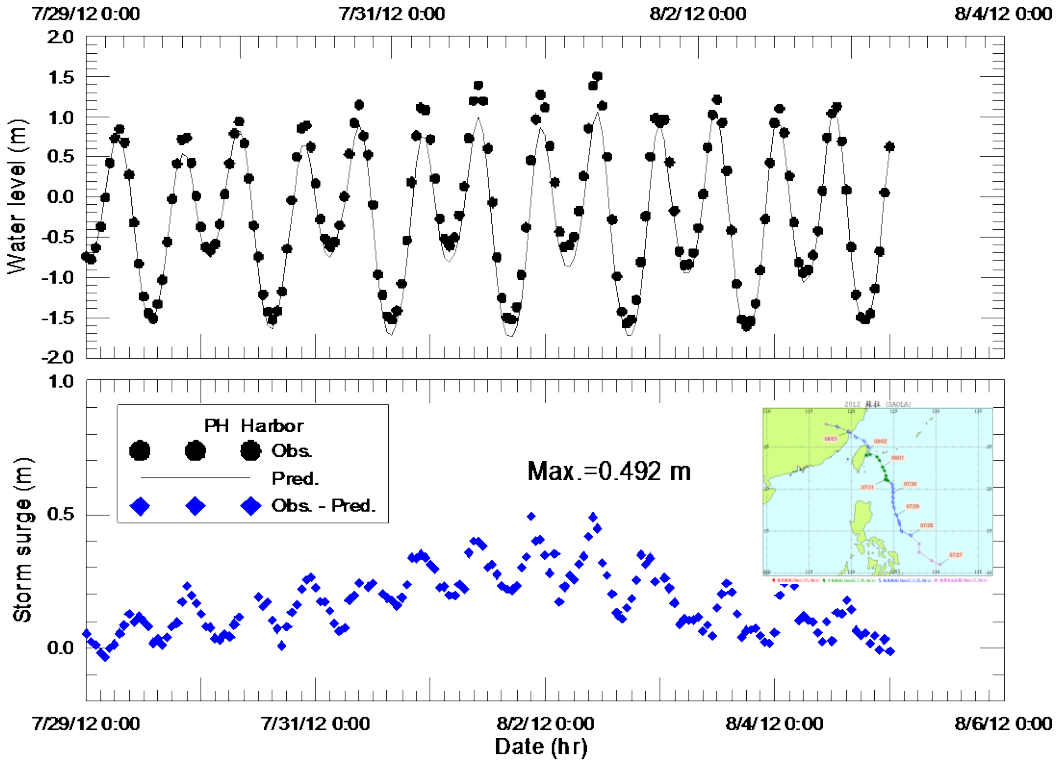


圖 4.15　(續 7)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2012 年中度颱風蘇拉)

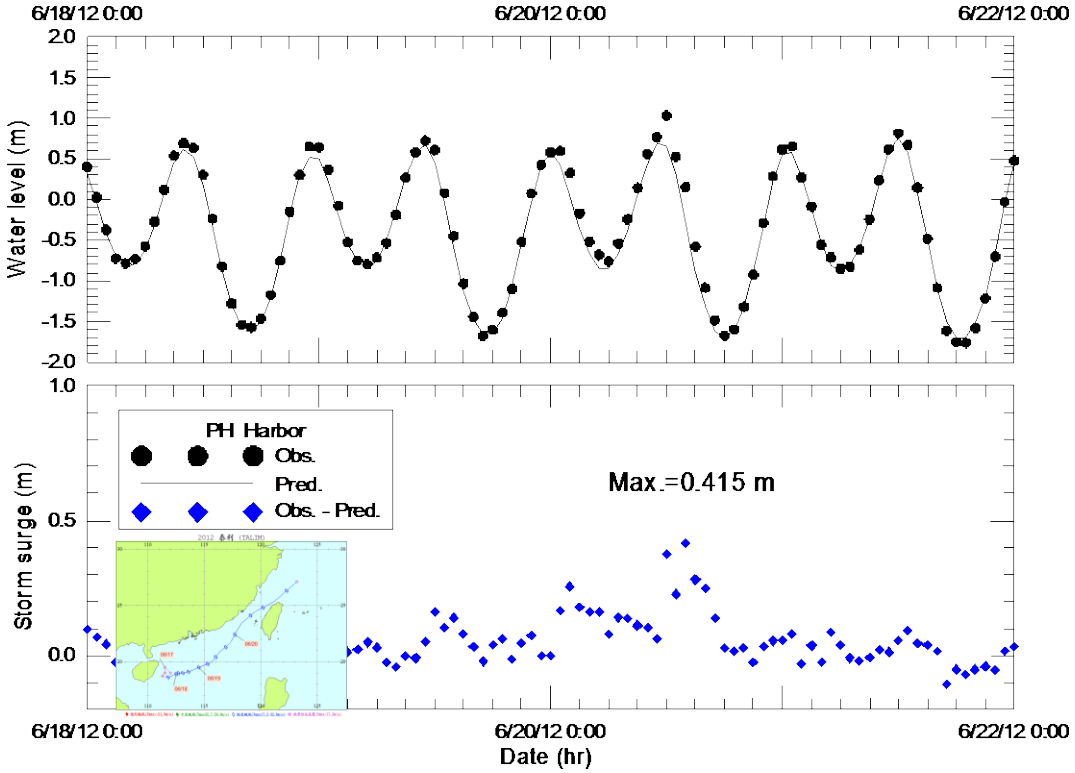


圖 4.15　(續 8)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2012 年輕度颱風泰利)

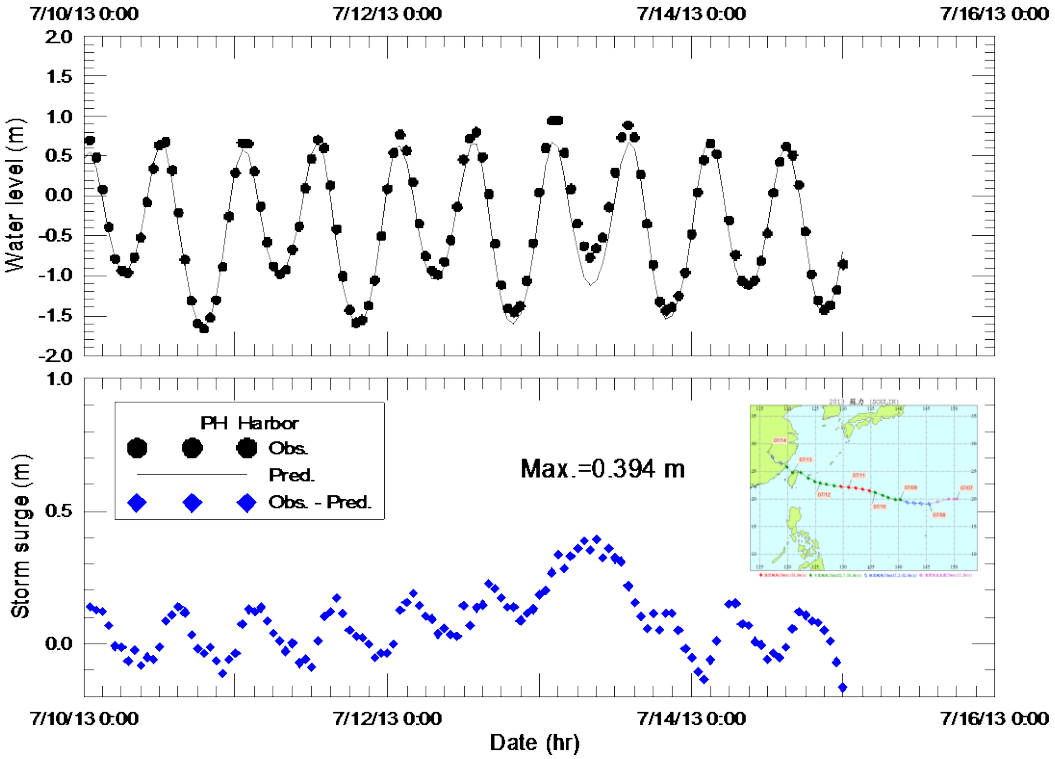


圖 4.15　(續 9)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2013 年強烈颱風蘇力)

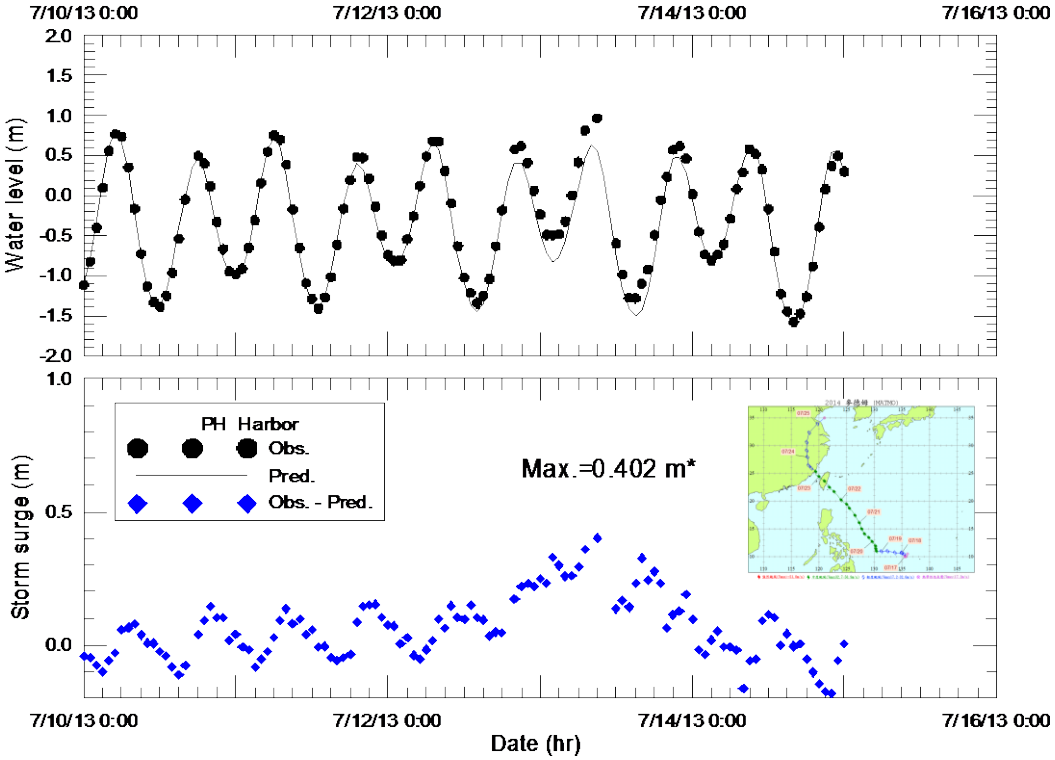


圖 4.15　(續 10)澎湖馬公潮位站颱風暴潮歷線圖(2014 年中度颱風麥德姆)

4.4 海流

本計畫分別蒐集港研中心澎湖港龍門尖山港區外海海象觀測站、中央氣象局東吉島波流觀測站及水利署澎湖資料浮標等測站之逐時海流觀測資料，分別進行海(潮)流特特性分析。其中龍門尖山港區外海海流觀測資料因品質不佳，故本章節僅針對水利署澎湖資料浮標及東吉島測站逐時資料(參考附錄三)進行說明。澎湖資料浮標及東吉島測站位置如圖 4.16 所示，圖中澎湖資料浮標位於澎湖本島北邊，測站座標為東經 119.5519、北緯 23.7269，測站水深約 26.6 m；東吉島波流觀測站位於澎湖群島南邊，測站座標為東經 119.6839、北緯 23.2564，測站水深約 20.0 m。

4.4.1 澎湖資料浮標

水利署澎湖資料浮標 2014 年 1 月至 2014 年 12 月逐時海流觀測資料共計 7,615 筆，海流資料觀測率約為 0.87。2014 年整年海流流速大小及流向聯合分布之統計分析結果，如表 4.4 所列；表中由流速大小之分布得知，澎湖資料浮標海流流速小於 0.25 m/s 者約佔全部觀測資料之 70.31%，流速介於 0.25 ~ 0,50 m/s 區間者佔全部觀測資料之 28.30%，二者合計約達 98.61%；流向分布統計結果顯示，以西南向(SW)所佔比例最大約為 34.9%，其次為西向(W)約佔 23.9%。2014 年最大流速觀測值為 0.74 m/s，流向為 245.0°(西南偏西向)，發生時間為 2014 年 10 月 7 日 11 時。

針對 2014 年 1 月至 2014 年 3 月逐時海流觀測資料共計 2,048 筆(缺失資料以調和分析預測值補遺)，本計畫分別就東西向及南北向速度分量進行能譜分析，如圖 4.17 及圖 4.18 所示，圖中"+"代表為天文潮 60 個分潮對應的值。經由能譜分析結果得知，澎湖資料浮標測站海流之東西向及南北向速度分量在半日潮及 1/4 日潮範圍均有顯著的能量分布，其中東西向速度能譜在全日潮及 1/8 日潮範圍無明顯的能量變化，南北向速度能譜則在 1/3 日潮範圍能量無明顯的能量變化。

針對 2014 年 1 ~ 3 月海流觀測資料，本計畫選取 O_1、K_1、M_2、S_2 及 M_4 等 5 個分潮逐月進行天文潮流調和分析，如表 4.5 至表 4.7 所列，顯示各月份天文潮流調和常數值具有一定程度之相似性。2014 年 1 ~ 3 月海流淨流速大小有逐月減小之趨勢，流向則穩定維持約西南偏西。本計畫依據潮流調和分析結果，將東西向及南北向流速資料分別分離成潮流及非潮流兩種成份流，如圖 4.19 所示，其中大、小潮期間潮流速度振幅變化不明顯，此與全日潮流能量不顯著有關。此外，潮流調和分析結果將作為本計畫澎湖海域水動力數值模擬結果驗証之依據。

4.4.2 東吉島測站

中央氣象局東吉島測站 2014 年 1 月至 2014 年 12 月逐時海流觀測資料共計 8,057 筆，海流資料觀測率約為 0.92。2014 年整年海流流速大小及流向聯合分布之統計分析結果，如表 4.8 所列；表中由流速大小之分布得知，東吉島測站海流流速小於 0.25 m/s 者約佔全部觀測資料之 46.88%，流速介於 0.25 ~ 0,50 m/s 區間者佔全部觀測資料之 16.83%，二者合計約達 63.71%；流向分布統計結果顯示，以東北向(NE)所佔比例最大約為 44.92%，其次為東向(W)約佔 23.95%。2014 年最大流速觀測值為 1.49 m/s，流向為 54.0°(東北偏東向)，發生時間為 2014 年 1 月 2 日 7 時。

同樣地，本計畫選取 2014 年 1 月至 3 月逐時海流觀測資料共計 2,048 筆(缺失資料以調和分析預測值補遺)，分別針對東西向及南北向速度分量進行能譜分析，如圖 4.20 及圖 4.21 所示。由東吉島測站海流能譜分析結果得知，該處海流東西向及南北向速度分量在半日潮及 1/4 日潮範圍均有顯著的能量分布，其中 1/4 日潮 M_4 之能量明顯高於半日潮 S_2 之能量。

針對 2014 年 1 月至 3 月逐時海流觀測資料，本計畫選取 O_1、K_1、N_2、M_2、S_2 及 M_4 等 6 個分潮逐月進行天文潮流調和分析，如表 4.9 至表 4.11 所列，分析結果同樣顯示各月份天文潮流調和常數值具有一定程度之相似性。2014 年 1 ~ 3 月海流淨流速大小變化分別為 0.31、0.289 及 0.317(m/s)，流向則穩定維持約東北偏東。同樣地，本計畫依據潮流調和分析結果，將東吉島測站東西向及南北向流速資料分別分離成潮流及非潮流兩種成份流，如圖 4.22 所示。

綜合以上海流分析結果得知，東吉島測站因鄰近澎湖水道，海流流速明顯大於澎湖資料浮標測站海流流速，因此各主要天文分潮之流速振幅亦明顯高於澎湖資料浮標測站；此外，東吉島測站與澎湖資料浮標測站海流淨流速之流向分別為東北偏東及西南偏西，顯示流經澎湖水道往北之恆(洋)流在澎湖北側海域可能產生分流的現象。

表 4.4　澎湖資料浮標 2014 年逐時海流之流速大小及流向分布統計

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	資料數	百分比
< 0.25	508	424	241	265	614	1495	1278	529	5354	70.31
0.25 ~ 0.50	124	203	17	4	176	1079	525	27	2155	28.30
0.50 ~ 0.75	0	2	0	0	2	84	17	1	106	1.39
0.75 ~ 1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合　計	632	629	258	269	792	2685	1820	577	7615	100.00
百分比	8.30	8.26	3.39	3.53	10.4	34.9	23.9	7.31		
備　註	最大流速值(0.74m/s) 流　　向(245.0˚) 時　　間(10/07 11:00:00)									

表 4.5　澎湖資料浮標 2014 年 1 月海流觀測資料之調和分析成果表

分潮名稱	角頻率(度/小時)	E-W方向分量		N-S方向分量	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
O_1	13.94303513	0.0140	211.942	0.0078	253.379
K_1	15.04106903	0.0109	206.073	0.0120	109.735
M_2	28.98410416	0.1427	197.622	0.1488	179.818
S_2	30.00000000	0.0378	225.781	0.0464	189.383
M_4	57.96820831	0.0448	314.676	0.0311	224.100
平均淨流速		-0.1397 m/s		-0.0946 m/s	
絕對誤差平均值		0.07864 m/s		0.07614 m/s	
觀測資料時間		2014/01/01 00:00 ~ 2014/01/31 23:00			
原點時間		2014/01/16 11:00			

表 4.6　澎湖資料浮標 2014 年 2 月海流觀測資料之調和分析成果表

分潮名稱	角頻率(度/小時)	E-W方向分量		N-S方向分量	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
O_1	13.94303513	0.0086	9.293	0.0082	309.543
K_1	15.04106903	0.0069	5.769	0.0190	282.628
M_2	28.98410416	0.1287	198.260	0.1669	168.668
S_2	30.00000000	0.0411	238.254	0.0699	188.057
M_4	57.96820831	0.0449	303.372	0.0354	243.674
平均淨流速		-0.1226 m/s		-0.0781 m/s	
絕對誤差平均值		0.07014 m/s		0.07387 m/s	
觀測資料時間		2014/02/01 00:00 ~ 2014/02/28 23:00			
原點時間		2014/02/13 23:00			

表 4.7　澎湖資料浮標 2014 年 3 月海流觀測資料之調和分析成果表

分潮名稱	角頻率(度/小時)	E-W方向分量		N-S方向分量	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
O_1	13.94303513	0.0145	259.560	0.0060	183.533
K_1	15.04106903	0.0037	116.267	0.0128	66.119
M_2	28.98410416	0.1270	201.151	0.1496	169.612
S_2	30.00000000	0.0489	235.321	0.0663	196.979
M_4	57.96820831	0.0490	328.161	0.0360	246.622
平均淨流速		-0.1140 m/s		-0.0760 m/s	
絕對誤差平均值		0.07241 m/s		0.07632 m/s	
觀測資料時間		2014/03/01 00:00 ~ 2014/03/31 23:00			
原點時間		2013/03/16 11:00			

表 4.8　東吉島測站 2014 年逐時海流之流速大小及流向分布統計

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	資料數	百分比
< 0.25	204	525	1032	546	276	592	391	211	3777	46.88
0.25 ~ 0.50	1	536	535	147	9	117	11	0	1356	16.83
0.50 ~ 0.75	0	646	283	1	0	2	0	0	932	11.57
0.75 ~ 1.00	0	1037	74	0	0	0	0	0	1111	13.79
1.00 ~ 1.25	0	749	6	0	0	0	0	0	755	9.37
1.25 <	0	126	0	0	0	0	0	0	126	1.56
合　計	205	3619	1930	694	285	711	402	211	8057	100.00
百分比	2.54	44.92	23.95	8.61	3.54	8.82	4.99	2.62		
備　註	最大流速值(1.49m/s)， 流　　向(54.0°) 時　　間(01/02 07:00:00)									

表 4.9　東吉島測站 2014 年 1 月海流觀測資料之調和分析成果表

分潮名稱	角頻率(度/小時)	E-W方向分量		N-S方向分量	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
O_1	13.94303513	0.0279	327.707	0.0138	290.592
K_1	15.04106903	0.0392	319.093	0.0159	301.495
N_2	28.43972969	0.1065	58.187	0.0705	45.423
M_2	28.98410416	0.3467	246.224	0.2393	229.223
S_2	30.00000000	0.1198	303.451	0.0701	288.189
M_4	57.96820831	0.1802	132.870	0.0986	123.882
平均淨流速		0.2778 m/s		0.1375 m/s	
絕對誤差平均值		0.15583 m/s		0.09807 m/s	
觀測資料時間		2014/01/01 00:00 ~ 2014/01/31 23:00			
原點時間		2014/01/16 11:00			

表 4.10　東吉島測站 2014 年 2 月海流觀測資料之調和分析成果表

分潮名稱	角頻率(度/小時)	E-W方向分量		N-S方向分量	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
O_1	13.94303513	0.0239	160.882	0.0178	139.037
K_1	15.04106903	0.0303	116.720	0.0134	128.130
N_2	28.43972969	0.0887	080.823	0.0687	61.563
M_2	28.98410416	0.3475	248.675	0.2501	229.704
S_2	30.00000000	0.1183	305.762	0.0817	291.036
M_4	57.96820831	0.1791	129.551	0.1045	126.629
平均淨流速		0.2591 m/s		0.1259 m/s	
絕對誤差平均值		0.15388 m/s		0.09371 m/s	
觀測資料時間		2014/02/01 00:00 ~ 2014/02/28 23:00			
原點時間		2014/02/13 23:00			

表 4.11　東吉島測站標 2014 年 3 月海流觀測資料之調和分析成果表

分潮名稱	角頻率(度/小時)	E-W方向分量		N-S方向分量	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
O_1	13.94303513	0.0212	357.601	0.0133	313.203
K_1	15.04106903	0.0206	257.543	0.0139	263.850
N_2	28.43972969	0.0725	87.539	0.0469	77.640
M_2	28.98410416	0.3670	243.928	0.2639	230.169
S_2	30.00000000	0.1089	281.273	0.0762	263.258
M_4	57.96820831	0.1706	132.618	0.1036	125.422
平均淨流速		0.2859 m/s		0.1376 m/s	
絕對誤差平均值		0.15515 m/s		0.09166 m/s	
觀測資料時間		2014/03/01 00:00 ~ 2014/03/31 23:00			
原點時間		2013/03/16 11:00			

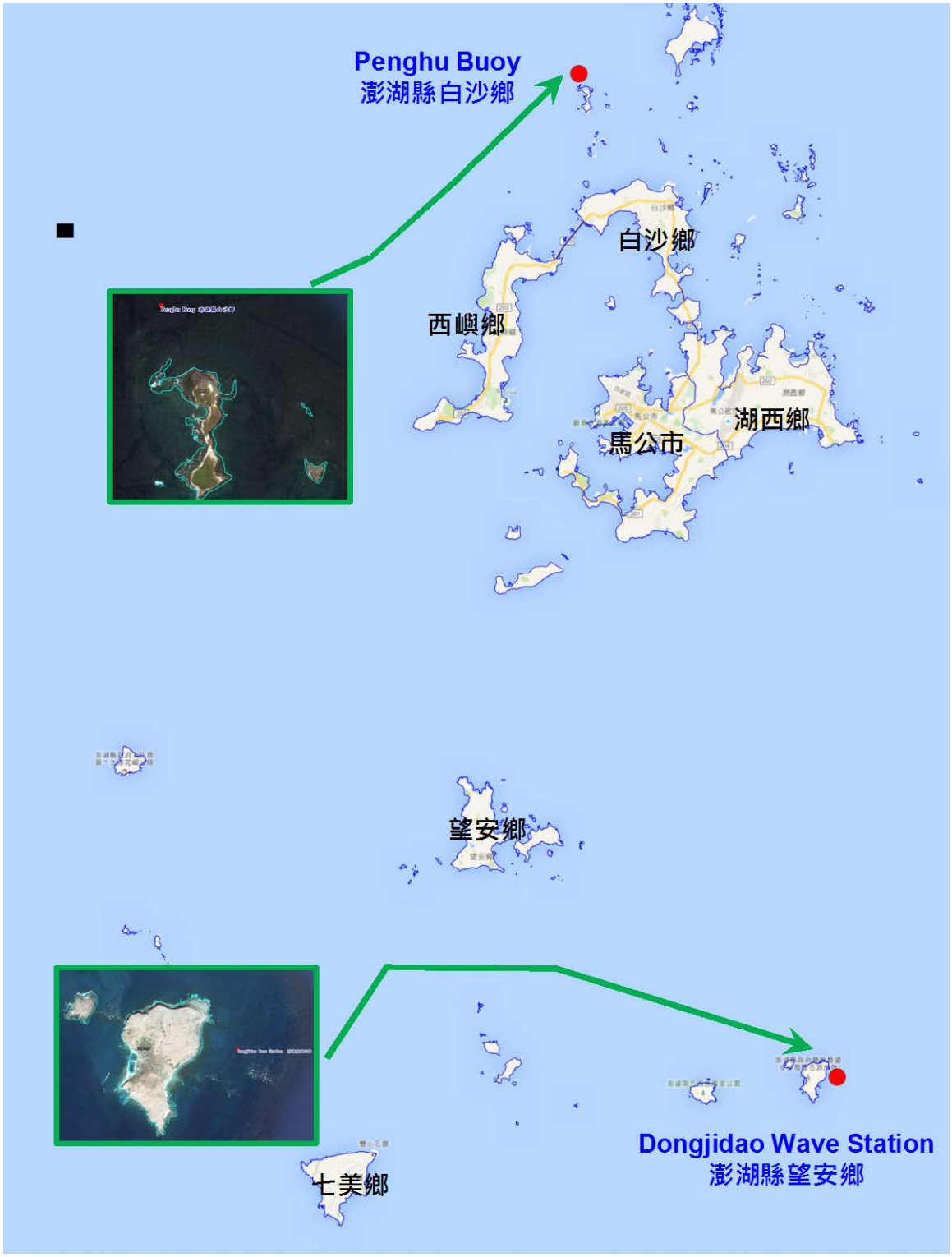


圖 4.16　澎湖資料浮標及東吉島波浪測站位置示意圖

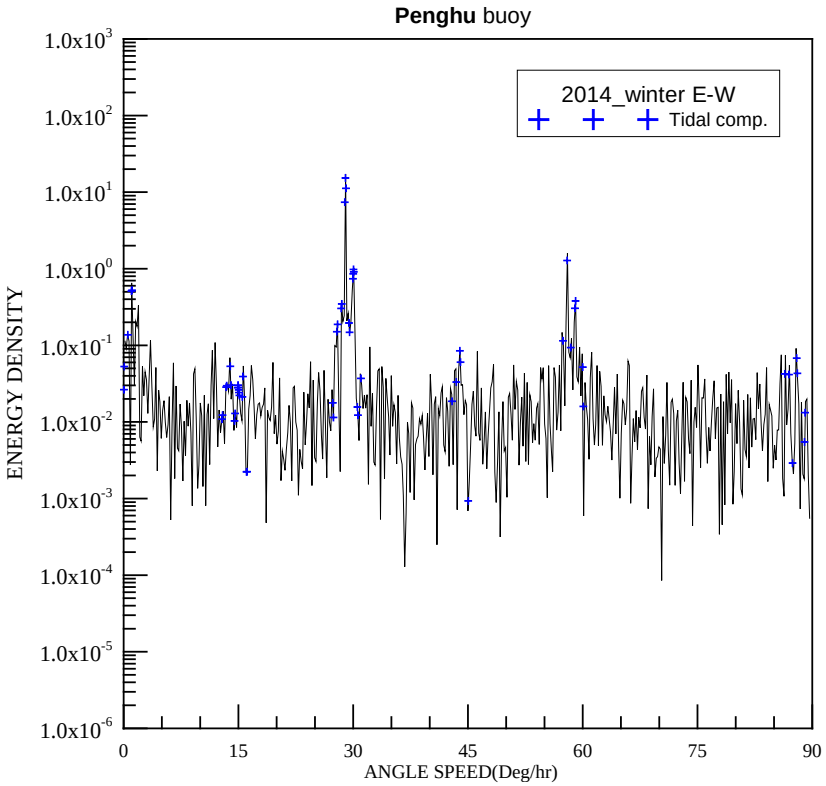


圖 4.17　澎湖資料浮標冬季海流東西向速度能譜圖

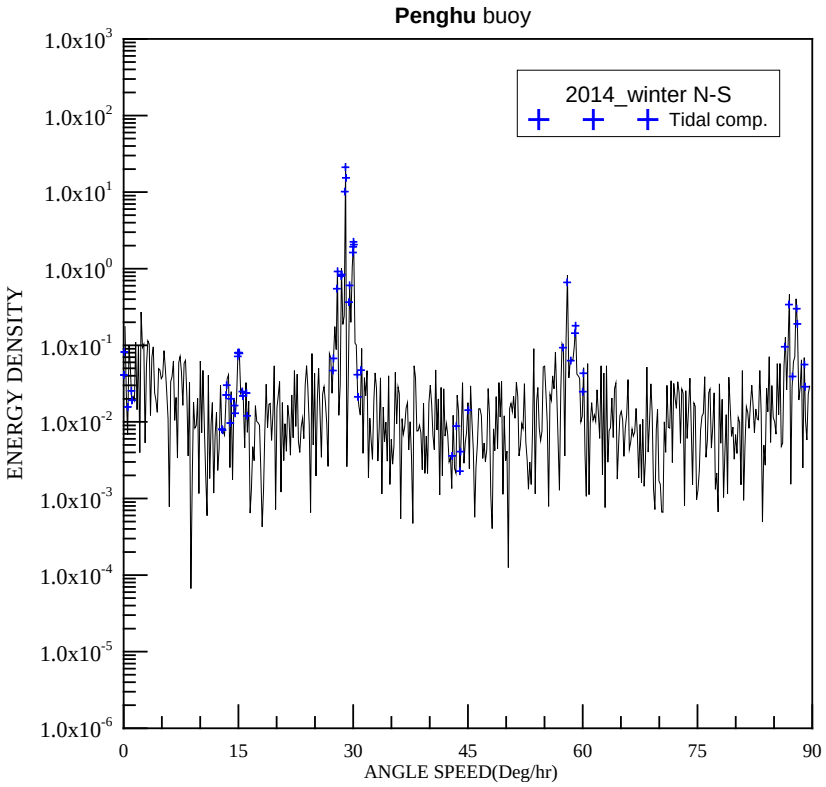


圖 4.18　澎湖資料浮標冬季海流南北向速度能譜圖

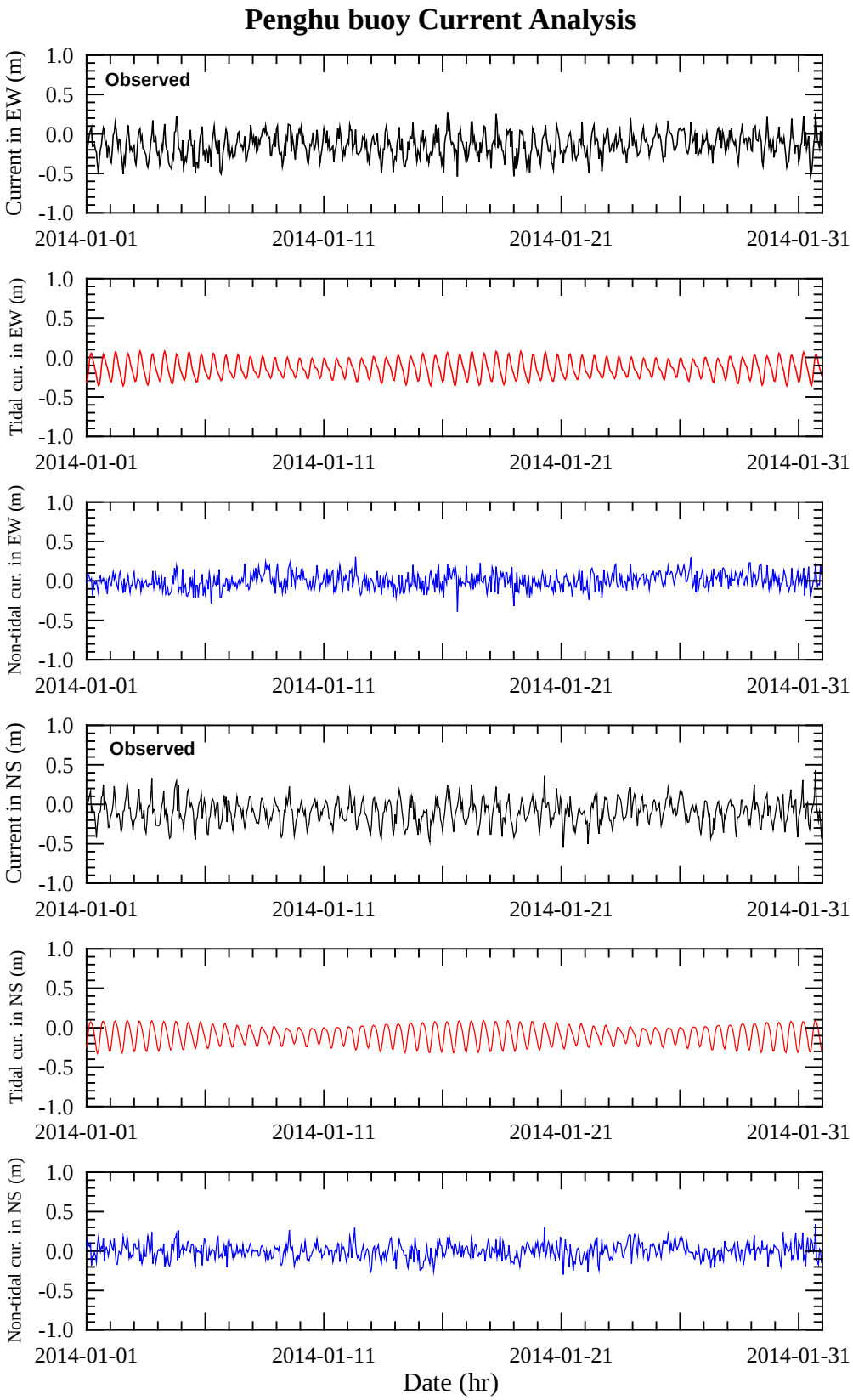


圖 4.19　澎湖資料浮標冬季海流資料之潮流及非潮流成份圖

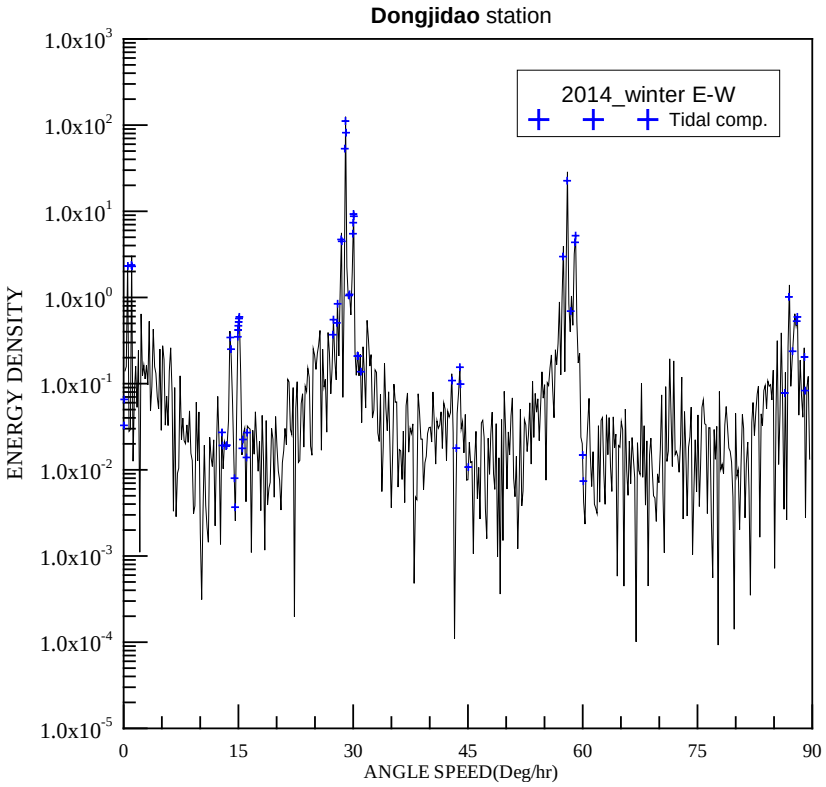


圖 4.20　東吉島測站冬季海流東西向速度能譜圖

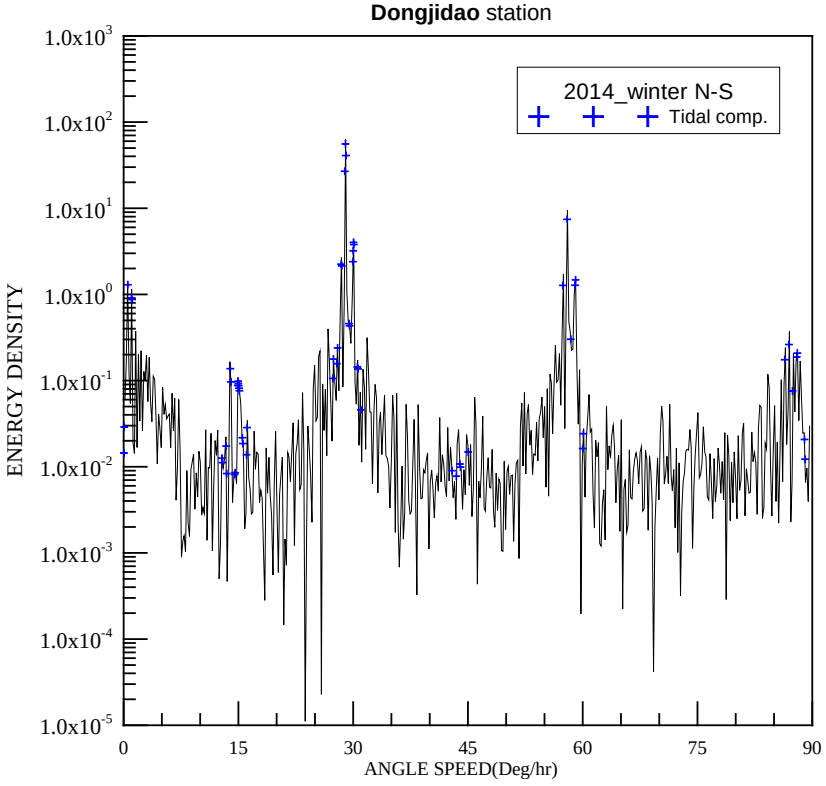


圖 4.21　東吉島測站冬季海流南北向速度能譜圖

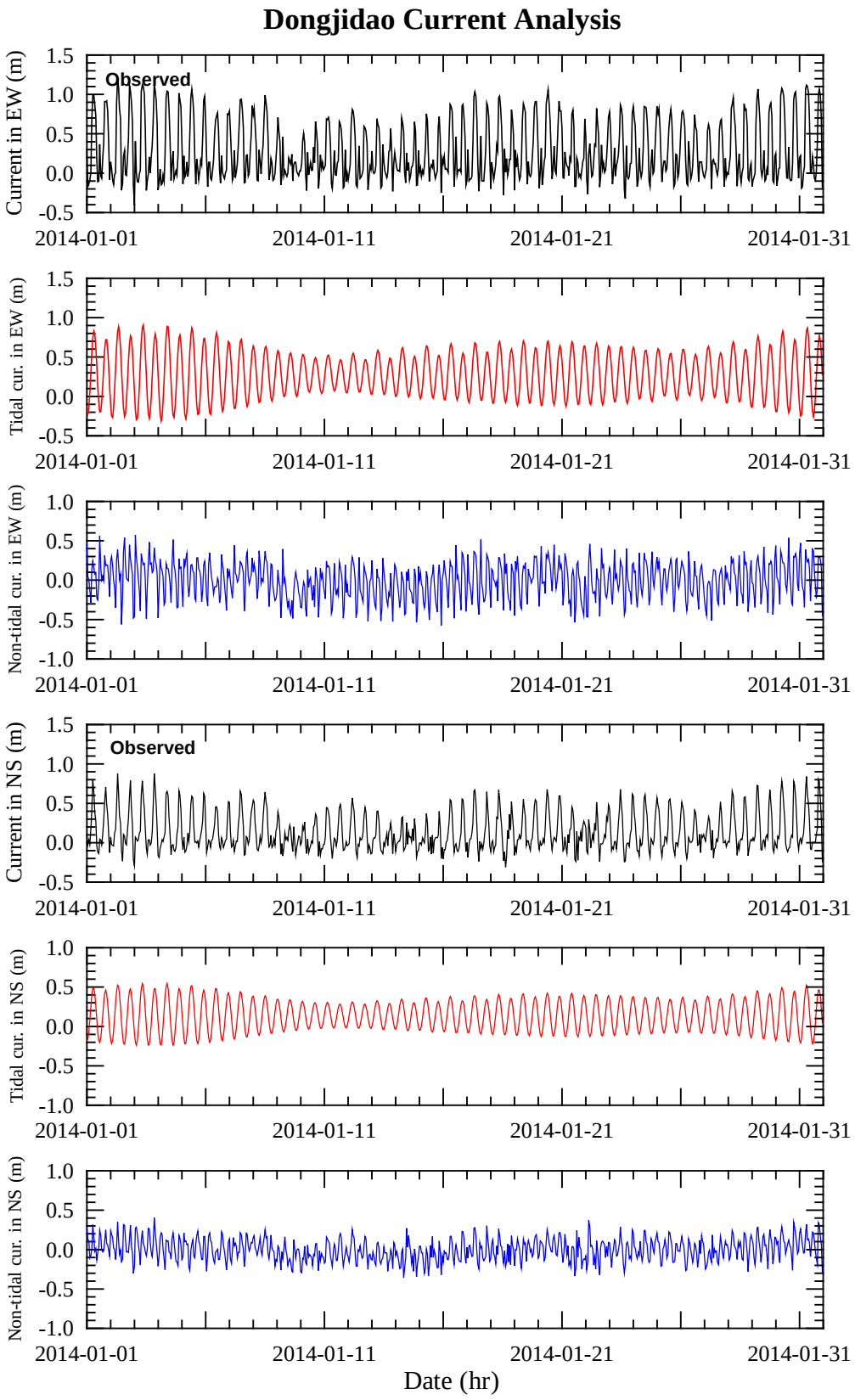


圖 4.22　東吉島測站冬季海流資料之潮流及非潮流成份圖

4.5 波浪

針對澎湖海域本計畫分別蒐集港研中心澎湖港龍門尖山港區外海海象測站、中央氣象局東吉島測站及水利署澎湖資料浮標等測站之逐時海流觀測資料，分別進行波浪統計特性分析。

4.5.1 澎湖資料浮標

水利署澎湖資料浮標 2014 年 1 月至 2014 年 12 月逐時波浪觀測資料共計 8,270 筆，資料觀測率約為 0.944；觀測資料之波高及波向年統計分析結果，如表 4.12 及表 4.13 所列。

依據示性波高大小分布統計結果得知，澎湖資料浮標波浪波高小於 0.5 m 約佔 37.53%，波高小於 1.0 m 以下的波浪約佔 61.09%，波高介於 1.0 m ~ 2.0 m 者約佔 28.28%；最大示性波高觀測值為 3.96m，週期為 7.1 sec，波向為 0°。另由波高分布與波浪週期平均值之關係得知，澎湖資料浮標示性波高大小之分布與波浪週期平均值具有正相關性，即波浪週期平均值之變化會隨示性波高值增大而增加。

波向分布統計結果顯示，澎湖資料浮標波浪之波向分布以 N 方向所佔比例最高約 42.52%，其次為 NNW 向(約佔 20.85%)、WSW 向(約佔 15.99%)及 W 向(約佔 10.13%)。

4.5.2 東吉島測站

東吉島測站 2014 逐時波浪觀測資料共計 8,071 筆，資料觀測率約為 0.921；觀測資料之波高及波向年統計分析結果，如表 4.12 及表 4.13 所列。

依據東吉島測站示性波高大小分布統計結果得知，東吉島波浪波高小於 0.5 m 約佔 28.91%，波高小於 1.0 m 以下的波浪約佔 61.24%(與澎湖資料浮標統計結果相近)；波高介於 1.0 m ~ 2.0 m 者約佔 24.91%；波高大於 4.0 m 以上的資料計有 32 筆，約佔 0.39%；最大示性波高觀測值為 5.49m，週期為 13.6 sec，波向為 62°。同樣地，

由波高分布與波浪週期平均值之關係得知，東吉島測站示性波高大小之分布與波浪週期平均值亦具有正相關性，即波浪週期平均值之變化會隨示性波高值增大而增加。

東吉島測站波浪波向分布統計結果顯示，東吉島波浪之波向分布以 ENE 方向所佔比例最高約 31.93%，其次為 S 向(約佔 13.77%)、SSE 向(約佔 11.86%)及 E 向(約佔 10.79%)。

表 4.12　澎湖海域波高分布 2014 年統計結果

測站 波高 (m)	澎湖資料浮標		東吉島測站		累計百分比
	資料數 /(百分比)	週期平均值(sec)	資料數 /(百分比)	週期平均值(sec)	
< 0.5	3104 / (37.35)	4.31	2333 / (28.91)	5.35	0.74
0.5 ~ 1.0	1948 / (23.56)	4.54	2609 / (32.33)	5.83	29.78
1.0 ~ 1.5	1281 / (15.49)	4.79	1216 / (15.07)	6.12	66.31
1.5 ~ 2.0	1058 / (12.79)	5.12	794 / (9.84)	6.58	88.20
2.0 ~ 2.5	610 / (7.38)	5.50	530 / (6.57)	6.94	95.52
2.5 ~ 3.0	184 / (2.22)	5.97	330 / (4.09)	7.31	97.93
3.0 ~ 3.5	72 / (0.87)	6.37	161 / (1.99)	7.74	98.79
3.5 ~ 4.0	13 / (0.16)	7.95	66 / (0.82)	8.27	99.28
4.0 ~ 5.0	—	—	29 / (0.36)	8.84	99.64
5.00 <	—	—	3 / (0.04)	11.03	100.00
合計	8270 / (100.00)		8071 / (100.00)		
備註	最大波高值：3.96 m 週　　期：7.1 sec 波　　向： 0.0° 發 生 時 間：02/10 04		最大波高值： 5.49 m 週　　期： 13.6 sec 波　　向： 62.0° 發 生 時 間：11/17 22		

表 4.13　澎湖海域波向分布 2014 年統計結果

波向	澎湖資料浮標	東吉島測站	波向	澎湖資料浮標	東吉島測站
	資料數 (百分率)	資料數 (百分率)		資料數 (百分率)	資料數 (百分率)
N	3516 (42.52)	419 (5.19)	S	2 (0.02)	1111 (0.05)
NNE	297 (3.59)	7 (0.09)	SSW	10 (0.12)	456 (5.65)
NE	9 (0.11)	569 (7.05)	SW	198 (2.39)	87 (1.08)
ENE	4 (0.05)	2577 (31.93)	WSW	1322 (15.99)	12 (0.15)
E	2 (0.02)	871 (10.79)	W	838 (10.13)	0 (0.00)
ESE	1 (0.01)	406 (5.03)	WNW	166 (2.01)	1 (0.01)
SE	1 (0.01)	597 (7.40)	NW	177 (2.14)	1 (0.01)
SSE	3 (0.04)	957 (11.86)	NNW	1724 (20.85)	0 (0.00)
1. 波向判斷採用 ±11.25° 2. 澎湖及東吉島資料浮標波浪觀測資料數分別為8270及8071					

4.6 風力

依據中央氣象局歷年年平均風速統計結果，如表 4.14 所列，得知澎湖及東吉島年平均風速分別為 4.4 m/sec、8.0 m/sec，其中東北季風盛行期間(10 月~翌年 2 月)，澎湖測站月平均風速均超過 5.3 m/sec，東吉島測站月平均風速均超過 9.9 m/sec。另外，依據國立成功大學近海水文中心針對澎湖資料浮標風速風向記錄(2006/9/1 ~ 2010/12/31)之風速－風向聯合機率分佈統計分析結果，如表 4.15 所列；得知觀測期間風速觀測值約介於 1.5 ~ 19.6 m/sec 之間，各風向(16 方位)之平均風約介於 2.3 ~ 10.7 m/sec；風向發生頻率以 NNE 向最多，約佔 54.2%；其次為 N 向，約佔觀測資料數之 8.3%。

依據中央氣象局颱風統計資料顯示：自 1897 至 2013 年間侵襲臺灣及其附近海域之颱風共計 412 次，相關統計特性簡述如下：

1. 颱風侵臺頻率

歷年(1887～2012 年)颱風侵襲臺灣之頻率統計如表 4.16 所示，其中出現颱風侵臺事件最早之月份為 4 月共計 1 次，最晚之月份為 12 月份共計 1 次；發生颱風侵臺事件最多之月份為 8 月份，共計 123 次，約佔總數之 30.22%，其次分別為 7 月及 9 月；每年發生颱風侵臺事件之次數最多可達 9 次，最少為零次；平均每年發生颱風侵臺事件之次數約為 3.48 次，其中 8 月份平均每年發生颱風侵臺事件約一次以上。

2. 颱風侵臺路徑

歷年颱風侵臺路徑分類及統計，如圖 4.23 所示，顯示以第五類侵臺路徑，即經由臺灣南部海面向西或西北行進之颱風，發生次數最多共計 73 次，約佔總數之 17.72%；其次為第一類侵臺路徑，共計發生 56 次，約佔總數之 13.59%。

3. 颱風侵臺登陸地點

歷年颱風侵臺事件中登陸臺灣本島共計 202 次，約佔侵臺颱風總數之 43.82%，如圖 4.24 所示，其中登陸地段以宜蘭、花蓮間之 42 次最多。

表 4.14　澎湖測站及東吉島測站歷年各月份風速統計表

月份 / 風速	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值
澎湖	5.6	5.3	4.5	3.7	3.2	3.3	2.8	2.8	3.8	5.6	5.8	5.9	4.4
東吉島	11.0	10.1	8.4	6.7	5.6	5.7	5.2	4.9	6.5	9.9	10.9	11.4	8.0

資料來源：中央氣象局；統計期間：1981~2010 年；單位：m/sec。

表 4.15　澎湖資料浮標測站風速風向統計表(2006/9/1~2010/12/31)

風向	發生頻率(%)	風速(m/sec)		
		最小值	最大值	平均值
N	8.3	1.5	19.0	3.9
NNE	54.2	1.6	19.4	9.4
NE	7.8	1.5	19.6	10.7
ENE	1.5	1.7	16.0	8.4
E	0.3	1.6	6.5	3.3
SE	0.5	1.6	4.2	2.7
SSE	1.8	1.9	14.9	4.3
S	7.3	1.9	14.7	5.0
SSW	6.1	1.7	12.6	4.4
SW	4.3	1.9	10.6	4.1
WSW	1.7	2.0	13.7	3.9
W	0.4	2.0	2.8	2.3
WNW	1.2	1.7	3.8	2.5
NW	1.4	1.6	16.8	3.9
NNW	3.3	1.9	16.9	3.9

資料來源：近海水文中心。

表 4.16　歷年(1897~2012 年)各月侵臺颱風之次數及頻率統計表

月份	侵台次數	佔總數百分比(%)	年平均次數
1	0	0.0	0.00
2	0	0.0	0.00
3	0	0.0	0.00
4	2	0.49	0.02
5	15	3.69	0.13
6	30	7.37	0.26
7	98	24.08	0.84
8	123	30.22	1.05
9	93	22.85	0.79
10	37	9.09	0.32
11	8	1.97	0.07
12	1	0.25	0.01
合計	407	100.00	3.48

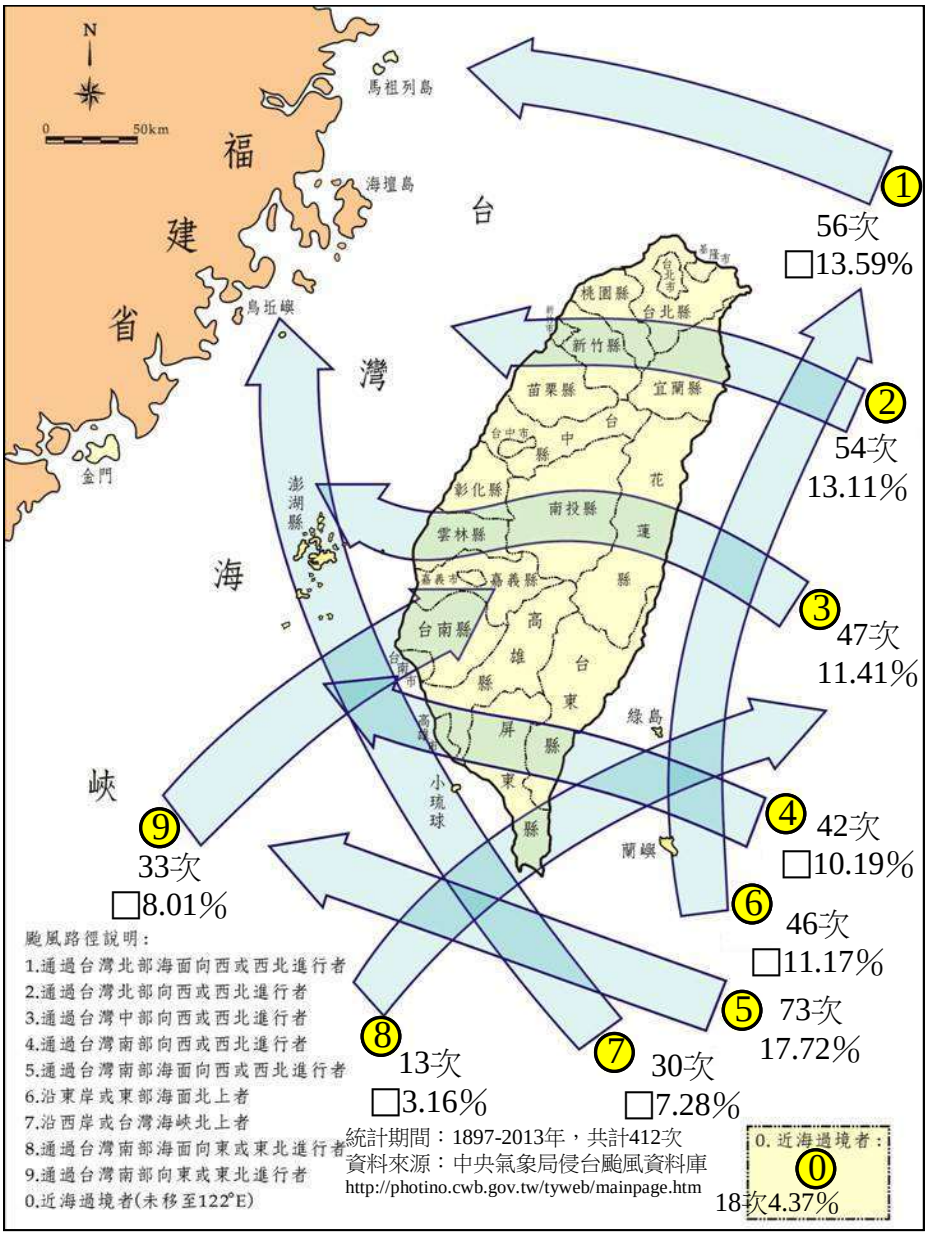


圖 4.23　歷年(1897~2013)侵襲臺灣之颱風路徑統計圖

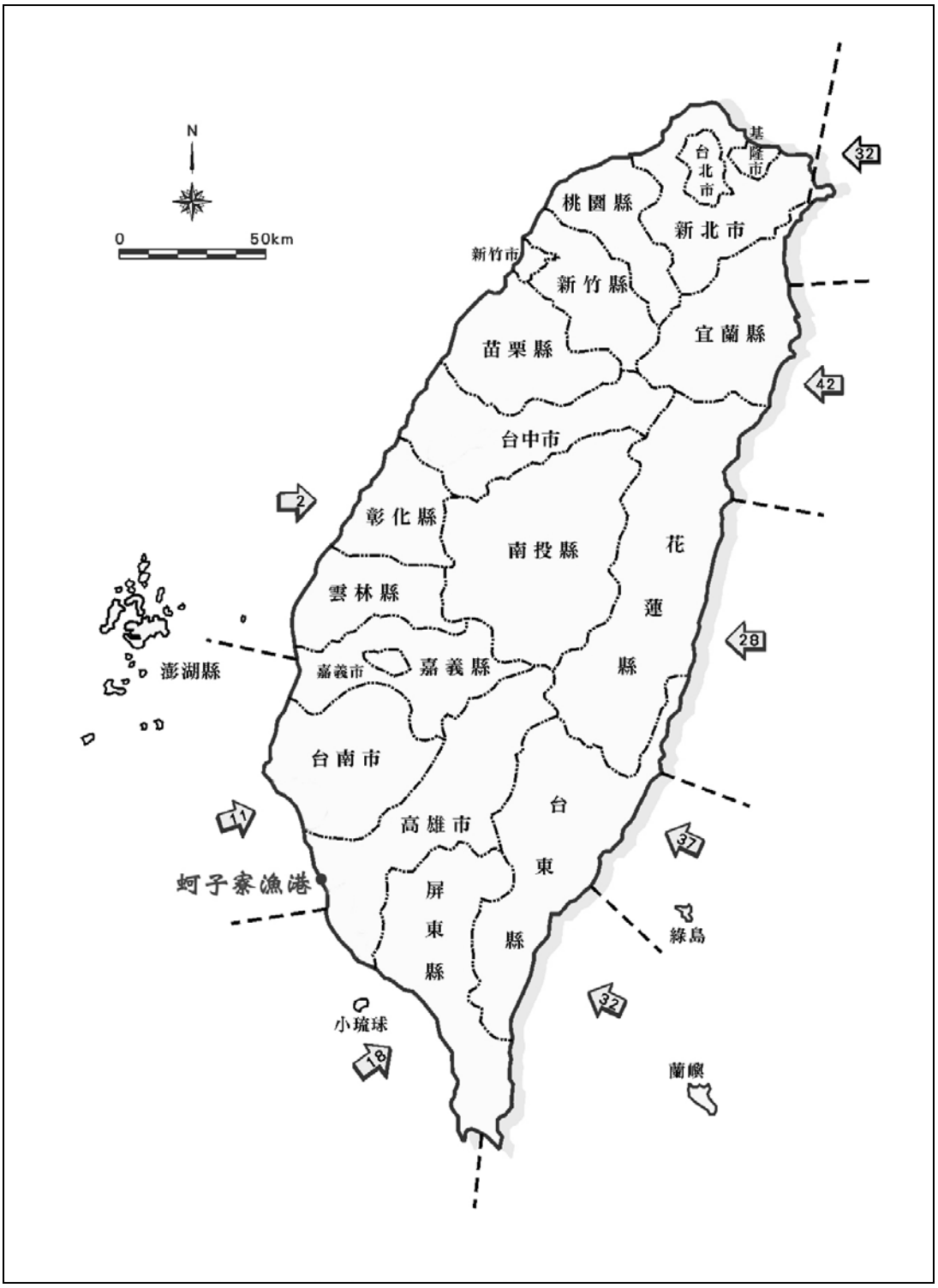


圖 4.24　侵臺颱風路徑統計圖(1897-2013)

第五章　澎湖海域水動力模式建置

參照TaiCOMS主要商港小尺度水動力模組及中尺度臺灣周圍海域暴潮模組，本計畫採用以有限元素法(FEM)建構的二維水動力數值模式(詳見於附錄一)，建置澎湖海域水動力模組，模擬澎湖海域潮汐水位及流場，並以蒐集的水位及流速資料進行模擬結果驗證。

5.1 模式模擬範圍

本計畫規劃的澎湖海域水動力模擬範圍，如圖 5.1 所示，範圍介於北緯 23.2°至 23.955°，東經 119.17°至 120.3°之間，其優勢為模式東側以臺灣本島西部海岸線為陸地邊界，可降低模式開放邊界條件之需求量，有利於將澎湖海域水位及流場模擬問題簡單化；南北邊界與西部海岸線交界分別選在台南將軍及彰化王功海岸，因鄰近海域均設有潮位站可提供潮位水位觀測資料驗證本計畫模式開放邊界條件之正確性。

5.2 數值計算網格

本計畫採用二度分帶投影座標系統(TWD97)建置非結構三角形元素計算網格，如圖 5.2 所示，計有 4,159 個節點及 7,807 個三角形元素。圖中澎湖群島陸地部份除了考慮澎湖本島外，尚包含了吉貝嶼、桶盤嶼、虎井嶼、望安島及將軍嶼等鄰近島嶼。本計畫數值計算網格水深資料，如圖 5.3 所示，顯示澎湖群島東側澎湖水道水深 100 m 之等水深往北漸縮且轉為西北向；澎湖群島島嶼周圍水深普遍小於 10 m。

5.3 邊界條件及初始條件

本計畫水動力模式使用的邊界型態分為海域開放邊界及陸地邊界兩種，其中陸地邊界條件又可分為滑動邊界條件及不滑動邊界條件，本計畫假設模式之陸地邊界為滑動邊界條件，亦即假設陸地邊界節點垂直方向之流速等於零(即允許切線方向流速存在)。海域開放邊界則採

用水位條件為模式之開放邊界條件，即直接給定節點水位時序列資料，如式(5.1)。

$$\eta = \eta_a(t) \quad \text{.....(5.1)}$$

有關本計畫邊界節點水位給定方式有二：(1)採用 Matsumoto et al.(2000)發展的天文潮區域模式 NAO.99Jb(其網格間距為 1/12 度)，建置本計畫數值計算網格開放邊界節點逐時天文潮水位資料；(2)利用 TaiCOMS 下中尺度臺灣周圍海域暴潮模組模擬結果，輸出本計畫數值計算網格開放邊界節點逐時水位資料。

此外，模式模擬之初始條件在冷啟動模擬(cold start)狀況下模式假設流場之初始速度及水位均為零，另在熱啟動模擬(hot start)狀況下模式採用前次模擬結果儲存的流場速度及水位值為初始條件。

圖 5.4 及圖 5.5 所示分別為本計畫利用 NAO.99Jb 模式及本報告(第三章)中尺度水動力模式產生的海域開放邊界上天文潮水位資料，顯示在鄰近臺灣本島之邊界節點(位置 A 及 B)兩種方式產生的天文潮水位資料無明顯的差異，惟鄰近澎湖海域西側北端開放邊界(位置 D)由 NAO.99Jb 模式所產生的天文潮水位資料則呈現明顯偏小的現象。

5.4 模式物理參數設定

模式相關物理參數率定包括時間間距(△t)、底床摩擦係數(C_f)及渦動粘滯性係數等，其中模式模擬之時間間距與網格三角形元素最小尺度有關，且需滿足下列條件式(5.2)

$$\Delta t < 1.5\Delta t_{cr} = 1.5\Delta s^* / U^* \quad \text{.....(5.2)}$$

式中 Δs^*為代表性網格大小，$U^* = \sqrt{2gH}$ ，H 為水深(m)，g 為重力加速度；經由測試後，本計畫模式選用的時間間距△t = 3.0 sec。

渦動粘滯性係數則採用 Connor and Wang (1974)提出的經驗公式(5.3)推估，

$$E_{xx} \sim ag\left(\tilde{\eta} / \tilde{u}\right)\tilde{x} \quad \text{.....(5.3)}$$

式中 E_{xx} 為渦動粘滯性係數，其單位為 m^2/s，a 為無因次係數，其合理的範圍為 0.01~0.1 之間；g 為重力加速度，$\tilde{\eta}$ 為潮汐代表性潮差，$\tilde{u}$ 為潮流代表性流速，$\tilde{x}$ 為三角元素代表性邊界。同樣地，經由測試後，本計畫採用無因次係數 a = 0.02，代表性潮差 $\tilde{\eta}$=1.50 m，潮流代表性流速 $\tilde{u}$=0.5 m/s，推估各元素之渦動粘滯係數值；之後，再依據模式模擬結果之穩定性測試進行修正。此外，各元素之底床摩擦係數初步假設其值為定值(0.025)；之後，再經由模擬結果驗証程序予以修正。

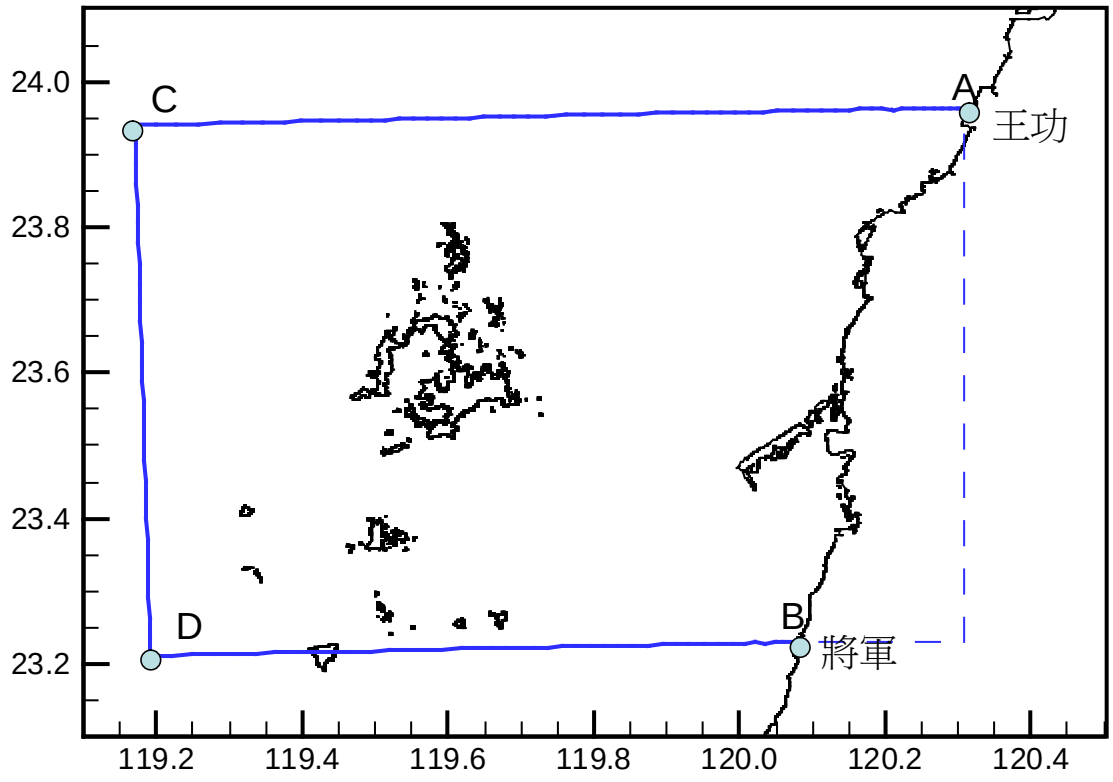


圖 5.1　澎湖海域水動力模式模擬範圍圖

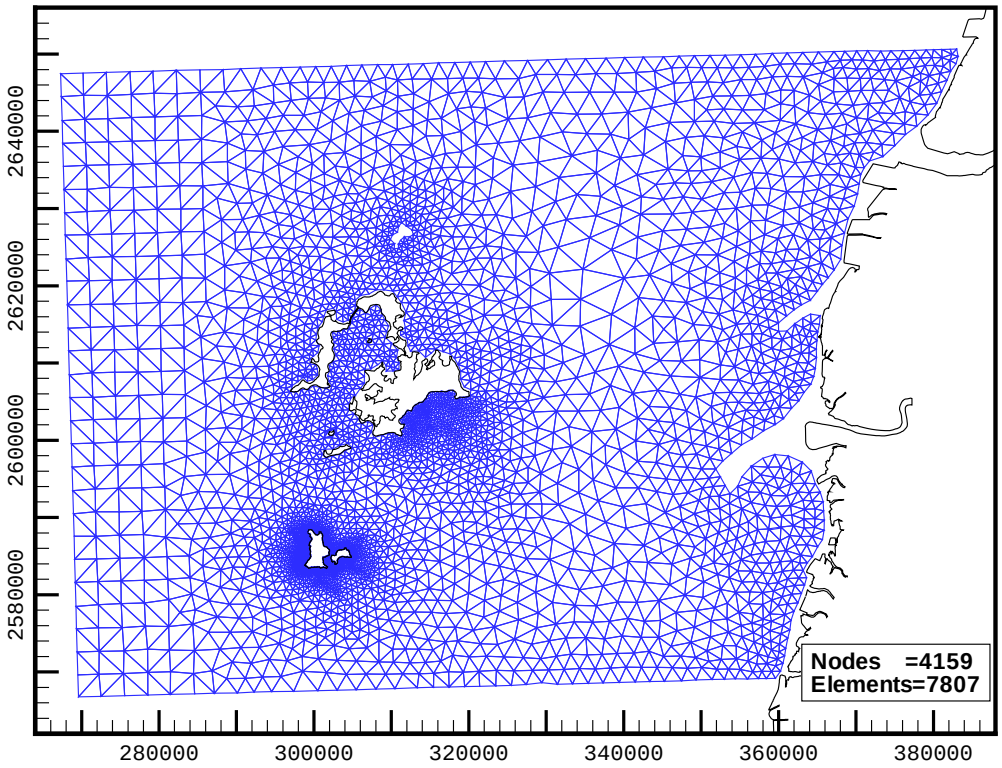


圖 5.2　澎湖海域水動力模式使用的非結構性三角形元素網格圖

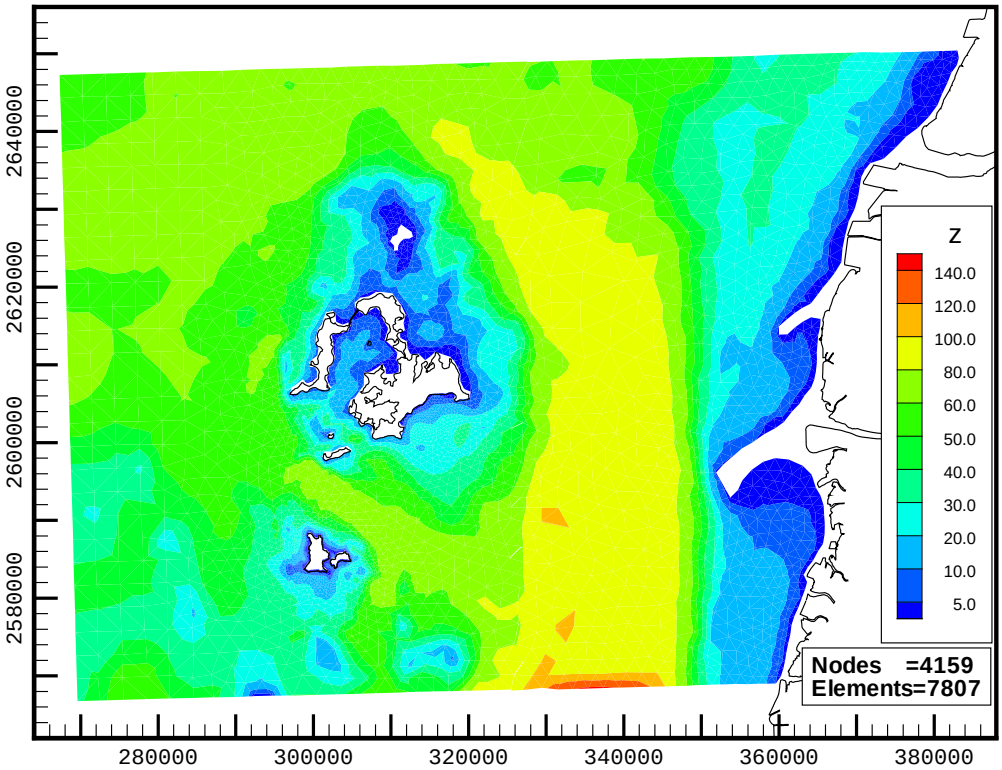


圖 5.3　澎湖海域水深分布圖

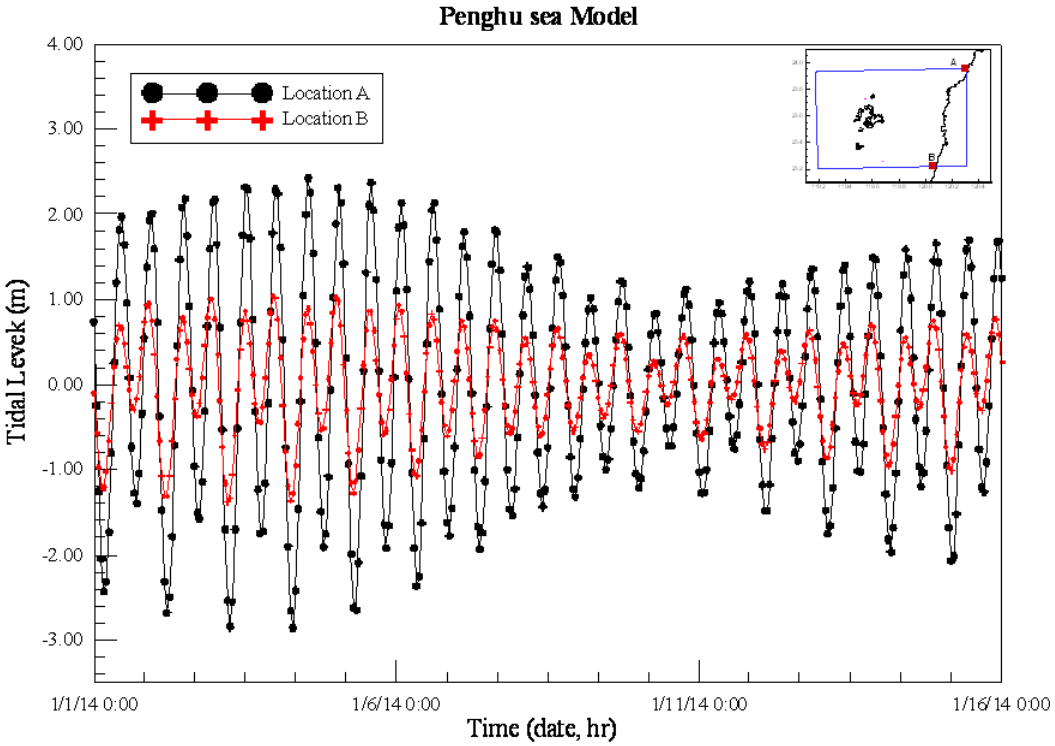


圖 5.4　澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(Nao99Jb)

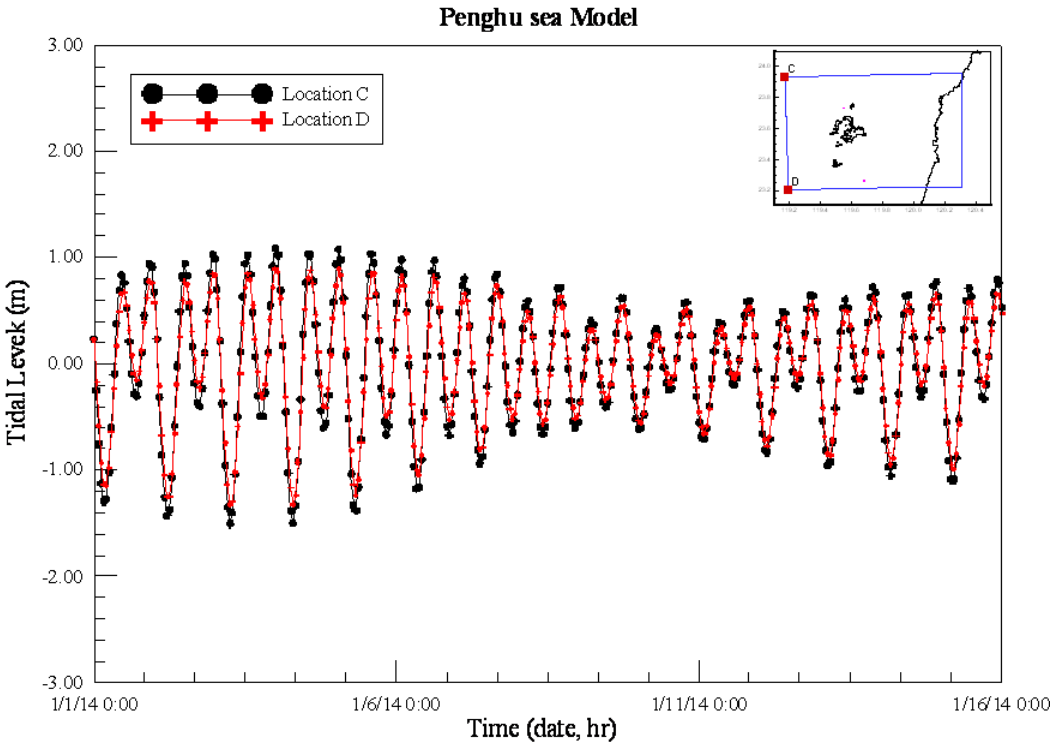


圖 5.4　(續)澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(Nao99Jb)

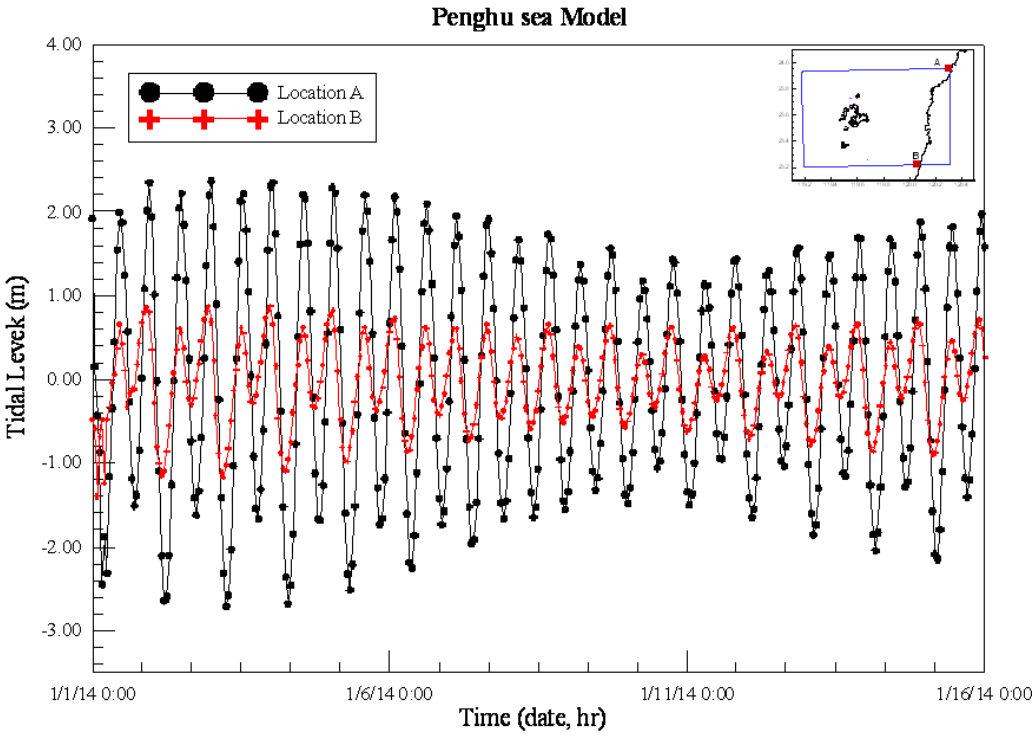


圖 5.5　澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(由本計畫中尺度水動力模式產生)

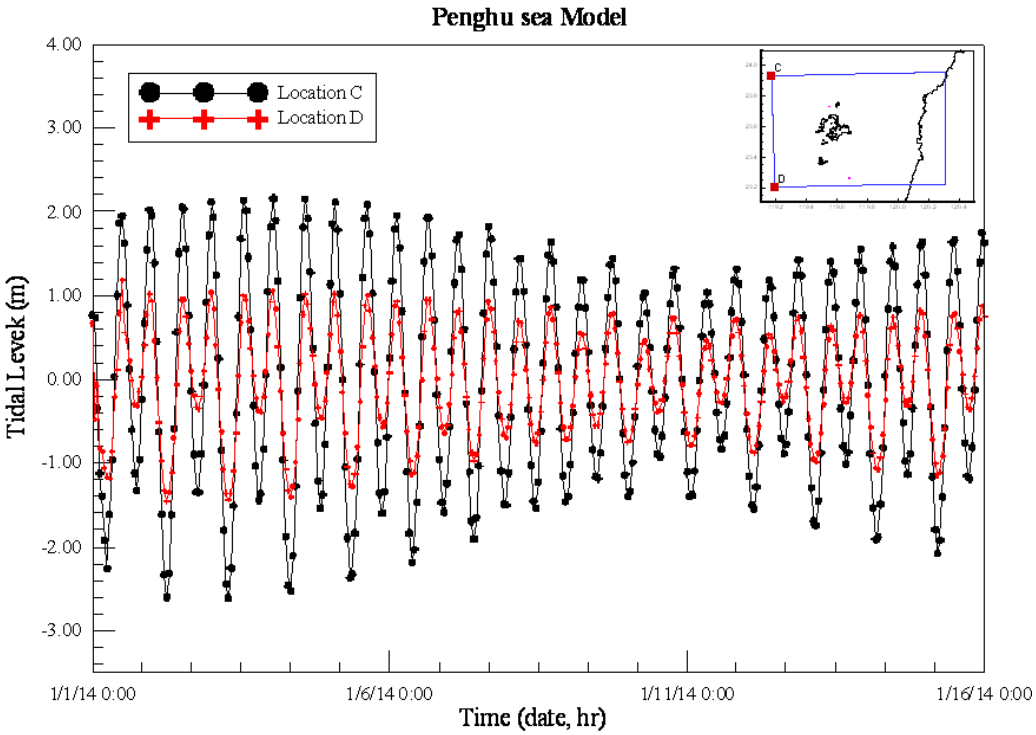


圖 5.5　(續)澎湖海域水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(由本計畫中尺度水動力模式產生)

5.5 澎湖海域水動力模擬結果與驗證

在模擬結果之驗証上，本計畫選取 2014 年 1 月份澎湖馬公潮位站潮位觀測資料與澎湖資料浮標海流觀測資料之調和分析結果進行模式模擬水位與流速之驗證。

圖 5.6 所示為本計畫澎湖海域水動力模式採用 Nao.99Jb 產生水位邊界條件之模擬結果與馬公潮位站潮位觀測資料、澎湖資料浮標海流調和分析資料之比較，圖中潮位逐時觀測資料為觀測值扣除月平均潮位值(-0.522m)之結果，觀測值調和分析資料為選取 O_1、K_1、M_2、S_2 及 M_4 等主要天文分潮調和分析之結果。顯示水位模擬結果與馬公港潮位變化趨勢相當近似；潮流漲退流速大小的變化亦與澎湖資料浮標海流調和分析資料相近似，惟在流向變化的角度上，數值模擬結果與測站間均存在有近似固定的流向誤差，此應與數值計算網格解析度與地形水深變化無法反映出實際現況有關。

本計畫依據澎湖海域水動力模式模擬結果，繪出 2014 年 1 月 2 日 0 時至 3 日 0 時平面流場圖，如圖 5.7 所示；整體上，澎湖海域漲潮階段潮流流向往北，退潮時潮流流向往南。圖 5.8 所示為澎湖港龍門尖山港區外海水位及流速流向模擬結果之時序列圖，模擬結果顯示龍門尖山港區外海受到島嶼地形屏障，潮流流經港口附近時流速相當小，最大流速約 0.1 m/sec，此與港研中心在龍門尖山港區外海測站(MG)海流觀測現象相近似。

5.6 澎湖海域水動力模擬子系統作業化模擬

本年度計畫已配合 TaiCOMS 水動力模擬作業化系統建置(參考 2.3.2 節)，完成澎湖海域水動力模擬子系統作業化流程建置，並選取 2016 年 9 月 1 日至 30 日作業化風場資料進行測試。測試期間經歷強颱莫蘭蒂、中颱馬勒卡及中颱梅姬等颱風侵臺，均能正常作業化模擬，顯示本計畫澎湖海域水動力模擬子系統相當穩定。

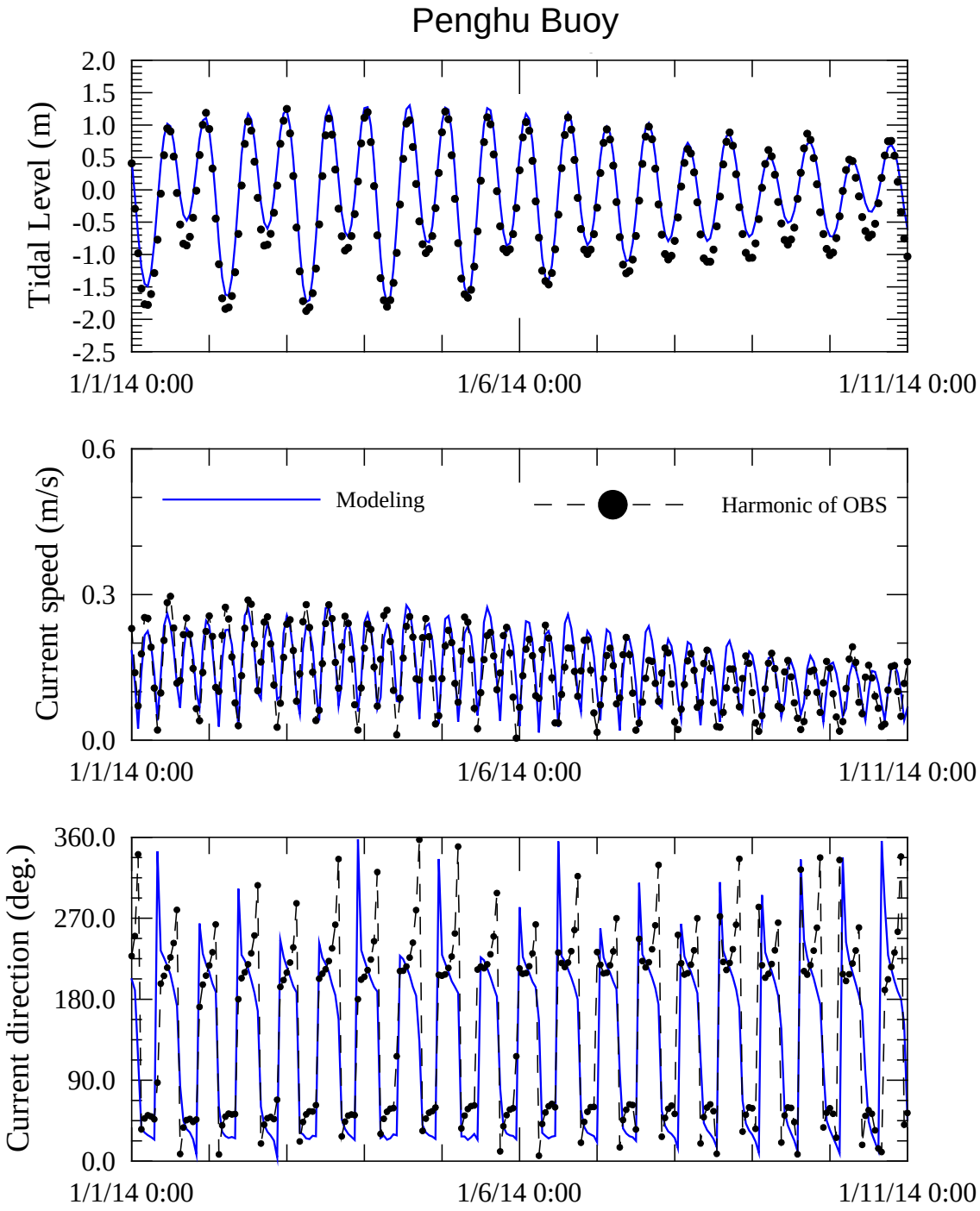


圖 5.6　澎湖海域水動力模式模擬結果與澎湖資料浮標潮流調和分析結果比較

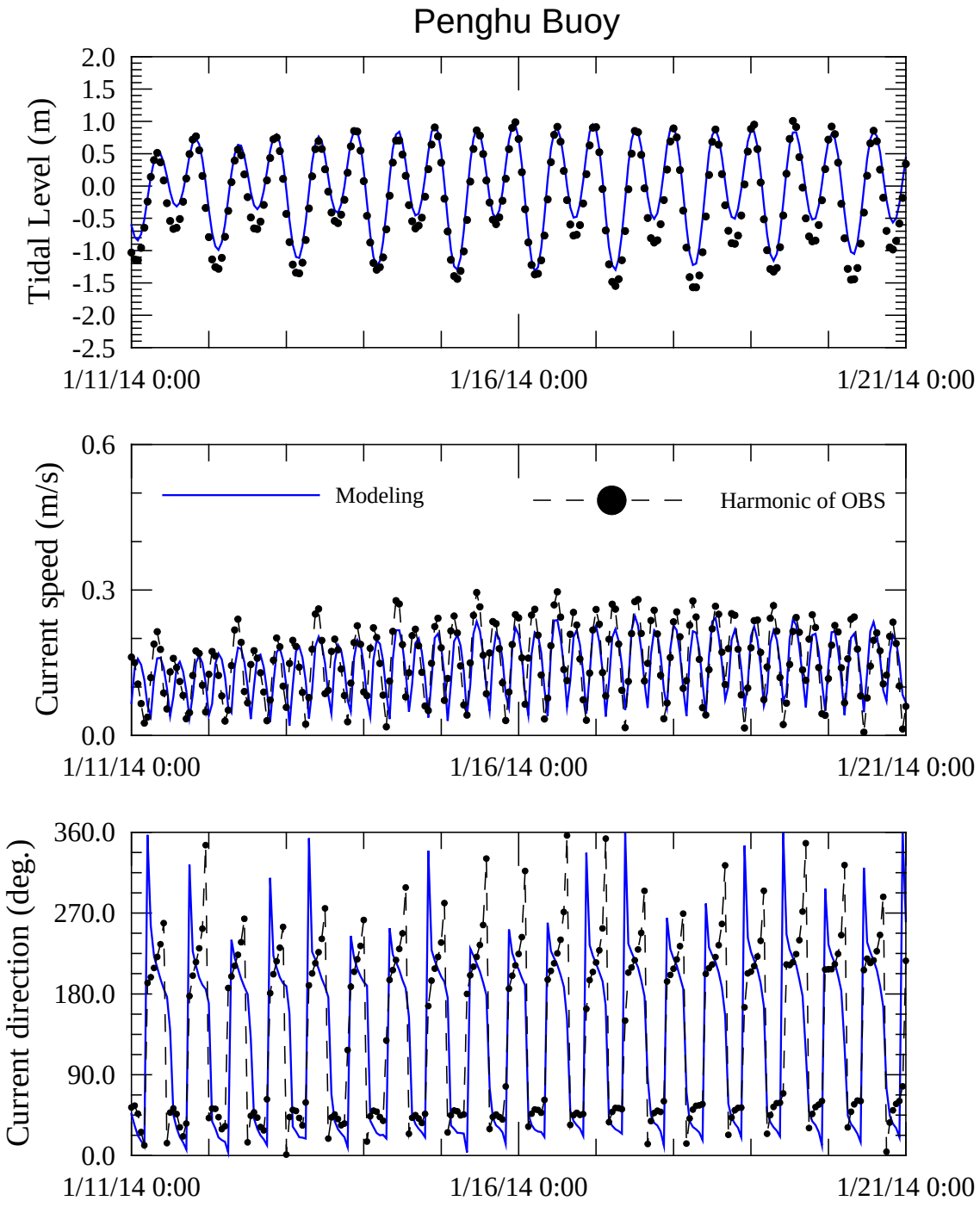


圖 5.6　(續)澎湖海域水動力模式模擬結果與澎湖資料浮標潮流調和分析結果比較

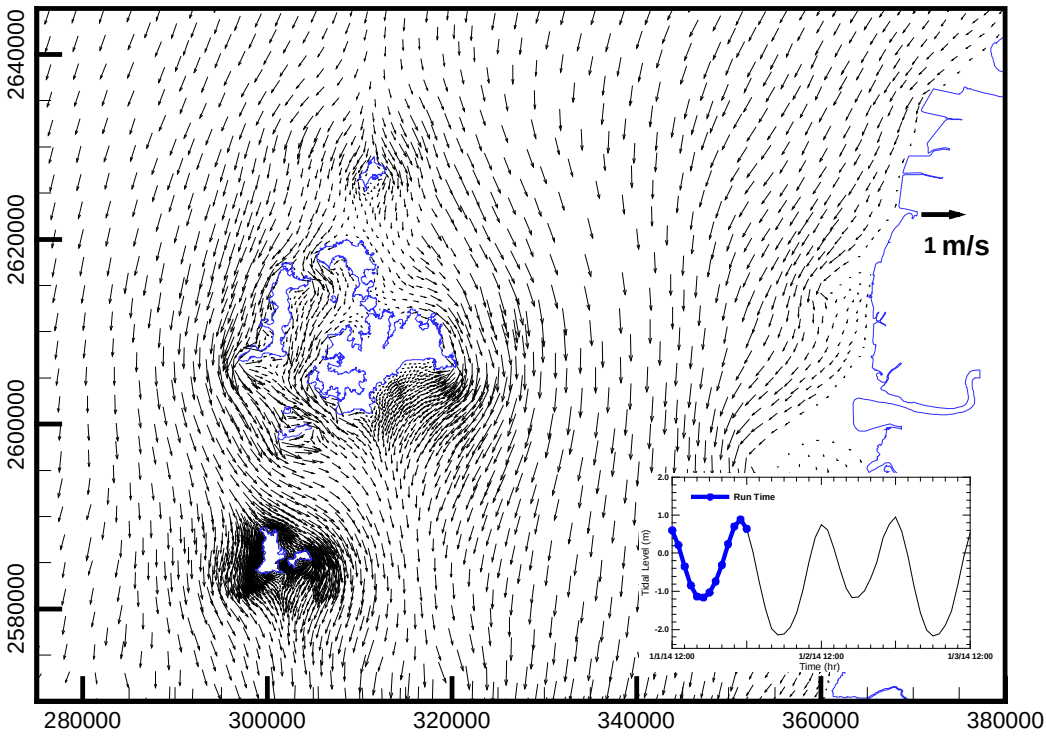


圖 5.7　澎湖海域水動力模式流場模擬結果

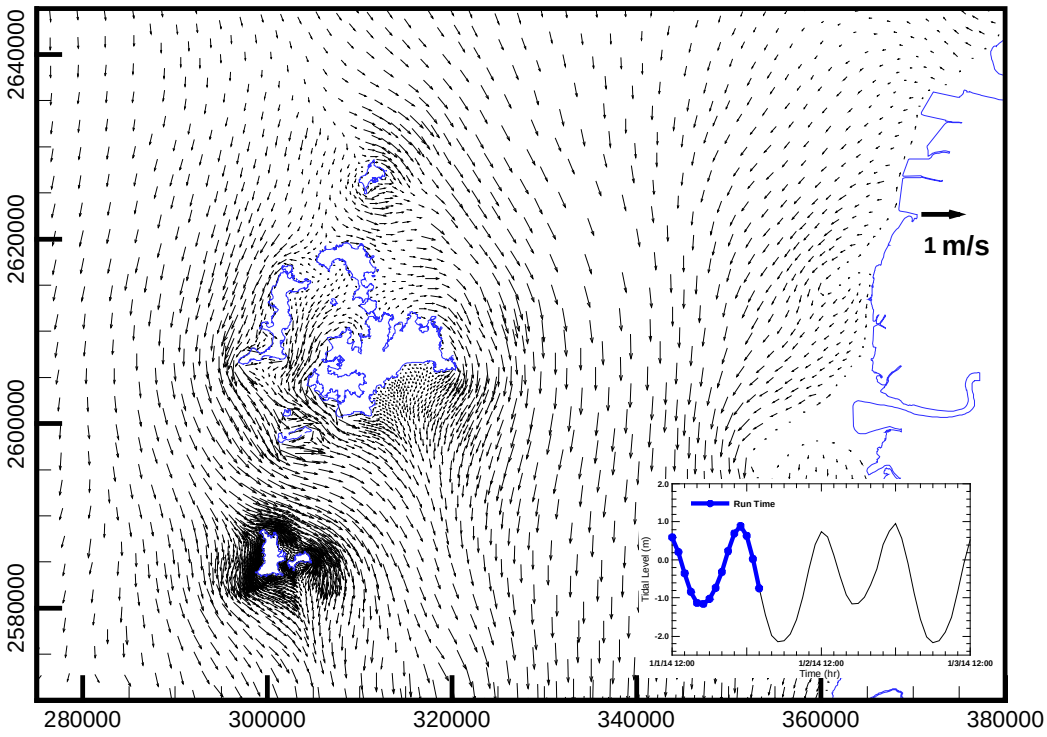


圖 5.7　(續 1)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

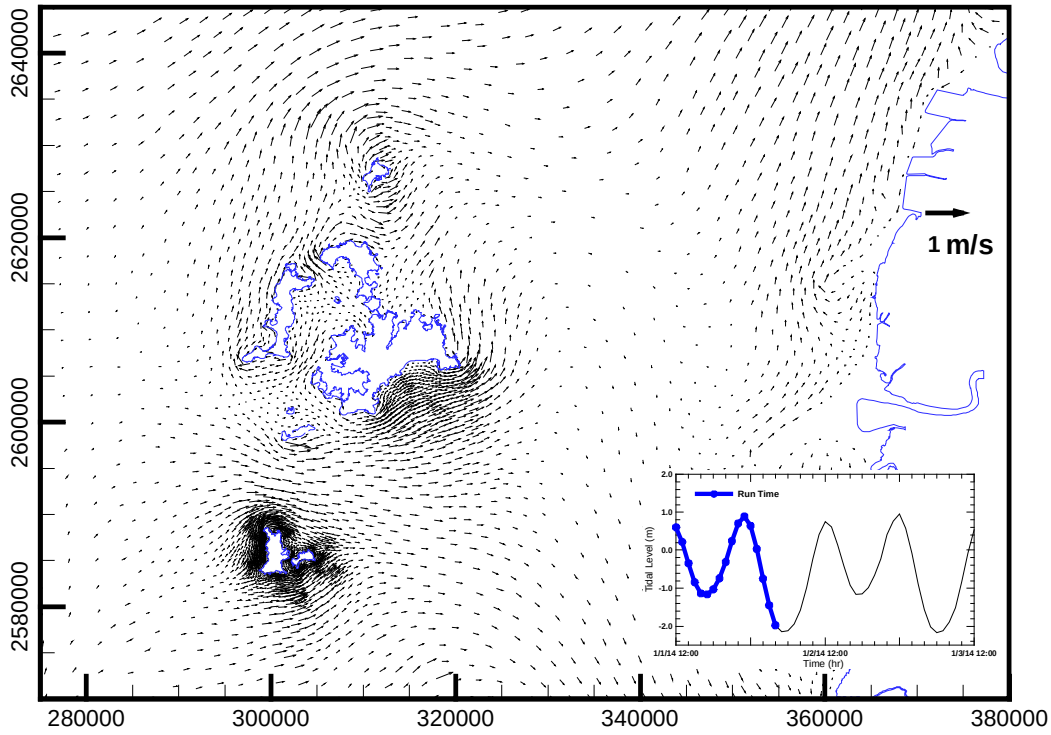


圖 5.7　(續 2)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

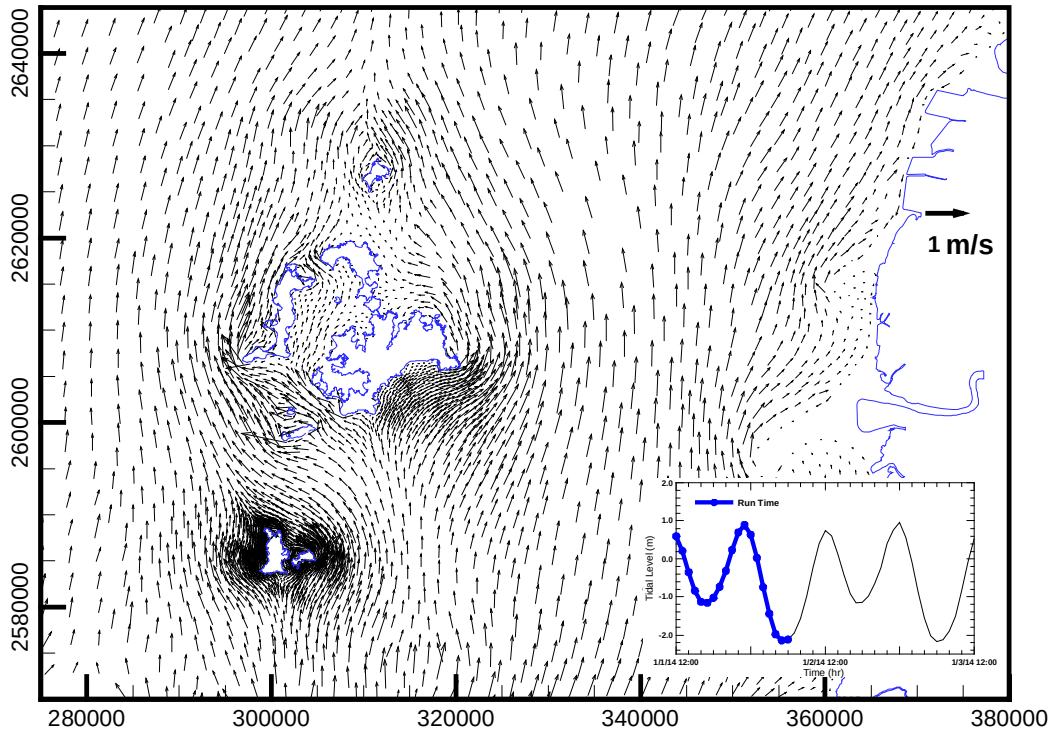


圖 5.7　(續 3)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

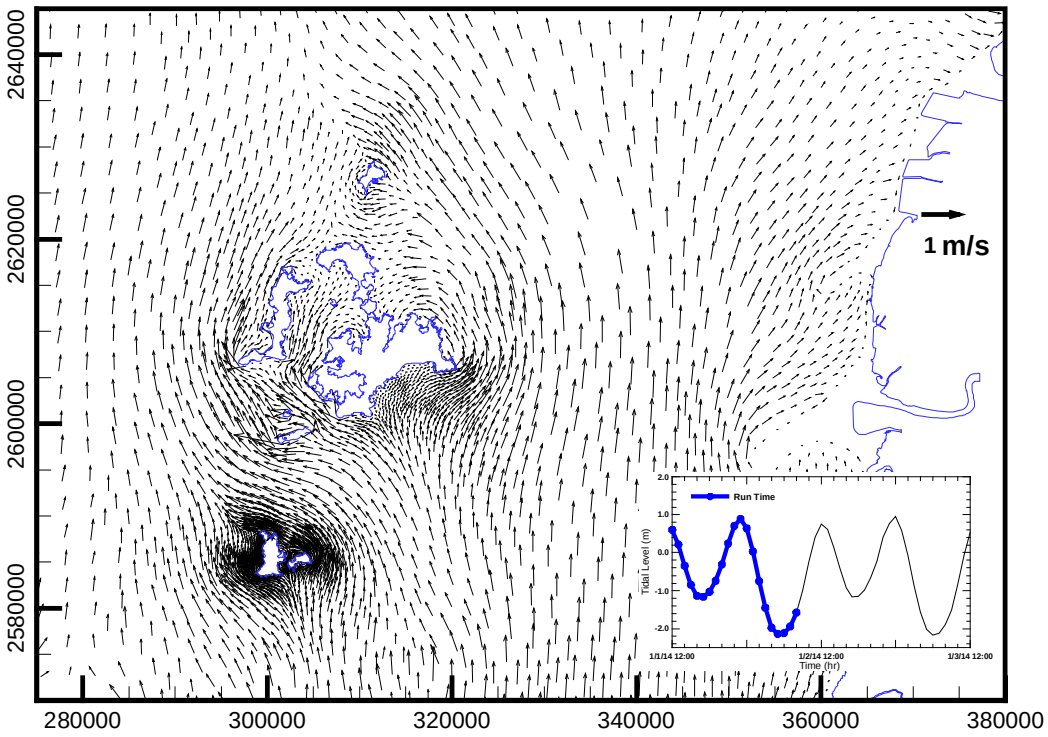


圖 5.7　(續 4)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

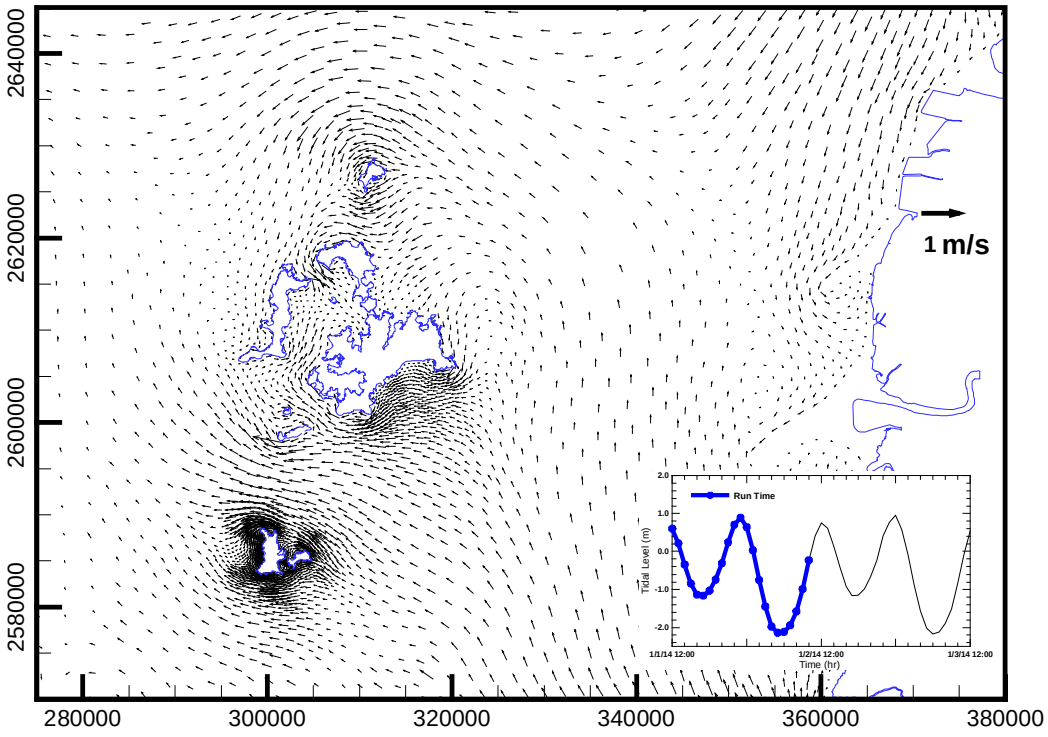


圖 5.7　(續 5)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

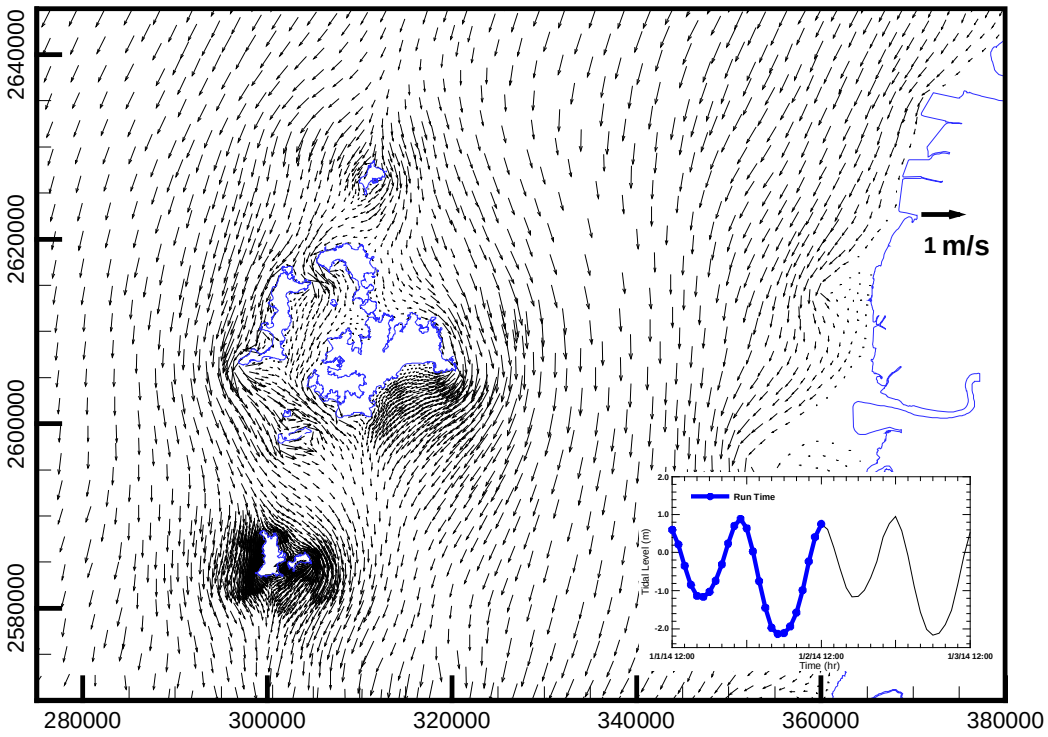


圖 5.7　(續 6)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

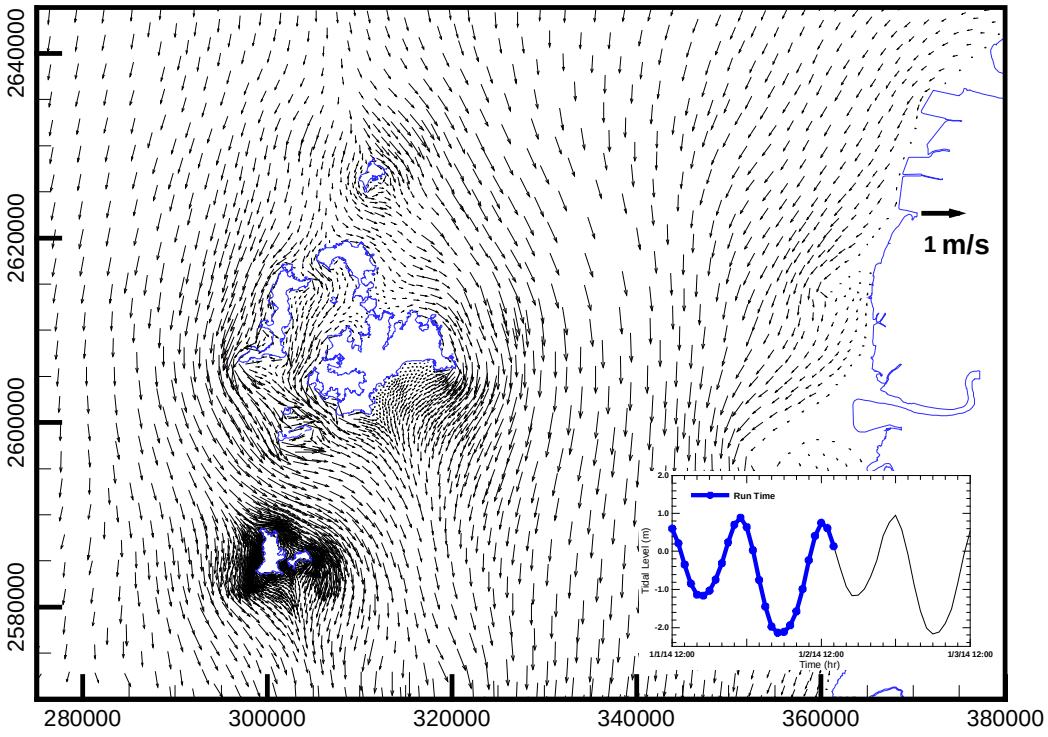


圖 5.7　(續 7)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

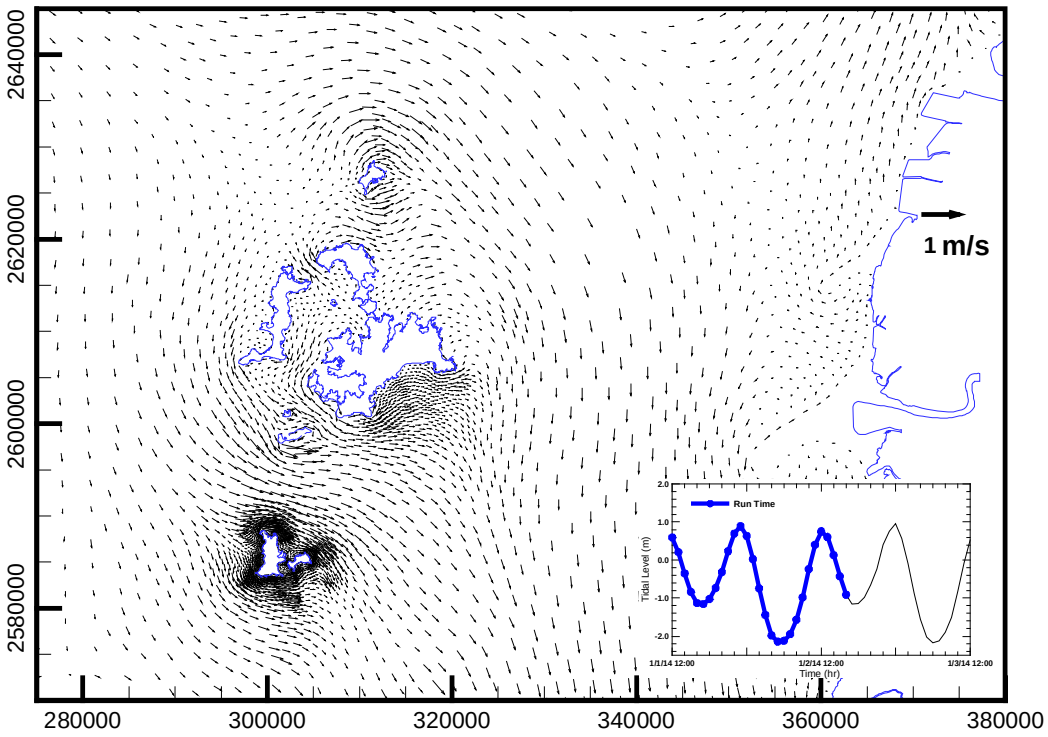


圖 5.7　(續 8)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

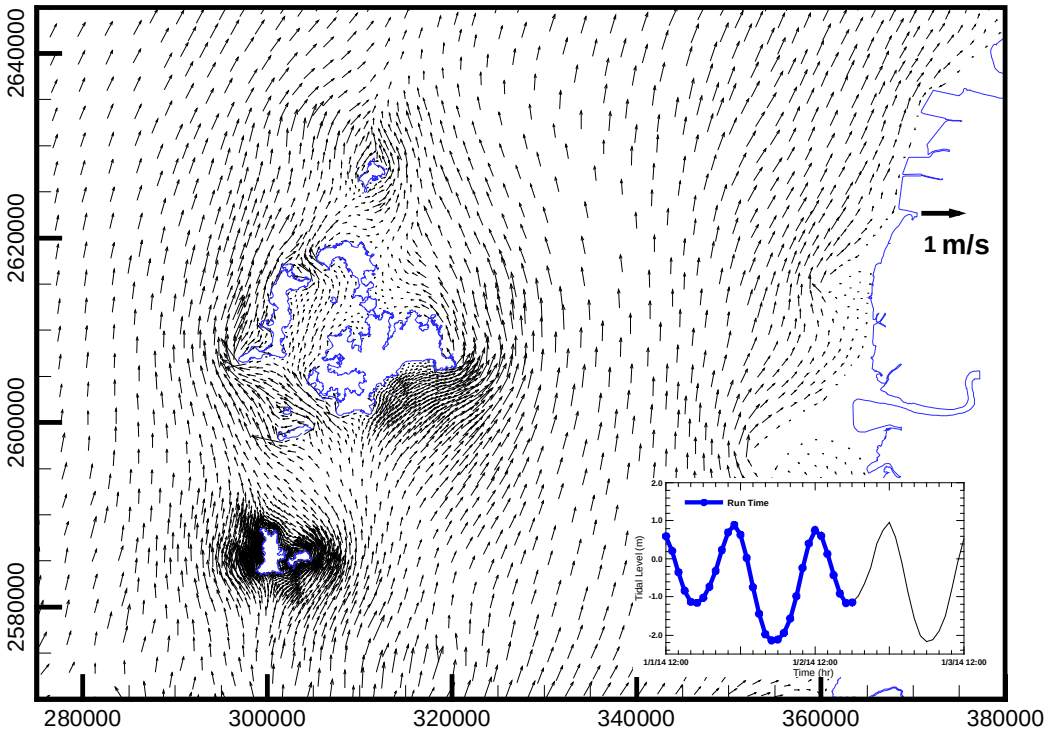


圖 5.7　(續 9)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

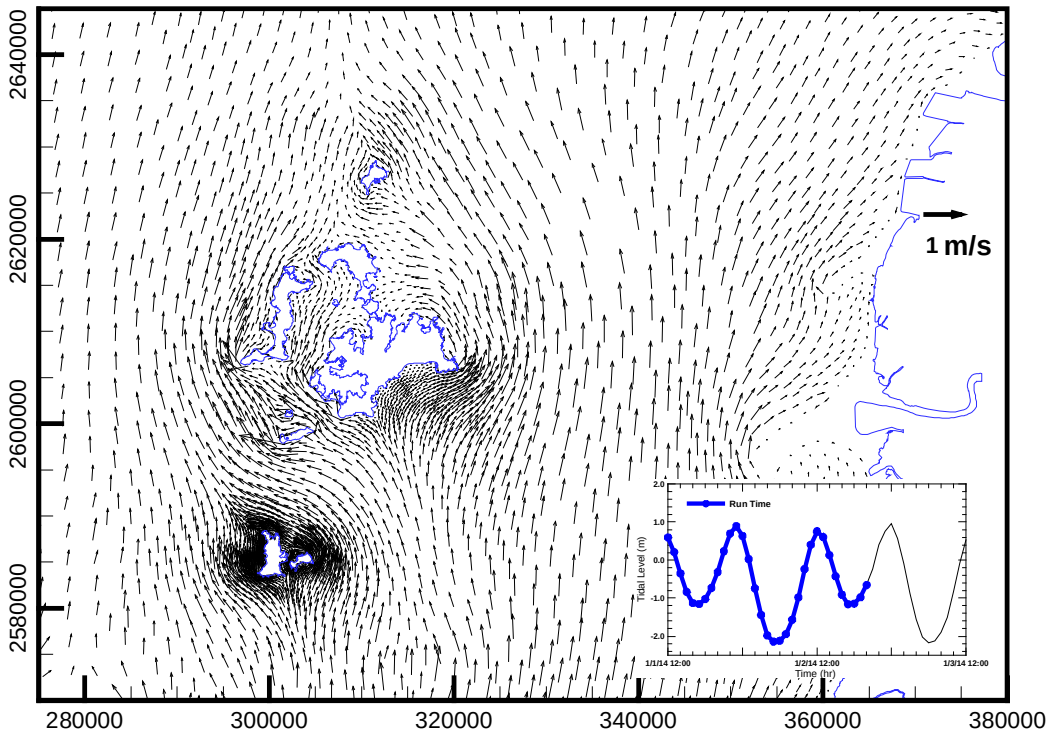


圖 5.7　(續 10)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

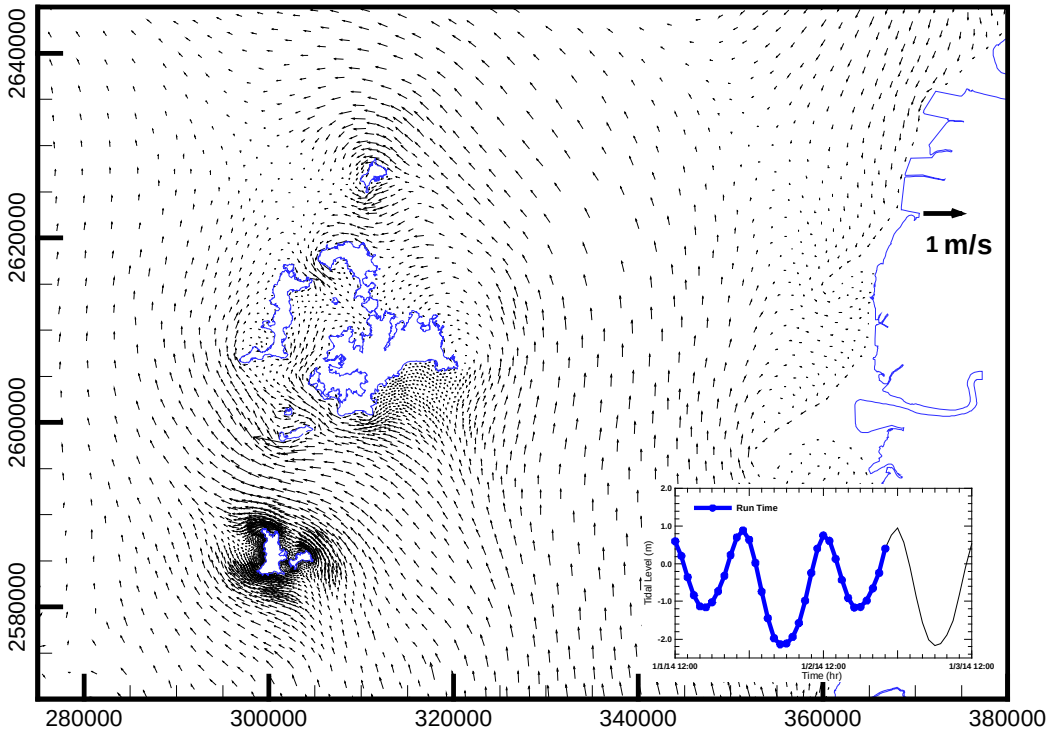


圖 5.7　(續 11)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

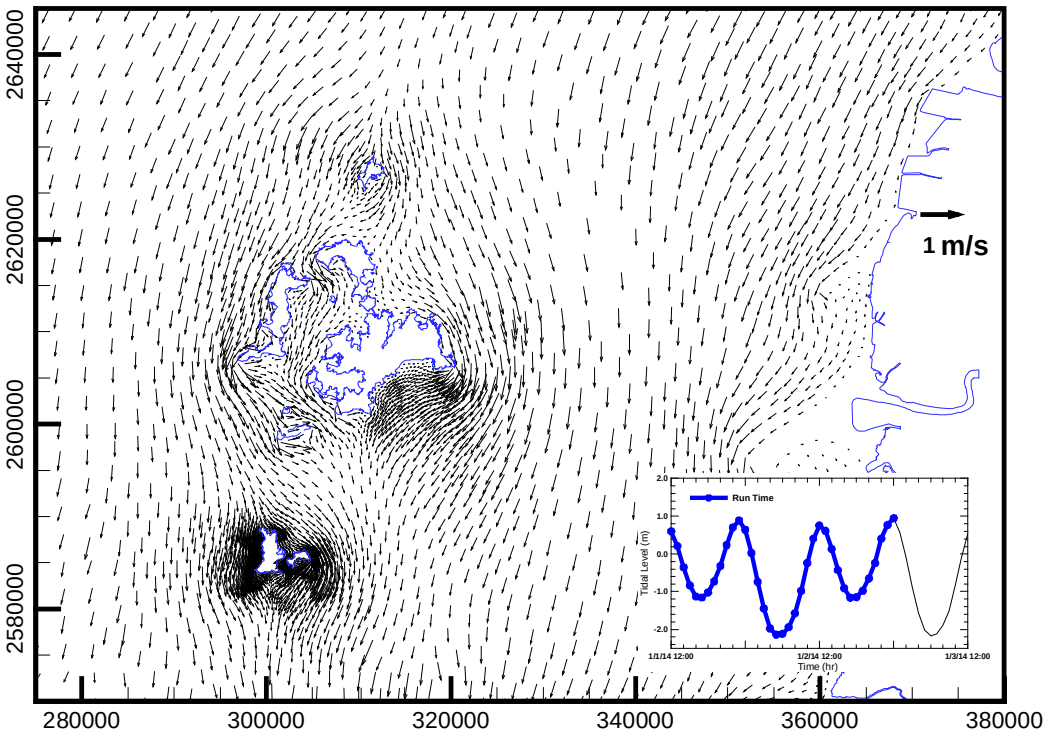


圖 5.7　(續 12)澎湖海域水動力模式流場模擬結果

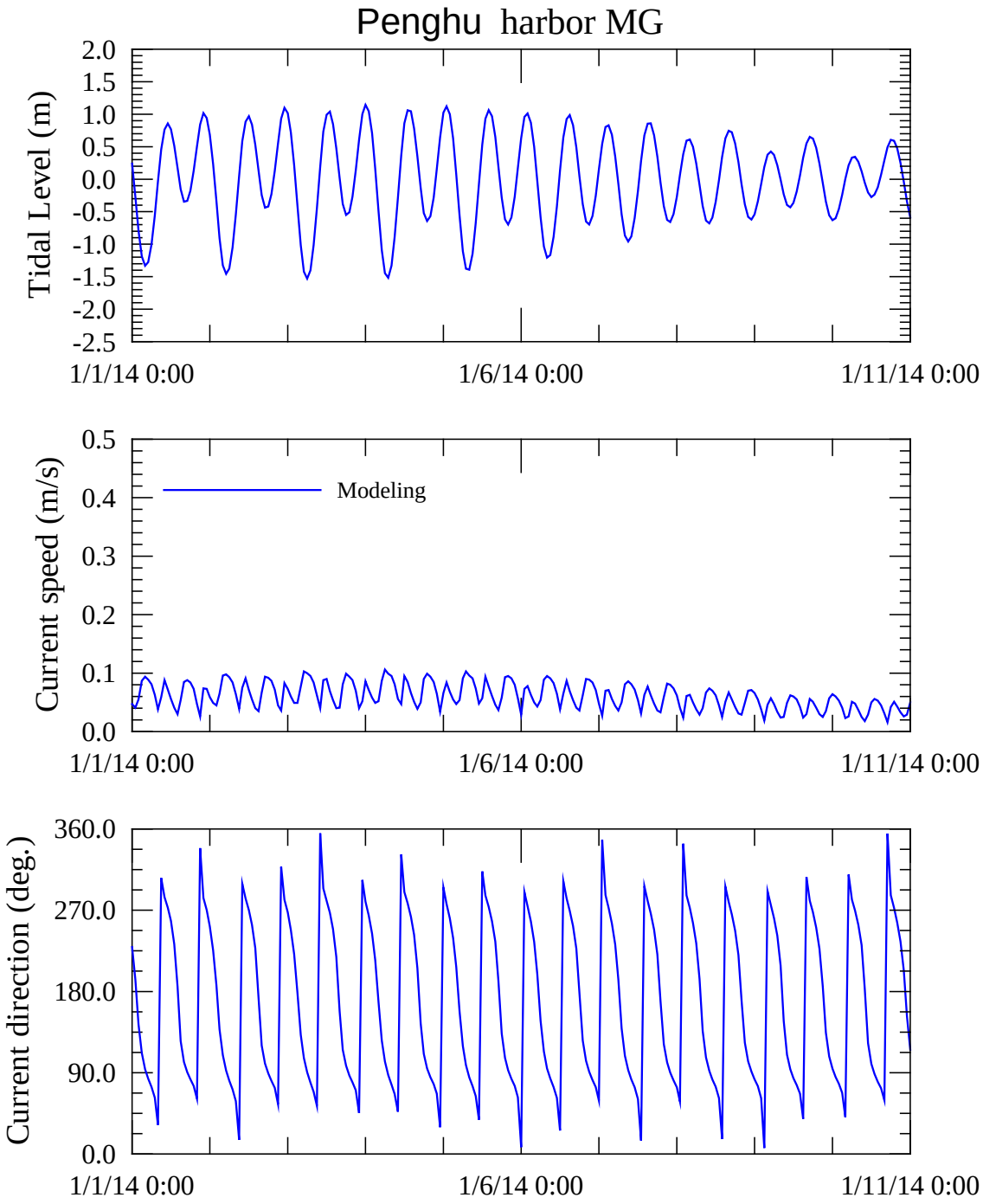


圖 5.8　澎湖港龍門尖山港區外海水位及流速流向數值模擬結果

第六章　澎湖海域近岸風浪模式建置

有鑑於TaiCOMS海象模擬作業化系統下遠域風浪模組及近域風浪模組數值計算網格之解析度不易模擬澎湖海域近岸風浪特性，因此港研中心規劃在近域風浪模組下建置小尺度澎湖海域近岸風浪模式，藉以模擬澎湖海域近岸風浪特性，並納入TaiCOMS風浪模擬作業化系統。

由於本計畫澎湖海域近岸風浪模式必須能與TaiCOMS近域風浪模組銜接，並配合既有的風浪模擬系統執行澎湖海域近岸風浪作業化模擬，因此本計畫規劃採用近域風浪模組相同的風浪數值模式(即 SWAN)建置澎湖海域近岸風浪模組。

6.1 數值計算網格

6.1.1 模式模擬範圍

圖 6.1 及圖 6.2 分別為 TaiCOMS 遠域風浪模組及近域風浪模組之模擬範圍，其中遠域風浪模組模擬範圍含蓋西太平洋北緯 10°至 35°，東經 110°至 134°之海域，數值計算網格解析度為 0.2°(或 12')；近域風浪模組模擬範圍含蓋臺灣周圍海域北緯 21°至 27°，東經 117°至 123°之海域，數值計算網格解析度為 0.04°(或 2.4')。基於提昇 TaiCOMS 風浪模擬作業化風場資料精度考量，本計畫遠域及近域風浪模擬分別改採用作業化風場 WA02 及 WA03 資料；同時，為配合作業化風場 WA03 資料範圍大小，本計畫將近域風浪模組模擬範圍調整為北緯 21°至 27°，東經 117.6°至 124°之海域。

圖 6.3 粗虛線矩形區域為本計畫澎湖海域近岸風浪模組模擬範圍，圖中粗虛線矩形區域之左下及右上角經緯度座標分別為(119.0, 22.8)及(120.48, 24.2)。本計畫模式模擬範圍含蓋臺灣本島西部陸地，係基於減少模式開放邊界條件數量及降低開放邊界對數值模擬之影響。

6.1.2 數值計算網格建置

澎湖海域近岸風浪模擬之數值計算網格座標採用經緯度表示，網格間距(或解析度)為 0.008°(或 0.48')，數值計算網格格點數為 187×177。

本計畫遠域風浪模組、近域風浪模組及澎湖海域近岸風浪模組數值計算網格採用的地形水深資料為 ETOPO1 地形水深資料，圖 6.4 為澎湖海域近岸風浪模式數值計算網格數。各模組採用正值表示海域水深值，負值表示陸地高程，另以”-10.0”代表非計算格點。

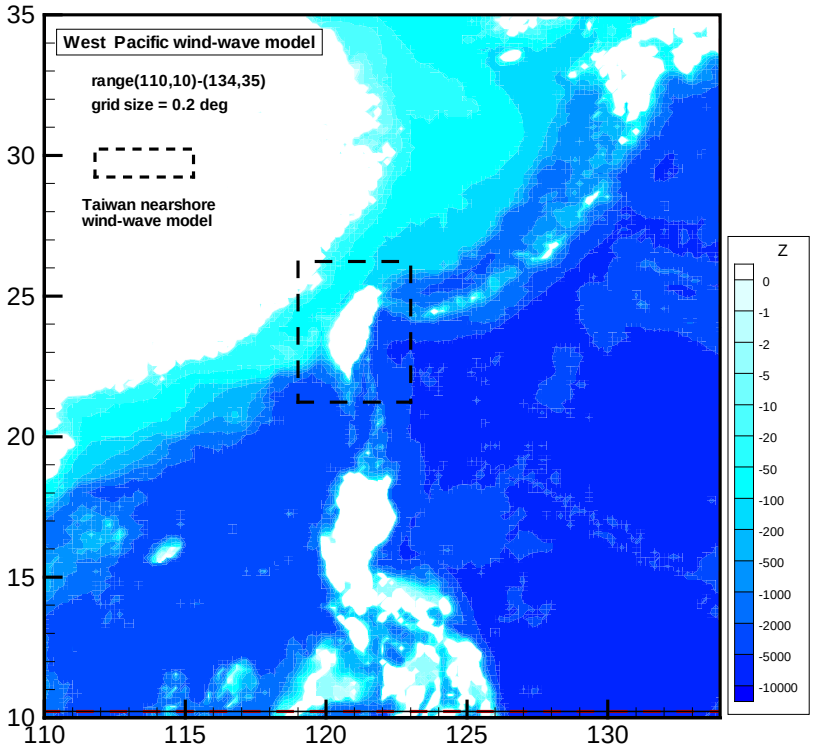


圖 6.1　西太平洋範圍遠域風浪模組模擬範圍及水深分布圖

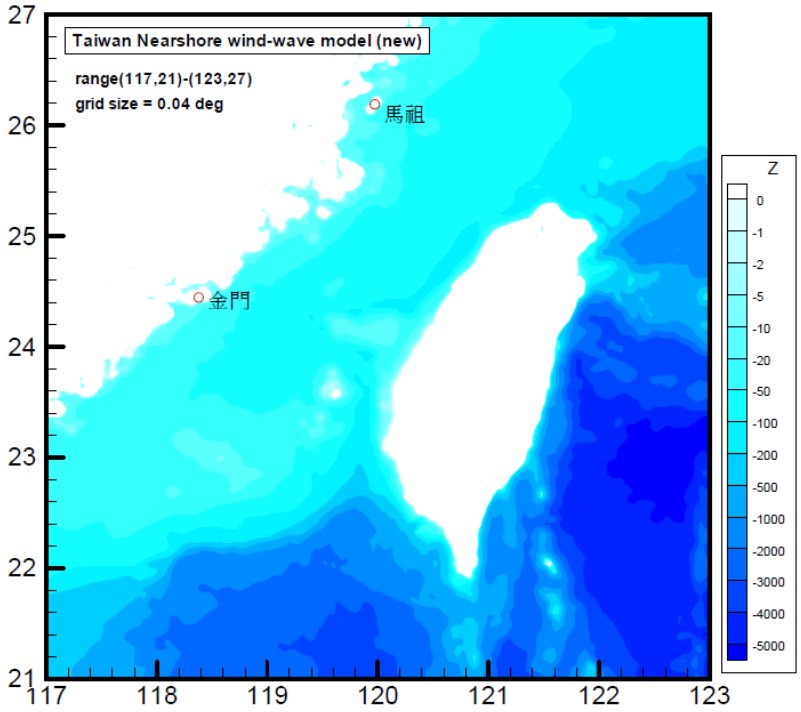


圖 6.2　臺灣周圍海域近域風浪模組模擬範圍及水深分布圖

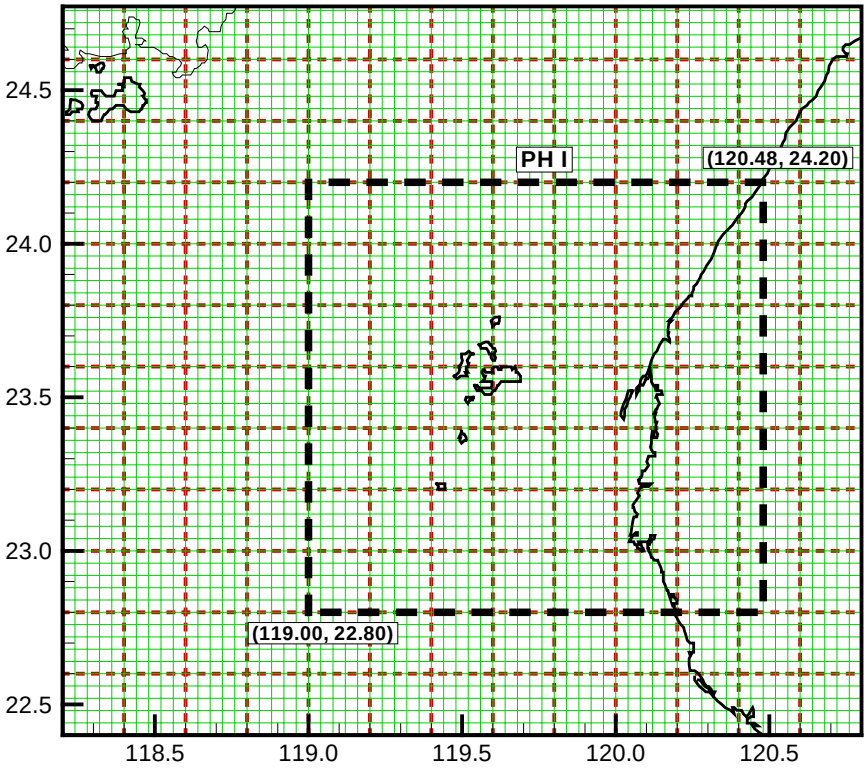


圖 6.3　澎湖海域風浪模擬範圍示意圖(細虛線為遠域計算網格，實線為近域計算網格)

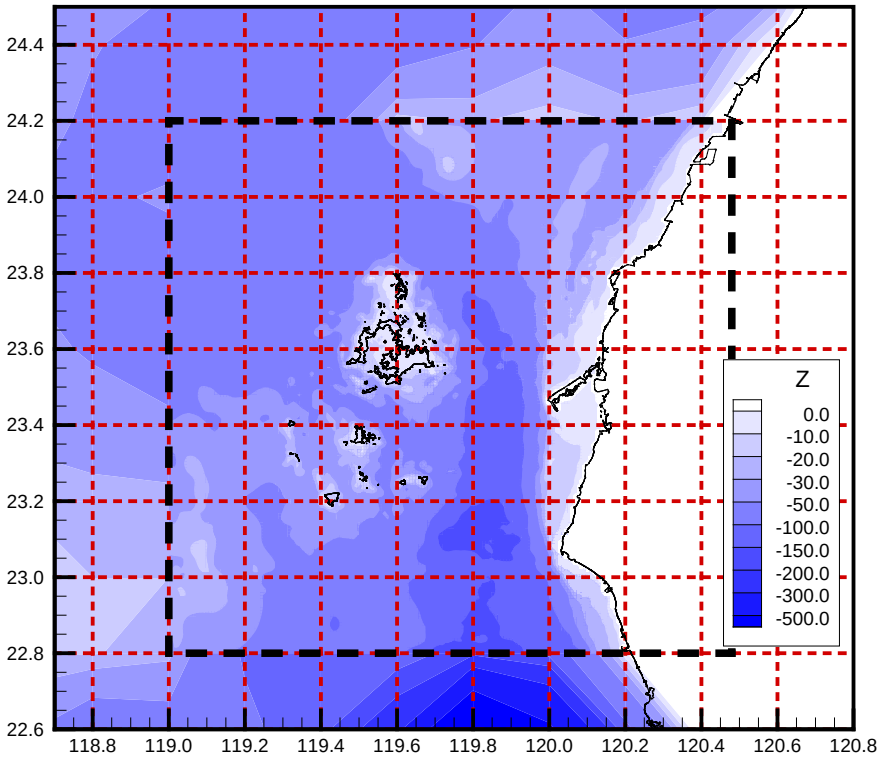


圖 6.4　澎湖海域小尺度風浪模式計算網格之地形水深分布圖

6.2 風場資料及邊界條件

6.2.1 作業化風場

本計畫規劃以 TaiCOMS 作業化風場 WA02 資料作為遠域風浪模擬輸入風場，作業化風場 WA03 資料作為近域風浪模擬及澎湖海域近岸風浪模擬之輸入風場。

6.2.2 邊界條件設定

遠域風浪模擬：由於採用數值模式為 WAM，因此開放邊界允許採用自然邊界條件(natural boundary condition)，即假設在海岸網格點上無任何能量通率(energy flux)進入網格且能量以 free advection 方式傳到網格外。

近域風浪模擬：風浪模式 SWAN 開放邊界採用巢狀網格(nest)方式設定，由遠域風浪模組模擬過程產生巢狀網格數值計算波譜資料。

澎湖海域近岸風浪模擬：開放海域邊界採用巢狀網格(nest)方式設定，由近域風浪模組模擬過程產生巢狀網格數值計算波譜資料。

6.3 風浪模組設定

6.3.1 遠域風浪模組

WAM Model cycle 4 包含了前置處理模組(PREPROC 及 PRESET)、波浪模擬主程式(CHIEF 及 BOUINT)以及後處理模組(PGRID、PSWGRID、PSPEC 及 PSWSPEC)等三部份。其中 PREPROC 模組主要用於產生模式所有與時間無關之資料，包括網格資料(粗網格或巢狀網格)、地形水深資料、頻率及方向角陣列及、輸出邊界網格資料等(資料輸出檔案開頭名稱包括 grid、ubuf 及 bouc 等)；PRESET 模組用於波浪模擬屬於冷起動(cold start)狀態下，產生模式模擬所需之初始條件如計算格點之初始波譜資料(輸出檔案開頭名稱包括 blspanal 及 sLatanal)以及初始風場資料如 10 m 處風速及風向、海面摩擦速度 u_*、波浪引起的應力 τ_w、海面粗糙長度 z_0 等(輸出檔案開頭名稱為 lawianal)；CHIEF 模組為 WAM 模式之核心，BOUINT 為巢狀網格被模擬時之必要程式，用於處理巢狀網格之邊界波譜。

本計畫遠域波浪場離散化波譜設定如下：波譜頻率數(ML)及波向數目(KL)分別為 25 及 24，其中頻率譜之最小頻率為 0.05。頻寬之計算採用對數尺度，即 $\Delta f/f = 1.1$，模擬之波浪頻率範圍為 $f_{max}/f_{min} = (1.1)^{ML-1}$，因此波浪模擬之頻率介於 0.05 ~ 0.4925 之間或波浪週期約介於 2.0 ~ 20.0 sec 之間。

遠域風浪模擬輸出資料分為平面二維資料輸出及點位一維資料輸出兩種，其中一維及二維資料輸出主要內容包括示性波高(H_s)、平均波向(θ_m)、平均週期(T_m)、風引起的摩擦速度(u_*)、風向(θ_w)、譜峰週期(T_p)、風曳力係數及無因次化波浪應力等 8 項，以及湧浪資料(波高、波向及平均週期)、海面波譜及湧浪波譜等次要選項輸出。

模式中關於波浪之積分參數說明如下：

1. 波浪能譜 $E(f,\theta)$之 n 階動差(moment)，M_n

$$M_n = \int f^n E(f,\theta) df \cdot d\theta \quad \text{.....(6.1)}$$

2. 頻率譜 $\bar{E}(f)$為

$$\bar{E}(f) = \int E(f,\theta) d\theta \quad \text{.....(6.2)}$$

3. 示性波高(significant wave height，H_s)為

$$H_s = 4\sqrt{E_0} = 4\sqrt{M_0} \text{ ，其中波浪能量 } E_0 = M_0 \quad \text{.....(6.3)}$$

4. 平均週期(T_m 或 T_{-1})：採用-1 階動差計算波浪平均週期即

$$T_m = M_{-1}/M_0 \quad \text{.....(6.4)}$$

5. 平均週期(T_{m02} 或 T_z)：採用能譜零階動差與 2 階動差比值平方根之定義，即

$$T_{m02} = \sqrt{M_0/M_2} \quad \text{.....(6.5)}$$

6. 平均波向定義為

$$\langle\theta\rangle = \tan^{-1}(SF/CF) \quad \text{.....(6.6)}$$

其中

$$SF = \int \sin\theta \cdot E(f,\theta) df \cdot d\theta \text{ ，} \quad CF = \int \cos\theta \cdot E(f,\theta) df \cdot d\theta \quad \text{.....(6.7)}$$

7. 譜峰週期(T_p)：以不連續波浪能譜 $E(f_i)$之最大能量頻寬(bin)之不連續頻率 f_P 定義波浪之譜峰週期，即

$$T_p = 1/f_p \quad \text{.....(6.8)}$$

本計畫遠域風浪模擬操作流程如圖 6.5 所示，圖中 PREPROC 及 PRESET 模組代表此二模組僅需於首次或系統重新設定時才執行。

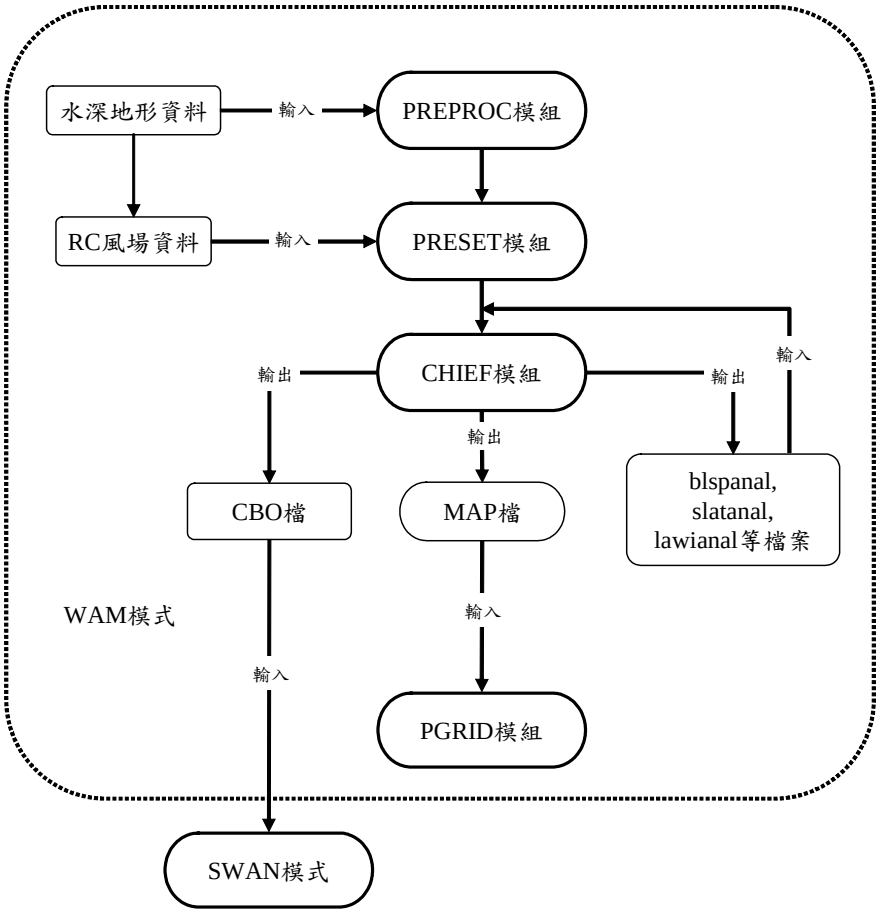


圖 6.5　遠域風浪模擬操作流程圖

6.3.2 近域風浪模組

針對 TaiCOMS 近域風浪模組之穩態模擬方式，本計畫提出非穩態模擬方式之改善措施，有關 SWAN 輸入參數設定值之修訂，可參考 2.3.3 節所述。圖 6.6 所示為本計畫近域風浪模組之非穩態模擬操作流程示意圖，模擬過程輸入資料包括地形水深資料檔、初始波場(或熱啟動)資料、逐時風場資料及逐時遠域巢狀邊界波譜資料等，輸出資料包括逐時數值計算結果、逐時巢狀邊界波譜資料(提供本計畫澎湖海域近岸風浪模組使用)及熱啟動檔(為接續模擬讀取的初始波場)等。

6.3.3 澎湖海域近岸風浪模組

同近域風浪模組，本計畫建置的澎湖海域近岸風浪模組同樣採用非穩態模擬方式模擬澎湖海域風浪，其操作流程與近域風浪模組相似，輸入資料包括地形水深資料檔、初始波場(或熱啟動)資料、逐時風場資料及逐時近域巢狀邊界波譜資料等，輸出資料包括逐時數值計算結果及熱啟動檔(為接續模擬讀取的初始波場)等。

有關模式輸入主要參數設定值摘要如下:

MODE **NONSTAtionary** TWODimensional

SET **NAUT**

SET **nor** 0.0

CGRID **REGular** 119.0, 22.8, 0.0, 1.48, 1.4, 185, 175 **CIRcle** 24, 0.05, , 25

INPgrid **BOTtom** REGular 119.0, 22.8, 0.0, 195, 175, 0.008, 0.008 **EXCeption** -10

INPgrid **WInd** REGular 117.5, 20.5, 0.0, 168, 180, 0.041667, 0.041667 **NONSTAT**ionary yyyymmd1.000000 1.0 HR yyyymmd2.000000

BOUNdnest1 **NEST** 'fname' CLOS

NUMeric **ACCUR** 0.02, 0.02, 0.02, 98 **NONSTat** 1 0.1 **DIRimpl** 0.5, 4

POINTS 'Penghubu' 119.552 23.728

SPECout 'Penghubu' **SPEC2D** ABSolute 'fname' **OUTPUT** yyyymmd1.000000 1.0 HR

TABLE 'Penghubu' head 'fname' **time** xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep **OUTPUT** yyyymmd1.000000 1.0 HR

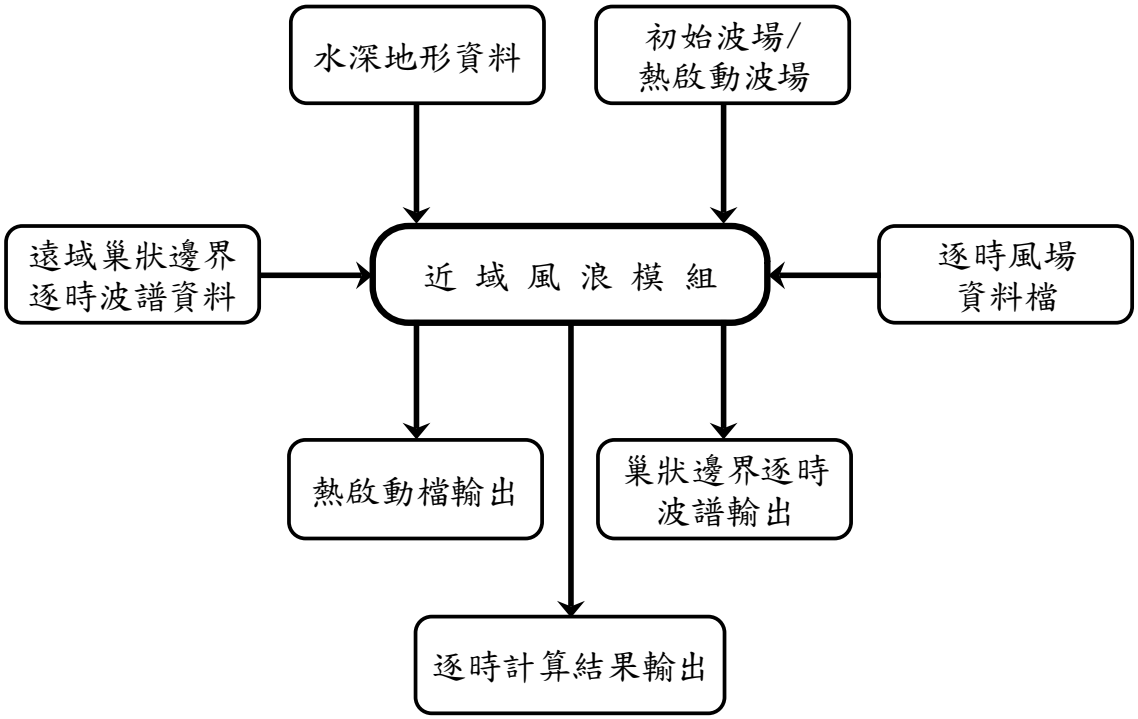


圖 6.6　近域風浪模組非穩態模擬操作流程圖

6.4 風浪模擬作業化系統安裝與模擬測試

本計畫參照 TaiCOMS 風浪模擬作業化系統架構在 Windows 作業系統下建構風浪模擬作業化系統及澎湖海域近岸風浪模擬子系統，並通過每日風浪作業化模擬測試，已於 11 月 1 日移轉至港研中心持續進行測試。

本計畫以 2015 年侵臺中度颱風蘇迪勒(SOUDELOR)為例說明澎湖海域近岸風浪作業化模擬成果。圖 6.7 所示為近域風浪模組及澎湖海域近岸風浪模組模擬結果輸出點位，包括澎湖港(龍門尖山港區)、澎湖資料浮標、東吉島波浪測站及安平港等，其中澎湖海域近岸風浪模組因網格解析度較佳，因此輸出點位與觀測點較接近。圖 6.8 及圖 6.9 分為每日風浪作業化模擬輸入之預報風場資料與港研中心在安平港、澎湖港即時觀測風速之比較，圖中圖示各代表性符號之日期代表作業化模擬日期，每日有 72 筆模擬輸出波高資料，其中前 24 組波高值以實心符號表示，代表該日追算階段模擬波高(前 24 小時模擬結果)，後 48 組波高值以空心符號表示，代表為預測階段模擬波高。由颱風侵臺期間

風速觀測資料得知安平港及澎湖港(龍門尖山碼頭區)測得最大風速分別約為 35m/s 及 22m/s，另由作業化組合風場與安平港及澎湖港風速比較結果得知：颱風期間 6、7 日作業化組合風場在預測階段，對於颱風風場的影響有明顯的高估現象發生；對於颱風影響最劇烈時段(圖中觀測值高風速時段)， 8、9 日作業化組合風場的風場資料則出現低估的現象。此現象表示由系統產生的組合風場在颱風期間，追算階段風場不一定能提供較精確的風場模擬結果。

本計畫近域風浪模組及澎湖海域近岸風浪模組逐日(6~10 日)風浪作業化模擬之示性波高模擬值與安平港、澎湖資料浮標、澎湖港及東吉島等觀測值比較，如圖 6.10 至圖 6.17 所示。整體而言，澎湖海域近岸風浪模組示性波高模擬值與觀測值較為接近，顯示澎湖海域近岸風浪模組因數值計算網格解析度較高，網格地形水深資料亦較遠域及近域模組 ETOPO1 精確等因素，使得其風浪模擬結果之解析度及正確性優於近域風浪模組。因此本計畫澎湖海域不僅可提供解析度較高的模擬波浪場資訊外，對於澎湖各近岸港口亦可提供可信度較高的風浪模擬值，供相關單位參考。

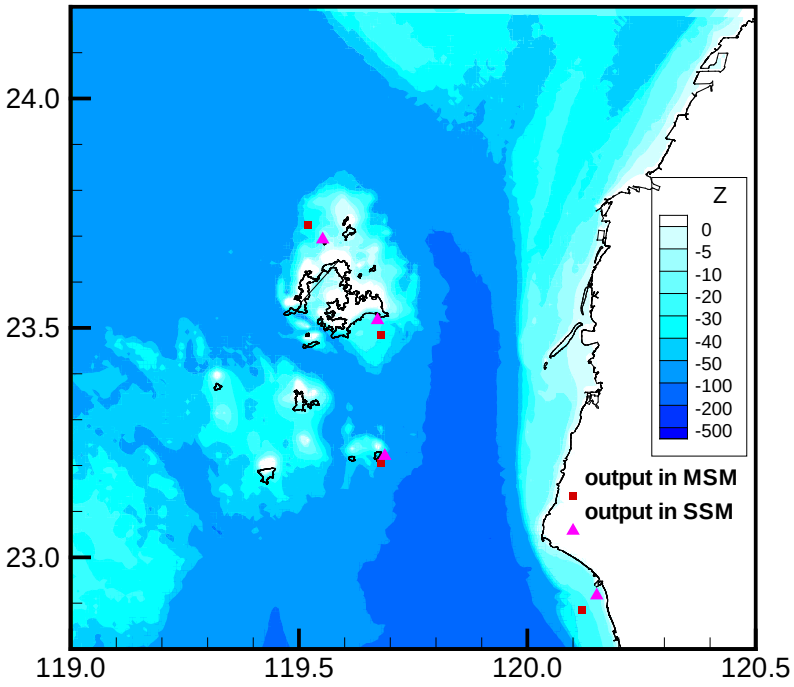


圖 6.7　近域風浪模組及澎湖海域近岸風浪模擬結果輸出點位圖

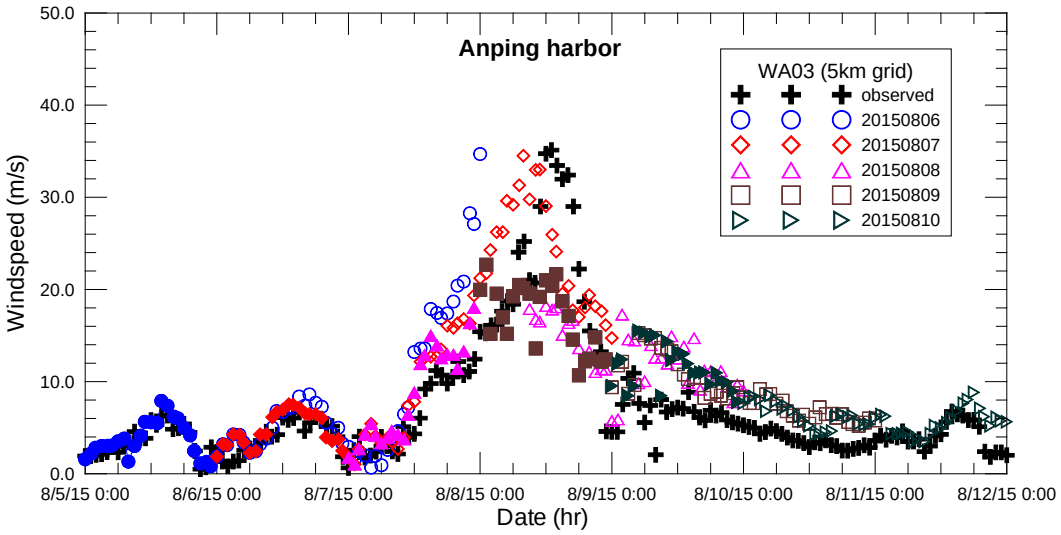


圖 6.8　每日作業化輸入之預測風場資料與安平港風速觀測值之比較圖

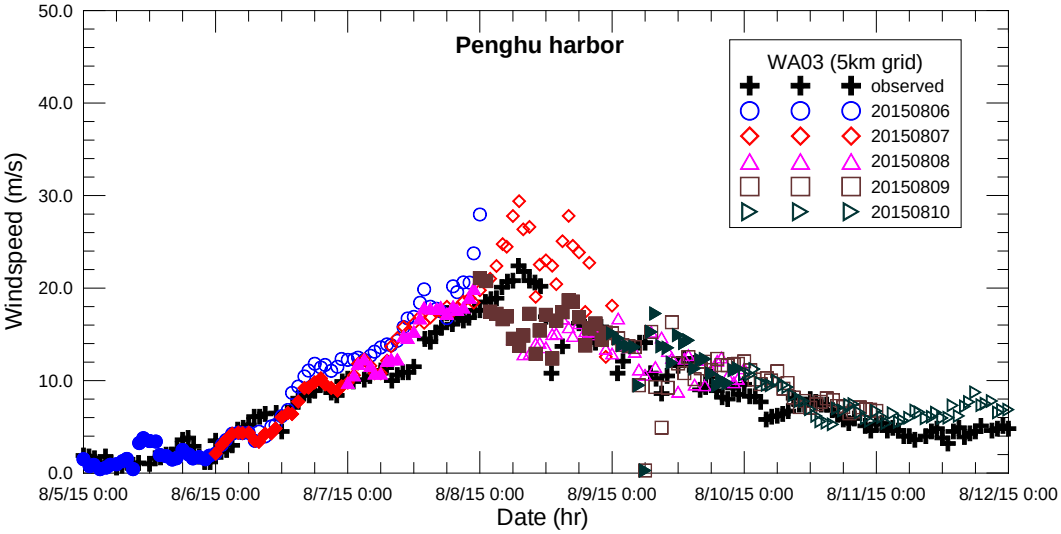


圖 6.9　每日作業化輸入之預測風場資料與澎湖港(龍門尖山港區)風速觀測值之比較圖

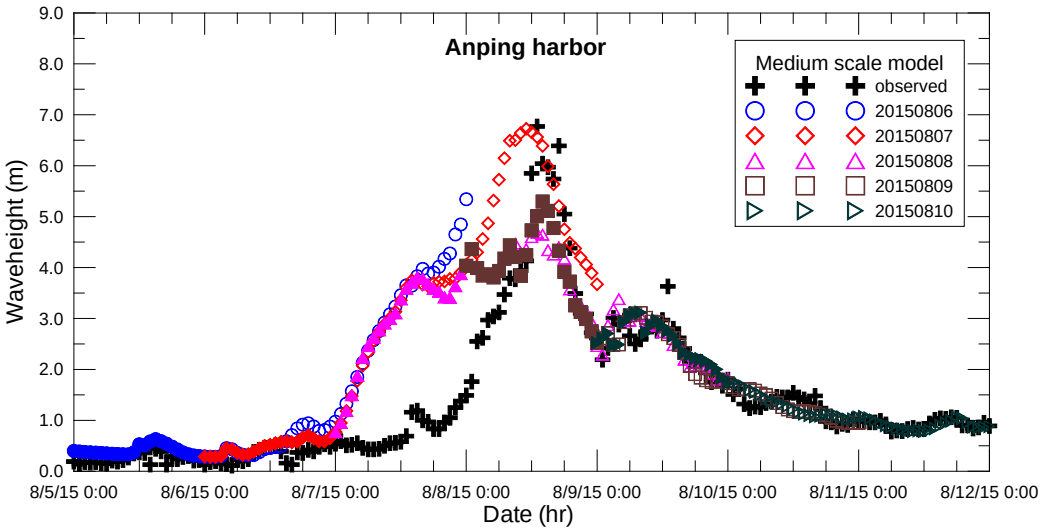


圖 6.10　近域風浪模組每日作業化安平港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

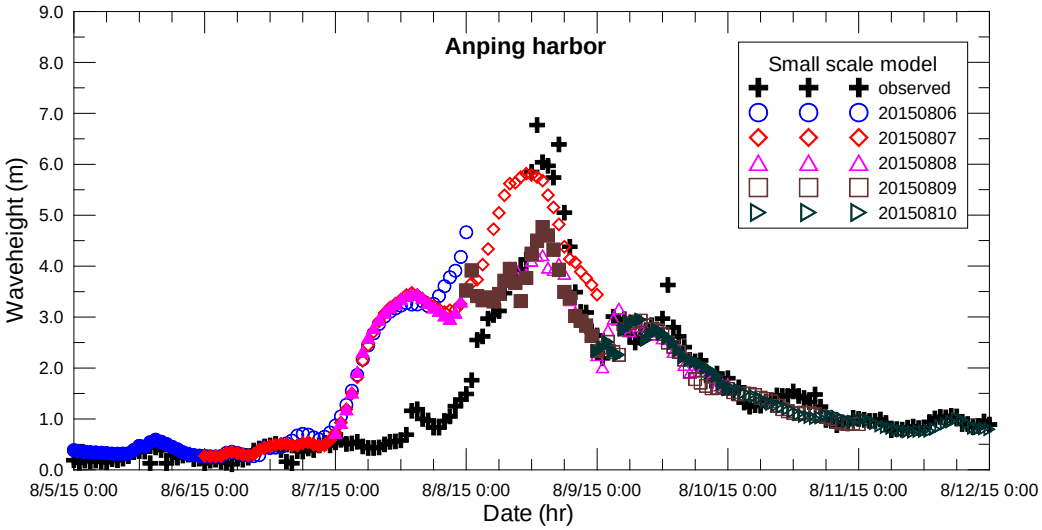


圖 6.11　澎湖海域近岸風浪模組每日作業化安平港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

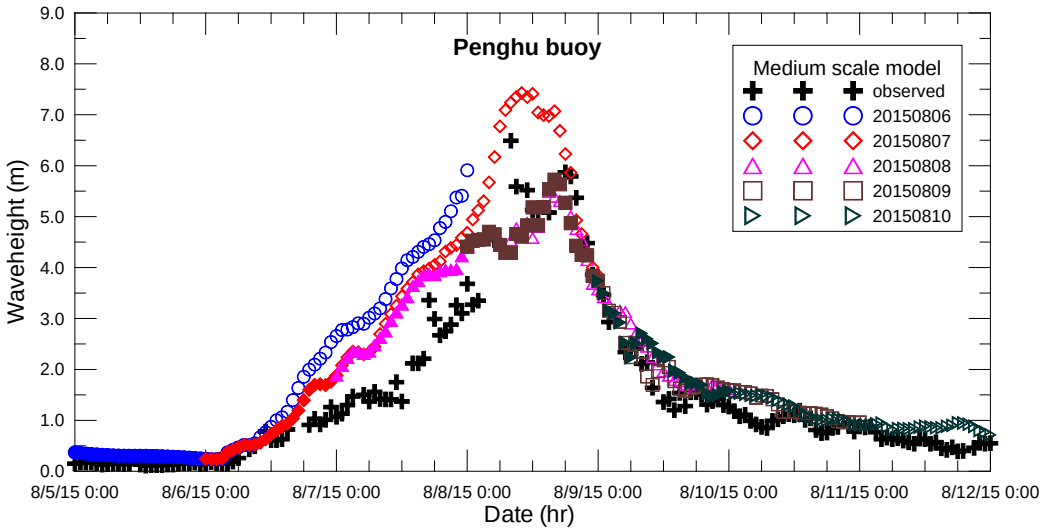


圖 6.12　近域風浪模組每日作業化澎湖資料浮標處風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

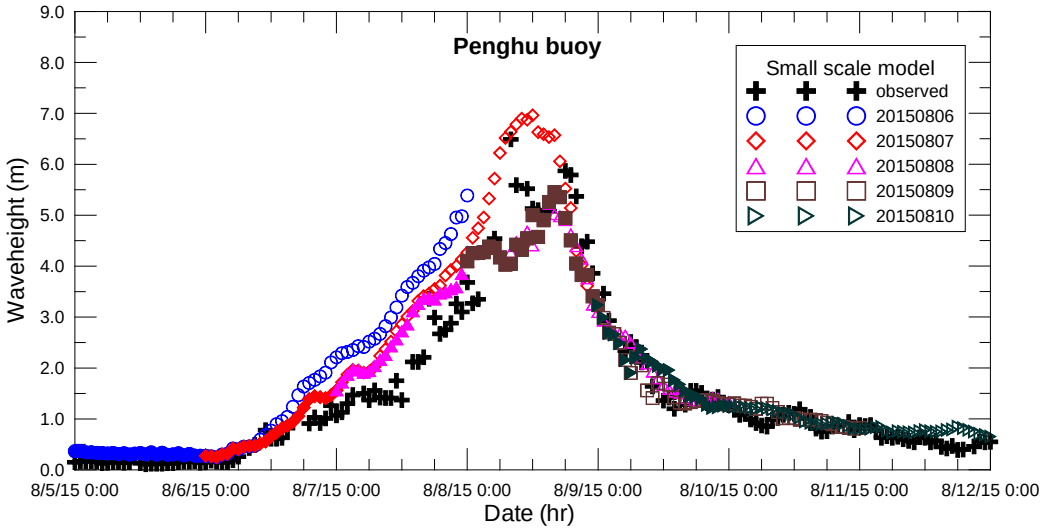


圖 6.13　澎湖海域近岸風浪模組每日作業化澎湖資料浮標處風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

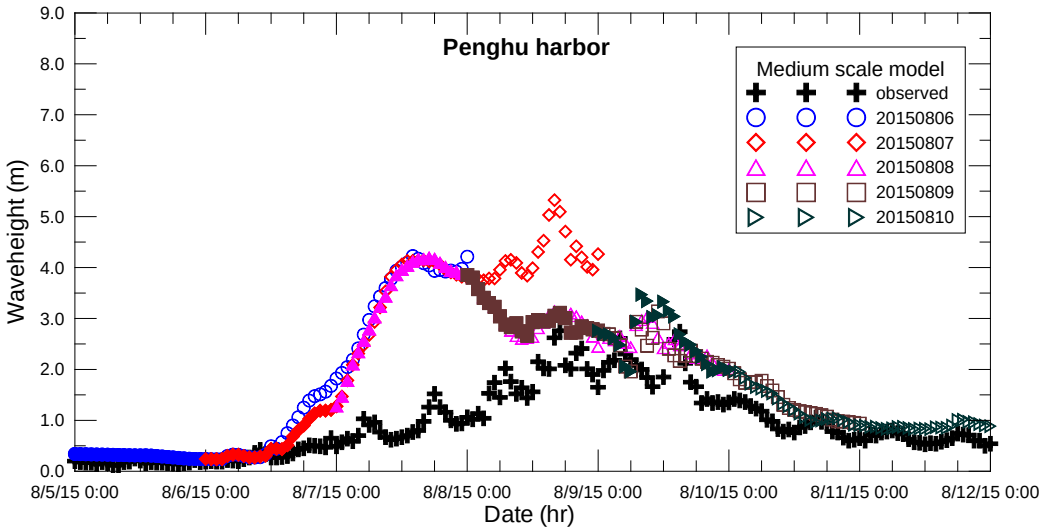


圖 6.14　近域風浪模組每日作業化澎湖港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

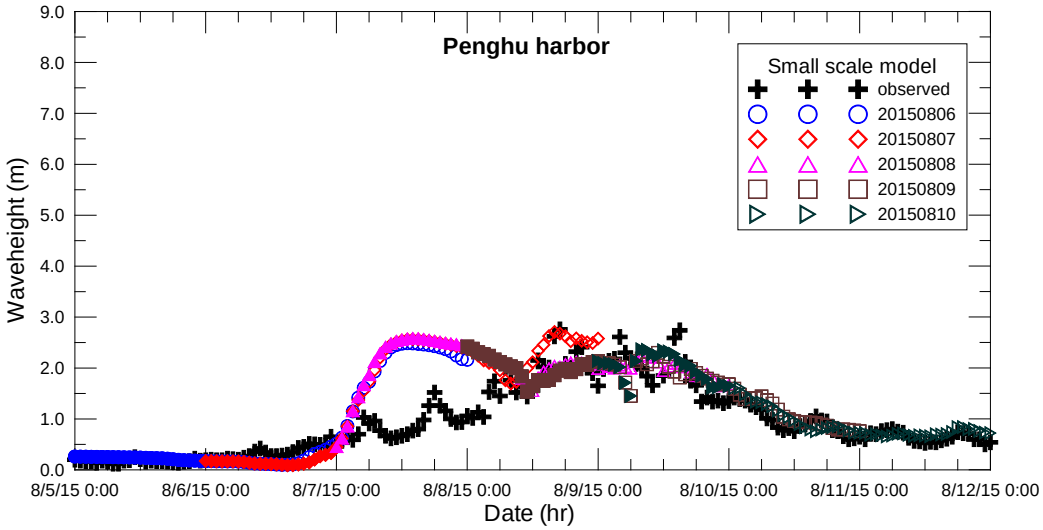


圖 6.15　澎湖海域近岸風浪模組每日作業化澎湖港風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

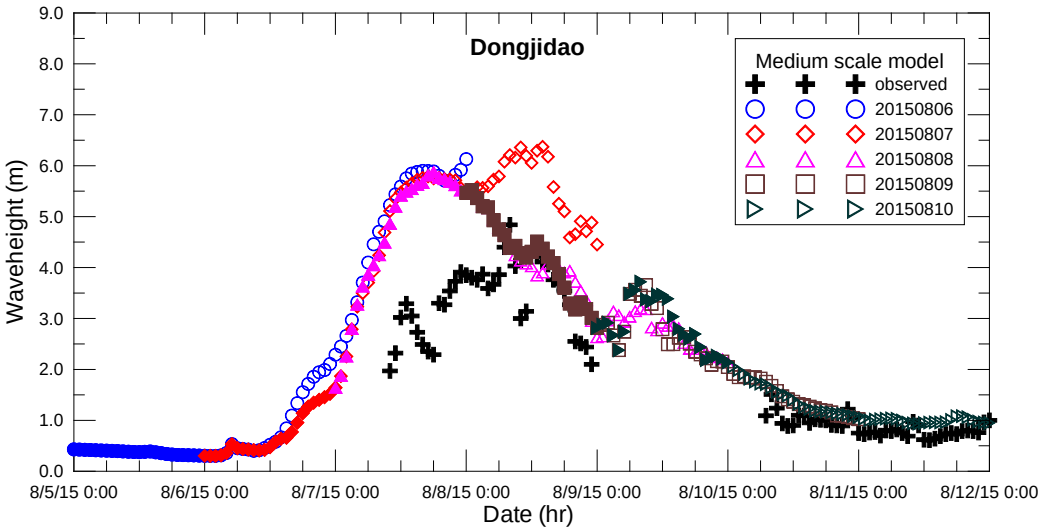


圖 6.16　近域風浪模組每日作業化東吉島風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

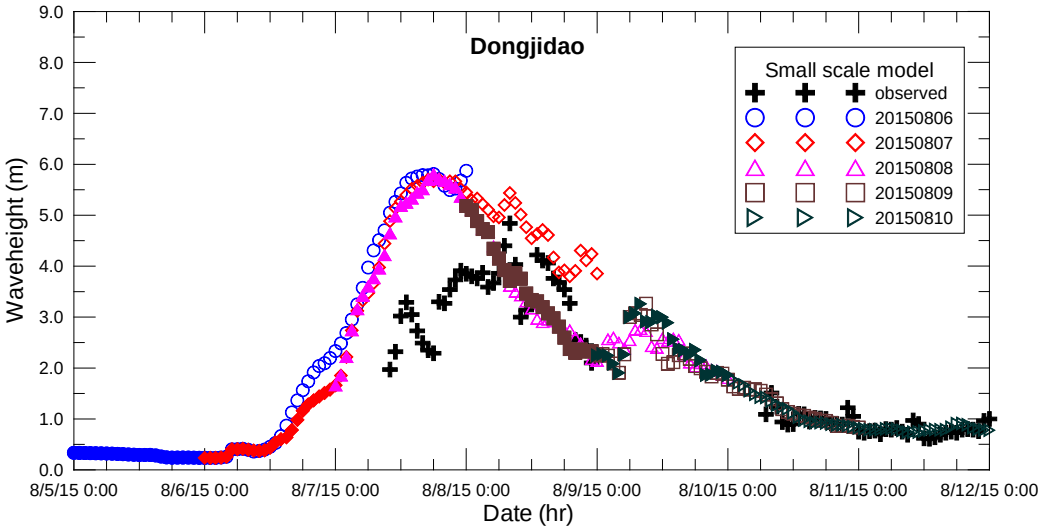


圖 6.17　澎湖海域近岸風浪模組每日作業化東吉島風浪模擬結果與示性波高觀測值之比較圖

第七章　澎湖港龍門尖山港區港域波浪模式建置

澎湖國內商港簡稱澎湖港，係由馬公港區及龍門尖山港區組成，本項研究工作係針對龍門尖山港區建置細尺度港域波浪模式，模擬龍門尖山港區波浪場及探討龍門尖山港區港池遮蔽及共振特性，本項研究工作屬於兩年期(104~105)研究項目，本年度(105)為此項研究工作第二年。

7.1 龍門尖山港區介紹

澎湖港龍門尖山港區位於澎湖縣湖西鄉，如圖 7.1 所示；定位為澎湖港散雜貨及油品等危險貨品裝卸碼頭區。龍門尖山碼頭區港區整體規劃，如圖 7.2 所示，龍門尖山碼頭區現有 8 座碼頭，碼頭岸線總長 1,003 公尺，包含一般散雜貨碼頭 6 座(1~6 號碼頭)、大宗散貨碼頭 1 座(9 號碼頭)、油品碼頭 1 座(10 號碼頭)。航道及迴船池深度為-7.5 公尺，可進 5,000 噸(DWT)級貨輪。

7.2 數值計算網格建置

7.2.1 模式模擬範圍

針對澎湖港龍門尖山港區港域波浪模擬，本計畫選取的數值模擬範圍，如圖 7.3 所示，圖中外海有限領域假想半圓之半徑為 1,600 m；港域面積除了龍門尖山港區水域外，亦含蓋龍門及尖山兩漁港水域。

7.2.2 地形水深資料

本計畫除了蒐集 103 年測繪澎湖港龍門尖山港區地形水深資料(參考圖 4.5)外，同時蒐集海軍大氣海洋局刊行的海圖 61709 龍門及尖山漁港(比例尺 2,500 分之一)及海圖 04529 澎湖群島東南部(比例尺 50,000 分之一)，如圖 7.4 及圖 7.5 所示，建置地形水深資料。

7.2.3 數值計算有限元素網格建置

本計畫港域波浪模式數值計算有限元素網格採用三角形元素建構，如圖 7.6 所示為本計畫針對模式模擬範圍建構的有限元素粗網格，粗網格水深資料則利用前述 7.2 節蒐集的水深資料內插得到，模式模擬範圍內水深分布情形如圖 7.7 所示。由於本計畫港域波浪模式數值計算網格解析度，須滿足波長至少涵蓋 8 個網格節點，因此圖 7.6 建構的有限元素粗網格無法直接應用於本計畫港域波浪模式。

基於此，本計畫利用自行開發的三角形網格生成程式，輸入模擬波浪週期及波長涵蓋的網格節點數等條件；由程式依據前述粗網格邊界節點及內部節點之座標及水深等資料，自動產生符合波浪模擬條件及網格解析度要求的細尺度三角元素網格(簡稱細網格)。同時考量本計畫港域波浪模式未來模擬的對象主要限定為颱風波浪或長週期湧浪，因此本計畫選取波浪場模擬最小週期 7sec 以及波長至少涵蓋 10 個網格節點，為本計畫龍門尖山港區港域波浪模式細網格產生的條件。據此，本計畫建構的龍門尖山港區港域波浪模式採用的有限元素計算網格，係由 85,659 個節點及 169,308 個三角形元素所組成的。

7.2.4 邊界條件設定

本計畫港域波浪模式邊界條件設定分為四類，說明如下：

(一)澎湖港龍門尖山港區現有外廓防波堤設施：假設 Kr 值為 0.85；

(二)港池內具消波功能構造物：假設 Kr 值為 0.75；

(三)碼頭區及漁港岸壁：假設為全反射，Kr 為 1.0；

(四)外海及半無限領域海岸線：假設 Kr 為 0.50。

7.3 港域波浪場模擬

本計畫針對颱風波浪及湧浪規劃的波浪場模擬條件如下：

(一)波浪週期：8 ~ 20sec，週期間距 0.1sec；

(二)波向：W 向至 SE 向(逆時針方向)，方向間距 12.5°；

(三)波高：假設為 1.0 m。

本報告針對波浪週期 9sec 數值模擬結果分別繪出波場相位分布圖及波高分布圖，如圖 7.8 至圖 7.14 所示；由波場相位分布圖可以判斷波浪傳播方向、受地形水深影響的折射現象、波浪通過結構物的繞射現象等，由波高分布可以判斷港區遮蔽現象及水域靜穩程度。

例如 W 波向波浪場數值模擬結果，如圖 7.8a,b 所示；相位分布圖顯示 W 向波浪大致沿著海岸傳播，於淺水區域波浪受到西防波堤阻礙產生反射波向外海傳播，基本上不會對港內水域產生影響；波浪通過西外防波堤延長段堤頭時，波浪場以堤頭為控制點形成繞射波現象，部份繞射波浪通過內港口時再度形成繞射現象，此時波浪繞射現象係以東、西防波堤頭為控制點。波高分布顯示 W 向波浪傳播過程明顯受到西防波堤阻礙，進入港內波浪主要為繞射波浪成份，因此港域內波高分布均小於 0.1m。

SW 波向波浪場數值模擬結果，如圖 7.10a,b 所示；相位分布圖顯示 SW 向波浪傳播方向大致上與西防波堤外海段堤線平行，沿深槽水域傳播波浪可以直接進入外港池水域；通過西外防波堤延長段堤頭之波浪會形成繞射波向內港口傳播，並以東、西防波堤頭為控制點形成繞射波向內港池傳播。波高分布顯示 SW 向波浪通過外港口進入外港池波浪能量明顯受到東防波堤阻礙，惟西防波堤對 SW 向波浪產生的遮蔽效應並不顯著，因此通過東、西防波堤頭進入港內的波浪，因反射波作用水域波高約 0.1~0.2m 左右。

SSW 波向波浪場數值模擬結果，如圖 7.11a,b 所示；由波高及相位分布圖顯示SW向波浪在外海傳播過程會在16m等深線凹處發生類似聚焦現象，此時波高明顯較周圍波浪大；在進入外港池後，波浪在東防波堤外側水域因反射作用形成重複波現，波高明顯增大。同樣地，西防波堤對 SSW 向波浪產生的遮蔽效應亦不顯著，因此通過東、西防波堤頭進入港內的波浪，因反射波作用部份碼頭區水域波高可達 0.2m 左右。

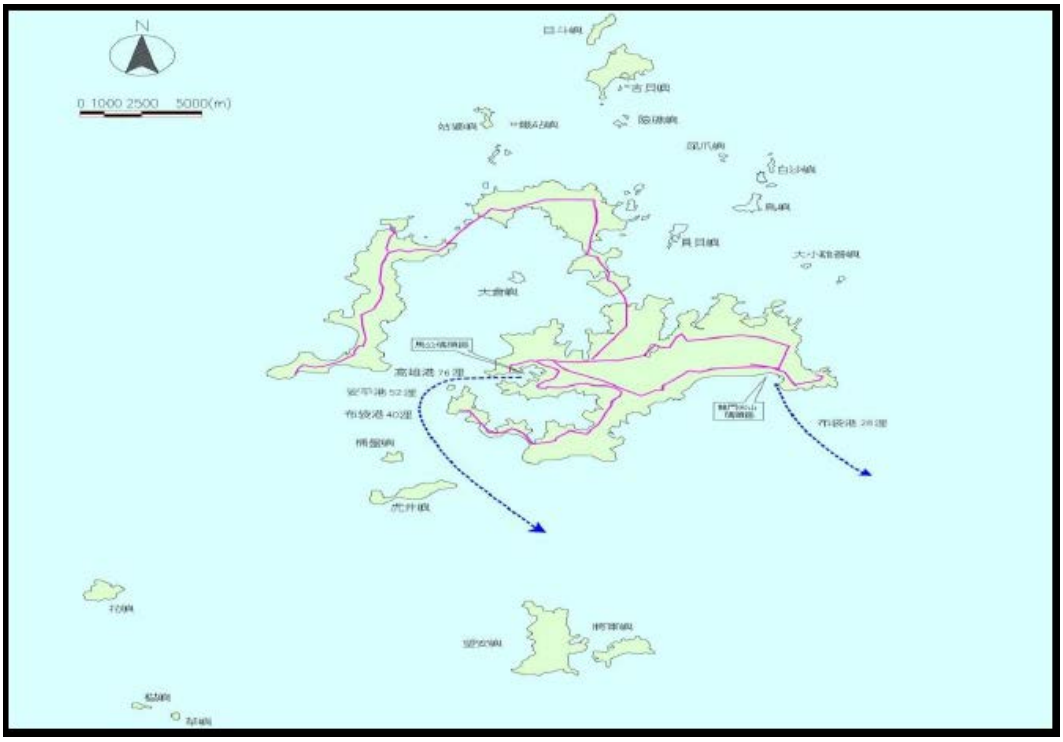


圖 7.1　澎湖港地理位置圖

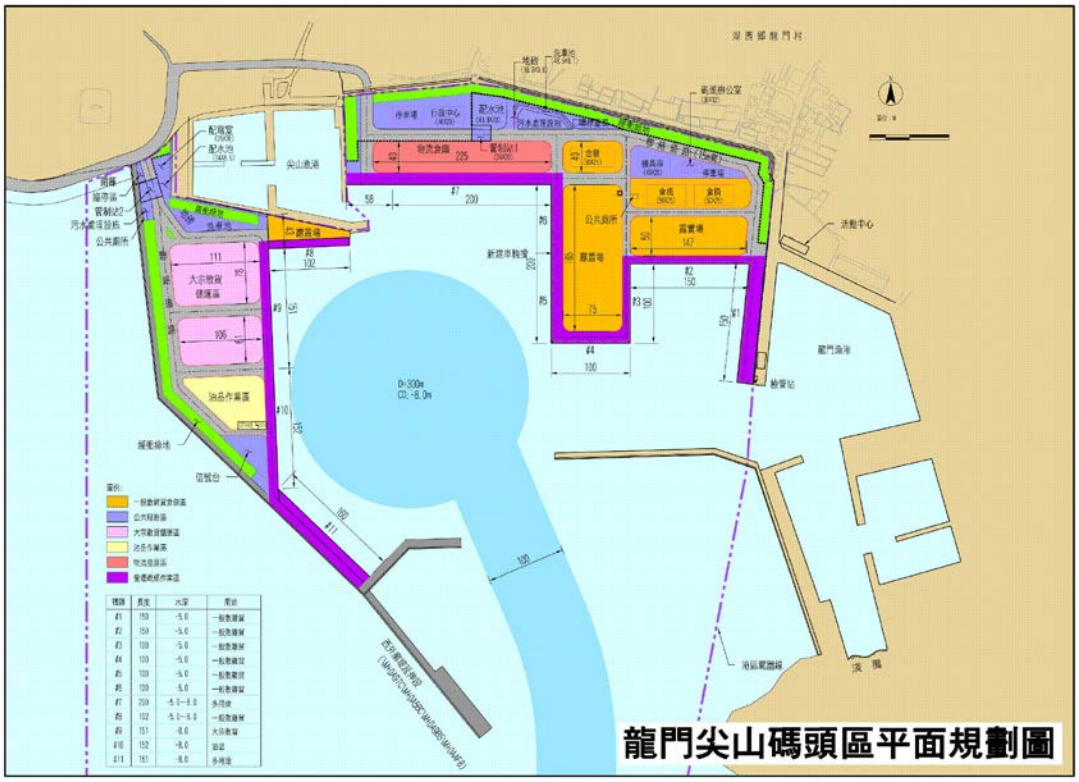


圖 7.2　龍門尖山碼頭區平面規劃圖(資料來自臺灣港務股份有限公司網站)

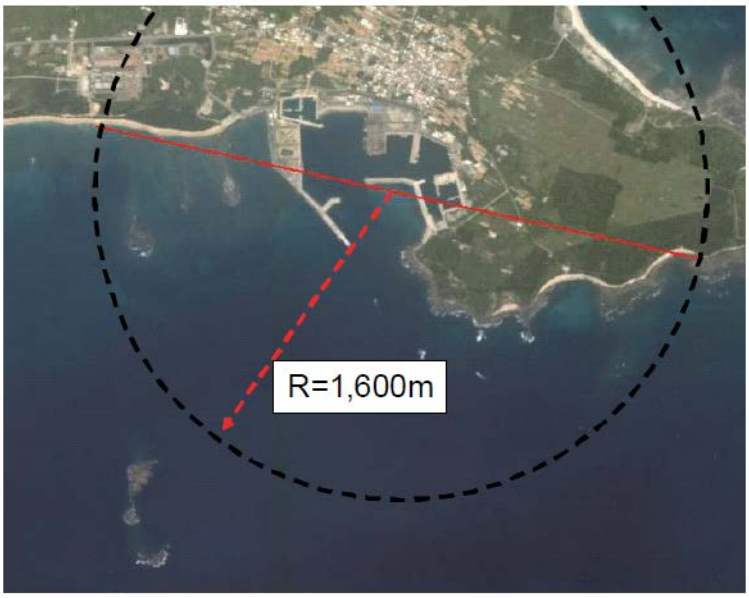


圖 7.3　澎湖港龍門尖山港區港域波浪模擬範圍示意圖

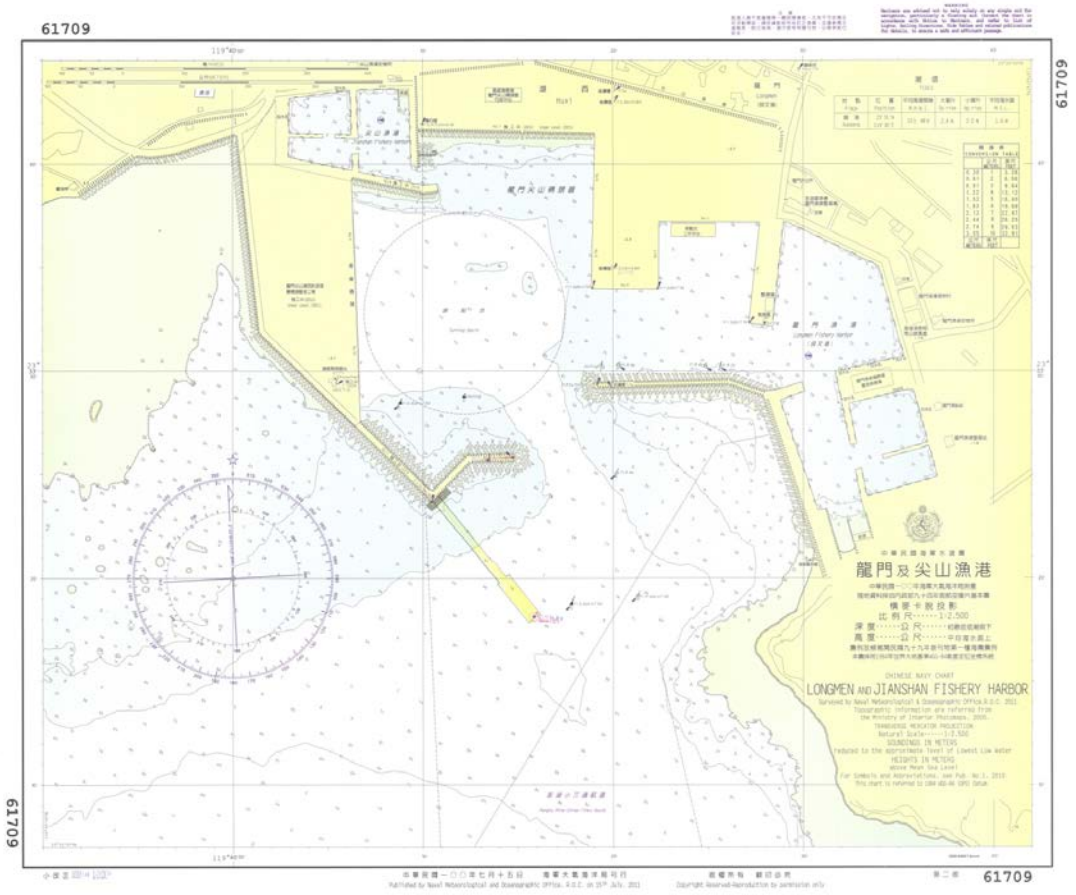


圖 7.4　海軍大氣海洋局刊行海圖 61709 龍門及尖山漁港

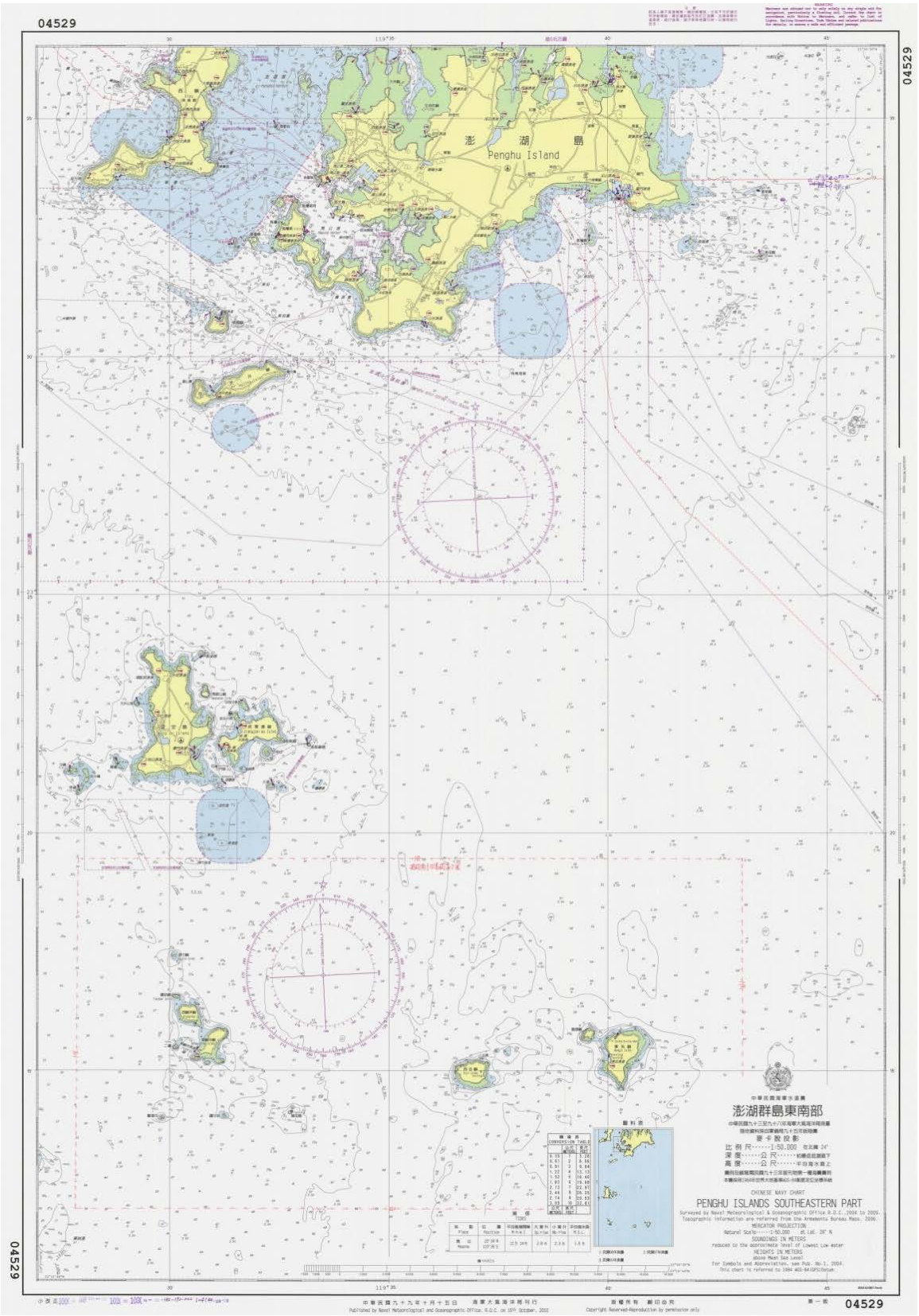


圖 7.5　海軍大氣海洋局刊行海圖 04529 澎湖群島東南部

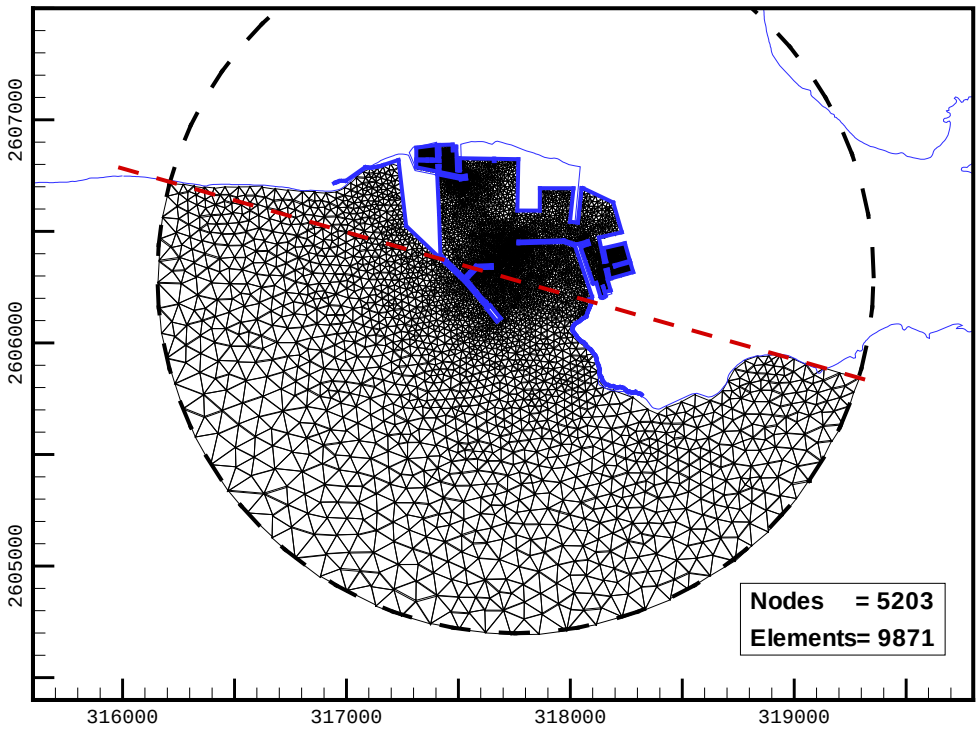


圖 7.6　澎湖港龍門尖山港區模擬範圍有限元素粗網格分布圖

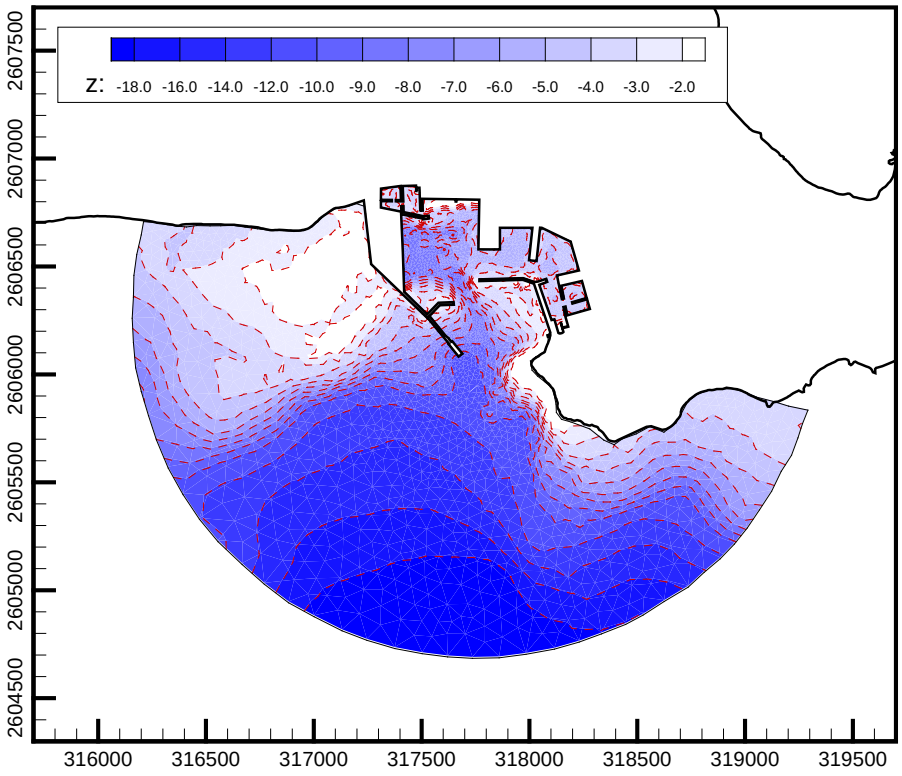


圖 7.7　澎湖港龍門尖山港區模擬範圍粗網格地形水深分布圖

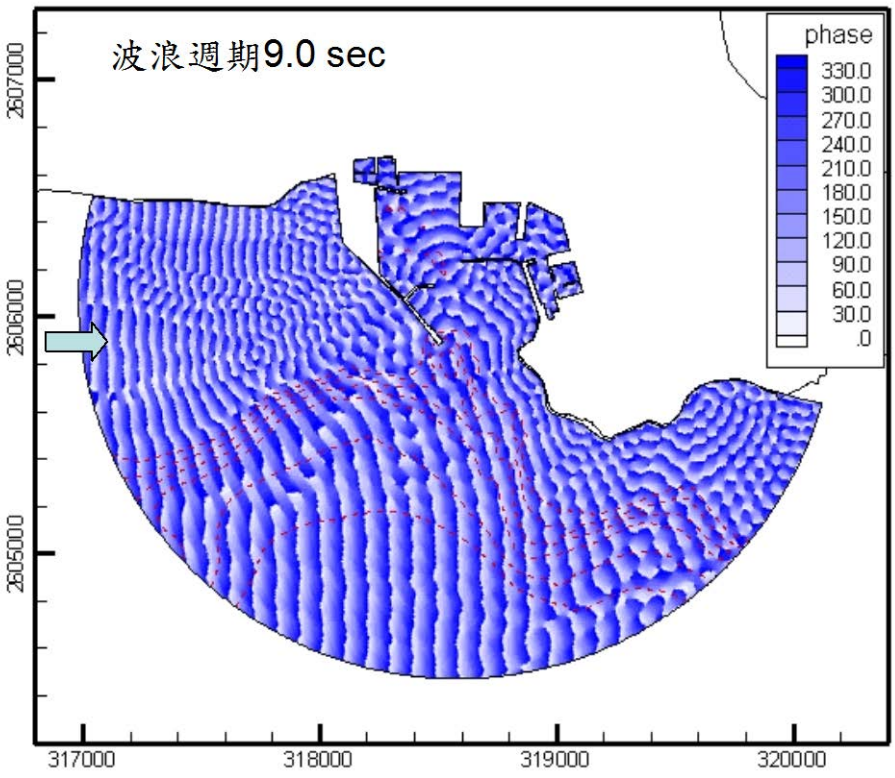


圖 7.8a　澎湖港龍門尖山港區 W 向波浪場模擬結果相位分布圖

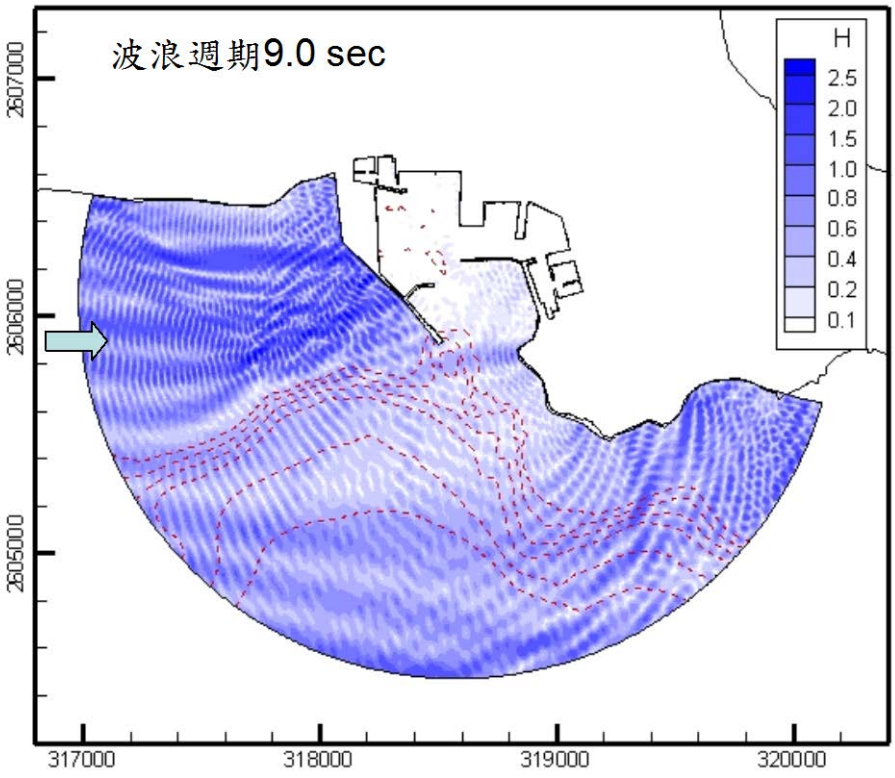


圖 7.8b　澎湖港龍門尖山港區 W 向波浪場模擬結果波高分布圖

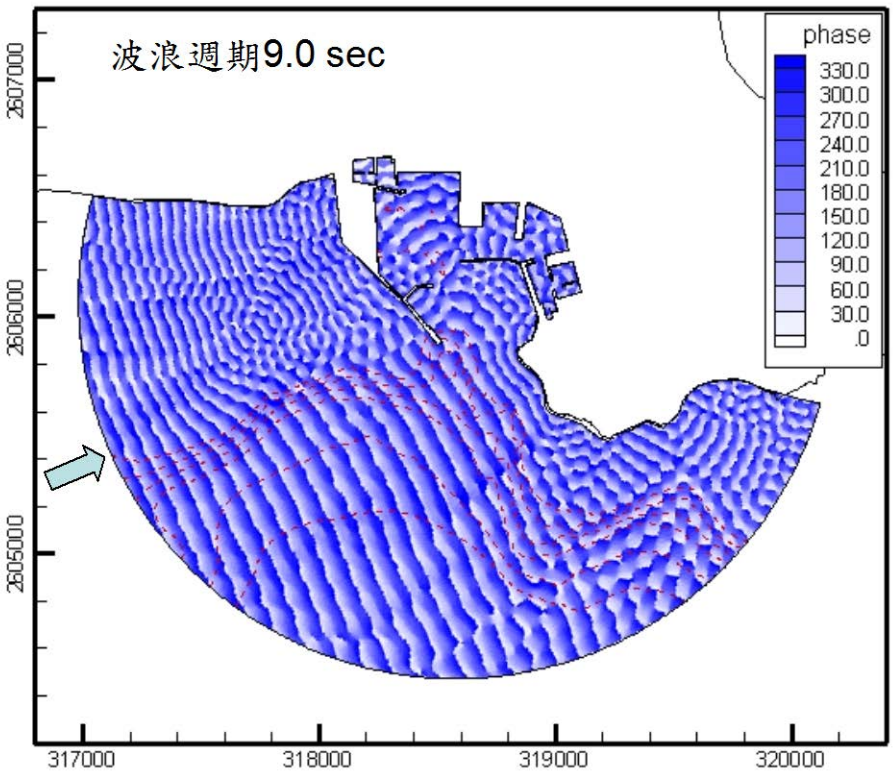


圖 7.9a　澎湖港龍門尖山港區 WSW 向波浪場模擬結果相位分布圖

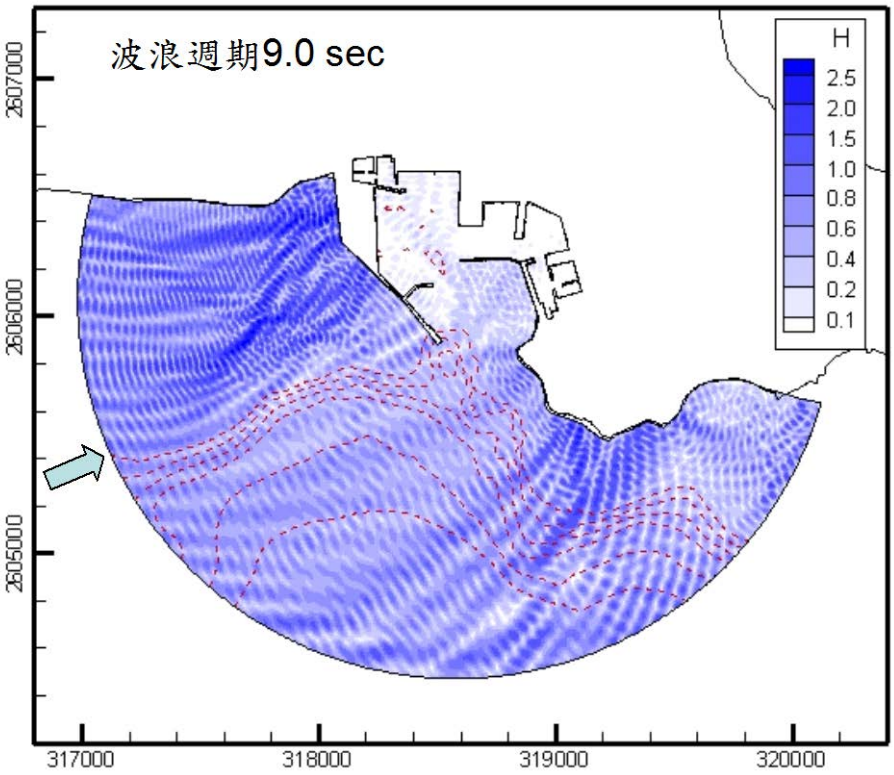


圖 7.9b　澎湖港龍門尖山港區 WSW 向波浪場模擬結果波高分布圖

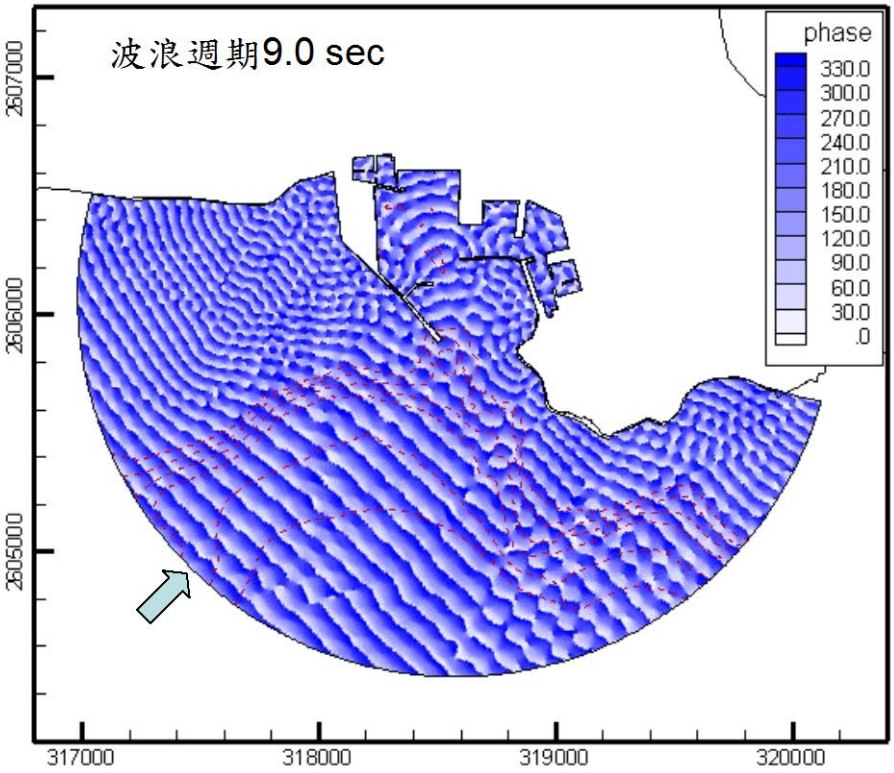


圖 7.10a　澎湖港龍門尖山港區 SW 向波浪場模擬結果相位分布圖

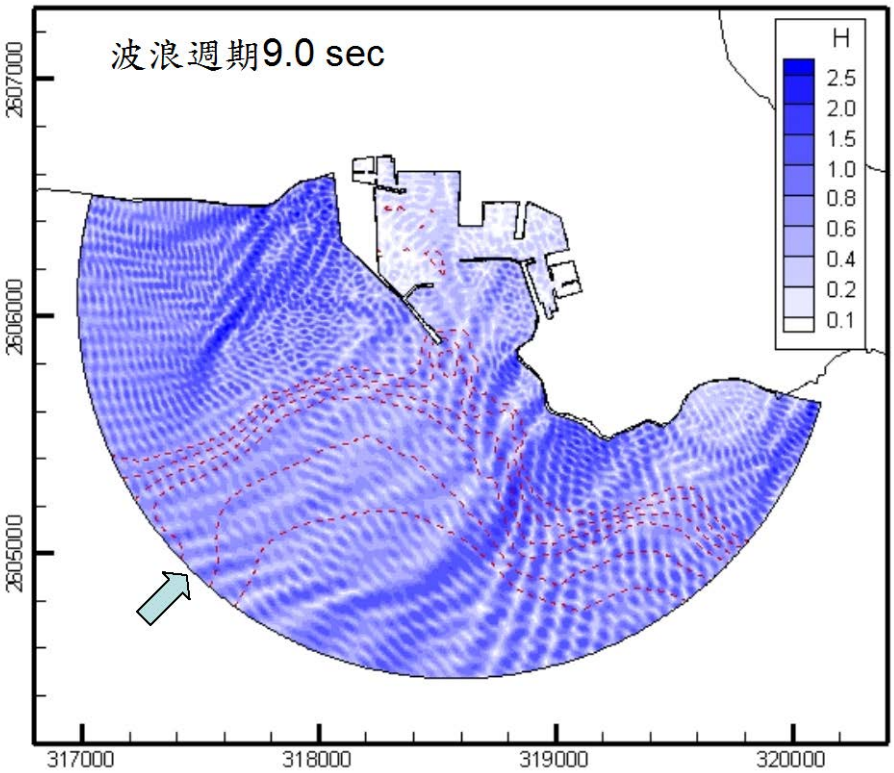


圖 7.10b　澎湖港龍門尖山港區 SW 向波浪場模擬結果波高分布圖

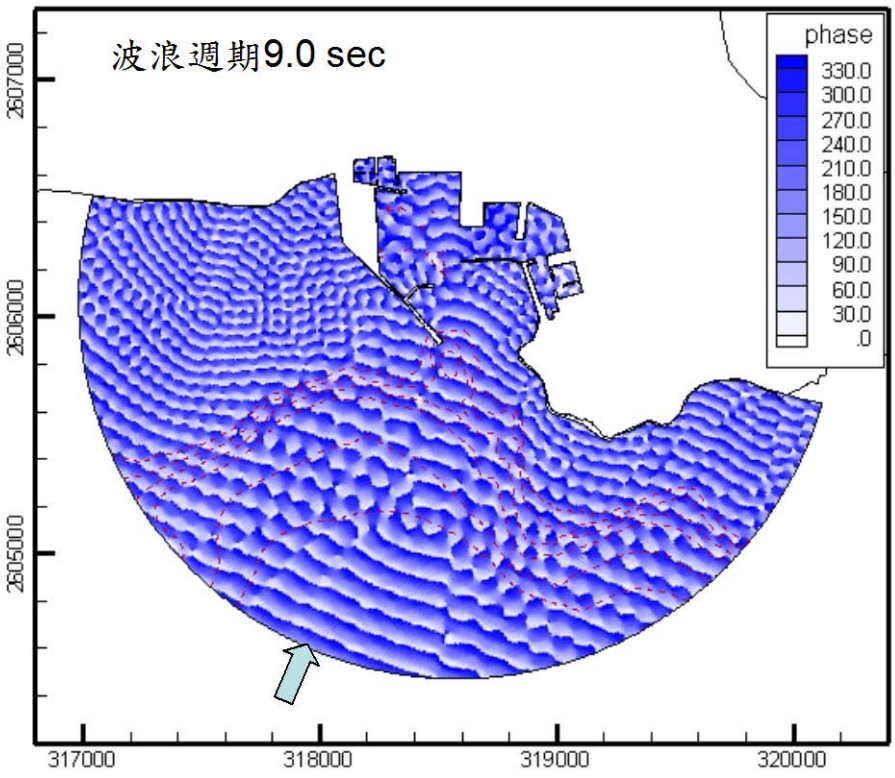


圖 7.11a　澎湖港龍門尖山港區 SSW 向波浪場模擬結果相位分布圖

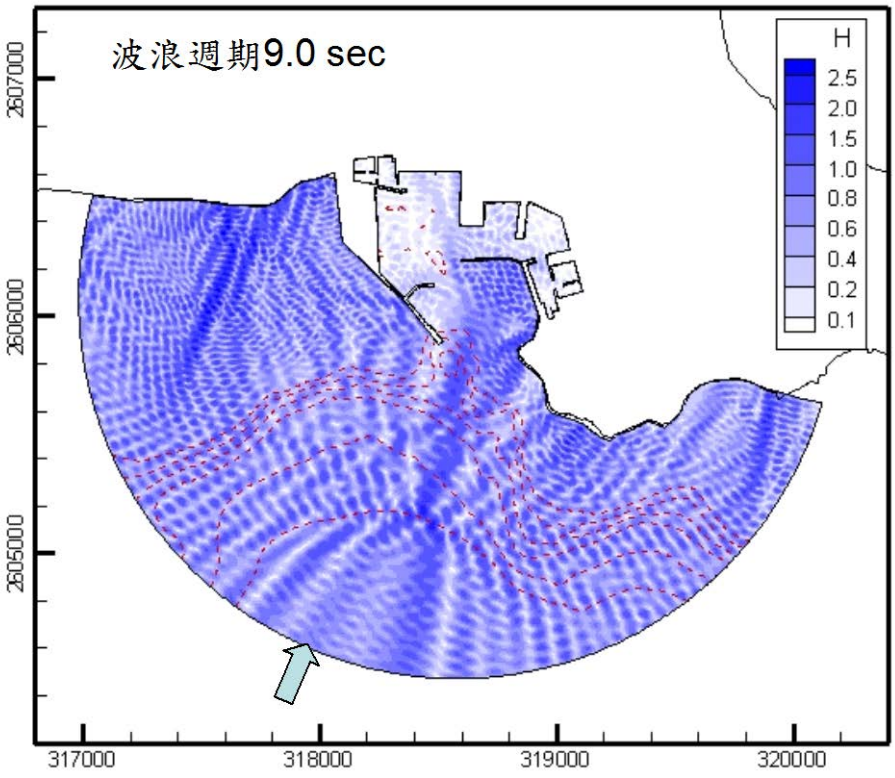


圖 7.11b　澎湖港龍門尖山港區 SSW 向波浪場模擬結果波高分布圖

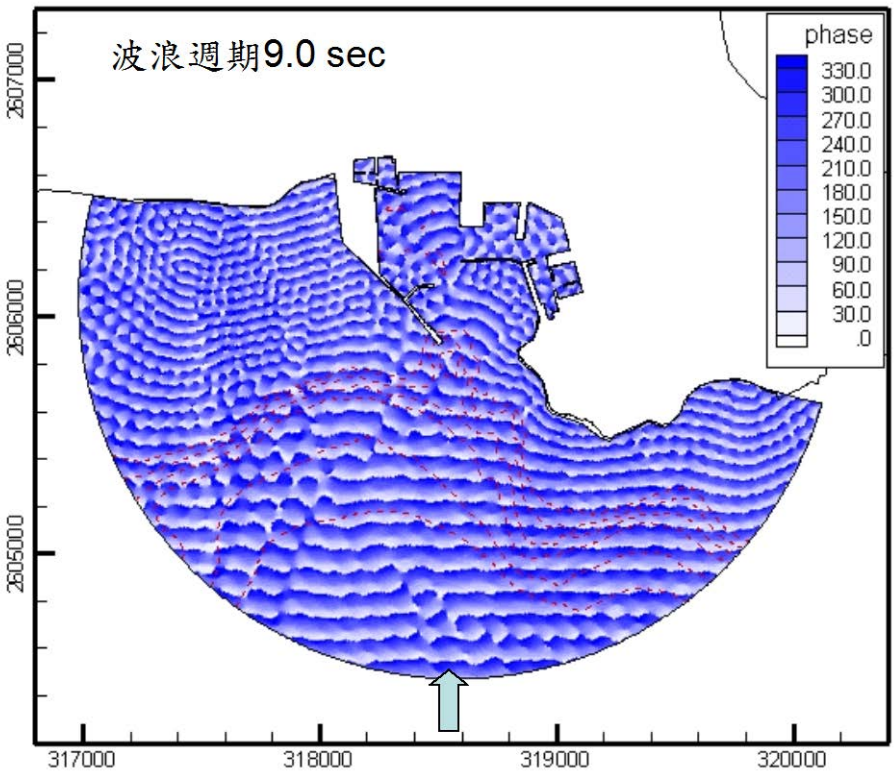


圖 7.12a　澎湖港龍門尖山港區 S 向波浪場模擬結果相位分布圖

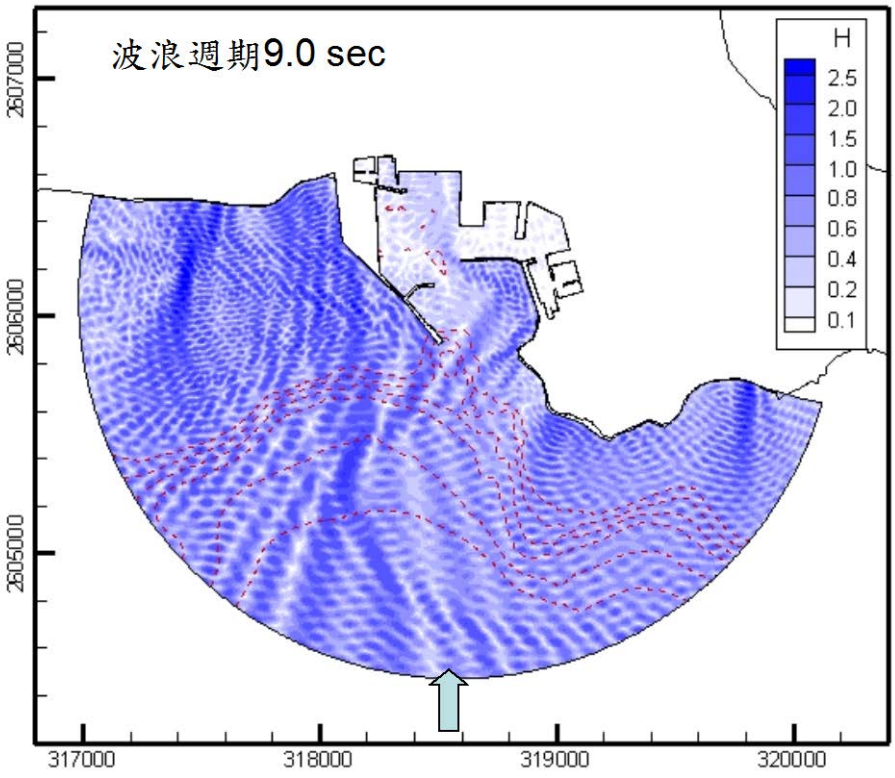


圖 7.12b　澎湖港龍門尖山港區 S 向波浪場模擬結果波高分布圖

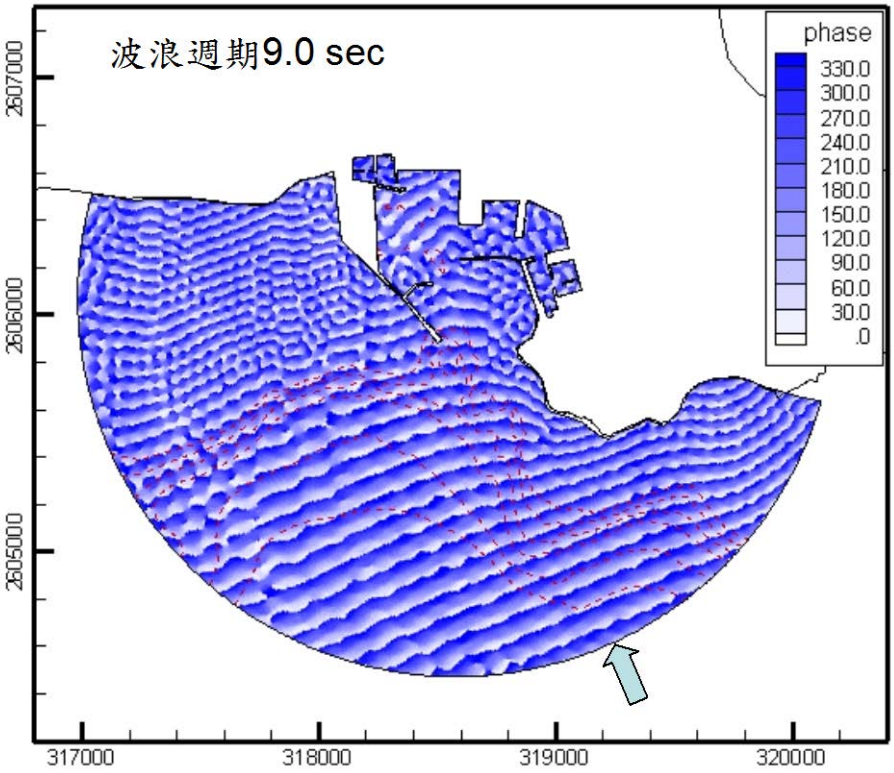


圖 7.13a　澎湖港龍門尖山港區 SSE 向波浪場模擬結果相位分布圖

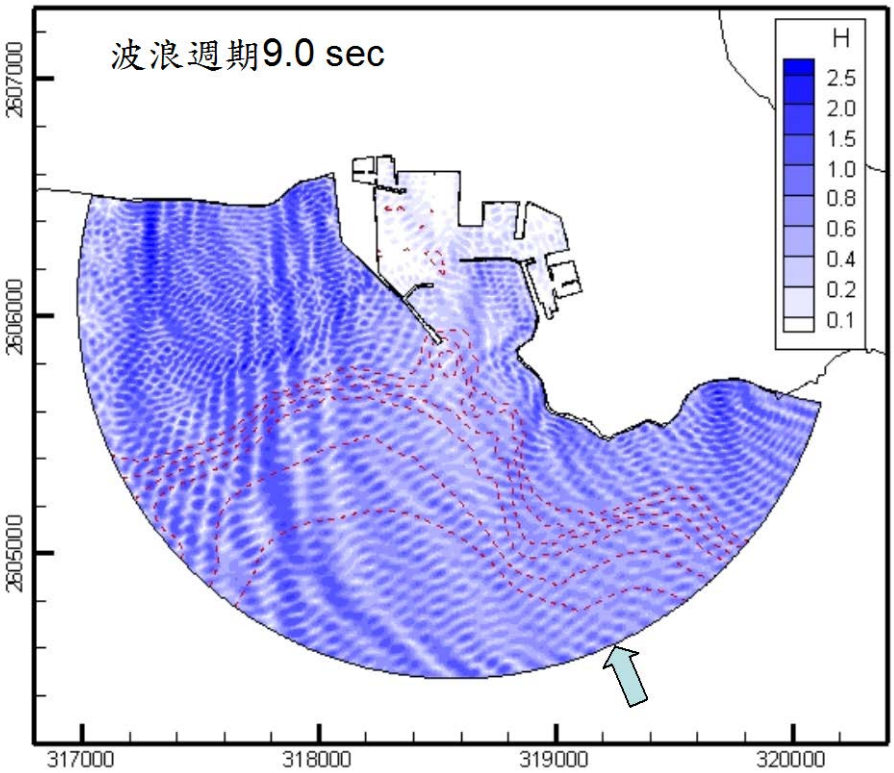


圖 7.13b　澎湖港龍門尖山港區 SSE 向波浪場模擬結果波高分布圖

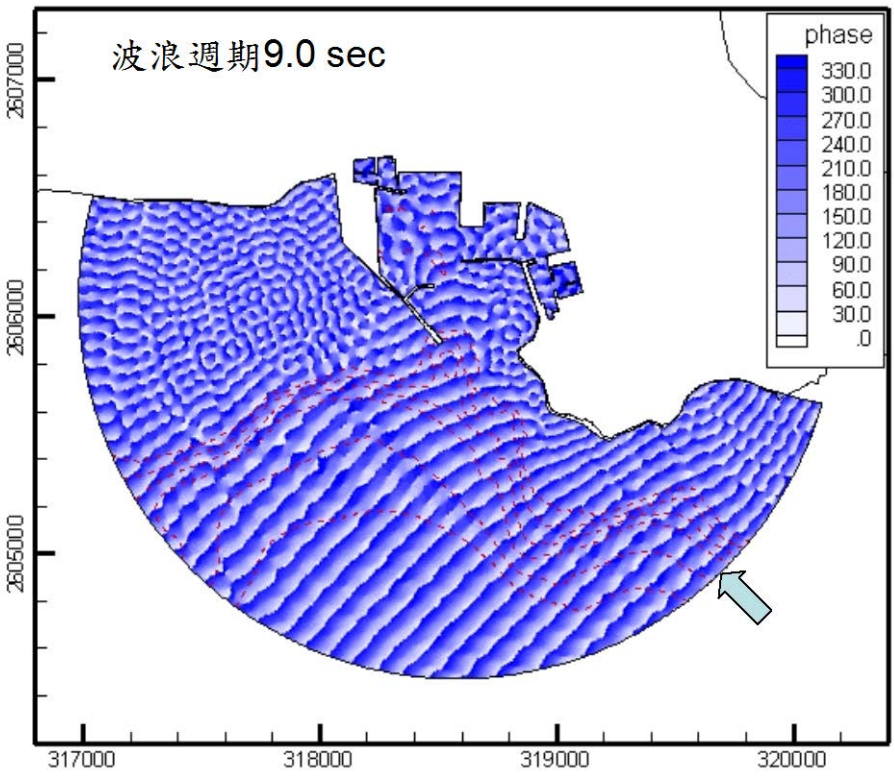


圖 7.14a　澎湖港龍門尖山港區 SE 向波浪場模擬結果相位分布圖

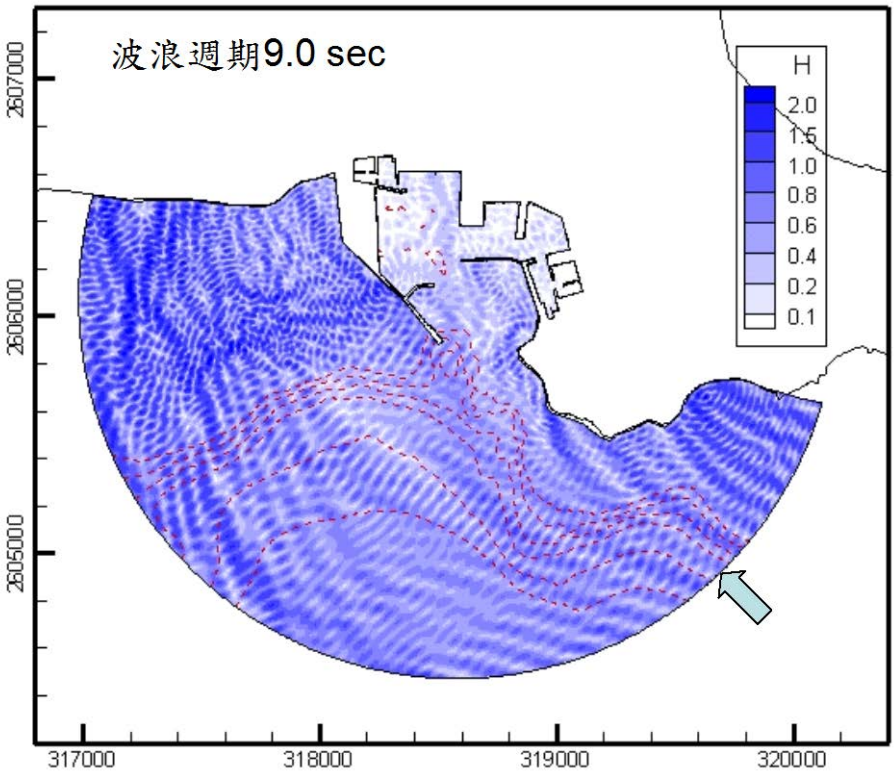


圖 7.14b　澎湖港龍門尖山港區 SE 向波浪場模擬結果波高分布圖

7.4 港池共振特性探討

一般而言，任意港池均存在特有之自然週期(natural periods，T_N)，其與港池形狀及地形(或水深)關係密切，對於不規則形狀或地形之港域往往需要藉由數值方法才能探討港池本身共振問題。為瞭解本計畫澎湖港龍門尖山港區港池共振特性，本計畫利用已建置的細尺度波浪模組進行數值模擬與分析。

由於港池共振特性或港內波高放大率與無因數參數有關 kL，k 為入射波浪之波數(wave number)，L 為港池特性長度；因此本計畫波浪計算條件設定為 kL=0.25 ~ 100 範圍，其中 k 值採用港外海無限領域等水深條件及決定。針對本計畫澎湖港龍門尖山港區細尺度波浪模組而言，外海無限領域等水深值為 13.0 m，港池特性長度量自外港口(西防波堤延伸段開口)至港池底部(7 號碼頭)長度約 790 m。

數值模擬假設條件說明：外海假想海岸線反射率 K_r=1，有限領域底床摩擦係數假設為 0.001，外海入射波波向為 196°(來向)；港內碼頭岸壁及具消波作用之海岸線及海岸構造物反射率均假設其 K_r=1.0。假設水位為平均潮位，波浪模擬週期共計 393 組。

在上述假設條件下港池內檢核點選取 A、B、C、D、E 等五個點位，如圖 7.15 所示，分別繪出波高放大率與無因次參數 kL 之關係如圖 7.16 至圖 7.20 所示。依據數值分析結果顯示澎湖港龍門尖山港區港池共振第一(或基本)共振模態約落在 KL=0.564(或波浪週期約 780s)附近，此時港域內波高放大率分布情形如圖 7.21 所示，顯示波高放大率自港口往港渠末端增大，港內無任何節點產生，符合港池基本共振模態之定義。依據郭(2004)所繪海洋波浪能量分布圖指出週期 780s 波浪已屬於長週期波，發生的機制可能如地震引起的海嘯。

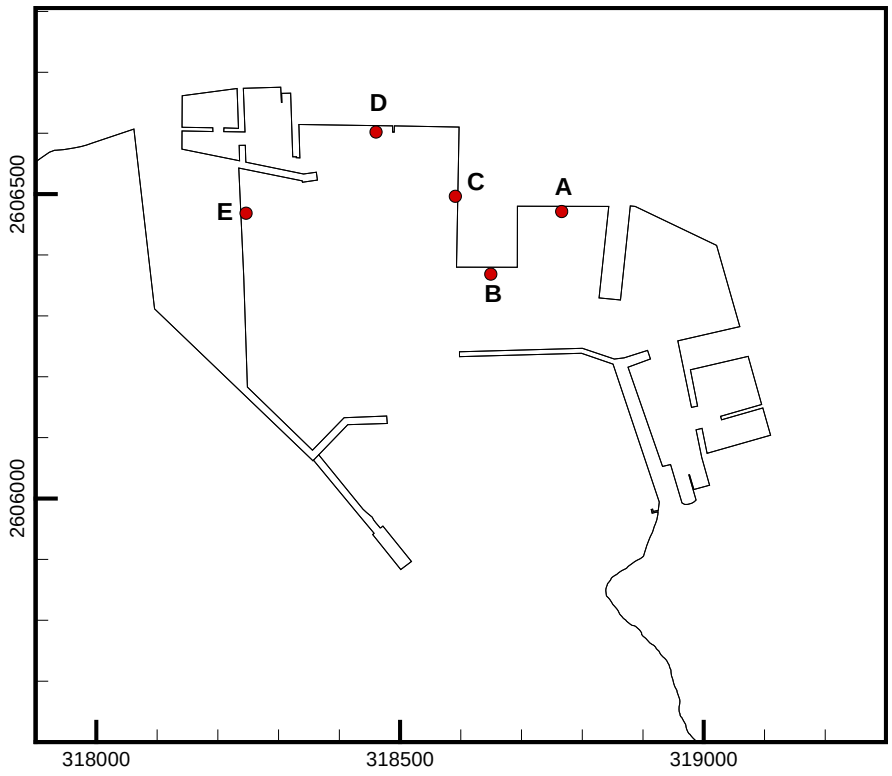


圖 7.15　澎湖港龍門尖山港區 SE 向波浪場模擬結果波高分布圖

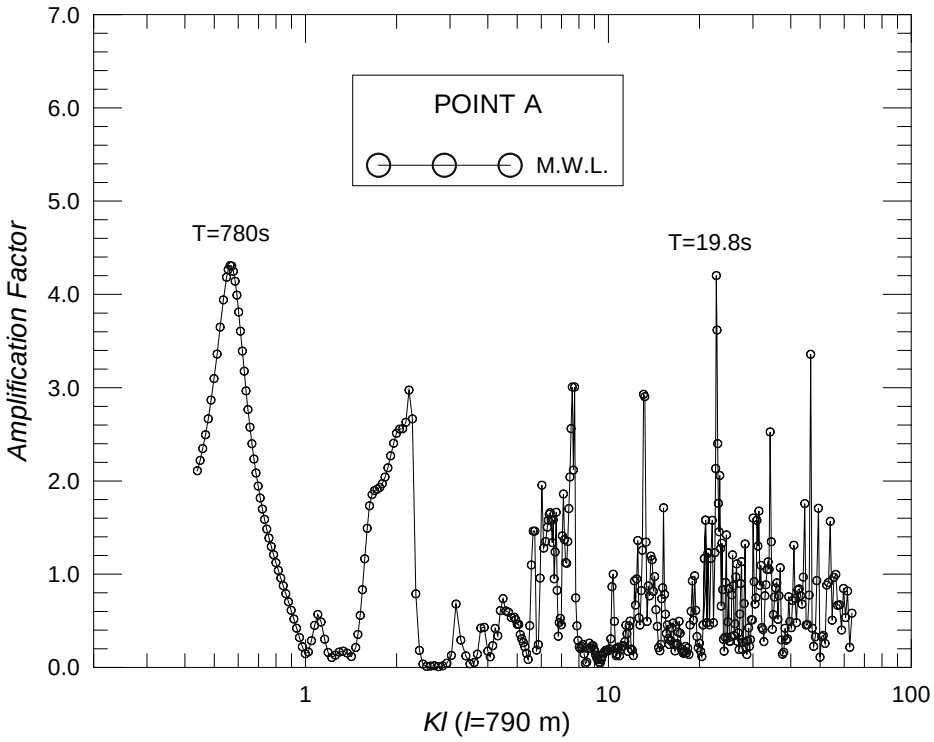


圖 7.16　澎湖港龍門尖山港區檢核點 A 波高放大率與無因次參數 *KL* 之關係圖

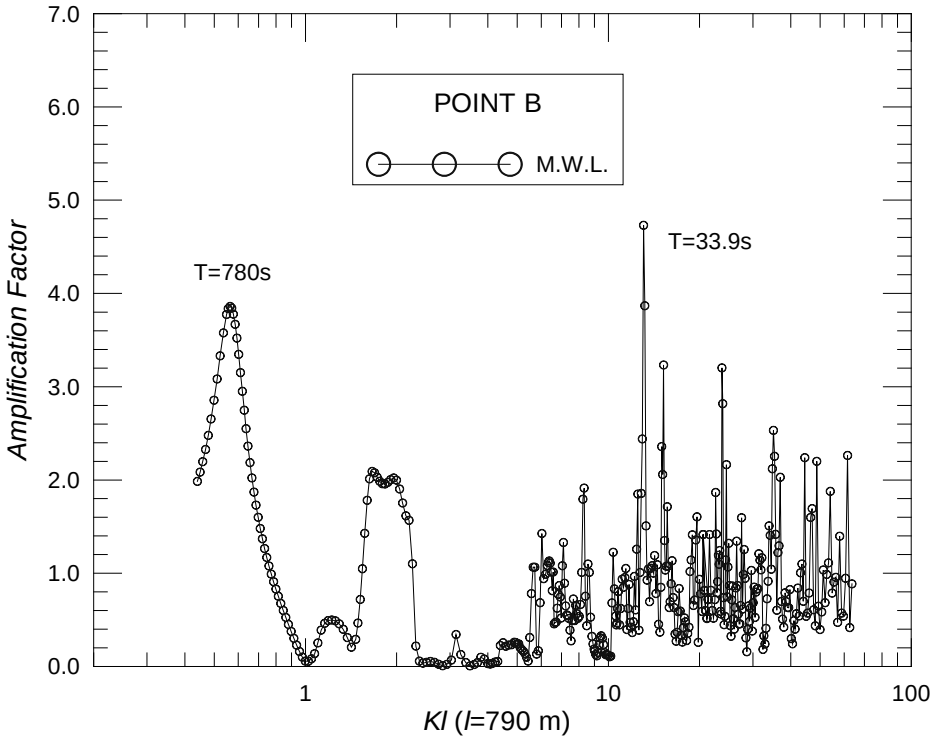


圖 7.17　澎湖港龍門尖山港區檢核點 B 波高放大率與無因次參數 *KL* 之關係圖

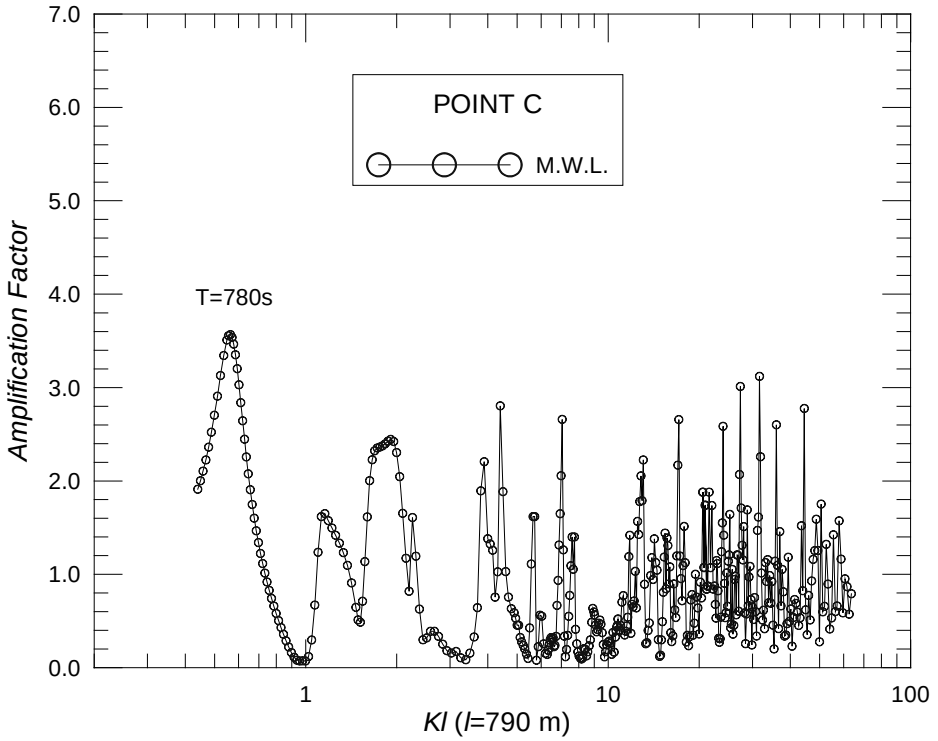


圖 7.18　澎湖港龍門尖山港區檢核點 A 波高放大率與無因次參數 *KL* 之關係圖

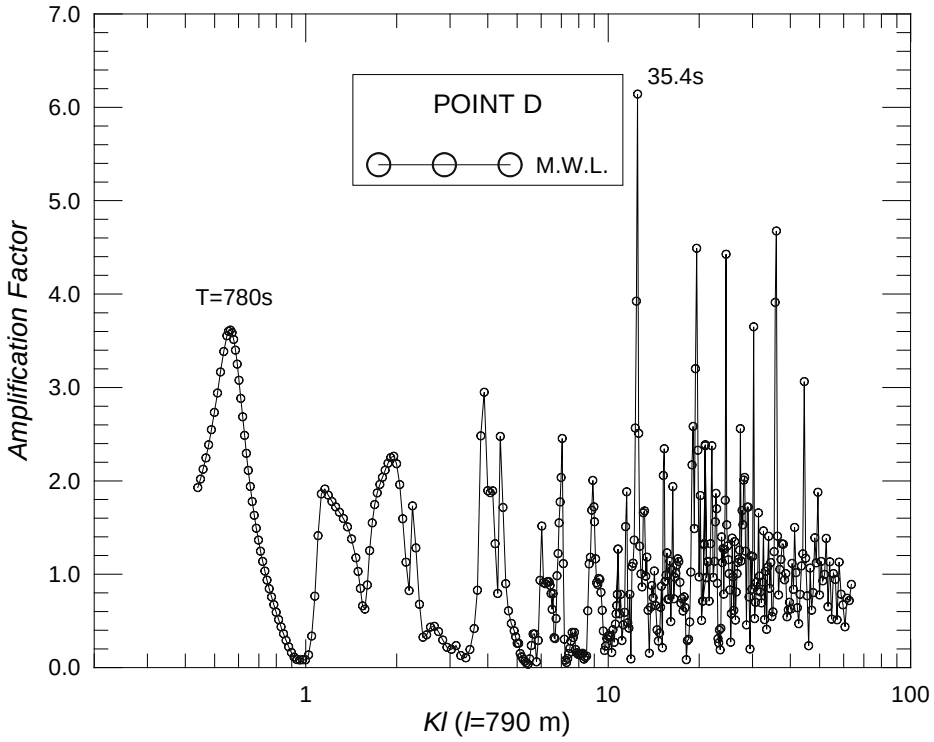


圖 7.19　澎湖港龍門尖山港區檢核點 D 波高放大率與無因次參數 *KL* 之關係圖

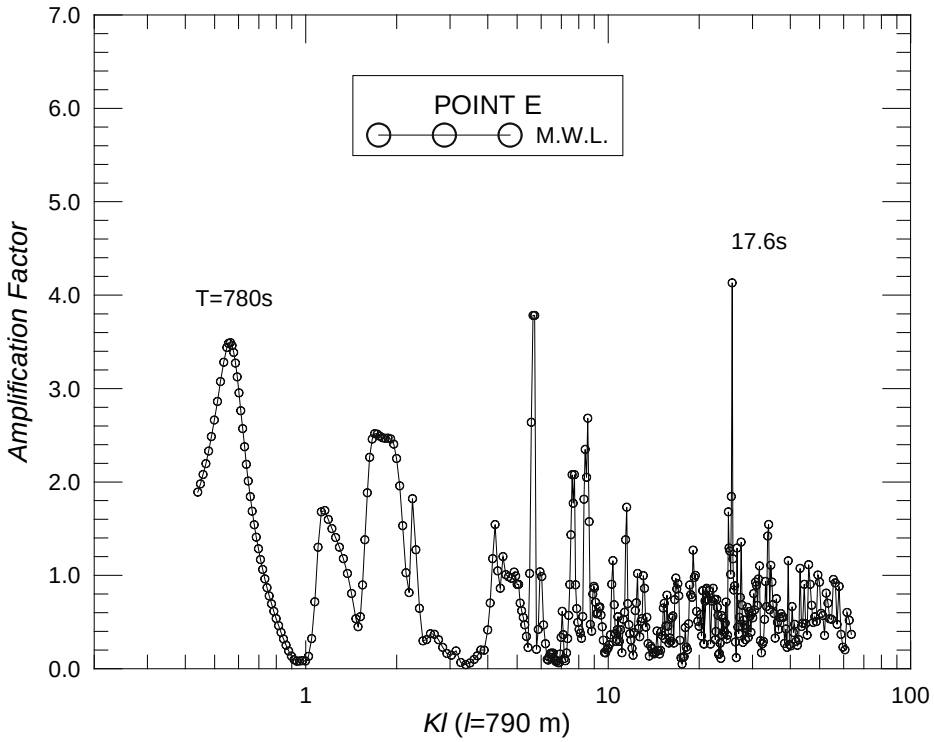


圖 7.20　澎湖港龍門尖山港區檢核點 A 波高放大率與無因次參數 *KL* 之關係圖

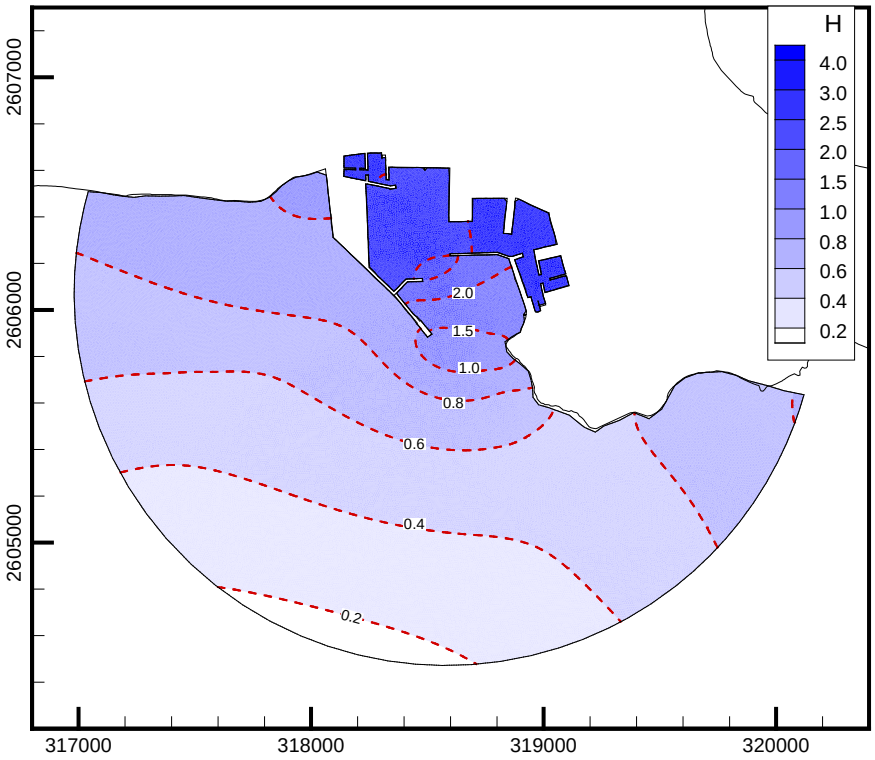


圖 7.21　澎湖港龍門尖山港區波高放大率分布圖(週期 780s)

第八章　結論與建議

本研究屬於交通部運輸研究所 105 年科技計畫「海洋防災科技及永續發展計畫」綱要計畫之分項計畫，「臺灣主要商港海象暨溢淹資訊建置之研究」計畫中規劃兩年計畫之第二年。目的在確保波浪、水位及海流等海象預報模擬系統(TaiCOMS)作業化之運作與維護，並針對臺灣周圍海域建置中尺度水動力模擬子系統，以及依據澎湖海域海象特性規劃與建置合適的波浪、水位及流場等海象模擬子系統。

本計畫達成效益包括確保海象預報模擬系統正常運作、改善海象模擬預報品質有助於港口營運及海上航運安全維護，颱風期間或緊急海灘、海岸災害時可提供防救災必要資訊。此外，本計畫臺灣周圍海域及澎湖海域波浪、水位及流場等海象模擬資料可應用於本島與離島藍色公路，提供船舶即時海象資訊，保障船舶交通航行安全。

本年度計畫整體研究成果之結論與建議如下：

8.1 結論

1. 在海象預報模擬系統維運與改善方面：本計畫除了協助港研中心完善海象模擬作業化系統維運外，在 TaiCOMS 架構下完成的具體成果包括：(1)整合中尺度臺灣周圍海域水動力模組及各主要商港小尺度近岸水動力模組建構成水動力模擬作業化系統，(2)風浪模擬作業化系統改善，如整合遠域風浪模組及近域風浪模組建立新的作業化模擬流程、以非穩態模擬方式取代原穩態模擬設定，達到完善風浪模擬系統之目的；(3)針對基隆港及臺北港小尺度水動力模組進行改善研究，增進水位及流場模擬之正確性。
2. 波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：完成本年度風力、波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估報告，評估對象包含基隆港、北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、澎湖港及金門港等 10 個主要商港，其中澎湖港及金門港屬於新增評估對象。

3. 中尺度臺灣周圍海域水動力模式校驗：本年度利用港研中心及中央氣象局潮位觀測資料校驗 2015 年天文潮模擬結果，建立以均方根誤差(RMS)及相關係數 R 為評估模式精確性之指標。以 2015 年侵臺中度颱風蘇迪勒為例進行颱風暴潮水位模擬與校驗，証明模式水位模擬成果具有可信度，適用於臺灣周圍海域水位模擬預測。

4. 澎湖海域基本資料蒐集與分析：澎湖海域潮汐特性屬於半日潮型，平均潮差約為 1.95 m，2008 ~ 2015 年最大潮差為 3.282 m，最大暴潮偏差分析值約為 0.741 m，發生於 2008 年中度颱風鳳凰侵臺期間。水利署澎湖資料浮標及中央氣象局東吉島測站之海流分析結果，均顯示除了半日潮 M_2 分潮流速相當顯著外，1/4 日潮 M_4 分潮流速普遍高於全日潮 O_1 及 K_1 分潮流速。澎湖資料浮標月平均淨流速約介於 0.13 ~ 0.16 m/s，流向為西南偏西；東吉島測站月平均淨流速約介於 0.28 ~ 0.31 m/s，流向為東北偏東。

5. 澎湖海域水動力模式建置：本計畫完成澎湖海域水動力模式建置，並以馬公潮位觀測資料及澎湖資料浮標海流觀測資料驗証數值模擬結果。同時整合中尺度臺灣周圍海域水動力模組及澎湖海域水動力模組建構成澎湖海域水動力模擬子系統，適用於澎湖海域水位及流場作業化模擬。

6. 澎湖海域近岸風浪模式建置：本計畫利用 Windows 作業系統建構出含蓋遠域風浪模組、近域風浪模組及近岸風浪模組三層巢狀網格之澎湖海域近岸風浪模擬子系統，不僅可提供解析度較高的風浪模擬波浪場外，對於澎湖各近岸港口亦可提供可信度較高的風浪模擬預測值供相關單位參考。

7. 澎湖細尺度港域波浪模式建置：本計畫針對澎湖港龍門尖山港區現況完成細尺度港域波浪模組建置，並進行港域波浪場模擬及分析龍門尖山港區之港池共振特性，顯示澎湖港龍門尖山港區發生基本模態港池共振現象之波浪週期約為 780 s。

8.2 建議

1. 本計畫雖已完成水動力模擬作業化系統之初步建置，各港區小尺度水動力模組將因邊界條件改變造成水位及流場模擬出現差異，建議需要進一步評估。此外，系統每日作業化模擬之穩定性及完善性建議仍應持續追踪。
2. 本計畫已建構出澎湖海域三層巢狀網格風浪模擬系統，相關架構及作業流程建議可推廣至臺灣周圍近岸海域(含港區)，提供相關單位較高解析度之風浪模擬資訊，將有助於維護藍色公路航行安全。

參考文獻

1. Atkinson, G.D., and Holliday, C.R. (1977). Tropical cyclone minimum sea level pressure - maximum sustained wind relationship for the western North Pacific. Monthly Weather Review, 105,421-427.
2. Battjes, J. A. and Janssen, J. P. F. M., "Energy loss and set-up due to breaking of random waves," *Proc. 16th Int. Conf. Coastal engineering, ASCE*, 569-587 (1978).
3. Booij, N., *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 (1981).
4. Booij, N., Holthuijsen, L. H. and Ris, R. C., "The "SWAN" wave model for shallow water," *Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng*., Orlando, 668-676 (1996).
5. Booij, N., Holthuijsen, L. H. and Haagsma, IJ. G., "Comparing the secondgeneration HISWA wave model with the third-generation SWAN wave model," *5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting*, Melbourne, Florida, 215-222 (1998).
6. Booij, N., Haagsma, J.G., Holthuijsen, L.H., Kieftenburg, A. T. M. M., Ris, R. C., van der Westhuysen, A. J. and Zijlema, M., *SWAN Cycle III version 40.41 USER MANUAL*, Delft University of Technology (2004).
7. Bretschneider, C.L. (1972). A non- dimensional stationary hurricane wave model. Proceedings of the Offshore Technology Conference, Paper No. OTC 1517, Houston, Texas, Vol. I, pp. 51-68.
8. Connor, J.J., and Wang, J.D. (1975) Mathematical Modelling of Near Coastal Circulation, Pentech Press.
9. Dingemans, M. W., *Water wave propagation over uneven bottoms. Part 1 –linear wave propagation*, Advanced Series on Ocean Engineering, 13, World Scientific, 471p (1997).

10. Graham, H. E. and Nunn, D. E. (1959), Meteorological conditions pertinent to standard project hurricane, Atlantic and Gulf Coasts of United States, National Hurricane Research Project, Report No. 3, US Weather Service.
11. Harper, B.A., and Holland, G.J. (1999). An updated parametric model of the tropical cyclone. Proceedings of the 23th Conference of Hurricane and Tropical Meteorology, Dallas, Texas, pp. 893-896.
12. Hasselmann, K. “On the spectral dissipation of ocean waves due to whitecapping,” *Bound.-layer Meteor*., 6, 1-2, 107-127 (1974).
13. Holland, G.J. (1980). An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes. Monthly Weather Review, 108, 1212-1218.
14. Holthuijsen, L. H., Booij, N., Ris, R., Andorka Gal, J. H. and de Jong, J. C. M., “A verification of the third-generation wave model “SWAN” along the southern North Sea coast,” *Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES ’97, ASCE*, 49-63 (1997).
15. Jelesnianski, C.P. (1966). Numerical computations of storm surges without bottom stress. Monthly Weather Review, 94(6), 379-394.
16. Jelesnianski, C.P., Chen, J., and Shaffer, W.A. (1992). SLOSH: Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes. NOAA Technical Report, NWS 48, Silver Springs, Maryland, 71 p.
17. Kirby, J. T., “Rational approximations in the parabolic equation method for water waves,” *Coastal Eng*., Vol. 10, 355-378 (1986).
18. Kirby, J. T. and Dalrymple, R. A., “A parabolic equation for combined refraction- diffraction of Stokes waves by midly varying topography,” *J. Fluid Mech*., Vol. 136, 219-232 (1983).
19. Komen, G. J., Cavaleri, L., Donelan, M. Hasselmann, K., Hasselmann, S. and Janssen, P. A. E. M., *Dynamics and modeling of Ocean Waves*. Cambridge Univ. Press, Cambridge UK (1994).
20. Liu, P. L.-F., S. Monserrat, M. Marcos, and A. B. Rabinovich, “Coupling between two inlets: Observation and modeling,” J. Geophys. Res., 108(C3), 3069, (2003).

21. MacAfee, A. W. and Pearson, G. M., (2006), Development and testing of tropical cyclone parametric wind models tailored for midlatitude application : Preliminary results, Appl. Meteorol. Climatol., 45, pp. 1244–1260.
22. Matsumoto, K., Takanezawa, T. and Ooe, M., (2000) “Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/ POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: A global model and a regional model around Japan,” J. Oceanogr., Vol. 56, pp. 567-581.
23. Mei, C. C., and M. Foda (1979), An analytical theory
24. Mei, C. C., *The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves*, John Wiley, New York (1989).
25. Miles, J. W., “On the generation of surface waves by shear flows,” *J. Fluid Mech.*, 3, 185-204 (1957).
26. Myers, V. A. (1954) Characteristics of United States hurricanes pertinent to levee design for Lake Okeechobee, Florida, Hydrometeorological Report No. 32, U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, DC.
27. Phillips, O. M., “On the generation of waves by turbulent wind,” *J. Fluid Mech*., 2, 417-445 (1957).
28. Radder, A. C., “On the parablic equation method for water-wave propagation,” *J. Fluid. Mech*., Vol. 95, 159-176 (1979).
29. Sobey R.J., Harper B.A., and Stark K.P. (1977). Numerical Simulation of Tropical Cyclone Storm Surge. Research Bulletin CS-14, Department of Civil and Systems Engineering, James Cook University, Australia.
30. WAMDI group, “The WAM model − a third generation ocean wave prediction model,” *J. Phys. Oceanogr*., 18, 1775-1810 (1988).
31. Whitham, G. B., *Linear and nonlinear waves*, Wiley, New York, 636 p (1974).
32. 劉肖孔(1987)，台灣海域颱風暴潮及氣象潮數值預報模式研究計畫，第三階段成果報告，中央氣象局研究報告第279 號。
33. 龔誠山(1997)，颱風暴潮推算，中興工程顧問社專案研究報告書。
34. 郭金棟(2004)，海岸保護，科技圖書，生態工法叢書02。

35. 李忠潘、陳陽益、邱永芳、許泰文、張憲國、薛憲文、王兆璋、劉景毅、于嘉順、蘇青和、陳冠宇、廖建明、劉正琪、錢維安、許友貞、余孟娟，規劃海象觀測網暴潮數值最佳網格化系統，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-92-H3BB002，中華民國93年3月。
36. 李忠潘、陳陽益、邱永芳、于嘉順、許泰文、王兆璋、張憲國、劉景毅、蘇青和、簡仲璟、薛憲文、廖建明、劉正琪、江朕榮、尤皓正、錢維安、許友貞、莊曜陽，近岸數值模擬系統之建立(I)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-93-H3DB001，中華民國93年11月。
37. 李忠潘、陳陽益、于嘉順、王兆璋、薛憲文、張憲國、林炤圭、劉正琪、許泰文、莊曜陽，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。
38. 李忠潘、邱永芳、陳陽益、于嘉順、蘇青和、劉正琪、林炤圭、張憲國、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。
39. 李忠潘、陳陽益、邱永芳、蘇青和、劉正琪、于嘉順、林炤圭、張憲國、薛憲文、王兆璋、陳明宗、李俊穎，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，MOTC-IOT-96-H3DB001，中華民國96年12月。
40. 邱永芳、蘇青和、李忠潘、劉正琪、于嘉順、陳陽益、林炤圭、江朕榮、李俊穎、陳明宗，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告, MOTC-IOT-97-H3DB001，中華民國 98 年 3 月。
41. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉鳳(2009)，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部份，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-98-H3DB001a，中華民國99 年 5 月。

42. 李兆芳、劉正琪、高政宏、謝依潔、曾俊傑、丁嘉鴻、陳宜芝、王顗豪、王聖瀚、鄭宇君(2009)，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)－水動力部份，交通部運輸研究所研究報告。
43. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉鳳(2010)，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部份，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-98-H3DB001a，中華民國 99 年 12 月。
44. 李兆芳、劉正琪、高政宏、陳宜芝、鄭宇君、謝佳穎(2010) 近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)－水動力部份，交通部運輸研究所研究報告。
45. 邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、鄭博今、陳信宏，提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究(1/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-100-H3DB005a，中華民國 101 年 3 月。
46. 劉正琪、邱永芳、李兆芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、涂力夫、鄭博今，提昇海岸及港灣海域海象模擬技術之研究(1/2)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-102-H3DB001a，中華民國 103 年 3 月。
47. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(3/4)」，交通部運輸研究所研究報告，2014 年 4 月。
48. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、涂力夫、謝佳紘，「臺灣主要商港海象模擬技術之精進及系統維運」，交通部運輸研究所研究報告，2015 年 3 月。
49. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、唐宏結、江朕榮、謝佳紘，「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所研究報告，2016 年 3 月。

附錄一

有限元素法二維水動力模式

水動力控制方程式

假設水體為具有黏滯性之不可壓縮流體，並考慮地球自轉運動之影響，則描述二維平面流場之連續方程式及運動方程式可表示如下：

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial q_x}{\partial x}+\frac{\partial q_y}{\partial y}=Q_0 \quad \text{.....(A1.1)}$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t}+\frac{\partial (H^{-1}q_x^2)}{\partial x}+\frac{\partial (H^{-1}q_x q_y)}{\partial y}-fq_y = -\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial x}\left(p^S+\rho g\eta\right)+\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_x^s-\tau_x^b\right)+\left(\frac{\partial F_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial F_{xy}}{\partial y}\right) \quad \text{....(A1.2)}$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t}+\frac{\partial (H^{-1}q_x q_y)}{\partial x}+\frac{\partial (H^{-1}q_y^2)}{\partial y}+fq_x = -\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial y}\left(p^S+\rho g\eta\right)+\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_y^s-\tau_y^b\right)+\left(\frac{\partial F_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial F_{yy}}{\partial y}\right) \quad \text{.....(A1.3)}$$

其中

$$H=\int_{-h}^{\eta} dz = h+\eta \quad \text{.....(A1.4a)}$$

$$q_x=\int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u}H \quad \text{.....(A1.4b)}$$

$$q_y=\int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v}H \quad \text{.....(A1.4c)}$$

$$\bar{u}=\frac{1}{(h+\eta)}\int_{-h}^{\eta} u dz \quad \text{.....(A1.4d)}$$

$$\bar{v}=\frac{1}{(h+\eta)}\int_{-h}^{\eta} v dz \quad \text{.....(A1.4e)}$$

$$F_{ij}=E_{ij}(q_{j,i}+q_{i,j}) \qquad i,j=x,y \quad \text{.....(A1.4f)}$$

$$\tau_i^b=C_f(q_x^2+q_y^2)^{1/2}\frac{q_i}{H^2} \qquad i=x,y \quad \text{.....(A1.4g)}$$

$$\tau_i^S = \rho_a C_d |U_{10}| U_i \qquad i, j = x, y \quad \text{.....(A1.4h)}$$

此處

h＝靜水深，

η＝水位變化，

u＝x方向之水平流速，

v＝y方向之水平流速，

Q_0＝以 Source 或 Sink 形式進出領域之流量，

ρ_0＝流體平均密度，

ρ_a＝空氣密度，

p^s＝水面壓力，

g＝重力常數，

τ_x^b＝x方向之底床剪應力，

τ_y^b＝y方向之底床剪應力，

τ_x^s＝x方向之水面剪應力

τ_y^s＝y方向之水面剪應力

C_f ＝ 底床摩擦係數，引用 Manning 公式可得$C_f = \dfrac{n^2 g}{H^{1/3}}$，

n＝曼寧係數，

C_d＝風力係數，其值為$C_d = (1.1 + 0.0536U_{10})10^{-3}$，

U_{10}＝海面上10公尺處之風速

E_{ij}＝渦動黏滯係數(Eddy coefficient)，

f＝柯氏參數(Coriolis parameter)，等於$2\omega\sin\phi$，

ω＝地球自轉之位相速度，

ϕ＝計算領域所在位置之緯度，

問題之初始條件為

$$\eta(x,y,t)=\eta_0(x,y) \quad \text{或} \quad H(x,y,t)=H_0(x,y) \qquad \text{(A1.5a)}$$

$$q_x(x,y,t)=q_{x0}(x,y) \quad \text{及} \quad q_y(x,y,t)=q_{y0}(x,y) \qquad \text{(A1.5b)}$$

式中 η_0、H_0、q_{x0} 及 q_{y0} 分別代表時間 $t = 0$ 時之水位、水深及 x、y 方向流量。

問題之邊界條件則考慮流量邊界條件如下：

$$q_n=\alpha_{nx}q_x+\alpha_{ny}q_y=\hat{q}_n \qquad \text{(A1.6a)}$$

$$q_s=-\alpha_{ny}q_x+\alpha_{nx}q_y=\hat{q}_s \qquad \text{(A1.6b)}$$

或

$$q_x=\alpha_{nx}q_n-\alpha_{ny}q_s \qquad \text{(A1.7a)}$$

$$q_y=\alpha_{nx}q_s+\alpha_{ny}q_n \qquad \text{(A1.7b)}$$

式中 α_{nx} 及 α_{nx} 為方向導數，下標 n 及 s 分別表示法線及切線方向，$\hat{q}_n$ 及 $\hat{q}_s$ 表示給定之邊界條件。

此外，內應力項之邊界條件為

$$F_x=\alpha_{nx}F_{xx}+\alpha_{ny}F_{yx}=\hat{F}_x \qquad \text{(A1.8a)}$$

$$F_y=\alpha_{nx}F_{xy}+\alpha_{ny}F_{yy}=\hat{F}_y \qquad \text{(A1.8b)}$$

式中 $\hat{F}_x$ 及 $\hat{F}_y$ 表示給定之邊界條件。

有限元素法方程式

本計畫二維有限元素水動力模式係採用葛金斯加權殘差有限元素數值方法求解二維水動力系統控制方程式(A1.1)~(A1.3)式及其邊界值問題。依據 Stokes 理論(A1.1)~(A1.3)式可改寫成下列積分方程式：

$$\iint_A \left[\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - Q_0 \right] \delta H \ \mathrm{d}A = 0 \quad \text{.....(A1.9)}$$

$$\iint_A \left[\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_x^2 \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_y q_x \right)}{\partial y} - f q_y + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \left(P^s + \rho g \eta \right) \right] \delta q_x \ \mathrm{d}A$$
$$- \iint_A \left[\frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xx} \frac{\partial \left(\delta q_x \right)}{\partial x} - F_{yx} \frac{\partial \left(\delta q_x \right)}{\partial y} \right] \mathrm{d}A - \int_{\partial A} F_x' \delta q_x \ \mathrm{d}L = 0 \quad \text{...(A1.10)}$$

$$\iint_A \left[\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_x q_y \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_y^2 \right)}{\partial y} + f q_x + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \left(P^s + \rho g \eta \right) \right] \delta q_y \ \mathrm{d}A$$
$$- \iint_A \left[\frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xy} \frac{\partial \left(\delta q_y \right)}{\partial x} - F_{yy} \frac{\partial \left(\delta q_y \right)}{\partial y} \right] \mathrm{d}A - \int_{\partial A} F_y' \delta q_y \ \mathrm{d}L = 0 \quad \text{...(A1.11)}$$

式中 A 代表計算領域，∂A 代表計算領域 A 之邊界，dA 及 dL 分別代表面積分及線積分之微小單元，δH、δq_x 及 δq_y 分別為權函數(weighting function)，F_x' 及 F_y' 分別代表邊界上的內應力項。

常見求解上述積分方程式(A1.9)~ (A1.11)式之方法為有限元素近似法，即將計算領域分割成有限個次領域(subdomain)稱之為元素(element)，各元素之間以節點(nodes)連接，節點上的未知數稱為自由度(degree of freedom)。本計畫採用含有三個節點之三角形元素分割計算領域，在每個元素內上述物理量 H、q_x 及 q_y 可以分別用線性內插函數(或稱為形狀函數) N_j^e (j = 1, 2, 3，對應於三角元素三個節點)及節點上未知函數 H_j^e 、q_{xj}^e 及 q_{xj}^e 近似表示，即

$$H^e = N_1^e H_1^e + N_2^e H_2^e + N_3^e H_3^e = \left\{ N^e \right\}^T \left\{ H^e \right\} = \left\{ H^e \right\}^T \left\{ N^e \right\} \quad \text{.....(A1.12)}$$

$$q_x^e = N_1^e q_{x1}^e + N_2^e q_{x2}^e + N_3^e q_{x3}^e = \left\{ N^e \right\}^T \left\{ q_x^e \right\} = \left\{ q_x^e \right\}^T \left\{ N^e \right\} \quad \text{.....(A1.13a)}$$

$$q_y^e = N_1^e q_{y1}^e + N_2^e q_{y2}^e + N_3^e q_{y3}^e = \left\{ N^e \right\}^T \left\{ q_y^e \right\} = \left\{ q_y^e \right\}^T \left\{ N^e \right\} \quad \text{.....(A1.13b)}$$

上述表示式中 $\left\{ H^e \right\}$ 、$\left\{ q_x^e \right\}$ 、$\left\{ q_y^e \right\}$ 及 $\left\{ N^e \right\}$ 之轉置矩陣分別為

$$\left\{H^e\right\}^T = \left\{H_1^e,\quad H_2^e,\quad H_3^e\right\} \quad \text{.....(A1.14a)}$$

$$\left\{q_x^e\right\}^T = \left\{q_{x1}^e,\quad q_{x2}^e,\quad q_{x3}^e\right\} \quad \text{.....(A1.14b)}$$

$$\left\{q_y^e\right\}^T = \left\{q_{y1}^e,\quad q_{y2}^e,\quad q_{y3}^e\right\} \quad \text{.....(A1.14c)}$$

$$\left\{N^e\right\}^T = \left\{N_1^e,\quad N_2^e,\quad N_3^e\right\} \quad \text{.....(A1.14d)}$$

其中三角元素之線性內插函數N_j^e計算如下

$$N_j^e = \left(a_j + b_j x + c_j y\right)\Big/ 2\Delta^e, \qquad j = 1, 2, 3 \quad \text{.....(A1.15a)}$$

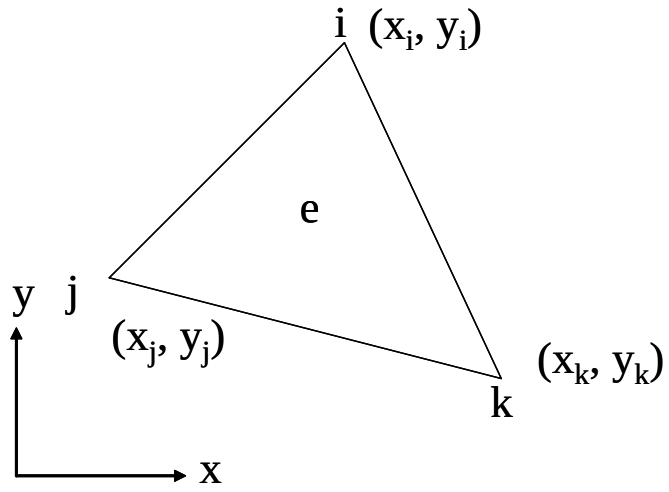
$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e \quad \text{.....(A1.15b)}$$

$$b_i = y_j^e - y_k^e \quad \text{.....(A1.15c)}$$

$$c_i = x_k^e - x_j^e \quad \text{.....(A1.15d)}$$

$$\Delta^e = \frac{1}{2}\begin{vmatrix} 1 & x_1^e & y_1^e \\ 1 & x_2^e & y_2^e \\ 1 & x_3^e & y_3^e \end{vmatrix} \quad \text{.....(A1.15e)}$$

式中$\left(x_j^e, y_j^e\right)$為三角元素節點 j 之座標(如附圖 1.1 所示)，(A1.15e)式代表座標之線性函數。



附圖 1.1 三角形元素座標定義

(A1.9)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A \frac{\partial H}{\partial t}\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(\frac{\partial H}{\partial t}\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T \frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t} \quad \text{(A1.16a)}$$

$$\iint_A \frac{\partial q_x}{\partial x}\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(\frac{\partial q_x}{\partial x}\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial x}\left\{q_x^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[G_x^e\right]\left\{q_x^e\right\} \quad \text{.....(A1.16b)}$$

$$\iint_A \frac{\partial q_y}{\partial y}\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(\frac{\partial q_y}{\partial y}\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial y}\left\{q_y^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[G_y^e\right]\left\{q_y^e\right\} \quad \text{.....(A1.16c)}$$

$$\iint_A Q_0\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(Q_0\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T \left\{Q_0^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\} \quad \text{.....(A1.16d)}$$

其中

$$\left[M_h^e\right]=\iint_e\left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T dA^e=\frac{\Delta^e}{12}\begin{bmatrix}2&1&1\\1&2&1\\1&1&2\end{bmatrix} \quad \text{.....(A1.17a)}$$

$$\left[G_x^e\right]=\iint_e\left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial x}dA^e=\frac{1}{6}\begin{bmatrix}b_1&b_2&b_3\\b_1&b_2&b_3\\b_1&b_2&b_3\end{bmatrix} \text{.....(A1.17b)}$$

$$\left[G_y^e\right]=\iint_e\left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial y}dA^e=\frac{1}{6}\begin{bmatrix}c_1&c_2&c_3\\c_1&c_2&c_3\\c_1&c_2&c_3\end{bmatrix} \text{.....(A1.17c)}$$

將上述各項積分離散式代入積分方程式(A1.9)式，則(A1.9)式可簡化成

$$\sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T\left\{\left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t}+\left[G_x^e\right]\left\{q_x^e\right\}+\left[G_y^e\right]\left\{q_y^e\right\}-\left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\}\right\}=0 \text{ ...(A1.18)}$$

定義陣列$\{\delta H\}$及$\{H\}$分別為全部的$\left\{\delta H^e\right\}$及$\left\{H^e\right\}$結合後之整體陣列(global array)，陣列$\{q\}$為$\left\{q_x^e\right\}$及$\left\{q_y^e\right\}$合併後之整體陣列，則(A1.18)式可結合成一矩陣方程式如下

$$\{\delta H\}^T\left\{\left[M_h\right]\frac{\partial\{H\}}{\partial t}+\left[G_h\right]\{q\}+\{R_h\}\right\}=0 \text{.....(A1.19)}$$

式中整體矩陣$\left[M_h\right]$、$\left[G_h\right]$及$\left\{H^e\right\}$分別為元素矩陣$\left[M_h^e\right]$、$\left[G_x^e\right]$與$\left[G_y^e\right]$以及$\left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\}$結合後之整體矩陣列，其中整體矩陣$\left[M_h\right]$為一對稱矩陣。

由於陣列$\{\delta H\}^T$為任意函數，故可得到

$$\left\{\left[M_h\right]\frac{\partial\{H\}}{\partial t}+\left[G_h\right]\{q\}+\{R_h\}\right\}=0 \text{.....(A1.20)}$$

(A1.10)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A \left(\frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \frac{\partial \left\{ q_x^e \right\}}{\partial t} \quad \text{.....(A1.21a)}$$

定義 $\hat{q}_{ij} = H^{-1} q_i q_j$ ，i、$j = x$ 、y

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[G_x^e \right] \left\{ \hat{q}_{xx}^e \right\} \quad \text{(A1.21b)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[G_y^e \right] \left\{ \hat{q}_{yx}^e \right\}$$

.....(A1.21c)

$$\iint_A \left(f q_y \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(f q_y \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T f \left[M_h^e \right] \left\{ q_y^e \right\} \quad \text{.....(A1.21d)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^S}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^S}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{(b_1 p_1 + b_2 p_2 + b_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \end{aligned} \quad \text{.....(A1.21e)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left(gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{g(b_1 \eta_1^e + b_2 \eta_2^e + b_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \end{aligned} \quad \text{.....(A1.21f)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau^{se}{}_x \right\} \quad \text{.....(A1.21g)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau^{be}{}_x \right\} \quad \text{.....(A1.21h)}$$

$$\iint_A \left(F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{E_{xx} \bar{H}}{12 \Delta^e} \left[M_{bb}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} \text{(A1.21i)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{E_{yx} \bar{H}}{24 \Delta^e} \left\{ \left[M_{cb}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} + \left[M_{cc}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} \right\} \end{aligned} \quad \text{.....(A1.21j)}$$

$$\int_{\partial A}\left(F_x'\delta q_x\right)dL=\sum_{\partial e\in\partial A}\int_{\partial e}\left(F_x'\delta q_x\right)dL^e=\sum_{\partial e\in\partial A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\int_{\partial e}\left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T\left\{F_x'\right\}dL^e$$

$$=\sum_{\partial e\in\partial A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\frac{L^e}{6}\begin{bmatrix}2&1\\1&2\end{bmatrix}\left\{F_x'^e\right\} \qquad \text{(A1.21k)}$$

其中 $\bar{H}^e=\left(H_1^e+H_2^e+H_3^e\right)$，$\left(\bar{u},\bar{v}\right)=H^{-1}\left(q_x,q_y\right)$

$$\left[M_{bb}^e\right]=\begin{bmatrix}b_1^2&b_1b_2&b_1b_3\\b_2b_1&b_2^2&b_2b_3\\b_3b_1&b_3b_2&b_3^2\end{bmatrix} \qquad \text{(A1.22a)}$$

$$\left[M_{cb}^e\right]=\begin{bmatrix}c_1b_1&c_1b_2&c_1b_3\\c_2b_1&c_2b_2&c_2b_3\\c_3b_1&c_3b_2&c_3b_3\end{bmatrix} \qquad \text{(A1.22b)}$$

$$\left[M_{cc}^e\right]=\begin{bmatrix}c_1^2&c_1c_2&c_1c_3\\c_2c_1&c_2^2&c_2c_3\\c_3c_1&c_3c_2&c_3^2\end{bmatrix} \qquad \text{(A1.22c)}$$

同理，(A1.11)式各項積分式之計算如下：

$$\iint_A\left(\frac{\partial q_y}{\partial t}\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T\left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{q_y^e\right\}}{\partial t} \qquad \text{(A1.23a)}$$

$$\iint_A\left(\frac{\partial H^{-1}q_xq_y}{\partial x}\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T\left[G_x^e\right]\left\{\hat{q}_{xy}^e\right\} \qquad \text{(A1.23b)}$$

$$\iint_A\left(\frac{\partial H^{-1}q_y^2}{\partial y}\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T\left[G_y^e\right]\left\{\hat{q}_{yy}^e\right\} \qquad \text{(A1.23c)}$$

$$\iint_A\left(fq_x\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T f\left[M_h^e\right]\left\{q_x^e\right\} \qquad \text{(A1.23d)}$$

$$\iint_A\left(\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial p^S}{\partial y}\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T\left[M_h^e\right]\left\{H^e\right\}\frac{\left(c_1p_1+c_2p_2+c_3p_3\right)}{2\rho_0\Delta^e} \qquad \text{(A1.23e)}$$

$$\iint_A\left(gH\frac{\partial\eta}{\partial y}\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T\left[M_h^e\right]\left\{H^e\right\}\frac{g\left(c_1\eta_1^e+c_2\eta_2^e+c_3\eta_3^e\right)}{2\Delta^e} \qquad \text{(A1.23f)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_y^s}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau^{se}{}_y \right\} \quad \text{.....(A1.23g)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau^{be}{}_y \right\} \quad \text{.....(A1.23h)}$$

$$\iint_A \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{E_{xy} \bar{H}}{24\Delta^e} \left\{ \left[M_{cb}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} + \left[M_{bb}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} \right\} \text{.....(A1.23i)}$$

$$\iint_A \left(F_{yy} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{E_{yy} \bar{H}}{12\Delta^e} \left[M_{cc}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} \text{.....(A1.23j)}$$

$$\int_{\partial A} \left(F_y' \delta q_y \right) dL = \sum_{\partial e \in \partial A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \left\{ F_y'^e \right\} \text{.....(A1.23k)}$$

將上述各項積分式分別代入(A1.10)式及(A1.11)式並且將其組合成一整體矩陣方程式如下：

$$\left[M_m \right] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} + \left[G_m \right] \{q\} + \left[K_m \right] \{\eta\} + \{R_m\} = 0 \text{.....(A1.24)}$$

以上推導得知透過有限元素空間座標積分可以將原積分方程式(A1.9)~(A1.11)離散化成求解一階時間項常微分方程組(A1.20)式及(A1.24)式。

一般而言，求解上述一階時間項常微分方程組(A1.20)式及(A1.24)式之方法甚多，原則上以求解方法之精確性、穩定性及效率為主要考量因素。本研究採用時間分離(split-time)之前項差分方法求解(A1.20)式及(A1.24)式，有關求解之程序說明如下：

先將一階時間項常微分方程組(A1.20)式及(A1.24)式重組成

$$\left[M_h \right] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} = \{P_h\} \text{.....(A1.25)}$$

$$\left[M_m \right] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} = \{P_m\} \text{.....(A1.26)}$$

式中陣列$\{P_h\}$及$\{P_m\}$之元素通常為 H、q 及 t 之函數。

求解上時間項採用梯型法則計算且 H 及 q 分別在時間序列上交錯排列，即 H 及 q 分別在時間$t_{n-½}$及t_n(n = 1, 2, 3,….)上求解，則(A1.25)式及(A1.26)式可改寫成

$$[M_h]\left\{\{H\}_{n+\frac{1}{2}}-\{H\}_{n-\frac{1}{2}}\right\}=\Delta t\left\{P_h\left(\{H\}_{n-\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_n\right)\right\} \quad \text{.....(A1.27)}$$

$$[M_m]\left\{\{q\}_{n+1}-\{q\}_n\right\}=\Delta t\left\{P_m\left(\{H\}_{n+\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_{n+\frac{1}{2}}\right)\right\} \quad \text{.....(A1.28)}$$

或

$$\{H\}_{n+\frac{1}{2}}=\{H\}_{n-\frac{1}{2}}+\Delta t[M_h]^{-1}\left\{P_h\left(\{H\}_{n-\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_n\right)\right\} \quad \text{.....(A1.29)}$$

$$\{q\}_{n+1}=\{q\}_n+\Delta t[M_m]^{-1}\left\{P_m\left(\{H\}_{n+\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_{n+\frac{1}{2}}\right)\right\} \quad \text{.....(A1.30)}$$

因此當初始條件$\{H\}_{n-\frac{1}{2}}$及$\{q\}_n$已知時，可由(A1.29)式直接求解$\{H\}_{n+\frac{1}{2}}$，再由(A1.30)式求解$\{q\}_{n+1}$，然後重複上述步驟連續求解。

依據 Connor and Wang (1974)研究結果指出上述求解方法之穩定性條件(stability condition)為

$$\Delta t<1.5\Delta t_{cr}=1.5\Delta s^*/U^* \quad \text{.....(A1.31)}$$

式中 Δs^*為代表性網格大小，$U^*=\sqrt{2gH}$ 。

有關渦動粘滯性係數之決定，Connor and Wang (1974)提出下列經驗公式，亦即

$$E_{xx}\sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u})\tilde{x} \quad \text{.....(A1.32)}$$

式中 E_{xx}為渦動粘滯性係數，其單位為 m^2/s，a 為無因次係數，其合理的範圍為 0.01~0.1 之間；g 為重力加速度，$\tilde{\eta}$為潮汐代表性潮差，$\tilde{u}$ 為潮流代表性流速，$\tilde{x}$ 為三角元素代表性邊界。

附錄二　相關波浪模式介紹

2.1 西太平洋範圍風浪模組之基本理論

對 TaiCOMS 而言，大尺度西太平洋範圍風浪模組是依據海洋波浪預測模式 WAM (WAve Modeling)為模式之基礎而建置的，目前 TaiCOMS 使用的版本係經由 WAMDI (The Wave Model Development and Implementation) Group (1988)改良的模式。WAM 模式所使用的基本方程式為二維波浪能量平衡方程式，此方程式能夠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浪的生成、波能的消散、底床摩擦效應，以及波與波之間非線性交互作用。其波浪能量平衡方程式可表示為：

$$\frac{\partial F}{\partial t}+\nabla\bullet\left(\vec{C}_g F\right)=S \quad \text{.....(A2.1)}$$

式中 $F=F\left(f,\theta,\vec{x},t\right)$ 為波浪能量密度譜(spectral density)，f 為波浪的頻率，θ 定義為波浪的傳播方向，$\vec{x}$ 為位置，t 為時間，$\vec{C}_g$ 為波浪群速度(group velocity)，S 為源函數(source function)。

在大範圍波浪場計算時，因地球曲率會影響波浪的傳遞，因此常以球面座標系統(ϕ，λ)推導(A2.1)式，得到下列描述二維波浪能量平衡方程式之球面座標表示式如下：

$$\frac{\partial F}{\partial t}+\frac{1}{\cos\phi}\frac{\partial}{\partial\phi}\left(C_\phi F\right)+\frac{\partial}{\partial\lambda}\left(C_\lambda F\right)+\frac{\partial}{\partial\theta}\left(C_\theta F\right)=S \quad \text{.....(A2.2)}$$

式中 ϕ 為緯度，λ 為經度，C_ϕ、C_λ 與 C_θ 分別為波浪群速度 $\vec{C}_g$ 在球面座標 ϕ、λ 軸及波浪傳播方向 θ 之空間傳遞速率，其中：

$$C_\phi=\left|\vec{C}_g\right|\frac{\sin\theta}{R} \quad \text{.....(A2.3)}$$

$$C_\lambda=\left|\vec{C}_g\right|\frac{\cos\theta}{R} \quad \text{.....(A2.4)}$$

$$C_\theta = \frac{1}{k}\frac{\partial \omega}{\partial d}\left(\frac{\sin\theta}{\cos\phi}\frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos\theta\frac{\partial d}{\partial \phi}\right)\Big/ R \quad \text{.....(A2.5)}$$

式中 R 為地球半徑(m)，ω 為波浪角頻率，k 為波數(wave number)，d 為水深。

在 WAM 模式(cycle 4 及 cycle 5)中，源函數 S 可表示成

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} \quad \text{.....(A2.6)}$$

式中源函數 S_{in} 、S_{dis} 、S_{bot} 、S_{nl} 分別代表風浪之成長項、能量消散項、底床摩擦項及波浪間非線性交互作用項。

在 WAM 模式中風浪成長項 S_{in} 之計算係採用 Snyder et al. (1981)提出的無因次摩擦速度 u_* 經驗式，依據風浪生成之近似線性理論(Janssen ，1989, 1991)得知，風浪成長項 S_{in} 可表示如下：

$$S_{in} = \gamma \cdot F \quad \text{.....(A2.7)}$$

式中 γ 為波能成長率，WAM 模式之波能成長率 γ 計算採用 Janssen (1989, 1991)之經驗式，其結合了海表面摩擦速度與波齡來決定風浪的成長率，即

$$\gamma = \varepsilon\omega\beta\left(u_*/c\right)^2\cos^2\left(\bar{\theta} - \theta_w\right), \quad \left|\bar{\theta} - \theta_w\right| < \pi/2 \quad \text{.....(A2.8)}$$

式中 ε 為空氣與水之密度比率(=1.225×10^{-3})，β 為 Miles 常數(=1.2, Janssen 1991 或 Komen et al. 1994)，u_* 為風作用於海面之摩擦速度，c 為波速(或為波浪位相速度)，$\bar{\theta}$ 為平均波向(指波浪傳播方向)，θ_w 為平均風向。另依據 Janssen (1991)之研究得知，Miles 常數 β 可由下列表示式計算得到

$$\beta = \frac{1.2}{\kappa^2}\mu\ln^4\left(\mu\right) \quad , \ \mu \le 1.0 \quad \text{.....(A2.9)}$$

其中

$$\mu = \left(\frac{u_*}{\kappa c}\right)\left(\frac{gz_0}{u_*^2}\right)\exp\left[\left(\frac{\kappa c}{u_*}\right)\frac{1}{\cos\left(\theta - \theta_w\right)}\right] \quad \text{.....(A2.10)}$$

式中 κ 為 von Karman 常數(= 0.41)，z_0 海面粗糙長度(roughness length)，g 為重力加速度。

針對粗糙長度 z_0 之計算如下：

$$z_0 = \frac{\alpha\tau}{g} \quad \text{.....(A2.11)}$$

$$\alpha = \frac{\hat{\alpha}}{\sqrt{1-(\tau_w/\tau)}} \quad \text{.....(A2.12)}$$

式中 α 為與海面狀況有關的 Charnock 參數，τ 為氣流通過海面波浪引起的運動應力(kinematic stress)，τ_w 為重力波引起的波應力。其中運動應力 τ 等於摩擦速度 u_*之平方，其與海面上風速對數剖面及粗糙長度之關係如下

$$\tau = u_*^2 = \left(\frac{\kappa U(z_{obs})}{\ln(z_{obs}/z_0)}\right)^2 \quad \text{.....(A2.13)}$$

式中 z_{obs} 為在波浪上方之平均高度；至於，波浪引起的波應力 τ_w 之計算如下

$$\tau_w = 2\pi\varepsilon^{-1} g \int df d\theta \cdot S_{in}\vec{k} \quad \text{.....(A2.14)}$$

其中未知係數 $\hat{\alpha}$ 建議採用 0.01。

在 WAM 模式中波浪之能量消散機制是依據 Hasselmann (1974)所提出之準線性形式，其概念主要假設海面波浪的消散行為屬於平均衰減的，因此波浪能量消散項 S_{dis} 可表示成

$$S_{dis} = \gamma_{ds} \cdot F \quad \text{.....(A2.15)}$$

其中

$$\gamma_{ds} = -C_{ds}\langle\omega\rangle\left[\langle k\rangle^2 E\right]^2\left[\frac{k}{\langle k\rangle} + \left(\frac{k}{\langle k\rangle}\right)^2\right] \quad \text{.....(A2.16)}$$

式中係數 C_{ds} = 4.5，$\omega = 2\pi f$，符號 $\langle\bullet\rangle$ 代表對整個波浪之平均值，

其中

$$E = \iint F(f,\theta) df \cdot d\theta \quad \text{.....(A2.17)}$$

$$\langle \omega \rangle = E\left\{ \iint F(f,\theta)(2\pi f)^{-1} df \cdot d\theta \right\}^{-1} \quad \text{.....(A2.18)}$$

$$\langle k \rangle = E\left\{ \iint F(f,\theta) k^{-1} df \cdot d\theta \right\}^{-1} \quad \text{.....(A2.19)}$$

關於底床摩擦引起的能量損失項S_{bot}，其計算如下：

$$S_{bot} = -C_{bot} \frac{k \tanh(kd)}{g \sinh^2(kd)} F \quad \text{.....(A2.20)}$$

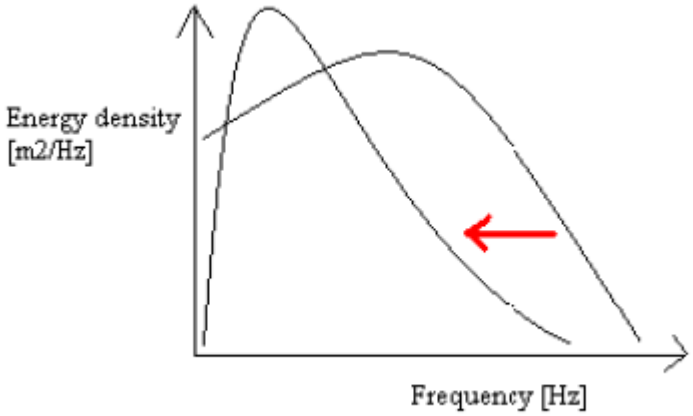
式中 g 為重力加速度，k 為波數，d 為水深，C_{bot} 為底床摩擦係數；在 WAM 模式中對於床摩擦係數 C_{bot} 值建議採用 Hasselmann 等人 (1973) 在湧浪的條件下以 JONSWAP 的實驗求得之底床摩擦係數 $C_{bot}= 0.038 m^2 s^{-3}$。

至於非線性交互作用項S_{nl} 之計算則採用 Hasselmann (1963)之四個波之波浪交互作用理論，即波譜的急劇成長是由波譜尖峰頻率從風獲得能量後再經由非線性作用使得波譜尖峰頻率的能量分別向高頻及低頻處傳遞，且隨著風速加大導致尖峰頻率向低頻移動的現象，如附圖 2.1 所示。當紛紜波浪中存在有四組波浪滿足下列共振(resonant)條件(A2.21a,b)式時，則此四組波浪會產生能量之交換。

$$\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_3 + \vec{k}_4 \quad \text{.....(A2.21a)}$$

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_3 + \omega_4 \quad \text{.....(A2.21b)}$$

有關非線性交互作用項S_{nl} 計算之詳細說明可參考 Komen et al. (1994)。



附圖 2.1 波浪能量由高頻向低頻傳遞之示意圖

2.2 臺灣周圍海域範圍風浪模組之基本理論

TaiCOMS 中尺度臺灣周圍海域範圍風浪模組係採用荷蘭 Delft 技術大學發展的近海風浪模式 SWAN (Booij et al. 1996)作為模組建置之核心主體，目的在於利用 SWAN 風浪模式強大功能模擬臺灣近岸海域風浪場變化，藉以獲得更精確的近岸海域波浪資訊。SWAN 風浪模式不僅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；SWAN 風浪模式可以計算波浪在時間及控間領域之傳遞、波與波之間非線性的交互作用、波浪受風之成長、碎波之能量消散、底床摩擦引起的能量損失、以及波浪受到海流及地形變化影響而產生的頻率位移、淺化與折射等物理過程。

總之，SWAN 風浪模式是一個利用風、海底底床及海流狀況獲得在海岸地區、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，此數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式(wave action balance equation)，如(A2.22)式所示，以及源函數項等求解波浪作用力密度波譜(action density spectrum)，$N(\sigma,\theta)$，其中σ為相對的波浪頻率；θ為波浪方向角；因此 SWAN 本質上屬於第三代風浪預報模式。

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial c_x N}{\partial x}+\frac{\partial c_y N}{\partial y}+\frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma}+\frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta}=\frac{\overline{S}}{\sigma} \quad \text{.....(A2.22)}$$

式中 x，y 為直角座標系統之座標軸，c_x 及 c_y 分別為波浪作用力在 x 及 y 空間之傳遞速度，c_θ 代表波浪作用力在波向 θ 空間之傳遞速度，c_σ 代表波浪作用力在波浪頻率 σ 空間之傳遞速度，S 代表波浪成長與消散之源函數項。其中

$$c_x = \frac{dx}{dt} = C_g \cos\theta + U_x \quad \text{.....(A2.23)}$$

$$c_y = \frac{dy}{dt} = C_g \sin\theta + U_y \quad \text{.....(A2.24)}$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{k}\frac{\partial\sigma}{\partial d}\left(\sin\theta\frac{\partial d}{\partial x} - \cos\theta\frac{\partial d}{\partial y}\right) + \left(\sin\theta\frac{\partial U_s}{\partial x} - \cos\theta\frac{\partial U_s}{\partial y}\right)$$
.....(A2.25)

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial\sigma}{\partial d}\left(\frac{\partial d}{\partial t} + U_x\frac{\partial d}{\partial x} + U_y\frac{\partial d}{\partial y}\right) - C_g k\left(\cos\theta\frac{\partial U_s}{\partial x} + \sin\theta\frac{\partial U_s}{\partial y}\right)$$
.....(A2.26)

式中 C_g 為波浪群速度，U_x 及 U_y 分別為水流速度在 x-及 y-軸方向分量，k 為波浪之波數，d 為水深。

於(A2.22)式中第一項代表波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$隨時間之變化率；第二及第三項為波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$在平面空間上分別以 c_x 及 c_y 之速度在 x-及 y-軸方向傳遞；第四項代表波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$受到水深及流變化影響導致在相對頻率 σ-軸上以 c_σ 的速度位移；第五項代表波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$因水深或流所引起的折射效應；等號右邊 $\overline{S}(\sigma,\theta)$ 代表以能量密度表示之源函數項，其包含能量的生成、衰減、及非線性的波浪交互作用(有關各項源函數計算之詳細理論說明可參考 SWAN 使用手冊)。

在 SWAN 風浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解(A2.22)式；在邊界條件處理上，SWAN 模式假定波浪能量遇到陸地邊界為完全消散，亦即無任何波浪能量反射；外海開放邊界條件則假設沒有任何波浪能量可以由開放邊界外進入計算領域，但允許波浪能量可以由開放邊界內自由離開計算領域。

2.3 近岸波浪折繞射模式之基本理論

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：

$$\begin{aligned}&\left(C_g+U_x\right)A_x+U_yA_y+i\left(\bar{k}-k\right)\left(C_g+U_x\right)A+\frac{\sigma}{2}\left\{\left(\frac{C_g+U_x}{\sigma}\right)_{,x}+\left(\frac{U_y}{\sigma}\right)_{,y}\right\}A\\&-\frac{i}{2\sigma}\left[\left(p-U_y^2\right)A_y\right]_{,y}-\sigma\frac{k^2}{2}D|A|^2A=0\end{aligned}\quad\text{...(A2.27)}$$

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，$\sigma=\omega-kU$ 為相對頻率(intrinsic frequency)，ω 為波浪角頻率，$k(x,y)$ 為波浪波數，$\bar{k}$ 為參考波數(定義為沿 y 軸上波數之平均值)，U 為水流流速(此處通常為平均流)，U_x 及 U_y 分別為 x 及 y 方向之水流速度分量，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

$$D=\frac{\cosh(4kh)+8-2\tanh^2(kh)}{8\sinh^4(kh)}\quad\text{.....(A2.28)}$$

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：

$$(C_g+U_x)A_x-2\Delta_1U_yA_y+i(\bar{k}-a_0k)(C_g+U_x)A+\left\{\frac{\sigma}{2}\left(\frac{C_g+U_x}{\sigma}\right)_{,x}-\Delta_1\sigma\left(\frac{U_y}{\sigma}\right)_{,y}\right\}A$$
$$+i\Delta_3\left[\left(p-U_y^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,y}-i\Delta_1\left\{\left[U_xU_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,x}+\left[U_xU_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}\right]_{,y}\right\}$$
$$+i\sigma\frac{k^2}{2}D|A|^2A+\frac{\upsilon}{2}A-\frac{b_1}{k}\left\{\left[\left(p-U_y^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,yx}+2i\left[\sigma U_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_{,x}\right\}$$
$$+b_1\vartheta\left\{2i\omega U_x\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}+2i\sigma U_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}-2U_xU_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,xy}+\left[\left(p-U_y^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,y}\right\}$$
$$-\frac{i}{k}b_1\left[\left(\omega U_y\right)_{,y}+3\left(\omega U_x\right)_{,x}\right]\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}-\Delta_2\left[\omega U_x\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}+\frac{1}{2}\omega\left(\frac{A}{\sigma}\right)\left(U_x\right)_{,x}\right]$$
$$+ik\omega U_x\left(a_0-1\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)=0$$
.....(A2.29)

式中

$$\vartheta=\frac{k_{,x}}{k^2}+\frac{\left[k\left(p-U_x^2\right)\right]_{,x}}{2k^2\left(p-U_x^2\right)}$$ .....(A2.30)

$\Delta_1=a_1-b_1$ ， $\Delta_2=1+2a_1-2b_1$ ， $\Delta_3=a_1-b_1\frac{\bar{k}}{k}$ .....(A2.31)

上述各式中，υ為波浪消散因子，可依據能量消散特性給定不同的型式。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

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{i}{k}\frac{\partial^2A}{\partial x^2}+\upsilon A$$ .....(A2.32)

式中$i=\sqrt{-1}$。

有關波浪消散因子υ之選取，模式提供了包括底床邊界摩擦引起的波浪能量消散，以及波浪碎波引起的波浪能量損失等，針對前者本計

畫選取模式中紊流底床邊界層觀念計算波能損失因子，即

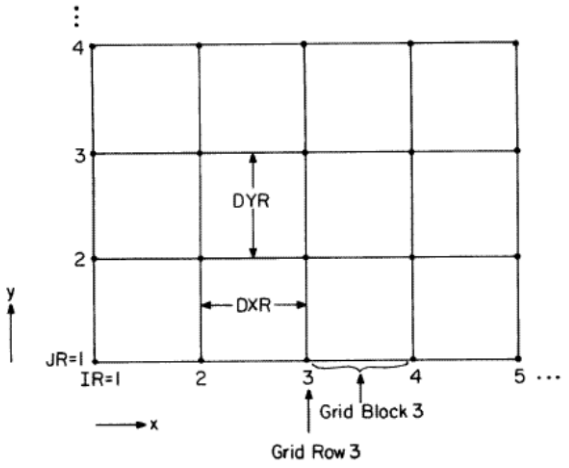
$$\upsilon = \frac{2\sigma k f |A|(1-i)}{3\pi \sinh(2kh)\sinh(kh)} \quad \text{.....(A2.33)}$$

式中 $f = 0.01$；至於碎波引起的波浪能量損失率則採用下列公式計算：

$$\upsilon = \frac{\psi C_g \left[1-(\gamma h/2|A|)\right]}{h} \quad \text{.....(A2.34)}$$

式中 ψ 及 γ 為經驗常數，在模式中分別設定為 0.017 及 0.4。

本計畫 REF/DIF-1 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) (x, y)，如附圖 2.2 所示，惟模式計算所需之地形可以輸入具 (x_i, y_j) 座標，其中 $x_i = (i-1)\Delta x$ ， $y_j = (j-1)\Delta y$ 。



附圖 2.2 REF/DIF-1 數值計算網格座標系統示意圖

2.4 港域波浪模式之理論簡述

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，如附圖 2.3 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，且不考慮波浪的碎波現象。

如附圖 2.3 所示，所取之直角座標系統為 X 軸與海岸線重合，Y 軸向外海為正，Z 軸垂直紙面向上為正，Z＝0 為靜水面。外海半無線領域及有限領域別以領域(I)及(II)稱之，領域(I)及領域(II)之相連邊界為半徑 R_0 之半圓，以 B_1 表示。領域(II)則包含了港池內及港外半徑 R_0 之半圓區內水域部分，其所包括的海岸邊界、防波堤邊界及港池岸壁邊界以 B_2 表示。假設領域(I)為等水深 h_1，領域(II)之水深變化為 $h_2(x,y)$。各領域內水位變化 $\eta_j(x,y;t)$ 可表示成

$$\eta_j(x,y,t)=\zeta_j(x,y)e^{i\omega t}\ ,\quad \mathrm{j}=1,2 \qquad \text{.....(A2.35)}$$

式中 $\varsigma_1(x,y)$ 及 $\varsigma_2(x,y)$ 分別稱為領域(I)及領域(II)之波函數，ω 為入射波之角頻率 $\omega=2\pi/T$，T 為入射波之週期。所欲求解之波函數 $\zeta_j(x,y)$，$j=1,2$ 分別滿足下列控制方程式：

在在領域(I)內

$$\nabla^2\zeta_1+k_1^2\zeta_1=0 \qquad \text{.....(A2.36)}$$

在在領域(II)內

$$\nabla\cdot(C_2C_{2g}\nabla\zeta_2)+(C_2C_{2g}k_2^2+i\omega\mu+iC_{2g}\omega\gamma_b)\zeta_2=0 \qquad \text{.....(A2.37)}$$

式中 $\nabla=(\partial/\partial x,\partial/\partial y)$ 為二維梯度運算子，μ 為摩擦因子，γ_b 為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($=\tilde{n}C_2$)。其中 $\tilde{n}$ 定義為

$$\tilde{n}=\frac{1}{2}\left(1+\frac{2k_2h_2}{\sinh\left(2k_2h_2\right)}\right) \quad \text{.....(A2.38)}$$

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

$$\mu=\frac{2n\omega}{k_2}\left(\frac{2C_r}{3\pi}\frac{\alpha k_2^2}{\left(2k_2h_2+\sinh 2k_2h_2\right)\sinh k_2h_2}\right) \quad \text{.....(A2.39)}$$

式中，a 為波浪之振幅，C_r為與雷諾數及底床粗糙度有關之摩擦係數。碎波參數γ_b可採用下列計算式

$$\gamma_b=\frac{\chi}{h_2}\left(1-\frac{\Gamma^2h_2^2}{4a^2}\right) \quad \text{.....(A2.40)}$$

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：

$$\zeta_1=\zeta_2 \quad ， \quad \text{在假想邊界}B_1\text{上 .....(A2.41a)}$$

$$C_1C_{1g}\frac{\partial\zeta_1}{\partial n}=-C_2C_{2g}\frac{\partial\zeta_2}{\partial n} \quad ， \quad \text{在假想邊界}B_1\text{上 .....(A2.41b)}$$

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：

$$\nabla\zeta_2\cdot\vec{n}=\partial\zeta_2/\partial n=-i\alpha k_2\zeta_2 \quad ， \quad \text{在假想邊界}B_2\text{上 .....(A2.42)}$$

式中$\vec{n}$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$\partial\zeta_2/\partial n=0$)，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：

$$\alpha=\frac{1-K_r}{1+K_r} \quad \text{.....(A2.43)}$$

式中K_r為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪之波函數ζ_1通常是由入射波ζ_I及受到直線海岸線

影響產生的反射波ζ_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ζ_S等構成的，因此ζ_1可表示

$$\zeta_1 = \zeta_I + \zeta_R + \zeta_S \quad \text{.....(A2.44)}$$

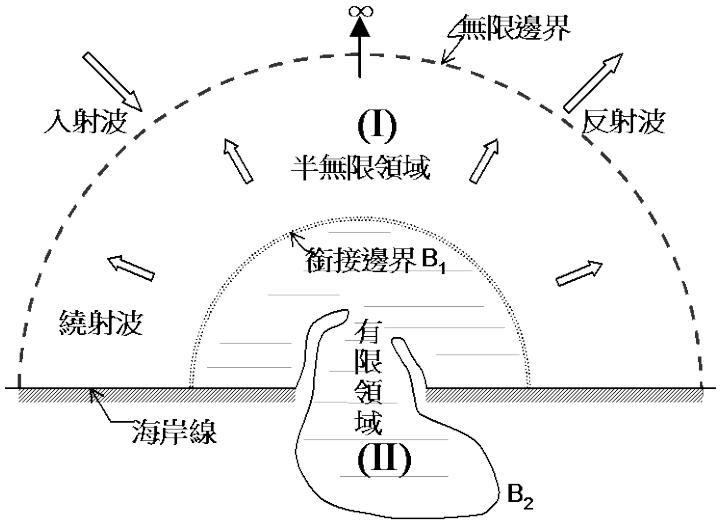
其中散射波ζ_S係由港池開口往外海方向輻射出去，在無窮遠處滿足波浪輻射條件：

$$\lim_{k_1 r \to \infty} \sqrt{r}\left(\frac{\partial}{\partial r} + ik_1\right)\zeta_S = 0 \quad \text{.....(A2.45)}$$

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：

$$\eta^I(x,y;t) = A^I e^{-i[k_1(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0) - \omega t]} \quad \text{.....(A2.46)}$$

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)。

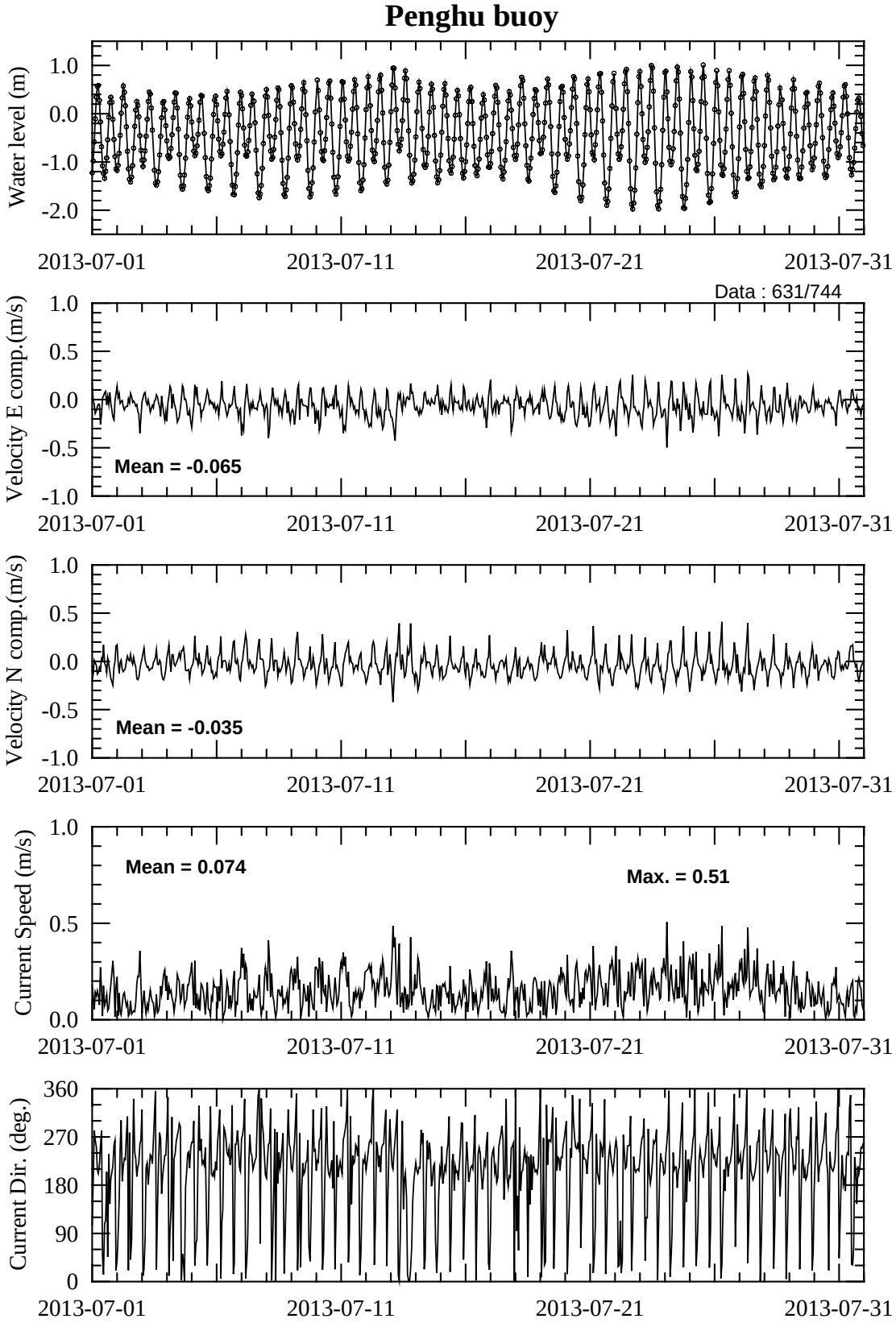


附圖 2.3 港域波浪模式計算領域示意圖

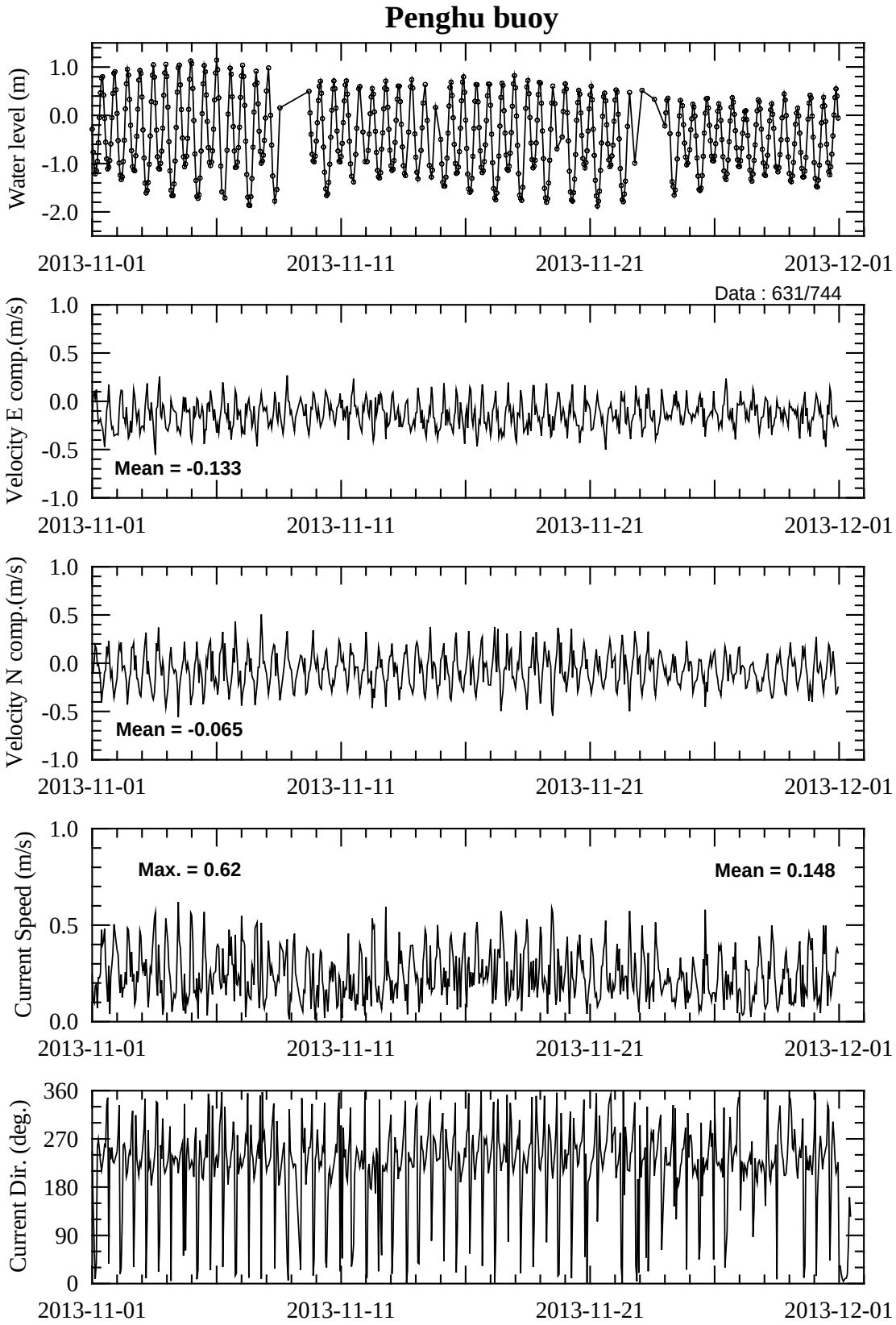
附錄三

澎湖海域海流觀測資料

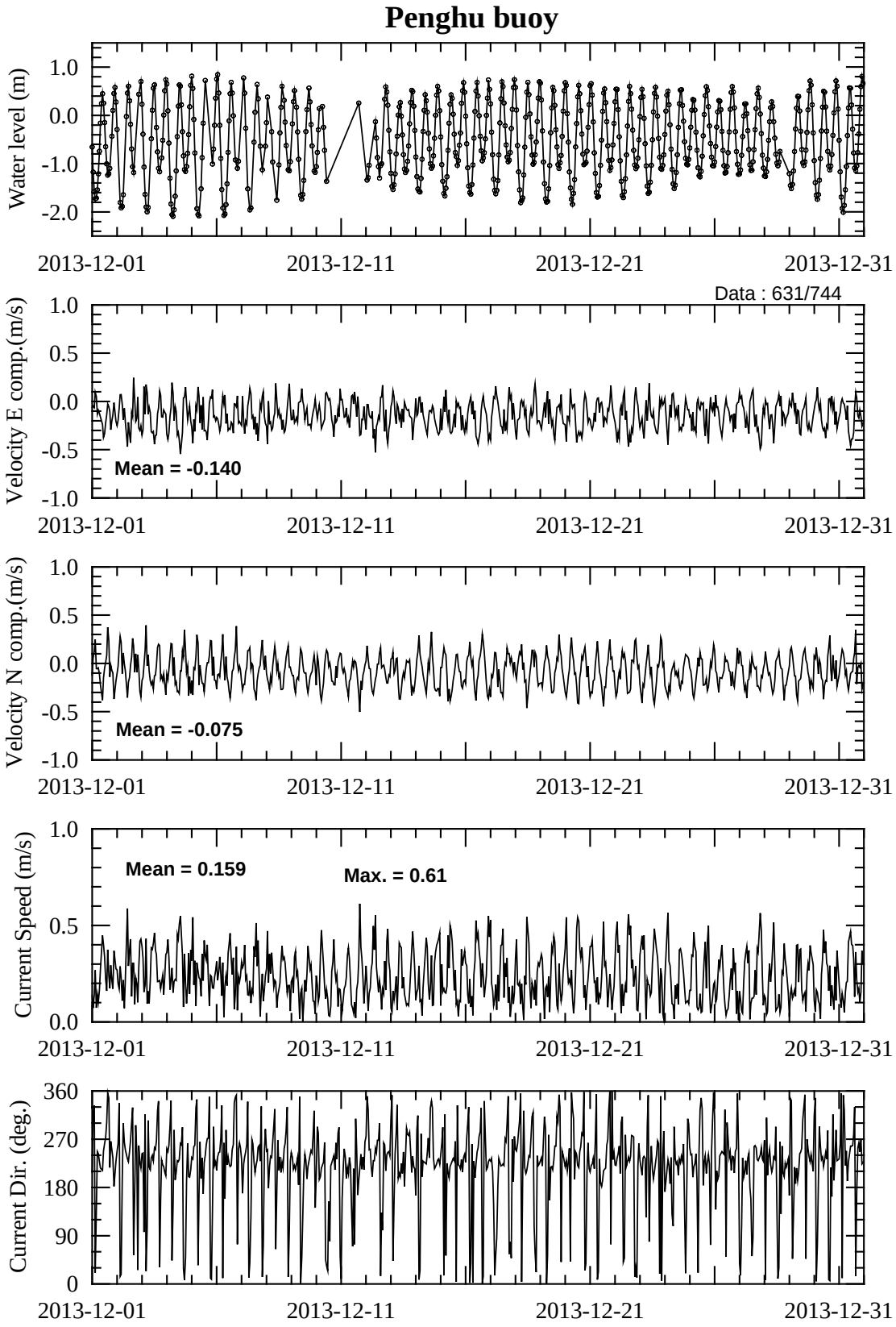
澎湖資料浮標(水利署)



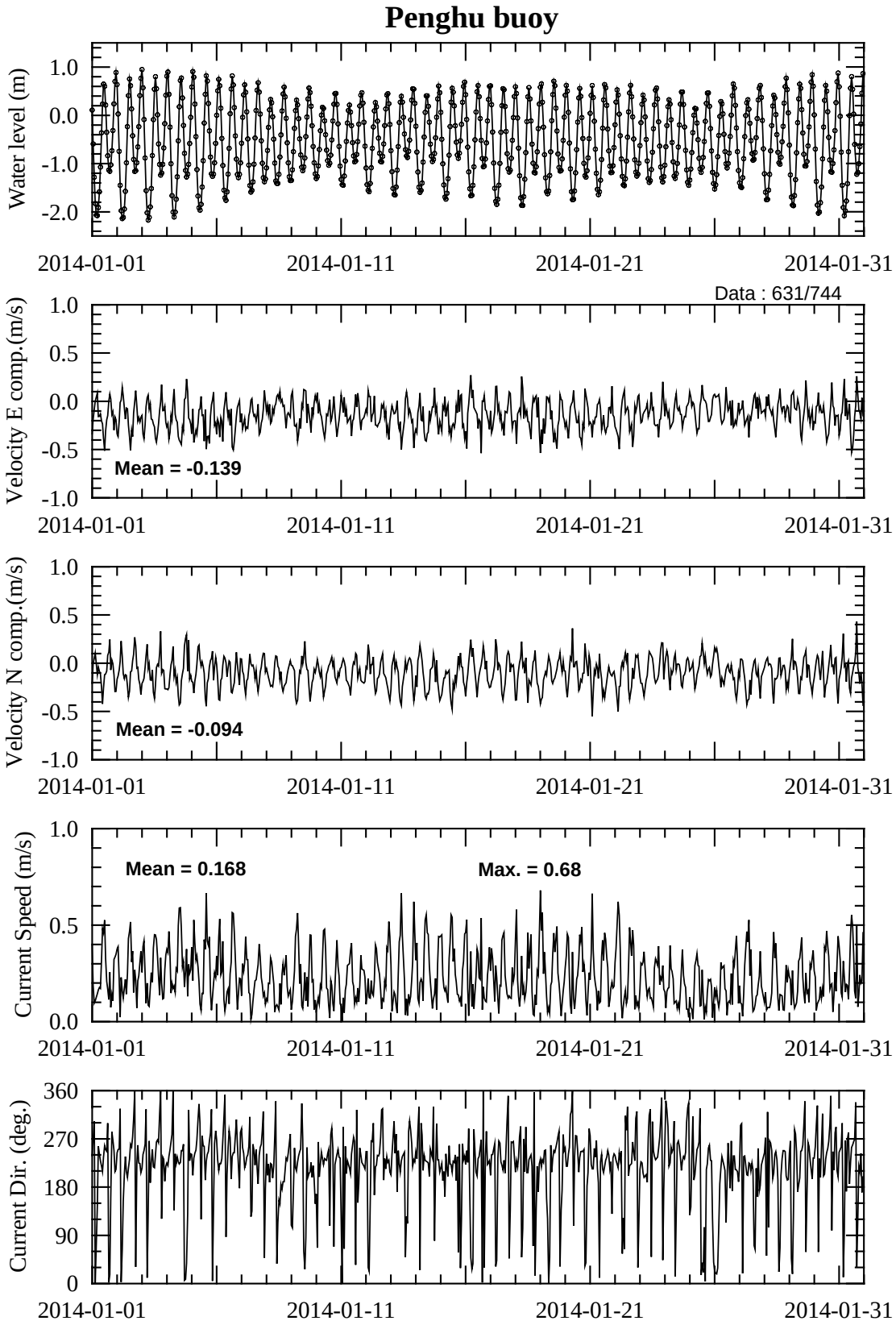
附圖 3.1 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



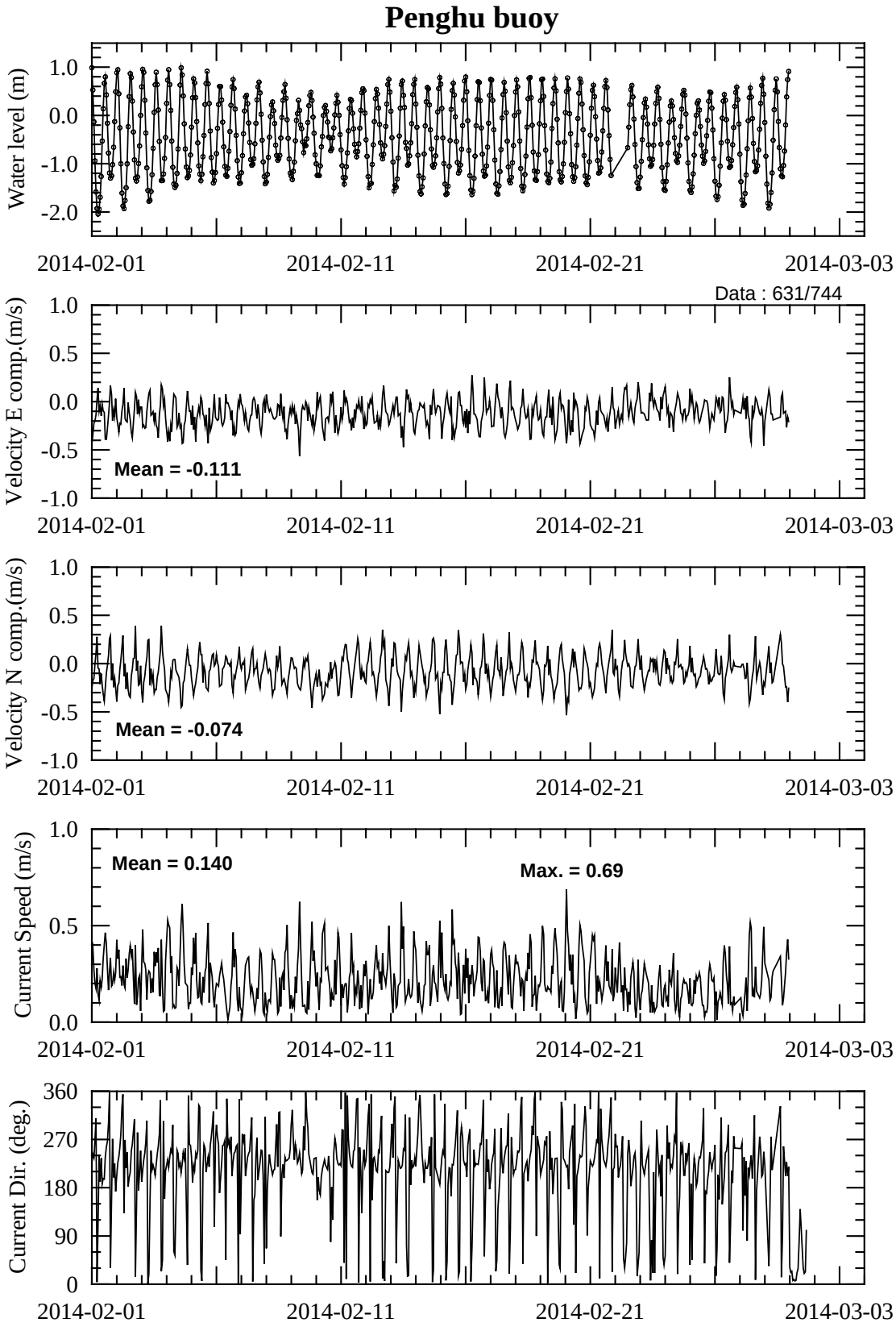
附圖 3.1 (續 1) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



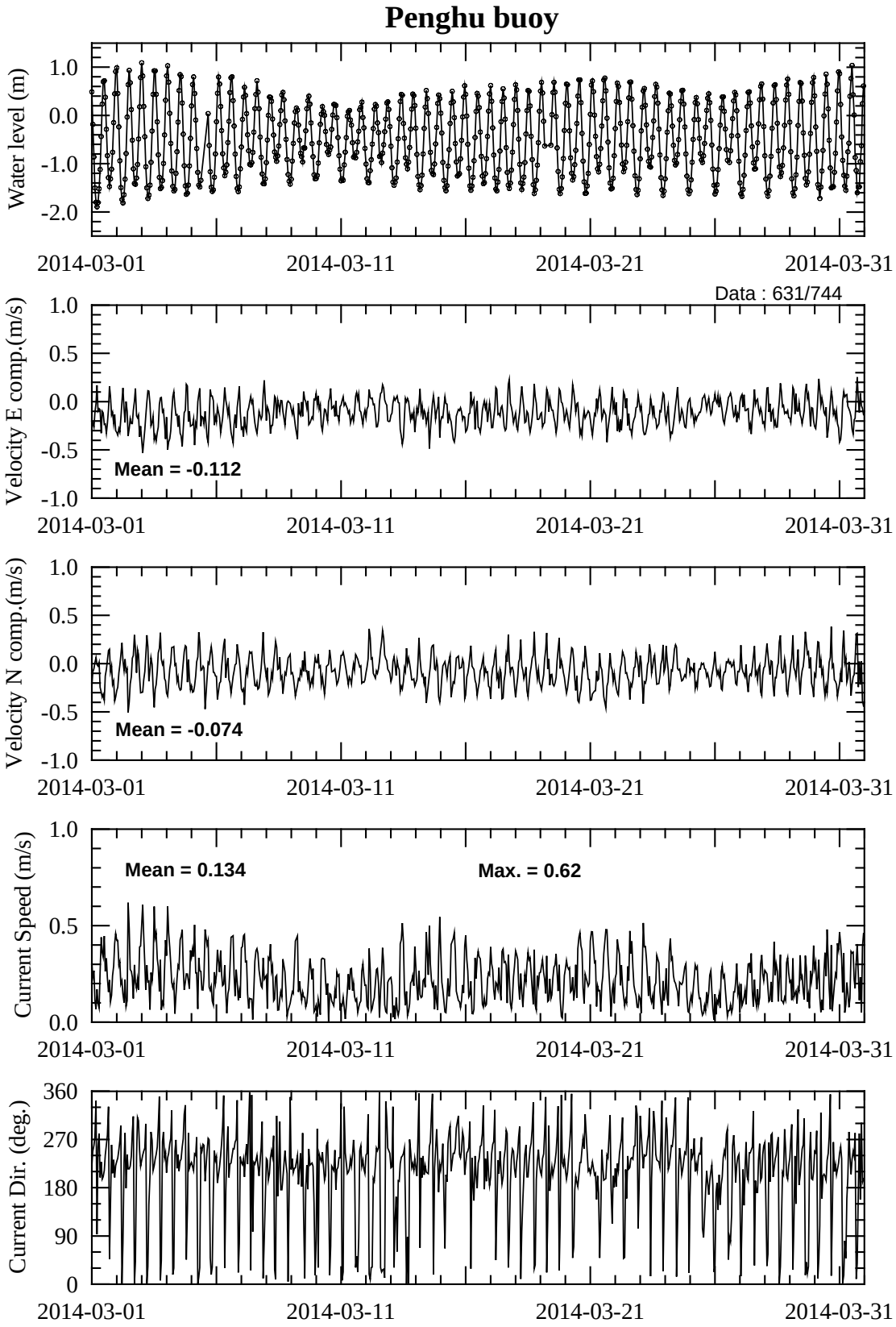
附圖 3.1 (續 2) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



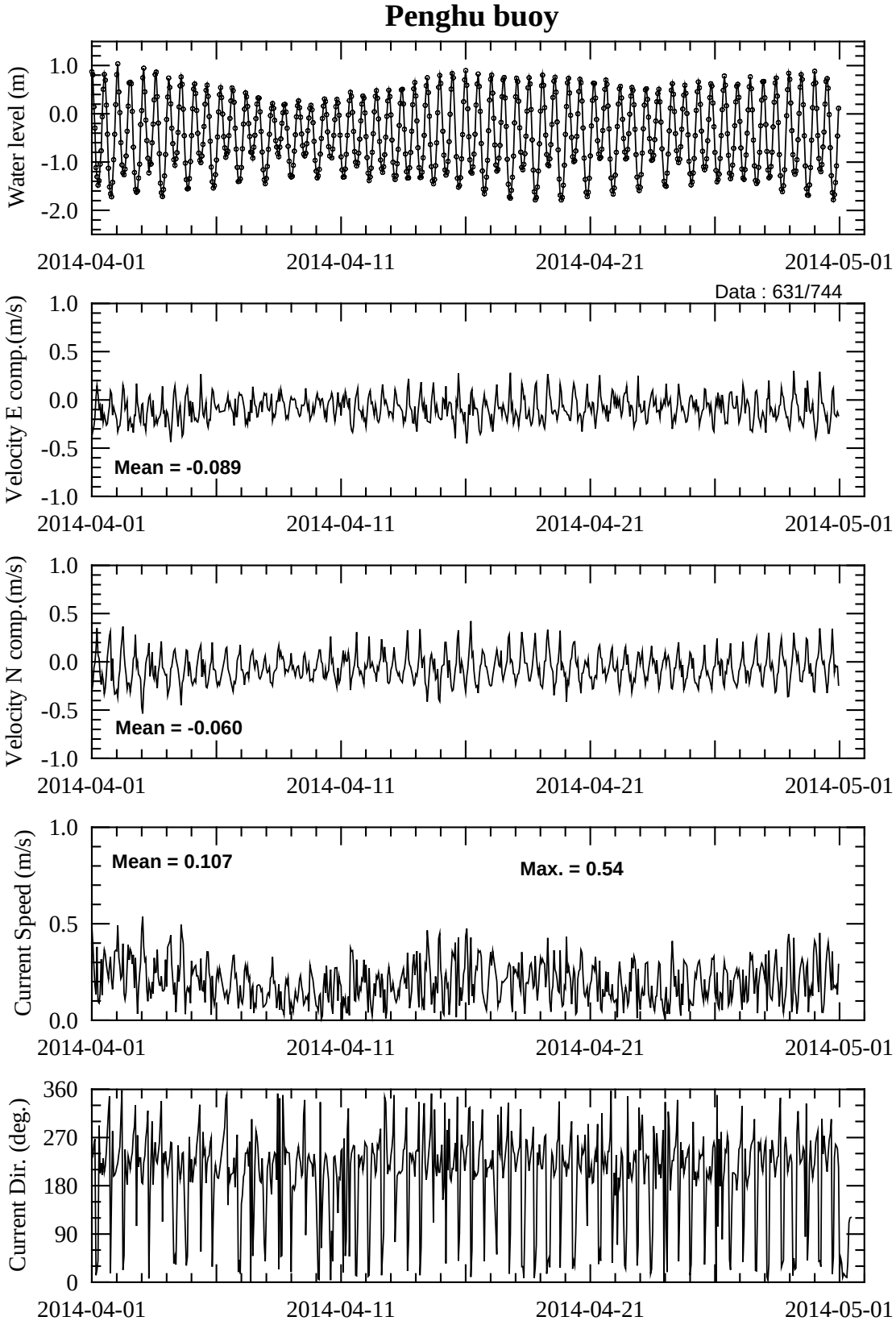
附圖 3.1 (續 3) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



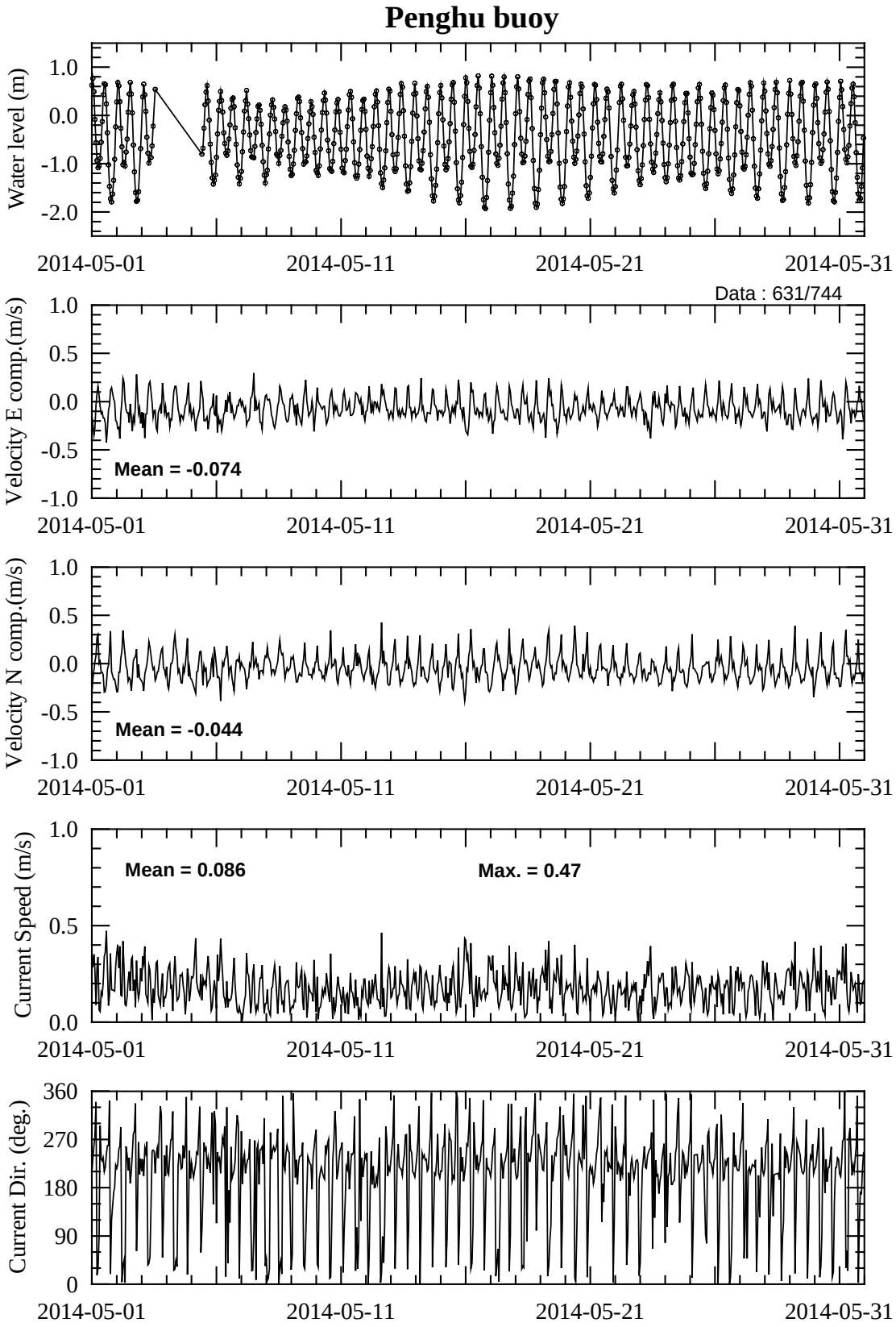
附圖 3.1 (續 4) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



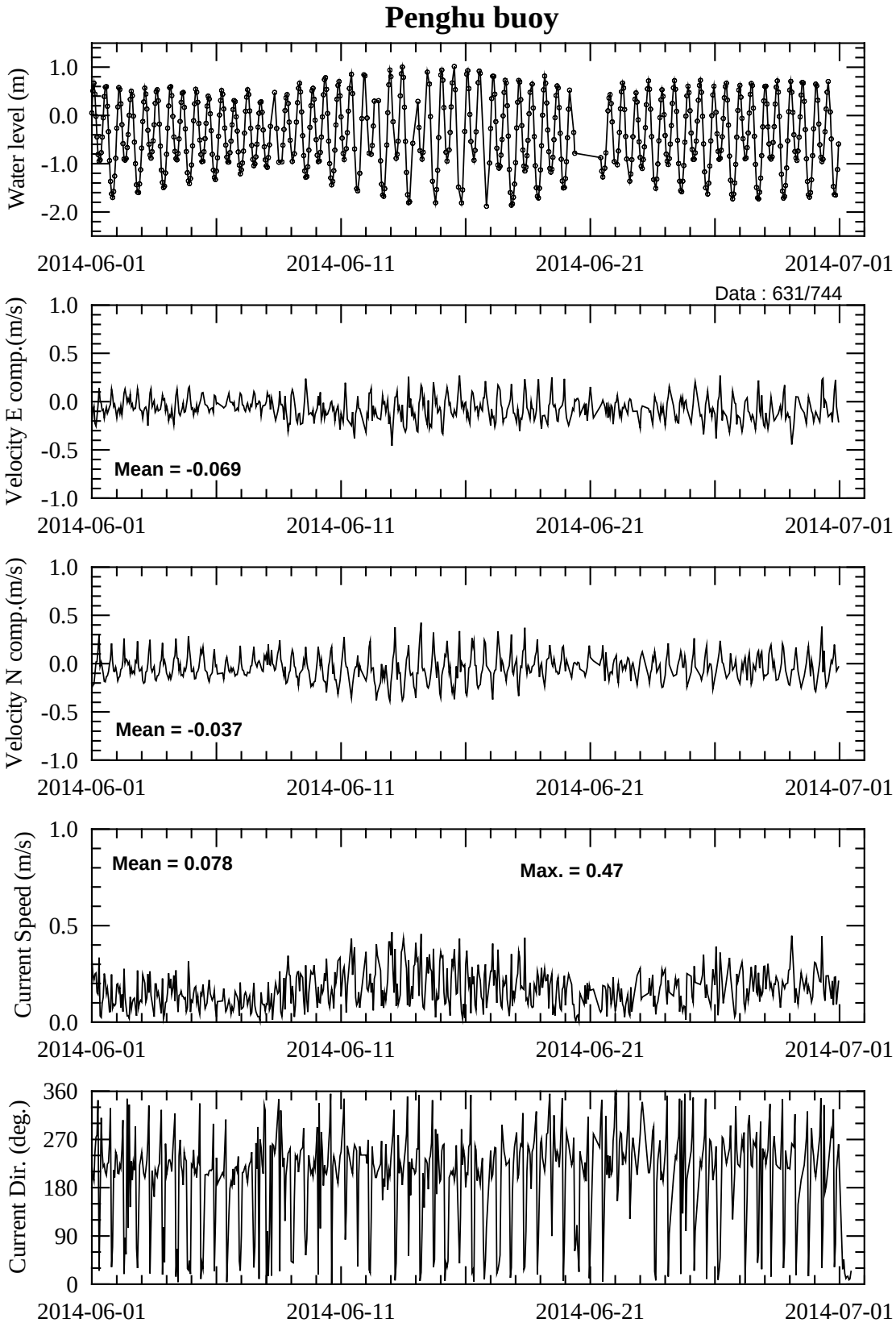
附圖 3.1 (續 5) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



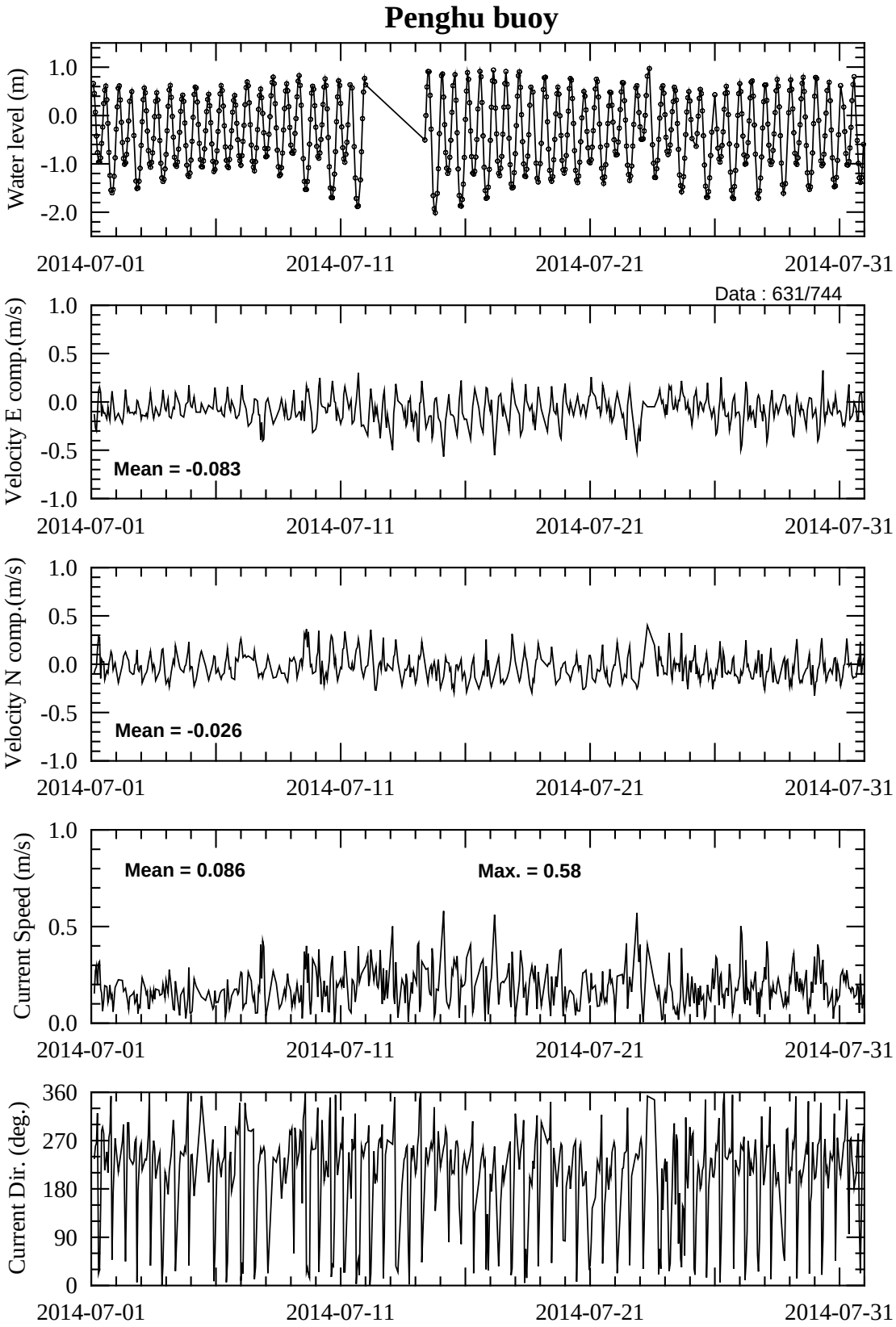
附圖 3.1 (續 6) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



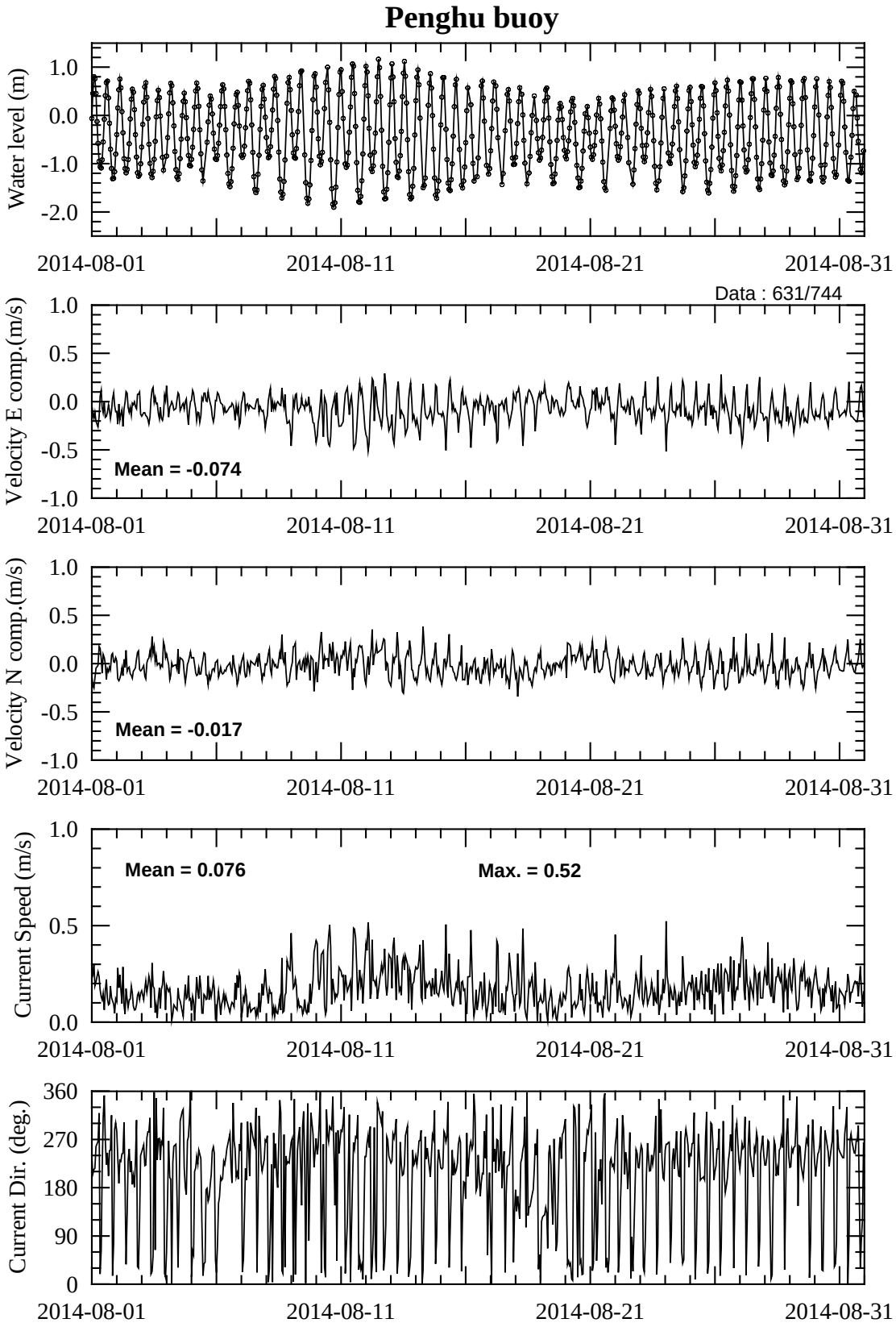
附圖 3.1 (續 7) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



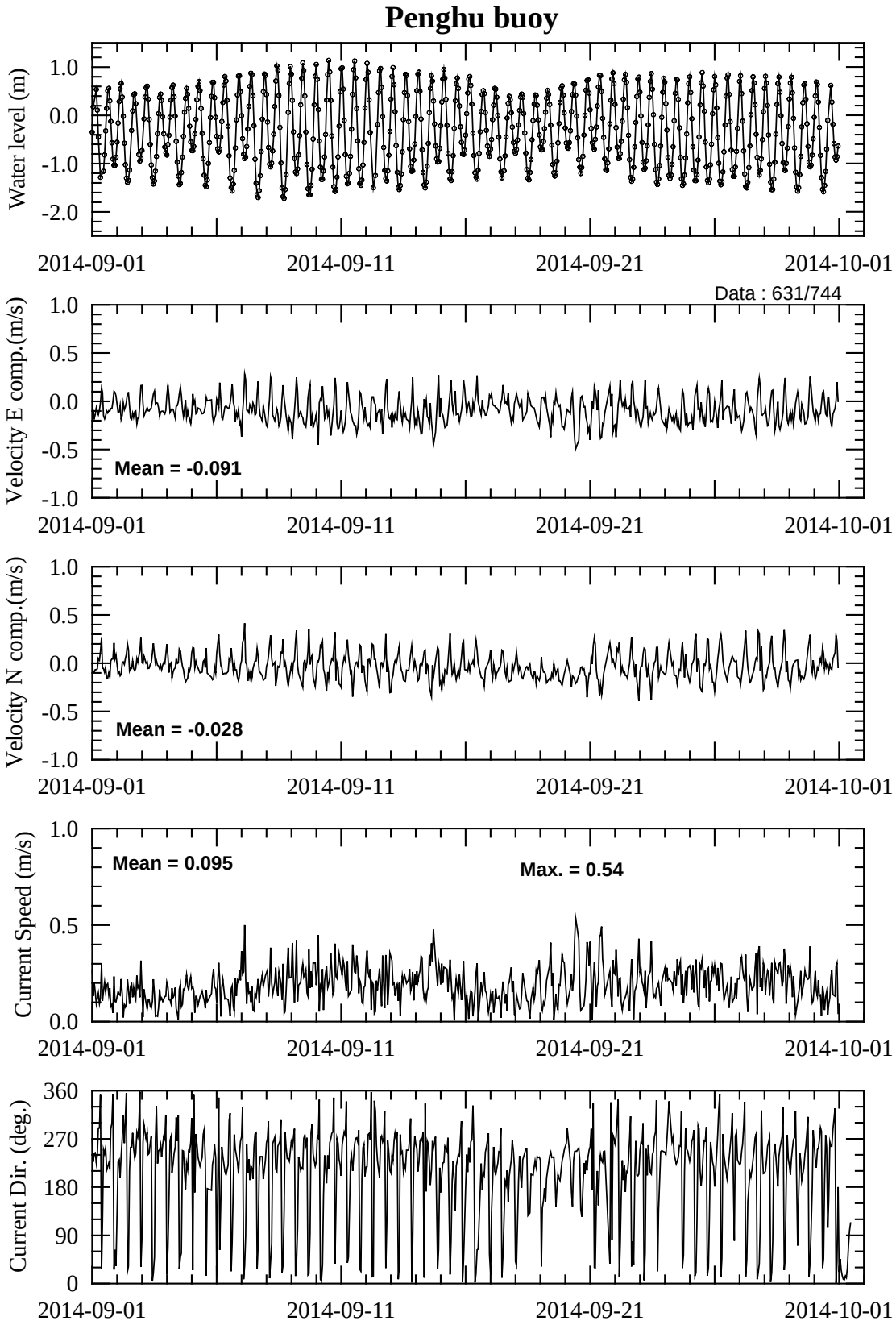
附圖 3.1 (續 8) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



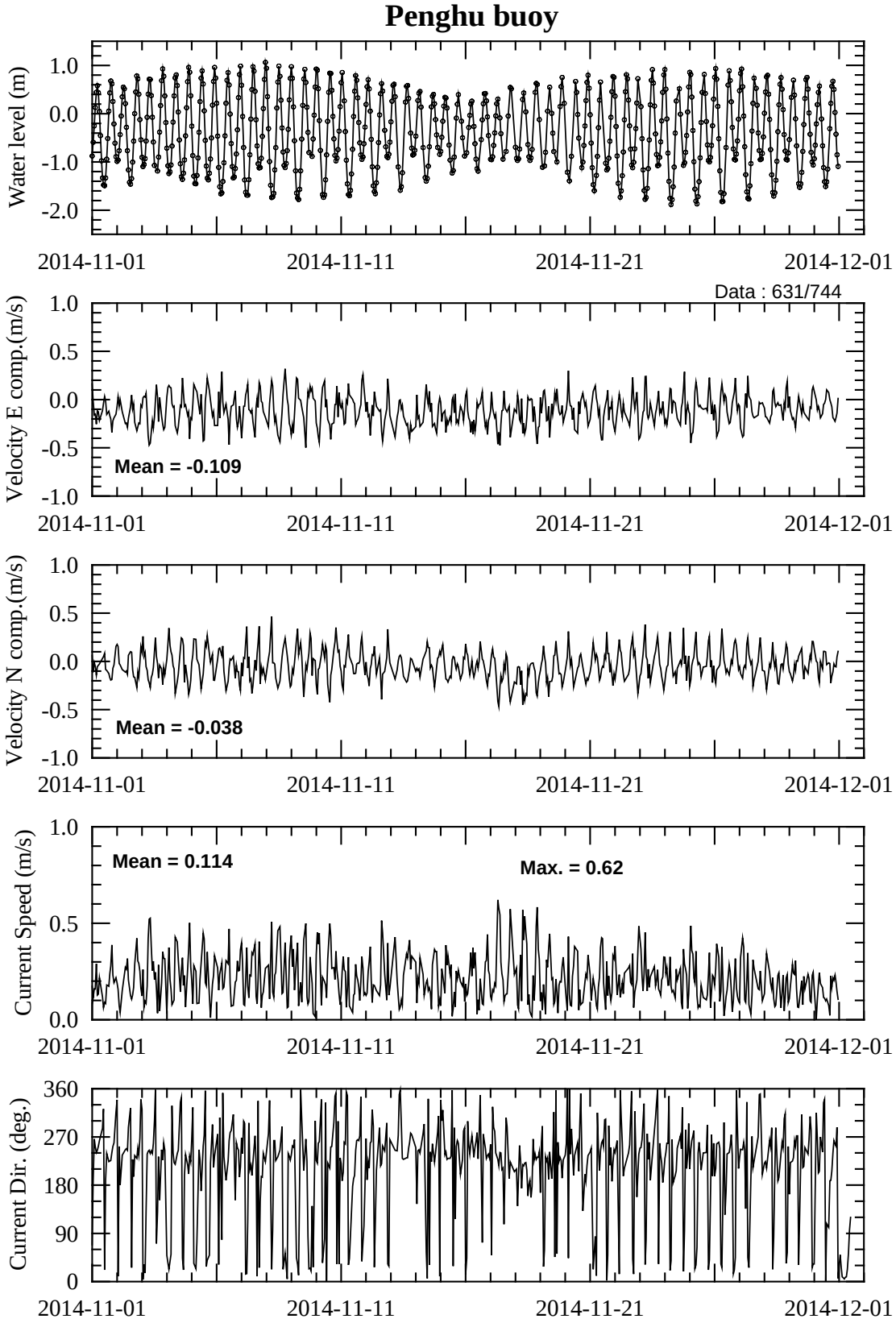
附圖 3.1 (續 9) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



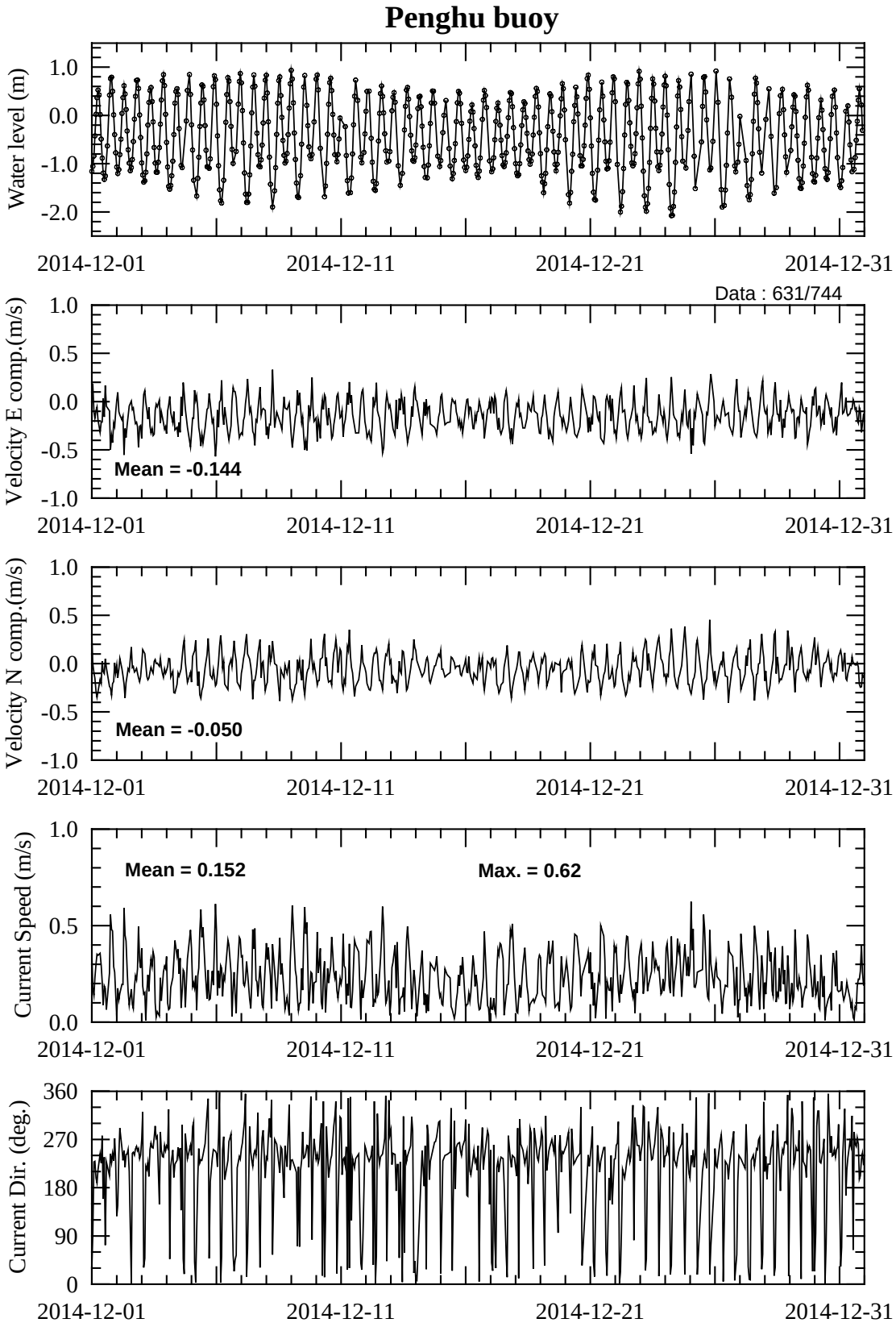
附圖 3.1 (續 10) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



附圖 3.1 (續 11) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



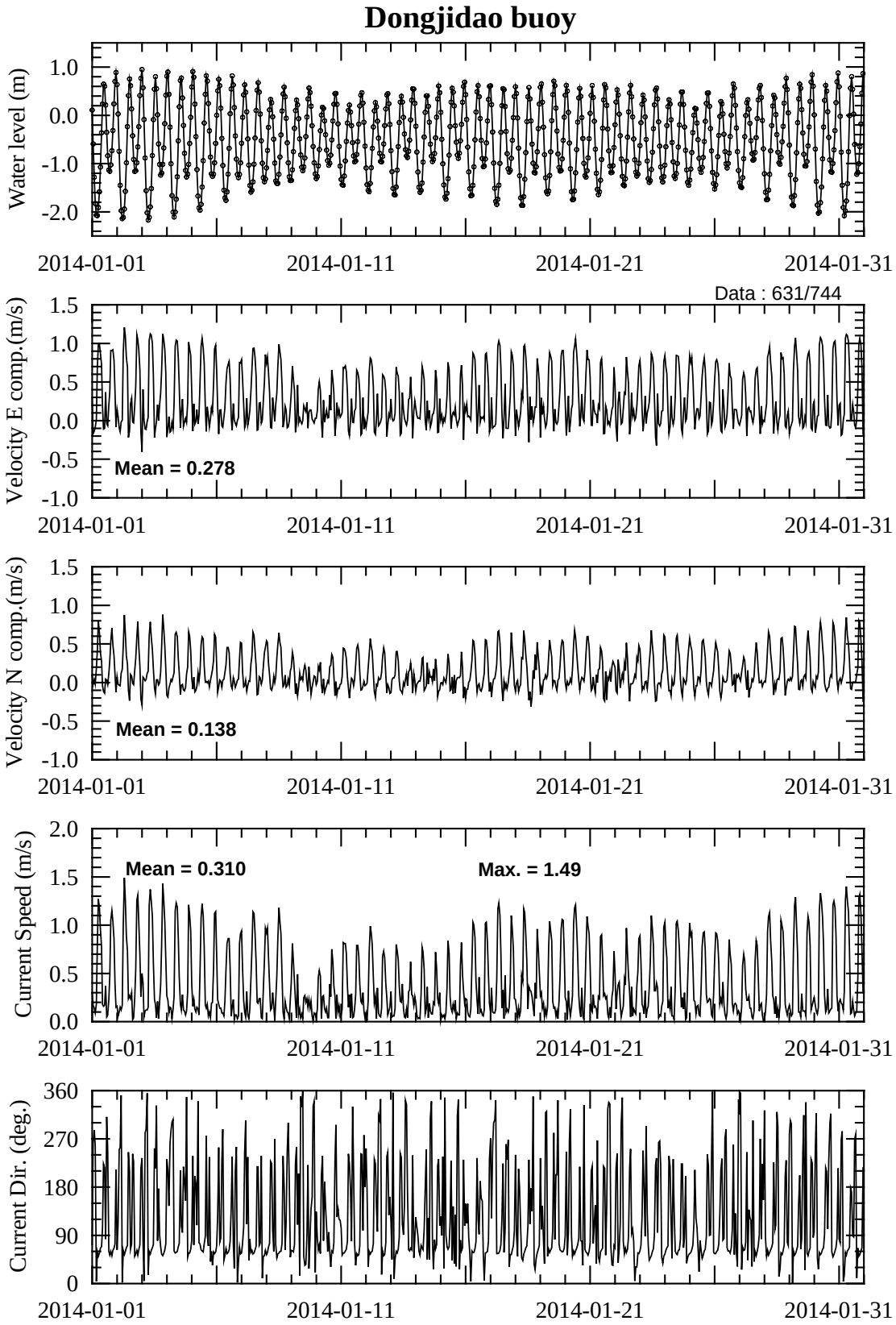
附圖 3.1 (續 12) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖



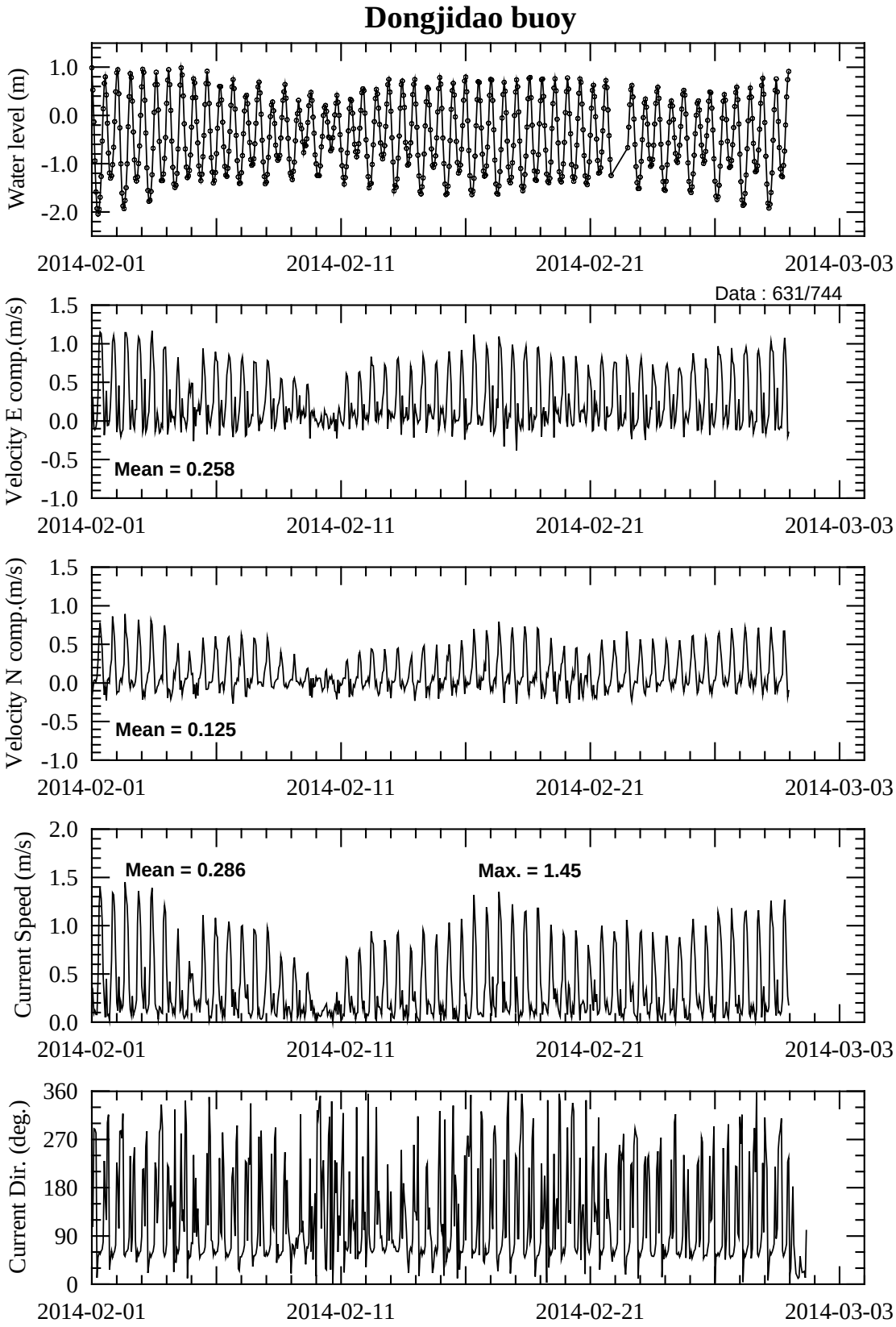
附圖 3.1 (續 13) 澎湖資料浮標海流觀測資料時序列圖

澎湖海域海流觀測資料

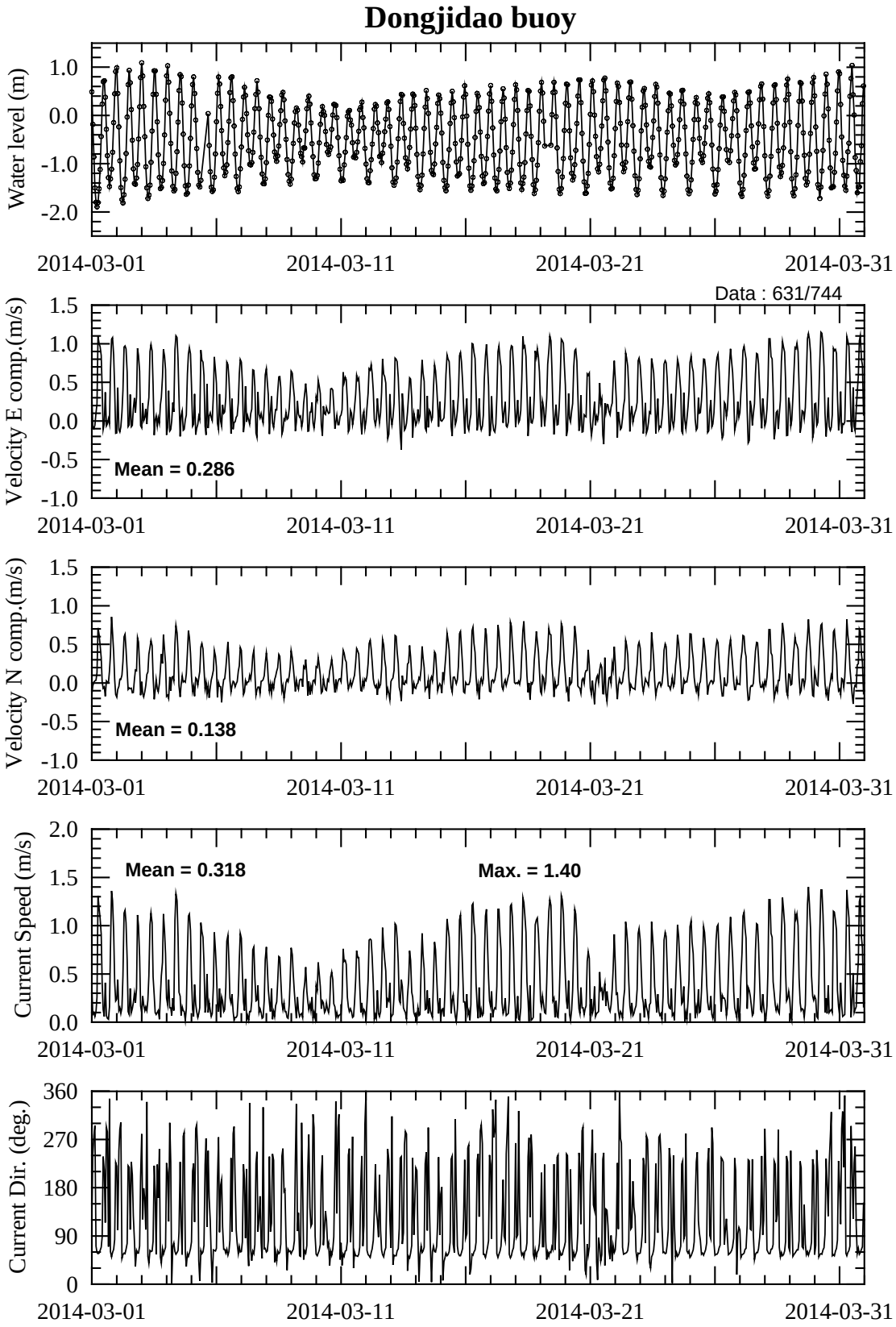
東吉島資料浮標



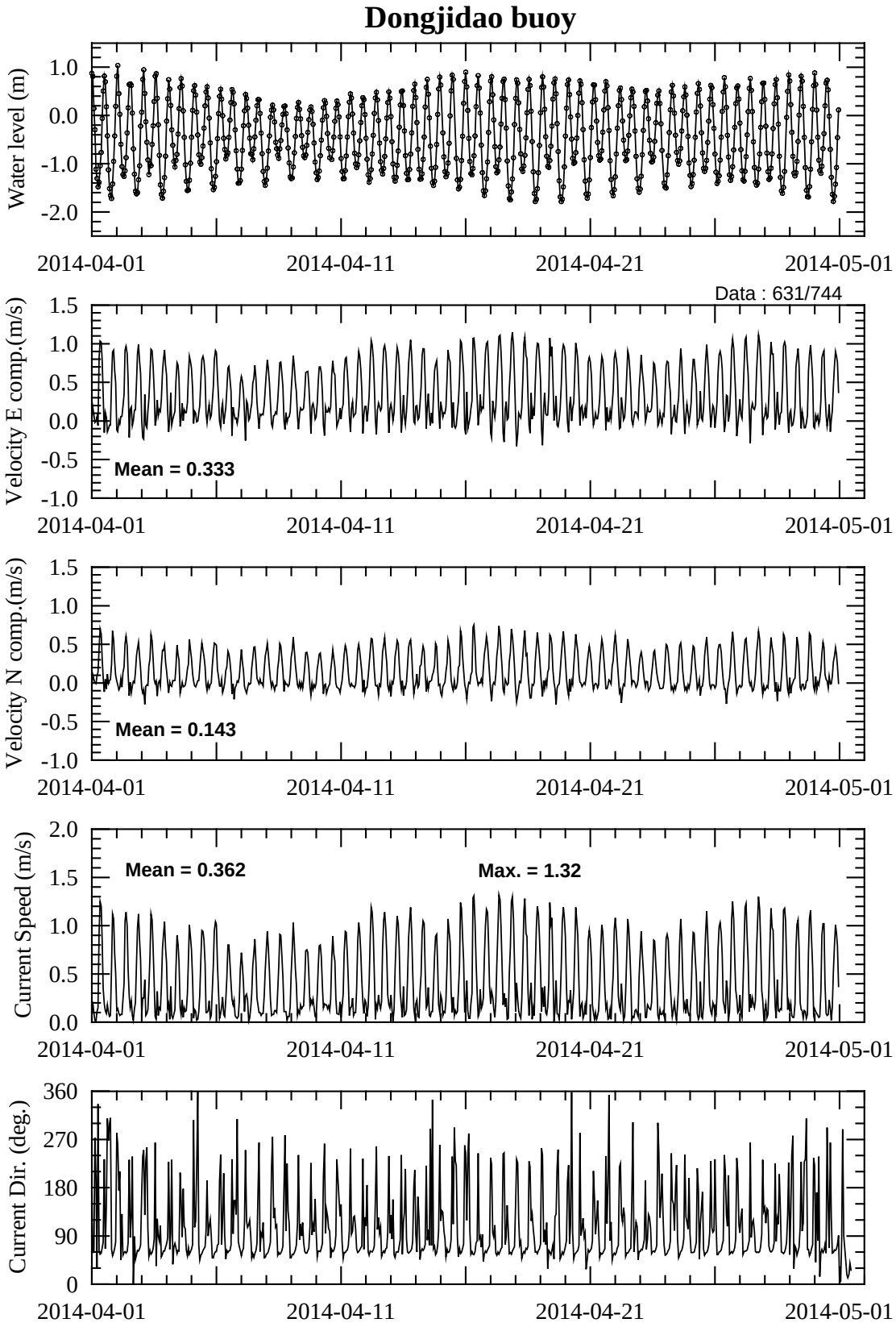
附圖 3.2　東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



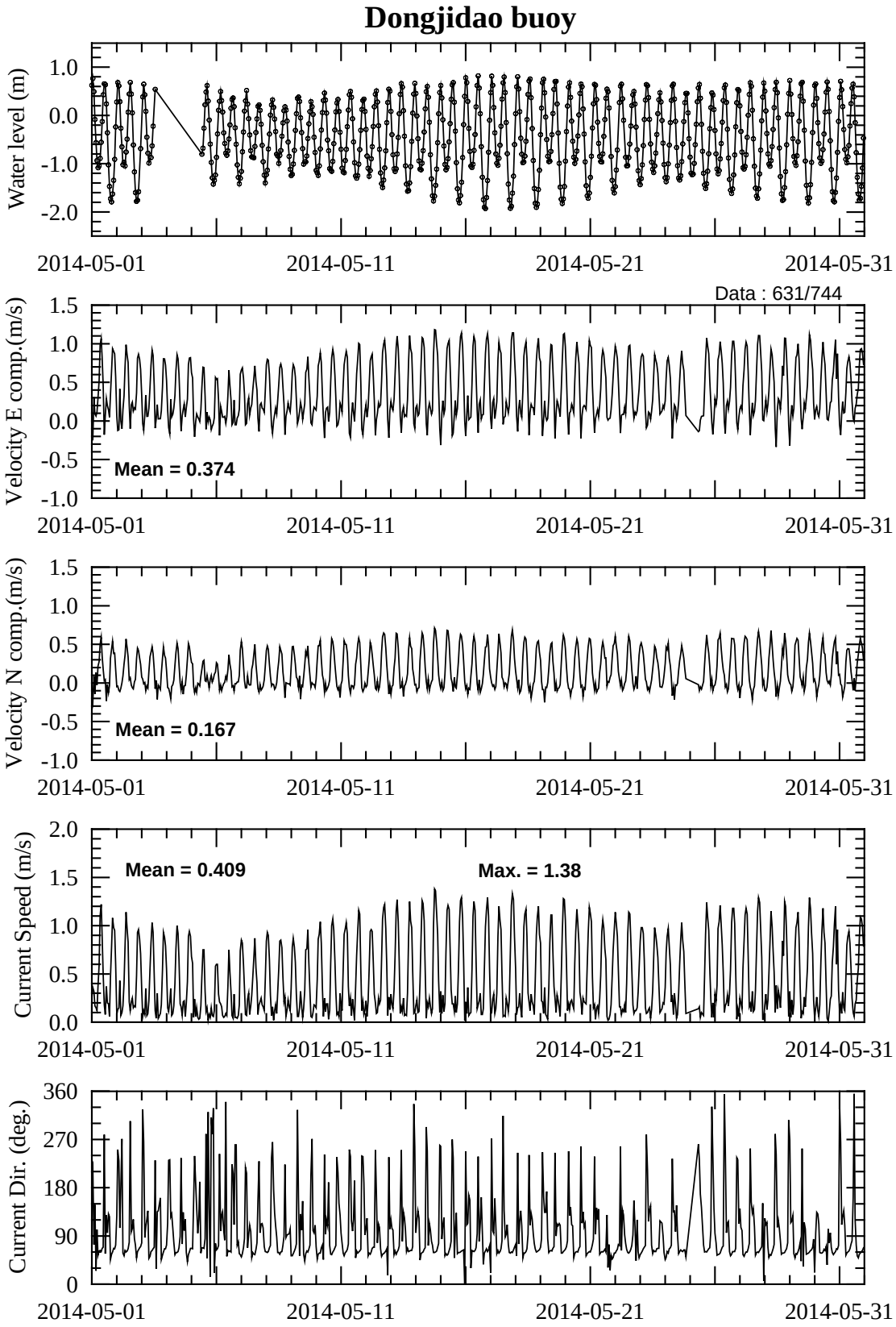
附圖 3.2 (續 1) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



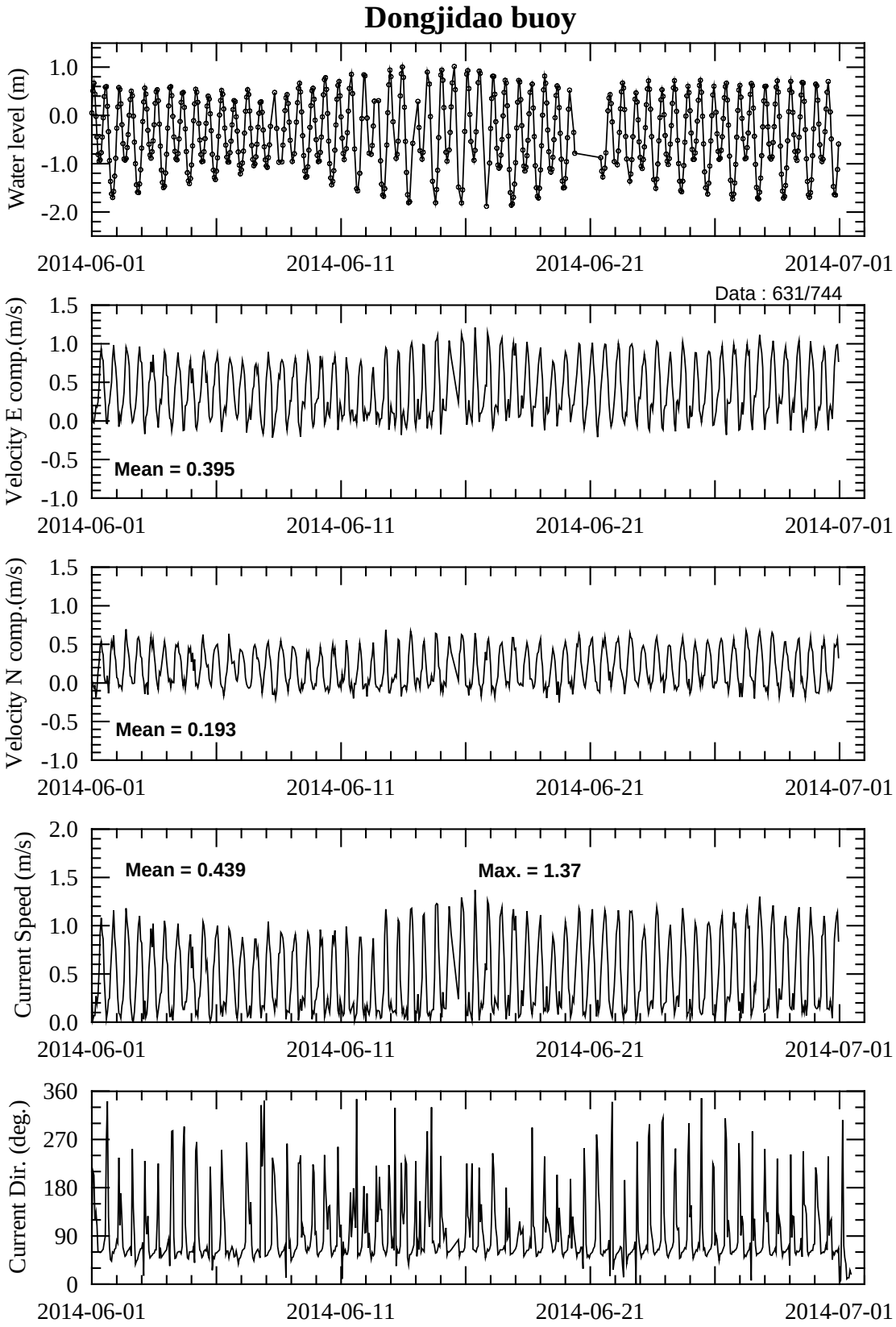
附圖 3.2 (續 2) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



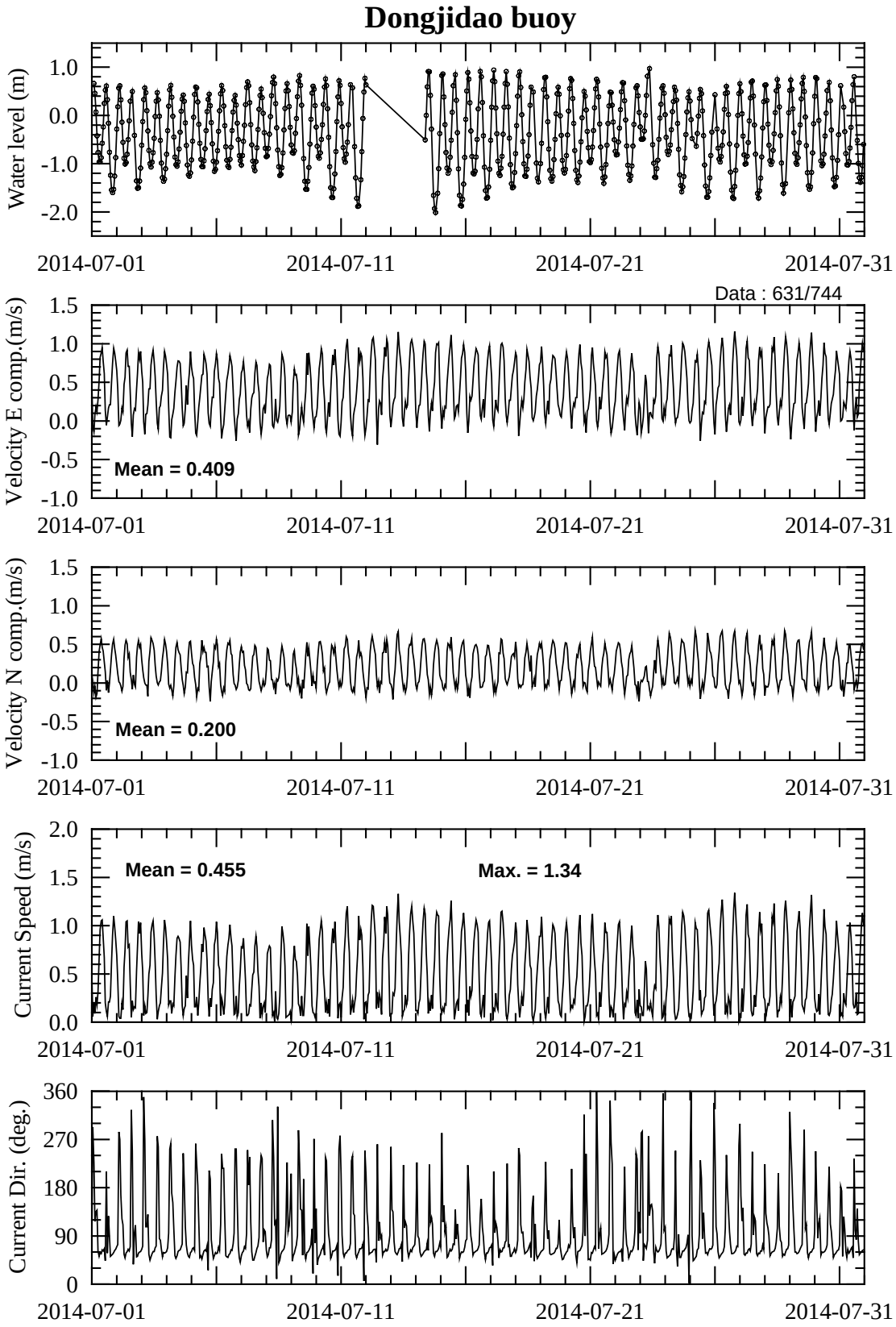
附圖 3.2 (續 3) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



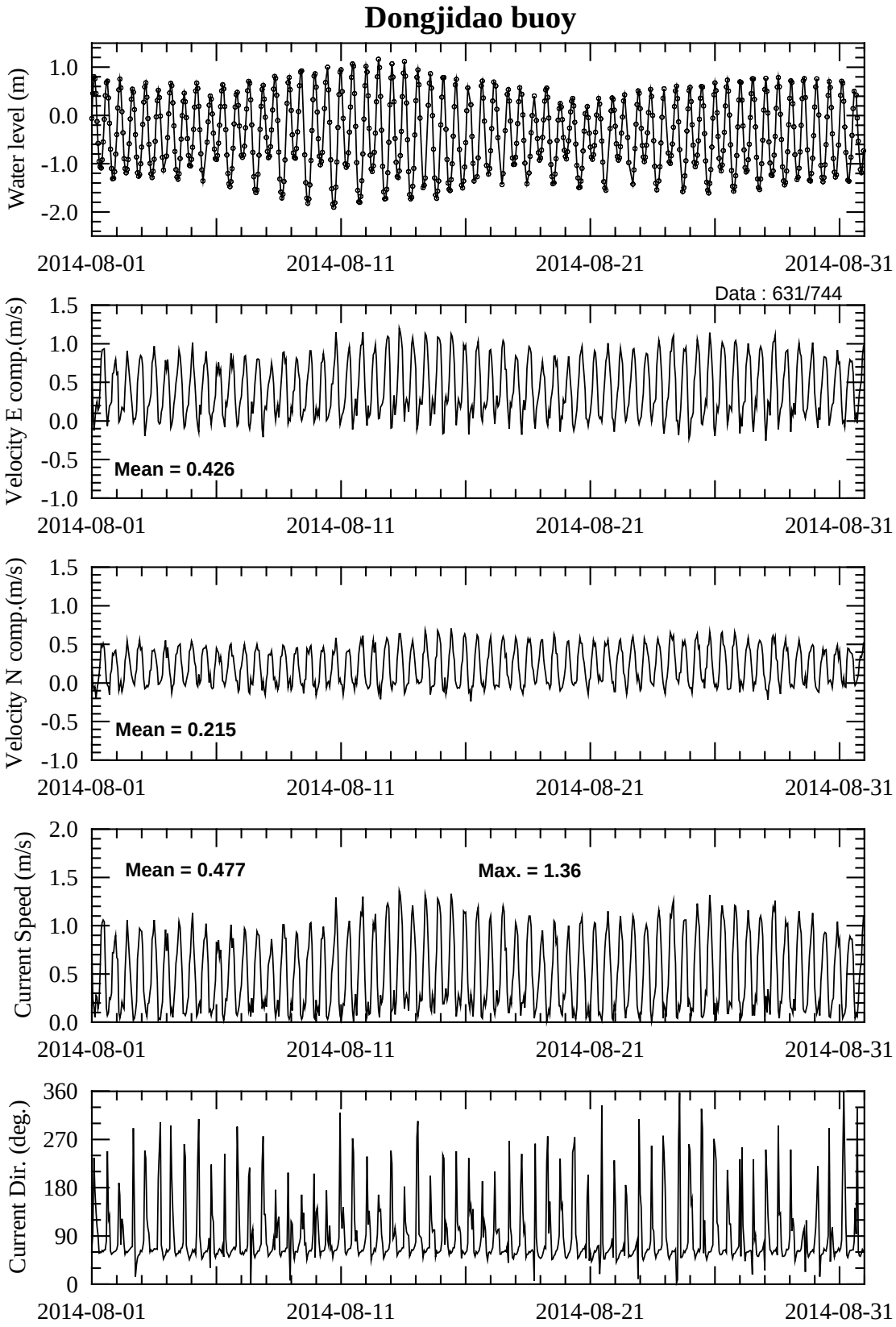
附圖 3.2 (續 4) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



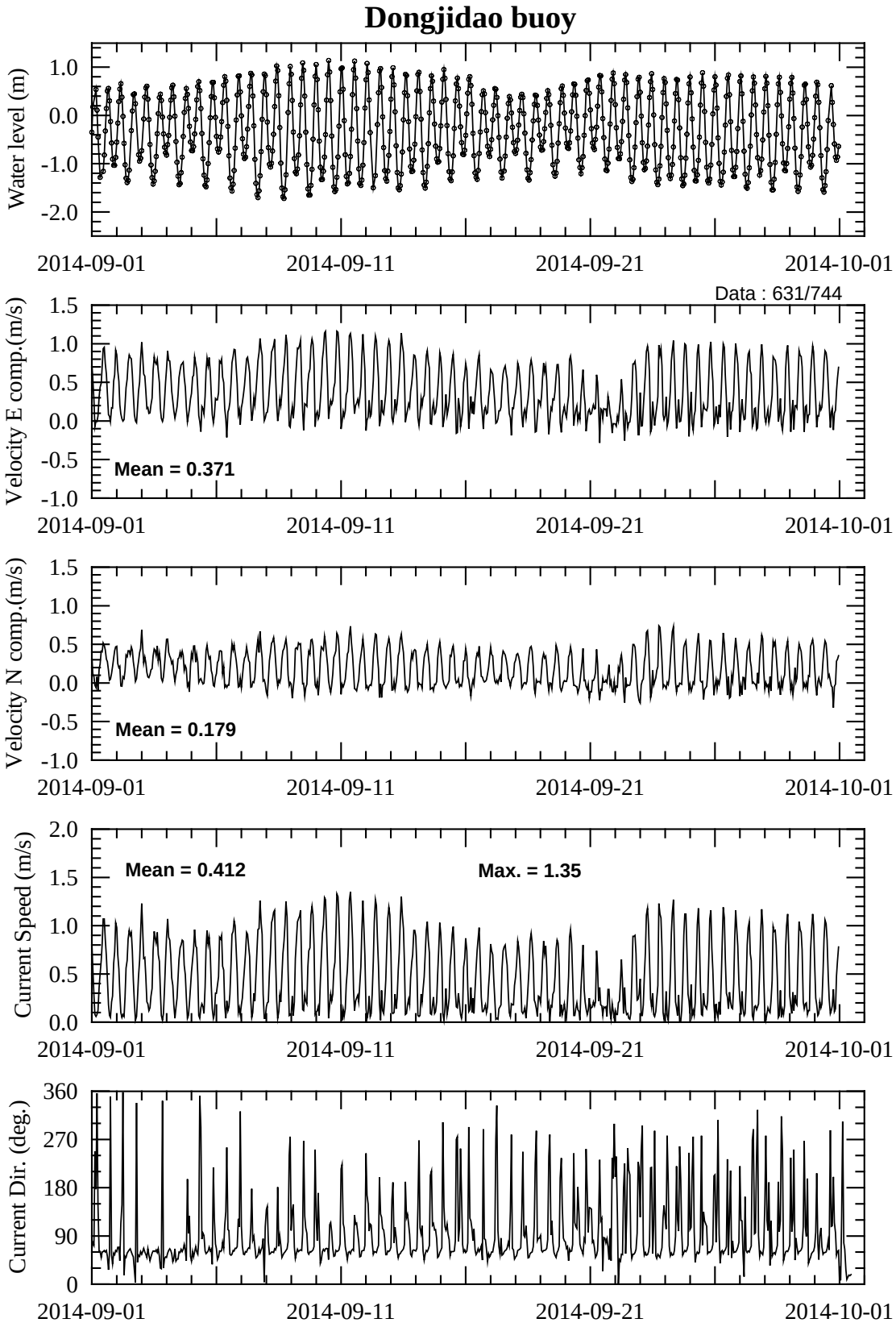
附圖 3.2 (續 5) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



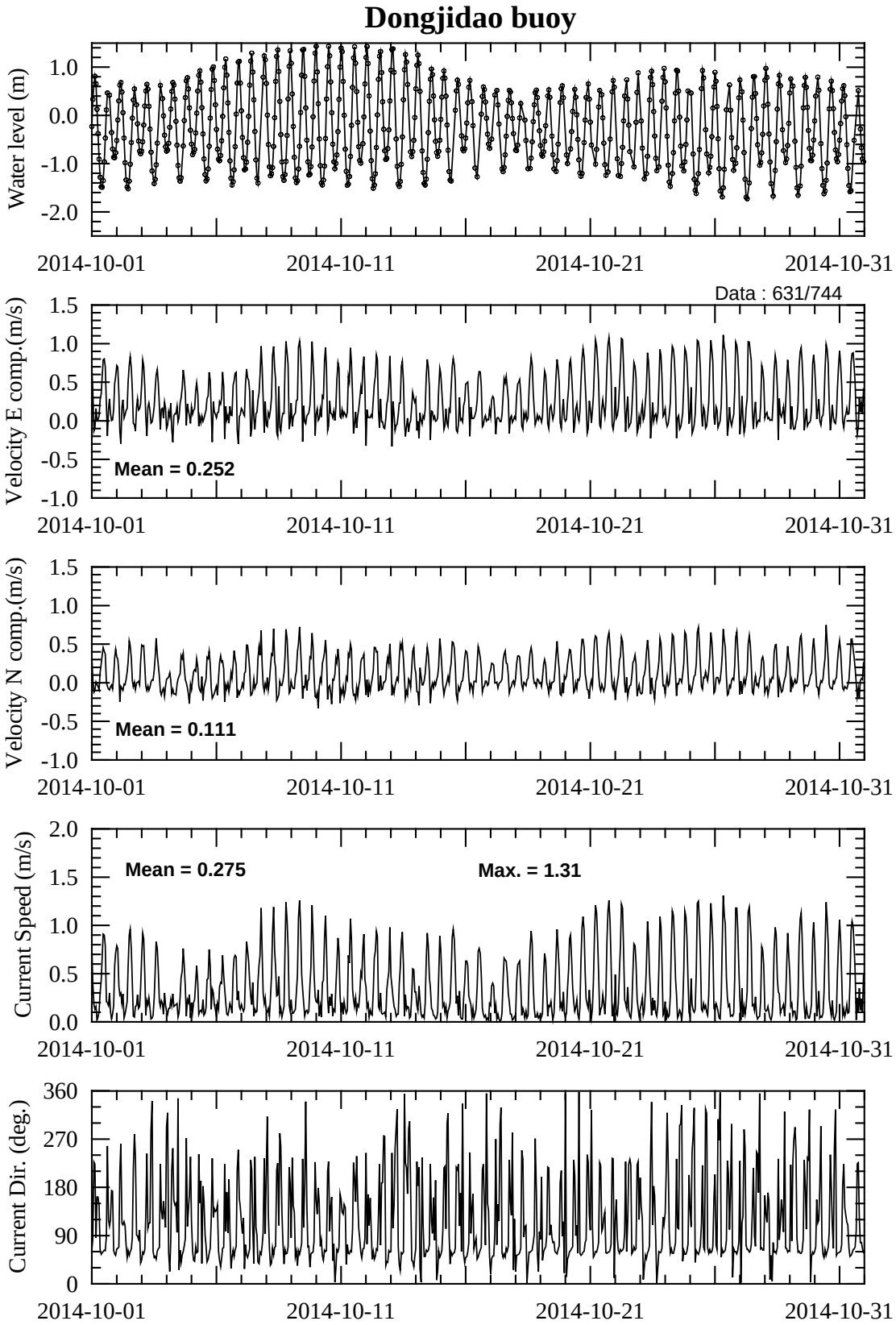
附圖 3.2 (續 6) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



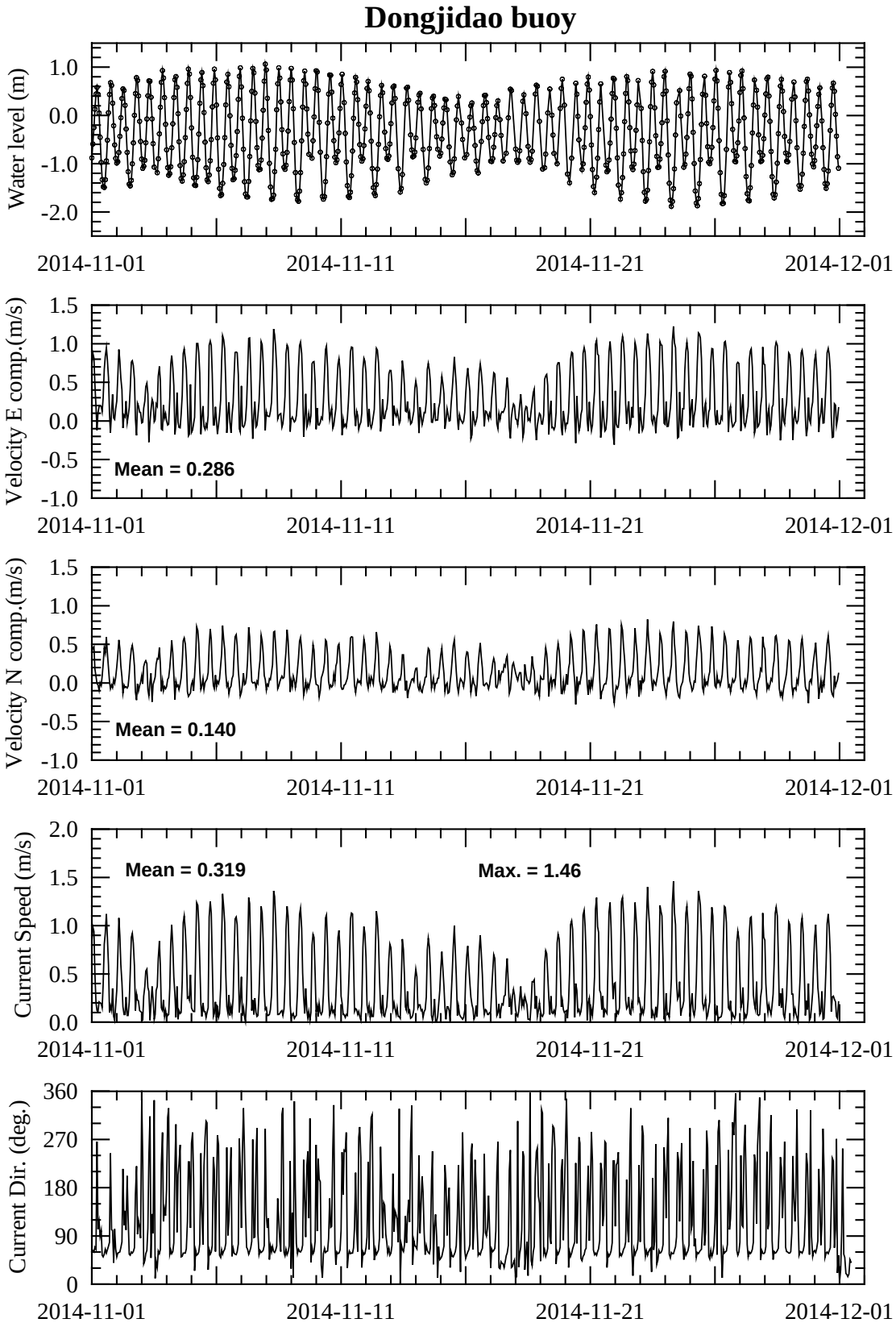
附圖 3.2 (續 7) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



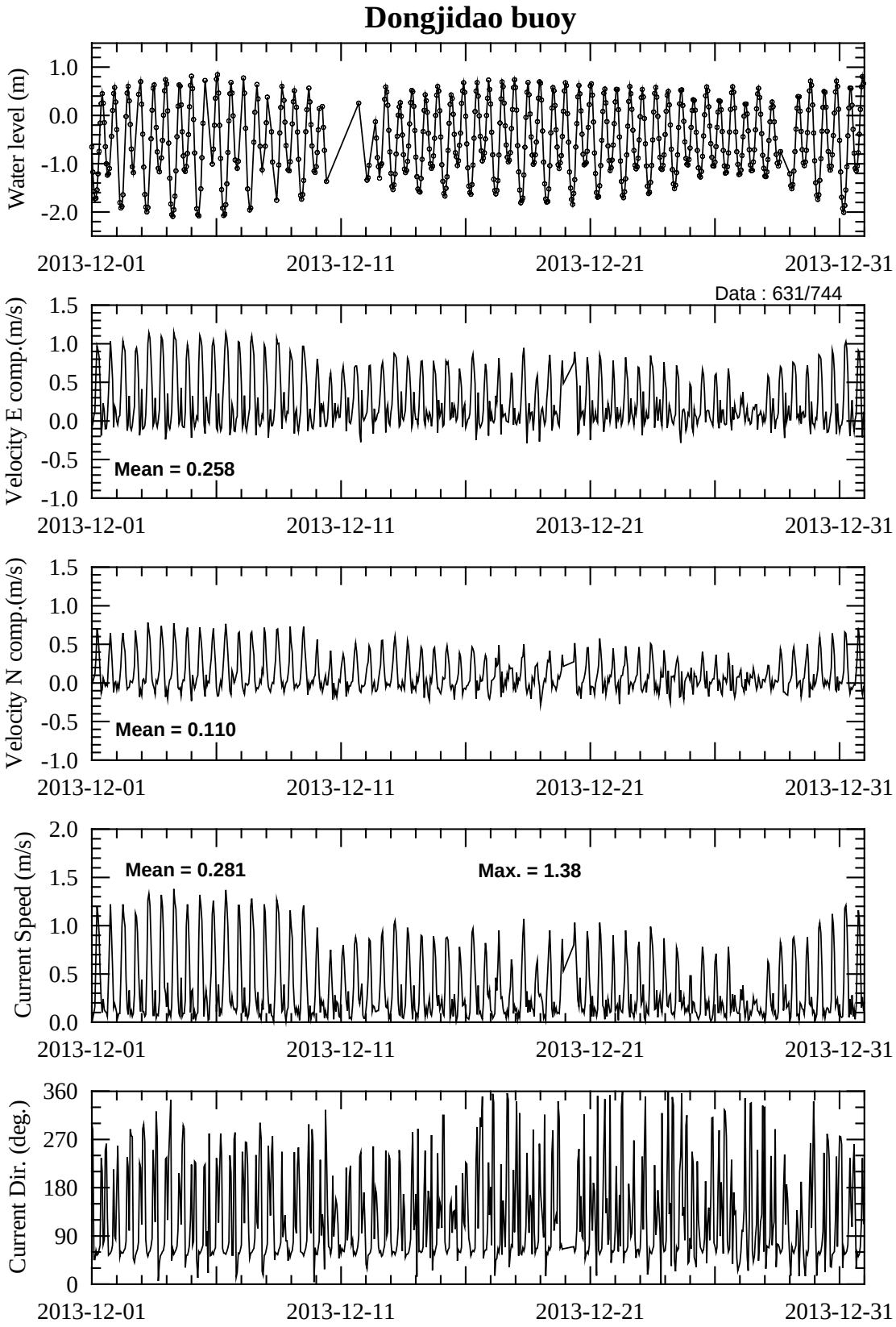
附圖 3.2 (續 8) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



附圖 3.2 (續 9) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



附圖 3.2 (續 10) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖



附圖 3.2 (續 11) 東吉島資料浮標海流觀測資料時序列圖

附錄四

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：105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

執行單位：國立成功大學

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、簡仲璟委員：		
1. 氣象局風場資料無法提供之情況持續多久會造成作業化系統無法順利運作？有無因應對策？	1. 目前作業化風場資料為每日整合最近 6 次數值預報結果，若有短缺情形會先以之前不同時間點發布同時預報資料遞補。只要氣象局資料有連續損失超過 5 次(30 小時)，將導致波流無法順利運算。後續將考量介接國外風場進行臨時性取代運作。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 模式模擬結果之評估除目前之均方根(RMS)及相關係數(R)之外，建議研擬其他精確度改善之量化指標。此外，報告書中有關均方根及相關係數之統計分析結果除第 3-15 頁之表 3.2 及表 3.3 外，請補充其他模擬結果之分析。	2. 謝謝委員意見，本年度評估指標 採用均方根及相關係數主要依據前期計畫(104 年)委員建議。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 水位偏差原因除了風	3. 基本上風揚效應在模	

壓場之誤差有關外，是否有考量風吹所造成之水位抬昇效應(wind setup)？第 3-20 頁之論述是否有佐證資料。	擬過程應存在，3-20 頁之論述已於期末報告修正。	已於期末報告修正。
4. 港域波浪之模擬如何進行模式計算結果之驗證？例如第 7-3 頁之波浪折繞射與控制點說明與遮蔽效果比較如何與實際情況作比較？	4. 目前港域波浪模擬結果缺乏港內及港外波浪同步量測資料，無法驗證數值模擬結果；因此本報告僅能針對數值模擬結果進行現象描述。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
二、溫志中委員：		
1. 計畫成果豐富。	1. 謝謝委員肯定。	
2. 圖 2.25 流速校正是否有包含水位？	2. 圖 2.25 主要針對流速討論。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 試說明蘇迪勒颱風期間，暴潮偏差圖於東經 124° 北緯 24° 邊界處之流速？	3. 該處為島嶼地形，因節點水深偏小造成流速產生偏大的現象	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 試說明圖 3.16 花蓮、蘇澳潮位計算之誤差原因？(2015.8.10~8.11)	4. 已於期末報告補述。	已於期末報告補述。
5. 潮流數值計算過程中，大尺度、中尺度、小尺度計算結果是否一致？	5. 原設計由大尺度模擬結果提供中尺度作邊界，再由中尺度模擬結果提供小尺度作邊界條件，本年度已針對中、小尺度模組銜接問題進行整合建構新的水動力模擬子系統。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

6. 計算過程中底床摩擦是否依環島特性進行設定？ 7. 颱風路徑統計圖建議更新。圖 4.23、表 4.16	6. 中尺度模組底床摩擦計算並未依環島特性進行設定。 7. 謝謝委員意見。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
三、蔡清標委員：		
1. 圖 3.16，在颱風登陸後之模擬值與觀測值的偏差較大，建議可再以實際風壓場模擬，以說明其誤差係來自天氣預報數值風壓場或其他原因。	1. 因實際風壓場目前尚無管道取得，因此僅能由颱風期間前、後數值模擬結果推論。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 尼伯特強颱，作業化預報數值模擬結果精度為何？建議期末報告可略加說明，不一定限定在本年度之模擬港口。	2. 謝謝委員建議。	
3. 3.4 節風壓場輸入方式有二，而本計畫主要係由外部輸入中央氣象局提供之數值風壓場資料，則 3.4.1 節之說明似為多餘。	3. 謝謝委員建議。為呈現出模式發展歷程及具備功能，仍傾向維持原章節架構。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 尖山港區經模擬結果，以波浪週期 780 秒發生第一共振模態。就實際而言，其發生機率為何？建議可以外海波浪波譜特性稍加說明。	4. 謝謝委員意見，週期 780 秒已屬長週期波浪範圍，可能發生於地震引起的海嘯，因此發生機率相當小。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

四、陳文俊委員：		
1. P3-20 有關颱風期間水位及流場模擬中提及颱風中心登陸期間水位歷線模擬與實測有顯著差異原因乃模式採用之風壓場與實際風壓場有顯著誤差引起，未來是否建議作為研究改進項目之一或已有改善之方法。	1. 由於風壓場數值模擬資料必須依賴氣象局提供，因此目前尚無相關改善研究項目或方法。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 第五章探討 NAO.99Jb 與本計畫中尺度水動力模式有關水位及流速比較探討中有放入水位之模擬，建議流速之模擬比較圖也可放入。	2. 謝謝委員建議，圖 5.6 包含水位及流速模擬結果比較圖。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 龍門尖山港區港域波浪模式建置中波場之演算及港池振盪之模擬中，週期皆採屬於颱風浪條件，而波高之選用卻為平均波高之特性，不知原因為何？	3. 由於港域波浪模式屬於線性模式，因此港域波高大小可由外海波高值乘以港域波高放大係數推估。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 於龍門港區港域波場模擬結果之探討中，由附圖中發現以 SSE 波向對港內有較大之影響，建議亦可於報	4. 謝謝委員建議，期末報告將補充說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

告中酌述。 5. P7-15 中模擬港池共振特性之探討中，假設條件中假設外海假想海岸線反射率 Kr=1，港內碼頭岸壁及具消波作用之海岸線及海岸構造物之反射率均假設為 1，如此假設是否可探討出該港區之共振特性抑或造成共振過大之情形。 6. 此報告之期中進度已有不錯之結果，予團隊之肯定。	5. 假設全反射條件主要是期望數值模擬結果能夠凸顯長週期波浪所引起的港池共振特性。 6. 謝謝委員肯定。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
五、蘇青和委員： 1. 第 2 章臺灣近岸海象模擬系統維運與改善方面，(1)建議加強有關系統維護與資料更新、軟硬體更新與測試、模式作業化環境之改善及維護等相關維運工作。(2) 第 2.3 系統改善成果部分，應加強風浪改善部分成果。(3) 第 2.4 節預報作業成果評估，應包括今年與去年之精度改進情形，包括誤差是否改進狀況，東	1. 遵照辦理，將於期末報告補述。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

北季風、西南季風及颱風期間之精度評估。		
2. 第 3 章建中尺度台灣周圍海域水動力模式,本模式與觀測資料比對檢核,應事先檢核觀測資料之精確度。建議本模式與另一中尺度模式做一比較。	2. 將於期末報告修正及補充相關比較。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 第 4 章澎湖海域基本資料蒐集及分析,相關資料建議更新至 2016 年(至少 2015 年)。	3. 遵照辦理。惟 2015 年波浪及海流觀測資料品質不佳,分析上有點困難。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 第 5 章澎湖海域水動力模式方面,建議納入風力考量,颱風影響之比對檢核也是重點。	4. 於期末報告補充相關模擬結果	同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 第 6 章澎湖海域近岸風浪模式方面,應加強與觀測之比對,重點在東北季風、西南季風及颱風期間之精度評估。	5. 遵照辦理。	
6. 報告撰寫內容請依本所規定,期末報告增加納入英文摘要。	6. 遵照辦理。	

附錄五

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：105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

執行單位：國立成功大學

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、陳文俊委員：		
1. P2-36 圖 2.30 有關模擬部份為何作業化資料後端處理問題修正後於流向之模擬對 0~90° 之效果反比舊版誤差大？	1. 原因可能是海流觀測資料品質不佳，雖經調和分析處理但仍無法反映出潮流退潮往東應有特性所產生的誤差現象。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. P2-69、P2-71 有關波高、週期之 SWAN 模擬與觀測之比較中如 Anping、布袋、台北波高是無觀測資料，抑或模擬與觀測結果一致？	2. Anping、布袋、台北三站無觀測資料，其中 Anping 在莫蘭蒂颱風期間儀器故障，布袋及台北觀測資尚未回收。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. P3-11 尖銳度參數 B 係採用 (3.10a) 抑或 (3.10b)建議說明。	3. 建議採用(3.10b)式	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 第四章有關相關海氣象比如風、侵臺颱風等資料如可能建議更新至最近期程，更顯完整性。	4. 謝謝委員建議。其中侵臺颱風資料已更新至 2016 年。	侵臺颱風資料已更新至 2016 年。
5. 龍門尖山港區波浪模擬中，建議可針對模擬條件敘述何種週	5. 已於文中補述。	已於文中補述。

期，何種波向下其港內波高可能會較大。另外報告中敘述 SW 向西防波堤堤頭進入港內的波浪作用約在 0.1~ 0.2 m 左右，建議比如 SSW 向似也頗大可酌述，另港區內 S 向亦比 SW 向大，此部份亦可加述。		
二、蔡清標委員：		
1. 基隆港水動力模組，修正後之模擬值的精度明顯提升，予以肯定。	1. 謝謝委員肯定。	
2. 表 2.5~表 2.26，字體太小不易閱讀，可考慮橫置頁面，放大字體。	2. 已於正式報告重新編排。	已於正式報告重新編排。
3. 圖 2.45、圖 2.47、圖 2.49，梅姬颱風之波高、週期及流速模擬結果誤差偏大，原因何在？請於文中檢討。(另圖 2.44、2.46、2.50 圖示並非為實線及虛線，請改正)	3. 已補充說明於文中。	已補充說明於文中。
4. 圖 3.14 各時間點應與圖 3.13 一致。	4. 謝謝委員意見。因圖 3.13 與圖 3.14 呈現的目的並不一致，為避免太佔篇符，故僅摘較重要的說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 圖 4.15，暴潮偏差應為實測水位減天文潮	5. 文中已述暴潮偏差為水位觀測值(obs)與天	同意合作研究單位之說明與處理情形。

位，圖示 pred.、obs.應說明對應之意義。	文潮預測值(pred)之差。	
6. 表 4.16、圖 4.23、4.24 僅統計至 2012 或 2013，應再更新。	6. 謝謝委員意見。	
7. 圖 6.10~圖 6.17，各符號標示為單日，但實際為一段期間，易令誤解。而最大值發生前之誤差較大，原因何在？改進之道為何？文中應有討論。	7. 已於文中補充說明。	已於文中補充說明。
8. 對本人所提期中意見的處理情形，請再予補充說明(尤其共振問題)。	8. 將針對期中意見回覆再修正。	已針對期中意見回覆修正。
三、簡仲璟委員：		
1. 針對系統維運，請補充本年度系統當機次數、原因探討、改善方法及改善成果等之說明。	1. 相關維運資料港研中心均留有記錄，本報告不再補述。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 圖 2.16、圖 2.17 及圖 2.18，請依圖示內容分別給予適當圖說，不宜相同。此外 2-22 頁之流程圖內容請配合報告書內文(例如第 2-27 頁)作修正。	2. 謝謝指正，已更新。2-22 頁流程圖為目前作業流程，待明年作業化更新後再予以更新。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 風浪模擬作業化子系統本年度進行多項改善，如報告書第 2-26	3. 已補充本年度測試模擬結果。	已補充本年度測試模擬結果。

至 2-29 所述各項改善方法，請補充其成效之具體說明。		
4. 澎湖海域基本資料蒐集與分析在 4.5 波浪及 4.6 風力除說明引用觀測單位之統計結果外，建議參照 4.3 及 4.4 節進行統計分析。	4. 波浪為本計畫統計結果，風力實非本計畫研究重點，因此採用文獻資料呈現。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 報告書第 6-9 頁所謂追算模擬宜有定義說明(是否以實測風場資料作推算？)。此外追算與模擬階段之結果比較圖示(圖 6.8~圖 6.17)不易區別，建議改善。	5. 謝謝委員建議，後續將留意圖示不易辨視問題。其中文中追算係以作業化模擬日期界定，系統作業化風場均為數值模擬值。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
6. 有關龍門尖山港區港域波浪模式建置，其模擬結果是否有共振特性？請補充。	6. 已於正式報告補述。	已於正式報告補述。
7. 參照 8-3 頁所述除澎湖海域外其他港區是否也是三層巢狀網格？或是在架構及流程上有所不同？請補充。	7. 目前僅澎湖海域風浪模擬屬三層巢狀網格，其餘港口目前風浪模擬均為二層。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
8. 澎湖海域風浪模擬系統之建置方式可否應用至其他離島海域，例如金門、馬祖？	8. 可應用至其他離島海域。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
9. 報告書第 2-24 頁所述水動力模擬系統已完	9. 此二港口尚有邊界問題待處理，因此時間	同意合作研究單位之說明與處理情形。

成港區為何缺臺中港及高雄港？此外系統模擬時間瓶頸瓶頸為何是安平港？其原因建議補充說明。	有延後。原因為安平港是目前已完成港口中數值計算網格數最多的港口，故為目前小尺度模擬完成時間之瓶頸。	
四、李俊穎委員： 1. 所提應用 WA03 風浪模擬在颱風期間未如使用 WA02 好，建議加強說明。 2. 所建置水動力模組，以目前成果能否呈現暴潮資訊。	1. 此部份需要進一步評估，建議下年度再辦理 2. 與港外資料比對結果應可以，至於港內水位則需進一步確認觀測值的正確性及合理性再評估。	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、張憲國委員： **（書面審查）** 1. 流程圖請依通用符號定義繪製，如圖 2.18 等。 2. 本計畫主要目標為評估預報模擬系統作業化校修，模擬系統的效果已用四種模式評估指標，其定義需在內文說明，否則不易了解正負值是計算值大於實測值，還是相反。 3. 表 2.5-表 2.19 內數據及符號說明需在表下	1. 謝謝委員建議。 2. 謝謝委員建議，已於文中補述。 3. 謝謝委員意見。其中 WAM 及 SWAN 順序	已於文中補述。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

註解，而不是在表說明，如表 2.13 係指最大示性波高波向及週期，而表 2.14 為其發生時間。各月不同資料來源的順序應相同，以利閱讀，如表 2.11-2.14 的 WAM 及 SWAN 順序不同。	不同將於下年度注意事項。	
4. 本計畫若能把表 2.5-表 2.19 的數據再進一步統計分析，可說明模擬系統在各位置的預報能力。尤其與實測資料差異很大的模擬結果，應有判斷機制說明其可信度。在澎湖及金門的各種海象模擬精度都比台灣商港差，如何在此兩處的模擬能力，可提出適當的建議。	4. 謝謝委員建議，將列入後續計畫執行參考	同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 表 2.26 中顯示模擬各商港水流的流向與實測平均偏差約 90 度，又標準差也約 90-110 度。此顯示所有模擬各商港水流的流向幾乎都與實測值有很大的差異。	5. 確實如委員意見，此部份原因之一是作業化近域模組網格解度不足所致。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
6. 第三章考慮模型風場當為風場輸入方式之	6. 目前均採用氣象局提供的風場。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

一，在 3.4 節介紹幾種模型風場，但在內文沒敘述模擬系統是使用哪一種模型風場。		
7. 第四章，一般使用 RMSE 及 R2 (非 R)兩個指標來評估模式。	7. 謝謝委員指正。	
8. 第六章及第七章地模擬結果除列圖外，請增加量化的評估指標。	8. 將納入後續計畫執行參考。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
9. 氣象局已建立海氣象預報模擬系統作業，並執行多年，收集氣象局評估其模式的報告或研究，可以比較兩者系統作業在各商港海域的模擬能力。	9. 氣象局資源(軟硬體)非港研中心可比擬，立足點不平等對本計畫不公平；另中央氣象局並未提供作業化成果評估報告，無從比較。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
蘇青和委員：		
1. 臺灣近岸海象模擬系統維運與改善方面，有關系統維護與資料更新、軟硬體更新與測試、模式作業化環境之改善及維護等相關維運工作，建議增加做一補充說明。	1. 遵照辦理。	
2. 本年度預報作業成果評估，與去年之精度改進，或誤差改進之情形，做一補充說明。颱風期間之比對	2. 針對颱風期間模擬誤差原因已有補述。	針對颱風期間模擬誤差原因已有補述。

檢核為重點，造成誤差之原因，也建議做較詳細深入之說明。		
3. 澎湖海域水動力模式方面，長週期之平均流，自動化作業時應考慮加入模擬值之修正。	3. 納入後續執行計畫優先評估。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 港域波浪模式建置，應補增有關港區代表性地點共振曲線特性分析之成果，也建議增加颱風期間觀測波譜資訊。	4. 已於修正報告補正。	已於修正報告補正。
5. 期末初稿報告書所附之期中審查處理情形表，及正式報告書所附之期末(期中)審查處理情形表，皆應針對委員之意見將處理情形或處理更新之頁碼位置說明清楚。	5. 遵照辦理。	
6. 報告撰寫內容請依本所規定，期末報告增加納入英文摘要。	6. 遵照辦理，期末報告增加納入英文摘要。	期末報告已增加納入英文摘要。

附錄六

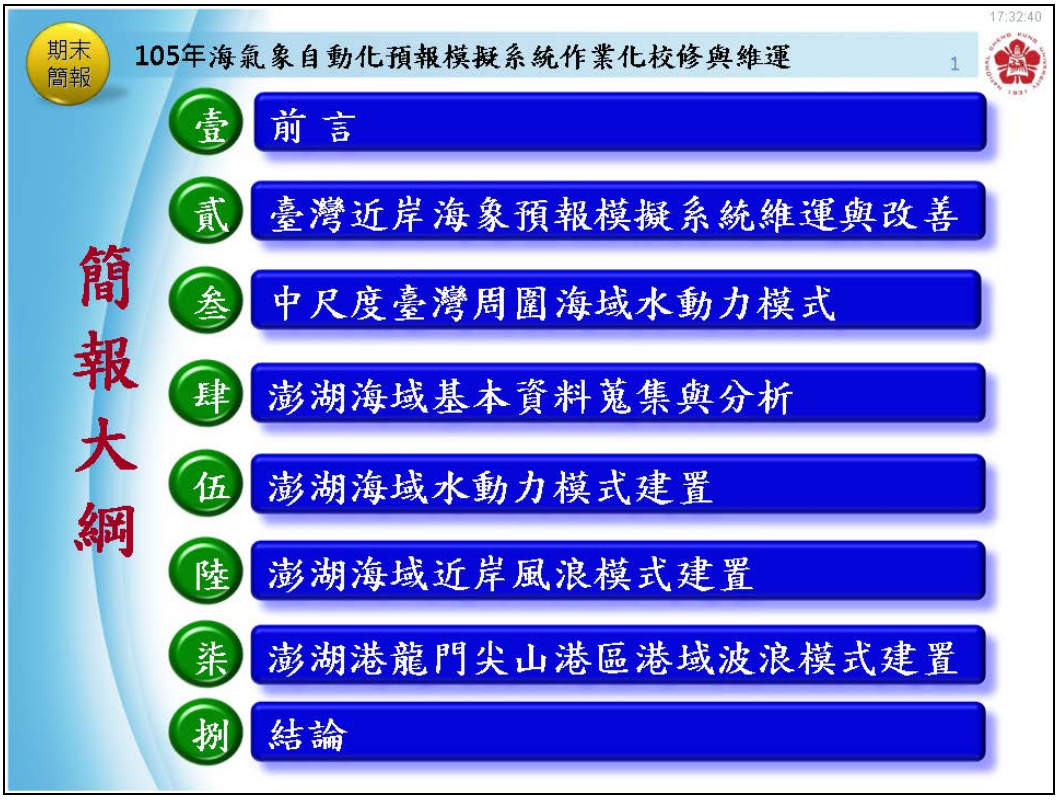
期末簡報資料

105年
海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

期 末 簡 報

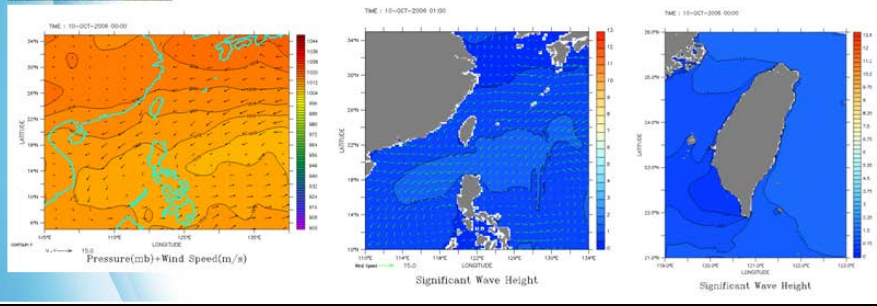
計畫主持人：李兆芳 教 授
協同主持人：劉正琪 研究員

委辦單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心
執行單位：國立成功大學水工試驗所



壹、前言
計畫目的及工作內容





本研究為交通部運輸研究所105年科技計畫「海洋防災科技及永續發展計畫」綱要計畫之分項計畫「臺灣主要商港海象暨溢淹資訊建置之研究」規劃兩年計畫之第二年

計畫目的

- ◆ 針對現有臺灣主要商港海象(風力、波浪、潮位及海流)預報系統進行改善及維護，相關預報與實測資料的比較分析。
- ◆ 針對離島澎湖港海域規劃與建置合適的波浪、水位及流場等海象模擬子系統，提供澎湖港與本島各港口間藍色公路相關的海象模擬資訊；於颱風侵襲期間，相關海象模擬亦可作為防災預警之評估依據，確保藍色公路海上航行安全。

工作項目及內容(本年度)

- **海氣象自動化預報模擬系統校修與維運**：配合港灣技術研究中心進行臺灣近岸海象模擬系統(TaiCOMS)之維護與資料更新、軟硬體更新與測試、模式作業化環境之改善及維護等相關工作。
- **海象自動化預報模擬系統之預報精確度改善**：臺灣本島主要商港海象作業化預報之精確度改善。
- **波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估**：利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署)於臺灣環島海域之現場觀測資料，以進行年度預報成果評估。
- **中尺度臺灣周圍海域水動力模式校驗**：利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署、海科中心等)海象觀測資料，以校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。
- **澎湖海域基本資料蒐集與分析**：包括地形水深、風(壓)場、波浪、水位及海流等海象資料分析及藍色公路相關資訊蒐集與建置。

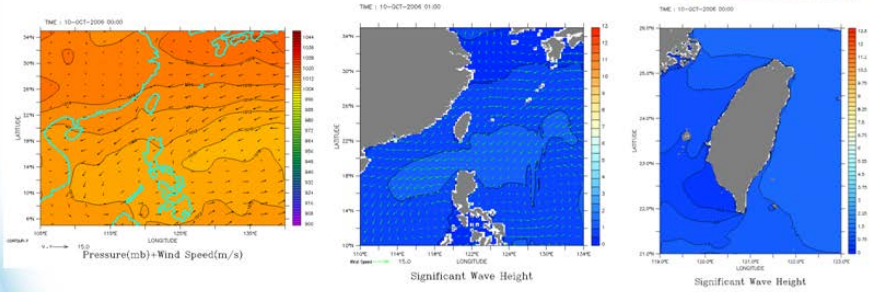
工作項目及內容(續)

- **澎湖海域近岸風浪模式建置**：完成澎湖海域近岸風浪模組建置，並利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署)澎湖海域波浪觀測資料，校驗模式相關參數及數值模擬結果。
- **澎湖細尺度港域波浪模式建置**：完成澎湖港龍門尖山港區細尺度波浪模組建置，及港區波浪場穩定模擬之分析成果。
- **澎湖海域近岸水動力模式建置**：完成澎湖海域水動力模組建置，同時利用港灣技術研究中心(或中央氣象局、水利署)澎湖海域水位及海流觀測資料，校驗模式相關參數及數值模擬結果。
- 為建立相關數值模擬系統及數值預報系統之模式計算、資料庫維護管理、資料統計、繪圖等工作，需派碩士級（含）以上專業人員一員至本所港灣技術研究中心駐點服務，其人員工作期間為履約時限(自簽約日起算)。

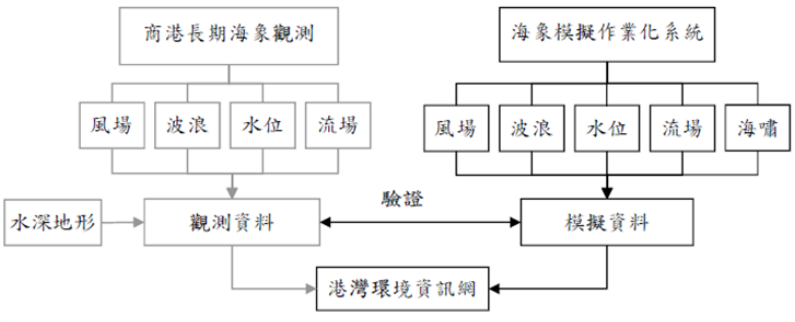
貳、臺灣近岸海象預報模擬系統維運與改善







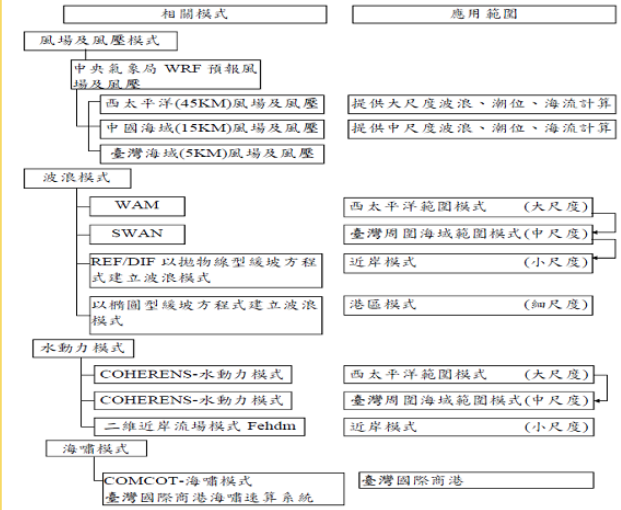
臺灣近岸海象預報系統簡介



此系統是由即時海象觀測網、海象模擬作業化系統及海象資訊展示端三個單元構成的，海象模擬資訊包括風場、波浪、水位、海流及海嘯等。

海象模擬作業化系統

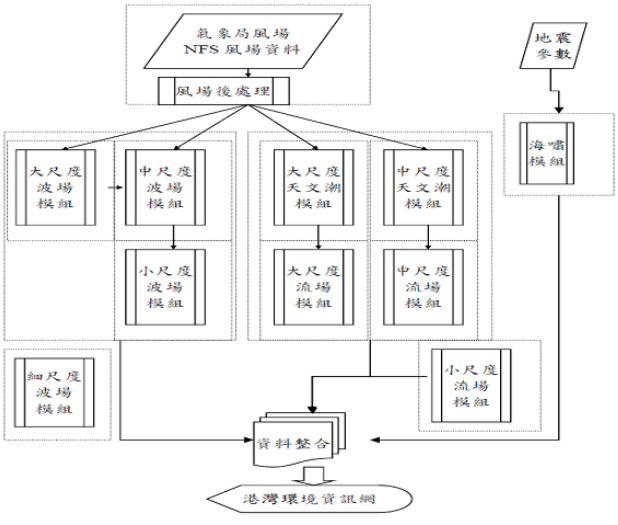
整體模式架構圖



因應各種海象(風、波、水位及流等)特性及不同需求(航運、防災)，發展出多模式及多尺度的海象模擬作業化系統。

海象模擬作業化系統

整體作業模擬流程圖

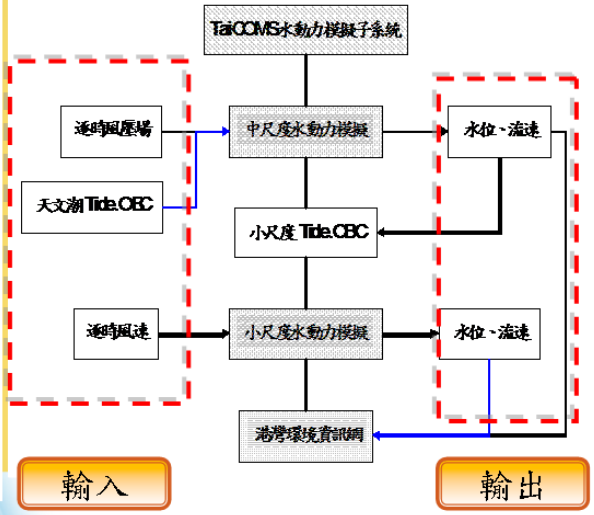


分為風場後處作業流程、海象數值模擬作業流程、數值模資料整合及港灣環境資訊網展出等流程。

海象模擬作業化系統改善成果(一)

目的：針對本計畫中尺度臺灣周圍海域與作業化系統已建置的小尺度各港區水動力模組進行整合，建置成一套完整的水動力模擬作業化系統。

水動力模擬作業化系統建置

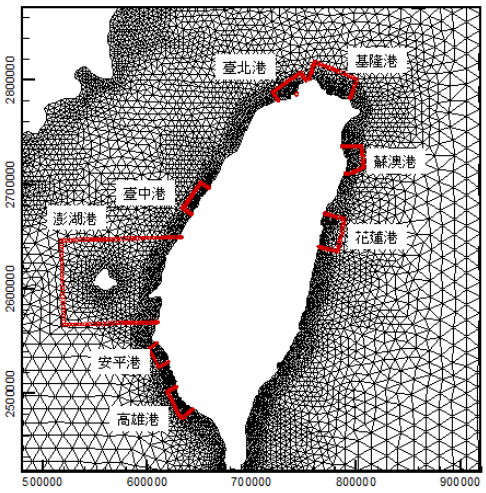


作業化模擬流程

- 資料前處理階段
- 中尺度水動力模擬階段
- 小尺度水動力模擬階段
- 模擬資料後處理階段
- 資料上傳及備份階段

海象模擬作業化系統改善成果(一)

水動力模擬作業化系統建置



在中尺度水動力模組數值網格上，各港區小尺度水動力模組開放邊界位置圖。

海象模擬作業化系統改善成果(一)

水動力模擬作業化系統建置

作業化模擬系統測試成果

測試機系統規格

(1) 處理器：Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU 3.4GHz，

(2) 記憶體：32.00GB

(3) 系統類型：64位元作業系統

作業化模擬測試時間：2016年9月1日至9月30日

模擬速度評估：每日水動力作業化模擬時間約費時2hr 35min.

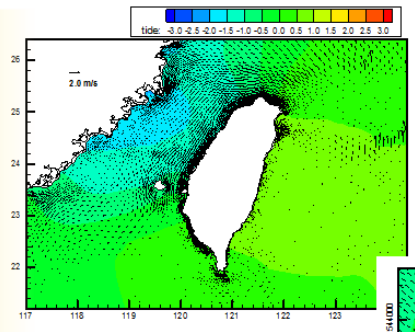
(1) 中尺度臺灣周圍海域模組模擬時間約**1hr 05min.**，

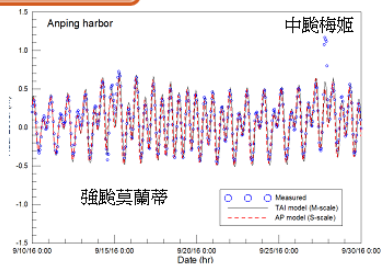
(2) 安平港水動力模組約費時**1hr 30min.**；

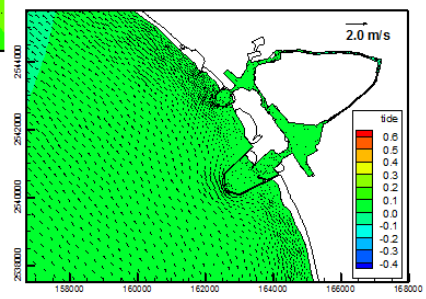
海象模擬作業化系統改善成果(一)

水動力模擬作業化系統建置

作業化模擬系統測試成果





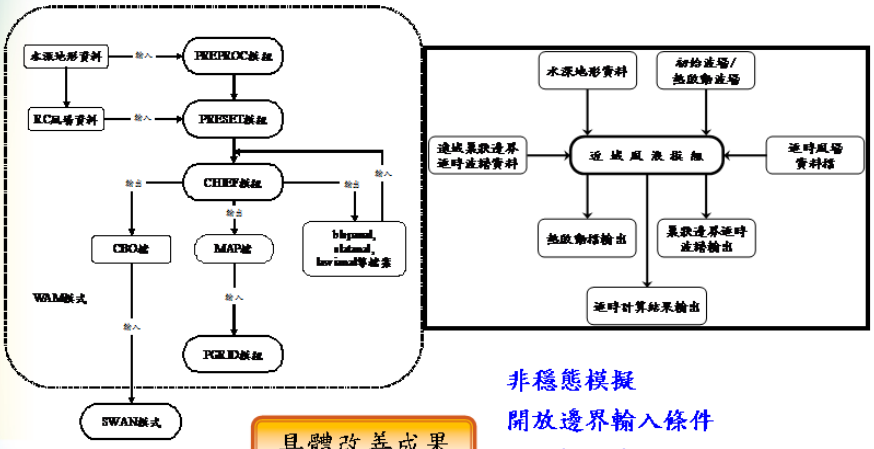


中尺度及小尺度模擬結果均無法顯示：中颱梅姬曾造成安平港出現異常高水位事證。

海象模擬作業化系統改善成果(二)

風浪模擬作業化系統改善

目的：整合大尺度遠域風浪模組及中尺度近域風浪模組，改善風浪模擬作業化系統模擬流程。

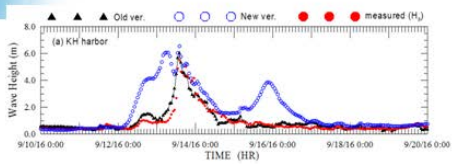


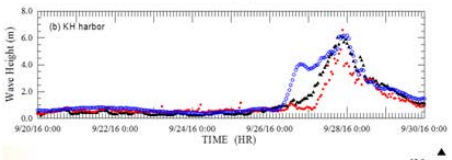
具體改善成果

非穩態模擬
開放邊界輸入條件
風場輸入資料
小尺度巢狀網格邊界條件輸出

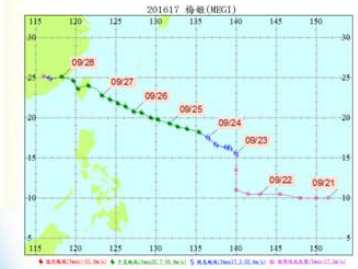
海象模擬作業化系統改善成果(二)

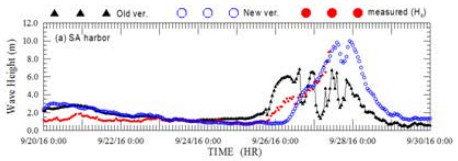
風浪模擬作業化系統改善

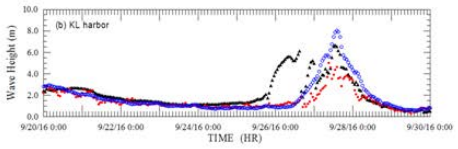






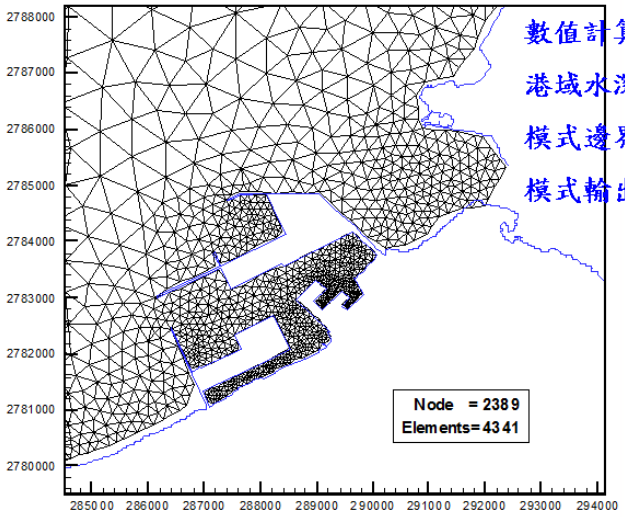






海象模擬作業化系統改善成果(三)

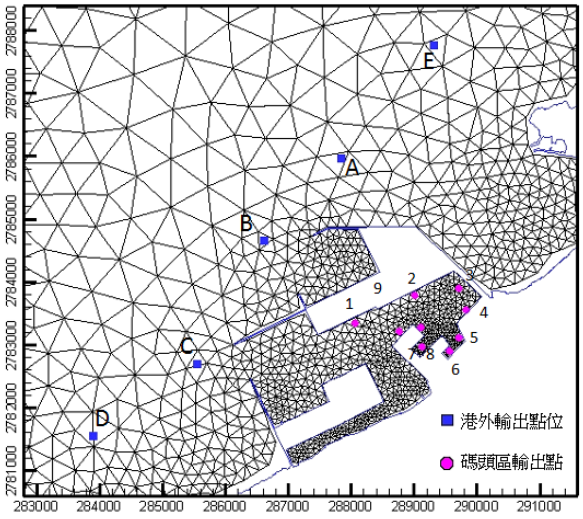
臺北港近岸水動力模組更新



- 數值計算網格更新
- 港域水深資料更新
- 模式邊界條件修正
- 模式輸出後處理更新

海象模擬作業化系統改善成果(三)

臺北港近岸水動力模組更新



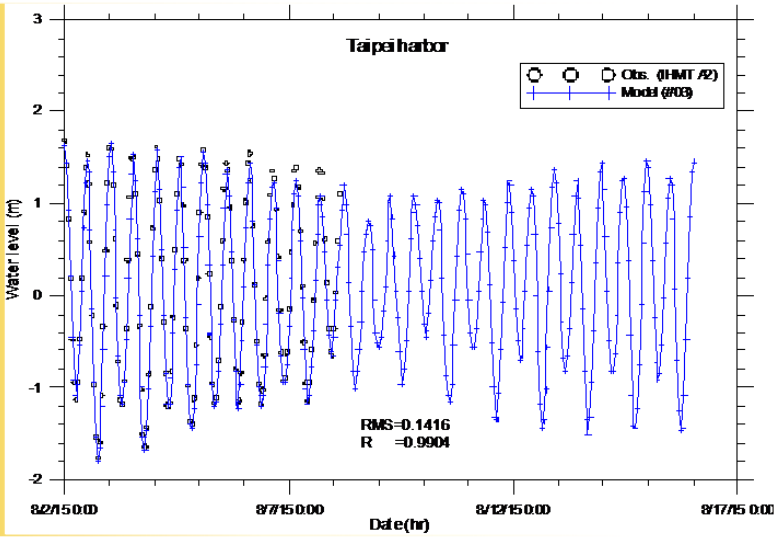
模式輸出後處理程式更新：(含任意點位模擬值輸出程式)
港外及港內碼頭區輸出點位

期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 18

海象模擬作業化系統改善成果(三)

臺北港近岸水動力模組更新



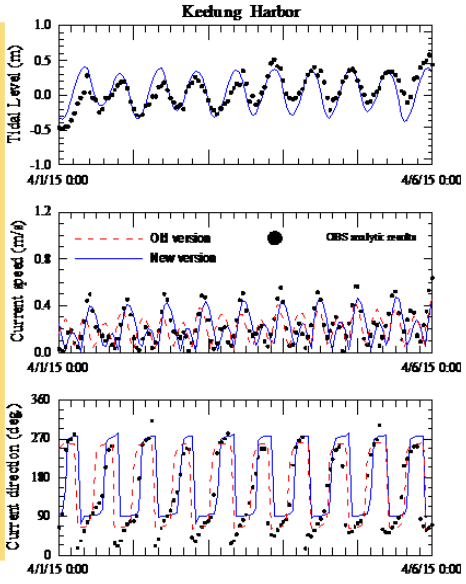
臺北港港內水位模擬結果與臺北港潮位觀測資料之比較圖

期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 19

海象模擬作業化系統改善成果(四)

基隆港近岸水動力模組



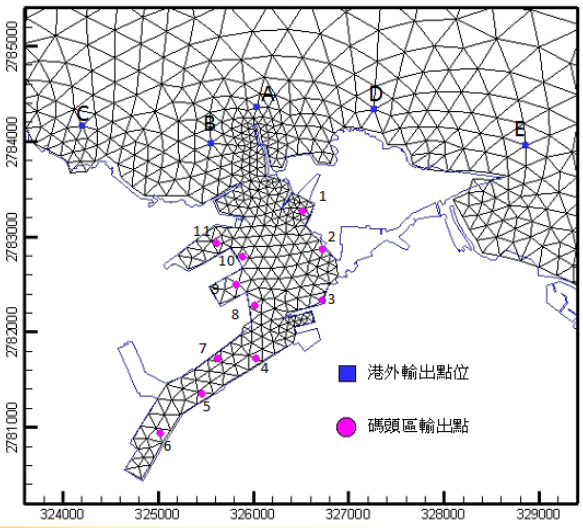
海流驗証點位的修正：因原海流觀測點位已移至東防波堤延長段堤頭外海，基隆港近岸水動力模組模式驗証點位未配合調整，導致成果評估誤差分析偏大。

模式邊界條件修正

模式輸出後處理更新

海象模擬作業化系統改善成果(四)

基隆港近岸水動力模組



模式輸出後處理程式更新：(含任意點位模擬值輸出程式)
港外及港內碼頭區輸出點位

本年度海象預報作業化成果評估

內容

風力	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、平均值、極端值、誤差分析等統計表
波浪	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、平均值、極端值、誤差分析等統計表
水位	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、平均值、極端值、誤差分析等統計表
流場	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、平均值、極端值、誤差分析等統計表

颱風期間海象模擬作業化成果評估


期末簡報
105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運
22
本年度海象預報作業化成果評估(風力)


期末簡報
105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運
23
本年度海象預報作業化成果評估(波浪)

本年度海象預報作業化成果評估(水位)

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	臺中港	布袋港	臺南港	臺北港	淡水	金門
2015/12月	平均絕差	.00(98.1%)	.00(99.7%)	.00(99.6%)	.00(97.4%)	.02(68.1%)	-.01(72.2%)	.00(100%)	.00(75.5%)	*(*)	.00(66.8%)
2015/12月	絕平絕差	.08(98.1%)	.06(99.7%)	.17(99.6%)	.08(97.4%)	.09(68.1%)	.12(72.2%)	31(100%)	.24(75.5%)	*(*)	.75(66.8%)
2015/12月	最大絕差	-.26(98.1%)	-.16(99.7%)	-.50(99.6%)	.21(97.4%)	.25(68.1%)	-.34(72.2%)	.90(100%)	3.39(75.5%)	*(*)	7.22(66.8%)
2016/01月	平均絕差	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(97.7%)	.06(28.1%)	.00(100%)	.00(100%)	-.01(88.6%)	-.01(62.9%)	.01(95.3%)
2016/01月	絕平絕差	.08(99.9%)	.06(99.9%)	.22(99.9%)	.08(97.7%)	.10(28.1%)	.10(100%)	.18(100%)	.20(88.6%)	1.10(62.9%)	.57(95.3%)
2016/01月	最大絕差	-.28(99.9%)	.20(99.9%)	.77(99.9%)	.22(97.7%)	.23(28.1%)	-.48(100%)	.52(100%)	-.58(88.6%)	2.23(62.9%)	-1.77(95.3%)
2016/02月	平均絕差	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(99.9%)	.06(80.4%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.6%)	-.04(36.6%)	.00(100%)
2016/02月	絕平絕差	.00(100%)	.05(100%)	.10(99.7%)	.07(99.9%)	.10(80.4%)	.11(100%)	.14(100%)	.13(99.6%)	.10(36.6%)	.50(100%)
2016/02月	最大絕差	-.34(100%)	-.15(100%)	.69(99.7%)	-.21(99.9%)	.27(89.4%)	.39(100%)	-.50(100%)	-.60(99.6%)	-.34(36.6%)	-1.61(100%)
2016/03月	平均絕差	.00(100%)	.00(100%)	.00(92.2%)	.00(99.9%)	.02(53.5%)	.00(99.6%)	.00(99.9%)	.00(99.6%)	.03(78.8%)	.00(99.6%)
2016/03月	絕平絕差	.10(100%)	.05(100%)	.34(92.2%)	.00(99.9%)	.10(53.5%)	.10(99.6%)	.17(99.9%)	.21(99.6%)	.11(78.8%)	.56(99.6%)
2016/03月	最大絕差	-.33(100%)	-.11(100%)	.78(92.2%)	.20(99.9%)	.34(53.5%)	.43(99.6%)	.54(99.9%)	-.70(99.6%)	.37(78.8%)	-1.85(99.6%)
2016/04月	平均絕差	.00(63.3%)	.00(99.9%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.01(98.3%)
2016/04月	絕平絕差	2.18(68.3%)	.06(99.9%)	.31(99.7%)	.07(99.7%)	.09(99.9%)	.12(100%)	.14(100%)	.16(100%)	.11(100%)	.48(98.3%)
2016/04月	最大絕差	3.12(68.3%)	-.17(99.9%)	.76(99.7%)	.20(99.7%)	-.31(99.9%)	.69(100%)	-.44(100%)	.50(100%)	-.34(100%)	1.21(98.3%)
2016/05月	平均絕差	.00(98.7%)	.00(100%)	.00(98.9%)	.00(99.7%)	-.01(92.2%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	-.10(96.4%)
2016/05月	絕平絕差	.07(98.7%)	.11(100%)	.40(98.9%)	.10(99.7%)	.09(92.2%)	.13(100%)	.11(100%)	.15(99.9%)	.11(99.9%)	.46(96.4%)
2016/05月	最大絕差	-.55(98.7%)	.33(100%)	.90(98.9%)	.31(99.7%)	-.27(92.2%)	1.34(100%)	-.30(100%)	.34(99.9%)	-.32(99.9%)	-1.08(96.4%)
2016/06月	平均絕差	.00(98.8%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.3%)
2016/06月	絕平絕差	.07(98.8%)	.05(100%)	.05(99.6%)	.09(99.7%)	.08(100%)	.12(100%)	.13(100%)	.14(100%)	.11(100%)	.46(99.3%)
2016/06月	最大絕差	.22(98.8%)	-.17(100%)	-.15(99.6%)	-.25(99.7%)	-.26(100%)	-.33(100%)	-.30(100%)	-1.34(100%)	-.31(100%)	-1.14(99.3%)
2016/07月	平均絕差	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.7%)	.00(99.6%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(100%)	.01(98.6%)
2016/07月	絕平絕差	.08(99.9%)	.07(99.9%)	.14(99.9%)	.08(99.7%)	.08(99.6%)	.13(99.9%)	.11(100%)	.14(99.6%)	.12(100%)	.48(98.6%)
2016/07月	最大絕差	.24(99.9%)	.28(99.9%)	-1.13(99.9%)	-.25(99.7%)	-.26(99.6%)	-.31(99.9%)	.31(100%)	.37(99.6%)	-.30(100%)	-1.15(98.6%)
2016/08月	平均絕差	.00(99.9%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(99.7%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.6%)	.00(99.9%)	-.01(91.8%)
2016/08月	絕平絕差	.08(99.9%)	.06(99.7%)	.06(99.7%)	.09(99.7%)	.09(99.7%)	.12(100%)	.14(100%)	.13(99.6%)	.12(99.9%)	.46(91.8%)
2016/08月	最大絕差	-.24(99.9%)	-.22(99.7%)	-.23(99.7%)	-.25(99.7%)	-.30(99.7%)	-.34(100%)	-1.12(100%)	.37(99.6%)	-.35(99.9%)	-1.10(91.8%)
2016/09月	平均絕差	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.4%)	.00(100%)	.00(100%)	.00(99.7%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)	.00(99.4%)	-.20(88.9%)
2016/09月	絕平絕差	.10(99.9%)	.09(100%)	.34(99.4%)	.07(100%)	.10(100%)	.11(99.7%)	.01(99.4%)	.19(99.4%)	.13(99.4%)	.50(88.9%)
2016/09月	最大絕差	.30(99.9%)	-.78(100%)	-2.43(99.4%)	.24(100%)	-.72(100%)	-.54(99.7%)	1.04(99.4%)	-.40(99.4%)	-.38(99.4%)	-1.76(88.9%)
2016/10月	平均絕差	.00(98.3%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(99.9%)	.00(100%)	.00(99.2%)	.00(99.7%)	.00(100%)	-.44(91.7%)
2016/10月	絕平絕差	.14(98.3%)	.07(99.9%)	.14(99.9%)	.08(99.9%)	.07(99.9%)	.10(100%)	.22(99.2%)	.22(99.7%)	.11(100%)	.70(91.7%)
2016/10月	最大絕差	-.38(98.3%)	.33(99.9%)	-1.18(99.5%)	-.27(99.9%)	-.27(99.9%)	.46(100%)	-.84(99.2%)	.50(99.7%)	.41(100%)	-1.60(91.7%)
2016/11月	平均絕差	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/11月	絕平絕差	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/11月	最大絕差	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)

註：絕差=預報值-觀測值，單位：m

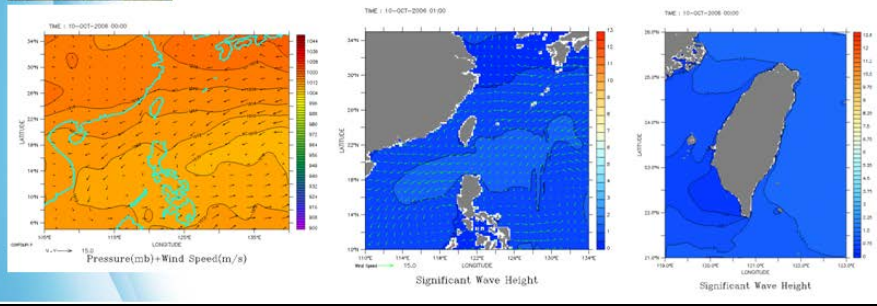
本年度海象預報作業化成果評估(海流)

年/月	方法	基隆港	蘇澳港	花蓮港	高雄港	臺中港	布袋港	臺南港	臺北港	淡水	金門
2015/12月	平均絕差	8.6(98.7%)	2.8(88.6%)	-15.4(98.1%)	-7.5(95.5%)	4.4(85.1%)	*(*)	-25.5(94.4%)	-5.3(76.5%)	*(*)	-7.2(97.8%)
2015/12月	絕平絕差	54.8(98.7%)	15.8(88.6%)	19.8(98.1%)	11.9(95.5%)	11.8(85.1%)	*(*)	51.7(94.4%)	26.8(76.5%)	*(*)	28.8(97.8%)
2015/12月	最大絕差	87.6(98.7%)	59.7(88.6%)	-78.3(98.1%)	-45.8(95.5%)	58.2(85.1%)	*(*)	-158.2(94.4%)	-78.8(76.5%)	*(*)	-85.2(97.8%)
2015/12月	平均絕差	2.5(98.7%)	2.8(88.6%)	.1(98.1%)	.8(95.5%)	1.5(85.1%)	*(*)	.5(98.4%)	1.1(28.5%)	*(*)	1.2(97.8%)
2016/01月	平均絕差	8.5(99.9%)	2.7(96.7%)	-15.1(96.9%)	-7.5(89.7%)	6.5(98.8%)	*(*)	-26.1(98.7%)	-5.1(25.8%)	2.9(88.9%)	4.5(99.9%)
2016/01月	絕平絕差	55.3(99.9%)	14.1(96.7%)	17.8(96.9%)	12.6(89.7%)	15.8(98.8%)	*(*)	55.3(98.7%)	17.8(25.8%)	21.3(88.9%)	26.6(99.9%)
2016/01月	最大絕差	-89.7(99.9%)	-47.5(96.7%)	-68.1(96.9%)	-48.1(89.7%)	58.2(98.8%)	*(*)	-118.5(98.7%)	-47.8(25.8%)	55.3(88.9%)	-86.8(99.9%)
2016/01月	平均絕差	2.5(99.9%)	2.8(96.7%)	.1(96.9%)	.7(89.7%)	2.6(98.8%)	*(*)	.4(98.7%)	1.2(25.8%)	1.7(88.9%)	1.4(99.9%)
2016/02月	平均絕差	18.1(99.9%)	1.8(87.1%)	-12.2(91.7%)	-8.1(89.4%)	5.1(99.9%)	*(*)	-29.2(99.7%)	*(*)	4.6(98.8%)	4.4(99.9%)
2016/02月	絕平絕差	55.5(99.9%)	14.1(87.1%)	14.8(91.7%)	13.5(89.4%)	15.7(99.9%)	*(*)	55.7(99.7%)	*(*)	22.4(98.8%)	28.5(99.9%)
2016/02月	最大絕差	-82.8(99.9%)	-41.4(87.1%)	-58.7(91.7%)	-54.8(89.4%)	42.4(99.9%)	*(*)	-94.5(99.7%)	*(*)	28.4(98.8%)	-78.7(99.9%)
2016/02月	平均絕差	2.5(99.9%)	1.8(87.1%)	.2(91.7%)	.7(89.4%)	1.8(99.9%)	*(*)	.4(99.7%)	*(*)	2.1(98.8%)	1.5(99.9%)
2016/03月	平均絕差	11.2(98.1%)	.1(95.5%)	-13.1(97.7%)	-9.4(89.9%)	8.2(98.4%)	*(*)	-28.1(99.5%)	*(*)	7.7(98.5%)	-5.5(99.6%)
2016/03月	絕平絕差	53.7(98.1%)	15.1(95.5%)	17.7(97.7%)	15.4(89.9%)	16.2(98.4%)	*(*)	55.4(99.5%)	*(*)	24.1(98.5%)	28.7(99.6%)
2016/03月	最大絕差	-111.5(98.1%)	-58.4(95.5%)	-72.9(97.7%)	-57.6(89.9%)	48.7(98.4%)	*(*)	-99.9(99.5%)	*(*)	68.1(98.5%)	-88.5(99.6%)
2016/03月	平均絕差	2.9(98.1%)	1.6(95.5%)	.1(97.7%)	.7(89.9%)	2.7(98.4%)	*(*)	.4(98.5%)	*(*)	2.9(98.5%)	1.4(99.6%)
2016/04月	平均絕差	12.9(98.9%)	-1.5(87.4%)	-18.1(98.7%)	-12.9(89.6%)	7.7(98.1%)	*(*)	-34.8(99.6%)	*(*)	14.1(98.5%)	.8(97.1%)
2016/04月	絕平絕差	55.4(98.9%)	15.2(87.4%)	22.4(98.7%)	19.5(89.6%)	16.4(98.1%)	*(*)	58.8(99.6%)	*(*)	27.2(98.5%)	28.5(97.1%)
2016/04月	最大絕差	83.9(98.9%)	-49.4(87.4%)	-68.1(98.7%)	-65.1(89.6%)	45.8(98.1%)	*(*)	-68.9(99.6%)	*(*)	71.3(98.5%)	-79.1(97.1%)
2016/04月	平均絕差	2.9(98.9%)	1.5(87.4%)	.1(98.7%)	.7(89.6%)	2.7(98.1%)	*(*)	.4(98.4%)	*(*)	4.2(98.5%)	1.8(97.1%)
2016/05月	平均絕差	15.9(98.8%)	.4(98.9%)	-28.4(99.3%)	-15.5(89.1%)	5.7(98.1%)	*(*)	-17.5(98.5%)	*(*)	19.1(99.6%)	-4.5(99.3%)
2016/05月	絕平絕差	52.7(98.8%)	12.5(98.9%)	25.5(99.3%)	19.9(89.1%)	12.8(98.1%)	*(*)	17.5(98.5%)	*(*)	28.4(99.6%)	28.8(99.3%)
2016/05月	最大絕差	68.7(98.8%)	-49.5(98.9%)	-74.1(99.3%)	-57.7(89.1%)	58.4(98.1%)	*(*)	-85.1(98.5%)	*(*)	75.3(99.6%)	-88.4(99.3%)
2016/05月	平均絕差	3.1(98.8%)	1.7(98.9%)	.1(99.3%)	.7(89.1%)	1.7(98.1%)	*(*)	.5(98.5%)	*(*)	3.1(99.6%)	1.4(99.3%)
2016/06月	平均絕差	19.5(97.7%)	2.6(99.5%)	-22.1(96.7%)	-7.4(89.7%)	1.7(98.5%)	1.9(75.1%)	-16.6(99.7%)	16.5(77.1%)	22.1(98.5%)	-5.9(99.6%)
2016/06月	絕平絕差	51.8(97.7%)	12.7(99.5%)	27.5(96.7%)	13.6(89.7%)	13.8(98.5%)	28.4(75.1%)	19.8(99.7%)	57.1(77.1%)	29.1(98.5%)	28.4(99.6%)
2016/06月	最大絕差	78.5(97.7%)	-48.4(99.5%)	-78.7(96.7%)	-48.2(89.7%)	-45.8(98.5%)	-77.8(75.1%)	-68.8(99.7%)	72.7(77.1%)	68.1(98.5%)	-79.5(99.6%)
2016/06月	平均絕差	3.5(97.7%)	1.5(99.5%)	.1(96.7%)	.5(89.7%)	1.7(98.5%)	1.6(75.1%)	.4(99.7%)	2.8(77.1%)	3.5(98.5%)	1.4(99.6%)
2016/07月	平均絕差	9.4(98.1%)	1.2(98.8%)	-25.1(98.7%)	-8.5(91.9%)	-8.5(98.5%)	5.2(34.8%)	-18.5(99.7%)	*(*)	15.3(95.6%)	-7.5(77.8%)
2016/07月	絕平絕差	51.7(98.1%)	15.2(98.8%)	31.8(98.7%)	15.9(91.9%)	17.8(98.5%)	28.5(34.8%)	22.5(99.7%)	*(*)	24.8(95.6%)	52.4(77.8%)
2016/07月	最大絕差	84.4(98.1%)	-77.4(98.8%)	-218.5(98.7%)	-58.4(91.9%)	-59.8(98.5%)	57.3(34.8%)	-82.8(99.7%)	*(*)	65.9(95.6%)	83.4(77.8%)
2016/07月	平均絕差	2.4(98.1%)	1.8(98.8%)	.1(98.7%)	.9(91.9%)	.9(98.5%)	1.4(34.8%)	.4(98.7%)	*(*)	3.9(95.6%)	1.4(77.8%)
2016/08月	平均絕差	14.4(98.1%)	.4(98.5%)	-28.8(95.8%)	-5.4(85.5%)	-11.1(89.2%)	9(81.4%)	-17.4(98.6%)	*(*)	18.4(94.8%)	-5.7(18.7%)
2016/08月	絕平絕差	52.5(98.1%)	12.4(98.5%)	51.1(95.8%)	14.7(85.5%)	17.7(89.2%)	27.8(81.4%)	15.8(98.6%)	*(*)	25.1(94.8%)	25.8(18.7%)
2016/08月	最大絕差	88.4(98.1%)	-58.2(98.5%)	-83.3(95.8%)	-65.4(85.5%)	-88.3(89.2%)	-71.3(81.4%)	-61.8(98.6%)	*(*)	57.2(94.8%)	-98.8(18.7%)
2016/08月	平均絕差	2.8(98.1%)	1.4(98.5%)	.1(95.8%)	.8(85.5%)	.8(89.2%)	2.8(81.4%)	.5(98.6%)	*(*)	1.3(94.8%)	1.3(18.7%)
2016/09月	平均絕差	12.7(98.9%)	-.3(87.1%)	-31.2(88.1%)	-15.6(89.5%)	-11.5(98.5%)	*(*)	-17.4(97.4%)	*(*)	18.2(88.1%)	-8.4(74.7%)
2016/09月	絕平絕差	54.2(98.9%)	14.5(87.1%)	57.8(88.1%)	19.1(89.5%)	18.2(98.5%)	*(*)	22.8(97.4%)	*(*)	19.2(88.1%)	58.8(74.7%)
2016/09月	最大絕差	-107.5(98.9%)	57.6(87.1%)	-118.4(88.1%)	-55.4(89.5%)	-119.5(98.5%)	*(*)	-108.8(97.4%)	*(*)	64.9(88.1%)	-97.5(74.7%)
2016/09月	平均絕差	3.5(98.9%)	1.5(87.1%)	.1(88.1%)	.8(89.5%)	.8(98.5%)	*(*)	.4(97.4%)	*(*)	1.8(88.1%)	1.3(74.7%)
2016/10月	平均絕差	5.6(98.9%)	3(95.5%)	-24.1(89.7%)	-16.5(96.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/10月	絕平絕差	57.1(89.9%)	14.3(95.5%)	28.6(89.7%)	27.5(96.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/10月	最大絕差	88.5(89.9%)	-42.1(95.5%)	-67.1(89.7%)	-62.9(96.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/10月	平均絕差	1.9(98.9%)	1.5(95.5%)	.1(89.7%)	.6(96.7%)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/11月	平均絕差	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/11月	絕平絕差	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)
2016/11月	最大絕差	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)	*(*)

註：絕差=預報值-觀測值，流速=預報值-觀測值，單位：cm/s

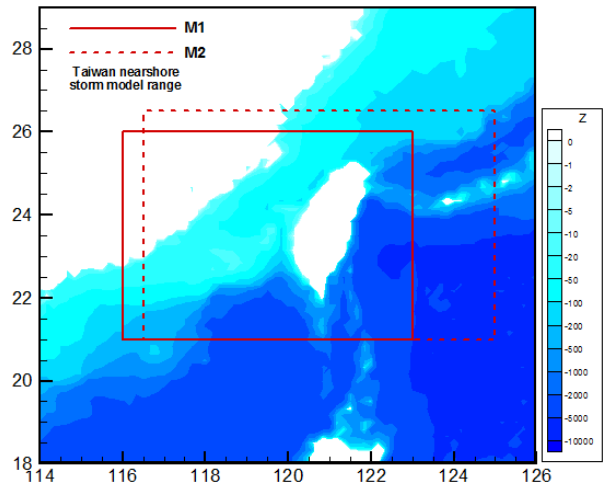


參、中尺度臺灣周圍海域水動力模式



中尺度臺灣周圍海域水動力模式

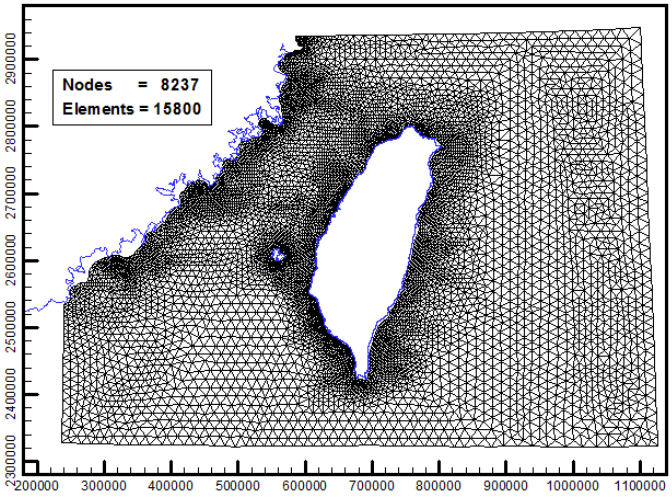
模式模擬範圍



東經116.5°～125°及北緯21°～26.5°之海域

中尺度臺灣周圍海域水動力模式

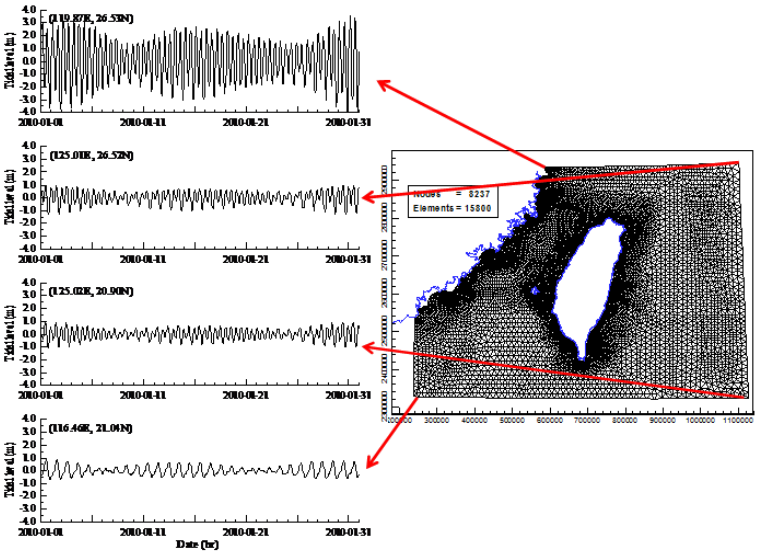
模式計算網格



水深資料包括海科中心臺灣附近海域格網數值地形資料及海軍測量局刊行之海軍水道圖

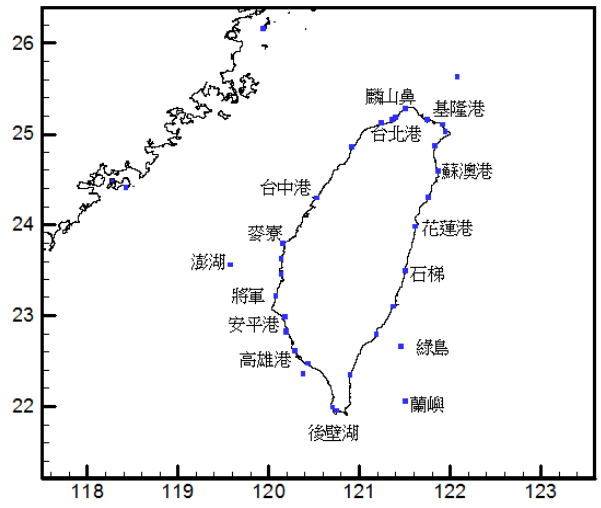
中尺度臺灣周圍海域水動力模式

模式開放邊界水位條件



中尺度臺灣周圍海域水動力模式

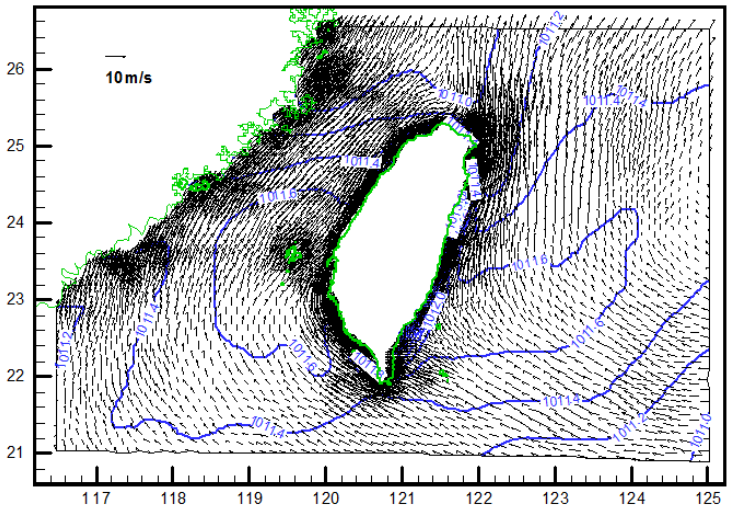
模式水位驗證潮位站



臺灣周圍海域潮位站分布及模式水位模擬結果驗証點位分布圖

中尺度臺灣周圍海域水動力模式

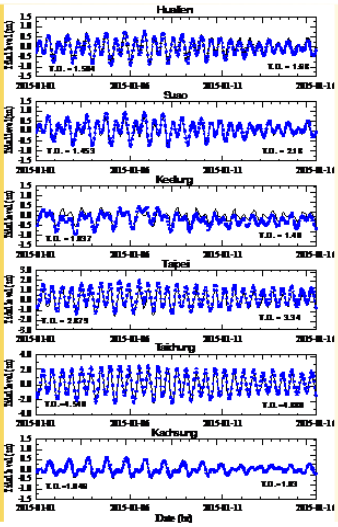
數值模擬風壓場



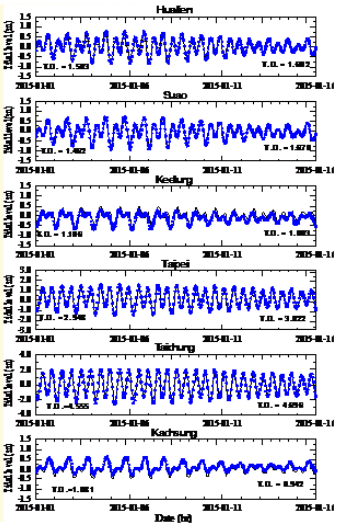
由TaiCOMS作業化模擬組合風場資料WA02輸出逐時非結構有限元素網節點風速(W_x,W_y)及氣壓

中尺度臺灣周圍海域水動力模式

天文潮模擬結果



模式模擬值(實線)與觀測值(圓點)之比較



模式模擬值(實線)與觀測資料天文潮調和分析預測值(圓點)之比較

中尺度臺灣周圍海域水動力模式

天文潮模擬結果

年月	花蓮港		基隆港		臺北港		臺中港		高雄港		澎湖港	
	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)	CWB (m)	IHMT (m)
1	0.060	0.149	0.090	0.114	0.200	0.204	0.210	0.390	0.066	0.058	0.109	0.161
2	0.057	0.052	0.034	0.069	0.198	0.209	0.190	0.252	0.056	0.056	0.114	0.143
3	0.055	0.055	0.071	0.067	0.190	0.204	0.171	0.252	0.049	0.052	0.128	0.117
4	0.067	0.101	0.083	0.062	0.190	0.202	0.166	0.237	0.054	0.052	0.141	—
5	0.069	0.075	0.086	0.062	0.161	0.173	0.135	0.192	0.073	0.063	0.143	0.116
6	0.063	0.061	0.056	0.052	0.152	0.160	0.114	0.138	0.061	0.060	0.161	0.104
7	0.073	0.076	0.074	0.077	0.194	0.211	0.176	0.208	0.089	0.074	0.178	0.128
8	0.086	0.136	0.076	0.076	—	0.203	0.143	0.275	0.081	0.109	0.181	0.161
9	0.105	0.094	0.077	0.059	—	—	0.171	0.430	0.088	0.075	0.166	—
10	0.059	0.227	0.081	0.072	—	—	0.174	0.521	0.091	0.165	0.131	—
11	0.069	0.080	0.067	0.063	—	—	0.201	0.217	0.088	0.124	0.119	—
12	0.061	0.056	0.088	0.065	—	0.151	0.208	0.333	0.091	0.087	0.116	—
平均	0.069	0.097	0.074	0.070	0.184	0.191	0.172	0.287	0.076	0.081	0.141	0.133

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_{pi} - y_{mi})^2}{N-1}}$$

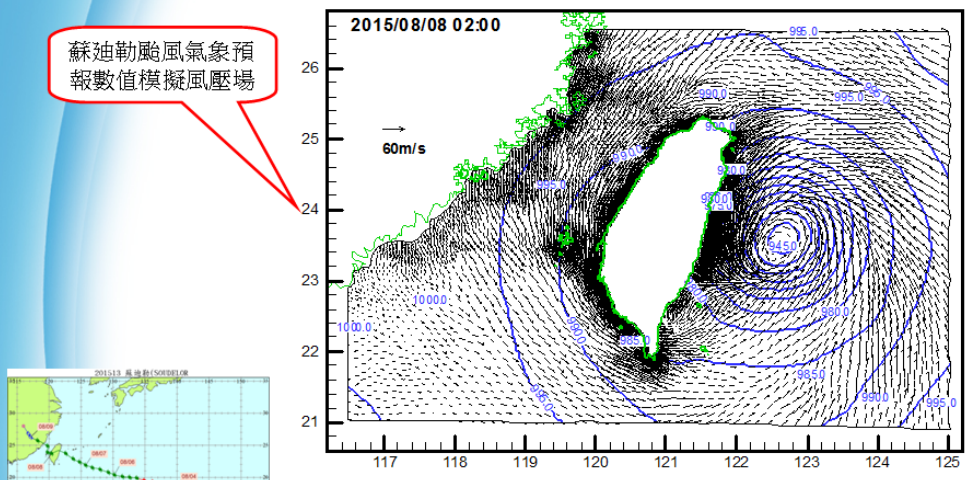
y_{pi}和y_{mi}分別為模擬值及觀測值，N為有效觀測資料長度

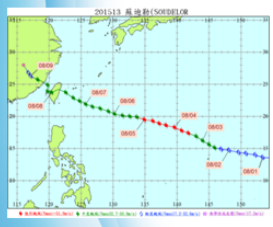
期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 34

颱風期間水位及流場模擬

蘇迪勒颱風氣象預報數值模擬風壓場

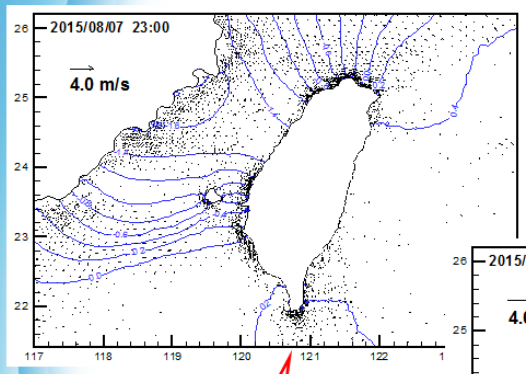




期末簡報

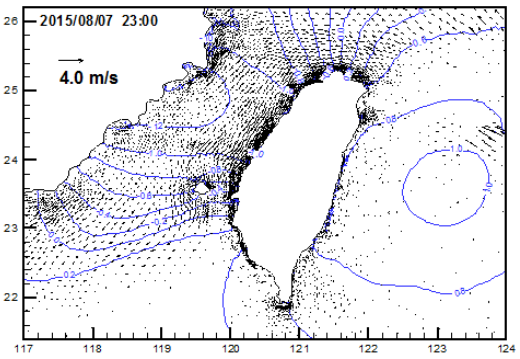
105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 35

颱風期間水位及流場模擬



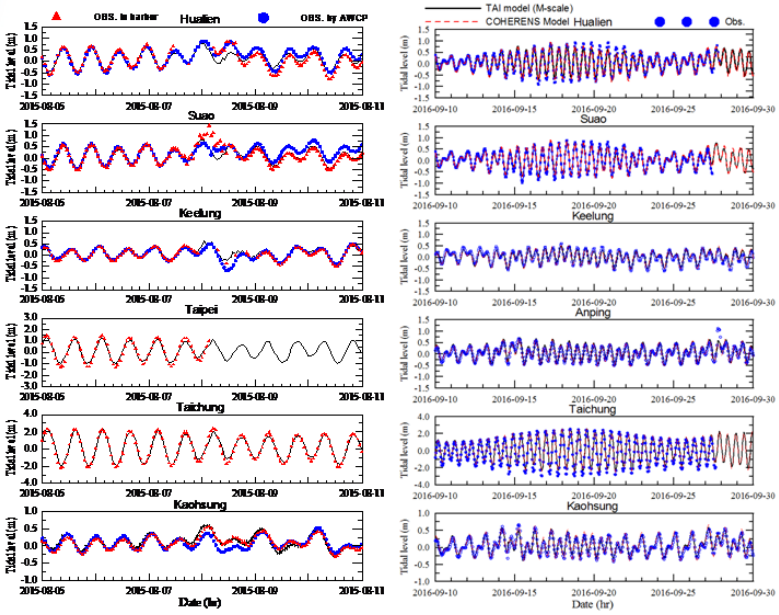
天文潮模擬結果

天文潮與氣象潮耦合模擬結果

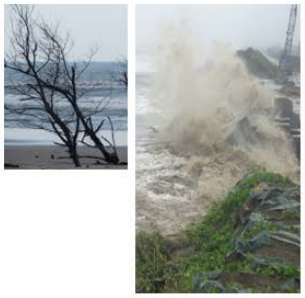


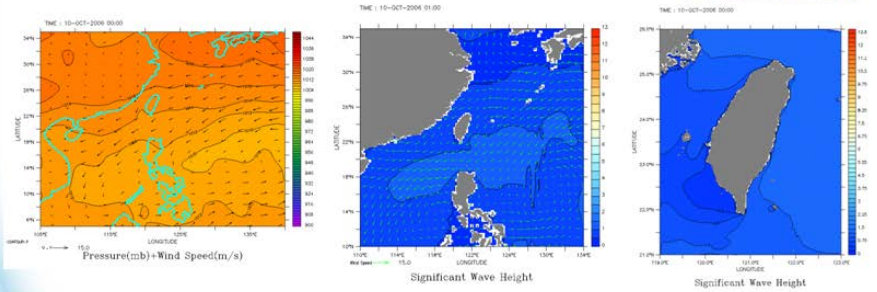
颱風期間水位及流場模擬

水位模擬值與觀測值比較



肆、澎湖海域基本資料蒐集與分析

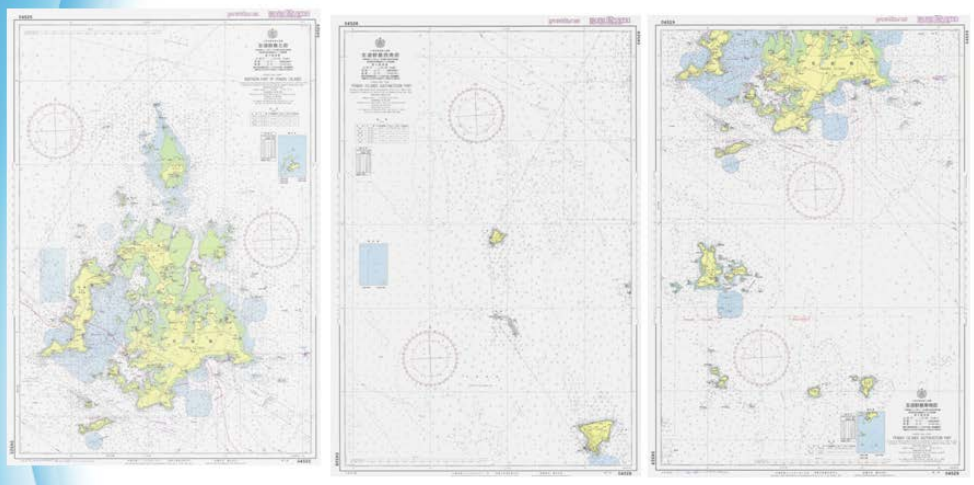




期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 38

地形水深

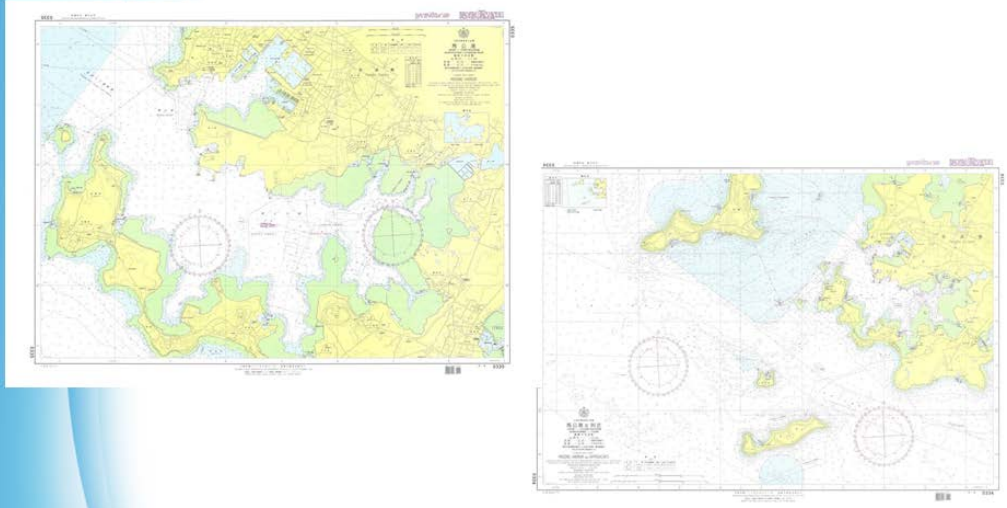


新增地形水深資料包括海軍大氣海洋局刊行圖號04525澎湖群島北部海域、04528澎湖群島西南海域及04529澎湖群島東南海域等海圖圖資

期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 39

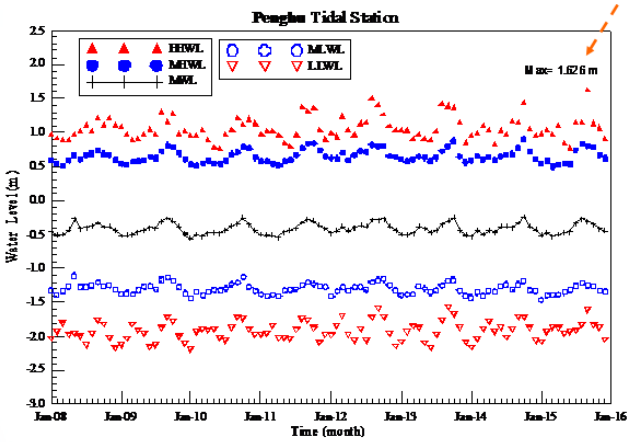
地形水深



新增地形水深資料包括海軍大氣海洋局刊行圖號0334馬公港及其附近、0335馬公港等海圖圖資，並將水深資料數位化。

澎湖潮汐統計特性

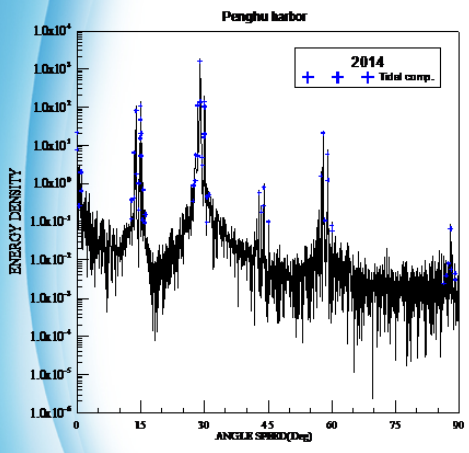
平均潮差約為1.946 m，最大潮差值為3.206 m；
潮汐型態應屬於半日潮型(潮型指標等於0.3925)。



2008～2014年代表性潮位逐月變化趨勢

澎湖潮汐天文潮分析

頻譜分析



調和分析

分潮名稱	月頻率 (度/小時)	振幅 (m)	相角月 (度)	分潮名稱	月頻率 (度/小時)	振幅 (m)	相角月 (度)
S_a	0.04106860	0.0774	68.9402	M_m	28.98410414	0.0538	112.8701
S_{sa}	0.08213730	0.0355	203.5970	MKS_2	29.06624222	0.0016	238.3725
M_{sm}	0.54437470	0.0135	277.3321	λ_2	29.45562553	0.0195	65.5932
M_{tm}	1.01589584	0.0189	105.3556	L_2	29.52847862	0.0490	113.6630
M_f	1.09803307	0.0108	148.8542	T_2	29.95893288	0.0243	158.3808
$2Q_1$	12.85428619	0.0038	56.3170	S_2	30.00000000	0.2379	46.3882
σ_1	12.92714024	0.0067	125.5048	K_2	30.04106712	0.0117	178.4786
Q_1	13.39866066	0.0363	213.1014	K_2	30.08213806	0.0552	196.4784
ρ_1	13.47151470	0.0083	273.5965	MSN_2	30.54437447	0.0115	30.9756
O_1	13.94303513	0.1897	24.9151	KJ_2	30.62651253	0.0023	23.9358
MP_1	14.02517319	0.0062	97.1970	$2SM_2$	31.01589584	0.0094	176.1095
M_1	14.49202538	0.0134	111.1652	MO_3	42.92713928	0.0146	123.3403
χ_1	14.56954765	0.0006	253.0446	M_3	43.47615814	0.0079	197.8891
π_1	14.91786480	0.0051	89.6523	SO_3	43.94303513	0.0103	39.7728
P_1	14.95893097	0.0781	301.4737	MK_3	44.02517319	0.0161	19.7412
S_1	15.00000000	0.0044	293.1559	SK_3	45.04106903	0.0056	313.4896
K_1	15.04106903	0.2240	280.3266	MN_4	57.42383104	0.0247	60.3729
ψ_1	15.08213520	0.0041	111.1646	M_4	57.96820831	0.0766	236.0723
ϕ_1	15.12320614	0.0020	348.3117	SN_4	58.43972778	0.0041	341.2977
θ_1	15.51258945	0.0014	80.7041	MS_4	58.98410416	0.0474	166.2153
J_1	15.58544350	0.0124	109.8926	MK_4	59.06624222	0.0121	316.7129
SO_1	16.05696487	0.0046	249.6003	S_4	60.00000000	0.0071	96.2281
OO_1	16.13910103	0.0043	18.9871	SK_4	60.08213806	0.0027	250.8609
OQ_1	27.34160579	0.0050	2.9197	$2MN_4$	86.40793610	0.0007	96.6345
MNS_2	27.42383385	0.0187	156.5237	M_4	86.95231628	0.0016	226.7277
$2N_2$	27.85935402	0.0098	201.2906	MSN_4	87.42383575	0.0020	26.8957
μ_2	27.96820450	0.0568	344.0692	$2MS_4$	87.96820831	0.0048	188.3631
N_2	28.43972969	0.1661	205.6485	$2MK_4$	88.05034637	0.0015	330.1301
ν_2	28.51258278	0.0520	359.3612	$2SM_4$	88.98410797	0.0010	148.9542
OP_2	28.90196600	0.0112	216.8048	MSK_4	89.06623840	0.0004	336.4168

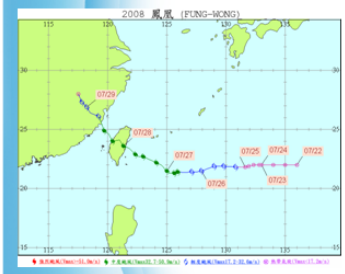
平均潮位=-0.4156m　　超過訂定平均值=0.06495 m

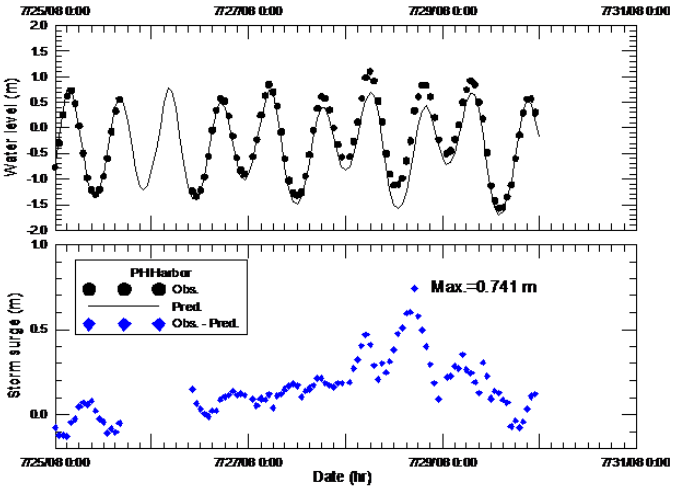
資料起始時間：2014/07/02 11:00:00

澎湖潮汐暴潮分析

2008～2014年侵臺颱風共計36個，平均每年5.1個；澎湖地區具有顯著暴潮偏差之侵臺颱風計有11個。

暴潮偏差分析





澎湖海流特性

流速大小及流向分布統計

澎湖資料浮標

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	資料數	百分比
< 0.25	508	424	241	265	614	1495	1278	529	5354	70.31
0.25～0.50	124	203	17	4	176	1079	525	27	2155	28.30
0.50～0.75	0	2	0	0	2	84	17	1	106	1.39
0.75～1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合　計	632	629	258	269	792	2658	1820	577	7615	100.00
百分比	8.30	8.26	3.39	3.53	10.4	34.9	23.9	7.31		
備　註	最大流速值(0.74m/s) 流　　向(245.0°) 時　　間(10/07 11:00:00)									



東吉島波浪測站

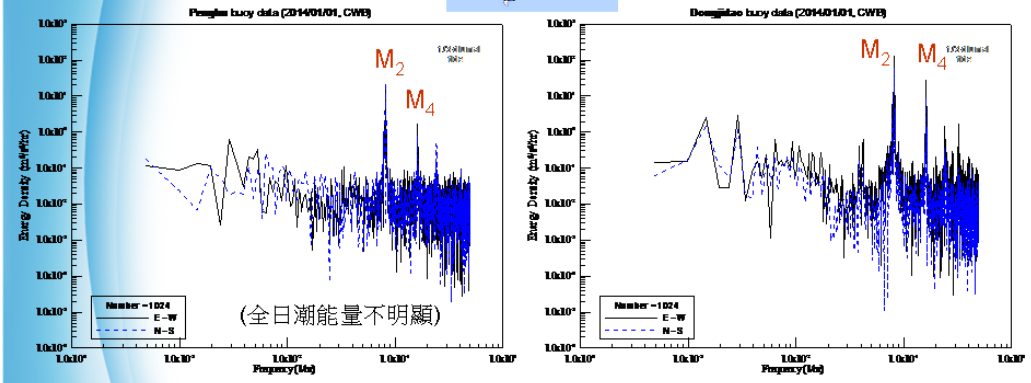
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	資料數	百分比
< 0.25	204	525	1032	546	276	592	391	211	3777	46.88
0.25～0.50	1	536	535	147	9	117	11	0	1356	16.83
0.50～0.75	0	646	283	1	0	2	0	0	932	11.57
0.75～1.00	0	1037	74	0	0	0	0	0	1111	13.79
1.00～1.25	0	749	6	0	0	0	0	0	755	9.37
1.25＜	0	126	0	0	0	0	0	0	126	1.56
合　計	205	3619	1930	694	285	711	402	211	8057	100.00
百分比	2.54	44.92	23.95	8.61	3.54	8.82	4.99	2.62		
備　註	最大流速值(1.49m/s)， 流　　向(54.0°) 時　　間(01/02 07:00:00)									

澎湖海流頻譜分析

澎湖資料浮標



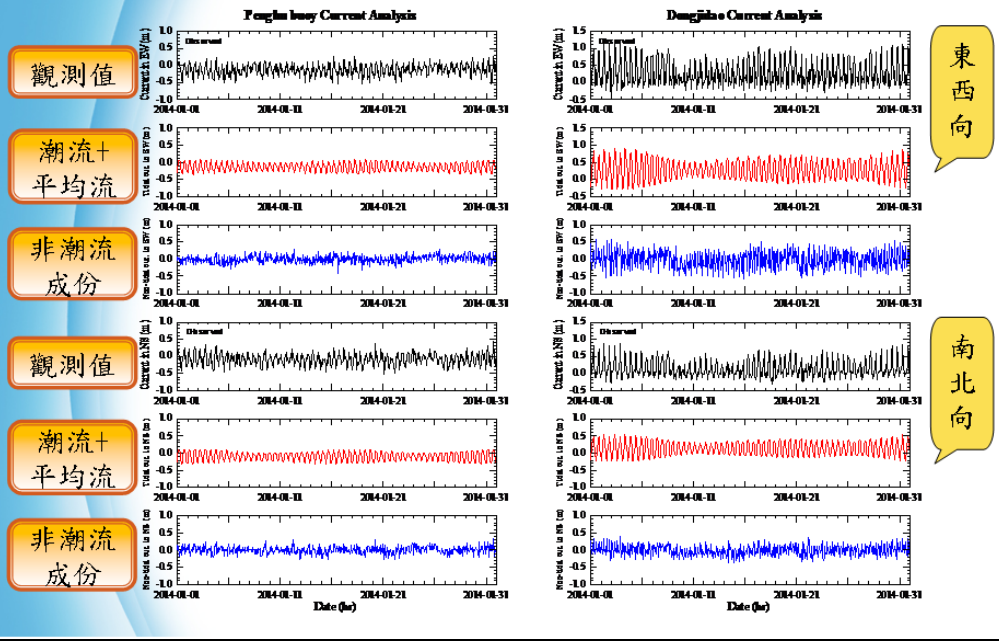
東吉島波浪測站



冬季海流東西及南北向速度能譜分析

澎湖海流特性

潮流調和分析結果



澎湖波浪特性



波高分布統計

波向分布流計

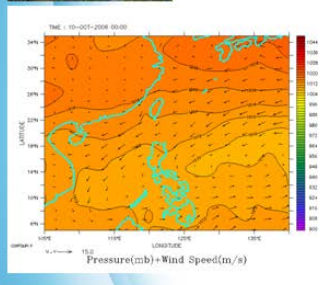
測站 / 波高 (m)	澎湖資料浮標 資料集 /(百分比)	澎湖資料浮標 週期平均值(sec)	東吉島資料浮標 資料集 /(百分比)	東吉島資料浮標 週期平均值(sec)	累計百分比
<0.5	3104 /(37.95)	4.31	2333 /(28.91)	5.35	0.74
0.5~1.0	1948 /(23.56)	4.54	2680 /(32.33)	5.83	29.78
1.0~1.5	1281 /(15.49)	4.79	1216 /(15.07)	6.12	66.31
1.5~2.0	1058 /(12.79)	5.12	794 /(9.84)	6.58	88.20
2.0~2.5	610 /(7.38)	5.50	530 /(6.57)	6.94	95.52
2.5~3.0	184 /(2.22)	5.97	330 /(4.09)	7.31	97.93
3.0~3.5	72 /(0.87)	6.37	161 /(1.99)	7.74	98.79
3.5~4.0	13 /(0.16)	7.95	66 /(0.82)	8.27	99.28
4.0~5.0	–	–	29 /(0.36)	8.84	99.64
5.00<	–	–	3 /(0.04)	11.03	100.00
合計	8270 /(100.00)		8071 /(100.00)		
備註	最大波高值：3.96 m 週　　期：7.1 sec 波　　向：0.0° 發生時間：02/10 04		最大波高值：5.49 m 週　　期：13.6 sec 波　　向：62.0° 發生時間：11/17 22		

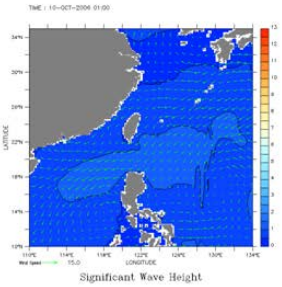
波向	澎湖資料浮標 資料數 (百分率)	東吉島測站 資料數 (百分率)	波向	澎湖資料浮標 資料數 (百分率)	東吉島測站 資料數 (百分率)
N	3516 (42.52)	419 (5.19)	S	2 (0.02)	1111 (0.05)
NNE	297 (3.59)	7 (0.09)	SSW	10 (0.12)	456 (5.65)
NE	9 (0.11)	569 (7.05)	SW	198 (2.39)	87 (1.08)
ENE	4 (0.05)	2577 (31.93)	WSW	1322 (15.99)	12 (0.15)
E	2 (0.02)	871 (10.79)	W	838 (10.13)	0 (0.00)
ESE	1 (0.01)	406 (5.03)	WNW	166 (2.01)	1 (0.01)
SE	1 (0.01)	597 (7.40)	NW	177 (2.14)	1 (0.01)
SSE	3 (0.04)	957 (11.86)	NNW	1724 (20.85)	0 (0.00)

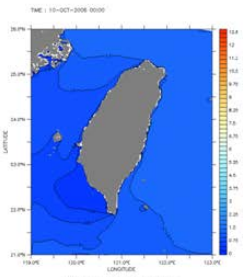
1. 波向判斷採用 ±11.25°
2. 澎湖及東吉島資料浮標波浪觀測資料數分別為8270及8071



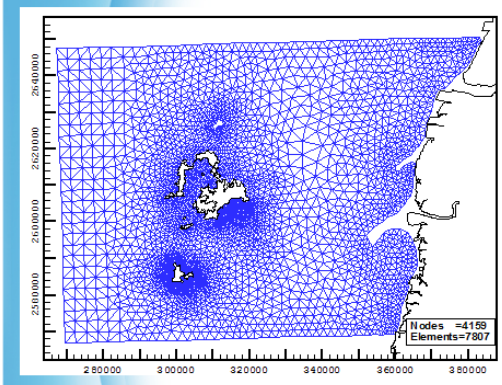
伍、澎湖海域水動力模式建置





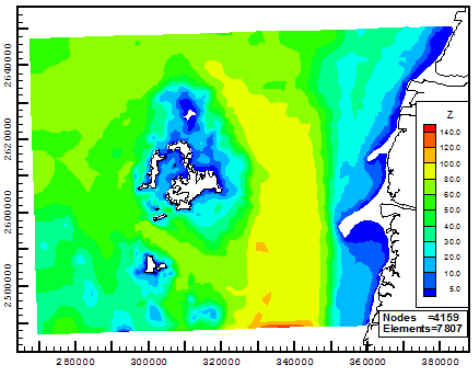


澎湖海域水動力模式數值計算網格建置

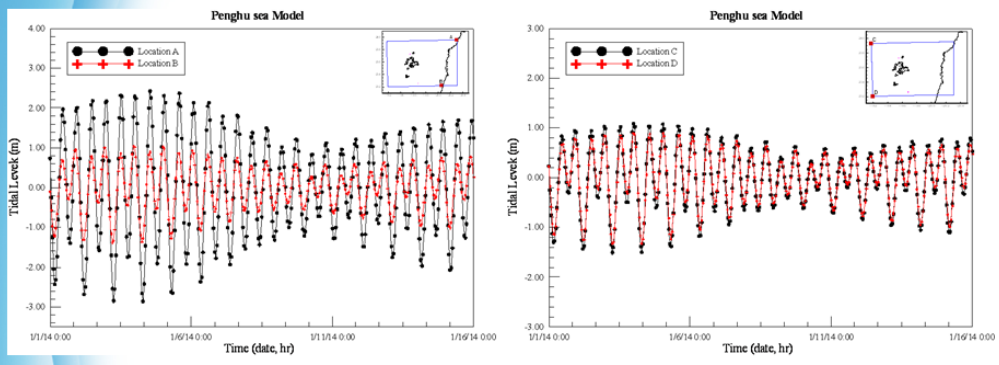


模式數值計算網格

數值計算網格水深分布

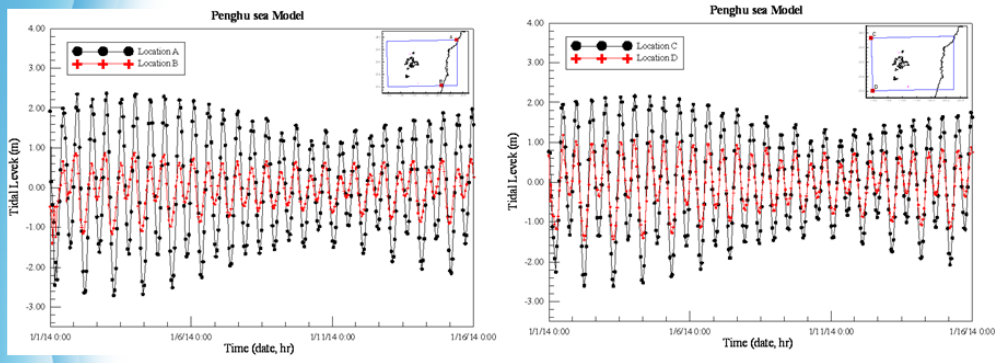


澎湖海域水動力模式邊界條件(一)



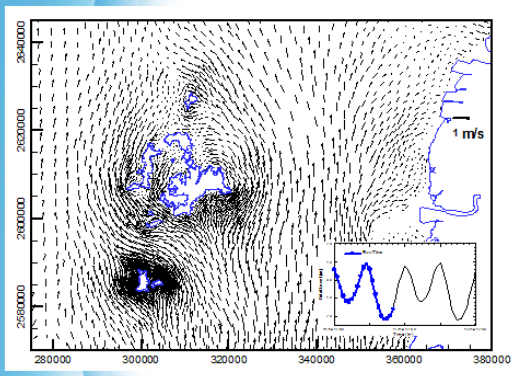
澎湖水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件(Nao99Jb)

澎湖海域水動力模式邊界條件(二)



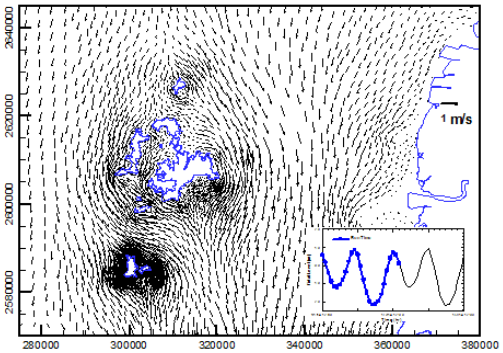
澎湖水動力模式開放邊界天文潮水位邊界條件
(本計畫中尺度模式)

澎湖海域水動力模式流場模擬結果

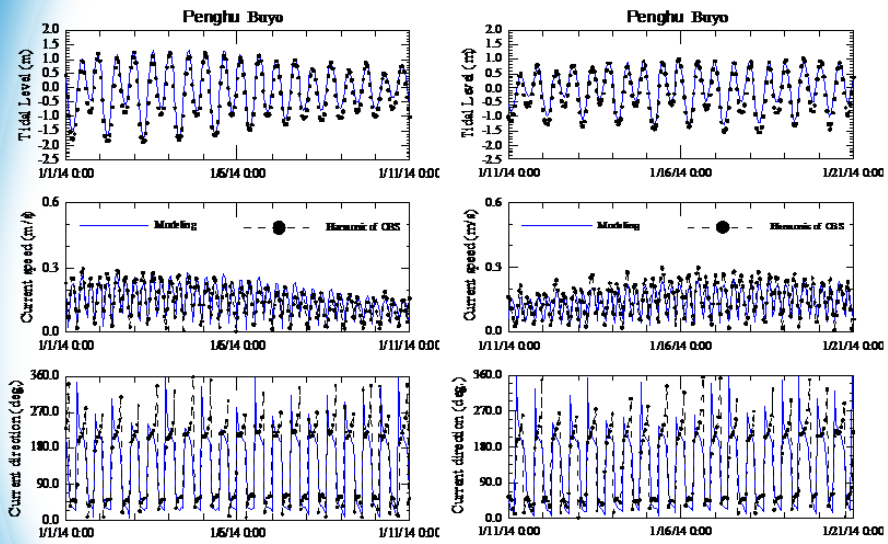


漲潮流場圖

退潮流場圖



澎湖海域水動力模式模擬結果驗證



模式模擬結果與觀測資料潮流調和分析結果比較

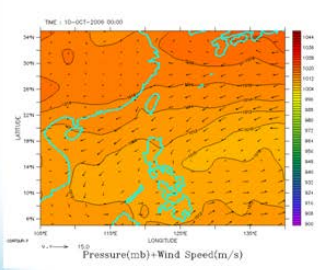
澎湖海域水動力模式模擬結果驗證

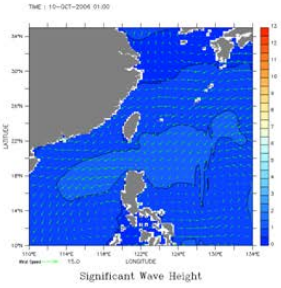
水位及流速誤差分析

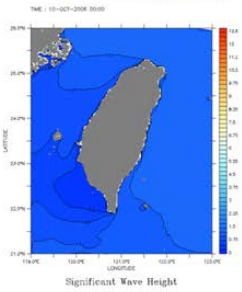
	Nao99Jb 區域模式			中尺度水動力模式		
	水位 (m)	E 方向流速(m/s)	N 方向流速(m/s)	水位 (m)	E 方向流速(m/s)	N 方向流速(m/s)
均方根誤差	0.1566	0.0648	0.0789	0.1204	0.0757	0.1454
相關係數	0.9827	0.8141	0.8221	0.9878	0.7297	0.6467

陸、澎湖海域近岸風浪模式建置



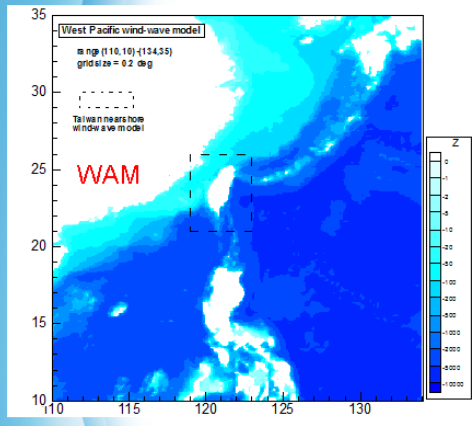







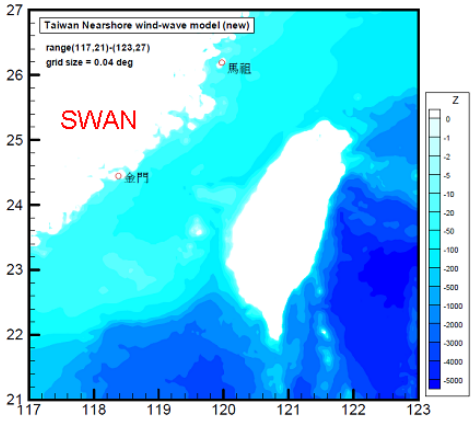
模式模擬範圍

規劃採用三層巢狀網格模擬範圍



遠域風浪模擬範圍

近域風浪模擬範圍

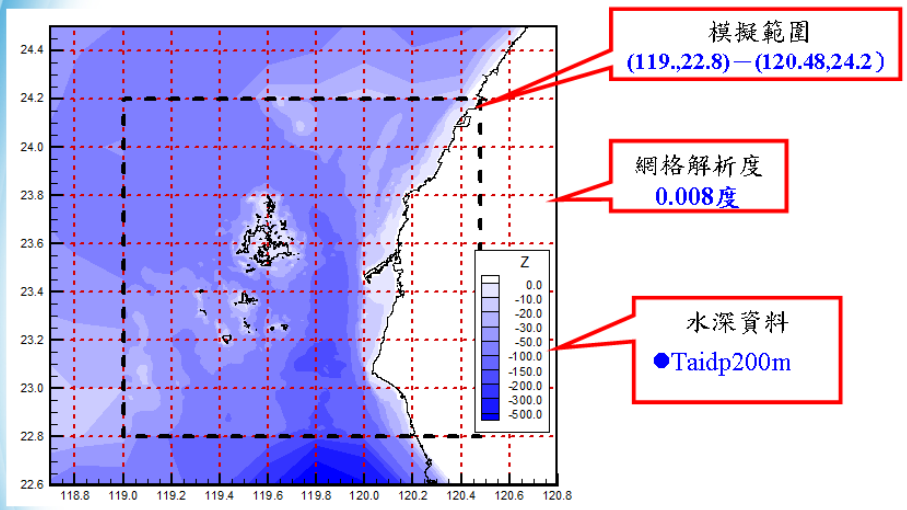


期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 56

模式模擬範圍

澎湖海域近岸風浪模式模擬範圍

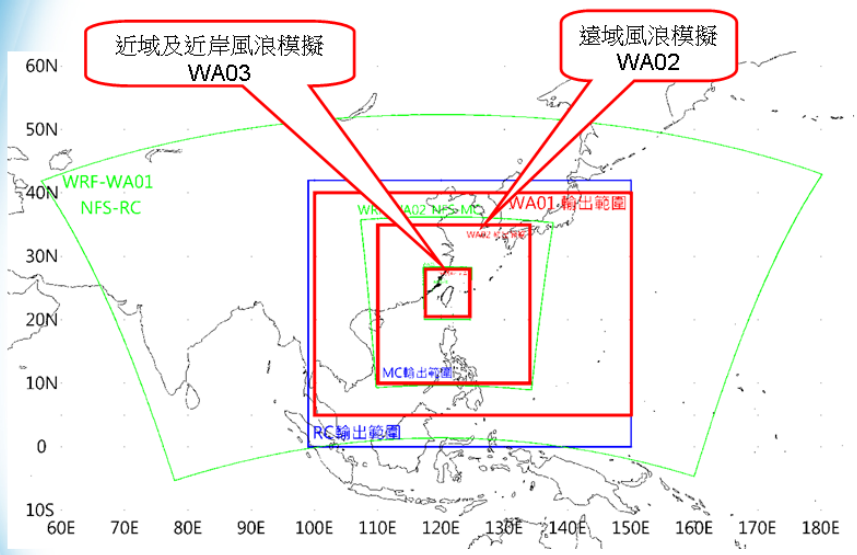


近岸風浪模擬範圍 (SWAN)

期末簡報

105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 57

作業化風場



作業化系統安裝與模擬測試

澎湖海域近岸風浪模式建置

測試機系統規格

(1) 處理器：Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU 3.4GHz，

(2) 記憶體：32.00GB

(3) 系統類型：64位元作業系統

作業化模擬測試時間：2016年9月1日至9月30日

模擬速度評估：每日作業化模擬時間約費時1hr 47min.

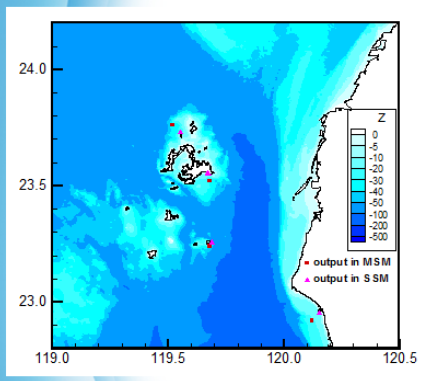
(1)遠域風浪模組模擬時間約 **04min.**，

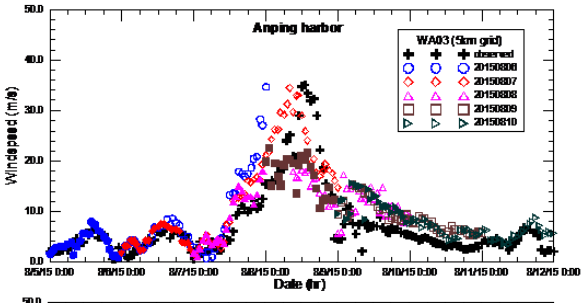
(2)近域風浪模組模擬時間約 **39min.**，

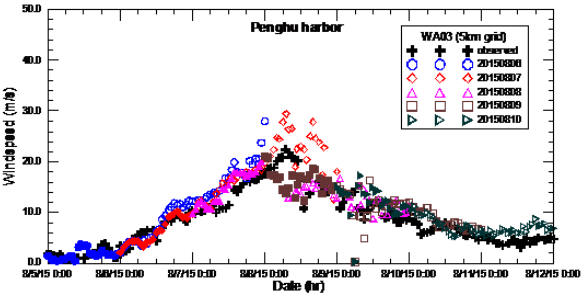
(3)澎湖近岸風浪模組約費時 **64min.**；

作業化系統安裝與模擬測試

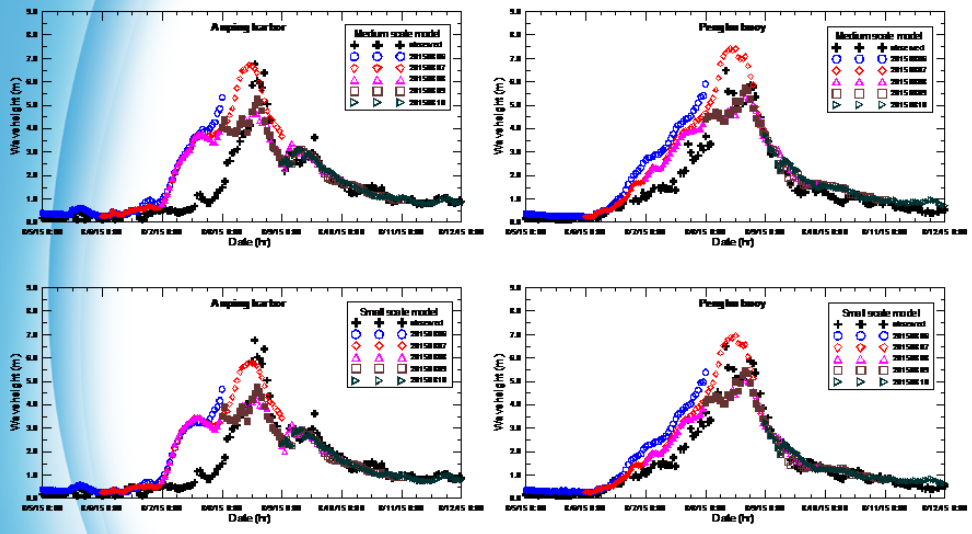
每日作業化模擬結果
(風速比較)
中度颱風蘇迪勒(2015)



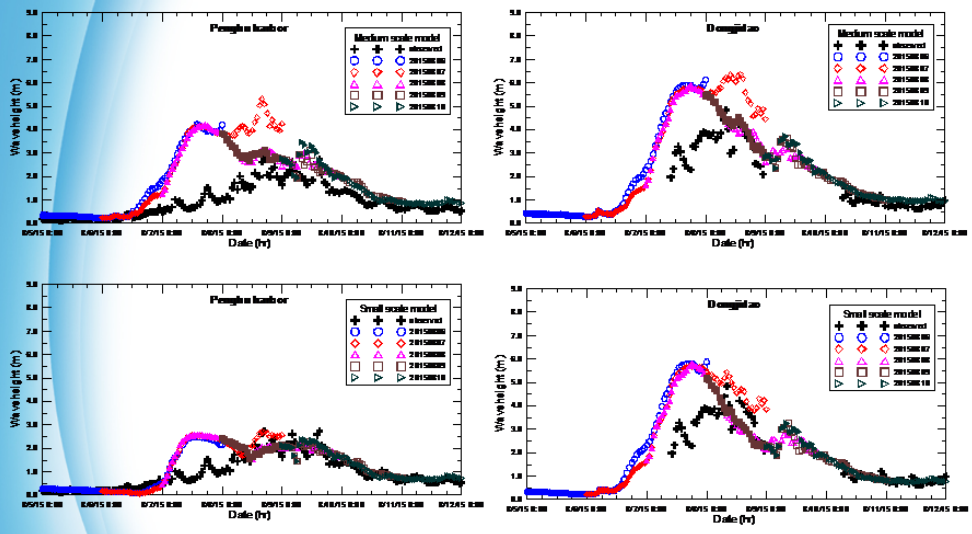




作業化系統安裝與模擬測試

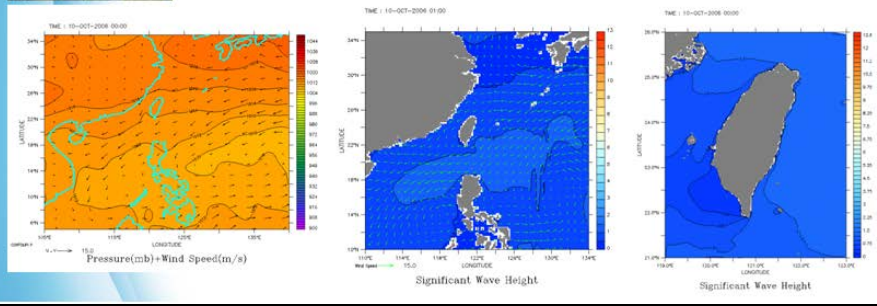


作業化系統安裝與模擬測試





柒、澎湖港龍門尖山港區港域波浪模式建置



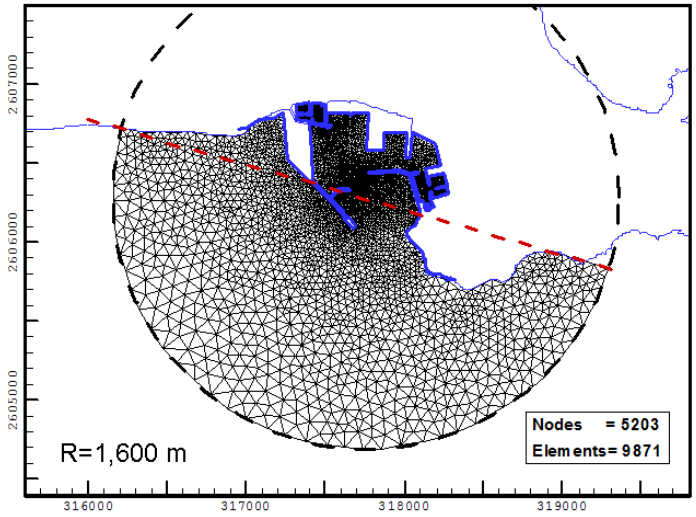
澎湖港龍門尖山港區

碼頭區平面規劃



澎湖港龍門尖山港區

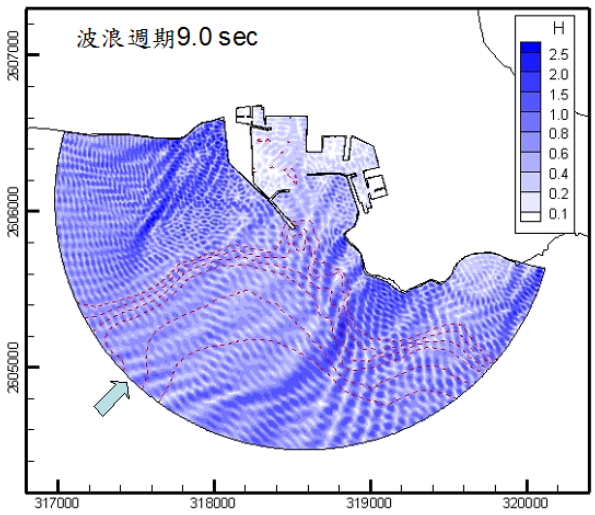
數值計算網格建置



模式計算用細網格，節點85659個，三角元素169308個。

澎湖港龍門尖山港區

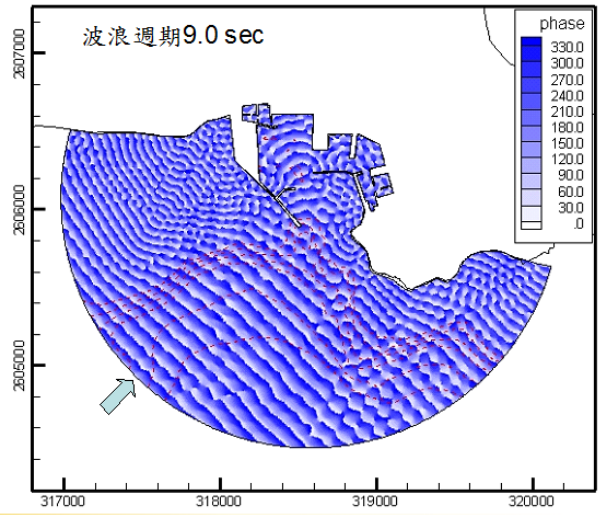
港域波浪場模擬結果



週期9.0 sec，波向SW，波高1.0 m

澎湖港龍門尖山港區

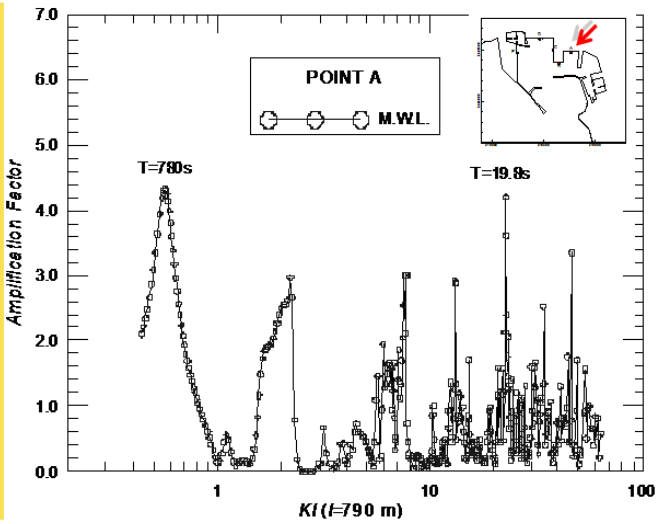
港域波浪場模擬結果



週期9.0 sec，波向SW，波高1.0 m

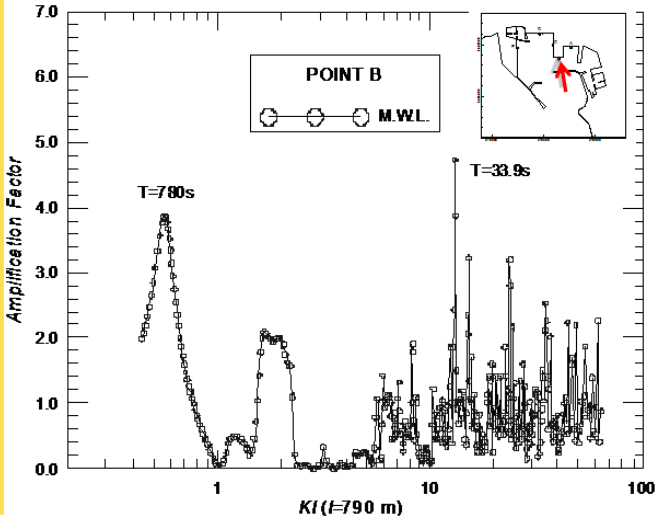
澎湖港龍門尖山港區

港池共振特性分析



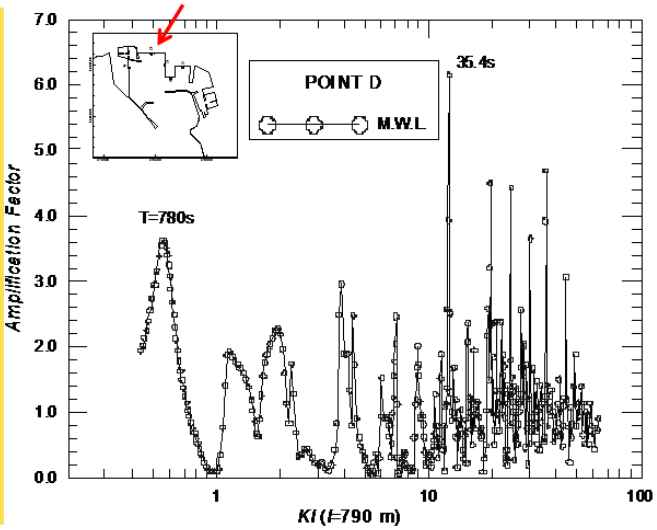
澎湖港龍門尖山港區

港池共振特性分析



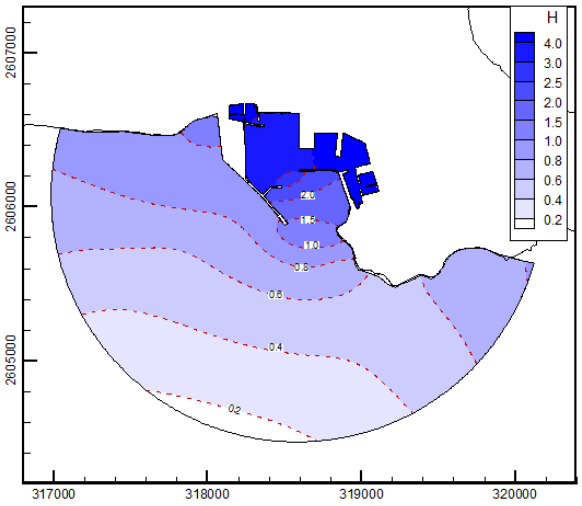
澎湖港龍門尖山港區

港池共振特性分析



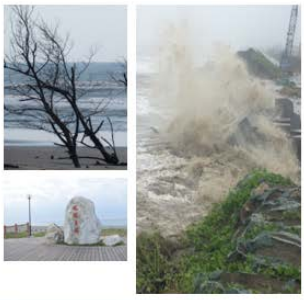
澎湖港龍門尖山港區

港池共振特性分析



龍門尖山港區波高放大率分布圖(週期780s)

捌、結論與建議







結論

◆ **海象預報模擬系統維運與改善：**

(1)建構水動力模擬作業化系統：整合中尺度臺灣周圍海域水動力模組及各主要商港小尺度近岸水動力模組

(2)風浪模擬作業化系統改善：建立新的作業化模擬流程、採用非穩態方式及波譜邊界條件模擬風浪等

(3)針對基隆港及臺北港小尺度水動力模組進行改善研究，增進水位及流場模擬之正確性。

◆ **中尺度臺灣周圍海域水動力模式校驗**：利用港研中心及中央氣象局潮位觀測資料校驗2015年天文潮模擬結果，並建立以均方根誤差(RMS)及相關係數R為評估模式精確性之指標。

結論

◆ **澎湖海域基本資料蒐集與分析**：持續蒐集與分析澎湖海域2015年海象觀測資料，其中最高潮位值(2008~2015年)更新為1.626 m，發生於2015年9月28日23時，適值強烈颱風杜鵑 (DUJUAN)侵臺期間。

◆ **澎湖海域水動力模式建置**：完成澎湖海域水動力模式建置，及利用馬公潮位觀測資料及澎湖資料浮標海流觀測資料驗証數值模擬結果；與中尺度臺灣周圍海域水動力模組整合進行作業化模擬。

◆ **澎湖海域近岸風浪模式建置**：完成含蓋遠域風浪模組、近域風浪模組及近岸風浪模組三層巢狀網格之澎湖海域近岸風浪模擬子系統。

結論

- **澎湖細尺度港域波浪模式建置**：本年度針對澎湖港龍門尖山港區進行數值模擬並分析其港池共振特性，分析結果顯示澎湖港龍門尖山港區發生基本模態港池共振現象之波浪週期約為780 s。

建議

- 本計畫雖已完成水動力模擬作業化系統之初步建置，各港區小尺度水動力模組將因邊界條件改變造成水位及流場模擬出現差異，建議需要進一步評估。此外，系統每日作業化模擬之穩定性及完善性建議仍應持續追踪。
- 本計畫已建構出澎湖海域三層巢狀網格風浪模擬系統，相關架構及作業流程建議可推廣至臺灣本島近岸海域(含港區)，提供相關單位較高解析度之風浪模擬資訊，將有助於維護藍色公路航行安全。

簡報完畢 敬請指正



國立成功大學水工試驗所
Tainan Hydraulics Laboratory
National Cheng Kung University, since 1950
http://www.thl.ncku.edu.tw/