108-029-7B20
MOTC-IOT-107-H3DC001

107 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 108 年 2 月

108

107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: 1010800145
定價: 250 元

108-029-7B20
MOTC-IOT-107-H3DC001

107 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

著 者：蘇青和、李兆芳、劉正琪、陳明宗
李俊穎、謝佳紘、江朕榮

交通部運輸研究所
中華民國 108 年 2 月

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. 107年 / 蘇青和等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 108.02
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-8532-2(平裝)

1.海洋氣象

444.94 108000878

107 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

著　　者：蘇青和、李兆芳、劉正琪、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)26587176
出版年月：中華民國 108 年 2 月
印 刷 者：采峰實業有限公司
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：250 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： 1010800145　　ISBN：978-986-05-8532-2 (平裝)
著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：107 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）
978-986-05-8532-2</td><td>政府出版品統一編號
1010800145</td><td>運輸研究所出版品編號
108-029-7B20</td><td>計畫編號
107-H3DC001</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：港研中心
主管：朱金元
計畫主持人：蘇青和
研究人員：陳明宗、李俊穎
參與人員：錢爾潔、陳正義
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 301</td><td>研究期間
自 107 年 2 月
至 107 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：東南海域、綠島、蘭嶼、後壁湖、海象模擬</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：

本計畫屬於港研中心 107 年科技綱要計畫「海洋及交通運輸防災技術研究(1/4)」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下之資訊系統服務計畫。延續前期「港灣海象模擬暨溢淹資訊建置之研究」所建置海象模擬作業系統，本研究針對東南海域包括臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港。

本年度計畫研究成果包括：

(1)完成金門及馬祖海域小尺度風浪模組之建置及納入 TaiCOMS 新版風浪模擬子系統運作，(2)完成金門海域小尺度水動力模組之建置及測試，(3)完成 107 年海象預報作業化成果評估報告，(4)完成臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港等海域有關水深、潮位及波、流等基本資料蒐集分析，(5)完成 2012~2017 年侵臺颱風風浪模擬並利用港研中心波浪觀測資料校驗數值模擬結果，(6)完成小尺度東南海域風浪模組及水動力模組模擬建置，臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港等海域風浪、水位及流場等，(7)完成小尺度西南海域風浪模組及南灣海域水動力模組建置，模擬屏東後壁湖海域風浪、水位及流場等。

本計畫達成之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。此外，本計畫小尺度海象模擬資料可應用於本島與離島藍色公路，提供船舶即時細緻化海象資訊，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>108 年 2 月</td><td>408</td><td>250</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, 2018

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-05-8532-2	1010800145	108-029-7B20	107-H3DC001

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

PROJECT PERIOD
FROM February 2018
TO December 2018

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. 301

KEY WORDS:
SOUTHEAST SEA AREA, LUDAO, LANYU, HOUBIHU, METEOROLOGY SIMULATION

ABSTRACT:

This project is an information-system service project under a branch project "Integrated Harbor Environment Information and Applied Disaster Prevention Research" of the 2018 science and technology outline project 「Ocean and Transportation Disaster Prevention Technology Research (1/4)」 belongs to Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications. Extending the sea meteorology simulation system established from previous projects "sea Meteorology of Harbors and Flooding Information Establishment," this research aims at south-eastern sea areas including Fugangfishery harbor, Taitung, Nanliao fishery harbor, Green Island, Kaiyun harbor, Lanyu, and Houbihu fishery harbor, Pingtung.

Research achievements this year include:

(1) Accomplish the small scale wind wave module for Kinmen and Mazu sea area, and implement into the TaiCOMS new edition wind wave simulation subsystem for operation.
(2) Accomplish set-up and test of the small scale hydrodynamic module for Kinmen sea area.
(3) Accomplish 2018 evaluation report of the marine meteorology forecast operational results.
(4) Accomplish collection and analysis of fundamental data including water depth, tidal level, wave, and current for Fugangfishery harbor, Taitung, Nanliao fishery harbor, Green Island, Kaiyun harbor, Lanyu, and Houbihu fishery harbor, Pingtung.
(5) Accomplish simulation of typhoon waves attacking Taiwan, 2012~2017, and data verification using observatory data from Harbor and Marine Technology Center.
(6) Accomplish setting up small scale wind wave and hydraulic modules for the southeastern sea areas, and simulating wind wave, water level, and flow field for Fugangfishery harbor, Taitung, Nanliao fishery harbor, Green Island, and Kaiyun harbor, Lanyu.
(7) Accomplish setting up small scale wind wave module for southwestern sea area, and hydrodynamic module for Nan-Wan Bay, and simulating wind wave, water level, and flow field for Houbihu fishery harbor, Pingtung.

Overall Benefits obtained from this project include ascertaining normal operation of the marine meteorology forecast simulation system and improving forecast quality can help harbor operation, and maintain safe seakeeping. In addition, the present small scale simulation results can be applied to blue highways between Taiwan and outlying islands, and providing in-time marine meteorology for seakeeping, and ensuring safety of ship navigation.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
Feb. 2019	408	250	□RESTRICTED □CONFIDENTIAL □SECRET □TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

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

107 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

圖目錄　.....VI

表目錄　.....XVII

第一章　緒論.....1-1

1.1 計畫緣起及目的.....1-1

1.2 計畫重要性.....1-2

1.3 相關本計畫.....1-3

1.4 研究範圍與對象.....1-5

1.5 本年度研究內容及工作項目.....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校修與改善.....2-19

2.3 107 年度海象預報作業化成果評估.....2-52

第三章　臺灣周圍海域風浪模擬與校驗.....3-1

3.1 數值模擬風場資料蒐集.....3-1

3.2 臺灣周圍海域颱風波浪模擬.....3-9

第四章　臺灣周圍海域水動力模擬與校驗.....4-1

4.1 臺灣周圍海域水動力模式介紹.....4-1

4.2 臺灣周圍海域水動力模式驗證.....4-5

4.3 颱風期間水位模擬作業化成果.....4-12

第五章　東南海域基本資料蒐集與分析.....5-1
5.1 地理位置.....5-1
5.2 地形水深.....5-1
5.3 潮汐.....5-9
5.4 海流.....5-45
5.5 波浪.....5-65
5.6 風力.....5-68
第六章　小尺度風浪模擬系統建置.....6-1
6.1 小尺度東南海域風浪模擬系統建置.....6-1
6.2 小尺度西南海域風浪模擬系統建置.....6-9
6.3 小尺度風浪模擬結果.....6-11
第七章　小尺度水動力模擬系統建置.....7-1
7.1 東南海域小尺度水動力模組.....7-1
7.2 南灣海域小尺度水動力模組.....7-5
7.3 小尺度水動力模組模擬結果.....7-7
第八章　結論與建議.....8-1
8.1 結論.....8-1
8.2 建議.....8-2
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　海流觀測資料.....附3-1
附錄四　波浪觀測資料.....附4-1
附錄五　期中報告審查意見處理情形表.....附5-1

附錄六　期末報告審查意見處理情形表.....附6-1
附錄七　期末簡報資料.....附7-1

圖目錄

圖1.1　近岸海象數值模擬及預警系統架構圖.....1-5
圖1.2　本計畫主要研究對象之相關位置圖.....1-6
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.....2-7
圖2.4　中央氣象局數值天氣預報系統NFS及WRF成員M00水平巢狀網格數值模擬範圍圖.....2-8
圖2.5　中央氣象局數值天氣預報系統WRF成員M05數值模擬範圍及TaiCOMS各層風、壓場資料輸出範圍圖.....2-8
圖2.6　NFS(RC)及WRF(WA01)風場輸出範圍圖.....2-9
圖2.7　NFS(MC)及WRF(WA02)風場輸出範圍圖.....2-9
圖2.8　NFS(HC)及WRF(WA03)風場輸出範圍圖.....2-10
圖2.9　TaiCOMS遠域風浪模組模擬範圍圖.....2-12
圖2.10　TaiCOMS近域風浪模組模擬範圍圖.....2-13
圖2.11　TaiCOMS澎湖近岸風浪模組模擬範圍圖.....2-13
圖2.12　各主要商港港區近岸波浪模組模擬範圍示意圖.....2-14
圖2.13　各主要商港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖.....2-15
圖2.14　遠域及近域(虛線)水動力模組模擬範圍示意圖.....2-17
圖2.15　各主要商港近岸(小尺度)水動力模組模擬範圍示意圖.....2-18
圖2.16　澎湖海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖.....2-18
圖2.17　TaiCOMS風浪模擬子系統之模擬架構及作業化模擬流程圖.....2-19
圖2.18　TaiCOMS水動力模擬子系統之模擬架構及作業化模擬流程圖.....2-20
圖2.19　金門海域近岸風浪模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-22

圖2.20　金門海域近岸風浪模組之模擬結果輸出點位分布圖 2-22
圖2.21　金門海域近岸風浪模組穩態模擬之SWAN輸入檔圖.....2-23
圖2.22　金門海域近岸風浪模組24小時非穩態模擬SWAN輸入檔圖 2-24
圖2.23　金門海域近岸風浪模組72小時非穩態模擬SWAN輸入檔圖 2-25
圖2.24　金門海域水頭港2016年9月10日作業化模擬結果與觀測 資料比較圖 2-27
圖2.25　金門海域資料浮標站2016年9月10日作業化模擬結果與觀測資料比較圖 2-28
圖2.26　金門海域水頭港2016年9月15日作業化模擬結果與觀測資料比較圖 2-29
圖2.27　金門海域資料浮標站2016年9月15日作業化模擬結果與觀測資料比較圖 2-30
圖2.28　馬祖海域近岸風浪模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-32
圖2.29　馬祖海域近岸風浪模組之模擬結果輸出點位分布圖 2-32
圖2.30　馬祖海域近岸風浪模組穩態模擬之SWAN輸入檔圖.....2-34
圖2.31　馬祖海域近岸風浪模組24小時非穩態模擬SWAN輸入檔圖 2-35
圖2.32　馬祖海域近岸風浪模組72小時非穩態模擬SWAN輸入檔圖 2-36
圖2.33　馬祖海域近岸風浪模組福澳港站模擬結果與觀測資料比較圖 2-37
圖2.34　馬祖海域近岸風浪模組猛澳港站模擬結果與觀測資料比較圖 2-38
圖2.35　馬祖海域近岸風浪模組中柱港站模擬結果與觀測資料比較圖 2-39

圖2.36　馬祖海域近岸風浪模組馬祖資料浮標站模擬結果與觀測資料比較圖 2-40
圖2.37　馬祖海域近岸風浪模組福澳港站模擬結果與觀測資料比較圖 2-41
圖2.38　馬祖海域近岸風浪模組猛澳港站模擬結果與觀測資料比較圖 2-42
圖2.39　馬祖海域近岸風浪模組中柱港站模擬結果與觀測資料比較圖 2-43
圖2.40　馬祖海域近岸風浪模組馬祖資料浮標站模擬結果與觀測資料比較圖 2-44
圖2.41　金門海域近岸水動力模組之模擬範圍及數值計算三角形元素網格圖 2-46
圖2.42　金門海域近岸水動力模組之水深分布圖.....2-46
圖2.43　金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖.....2-47
圖2.43　(續1)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖.....2-47
圖2.43　(續2)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖.....2-48
圖2.43　(續3)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖.....2-48
圖2.43　(續4)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖.....2-49
圖2.43　(續5)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖.....2-49
圖2.44　TaiCOMS新版風浪模擬子系統之數值模組架構圖.....2-50
圖2.45　TaiCOMS新版水動模擬子系統之數值模組架構圖.....2-51
圖2.46　風力觀測資料蒐集率年度統計結果圖.....2-53
圖2.47　11海域風力逐月觀測資料統計分析成果圖.....2-54
圖2.48　11海域逐月風力觀測與預報相關係數分析成果圖.....2-55
圖2.49　11海域逐月風力觀測與預報誤差分析成果圖.....2-56
圖2.50　11海域逐月風力觀測與預報風速比較成果圖.....2-57
圖2.51　11海域逐月風力觀測與預報風速相關比較成果圖.....2-58

圖2.52　11海域逐月波浪資料統計分析成果圖.....2-60
圖2.53　11海域逐月波浪觀測與預報誤差分析成果圖.....2-61
圖2.54　11海域逐月波浪觀測與預報波高比較成果圖.....2-62
圖2.55　11海域逐月波浪觀測與預報波高相關比較成果圖.....2-63
圖2.56　11海域逐月水位觀測與預報誤差分析成果圖.....2-65
圖2.57　11海域逐月觀測與預報潮位比較成果圖.....2-66
圖2.58　11海域逐月觀測與預報潮位相關比較成果圖.....2-67
圖2.59　11海域逐月海流資料(觀測、預報)統計分析成果圖.....2-69
圖2.60　11海域逐月海流觀測與預報誤差分析成果圖.....2-70
圖2.61　11海域逐月潮流觀測與預報流速比較成果圖.....2-71
圖2.62　11海域逐月潮流觀測與預報流速相關比較成果圖.....2-72
圖3.1　2017年中度颱風尼莎侵臺路徑圖.....3-3
圖3.1　(續)2017年輕度颱風海棠侵臺路徑圖.....3-3
圖3.2　2016年強烈颱風尼伯特行進路徑圖.....3-4
圖3.2　(續1)2016年強烈颱風莫蘭蒂行進路徑圖.....3-4
圖3.2　(續2)2016年中度颱風馬勒卡行進路徑圖.....3-5
圖3.2　(續3)2016年中度颱風梅姬行進路徑圖.....3-5
圖3.3　2015年中度颱風蘇迪勒行進路徑圖.....3-6
圖3.3　(續1)2015年強烈颱風天鵝行進路徑圖.....3-6
圖3.3　(續2)2015年強烈颱風杜鵑行進路徑圖.....3-7
圖3.4　2014年中度颱風麥德姆行進路徑圖.....3-7
圖3.5　2013年強烈颱風蘇力行進路徑圖.....3-8
圖3.6　2012年中度颱風蘇拉行進路徑圖.....3-8
圖3.6　(續)2012年中度颱風天秤行進路徑圖.....3-9
圖3.7　近域風浪模組輸出點位及港研中心AWCP測站位置圖.....3-10
圖3.8　2016年強烈颱風尼伯特波高模擬值與觀測值比較.....3-15

圖3.8　(續)2016年強烈颱風尼伯特波高模擬值與觀測值比較.....3-16
圖3.9　2016年強烈颱風莫蘭蒂波高模擬值與觀測值比較.....3-17
圖3.9　(續) 2016年強烈颱風莫蘭蒂波高模擬值與觀測值比較.....3-18
圖3.10　2016年中度颱風梅姬波高模擬值與觀測值比較.....3-19
圖3.10　(續) 2016年中度颱風梅姬波高模擬值與觀測值比較.....3-20
圖3.11　2015年中度颱風蘇迪勒波高模擬值與觀測值比較.....3-21
圖3.11　(續) 2015年中度颱風蘇迪勒波高模擬值與觀測值比較.....3-22
圖3.12　2012年中度颱風天秤波高模擬值與觀測值比較.....3-23
圖3.12　(續) 2012年中度颱風天秤波高模擬值與觀測值比較.....3-24
圖4.1　臺灣周圍海域水動力模組之模擬範圍示意圖.....4-2
圖4.2　臺灣周圍海域水動力模組之三角形元素計算網格圖 4-2
圖4.3　臺灣周圍海域水動力模組數值計算網格之水深分布圖 4-3
圖4.4　臺灣周圍海域水動力模式採用的天文潮水位邊界條件圖 4-4
圖4.5　主要商港颱風暴潮模擬結果之輸出點位圖.....4-7
圖4.6　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 4-8
圖4.7　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 4-9
圖4.8　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.....4-11
圖4.9　2016年9月13日作業化風場模擬結果之水位比較圖.....4-15
圖4.10　2016年9月14日作業化風場模擬結果之水位比較圖 4-16
圖4.11　2016年9月15日作業化風場模擬結果之水位比較圖 4-17
圖4.12　2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-18
圖4.12　(續1)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-18
圖4.12　(續2)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-19
圖4.12　(續3)2012年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-19

圖4.12　(續4)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-20
圖4.12　(續5)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-20
圖4.12　(續6)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-21
圖4.12　(續7)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-21
圖4.12　(續8)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-22
圖4.12　(續9)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-22
圖4.12　(續10)2016年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果....4-23
圖4.13　2016年9月26日作業化風場模擬結果之水位比較圖 4-24
圖4.14　2016年9月27日作業化風場模擬結果之水位比較圖 4-25
圖4.15　2016年9月28日作業化風場模擬結果之水位比較圖 4-26
圖4.16　2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-27
圖4.16　(續1)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-27
圖4.16　(續2)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-28
圖4.16　(續3)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-28
圖4.16　(續4)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-29
圖4.16　(續5)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-29
圖4.16　(續6)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-30
圖4.16　(續7)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-30
圖4.16　(續8)2016年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果.....4-31
圖5.1　綠島及蘭嶼地理位置圖.....5-2
圖5.2　綠島鄉行政區域圖.....5-3
圖5.3　蘭嶼鄉行政區域圖.....5-4
圖5.4　海圖04521東河至知本.....5-5
圖5.5　海圖0347綠島.....5-5
圖5.6　海圖0344蘭嶼.....5-6
圖5.7　海圖04501出風鼻至車城泊地.....5-7

圖5.8　海圖0340A南灣.....5-7
圖5.9　海圖61403後壁湖漁港.....5-8
圖5.10　臺灣東南海域潮位、波浪及海流測站分布圖.....5-19
圖5.11　臺東富岡潮位站2016年逐時潮位圖.....5-20
圖5.11　(續)臺東富岡潮位站2016年逐時潮位圖.....5-21
圖5.12　臺東綠島潮位站2016年逐時潮位圖.....5-22
圖5.12　(續)臺東綠島潮位站2016年逐時潮位圖.....5-23
圖5.13　臺東蘭嶼潮位站2016年逐時潮位圖.....5-24
圖5.13　(續)臺東蘭嶼潮位站2016年逐時潮位圖.....5-25
圖5.14　屏東後壁湖潮位站2016年逐時潮位圖.....5-26
圖5.14　(續)屏東後壁湖潮位站2016年逐時潮位圖.....5-27
圖5.15　臺東富岡潮位站2016年潮位能譜圖.....5-28
圖5.16　臺東富岡潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖
(+：觀測值，實線：預測值).....5-29
圖5.16　(續)臺東富岡潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比
較圖(+：觀測值，實線：預測值).....5-30
圖5.17　2016年強烈颱風尼伯特行進路徑圖.....5-31
圖5.18　2016年輕度颱風艾利行進路徑圖.....5-31
圖5.19　富岡潮位站2016年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果.....5-32
圖5.20　富岡潮位站2016年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果.....5-32
圖5.21　富岡潮位站2016年梅姬颱風暴潮偏差分析結果.....5-33
圖5.22　臺東綠島潮位站2016年潮位能譜圖.....5-33
圖5.23　臺東綠島潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖
(+：觀測值，實線：預測值).....5-34
圖5.23　(續)臺東綠島潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比
較圖(+：觀測值，實線：預測值).....5-35
圖5.24　綠島潮位站2016年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果.....5-36

圖5.25　綠島潮位站2016年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果.....5-36
圖5.26　綠島潮位站2016年梅姬颱風暴潮偏差分析結果.....5-37
圖5.27　臺東蘭嶼潮位站2016年潮位能譜圖.....5-37
圖5.28　臺東蘭嶼潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖(+：觀測值，實線：預測值).....5-38
圖5.28　(續)臺東蘭嶼潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖(+：觀測值，實線：預測值).....5-39
圖5.29　蘭嶼潮位站2016年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果.....5-40
圖5.30　蘭嶼潮位站2016年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果.....5-40
圖5.31　蘭嶼潮位站2016年梅姬颱風暴潮偏差分析結果.....5-41
圖5.32　後壁湖潮位站2016年潮位能譜圖.....5-41
圖5.33　後壁湖潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖(+：觀測值，實線：預測值).....5-42
圖5.33　(續)後壁湖潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖　(+：觀測值，實線：預測值).....5-43
圖5.34　後壁湖潮位站2016年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果 5-44
圖5.35　後壁湖潮位站2016年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果 5-44
圖5.36　後壁湖潮位站2016年梅姬颱風暴潮偏差分析結果.....5-45
圖5.37　表層50公尺平均流與潮流橢圓圖.....5-46
圖5.38　台東資料浮標冬季海流速度能譜圖(2016年1、2月).....5-52
圖5.39　台東資料浮標夏季海流速度能譜圖(2016年6月).....5-53
圖5.40　綠島南寮漁港海流測站冬季海流速度能譜圖(2016年1、2月).....5-58
圖5.41　綠島南寮漁港海流測站夏季海流速度能譜圖(2016年6、7月).....5-58
圖5.42　鵝鑾鼻資料浮標測站冬季海流速度能譜圖(2016年1、2月).....5-64

圖5.43　鵝鑾鼻資料浮標測站夏季海流速度能譜圖(2016年6、7月).....5-64
圖5.44　綠島測站歷年四季及全觀測期波高機率分佈圖.....5-66
圖5.45　綠島測站示性波高歷年月平均及月極值圖.....5-67
圖5.46　綠島歷年四季及全觀測期週期機率分佈圖.....5-67
圖5.47　綠島歷年四季及全觀測期波向機率分佈圖.....5-68
圖5.48　綠島2016年、歷年四季及全觀測期風速機率分佈圖 5-69
圖5.49　綠島2016年、歷年四季及全觀測期風向機率分佈圖 5-70
圖6.1　東南海域近岸風浪模擬系統三層巢狀網格之模擬範圍圖 6-2
圖6.2　遠域(大尺度)數值計算網格水深分布圖 6-3
圖6.3　臺灣周圍海域近域(中尺度)數值計算網格水深分布圖 6-3
圖6.4　東南海域近岸(小尺度)數值計算網格水深分布圖.....6-4
圖6.5　TaiCOMS作業化風場WA02之風速向量及大小分布圖 6-5
圖6.6　TaiCOMS作業化風場WA03之風速向量及大小分布圖 6-6
圖6.7　小尺度風浪模擬系統架構及執行流程圖.....6-7
圖6.8　風浪模式WAM之模式架構及執行流程圖 6-8
圖6.9　風浪模式SWAN之模式執行架構及流程圖.....6-9
圖6.10　西南海域近岸風浪模擬系統小尺度網格模擬範圍圖 6-10
圖6.11　西南海域小尺度網格水深分布圖.....6-11
圖6.12　近域風浪模組模擬結果輸出點位圖.....6-13
圖6.13　2015年8月7日作業化台東外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖 6-14
圖6.14　2015年8月7日作業化綠島外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖 6-15
圖6.15　2015年8月8日作業化台東外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖 6-16

圖6.16　2015年8月8日作業化綠島外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖 6-17
圖6.17　2015年8月9日作業化台東外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖 6-18
圖6.18　2015年8月9日作業化綠島外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖 6-19
圖7.1　上年度(105)計畫臺灣東南海域小尺度水動力模組模擬範圍圖 7-3
圖7.2　本年度東南海域小尺度水動力模組模擬範圍及水深分布圖 7-3
圖7.3　本年度東南海域小尺度水動力模組非結構性三角形元素網格分布圖 7-4
圖7.4　東南海域水動力模擬子系統之模擬架構及執行流程圖 7-5
圖7.5　本年度南灣海域小尺度水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 7-6
圖7.6　本年度南灣海域小尺度水動力模組非結構性三角形元素網格分布圖 7-6
圖7.7　東南海域水動力模式水位模擬值與富岡潮位站天文潮預測值之比較 7-9
圖7.8　東南海域水動力模式水位模擬值與綠島潮位站天文潮預測值之比較 7-9
圖7.9　東南海域水動力模式水位模擬值與蘭嶼潮位站天文潮預測值之比較 7-10
圖7.10　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與富岡潮位站觀測值之比較 7-10
圖7.11　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與綠島潮位站觀測值之比較 7-11

圖7.12　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與蘭嶼潮位站觀測值之比較.....7-11
圖7.13　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與大武潮位站觀測值之比較.....7-12
圖7.14　東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖.....7-12
圖7.14　(續)東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖.....7-13
圖7.14　(續2)東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖.....7-13
圖7.14　(續3)東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖.....7-14
圖7.15　東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖.....7-14
圖7.15　(續)東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖.....7-15
圖7.15　(續2)東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖.....7-15
圖7.15　(續3)東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖.....7-16
圖7.16　東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖.....7-16
圖7.16　(續)東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖.....7-17
圖7.16　(續2)東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖.....7-17
圖7.16　(續3)東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖.....7-18
圖7.17　南灣海域水動力模式水位模擬值與後壁湖潮位站天文潮預測值之比較.....7-18
圖7.18　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與後壁湖潮位站觀測值之比較.....7-19

表目錄

表2.1　中央氣象局NFS水平三層巢狀網格資訊表 2-5
表2.2　中央氣象局WRF成員M00水平三層巢狀網格資訊表 2-5
表2.3　中央氣象局WRF成員M05水平兩層巢狀網格資訊表 2-6
表2.4　主要商港港區近岸波浪模組之數值參考網格基本資料 2-12
表3.1　歷年(2012年~)發布颱風警報之侵臺颱風資料表.....3-2
表4.1　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.....4-6
表4.2　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.....4-6
表4.3　2016年莫蘭蒂颱風每日作業化水位模擬結果與觀測資料間之均方根誤差分析表.....4-13
表4.4　2016年梅姬颱風每日作業化水位模擬結果與觀測資料間之均方根誤差分析表.....4-14
表5.1　臺東富岡潮位站2016年觀測資料之代表性潮位統計表 5-9
表5.2　臺東富岡潮位站2016年天文潮調和分析成果表.....5-11
表5.3　臺東綠島潮位站2016年觀測資料之代表性潮位統計表 5-12
表5.4　臺東綠島潮位站2016年天文潮調和分析成果表.....5-13
表5.5　臺東蘭嶼潮位站2016年觀測資料之代表性潮位統計表 5-14
表5.6　臺東蘭嶼潮位站2016年天文潮調和分析成果表.....5-15
表5.7　屏東後壁湖潮位站2016年觀測資料之代表性潮位統計表 5-16
表5.8　屏東後壁湖潮位站2016年天文潮調和分析成果表.....5-18
表5.9　臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表.....5-47
表5.9　(續1)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表.....5-47

表5.9 (續2)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-48
表5.9 (續3)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-48
表5.9 (續4)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-49
表5.9 (續5)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-49
表5.9 (續6)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-50
表5.9 (續7)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-50
表5.9 (續8)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-51
表5.9 (續9)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-51
表5.10 臺東資料浮標2016年1~10月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-52
表5.11 綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-54
表5.11 (續1)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-54
表5.11 (續2)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-55
表5.11 (續3)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-55
表5.11 (續4)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-55

表5.11 (續5)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-56
表5.11 (續6)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-56
表5.11 (續7)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-56
表5.11 (續8)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-57
表5.12 綠島南寮漁港海流測站2016年1~9月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-57
表5.13 鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-60
表5.13 (續1)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-60
表5.13 (續2)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-60
表5.13 (續3)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-61
表5.13 (續4)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-61
表5.13 (續5)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-61
表5.13 (續6)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-62
表5.13 (續7)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-62
表5.13 (續8)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-62

表5.13　(續9)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-63
表5.14　鵝鑾鼻資料浮標測站海流2016年逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表 5-63
表5.15　歷年示性波高每月平均值、極值及對應週期、波向表 5-66
表6.1　東南海域風浪模擬系統之巢狀網格資訊表.....6-2
表6.2　海科中心臺灣周圍海域數值水深網格資料表.....6-2
表6.3　TaiCOMS之作業化風(壓)場網格資料表 6-4
表6.4　西南海域風浪模擬系統之巢狀網格資訊表.....6-10

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。

由於我國為海島型國家，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；同時維護船舶海上航行安全，亦為國家施政積極努力的目標。基於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(2010 年 8 月 8 日)、百麗客輪(2011 年 6 月 11 日)等客輪航行安全事件，雖未造成人員重大傷亡，但也顯示出離島海運存在的風險確實不容輕忽。基於此，交通部運輸研究所除了長期推動發展近岸/近海防救災相關海象預報系統，配合海氣象觀測，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。

本計畫目的為針對港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)建置之臺灣主要商港及離島有關風力、波浪、水位及流場等海象預報系統進行維護及改善，並對東南海域包括臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域，建置完成適合的風浪及水動力模擬系統，模擬東南海域風浪、水位及流場等海象，提供臺東與綠島、蘭嶼離島間藍色公路相關的海象模擬資訊；另於颱風侵襲期間，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。

1.2 計畫重要性

本計畫重要性除了針對港研中心運作之臺灣主要商港及離島有關風力、波浪、水位及流場等海象預報系統提供系統維護及模擬結果改善服務外，同時針對東南海域包括臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域提供細緻化之海象模擬資訊，以確保臺灣東南部海域藍色公路海上航行安全。

在政府施政之關聯性上，本計畫配合交通部推動科學技術發展之目標：(1)推動現代化氣象及海象觀測，提升地震測報效能、拓展強震即時警報資訊於防災之應用；發展精緻化氣象預報、開創多元化氣象服務管道，以提升海氣象服務水準，並達成防災、減災及促進經濟發展之目標，並配合運輸系統管理及資訊服務之整合應用，為健康臺灣提供優質氣象資訊。(2)推動海岸災害防救科技發展，精進海岸與港灣的災害防救科技研發，強化基礎設施中有關環境資料庫之調查蒐集與建置及應用。

在政府施政配合性上，本計畫建置的預報系統整合於港研中心「港灣環境資訊系統」，平時提供臺灣近岸/近海風場、波浪、水位及流場等即時海象資訊，供各港務單位港口船舶交通航運安全使用；於颱風期間或面臨緊急海難及各種海岸災害等防救時，亦可迅速提供救災必要之海象模擬資訊。

在計畫前後連貫之整體性上，本計畫屬於港研中心 107 年科技綱要計畫「海洋及交通運輸防災技術研究(1/4)」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下之資訊系統服務計畫，延續前期「港灣海象模擬暨溢淹資訊建置之研究」所建置海象模擬作業系統，細緻化東南海域，包括臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港的海象模擬資訊。

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。

1.3 相關本計畫

交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)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，以及相關海象即時觀測系統，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。同時由港研中心與國立中山大學共同合作於民國 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運作與維護至今。

之後，港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」中，持續推動下列研究：(1)近岸風浪模擬技術之研發及預警精度改進研究；(2)結合港研中心相關計畫之海象即時監測作業，發展颱風波浪模擬技術，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。先後，完成基隆港等七大商港小尺度近岸波浪模式及水動力模式建置與作業化模擬等研究。

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，港研中心另於四年期計畫(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。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 年整合成「提昇海岸及港灣海域海象模擬技術之研究」合作研究計畫，103 年改為「臺灣主要商港海象模擬技術之精進及系統維運」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。

港研中心在 104 年科技計畫「海洋防災科技及永續發展計畫(3/4)」綱要計畫之分項計畫，持續推動「港灣海象模擬暨溢淹資訊建置之研究」兩年期計畫，分別於 104 年辦理「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」及 105 年辦理「105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」等合作研究計畫。除了針對現有臺灣主要商港海象預報系統進行校修及維運，執行預報與實測資料之比較分析外，並完成離島澎湖海域波浪、水位及流場等海象模擬子系統，提供臺灣本島與澎湖群島間細緻化海域海象模擬資訊。106 年持續針對臺灣東南海域包含臺東富岡漁港、綠島南寮漁港及蘭嶼開元漁港等港口進行小尺度風浪、水位及流場模擬系統建置研究，以期提供細緻化海象模擬資訊研究，確保臺灣本島東海海域藍色公路海上航行安全。

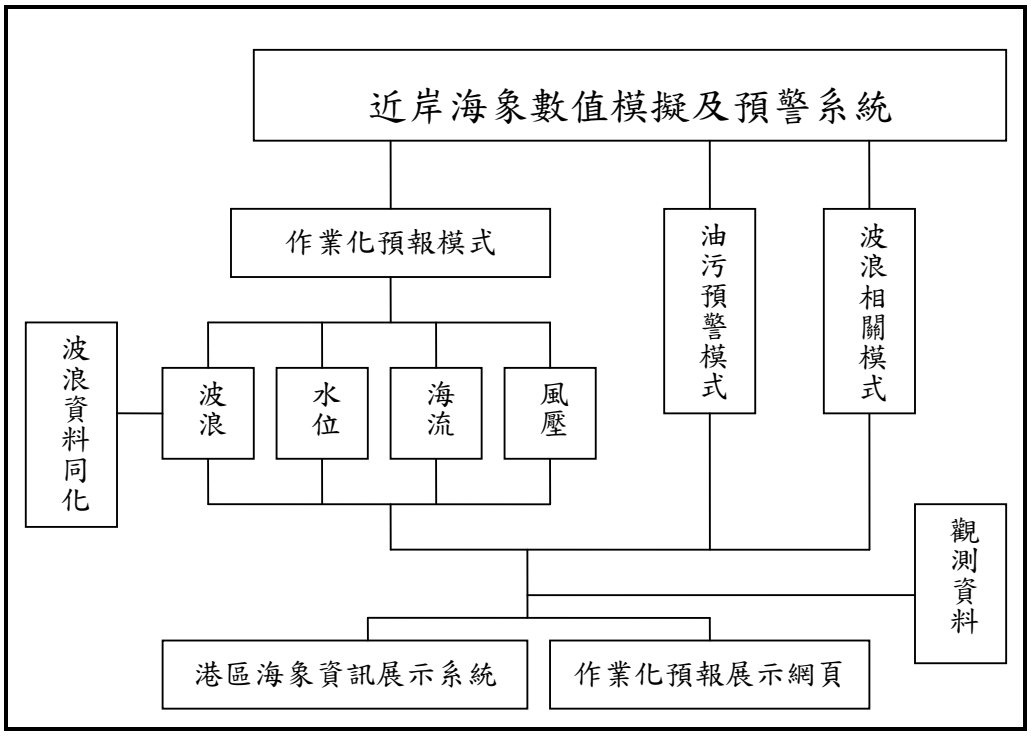


圖 1.1　近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

1.4 研究範圍與對象

本計畫研究範圍含蓋海域波浪、水位及海流等海象模擬資訊，研究對象為臺灣周圍海域(含離島澎湖、金門及馬祖等海域)；本年度主要研究對象包括臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域。圖 1.2 所示為本計畫主要研究對象臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港之相關位置圖。

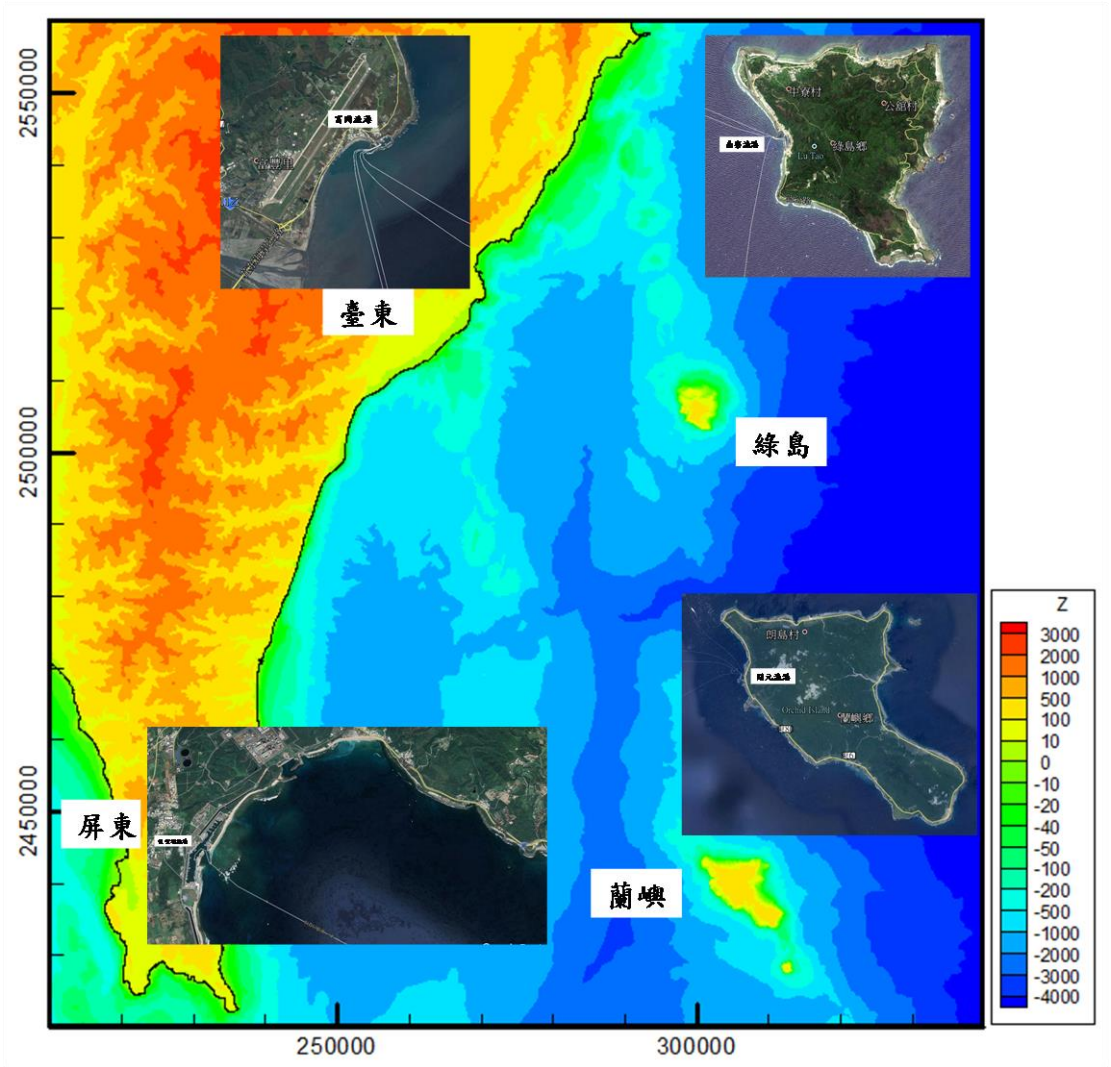


圖 1.2　本計畫主要研究對象之相關位置圖

1.5 本年度研究內容及工作項目

本計畫(107 年)主要研究內容及工作項目如下：

1. 海象自動化預報模擬系統校修與維運：配合港研中心進行臺灣近岸海象模擬系統(TaiCOMS)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. 海象自動化預報及預警模擬系統改善研究：針對臺灣本島及離島(澎湖)等 9 個主要港口，依據歷年有關海象作業化預報評估結果，進行波浪、水位及流場等相關模組改善研究。

3. 風力、波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：配合港研中心(或中央氣象局、水利署)於臺灣本島及離島(澎湖、金門及馬祖)等 11 個主要港口之現場觀測資料，進行年度(107 年度)海象預報成果評估。

4. 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗：依據港研中心風浪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。

5. 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗：依據港研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。

6. 東南海域基本資料蒐集與分析：蒐集及分析臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域，有關地形水深、風(壓)場、波浪、水位及海流等海氣地象資料特性。

7. 東南海域小尺度風浪模擬系統建置：完成臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度風浪模擬系統，並利用港研中心或其他單位鄰近波浪觀測資料，以校驗模式相關參數及數值模擬結果。

8. 東南海域小尺度水動力模擬系統建置：完成臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度水動力模擬系統，並利用港研中心或其他單位鄰近水位及海流觀測資料，以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研中心駐點服務，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

2.1 臺灣近岸海象預報系統簡介

港研中心建構的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，包含了即時海象觀測網、海象模擬作業化系統及港灣環境資訊網等三部份；其中即時海象觀測網在本島計有花蓮港等主要商港 8 處海氣象觀測站，以及離島澎湖、金門、馬祖等海域 3 處海氣象觀測站，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包括作業化風場處理系統、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，每日提供港灣環境資訊網包括風場、波場、水位及流場等海象模擬資訊，其中風場數值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，透過風場處理系統產生海象模擬作業化系統所需的作業化風(壓)場數值資料及港灣環境資訊網展示之風場資料。有關本計畫海象模擬作業化系統介紹如下：

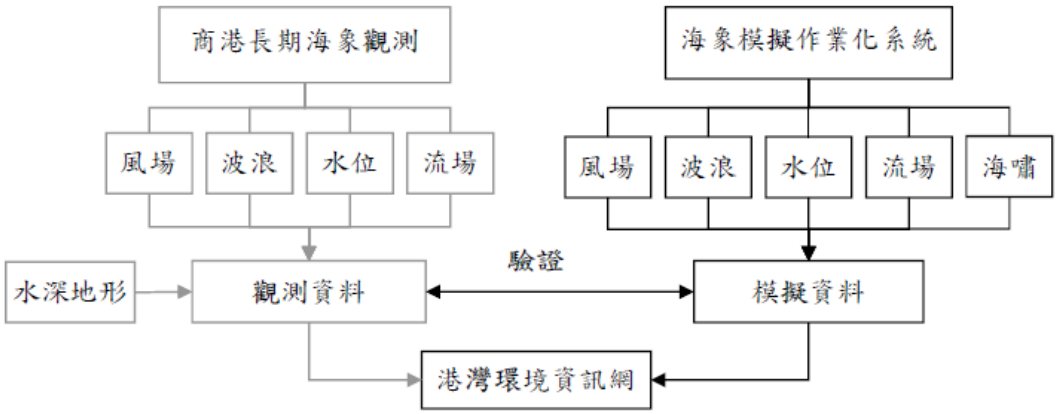
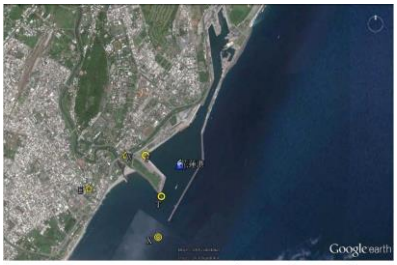


圖 2.1　臺灣近岸海象預報系統整體架構圖



花蓮港



蘇澳港



基隆港



臺北港



臺中港



布袋港



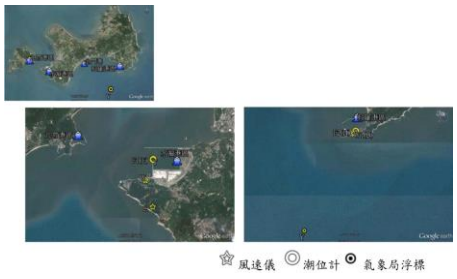
安平港



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

為了能夠充份模擬臺灣周圍及近岸海域海象特性，早期港研中心建構的海象模擬作業化系統包含了多種尺度及多種模式，整體架構如圖 2.3 所示。以下僅就海象模擬作業化系統與本計畫相關之風場處理系統、波浪模擬系統及水動力模擬系統等子系統簡介如下：

2.1.1 風場處理系統

風場處理系統主要目的為將自中央氣象局 ftp 下載的天氣數值預報資料，以自動作業化方式執行解碼、重組及內插等工作，產生風浪及水動力系統每日作業化模擬各模組所需之風、壓場輸入資料，以及港灣環境資訊網每日展示所需之風場資料等。有關本計畫 TaiCOMS 風(壓)場資料來源之演進可分成三階段簡述如下：

(1) 2014 年 5 月前，TaiCOMS 風(壓)場資料來源為氣象局第三代數值天氣預報系統之有限區域模式 NFS (Non- hydrostatical Forecast System)，每日兩次數值預報結果(分別為 UTC 0 時及 12 時)；(2)因應氣象局終止對外提供 NFS 數值預報資料，2014 年 5 月起 TaiCOMS 作業系統改採用氣象局第四代數值天氣預報系統之區域模式 WRF (Weather Research and Forecast)成員 M00，每日四次數值預報結果(UTC 0、6、12 及 18 時)；(3) 2017 年 7 月再度配合氣象局對外政策改版接收 WRF 成員 M05 數值預報結果。其中有限區域模式 NFS 及 WRF 成員 M00 之資料網格水平解析度分為 45km/15km/5km 三層，各層模擬範圍如圖 2.4 所示，圖中第三層 5km 網格模擬範圍於 NFS 及 WRF 成員 M00 略有不同，其中 NFS 第三層網格範圍較小約介於(118.660°, 20.786°)－(123.272°, 26.338°)，WRF 成員 M00 第三層網格範圍約介於(117.334°, 20.070°)－(124.911°, 28.249°)。WRF 成員 M05 之數值網格改採用水平解析度 15km/3km 兩層巢狀網格，各層模擬範圍參考圖 2.5 所示。表 2.1 至表 2.3 分別為中央氣象局 NFS、WRF 成員 M00 及 M05 水平巢狀網格資料說明表。

TaiCOMS 風壓場展示及應用的內容分別為海面 10m 高度風場及海面氣壓場資料，資料格式區分為西太平洋風場及氣壓、中國海域風場及氣壓及臺灣海域風場及氣壓等三類型，分述如下：

1. 西太平洋風場及氣壓：資料產出範圍為西太平洋北緯 0°至 35°，東經 99°至 150°，資料網格為解析度 1/6°(或 10')之球面座標規則網格，或稱為大尺度風壓場，如圖 2.6 所示。2014 年 5 月前由 NFS 水平第一層 45km 網格資料(RC)產生，2014 年 5 月至 2017 年 6 月由 WRF 成員 M00 水平第一層 45km 網格資料(WA01)產生。2017 年 7 月之後由 WRF 成員 M05 水平第一層 15km 網格資料(WD01)產生。

2. 中國海域風場及氣壓：資料輸出範圍為西太平洋北緯 10°至 35°，東經 110°至 135°，網格採用解析度 1/12°(或 5')之球面座標規則網格，又稱為中尺度風壓場，如圖 2.7 所示。同樣地。於 2014 年 5 月前由 NFS 水平第二層 15km 網格資料(MC)產生，2014 年 5 月至 2017 年 6 月由 WRF 成員 M00 水平第二層 15km 網格資料(WA02)產生。2017 年 7 月之後改由 WRF 成員 M05 水平第一層 15km 網格資料(WD01)產生。

3. 臺灣海域風場及氣壓：於 2014 年 5 月前由 NFS 水平第三層 5km 網格資料(HC)產生，其範圍為北緯 21°至 26°，東經 119.25°至 123.0°，網格為解析度 1/24°(或 2.5')，又稱為小尺度風壓場，如圖 2.8 所示。2014 年 5 月以後，資料輸出範圍擴大為北緯 20.5°至 28°，東經 117.5°至 124.5°，網格解析度不變，改由 WRF 成員 M00 水平第三層 5km 網格資料(WA03)產生，直至 2017 年 7 月改由 WRF 成員 M05 水平第二層 3km 網格資料(WD02)產生。

表 2.1　中央氣象局 NFS 水平三層巢狀網格資訊表

DMS FLAP	座標系統	dimension	relocation	格點位置
RC	Lambert conformal mapping	221*127	45KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(114,71)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(-5.34068N,77.91867E) 右上點(42.92812N,180.2034E)
MC	Lambert conformal mapping	181*193	15KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(76,148)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(9.28194N,109.7727E) 右上點(35.26665N,137.7342E) 座標(1,1)對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置
HC	Lambert conformal mapping	91*121	5KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(28,199)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(20.78609N,118.6597E) 右上點(26.33824N,123.2724E) 座標(1,1)對應至 15KM MESH 之(67,82)座標位置

表 2.2　中央氣象局 WRF 成員 M00 水平三層巢狀網格資訊表

DMS FLAP	座標系統	dimension	relocation	格點位置
WA01	Lambert conformal mapping	221×127	45KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(114,71)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(-5.34068N,77.91867E) 右上點(42.92812N,180.2034E)
WA02	Lambert conformal mapping	181×193	15KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(76,148)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(9.28194N,109.7727E) 右上點(35.26665N,137.7342E) 座標(1,1)對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置
WA03	Lambert conformal mapping	148×178	5KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(55,214)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(20.07030 N, 117.3342 E) 右上點(28.24893°N，124.9106°E) 座標(1,1)對應至 15KM MESH 之(59,78)座標位置

表 2.3　中央氣象局 WRF 成員 M05 水平兩層巢狀網格資訊表

DMS FLAP	座標系統	dimension	relocation	格點位置
WD01	Lambert conformal mapping	661×385	15 km	Center(120E), true (10N, 40N)， 座標(340,214)位置位於(30N,120E)， 中心點座標為(331,192)位置位於 (26.926N,118.5908E) 底圖 左下點(-5.693677N,78.02554E) 右上點(43.28705N,-179.5461E)
WD02	Lambert conformal mapping	1158×673	3km	Center(120E), true (10N, 40N)， 座標(522,547)位置位於(30N,120E)， 中心點座標為(579.5,337)位置位於 (24.1285N,121.7601E) 底圖 左下點(14.02224N,105.2500E) 右上點(32.12021N,140.91388E) 座標(1,1)對應至 45 km MESH 之(89,22)座標位置

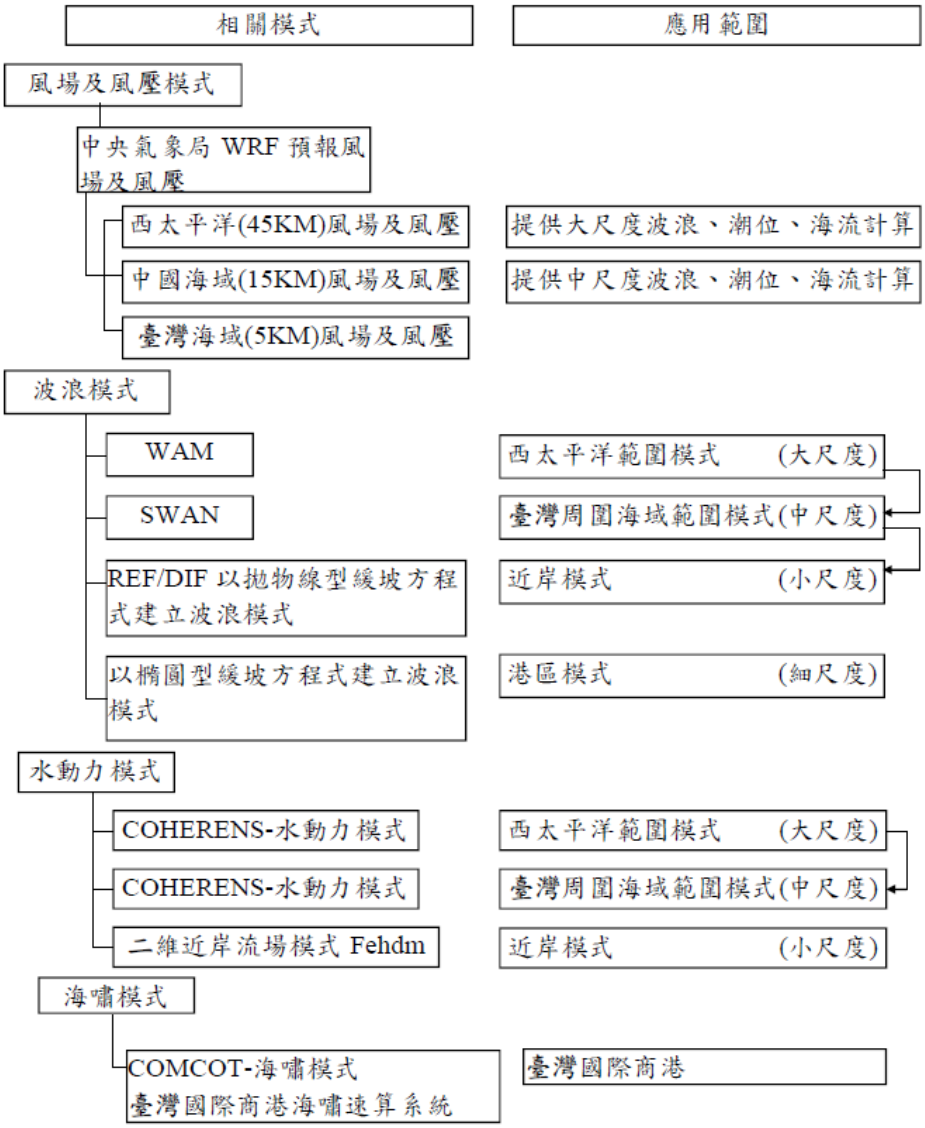


圖 2.3　海象模擬作業化系統整體模式架構圖

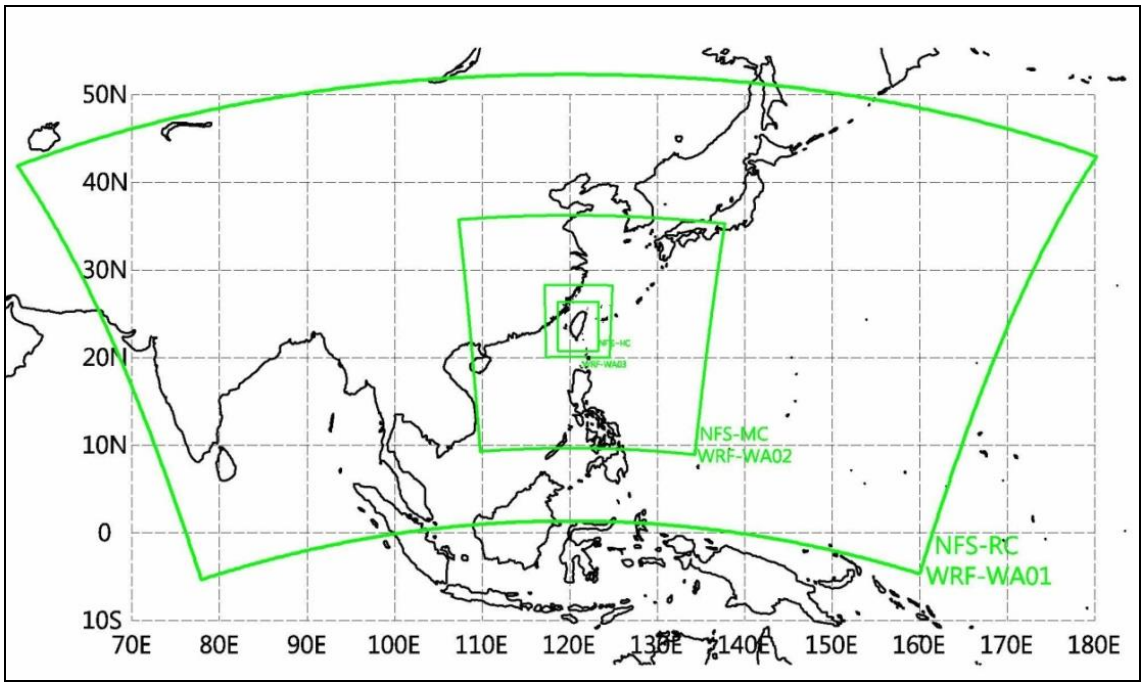


圖 2.4　中央氣象局數值天氣預報系統 NFS 及 WRF 成員 M00 水平巢狀網格數值模擬範圍圖

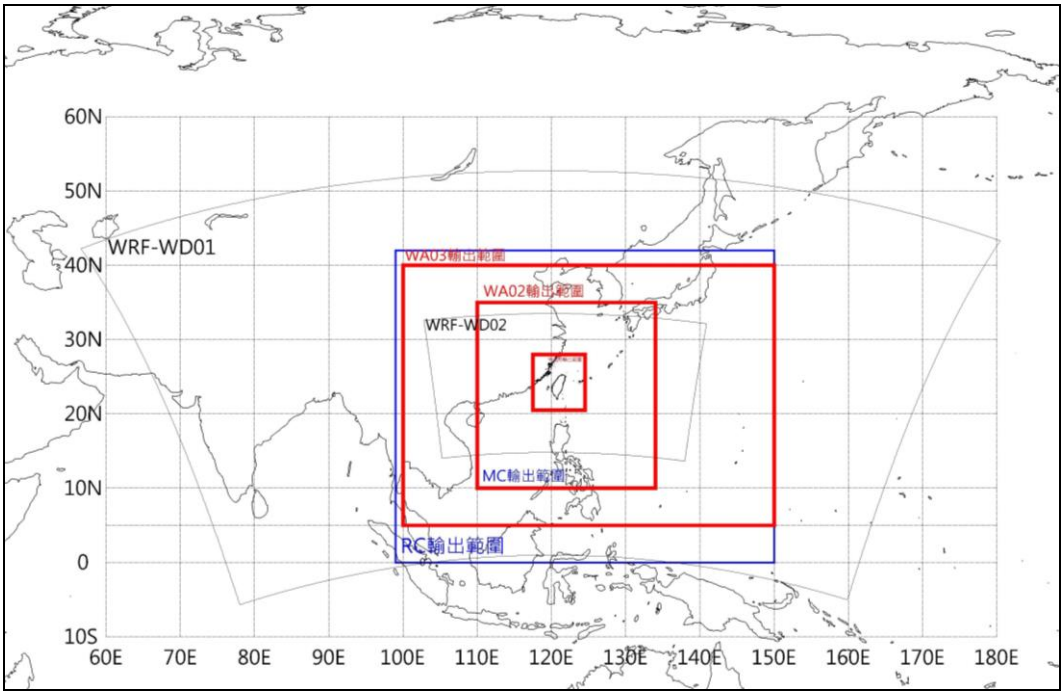
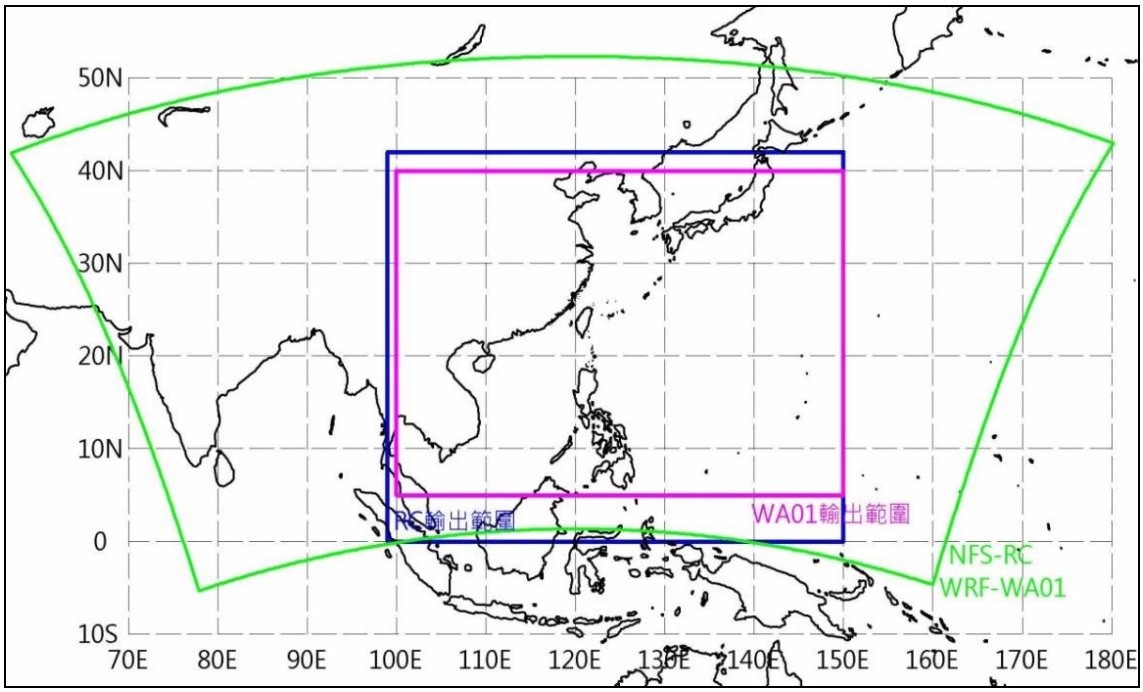
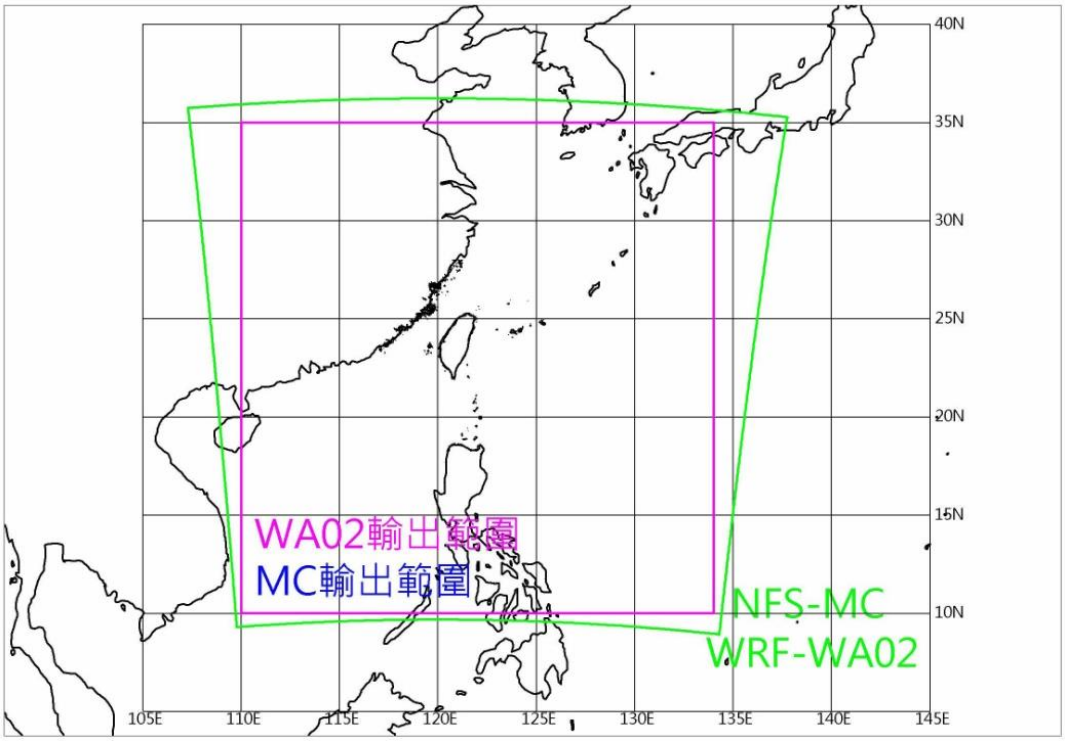


圖 2.5　中央氣象局數值天氣預報系統 WRF 成員 M05 數值模擬範圍及 TaiCOMS 各層風、壓場資料輸出範圍圖



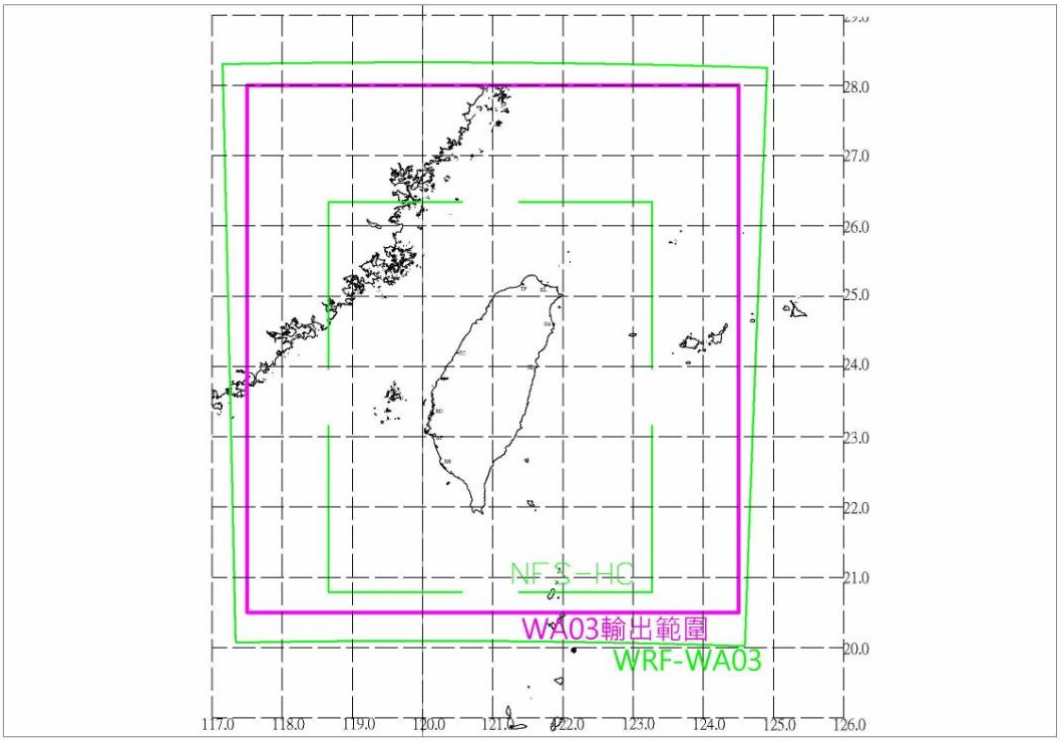
(來源：港灣海氣象數值模擬作業化之研究(2/2)，邱等，2015 年)

圖 2.6　NFS(RC)及 WRF(WA01)風場輸出範圍圖



(來源：港灣海氣象數值模擬作業化之研究(2/2)，邱等，2015 年)

圖 2.7　NFS(MC)及 WRF(WA02)風場輸出範圍圖



(來源：港灣海氣象數值模擬作業化之研究(2/2)，邱等，2015 年)

圖 2.8　NFS(HC)及 WRF(WA03)風場輸出範圍圖

2.1.2 波浪模擬系統

波浪模擬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，近年來因應藍色公路發展，陸續增加澎湖、金門及馬祖等離島海域近岸風浪模擬與預測。因此目前波浪模擬架構可分為遠域風浪、近域風浪、近岸風浪、近岸波浪及港域波浪等五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 2.9 所示；數值計算格網採用 0.2˚(或 12')之地球弧形網格，又稱大尺度風浪模組。遠域風浪模組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。目的除了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之開放邊界條件。
2. 近域風浪模組：以臺灣周圍海域為對象，主要目的提供(1)臺灣周圍海域較高解析度與較精確的風浪場模擬結果，(2)各主要商港近岸波

浪模組模擬條件(示性波高、週期、波向等)作為各商港近岸波浪場及港域波浪場模擬之依據,(3)各離島海域近岸風浪模擬所需的開放邊界條件。目前近域風浪模組模擬範圍為臺灣周圍海域北緯 20.6°至 28°及東經 117.6°至 123.6°之海域，如圖 2.10 所示；數值計算格網採用 0.04°(或 2.4')之球面座標規則網格，或稱為中尺度風浪模組。近域風浪模組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. 近岸風浪模組：以離島如澎湖、金門及馬祖等海域為主要對象，目的提供藍色公路細緻化海象風浪模擬結果。例如澎湖海域近岸風浪模組，其模擬範圍為(119.0°,22.8°)- (120.56°,24.20°)，如圖 2.11 所示，格網解析度為 0.008°，故又稱為小尺度風浪模組。同近域風浪模組採用近海風浪模式 SWAN，利用巢狀網格概念由近域風浪模組提供開放邊界上風浪模擬之方向波譜資料為邊界條件。

4. 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 2.12 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 2.4 所列，又稱為小尺度近岸波浪模組。模式採用 Kirbyand Dalrymple (1983)依據拋物線型緩坡方程式所發展的波浪折、繞射數值模式(REF/DIF 1)，其基本理論說明如附錄二所述。

5. 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 2.13 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。

表 2.4　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

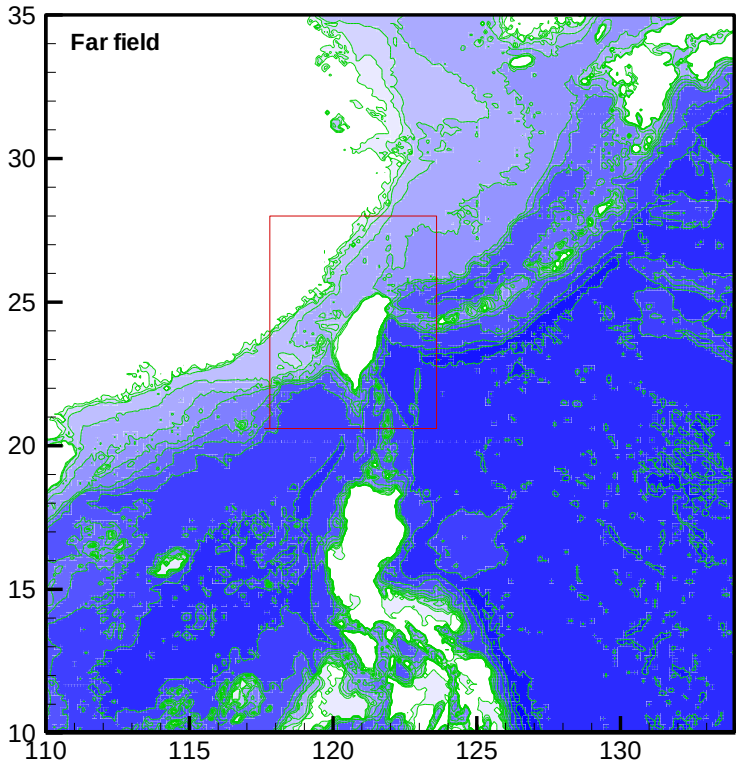


圖 2.9　TaiCOMS 遠域風浪模組模擬範圍圖

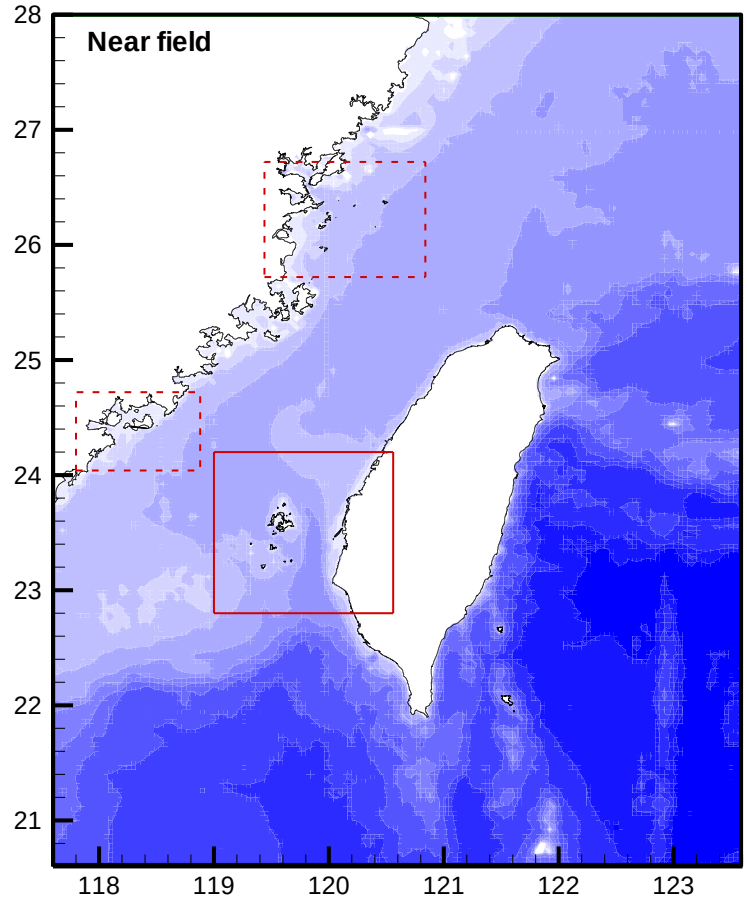


圖 2.10　TaiCOMS 近域風浪模組模擬範圍圖

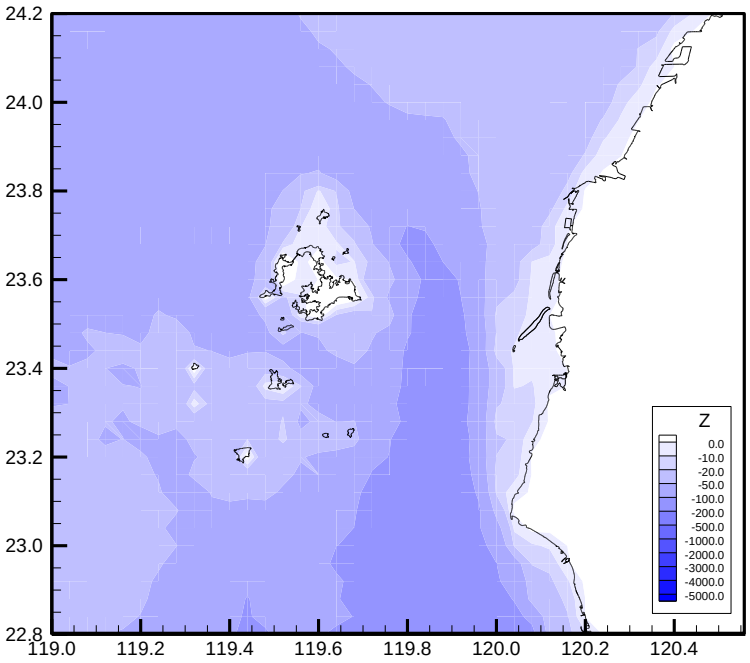


圖 2.11　TaiCOMS 澎湖近岸風浪模組模擬範圍圖

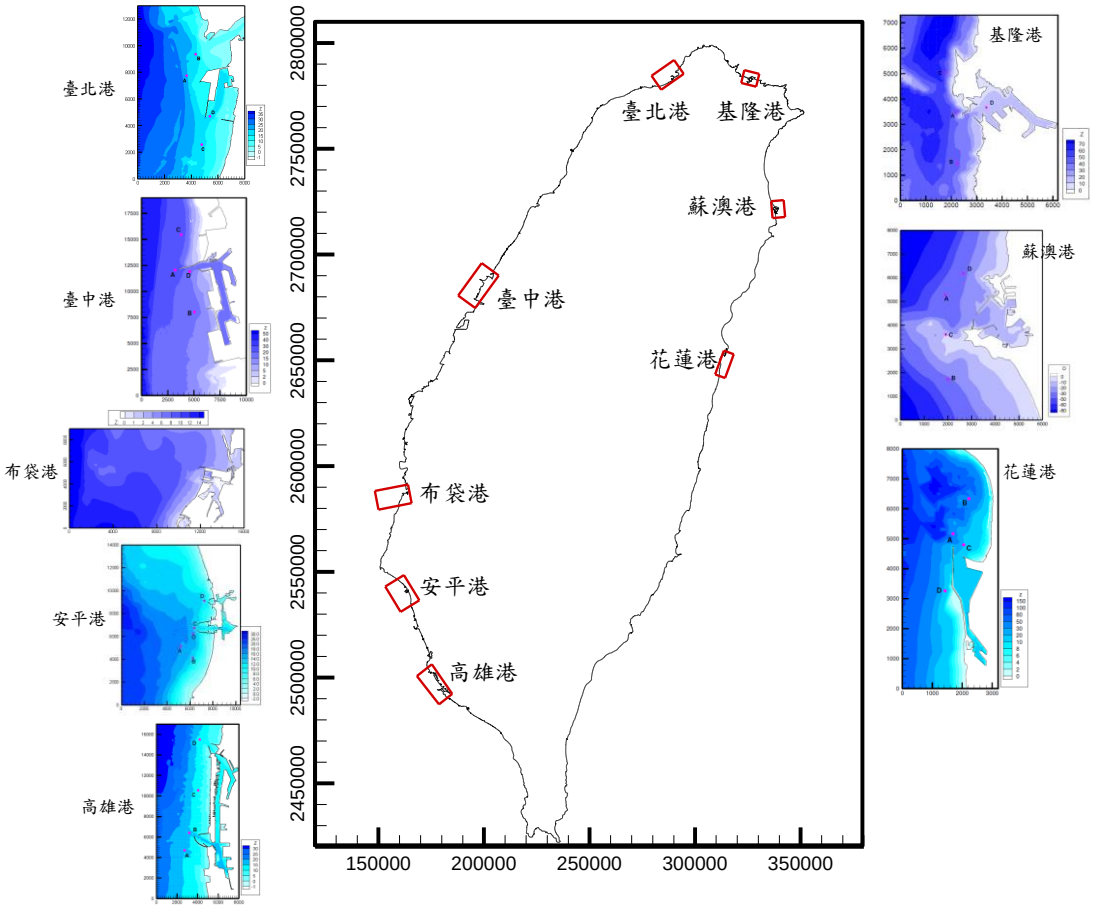


圖 2.12　各主要商港港區近岸波浪模組模擬範圍示意圖

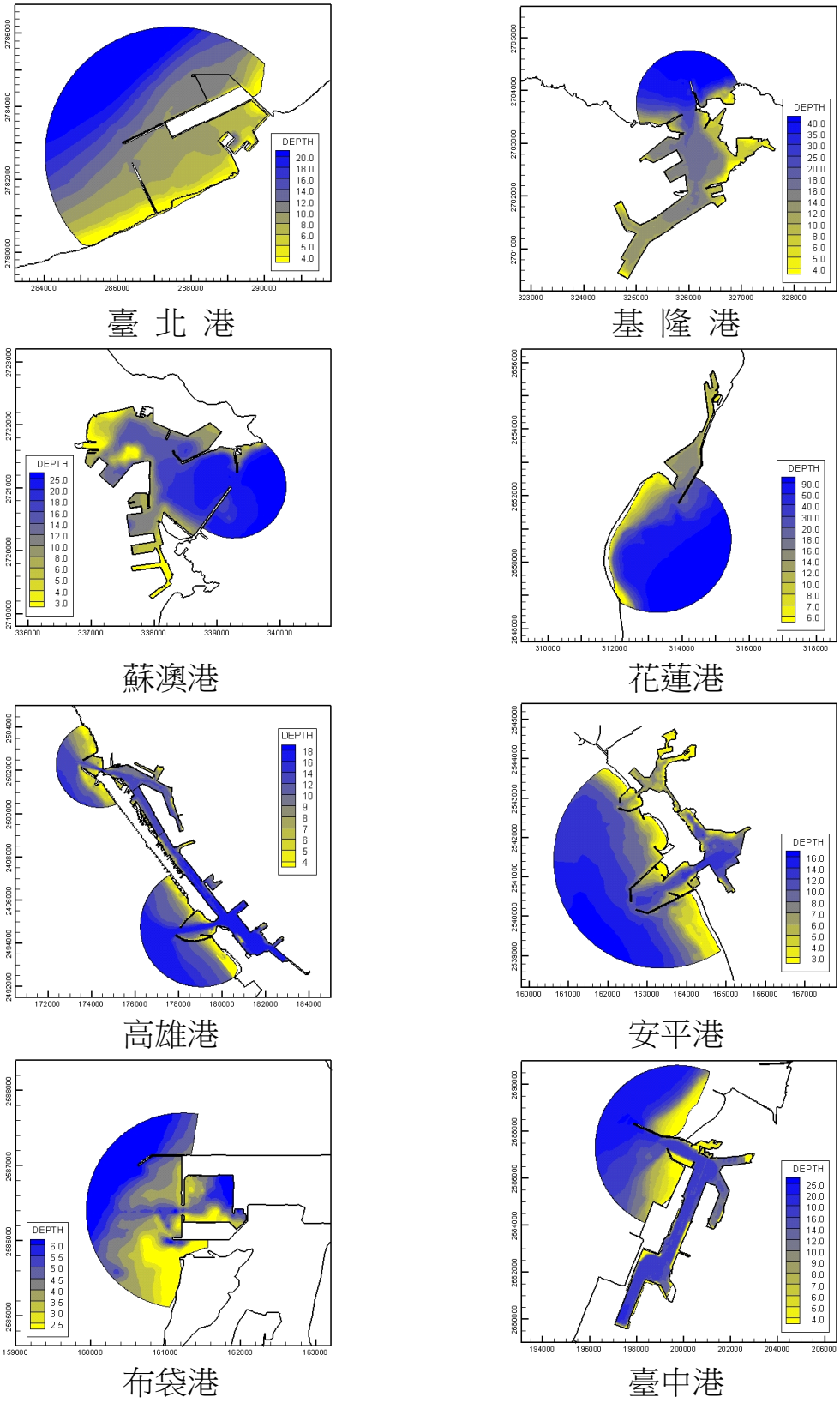


圖 2.13　各主要商港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

2.1.3 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 2.14 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. 近域水動力模組：以臺灣周圍海域為模擬範圍，涵蓋北緯 21°至 26.5°，東經 116.5°至 125°之海域，參考圖 2.14 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 2.15 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)，參考附錄一介紹。同樣地，因應藍色公路發展提供細緻化水位及流場模擬資訊，港研中心及前期計畫已陸續完成澎湖、金門及馬祖等離

島海域小尺度水動力模組之建置，其中澎湖海域小尺度水動力模組模擬範圍如圖 2.16 所示。

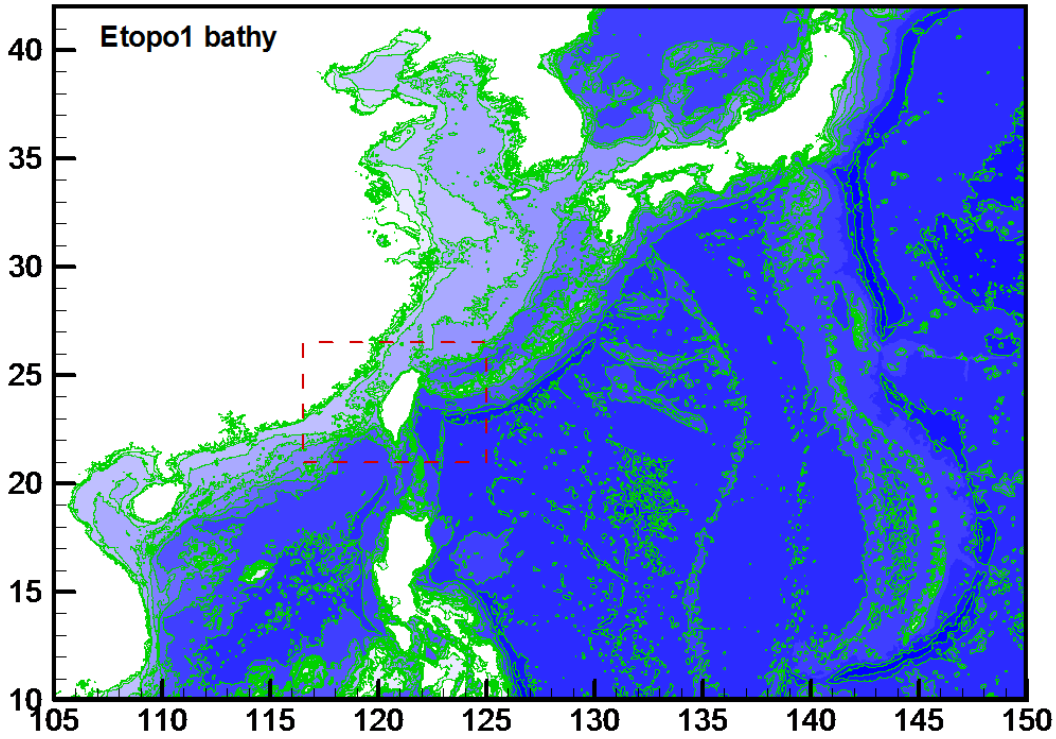


圖 2.14　遠域及近域(虛線)水動力模組模擬範圍示意圖

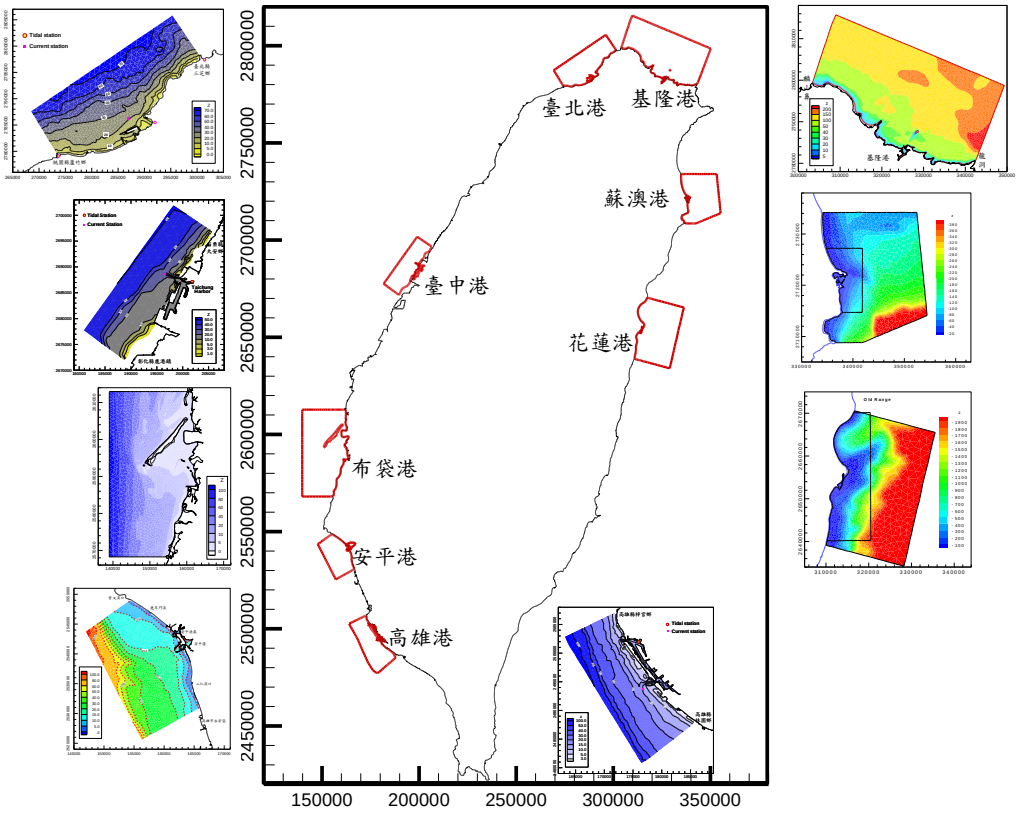


圖 2.15　各主要商港近岸(小尺度)水動力模組模擬範圍示意圖

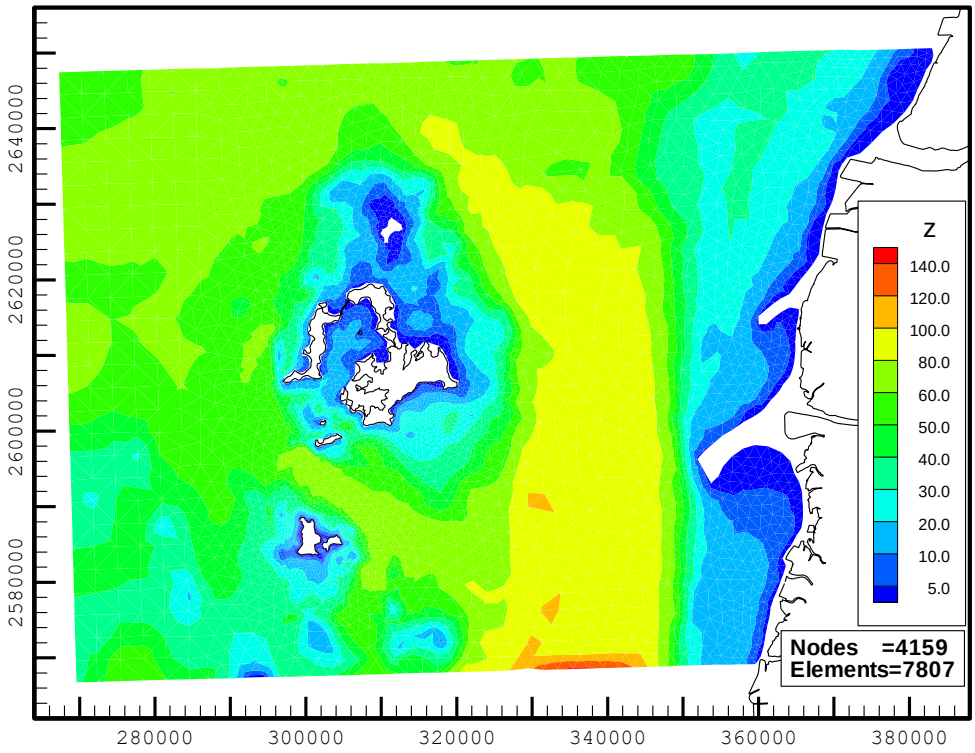


圖 2.16　澎湖海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖

2.2 海象模擬作業化系統校修與改善

本章節主要描述本年度工作項目：海象自動化預報模擬系統校修與維運及海象自動化預報及預警模擬系統改善研究之成果。本年度在系統校修與維運方面，除了持續維持舊系統海象數值模擬作業運作外，同步針對新建風浪模擬子系統及水動力模擬子系統持續進行作業化測試。圖 2.17 及圖 2.18 分別為 106 年計畫風浪模擬子系統及水動力模擬子系統之新建模擬架構及作業化模擬流程，本年度風浪模擬子系統改善成果包括增建金門及馬祖海域小尺度近岸風浪模組，水動力模擬子系統改善成果為增建金門海域小尺度水動力模組。相關研究成果分述如下：

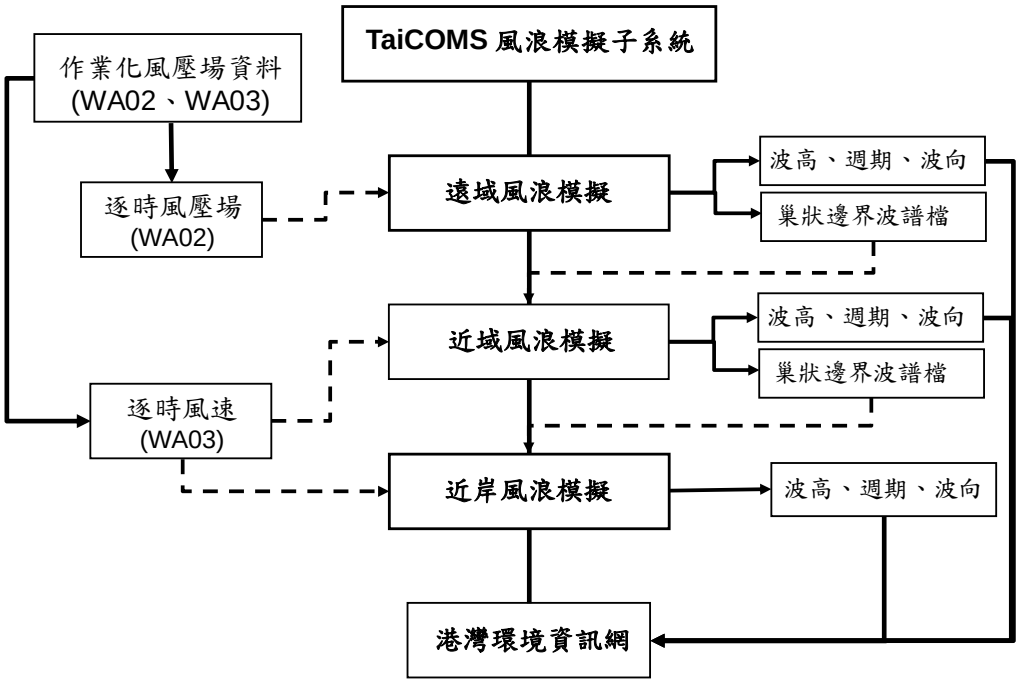


圖 2.17　TaiCOMS 風浪模擬子系統之模擬架構及作業化模擬流程圖

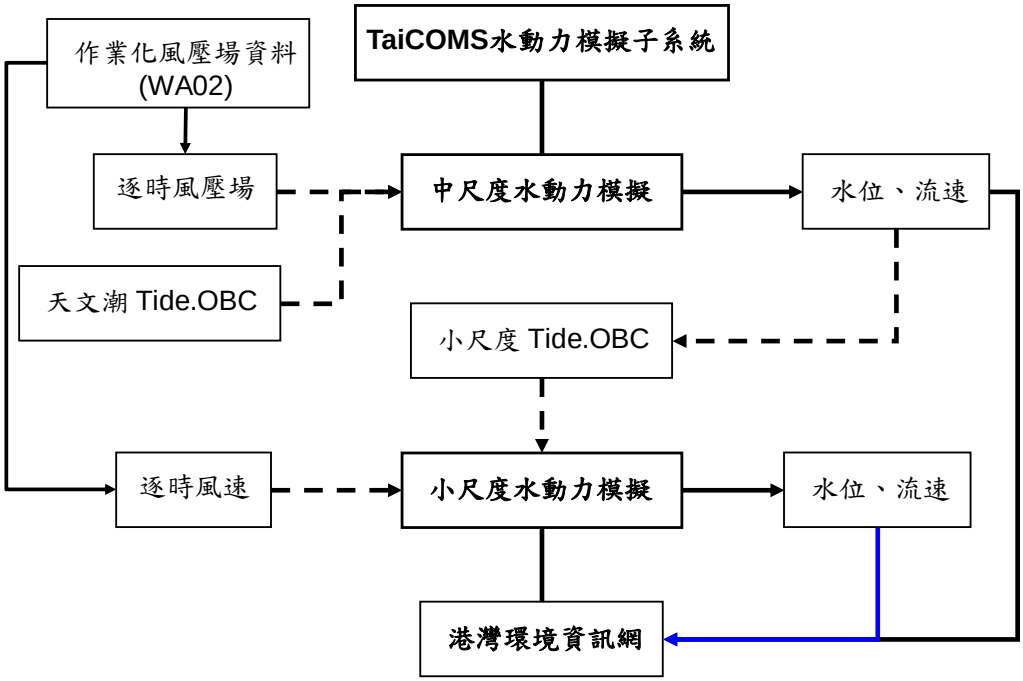


圖 2.18　TaiCOMS 水動力模擬子系統之模擬架構及作業化模擬流程圖

2.2.1 金門海域近岸風浪模組

本年度金門海域小尺度近岸風浪模組建置內容說明如下：

1. 數值計算網格

本計畫金門海域風浪模擬規劃的範圍如圖 2.19 所示，含蓋北緯 24.04°至 24.72°及東經 117.8°至 118.88°之水域，數值計算網格為規則網格，網格解析度為 0.008°。

2. 地形水深建置

數值計算網格之地形水深資料來源包括海科中心公布的 500m 網格數值地形水深資料及 5 萬分之一金門及廈門附近海軍水道圖(04526)。

3. 數值方向波譜

方向波譜離散化方法採用階梯函數(step function)，為獲得相對均等的解析度，頻寬計算採用對數尺度，即 $\Delta f/f = 1.1$。本年度風浪模擬系統中離散化波譜之頻率數(ML)及波向數(KL)設定值分別為 31

及 36，其中最小頻率值 fmin=0.04(原系統設定值分別為 0.05)，波向解析度為 10°。

4. 風場資料

作業化風場資料來源為 TaiCOMS 產生的作業化風(壓)場分為 WA03，範圍為東經 117.5 至 124.5 度及北緯 20.5 至 28.0 度，網格解析度為 1/24 度，格點數為 169×181。

5. 邊界條件

邊界條件採用方向波譜資料，即由近域風浪模組於作業化模擬過程中，輸出逐時之巢狀網格邊界之方向波譜模擬資料。

6. 輸出點位

模擬結果輸出點位包括金門水頭港(ST)、料羅港(LL)、九宮港(GK)及水利署金門資料浮標(GK)等，相關點位如圖 2.20 所示。

7. 數值模擬方法

在風浪模擬系統中，穩態模擬設定目的主要提供作業化系統初始作業化模擬所需之熱啟動檔，非穩態模擬則設定為系統作業化模擬採用的數值模擬方法。

8. SWAN 輸入檔

在 TaiCOMS 風浪模擬子系統下，金門海域近岸風浪模組採用 SWAN 為作業化之數值模式；因此有關作業化系統之 SWAN 輸入檔設定，如圖 2.21~圖 2.23 所示。

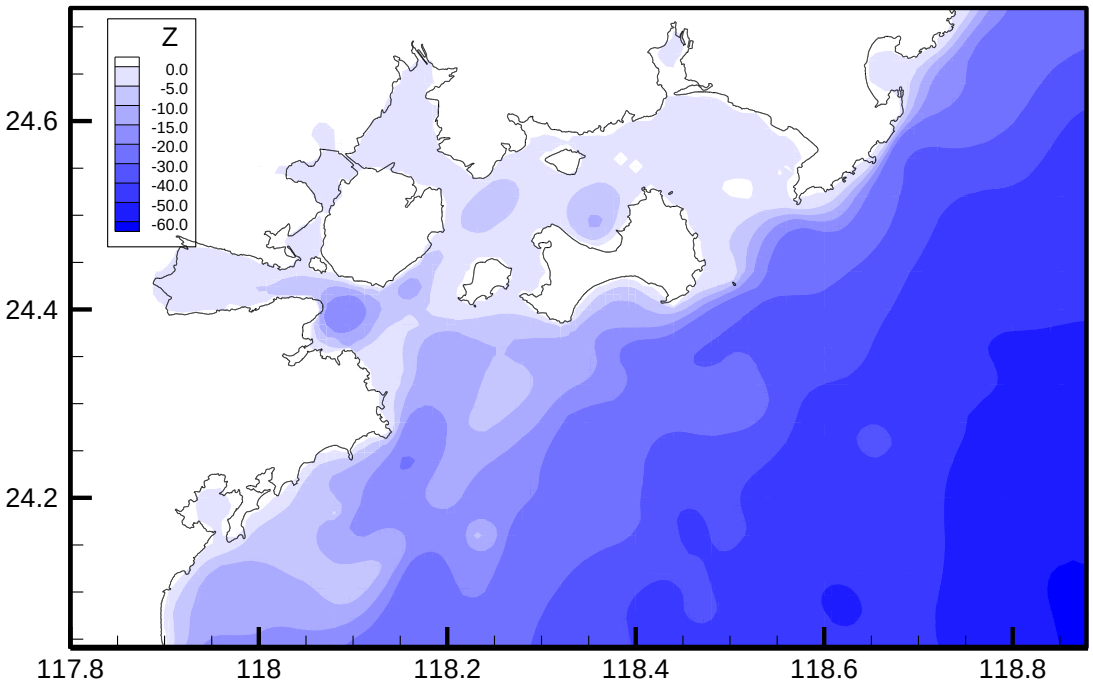


圖 2.19　金門海域近岸風浪模組之模擬範圍及水深分布圖

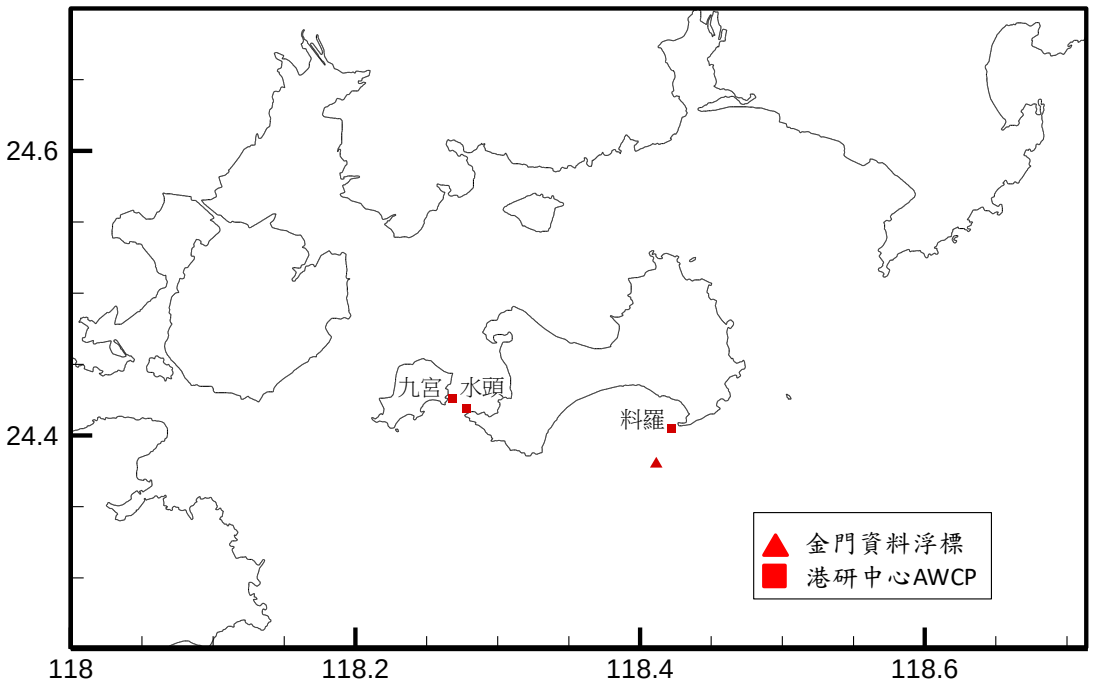


圖 2.20　金門海域近岸風浪模組之模擬結果輸出點位分布圖

```
$ ##### heading #####
$ SWAN輸入檔(INPUT)
PROJect 'IHMT'    '0901'
            'KM sea'
$
MODE    NONSTAtionary    TWODimensional
$
SET level       0.0
SET nor         90.0
SET depmin      0.05
SET maxmes      200
SET maxerr      1
SET grav        9.81
SET rho         1025
SET cdcap       0.0025
SET inrhog      0
SET hsrerr      0.10
SET NAUT
SET pwtail      4
SET froudmax 0.8
SET printf      4
SET prtest      4
$
COORDinates SPHErical ccm
$
CGRID REGular    117.80    24.04    0.0    1.08    0.68    135    085        &
                                                    CIRcle 36, 0.040,    , 30
$
INPgrid BOTtom REGular    117.80    24.04    0.0 135 085    0.008    0.008 &
                                                                EXCeption -10

READinp BOTtom    1. 'botfile\swan_ss_KMsea.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
INPgrid WInd REGular    117.5 20.5    0.0 168 180 0.041667 0.041667    &
                        NONSTATionary 20160831.000000 1.0 HR 20160903.000000

READinp WInd    1. 'wind_swan_tw_20160901.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$
BOUNdnest1    NEST 'nestfile\nest_KMsea2016090100.txt' CLOS
$
INITial      Zero
$
GEN3       KOMen    2.36e-5    3.02e-3
$
BREaking      CONstant      1.0      0.73
$
FRICtion       JONswap    VARiable
$
TRIad        0.80       2.5         0.2          0.01
$
DIFFRac       1             0.2         0           1
$
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 STAT 50 0.00 0.1    DIRimpl 0.5 -1
$
COMPute STATionary      20160831.000000
HOTFILE 'hotfile\KMseahot20160831.00'
$
STOP
```

圖 2.21　金門海域近岸風浪模組穩態模擬之 SWAN 輸入檔圖

```
$ ##### heading #####
$ SWAN 輸入檔(INPUT)
$
PROJect 'IHMT'    '0901'
             'KM sea'
$
MODE    NONSTAtionary    TWODimensional
$
SET level       0.0
SET nor         90.0
SET depmin      0.05
SET maxmes      200
SET maxerr      1
SET grav        9.81
SET rho         1025
SET cdcap       0.0025
SET inrhog      0
SET hsrerr      0.10
SET NAUT
SET pwtail      4
SET froudmax 0.8
SET printf      4
SET prtest      4
$
COORDinates SPHErical ccm
$
CGRID REGular    117.80    24.04    0.0    1.08    0.68    135    085        &
                                                  CIRcle 36, 0.040,    , 30
$
INPgrid BOTtom REGular    117.80    24.04    0.0 135 085    0.008    0.008 &
                                                              EXCeption -10
READinp BOTtom    1. 'botfile\swan_ss_KMsea.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
INPgrid WInd REGular    117.5 20.5    0.0 168 180 0.041667 0.041667    &
                            NONSTATionary 20160831.000000 1.0 HR 20160903.000000
READinp WInd    1. 'wind_swan_tw_20160901.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$
BOUNdnest1    NEST 'nestfile\nest_KMsea2016090100.txt' CLOS
$
INITial      HOTStart    'hotfile\KMseahot20160831.00'
$
GEN3       KOMen    2.36e-5    3.02e-3
$
BREaking      CONstant      1.0      0.73
$
FRICtion       JONswap    VARiable
$
TRIad        0.80       2.5        0.2          0.01
$
DIFFRac       1             0.2        0           1
$
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTat 1 0.1    DIRimpl 0.5 4
$
COMPute NONSTationary      20160831.000000 300 sec 20160901.000000
HOTFILE 'hotfile\KMseahot20160901.00'
$
STOP
```

圖 2.22　金門海域近岸風浪模組 24 小時非穩態模擬 SWAN 輸入檔圖

```
$ ##### heading #####
$ SWAN 輸入檔(INPUT)
$
PROJect 'IHMT'    '0901'
             'KM sea'
$
MODE    NONSTAtionary    TWODimensional
$
SET level       0.0
SET nor         90.0
SET depmin      0.05
SET maxmes      200
SET maxerr      1
SET grav        9.81
SET rho         1025
SET cdcap       0.0025
SET inrhog      0
SET hsrerr      0.10
SET NAUT
SET pwtail      4
SET froudmax 0.8
SET printf      4
SET prtest      4
$
COORDinates SPHErical ccm
$
CGRID REGular    117.80    24.04    0.0    1.08    0.68    135    085        &
                                                    CIRcle 36, 0.040,    , 30
$
INPgrid BOTtom REGular    117.80    24.04    0.0 135 085    0.008    0.008 &
                                                                  EXCeption -10
READinp BOTtom    1. 'botfile\swan_ss_KMsea.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
INPgrid WInd REGular    117.5 20.5    0.0 168 180 0.041667 0.041667    &
                        NONSTATionary 20160831.000000 1.0 HR 20160903.000000
READinp WInd    1. 'wind_swan_tw_20160901.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$
BOUNdnest1    NEST 'nestfile\nest_KMsea2016090100.txt' CLOS
$
INITial     HOTStart    'hotfile\KMseahot20160831.00'
$
GEN3        KOMen    2.36e-5    3.02e-3
$
BREaking      CONstant      1.0      0.73
$
FRICtion        JONswap    VARiable
$
TRIad         0.80        2.5          0.2           0.01
$
DIFFRac       1             0.2         0           1
$
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTat 1 0.1    DIRimpl 0.5 4
$
$    01
POINTS    'Shuitou' 118.272    24.416
SPECout 'Shuitou' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100ST_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE     'Shuitou' head 'tblfile\KMsea2016090100shuitou'                    &
            time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    02
POINTS    'Liaoluo' 118.424    24.400
SPECout 'Liaoluo' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100LL_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR


TABLE     'Liaoluo' head 'tblfile\KMsea2016090100liaoluo'                    &
            time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    03
POINTS    'Gioukong' 118.272      24.424
SPECout 'Gioukong' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100QF_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE     'Gioukong' head 'tblfile\KMsea2016090100gioukong'                    &
            time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    04
POINTS    'KMbuoy' 118.408      24.376
SPECout 'KMbuoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100KD_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE     'KMbuoy' head 'tblfile\KMsea2016090100kimenbuoy'                    &
            time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE     'COMPGRID' head 'tblfile\KMsea2016090100grid'                    &
            xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$
COMPute NONSTationary      20160831.000000 300 sec 20160901.000000
$
STOP
```

圖 2.23　金門海域近岸風浪模組 72 小時非穩態模擬 SWAN 輸入檔圖

9. 模擬結果校驗

本計畫選取 2016 年 9 月 1 日至 15 日作業化風場資料進行 TaiCOMS 風浪模擬子系統每日作業化模擬測試，並選取金門海域小尺度模組有關水頭商港及金門浮標測站之數值模擬結果與觀測資料比較，並分析每日作業化模擬結果之均方根誤差(RMSE)及相關係數(R)。圖 2.24 及圖 2.25 所示分別為水頭商港及金門浮標測站於 2016 年 9 月 10 日作業化模擬 72 小時風浪模擬值與觀測資料之比較，圖中所示 9 月 9 日 0 時至 9 日 23 時代表追算階段，10 日 0 時至 12 日 0 時代表預測階段。結果顯示 9 日至 11 日金門海域風浪有逐漸變小之趨勢，示性波高模擬誤差 RMSE 水頭港為 0.069m、金門浮標測站為 0.144m；平均週期模擬誤差之 RMSE 水頭港及金門浮標測站分別為 0.64sec 及 1.34sec；平均波向模擬誤差之 RMSE 水頭港及金門浮標測站分別為 66°及 40°。相關係數 R 值分析結果以金門浮標測站示性波高之 0.742 最佳，水頭港示性波高之 0.478 為次；各測站平均週期之相關係數均有偏低之現象。

圖 2.26 及圖 2.27 所示分別為 9 月 15 日作業化模擬水頭商港及金門浮標測站 72 小時風浪模擬值與觀測資料之比較，結果顯示適逢強颱莫蘭蒂侵襲，水頭港及金門浮標測站示性波高最大值模擬結果均顯著偏低。整體誤差分析結果顯示，示性波高模擬誤差之 RMSE 水頭港及金門浮標測站分別為 0.321m 及 1.379m，相關係數 R 值分別為 0.728 及 0.825；平均週期模擬誤差之 RMSE 水頭港及金門浮標測站分別為 2.25sec 及 1.39sec，其中水頭港誤差變大原因為颱風影響期間平均週期觀測值變動幅度過大所致，同時間此現象在金門浮標測站並未發生，因此水頭港相關係數 R 為 0.008，金門浮標測站 R 值上升為 0.781；平均波向模擬誤差之 RMSE 水頭港及金門浮標測站分別為 82°及 28°，同樣地水頭港 14 日波向觀測資料亦明顯與金門浮標測站不一致，導致水頭港波向模擬值與觀測值間誤差顯著變大。整體而言，水頭港平均週期、波向模擬結果呈現誤差大的原因判斷係觀測資料有疑慮所產生的，與預報風場及模式之關連較小。

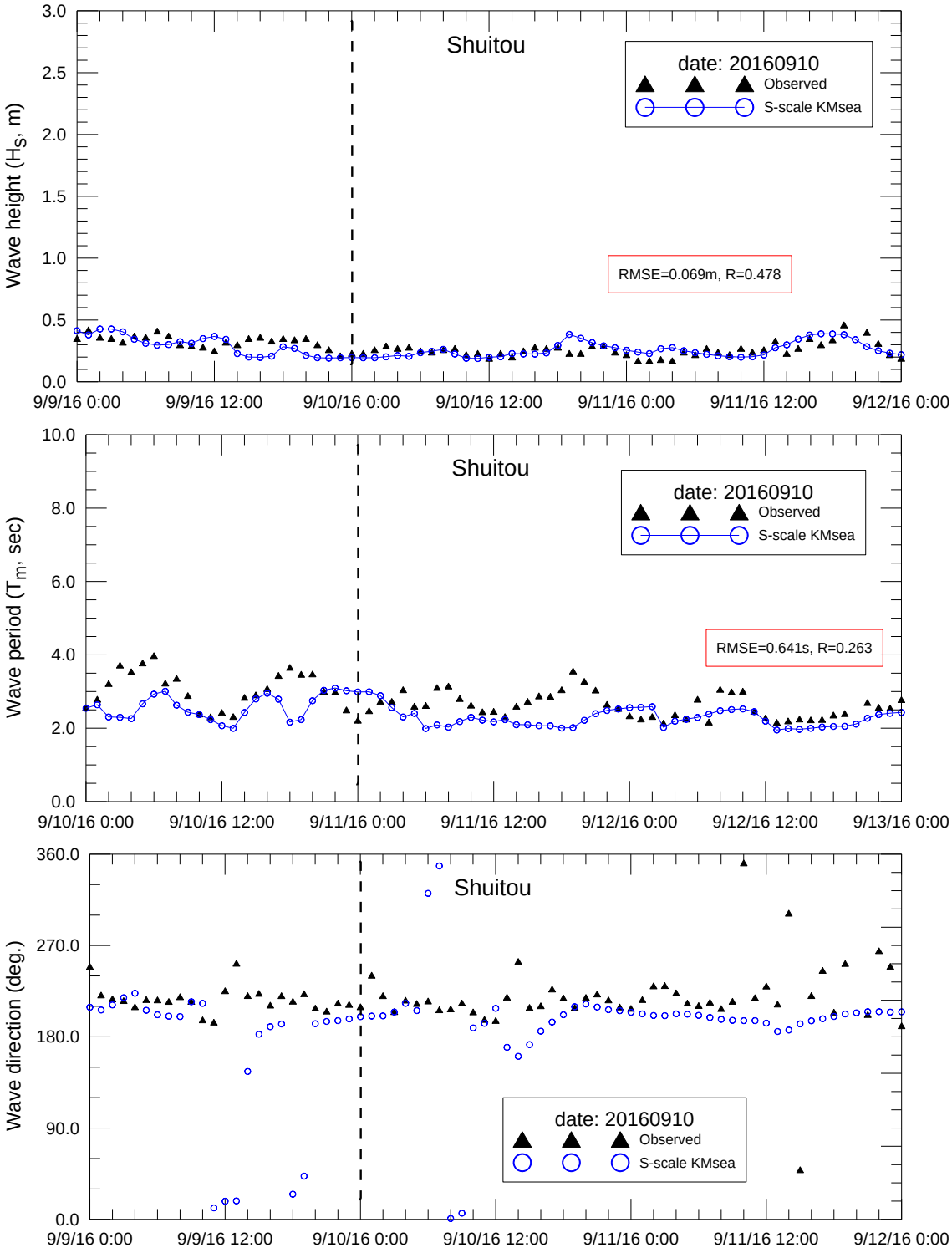


圖 2.24　金門海域水頭港 2016 年 9 月 10 日作業化模擬結果與觀測資料比較圖

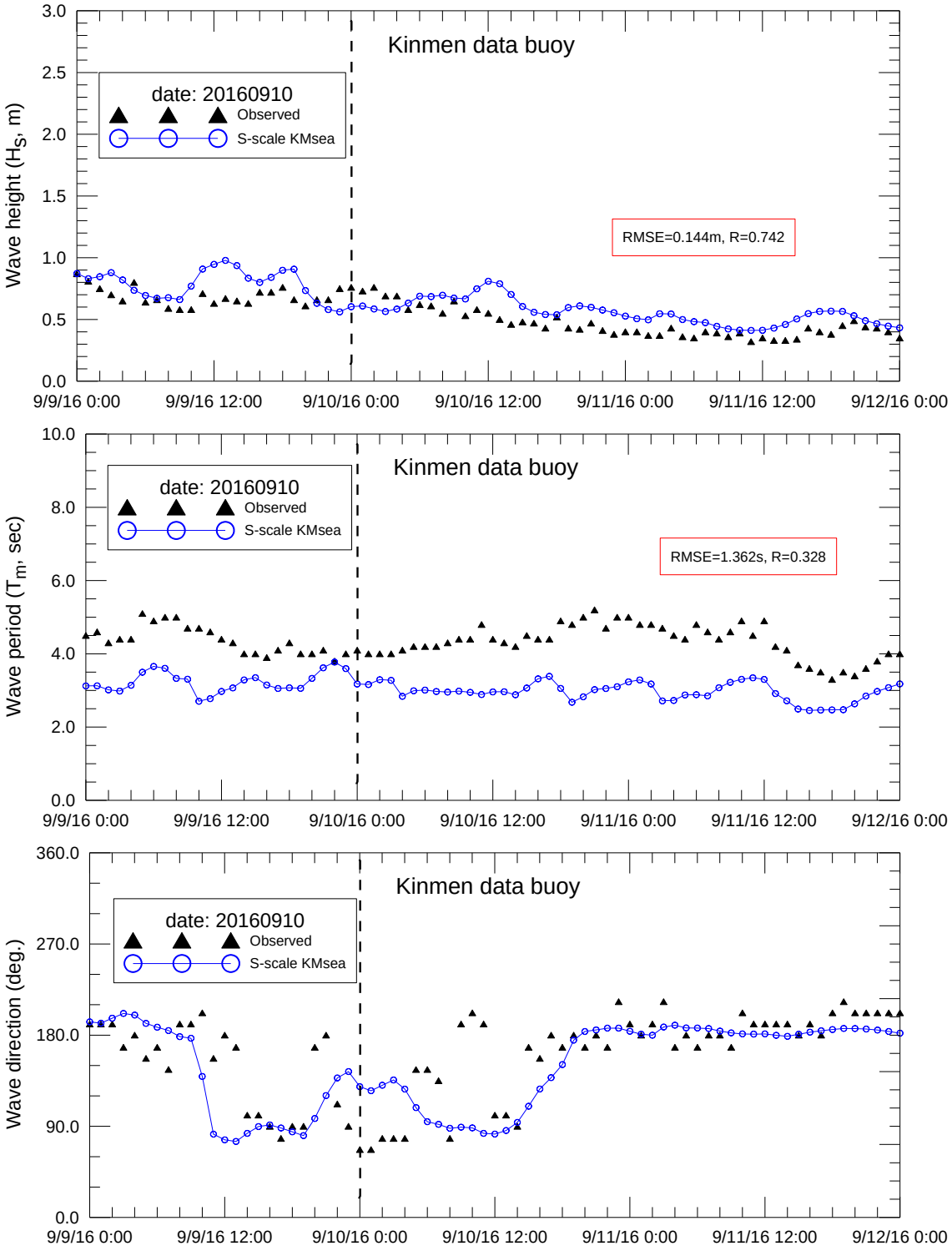


圖 2.25　金門海域資料浮標站 2016 年 9 月 10 日作業化模擬結果與觀測資料比較圖

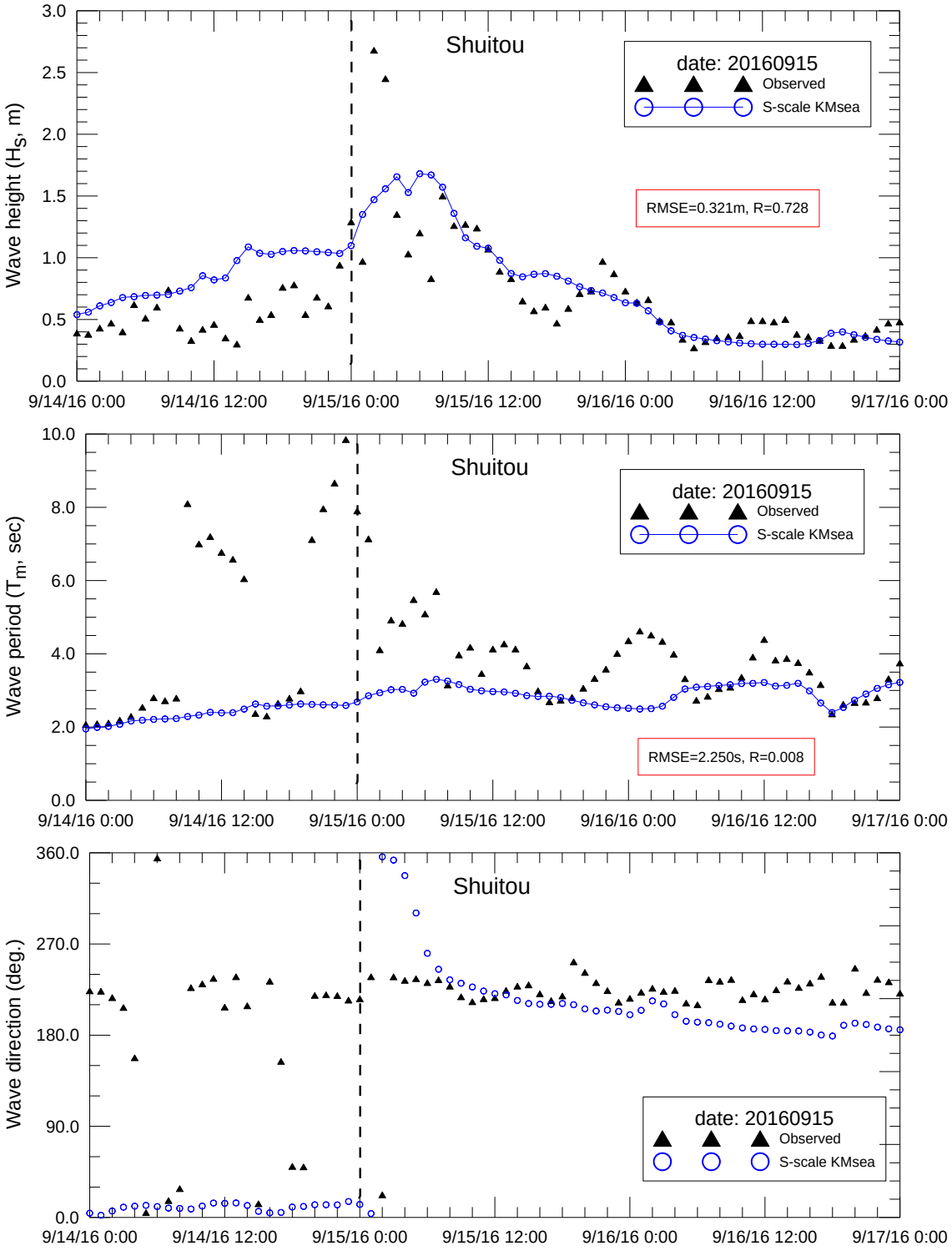


圖 2.26　金門海域水頭港 2016 年 9 月 15 日作業化模擬結果與觀測資料比較圖

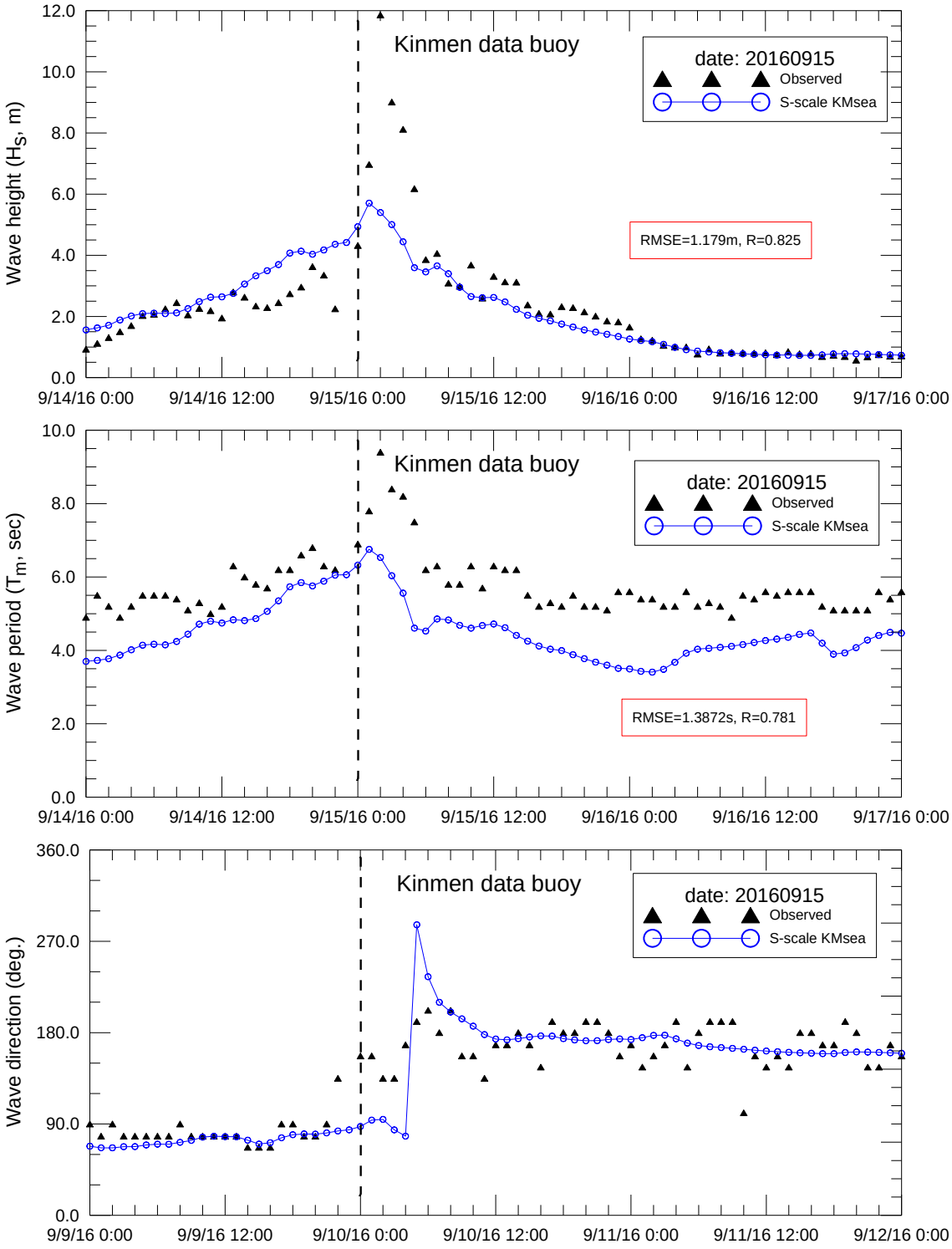


圖 2.27　金門海域資料浮標站 2016 年 9 月 15 日作業化模擬結果與觀測資料比較圖

2.2.2 馬祖海域近岸風浪模組

有關馬祖海域小尺度近岸風浪模組建置內容簡述如下：

1. 數值計算網格

本計畫規劃的馬祖海域風浪模擬範圍如圖 2.28 所示，含蓋北緯 25.72°至 26.72°及東經 119.44°至 120.84°之水域，數值計算網格採用規則網格，網格解析度為 0.008°。

2. 地形水深建置

數值計算網格之地形水深資料來源包括海科中心公布的 200m 網格數值地形水深資料及 10 萬分之一海軍水道圖莒光列島至東引島(0304)、30 萬分之一海軍水道圖烏邱嶼至東引島 (0306)等。

3. 數值方向波譜

如 2.2.1 節金門海域近岸風浪模組之說明。

4. 風場資料

參考 2.2.1 節金門海域近岸風浪模組之說明。

5. 邊界條件

參考 2.2.1 節金門海域近岸風浪模組之描述。

6. 輸出點位

模擬結果輸出點位包括東引中柱港(ZZ)、北竿白沙港(BS)、南竿福澳港(FA)、東莒猛澳(MA)、西莒青帆港(QF)及馬祖浮標(MD)等，相關點位如圖 2.29 所示。

7. 數值模擬方法

參考 2.2.1 節金門海域近岸風浪模組之說明。

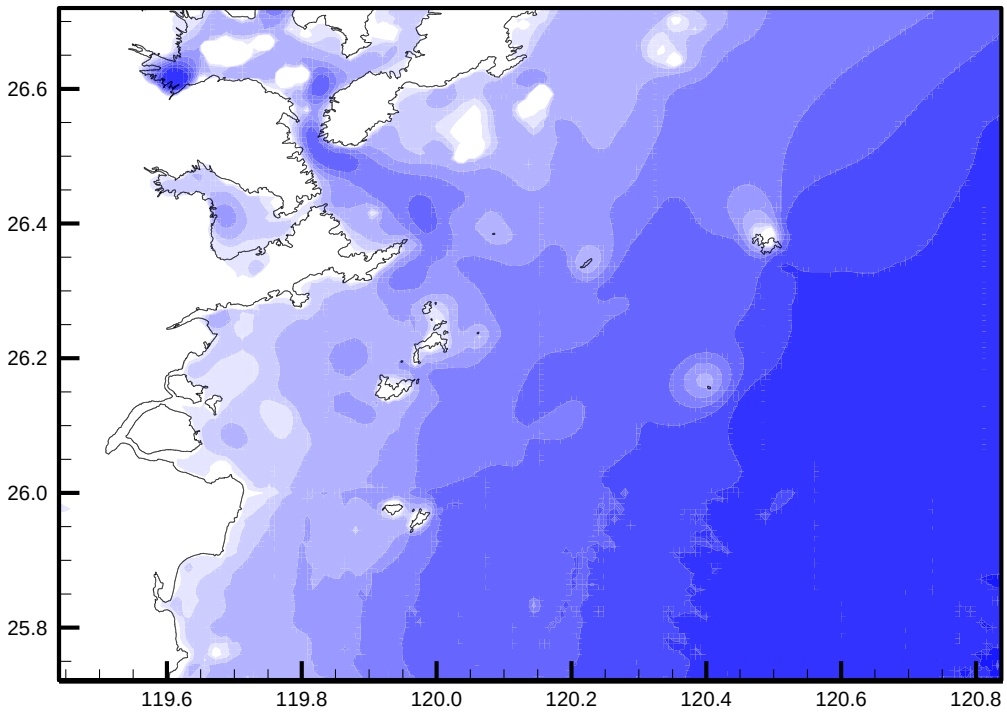


圖 2.28　馬祖海域近岸風浪模組之模擬範圍及水深分布圖

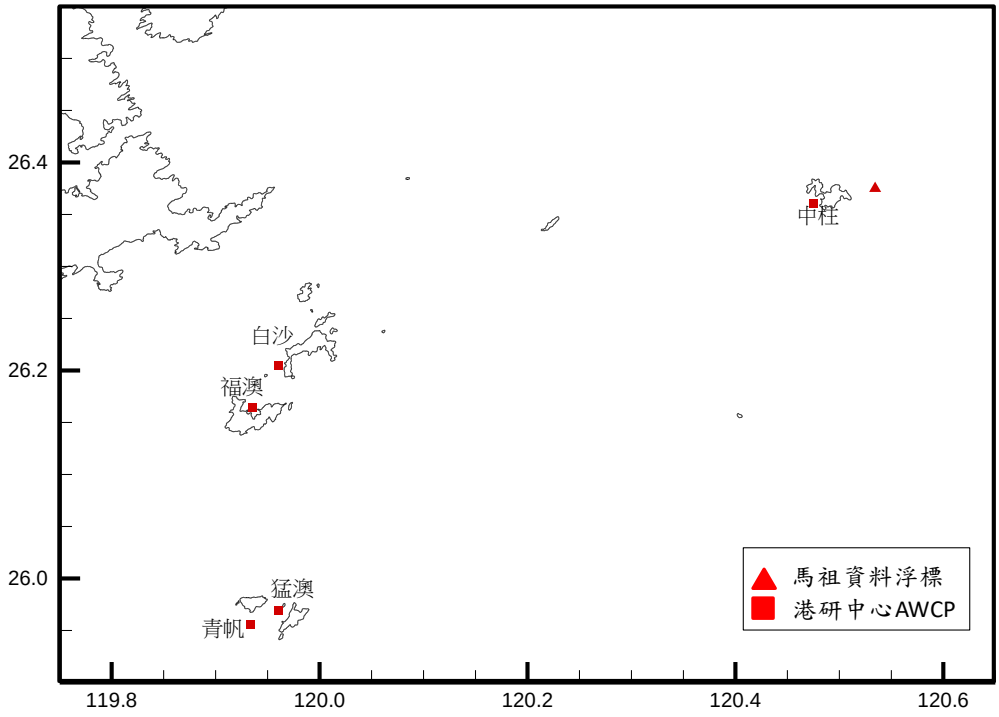


圖 2.29　馬祖海域近岸風浪模組之模擬結果輸出點位分布圖

8. SWAN 輸入檔

同金門海域近岸風浪模組，馬祖海域近岸風浪模組採用 SWAN 為作業化之數值模式；因此有關作業化系統之 SWAN 輸入檔設定，如圖 2.30~圖 2.32 所示。

9. 模擬結果校驗

同樣地，本計畫選取 2016 年 9 月 1 日至 15 日作業化風場資料針對馬祖海域風浪模擬進行每日作業化模擬測試，並選取福澳港、猛澳港、中柱港及馬祖資料浮標站之數值模擬結果與觀測資料比較，分析每日作業化模擬結果之均方根誤差(RMSE)及相關係數(R)。圖 2.33 至圖 2.36 所示分別為福澳港、猛澳港、中柱港及馬祖浮標站等點位，9 月 6 日作業化模擬 72 小時風浪模擬值與觀測資料之比較。模擬結果顯示南竿福澳港示性波高模擬值與觀測值均呈現逐漸變小之趨勢，猛澳港、中柱港及馬祖浮標等站示性波高模擬值與觀測值在 7 日之後均呈現出逐漸增大之趨勢。示性波高模擬誤差 RMSE 福澳港為 0.147m、猛澳港為 0.266m、中柱港為 0.277m、馬祖浮標測站為 0.298m，相關係數 R 以福澳港 0.928 最佳，馬祖浮標測站 0.642 最差；平均週期模擬誤差之 RMSE 福澳港、猛澳港、中柱港及馬祖浮標站分別為 0.61sec、0.37sec、0.54sec 及 1.24sec，相關係數 R 以中柱港 0.832 最佳，福澳港為負相關(-0.468)；平均波向模擬誤差之 RMSE 福澳港、猛澳港、中柱港及馬祖浮標站分別為 10°、46°、115° 及 28°，其中中柱港誤差偏大原因為模擬波向與觀測波向在 9 月 7 日前有顯著差異所致，由於中柱港及馬祖浮標站分別位於東引島東、西兩側，因此中柱港及馬祖浮標觀測波向出現顯著差原因，可能中柱港觀測位置離岸較近，受到島嶼效應影響所致，此部份目前在模式模擬結果中尚無法呈現。

另馬祖海域 9 月 7 日作業化模擬 72 小時風浪模擬值與觀測資料之比較，如圖 2.37 至圖 2.40 所示。

```
$ SWAN 輸入檔(INPUT)
$
PROJect 'IHMT'    '0901'
            'MZ sea'
$
MODE    NONSTAtionary    TWODimensional
$
SET level       0.0
SET nor         90.0
SET depmin      0.05
SET maxmes      200
SET maxerr      1
SET grav        9.81
SET rho         1025
SET cdcap       0.0025
SET inrhog      0
SET hsrerr      0.10
SET NAUT
SET pwtail      4
SET froudmax 0.8
SET printf      4
SET prtest      4
$
COORDinates SPHErical ccm
$
CGRID REGular    119.44    25.72    0.0    1.40    1.00    175    125          &
                                                  CIRcle 36, 0.040,    , 30
$
INPgrid BOTtom REGular    119.44    25.72    0.0 175 125    0.008    0.008 &
                                                                  EXCeption -10
READinp BOTtom    1. 'botfile\swan_ss_MZsea.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
INPgrid WInd REGular    117.5 20.5    0.0 168 180 0.041667 0.041667    &
                        NONSTATionary 20160831.000000 1.0 HR 20160903.000000
READinp WInd    1. 'wind_swan_tw_20160901.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$

BOUNdnest1    NEST 'nestfile\nest_MZsea2016090100.txt' CLOS
$
INITial     Zero
$
GEN3        KOMen    2.36e-5    3.02e-3
$
BREaking      CONstant      1.0      0.73
$
FRICtion       JONswap    VARiable
$
TRIad         0.80       2.5         0.2          0.01
$
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 STAT 50 0.00 0.1    DIRimpl 0.5 -1
$
COMPute STATionary      20160831.000000
HOTFILE 'hotfile\MZseahot20160831.00'
$
STOP
```

圖 2.30　馬祖海域近岸風浪模組穩態模擬之 SWAN 輸入檔圖

```
$ ##### Heading #####
$ SWAN 輸入檔(INPUT)
$
PROJect 'IHMT'   '0901'
            'MZ sea'
$
MODE   NONSTAtionary   TWODimensional
$
SET level      0.0
SET nor        90.0
SET depmin     0.05
SET maxmes     200
SET maxerr     1
SET grav       9.81
SET rho        1025
SET cdcap      0.0025
SET inrhog     0
SET hsrerr     0.10
SET NAUT
SET pwtail     4
SET froudmax 0.8
SET printf     4
SET prtest     4
$
COORDinates SPHErical ccm
$
CGRID REGular   119.44   25.72   0.0   1.40   1.00   175   125        &
                                                 CIRcle 36, 0.040,    , 30
$
INPgrid BOTtom REGular   119.44   25.72   0.0 175 125   0.008   0.008 &
                                                                EXCeption -10
READinp BOTtom   1. 'botfile\swan_ss_MZsea.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
INPgrid WInd REGular   117.5 20.5   0.0 168 180 0.041667 0.041667   &
                          NONSTATionary 20160831.000000 1.0 HR 20160903.000000
READinp WInd   1. 'wind_swan_tw_20160901.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$

BOUNdnest1   NEST 'nestfile\nest_MZsea2016090100.txt' CLOS
$
INITial     HOTStart   'hotfile\MZseahot20160831.00'
$
GEN3       KOMen   2.36e-5   3.02e-3
$
BREaking     CONstant     1.0     0.73
$
FRICtion       JONswap   VARiable
$
TRIad        0.80       2.5        0.2          0.01
$
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTat 1 0.1   DIRimpl 0.5 4
$
COMPute NONSTationary     20160831.000000 300 sec 20160901.000000
HOTFILE '  hotfile\MZseahot20160901.00'
$
STOP
```

圖 2.31　馬祖海域近岸風浪模組 24 小時非穩態模擬 SWAN 輸入檔圖

```
$ ##### heading #####
$ SWAN 輸入檔(INPUT)
$
PROJect 'IHMT'    '0901'
            'MZ sea'
$
MODE    NONSTAtionary    TWODimensional
$
SET level       0.0
SET nor         90.0
SET depmin      0.05
SET maxmes      200
SET maxerr      1
SET grav        9.81
SET rho         1025
SET cdcap       0.0025
SET inrhog      0
SET hsrerr      0.10
SET NAUT
SET pwtail      4
SET froudmax 0.8
SET printf      4
SET prtest      4
$
COORDinates SPHErical ccm
$
CGRID REGular    119.44    25.72    0.0    1.40    1.00    175    125        &
                                                    CIRcle 36, 0.040,    , 30
$
INPgrid BOTtom REGular    119.44    25.72    0.0 175 125    0.008    0.008 &
                                                                EXCeption -10
READinp BOTtom    1. 'botfile\swan_ss_MZsea.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
INPgrid WInd REGular    117.5 20.5    0.0 168 180 0.041667 0.041667    &
                                NONSTATionary 20160831.000000 1.0 HR 20160903.000000
READinp WInd    1. 'wind_swan_tw_20160901.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$

BOUNdnest1    NEST 'nestfile\nest_MZsea2016090100.txt' CLOS
$
INITial      HOTStart    'hotfile\MZseahot20160831.00'
$
GEN3        KOMen    2.36e-5    3.02e-3
$
BREaking      CONstant      1.0      0.73
$
FRICtion        JONswap    VARiable
$
TRIad         0.80        2.5          0.2           0.01
$
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTat 1 0.1    DIRimpl 0.5 4
$    01
POINTS    'Fuao' 119.936    26.168
SPECout 'Fuao' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100FA_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE      'Fuao' head 'tblfile\MZsea2016090100fuao'                              &
           time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    02
POINTS    'Baisha' 119.960    26.208
SPECout 'Baisha' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100BS_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE      'Baisha' head 'tblfile\MZsea2016090100baisha'                          &
           time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    03
POINTS    'Qingfan' 119.936      25.960
SPECout 'Qingfan' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100QF_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE      'Qingfan' head 'tblfile\MZsea2016090100qingfan'                        &
           time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    04
POINTS    'Mengao' 119.960      25.968
SPECout 'Mengao' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100MA_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE      'Mengao' head 'tblfile\MZsea2016090100mengao'                          &
           time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    05
POINTS    'Zhongzhu' 120.472      26.360
SPECout 'Zhongzhu' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100ZZ_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE      'Zhongzhu' head 'tblfile\MZsea2016090100zhongzhu'                      &
           time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$    06
POINTS    'MZbuoy' 120.536      26.376
SPECout 'MZbuoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2016090100MD_S.txt' OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
TABLE      'MZbuoy' head 'tblfile\MZsea2016090100Matzubuoy'                       &
           time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$
TABLE      'COMPGRID' head 'tblfile\MZsea2016090100grid'                          &
           xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20160831.000000 1.0 HR
$
COMPute NONSTationary      20160831.000000 300 sec 20160903.000000
$
STOP
```

圖 2.32　馬祖海域近岸風浪模組 72 小時非穩態模擬 SWAN 輸入檔圖

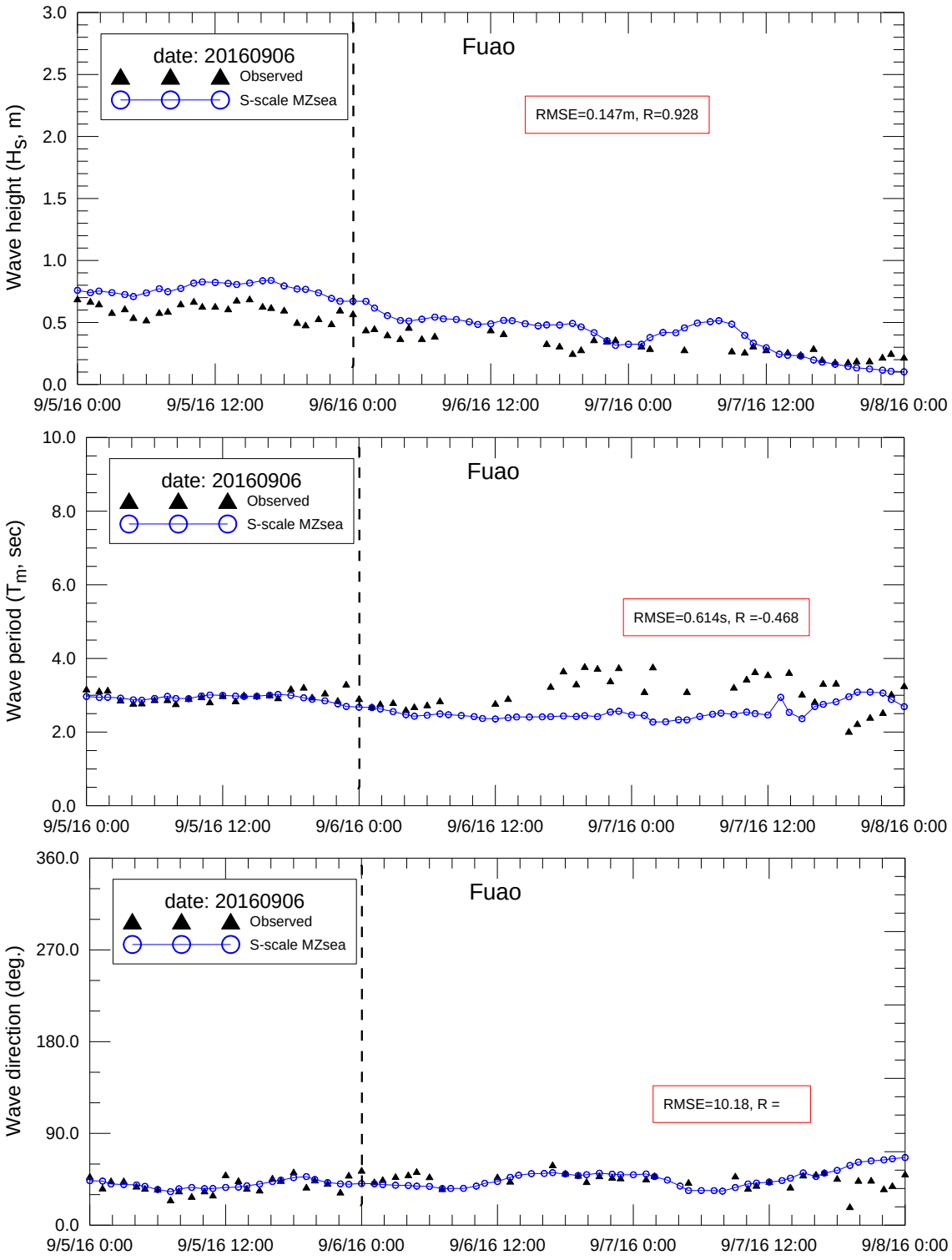


圖 2.33　馬祖海域近岸風浪模組福澳港站模擬結果與觀測資料比較圖

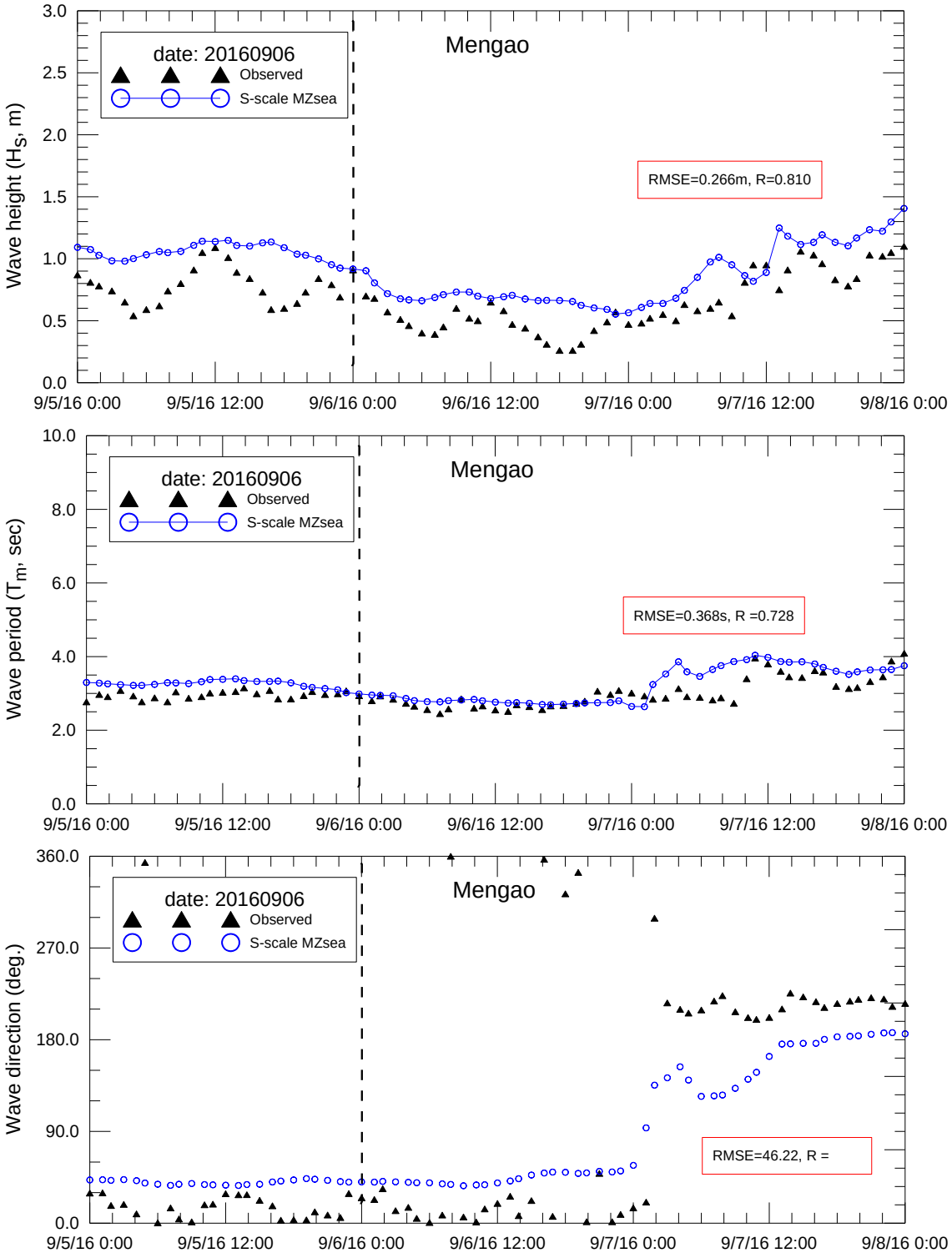


圖 2.34　馬祖海域近岸風浪模組猛澳港站模擬結果與觀測資料比較圖

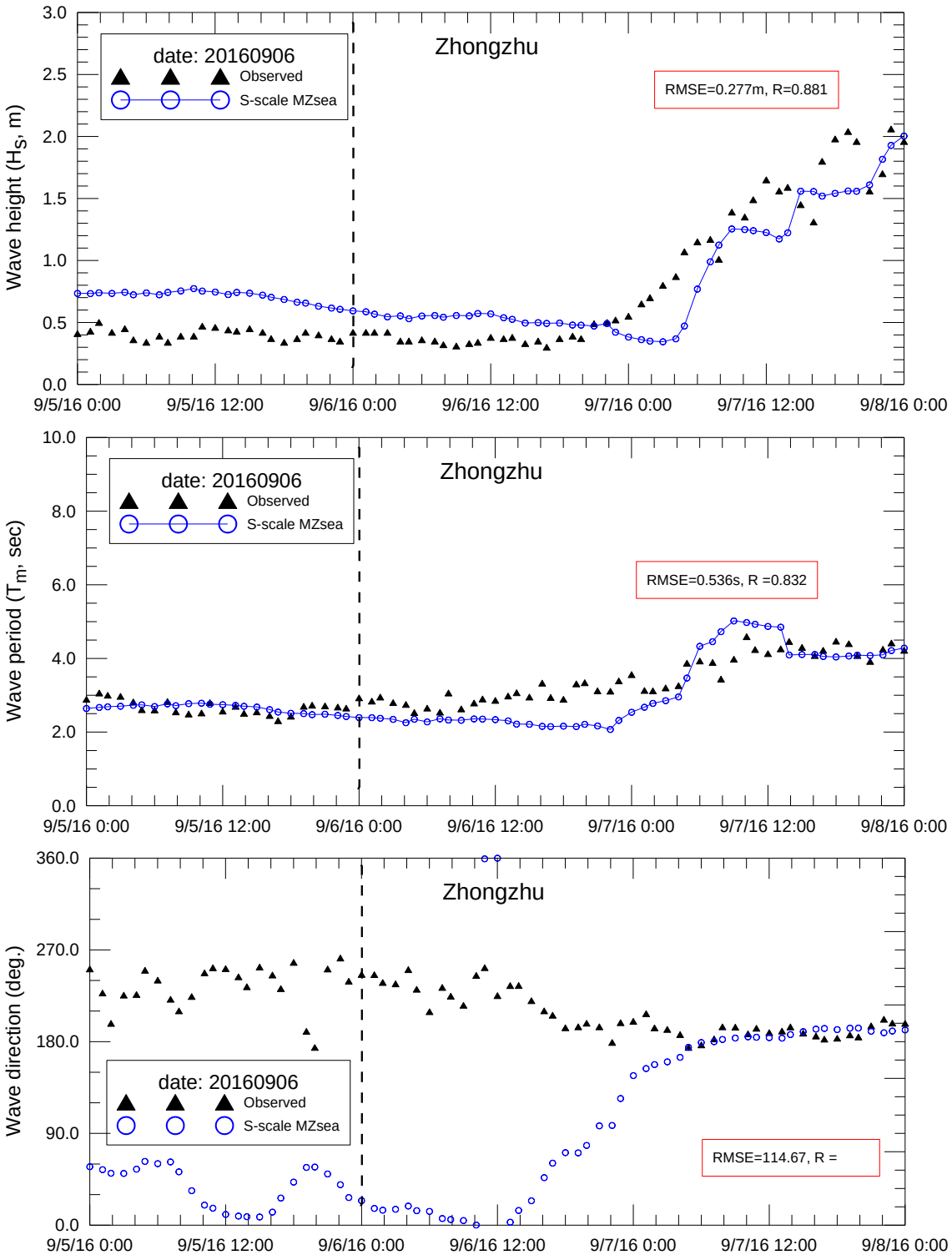


圖 2.35　馬祖海域近岸風浪模組中柱港站模擬結果與觀測資料比較圖

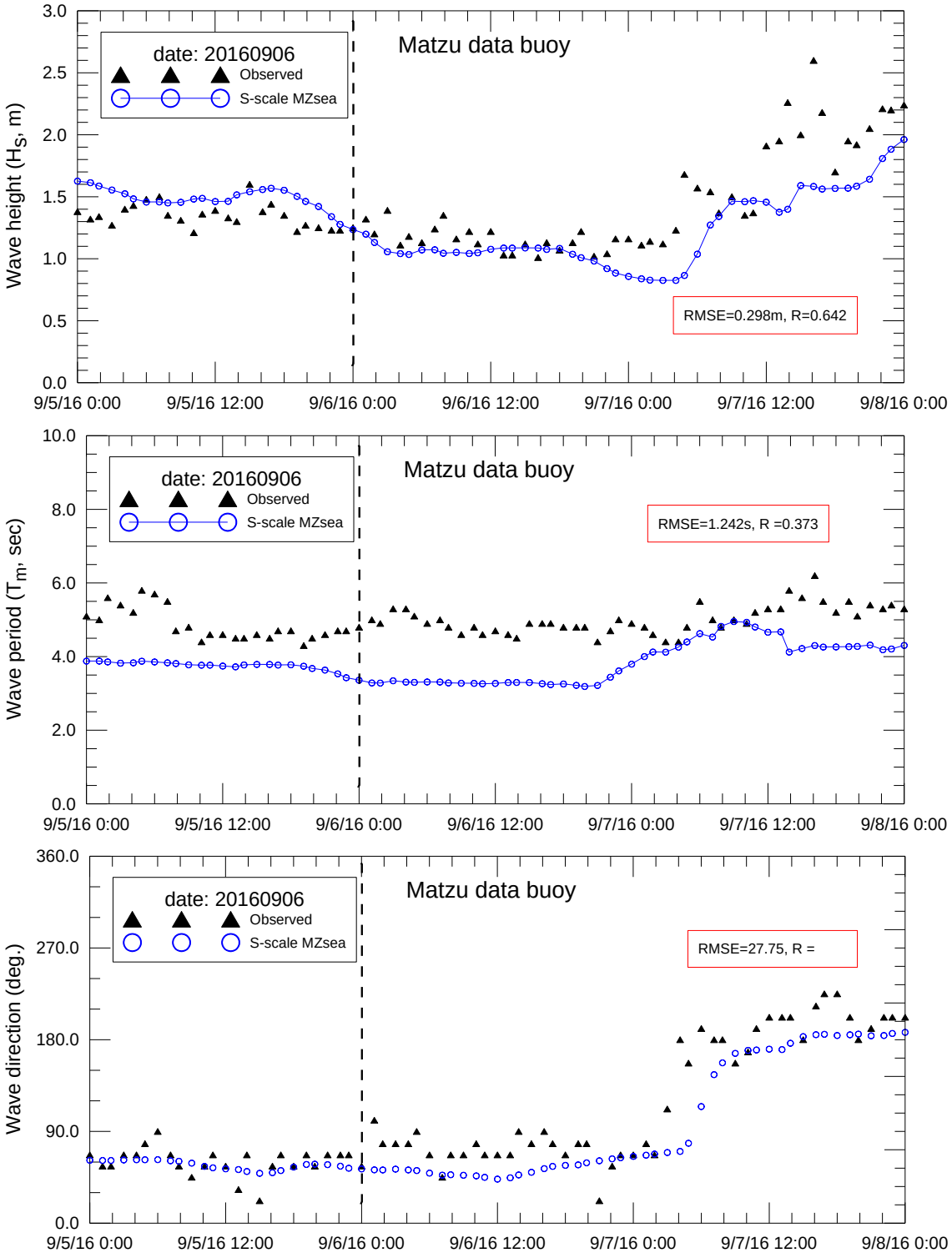


圖 2.36　馬祖海域近岸風浪模組馬祖資料浮標站模擬結果與觀測資料比較圖

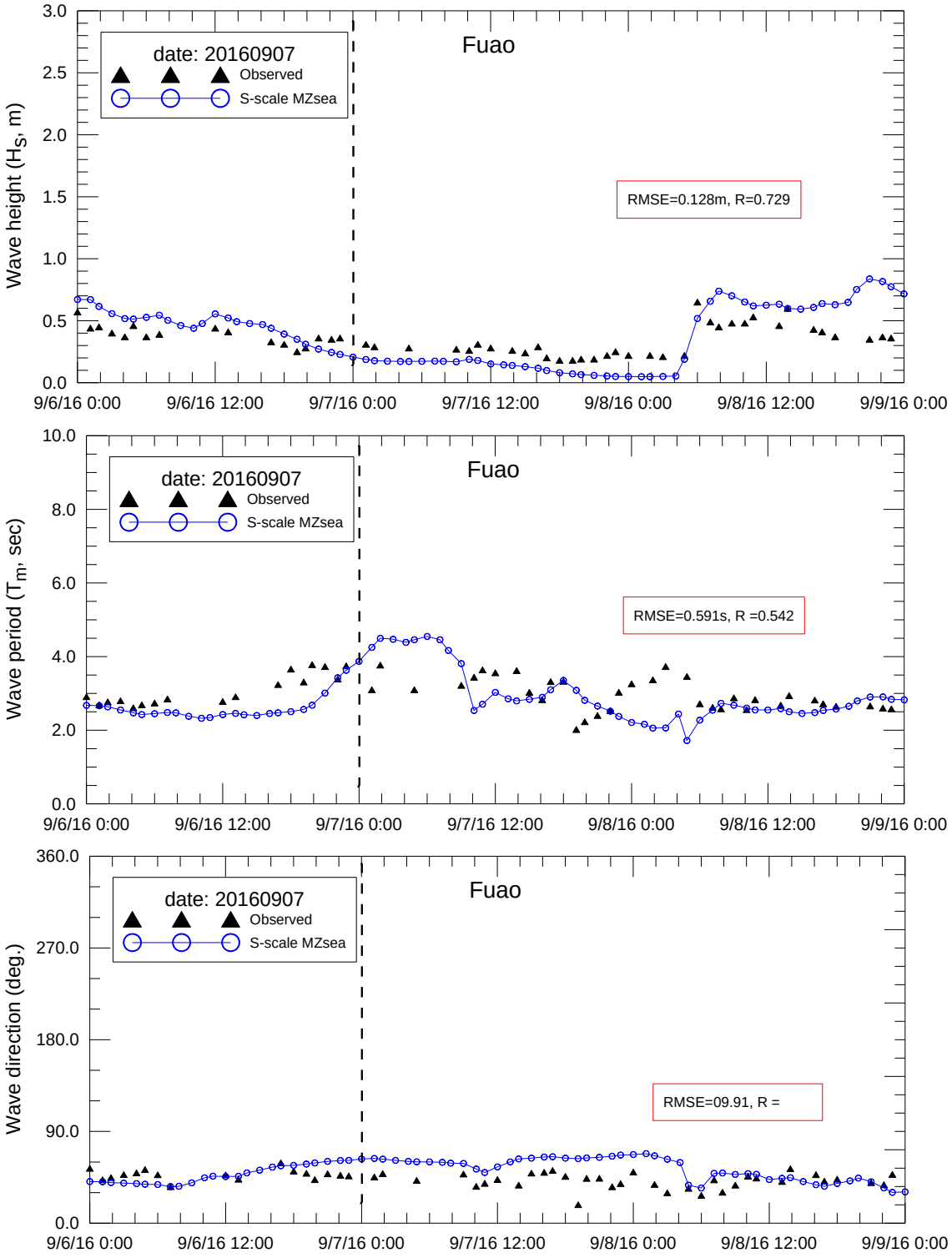


圖 2.37　馬祖海域近岸風浪模組福澳港站模擬結果與觀測資料比較圖

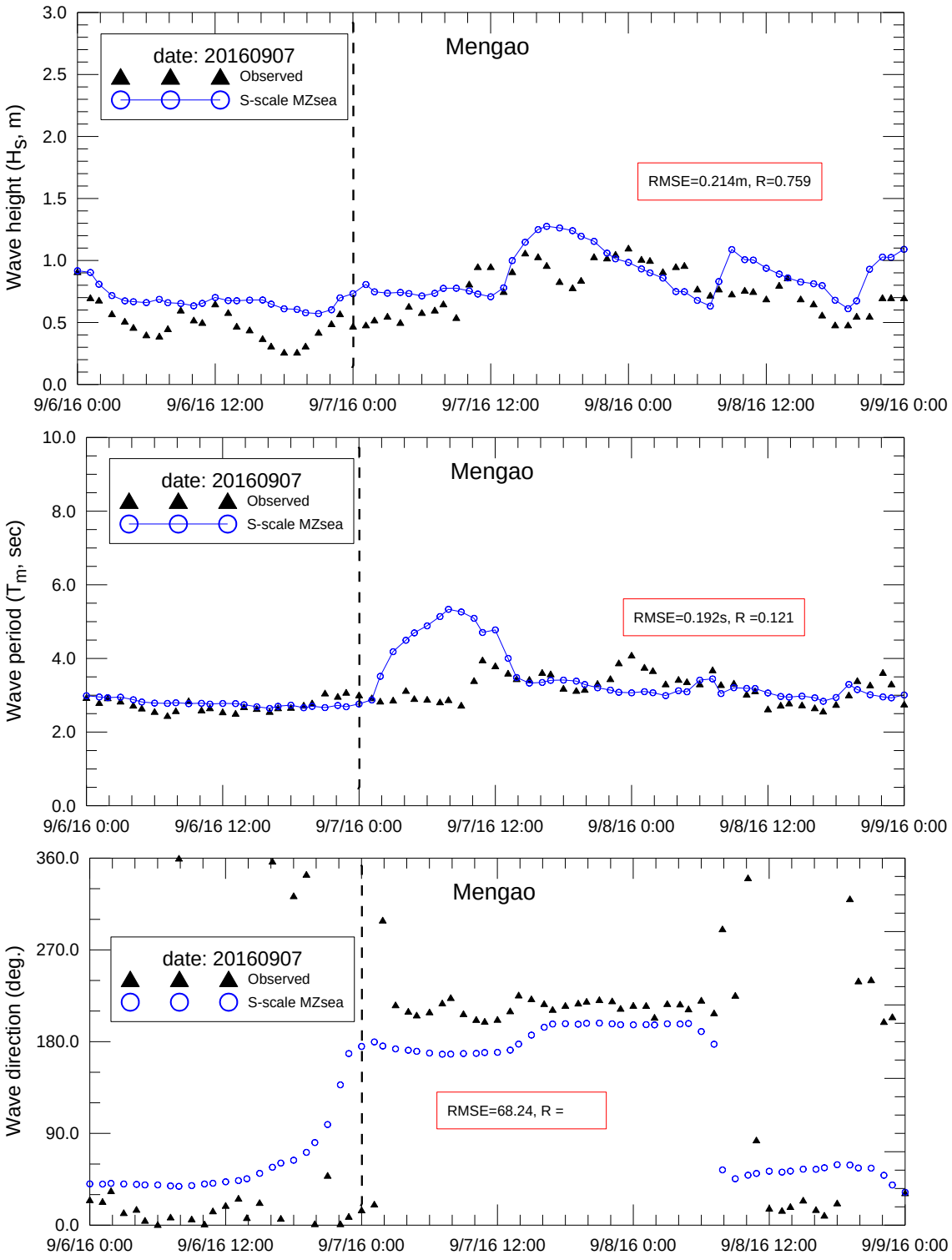


圖 2.38　馬祖海域近岸風浪模組猛澳港站模擬結果與觀測資料比較圖

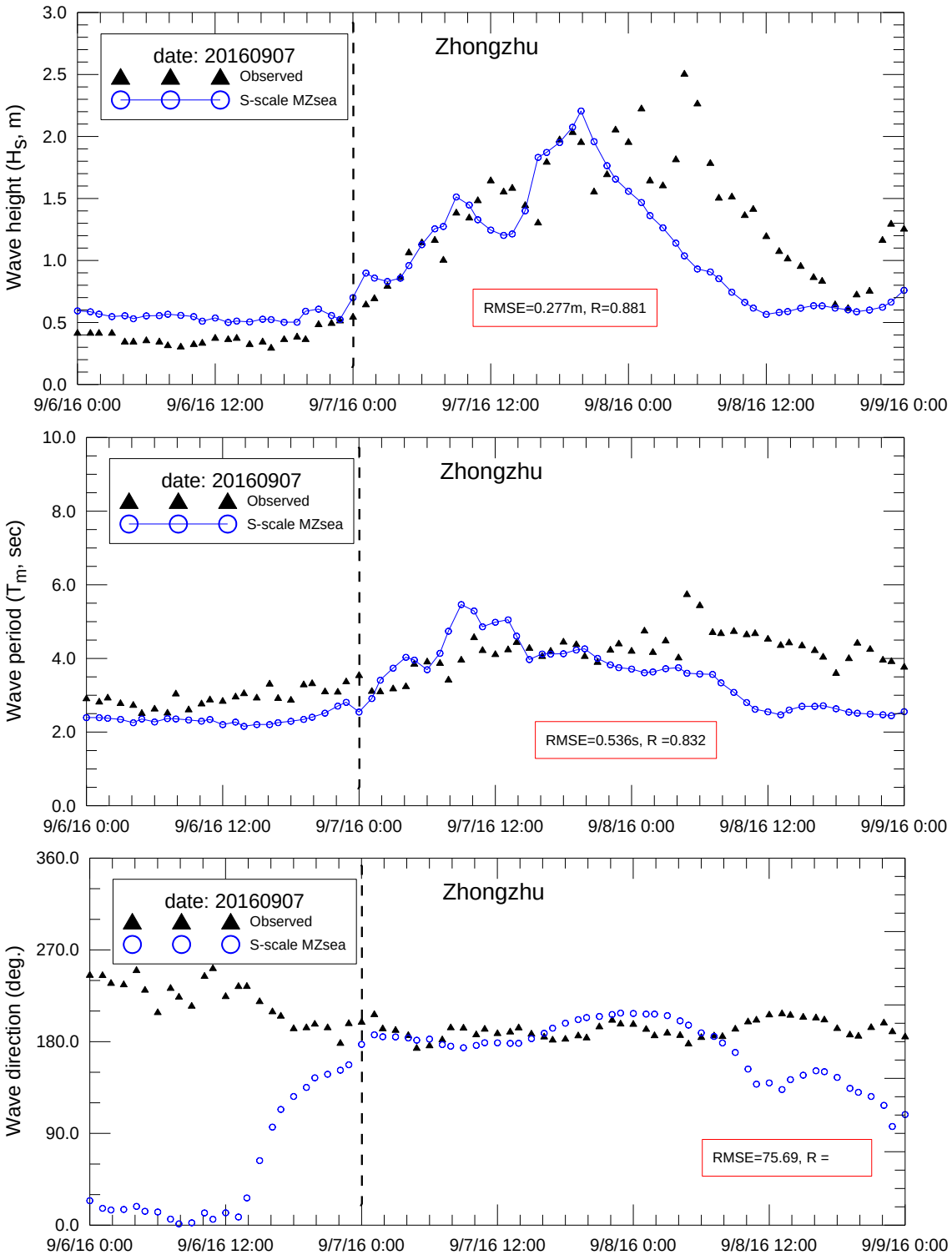


圖 2.39　馬祖海域近岸風浪模組中柱港站模擬結果與觀測資料比較圖

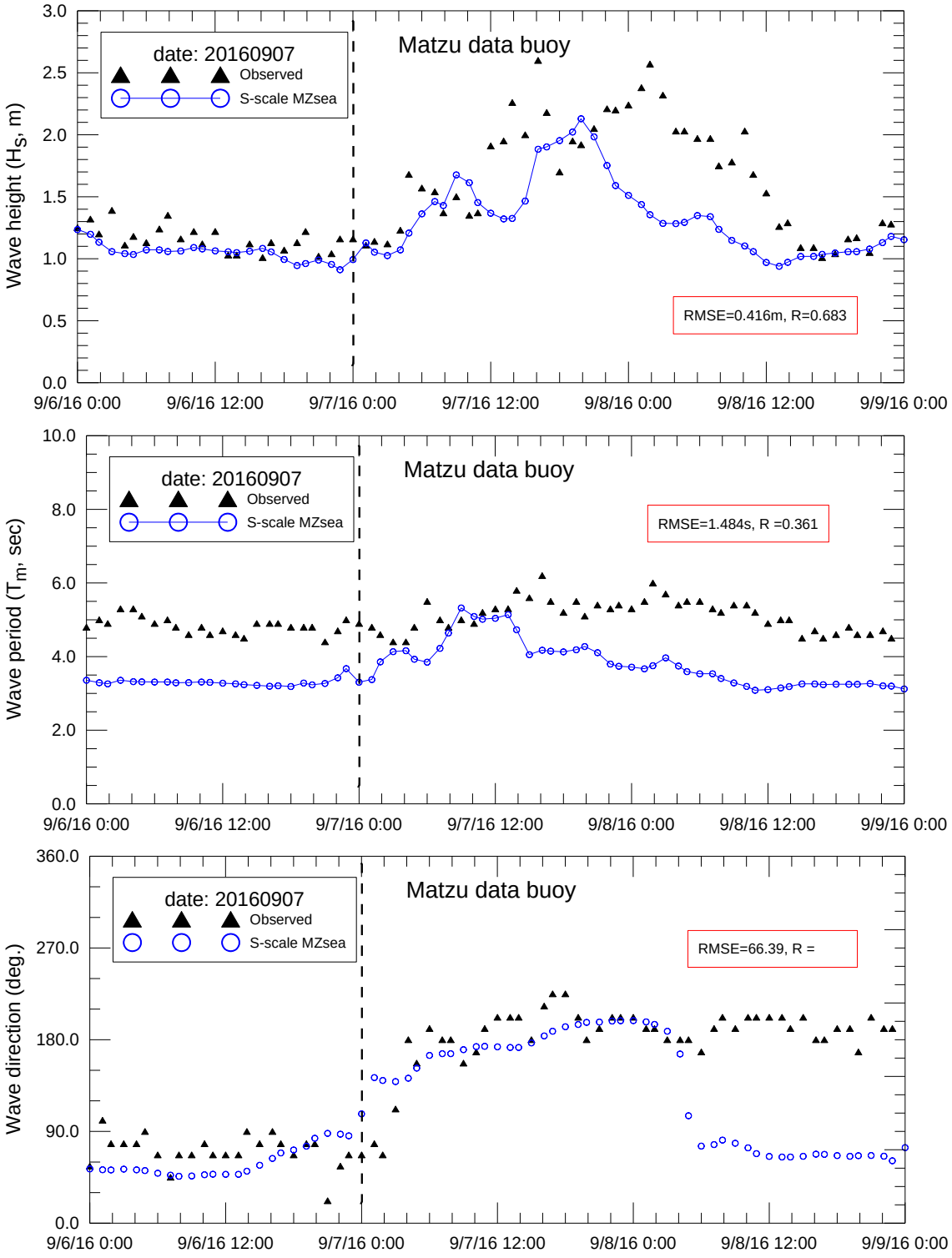


圖 2.40　馬祖海域近岸風浪模組馬祖資料浮標站模擬結果與觀測資料比較圖

2.2.3 金門海域小尺度水動力模組

本計畫金門海域小尺度水動力模擬屬於TaiCOMS水動力模擬子系統架構之第二層近岸水動力模擬，因此有關金門海域小尺度水動力模組建置內容簡述如下：

1. 數值計算網格

本計畫金門海域水動力模組規劃的模擬範圍及建構的非結構性三角形元素數值計算網格，如圖2.41所示，計有7,097個節點及13,745個三角形元素。

2. 地形水深建置

數值計算網格之地形水深分布如圖2.42所示，資料來源包括海科中心公布的500m網格數值地形水深資料及5萬分之一金門及廈門附近海軍水道圖(04526)。

3. 邊界條件

水動力模式邊界型態分為海域開放邊界及陸地邊界兩種，本計畫陸地邊界設定為滑動邊界條件，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為邊界條件，即在系統作業化模擬過程，由中尺度臺灣周圍海域水動力模組逐時水位模擬結果產生小尺度開放邊界節點水位時序列資料(參考圖2.17)。

4. 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(Cf)及渦動粘滯性係數等，其中時間間距經測試後設定為 2sec，底床摩擦係數分為定值(0.020)區及可變區(採曼寧公式計算，n=0.03)。

5. 流場模擬結果

金門海域水位及流場初步模擬結果如圖2.43所示。

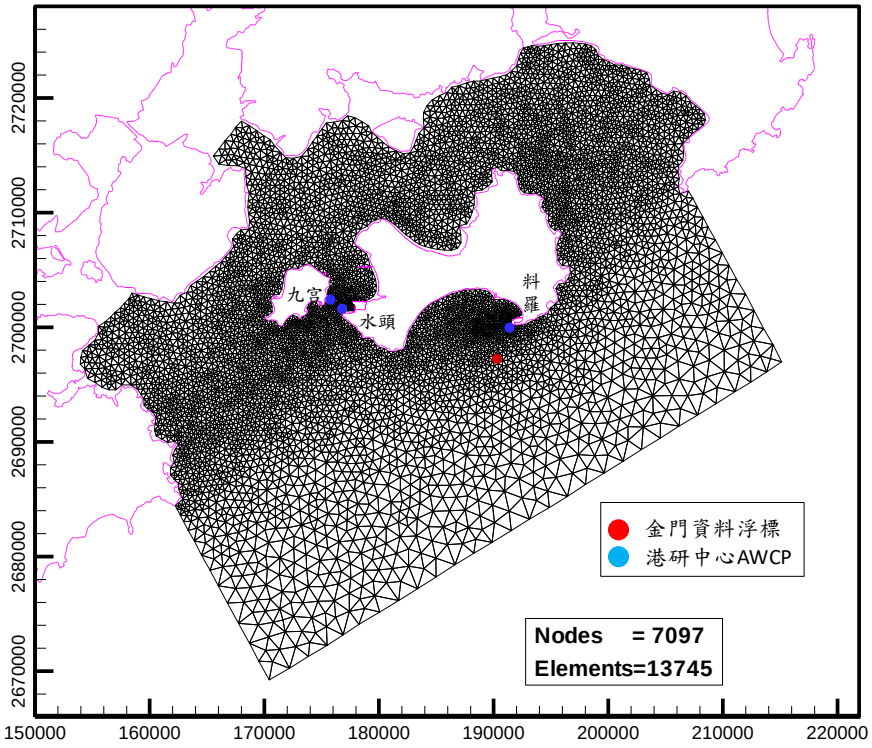


圖 2.41　金門海域近岸水動力模組之模擬範圍及數值計算三角形元素網格圖

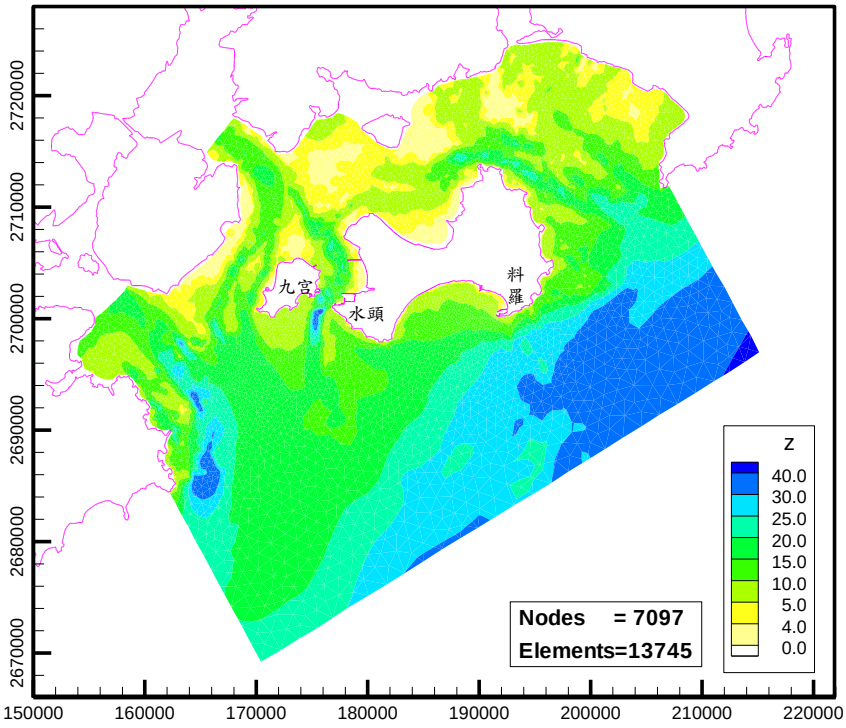


圖 2.42　金門海域近岸水動力模組之水深分布圖

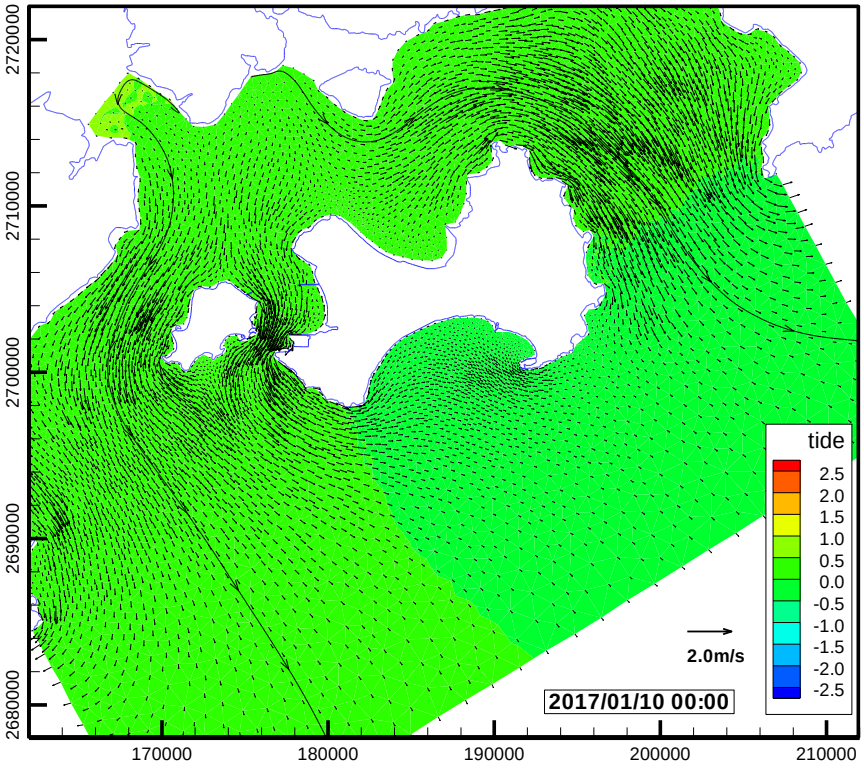


圖 2.43　金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖

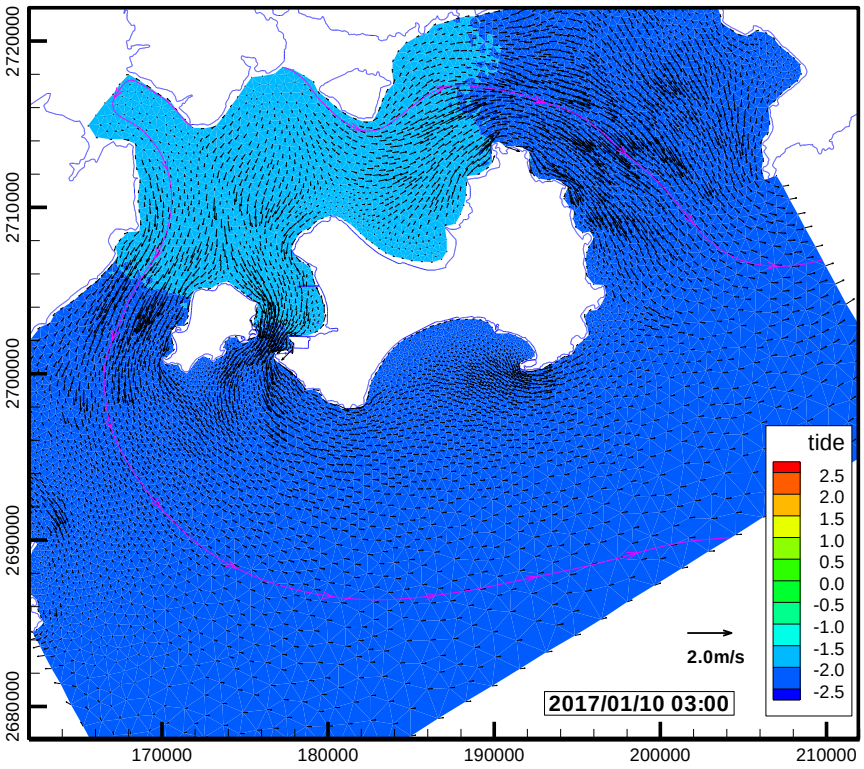


圖 2.43　(續 1)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖

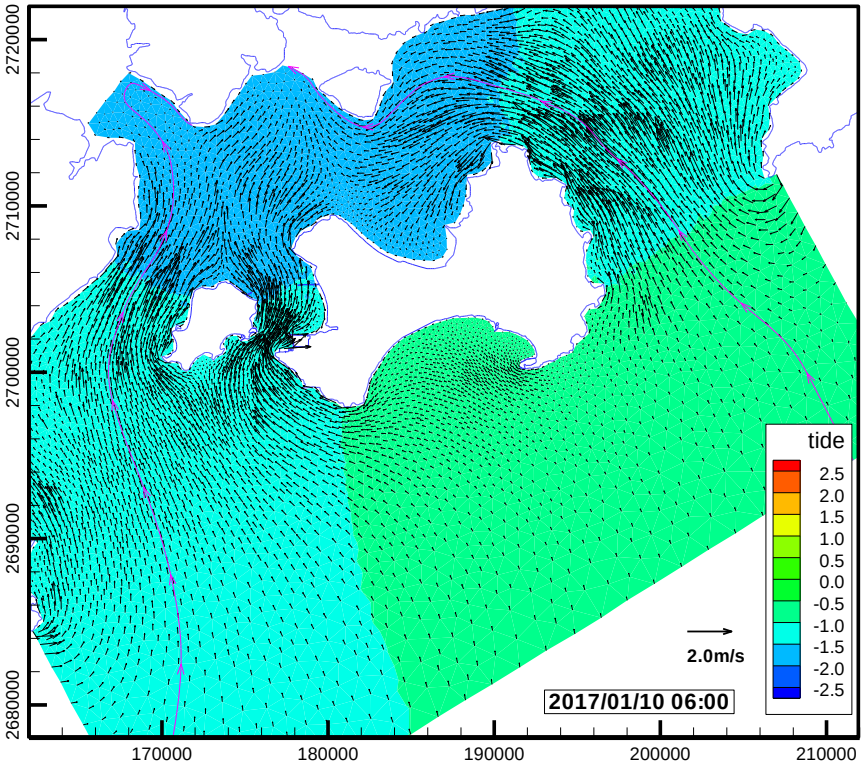


圖 2.43　(續 2)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖

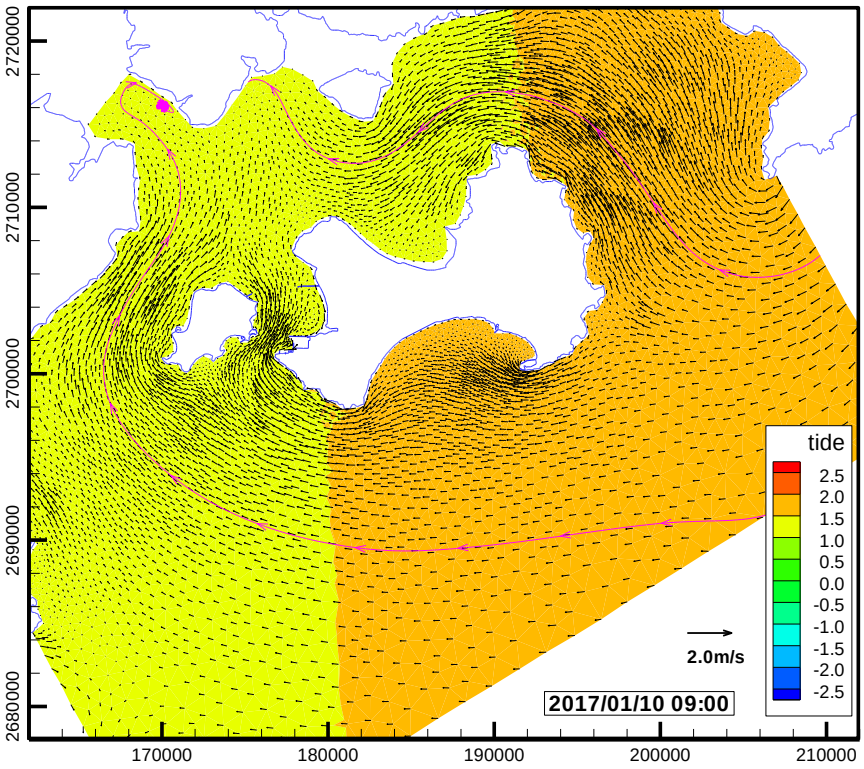


圖 2.43　(續 3)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖

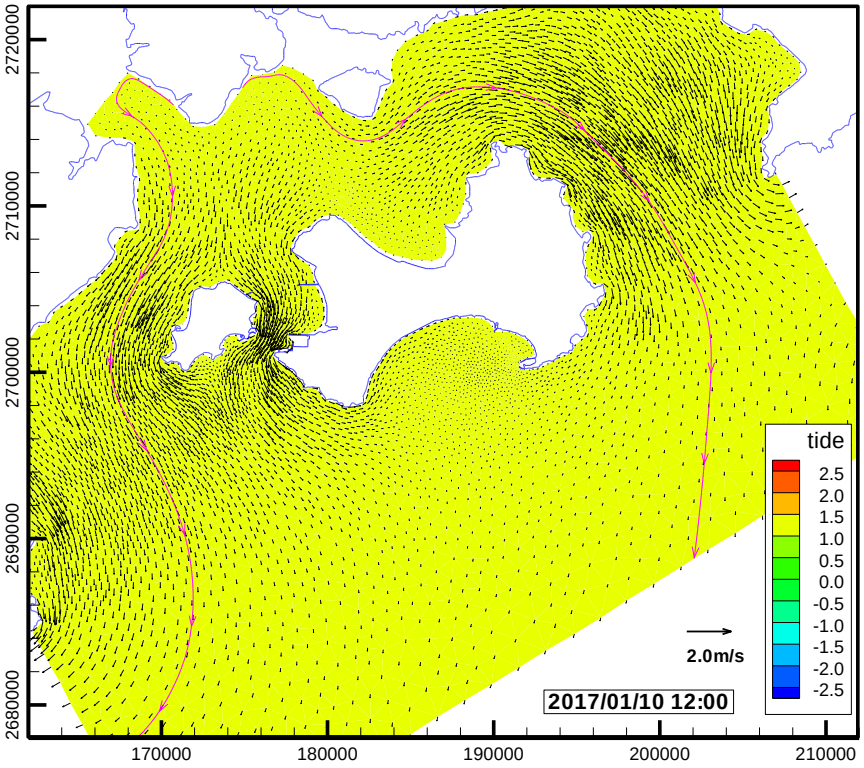


圖 2.43　(續 4)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖

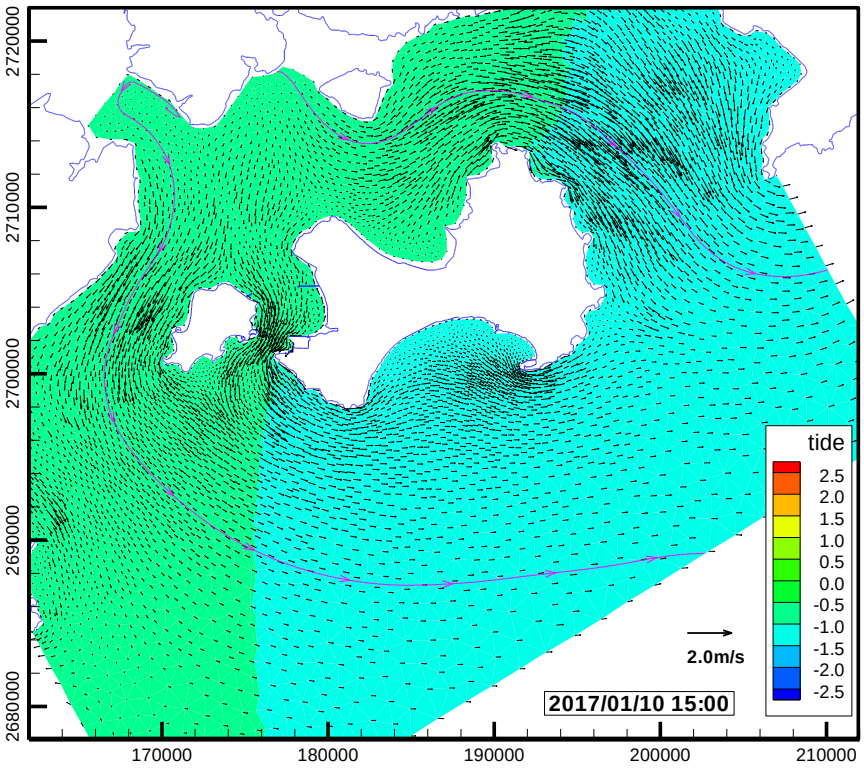


圖 2.43　(續 5)金門海域近岸水動力模組水位及流場模擬結果圖

2.2.4 風浪模擬子系統

本年度計畫移轉至港研中心進行作業化測試之新版風浪模擬子系統內容如圖 2.44 所示，包含大尺度遠域之西太平洋海域風浪模組、中尺度近域之臺灣周圍海域風浪模組及四個小尺度近岸風浪模組(澎湖海域、東南海域、金門海域及馬祖海域等)，其中東南海域、金門海域及馬祖海域風浪模組為本年度新增之風浪模組。

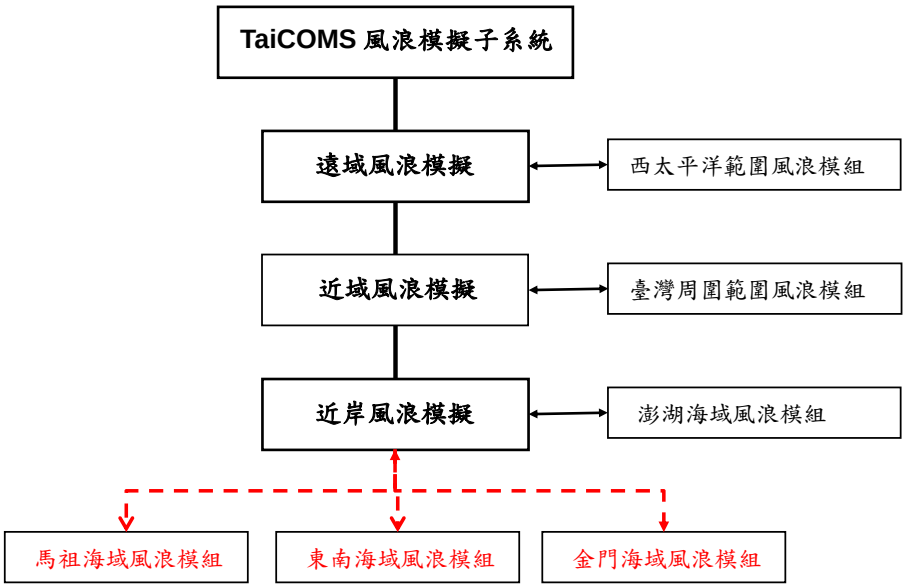


圖 2.44　TaiCOMS 新版風浪模擬子系統之數值模組架構圖

2.2.5 水動力模擬子系統

本計畫移轉至港研中心進行作業化測試之新版水動力模擬子系統內容如圖 2.45 所示，包含中尺度臺灣周圍海域水動力模組及七個小尺度近岸水動力模組(基隆港、臺北港、臺中港、安平港、花蓮港、蘇澳港及澎湖海域等)。目前每日作業化模擬運作相當順利，各港小尺度水位及流場模擬成果均已於港灣資訊網展示。

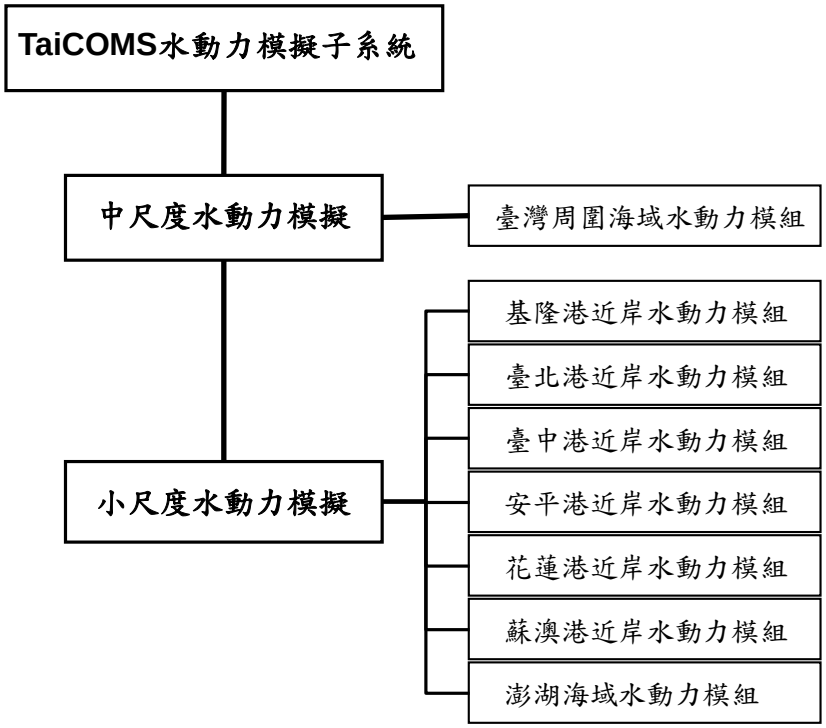


圖 2.45　TaiCOMS 新版水動模擬子系統之數值模組架構圖

2.3 107 年度海象預報作業化成果評估

本項工作近期配合港研中心規劃將年度預報成果評估對象由主要港口修訂為主要海域，即基隆、臺北、臺中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳、澎湖、金門、馬祖及臺東等 12 個海域(本年度計畫不含臺東為 11 個海域)。年度(107 年度)計算方式亦由 2017 年 12 月至 2018 年 11 月修訂為 2017 年 9 月至 2018 年 8 月，預報作業成果評估項目仍區分為風力、波浪、水位及流場等四項。本報告僅針對風力、波浪、水位及流場評估內容簡述如后。

2.3.1 風力

有關風力預報與觀測間評估內容分為

1. 資料蒐集率年度統計總表：區分為觀測、預報及颱風期間，如圖 2.46 呈現出 11 個海域主要風力觀測站逐月觀測資料蒐集率統計結果。
2. 逐月資料統計分析表：內容包括平均風速、資料蒐集率、最大風速、最大風速對應風向、主要風向、風向所佔百分比等，如圖 2.47 呈現 2018 年 8 月 11 個海域有關平均風速、資料蒐集率、最大風速、最大風速對應風向、主要風向、風向所佔百分比等統計結果，其中 M 及 R 分別代中尺度及大尺度風場輸出結果。
3. 逐月資料相關係數 R 分析表：內容分為風速(S)、風向(D)、風速東西分量(E)及風速南北分量(N)，如圖 2.48 呈現 2018 年 8 月 11 個海域風力觀測值與中尺度預報值間相關係數分析結果。
4. 逐月資料誤差分析表：內容分為平均誤差、平均絕對誤差、標準偏差、最大偏差及最小偏差等，如圖 2.49 呈現 2018 年 8 月 11 個海域風力觀測值與中尺度預報值間針對風速、風向、風速東西分量、南北分量及平均風速之誤差分析結果。

5. 逐月資料比較圖：內容分為風速比較圖、風向比較圖、EW 風速比較圖、NS 風速比較圖等四種格式，如圖 2.50 呈現出 2018 年 8 月 11 個海域風速大小觀測值與中尺度預報值之逐時比較圖。

6. 逐月資料相關圖：內容分為風速相關圖、風向相關圖、EW 風速相關圖、NS 風速相關圖等四種格式，如圖 2.51 呈現 2018 年 8 月 11 個海域觀測值與中尺度預報值間風速大小之相關圖。

以上年報圖表(含颱風期間)共計 150 頁。

表 1.1.1 2018年每月11個海域風力主要觀測站修補前資料統計表

海域	基隆海域	蘇澳海域	花蓮海域	高雄海域	安平海域	布袋海域	臺中海域	臺北海域	澎湖海域	金門海域	馬祖海域
年月/測站	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2017/10 月	744(100%)	744(100%)	744(100%)	744(100%)	630(84.7%)	520(69.9%)	744(100%)	475(63.8%)	573(77.0%)	628(84.4%)	742(99.7%)
2017/11 月	720(100%)	720(100%)	720(100%)	720(100%)	667(92.6%)	623(86.5%)	720(100%)	336(46.7%)	577(80.1%)	461(64.0%)	230(31.9%)
2017/12 月	744(100%)	698(93.8%)	744(100%)	744(100%)	744(100%)	712(95.7%)	744(100%)	162(21.8%)	381(51.2%)	658(88.4%)	*
2018/ 1 月	744(100%)	713(95.8%)	744(100%)	744(100%)	744(100%)	557(74.9%)	744(100%)	562(75.5%)	577(77.6%)	654(87.9%)	*
2018/ 2 月	672(100%)	*	672(100%)	672(100%)	672(100%)	300(44.6%)	672(100%)	227(33.8%)	388(57.7%)	515(76.6%)	9(1.3%)
2018/ 3 月	744(100%)	*	744(100%)	744(100%)	726(97.6%)	641(86.2%)	744(100%)	597(80.2%)	674(90.6%)	657(88.3%)	536(72.0%)
2018/ 4 月	720(100%)	*	319(44.3%)	720(100%)	673(93.5%)	305(42.4%)	720(100%)	682(94.7%)	640(88.9%)	484(67.2%)	356(49.4%)
2018/ 5 月	744(100%)	45(6.0%)	744(100%)	744(100%)	731(98.3%)	588(79.0%)	744(100%)	705(94.8%)	711(95.6%)	604(81.2%)	691(92.9%)
2018/ 6 月	720(100%)	720(100%)	720(100%)	720(100%)	710(98.6%)	715(99.3%)	720(100%)	689(95.7%)	680(94.4%)	201(27.9%)	482(66.9%)
2018/ 7 月	744(100%)	744(100%)	744(100%)	744(100%)	732(98.4%)	738(99.2%)	744(100%)	696(93.5%)	692(93.0%)	737(99.1%)	675(90.7%)
2018/ 8 月	744(100%)	744(100%)	744(100%)	744(100%)	743(99.9%)	731(98.3%)	744(100%)	702(94.4%)	698(93.8%)	727(97.7%)	702(94.4%)
2018/ 9 月	720(100%)	720(100%)	720(100%)	720(100%)	709(98.5%)	711(98.8%)	720(100%)	668(92.8%)	677(94.0%)	706(98.1%)	637(88.5%)

NOPW2A.BAT 港灣技術研究中心

圖 2.46　風力觀測資料蒐集率年度統計結果圖

表1.2.12a 2018年 8月各項風力11個海域各站平均風速

	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖
測站	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
M尺度	2.8	2.2	1.9	2.8	3.1	4.2	4.6	3.5	5.0	4.4	5.7
R尺度	3.1	2.9	2.7	4.0	3.1	3.4	4.6	3.5	5.0	4.5	5.9
觀測	2.1	3.2	2.3	2.0	5.2	3.8	5.8	4.1	3.0	3.6	2.6

MEW2A 風速單位:m/s 港灣技術研究中心

表1.2.12b 2018年 8月各項風力11個海域各站資料蒐集率

	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖
測站	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
M尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
R尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
觀測	100	100	100	100	100	98	100	94	94	98	94

MEW2A 蒐集率位:% 港灣技術研究中心

表1.2.12c 2018年 8月各項風力11個海域各站最大風速

	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖
測站	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
M尺度	8.2	8.2	9.4	11.5	13.5	20.9	13.6	9.0	19.0	13.7	16.3
R尺度	9.4	9.5	15.6	15.9	13.5	16.7	13.6	9.0	18.4	14.3	17.7
觀測	5.0	9.1	6.1	5.7	24.0	12.0	15.8	12.3	12.5	12.4	8.1

MEW2A 風速單位:m/s 港灣技術研究中心

表1.2.12d 2018年 8月各項風力11個海域各站最大風速對應風向

	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖
測站	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
M尺度	ESE	S	S	WSW	SW	WSW	S	WSW	WSW	SSW	SSE
R尺度	ESE	SSE	S	WSW	SW	SW	S	WSW	WSW	S	N
觀測	SE	SSE	E	W	WSW	WNW	SW	W	WNW	WSW	NNW

MEW2A 風向: 來向 港灣技術研究中心

表1.2.12e 2018年 8月各項風力11個海域各站主要風向

	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖
測站	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
M尺度	SE	S	S	SSE	SSE	SSE	S	WSW	SSW	SSE	SSW
R尺度	ESE	SSE	S	S	SSE	SSE	S	WSW	SSW	S	SSW
觀測	SW	WNW	WSW	NNE	ESE	SSE	SSW	SE	SSE	SSE	SE

MEW2A 風向: 來向 港灣技術研究中心

表1.2.12f 2018年 8月各項風力11個海域各站主要風向所佔百分比

	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖
測站	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
M尺度	10	16	11	14	15	21	29	19	20	12	15
R尺度	12	11	13	14	15	18	29	19	19	12	17
觀測	15	26	27	15	21	26	28	12	18	22	22

MEW2A 百分比:% 港灣技術研究中心

圖 2.47 11 海域風力逐月觀測資料統計分析成果圖

表 1.2.24a 2018年 8 月觀測風力11海域各站 (A) 與模擬中尺度 (M) 相關係數 (蒐集率)

類別- 海域 測站A - 測站 B	基隆 AM-A1	蘇澳 AM-A1	花蓮 AM-A1	高雄 AM-A1	安平 AM-A1	布袋 AM-A1	臺中 AM-A1	臺北 AM-A1	澎湖 AM-A1	金門 AM-A1	馬祖 AM-A1	臺東 AM-A1
S 相關係數 r	-.07	0.00	-.15	0.32	0.66	0.66	-.19	0.60	0.66	0.58	0.61	
D 相關係數 r	0.05	-.02	0.03	-.03	0.47	0.65	-.04	0.34	0.41	0.48	-.30	
E 相關係數 r	0.07	0.00	-.00	-.11	0.58	0.66	0.12	0.72	0.71	0.45	-.25	
N 相關係數 r	0.04	-.02	-.13	-.02	0.64	0.73	-.30	0.70	0.70	0.66	0.77	
蒐集率P_{AB}	100	100	100	100	99	98	100	94	93	97	94	
蒐集率P_A	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
蒐集率P_B	100	100	100	100	99	98	100	94	93	97	94	

CRW2A　S: 風速, D: 風向, E: 風速東西分量, N: 風速南北分量　$-1 \leq r \leq 1$　$0 \leq P \leq 100$ %

圖 2.48　11 海域逐月風力觀測與預報相關係數分析成果圖

表 1.2.36a 2018年 8 月風力 11 海域各站中尺度 (M) 預報與觀測值平均誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AM	蘇澳 A1-AM	花蓮 A1-AM	高雄 A1-AM	安平 A1-AM	布袋 A1-AM	臺中 A1-AM	臺北 A1-AM	澎湖 A1-AM	金門 A1-AM	馬祖 A1-AM	臺東 A1-AM
風速誤差	0.65	-0.95	-0.40	0.87	-2.02	0.34	-1.25	-0.53	2.04	0.88	3.00	
風向誤差	21	11	19	41	19	-5	11	22	8	19	52	
E風速誤差	-0.26	-0.95	-0.71	0.00	0.88	-0.36	-1.65	0.66	0.70	0.65	-0.72	
N風速誤差	0.22	0.55	-0.56	2.30	-0.74	-0.12	-1.64	-0.37	1.67	0.30	1.20	
平均風速	2.11	3.19	2.30	1.97	5.16	3.82	5.84	4.08	2.97	3.56	2.56	
資料個數	744	744	744	744	743	731	744	702	698	727	702	

ERW2A 風速單位:m/s, 風向單位: 度 平均風速為觀測值 港灣技術研究中心

表 1.2.36b 2018年 8 月風力 11 海域各站中尺度 (M) 預報與觀測值平均絕對誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AM	蘇澳 A1-AM	花蓮 A1-AM	高雄 A1-AM	安平 A1-AM	布袋 A1-AM	臺中 A1-AM	臺北 A1-AM	澎湖 A1-AM	金門 A1-AM	馬祖 A1-AM	臺東 A1-AM
風速誤差	1.48	1.83	1.38	1.54	2.30	1.37	3.65	1.63	2.54	1.71	3.23	
風向誤差	84	93	92	98	46	34	68	50	36	44	65	
E風速誤差	2.25	2.60	2.14	2.24	2.71	1.67	2.77	2.19	1.98	2.12	3.38	
N風速誤差	1.96	2.45	1.83	2.56	1.95	1.51	4.85	1.55	2.39	1.97	2.96	
平均風速	2.11	3.19	2.30	1.97	5.16	3.82	5.84	4.08	2.97	3.56	2.56	
資料個數	744	744	744	744	743	731	744	702	698	727	702	

ERW2A 風速單位:m/s, 風向單位: 度 平均風速為觀測值 港灣技術研究中心

表 1.2.36c 2018年 8 月風力 11 海域各站中尺度 (M) 預報與觀測值標準偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AM	蘇澳 A1-AM	花蓮 A1-AM	高雄 A1-AM	安平 A1-AM	布袋 A1-AM	臺中 A1-AM	臺北 A1-AM	澎湖 A1-AM	金門 A1-AM	馬祖 A1-AM	臺東 A1-AM
風速誤差	1.88	2.22	1.78	2.04	3.01	2.13	4.37	2.13	3.34	2.20	4.05	
風向誤差	98	106	106	110	63	48	88	68	49	58	78	
E風速誤差	2.81	3.06	2.58	2.95	3.53	2.44	3.45	2.81	2.68	2.92	4.31	
N風速誤差	2.46	3.21	2.29	3.35	2.67	2.22	6.13	1.99	3.20	2.59	3.93	
平均風速	2.11	3.19	2.30	1.97	5.16	3.82	5.84	4.08	2.97	3.56	2.56	
資料個數	744	744	744	744	743	731	744	702	698	727	702	

ERW2A 風速單位:m/s, 風向單位: 度 平均風速為觀測值 港灣技術研究中心

表 1.2.36d 2018年 8 月風力 11 海域各站中尺度 (M) 預報與觀測值最大偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AM	蘇澳 A1-AM	花蓮 A1-AM	高雄 A1-AM	安平 A1-AM	布袋 A1-AM	臺中 A1-AM	臺北 A1-AM	澎湖 A1-AM	金門 A1-AM	馬祖 A1-AM	臺東 A1-AM
風速誤差	6.53	6.39	7.07	9.83	6.74	14.3	11.7	5.29	12.2	9.28	12.6	
風向誤差	178	178	179	179	179	179	178	178	167	179	178	
E風速誤差	6.57	6.59	5.53	11.0	13.1	15.8	7.48	10.4	10.8	14.4	8.37	
N風速誤差	7.60	8.57	8.71	11.1	8.40	11.7	17.4	4.90	13.2	10.1	10.2	
平均風速	2.11	3.19	2.30	1.97	5.16	3.82	5.84	4.08	2.97	3.56	2.56	
資料個數	744	744	744	744	743	731	744	702	698	727	702	

ERW2A 風速單位:m/s, 風向單位: 度 平均風速為觀測值 港灣技術研究中心

表 1.2.36e 2018年 8 月風力 11 海域各站中尺度 (M) 預報與觀測值最小偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AM	蘇澳 A1-AM	花蓮 A1-AM	高雄 A1-AM	安平 A1-AM	布袋 A1-AM	臺中 A1-AM	臺北 A1-AM	澎湖 A1-AM	金門 A1-AM	馬祖 A1-AM	臺東 A1-AM
風速誤差	-3.72	-7.37	-5.16	-5.15	-17.9	-5.27	-13.0	-7.55	-3.60	-5.12	-3.59	
風向誤差	-179	-179	-179	-178	-176	-158	-178	-177	-179	-176	-177	
E風速誤差	-7.79	-7.66	-6.46	-8.04	-18.1	-11.4	-8.05	-10.1	-6.70	-10.7	-13.9	
N風速誤差	-6.13	-10.8	-5.79	-4.55	-11.0	-9.18	-14.5	-8.61	-5.89	-11.2	-13.1	
平均風速	2.11	3.19	2.30	1.97	5.16	3.82	5.84	4.08	2.97	3.56	2.56	
資料個數	744	744	744	744	743	731	744	702	698	727	702	

圖 2.49 11 海域逐月風力觀測與預報誤差分析成果圖

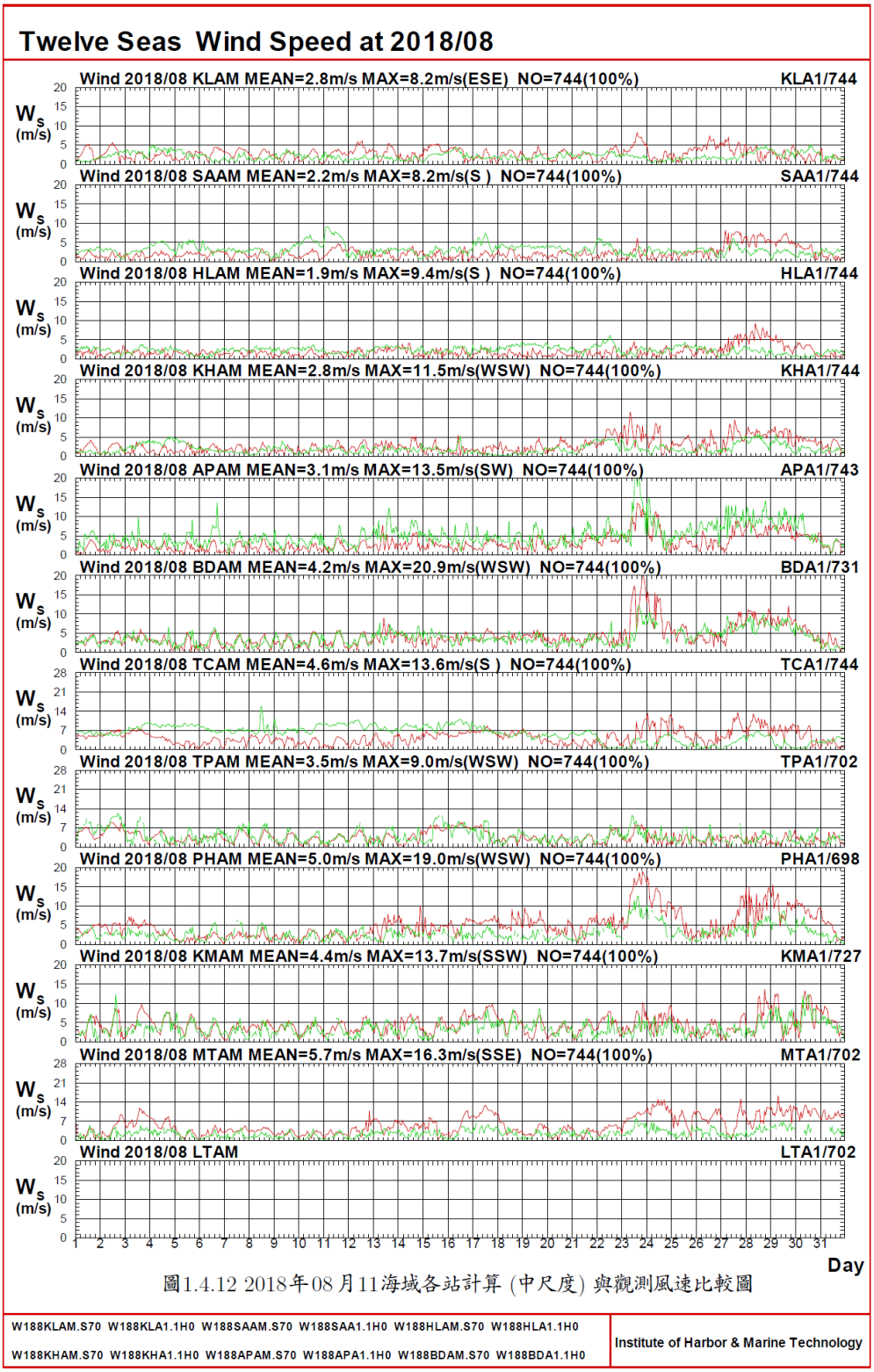


圖1.4.12 2018年08月11海域各站計算 (中尺度) 與觀測風速比較圖

1-4-12

圖 2.50　11 海域逐月風力觀測與預報風速比較成果圖

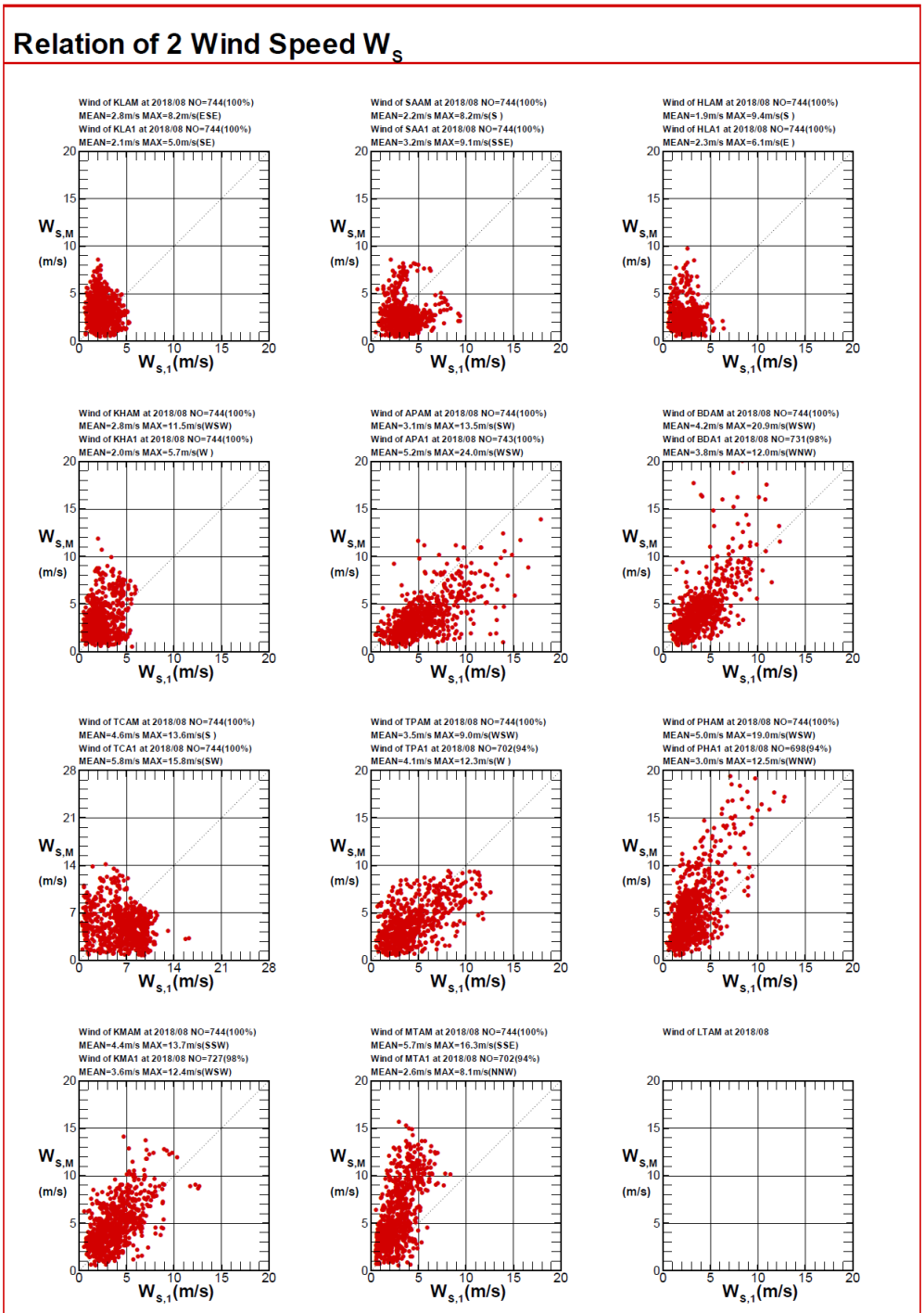


圖1.6.12 11海域2018年08月計算中尺度與觀測風速相關圖

圖 2.51　11 海域逐月風力觀測與預報風速相關比較成果圖

2.3.2 波浪

有關本年度波浪預報與觀測間評估內容區分如下：

1. 資料蒐集率年度統計總表：區分為觀測、預報及颱風。
2. 逐月波浪統計分析表：內容包括平均波高、資料蒐集率、平均週期、主要波向、主要波向所佔百分比等，如圖 2.52 所示，呈現 2018 年 8 月 11 個海域有關平均波高(示性波)、資料蒐集率、平均週期、主要波向、主要波向所佔百分比等統計結果，其中 S 及 W 分別代中尺度及大尺度風浪模組輸出結果。
3. 逐月波浪相關係數 R 分析表：內容分為波高、波向及週期三種格式。
4. 逐月波浪誤差分析表：內容分為平均誤差、平均絕對誤差、標準偏差、最大偏差及最小偏差等格式，如圖 2.53 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域波浪觀測值與中尺度風浪預報值間針對波高、波向、週期等參數之誤差分析結果，其中平均波高及平均週期代表觀測資料之月平均值。
5. 逐月波浪比較圖：內容分為波高比較圖、週期 TP 比較圖、波向比較圖等三種格式，如圖 2.54 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域波高觀測值(綠色線)與中尺度預報值(紅色線)之逐時比較圖。
6. 逐月波浪相關比較圖：內容同樣分為波高相關圖、週期(T_P)相關圖、波向相關圖等三種格式，如圖 2.55 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域觀測值與中尺度預報值間波高相關圖。

以上年報圖表(含颱風期間)共計 124 頁。

表2.2.12a 2018年 8月各項波浪11個海域各站平均波高

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
S尺度	0.84	1.18	1.20	1.65	1.36	0.35	0.76	0.89	1.05	0.22	0.38	
W尺度	1.10	1.46	1.32	1.85	1.83	1.78	1.34	1.11	1.84	1.28	1.58	
觀測	0.60	0.50	1.05	1.76	1.37		0.62	0.70			0.38	

MEV2A 波高單位:m 港灣技術研究中心

表2.2.12b 2018年 8月各項波浪11個海域各站波高資料蒐集率

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
S尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
W尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
觀測	67	21	53	71	100		66	100			100	

MEV2A 蒐集率位:% 港灣技術研究中心

表2.2.12c 2018年 8月各項波浪11個海域各站平均週期

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
S尺度	6.58	6.44	7.13	8.41	8.11	4.69	5.59	7.30	6.68	4.81	2.82	
W尺度	8.26	8.48	8.68	8.84	8.87	8.93	9.18	9.06	8.96	8.95	9.34	
觀測	8.18	7.75	8.88	8.92	8.24		6.70	6.75			8.61	

MEV2A 週期單位:s 港灣技術研究中心

表2.2.12d 2018年 8月各項波浪11個海域各站主要波向

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
S尺度	NNE	SSE	SSE	SW	SW	WSW	SW	N	S	S	SSW	
W尺度	NNE	SE	S	SW	SSW	SSW	SW	SW	SSW	S	S	
觀測	ENE	ENE	ESE	SSW	S		WNW	W			NE	

MEV2A 波向: 來向 港灣技術研究中心

表2.2.12e 2018年 8月各項波浪11個海域各站主要波向所佔百分比

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
S尺度	29	31	48	52	50	30	24	26	55	42	16	
W尺度	21	23	31	52	46	53	66	31	57	72	34	
觀測	38	6	28	39	51		15	33			60	

MEV2A 百分比:% 港灣技術研究中心

表2.2.12f 2018年 8月各項波浪11個海域各站波向資料蒐集率

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
S尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
W尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
觀測	67	21	53	71	100		66	100			100	

MEV2A 蒐集率位:% 港灣技術研究中心

圖 2.52 11 海域逐月波浪資料統計分析成果圖

表 2.2.27a 2018年 8 月波浪 11海域各站中尺度 (S) 預報與觀測值平均誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AS	蘇澳 A1-AS	花蓮 A1-AS	高雄 A1-AS	安平 A1-AS	布袋 A1-AS	臺中 A1-AS	臺北 A1-AS	澎湖 A1-AS	金門 A1-AS	馬祖 A1-AS	臺東 A1-AS
波高誤差	0.09	0.23	0.29	0.18	-0.02		0.00	0.18			0.01	
波向誤差	-6	38	35	3	28		-20	27			68	
週期誤差	-2.09	-1.97	-1.90	-0.05	-0.13		-1.60	0.53			-5.79	
平均波高	0.60	0.50	1.05	1.76	1.37		0.62	0.70			0.38	
平均週期	8.18	7.75	8.87	8.92	8.12		6.51	6.75			8.61	
波高個數	498	155	395	527	742		493	741			743	
波向個數	498	155	394	527	741		492	741			743	

ERV2A 波高單位:m, 週期單位:s, 波向單位: 度 平均波高及週期爲觀測值 港灣技術研究中心

表 2.2.27b 2018年 8 月波浪 11海域各站中尺度 (S) 預報與觀測值平均絕對誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AS	蘇澳 A1-AS	花蓮 A1-AS	高雄 A1-AS	安平 A1-AS	布袋 A1-AS	臺中 A1-AS	臺北 A1-AS	澎湖 A1-AS	金門 A1-AS	馬祖 A1-AS	臺東 A1-AS
波高誤差	0.16	0.32	0.43	0.37	0.31		0.11	0.28			0.21	
波向誤差	45	55	35	9	28		54	34			79	
週期誤差	2.75	2.50	2.70	1.15	1.39		2.41	1.85			5.80	
平均波高	0.60	0.50	1.05	1.76	1.37		0.62	0.70			0.38	
平均週期	8.18	7.75	8.87	8.92	8.12		6.51	6.75			8.61	
波高個數	498	155	395	527	742		493	741			743	
波向個數	498	155	394	527	741		492	741			743	

ERV2A 波高單位:m, 週期單位:s, 波向單位: 度 平均波高及週期爲觀測值 港灣技術研究中心

表 2.2.27c 2018年 8 月波浪 11海域各站中尺度 (S) 預報與觀測值標準偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AS	蘇澳 A1-AS	花蓮 A1-AS	高雄 A1-AS	安平 A1-AS	布袋 A1-AS	臺中 A1-AS	臺北 A1-AS	澎湖 A1-AS	金門 A1-AS	馬祖 A1-AS	臺東 A1-AS
波高誤差	0.22	0.38	0.66	0.62	0.48		0.15	0.45			0.27	
波向誤差	51	64	37	11	31		65	45			101	
週期誤差	3.27	3.13	3.64	1.50	3.90		5.09	2.44			6.44	
平均波高	0.60	0.50	1.05	1.76	1.37		0.62	0.70			0.38	
平均週期	8.18	7.75	8.87	8.92	8.12		6.51	6.75			8.61	
波高個數	498	155	395	527	742		493	741			743	
波向個數	498	155	394	527	741		492	741			743	

ERV2A 波高單位:m, 週期單位:s, 波向單位: 度 平均波高及週期爲觀測值 港灣技術研究中心

表 2.2.27d 2018年 8 月波浪 11海域各站中尺度 (S) 預報與觀測值最大偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AS	蘇澳 A1-AS	花蓮 A1-AS	高雄 A1-AS	安平 A1-AS	布袋 A1-AS	臺中 A1-AS	臺北 A1-AS	澎湖 A1-AS	金門 A1-AS	馬祖 A1-AS	臺東 A1-AS
波高誤差	0.71	0.74	2.24	2.73	1.81		0.40	2.70			0.83	
波向誤差	122	109	70	38	82		179	162			179	
週期誤差	4.20	4.10	4.90	4.10	4.80		5.50	11.6			1.30	
平均波高	0.60	0.50	1.05	1.76	1.37		0.62	0.70			0.38	
平均週期	8.18	7.75	8.87	8.92	8.12		6.51	6.75			8.61	
波高個數	498	155	395	527	742		493	741			743	
波向個數	498	155	394	527	741		492	741			743	

ERV2A 波高單位:m, 週期單位:s, 波向單位: 度 平均波高及週期爲觀測值 港灣技術研究中心

表 2.2.27e 2018年 8 月波浪 11海域各站中尺度 (S) 預報與觀測值最小偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AS	蘇澳 A1-AS	花蓮 A1-AS	高雄 A1-AS	安平 A1-AS	布袋 A1-AS	臺中 A1-AS	臺北 A1-AS	澎湖 A1-AS	金門 A1-AS	馬祖 A1-AS	臺東 A1-AS
波高誤差	-0.46	-0.36	-0.92	-1.96	-2.69		-0.71	-0.78			-0.67	
波向誤差	-80	-106	-4	-24	-15		-140	-150			-63	
週期誤差	-10.2	-6.30	-10.3	-4.00	-94.6		-95.7	-9.20			-13.5	
平均波高	0.60	0.50	1.05	1.76	1.37		0.62	0.70			0.38	
平均週期	8.18	7.75	8.87	8.92	8.12		6.51	6.75			8.61	
波高個數	498	155	395	527	742		493	741			743	
波向個數	498	155	394	527	741		492	741			743	

ERV2A 波高單位:m, 週期單位:s, 波向單位: 度 平均波高及週期爲觀測值 港灣技術研究中心

圖 2.53 11 海域逐月波浪觀測與預報誤差分析成果圖

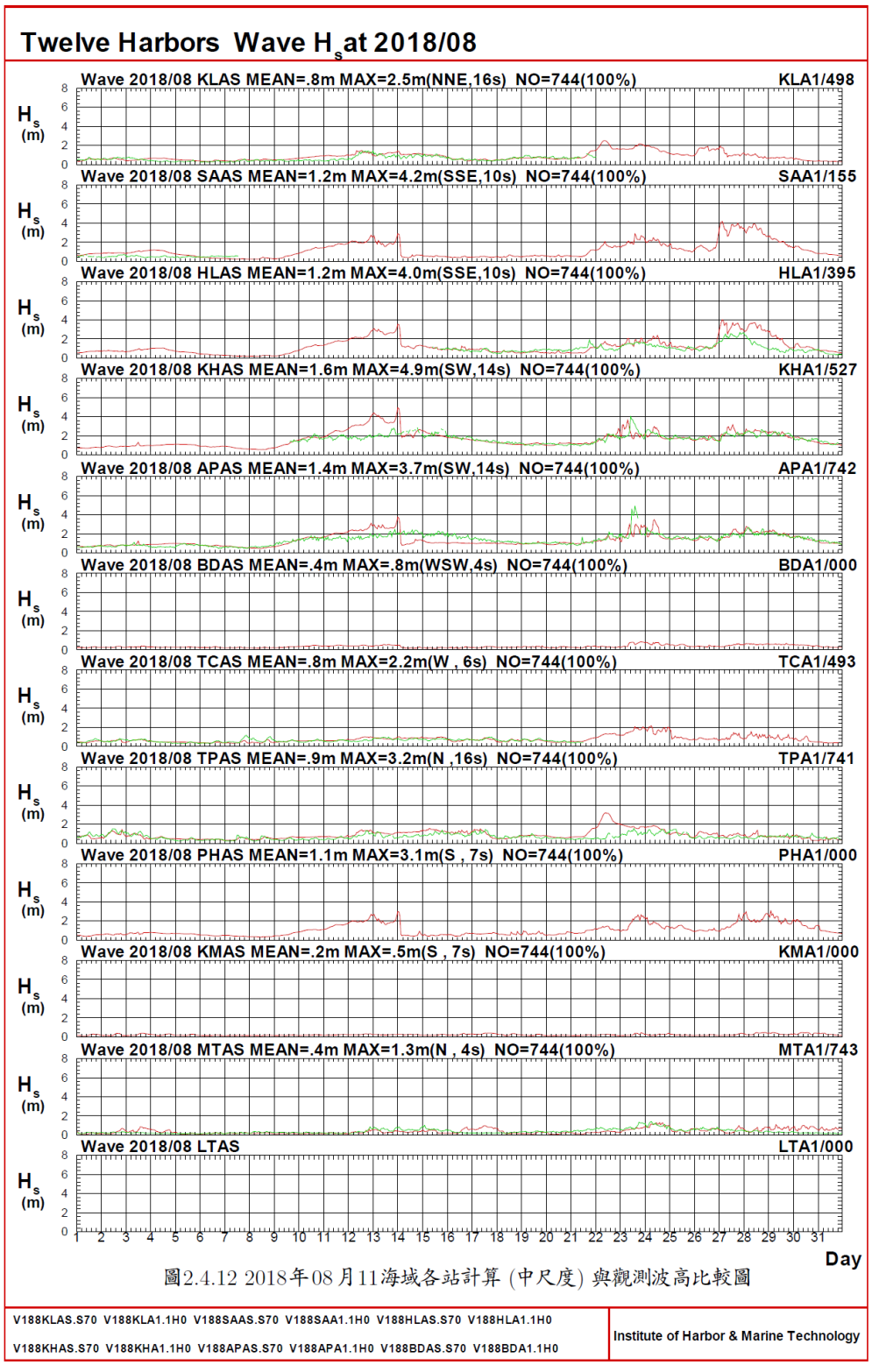


圖2.4.12 2018年08月11海域各站計算 (中尺度) 與觀測波高比較圖

圖 2.54　11 海域逐月波浪觀測與預報波高比較成果圖

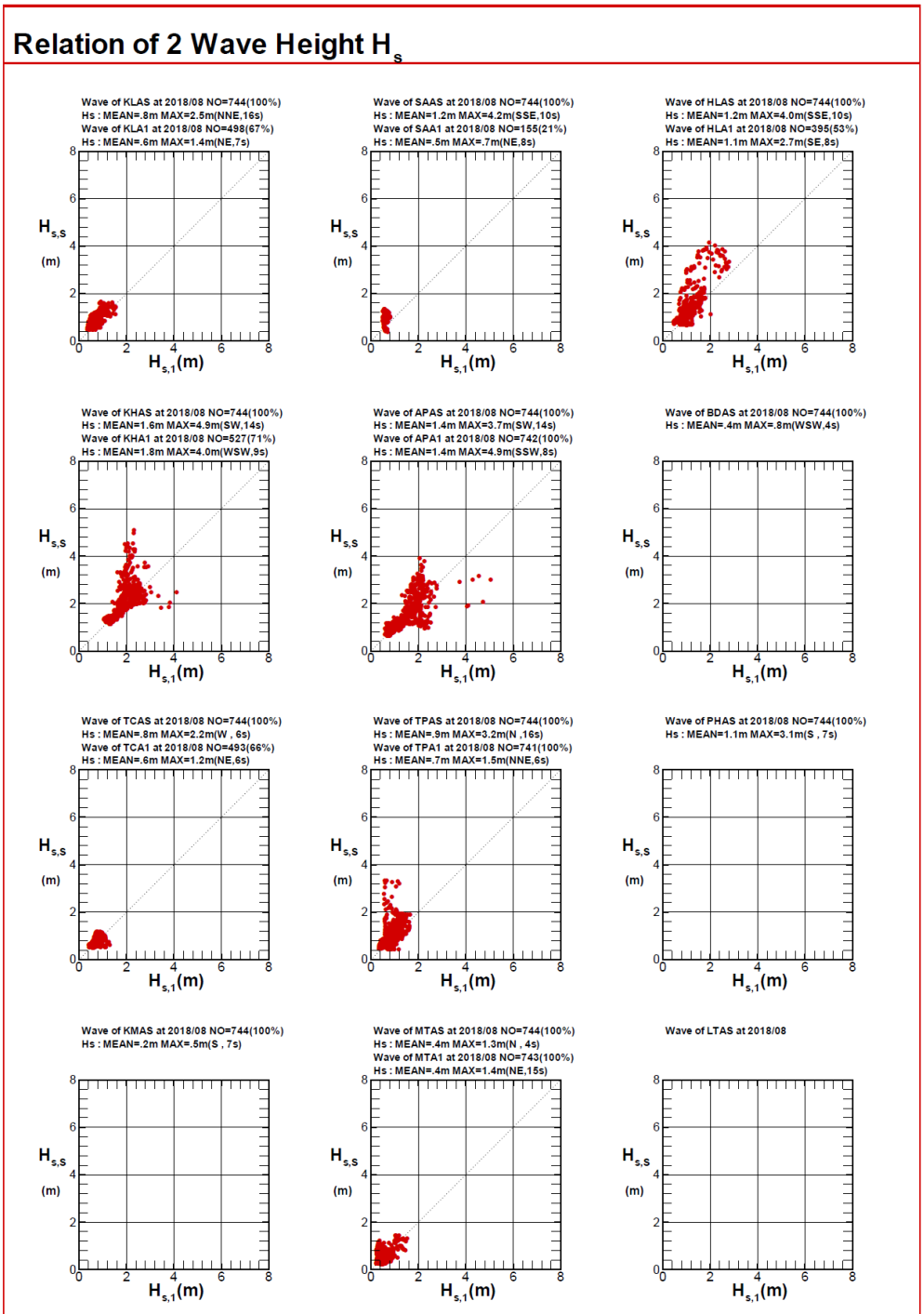


圖2.6.12 11海域2018年08月計算中尺度與觀測波高相關圖

圖 2.55　11 海域逐月波浪觀測與預報波高相關比較成果圖

2.3.3 水位

有關本年度水位預報與觀測間評估內容同樣區分如下：

1. 資料蒐集率年度統計總表：區分為觀測、預報及年度颱風。
2. 逐月水位相關係數 R 分析表。
3. 逐月水位誤差分析表：內容分為平均誤差、平均絕對誤差、標準偏差、最大偏差及最小偏差等格式，如圖 2.56 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域水位觀測值與中尺度水位預報值間平均誤差、平均絕對誤差、標準偏差、最大偏差及最小偏差等之誤差分析結果，表中平均潮位值等於零代表觀測值與預報值間誤差分析係扣除月平均值後之誤差分析結果。
4. 逐月潮位比較圖：如圖 2.57 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域水位觀測值與(綠色線)中尺度水位預報值(紅色線)間逐時比對圖。
5. 逐月潮位相關比較圖：如圖 2.58 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域水位觀測值與中尺度水位預報值間相關圖。

以上年報圖表(含颱風期間)共計 60 頁。

表 3.2.27a 2018年 8 月潮汐 11海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值平均誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A2-AB	蘇澳 A2-AB	花蓮 A2-AB	高雄 A2-AB	安平 A2-AB	布袋 A2-AB	臺中 A2-AB	臺北 A2-AB	澎湖 A2-AB	金門 A2-AB	馬祖 A2-AB	臺東 A2-AB
潮位誤差	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	
最高潮位	0.73	1.06	0.90	0.74	0.76	1.19	2.78	1.87	1.38	3.13	3.33	
最低潮位	-0.89	-0.99	-0.94	-0.43	-0.67	-1.24	-2.88	-2.33	-1.37	-3.14	-3.61	
平均潮位	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
資料個數	744	744	588	744	585	668	744	544	744	626	472	

ERT2A 潮位單位:m, 平均潮位, 最高潮位及最低潮位皆為觀測值 港灣技術研究中心

表 3.2.27b 2018年 8 月潮汐 11海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值平均絕對誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A2-AB	蘇澳 A2-AB	花蓮 A2-AB	高雄 A2-AB	安平 A2-AB	布袋 A2-AB	臺中 A2-AB	臺北 A2-AB	澎湖 A2-AB	金門 A2-AB	馬祖 A2-AB	臺東 A2-AB
潮位誤差	0.10	0.06	0.08	0.10	0.06	0.09	0.11	0.25	0.09	0.36	0.35	
最高潮位	0.73	1.06	0.90	0.74	0.76	1.19	2.78	1.87	1.38	3.13	3.33	
最低潮位	-0.89	-0.99	-0.94	-0.43	-0.67	-1.24	-2.88	-2.33	-1.37	-3.14	-3.61	
平均潮位	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
資料個數	744	744	588	744	585	668	744	544	744	626	472	

ERT2A 潮位單位:m, 平均潮位, 最高潮位及最低潮位皆為觀測值 港灣技術研究中心

表 3.2.27c 2018年 8 月潮汐 11海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值標準偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A2-AB	蘇澳 A2-AB	花蓮 A2-AB	高雄 A2-AB	安平 A2-AB	布袋 A2-AB	臺中 A2-AB	臺北 A2-AB	澎湖 A2-AB	金門 A2-AB	馬祖 A2-AB	臺東 A2-AB
潮位誤差	0.12	0.08	0.10	0.12	0.08	0.11	0.14	0.32	0.11	0.44	0.41	
最高潮位	0.73	1.06	0.90	0.74	0.76	1.19	2.78	1.87	1.38	3.13	3.33	
最低潮位	-0.89	-0.99	-0.94	-0.43	-0.67	-1.24	-2.88	-2.33	-1.37	-3.14	-3.61	
平均潮位	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
資料個數	744	744	588	744	585	668	744	544	744	626	472	

ERT2A 潮位單位:m, 平均潮位, 最高潮位及最低潮位皆為觀測值 港灣技術研究中心

表 3.2.27d 2018年 8 月潮汐 11海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值最大偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A2-AB	蘇澳 A2-AB	花蓮 A2-AB	高雄 A2-AB	安平 A2-AB	布袋 A2-AB	臺中 A2-AB	臺北 A2-AB	澎湖 A2-AB	金門 A2-AB	馬祖 A2-AB	臺東 A2-AB
潮位誤差	0.38	0.19	0.23	0.24	0.18	0.23	0.39	1.01	0.28	0.90	0.95	
最高潮位	0.73	1.06	0.90	0.74	0.76	1.19	2.78	1.87	1.38	3.13	3.33	
最低潮位	-0.89	-0.99	-0.94	-0.43	-0.67	-1.24	-2.88	-2.33	-1.37	-3.14	-3.61	
平均潮位	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
資料個數	744	744	588	744	585	668	744	544	744	626	472	

ERT2A 潮位單位:m, 平均潮位, 最高潮位及最低潮位皆為觀測值 港灣技術研究中心

表 3.2.27e 2018年 8 月潮汐 11海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值最小偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A2-AB	蘇澳 A2-AB	花蓮 A2-AB	高雄 A2-AB	安平 A2-AB	布袋 A2-AB	臺中 A2-AB	臺北 A2-AB	澎湖 A2-AB	金門 A2-AB	馬祖 A2-AB	臺東 A2-AB
潮位誤差	-0.38	-0.27	-0.29	-0.35	-0.29	-0.34	-0.41	-0.79	-0.30	-1.17	-1.43	
最高潮位	0.73	1.06	0.90	0.74	0.76	1.19	2.78	1.87	1.38	3.13	3.33	
最低潮位	-0.89	-0.99	-0.94	-0.43	-0.67	-1.24	-2.88	-2.33	-1.37	-3.14	-3.61	
平均潮位	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
資料個數	744	744	588	744	585	668	744	544	744	626	472	

ERT2A 潮位單位:m, 平均潮位, 最高潮位及最低潮位皆為觀測值 港灣技術研究中心

圖 2.56 11 海域逐月水位觀測與預報誤差分析成果圖

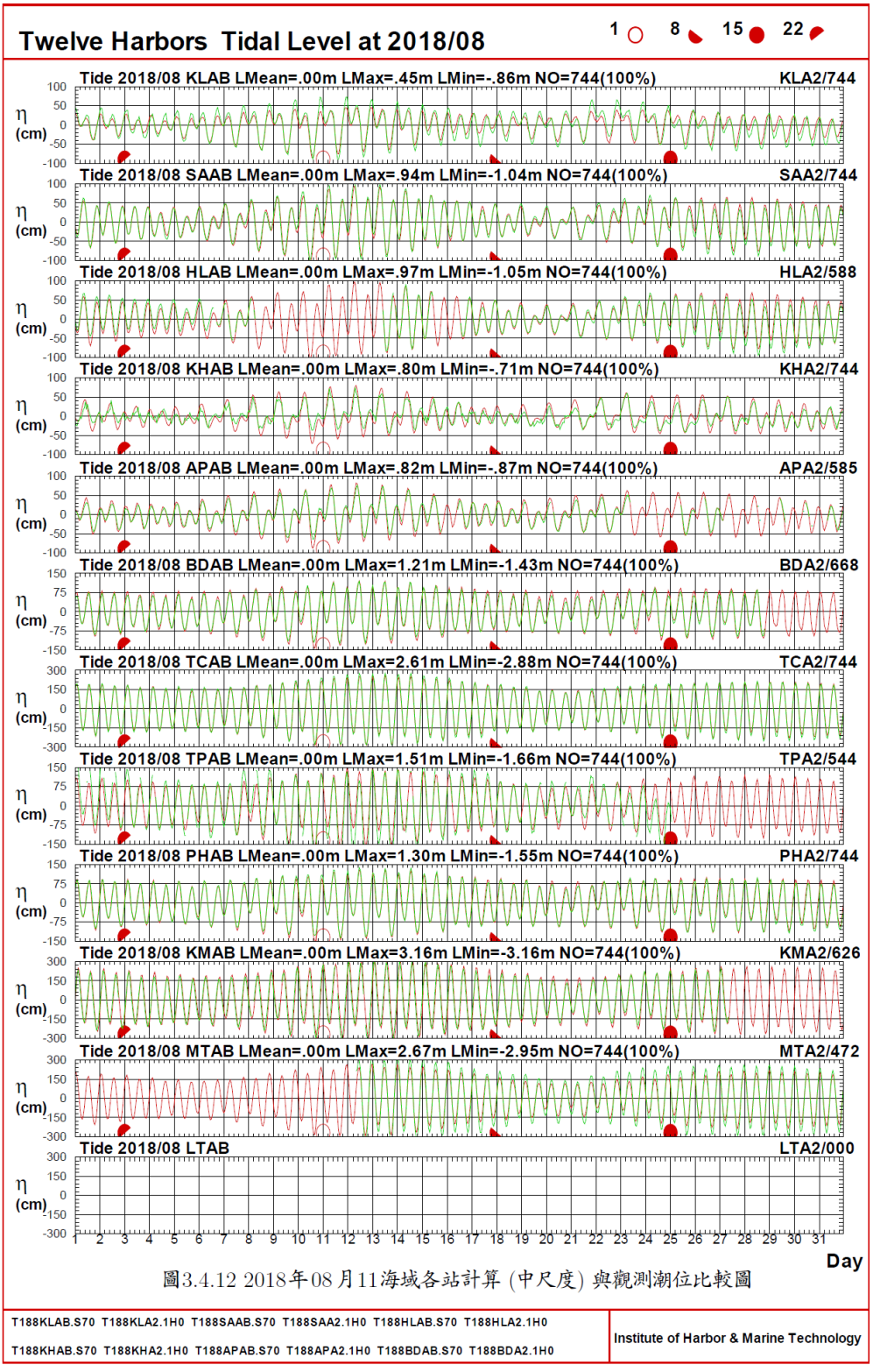


圖3.4.12 2018年08月11海域各站計算 (中尺度) 與觀測潮位比較圖

圖 2.57　11 海域逐月觀測與預報潮位比較成果圖

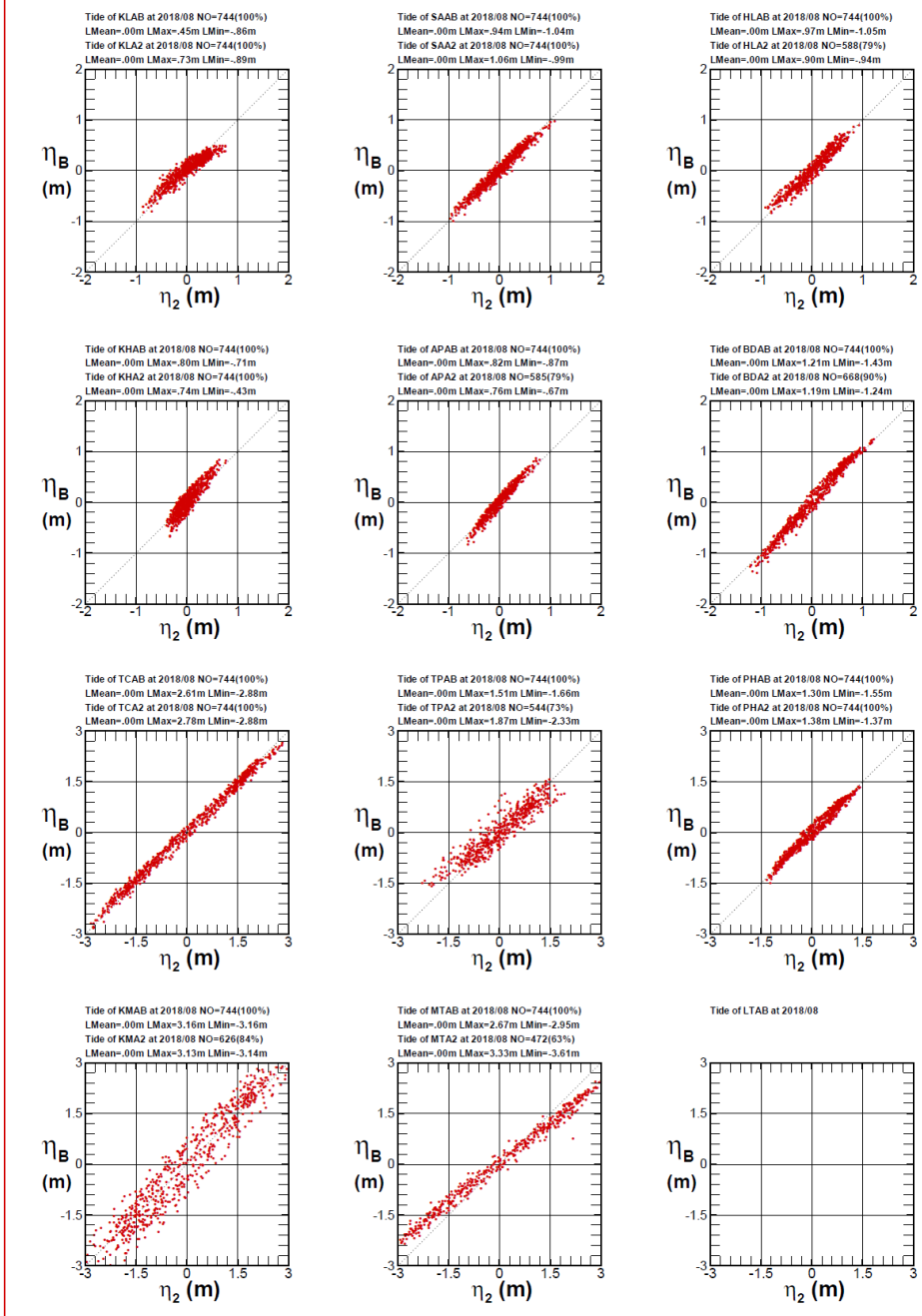


圖3.6.12 11海域2018年08月計算中尺度與觀測潮位相關圖

圖 2.58　11 海域逐月觀測與預報潮位相關比較成果圖

2.3.4 海流

有關海流預報與觀測間評估內容同樣分為

1. 資料蒐集率年度統計總表：區分為觀測、預報及颱風等。
2. 逐月海流統計分析表：內容包括平均流速、資料蒐集率、最大流速、最大流速對應風向、主要流向、主要流向所佔百分比等，如圖 2.59 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域有關平均流速、資料蒐集率、最大流速、最大流速對應流向、主要流向、主要流向所佔百分比等統計結果，其中 B 分別代小尺度水動力模組輸出結果。
3. 逐月海流資料相關係數 R 分析表：內容分為流速(S)、流向(D)、流速東西分量(E)及流速南北分量(N)等。
4. 逐月海流資料誤差分析表：內容分為平均誤差、平均絕對誤差、標準偏差、最大偏差及最小偏差等格式，如圖 2.60 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域波浪觀測值與小尺度風浪預報值間針對流速、流向、流速東西分量及流速南北分量等參數之誤差分析結果，其中平均流速代表觀測資料之月平均流速值。
5. 逐月海流資料比較圖：內容分為流速比較圖、流向比較圖、EW 流速比較圖、NS 流速比較圖等四種格式，如圖 2.61 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域觀測值(綠色線)與小尺度預報值(紅色線)間流速之逐時比對圖。
6. 逐月海流資料相關圖：內容分為流速相關圖、流向相關圖、EW 流速相關圖、NS 流速相關圖等四種格式，如圖 2.62 所示，代表 2018 年 8 月 11 個海域觀測值與中尺度預報值間流速相關圖。

以上年報圖表(含颱風期間)共計 149 頁。

表4.4.12a 2018年 8月各項海流11個海域各站平均流速

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
B尺度	38	16	01	08	23	40	08	44	36	40	38	
觀測	22	12	14	37	38		23	49			25	

MEC2A 流速單位:cm/s 港灣技術研究中心

表4.4.12b 2018年 8月各項海流11個海域各站資料蒐集率

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
B尺度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
觀測	67	21	53	71	100		66	100			100	

MEC2A 蒐集率位:% 港灣技術研究中心

表4.4.12c 2018年 8月各項海流11個海域各站最大流速

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
B尺度	93	66	04	31	49	81	37	104	75	74	85	
觀測	67	37	41	147	141		60	124			73	

MEC2A 流速單位:cm/s 港灣技術研究中心

表4.4.12d 2018年 8月各項海流11個海域各站最大流速對應流向

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
B尺度	NW	N	NNE	NNW	NNW	SSW	NE	NE	NE	SSW	ENE	
觀測	ENE	NW	SSW	NNW	WNW		NNE	NE			NE	

MEC2A 流向: 去向 港灣技術研究中心

表4.4.12e 2018年 8月各項海流11個海域各站主要流向

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
B尺度	SE	N	SSW	NNW	NNW	NNE	NNE	NE	NE	SSW	WSW	
觀測	ENE	S	NNE	NW	SE		N	NE			WSW	

MEC2A 流向: 去向 港灣技術研究中心

表4.4.12f 2018年 8月各項海流11個海域各站主要流向所佔百分比

種類	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	澎湖	金門	馬祖	臺東
	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
B尺度	42	27	36	35	45	47	32	42	47	50	31	
觀測	12	4	7	19	18		21	26			15	

MEC2A 百分比:% 港灣技術研究中心

圖 2.59 11 海域逐月海流資料(觀測、預報)統計分析成果圖

表 4.2.27a 201818年 8 月海流 11 海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值平均誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AB	蘇澳 A1-AB	花蓮 A1-AB	高雄 A1-AB	安平 A1-AB	布袋 A1-AB	臺中 A1-AB	臺北 A1-AB	澎湖 A1-AB	金門 A1-AB	馬祖 A1-AB	臺東 A1-AB
流速誤差	15.5	0.30	-12.6	-27.6	-14.8		-16.7	-4.56			13.4	
流向誤差	35	16	50	4	24		13	10			46	
E流速誤差	-11.2	-0.19	0.76	14.2	12.0		-1.91	1.97			0.36	
N流速誤差	-0.01	0.20	-5.59	-6.44	11.6		-15.5	-4.75			-6.56	
平均流速	22.2	12.3	13.6	36.6	38.1		23.0	48.6			24.7	
資料個數	497	155	394	527	742		493	741			743	

ERC2A 流速單位:cm/s, 流向單位: 度 平均流速為觀測值 港灣技術研究中心

表 4.2.27b 201818年 8 月海流 11 海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值平均絕對誤差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AB	蘇澳 A1-AB	花蓮 A1-AB	高雄 A1-AB	安平 A1-AB	布袋 A1-AB	臺中 A1-AB	臺北 A1-AB	澎湖 A1-AB	金門 A1-AB	馬祖 A1-AB	臺東 A1-AB
流速誤差	25.7	8.45	12.6	28.2	17.3		17.7	17.4			23.2	
流向誤差	76	85	105	89	49		68	32			98	
E流速誤差	35.6	6.08	8.41	17.7	20.1		7.35	19.8			40.9	
N流速誤差	18.5	14.5	9.12	29.7	15.9		19.2	11.1			20.1	
平均流速	22.2	12.3	13.6	36.6	38.1		23.0	48.6			24.7	
資料個數	497	155	394	527	742		493	741			743	

ERC2A 流速單位:cm/s, 流向單位: 度 平均流速為觀測值 港灣技術研究中心

表 4.2.27c 201818年 8 月海流 11 海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值標準偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AB	蘇澳 A1-AB	花蓮 A1-AB	高雄 A1-AB	安平 A1-AB	布袋 A1-AB	臺中 A1-AB	臺北 A1-AB	澎湖 A1-AB	金門 A1-AB	馬祖 A1-AB	臺東 A1-AB
流速誤差	30.7	10.8	14.8	35.0	22.6		21.1	21.6			28.3	
流向誤差	90	103	117	110	64		87	58			114	
E流速誤差	42.2	7.99	10.8	22.2	25.5		9.68	26.1			48.0	
N流速誤差	21.8	17.5	11.6	35.9	20.1		22.3	13.8			24.5	
平均流速	22.2	12.3	13.6	36.6	38.1		23.0	48.6			24.7	
資料個數	497	155	394	527	742		493	741			743	

ERC2A 流速單位:cm/s, 流向單位: 度 平均流速為觀測值 港灣技術研究中心

表 4.2.27d 201818年 8 月海流 11 海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值最大偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AB	蘇澳 A1-AB	花蓮 A1-AB	高雄 A1-AB	安平 A1-AB	布袋 A1-AB	臺中 A1-AB	臺北 A1-AB	澎湖 A1-AB	金門 A1-AB	馬祖 A1-AB	臺東 A1-AB
流速誤差	72.4	27.2	0.90	17.7	38.1		14.4	54.3			72.7	
流向誤差	178	178	178	179	177		179	179			179	
E流速誤差	84.9	32.6	34.6	70.2	105.6		21.3	107.0			112.9	
N流速誤差	58.7	44.2	33.4	78.0	74.7		24.4	35.8			66.3	
平均流速	22.2	12.3	13.6	36.6	38.1		23.0	48.6			24.7	
資料個數	497	155	394	527	742		493	741			743	

ERC2A 流速單位:cm/s, 流向單位: 度 平均流速為觀測值 港灣技術研究中心

表 4.2.27e 201818年 8 月海流 11 海域各站中尺度 (B) 預報與觀測值最小偏差統計表

類別- 海域 測站A-測站 B	基隆 A1-AB	蘇澳 A1-AB	花蓮 A1-AB	高雄 A1-AB	安平 A1-AB	布袋 A1-AB	臺中 A1-AB	臺北 A1-AB	澎湖 A1-AB	金門 A1-AB	馬祖 A1-AB	臺東 A1-AB
流速誤差	-64.5	-32.9	-39.9	-127	-104		-54.7	-65.0			-51.2	
流向誤差	-175	-174	-179	-179	-179		-179	-179			-179	
E流速誤差	-94.9	-19.1	-24.2	-32.1	-55.6		-44.2	-44.5			-119	
N流速誤差	-56.5	-40.9	-36.8	-124	-39.3		-52.8	-39.3			-70.4	
平均流速	22.2	12.3	13.6	36.6	38.1		23.0	48.6			24.7	
資料個數	497	155	394	527	742		493	741			743	

圖 2.60　11 海域逐月海流觀測與預報誤差分析成果圖

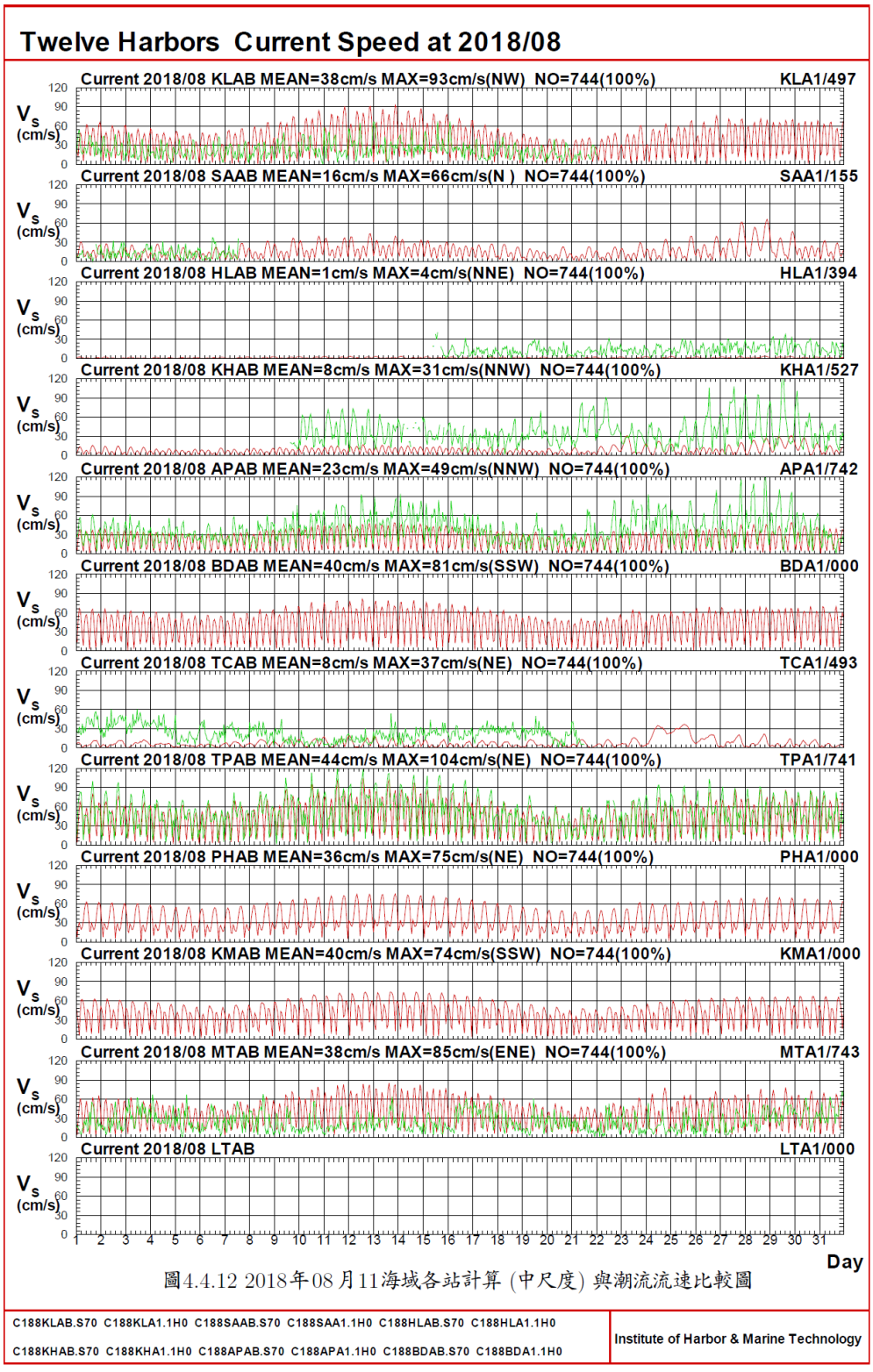


圖4.4.12 2018年08月11海域各站計算 (中尺度) 與潮流流速比較圖

圖 2.61　11 海域逐月潮流觀測與預報流速比較成果圖

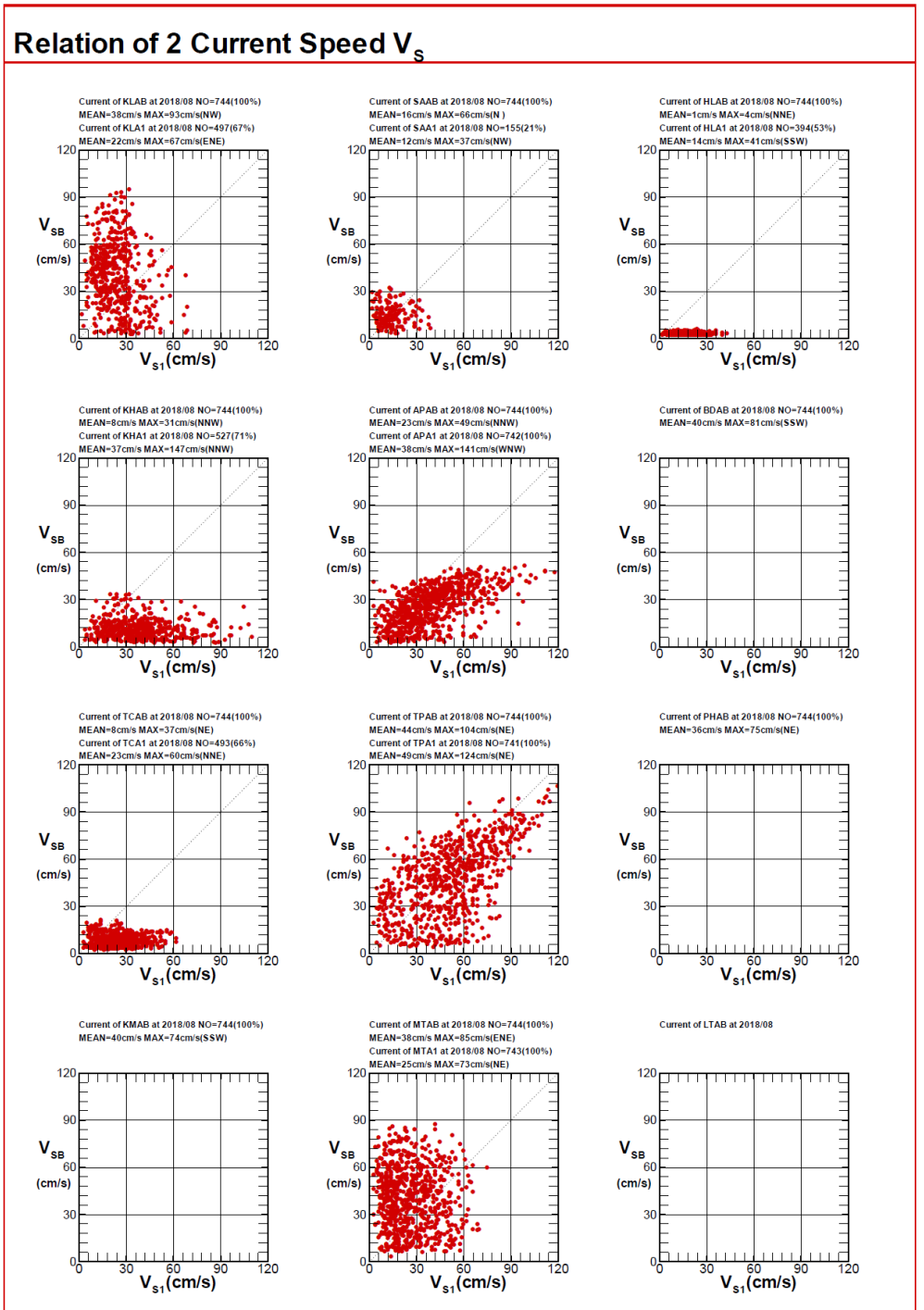


圖4.6.12 11海域2018年08月計算中尺度與潮流流速相關圖

圖 2.62　11 海域逐月潮流觀測與預報流速相關比較成果圖

第三章　臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

本章節利用新版風浪模擬子系統之大尺度遠域風浪模組及中尺度近域風浪模組(參考圖 2.17)模擬臺灣周圍海域颱風波浪，選取中尺度近域風浪模組模擬結果與港研中心波浪觀測資料比較，並分析颱風侵臺期間波浪模擬值與觀測值間之誤差及相關性，作為後續數值模式相關參數校驗之依據。

3.1 數值模擬風場資料蒐集

本計畫整理氣象局 2012 年以後發布颱風警報之侵臺颱風,如表 3.1 所列，共計 33 個侵臺颱風。經評估後選取 2017 年選取中度颱風尼莎及輕度颱風海棠為模擬對象，相關颱風侵臺路徑如圖 3.1 所示；2016 年選取尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡及梅姬為模擬對象，相關颱風侵臺路徑如圖 3.2 所示；2015 年選取中度颱風蘇迪勒及強烈颱風天鵝、杜鵑為模擬對象，相關颱風侵臺路徑如圖 3.3 所示；2014 年選取中度颱風麥德姆為模擬對象，如圖 3.4 所示；2013 年選取強烈颱風蘇力為模擬對象，如圖 3.5 所示；2012 年選取中度颱風蘇拉及天秤為模擬對象，相關颱風侵臺路徑如圖 3.6 所示。

針對上述選取的侵臺颱風，本計畫自 TaiCOMS 資料庫中蒐集整理出每場颱風侵臺前(至少 5 日)至颱風警報解除後期間，每日作業化風場資料(含昨日、今日及明日共 73 組)作為本計畫風浪模擬系統之輸入風場。

表 3.1　歷年(2012 年~)發布颱風警報之侵臺颱風資料表

年份	名稱	警報期間	近台強度	侵台路徑分類	近台近中心最低氣壓(hPa)	近台近中心最大風速(m/s)	7級/10級風暴風半徑(km)	警報發布報數
2017	泰利(TALIM)	09/12～09/14	中度		935	48	250/ 80	19
2017	谷超(GUCHOL)	09/06～09/07	輕度		998	18	80/ —	7
	天鴿(HATO)	08/20～08/22	中度		965	33	180/ 50	15
	海棠(HAITANG)	07/29～07/31	輕度	7	990	20	100/ —	14
	尼莎(NESAT)	07/28～07/30	中度	2	955	40	180/ 60	19
2016	艾利(AERE)	10/05～10/06	輕度		998	18	120/ —	10
	梅姬(MEGI)	09/25～09/28	中度	3	940	45	250/100	23
	馬勒卡(MALAKAS)	09/15～09/18	中度		940	45	180/ 60	20
	莫蘭蒂(MERANTI)	09/12～09/14	強烈	7	900	60	220/ 80	21
	尼伯特(NEPARTAK)	07/06～07/09	強烈	4	905	58	200/ 80	25
2015	杜鵑(DUJUAN)	09/27～09/29	強烈	2	925	51	220/ 80	20
	天鵝(GONI)	08/20～08/23	強烈		925	51	200/ 80	26
	蘇迪勒(SOUDELOR)	08/06～08/09	中度	3	930	48	300/100	24
	蓮花(LINFA)	07/06～07/09	輕度		975	30	120/ 30	24
	昌鴻(CHAN-HOM)	07/09～07/11	中度		935	48	280/ 100	19
	紅霞(NOUL)	05/10～05/11	強度		925	51	200/ 80	13
2014	鳳凰(FUNG-WONG)	09/19～09/22	輕度	特殊路徑	985	22	150/ —	25
	麥德姆(MATMO)	07/21～07/23	中度	3	960	38	200/ 80	19
	哈吉貝(HAGIBIS)	06/14～06/15	輕度		992	20	100/ —	7
2013	菲特(FITOW)	10/04～10/07	中度	1	960	38	250/ 80	20
	天兔(USAGI)	09/19～09/22	強烈	5	910	55	280/120	22
	康芮(KONG-REY)	08/27～08/29	輕度	6	985	25	120/ —	20
	潭美(TRAMI)	08/20～08/22	輕度	1	970	30	180/ —	16
	西馬隆 CIMARON	07/17～07/18	輕度	--	998	18	100/ —	10
	蘇力 SOULIK	07/11～07/13	強烈	2	925	51	280/100	22
2012	杰拉華 JELAWAT	09/27～09/28	強烈	--	910	55	250/100	15
	天秤 TEMBIN	08/26～08/28	中度	特殊路徑	965	35	180/ 50	21
	天秤 TEMBIN	08/21～08/25	中度	特殊路徑	945	45	180/ 50	33
	啟德 KAI-TAK	08/14～08/15	輕度	--	995	20	150/ —	10
	海葵 HAIKUI	08/06～08/07	中度	--	960	35	180/ 50	11
	蘇拉 SAOLA	07/30～08/03	中度	2	960	38	220/ 80	31
	杜蘇芮 DOKSURI	06/28～06/29	輕度	--	995	23	120/ —	10
	泰利 TALIM	06/19～06/21	輕度	9	985	25	150/ —	17

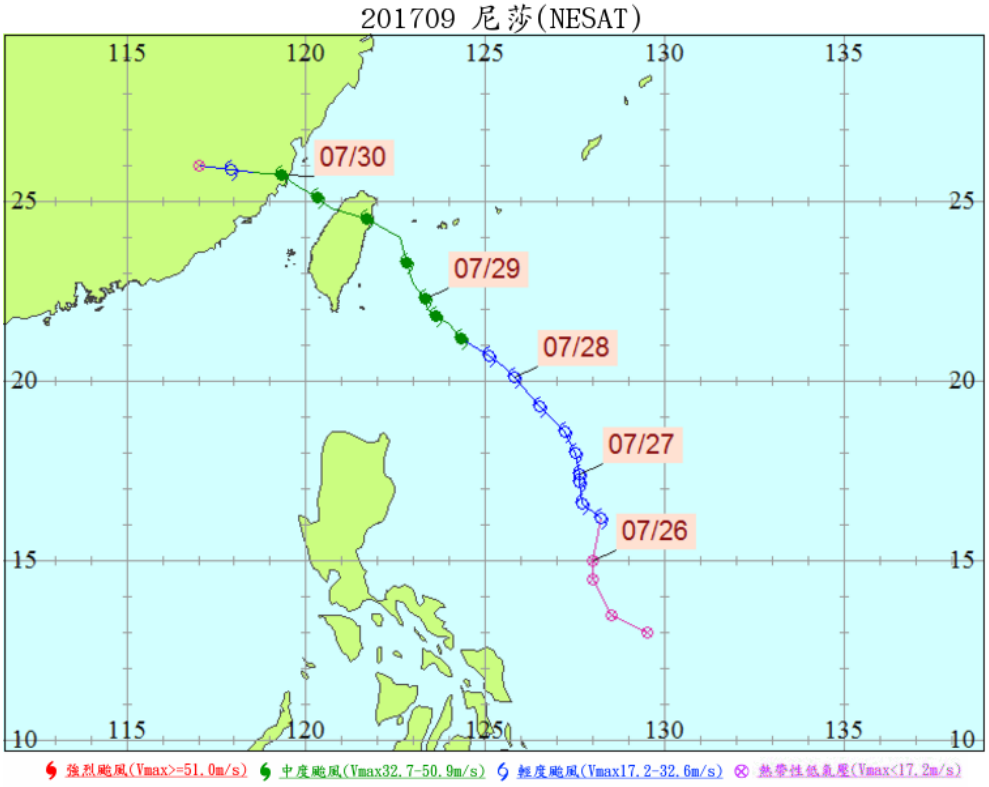


圖 3.1　2017 年中度颱風尼莎侵臺路徑圖

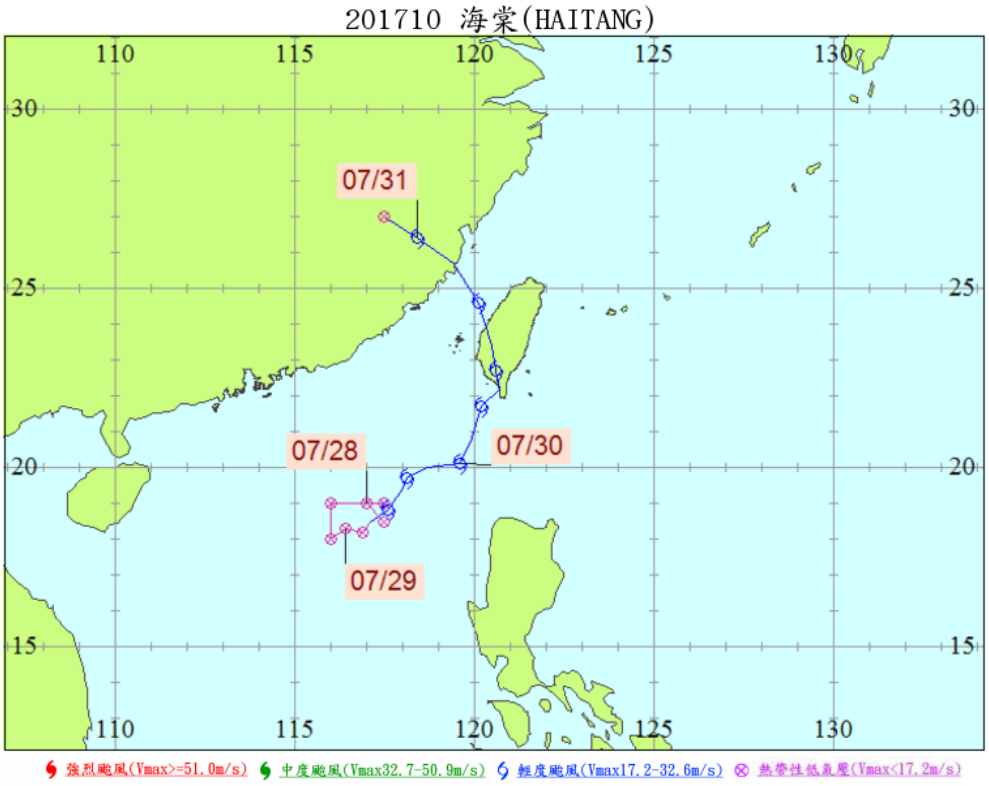


圖 3.1　(續)2017 年輕度颱風海棠侵臺路徑圖

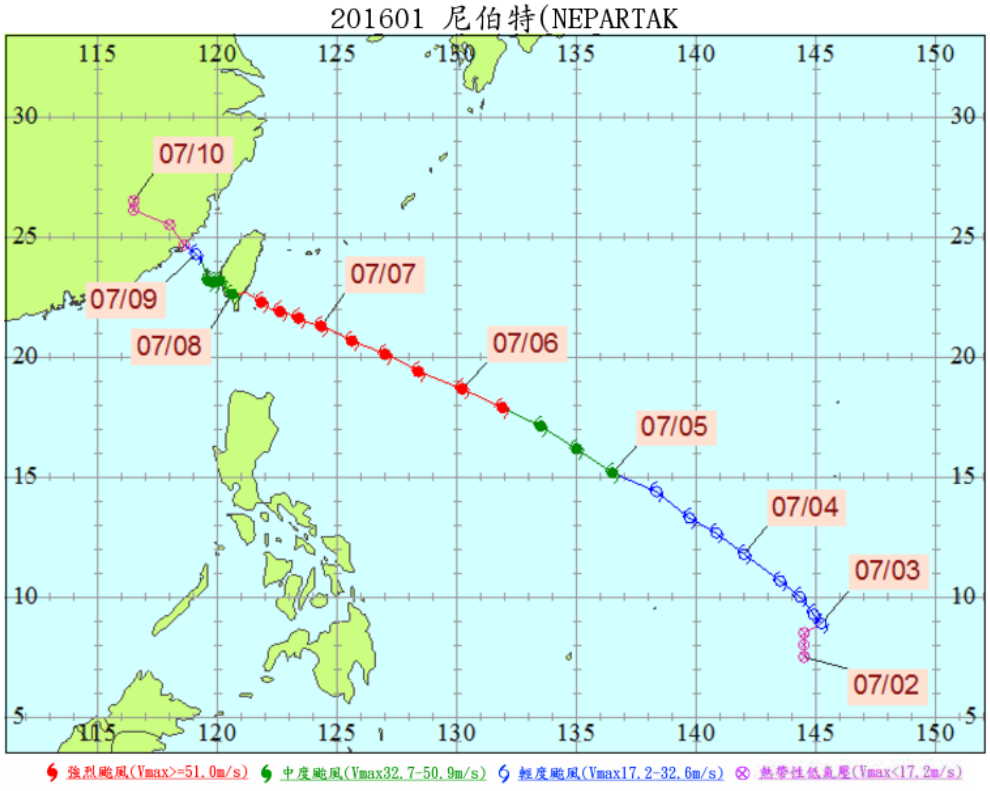


圖 3.2　2016 年強烈颱風尼伯特行進路徑圖

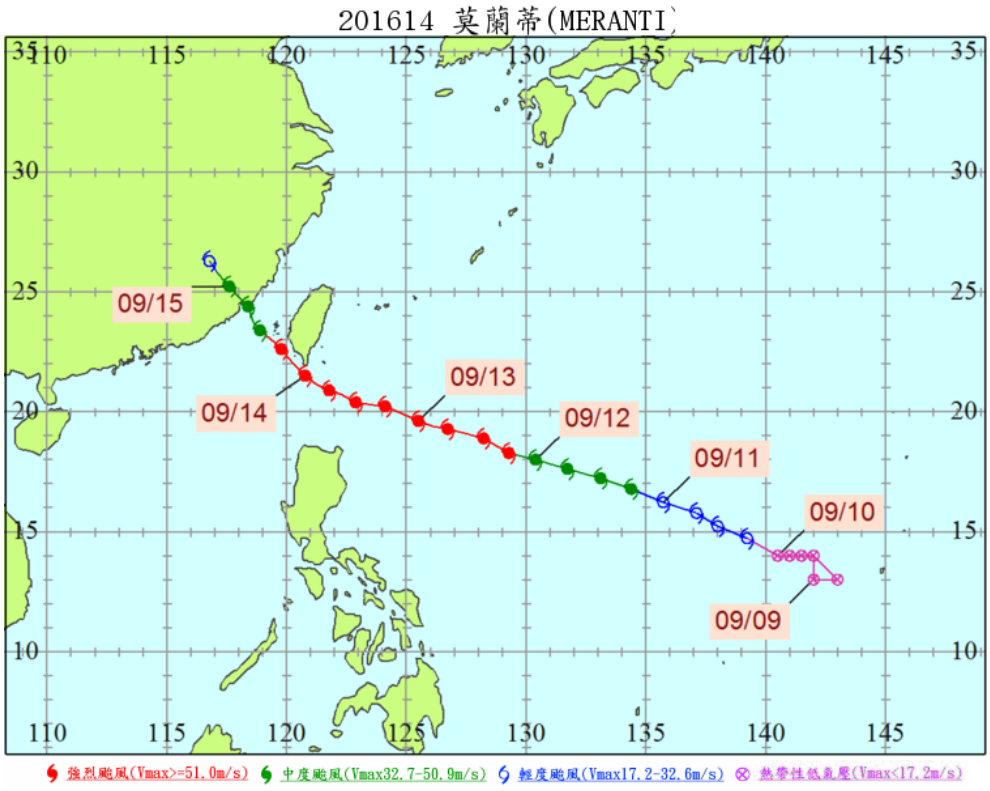


圖 3.2　(續 1)2016 年強烈颱風莫蘭蒂行進路徑圖

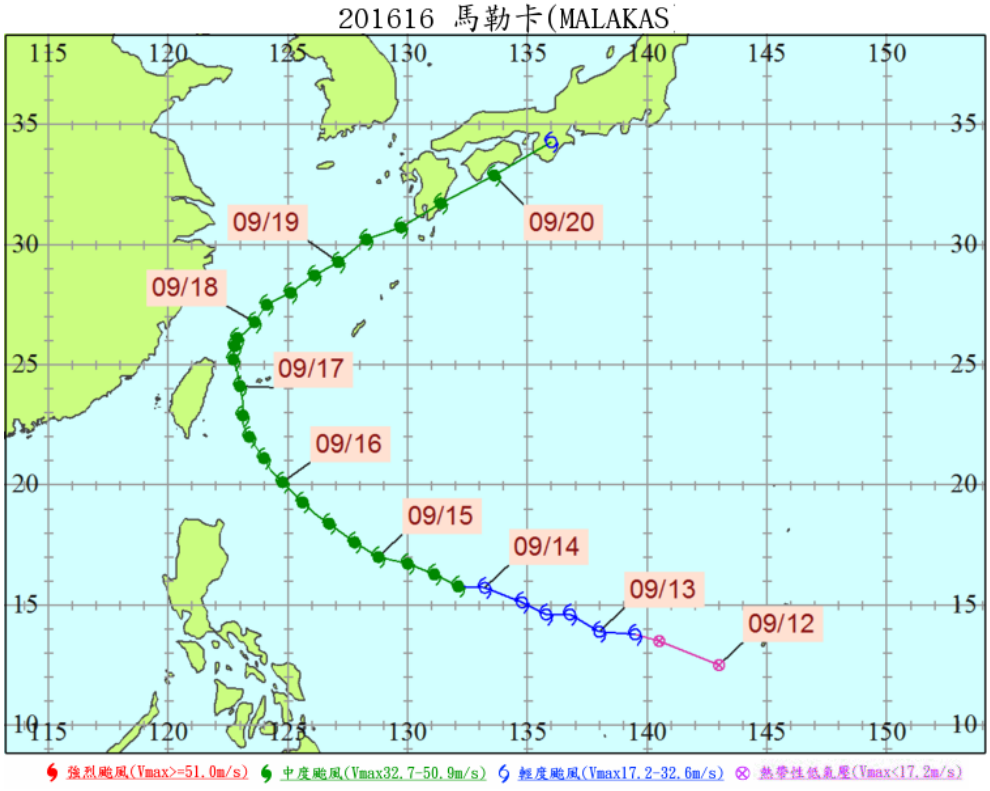


圖 3.2　(續 2)2016 年中度颱風馬勒卡行進路徑圖

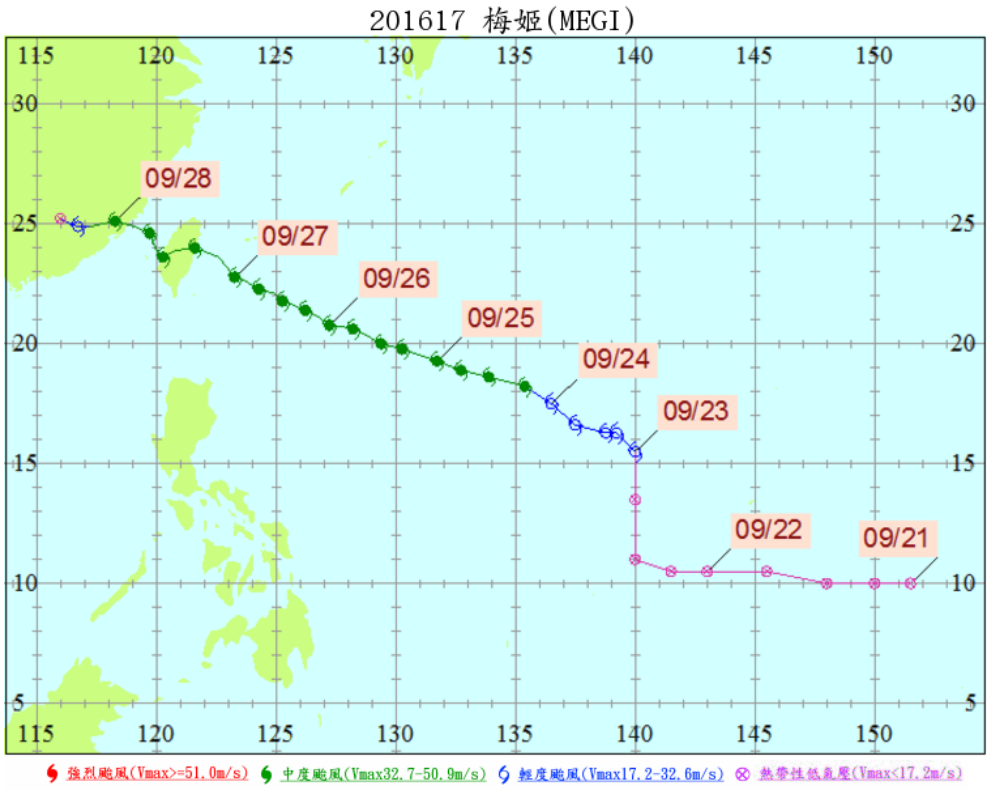


圖 3.2　(續 3)2016 年中度颱風梅姬行進路徑圖

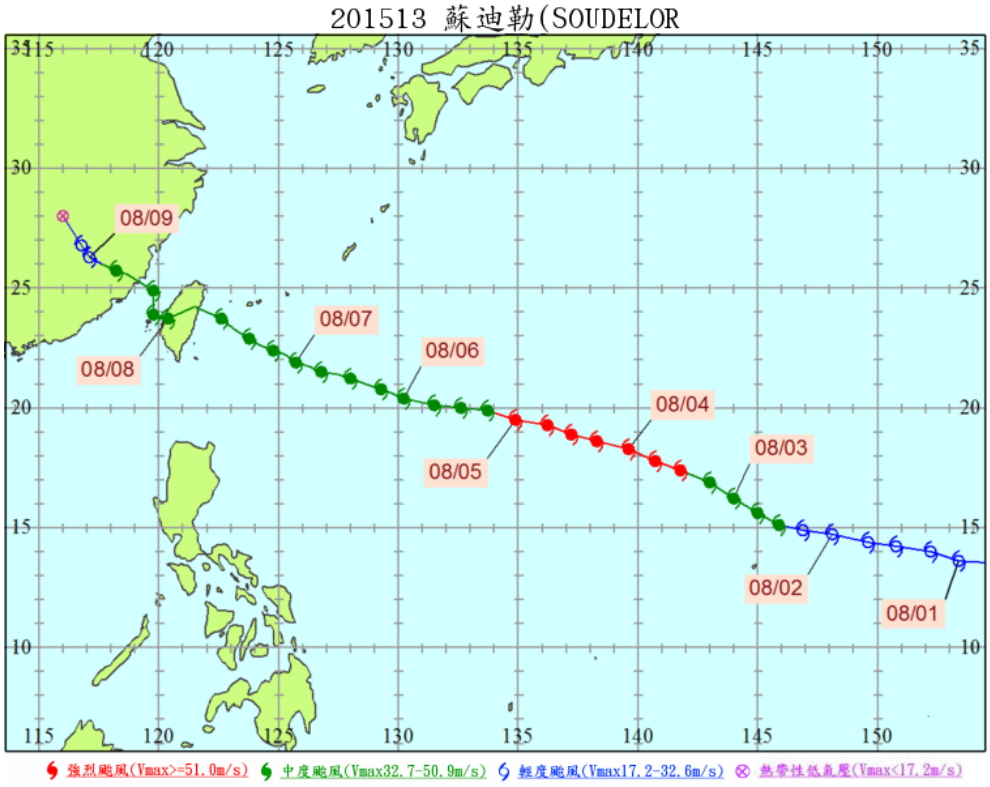


圖 3.3　2015 年中度颱風蘇迪勒行進路徑圖

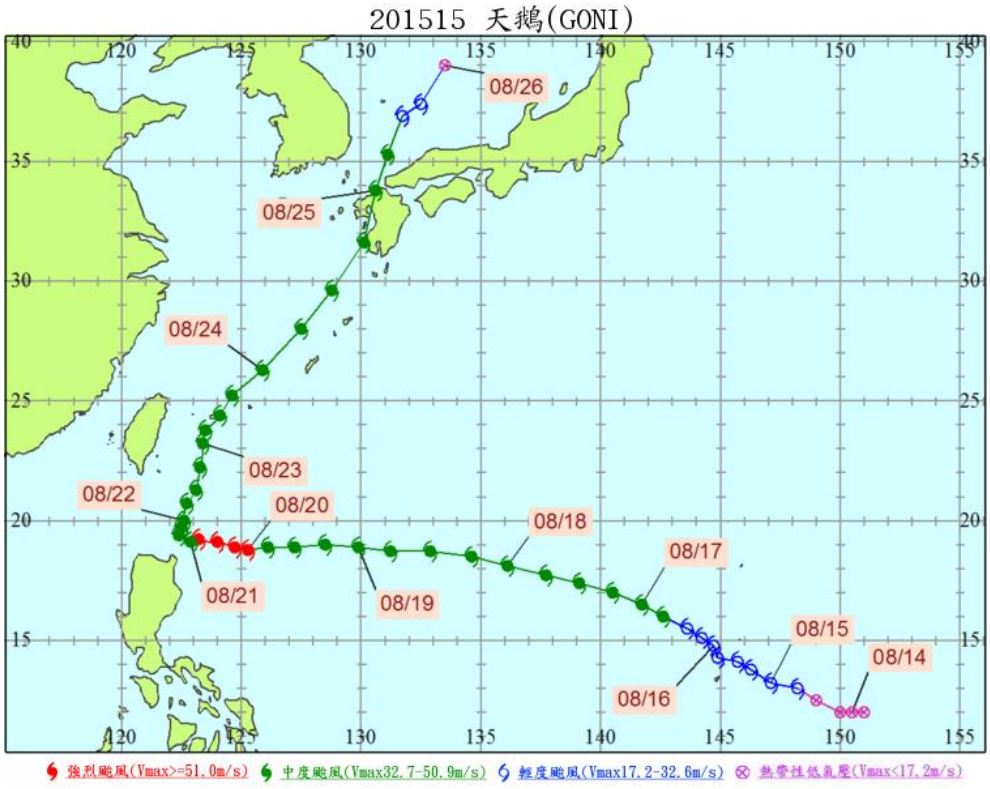


圖 3.3　(續 1)2015 年強烈颱風天鵝行進路徑圖

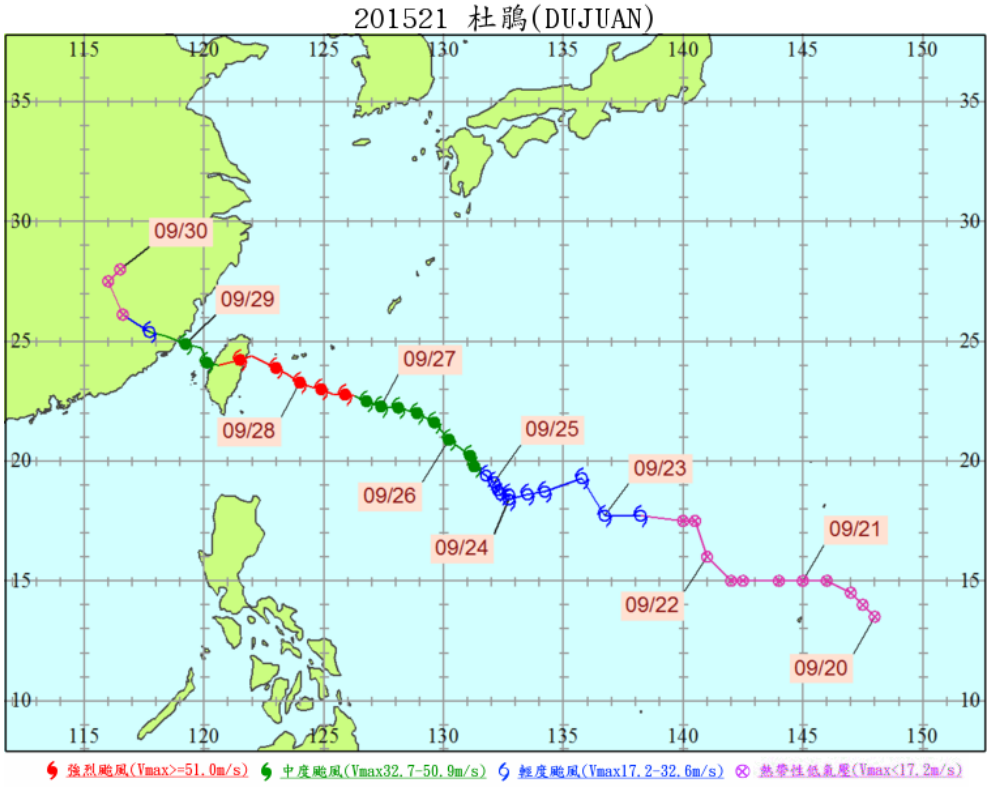


圖 3.3　(續 2)2015 年強烈颱風杜鵑行進路徑圖

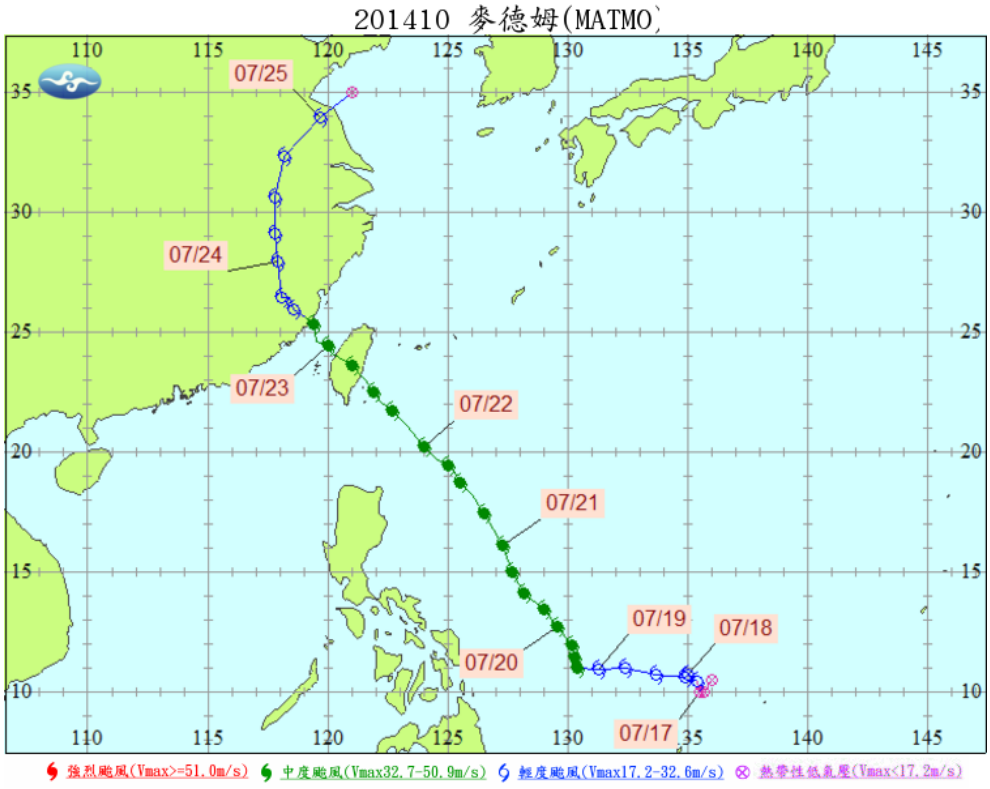


圖 3.4　2014 年中度颱風麥德姆行進路徑圖

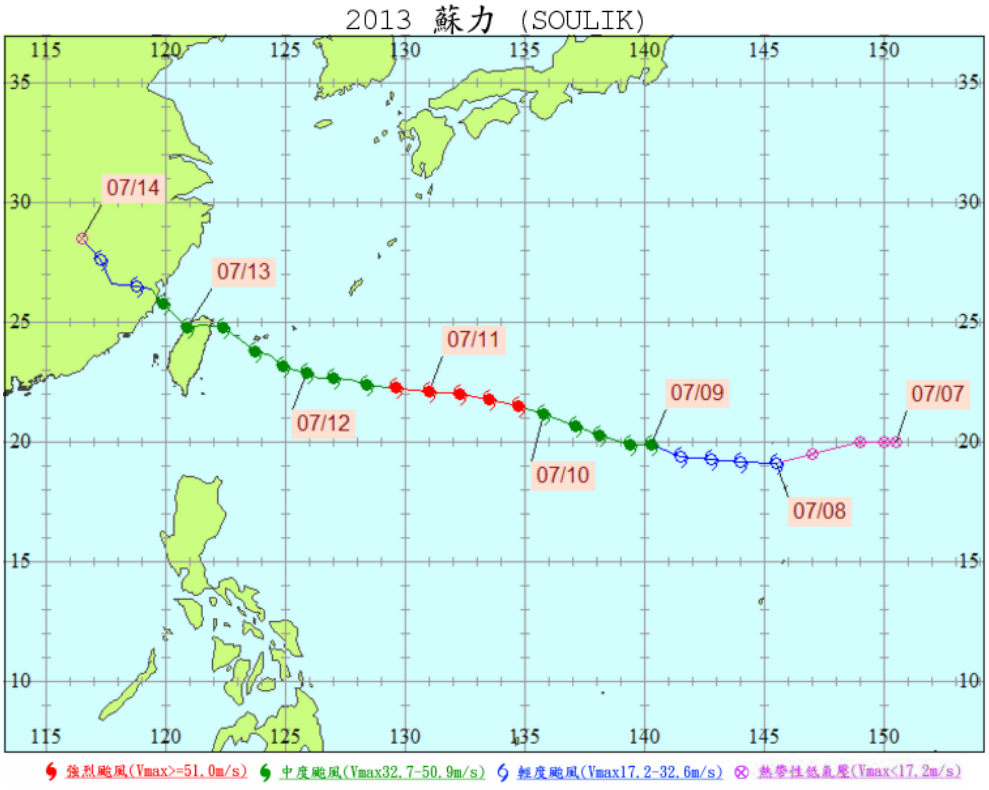


圖 3.5　2013 年強烈颱風蘇力行進路徑圖

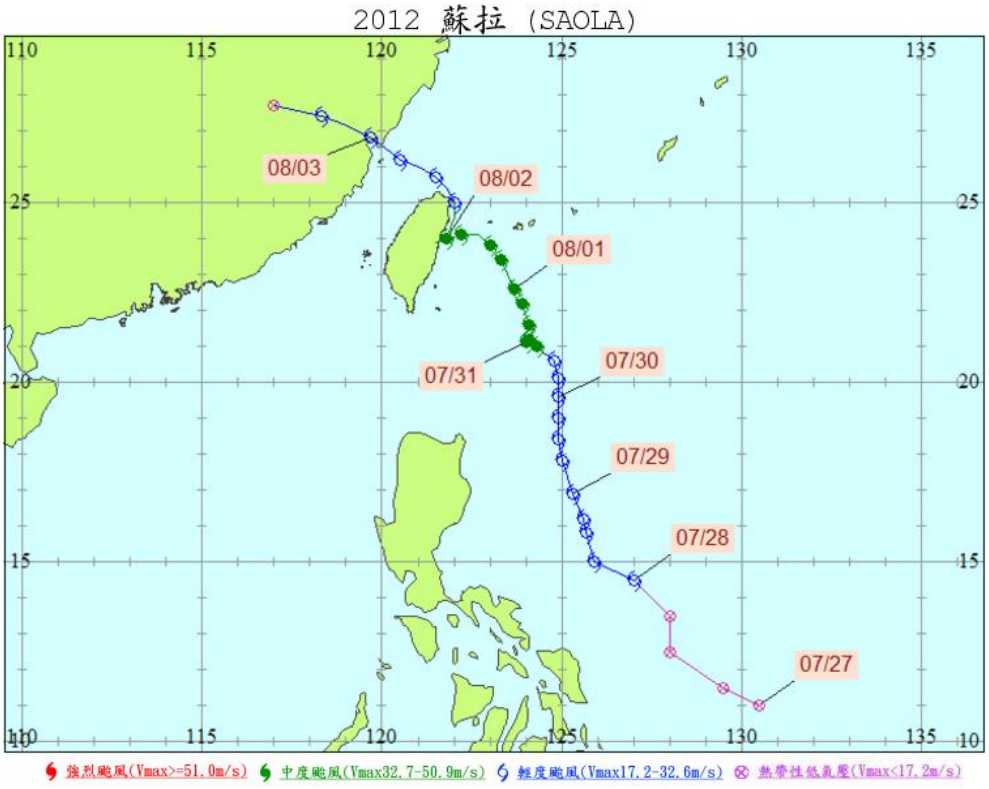


圖 3.6　2012 年中度颱風蘇拉行進路徑圖

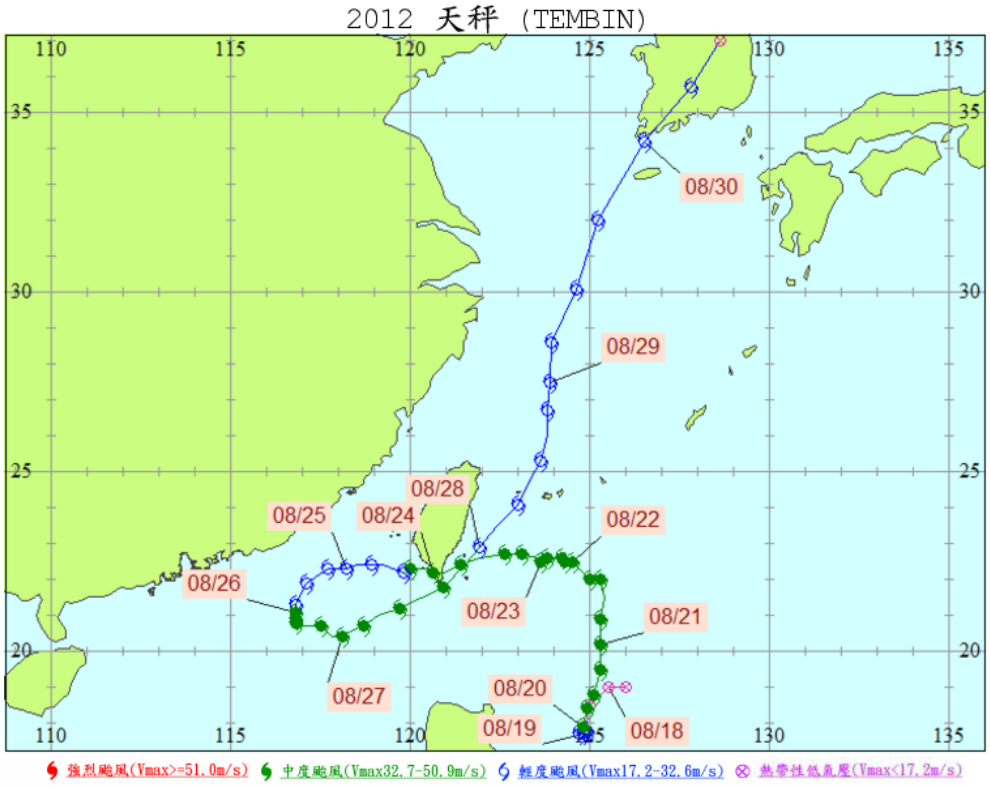


圖 3.6　(續)2012 年中度颱風天秤行進路徑圖

3.2 臺灣周圍海域颱風波浪模擬

考量風浪模擬系統冷啟動所需之模擬時間，本計畫設定系統冷啟動時間距離颱風海上警報發布時間至少 5 日，即含大尺度遠域模組冷啟動時間為 3 日及中尺度近域模組冷啟動時間 2 日，以確保中尺度臺灣周圍海域颱風波浪模擬結果之正確性。以 2016 年 7 月強烈颱風尼伯特為例，海上颱風警報於 6 日 14:30 發布，本計畫系統冷啟動時間為 6 月 29 日；或者 2015 年中度颱風蘇迪勒海上颱風警報於 8 月 6 日 11:30 發布，本計畫系統冷啟動時間為 8 月 1 日。

針對每日作業化模擬之數值結果，本計畫選取追算階段(即昨日風場)之模擬值與港研中心波浪觀測資料比較，繪製時序列比較圖及分析模擬值與觀測值間之均方根誤差(RMSE)及相關係數 R。圖 3.7 所示為本計畫近域風浪模組輸出點位及其對應的港研中心 AWCP 測站位置圖。

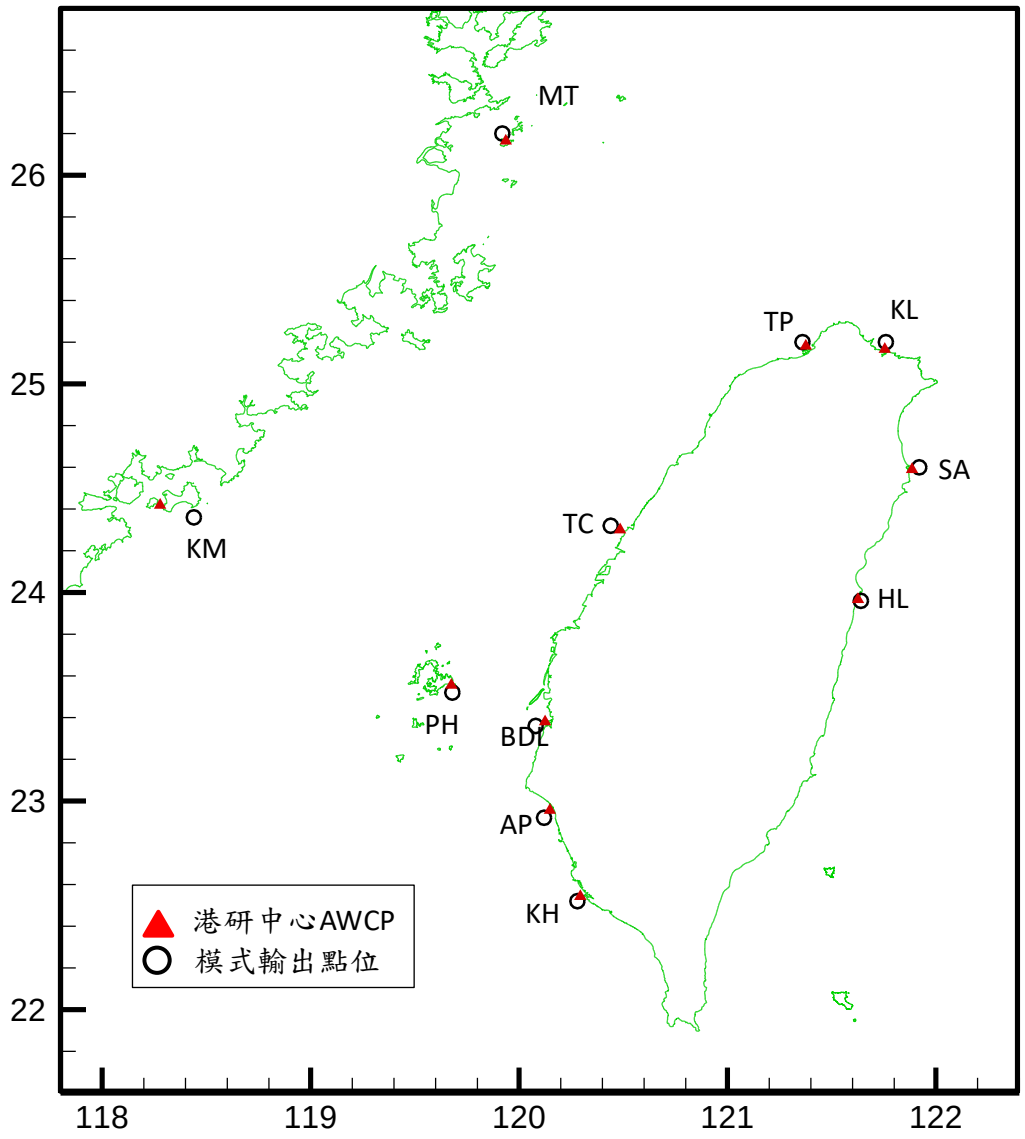


圖 3.7　近域風浪模組輸出點位及港研中心 AWCP 測站位置圖

有關本年度颱風波浪模擬結果與觀測值間比對及誤差分析結果說明如后。

3.2.1　2016 年強烈颱風尼伯特

2016 年強烈颱風尼伯特在關島南方海面形成後往西北西方向移動，侵臺路徑屬於第 4 類(參考圖 3.2 所示)；海上颱風警報於 07 月 06 日 14:30 發布，陸上颱風警報於 07 月 06 日 23:30 發布，颱風中心於 8 日 05:50 分自臺東縣太麻里鄉登陸，14:30 由臺南市將軍區進入臺灣海峽，於 07 月 09 日 14:30 同步解除海、陸颱風警報。尼伯特颱風侵臺期

間(0706 12~0709 18)各港口示性波高模擬值與觀測資料逐時比對結果，如圖 3.8 所示，圖中臺北港及布袋港缺乏觀測資料。各港口最大波高值不論模擬值或觀測均以花蓮港為最，蘇澳港次之；尼伯特颱風期間各港口最大波高模擬值普遍高於觀測值，僅蘇澳港及臺中港為例外，其最大波高觀測值略高模擬值。

誤差分析結果顯示東、北部海岸以花蓮港均方根誤差 1.427m 最大，相關係數 R 以蘇澳港 0.92 最佳；西部海岸臺中港、安平港及高雄港之均方根誤差分別為 0.615m、0.707m 及 0.913m，相關係數 R 以安平港 0.907 為最佳，可能與颱風在其附近出海有關。離島海域澎湖、金門及馬祖等測站示性波高觀測值明顯偏小，此可能與測站離岸較近，受到島嶼遮蔽影響所致；模式澎湖、金門及馬祖等點位波高模擬值之均方根誤差依序為 0.697m、1.417m 及 1.478m，相關係數 R 依序為 0.849、0.453 及 0.808，其中金門相關係數偏低原因可能與模式輸出點位距離測站較遠有關。

整體而言，尼伯特颱風侵臺期間波高變化模擬趨勢僅金門一站相關係數 R 較低外，其餘各站相關係數 R 均大於 0.8。

3.2.2 2016 年強烈颱風莫蘭蒂

2016 年強烈颱風莫蘭蒂在關島西方海面形成後往西北西轉西北方向移動，侵臺路徑屬於第 7 類(參考圖 3.2(續 1))；莫蘭蒂颱風海上颱風警報於 09 月 12 日 23:30 發布，陸上颱風警報於 13 日 08:30 發布，於 15 日 11:30 同步解除海、陸颱風警報。莫蘭蒂颱風侵臺期間(091300~0915 12)各港口示性波高模擬值與觀測資料逐時比對結果，如圖 3.9 所示；莫蘭蒂颱風期間各港口波浪觀測資料顯示颱風波浪顯著之港口包括花蓮、蘇澳、安平、高雄及澎湖等，其中花蓮港及安平港最大示性波高值均有顯著異常變化，導致模擬值與觀測值間誤差變大。花蓮港波高模擬趨勢整體明顯高於觀測值(異常波高值除外)，此顯示觀測值有受到花蓮港東防波堤之影響，而本計畫中尺度模組無法呈現此影響。依莫蘭蒂颱風行進路徑得知，颱風中心沿著高雄外海、經澎湖至金門登陸，因此高雄及澎湖二站波高變化趨勢模擬值與觀測值間高度

相關性可能與颱風路徑有關連。

誤差分析結果顯示東、北部海岸以花蓮港均方根誤差 2.208m 最大，相關係數 R 以蘇澳港 0.825 最佳；臺北港均方根誤差 0.431m 雖然最小，但其相關係數 R 僅為 0.085，相當於模擬值與觀測值不具相關性。西部海岸安平港因觀測資料出現異常且中斷，分析結果僅供參考。比較臺北港、臺中港、布袋港及高雄港相關係數 R 之變化，呈現出由北往南增大現象，此亦可能與颱風路徑有關連。離島除澎湖外，金門及馬祖觀測示性波高均有明顯偏小現象，波高模擬值之均方根誤差分別為 2.325m 及 2.038m，相關係數 R 為 0.734 及 0.779。

整體而言，莫蘭蒂颱風侵臺期間，在波高變化趨勢上基隆港、臺北港及臺中港等港口模擬值與觀測值間相關係數 R 均屬偏低(小於 0.5)，其中臺北港相關係數 R 接近 0，代表臺北港波浪波高變化與莫蘭蒂颱風無關連性。

3.2.3 2016 年中度颱風梅姬

2016 年中度颱風梅姬在關島附近海面形成後逐漸往西北西方向移動，侵臺路徑屬於第 3 類(參考圖 3.2(續 3)所示)；海上颱風警報於 9 月 25 日 23:30 發布，陸上颱風警報於 26 日 11:30 發布，颱風中心於 27 日 14 日於花蓮市附近登陸，21 時 10 分由雲林縣麥寮出海，海、陸颱風警報於 28 日 17:30 同步解除。梅姬颱風侵臺期間(0926 00~0928 18)各港口示性波高模擬值與觀測資料比對結果，如圖 3.10 所示，圖中安平港及金門無觀測資料，臺中港及澎湖、馬祖出現觀測中斷現象，其中臺中港在觀測中斷前測得接近 11m 之示性波高。梅姬颱風期間各港口波浪觀測及模擬資料顯示，颱風波浪最大值出現在蘇澳港，蘇澳港整體模擬趨勢與觀測值相當接近，僅在颱風波高峰值部份，模擬值較明顯低於觀測。另外，花蓮港在颱風登陸前(接近中)模擬值明顯大於觀測值(原因可能與東防波堤有關)，基隆港波高模擬值顯著高出觀測值近倍，原因尚待進一步探討。

誤差分析結果顯示東、北部海岸以基隆港均方根誤差 3.376m 最

大，花蓮港等四港口模擬值與觀測值間相關係數 R 均大於 0.86，其中以蘇澳港 0.916 最佳。在西部海岸臺中港、布袋港及高雄港波高模擬值之均方根誤差均小於 1.0m，各港波高相關係數 R 臺中港在資料中斷前 R 為 0.882，布袋港及高雄港 R 分為 0.952 及 0.916，均屬於高度相關結果。離島馬祖觀測示性波高明顯偏小，波高模擬值之均方根誤差分別為 3.294m，相關係數 R 為 0.934。

3.2.4 2015 年中度颱風蘇迪勒

2015 年中度颱風蘇迪勒生成後穩定向西北西移動，侵臺路徑屬於第 3 類(參考圖 3.3 所示)；海上颱風警報於 08 月 6 日 11:30 發布，陸上颱風警報於 6 日 20:30 發布，颱風中心於 8 日 04:40 左右由花蓮秀林鄉登陸，11 時在雲林縣臺西鄉出海，海、陸颱風警報於 9 日 08:30 同步解除。颱風侵臺期間(0806 12~0809 12)各港口示性波高模擬值與觀測資料比對結果，如圖 3.11 所示，圖中布袋港缺乏觀測資料。蘇迪勒颱風期間各港口波浪觀測及模擬資料顯示，颱風波浪最大值出現在蘇澳港(同 2016 年中度颱風梅姬)，臺中港波高觀測同樣出現異常波高值(約 11m)。蘇澳港整體波高變化趨勢模擬結亦與觀測值相當近似，在颱風波高峰值部份，模擬值較略高於觀測值，此與 2016 年中度颱風梅姬模擬值偏低不同。另外，花蓮港颱風期間模擬值均明顯大於觀測值，同樣地，基隆港波高模擬值顯著高出觀測值近倍。臺北港與西部海岸臺中港、安平港及高雄港等港口，波高變化及趨勢模擬值與觀測值均相當近似。

誤差分析結果顯示東、北部海岸以基隆港均方根誤差 3.338m 最大，花蓮港 2.298m 次之；四港口模擬值與觀測值間相關係數 R 均大於 0.9，其中以臺北港 0.955 為最佳，蘇澳港 0.945 次之。在西部海岸安平港及高雄港波高模擬值之均方根誤差均小於 1.0m，安平港及高雄港波高相關係數 R 亦大於 0.9，均屬於高度相關性。離島金門觀測示性波高同樣明顯偏小，波高模擬值之均方根誤差分別為 1.528m，相關係數 R 為 0.801。

整體而言，蘇迪勒颱風與 2016 年中度颱風梅姬均屬第 3 類侵臺路

徑，因此東、北部海岸模擬與觀測結果均相當類似，如花蓮港與基隆港模擬值相對於觀測值呈現出明顯、顯著偏大結果，蘇澳港及臺北港波高變化模擬值與觀測值具有一致性。

3.2.5 2012 年中度颱風天秤

2012 年中度颱風天秤侵臺路徑屬於特殊(參考圖 3.6 所示)，第一次海上颱風警報於 08 月 21 日 14:30 發布，陸上颱風警報於 22 日 05:30 發布，陸上、海上颱風警報分別於 25 日 08:30 及 14:30 解除；之後，再度於 26 日 11:30 發布第二次海上颱風警報、27 日 02:30 發布第二次陸上颱風警報，第二次陸上、海上颱風警報分別於 28 日 20:30 及 23:30 解除。針對天秤颱風侵臺期間(0821 12~082900)各港口示性波高模擬值與觀測資料比對結果，如圖 3.12 所示，圖中僅花蓮、蘇澳、基隆、臺北及安平等 5 港口有觀測資料。特殊路徑之天秤颱風在前後長達 8 天期間內，各港口波高模擬值相關係數 R 最高者為花蓮港 0.767，其次臺北港 0.706，蘇澳港 0.464 最低；波高均方根誤差除基隆港 1.091m 略高外，其餘港口波高均方根誤差均小於 1.0m，其中以臺北港 0,414m 最低。

整體而言，中度天秤颱風強度不若前述 2015 年蘇迪勒颱風與 2016 年颱風梅姬，因此天秤颱風引起的颱風波浪明顯較低。

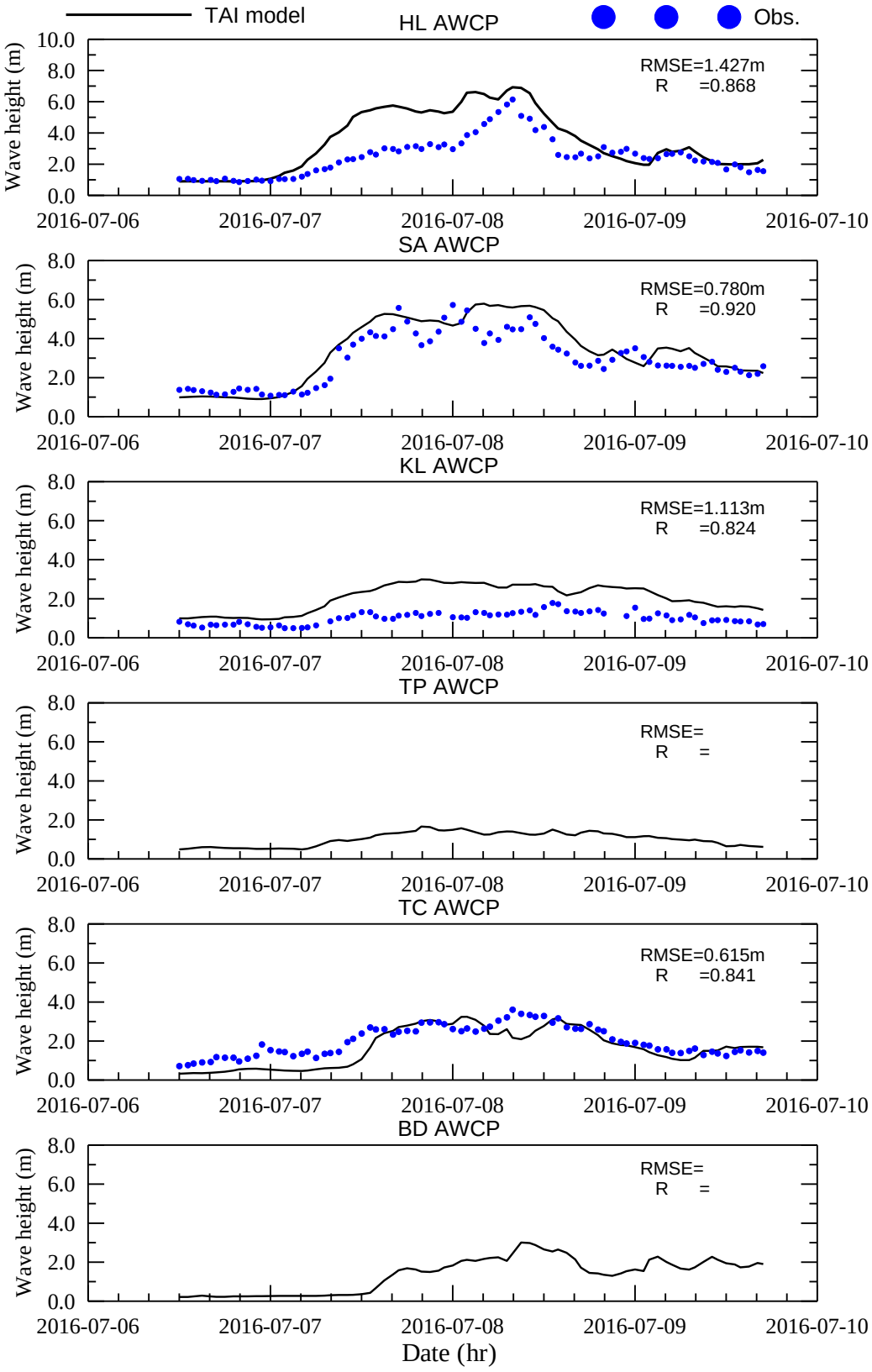


圖 3.8　2016 年強烈颱風尼伯特波高模擬值與觀測值比較

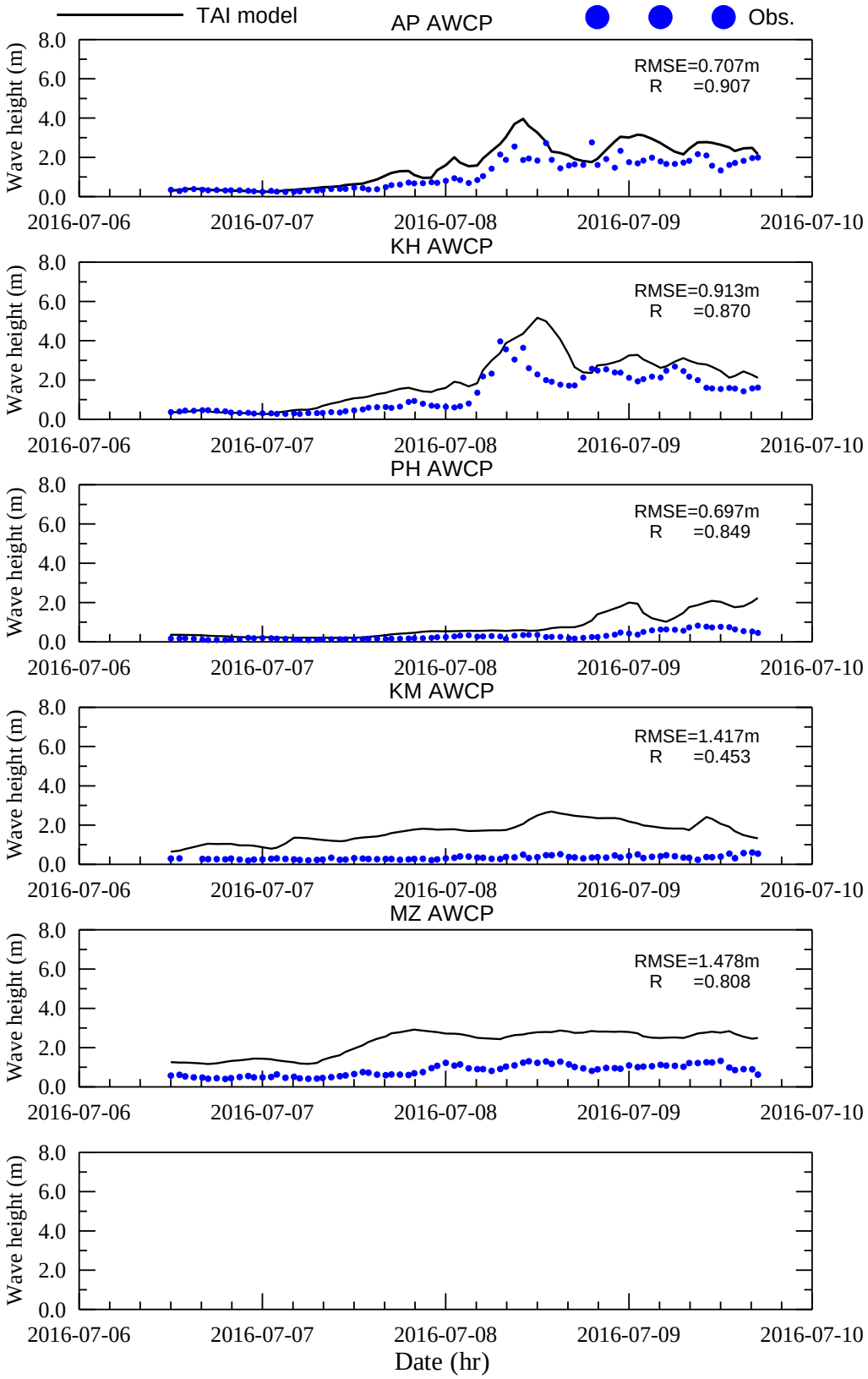


圖 3.8　(續)2016 年強烈颱風尼伯特波高模擬值與觀測值比較

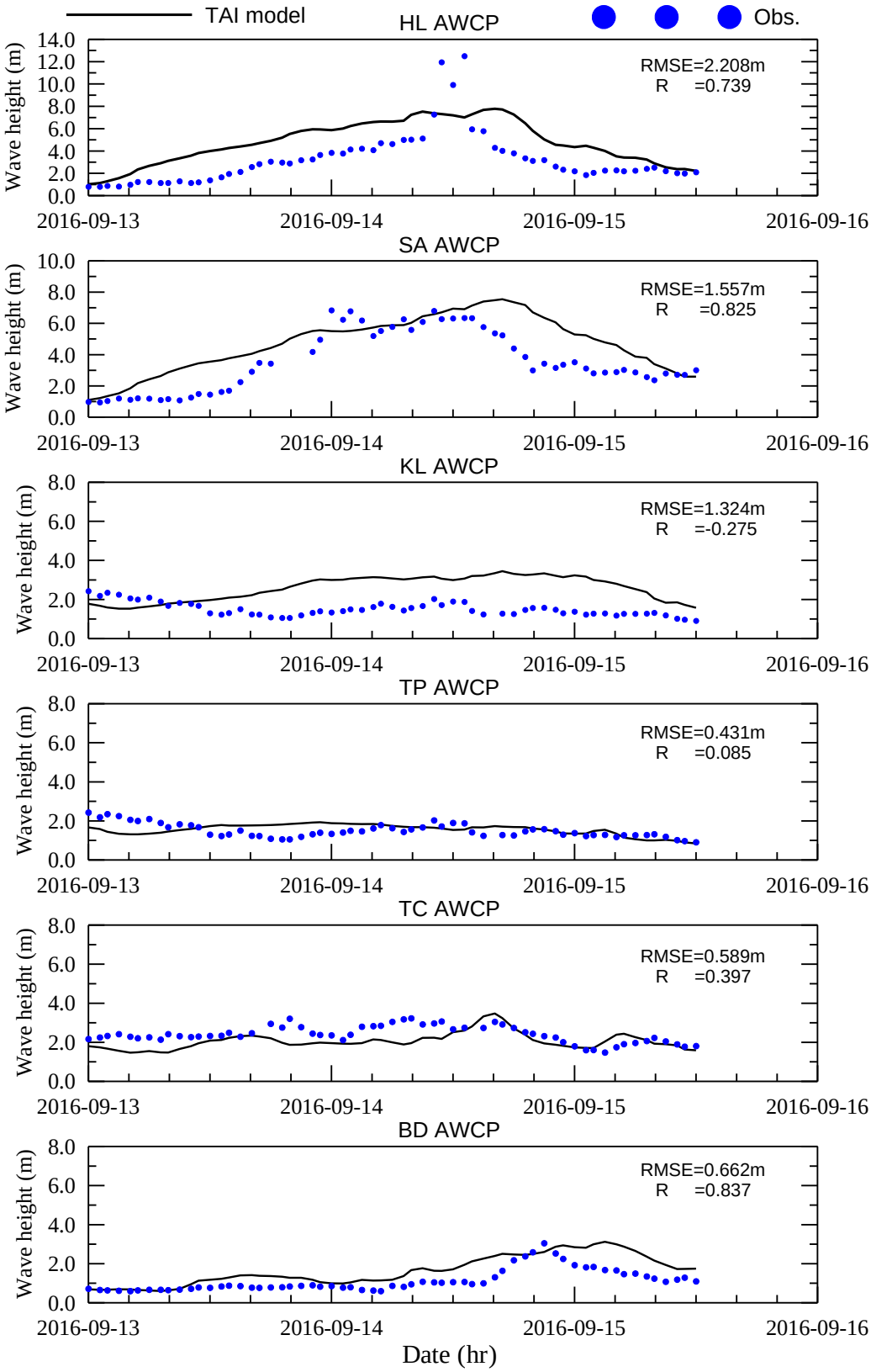


圖 3.9　2016 年強烈颱風莫蘭蒂波高模擬值與觀測值比較

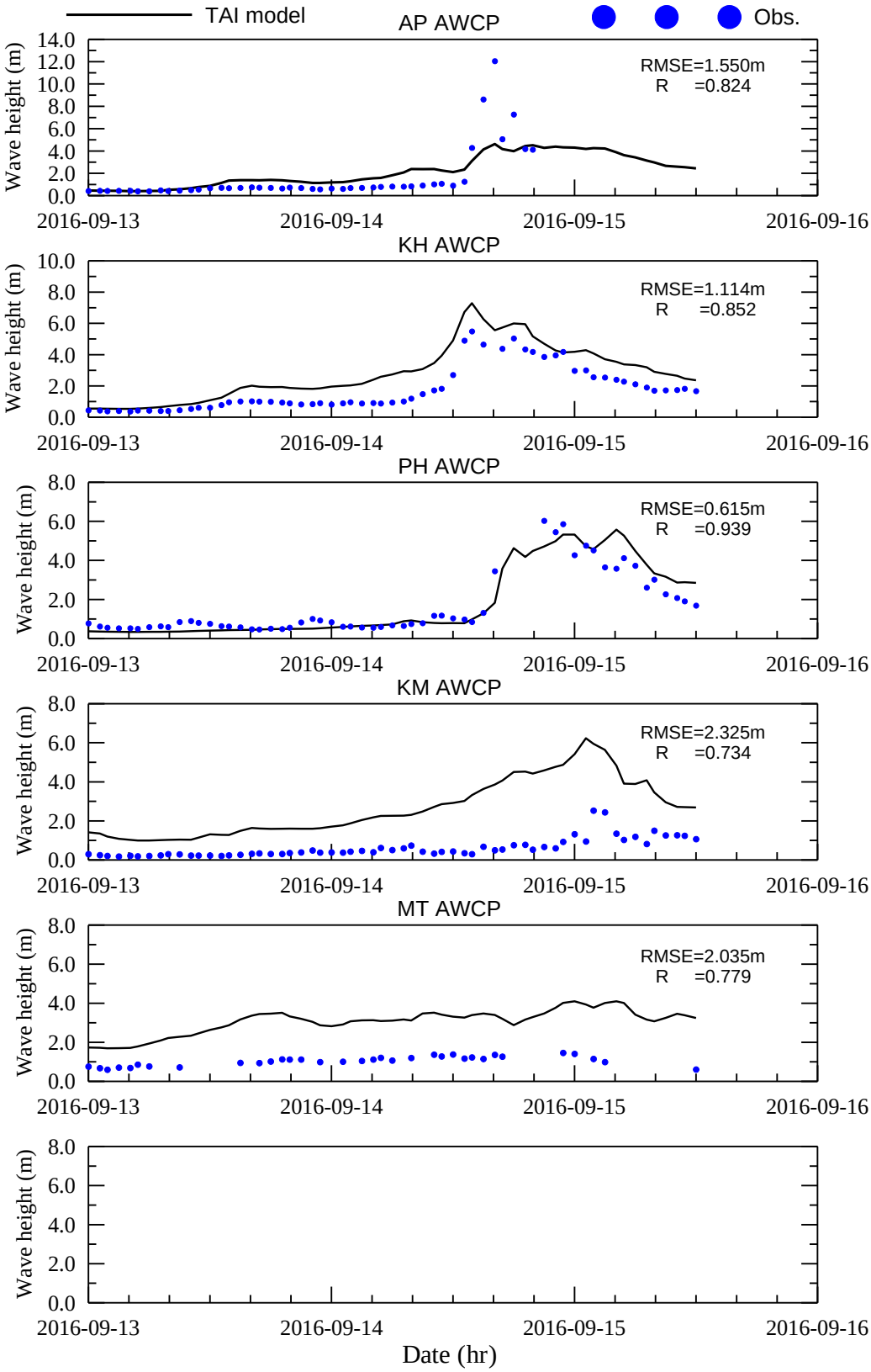


圖 3.9 (續) 2016 年強烈颱風莫蘭蒂波高模擬值與觀測值比較

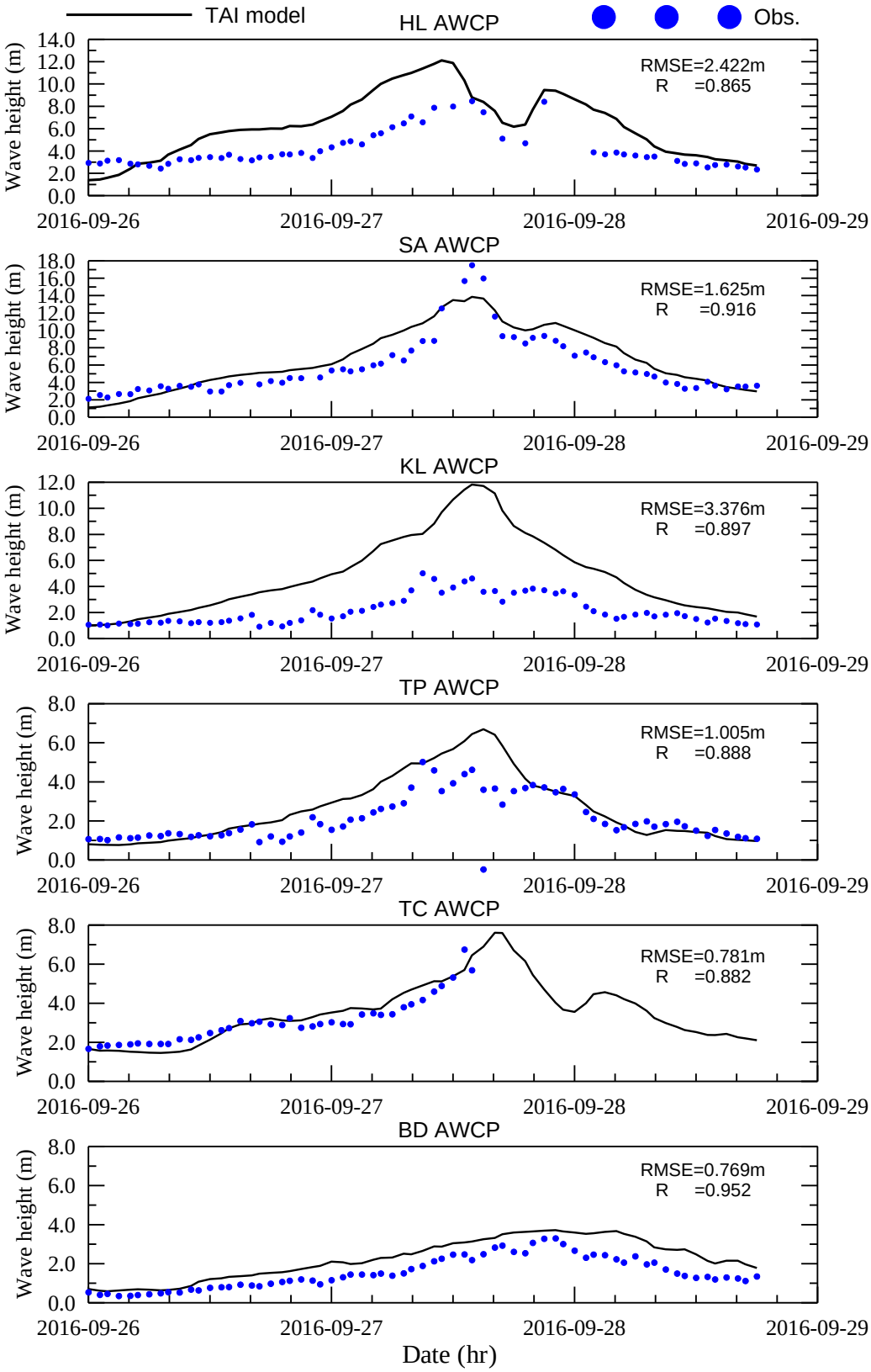


圖 3.10　2016 年中度颱風梅姬波高模擬值與觀測值比較

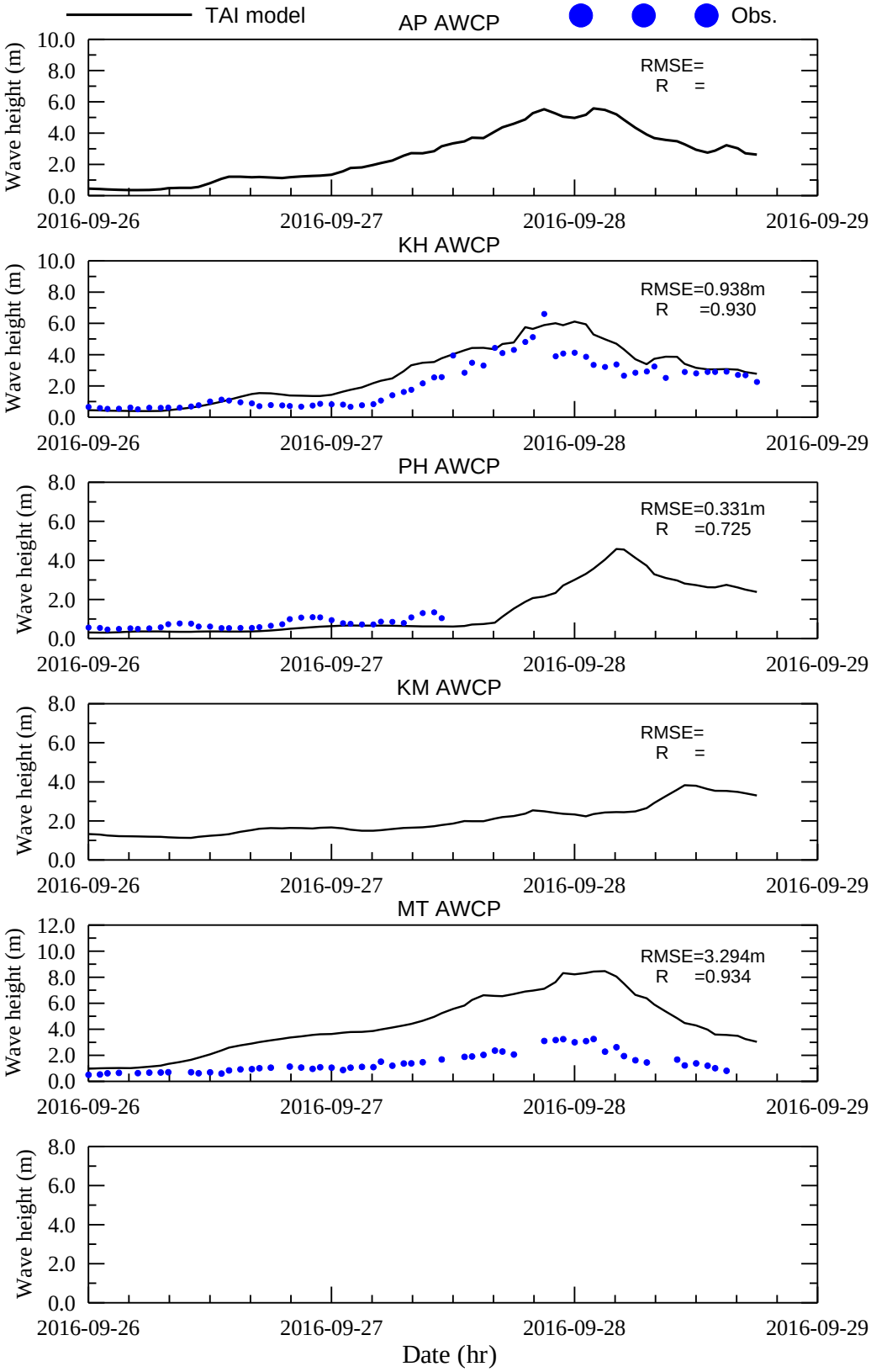


圖 3.10　(續) 2016 年中度颱風梅姬波高模擬值與觀測值比較

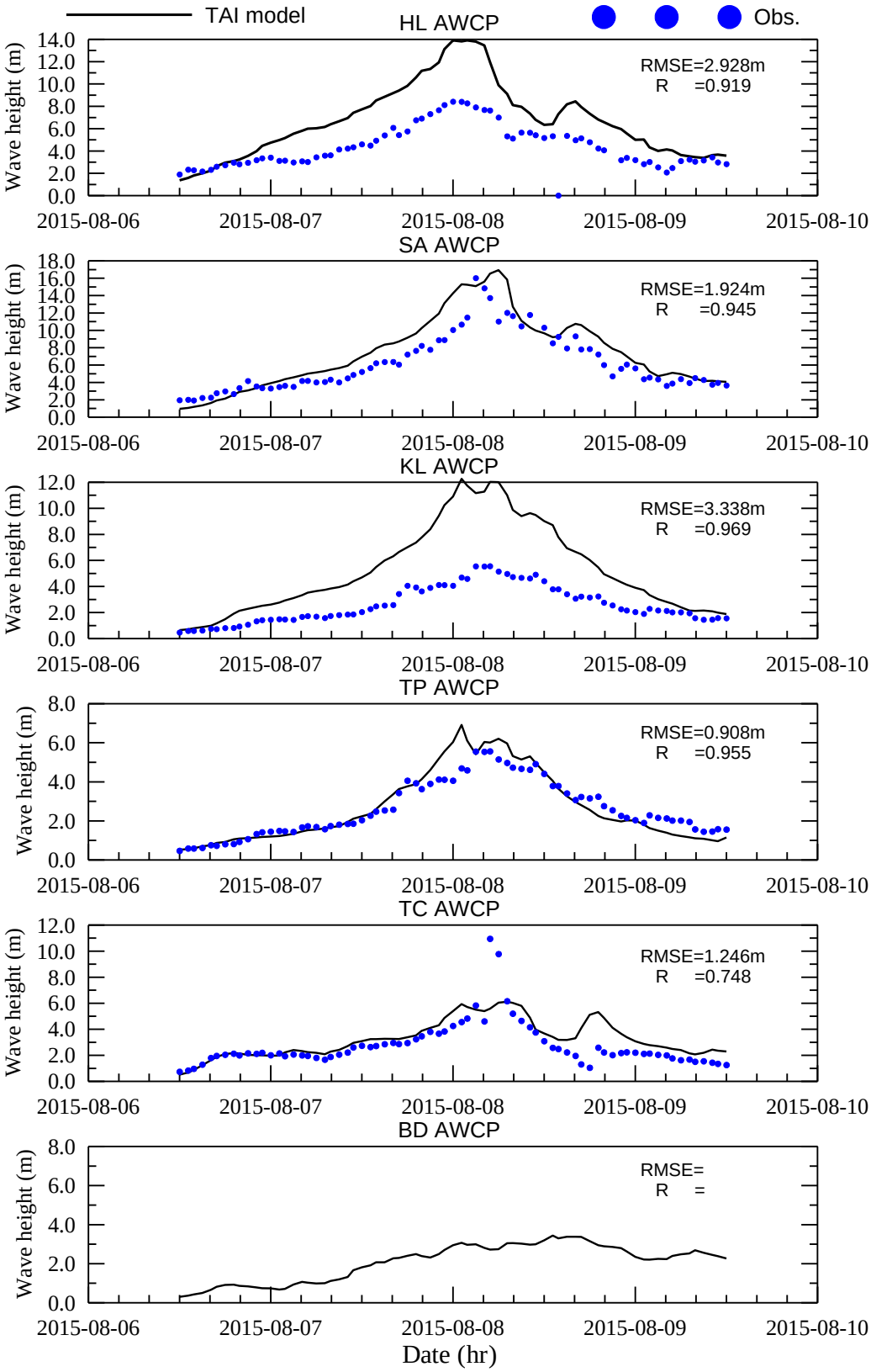


圖 3.11　2015 年中度颱風蘇迪勒波高模擬值與觀測值比較

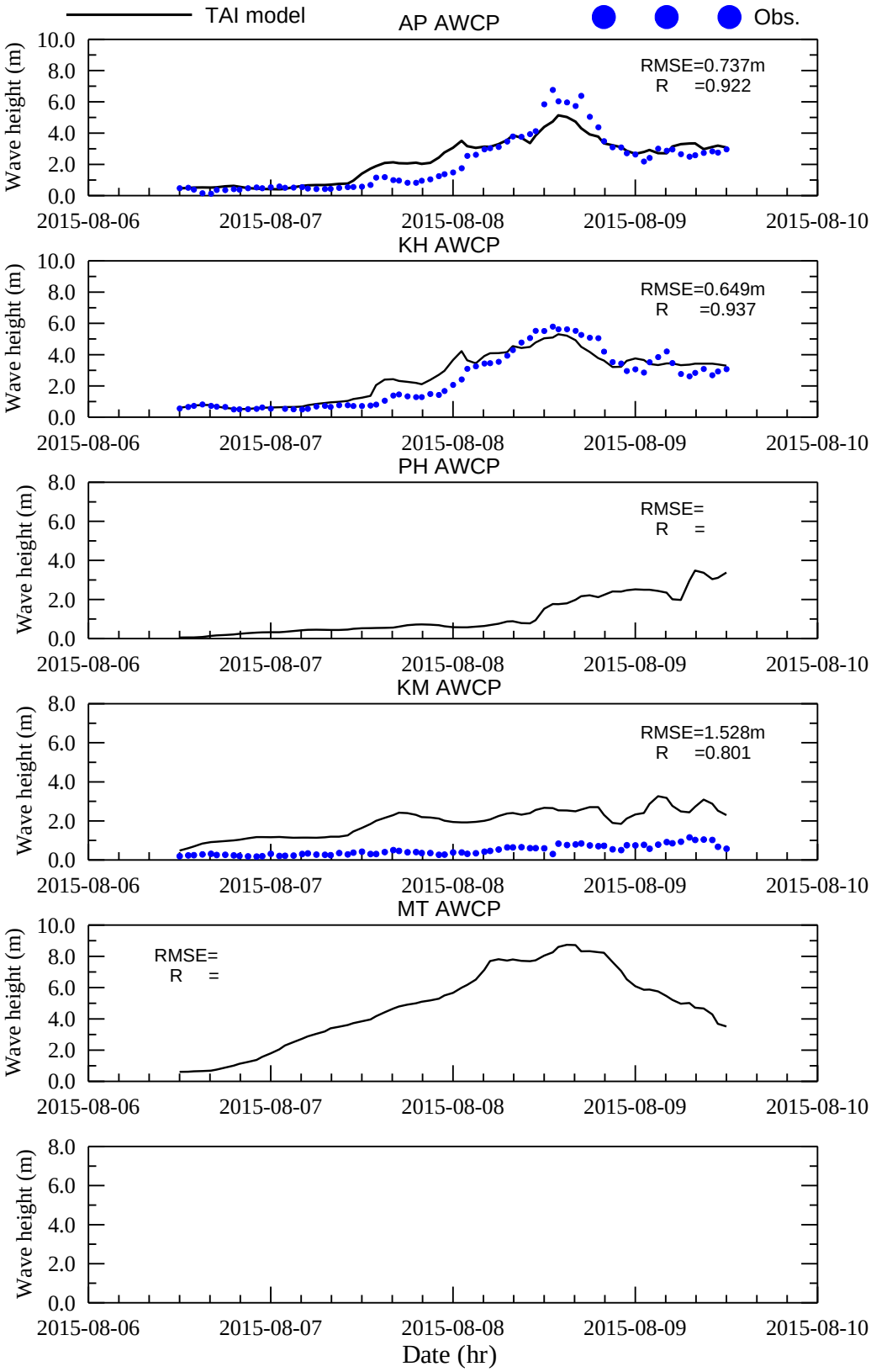


圖 3.11　(續) 2015 年中度颱風蘇迪勒波高模擬值與觀測值比較

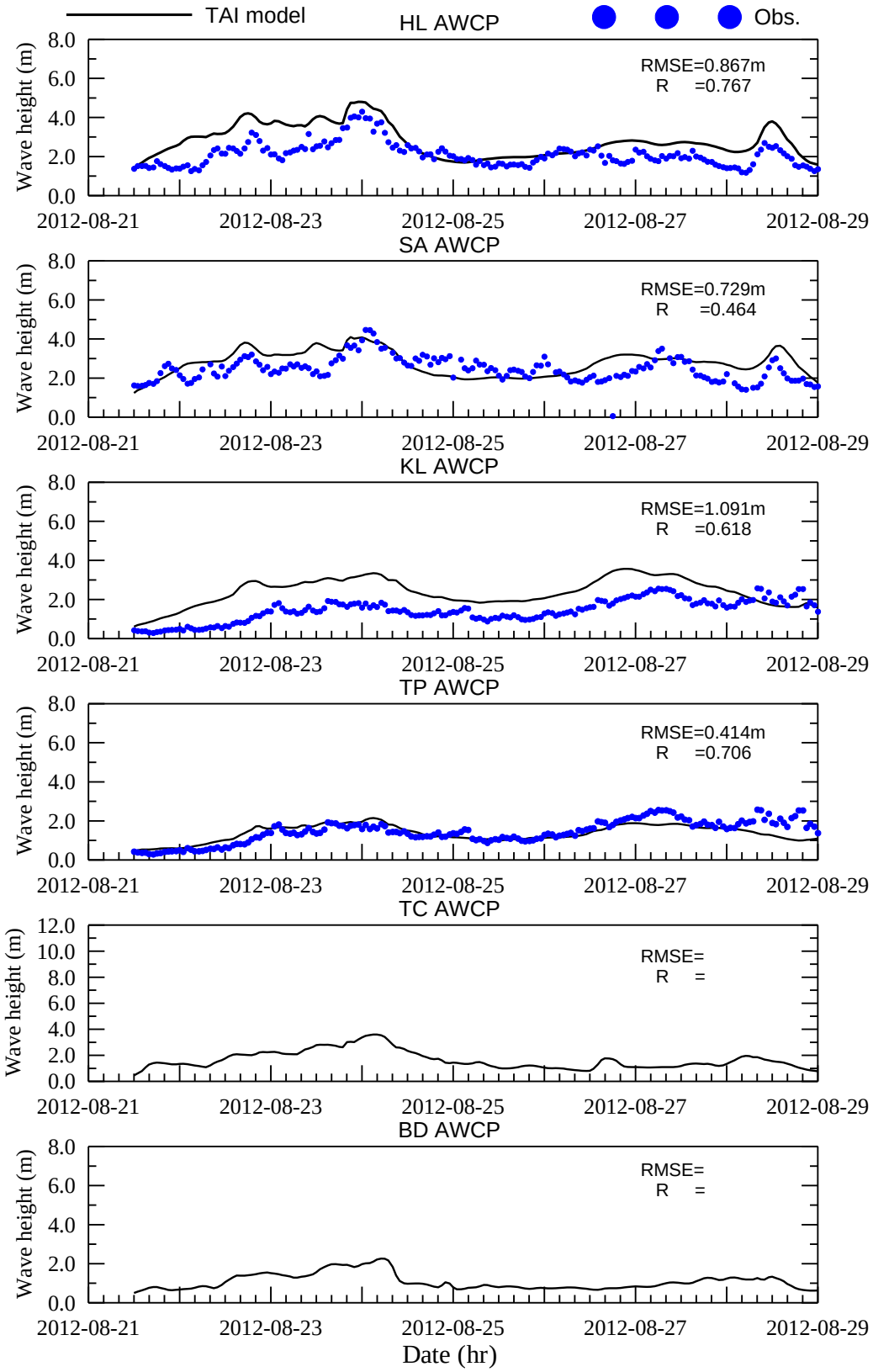


圖 3.12　2012 年中度颱風天秤波高模擬值與觀測值比較

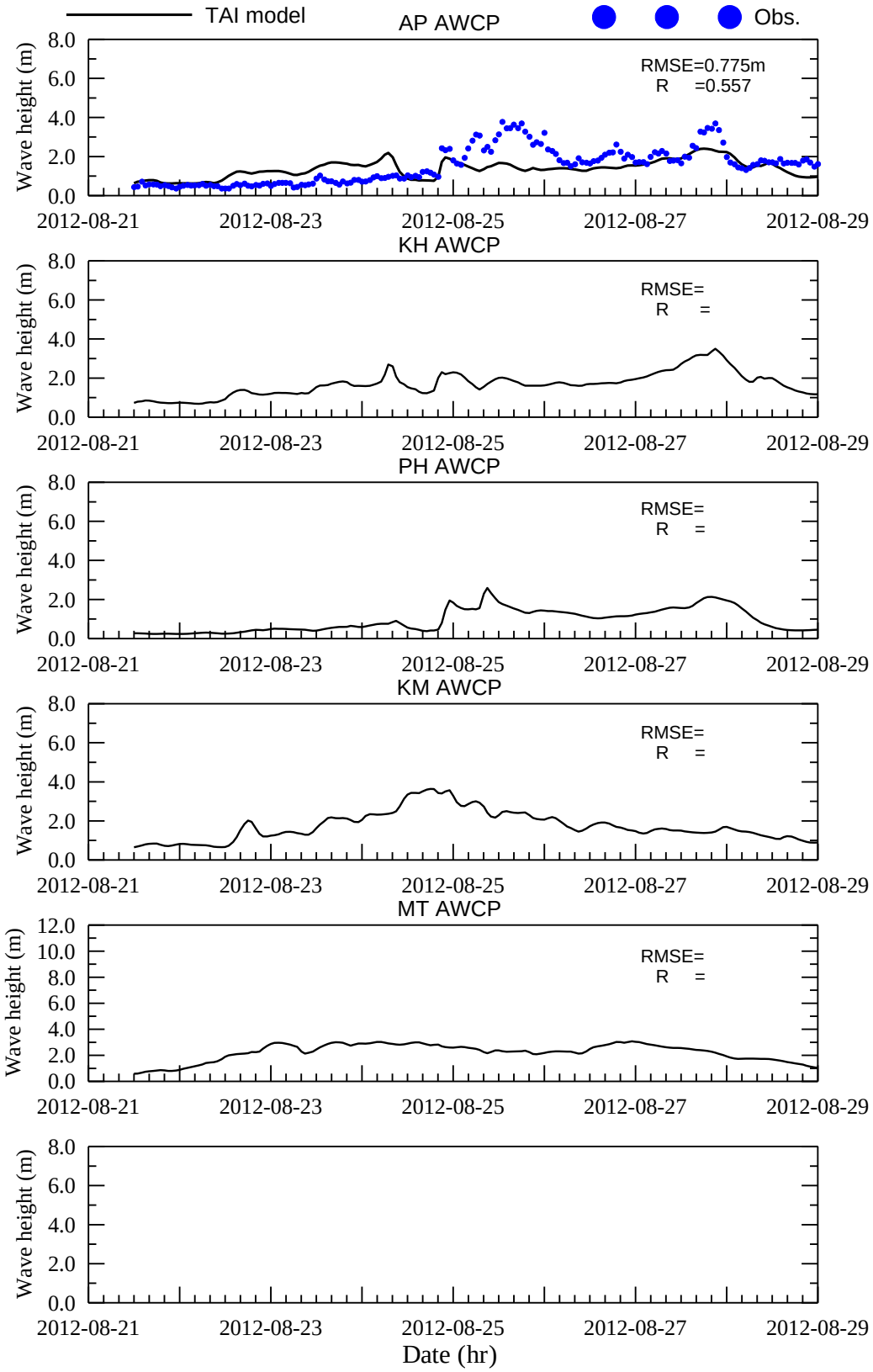


圖 3.12　(續) 2012 年中度颱風天秤波高模擬值與觀測值比較

第四章　臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

4.1 臺灣周圍海域水動力模式介紹

在 TaiCOMS 新建水動力模擬子系統下，臺灣周圍海域水動力模組係採用有限元素二維水動力數值模式(參考附錄一)建構，結合每日作業化風壓場資料，模擬臺灣周圍海域水位及流場，同時提供各小尺度水動力模組每日作業化所需水位邊界條件(參考圖 2.18)。模式相關設定簡述如下：

4.1.1 模擬範圍

中尺度臺灣周圍海域水動力模式模擬範圍為東經 116.5°～125°及北緯 21°～26.5°之海域，如圖 4.1 所示。

4.1.2 數值計算網格

臺灣周圍海域水動力模式之非結構數值計算網格，如圖 4.2 所示，共計有由 8237 個節點及 15800 個三角形元素。

4.1.3 地形水深資料

本計畫整合海科中心公布的臺灣附近海域格網數值水深資料及海軍測量局刊行的臺灣沿海五萬分之一海軍水道圖數化水深資料，再利用繪圖軟體內插工具產生計算網格節點上水深值，如圖 4.3 所示。

4.1.4 模式邊界條件及初始條件

本計畫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

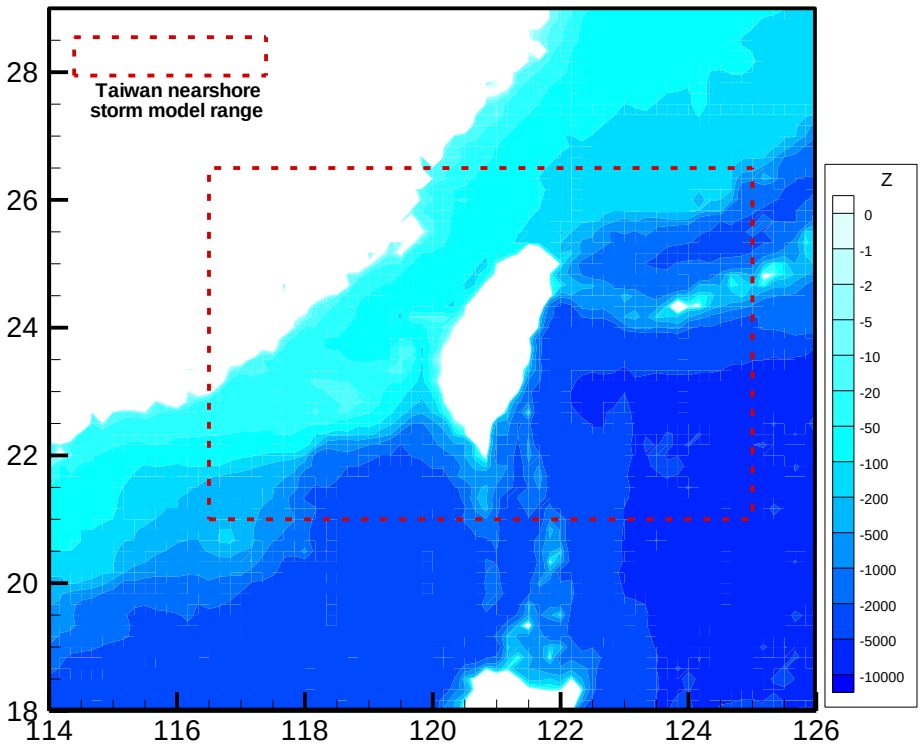


圖 4.1　臺灣周圍海域水動力模組之模擬範圍示意圖

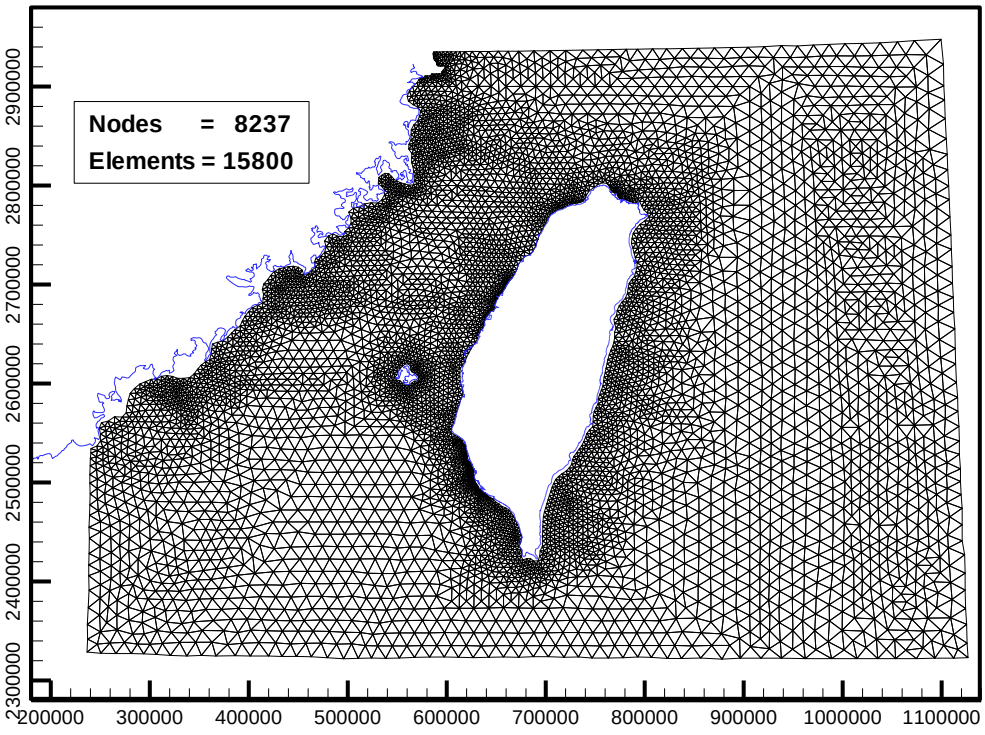


圖 4.2　臺灣周圍海域水動力模組之三角形元素計算網格圖

$$\eta = \eta_a(t) + \frac{\Delta P(t)}{\rho g} \quad \text{.....(4.1)}$$

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，本計畫利用 Matsumoto et al. (2000)發展的 NAO.99Jb 模式，預測數值計算網格開放邊界節點之天文潮水位時序列資料，作為模式之輸入條件，如圖 4.4 所示。圖 4.4 所示分別為計算網格開放邊界四個角落節點之天文潮時序列資料，顯示數值計算網格左上角鄰近陸地(中國大陸)之節點其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。

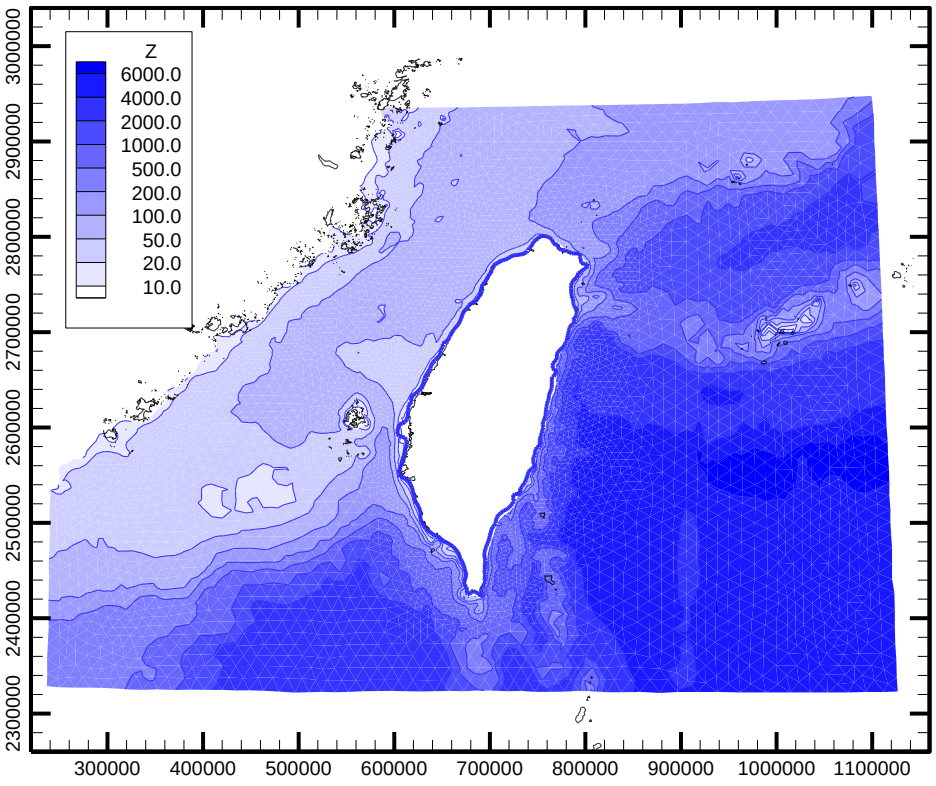


圖 4.3　臺灣周圍海域水動力模組數值計算網格之水深分布圖

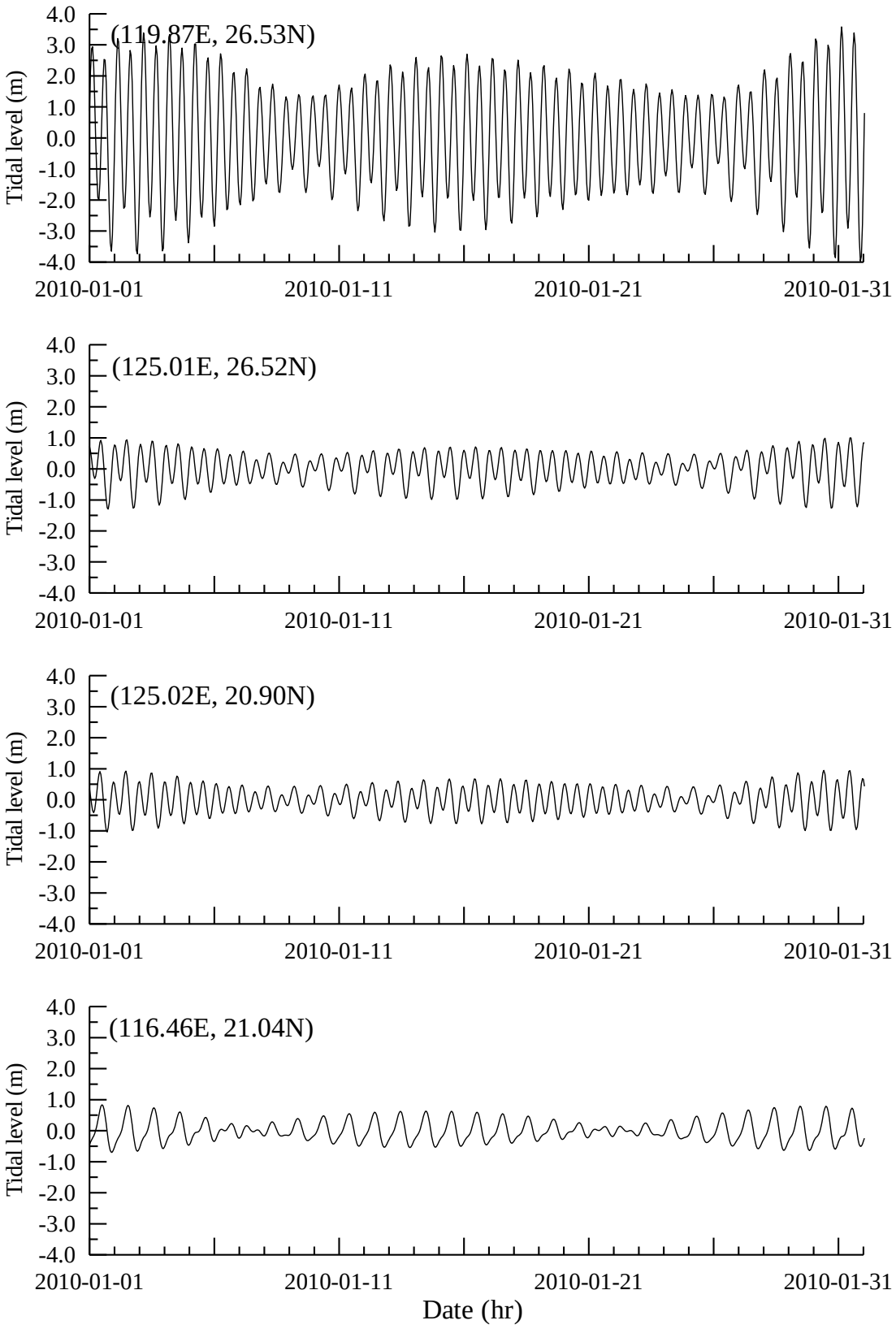


圖 4.4　臺灣周圍海域水動力模式採用的天文潮水位邊界條件圖

4.2 臺灣周圍海域水動力模式驗證

4.2.1 天文潮模擬與水位驗證

在不考慮氣象因素(如風場及氣壓場)之情況下，本計畫中尺度水動力模式可以模擬臺灣周圍海域天文潮變化。圖 4.5 所示為臺灣周圍海域水動力模式主要商港水位輸出點位置，本計畫選取 2015 年 1 月至 12 月模式天文潮水位逐時模擬結果，分別與港研中心主要商港包括花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港及高雄港等水位即時觀測值、潮位調和分析預測值比較，如圖 4.6 及圖 4.7 所示。驗證結果顯示，臺灣周圍海域水動力模式天文潮水位模擬歷線與水位觀測值、調和分析潮位預測值相當近似。本計畫另選取花蓮港、基隆港、臺北港、臺中港、高雄港及澎湖港等港口水位模擬值，分別與中央氣象局(CWB)、港研中心之潮位觀測值比較，分析模擬值與觀測值間之均方根誤差(RMSE)及相關係數(R)，如表 4.1 及表 4.2 所列。誤差分析結果顯示潮差小的地區如花蓮港、基隆港、高雄港等，模式水位模擬值與氣象局或港研中心觀測值間月均方根誤差之年平均值均小於 0.1 m，潮差大者如臺北港、臺中港及澎湖港等，月均方根誤差年平均值約介於 0.1～0.2 m。各港口水位相關係數分析結果，除少數分析結果樣本外，均呈現高度相關性。

表 4.1　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 4.2　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

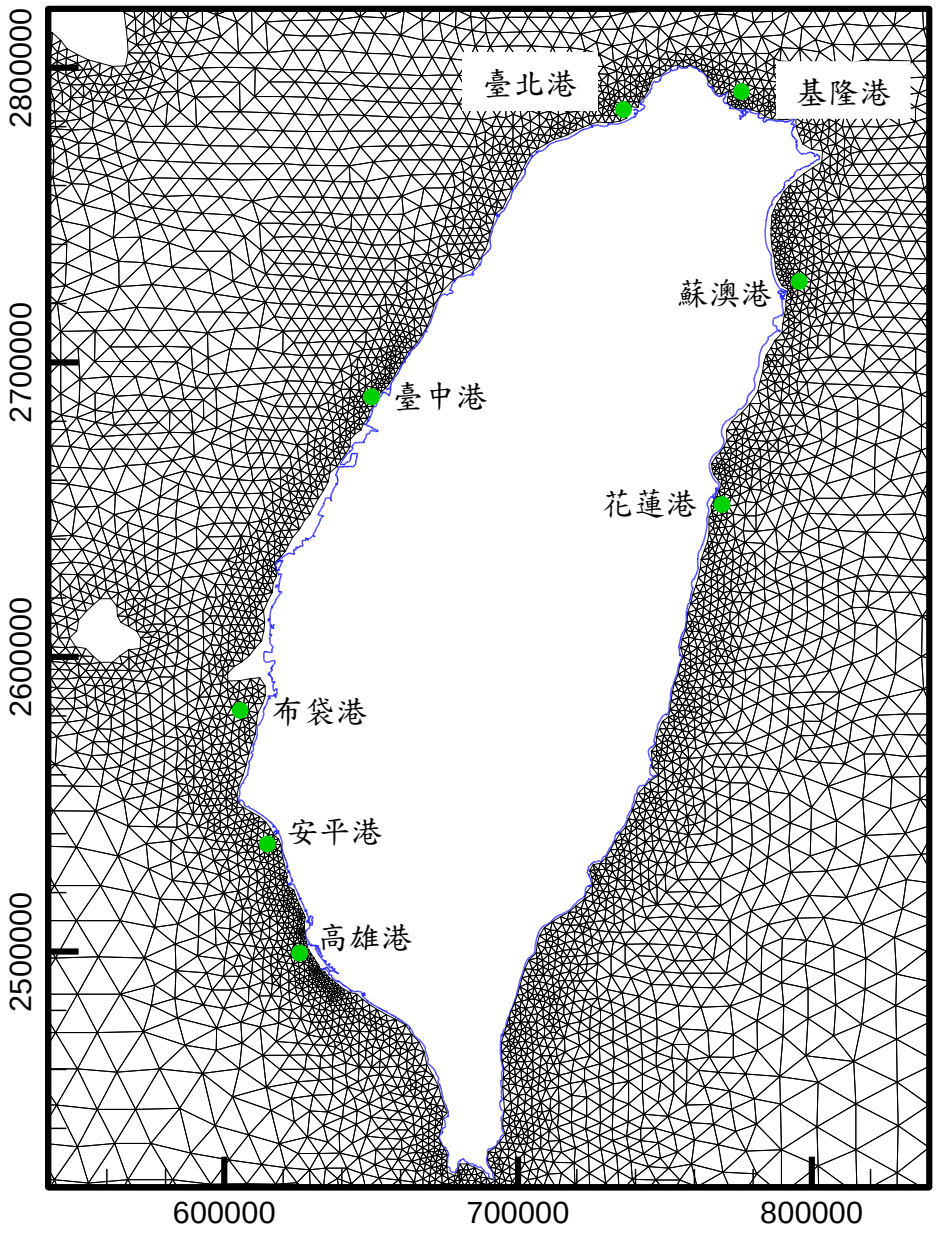


圖 4.5　主要商港颱風暴潮模擬結果之輸出點位圖

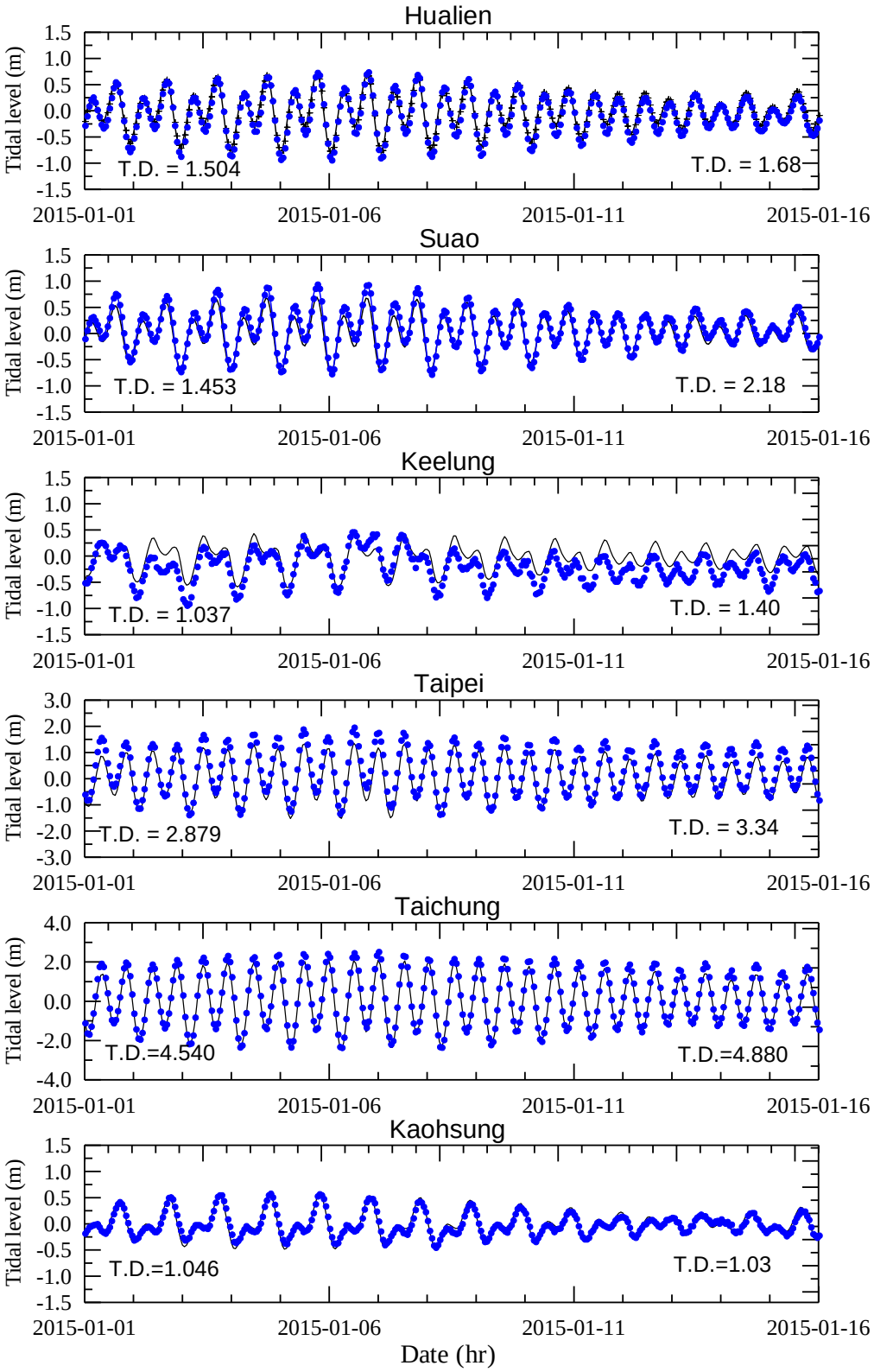


圖 4.6　本計畫中尺度水動力模式模擬結果(實線)與主要商港潮位觀測值(圓點)之比較圖

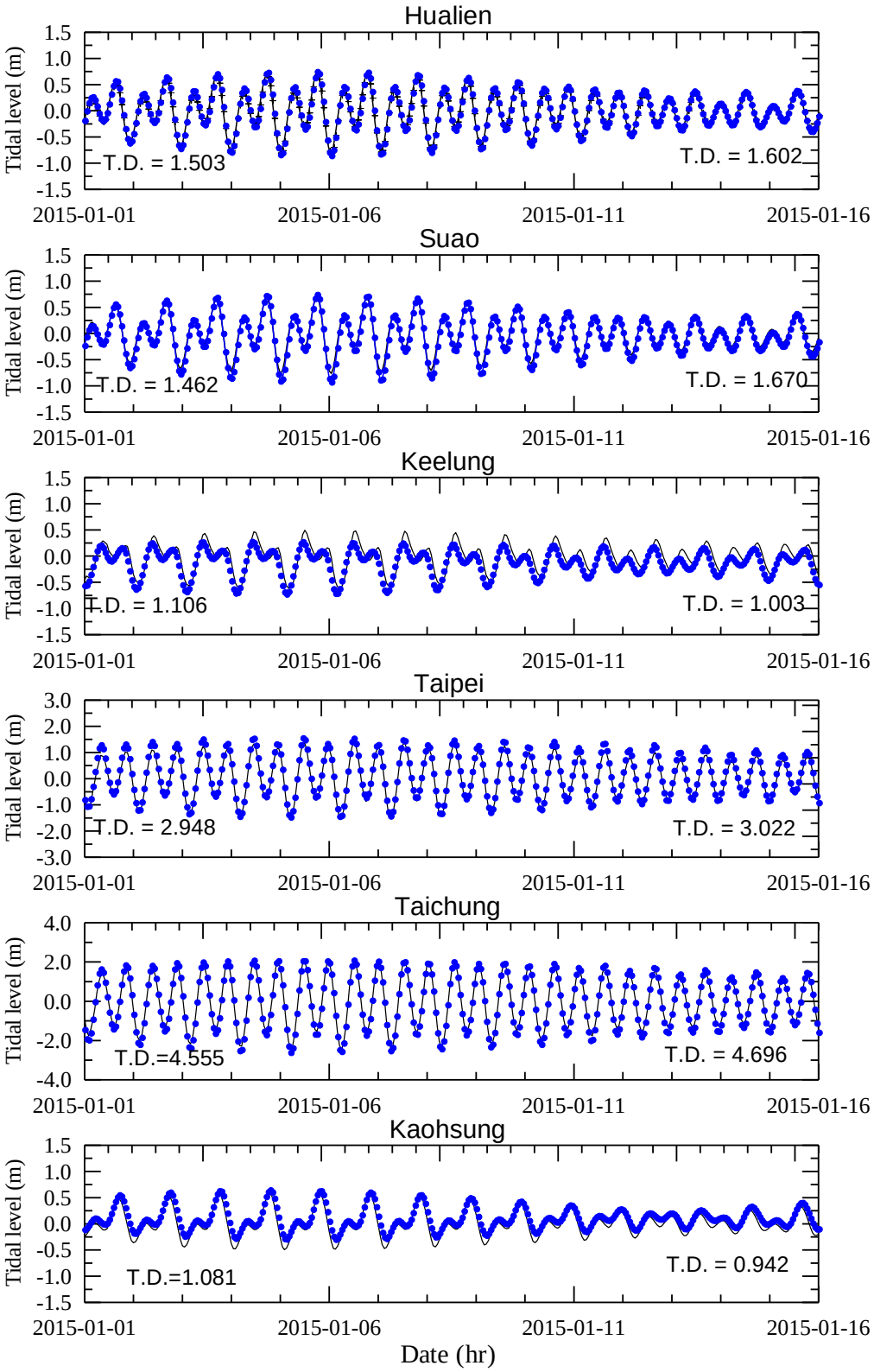


圖 4.7　本計畫中尺度水動力模式模擬結果(實線)與主要商港天文潮位調和分析預測值(圓點)之比較圖

4.2.2 颱風期間水位模擬驗證

本計畫同樣以 2015 年侵臺中度颱風蘇迪勒(SOUDELOR)為例(參考圖 3.3 所示)，驗證模式同時考慮天文潮及颱風風壓場作用時之水位模擬結果。本計畫選取颱風期間花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港及高雄港等港口水位模擬值與觀測值比較，如圖 4.8 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。

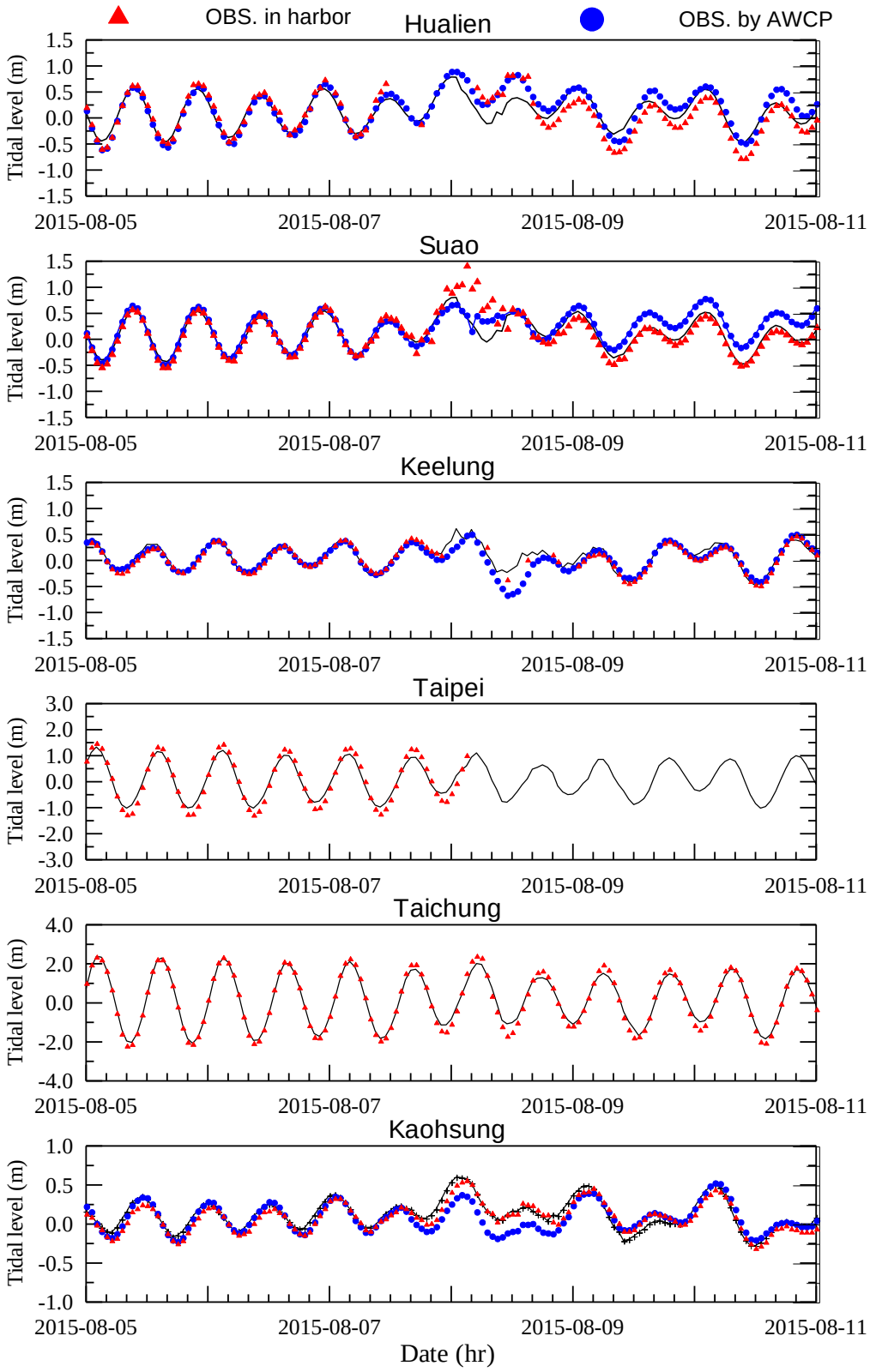


圖 4.8　2015 年中度颱風蘇迪勒侵臺期間主要商港水位模擬歷線與觀測資料之比較圖

4.3 颱風期間水位模擬作業化成果

本計畫選取 2016 年 9 月強烈颱風莫蘭蒂及及中度颱風梅姬侵臺期間，參考圖 3.2 所示，每日作業化模擬 73 小時水位模擬值與主要港口觀測資料比較，並分析與觀測值間之誤差(均方根誤差)。

4.3.1 強烈颱風莫蘭蒂侵臺期間作業化模擬(9 月 13～15 日)

針對莫蘭蒂颱風每日作業化水位模擬預報結果與觀測值之比對，如圖 4.9～圖 4.11 所示，圖中前 24 小時模擬值代表每日作業化之追算結果，後 48 小時代表每日作業化之預測結果。觀測值原則採用各港口外海 AWCP 水位觀測資料(OBS1)，若遇到 AWCP 觀測資料有問題時改採港內水位觀測資料，順位以港研中心資料(OBS2)優先，其次為氣象局資料(CWB)，如圖中澎湖因 AWCP 觀測資料有問題採用港研中心龍門尖山港區內潮位計觀測資料(OBS2)。此外，圖中虛線為代表模式模擬結果分析的暴潮偏差量，係每日作業化模擬值減去模式天文潮模擬水位值(參考 4.2.1 節)。

由於莫蘭蒂颱風主要影響範圍為屏東至台南海岸及澎湖海域，因此花蓮、蘇澳及基隆等港口暴潮現象不顯著。澎湖龍門尖山港區內發生暴潮時水位觀測值明顯高於模式模擬結果，此部份可能包含颱風波浪在港內產生的擁昇(set-up)及風揚效應。每日作業化模擬 73 時水位資料與觀測值間誤差分析結果，整理如表 4.3 所列，整體而言，臺中港及澎湖港均方根誤差值仍然偏大，其中臺中港與 AWCP 之誤差值最大可達 0.313m，發生於 9 月 15 日作業化模擬結果，與港內潮位站之誤差最大值為 0.32m，發生於 9 月 13 日作業化模擬結果。另外，花蓮港、蘇澳港、基隆港因受颱風影響較小，故模擬值與觀測值(氣象局)間均方根誤差均能維持在 0.1m 之內。圖 4.12 所示颱風中心接近本島陸地時段(14 日 6 至 16 時)模式模擬之水位分布及流場。

表 4.3　2016 年莫蘭蒂颱風每日作業化水位模擬結果與觀測資料間之

均方根誤差分析表

	花蓮港(HL)			蘇澳港(SA)			基隆港(KL)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160913	0.080	—	0.058	0.101	0.074	0.057	0.110	0.060	0.053
20160914	0.110	—	0.079	0.154	0.113	0.092	0.108	0.064	0.063
20160915	0.100	—	0.076	0.154	0.105	0.089	0.105	0.069	0.063
	臺中港(TC)			澎湖(PH)			高雄港(KH)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160913	0.217	0.328	—		0.236	—	0.108	0.090	0.090
20160914	0.261	0.283	—		0.294	—	0.092	0.122	0.134
20160915	0.313	0.279	—		0.240	—	0.131	0.118	0.148

4.3.2 中度颱風梅姬侵臺期間作業化模擬(9 月 26～28 日)

同樣地，梅姬颱風侵臺期間每日作業化水位模擬預報結果與觀測值之比對，如圖 4.13～圖 4.15 所示，圖中觀測值除花蓮及蘇澳港 AWCP 水位觀測資料尚屬正常外，其餘港口 AWCP 水位觀測資料均有不同程度之問題，因此分別以港內潮位觀測資料取代。由於梅姬颱風 27 日 14 日從花蓮市附近登陸，21 時 10 分由雲林縣麥寮出海，因此，暴風範圍影響全臺，各港口均出現程度不一之暴潮。以蘇澳港為例，26 日作業化模擬結果預測暴潮偏差約 0.35m，27 日作業化模擬結果預測暴潮偏差修正為 0.798m，至 28 日作業化模擬結果暴潮偏差追算結果約 0.61m。同樣地，26 日作業化模擬結果預測臺中港暴潮偏差約 0.33m，27 日作業化模擬結果預測臺中港暴潮偏差修正為 0.844m，至 28 日作業化模擬追算結果臺中港暴潮偏差約 0.78m。

東部海岸花蓮及蘇澳有明顯的暴潮現象，其中蘇澳 AWCP 觀測水位資料於 27 日 4～12 時出現異常下降現象，造成模擬結果與觀測值有顯著偏差現象。圖 4.16 所示梅姬颱風中心登陸前、後時段(27 日 12 時至 23 時)模式模擬之水位分布及流場。

表 4.4　2016 年梅姬颱風每日作業化水位模擬結果與觀測資料間之均

方根誤差分析表

	花蓮港(HL)			蘇澳港(SA)			基隆港(KL)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160926	0.070	—	0.092	0.135	0.226	0.058	—	0.076	0.066
20160927	0.140	—	0.175	0.210	0.195	0.085	—	0.081	0.053
20160928	0.120	—	0.188	0.258	0.190	0.072	—	0.090	0.054
	臺中港(TC)			澎湖(PH)			高雄港(KH)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160926	0.199	0.205	0.153	—	0.188	0.219	0.175	0.106	0.128
20160927	0.255	0.248	0.189	—	0.197	0.251	0.148	0.126	0.165
20160928	0.220	0.234	0.184	—	0.195	0.223	0.105	0.120	0.098

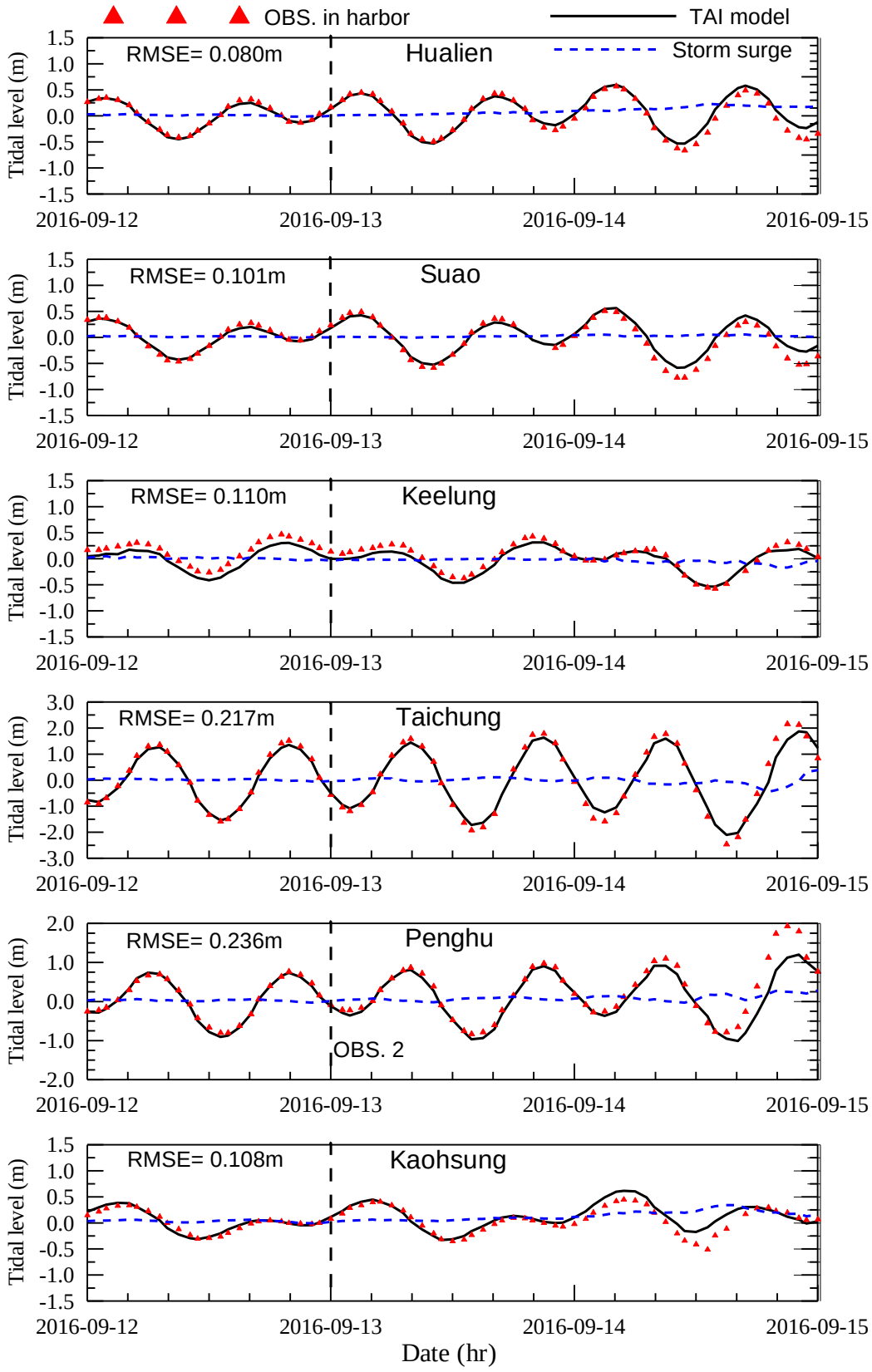


圖 4.9　2016 年 9 月 13 日作業化風場模擬結果之水位比較圖

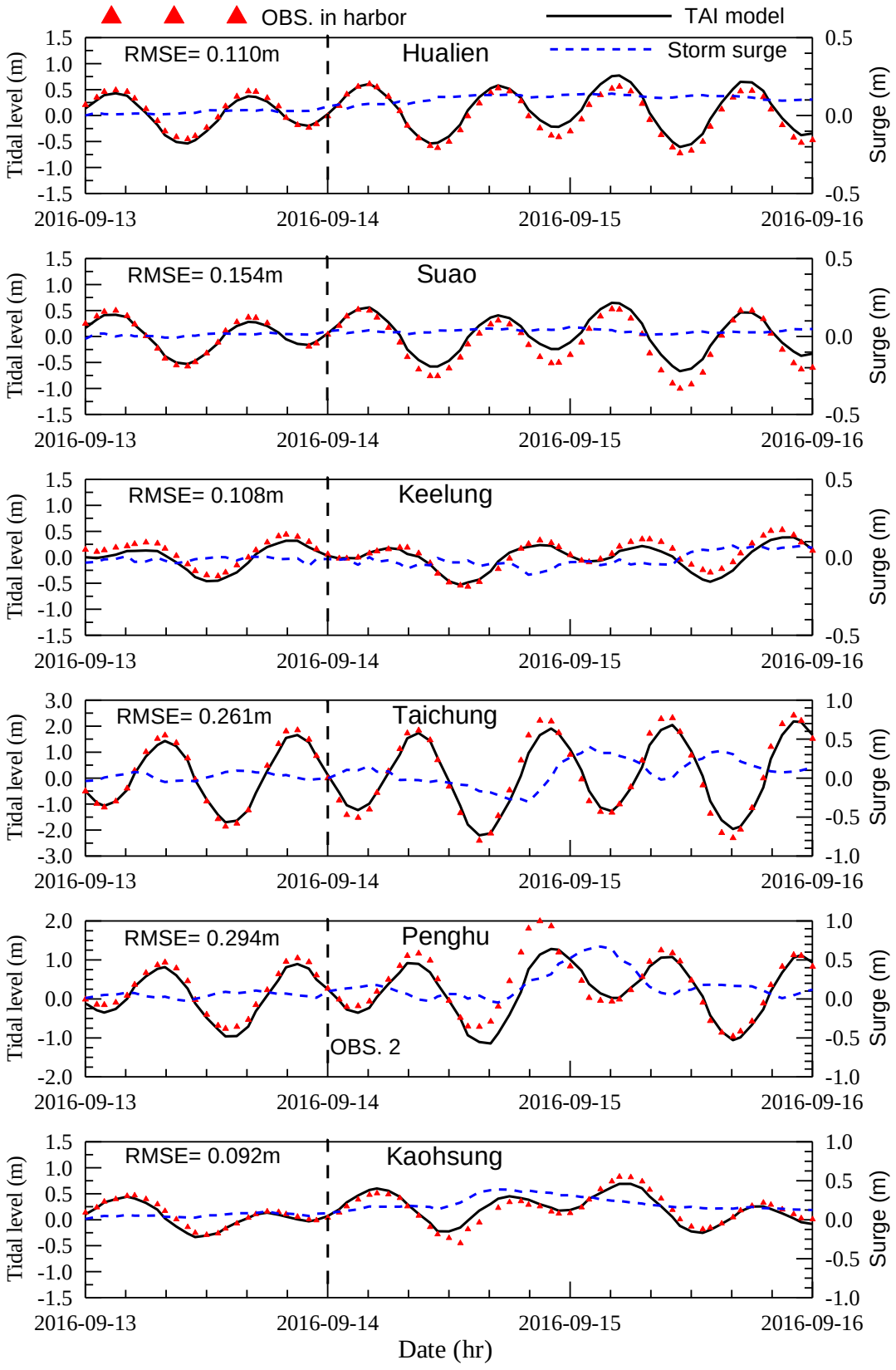


圖 4.10　2016 年 9 月 14 日作業化風場模擬結果之水位比較圖

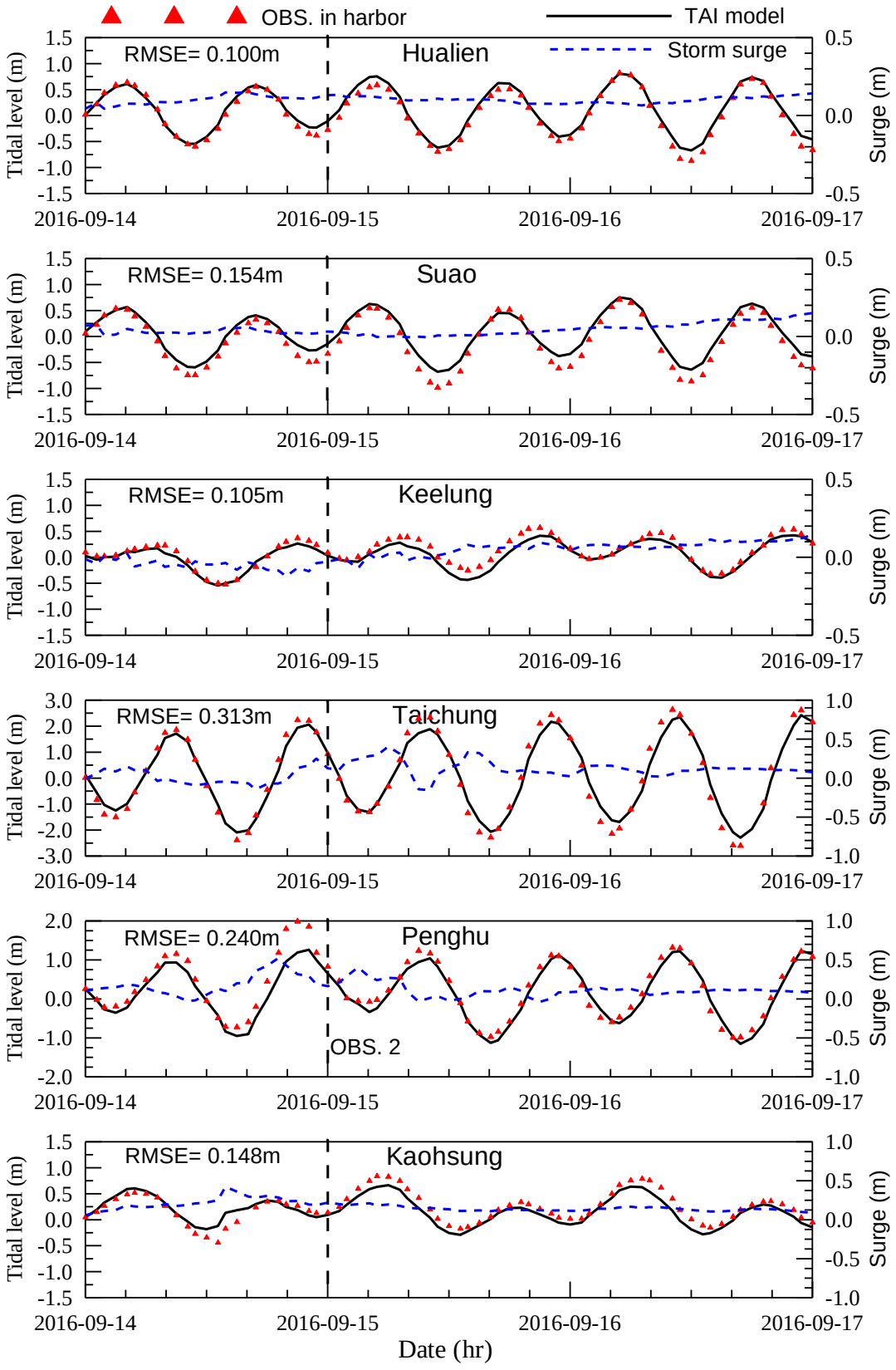


圖 4.11　2016 年 9 月 15 日作業化風場模擬結果之水位比較圖

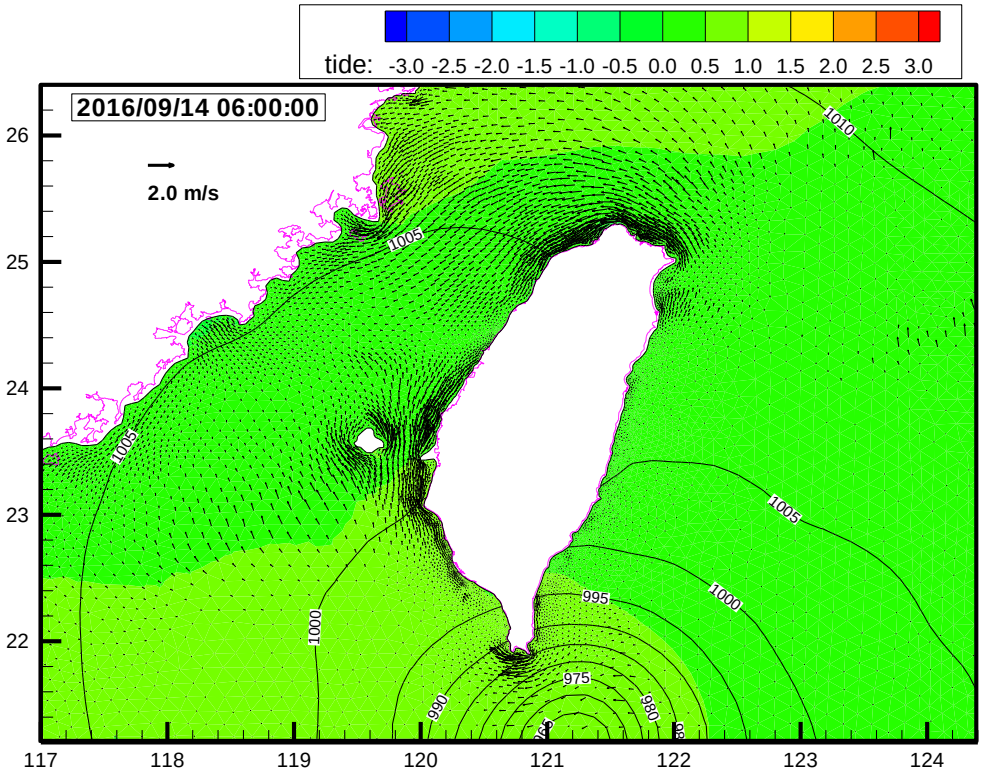


圖 4.12　2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

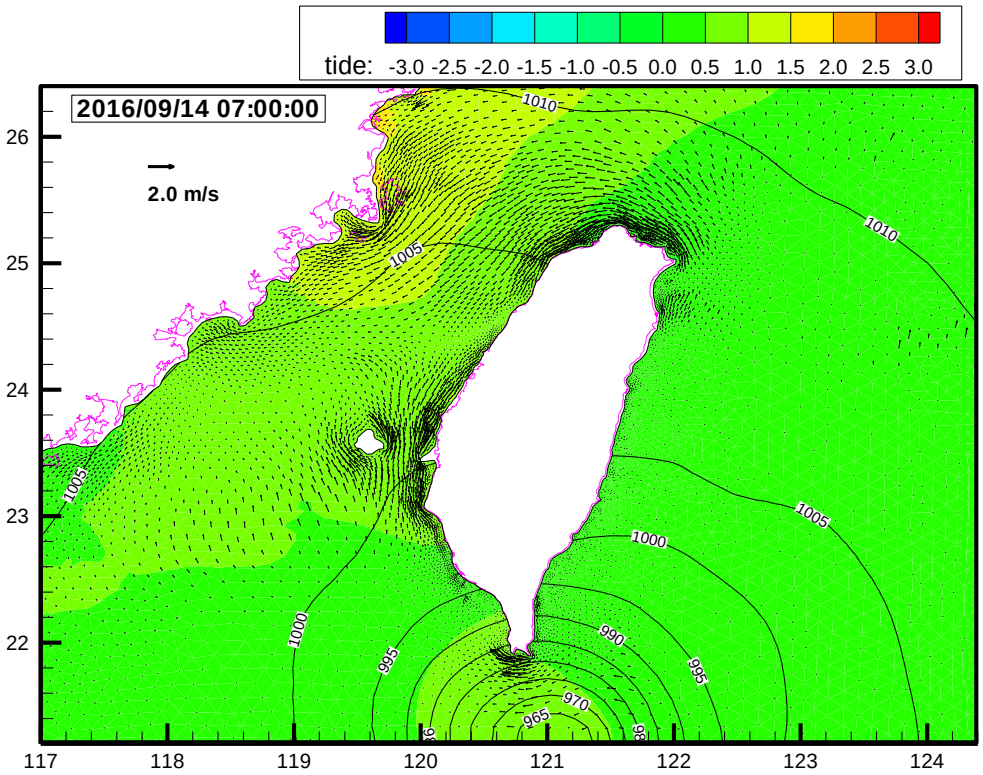


圖 4.12　(續 1)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

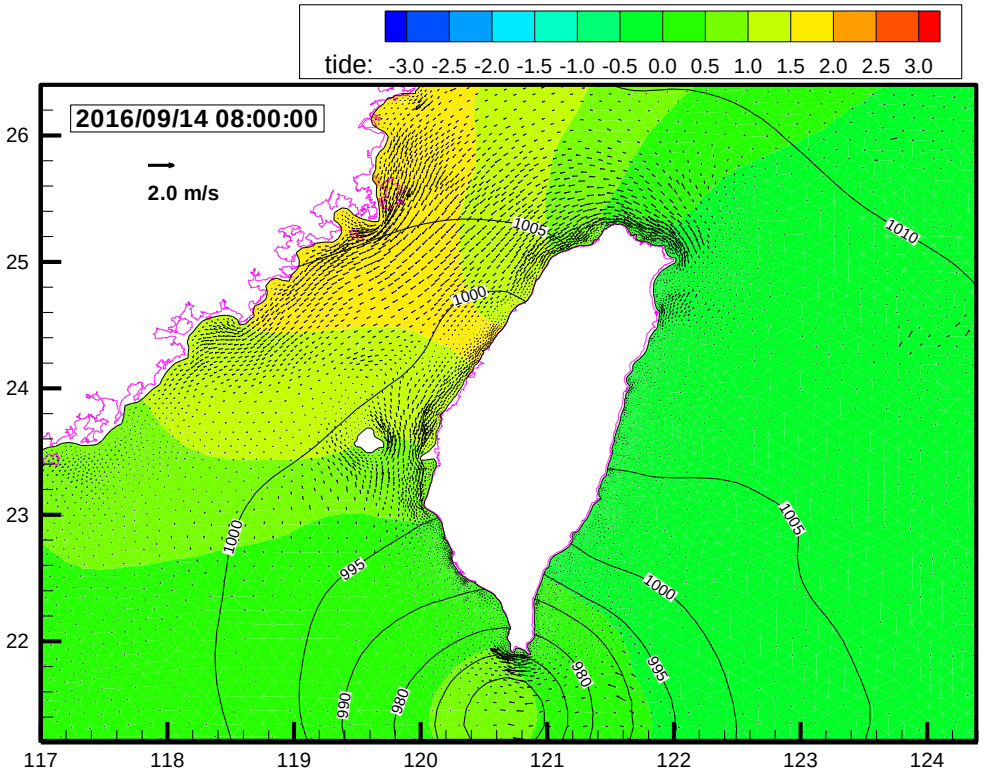


圖 4.12　(續 2)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

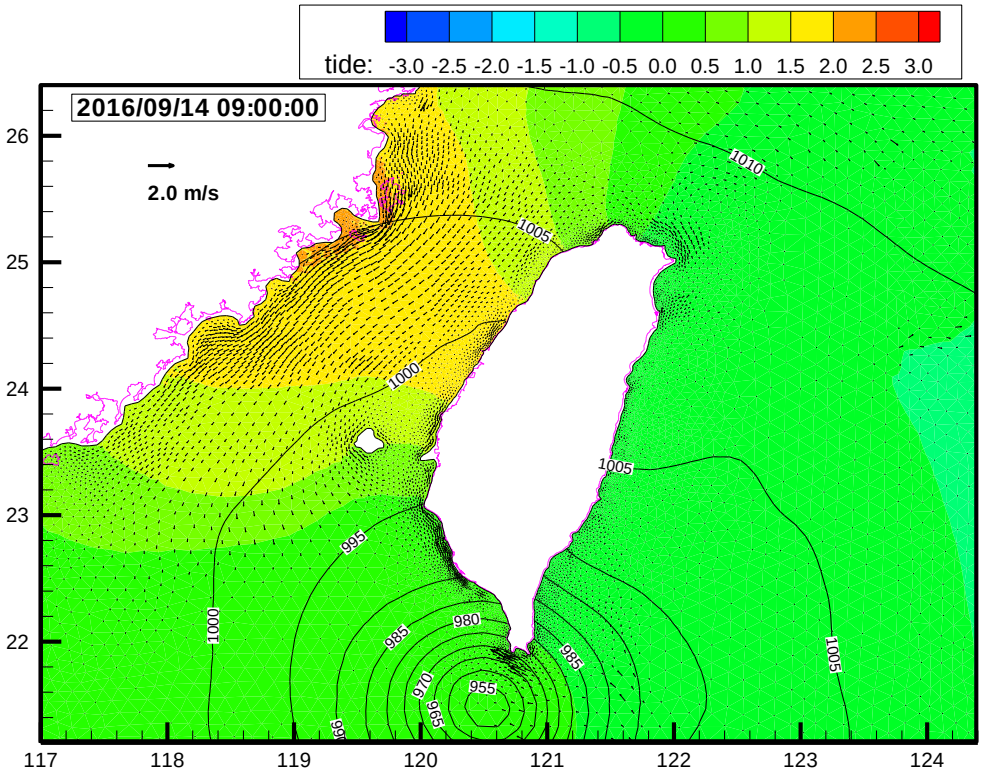


圖 4.12　(續 3)2012 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

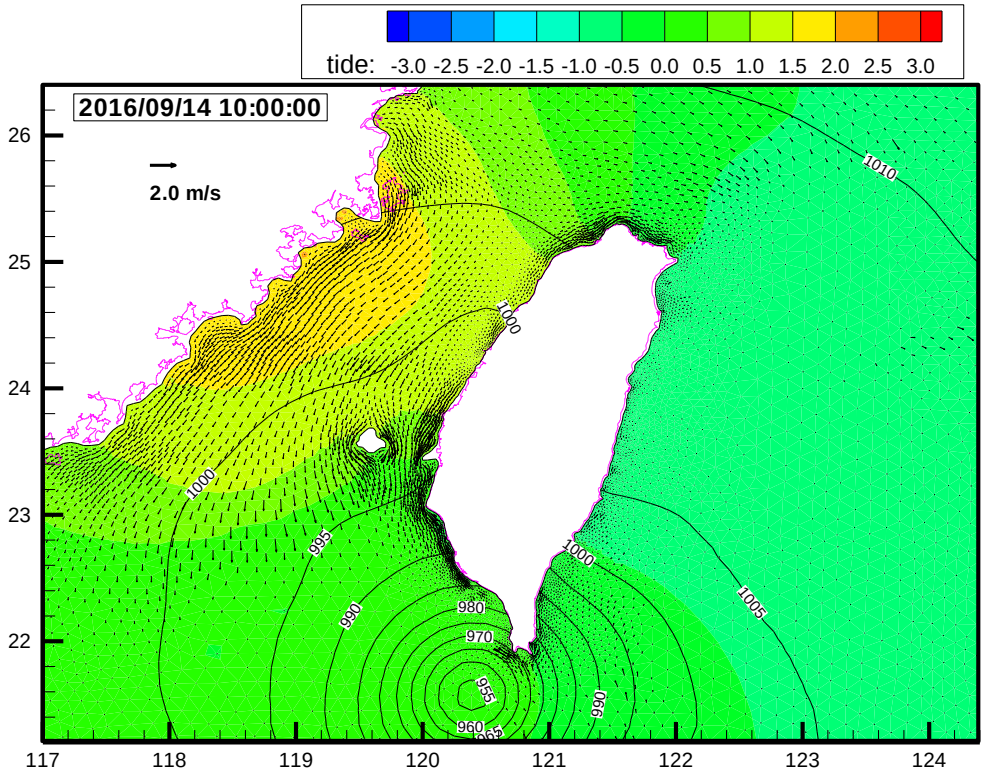


圖 4.12　(續 4)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

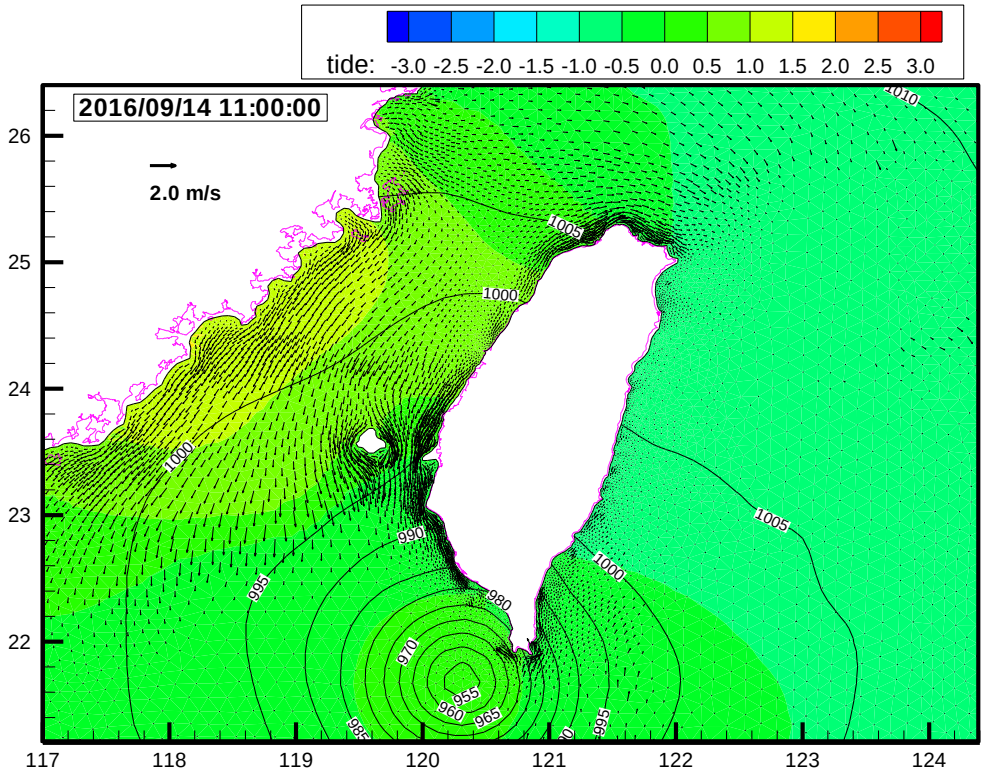


圖 4.12　(續 5)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

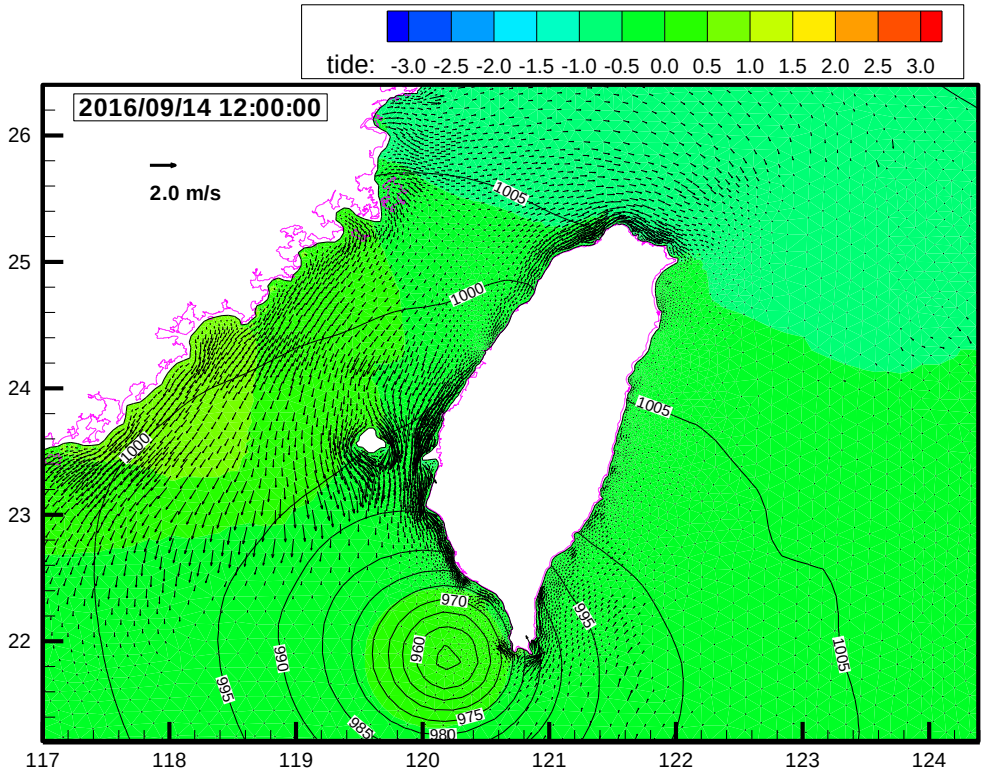


圖 4.12　(續 6)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

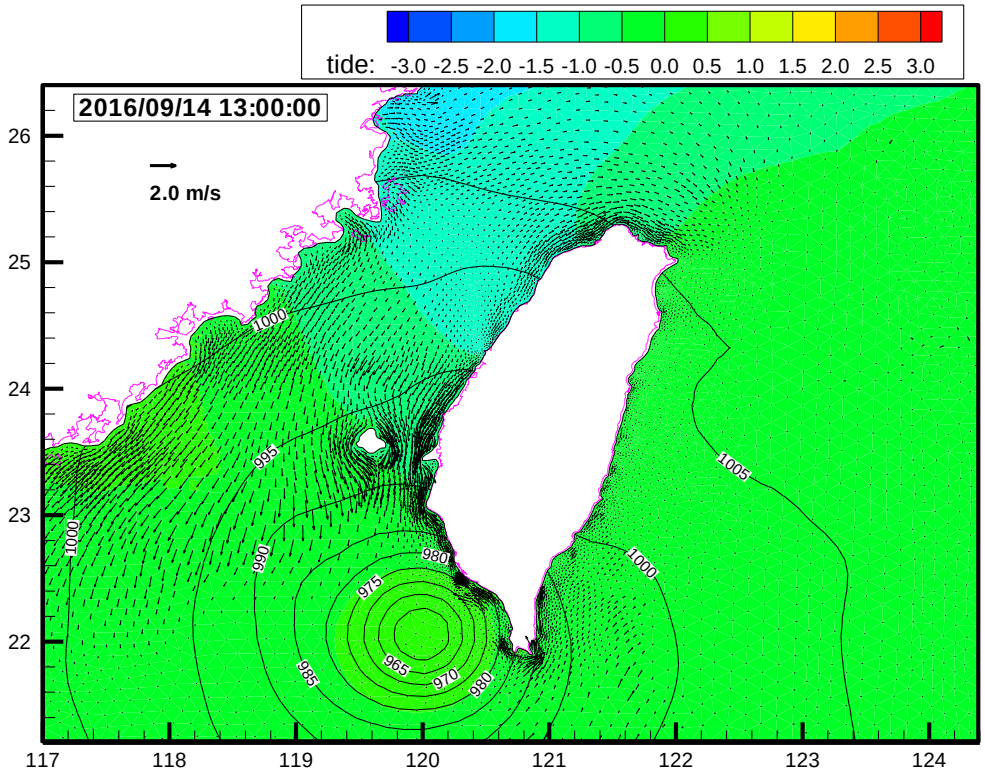


圖 4.12　(續 7)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

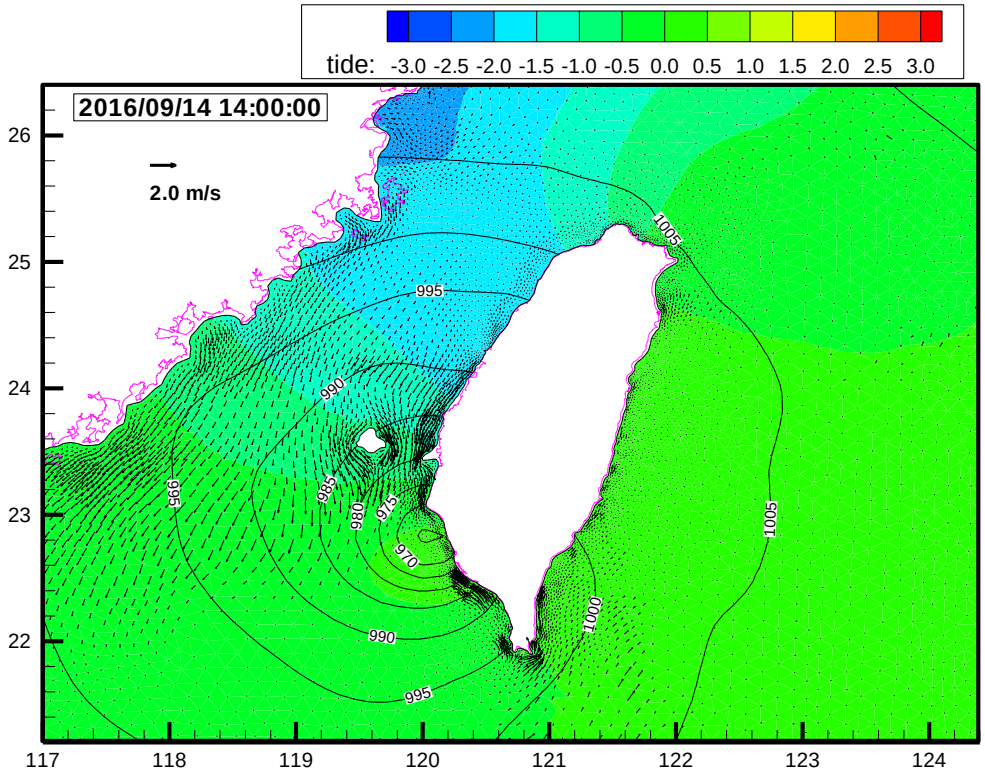


圖 4.12　(續 8)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

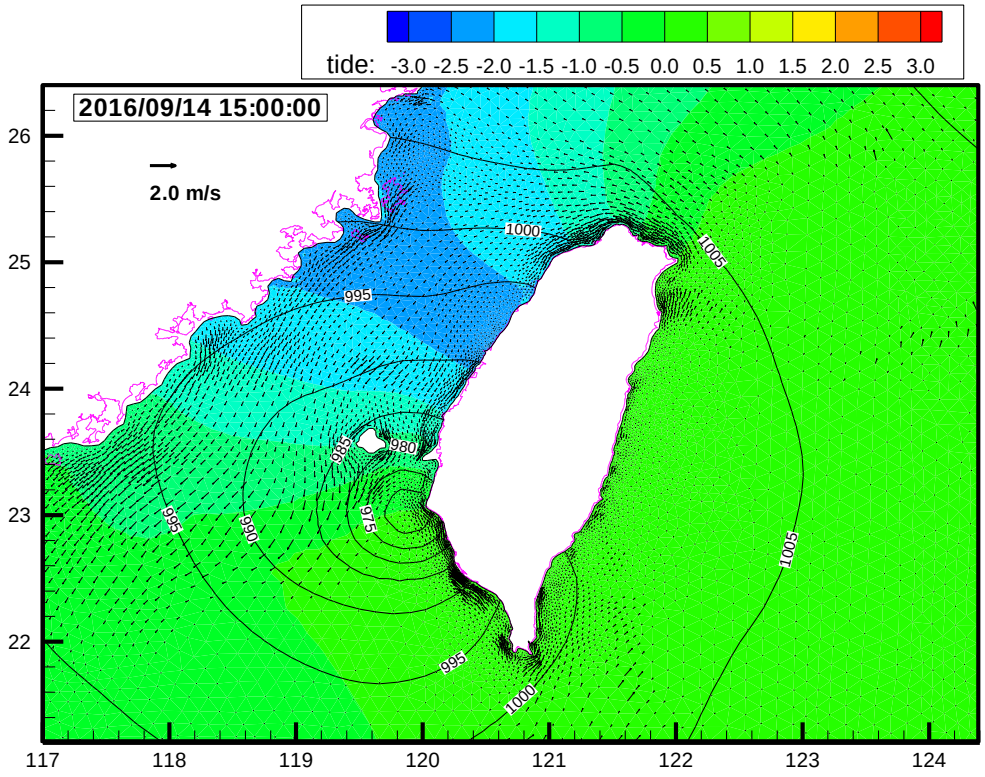


圖 4.12　(續 9)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

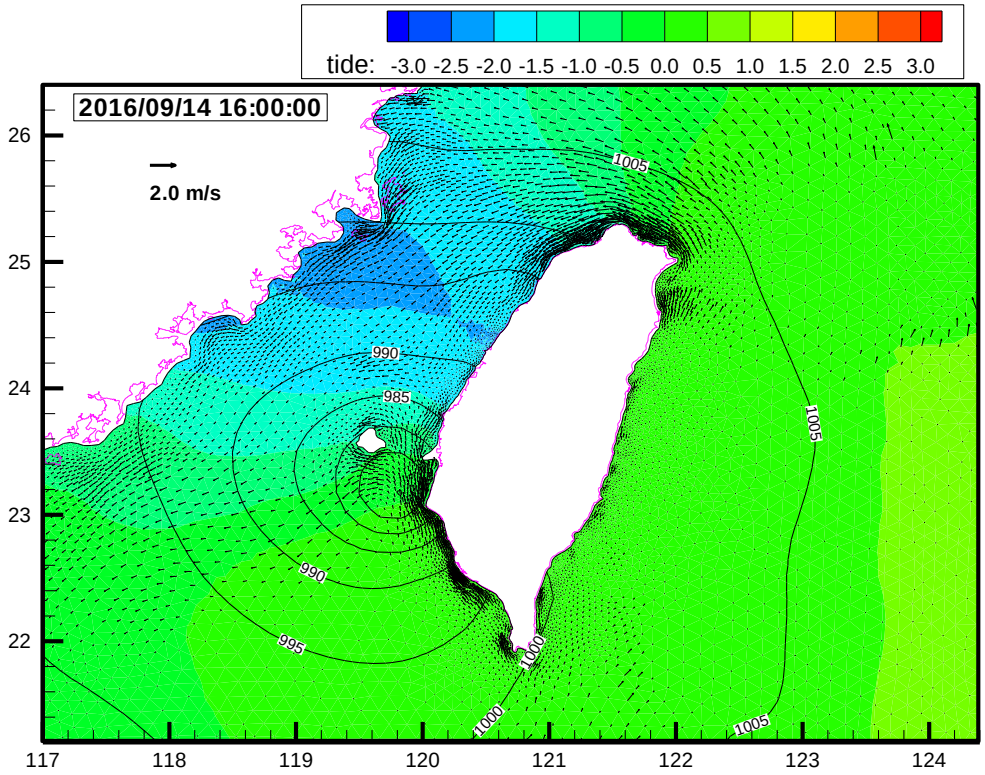


圖 4.12　(續 10)2016 年莫蘭蒂颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

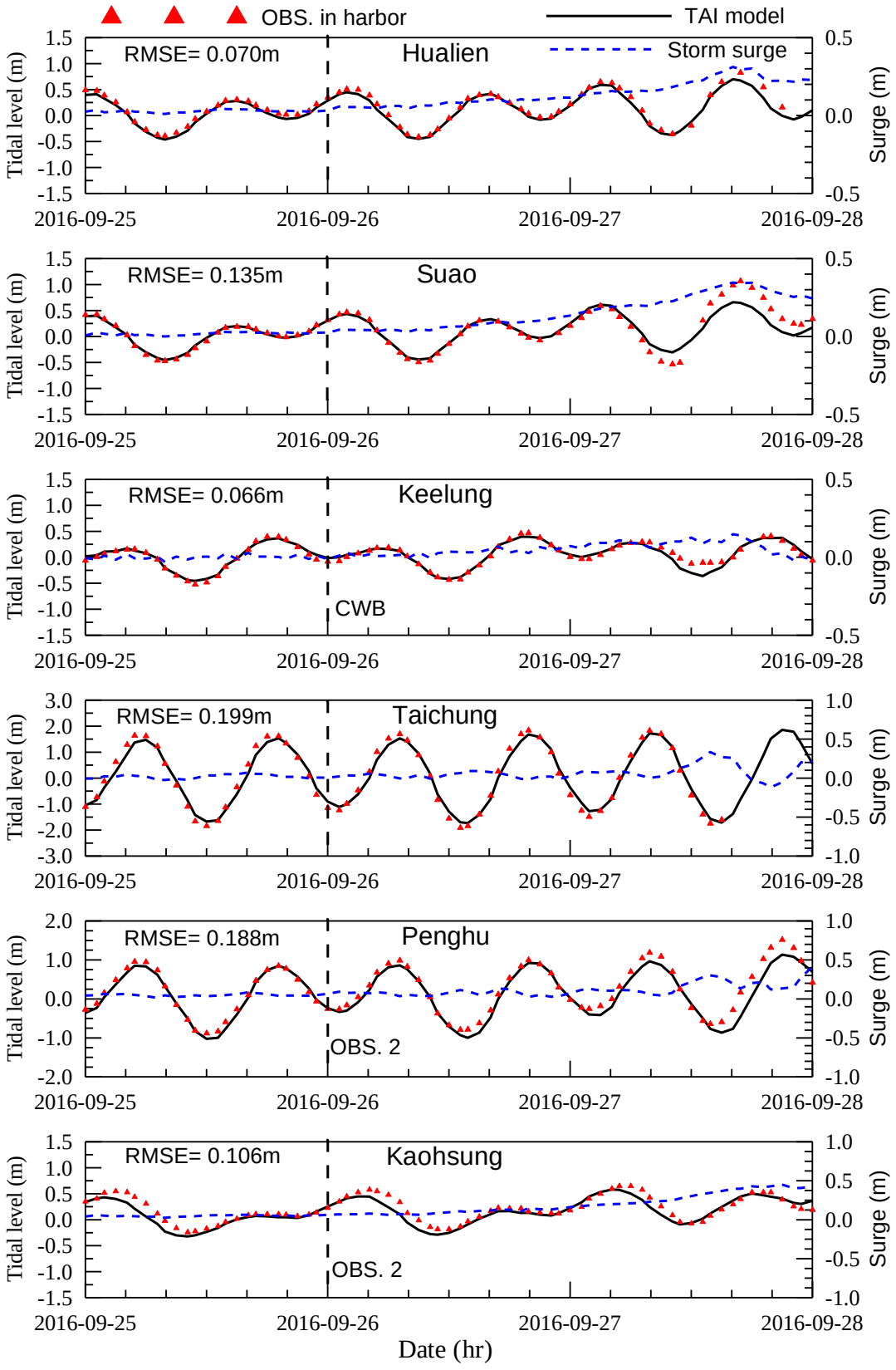


圖 4.13　2016 年 9 月 26 日作業化風場模擬結果之水位比較圖

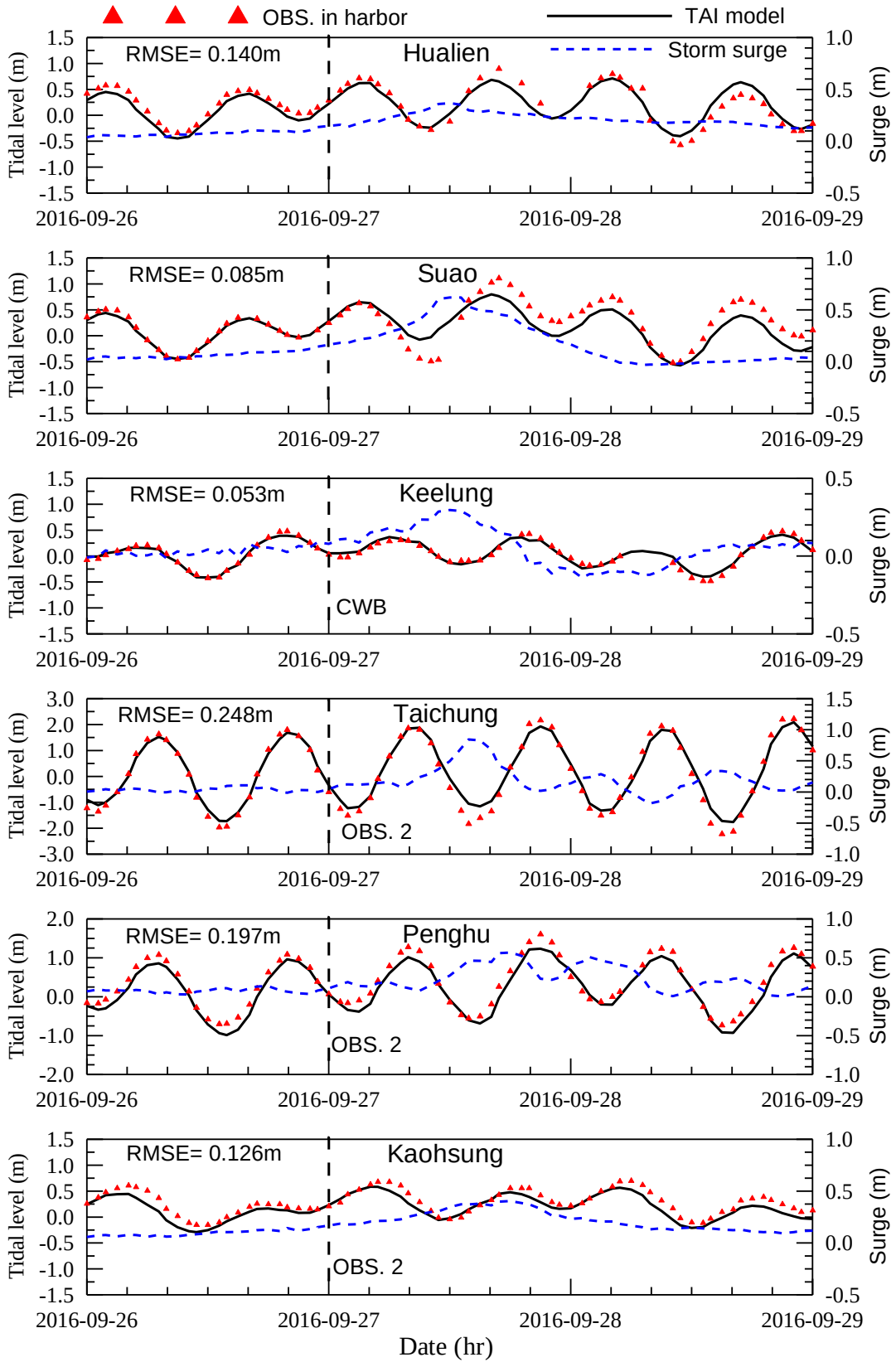


圖 4.14　2016 年 9 月 27 日作業化風場模擬結果之水位比較圖

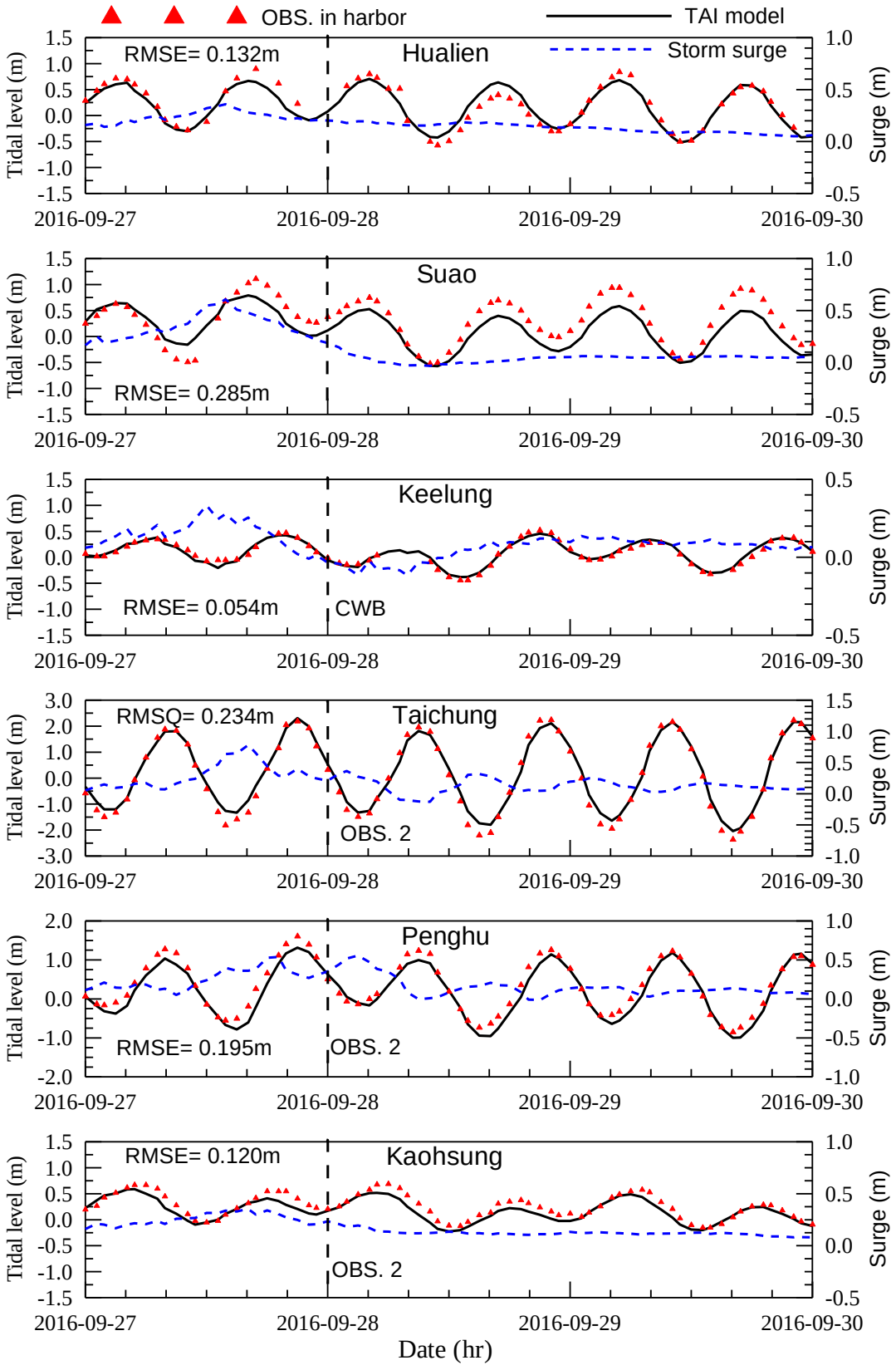


圖 4.15　2016 年 9 月 28 日作業化風場模擬結果之水位比較圖

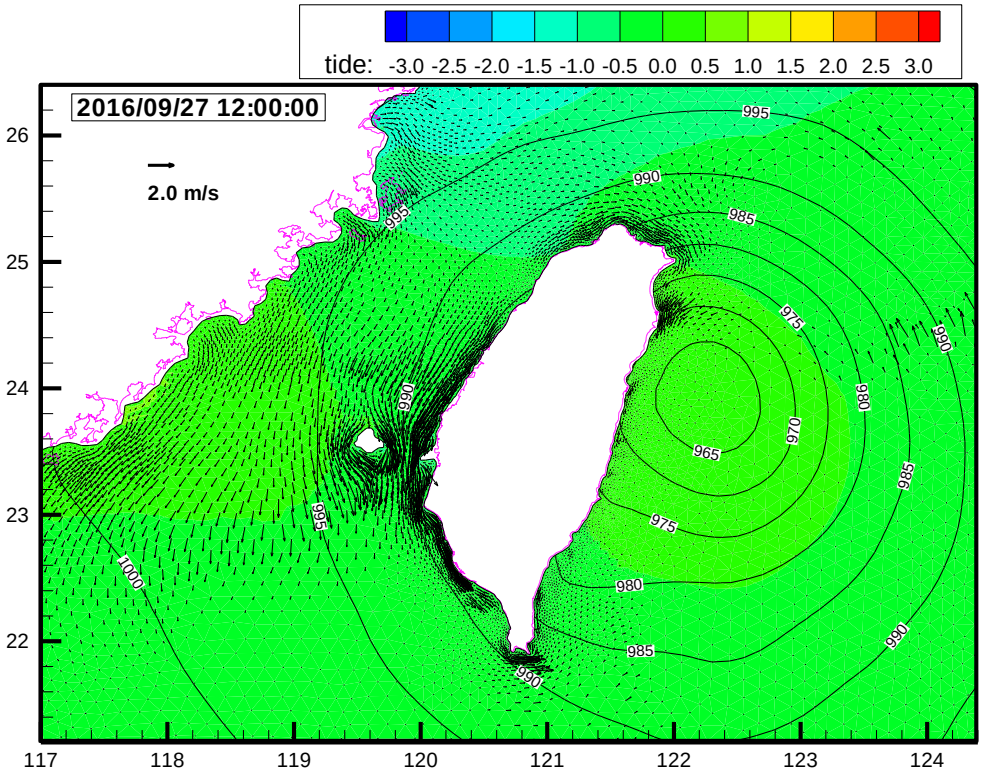


圖 4.16　2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

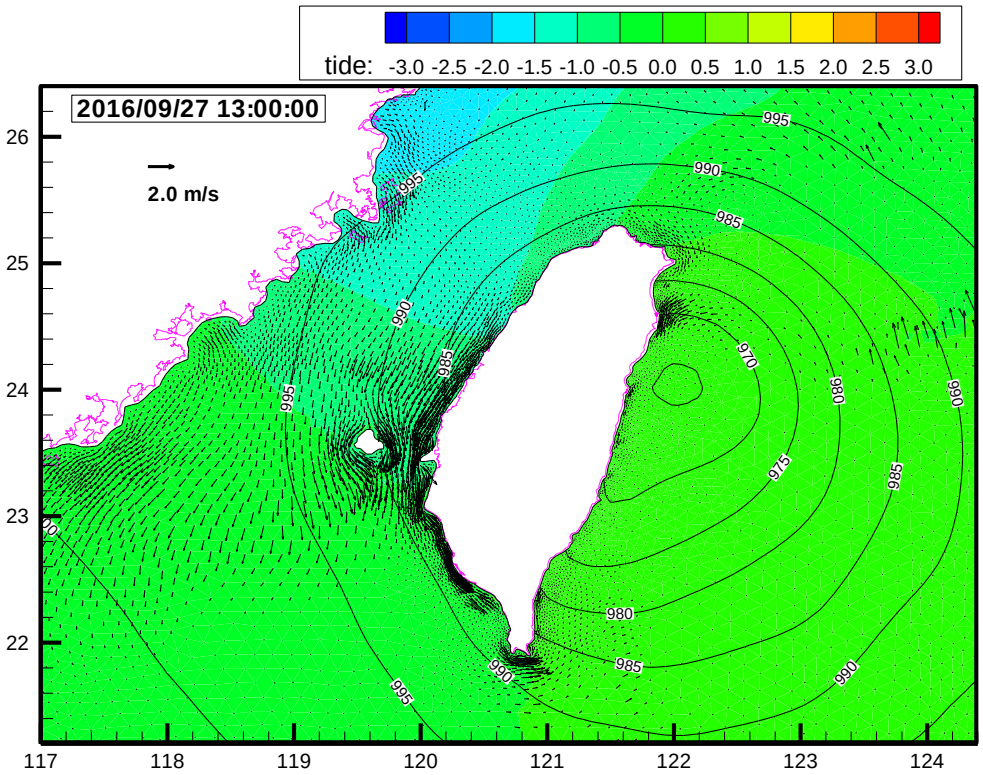


圖 4.16　(續 1)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

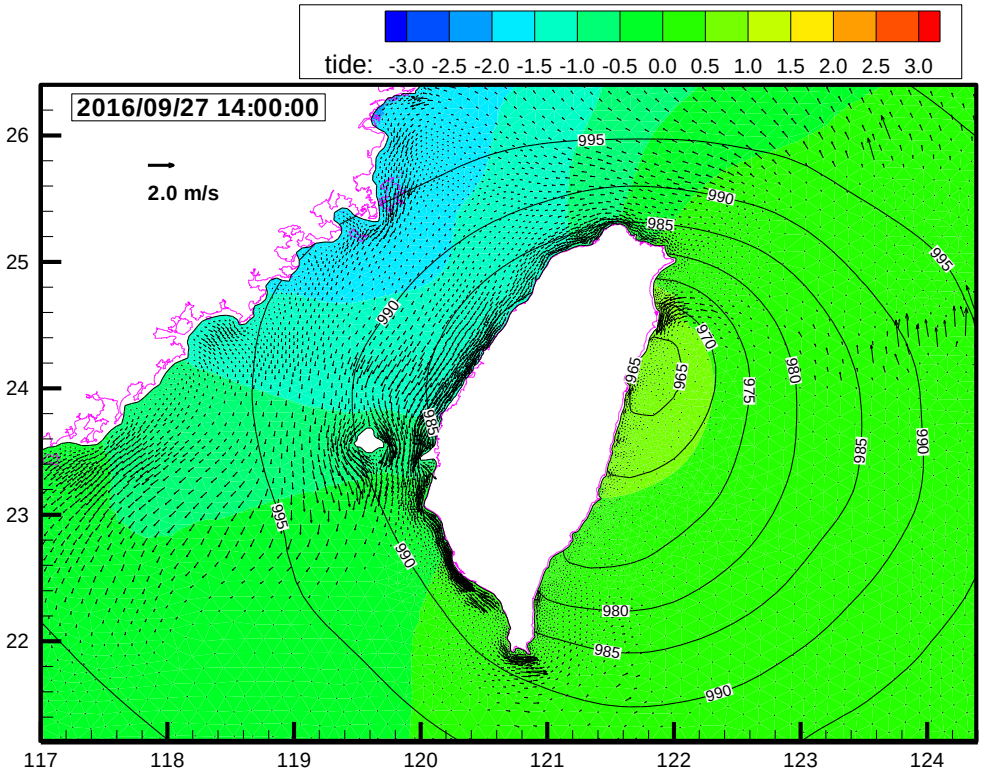


圖 4.16　(續 2)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

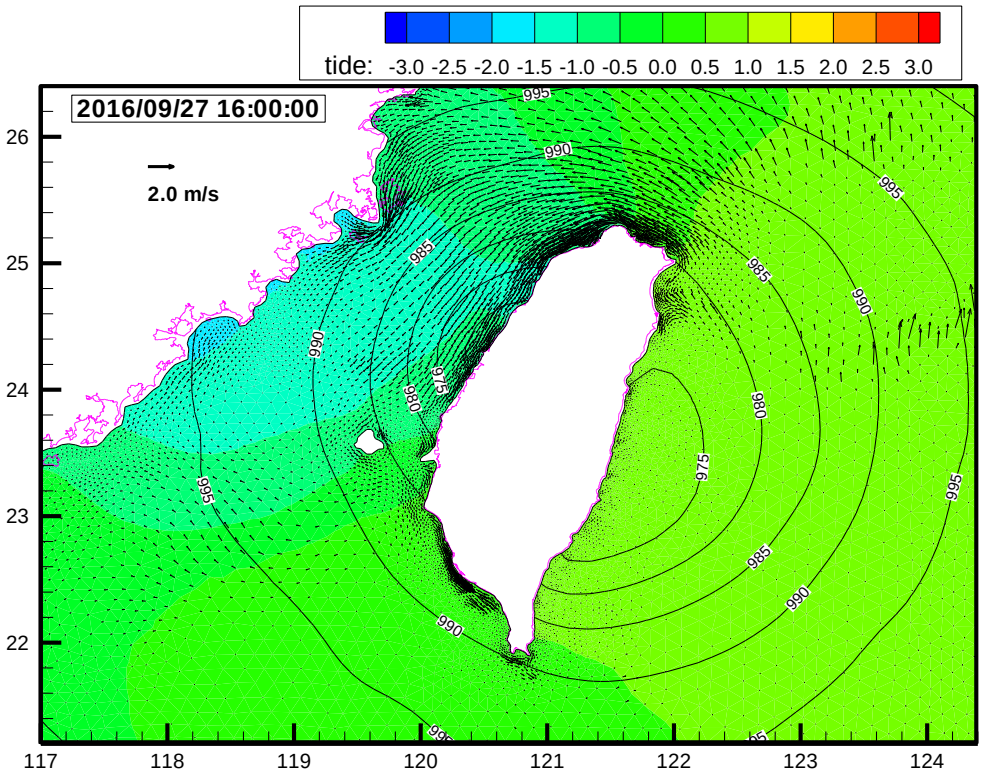


圖 4.16　(續 3)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

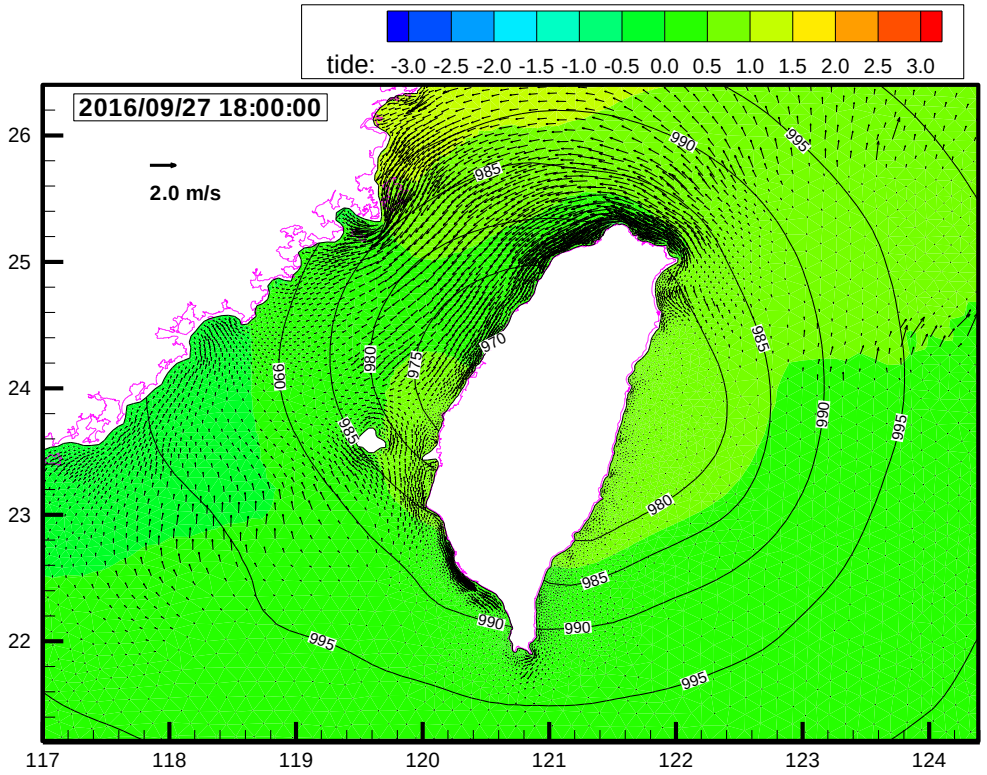


圖 4.16　(續 4)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

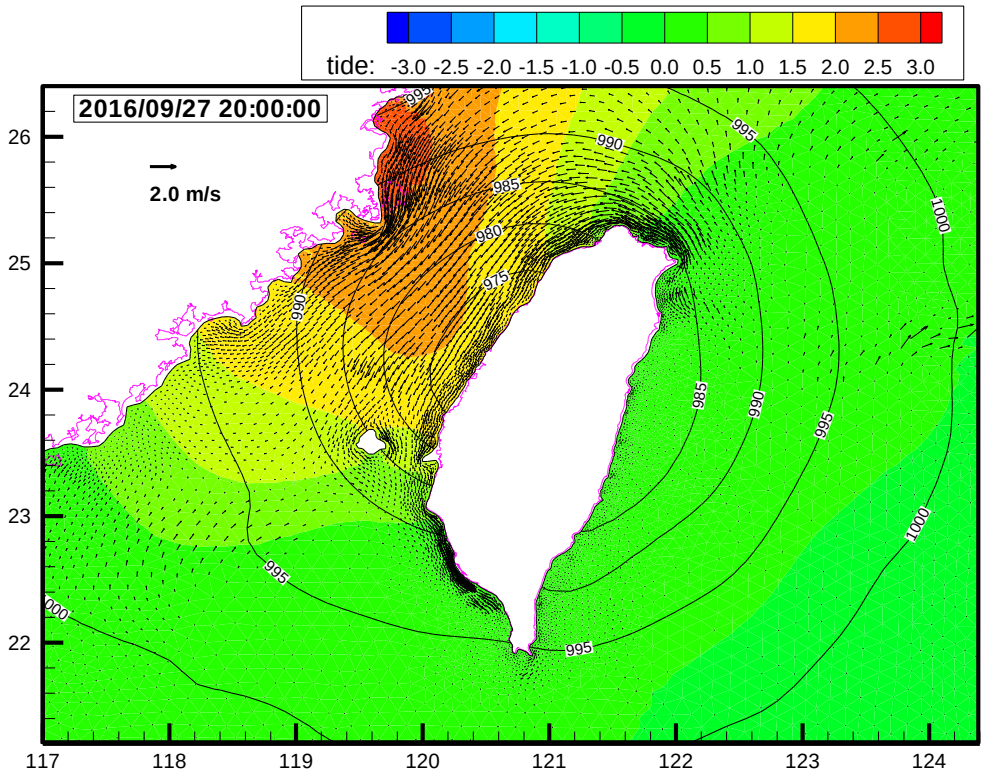


圖 4.16　(續 5)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

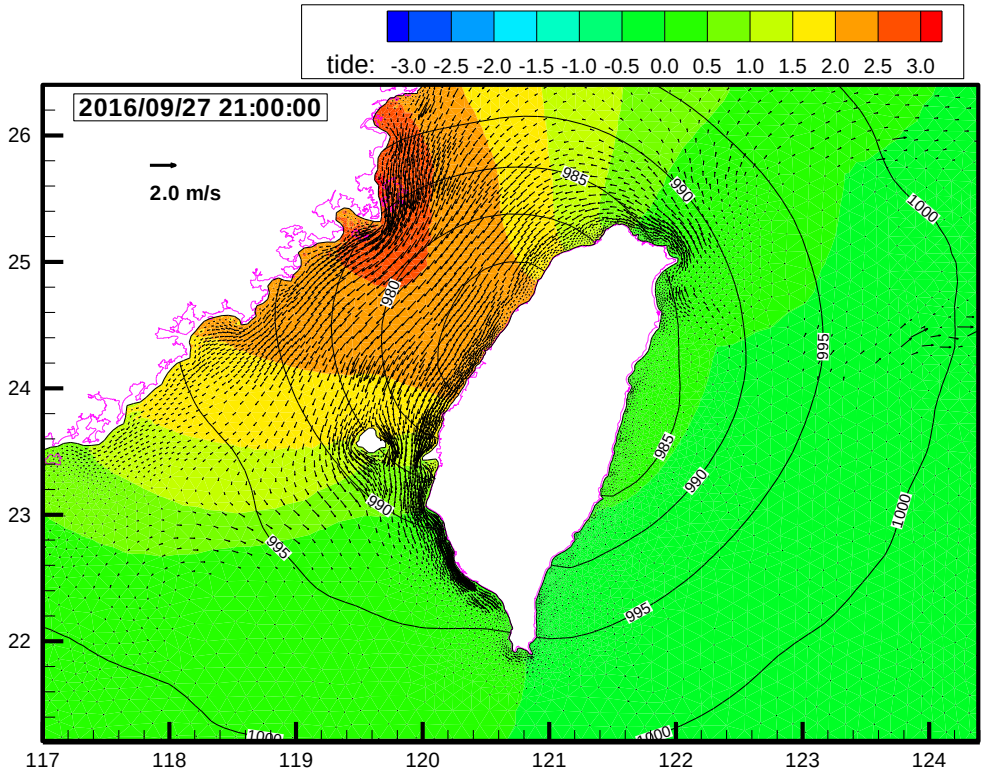


圖 4.16　(續 6)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

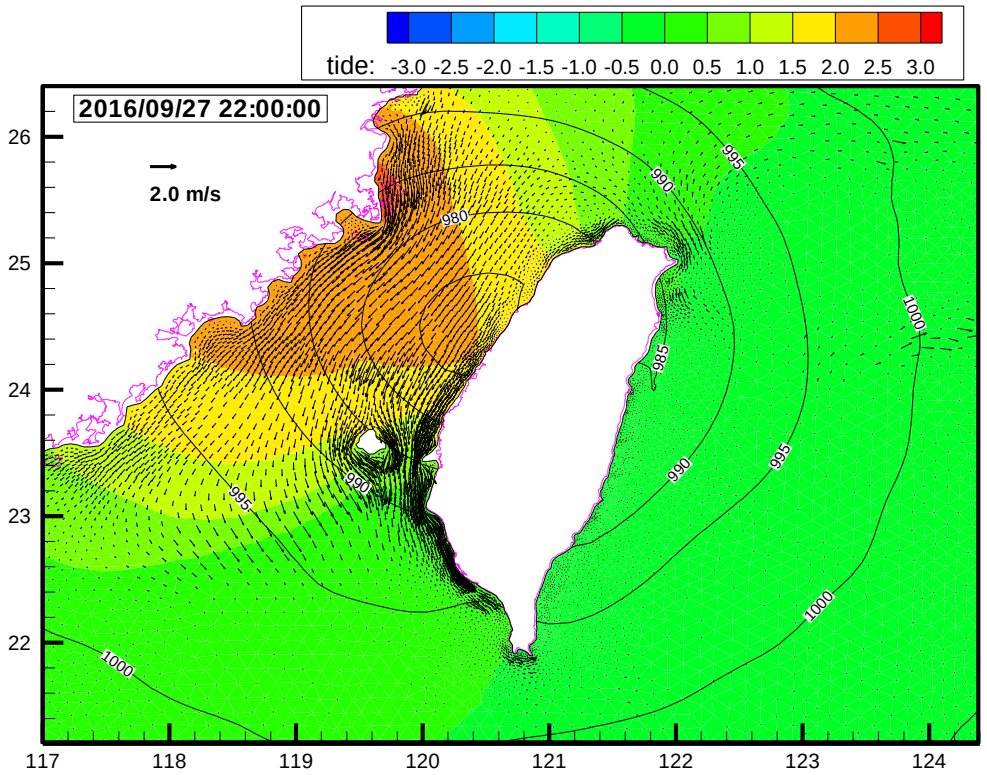


圖 4.16　(續 7)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

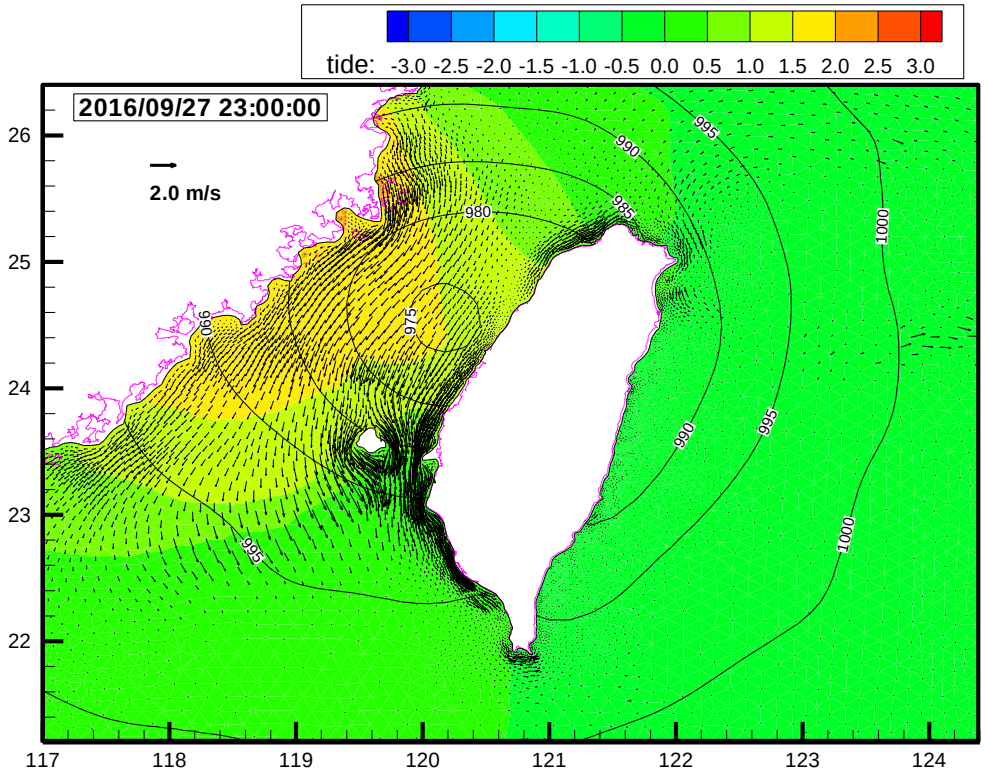


圖 4.16　(續 8)2016 年梅姬颱風侵臺期間水位及流場模擬結果

第五章　東南海域基本資料蒐集與分析

本章節主要針對東南海域臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港間海域及屏東後壁湖漁港間海域，蒐集有關地形水深、風(壓)場、波浪、水位及海流等海象資料及分析相關特性。

5.1 地理位置

綠島與蘭嶼為臺灣主要離島，分別位於臺灣東南海域海面上，如圖 5.1 所示，屬於台灣與菲律賓間串聯之火山列島，向來以生態景觀及人文特點而聞名。相關地理位置概述如下：

1. 綠島為台灣第四大離島，位於台灣東南方海上，距離臺東約 33 公里，南距蘭嶼約 68 公里，全島面積 16.2 平方公里，南北長約 4 公里，東西寬約 3 公里，環島周長約 20 公里。行政區上屬臺東縣綠島鄉，全鄉區分為南寮、中寮及公館等 3 村，如圖 5.2 所示。
2. 蘭嶼為台灣僅次於澎湖之第二大離島，位於台灣東南方海面，西北距台東約 84 公里，西距鵝鑾鼻約 70 公里，北距綠島約 68 公里。蘭嶼本島周圍全長 38.45 公里，面積在滿潮時為 45.74 平方公里；東南方三海浬處之小蘭嶼位於蘭嶼東南方約 5.4km，面積為 1.6 平方公里，環島全長 4.3 公里，屬於無人島。行政區上屬臺東縣蘭嶼鄉，全鄉區分為紅頭村、椰油村、朗島村及東清村等 4 村，如圖 5.3 所示。

綠島與蘭嶼對外交通以海運為主，定期航班包括臺東富岡漁港－綠島南寮漁港、富岡漁港－蘭嶼開元漁港及墾丁後壁湖漁港－蘭嶼開元漁港(註：每年淡季期間不行駛)等。

5.2 地形水深

本計畫除了蒐集國家海洋科學研究中心彙編、發布之台灣附近海域海底地形水深資料(200m 網格)外，上年度計畫已針對臺東富岡漁

港、綠島南寮漁港及蘭嶼開元漁港及等海域分別蒐集 5 萬分之一海軍水道圖 04521 東河至知本(參考圖 5.4 所示)、15 萬分之一海軍水道圖 0347 綠島(參考圖 5.5 所示)及 25 萬分之一海軍水道圖 0344 蘭嶼(圖 5.6 所示)等，予以數化水深資料，提供相關數值模式使用。本年度則針對屏東後壁湖漁港海域蒐集 5 萬分之一海軍水道圖 04501 出風鼻至車城泊地(如圖 5.7 所示)、3 萬分之一海軍水道圖 0340A 南灣(如圖 5.8 所示)及 3 千分之一海軍水道圖 61403 後壁湖漁港(如圖 5.9 所示)等圖資並數化水深資料。

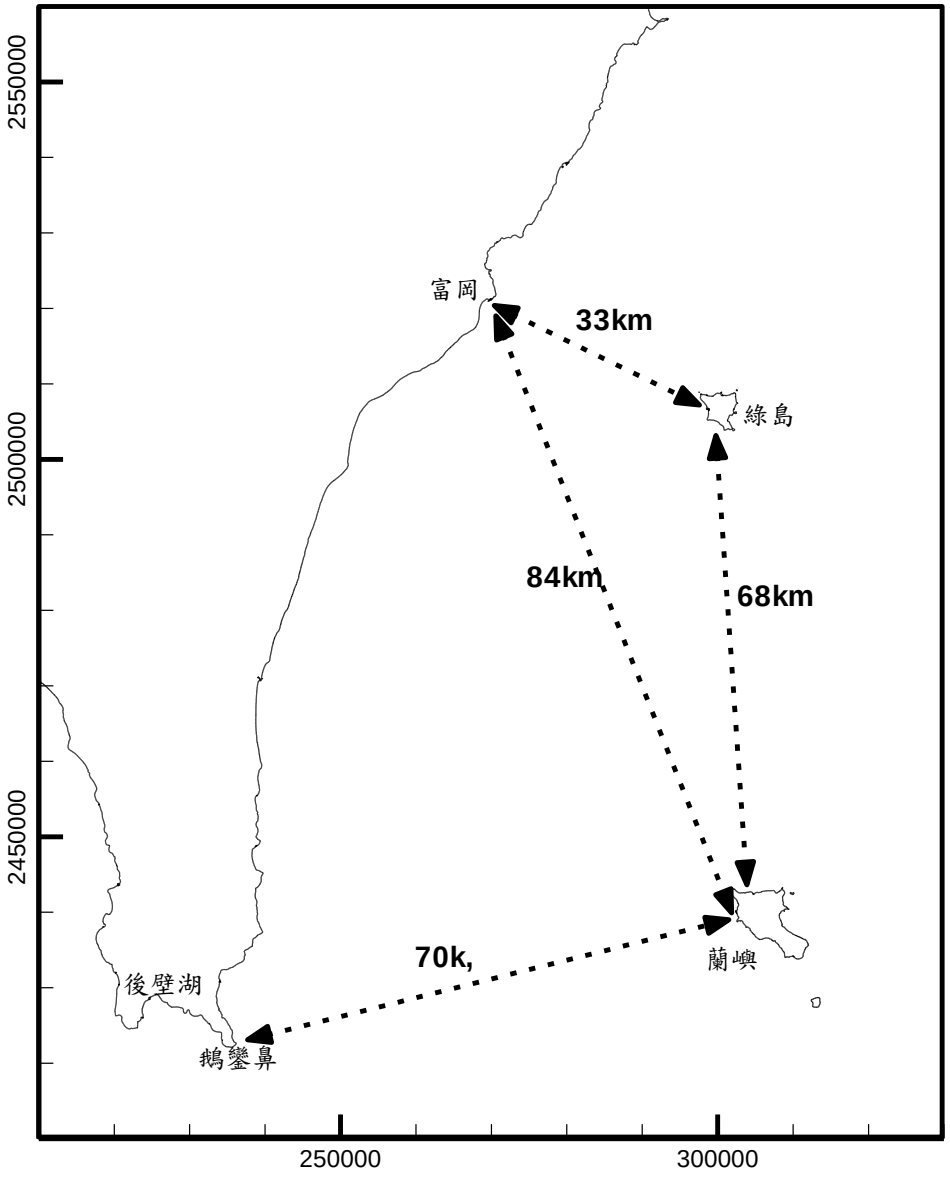


圖 5.1　綠島及蘭嶼地理位置圖

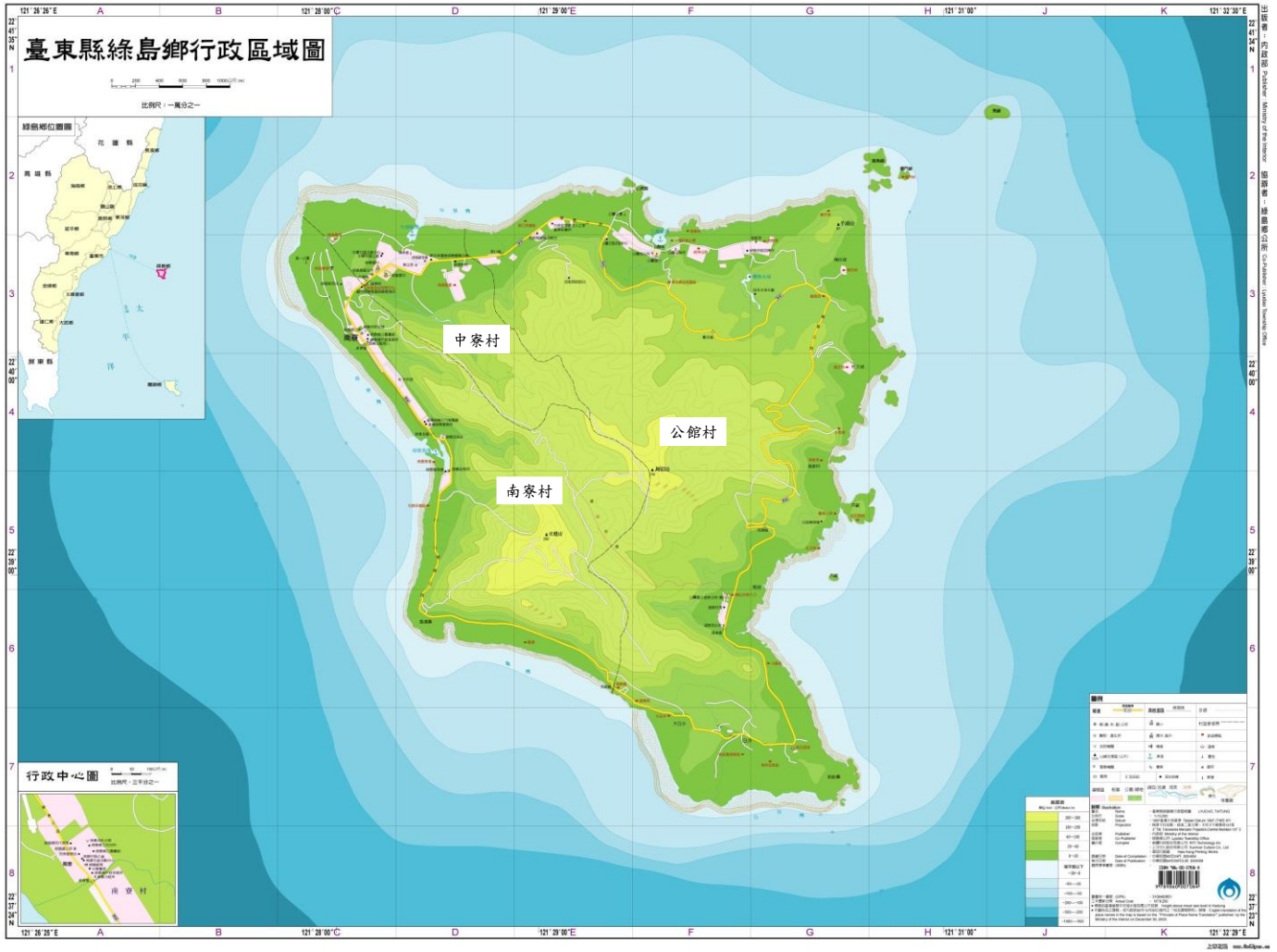


圖 5.2　綠島鄉行政區域圖



圖 5.3　蘭嶼鄉行政區域圖

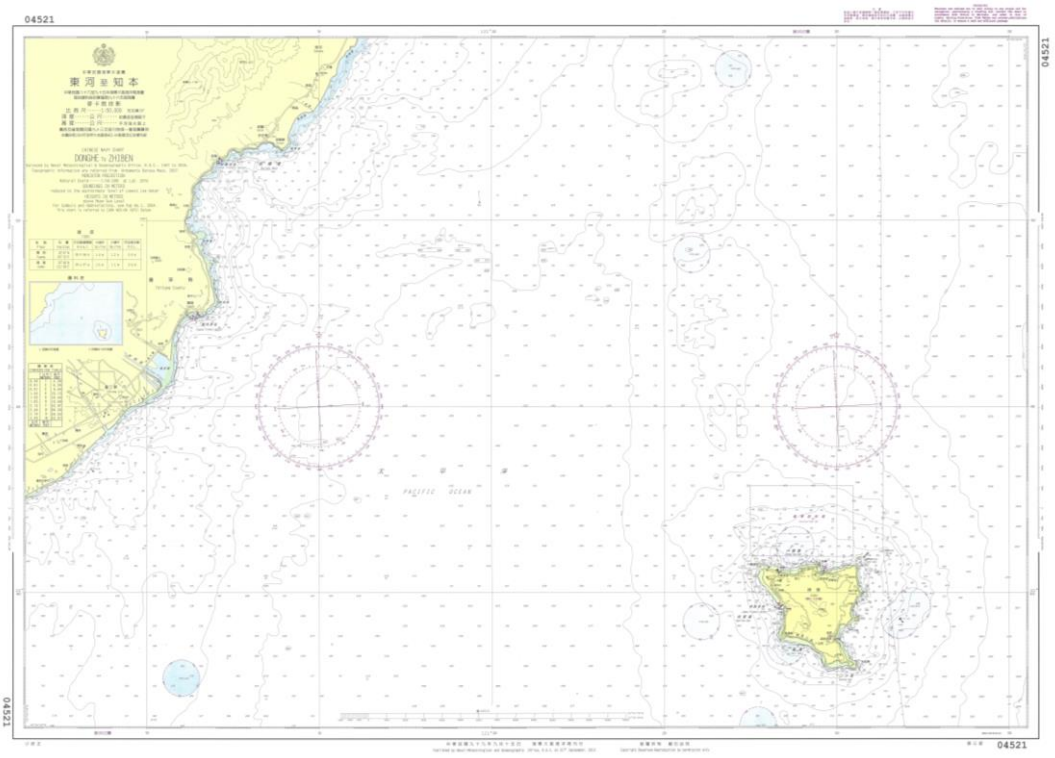


圖 5.4　海圖 04521 東河至知本

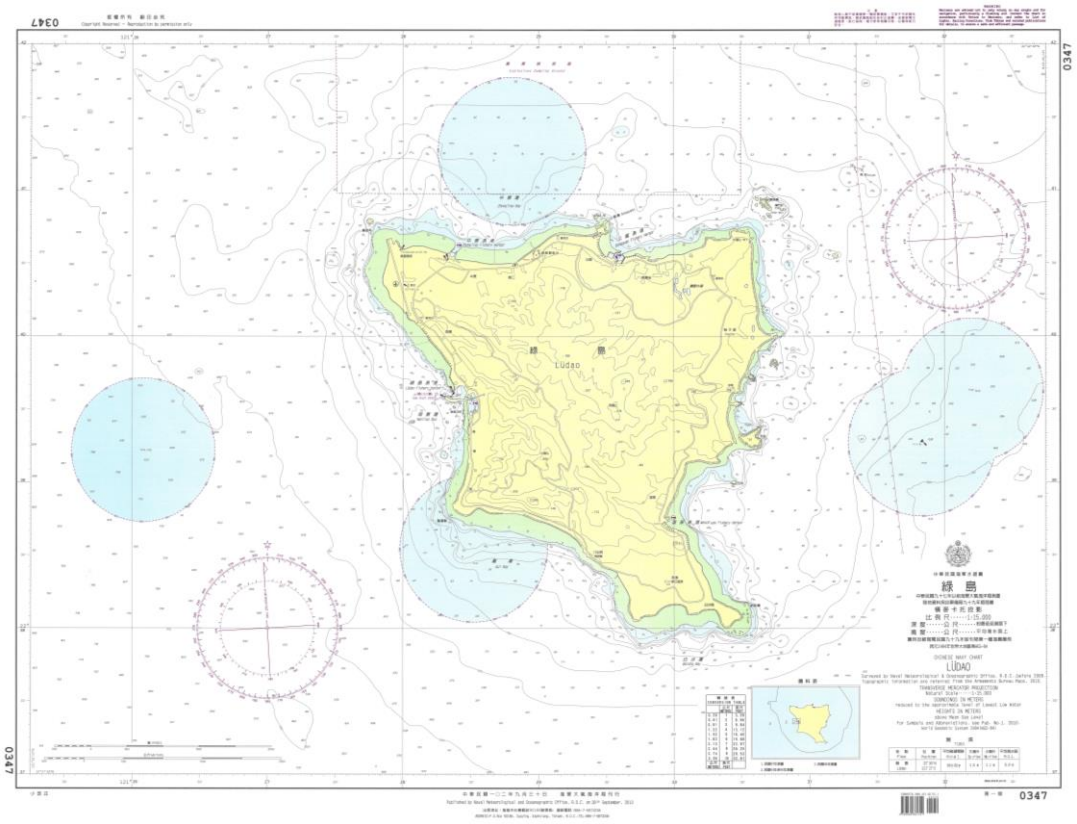


圖 5.5　海圖 0347 綠島

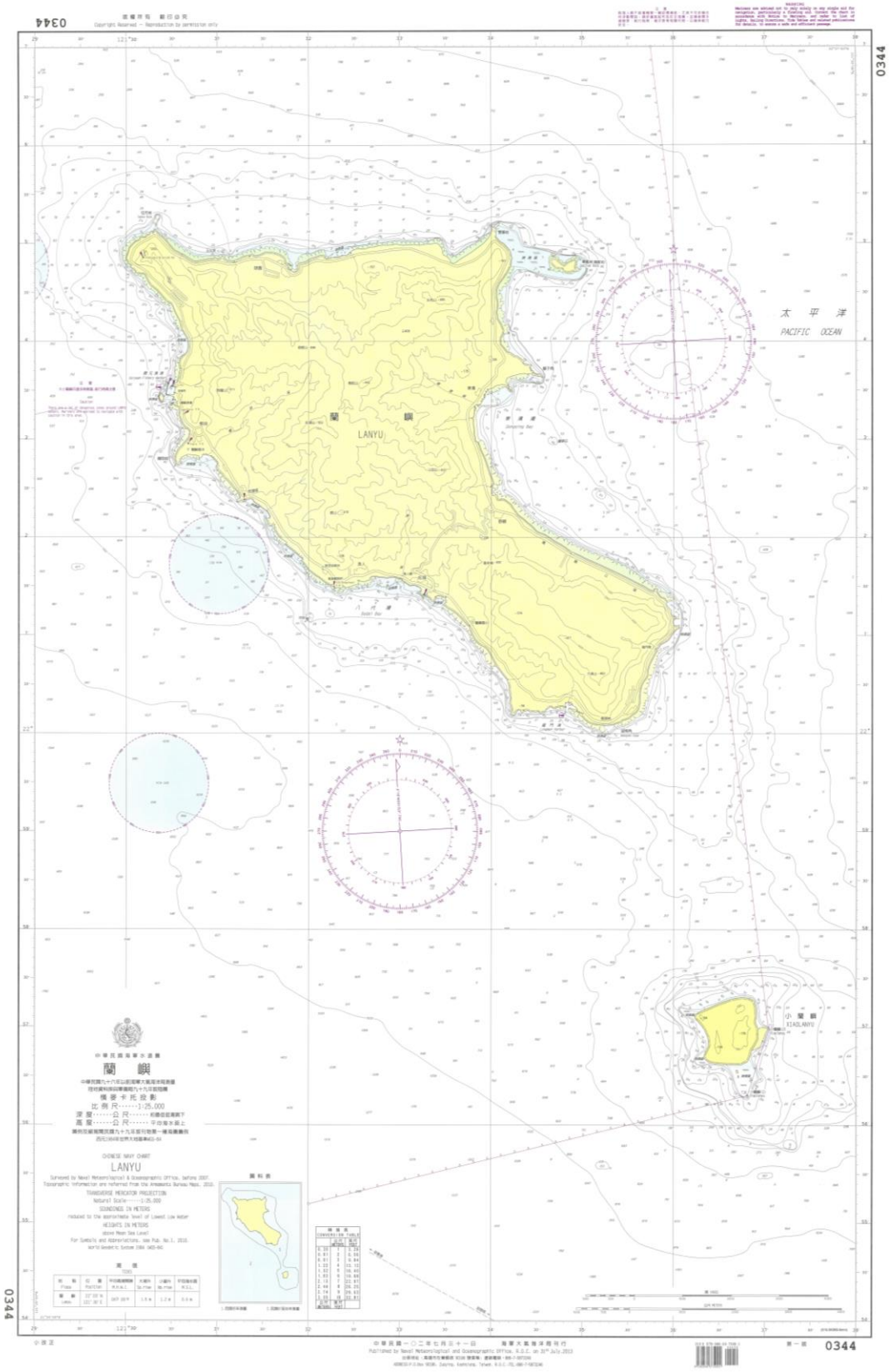


圖 5.6　海圖 0344 蘭嶼

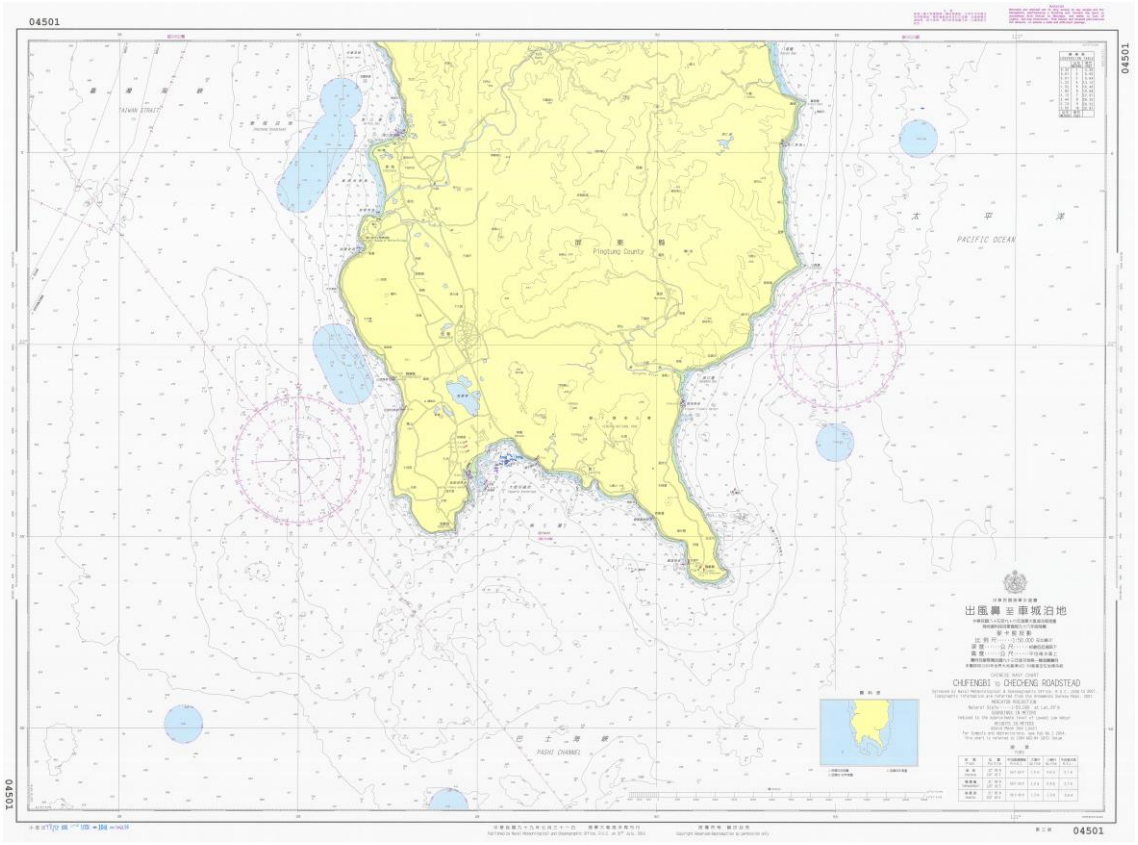


圖 5.7　海圖 04501 出風鼻至車城泊地

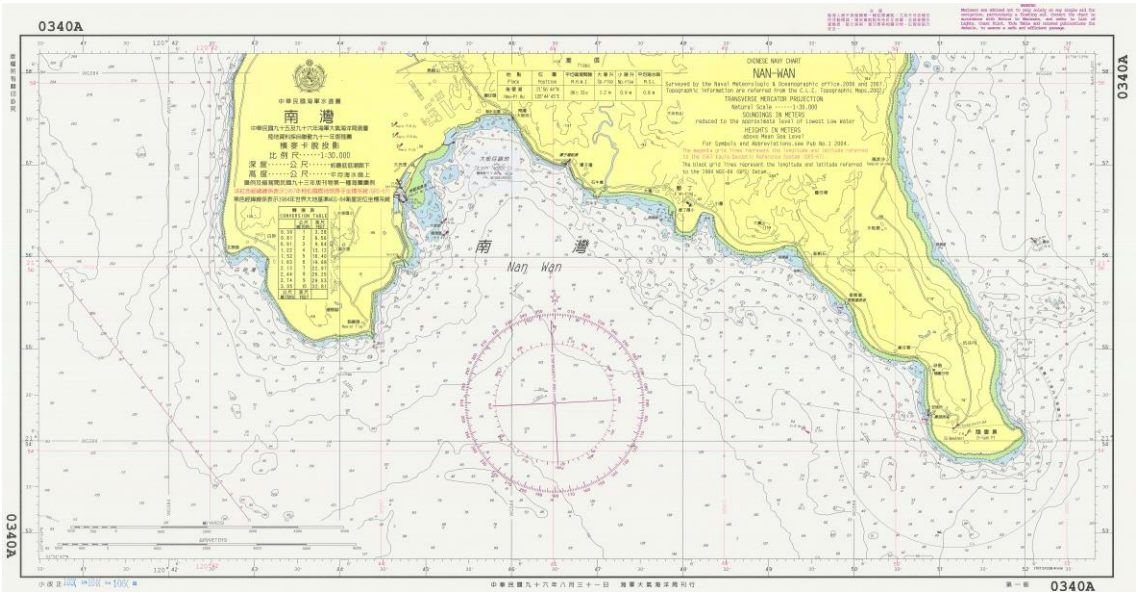


圖 5.8　海圖 0340A 南灣

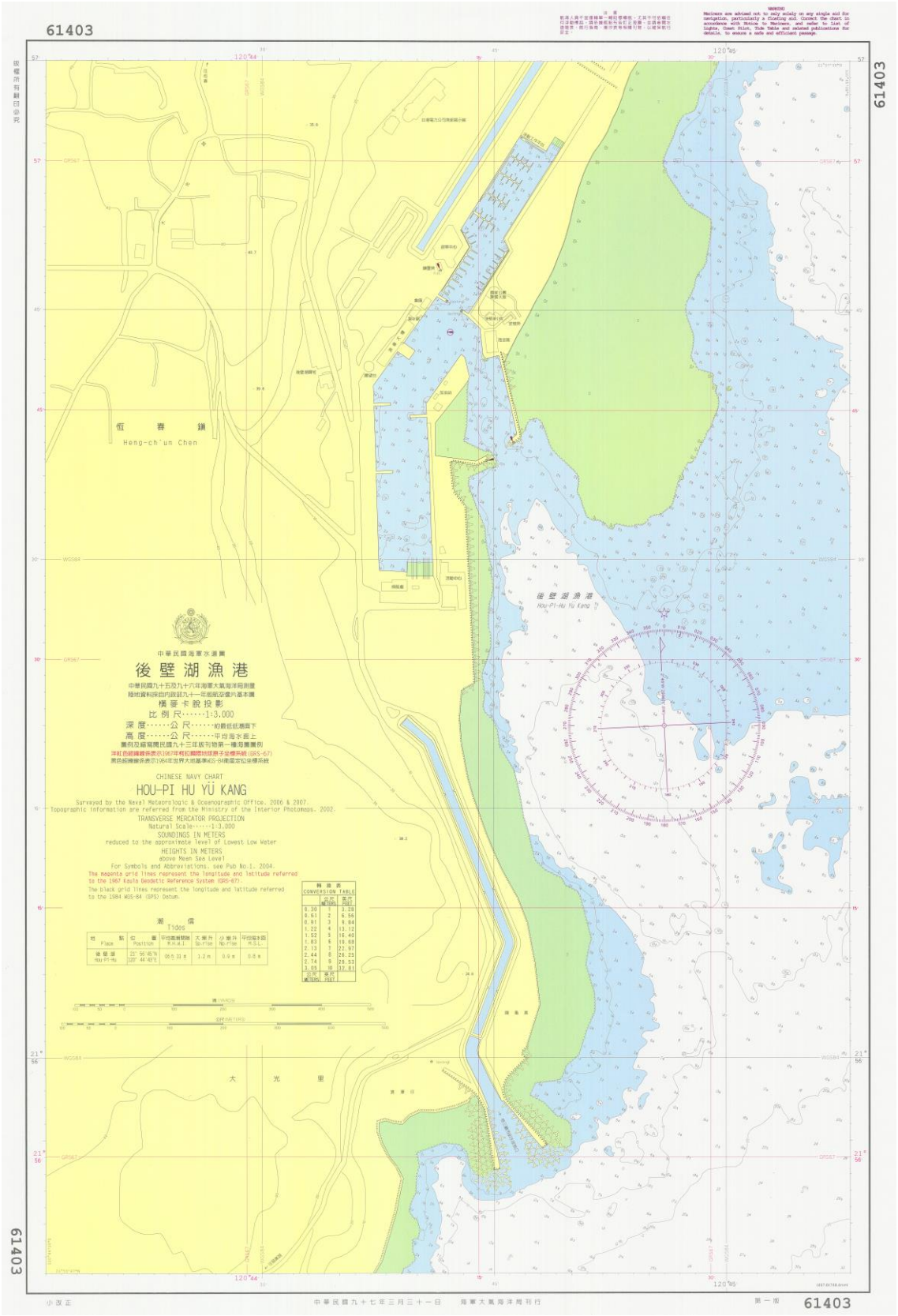


圖 5.9　海圖 61403 後壁湖漁港

5.3 潮汐

臺灣東南海域潮位站分布，如圖 5.10 所示，計有臺東富岡、大武、綠島、蘭嶼及後壁湖等潮位站，其中富岡、大武及綠島潮位站屬於水利署，蘭嶼及後壁湖潮位站屬於中央氣象局。本計畫針對臺東富岡、綠島、蘭嶼及後壁湖等潮位站，分別蒐集 2016 年逐時潮位觀測資料，如圖 5.11~圖 5.14 所示，分析重要潮位統計值及天文潮調和分析，其中天文潮位調和分析採用 60 個天文分潮為之。

5.3.1 富岡潮位

富岡潮位站(121°11'32.12"、22°47'26.81")位於台東市富岡漁港內，依據 2016 年逐時潮位觀測資料分析各代表性潮位值，如表 5.1 所例，顯示富岡漁港平均潮位值約為 0.194m，平均高潮位約為 0.672m，平均低潮位約為-0.281m，平均潮差約 0.953m；觀測資料數為 8729，整體資料蒐集率約為 0.994。2016 年最高潮位觀測值為 1.485m，發生於 2016 年 7 月 8 日強烈颱風尼伯特(NEPARTAK)侵臺期間。

表 5.1　臺東富岡潮位站 2016 年觀測資料之代表性潮位統計表

年/月	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
2016/01	0.993	0.584	0.125	-0.353	-0.778	1.771	0.937	698
2016/02	0.950	0.570	0.090	-0.391	-0.851	1.801	0.961	696
2016/03	1.053	0.624	0.151	-0.310	-0.661	1.714	0.934	744
2016/04	0.979	0.640	0.185	-0.273	-0.699	1.678	0.913	720
2016/05	1.031	0.699	0.233	-0.231	-0.809	1.860	0.968	743
2016/06	1.051	0.654	0.166	-0.314	-0.809	1.860	0.968	717
2016/07	1.485	0.711	0.208	-0.295	-0.836	2.321	1.006	744
2016/08	1.192	0.775	0.277	-0.224	-0.682	1.874	0.999	744
2016/09	1.284	0.819	0.330	-0.156	-0.572	1.856	0.975	715
2016/10	1.165	0.735	0.245	-0.235	-0.688	1.853	0.970	744
2016/11	1.048	0.638	0.183	-0.270	-0.861	1.909	0.908	720
2016/12	1.093	0.611	0.142	-0.315	-0.858	1.951	0.826	744
極值(平均)	1.485	0.627	0.194	-0.281	-0.861	2.321	0.952	8729

經由潮位資料補遺後，富岡潮位站 2016 年潮位之能譜分析結果，

如圖 5.15 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，富岡潮位站天文分潮之能譜以半日潮 M_2 最大，其次為 S_2 分潮。表 5.2 所列為富岡潮位站 2016 年觀測資料天文潮調和分析結果之天文分潮常數表，顯示主要分潮 O_1、K_1、M_2 及 S_2 之振幅分別為 0.128m、0.150、0.448 及 0.184，潮型指標[$(O_1+K_1)/(M_2+S_2)$]值約等於 0.44，顯示富岡潮位站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)。富岡潮位站天文潮預測值與觀測值之比較，如圖 5.16 所示；依逐月誤差分析結果顯示，各月份均方根誤差約介於 0.04 ~ 0.109m 之間，其中均方根誤差最大值發生於 9 月，研判與該月份接連遭受颱風侵襲有關。

2016 年中央氣象局發布的侵臺颱風計有強烈颱風尼伯特(如圖 5.17 所示)、強烈颱風莫蘭蒂(如圖 2.24 所示)、中度颱風馬勒卡(如圖 2.25 所示)、中度颱風梅姬(如圖 2.26 所示)及輕度颱風艾利(如圖 5.18 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。針對前述三個侵臺颱風，本計畫分析潮位觀測值與調和分析天文潮位預測值之差值，分別可得到 2016 年尼伯特、莫蘭蒂及梅姬等颱風，於富岡漁港內引起的暴潮偏差歷線，如圖 5.19～圖 5.21 所示；圖中顯示尼伯特、莫蘭蒂及梅姬等颱風引起的最大暴潮偏差值分別為 0.626m、0.461m 及 0.575m。

5.3.2 綠島潮位

綠島潮位站(121°28'23.53"、22°39'38.41")設置於綠島南寮漁港內，本計畫依據 2016 年逐時潮位觀測資料分析各代表性潮位值，如表 5.3 所例，顯示綠島南寮漁港平均潮位值約為 0.077m，平均高潮位及平均低潮位分別約為 0.557m 及-0.400m，平均潮差約 0.957m；2016 年觀測資料數為 7841，整體資料蒐集率約為 0.893，其中 7、8 月因儀器故障觀測資料明顯偏少。2016 年最高潮位觀測值為 1.098m，發生於 2016 年 8 月 20 日大潮期間。

表 5.2　臺東富岡潮位站 2016 年天文潮調和分析成果表

臺東富岡潮位站							
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	0.0742	48.7583	M_2	28.98410416	0.4481	134.7889
S_{aa}	0.08213730	0.0426	184.5698	MKS_2	29.06624222	0.0075	138.2127
M_m	0.54437470	0.0143	33.4043	λ_2	29.45562553	0.0072	63.9701
M_{sf}	1.01589584	0.0071	32.3477	L_2	29.52847862	0.0087	299.9169
M_f	1.09803307	0.0072	193.5949	T_2	29.95893288	0.0102	52.0955
$2Q_1$	12.85428619	0.0055	330.8492	S_2	30.00000000	0.1835	232.8013
σ_1	12.92714024	0.0034	197.6331	R_2	30.04106712	0.0006	258.7016
Q_1	13.39866066	0.0240	339.0835	K_2	30.08213806	0.0387	30.3031
ρ_1	13.47151470	0.0068	241.7700	MSN_2	30.54437447	0.0012	201.6104
O_1	13.94303513	0.1276	326.7853	KJ_2	30.62651253	0.0038	347.6149
MP_1	14.02517319	0.0017	338.3807	$2SM_2$	31.01589584	0.0015	140.4728
M_1	14.49202538	0.0086	80.3721	MO_2	42.92713928	0.0016	354.0381
χ_1	14.56954765	0.0011	21.6146	M_3	43.47615814	0.0054	292.6707
π_1	14.91786480	0.0028	251.1678	SO_3	43.94303513	0.0014	208.0384
P_1	14.95893097	0.0558	75.9324	MK_3	44.02517319	0.0016	156.9232
S_1	15.00000000	0.0054	206.0276	SK_3	45.04106903	0.0003	276.9467
K_1	15.04106903	0.1499	56.0372	MN_4	57.42383194	0.0015	8.9008
ψ_1	15.08213520	0.0019	215.1131	M_4	57.96820831	0.0020	31.6009
ϕ_1	15.12320614	0.0006	206.6724	SN_4	58.43972778	0.0005	160.4244
θ_1	15.51258945	0.0016	201.7136	MS_4	58.98410416	0.0009	174.4300
J_1	15.58544350	0.0063	64.4323	MK_4	59.06624222	0.0008	94.2931
SO_1	16.05696487	0.0010	255.8106	S_4	60.00000000	0.0001	348.0332
OO_1	16.13910103	0.0014	320.1715	SK_4	60.08213806	0.0000	169.0900
OQ_2	27.34169579	0.0014	149.0556	$2MN_6$	86.40793610	0.0005	356.9641
MNS_2	27.42383385	0.0035	45.3238	M_6	86.95231628	0.0014	342.3283
2N2	27.85935402	0.0021	173.8726	MSN_6	87.42383575	0.0007	126.2450
μ_2	27.96820450	0.0131	35.5580	$2MS_6$	87.96820831	0.0007	113.6502
N_2	28.43972969	0.0885	151.2548	$2MK_6$	88.05034637	0.0007	285.7315
ν_2	28.51258278	0.0172	21.8445	$2SM_6$	88.98410797	0.0002	117.1483
OP_2	28.90196609	0.0112	63.8637	MSK_6	89.06623840	0.0004	109.2394
平均潮位＝0.1950 m							
資料原點時間：2016/07/01 23:00:00							

表 5.3　臺東綠島潮位站 2016 年觀測資料之代表性潮位統計表

年/月	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
2016/01	0.932	0.478	0.009	-0.472	-0.903	1.835	0.949	702
2016/02	0.807	0.442	-0.037	-0.525	-0.955	1.762	0.966	671
2016/03	0.952	0.514	0.031	-0.434	-0.756	1.708	0.948	713
2016/04	0.842	0.528	0.047	-0.430	-0.898	1.740	0.958	692
2016/05	1.038	0.542	0.074	-0.393	-0.852	1.890	0.935	709
2016/06	0.956	0.572	0.117	-0.333	-0.792	1.748	0.905	691
2016/07	1.058	0.729	0.195	-0.356	-0.708	1.766	1.085	344
2016/08	1.098	0.672	0.199	-0.254	-0.590	1.688	0.926	498
2016/09	1.085	0.675	0.186	-0.307	-0.652	1.737	0.982	691
2016/10	0.949	0.601	0.114	-0.346	-0.803	1.752	0.947	718
2016/11	0.881	0.454	-0.017	-0.487	-1.136	2.017	0.941	718
2016/12	0.949	0.476	0.009	-0.461	-1.033	1.982	0.937	699
極值(平均)	1.098	0.557	0.077	-0.400	-1.136	2.017	0.957	7841

綠島潮位站 2016 年潮位之能譜分析結果，如圖 5.22 所示，由能譜分析結果得知，綠島潮位站天文分潮之能譜以半日潮 M_2 最大，其次為 S_2 分潮。表 5.4 所列為綠島潮位站 2016 年天文潮調和分析結果之天文分潮常數表，顯示主要分潮 O_1、K_1、M_2 及 S_2 之振幅分別為 0.113m、0.128、0.451 及 0.181，潮型指標值約等於 0.381，顯示綠島潮位站潮汐型態同樣屬於半日潮型。同理依據表 5.4 天文潮調和分析結果，本計畫綠島潮位站天文潮預測值與觀測值之比較，如圖 5.23 所示；依逐月誤差分析結果顯示，各月份均方根誤差約介於 0.043 ~ 0.094m 之間，其中均方根誤差最大值發生於 9 月，同樣研判與該月份接連遭受颱風侵襲有關。此外，2016 年尼伯特、莫蘭蒂及梅姬等颱風引起的暴潮偏差分析結果，如圖 5.24～圖 5.26 所示，颱風侵臺期間產生的暴潮偏差最大值依序為 0.704m、0.423m 及 0.500m。

表 5.4　臺東綠島潮位站 2016 年天文潮調和分析成果表

綠島潮位站							
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	0.1028	32.4815	M_2	28.98410416	0.4507	131.2607
S_{aa}	0.08213730	0.0323	110.2705	MKS_2	29.06624222	0.0061	239.2250
M_m	0.54437470	0.0148	32.5930	λ_2	29.45562553	0.0036	53.8195
M_{sf}	1.01589584	0.0048	81.5844	L_2	29.52847862	0.0094	301.0794
M_f	1.09803307	0.0086	139.9889	T_2	29.95893288	0.0118	36.3938
$2Q_1$	12.85428619	0.0042	4.6694	S_2	30.00000000	0.1806	231.6398
σ_1	12.92714024	0.0036	212.6119	R_2	30.04106712	0.0013	194.7514
Q_1	13.39866066	0.0221	335.5481	K_2	30.08213806	0.0355	30.8299
ρ_1	13.47151470	0.0033	224.9412	MSN_2	30.54437447	0.0025	155.3303
O_1	13.94303513	0.1135	330.5651	KJ_2	30.62651253	0.0023	342.3220
MP_1	14.02517319	0.0058	296.7307	$2SM_2$	31.01589584	0.0004	247.3864
M_1	14.49202538	0.0081	83.7960	MO_2	42.92713928	0.0017	55.9558
χ_1	14.56954765	0.0013	287.3662	M_3	43.47615814	0.0067	287.4667
π_1	14.91786480	0.0028	312.5786	SO_3	43.94303513	0.0033	223.4866
P_1	14.95893097	0.0485	71.2724	MK_3	44.02517319	0.0045	186.2195
S_1	15.00000000	0.0060	202.8495	SK_3	45.04106903	0.0007	237.5672
K_1	15.04106903	0.1276	53.5815	MN_4	57.42383194	0.0024	316.1073
ψ_1	15.08213520	0.0044	166.9513	M_4	57.96820831	0.0065	325.9546
ϕ_1	15.12320614	0.0043	134.7130	SN_4	58.43972778	0.0005	75.6916
θ_1	15.51258945	0.0036	173.3369	MS_4	58.98410416	0.0042	104.5889
J_1	15.58544350	0.0029	65.8172	MK_4	59.06624222	0.0008	237.0003
SO_1	16.05696487	0.0020	295.8438	S_4	60.00000000	0.0013	190.6899
OO_1	16.13910103	0.0015	324.4160	SK_4	60.08213806	0.0003	89.7476
OQ_2	27.34169579	0.0017	144.4057	$2MN_6$	86.40793610	0.0007	357.3396
MNS_2	27.42383385	0.0053	42.4252	M_6	86.95231628	0.0009	291.4019
2N2	27.85935402	0.0019	225.8999	MSN_6	87.42383575	0.0002	127.8631
μ_2	27.96820450	0.0161	39.3543	$2MS_6$	87.96820831	0.0008	38.5831
N_2	28.43972969	0.0881	148.8238	$2MK_6$	88.05034637	0.0002	342.1574
ν_2	28.51258278	0.0137	24.3356	$2SM_6$	88.98410797	0.0004	160.6731
OP_2	28.90196609	0.0003	65.9188	MSK_6	89.06623840	0.0002	334.6301
平均潮位＝0.0773m							
資料原點時間：2016/07/01 23:00:00							

5.3.3 蘭嶼潮位

蘭嶼潮位站(121°29'59"、22°03'35")設置於蘭嶼開元漁港內，本計畫依據 2016 年逐時潮位觀測資料分析各代表性潮位值，如表 5.5 所例，表中平均潮位值約為-0.488m，顯示蘭嶼潮位觀測基準尚未修正至中潮系統，平均高潮位及平均低潮位分別約為 0.013m 及-0.978m，平均潮差約 0.990m；2016 年觀測資料數為 7699，整體資料蒐集率約為 0.876，其中 2 及 12 月觀測資料明顯偏少。2016 年最高潮位觀測值為 0.612m，發生於 2016 年 8 月 20 日大潮期間(與綠島潮位站同一時間)。

表 5.5　臺東蘭嶼潮位站 2016 年觀測資料之代表性潮位統計表

年/月	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
2016/01	0.435	-0.050	-0.548	-1.032	-1.488	1.923	0.981	716
2016/02	0.333	-0.108	-0.599	-1.099	-1.486	1.819	0.991	463
2016/03	0.408	-0.015	-0.523	-1.013	-1.363	1.771	0.998	646
2016/04	0.398	0.013	-0.521	-1.038	-1.539	1.937	1.051	703
2016/05	0.539	0.034	-0.474	-0.971	-1.394	1.933	1.005	743
2016/06	0.435	0.050	-0.441	-0.910	-1.312	1.747	0.960	713
2016/07	0.553	0.132	-0.380	-0.872	-1.215	1.768	1.003	715
2016/08	0.612	0.187	-0.342	-0.865	-1.231	1.843	1.051	723
2016/09	0.512	0.141	-0.360	-0.848	-1.222	1.734	0.990	661
2016/10	0.468	0.069	-0.457	-0.978	-1.348	1.816	1.047	701
2016/11	0.379	-0.112	-0.627	-1.115	-1.635	2.014	1.004	638
2016/12	0.194	-0.188	-0.580	-0.991	-1.470	1.664	0.803	277
極值(平均)	0.612	0.013	-0.488	-0.978	-1.635	2.014	0.990	7699

蘭嶼潮位站 2016 年潮位之能譜分析結果，如圖 5.27 所示，由能譜分析結果同樣得知，蘭嶼潮位站天文分潮之能譜以半日潮 M_2 最大，其次為 S_2 分潮。表 5.6 所列為蘭嶼潮位站 2016 年天文潮調和分析結果之天文分潮常數表，顯示主要分潮 O_1、K_1、M_2 及 S_2 之振幅分別為 0.106m、0.117、0.482 及 0.189，潮型指標值約等於 0.332，顯示蘭嶼潮位站潮汐型態同樣屬於半日潮型。同理依據表 5.6 天文潮調和分析結果，蘭嶼潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較，如圖 5.28 所示；圖中各月誤差分析結果顯示，各月份均方根誤差約介於 0.043 ~ 0.105m 之間，均方根誤差最大值發生於 11 月。

表 5.6　臺東蘭嶼潮位站 2016 年天文潮調和分析成果表

蘭嶼潮位站							
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	0.1067	23.9868	M_2	28.98410416	0.4818	135.2749
S_{aa}	0.08213730	0.0448	103.5082	MKS_2	29.06624222	0.0134	270.3963
M_m	0.54437470	0.0185	38.1881	λ_2	29.45562553	0.0038	46.2589
M_{sf}	1.01589584	0.0065	147.8012	L_2	29.52847862	0.0149	317.5058
M_f	1.09803307	0.0007	349.5594	T_2	29.95893288	0.0120	41.4717
$2Q_1$	12.85428619	0.0040	337.9276	S_2	30.00000000	0.1893	235.8866
σ_1	12.92714024	0.0040	243.0553	R_2	30.04106712	0.0053	219.3204
Q_1	13.39866066	0.0218	352.1315	K_2	30.08213806	0.0444	40.9104
ρ_1	13.47151470	0.0053	226.7180	MSN_2	30.54437447	0.0039	114.8063
O_1	13.94303513	0.1062	339.7977	KJ_2	30.62651253	0.0029	42.8933
MP_1	14.02517319	0.0027	259.5950	$2SM_2$	31.01589584	0.0021	196.8822
M_1	14.49202538	0.0052	94.8951	MO_2	42.92713928	0.0022	59.9802
χ_1	14.56954765	0.0022	12.9629	M_3	43.47615814	0.0062	284.0804
π_1	14.91786480	0.0042	301.5052	SO_3	43.94303513	0.0019	232.9010
P_1	14.95893097	0.0433	85.5080	MK_3	44.02517319	0.0029	213.7329
S_1	15.00000000	0.0080	261.7776	SK_3	45.04106903	0.0015	56.9363
K_1	15.04106903	0.1170	68.7408	MN_4	57.42383194	0.0021	274.0723
ψ_1	15.08213520	0.0045	265.7328	M_4	57.96820831	0.0072	241.8407
ϕ_1	15.12320614	0.0014	164.6486	SN_4	58.43972778	0.0003	135.8015
θ_1	15.51258945	0.0012	175.3312	MS_4	58.98410416	0.0035	0.7364
J_1	15.58544350	0.0049	63.6697	MK_4	59.06624222	0.0024	125.3655
SO_1	16.05696487	0.0004	184.7045	S_4	60.00000000	0.0010	103.4669
OO_1	16.13910103	0.0009	355.5010	SK_4	60.08213806	0.0003	359.2587
OQ_2	27.34169579	0.0037	180.6951	$2MN_6$	86.40793610	0.0008	250.0932
MNS_2	27.42383385	0.0031	39.3162	M_6	86.95231628	0.0027	269.1454
2N2	27.85935402	0.0058	186.6823	MSN_6	87.42383575	0.0009	34.1422
μ_2	27.96820450	0.0148	24.3429	$2MS_6$	87.96820831	0.0031	17.7028
N_2	28.43972969	0.0885	149.1857	$2MK_6$	88.05034637	0.0011	176.0797
ν_2	28.51258278	0.0138	12.8390	$2SM_6$	88.98410797	0.0012	128.2493
OP_2	28.90196609	0.0040	307.5897	MSK_6	89.06623840	0.0004	342.4677
平均潮位＝-0.4863m 資料原點時間：2016/07/01 23:00:00							

2016 年尼伯特、莫蘭蒂及梅姬等颱風侵臺期間，蘭嶼潮位站暴潮偏差分析結果，如圖 5.29～圖 5.31 所示，除尼伯特颱風侵臺期間因觀測記錄中斷，無法獲得最大暴潮偏差值外，莫蘭蒂及梅姬等颱風侵臺期間蘭嶼開元漁港內暴潮偏差最大值分別為 0.405m 及 0.313m。

5.3.4 後壁湖潮位

後壁湖潮位站(120°44'43"、21°56'45")位於屏東縣後壁湖漁港內，依據 2016 年逐時潮位觀測資料分析各代表性潮位值，如表 5.7 所例，顯示後壁湖漁港平均潮位值約為 0.301m，平均高潮位約為 0.638m，平均低潮位約為-0.044m，平均潮差約 0.682m；觀測資料數為 7745，整體資料蒐集率約為 0.8817。2016 年最高潮位觀測值為 1.319m，發生於 2016 年 8 月 1 日大潮期間。

表 5.7　屏東後壁湖潮位站 2016 年觀測資料之代表性潮位統計表

年/月	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
2016/01	1.041	0.566	0.266	-0.045	-0.334	1.375	0.611	724
2016/02	0.940	0.507	0.195	-0.098	-0.540	1.480	0.605	394
2016/03	0.977	0.608	0.249	-0.082	-0.308	1.285	0.690	729
2016/04	0.874	0.590	0.225	-0.141	-0.466	1.340	0.731	694
2016/05	0.998	0.630	0.299	-0.054	-0.453	1.451	0.684	735
2016/06	1.093	0.627	0.307	-0.007	-0.444	1.537	0.634	710
2016/07	1.153	0.669	0.335	0.003	-0.464	1.617	0.667	729
2016/08	1.319	0.741	0.401	0.052	-0.443	1.762	0.689	697
2016/09	1.104	0.769	0.440	0.079	-0.194	1.298	0.690	690
2016/10	1.185	0.689	0.337	-0.035	-0.312	1.497	0.724	724
2016/11	1.025	0.666	0.297	-0.112	-0.614	1.639	0.778	352
2016/12	1.063	0.598	0.266	-0.088	-0.615	1.678	0.685	649
極值(平均)	1.319	0.638	0.301	-0.044	-0.615	1.762	0.682	7745

後壁湖潮位站 2016 年潮位之能譜分析結果，如圖 5.32 所示，由能譜分析結果同樣得知，蘭嶼潮位站天文分潮之能譜以半日潮 M_2 最大，其次為 S_2 分潮。表 5.8 所列為後壁湖潮位站 2016 年天文潮調和分析結果之天文分潮常數表，顯示主要分潮 O_1、K_1、M_2 及 S_2 之振幅分別為

0.166m、0.203、0.284 及 0.121，潮型指標值約等於 0.911，屬於混合潮型。同理依據表 5.8 天文潮調和分析結果，後壁湖潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較，如圖 5.33 所示；圖中各月誤差分析結果顯示，各月份均方根誤差約介於 0.040 ~ 0.087m 之間，均方根誤差最大值則發生於 11 月。此外，2016 年尼伯特、莫蘭蒂及梅姬等颱風侵臺期間，後壁湖潮位站暴潮偏差分析結果，如圖 5.34～圖 5.36 所示，除莫蘭蒂颱風侵臺期間因觀測記錄中斷，無法獲得最大暴潮偏差值外，尼伯特颱風侵臺期間後壁湖漁港內暴潮偏差並不顯著，最大值約為 0.281m；梅姬颱風侵臺期間後壁湖漁港內暴潮偏差最大值為 0.386m。

表 5.8　屏東後壁湖潮位站 2016 年天文潮調和分析成果表

後壁湖潮位站							
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	0.0788	57.7770	M_2	28.98410416	0.2843	151.1044
S_{aa}	0.08213730	0.0195	122.5352	MKS_2	29.06624222	0.0041	20.6766
M_m	0.54437470	0.0117	10.6500	λ_2	29.45562553	0.0029	165.6771
M_{sf}	1.01589584	0.0063	76.5443	L_2	29.52847862	0.0044	313.9467
M_f	1.09803307	0.0077	226.8126	T_2	29.95893288	0.0080	56.3282
$2Q_1$	12.85428619	0.0054	18.8704	S_2	30.00000000	0.1208	245.1994
σ_1	12.92714024	0.0034	249.5415	R_2	30.04106712	0.0002	162.5842
Q_1	13.39866066	0.0335	3.0809	K_2	30.08213806	0.0229	47.1059
ρ_1	13.47151470	0.0082	225.5458	MSN_2	30.54437447	0.0022	146.0218
O_1	13.94303513	0.1660	353.1209	KJ_2	30.62651253	0.0020	331.7439
MP_1	14.02517319	0.0034	234.2561	$2SM_2$	31.01589584	0.0005	284.4623
M_1	14.49202538	0.0120	125.4804	MO_2	42.92713928	0.0060	359.0237
χ_1	14.56954765	0.0013	322.6586	M_3	43.47615814	0.0036	337.1433
π_1	14.91786480	0.0068	317.3327	SO_3	43.94303513	0.0054	124.5999
P_1	14.95893097	0.0731	100.2727	MK_3	44.02517319	0.0069	97.9469
S_1	15.00000000	0.0080	3.0580	SK_3	45.04106903	0.0036	218.2351
K_1	15.04106903	0.2026	84.6358	MN_4	57.42383194	0.0027	261.1717
ψ_1	15.08213520	0.0025	91.7400	M_4	57.96820831	0.0037	295.4145
ϕ_1	15.12320614	0.0038	172.8331	SN_4	58.43972778	0.0003	317.4390
θ_1	15.51258945	0.0056	215.8391	MS_4	58.98410416	0.0024	76.1545
J_1	15.58544350	0.0082	97.7862	MK_4	59.06624222	0.0014	176.4049
SO_1	16.05696487	0.0031	354.4340	S_4	60.00000000	0.0007	130.1849
OO_1	16.13910103	0.0018	9.8168	SK_4	60.08213806	0.0004	16.6742
OQ_2	27.34169579	0.0007	289.5690	$2MN_6$	86.40793610	0.0012	289.4736
MNS_2	27.42383385	0.0023	75.9905	M_6	86.95231628	0.0018	246.2523
2N2	27.85935402	0.0015	214.1269	MSN_6	87.42383575	0.0001	293.6501
μ_2	27.96820450	0.0089	46.2244	$2MS_6$	87.96820831	0.0014	14.1790
N_2	28.43972969	0.0572	167.9921	$2MK_6$	88.05034637	0.0012	238.6546
ν_2	28.51258278	0.0140	50.0235	$2SM_6$	88.98410797	0.0001	98.8256
OP_2	28.90196609	0.0015	167.5467	MSK_6	89.06623840	0.0007	333.5694
平均潮位＝0.3008m							
資料時間：2016/07/01 23:00:00							

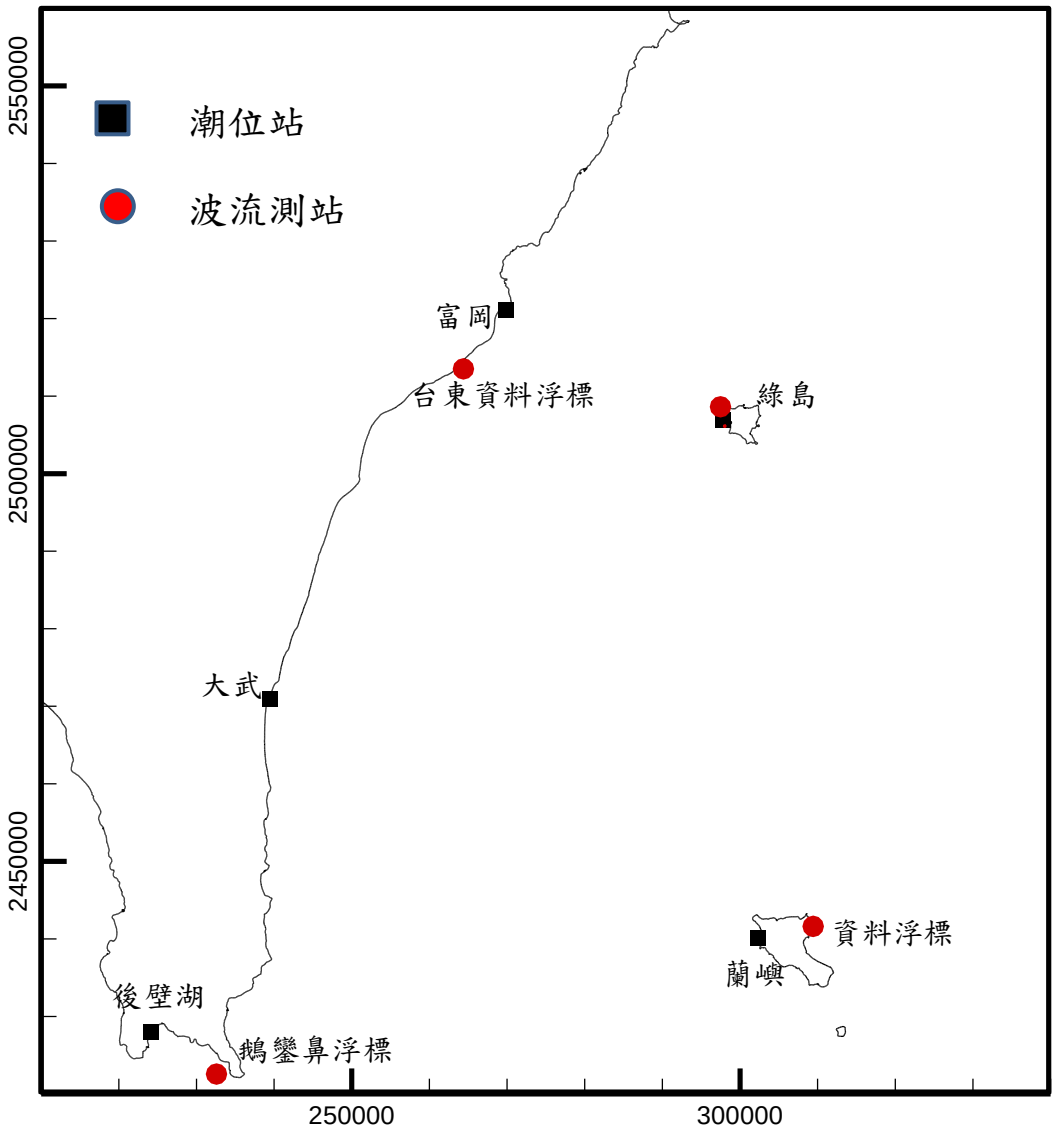


圖 5.10　臺灣東南海域潮位、波浪及海流測站分布圖

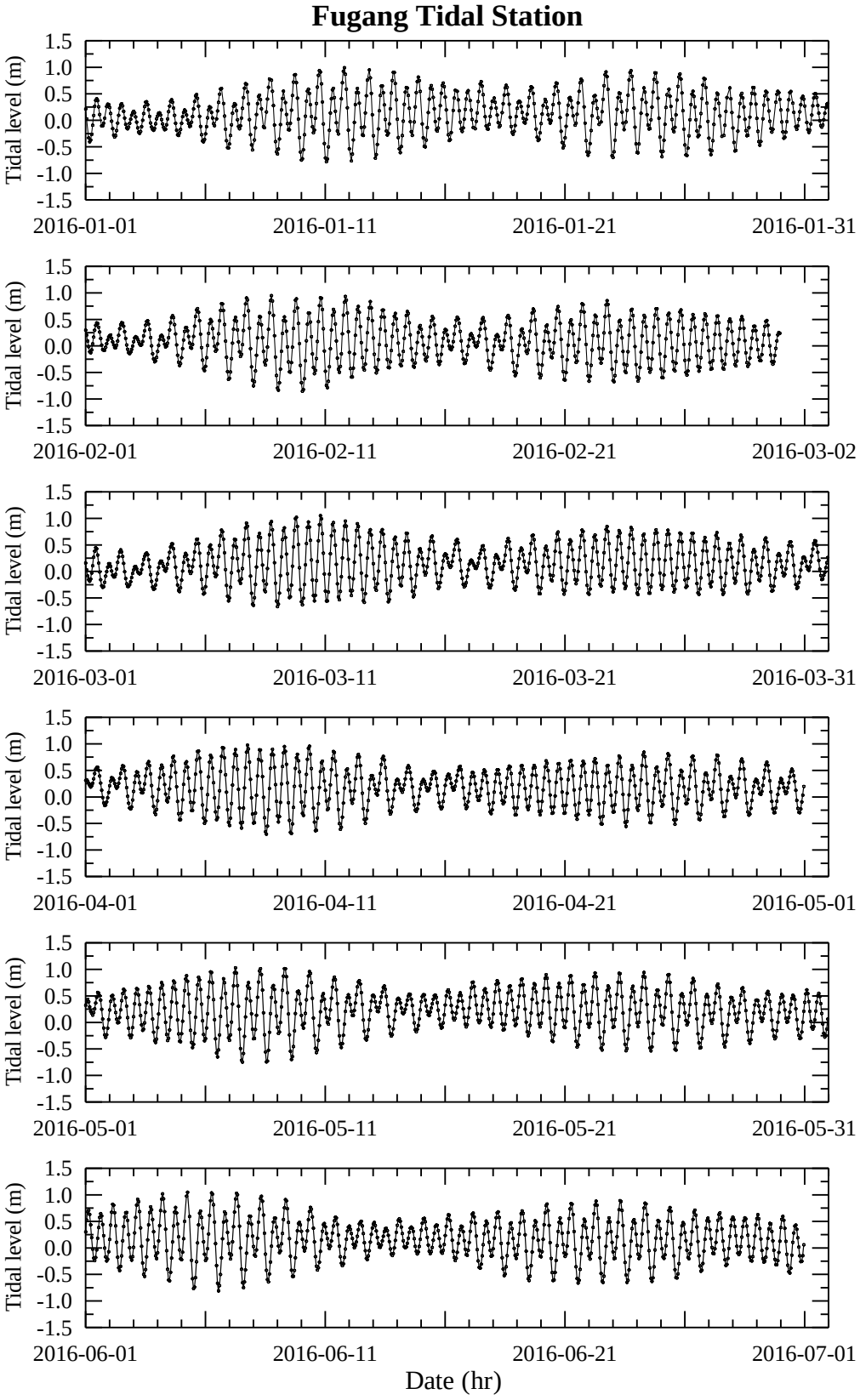


圖 5.11　臺東富岡潮位站 2016 年逐時潮位圖

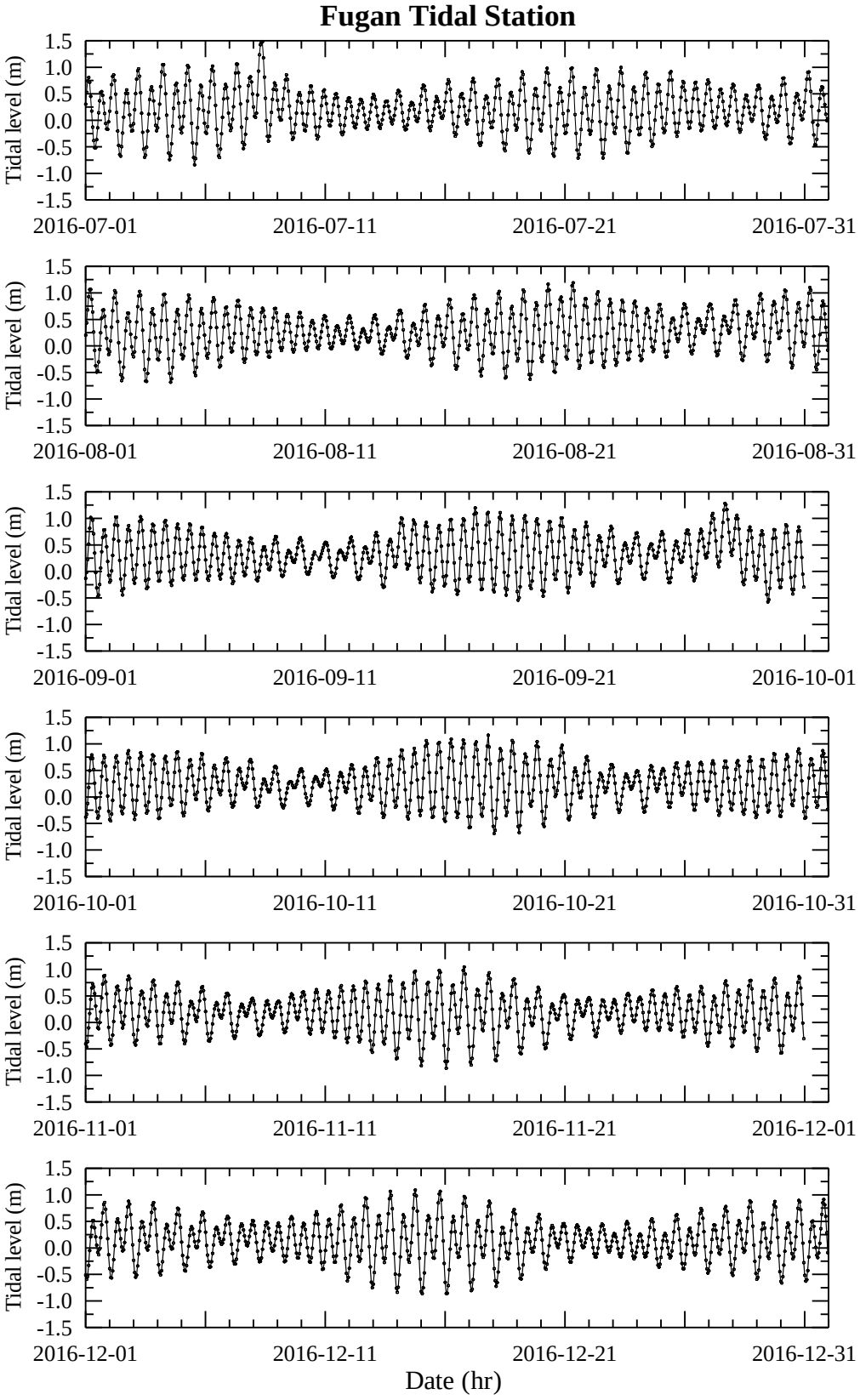


圖 5.11　(續)臺東富岡潮位站 2016 年逐時潮位圖

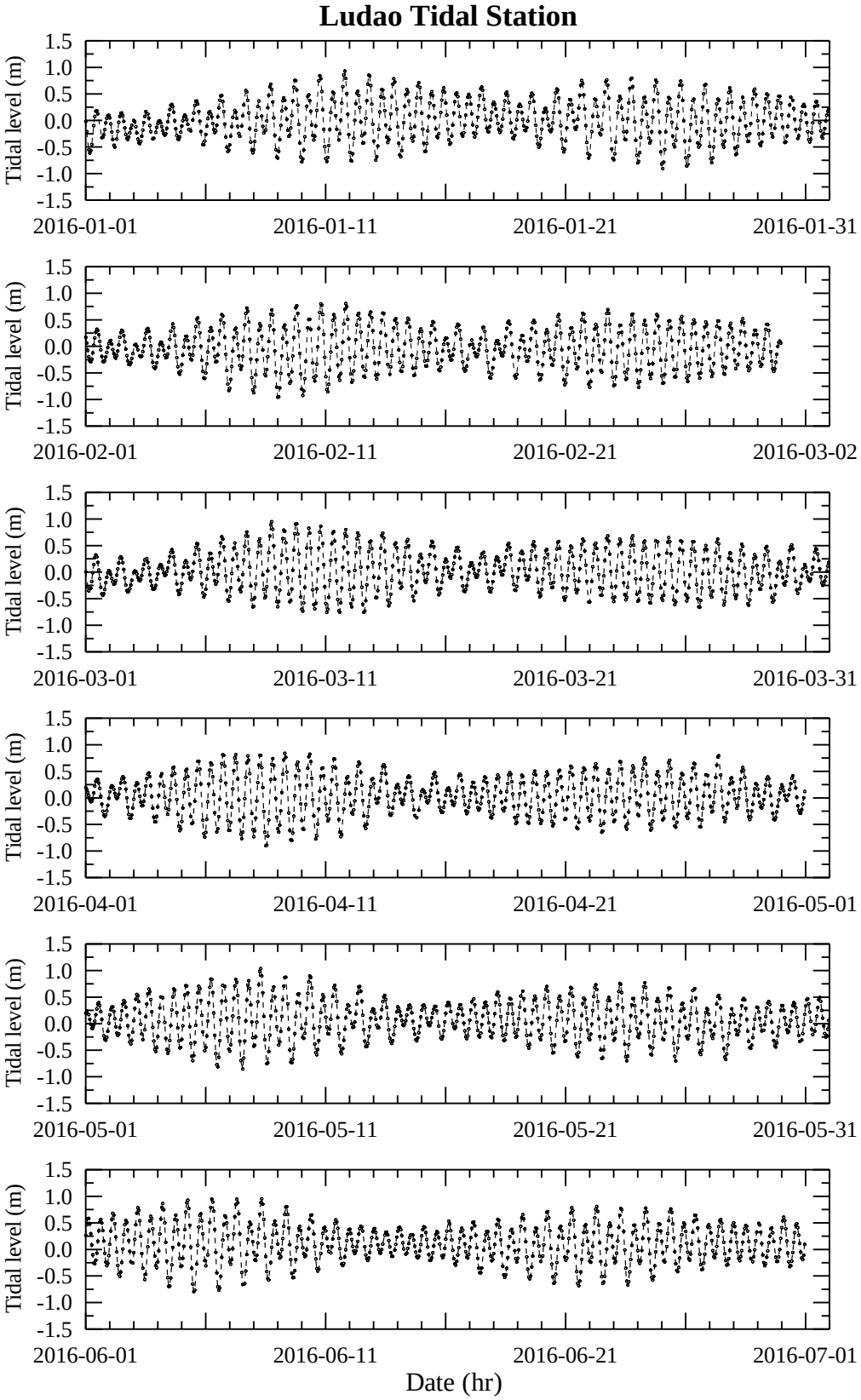


圖 5.12　臺東綠島潮位站 2016 年逐時潮位圖

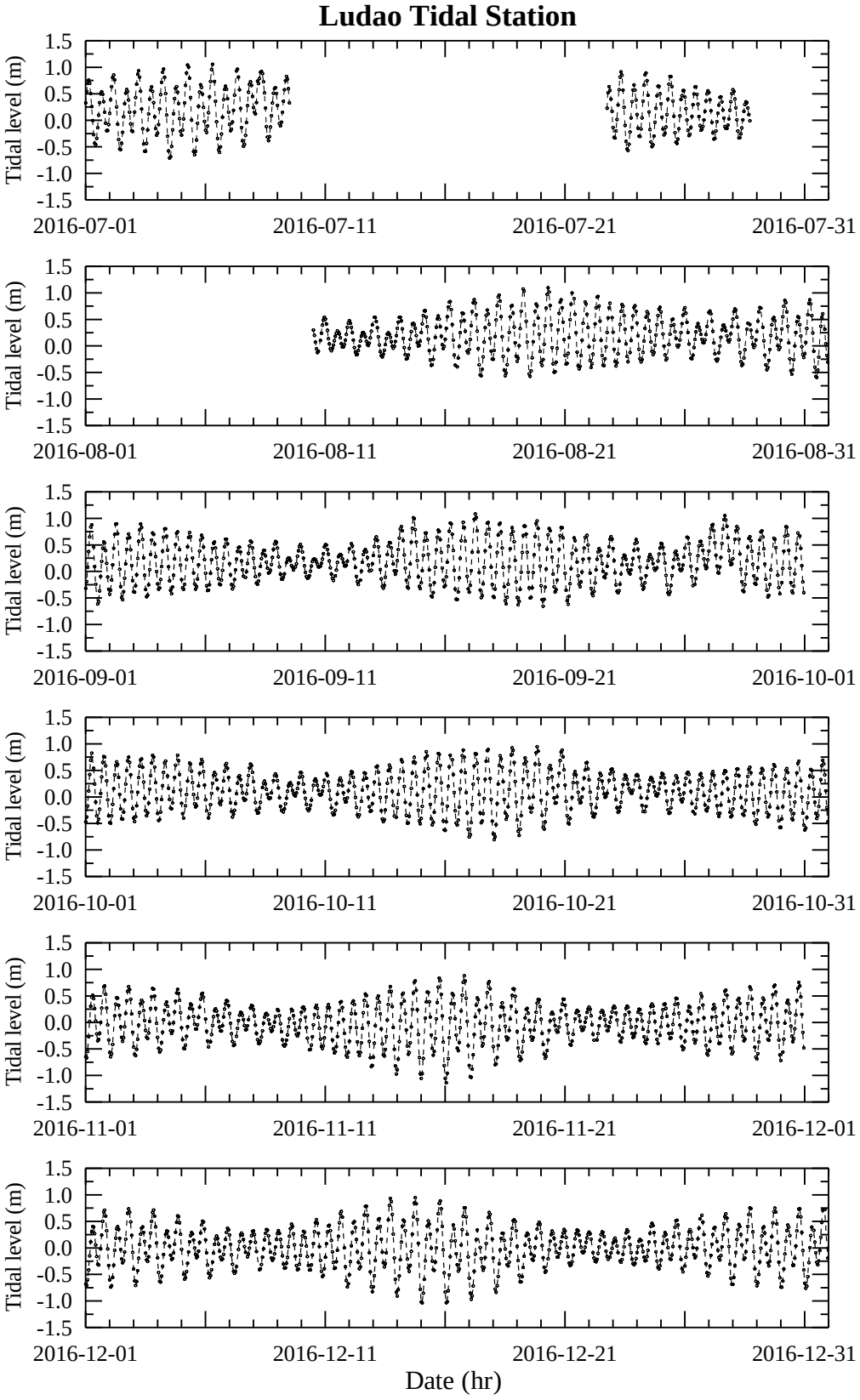


圖 5.12　(續)臺東綠島潮位站 2016 年逐時潮位圖

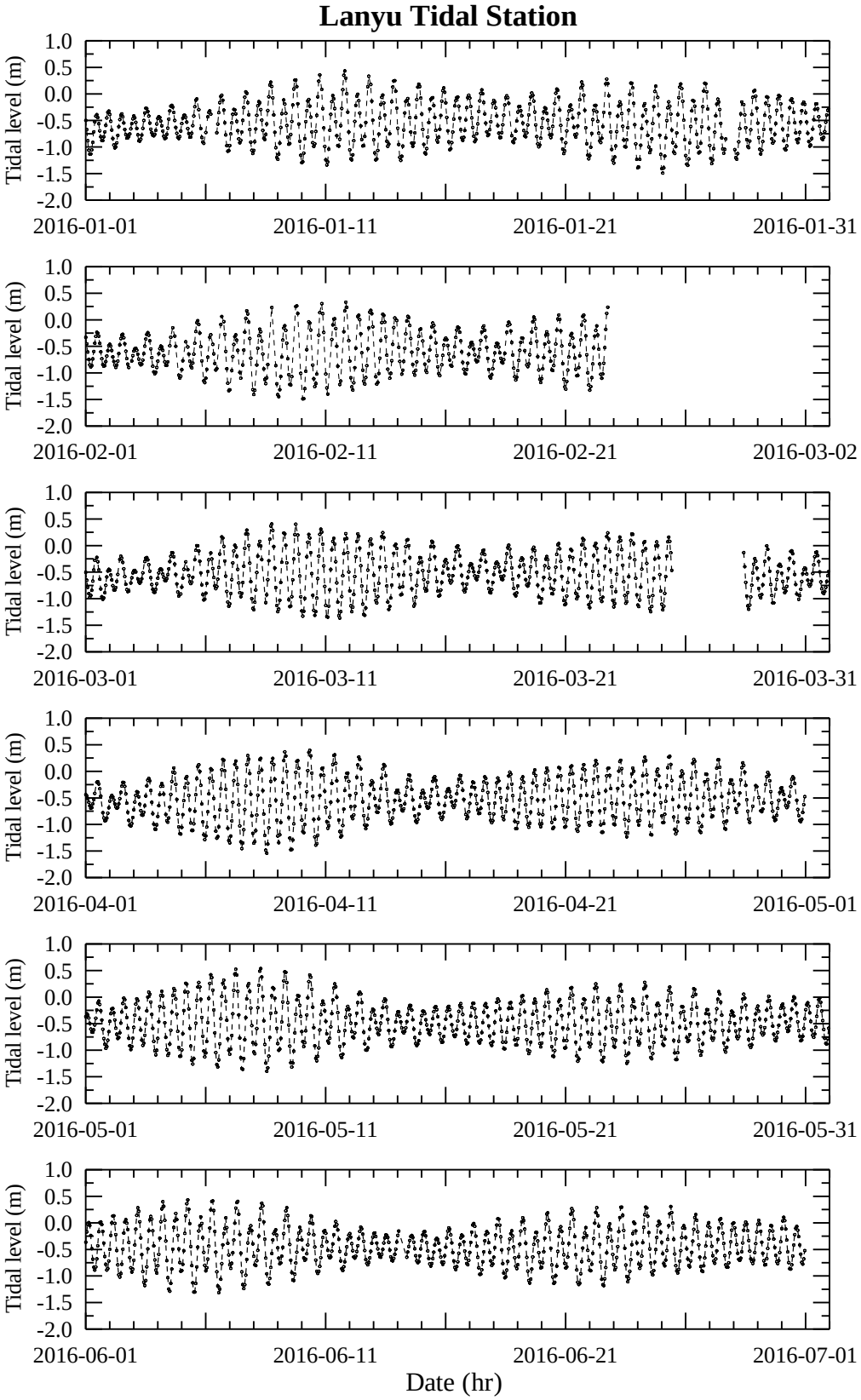


圖 5.13　臺東蘭嶼潮位站 2016 年逐時潮位圖

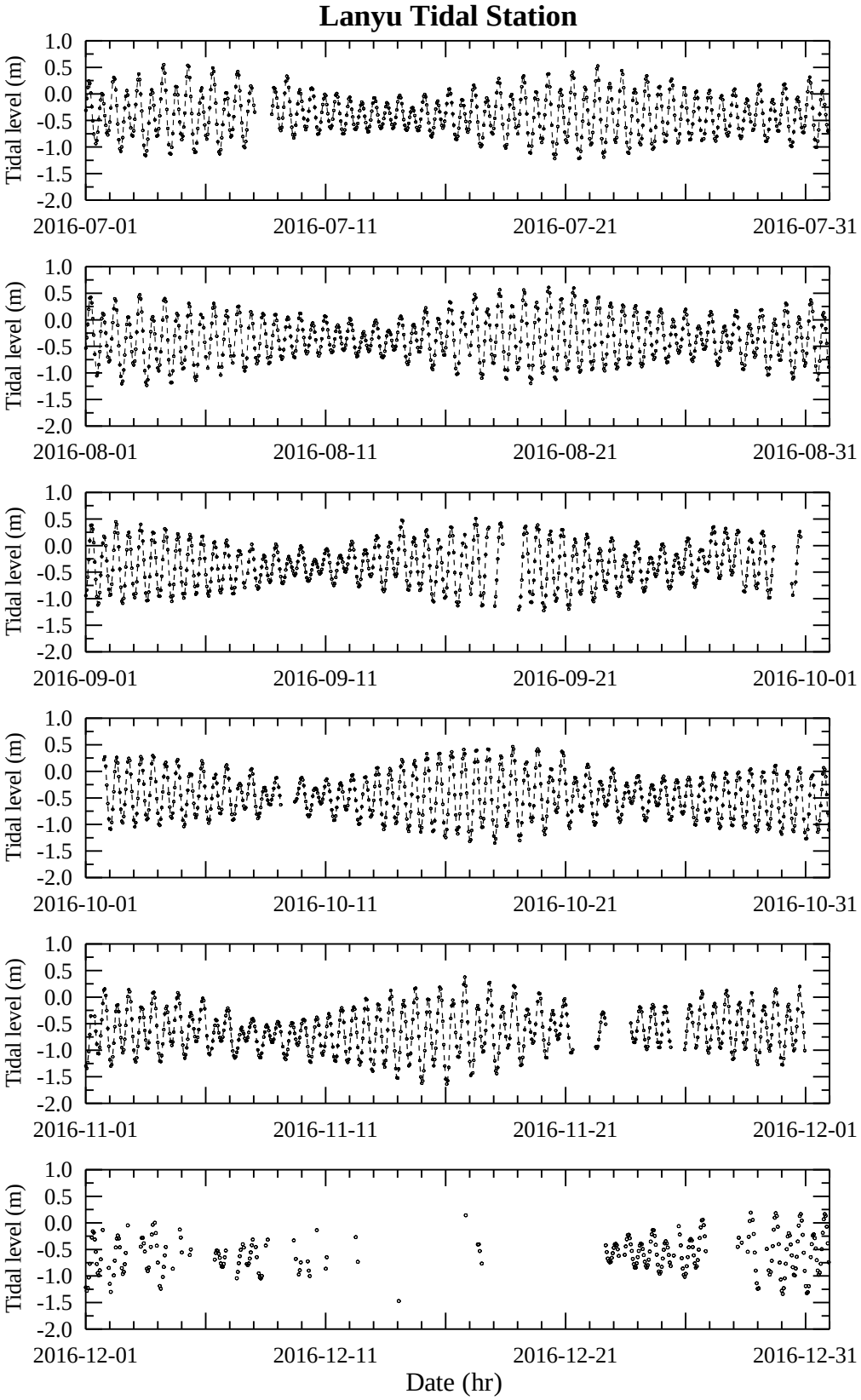


圖 5.13　(續)臺東蘭嶼潮位站 2016 年逐時潮位圖

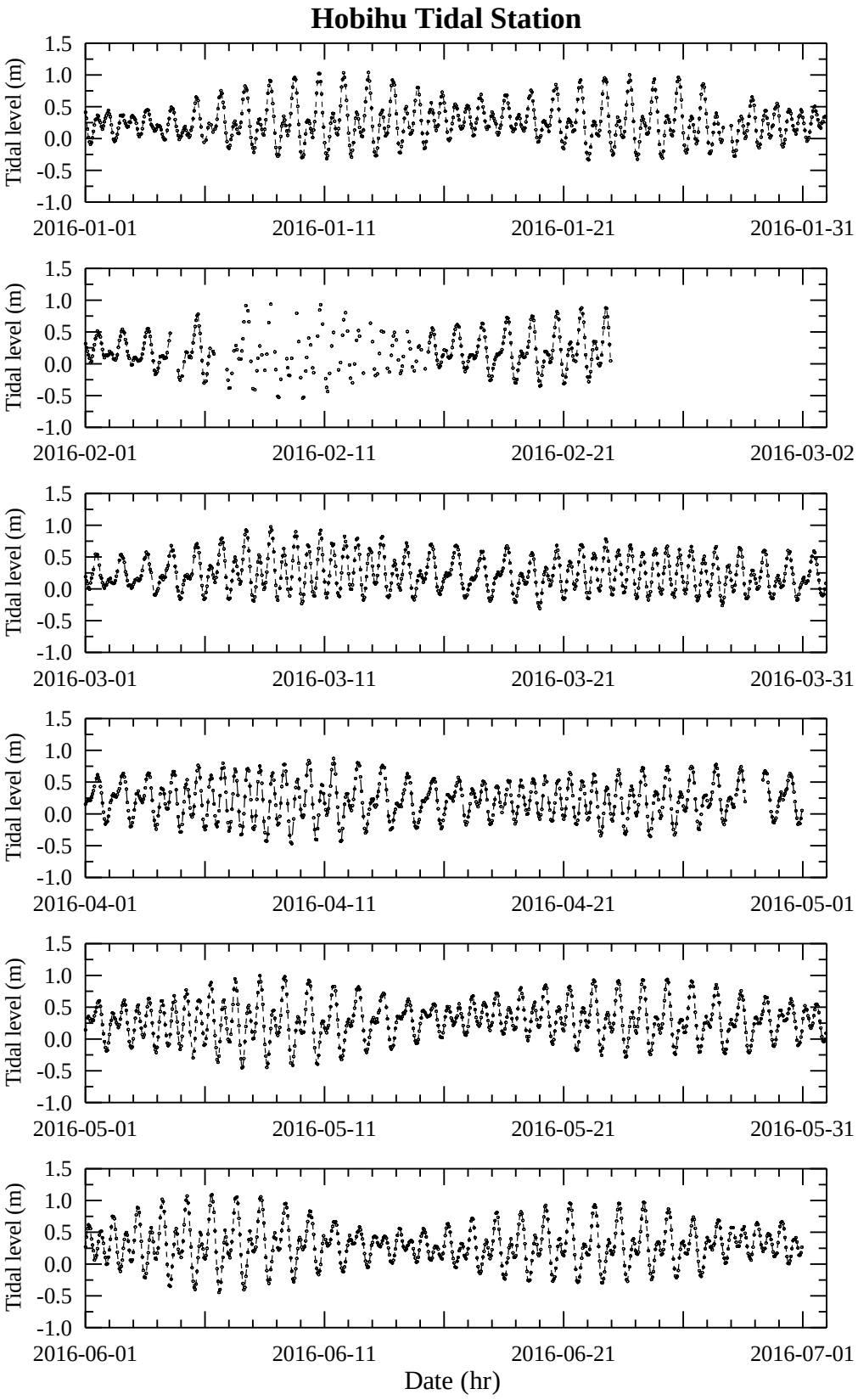


圖 5.14　屏東後壁湖潮位站 2016 年逐時潮位圖

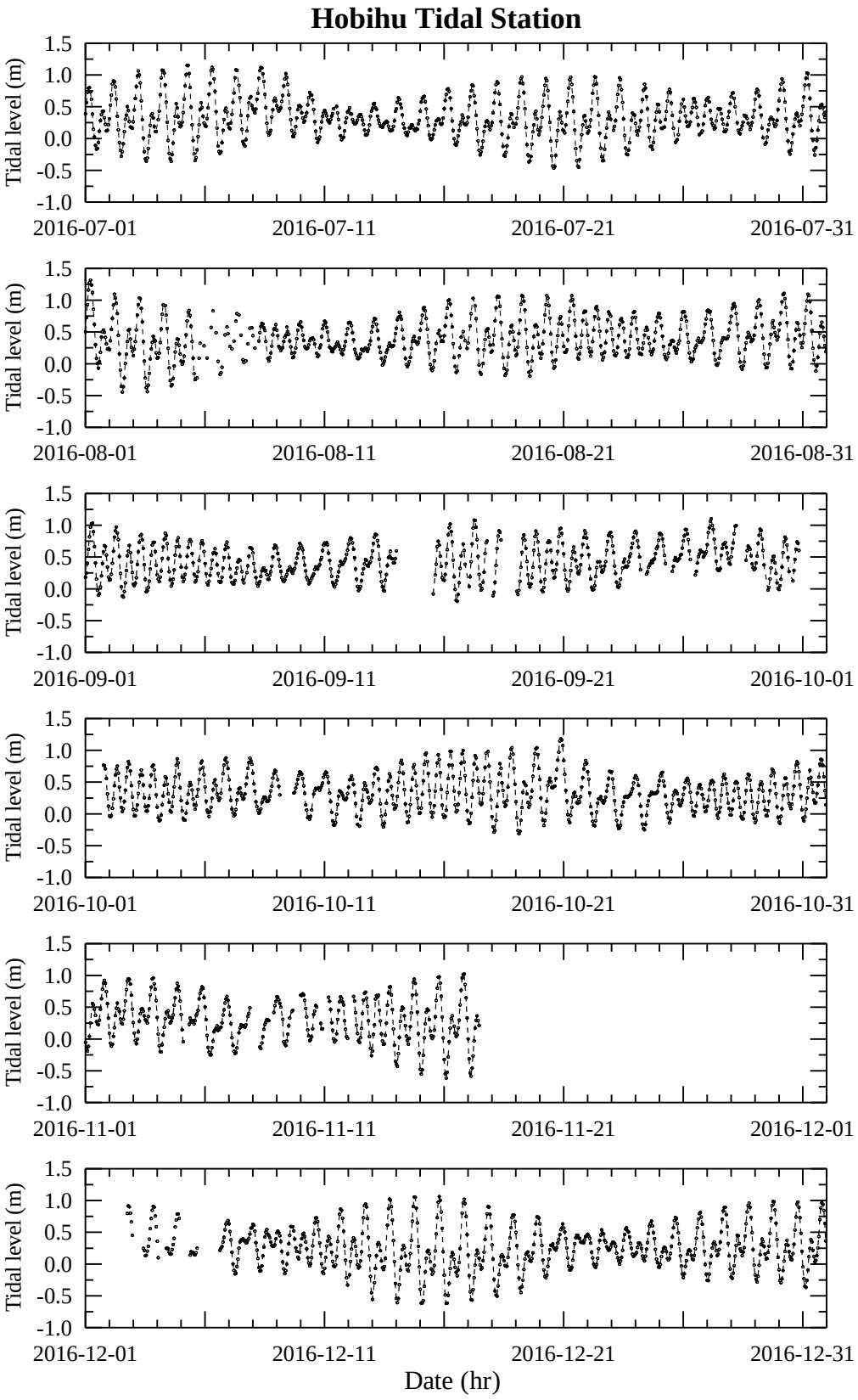


圖 5.14　(續)屏東後壁湖潮位站 2016 年逐時潮位圖

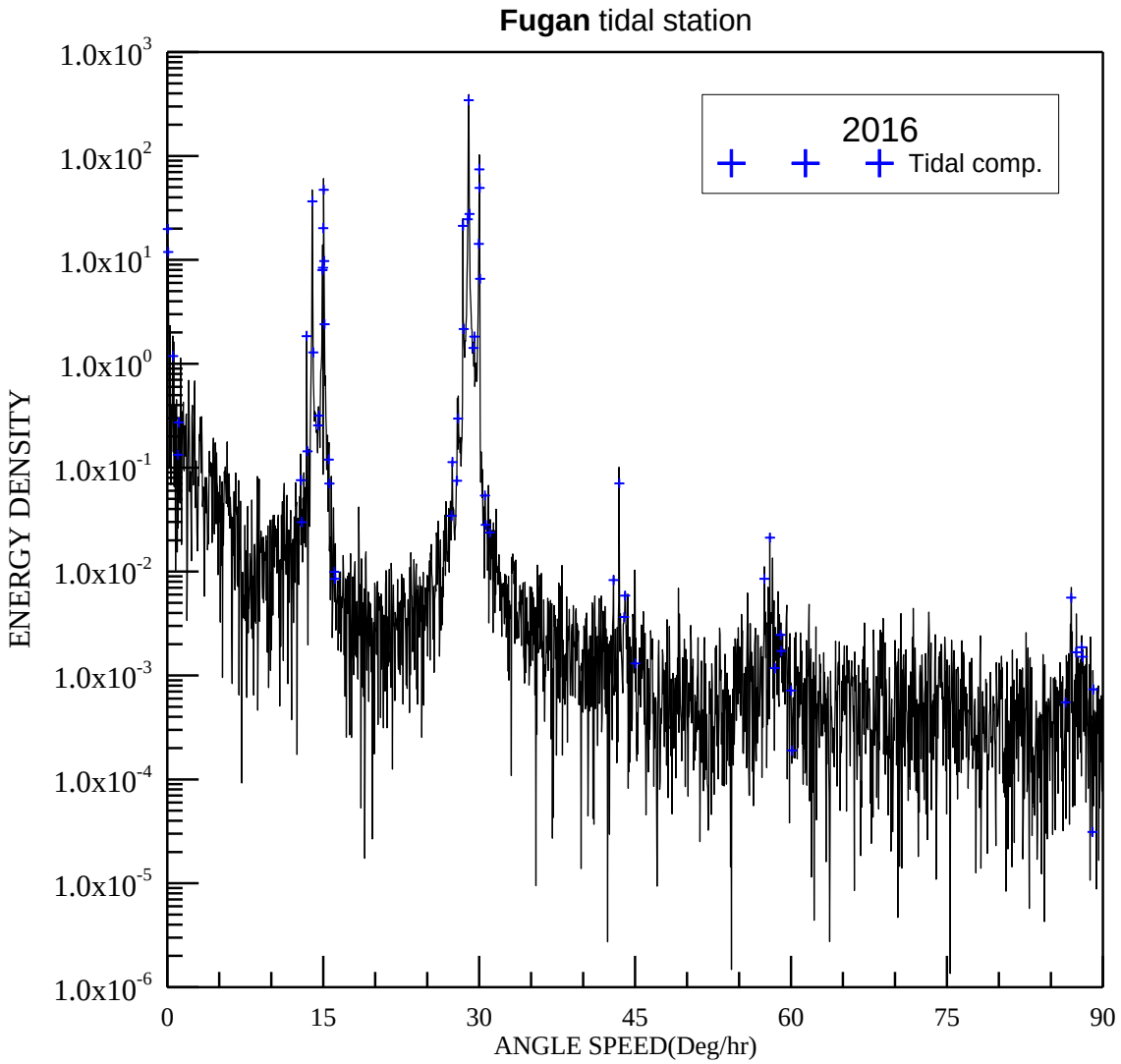


圖 5.15　臺東富岡潮位站 2016 年潮位能譜圖

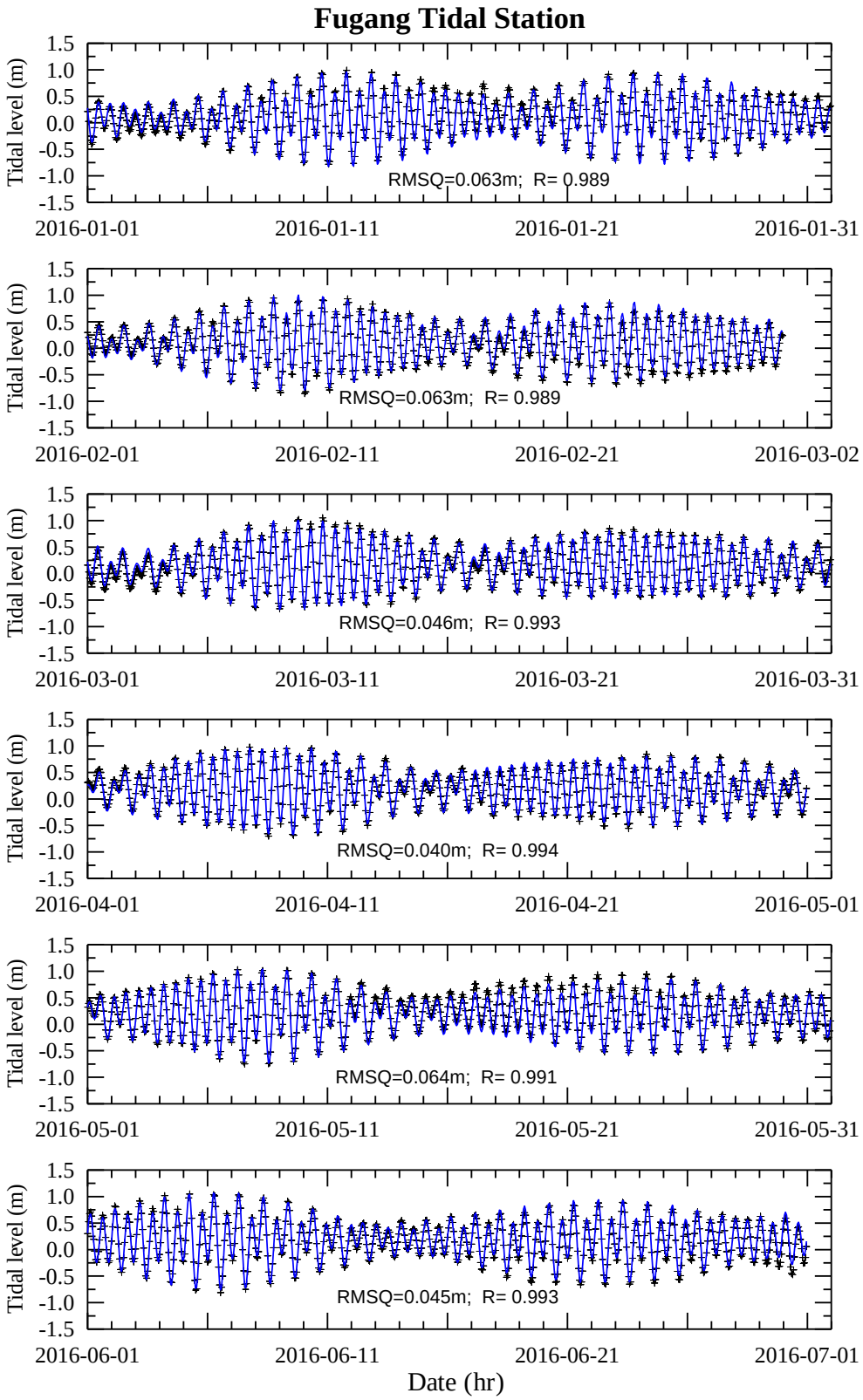


圖 5.16　臺東富岡潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

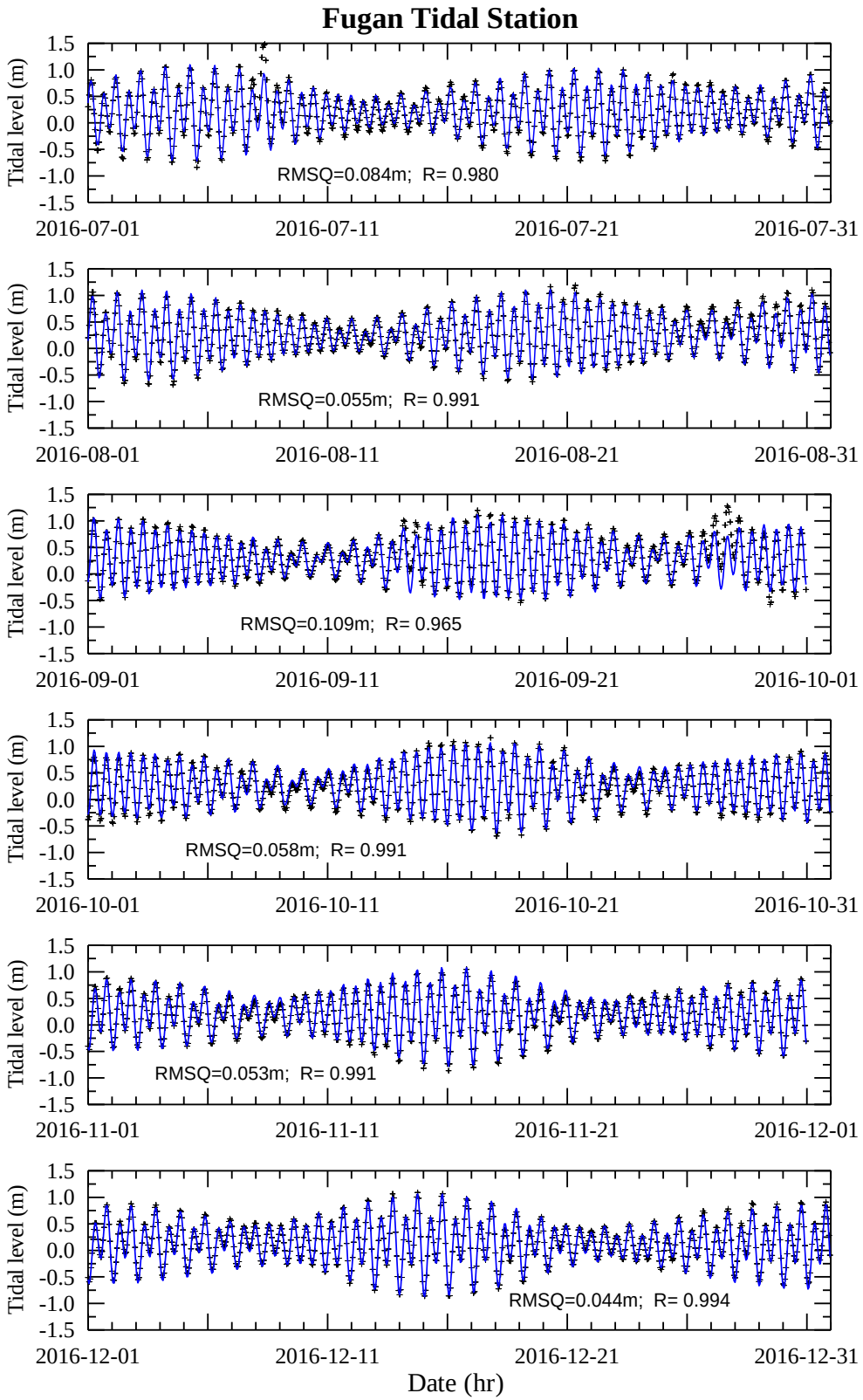


圖 5.16　(續)臺東富岡潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

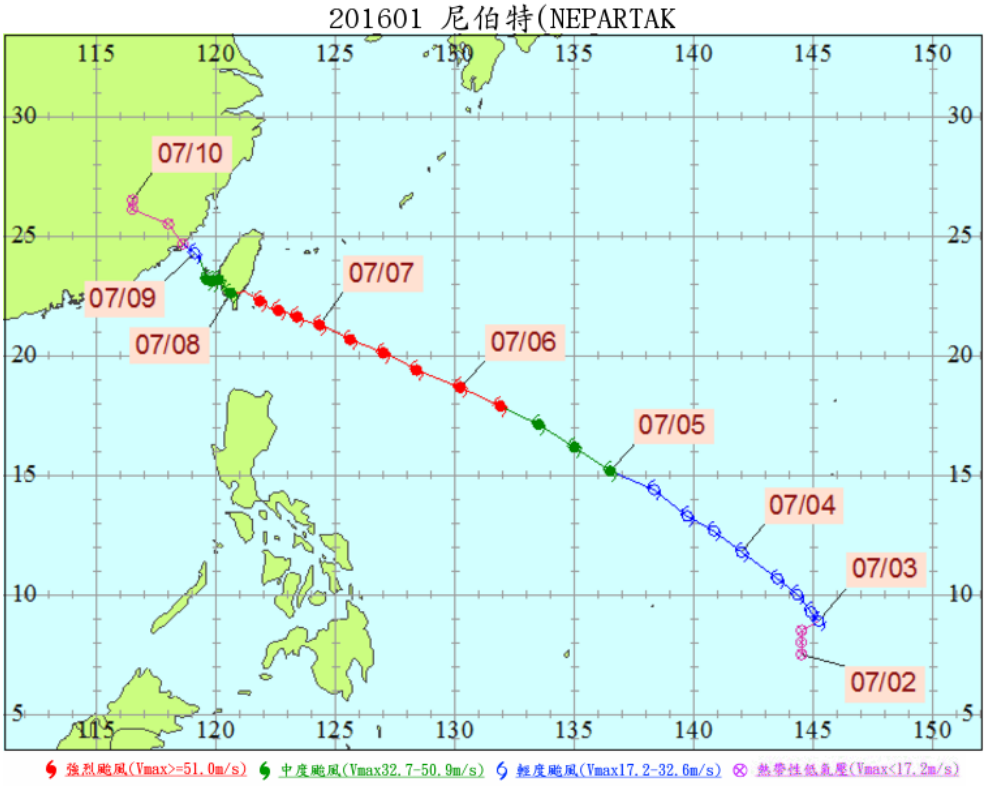


圖 5.17　2016 年強烈颱風尼伯特行進路徑圖

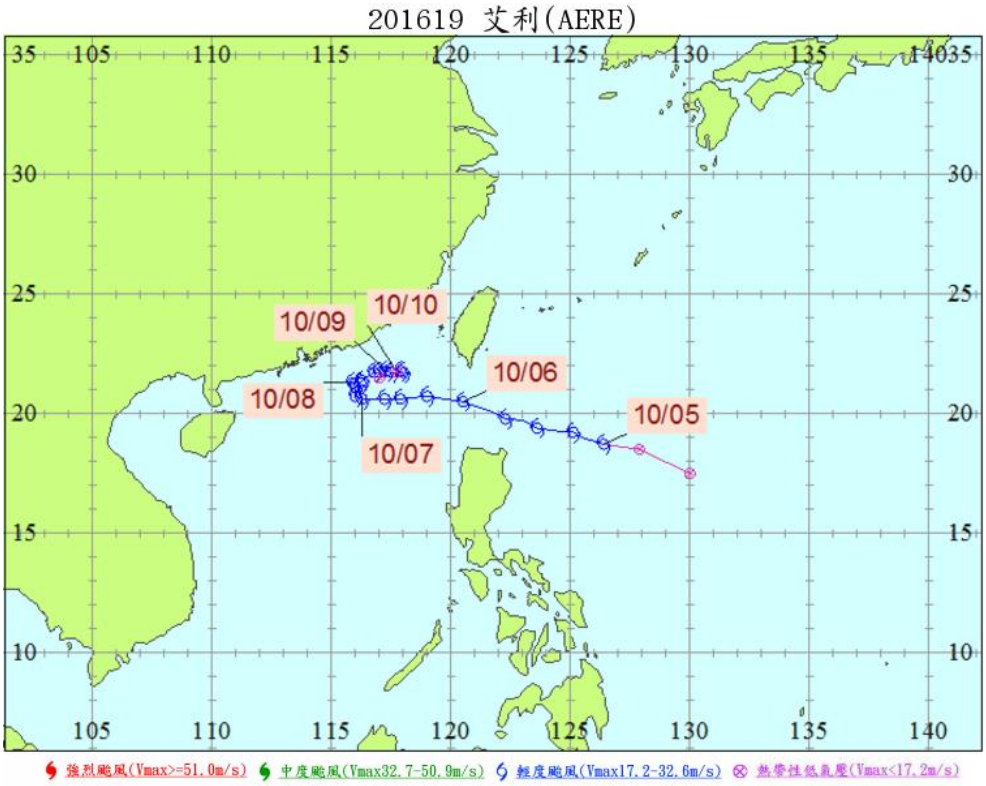


圖 5.18　2016 年輕度颱風艾利行進路徑圖

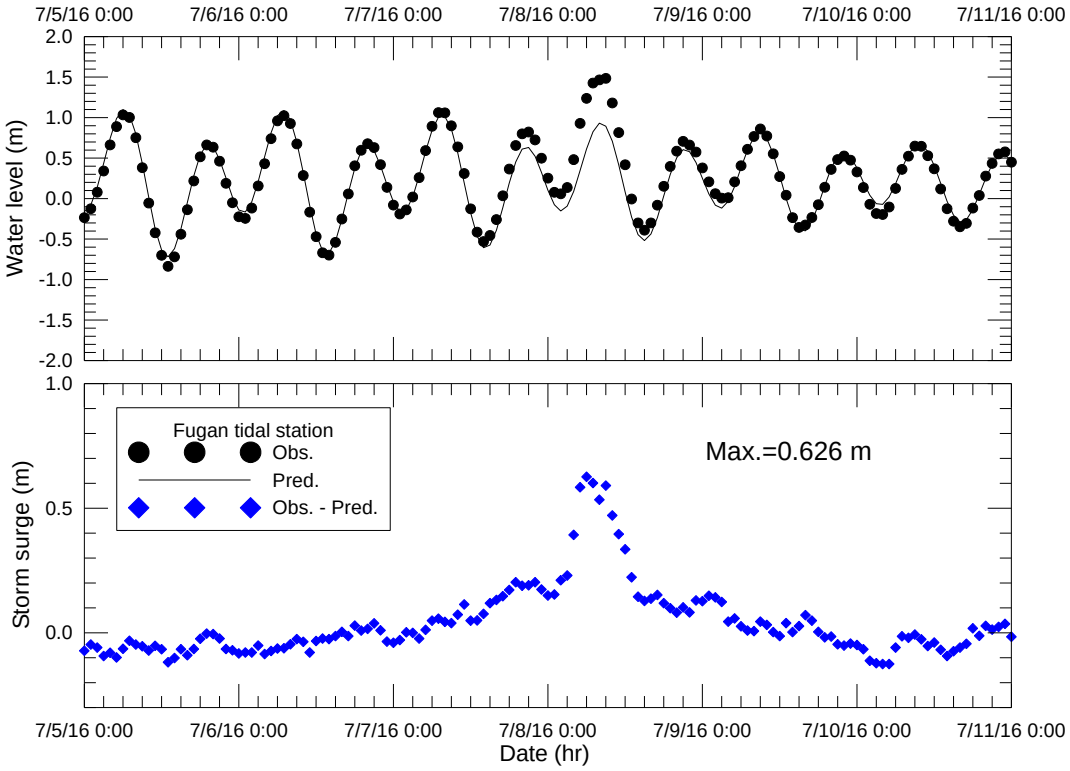


圖 5.19　富岡潮位站 2016 年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果

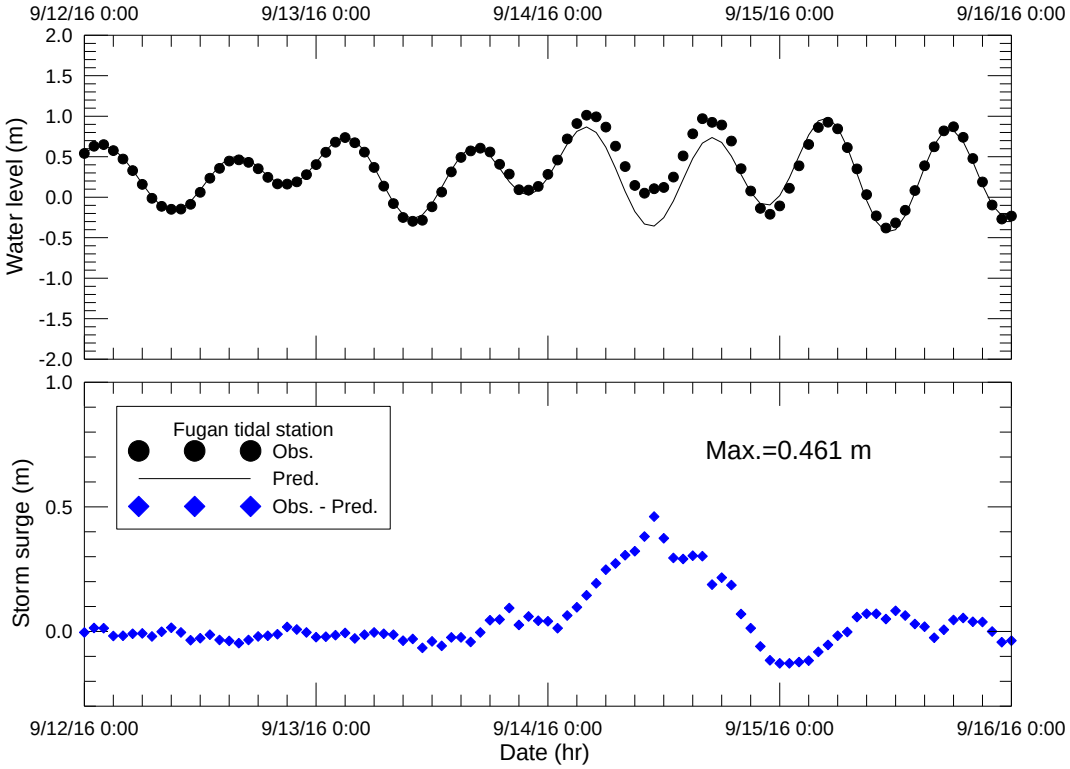


圖 5.20　富岡潮位站 2016 年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果

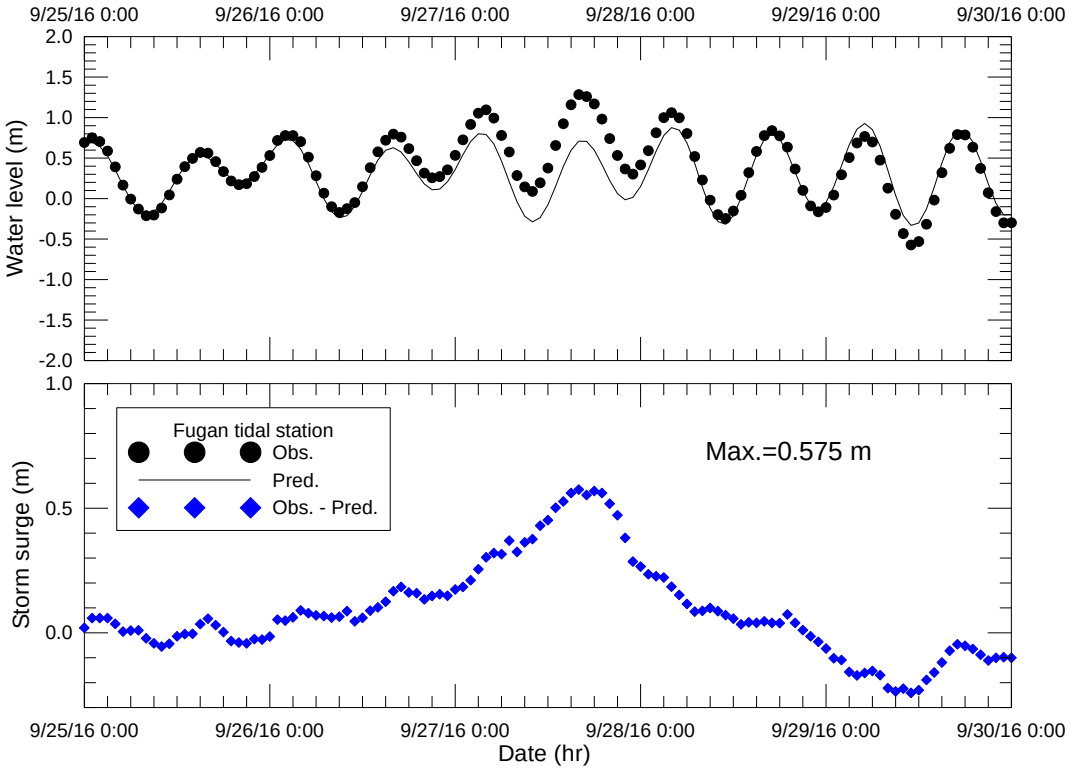


圖 5.21　富岡潮位站 2016 年梅姬颱風暴潮偏差分析結果

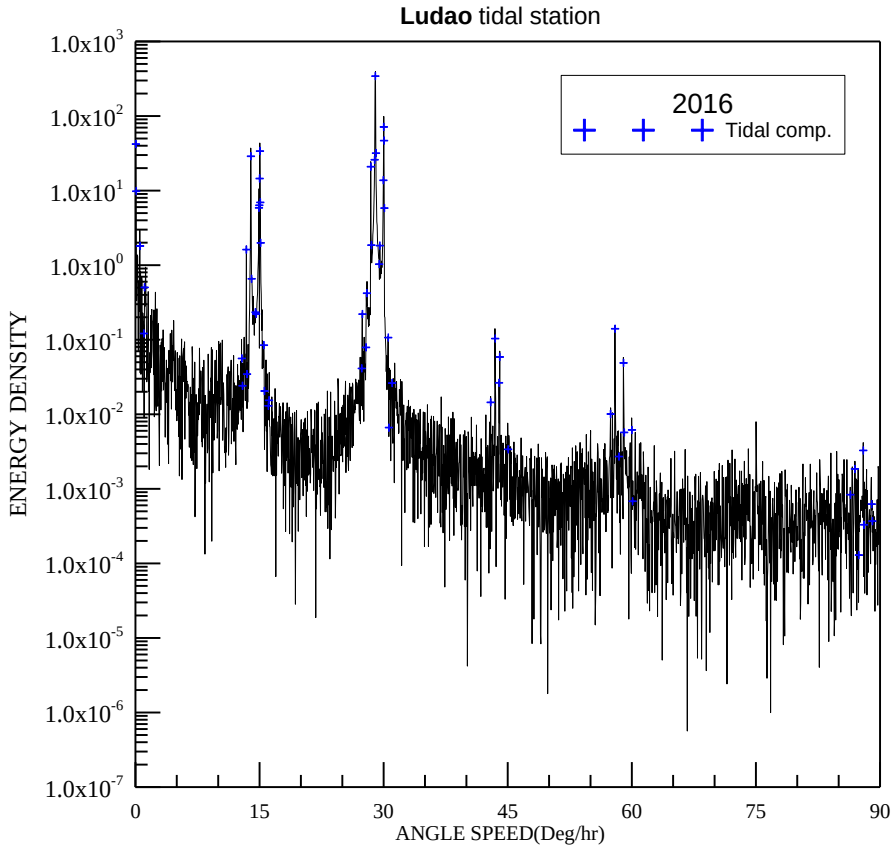


圖 5.22　臺東綠島潮位站 2016 年潮位能譜圖

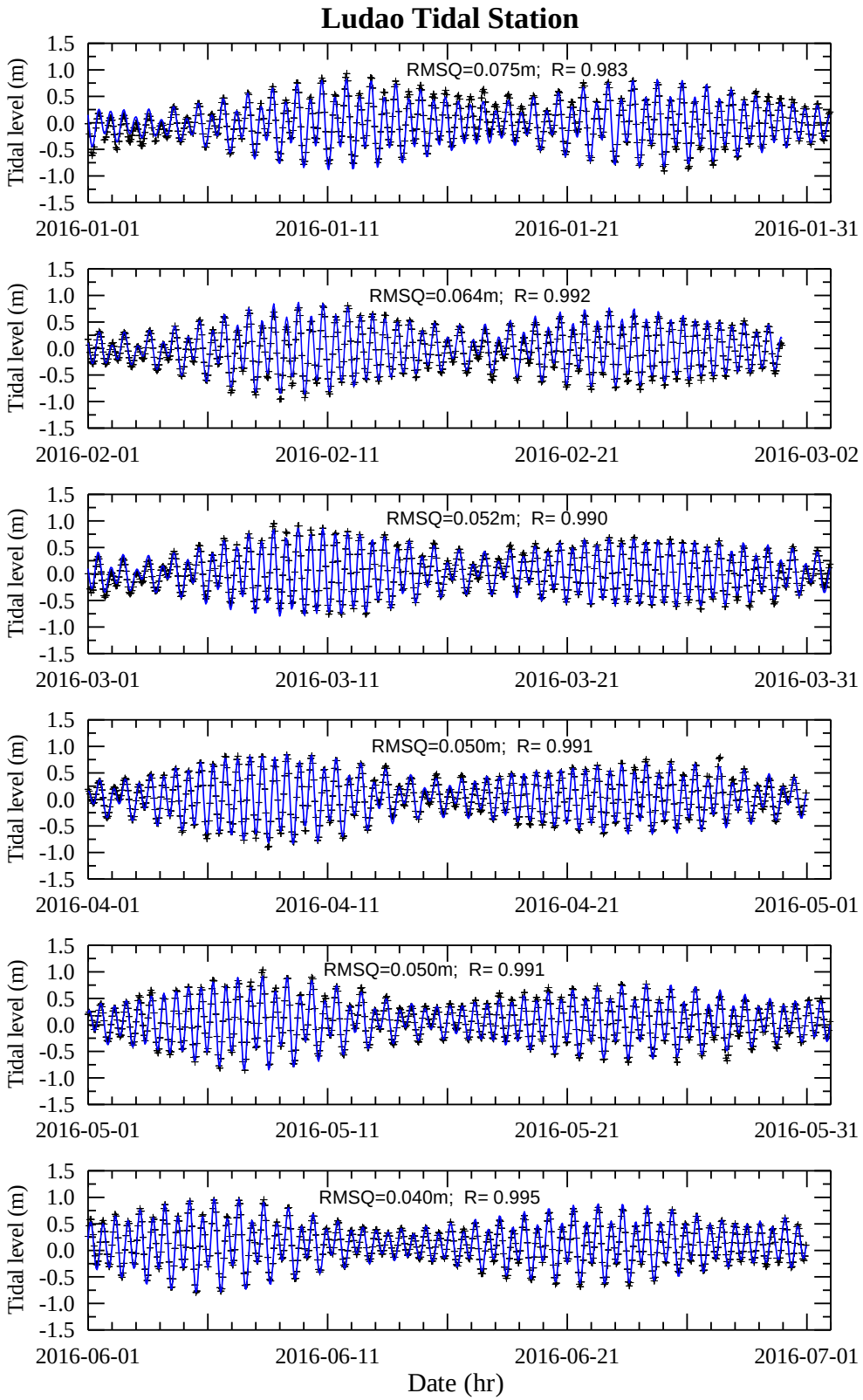


圖 5.23　臺東綠島潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

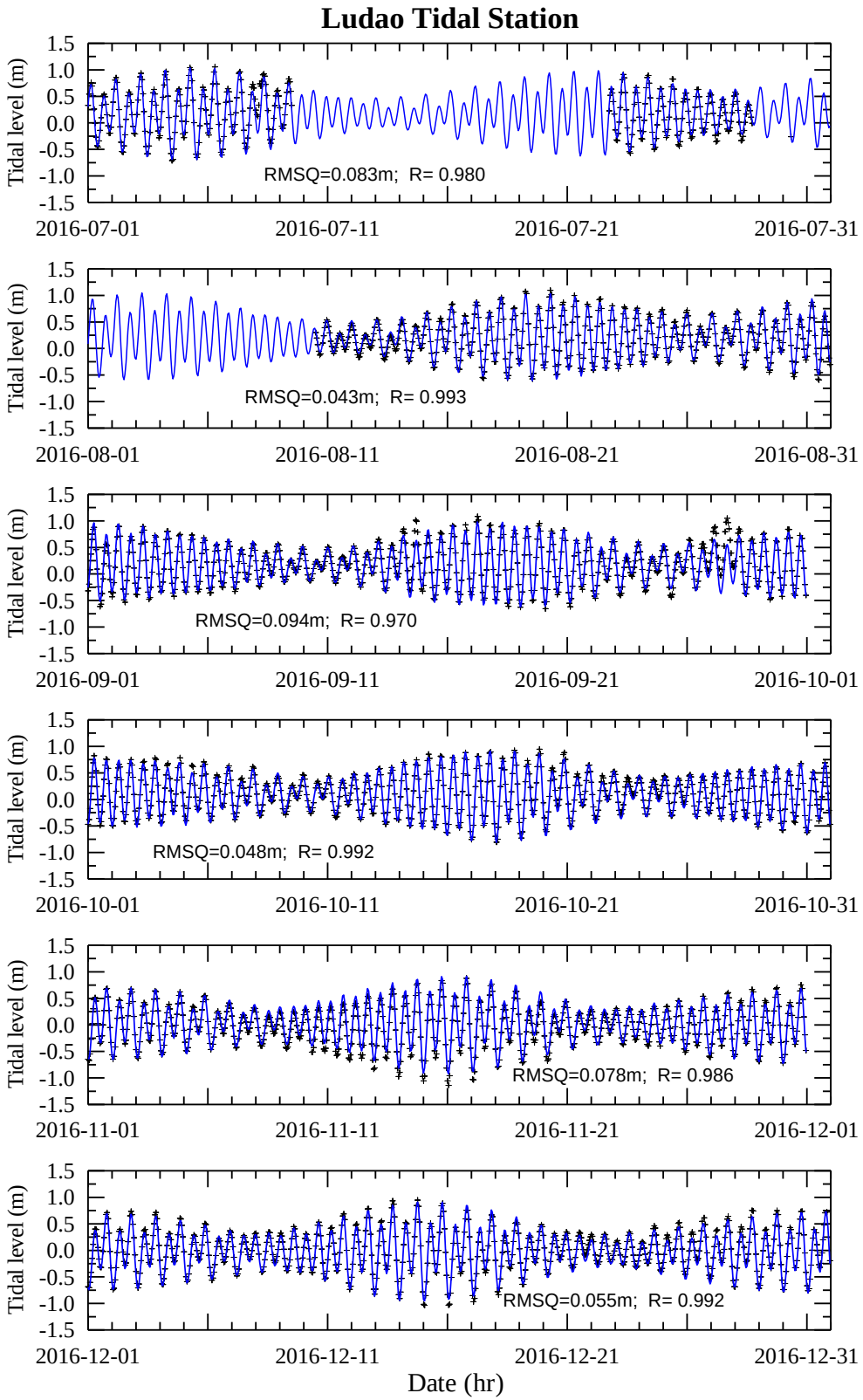


圖 5.23　(續)臺東綠島潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

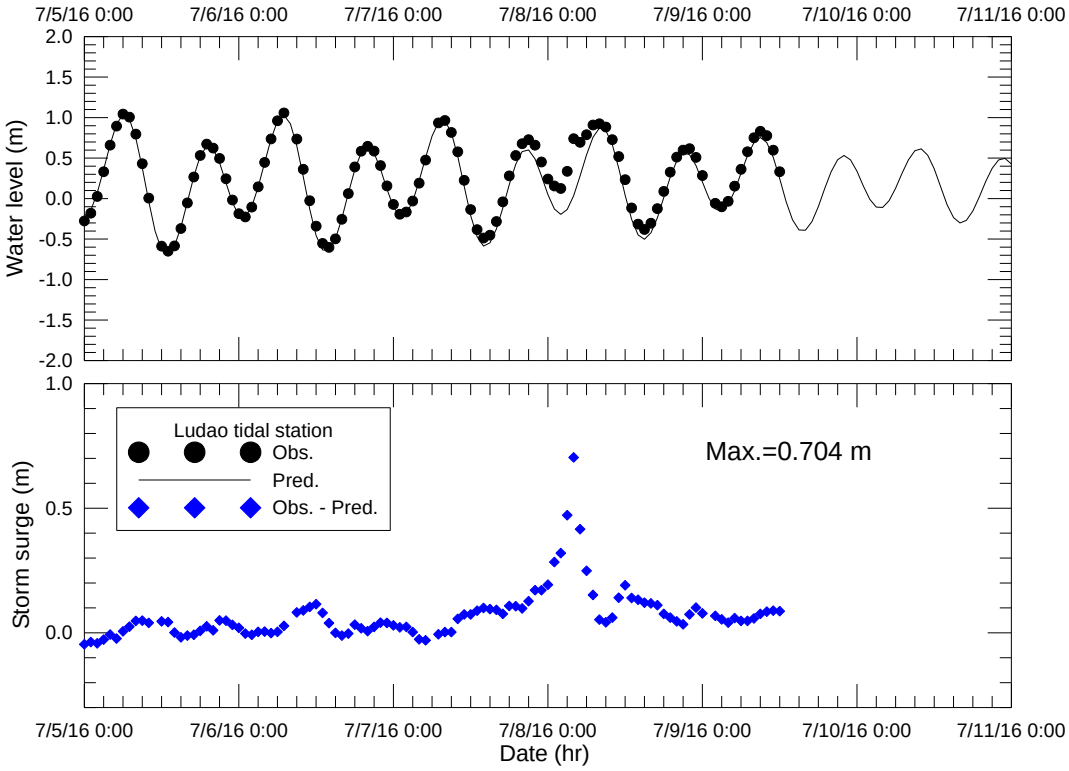


圖 5.24　綠島潮位站 2016 年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果

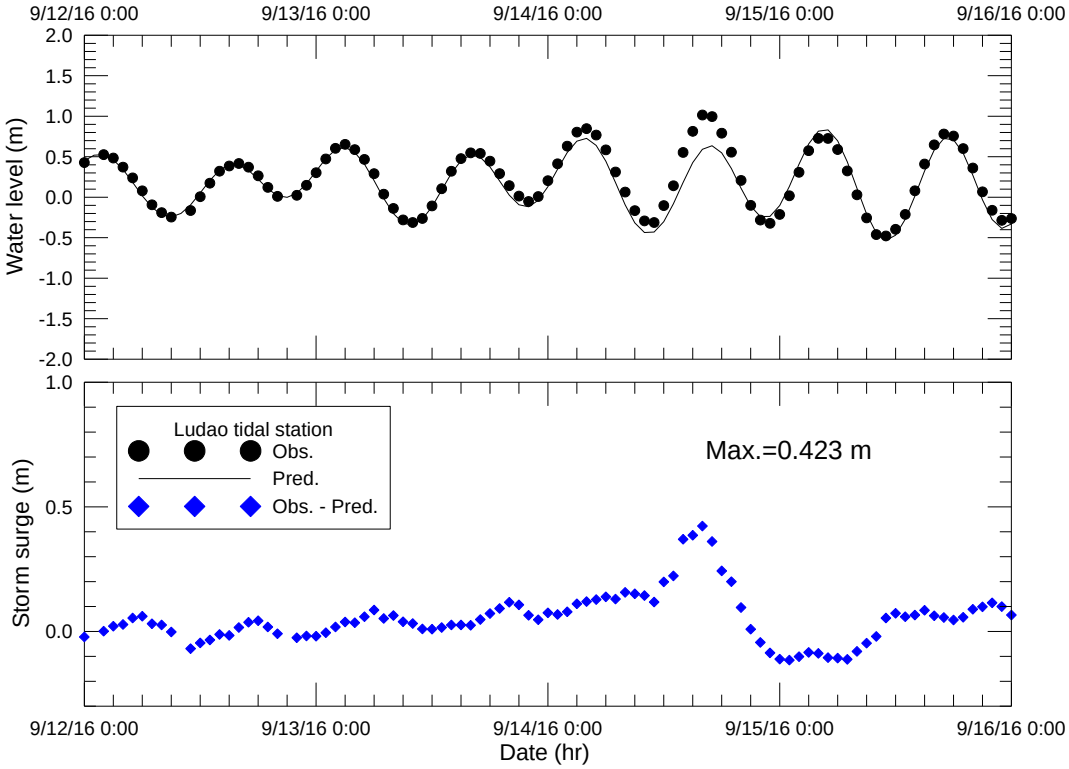


圖 5.25　綠島潮位站 2016 年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果

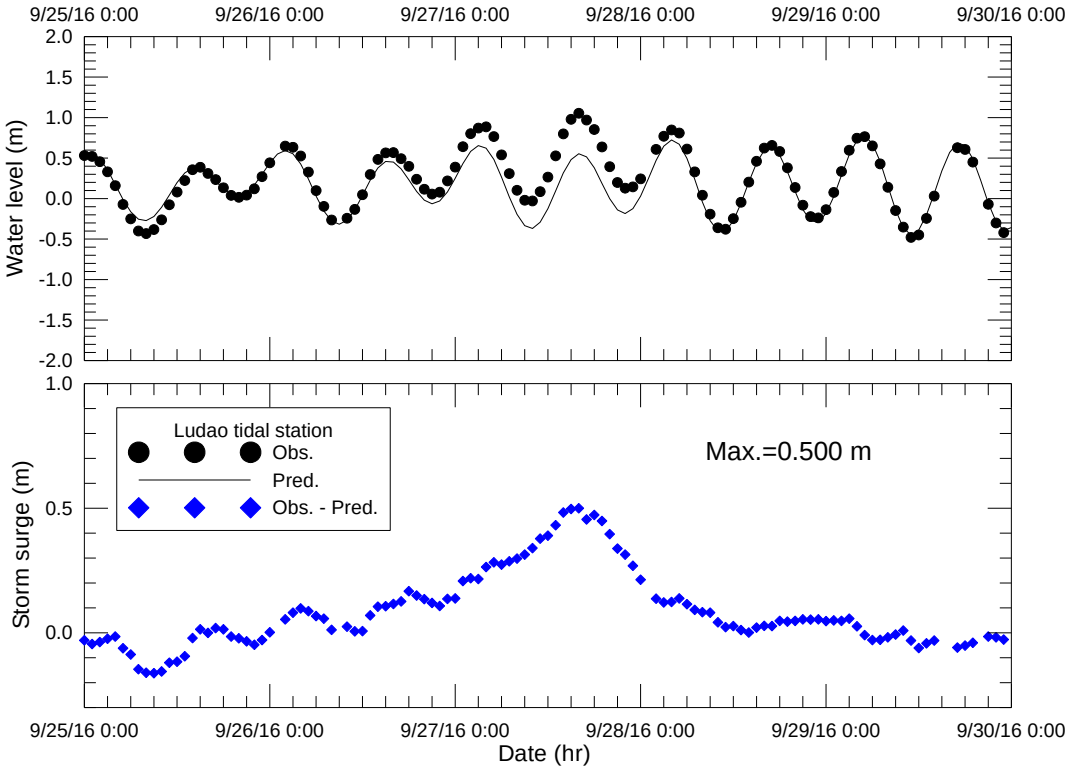


圖 5.26　綠島潮位站 2016 年梅姬颱風暴潮偏差分析結果

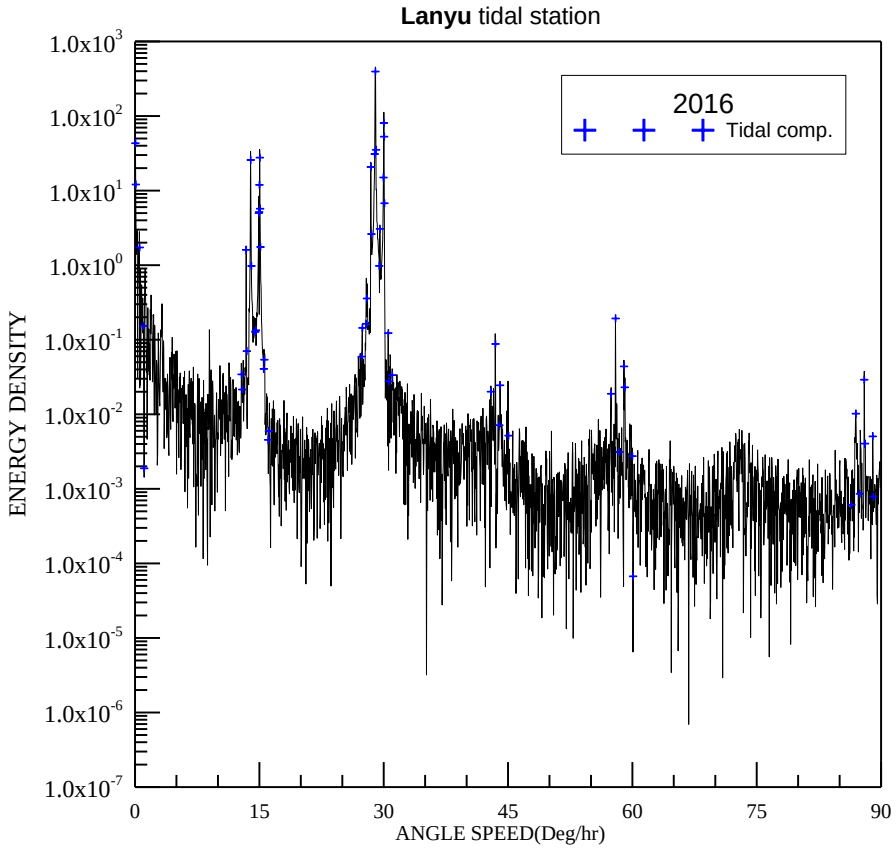


圖 5.27　臺東蘭嶼潮位站 2016 年潮位能譜圖

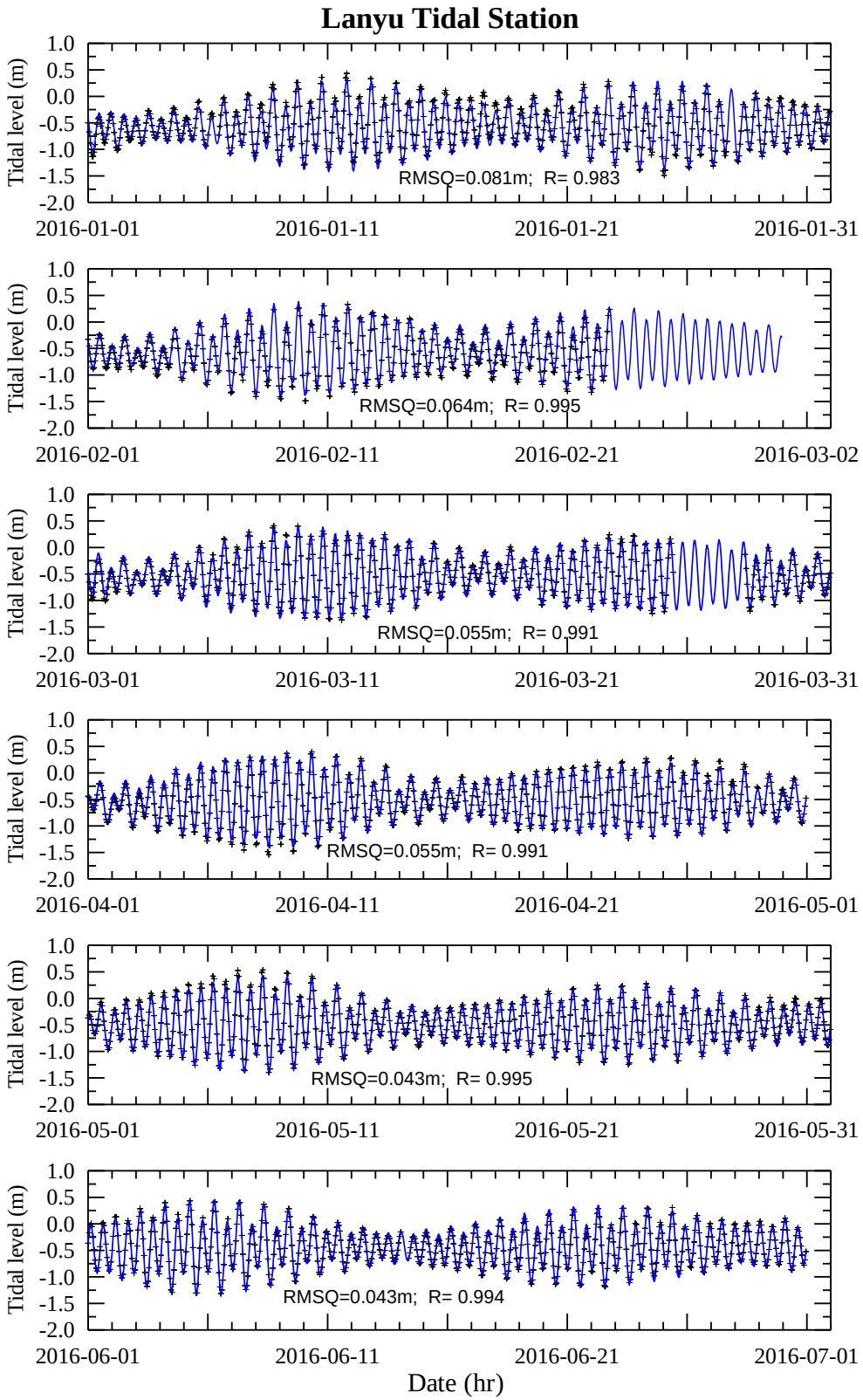


圖 5.28　臺東蘭嶼潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

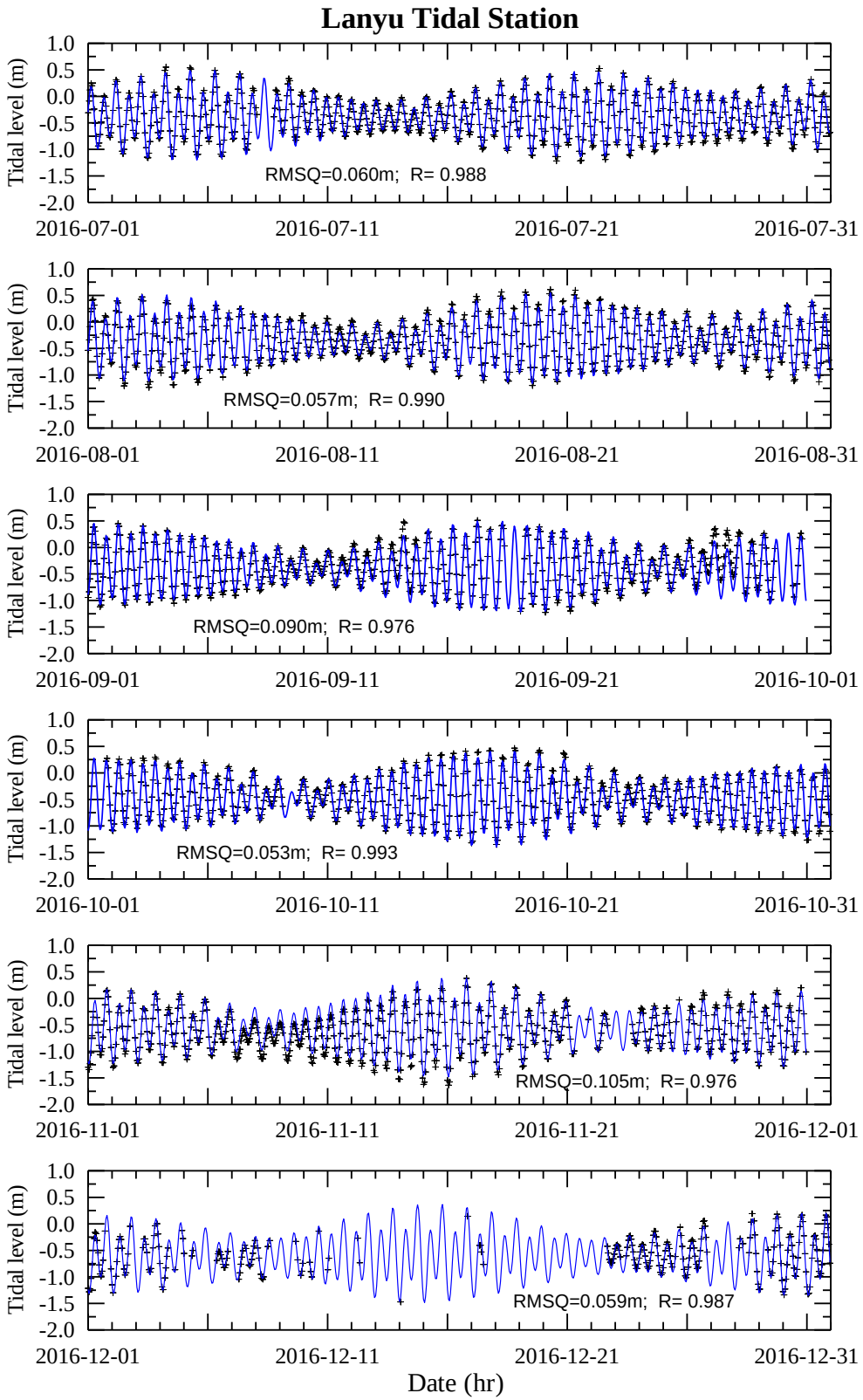


圖 5.28　(續)臺東蘭嶼潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

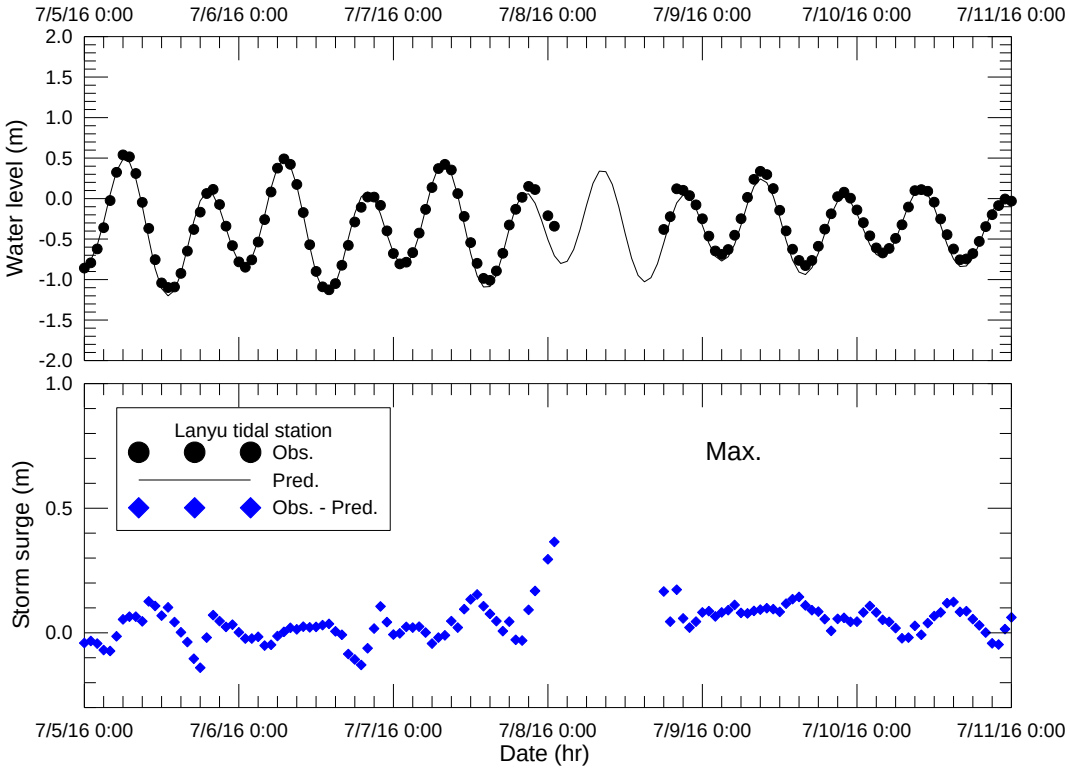


圖 5.29　蘭嶼潮位站 2016 年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果

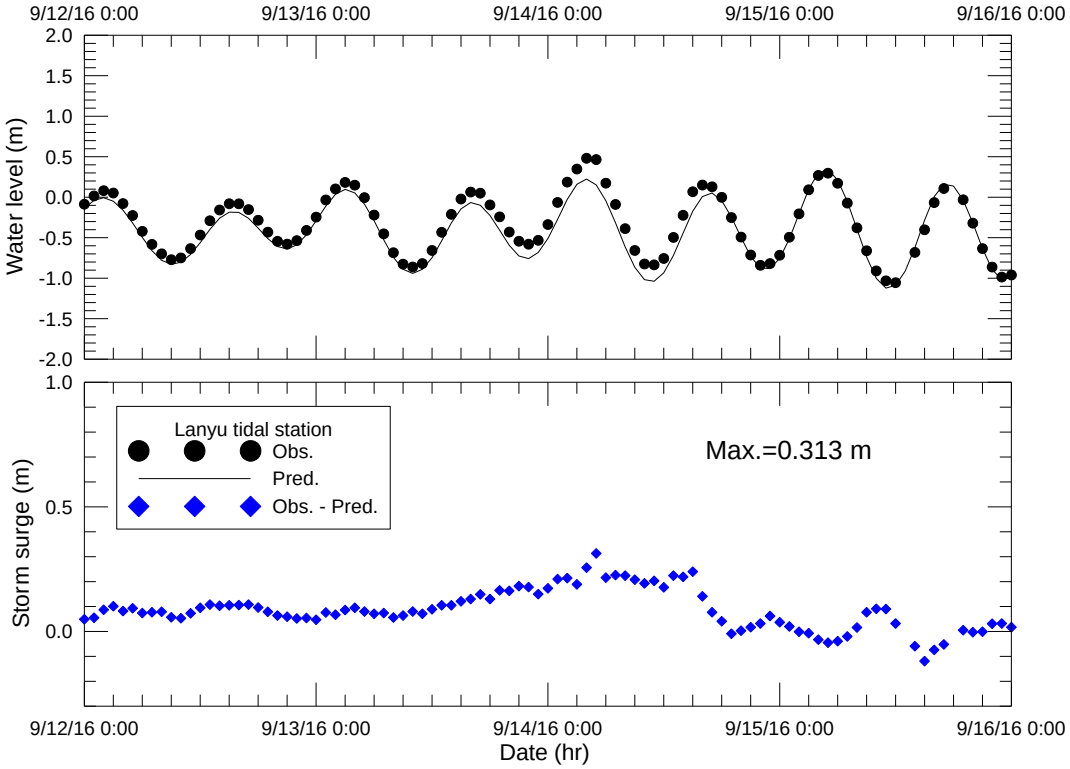


圖 5.30　蘭嶼潮位站 2016 年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果

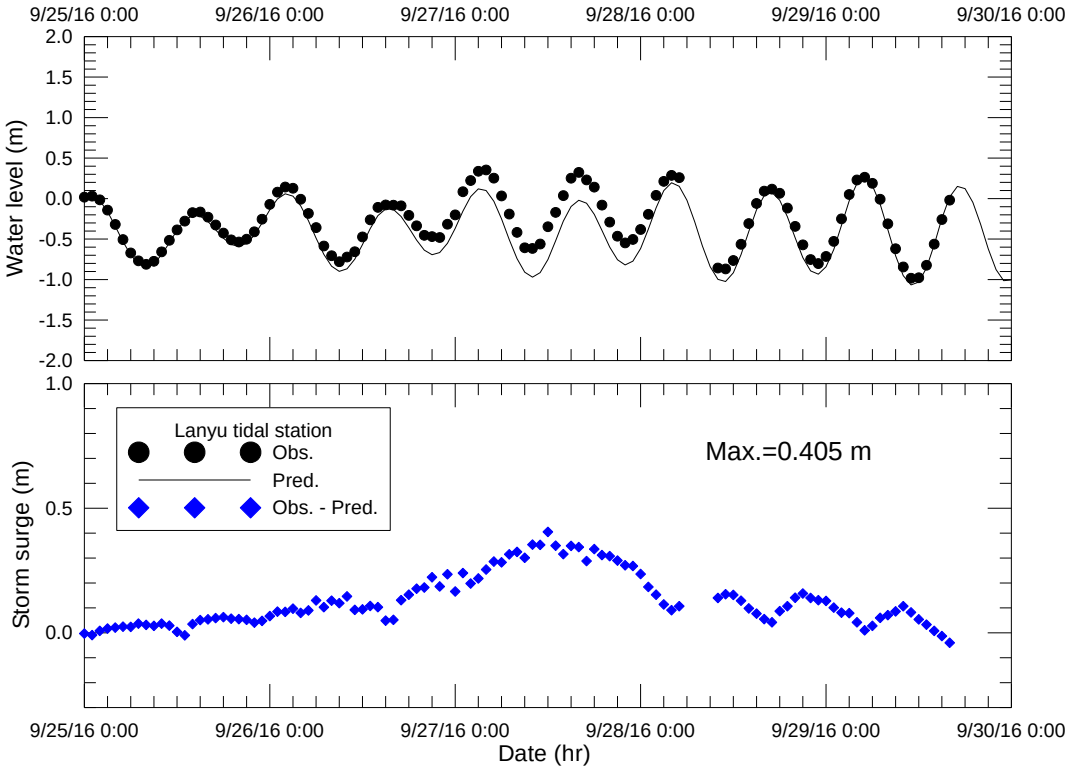


圖 5.31　蘭嶼潮位站 2016 年梅姬颱風暴潮偏差分析結果

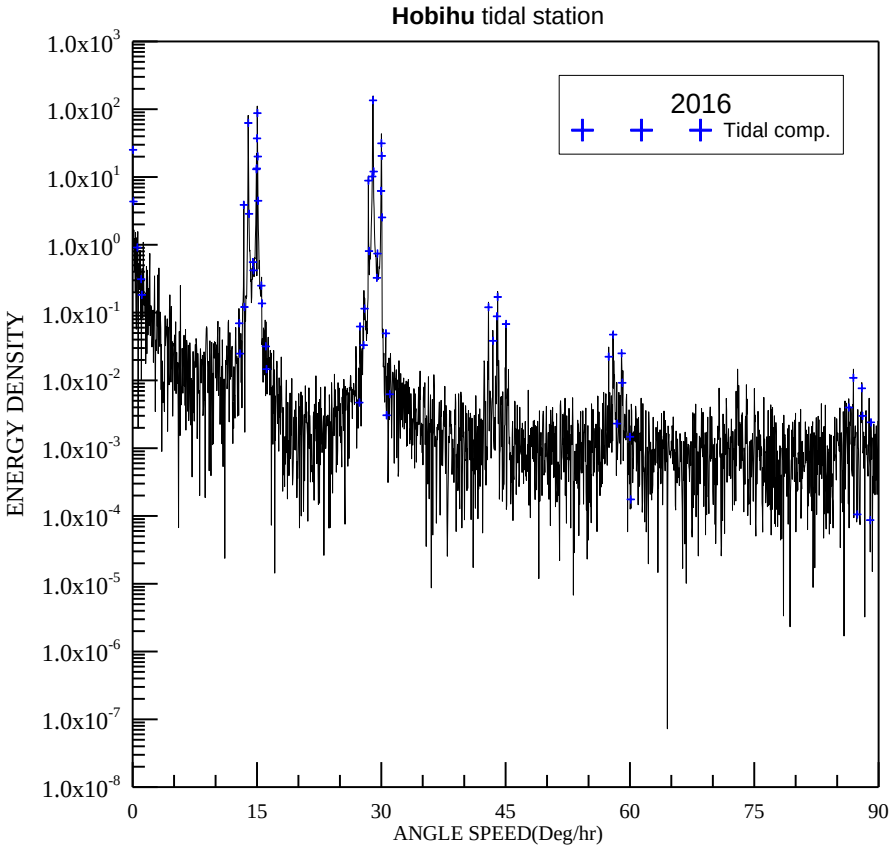


圖 5.32　後壁湖潮位站 2016 年潮位能譜圖

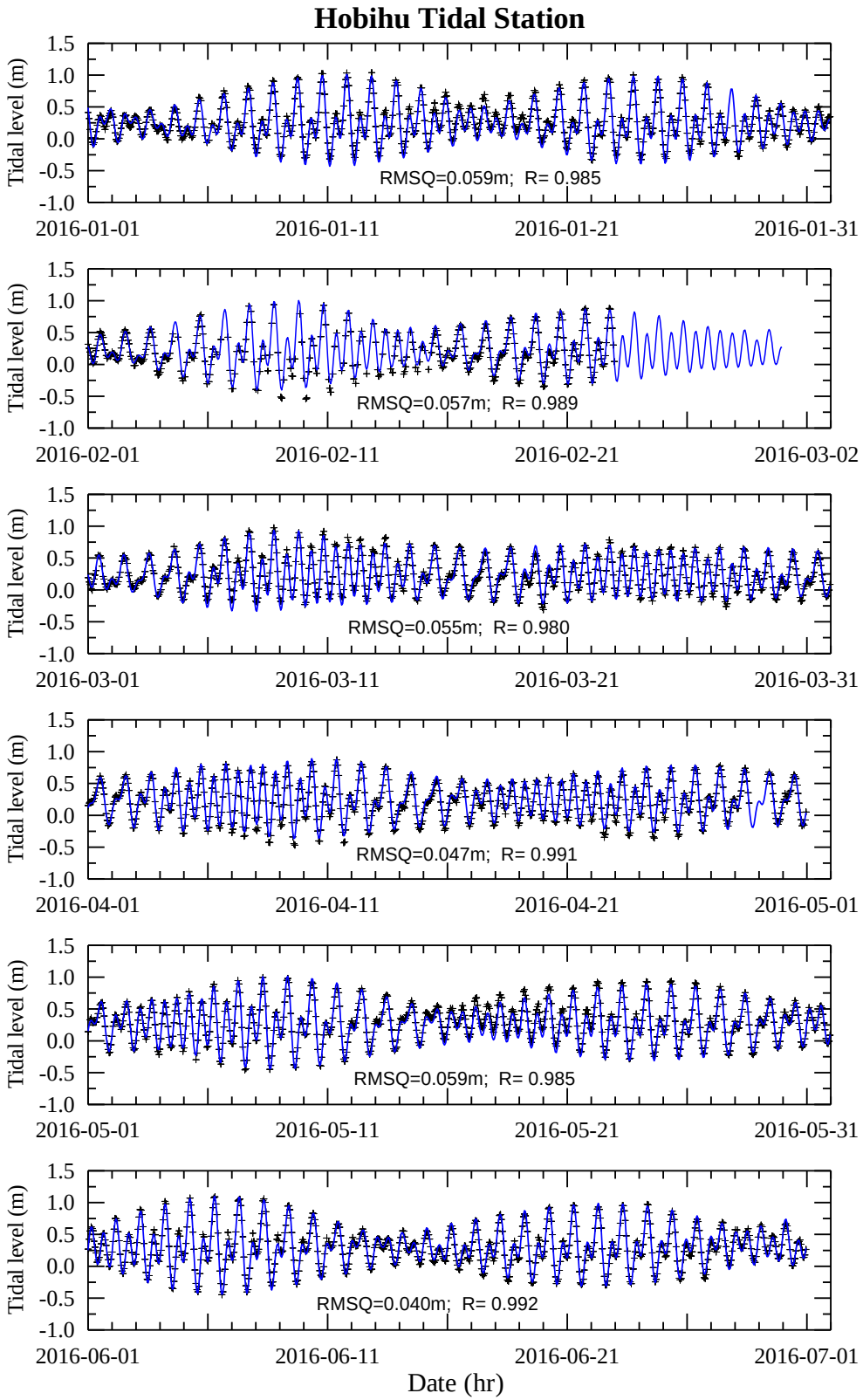


圖 5.33　後壁湖潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

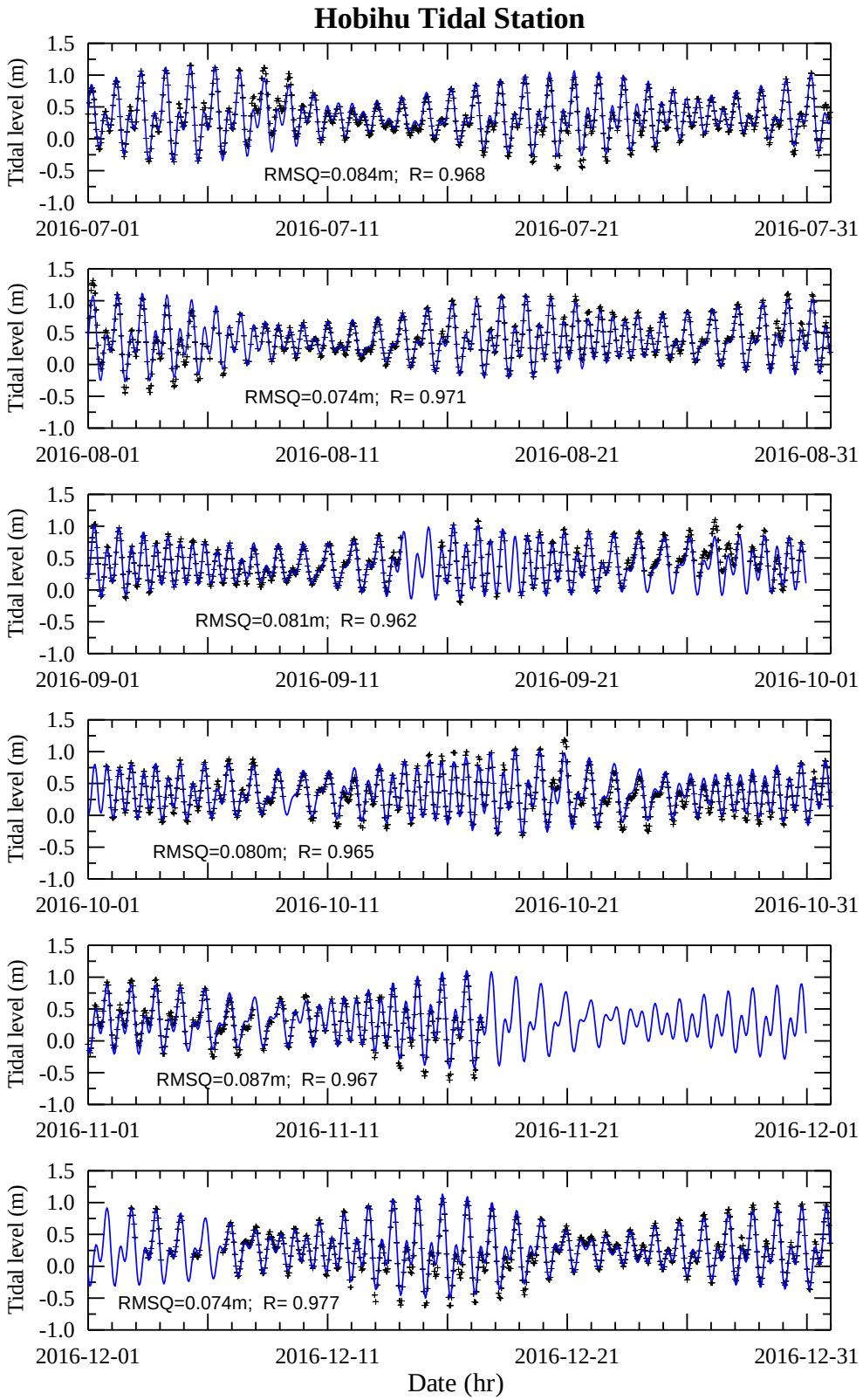


圖 5.33　(續)後壁湖潮位站天文潮預測值與潮位觀測值之比較圖

(+：觀測值，實線：預測值)

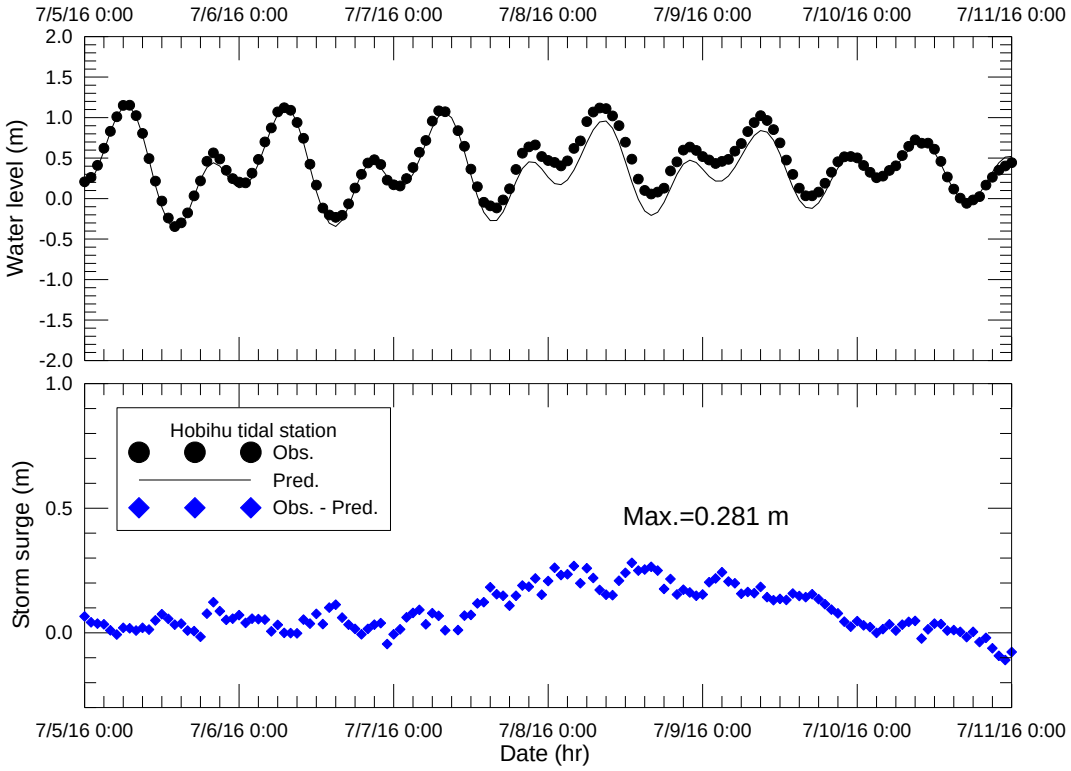


圖 5.34　後壁湖潮位站 2016 年尼伯特颱風暴潮偏差分析結果

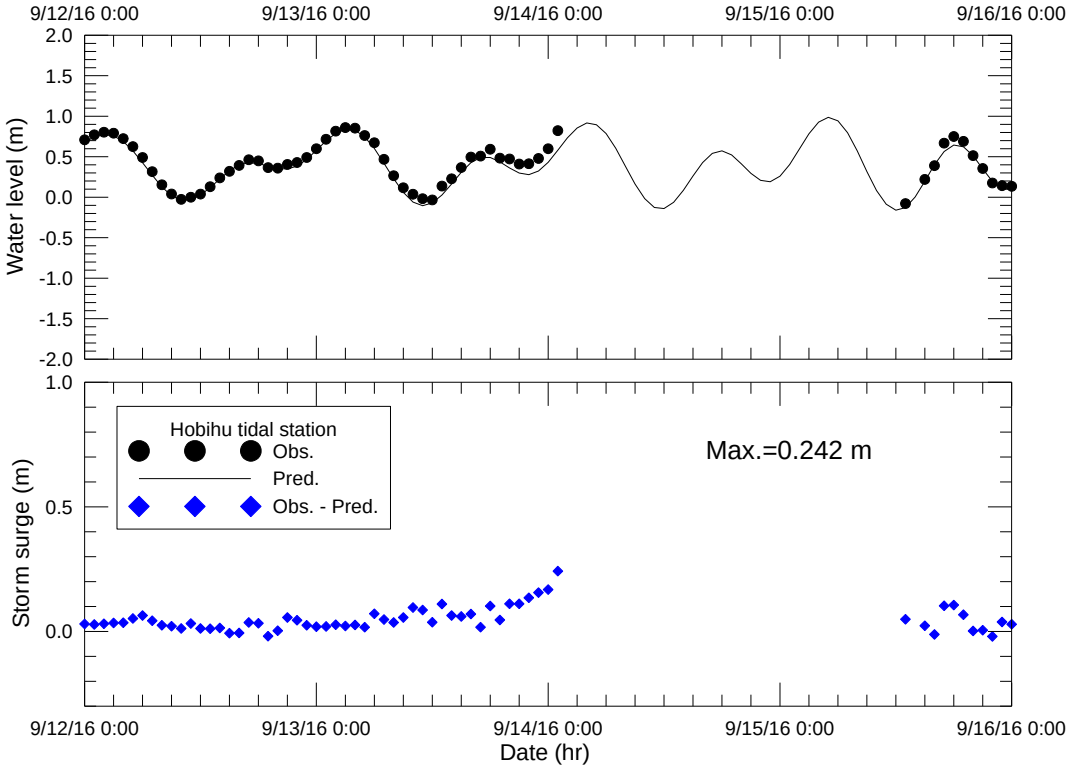


圖 5.35　後壁湖潮位站 2016 年莫蘭蒂颱風暴潮偏差分析結果

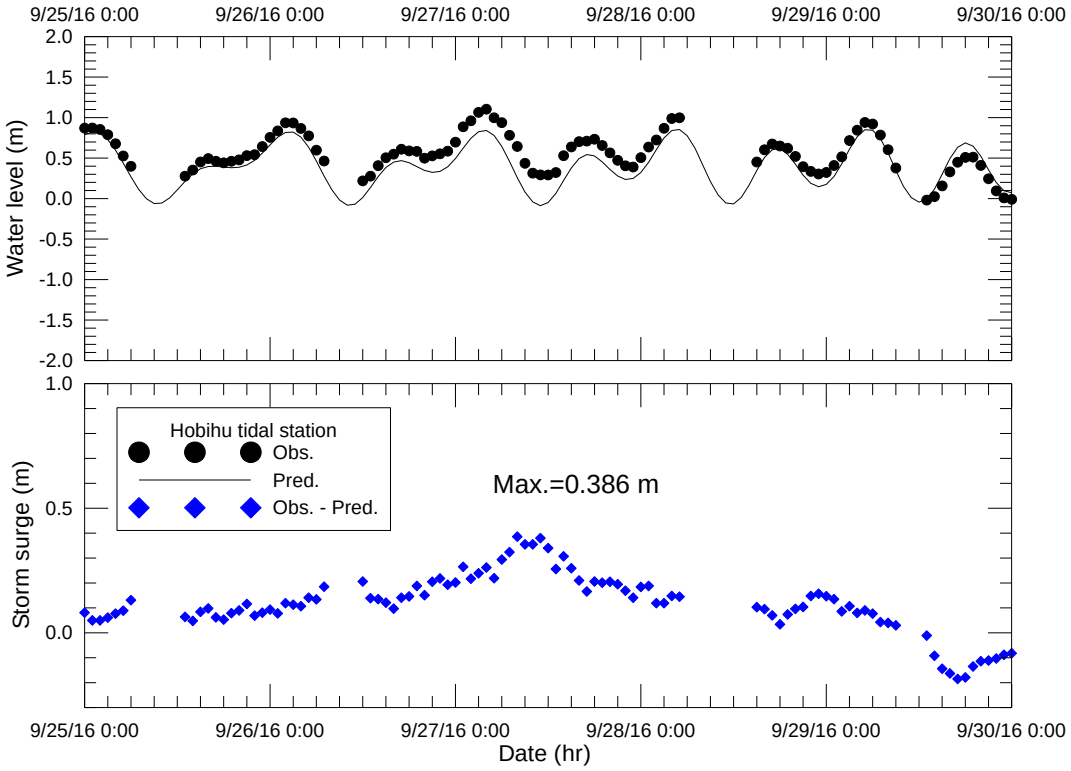


圖 5.36　後壁湖潮位站 2016 年梅姬颱風暴潮偏差分析結果

5.4 海流

本計畫臺灣東南海域位於黑潮流經的路徑上，黑潮終年向北，流速約在 1~2 節左右。依據「臺灣東部海域自然資源綜合性研究」計畫(2009~2011 年)研究結果顯示，本計畫海域流場表層流速可達 100cm/s 以上，而水深超過 100 公尺後，流速開始隨深度減弱；其中表層 50 公尺平均流大小與潮流之比較如圖 5.37 所示，顯示流場主要流向受黑潮影響沿著海岸線向東北流且平均流流速大於潮流。

本計畫研究範圍內長期海流測站計有水利署台東資料浮標(121°08'40"，22°43'27")、鵝鑾鼻資料浮標(120°49'21"，21°54'01")及港研中心綠島南寮漁港外海 AWCP 測站，相關測站位置參考圖 5.10 所示，其中氣象局蘭嶼資料浮標(121.5758°，22.0717°)於 2017 年啟用，目前尚未提供海流觀測資料。本計畫針對台東資料浮標、綠島南寮漁港外海 AWCP 測站及鵝鑾鼻資料浮標，蒐集 2016 年逐時海流觀測資料，如附圖 3.1、附圖 3.2 及附圖 3.3 所示(參考附錄三)。有關各測站海

流資料特性說明如后。

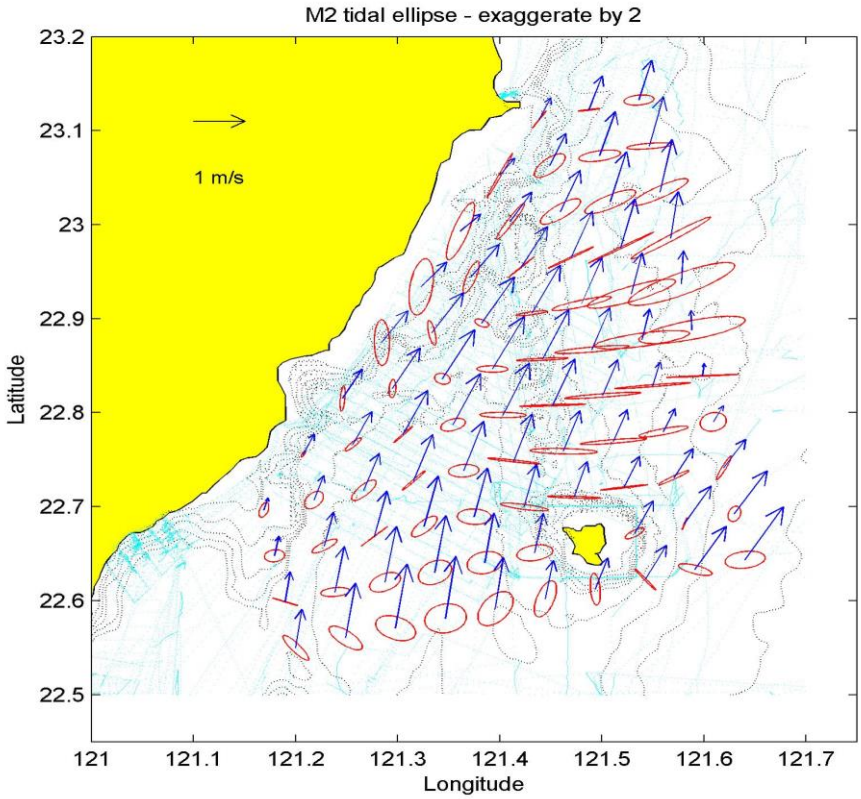


圖 5.37　表層 50 公尺平均流與潮流橢圓圖(資料來源：「臺灣東部海域自然資源綜合性研究」)

5.4.1 台東資料浮標

2016 年每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布統計結果，如表 5.9 所列；流向分析結果顯示 1~3 月及 6、7 月海流主要流向為東北(NE)向，其次為西南(SW)向；另外，4、5、8、9 等月份海流流向明顯以西南向為主要分布；惟整體統計結果(1~10 月)，海流流向分布東北向及西南向出現機率相當，如表 5.10 所示。流速大小分布結果顯示，除 9 月份外各月份流速 0.5m/s 以下佔比均超過 60%，各月份最大流速均超過 1.0m/s，其中最大流速值為 1.62m/s，流向為 232°，出現時間為 2016/08/28 19 時。此外，依整體統計結果(1~10 月)顯示，流速大小介於 0.5~0.75m/s 及 0.75~1.0m/s 出現機率分別約為 20%及 10%。

海流速度能譜分析結果如圖 5.38 及圖 5.39 所示，分別代表冬季及

夏季海流速度能譜；速度能譜分析結果顯示於臺東資料浮標測站處，海流東西向速度能量略大於南北向速度能量，半日潮速度能量明顯大於全日潮速度能量，低頻速度明顯大於潮流速度。

表 5.9　臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/01/01 ~ 2016/01/31 資料數：589										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	2.04	9	3.74	2.72	3.06	7.47	3.74	1.87	33.62
	0.25~0.50	0.17	16.98	1.36	0	0	9	1.36	0	28.86
	0.50~0.75	0	17.15	0.68	0	0	5.6	0	0	23.43
	0.75~1.00	0	8.32	0.17	0	0	3.23	0	0	11.71
	1.00<	0	1.36	0	0	0	1.02	0	0	2.38
	Total	2.21	51.44	5.94	2.72	3.06	25.3	5.09	1.87	100
備 註	最大流速：1.20m/s　(231°) 發生時間：2016/01/08 12時									

表 5.9　(續 1)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/02/01 ~ 2016/02/29 資料數：595										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	4.03	10.59	3.19	1.18	3.19	11.26	3.36	1.85	38.66
	0.25~0.50	0.34	13.11	0.84	0	0	10.92	0.17	0	25.38
	0.50~0.75	0	11.6	0.34	0	0	5.55	0	0	17.48
	0.75~1.00	0	12.1	0	0	0	3.53	0	0	15.63
	1.00~1.25	0	1.51	0	0	0	0.84	0	0	2.35
	1.25<	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5
	Total	4.37	48.91	4.37	1.18	3.19	32.1	3.53	1.85	100
備 註	最大流速：1.36m/s　(230°) 發生時間：2016/02/01 19時									

表 5.9　(續 2)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/03/01 ~ 2016/03/31 資料數：668										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.09	6.59	1.8	1.35	2.54	7.49	5.84	2.25	32.93
	0.25~0.50	1.35	15.12	0.6	0	0	10.78	2.84	0.15	30.84
	0.50~0.75	0	18.71	0.3	0	0	5.39	0.15	0	24.55
	0.75~1.00	0	5.54	0	0	0	3.44	0	0	8.98
	1.00<	0	1.2	0	0	0	1.5	0	0	2.69
	Total	6.44	45.96	2.69	1.35	2.54	27.1	8.83	2.4	100
備 註	最大流速：1.21m/s　(232°) 發生時間：2016/03/07　4時									

表 5.9　(續 3)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/04/01 ~ 2016/04/30 資料數：673										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	3.27	8.02	3.86	1.19	2.67	6.69	6.09	2.82	34.62
	0.25~0.50	0.3	8.77	0.59	0.15	0.89	19.32	2.97	0.15	33.14
	0.50~0.75	0	5.2	0	0	0.15	12.63	0.74	0	18.72
	0.75~1.00	0	0.3	0	0	0	10.55	0.3	0	11.14
	1.00~1.25	0	0	0	0	0	2.08	0	0	2.08
	1.25<	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0.3
	Total	3.57	22.29	4.46	1.34	3.71	51.26	10.1	2.97	100
備 註	最大流速：1.27m/s　(233°) 發生時間：2016/04/29　6時									

表 5.9　(續 4)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/05/01 ~ 2016/05/31 資料數：666										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	3.45	4.8	2.7	1.35	3.15	8.41	6.16	3.6	33.63
	0.25~0.50	1.35	6.31	0.6	0	0.75	18.47	2.7	0.75	30.93
	0.50~0.75	0.15	2.25	0	0	0.45	18.62	0.6	0	22.07
	0.75~1.00	0	0.3	0	0	0	8.56	0	0	8.86
	1.00~1.25	0	0	0	0	0	4.05	0	0	4.05
	1.25<	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0.45
	Total	4.95	13.66	3.3	1.35	4.35	58.11	9.46	4.35	100
備 註	最大流速：1.28m/s　(230°) 發生時間：2016/05/10　1時									

表 5.9　(續 5)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/06/01 ~ 2016/06/30 資料數：653										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	3.98	7.04	3.98	1.53	3.37	6.74	7.5	2.76	36.91
	0.25~0.50	0.92	13.17	2.14	0	0.46	11.79	3.22	0	31.7
	0.50~0.75	0.15	10.26	1.07	0	0	6.74	0.92	0	19.14
	0.75~1.00	0	7.5	0.15	0	0	1.23	0	0	8.88
	1.00~1.25	0	2.91	0	0	0	0.31	0	0	3.22
	1.25<	0	0.15	0	0	0	0	0	0	0.15
	Total	5.05	40.89	7.35	1.53	3.83	26.8	11.64	2.76	100
備 註	最大流速：1.27m/s　(46°) 發生時間：2016/06/12 15時									

表 5.9　(續 6)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/07/01 ~ 2016/07/31 資料數：491										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	2.85	7.13	3.67	2.04	3.87	6.31	5.91	2.44	34.22
	0.25~0.50	2.24	8.35	0.61	0	0.2	10.59	3.87	0.81	26.68
	0.50~0.75	0.2	12.42	0.2	0	0	6.52	1.02	0	20.37
	0.75~1.00	0	7.13	0.41	0	0	3.05	0.41	0	11
	1.00~1.25	0	5.3	0	0	0	0.61	0	0	5.91
	1.25~1.50	0	1.43	0	0	0	0.2	0	0	1.63
	1.50<	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2
	Total	5.3	41.75	4.89	2.04	4.07	27.29	11.2	3.26	100
備 註	最大流速：1.55m/s　(48°) 發生時間：2016/07/09 10時									

表 5.9　(續 7)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/08/01 ~ 2016/08/31 資料數：534										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	2.81	3.93	2.81	0.56	3.93	9.93	7.68	1.87	33.52
	0.25~0.50	0.94	4.49	0.19	0	0.56	17.6	7.87	0.37	32.02
	0.50~0.75	0	2.43	0.19	0	0	14.23	2.43	0	19.29
	0.75~1.00	0	1.69	0	0	0	7.87	0.94	0	10.49
	1.00~1.25	0	0	0	0	0	3	0	0	3
	1.25~1.50	0	0	0	0	0	0.94	0	0	0.94
	1.50<	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0.75
	Total	3.75	12.55	3.18	0.56	4.49	53.56	18.91	2.25	100
備 註	最大流速：1.62m/s　(232°) 發生時間：2016/08/28 19時									

表 5.9　(續 8)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/09/01 ~ 2016/09/30 資料數：680										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	1.76	5.29	3.24	2.5	2.21	5.15	4.12	1.76	26.03
	0.25~0.50	0.29	9.56	2.35	0.15	0.59	14.41	3.97	0.44	31.76
	0.50~0.75	0.15	6.03	0.15	0	0.15	14.26	0.88	0	21.62
	0.75~1.00	0	3.97	0	0	0	9.12	0.15	0	13.24
	1.00~1.25	0	0.74	0	0	0	5	0	0	5.74
	1.25~1.50	0	0	0	0	0	1.18	0	0	1.18
	1.50<	0	0	0	0	0	0.44	0	0	0.44
	Total	2.21	25.59	5.74	2.65	2.94	49.12	9.12	2.21	100
備 註	最大流速：1.58m/s　(231°) 發生時間：2016/09/01　4時									

表 5.9　(續 9)臺東資料浮標每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/10/01 ~ 2016/10/31 資料數：704										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.4	7.39	4.97	1.42	3.12	9.8	8.52	3.27	43.89
	0.25~0.50	0.43	9.94	0.99	0	0	11.51	4.55	0.71	28.12
	0.50~0.75	0	9.52	0.28	0	0	8.1	0.71	0	18.61
	0.75~1.00	0	4.55	0.14	0	0	3.41	0	0	8.1
	1.00<	0	0.71	0	0	0	0.57	0	0	1.28
	Total	5.82	31.39	6.39	1.42	3.12	32.81	13.78	3.98	100
備 註	最大流速：1.14m/s　(49°) 發生時間：2016/10/02　8時									

表 5.10　臺東資料浮標 2016 年 1~10 月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/01/01 ~ 2016/10/31 資料數：6253										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	3.52	6.97	3.41	1.58	3.07	7.9	5.92	2.48	34.85
	0.25~0.50	0.8	10.65	1.06	0.03	0.35	13.51	3.31	0.34	30.05
	0.50~0.75	0.06	9.5	0.32	0	0.08	9.87	0.72	0	20.55
	0.75~1.00	0	5.02	0.08	0	0	5.47	0.16	0	10.73
	1.00~1.25	0	1.28	0	0	0	1.94	0	0	3.21
	1.25~1.50	0	0.13	0	0	0	0.35	0	0	0.48
	1.50<	0	0.02	0	0	0	0.11	0	0	0.13
	Total	4.38	33.55	4.86	1.62	3.5	39.04	10.11	2.81	100
備 註	最大流速：1.62m/s　(232°) 發生時間：2016/08/28 19時									

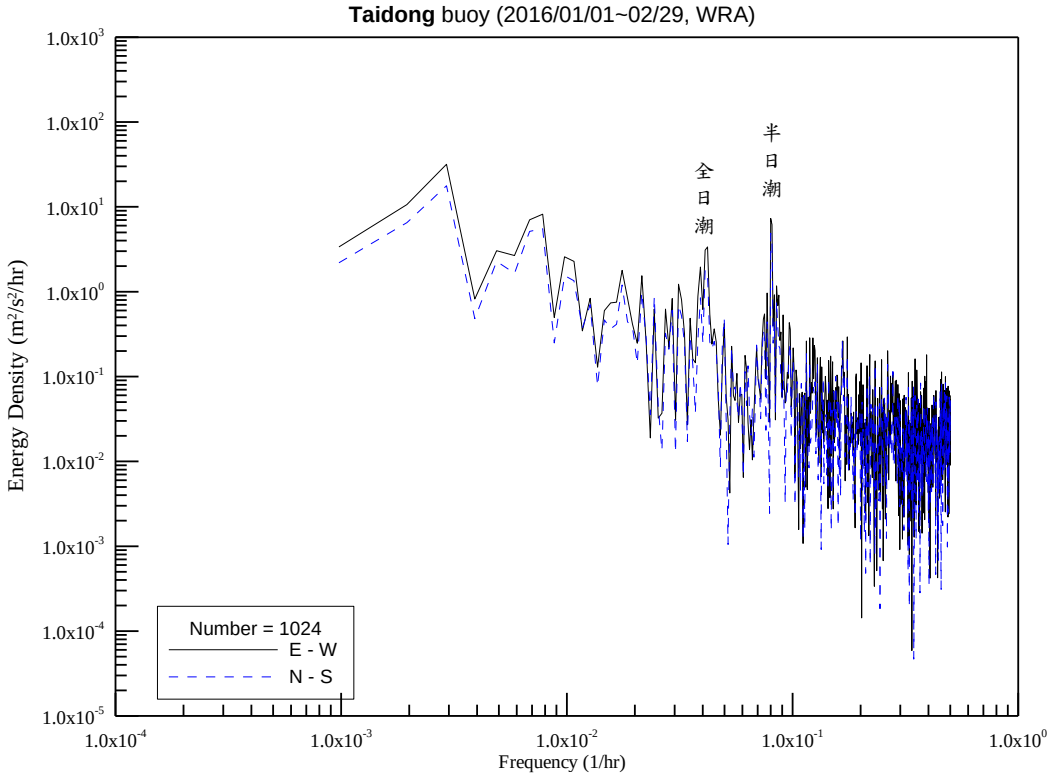


圖 5.38　台東資料浮標冬季海流速度能譜圖(2016 年 1、2 月)

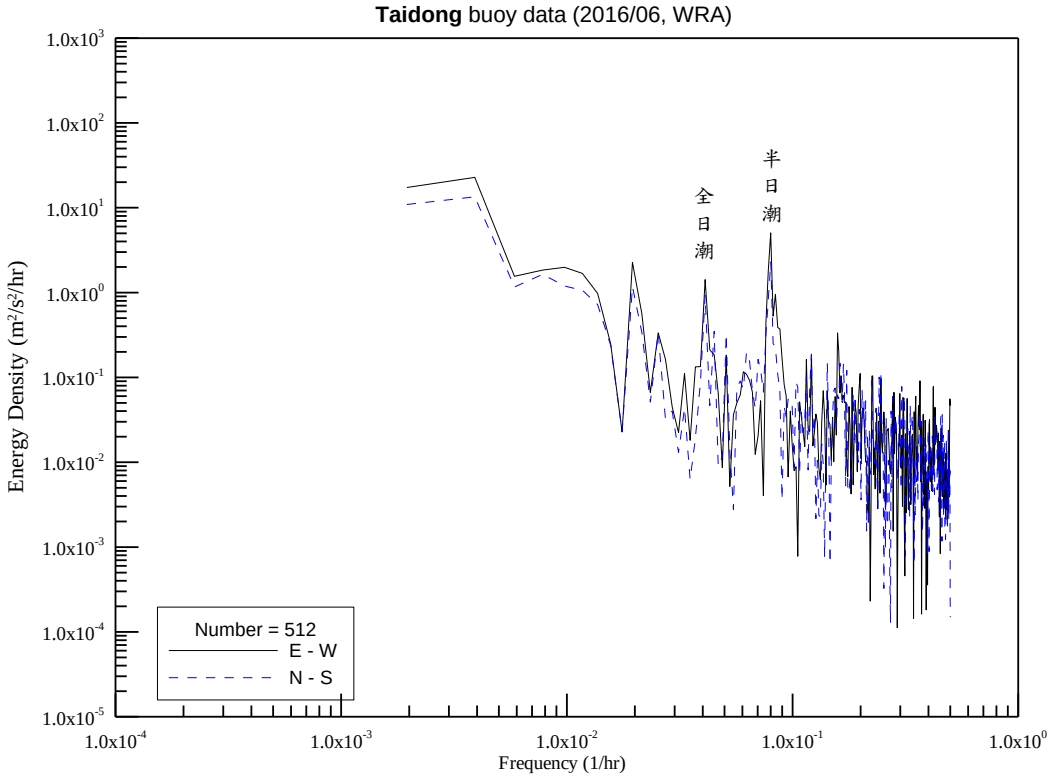


圖 5.39　台東資料浮標夏季海流速度能譜圖(2016 年 6 月)

5.4.2 綠島南寮漁港測站

2016 年 1~9 月每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布統計結果，如表 5.11 所列。流向分析結果顯示除 4、5 月份主要流向為南(S)向外，其餘月份主要流向均為北(N)向；整體統計結果(1~9 月)顯示主要流向為北向，次要流向為東南(SE)及南向，如表 5.12 所示。流速大小分析結果顯示，流速小於 0.25m/s 出現比例超過 80%之月份計有 1、2、8、9 等月份，流速介於 0.25~0.5m/s 之比例超過 30%之月份分別為 4 月及 7 月。除 1、3 月份外，其餘月份最大流速均超過 0.5m/s，其中最大流速觀測值為 0.74m/s，流向往南，觀測時間為 4 月 22 日 10 時。整體統計結果顯示流速小於 0.25m/s 之比例約佔 77%，流速大於 0.5m/s 之比例約佔 1.5%。

綠島海流測站速度能譜分析結果如圖 5.40 及圖 5.41 所示，分別代表冬季及夏季海流速度能譜；由冬季速度能譜分析結果顯示於綠島南寮漁港外海處，冬季海流流速以南北向為主，其中南北向速度能譜顯

示在低頻及半日潮處具有顯著的能量；東西向速度能譜除了低頻部份無顯著能量外，1/4 日潮及 1/3 日潮能量均明顯大於半日潮及全日潮。夏季海流流速同樣以南北向為主，南北向速度能譜除了低頻部份顯著能量外，天文潮中全日潮能量略大於半日潮能量；東西向速度能譜與冬季速度能譜分析結果有明顯差異，包括低頻部份有較明顯能量存在外，全日潮及半日潮能量相當顯著等。

表 5.11　綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/01/01 ~ 2016/01/31 資料數：744										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	26.75	12.9	5.65	4.57	4.44	8.87	13.31	16.26	92.74
	0.25~0.50	3.76	0.67	0.13	0	0.94	0.81	0.94	0	7.26
	0.50<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	30.51	13.58	5.78	4.57	5.38	9.68	14.25	16.26	100
備 註	最大流速：0.48m/s　(11°) 發生時間：2016/01/09　2時									

表 5.11　(續 1)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/02/01 ~ 2016/02/29 資料數：696										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	22.13	13.07	6.32	7.33	10.2	11.35	8.05	11.21	89.66
	0.25~0.50	6.03	0.57	0	0.14	2.16	0.72	0.57	0	10.2
	0.50<	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0.14
	Total	28.16	13.65	6.32	7.47	12.36	12.07	8.62	11.21	100
備 註	最大流速：0.52m/s　(2°) 發生時間：2016/02/12　6時									

表 5.11　(續 2)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向

聯合機率分布表

時間：2016/03/01 ~ 2016/03/31 資料數：742										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	14.29	16.04	11.32	12.4	5.39	2.02	4.04	5.26	70.75
	0.25~0.50	12.67	2.7	0.13	2.83	9.97	0.13	0.13	0.67	29.25
	0.50<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	26.95	18.73	11.46	15.23	15.36	2.16	4.18	5.93	100
備 註	最大流速：0.47m/s (180°) 發生時間：2016/03/29 10時									

表 5.11 (續 3)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/04/01 ~ 2016/04/30 資料數：705										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	11.06	12.62	5.96	14.75	14.75	1.99	1.7	2.55	65.39
	0.25~0.50	3.97	1.28	0.14	3.55	21.84	1.56	0	0.14	32.48
	0.50~0.75	0	0	0	0	2.13	0	0	0	2.13
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	15.04	13.9	6.1	18.3	38.72	3.55	1.7	2.7	100
備 註	最大流速：0.74m/s (180°) 發生時間：2016/04/22 10時									

表 5.11 (續 4)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/05/01 ~ 2016/05/31 資料數：739										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	12.18	9.47	5.68	13.26	18.81	6.77	3.38	6.9	76.45
	0.25~0.50	7.04	0.95	0	3.25	10.83	0.41	0.14	0	22.6
	0.50~0.75	0.27	0	0	0	0.68	0	0	0	0.95
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	19.49	10.42	5.68	16.51	30.31	7.17	3.52	6.9	100
備 註	最大流速：0.59m/s (11°) 發生時間：2016/05/03 15時									

表 5.11 (續 5)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/06/01 ~ 2016/06/30 資料數：718										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	28.13	9.33	4.04	2.92	3.2	3.48	1.81	17.83	70.75
	0.25~0.50	24.51	1.39	0	0.14	0.28	0.14	0.14	1.11	27.72
	0.50~0.75	1.53	0	0	0	0	0	0	0	1.53
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	54.18	10.72	4.04	3.06	3.48	3.62	1.95	18.94	100
備 註	最大流速：0.60m/s (5°) 發生時間：2016/06/12 4時									

表 5.11 (續 6)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/07/01 ~ 2016/07/31 資料數：744										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	25.54	11.56	3.36	2.28	3.76	2.42	2.96	11.83	63.71
	0.25~0.50	28.23	1.08	0	0	0.67	0.13	0	2.15	32.26
	0.50~0.75	3.76	0	0	0.13	0.13	0	0	0	4.03
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	57.53	12.63	3.36	2.42	4.57	2.55	2.96	13.98	100
備 註	最大流速：0.69m/s (3°) 發生時間：2016/07/13 15時									

表 5.11 (續 7)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/08/01 ~ 2016/08/31 資料數：744										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	31.59	11.83	5.51	6.72	13.17	5.24	1.61	7.26	82.93
	0.25~0.50	12.1	1.34	0	0.27	2.02	0.27	0.13	0.13	16.26
	0.50~0.75	0.81	0	0	0	0	0	0	0	0.81
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	44.49	13.17	5.51	6.99	15.19	5.51	1.75	7.39	100
備 註	最大流速：0.68m/s (6°) 發生時間：2016/08/11 4時									

表 5.11 (續 8)綠島南寮漁港海流測站每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/09/01 ~ 2016/09/30

資料數：718										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	25.21	9.61	5.57	11.98	9.89	5.99	3.9	10.58	82.73
	0.25~0.50	11.42	0.42	0.14	2.23	2.23	0.14	0	0.42	16.99
	0.50~0.75	0.14	0	0	0	0.14	0	0	0	0.28
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	36.77	10.03	5.71	14.21	12.26	6.13	3.9	11	100
備 註	最大流速：0.71m/s (5°) 發生時間：2016/09/15 14時									

表 5.12 綠島南寮漁港海流測站 2016 年 1~9 月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/01/01 ~ 2016/9/30 資料數：6550										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	21.91	11.83	5.94	8.44	9.27	5.33	4.53	9.97	77.22
	0.25~0.50	12.24	1.16	0.06	1.37	5.62	0.47	0.23	0.52	21.68
	0.50~0.75	0.75	0	0	0.02	0.34	0	0	0	1.1
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	34.9	12.99	6	9.83	15.22	5.8	4.76	10.49	100
備 註	最大流速：0.74m/s (180°) 發生時間：2016/04/22 10時									

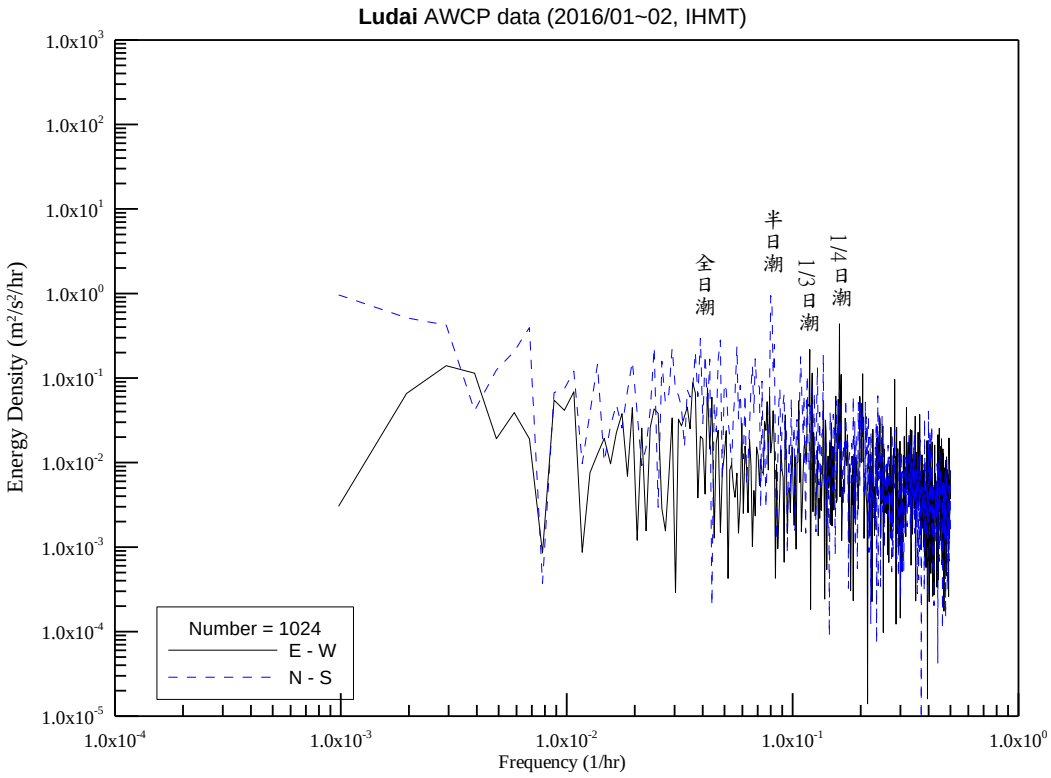


圖 5.40　綠島南寮漁港海流測站冬季海流速度能譜圖(2016 年 1、2 月)

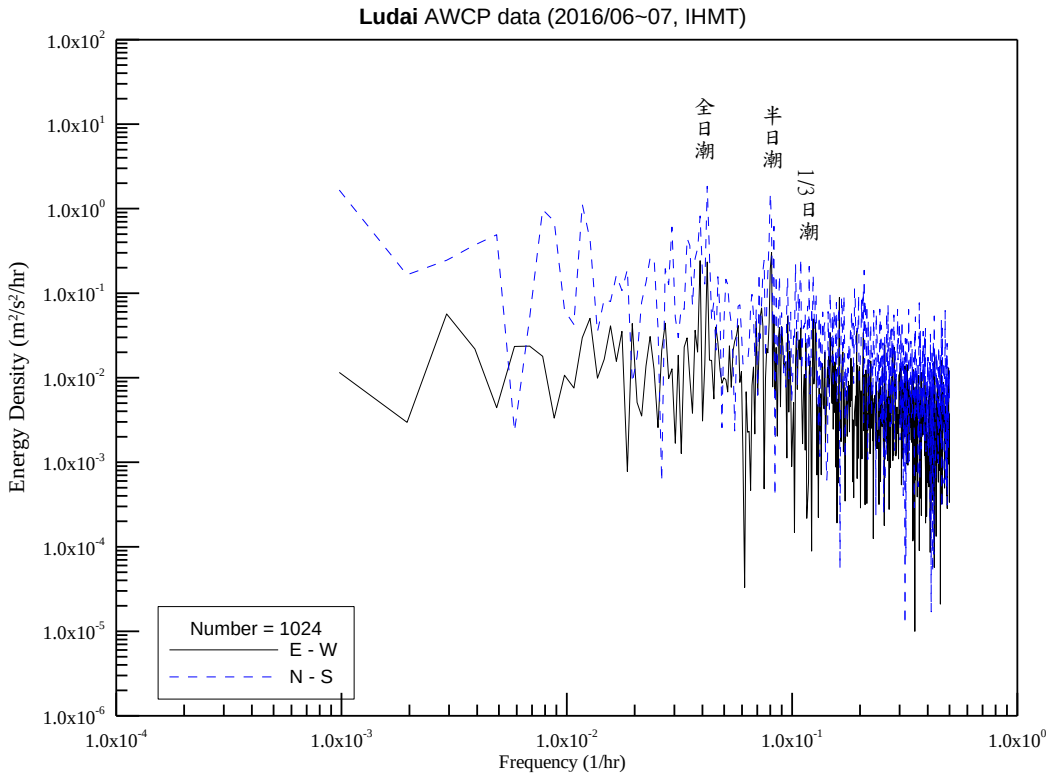


圖 5.41　綠島南寮漁港海流測站夏季海流速度能譜圖(2016 年 6、7 月)

5.4.3 鵝鑾鼻資料浮標測站

2016 年每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布統計結果，如表 5.13 所列，其中 4、5 月份因觀測資料數偏低未單獨統計。由流向分析結果顯示除 9 月份漲潮時主要流向為西(S)向外，其餘月份漲潮時主要流向均為西北(NW)向;2 月及 10 至 12 月份退潮時主要流向東南(SE)向顯著，其餘月份退潮時流向西(W)向略大於東南向。整體統計結果顯示出漲潮時主要流向為西北向，其次為西向，退潮時主要流向為東南向，其次為東向，如表 5.14 所示。流速大小分析結果顯示，流速小於 0.25m/s 出現比例超過 50％之月份分別為 1 ~ 3 月份，流速介於 0.25~0.5m/s 之比例各月份均超過 30％。另最大流速均超過 1.0m/s 之月份包括 6 ~ 10 月及 12 月等，其中最大流速觀測值為 1.34m/s，流向往西北,觀測時間為 10 月 18 日 7 時。整體統計結果顯示流速小於 0.25m/s 之比例約佔 46％，流速大於 0.5m/s 之比例約佔 17.5％。

海流速度能譜分析結果如圖 5.42 及圖 5.43 所示，分別代表冬季及夏季海流速度能譜；速度能譜分析結果顯示於鵝鑾鼻資料浮標測站處，海流東西向速度能量略大於南北向速度能量，全日潮與半日潮速度能量相近。

表 5.13　鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/01/01 ~ 2016/01/31 資料數：592										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	7.09	6.08	11.49	7.26	1.86	2.70	8.78	11.99	57.26
	0.25~0.50	1.52	1.01	9.97	7.26	0	0.17	6.08	8.28	34.29
	0.50~0.75	0	0	3.04	2.20	0	0	0.84	1.86	7.94
	0.75<	0	0	0.17	0	0	0	0	0.34	0.51
	Total	8.61	7.09	24.66	16.72	1.86	2.87	15.71	22.47	100
備 註	最大流速：0.89m/s　(107°) 發生時間：2016/01/10 10時									

表 5.13　(續 1)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/02/01 ~ 2016/02/29 資料數：545										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	6.24	3.67	7.89	11.38	3.49	3.12	7.52	11.19	54.50
	0.25~0.50	1.83	0.55	6.24	11.01	0.18	0.37	7.89	10.46	38.53
	0.50~0.75	0	0	0.55	2.02	0	0	1.47	2.75	6.79
	0.75<	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18
	Total	8.07	4.22	14.68	24.40	3.67	3.49	16.88	24.59	100
備 註	最大流速：0.84m/s　(305°) 發生時間：2016/02/18　4時									

表 5.13　(續 2)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/03/01 ~ 2016/03/31 資料數：688										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	6.71	3.60	6.38	7.69	4.75	3.60	11.29	8.35	52.37
	0.25~0.50	1.47	0.82	7.04	5.89	0.33	0.49	7.36	12.77	36.17
	0.50~0.75	0.16	0	3.11	1.64	0	0	0.82	4.75	10.47
	0.75<	0	0	0.16	0	0	0	0	0.82	0.98
	Total	8.35	4.42	16.69	15.22	5.07	4.09	19.48	26.68	100
備 註	最大流速：0.88m/s　(309°) 發生時間：2016/03/19 05時									

表 5.13 (續 3)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/06/01 ~ 2016/06/30 資料數：620										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.48	6.45	6.94	10.00	4.84	3.55	5.0	4.84	47.10
	0.25~0.50	4.03	4.03	10.65	7.58	0.81	0	3.23	4.35	34.68
	0.50~0.75	0.48	0.16	4.35	3.87	0	0	0.65	3.71	13.23
	0.75~1.00	0.16	0	1.13	0.65	0	0	0.16	2.42	4.52
	1.00<	0	0	0.16	0	0	0	0	0.32	0.48
	Total	10.16	10.65	23.23	22.10	5.65	3.55	9.03	15.65	100
備 註	最大流速：1.08m/s (95°) 發生時間：2016/06/04 12時									

表 5.13 (續 4)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/07/01 ~ 2016/07/31 資料數：642										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.61	4.98	7.32	8.10	4.05	2.80	5.92	8.72	47.51
	0.25~0.50	4.52	2.18	6.70	7.01	0.78	0.16	5.45	6.39	33.18
	0.50~0.75	0.78	0.16	4.36	3.12	0	0	1.71	4.05	14.17
	0.75~1.00	0	0	1.71	0.16	0	0	0.78	1.71	4.36
	1.00~1.25	0	0	0	0	0	0	0	0.62	0.62
	1.25<	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0.16
	Total	10.90	7.32	20.09	18.38	4.83	2.96	13.86	21.65	100
備 註	最大流速：1.29m/s (300°) 發生時間：2016/07/28 14時									

表 5.13 (續 5)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/08/01 ~ 2016/08/31 資料數：658										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.47	4.41	5.17	3.04	1.82	3.95	7.75	7.14	38.75
	0.25~0.50	4.86	2.58	5.47	4.86	0.76	0.30	10.03	9.57	38.45
	0.50~0.75	0.76	0.61	3.04	2.74	0	0	4.10	6.23	17.48
	0.75~1.00	0	0	0.91	0.15	0	0	0.22	2.74	5.02
	1.00<	0	0	0	0	0	0	0	0.30	0.30
	Total	11.09	7.60	14.59	10.79	2.58	4.26	23.10	25.99	100
備 註	最大流速：1.18m/s (303°) 發生時間：2016/08/13 16時									

表 5.13　(續 6)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/09/01 ~ 2016/09/30 資料數：586										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	7.34	3.92	8.02	6.48	4.44	5.63	7.34	7.00	50.17
	0.25~0.50	2.22	2.05	5.29	3.41	0.68	0.51	12.29	10.24	36.69
	0.50~0.75	0.68	0.17	1.19	0.85	0	0	2.90	4.95	10.75
	0.75~1.00	0	0	0.51	0.17	0	0	0.34	1.02	2.75
	1.00<	0	0	0	0	0	0	0	0.34	0.34
	Total	10.24	6.14	15.02	10.92	5.12	6.14	22.87	13.98	100
備 註	最大流速：1.09m/s　(310°) 發生時間：2016/09/02　19時									

表 5.13　(續 7)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/10/01 ~ 2016/10/31 資料數：544										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	3.86	3.49	6.07	7.72	3.49	3.68	9.56	7.35	45.22
	0.25~0.50	1.84	1.10	5.88	8.46	1.65	0.18	8.64	9.01	36.76
	0.50~0.75	0.74	0	1.29	5.33	0.55	0	2.57	4.04	14.25
	0.75~1.00	0	0	0.18	0.74	0.18	0	0.18	1.29	2.57
	1.00~1.25	0	0		0	0	0	0	0.55	0.55
	1.25<	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.37
	Total	6.43	4.60	13.42	22.24	5.88	3.86	20.96	22.61	100
備 註	最大流速：1.34m/s　(6°) 發生時間：2016/10/18　7時									

表 5.13　(續 8)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/11/01 ~ 2016/11/30 資料數：587										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	2.90	4.09	7.33	9.71	4.60	2.04	6.47	7.16	44.29
	0.25~0.50	0.68	0.51	4.43	17.55	1.36	0.34	5.79	7.16	37.82
	0.50~0.75	0.34	0.34	1.70	7.16	0.17	0	1.70	2.90	14.31
	0.75<	0	0	0.17	2.90	0	0	0	0.51	3.58
	Total	3.92	4.94	13.63	37.31	6.13	2.39	13.97	17.72	100
備 註	最大流速：0.98m/s　(130°) 發生時間：2016/11/15　12時									

表 5.13　(續 9)鵝鑾鼻資料浮標測站海流每月逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/12/01 ~ 2016/12/31 資料數：706										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	2.27	3.40	7.65	5.95	3.40	1.98	4.53	4.96	34.14
	0.25~0.50	1.27	0.42	6.09	14.31	1.98	0.28	4.96	5.38	34.70
	0.50~0.75	0	0	2.83	14.45	1.70	0	2.69	3.12	24.93
	0.75~1.00	0		0.71	4.11	0.14		0.14	0.57	5.67
	1.00<	0	0	0.14	0.28	0	0	0	0.14	0.56
	Total	3.54	3.82	17.42	39.09	7.22	2.27	12.32	14.16	100
備 註	最大流速：1.14m/s　(114°) 發生時間：2016/12/05　17時									

表 5.14　鵝鑾鼻資料浮標測站海流 2016 年逐時觀測資料之流速流向聯合機率分布表

時間：2016/12/01 ~ 2016/12/31 資料數：6548										
		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.04	4.38	7.22	7.74	3.67	3.27	7.04	7.56	45.92
	0.25~0.50	2.55	1.56	6.86	9.01	0.89	0.27	7.19	8.40	36.73
	0.50~0.75	0.49	0.14	2.57	4.32	0.24	0	1.91	3.99	13.84
	0.75~1.00	0.05	0	0.66	0.89	0.03		0.27	1.28	3.18
	1.00~1.25	0	0	0.05	0.03	0		0	0.21	0.29
	1.25<	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.05
	Total	8.12	6.08	17.53	21.99	4.83	3.54	16.42	21.49	100
備 註	最大流速：1.34m/s　(310°) 發生時間：2016/10/18　7時									

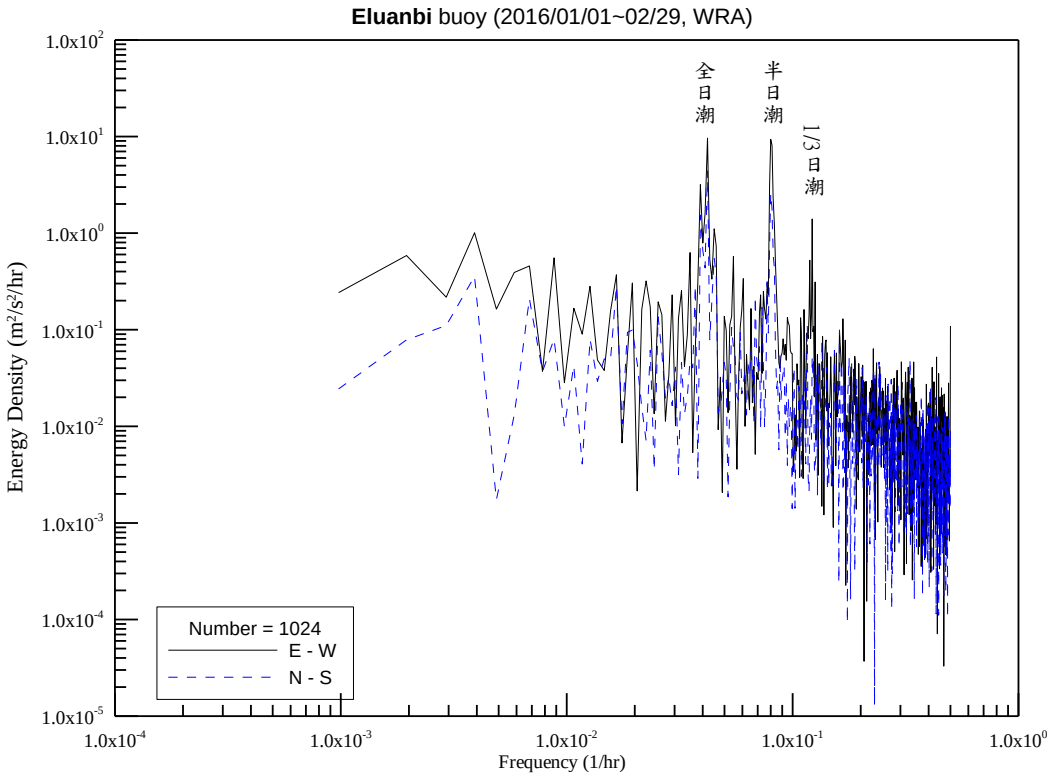


圖 5.42　鵝鑾鼻資料浮標測站冬季海流速度能譜圖(2016 年 1、2 月)

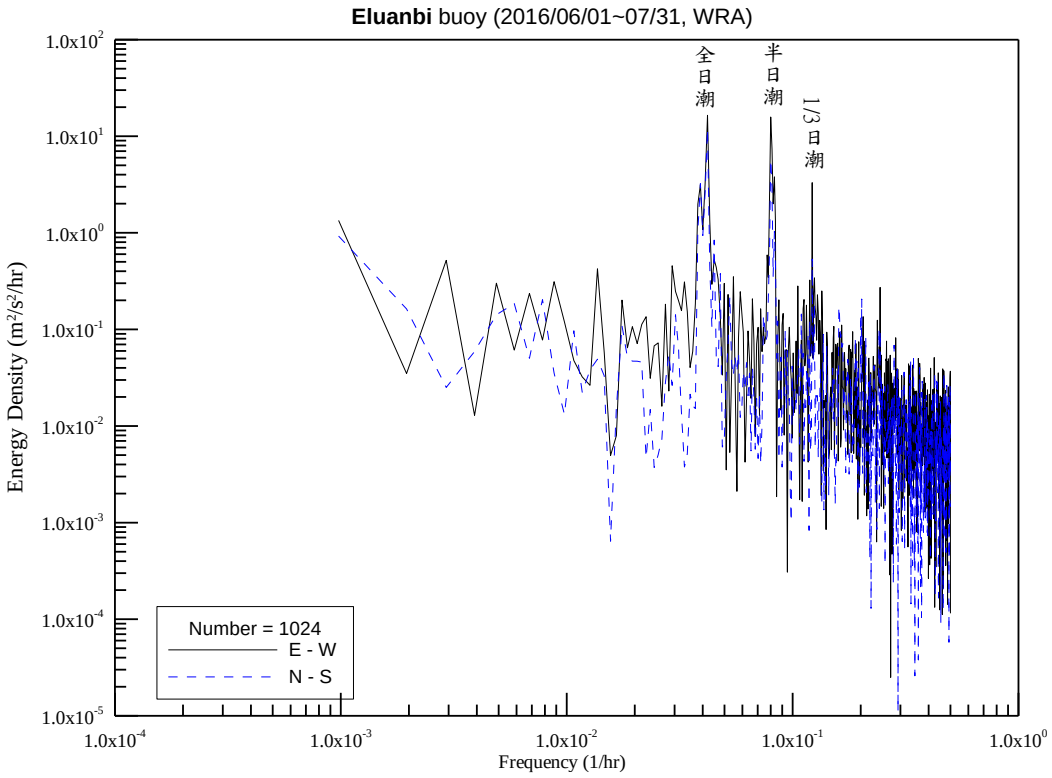


圖 5.43　鵝鑾鼻資料浮標測站夏季海流速度能譜圖(2016 年 6、7 月)

5.5 波浪

本計畫研究範圍內長期波浪測站計有水利署台東及鵝鑾鼻資料浮標測站、氣象局蘭嶼資料浮標(2017 年 10 月)及港研中心綠島南寮漁港外海 AWCP 測站，相關測站位置參考圖 5.7 所示。本計畫除了蒐集水利署台東、鵝鑾鼻資料浮標以及港研中心綠島南寮漁港 AWCP 測站 2016 年逐時波浪觀測資料(參考附錄四)。有關綠島測站歷年波浪觀測資料特性整理如后。

5.5.1 示性波高(H_s)

綠島歷年(2014～2016)觀測資料之平均示性波高為 0.52 m，夏季波高最大，H_s 平均值為 0.72 m，秋季次高，H_s 平均值為 0.52 m，冬季示性波高(H_s)平均值為 0.45 m，春季波高最小， H_s 平均僅 0.38 m。在波高分佈統計方面，冬季時示性波高小於 1m 者佔 99.8 %，1 至 2m 間佔 0.2 %，大於 2m 為 0.0 %。夏季時示性波高，小於 1m 者佔 77.0 %，1 至 2m 間佔 19.3 %，大於 2m 者約佔 3.7 %。波高相關統計結果如圖 5.44 所示。

歷年波浪資料示性波高月平均及各月份最大值如表 5.15 所示，可瞭解波高月平均值及極值變化，如圖 5.45 所示。

5.5.2 平均週期(T_s)

綠島夏季波浪平均週期分佈小於 6 秒者約佔 43.2 %，6 至 8 秒者約為 29.4 %，8 至 10 秒者約為 22.0 %，10 秒以上波浪約為 5.4 %。冬季平均週期分佈，小於 6 秒者約佔 40.0 %，6 至 8 秒者約為 36.7 %，8 至 10 秒者約為 19.1 %，大於 10 秒以上者約為 4.2 %。歷年四季及全觀測期波浪週期機率分佈統計，如圖 5.46 所示。

5.5.3 平均波向(T_s)

綠島冬季波向主要以 S～W 象限最多，約佔 69.0 %，其次是 W~N 象限約佔 28.9 %。夏季波向同樣以 S～W 象限最多，約佔 96.8 %，其

他象限比例均小。歷年觀測資料之波向十六方位統計分析結果，如圖5.47所示。

表 5.15　歷年示性波高每月平均值、極值及對應週期、波向表

綠島(2014-2016)				
月份	月平均H_s (m)	月最大H_s (m)	對應週期T_s (sec)	當時波向 [16方位]
1	0.43	0.89	8.20	S
2	0.44	1.07	5.90	SSW
3	0.30	1.23	4.60	S
4	0.32	1.75	4.80	SW
5	0.50	2.10	5.60	SSW
6	0.69	2.41	5.40	SSW
7	0.83	5.66	9.80	S
8	0.57	1.91	10.10	SSW
9	0.88	6.63	11.70	SSW
10	0.42	1.51	8.10	SSW
11	0.42	1.29	5.90	WSW
12	0.48	0.94	6.60	SSW
觀測全期	0.52	6.63	11.70	SSW

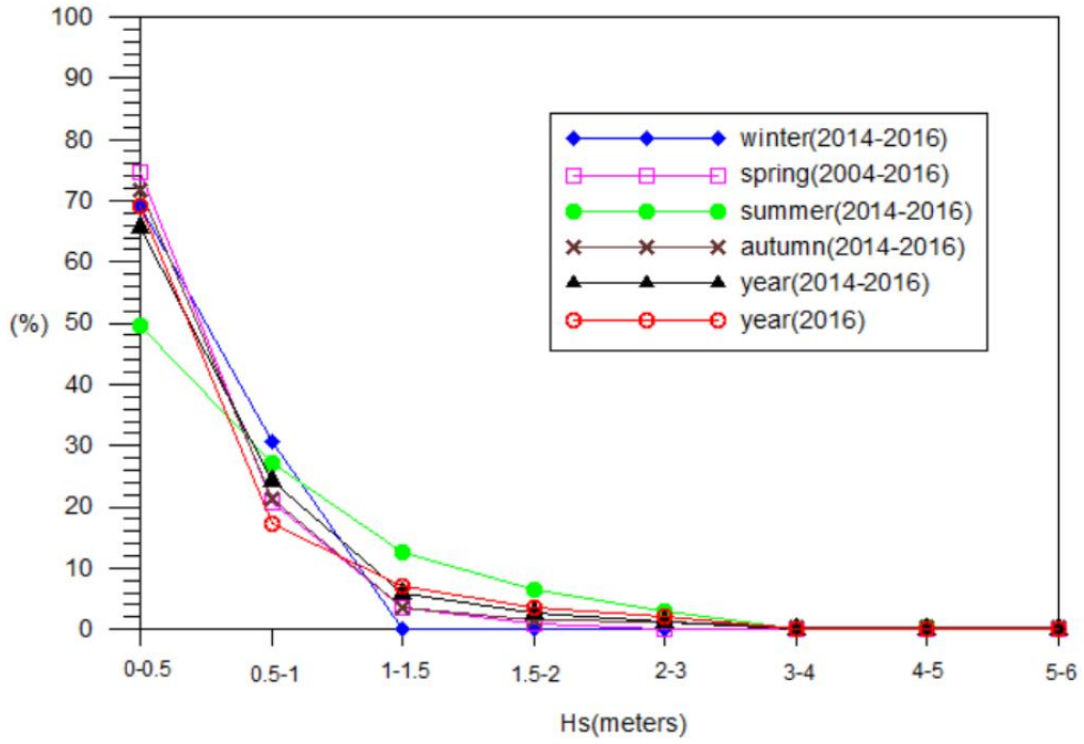


圖 5.44　綠島測站歷年四季及全觀測期波高機率分佈圖

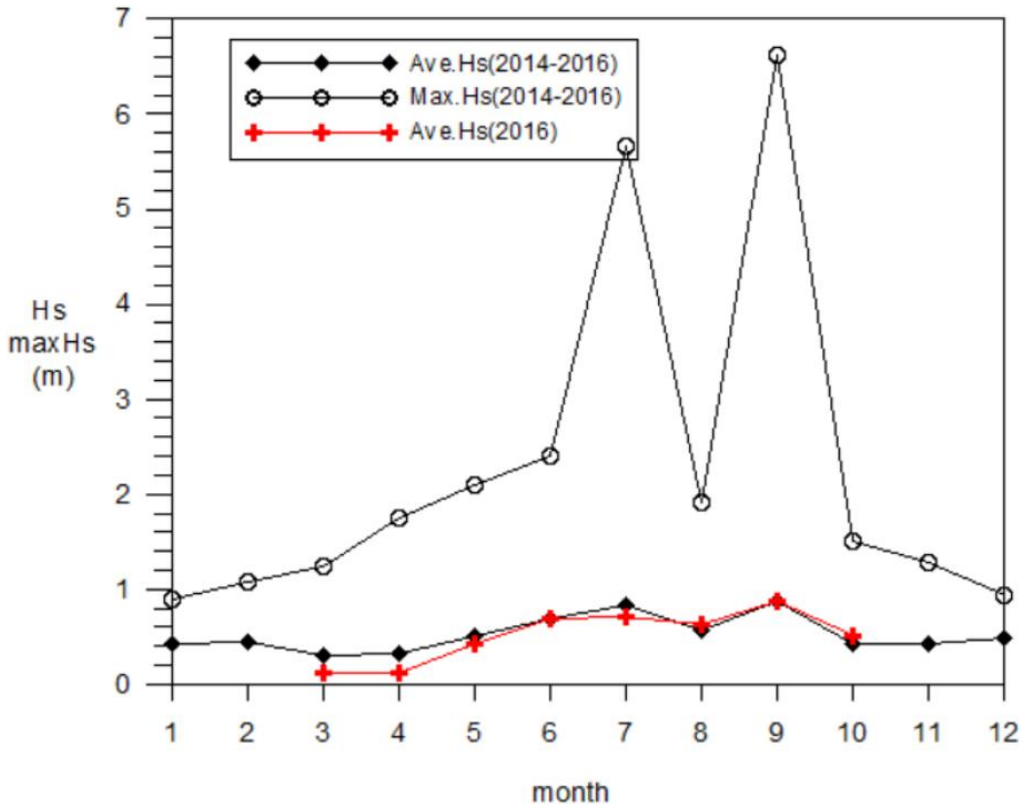


圖 5.45　綠島測站示性波高歷年月平均及月極值圖

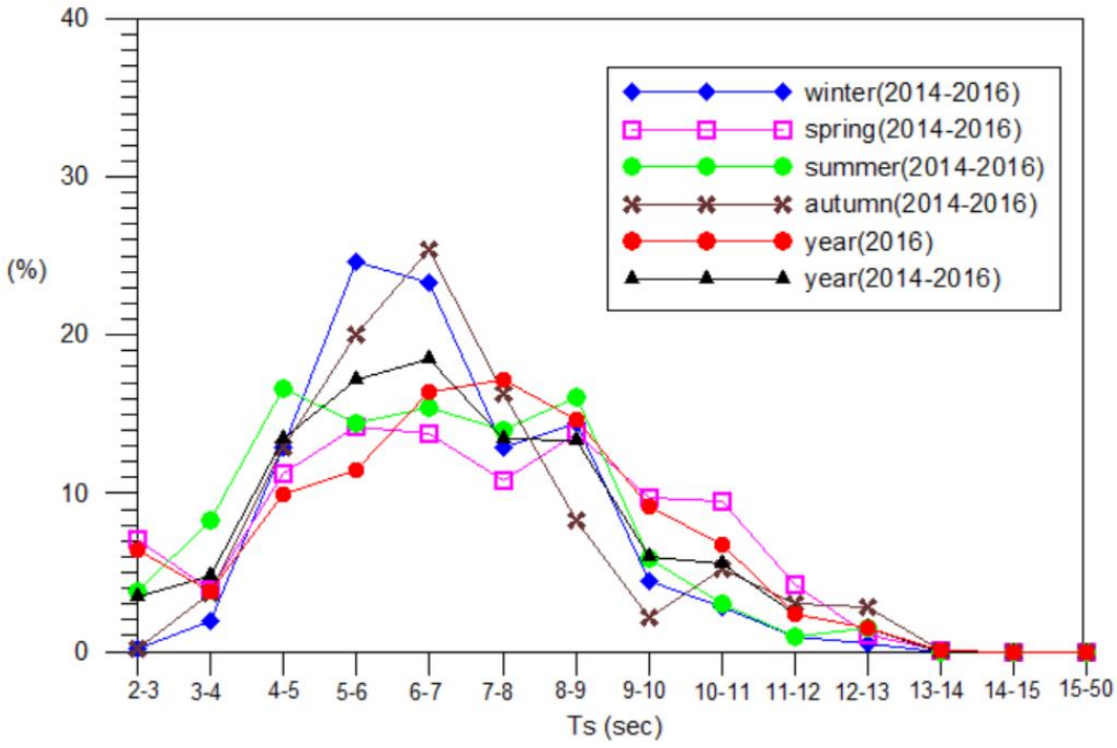


圖 5.46　綠島歷年四季及全觀測期週期機率分佈圖

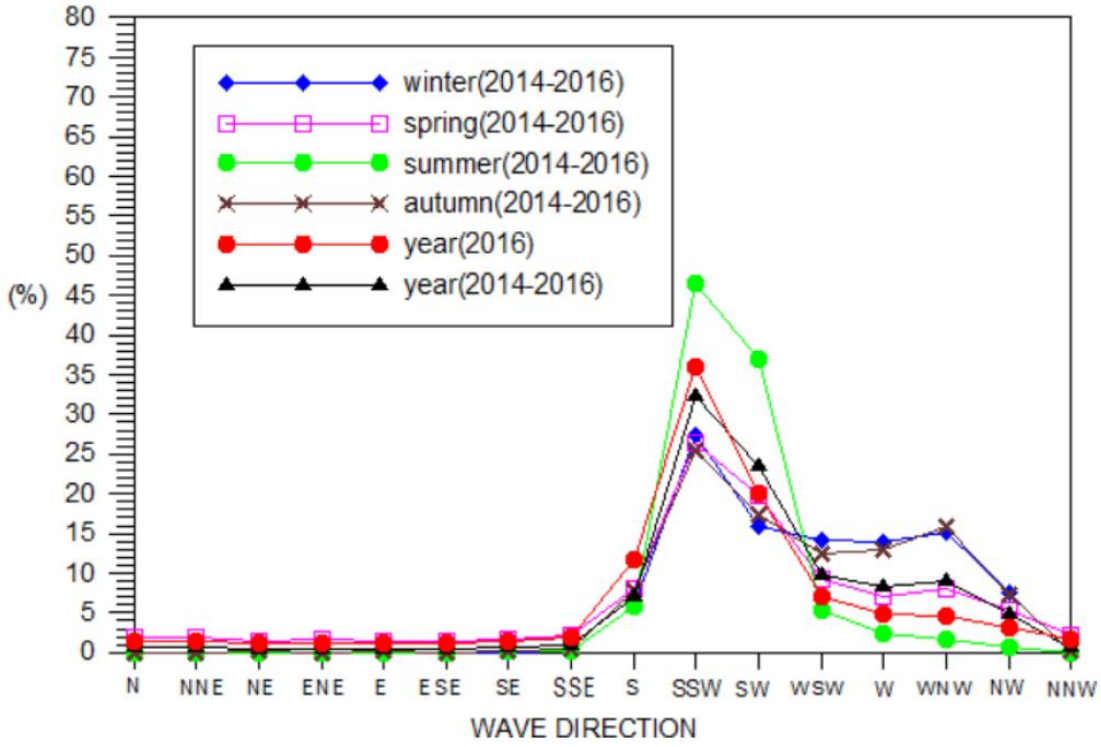


圖 5.47　綠島歷年四季及全觀測期波向機率分佈圖

5.6 風力

本計畫蒐集港研中心海象觀測報告整理綠島風力觀測資料特性如后。

綠島風力觀測自 2014 年開始設站觀測，2014 至 2016 年綠島風速測站觀測期間資料結果如下：冬季平均風速最高約為 3.4m/s，逐時平均風速之極值為 9.2 m/s；風速分佈在 5 m/s 以下者約佔 77.2 %，5～10 m/s 區間約佔全部 22.8 %，10 m/s 以上者佔 0.0 %。春季平均風速最低約為 2.1m/s，逐時平均風速之極值為 9.2m/s；風速分佈在 5 m/s 以下者約佔 95.4 %，5～10 m/s 區間佔全部 4.6 %，大於 10 m/s 者佔 0.0 %。夏季平均風速約為 2.4 m/s，逐時平均風速之極值為 22.4 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 89.9 %，5～10 m/s 之區間佔全部之 8.8 %，大於 10m/s 者佔 1.3 %。秋季平均風速約為 3.1 m/s，逐時平均風速之極值為 20.6 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 83.5 %，5～10 m/s 區間約佔全部 15.7 %，大於 10 m/s 者約佔 0.8 %。綜合綠島海域歷年全觀測期間統

計之平均風速值約為 2.7 m/s，逐時平均風速之極值約為 22.4 m/s，風速分佈在 5m/s 以下者佔 87.6 %，5～10 m/s 區間約佔全部 11.7 %以上，大於 10 m/s 者約佔 0.6 %。歷年綠島風觀測之四季平均風速分佈統計如圖 5.48 所示。

綠島風向統計結果如下：冬季期間 N～E 之間風向比率約佔 22.4 %， E～S 之間風向比率約佔 3.6 %，S～W 之間約佔 1.8 %，W～N 之間則佔 71.7 %，靜風約佔 0.5 %。夏季期間各方位分佈有均勻分佈現象，N～E 之間比率約 34.1 %，E～S 之間 21.6 %, S～W 比率約佔 21.8 %，W～N 則約佔 21.4 %，靜風約佔 1.0 %。春季 N～E 之間比率約 37.7 %，E～S 之間約佔 13.9 %，S～W 之間約為 8.7 %，W～N 則佔 38.0 %，靜風約 1.8 %。秋季 N～E 之間比率約 36.5 %， E～S 之間約佔 7.4 %, S～W 之間約佔 5.3 %，W～N 則約佔 49.5 %，靜風約 1.3 %。歷年全觀測期間風向分佈，N～E 之間比率約 33.8 %，E～S 之間約佔 13.1 %，S～W 之間約佔 10.9 %，W～N 則約佔 41.0 %。靜風約佔 1.2 %。有關歷年風向 16 方位機率統計結果，如圖 5.49 所示。

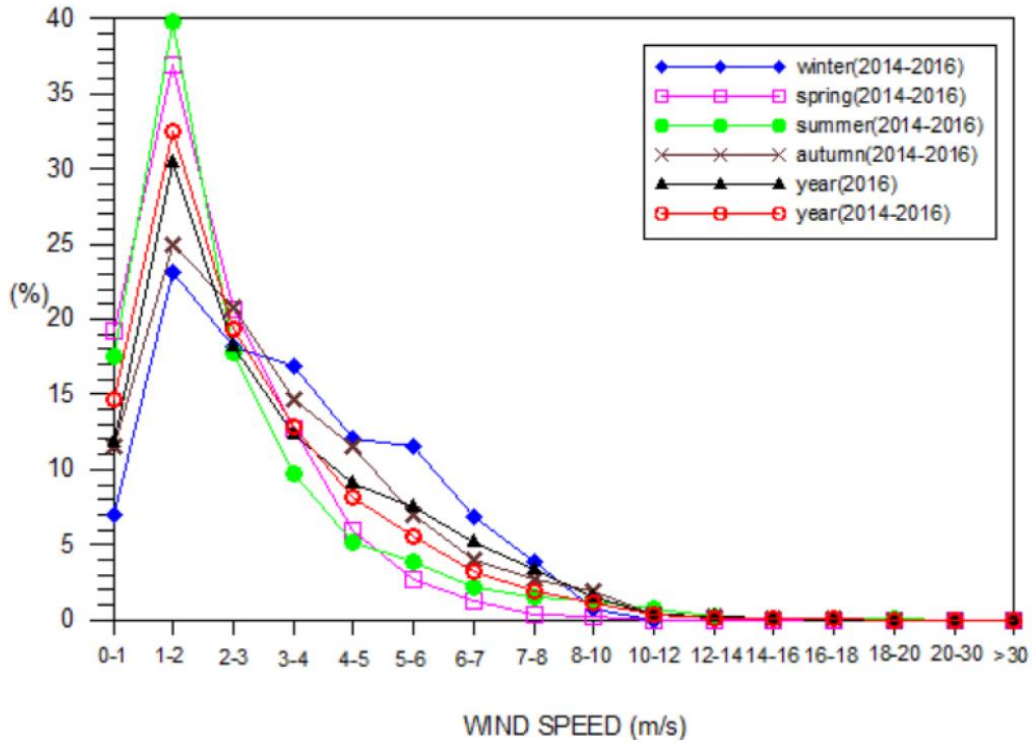


圖 5.48　綠島 2016 年、歷年四季及全觀測期風速機率分佈圖

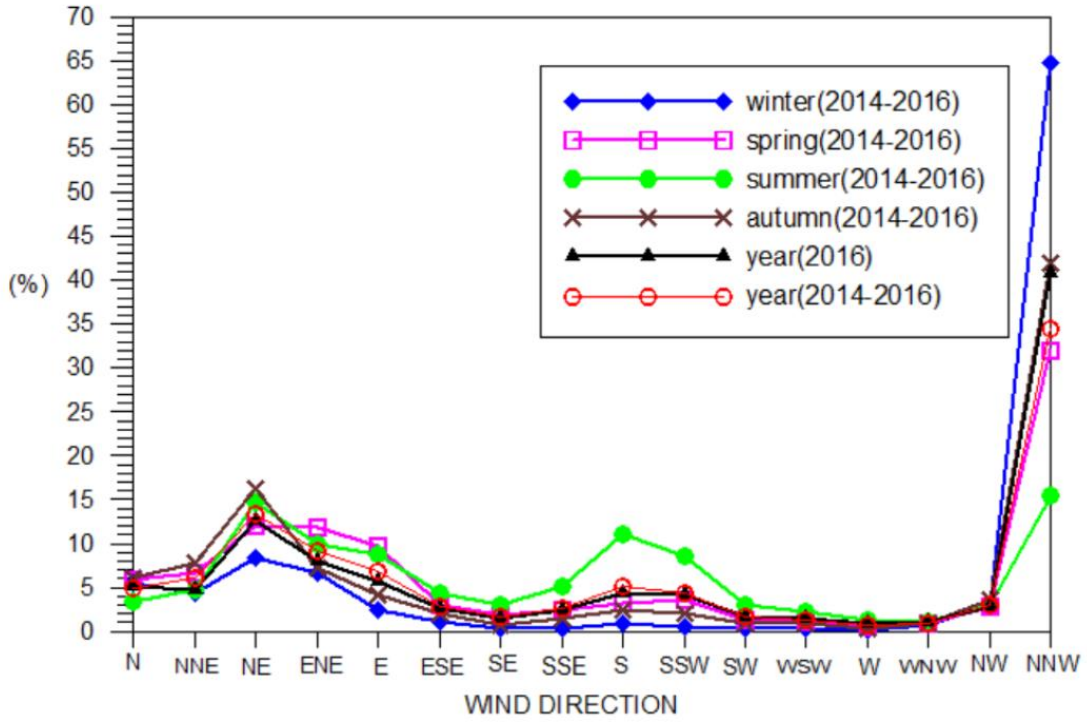


圖 5.49　綠島 2016 年、歷年四季及全觀測期風向機率分佈圖

第六章　小尺度風浪模擬系統建置

本章節小尺度風浪模擬系統建置主要針對臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域建置合適的小尺度風浪模擬系統。依據 TaiCOMS 新版風浪模擬系統架構得知，本計畫小尺度風浪模擬系統必須與遠域(大尺度)風浪模組及近域(中尺度)風浪模組結合，建構成三層巢狀網格獨立的小尺度風浪模擬系統。

6.1 小尺度東南海域風浪模擬系統建置

本計畫小尺度東南海域風浪模擬系統涵蓋臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港等海域，相關建置工作說明如下。

6.1.1 巢狀網格資料

本計畫臺灣東南海域風浪模擬系統之巢狀網格架構，如圖 6.1 所示，包括遠域大尺度網格、近域中尺度網格(實線粗框)及小尺度近岸網格(虛線細框)；圖中遠域網格模擬範圍含蓋西太平洋北緯 10°至 35°，東經 110°至 134°之海域，網格解析度為 0.2°；近域網格模擬範圍為含蓋臺灣周圍海域北緯 20.6°至 28.0°，東經 117.6°至 123.6°之海域，網格解析度為 0.04°;小尺度近岸網格模擬範圍為臺灣東南海域北緯 21.52°至 23.00°，東經 120.76°至 122.00°之海域，網格解析度為 0.008°。各層網格座標系統均採用 WGS84 經緯度座標系統建置數值計算網格，各層網格參考資料如表 6.1 所列。

6.1.2 網格水深資料

本計畫遠域網格水深資料建置係根據 ETOPO1 地形水深資料，利用繪圖軟體 Tecplot 內插工具得到網格點地形水深資料，如圖 6.2 所示；近域網格水深資料則先整合 ETOPO1、海科中心公布的 500m 及 200m 網格數值地形水深資料(如表 6.2 所列)，再利用繪圖軟體內插工具得到網格點地形水深資料，如圖 6.3 所示；小尺度近岸網格水深資料則依據海科中心公布的 200m 網格數值地形水深資料內插得到，如圖 6.4 所示。

表 6.1　東南海域風浪模擬系統之巢狀網格資訊表

網格層次	範圍		解析度 (°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
遠域網格	110.0/134.0	10.0/35.0	0.2	121×126
近域網格	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
近岸網格	120.76/122.00	21.52/23.00	0.008	156×186

表 6.2　海科中心臺灣周圍海域數值水深網格資料表

數值水深格式	範圍		解析度 (m)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
Taidp500m	117.0/125.0	18.0/27.0	500	1601×1801
Taidp200m	119.0/123.0	21.0/26.0	200	2001×2501

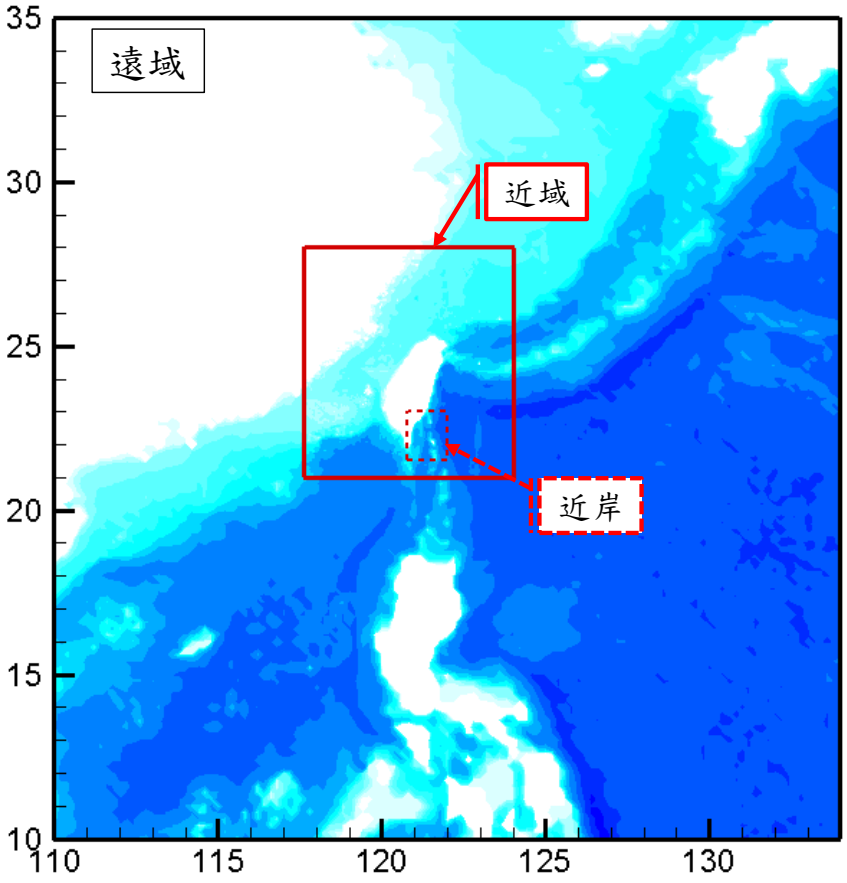


圖 6.1　東南海域近岸風浪模擬系統三層巢狀網格之模擬範圍圖

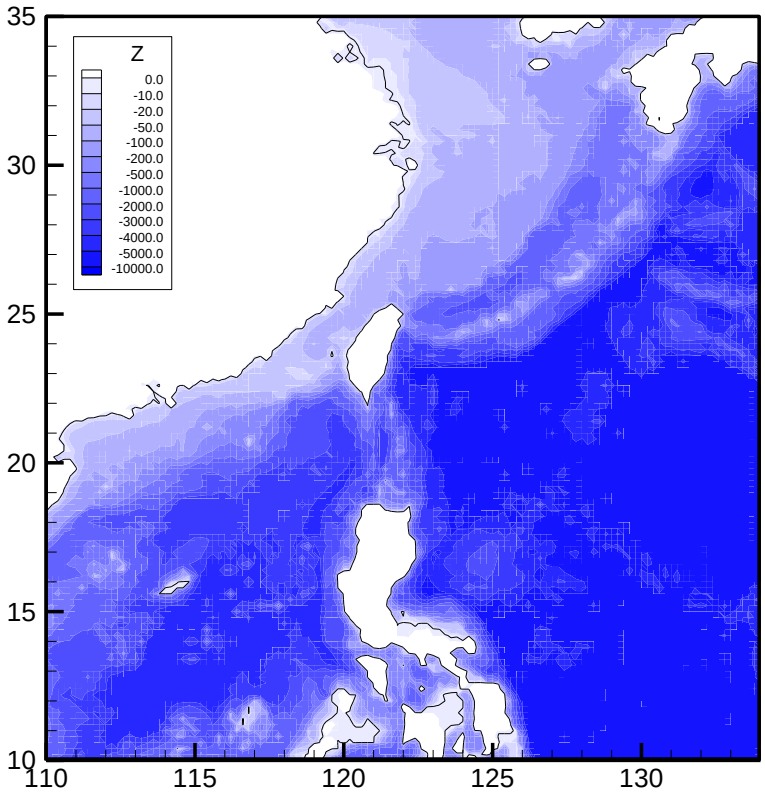


圖 6.2　遠域(大尺度)數值計算網格水深分布圖

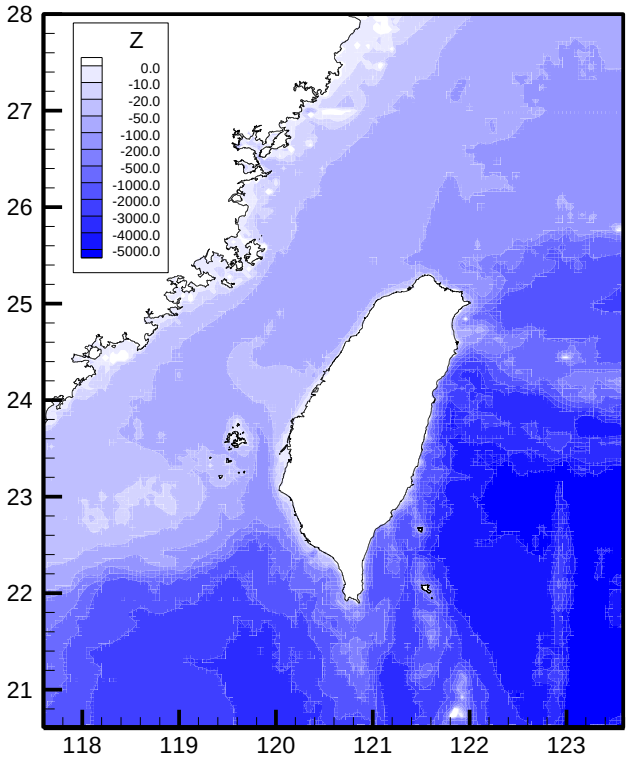


圖 6.3　臺灣周圍海域近域(中尺度)數值計算網格水深分布圖

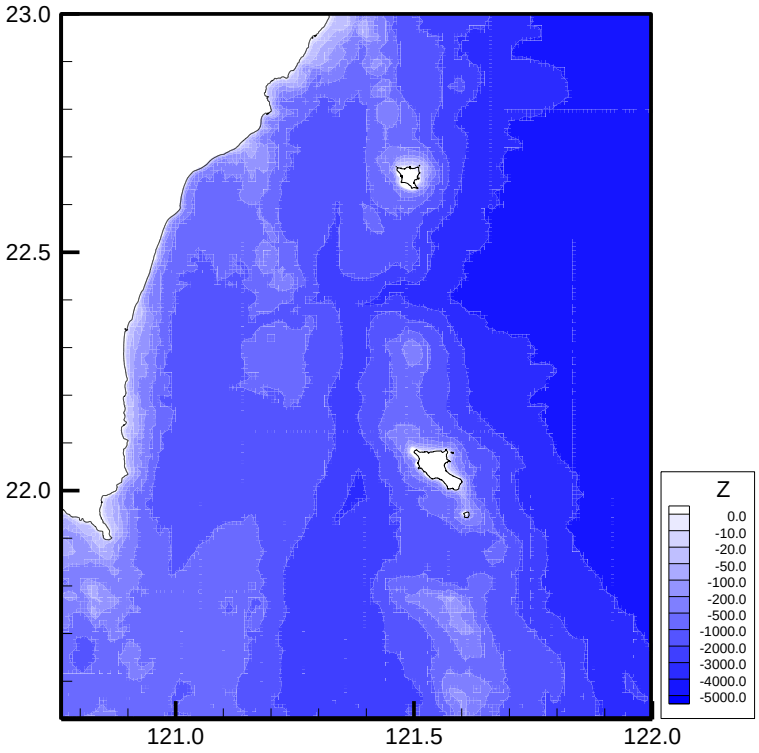


圖 6.4　東南海域近岸(小尺度)數值計算網格水深分布圖

6.1.3 風場資料

TaiCOMS 風場資料來源為中央氣象局每日四次天氣數值預報資料，由 TaiCOMS 產生的作業化風(壓)場分為 WA01、WA02 及 WA03 三種格式，如表 6.3 所列。因此上年度計畫東南海域近岸風浪模擬系統採用 WA02 風場資料，如圖 6.5 所示，作為遠域網格之輸入風場；以 WA03 風場資料，如圖 6.6 所示，作為近域及近岸網格之輸入風場。

表 6.3　TaiCOMS 之作業化風(壓)場網格資料表

風場格式	範圍		解析度 (°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
WA01	99.0/150.0	0.0/35.0	1/6	607×201
WA02	110.0/135.0	10.0/35.0	1/12	301×301
WA03	117.5/124.5	20.5/28.0	1/24	169×181

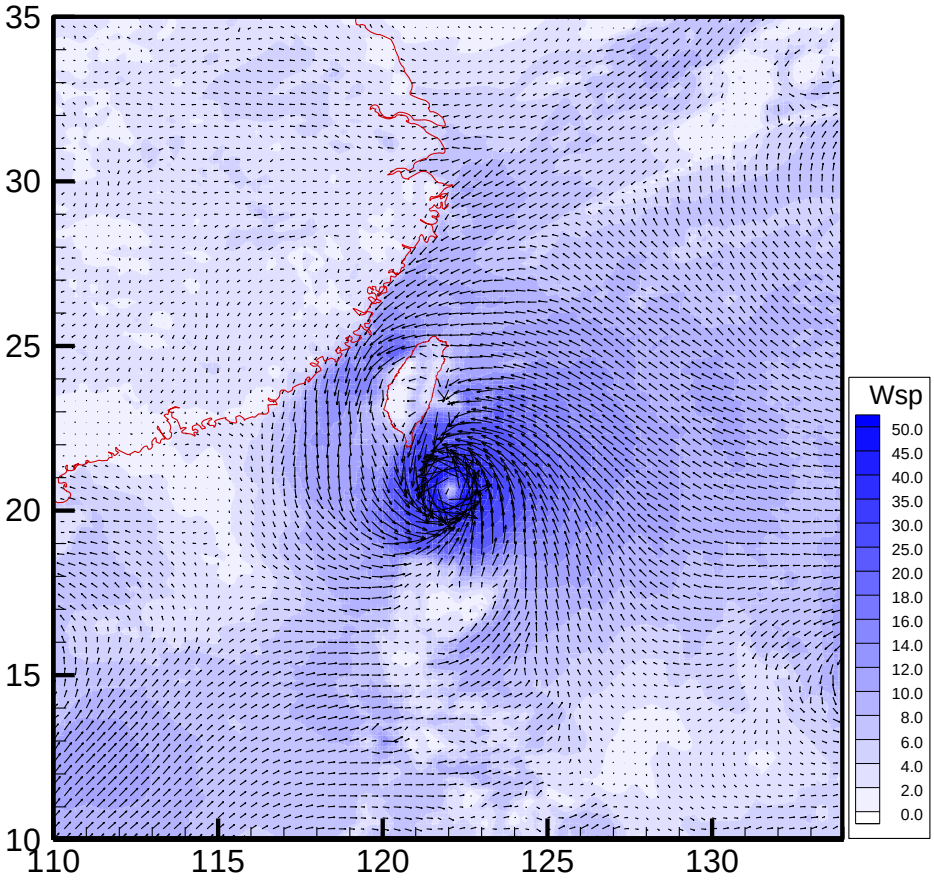


圖 6.5　TaiCOMS 作業化風場 WA02 之風速向量及大小分布圖

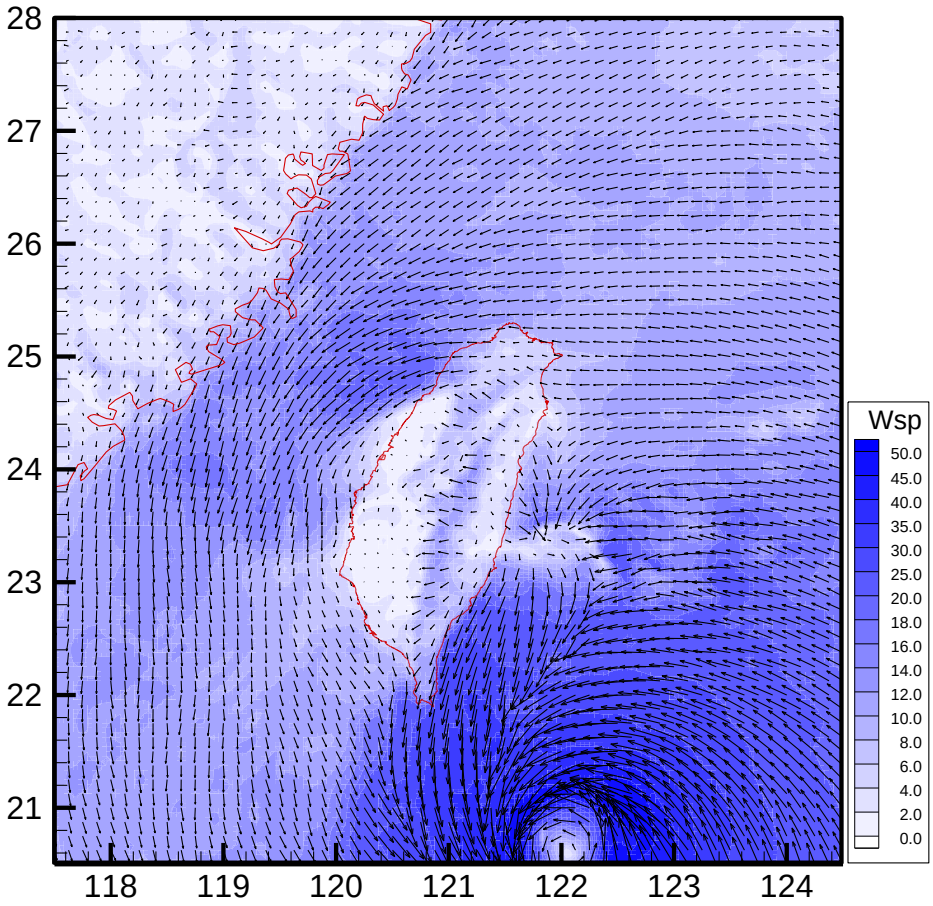


圖 6.6　TaiCOMS 作業化風場 WA03 之風速向量及大小分布圖

6.1.4 數值模式

參照 TaiCOMS 風浪模擬系統之架構，東南海域近岸風浪模擬系統同樣規劃以海洋波浪預測模式 WAM 建構遠域風浪模組，以荷蘭 Delft 大學之近海風浪模式 SWAN 建構近域風浪模組及近岸風浪模組。在此架構下，近域網格風浪模擬方式可視 WAM 與 SWAN 不同模式間偶合模擬，即以 WAM 進行遠域網格風浪模擬同時產生近域巢狀邊界上格點之風浪波譜資料，作為 SWAN 模擬近域網格風浪之邊界條件。同理，近岸網格風浪模擬方式屬於 SWAN 與 SWAN 相同模式之偶合模擬，即近岸風浪模擬網格邊界條件由近域網格風浪模擬結果產生。

6.1.5 模擬系統架構及執行流程

東南海域近岸風浪模擬系統之模擬架構，如圖 6.7 所示；整體模擬流程依序為風場前處理、遠域、近域及近岸風浪模擬等步驟，其中風場前處理係將 TaiCOMS 作業化風(壓)場資料 WA02 及 WA03 轉換成 WAM 及 SWAN 可讀取之資料格式；遠域風浪模擬採用 WAM 模式，模式執行架構及流程如圖 6.8 所示；近域及近岸風浪模擬採用 SWAN，模式執行架構及流程如圖 6.9 所示。

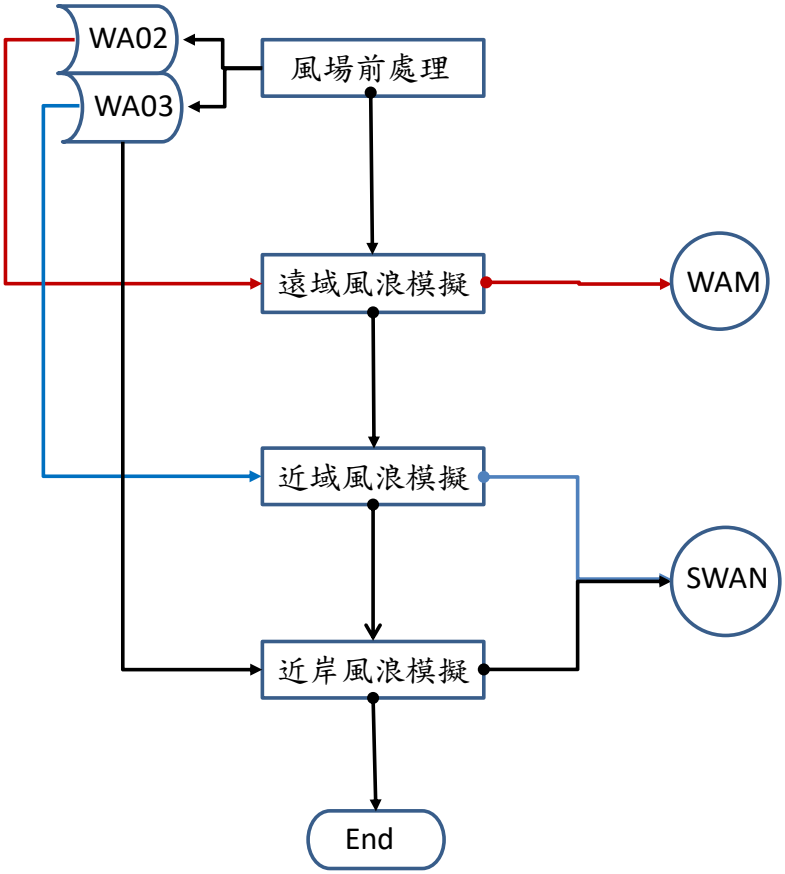


圖 6.7　小尺度風浪模擬系統架構及執行流程圖

目前 TaiCOMS 每日風浪作業化模擬採取 72 小時預報，其中前 24 小時屬於風浪追算階段，目的模擬前一日 0~23 時海面風浪，並與各港口風浪觀測值比較；後 48 小時為預報階段，目的提供當日及隔日 0~23 時海面風浪預測資料。因此每日作業化模擬過程中，模擬流程須在第 24 小時結束時產生熱啟動輸出檔(hotfile)，作為次日風浪模擬之起始輸入檔。由於 SWAN 本身在非穩態模擬期間無法於中途指定時間輸出熱

啟動檔，因此針對近域及近岸網格風浪模擬執行架構，本計畫特別規劃出兩階段之模擬方式，即先執行 0~24 小時風浪模擬目的產生次日風浪模擬預報所需之熱啟動；之後，再執行 0~72 小時風浪模擬輸出逐時風浪模擬資料，如圖 6.9 所示。此模擬架構缺點為增加風浪作業化模擬時間，其替代方案為設計可同步執行兩段式模擬之作業化環境。

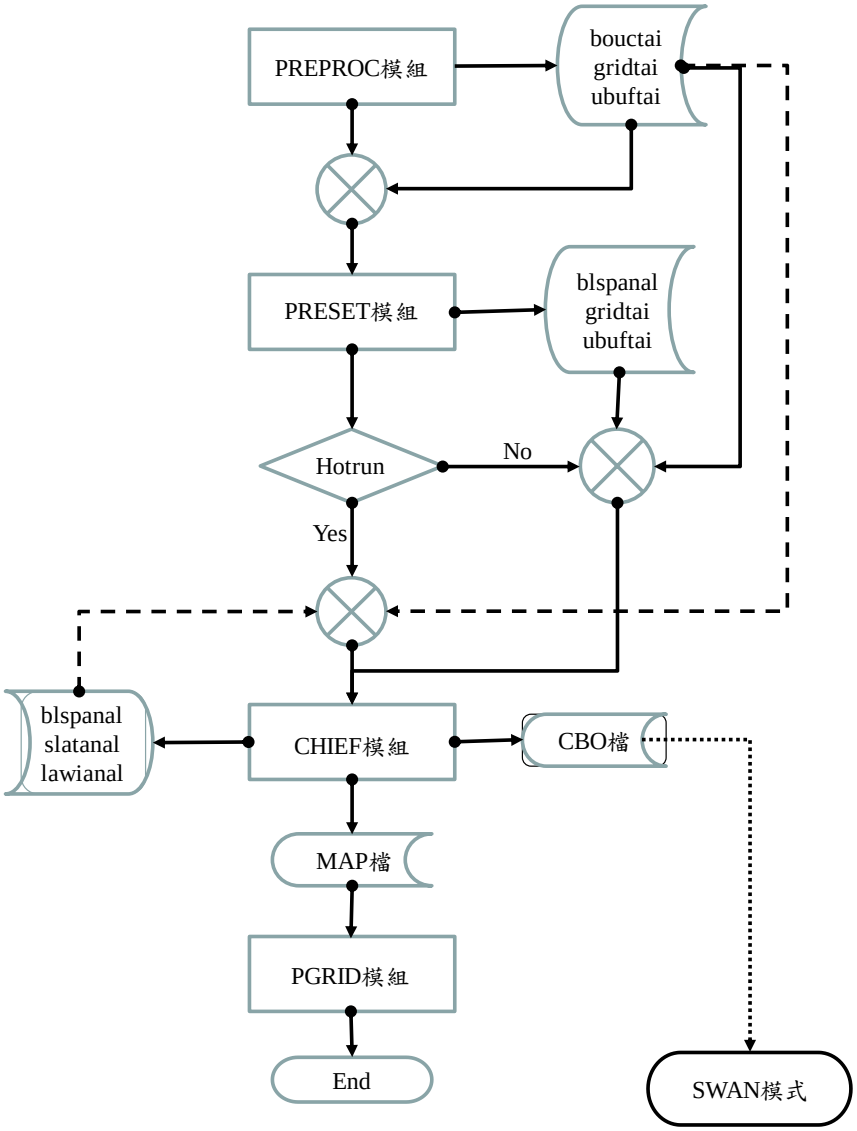


圖 6.8　風浪模式 WAM 之模式架構及執行流程圖

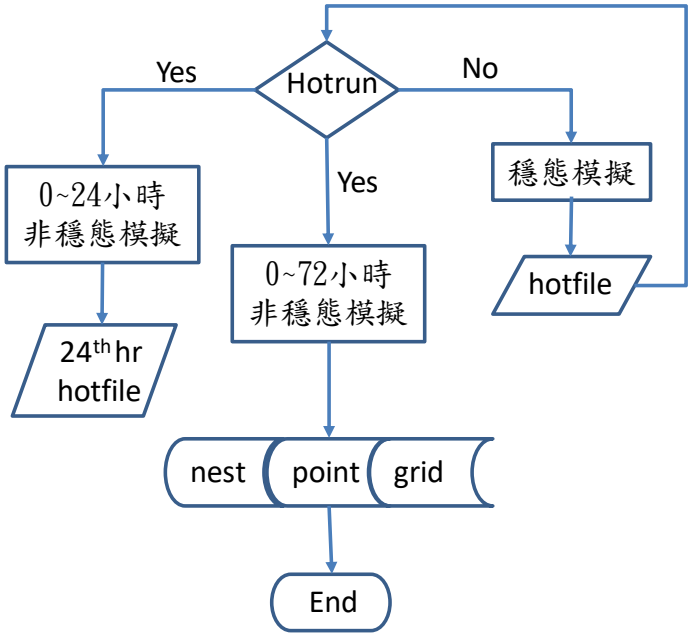


圖 6.9　風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖

6.2 小尺度西南海域風浪模擬系統建置

本計畫小尺度西南海域風浪模擬系統主要涵蓋屏東後壁湖漁港所在南灣海域，其整體建置流程與 6.1 節相似，以下僅就差異部份說明。

6.2.1 巢狀網格資料

本計畫西南海域風浪模擬系統之巢狀網格架構，同樣包括遠域大尺度網格、近域中尺度網格及小尺度近岸網格；其中大、中尺度網格範圍及網格解析度均與 6.1 節東南海域風浪模擬系統相同。小尺度西南海域近岸網格模擬範圍為臺灣西南海域北緯 21.52°至 22.52°，東經 119.80°至 120.88°之海域，網格解析度為 0.008°，如圖 6.10 所示。各層網格座標系統均採用 WGS84 經緯度座標系統建置數值計算網格，各層網格參考資料如表 6.4 所列。

6.2.2 網格水深資料

小尺度西南海域近岸網格水深資料則依據海科中心公布的 200m 網格數值地形水深資料內插得到，如圖 6.11 所示。

表 6.4　西南海域風浪模擬系統之巢狀網格資訊表

網格層次	範圍		解析度 (°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
遠域網格	110.0/134.0	10.0/35.0	0.2	121×126
近域網格	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
近岸網格	119.80/120.88	21.52/22.52	0.008	136×126

6.2.3 風場資料

同 6.1.3 節所述，TaiCOMS 風場資料來源為中央氣象局每日四次天氣數值預報資料，由 TaiCOMS 產生每日作業化風(壓)場，於 106 年 7 月以前，風場格式採用表 6.3 所列，106 年 7 月以後，風場格式為 WD01 及 WD02，其中遠域網格採用 WD01，解析度約 15km；近域及近岸網格採用 WD02 為輸入風場，解析度約 3km。

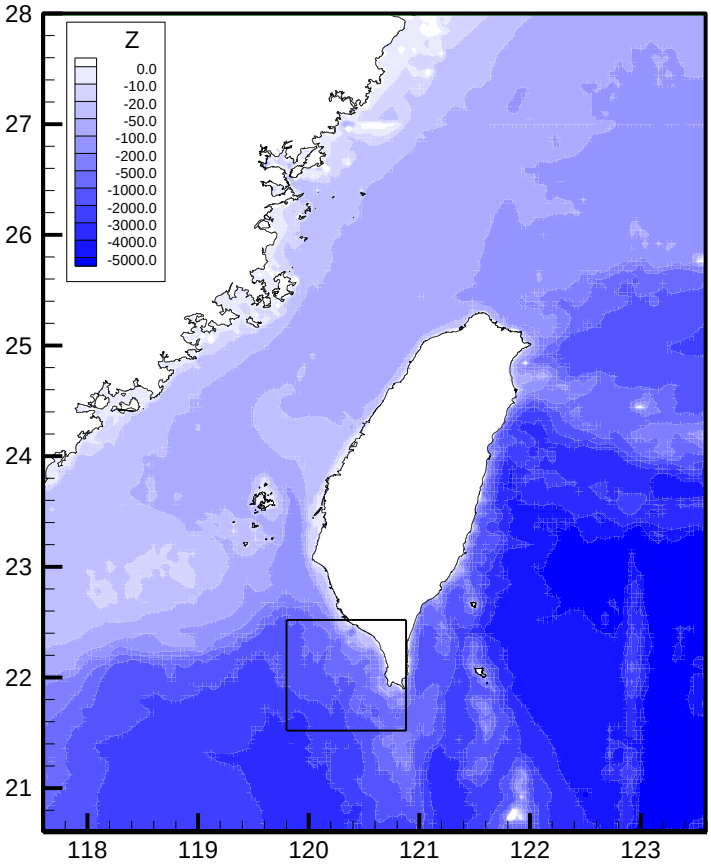


圖 6.10　西南海域近岸風浪模擬系統小尺度網格模擬範圍圖

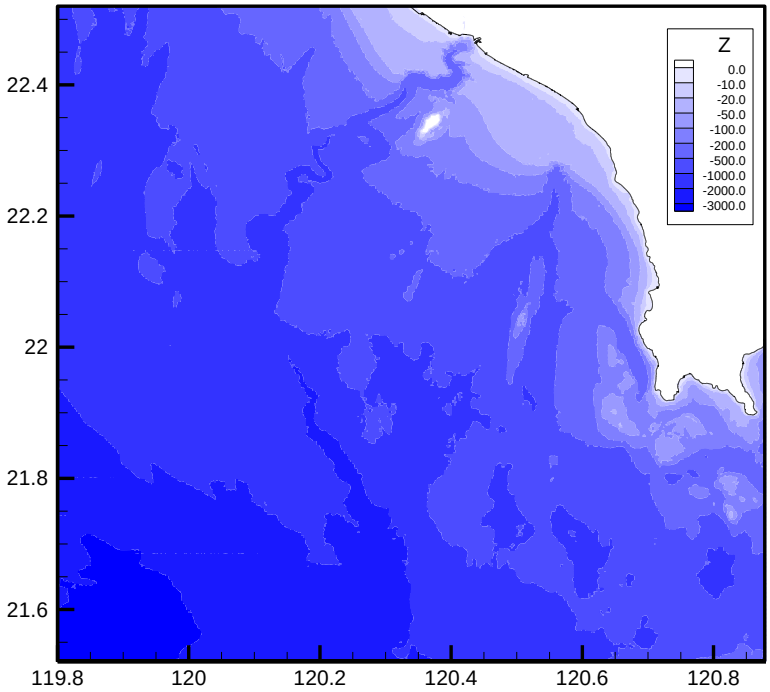


圖 6.11　西南海域小尺度網格水深分布圖

6.3 小尺度風浪模擬結果

6.3.1 小尺度東南海域風浪模擬結果

本計畫除了以 2015 年中度颱風蘇迪勒(參考圖 4.3)為例，利用 TaiCOMS 每日作業化風場資料模擬颱風期間東南海域風浪外，本年度進一步選取 2016 年 7 月及 9 月每日作業化風場資料，針對東南海域風浪模擬系統進行每日作業化模擬測試，藉由測試過程修訂相關作業化程式及檢核模擬成果。

本計畫東海海域小尺度風浪模組規劃之輸出點位，包括臺東富岡漁港(FD)、綠島南寮漁港(LD)、蘭嶼開元漁港(LY)、大武漁港(DW)及水利署台東資料浮標(TD)等，如圖 6.12 所示。

1. 2015 年蘇迪勒颱風模擬結果

針對 2015 年蘇迪勒颱風侵臺期間小尺度風浪模擬結果，本計畫選取台東資料浮標及綠島南寮漁港外 AWCP 測站觀測資料校驗數值模擬結果。圖 6.13 及圖 6.14 所示分別為 2015 年 8 月 7 日作業化模

擬結果與台東資料浮標、綠島南寮漁港等觀測資料之比較。台東資料浮標比較結果顯示，8 月 6 日 0~23 時追算階段，波高模擬結果與觀測值具有一致性，週期則有偏小的現象，波向誤差小尺度模組明顯較小。預報階段(8 月 7 日 0 時～~9 日 0 時)，中尺度網格波高模擬值略大於小尺度網格；與觀測值間誤差，小尺度網格表現較佳；週期方面前 16 小時中尺度網格表現較佳，後 26 小時小尺度網格表現較佳；波向則以小尺度網格表現較佳。另綠島南寮漁港波浪模擬結果顯示：中、小尺度網格波高模擬值均有明顯偏大的現象，週期方面前 24 小時中尺度網格表現較佳，後 48 小時以小尺度網格表現較佳；波向方面前 48 小時以小尺度網格表現較佳，後 24 小時中、小尺度網格模擬結果差異不明顯。

8 月 8 日作業化風場模擬結果與觀測資料比較，如圖 6.15 及圖 6.16 所示。在台東資料浮標比較方面，前 24 小時追算模擬結果顯示，較前一日模擬預測結果(24～48 小時)不論波高、週期均有改善現象；後 48 小時模擬預測結果，中、小尺度網格相當接近，波向方面仍以小尺度網格表現較佳。同樣地，在綠島南寮漁港波浪模擬結果方面，中、小尺度網格波高模擬結果前 24 小時追算結果仍大於觀測值，週期、波向模擬值與前一日作業化預報結果無明顯差異；模擬預測在 8 月 8 日部份，不論波高及週期與觀測值間之誤差均有明顯縮小現象，其中最大波高預測與觀測值相當接近。

另，8 月 9 日作業化風場模擬結果與觀測資料比較，如圖 6.17 及圖 6.18 所示。

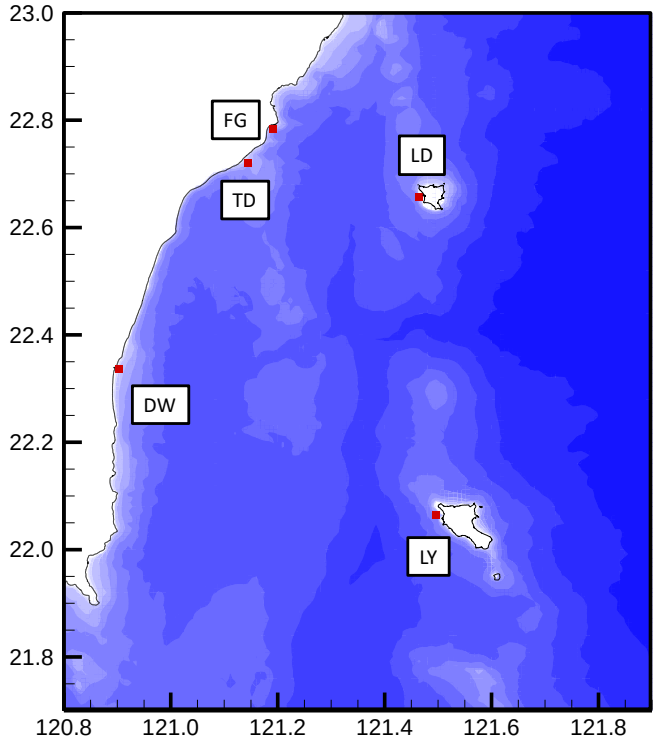


圖 6.12　近域風浪模組模擬結果輸出點位圖

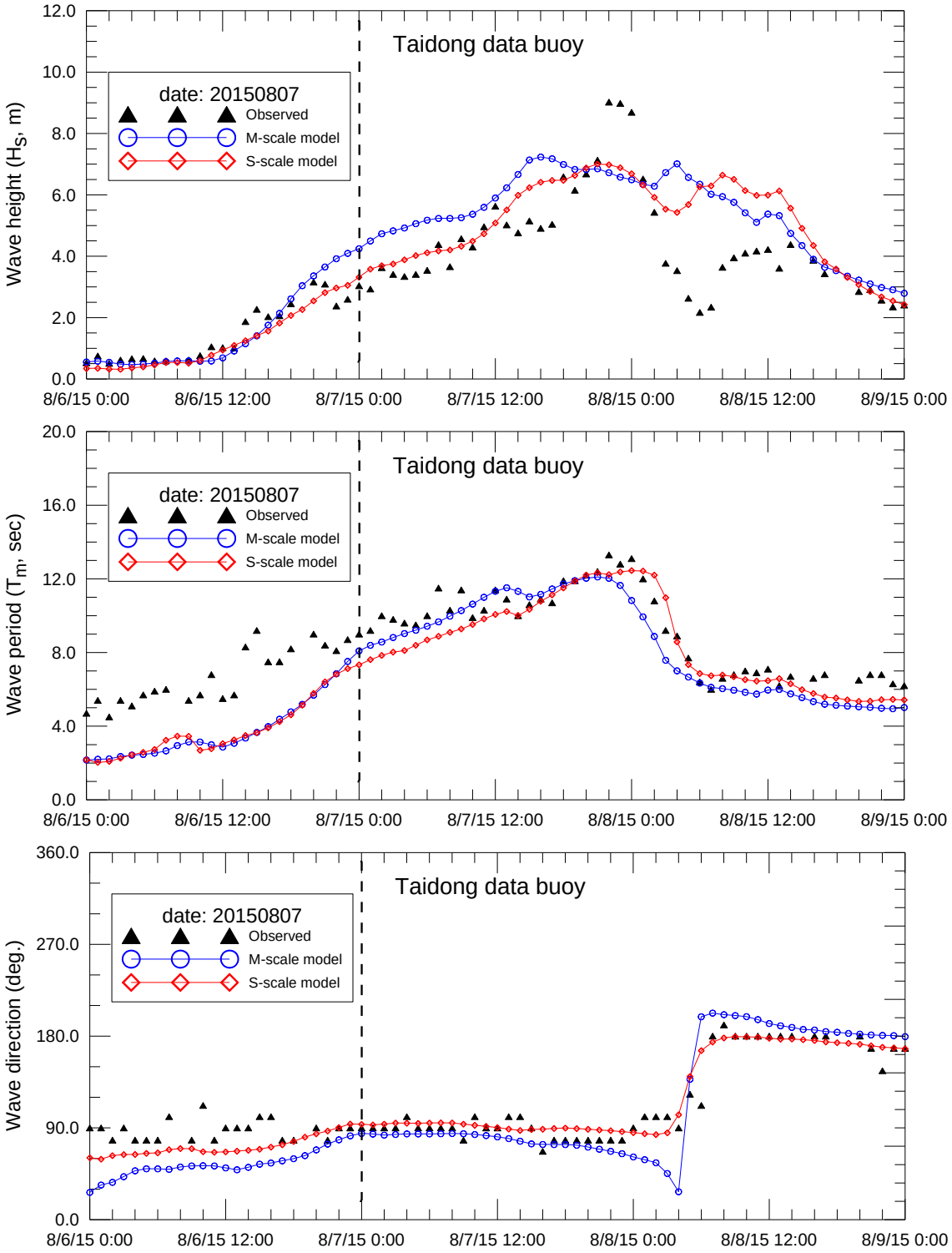


圖 6.13　2015 年 8 月 7 日作業化台東外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖

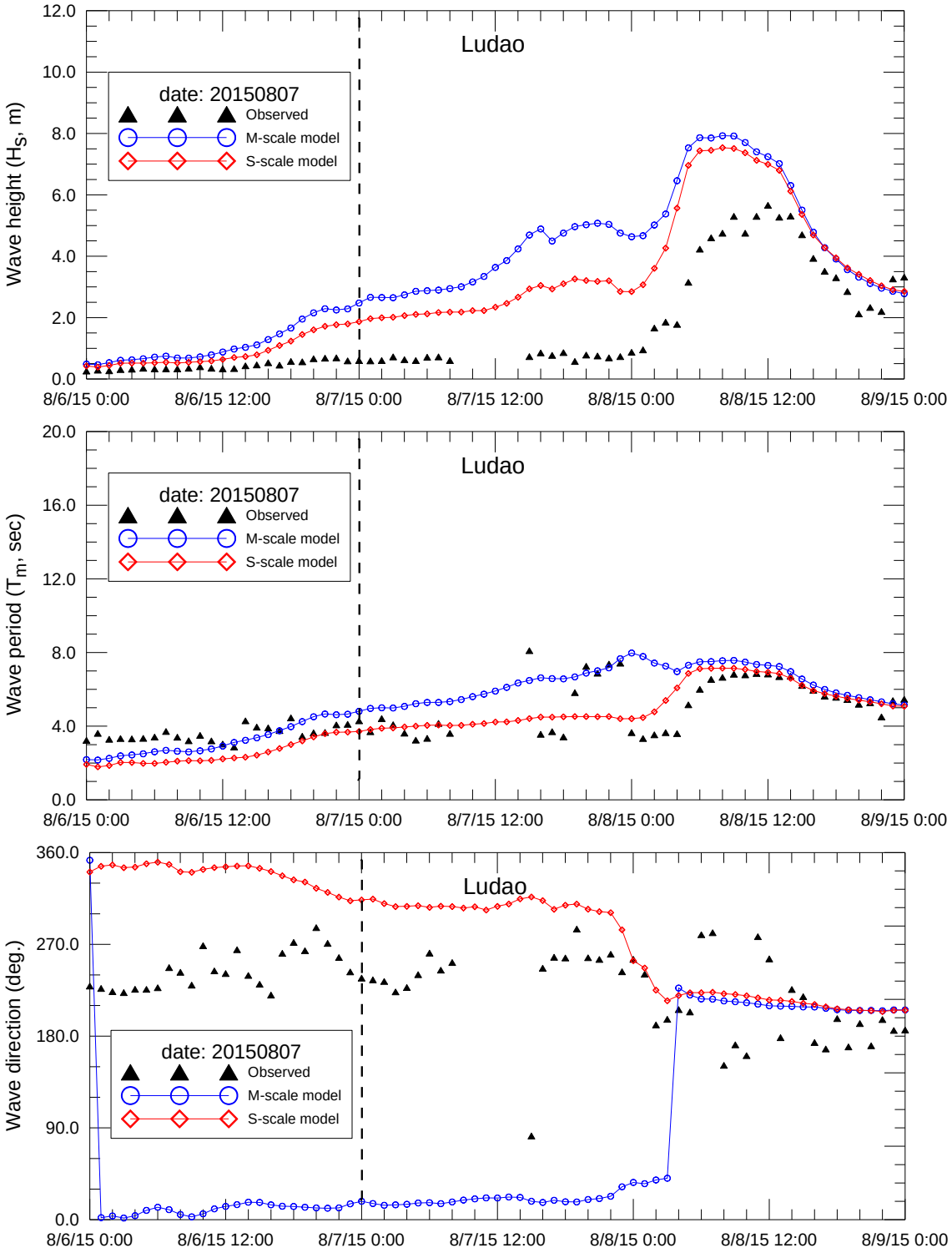


圖 6.14　2015 年 8 月 7 日作業化綠島外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖

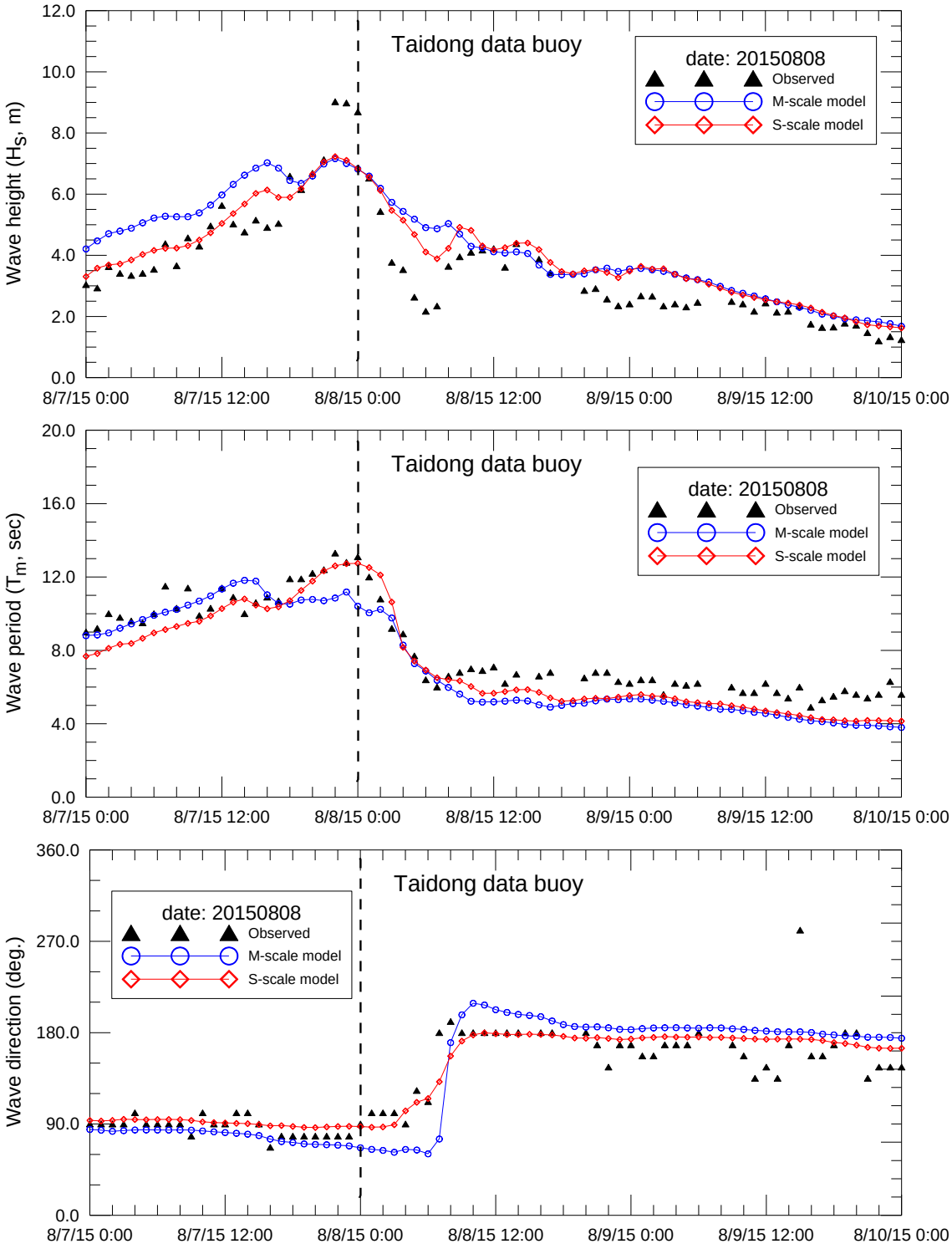


圖 6.15　2015 年 8 月 8 日作業化台東外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖

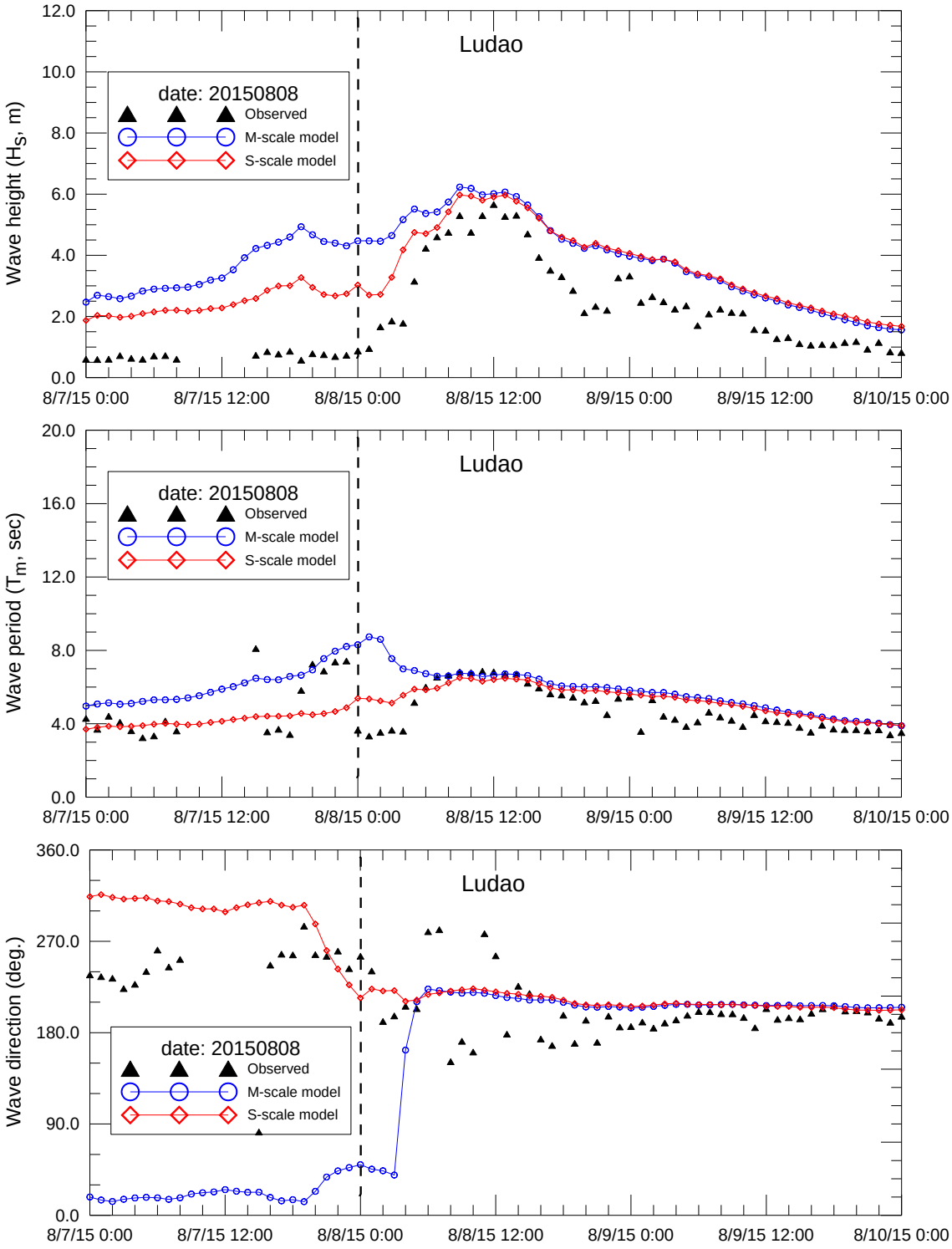


圖 6.16　2015 年 8 月 8 日作業化綠島外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖

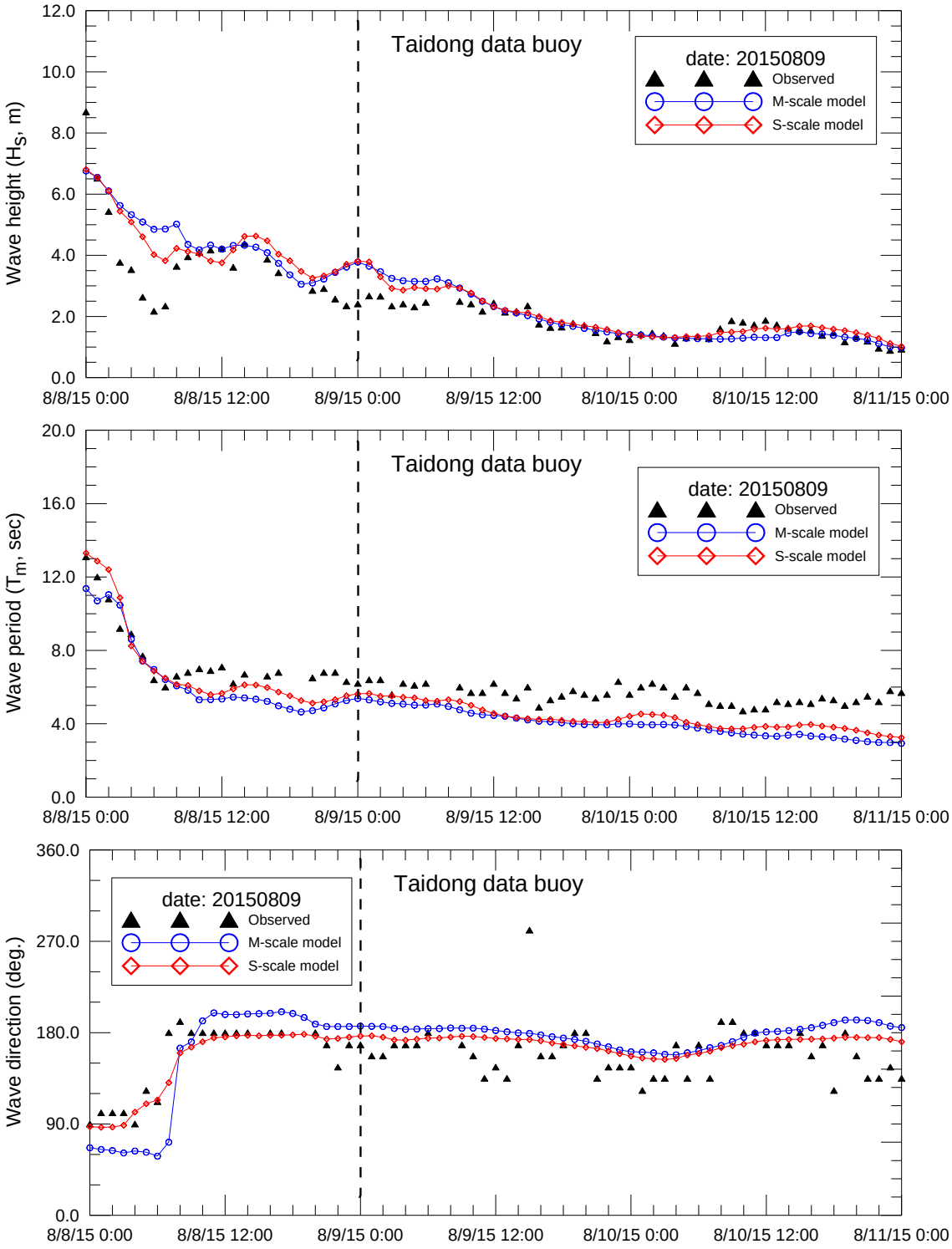


圖 6.17　2015 年 8 月 9 日作業化台東外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖

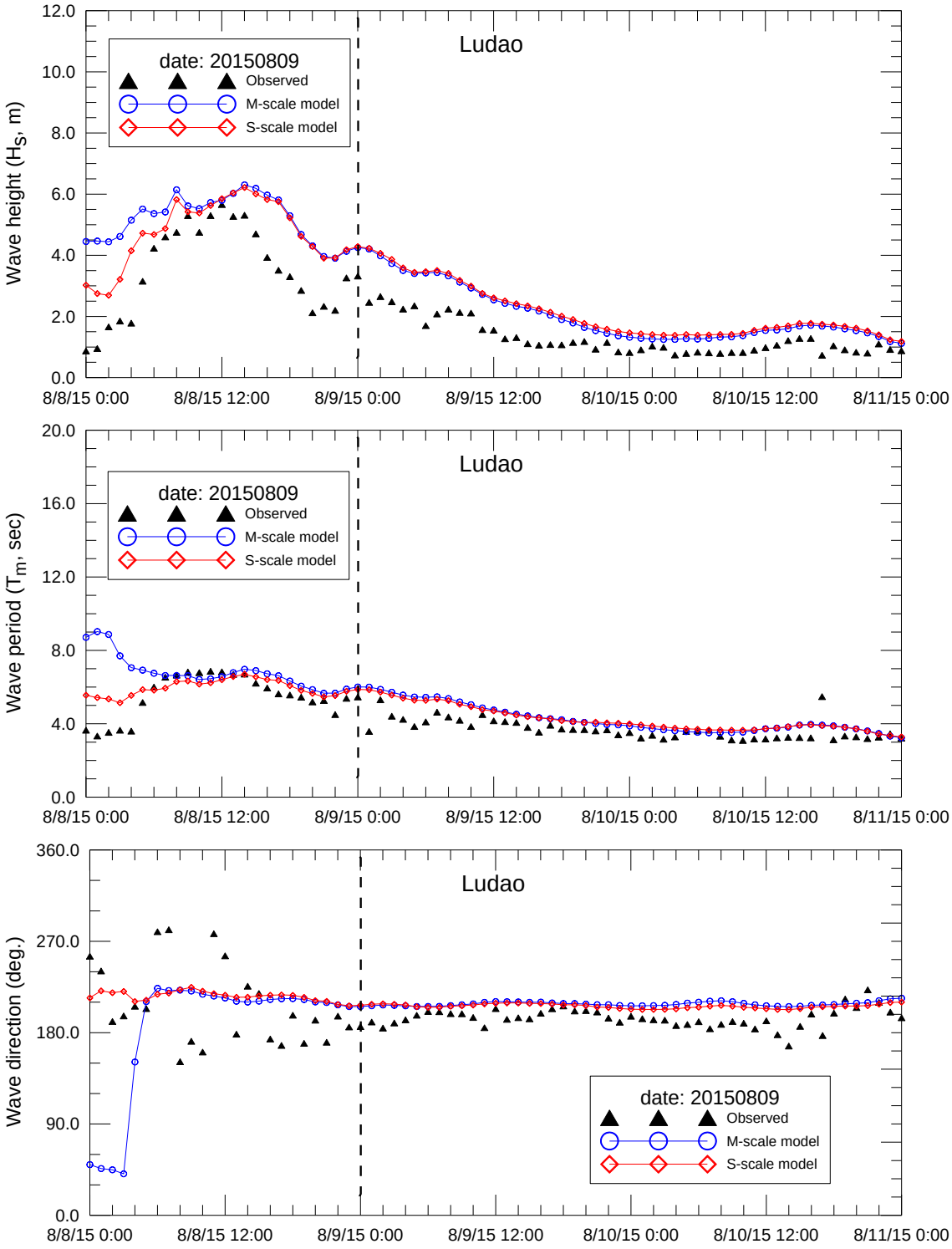


圖 6.18　2015 年 8 月 9 日作業化綠島外海風浪模擬預測成果與觀測值比較圖

第七章　小尺度水動力模擬系統建置

本章節小尺度水動力模擬系統建置主要針對臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域建置合適的小尺度水動力模擬系統。依據 TaiCOMS 新版水動模擬系統架構得知，本計畫小尺度水動力模擬系統必須與近域(中尺度)臺灣周圍海域水動力模組結合，建構成雙層網格之小尺度水動力模擬系統。

於上年度本計畫已利用有限元素法二維水動力數值模式，針對臺東富岡漁港、綠島南寮漁港及蘭嶼開元漁港間海域，初步建置含蓋三港口之臺灣東南海域小尺度水動力模組，模擬臺灣東南海域潮汐水位及流場變化。本年度除了持續針對已建置的臺灣東南海域小尺度水動力模組進行修正外，同時針對屏東後壁湖漁港海域(即南灣海域)，建置一含蓋南灣海域之小尺度水動力模組，模擬南灣海域及後壁湖漁港潮汐水位及流場變化。

7.1 東南海域小尺度水動力模組

7.1.1 模式模擬範圍

上年度計畫建置的臺灣東南海域小尺度水動力模組模擬範圍，如圖 7.1 所示，即圖中直徑 180km 虛線圓形所含蓋之海域，模擬範圍以臺東海岸為陸地邊界，海域模擬範圍向東最遠約達 97 座標系統之 E431.10km，南北最遠分別約達 97 座標系統之 N2,397.0km 及 N2,577.0km。本年度計畫修訂之模擬範圍，如圖 7.2 所示，縮小整體模擬面積目地減少數值計算網格數量，提昇未來作業化數值模擬之時效。

7.1.2 數值計算網格

本年度計畫新建非結構三角形元素計算網格，如圖 7.3 所示，計有 6954 個節點及 13569 個個三角形元素。圖中離島陸地部份含了綠島、蘭嶼及小蘭嶼等島嶼。本計畫整合臺灣附近海域海底地形 200m 網格數值水深資料及海軍水道圖 04521 東河至知本、0347 綠島及 0344 蘭嶼等

海圖數化水深資料，再以內插方法得到非結構三角形元素網格之水深資料，如圖 7.2 所示。顯示本計畫數值計算網格水深變化相當大，如綠島與蘭嶼東側海域水深超過 4,000 m。

7.1.3 邊界條件及初始條件

本計畫假設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(7.1)。

$$\eta = \eta_a(t) \quad \text{.....(7.1)}$$

其中邊界節點水位給定方式採用本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模組模擬結果，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。

7.1.4 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)。經由測試後 2~3sec 均符合要求，考量作業化模擬時效，本計畫模式選用的時間間距△t = 2.0 sec。此外，底床摩擦係數分為定值(0.05)區及可變區(依曼寧公式計算，n=0.04)；之後，再經由模擬結果驗証程序予以修正。

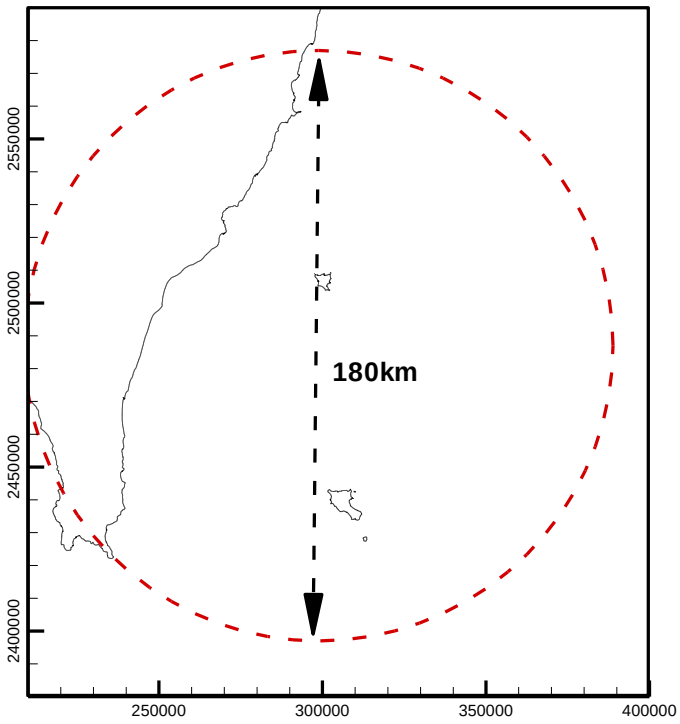


圖 7.1　上年度(105)計畫臺灣東南海域小尺度水動力模組模擬範圍圖

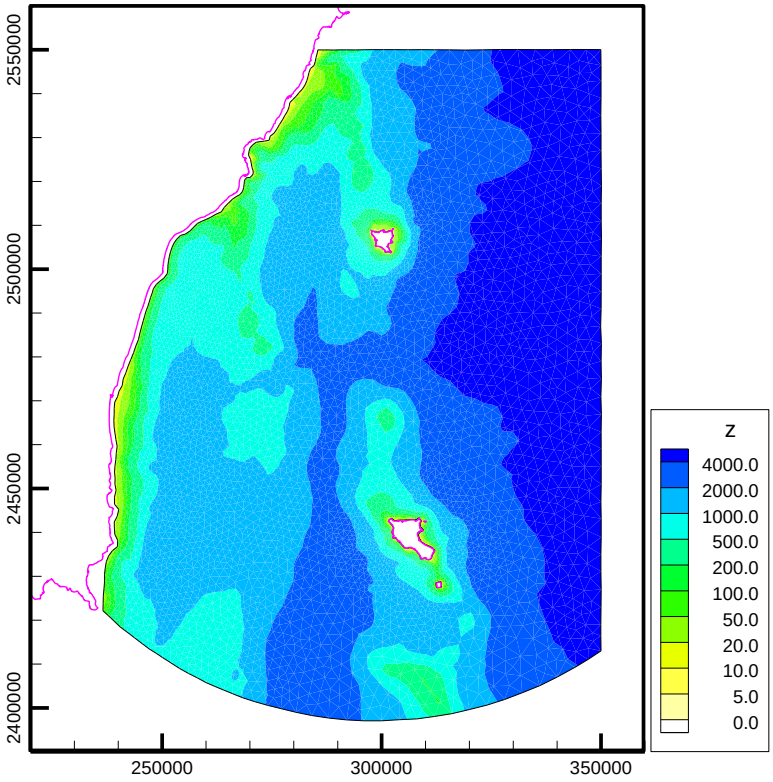


圖 7.2　本年度東南海域小尺度水動力模組模擬範圍及水深分布圖

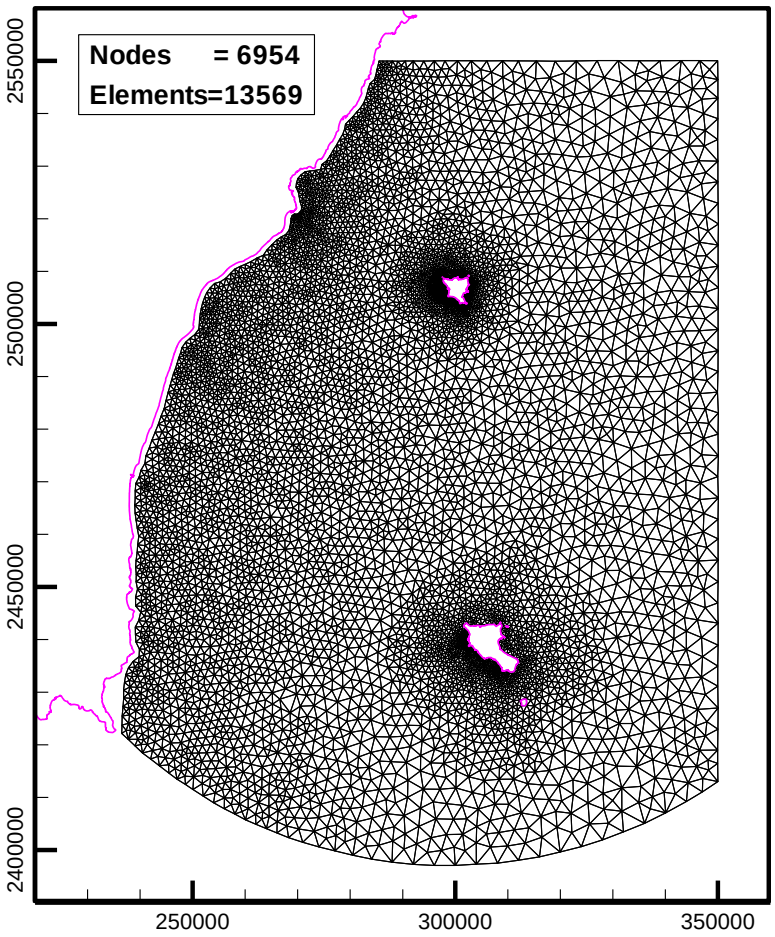


圖 7.3　本年度東南海域小尺度水動力模組非結構性三角形元素網格分布圖

7.1.5 水動力模擬子系統

依據 TaiCOMS 新版水動力模擬作業化系統架構，本計畫臺灣東南海域水動力模組歸類為小尺度水動力模組，因此臺灣東南海域水動力模組之模擬架構及模擬流程，如圖 7.4 所示。

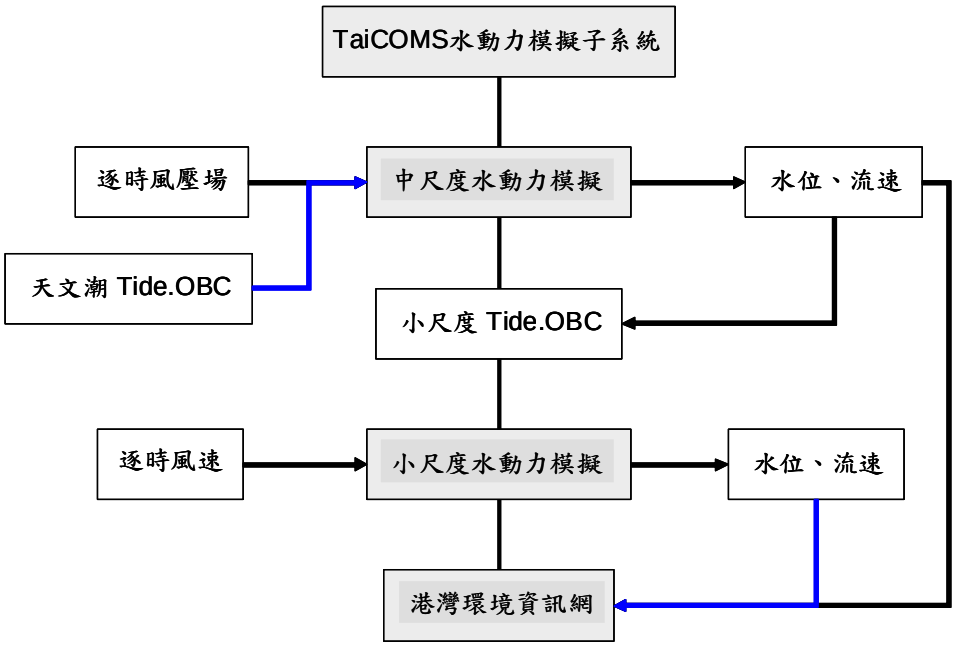


圖 7.4　東南海域水動力模擬子系統之模擬架構及執行流程圖

7.2 南灣海域小尺度水動力模組

7.2.1 模式模擬範圍

本年度針對屏東後壁湖漁港海域規劃的小尺度水動力模組模擬範圍，如圖 7.5 所示，實際模擬海域含蓋整個南灣海域。

7.2.2 數值計算網格

針對南灣海域水動力模擬，本計畫新建非結構三角形元素計算網格，如圖 7.6 所示，計有 3294 個節點及 6403 個個三角形元素。網格水深資料來源包含海軍水道圖 04501 出風鼻至車城泊地、圖號 0340A 南灣及圖號 61403 後壁湖漁港等圖資之數化水深資料，經內插方法可得到非結構三角形元素網格之水深資料，如圖 7.5 所示。

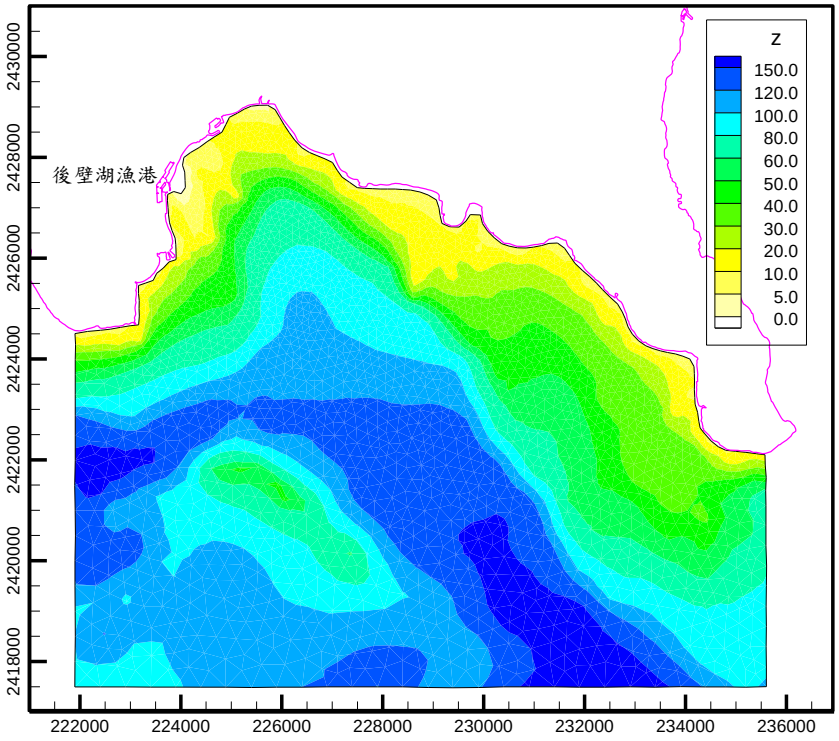


圖 7.5　本年度南灣海域小尺度水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

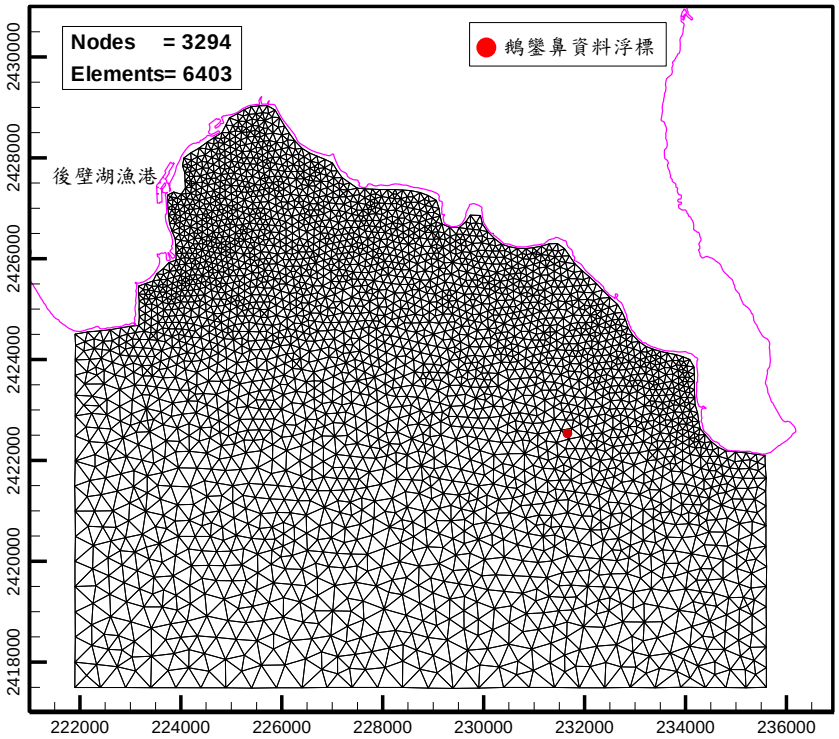


圖 7.6　本年度南灣海域小尺度水動力模組非結構性三角形元素網格分布圖

7.2.3 邊界條件及初始條件

本計畫假設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，由本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模組模擬結果，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。

7.2.4 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)。經由測試後，本計畫模式選用的時間間距 2.0 sec。此外，底床摩擦係數分為定值(0.025)區及可變區(依曼寧公式計算，n=0.025)；之後，再經由模擬結果驗証程序予以修正。

7.2.5 水動力模擬子系統

本計畫南灣海域水動力模系統之模擬架構及模擬流程同東南海域水動力模系統，參考圖 7.4 所示。

7.3 小尺度水動力模組模擬結果

7.3.1 小尺度東南海域水動力模擬結果

本計畫先利用中尺度臺灣周圍海域水動力模組進行 2016 年 9 月天文潮模擬(參考 4.2.1 節)，並產生臺灣東南海域水動力模組開放邊界水位邊界條件(天文潮)，再執行小尺度東南海域水動力模組之水位及流場模擬。針對小尺度模式水位模擬結果，本計畫選取富岡、綠島及蘭嶼等潮位站天文潮分析結果(參考 5.3 節)與模式天文潮水位模擬值進行比較，如圖 7.7 至圖 7.9 所示；顯示小尺度模式水位模擬值與天文潮預測值間變化趨勢具有高度一致性(相關係數 R 值均高於 0.99)，僅蘭嶼呈現

模式天文潮水位模擬值有明顯偏小的現象存在。誤差分析結果顯示，富岡及綠島海域均方根誤差小於 0.05m，蘭嶼海域均方根誤差約0.9m(略差)。針對小尺度水動力模式蘭嶼海域天文潮模擬值偏小現象，則需進一步判斷誤差來源是小尺度水動力模式問題，或是上游中尺度模式問題，才能著手進行修正。

圖 7.10 至圖 7.13 所示分別為富岡、綠島、蘭嶼及大武等潮位站觀測值與小尺度水動力模式天文潮水位模擬值之比較，顯示受到氣象(風、氣壓)因素影響(如莫蘭蒂強烈颱風侵臺等)，水位觀測值與模式天文潮模擬值間相關性略受到影響，導致 R 值降低，均方根誤差值變大。此現象未來在作業化過程中，因中尺度水動力模式納入氣象局天氣預報風壓場資料而獲得改善。

圖 7.14 所示為大潮期間富岡漁港海域漲退潮流速向量分布圖，顯示出當地海域僅富岡漁港北側小野柳外海礁岩區流速略大外，其餘海域潮流模擬值均相當小；此外，整體漲、退潮時流向轉變時間大多發生於高低潮位時，明顯比預期的較晚。圖 7.15 及圖 7.16 分別為大潮期間綠島及蘭嶼海域漲、退潮時流速向量分布圖，同樣顯示整個海域潮流模擬值均相當小，整體漲、退潮時流向轉變時間大多發生於高低潮位時，明顯比預期的較晚。

7.3.2 南灣海域小尺度水動力模擬結果

本計畫同樣利用中尺度臺灣周圍海域水動力模組模擬 2016 年 9 月天文潮(參考 4.2.1 節)，並產生屏東南灣海域水動力模組開放邊界水位邊界條件(天文潮)，再執行小尺度南灣海域水動力模組之水位及流場模擬。針對小尺度南灣海域模式水位模擬結果，本計畫選取後壁湖漁港潮位站之天文潮分析結果(參考 5.3 節)與小尺度模式天文潮水位模擬值進行比較，如圖 7.17 所示。校驗結果顯示小尺度模式後壁湖海域水位模擬值與天文潮預測值間變化趨勢具有高度一致性(相關係數 R 值達0.993)，均方根誤差值約為 0.034m。另針對潮位觀測值與小尺度模式天文潮水位模擬值之比較，如圖 7.18 所示，顯示模式模擬值與觀測值間相關係數 R 值略微下降至 0.972，均方根誤差值亦略微上升至 0.079m。

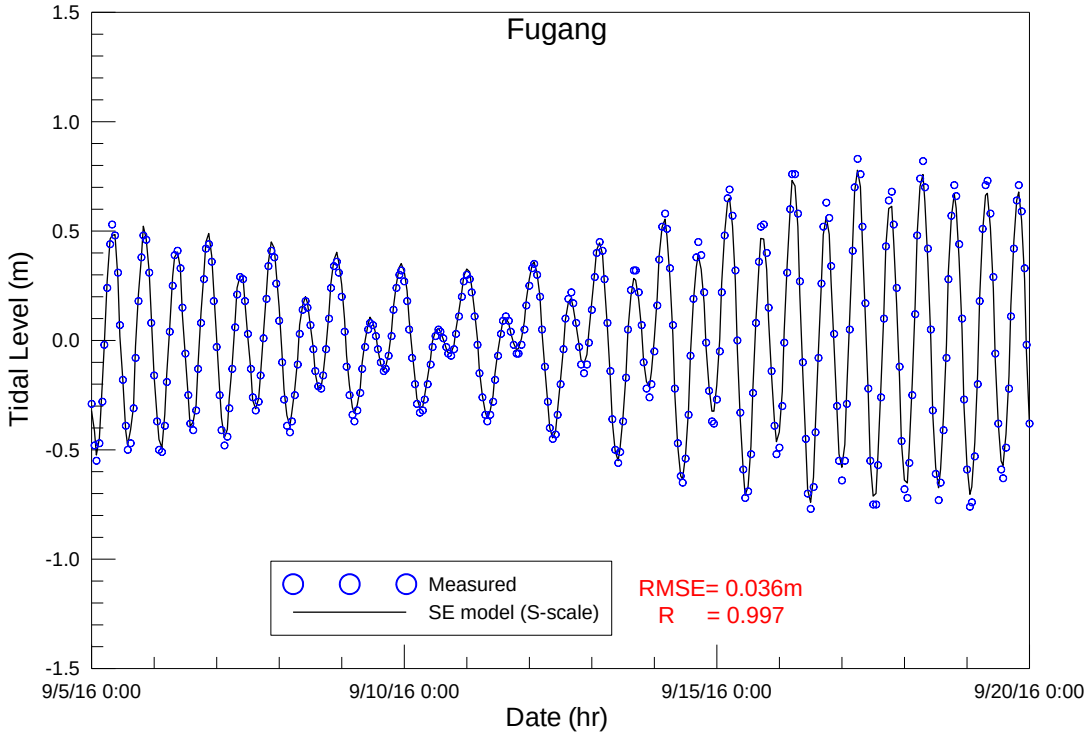


圖 7.7　東南海域水動力模式水位模擬值與富岡潮位站天文潮預測值之比較

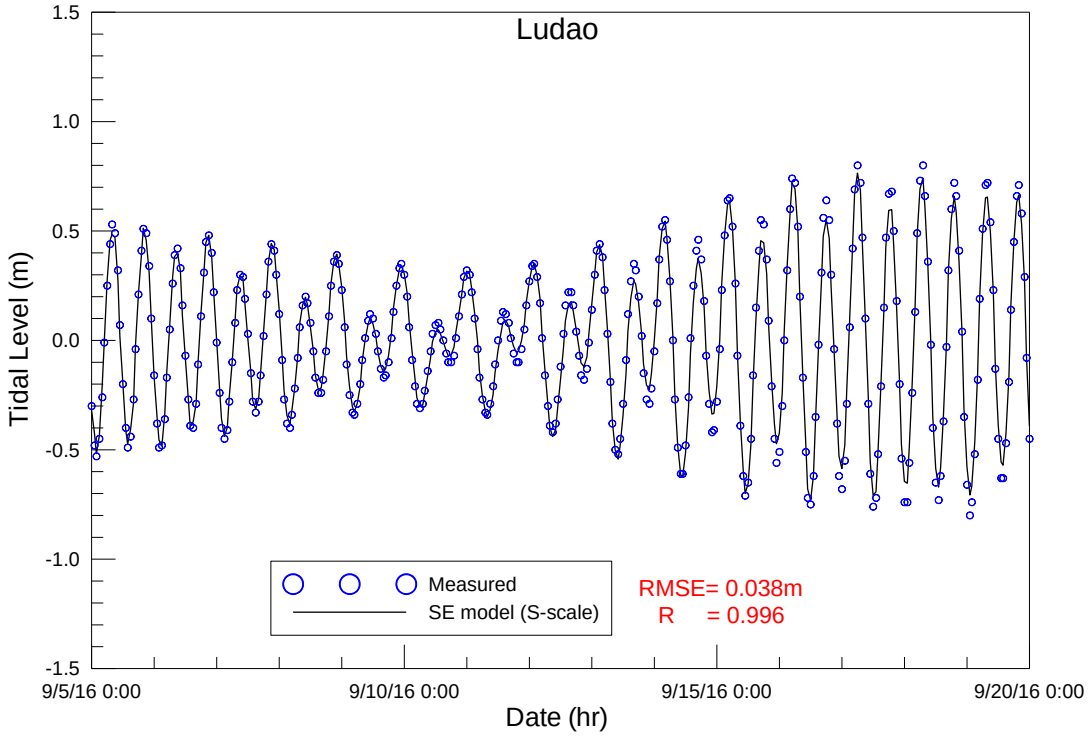


圖 7.8　東南海域水動力模式水位模擬值與綠島潮位站天文潮預測值之比較

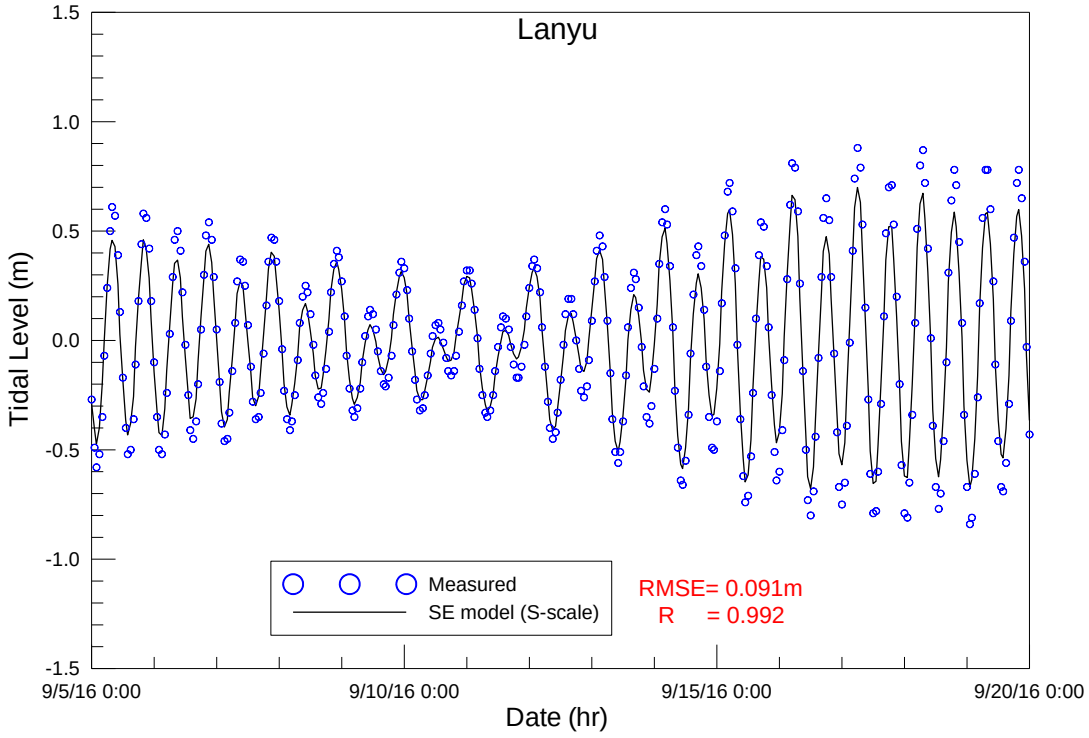


圖 7.9　東南海域水動力模式水位模擬值與蘭嶼潮位站天文潮預測值之比較

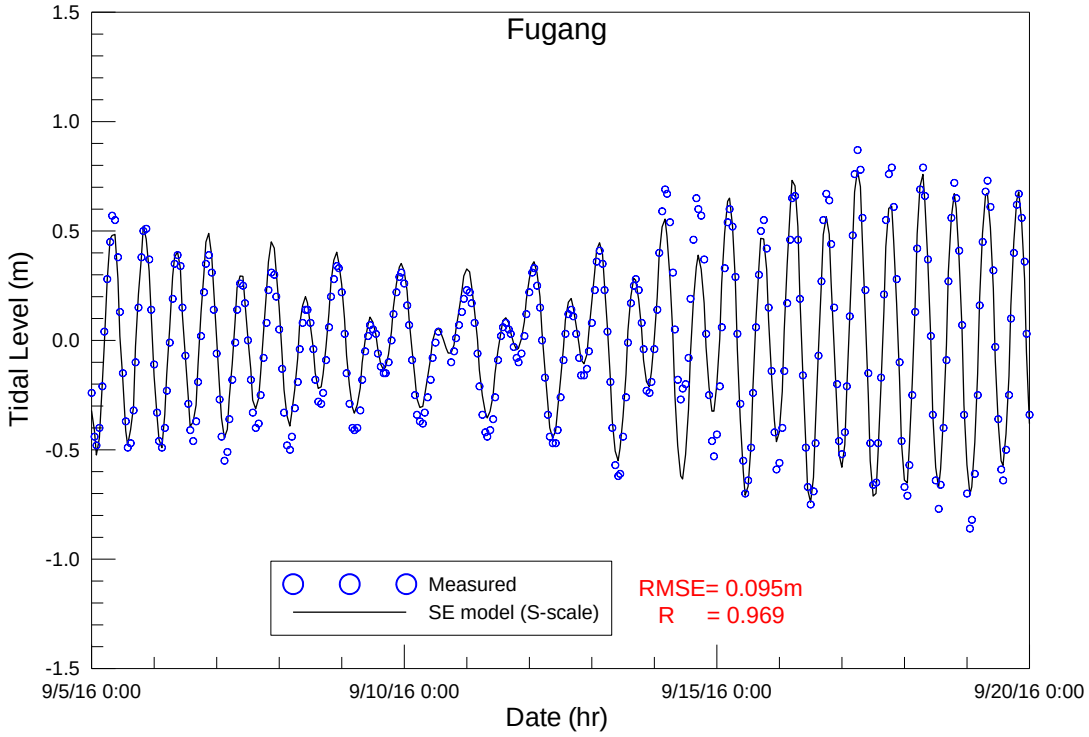


圖 7.10　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與富岡潮位站觀測值之比較

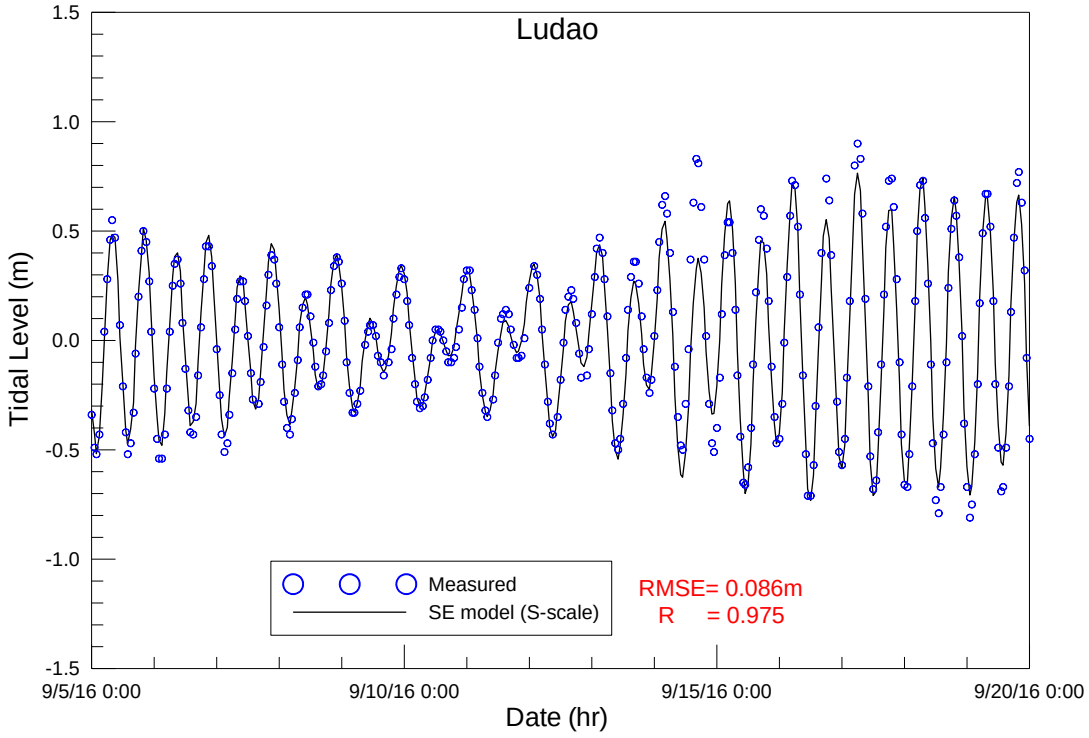


圖 7.11　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與綠島潮位站觀測值之比較

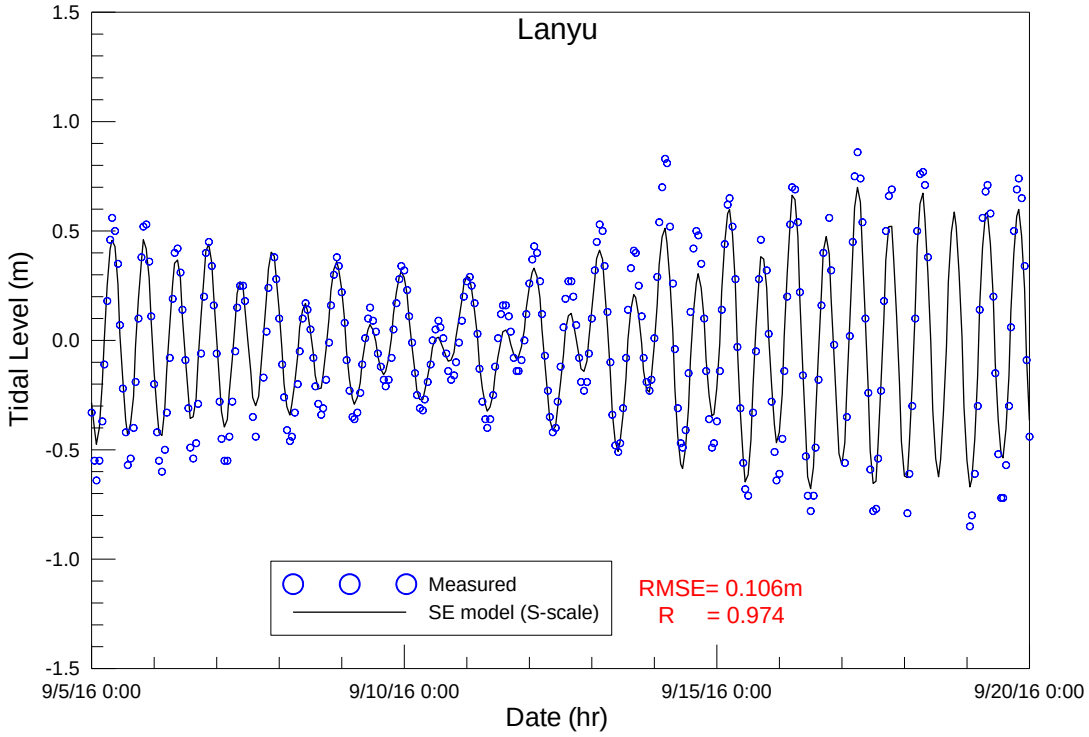


圖 7.12　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與蘭嶼潮位站觀測值之比較

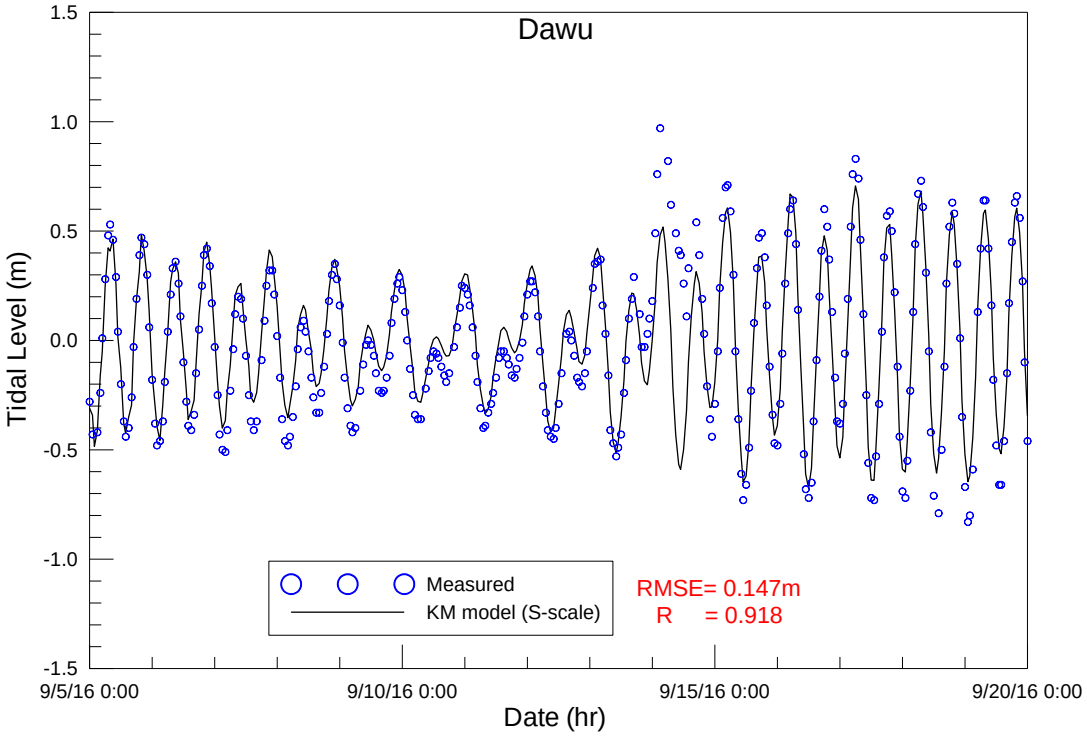


圖 7.13　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與大武潮位站觀測值之比較

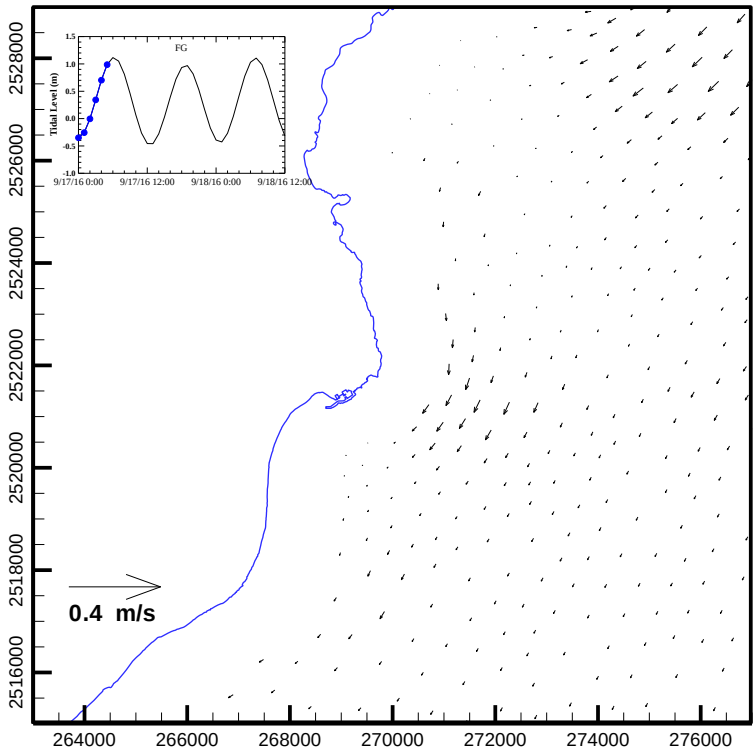


圖 7.14　東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖

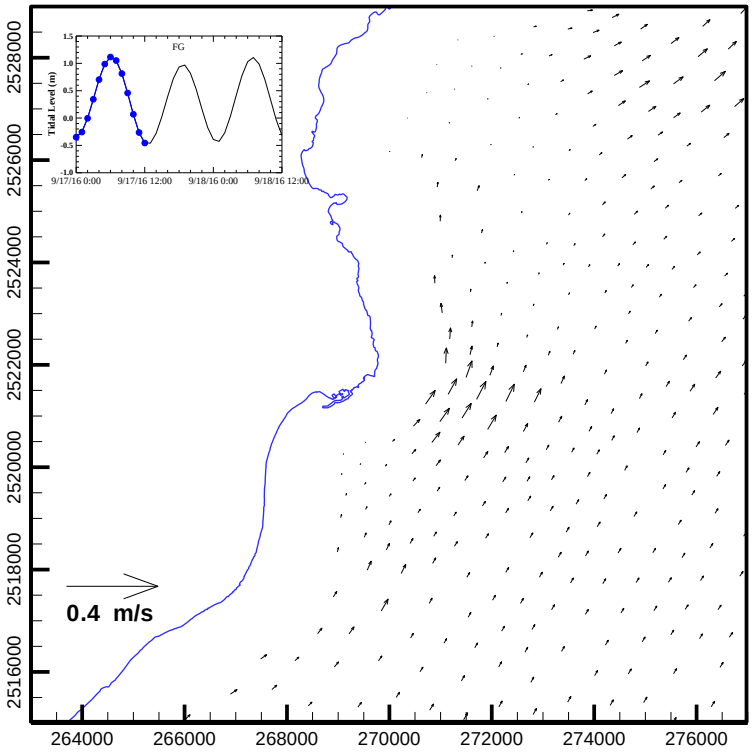


圖 7.14　(續)東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖

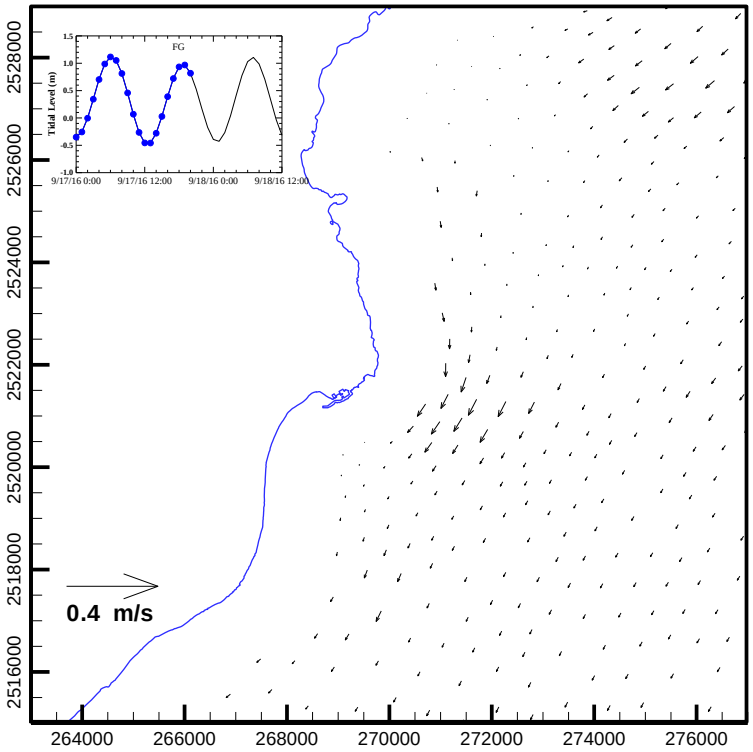


圖 7.14　(續 2)東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖

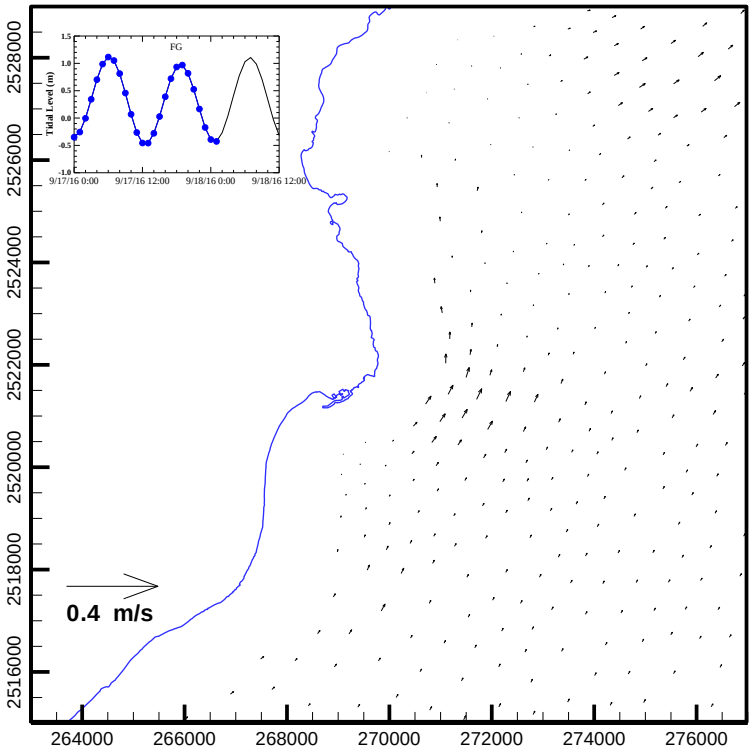


圖 7.14　(續 3)東南海域水動力模式富岡漁港海域之流場模擬圖

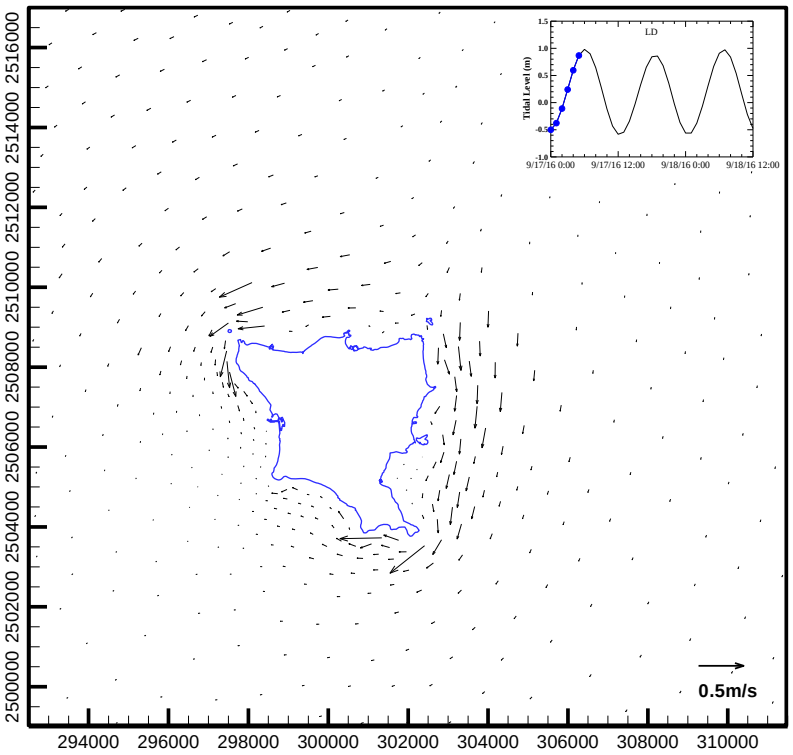


圖 7.15　東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖

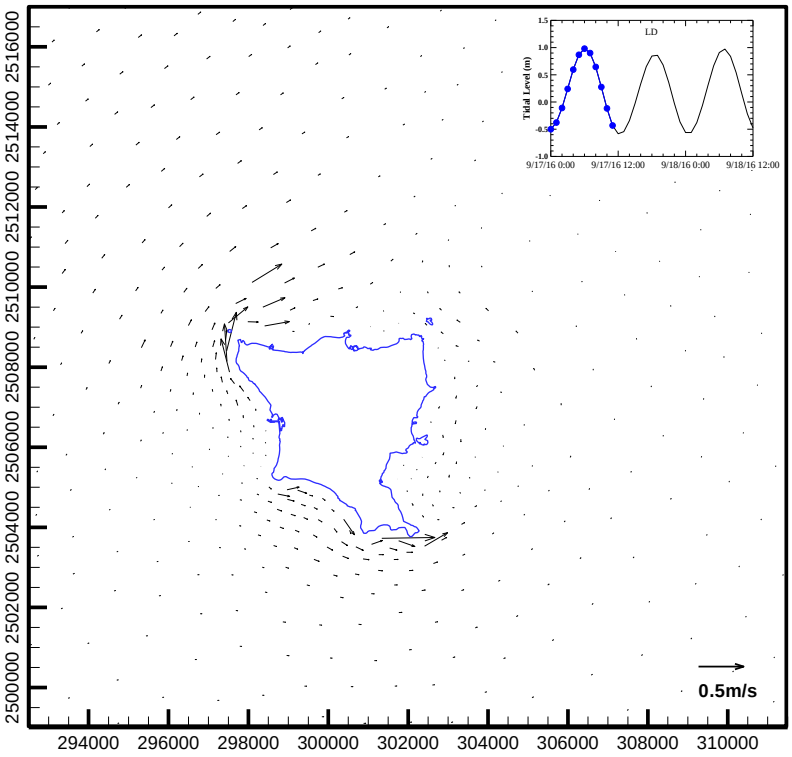


圖 7.15　(續)東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖

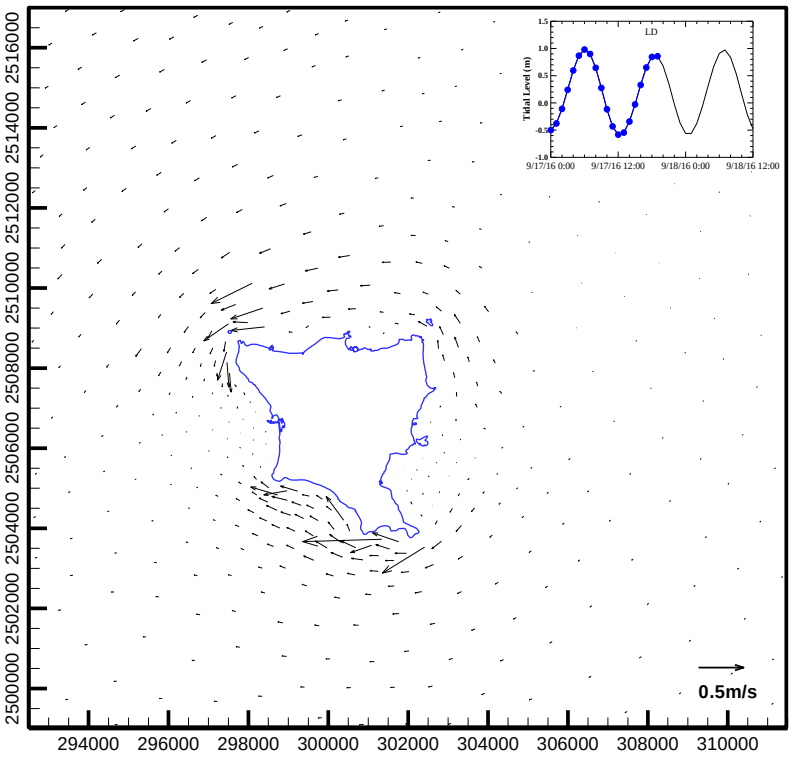


圖 7.15　(續 2)東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖

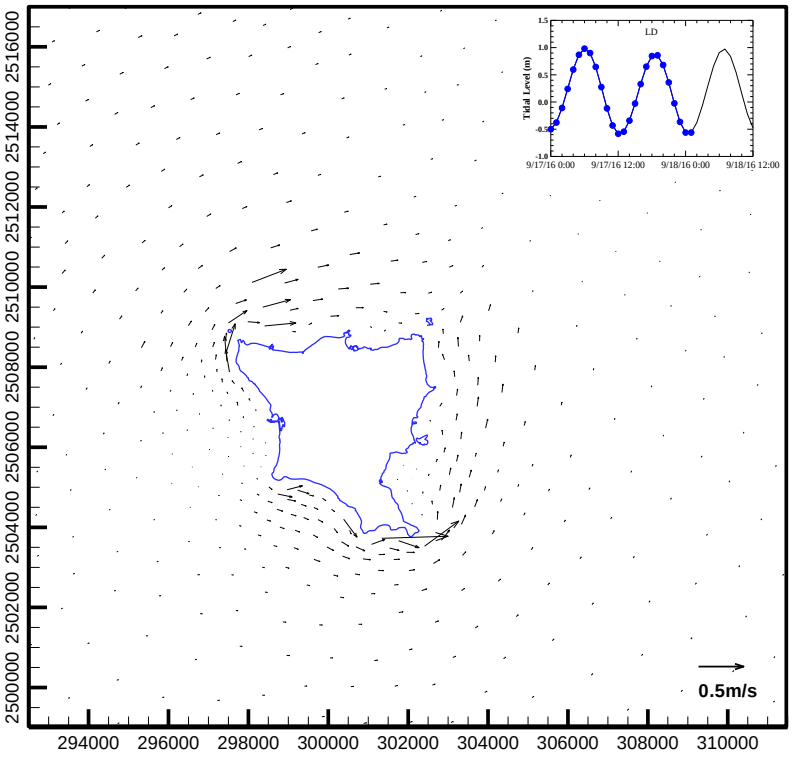


圖 7.15　(續 3)東南海域水動力模式綠島海域之流場模擬圖

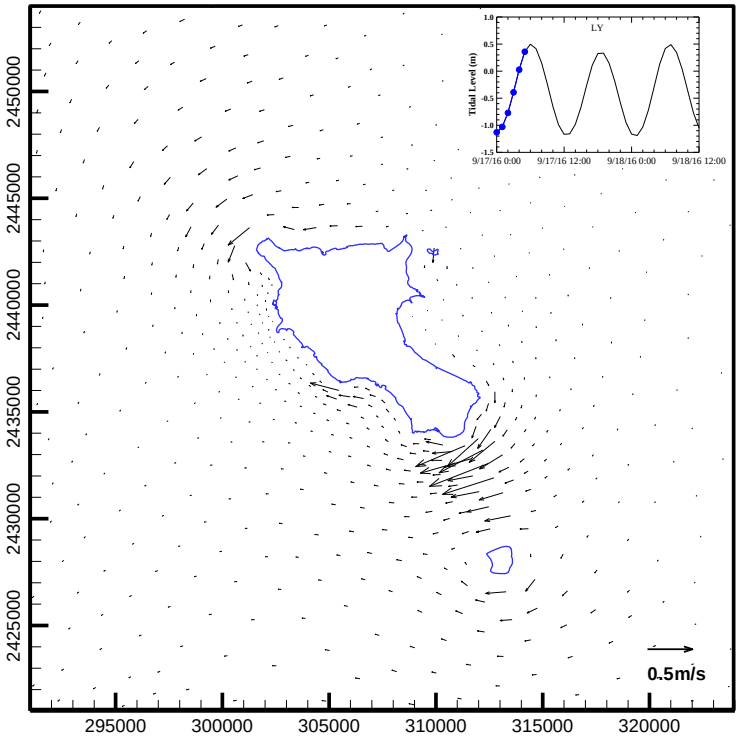


圖 7.16　東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖

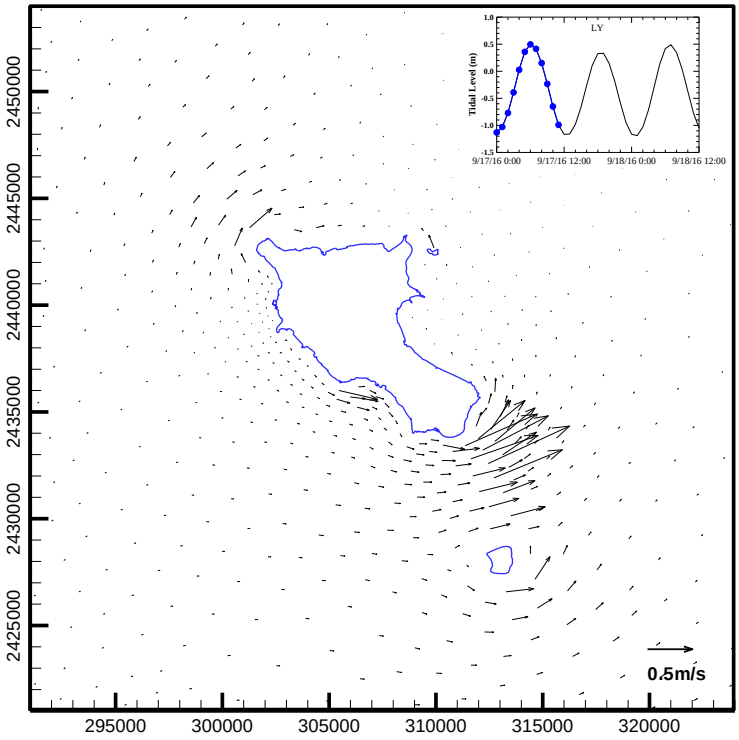


圖 7.16　(續)東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖

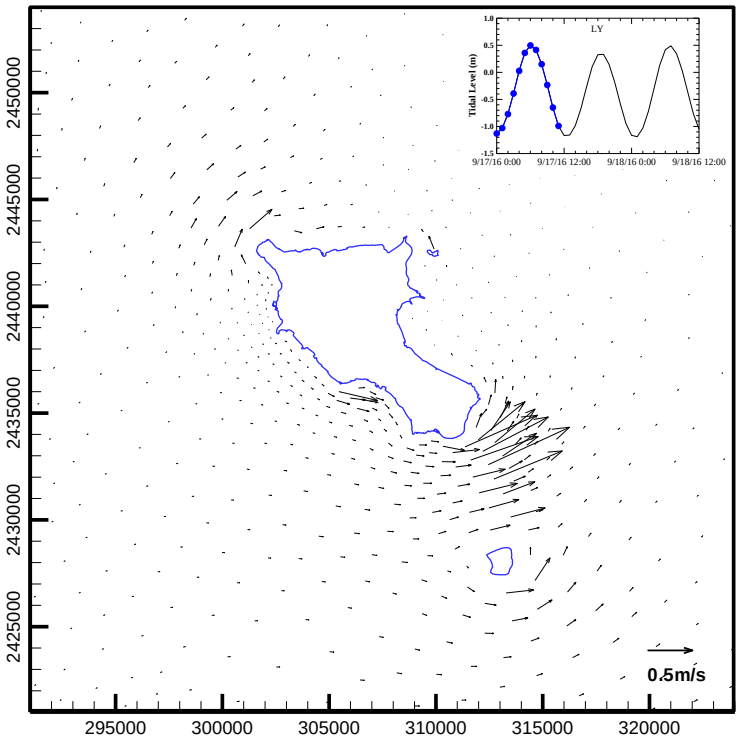


圖 7.16　(續 2)東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖

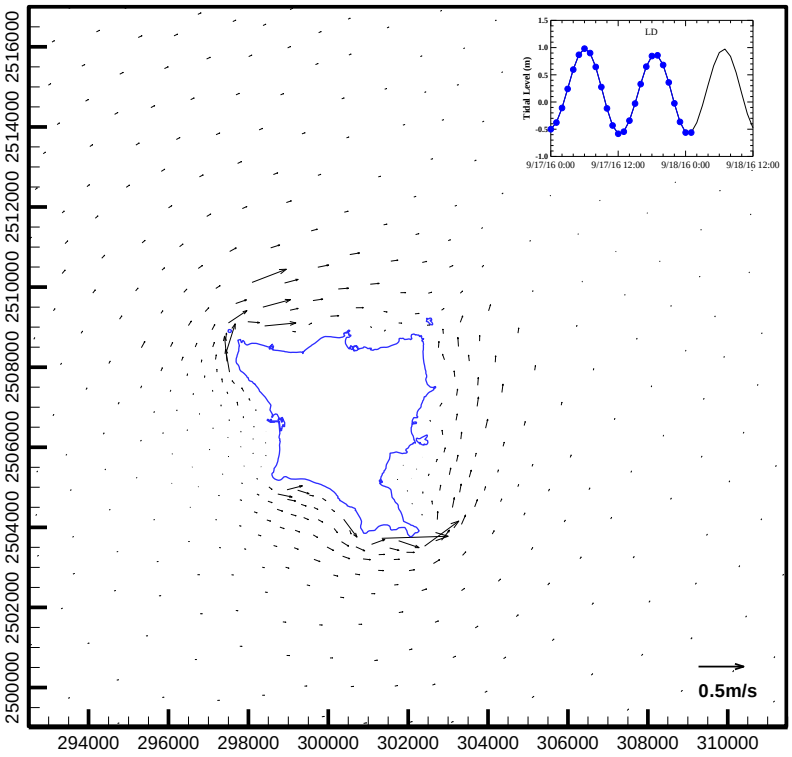


圖 7.16　(續 3)東南海域水動力模式蘭嶼海域之流場模擬圖

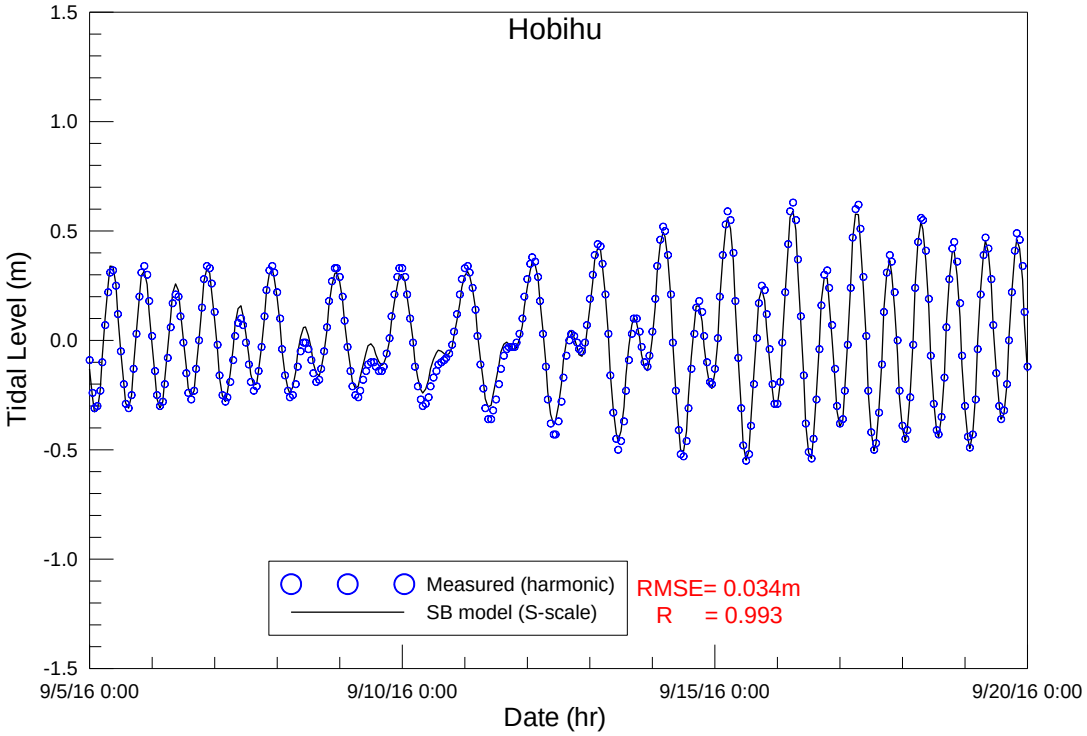


圖 7.17　南灣海域水動力模式水位模擬值與後壁湖潮位站天文潮預測值之比較

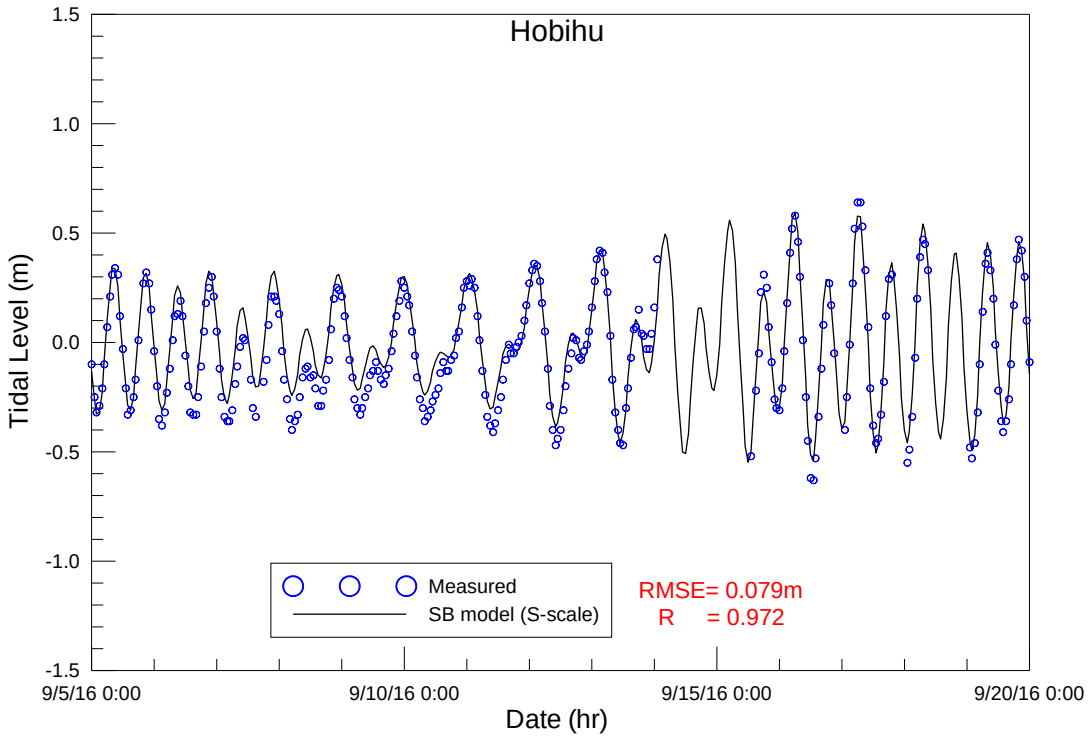


圖 7.18　東南海域水動力模式天文潮水位模擬值與後壁湖潮位站觀測值之比較

第八章　結論與建議

本計畫屬於港研中心 107 年科技綱要計畫「海洋及交通運輸防災技術研究(1/4)」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下之資訊系統服務計畫，延續前期「港灣海象模擬暨溢淹資訊建置之研究」所建置海象模擬作業系統，細緻化東南海域，包括臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港的海象模擬資訊。

本計畫預期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，本計畫發展臺東富岡漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度風浪及水動力模式，並提供細緻化海象模擬模組，供港研中心後續自動作業化應用。

本報告結論如下：

8.1 結論

1. 在海象預報模擬系統維運與改善方面：本年度新增金門、馬祖海域小尺度風浪模擬及金門小尺度水動力模擬，有助於完善離島藍色公路網細緻化海象模擬資訊服務。
2. 波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：針對成果評估報告內容進行改版修訂，以增進評估報告內容易讀性，並完成 107 年有關風力、波浪、水位及流場等海象預報作業化成果報告，供港研中心內部參考。
3. 基本資料蒐集與分析：富岡、綠島及蘭嶼潮型指標分別約為 0.44、0.381 及 0.332，顯示臺灣東南海域潮汐型態分類屬於半日潮(劉，1996)；三潮位站 2016 年颱風暴潮偏差分析結果，以尼伯特颱風引起的暴潮偏差量最大。海流分析結果顯示台東資料浮標海流主要流向為東北及西南向，2016 年各月份最大流速均超過 1.0m/s，最大

值為 1.62m/s，出現於 8 月；綠島南寮漁港測站海流主要流向為南北向，2016 年各月份最大流速約介於 0.47~0,74m/s。

4. 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗：完成 2012 年至 2017 年顯著影響之颱風波浪模擬，並與港研中心觀測資料進行比對及分析。就第 3 類侵臺路徑中度以上颱風而言，除花蓮港及基隆港颱風波浪模擬結果呈現顯著大於觀測值現象外，蘇澳港及臺北港颱風波浪模擬結果趨近於觀測值，西部海岸颱風波浪模擬結果明顯受到颱風路徑之影響，迎風面港口颱風波高模擬結果誤差較小，港口離颱風中心越近波高模擬值之相關係數愈高。

5. 小尺度風浪模擬系統建置：完成小尺度東南海域及西南海域風浪模系統建置，其中小尺度東南海域風浪模組已移轉港研中心納入 TaiCOMS 新版風浪模擬系統持續進行作業化模擬與測試。

6. 小尺度水動力模擬系統建置：完成小尺度東南海域水動力模組之修訂及含屏東後壁湖漁港海域之小尺南灣海域水動力模組之建置；小尺度東南海域水動力模組修訂後之數值計算網格計有 6,954 個節點及 13,569 個元素，小尺度南灣海域水動力模組新建數值計算網格計有 3,294 個節點及 6,403 個元素。

8.2 建議

1. 為完善提供藍色公路細緻化海象模擬資訊服務，建議下年度持續針對金門及馬祖海域小尺度海象模擬結果評估。

2. 針對本島主要商港海域增建小尺度風浪模組提供細緻化模擬資訊。

參考文獻

1. Battjes, J.A. and J.P.F.M. Janssen, Energy loss and set-up due to breaking of random waves, Proc. 16th Int. Conf. Coastal ngineering, ASCE, pp.569-587, 1978.
2. 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.
3. Booij, N., L.H. Holthuijsen and R.C. Ris, The ”SWAN” wave model for shallow water, Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng., Orlando, pp.668-676, 1996.
4. Booij, N., L.H. Holthuijsen and IJ.G. Haagsma, Comparing the secondgeneration HISWA wave model with the third-generation SWAN wave model, 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Melbourne, Florida, pp.215-222, 1998.
5. Booij, N., J.G. Haagsma, L.H. Holthuijsen, A.T.M.M. Kieftenburg, R.C. Ris, A.J. van der Westhuysen, M. Zijlema, SWAN Cycle III version 40.41 USER MANUAL, Delft University of Technology, 2004.
6. Connor, J. and J. Wang, Finite Element Modeling of Hydrodynamic Circulation, in Numerical Methods in Fluid Dynamics, ed. By Brebbia and Connor, Pentech Press, 1974.
7. Dingemans, M.W., Water wave propagation over uneven bottoms. Part 1 –linear wave propagation, Advanced Series on Ocean Engineering, 13, World Scientific, 471 p., 1997.
8. Hasselmann, K., On the spectral dissipation of ocean waves due to whitecapping, Bound.-layer Meteor., 6, 1-2, pp.107-127, 1974.

9. Holthuijsen, L.H., N. Booij, R. Ris, J.H. Andorka Gal and J.C.M. de Jong, 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, pp.49-63, 1997.
10. Kirby, J.T., Rational approximations in the parabolic equation method for water waves, Coastal Eng., Vol.10, pp.355-378, 1986.
11. Kirby, J.T. and R.A. Dalrymple, A parabolic equation for combined refraction- diffraction of Stokes waves by midly varying topography, J. Fluid Mech., Vol.136, pp.219-232, 1983.
12. Komen, G.J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann, and P.A.E.M. Janssen, *Dynamics and modeling of Ocean Waves*, Cambridge Univ. Press, Cambridge UK, 1994.
13. Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe, 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, 2000.
14. Mei, C.C., *The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves*, John Wiley, New York, 1983.
15. Miles, J.W., On the generation of surface waves by shear flows, J. Fluid Mech., Vol.3, pp.185−204, 1957.
16. Phillips, O.M., On the generation of waves by turbulent wind, J. Fluid Mech., Vol.2, pp.417−445, 1957.
17. Radder, A.C., On the parablic equation method for water-wave propagation, J. Fluid. Mech., Vol.95, pp.159-176, 1979.

18. WAMDI group, The WAM model − a third generation ocean wave prediction model, J. Phys. Oceanogr., Vol.18, pp.1775−1810, 1988.
19. Whitham, G.B., *Linear and nonlinear waves*, Wiley, New York, 636 p., 1974
20. 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，中華民國93年3月。
21. 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(1/4)，交通部運輸研究所， 2005年4月。
22. 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(2/4)，交通部運輸研究所， 2005年12月。
23. 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(3/4)，交通部運輸研究所，2007年4月。
24. 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， 2008年3月。
25. 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，2009年4月。

26. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉凰，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， 2010年5月。

27. 李兆芳、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、高政宏、林莉凰,「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，2010年4月。

28. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉凰，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，2011年4月。

29. 李兆芳、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、高政宏、林莉凰,「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，2011年4月。

30. 邱永芳、李兆芳、蘇青和、陳明宗、劉正琪、李俊穎、涂力夫、高政宏、鄭宇君、陳宜芝，「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2012年3月。

31. 邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、胡凱程、鄭博今，「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，2012年3月。

32. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、李忠潘、曾以帆,「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(1/4)」，交通部運輸研究所研究報告，2012年4月。

33. 李兆芳、邱永芳、蘇青和、陳明宗、劉正琪、李俊穎、涂力夫、高政宏，「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2013年2月。

34. 劉正琪、邱永芳、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(2/4)」，交通部運輸研究所，2013年2月。

35. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、李忠潘、曾以帆，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(2/4)」，交通部運輸研究所研究報告，2013年2月。

36. 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)」，交通部運輸研究所研究報告，2014年3月。

37. 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。

38. 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。

39. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、陳明宗、單誠基、謝佳紘，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(4/4)」，交通部運輸研究所研究報告，2015年3月。

40. 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。

41. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、陳明宗、單誠基、謝佳紘，「港灣海氣象模擬暨溢淹資訊建置之研究(1/2)」，交通部運輸研究所研究報告，2016年5月。

42. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、江朕榮、謝佳紘，「105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所研究報告，2017年3月。
43. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、陳明宗、單誠基、謝佳紘，「港灣海氣象模擬暨溢淹資訊建置之研究(2/2)」，交通部運輸研究所研究報告，2017年4月。
44. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、謝佳紘，「港灣海象模擬技術及作業系統之研究(2/2)」，交通部運輸研究所研究報告，2017年4月。
45. 邱永芳、李兆芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、謝佳紘、江朕榮，「港灣海象模擬技術及預警系統研發」，交通部運輸研究所研究報告，2018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

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

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

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

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

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

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

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

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

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$C_f = \frac{n^2 g}{H^{1/3}}$，

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

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

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

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：

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

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

或

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

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

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

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

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

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：

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

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

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

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

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

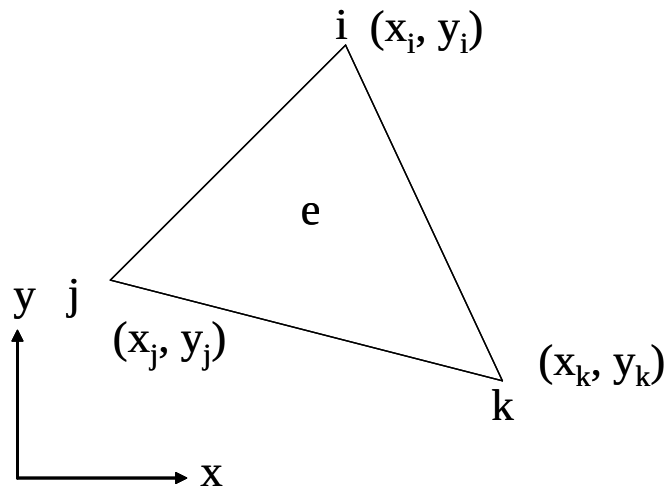
$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e \quad \text{.....(A1.15b)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

式中整體矩陣$[M_h]$、$[G_h]$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$[M_h]$為一對稱矩陣。

由於陣列$\{\delta H\}^T$為任意函數，故可得到

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

(A1.10)式各項積分式之計算說明如下：

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

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

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

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

$$.....(A1.21c)$$

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

$$\iint_A\left(\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial p^S}{\partial x}\delta q_x\right)dA=\sum_{e\in A}\iint_e\left(\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial p^S}{\partial x}\delta q_x\right)dA^e$$

$$=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\left[M_h^e\right]\left\{H^e\right\}\frac{(b_1p_1+b_2p_2+b_3p_3)}{2\rho_0\Delta^e} \quad .....(A1.21e)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

同理，(A1.11)式各項積分式之計算如下：

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

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

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

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

$$\iint_A \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^S}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{(c_1 p_1 + c_2 p_2 + c_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \quad \text{.....(A1.23e)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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：

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

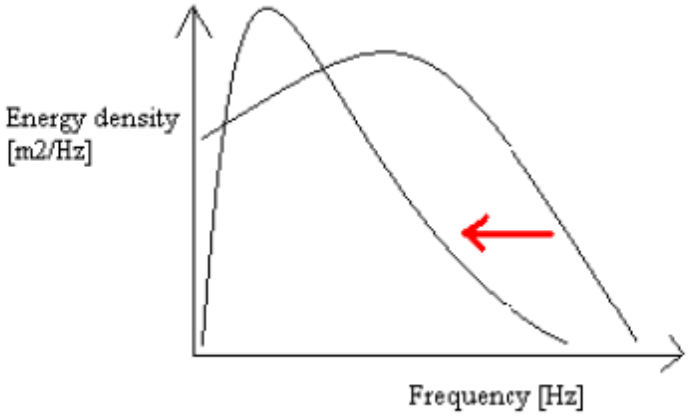
式中 g 為重力加速度，k 為波數，d 為水深，C_{bot} 為底床摩擦係數；在 WAM 模式中對於床摩擦係數 C_{bot} 值建議採用 Hasselmann 等人 (1973) 在湧浪的條件下以 JONSWAP 的實驗求得之底床摩擦係數 $C_{bot}= 0.038 m^2 s^{-3}$。

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。

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

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 $\bar{S}(\sigma,\theta)$ 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

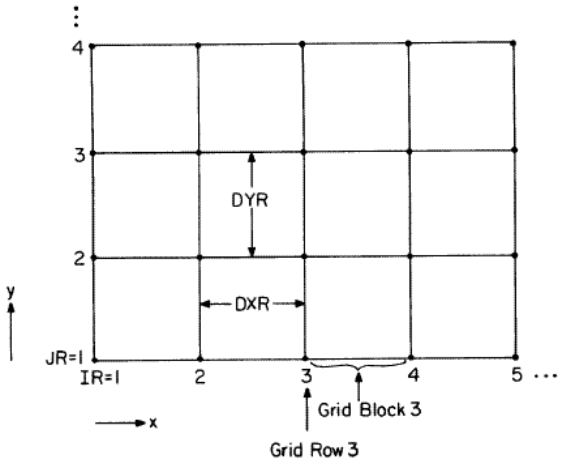
$$\upsilon = \frac{2\sigma k f |A|(1-i)}{3\pi \sinh(2kh)\sinh(kh)} \quad \text{.....(A2.33)}$$

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 $\zeta_1(x,y)$ 及 $\zeta_2(x,y)$ 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為與雷諾數及底床相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：

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

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

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：

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

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

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

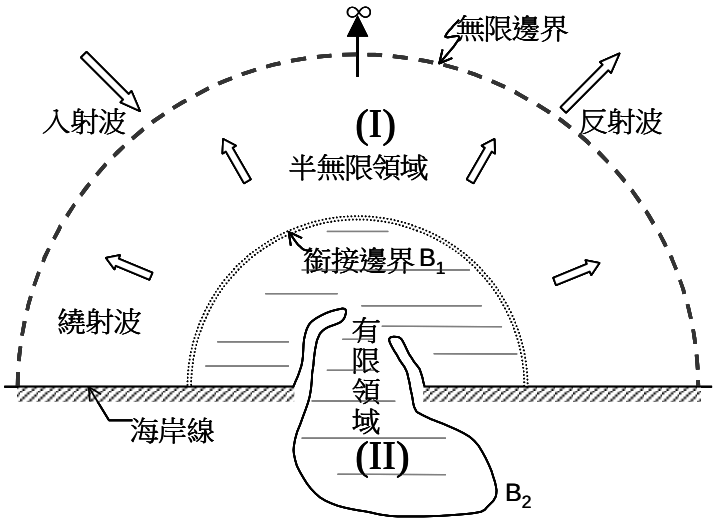
其中散射波ζ_S係由港池開口往外海方向輻射出去，在無窮遠處滿足波浪輻射條件：

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

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)。

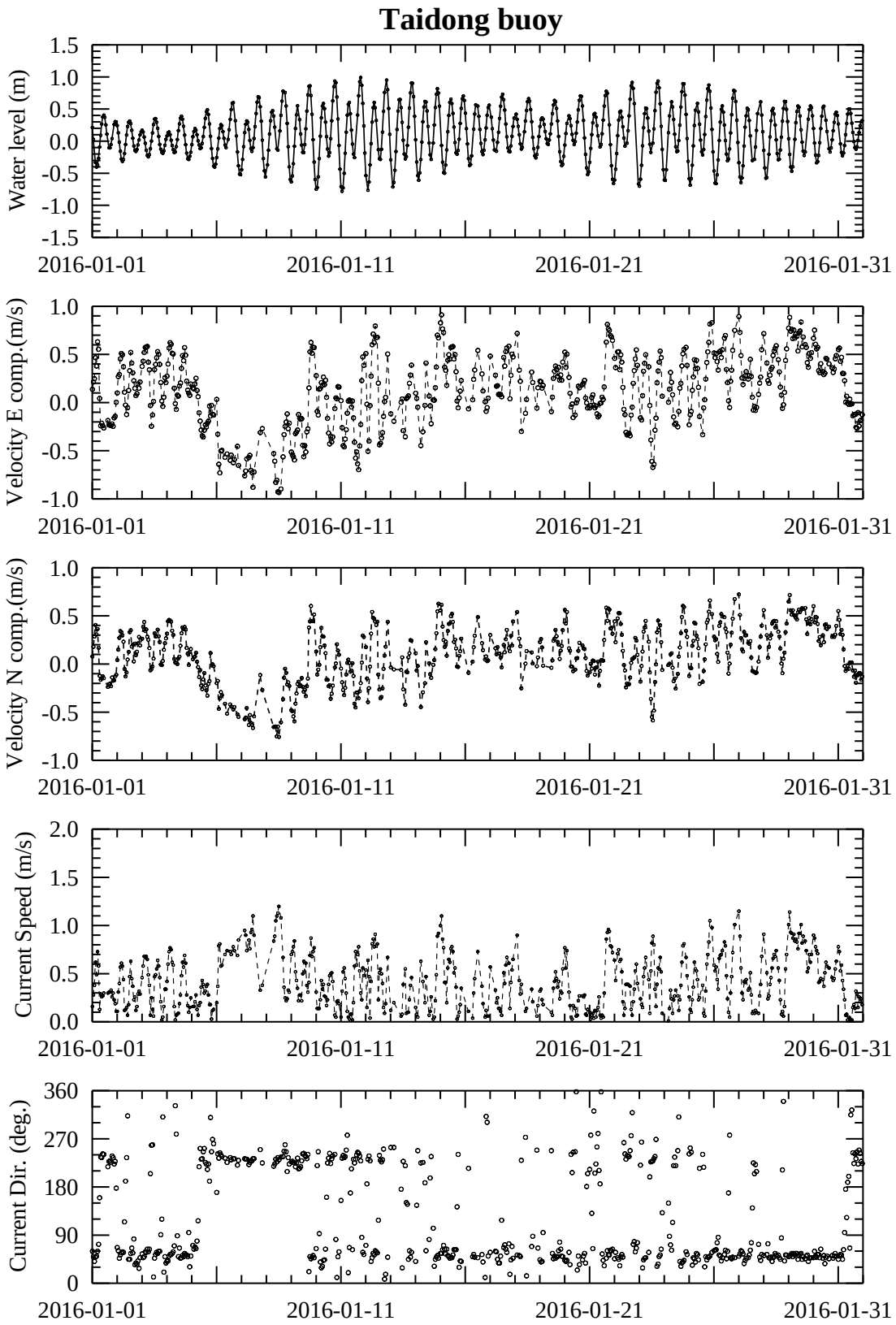


附圖 2.3 港域波浪模式計算領域示意圖

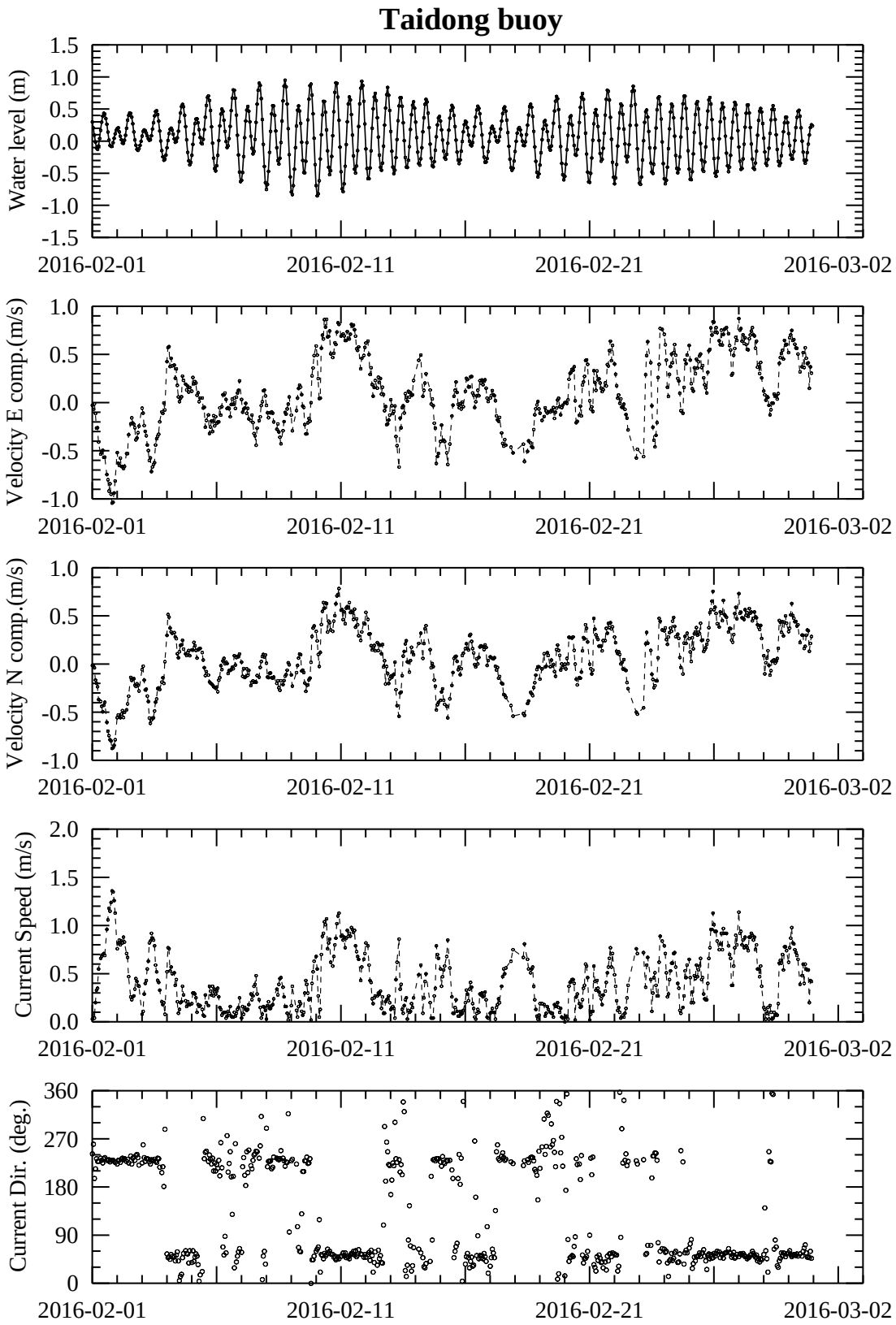
附錄三

海流觀測資料

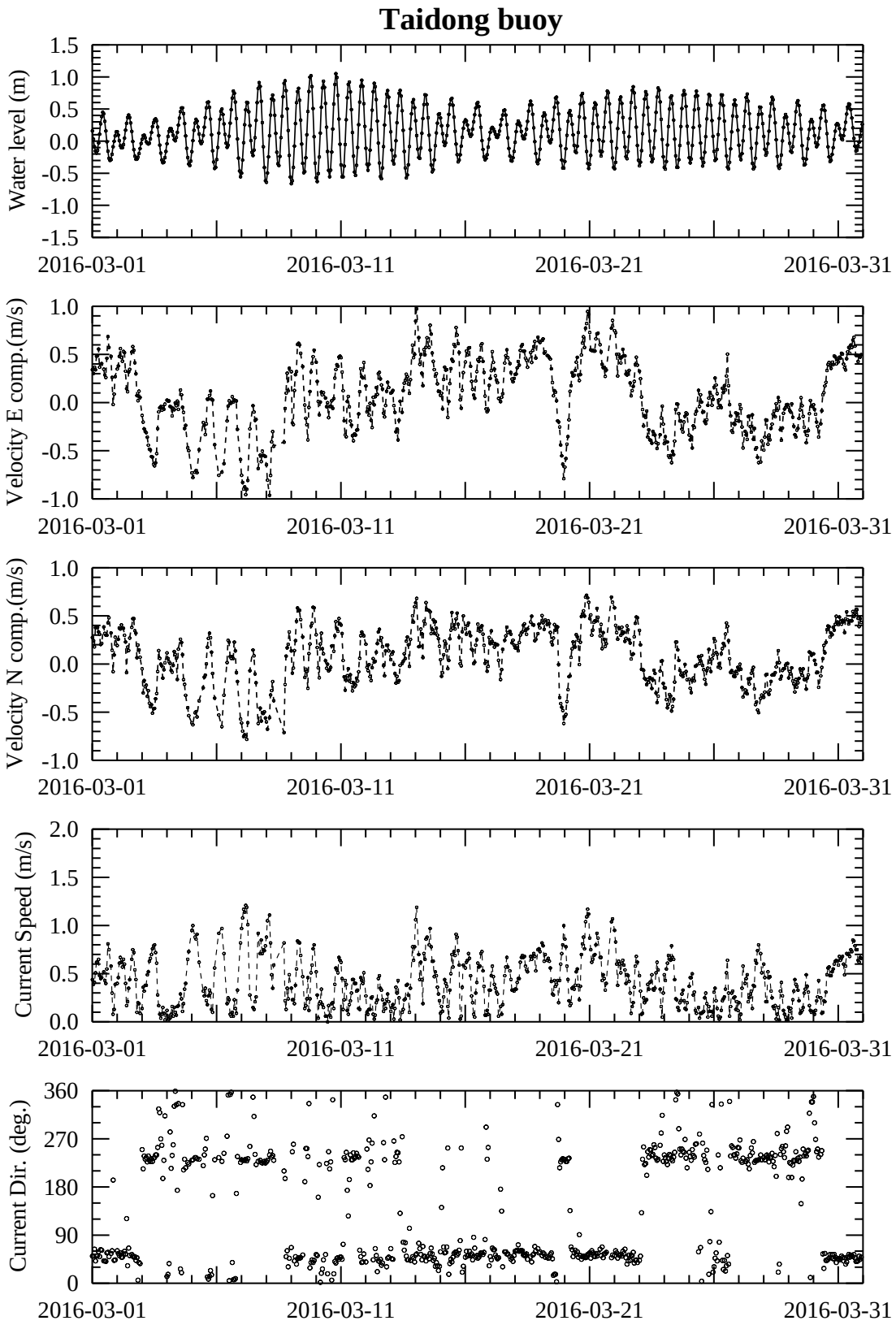
臺東資料浮標(水利署)



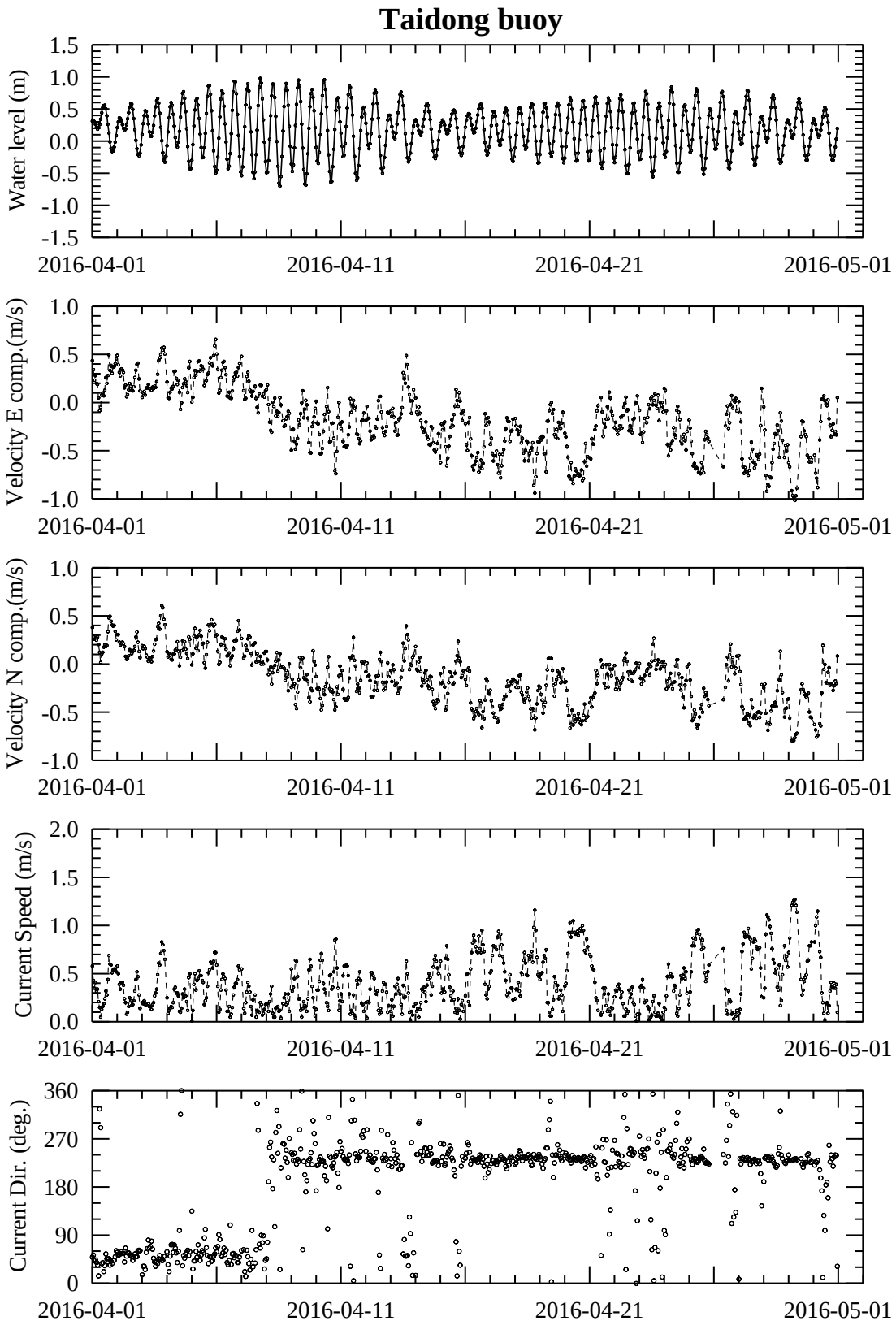
附圖 3.1　臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



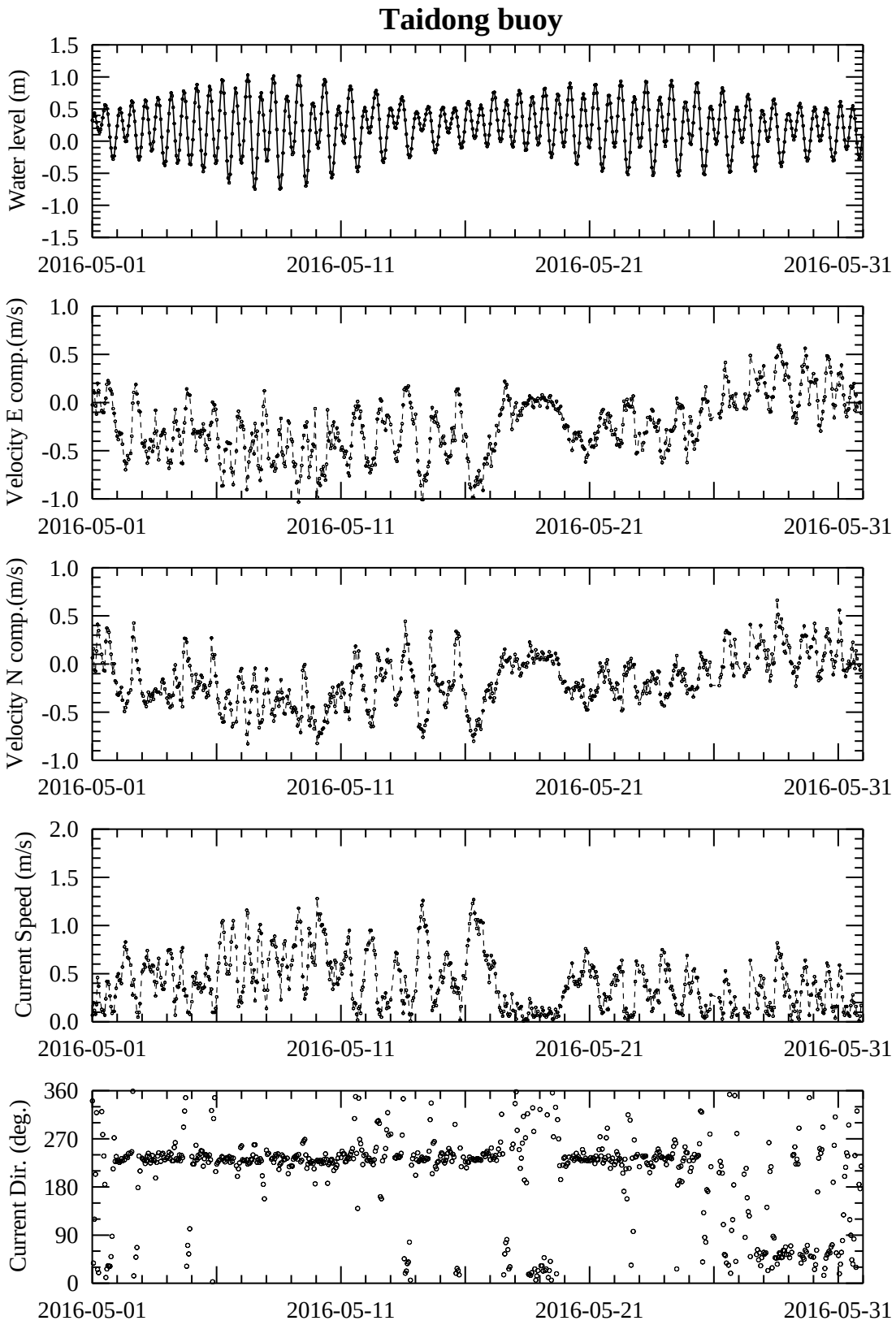
附圖 3.1　(續 1)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



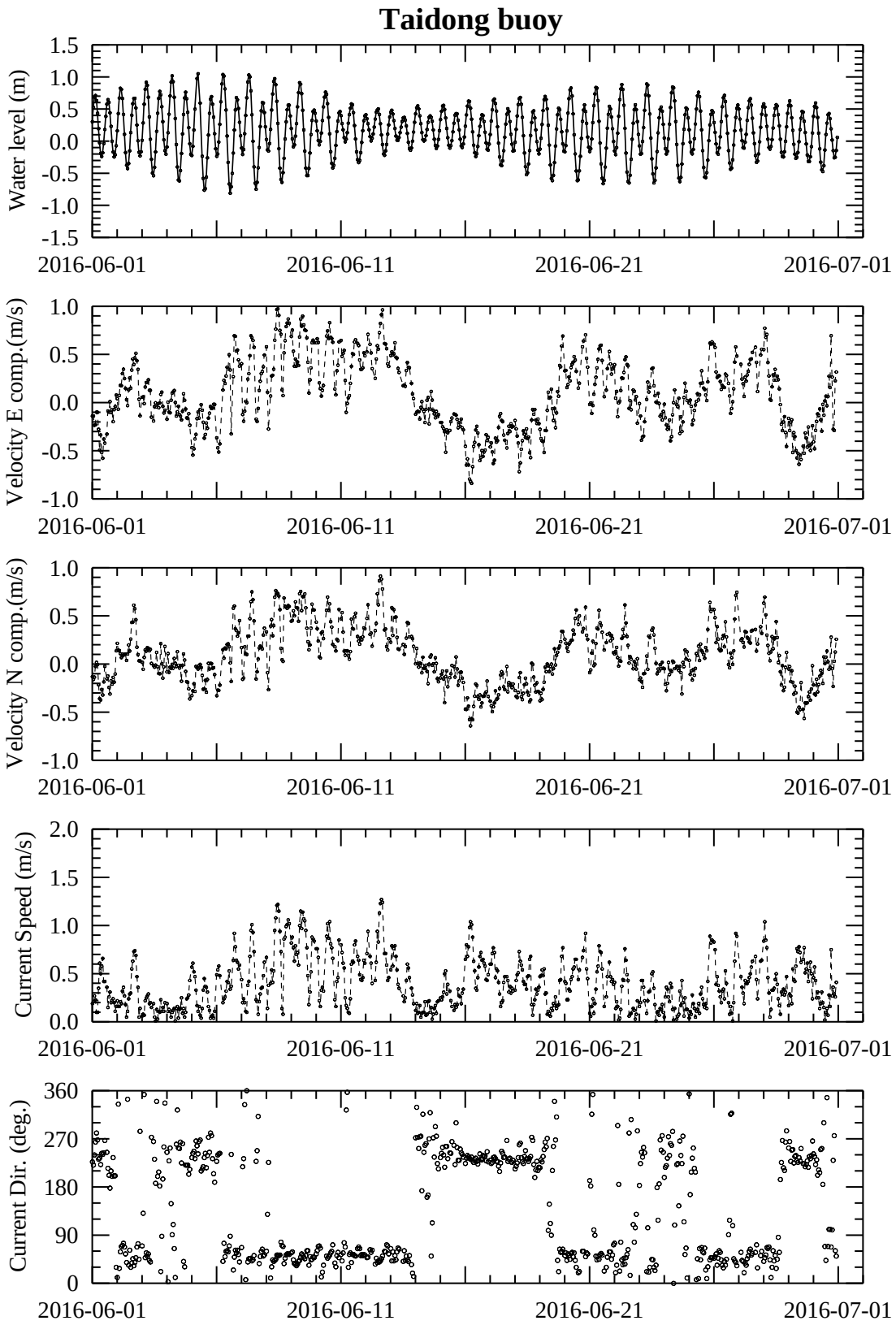
附圖 3.1　(續 2)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



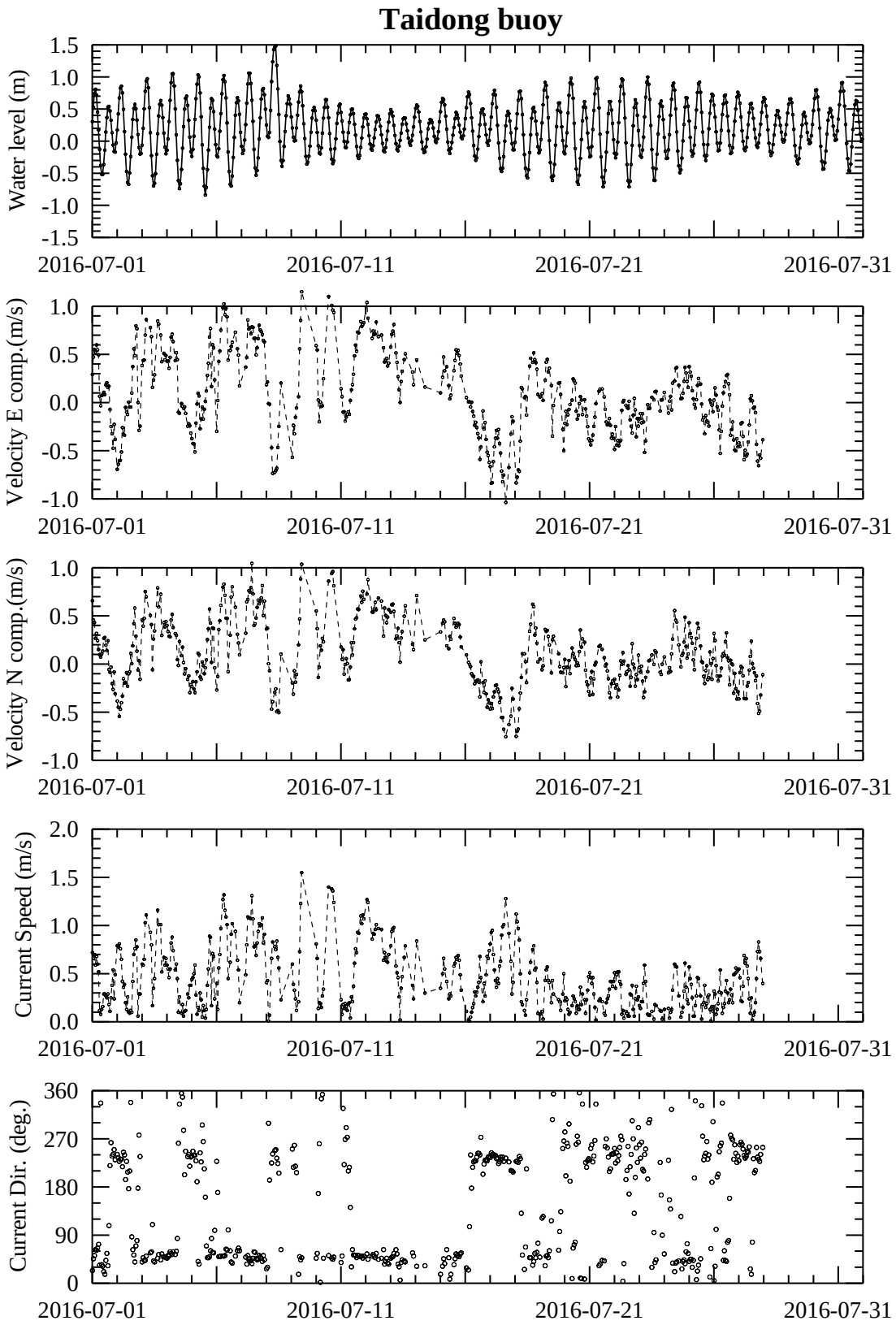
附圖 3.1　(續 3)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



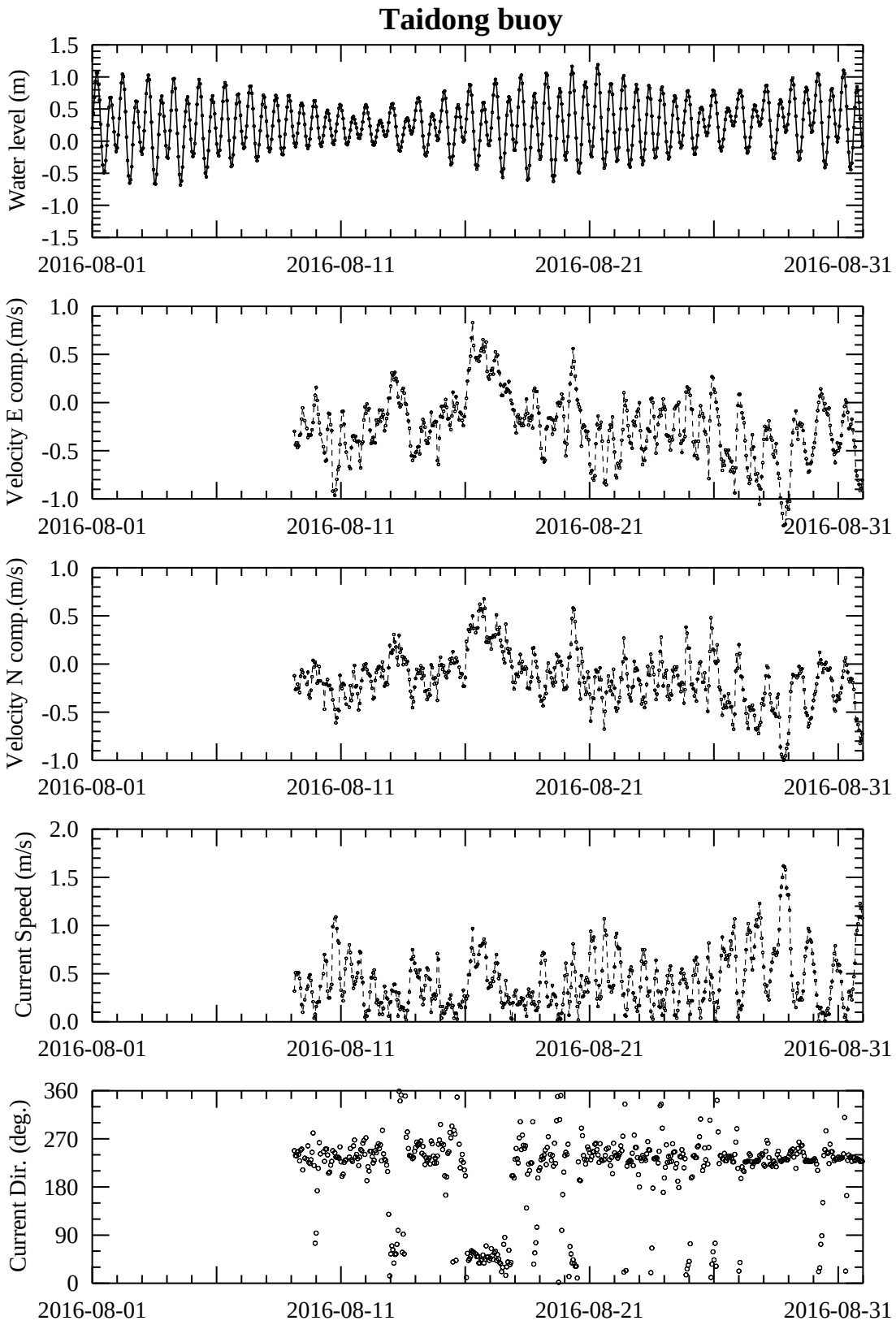
附圖 3.1　(續 4)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



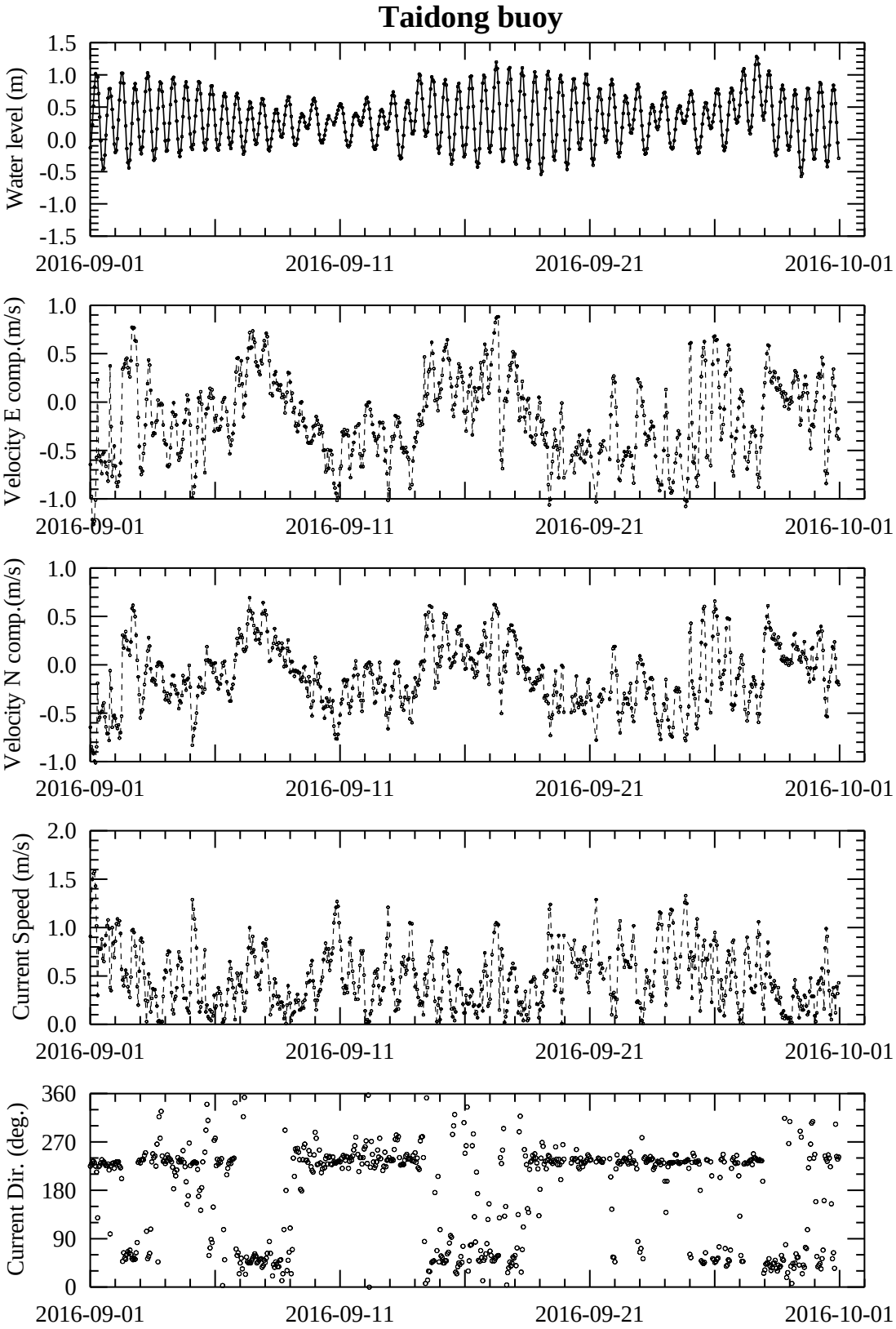
附圖 3.1　(續 5)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



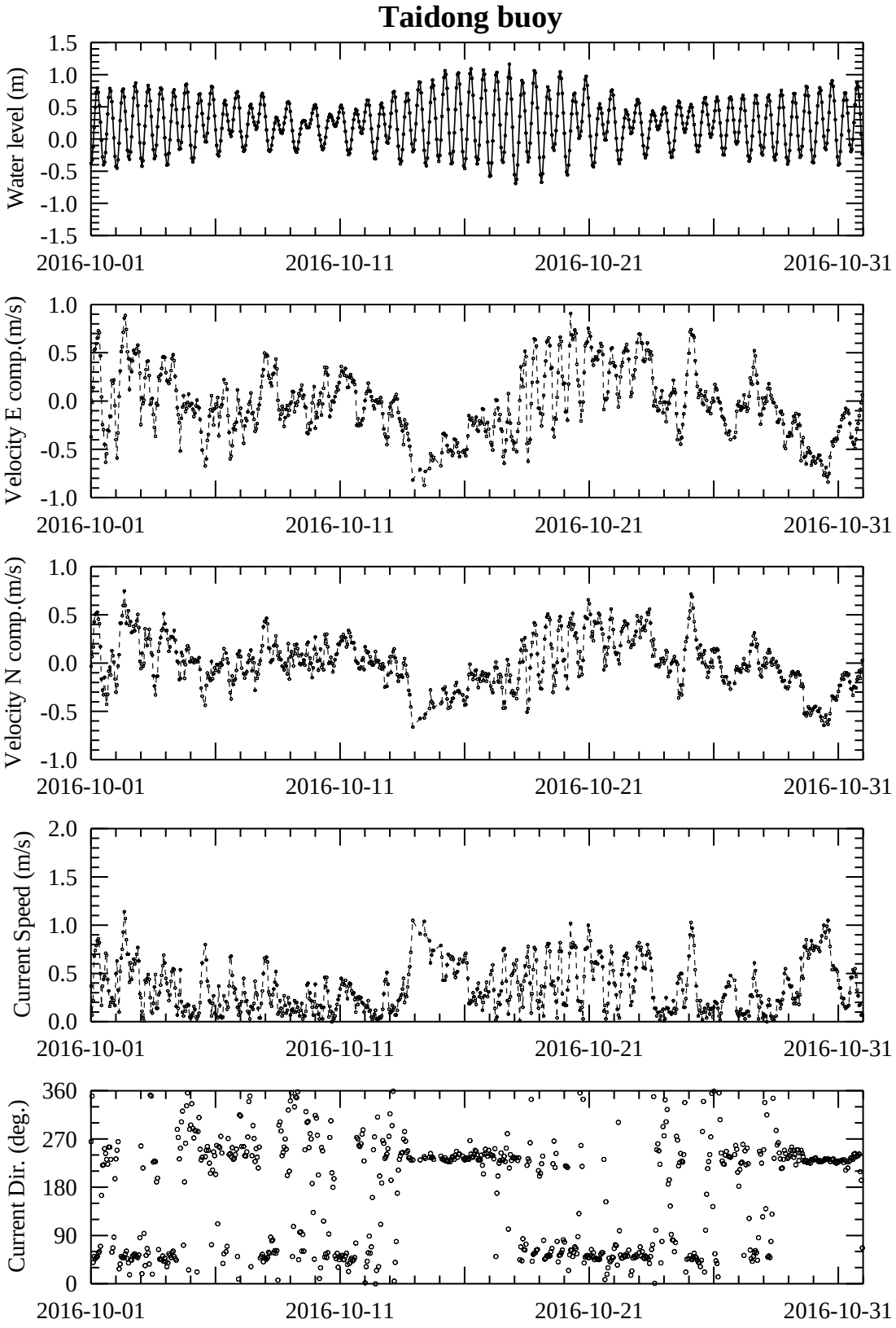
附圖 3.1　(續 6)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



附圖 3.1　(續 7)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



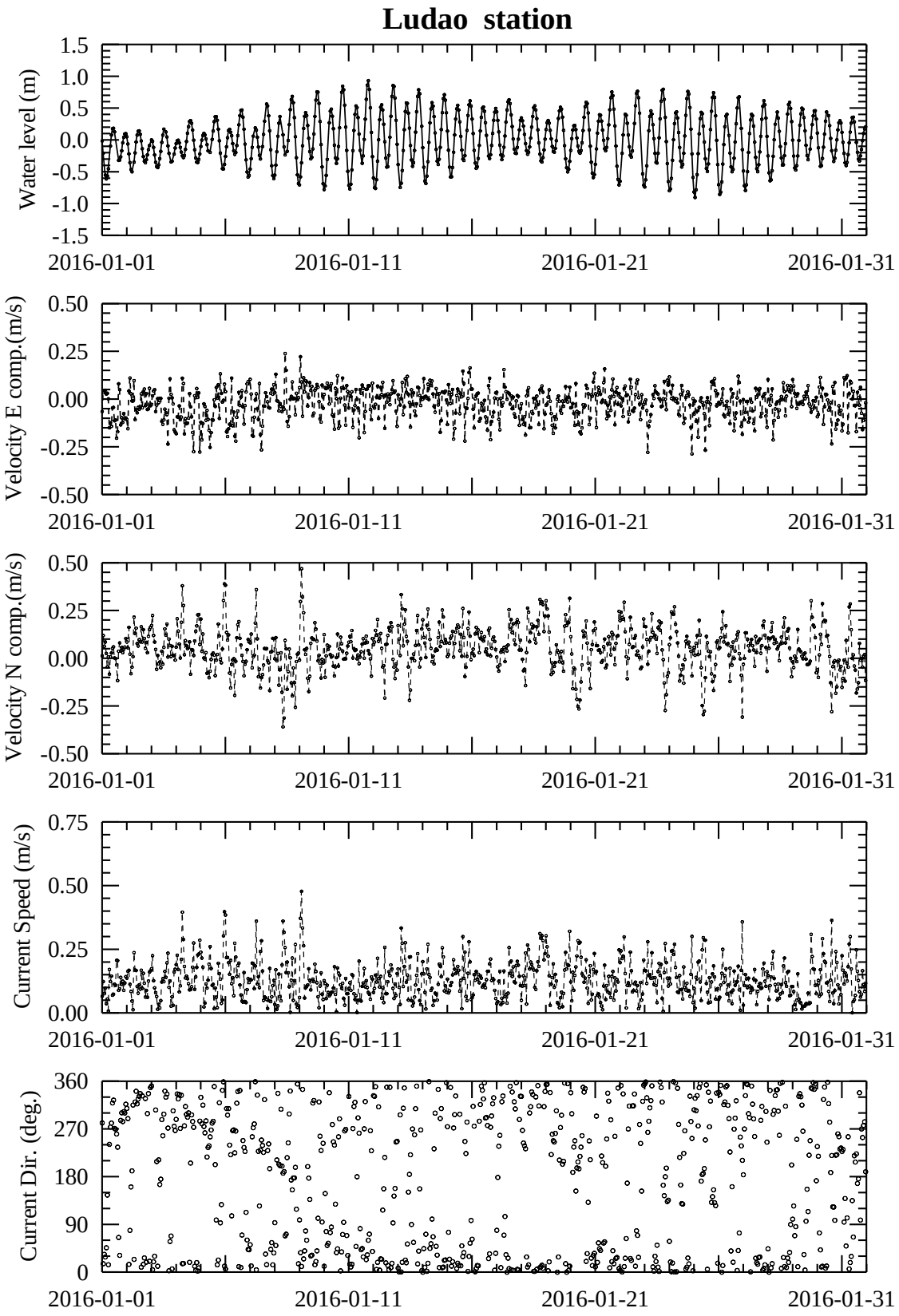
附圖 3.1　(續 8)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖



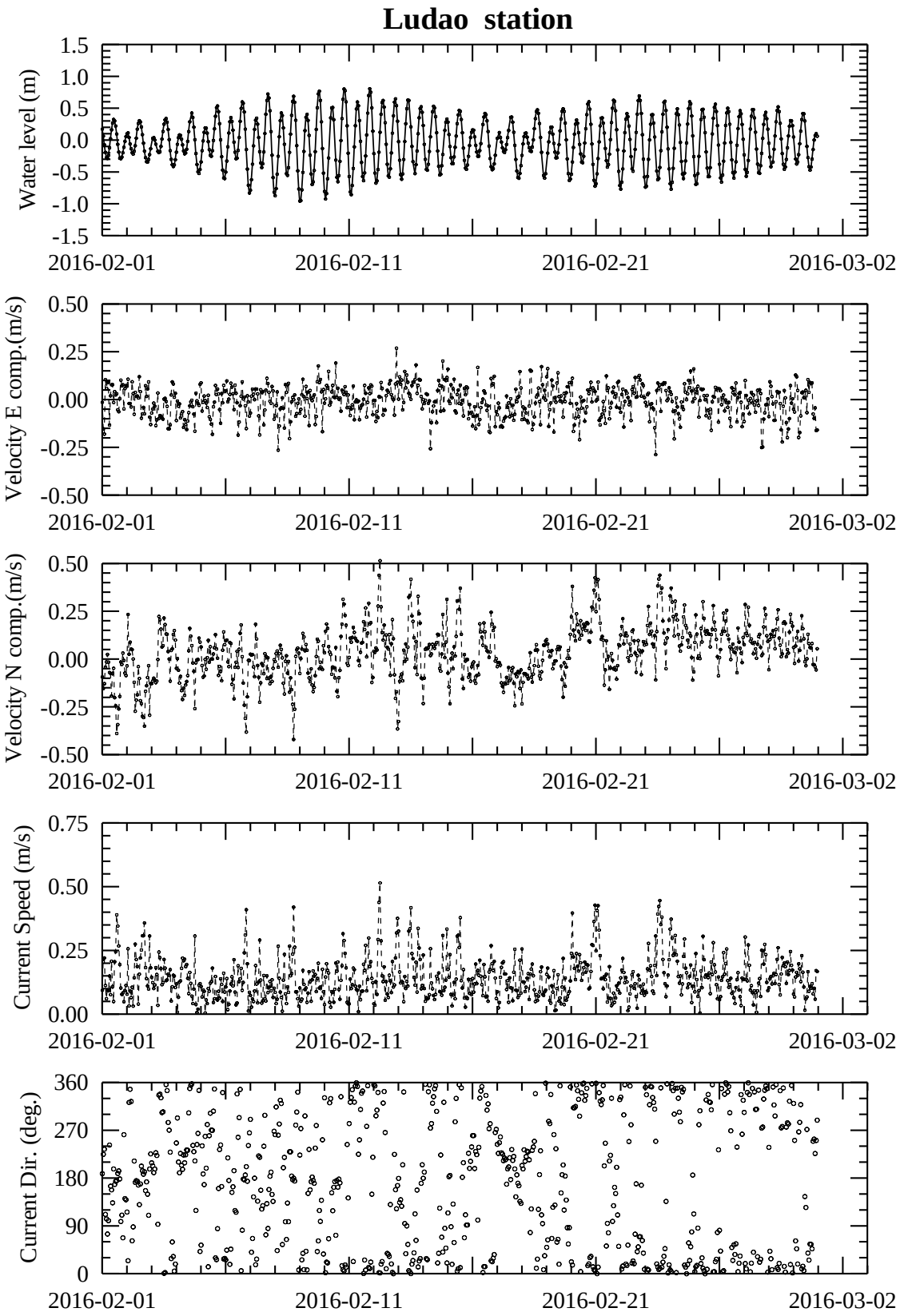
附圖 3.1　(續 9)臺東資料浮標海流觀測資料時序列圖

海流觀測資料

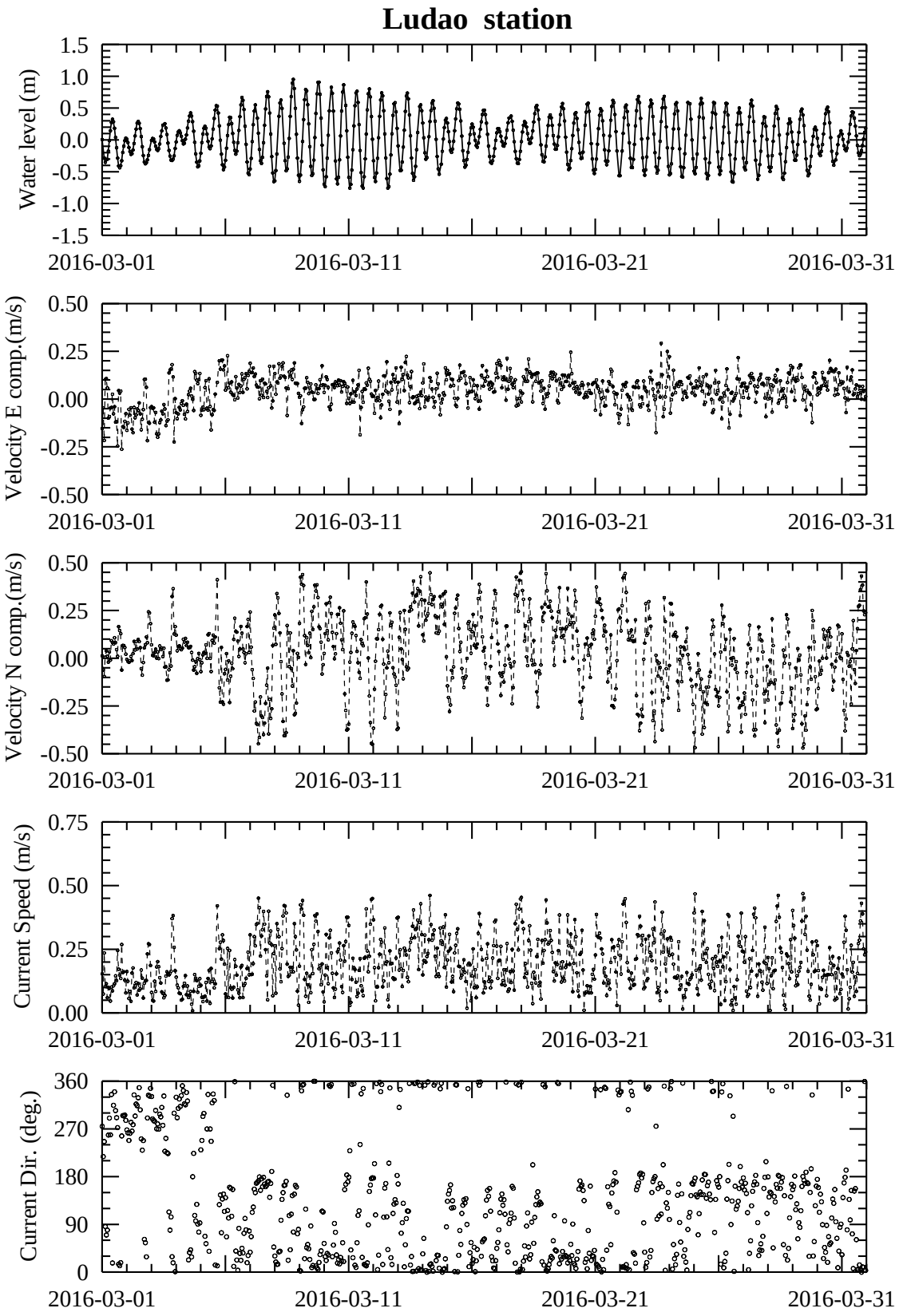
綠島南寮漁港測站(港研中心)



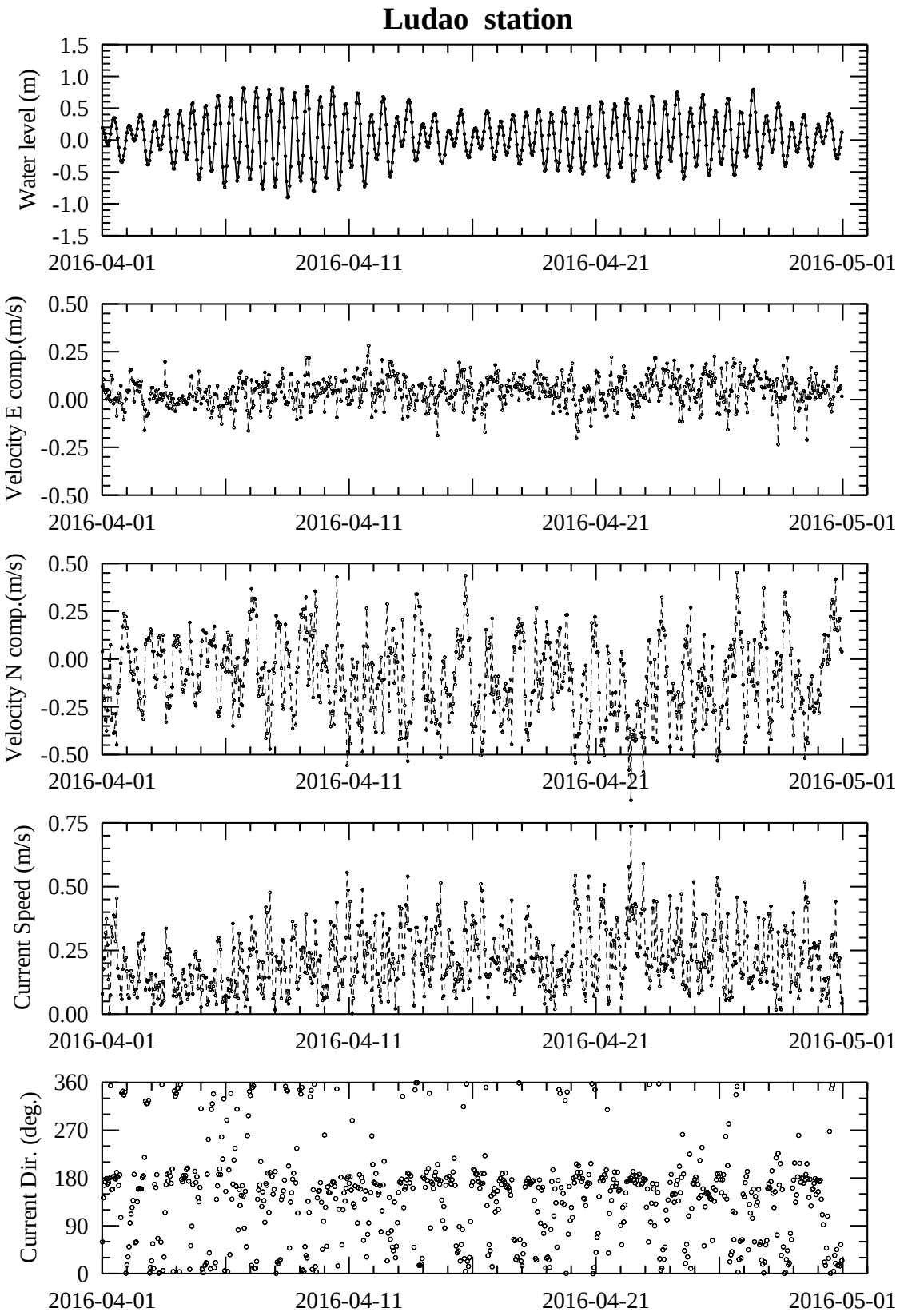
附圖 3.2　綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



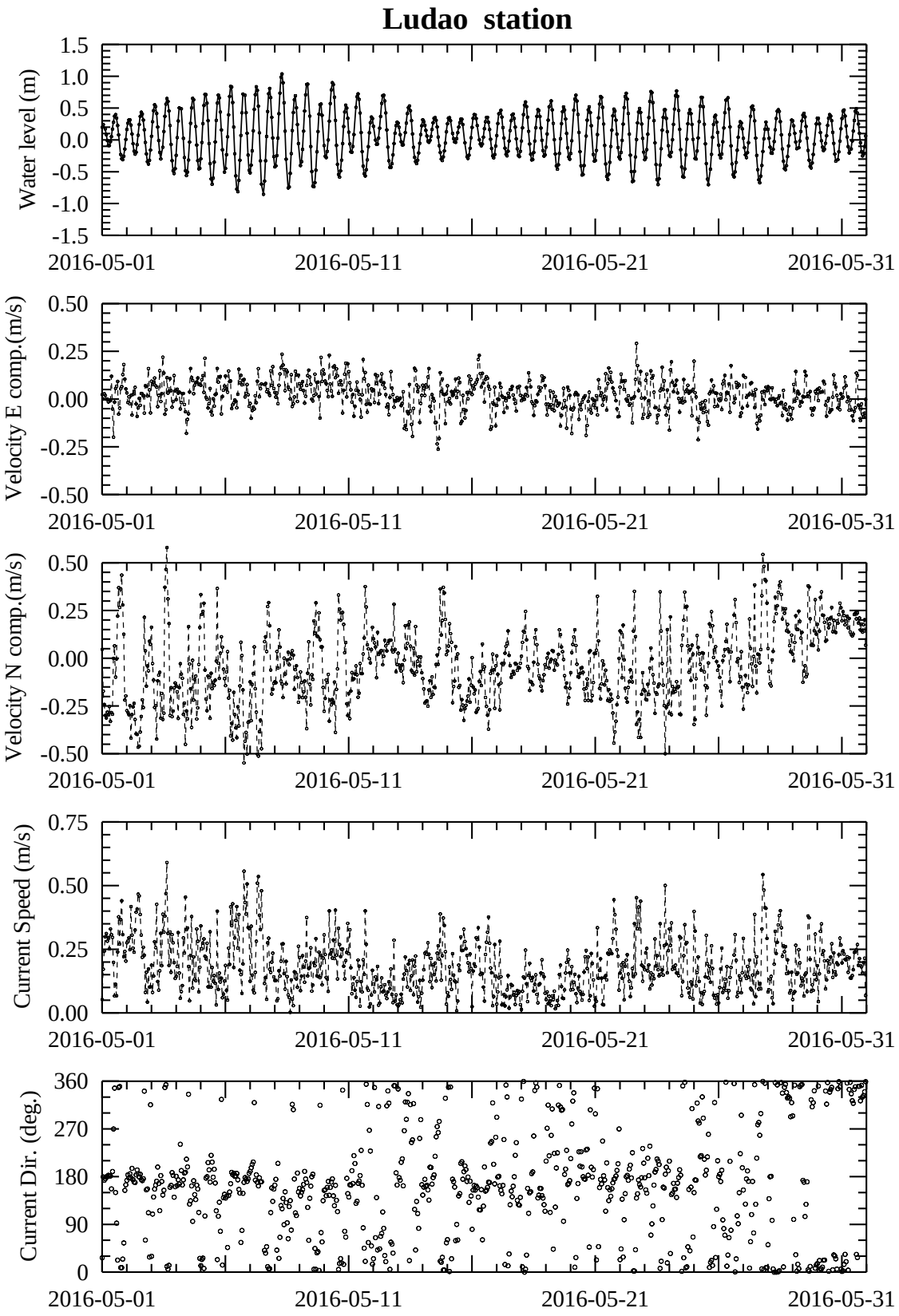
附圖 3.2　(續 1)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



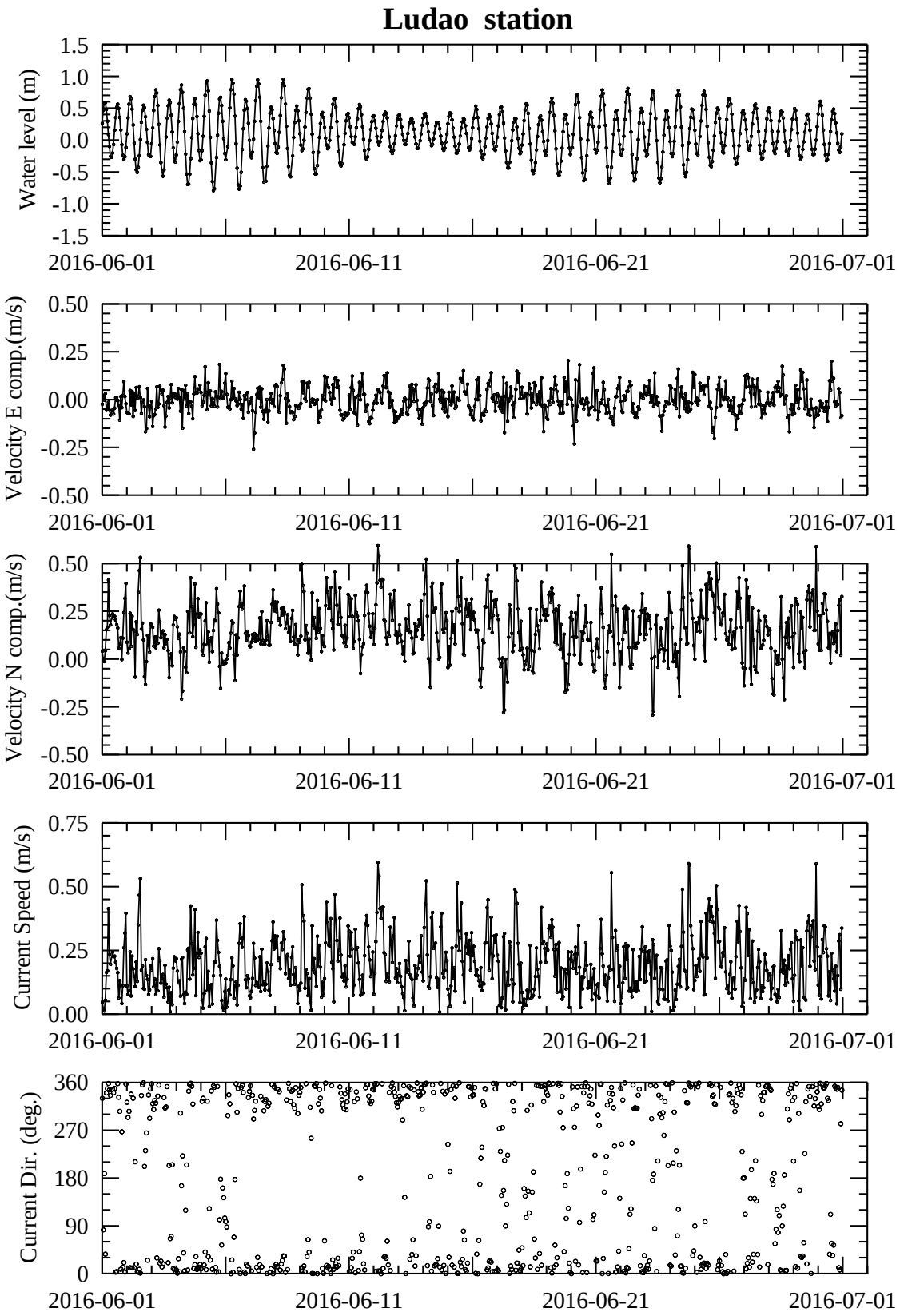
附圖 3.2　(續 2)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



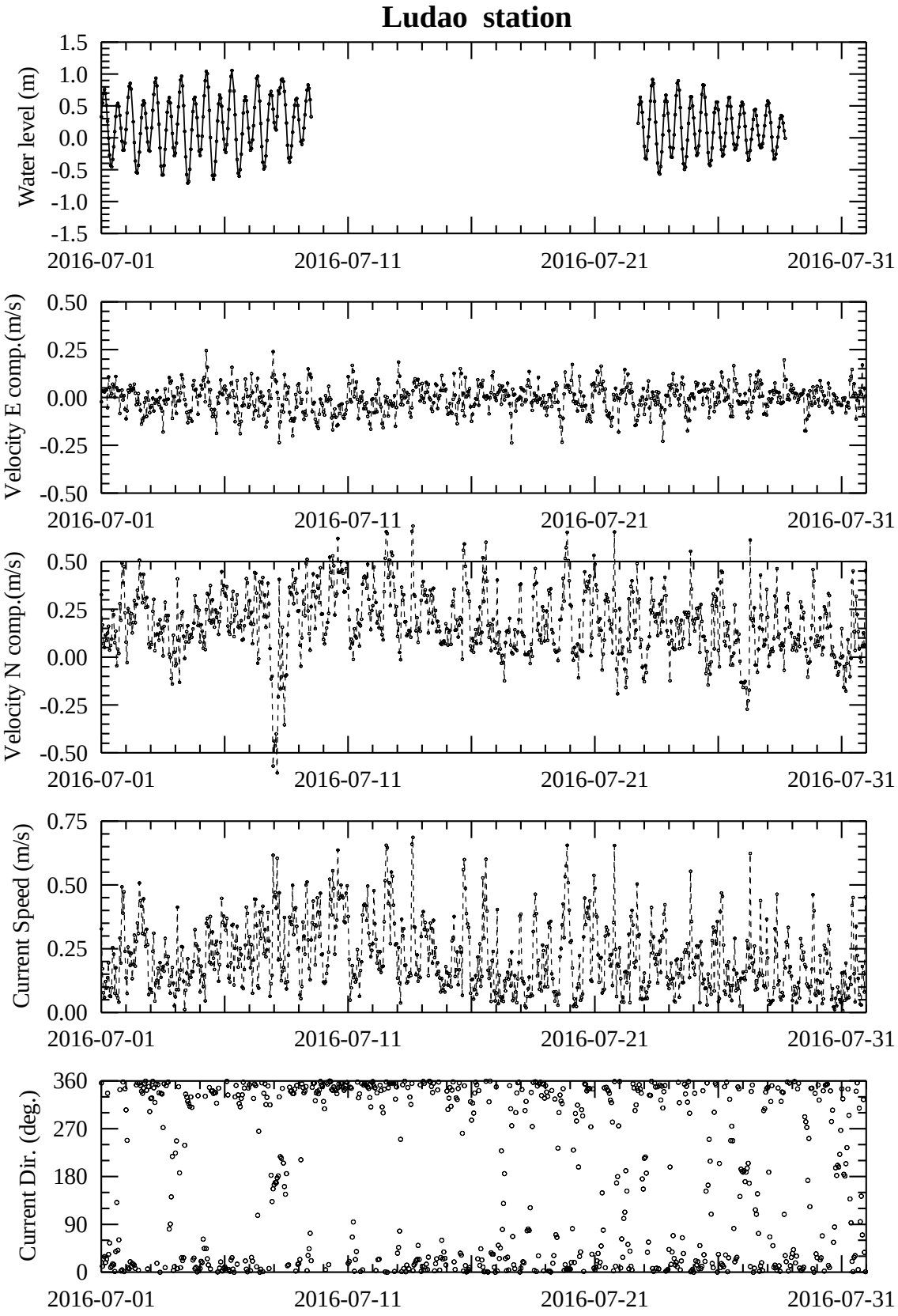
附圖 3.2　(續 3)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



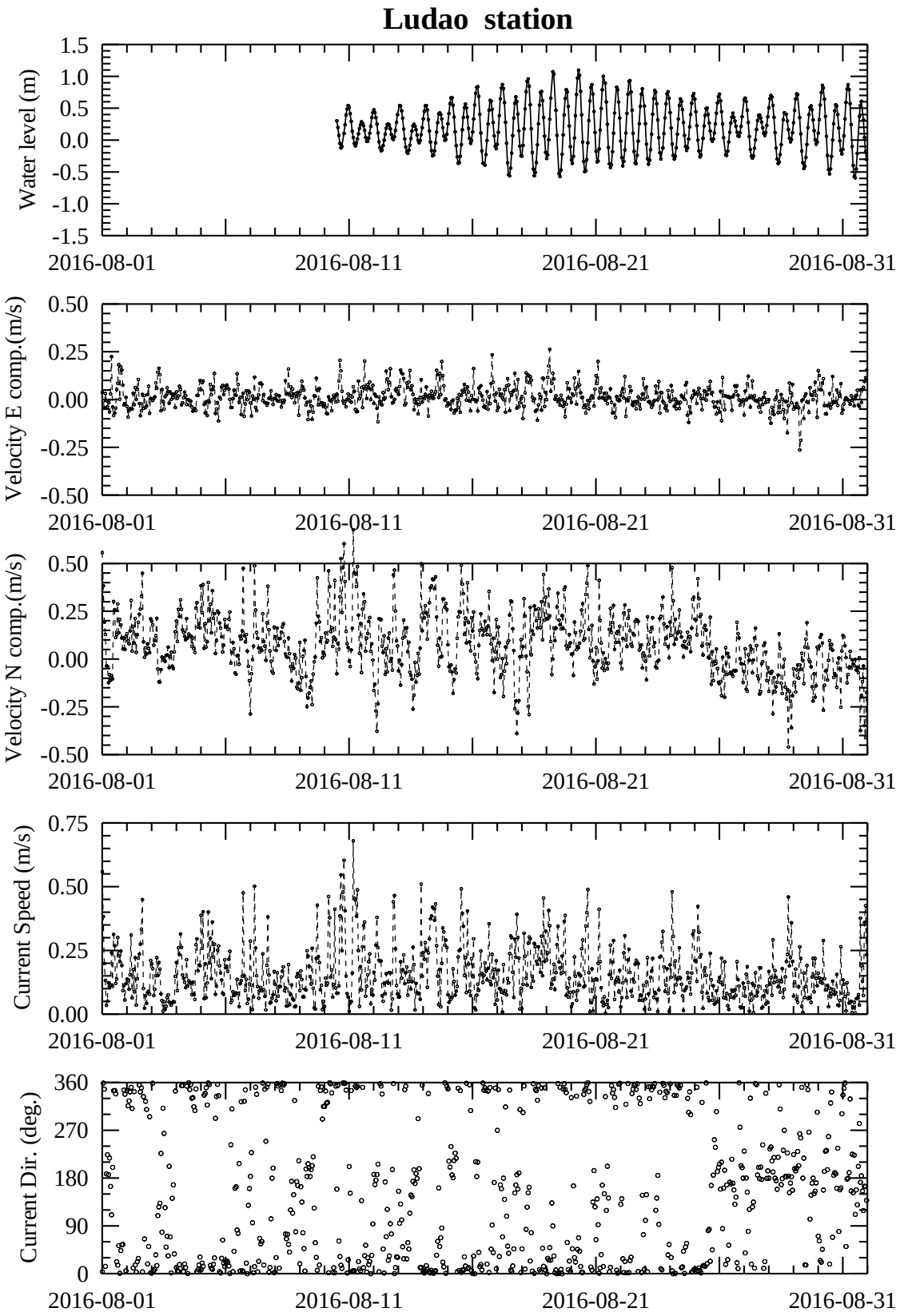
附圖 3.2　(續 4)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



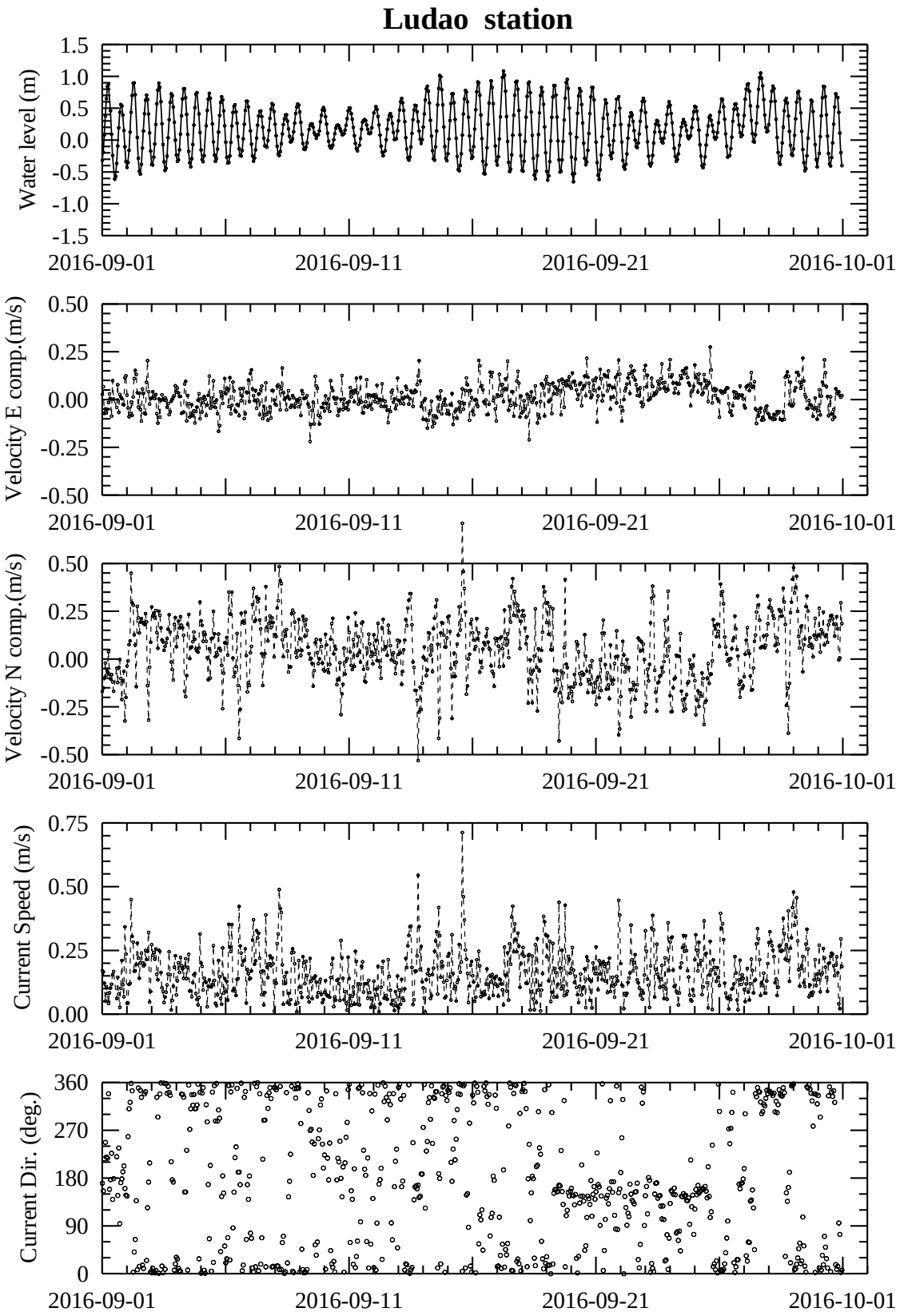
附圖 3.2　(續 5)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



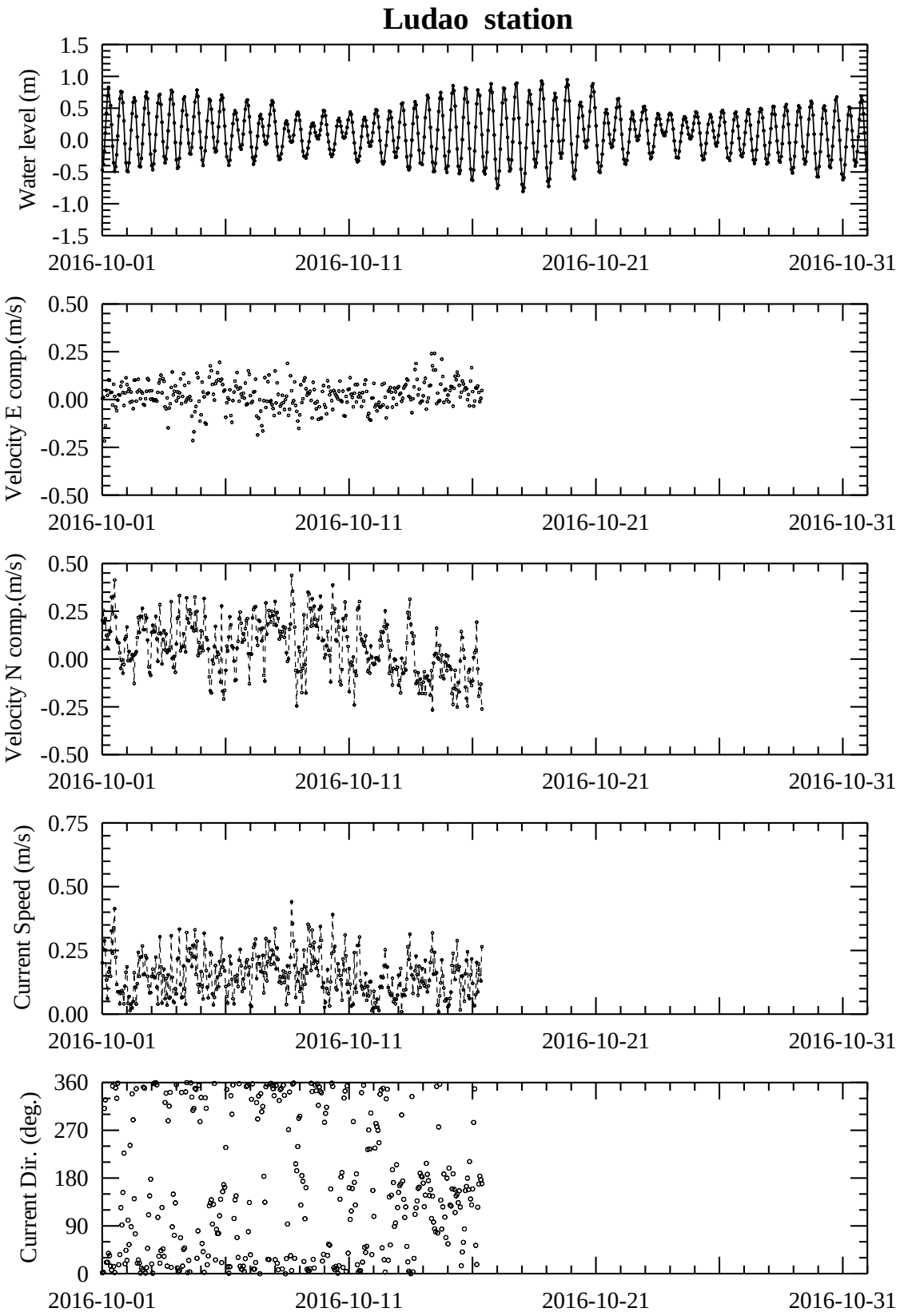
附圖 3.2　(續 6)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



附圖 3.2　(續 7)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



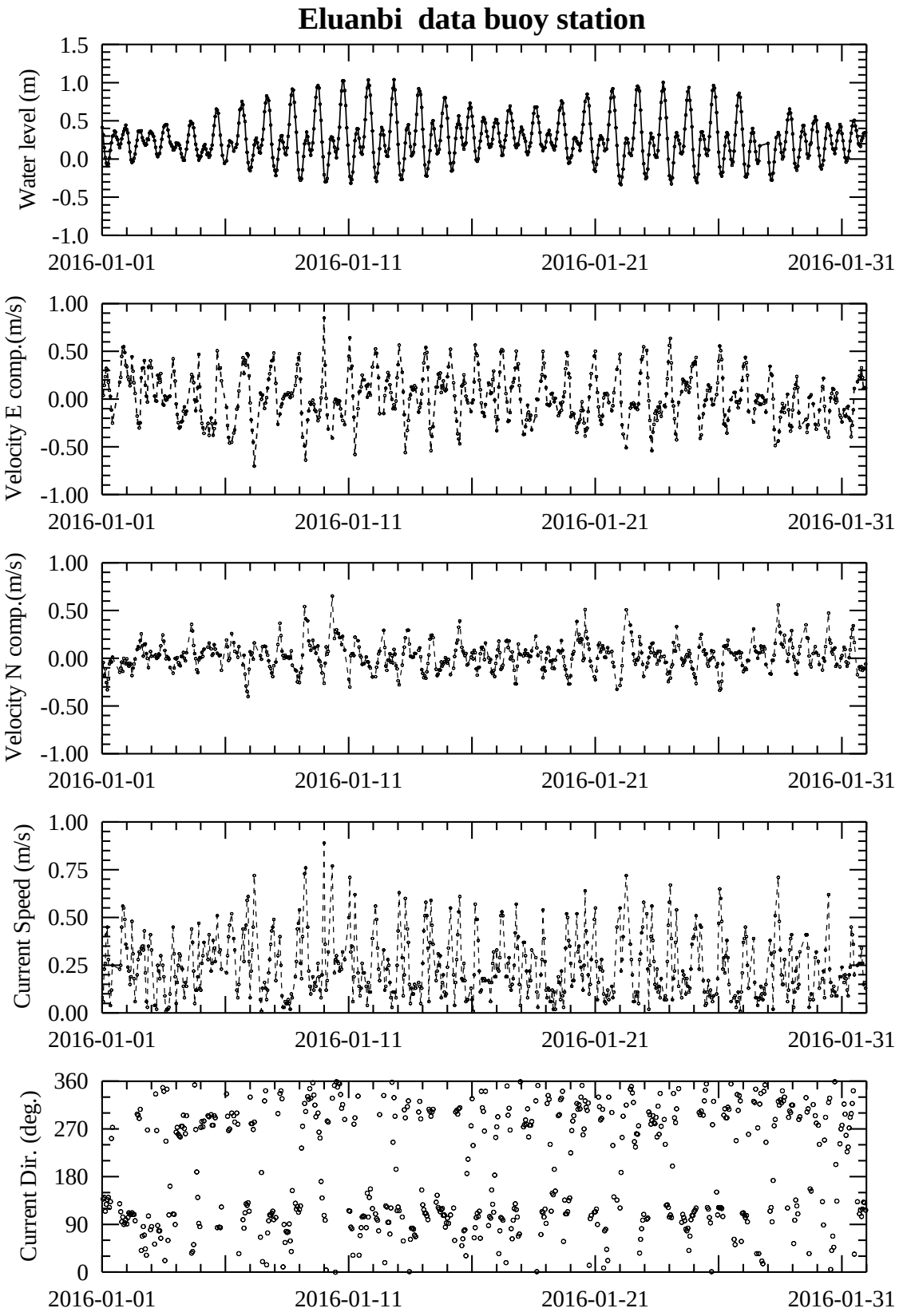
附圖 3.2　(續 8)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖



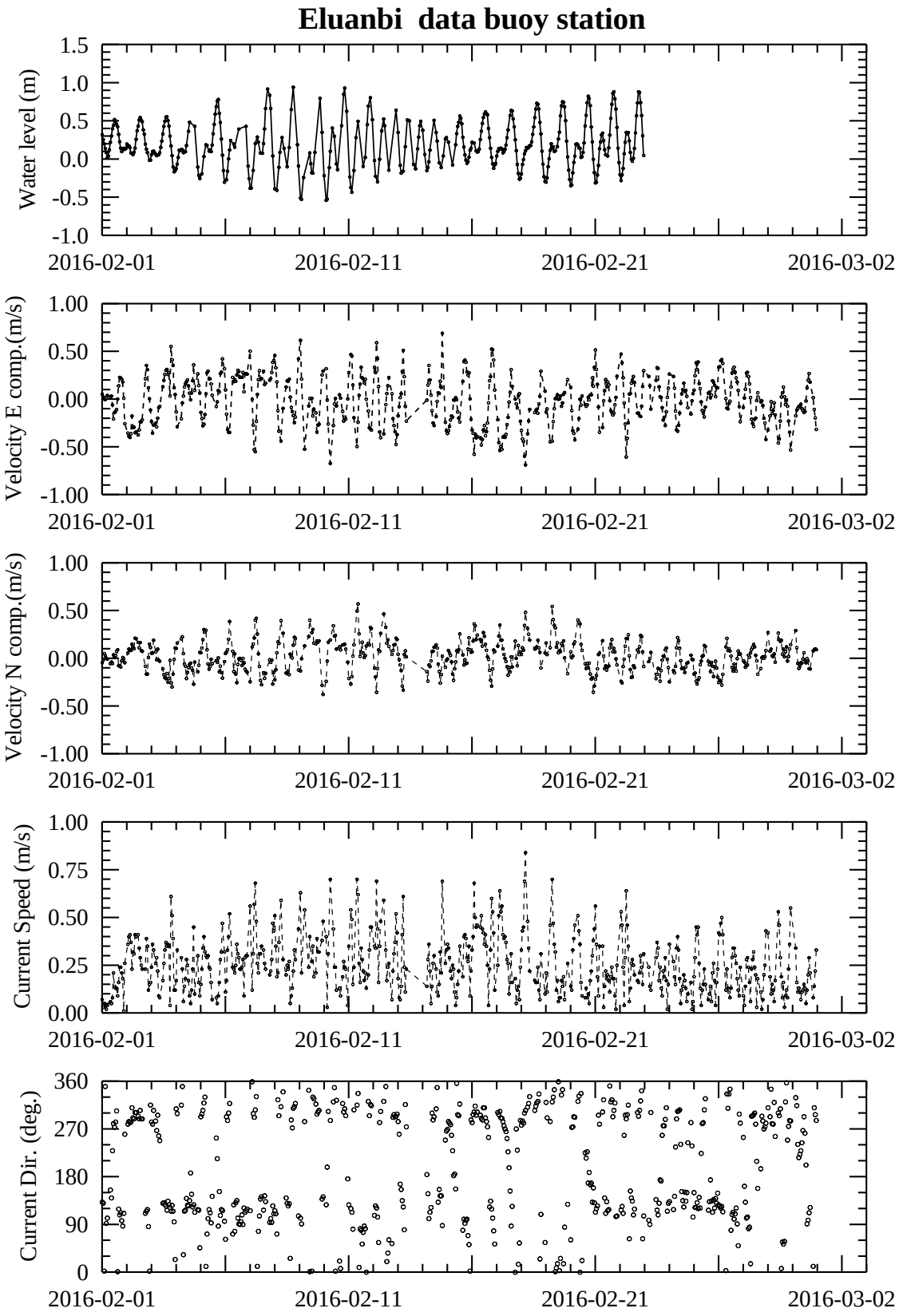
附圖 3.2　(續 9)綠島南寮漁港測站海流觀測資料時序列圖

海流觀測資料

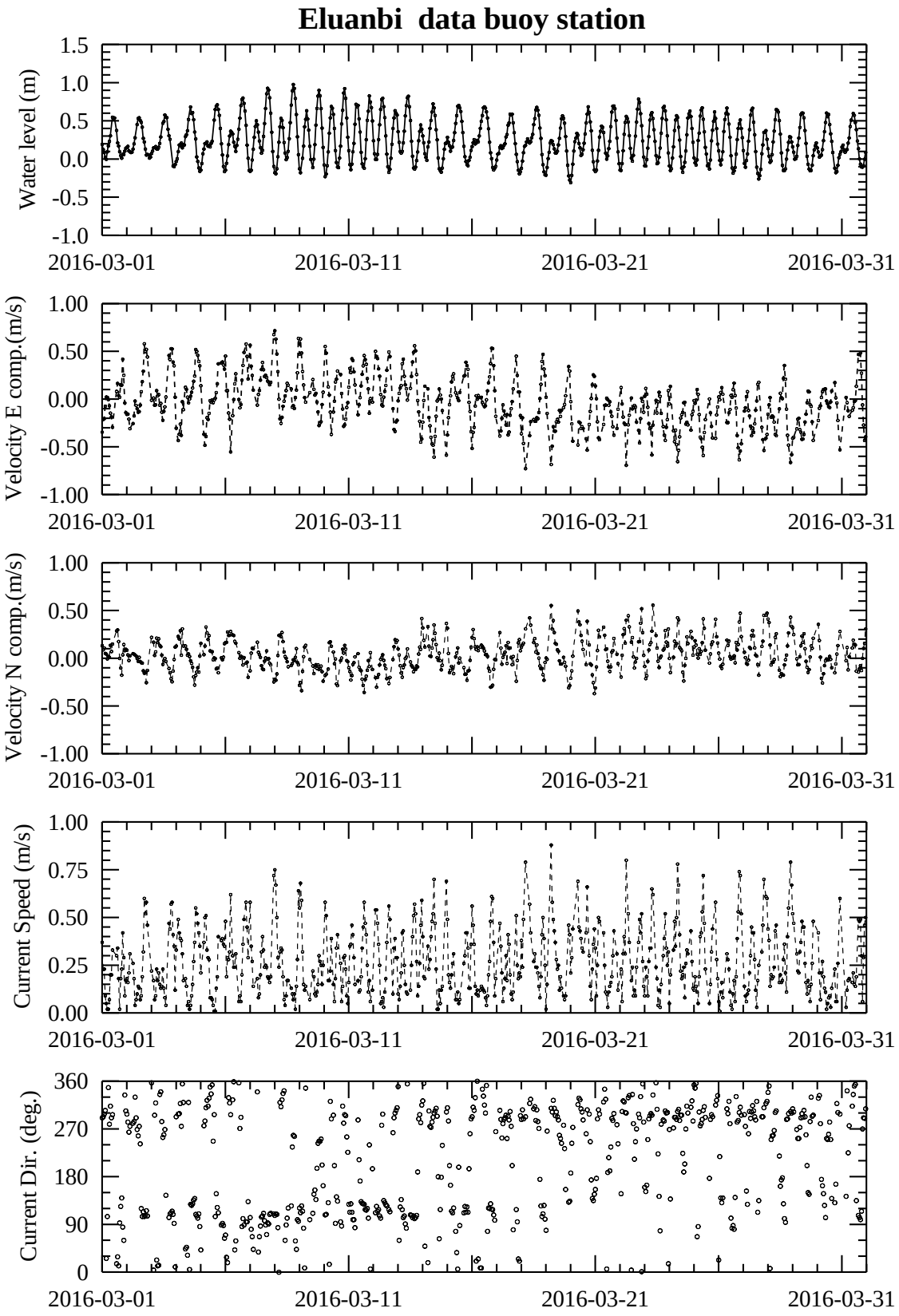
鵝鑾鼻資料浮標測站(水利署)



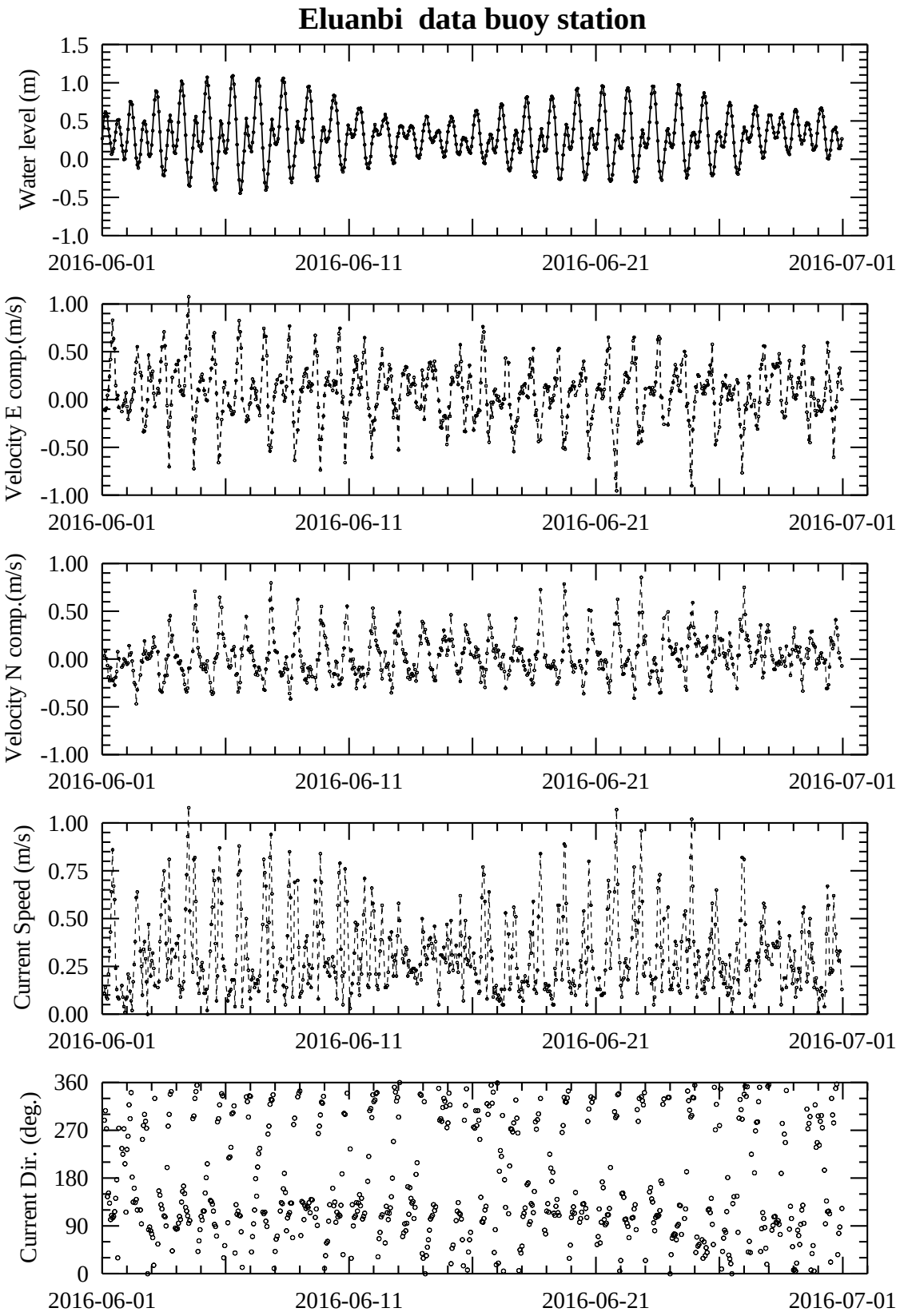
附圖 3.3　鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



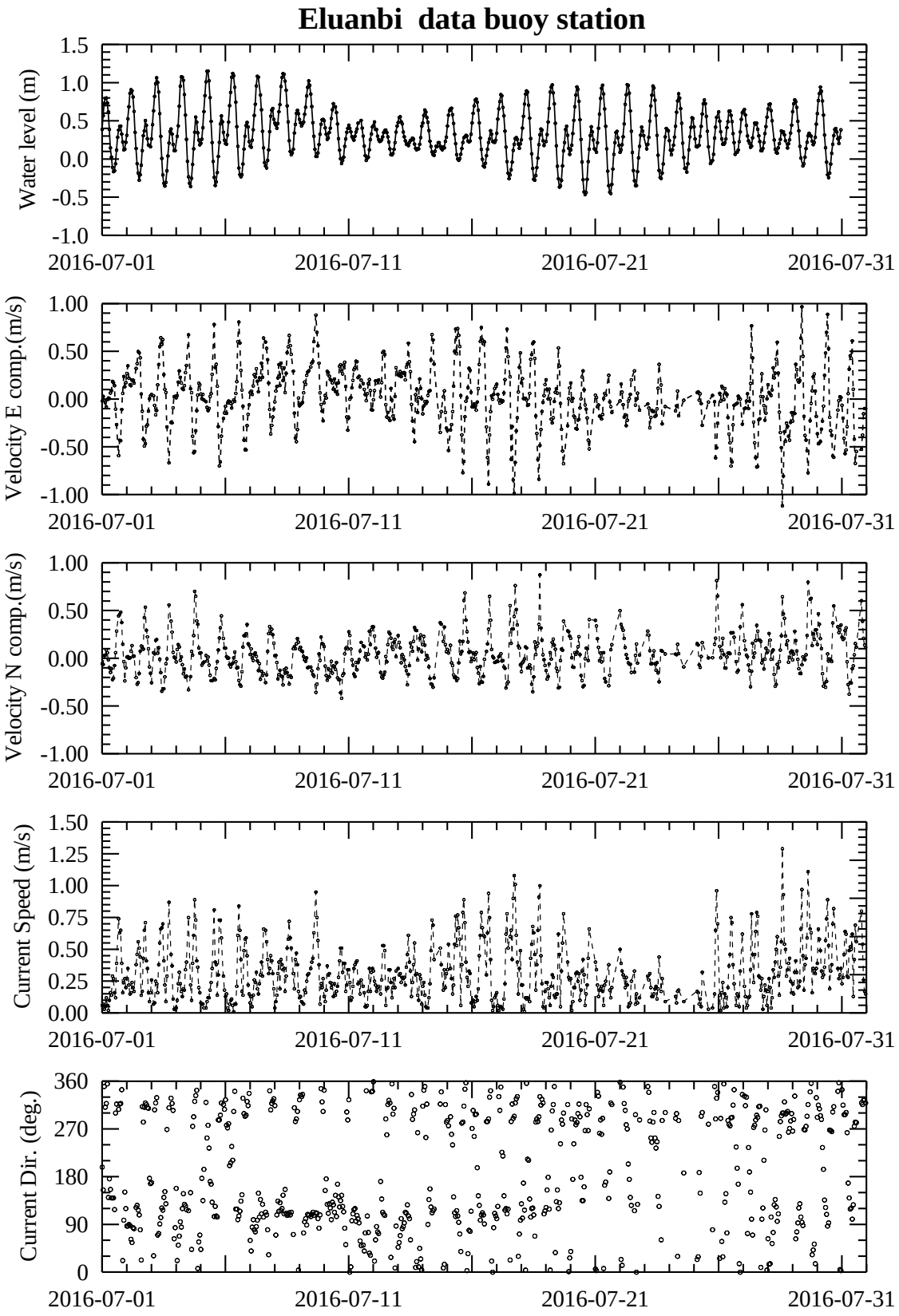
附圖 3.3　(續 1)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



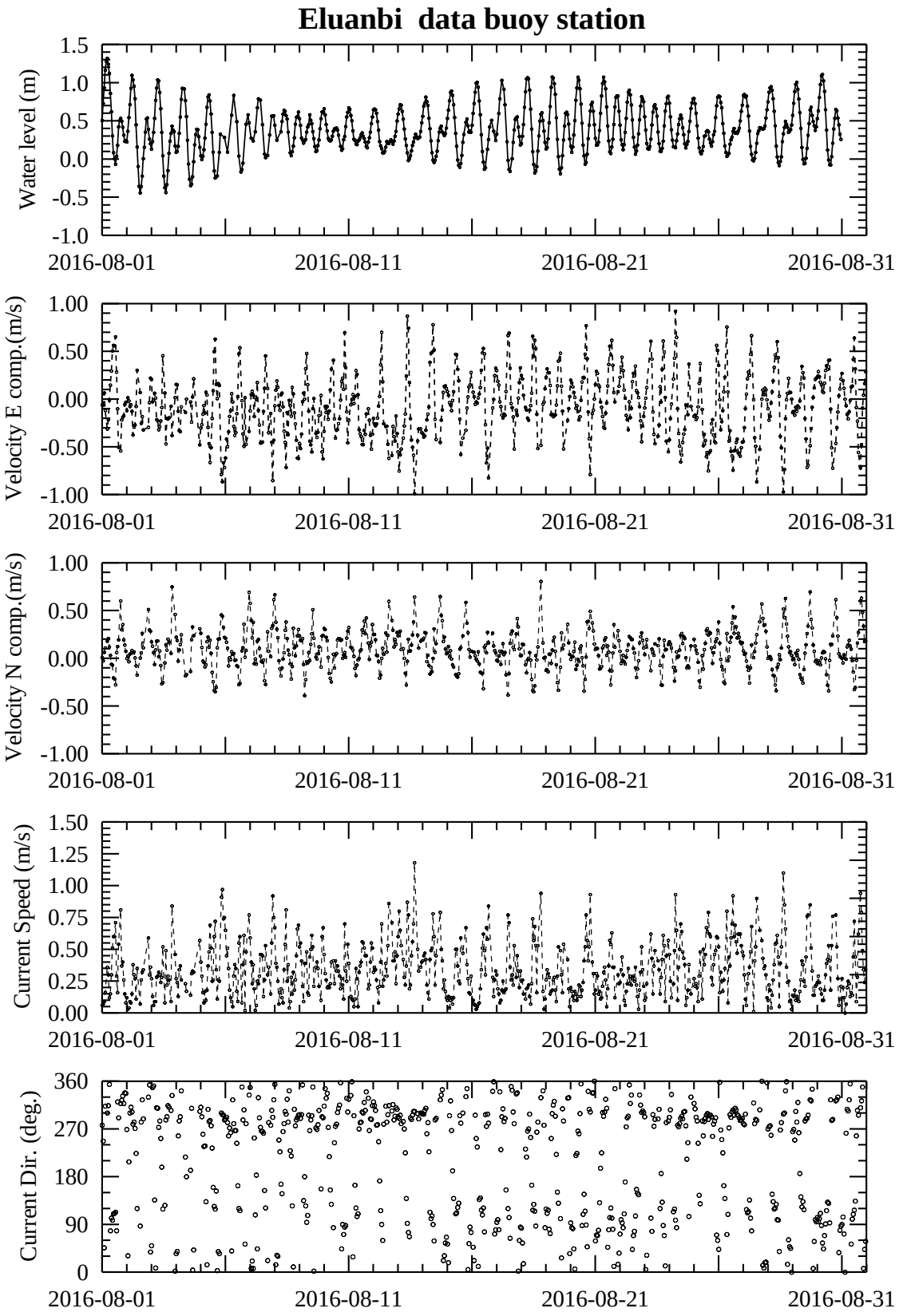
附圖 3.3　(續 2)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



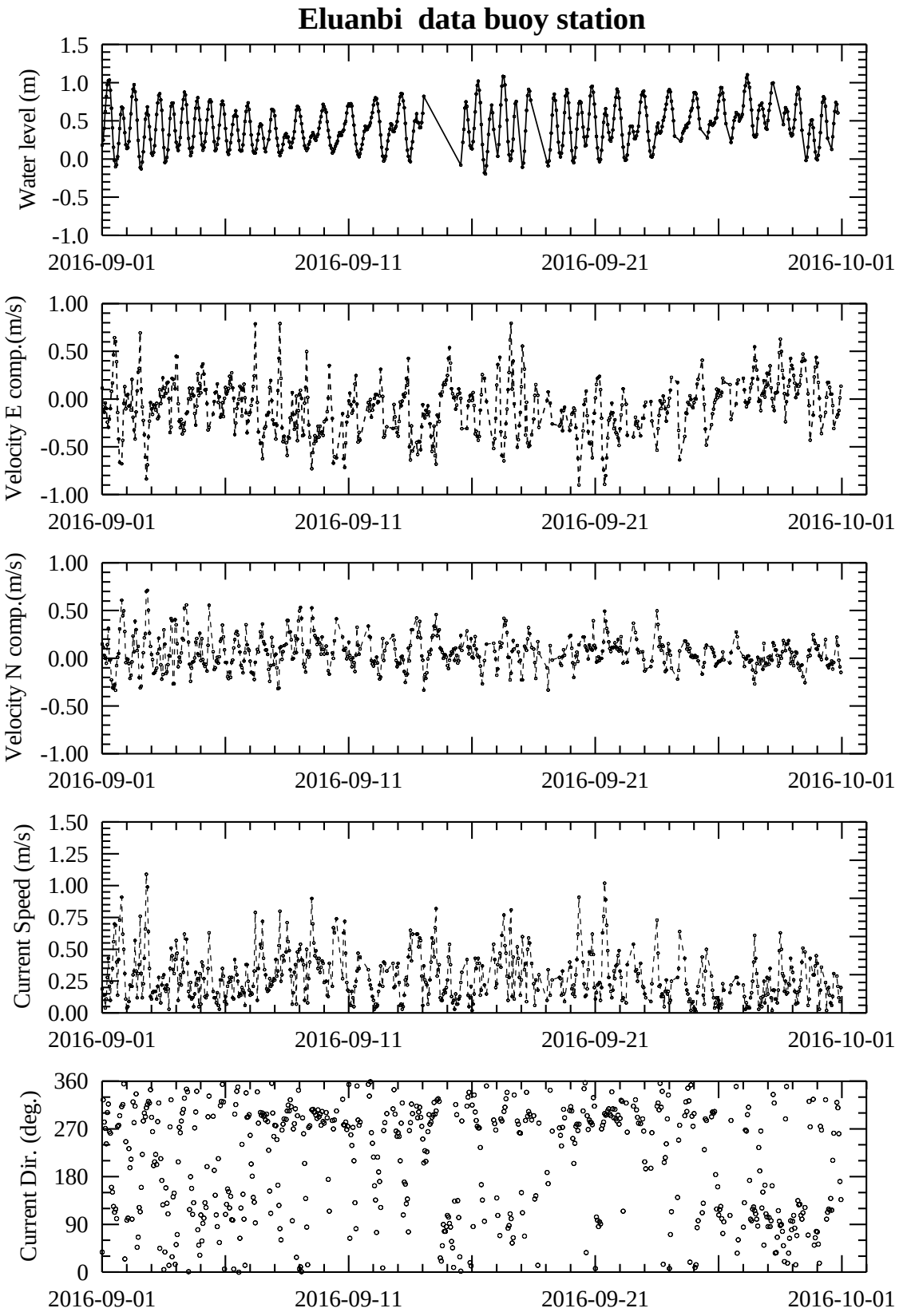
附圖 3.3　(續 3)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



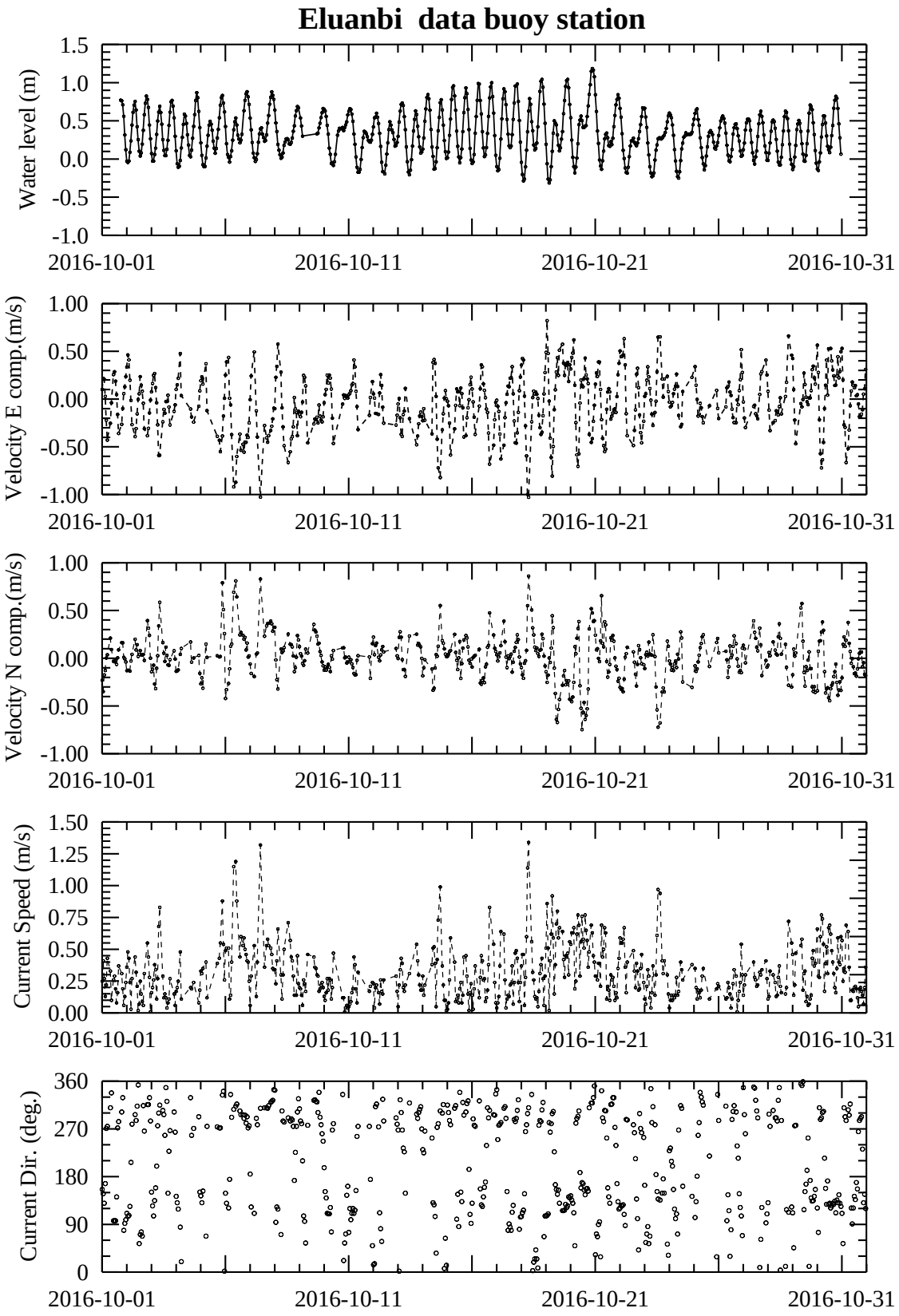
附圖 3.3　(續 4)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



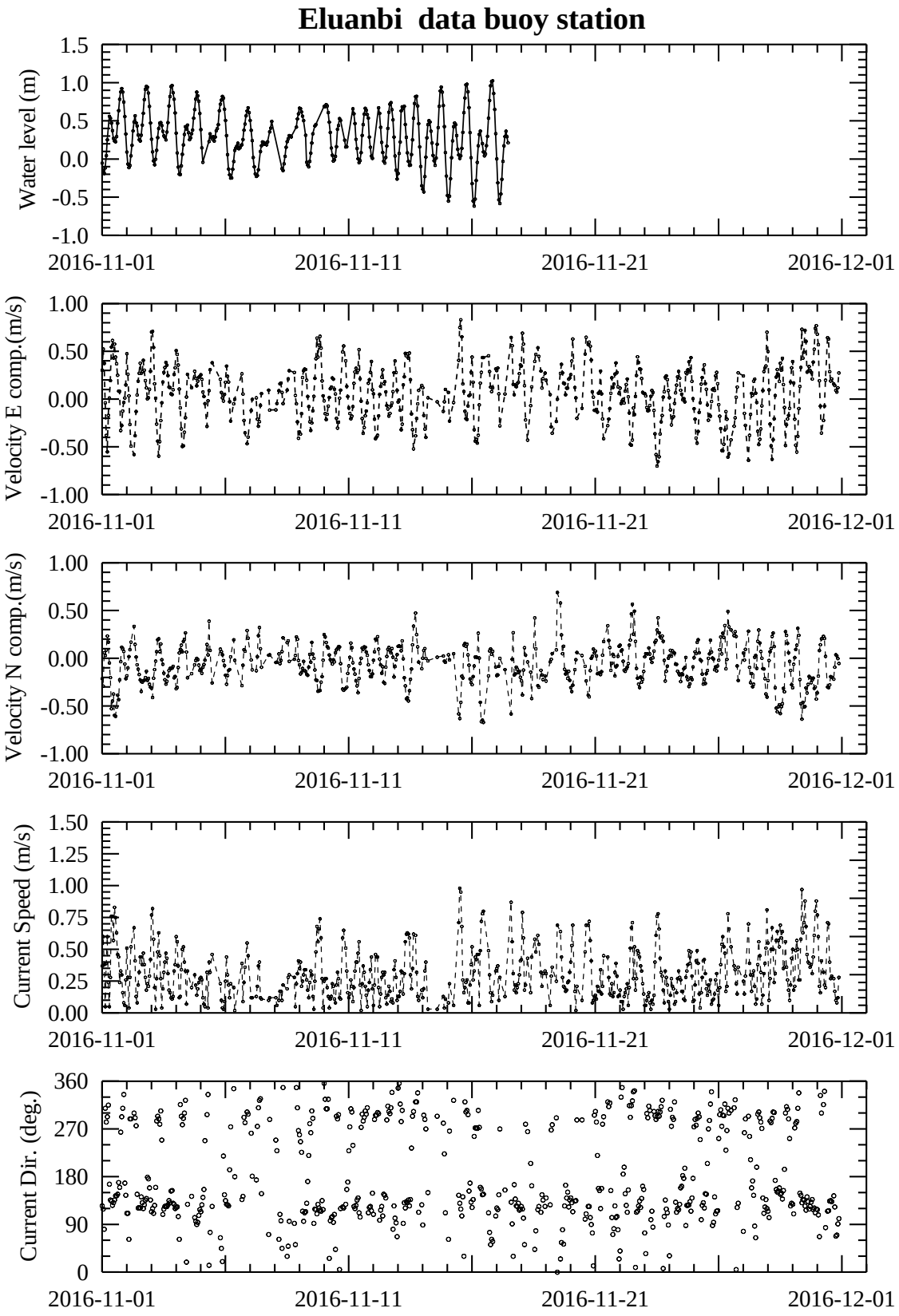
附圖 3.3　(續 5)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



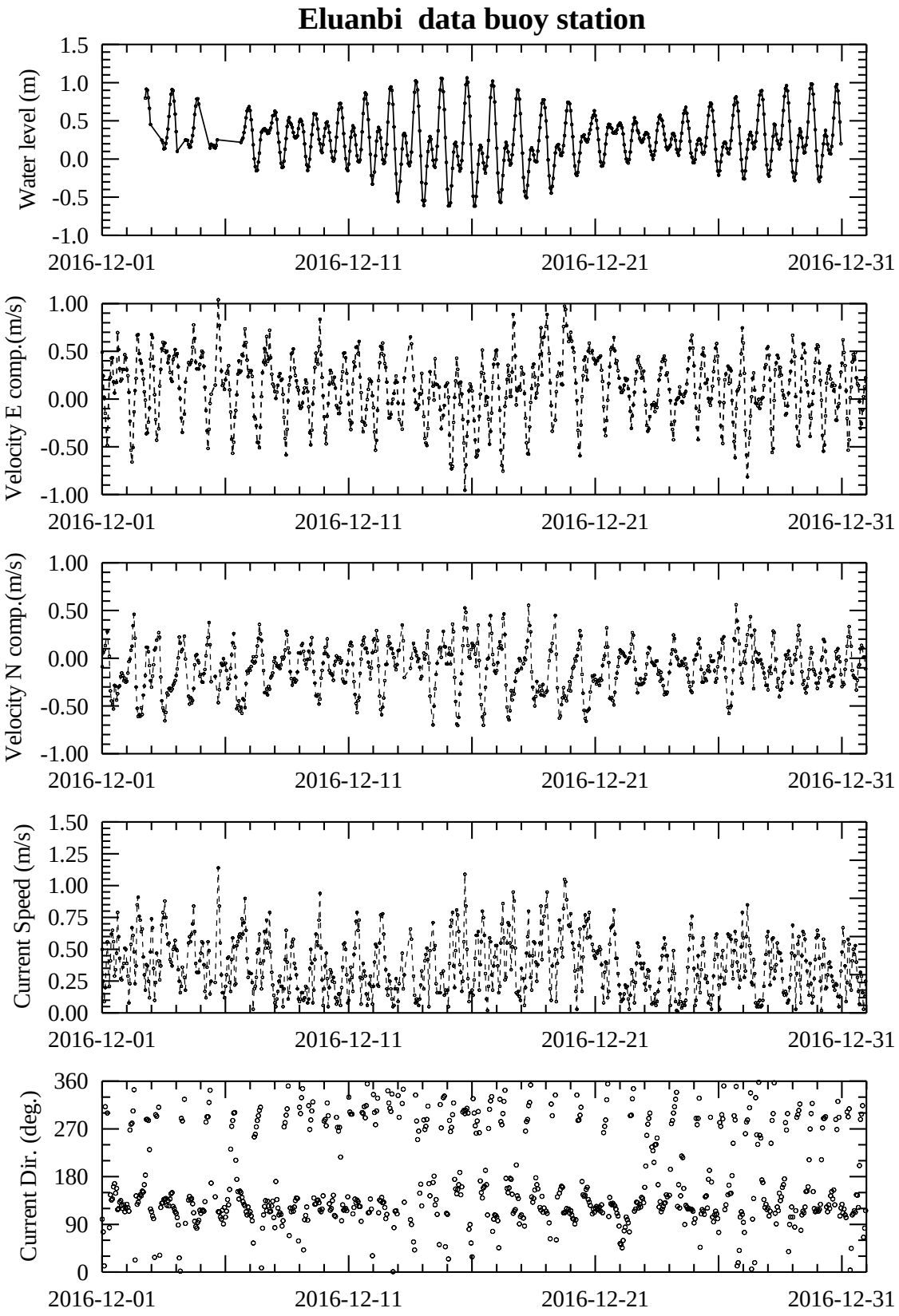
附圖 3.3　(續 6)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



附圖 3.3　(續 7)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖



附圖 3.3　(續 8)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖

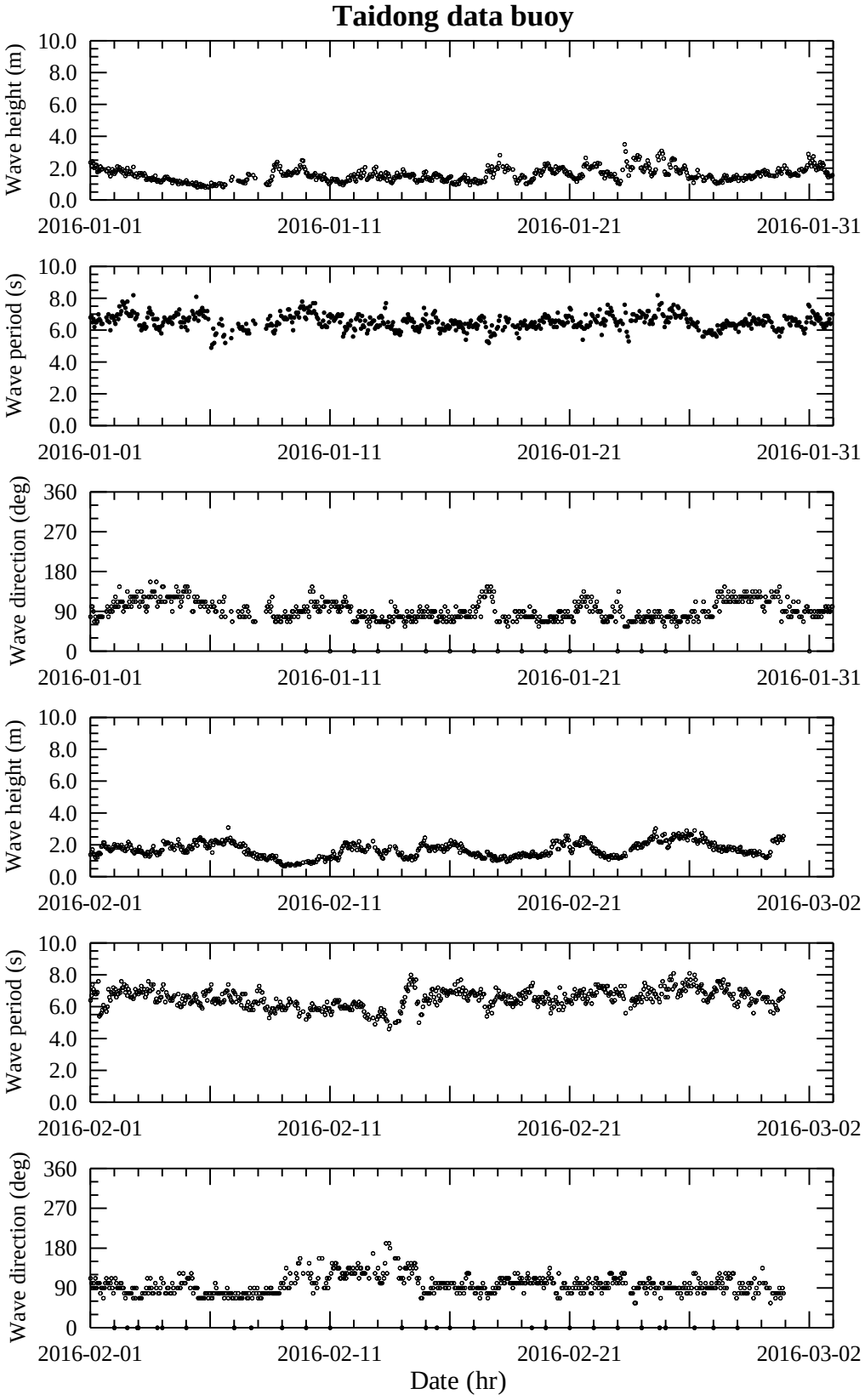


附圖 3.3　(續 9)鵝鑾鼻資料浮標測站海流觀測資料時序列圖

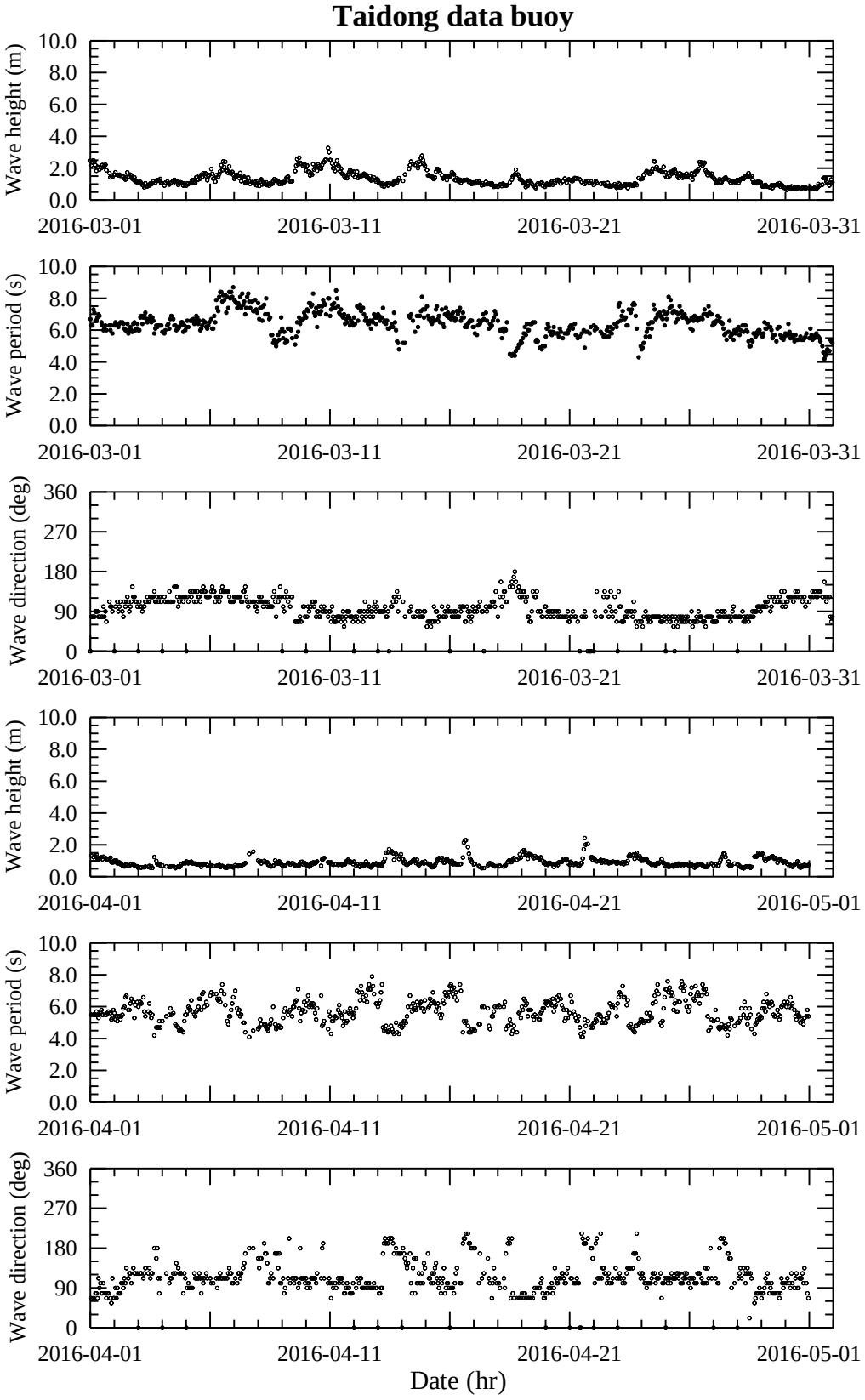
附錄四

波浪觀測資料

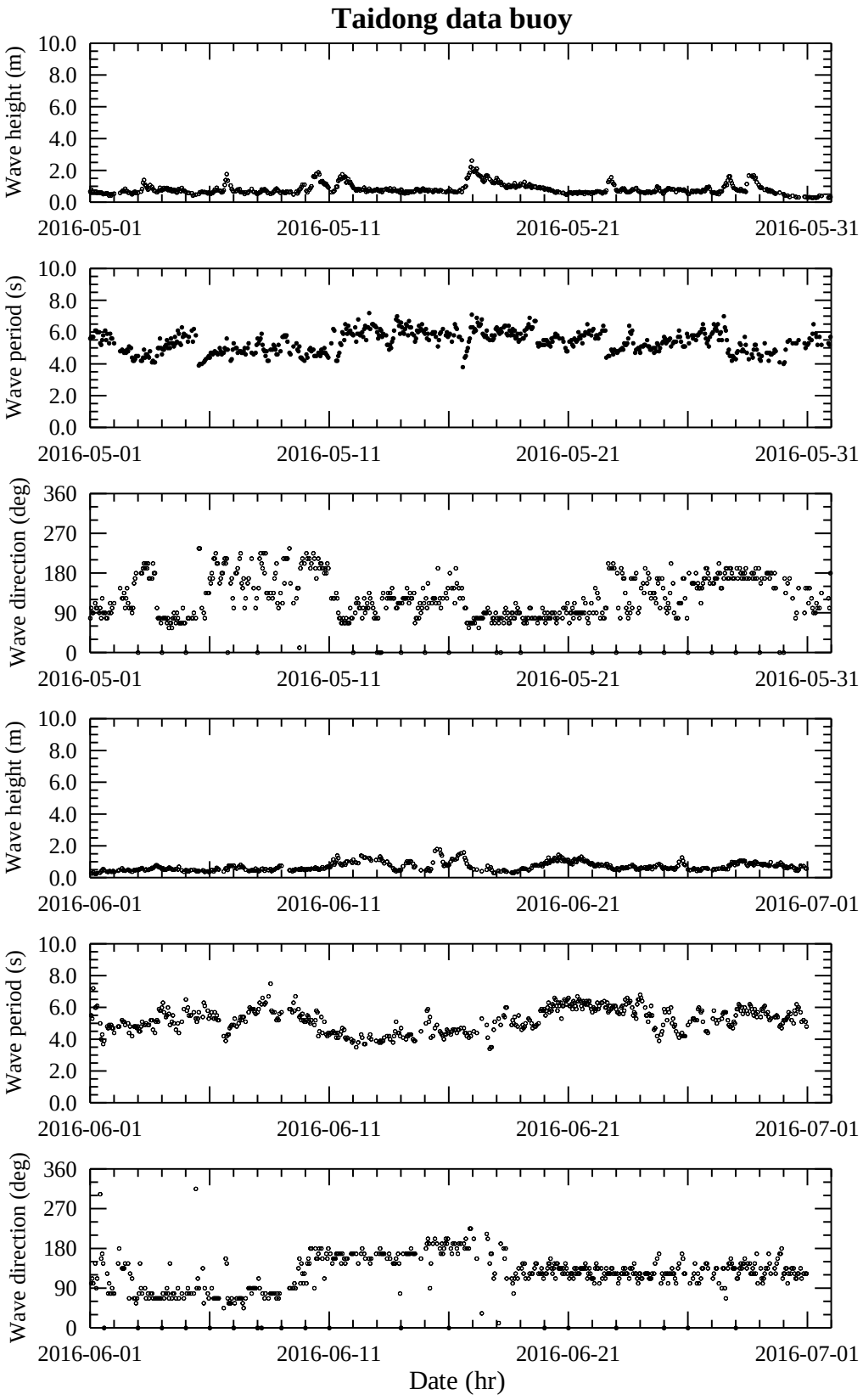
臺東資料浮標(水利署)



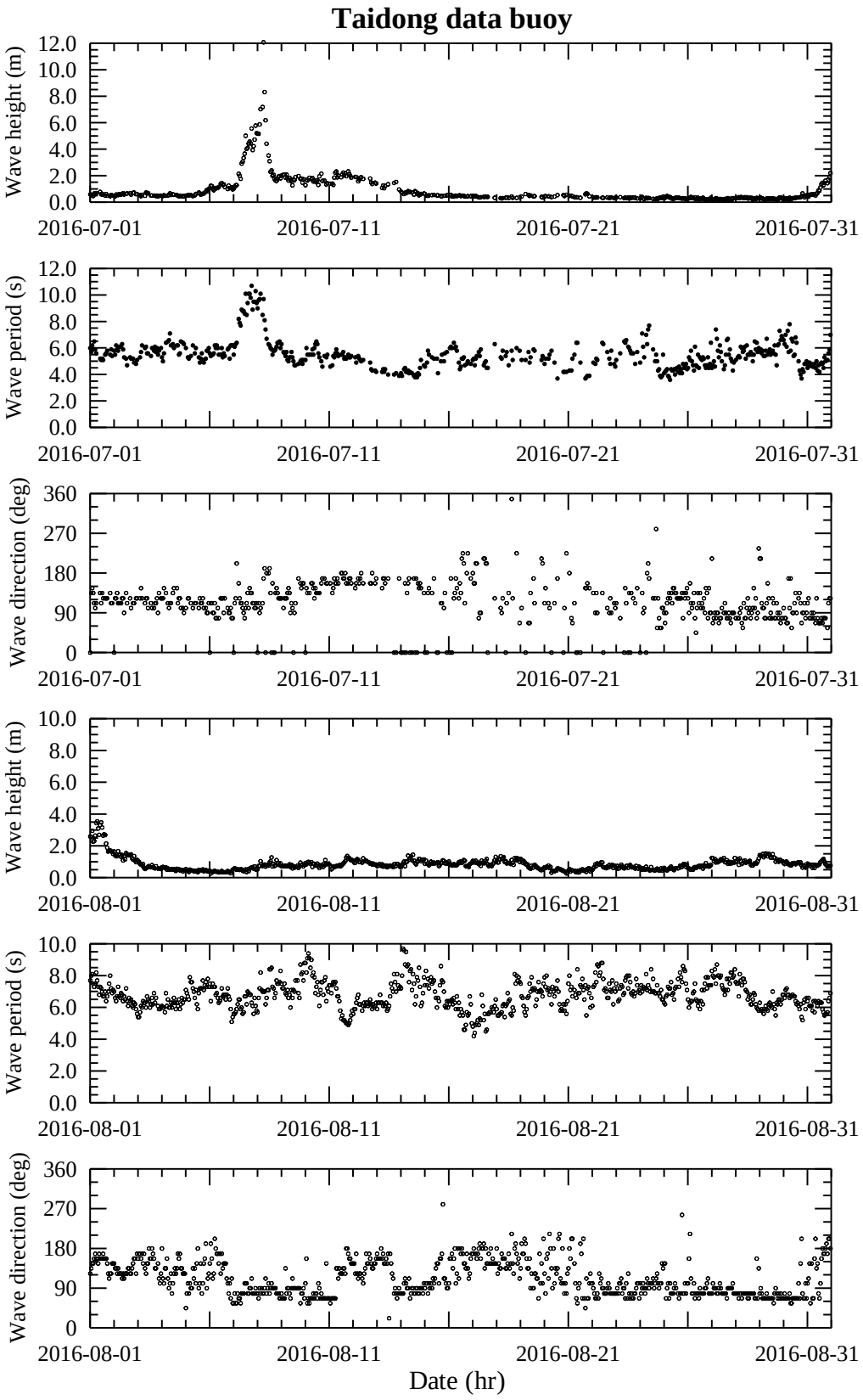
附圖 4.1　臺東資料浮標波浪觀測資料時序列圖



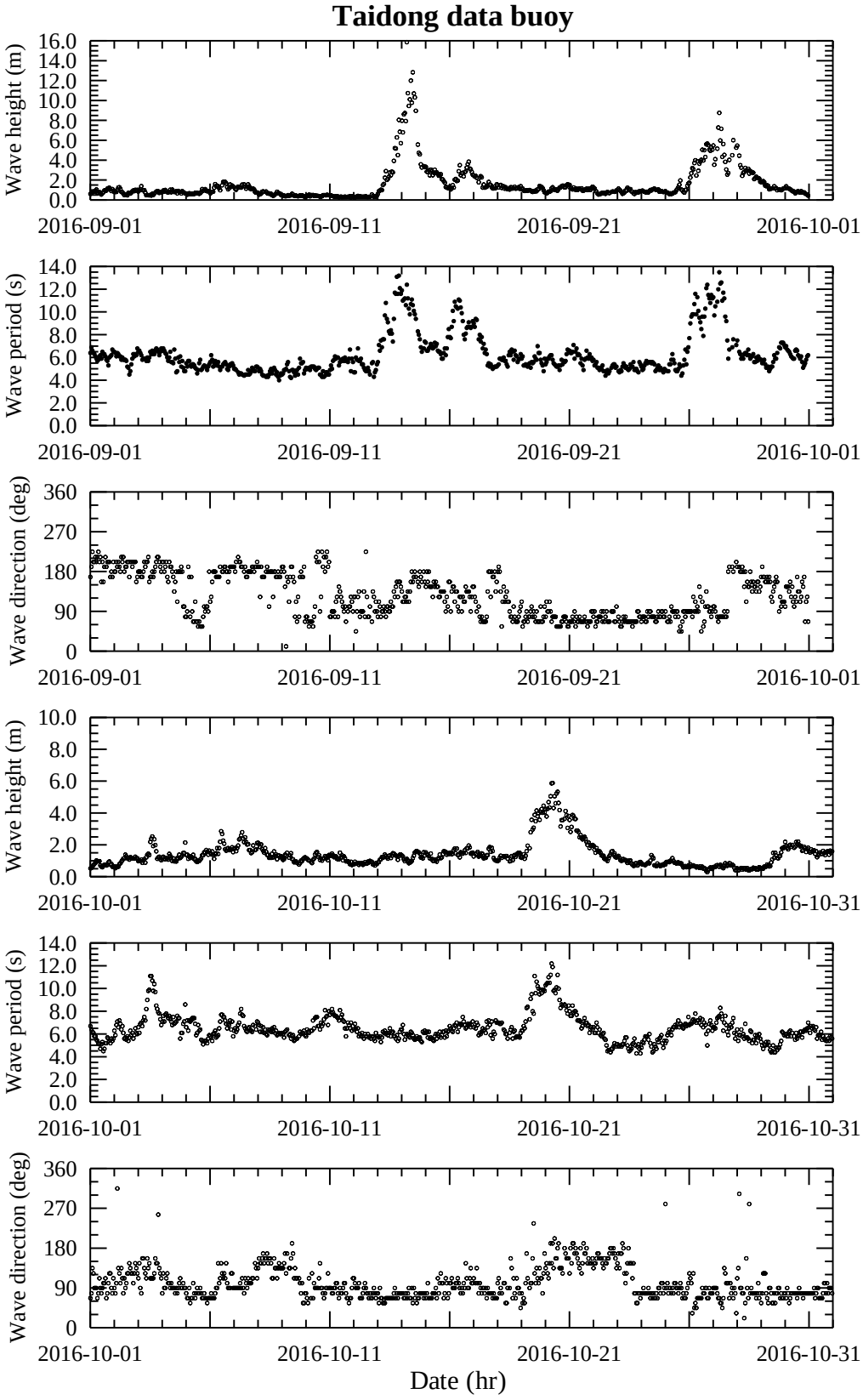
附圖 4.1　(續 1)臺東資料浮標波浪觀測資料時序列圖



附圖 4.1　(續 2)臺東資料浮標波浪觀測資料時序列圖



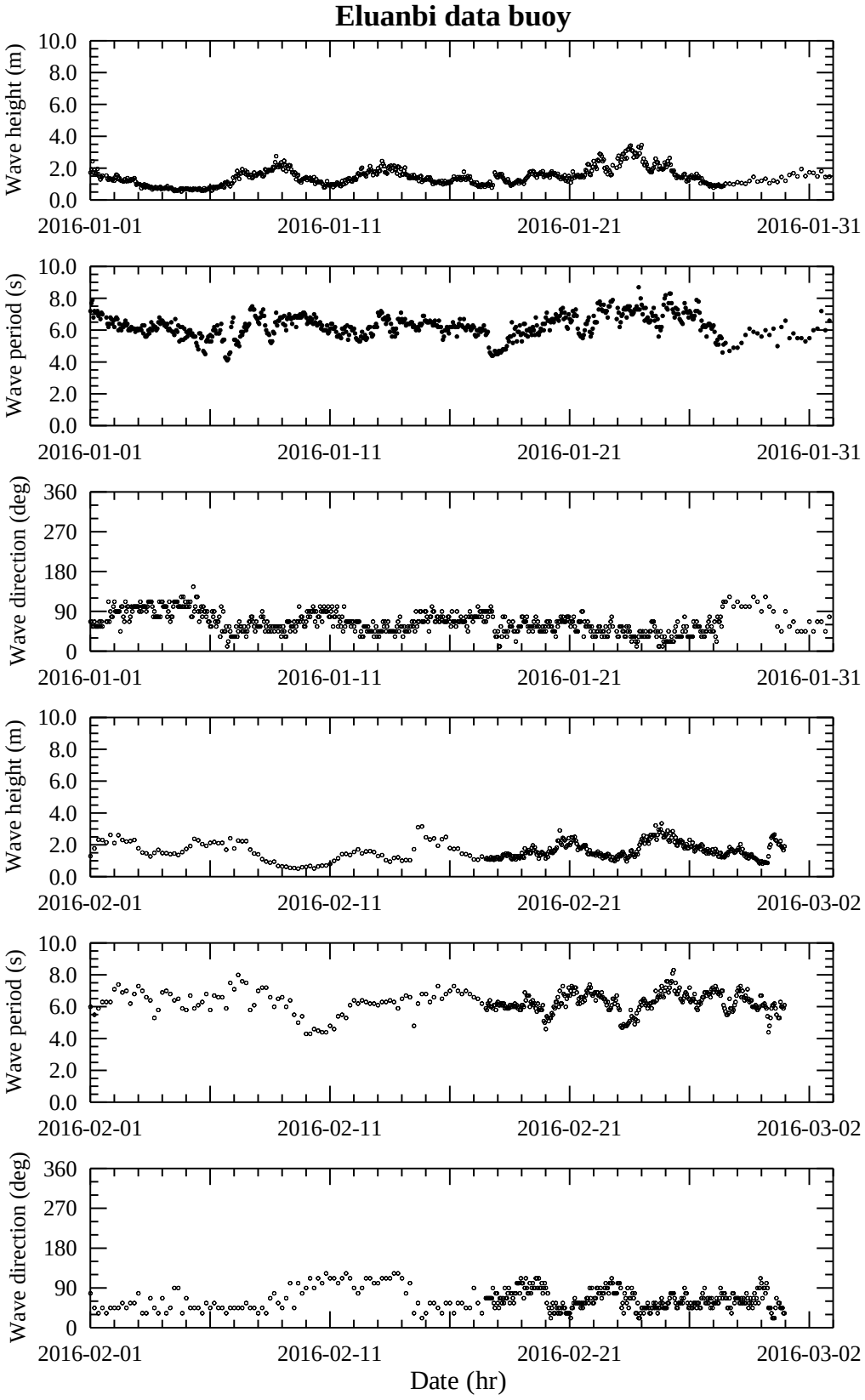
附圖 4.1　(續 3)臺東資料浮標波浪觀測資料時序列圖



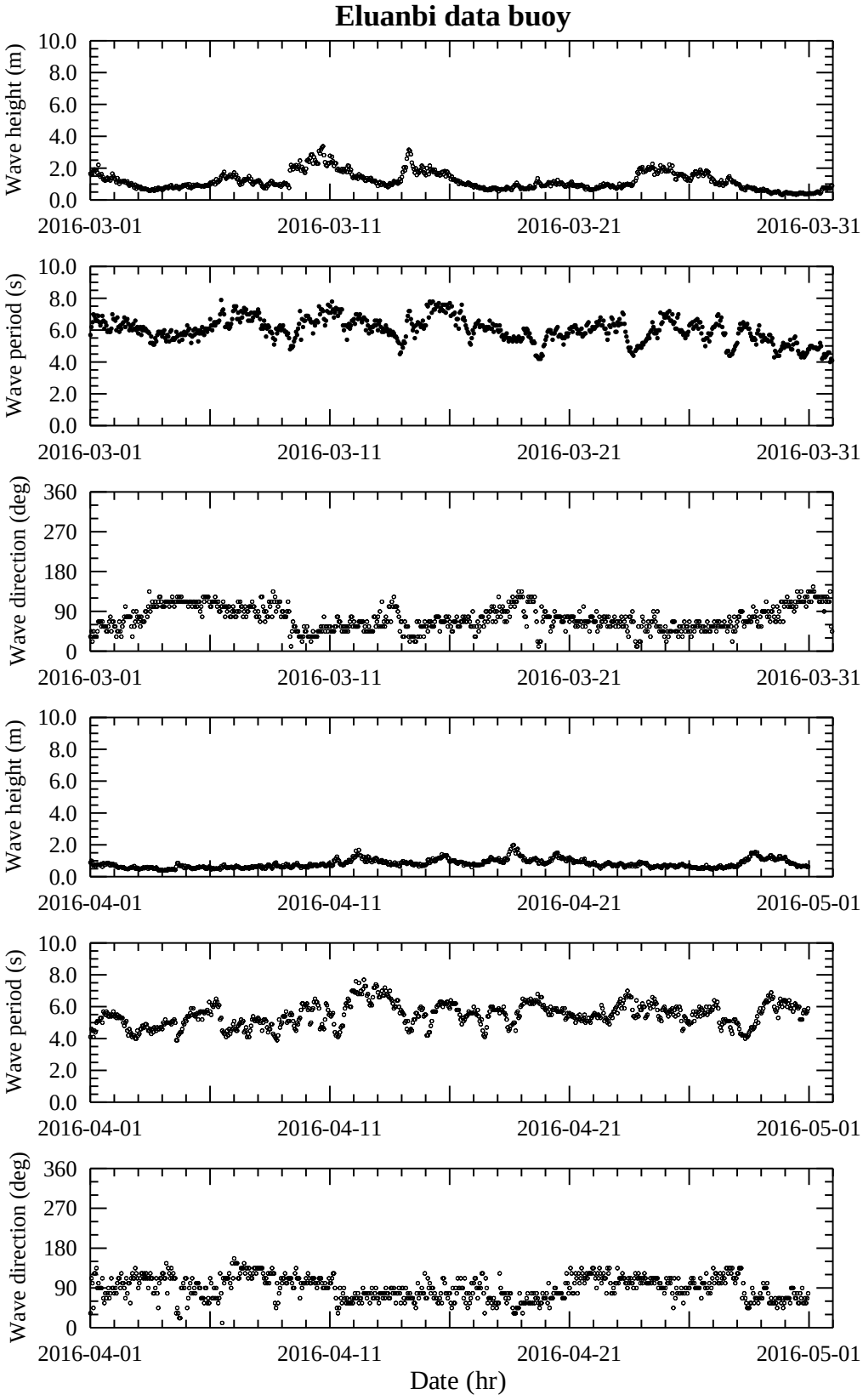
附圖 4.1　(續 4)臺東資料浮標波浪觀測資料時序列圖

波浪觀測資料

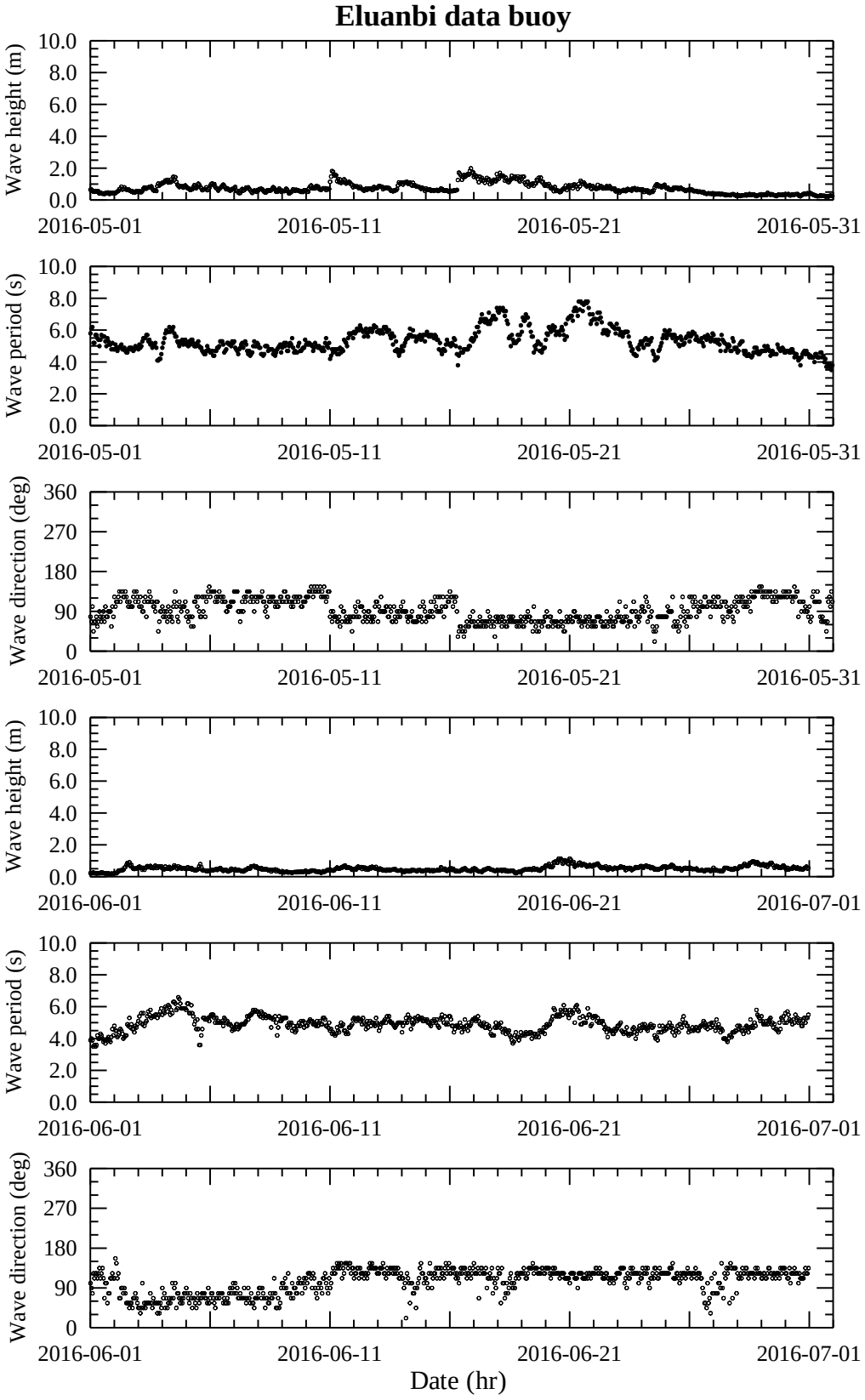
鵝鑾鼻資料浮標測站(水利署)



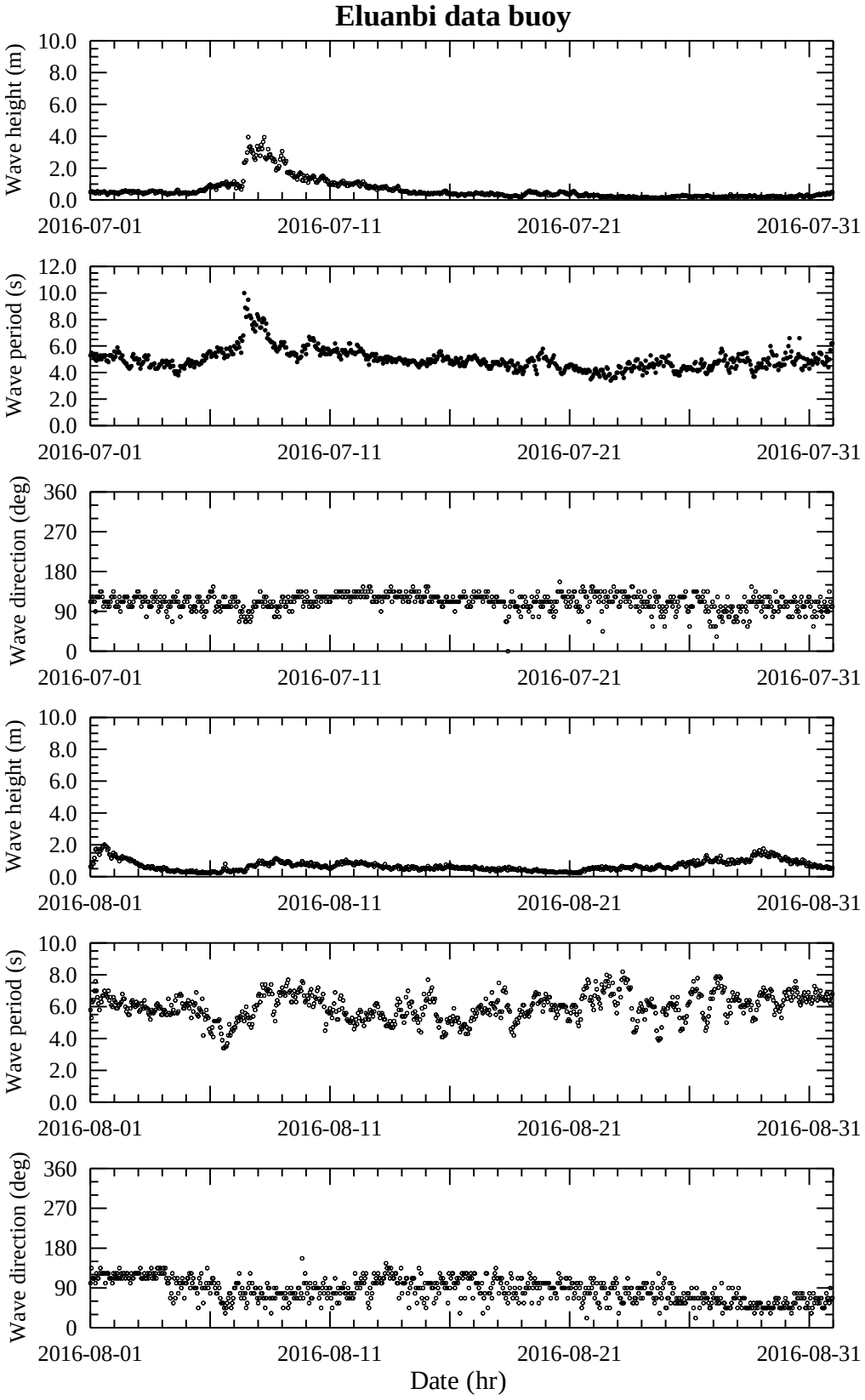
附圖 4.2　鵝鑾鼻資料浮標波浪觀測資料時序列圖



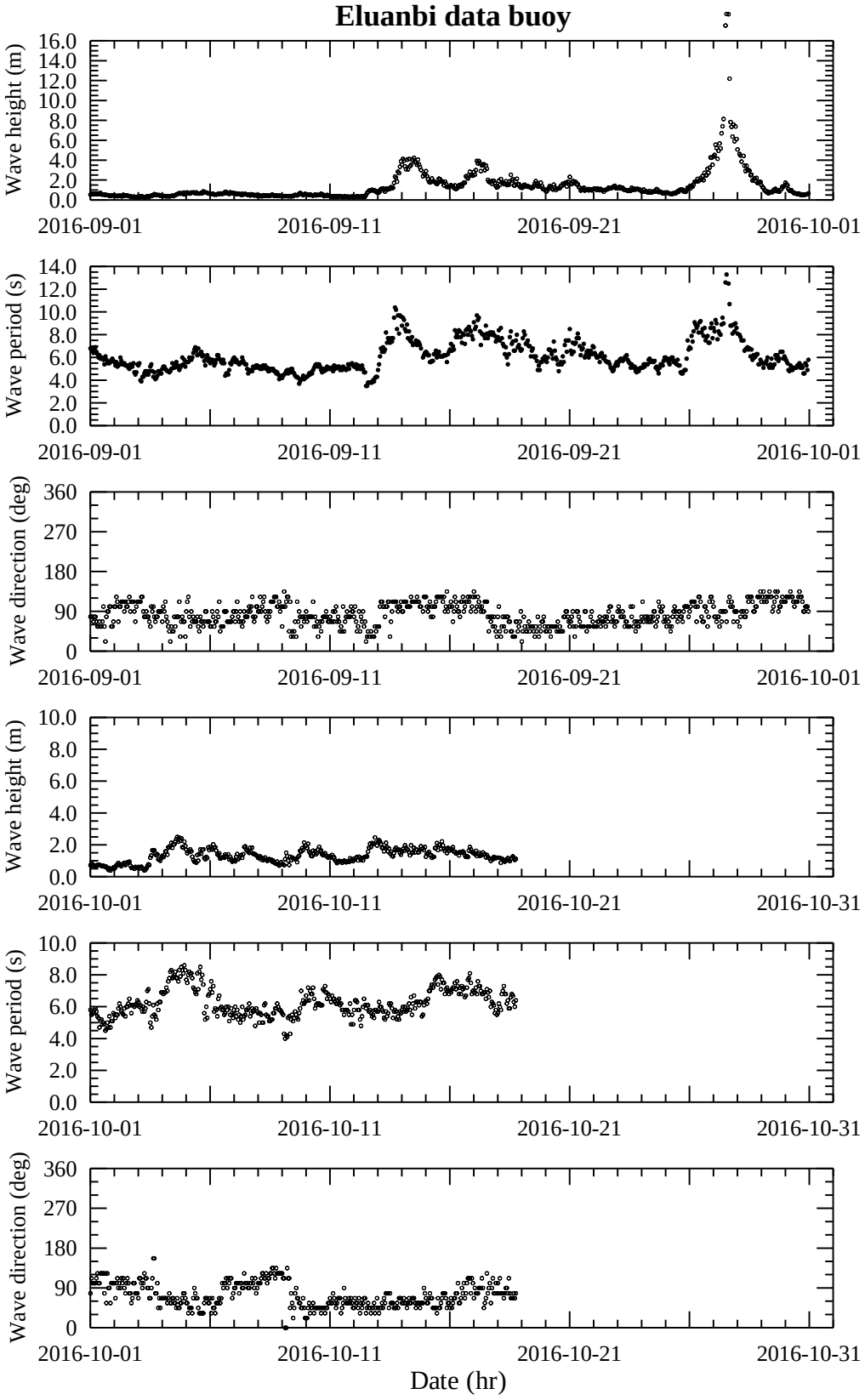
附圖 4.2　(續 1)鵝鑾鼻資料浮標波浪觀測資料時序列圖



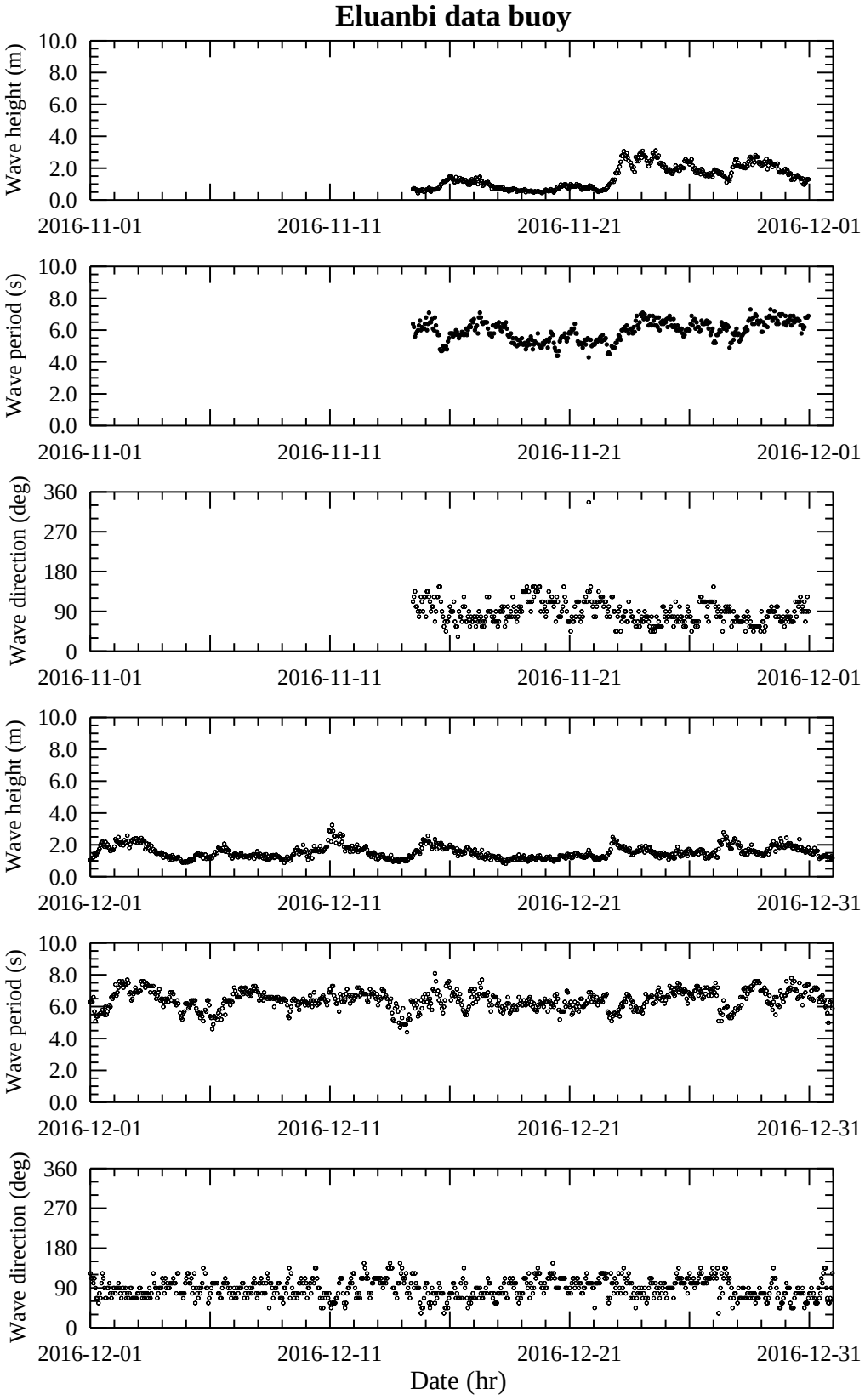
附圖 4.2　(續 2)鵝鑾鼻資料浮標波浪觀測資料時序列圖



附圖 4.2　(續 3)鵝鑾鼻資料浮標波浪觀測資料時序列圖



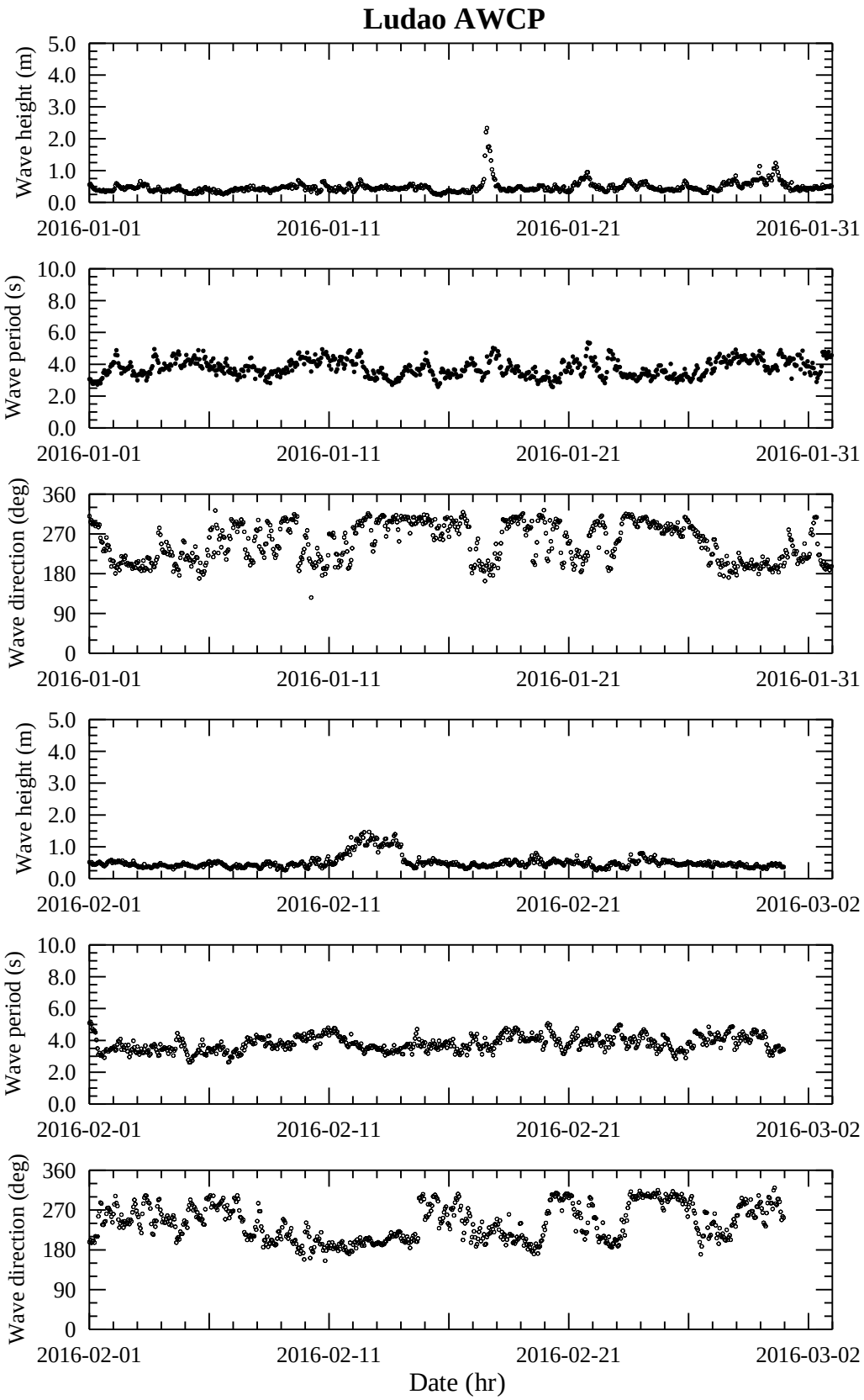
附圖 4.2　(續 4)鵝鑾鼻資料浮標波浪觀測資料時序列圖



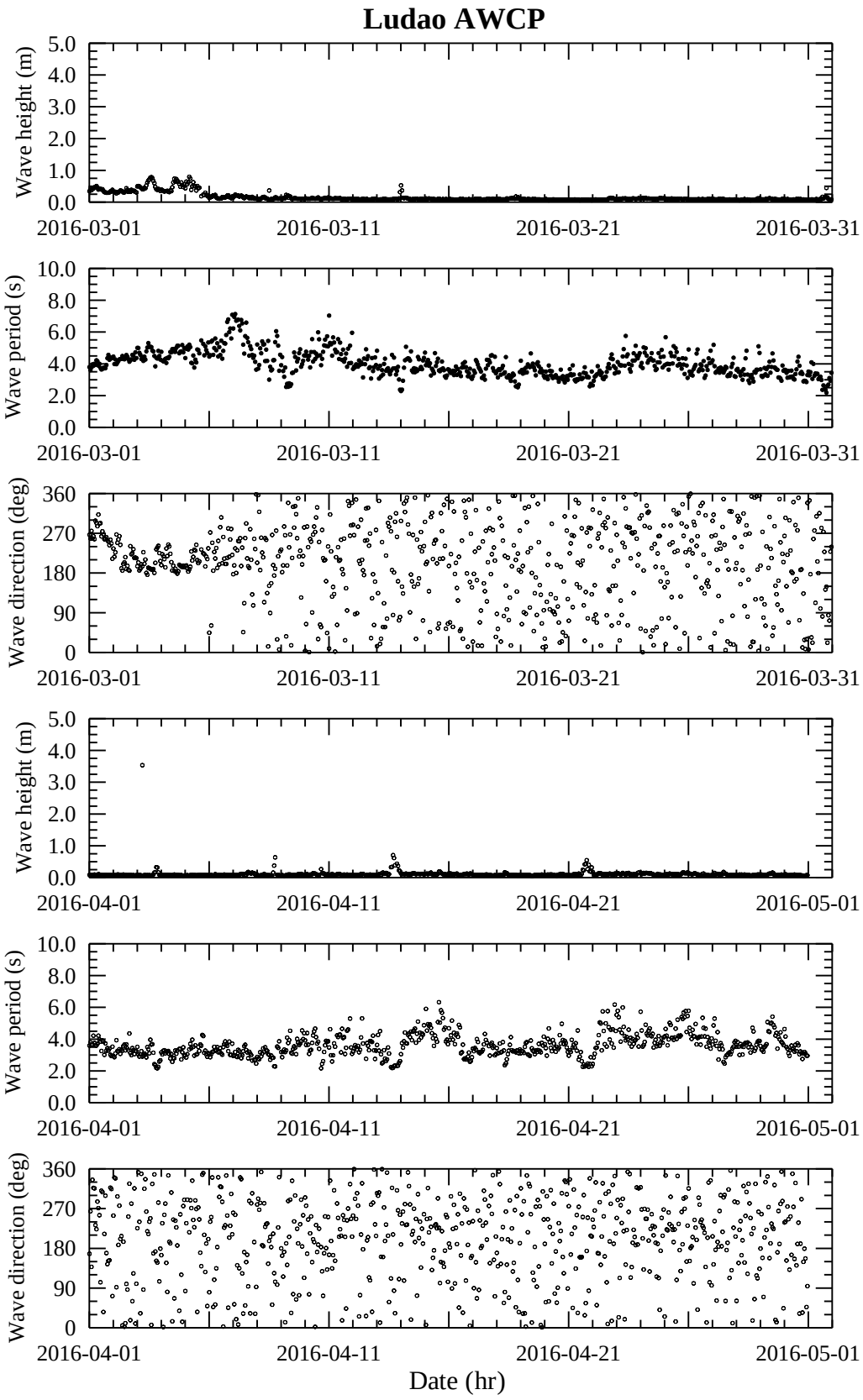
附圖 4.2　(續 5)鵝鑾鼻資料浮標波浪觀測資料時序列圖

波浪觀測資料

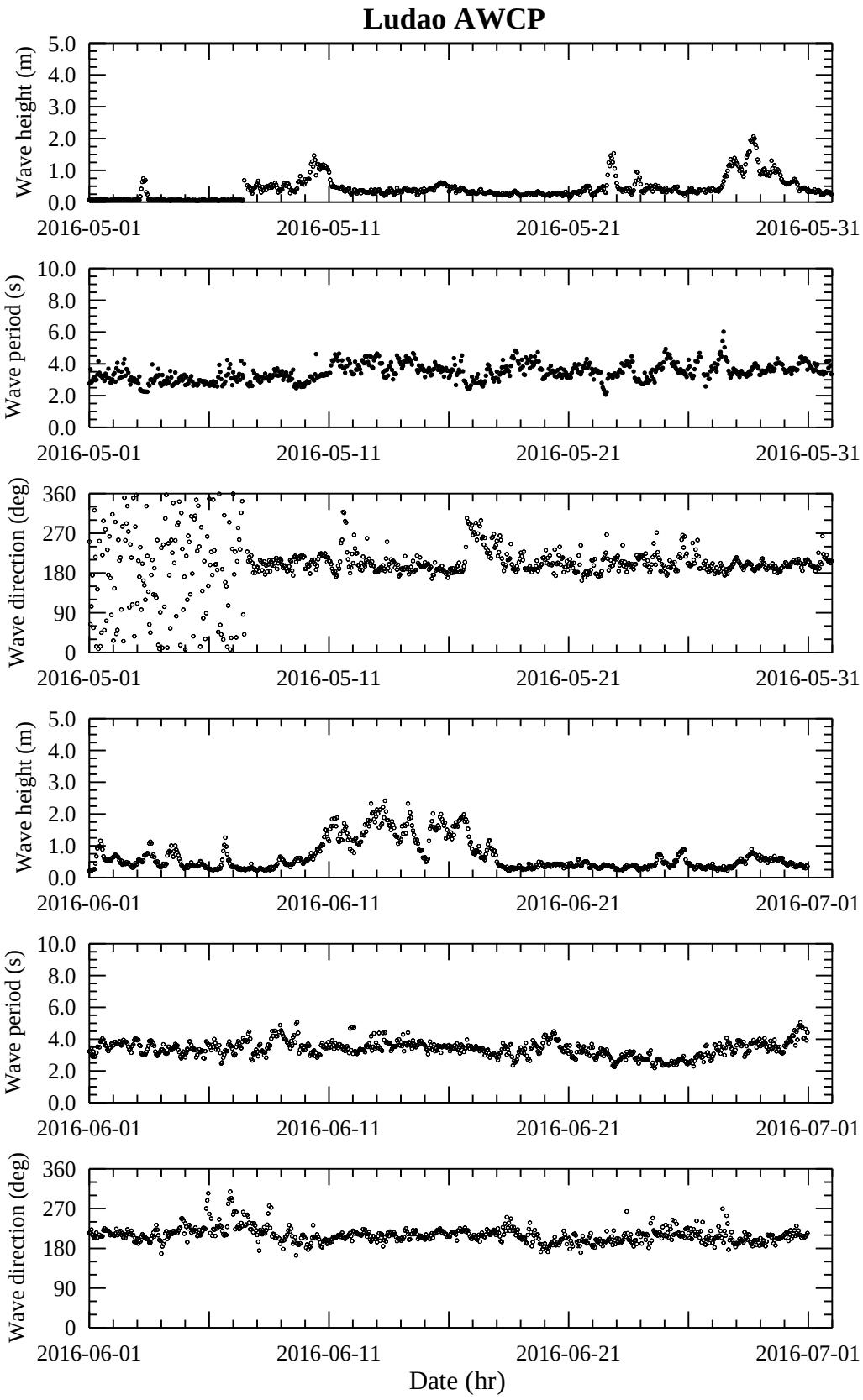
綠島南寮漁港測站(港研中心)



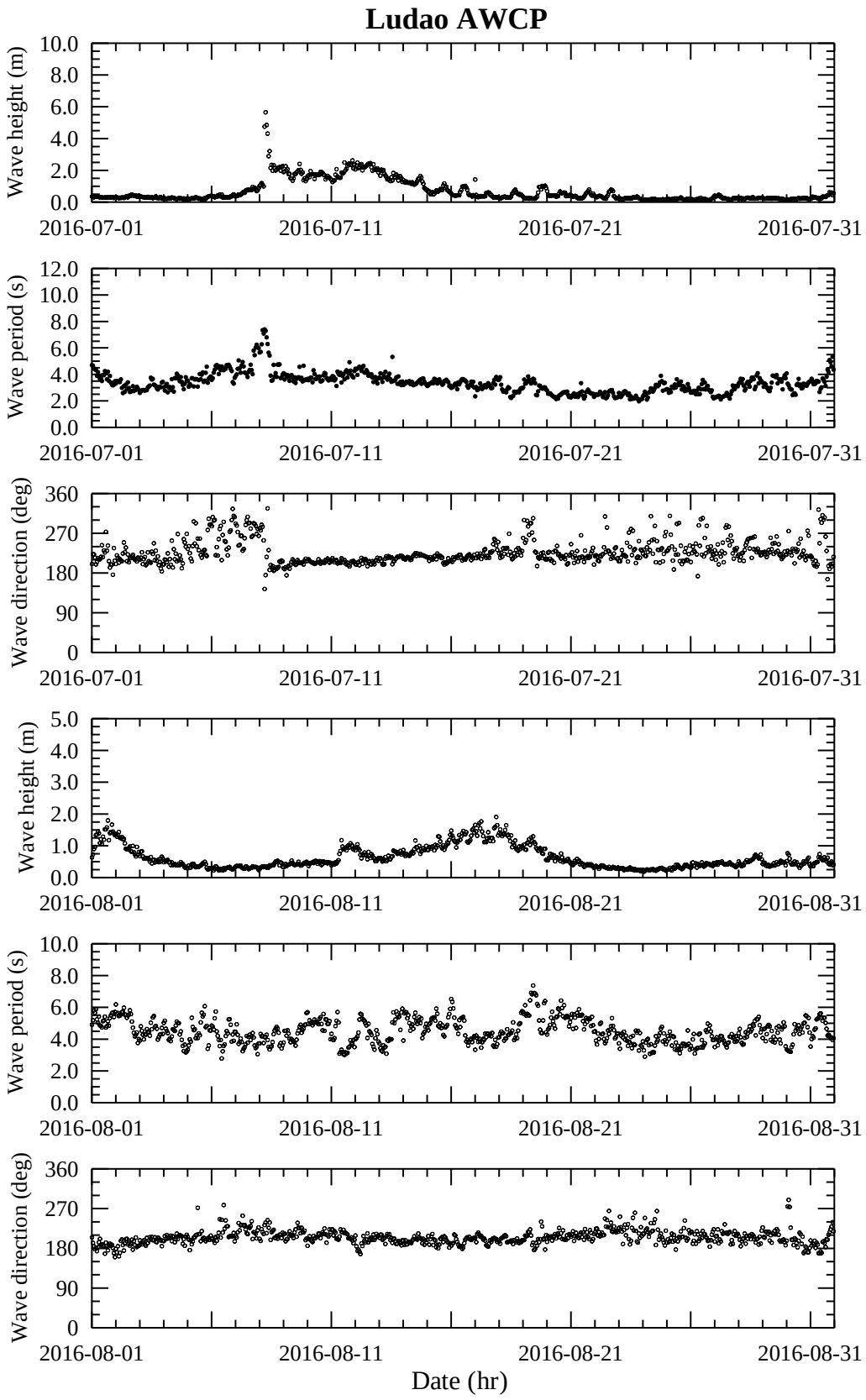
附圖 4.3　綠島南寮漁港測站波浪觀測資料時序列圖



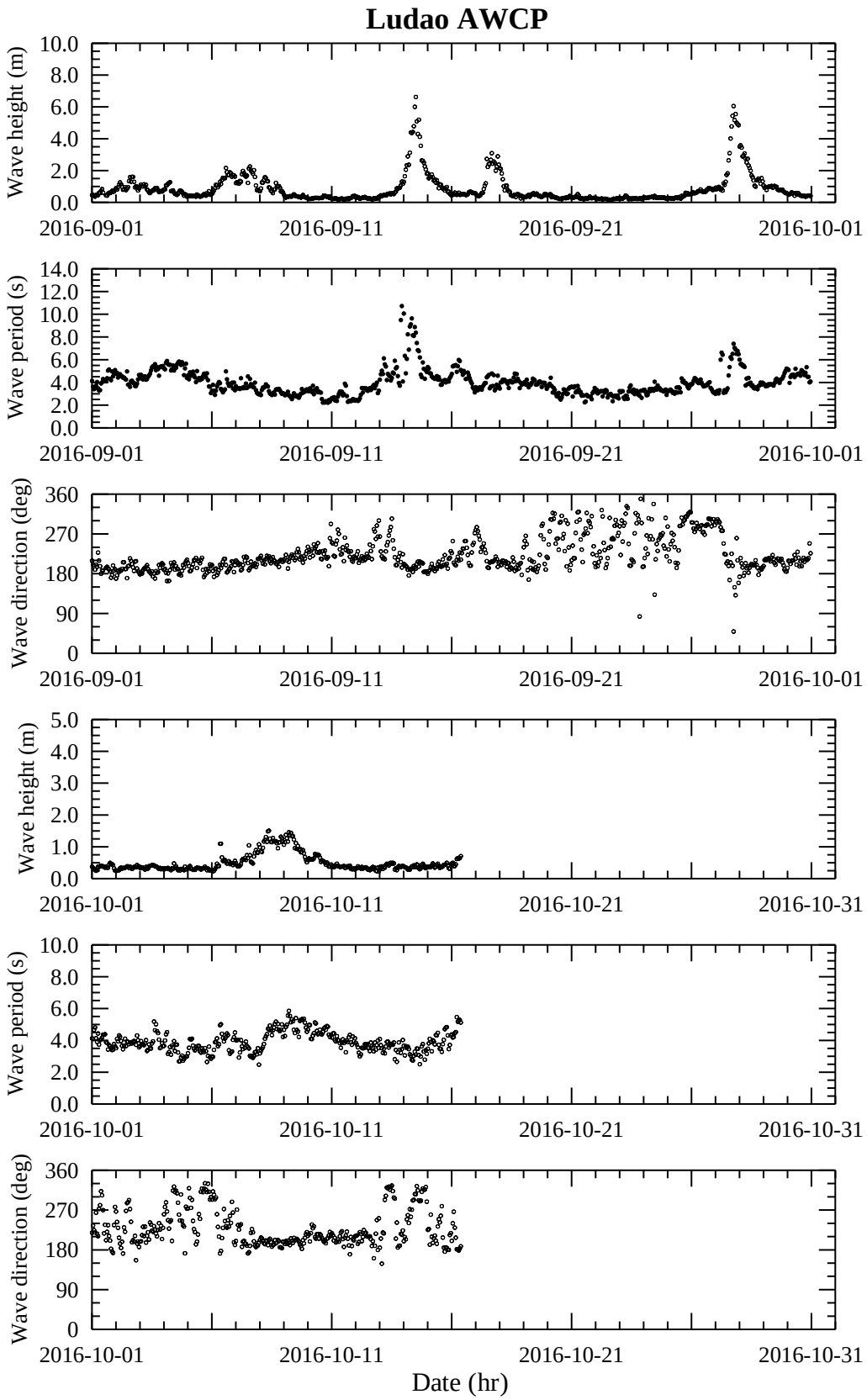
附圖 4.3　(續 1)綠島南寮漁港測站波浪觀測資料時序列圖



附圖 4.3　(續 2)綠島南寮漁港測站波浪觀測資料時序列圖



附圖 4.3　(續 3)綠島南寮漁港測站波浪觀測資料時序列圖



附圖 4.3　(續 4)綠島南寮漁港測站波浪觀測資料時序列圖

附錄五

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：107 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、李汴軍委員		
1. 期中報告中已有初步成果，但尚未仔細分析，建議期末報告說明下述現象。	1. 謝謝委員意見，相關分析結果已於期末報告提出說明。	已於期末報告提出說明。
(1) 金門海域模擬：a.水頭港波向差異，b.與資料浮標比較，波高偏低週期偏高。	(1) 金門水頭港波向差異初步判斷為數值風場所致，另資料浮標週期偏大問題可能與測量儀器及分析不同有關。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
(2) 馬祖海域 4 個模擬地點，模擬成果差異性很分歧。	(2) 受測站位置及網格解析度不足影響。期末報告已剔除觀測資料有疑慮測站。	期末報告已剔除觀測資料有疑慮測站。
(3) 在 2016 年莫蘭蒂、馬勒卡、梅姬三個颱風模擬差異性說明。	(3) 已分別針對莫蘭蒂、梅姬侵臺期間模擬結果說明。	期末報告已提出說明。
(4) 東南海域小尺度模擬中，有些案例在 24 小時之時段與 48、72 小時段，計算結果有明顯不同，為何？	(4) 前 24 小時風場為不同時段預報風場組合，25~72 為時間最近之一次預報風場。差異性會在颱風期間較明顯。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
二、蔡政翰委員		
1. 圖 2.20 與圖 2.27 中之記號●■盡量不要一起用，兩者不易分辨，例如其中之一可改為▼。	1. 已於期末報告配合修訂。	已於期末報告修訂。
2. 圖 2.40 的風速最大約 10 m/s，但縱軸卻標到 24 m/s，建議縱軸最大值隨資料改變，其他圖亦同。	2. 此部份將納入後續作業化評估注意及改善事項。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 圖 2.42 潮位模擬大致與觀測接近，但在 2018/5/3 至 5 /6 間觀察的水位明顯低於模擬與調和分析水位，不知甚麼原因？	3. 針對觀測資料異常變化原因會與中心資料蒐集單位再探討。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 表 3.2、表 3.4 與表 3.6 之調和分析相位角好像不太對，用這些表的調和常數並不會得到圖 3.8 至圖 3.10，請檢查一下。	4. 謝謝委員建意，經檢查表格數據正確，出現差異可能與報告使用的調和分析未考慮平衡引數之影響有關。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
三、林銘崇委員		
1. 本計畫工作量很大，計算的東西很多，基本上沒什麼重大問題。	1. 謝謝委員肯定。	
2. 各項模擬值與觀測值比較，其時系列變化趨勢雖大致尚可稱接近一致，其值則多顯有所差異，可能之系統改善研究如何？	2. 目前以細緻化數值計算網格為優先。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
四、蔡清標委員		
1. §2.2 各海域之波、流場模擬結果與觀測資料結果比較，應有討論及說明模擬誤差偏大之原因及模式可能之改進建議。	1. 謝謝委員建議，於期末報告補充說明。	已於期末報告補充說明。
2. 基隆港水位模擬(圖2.42)與觀測歷線趨勢相同，但五月初之模擬值偏高，五月下旬之模擬值則偏低，應討論可能之原因及改進。	2. 針對觀測資料異常變化原因會與中心資料蒐集單位再探討。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 圖3-10觀測值欠缺之部份，應留空白，不應以直線連結表示。	3. 謝謝委員意見，已於期末報告修訂。	已於期末報告修訂。
4. 波高模擬值，花蓮港及基隆港之峰值偏大許多，原因何在？綠島亦同。	4. 原因探討部份已於期末報告提出說明。	已於期末報告提出說明。
5. 金門海域風浪之平均週期模擬值與觀測不一致之原因謂係平均週期定義不同所致，文中請說明之。	5. 有關平均週期模擬結果與資料浮標間明顯差距可能原因是二者平均週期定義不同所致，目前仍屬推論結果。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
6. 某些觀測站在港口附近，則未來是否會包括第2-11頁所述之近岸波浪模組及港域波浪模組來校驗模擬？。	6. 目前無新增港域波浪模組之規劃	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
五、李俊穎委員		
1. 於 4.2.1 節，有關平均週期為 Tm01，建議再確認其定義是否與觀測一致。	1. 目前僅就模式驗証角度判斷中心 AWCP 與資料浮標對平均週期定義似乎有出入。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 第 2.21 頁有關 f_{min} 由 0.05 改為 0.04，其目的為何?建議加以說明。	2. 增加風浪模擬頻率帶，期望長週期波浪能量會出現。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 馬祖資料浮標近期也有觀測資料建議納入比對。	3. 遵照辦理，風浪模組輸出結果實已納入馬祖資料浮標測站。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 東南及南灣水動力網格並未重疊，建議對藍色公路資料擷取上是否會局部引用中尺度資料，建議補充說明。	4. 原則上未重疊部份會以中尺度模擬結果補上。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、蘇青和委員		
1. 海象自動化預報及預警模擬系統改善研究，建議加強有關 107 年度主要港區海象預報作業成果評估之成果說明。預報作業成果評估颱風期間之比對檢核為重點，造成誤差之原因，可做較詳細深入之說明。	1. 期末報告將針對顯著誤差原因提出可能的原因說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 臺灣周圍海域風浪及水動力模擬與校驗，模式與觀測資料之比對驗證，除引用本中心觀測資料外，可增加中央氣象局及水利署等單位之觀測資料驗證，歷年颱風期間比對檢核為重點。	2. 謝謝委員建議，已蒐集相關單位觀測資料，針對歷年颱風期間比對檢核工作本年度以風浪模擬為主，水動力模擬乃以本年度侵臺颱風為優先。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 東南海域波浪預報成果，模式成果與觀測資料之比對驗證，除引用本中心觀測資料外，可增加中央氣象局及水利署等單位之觀測資料驗證。	3. 已蒐集水利署台東、鵝鑾鼻浮標資料浮標及氣象局蘭嶼資料浮標供後續數值模擬結果驗證使用。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 報告撰寫內容請依本所規定，期末報告增加納入英文摘要。	4. 遵照辦理，擬於正式報告再增加。	已於正式報告增加英文摘要。

附錄六

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：107 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、李汴軍委員		
1. 增補修正部份。	1. 謝謝委員意見。	
(1) P8-1 報末報告誤植為期中。	(1) 已修正。	已修正。
(2) P7-7 §7.3 節缺內容。	(2) 已補正。	已補正。
(3) 報告中圖，除了二分帶，其他圖希望能標示經緯度。	(3) 謝謝委員建議。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
(4) P2-45 請加說明？	(4) 遵照辦理。	已加說明。
2. 補充說明。 模式模擬曲線與觀測曲線顯示(1)在趨勢上，最高值出現時間一般比觀測值落後；(2)模擬值與觀測值曲線不一致，有時偏大，有時偏低。	2. 相關說明已納入正式報告。	相關說明已納入正式報告。
二、蔡政翰委員		
1. 圖 2.19 不必放，其要表示的資訊都在圖 2.20 上。另在圖 2.24 提到水頭港，請在圖 2.20 標明水頭港位置。同樣的圖 2.28 是多餘的，並請在圖 2.29 標示福澳港、猛澳港、中柱港位置。	1. 謝謝委員建議，正式報告將補上相關港口位置。	正式報告已補上相關港口位置。

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
2. 圖 2-26 頁：均方根誤差 (Root Mean Square Error) 通常是用 RMSE 不是 RMSQ。	2. 謝謝委員指正，正式報告再予以修正。	正式報告已修正。
3. 圖兩組方向角度資料不能直接算其 RMSE 或相關係數(R)，因 0 度與 360 度是相同方向。還有圖 2.33 福澳港模式與實測波向相當吻合，但其 RMSE=10 度，R=0.192，至於圖 2.35 模式與實測波向兩者差很多但其 R 卻達 0.37，我不清楚為何有這不合理的數據。為簡單起見，建議波向圖就不標 RMSE 與 R。	3. 0 度與 360 度是相同方向問題在資料處理上已考慮，有關 RMSE 與 R 可能出現不一致或疑不合理現象，分析過程已發現，後續計畫可再進一研究。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 同樣的 2.3 節之風向相關係數、風向誤差、波向誤差、流向誤差也不要列，將方向轉換成東西向與南北向分量就沒問題。	4. 謝謝委員建議，將納入後續計畫執行之參考。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 3-15 頁圖 3.8 圖說明”2016 年 9 月”不正確。	5. 謝謝委員指正，已修正。	已修正。

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
6. 5.3 節內之調和分析結果表不正確，不相信的話可以跟氣象局海象中心算的比對一下。例如 M2 分潮遲角應該是富岡約 172 度、綠島約 171 度、蘭嶼約 174 度，報告上的角度分別是 135 度、131 度、135 度，O1 遲角應該是富岡約 196 度，綠島約 199 度蘭嶼約 208 度，報告上的角度分別是 327 度、330 度、340 度。	6. 謝謝委員意見，氣象局海象中心採用加拿大 ISO 調和分析程式，相位參考點有其一致性，而本計畫程式為自行開發，故相位參考點必然與氣象局不同，此或許是本計畫分析程式之缺點。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
7. 其實潮位不需要做頻譜分析，從調和分析得到的訊息遠比頻譜分析多而且頻率更精確。	7. 本計畫潮汐調和分析程式並不具備自動依資料長短判斷分潮數量功能，因此採用頻譜分析作為短期資料調和分析過程中篩選分潮數之輔助工具。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
三、林銘崇委員		
1. 小尺度風浪、水動力模擬系統建置，何以需要分別以東南海域、西南海域（或南灣）海域處理？	1. 小尺度網格精度較高，考量模擬運算時間及作業化需求必須分開處理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 小尺度風浪模擬系統於近域與近岸模擬，均採用 SWAN 模式，其研究考量為何？	2. 本計畫小尺度風浪模擬目的提供解析度較高的風浪模擬結果，SWAN 模式符合本計畫需求，近域與近岸採用相同模式在交接邊界處理上誤差會相對較小。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 數值計算結果與實測值比較，少部份仍有明顯差異，針對計算差值，是否有容忍度之規劃設計？	3. 謝謝委員建議，目前尚無容忍度設計之規劃。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 建議適切修正說明計畫摘要。	4. 正式報告將予以修正。	正式報告已修正。
四、簡仲璟委員		
1. 金門及馬祖海域小尺度海象模擬目前尚有那些未盡理想（或達標）之處？下年度進行提昇或改善之初步方法或構想請補充。	1. 謝謝委員意見，目前未盡理想之處包括金門水頭港、馬祖北竿白沙港、東引中柱港、西莒青帆港等港口。初步構想先釐清誤差原因為觀測資料有誤或模式解析度不足，再着手改進。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 目前有那些港口建置小尺度風浪模擬，未來是否有進一步以細尺度提供更細緻化的港區風浪預報資訊。	2. 目前已建置澎湖海域、東南海域、西南海域、金門海域及馬祖海域等五個小尺度風浪模組，含蓋港口包括離島澎湖港、蘭嶼、綠島及金馬等港口，臺灣本島僅布袋商港、富岡漁港、後壁湖漁港等港口可提供小尺度風浪模擬資訊。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 第七章 7.3 小節之內容請補充。第五章之基本資料蒐集建議補充至 2017 年的觀測資料。	3. 相關錯誤已補充，基本資料未能補充至 2017 年實因綠島測站 2017 年觀測資料缺少及配合新增後壁湖漁港基本資料蒐集，為求一致性報告僅就 2016 年觀測資料論述。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
4. 新預報作業化成果評估之圖 2.47~圖 2.60 圖中之表內容請檢視後修正。例如圖 2.47 中之 M 及 R 尺度是何意？圖 2.57 中之 S 及 W 尺度又是何意，表格欄中之”種類”名稱是否應統一改為”類別-海域”？又為何僅作 8 月份的說明？臺東海域測站資料缺漏，請再檢視，若無資料，則不需再列出。圖 2.56 中之表說明有重覆贅字請修正。	4. 謝謝委員意見，相關意見會於正式報告補充及修訂。	已於正式報告補充及修訂。
五、李俊穎委員		
1. 東南海域風浪及水動力模擬作業，建議須產出藍色公路資料。	1. 風浪模擬已產生，水動力部份因座標系統整合尚待克服。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 文內 7.3 節內容有缺漏，請補充。	2. 已補充。	已補充。
3. 整體系統(原 TaiCOMS)與新發展模組涵蓋功能或項目已有重疊，建議提出如何汰換不需要模組構想。	3. 遵照辦理，相關建議於下年度計畫提出構想。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 風浪（小尺度）已比原 TaiCOMS 佳，建議儘快移轉至中心作業。	4. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、蘇青和委員		
1. P2-2 圖 2.2 增加馬祖及綠島港位置圖。	1. 謝謝委員建議，為避免內文敘述更動，下年度計畫再增加馬祖及綠島海象測站位置說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 2.2 節有關金門及馬祖之成果檢核建議增加風場之比對檢核。	2. 謝謝委員建議，風場比對可於後續計畫再處理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 2.3 節成果評估除夏季(8 月)建議增加冬季代表性月份。	3. 因報告內容說明重點不是比較冬夏季之差異故未作此規劃。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 第三章中尺度風浪模擬比對檢核，建議增加氣象局及水利署監測站比對。	4. 氣象局及水利署監測站比對可納入後續計畫辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
5. 第四章中尺度水動力模擬，建議增加流場之檢核比對。	5. 因水動力模擬檢核比對需先針對觀測資料進行分析，直接引用資料庫內觀測資料比對，效果不好對改進模擬結果助益不大。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
6. 東南海域模擬成果評估，臺東浮標資料比對檢核甚為重要。	6. 臺東浮標資料已應用於風浪模擬比對檢核，水動力部份因觀測資料品質不佳致調和分析結果不理想而未納入。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
7. 報告請依本所規定格式。	7. 遵照辦理。	報告已符合本所規定格式。

附錄七

期末簡報資料

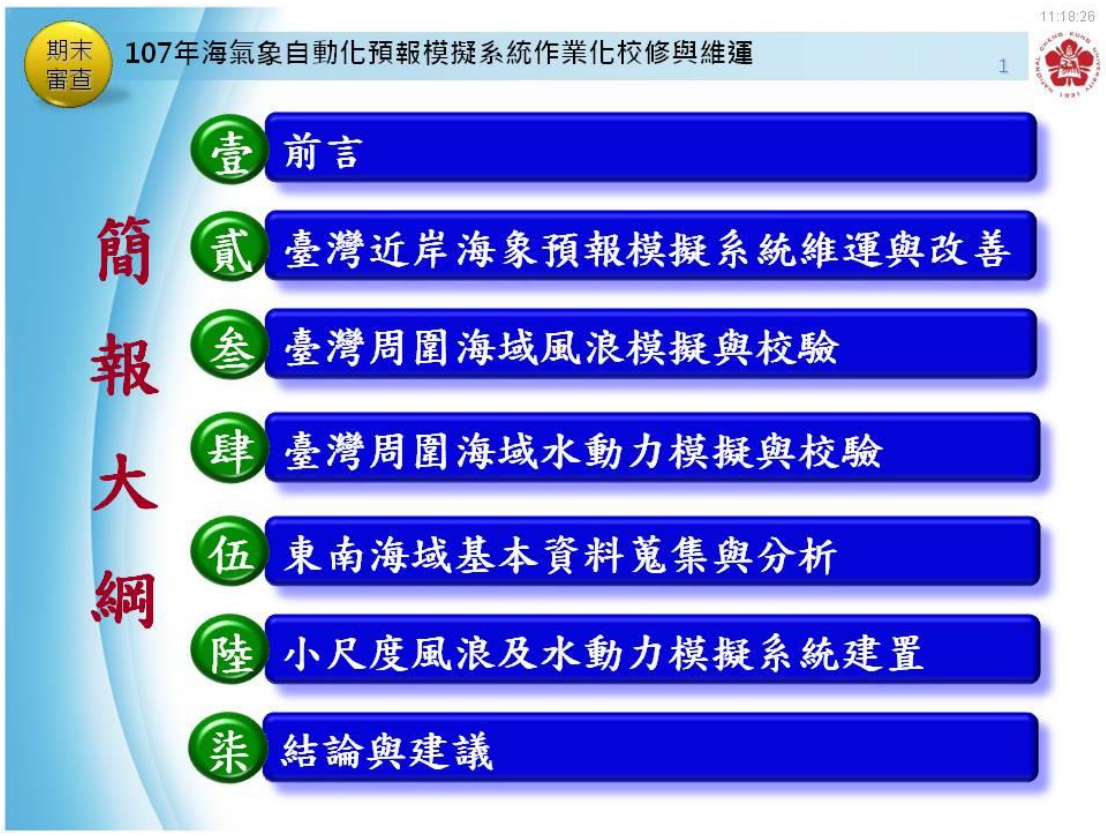
107年
海氣象自動化預報模擬系統
作業化校修與維運

期末報告審查簡報

2018年11月07日

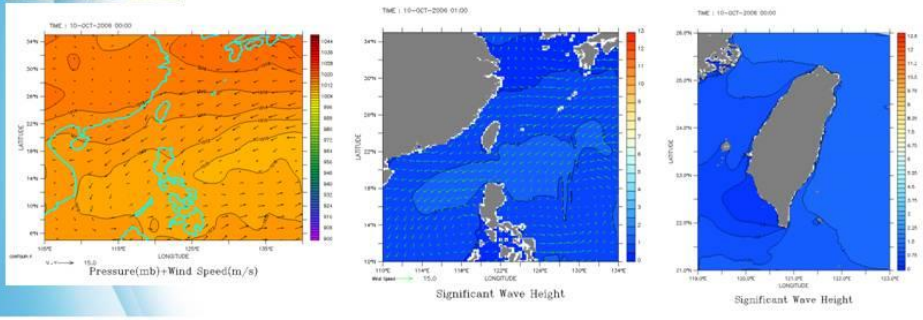
計畫主持人：李兆芳 教　授
協同主持人：劉正琪 研究員

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



本研究屬於港研中心107年科技綱要計畫「海洋及交通運輸防災技術研究(1/4)」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下之**資訊系統服務計畫**。

一、計畫目的

- 針對港灣技術研究中心有關臺灣主要商港及離島之風力、波浪、水位及流場等海象預報系統進行**維護、改善及相關預報與實測資料的比較分析**。
- 針對**臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港**間海域規劃建置合適的**風浪模式及水動力模式**，模擬東南海域風浪、水位及流場等海象，提供臺東(含屏東)與綠島、蘭嶼離島間**藍色公路**相關的海象模擬資訊。

二、本年度工作項目及內容

- **海象自動化預報模擬系統校修與維運**：配合港研中心進行臺灣近岸海象模擬系統(TaiCOMS)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。
- **海象自動化預報及預警模擬系統改善研究**：針對臺灣本島及離島(澎湖)等9個主要港口，依據歷年有關海象作業化預報評估結果，進行波浪、水位及流場等相關模組改善研究。
- **風力、波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估**：配合港研中心(或中央氣象局、水利署)於臺灣本島及離島(澎湖、金門及馬祖)等11個主要港口之現場觀測資料，進行年度(107年度)海象預報成果評估。。
- **臺灣周圍海域風浪模擬與校驗**：依據港研中心風浪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。

二、本年度工作項目及內容(續)

- **臺灣周圍海域水動力模擬與校驗**：依據港研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。
- **基本資料蒐集與分析**：蒐集及分析臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域，有關地形水深、風(壓)場、波浪、水位及海流等海氣地象資料特性。
- **東南海域小尺度風浪模擬系統建置**：完成臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度風浪模擬系統，並利用港研中心或其他單位鄰近波浪觀測資料，以校驗模式相關參數及數值模擬結果。
- **東南海域小尺度水動力模擬系統建置**：完成臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度水動力模擬系統，並利用港研中心或其他單位鄰近水位及海流觀測資料，以校驗模式相關參數及數值模擬結果。

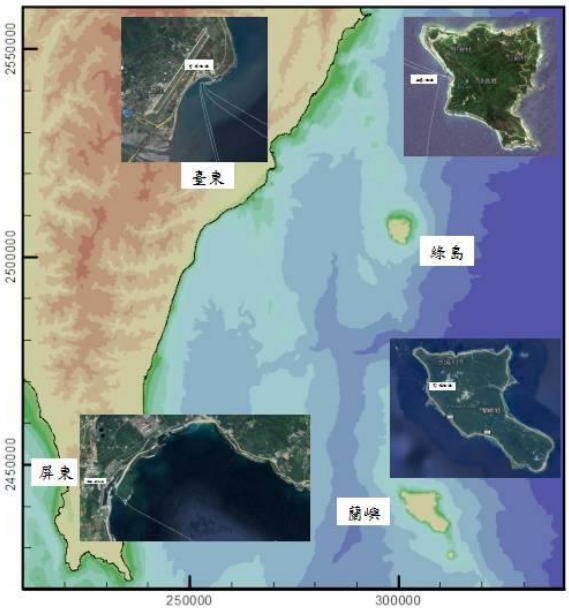
三、研究範圍與對象

■研究範圍

- 含蓋波浪、水位及海流等海象模擬資訊

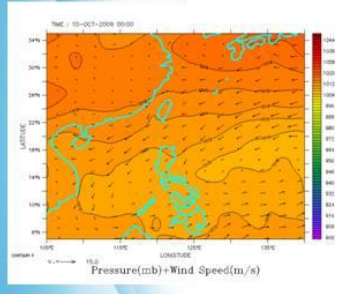
■研究對象

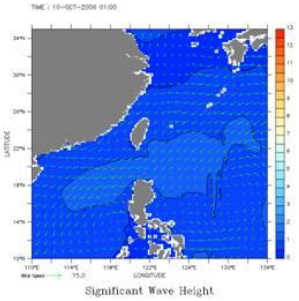
- 以臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域為對象

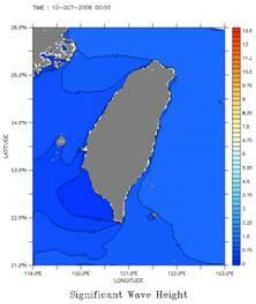




貳、臺灣近岸海象預報模擬系統維運與改善

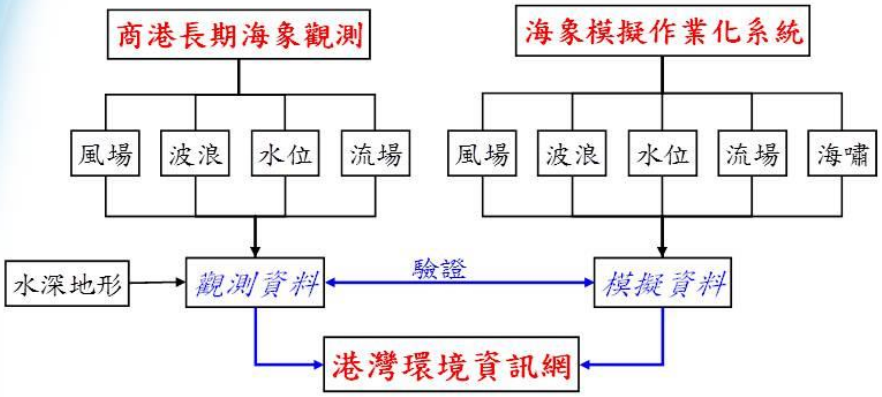






一、海象自動化預報模擬系統校修與維運(1)

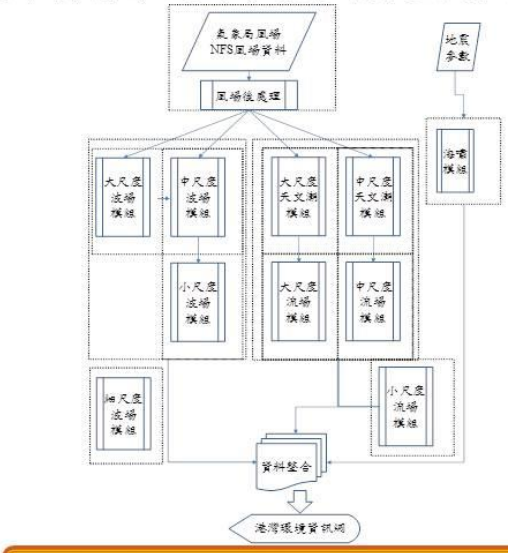
臺灣近岸海象預報系統整體架構



- 含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，海象模擬包括風場、波浪、水位、海流及海嘯等資訊。

一、海象自動化預報模擬系統校修與維運(2)

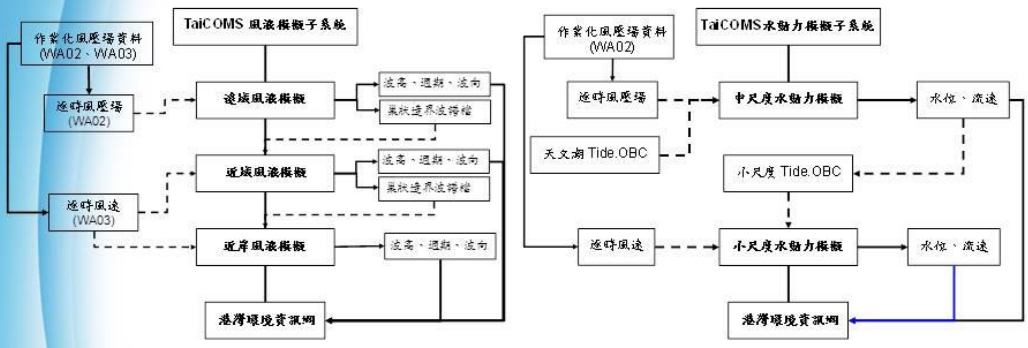
- 持續維持舊系統海象數值模擬作業運作



原海象自動化預報模擬系統之模擬架構及流程

一、海象自動化預報模擬系統校修與維運(3)

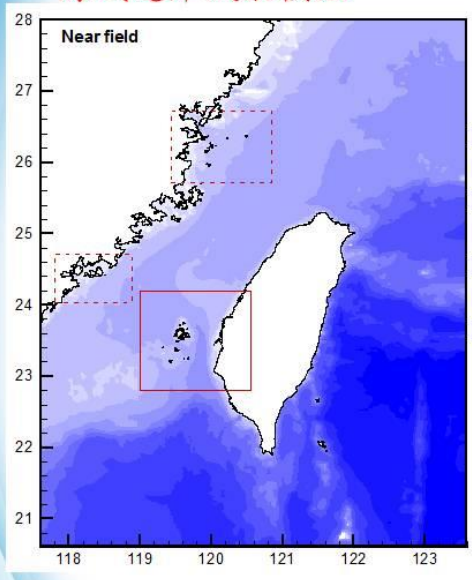
- 針對新建**風浪模擬子系統**及**水動力模擬子系統**持續進行作業化測試。



風浪模擬子系統之模擬架構及流程　　水動力模擬子系統之模擬架構及流程

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(1)

- 在新版風浪模擬作業化系統分別建置**金門及馬祖海域近岸風浪模組**



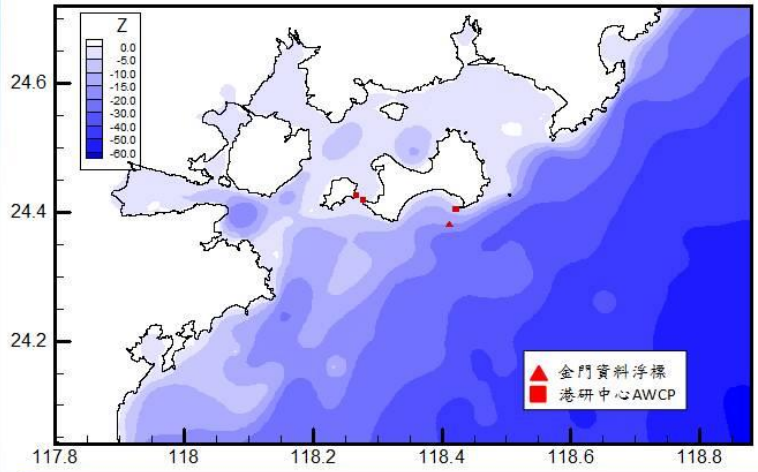
小尺度近岸風浪模擬範圍

- 澎湖海域 (119.0°,22.8°)- (120.56°,24.20°)
- 金門海域 (117.8°,24.04°)-(118.88°,24.72°)
- 馬祖海域 (119.44°,25.72°)-(120.84°,26.72°)

- 網格解析度為0.008°

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(2)

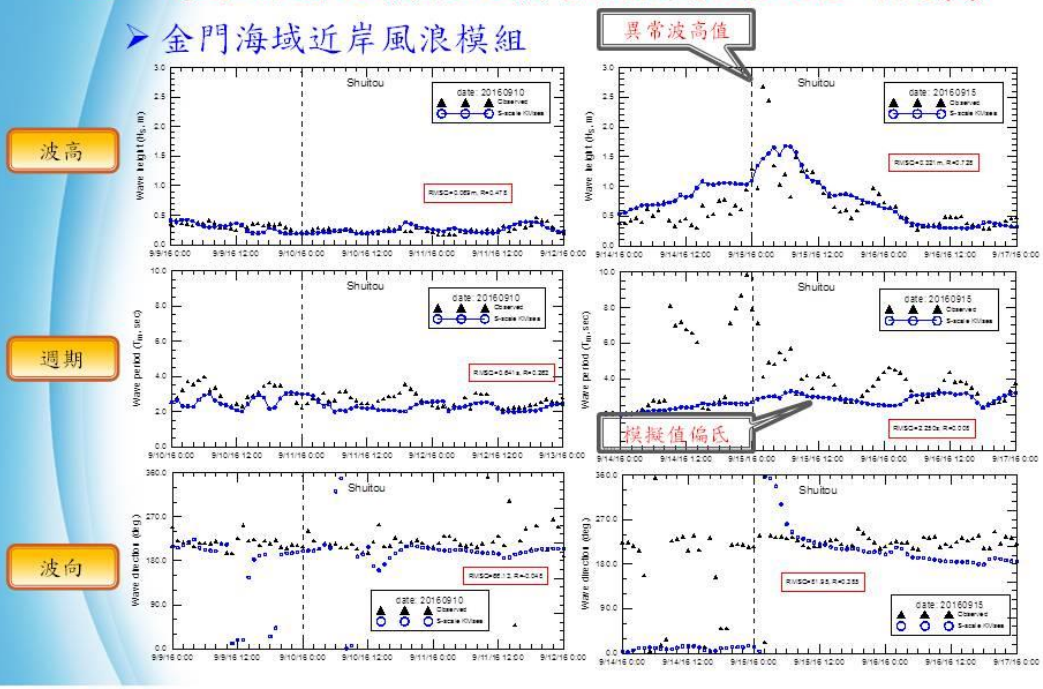
➢ 金門海域近岸風浪模組



金門海域近岸風浪模組數值計算網格水深分布及模擬結果輸出點位

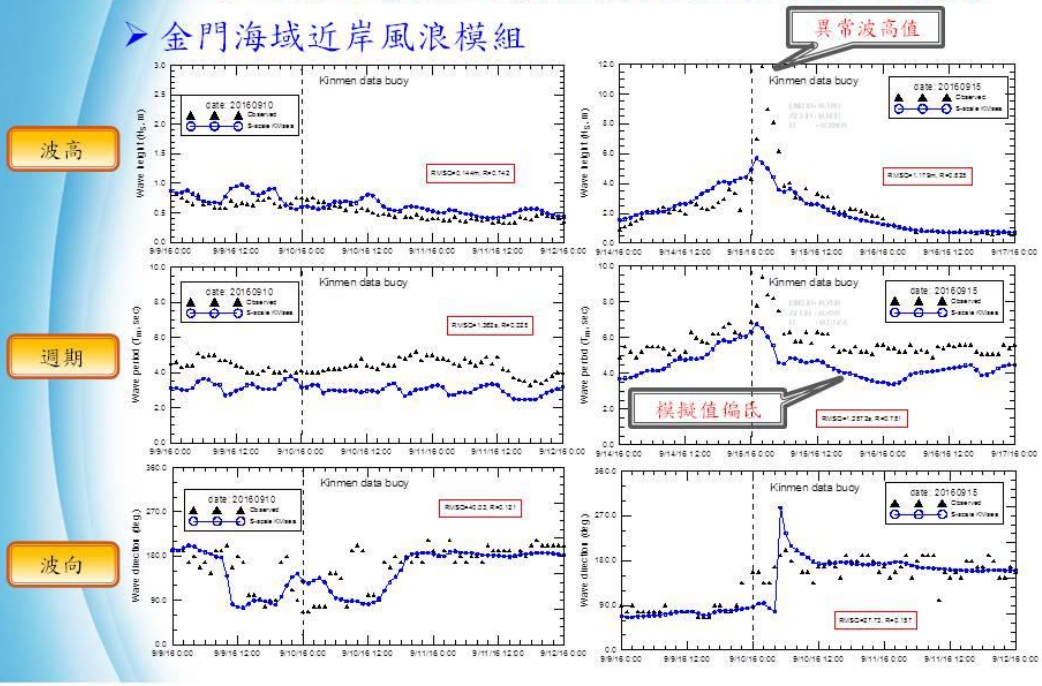
二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(3)

➢ 金門海域近岸風浪模組



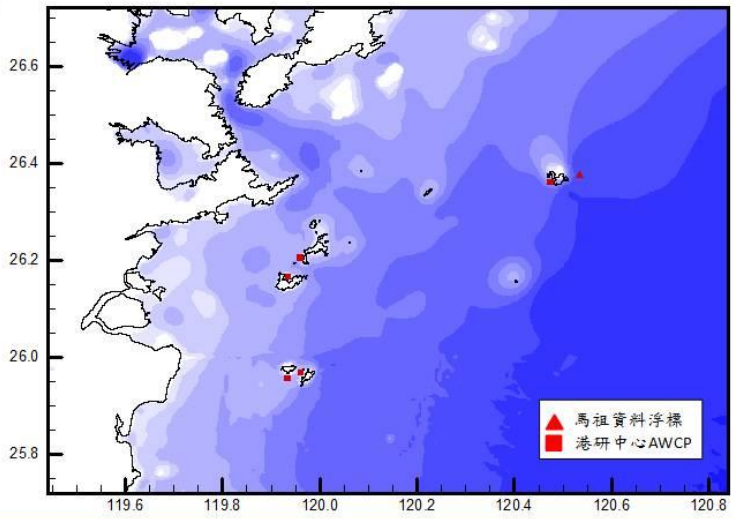
二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(4)

➢ 金門海域近岸風浪模組



二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(5)

➢ 馬祖海域近岸風浪模組

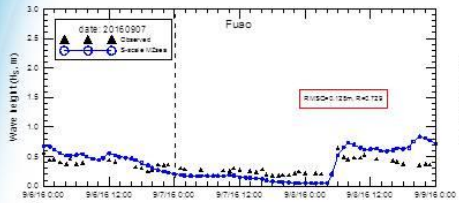


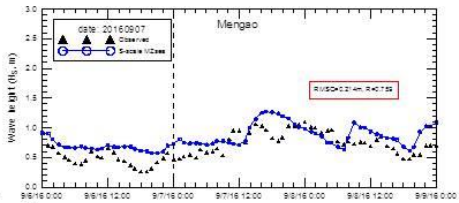
馬祖海域近岸風浪模組數值計算網格水深分布及模擬結果輸出點位

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(6)

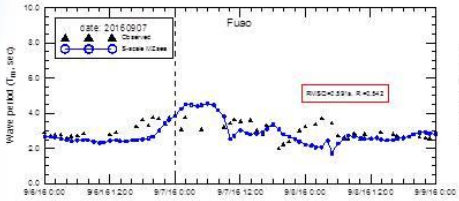
➢ 馬祖海域近岸風浪模組

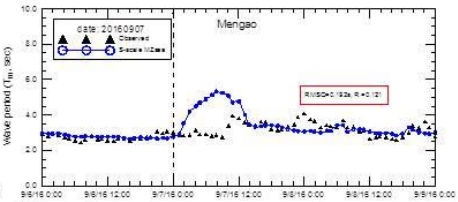
波高



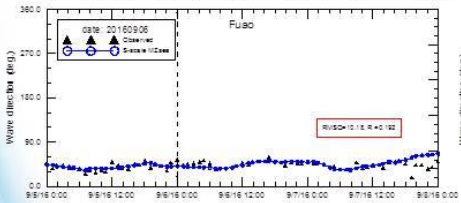


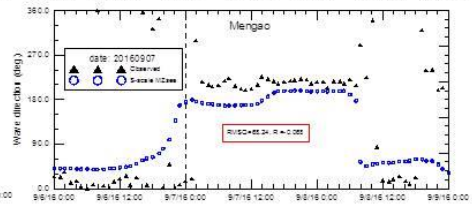
週期





波向

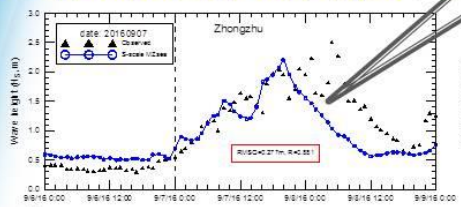


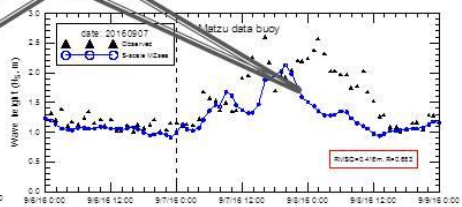


二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(7)

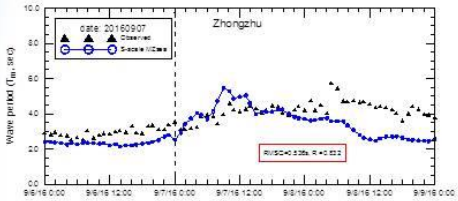
➢ 馬祖海域近岸風浪模組 預測變化提早發生

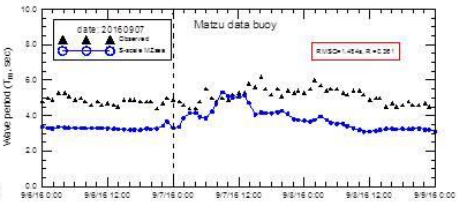
波高



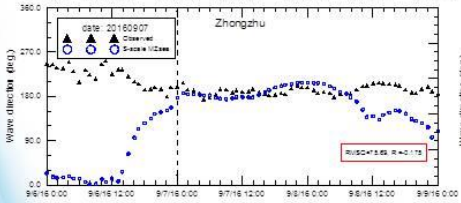


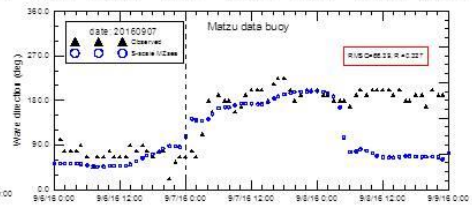
週期





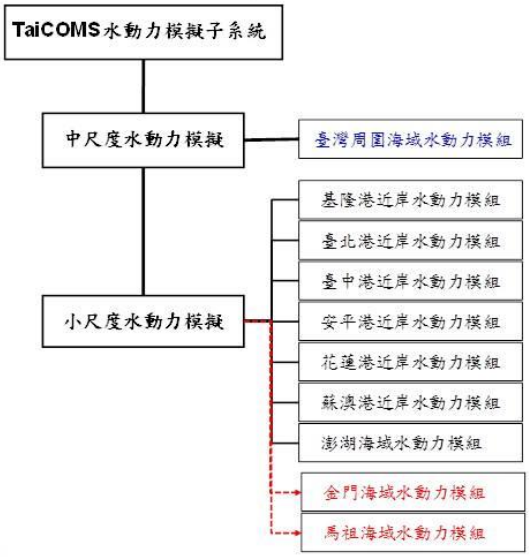
波向





二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(8)

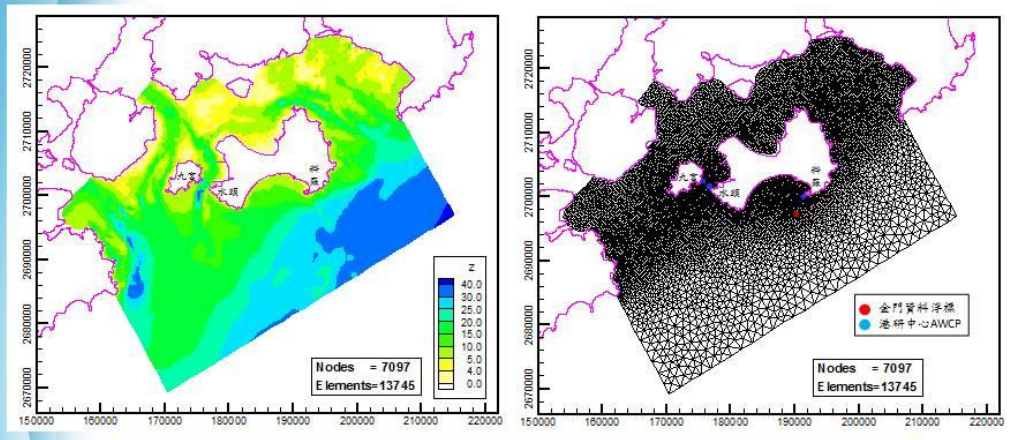
- 在新版水動力模擬作業化系統規劃納入金門及馬祖海域小尺度近岸水動力模組



- 本年度已完成

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(9)

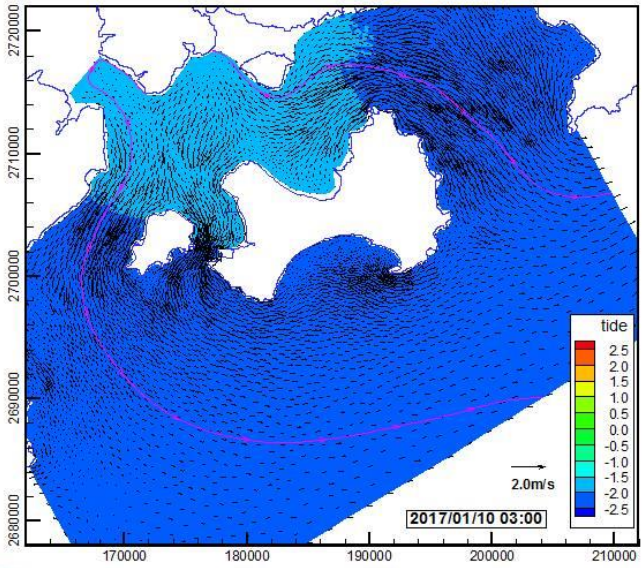
- 金門海域小尺度水動力模組



金門海域水動力模組模擬範圍、水深分布及數值計算網格

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(10)

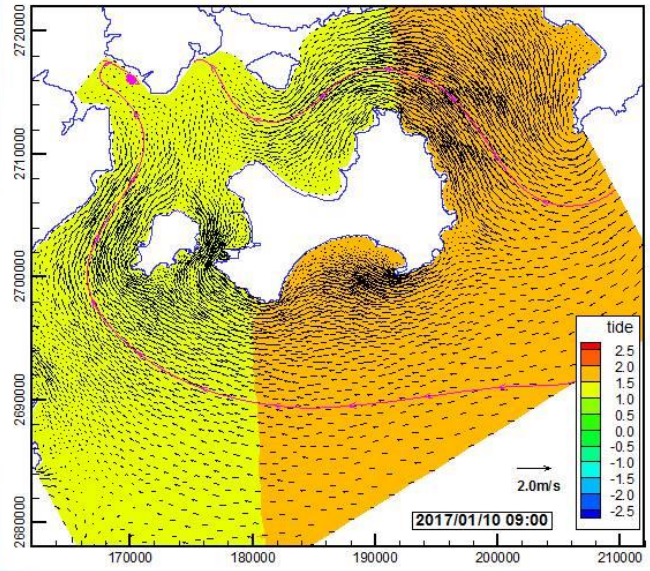
➢ 金門海域小尺度水動力模組初步模擬結果



➢ 退潮時流場圖

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(11)

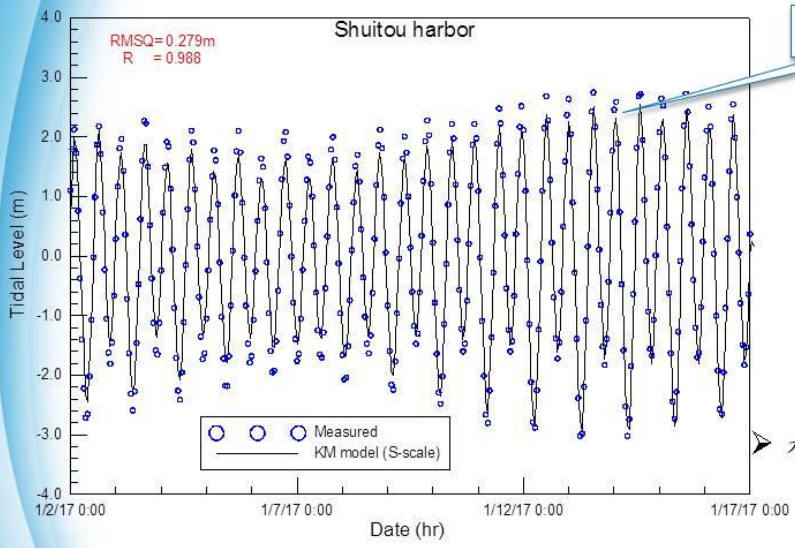
➢ 金門海域小尺度水動力模組初步模擬結果



➢ 漲潮時流場圖

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(12)

- 金門海域小尺度水動力模組初步模擬結果



潮差模擬偏小

- 水位驗証結果

三、海象預報作業化成果評估(1)

- 完成2017年12月至2018年10月逐月觀測資料與預測資料蒐集率統計表、時序列歷線比對結果。
- 完成本年度海象預報作業化成果評估報告(2017年9月至2018年8月)

三、海象預報作業化成果評估(2)

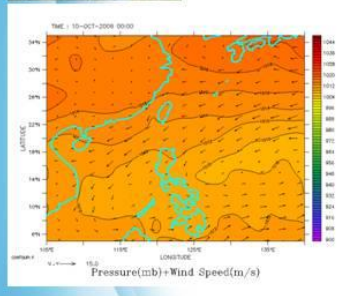
➢ 海象預報作業化成果評估報告

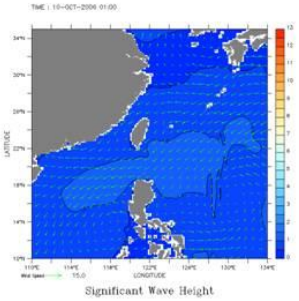
內容

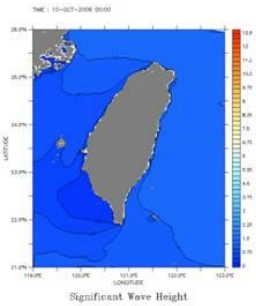
風力	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、風力統計、誤差分析、相關係數R分析表
波浪	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、波浪統計、誤差分析、相關係數R分析表
水位	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、誤差分析、相關係數R分析表
流場	●模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖 ●模擬值與觀測值之逐月資料蒐集率、海流統計、誤差分析、相關係數R分析表



參、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

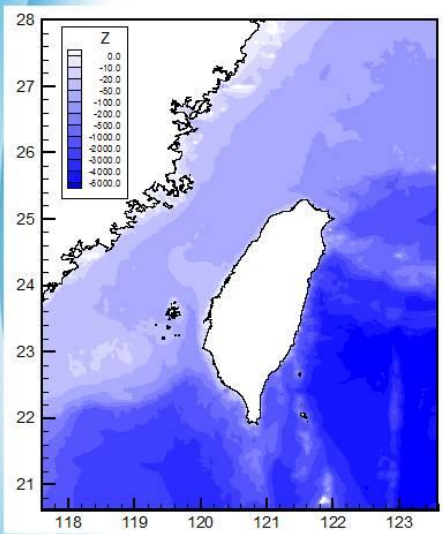






臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(1)

- 預計完成107年度颱風風浪模擬及比對成果，
- 101~106年歷史颱風風浪模擬及比對成果



101~106年
作業化風場、波浪觀測

歷史颱風資料蒐集

颱風波浪模擬

模擬結果校驗

波高
平均週期
平均波向

偏差
RMSE
相關係數

臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(2)

資料蒐集

颱風基本資料蒐集 — 颱風警報單

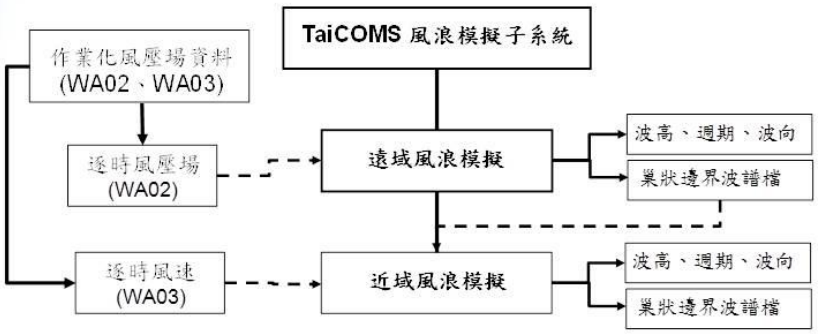
數值風場資料蒐集 — 1. 2013之前為NFS風場
2. 2014之後為WRF風場

波浪觀測資料蒐集 — 國內主要商港

年份	名稱	警報期間	近台強度	登台路徑分類	近台近中心最低氣壓(hPa)	近台近中心最大風速(m/s)	陸上10級風暴風半徑(km)	警報發布報數
2017	泰利(TALIM)	0912~0914	中度		935	48	250/80	19
2017	谷超(GUCHOL)	0906~0907	輕度		998	18	80 —	7
	天鵝(HAITO)	0820~0822	中度		965	33	180/50	15
	海葵(HAITANG)	0729~0731	輕度	7	990	20	100 —	14
	尼莎(NESAT)	0728~0730	中度	2	955	40	180/60	19
2016	艾利(AERE)	1005~1006	輕度		998	18	120 —	10
	梅姬(MEGI)	0925~0928	中度	3	940	45	250/100	25
	馬勒卡(MALAKAS)	0915~0918	中度		940	45	180/60	20
	蘇迪勒(MERANTI)	0912~0914	強烈	7	900	60	220/80	21
	奈伯特(NEPARTAK)	0705~0709	強烈	4	905	58	200/80	25
2015	杜鵑(DUJUAN)	0927~0929	強烈	2	925	51	220/80	20
	天鵝(GONI)	0820~0823	強烈		925	51	200/80	25
	蘇迪勒(SOUDELOR)	0806~0809	中度	3	930	48	300/100	24
	蓮花(LINFA)	0706~0709	輕度		975	30	120/30	24
	昌鴻(CHAN-HOM)	0709~0711	中度		925	48	280/100	19
	紅霞(NYOLL)	0510~0511	強烈		925	51	200/80	13
2014	鳳凰(FUNG-WONG)	0919~0922	輕度	特殊路徑	985	22	150 —	25
	麥德姆(MATMO)	0721~0725	中度	3	940	38	200/80	19
	海吉貝(HAGIBIS)	0614~0615	輕度		992	20	100 —	7
2013	菲特(FITOW)	1004~1007	中度	1	940	38	250/80	20
	天兔(USAGI)	0919~0922	強烈	5	910	55	280/120	22
	康芮(KONG-REY)	0827~0829	輕度	6	985	25	120 —	20
	潭美(TRAMI)	0820~0822	輕度	1	970	30	180 —	15
	西馬隆 CIMARON	0717~0718	輕度	--	998	18	100 —	10
	蘇力 SOULIK	0711~0713	強烈	2	925	51	280/100	22
2012	杰拉華 JELAWAT	0927~0928	強烈	--	910	55	250/100	15
	天秤 TEMBIN	0826~0828	中度	特殊路徑	965	35	180/50	21
	天秤 TEMBIN	0821~0825	中度	特殊路徑	945	45	180/50	33
	啟德 KAI-TAK	0814~0815	輕度	--	995	20	150 —	10
	海葵 HAIKUI	0806~0807	中度	--	960	35	180/50	11
	蘇拉 SAOLA	0730~0803	中度	2	960	38	220/80	31
	杜蘇芮 DOKSURI	0628~0629	輕度	--	995	23	120 —	10
	泰利 TALIM	0619~0621	輕度	9	985	25	150 —	17

臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(3)

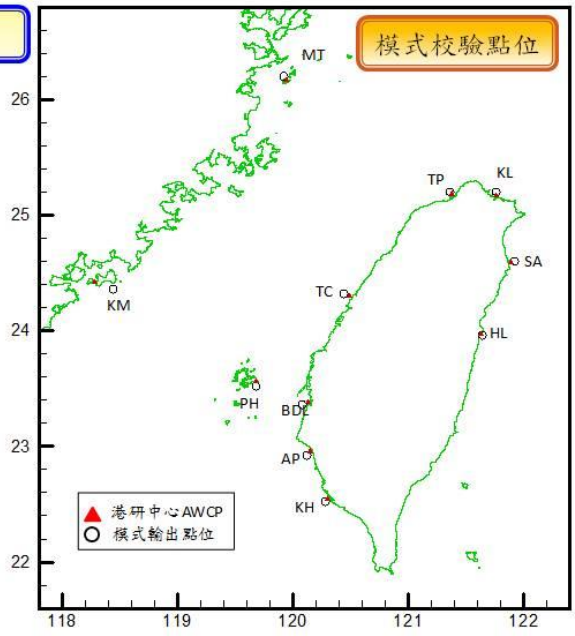
颱風波浪模擬



臺灣周圍海域風浪模擬之架構及模擬流程

臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(3)

模擬結果校驗

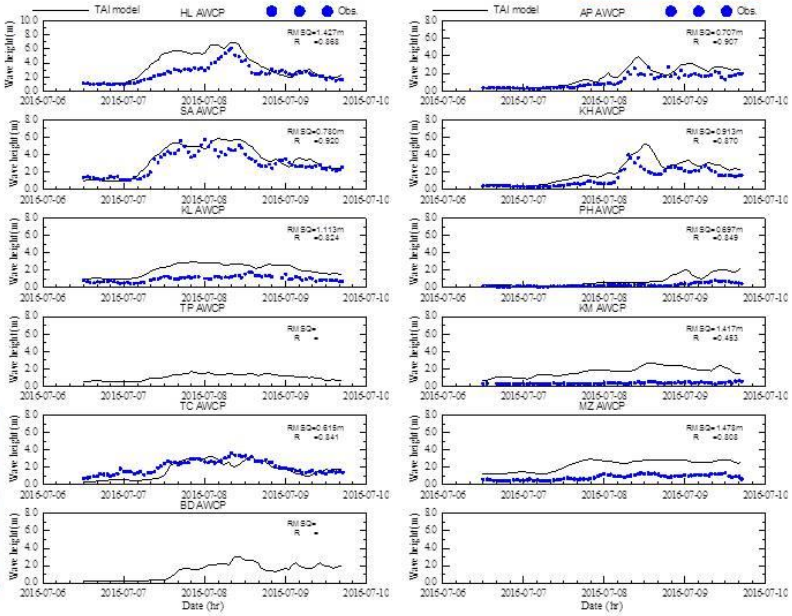


臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-1)

➢105年強烈颱風尼伯特(0706 12~0709 18)

示性波高

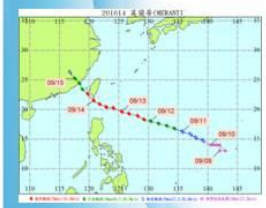


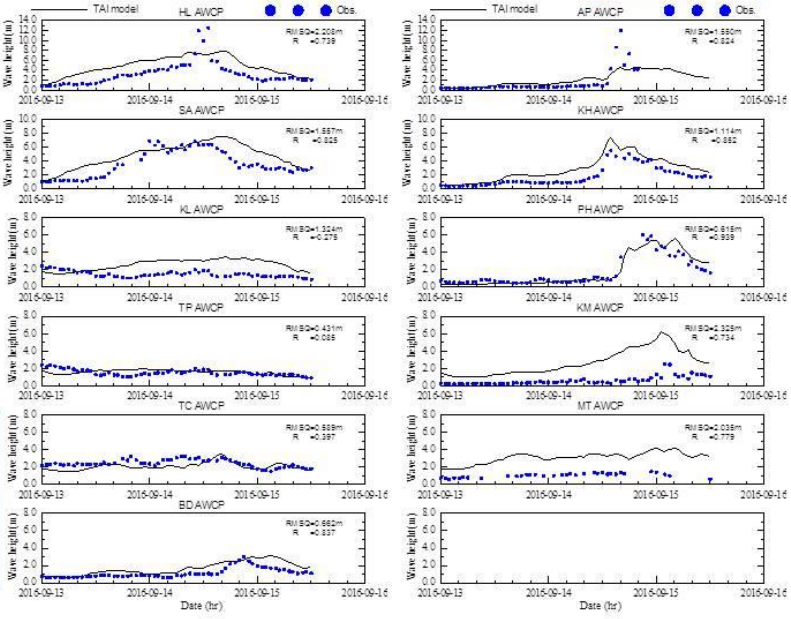


臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-2)

➢105年強烈颱風莫蘭蒂(0913 00~0915 12)

示性波高

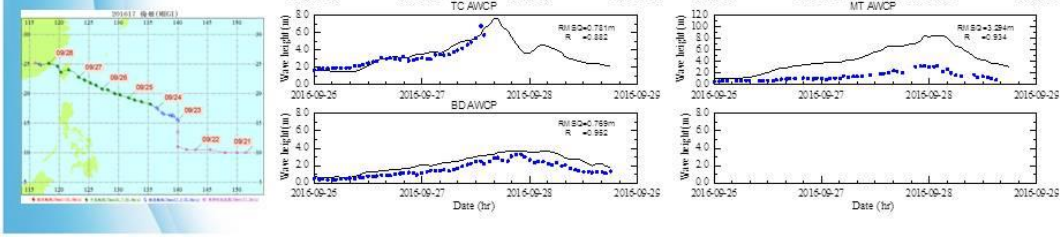




臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-2)

➢105年中度颱風梅姬(0926 00~0928 18)

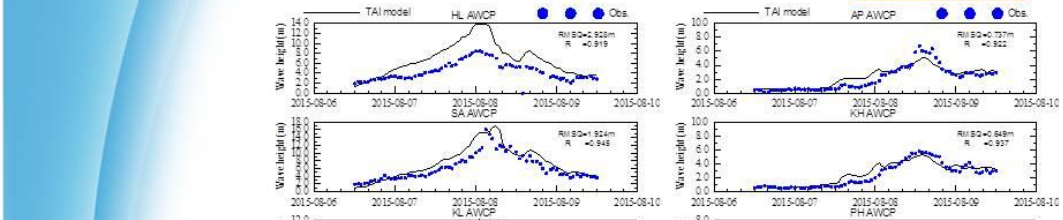
示性波高

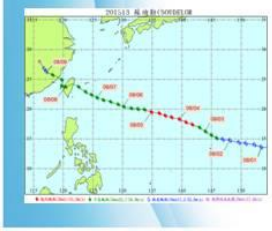


臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-2)

➢104年中度颱風蘇迪勒(0806 12~0809 12)

示性波高



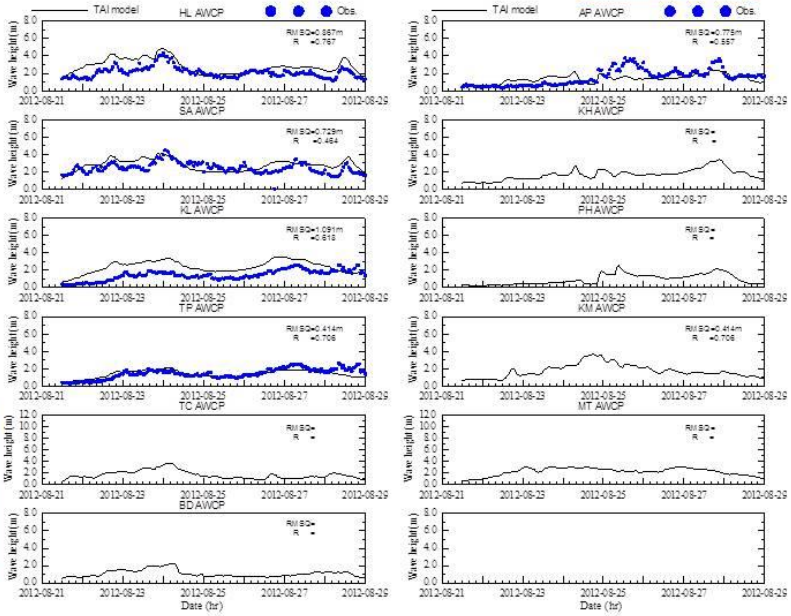


臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-2)

- 101年中度颱風天秤(0821 12~082900)

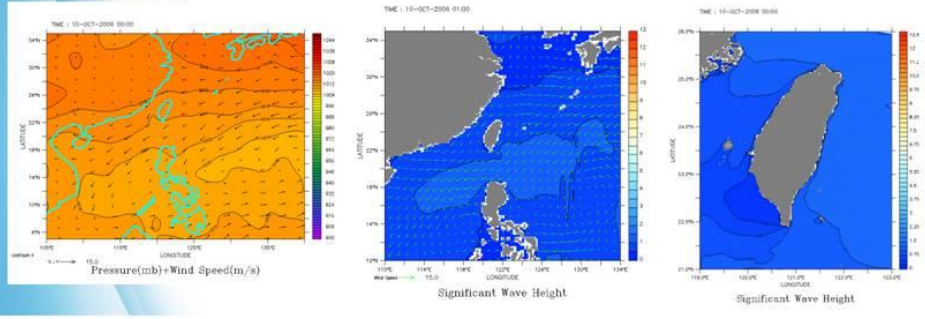
示性波高





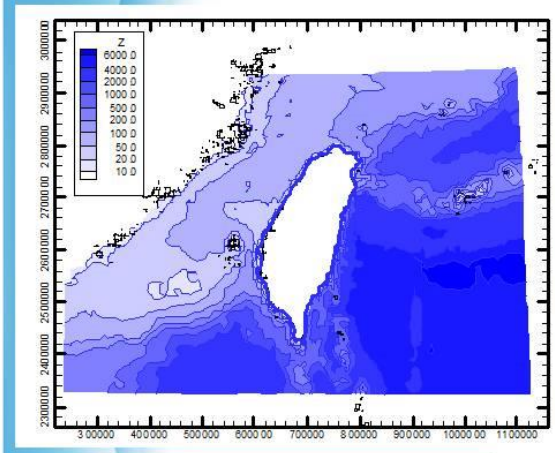
肆、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗



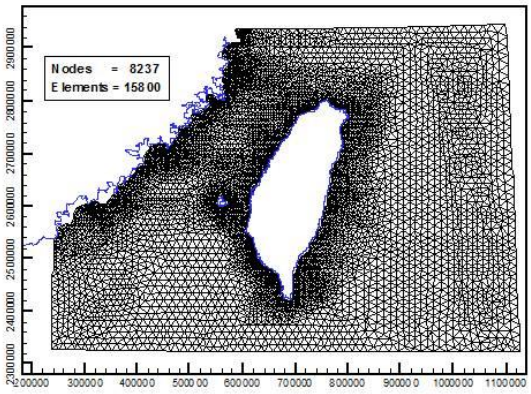


臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(1)

➢ 臺灣周圍海域水動力模式介紹



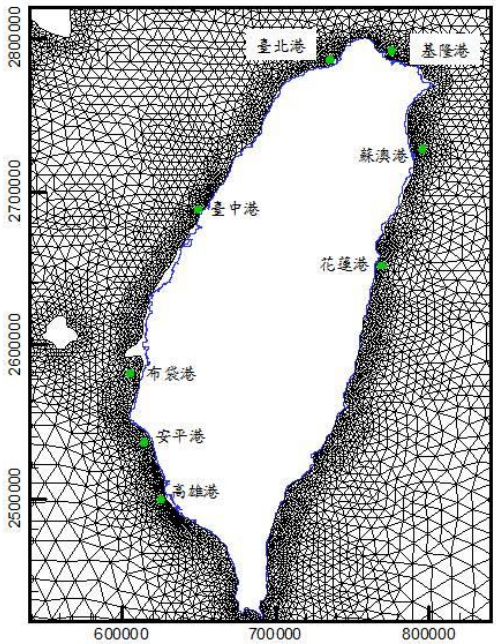
臺灣周圍海域水動力模式模擬範圍



臺灣周圍海域水動力模式計算網格

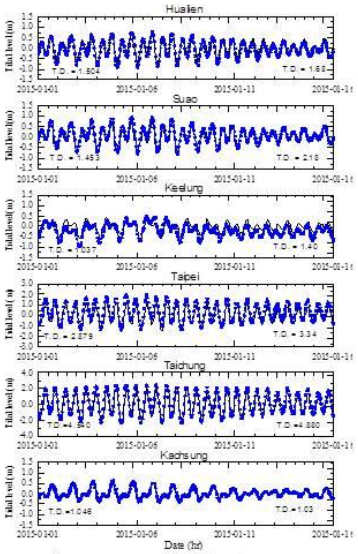
臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(2)

模式校驗點位

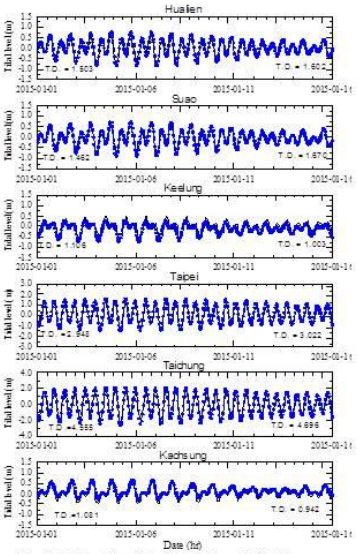


臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(3)

➢ 天文潮模擬及比對



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

臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(4)

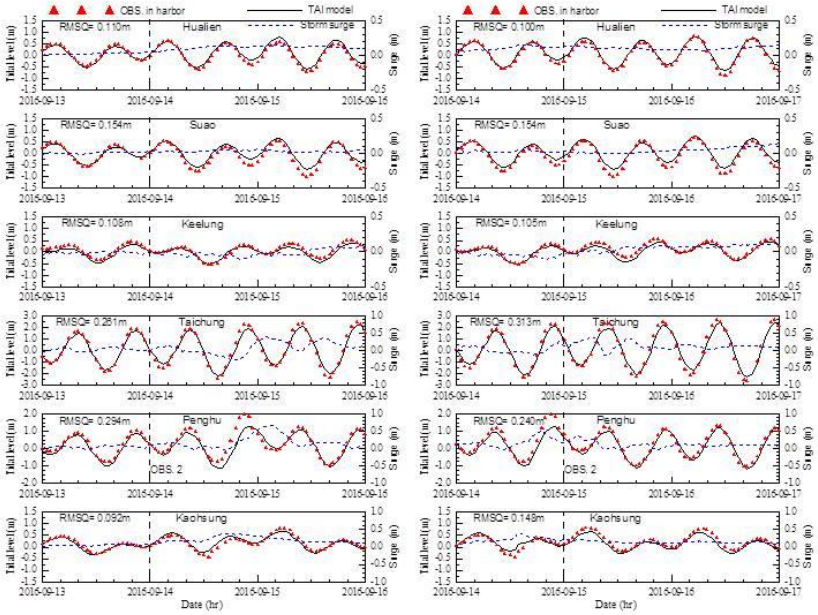
➢ 天文潮模擬及比對

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

臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(5)

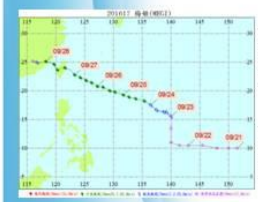
➢颱風侵臺期間作業化模擬結果比較

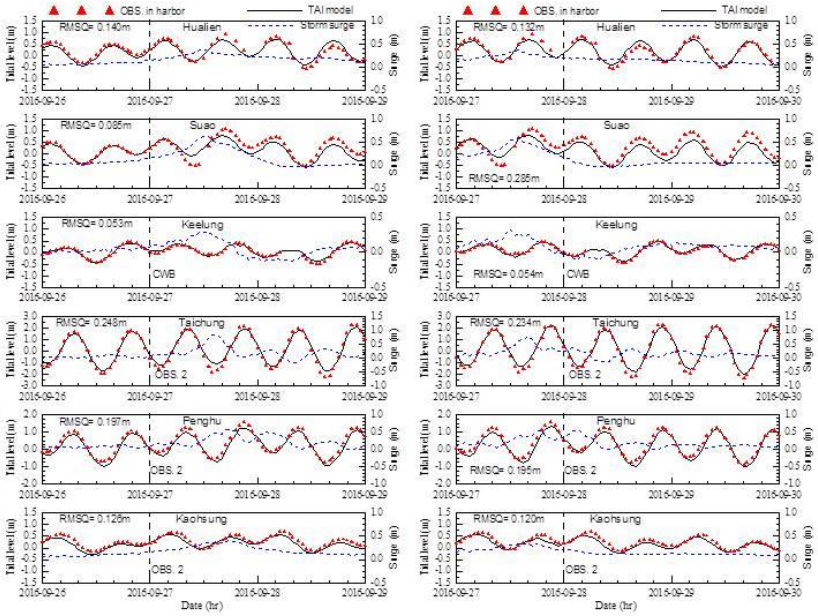




臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(5)

➢颱風侵臺期間作業化模擬結果比較





臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(5)

➢颱風侵臺期間作業化模擬結果比較

日期	花蓮港(HL)			蘇澳港(SA)			基隆港(KL)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160913	0.080	–	0.058	0.101	0.074	0.057	0.110	0.060	0.053
20160914	0.110	–	0.079	0.154	0.113	0.092	0.108	0.064	0.063
20160915	0.100	–	0.076	0.154	0.105	0.089	0.105	0.069	0.063

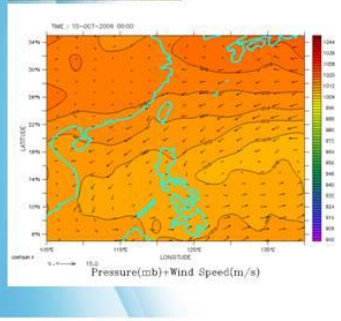
日期	臺中港(TC)			澎湖(PH)			高雄港(KH)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160913	0.217	0.328	–		0.236	–	0.108	0.090	0.090
20160914	0.261	0.283	–		0.294	–	0.092	0.122	0.134
20160915	0.313	0.279	–		0.240	–	0.131	0.118	0.148

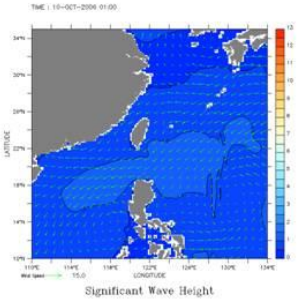
日期	花蓮港(HL)			蘇澳港(SA)			基隆港(KL)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160926	0.070	–	0.092	0.135	0.226	0.058	–	0.076	0.066
20160927	0.140	–	0.175	0.210	0.195	0.085	–	0.081	0.053
20160928	0.120	–	0.188	0.258	0.190	0.072	–	0.090	0.054

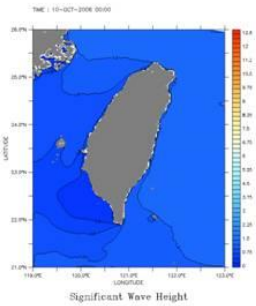
日期	臺中港(TC)			澎湖(PH)			高雄港(KH)		
	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)	OBS1 (m)	OBS2 (m)	CWB (m)
20160926	0.199	0.205	0.153	–	0.188	0.219	0.175	0.106	0.128
20160927	0.255	0.248	0.189	–	0.197	0.251	0.148	0.126	0.165
20160928	0.220	0.234	0.184	–	0.195	0.223	0.105	0.120	0.098



伍、
基本資料蒐集與分析



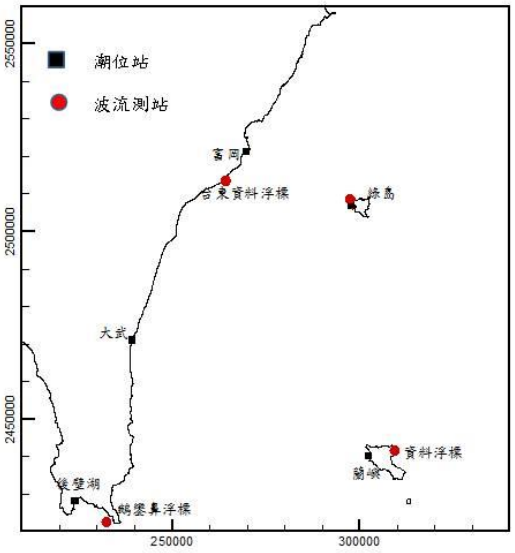




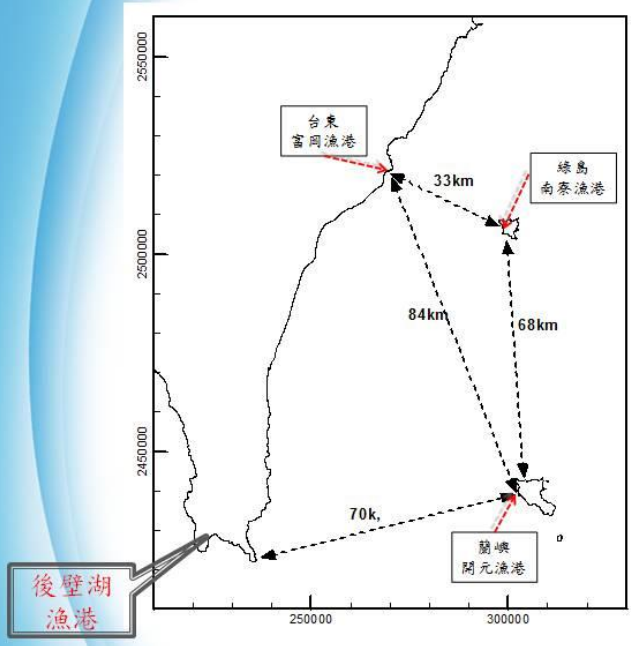
基本資料蒐集與分析

完成東南海域包括臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域基本資料分析。

- 地形(海圖)
- 潮汐
- 海流
- 波浪
- 風力



一、地理位置

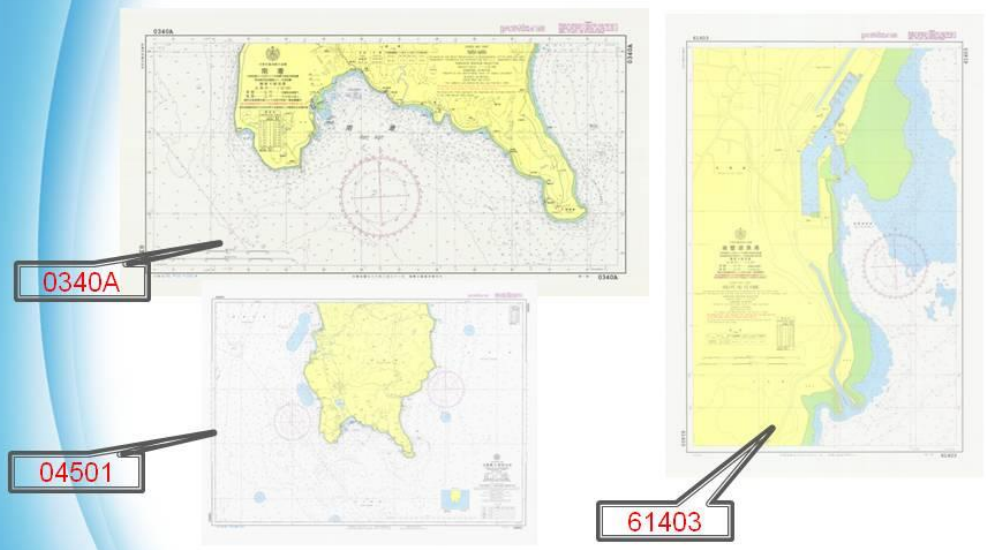


綠島為台灣第四大離島，全島面積16.2平方公里，南北長約4公里，東西寬約3公里，環島周長約20公里。

蘭嶼為僅次於澎湖之第二大離島，本島周圍全長38.45公里，面積在滿潮時為45.74平方公里。小蘭嶼位於蘭嶼東南方約5.4km，面積為1.6平方公里，環島全長4.3公里，屬於無人島。。

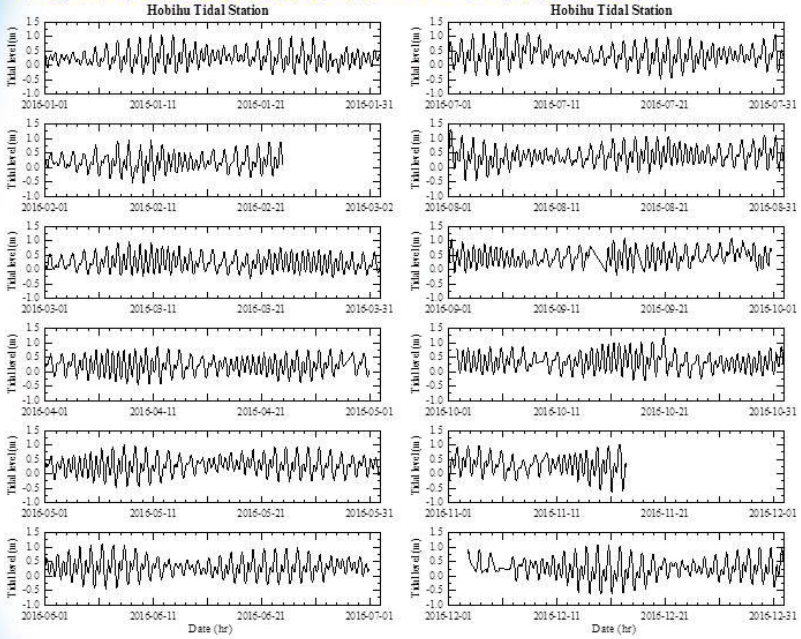
二、地形水深

- 新增屏東後壁湖漁港海域海軍水道圖相關圖資，並將水深資料數化供各模式使用。



三、潮汐(1)

- 新增屏東後壁湖漁港潮位站逐時觀測資料。



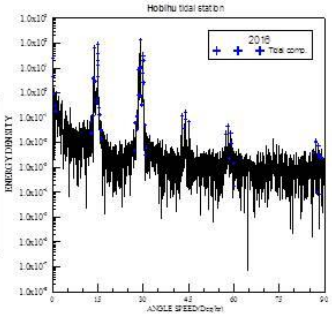
三、潮汐(2)

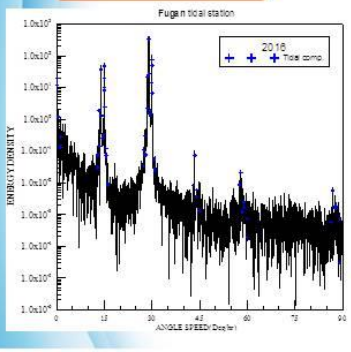
➢ 潮汐資料分析

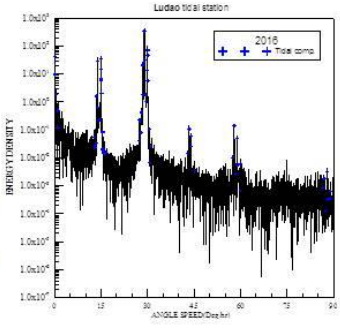
2016年潮位觀測資料之代表性潮位統計結果

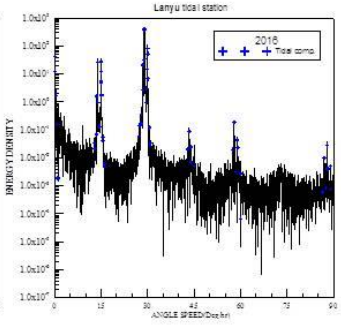
站名/潮位	最高高潮位	平均高潮位	平均潮位	平均低潮位	最低低潮位	最大潮差	平均潮差	資料數
富岡	1.485	0.627	0.194	-0.281	-0.861	2.321	0.952	8729
綠島	1.098	0.557	0.077	-0.400	-1.136	2.017	0.957	7841
蘭嶼	0.612	0.013	-0.488	-0.978	-1.635	2.014	0.990	7699
後壁湖	1.319	0.638	0.301	-0.044	-0.615	1.762	0.682	7745

頻譜分析





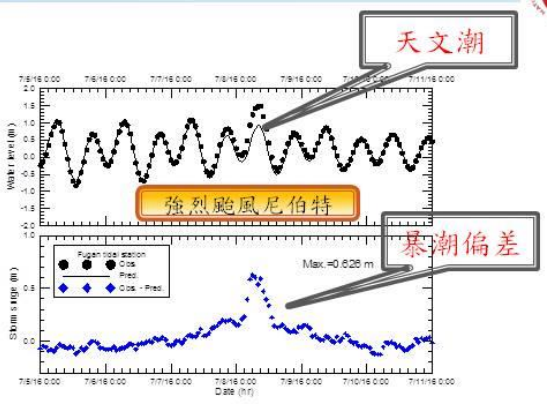


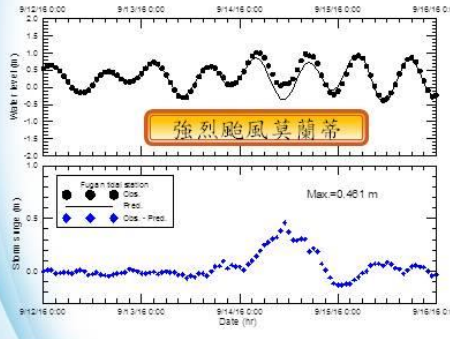


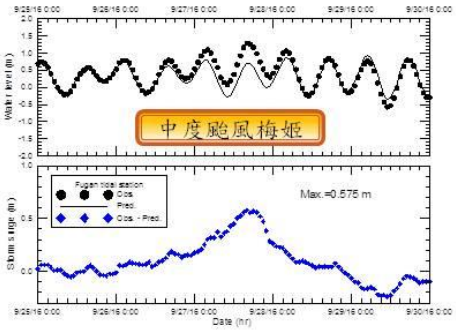
三、潮汐(3)

➢ 潮汐資料分析

調和分析







四、海流

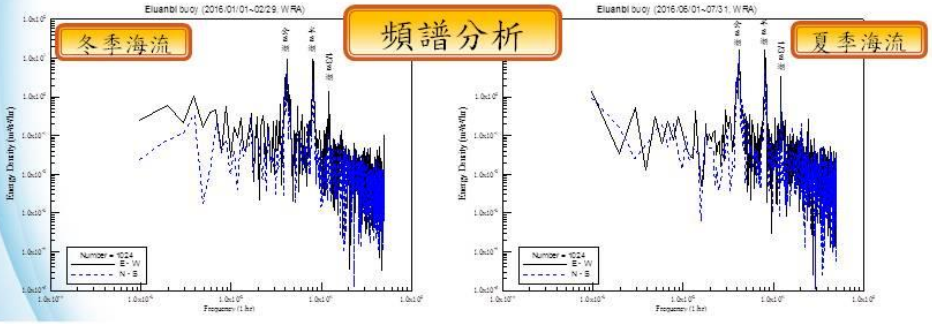
- 新增鵝鑾鼻資料浮標觀測資料。

時間：2016/12/01 ~ 2016/12/31
資料數：6548

		流向								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
流速 (m/s)	<0.25	5.04	4.38	7.22	7.74	3.67	3.27	7.04	7.56	45.92
	0.25~0.50	2.55	1.56	6.86	9.01	0.89	0.27	7.19	8.40	36.73
	0.50~0.75	0.49	0.14	2.57	4.32	0.24	0	1.91	3.99	13.84
	0.75~1.00	0.05	0	0.66	0.89	0.03		0.27	1.28	3.18
	1.00~1.25	0	0	0.05	0.03	0		0	0.21	0.29
	1.25<	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.05
	Total	8.12	6.08	17.53	21.99	4.83	3.54	16.42	21.49	100
備註	最大流速：1.34m/s (310°) 發生時間：2016/10/18 7時									

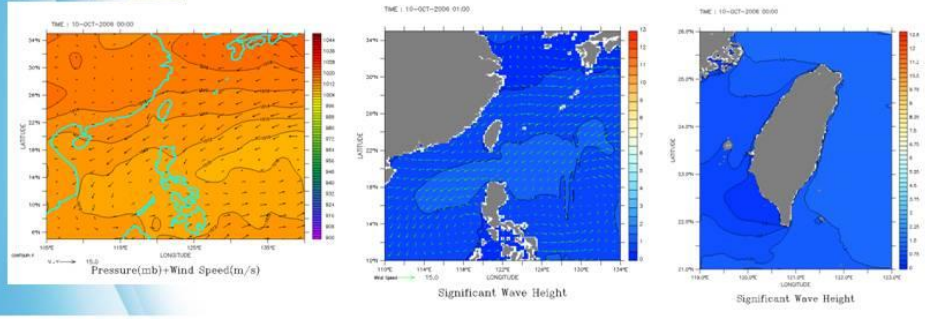
流速流向統計分析

頻譜分析





陸、小尺度風浪及水動力模擬系統建置



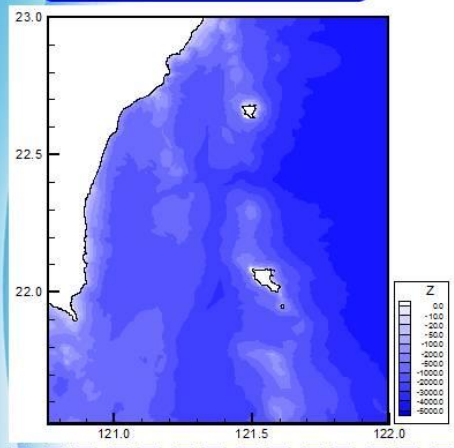
東南海域小尺度風浪及水動力模擬系統建置

- 完成臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度風浪模擬系統，並利用港研中心或其他單位鄰近波浪觀測資料，以校驗模式相關參數及數值模擬結果。

- 完成臺東富崗漁港、綠島南寮漁港、蘭嶼開元漁港及屏東後壁湖漁港間海域小尺度水動力模擬系統，並利用港研中心或其他單位鄰近水位及海流觀測資料，以校驗模式相關參數及數值模擬結果。

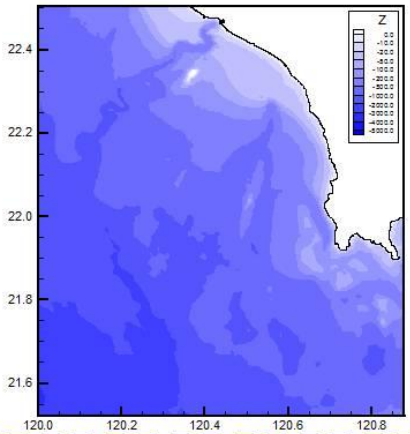
一、小尺度風浪模擬系統建置(1)

東南海域風浪模組



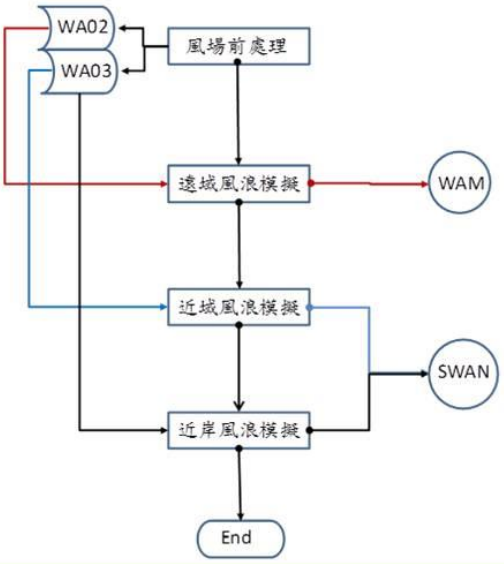
- (110°,10°)- (134°,35°)
- (117.6°,20.6°)- (123.6°,28°)
- (120.76°,21.52°)-(122.0°,23.0°)

西南海域風浪模組



- (110°,10°)- (134°,35°)
- (117.6°,20.6°)- (123.6°,28°)
- (120.00°,21.52°)-(120.88°,22.52°)

一、小尺度風浪模擬系統建置(2)

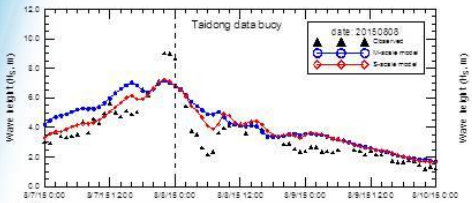


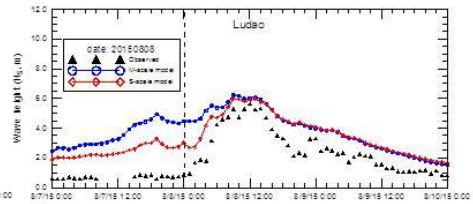
小尺度風浪模擬系統之架構及模擬流程

一、小尺度風浪模擬系統建置(3)

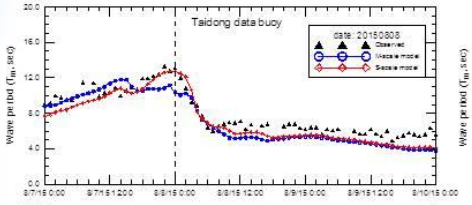
➢ 東南海域近岸風浪模組

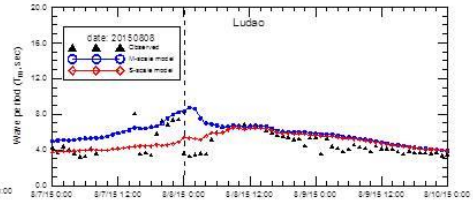
波高



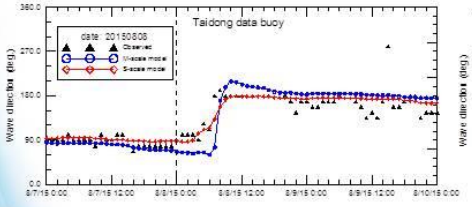


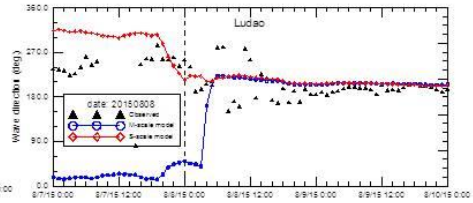
週期





波向





期末審查

107年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

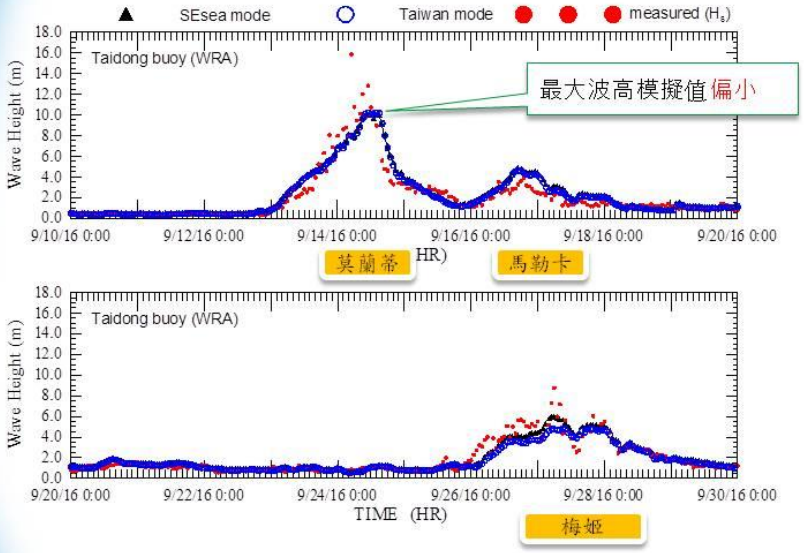
56

11:18:26

一、小尺度風浪模擬系統建置(4)

示性波高

東南海域風浪模組



期末審查

107年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

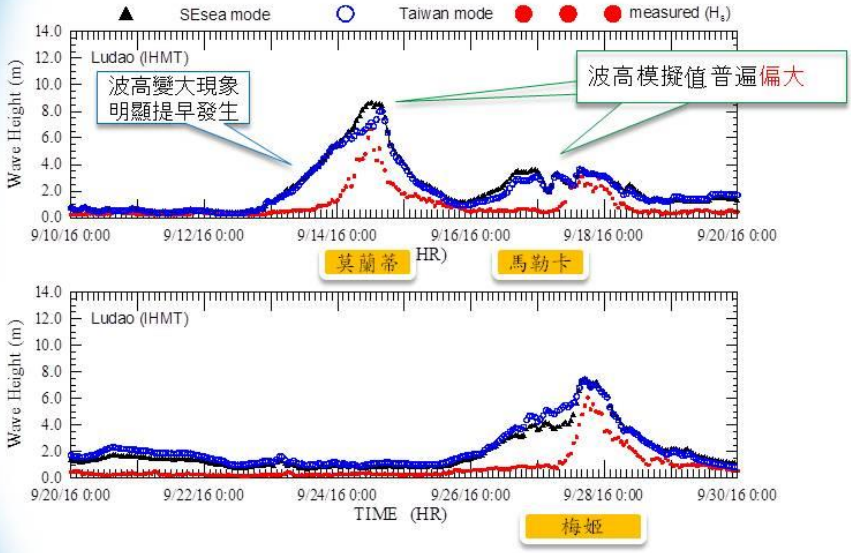
57

11:18:26

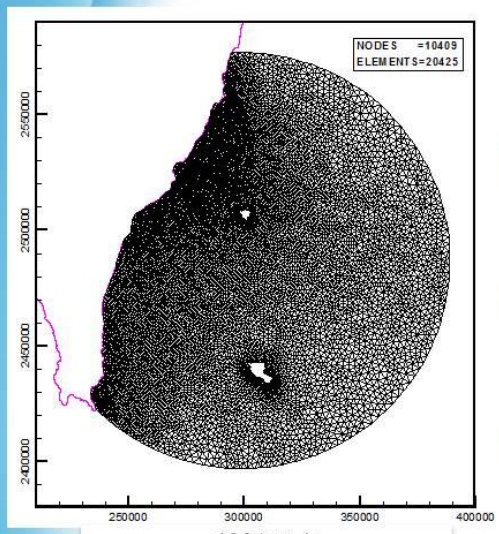
一、小尺度風浪模擬系統建置(5)

示性波高

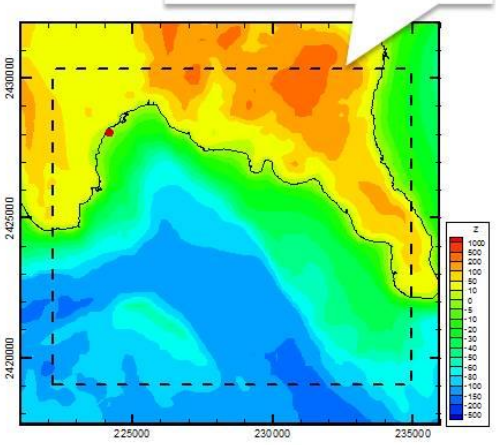
東南海域風浪模組



二、小尺度水動力模擬系統建置(1)

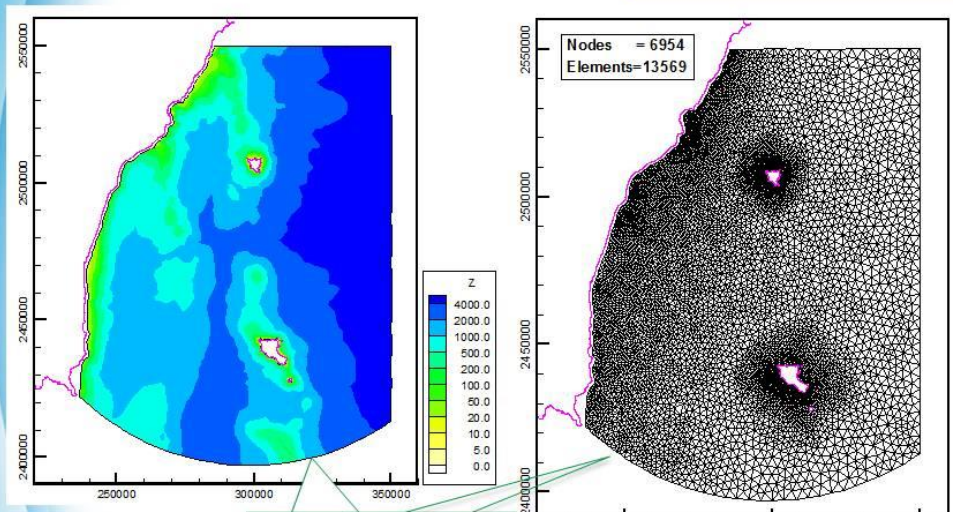


106年計畫
東南海域小尺度水動力模擬計算網格



二、小尺度水動力模擬系統建置(2)

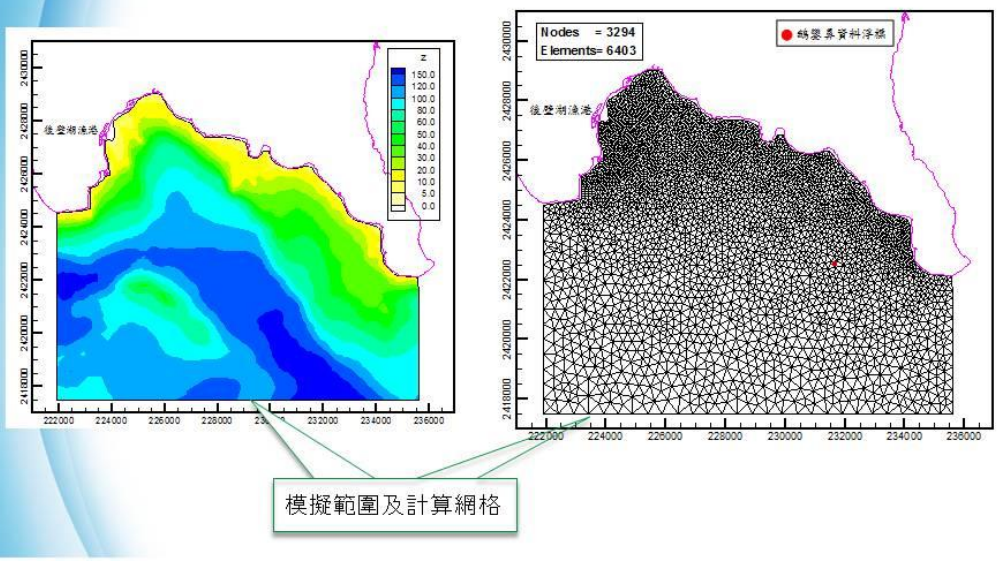
東南海域水動力模組



修正之模擬範圍及網格

二、小尺度水動力模擬系統建置(3)

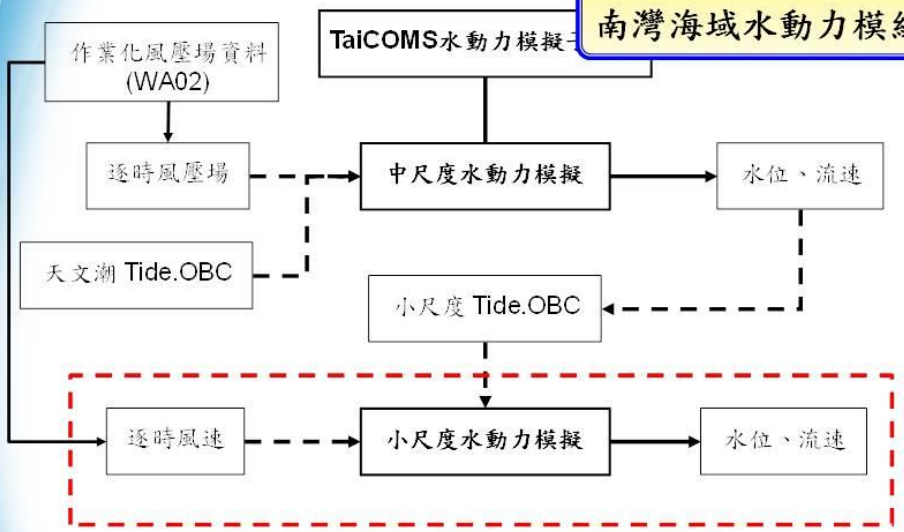
南灣海域水動力模組



模擬範圍及計算網格

二、小尺度水動力模擬系統建置(4)

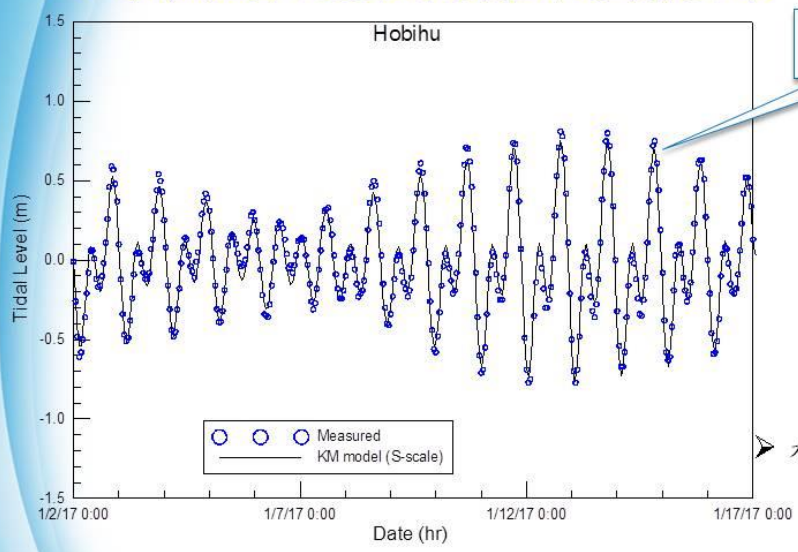
南灣海域水動力模組



小尺度水動力模擬系統之架構及模擬流程

二、小尺度水動力模擬系統建置(5)

➢ 南灣海域小尺度水動力模組初步模擬結果

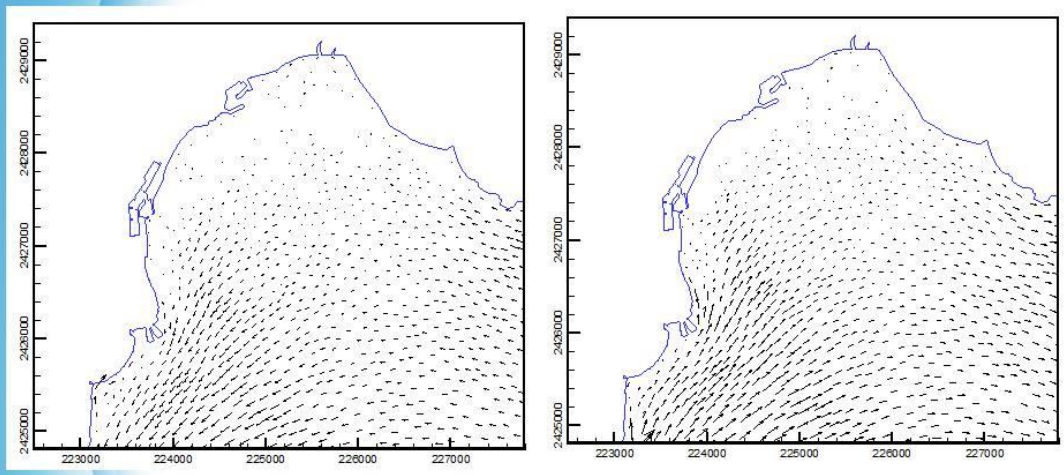


潮差模擬略小
潮型變化一致

➢ 水位驗証結果

二、小尺度水動力模擬系統建置(6)

➢ 南灣海域小尺度水動力模組初步模擬結果

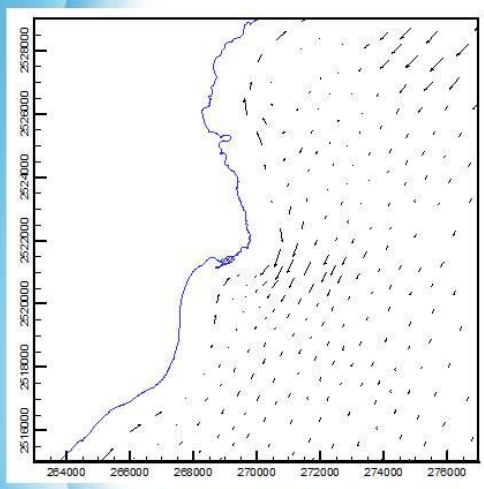


漲潮　　退潮

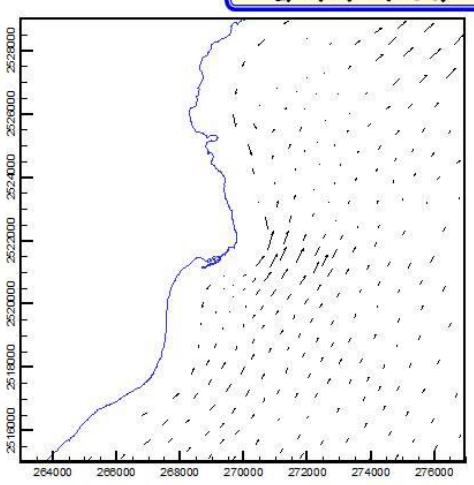
二、小尺度水動力模擬系統建置(7)

- 東南海域小尺度水動力模組初步模擬結果

富岡海域流場



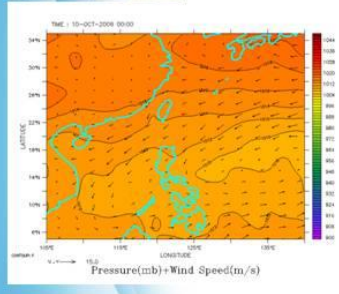
漲潮

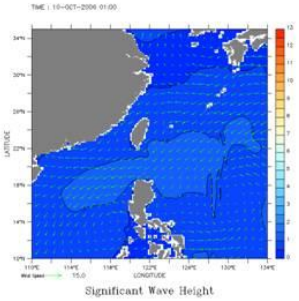


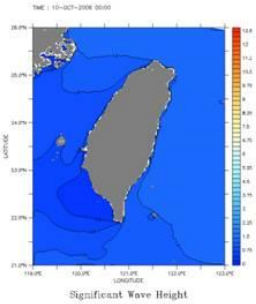
退潮



柒、結論與建議







結論(1)

◆ 海象預報模擬系統維運與改善：

本年度新增金門、馬祖海域小尺度風浪模擬及金門小尺度水動力模擬，有助於完善離島藍色公路網細緻化海象模擬資訊服務。

◆ 波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：

針對成果評估報告內容進行改版修訂，以增進評估報告內容易讀性，並完成107年有關風力、波浪、水位及流場等海象預報作業化成果報告，供港研中心內部參考。

結論(2)

◆ 基本資料蒐集與分析：

(1)完成富崗、綠島、蘭嶼及屏東後壁湖漁港等海域基本資料蒐集。

(2)完成基本資料如潮汐及海流等資料分析。

◆ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗：完成2012年至2017年顯著影響之颱風波浪模擬，並與港研中心觀測資料進行比對及分析。

第3類侵臺路徑中度以上颱風而言，除花蓮港及基隆港颱風波浪模擬結果呈現顯著大於觀測值現象外，蘇澳港及臺北港颱風波浪模擬結果趨近於觀測值，西部海岸颱風波浪模擬結果明顯受到颱風路徑之影響，迎風面港口颱風波高模擬結果誤差較小，港口離颱風中心越近波高模擬值之相關係數愈高。

結論(3)

- 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗：

  除針對作業化模擬過程增加誤差分析、相關係數分析等功能外，並針對颱風侵臺期間則增加暴潮偏析分析功能，未來將進一步納入作業化模擬流程。

- 小尺度風浪模擬系統建置：

  完成小尺度東南海域及西南海域風浪模系統建置，其中小尺度東南海域風浪模組已移轉港研中心納入TaiCOMS新版風浪模擬系統持續進行作業化模擬與測試。

- 小尺度水動力模擬系統建置：

  完成小尺度東南海域水動力模組之修訂及含屏東後壁湖漁港海域之小尺南灣海域水動力模組之建置

建議

- 為完善提供藍色公路細緻化海象模擬資訊服務，建議下年度持續針對金門及馬祖海域小尺度海象模擬結果評估。

- 針對本島主要商港海域增建小尺度風浪模組提供細緻化模擬資訊。

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/