110-053-7C75
IOT-109-H3C005

109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 110 年 2 月

110-053-7C75
IOT-109-H3C005

109 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

著者：劉正琪、李兆芳、傅怡釧、李俊穎、謝佳紘、江朕榮

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 2 月

110

109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：1011000166
定價 :450 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運. 109 年 / 劉正琪, 李兆芳, 傅怡釧, 李俊穎, 謝佳紘, 江朕榮著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 110.02
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-224-4(平裝)

1.海洋氣象

444.94 110000730

109 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

著　　者：劉正琪、李兆芳、傅怡釧、李俊穎、謝佳紘、江朕榮
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)
電　　話：(04)26587200
出版年月：中華民國 110 年 2 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價：450 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789
國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207
五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011000166　　ISBN：978-986-531-224-4（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分內容者，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：109 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-224-4 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011000166</td><td>運輸研究所出版品編號
110-053-7C75</td><td>計畫編號
IOT-109-H3C005</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位： 港研中心
主管：蔡立宏
計畫主持人：李俊穎
研究人員： 傅怡釧
聯絡電話：04-26587134
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： 劉正琪
協同主持人：李兆芳
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 109 年 2 月

至 109 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：花蓮海域、蘇澳海域、海象模擬</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本計畫屬於本所港研中心 109 年科技綱要計畫「海洋及交通運輸防災技術研究(3/4)」「港灣環境資訊整合及防災應用研究」細部計畫之子計畫。
計畫除了持續維運本所海象模擬作業化系統正常運作外，今年度研究重點為東部海域，主要課題包括小尺度風浪模組、港區靜穩模擬系統建置及其他相關海象模擬之改善等。研究成果包括海象模擬作業系統升級為每日四報之作業系統研究與測試；臺灣周圍風浪、水動力模擬與觀測值、氣象局預報成果之校驗，成果將作為風浪、水動力等海象模擬改善之依據；完成 109 年度 9 海域主要港口模擬與觀測成果評估，並以颱風期間為評估重點。針對東部海域建置三層巢狀網格風浪模擬作業子系統，其中小尺度近岸風浪模組區分為花蓮海域及蘇澳海域，相關模擬預測結果將提供港區(花蓮港及蘇澳港)港區靜穩模擬之外海風浪模擬條件；本年度以花蓮港為對象，結合東部海域風浪模擬系統及細尺度花蓮港港域波浪模組，建構成花蓮港港區靜穩模擬作業系統，並利用港內波浪即時觀測資料校驗數值模擬成果，作為港區靜穩預測模擬改進依據。
本計畫相關研究成果及數值模擬經驗將能夠應用至其他離島海域，達到完善臺灣周圍海域「海氣象模擬預報系統」之目標。於平時提供港區、藍色公路及海岸公路等相關海象模擬資訊，另於颱風侵襲期間，相關結果可作為防災預警之評估依據，以輔助船舶進出、藍色公路航行安全及海岸公路行車安全等重要資訊。</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>110 年 2 月</td><td>486</td><td>450</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">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, 2020

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-531-224-4 (pbk)	1011000166	110-053-7C75	IOT-109-H3C005

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chun-Ying Lee
PROJECT STAFF: Yi-Chuan Fu
PHONE: (04) 26587134
FAX: (04) 26564415

PROJECT PERIOD

FROM February 2020
TO December 2020

RESEARCH AGENCY: National Cheng Kung University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Chi Liu
CO-PROJECT INVESTIGATOR: Jaw-Fang Lee
PROJECT STAFF: Chia-Hon Shieh, Chen-Jung Chiang
ADDRESS: NO.1, University Road, Tainan, Taiwan 70101, R.O.C.
PHONE: (06) 2371938 ext. 301

KEY WORDS: HUALIEN SEA AREA, SUAO SEA AREA, SEA METEOROLOGY SIMULATION

ABSTRACT:

This project is the third-year sub-project of the four-year project of building a sea meteorology simulation system. The project is part of the sub-project "Research on the Application of Environmental Information Integration and Disaster Prevention" of the 2020 Technology program "Research on Marine and Transportation Disaster Prevention Technology (3/4)" of the Harbor & Marine Technology Center.

The project focuses on the eastern sea area, including the construction of the small-scale wind wave module and port tranquility simulation system, and the improvement of other related sea meteorology simulation. The main achievements of this year include the research and testing of upgrading the sea meteorology simulation system to a four daily-report operation system, verification of the wind wave, hydrodynamic simulation and observation data around Taiwan, and verification of the forecast results of the Meteorological Bureau, the results of which will be used as the basis for improvement of wind wave, hydrodynamic and other sea meteorology simulation. In addition, the simulation and observation result evaluation of main ports in the nine sea areas in 2020 were completed, with a focus on typhoon periods. A three-layer nested grid wind and wave simulation subsystem was built for the eastern sea area; the small-scale nearshore wind and wave module was divided into Hualian sea area and Suao sea area, and the relevant simulation and forecast results will provide the offshore wind and wave simulation conditions for the tranquility simulation of the port area (Hualian Harbor and Suao Harbor). This year, Hualian Harbor was taken as the object, and by integrating the east sea wind and wave simulation system and the fine-scale Hualian Harbor area wave simulation module, the Hualian Harbor tranquility simulation system was built, and the numerical simulation results were verified with the real-time observation data of waves in the harbor, which can be used as the basis for the improvement of the tranquility forecast simulation.

The research results and numerical simulation experience of this project can be applied to other outlying islands to achieve the goal of improving the "sea meteorological simulation and forecast system" for the waters around Taiwan. In normal times, the relevant results can provide relevant sea meteorology simulation information of port areas, blue highways and coastal highways, and during the typhoon period, they can be used as the evaluation basis for disaster prevention and early warning, so as to provide important information for ship access, navigation safety of blue highways and driving safety of coastal highways.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
February 2021	486	450

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

目 錄

中文摘要..... Ⅰ
英文摘要..... Ⅱ
目 錄 III
圖 目 錄.....V
表 目 錄.....XXIII
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.....1-2
1.4 研究範圍與對象.....1-5
1.5 研究內容及工作項目.....1-5
第二章 臺灣近岸海象預報模擬系統維運與改善研究.....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之校修與改善.....2-19
2.3 海象模擬作業化系統維運說明.....2-39
第三章 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗.....3-1
3.1 臺灣周圍海域風浪模擬.....3-1
3.2 臺灣周圍海域季風波浪模擬與校驗.....3-4
3.3 臺灣周圍海域颱風波浪模擬與校驗.....3-23
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擬與校驗.....4-5
4.3 綜整中央氣象局水位及流場預報資料.....4-68
第五章 臺灣近岸海象預報作業化成果評估.....5-1
5.1 風力.....5-5
5.2 波浪.....5-15
5.3 水位.....5-31

5.4 海流 5-38
第六章 東部海域基本資料蒐集與分析 6-1
6.1 地形水深 6-1
6.2 潮汐水位 6-8
6.3 波浪 6-12
6.4 海流 6-15
第七章 東部海域小尺度風浪模擬系統建置 7-1
7.1 風浪模擬系統巢狀網格建置 7-1
7.2 風浪模擬系統之風場資料 7-5
7.3 風浪模擬系統之數值模式 7-6
7.4 風浪模擬系統之風浪模擬流程 7-6
7.5 東部海域小尺度風浪模擬與校驗 7-19
第八章 港區靜穩模擬系統建置 8-1
8.1 細尺度港域波浪模組介紹 8-1
8.2 港區波浪即時觀測系統建置 8-13
8.3 港區靜穩模擬系統之模擬架構 8-18
8.4 港區靜穩模擬系統之模擬與校驗 8-27
第九章 結論與建議 9-1
9.1 結論 9-1
9.2 建議 9-2
9.3 成果效益 9-3
參考文獻 參-1
附錄一 相關波浪模式基本理論介紹 附1-1
附錄二 水動力模式基本理論介紹 附2-1
附錄三 壓力式波浪觀測資料分析方法介紹 附3-1
附錄四 期中報告審查意見處理情形表 附4-1
附錄五 期末報告審查意見處理情形表 附5-1
附錄六 期末簡報資料 附6-1

圖 目 錄

圖 1.1 近岸海象數值模擬及預警系統架構圖.....1-3
圖 1.2 研究範圍與對象之示意圖.....1-5
圖 2.1 臺灣近岸海象預報系統整體架構圖.....2-1
圖 2.2 中央氣象局數值天氣預報系統 WRF 模組 M05 數值模擬範圍 (WD01 及 WD02)及 TaiCOMS 各層風、壓場資料輸出範圍圖.....2-4
圖 2.3 每日(D 日)海象作業化模擬預報風場之組合方式圖.....2-5
圖 2.4 TaiCOMS 遠域風浪模組模擬範圍圖.....2-8
圖 2.5 TaiCOMS 近域風浪模組模擬範圍圖.....2-8
圖 2.6 TaiCOMS 澎湖海域(PH sea)近海風浪模組模擬範圍圖.....2-9
圖 2.7 TaiCOMS 金門海域(KM sea)近海風浪模組之模擬範圍圖.....2-9
圖 2.8 TaiCOMS 馬祖海域(MZ sea)近海風浪模組之模擬範圍圖.....2-10
圖 2.9 TaiCOMS 東南海域(SE sea)近海風浪模組之模擬範圍圖.....2-10
圖 2.10 TaiCOMS 西南海域(SW sea)近海風浪模組之模擬範圍圖.....2-11
圖 2.11 各主要商港港區近岸波浪模組模擬範圍示意圖.....2-11
圖 2.12 各主要商港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖.....2-12
圖 2.13 風浪模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖.....2-13
圖 2.14 遠域及近域(虛線)水動力模組模擬範圍示意圖.....2-15
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.....2-15
圖 2.16 各主要商港近岸(小尺度)水動力模組模擬範圍示意圖.....2-16
圖 2.17 澎湖海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖.....2-16
圖 2.18 金門海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖.....2-17
圖 2.19 東南海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖.....2-17
圖 2.20 南灣海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖.....2-18
圖 2.21 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖.....2-18
圖 2.22 每日四次海象作業化模擬之預報風場組合方式圖.....2-21
圖 2.23 TaiCOMS 風浪模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程修正圖.....2-21
圖 2.24 TaiCOMS 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程修正圖.....2-22
圖 2.25 中尺度臺灣周圍海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖.....2-24

圖 2.26 中尺度臺灣周圍海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖 2-24
圖 2.27 小尺度澎湖海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖 2-25
圖 2.28 小尺度澎湖海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖 2-25
圖 2.29 小尺度東南海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖 2-26
圖 2.30 小尺度東南海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖 2-26
圖 2.31 小尺度西南海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖 2-27
圖 2.32 小尺度西南海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖 2-27
圖 2.33 小尺度馬祖海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖 2-28
圖 2.34 小尺度馬祖海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖 2-28
圖 2.35 小尺度金門海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖 2-29
圖 2.36 小尺度金門海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖 2-29
圖 2.37 國內藍色公路路線分布圖 2-30
圖 2.38 遠域風浪模組模擬範圍擴大方案之水深分布圖 2-31
圖 2.39 臺灣周圍海域水動力模組作業化模擬成果等水位分布及流速向量圖 2-33
圖 2.40 馬祖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 2-34
圖 2.41 馬祖南竿及北竿海域三角形元素網格分布圖 2-35
圖 2.42 馬祖東莒及西莒海域三角形元素網格分布圖 2-35
圖 2.43 馬祖海域近岸水動力模組之水深分布圖 2-36
圖 2.44 0304 莒光列島至東引島(含閩江口)海軍水道圖 2-37
圖 2.45 0306 烏坵嶼至東引島(含臺灣北部)海軍水道圖 2-38

圖 3.1 TaiCOMS「臺灣周圍海域風浪模擬系統」三層巢狀網格圖 3-3
圖 3.2 氣象局決定性波浪預報模式系統 3 層多重網格模擬範圍圖.....3-3
圖 3.3 臺灣周圍海域長期波浪觀測站分布圖.....3-4
圖 3.4 基隆港 KLA 測站示性波高模擬值與氣象局預報值之比較圖 3-6
圖 3.5a 富貴角 FGCB 測站示性波高模擬值與觀測值、氣象局預報值
之比較圖.....3-6
圖 3.5b 富貴角 FGCB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-7
圖 3.6 臺北港 TPA 測站示性波高模擬值與氣象局預報值之比較圖 3-7
圖 3.7a 新竹 HCB 測站示性波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之
比較圖 3-8
圖 3.7b 新竹 HCB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-8
圖 3.8a 臺中港 TCA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比
較圖.....3-9
圖 3.8b 臺中港 TCA 測站平均週期模擬值與氣觀測值之比較圖.....3-9
圖 3.8c 臺中港 TCA 測站平均波向模擬值與觀測值之比較圖 3-10
圖 3.8d 臺中港 TCA 測站譜峰週期模擬值與觀測值之比較圖.....3-10
圖 3.9 布袋港 BDA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比
較圖.....3-11
圖 3.10 安平港 APA 測站波高模擬值與氣象局預報值之比較圖 3-12
圖 3.11a 七股 QGB 測站波高模擬值與氣觀測值之比較圖.....3-12
圖 3.11b 七股 QGB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-13
圖 3.12a 彌陀 MTB 測站波高模擬值與氣觀測值之比較圖 3-13
圖 3.12b 彌陀 MTB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-14
圖 3.13a 高雄港 KHA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之
比較圖.....3-15
圖 3.13b 高雄港 KHA 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-15
圖 3.13c 高雄港 KHA 測站平均波向模擬值與觀測值之比較圖 3-16
圖 3.13d 高雄港 KHA 測站譜峰週期模擬值與觀測值之比較圖 3-16
圖 3.14a 小琉球 XLQB 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之
比較圖.....3-17
圖 3.14b 小琉球 XLQB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖.....3-17
圖 3.15a 花蓮港 HLA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比
較圖.....3-18

圖 3.15b 花蓮港 HLA 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-19
圖 3.15c 花蓮港 HLA 測站平均波向模擬值與觀測值之比較圖.....3-19
圖 3.15d 花蓮港 HLA 測站譜峰週期模擬值與觀測值之比較圖 3-20
圖 3.16a 花蓮 HLB 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖.....3-20
圖 3.16b 花蓮 HLB 測站平均週期模擬值與氣觀測值之比較圖.....3-21
圖 3.17 蘇澳港 SAA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖.....3-22
圖 3.18a 蘇澳 SAB 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖.....3-22
圖 3.18b 蘇澳 SAB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖 3-23
圖 3.19 2020 年中度颱風黃蜂(VONGFONG)侵臺路徑圖.....3-24
圖 3.20 2020 年中度颱風哈格比(HAGUPIT)侵臺路徑圖 3-24
圖 3.21 2020 年輕度颱風米克拉(MEKKHALA)侵臺路徑圖 3-25
圖 3.22 2020 年輕度颱風巴威(BAVI)侵臺路徑圖.....3-25
圖 3.23 2019 年強烈颱風利奇馬(LEKIMA)侵臺路徑圖 3-26
圖 3.24 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖 3-27
圖 3.24 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖 3-28
圖 3.24 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖 3-29
圖 3.24 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖 3-30
圖 3.24 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖 3-31
圖 3.25 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖 3-32
圖 3.25 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖.....3-33
圖 3.25 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖.....3-34

圖 3.25 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖 3-35
圖 3.25 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖 3-36
圖 3.26 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖 3-37
圖 3.26 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖 3-38
圖 3.26 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖 3-39
圖 3.26 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖 3-40
圖 3.26 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖 3-41
圖 3.27 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖 3-42
圖 3.27 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖 3-43
圖 3.27 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖 3-44
圖 3.27 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖 3-45
圖 3.27 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖 3-46
圖 4.1 臺灣周圍海域水動力模組之模擬範圍示意圖 4-1
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 花蓮海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB HL1256) 4-18
圖 4.5 (續)花蓮海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖(CWB HL1256) 4-19

圖 4.6 蘇澳海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(CWB SA1246) 4-20
圖 4.6 (續)蘇澳海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(CWB SA1246) 4-21
圖 4.7 基隆海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(CWB KL1516) 4-22
圖 4.7 (續)基隆海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(CWB KL1516) 4-23
圖 4.8 臺北海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(IHMT TPA3) 4-24
圖 4.8 (續)臺北海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(IHMT TPA3) 4-25
圖 4.9 臺中海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(CWB TC1436) 4-26
圖 4.9 (續)臺中海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(CWB TC1436) 4-27
圖 4.10 布袋海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(IHMT BDA3) 4-28
圖 4.10 (續)布袋海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(IHMT BDA3) 4-29
圖 4.11 安平海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(IHMT APA3) 4-30
圖 4.11 (續)安平海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(IHMT BDA3) 4-31
圖 4.12 高雄海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖
(CWB KH1486) 4-32
圖 4.12 (續)高雄海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較
圖(CWB KH1486) 4-33
圖 4.13 澎湖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之 比較圖
(CWB PH1356) 4-34
圖 4.13 (續)澎湖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之 比
較圖(CWB PH1356) 4-35
圖 4.14 綠島海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖
(CWB LD1676) 4-36

圖 4.14 (續)綠島海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB LD1676) 4-37
圖 4.15 金門海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB KM1956) 4-38
圖 4.15 (續)金門海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB KM1956) 4-39
圖 4.16 馬祖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB MZ1926) 4-40
圖 4.16 (續)馬祖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB MZ1926) 4-41
圖 4.17 花蓮港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-43
圖 4.17 (續)花蓮港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-44
圖 4.18 蘇澳港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-45
圖 4.18 (續)蘇澳港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-46
圖 4.19 基隆港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-47
圖 4.19 (續)基隆港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-48
圖 4.20 臺中港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-49
圖 4.20 (續)臺中港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-50
圖 4.21 高雄港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-51
圖 4.21 (續)高雄港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-52
圖 4.22 澎湖馬公港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖 4-53

圖 4.22 (續)澎湖馬公港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析 預測值(線)之比較圖 4-54
圖 4.23 花蓮港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-56
圖 4.23 (續)花蓮港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-57
圖 4.24 蘇澳港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-58
圖 4.24 (續)蘇澳港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-59
圖 4.25 基隆港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-60
圖 4.25 (續)基隆港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-61
圖 4.26 臺中港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-62
圖 4.26 (續)臺中港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-63
圖 4.27 高雄港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-64
圖 4.27 (續)高雄港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-65
圖 4.28 澎湖馬公港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖 4-66
圖 4.28 (續)澎湖馬公港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之 比較圖 4-67
圖 4.29 氣象局 OCM2-new 每日一報產品「臺灣海域」之流速向量及海流強度(m/s)分布圖 4-69
圖 4.30 臺北海域 2019 年 09 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-70
圖 4.30 (續 1)臺北海域 2019 年 10 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-70
圖 4.30 (續 2)臺北海域 2019 年 11 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-70
圖 4.30 (續 3)臺北海域 2019 年 12 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-71
圖 4.30 (續 4)臺北海域 2020 年 01 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-71

圖 4.30 (續 5)臺北海域 2020 年 02 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-71
圖 4.30 (續 6)臺北海域 2020 年 03 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-72
圖 4.30 (續 7)臺北海域 2020 年 04 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-72
圖 4.30 (續 8)臺北海域 2020 年 05 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-72
圖 4.30 (續 9)臺北海域 2020 年 06 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-73
圖 4.30 (續 10)臺北海域 2020 年 07 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-73
圖 4.30 (續 11)臺北海域 2020 年 08 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-73
圖 4.31 臺中海域 2019 年 09 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-74
圖 4.31 (續 1)臺中海域 2019 年 10 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-74
圖 4.31 (續 2)臺中海域 2019 年 11 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-74
圖 4.31 (續 3)臺中海域 2019 年 12 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-75
圖 4.31 (續 4)臺中海域 2020 年 01 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-75
圖 4.31 (續 5)臺中海域 2020 年 02 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-75
圖 4.31 (續 6)臺中海域 2020 年 03 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-76
圖 4.31 (續 7)臺中海域 2020 年 04 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-76
圖 4.31 (續 8)臺中海域 2020 年 05 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖.....4-76

圖 4.31 (續 9)臺中海域 2020 年 06 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-77
圖 4.31 (續 10)臺中海域 2020 年 07 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-77
圖 4.31 (續 11)臺中海域 2020 年 08 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-77
圖 4.32 安平海域 2019 年 09 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-78
圖 4.32 (續 1)安平海域 2019 年 10 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-78
圖 4.32 (續 2)安平海域 2019 年 11 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-78
圖 4.32 (續 3)安平海域 2019 年 12 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-79
圖 4.32 (續 4)安平海域 2020 年 01 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-79
圖 4.32 (續 5)安平海域 2020 年 02 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-79
圖 4.32 (續 6)安平海域 2020 年 03 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-80
圖 4.32 (續 7)安平海域 2020 年 04 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-80
圖 4.32 (續 8)安平海域 2020 年 05 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-80
圖 4.32 (續 9)安平海域 2020 年 06 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-81
圖 4.32 (續 10)安平海域 2020 年 07 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-81
圖 4.32 (續 11)安平海域 2020 年 08 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖 4-81
圖 5.1 2019 年 9 月中度颱風米塔(MITAG) 侵臺行進徑圖 5-3
圖 5.2 2020 年中度颱風黃蜂(VONGFONG)侵臺路徑圖 5-3
圖 5.3 2020 年中度颱風哈格比(HAGUPIT)侵臺路徑圖 5-4

圖 5.4 2020 年輕度颱風米克拉(MEKKHALA)侵臺路徑圖 5-4
圖 5.5 2020 年輕度颱風巴威(BAVI)侵臺路徑圖 5-5
圖 5.6 9 海域 2019 年 12 月風速觀測值與小尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-11
圖 5.7 9 海域 2020 年 6 月風速觀測值與小尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-12
圖 5.8 9 海域 2019 年 12 月風向觀測值與小尺度模擬(紅色)比較圖 5-13
圖 5.9 9 海域 2020 年 6 月風向觀測值與小尺度模擬(紅色)比較圖 5-14
圖 5.10 9 海域 2019 年 12 月波高觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-25
圖 5.11 9 海域 2020 年 6 月波高觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-26
圖 5.12 2019 年 12 月譜峰週期觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-27
圖 5.13 9 海域 2020 年 6 月譜峰週期觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-28
圖 5.14 9 海域 2019 年 12 月波向觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-29
圖 5.15 9 海域 2020 年 6 月波向觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-30
圖 5.16 9 海域 2019 年 12 月水位觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-36
圖 5.17 9 海域 2020 年 6 月水位觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-37
圖 5.18 9 海域 2019 年 12 月流速觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-43
圖 5.19 9 海域 2020 年 6 月流速觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-44
圖 5.20 9 海域 2019 年 12 月流向觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖 5-45
圖 5.21 9 海域 2020 年 6 月流向觀測值與中尺度模擬值(紅色)EW 向流速比較圖 5-46
圖 6.1 三貂角至蘇澳港海域水深分布圖(圖號 04515) 6-2

圖 6.2 蘇澳港及附近海域水深分布圖(圖號 04516)..... 6-2
圖 6.3 烏石鼻至新城海域水深分布圖(圖號 04517)..... 6-3
圖 6.4 新城至水璉鼻海域水深分布圖(圖號 04518)..... 6-3
圖 6.5 水璉鼻至長濱海域水深分布圖(圖號 04519)..... 6-4
圖 6.6 海圖 0351 花蓮港及附近..... 6-5
圖 6.7 109 年花蓮港水深測量成果示意圖 6-6
圖 6.8 經濟部水利署 106 年辦理花蓮海岸斷面測量區域分布圖 6-7
圖 6.9 2008～2013 年花蓮港逐時潮位資料月及年平均潮位變化圖 6-9
圖 6.10 歷年(2008 ~ 2013 年)花蓮港潮位調和分析主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)振幅變化情形圖..... 6-9
圖 6.11 2008～2013 年蘇澳港逐時潮位資料月及年平均潮位變化圖..... 6-11
圖 6.12 蘇澳港歷年(2008 ~ 2013 年)潮位調和分析主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)振幅大小之變化圖..... 6-11
圖 7.1 東部海域小尺度風浪模擬系統之架構及作業化模擬流程圖 7-1
圖 7.2 東部海域小尺度風浪模擬系統之三層巢狀網格模擬範圍圖 7-3
圖 7.3 遠域(大尺度)模組數值計算網格水深分布圖..... 7-3
圖 7.4 臺灣周圍海域近域(中尺度)模組數值計算網格水深分布圖..... 7-4
圖 7.5 東部花蓮海域近岸(小尺度)模組數值計算網格水深分布圖..... 7-4
圖 7.6 東部蘇澳海域近岸(小尺度)模組數值計算網格水深分布圖..... 7-5
圖 7.7 風浪模式 WAM 之模式架構及執行流程圖 7-7
圖 7.8 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖 7-8
圖 7.9 遠域風浪模擬 PREPROC 模組輸入檔各參數設定值..... 7-9
圖 7.10 遠域風浪模擬 PRESET 模組輸入檔各參數設定值 7-10
圖 7.11 遠域風浪模擬 CHIEF 模組輸入檔各參數設定值 7-11
圖 7.12 遠域風浪模擬 PRESET 模組輸入檔各參數設定值 7-12
圖 7.13 近域風浪模擬冷啟動 SWAN 輸入檔各參數設定值 7-13
圖 7.14 近域風浪模擬一階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值 7-14
圖 7.15 近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值 7-15
圖 7.15 (續 1)近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值..... 7-16
圖 7.15 (續 2)近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值..... 7-17
圖 7.15 (續 3)近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值..... 7-18
圖 7.16 小尺度花蓮海域風浪模組模擬結果輸出點位圖 7-19

圖 7.17 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化風場颱風中心位置圖 7-20
圖 7.18 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-22
圖 7.19 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-23
圖 7.20 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化風場颱風中心位置圖 7-24
圖 7.21 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-26
圖 7.22 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-27
圖 7.23 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化風場颱風中心位置圖 7-28
圖 7.24 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站測值與觀測值比較圖 7-30
圖 7.25 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-31
圖 7.26 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化風場颱風中心位置圖 7-32
圖 7.27 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-34
圖 7.28 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-35
圖 7.29 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 00 時作業化風場颱風中心位置圖 7-36
圖 7.30 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-38
圖 7.31 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-39
圖 7.32 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化風場颱風中心位置圖 7-40

圖 7.33 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-42
圖 7.34 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-43
圖 7.35 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化風場颱風中心位置圖 7-44
圖 7.36 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-45
圖 7.36 (續)花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-46
圖 7.37 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-46
圖 7.37 (續)花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-47
圖 7.38 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化風場颱風中心位置圖 7-47
圖 7.39 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-49
圖 7.40 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-50
圖 7.41 花蓮海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化風場颱風中心位置圖 7-51
圖 7.42 花蓮海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖 7-53
圖 7.43 花蓮海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖 7-54
圖 7.44 小尺度蘇澳海域風浪模組模擬結果輸出點位圖 7-55
圖 7.45 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-57
圖 7.46 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-58
圖 7.47 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-60

圖 7.48 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-61
圖 7.49 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-63
圖 7.50 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-64
圖 7.51 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-66
圖 7.52 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-67
圖 7.53 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-69
圖 7.54 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-70
圖 7.55 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-72
圖 7.56 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-73
圖 7.57 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-75
圖 7.58 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-76
圖 7.59 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-78
圖 7.60 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-79
圖 7.61 蘇澳海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖 7-81
圖 7.62 蘇澳海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖 7-82
圖 8.1 細尺度花蓮港域波浪模組模擬範圍圖 8-2
圖 8.2 花蓮港區細尺度波浪模組非結構細網格分布圖 8-3
圖 8.3 花蓮港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、ENE 向) 8-4

圖 8.3 (續 1)花蓮港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、E 向) 8-4
圖 8.3 (續 2)花蓮港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、SE 向) 8-5
圖 8.4 花蓮港港池共振數值分析檢核點位置圖 8-5
圖 8.5 花蓮港港池共振數值分析檢核點 A 之波浪放大率圖 8-6
圖 8.6 花蓮港港池共振數值分析檢核點 B 之波浪放大率圖 8-6
圖 8.7 花蓮港港池共振數值分析檢核點 C 之波浪放大率圖 8-7
圖 8.8 蘇澳港區細尺度波浪模組模擬範圍圖 8-8
圖 8.9 蘇澳港區細尺度波浪模組非結構細網格分布圖 8-8
圖 8.10 蘇澳港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、ENE 向) 8-9
圖 8.10 (續 1)蘇澳港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、E 向) 8-9
圖 8.10 (續 2)蘇澳港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、SE 向) 8-10
圖 8.11 蘇澳港港池共振數值分析檢核點位置圖 8-11
圖 8.12 蘇澳港港池共振數值分析檢核點 A 之波高放大率圖 8-11
圖 8.13 蘇澳港港池共振數值分析檢核點 B 之波高放大率圖 8-12
圖 8.14 蘇澳港港池共振數值分析檢核點 C 之波高放大率圖 8-12
圖 8.15 花蓮港波浪即時觀測系統架設位置示意圖 8-14
圖 8.16 蘇澳港波浪即時觀測系統架設位置示意圖 8-14
圖 8.17 2020 年 6~9 月花蓮港港內南、北波浪觀測站示性波高之時序列圖 8-15
圖 8.18 2020 年中度颱風梅莎路徑圖 8-16
圖 8.19 2020 年強烈颱風海神路徑圖 8-16
圖 8.20 2020 年 6~9 月蘇澳港港內波浪觀測站示性波高之時序列圖 8-17
圖 8.21 港區靜穩模擬系統之架構及模擬流程示意圖 8-18
圖 8.22 花蓮港區細尺度波浪模擬範圍與花蓮域小尺度風浪模組輸出點位(圓點)分布圖 8-19
圖 8.23 花蓮海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A~D 示性波高時序列圖 8-20
圖 8.24 花蓮海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A~D 譜峰週期時序列圖 8-20
圖 8.25 花蓮海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A~D 平均波向時序列圖 8-20
圖 8.26 花蓮港港區碼頭位置示意圖 8-21
圖 8.27 花蓮港港區靜穩模擬子系統組成架構及模擬流程示意圖 8-22

圖 8.28 花蓮港港區靜穩模擬子系統作業化模擬控制參數設定 8-23
圖 8.29 蘇澳港區細尺度波浪模擬範圍與蘇澳域小尺度風浪模組輸出點位(圓點)分布圖 8-24
圖 8.30 蘇澳海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A、B 點位示性波高時序列圖.....8-25
圖 8.31 蘇澳海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A、B 點位譜峰週期 時序列圖.....8-25
圖 8.32 蘇澳海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A、B 點位平均波向 時序列圖.....8-25
圖 8.33 蘇澳港港區碼頭位置示意圖.....8-26
圖 8.34 蘇澳港港區靜穩模擬子系統組成架構及模擬流程示意圖 8-27
圖 8.35 蘇澳港港區靜穩模擬子系統作業化模擬控制參數設定 8-27
圖 8.36 2020 年 8 月花蓮港港內、外示性波高觀測值與模擬值時序列圖.....8-28
圖 8.37 花蓮港港區靜穩模擬測試條件下，港區波浪測站 HLS 示性波高模擬值與觀測值比對結果圖 8-29

表 目 錄

表 2.1 中央氣象局 WRF 成員 M05 水平兩層巢狀網格資訊表.....2-3
表 2.2 作業系統內展示風壓場資料格式.....2-4
表 2.3 每日四次海象模擬作業化系統之風壓場資料格式 2-4
表 2.4 近海海域風浪模組之數值計算網格資訊表.....2-6
表 2.5 主要商港港區近岸波浪模組之數值參考網格基本資料 2-7
表 3.1 波浪測站對應氣象局預報及港研中心波浪模擬之坐標資訊表 3-2
表 4.1 花蓮潮位站(1256) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-6
表 4.2 蘇澳潮位站(1246) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-7
表 4.3 基隆潮位站(1516) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-8
表 4.4 臺北港潮位站 2019 年天文潮調和常數分析表.....4-9
表 4.5 臺中潮位站(1436) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-10
表 4.6 布袋港潮位站(0055)2019 年天文潮調和常數分析表 4-11
表 4.7 安平港潮位站(0056)2019 年天文潮調和常數分析表 4-12
表 4.8 高雄潮位站(1486) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-13
表 4.9 澎湖潮位站(1356) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-14
表 4.10 綠島潮位站(1676) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-15
表 4.11 金門潮位站(1956) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-16
表 4.12 馬祖潮位站(1926) 2019 年天文潮調和常數分析表 4-17
表 4.13 2019 年天文潮位調和分析值與觀測資料間均方根誤差分析表 ..4-17
表 4.14 2019 年天文潮水位模擬值與天文潮調和預測值間相關係數及
均方根誤差分析表.....4-42
表 4.15 2019 年水位模擬值與觀測值間相關係數及均方根誤差分析表 ..4-55
表 5.1 本年度海氣象觀測風力資料蒐集率統計整合表 5-1
表 5.2 2020 年度海氣象觀測波浪、海流資料蒐集率統計整合表.....5-2
表 5.3 2020 年度海氣象觀測水位資料蒐集率統計整合表.....5-2
表 5.4 本年度臺北海域風力實測與模擬資料之統計表 5-6
表 5.4 (續 1)本年度基隆海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-6
表 5.4 (續 2)本年度蘇澳海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-7
表 5.4 (續 3)本年度花蓮海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-7
表 5.4 (續 4)本年度高雄海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-8
表 5.4 (續 5)本年度安平海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-8

表 5.4 (續 6)本年度布袋海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-9
表 5.4 (續 7)本年度臺中海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-9
表 5.4 (續 8)本年度馬祖海域風力實測與模擬資料之統計表.....5-10
表 5.5 本年度臺北海域波高實測/模擬資料統計表 5-16
表 5.5 (續 1)本年度基隆海域波高實測/模擬資料統計表.....5-16
表 5.5 (續 2)本年度蘇澳海域波高實測/模擬資料統計表.....5-17
表 5.5 (續 3)本年度花蓮海域波高實測/模擬資料統計表.....5-17
表 5.5 (續 4)本年度高雄海域波高實測/模擬資料統計表.....5-18
表 5.5 (續 5)本年度安平海域波高實測/模擬資料統計表.....5-18
表 5.5 (續 6)本年度布袋海域波高實測/模擬資料統計表.....5-19
表 5.5 (續 7)本年度臺中海域波高實測/模擬資料統計表.....5-19
表 5.5 (續 8) 本年度馬祖海域波高實測/模擬資料統計表.....5-20
表 5.6 本年度臺北海域譜峰週期實測/模擬資料統計表 5-20
表 5.6 (續 1)本年度基隆海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-21
表 5.6 (續 2)本年度蘇澳海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-21
表 5.6 (續 3)本年度花蓮海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-22
表 5.6 (續 4)本年度高雄海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-22
表 5.6 (續 5)本年度安平海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-23
表 5.6 (續 6)本年度布袋海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-23
表 5.6 (續 7)本年度臺中海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-24
表 5.6 (續 8)本年度馬祖海域譜峰週期實測/模擬資料統計表.....5-24
表 5.7 本年度臺北海域水位實測與模擬資料統計表.....5-31
表 5.7 (續 1)本年度基隆海域水位實測與模擬資料統計表.....5-32
表 5.7 (續 2)本年度蘇澳海域水位實測與模擬資料統計表.....5-32
表 5.7 (續 3)本年度花蓮海域水位實測與模擬資料統計表.....5-33
表 5.7 (續 4)本年度高雄海域水位實測與模擬資料統計表.....5-33
表 5.7 (續 5)本年度安平海域水位實測與模擬資料統計表.....5-34
表 5.7 (續 6)本年度布袋海域水位實測與模擬資料統計表.....5-34
表 5.7 (續 7)本年度臺中海域水位實測與模擬資料統計表.....5-35
表 5.7 (續 8)本年度馬祖海域水位實測與模擬資料統計表.....5-35
表 5.8 本年度臺北海域海流流速實測與模擬資料統計表 5-38
表 5.8 (續 1)本年度基隆海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-39
表 5.8 (續 2)本年度蘇澳海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-39

表 5.8 (續 3)本年度花蓮海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-40
表 5.8 (續 4)本年度高雄海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-40
表 5.8 (續 5)本年度安平海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-41
表 5.8 (續 6)本年度布袋海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-41
表 5.8 (續 7)本年度臺中海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-42
表 5.8 (續 8)本年度馬祖海域海流流速實測與模擬資料統計表.....5-42
表 6.1 花蓮港(2008~2013 年)重要代表性潮位統計結果表.....6-8
表 6.2 蘇澳港(2008~2011 年)重要代表性潮位統計結果表.....6-10
表 6.3 花蓮港逐時波高分布年統計結果.....6-13
表 6.4 花蓮港逐時平均波向分布統計表.....6-13
表 6.5 蘇澳港逐時波高分布年統計結果.....6-14
表 6.6 蘇澳港逐時平均波向分布統計表.....6-15
表 6.7 花蓮港逐時海流流速分布年統計結果.....6-16
表 6.8 花蓮港逐時海流流向分布年統計結果.....6-17
表 6.9 蘇澳港逐時海流流速大小分布年統計結果.....6-18
表 6.10 蘇澳港逐時海流流向分布年統計結果.....6-18
表 7.1 東部海域小尺度風浪模擬系統巢狀網格之資訊表 7-2
表 7.2 海科中心臺灣周圍海域數值水深網格資料表.....7-2
表 7.3 作業化風場資料之網格資料表.....7-5
表 8.1 花蓮港區靜穩模擬子系統之巢狀網格資訊表.....8-22
表 8.2 蘇澳港港區靜穩模擬子系統之巢狀網格之資訊表 8-26

第一章 緒論

1.1 計畫緣起及目的

臺灣四面環海，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，但也顯示離島海運存在的風險確實不容輕忽。依交通部航港局統計資料 106 年度約有 198 起海事事故，雖未造成人員重大傷亡，但確實顯示海上運輸及海上救援所存在之風險。

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，積極發展藍色公路，提供相關航線海象數值預報資訊，確保航運安全，同時協助相關單位維護臺灣海域的安全。

本計畫目的為針對交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)「臺灣近岸海象預報系統」進行維護，包括臺灣及離島主要港口港域、藍色公路及海岸公路鄰近海域等，有關風力、波浪、水位及流場海象模式之改善，並探討港區靜穩預警等課題。臺灣近岸海象預報系統透過港灣環境資訊系統平臺的發展，於平時提供港區、藍色公路及海岸公路等相關海象模擬資訊；另於颱風侵襲期間，相關結果亦可作為防災預警之評估依據，以輔助船舶進出、藍色公路航行安全及海岸公路行車安全等重要資訊。

1.2 計畫重要性

本計畫針對臺灣及離島等 9 個港口(臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖港等)有關風力、波浪、潮位及流場等海象預報系統提供維護及改善，精進臺灣東部海域之風浪模式，確保藍色公路海上航行安全；並建置港區靜穩模組，輔助港務公司船舶管理及促進進出港航行安全。另東部海岸公路鄰近海域之潮位及風浪預報成果，將提供「海岸公路浪襲預警系統」之封路輔助參考，降低人員現場應變作業及民眾行車安全風險。

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，本計畫海象預報系統內結合港研中心「港灣環境資訊系統」，平時提供風力、波浪、潮位及流場等即時海象資訊，以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(包括海岸公路)等防救時，亦可迅速提供救災必要海象模擬資訊。

在計畫前後連貫之整體性上，本計畫屬於港研中心 109 年科技綱要計畫「海洋及交通運輸防災技術研究(3/4)」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下所建置海象模擬作業系統，為 4 年期研究計畫之第 3 年子項計畫，相關研究成果及經驗將可應用至其他離島海域，達到完善臺灣周圍海域「海氣象模擬預報系統」之目標。

1.3 相關本計畫

港研中心自民國 92 年起著手整合近岸海象數值模擬與海象觀測資料，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。「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、海壓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究中心研究人員共同進行合作研究，除了參考國內外近海海象預報系統及相關海象數值模式的發展與應用外，並依據臺灣周圍海域海象特性及模擬需求，規劃不同尺度與解析度之數值計算網格及其適用的相關海象數值模式。在研究團隊整合研究下，陸續完成相關軟、硬體之建置，以及海象數值模擬相關作業化模組開發。同時於民國 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。

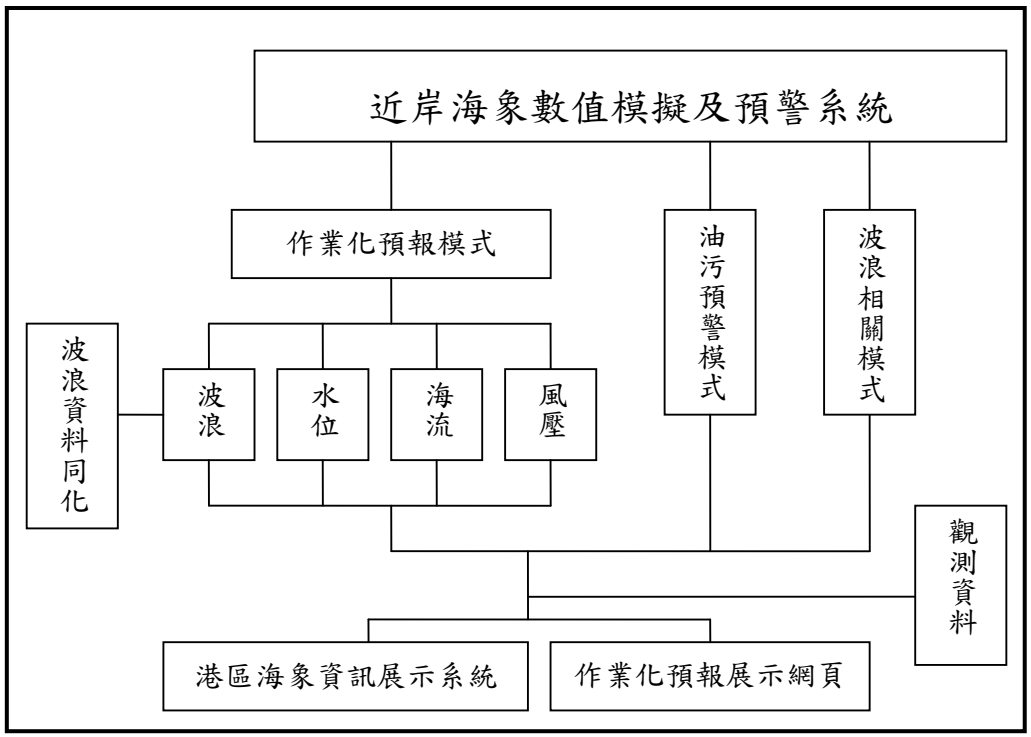


圖 1.1 近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

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。在科技計畫「海洋及交通運輸防災技術研究」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下陸續辦理「港灣海象模擬技術及預警系統研發」(106 年)、「107 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」(107 年)及「108 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」(108 年)等子項計畫。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，於 106 及 107 年持續針對臺灣東南海域包含臺東富崗漁港、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。

1.4 研究範圍與對象

本計畫研究內容包含風力、波浪、水位及海流等海氣象資訊，研究對象含蓋臺灣周圍海域及離島澎湖、金門及馬祖等海域；本年度主要研究範圍為自新北市貢寮區之東北角至秀姑巒溪出海口之臺灣東部海域，其間包含花蓮港、蘇澳港等對象海域，如圖 1.2 所示。

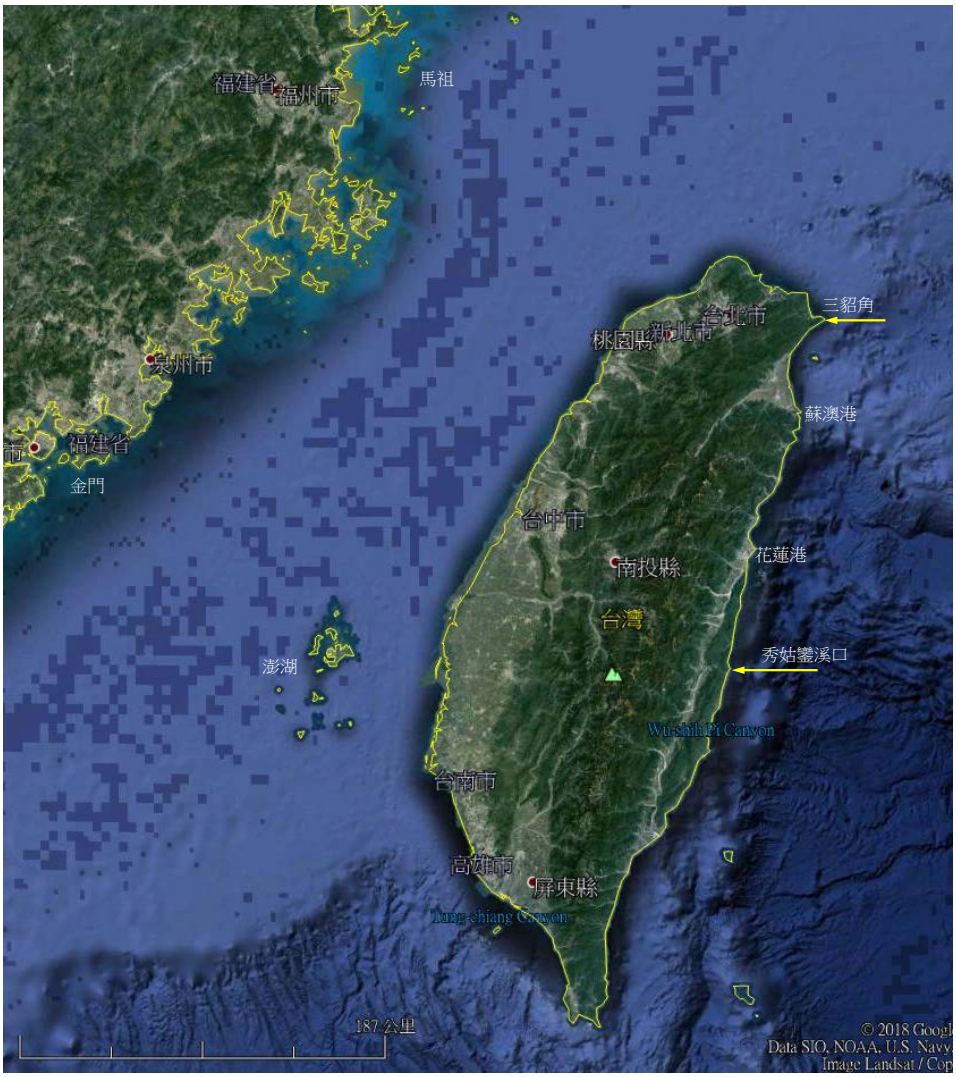


圖 1.2 研究範圍與對象之示意圖

1.5 本年度研究內容及工作項目

本計畫(109 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：進行港研中心「臺灣近岸海象預報系統」(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：針對臺灣及離島等 9 海域(含臺北、基隆、蘇澳、花蓮、高雄、安平、布袋、臺中及馬祖等)，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. 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(或中央氣象局、水利署)校驗模式模擬結果，做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。
4. 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗：依據港研中心(或中央氣象局、水利署)水位及海流觀測資料校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估，做為後續模式修正之依據。整合港研中心模擬結果及 HYCOM 洋流預報資訊，與海流觀測資料(臺灣海洋科技研究中心 CODAR)進行比對評估。
5. 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)於臺灣及離島等 **9 海域**，進行本年度(109 年度)海象預報成果評估。
6. 綜整中央氣象局**水位及流場**預報資料：彙整氣象局提供之海象預報資料，並與臺灣近岸海象預報資料進行比對。
7. 東部海域基本資料蒐集與分析：蒐集東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)的地形水深及分析海象資料特性。
8. 東部海域小尺度風浪模擬系統建置：完成東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)小尺度風浪模擬系統，併入 TaiCOMS 架構進行作業化測試。

9. 花蓮港區靜穩模擬系統建置：結合東部海域小尺度風浪模擬結果，修正花蓮港區細尺度波浪模擬，完成花蓮港區靜穩模擬模組，並與本年度開始蒐集花蓮港區靜穩觀測站與港外長期觀測站之資料進行資料分析工作。

10.發展蘇澳港靜穩模擬模組：結合東部海域小尺度風浪模擬結果，修正蘇澳港區細尺度波浪模擬，發展蘇澳港區靜穩模擬模組。

11.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研究

2.1 臺灣近岸海象預報系統簡介

圖 2.1 為本所港研中心建構之臺灣近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System，TaiCOMS)整體架構圖，包含即時海象觀測網、海象模擬作業化系統及港灣環境資訊網等三部份。其中海象模擬作業化系統提供的模擬資訊包括風力、波浪、水位、流場及海嘯等。依模擬資訊性質又區分為風場處理系統、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海氣象模擬資訊。

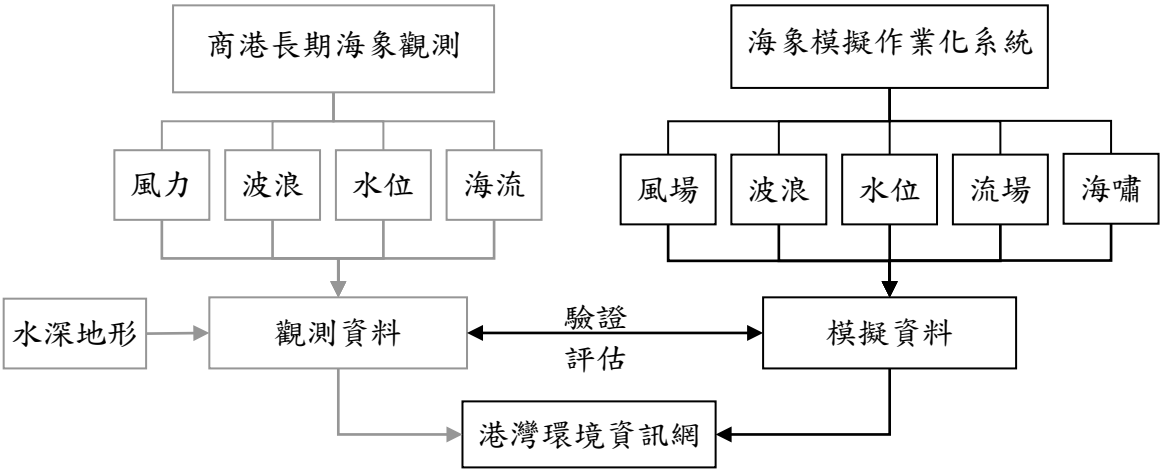


圖 2.1 臺灣近岸海象預報系統整體架構圖

就海象模擬作業化系統而言，與本計畫相關的系統包括風場處理系統、波浪模擬系統及水動力模擬系統等三部份，分別簡述如下：

2.1.1 風場處理系統

風場處理系統主要將中央氣象局公布的天氣數值預報資料轉換產出滿足海象(波浪、水位及流場)模擬作業化系統需求的風速、氣壓場輸入資料，及港灣環境資訊網展示之風速、氣壓場數值資料。本計畫風場處理系統每日作業化流程包括自中央氣象局 ftp 下載的天氣數值預報資料、資料解碼、重組及內插等。

TaiCOMS 自建置以來，風(壓)場資料格式經歷兩次主要變動，分別為

(1) 2015 年 5 月由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) 數值預報資料更新為第四代數值天氣預報系統之區域模式 WRF (Weather Research and Forecast)成員 M00；(2) 2017 年 7 月起改採用 WRF 成員 M05 數值預報資料，M05 成員數值網格採用水平解析度 15km/3km 兩層巢狀網格(本計畫分別以 WD01 及 WD02 稱之)，各層網格資訊及模擬範圍詳如表 2.1 及圖 2.2 底圖所示。

TaiCOMS 展示及應用的風壓場分別為海面 10m 高度風場及海面氣壓場資料，依資料範圍及網格解析度區分為西太平洋風場及氣壓(以 WA01 表示)、中國海域風場及氣壓(WA02)及臺灣海域風場及氣壓(WA03)等三類型，各層資料展示範圍如圖 2.2 展示的粗紅線矩形及網格資訊如表 2.2 所列。因應每日四報海象模擬作業化系統改善需求，及配合 M05 成員雙層巢狀網格之資料特性，自 2019 年提供網格解析度分別與 M05 成員網格相近的新版中尺度風壓場(WE01)及小尺度風壓場(WE02)；各層資料展示範圍如圖 2.2 展示的粗綠線矩形及網格資訊表 2.3 所列。

1. 西太平洋風場及氣壓：資料輸出範圍為西太平洋北緯 0°至 35°，東經 99°至 150°，網格解析度採用 1/2°(或 30')之球面坐標規則網格，網格大小為 101×71；由 M05 成員水平方向解析度 15km 網格資料(WD01)產出，簡稱為大尺度風壓場。
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 134°，網格解析度採用 1/6°(或 10')之球面坐標規則網格，網格大小為 145×151；由 M05 成員水平方向解析度 15km 網格資料(WD01)產出，簡稱為中尺度風壓場。2019 年新版中尺度風壓場(WE01)資料輸出範圍為西太平洋北緯 10°至 40°，東經 105°至 150°，網格解析度採用 1/6°(或 10')之球面坐標規則網格，網格大小為 271×181。
3. 臺灣海域風場及氣壓：資料輸出範圍為北緯 20.5°至 28°，東經 117.5°至 124.5°，網格解析度採用 1/24°(或 10')之球面坐標規則網格，網格大小為 169×181；由 M05 成員水平方向解析度 3km 網格資料(WD02)產出，簡稱為小尺度風壓場。2019 年新版小尺度風壓場(WE02)資料範圍為西太平洋北緯 20°至 29°，東經 116°至 125°，網格解析度採用 1/30°(或 2')之球面坐標規則網格，網格大

小為 271×271，新版小尺度風壓場資料解析度明顯提昇。

針對每日一報海象模擬作業化方式，TaiCOMS 每日提供 73 小時逐時預報風壓場供各風浪及水動力模組作業化模擬使用，其中前 24 小時供模式追算模擬使用，後 48 小時屬性相當於預報風壓場。因此，每日作業化模擬之風壓場資料構成方式，係採用中央氣象局六組連續預報風壓場資料構成一組 73 小時組合的風壓場資料之方式處理，如圖 2.3 所示。圖中 D-1 代表作業化日期 D 之前一天，"_12"代表該風場預報之起始 UTC 時間(相對於臺北時區為 20 時)，目前 WRF 風場每次預報長度為 84 小時(即 00~84 共 85 組資料)；經評估後每組風場選取之時段以 06~11 時較佳，同時考量 TaiCOMS 系統每日作業化起始時間採用臺北時區為 0 時，因此系統設計採取以六組連續預報風壓場資料(D-2_06.10~11、D-2_12.06~11、D-2_18.06~11、D-1_00.06~11、D-1_06.10~11、D-2_12.06~52 等)構成每日組合的風壓場預報資料。

表 2.1 中央氣象局 WRF 成員 M05 水平兩層巢狀網格資訊表

DMS FLAP	坐標系統	dimension	resolution	格點位置
WD01	Lambert conformal mapping	661×385	15 km	Center(120E), true (10N, 40N)， 坐標(340,214)位置位於(30N,120E)， 中心點坐標為(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)， 坐標(522,547)位置位於(30N,120E)， 中心點坐標為(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) 坐標(1,1)對應至 45 km MESH 之(89,22)坐標位置

表 2.2 作業系統內展示風壓場資料格式

模式	dimension	模式格網度(°)	格點位置
WA01 (M05 成員 WD01 風壓場內插)	101×71	1/2°= 0.5	左下點(5N,100E) 右上點(40N,150E)
WA02 (M05 成員 WD01 風壓場內插)	145×151	1/6°≈ 0.167°	左下點(10N,110E) 右上點(35N,134E)
WA03 (M05 成員 WD02 風壓場內插)	169×181	1/24°≈ 0.042°	左下點(20.5N,117.5E) 右上點(28N,124.5E)

表 2.3 每日四次海象模擬作業化系統之風壓場資料格式

模式	dimension	模式格網度(°)	格點位置
WE01 (M05 成員 WD01 風壓場內插)	271×181	1/6°≈ 0.167°	左下點(10N,105E) 右上點(40N,150E)
WE02 (M05 成員 WD01 風壓場內插)	271×271	1/30°≈ 0.033°	左下點(20N,116E) 右上點(29N,125E)

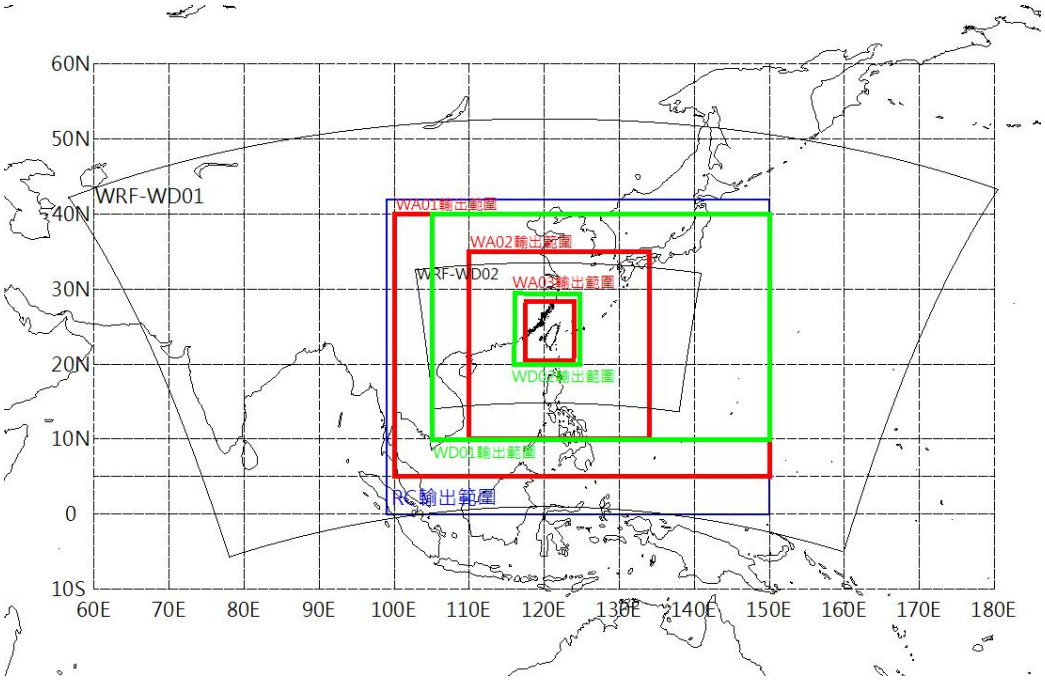
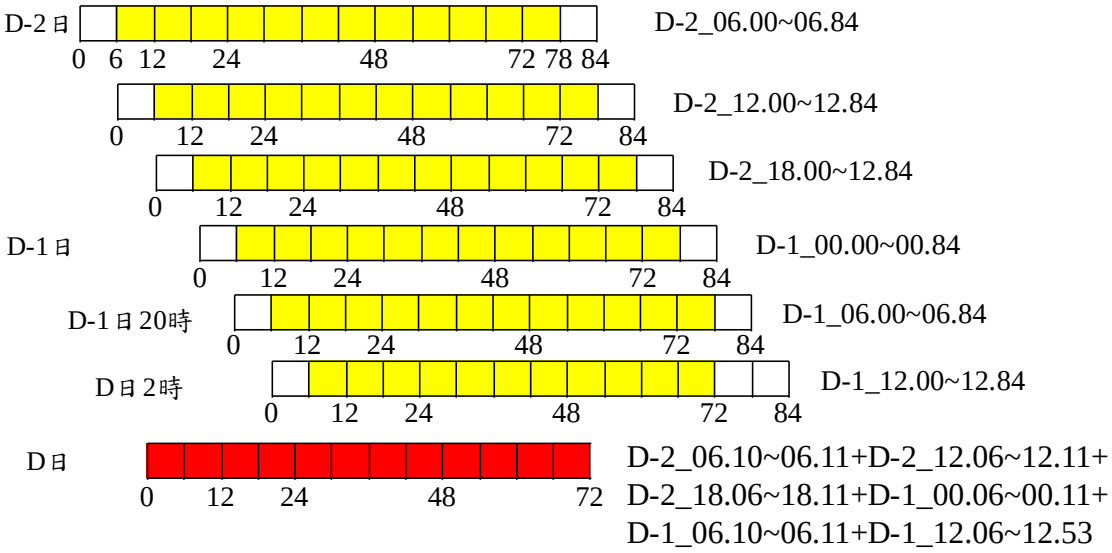


圖 2.2 中央氣象局數值天氣預報系統 WRF 模組 M05 數值模擬範圍 (WD01 及 WD02)及 TaiCOMS 各層風、壓場資料輸出範圍圖



備註：風力預報（黃），提供波浪及水動力預報（紅）每日1次

圖 2.3 每日(D 日)海象作業化模擬預報風場之組合方式圖

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。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 2.4 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一所述。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)提供各近岸風浪模組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 2.5 所示；數值計算格網採用 0.04°(或 2.4')之球面坐標規則網格，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)，模式簡介如附錄一所述。

3. 近海風浪模組：採用解析度 0.008°之數值計算網格，又稱為小尺度風浪模組；主要目的為提供藍色公路細緻化海象風浪模擬結果，目前已完成的近海風浪模組包括離島澎湖海域、金門海域、馬祖海域及臺灣本島東南海域、西南海域等，各海域近海風浪模組之數值計算網格範圍如表 2.4 所列及圖 2.6~圖 2.10 所示。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。

表 2.4 近海海域風浪模組之數值計算網格資訊表

模組名稱	範圍		解析度 (°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
澎湖海域	119.00/120.56	22.80/24.20	0.008	186×176
金門海域	117.80/118.88	24.04/24.72	0.008	136×086
馬祖海域	119.44/120.84	25.56/26.72	0.008	176×146
東南海域	120.76/122.00	21.52/23.00	0.008	156×186
西南海域	119.80/120.88	21.52/22.52	0.008	136×126

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 2.11 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 2.5 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一所述。

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 2.12 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。

目前 TaiCOMS 已針對遠域、近域及近海等風浪模組整合成為三層巢狀網格風浪模擬子系統，其組成架構及每日一報風浪作業化模擬流程，如圖 2.13 所示，圖中輸入風場之資料格式為 WA02 及 WA03。新建的風浪模擬子系統主要功能包括採用非穩態數值模擬方法及採用波譜數值模擬結果為巢狀網格(中尺度及小尺度)之邊界條件，其中離散化波譜之頻率數(ML)及波向數(KL)分別為 31 及 36，其中最小頻率值 fmin=0.04，波向解析度為 10°。

表 2.5 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	原點坐標(tw97 二度分帶)		坐標系統旋轉角度	網格大小(10m)
	X(m)	Y(m)		
基隆港	322539.0	2787360.0	256.0°	621× 731
臺北港	278577.0	2784690.0	-55.0º	801×1301
臺中港	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

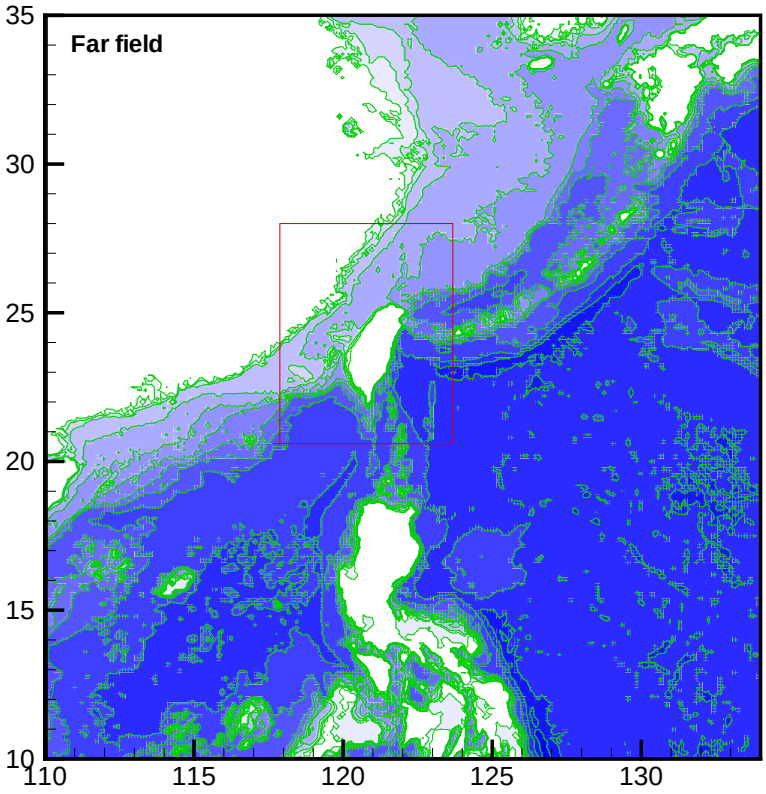


圖 2.4 TaiCOMS 遠域風浪模組模擬範圍圖

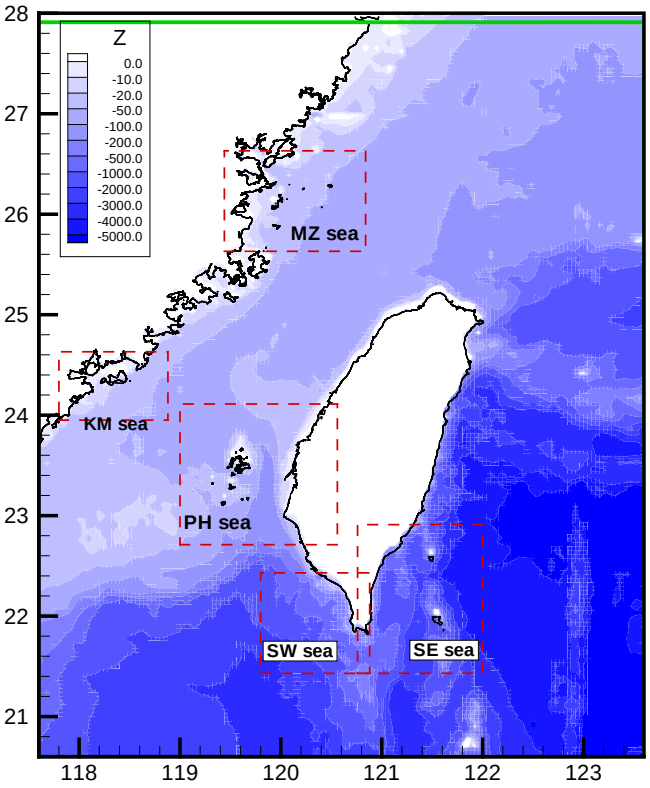


圖 2.5 TaiCOMS 近域風浪模組模擬範圍圖

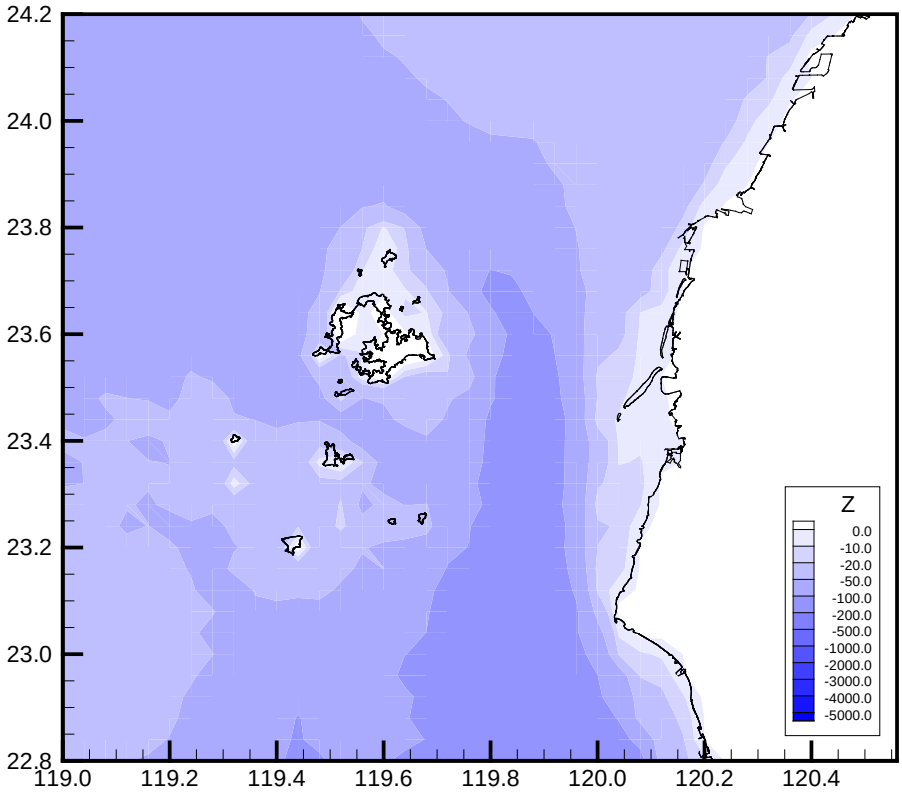


圖 2.6 TaiCOMS 澎湖海域(PH sea)近海風浪模組模擬範圍圖

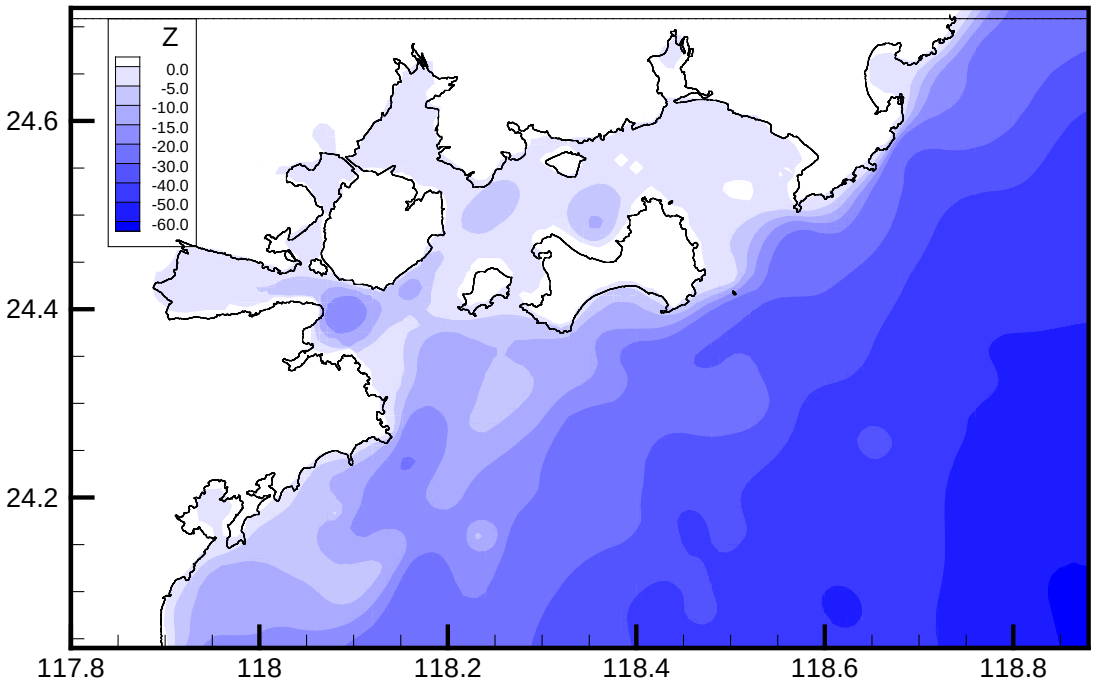


圖 2.7 TaiCOMS 金門海域(KM sea)近海風浪模組之模擬範圍圖

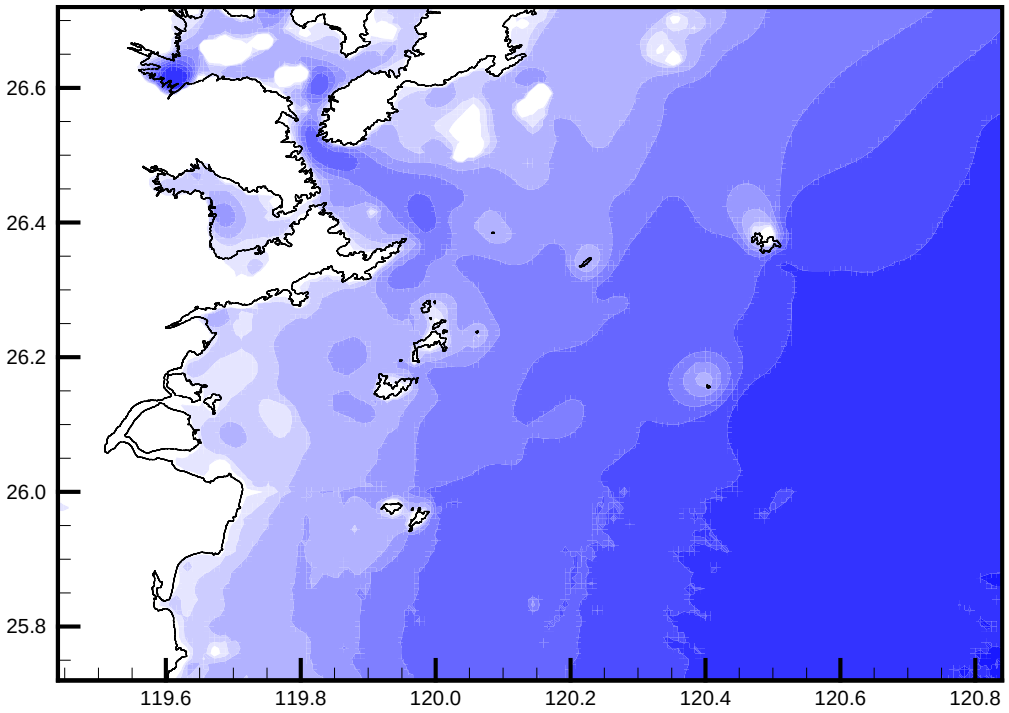


圖 2.8 TaiCOMS 馬祖海域(MZ sea)近海風浪模組之模擬範圍圖

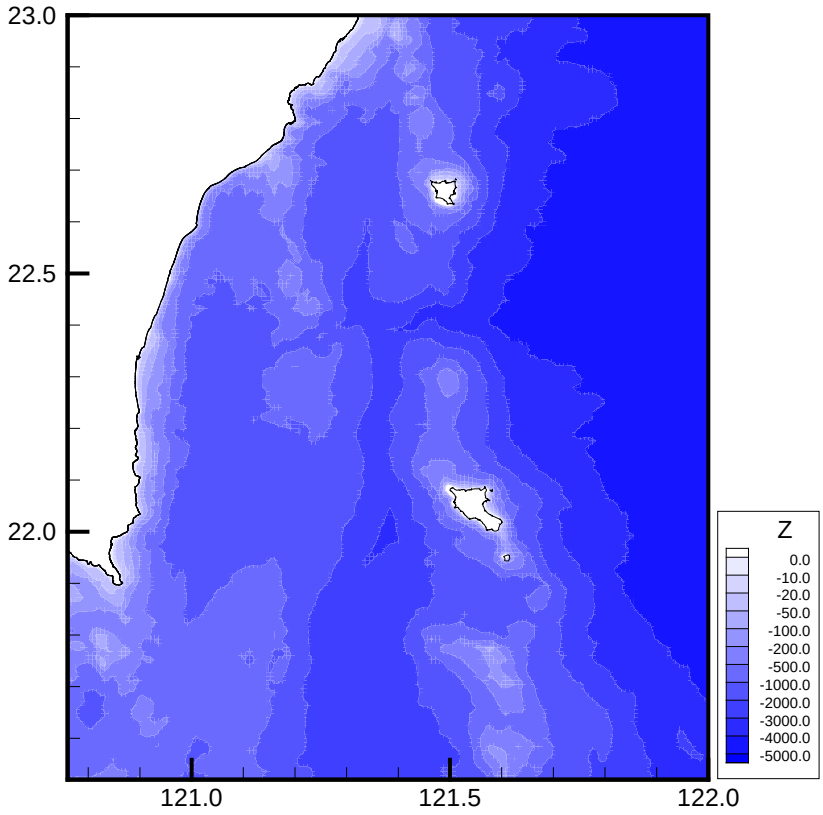


圖 2.9 TaiCOMS 東南海域(SE sea)近海風浪模組之模擬範圍圖

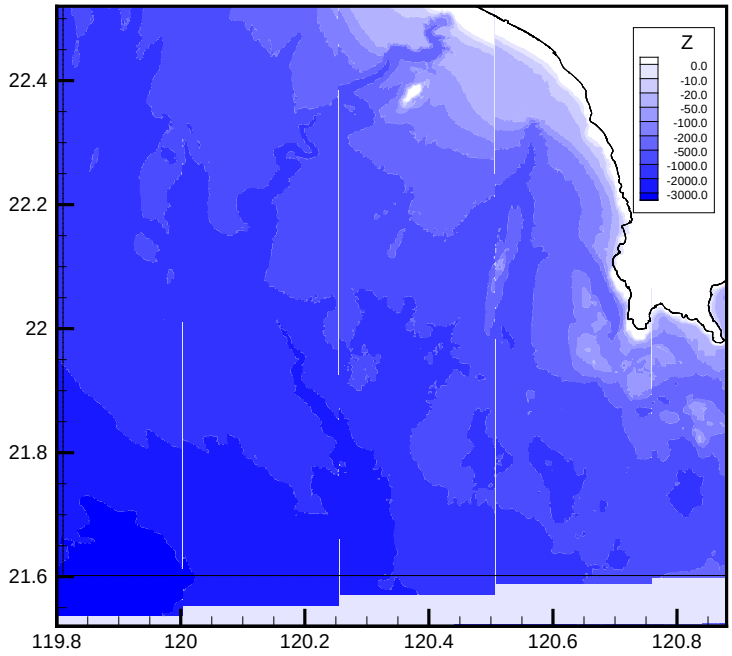


圖 2.10 TaiCOMS 西南海域(SW sea)近海風浪模組之模擬範圍圖

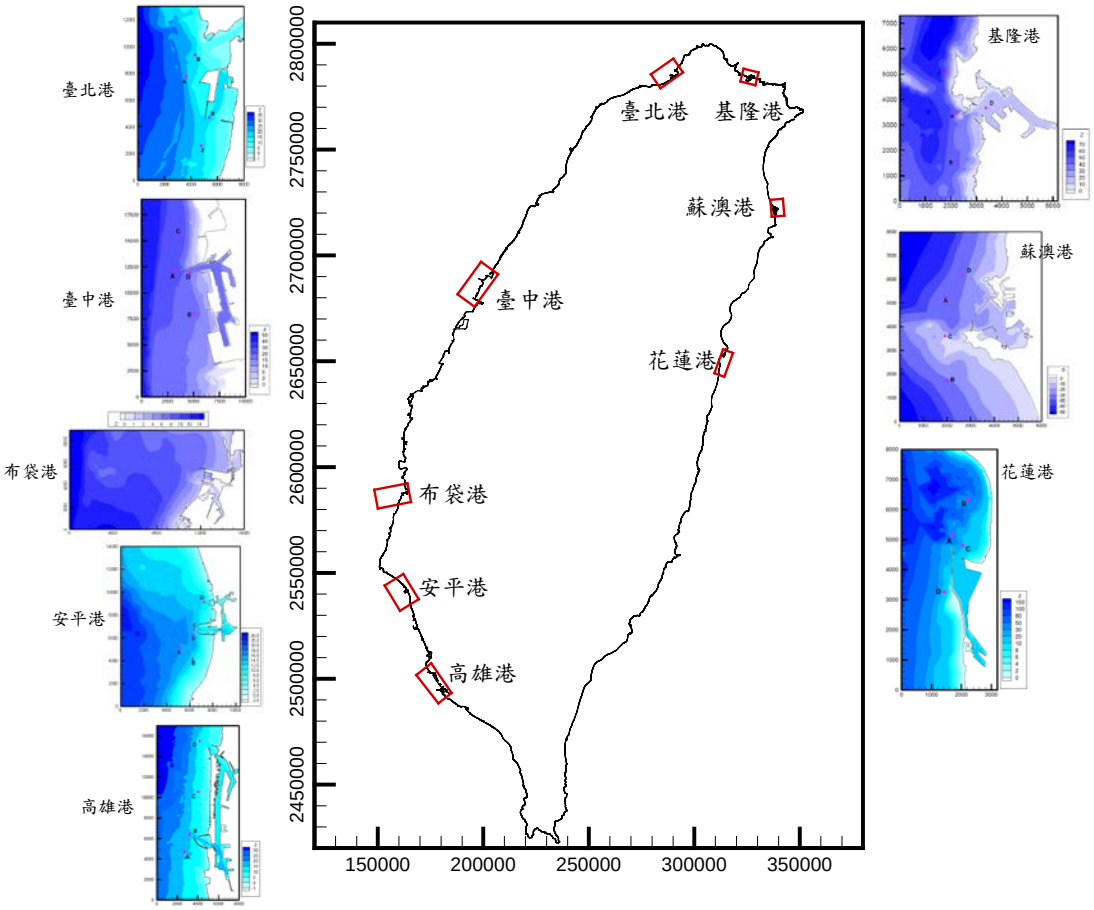
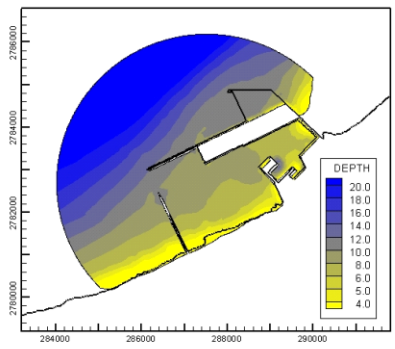
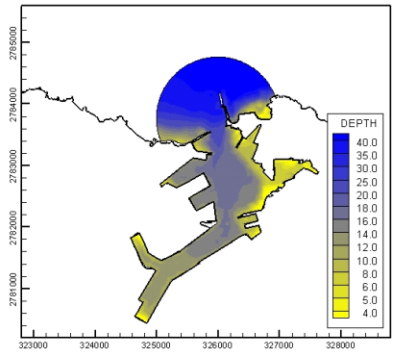


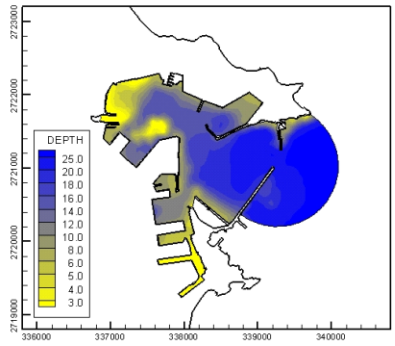
圖 2.11 各主要商港港區近岸波浪模組模擬範圍示意圖



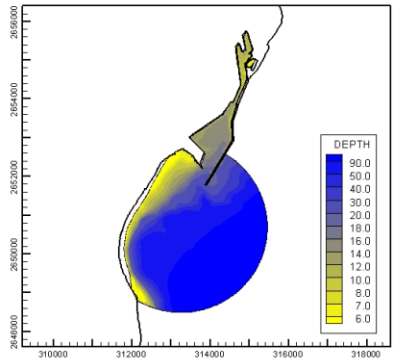
臺 北 港



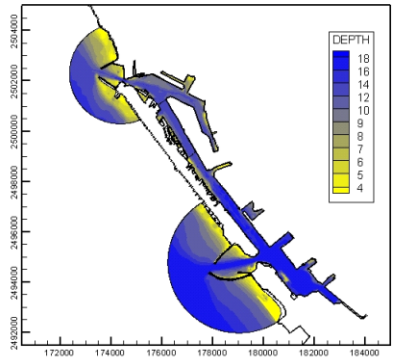
基 隆 港



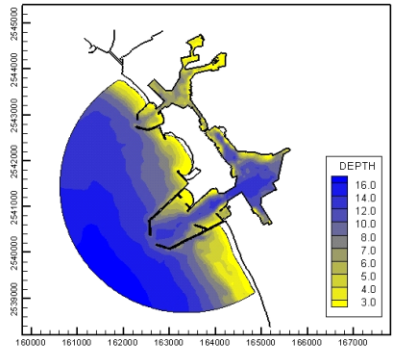
蘇澳港



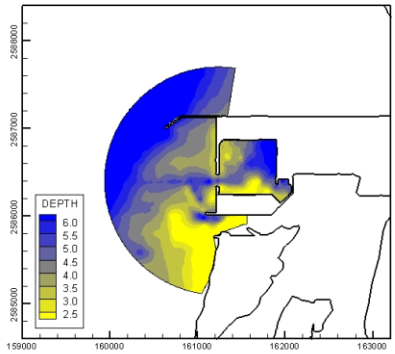
花蓮港



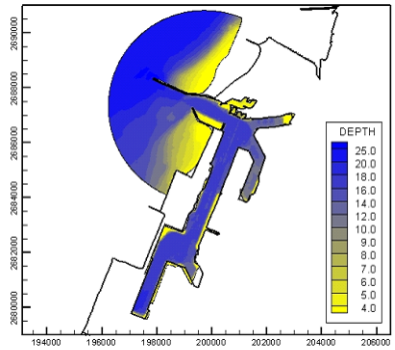
高雄港



安平港



布袋港



臺中港

圖 2.12 各主要商港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

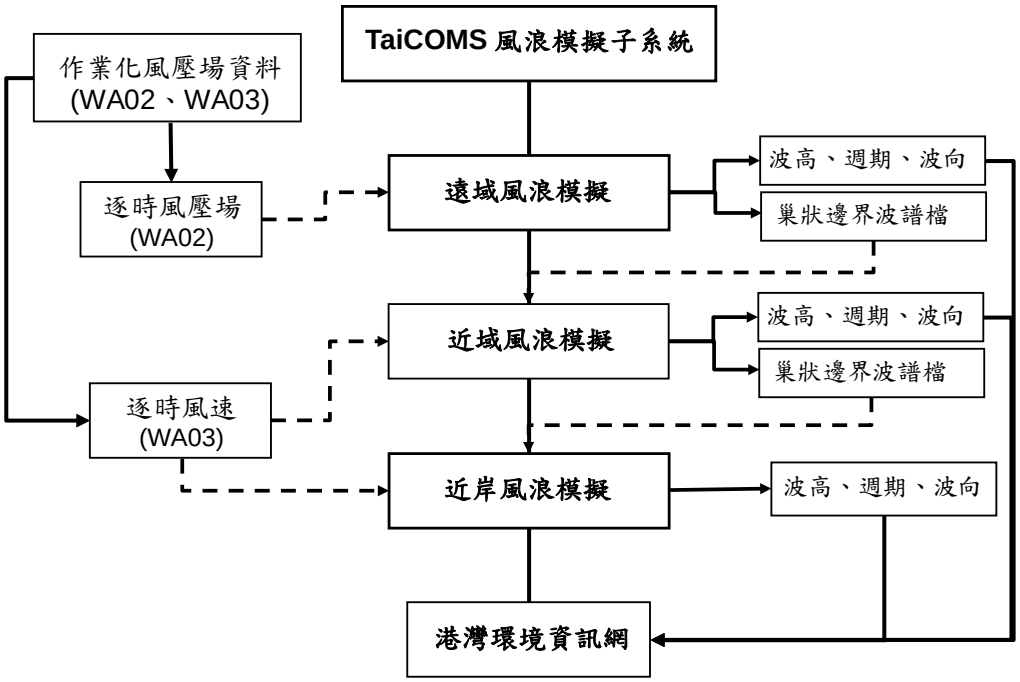


圖 2.13 風浪模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖

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 3 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')之球形坐標之規則網格，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')之球面坐標規則網格，又稱為中尺度水動力模組。與前述遠域水動力模組相同，此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。同樣以臺灣周圍海域為對象，TaiCOMS 另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)建置中尺度近域水動力模組，目的為模擬臺灣周圍潮汐(含氣象潮)水位、流場變化及提供小尺度近岸水動力模組作業化模擬之邊界條件。模式基本理論介紹參考附錄二，數值計算網格為不規則三角形元素格網，如圖 2.15 所示，計有由 8237 個節點及 15800 個三角形元素。

3. 港區近岸水動力模組：初期以基隆港、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 2.18 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。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。另為提供臺灣近岸較細緻化水位及流場模擬資訊，前期計畫已完成局部海域如澎湖海域、金門海域及本島東南海域、屏東南灣海域等小尺度水動力模組之建置，各海域小尺度水動力模組模擬範圍，如圖 2.17~圖 2.20 所示。

將近年陸續建置之近域及近岸等有限元素水動力模組整合成為新水動力模擬子系統，其組成架構及每日一報水動力模擬之作業化模擬流程如圖 2.21 所示，圖中輸入之作業化風壓場資料格式為 WA02。由作業化模擬流程顯示在近域(中尺度)水動力模組執行完畢後，系統產生各近岸(小尺度)水動力模組之邊界條件，各近岸水動力模組再同步執行數值模擬。

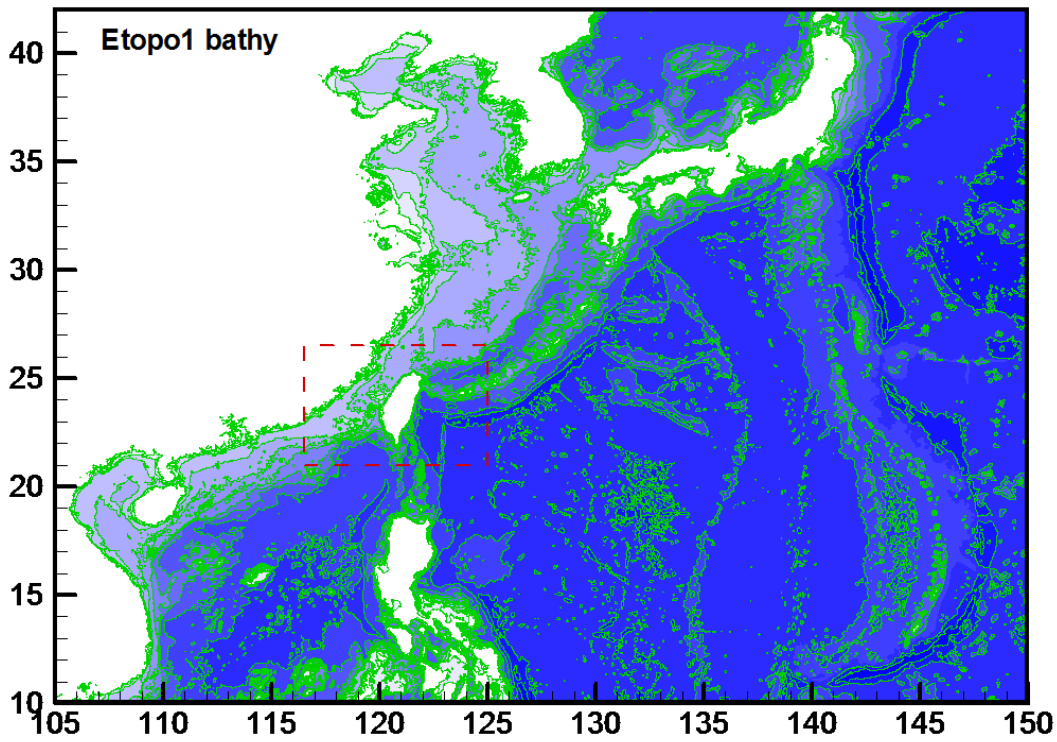


圖 2.14 遠域及近域(虛線)水動力模組模擬範圍示意圖

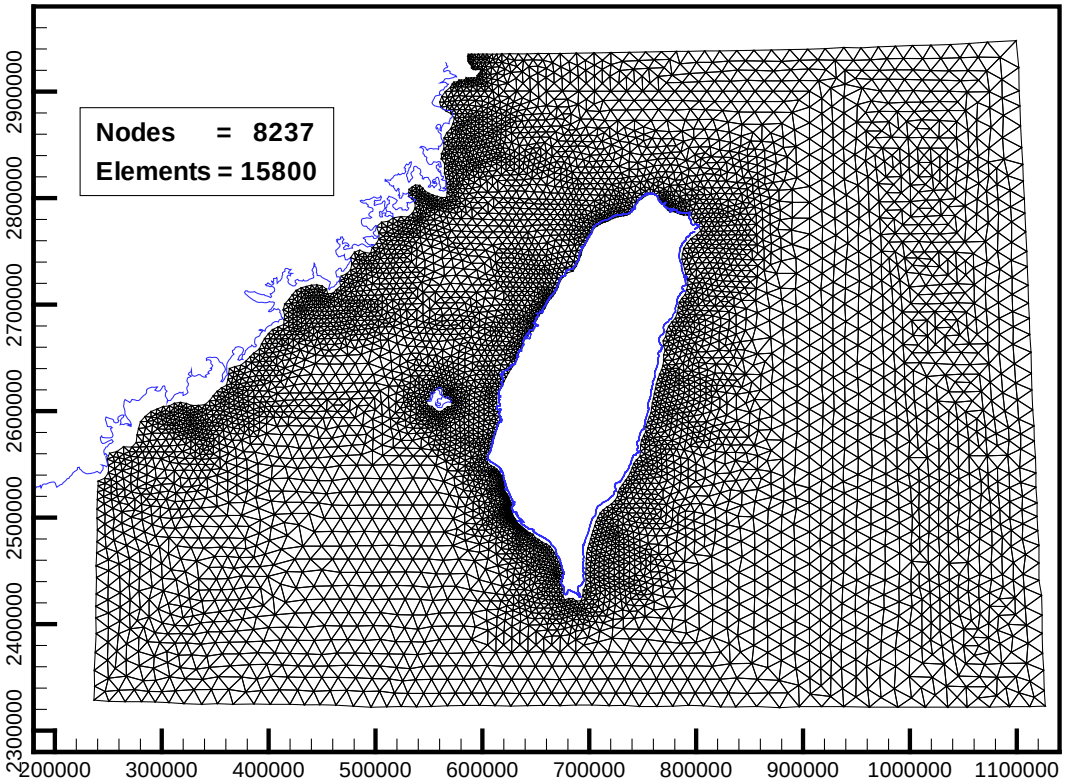


圖 2.15 各主要商港近岸(小尺度)水動力模組模擬範圍示意圖

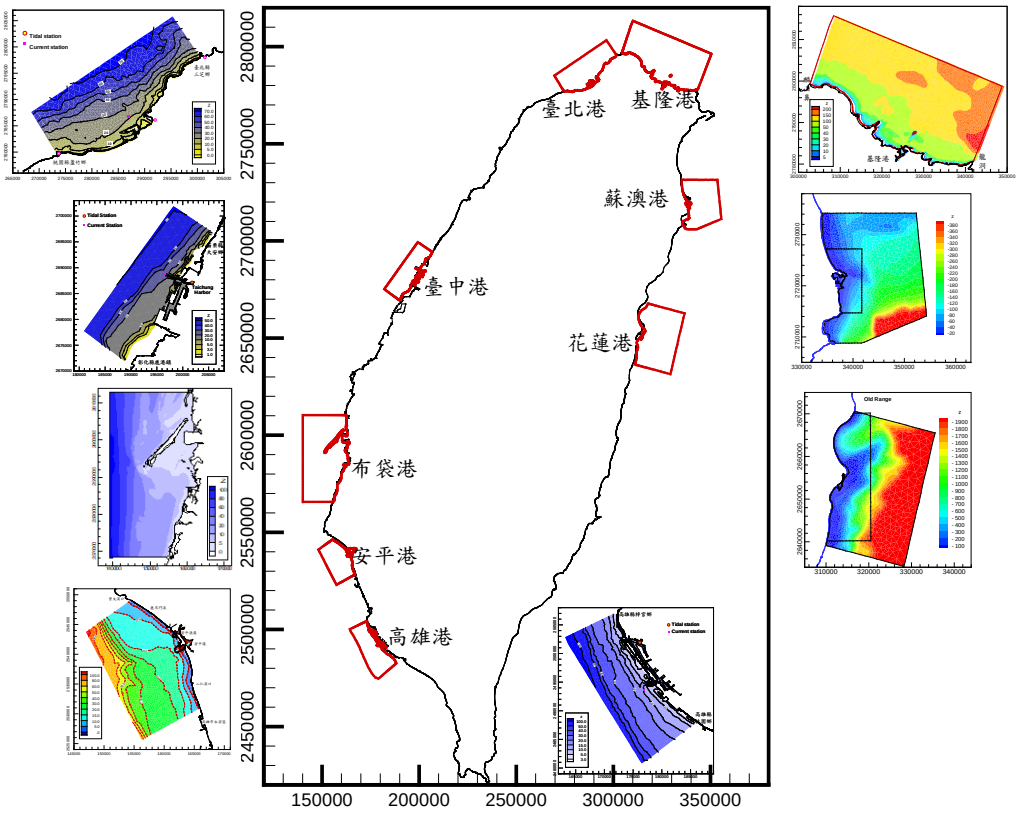


圖 2.16 各主要商港近岸(小尺度)水動力模組模擬範圍示意圖

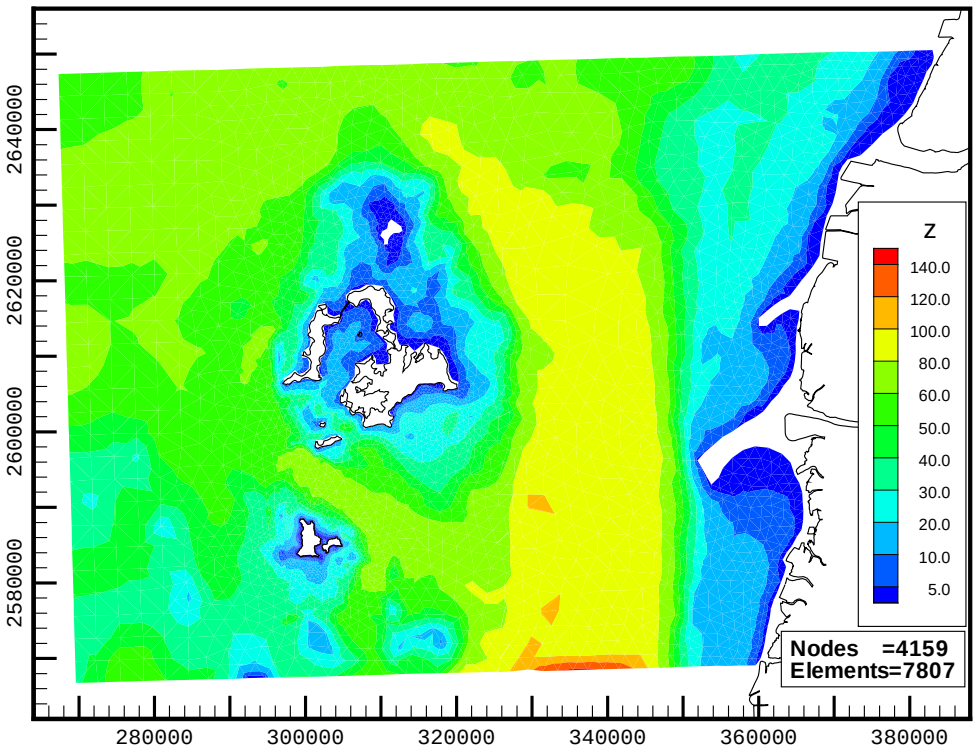


圖 2.17 澎湖海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖

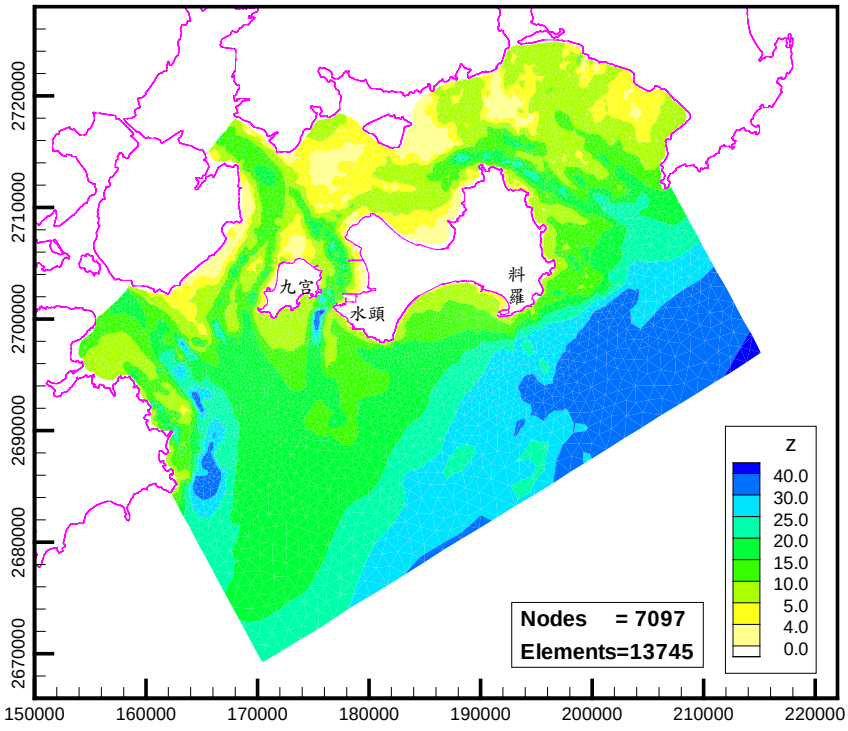


圖 2.18 金門海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖

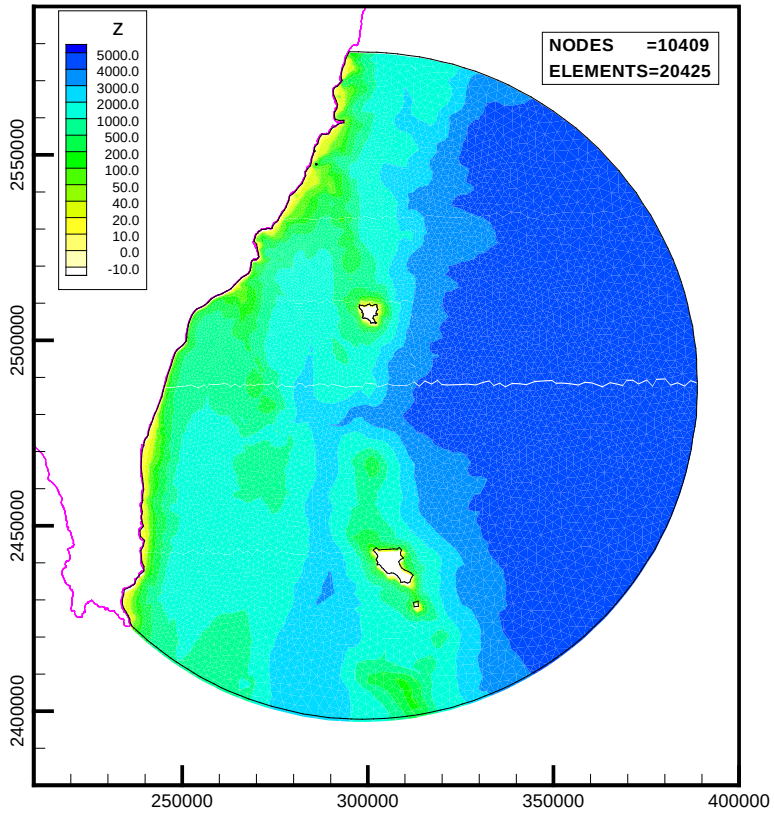


圖 2.19 東南海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖

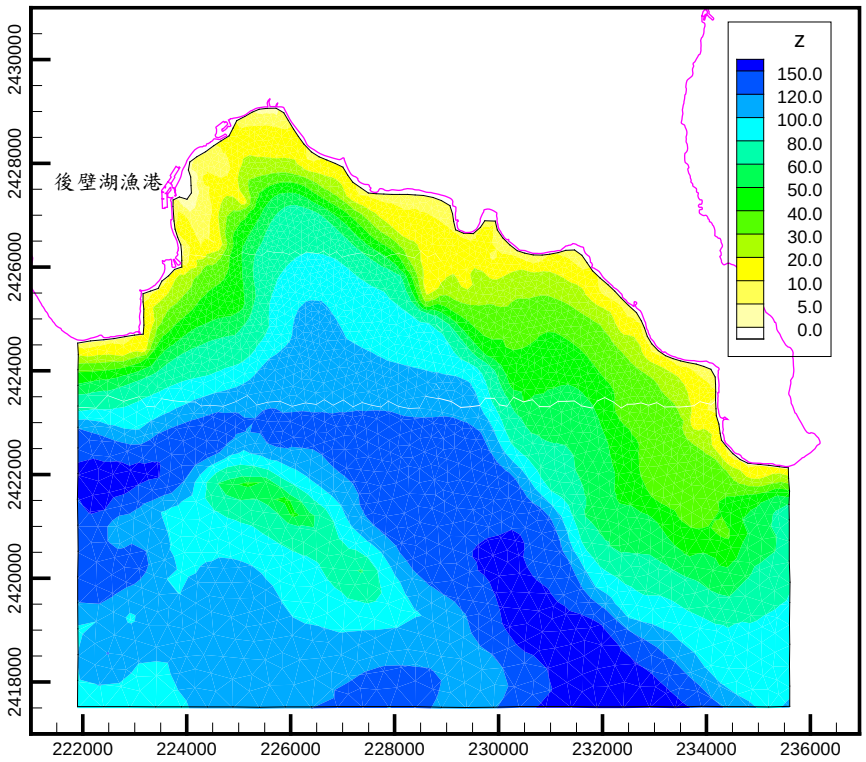


圖 2.20 南灣海域(小尺度)水動力模組模擬範圍圖

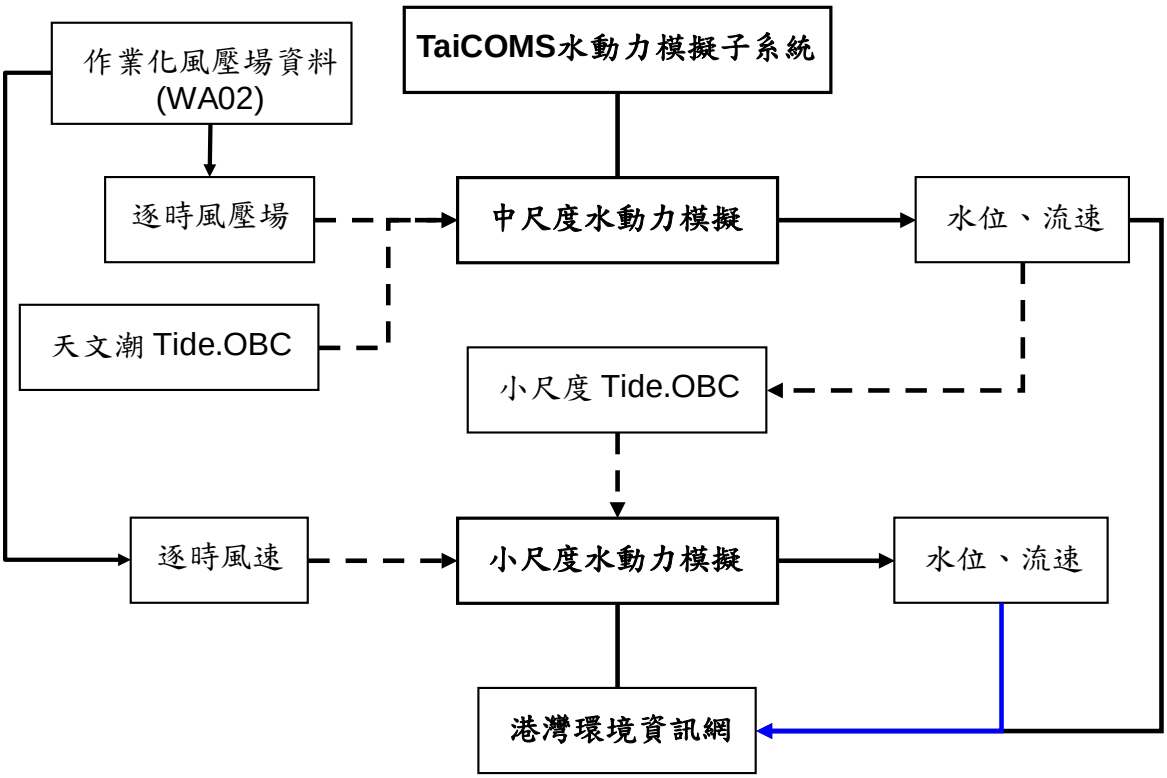


圖 2.21 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖

2.2 海象模擬作業化系統之校修與改善

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，將延續 108 年計畫針對新版本風浪及水動力模擬子系統進行海象模擬作業化流程修正研究。

2.2.1 海象模擬作業化流程修正

TaiCOMS 自建置以來，海象模擬作業化方式為每日一報，即每日執行 72 小時海象模擬預報，其中前 24 小時為追算模擬，後 48 小時屬於預報模擬。近年來，因電腦軟硬體設備之快速發展，為降低海象模擬預報之誤差，改善颱風期間海象模擬預報之精確度，於 108 年計畫以新版本風浪模擬子系統為對象，著手進行每日執行四報海象模擬之研究。本年度進一步以新版水動力模擬子系統為對象，著手進行每日執行四報海象模擬之改善及測試。

每日執行四報海象模擬作業化系統相關修正說明如下：

1. 系統海象模擬作業化啟動時間修正

目前每日一報海象模擬作業化啟動時間為每日 03 時，考量中央氣象局每日預報風壓場發布時間為 02、08、14 及 20 時，本計畫規劃每日四報海象模擬作業化啟動時間分別為每日 03、09、15 及 21 時。

2. 海象模擬預報時間之修正

考量海象模擬次數增加為每日四報勢必加重系統模擬運算之負荷，因此就每次海象模擬預報時間之長度進行規劃與評估有其必要性。目前每日一報海象模擬作業化方式，系統設定每次海象模擬時間之長度為 72 小時，其中前 24 小時屬於追算模擬具有重複性，後 48 小時屬於預報模擬階段。基於維持系統 48 小時海象預報之特性，評估結果海象模擬預報時間修正朝向縮短追算模擬時間對系統影響較小。因此，配合每日四報海象模擬之時間距為 6 小時，本計畫朝向縮短海象模擬追算時間長度為 6 小時進行規劃，即每報海象模擬之時間長度為 54 小時，其中前 6 小時為追算模擬階段，後 48 小時屬於預報模擬。以 D 日第一 RUN 為例，海象模擬時間相當於 D-1 日

18 時至 D+2 日 0 時，其中 D-1 日 18 時至 D 日 0 時屬於追算模擬，D 日 1 時至 D+2 日 0 時屬於預報模擬。

3. 作業化預報風場組合方式修正

目前每日一報海象模擬採用的 73 小時預報風壓場資料，其組合方式如圖 2.3 所示，每日四次海象模擬採用的 55 小時預報風壓場資料，本計畫規劃的風壓場資料組合方式為，依據系統海象模擬作業化啟動時間選取最近發布之三組預報風壓場資料組合成 55 小時逐時作業化預報風壓場，其組合方式如圖 2.22 所示，即 D 日第一報海象模擬採用的三組預報風壓場分別為氣象局 D-1 日 08、14、20 時預報之 84 小時風壓場資料(分別以 D-1_00.00~00.84、D-1_06.00~06.84 及 D-1_12.00~12.84 表示)，發布時間分別為 D-1 日 14、20 及 D 日 02 時。其中 D-1_00.00~00.84 選取 10~11 時資料(對應模擬時間為 D-1 日 18~19 時)，D-1_06.00~06.84 選取 06~11 時資料(對應模擬時間為 D-1 日 20~D 時 01 時)及 D-1_12.00~12.84 選取 06~53 時資料(對應模擬時間為 D 日 02~D+2 日 00 時)。依此類推，D 日第二報海象模擬採用的預報風壓場分別由 D-1_06.10~06.11、D-1_12.06~12.11 及 D-1_18.06~18.53 組合而成，對應海象模擬預報時間為 D 日 0 時至 D+2 日 06 時。

4. 海象作業化模擬流程修正

配合每日四報海象模擬預報之規劃，本計畫分別修正風浪模擬子系統及水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程，如圖 2.23 及圖 2.24 所示。圖 2.23 顯示風浪模擬子系統中遠域風浪模組之作業化風場，改採用新的中尺度風壓場資料 WE01，近域及近岸風浪模組之作業化風場改採用新的小尺度風壓場 WE02。此外，模擬流程新增模擬「資料後處理階段」，直接由作業化程式負責相關輸出資料處理工作。圖 2.24 顯示水動力模擬子系統將改採用新的小尺度風壓場 WE02，將風壓場資料解析度提昇至 1/30°(或 2')。

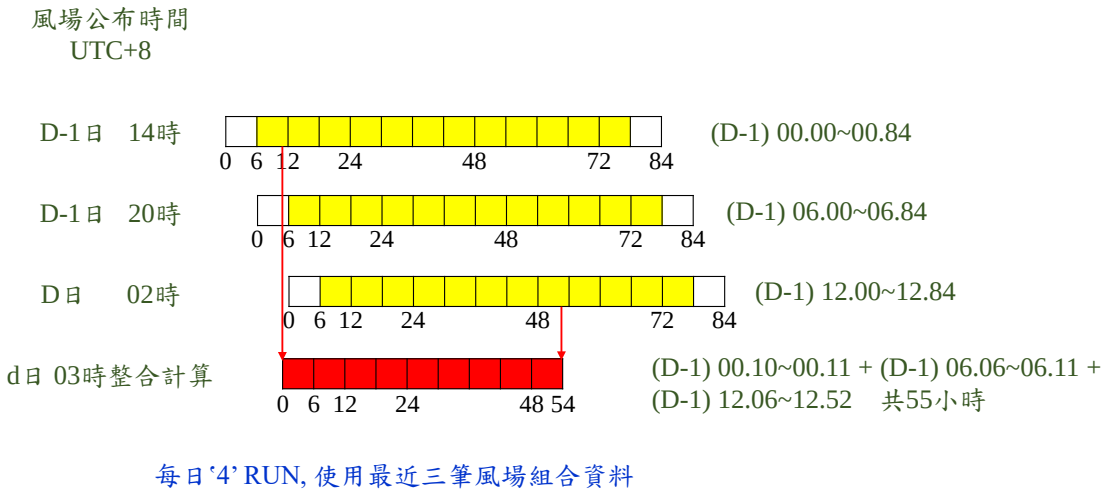


圖 2.22 每日四次海象作業化模擬之預報風場組合方式圖

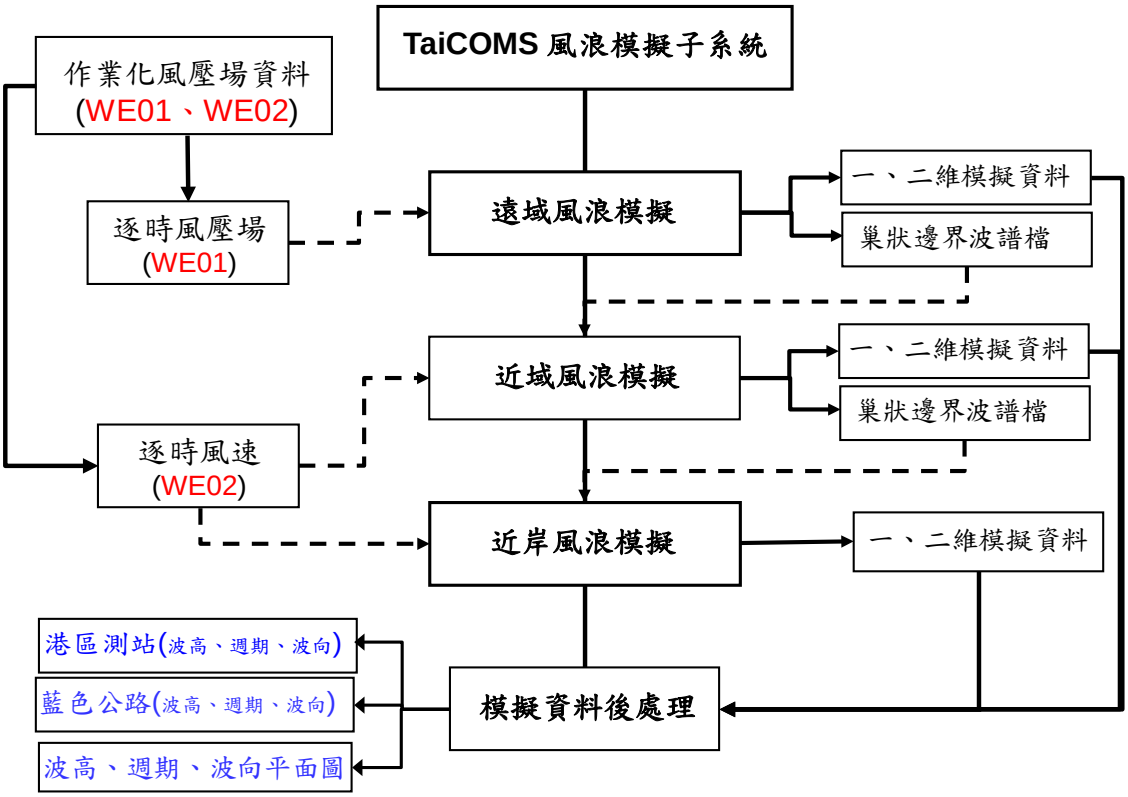


圖 2.23 TaiCOMS 風浪模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程修正圖

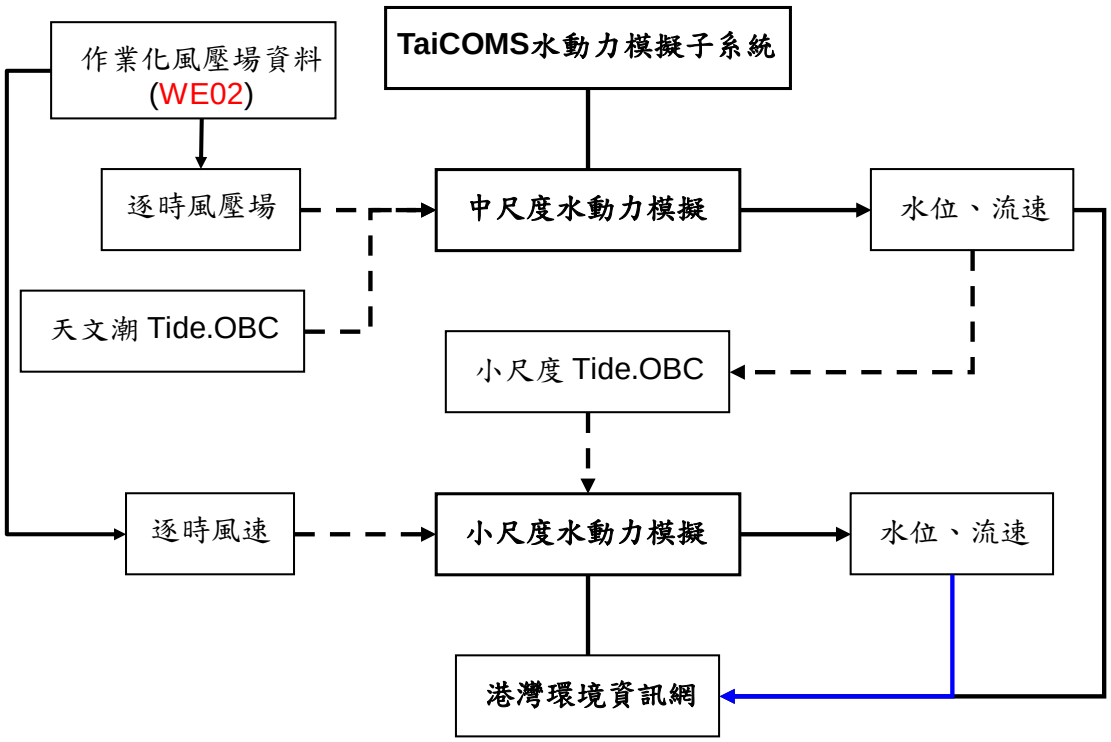


圖 2.24 TaiCOMS 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程修正圖

本計畫預期每日四報可以(1)增進海象模擬預報之準確性，如颱風期間因風場及時更新，提昇或改善 48 小時預報資料準確性；(2)提昇港灣環境資訊網海象模擬資訊更新速度，有助於資料應用性的提昇及推廣。

2.2.2 風浪模擬子系統作業化程式修訂

配合 TaiCOMS 每日四報風浪模擬預報作業化規劃，本計畫針對風浪模擬子系統作業化程式修訂如下：

1. 作業化時程控制檔(datalog)修訂

目前每日一報風浪模擬子系統作業化程式輸入檔 datalog，僅採用日期(即 yyyymmdd)作為每日一報風浪模擬輸入、輸出資料檔案之區格。顯然無法滿足每日四次風浪模擬預報之需求，因此本計畫將風浪模擬作業化程式每報控制參數修訂為 10 字元之 yyyymmddhh，其中 hh 分別為 00、06、12 及 18 等代表每日四報及做為每報風浪模擬輸入、輸出資料檔案之區格。

各風浪模組配合修訂內容包括(1)風場輸入檔名稱之時間字串在遠域模組(WAM)由 6 字元之 yymmdd 修訂為 8 字元之 yymmddhh，針對近域及近岸模組(SWAN)風場名稱之時間字串由 yyyymmdd 修訂

為 10 字元之 yyyymmddhh；其中 hh 字串與作業化時程控制碼相同。(2)遠域模組(WAM)各模組輸入參數檔名稱或輸出檔名稱內含時間之字串由 6 字元之 yymmdd 修訂為 8 字元之 yymmddhh，如將參數檔“preprocyymmdd.nml”修訂為“preprocyymmddhh.nml”等。(3)近域及近岸模組(SWAN)各模組輸入參數檔名稱中含時間之字串由 8 字元之 yyyymmdd 修訂為 10 字元格式 yyyymmddhh。

2. 風場格式控制碼(kwind)增訂

考量 TaiCOMS 資料庫內風壓場資料來源區分為 NFS、WRF 成員 M00 及成員 M05 等風壓場資料，本計畫於作業化程式內增加風場格式控制碼(kwind)，提昇作業化程式之通用性。即 kwind = 1、2、3 分別代表 NFS、WRF 成員 M00 及成員 M05 風壓場輸入格式。配合修訂的內容包括針對不同來源不同尺度風壓場內建(1)網格資訊，如網格大小、網格端點經緯度坐標及網格間距等；(2)逐時風壓場資料長度等，如 73 或 55 小時等；(3)追算模擬時間長度，如 12 或 06 小時等；(4)風壓場檔案輸入、輸出之命名方式。

3. 新增風浪二維平面圖生成副程式

本計畫利用繪圖軟體 Tecplot 製作二維平面圖檔，因此針對每次作業化模擬結果產生逐時 Tec 格式二維資料，配合事先預製產生的 Mco 檔，利用 F90 程式語言撰寫生成風浪二維平面圖作業化副程式，由風浪模擬子系統作業化程式直接產生各模組(如中尺度臺灣周圍海域及小尺度澎湖、東南、西南、馬祖及金門等海域逐時等)之等波高-波向分布及等週期-波向分布平面圖，如圖 2.25 至圖 2.36 所示。同時配合新的每日四報作業流程，修正每報逐時風浪波高分布及等週期分布平面圖檔為*CV00.gif ~ *CV54.gif。

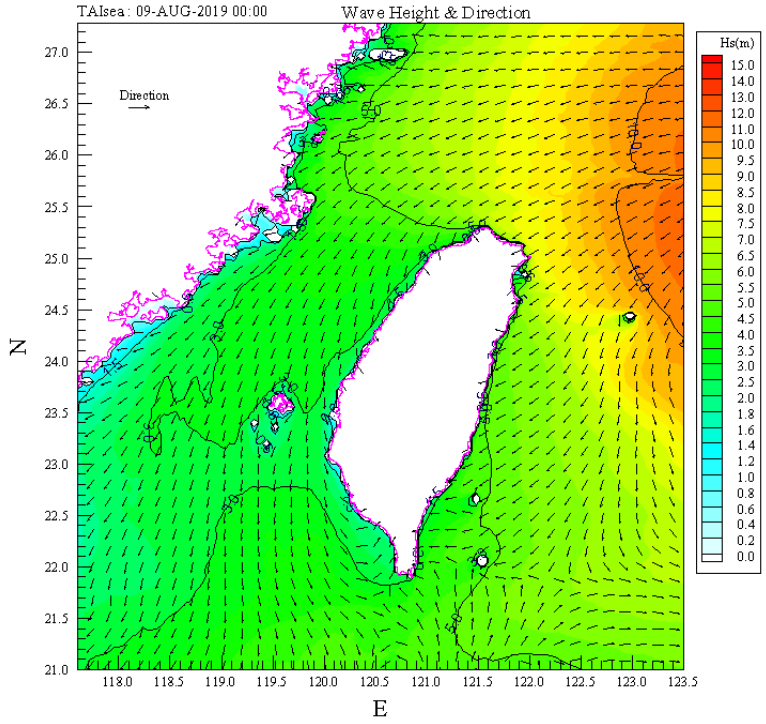


圖 2.25 中尺度臺灣周圍海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖

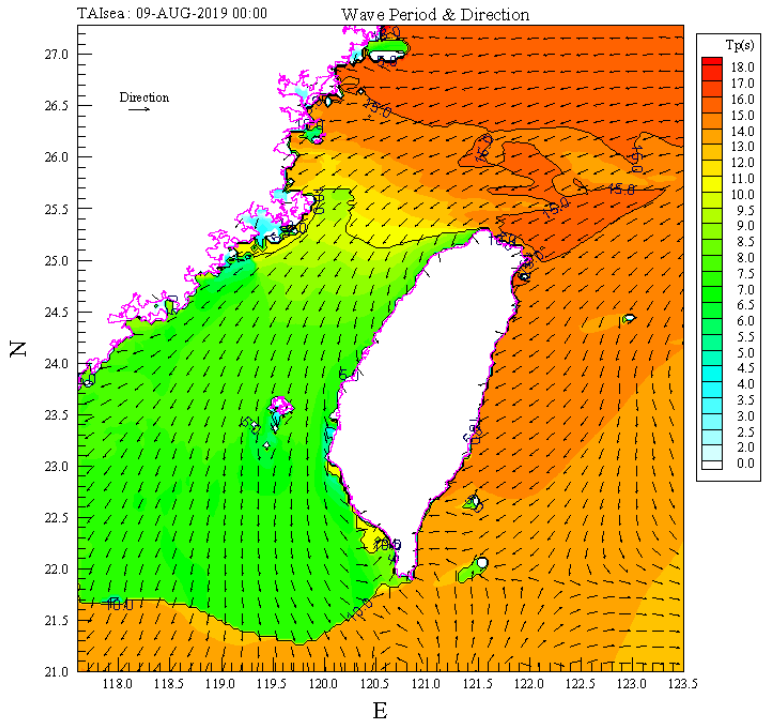


圖 2.26 中尺度臺灣周圍海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖

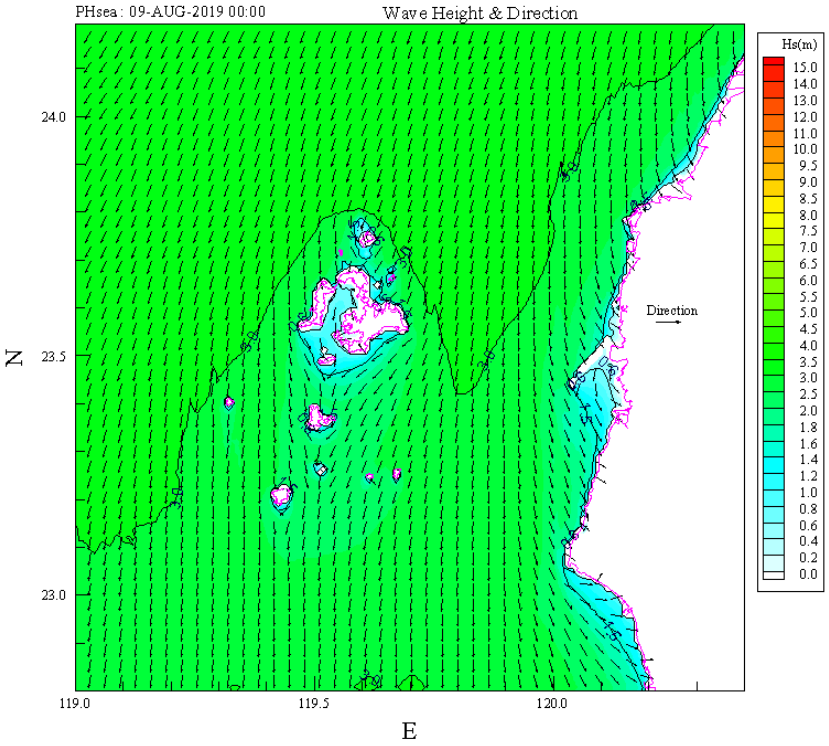


圖 2.27 小尺度澎湖海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖

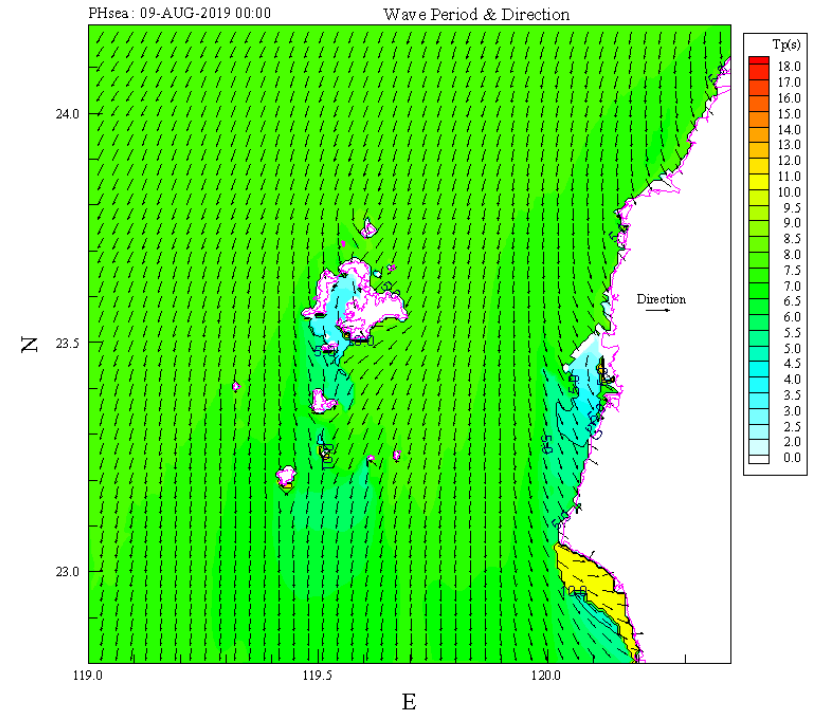


圖 2.28 小尺度澎湖海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖

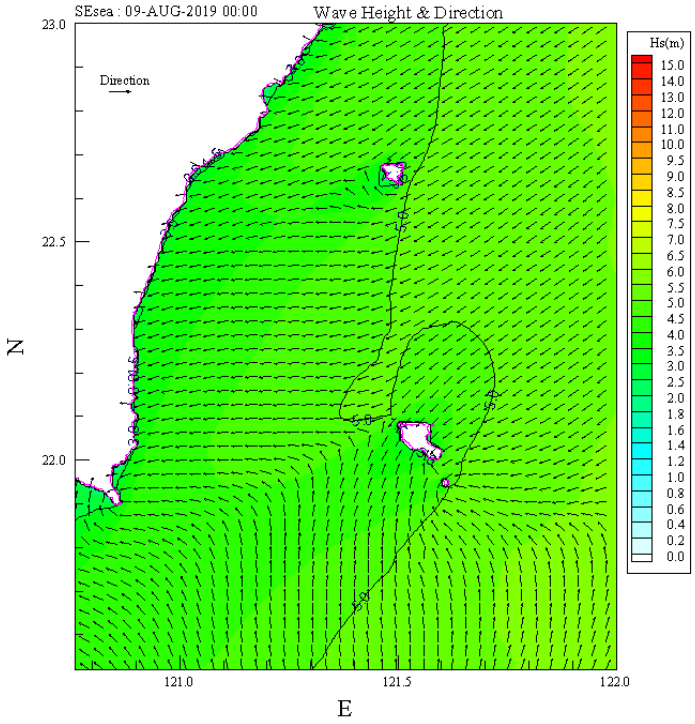


圖 2.29 小尺度東南海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖

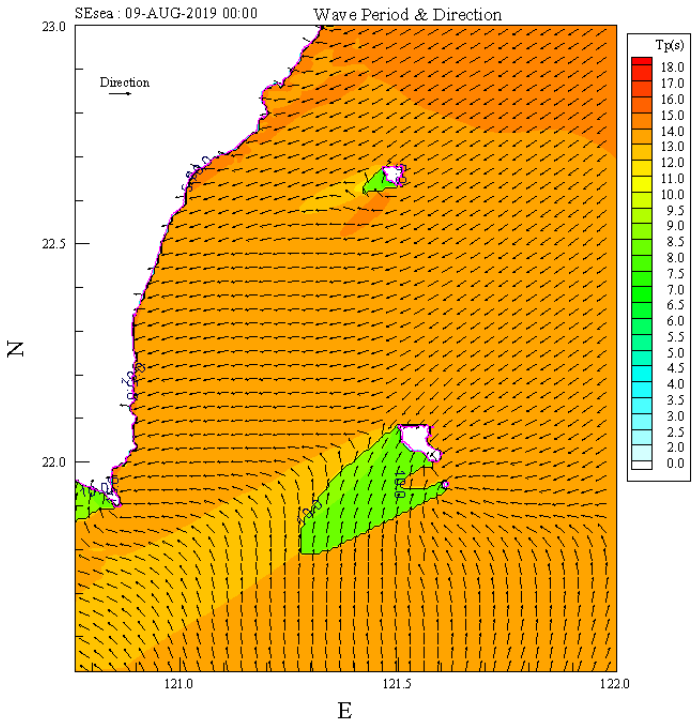


圖 2.30 小尺度東南海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖

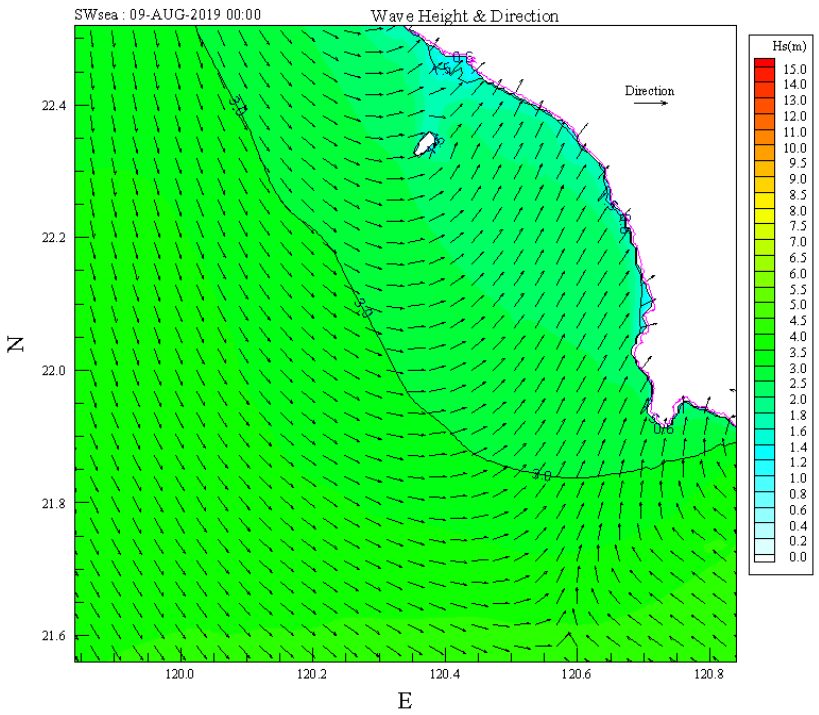


圖 2.31 小尺度西南海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖

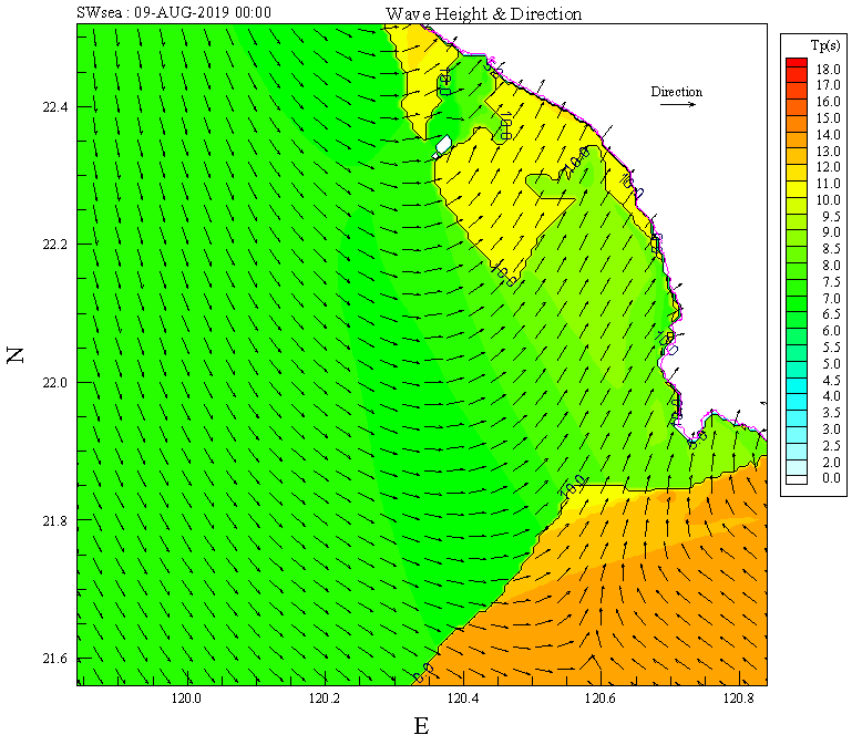


圖 2.32 小尺度西南海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖

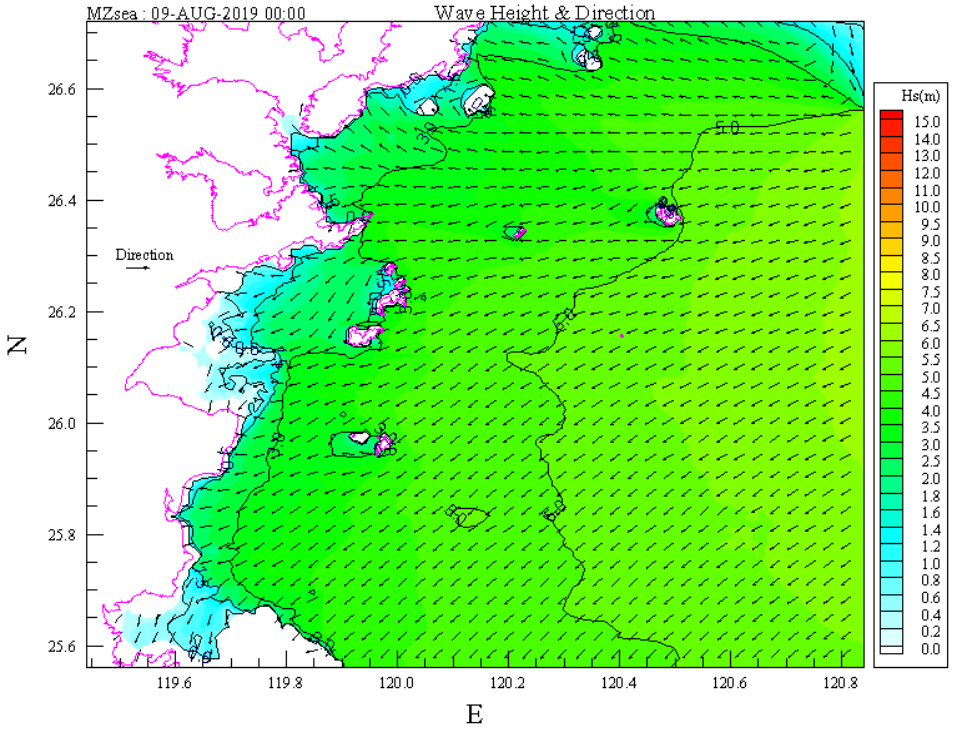


圖 2.33 小尺度馬祖海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖

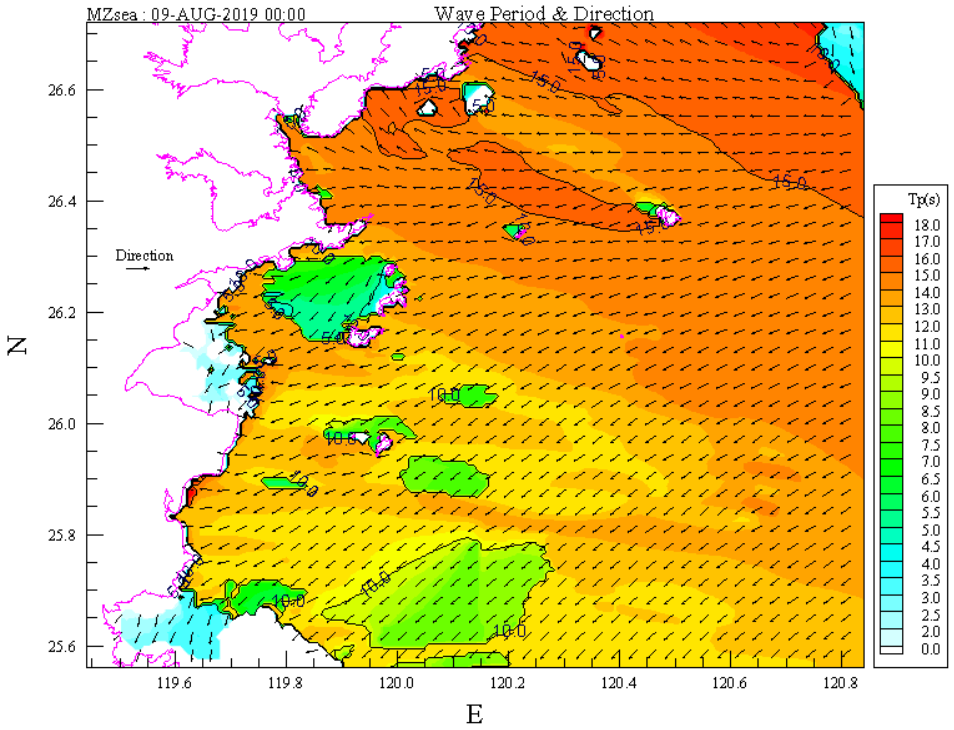


圖 2.34 小尺度馬祖海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖

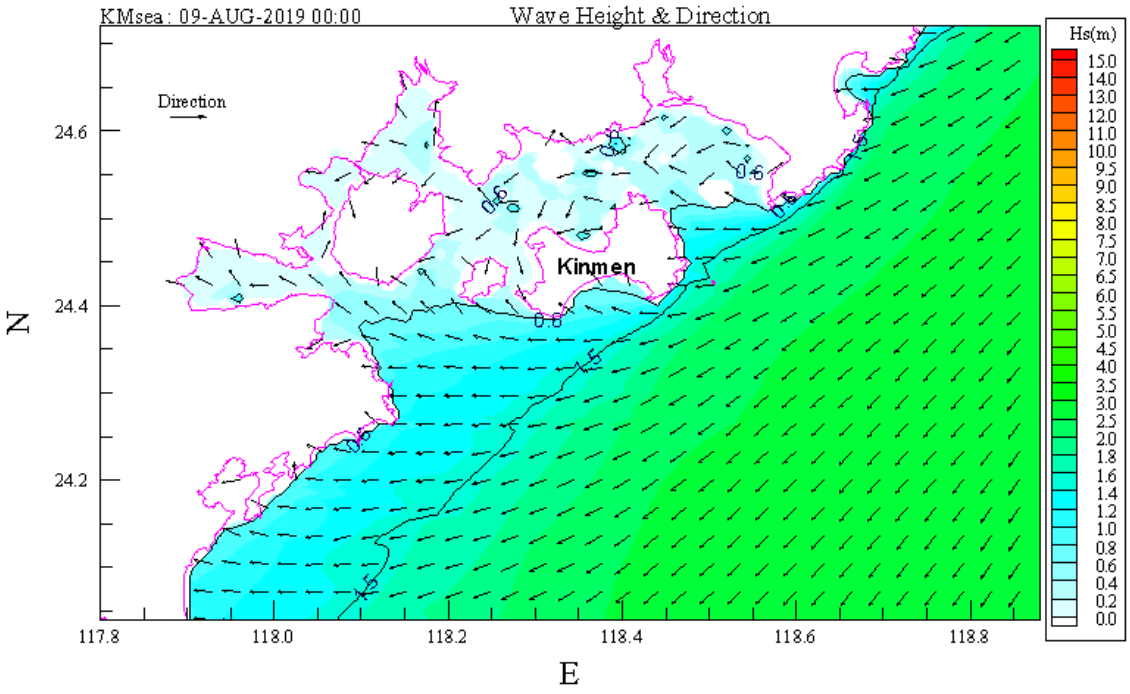


圖 2.35 小尺度金門海域風浪模組作業化模擬成果等波高分布及波向圖

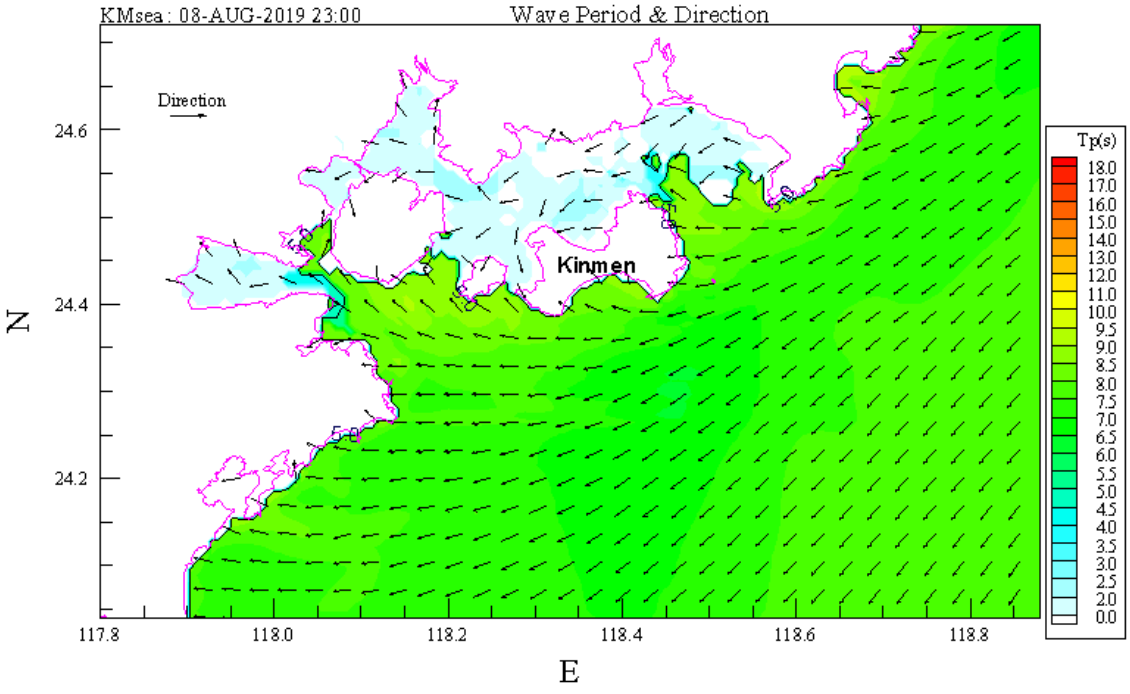


圖 2.36 小尺度金門海域風浪模組作業化模擬成果等週期分布及波向圖

4. 藍色公路風浪模擬資訊修正

港研中心港灣資訊網建有國內藍色公路海象資模擬預報訊供外界參考，圖 2.37 所示為藍色公路路線分布情形。目前每日一報藍色公路風浪模擬預報資訊由中尺度臺灣周圍海域風浪模擬結果產生。配合每日四報規劃，本計畫針對藍色公路路線模擬預報之風浪資訊產生方式，朝向整合中尺度臺灣周圍海域網格及各小尺度網格(如澎湖、東南、西南、金門及馬祖等海域)風浪作業化模擬預報二維網格資料，利用藍色公路路線坐標點位內插產生每報 73 或 55 小時之波高、平均週期、譜峰週期及平均波向，再提供港灣資訊網藍色公路網頁展示，供各界參考及查詢。

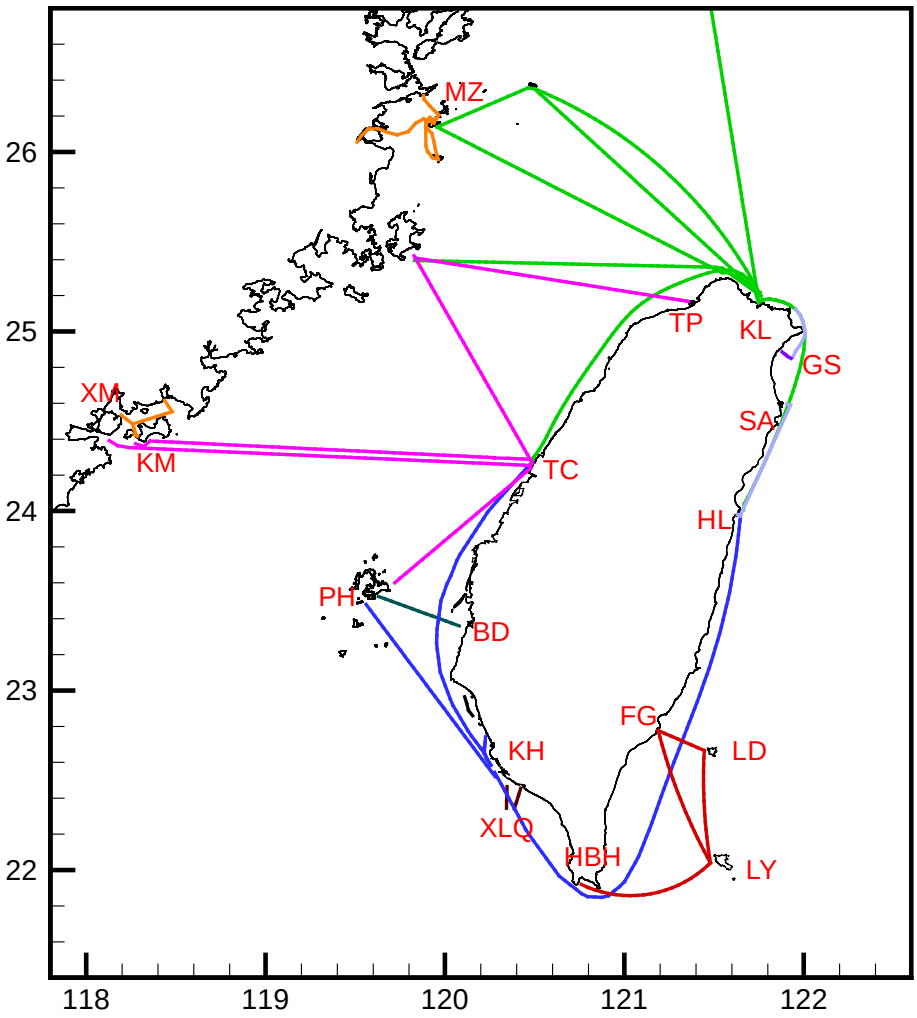


圖 2.37 國內藍色公路路線分布圖

2.2.3 遠域風浪模擬範圍修訂

基於沿臺灣東部遠海(如東經 130°以外)北上颱風，其生成的湧浪仍可能傳播至臺灣東部海岸，影響花蓮港港內靜穩，因此本計畫將評估擴大遠域風浪模組模擬範圍(110°,10°)-(134°-35°)以改善湧浪模擬之可行性。本年度針對遠域風浪模組研擬模擬範圍擴大方案，即將原模擬範圍之東邊界(紅色虛線)擴大移至東經 145°，如圖 2.38 所示。新建遠域網格之解析度為 0.2°，網格大小為 176x126，地形水深資料採用 ETOP1 建置。

針對新建遠域網格模擬範圍擴大問題，本計畫遠域風浪模擬相關執行程式，如 PREPROC、PRESET、WAMODEL 及 PGRID 等原始程式均需配合新網格修正相關參數之 dimension 值，再重新產生適用新建遠域網格之執行程式。此外，風浪模擬子系統作業化程式亦需配合修正 PREPROC、PRESET、WAMODEL 及 PGRID 等執行程式輸入檔之自動生成副程式。

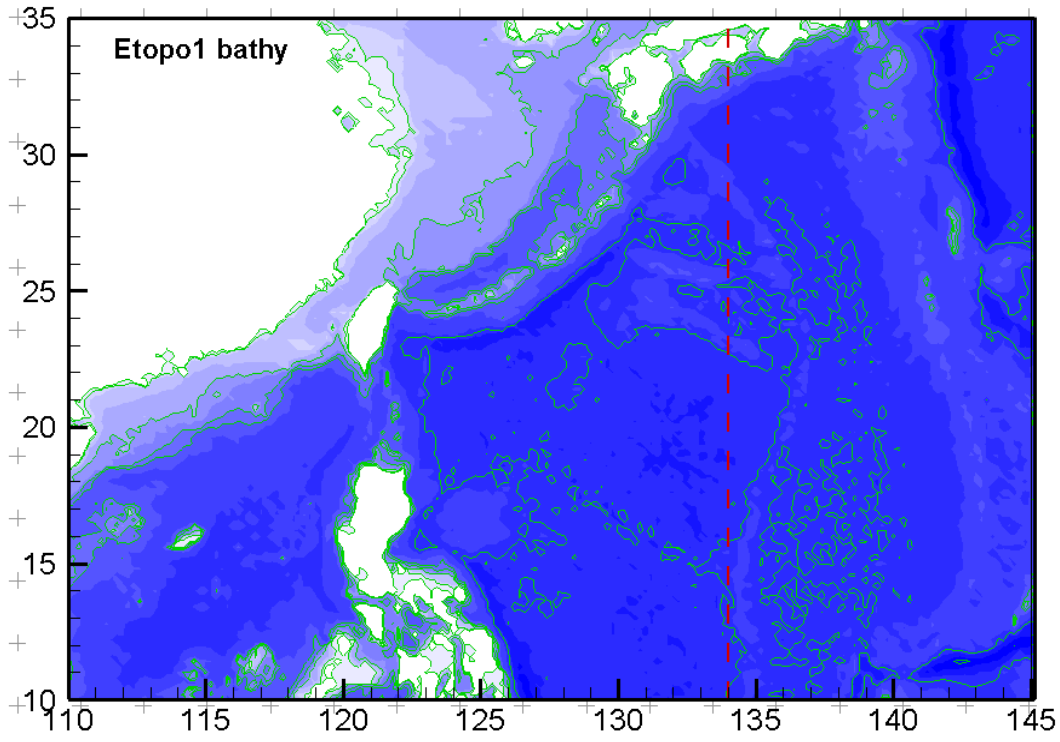


圖 2.38 遠域風浪模組模擬範圍擴大方案之水深分布圖

2.2.4 水動力模擬子系統作業化程式修訂

配合 TaiCOMS 每日四報風浪模擬預報作業化規劃，本計畫針對水動力模擬子系統作業化程式修訂如下：

1. 作業化時程控制檔(datalog)修訂

與風浪模擬子系統每日四報作業化程式修訂方式相同，即將水動力模擬子系統作業化程式輸入檔"datalog"內字串格式由目前 8 字元 yyyymmdd 修訂為 10 字元之 yyyymmddhh，其中 hh 分別為 00、06、12 及 18 等代表每日四報之時間及作為每報水動力模擬輸入、輸出資料檔案之區格。

2. 風場格式控制碼(kwind)增訂

同樣，考量 TaiCOMS 資料庫內風壓場資料來源區分為 NFS、WRF 成員 M00 及成員 M05 等風壓場資料，本計畫於作業化程式內增加風場格式控制碼(kwind)，提昇作業化程式之通用性，即 kwind = 1、2、3 分別代表 NFS、WRF 成員 M00 及成員 M05 風壓場輸入格式。此外，針對作業化程式內副程式"windfield"配合修訂的內容包括針對不同來源不同尺度風壓場內建(1)網格資訊，如網格大小、網格端點經緯度坐標及網格間距等；(2)逐時風壓場資料長度等，如 73 或 55 小時等；(3)風壓場檔案輸入、輸出之命名方式。

3. 新增水動力水位及流場平面圖生成副程式

本計畫利用繪圖軟體 Tecplot 製作二維平面圖檔，因此針對每次作業化模擬結果產生逐時 Tec 格式二維資料，配合事先預製產生的 Mco 檔，利用 F90 程式語言撰寫生成水位及流場二維平面圖作業化副程式，由水動力模擬子系統作業化程式直接產生各模組(如中尺度臺灣周圍海域)之等水位分布及流場向量流矢平面圖，如圖 2.39 所示。同時配合新的每日 4 報作業流程，修正每報逐時等水位分布及流場向量流矢分布平面圖檔為*CV00.gif ~ *CV54.gif。

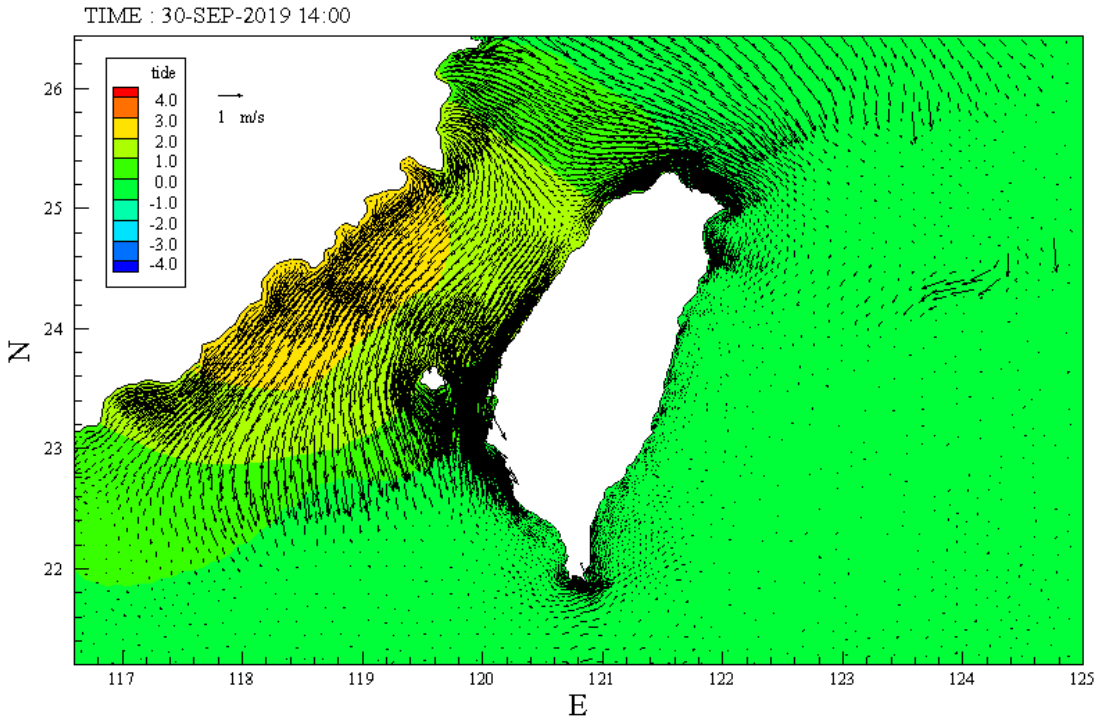


圖 2.39 臺灣周圍海域水動力模組作業化模擬成果等水位分布及流速向量圖

2.2.5 馬祖海域小尺度水動力模組

針對馬祖海域水位及流場模擬，本計畫將重新建置小尺度水動力模組，並與中尺度臺灣周圍海域水動力模組結合，納入新的水動力模擬子系統。

有關馬祖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

針對馬祖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 2.40 所示，計有 8,092 個節點及 15,514 個三角形元素。圖 2.41 為南竿及北竿附近海域數值計算網格之三角形元素分布情形，圖 2.42 為東莒及西莒附近海域數值計算網格之三角形元素分布情形。

2. 地形水深建置

數值計算網格之地形水深分布，如圖 2.43 所示，相關水深資料來源包括莒光列島至東引島(含閩江口) 10 萬分之一海軍水道圖

(0304，參考圖 2.44)及烏坵嶼至東引島(含臺灣北部) 30 萬分之一海軍水道圖(0306，參考圖 2.45)。

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。

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)。

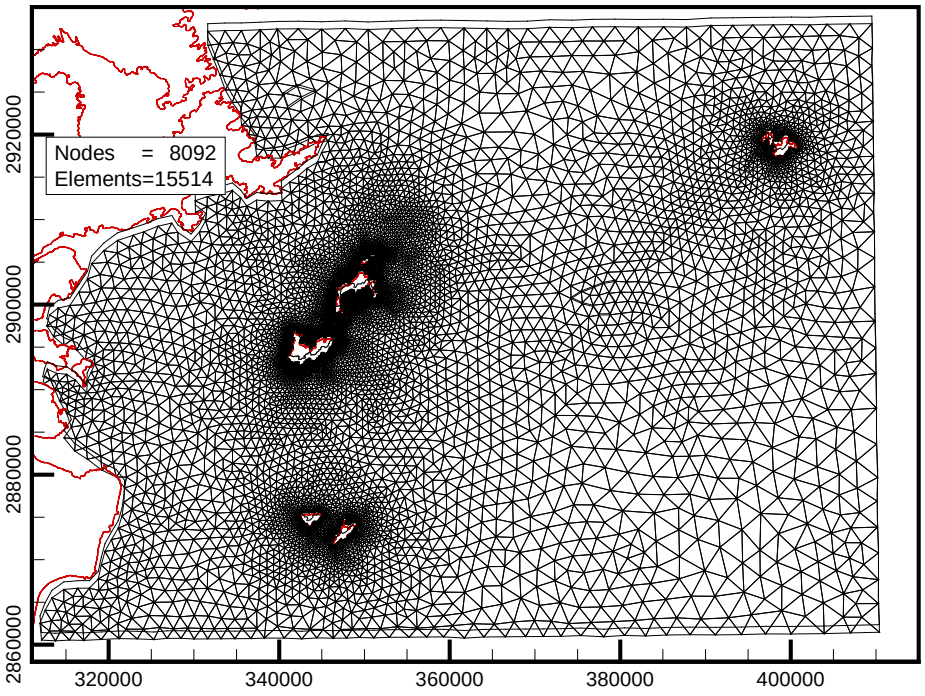


圖 2.40 馬祖海域近岸水動力模組之模擬範圍及數值計算三角形元素網格圖

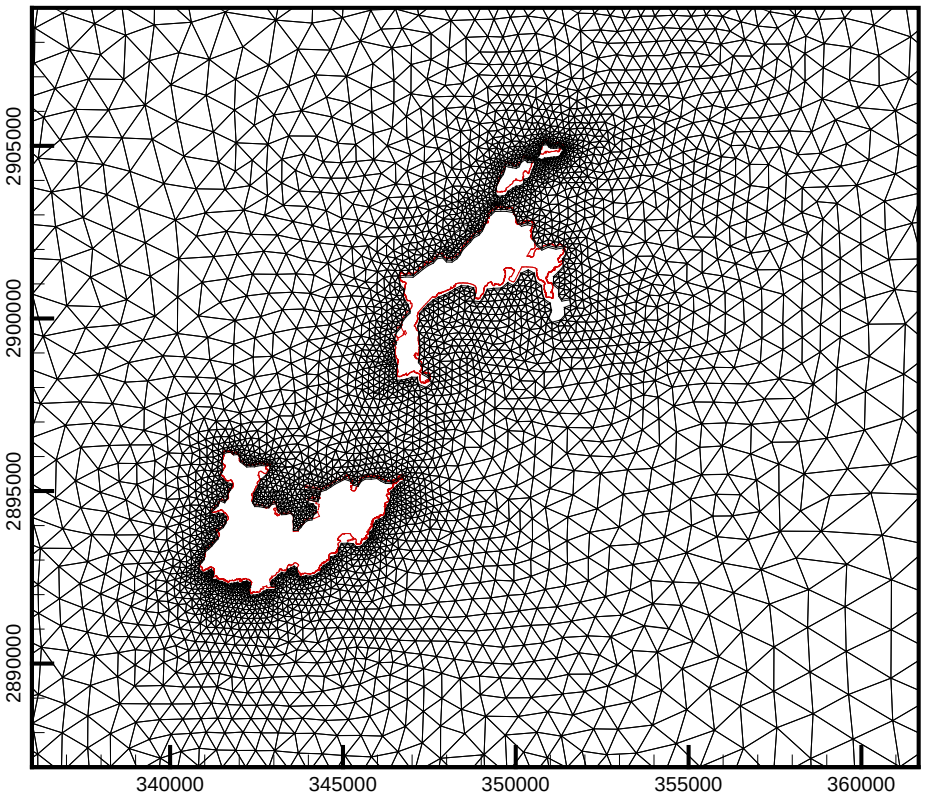


圖 2.41 馬祖南竿及北竿海域三角形元素網格分布圖

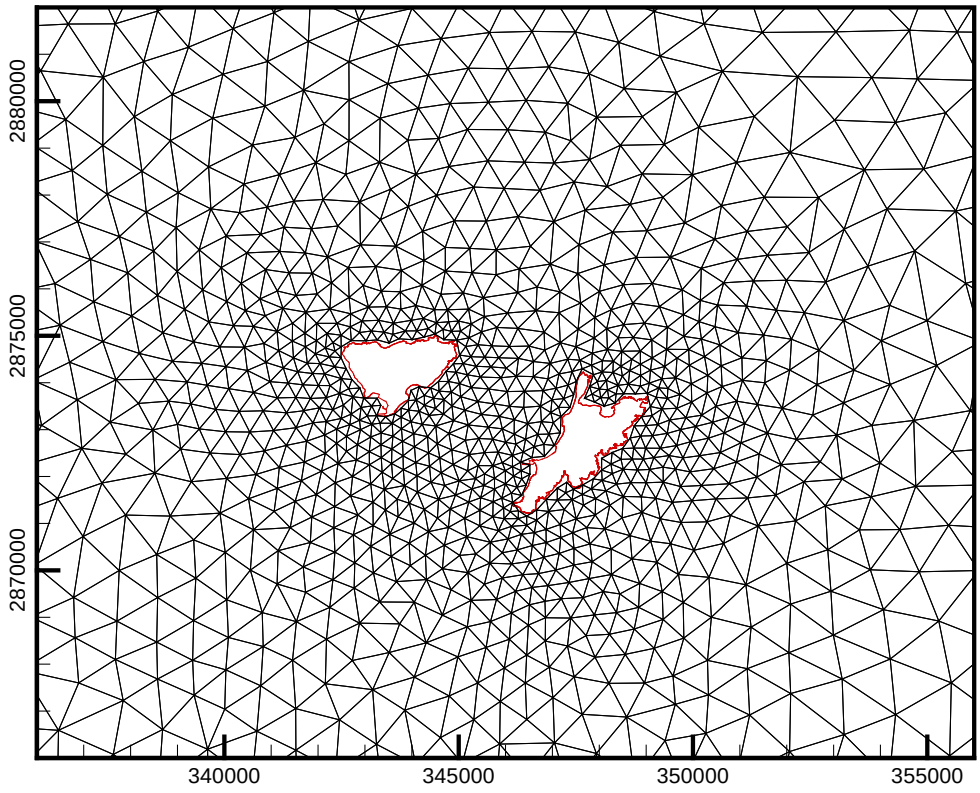


圖 2.42 馬祖東莒及西莒海域三角形元素網格分布圖

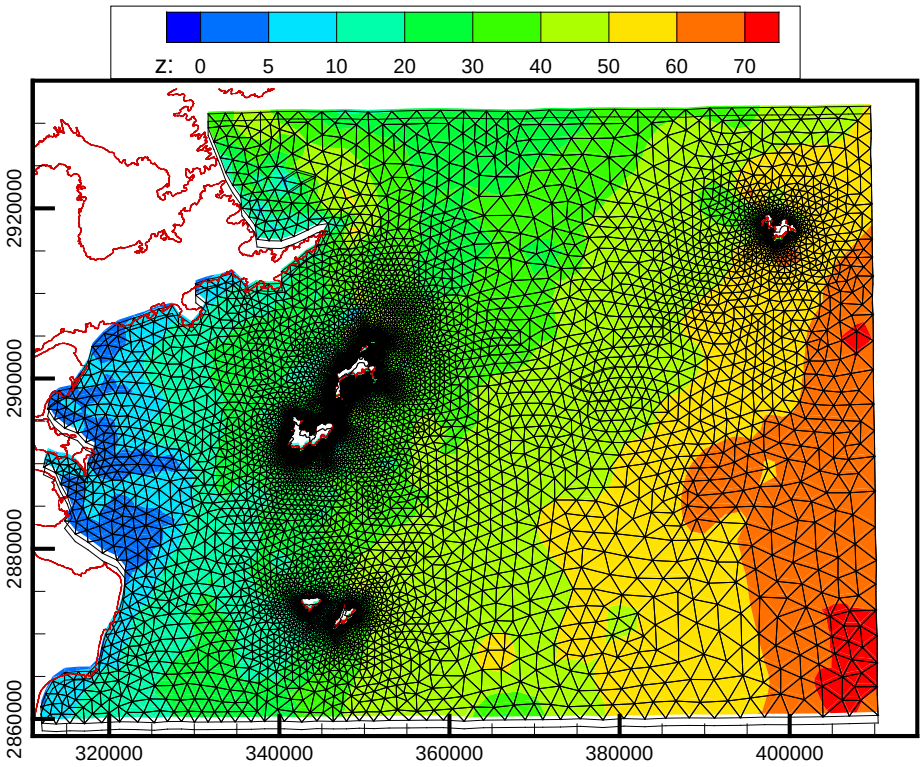


圖 2.43 馬祖海域近岸水動力模組之水深分布圖

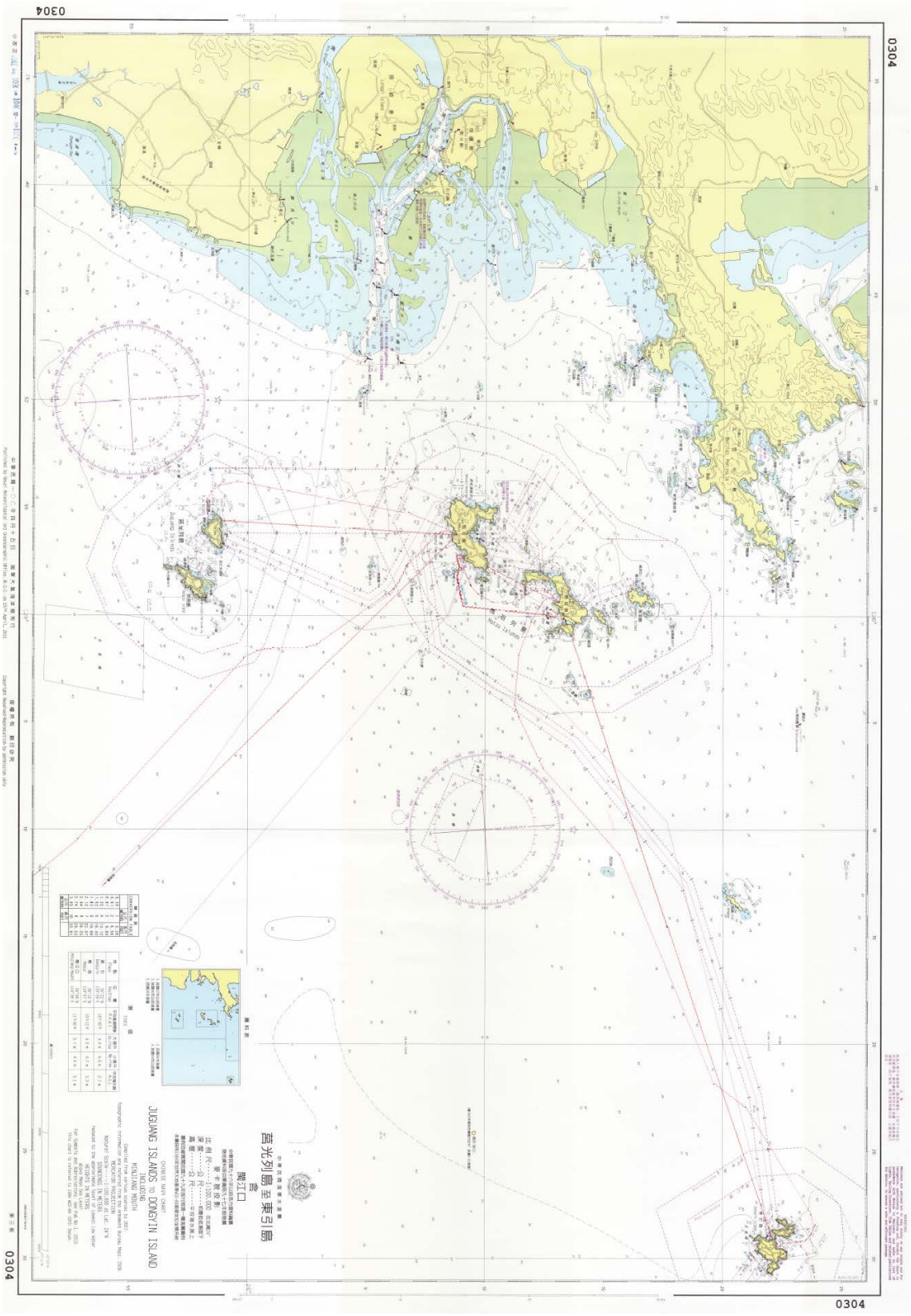


圖 2.44 0304 莒光列島至東引島(含閩江口)海軍水道圖

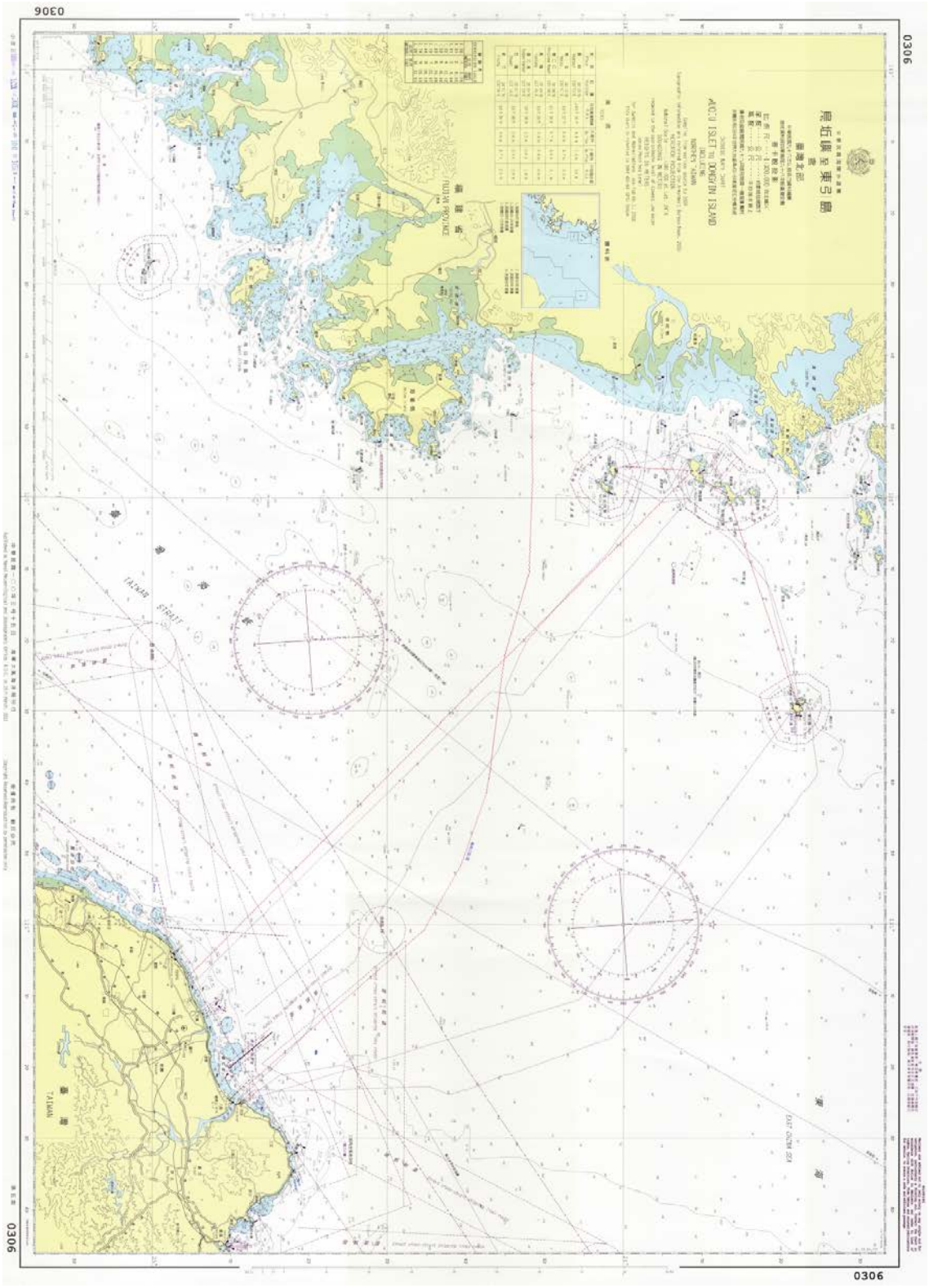


圖 2.45 0306 烏坵嶼至東引島(含臺灣北部)海軍水道圖

2.3 海象模擬作業化系統維運說明

本計畫系統維運主要目的為維持每日定時各數值預報子系統正常運作，提供數值模擬資料。為求系統長期有效管理，建置維護紀錄表提供 109 年度軟體及硬體維護事件及處理情形供參考。本年度主要維護事件如下：

1. 常見維護事件

(1) 常見維護事件

① 風場不定時有缺漏資料情形。因應方案為：

A. 片段資料缺漏(24 小時內)，自動利用前次預報資料補齊。

B. 缺漏資料無法補齊時，整體系統暫停運作，待人工補齊後再行運作。

② 伺服器更新及報廢，伺服器內所需程式安裝及模組移轉。

③ 配合港灣環境資訊系統輸出所需模擬資料。

④ 定期資料備份。

⑤ 配合年度高低壓用電安全檢查及斷電維護。

⑥ 更新海嘯預警系統及臺東海岸公路浪襲預警系統，並配合輸出所需模擬資料。

(2) 109 年度完成特殊維護事件

① 備份系統硬碟櫃及不斷電系統更新，並報廢舊有伺服器。

② Windows 系統 2018 年版金門、馬祖、澎湖、東南及西南小尺度風浪模擬作業化系統改版，2020 年版新增花蓮、蘇澳區域。

③ 配合氣象局模擬及實測(cwbpds)資料修改程式，並解壓縮氣象局實測資料 XML 供港灣環環境資訊網頁使用。

④ 配合氣象局提供新風場「標準包」產品，解算成各模組之輸入風場。

⑤ 作業化組合預報波場由每日 1 次改為每日 4 次提供。

第三章 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

3.1 臺灣周圍海域風浪模擬

目前港研中心臺灣周圍海域風浪模擬採用三層巢狀網格，如圖 3.1 所示，分別為大尺度遠域網格、中尺度近域網格及小尺度近岸網格，其中小尺度近岸網格又區分為澎湖海域、東南海域、西南海域、金門海域及馬祖海域等 5 個海域。大、中及小尺度網格解析度分別為 0.2°、0.04°及 0.008°，各模組詳細資料參考 2.1.2 節。本計畫選取中尺度近域網格風浪模擬結果與觀測資料及氣象局預報資料進行比對。

氣象局「決定性波浪預報模式系統」係利用第三代風浪模式 NOAA WAVEWATCHIII (簡稱 NWW3)建置包含解析度 25km (0.25°)、10km (0.1°)及 2.5km (0.025°)等 3 層的多重網格波浪預報系統，如圖 3.2 所示；圖中最外圍網格(或稱大網格)模擬範圍為(E99°, N1°)–(E155°, N41°)，中間層網格(或稱中網格)模擬範圍為(E109.9°, N9.4°) – (E126.1°, N36.1°)，最內層網格(或稱小網格)模擬範圍為(E117.6°, N20.8°)– (E123.9°, N26.7°)。此系統風浪預報採用的風場預報資料依大、中、小網格順序分別為 NCEP 風場、10 公里風場及 2.5 公里風場。同樣本計畫選取最內層網格波高預報資料為比對對象。

臺灣周圍海域現有長期波浪測站分布，如圖 3.3 所示，圖中測站代碼末碼 A 代表港研中心設置的底碇式 AWAC 潮波流儀測站，末碼 B 代表氣象局及水利署設置的海面浮標觀測站。長期波浪測站經緯度坐標與本計畫、氣象局等波浪模擬或預報資料輸出點位坐標、如表 3.1 所列。

表 3.1 波浪測站對應氣象局預報及港研中心波浪模擬之坐標資訊表

波浪測站				CWB		IHMT		備 註
測站名稱	測站代號	經 度	緯 度	經 度	緯 度	經 度	緯 度	
基隆港	KLA	121.754	25.166	121.375	25.200	121.76	25.20	
臺北港	TPA	121.376	25.182	121.375	25.200	121.36	25.20	
臺中港	TCA	120.450	24.325	120.450	24.325	120.44	24.32	
布袋港	BDA	120.125	23.380	120.075	23.375	120.08	23.36	
安平港	APA	120.148	22.956	120.125	22.925	120.12	22.92	
高雄港	KHA	120.294	22.543	120.275	22.525	120.28	22.52	
花蓮港	HLA	121.626	23.967	121.650	23.950	121.64	23.96	
蘇澳港	SAA	121.885	24.590	121.900	24.600	121.92	24.60	
澎湖港	PHA	119.675	23.556	119.675	23.525	119.68	23.52	
金門港	KMA	118.278	24.419	118.450	24.350			
馬祖港	MZA	119.936	26.165	119.925	26.200	119.92	26.20	
蘇澳浮標	SAB	121.877	24.627	121.875	24.650	121.88	24.64	
花蓮浮標	HLB	121.630	24.0325	121.650	24.050	121.64	24.04	46699A
臺東浮標	TDB	121.144	22.724	121.175	22.725	121.16	22.72	
鵝鑾鼻浮標	ELBB	120.823	21.900	120.825	21.900	120.80	21.88	
小琉球浮標	XLQB	120.361	22.316	120.350	22.325	120.36	22.32	46714D
彌陀浮標	MTB	120.164	22.763	120.150	22.750	120.16	22.76	
七股浮標	QGB	120.006	23.099	120.000	23.100	120.00	23.08	
新竹浮標	HCB	120.837	24.755	120.825	24.750	120.84	24.76	46757B
富貴角浮標	FGCB	121.921	25.097	121.525	25.325	121.32	25.32	C6AH2
澎湖浮標	PHB	119.551	23.727	119.550	23.725	119.52	23.76	
金門浮標	KMB	118.411	24.380	118.425	24.375	118.44	24.36	
馬祖浮標	MZB	120.534	26.375	120.550	26.375	120.56	26.36	
蘭嶼浮標	LYB	121.576	22.072	121.600	22.075	121.60	22.08	C6S94

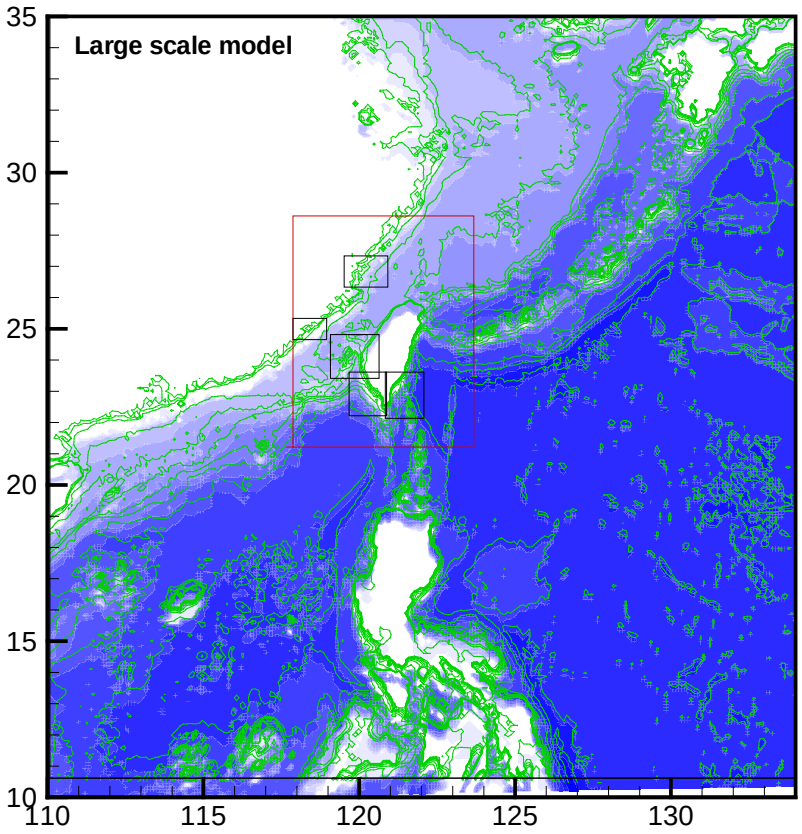


圖 3.1 TaiCOMS「臺灣周圍海域風浪模擬系統」三層巢狀網格圖

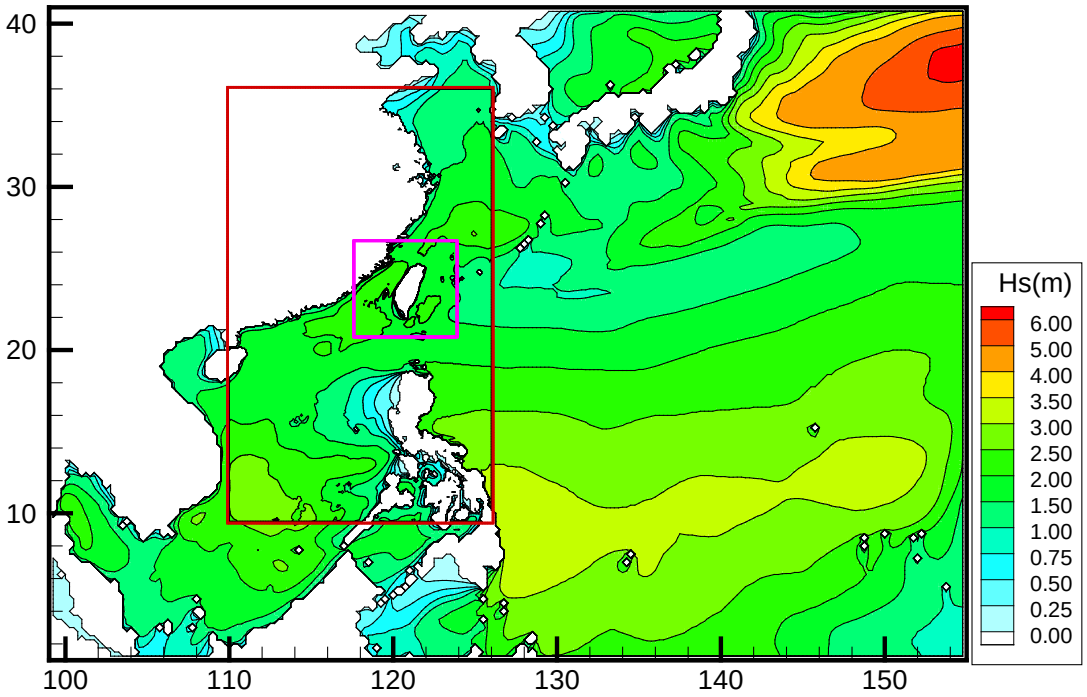


圖 3.2 氣象局決定性波浪預報模式系統 3 層多重網格模擬範圍圖

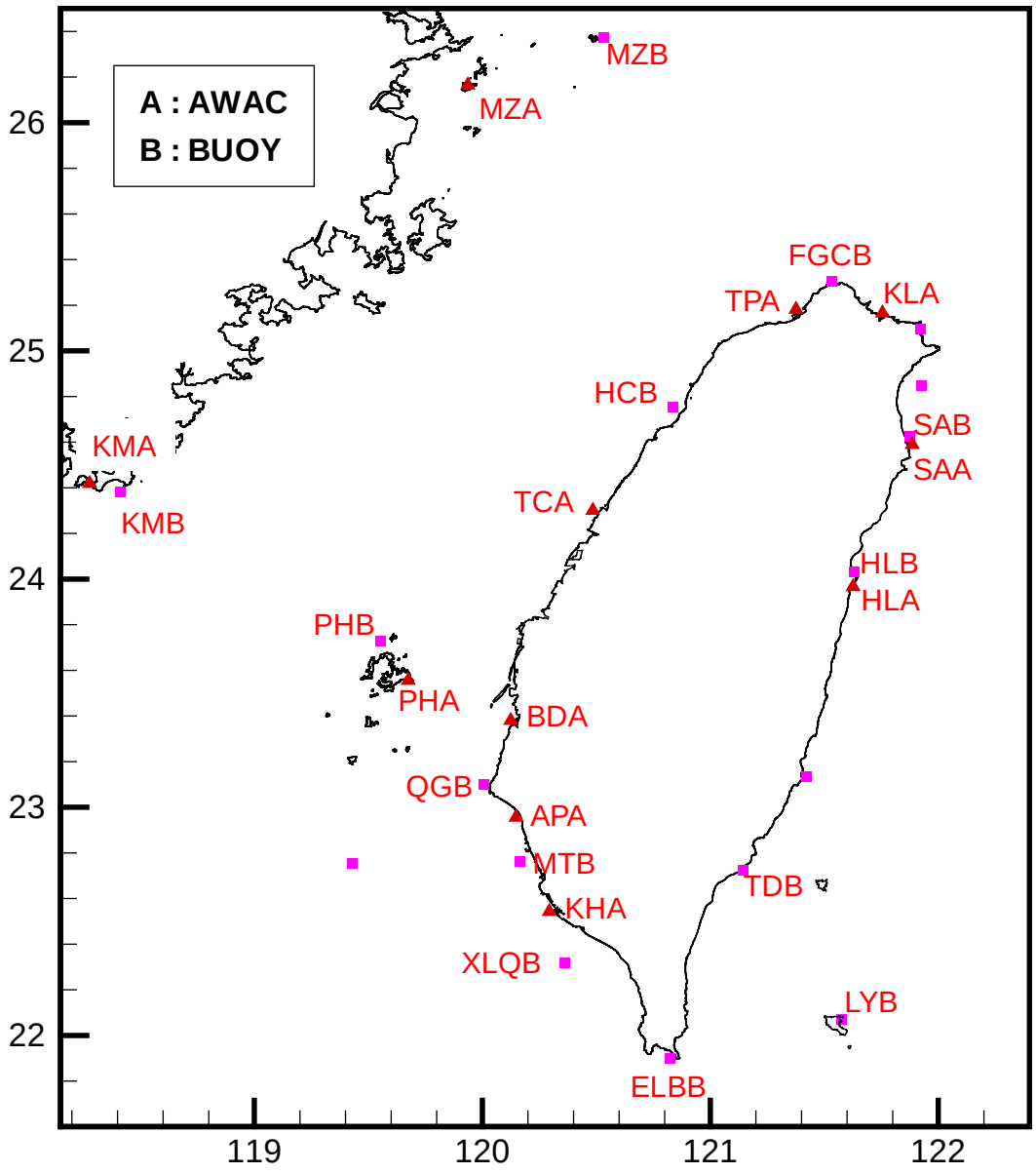


圖 3.3 臺灣周圍海域長期波浪觀測站分布圖

3.2 臺灣周圍海域季風波浪模擬與校驗

針對冬季季風波浪，本計畫以 2019 年 1 月 TaiCOMS 波浪模擬結果為例，選取各波浪測站示性波高(H_s)及平均週期(T_m)模擬值，與觀測值、氣象局預報值進行比較及誤差分析，其中氣象局提供港研中心之風浪預報資料僅示性波高一項。此處示性波高及平均週期之定義分別採用波浪能量譜之零階動差 m_0、二階動差 m^2，即

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \quad \text{.....(3.1)}$$

$$T_m = \sqrt{m_0/m^2} \quad \text{.....(3.2)}$$

模擬值與觀測值間之均方根誤差(RMSE)定義如下：

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(P_i-O_i\right)^2}{N}} \quad \text{.....(3.3)}$$

式中 P_i 代表模擬值，O_i 代表觀測值，N 為觀測值或模擬值數量(取對應數量較小者)。模擬值與觀測值之相關係數 R 定義如下：

$$R=\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(P_i-\bar{P}\right)\left(O_i-\bar{O}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(P_i-\bar{P}\right)^2\sum_{i=1}^{N}\left(O_i-\bar{O}\right)^2}} \quad \text{.....(3.4)}$$

式中 $\bar{P}$ 及 $\bar{O}$ 分別代表模擬值 P_i 及觀測值 O_i 之平均值。

3.2.1 基隆海域

基隆海域目前波浪觀測計有 AWAC 測站(KLA)及鄰近 BUOY 測站(FGCB)等測站，其中港研中心基隆港 KLA 測站 2019 年 1 月無觀測資料，因此，KLA 測站僅選取本計畫示性波高模擬值與氣象局預報資料比對，如圖 3.4 所示，顯示冬季鋒面南下期間氣象局預報示性波高最大值呈現明顯高於本計畫模擬結果。於富貴角 FGCB 測站，本計畫風浪示性波高及平均週期模擬值與測站觀測值、氣象局預報值之比對結果，分別如圖 3.5a 及至圖 3.5b 所示。基於富貴角 FGCB 測站 2019 年 1 月雖然有觀測值，但觀測數量及品質均不理想，因此，僅能顯示在示性波高變化趨勢上，本計畫模擬值與 CWB 預報結果是一致的。整體上，冬季季風期間，基隆海域風浪隨著鋒面增強而變大、鋒面減弱而變小。

3.2.2 臺北海域

臺北海域波浪測站現有臺北港觀測樁 AWAC 測站(TPA)及鄰近浮標測站(HCB)等，其中港研中心臺北港 TPA 測站 2019 年 1 月同樣無觀測資料，因此，本計畫僅選取示性波高模擬值與氣象局預報值比對，如圖 3.6 所示，顯示臺北港外海示性波高模擬結果，本計畫與氣象局預報結果相當接近。

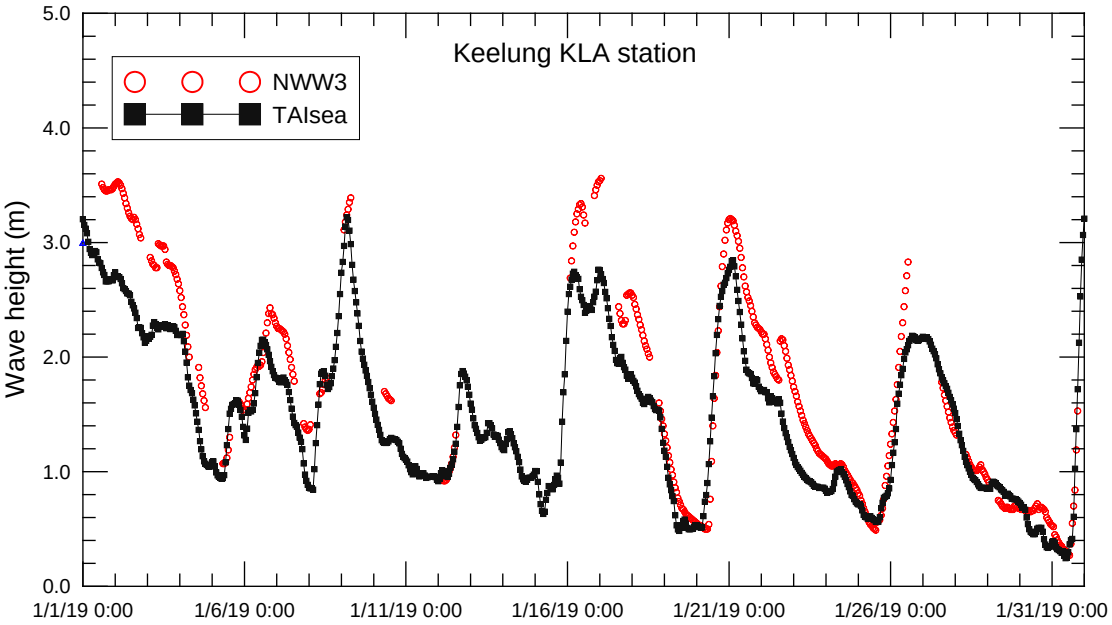


圖 3.4 基隆港 KLA 測站示性波高模擬值與氣象局預報值之比較圖

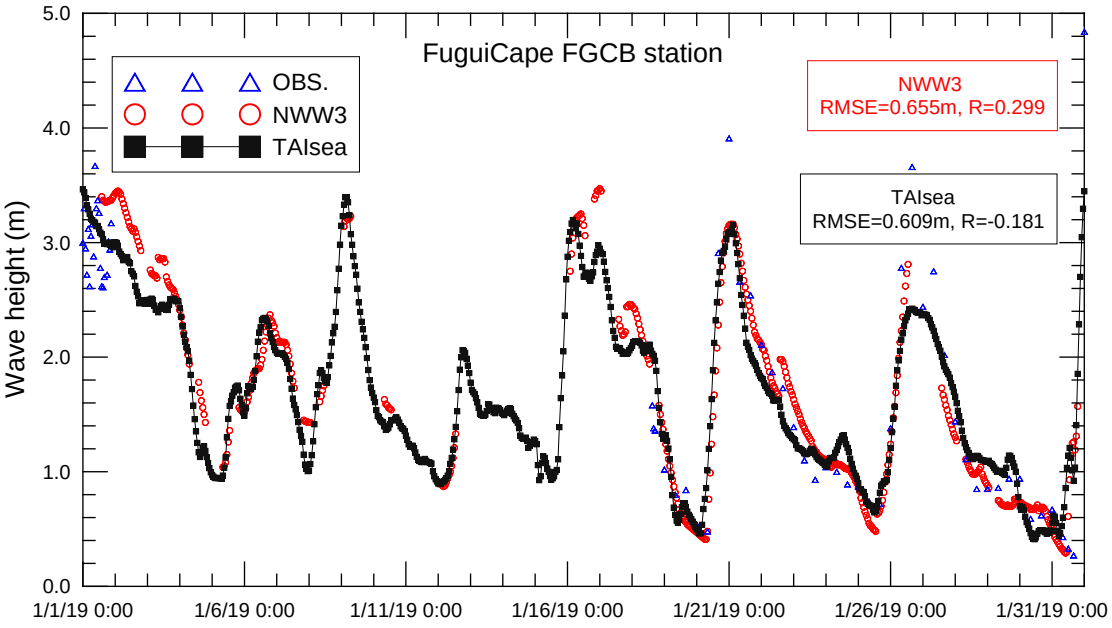


圖 3.5a 富貴角 FGCB 測站示性波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

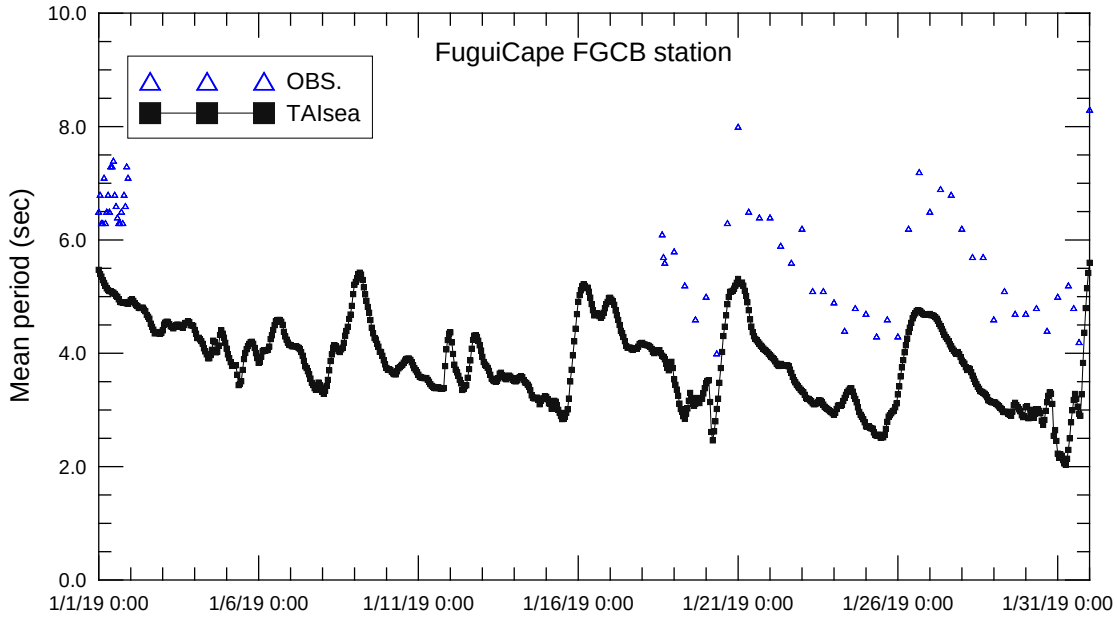


圖 3.5b 富貴角 FGCB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

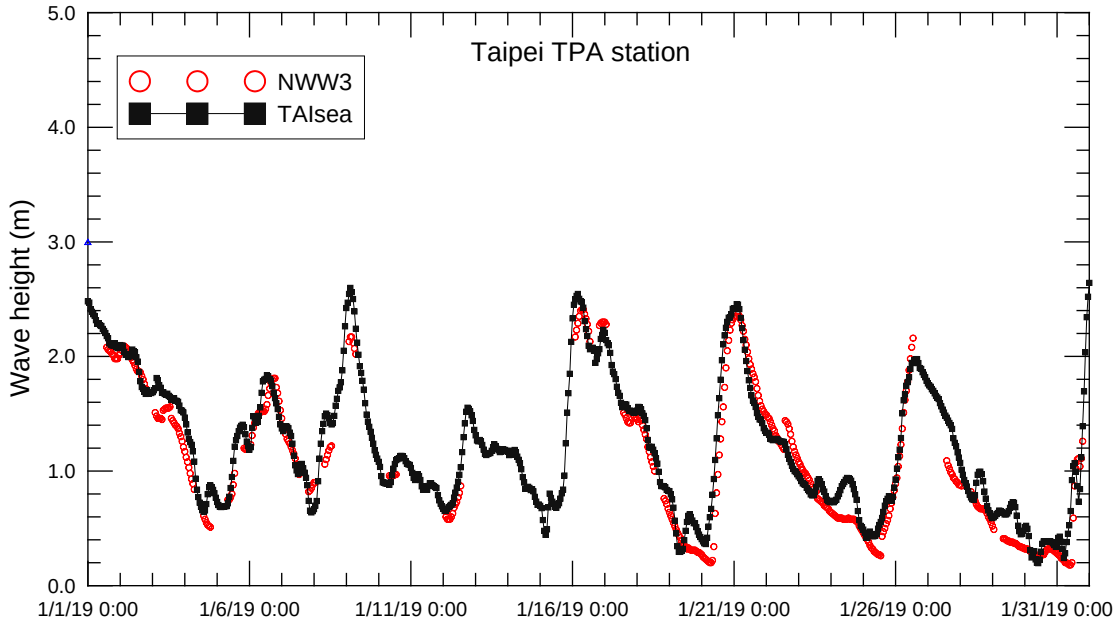


圖 3.6 臺北港 TPA 測站示性波高模擬值與氣象局預報值之比較圖

在新竹 HCB 測站上，本計畫風浪示性波高及平均週期模擬結果與觀測資料、氣象局預報資料比對結果，分別如圖 3.7a 及圖 3.7b 所示，顯示在示性波高變化趨勢上，本計畫模擬結果與觀測值、CWB 預報結果三者相當一致。圖 3.7a 示性波高觀測最大值為 3.56m，與本計畫與 CWB 示性波高模擬最大值分別為 3.12m 及 2.62m 相比結果，以本計畫模擬值較接近觀測值。相關係數 R 分析結果則本計畫模擬結果略佳，均方根誤差分析結果同樣顯示本計畫模擬值誤差較小，約為 0.313m。平均週期比對結果

顯示，本計畫變化趨勢雖然與觀測值相近，但模擬值明顯低於觀測值，此與浮標波浪觀測特性有關，如部份高頻波浪無法呈現導致平均週期值變大。整體而言，冬季季風期間臺北海域風浪大小變化趨勢與東北季風(或鋒面)強弱高度相關。

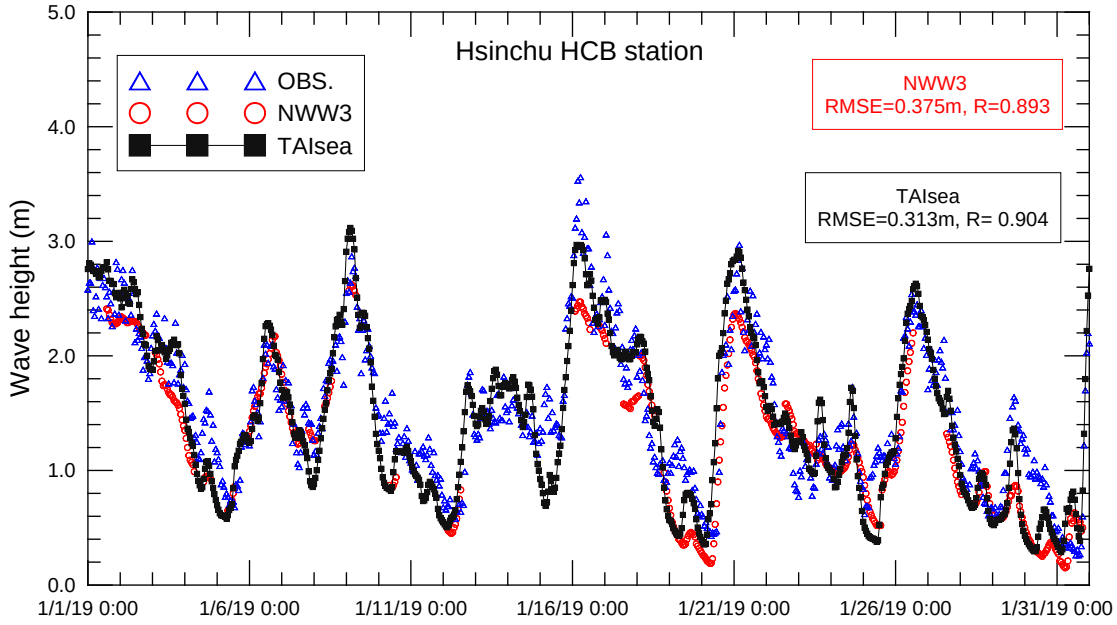


圖 3.7a 新竹 HCB 測站示性波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

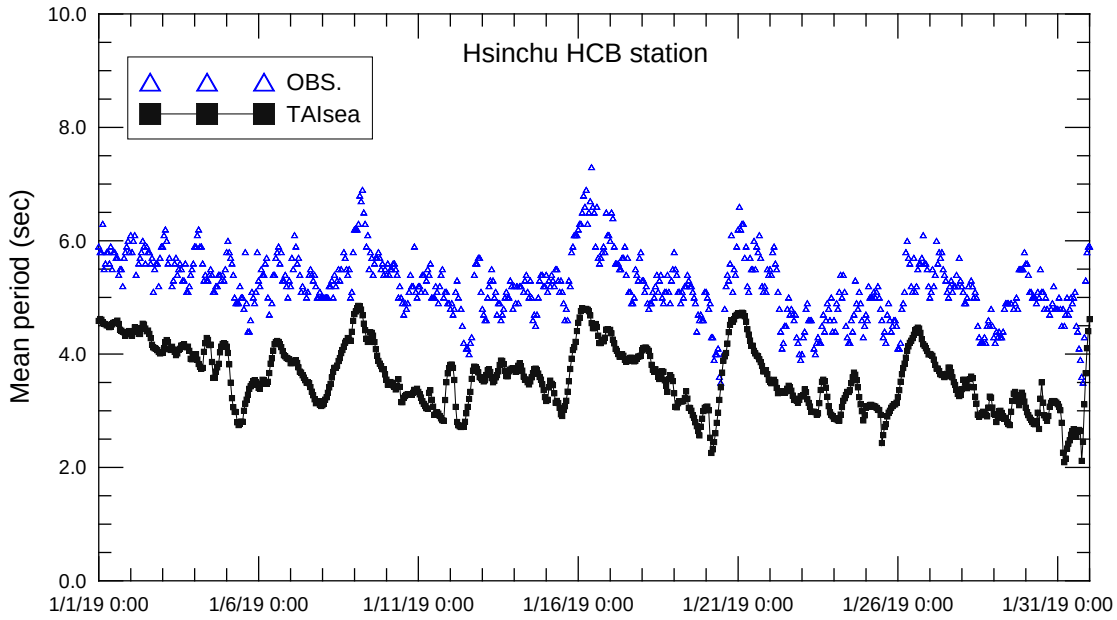


圖 3.7b 新竹 HCB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

3.2.3 臺中海域

臺中海域波浪觀測站為臺中港 AWAC 測站(TCA)，本計畫選取 2019 年 1 月觀測資料與本計畫模擬值、氣象局預報值之比對結果，如圖 3.8a

至圖 3.8d 所示。同樣顯示在示性波高變化趨勢上，本計畫模擬結果與觀測值、CWB 預報值是一致的，且本計畫模擬值普偏略大於觀測值，亦大於 CWB 預報值。其他如平均週期、平均波向(D_m)與譜峰週期(T_p)等參數比對結果，顯示本計畫模擬值與觀測值之變化趨勢均相近似，其中平均週期模擬值高值部份與觀測值相當，但低值部份普遍低於觀測值；譜峰週期模擬值普遍偏小，其中高值部份最大偏差近 3.0 sec。

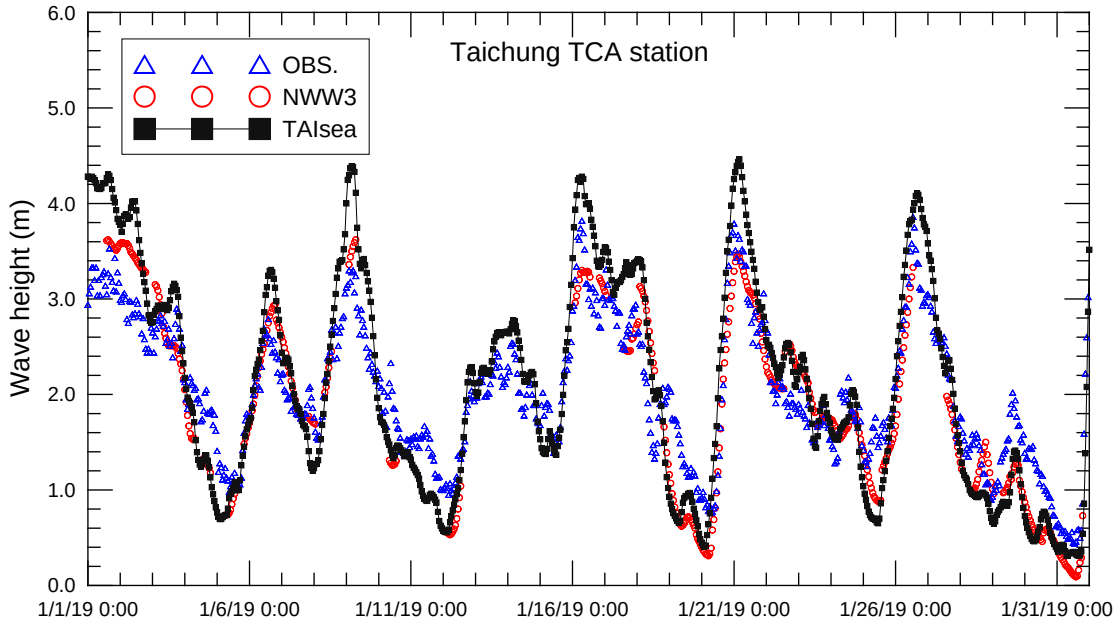


圖 3.8a 臺中港 TCA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

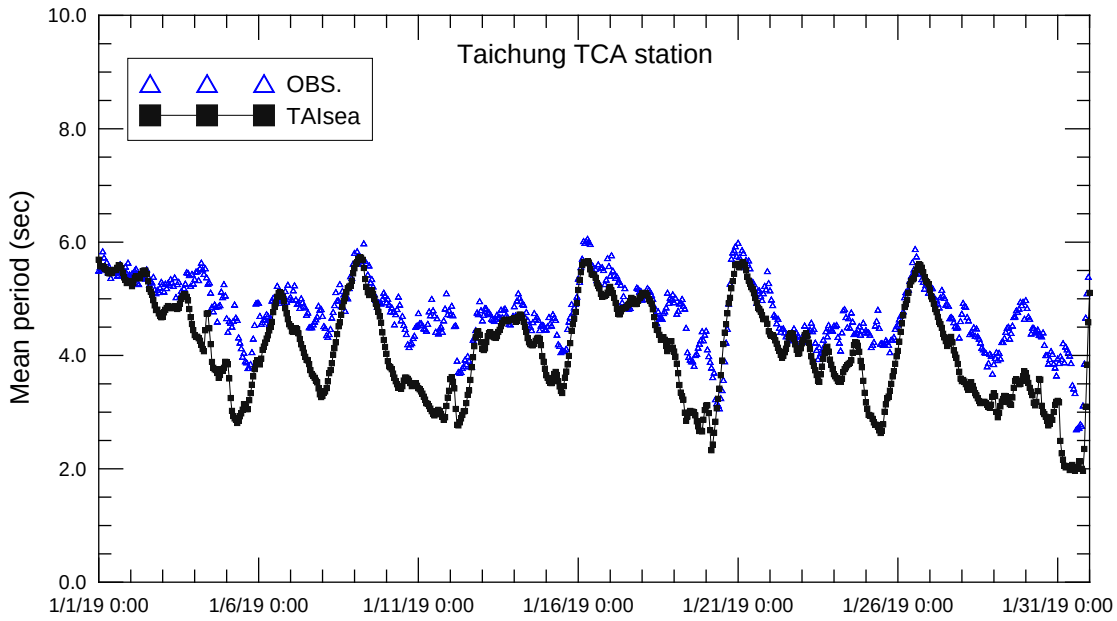


圖 3.8b 臺中港 TCA 測站平均週期模擬值與氣觀測值之比較圖

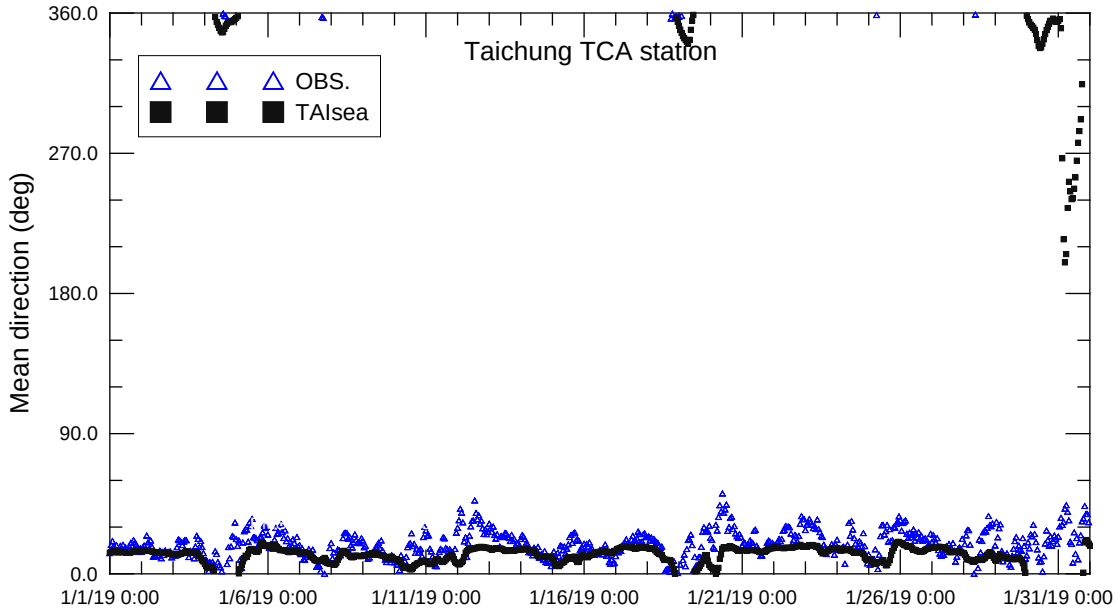


圖 3.8c 臺中港 TCA 測站平均波向模擬值與觀測值之比較圖

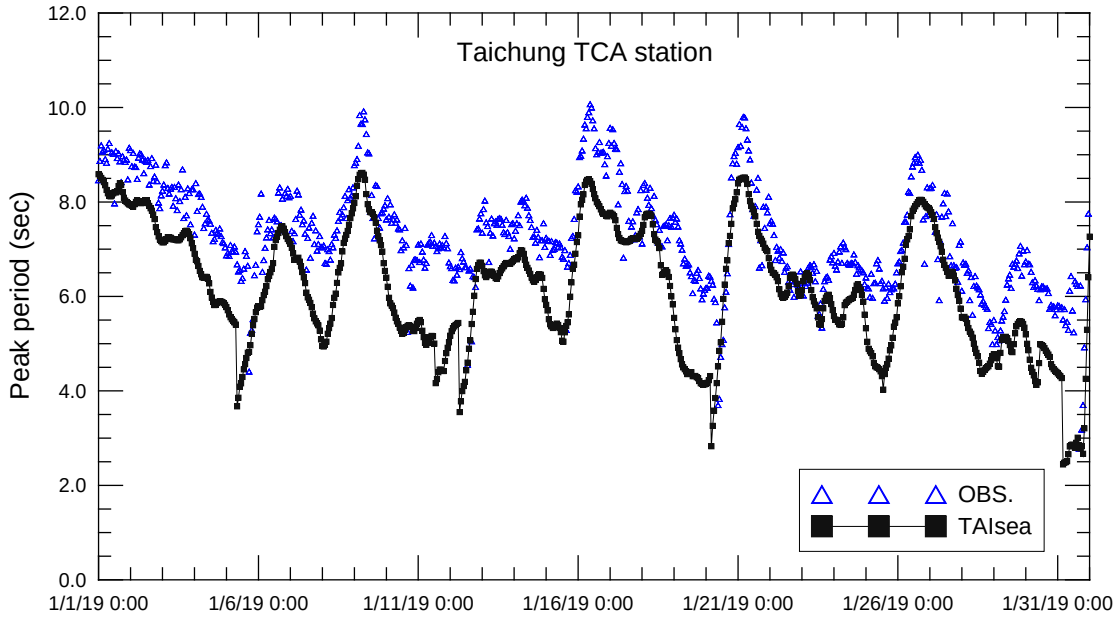


圖 3.8d 臺中港 TCA 測站譜峰週期模擬值與觀測值之比較圖

3.2.4 布袋海域

布袋海域目前波浪觀測僅布袋港 AWAC 測站(BDA)一站，BDA 測站 2019 年 1 月雖有觀測資料，但因波浪分析結果出現問題無法採用，因此本計畫同樣僅針對 2019 年 1 月示性波高模擬值與氣象局預報值比對，結果如圖 3.9 所示。示性波高變化趨勢上本計畫模擬結果與氣象局預報值相近，但鋒面期間本計畫示性波高模擬值明顯高於氣象局預報結果。

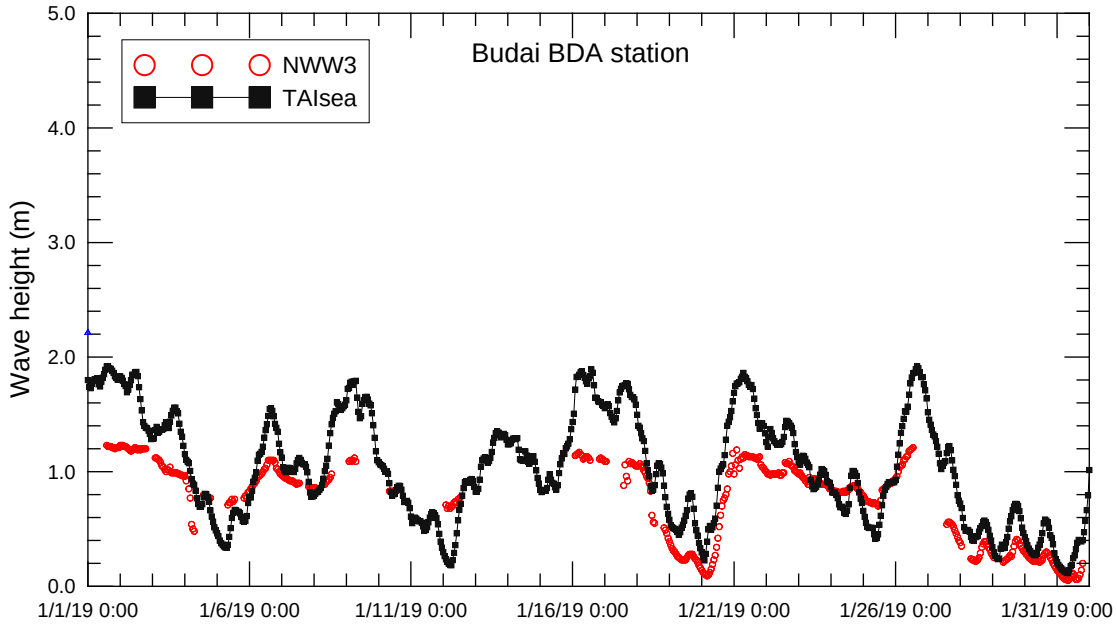


圖 3.9 布袋港 BDA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

3.2.5 安平海域

安平海域波浪觀測計有安平港 AWAC 測站 APA 及鄰近浮標測站 QGB 及 MTB 等測站，其中港研中心安平港 APA 測站 2019 年 1 月無觀測資料，因此，本計畫僅選取示性波高模擬值與氣象局預報資料比對，如圖 3.10 所示，結果顯示二者模擬結果差異性頗大，本計畫模擬值普遍高於 CWB 預報值，此可能與本計畫模擬值點位較外海有關。

七股 QGB 測站本計畫風浪模擬結果與觀測資料、氣象局預報資料比對結果，如圖 3.11a 及圖 3.11b 所示，其中氣象局預報資料僅示性波高一項。整體上。示性波高受鋒面影響之變化趨勢三者相近似，波高大小本計畫普遍較高，此可能與本計畫模擬點位較外海有關。示性波高最大值本計畫模擬值、CWB 預報值與觀測值分別為 2.41m、1.78m 及 2.98m。相關係數 R 分析結果以本計畫較佳，均方根誤差分析本計畫誤差較亦小，約為 0.278m。平均週期比對結果顯示除了浮標觀測值受鋒面影響之變化趨勢較不明顯外，觀測值普遍高於本計畫模擬值約 2 秒左右。

彌陀 MTB 測站比對結果如圖 3.12a 及圖 3.12b 所示，顯示示性波高本計畫模擬值普遍高於 CWB 預報值、觀測值，變化趨勢上三者仍具有相似性。示性波高最大觀測值為 1.71m，本計畫模擬結果與 CWB 預報結果之最大值分別為 1.80m、1.18m，以本計畫模擬結果與觀測值較接近。相關

係數 R 分析結果以 CWB 預報結果較佳，*R* 約為 0.695；均方根誤差分析結果則呈現本計畫模擬值誤差較小，約為 0.276m。

整體上，安平海域風浪仍受到東北季風鋒面強弱之影響，但影響明顯減弱。

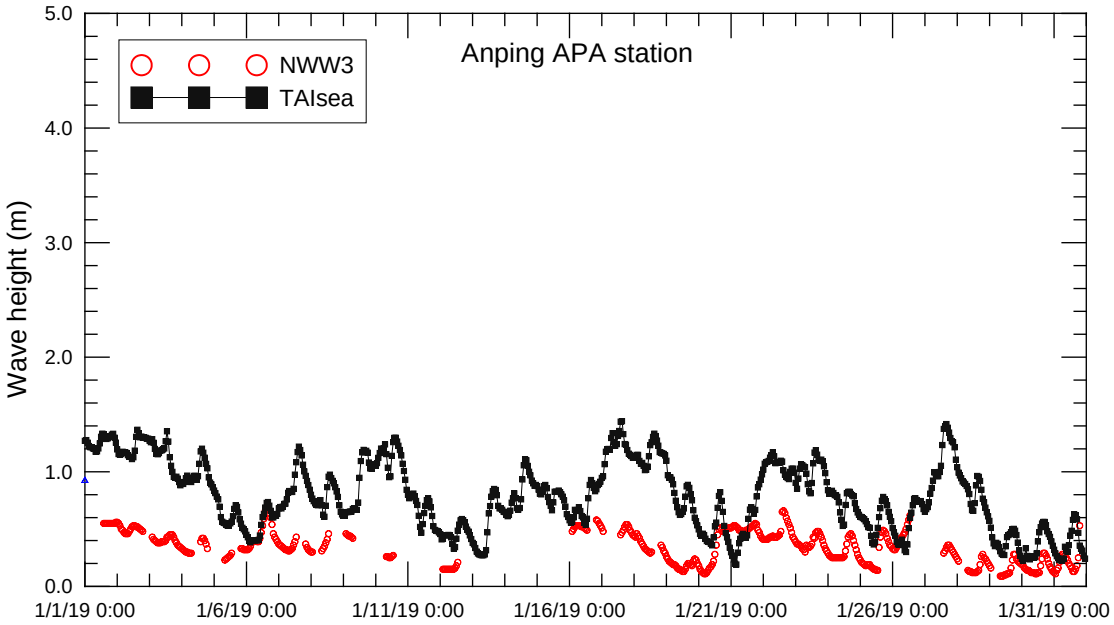


圖 3.10 安平港 APA 測站波高模擬值與氣象局預報值之比較圖

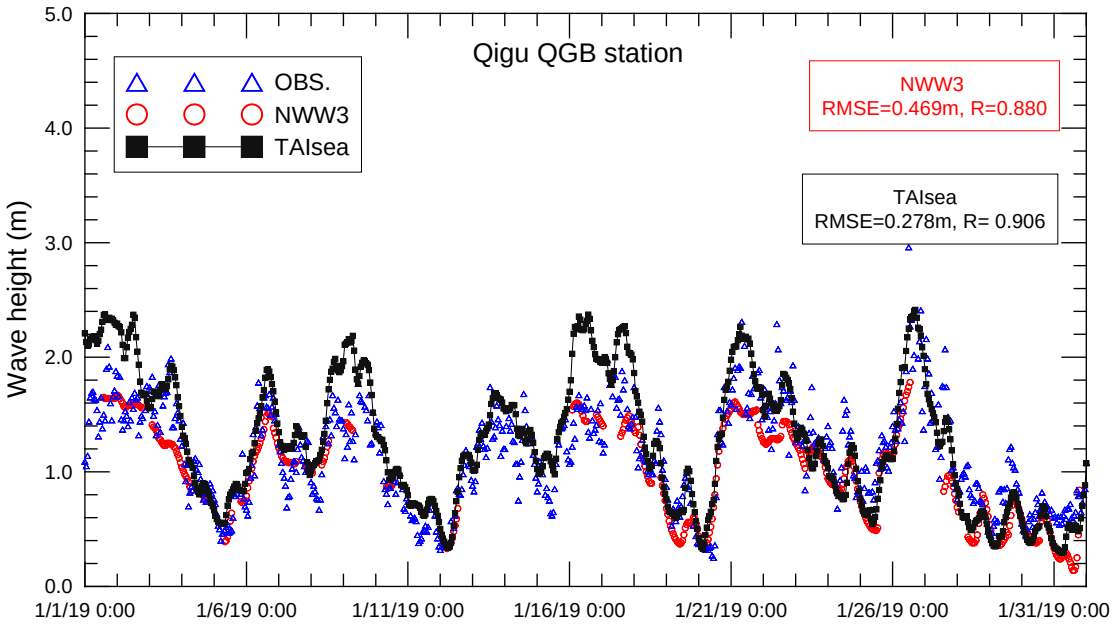


圖 3.11a 七股 QGB 測站波高模擬值與氣觀測值之比較圖

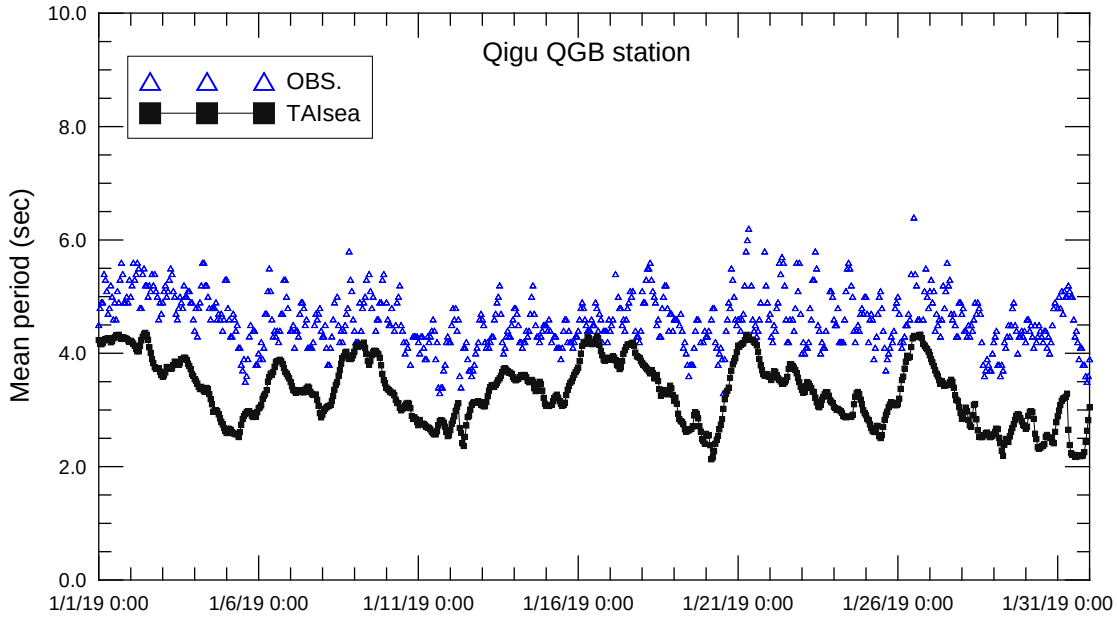


圖 3.11b 七股 QGB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

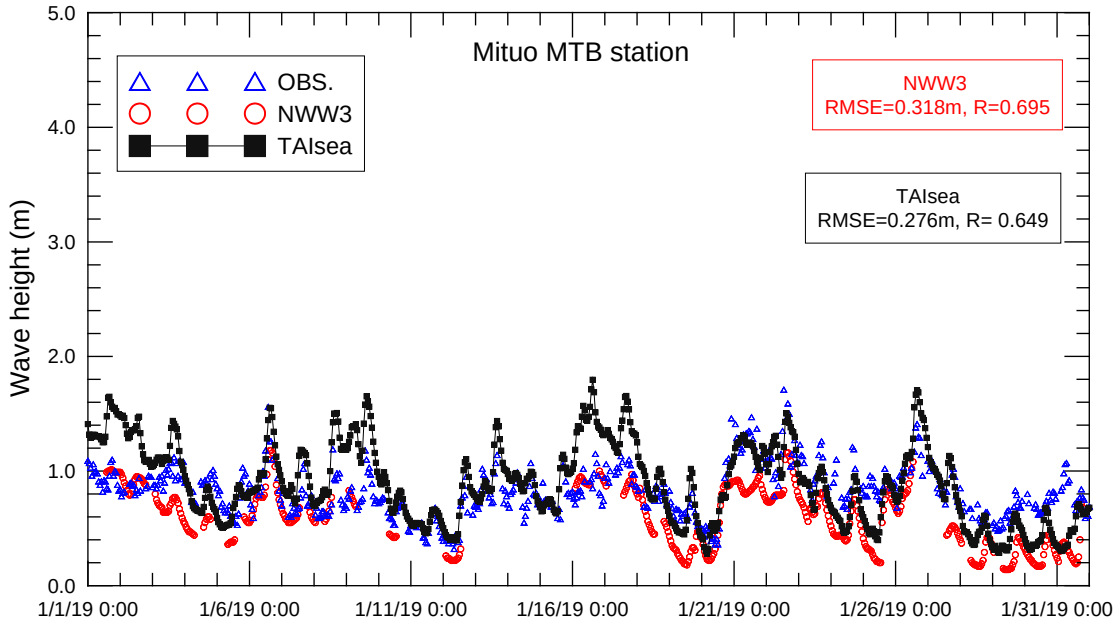


圖 3.12a 彌陀 MTB 測站波高模擬值與氣觀測值之比較圖

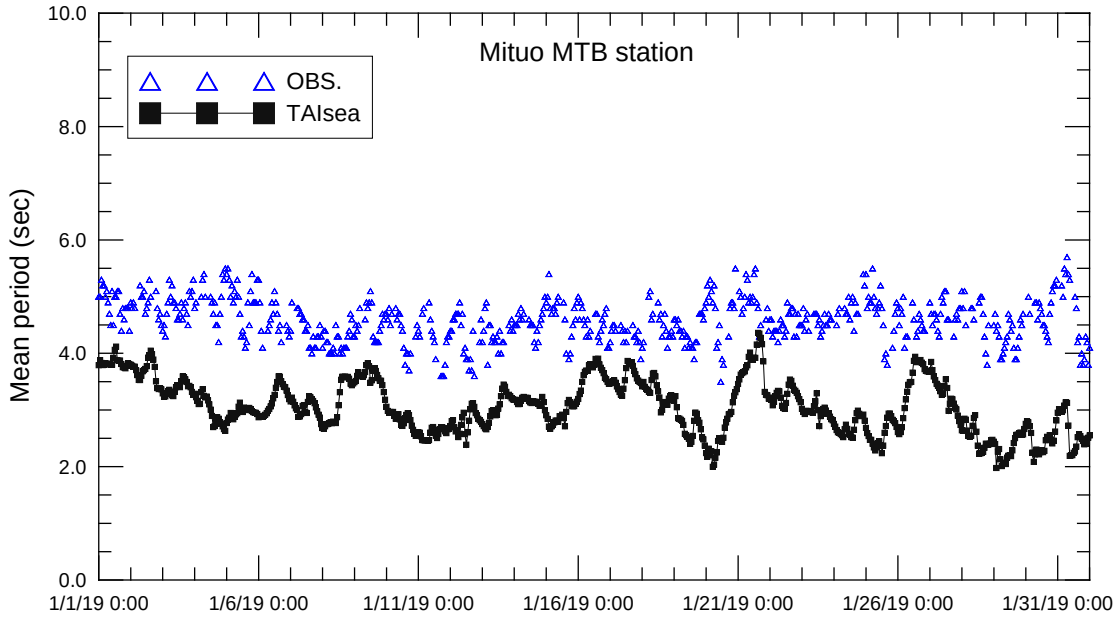


圖 3.12b 彌陀 MTB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

3.2.6 高雄海域

高雄海域波浪觀測計有高雄港 AWAC 測站(KHA)及鄰近浮標測站 XLQB，本計畫選取 2019 年 1 月觀測資料與本計畫模擬值、氣象局預報值比對，結果分別如圖 3.13 及圖 3.14 所示。其中高雄港 KHA 測站比對結果顯示，季風鋒面影響減弱，示性波高變化趨勢不顯著。整體上本計畫示性波高模擬值普遍高於觀測值及 CWB 預報值，相關係數 R 分析結果本計畫及氣象局幾近一致，均方根誤差分別為 0.183m(本計畫)及 0.284m(CWB)。本計畫平均週期模擬結果與觀測值呈現相近似狀，譜峰週期觀測值無明顯的變化特性，呈現散亂分布狀，因此，觀測值仍有待進一步確認。

圖 3.14 所示為小琉球浮標測站(XLQB)觀測值與本計畫示性波高模擬值、氣象局預報值之比較結果，其中示性波高變化受東北季風影不顯著。整體上本計畫示性波高模擬值普遍略高於 CWB 預報值。本計畫示性波高模擬值、CWB 預報值與觀測值之最大值分別為 1.54m、1.26m、1.42m，顯示本計畫模擬值較接近觀測值。與觀測值之相關係數 R 分析結果，則顯示本計畫模擬值及氣象局預報值均屬偏低的現象，此可能與數值計算網格解析度無法呈現島嶼效應有關。與觀測值之均方根誤差分析同樣顯示出本計畫模擬值之誤差較小，約為 0.258m。平均週期比對結果

同樣呈現本計畫模擬值明顯低於浮標觀測之平均週期。此外，浮標觀測平均週期大小之變化趨勢與本計畫模擬趨勢亦不一致。

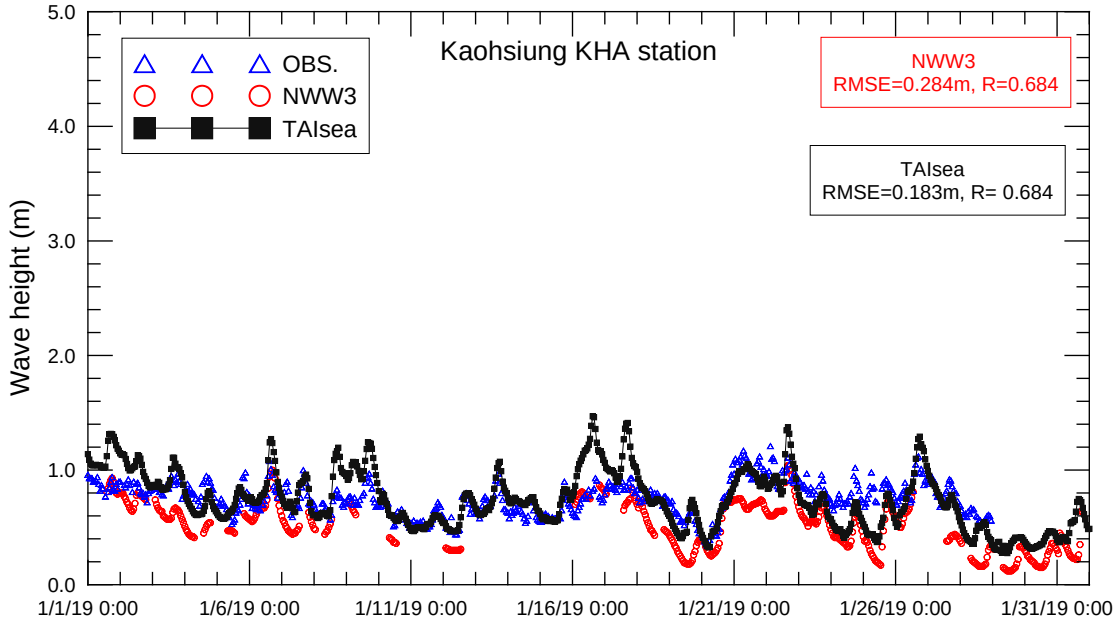


圖 3.13a 高雄港 KHA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

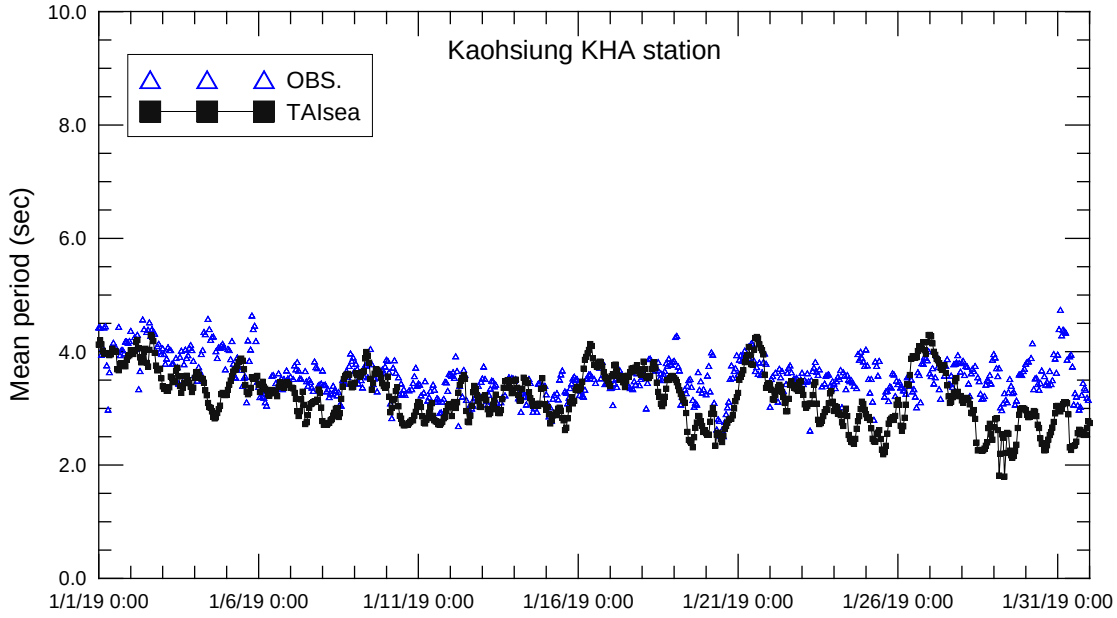


圖 3.13b 高雄港 KHA 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

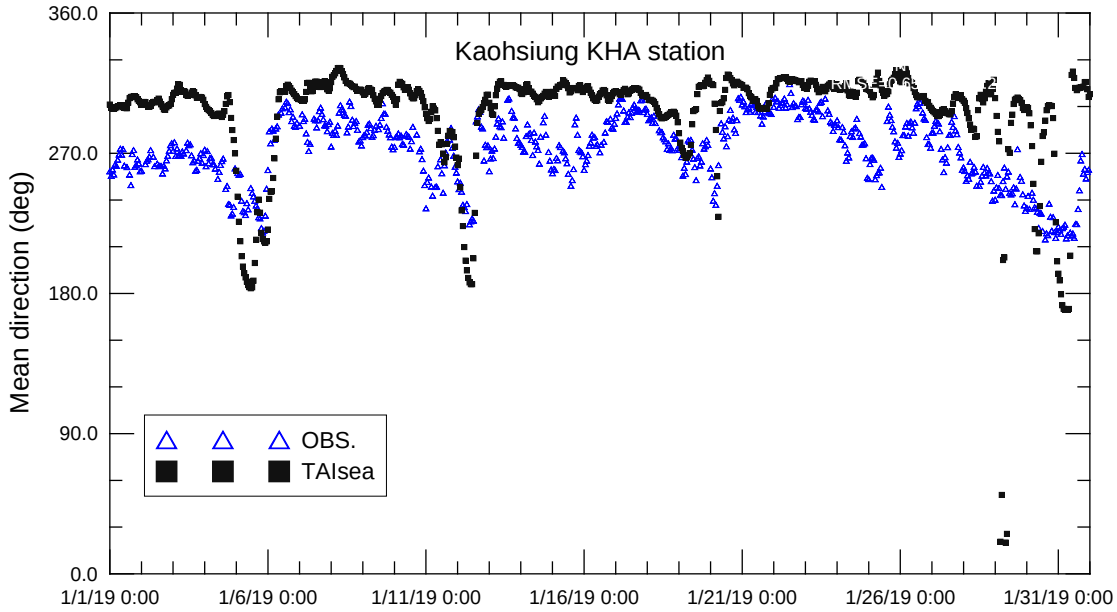


圖 3.13c 高雄港 KHA 測站平均波向模擬值與觀測值之比較圖

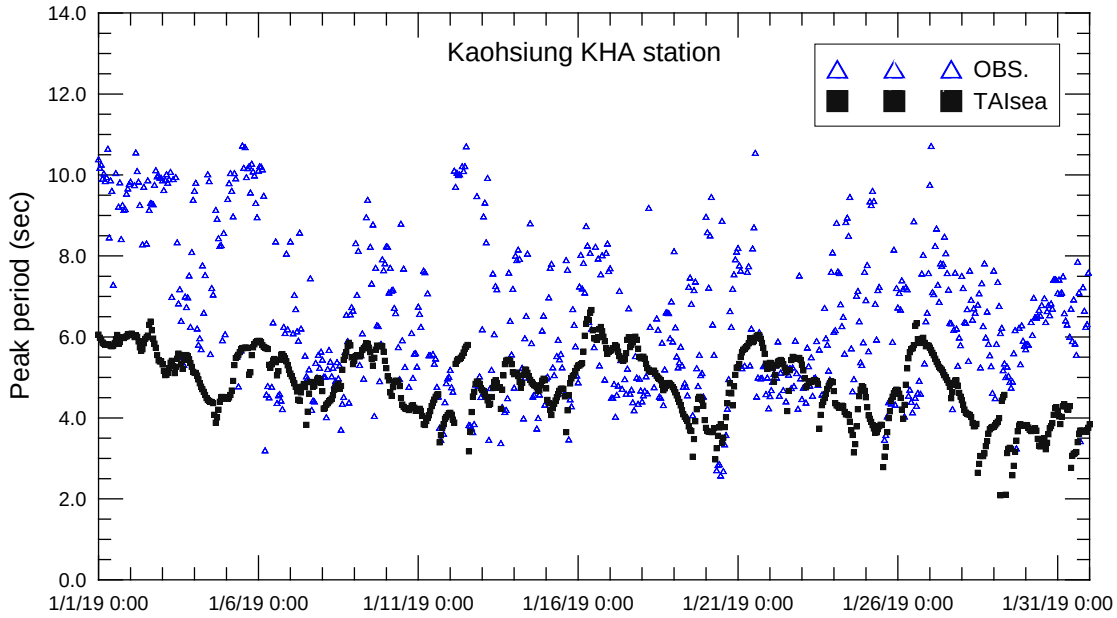


圖 3.13d 高雄港 KHA 測站譜峰週期模擬值與觀測值之比較圖

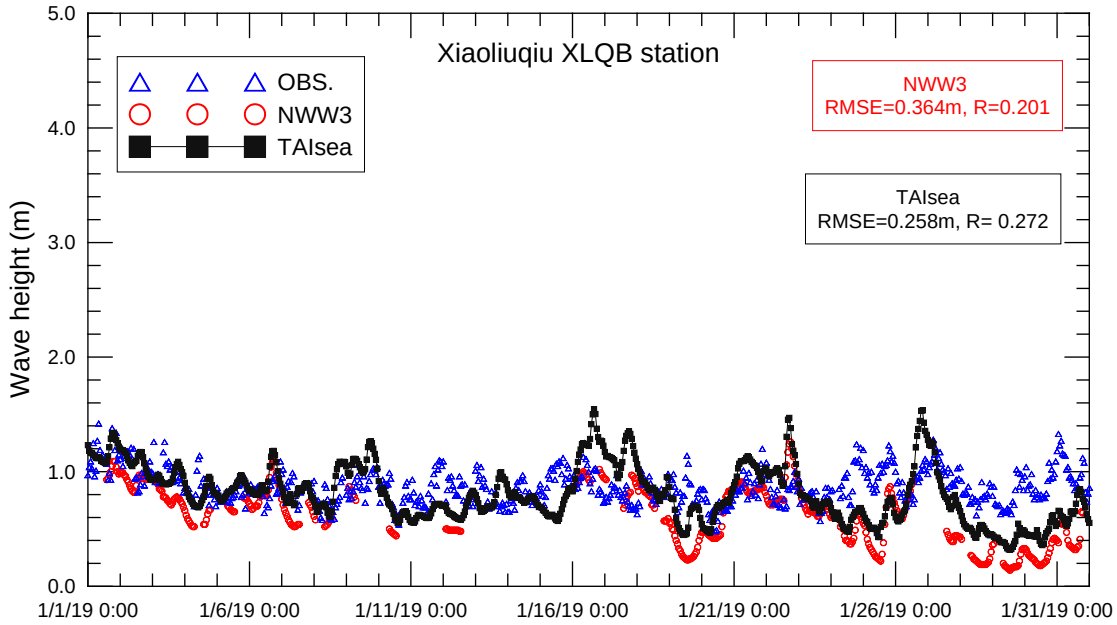


圖 3.14a 小琉球 XLQB 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

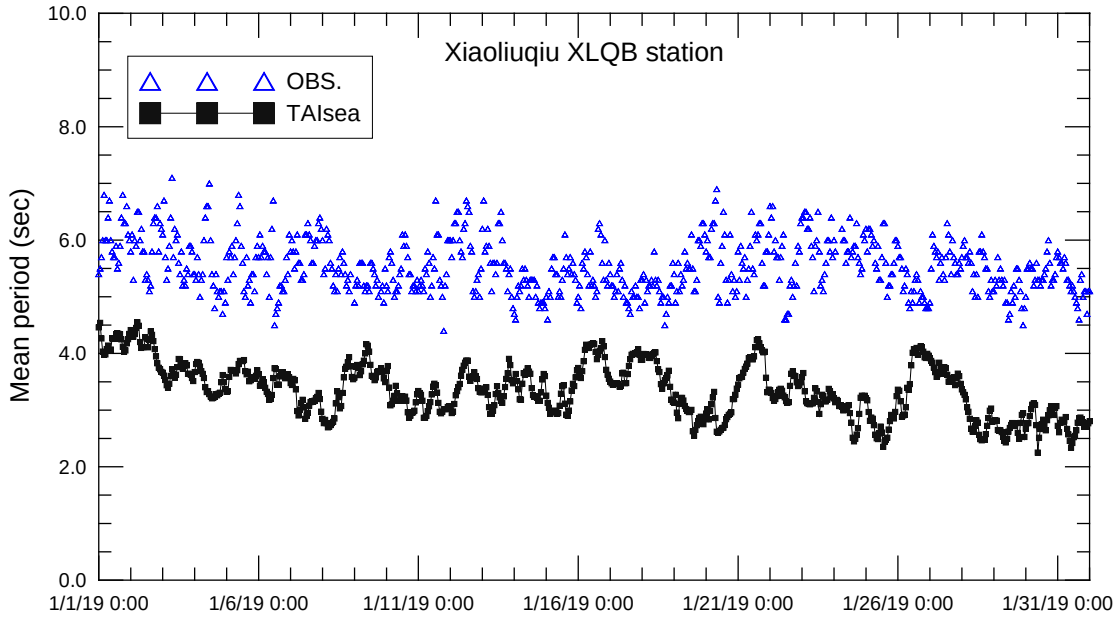


圖 3.14b 小琉球 XLQB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

3.2.7 花蓮海域

花蓮海域波浪觀測計有花蓮港外海 AWAC 測站(HLA)及鄰近浮標測站(HLB)，2019 年 1 月觀測資料與本計畫模擬值、氣象局預報值之比對結果，如圖 3.15 及圖 3.16 所示。花蓮港 HLA 測站比對結果顯示，示性波高變化趨勢受到東北季風鋒面影響，整體上本計畫模擬值普遍低於觀測值及 CWB 預報。與觀測值示性波高之相關係數 R 分別為 0.777(本計畫)及

0.835，均方根誤差值分別為 0.463m(本計畫)及 0.496m，差異性不大。此外，本計畫平均週期模擬值呈現出明顯低於觀測值現象外，變化趨勢亦不盡相似；譜峰週期本計畫模擬值除了部份時期與觀測值間偏差有擴大現象外，整體變化趨勢仍具有相似的特性。

圖 3.16 所示為花蓮浮標 HLB 測站觀測值與本計畫波高模擬值、氣象局波高預報值之比較圖，同樣顯示本計畫波高模擬值略低於 CWB 預報值及觀測值，多數時期本計畫模擬值趨勢與 CWB 預報值趨勢仍相似。花蓮浮標 1 月份示性波高最大觀測值為 2.88m，本計畫示性波高模擬最大值為 2.10m，CWB 示性波高最大預報值為 3.19m，故 CWB 預報值較接近觀測值。相關係數 *R* 分析結果顯示，本計畫模擬結果相關性仍高於 CWB 預報值，約為 0.901。均方根誤差分析結果同樣以本計畫模擬值誤差較小，約為 0.391m。平均週期變化趨勢上，本計畫模擬結果與觀測值間相似度略高於 HLA 測站，本計畫平均週期模擬值同樣呈現低於浮標觀測值特性。

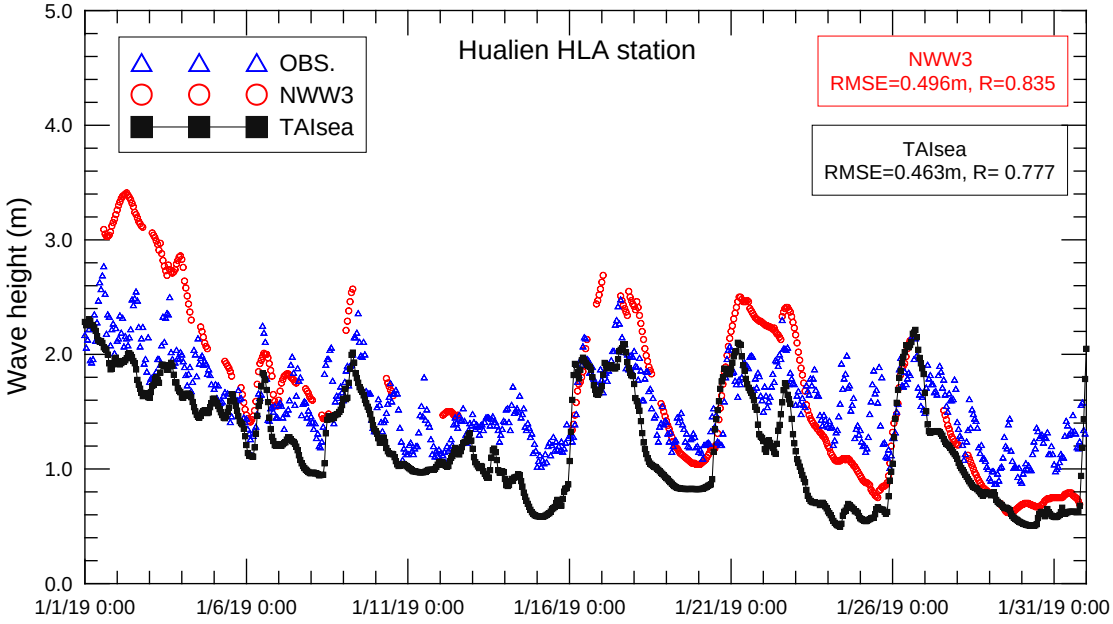


圖 3.15a 花蓮港 HLA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

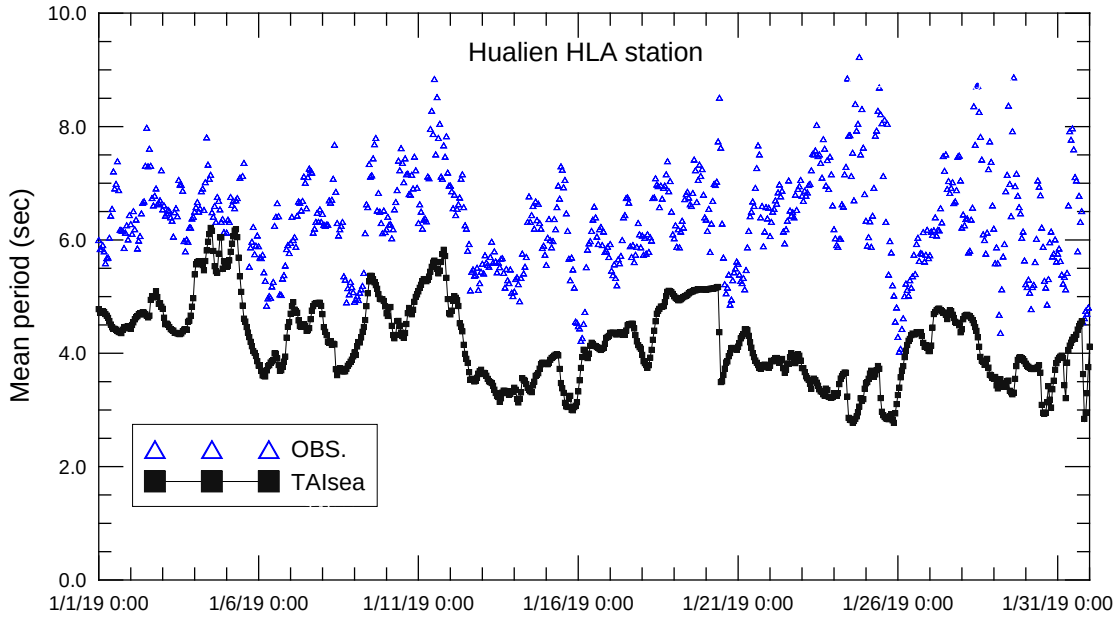


圖 3.15b 花蓮港 HLA 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

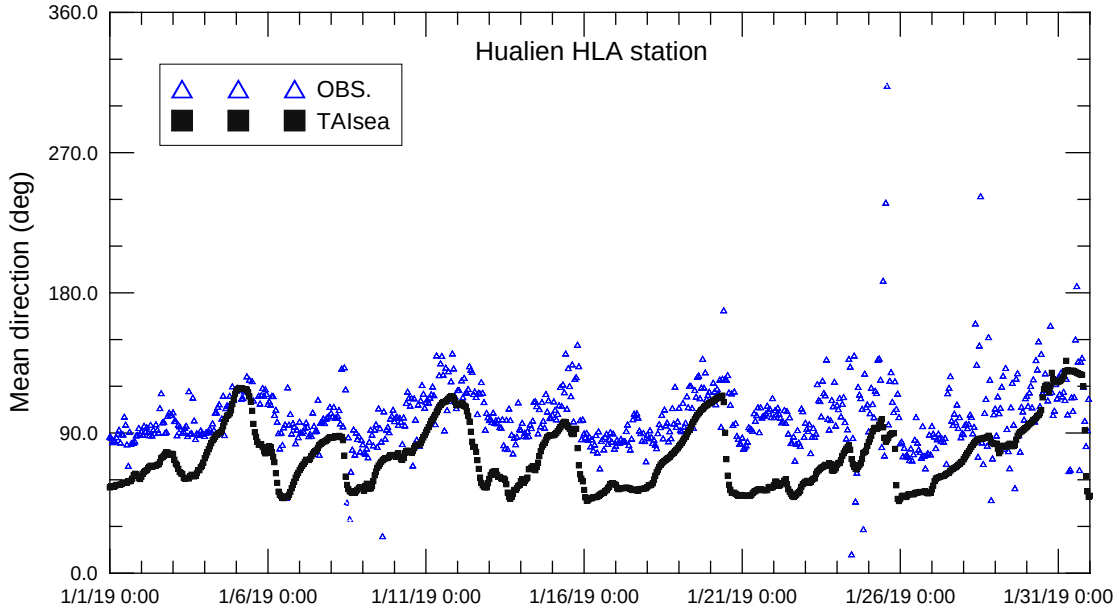


圖 3.15c 花蓮港 HLA 測站平均波向模擬值與觀測值之比較圖

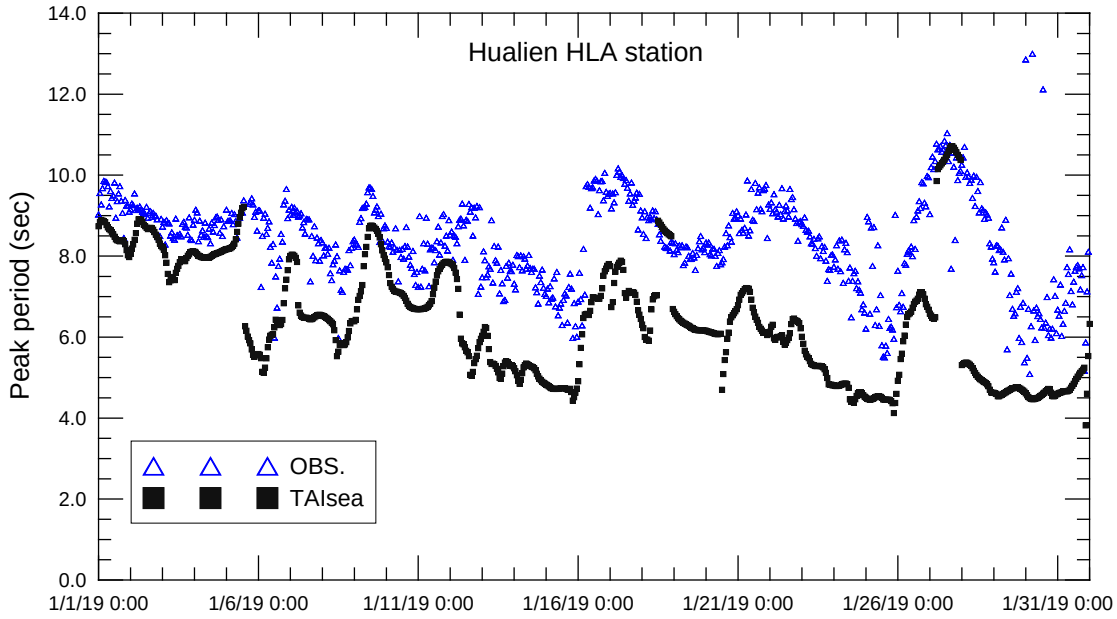


圖 3.15d 花蓮港 HLA 測站譜峰週期模擬值與觀測值之比較圖

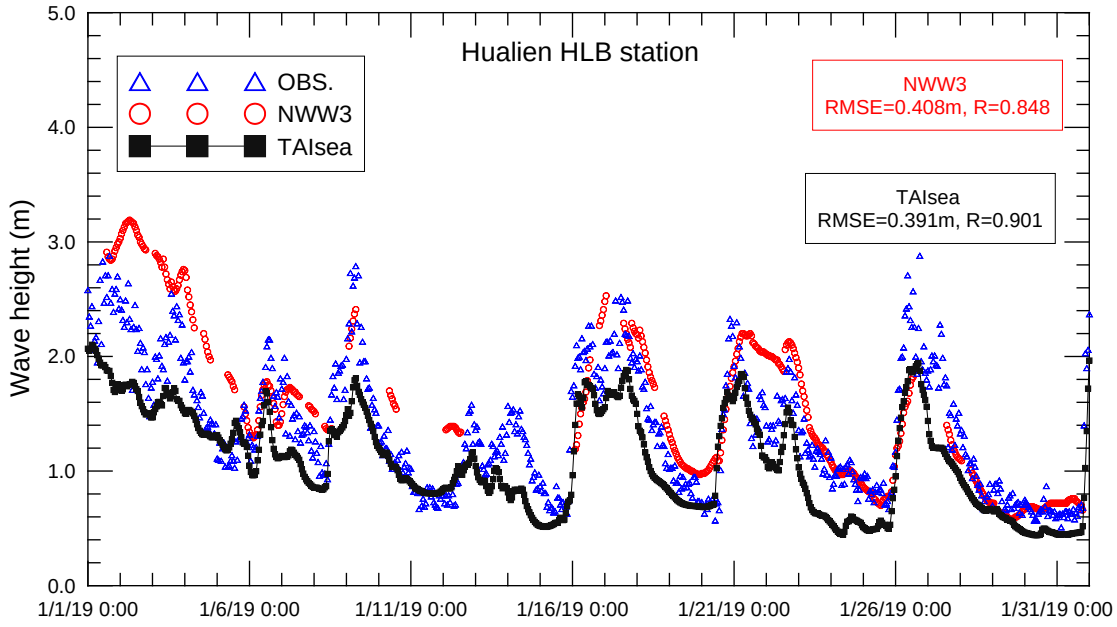


圖 3.16a 花蓮 HLB 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

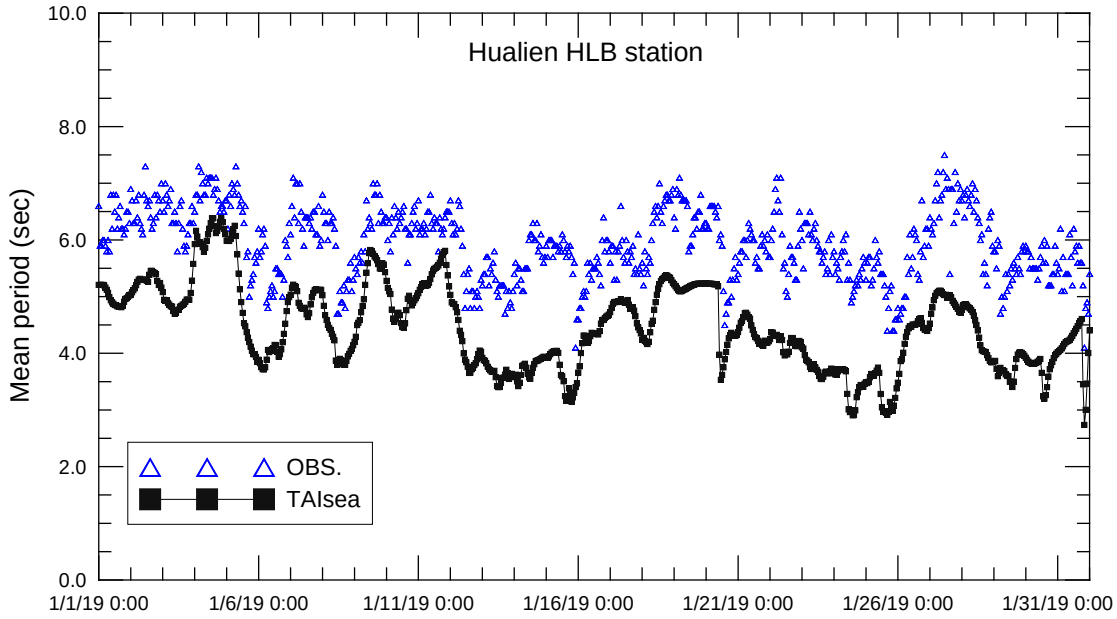


圖 3.16b 花蓮 HLB 測站平均週期模擬值與氣觀測值之比較圖

3.2.8 蘇澳海域

蘇澳海域波浪觀測計有蘇澳港 AWAC 測站(SAA)及鄰近浮標測站(SAB)，其中港研中心蘇澳港 SAA 測站 2019 年 1 月無觀測資料，因此，本計畫僅選取示性波高模擬值與氣象局預報資料比對，如圖 3.17 所示，結果顯示示性波高變化趨勢受到東北季風鋒面影響，整體上本計畫模擬值與 CWB 預報值變化趨勢相近似，但部份時段本計畫模擬值有明顯低於 CWB 預報值現象。

圖 3.18 所示為蘇澳浮標 SAB 測站觀測值與本計畫波高模擬值、氣象局波高預報值間比對結果，示性波高變化趨勢上本計畫波高模擬值普遍略低於觀測值及 CWB 預報值。蘇澳浮標 1 月份示性波高最大觀測值為 3.35m，本計畫示性波高最大模擬值為 2.34m，CWB 波高最大預報值為 3.18m，以 CWB 預報值較接近觀測值。相關係數 *R* 分析結果顯示以 CWB 波高預報值較佳。均方根誤差分析結果同樣以 CWB 預報值誤差較小，約為 0.352m。本計畫平均週期模擬值同樣呈現低於浮標觀測值特性，平均週期變化趨勢上，部份時期(同花蓮海域)本計畫模擬趨勢與觀測值不一致。

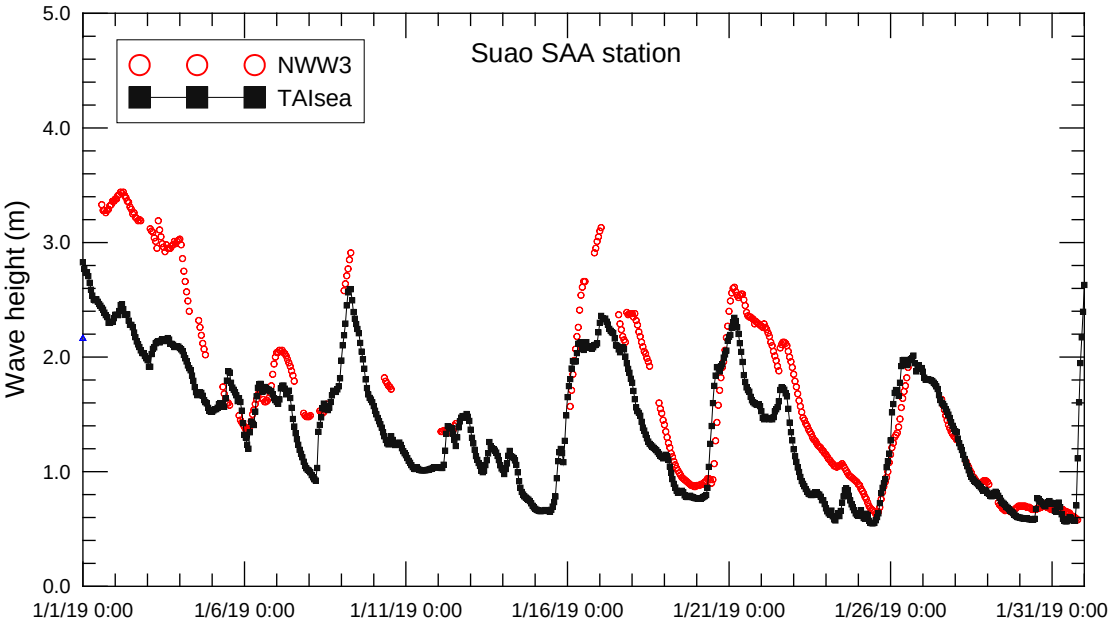


圖 3.17 蘇澳港 SAA 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

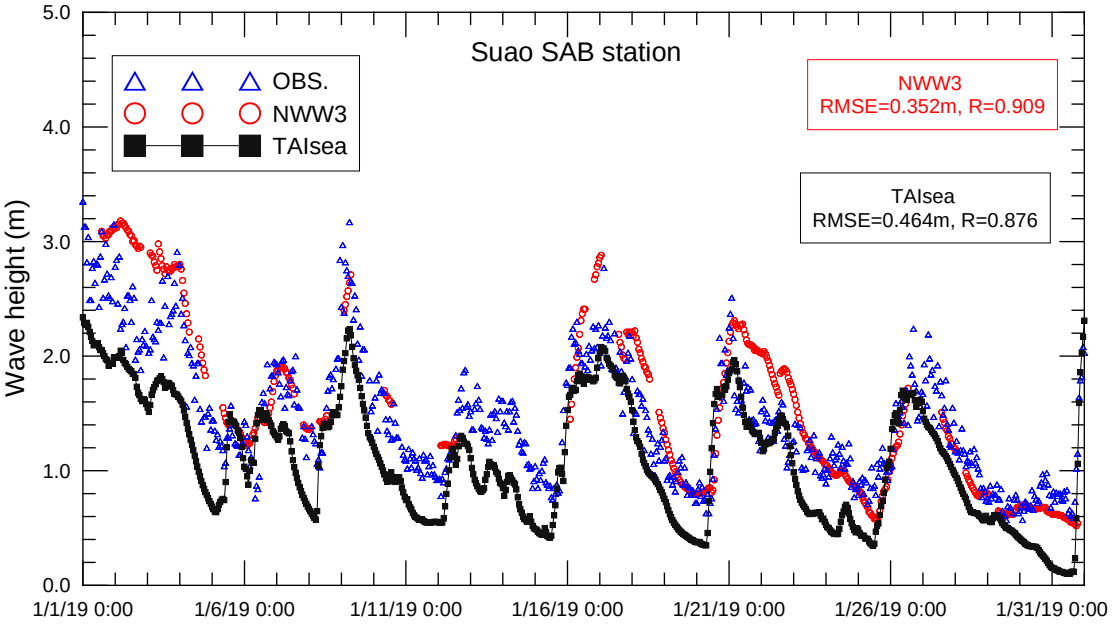


圖 3.18a 蘇澳 SAB 測站波高模擬值與觀測值、氣象局預報值之比較圖

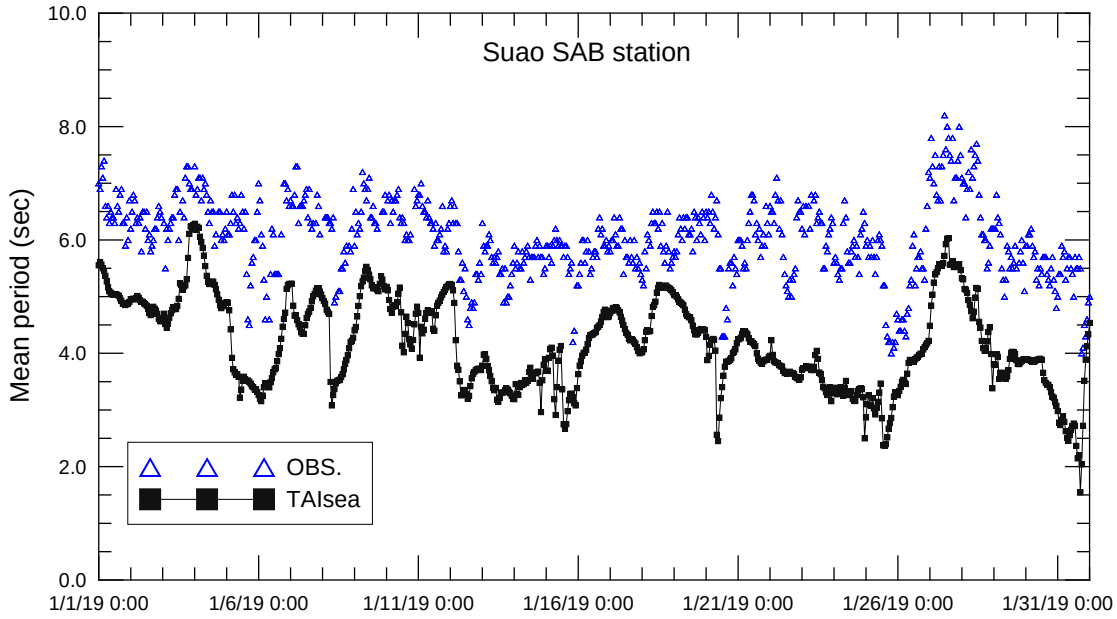


圖 3.18b 蘇澳 SAB 測站平均週期模擬值與觀測值之比較圖

3.3 臺灣周圍海域颱風波浪模擬與校驗

本年度氣象局發布侵臺颱風警報計有中度颱風黃蜂(VONGFONG)及哈格比(HAGUPIT)、輕度颱風米克拉(MEKKHALA)及巴威(BAVI)，其侵臺路徑如圖 3.19 至圖 3.22 所示。由於上述颱風僅發布海上警報，對臺灣周圍海域風浪影響不顯著，因此，本計畫選取 2019 年侵臺強烈颱風利奇馬(LEKIMA)模擬結果進行討論。

強烈颱風利奇馬侵臺路徑如圖 3.23，警報時間為 2019 年 08/07 17:30~08/10 08:30，颱風中心雖然未登陸，但暴風圈掠過臺灣北部及東北部陸地。依據每日四報作業化模擬結果，選取強烈颱風利奇馬侵臺期間 8 月 8 日 0 時至 8 月 9 日 0 時五次作業化模擬結果與觀測資料比對。利奇馬強烈颱風侵臺期間五次作業化模擬結果波高與觀測值之比對、均方根誤差、相關係數，如圖 3.24 所示；顯示除了港研中心蘇澳港 SAA 測站波高變化趨勢與歷次作業化模擬結果較不一致外，其餘測站波高變化趨勢與作業化模擬結果均相近似。由於蘇澳港 SAA 測站波高變化似乎不受利奇馬颱風影響，因此，本計畫初步判斷觀測資疑似有問題。本計畫平均週期、譜峰週期模擬結果與觀測值之比對，如圖 3.25 及圖 3.26 所示。除蘇澳港 SAA 測站外，整體平均週期比對結果以臺北港、臺中港及高雄港較佳，譜峰週期比對結果以臺北港、臺中港較佳。平均波向模擬結果與觀測值之比

對，如圖 3.27 所示，同樣除蘇澳港 SAA 測站因波向變化於 8 月 9 日 12 時以後出現規則振盪變化異常現象，以及馬祖港因觀測資料明顯受到島嶼效應影響外，其餘各測站平均波向變化趨勢大致上與模擬值相近似。

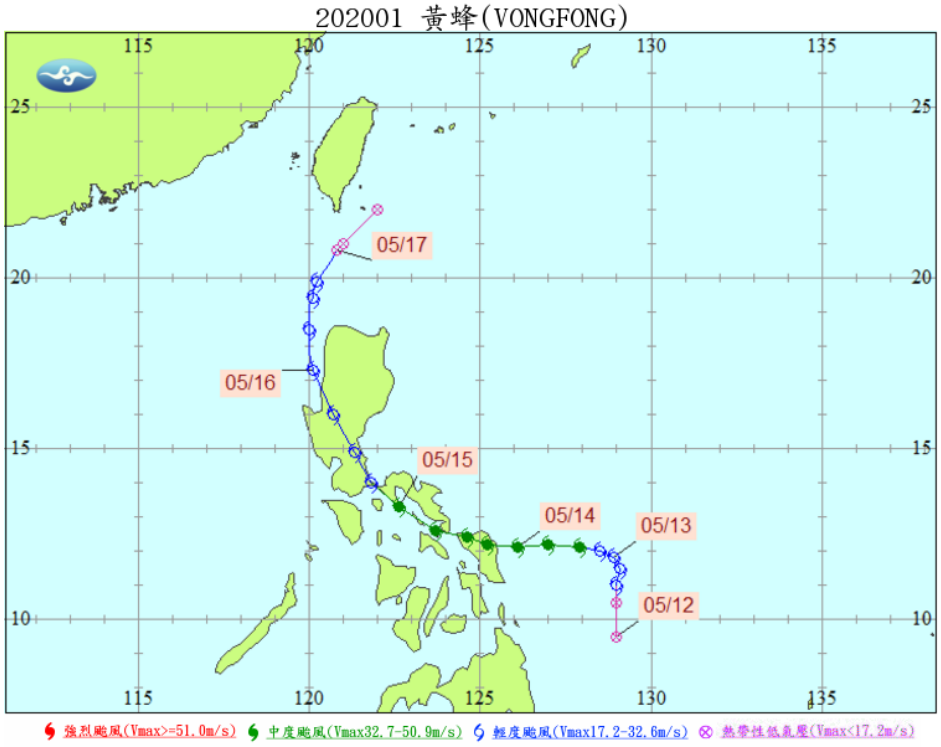


圖 3.19 2020 年中度颱風黃蜂(VONGFONG)侵臺路徑圖

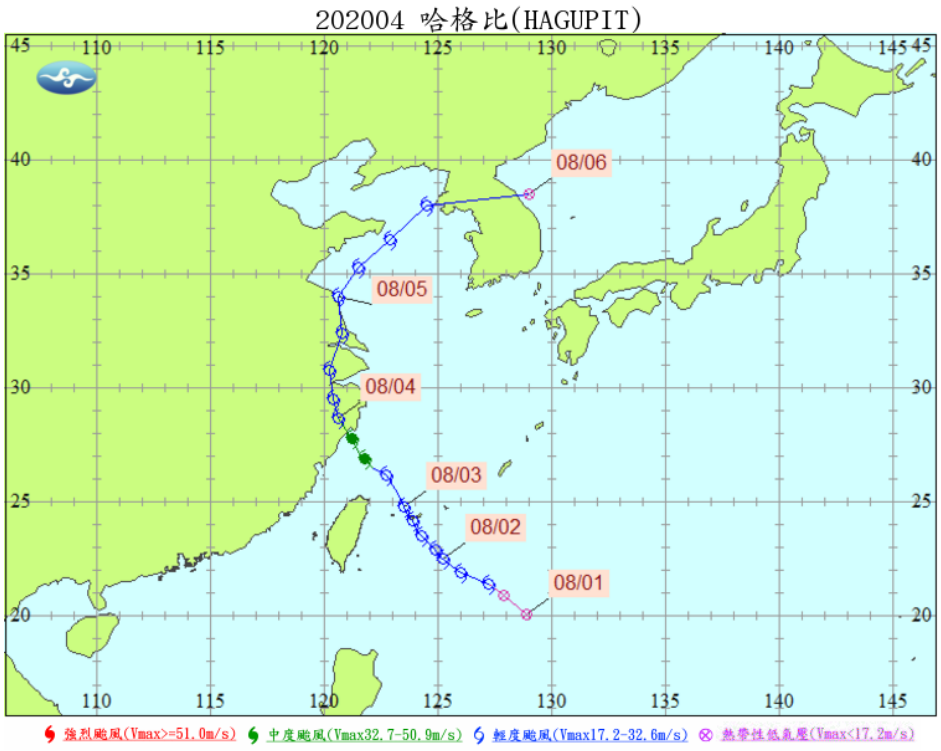


圖 3.20 2020 年中度颱風哈格比(HAGUPIT)侵臺路徑圖

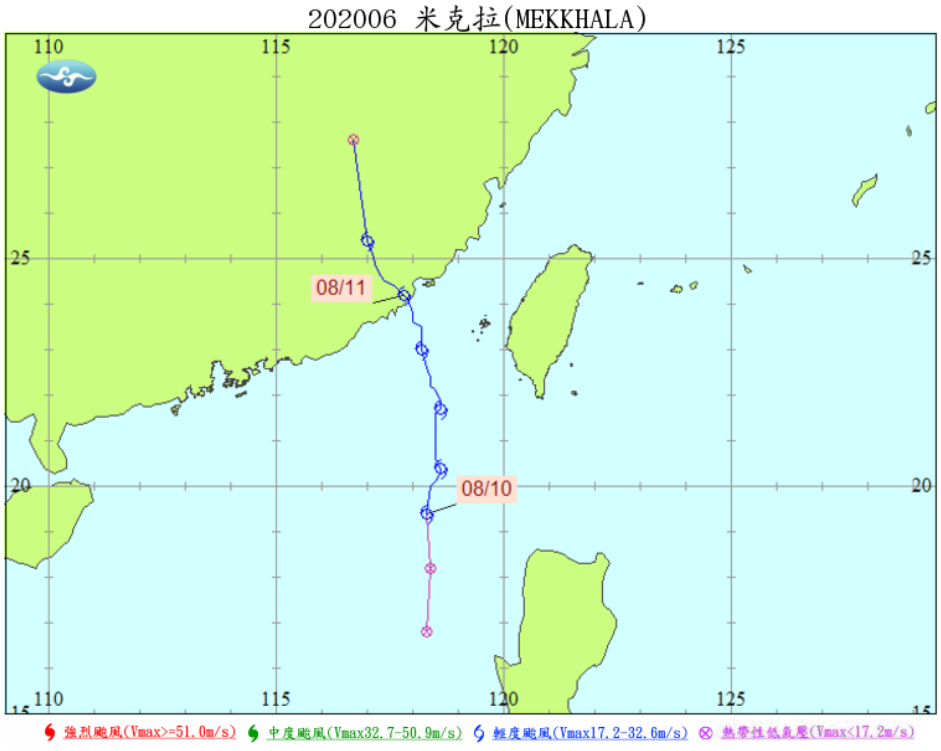


圖 3.21 2020 年輕度颱風米克拉(MEKKHALA)侵臺路徑圖

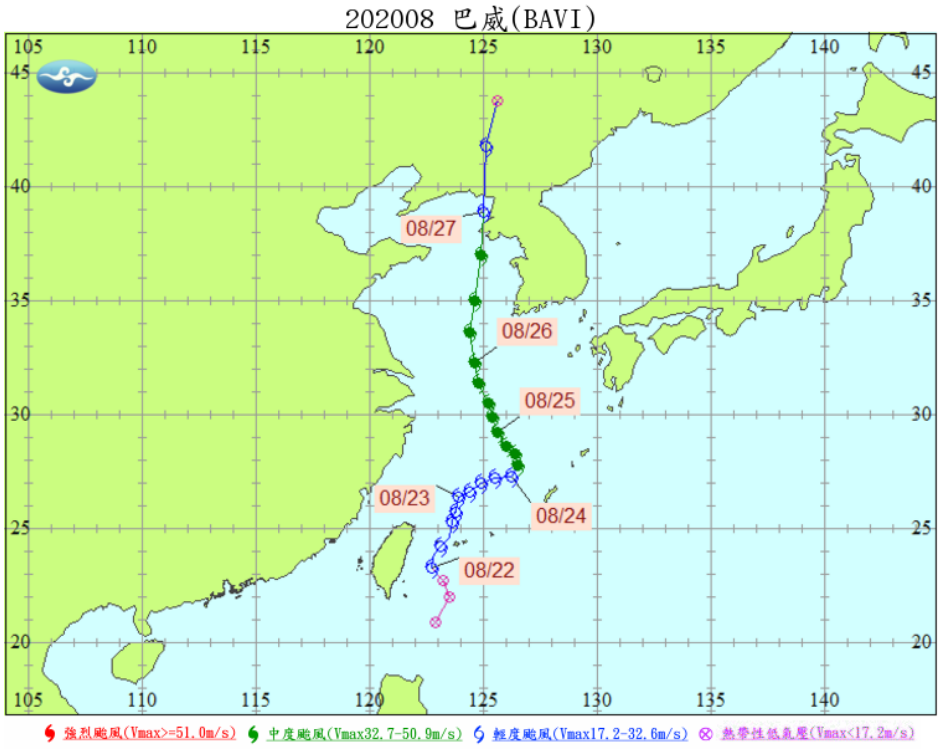


圖 3.22 2020 年輕度颱風巴威(BAVI)侵臺路徑圖

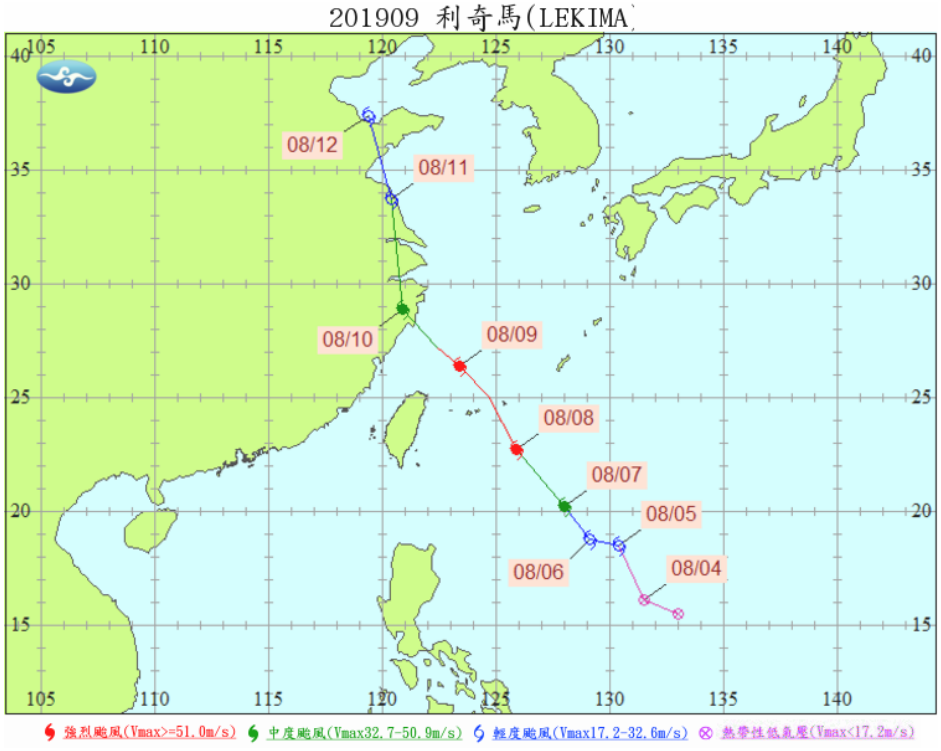


圖 3.23 2019 年強烈颱風利奇馬(LEKIMA)侵臺路徑圖

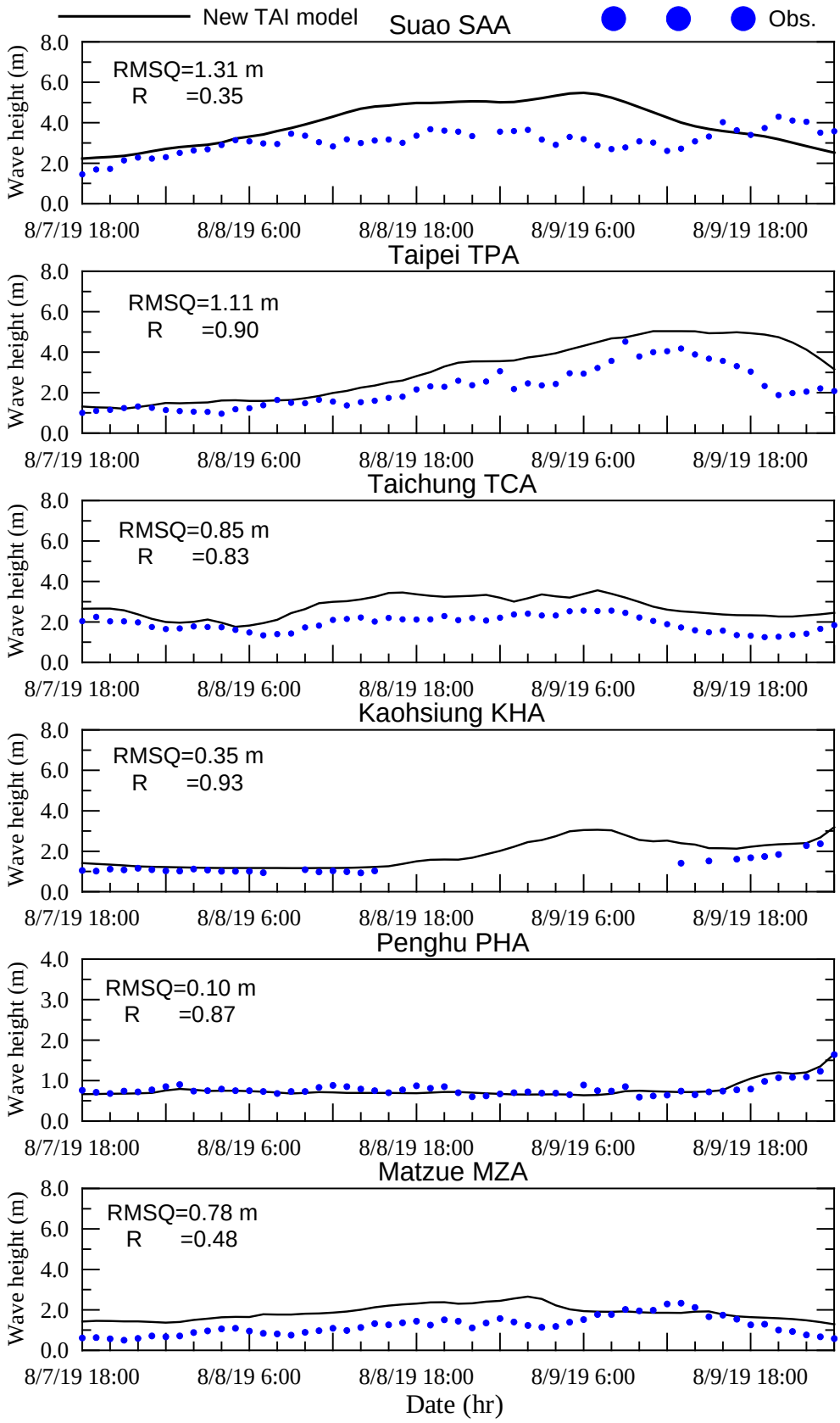


圖 3.24 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖

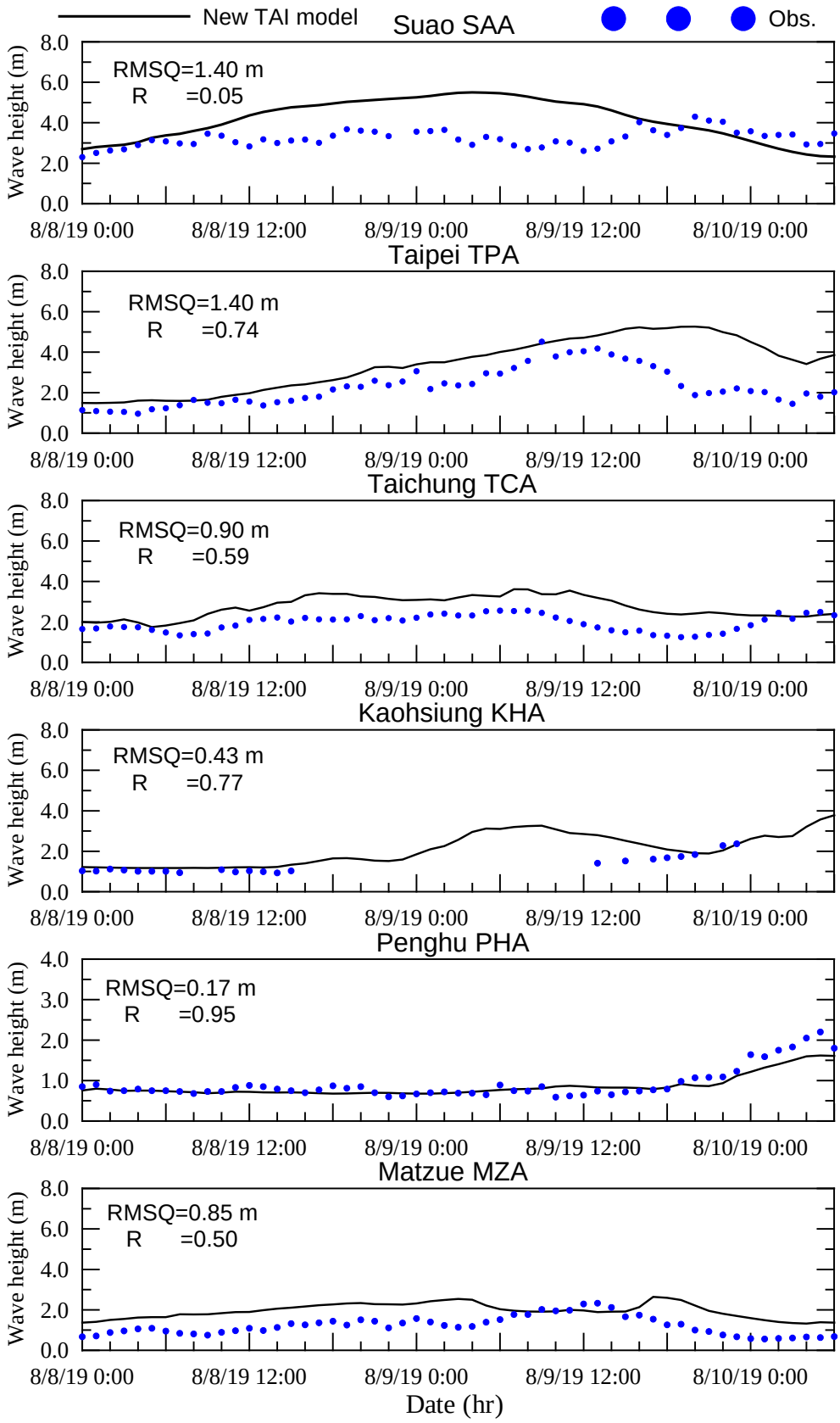


圖 3.24 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖

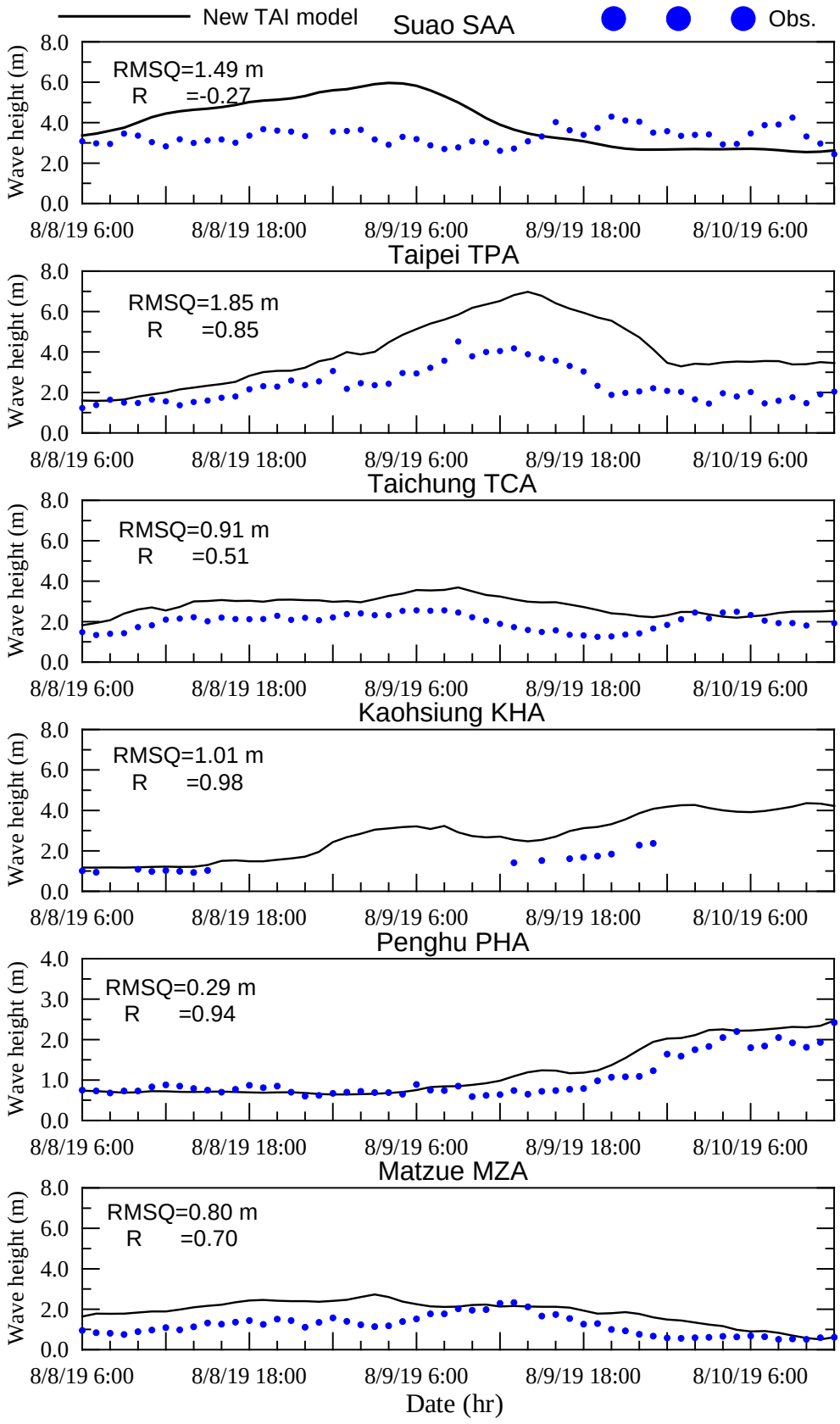


圖 3.24 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖

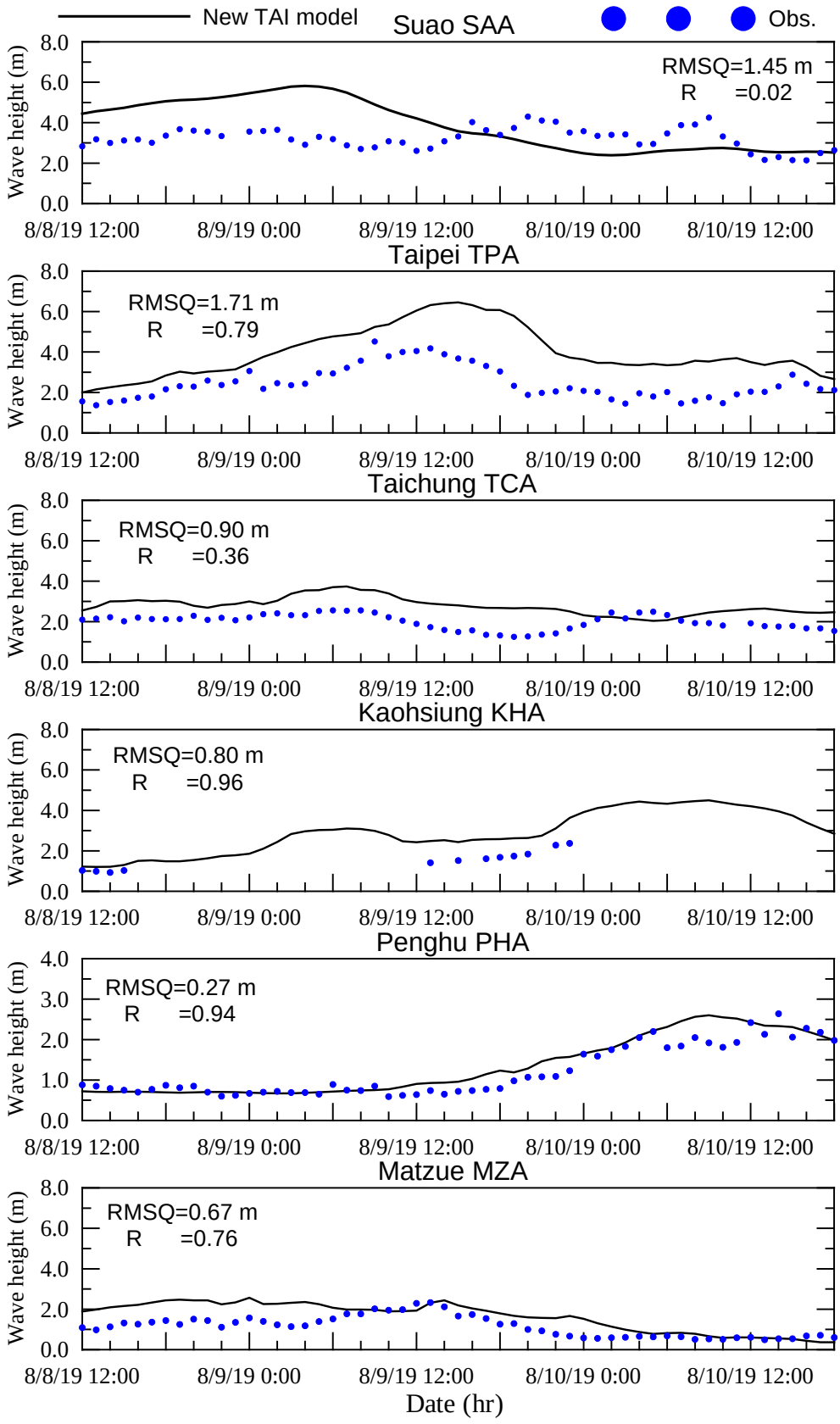


圖 3.24 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖

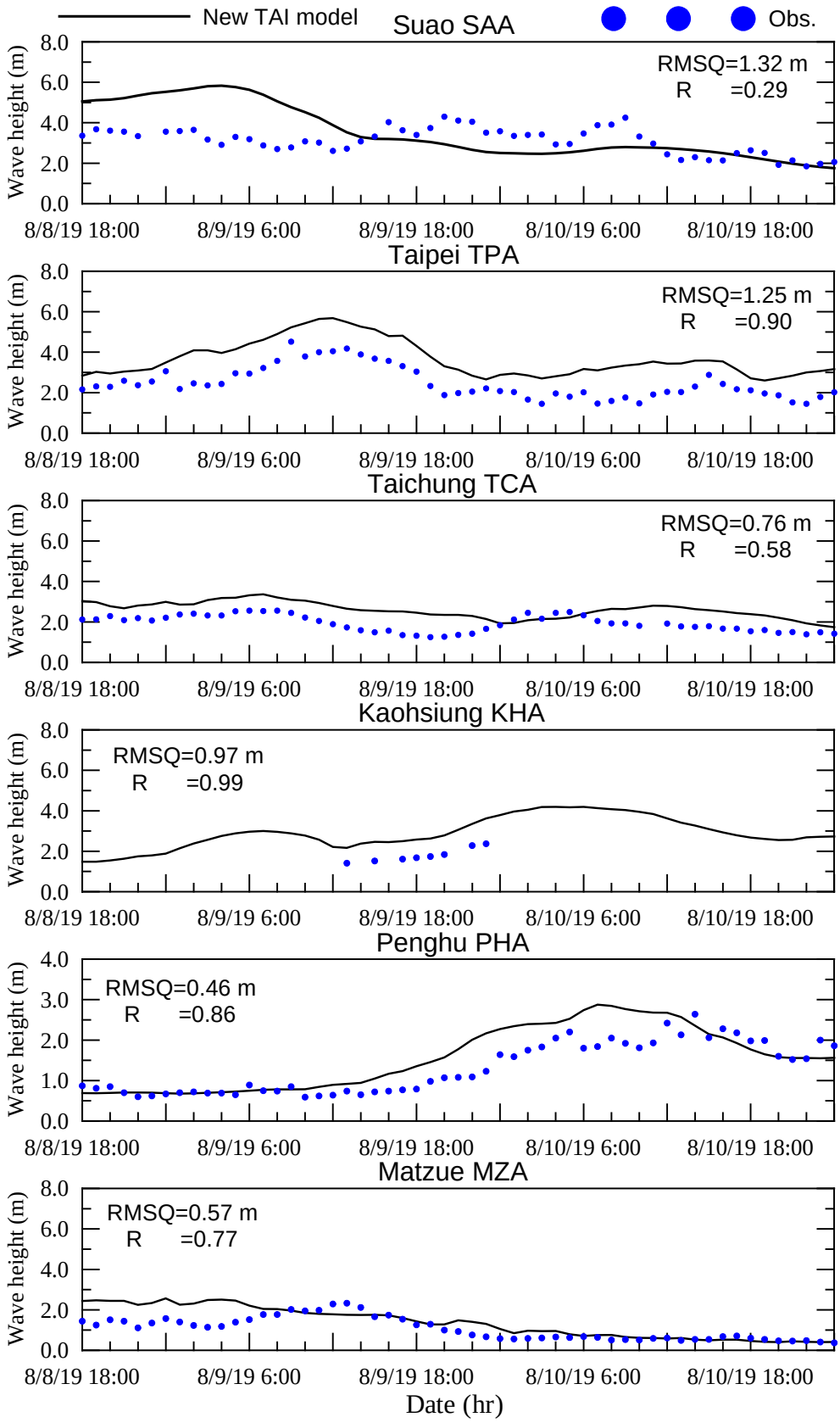


圖 3.24 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬示性波高與觀測值時序列比較圖

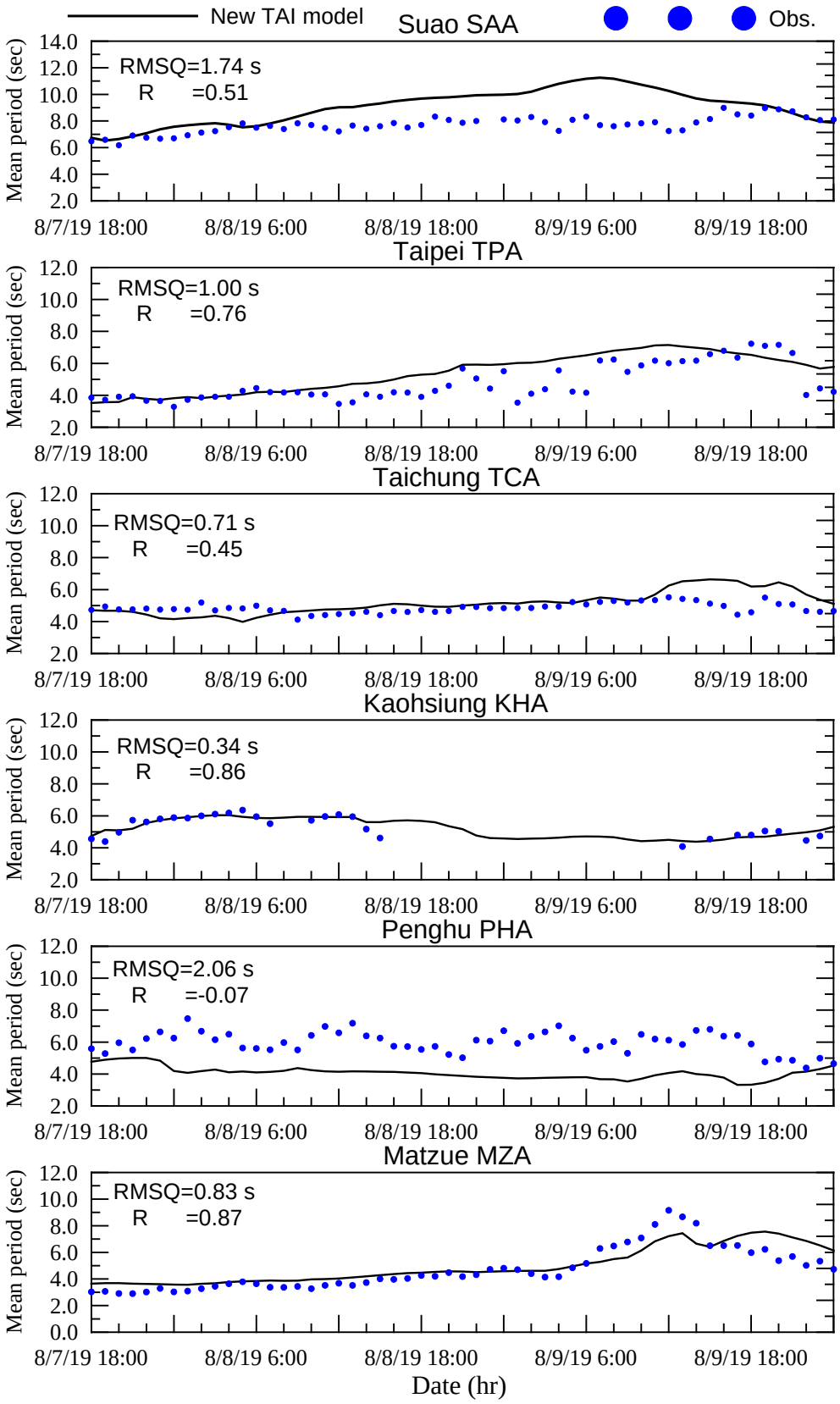


圖 3.25 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖

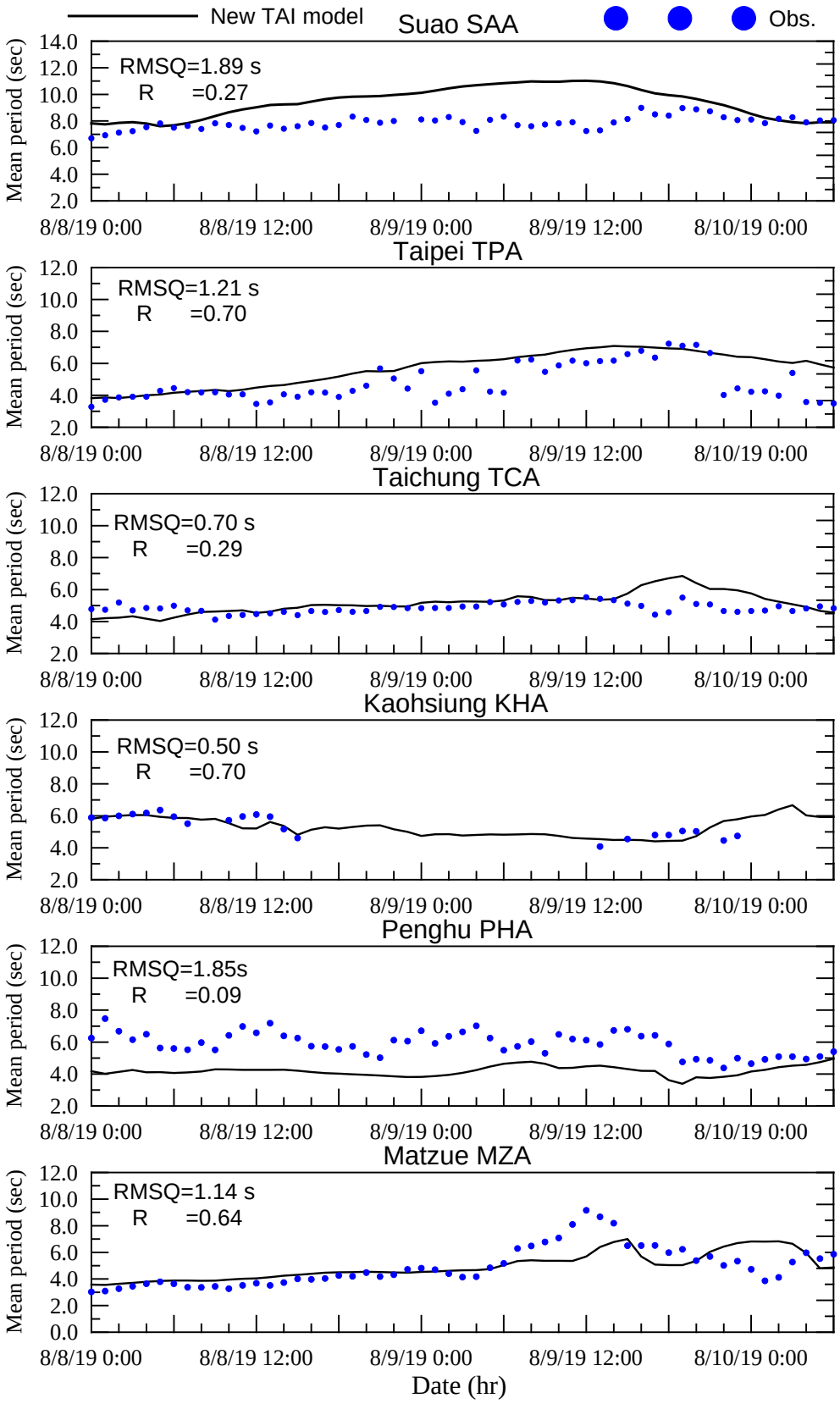


圖 3.25 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖

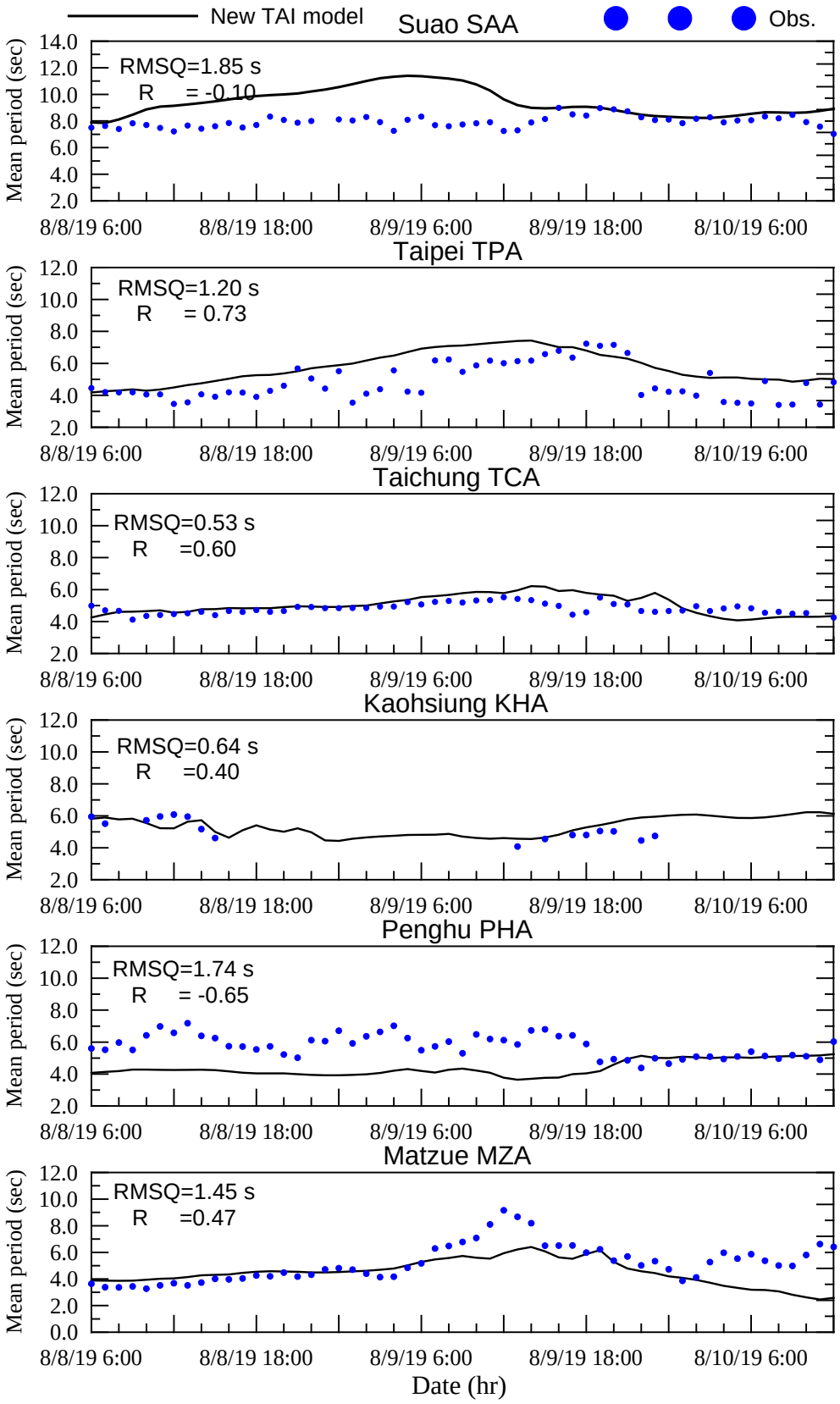


圖 3.25 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖

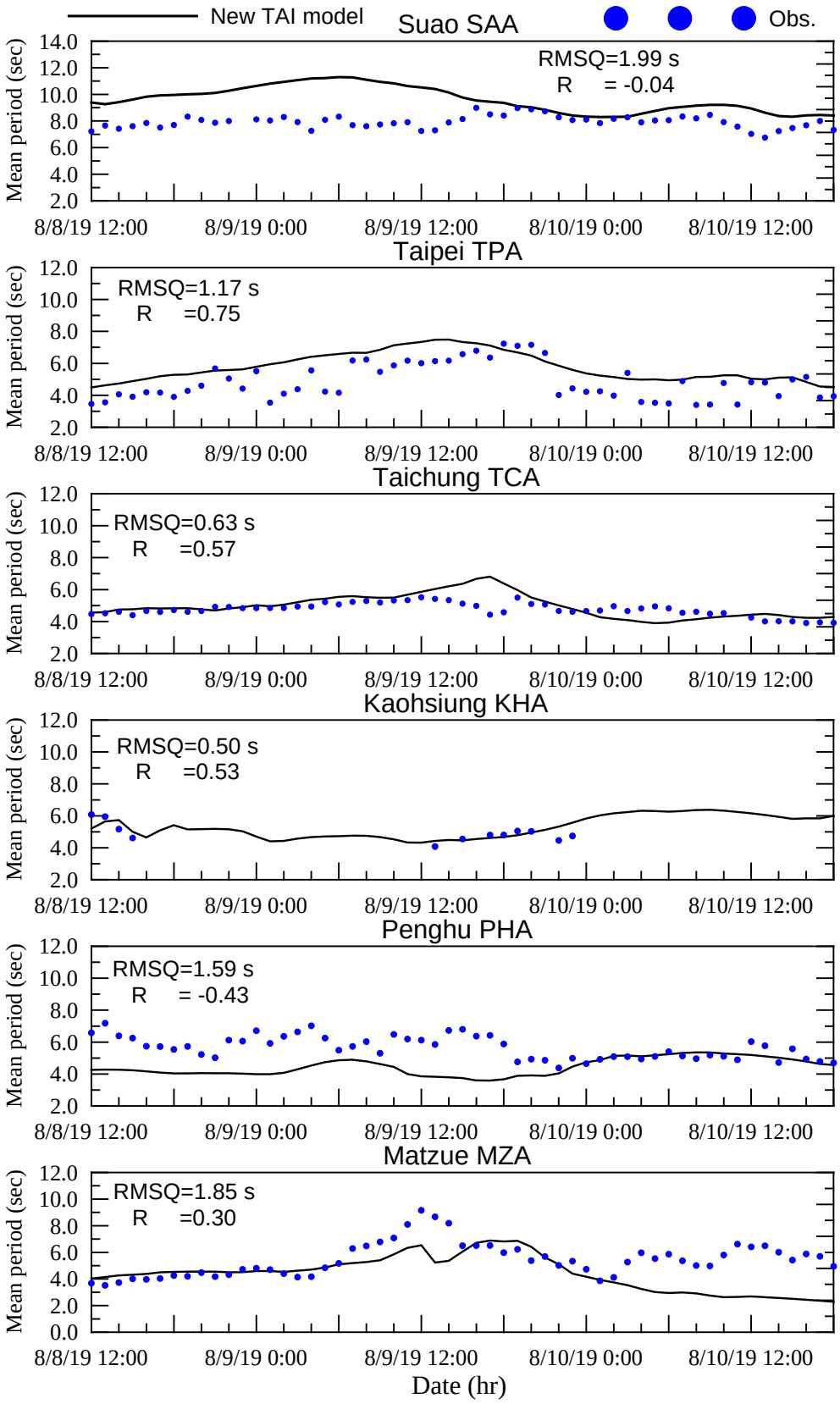


圖 3.25 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖

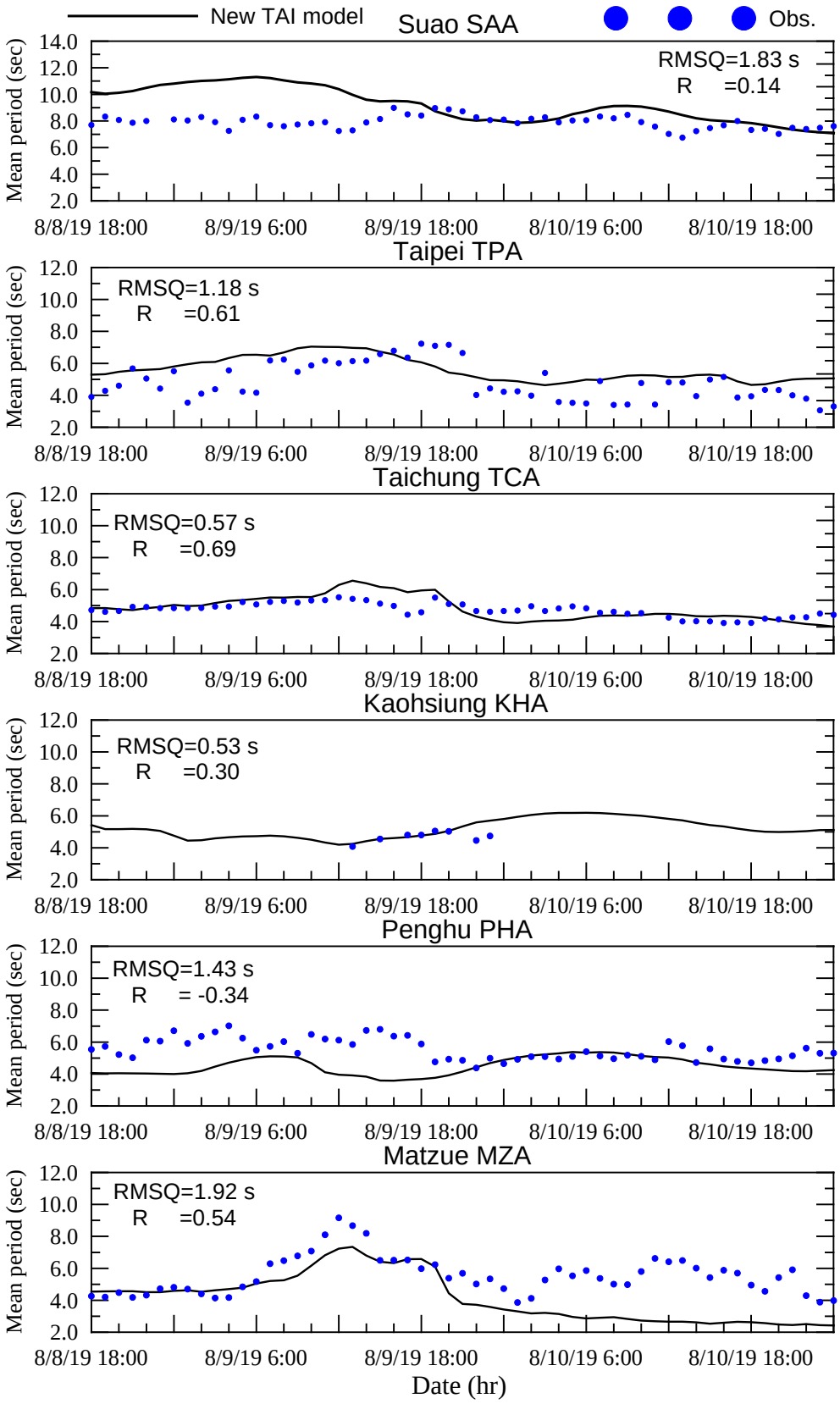


圖 3.25 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬平均週期與觀測值時序列比較圖

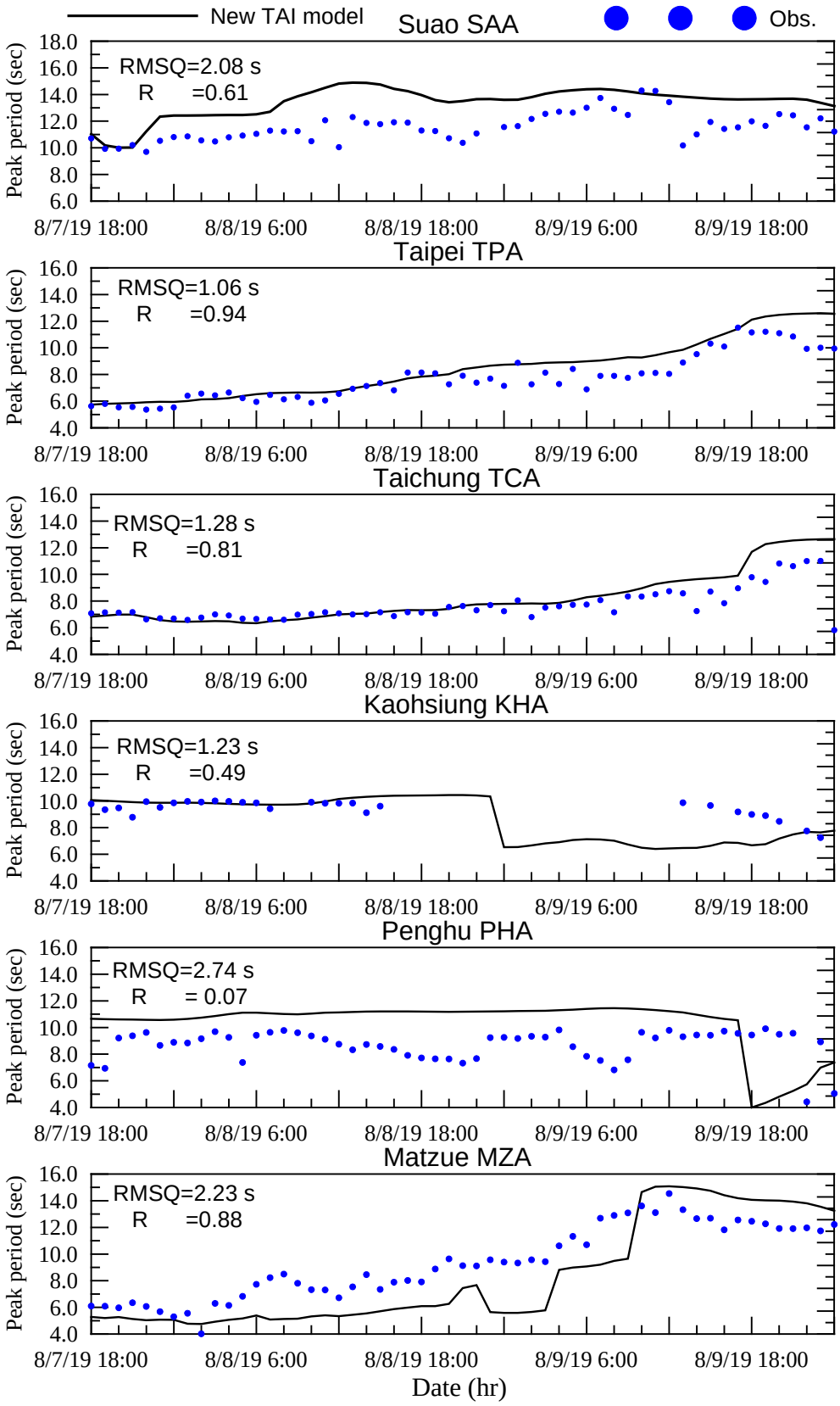


圖 3.26 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖

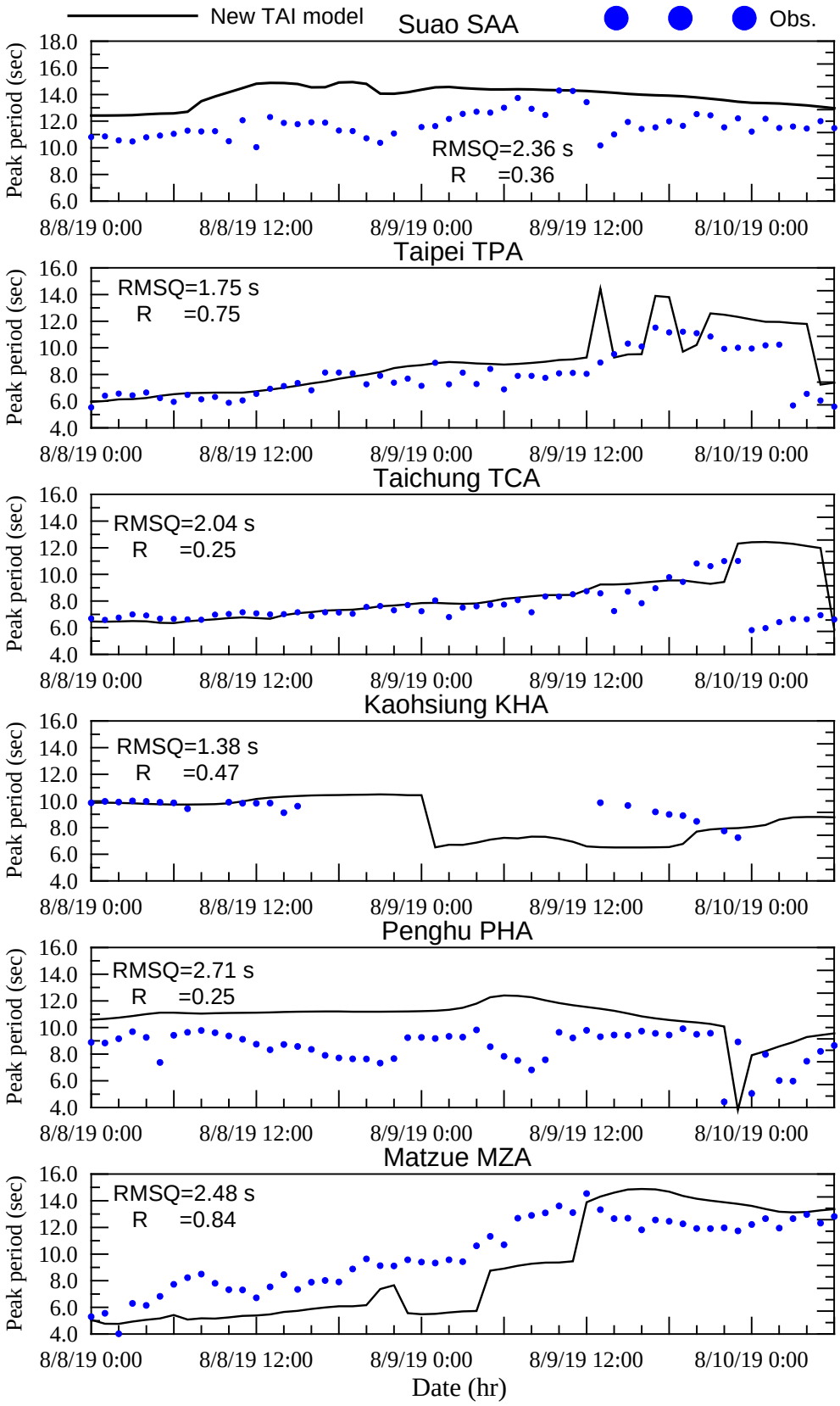


圖 3.26 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖

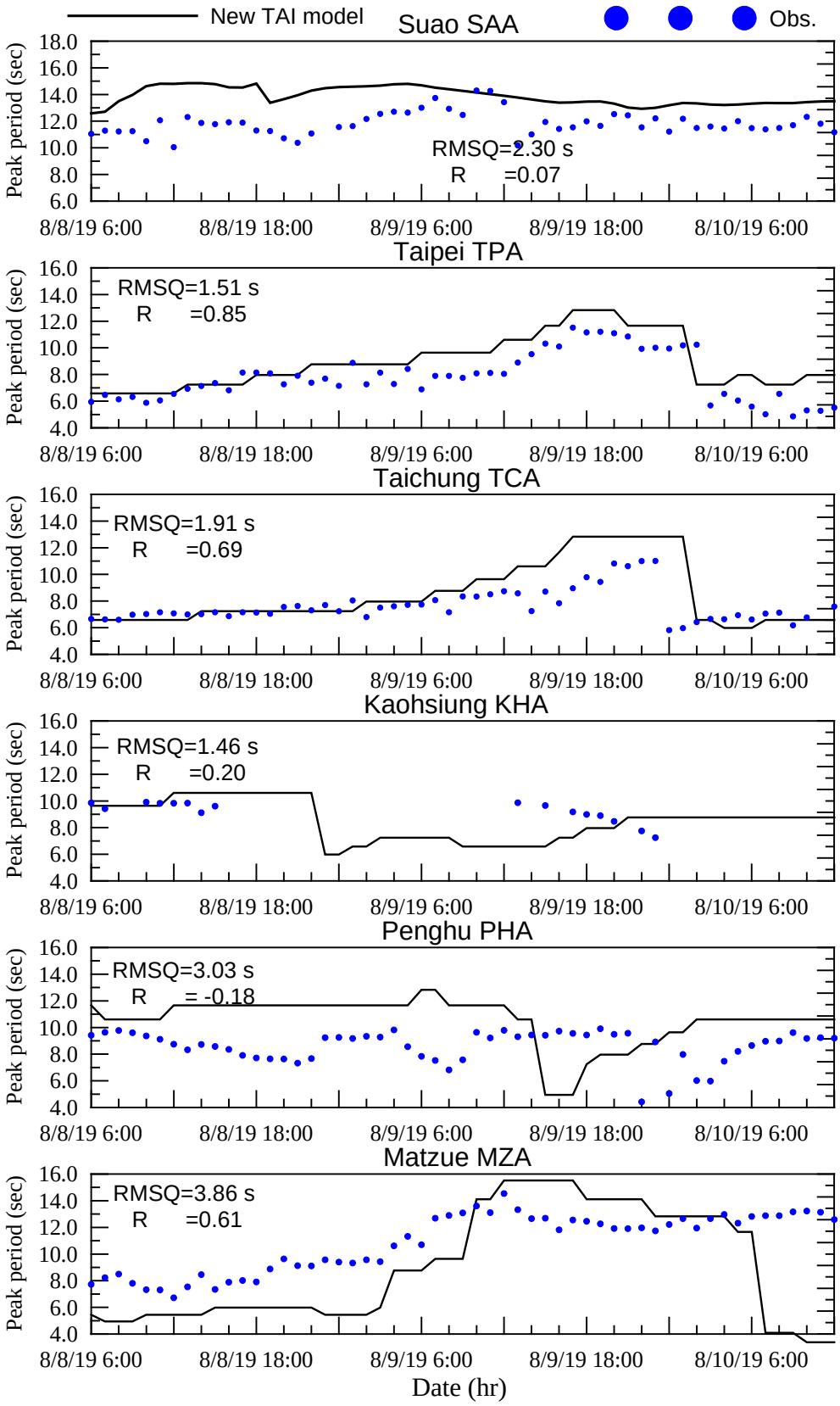


圖 3.26 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖

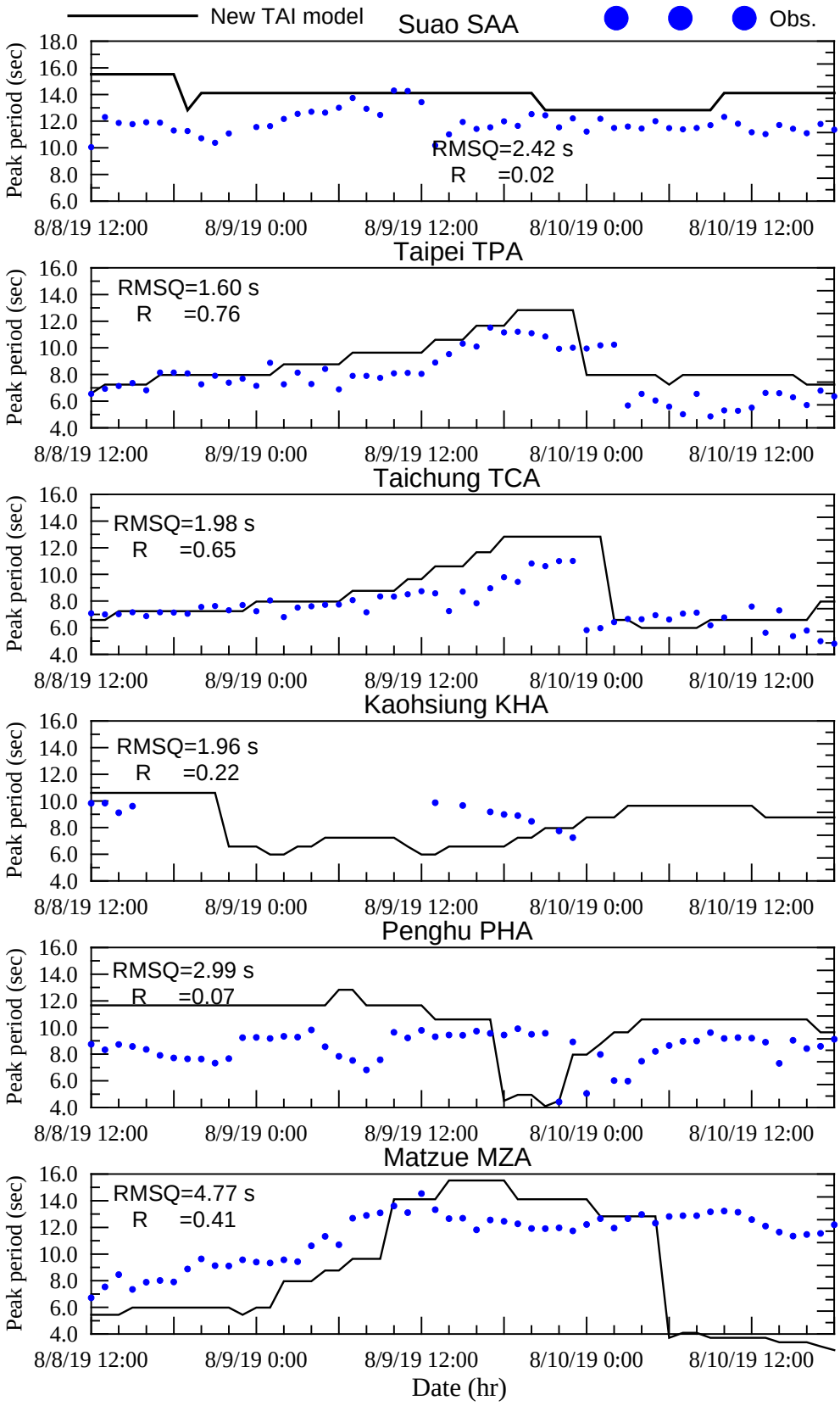


圖 3.26 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖

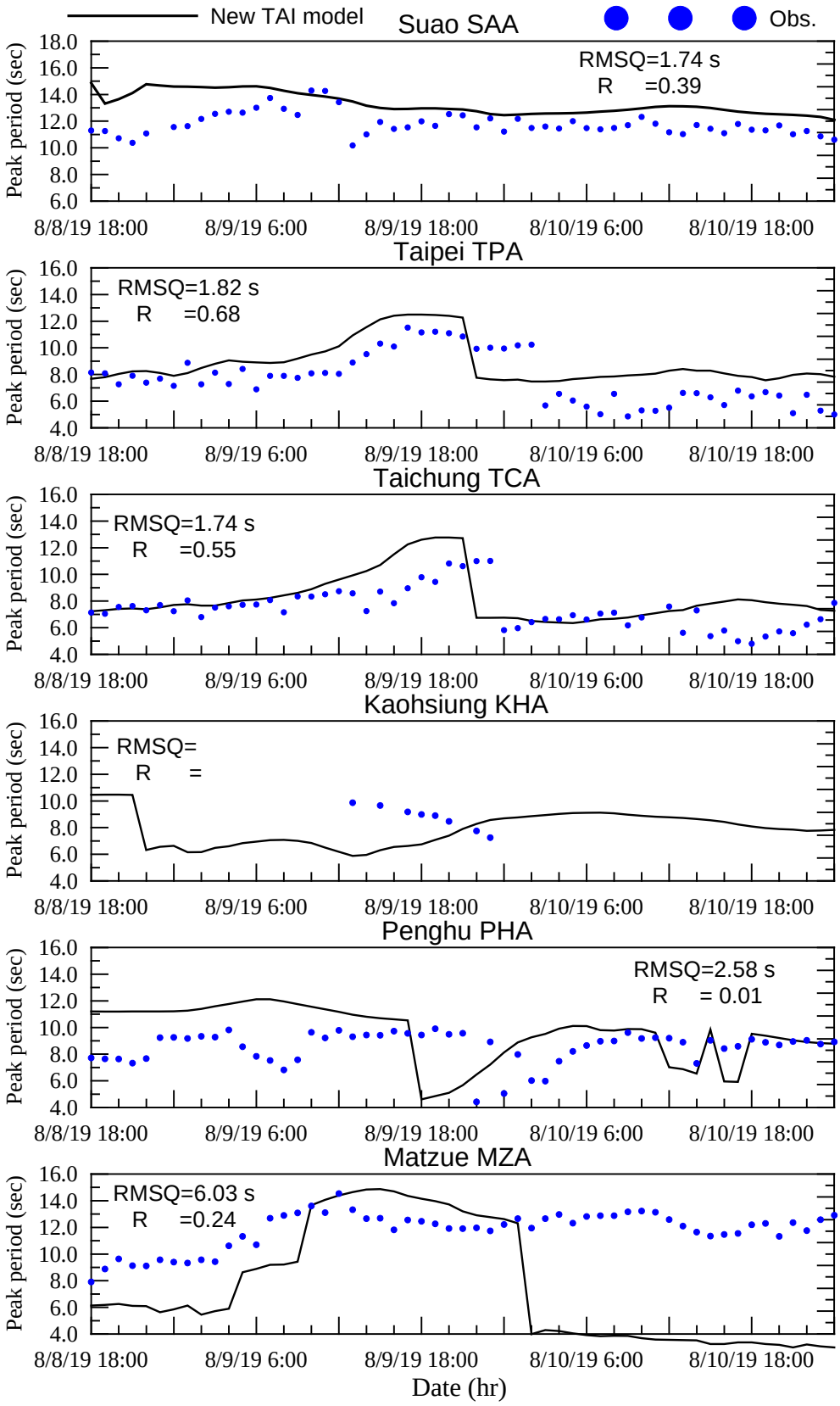


圖 3.26 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬譜峰週期與觀測值時序列比較圖

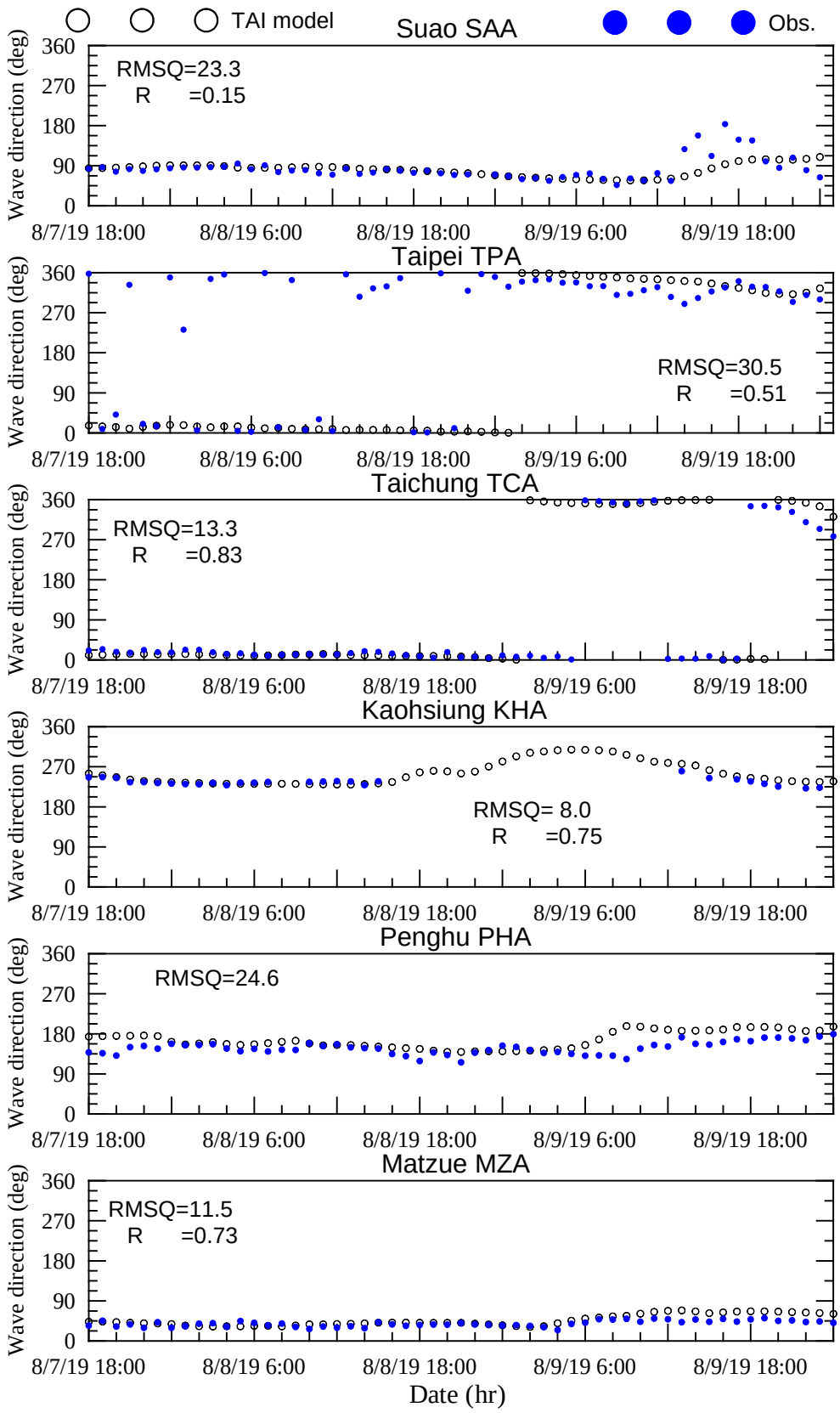


圖 3.27 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 0 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖

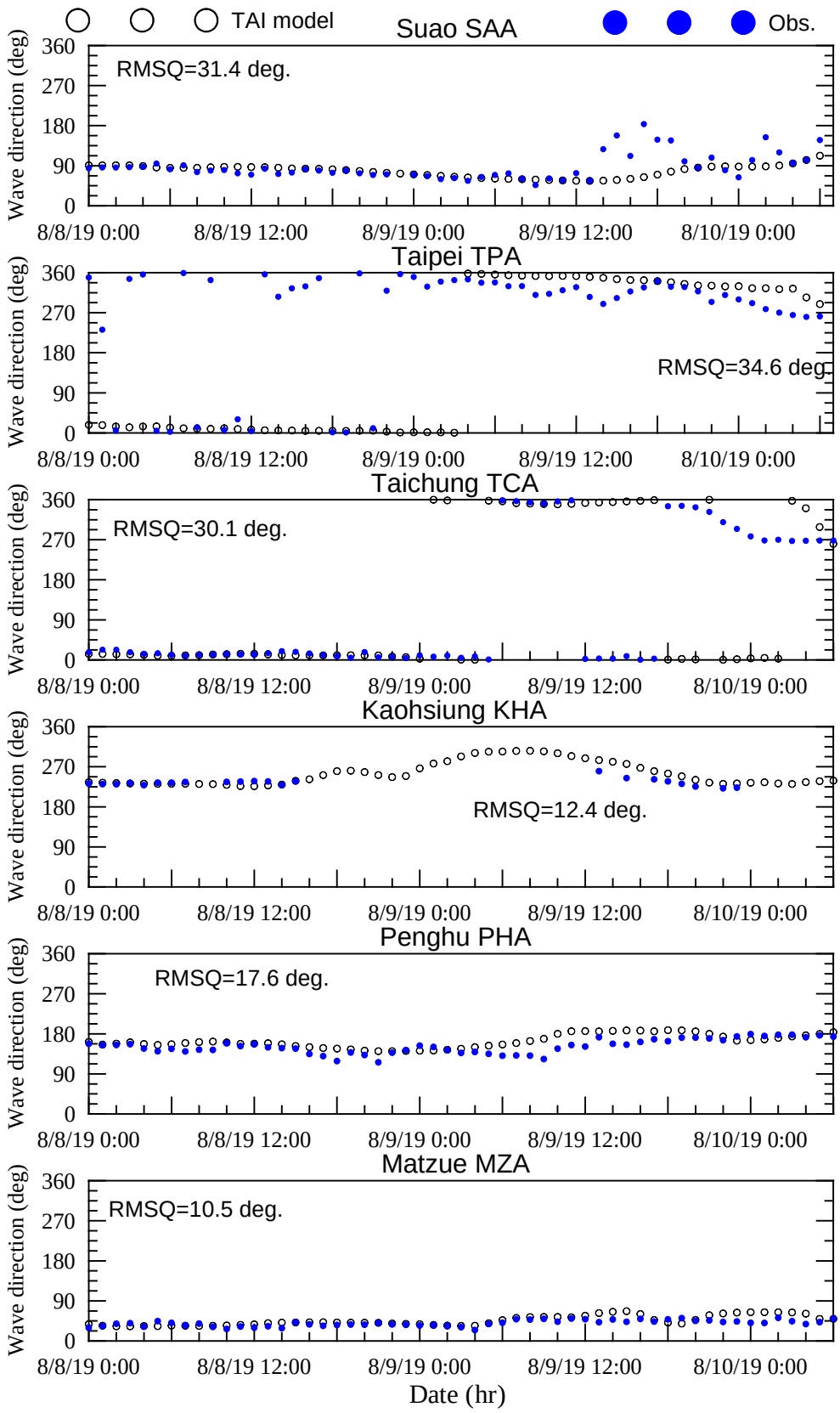


圖 3.27 (續 1)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 6 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖

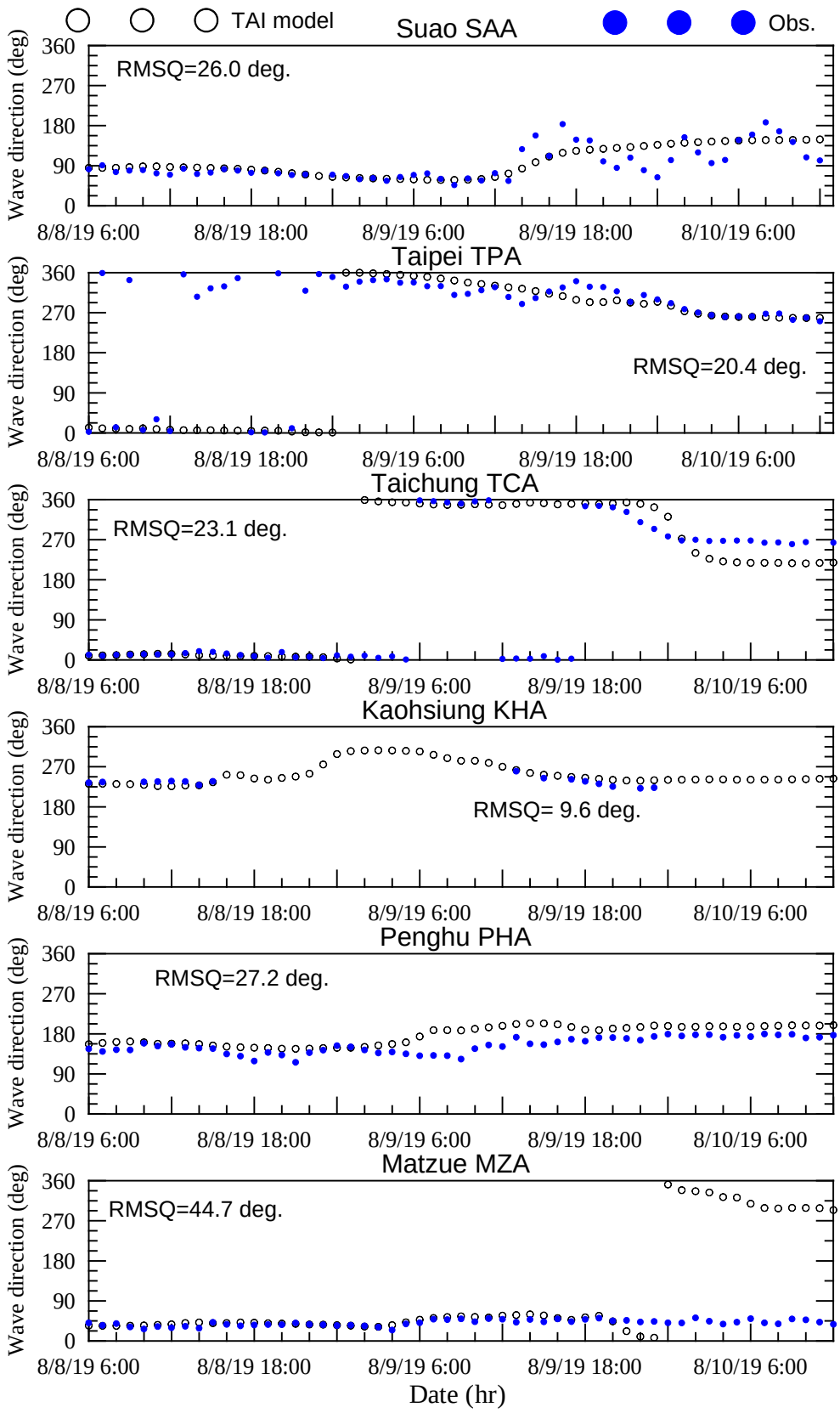


圖 3.27 (續 2)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 12 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖

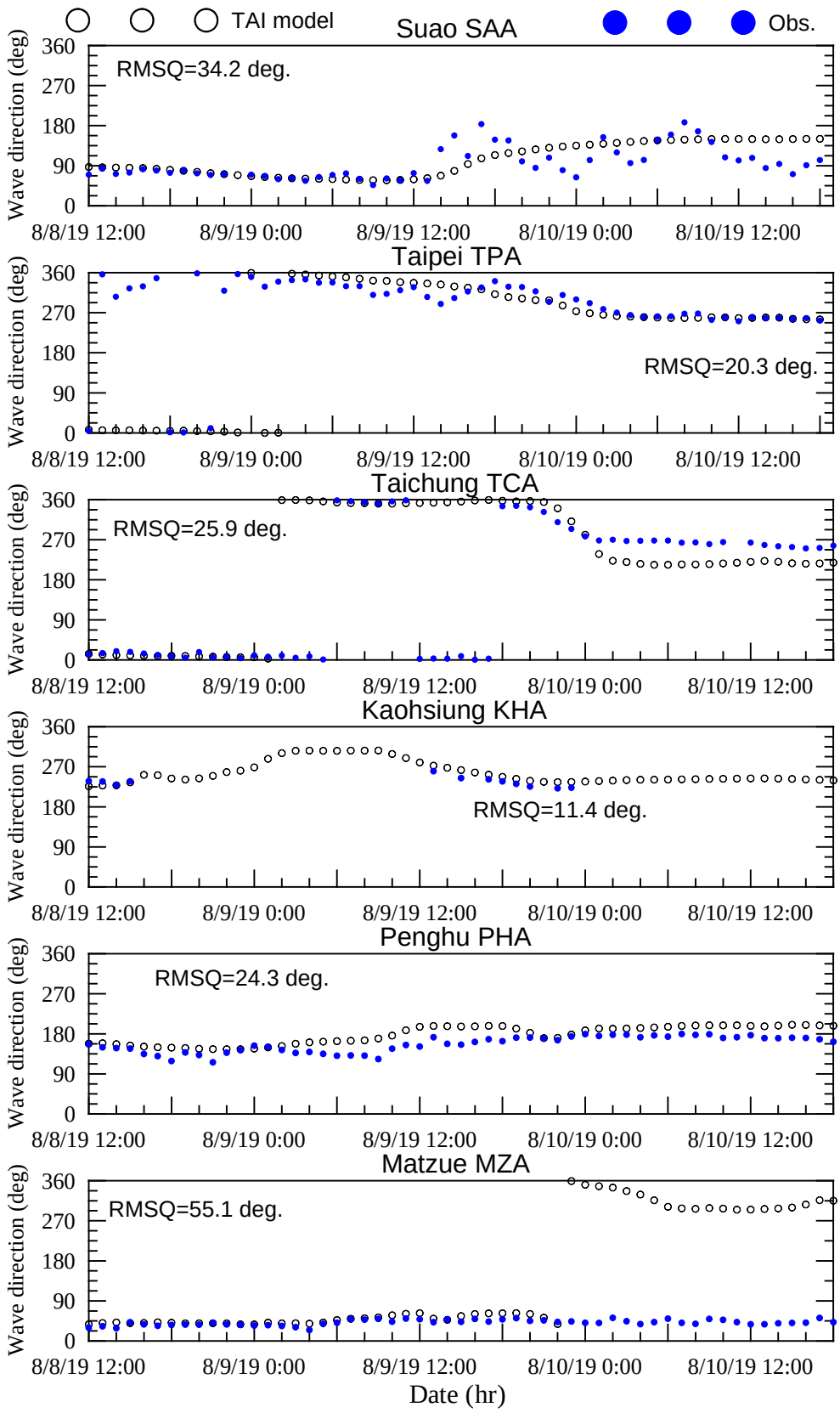


圖 3.27 (續 3)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 8 日 18 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖

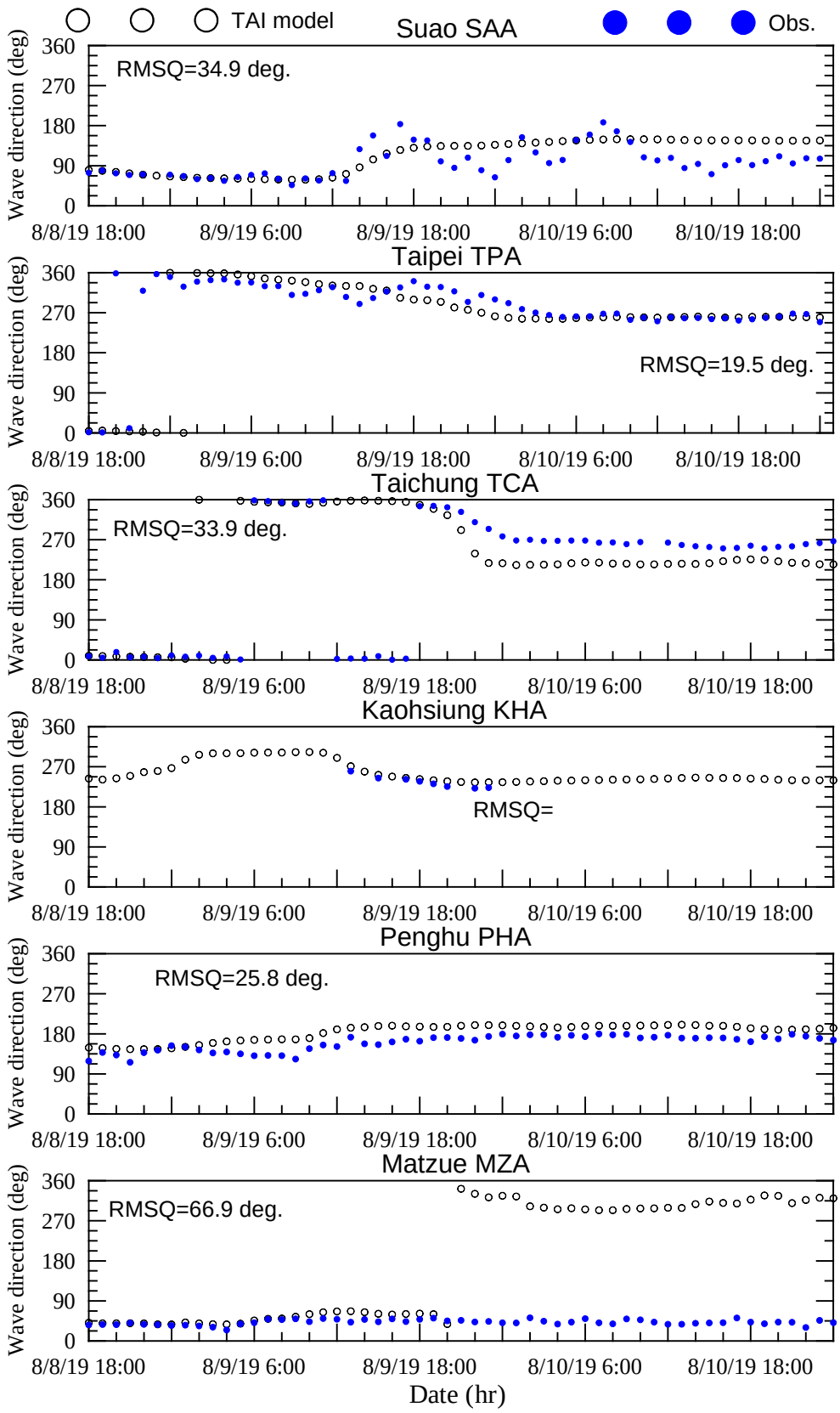


圖 3.27 (續 4)2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，8 月 9 日 0 時風浪作業化模擬平均波向與觀測值時序列比較圖

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

TaiCOMS 水動力模擬子系統下，臺灣周圍海域水動力模組改採用有限元素二維水動力數值模式建構，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。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。

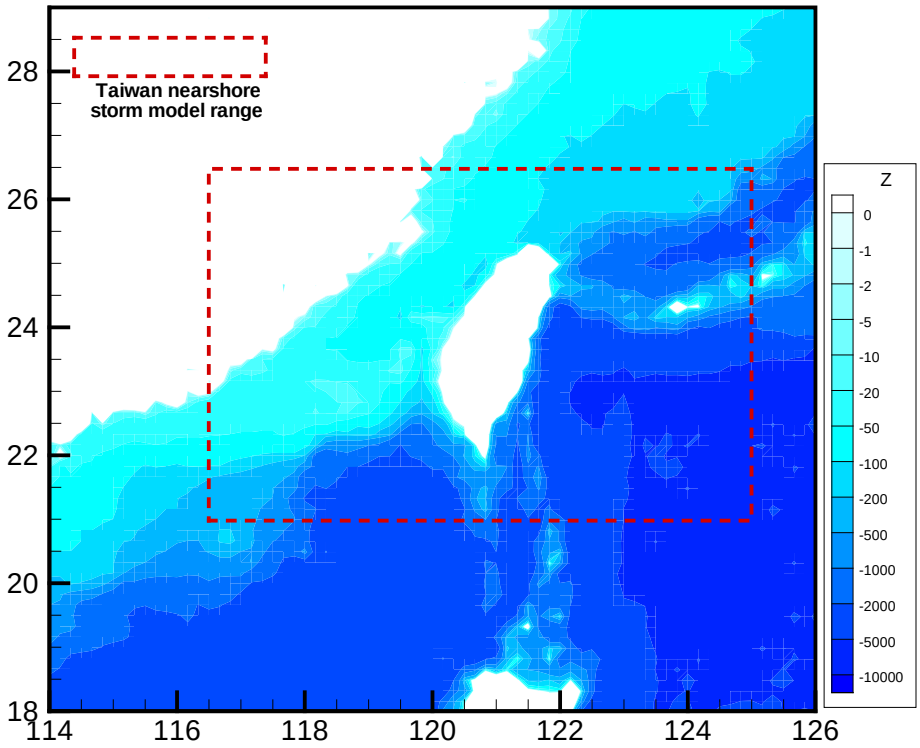


圖 4.1 臺灣周圍海域水動力模組之模擬範圍示意圖

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。

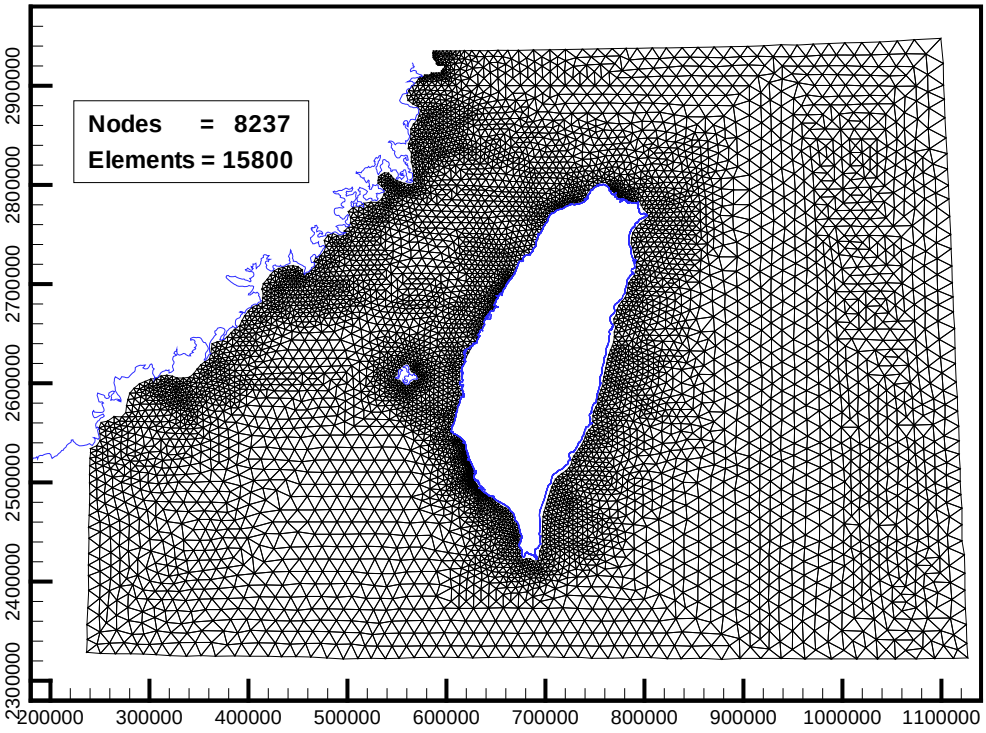


圖 4.2 臺灣周圍海域水動力模組之三角形元素計算網格圖

4.1.3 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

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

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，做為模式之輸入條件，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。

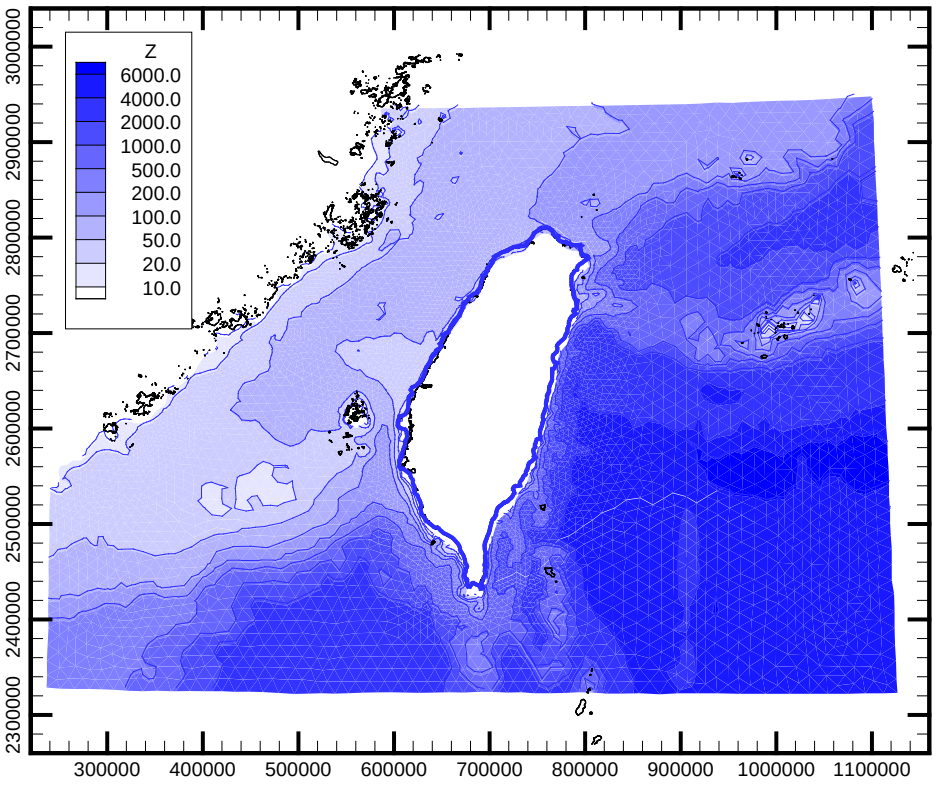


圖 4.3 臺灣周圍海域水動力模組數值計算網格之水深分布圖

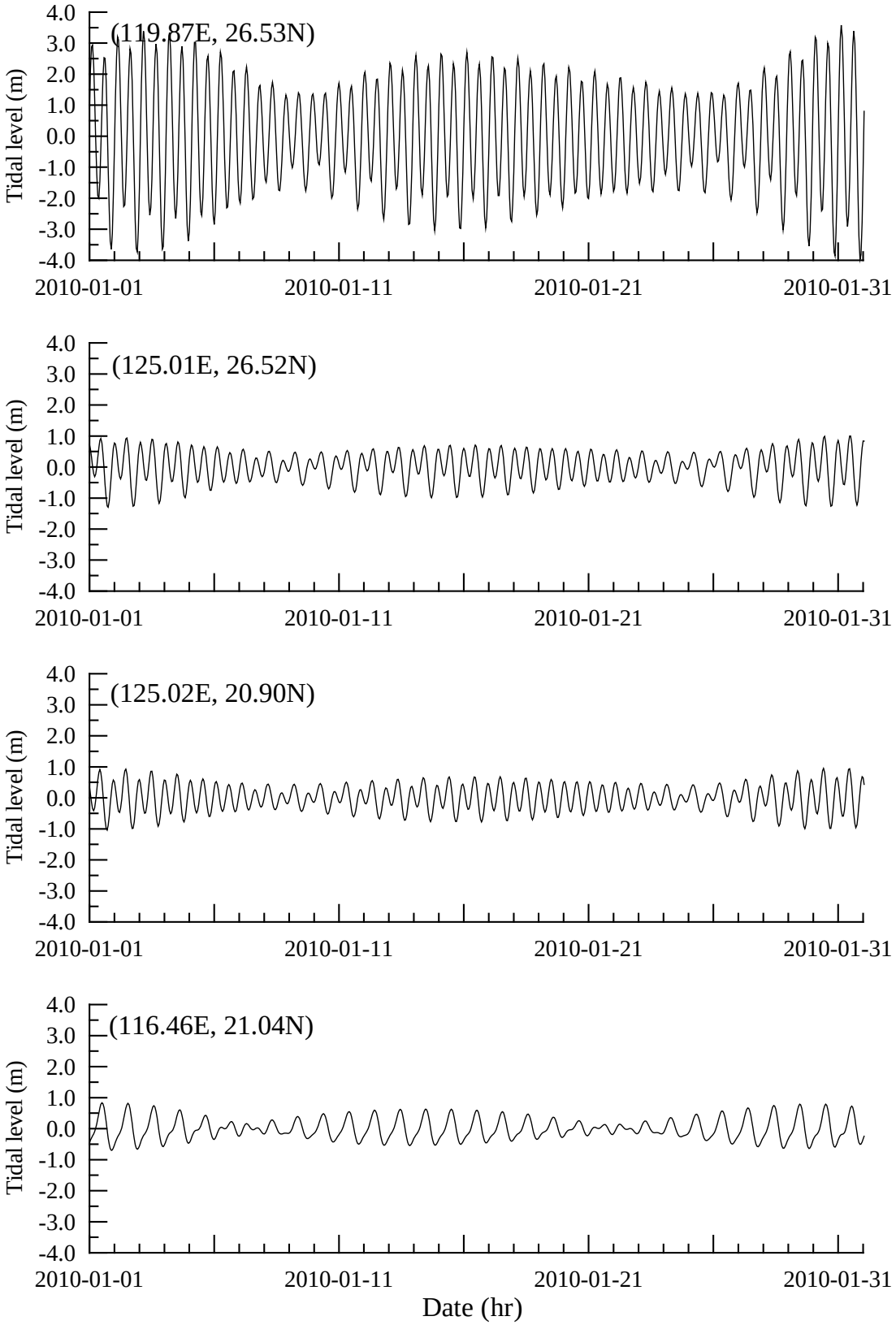


圖 4.4 臺灣周圍海域水動力模式採用的天文潮水位邊界條件圖

4.2 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

4.2.1 潮位天文潮調和分析

本年度選取花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、澎湖馬公港、臺東綠島南寮漁港、金門料羅港及馬祖福澳港等潮位站，蒐集 2018 年 12 月 31 日至 2019 年 12 月 31 日 23 時逐時潮位觀測資料進行天文潮調和分析，各測站天文潮調和常數分析結果如表 4.1 至表 4.12 所列。表中資料時間為格林威治時間，欄位 AL 代表分潮真實振幅(true amplitude，單位 m)，欄位 GL 代表分潮相對於觀測資料中點(MIDPT)時間之相位(phase)，分潮名稱 Z0 代表平均潮位值。

各潮位站 2019 年天文潮逐時調和分析值與觀測值之比較結果，如圖 4.5 至圖 4.16 所示，各潮位站調和分析值與觀測值間之均方根誤差(RMSE)，如表 4.13 所列，表中均方根誤差高於 0.1m 者，分別為布袋港、金門及馬祖等 3 處潮位站。本計畫依據各潮位站潮位調和分析結果，預測各港 2020 年逐時潮位資料，提供港灣環境資訊網參考。

表 4.1 花蓮潮位站(1256) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01256 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.0115	180.00	0.0115	180.00	H1	0.08039733	0.0032	49.56	0.0033	294.26
SA	0.00011407	0.1265	215.82	0.1265	39.71	M2	0.08051140	0.4453	303.99	0.4508	195.38
SSA	0.00022816	0.0529	322.58	0.0529	123.81	H2	0.08062547	0.0043	56.37	0.0044	130.83
MSM	0.00130978	0.0264	191.64	0.0264	144.66	MKS2	0.08073957	0.0082	320.29	0.0076	30.25
MM	0.00151215	0.0163	89.26	0.0163	156.85	LDA2	0.08182118	0.0071	309.89	0.0072	334.71
MSF	0.00282193	0.0129	127.00	0.0129	147.60	L2	0.08202355	0.0146	323.47	0.0141	89.46
MF	0.00305009	0.0149	72.84	0.0149	254.67	T2	0.08321926	0.0104	321.58	0.0104	47.69
ALP1	0.03439657	0.0013	4.19	0.0013	208.55	S2	0.08333334	0.1977	325.15	0.1975	235.03
2Q1	0.03570635	0.0031	70.42	0.0030	227.29	R2	0.08344740	0.0018	131.96	0.0022	39.92
SIG1	0.03590872	0.0039	41.84	0.0038	313.56	K2	0.08356149	0.0572	324.78	0.0530	53.23
Q1	0.03721850	0.0297	67.68	0.0285	292.33	MSN2	0.08484548	0.0005	54.15	0.0005	31.85
RHO1	0.03742087	0.0059	75.81	0.0054	52.80	ETA2	0.08507364	0.0026	347.30	0.0025	148.44
O1	0.03873065	0.1405	81.32	0.1351	13.82	MO3	0.11924206	0.0023	87.66	0.0023	271.55
TAU1	0.03895881	0.0030	42.89	0.0034	317.91	M3	0.12076710	0.0071	197.11	0.0072	34.22
BET1	0.04004043	0.0007	120.38	0.0006	184.13	SO3	0.12206399	0.0012	199.80	0.0012	42.18
NO1	0.04026859	0.0109	83.79	0.0126	319.85	MK3	0.12229215	0.0005	210.07	0.0005	55.88
CHI1	0.04047097	0.0004	100.77	0.0004	107.38	SK3	0.12511408	0.0010	208.76	0.0010	73.06
PI1	0.04143851	0.0054	113.06	0.0054	253.97	MN4	0.15951064	0.0016	320.10	0.0016	35.07
P1	0.04155259	0.0537	97.08	0.0538	62.02	M4	0.16102280	0.0050	9.13	0.0051	151.92
S1	0.04166667	0.0024	175.56	0.0017	282.46	SN4	0.16233259	0.0007	358.78	0.0007	92.24
K1	0.04178075	0.1571	98.60	0.1536	53.02	MS4	0.16384473	0.0047	76.18	0.0047	237.45
PSI1	0.04189482	0.0019	150.24	0.0019	280.79	MK4	0.16407290	0.0011	112.75	0.0010	92.59
PHI1	0.04200891	0.0022	199.90	0.0023	304.16	S4	0.16666667	0.0003	122.66	0.0003	302.41
THE1	0.04309053	0.0022	142.14	0.0021	53.53	SK4	0.16689482	0.0009	122.92	0.0008	121.25
J1	0.04329290	0.0096	106.55	0.0093	132.75	2MK5	0.20280355	0.0004	95.53	0.0004	192.73
SO1	0.04460268	0.0031	155.33	0.0030	132.71	2SK5	0.20844743	0.0002	82.75	0.0002	216.93
OO1	0.04483084	0.0052	124.96	0.0049	280.98	2MN6	0.24002205	0.0011	94.51	0.0012	60.88
UPS1	0.04634299	0.0008	214.18	0.0007	82.89	M6	0.24153420	0.0005	357.19	0.0005	31.36
OQ2	0.07597494	0.0015	304.56	0.0016	358.63	2MS6	0.24435613	0.0009	74.01	0.0009	126.67
EPS2	0.07617731	0.0043	253.22	0.0044	58.25	2MK6	0.24458429	0.0009	171.91	0.0009	43.15
2N2	0.07748710	0.0148	276.60	0.0156	35.56	2SM6	0.24717808	0.0008	168.46	0.0008	239.61
MU2	0.07768947	0.0146	273.96	0.0149	145.26	MSK6	0.24740623	0.0007	81.78	0.0007	331.50
N2	0.07899925	0.0906	294.81	0.0917	118.39	3MK7	0.28331494	0.0005	181.50	0.0005	170.10
NU2	0.07920162	0.0162	300.30	0.0165	238.53	M8	0.32204559	0.0005	72.47	0.0005	358.04

表 4.2 蘇澳潮位站(1246) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01246 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.0986	0.00	0.0986	0.00	H1	0.08039733	0.0068	293.70	0.0070	178.40
SA	0.00011407	0.1256	204.38	0.1256	28.28	M2	0.08051140	0.4145	299.95	0.4196	191.34
SSA	0.00022816	0.0353	319.51	0.0353	120.74	H2	0.08062547	0.0042	6.20	0.0042	80.66
MSM	0.00130978	0.0275	207.67	0.0275	160.69	MKS2	0.08073957	0.0085	42.75	0.0080	112.71
MM	0.00151215	0.0159	109.50	0.0159	177.09	LDA2	0.08182118	0.0030	331.74	0.0030	356.56
MSF	0.00282193	0.0076	123.25	0.0076	143.85	L2	0.08202355	0.0130	309.65	0.0125	75.64
MF	0.00305009	0.0134	67.55	0.0134	249.39	T2	0.08321926	0.0111	323.01	0.0111	49.12
ALP1	0.03439657	0.0019	100.36	0.0018	304.80	S2	0.08333334	0.1839	322.39	0.1838	232.27
2Q1	0.03570635	0.0049	73.71	0.0047	230.69	R2	0.08344740	0.0019	306.36	0.0024	214.32
SIG1	0.03590872	0.0046	59.23	0.0044	330.98	K2	0.08356149	0.0492	321.61	0.0456	50.05
Q1	0.03721850	0.0352	67.47	0.0338	292.17	MSN2	0.08484548	0.0013	330.79	0.0014	308.48
RHO1	0.03742087	0.0056	78.08	0.0051	55.10	ETA2	0.08507364	0.0018	318.28	0.0018	119.35
O1	0.03873065	0.1682	79.98	0.1618	12.49	MO3	0.11924206	0.0028	90.78	0.0027	274.68
TAU1	0.03895881	0.0026	55.85	0.0029	330.79	M3	0.12076710	0.0070	187.23	0.0072	24.34
BET1	0.04004043	0.0029	85.80	0.0028	149.55	SO3	0.12206399	0.0013	202.11	0.0013	44.49
NO1	0.04026859	0.0126	90.07	0.0145	325.69	MK3	0.12229215	0.0004	308.68	0.0004	154.49
CHI1	0.04047097	0.0043	108.69	0.0042	115.31	SK3	0.12511408	0.0005	344.53	0.0004	208.82
PI1	0.04143851	0.0035	119.59	0.0035	260.50	MN4	0.15951064	0.0010	288.07	0.0010	3.04
P1	0.04155259	0.0659	101.14	0.0661	66.08	M4	0.16102280	0.0032	25.04	0.0033	167.82
S1	0.04166667	0.0040	214.69	0.0029	321.59	SN4	0.16233259	0.0004	328.46	0.0004	61.91
K1	0.04178075	0.1972	105.63	0.1929	60.05	MS4	0.16384473	0.0031	86.12	0.0031	247.39
PSI1	0.04189482	0.0013	105.54	0.0013	236.09	MK4	0.16407290	0.0006	63.06	0.0006	42.90
PHI1	0.04200891	0.0023	138.90	0.0024	243.15	S4	0.16666667	0.0006	158.69	0.0006	338.44
THE1	0.04309053	0.0010	343.45	0.0010	254.82	SK4	0.16689482	0.0002	179.25	0.0002	177.58
J1	0.04329290	0.0100	125.10	0.0097	151.16	2MK5	0.20280355	0.0007	145.88	0.0007	243.08
SO1	0.04460268	0.0010	141.81	0.0010	119.19	2SK5	0.20844743	0.0003	281.43	0.0003	55.60
OO1	0.04483084	0.0061	146.80	0.0057	302.78	2MN6	0.24002205	0.0009	107.01	0.0010	73.37
UPS1	0.04634299	0.0019	178.89	0.0017	47.54	M6	0.24153420	0.0003	164.58	0.0004	198.75
OQ2	0.07597494	0.0008	241.48	0.0009	295.66	2MS6	0.24435613	0.0008	176.10	0.0009	228.76
EPS2	0.07617731	0.0053	271.61	0.0055	76.69	2MK6	0.24458429	0.0004	87.72	0.0004	318.94
2N2	0.07748710	0.0123	278.97	0.0129	38.00	2SM6	0.24717808	0.0005	246.43	0.0005	317.58
MU2	0.07768947	0.0157	284.46	0.0160	155.77	MSK6	0.24740623	0.0003	108.25	0.0002	357.97
N2	0.07899925	0.0849	291.98	0.0859	115.55	3MK7	0.28331494	0.0001	196.27	0.0001	184.86
NU2	0.07920162	0.0150	299.61	0.0153	237.84	M8	0.32204559	0.0003	187.97	0.0003	113.53

表 4.3 基隆潮位站(1516) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01516 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.0383	0.00	0.0383	0.00	H1	0.08039733	0.0044	282.87	0.0045	167.57
SA	0.00011407	0.1590	193.79	0.1590	17.68	M2	0.08051140	0.2441	44.19	0.2471	295.58
SSA	0.00022816	0.0261	304.46	0.0261	105.69	H2	0.08062547	0.0050	37.13	0.0050	111.59
MSM	0.00130978	0.0163	217.50	0.0163	170.52	MKS2	0.08073957	0.0041	271.39	0.0039	341.34
MM	0.00151215	0.0127	87.89	0.0127	155.48	LDA2	0.08182118	0.0087	116.88	0.0088	141.70
MSF	0.00282193	0.0100	137.62	0.0100	158.22	L2	0.08202355	0.0139	150.36	0.0134	276.35
MF	0.00305009	0.0088	91.81	0.0088	273.65	T2	0.08321926	0.0048	43.75	0.0048	129.85
ALP1	0.03439657	0.0016	198.01	0.0016	42.52	S2	0.08333334	0.0615	43.17	0.0615	313.05
2Q1	0.03570635	0.0040	52.67	0.0039	209.75	R2	0.08344740	0.0031	280.08	0.0039	188.04
SIG1	0.03590872	0.0033	49.17	0.0032	320.93	K2	0.08356149	0.0168	29.75	0.0156	118.19
Q1	0.03721850	0.0315	68.81	0.0303	293.57	MSN2	0.08484548	0.0047	8.03	0.0049	345.72
RHO1	0.03742087	0.0058	69.61	0.0053	46.65	ETA2	0.08507364	0.0018	56.79	0.0017	217.78
O1	0.03873065	0.1532	82.72	0.1474	15.23	MO3	0.11924206	0.0014	30.65	0.0013	214.55
TAU1	0.03895881	0.0030	66.52	0.0034	341.39	M3	0.12076710	0.0063	182.45	0.0065	19.56
BET1	0.04004043	0.0020	96.94	0.0019	160.69	SO3	0.12206399	0.0012	310.49	0.0012	152.87
NO1	0.04026859	0.0119	98.98	0.0137	334.22	MK3	0.12229215	0.0031	275.54	0.0030	121.35
CHI1	0.04047097	0.0038	97.08	0.0037	103.70	SK3	0.12511408	0.0016	291.19	0.0016	155.48
PI1	0.04143851	0.0063	108.33	0.0064	249.24	MN4	0.15951064	0.0055	171.36	0.0056	246.33
P1	0.04155259	0.0626	104.10	0.0628	69.04	M4	0.16102280	0.0127	172.03	0.0131	314.81
S1	0.04166667	0.0088	143.20	0.0063	250.10	SN4	0.16233259	0.0011	201.44	0.0012	294.90
K1	0.04178075	0.1875	107.21	0.1834	61.63	MS4	0.16384473	0.0081	188.73	0.0082	350.00
PSI1	0.04189482	0.0026	185.31	0.0026	315.86	MK4	0.16407290	0.0021	171.85	0.0020	151.68
PHI1	0.04200891	0.0030	126.23	0.0031	230.48	S4	0.16666667	0.0008	142.59	0.0008	322.34
THE1	0.04309053	0.0009	217.56	0.0008	128.90	SK4	0.16689482	0.0011	109.34	0.0010	107.66
J1	0.04329290	0.0107	115.44	0.0104	141.38	2MK5	0.20280355	0.0001	247.40	0.0001	344.60
SO1	0.04460268	0.0013	200.98	0.0012	178.35	2SK5	0.20844743	0.0005	172.51	0.0005	306.68
OO1	0.04483084	0.0059	144.16	0.0055	300.09	2MN6	0.24002205	0.0017	219.57	0.0018	185.93
UPS1	0.04634299	0.0013	182.66	0.0011	51.26	M6	0.24153420	0.0033	258.76	0.0034	292.93
OQ2	0.07597494	0.0019	132.12	0.0021	186.42	2MS6	0.24435613	0.0026	286.34	0.0027	339.00
EPS2	0.07617731	0.0066	222.60	0.0069	27.72	2MK6	0.24458429	0.0008	246.56	0.0008	117.78
2N2	0.07748710	0.0023	310.10	0.0024	69.20	2SM6	0.24717808	0.0002	267.75	0.0002	338.90
MU2	0.07768947	0.0242	259.10	0.0247	130.43	MSK6	0.24740623	0.0005	194.27	0.0005	83.98
N2	0.07899925	0.0622	20.51	0.0629	204.09	3MK7	0.28331494	0.0002	157.80	0.0002	146.38
NU2	0.07920162	0.0127	45.27	0.0129	343.49	M8	0.32204559	0.0005	89.09	0.0005	14.65

表 4.4 臺北港潮位站 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00052 16H 31/12/2018 TO 15H 01/01/2020
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 02/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.0713	0.00	0.0713	0.00	H1	0.08039733	0.0123	295.33	0.0127	205.39
SA	0.00011407	0.1475	193.85	0.1475	16.76	M2	0.08051140	1.0902	78.59	1.1036	354.37
SSA	0.00022816	0.0431	280.03	0.0431	79.29	H2	0.08062547	0.0111	23.38	0.0112	121.24
MSM	0.00130978	0.0233	228.38	0.0233	170.08	MKS2	0.08073957	0.0149	286.54	0.0140	18.91
MM	0.00151215	0.0054	145.14	0.0054	199.66	LDA2	0.08182118	0.0303	113.32	0.0308	151.21
MSF	0.00282193	0.0072	106.34	0.0072	102.56	L2	0.08202355	0.0607	131.39	0.0583	268.70
MF	0.00305009	0.0086	108.61	0.0086	264.09	T2	0.08321926	0.0261	115.77	0.0261	202.87
ALP1	0.03439657	0.0030	143.24	0.0029	50.57	S2	0.08333334	0.3123	110.67	0.3121	20.54
2Q1	0.03570635	0.0042	88.30	0.0040	296.88	R2	0.08344740	0.0060	289.39	0.0074	196.36
SIG1	0.03590872	0.0052	83.61	0.0050	45.13	K2	0.08356149	0.0798	110.50	0.0739	196.98
Q1	0.03721850	0.0357	80.99	0.0344	344.18	MSN2	0.08484548	0.0104	355.29	0.0107	319.91
RHO1	0.03742087	0.0049	67.65	0.0045	81.39	ETA2	0.08507364	0.0036	92.79	0.0035	238.75
O1	0.03873065	0.1766	97.62	0.1699	55.49	MO3	0.11924206	0.0073	330.38	0.0071	204.02
TAU1	0.03895881	0.0031	116.37	0.0035	54.64	M3	0.12076710	0.0036	153.93	0.0037	27.62
BET1	0.04004043	0.0021	47.41	0.0020	125.21	SO3	0.12206399	0.0053	348.66	0.0051	216.41
NO1	0.04026859	0.0126	111.18	0.0144	358.53	MK3	0.12229215	0.0064	342.50	0.0063	211.70
CHI1	0.04047097	0.0029	121.14	0.0028	138.09	SK3	0.12511408	0.0014	7.98	0.0014	231.29
PI1	0.04143851	0.0065	133.85	0.0065	276.74	MN4	0.15951064	0.0045	115.61	0.0046	252.41
P1	0.04155259	0.0715	120.40	0.0717	86.32	M4	0.16102280	0.0108	127.15	0.0111	318.69
S1	0.04166667	0.0013	58.45	0.0009	165.36	SN4	0.16233259	0.0012	123.62	0.0012	254.53
K1	0.04178075	0.2141	124.88	0.2093	78.31	MS4	0.16384473	0.0094	155.53	0.0096	341.18
PSI1	0.04189482	0.0017	167.40	0.0017	295.97	MK4	0.16407290	0.0021	174.05	0.0020	176.30
PHI1	0.04200891	0.0035	128.79	0.0036	230.09	S4	0.16666667	0.0020	179.34	0.0020	359.10
THE1	0.04309053	0.0033	172.53	0.0032	71.57	SK4	0.16689482	0.0017	58.56	0.0016	54.91
J1	0.04329290	0.0121	146.50	0.0118	158.39	2MK5	0.20280355	0.0023	188.74	0.0023	333.72
SO1	0.04460268	0.0035	249.06	0.0033	201.07	2SK5	0.20844743	0.0007	325.20	0.0007	98.39
OO1	0.04483084	0.0046	176.72	0.0043	305.34	2MN6	0.24002205	0.0022	148.85	0.0023	201.42
UPS1	0.04634299	0.0005	190.08	0.0004	18.28	M6	0.24153420	0.0034	135.52	0.0035	242.84
OQ2	0.07597494	0.0088	102.68	0.0094	220.56	2MS6	0.24435613	0.0014	155.05	0.0014	256.47
EPS2	0.07617731	0.0129	172.69	0.0134	39.64	2MK6	0.24458429	0.0006	250.32	0.0006	168.34
2N2	0.07748710	0.0183	62.31	0.0193	231.93	2SM6	0.24717808	0.0019	184.08	0.0019	279.60
MU2	0.07768947	0.0456	227.02	0.0465	147.11	MSK6	0.24740623	0.0007	131.14	0.0007	43.26
N2	0.07899925	0.2199	56.06	0.2225	277.09	3MK7	0.28331494	0.0009	77.82	0.0010	138.56
NU2	0.07920162	0.0576	60.98	0.0587	34.90	M8	0.32204559	0.0005	278.06	0.0005	301.15

表 4.5 臺中潮位站(1436) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01436 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.2222	0.00	0.2222	0.00	H1	0.08039733	0.0254	203.75	0.0263	88.44
SA	0.00011407	0.1370	190.59	0.1370	14.48	M2	0.08051140	1.8228	85.27	1.8453	336.66
SSA	0.00022816	0.0328	318.60	0.0328	119.84	H2	0.08062547	0.0513	358.75	0.0516	73.21
MSM	0.00130978	0.0098	185.59	0.0098	138.60	MKS2	0.08073957	0.0223	308.58	0.0209	18.54
MM	0.00151215	0.0031	170.78	0.0031	238.36	LDA2	0.08182118	0.0454	106.75	0.0461	131.56
MSF	0.00282193	0.0061	104.58	0.0061	125.18	L2	0.08202355	0.1082	129.41	0.1040	255.40
MF	0.00305009	0.0079	102.45	0.0079	284.29	T2	0.08321926	0.0440	115.39	0.0440	201.50
ALP1	0.03439657	0.0032	145.60	0.0030	350.00	S2	0.08333334	0.5403	121.96	0.5400	31.84
2Q1	0.03570635	0.0043	106.15	0.0042	263.07	R2	0.08344740	0.0146	238.35	0.0180	146.31
SIG1	0.03590872	0.0084	105.32	0.0081	17.06	K2	0.08356149	0.1455	119.46	0.1349	207.91
Q1	0.03721850	0.0420	100.38	0.0404	325.06	MSN2	0.08484548	0.0186	343.64	0.0190	321.33
RHO1	0.03742087	0.0076	105.29	0.0070	82.30	ETA2	0.08507364	0.0050	116.86	0.0048	277.97
O1	0.03873065	0.2081	114.23	0.2001	46.73	MO3	0.11924206	0.0121	276.28	0.0118	100.17
TAU1	0.03895881	0.0050	203.21	0.0057	118.19	M3	0.12076710	0.0023	109.67	0.0023	306.79
BET1	0.04004043	0.0021	61.28	0.0020	125.02	SO3	0.12206399	0.0073	315.22	0.0070	157.60
NO1	0.04026859	0.0146	126.46	0.0169	2.31	MK3	0.12229215	0.0129	311.37	0.0128	157.18
CHI1	0.04047097	0.0039	96.82	0.0038	103.43	SK3	0.12511408	0.0018	13.68	0.0018	237.97
PI1	0.04143851	0.0084	138.14	0.0084	279.06	MN4	0.15951064	0.0025	5.15	0.0026	80.12
P1	0.04155259	0.0823	137.20	0.0825	102.13	M4	0.16102280	0.0067	42.63	0.0068	185.42
S1	0.04166667	0.0143	78.33	0.0102	185.23	SN4	0.16233259	0.0017	28.02	0.0017	121.48
K1	0.04178075	0.2457	143.41	0.2402	97.82	MS4	0.16384473	0.0029	60.76	0.0030	222.03
PSI1	0.04189482	0.0036	184.83	0.0036	315.37	MK4	0.16407290	0.0012	300.31	0.0012	280.14
PHI1	0.04200891	0.0033	132.64	0.0034	236.89	S4	0.16666667	0.0014	125.19	0.0014	304.95
THE1	0.04309053	0.0027	182.55	0.0026	93.93	SK4	0.16689482	0.0018	357.14	0.0017	355.46
J1	0.04329290	0.0130	165.88	0.0126	192.01	2MK5	0.20280355	0.0046	119.81	0.0046	217.01
SO1	0.04460268	0.0039	266.03	0.0038	243.41	2SK5	0.20844743	0.0001	234.92	0.0001	9.10
OO1	0.04483084	0.0071	207.39	0.0067	3.38	2MN6	0.24002205	0.0091	116.80	0.0094	83.16
UPS1	0.04634299	0.0005	241.93	0.0005	110.62	M6	0.24153420	0.0153	149.36	0.0159	183.53
OQ2	0.07597494	0.0105	98.10	0.0112	152.23	2MS6	0.24435613	0.0155	191.87	0.0159	244.54
EPS2	0.07617731	0.0283	175.05	0.0294	340.11	2MK6	0.24458429	0.0045	194.93	0.0043	66.16
2N2	0.07748710	0.0335	80.39	0.0353	199.38	2SM6	0.24717808	0.0039	218.84	0.0039	289.99
MU2	0.07768947	0.0762	213.74	0.0776	85.04	MSK6	0.24740623	0.0023	231.26	0.0022	120.97
N2	0.07899925	0.3495	62.75	0.3536	246.33	3MK7	0.28331494	0.0012	41.19	0.0012	29.79
NU2	0.07920162	0.0918	67.68	0.0936	5.91	M8	0.32204559	0.0002	180.80	0.0002	106.37

表 4.6 布袋港潮位站(0055)2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00055 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	2.2823	0.00	2.2823	0.00	H1	0.08039733	0.0181	194.25	0.0187	78.95
SA	0.00011407	0.0693	182.51	0.0693	6.40	M2	0.08051140	0.6618	66.74	0.6700	318.13
SSA	0.00022816	0.0293	317.48	0.0293	118.71	H2	0.08062547	0.0224	344.22	0.0225	58.68
MSM	0.00130978	0.0072	83.07	0.0072	36.08	MKS2	0.08073957	0.0081	318.51	0.0076	28.48
MM	0.00151215	0.0237	239.14	0.0237	306.73	LDA2	0.08182118	0.0199	92.25	0.0202	117.06
MSF	0.00282193	0.0072	148.21	0.0072	168.81	L2	0.08202355	0.0409	113.54	0.0393	239.53
MF	0.00305009	0.0132	79.80	0.0132	261.63	T2	0.08321926	0.0167	62.96	0.0167	149.07
ALP1	0.03439657	0.0027	141.66	0.0025	345.94	S2	0.08333334	0.1541	96.03	0.1541	5.91
2Q1	0.03570635	0.0046	118.17	0.0044	274.94	R2	0.08344740	0.0069	200.42	0.0085	108.38
SIG1	0.03590872	0.0053	117.60	0.0050	29.31	K2	0.08356149	0.0463	98.94	0.0430	187.39
Q1	0.03721850	0.0372	107.12	0.0357	331.72	MSN2	0.08484548	0.0072	335.16	0.0073	312.86
RHO1	0.03742087	0.0072	114.89	0.0066	91.86	ETA2	0.08507364	0.0029	72.41	0.0027	233.63
O1	0.03873065	0.1819	121.70	0.1750	54.19	MO3	0.11924206	0.0112	214.16	0.0109	38.05
TAU1	0.03895881	0.0035	218.69	0.0040	133.79	M3	0.12076710	0.0034	226.25	0.0035	63.36
BET1	0.04004043	0.0058	143.63	0.0055	207.38	SO3	0.12206399	0.0076	258.37	0.0073	100.74
NO1	0.04026859	0.0133	125.34	0.0153	1.84	MK3	0.12229215	0.0091	243.68	0.0090	89.49
CHI1	0.04047097	0.0047	52.86	0.0046	59.48	SK3	0.12511408	0.0045	9.81	0.0044	234.11
PI1	0.04143851	0.0082	85.29	0.0082	226.21	MN4	0.15951064	0.0163	172.22	0.0167	247.19
P1	0.04155259	0.0578	152.30	0.0579	117.24	M4	0.16102280	0.0402	194.05	0.0412	336.83
S1	0.04166667	0.1016	301.94	0.0728	48.84	SN4	0.16233259	0.0030	253.59	0.0030	347.05
K1	0.04178075	0.2080	156.26	0.2034	110.68	MS4	0.16384473	0.0287	234.86	0.0290	36.14
PSI1	0.04189482	0.0061	107.23	0.0060	237.78	MK4	0.16407290	0.0091	223.82	0.0086	203.66
PHI1	0.04200891	0.0042	155.12	0.0043	259.37	S4	0.16666667	0.0117	282.96	0.0116	102.72
THE1	0.04309053	0.0020	89.31	0.0019	0.73	SK4	0.16689482	0.0045	257.25	0.0041	255.58
J1	0.04329290	0.0130	160.17	0.0125	186.52	2MK5	0.20280355	0.0019	11.18	0.0019	108.39
SO1	0.04460268	0.0029	197.04	0.0028	174.42	2SK5	0.20844743	0.0020	3.72	0.0019	137.90
OO1	0.04483084	0.0059	210.22	0.0055	6.29	2MN6	0.24002205	0.0026	55.56	0.0027	21.93
UPS1	0.04634299	0.0010	25.93	0.0008	254.71	M6	0.24153420	0.0044	115.50	0.0045	149.68
OQ2	0.07597494	0.0046	93.88	0.0049	147.82	2MS6	0.24435613	0.0049	185.95	0.0050	238.62
EPS2	0.07617731	0.0112	168.60	0.0116	333.59	2MK6	0.24458429	0.0024	141.80	0.0023	13.04
2N2	0.07748710	0.0091	49.59	0.0096	168.48	2SM6	0.24717808	0.0013	295.56	0.0013	6.71
MU2	0.07768947	0.0321	208.38	0.0326	79.66	MSK6	0.24740623	0.0007	249.84	0.0007	139.56
N2	0.07899925	0.1306	43.14	0.1321	226.72	3MK7	0.28331494	0.0006	187.79	0.0006	176.40
NU2	0.07920162	0.0374	51.58	0.0381	349.82	M8	0.32204559	0.0025	296.60	0.0026	222.18

表 4.7 安平港潮位站(0056)2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00056 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.2430	0.00	0.2430	0.00	H1	0.08039733	0.0024	125.47	0.0025	10.17
SA	0.00011407	0.0502	196.58	0.0502	20.47	M2	0.08051140	0.2569	27.21	0.2601	278.60
SSA	0.00022816	0.0365	281.36	0.0365	82.59	H2	0.08062547	0.0083	277.75	0.0084	352.21
MSM	0.00130978	0.0055	39.20	0.0055	352.22	MKS2	0.08073957	0.0065	280.27	0.0061	350.24
MM	0.00151215	0.0101	263.13	0.0101	330.72	LDA2	0.08182118	0.0061	83.61	0.0062	108.43
MSF	0.00282193	0.0031	115.15	0.0031	135.75	L2	0.08202355	0.0126	91.91	0.0121	217.90
MF	0.00305009	0.0112	83.36	0.0112	265.19	T2	0.08321926	0.0047	21.98	0.0047	108.08
ALP1	0.03439657	0.0022	140.61	0.0021	344.83	S2	0.08333334	0.0594	35.22	0.0594	305.10
2Q1	0.03570635	0.0037	90.13	0.0035	246.82	R2	0.08344740	0.0022	197.73	0.0027	105.69
SIG1	0.03590872	0.0048	98.65	0.0046	10.34	K2	0.08356149	0.0171	33.75	0.0158	122.20
Q1	0.03721850	0.0348	106.79	0.0334	331.35	MSN2	0.08484548	0.0026	327.60	0.0026	305.29
RHO1	0.03742087	0.0054	107.63	0.0050	84.58	ETA2	0.08507364	0.0014	10.73	0.0014	172.00
O1	0.03873065	0.1674	123.70	0.1610	56.19	MO3	0.11924206	0.0019	163.19	0.0018	347.07
TAU1	0.03895881	0.0009	211.86	0.0010	127.02	M3	0.12076710	0.0039	239.01	0.0040	76.13
BET1	0.04004043	0.0047	112.87	0.0045	176.61	SO3	0.12206399	0.0010	236.48	0.0010	78.85
NO1	0.04026859	0.0117	119.62	0.0136	356.42	MK3	0.12229215	0.0011	241.37	0.0011	87.19
CHI1	0.04047097	0.0017	74.19	0.0017	80.80	SK3	0.12511408	0.0007	312.88	0.0006	177.18
PI1	0.04143851	0.0063	116.79	0.0063	257.70	MN4	0.15951064	0.0029	139.58	0.0030	214.56
P1	0.04155259	0.0575	152.30	0.0577	117.23	M4	0.16102280	0.0078	168.35	0.0080	311.14
S1	0.04166667	0.0049	97.34	0.0035	204.24	SN4	0.16233259	0.0013	264.49	0.0013	357.95
K1	0.04178075	0.1821	156.98	0.1781	111.40	MS4	0.16384473	0.0066	210.84	0.0066	12.12
PSI1	0.04189482	0.0032	160.21	0.0031	290.76	MK4	0.16407290	0.0019	220.72	0.0018	200.57
PHI1	0.04200891	0.0031	128.03	0.0032	232.28	S4	0.16666667	0.0009	232.62	0.0009	52.38
THE1	0.04309053	0.0008	195.21	0.0008	106.65	SK4	0.16689482	0.0012	220.20	0.0011	218.53
J1	0.04329290	0.0084	165.30	0.0081	191.75	2MK5	0.20280355	0.0016	346.06	0.0016	83.27
SO1	0.04460268	0.0021	161.68	0.0020	139.07	2SK5	0.20844743	0.0003	117.84	0.0003	252.01
OO1	0.04483084	0.0032	195.58	0.0030	351.69	2MN6	0.24002205	0.0031	350.25	0.0032	316.62
UPS1	0.04634299	0.0011	66.58	0.0010	295.40	M6	0.24153420	0.0035	22.57	0.0037	56.75
OQ2	0.07597494	0.0009	37.58	0.0009	91.45	2MS6	0.24435613	0.0029	59.47	0.0030	112.14
EPS2	0.07617731	0.0034	179.85	0.0035	344.81	2MK6	0.24458429	0.0007	30.76	0.0006	262.01
2N2	0.07748710	0.0045	334.74	0.0047	93.59	2SM6	0.24717808	0.0005	358.60	0.0005	69.75
MU2	0.07768947	0.0098	234.79	0.0100	106.07	MSK6	0.24740623	0.0003	84.81	0.0002	334.53
N2	0.07899925	0.0593	6.23	0.0600	189.81	3MK7	0.28331494	0.0004	258.14	0.0004	246.75
NU2	0.07920162	0.0137	16.84	0.0140	315.08	M8	0.32204559	0.0009	182.44	0.0009	108.02

表 4.8 高雄潮位站(1486) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01486 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.3050	0.00	0.3050	0.00	H1	0.08039733	0.0033	104.06	0.0035	348.76
SA	0.00011407	0.1238	188.88	0.1238	12.77	M2	0.08051140	0.1871	351.54	0.1894	242.93
SSA	0.00022816	0.0402	321.37	0.0402	122.60	H2	0.08062547	0.0014	104.58	0.0014	179.05
MSM	0.00130978	0.0077	48.58	0.0077	1.59	MKS2	0.08073957	0.0022	89.87	0.0020	159.85
MM	0.00151215	0.0114	250.18	0.0114	317.77	LDA2	0.08182118	0.0025	198.47	0.0025	223.29
MSF	0.00282193	0.0024	56.38	0.0024	76.98	L2	0.08202355	0.0030	58.68	0.0029	184.67
MF	0.00305009	0.0096	65.76	0.0096	247.59	T2	0.08321926	0.0050	319.71	0.0050	45.82
ALP1	0.03439657	0.0013	102.76	0.0012	306.93	S2	0.08333334	0.0683	352.79	0.0683	262.67
2Q1	0.03570635	0.0040	93.98	0.0039	250.60	R2	0.08344740	0.0014	224.87	0.0018	132.83
SIG1	0.03590872	0.0047	86.90	0.0045	358.58	K2	0.08356149	0.0166	15.85	0.0154	104.30
Q1	0.03721850	0.0324	113.77	0.0311	338.30	MSN2	0.08484548	0.0036	321.79	0.0037	299.48
RHO1	0.03742087	0.0062	123.43	0.0057	100.37	ETA2	0.08507364	0.0030	26.42	0.0029	187.74
O1	0.03873065	0.1568	129.07	0.1509	61.56	MO3	0.11924206	0.0020	26.00	0.0020	209.88
TAU1	0.03895881	0.0038	97.16	0.0043	12.37	M3	0.12076710	0.0046	249.43	0.0047	86.54
BET1	0.04004043	0.0031	111.76	0.0029	175.50	SO3	0.12206399	0.0024	60.08	0.0023	262.45
NO1	0.04026859	0.0111	131.07	0.0129	8.15	MK3	0.12229215	0.0013	168.97	0.0013	14.79
CHI1	0.04047097	0.0026	124.72	0.0025	131.34	SK3	0.12511408	0.0008	215.29	0.0008	79.59
PI1	0.04143851	0.0011	261.70	0.0011	42.62	MN4	0.15951064	0.0010	165.95	0.0010	240.93
P1	0.04155259	0.0582	162.13	0.0584	127.07	M4	0.16102280	0.0024	171.64	0.0024	314.43
S1	0.04166667	0.0111	43.15	0.0080	150.05	SN4	0.16233259	0.0010	255.21	0.0010	348.66
K1	0.04178075	0.1727	166.26	0.1689	120.68	MS4	0.16384473	0.0014	233.27	0.0015	34.55
PSI1	0.04189482	0.0074	137.90	0.0074	268.45	MK4	0.16407290	0.0007	255.10	0.0006	234.95
PHI1	0.04200891	0.0010	156.97	0.0010	261.22	S4	0.16666667	0.0004	100.76	0.0004	280.52
THE1	0.04309053	0.0032	207.37	0.0031	118.83	SK4	0.16689482	0.0010	303.59	0.0010	301.93
J1	0.04329290	0.0081	169.38	0.0078	195.93	2MK5	0.20280355	0.0012	324.92	0.0012	62.14
SO1	0.04460268	0.0037	131.38	0.0035	108.78	2SK5	0.20844743	0.0008	298.85	0.0008	73.03
OO1	0.04483084	0.0035	193.01	0.0033	349.14	2MN6	0.24002205	0.0018	10.81	0.0019	337.18
UPS1	0.04634299	0.0011	66.86	0.0010	295.73	M6	0.24153420	0.0028	51.99	0.0029	86.18
OQ2	0.07597494	0.0019	289.14	0.0021	342.93	2MS6	0.24435613	0.0025	102.61	0.0025	155.28
EPS2	0.07617731	0.0013	238.13	0.0013	43.07	2MK6	0.24458429	0.0002	306.39	0.0002	177.64
2N2	0.07748710	0.0075	307.06	0.0078	65.86	2SM6	0.24717808	0.0006	197.70	0.0006	268.85
MU2	0.07768947	0.0071	280.23	0.0073	151.50	MSK6	0.24740623	0.0007	98.70	0.0007	348.43
N2	0.07899925	0.0422	338.81	0.0427	162.39	3MK7	0.28331494	0.0005	323.52	0.0005	312.13
NU2	0.07920162	0.0074	10.46	0.0076	308.71	M8	0.32204559	0.0002	209.77	0.0003	135.35

表 4.9 澎湖潮位站(1356) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01356 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.0098	0.00	0.0098	0.00	H1	0.08039733	0.0253	209.60	0.0262	94.30
SA	0.00011407	0.0682	233.59	0.0682	57.48	M2	0.08051140	0.9372	91.35	0.9487	342.75
SSA	0.00022816	0.0252	13.54	0.0252	174.77	H2	0.08062547	0.0401	358.79	0.0404	73.26
MSM	0.00130978	0.0086	255.87	0.0086	208.88	MKS2	0.08073957	0.0114	313.59	0.0107	23.55
MM	0.00151215	0.0135	232.34	0.0135	299.93	LDA2	0.08182118	0.0263	110.67	0.0267	135.49
MSF	0.00282193	0.0165	179.88	0.0165	200.49	L2	0.08202355	0.0608	129.95	0.0584	255.94
MF	0.00305009	0.0130	78.90	0.0130	260.74	T2	0.08321926	0.0237	114.27	0.0237	200.38
ALP1	0.03439657	0.0024	117.02	0.0023	321.33	S2	0.08333334	0.2495	134.55	0.2494	44.43
2Q1	0.03570635	0.0056	109.27	0.0054	266.06	R2	0.08344740	0.0110	237.75	0.0135	145.71
SIG1	0.03590872	0.0072	106.39	0.0070	18.10	K2	0.08356149	0.0722	129.21	0.0669	217.66
Q1	0.03721850	0.0423	112.52	0.0406	337.14	MSN2	0.08484548	0.0097	347.45	0.0100	325.15
RHO1	0.03742087	0.0099	116.39	0.0091	93.36	ETA2	0.08507364	0.0021	103.83	0.0020	265.03
O1	0.03873065	0.2132	126.32	0.2051	58.82	MO3	0.11924206	0.0172	210.41	0.0167	34.29
TAU1	0.03895881	0.0052	187.79	0.0059	102.86	M3	0.12076710	0.0016	167.44	0.0016	4.55
BET1	0.04004043	0.0044	103.95	0.0042	167.70	SO3	0.12206399	0.0114	246.12	0.0110	88.49
NO1	0.04026859	0.0146	134.38	0.0169	10.75	MK3	0.12229215	0.0175	237.63	0.0173	83.44
CHI1	0.04047097	0.0037	98.88	0.0035	105.50	SK3	0.12511408	0.0056	282.36	0.0054	146.65
PI1	0.04143851	0.0075	130.08	0.0075	270.99	MN4	0.15951064	0.0281	170.70	0.0288	245.67
P1	0.04155259	0.0795	155.16	0.0797	120.09	M4	0.16102280	0.0708	193.76	0.0725	336.55
S1	0.04166667	0.0058	18.13	0.0041	125.04	SN4	0.16233259	0.0059	232.83	0.0060	326.29
K1	0.04178075	0.2466	159.60	0.2411	114.02	MS4	0.16384473	0.0472	235.29	0.0478	36.56
PSI1	0.04189482	0.0028	113.39	0.0028	243.94	MK4	0.16407290	0.0134	223.60	0.0126	203.44
PHI1	0.04200891	0.0048	149.01	0.0050	253.27	S4	0.16666667	0.0056	257.45	0.0056	77.21
THE1	0.04309053	0.0010	228.61	0.0009	140.02	SK4	0.16689482	0.0050	251.22	0.0046	249.55
J1	0.04329290	0.0133	180.52	0.0128	206.83	2MK5	0.20280355	0.0021	348.47	0.0021	85.68
SO1	0.04460268	0.0045	238.83	0.0043	216.22	2SK5	0.20844743	0.0012	322.43	0.0012	96.61
OO1	0.04483084	0.0066	215.15	0.0062	11.21	2MN6	0.24002205	0.0004	40.34	0.0004	6.71
UPS1	0.04634299	0.0008	88.05	0.0007	316.81	M6	0.24153420	0.0017	169.07	0.0018	203.25
OQ2	0.07597494	0.0065	110.15	0.0069	164.14	2MS6	0.24435613	0.0039	222.01	0.0040	274.68
EPS2	0.07617731	0.0160	178.96	0.0166	343.97	2MK6	0.24458429	0.0007	230.27	0.0007	101.50
2N2	0.07748710	0.0167	85.16	0.0176	204.08	2SM6	0.24717808	0.0015	303.02	0.0015	14.17
MU2	0.07768947	0.0464	216.88	0.0472	88.17	MSK6	0.24740623	0.0011	297.49	0.0010	187.21
N2	0.07899925	0.1816	68.41	0.1837	251.99	3MK7	0.28331494	0.0008	199.81	0.0008	188.41
NU2	0.07920162	0.0508	72.69	0.0518	10.93	M8	0.32204559	0.0010	56.19	0.0010	341.76

表 4.10 綠島潮位站(1676) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01676 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.1482	0.00	0.1482	0.00	H1	0.08039733	0.0026	59.62	0.0027	304.32
SA	0.00011407	0.1439	164.77	0.1439	348.66	M2	0.08051140	0.4333	300.50	0.4387	191.89
SSA	0.00022816	0.0167	285.71	0.0167	86.95	H2	0.08062547	0.0034	174.75	0.0035	249.22
MSM	0.00130978	0.0154	315.46	0.0154	268.47	MKS2	0.08073957	0.0041	66.39	0.0038	136.36
MM	0.00151215	0.0115	36.21	0.0115	103.79	LDA2	0.08182118	0.0006	328.43	0.0006	353.25
MSF	0.00282193	0.0025	65.13	0.0025	85.73	L2	0.08202355	0.0110	313.93	0.0105	79.92
MF	0.00305009	0.0076	95.93	0.0076	277.77	T2	0.08321926	0.0129	308.67	0.0129	34.77
ALP1	0.03439657	0.0024	37.66	0.0023	241.83	S2	0.08333334	0.1902	321.30	0.1901	231.18
2Q1	0.03570635	0.0049	60.36	0.0047	216.98	R2	0.08344740	0.0020	19.76	0.0024	287.71
SIG1	0.03590872	0.0033	70.15	0.0032	341.82	K2	0.08356149	0.0518	319.24	0.0480	47.70
Q1	0.03721850	0.0300	73.38	0.0288	297.91	MSN2	0.08484548	0.0007	344.35	0.0007	322.05
RHO1	0.03742087	0.0048	108.03	0.0044	84.97	ETA2	0.08507364	0.0035	341.26	0.0033	142.57
O1	0.03873065	0.1412	87.24	0.1358	19.73	MO3	0.11924206	0.0030	13.69	0.0029	197.57
TAU1	0.03895881	0.0047	38.50	0.0053	313.70	M3	0.12076710	0.0063	186.79	0.0064	23.90
BET1	0.04004043	0.0005	11.75	0.0005	75.50	SO3	0.12206399	0.0025	60.85	0.0024	263.21
NO1	0.04026859	0.0080	97.19	0.0093	334.23	MK3	0.12229215	0.0035	28.59	0.0034	234.41
CHI1	0.04047097	0.0026	92.00	0.0025	98.61	SK3	0.12511408	0.0008	42.71	0.0008	267.01
PI1	0.04143851	0.0060	114.68	0.0060	255.59	MN4	0.15951064	0.0021	270.37	0.0021	345.34
P1	0.04155259	0.0490	106.22	0.0491	71.15	M4	0.16102280	0.0062	311.29	0.0063	94.08
S1	0.04166667	0.0107	139.56	0.0077	246.47	SN4	0.16233259	0.0010	256.81	0.0010	350.27
K1	0.04178075	0.1464	107.30	0.1432	61.72	MS4	0.16384473	0.0033	348.16	0.0034	149.43
PSI1	0.04189482	0.0056	79.39	0.0056	209.94	MK4	0.16407290	0.0006	348.87	0.0006	328.72
PHI1	0.04200891	0.0009	35.61	0.0009	139.86	S4	0.16666667	0.0005	132.58	0.0005	312.33
THE1	0.04309053	0.0015	210.02	0.0014	121.47	SK4	0.16689482	0.0006	125.22	0.0006	123.55
J1	0.04329290	0.0052	115.68	0.0050	142.21	2MK5	0.20280355	0.0002	182.57	0.0002	279.78
SO1	0.04460268	0.0004	268.48	0.0004	245.87	2SK5	0.20844743	0.0003	195.60	0.0003	329.78
OO1	0.04483084	0.0041	112.56	0.0039	268.69	2MN6	0.24002205	0.0004	108.69	0.0004	75.06
UPS1	0.04634299	0.0009	86.14	0.0008	315.00	M6	0.24153420	0.0008	96.85	0.0008	131.04
OQ2	0.07597494	0.0009	257.36	0.0010	311.16	2MS6	0.24435613	0.0009	138.79	0.0009	191.46
EPS2	0.07617731	0.0035	269.60	0.0036	74.54	2MK6	0.24458429	0.0003	32.47	0.0003	263.72
2N2	0.07748710	0.0109	276.24	0.0115	35.05	2SM6	0.24717808	0.0006	142.57	0.0006	213.73
MU2	0.07768947	0.0130	287.72	0.0132	159.00	MSK6	0.24740623	0.0004	77.25	0.0003	326.98
N2	0.07899925	0.0893	290.48	0.0903	114.06	3MK7	0.28331494	0.0002	136.52	0.0002	125.13
NU2	0.07920162	0.0169	295.75	0.0172	233.99	M8	0.32204559	0.0002	113.02	0.0002	38.61

表 4.11 金門潮位站(1956) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01956 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.1020	180.00	0.1020	180.00	H1	0.08039733	0.0316	207.01	0.0326	91.71
SA	0.00011407	0.0454	232.61	0.0454	56.50	M2	0.08051140	1.7692	109.31	1.7910	0.70
SSA	0.00022816	0.0826	337.79	0.0826	139.02	H2	0.08062547	0.0590	11.56	0.0594	86.02
MSM	0.00130978	0.0202	240.26	0.0202	193.27	MKS2	0.08073957	0.0180	308.77	0.0169	18.73
MM	0.00151215	0.0163	187.97	0.0163	255.55	LDA2	0.08182118	0.0427	129.71	0.0434	154.53
MSF	0.00282193	0.0183	152.57	0.0183	173.17	L2	0.08202355	0.1045	143.24	0.1004	269.23
MF	0.00305009	0.0387	48.88	0.0387	230.71	T2	0.08321926	0.0395	136.38	0.0395	222.49
ALP1	0.03439657	0.0010	61.21	0.0010	265.63	S2	0.08333334	0.5296	153.20	0.5293	63.08
2Q1	0.03570635	0.0089	98.36	0.0086	255.31	R2	0.08344740	0.0163	251.45	0.0201	159.41
SIG1	0.03590872	0.0089	108.48	0.0085	20.22	K2	0.08356149	0.1492	149.27	0.1383	237.72
Q1	0.03721850	0.0518	108.15	0.0498	332.84	MSN2	0.08484548	0.0158	353.33	0.0161	331.03
RHO1	0.03742087	0.0096	97.94	0.0089	74.95	ETA2	0.08507364	0.0046	154.43	0.0044	315.52
O1	0.03873065	0.2701	123.69	0.2598	56.19	MO3	0.11924206	0.0225	231.64	0.0219	55.53
TAU1	0.03895881	0.0037	197.44	0.0042	112.40	M3	0.12076710	0.0019	232.94	0.0019	70.06
BET1	0.04004043	0.0054	92.87	0.0051	156.62	SO3	0.12206399	0.0132	270.95	0.0127	113.33
NO1	0.04026859	0.0173	128.92	0.0199	4.67	MK3	0.12229215	0.0197	267.39	0.0195	113.20
CHI1	0.04047097	0.0041	100.91	0.0039	107.52	SK3	0.12511408	0.0067	306.88	0.0066	171.18
PI1	0.04143851	0.0057	136.14	0.0057	277.06	MN4	0.15951064	0.0125	205.76	0.0128	280.73
P1	0.04155259	0.1028	153.55	0.1030	118.49	M4	0.16102280	0.0344	240.20	0.0353	22.98
S1	0.04166667	0.0053	221.37	0.0038	328.27	SN4	0.16233259	0.0032	279.42	0.0033	12.88
K1	0.04178075	0.3274	157.28	0.3202	111.70	MS4	0.16384473	0.0273	280.35	0.0276	81.62
PSI1	0.04189482	0.0023	120.27	0.0023	250.82	MK4	0.16407290	0.0070	250.38	0.0065	230.22
PHI1	0.04200891	0.0051	170.36	0.0053	274.61	S4	0.16666667	0.0036	280.01	0.0035	99.77
THE1	0.04309053	0.0003	280.52	0.0003	191.90	SK4	0.16689482	0.0043	254.36	0.0040	252.68
J1	0.04329290	0.0180	173.72	0.0175	199.82	2MK5	0.20280355	0.0054	0.91	0.0054	98.11
SO1	0.04460268	0.0082	236.91	0.0079	214.29	2SK5	0.20844743	0.0011	164.81	0.0011	298.98
OO1	0.04483084	0.0100	220.37	0.0094	16.36	2MN6	0.24002205	0.0133	329.47	0.0138	295.83
UPS1	0.04634299	0.0015	77.18	0.0013	305.85	M6	0.24153420	0.0238	354.17	0.0247	28.35
OQ2	0.07597494	0.0134	110.80	0.0143	164.96	2MS6	0.24435613	0.0222	38.36	0.0228	91.02
EPS2	0.07617731	0.0275	182.42	0.0285	347.49	2MK6	0.24458429	0.0066	29.52	0.0062	260.75
2N2	0.07748710	0.0360	99.06	0.0380	218.08	2SM6	0.24717808	0.0045	97.01	0.0046	168.16
MU2	0.07768947	0.0714	221.92	0.0728	93.22	MSK6	0.24740623	0.0035	72.92	0.0032	322.64
N2	0.07899925	0.3412	87.06	0.3451	270.64	3MK7	0.28331494	0.0019	230.51	0.0019	219.10
NU2	0.07920162	0.0849	89.13	0.0866	27.36	M8	0.32204559	0.0029	268.97	0.0030	194.54

表 4.12 馬祖潮位站(1926) 2019 年天文潮調和常數分析表

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 01926 16H 30/12/2018 TO 15H 31/12/2019
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2019 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)	NAME	FREQUENCY	A (m)	G (°)	AL (m)	GL (°)
Z0	0.00000000	0.0722	180.00	0.0722	180.00	H1	0.08039733	0.0181	227.36	0.0187	112.06
SA	0.00011407	0.1022	311.15	0.1022	135.04	M2	0.08051140	2.0903	62.74	2.1161	314.13
SSA	0.00022816	0.0642	334.50	0.0642	135.74	H2	0.08062547	0.0434	340.59	0.0437	55.06
MSM	0.00130978	0.0477	230.53	0.0477	183.54	MKS2	0.08073957	0.0180	312.35	0.0169	22.30
MM	0.00151215	0.0140	172.02	0.0140	239.60	LDA2	0.08182118	0.0488	87.18	0.0496	112.00
MSF	0.00282193	0.0298	135.17	0.0298	155.78	L2	0.08202355	0.1084	109.23	0.1042	235.22
MF	0.00305009	0.0285	43.00	0.0285	224.84	T2	0.08321926	0.0485	91.71	0.0485	177.82
ALP1	0.03439657	0.0029	132.44	0.0028	337.08	S2	0.08333334	0.6729	96.07	0.6726	5.95
2Q1	0.03570635	0.0059	43.24	0.0057	200.49	R2	0.08344740	0.0137	208.04	0.0169	116.00
SIG1	0.03590872	0.0072	113.13	0.0069	24.93	K2	0.08356149	0.1836	90.95	0.1702	179.38
Q1	0.03721850	0.0478	73.38	0.0460	298.22	MSN2	0.08484548	0.0173	326.67	0.0177	304.36
RHO1	0.03742087	0.0056	55.37	0.0051	32.45	ETA2	0.08507364	0.0058	121.52	0.0056	282.39
O1	0.03873065	0.2412	90.31	0.2320	22.82	MO3	0.11924206	0.0107	4.79	0.0104	188.70
TAU1	0.03895881	0.0028	128.10	0.0032	42.84	M3	0.12076710	0.0054	59.29	0.0055	256.41
BET1	0.04004043	0.0039	70.18	0.0037	133.93	SO3	0.12206399	0.0062	43.88	0.0059	246.28
NO1	0.04026859	0.0172	102.49	0.0196	337.05	MK3	0.12229215	0.0081	9.15	0.0080	214.95
CHI1	0.04047097	0.0050	120.27	0.0049	126.88	SK3	0.12511408	0.0050	121.84	0.0049	346.13
PI1	0.04143851	0.0087	130.55	0.0087	271.47	MN4	0.15951064	0.0140	328.91	0.0143	43.88
P1	0.04155259	0.0940	114.25	0.0942	79.19	M4	0.16102280	0.0373	346.38	0.0382	129.15
S1	0.04166667	0.0122	201.62	0.0087	308.53	SN4	0.16233259	0.0024	97.44	0.0025	190.89
K1	0.04178075	0.3078	119.18	0.3010	73.59	MS4	0.16384473	0.0283	36.64	0.0287	197.90
PSI1	0.04189482	0.0017	151.39	0.0016	281.94	MK4	0.16407290	0.0107	26.38	0.0100	6.21
PHI1	0.04200891	0.0040	138.24	0.0041	242.49	S4	0.16666667	0.0060	75.57	0.0059	255.33
THE1	0.04309053	0.0018	132.45	0.0017	43.76	SK4	0.16689482	0.0032	45.44	0.0030	43.76
J1	0.04329290	0.0151	138.01	0.0147	163.72	2MK5	0.20280355	0.0029	282.90	0.0030	20.09
SO1	0.04460268	0.0044	197.70	0.0042	175.06	2SK5	0.20844743	0.0009	315.18	0.0008	89.35
OO1	0.04483084	0.0070	182.97	0.0066	338.82	2MN6	0.24002205	0.0086	316.15	0.0089	282.50
UPS1	0.04634299	0.0024	111.73	0.0022	340.23	M6	0.24153420	0.0110	335.95	0.0114	10.12
OQ2	0.07597494	0.0132	71.51	0.0141	126.01	2MS6	0.24435613	0.0088	26.14	0.0090	78.79
EPS2	0.07617731	0.0254	159.96	0.0263	325.14	2MK6	0.24458429	0.0037	26.15	0.0035	257.36
2N2	0.07748710	0.0309	49.58	0.0327	168.79	2SM6	0.24717808	0.0013	39.78	0.0013	110.92
MU2	0.07768947	0.0679	198.05	0.0692	69.39	MSK6	0.24740623	0.0029	40.95	0.0027	290.65
N2	0.07899925	0.4072	41.08	0.4119	224.66	3MK7	0.28331494	0.0011	229.67	0.0011	218.25
NU2	0.07920162	0.1001	48.78	0.1021	346.99	M8	0.32204559	0.0011	200.63	0.0012	126.19

表 4.13 2019 年天文潮位調和分析值與觀測資料間均方根誤差分析表

海域	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	臺北	布袋	安平	澎湖	綠島	金門	馬祖
RMSE (m)	0.056	0.052	0.067	0.082	0.064	0.087	0.100	0.065	0.083	0.056	0.171	0.153
NUM	7905	8328	7080	7988	7914	7512	8769	8746	8371	8754	8622	6917
來源	CWB	CWB	CWB	CWB	CWB	IHMT	IHMT	IHMT	CWB	WRA	WRA	CWB

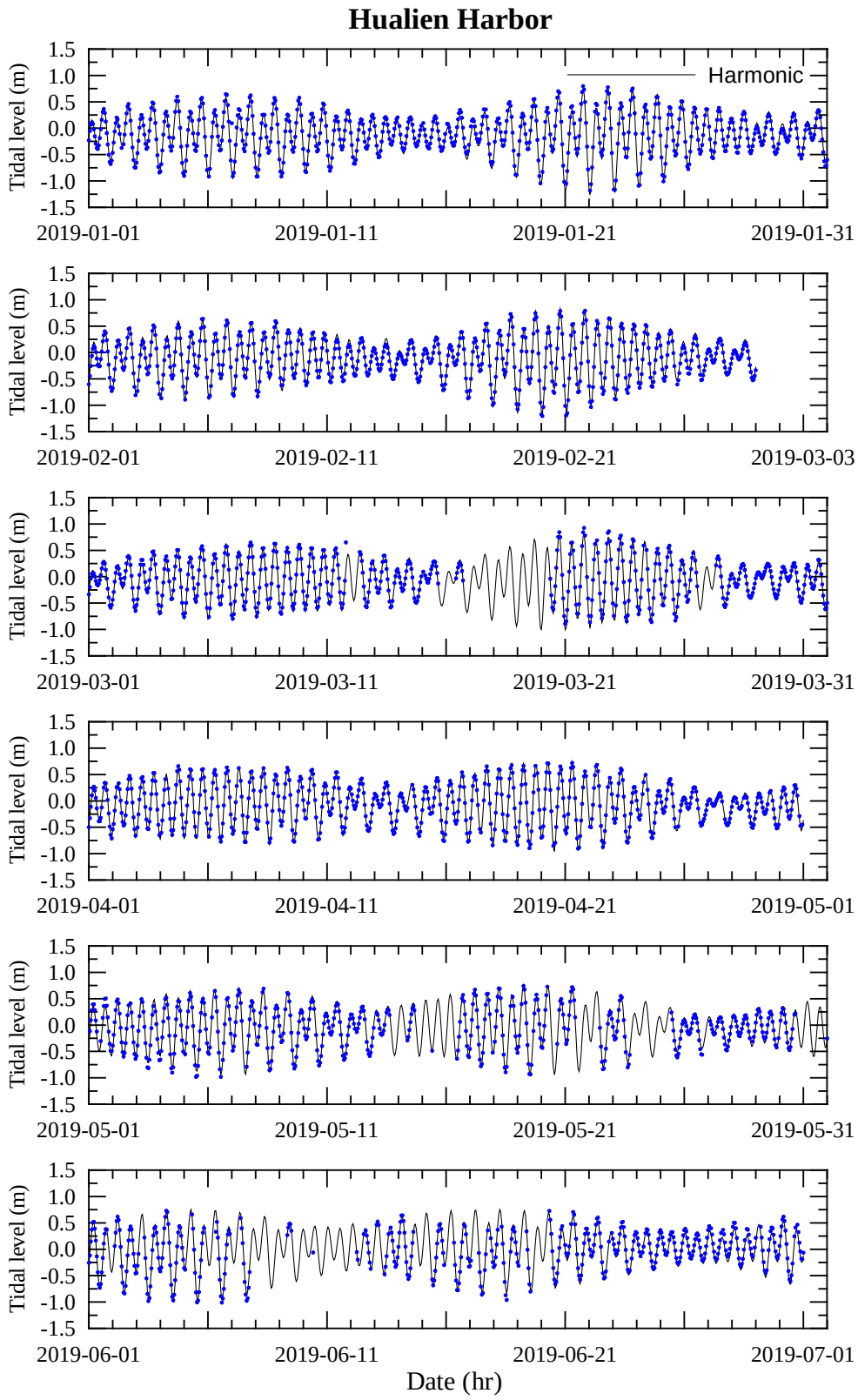


圖 4.5 花蓮海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB HL1256)

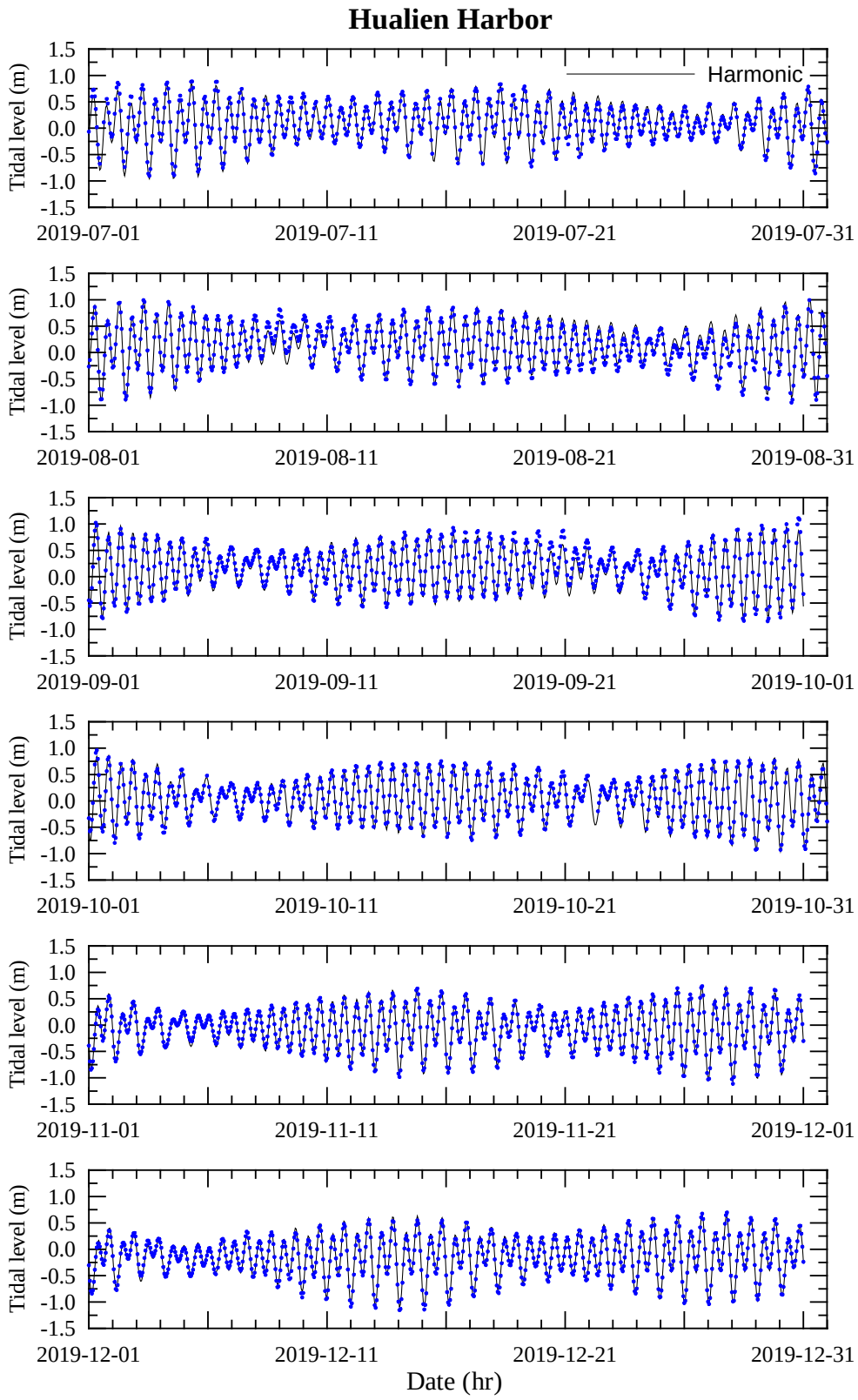


圖 4.5 (續)花蓮海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB HL1256)

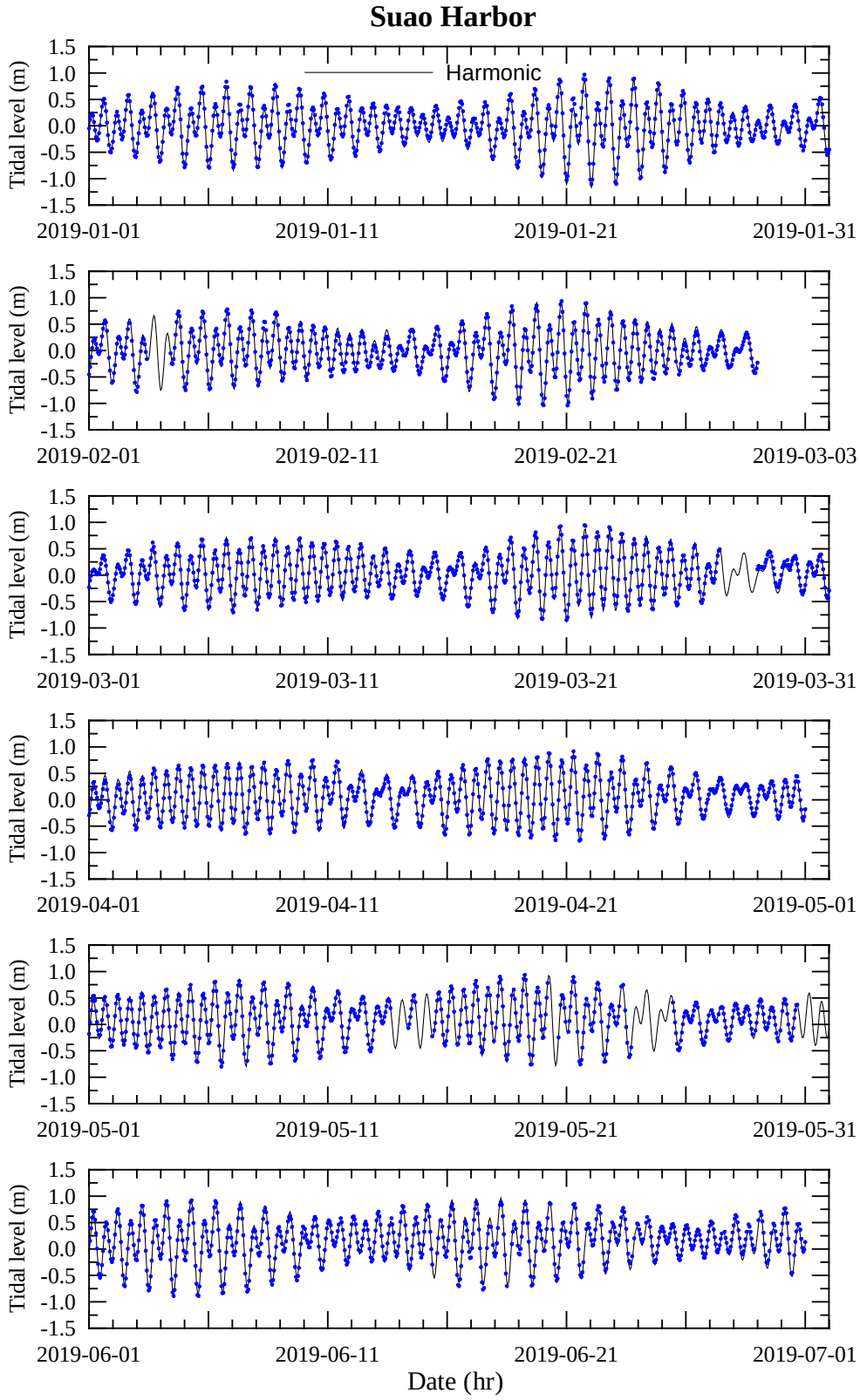


圖 4.6 蘇澳海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB SA1246)

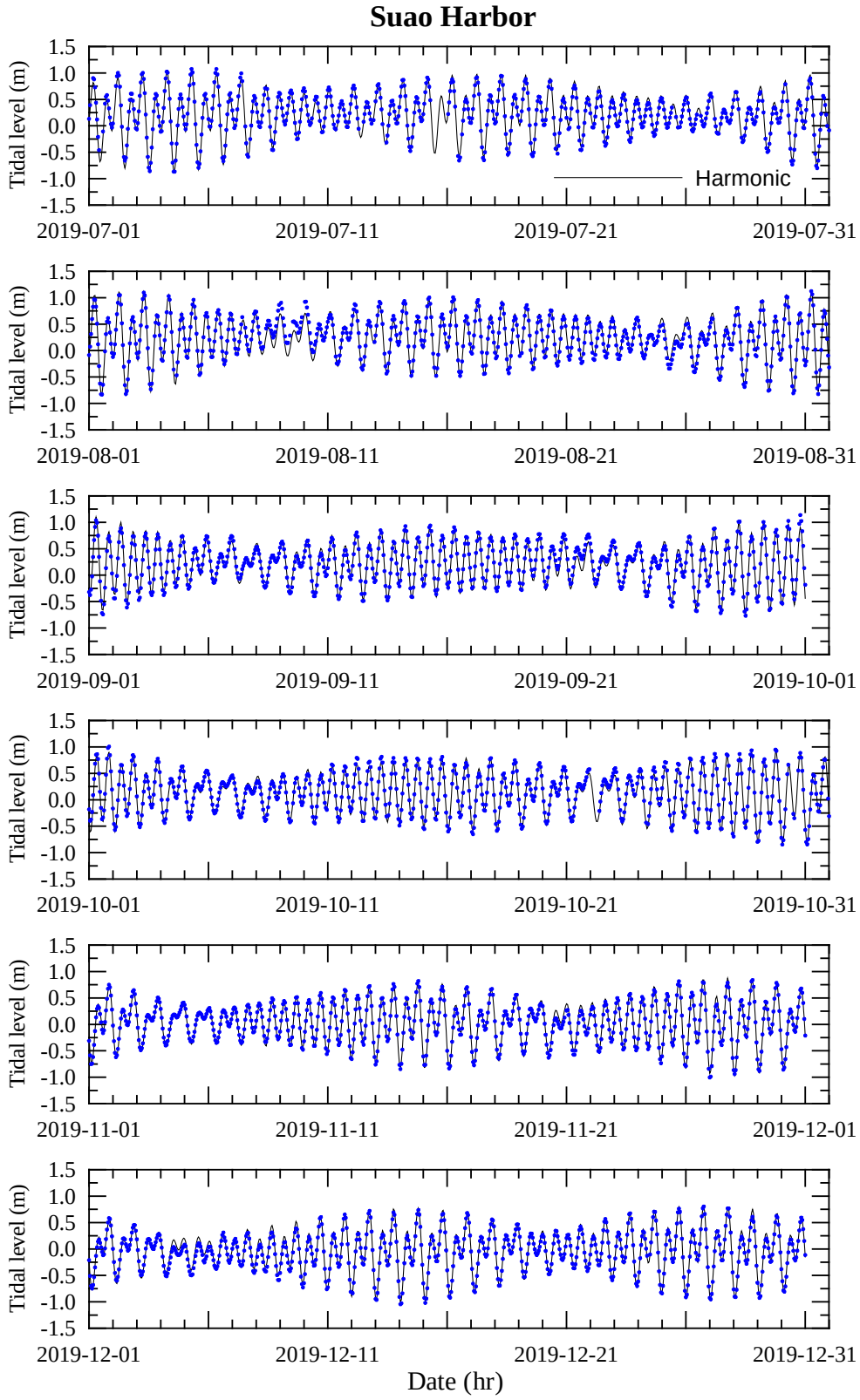


圖 4.6 (續)蘇澳海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB SA1246)

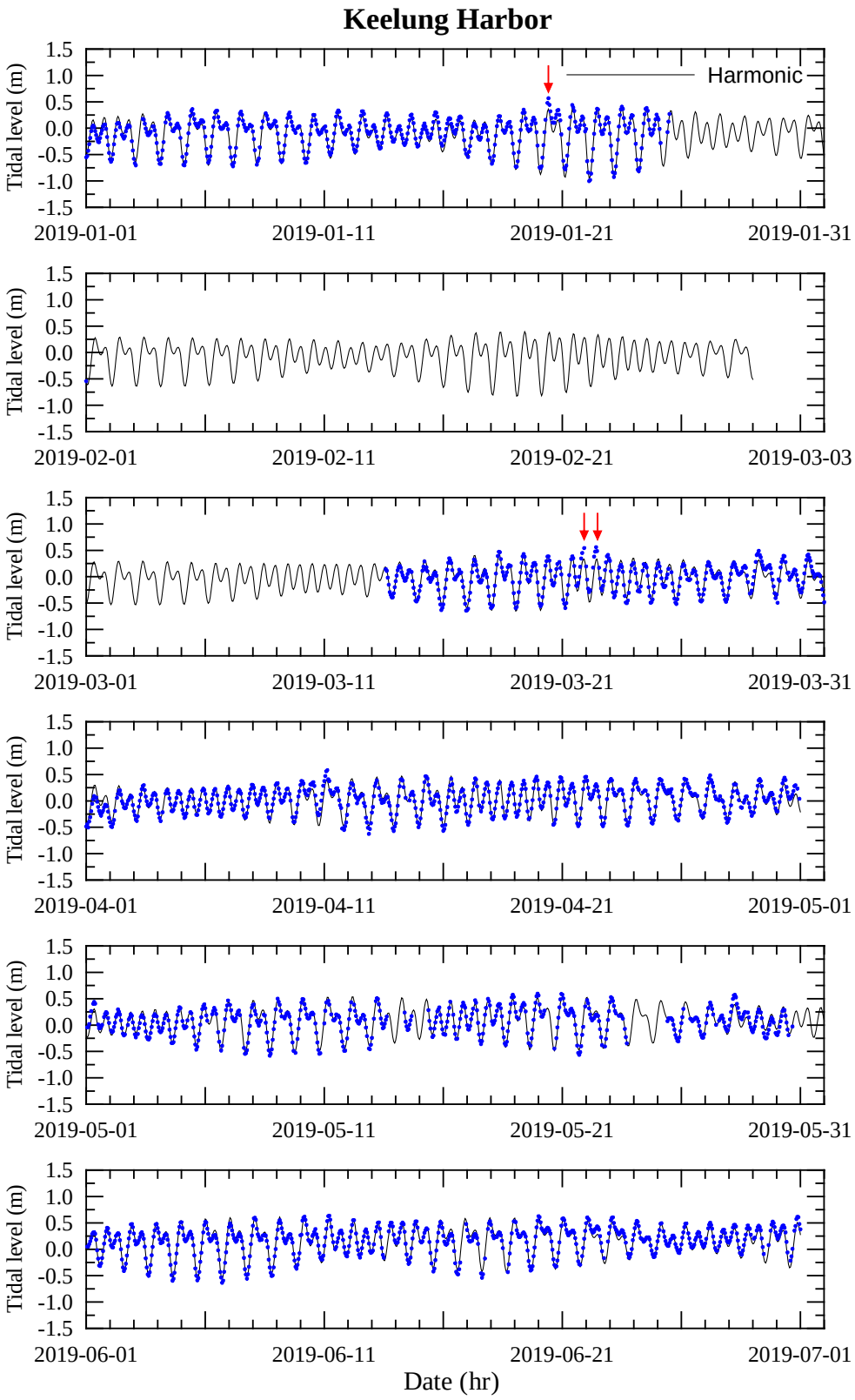


圖 4.7 基隆海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB KL1516)

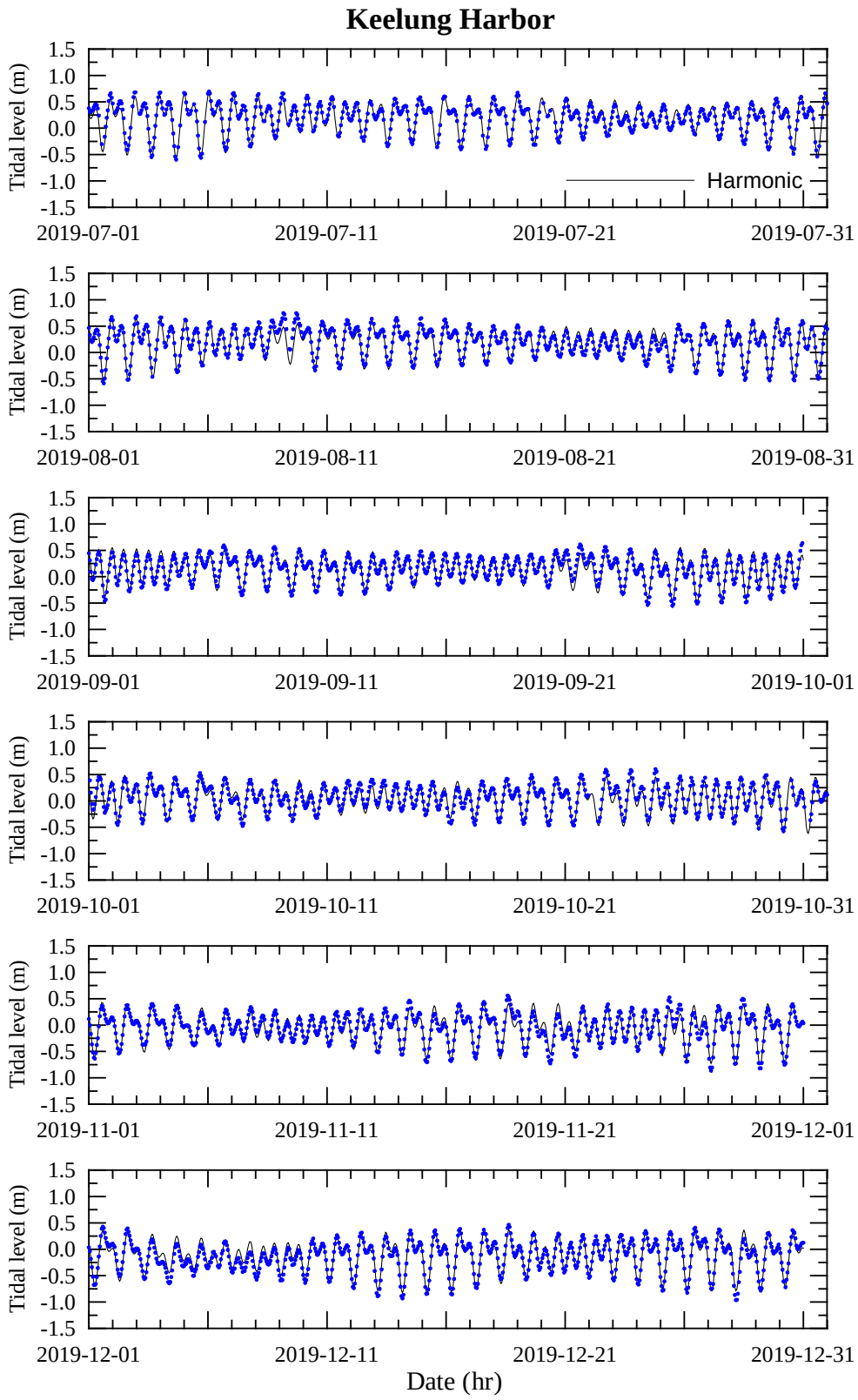


圖 4.7 (續)基隆海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB KL1516)

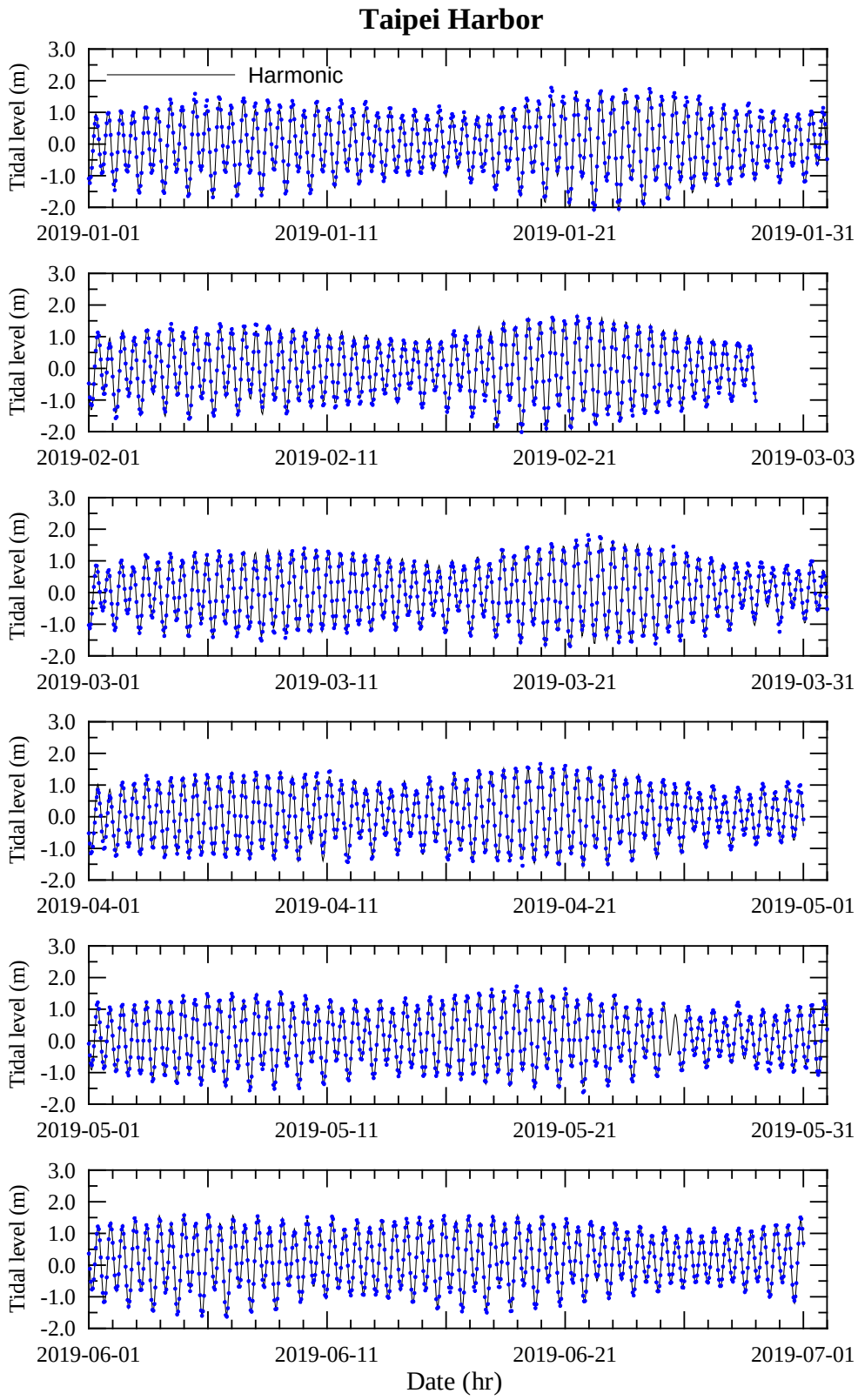


圖 4.8 臺北海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (IHMT TPA3)

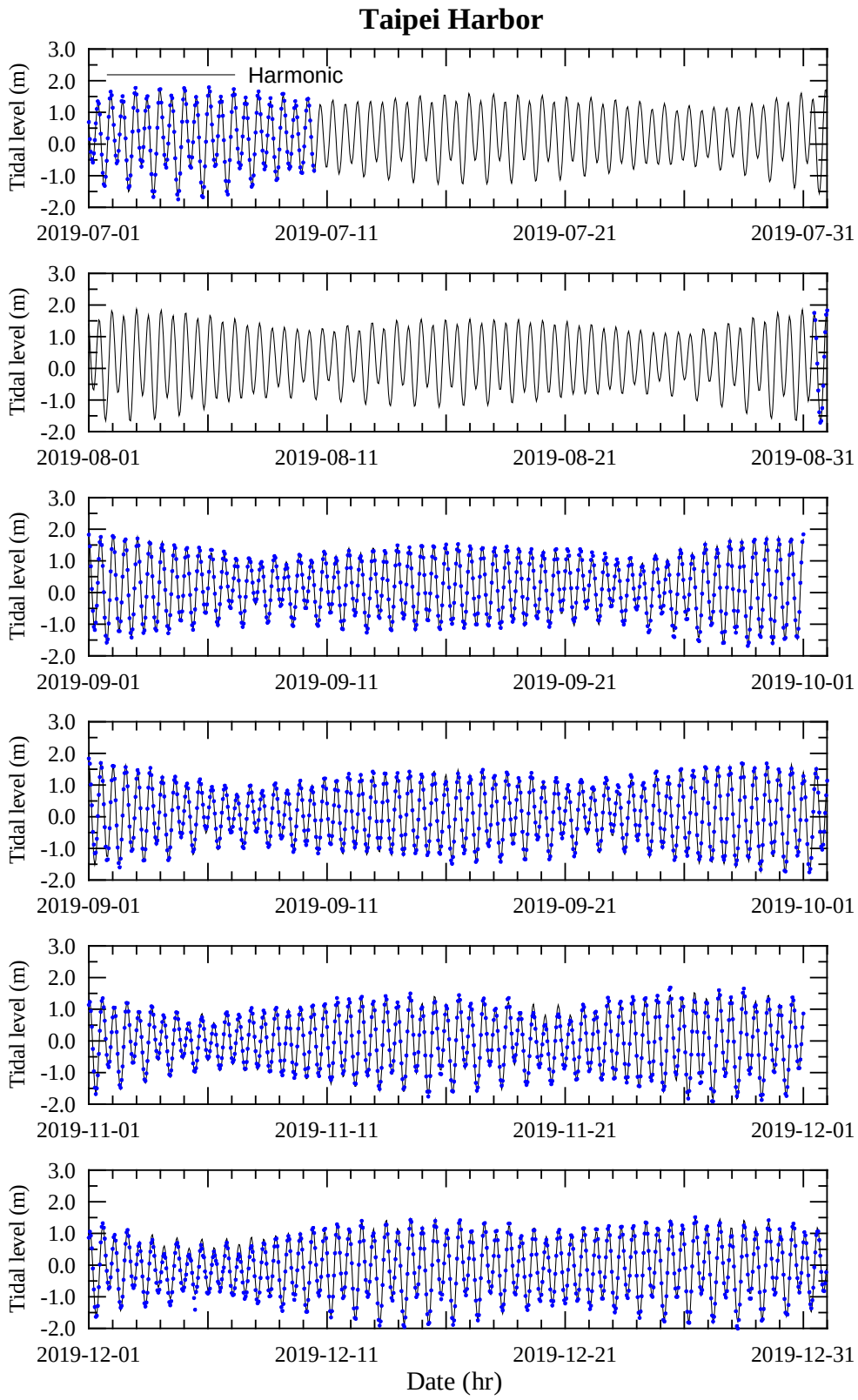


圖 4.8 (續)臺北海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (IHMT TPA3)

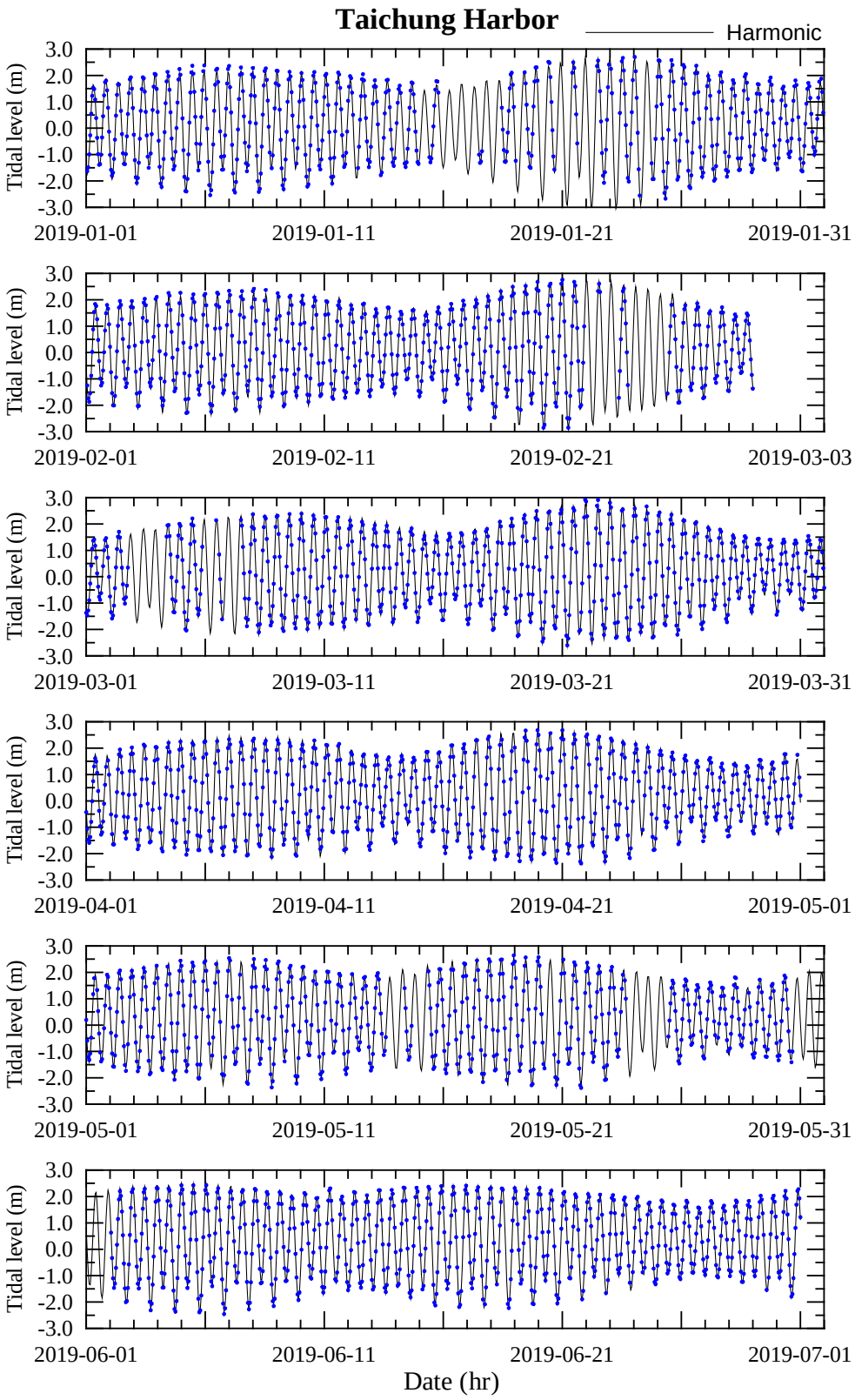


圖 4.9 臺中海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB TC1436)

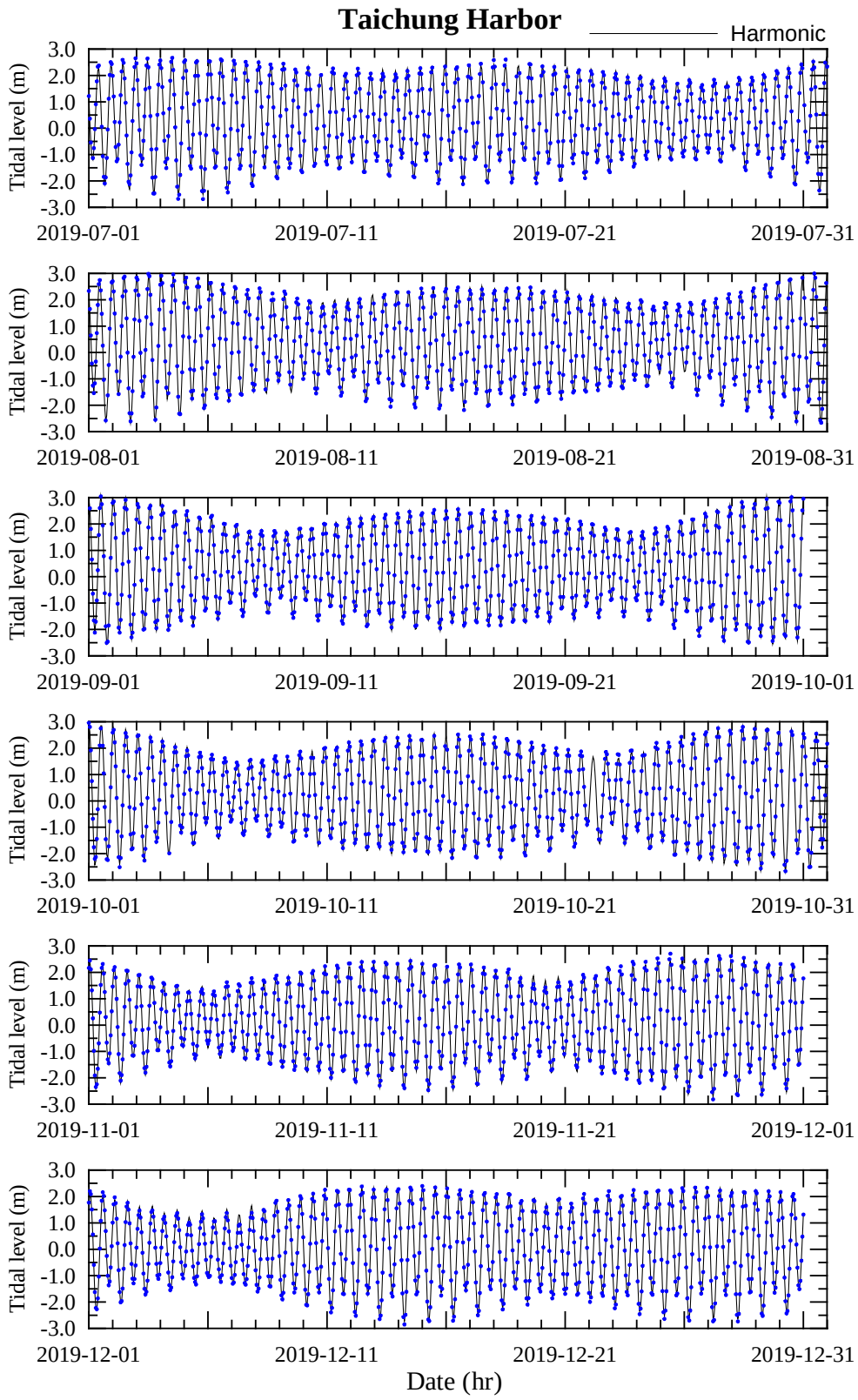


圖 4.9 (續)臺中海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB TC1436)

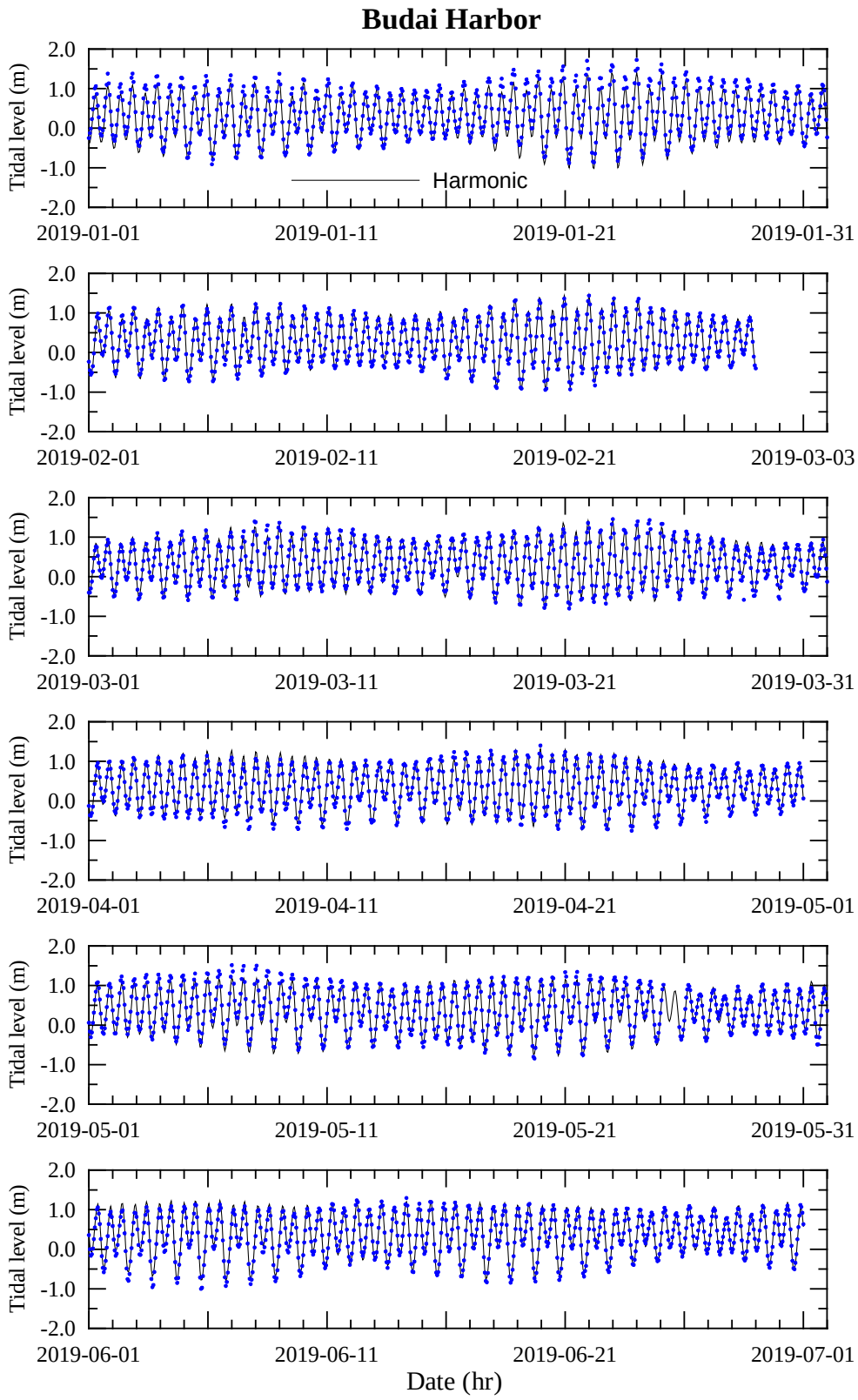


圖 4.10 布袋海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (IHMT BDA3)

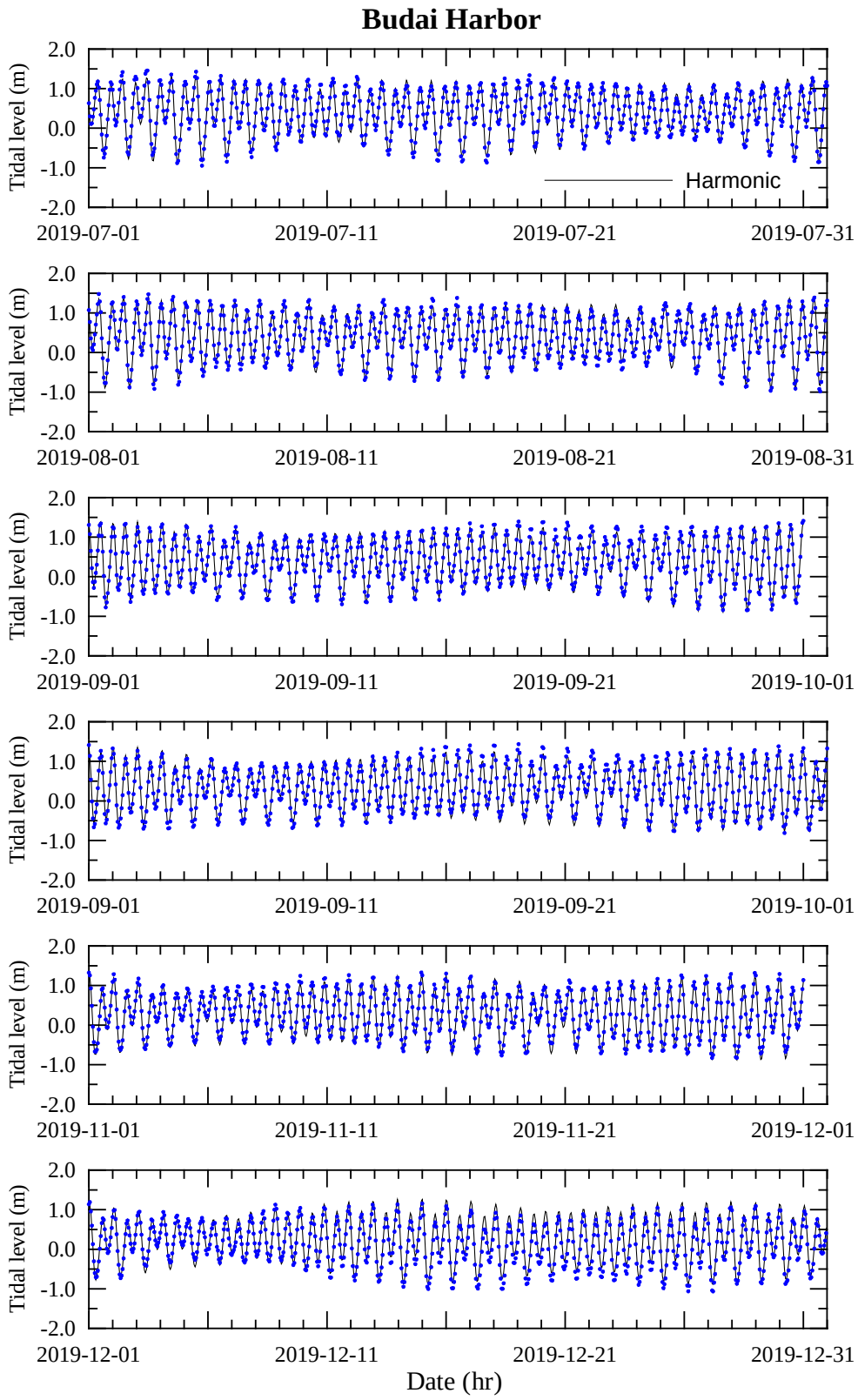


圖 4.10 (續)布袋海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (IHMT BDA3)

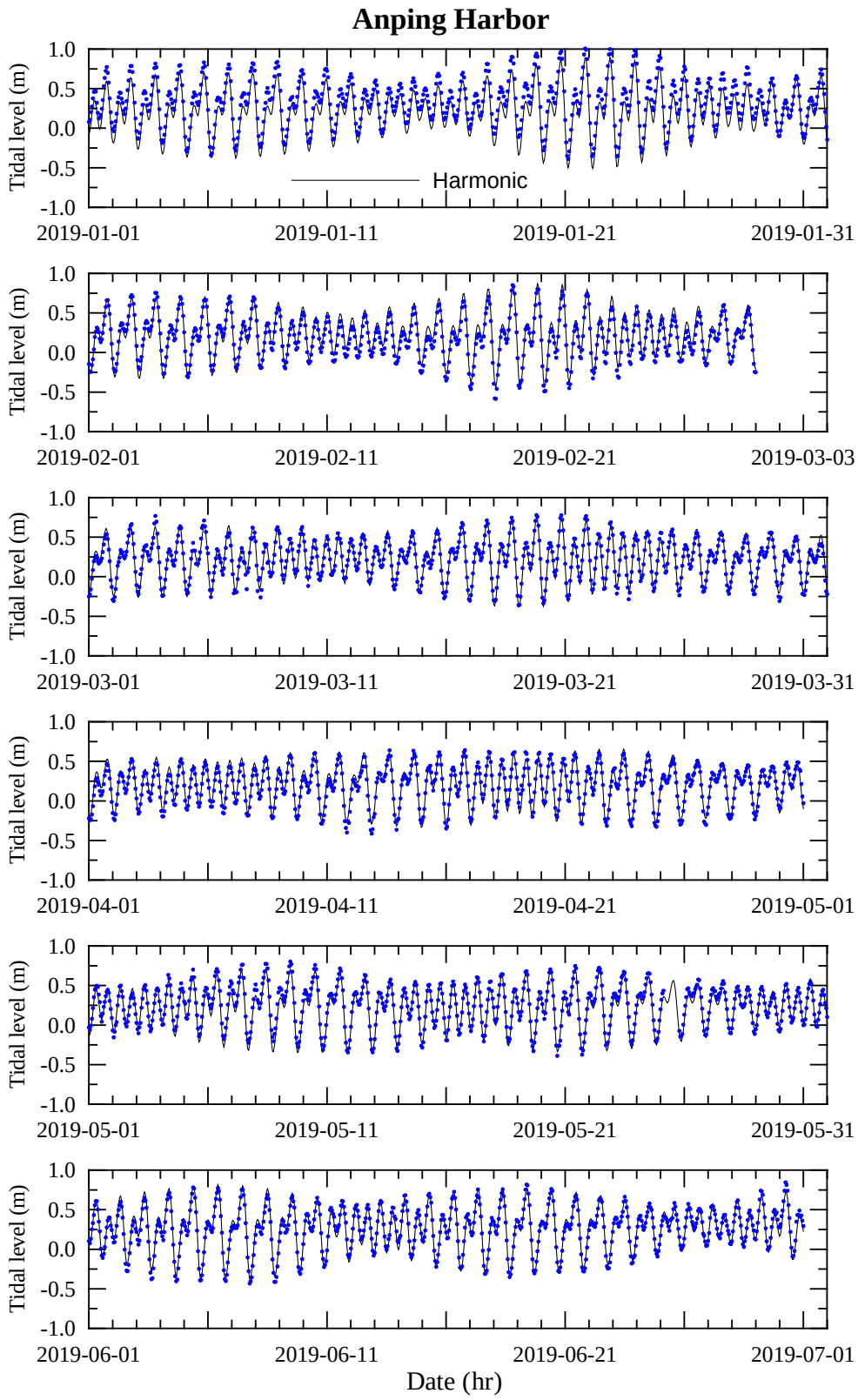


圖 4.11 安平海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (IHMT APA3)

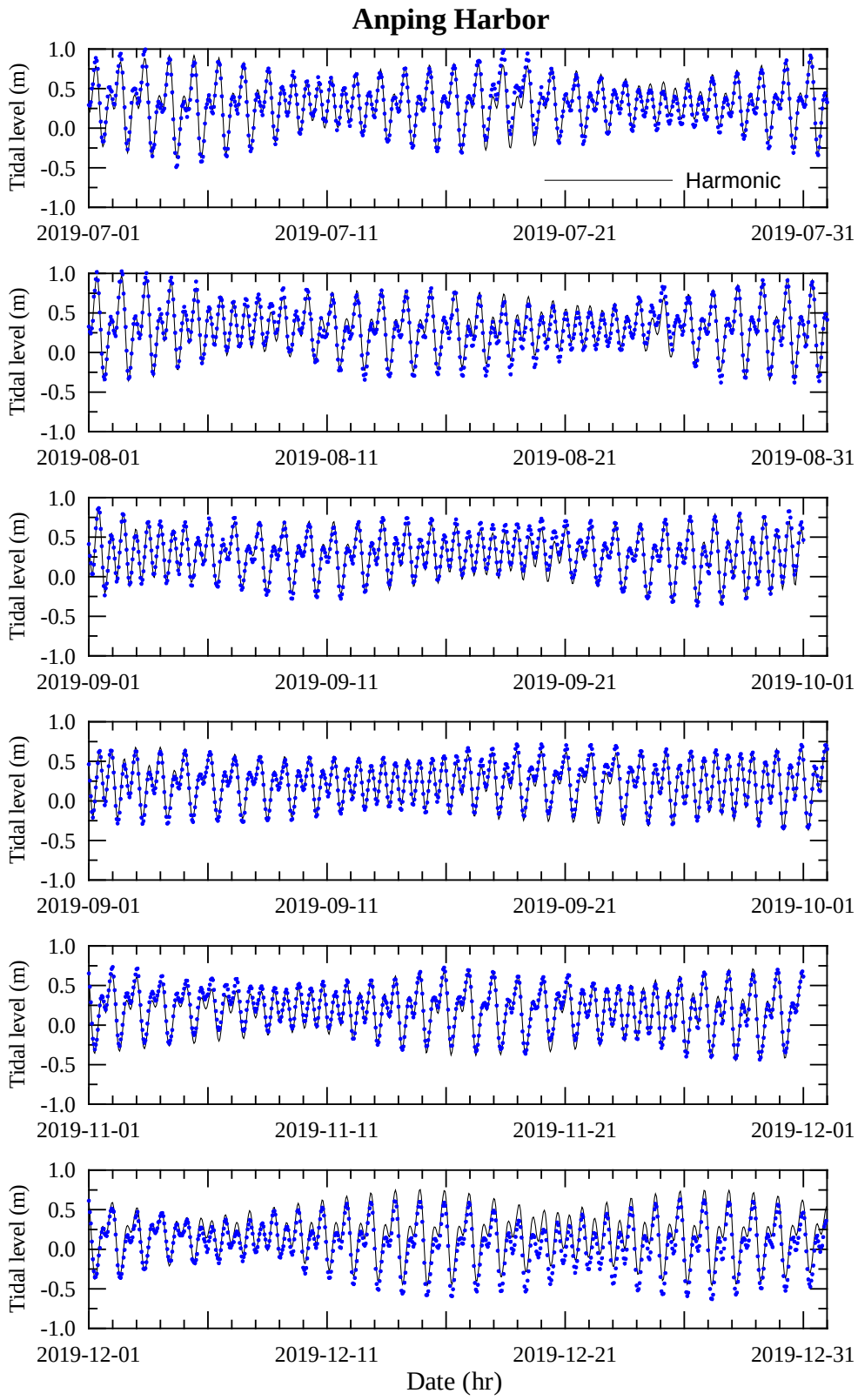


圖 4.11 (續)安平海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (IHMT BDA3)

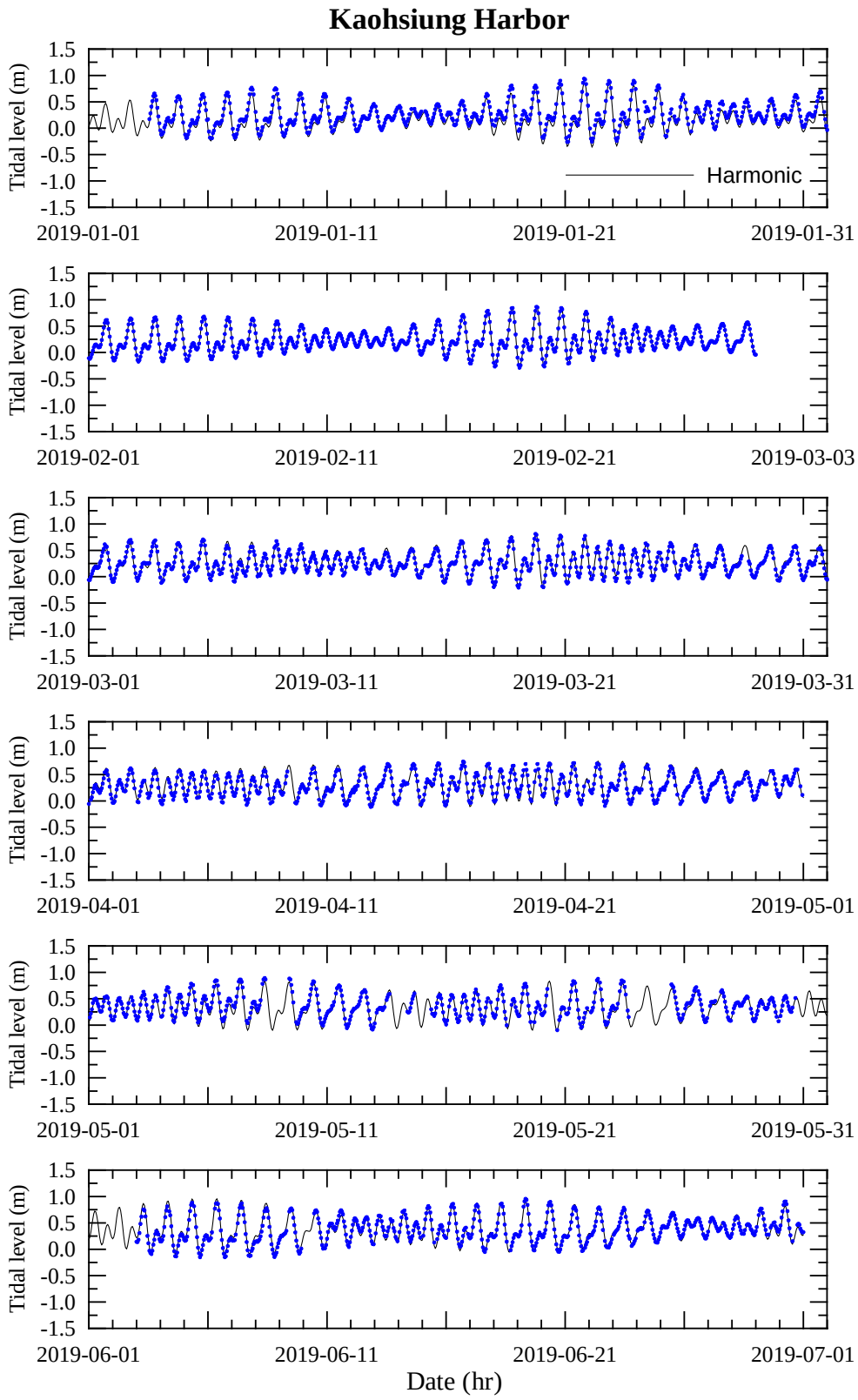


圖 4.12 高雄海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB KH1486)

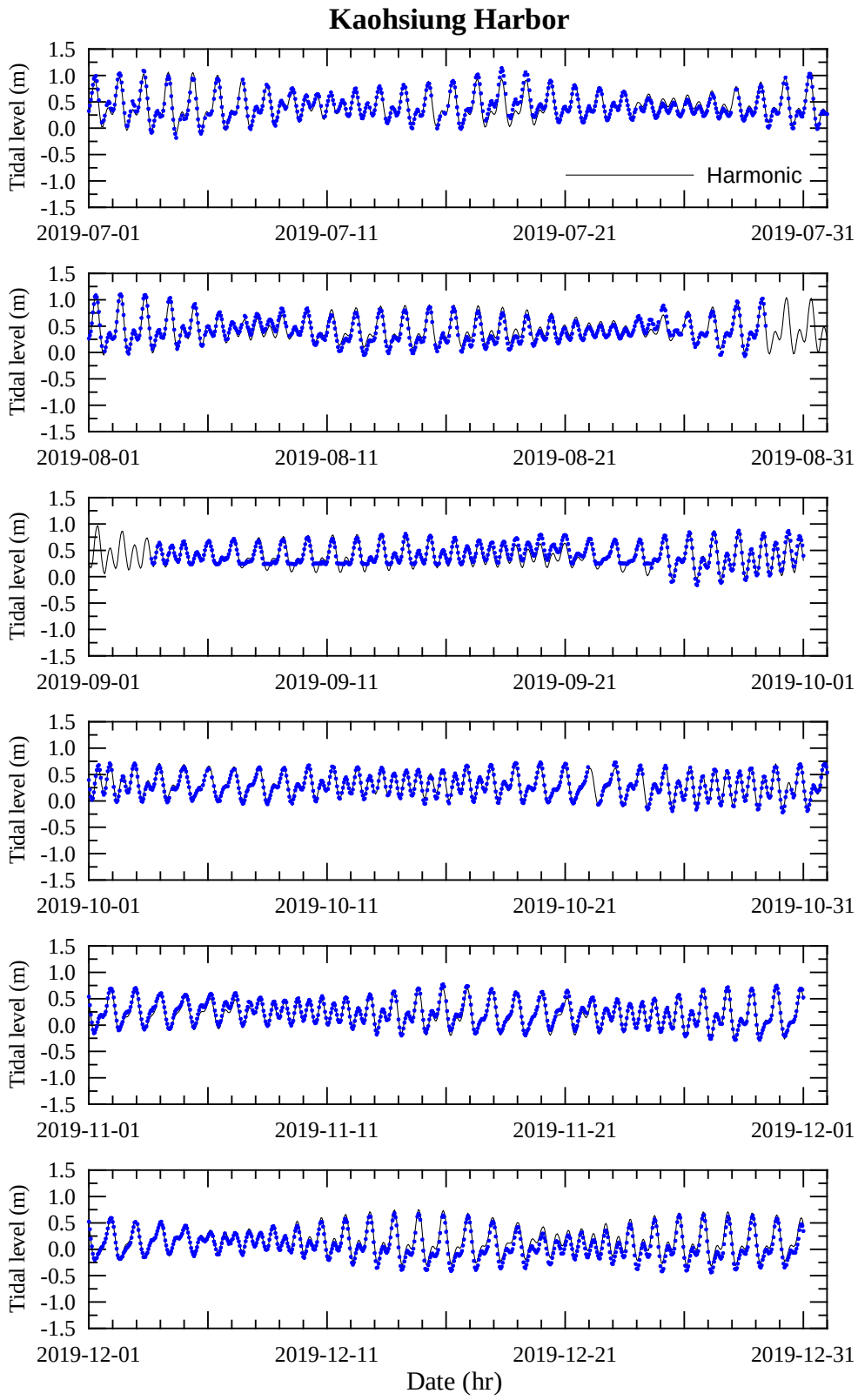


圖 4.12 (續)高雄海域 2019 年潮位觀測值(點)與天文潮分析值之比較圖 (CWB KH1486)

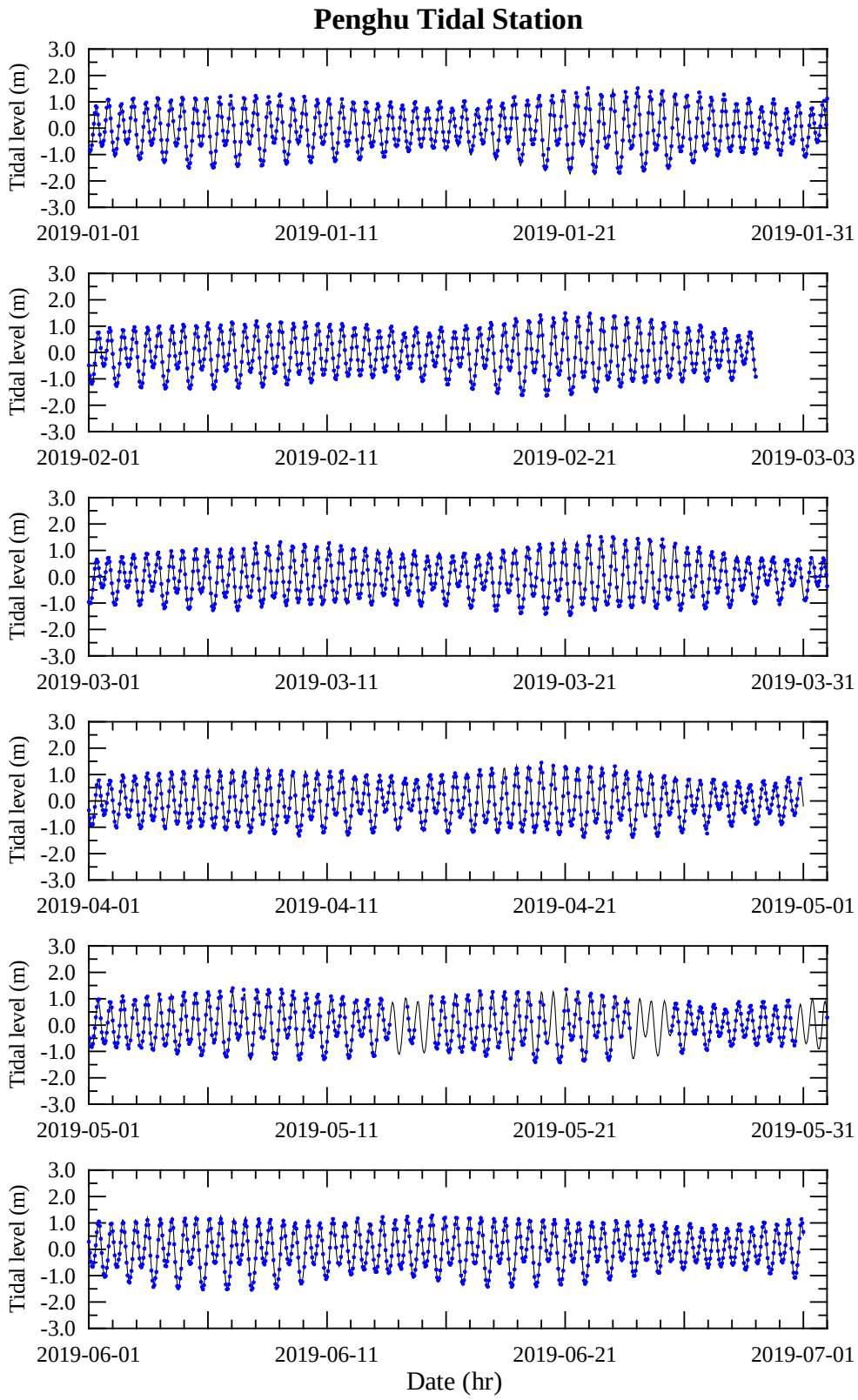


圖 4.13 澎湖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB PH1356)

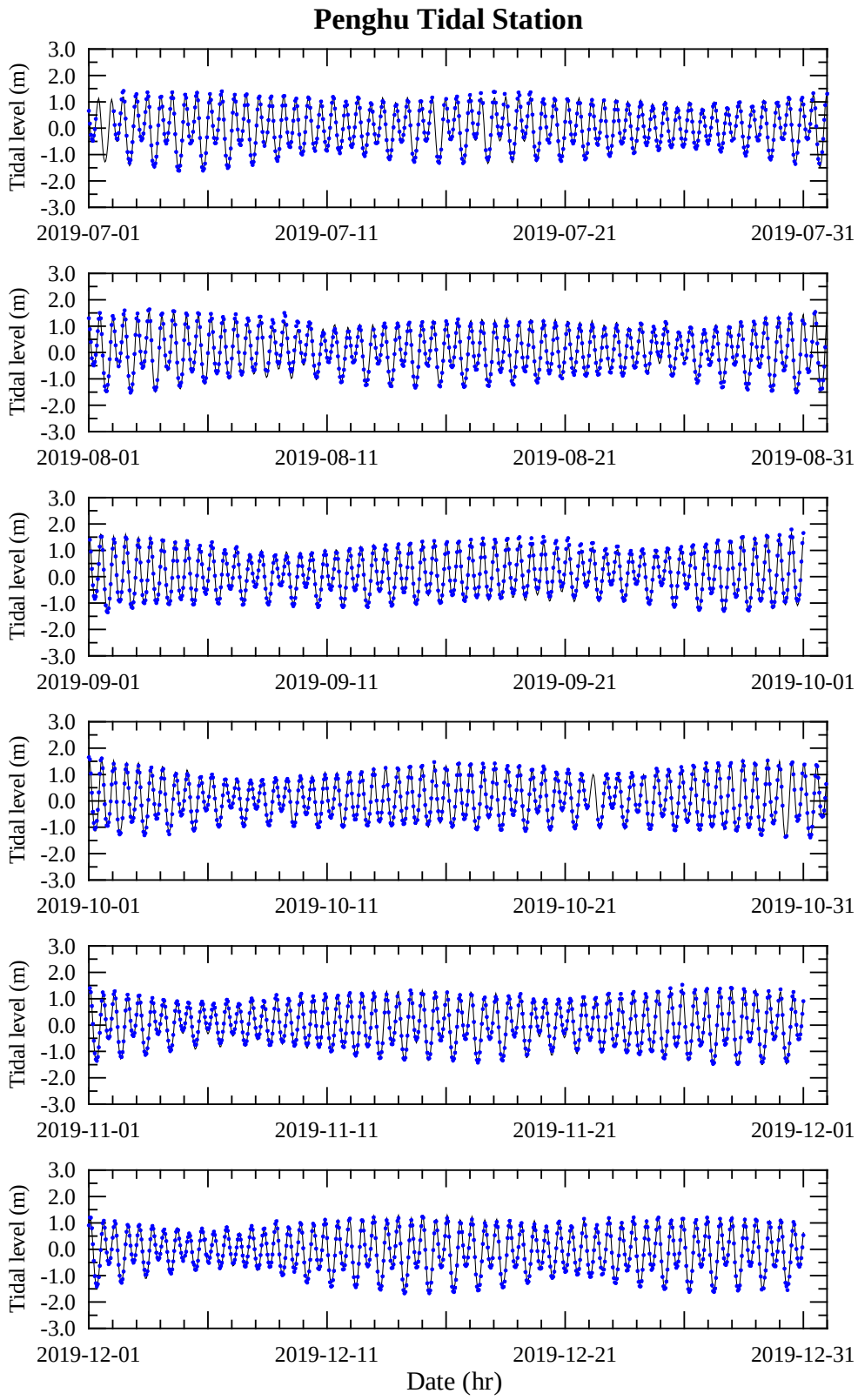


圖 4.13 (續)澎湖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖(CWB PH1356)

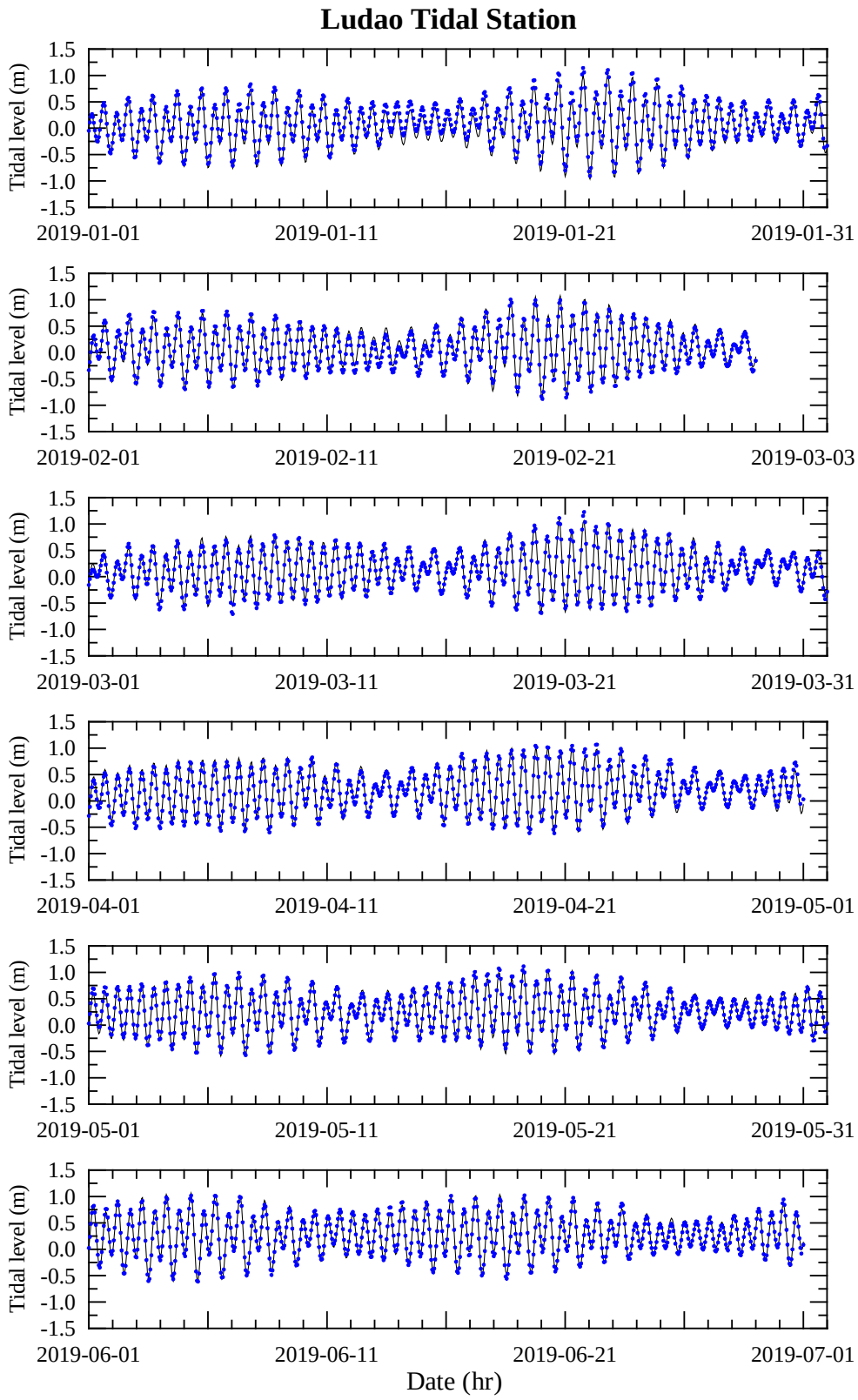


圖 4.14 綠島海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖 (CWB LD1676)

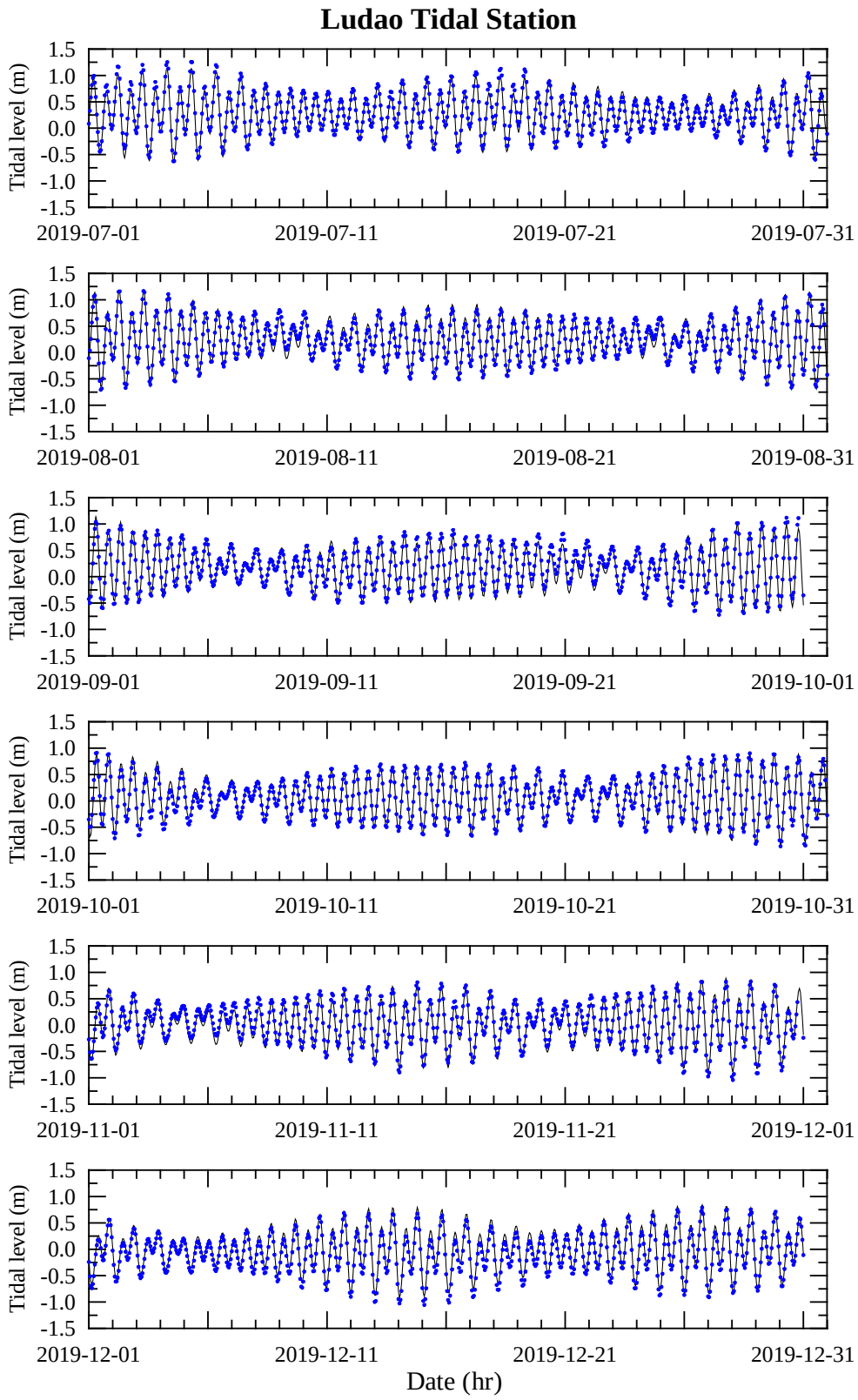


圖 4.14 (續)綠島海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖 (CWB LD1676)

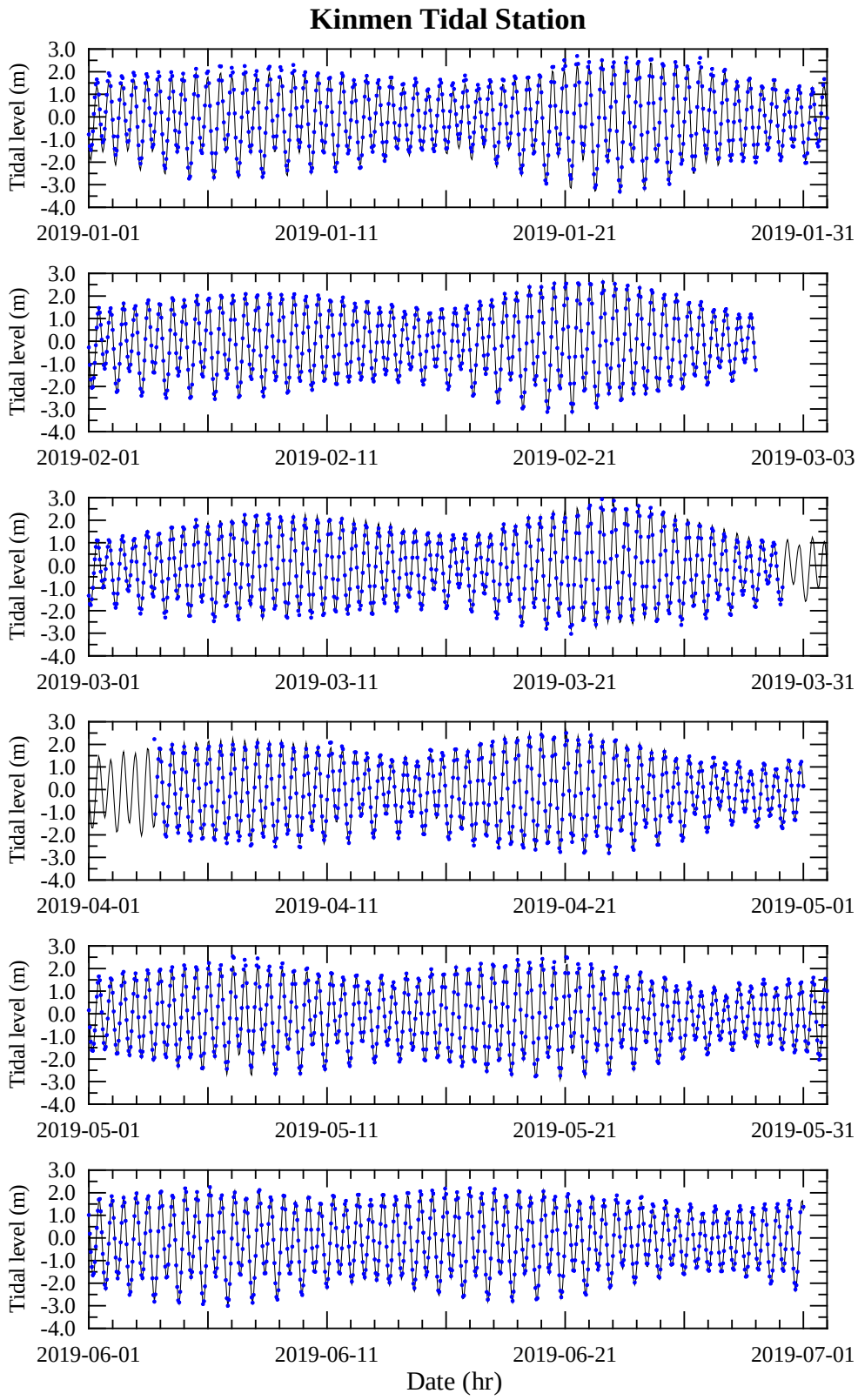


圖 4.15 金門海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖 (CWB KM1956)

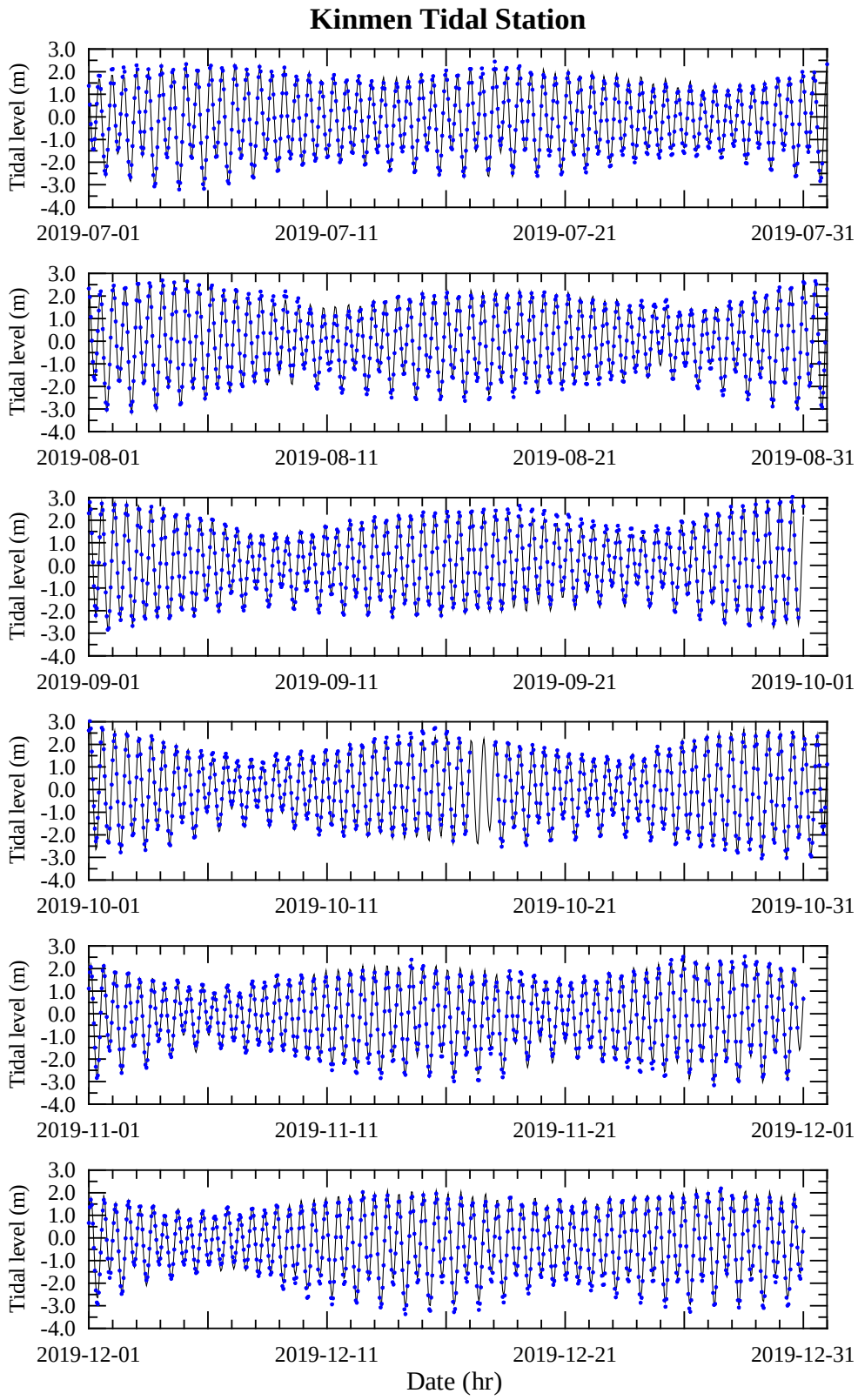


圖 4.15 (續)金門海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖 (CWB KM1956)

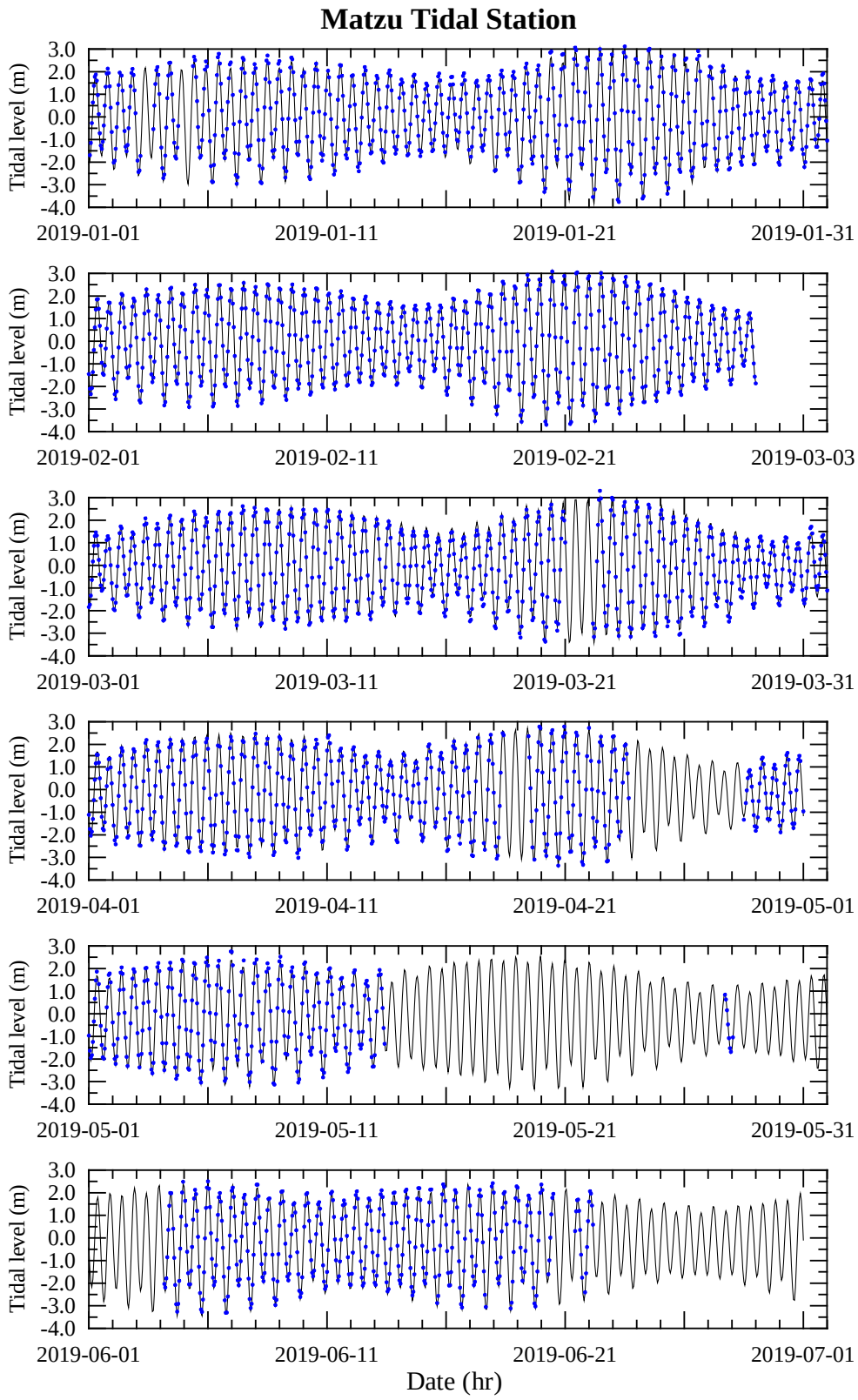


圖 4.16 馬祖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖 (CWB MZ1926)

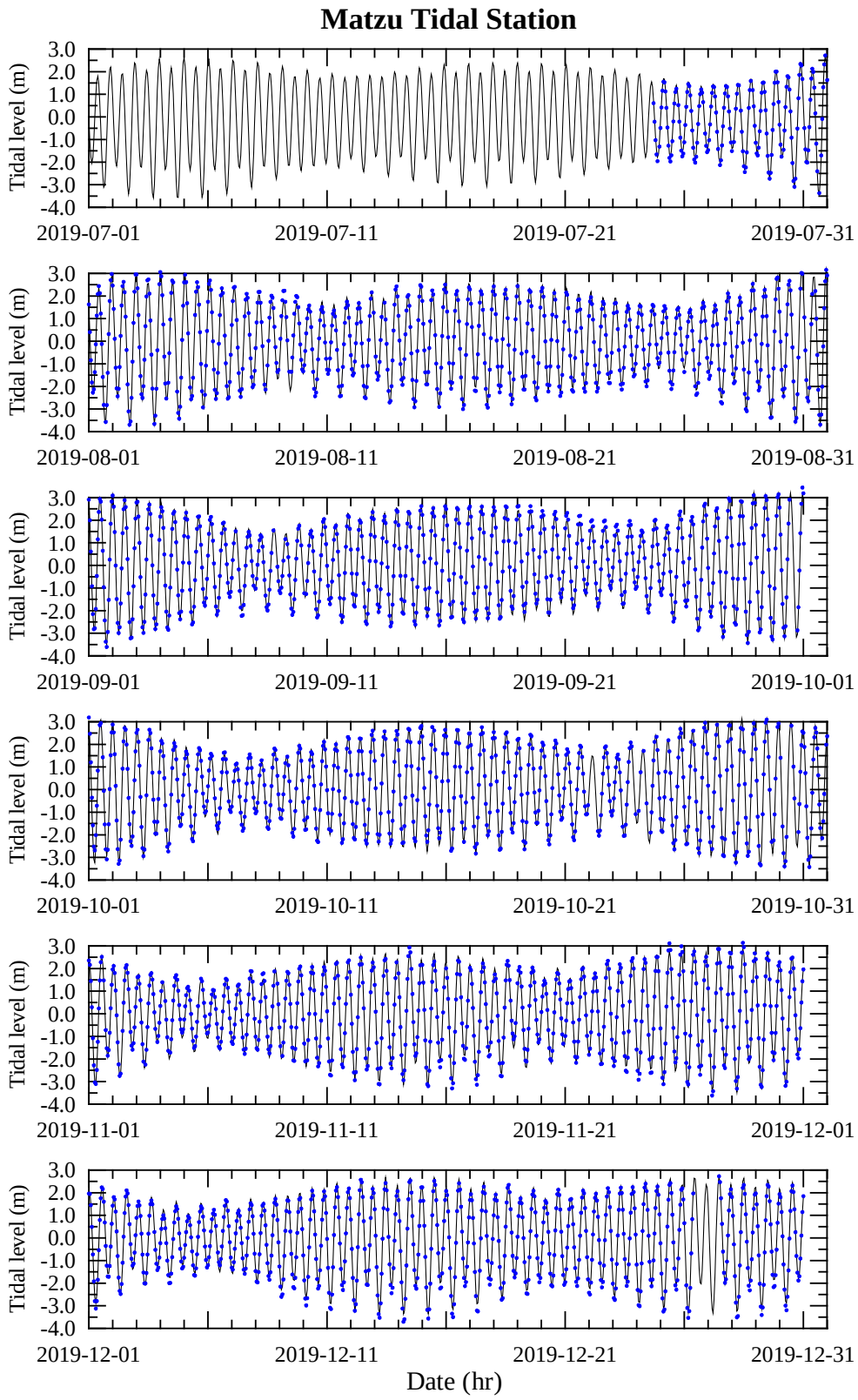


圖 4.16 (續)馬祖海域 2019 年潮位資料(點)與天文潮分析值(線)之比較圖 (CWB MZ1926)

4.2.2 天文潮模擬與校驗

在不考慮氣象因素(如風場及氣壓場)之情況下，本計畫中尺度臺灣周圍海域水動力模組可以模擬臺灣周圍海域天文潮變化，因此本計畫利用中尺度臺灣周圍海域水動力模組模擬 2019 全年臺灣周圍海域天文潮變化。本計畫選取花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港、澎湖馬公港區等港口潮位站 2019 年天文潮逐時預測值做為模式校驗之依據。

針對各潮位站 2019 年天文潮調和分析預測值，本計畫先將逐時資料扣除年平均潮位值，再與模式模擬值比對，如圖 4.17 至圖 4.22 所示。模式模擬值與天文潮調和分析預測值間之均方根誤差及相關係數分析結果，如表 4.14 所列。整體水位校驗結果顯示，東部海域花蓮港(圖 4.17)、蘇澳港(圖 4.18)等地區模式模擬結果與調和分析預測值間水位變化趨勢相當近似，相關係數均大於 0.9，均方根誤差值亦小於 0.1m。北部海域基隆港(圖 4.19)因潮汐型態屬於偏向全日潮之混合潮型，因此模式模擬結果與調和分析預測值間水位變化趨勢相近，相關係數約為 0.88，均方根誤差值約為 0.13m。西部海域臺中港(圖 4.20)模式模擬結果與調和分析預測值間相關係數約為 0.99，具有高度相關性，因潮差大均方根誤差值約為 0.24m。西南海域高雄港(圖 4.21)模式模擬結果與調和分析預測值間相關係數分別約為 0.75，均方根誤差值分別約為 0.17m，其中高雄港相關係數較低原因仍有待探討及改善。澎湖海域(圖 4.22)模式模擬結果與調和分析預測值間水位變化有較明顯的相位差(高、低潮時相差約 1 小時，模式明顯較早發生)，因此相關係數約為 0.73，均方根誤差值約為 0.54m，需要進一步修正模式參數或水位輸出點位。

表 4.14 2019 年天文潮水位模擬值與天文潮調和預測值間相關係數及均方根誤差分析表

測站	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	澎湖
RMSE (m)	0.094	0.099	0.131	0.242	0.173	0.541
R	0.927	0.970	0.884	0.988	0.746	0.734
資料數	8760	8760	8760	8760	8760	8760

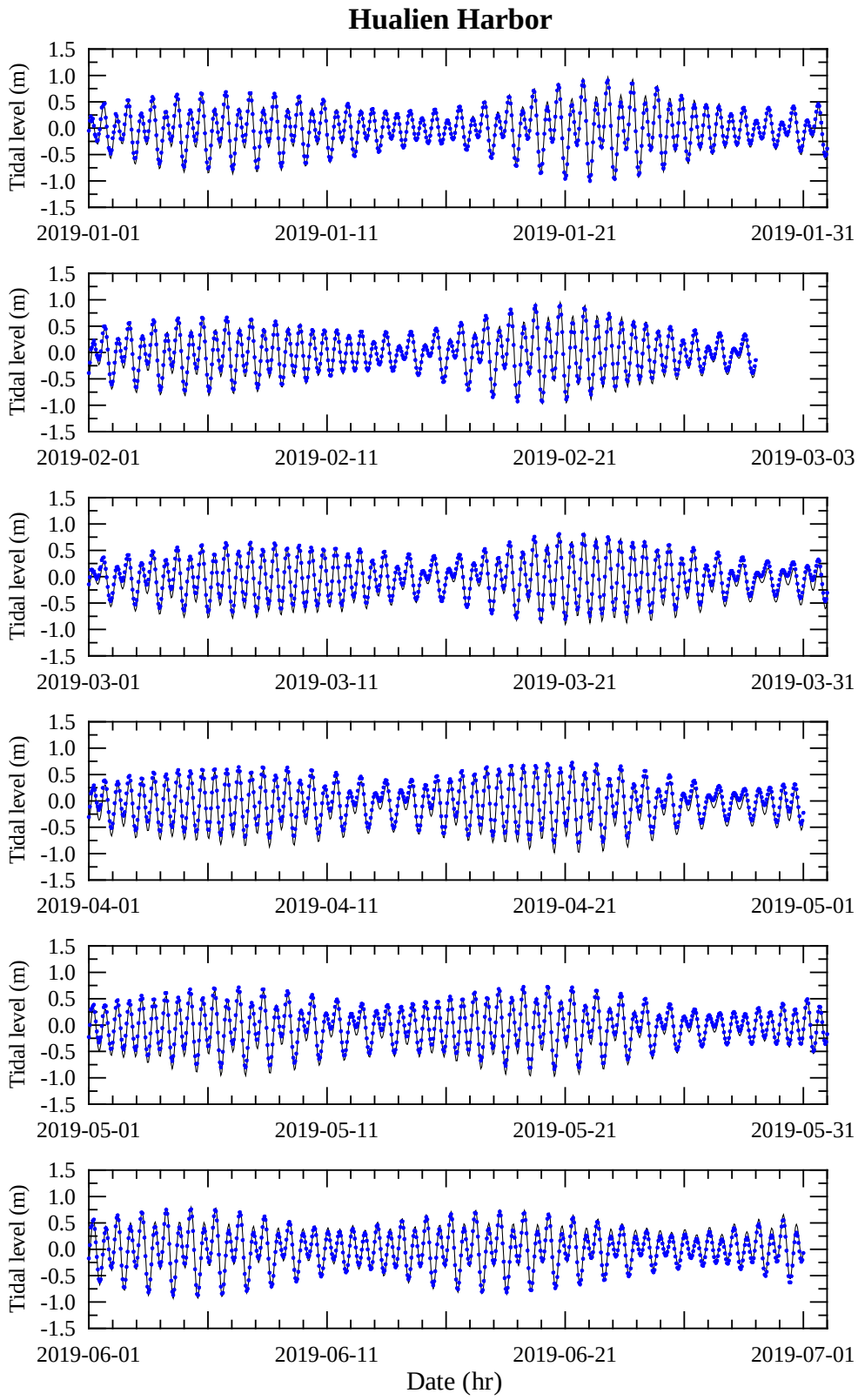


圖 4.17 花蓮港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

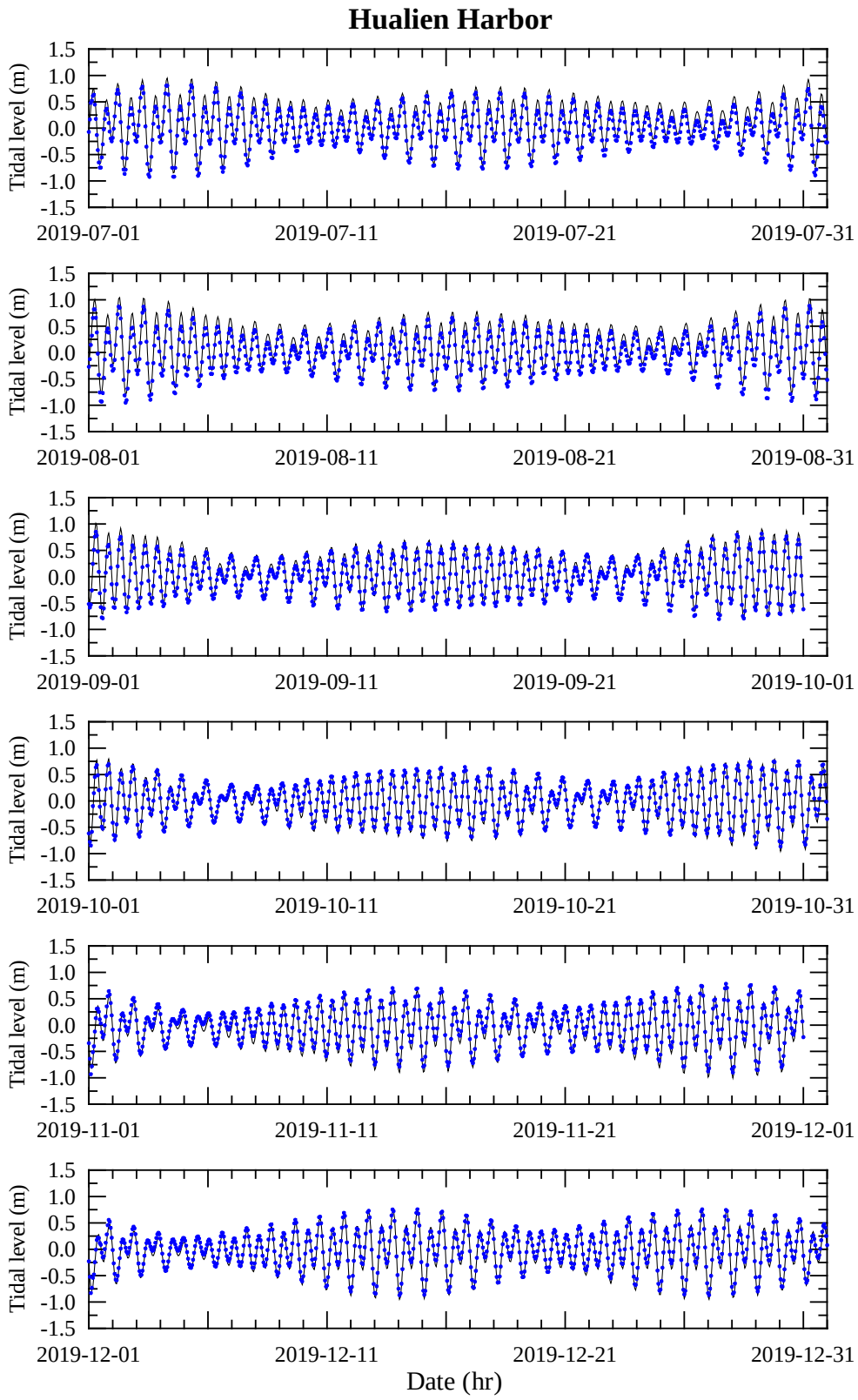


圖 4.17 (續)花蓮港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

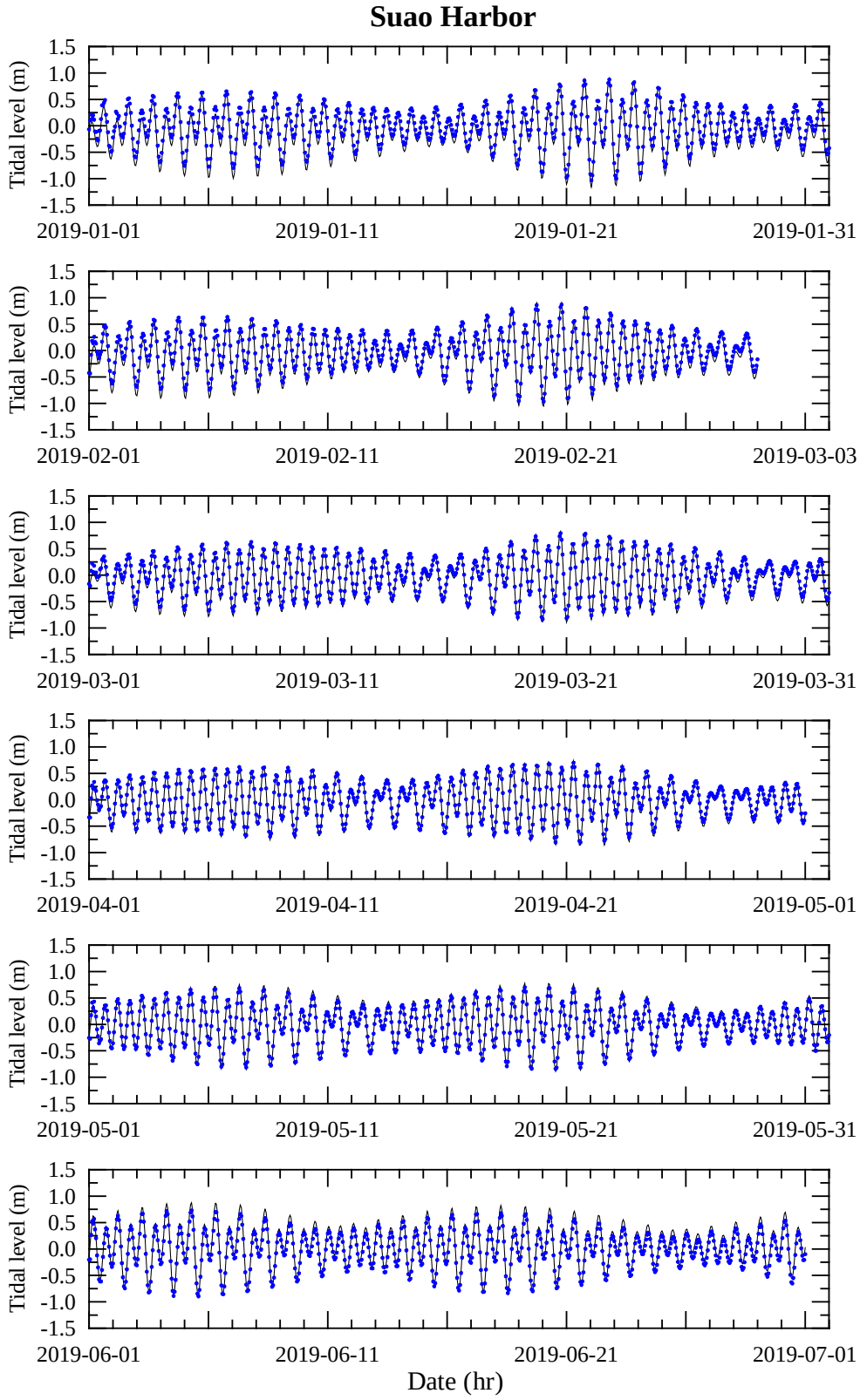


圖 4.18 蘇澳港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

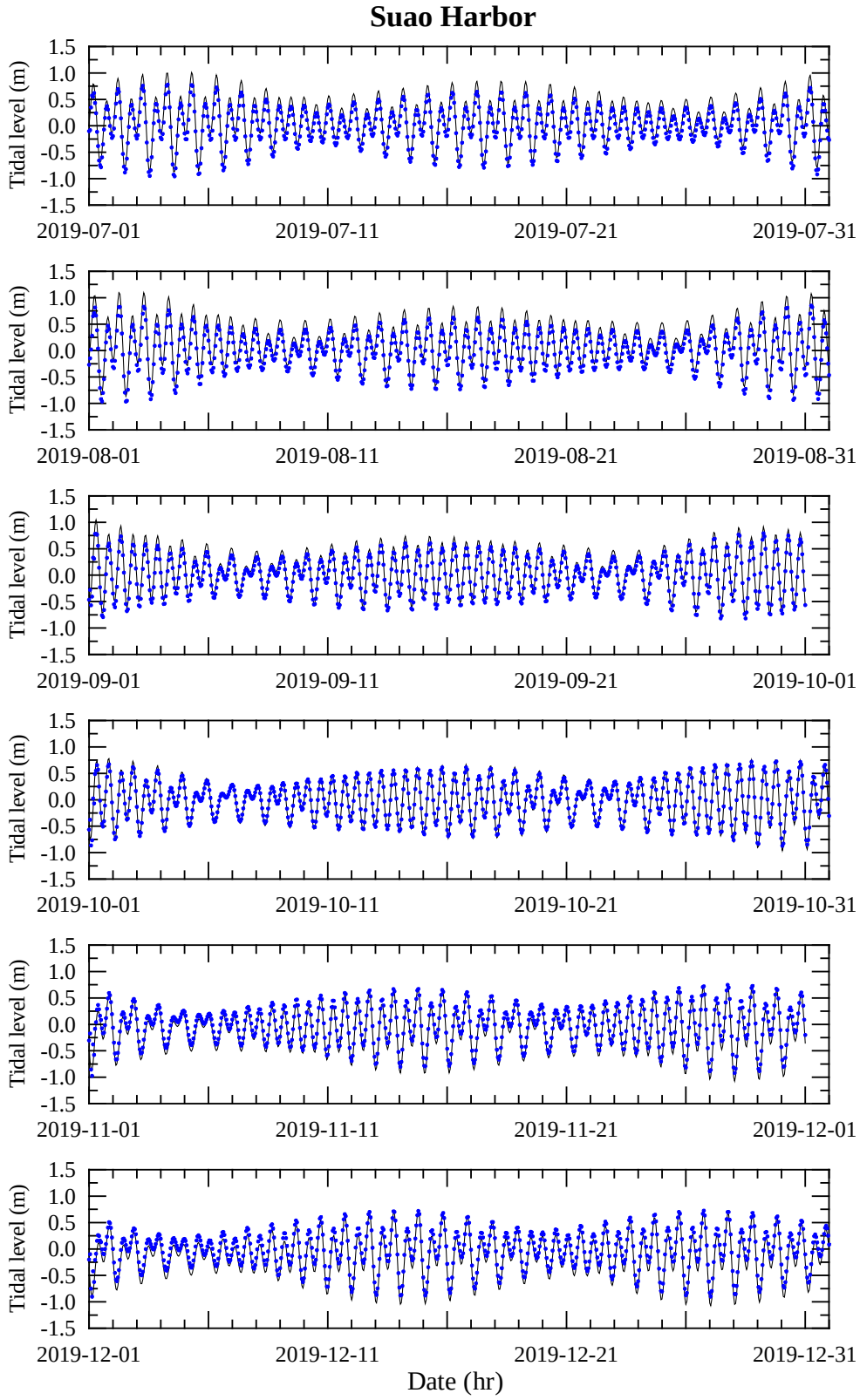


圖 4.18 (續)蘇澳港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

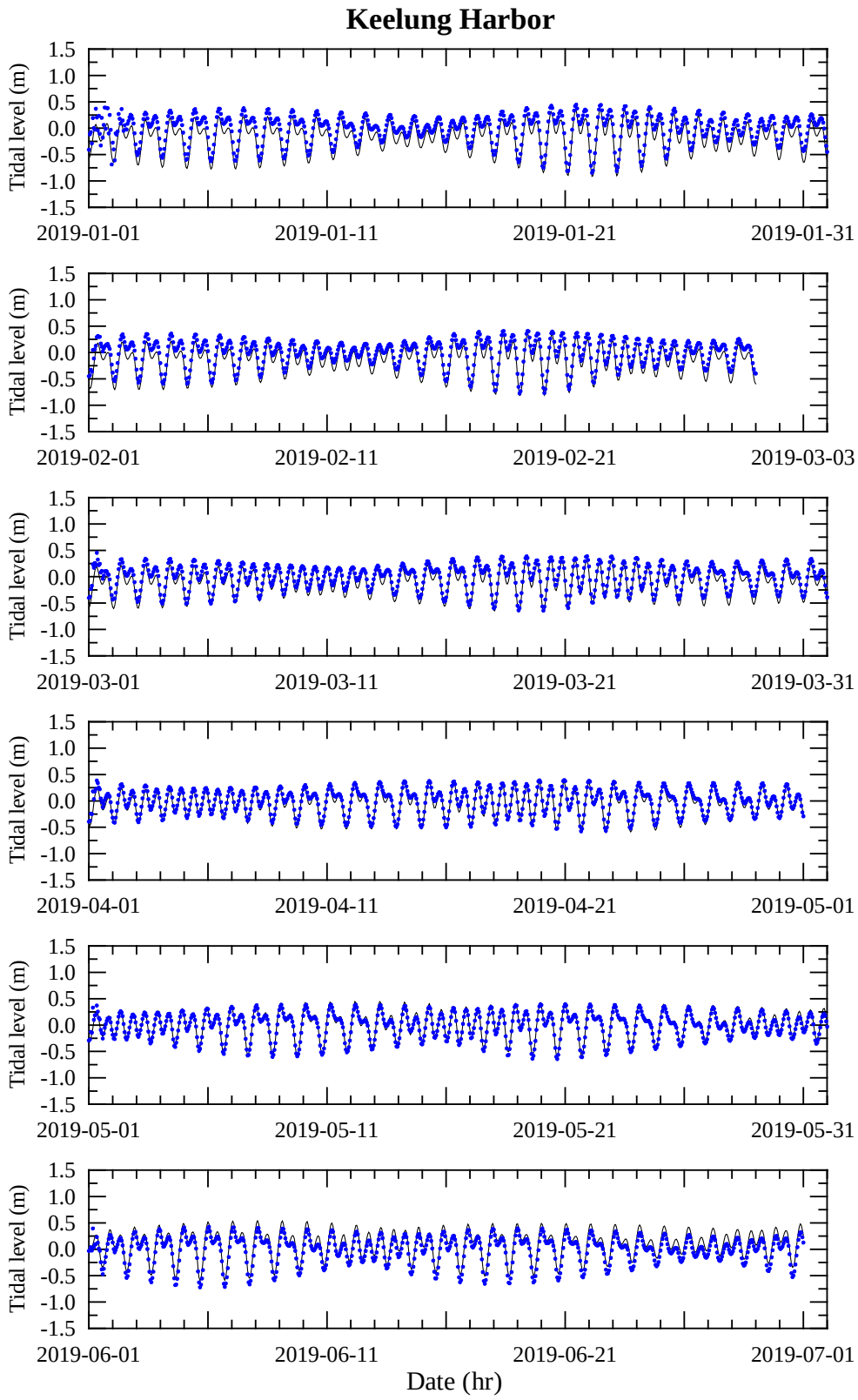


圖 4.19 基隆港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

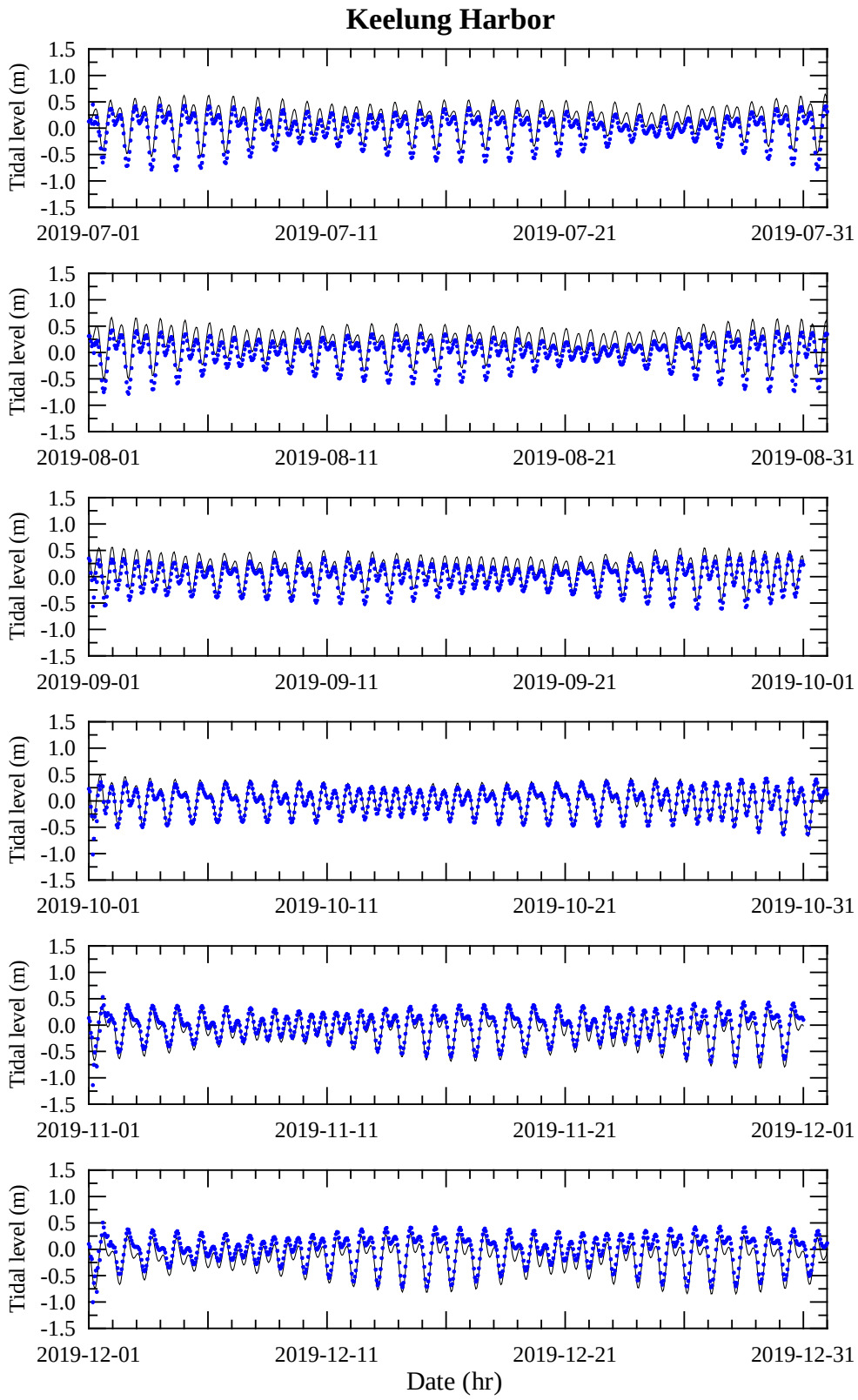


圖 4.19 (續)基隆港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

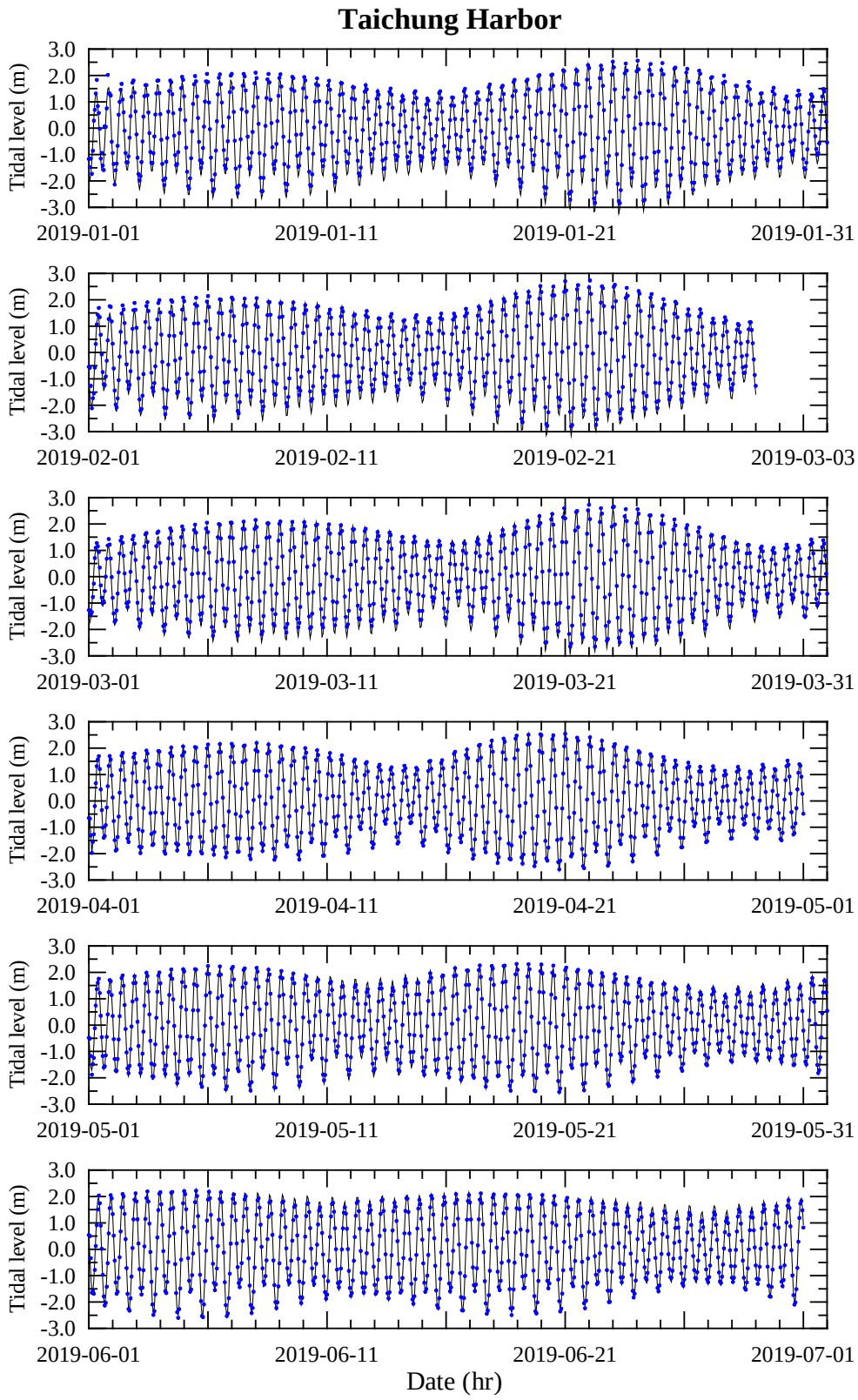


圖 4.20 臺中港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

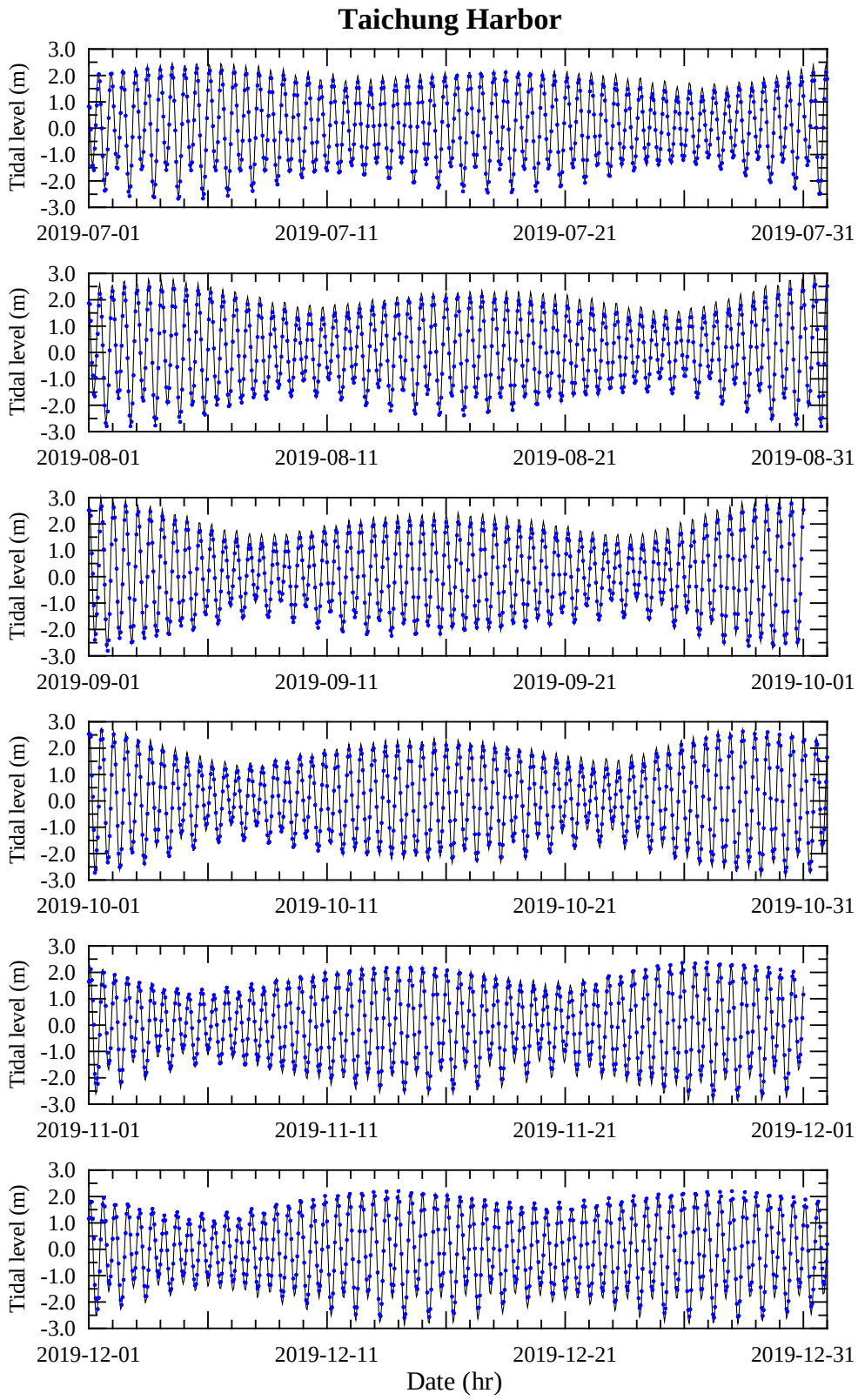


圖 4.20 (續)臺中港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

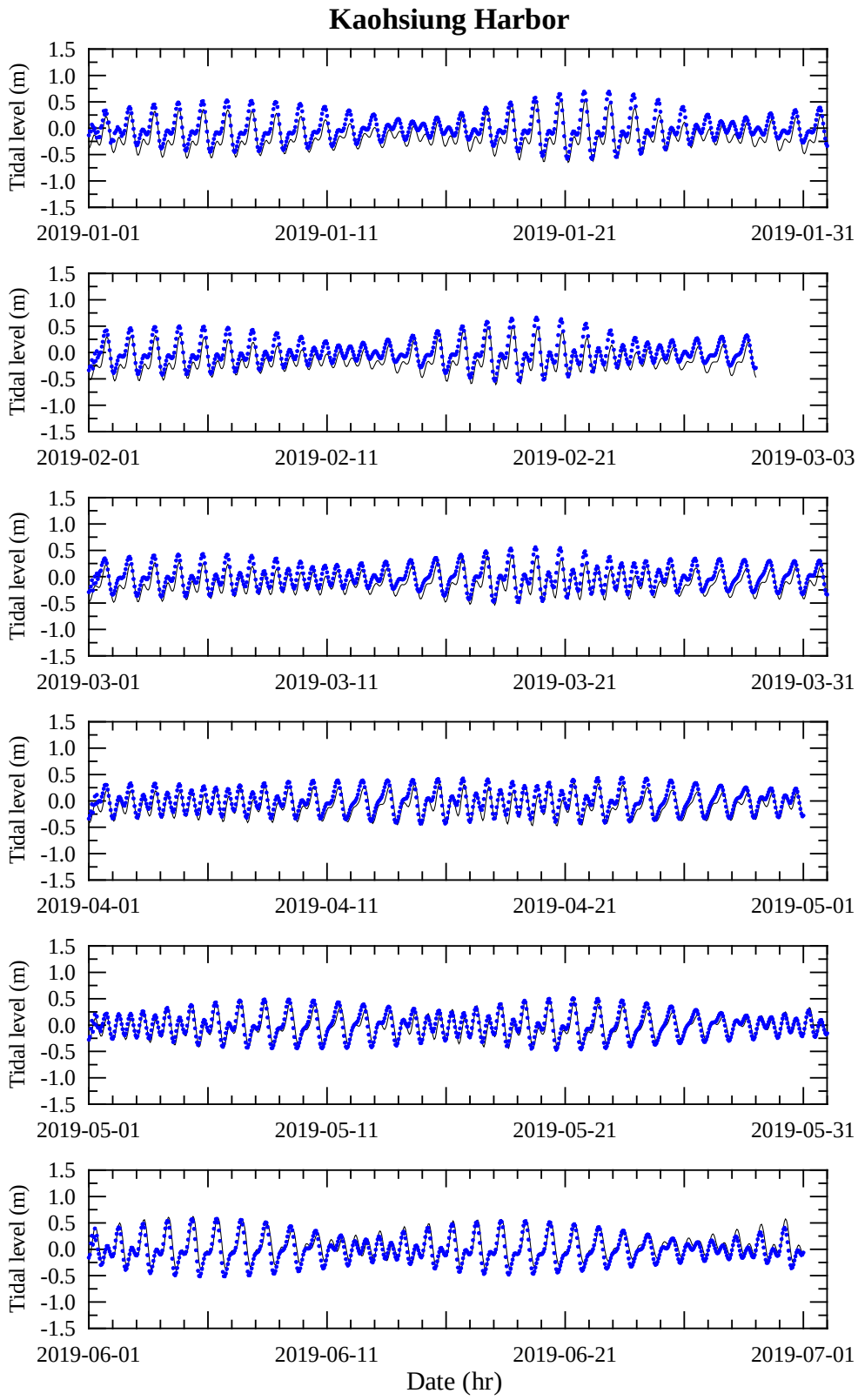


圖 4.21 高雄港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

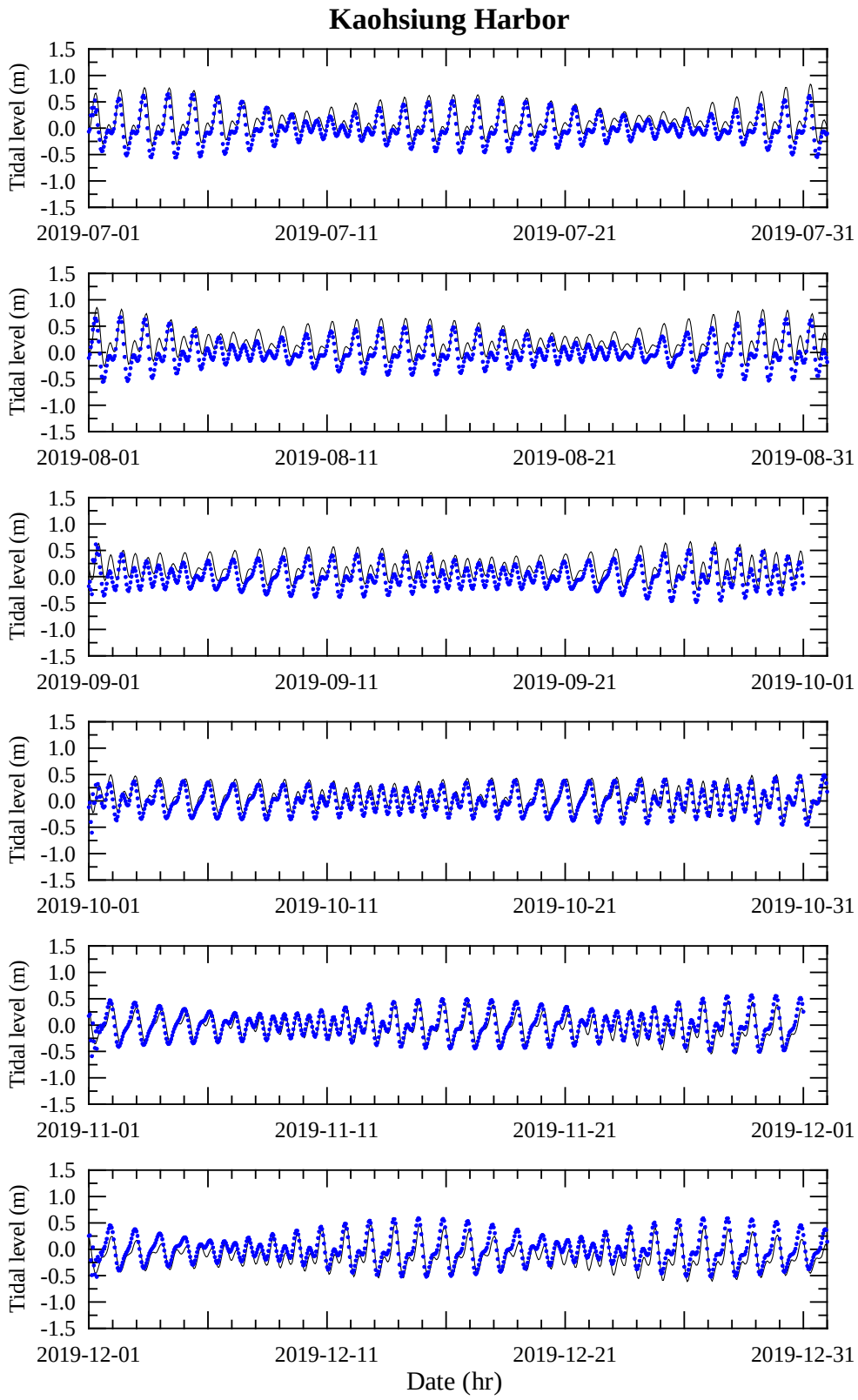


圖 4.21 (續)高雄港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

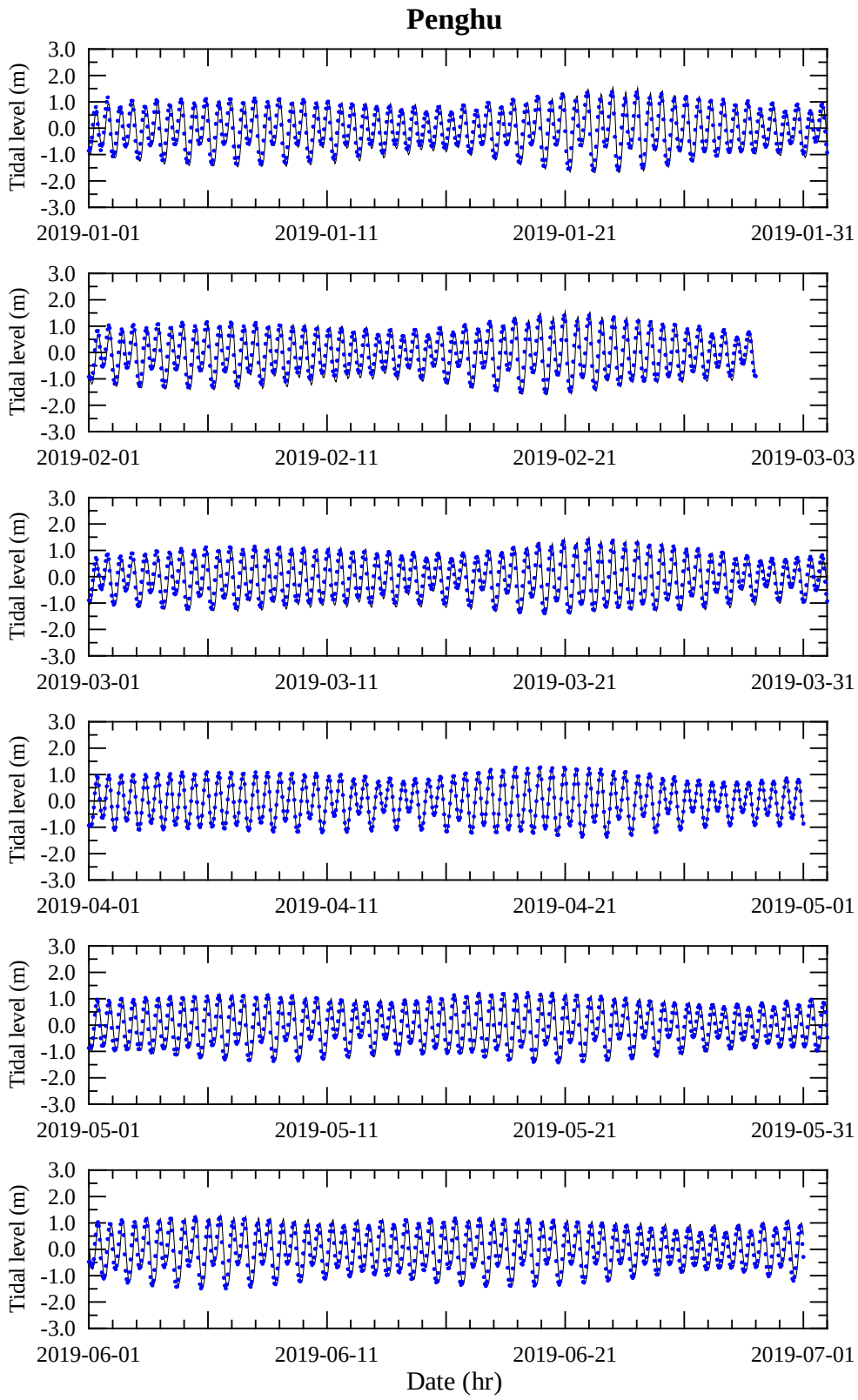


圖 4.22 澎湖馬公港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

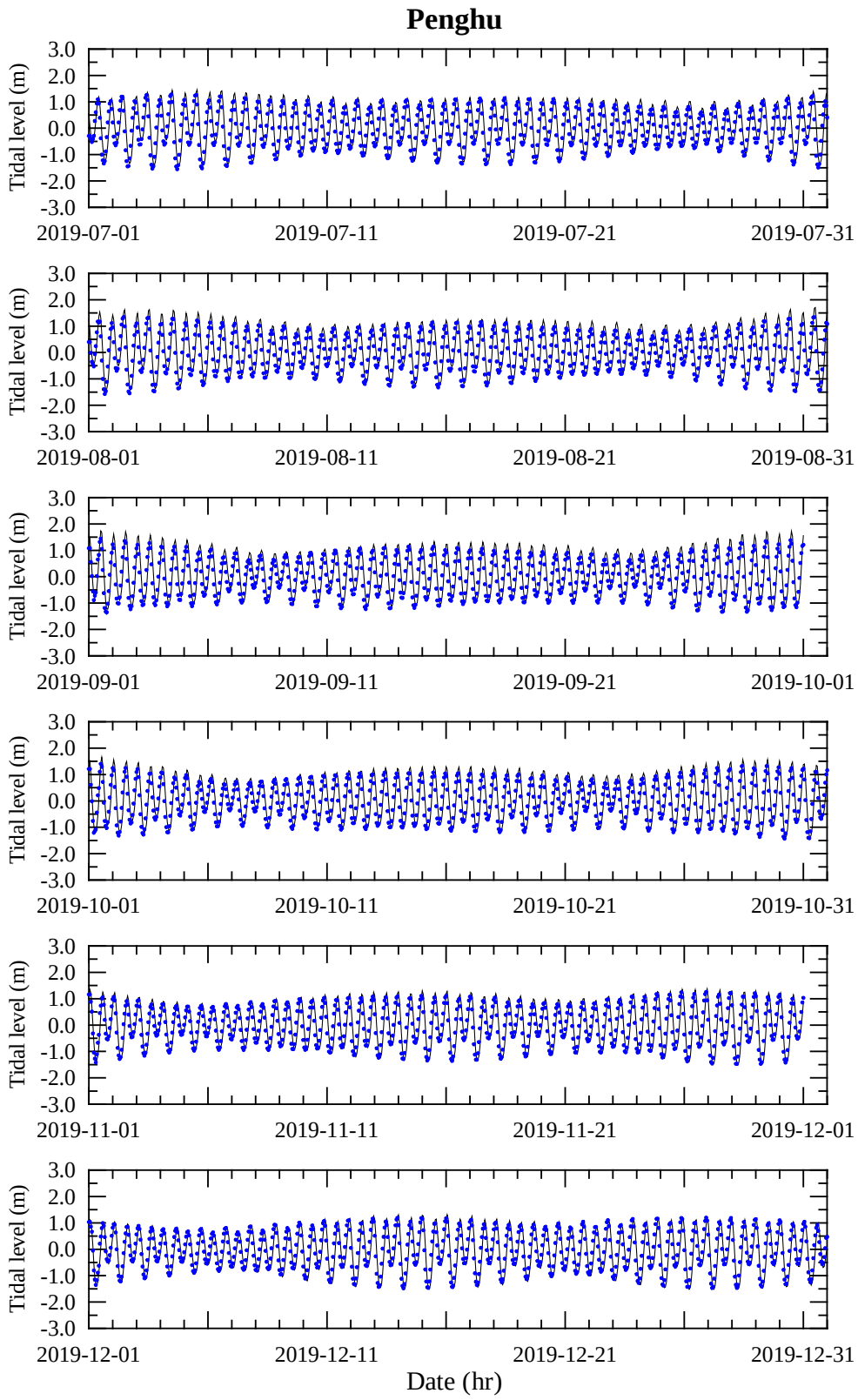


圖 4.22 (續)澎湖馬公港 2019 年天文潮水位模擬值(點)與調和分析預測值(線)之比較圖

4.2.3 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

考慮氣象因素(如風場及氣壓場)對水位變化之影響，本計畫選取 2019 年中尺度臺灣周圍海域水動力模組每日作業化模擬成果與花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港及澎湖馬公港區等港口潮位站實測資料比較，如圖 4.23 至圖 4.28 所示。2019 年水位模擬結果與觀測值間均方根誤差及相關係數分析結果，如表 4.15 所列。

整體水位校驗結果顯示，東部海域花蓮港(圖 4.23)、蘇澳港(圖 4.24)等地區水位模擬結果與觀測值間相關係數 R 大於 0.95，屬於高度相關性，且均方根誤差值小於 0.1m。北部海域基隆港(圖 4.25)因潮汐型態屬於偏向全日潮之混合潮型，因此，水位模擬結果與觀測值間相關係數 R 約為 0.944，接近高度相關性標準，均方根誤差值約為 0.097m。西部海域臺中港(圖 4.26)屬於半日潮型，因此，水位模擬結果與觀測值間相關係數 R 趨近 1.0 (約為 0.994)，惟因潮差大均方根誤差值約為 0.159m。西南海域高雄港(圖 4.27)水位模擬結果與觀測值間相關係數約為 0.927，均方根誤差值約為 0.106m，明顯優於天文潮位模擬結果與調和分析預測值之相關係數及均方根誤差值(參考表 4.14)。澎湖海域(圖 4.28)水位模擬結果與觀測值間相關係數及均方根誤差值，同樣優於本計畫天文潮位模擬結果與調和分析預測值之分析結果。

表 4.15 2019 年水位模擬值與觀測值間相關係數及均方根誤差分析表

測站	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	澎湖
RMSE (m)	0.092	0.074	0.097	0.159	0.106	0.209
R	0.974	0.983	0.944	0.994	0.927	0.967
資料數	7882	8305	7057	7966	7914	8348

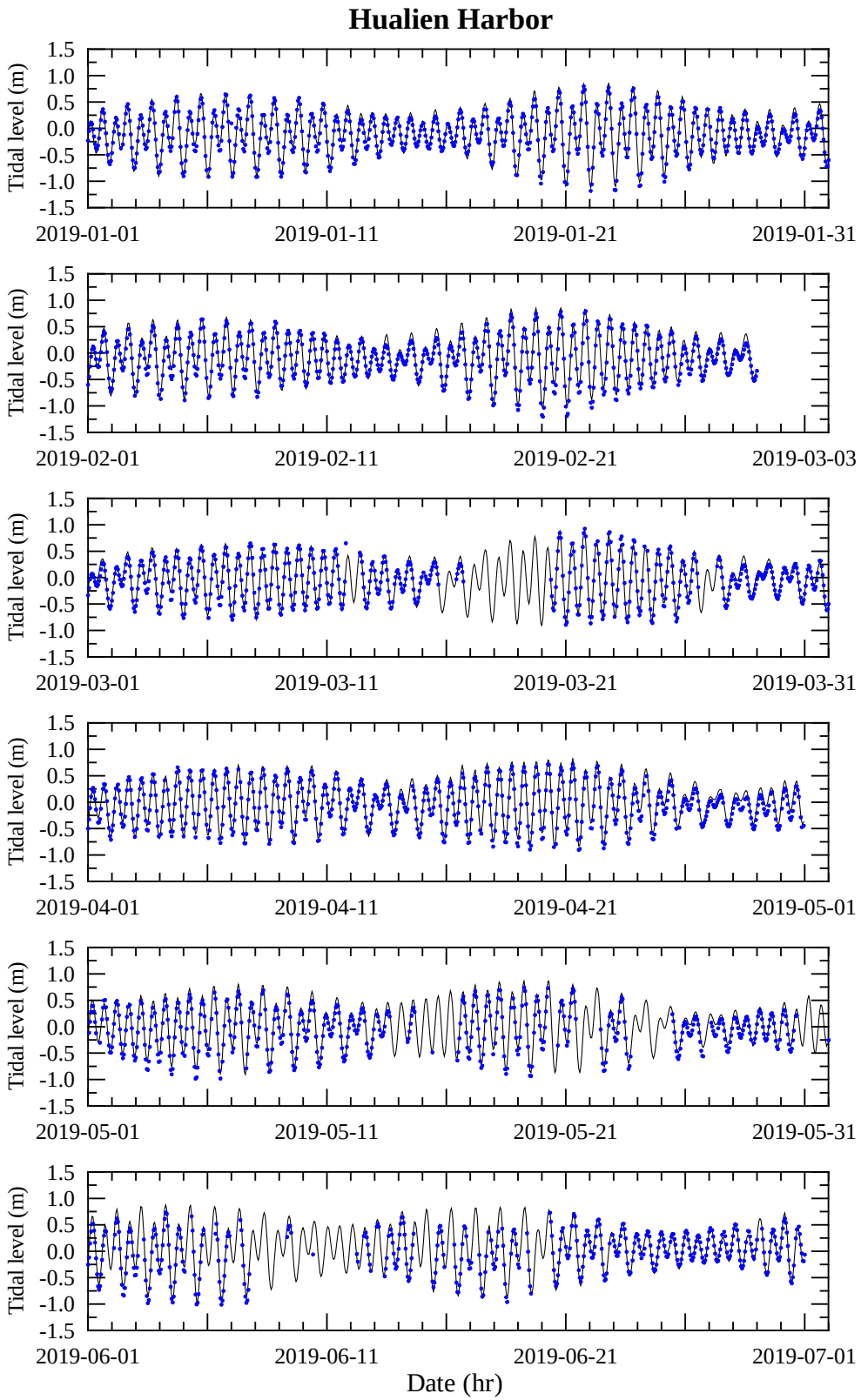


圖 4.23 花蓮港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

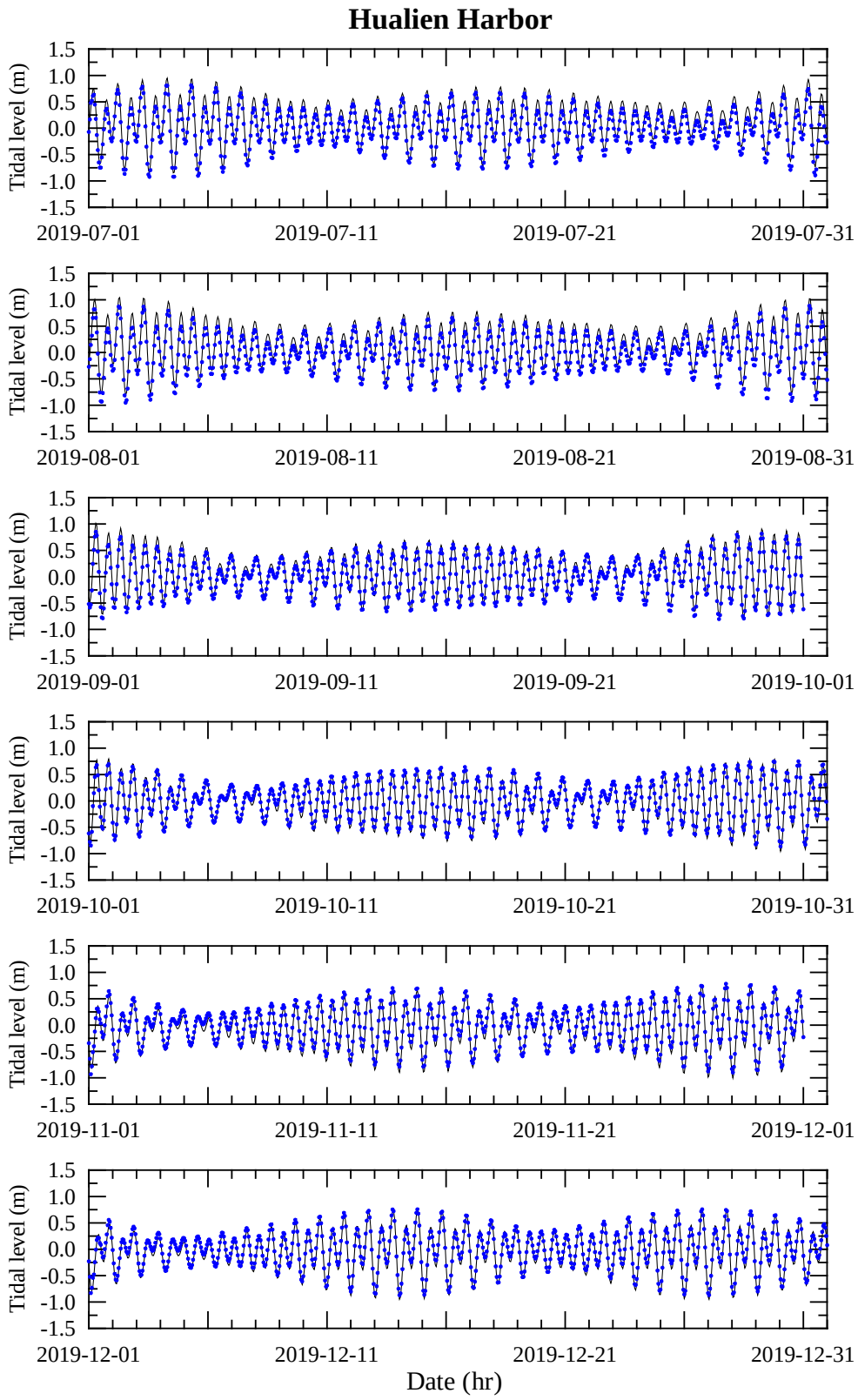


圖 4.23 (續)花蓮港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

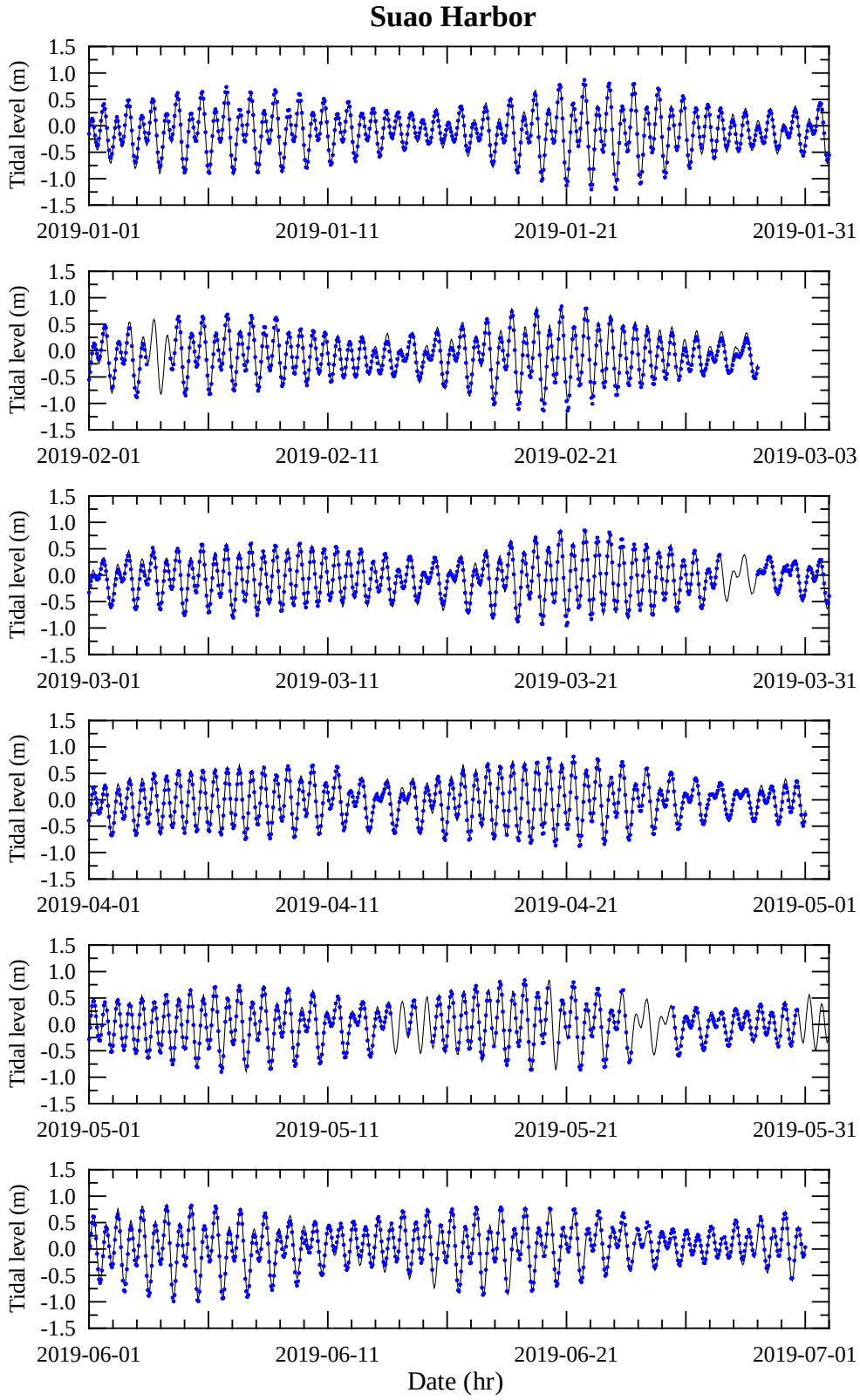


圖 4.24 蘇澳港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

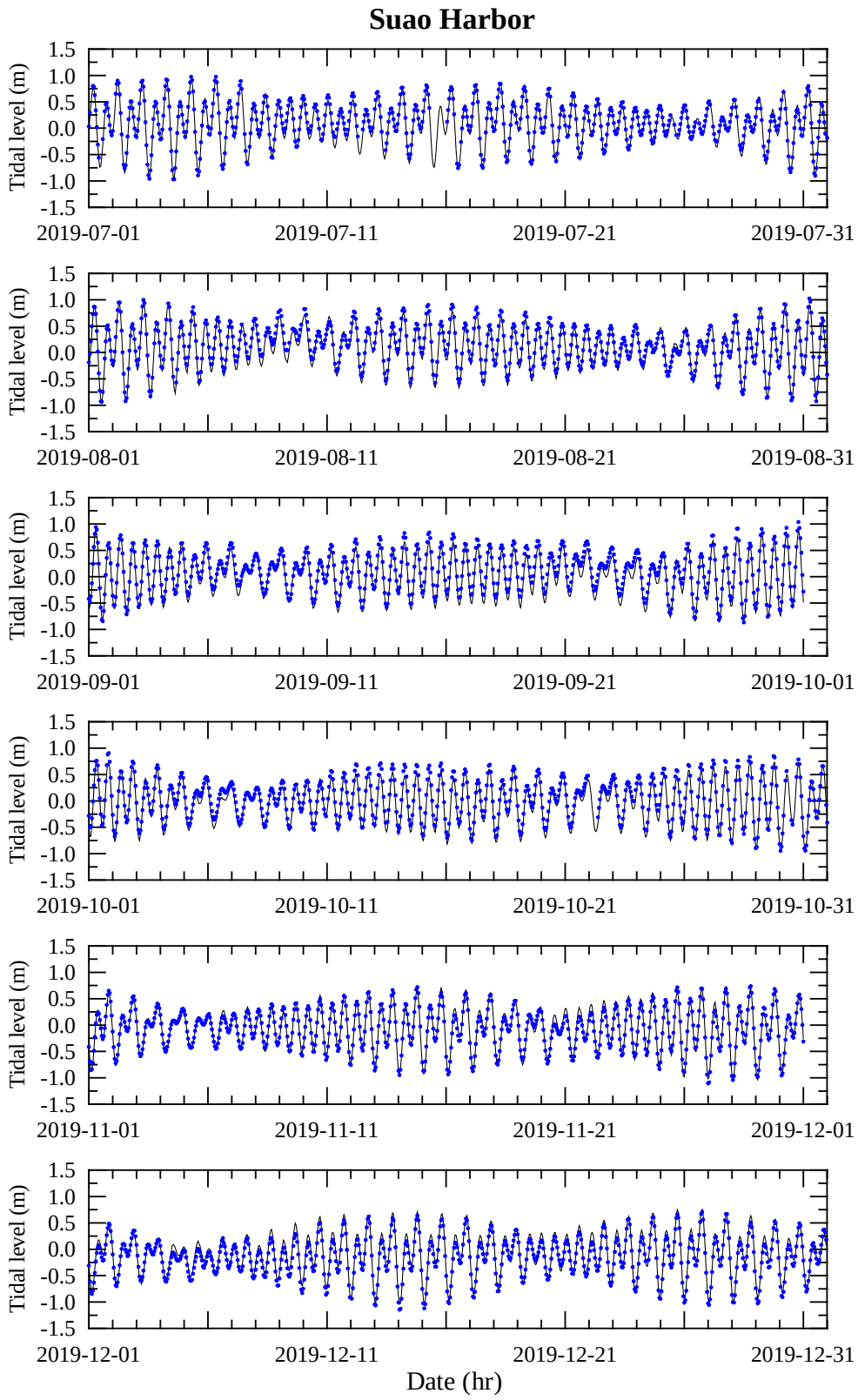


圖 4.24 (續)蘇澳港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

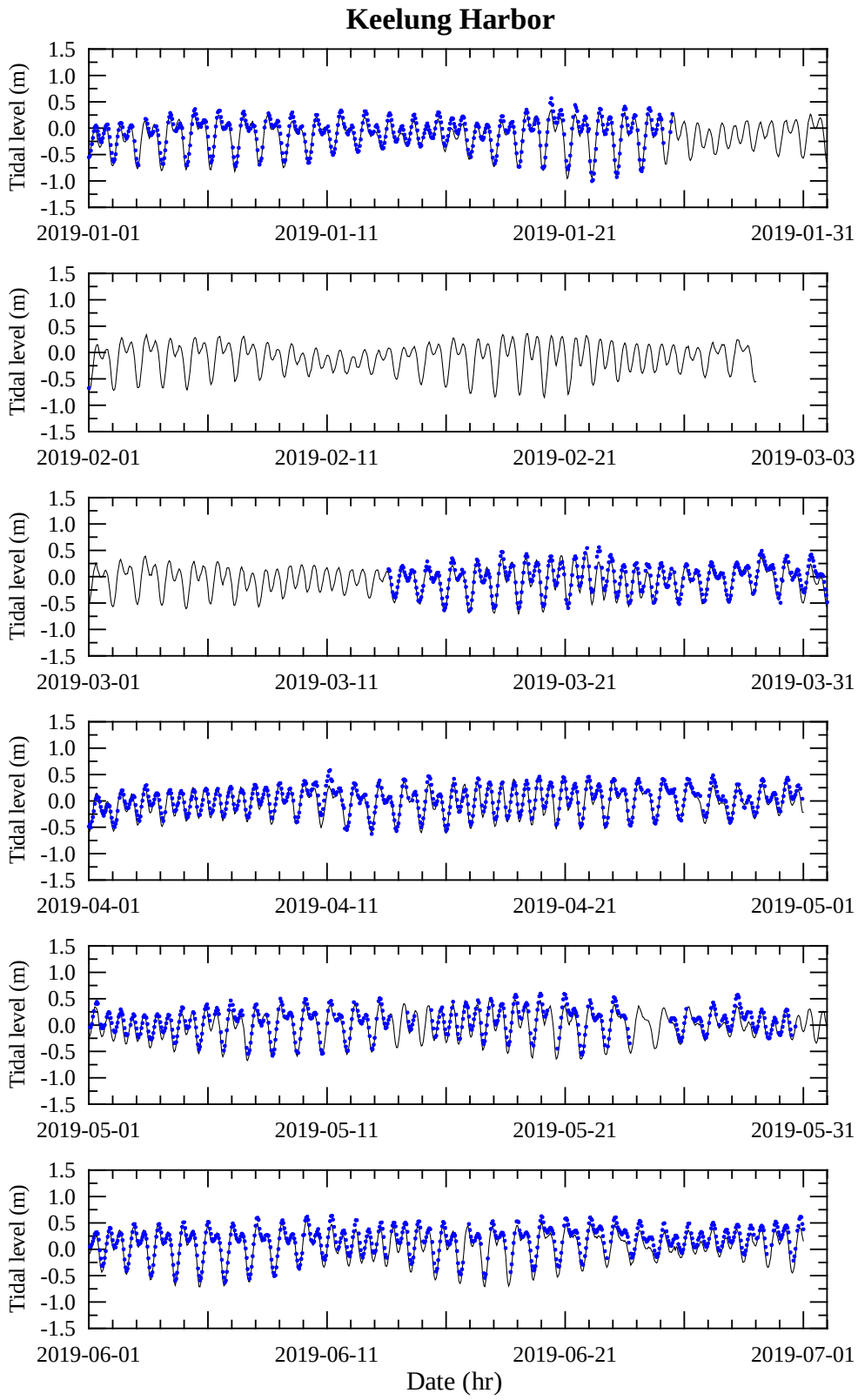


圖 4.25 基隆港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

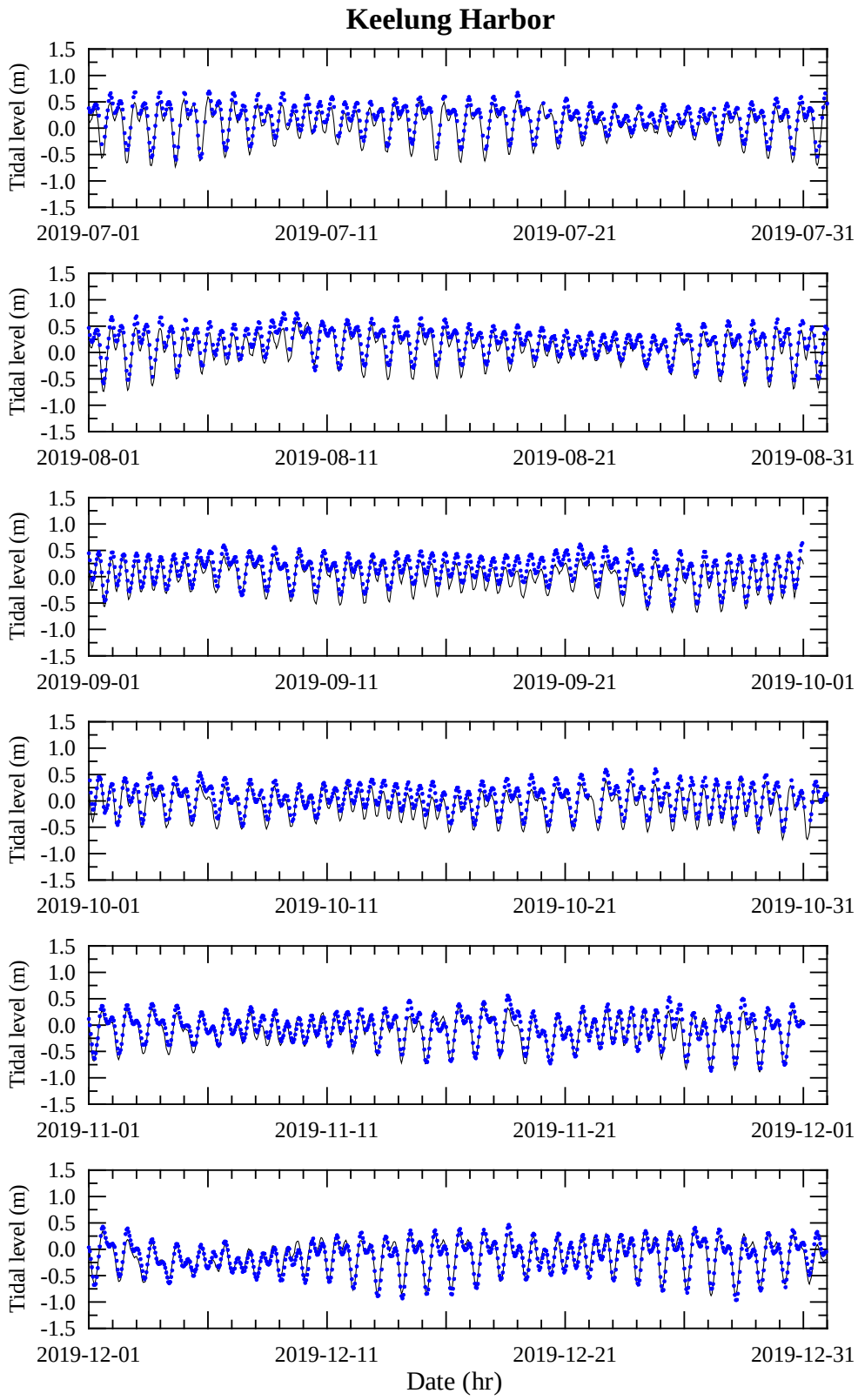


圖 4.25 (續)基隆港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

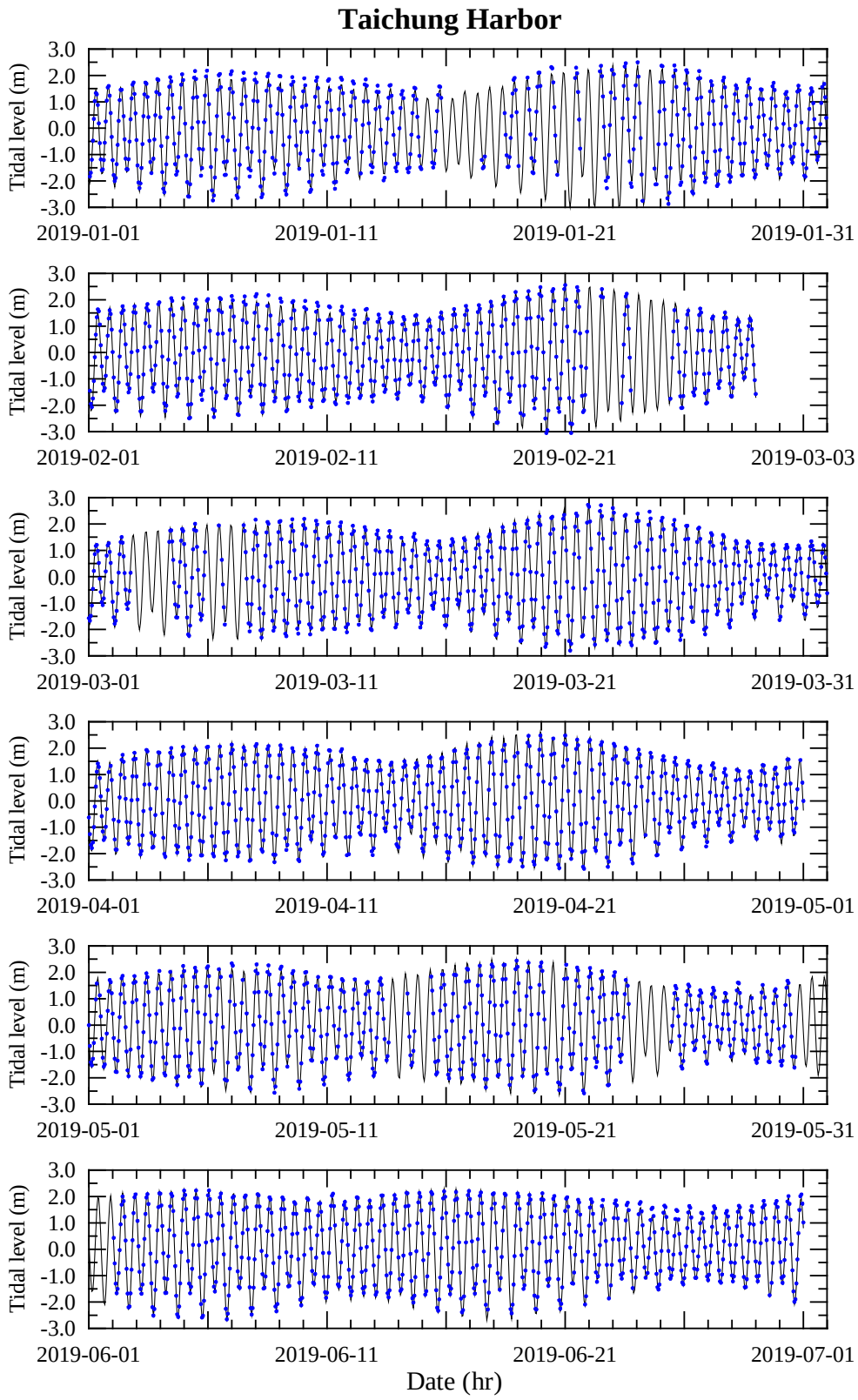


圖 4.26 臺中港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

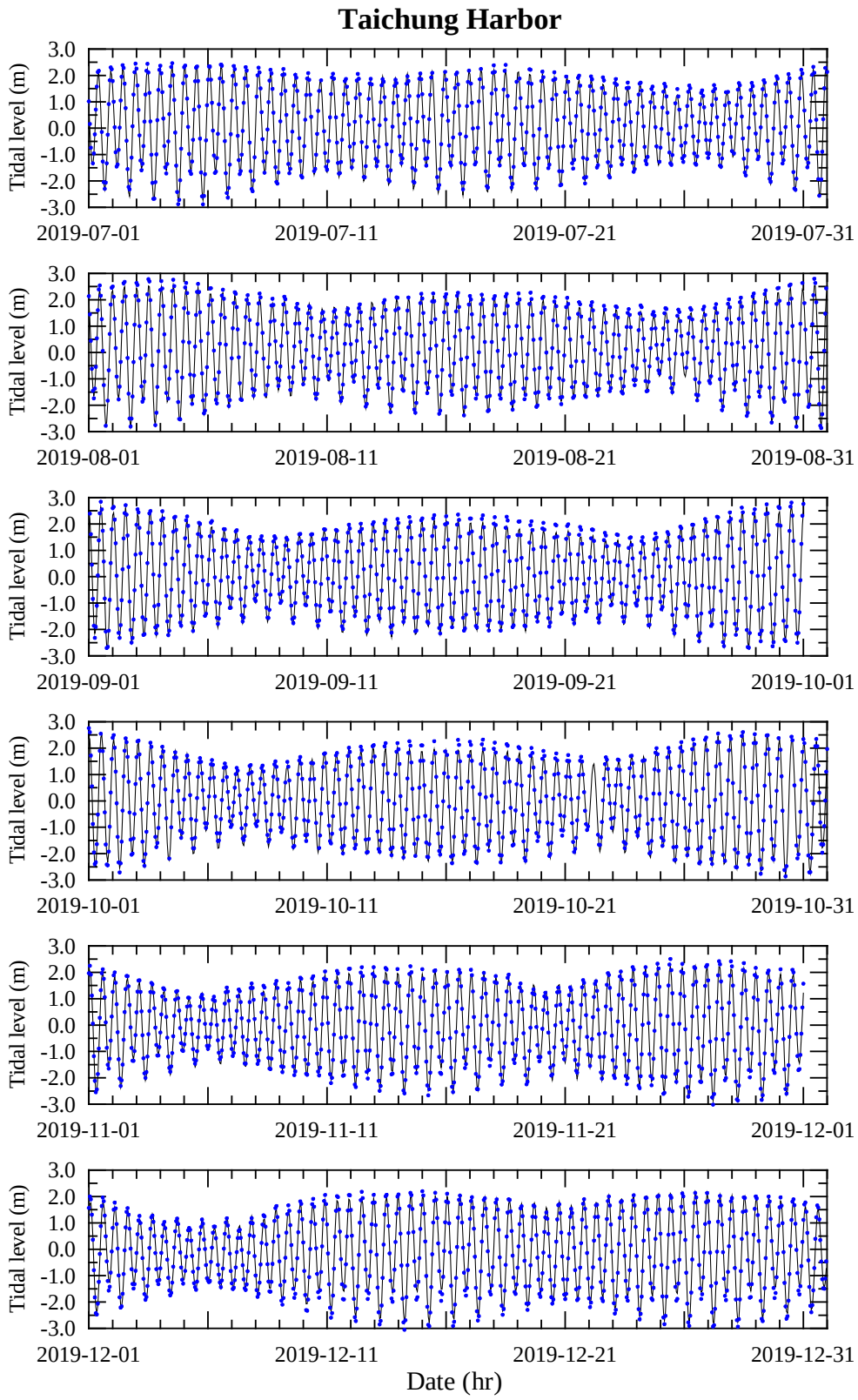


圖 4.26 (續)臺中港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

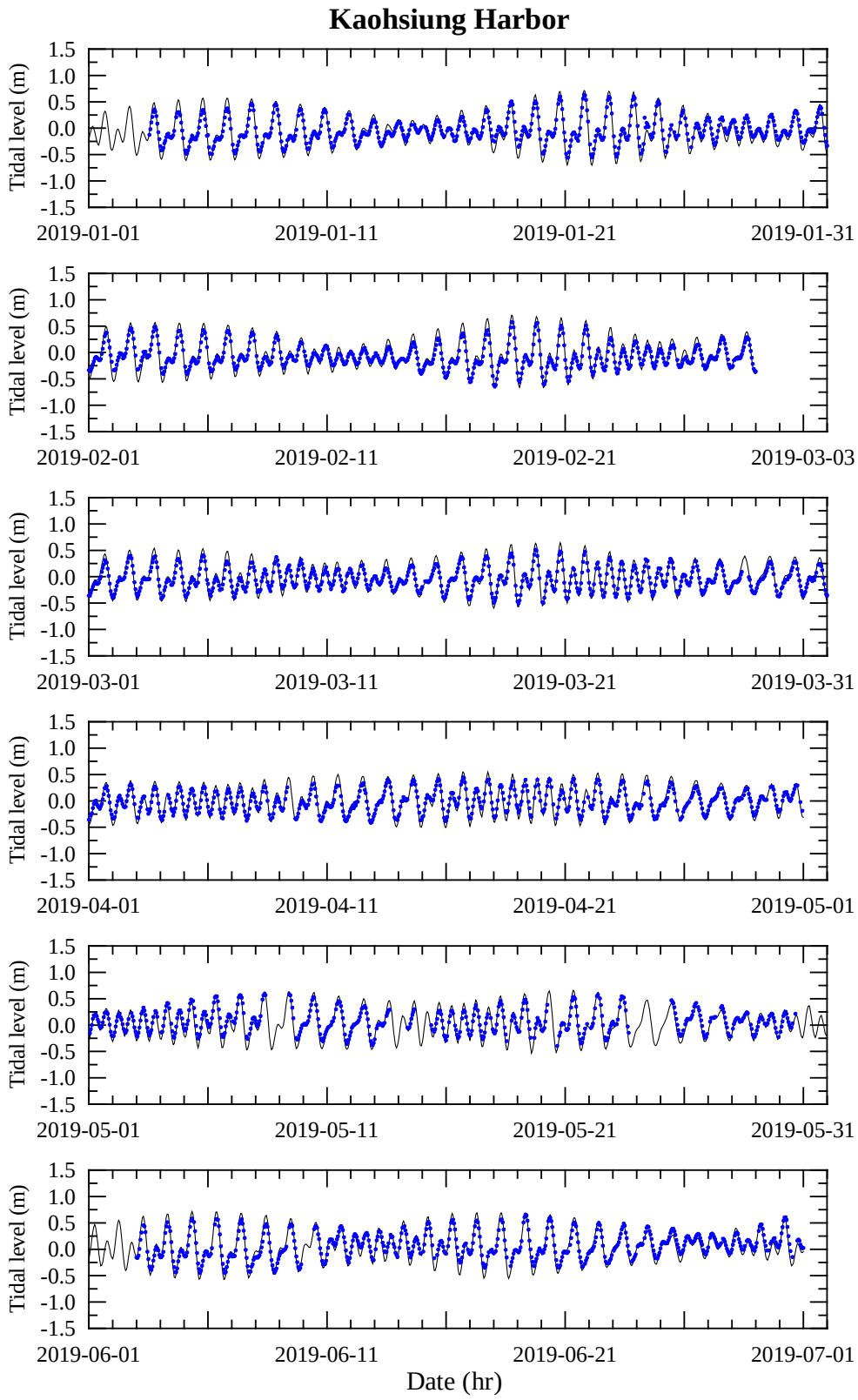


圖 4.27 高雄港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

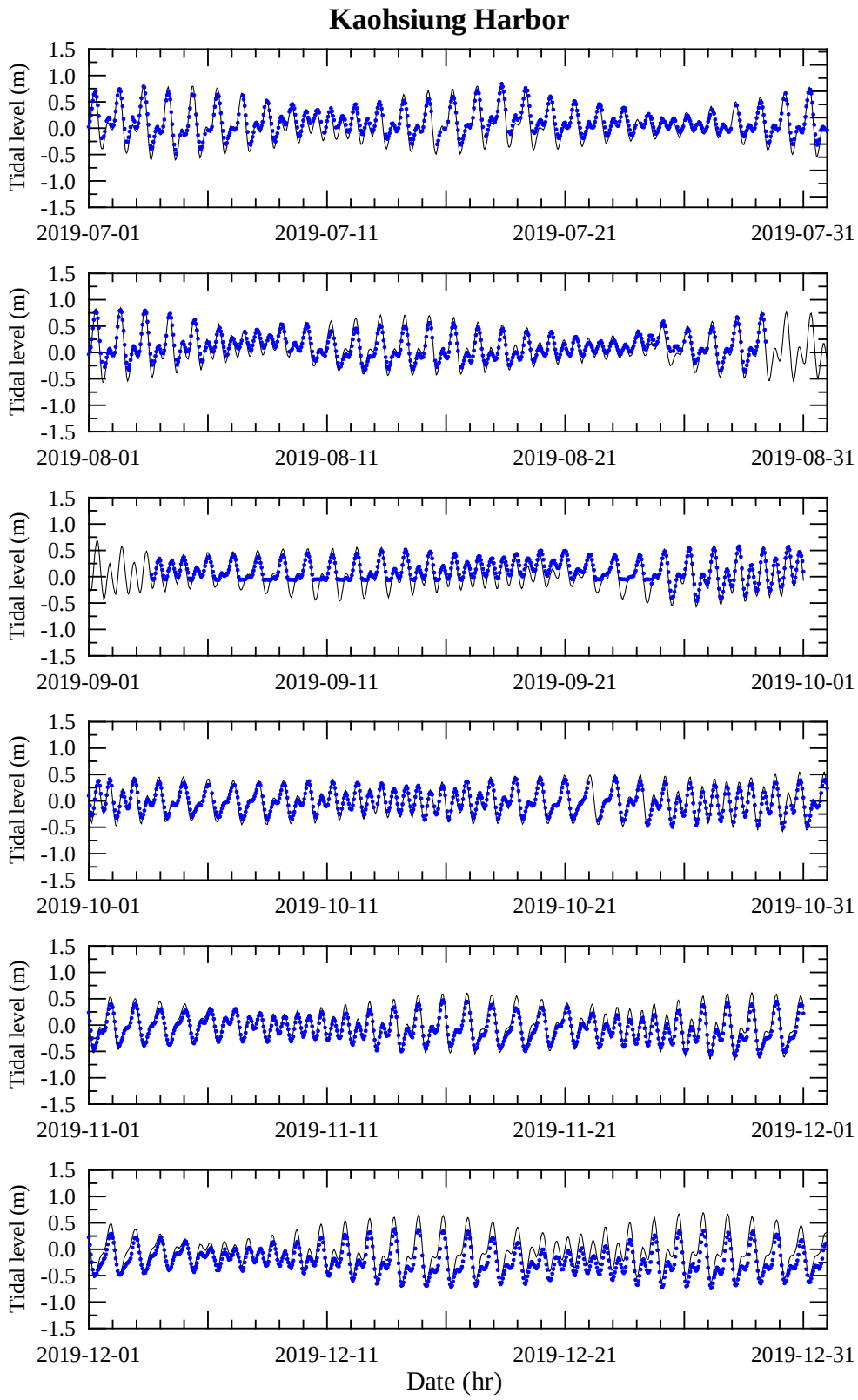


圖 4.27 (續)高雄港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

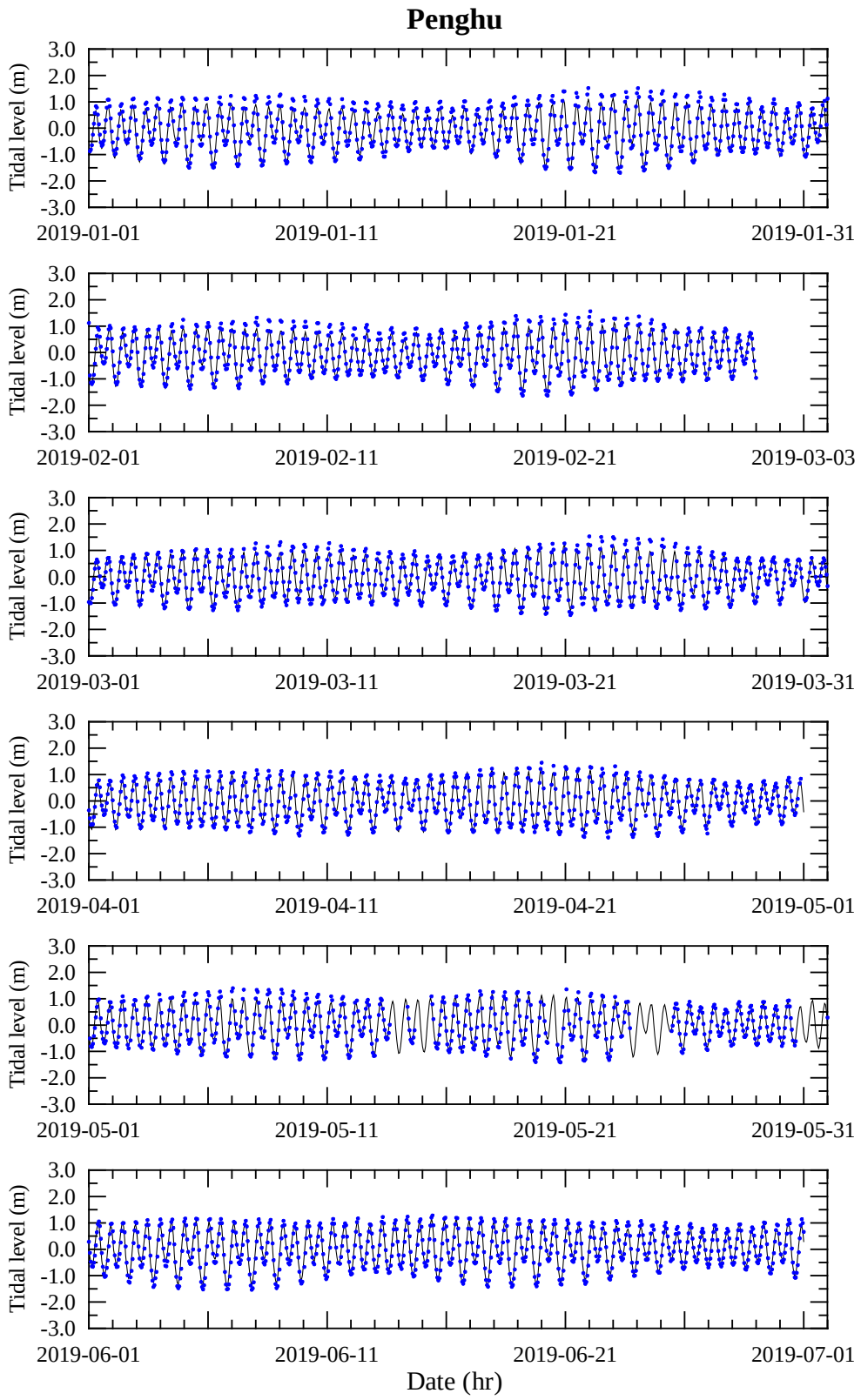


圖 4.28 澎湖馬公港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

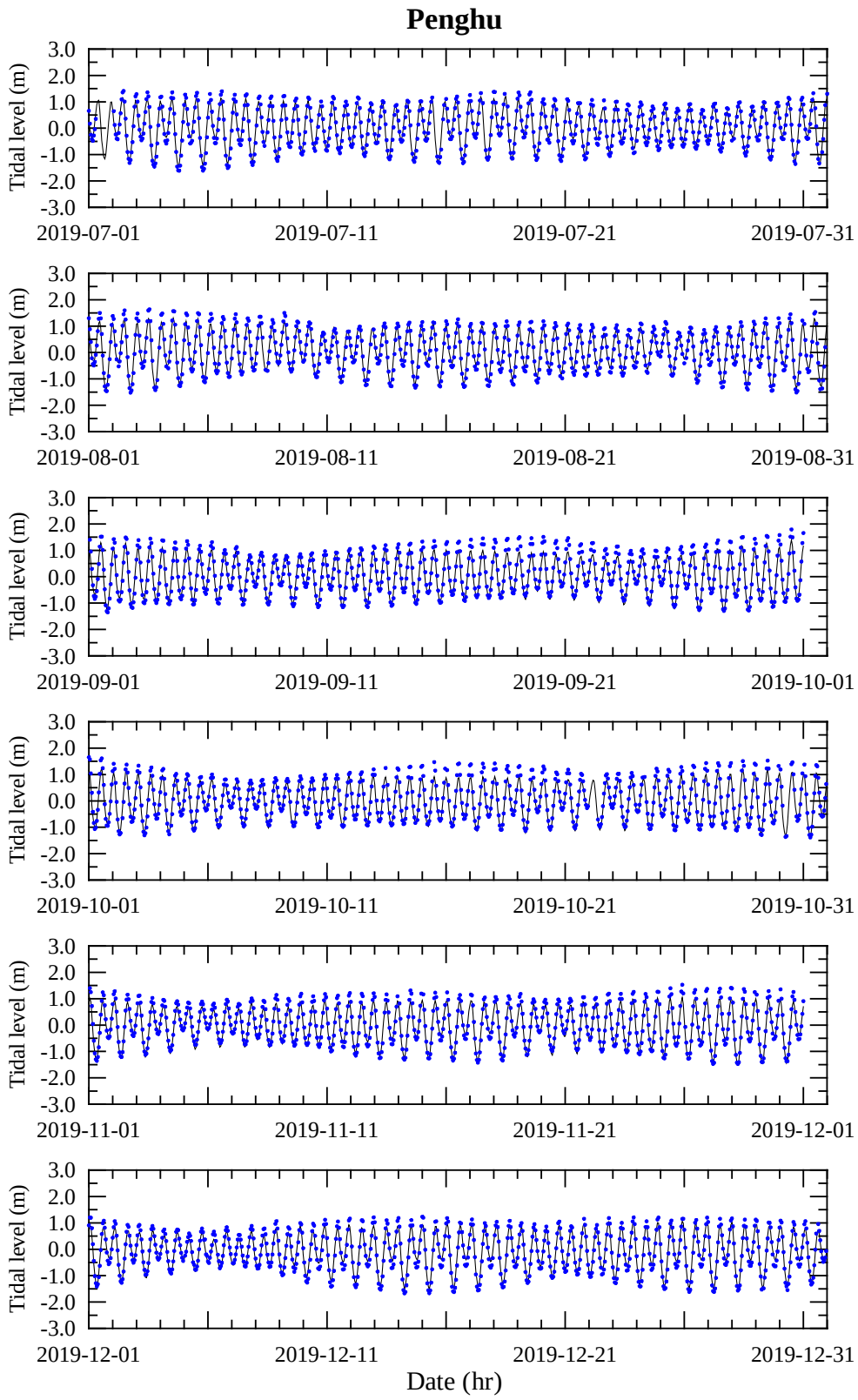


圖 4.28 (續)澎湖馬公港 2019 年水位觀測值(點)與作業化模擬值(線)之比較圖

4.3 綜整中央氣象局水位及流場預報資料

本項工作主要目的在於彙整氣象局提供之水位及海流預報資料，並與臺灣近岸海象預測資料進行比對。目前港研中心與氣象局介接的水位及海流預報資料包括 OCM2-NEW 作業化海流資料及 COMCOT 暴潮溢淹預報模式每日預報水位資料，前者係採用 SCHISM 模式(Zhang et al., 2016)構建的三維水理模式，作業化方式採取每日一報(含 1 天現報，3 天預報)。目前提供港研中心資料僅為每日預報資料(72 小時)，其資料範圍僅為臺灣海域，如圖 4.29 所示。

考量氣象局 OCM2-NEW 海流模式與本計畫水動力模式的本質上的差異性，本計畫選取臺北港、臺中港及安平港等潮流主導的海域，分別選取與海流測站相鄰之網格點模擬值進行比對。

臺北港海流模擬值比對結果，如圖 4.30 所示，顯示 OCM2-NEW 海流模式與本計畫水動力模組模擬結果具有高度相似性，即均呈現臺北港外海流況由半日潮主導。臺中港海流模擬值比對結果，如圖 4.31 所示，顯示 OCM2-NEW 海流模式與本計畫水動力模組模擬結果相似性偏低；其中本計畫水動力模組模擬結果仍以潮流特性為主，風吹流的影響在東北季風鋒面期間較為顯著；OCM2-NEW 海流模式模擬結果，則因潮流流速小而呈現出由其他成份流(如風吹流、洋流等)主導的特性。安平港海流模擬值比對結果，如圖 4.32 所示，顯示本計畫水動力模組與 OCM2-NEW 海流模式模擬結果，均呈現潮流主導的流況，二者模擬結果具有高度相似性。整體而言，臺北港及安平港海域本計畫水動力與 OCM2-NEW 海流模擬結果，具有高度相似性，均以潮流特性為主；臺中港海域本計畫水動力與 OCM2-NEW 海流模擬結果則呈現低度相似性，其中 OCM2-NEW 海流模擬結果與東北季風強弱具有高度相關性。

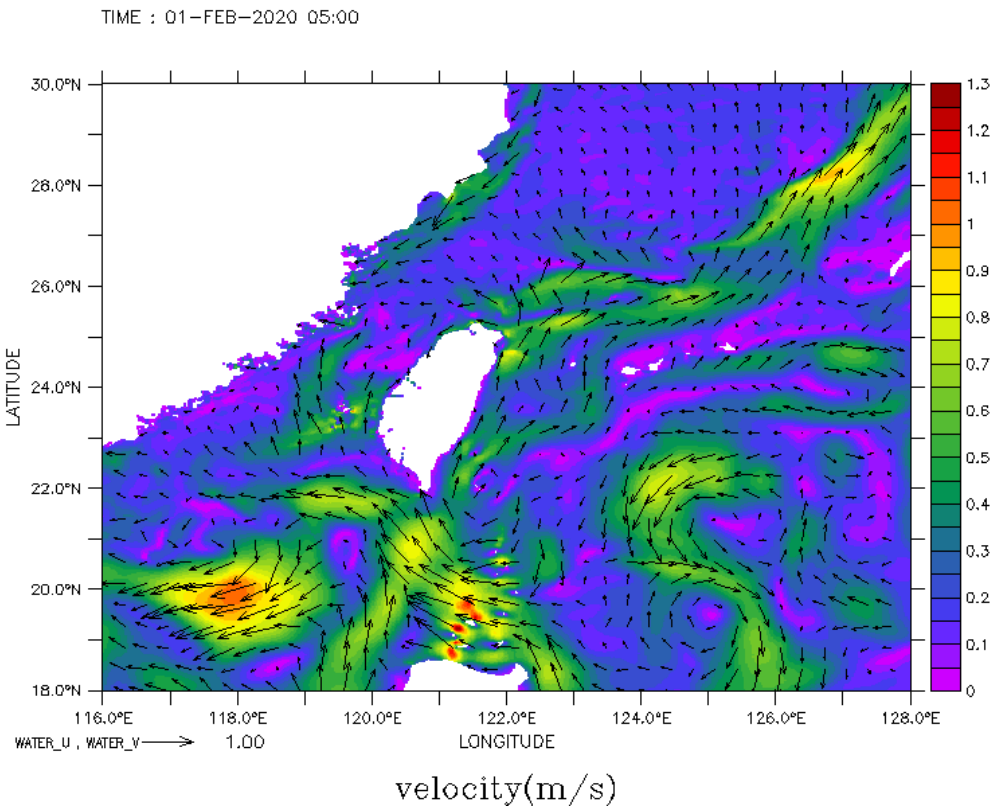


圖 4.29 氣象局 OCM2-new 每日一報產品「臺灣海域」之流速向量及海流強度(m/s)分布圖

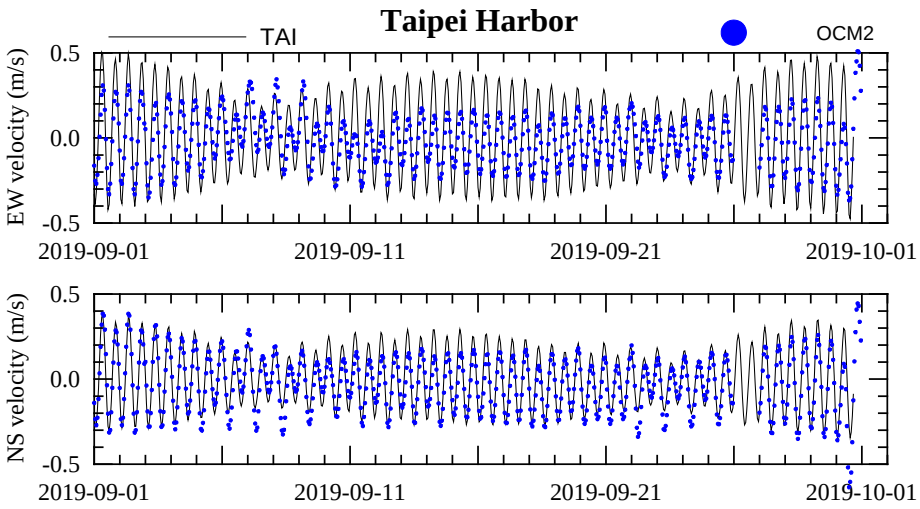


圖 4.30 臺北海域 2019 年 09 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

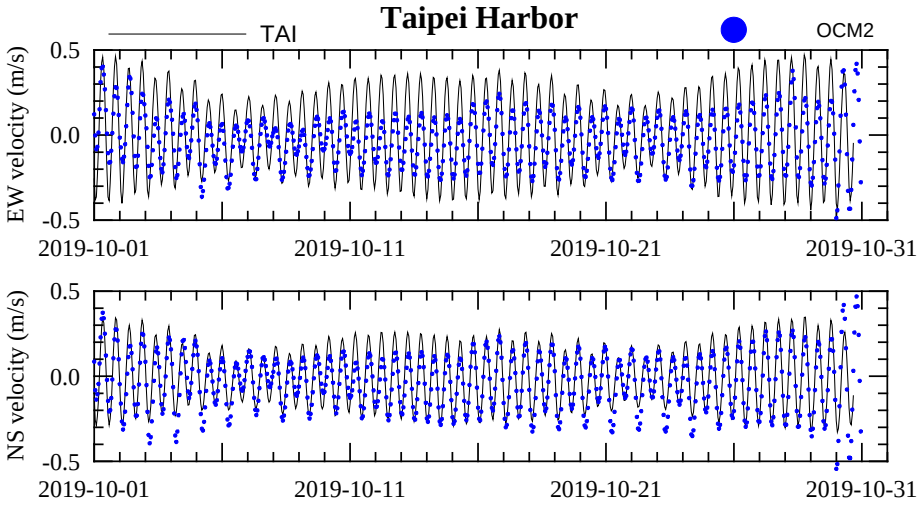


圖 4.30 (續 1)臺北海域 2019 年 10 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

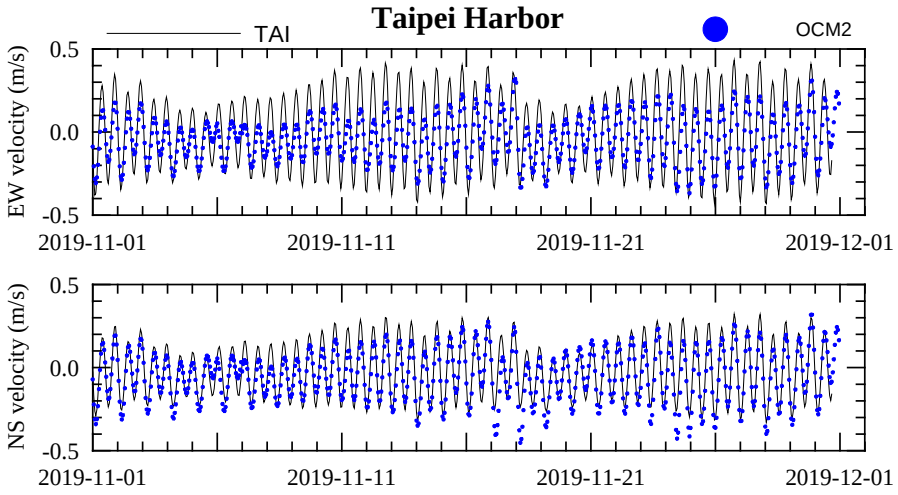


圖 4.30 (續 2)臺北海域 2019 年 11 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

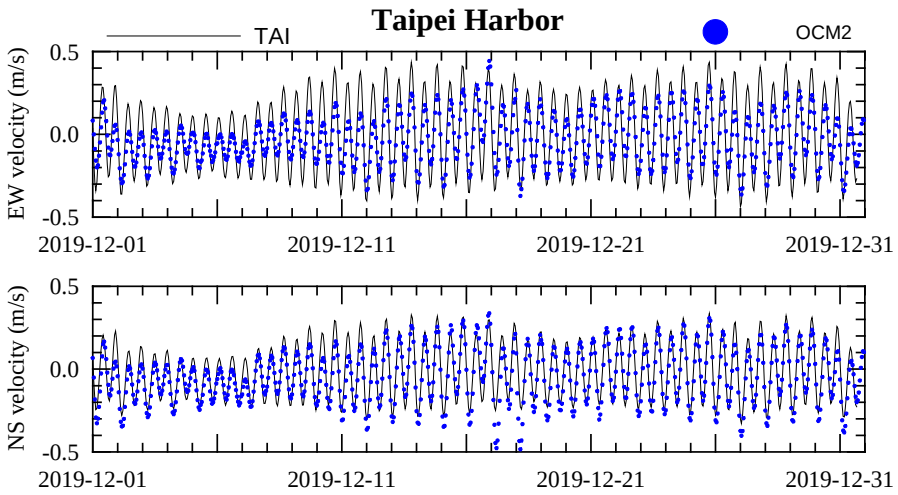


圖 4.30 (續 3)臺北海域 2019 年 12 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

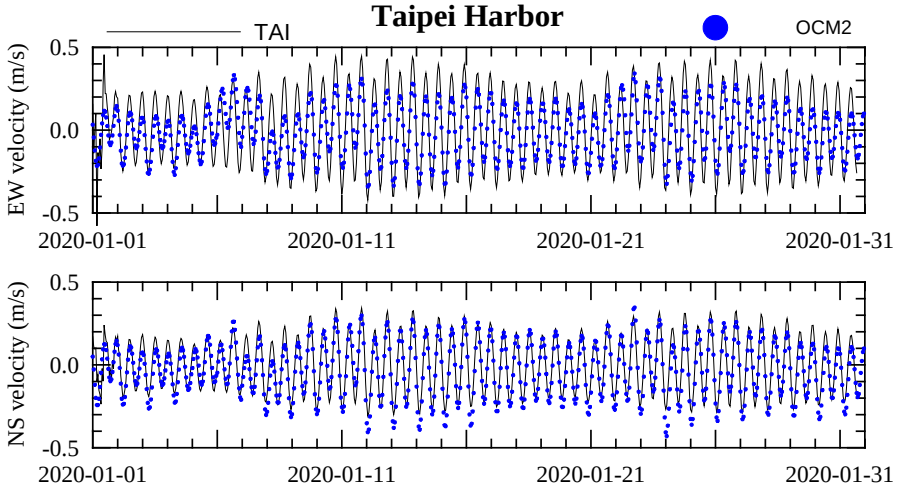


圖 4.30 (續 4)臺北海域 2020 年 01 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

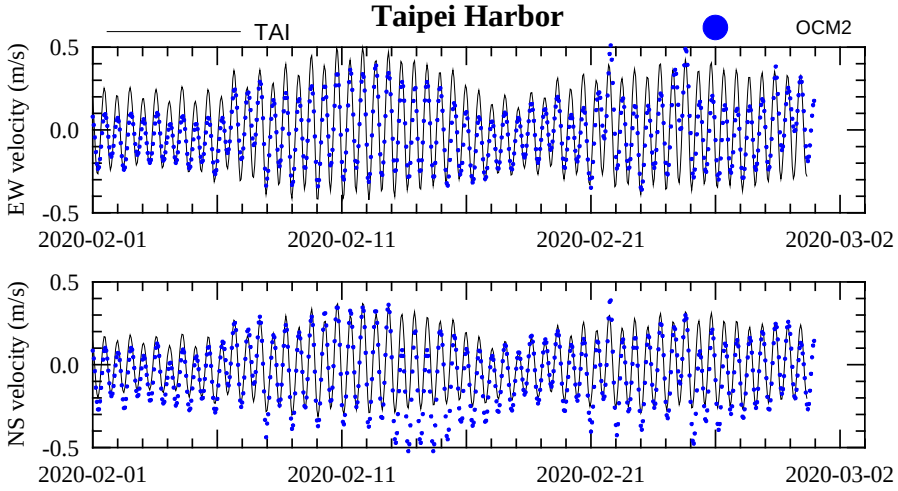


圖 4.30 (續 5)臺北海域 2020 年 02 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

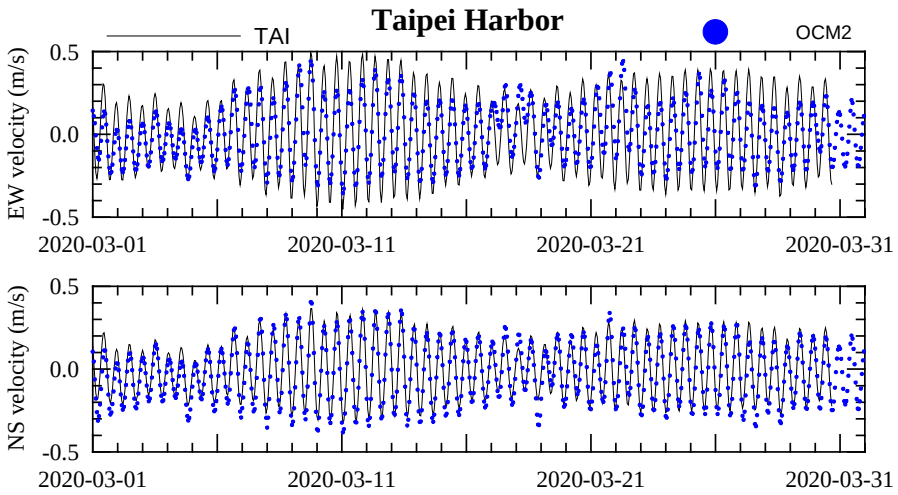


圖 4.30 (續 6)臺北海域 2020 年 03 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

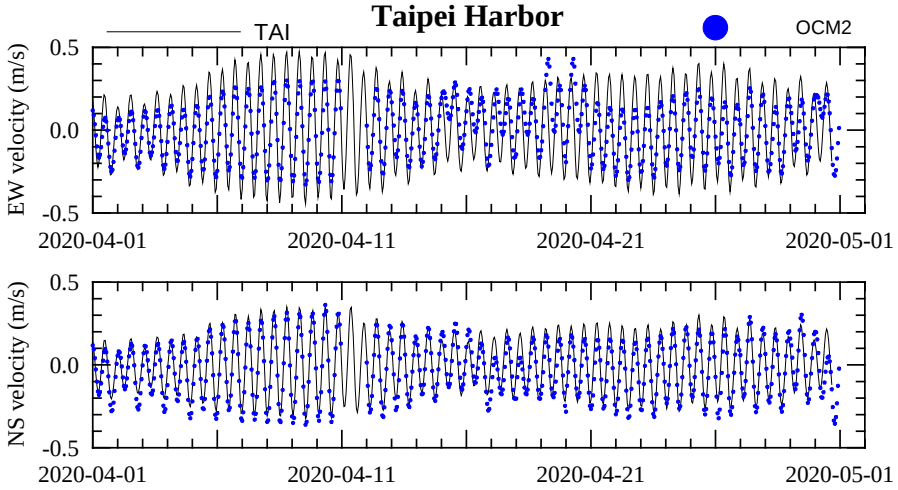


圖 4.30 (續 7)臺北海域 2020 年 04 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

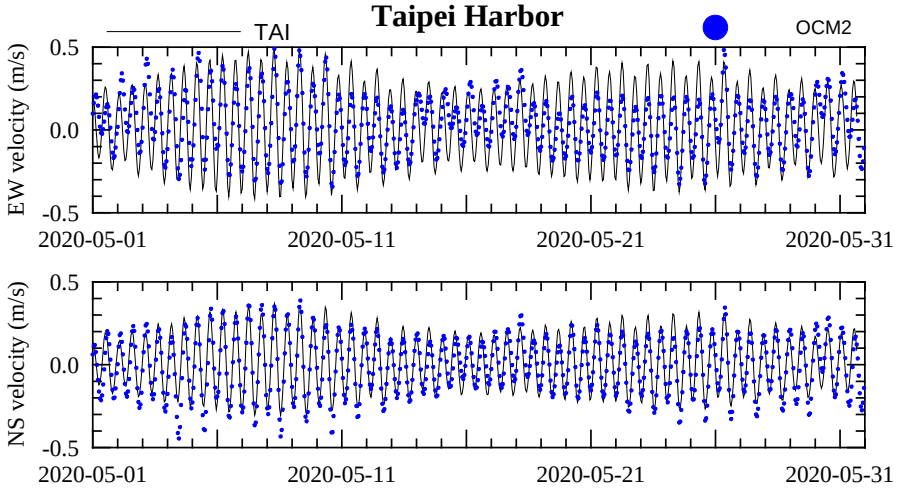


圖 4.30 (續 8)臺北海域 2020 年 05 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

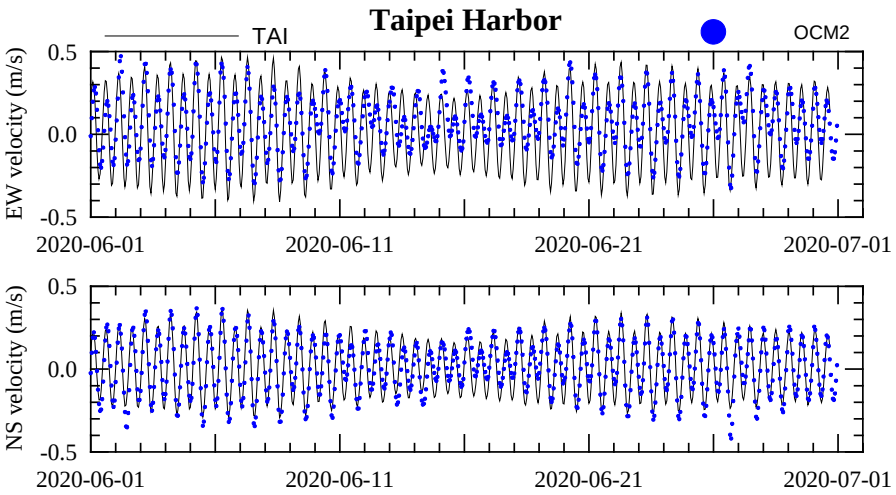


圖 4.30 (續 9)臺北海域 2020 年 06 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

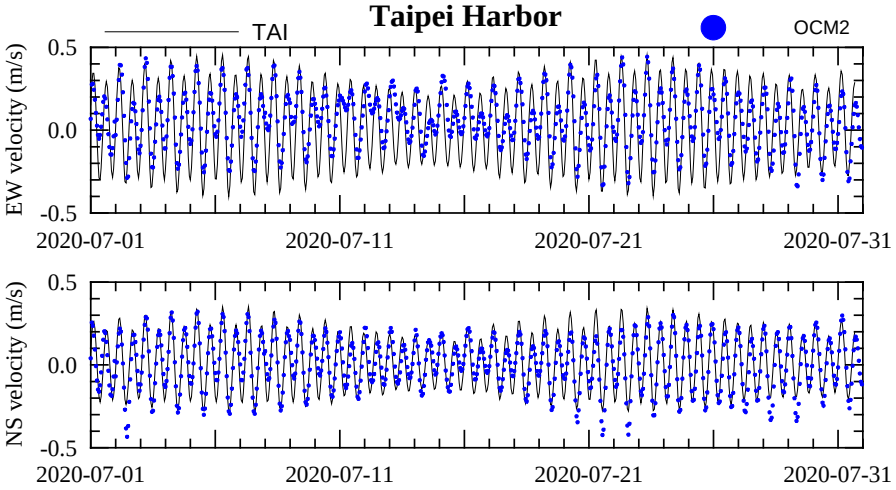


圖 4.30 (續 10)臺北海域 2020 年 07 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

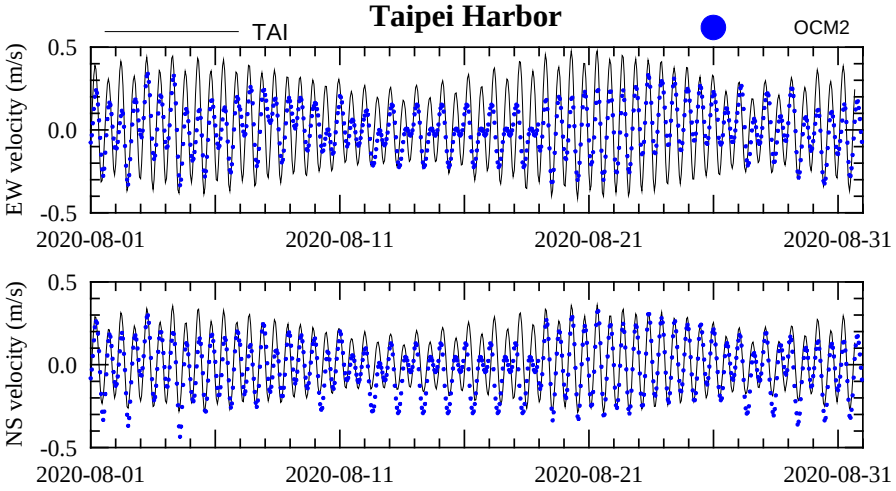


圖 4.30 (續 11)臺北海域 2020 年 08 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

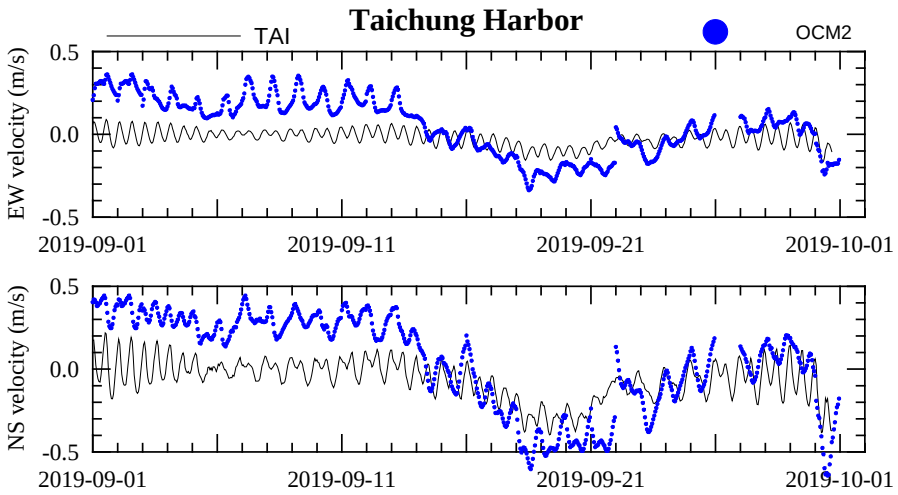


圖 4.31 臺中海域 2019 年 09 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

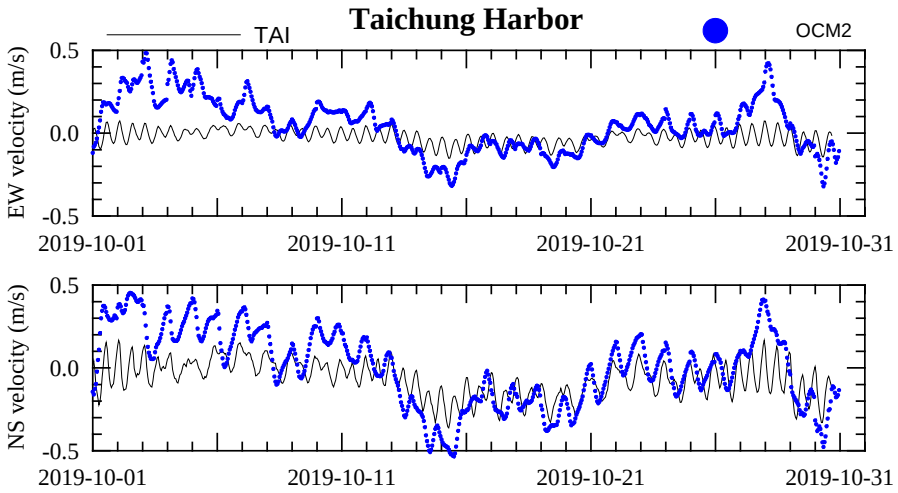


圖 4.31 (續 1)臺中海域 2019 年 10 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

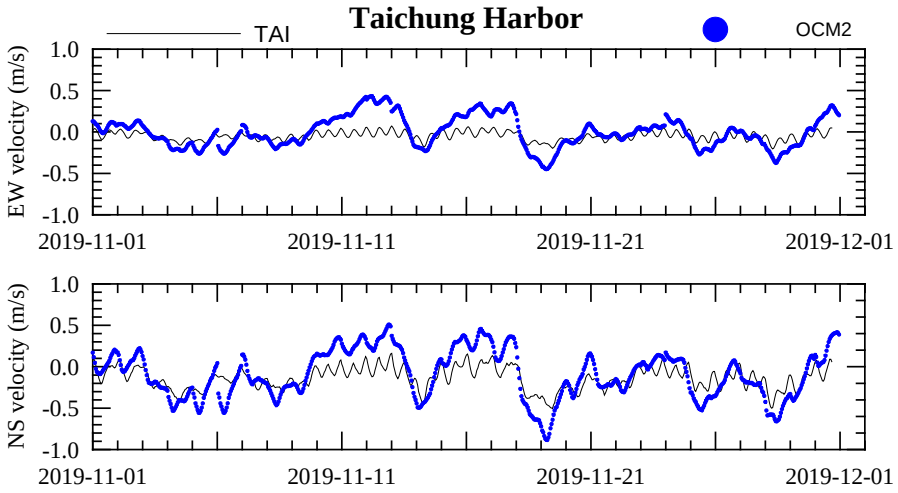


圖 4.31 (續 2)臺中海域 2019 年 11 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

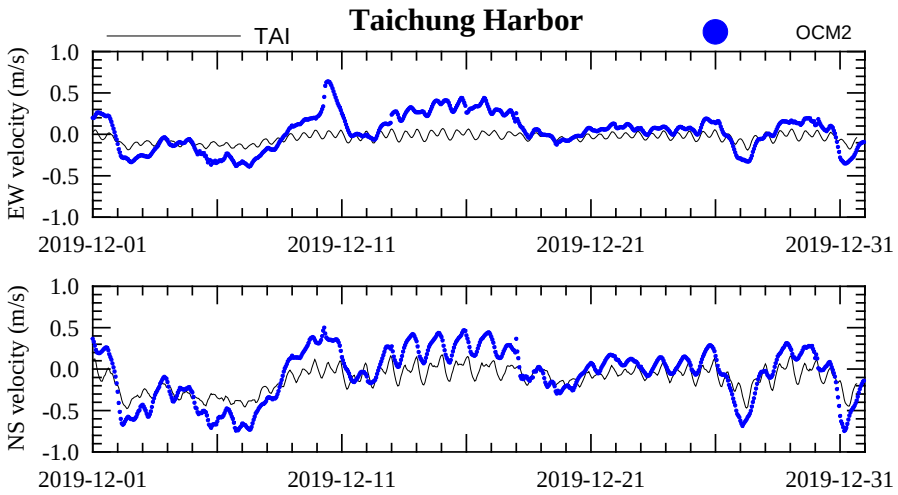


圖 4.31 (續 3)臺中海域 2019 年 12 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

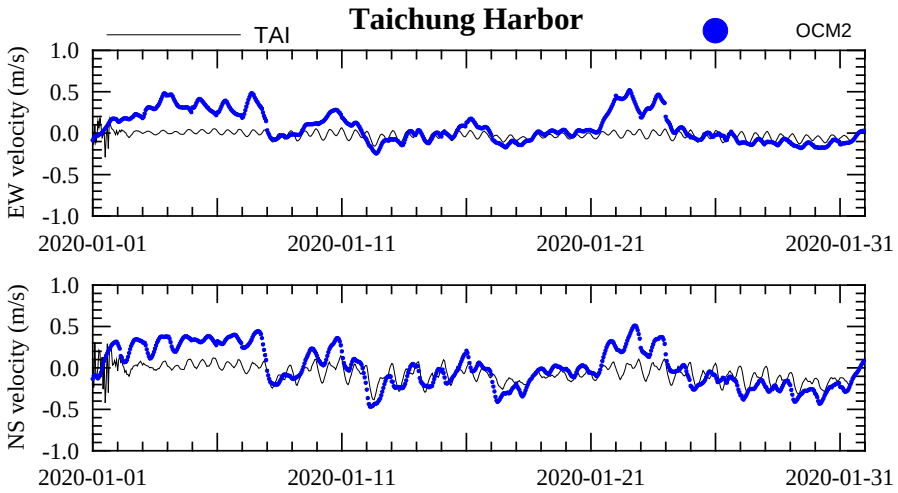


圖 4.31 (續 4)臺中海域 2020 年 01 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

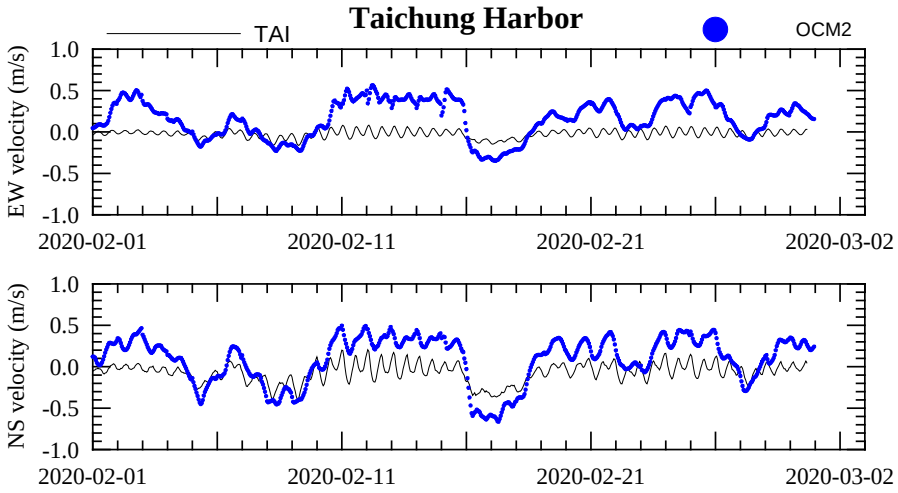


圖 4.31 (續 5)臺中海域 2020 年 02 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

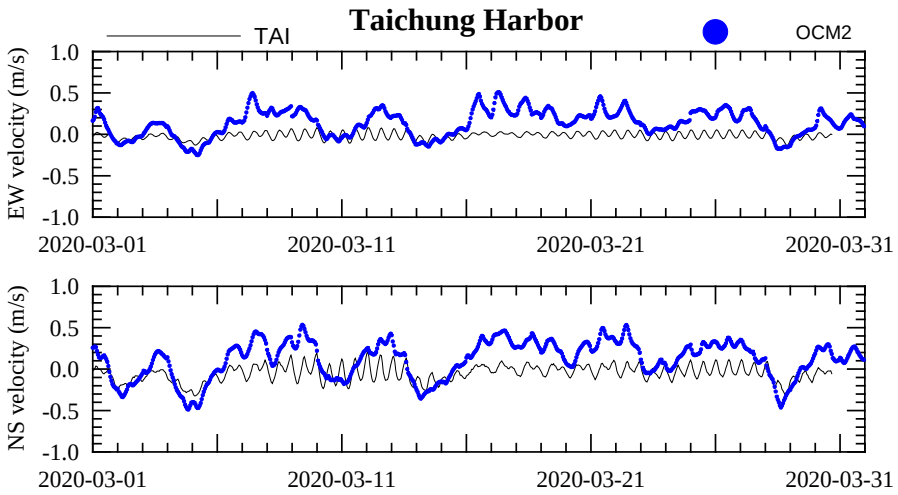


圖 4.31 (續 6)臺中海域 2020 年 03 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

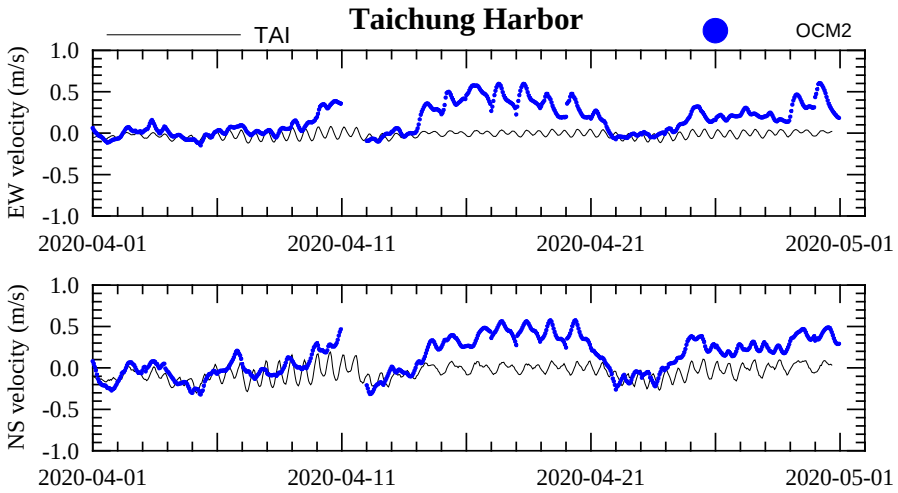


圖 4.31 (續 7)臺中海域 2020 年 04 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

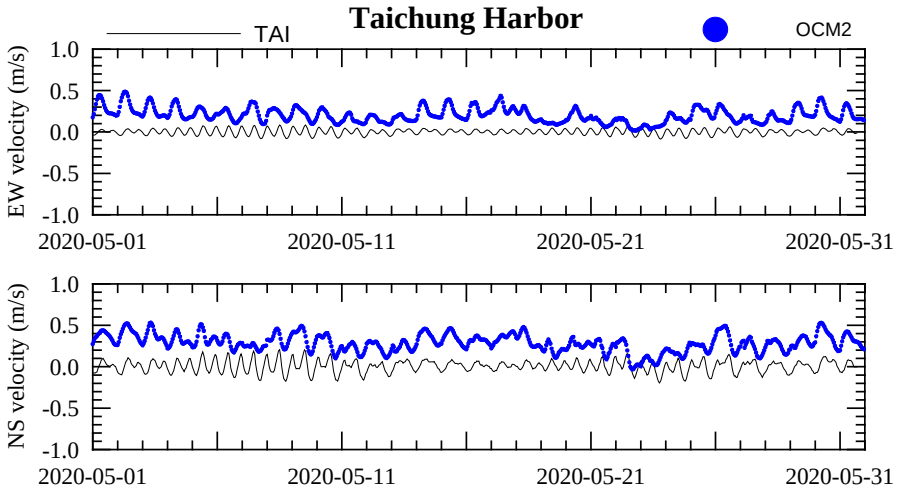


圖 4.31 (續 8)臺中海域 2020 年 05 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

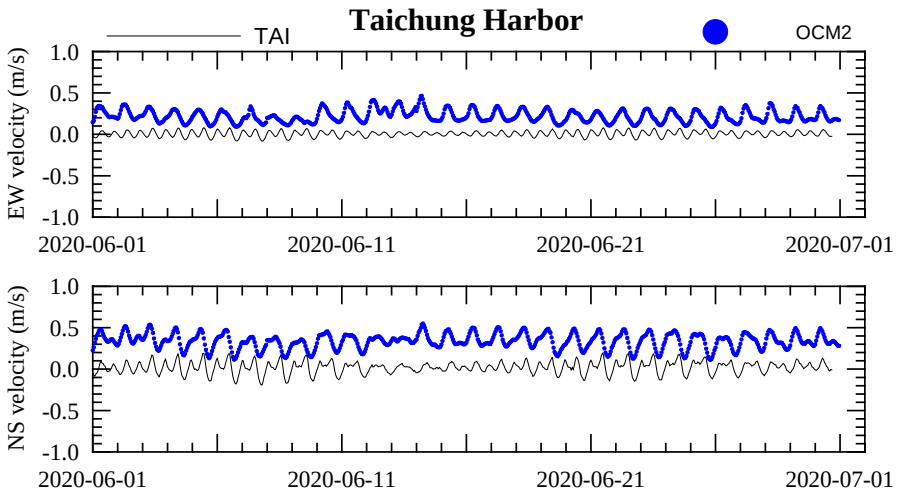


圖 4.31 (續 9)臺中海域 2020 年 06 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

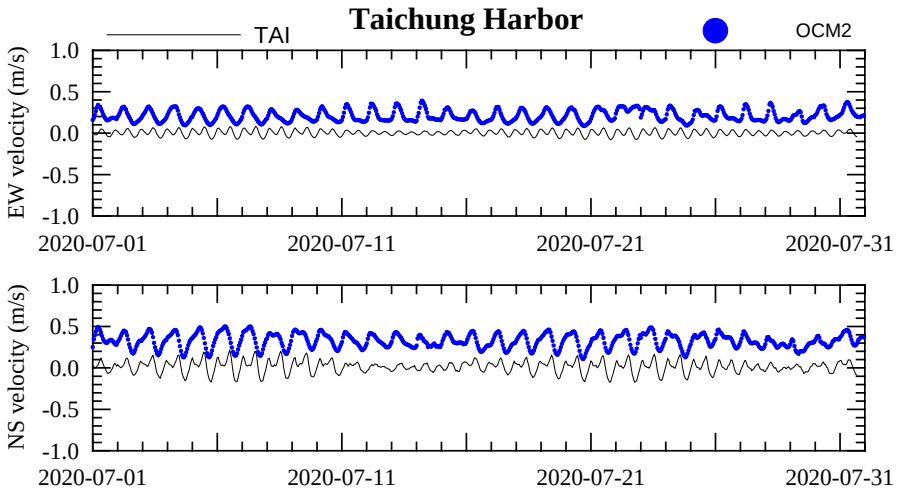


圖 4.31 (續 10)臺中海域 2020 年 07 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

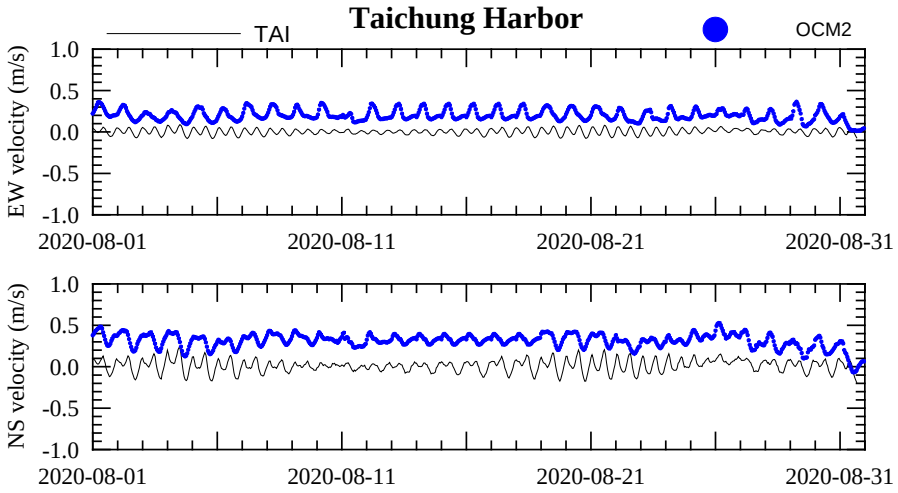


圖 4.31 (續 11)臺中海域 2020 年 08 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

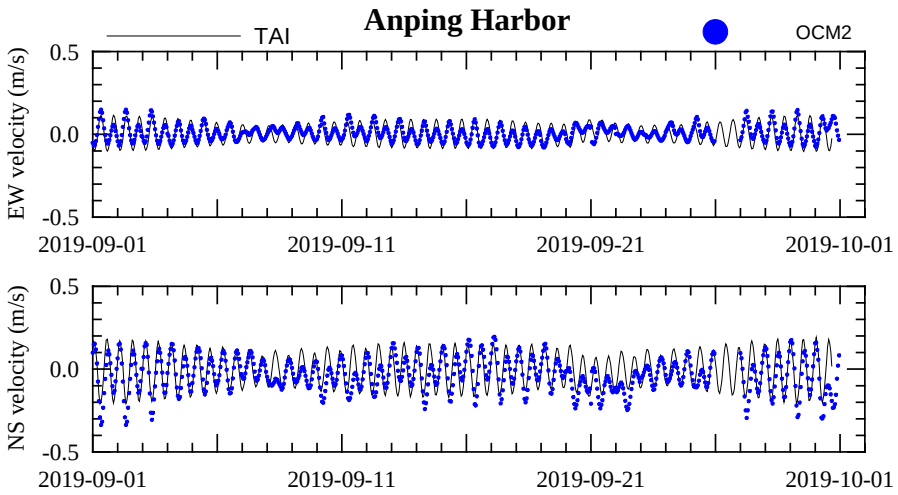


圖 4.32 安平海域 2019 年 09 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

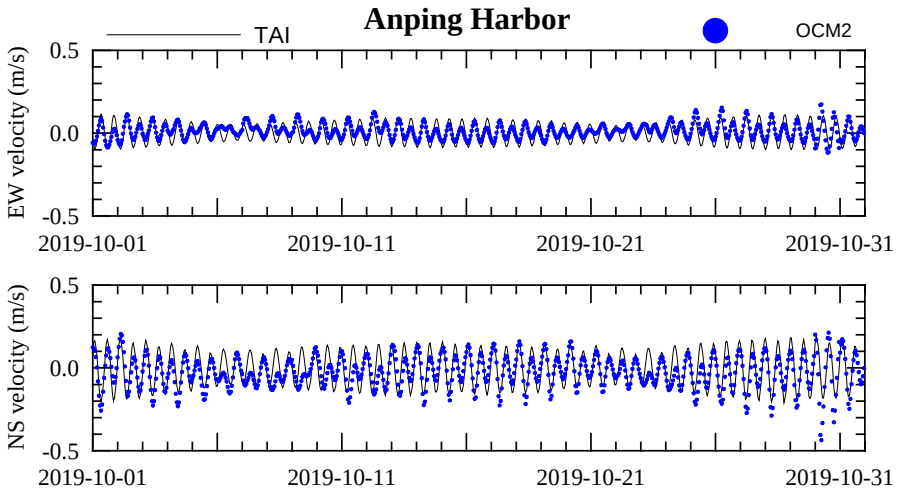


圖 4.32 (續 1)安平海域 2019 年 10 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

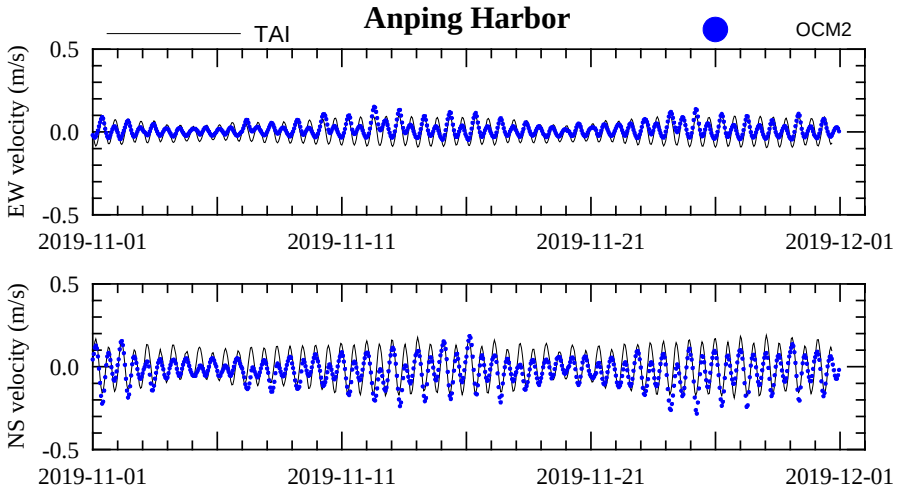


圖 4.32 (續 2)安平海域 2019 年 11 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

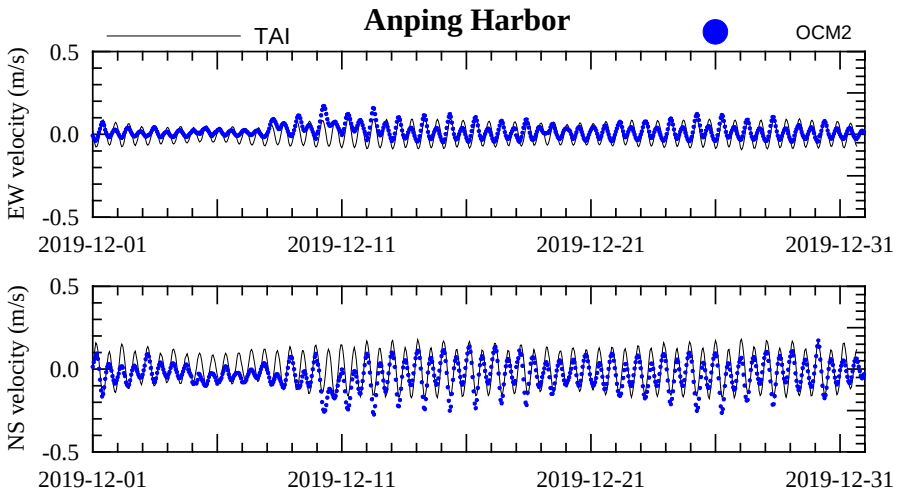


圖 4.32 (續 3)安平海域 2019 年 12 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

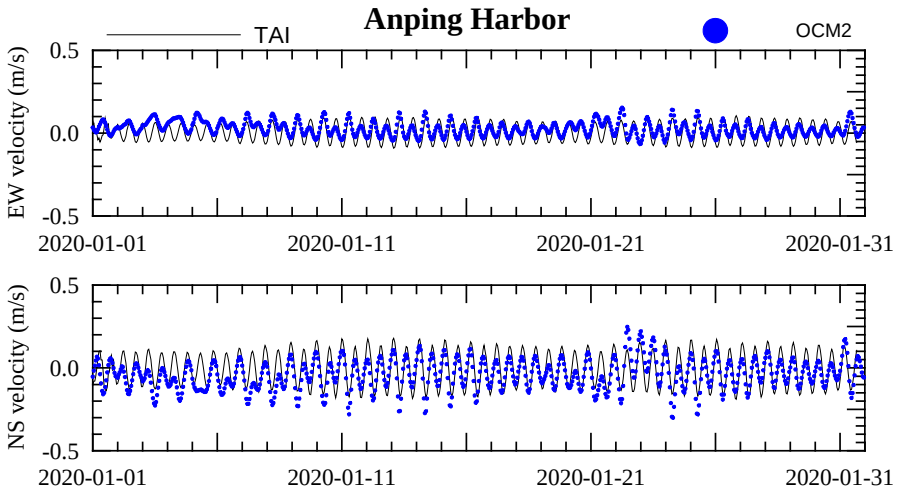


圖 4.32 (續 4)安平海域 2020 年 01 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

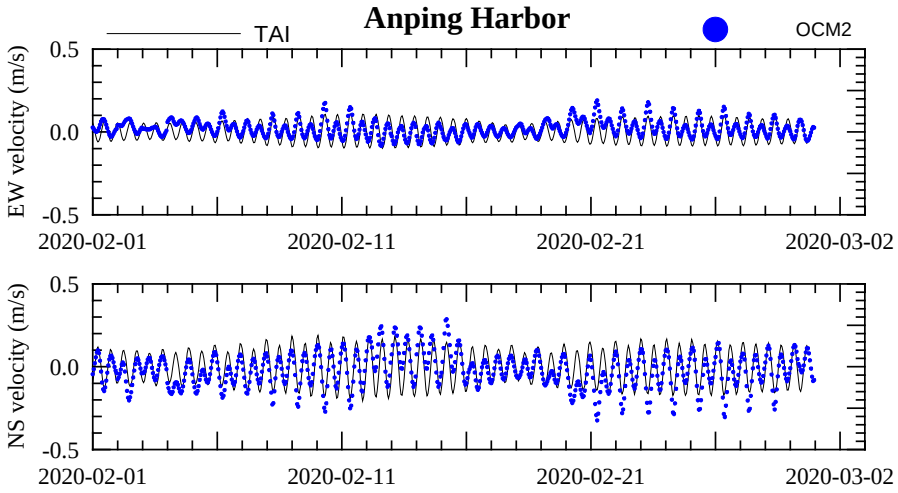


圖 4.32 (續 5)安平海域 2020 年 02 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

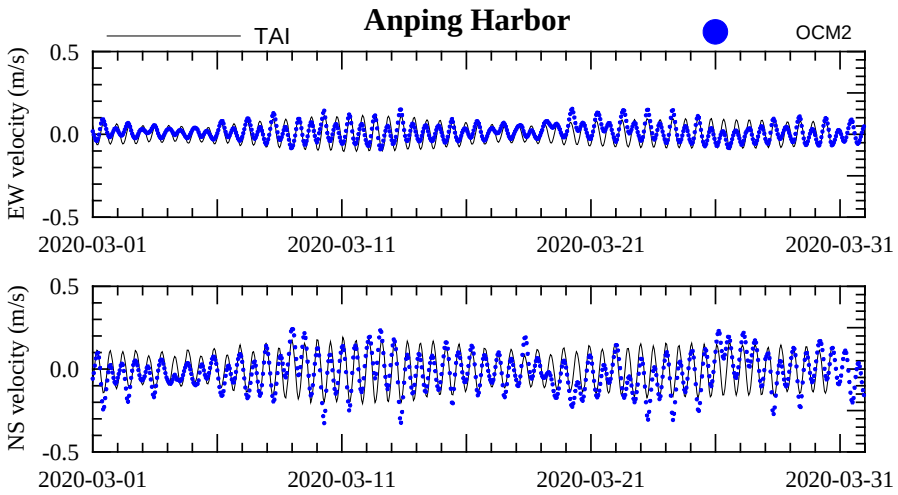


圖 4.32 (續 6)安平海域 2020 年 03 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

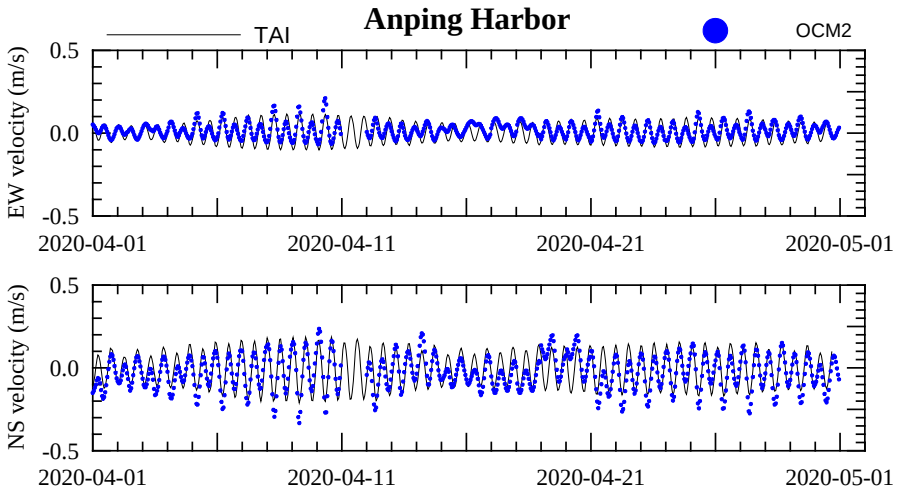


圖 4.32 (續 7)安平海域 2020 年 04 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

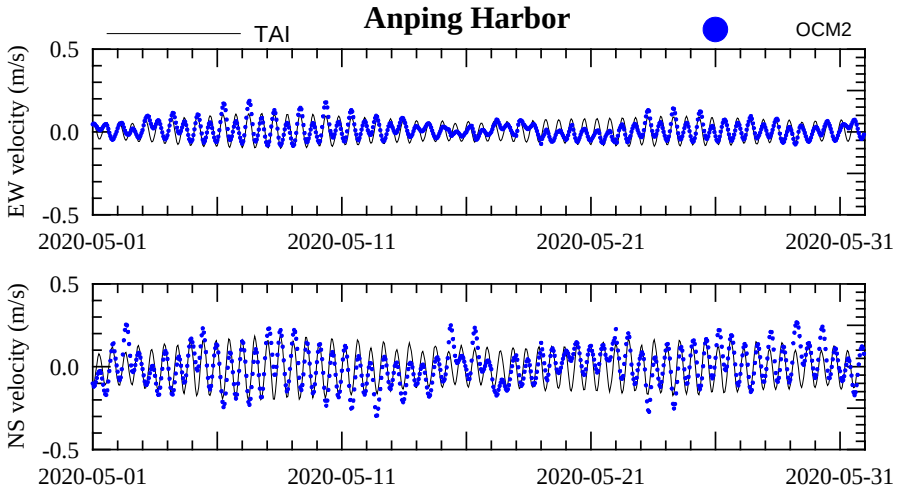


圖 4.32 (續 8)安平海域 2020 年 05 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

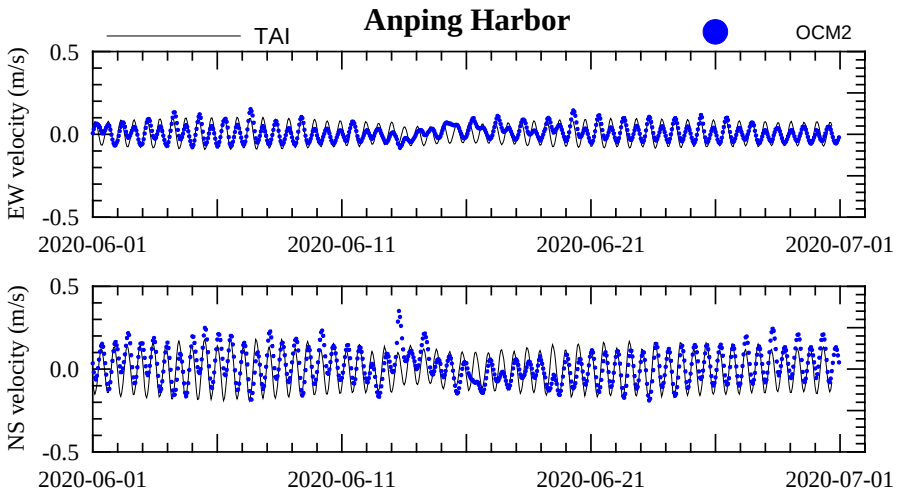


圖 4.32 (續 9)安平海域 2020 年 06 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

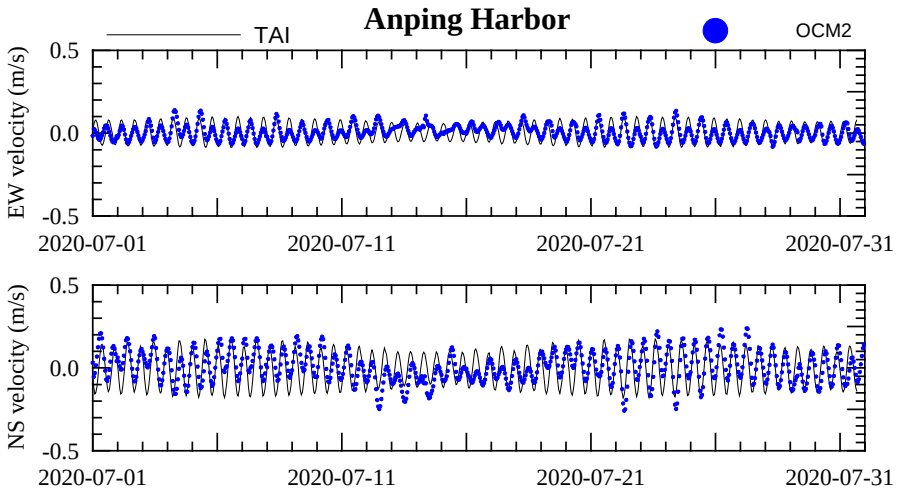


圖 4.32 (續 10)安平海域 2020 年 07 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

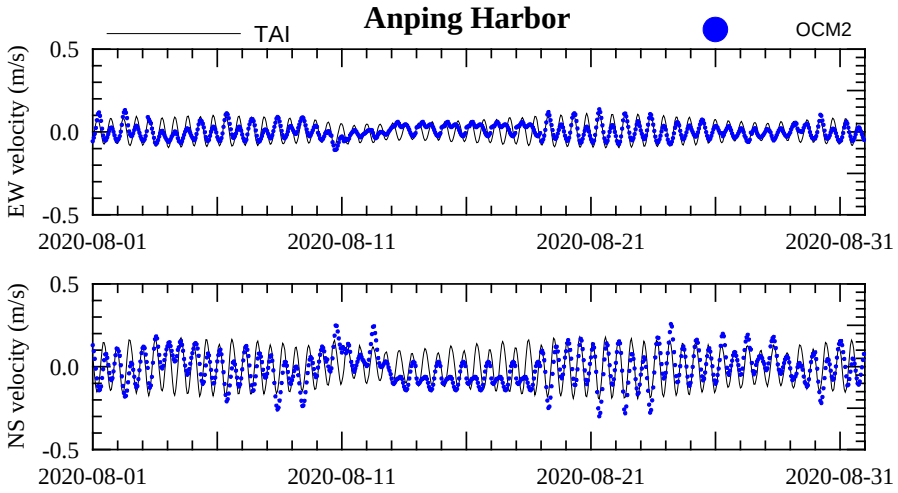


圖 4.32 (續 11)安平海域 2020 年 08 月 OCM2 與 TAI 模式海流模擬值之比較示意圖

第五章 臺灣近岸海象預報作業化成果評估

本年度海象預報作業化成果評估對象包括基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及馬祖港等 9 個海域，作業化成果評估週期為 2019 年 9 月至 2020 年 8 月。針對每日一報海象預報作業化成果選取追算時段資料(0~23 時)彙整各海域每月代表性模擬資料，配合各海域代表性觀測資料進行相關評估及分析。依據海象特性分成風力、波浪、水位及海流四項，評估方法概分為資料統計分析及時序列歷線比對，其中資料統計內容包括逐月資料之蒐集率、平均值、極端值(最大)、標準偏差及均方根差等。

本年度(2019/09~2020/08)海氣象觀測資料蒐集狀況，如表 5.1~表 5.3 所示，表中蒐集率定義為該月份實測(或模擬)的逐時資訊/應提供的逐時資訊×100%；顯示(1)除布袋港 2020 年 2 月蒐集率低於 50%外，各港口風力觀測狀況普遍良好；整體而言，臺北及馬祖海域風力觀測狀況較其他海域略差；(2)波浪及海流觀測因採用 AWAC 觀測，即時觀測資料受到部份港口傳輸電纜尚未修復影響，導致整體資料蒐集狀況欠佳，整體上以臺北及臺中等海域觀測資料蒐集狀況最佳；(3)水位觀測除安平港及布袋港外，各港資料蒐集狀況普遍良好。

表 5.1 本年度海氣象觀測風力資料蒐集率統計整合表

風力									
年/月	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	馬祖
2019/09	○	★	○	▲	○	○	○	★	★
2019/10	○	○	○	★	○	○	○	★	★
2019/11	○	○	○	★	○	○	○	○	★
2019/12	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/01	○	○	○	○	○	★	○	★	○
2020/02	○	○	○	○	○	✖	○	★	★
2020/03	○	○	○	○	○	○	○	▲	▲
2020/04	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/05	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/06	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/07	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/08	○	○	○	○	○	○	○	★	★

備註：蒐集率< 50%以×表示、≥ 50 ~ < 70%以▲表示、 ≥70 ~<95%以★表示、≥ 95%以○表示

表 5.2 2020 年度海氣象觀測波浪、海流資料蒐集率統計整合表

波浪、海流									
年/月	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	馬祖
2019/09	✖	▲	○	✖	✖	✖	○	○	○
2019/10	✖	✖	○	▲	★	★	○	○	○
2019/11	✖	★	○	★	○	✖	○	○	○
2019/12	✖	★	○	★	○	✖	○	○	○
2020/01	✖	○	○	★	○	✖	★	○	★
2020/02	✖	○	○	▲	○	✖	★	○	○
2020/03	✖	○	✖	✖	▲	✖	★	★	★
2020/04	✖	○	✖	✖	★	○	★	★	○
2020/05	✖	○	✖	✖	○	○	○	○	★
2020/06	✖	✖	✖	▲	★	✖	○	★	✖
2020/07	○	✖	○	○	▲	✖	○	○	✖
2020/08	○	✖	○	○	✖	✖	○	★	✖

備註：蒐集率< 50%以×表示、≥ 50 ~ < 70%以▲表示

≥70 ~<95%以★表示、≥ 95%以○表示

表 5.3 2020 年度海氣象觀測水位資料蒐集率統計整合表

水位									
年/月	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	馬祖
2019/09	★	★	○	▲	✖	✖	○	○	○
2019/10	○	○	○	★	✖	✖	○	○	○
2019/11	○	○	○	▲	✖	✖	○	○	○
2019/12	○	○	○	○	▲	✖	○	○	○
2020/01	○	○	○	○	▲	✖	○	★	○
2020/02	○	○	○	○	▲	▲	○	★	○
2020/03	○	○	○	○	▲	▲	○	★	○
2020/04	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2020/05	○	○	○	○	★	★	○	★	○
2020/06	○	○	○	○	○	★	○	★	○
2020/07	○	○	○	○	○	○	○	★	○
2020/08	★	★	★	▲	▲	✖	○	○	○

備註：蒐集率< 50%以×表示、≥ 50 ~ < 70%以▲表示

≥70 ~<95%以★表示、≥ 95%以○表示

本年度氣象局發布颱風警報之侵臺颱風計有 2019 年中度颱風米塔(MITAG，如圖 5.1 所示)、2020 年中度颱風黃蜂(VONGFONG，如圖 5.2 所示)及哈格比(HAGUPIT，如圖 5.3 所示)、輕度颱風米克拉(MEKKHALA，如圖 5.4 所示)及巴威(BAVI，如圖 5.5 所示)等。除中度颱

風米塔外，其餘侵臺颱風僅發布海上警報，對臺灣周圍海域海象影響不顯著。

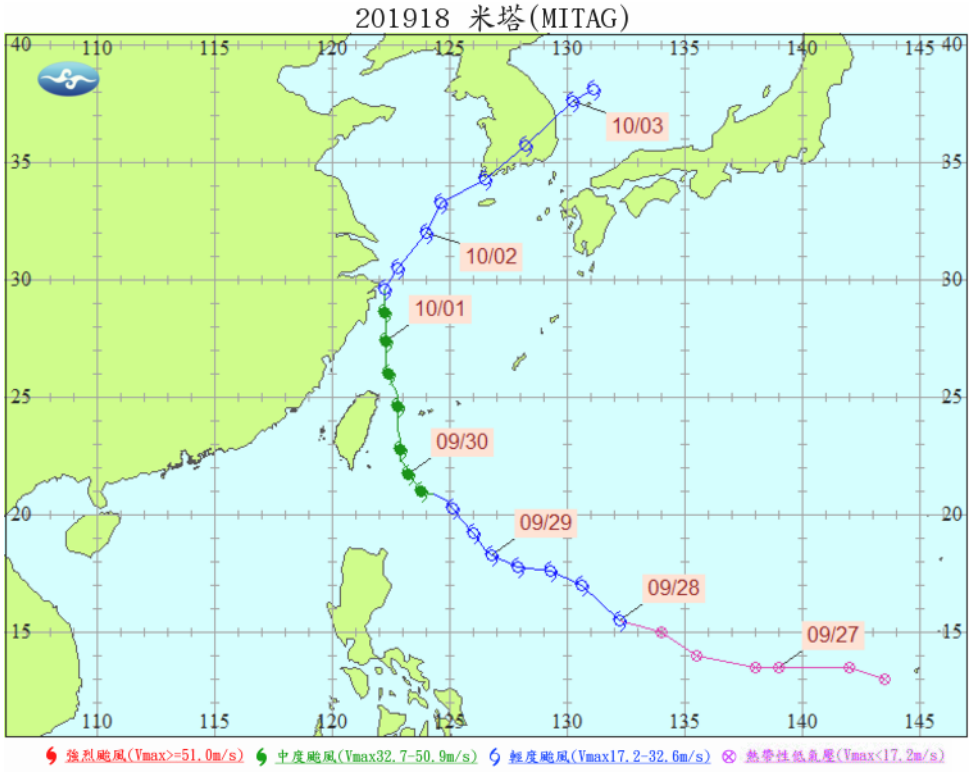


圖 5.1 2019 年 9 月中度颱風米塔(MITAG)侵臺路徑圖

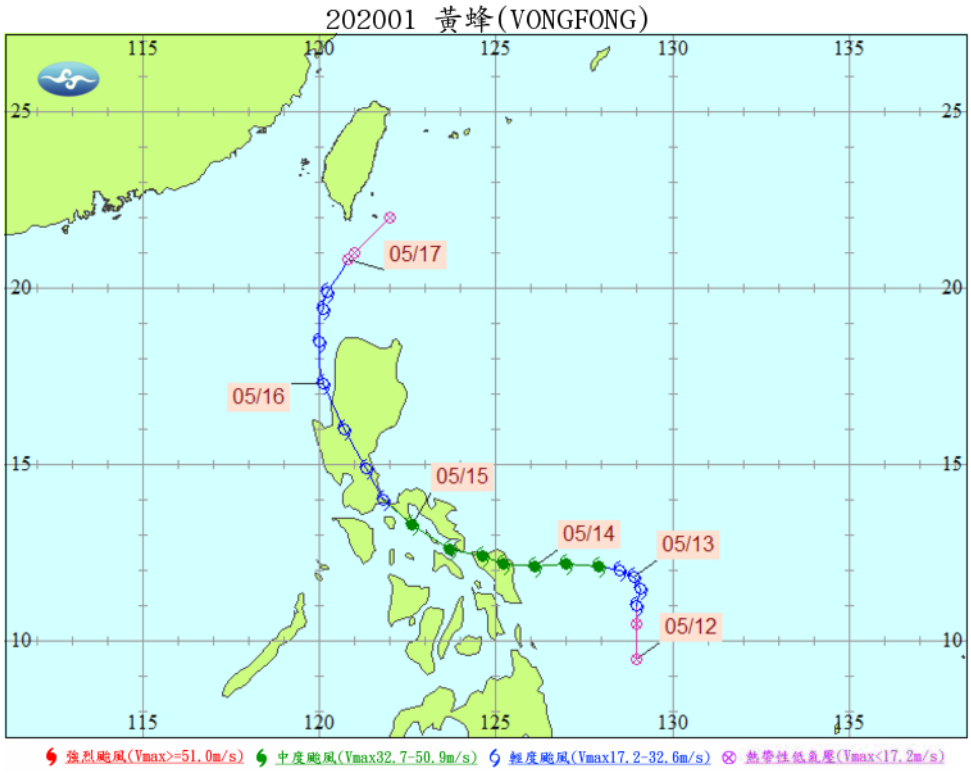


圖 5.2 2020 年中度颱風黃蜂(VONGFONG)侵臺路徑圖

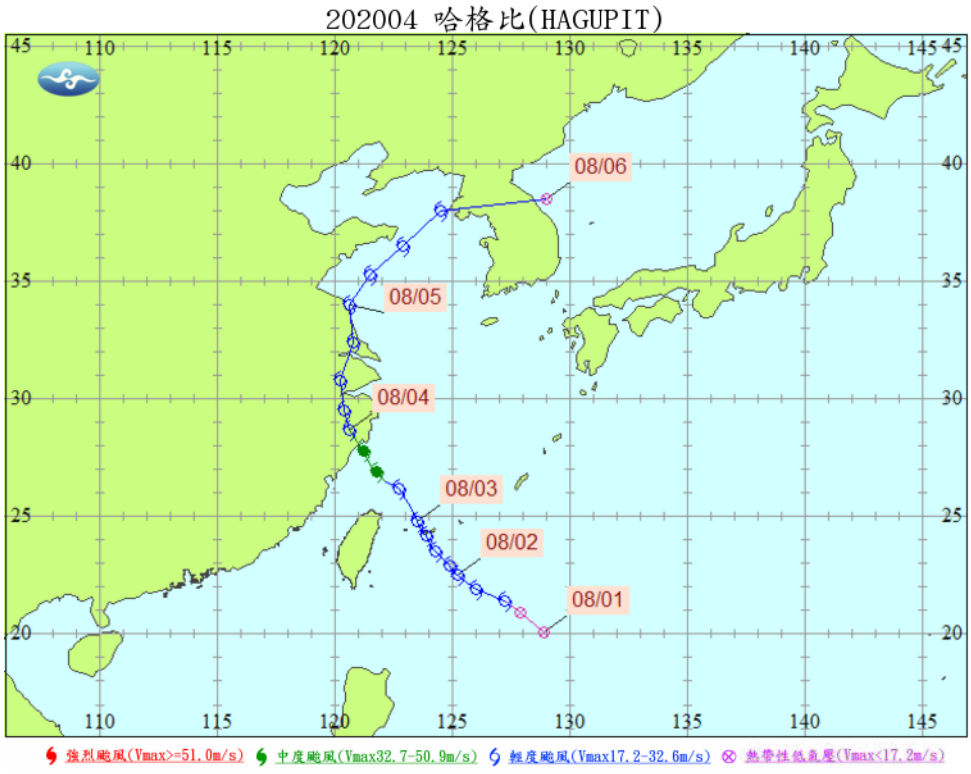


圖 5.3 2020 年中度颱風哈格比(HAGUPIT)侵臺路徑圖

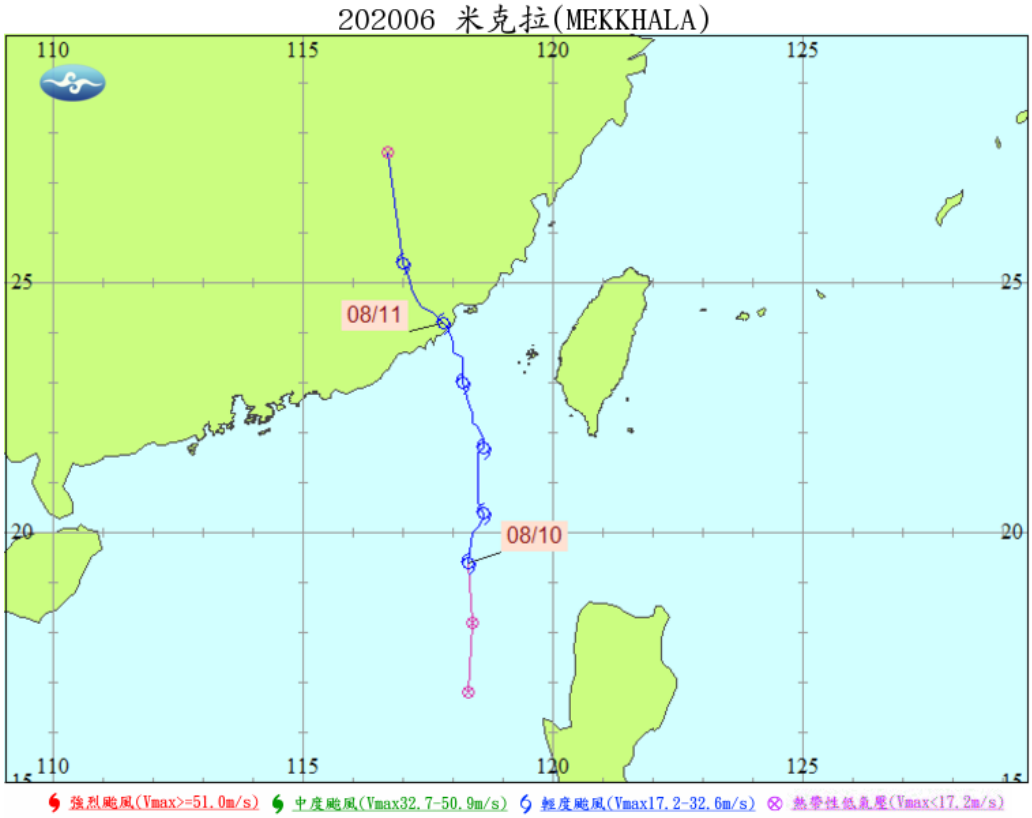


圖 5.4 2020 年輕度颱風米克拉(MEKKHALA)侵臺路徑圖

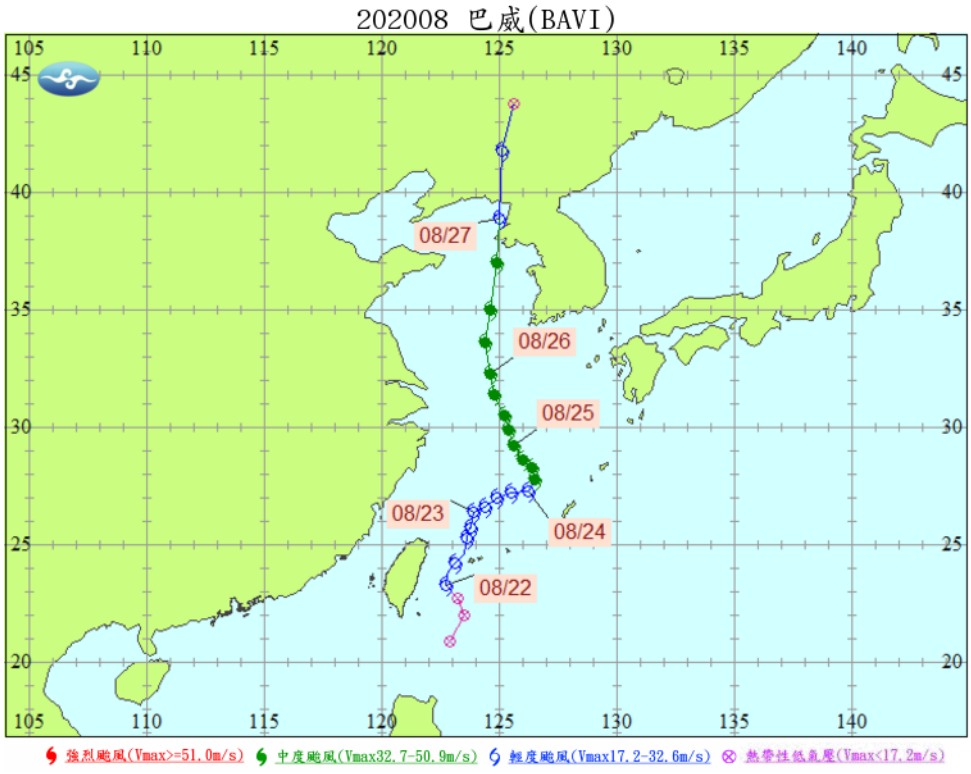


圖 5.5 2020 年輕度颱風巴威(BAVI)侵臺路徑圖

5.1 風力

本年度風力作業化成果評估採用小尺度作業化風場資料為模擬值，與 IHMT 各港口風力觀測資料比較。風力預報與觀測之評估說明如下：

1. 風力資料統計分析：本年度各海域風速模擬值與觀測值之統計分析成果，如表 5.4 所列，其中風力預報與觀測資料蒐集率統計結果顯示，本年度各海域風力逐時預報值均達到 100%。
2. 風速逐時比對：圖 5.6 及圖 5.7 分別為 2019 年 12 月及 2020 年 6 月風速預報與觀測值之逐時比較圖，前者代表冬季東北季風季節，後者代表典型夏季季風。整體上，除馬祖海域有冬季(12 月)風速模擬值明顯高於觀測值，夏季(6 月)風速模擬值明顯低於觀測值之現象外，其餘各海域風速模擬之變化趨勢及風速大小均與觀測值相近似。此外，臺中海域冬季(12 月)及夏季(6 月) 風速模擬值均略高於觀測值屬於較明顯的差異性。
3. 風向逐時比對：圖 5.8 及圖 5.9 分別為 2019 年 12 月(冬季)及 2020 年 6 月(夏季)風向預報與觀測值之逐時比較圖，整體上，除馬祖

海域外，在風向變化趨勢上各海域模擬值與觀測值大致上相近似。

表 5.4 本年度臺北海域風力實測與模擬資料之統計表

臺北	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.60	2.28	6.01	6.08	5.42	5.64	14.81	18.63	94.58	100.00
201910	2.52	2.00	6.08	6.32	5.54	5.99	13.82	16.42	94.62	100.00
201911	2.49	2.15	7.09	7.26	6.64	6.93	13.52	11.54	95.14	100.00
201912	2.83	2.62	6.45	6.75	5.79	6.22	11.98	12.22	93.41	100.00
202001	2.20	1.90	5.59	5.79	5.14	5.47	11.53	11.21	94.49	100.00
202002	2.78	2.61	5.73	5.53	5.01	4.87	15.31	13.70	94.68	100.00
202003	2.80	2.39	5.38	5.21	4.60	4.62	14.73	12.00	93.82	100.00
202004	2.30	2.08	5.71	5.55	5.23	5.14	11.55	9.80	94.17	100.00
202005	2.60	1.91	4.72	3.97	3.94	3.49	14.93	11.95	93.41	100.00
202006	3.38	2.31	6.48	5.11	5.53	4.56	13.51	10.04	95.14	100.00
202007	3.16	2.78	6.14	5.00	5.27	4.16	15.75	12.44	93.95	100.00
202008	2.62	2.66	5.27	5.15	4.57	4.40	14.31	14.23	93.55	100.00
平均值	2.69	2.31	5.89	5.64	5.22	5.12	13.81	12.85	94.25	100.00

表 5.4 (續 1)本年度基隆海域風力實測與模擬資料之統計表

基隆	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.85	1.98	5.35	5.32	4.53	4.94	16.80	17.61	100.00	100.00
201910	2.44	1.52	5.02	4.73	4.39	4.48	11.40	11.67	100.00	100.00
201911	3.01	1.82	5.99	5.79	5.17	5.50	13.30	10.54	100.00	100.00
201912	3.28	2.06	5.82	5.57	4.80	5.18	13.20	10.87	100.00	100.00
202001	2.39	1.41	4.86	5.03	4.23	4.83	12.70	8.71	100.00	100.00
202002	2.73	1.84	4.85	4.80	4.00	4.44	13.20	11.56	100.00	100.00
202003	2.51	1.74	4.26	4.37	3.45	4.01	11.40	9.25	100.00	100.00
202004	2.27	1.46	4.26	4.83	3.61	4.60	10.40	8.46	100.00	100.00
202005	1.57	1.46	2.88	3.24	2.42	2.89	10.30	7.32	100.00	100.00
202006	1.08	0.89	2.34	1.87	2.07	1.65	7.20	5.39	100.00	100.00
202007	1.61	1.78	3.00	3.14	2.54	2.58	11.20	8.77	100.00	100.00
202008	1.78	2.11	3.64	4.06	3.18	3.46	9.20	12.24	99.46	100.00
平均值	2.29	1.67	4.36	4.40	3.70	4.05	11.69	10.20	99.96	100.00

表 5.4 (續 2)本年度蘇澳海域風力實測與模擬資料之統計表

蘇澳	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.52	2.22	5.72	4.44	5.13	3.85	18.50	15.28	75.56	100.00
201910	1.74	1.50	4.20	3.71	3.83	3.40	11.30	7.16	100.00	100.00
201911	1.83	1.75	4.12	4.28	3.69	3.91	10.30	8.01	100.00	100.00
201912	1.75	2.02	4.08	4.18	3.69	3.67	9.20	9.10	100.00	100.00
202001	2.20	1.65	4.73	4.07	4.19	3.72	12.10	8.97	100.00	100.00
202002	1.92	1.78	4.06	4.00	3.58	3.59	9.80	9.15	100.00	100.00
202003	2.25	1.73	4.26	3.62	3.62	3.18	11.70	9.06	100.00	100.00
202004	1.86	1.74	4.22	3.97	3.79	3.57	12.40	10.16	100.00	100.00
202005	2.26	1.28	3.94	2.76	3.23	2.45	13.50	7.84	100.00	100.00
202006	2.75	1.26	5.08	2.58	4.27	2.25	14.50	7.24	100.00	100.00
202007	2.93	1.47	5.42	3.22	4.56	2.87	12.80	7.06	99.87	100.00
202008	2.81	1.79	6.13	3.54	5.45	3.06	13.10	10.79	99.46	100.00
平均值	2.24	1.68	4.66	3.70	4.09	3.29	12.43	9.15	97.91	100.00

表 5.4 (續 3)本年度花蓮海域風力實測與模擬資料之統計表

花蓮	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.15	1.61	4.13	3.26	3.52	2.83	14.20	13.33	100.00	100.00
201910	2.14	1.47	4.32	3.61	3.75	3.29	12.00	7.09	100.00	100.00
201911	2.50	1.81	5.30	4.35	4.67	3.95	12.10	7.86	100.00	100.00
201912	2.47	2.09	4.68	4.14	3.97	3.58	13.30	8.18	100.00	100.00
202001	1.65	1.74	3.60	3.51	3.20	3.05	10.00	7.27	100.00	100.00
202002	1.97	1.90	3.94	3.52	3.41	2.97	11.70	7.72	100.00	100.00
202003	2.12	1.76	4.05	3.48	3.45	3.01	11.60	8.02	99.87	100.00
202004	1.76	1.68	3.94	3.56	3.53	3.14	12.30	7.40	100.00	100.00
202005	1.45	1.06	3.11	2.43	2.76	2.19	13.40	5.56	100.00	100.00
202006	1.67	1.02	3.29	2.37	2.83	2.14	10.60	5.51	99.86	100.00
202007	1.33	1.20	3.14	2.28	2.84	1.94	8.20	5.94	100.00	100.00
202008	1.66	1.45	3.48	2.41	3.06	1.92	11.10	8.90	98.66	100.00
平均值	1.91	1.57	3.92	3.24	3.42	2.83	11.71	7.73	99.87	100.00

表 5.4 (續 4)本年度高雄海域風力實測與模擬資料之統計表

高雄	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.19	1.46	2.53	2.54	2.24	2.08	6.20	9.68	63.33	100.00
201910	1.06	1.06	2.39	2.02	2.14	1.72	5.00	8.44	70.43	100.00
201911	0.95	0.74	2.39	1.98	2.19	1.84	5.00	4.16	70.42	100.00
201912	1.08	0.99	2.72	2.42	2.50	2.21	5.90	5.91	100.00	100.00
202001	1.35	1.22	2.98	2.59	2.65	2.28	7.10	9.16	100.00	100.00
202002	1.29	1.30	2.91	2.52	2.61	2.16	9.50	7.58	100.00	100.00
202003	1.08	1.22	2.51	2.54	2.27	2.22	5.90	7.23	100.00	100.00
202004	1.23	1.16	2.86	2.56	2.58	2.28	6.10	6.57	100.00	100.00
202005	1.41	1.37	2.72	2.81	2.33	2.46	8.20	7.82	100.00	100.00
202006	1.38	1.46	2.72	2.85	2.34	2.45	8.10	7.78	100.00	100.00
202007	1.02	1.59	2.25	3.61	2.00	3.25	5.50	10.46	100.00	100.00
202008	1.31	2.73	2.77	5.04	2.44	4.24	7.64	18.23	97.31	100.00
平均值	1.20	1.36	2.65	2.79	2.36	2.43	6.68	8.58	91.79	100.00

表 5.4 (續 5)本年度安平海域風力實測與模擬資料之統計表

安平	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.26	1.70	4.53	2.96	3.92	2.42	12.82	9.61	100.00	100.00
201910	1.79	1.20	4.23	2.49	3.83	2.19	11.42	8.04	100.00	100.00
201911	1.80	1.27	4.94	3.11	4.60	2.84	10.04	6.62	100.00	100.00
201912	2.20	1.59	5.90	3.79	5.48	3.44	12.16	8.40	100.00	100.00
202001	2.48	1.46	5.95	3.44	5.41	3.12	13.71	9.03	100.00	100.00
202002	2.28	1.57	5.38	3.34	4.88	2.95	13.06	7.77	100.00	100.00
202003	2.12	1.35	4.83	3.04	4.34	2.72	13.42	7.26	100.00	100.00
202004	2.28	1.59	5.14	3.33	4.61	2.92	12.79	8.95	100.00	100.00
202005	1.90	1.32	4.03	2.92	3.56	2.61	13.61	8.11	100.00	100.00
202006	1.92	1.32	4.07	2.96	3.59	2.65	14.18	7.43	100.00	100.00
202007	1.54	1.21	3.66	3.00	3.32	2.75	12.11	7.49	100.00	100.00
202008	2.04	1.97	4.27	3.91	3.76	3.38	13.36	9.69	100.00	100.00
平均值	2.05	1.46	4.74	3.19	4.28	2.83	12.72	8.20	100.00	100.00

表 5.4 (續 6)本年度布袋海域風力實測與模擬資料之統計表

布袋	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.50	3.43	4.94	6.00	4.26	4.92	13.43	15.65	99.17	100.00
201910	2.13	2.81	4.75	5.64	4.25	4.89	12.22	13.75	96.37	100.00
201911	2.27	3.28	5.66	7.71	5.19	6.98	11.14	15.02	99.17	100.00
201912	2.54	3.47	5.98	8.13	5.42	7.35	13.23	16.11	99.19	100.00
202001	2.28	2.85	5.58	6.80	5.10	6.17	12.86	14.20	81.72	100.00
202002	2.28	3.31	5.58	6.44	5.10	5.53	10.99	14.76	44.68	100.00
202003	2.30	2.67	4.93	5.71	4.36	5.04	11.64	13.34	99.19	100.00
202004	2.39	3.16	5.29	6.21	4.72	5.35	12.47	13.66	99.03	100.00
202005	1.53	1.93	3.52	4.13	3.17	3.66	10.74	10.65	99.19	100.00
202006	1.11	1.33	3.24	4.03	3.04	3.81	7.18	9.17	99.03	100.00
202007	1.12	1.45	3.14	3.85	2.93	3.57	6.53	8.76	98.79	100.00
202008	1.84	2.24	3.95	4.66	3.50	4.09	9.37	11.00	98.79	100.00
平均值	2.02	2.66	4.71	5.78	4.25	5.11	10.98	13.01	92.86	100.00

表 5.4 (續 7)本年度臺中海域風力實測與模擬資料之統計表

臺中	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	3.69	4.82	6.08	8.89	4.84	7.48	16.30	20.68	100.00	100.00
201910	3.17	4.13	6.29	9.31	5.43	8.35	13.70	17.73	100.00	100.00
201911	4.17	4.99	8.23	12.08	7.10	11.00	16.90	20.99	100.00	100.00
201912	4.20	5.44	7.72	11.05	6.48	9.63	16.50	19.84	100.00	100.00
202001	2.77	3.90	5.70	8.92	4.98	8.02	12.70	16.05	100.00	100.00
202002	3.46	4.93	6.18	8.77	5.12	7.26	14.20	19.02	100.00	100.00
202003	2.87	4.25	5.09	7.78	4.21	6.52	14.10	17.45	100.00	100.00
202004	2.76	4.22	5.07	8.15	4.26	6.97	12.20	16.35	100.00	100.00
202005	1.46	2.27	3.07	4.81	2.71	4.24	8.90	10.24	100.00	100.00
202006	1.26	1.68	3.32	5.76	3.07	5.51	6.20	11.13	100.00	100.00
202007	1.26	1.94	2.98	5.04	2.71	4.65	6.50	10.58	100.00	100.00
202008	1.51	2.73	2.86	5.03	2.43	4.22	10.61	14.23	99.33	100.00
平均值	2.72	3.78	5.22	7.97	4.45	6.99	12.40	16.19	99.94	100.00

表 5.4 (續 8)本年度馬祖海域風力實測與模擬資料之統計表

馬祖	標準偏差 SD m/s		均方根 RMS m/s		平均值 MEAN m/s		最大值 MAX m/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.62	2.85	4.28	8.21	3.96	7.70	9.08	16.53	89.86	100.00
201910	1.80	2.75	4.33	8.00	3.94	7.51	10.20	15.88	90.32	100.00
201911	1.84	3.24	4.69	10.02	4.32	9.48	9.02	15.48	88.75	100.00
201912	2.18	3.43	4.59	9.39	4.03	8.75	9.58	17.01	94.89	100.00
202001	1.53	2.30	3.68	7.77	3.35	7.42	7.49	13.38	95.03	100.00
202002	1.80	2.99	3.59	7.57	3.10	6.96	8.24	13.81	93.68	100.00
202003	2.06	3.11	3.83	7.47	3.22	6.79	9.52	14.43	93.15	100.00
202004	1.72	2.57	3.50	7.13	3.05	6.65	9.09	13.17	92.36	100.00
202005	2.17	1.46	3.93	3.24	3.28	2.89	11.16	7.32	88.44	100.00
202006	2.51	0.89	6.37	1.87	5.86	1.65	11.87	5.39	90.28	100.00
202007	2.49	2.67	5.66	8.50	5.08	8.07	11.09	15.56	89.65	100.00
202008	1.84	2.45	3.68	6.86	3.19	6.41	10.10	13.20	91.26	100.00
平均值	1.96	2.56	4.34	7.17	3.87	6.69	9.70	13.43	91.47	100.00

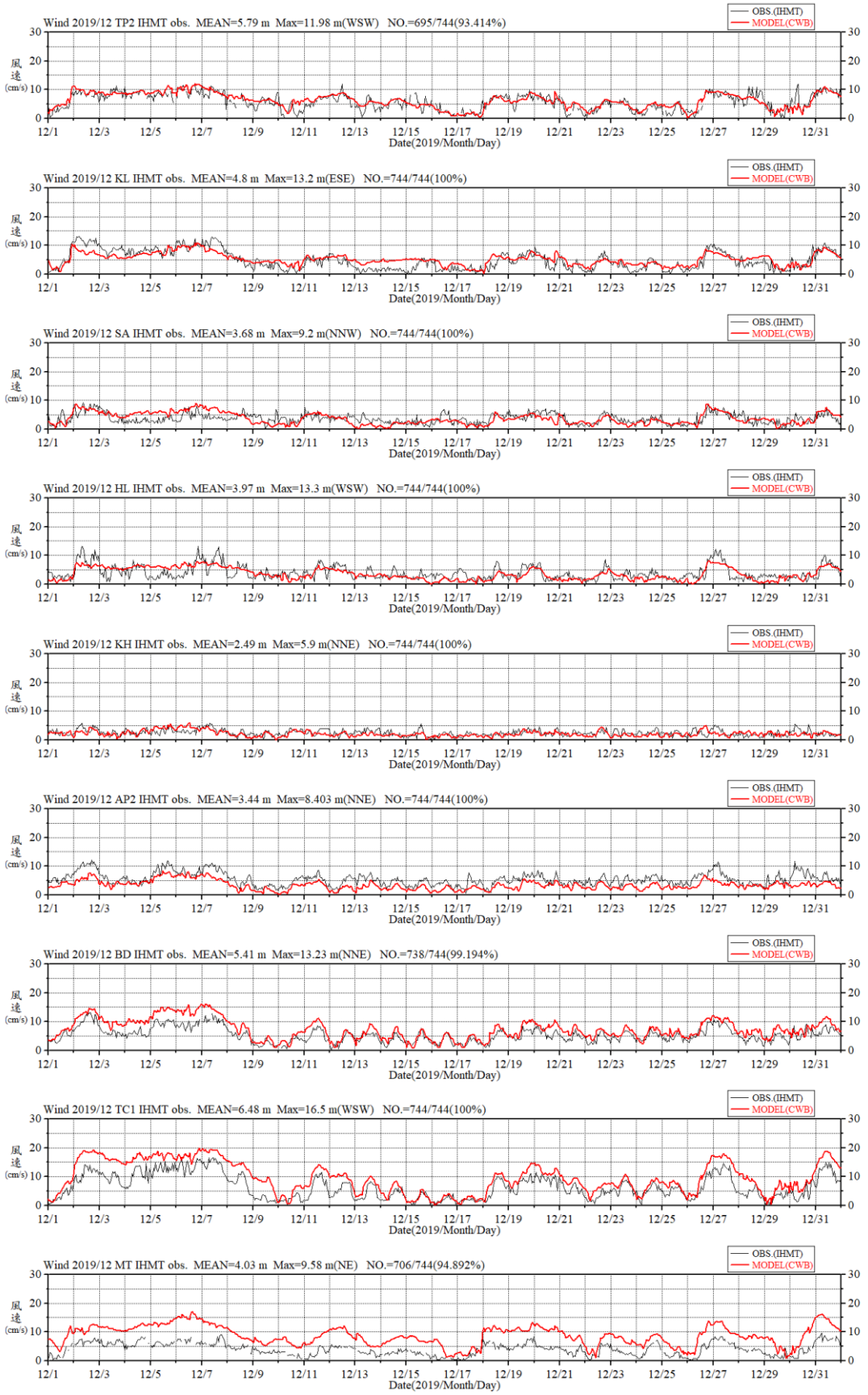


圖 5.6 9 海域 2019 年 12 月風速觀測值與小尺度模擬值(紅色)之比較圖

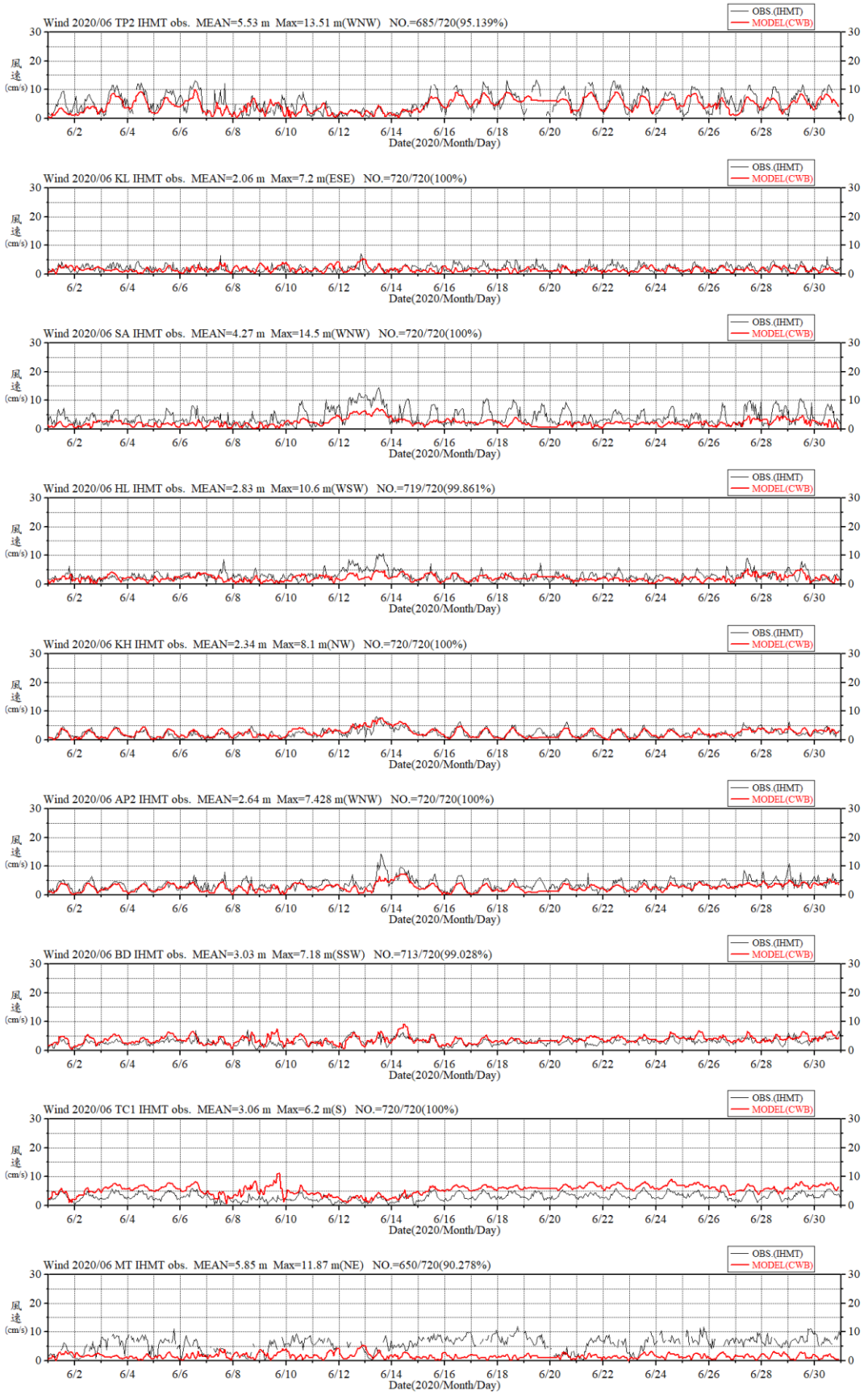


圖 5.7 9 海域 2020 年 6 月風速觀測值與小尺度模擬值(紅色)之比較圖

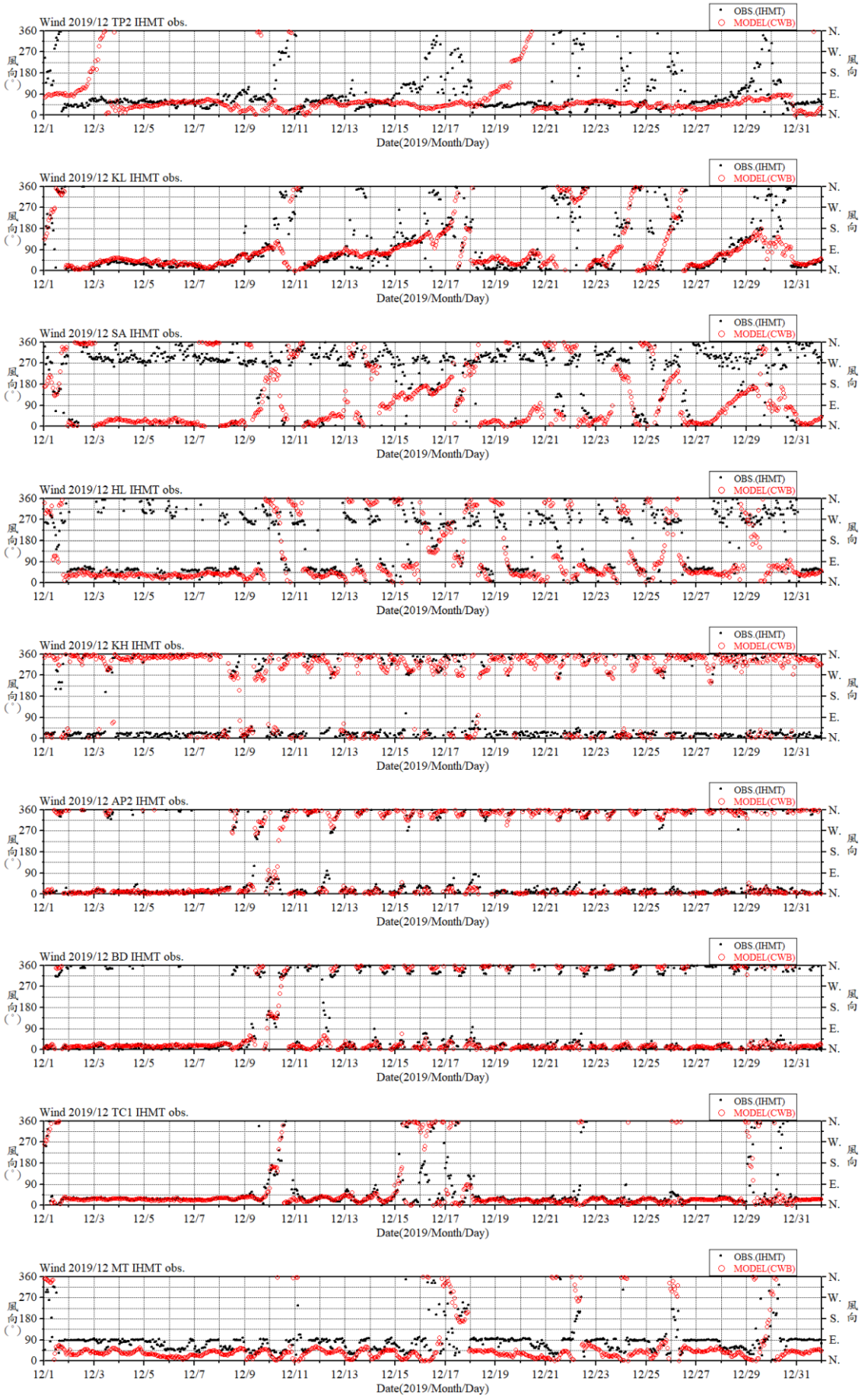


圖 5.8 9 海域 2019 年 12 月風向觀測值與小尺度模擬(紅色)比較圖

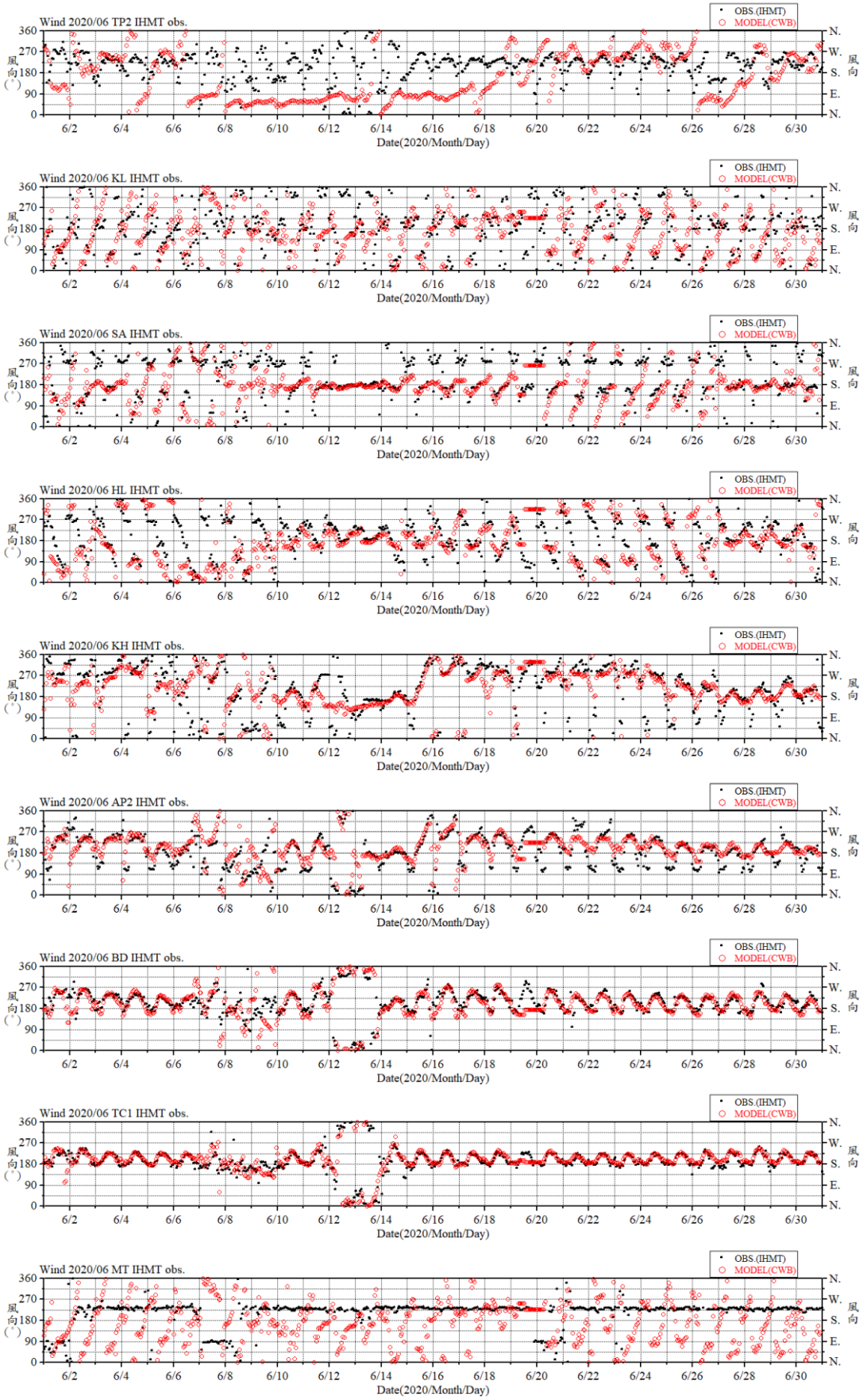


圖 5.9 9 海域 2020 年 6 月風向觀測值與小尺度模擬(紅色)比較圖

5.2 波浪

本年度波浪作業化成果評估採用中尺度風浪模組作業化模擬資料與IHMT各港口波高觀測資料比較。波浪預報與觀測之評估說明如下：

1. 波浪資料統計分析：本年度各海域波高及譜峰週期之模擬值與觀測值之統計分析成果，如表5.5及表5.6所列，其中各海域波浪模擬值蒐集率均達成 100%目標；觀測資料以臺北港及臺中港觀測狀況最佳，本年度資料蒐集率超過95%。
2. 波高逐時比對：圖5.10及圖5.11分別為2019年12月及2020年6月波高預報與觀測值之逐時比較圖，前者代表冬季東北季風季節，後者代表典型夏季季風。冬季(12 月)鋒面期間，波高模擬結果普遍高於觀測值；夏季(6 月)海面風浪較小，波高模擬值與觀測值誤差較小，呈現相近之趨勢。
3. 譜峰週期逐時比對：如圖 5.12 及圖 5.13 分別為 2019 年 12 月(冬季)及 2020 年 6 月(夏季)譜峰週期預報與觀測值之逐時比較圖；顯示各海域譜峰週期模擬值普遍略小觀測值，惟模擬值之變化趨勢與觀測值間仍有一致性。
4. 波向逐時比對：圖 5.14 及圖 5.15 分別為 2019 年 12 月(冬季)及 2020 年 6 月(夏季)波向預報與觀測值之逐時比較圖，其中冬季(12 月)各海域波向預報與觀測值發生明顯偏差，分別為花蓮港及安平港，前者觀測波向大於 90 度(介於 E~SE)與冬季季風風向不一致，後者誤差原因主要來自於模擬值點位比較外海，而觀測點位鄰近南防波堤堤頭。

表 5.5 本年度臺北海域波高實測/模擬資料統計表

臺北	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.98	0.86	1.76	1.59	1.47	1.33	4.93	4.99	98.89	100.00
201910	0.68	0.62	1.54	1.33	1.38	1.18	4.60	4.84	99.19	100.00
201911	0.88	0.71	2.01	1.66	1.81	1.50	5.42	3.46	98.89	100.00
201912	0.90	0.82	1.92	1.63	1.69	1.41	5.36	4.05	98.92	100.00
202001	0.62	0.56	1.54	1.24	1.41	1.11	3.22	2.39	96.91	100.00
202002	0.75	0.65	1.51	1.17	1.31	0.98	4.31	3.51	98.99	100.00
202003	0.74	0.58	1.45	1.10	1.25	0.93	3.76	2.84	90.99	100.00
202004	0.60	0.48	1.24	1.00	1.08	0.88	3.08	2.65	91.53	100.00
202005	0.35	0.36	0.80	0.72	0.72	0.62	1.97	2.21	95.97	100.00
202006	0.34	0.38	0.89	0.93	0.82	0.85	1.72	1.67	94.58	100.00
202007	0.35	0.37	0.76	0.78	0.67	0.68	1.87	1.86	95.56	100.00
202008	0.35	0.58	0.70	0.91	0.61	0.71	1.67	2.67	81.05	100.00
平均值	0.63	0.58	1.34	1.17	1.19	1.02	3.49	3.10	95.12	100.00

表 5.5 (續 1)本年度基隆海域波高實測/模擬資料統計表

基隆	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	1.20	-	2.21	-	1.86	-	7.00	0.00	100.00
201910	-	0.73	-	1.62	-	1.45	-	6.84	0.00	100.00
201911	-	0.82	-	2.09	-	1.92	-	4.17	0.00	100.00
201912	-	0.96	-	2.04	-	1.80	-	5.38	0.00	100.00
202001	-	0.66	-	1.54	-	1.39	-	2.87	0.00	100.00
202002	-	0.76	-	1.46	-	1.25	-	4.33	0.00	100.00
202003	-	0.65	-	1.32	-	1.15	-	3.16	0.00	100.00
202004	-	0.56	-	1.33	-	1.21	-	3.17	0.00	100.00
202005	-	0.47	-	0.91	-	0.78	-	3.17	0.00	100.00
202006	0.06	0.13	0.31	0.44	0.31	0.41	0.46	0.79	23.47	100.00
202007	0.09	0.24	0.39	0.46	0.38	0.39	0.82	1.47	98.92	100.00
202008	0.26	0.59	0.61	1.07	0.55	0.89	1.93	3.63	96.91	100.00
平均值	0.14	0.65	0.44	1.37	0.41	1.21	1.07	3.83	18.28	100.00

表 5.5 (續 2)本年度蘇澳海域波高實測/模擬資料統計表

蘇澳	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.96	1.23	1.77	2.20	1.49	1.83	6.83	8.37	63.89	100.00
201910	-	0.64	-	1.49	-	1.35	-	4.86	0.00	100.00
201911	0.45	0.68	1.66	1.88	1.60	1.75	3.17	3.73	93.61	100.00
201912	0.42	0.80	1.54	1.82	1.48	1.63	3.59	4.67	88.31	100.00
202001	0.22	0.53	1.24	1.37	1.22	1.26	2.10	2.67	97.98	100.00
202002	0.36	0.62	1.38	1.44	1.33	1.30	2.58	3.89	99.14	100.00
202003	0.29	0.52	1.19	1.31	1.15	1.20	2.18	3.22	98.79	100.00
202004	0.30	0.47	1.25	1.36	1.22	1.28	2.23	3.33	99.31	100.00
202005	0.28	0.42	1.02	1.10	0.98	1.02	2.53	2.28	100.00	100.00
202006	0.41	0.35	0.97	1.01	0.88	0.95	2.14	2.24	45.42	100.00
202007	-	0.26	-	0.92	-	0.88	-	1.74	0.00	100.00
202008	-	0.82	-	1.51	-	1.27	-	4.59	0.00	100.00
平均值	0.41	0.61	1.34	1.45	1.26	1.31	3.04	3.80	65.54	100.00

表 5.5 (續 3)本年度花蓮海域波高實測/模擬資料統計表

花蓮	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.68	1.28	1.53	2.23	1.37	1.83	4.31	7.42	99.58	100.00
201910	0.47	0.72	1.36	1.55	1.28	1.38	2.67	3.97	98.79	100.00
201911	0.46	0.79	1.69	2.06	1.63	1.90	2.87	4.08	100.00	100.00
201912	0.61	0.98	1.69	2.00	1.58	1.75	4.26	5.18	100.00	100.00
202001	0.35	0.66	1.32	1.46	1.27	1.30	2.27	3.01	100.00	100.00
202002	0.44	0.75	1.35	1.54	1.27	1.35	2.72	3.95	99.43	100.00
202003	-	0.66	0.85	1.41	0.85	1.25	0.85	3.99	0.13	100.00
202004	-	0.57	-	1.44	-	1.33	-	3.65	0.00	100.00
202005	-	0.38	-	1.04	-	0.97	-	2.18	0.00	100.00
202006	0.22	0.33	0.82	0.98	0.79	0.92	1.33	1.92	41.39	100.00
202007	0.19	0.28	0.70	0.83	0.67	0.78	1.41	1.59	99.19	100.00
202008	0.40	0.74	0.95	1.37	0.87	1.15	2.34	4.32	98.79	100.00
平均值	0.42	0.68	1.23	1.49	1.16	1.33	2.50	3.77	69.78	100.00

表 5.5 (續 4)本年度高雄海域波高實測/模擬資料統計表

高雄	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.41	0.55	0.99	1.09	0.90	0.94	1.92	3.00	37.50	100.00
201910	0.15	0.27	0.63	0.63	0.61	0.57	1.14	2.83	64.92	100.00
201911	0.15	0.31	0.77	0.93	0.75	0.88	1.20	1.74	87.36	100.00
201912	0.17	0.34	0.71	0.84	0.69	0.77	1.25	1.82	88.44	100.00
202001	0.17	0.28	0.69	0.77	0.67	0.72	1.33	1.73	92.34	100.00
202002	0.15	0.29	0.71	0.76	0.69	0.70	1.23	1.54	69.97	100.00
202003	-	0.26	-	0.64	-	0.59	-	1.56	0.00	100.00
202004	-	0.29	-	0.70	-	0.64	-	1.97	0.00	100.00
202005	-	0.38	-	0.82	-	0.73	-	2.62	0.00	100.00
202006	0.26	0.34	0.78	0.84	0.73	0.77	1.71	2.42	59.58	100.00
202007	0.30	0.22	0.67	0.68	0.59	0.65	1.71	1.43	95.56	100.00
202008	0.56	0.62	1.21	1.17	1.07	0.99	2.83	3.46	97.18	100.00
平均值	0.26	0.35	0.80	0.82	0.74	0.75	1.59	2.18	57.74	100.00

表 5.5 (續 5)本年度安平海域波高實測/模擬資料統計表

安平	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	0.46	-	0.99	-	0.87	-	2.43	0.00	100.00
201910	0.11	0.28	0.46	0.64	0.45	0.58	0.78	2.24	85.35	100.00
201911	0.13	0.35	0.56	0.99	0.54	0.92	0.95	1.87	98.61	100.00
201912	0.15	0.42	0.50	0.91	0.48	0.81	1.08	2.06	97.31	100.00
202001	0.10	0.26	0.48	0.73	0.47	0.68	1.04	1.36	98.39	100.00
202002	0.17	0.33	0.54	0.75	0.51	0.68	1.48	1.51	95.55	100.00
202003	0.13	0.30	0.47	0.64	0.45	0.56	1.24	1.63	61.56	100.00
202004	0.12	0.30	0.48	0.68	0.47	0.61	0.87	1.59	76.81	100.00
202005	0.25	0.31	0.58	0.73	0.52	0.66	1.93	2.36	99.46	100.00
202006	0.17	0.31	0.57	0.80	0.54	0.74	1.30	2.41	78.06	100.00
202007	0.31	0.21	0.81	0.66	0.75	0.62	1.63	1.26	50.94	100.00
202008	-	0.59	-	1.07	-	0.90	-	3.29	0.00	100.00
平均值	0.16	0.34	0.55	0.80	0.52	0.72	1.23	2.00	70.17	100.00

表 5.5 (續 6)本年度布袋海域波高實測/模擬資料統計表

布袋	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.29	0.45	0.73	1.02	0.67	0.91	1.26	2.67	1.94	100.00
201910	0.22	0.41	0.57	0.94	0.53	0.85	1.16	2.30	83.33	100.00
201911	-	0.52	-	1.38	-	1.28	-	2.52	0.00	100.00
201912	0.00	0.60	0.28	1.26	0.28	1.11	0.28	2.48	0.40	100.00
202001	-	0.35	-	0.93	-	0.86	-	1.56	0.00	100.00
202002	-	0.48	-	0.96	-	0.83	-	1.88	0.00	100.00
202003	0.27	0.44	0.42	0.82	0.33	0.69	1.10	1.99	26.88	100.00
202004	0.19	0.42	0.47	0.88	0.42	0.77	1.00	1.83	100.00	100.00
202005	0.15	0.20	0.40	0.57	0.37	0.53	1.21	1.23	100.00	100.00
202006	0.15	0.16	0.29	0.62	0.25	0.60	1.00	1.40	44.72	100.00
202007	-	0.17	-	0.56	-	0.53	-	1.03	0.00	100.00
202008	-	0.39	-	0.77	-	0.67	-	2.26	0.00	100.00
平均值	0.18	0.38	0.45	0.89	0.41	0.80	1.00	1.93	29.77	100.00

表 5.5 (續 7)本年度臺中海域波高實測/模擬資料統計表

臺中	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.74	1.13	1.71	2.12	1.54	1.79	4.34	5.38	99.58	100.00
201910	0.69	1.01	1.77	2.20	1.63	1.96	3.48	4.82	97.98	100.00
201911	0.82	1.36	2.38	3.07	2.23	2.76	4.22	5.68	96.94	100.00
201912	0.89	1.48	2.13	2.73	1.94	2.29	4.29	5.67	96.10	100.00
202001	0.56	0.81	1.67	1.84	1.58	1.65	2.98	3.70	94.35	100.00
202002	0.80	1.13	1.78	1.94	1.59	1.58	3.56	4.40	94.83	100.00
202003	0.76	1.01	1.57	1.69	1.38	1.36	3.44	4.09	91.26	100.00
202004	0.66	0.91	1.54	1.70	1.39	1.44	2.99	3.57	91.94	100.00
202005	0.34	0.36	0.80	0.77	0.73	0.68	1.93	1.96	95.30	100.00
202006	0.17	0.17	0.63	0.75	0.61	0.73	1.06	1.21	99.03	100.00
202007	0.21	0.22	0.57	0.68	0.54	0.65	1.27	1.34	98.79	100.00
202008	0.29	0.40	0.75	0.79	0.69	0.68	2.11	2.16	98.52	100.00
平均值	0.58	0.83	1.44	1.69	1.32	1.46	2.97	3.66	96.22	100.00

表 5.5 (續 8) 本年度馬祖海域波高實測/模擬資料統計表

馬祖	標準偏差 SD m		均方根 RMS m		平均值 MEAN m		最大值 MAX m		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.27	0.72	0.70	1.71	0.65	1.55	1.55	3.73	97.92	100.00
201910	0.26	0.59	0.70	1.44	0.65	1.32	1.69	4.03	98.92	100.00
201911	0.32	0.72	0.88	1.91	0.83	1.78	1.70	3.39	99.17	100.00
201912	0.32	0.77	0.80	1.79	0.74	1.62	1.91	3.78	99.33	100.00
202001	0.20	0.48	0.59	1.27	0.55	1.17	1.17	2.45	92.74	100.00
202002	0.27	0.55	0.63	1.26	0.57	1.13	1.50	3.07	95.11	100.00
202003	0.27	0.56	0.58	1.23	0.51	1.10	1.53	2.72	92.20	100.00
202004	0.23	0.43	0.52	1.10	0.47	1.02	1.27	2.35	98.47	100.00
202005	0.21	0.39	0.41	1.00	0.35	0.92	1.41	2.48	83.20	100.00
202006	-	0.37	-	1.35	-	1.30	-	2.33	0.00	100.00
202007	-	0.49	-	1.24	-	1.14	-	2.27	0.00	100.00
202008	-	0.56	-	1.28	-	1.15	-	3.21	0.00	100.00
平均值	0.26	0.55	0.65	1.38	0.59	1.27	1.53	2.98	71.42	100.00

表 5.6 本年度臺北海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

臺北	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.12	2.64	7.60	7.00	7.30	6.48	14.51	12.96	98.89	100.00
201910	1.86	1.53	7.66	5.91	7.43	5.71	14.92	10.63	99.19	100.00
201911	1.51	1.64	7.38	6.40	7.22	6.19	10.24	10.74	98.89	100.00
201912	1.40	1.63	7.35	6.29	7.21	6.07	10.82	9.88	98.92	100.00
202001	1.39	1.49	6.89	5.62	6.75	5.41	11.48	10.56	96.91	100.00
202002	1.56	1.56	6.83	5.44	6.65	5.22	10.26	9.78	98.99	100.00
202003	1.49	1.63	7.01	5.85	6.85	5.62	10.26	9.57	90.99	100.00
202004	1.75	1.46	6.75	5.16	6.52	4.95	13.16	9.44	91.53	100.00
202005	1.31	1.31	5.88	4.76	5.74	4.58	9.58	9.19	95.97	100.00
202006	0.85	1.00	5.13	5.32	5.06	5.23	8.09	7.73	94.58	100.00
202007	1.29	1.08	5.06	4.59	4.90	4.46	9.95	6.77	95.56	100.00
202008	1.57	1.53	5.89	4.57	5.68	4.31	10.62	10.53	81.05	100.00
平均值	1.51	1.54	6.62	5.58	6.44	5.35	11.16	9.81	95.12	100.00

表 5.6 (續 1)本年度基隆海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

基隆	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	2.85	-	7.90	-	7.37	-	14.06	0.00	100.00
201910	-	1.76	-	6.87	-	6.64	-	11.54	0.00	100.00
201911	-	1.42	-	6.96	-	6.81	-	10.63	0.00	100.00
201912	-	1.42	-	7.08	-	6.94	-	10.51	0.00	100.00
202001	-	1.57	-	6.18	-	5.98	-	11.30	0.00	100.00
202002	-	1.28	-	6.12	-	5.99	-	10.13	0.00	100.00
202003	-	1.49	-	6.38	-	6.21	-	9.71	0.00	100.00
202004	-	1.43	-	6.08	-	5.91	-	9.68	0.00	100.00
202005	-	1.39	-	6.12	-	5.96	-	9.23	0.00	100.00
202006	1.56	1.89	6.46	5.17	6.27	4.82	12.19	10.19	23.33	100.00
202007	1.76	1.34	6.61	4.07	6.37	3.84	12.23	9.41	98.79	100.00
202008	1.95	2.89	7.02	6.92	6.75	6.29	11.93	13.72	96.91	100.00
平均值	1.76	1.73	6.70	6.32	6.46	6.06	12.12	10.84	18.25	100.00

表 5.6 (續 2)本年度蘇澳海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

蘇澳	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.01	3.07	9.40	8.67	9.19	8.11	14.69	15.46	63.89	100.00
201910	-	1.68	-	6.99	-	6.78	-	11.70	0.00	100.00
201911	1.16	1.42	8.86	7.41	8.79	7.27	12.53	11.83	93.61	100.00
201912	1.38	1.87	9.06	7.63	8.96	7.39	12.60	15.38	88.31	100.00
202001	1.38	1.45	8.47	6.22	8.36	6.05	16.20	11.29	97.98	100.00
202002	1.39	1.21	8.66	6.08	8.55	5.96	12.35	10.01	99.14	100.00
202003	1.56	1.33	8.11	6.04	7.96	5.89	11.27	9.30	98.79	100.00
202004	1.53	1.27	8.02	6.49	7.87	6.37	14.01	9.67	99.31	100.00
202005	1.30	1.61	7.87	6.30	7.77	6.10	11.20	12.90	100.00	100.00
202006	1.26	0.86	6.68	5.86	6.56	5.80	10.11	8.50	45.42	100.00
202007	-	1.24	-	5.18	-	5.03	-	9.39	0.00	100.00
202008	-	2.60	-	7.45	-	6.98	-	17.50	0.00	100.00
平均值	1.44	1.63	8.35	6.69	8.22	6.48	12.77	11.91	65.54	100.00

表 5.6 (續 3)本年度花蓮海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

花蓮	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.01	3.02	9.43	8.55	9.21	8.00	14.29	15.49	99.58	100.00
201910	2.08	1.42	9.26	6.52	9.03	6.36	16.43	11.50	98.79	100.00
201911	1.06	1.41	9.13	7.48	9.06	7.35	12.56	11.91	100.00	100.00
201912	1.38	1.76	9.28	7.63	9.18	7.43	12.65	15.55	100.00	100.00
202001	1.37	1.21	8.72	6.23	8.61	6.11	12.73	11.27	100.00	100.00
202002	1.27	1.22	8.84	6.12	8.75	6.00	12.33	8.55	99.43	100.00
202003	-	1.31	7.20	6.00	7.20	5.86	7.20	9.78	0.13	100.00
202004	-	1.30	-	6.57	-	6.44	-	9.96	0.00	100.00
202005	-	1.81	-	6.34	-	6.08	-	13.76	0.00	100.00
202006	1.49	1.00	6.82	5.95	6.65	5.86	11.08	8.73	41.39	100.00
202007	1.55	1.11	7.30	5.32	7.13	5.21	10.31	9.54	99.19	100.00
202008	1.51	2.26	7.64	7.31	7.49	6.95	12.48	14.09	98.79	100.00
平均值	1.52	1.57	8.36	6.67	8.23	6.47	12.21	11.68	69.78	100.00

表 5.6 (續 4)本年度高雄海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

高雄	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.82	2.41	7.65	6.98	7.43	6.55	10.82	16.33	37.50	100.00
201910	1.55	0.87	5.99	4.50	5.79	4.41	14.41	7.10	64.92	100.00
201911	2.43	3.07	7.90	7.24	7.52	6.56	12.60	14.15	87.36	100.00
201912	2.28	1.87	6.82	5.36	6.43	5.03	12.66	16.54	88.31	100.00
202001	1.33	0.76	5.69	4.61	5.53	4.55	10.55	7.76	92.34	100.00
202002	1.34	0.87	5.92	4.73	5.77	4.65	10.16	7.59	69.97	100.00
202003	-	0.90	-	4.41	-	4.32	-	7.45	0.00	100.00
202004	-	0.83	-	4.45	-	4.37	-	6.35	0.00	100.00
202005	-	1.34	-	5.20	-	5.03	-	12.44	0.00	100.00
202006	1.41	1.21	6.22	5.79	6.06	5.66	9.03	9.19	59.58	100.00
202007	1.46	1.35	5.88	5.40	5.70	5.23	9.07	7.80	95.56	100.00
202008	1.61	2.01	7.45	6.58	7.27	6.26	10.44	10.22	96.91	100.00
平均值	1.69	1.46	6.61	5.44	6.39	5.22	11.08	10.24	57.70	100.00

表 5.6 (續 5)本年度安平海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

安平	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	2.38	-	6.77	-	6.33	-	10.79	0.00	100.00
201910	1.23	0.79	5.88	4.12	5.75	4.04	9.64	5.84	85.35	100.00
201911	1.97	3.33	7.64	6.94	7.38	6.09	13.00	14.23	98.47	100.00
201912	1.56	1.02	6.66	4.15	6.47	4.03	12.81	7.79	97.18	100.00
202001	1.10	0.86	6.18	3.92	6.08	3.82	9.32	7.89	98.39	100.00
202002	1.30	0.96	6.50	4.11	6.37	4.00	9.97	7.75	95.55	100.00
202003	1.25	0.87	5.95	3.82	5.82	3.72	9.06	5.95	61.02	100.00
202004	1.34	0.83	5.78	3.86	5.62	3.77	8.91	6.00	76.81	100.00
202005	1.45	1.24	5.26	5.06	5.06	4.90	8.96	7.99	99.46	100.00
202006	1.17	1.19	5.61	5.74	5.49	5.61	17.88	9.45	77.92	100.00
202007	1.14	1.31	6.58	5.31	6.48	5.15	8.67	7.84	50.94	100.00
202008	-	2.10	-	6.56	-	6.22	-	10.27	0.00	100.00
平均值	1.35	1.41	6.20	5.03	6.05	4.81	10.82	8.48	70.09	100.00

表 5.6 (續 6)本年度布袋海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

布袋	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.65	2.32	8.02	6.85	7.86	6.45	10.00	10.83	1.94	100.00
201910	1.82	1.44	7.32	5.20	7.09	5.00	11.10	11.21	83.33	100.00
201911	-	2.74	-	7.08	-	6.52	-	13.86	0.00	100.00
201912	0.00	2.09	2.08	5.50	2.08	5.09	2.08	10.38	0.40	100.00
202001	-	1.03	-	4.17	-	4.04	-	8.23	0.00	100.00
202002	-	1.21	-	4.34	-	4.17	-	7.69	0.00	100.00
202003	3.42	1.10	7.18	3.96	6.31	3.80	22.53	7.83	25.94	100.00
202004	1.58	0.93	6.81	4.09	6.63	3.98	10.12	7.50	100.00	100.00
202005	1.63	1.34	5.38	4.70	5.13	4.51	9.16	8.01	99.46	100.00
202006	3.26	1.46	6.48	5.11	5.60	4.89	29.07	9.52	42.92	100.00
202007	-	1.29	-	4.73	-	4.55	-	8.04	0.00	100.00
202008	-	2.32	-	6.43	-	6.00	-	10.68	0.00	100.00
平均值	1.91	1.61	6.18	5.18	5.81	4.92	13.44	9.48	29.50	100.00

表 5.6 (續 7)本年度臺中海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

臺中	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.46	1.75	7.33	6.97	7.19	6.75	14.89	11.56	99.58	100.00
201910	1.20	1.35	6.78	6.31	6.67	6.16	11.32	10.58	97.98	100.00
201911	1.21	1.37	7.45	7.04	7.35	6.90	10.03	9.34	96.94	100.00
201912	1.23	1.52	7.13	6.64	7.02	6.46	10.88	9.48	96.10	100.00
202001	1.04	1.13	6.59	5.77	6.51	5.66	11.23	8.30	94.35	100.00
202002	1.21	1.52	6.67	5.74	6.56	5.53	9.97	8.75	94.83	100.00
202003	1.41	1.40	6.55	5.60	6.39	5.42	9.77	8.06	91.26	100.00
202004	1.21	1.34	6.45	5.51	6.33	5.34	8.99	8.78	91.94	100.00
202005	1.36	0.89	5.59	4.38	5.42	4.29	9.71	6.37	95.16	100.00
202006	1.32	0.66	4.87	4.22	4.69	4.17	8.76	8.78	98.89	100.00
202007	1.38	0.52	4.73	4.10	4.53	4.07	9.16	5.55	98.66	100.00
202008	1.38	1.18	5.86	4.77	5.69	4.63	10.78	8.82	98.39	100.00
平均值	1.28	1.22	6.33	5.59	6.20	5.45	10.46	8.70	96.17	100.00

表 5.6 (續 8)本年度馬祖海域譜峰週期實測/模擬資料統計表

馬祖	標準偏差 SD sec		均方根 RMS sec		平均值 MEAN sec		最大值 MAX sec		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	2.87	2.83	7.88	7.19	7.35	6.61	15.07	18.46	97.78	100.00
201910	2.90	1.39	8.63	5.74	8.13	5.57	16.34	12.85	98.92	100.00
201911	2.21	1.37	7.62	6.19	7.30	6.04	15.13	10.39	99.17	100.00
201912	1.94	1.11	7.68	5.97	7.43	5.87	12.19	8.77	99.33	100.00
202001	3.03	1.00	8.08	5.21	7.49	5.11	16.27	8.64	92.74	100.00
202002	1.93	1.05	7.30	5.32	7.04	5.22	14.94	7.82	95.11	100.00
202003	2.10	0.91	7.26	5.23	6.95	5.15	15.02	7.23	92.20	100.00
202004	2.23	0.92	7.66	4.95	7.33	4.87	13.58	7.81	98.33	100.00
202005	1.75	1.30	7.34	5.28	7.13	5.11	10.99	8.11	83.06	100.00
202006	-	0.69	-	5.09	-	5.05	-	7.69	0.00	100.00
202007	-	0.89	-	4.77	-	4.68	-	7.18	0.00	100.00
202008	-	2.28	-	6.16	-	5.72	-	12.62	0.00	100.00
平均值	2.33	1.31	7.72	5.59	7.35	5.42	14.39	9.80	71.39	100.00

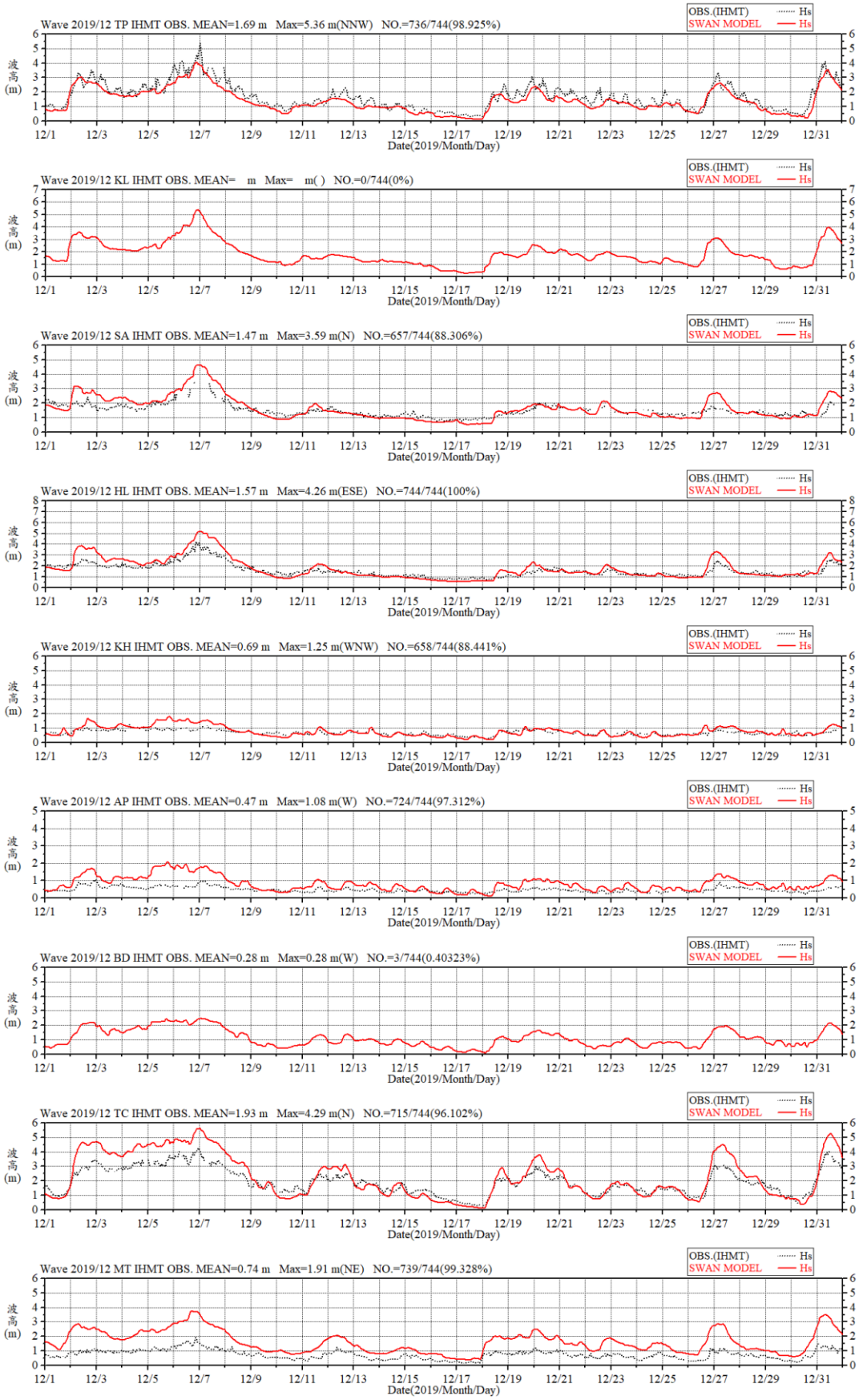


圖 5.10 9 海域 2019 年 12 月波高觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

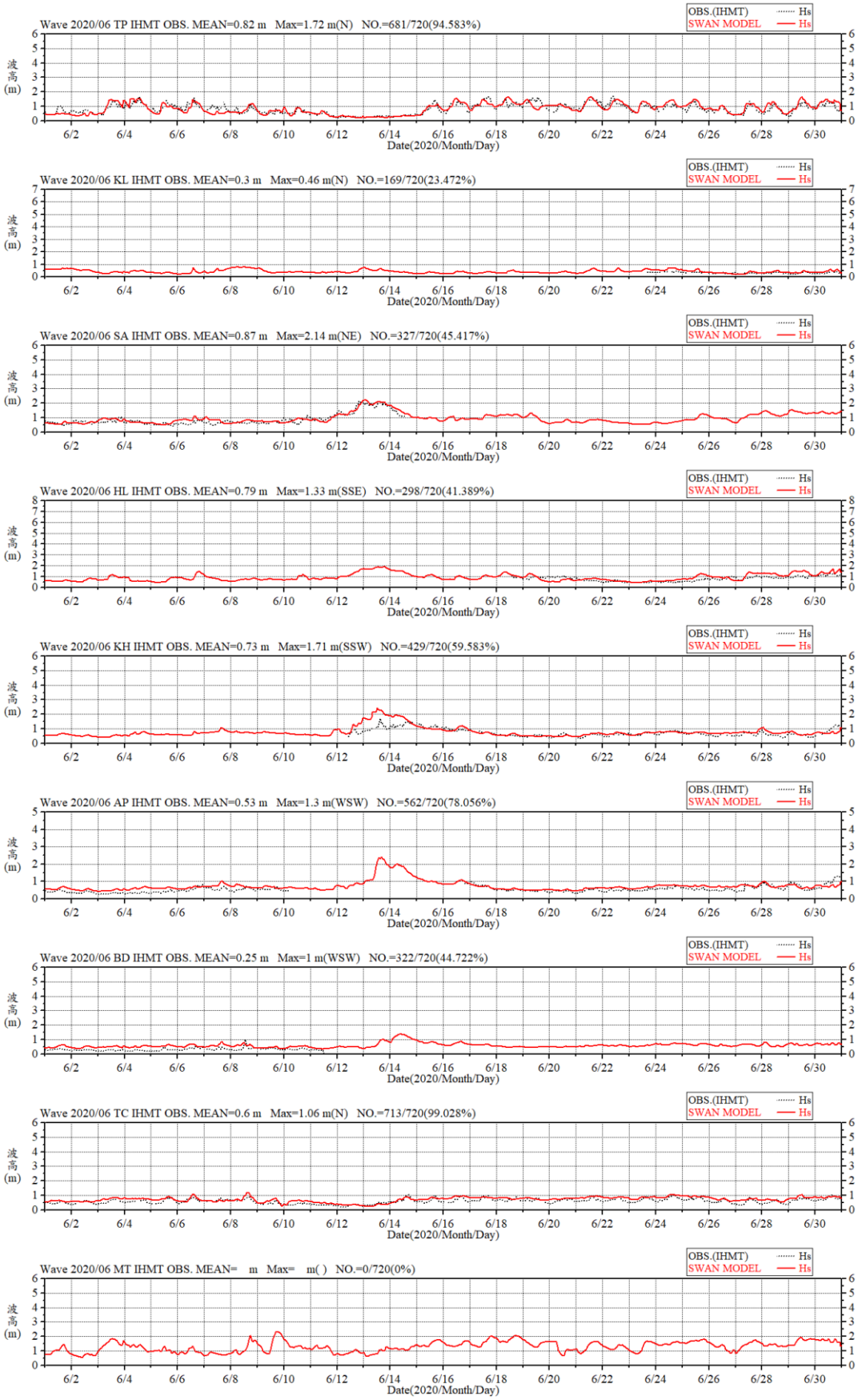


圖 5.11 9 海域 2020 年 6 月波高觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

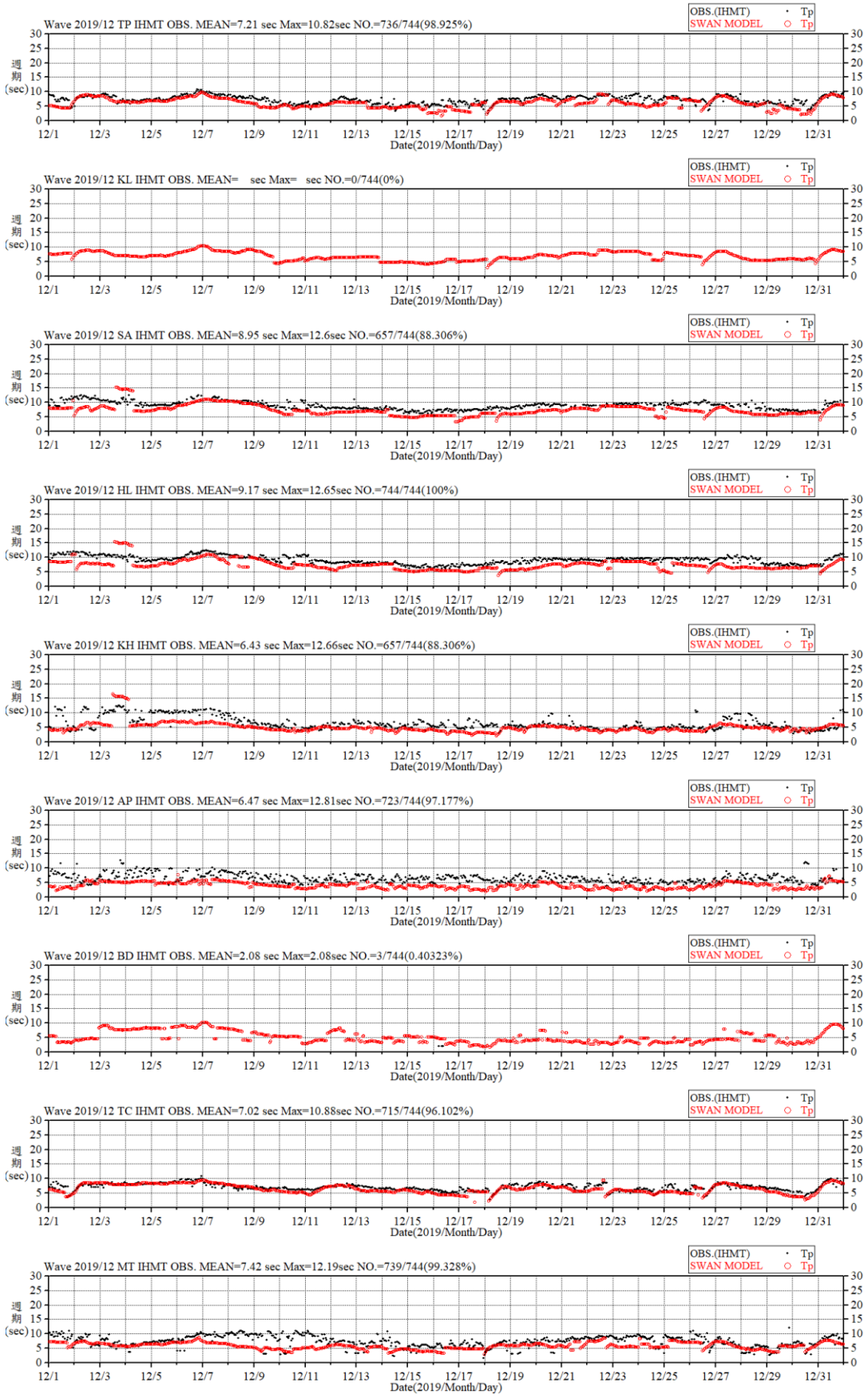


圖 5.12 2019 年 12 月譜峰週期觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

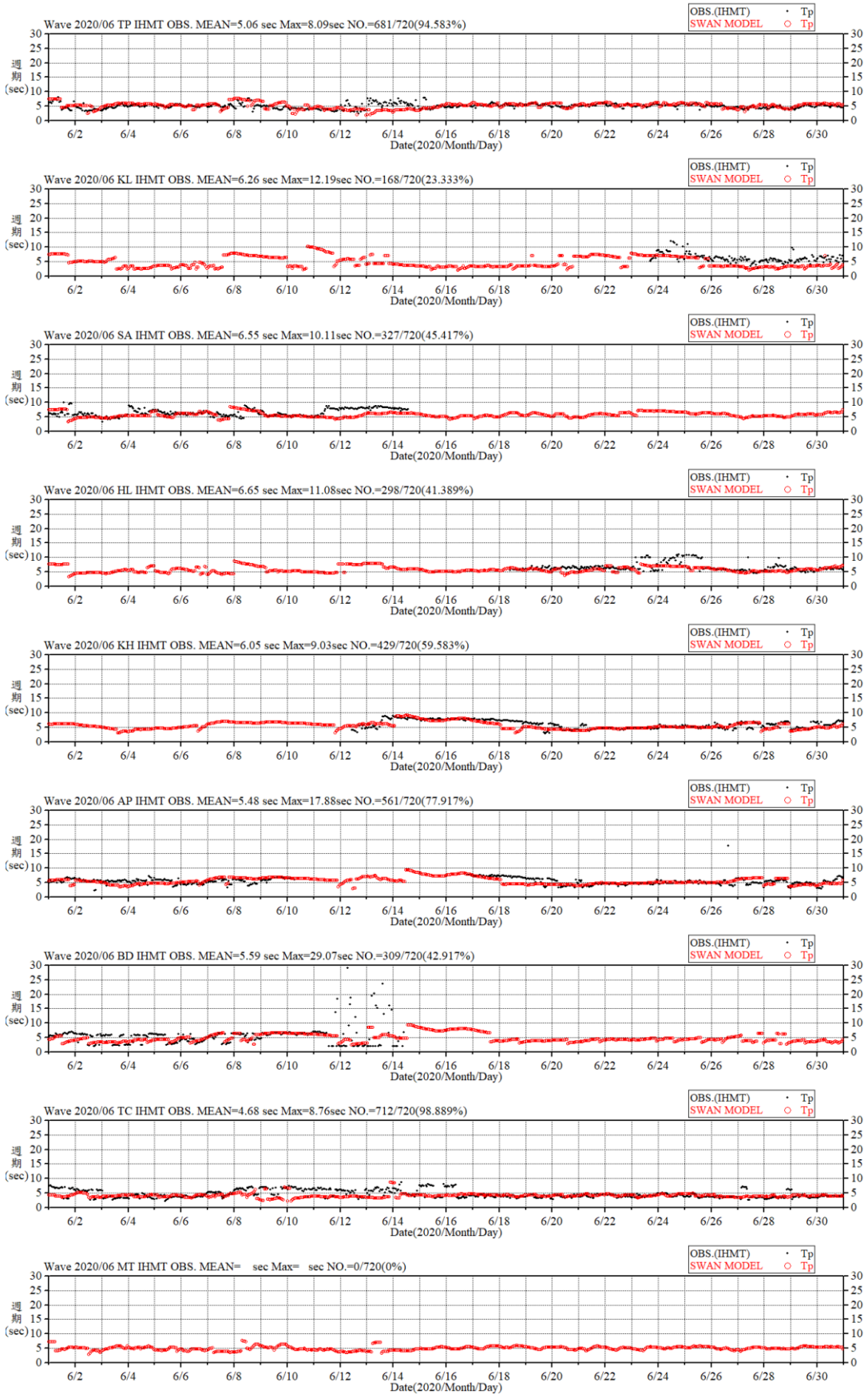


圖 5.13 9 海域 2020 年 6 月譜峰週期觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

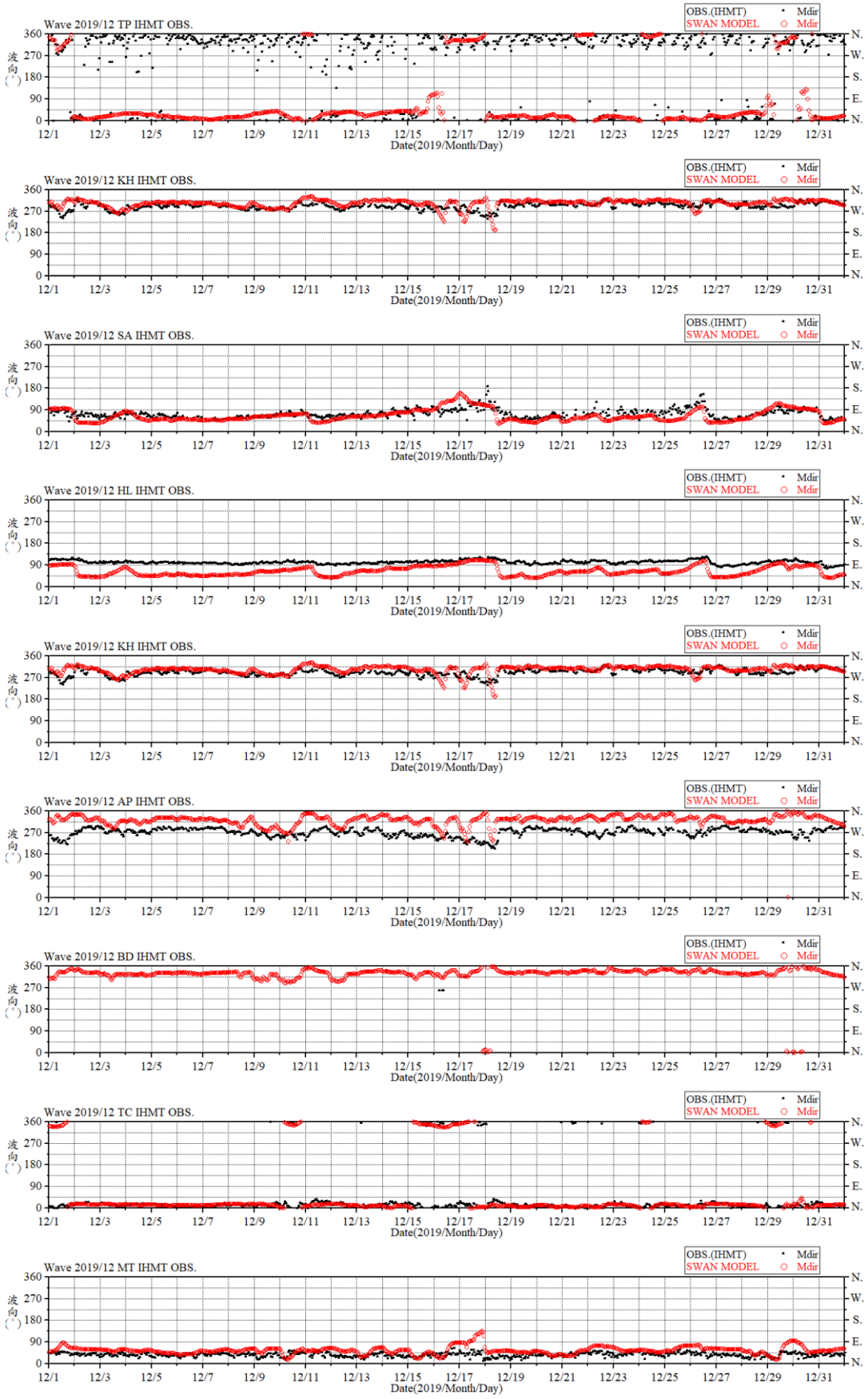


圖 5.14 9 海域 2019 年 12 月波向觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

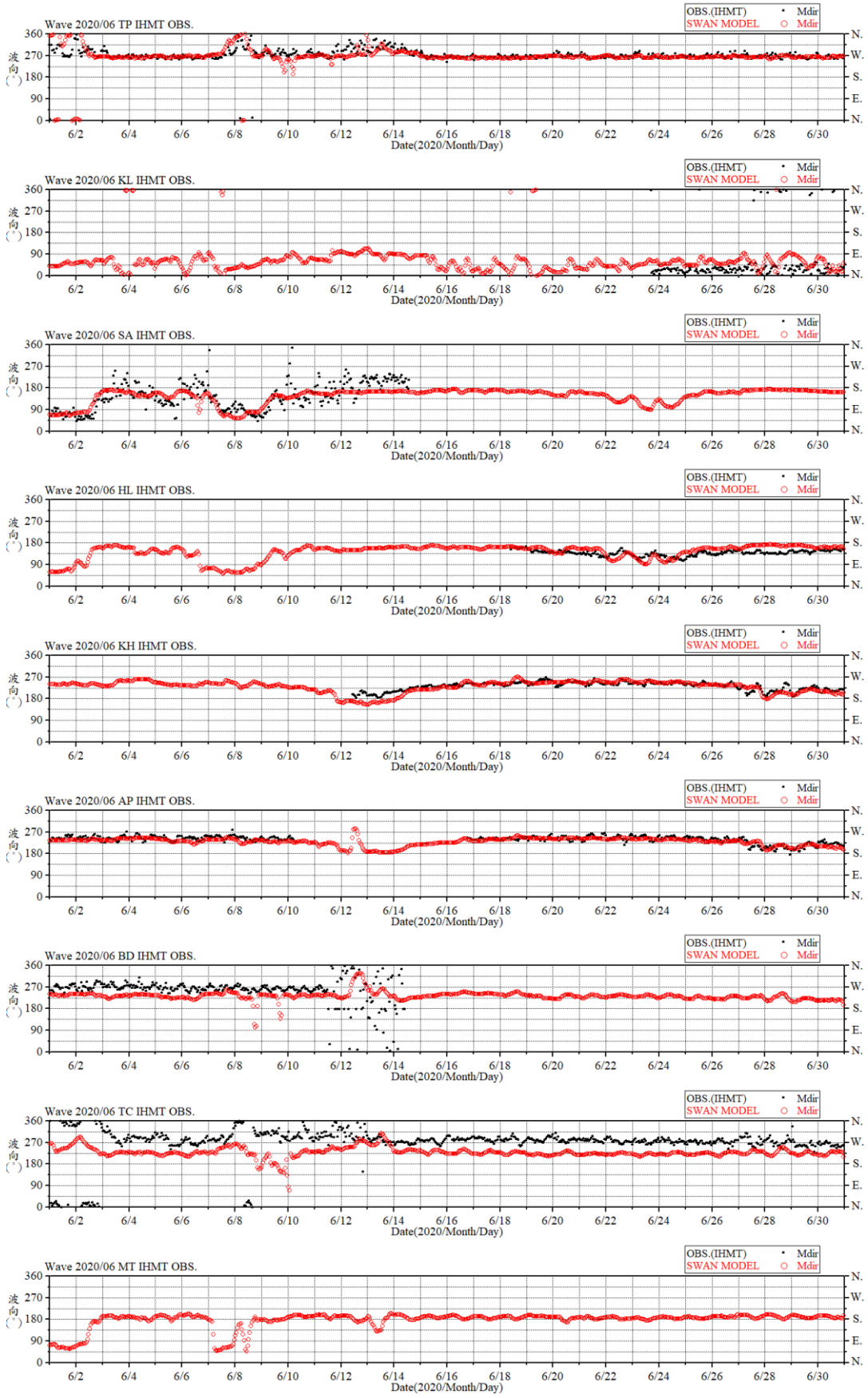


圖 5.15 9 海域 2020 年 6 月波向觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

5.3 水位

本年度水位作業化成果評估採用中尺度水動力模組作業化模擬資料與 IHMT 各港口水位觀測資料比較。水位預報與觀測之評估說明如下：

1. 水位資料統計分析：本年度各海域水位模擬值與觀測值之統計分析成果，如表 5.7 所列，顯示各海域水位模擬值蒐集率均達成 100%目標。
2. 水位逐時比對：圖 5.16 及圖 5.17 分別為 2019 年 12 月及 2020 年 6 月水位預報與觀測值之逐時比較圖，前者代表冬季東北季風季節，後者代表典型夏季季風。整體而言，水位預報與觀測值間顯著誤差來源包括模式參數設定如底床摩擦係數等、儀器觀測出現問題如 2020 年 6 月基隆港及馬祖潮位等。

表 5.7 本年度臺北海域水位實測與模擬資料統計表

臺北	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.88	0.63	0.89	0.63	0.06	-0.02	1.73	1.23	-1.78	-1.31	95.14	100.00
201910	0.88	0.63	0.88	0.63	-0.01	-0.10	1.78	1.36	-1.82	-1.44	95.83	100.00
201911	0.87	0.61	0.88	0.63	-0.12	-0.18	1.59	0.98	-2.00	-1.56	95.14	100.00
201912	0.87	0.61	0.90	0.64	-0.22	-0.19	1.42	1.06	-2.12	-1.50	95.43	100.00
202001	0.85	0.61	0.87	0.62	-0.18	-0.12	1.52	1.21	-1.99	-1.52	94.62	100.00
202002	0.85	0.61	0.88	0.63	-0.23	-0.16	1.44	1.09	-2.20	-1.58	93.68	100.00
202003	0.84	0.61	0.88	0.61	-0.24	-0.08	1.68	1.20	-1.82	-1.38	94.49	100.00
202004	0.83	0.61	0.83	0.62	-0.09	-0.10	1.52	1.22	-1.78	-1.39	95.00	100.00
202005	0.83	0.61	0.86	0.61	0.25	0.02	1.89	1.29	-1.64	-1.33	92.74	100.00
202006	0.85	0.62	0.88	0.63	0.24	0.06	1.88	1.22	-1.66	-1.32	94.31	100.00
202007	0.86	0.62	0.90	0.62	0.28	0.05	1.86	1.18	-1.67	-1.29	83.60	100.00
202008	0.88	0.62	0.92	0.62	0.27	0.05	1.98	1.19	-1.64	-1.26	99.73	100.00
平均值	0.86	0.62	0.88	0.62	0.00	-0.06	1.69	1.19	-1.84	-1.41	94.14	100.00

表 5.7 (續 1)本年度基隆海域水位實測與模擬資料統計表

基隆	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.27	0.24	0.27	0.24	0.05	0.02	0.56	0.48	-0.71	-0.66	93.89	100.00
201910	0.26	0.24	0.26	0.25	0.02	-0.05	0.57	0.49	-0.72	-0.71	100.00	100.00
201911	0.29	0.26	0.31	0.28	-0.12	-0.11	0.53	0.41	-0.93	-0.85	99.86	100.00
201912	0.30	0.27	0.37	0.30	-0.21	-0.13	0.42	0.38	-1.05	-0.82	100.00	100.00
202001	0.29	0.26	0.33	0.28	-0.15	-0.09	0.48	0.41	-0.89	-0.82	100.00	100.00
202002	0.28	0.25	0.32	0.28	-0.16	-0.12	0.39	0.31	-1.04	-0.93	100.00	100.00
202003	0.26	0.23	0.27	0.24	-0.09	-0.05	0.50	0.43	-0.84	-0.70	100.00	100.00
202004	0.27	0.25	0.27	0.25	-0.07	-0.06	0.48	0.48	-0.73	-0.67	100.00	100.00
202005	0.27	0.26	0.31	0.26	0.15	0.04	0.64	0.50	-0.56	-0.64	100.00	100.00
202006	0.27	0.27	0.39	0.28	0.28	0.06	0.80	0.53	-0.46	-0.69	99.86	100.00
202007	0.28	0.27	0.42	0.28	0.32	0.06	0.80	0.52	-0.41	-0.70	95.03	100.00
202008	0.26	0.26	0.26	0.27	0.00	0.06	0.56	0.52	-0.70	-0.68	79.03	100.00
平均值	0.28	0.26	0.32	0.27	0.00	-0.03	0.56	0.46	-0.75	-0.74	97.31	100.00

表 5.7 (續 2)本年度蘇澳海域水位實測與模擬資料統計表

蘇澳	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.40	0.35	0.43	0.35	0.16	0.03	1.27	0.92	-0.88	-0.82	93.33	100.00
201910	0.41	0.35	0.41	0.35	0.06	-0.03	0.93	0.67	-1.01	-0.85	100.00	100.00
201911	0.40	0.35	0.40	0.35	-0.07	-0.06	0.74	0.66	-1.15	-0.95	100.00	100.00
201912	0.39	0.35	0.42	0.36	-0.17	-0.09	0.71	0.70	-1.21	-0.93	100.00	100.00
202001	0.39	0.34	0.40	0.35	-0.09	-0.07	0.91	0.78	-1.05	-0.91	100.00	100.00
202002	0.40	0.34	0.42	0.36	-0.13	-0.10	0.80	0.73	-1.20	-1.03	100.00	100.00
202003	0.39	0.34	0.40	0.34	-0.09	-0.04	0.95	0.88	-0.95	-0.82	100.00	100.00
202004	0.39	0.34	0.40	0.35	-0.09	-0.04	0.75	0.70	-0.96	-0.85	100.00	100.00
202005	0.40	0.34	0.40	0.34	0.04	0.03	0.89	0.76	-0.98	-0.83	100.00	100.00
202006	0.41	0.34	0.43	0.35	0.12	0.05	1.06	0.82	-0.87	-0.80	100.00	100.00
202007	0.40	0.34	0.42	0.35	0.13	0.04	0.95	0.81	-0.93	-0.83	95.16	100.00
202008	0.39	0.35	0.44	0.35	0.21	0.05	1.04	0.82	-0.75	-0.81	62.90	100.00
平均值	0.40	0.34	0.41	0.35	0.01	-0.02	0.92	0.77	-1.00	-0.87	95.95	100.00

表 5.7 (續 3)本年度花蓮海域水位實測與模擬資料統計表

花蓮	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.42	0.37	0.45	0.38	0.16	0.03	1.14	0.87	-0.87	-0.86	100.00	100.00
201910	0.41	0.37	0.41	0.37	0.04	-0.03	0.98	0.74	-0.97	-0.90	100.00	100.00
201911	0.39	0.37	0.40	0.37	-0.08	-0.04	0.75	0.69	-1.13	-0.98	100.00	100.00
201912	0.39	0.36	0.42	0.37	-0.16	-0.08	0.69	0.69	-1.19	-0.96	100.00	100.00
202001	0.39	0.36	0.40	0.36	-0.06	-0.07	0.92	0.77	-1.01	-0.98	100.00	100.00
202002	0.41	0.37	0.42	0.38	-0.11	-0.08	0.82	0.77	-1.13	-1.06	100.00	100.00
202003	0.41	0.36	0.41	0.36	-0.08	-0.03	1.00	0.91	-1.00	-0.89	100.00	100.00
202004	0.41	0.37	0.42	0.37	-0.08	-0.04	0.86	0.75	-1.04	-0.90	99.86	100.00
202005	0.40	0.36	0.40	0.36	0.00	0.02	0.86	0.79	-1.06	-0.89	99.87	100.00
202006	0.39	0.36	0.40	0.36	0.07	0.03	0.94	0.80	-0.90	-0.87	100.00	100.00
202007	0.40	0.36	0.41	0.36	0.06	0.03	0.88	0.79	-0.93	-0.88	95.16	100.00
202008	0.38	0.37	0.46	0.37	0.26	0.04	1.12	0.82	-0.69	-0.86	84.41	100.00
平均值	0.40	0.37	0.42	0.37	0.00	-0.02	0.91	0.78	-0.99	-0.92	98.28	100.00

表 5.7 (續 4)本年度高雄海域水位實測與模擬資料統計表

高雄	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	0.22	0.22	0.25	0.23	0.12	0.05	0.61	0.58	-0.39	-0.50	66.39	100.00
201910	0.23	0.22	0.23	0.22	0.05	0.00	0.53	0.47	-0.44	-0.48	89.38	100.00
201911	0.25	0.25	0.25	0.25	0.04	-0.02	0.58	0.51	-0.50	-0.57	70.42	100.00
201912	0.25	0.26	0.28	0.27	-0.13	-0.05	0.49	0.57	-0.62	-0.61	100.00	100.00
202001	0.24	0.25	0.27	0.26	-0.13	-0.05	0.57	0.64	-0.62	-0.58	100.00	100.00
202002	0.23	0.24	0.24	0.25	-0.08	-0.07	0.59	0.55	-0.60	-0.65	100.00	100.00
202003	0.22	0.22	0.24	0.22	-0.08	-0.02	0.60	0.63	-0.54	-0.51	100.00	100.00
202004	0.23	0.23	0.24	0.23	-0.04	-0.02	0.50	0.46	-0.54	-0.50	100.00	100.00
202005	0.23	0.24	0.24	0.25	0.03	0.03	0.57	0.57	-0.49	-0.48	100.00	100.00
202006	0.24	0.25	0.26	0.25	0.08	0.03	0.72	0.64	-0.43	-0.51	99.86	100.00
202007	0.25	0.25	0.27	0.26	0.11	0.04	0.76	0.65	-0.40	-0.51	95.16	100.00
202008	0.24	0.25	0.26	0.25	0.12	0.05	0.78	0.66	-0.38	-0.47	68.01	100.00
平均值	0.24	0.24	0.25	0.25	0.01	0.00	0.61	0.58	-0.50	-0.53	90.77	100.00

表 5.7 (續 5)本年度安平海域水位實測與模擬資料統計表

安平	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 MEAN		最大值 MAX		最小值 MIN		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	0.29	-	0.30	-	0.06	-	0.73	-	-0.67	0.00	100.00
201910	-	0.29	-	0.29	-	0.01	-	0.54	-	-0.65	0.00	100.00
201911	0.24	0.31	0.25	0.31	0.06	0.00	0.46	0.58	-0.43	-0.76	11.11	100.00
201912	0.24	0.32	0.26	0.33	-0.11	-0.04	0.40	0.64	-0.76	-0.79	61.16	100.00
202001	0.23	0.32	0.25	0.32	-0.10	-0.04	0.53	0.72	-0.68	-0.79	57.93	100.00
202002	0.18	0.30	0.18	0.31	-0.02	-0.06	0.42	0.67	-0.38	-0.84	50.43	100.00
202003	0.24	0.29	0.24	0.29	-0.03	-0.01	0.59	0.76	-0.64	-0.68	56.59	100.00
202004	0.26	0.30	0.27	0.30	-0.06	-0.01	0.45	0.58	-0.77	-0.66	98.47	100.00
202005	0.27	0.31	0.27	0.32	0.00	0.05	0.55	0.67	-0.65	-0.69	89.65	100.00
202006	0.28	0.32	0.29	0.32	0.07	0.05	0.71	0.73	-0.63	-0.72	98.47	100.00
202007	0.28	0.32	0.30	0.33	0.09	0.05	0.73	0.74	-0.59	-0.71	96.77	100.00
202008	0.29	0.32	0.30	0.32	0.08	0.07	0.74	0.76	-0.50	-0.67	59.01	100.00
平均值	0.25	0.31	0.26	0.31	0.00	0.01	0.56	0.68	-0.60	-0.72	56.63	100.00

表 5.7 (續 6)本年度布袋海域水位實測與模擬資料統計表

布袋	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	0.50	-	0.50	-	0.02	-	1.18	-	-1.07	0.00	100.00
201910	-	0.50	-	0.50	-	-0.04	-	0.96	-	-1.18	0.00	100.00
201911	0.51	0.50	0.51	0.50	-0.12	-0.05	0.74	0.80	-1.03	-1.29	2.50	100.00
201912	0.48	0.51	0.50	0.52	-0.10	-0.09	0.73	0.78	-1.23	-1.30	44.89	100.00
202001	0.47	0.51	0.47	0.52	-0.07	-0.09	0.73	0.87	-1.15	-1.31	48.92	100.00
202002	0.44	0.50	0.44	0.51	0.01	-0.10	1.01	0.91	-0.86	-1.31	51.87	100.00
202003	0.47	0.49	0.47	0.49	0.00	-0.05	0.86	0.95	-1.04	-1.07	54.30	100.00
202004	0.53	0.50	0.53	0.50	-0.06	-0.05	0.96	0.96	-1.25	-1.20	97.78	100.00
202005	0.52	0.50	0.52	0.50	0.05	0.01	0.99	0.91	-1.17	-1.20	92.88	100.00
202006	0.53	0.52	0.54	0.52	0.10	0.01	1.12	0.90	-1.12	-1.24	75.14	100.00
202007	0.53	0.52	0.53	0.52	0.00	0.02	0.95	0.86	-1.21	-1.17	96.51	100.00
202008	0.54	0.51	0.54	0.51	0.02	0.03	1.06	0.98	-1.14	-1.10	45.97	100.00
平均值	0.50	0.51	0.51	0.51	-0.02	-0.03	0.92	0.92	-1.12	-1.20	50.90	100.00

表 5.7 (續 7)本年度臺中海域水位實測與模擬資料統計表

臺中	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.49	1.35	1.51	1.35	0.25	0.03	3.12	2.67	-2.54	-2.64	100.00	100.00
201910	1.48	1.35	1.47	1.35	0.03	-0.04	2.82	2.59	-2.79	-2.75	100.00	100.00
201911	1.44	1.29	1.45	1.29	-0.19	-0.09	2.33	2.15	-3.01	-2.76	100.00	100.00
201912	1.43	1.29	1.50	1.30	-0.44	-0.12	1.93	2.06	-3.08	-2.69	100.00	100.00
202001	1.41	1.29	1.47	1.29	-0.43	-0.08	2.08	2.20	-3.11	-2.74	100.00	100.00
202002	1.40	1.32	1.46	1.32	-0.41	-0.10	2.10	2.49	-3.18	-2.83	100.00	100.00
202003	1.39	1.31	1.40	1.31	-0.20	-0.04	2.48	2.64	-3.01	-2.70	100.00	100.00
202004	1.38	1.32	1.39	1.32	-0.18	-0.05	2.33	2.62	-2.94	-2.72	100.00	100.00
202005	1.36	1.30	1.38	1.30	0.20	0.04	2.70	2.51	-2.44	-2.68	100.00	100.00
202006	1.39	1.32	1.44	1.32	0.38	0.04	2.66	2.34	-2.50	-2.66	99.86	100.00
202007	1.40	1.31	1.49	1.31	0.49	0.05	2.82	2.25	-2.32	-2.56	95.16	100.00
202008	1.43	1.32	1.53	1.32	0.53	0.06	3.17	2.48	-2.26	-2.56	97.18	100.00
平均值	1.42	1.31	1.46	1.32	0.00	-0.03	2.55	2.42	-2.77	-2.69	99.35	100.00

表 5.7 (續 8)本年度馬祖海域水位實測與模擬資料統計表

馬祖	標準偏差 SD(m)		均方根 RMS(m)		平均值 MEAN(m)		最大值 MAX(m)		最小值 MIN(m)		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	1.70	1.59	1.70	1.59	0.16	0.05	3.37	3.26	-3.46	-3.44	98.61	100.00
201910	1.69	1.58	1.69	1.58	0.16	-0.02	3.15	3.17	-3.29	-3.34	98.66	100.00
201911	1.64	1.51	1.64	1.51	0.08	-0.04	3.21	2.74	-3.51	-3.29	98.61	100.00
201912	1.62	1.50	1.62	1.50	-0.05	-0.07	2.80	2.60	-3.58	-3.20	98.66	100.00
202001	1.60	1.49	1.60	1.49	-0.07	-0.07	2.86	2.69	-3.41	-3.31	97.98	100.00
202002	1.61	1.53	1.62	1.53	-0.12	-0.09	2.82	2.96	-3.71	-3.56	98.56	100.00
202003	1.60	1.53	1.61	1.53	-0.14	-0.03	3.12	3.10	-3.47	-3.46	98.66	100.00
202004	1.59	1.53	1.59	1.53	-0.14	-0.04	2.94	3.13	-3.41	-3.40	98.89	100.00
202005	1.63	1.50	1.82	1.50	-0.83	0.04	2.94	2.99	-5.21	-3.35	98.92	100.00
202006	1.54	1.51	1.80	1.51	0.94	0.04	3.57	2.81	-3.38	-3.20	98.19	100.00
202007	1.32	1.49	1.71	1.49	1.09	0.05	3.67	2.72	-2.59	-3.17	98.79	100.00
202008	1.61	1.52	1.92	1.52	-1.05	0.05	1.88	2.92	-4.56	-3.22	98.66	100.00
平均值	1.60	1.52	1.69	1.52	0.00	-0.01	3.03	2.92	-3.63	-3.33	98.60	100.00

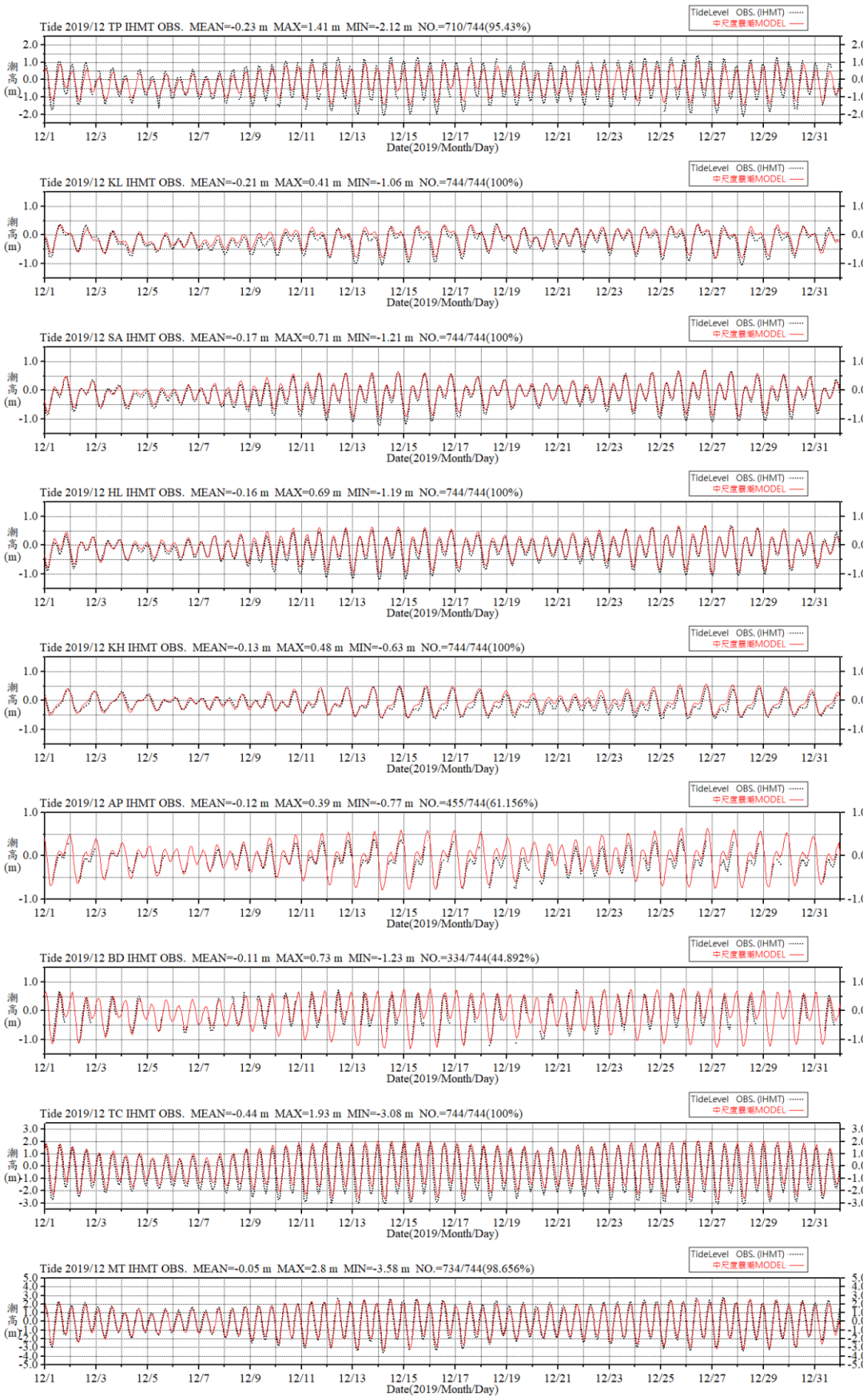


圖 5.16 9 海域 2019 年 12 月水位觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

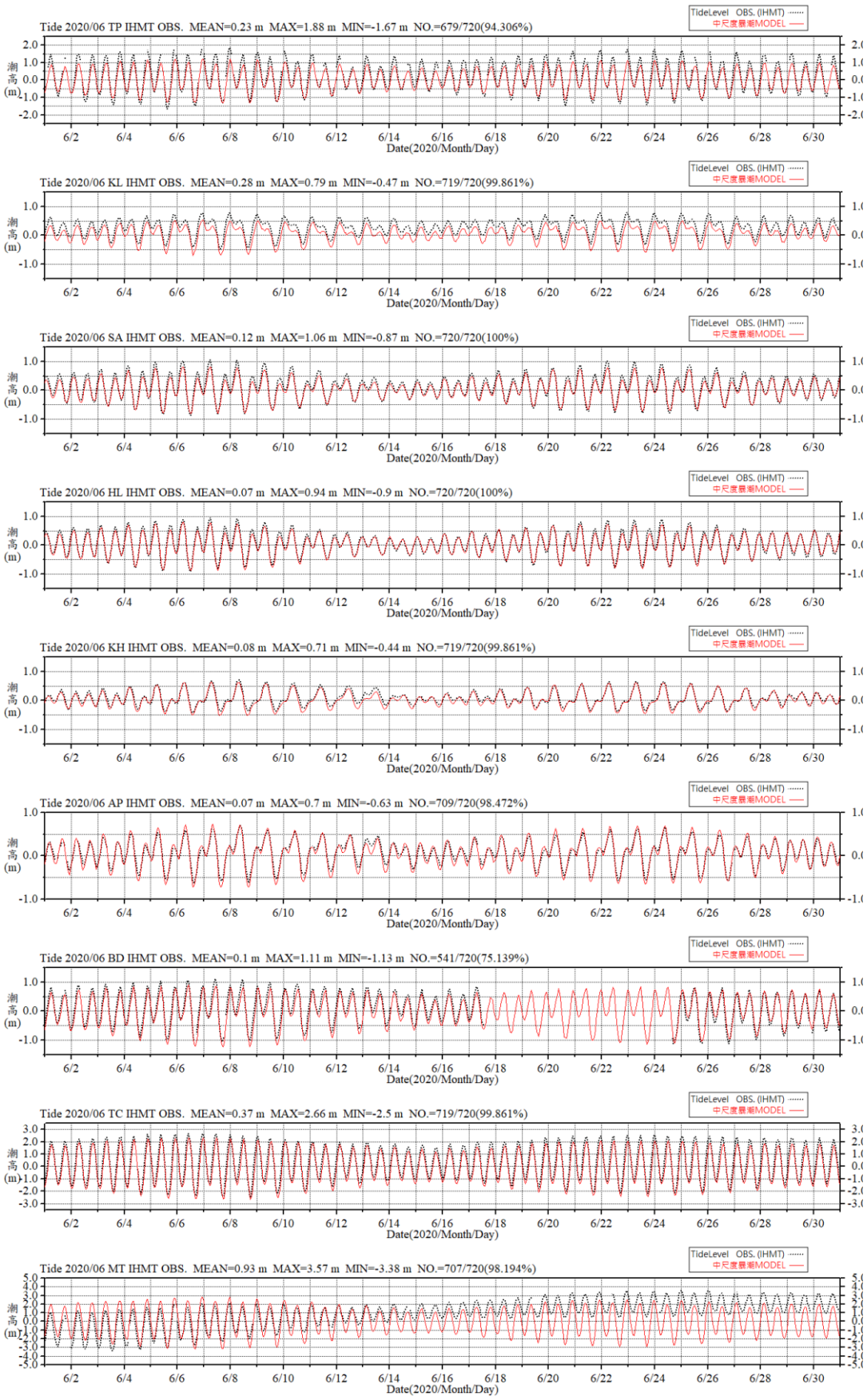


圖 5.17 9 海域 2020 年 6 月水位觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

5.4 海流

本年度海流作業化成果評估採用中尺度水動力模組作業化模擬資料與 IHMT 各港口海流觀測資料比較。海流預報與觀測之評估說明如下：

1. 海流資料統計分析：本年度各海域海流流速大小模擬值與觀測值之統計分析成果，如表 5.8 所列，顯示各海域海流模擬值蒐集率均達成 100%目標。
2. 流速逐時比對：圖 5.18 及圖 5.19 分別為 2019 年 12 月及 2020 年 6 月流速預報與觀測值之逐時比較圖，前者代表冬季東北季風季節，後者代表典型夏季季風。
3. 流向逐時比對：圖 5.20 及圖 5.21 分別為 2019 年 12 月(冬季)及 2020 年 6 月(夏季)流向預報與觀測值之逐時比較圖

整體而言，本計畫水動力模式屬於水深積分平均二維模式，海流模擬主要為潮流成份，因此流速預報值與實際海流觀測值(表層流)差異大是可預期的。

表 5.8 本年度臺北海域海流流速實測與模擬資料統計表

臺北	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	24.80	13.88	54.34	29.52	48.36	26.06	113.40	62.20	98.89	100.00
201910	25.33	13.67	56.52	29.38	50.53	26.01	128.10	59.90	99.19	100.00
201911	23.62	13.16	52.78	28.18	47.21	24.93	116.50	54.10	98.89	100.00
201912	24.44	13.04	54.73	28.11	48.97	24.91	122.60	54.90	98.92	100.00
202001	23.57	12.93	54.58	28.15	49.23	25.00	124.40	58.60	96.91	100.00
202002	24.60	13.43	54.99	28.72	49.19	25.40	130.60	62.00	98.99	100.00
202003	24.54	13.59	53.91	28.62	48.01	25.19	125.10	61.30	90.99	100.00
202004	24.10	13.52	53.89	28.57	48.21	25.17	122.50	58.70	91.53	100.00
202005	23.52	13.21	48.60	28.62	42.54	25.39	123.50	60.30	95.97	100.00
202006	22.20	13.13	39.58	28.81	32.78	25.65	103.90	58.50	94.58	100.00
202007	22.48	13.08	43.35	28.52	37.07	25.35	111.30	57.40	95.56	100.00
202008	19.27	13.48	31.66	28.79	25.13	25.45	100.50	59.80	81.05	100.00
平均值	23.54	13.34	49.91	28.67	43.94	25.38	118.53	58.98	95.12	100.00

表 5.8 (續 1)本年度基隆海域海流流速實測與模擬資料統計表

基隆	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	3.62	-	6.79	-	5.75	-	16.90	0.00	100.00
201910	-	3.59	-	6.82	-	5.79	-	16.20	0.00	100.00
201911	-	3.57	-	6.78	-	5.77	-	16.00	0.00	100.00
201912	-	3.34	-	6.54	-	5.62	-	14.90	0.00	100.00
202001	-	3.19	-	6.28	-	5.41	-	15.10	0.00	100.00
202002	-	3.41	-	6.55	-	5.60	-	16.00	0.00	100.00
202003	-	3.43	-	6.46	-	5.48	-	17.00	0.00	100.00
202004	-	3.51	-	6.54	-	5.51	-	16.40	0.00	100.00
202005	-	3.16	-	6.24	-	5.39	-	15.20	0.00	100.00
202006	11.24	2.98	22.31	6.10	19.29	5.32	55.90	13.70	23.47	100.00
202007	11.99	3.00	24.47	6.07	21.33	5.28	67.90	13.40	98.92	100.00
202008	11.20	3.20	23.44	6.24	20.60	5.36	64.80	15.20	96.91	100.00
平均值	11.48	3.33	23.41	6.45	20.41	5.52	62.87	15.50	18.28	100.00

表 5.8 (續 2)本年度蘇澳海域海流流速實測與模擬資料統計表

蘇澳	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	8.70	26.00	17.14	50.89	14.78	43.75	49.60	125.60	63.89	100.00
201910	-	27.29	-	51.38	-	43.55	-	170.60	0.00	100.00
201911	10.49	28.92	19.41	54.04	16.34	45.67	63.50	127.70	93.61	100.00
201912	10.89	29.21	20.37	53.22	17.22	44.50	63.70	141.00	88.31	100.00
202001	10.14	29.74	18.84	53.89	15.88	44.96	51.40	132.10	97.98	100.00
202002	10.17	28.71	19.19	52.22	16.29	43.64	66.00	136.80	99.14	100.00
202003	11.31	27.83	20.07	50.97	16.58	42.71	67.30	143.00	98.79	100.00
202004	10.62	27.61	19.36	50.70	16.19	42.53	58.20	142.50	99.31	100.00
202005	9.29	25.22	16.63	48.48	13.80	41.41	68.00	114.90	100.00	100.00
202006	7.70	26.21	13.86	49.43	11.53	41.91	44.10	103.60	45.42	100.00
202007	-	25.97	-	48.64	-	41.14	-	112.70	0.00	100.00
202008	-	26.94	-	49.69	-	41.76	-	130.70	0.00	100.00
平均值	9.92	27.47	18.32	51.13	15.40	43.13	59.09	131.77	65.54	100.00

表 5.8 (續 3)本年度花蓮海域海流流速實測與模擬資料統計表

花蓮	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	9.60	1.58	19.71	2.70	17.22	2.19	54.80	7.30	99.58	100.00
201910	9.00	1.52	18.49	2.74	16.15	2.28	62.20	7.90	98.79	100.00
201911	10.28	1.81	21.85	3.19	19.28	2.63	56.10	8.60	100.00	100.00
201912	10.54	1.93	21.43	3.21	18.66	2.57	66.50	8.40	100.00	100.00
202001	8.71	2.05	19.29	3.34	17.22	2.63	54.20	9.80	100.00	100.00
202002	11.81	1.81	24.77	2.93	21.78	2.30	65.40	8.00	99.43	100.00
202003	-	1.62	23.50	2.73	23.50	2.20	23.50	8.20	0.13	100.00
202004	-	1.56	-	2.80	-	2.32	-	7.30	0.00	100.00
202005	-	1.67	-	2.85	-	2.31	-	7.40	0.00	100.00
202006	15.99	1.89	29.23	3.13	24.49	2.50	73.50	8.80	41.39	100.00
202007	17.55	1.89	33.02	3.01	27.97	2.35	86.50	7.40	99.19	100.00
202008	17.24	1.94	31.44	3.11	26.30	2.43	89.50	8.80	98.79	100.00
平均值	12.30	1.77	24.27	2.98	21.26	2.39	63.22	8.16	69.78	100.00

表 5.8 (續 4)本年度高雄海域海流流速實測與模擬資料統計表

高雄	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	15.75	2.62	34.74	4.66	30.98	3.85	80.90	14.40	37.50	100.00
201910	15.15	2.86	30.19	4.98	26.12	4.08	85.80	15.50	64.92	100.00
201911	15.56	2.87	31.76	5.05	27.69	4.15	90.30	13.10	87.36	100.00
201912	19.03	3.11	39.03	5.43	34.08	4.45	89.90	13.90	88.44	100.00
202001	18.04	3.15	39.50	5.25	35.14	4.20	89.40	15.50	92.34	100.00
202002	15.62	2.74	32.14	4.66	28.09	3.78	68.70	13.50	69.97	100.00
202003	-	2.37	-	4.28	-	3.56	-	11.40	0.00	100.00
202004	-	2.59	-	4.78	-	4.02	-	12.90	0.00	100.00
202005	-	2.71	-	4.70	-	3.84	-	13.10	0.00	100.00
202006	16.39	3.27	34.04	5.31	29.85	4.19	98.70	18.40	59.58	100.00
202007	17.67	2.75	34.38	4.61	29.50	3.70	99.40	15.10	95.56	100.00
202008	19.79	3.32	39.43	5.38	34.12	4.24	108.20	16.50	97.18	100.00
平均值	17.00	2.86	35.02	4.92	30.62	4.01	90.14	14.44	57.74	100.00

表 5.8 (續 5)本年度安平海域海流流速實測與模擬資料統計表

安平	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	5.61	-	11.93	-	10.53	-	23.50	0.00	100.00
201910	13.47	5.56	25.49	11.90	21.65	10.52	76.40	25.60	85.35	100.00
201911	12.05	5.25	21.59	11.30	17.92	10.01	62.90	21.20	98.61	100.00
201912	13.26	5.24	24.56	11.30	20.68	10.01	63.00	20.40	97.31	100.00
202001	11.69	5.23	24.27	11.40	21.27	10.13	58.00	21.70	98.39	100.00
202002	11.85	5.42	24.57	11.58	21.53	10.24	69.00	23.20	95.55	100.00
202003	12.23	5.47	26.46	11.57	23.47	10.20	62.90	23.80	61.56	100.00
202004	13.62	5.49	28.13	11.63	24.63	10.25	81.30	24.00	76.81	100.00
202005	16.25	5.33	32.51	11.61	28.17	10.32	109.00	23.00	99.46	100.00
202006	14.94	5.31	34.63	11.71	31.25	10.43	81.30	21.30	78.06	100.00
202007	14.18	5.25	33.08	11.56	29.90	10.30	73.90	20.10	50.94	100.00
202008	-	5.40	-	11.66	-	10.34	-	22.20	0.00	100.00
平均值	13.35	5.38	27.53	11.60	24.05	10.27	73.77	22.50	70.17	100.00

表 5.8 (續 6)本年度布袋海域海流流速實測與模擬資料統計表

布袋	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	-	3.77	-	8.43	-	7.55	-	17.70	0.00	100.00
201910	-	3.74	-	8.42	-	7.54	-	18.30	0.00	100.00
201911	-	3.61	-	8.07	-	7.21	-	17.70	0.00	100.00
201912	-	3.55	-	8.02	-	7.20	-	16.70	0.00	100.00
202001	-	4.31	-	8.82	-	7.70	-	34.90	0.00	100.00
202002	-	3.72	-	8.27	-	7.39	-	18.50	0.00	100.00
202003	77.40	3.71	102.00	8.18	66.66	7.29	295.30	18.40	26.75	100.00
202004	19.58	3.70	36.06	8.20	30.29	7.32	84.40	18.00	100.00	100.00
202005	16.19	3.55	32.04	8.12	27.65	7.30	92.80	18.40	100.00	100.00
202006	30.38	3.47	52.93	8.15	43.38	7.38	196.80	17.10	44.86	100.00
202007	-	3.46	-	8.07	-	7.29	-	17.00	0.00	100.00
202008	-	3.64	-	8.13	-	7.27	-	18.00	0.00	100.00
平均值	35.89	3.69	55.76	8.24	42.00	7.37	167.33	19.23	24.69	100.00

表 5.8 (續 7)本年度臺中海域海流流速實測與模擬資料統計表

臺中	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	20.47	9.33	42.50	14.68	37.26	11.34	119.70	42.40	99.58	100.00
201910	20.55	8.41	42.81	14.00	37.56	11.20	130.90	45.40	97.98	100.00
201911	28.46	12.03	57.35	20.64	49.81	16.78	133.10	54.10	96.94	100.00
201912	30.09	12.91	54.70	20.18	45.69	15.52	122.60	50.70	96.10	100.00
202001	16.78	8.28	37.39	13.70	33.42	10.92	78.60	51.30	94.35	100.00
202002	20.69	9.39	39.93	14.50	34.16	11.06	117.50	42.90	94.83	100.00
202003	22.25	7.03	45.10	11.83	39.24	9.52	115.90	35.80	91.26	100.00
202004	17.65	6.57	38.12	11.19	33.79	9.06	121.00	32.70	91.94	100.00
202005	29.36	4.40	56.49	8.00	48.27	6.68	140.40	22.30	95.30	100.00
202006	28.70	4.55	73.30	8.24	67.45	6.87	145.60	20.90	99.03	100.00
202007	29.41	4.55	74.50	8.09	68.46	6.69	173.10	22.40	98.79	100.00
202008	29.19	4.64	52.25	8.33	43.35	6.92	135.50	24.60	98.52	100.00
平均值	24.47	7.67	51.20	12.78	44.87	10.21	127.83	37.13	96.22	100.00

表 5.8 (續 8)本年度馬祖海域海流流速實測與模擬資料統計表

馬祖	標準偏差 SD cm/s		均方根 RMS cm/s		平均值 MEAN cm/s		最大值 MAX cm/s		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
201909	12.92	15.83	22.49	34.98	18.42	31.19	75.00	76.70	97.92	100.00
201910	12.00	15.42	20.31	34.79	16.39	31.19	60.50	72.60	98.92	100.00
201911	9.78	13.77	16.42	33.77	13.19	30.83	58.80	69.10	99.17	100.00
201912	8.57	13.19	14.98	33.25	12.29	30.52	54.10	64.10	99.33	100.00
202001	8.87	13.91	16.18	32.53	13.54	29.41	57.10	65.70	92.74	100.00
202002	8.20	14.80	14.79	33.66	12.32	30.24	64.40	72.20	95.11	100.00
202003	8.55	15.19	15.63	33.45	13.09	29.81	50.60	75.20	92.20	100.00
202004	8.98	15.29	15.93	33.46	13.16	29.77	60.40	73.50	98.47	100.00
202005	11.39	14.22	21.53	32.65	18.28	29.39	70.00	68.50	83.20	100.00
202006	-	13.74	-	32.78	-	29.76	-	64.00	0.00	100.00
202007	-	13.98	-	32.23	-	29.05	-	65.30	0.00	100.00
202008	-	14.64	-	33.02	-	29.60	-	68.30	0.00	100.00
平均值	9.92	14.50	17.58	33.38	14.52	30.06	61.21	69.60	71.42	100.00

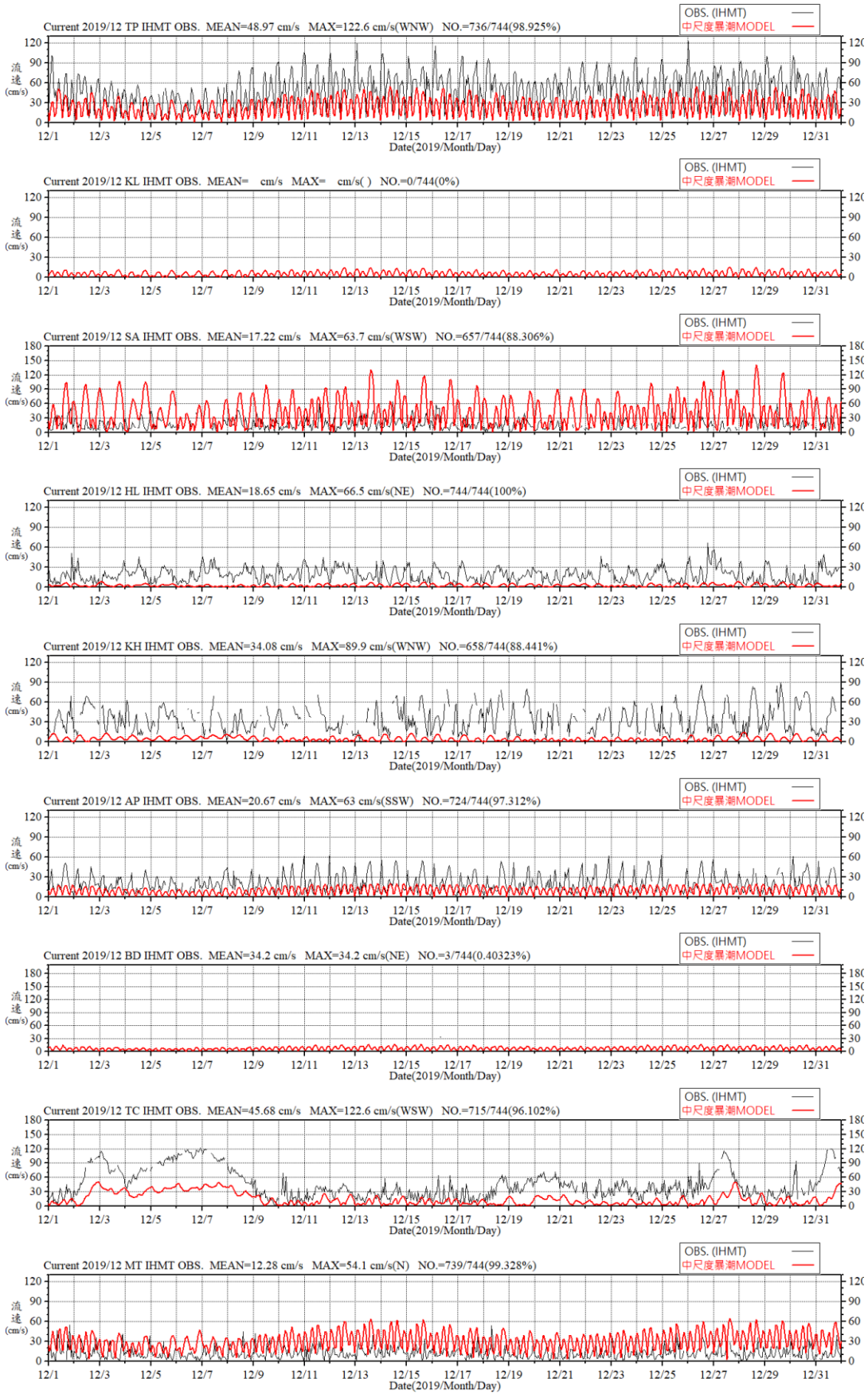


圖 5.18　9 海域 2019 年 12 月流速觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

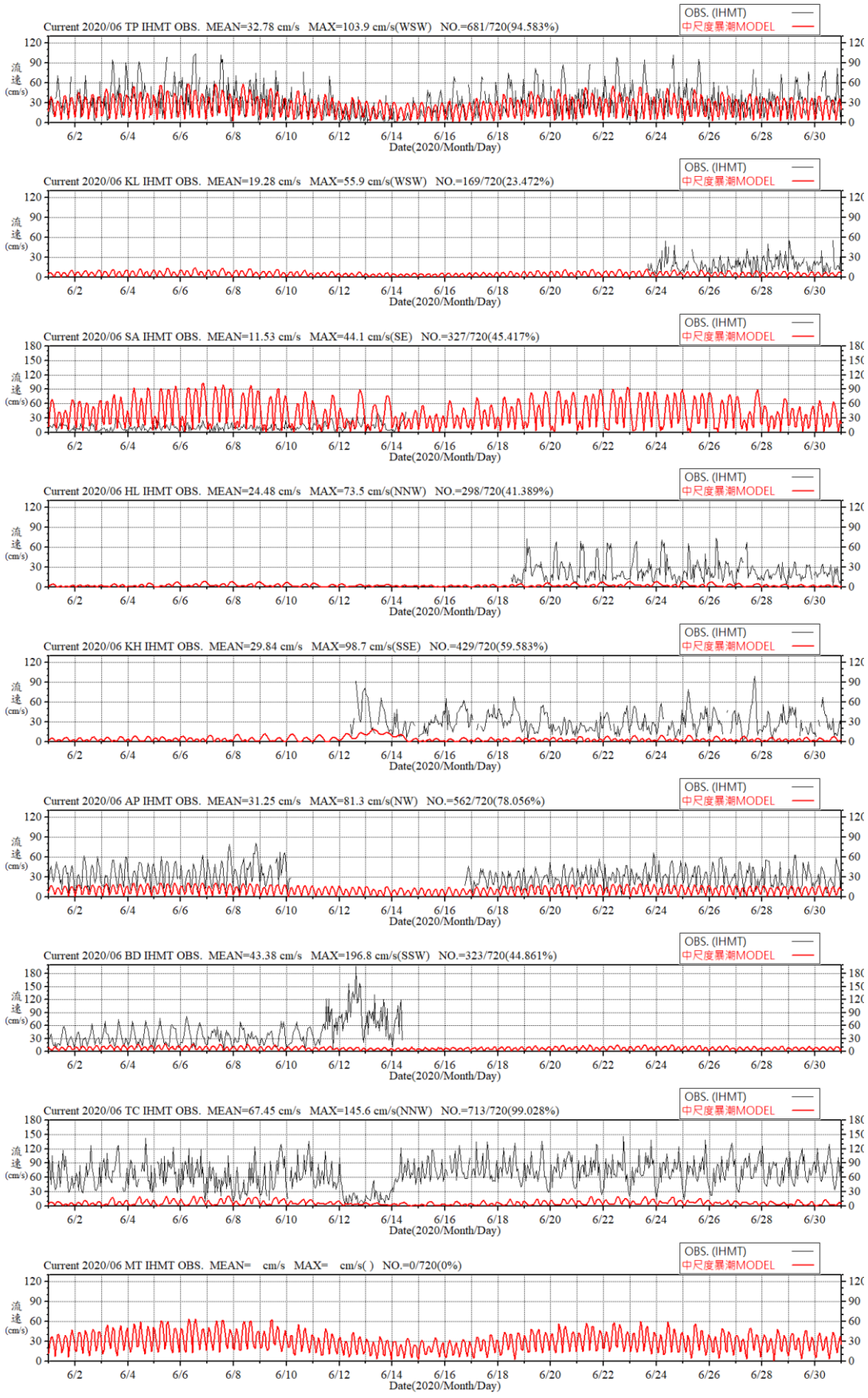


圖 5.19　9 海域 2020 年 6 月流速觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

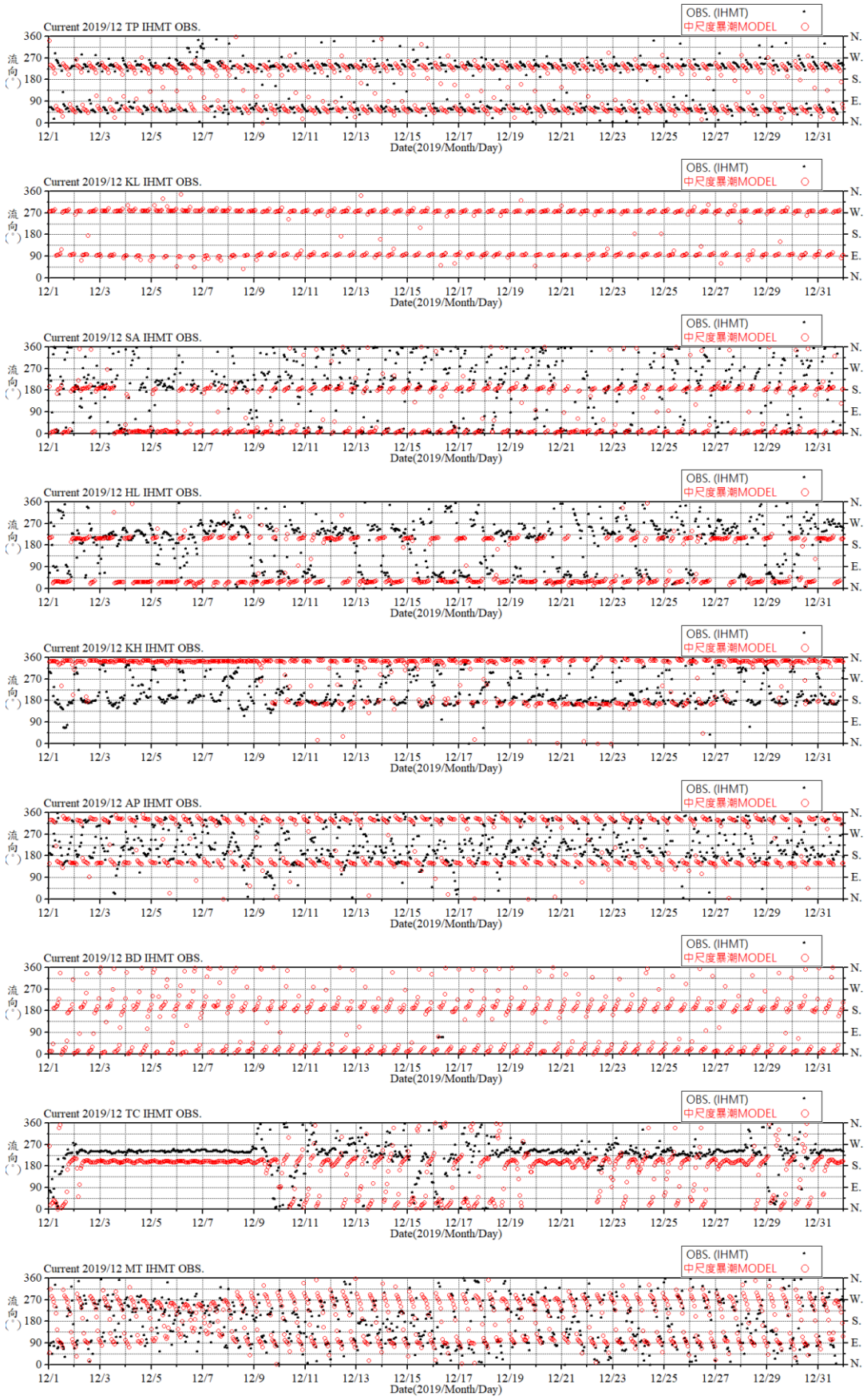


圖 5.20 9 海域 2019 年 12 月流向觀測值與中尺度模擬值(紅色)之比較圖

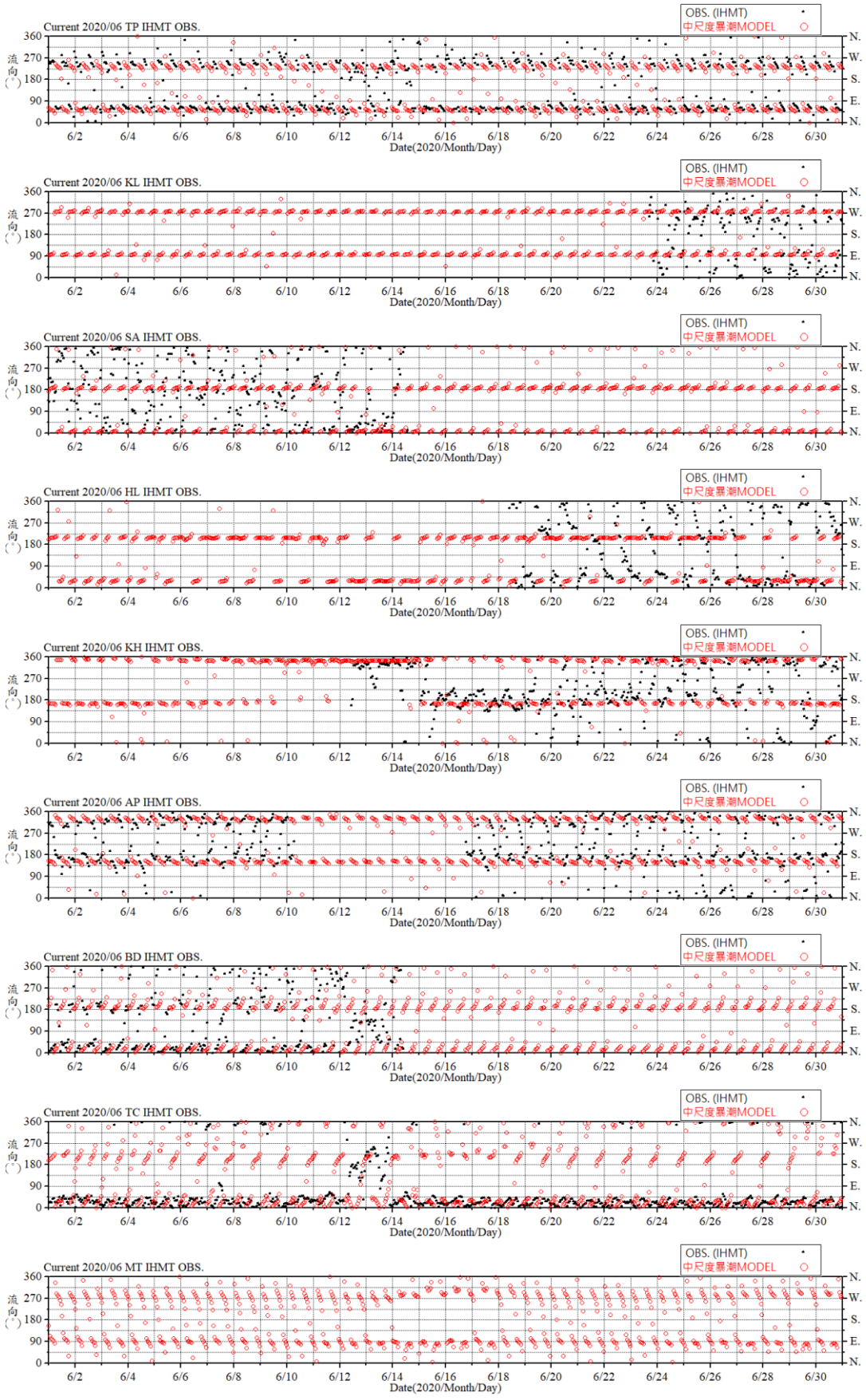


圖 5.21 9 海域 2020 年 6 月流向觀測值與中尺度模擬值(紅色)EW 向流速比較圖

第六章 東部海域基本資料蒐集與分析

本計畫東部海域範圍自貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域，本年度基本資料蒐集重點為花蓮海域之地形水深及海象資料特性。

6.1 地形水深

針對東部海域地形水深，本計畫除了蒐集國家海洋科學研究中心彙編及發布之臺灣附近海域海底地形水深資料(200m 網格)外，本計畫亦蒐集海軍大氣海洋局刊行的五萬分之一比例尺海軍水道圖之數化水深資料，如圖 6.1 至圖 6.5 所示，分別為圖號 04515(三貂角至蘇澳港海域)、圖號 04516(蘇澳港及附近海域)、圖號 04517(烏石鼻至新城海域)、圖號 04518(新城至水璉鼻海域)及圖號 04519(水璉鼻至長濱海域)等。花蓮港及其附近海域部分，除了蒐集萬分之一比例尺海軍水道圖 0351(花蓮港及其附近)，如圖 6.6 所示，進行水深資料數化工作外，臺灣港務股份有限公司花蓮分公司於本(109)年度辦理花蓮港域水深測量資料，其施測成果，如圖 6.7 所示，亦做為修正本計畫模式水深資料之依據。

花蓮海岸部分則蒐集經濟部水利署第九河川局 106 年「花蓮海岸基本資料調查監測計畫」之花蓮海岸水深測量成果，其施測範圍如圖 6.8 所示，由北至南依序分別為崇德至新城海岸、七星潭至美崙鼻海岸、南北濱及化仁海岸、鹽寮海岸、水璉及牛山海岸及新社至豐濱海岸等。計畫水深測量範圍除南、北濱及化仁海岸由 0m 灘線至水深-150m 處外，其餘海岸段水深測量範圍為 0m 灘線至水深-100m 處。106 年度分別於 4~6 月及 9~10 月各施測一次，前者調查結果代表東北季風後、颱風季前地形資料，後者代表夏季季風後之地形。

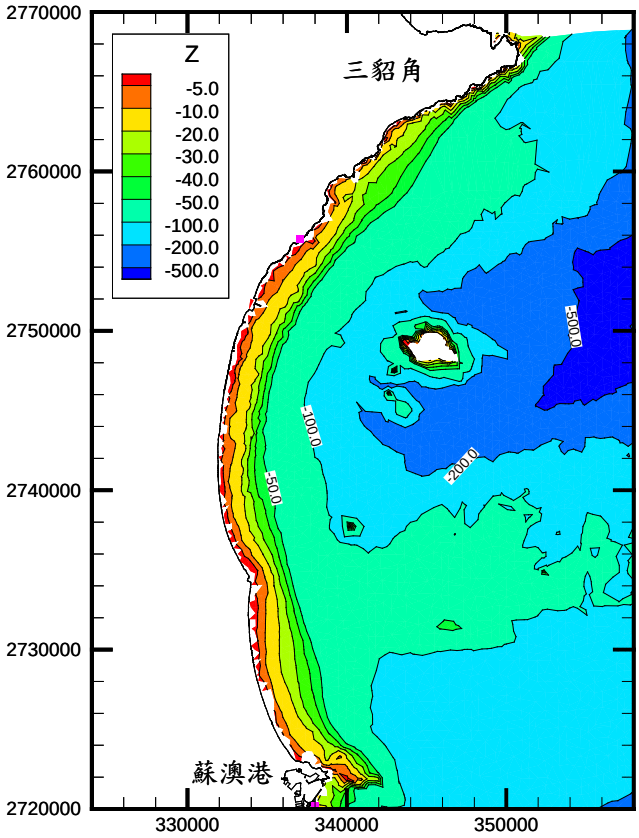


圖 6.1 三貂角至蘇澳港海域水深分布圖(圖號 04515)

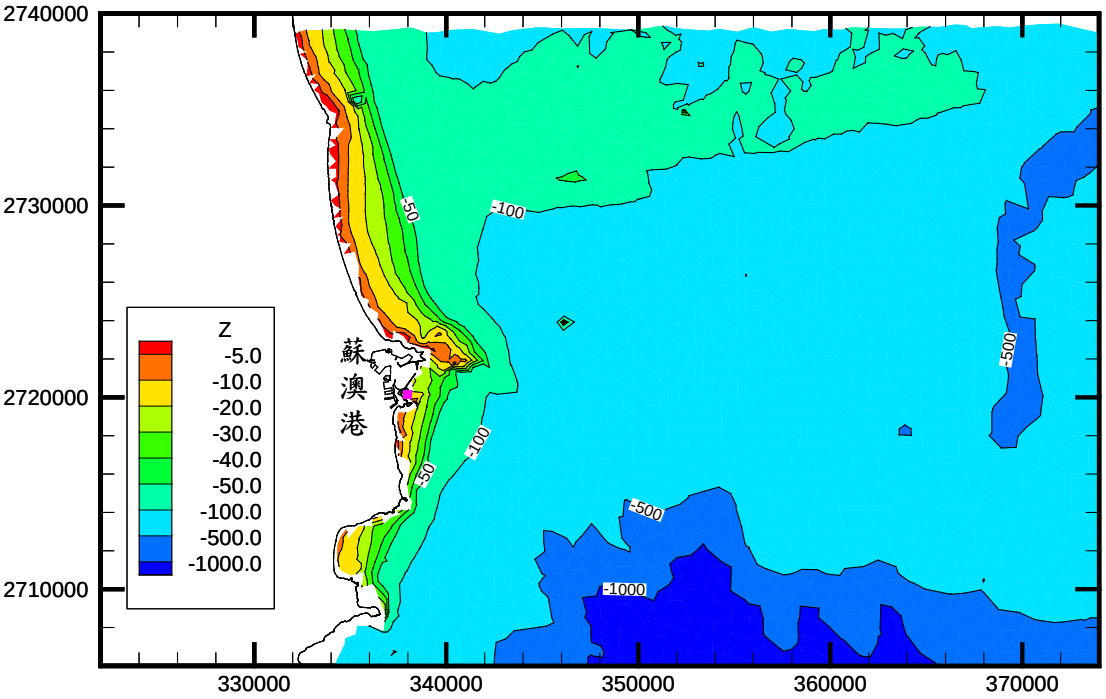


圖 6.2 蘇澳港及附近海域水深分布圖(圖號 04516)

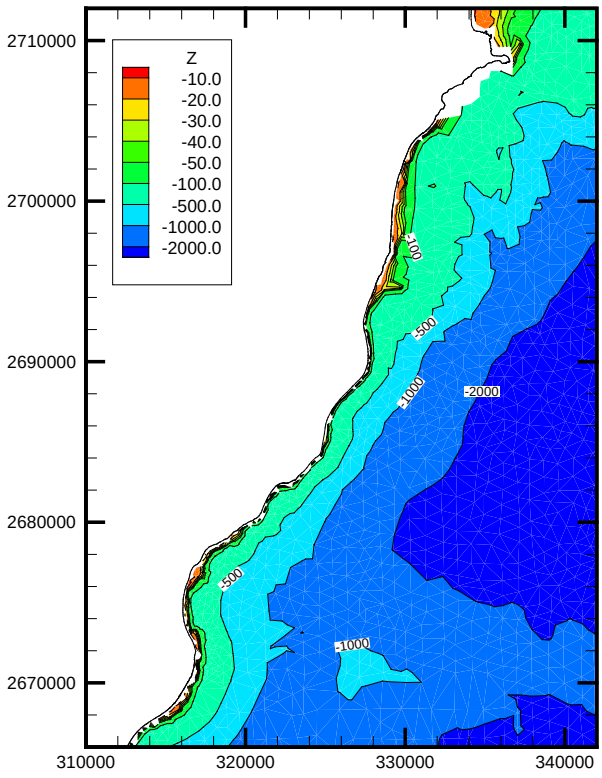


圖 6.3 烏石鼻至新城海域水深分布圖(圖號 04517)

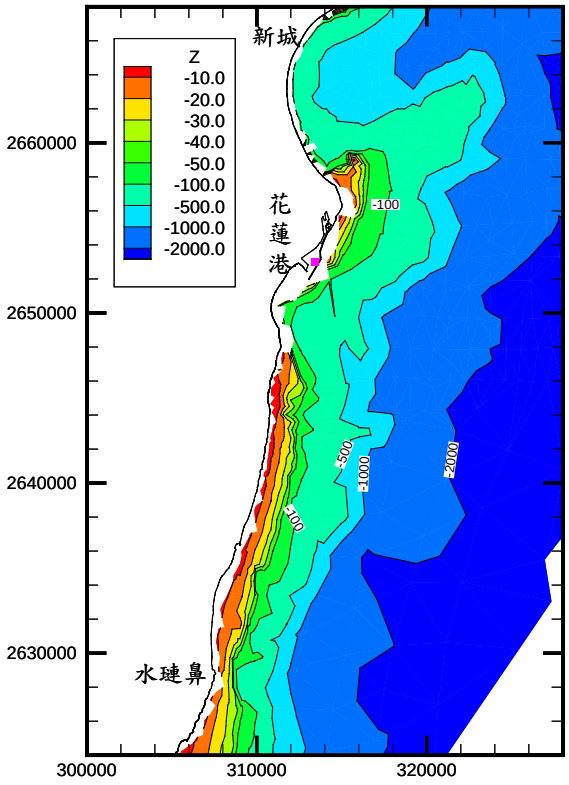


圖 6.4 新城至水璉鼻海域水深分布圖(圖號 04518)

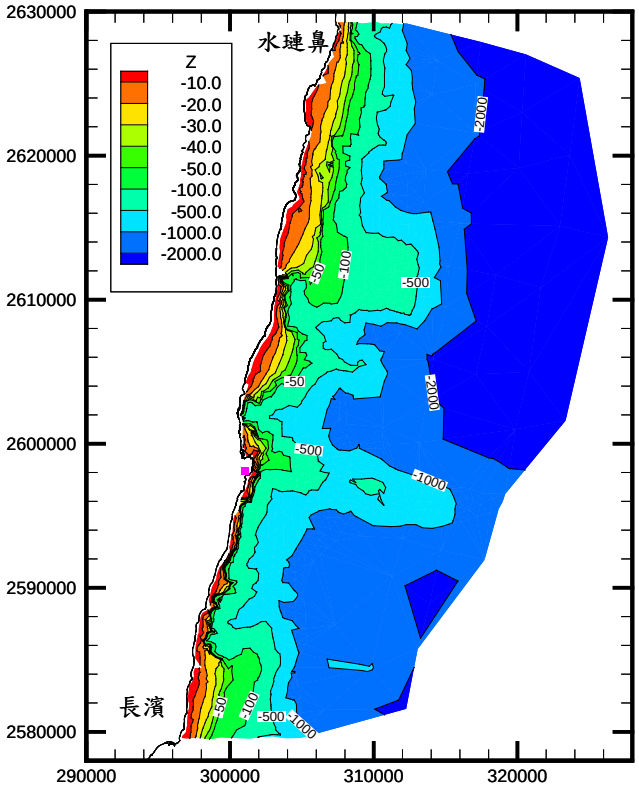


圖 6.5 水璉鼻至長濱海域水深分布圖(圖號 04519)

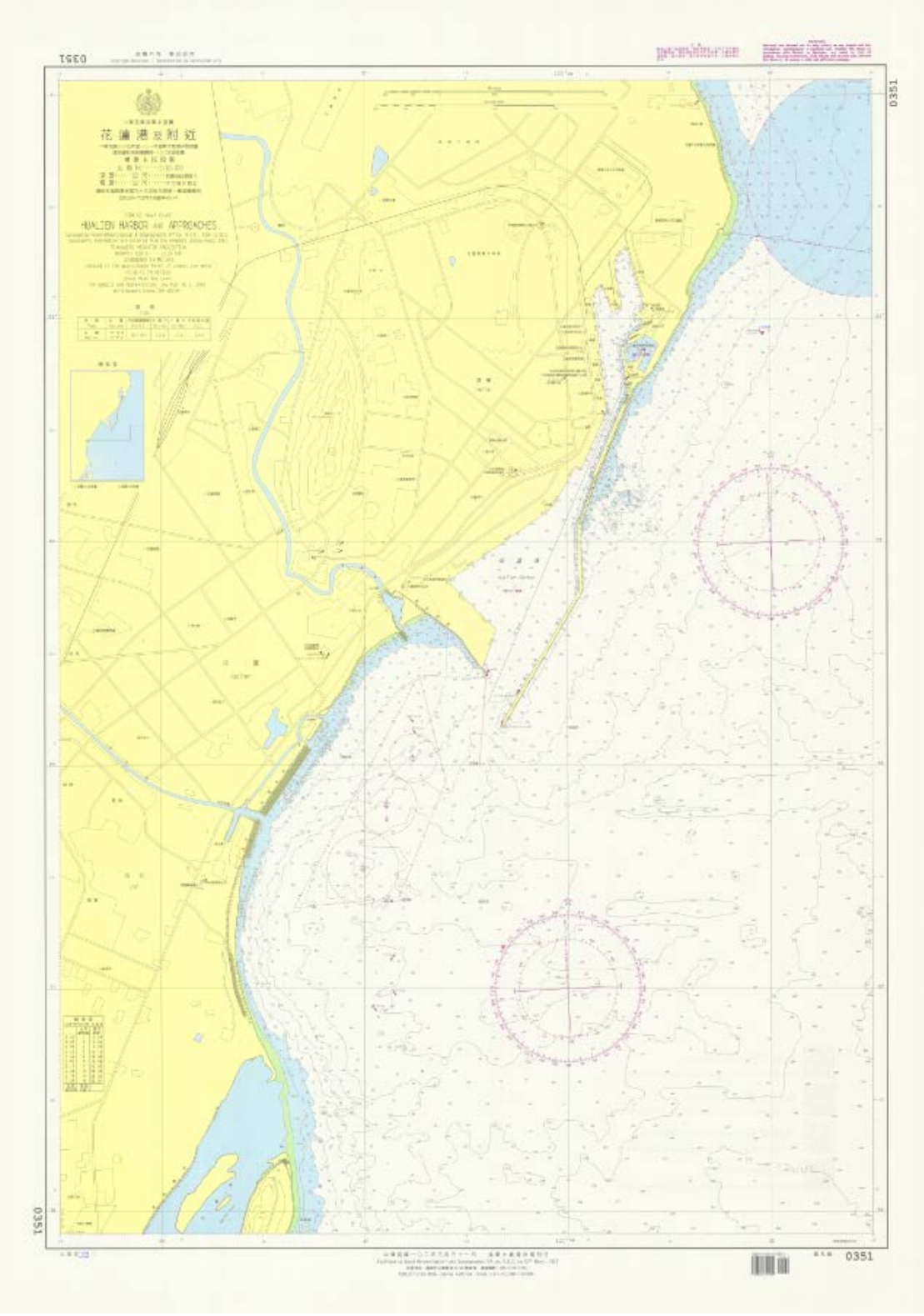


圖 6.6 海圖 0351 花蓮港及附近

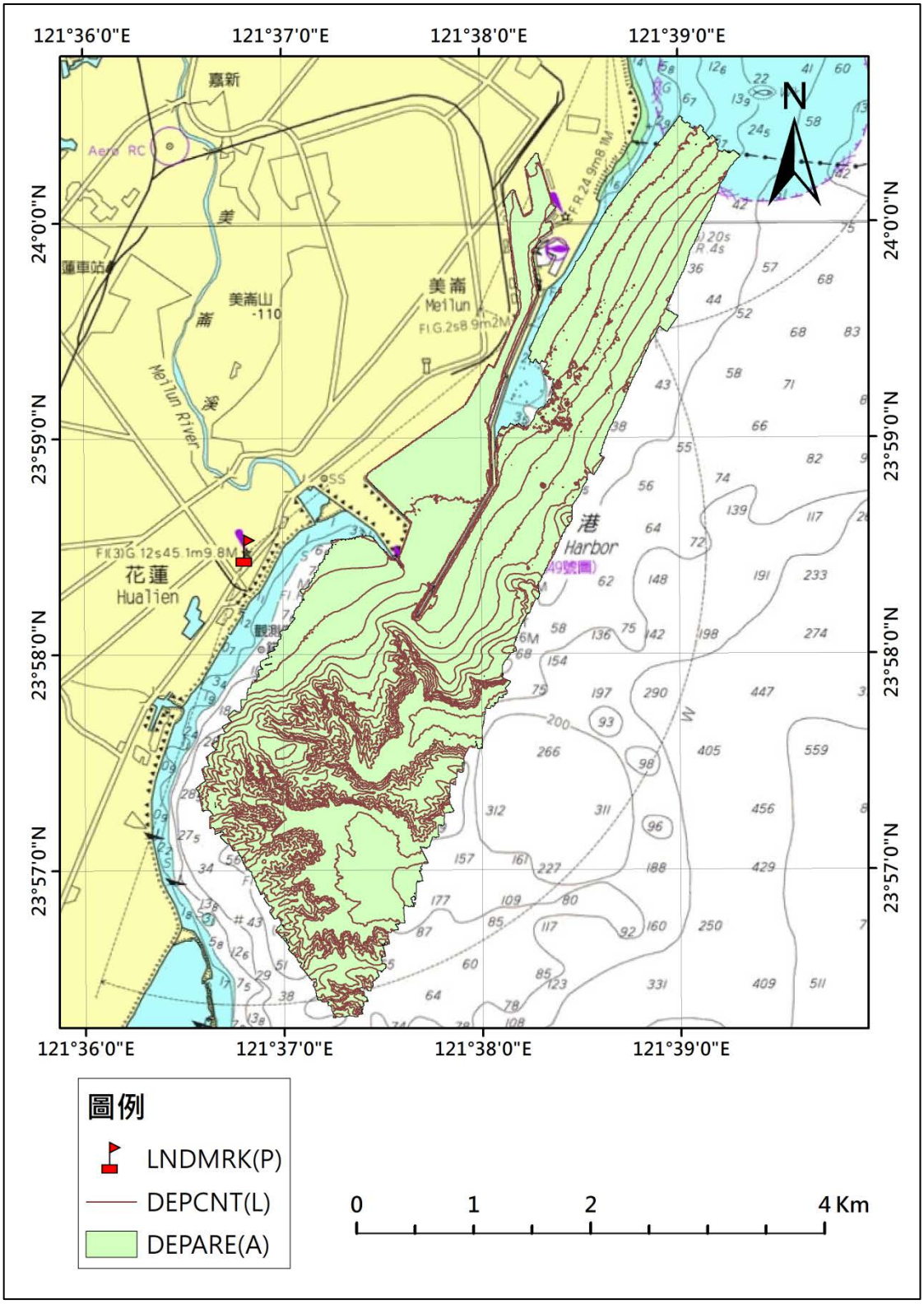


圖 6.7 109 年花蓮港水深測量成果示意圖

資料來源:臺灣港務股份有限公司花蓮分公司「109 年度花蓮港水深測量」

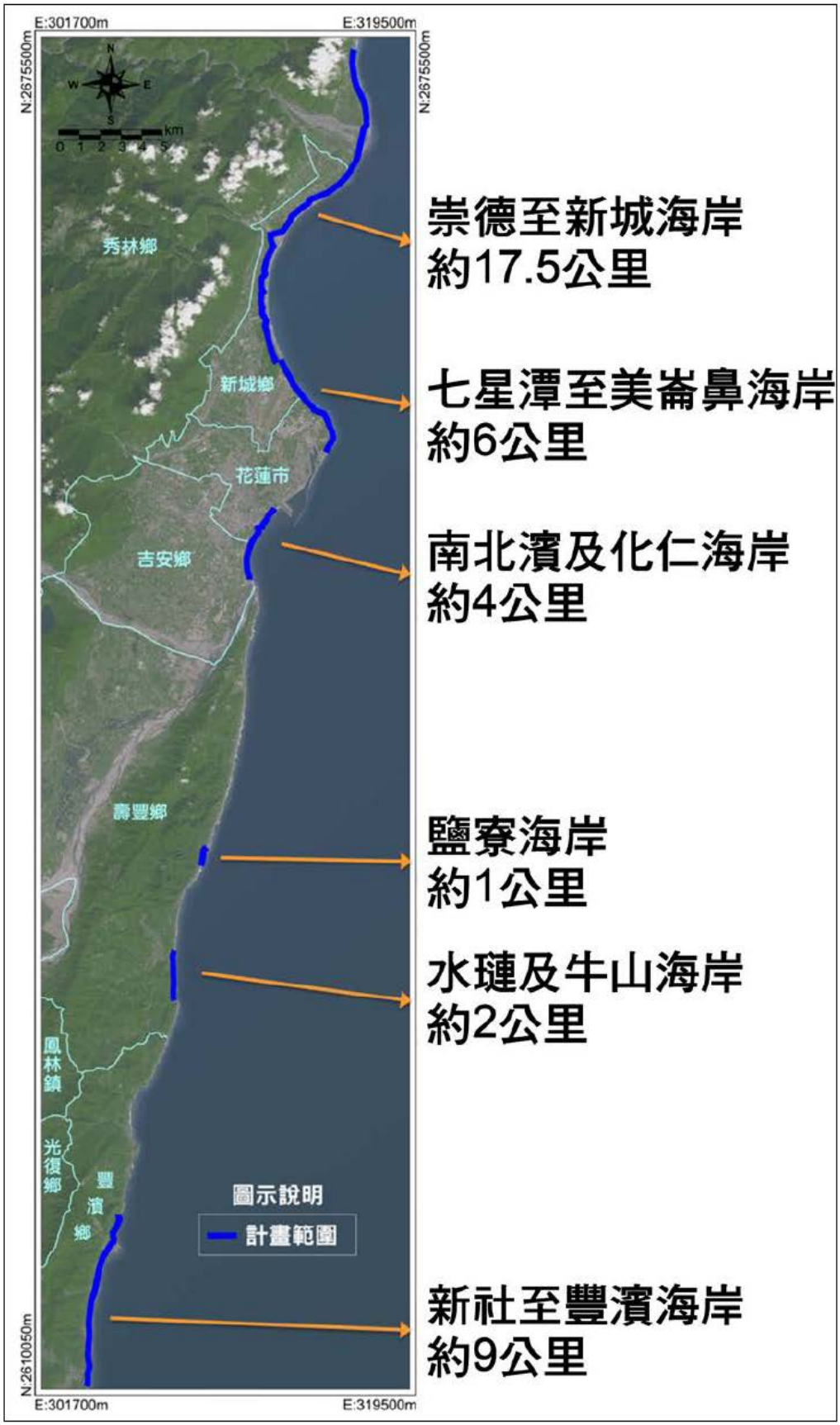


圖 6.8 經濟部水利署 106 年辦理花蓮海岸斷面測量區域分布圖

資料來源:經濟部水利署第九河川局「花蓮海岸基本資料調查監測計畫(2/2)」

6.2 潮汐水位

6.2.1 花蓮港

依據港研中心(2015)研究結果得知，歷年(2008~2013 年)花蓮港潮位年平均值低點為 0.086m，發生於 2011 年；潮位年平均值高點為 0.161m，發生於 2012 年，年平均潮位之高低值相差 0.075m，如圖 6.9 所示。歷年重要代表性潮位統計結果，如表 6.1 所列，顯示平均高潮位值為+0.571m、平均潮位值為+0.095m、平均低潮位值為−0.378m，平均潮位差為 0.949m；表中最高潮位值為+1.455 m，發生於中度颱風莫拉克侵臺期間，發生時間為 2009 年 8 月 7 日 07 時。

依據歷年(2008~2013 年)花蓮港潮位調和分析結果，得到各主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)歷年振幅變化情形，如圖 6.10 所示，其中全日潮 K_1 與 O_1 分潮振幅呈現遞減現象，半日潮 M_2 分潮振幅呈現漸增現象。另依據 2008~2013 年主要分潮之平均振幅值，計算花蓮港潮型指標[$(O_1+K_1)/(M_2+S_2)$]約為 0.476，顯示花蓮港潮汐型態屬於混合潮型。

表 6.1 花蓮港(2008~2013 年)重要代表性潮位統計結果表

代表性潮位	高程值 (m)
最高高潮位(H.H.W.L.)	+1.455
平均高潮位(M.H.W.L.)	+0.571
平均潮位(M.W.L.)	+0.095
平均低潮位(M.L.W.L.)	-0.378
最低低潮位(L.L.W.L.)	-1.113
平均潮位差	0.949
觀測資料數 34679 測站位置:(23˚58'50"N, 121˚37'25"E) 基準面相對於臺灣高程基準(TWVD2001)：0 m	

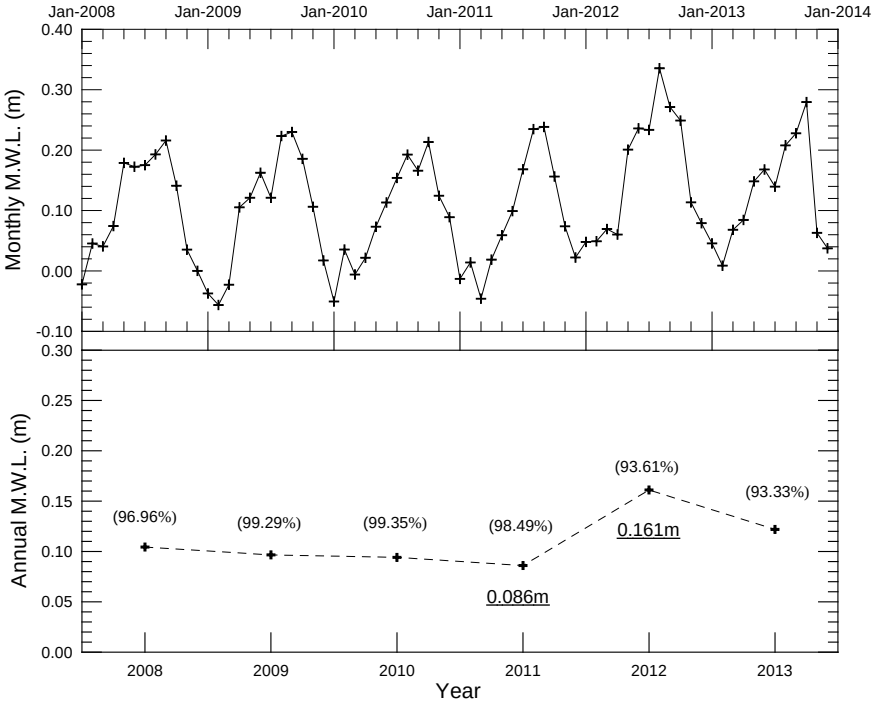


圖 6.9 2008～2013 年花蓮港逐時潮位資料月及年平均潮位變化圖

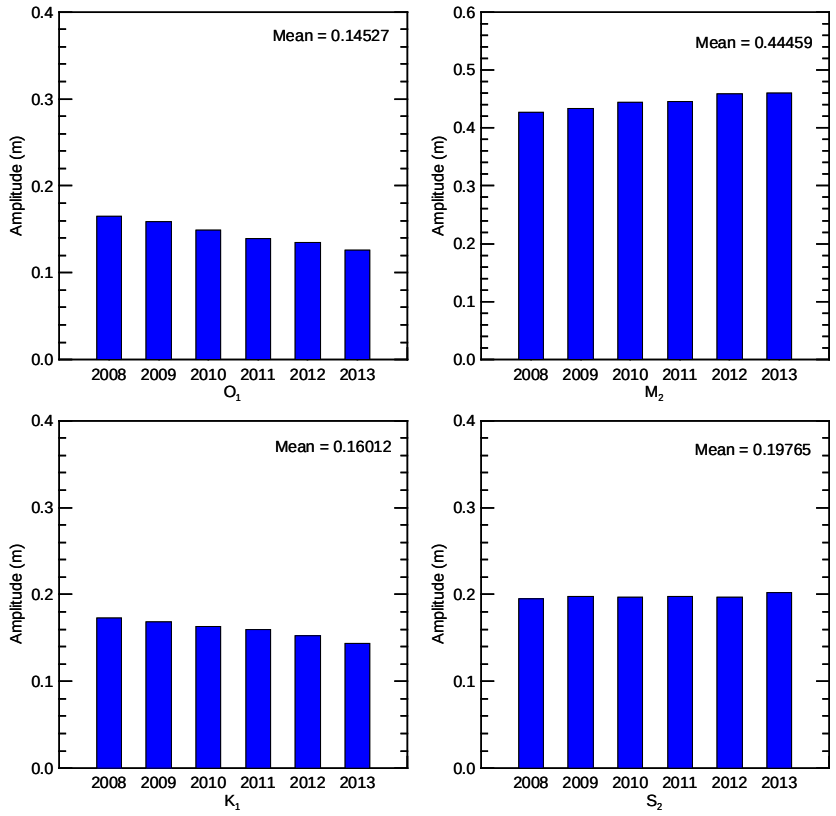


圖 6.10 歷年(2008～2013 年)花蓮港潮位調和分析主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)振幅變化情形圖

6.2.2 蘇澳港

依據港研中心(2015)研究結果得知，歷年(2008~2013 年)蘇澳港潮位年平均值低點為 0.066m，發生於 2011 年；潮位年平均值高點為 0.126m，發生於 2012 年，年平均潮位之高低值相差 0.060m，如圖 6.11 所示。歷年重要代表性潮位統計結果，如表 6.2 所列，顯示平均高潮位值為+0.537m、平均潮位值為+0.074m、平均低潮位值為−0.386m，平均潮位差為 0.923m；表中最高潮位值為+1.39 m，發生於中度颱風莫拉克侵臺期間，發生時間為 2009 年 8 月 7 日 06 時。

依據歷年(2008~2013 年)蘇澳港潮位調和分析結果，得到各主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)歷年振幅變化情形，如圖 6.12 所示，其中全日潮 K_1 與 O_1 分潮振幅呈現遞減現象，半日潮 M_2 分潮振幅呈現漸增現象。另依據 2008~2013 年主要分潮之平均振幅值，計算蘇澳港潮型指標[$(O_1+K_1)/(M_2+S_2)$]約為 0.624，顯示蘇澳港潮汐型態屬於混合潮型。

表 6.2 蘇澳港(2008~2011 年)重要代表性潮位統計結果表

代表性潮位	高程值 (m)
最高高潮位(H.H.W.L.)	+1.390
平均高潮位(M.H.W.L.)	+0.537
平均潮位(M.W.L.)	+0.074
平均低潮位(M.L.W.L.)	−0.386
最低低潮位(L.L.W.L.)	−1.182
平均潮位差	0.923
觀測資料數 34337 測站位置:(24°35'33"N, 121°52'01"E) 基準面相對於臺灣高程基準(TWVD2001)：0 m	

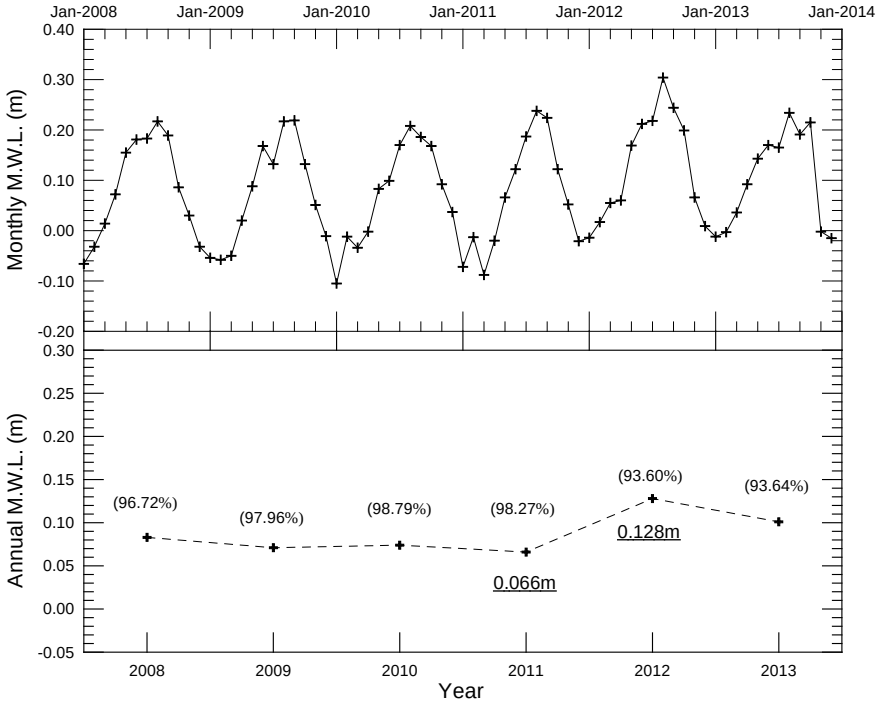


圖 6.11 2008～2013 年蘇澳港逐時潮位資料月及年平均潮位變化圖

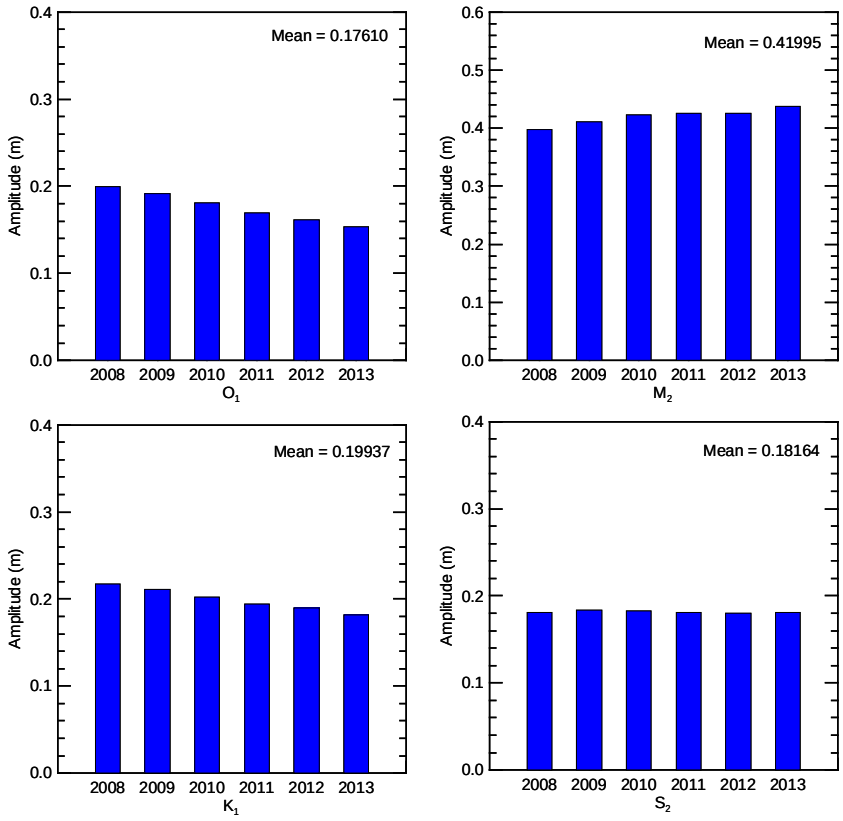


圖 6.12 蘇澳港歷年(2008～2013 年)潮位調和分析主要分潮(O_1、K_1、M_2、S_2)振幅大小之變化圖

6.3 波浪

6.3.1 花蓮港

依據港研中心(2015)研究結果得知，花蓮港波高及波向觀測資料之年統計分析結果如表 6.3 及表 6.4 所列，顯示花蓮港 2012 年及 2013 年波浪統計特性相近。

在波高分布方面，花蓮港波浪示性波高小於 0.5 m 僅佔 3.94%，代表花蓮港屬於波浪偏大的海域；示性波高分布主要集中於 0.5 m ~ 2.0 m 之間約佔 84.45%，其中波高介於 0.5 m ~ 1.0 m 者約佔 31.13%，波高介於 1.0 m ~ 1.5 m 者約佔 34.7%；示性波高大於 4.0 m 以上的資料僅有 31 筆，約佔 0.2%。同樣地，花蓮港波浪觀測資料在各示性波高統計區間內，波浪週期平均值之變化與波高大小呈現正相關之關係。花蓮港 2012 年示性波高最大值為 4.73m，週期為 8.90sec，波向為 110.5°，發生時間為中度颱蘇拉侵襲臺灣東部海域；2013 年示性波高最大值為 4.6m，週期為 10.43sec，波向為 110.8°，發生時間為強烈颱蘇力侵襲臺灣東部海域。此外，花蓮港 2012 年及 2013 年示性波高最大值不僅較蘇澳港示性波高最大值小很多，且發生的時間均比蘇澳港示性波高最大值發生的時間早。

在波向分布方面，花蓮港波浪波向分布以 ESE 方向所佔比例最高約 39.5%，其次為 E 向(約佔 31.3%)及 SE 向(約佔 24.94%)，顯示花蓮港波向主要分布集中於 E 向至 SE 向之間。

此外，針對港研中心花蓮港 AWAC 及氣象局花蓮資料浮標等海象測站，本計畫亦蒐集 2018 年及 2019 年觀測資料，驗證本計畫中、小尺度風浪模擬結果。

表 6.3 花蓮港逐時波高分布年統計結果

年 波高 (m)	2012 年		2013 年		累計百分比
	資料數 (百分比)	週期平均值(sec)	資料數 (百分比)	週期平均值(sec)	
< 0.5	339 / (4.00)	4.38	263 / (3.85)	4.39	3.94
0.5 ~ 1.0	2592 / (30.64)	4.92	2164 / (31.69)	4.69	35.07
1.0 ~ 1.5	3169 / (37.46)	5.56	2140 / (31.34)	5.35	69.77
1.5 ~ 2.0	1477 / (17.46)	6.00	1371 / (20.08)	5.77	88.39
2.0 ~ 2.5	561 / (6.63)	6.57	547 / (8.01)	6.25	95.64
2.5 ~ 3.0	176 / (2.08)	6.90	275 / (4.03)	6.84	98.59
3.0 ~ 3.5	71 / (0.84)	7.49	41 / (0.60)	7.34	99.33
3.5 ~ 4.0	55 / (0.65)	7.97	17 / (0.25)	7.88	99.80
4.0 ~ 5.0	21 / (0.25)	8.34	10 / (0.15)	9.25	100.00
5.00 <	0 / (0.00)	—	0 / (0.00)	—	100.00
合計	8460 / (100.00)		6828 / (100.00)		
備 註	最大波高值：4.73 m 週　期：8.90 sec 波　向：110.5° 發生時間：08/01 18hr		最大波高值： 4.60 m 週　期：10.43 sec 波　向：110.8° 發生時間：07/12 21hr		

表 6.4 花蓮港逐時平均波向分布統計表

波向	2012 資料數 (百分率)	2013 年 資料數 (百分率)	百分率 (%)	波向	2012 資料數 (百分率)	2013 年 資料數 (百分率)	百分率 (%)
N	1 (0.01)	0 (0.01)	0.01	S	1 (0.01))	0 (0.00)	0.01
NNE	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00	SSW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
NE	1 (0.01)	3 (0.04)	0.03	SW	1 (0.01)	0 (0.00)	0.01
ENE	13 (0.15)	145 (2.12)	1.03	WSW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
E	2333 (27.58)	2454 (35.94)	31.31	W	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
ESE	3564 (42.13)	2474 (36.23)	39.50	WNW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
SE	2134 (25.22)	1678 (24.58)	24.93	NW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
SSE	412 (4.87)	74 (1.08)	3.18	NNW	0 (0.00)	0 (0.00))	0.00

1. 波向判斷採用 ±11.25°
2. 2012 及 2013 年波浪觀測資料數分別為 8460 及 6828

6.3.2 蘇澳港

依據港研中心(2015)研究結果得知，蘇澳港波高及波向觀測資料之年統計分析結果如表 6.5 及表 6.6 所列，顯示蘇澳港 2012 年及 2013 年波浪統計特性相近。

在波高分布方面，蘇澳港波浪示性波高小於 0.5 m 僅佔 0.74%，代表蘇澳港海域屬於波浪偏大的特性；蘇澳港示性波高分布主要集中於 0.5 m ~ 2.0 m 之間約佔 87.46%，其中波高介於 1.0 m ~ 1.5 m 者約佔 36.53%；示性波高大於 4.0 m 以上的資料計有 118 筆，約佔 0.72%。由波高分布與波浪週期平均值之關係得知，蘇澳港示性波高大小之分布與波浪週期平均值具有正相關性，即波浪週期平均值之變化會隨示性波高值增大而增加。最大示性波高觀測值在 2012 年為 8.74m，週期為 9.22sec，波向為 103.3°，發生時間適值中度颱蘇拉侵襲臺灣東部海域；2013 年示性波高最大值為 7.17m，週期為 9.36sec，波向為 89.0°，發生時間為強烈颱蘇力侵襲臺灣東部海域。

表 6.5 蘇澳港逐時波高分布年統計結果

年 波高 (m)	2012 年		2013 年		累計百分比
	資料數 / (百分比)	週期平均值 sec)	資料數 / (百分比)	週期平均值(sec)	
< 0.5	64 / (0.80)	3.92	57 / (0.68)	3.69	0.74
0.5 ~ 1.0	1949 / (24.49)	3.74	2812 / (33.34)	4.31	29.78
1.0 ~ 1.5	3025 / (38.01)	4.54	2964 / (35.14)	5.00	66.31
1.5 ~ 2.0	1927 / (24.21)	5.03	1661 / (19.69)	5.52	88.20
2.0 ~ 2.5	606 / (7.61)	5.97	593 / (7.03)	6.09	95.52
2.5 ~ 3.0	207 / (2.60)	6.69	189 / (2.24)	6.53	97.93
3.0 ~ 3.5	87 / (1.09)	7.23	53 / (0.63)	6.80	98.79
3.5 ~ 4.0	38 / (0.48)	7.95	43 / (0.51)	7.75	99.28
4.0 ~ 5.0	36 / (0.45)	8.13	23 / (0.27)	8.17	99.64
5.00 <	19 / (0.24)	8.70	40 / (0.47)	8.53	100.00
合計	7958 / (100.00)		8435 / (100.00)		
備 註	最大波高值：8.74 m 週　期：9.22 sec 波　向：103.3° 發生時間：08/02 01		最大波高值：7.17 m 週　期：9.36 sec 波　向：89.0° 發生時間：07/13 01		

在波向分布方面，蘇澳港波浪波向分布以 E 方向所佔比例最高約 31.34%，其次為 ESE 向(約佔 20.83%)、SE 向(約佔 13.75%)及 ENE 向(約佔 12.54%)，顯示蘇澳港波浪來向相當集中，主要分布於 ENE 向至 SE 向之間。

此外，針對港研中心蘇澳港 AWAC 及氣象局蘇澳資料浮標等海象測站，本計畫亦蒐集 2018 年及 2019 年觀測資料，驗證本計畫中、小尺度風浪模擬結果。

表 6.6 蘇澳港逐時平均波向分布統計表

波向	2012 資料數 (百分率)	2013 年 資料數 (百分率)	百分率 (%)	波向	2012 資料數 (百分率)	2013 年 資料數 (百分率)	百分率 (%)
N	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00	S	440 (5.53)	744 (8.82)	7.22
NNE	3 (0.04)	0 (0.00)	0.02	SSW	223 (2.80)	384 (4.55)	3.70
NE	57 (0.72)	23 (0.27)	0.49	SW	32 (0.40)	40 (0.47)	0.44
ENE	1247 (15.67)	811 (9.61)	12.55	WSW	6 (0.08)	2 (0.02)	0.05
E	2385 (29.97)	2760 (32.72)	31.39	W	1 (0.01)	0 (0.00)	0.01
ESE	1907 (23.96)	1512 (17.93)	20.86	WNW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
SE	1017 (12.78)	1241 (14.70)	13.77	NW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
SSE	640 (8.04)	924 (10.90)	9.51	NNW	0 (0.00)	0 (0.00))	0.00

1. 波向判斷採用 ±11.25°
2. 2012 及 2013 年波浪觀測資料數分別為 7958 及 8435

6.4 海流

6.4.1 花蓮港

依據港研中心(2015)研究結果得知，花蓮港海象觀測站海流流速大小分布及流向分布之年統計分析結果，如表 6.7 及表 6.8 所列；由海流流速大小分布年統計結果得知，花蓮港海象觀測站海流流速小於 0.25 m/s 之比例佔全部觀測資之 62.51%，流速介於 0.25 ~ 0,50 m/s 區間之比例約為 26.14%，二者合計約達 88.65%。另比較 2012 年及 2013 年流速大小分佈

之統計結果得知：2012 年海流觀測資料因其低流速(小於 0.25 m/s)的比例明顯低於 2013 年觀測資料，因此，花蓮港 2012 年較大流速資料的比例將明顯高於 2013 年觀測資料，此可能為 2012 年及 2013 年花蓮港海流觀測資料統計一致性較差的原因。在海流最大流速觀測上，2012 年花蓮港海流最大流速觀測值為 1.10m/s，流向為 75.7°(北北東偏北)，發生時間為 2012 年 9 月 19 日 0 時；2013 年海流最大流速觀測值為為 0.96 m/s，流向為 64.9°(北北東偏東)，發生時間為 2013 年 3 月 26 日 10 時；以上最大流速發生原因均與颱風影響因素無關。

在海流流向分布年統計結果方面，表 6.5 花蓮港海象觀測站海流主要漲、退潮流向分別為 E(約佔 17.84%)及 WS(約佔 22.89%)，其次為 NE(約佔 15.99%)及 W(約佔 11.40%)。在漲、退潮主要流向上海流平均流速分別約為 0.293 m/s 及 0.289 m/，二者大小約相當。另外，花蓮港各流向內海流平均流速統計結果亦顯示出，2012 年觀測資料各流向內海流平均流速統計值均高於 2013 年各流向內海流平均流速統計值。

此外，針對港研中心花蓮港 AWAC 及氣象局花蓮資料浮標等海象測站，本計畫亦蒐集 2018 年及 2019 年海流觀測資料，做為本計畫相關水動力模組模擬結果驗證使用。

表 6.7 花蓮港逐時海流流速分布年統計結果

年份 流速區間(m/s)	2012 年	2013 年	平均
	資料數 / (百分比)	資料數 / (百分比)	百分比
< 0.25	4644 / (53.47)	5096 / (73.90)	**62.51**
0.25 ~ 0.50	2661 / (30.64)	1412 / (20.48)	**26.14**
0.50 ~ 0.75	1201 / (13.83)	361 / (5.23)	**10.03**
0.75 ~ 1.00	177 / (2.04)	27 / (0.39)	**1.31**
1.00 <	2 / (0.02)	—	**0.01**
合計	8685 / (100.00)	6896 / (100.00)	**100.00**
備 註	最大流速值(1.10) 流　向(75.7°) 時　間(09/19 00)	最大流速值(0.96) 流　向(64.9°) 時　間(03/26 10)	

表 6.8 花蓮港逐時海流流向分布年統計結果

年份 / 流向	2012 年			2013 年			平均	
	資料數	百分比 (%)	平均流速 (m/s)	資料數	百分比 (%)	平均流速 (m/s)	百分比 (%)	平均流速 (m/s)
N	997	11.48	0.265	706	10.24	0.164	**10.93**	**0.223**
NE	1357	15.62	0.280	1134	16.44	0.198	**15.99**	**0.243**
E	1636	18.84	0.346	1143	16.57	0.217	**17.84**	**0.293**
SE	486	5.60	0.194	475	6.89	0.140	**6.17**	**0.167**
S	777	8.95	0.234	602	8.73	0.168	**8.85**	**0.205**
WS	1903	21.91	0.324	1664	24.13	0.248	**22.89**	**0.289**
W	1010	11.63	0.218	767	11.12	0.173	**11.40**	**0.199**
NW	519	5.98	0.177	405	5.87	0.133	**5.93**	**0.158**
合計 平均	8685	100.0	0.278	6896	100.0	0.1965	100.0	**0.242**

註 1：平均流速採用流速純量計算
註 2：流向判斷採用 ±22.5˚

6.4.2 蘇澳港

依據港研中心(2015)研究結果得知，蘇澳港海象觀測站海流流速大小分布及流向分布之年統計分析結果，如表 6.9 及表 6.10 所列；由海流流速大小分布年統計結果得知，蘇澳港海象觀測站海流流速小於 0.25 m/s 者約佔全部觀測資料之 82.14%，流速介於 0.25 ~ 0,50 m/s 區間者佔全部觀測資料之 16.63%，二者合計約達 98.77%。在海流最大流速觀測上，2012 年蘇澳港海流最大流速觀測值為 1.89m/s，流向為 117.5° (偏東南東向)，發生時間為 2012 年 9 月 19 日 0 時；2013 年海流最大流速觀測值為為 0.96 m/s，流向為 64.9°(北北東偏東)，發生時間為 2012 年 1 月 19 日 6 時，經查核該筆資料相鄰之觀測資料(最大值僅 0.56 m/s)，研判該異常資料代表性不足。2013 年海流最大流速觀測值為 1.16 m/s，流向為 214.0°(偏東南東向)，發生時間為 2013 年 7 月 13 日 2 時，適值強烈颱風蘇力侵臺期間。

在海流流向分布年統計結果方面，蘇澳港海象觀測站海流主要漲、退潮流向分別為 N(約佔 21.66%)及 WS(約佔 19.18%)，其次為 NE(約佔 12.94%)及 S(約佔 14.66%)。在漲、退潮主要流向上海流平均流速分別約為 0.202 m/s 及 0.184 m/s，均具明顯高於其它次要流向平均流速值的特性。另外，蘇澳港各流向內海流平均流速統計結果亦顯示出，2012 年各

流向內海流平均流速統計值均高於 2013 年各流向內海流平均流速值之現象。

此外，針對港研中心蘇澳港 AWAC 及氣象局蘇澳資料浮標等海象測站，本計畫亦蒐集 2018 年及 2019 年海流觀測資料，做為本計畫相關水動力模組模擬結果驗證使用。

表 6.9 蘇澳港逐時海流流速大小分布年統計結果

年份 流速區間(m/s)	2012 年	2013 年	**平均**
	資料數 / (百分比)	資料數 / (百分比)	百分比
< 0.25	6475 / (79.24)	7351 / (84.86)	**82.14**
0.25 ~ 0.50	1573 / (19.25)	1227 / (14.16)	**16.63**
0.50 ~ 0.75	110 / (1.35)	78 / (0.90)	**1.11**
0.75 ~ 1.00	11 / (0.13)	5 / (0.06)	**0.10**
1.00 <	1 / (0.01)	2 / (0.02)	**0.02**
合計	8170 / (100.00)	8663 / (100.00)	**100.00**
備 註	最大流速值(1.89) 流　　向(117.5°) 時　　間(01/19 06)	最大流速值(1.16) 流　　向(214.0°) 時　　間(07/13 02)	

表 6.10 蘇澳港逐時海流流向分布年統計結果

年份 流向	**2012 年**			**2013 年**			**平均**	
	資料數	百分比 (%)	平均流速 (m/s)	資料數	百分比 (%)	平均流速 (m/s)	百分比 (%)	平均流速 (m/s)
N	1699	20.79	0.211	1947	22.47	0.195	**21.66**	**0.202**
NE	1048	12.83	0.161	1130	13.04	0.151	**12.94**	**0.156**
E	662	8.10	0.119	536	6.19	0.095	**7.12**	**0.108**
SE	822	10.06	0.149	612	7.06	0.099	**8.52**	**0.128**
S	1298	15.89	0.161	1170	13.51	0.133	**14.66**	**0.148**
WS	1432	17.53	0.196	1797	20.74	0.174	**19.18**	**0.184**
W	656	8.03	0.147	816	9.42	0.118	**8.74**	**0.131**
NW	554	6.78	0.136	655	7.56	0.105	**7.18**	**0.120**
合計 平均	8171	100.0	0.170 (平均)	8663	100.0	0.1496 (平均)	100.0	**0.160** (平均)
註 1：平均流速採用流速純量計算 **註 2：流向判斷採用 ±22.5°**								

第七章 東部海域小尺度風浪模擬系統建置

本計畫目的針對東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)建置合適的小尺度風浪模擬系統。本計畫將依據 TaiCOMS 風浪模擬子系統架構及作業化流程，參考圖 2.15，結合既有遠域(大尺度)風浪模組及近域(中尺度)風浪模組，針對花蓮港海域及蘇澳港海域分別建置合適的近岸(小尺度)風浪模組，建構成三層巢狀網格之東部海域小尺度風浪模擬系統，如圖 7.1 所示，圖中作業化風壓場資料 WE01 及 WE02 代表每日四報作業化模擬預報採用的風場資料。

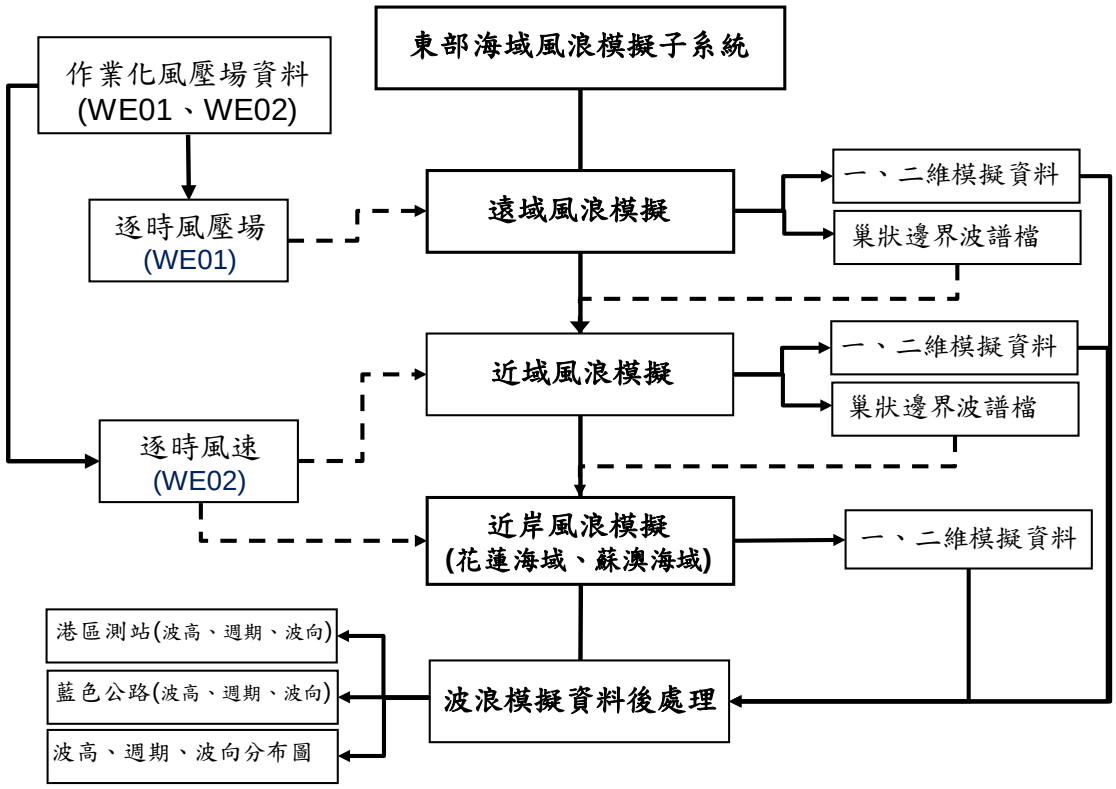


圖 7.1 東部海域小尺度風浪模擬系統之架構及作業化模擬流程圖

7.1 風浪模擬系統巢狀網格建置

針對東部海域小尺度風浪模擬系統，本計畫規劃的三層巢狀網格模擬範圍，如圖 7.2 所示；圖中遠域(大尺度)模組網格之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(中尺度)模組網格之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°；花蓮海域小尺度近岸網

格模擬範圍為花蓮港海域北緯 23.28°至 24.24°，東經 121.40°至 122.40°之海域，網格解析度為 0.008°；蘇澳海域小尺度近岸網格模擬範圍為蘇澳港海域北緯 24.24°至 25.12°，東經 121.64°至 122.00°之海域，網格解析度為 0.008°。各層網格坐標系統均採用 WGS84 經緯度坐標系統建置數值計算網格，各層網格參考資料如表 7.1 所列。

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 7.3 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 7.2 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 7.4 所示；花蓮港海域及蘇澳海域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，分別如圖 7.5 及圖 7.6 所示。

表 7.1 東部海域小尺度風浪模擬系統巢狀網格之資訊表

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
	110.0/145.0*[1]	10.0/35.0	0.2	176×126
近域網格	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
近岸網格 (花蓮海域)	121.40/122.40	23.28/24.24	0.008	126×121
近岸網格 (蘇澳海域)	121.64/122.40	24.24/25.12	0.008	96×111
註*[1]：本年度新建網格，詳見2.2.3節				

表 7.2 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

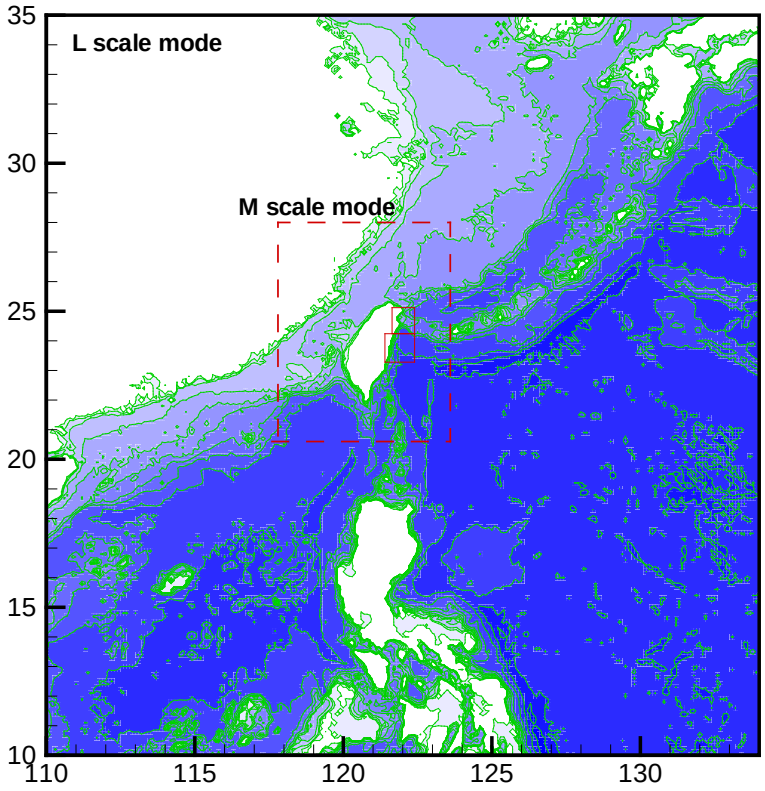


圖 7.2 東部海域小尺度風浪模擬系統之三層巢狀網格模擬範圍圖

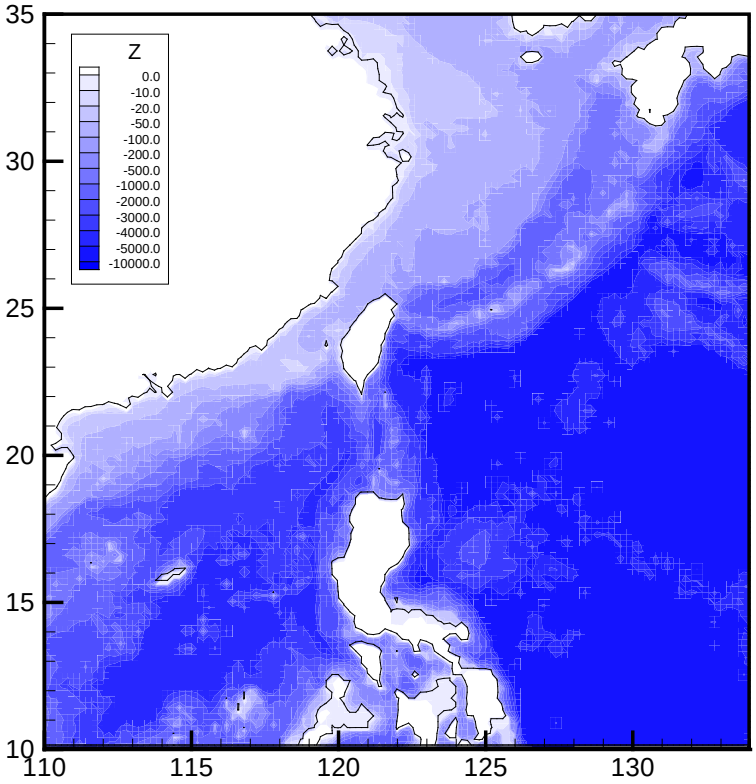


圖 7.3 遠域(大尺度)模組數值計算網格水深分布圖

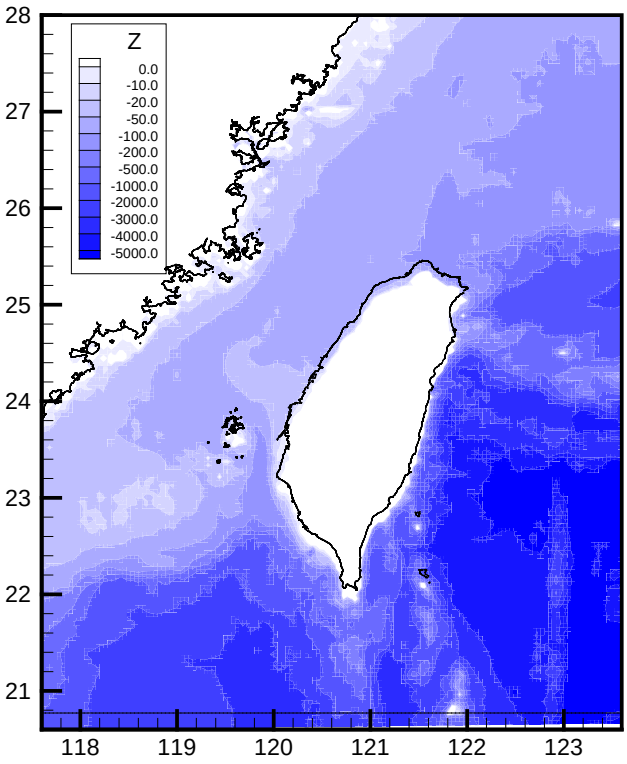


圖 7.4 臺灣周圍海域近域(中尺度)模組數值計算網格水深分布圖

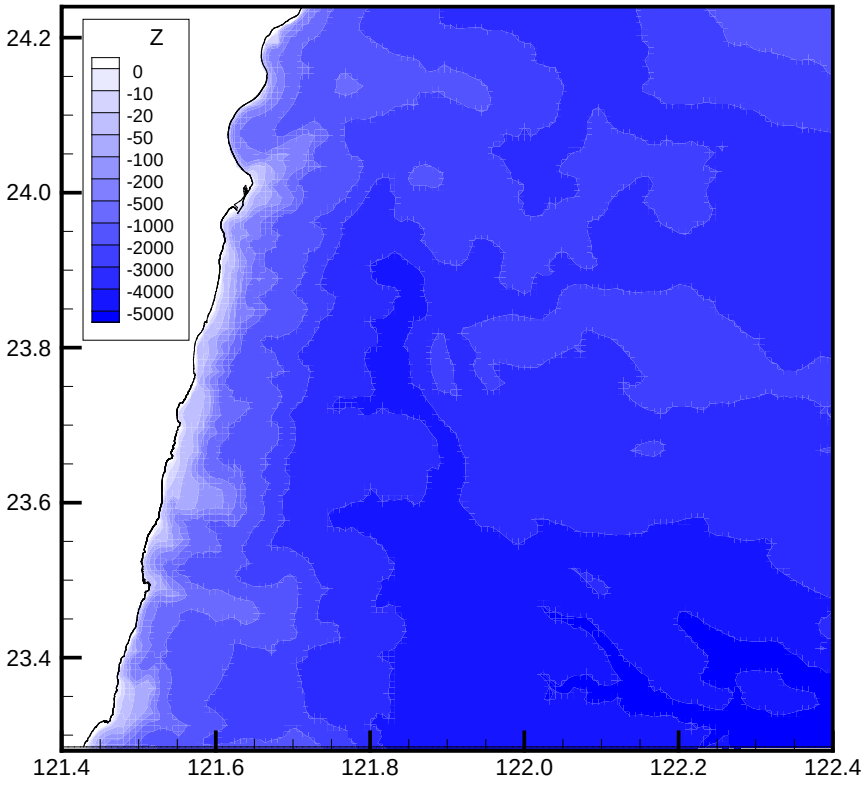


圖 7.5 東部花蓮海域近岸(小尺度)模組數值計算網格水深分布圖

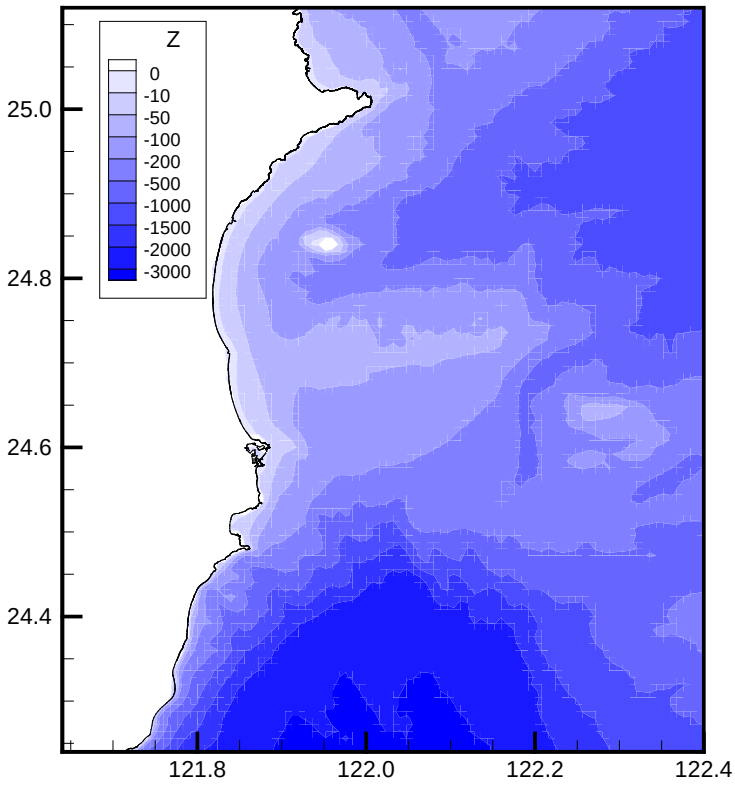


圖 7.6 東部蘇澳海域近岸(小尺度)模組數值計算網格水深分布圖

7.2 風浪模擬系統之風場資料

TaiCOMS 風場資料來源為中央氣象局每日四報天氣數值預報資料，目前預報資料來自於為 WRF M5 成員，水平網格屬性為 15km/3km 解析度巢狀網格。目前 TaiCOMS 作業化風(壓)場計有每日一報 73 小時組合風(壓)場(WD01、WD02 及 WD03)及每日四報 55 小時組合風(壓)場(WE01 及 WE02)，詳見 2.2.1 節。本計畫東部海域風浪模擬子系統規劃採每日四報作業化模擬預測新流程，因此，採用每日四報 55 小時組合風(壓)場 WE01 及 WD02，相關風場網格資料如表 7.3 所列；並規劃以 WE01 風場資料做為遠域模組之輸入風場，以 WE02 風場資料做為近域模組及近岸(花蓮、蘇澳海域)模組之輸入風場。

表 7.3 作業化風場資料之網格資料表

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		
WE01	105.0/150.0	10.0/40.0	1/6	271×181
WE02	116.0/125.0	20.0/29.0	1/30	271×271

7.3 風浪模擬系統之數值模式

本計畫參照 TaiCOMS 風浪模擬系統之模式架構，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(花蓮、蘇澳海域)風浪模組。在此架構下，近域網格風浪模擬方式可視 WAM 與 SWAN 不同模式間耦合模擬，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，做為 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 相同模式之耦合模擬，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。

7.4 風浪模擬系統之風浪模擬流程

本計畫風浪模擬整體模擬流程依序分為風場前處理、遠域風浪模擬、近域風浪模擬及近岸(花蓮、蘇澳海域)風浪模擬等步驟，如圖 7.1 所示，其中風場前處理係將 TaiCOMS 作業化風(壓)場資料 WE01 及 WE02 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 7.7 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 7.8 所示。

如圖 7.7 所示，遠域風浪模擬流程包括 PREPROC、PRESET、CHIEF 及 PGRID 等模組，其中 PREPROC 模組及 PRESET 模組在熱啟動(hot star)時不需要執行，亦即在熱啟動狀態下，本計畫僅需產生 CHIEF 模組及 PGRID 模組輸入檔，執行遠域風浪模擬及產生一維、二維及巢狀網格邊界波譜等 ASCII 資料檔。有關本計畫遠域風浪模擬 PREPROC、PRESET、CHIEF 及 PGRID 等模組輸入檔設定值，如圖 7.9~圖 7.12 所示。圖 7.9 顯示本計畫風浪波譜數值模擬維度為(31, 36)，其中最小頻率為 0.04 s^{-1}；圖 7.11 顯示本計畫遠域風浪模擬採用的時間距為 300 s，熱啟動檔案輸出時間為每 6 小時輸出一次。

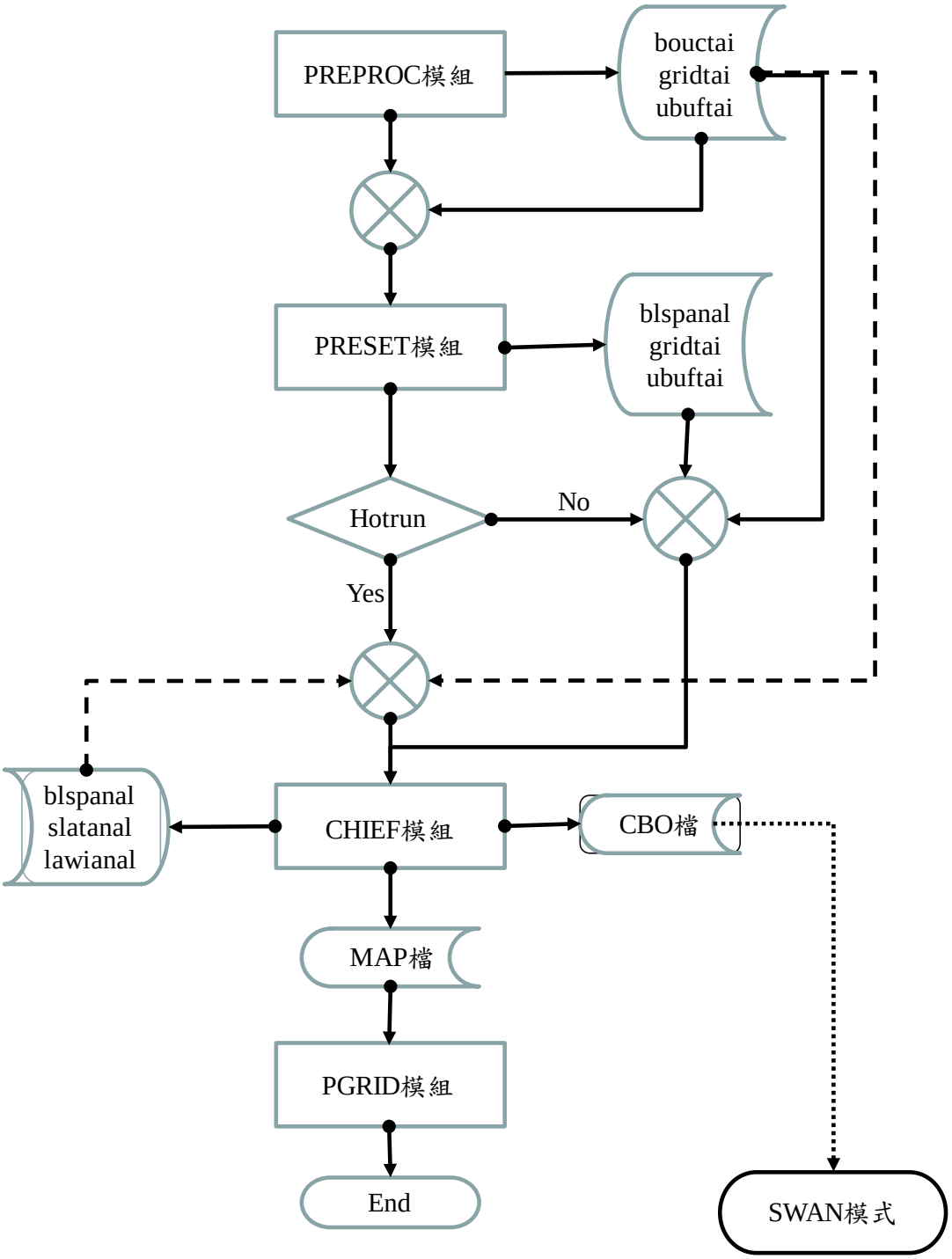


圖 7.7 風浪模式 WAM 之模式架構及執行流程圖

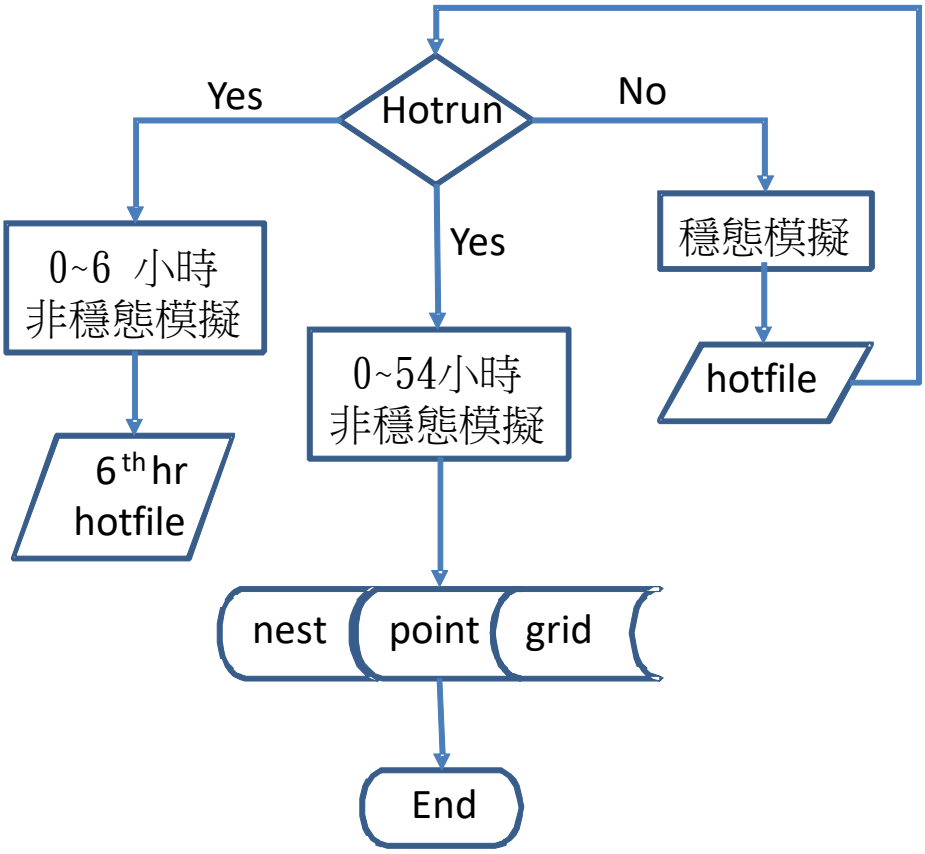


圖 7.8 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖

本計畫為配合 TaiCOMS 每日四報(00、06、12、18 時)風浪作業化模擬及每次風浪模擬為 54 小時之規劃，其中前 6 小時屬於風浪追算階段，目的與各港口風浪觀測值比較；後 48 小時為預測階段，目的為提供作業化模擬表定時間後 48 小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 6 小時結束時產生熱啟動輸出檔(hotfile)，做為下次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 0~6 小時風浪模擬目的，產生下次風浪模擬預報所需之熱啟動；之後，再重新執行 0~54 小時風浪模擬輸出逐時風浪模擬資料，詳如圖 7.8 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。

有關近域風浪模擬冷啟動、一、二階段作業化模擬 SWAN 模式輸入檔各項參數設定值，如圖 7.13~圖 7.15 所示。

```
! preproc 模組輸入檔
&runhead
 header = 'taicoms 逐日波場推算',
&end
&freqdir
 ml = 31,
 kl = 36,
 frl = 0.040,
&end
&outgrid
 xdella = 0.2,
 xdello = 0.2,
 amosop = 10.0,
 amonop = 35.0,
 amowep = 110.0,
 amoeap = 134.0,
&end
&fudge
 nout = 0,
 xouts = 0.0,
 xoutn = 0.0,
 xoutw = 0.0,
 xoute = 0.0,
 noutd = -999,
&end
&outspec
 ngout = 23,
 outlat  =  25.20,  24.40,  23.00,  22.40,  25.20,  24.60,  24.00,  24.40,  26.20,  23.80,
             23.40,  25.40,  25.20,  24.80,  22.60,  21.80,  22.20,  22.80,  24.80,  22.80,
             21.00,  22.60,  26.40
 outlong = 121.20, 120.40, 120.00, 120.20, 121.80, 122.00, 121.80, 118.40, 120.00, 119.60,
           120.00, 121.60, 122.00, 122.00, 121.20, 120.80, 120.40, 120.20, 120.80, 119.40,
           118.80, 121.60, 120.60
&end
&optionsl
 iform  = 1,
 irefra = 1,
 itest  = 0,
 itestb = 4,
&end
&nest
 ibounc = 1,
 ibounf = 0,
 amosoc = 20.6,
 amonoc = 28.0,
 amowec = 117.60,
 amoeac = 123.60
&end
&interfacel
 pth_iu01 = 'preproc\wam_grid_bathy.bot',
 pth_iu02 = '????',
 pth_iu03 = '????',
 pth_iu07 = 'preproc\coarse\gridtai_12',
 pth_iu08 = 'preproc\coarse\ubuftai_12',
 pth_iu09 = 'preproc\coarse\bouctai_12',
 pth_iu10 = 'preproc\coarse\bfintai_12',
 pth_iu17 = 'preproc\coarse\fgridtai_12',
 pth_iu18 = '????',
 pth_iu19 = 'preproc\coarse\fbouctai_12',
 pth_iu20 = 'preproc\coarse\fbfintai_12',
 gradspath = 'grads\',
 netcdfpath = 'output\',
&end
```

圖 7.9 遠域風浪模擬 PREPROC 模組輸入檔各參數設定值

```
! preset 模組輸入檔
&runhead
 header = 'taicoms 逐日波場計算',
&end
&optionsl
 iopti =  2,
 itest =  0,
 itestb = 0,
&end
&sparams
 alfa = 0.018,
 fm = 0.2,
 gamma = 3.0,
 sa = 0.07,
 sb = 0.09,
 theta = 0.0,
 fetch = 0.0,
&end
&wparams
 idatea = '1907311800',
 idelwi = 1,
 tunit = 'h',
&end
&interfacel
 userid = 'IHMT',
 runid = 'TAIL',
 ingrid = 'preset\coarse\gridtai_12',
 inwind = 'wind_wam_19080100.dat',
 outpath = 'preset\coarse\',
&end
```

圖 7.10 遠域風浪模擬 PRESET 模組輸入檔各參數設定值

```
! chief 模組輸入檔
&runhead
 header = 'taicoms 逐日波場計算',
&end
&period
 idatea = '1908151800',
 idatee = '1908180000',
&end
&timings
 idelpro = 300,
 prounit = 's',
 idelt   = 300,
 sunit   = 's',
 idelwo  =  1,
 wounit  = 'h',
 idelwi  =  1,
 wiunit  = 'h',
&end
&outime
 idelint =  1,
 intunit = 'h',
 idelins =  1,
 swunit  = 'h',
 idelspt =  1,
 sptunit = 'h',
 idelsps =  1,
 spsunit = 'h',
 idelres =    6,
 resunit = 'h',
&end
&specout
 noutt = 0,
 ioutt = '1908151800',
&end
&outdata
 pflag = .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f., .f.,
 fflag = .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t.,
&end
&optionsl
 icase   = 1,
 ishallo = 0,
 irefra  = 0,
 itest   = 0,
 itestb  = 0,
 irest   = 1,
&end
&boundary
 ibounc = 1,
 ibounf = 0,
&end
&interface1
 userid = 'ihmt',
 runid  = 'TAIL',
 inwind = 'wind_wam_19081600.dat',
 inspec = '?????',
 ingrid  = 'coarse\gridtai_12',
 inubuf  = 'coarse\ubuftai_12',
 incbou  = 'coarse\bouctai_12',
 infbou  = '?????',
 resblsp = 'coarse\blspanal',
 resslat = 'coarse\slatanal',
 reslawi = 'coarse\lawianal',
 outpath = 'wamout\',
&end
```

圖 7.11 遠域風浪模擬 CHIEF 模組輸入檔各參數設定值

```
! pgrid 模組輸入檔
&runhead
 header = 'taicoms 逐日波場計算',
&end
&outime
 idatea = '1908151800',
 idatee = '1908180000',
 ideldo = 1,
 dunit = 'h',
&end
&outspec
 noutt = 0,
 doutt = '1908151800',
&end
&interface1
 idatef = '1908160000',
 idelfi =    6,
 tunit = 'h',
 userid = 'ihmt',
 runid = 'TAIL',
 fileid = 'map',
 inpath =     'wamout\',
 gradspath =  'grads\',
 netcdfpath = 'output\',
 filecont = 'wam19081518',
&end
&pflags
 pflag = .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t., .t.,
&end
&nest
 filenest = 'swan19081518',
 ibounc = 1,
 ibounf = 0,
 amosoc = 20.6,
 amonoc = 28.0,
 amowec = 117.6,
 amoeac = 123.6,
&end
&site
 siteno  = 23,
 sitex = 121.20, 120.40, 120.00, 120.20, 121.80, 122.00, 121.80, 118.40, 120.00, 119.60,
         120.00, 121.60, 122.00, 122.00, 121.20, 120.80, 120.40, 120.20, 120.80, 119.40,
         118.80, 121.60, 120.60
 sitey  = 25.20,  24.40,  23.00,  22.40,  25.20,  24.60,  24.00,  24.40,  26.20,  23.80,
           23.40,  25.40,  25.20,  24.80,  22.60,  21.80,  22.20,  22.80,  24.80,  22.80,
           21.00,  22.00,  26.40
 siten   = 'taipei', 'taichung', 'anping', 'kaohsiung', 'keelung', 'suao', 'hualien', 'kinmen', 'matsu', 'penghu',
           'budi', 'fuquicape', 'longdong', 'guishandao', 'taitung', 'eluanbi', 'xiaoliuqiu', 'mituo', 'hsinchu', 'qimei',
           'pratas', 'lanyu', 'matzubuoy'
&end
```

圖 7.12 遠域風浪模擬 PRESET 模組輸入檔各參數設定值

```
$ ***** heading *****
$ SWAN輸入檔(INPUT)
$ wave model daily run, ver.2017
$ input swan4085 version
$
$ PROJect  'NAME'  'NR'
PROJect 'IHMT'  '0200'
$
$ MODE STATionary(NONSTAtionary), TWODimensional(1D), (NOUPDATe)
MODE  NONSTAtionary  TWODimensional
$
$ SET  [level],[nor],[depmin],[maxmes],[maxerr],[grav],[rho],[cdcap],  &
$      [inrhog], [hsrerr],CARTesian/NAUTical,[pwtail],[froudmax],      &
$      [printf], [prtest]
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  CARTesian <SPHErical [rearth] UM/QC>, REPeating
COORDinates SPHErical ccm
$
$ CGRID REGular <xpc, ypc, alpc, xlenc, ylenc, mxc, myc, &
$               CIRcle, mdc, flow, fhig, msc>
CGRID REGular  117.60  20.6  0.0  6.00  7.4 150 185 CIRcle 36, 0.040,  , 30
$
$ INPgrid < BOTtom > REGular <xpinp, ypinp, alpinp, mxinp, &
$                             myinp, dxinp, dyinp> EXCeption  [excval]
$ READinp < BOTtom > [fac], 'fname1',[idla],[nhedf], FORMAT 'form'
INPgrid BOTtom REGular  117.60 20.60  0.0 150 185  0.04  0.04 EXCeption -99
READinp BOTtom  1. 'botfile\swan_ms_taiwan.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
$ INPgrid < WInd > REGular <xpinp, ypinp, alpinp, mxinp, myinp, dxinp, &
$             dyinp> (NONSTATionary [tbeginp] [deltinp]  HR  [tendinp])
$ READinp < WInd > [fac],  'fname1', [idla],[nhedf],([nhedt]),([nhedvec]) FORMAT 'form'
INPgrid WInd REGular  116.0  20.0 0.0  270  270  0.033333  0.033333  &
                    NONSTATionary 20190801.180000 1.0 HR 20190804.000000
READinp WInd  1. 'wind_swan_tw_2019080200.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$

$ BOUNdnest2  WAMNest ' fname' UNFormatted<FRee> [xgc] [ygc]
BOUNdnest2  WAMNest 'wam_nest19080200.fln' FRee
$
$ INITial  HOTStart <MULTiple/SINGle> 'fname'
INITial   Zero
$
$ GEN3  KOMen   [cds2], [stpm],  (AGROW [a])
GEN3    KOMen  2.36e-5  3.02e-3
$
$ BREaking  CONstant [alpha] [gamma] ( FREQDep [power] [fmin] [fmax] )
$           VARiable [alpha] [gammin] [gammax] [gamneg] [coeff1] [coeff2] &
$                    ( FREQDep [power] [fmin] [fmax] )
BREaking   CONstant   1.0   0.73
$
$ FRICtion  JONswap  CONstant [cfjon]/VARiable
FRICtion    JONswap  VARiable
$
$ TRIad  [trfac] [cutfr] [urcrit] [urslim]
TRIad    0.80    2.5     0.2      0.01
$
$ DIFFRac [idiffr] [smpar] [smnum] [cgmod]
DIFFRac    1       0.2     0       1
$
$ NUMeric ACCUR [drel] [dhoval] [dtoval] [npnts] STAT  [mxitst] [alfa] &
$               </NONSTat [mxitns]> [limiter] DIRimpl [cdd] [cdlim]
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 STAT 50 0.00 0.1  DIRimpl 0.5 -1
$
$ POINTS  'sname'  [xp],  [yp]      |    FILE 'fname'
$ TABLE   'sname'  HEADER<NOHEADER/INDEXED>   'fname'
$ SPECout 'sname' SPEC2D ABSolute 'fname' OUTput [tbegspc] [deltspc] HR

COMPute STATionary   20190801.180000
HOTFILE 'hotfile\taihot20190801.18'
$
STOP
```

圖 7.13 近域風浪模擬冷啟動 SWAN 輸入檔各參數設定值

```
$ ##### heading #####
$ SWAN輸入檔(INPUT)
$ wave model daily run, ver.2017
$ input swan4085 version
$
$ PROJect  'NAME'  'NR'
PROJect 'IHMT'  '0200'
$
$ MODE STATionary(NONSTAtionary), TWODimensional(1D), (NOUPDATe)
MODE  NONSTAtionary  TWODimensional
$
$ SET  [level],[nor],[depmin],[maxmes],[maxerr],[grav],[rho],[cdcap],  &
$      [inrhog], [hsrerr],CARTesian/NAUTical,[pwtail],[froudmax],      &
$      [printf], [prtest]
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  CARTesian <SPHErical [rearth] UM/QC>, REPeating
COORDinates SPHErical ccm
$
$ CGRID REGular <xpc, ypc, alpc, xlenc, ylenc, mxc, myc, &
$               CIRcle, mdc, flow, fhig, msc>
CGRID REGular  117.60  20.6  0.0  6.00  7.4 150 185 CIRcle 36, 0.040,  , 30
$
$ INPgrid < BOTtom > REGular <xpinp, ypinp, alpinp, mxinp, &
$                             myinp, dxinp, dyinp> EXCeption  [excval]
$ READinp < BOTtom > [fac], 'fnamel',[idla],[nhedf], FORMAT 'form'
INPgrid BOTtom REGular  117.60 20.60  0.0 150 185  0.04  0.04 EXCeption -99
READinp BOTtom  1. 'botfile\swan_ms_taiwan.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
$ INPgrid < WInd > REGular <xpinp, ypinp, alpinp, mxinp, myinp, dxinp, &
$             dyinp> (NONSTATionary [tbeginp] [deltinp]  HR  [tendinp])
$ READinp < WInd > [fac],  'fnamel', [idla],[nhedf],([nhedt]),([nhedvec]) FORMAT 'form'
INPgrid WInd REGular  116.0  20.0 0.0   270  270  0.033333  0.033333  &
                    NONSTATionary 20190801.180000 1.0 HR 20190804.000000
READinp WInd  1. 'wind_swan_tw_2019080200.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$

$ BOUNdnest2  WAMNest ' fname' UNFormatted<FRee> [xgc] [ygc]
BOUNdnest2  WAMNest 'wam_nest19080200.fln' FRee
$
$ INITial  HOTStart <MULTiple/SINGle> 'fname'
INITial   Zero
$
$ GEN3  KOMen   [cds2], [stpm],  (AGROW [a])
GEN3    KOMen  2.36e-5  3.02e-3
$
$ BREaking  CONstant [alpha] [gamma] ( FREQDep [power] [fmin] [fmax] )
$           VARiable [alpha] [gammin] [gammax] [gamneg] [coeff1] [coeff2] &
$                    ( FREQDep [power] [fmin] [fmax] )
BREaking   CONstant   1.0   0.73
$
$ FRICtion  JONswap  CONstant [cfjon]/VARiable
FRICtion    JONswap  VARiable
$
$ TRIad  [trfac] [cutfr] [urcrit] [urslim]
TRIad     0.80    2.5     0.2      0.01
$
$ DIFFRac [idiffr] [smpar] [smnum] [cgmod]
DIFFRac    1        0.2     0       1
$
$ NUMeric ACCUR [drel] [dhoval] [dtoval] [npnts] STAT  [mxitst] [alfa] &
$               </NONSTat [mxitns]> [limiter] DIRimpl [cdd] [cdlim]
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTat 1 0.1  DIRimpl 0.5 4
$
$ POINTS  'sname'  [xp],  [yp]      |    FILE 'fname'
$ TABLE   'sname'  HEADER<NOHEADER/INDEXED>   'fname'
$ SPECout 'sname' SPEC2D ABSolute 'fname' OUTput [tbegspc] [deltspc] HR

COMPute NONSTationary   20190801.180000 300 sec 20190802.000000
HOTFILE 'hotfile\taihot20190802.00'
$
STOP
```

圖 7.14 近域風浪模擬一階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值

```
$ ##### heading #####
$ SWAN輸入檔(INPUT)
$ wave model daily run, ver.2017
$ input swan4085 version
$
$ PROJect  'NAME'  'NR'
PROJect 'IHMT'  '0200'
$
$ MODE STATionary(NONSTAtionary), TWODimensional(1D), (NOUPDATe)
MODE  NONSTAtionary  TWODimensional
$
$ SET  [level],[nor],[depmin],[maxmes],[maxerr],[grav],[rho],[cdcap],  &
$      [inrhog], [hsrerr],CARTesian/NAUTical,[pwtail],[froudmax],      &
$      [printf], [prtest]
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  CARTesian <SPHErical [rearth] UM/QC>, REPeating
COORDinates SPHErical ccm
$
$ CGRID REGular <xpc, ypc, alpc, xlenc, ylenc, mxc, myc, &
$               CIRcle, mdc, flow, fhig, msc>
CGRID REGular  117.60  20.6  0.0  6.00  7.4 150 185 CIRcle 36, 0.040,  , 30
$
$ INPgrid < BOTtom > REGular <xpinp, ypinp, alpinp, mxinp, &
$                            myinp, dxinp, dyinp> EXCeption  [excval]
$ READinp < BOTtom > [fac], 'fname1',[idla],[nhedf], FORMAT 'form'
INPgrid BOTtom REGular  117.60 20.60  0.0 150 185  0.04  0.04 EXCeption -99
READinp BOTtom  1. 'botfile\swan_ms_taiwan.bot' 3 0 FORMAT '(10F10.0)'
$
$ INPgrid < WInd > REGular <xpinp, ypinp, alpinp, mxinp, myinp, dxinp, &
$             dyinp> (NONSTATionary [tbeginp] [deltinp]  HR  [tendinp])
$ READinp < WInd > [fac],  'fname1', [idla],[nhedf],([nhedt]),([nhedvec]) FORMAT 'form'
INPgrid WInd REGular  116.0  20.0 0.0   270  270  0.033333  0.033333  &
                    NONSTATionary 20190801.180000 1.0 HR 20190804.000000
READinp WInd  1. 'wind_swan_tw_2019080200.dat' 3 1 1 0 FORMAT '(10F9.0)'
$

$ BOUNdnest2  WAMNest ' fname' UNFormatted<FREe> [xgc] [ygc]
BOUNdnest2  WAMNest 'wam_nest19080200.fln' FREe
$
$ INITial  HOTStart <MULTiple/SINGle> 'fname'
INITial   Zero
$
$ GEN3  KOMen   [cds2], [stpm],  (AGROW [a])
GEN3    KOMen  2.36e-5  3.02e-3
$
$ BREaking  CONstant [alpha] [gamma] ( FREQDep [power] [fmin] [fmax] )
$           VARiable [alpha] [gammin] [gammax] [gamneg] [coeff1] [coeff2] &
$                    ( FREQDep [power] [fmin] [fmax] )
BREaking   CONstant   1.0   0.73
```

圖 7.15 近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值

```
$
$ FRICtion  JONswap  CONstant [cfjon]/VARiable
FRICtion    JONswap  VARiable
$
$ TRIad  [trfac] [cutfr] [urcrit] [urslim]
TRIad     0.80    2.5     0.2      0.01
$
$ DIFFRac [idiffr] [smpar] [smnum] [cgmod]
DIFFRac    1        0.2     0       1
$
$ NUMeric ACCUR [drel] [dhoval] [dtoval] [npnts] STAT  [mxitst] [alfa] &
$               </NONSTat [mxitns]> [limiter] DIRimpl [cdd] [cdlim]
NUMeric ACCUR 0.02 0.02 0.02 98 NONSTat 1 0.1  DIRimpl 0.5 4
$
$ POINTS  'sname'  [xp],  [yp]      |    FILE 'fname'
$ TABLE   'sname'  HEADER<NOHEADER/INDEXED>   'fname'
$ SPECout 'sname' SPEC2D ABSolute 'fname' OUTput [tbegspc] [deltspc] HR

$  01
POINTS  'Taipei' 121.36  25.20
SPECout 'Taipei' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200TP.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Taipei' head 'tblfile\taiwan2019080200taipei' &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  02
POINTS  'Taichung' 120.44  24.32
SPECout 'Taichung' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200TC.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Taichung' head 'tblfile\taiwan2019080200taichung' &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  03
POINTS  'Kaohsiun' 120.28  22.52
SPECout 'Kaohsiun' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200KH.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Kaohsiun' head 'tblfile\taiwan2019080200kaohsiung'                    &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  04
POINTS  'Keelung' 121.76  25.20
SPECout 'Keelung' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200KL.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Keelung' head 'tblfile\taiwan2019080200keelung'                       &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  05
POINTS  'Suao' 121.92   24.60
SPECout 'Suao' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200SA.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Suao' head 'tblfile\taiwan2019080200suao'                         &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  05-2
POINTS  'Suaobuoy' 121.88   24.64
SPECout 'Suaobuoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200SA2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Suaobuoy' head 'tblfile\taiwan2019080200suaobuoy'                    &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  06
POINTS  'Hualien' 121.64  23.96
SPECout 'Hualien' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200HL.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Hualien' head 'tblfile\taiwan2019080200hualien'                       &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  06-2
POINTS  'HL_buoy' 121.64  24.04
SPECout 'HL_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200HL2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'HL_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200hualienbuoy'                   &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
```

圖 7.15 (續 1)近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值

```
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  07
POINTS  'Anping' 120.12  22.92
SPECout 'Anping' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200AP.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Anping' head 'tblfile\taiwan2019080200anping'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  08
POINTS  'Budi' 120.08   23.36
SPECout 'Budi' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200BD.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Budi' head 'tblfile\taiwan2019080200budi'                      &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  09
POINTS  'Penghu' 119.68   23.52
SPECout 'Penghu' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200PH.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Penghu' head 'tblfile\taiwan2019080200penghu'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  09-2
POINTS  'PH_buoy' 119.52   23.76
SPECout 'PH_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200PH2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'PH_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200penghubuoy'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  09-3
POINTS  'Dongjida' 119.68   23.24
SPECout 'Dongjida' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200PH3.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Dongjida' head 'tblfile\taiwan2019080200dongjidao'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  09-4
POINTS  'Qimei' 119.40   22.76
SPECout 'Qimei' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200PH4.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Qimei' head 'tblfile\taiwan2019080200qimei'                      &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  10
POINTS  'KM_buoy' 118.44   24.36
SPECout 'KM_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200KM.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'KM_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200kinmenbuoy'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  11
POINTS  'Matzue' 119.92   26.20
SPECout 'Matzue' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200MZ.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Matzue' head 'tblfile\taiwan2019080200matzue'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  11-2
POINTS  'MZ_buoy' 120.56   26.36
SPECout 'MZ_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200MZ2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'MZ_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200matzubuoy'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  12
POINTS  'Fugan' 121.32   22.92
SPECout 'Fugan' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200FG.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Fugan' head 'tblfile\taiwan2019080200Fugan'                      &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  13
POINTS  'Ludao' 121.42   22.68
SPECout 'Ludao' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LD.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Ludao' head 'tblfile\taiwan2019080200ludao'                      &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  13-2
POINTS  'Ludao2' 121.54   22.66
SPECout 'Ludao2' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LD2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Ludao2' head 'tblfile\taiwan2019080200ludao2'                    &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  14
POINTS  'Lanyu' 121.48   22.04
SPECout 'Lanyu' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LY.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Lanyu' head 'tblfile\taiwan2019080200lanyu'                      &
         time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
^
```

圖 7.15 (續 2)近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值

```
SPECout 'Ludao' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LD.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Ludao' head 'tblfile\taiwan2019080200ludao'                    &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  13-2
POINTS  'Ludao2' 121.54   22.66
SPECout 'Ludao2' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LD2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Ludao2' head 'tblfile\taiwan20190802001udao2'                  &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  14
POINTS  'Lanyu' 121.48   22.04
SPECout 'Lanyu' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LY.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Lanyu' head 'tblfile\taiwan2019080200lanyu'                    &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  14
POINTS  'LY_buoy' 121.60   22.08
SPECout 'LY_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200LY2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'LY_buoy' head 'tblfile\taiwan20190802001anyubuoy'              &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  15
POINTS  'SouthBay' 120.76   21.92
SPECout 'SouthBay' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200HBH.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'SouthBay' head 'tblfile\taiwan2019080200SouthBay'              &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  15-2
POINTS  'ELB_buoy' 120.80   21.88
SPECout 'ELB_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200HB2.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'ELB_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200Eluanbibuoy'           &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  16
POINTS  'TDbuoy' 121.16   22.72
SPECout 'TDbuoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200TD.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'TDbuoy' head 'tblfile\taiwan2019080200TDbuoy'                  &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  17
POINTS  'XLQ_buoy' 120.36   22.32
SPECout 'XLQ_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200XLQ.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'XLQ_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200XiaoLiuqiubuoy'        &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  18
POINTS  'MT_buoy' 120.16   22.76
SPECout 'MT_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200MT.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'MT_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200Mituobuoy'              &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  19
POINTS  'Qigubuoy' 120.00   23.08
SPECout 'Qigubuoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200QG.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'Qigubuoy' head 'tblfile\taiwan2019080200Qigubuoy'              &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  20
POINTS  'HC_buoy' 120.84   24.76
SPECout 'HC_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200HC.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'HC_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200Hsinchubuoy'            &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  21
POINTS  'FGC_buoy' 121.32   25.32
SPECout 'FGC_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200FGC.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'FGC_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200FuguiCapebuoy'         &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$  21
POINTS  'PT_buoy' 118.32   21.00
SPECout 'PT_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2019080200PT.txt' OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
TABLE   'PT_buoy' head 'tblfile\taiwan2019080200Pratasbuoy'             &
        time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
TABLE   'COMPGRID' head 'tblfile\taiwan2019080200grid'                  &
        xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT 20190801.180000 1.0 HR
$
$ NGRid   'sname' [xpn] [ypn] [alpn] [xlenn] [ylenn] [mxn] [myn]
$ NESTout 'sname' 'fname' OUTput [tbegnst] [deltnst]  Sec(MIn, HR, DAy)
$
COMPute NONSTationary   20190801.180000 300 sec 20190804.000000
$
STOP
```

圖 7.15 (續 3)近域風浪模擬二階段模擬 SWAN 輸入檔各參數設定值

7.5 東部海域小尺度風浪模擬與校驗

針對 108 年建置的東部海域小尺度風浪模擬子系統，本計畫採取每日四報風浪模擬預報之作業化方式進行系統測試，目的為藉由測試過程修訂相關作業化程式及檢核模擬成果。本計畫以 2019 年強烈颱風利奇馬為例說明相關模擬結果。

針對東部海域小尺度風浪模擬子系統，本計畫設定於 8 月 1 日 0 時冷啟動大尺度遠域風浪作業化模擬，1 日 06、12 及 18 時僅執行大尺度遠域風浪作業化模擬；於 8 月 2 日 0 時加入中尺度近域風浪冷啟動作業化模擬，至 8 月 2 日 12 時再加入小尺度花蓮海域風浪冷啟動作業化模擬，至 8 月 2 日 18 時假設系統風浪已達到可正常模擬狀態。

7.5.1 花蓮港

本計畫東部海域小尺度花蓮海域風浪模組規劃之輸出點位，包括花蓮港 AWAC 測站(HLA)、花蓮浮標測站(HLB)、臺 11 線石門人定勝天外海(SM)、花蓮港細尺度波浪模組外海(PTA~PTD 共 4 點)等，如圖 7.16 所示。

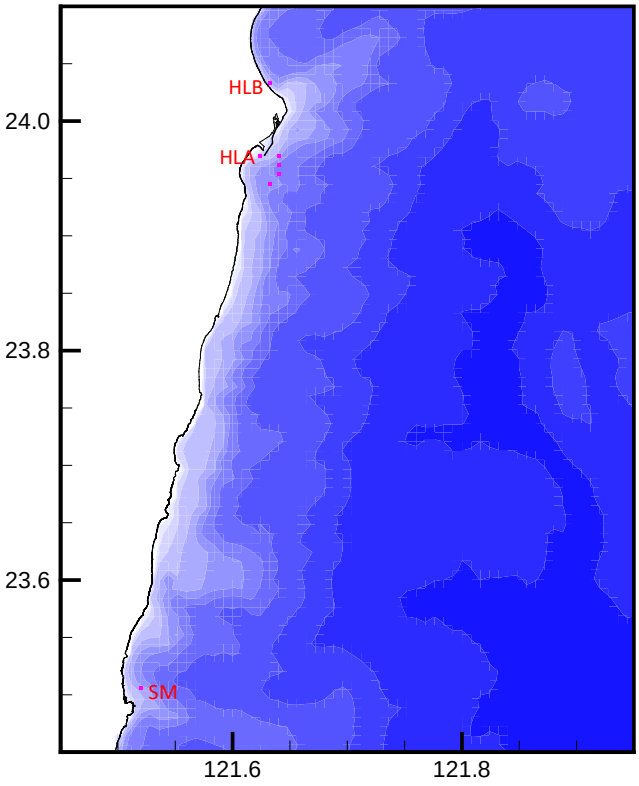


圖 7.16 小尺度花蓮海域風浪模組模擬結果輸出點位圖

強烈颱風利奇馬發展及行進路線，如圖 3.19，於 8 月 3 日發展成熱帶低氣壓，8 月 5 日成為輕度颱風，至 8 月 8 日成為強烈颱風，颱風警報時間發布時間為 08/07 17:30，解除警報時間為 08/10 08:30，侵臺日期為 8 月 9 日。本計畫綜整 8 日 0 時至 10 日 0 時每 6 小時預測模擬之中、小尺度模組於花蓮港外 HLA 測站與花蓮浮標測站 HLB 之模擬值分別與觀測值進行比較分析。針對每報比對分析結果分述如下：

1. 8 日 0 時第一報：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.17 所示，顯示風場預測颱風中心位置出現在風場範圍內時間為 8 日 23 時。

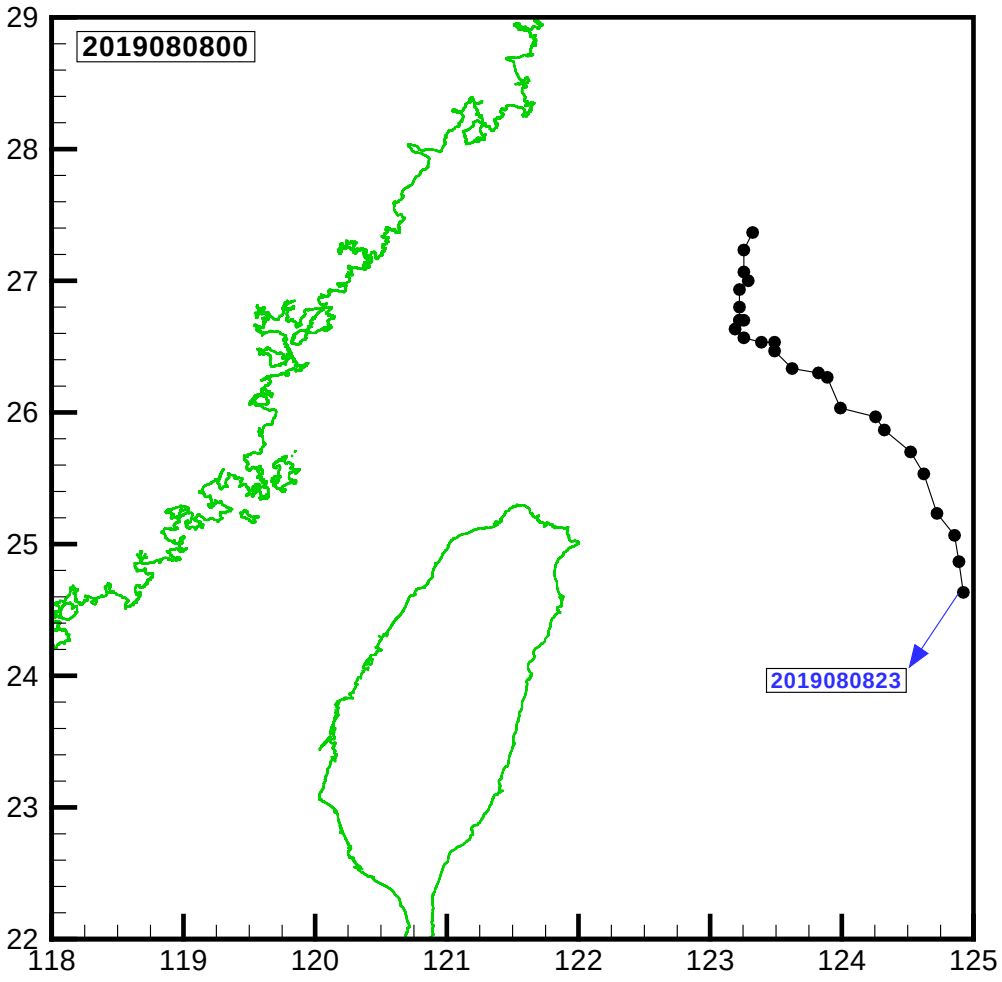


圖 7.17 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果如圖 7.18 所示，顯示：在示性波高方面，本計畫中、小尺度預測模擬值之變化趨勢當屬相近似，二者示性波高最大值約出現在 8

日 15 時左右；中尺度模組預測值明顯偏高，與觀測值間均方根誤差達 1.11m，相關係數 R 值約為 0.695。小尺度模組預測值整體趨勢與大小均與觀測值相近似，僅在 8 日 20 時之後與觀測值間出現兩小波變化不一致現象，此時觀測波高最大值與中尺度預測值較接近，與小尺度預測值偏差達到最大；小尺度模組預測值與觀測值間均方根誤差約為 0.52m，相較於中尺度預測結果，誤差值約縮小 1/2 以上；相關係數 R 約為 0.702，與中尺度分析結果差異不明顯。在平均週期方面，中、小尺度模組預測趨勢在 8 日 21~22 時週期歷線出現交叉現象，其中小尺度週期預測最大值出現在 8 日 15 時左右，中尺度週期預測最大值則出現在 9 日 8 時左右；在歷線交叉前，中尺度模組預測值較接近觀測值；反之，在歷線交叉後小尺度模組預測值與觀測值較接近；中、小尺度模組預測週期之 RMSQ 分別為 1.41s 及 1.36s，差異不顯著；R 值分別為 0.894 及 0.586，以中尺度模組預測值表現較佳。在平均波向方面，小尺度模組波向預測值變化不明顯，波向值約介於 120°~150°左右，與觀測值之 RMSQ 約為 43.7°、R 值約為 0.691；中尺度模組波向整體表現與觀測值較接近，與觀測值之 RMSQ 及 R 值分別約為 15.7°、0.877，均優於小尺度模組預測值。

(3) HLB 測站預測模擬值與觀測值之校驗結果如圖 7.19 所示，顯示：在示性波高方面，中尺度模組模擬趨勢與 HLA 測站相類似，波高預測值明顯偏高；小尺度組模擬趨勢與 HLA 測站略微有所差異，波高預測值表現較接近觀測值；二者波高預測最大值出現在 8 日 16 時，相較於測站 HLA 約晚 1 小時。在平均週期方面，中、小尺度模組週期預測值與觀測值之 RMSQ 分別 1.08m、0.62m，R 值分別約為 0.814、0.889，均以小尺度模組表現較佳。在平均波向方面，小尺度模組波向變化同樣不明顯，約介於 40°~60°之間，代表大部份屬於東北向(NE)；中尺度模組波向同樣變化不明顯，直至 9 日 13 時之後波向出現明顯變化，轉為偏向東南東(ESE)；整體分析結果呈現中、小尺

度 RMSQ 分別約為 21.2°及 24.6°，R 值分別為 0.687 及 0.352，與 HLA 測站同樣以尺度模組表現較佳。

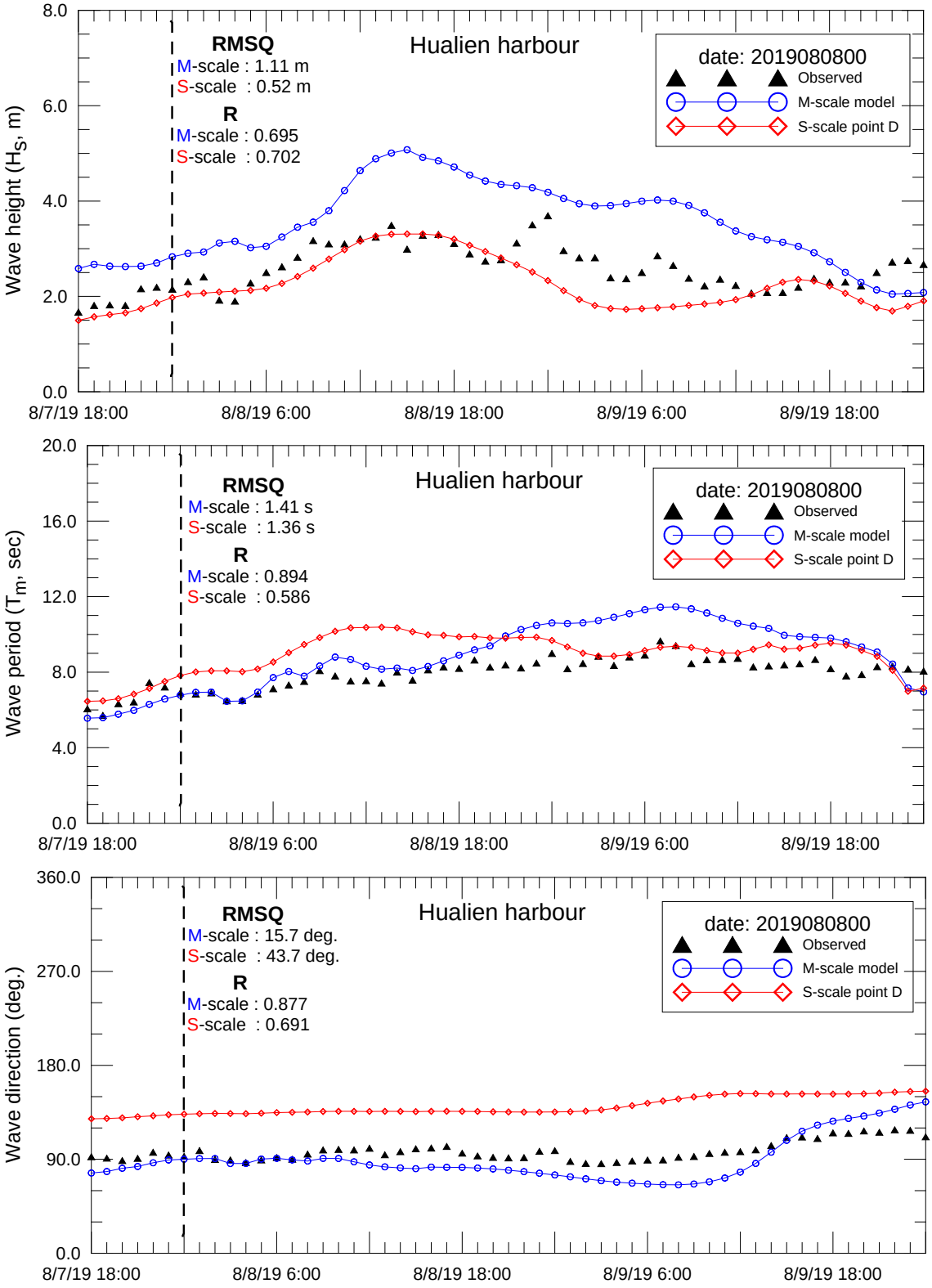


圖 7.18 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

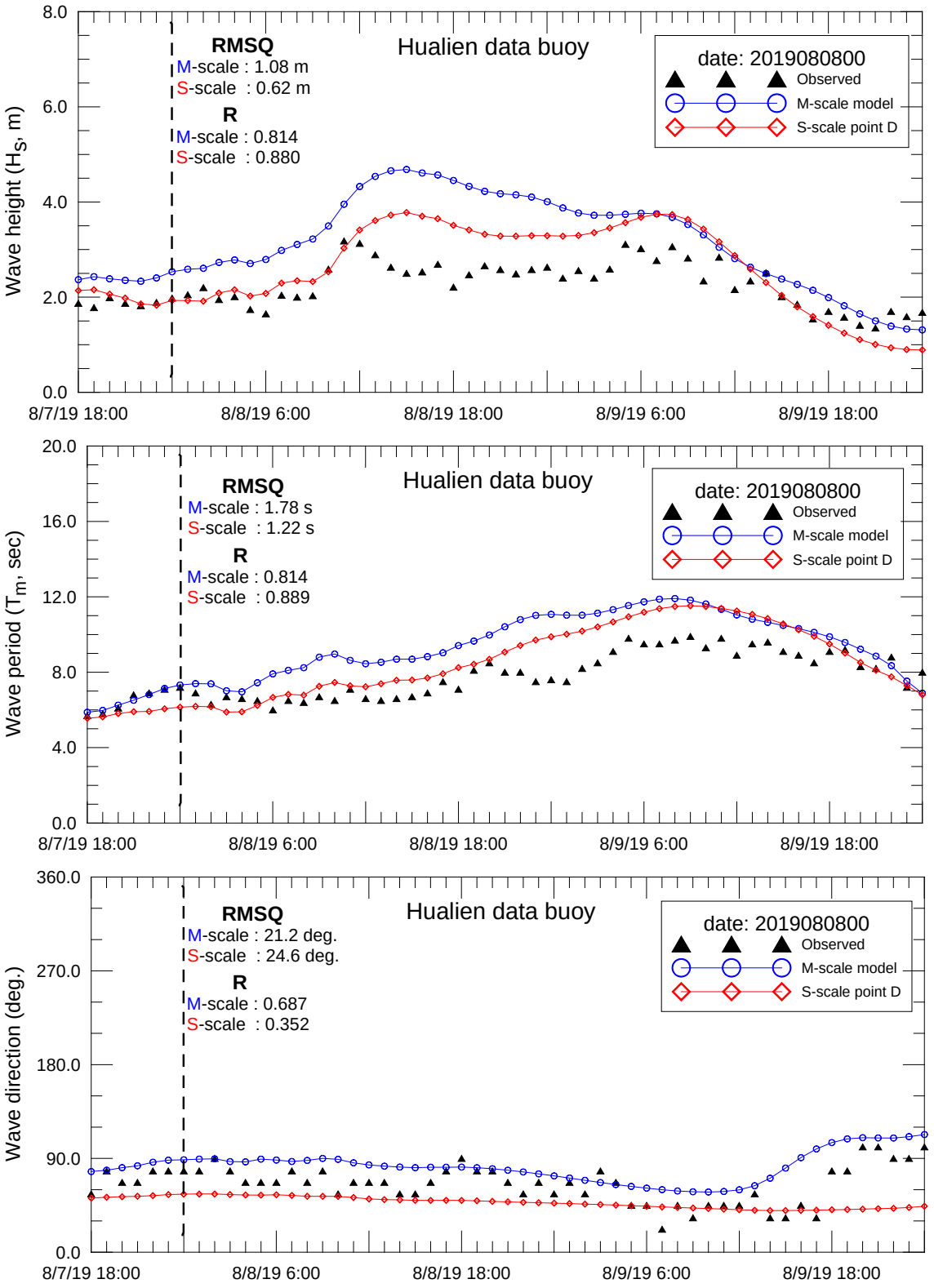


圖 7.19 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

2. 8 日 6 時(第二報)：陸上颱風警報發布前之預測模擬

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.20 所示，顯示作業化風場預測颱風中心位置出現在風場範圍內時間為 9 日 0 時。

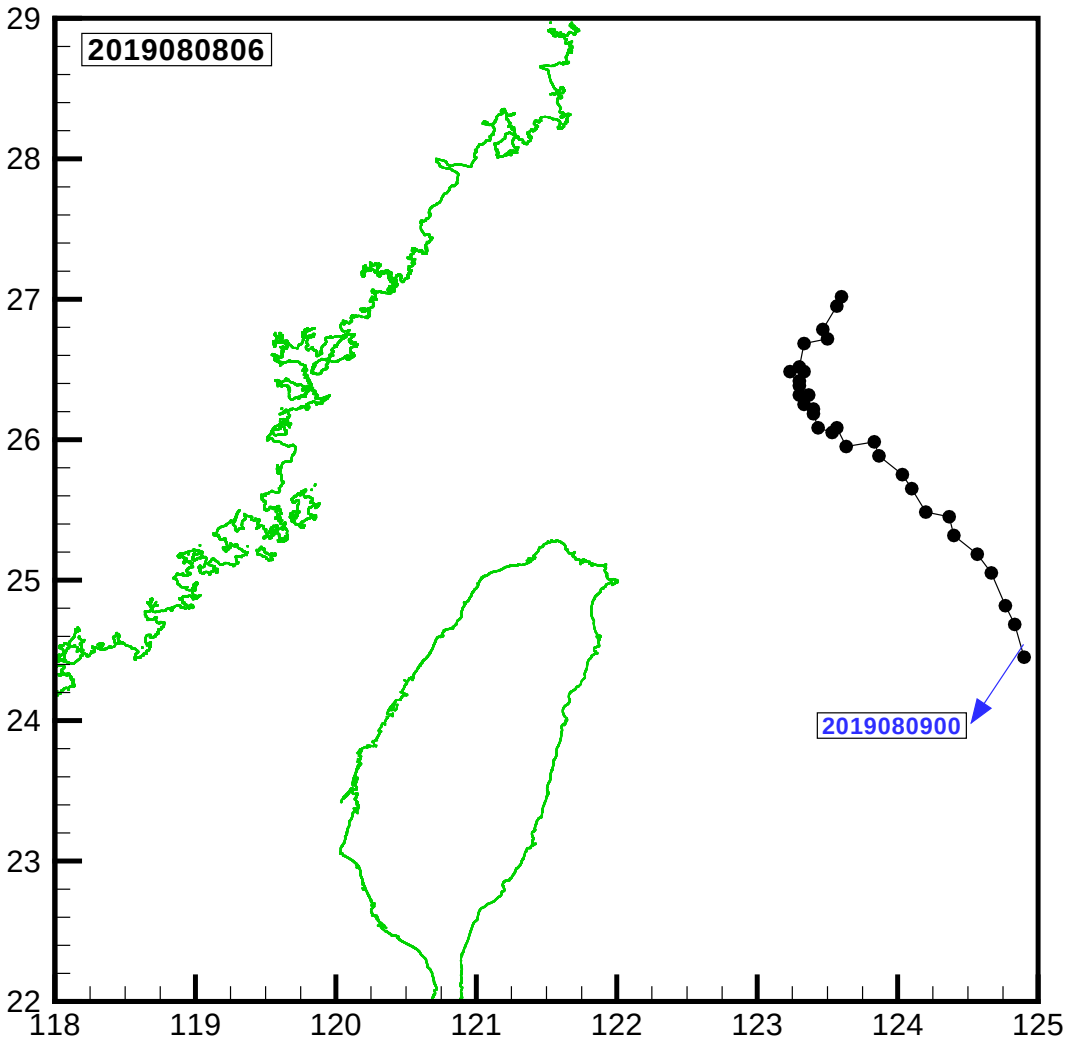


圖 7.20 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.21 所示，與觀測值比對結果顯示：在示性波高方面，中、小尺度預測模擬值變化趨勢與前一報(8 日 6 時)預測趨勢相似，波高最大值約出現在 8 日 15 時左右；整體上中尺度模組預測值同樣明顯偏高，與觀測值間均方根誤差達 1.23m，相關係數 R 值約為 0.568，呈現出比前一報差的結果；小尺度模組預測值與觀測值間 RMSQ 約為 0.54m，結果與前一報相近；R 值約為 0.642，與前一報相比同樣略微下降。在平均週期方面，中、

小尺度模組預測趨勢與前一報相似，同樣在 8 日 21~22 時出現週期歷線交叉現象，歷線交叉前以中尺度模組預測值較接近觀測值；反之，歷線交叉後小尺度模組預測值與觀測值較接近；中、小尺度模組預測週期之 RMSQ 分別為 1.48s 及 1.40s，偏差均較前一報略增；R 值分別為 0.863 及 0.348，同樣以中尺度模組預測值表現較佳，但二者 R 值均有下修現象，其中小尺度模組 R 值下修量較大。在平均波向方面，整體表現同樣以中尺度模組預測值與觀測值較接近；其中小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 SE 向，與觀測值之 RMSQ 約為 42.8°、R 值約為 0.788，呈現較前一報略微改善；中尺度模組波向與觀測值之 RMSQ 及 R 值分別約為 17.0°、0.867，與前一報相近，同樣優於小尺度模組預測值。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.22 所示，與觀測值比對結果顯示：在示性波高方面，中、小尺度預測模擬值變化趨勢與前一報(8 日 6 時)預測趨勢相似，波高最大值約出現在 8 日 15 時左右，整體表現以小尺度模組預測值較接近觀測值；二者與觀測值間 RMSQ 分別約為 1.20m 及 0.74m，R 值分別約為 0.827 及 0.871。在平均週期方面，中、小尺度模組週期預測值與觀測值之 RMSQ 分別 1.88m、1.36m，R 值分別約為 0.810、0.9，仍以小尺度模組表現較佳。在平均波向方面，整體表現同樣以中尺度模組預測值與觀測值較接近；其中小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 SE 向，與觀測值之 RMSQ 約為 42.8°、R 值約為 0.788，呈現較前一報略微改善；中尺度模組波向與觀測值之 RMSQ 及 R 值分別約為 17.0°、0.867，與前一報相近，同樣優於小尺度模組預測值。小尺度模組波向同樣變化不明顯，約為東北向(NE)；中尺度模組波向同樣至 9 日 13 時之後波向出現明顯變化，轉為偏向東南東(ESE)，與觀測值相近似；整體分析結果呈現中、小尺度 RMSQ 分別約為 19.1°及 27.8°，其中小尺度模擬值誤差變大；R 值分別為 0.724 及 0.134，與 HLA 測站同樣以中尺度模組表現較佳。

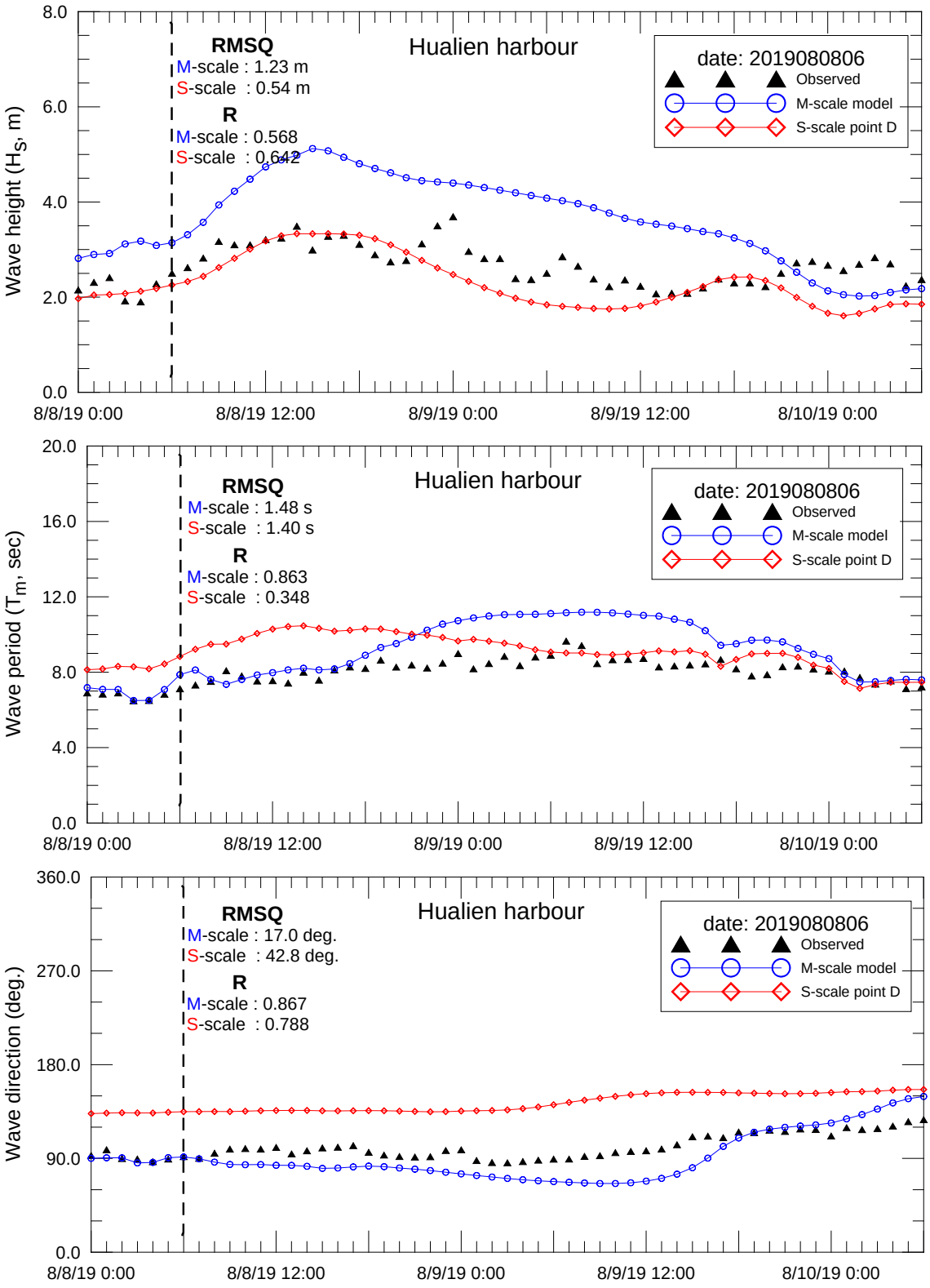


圖 7.21 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

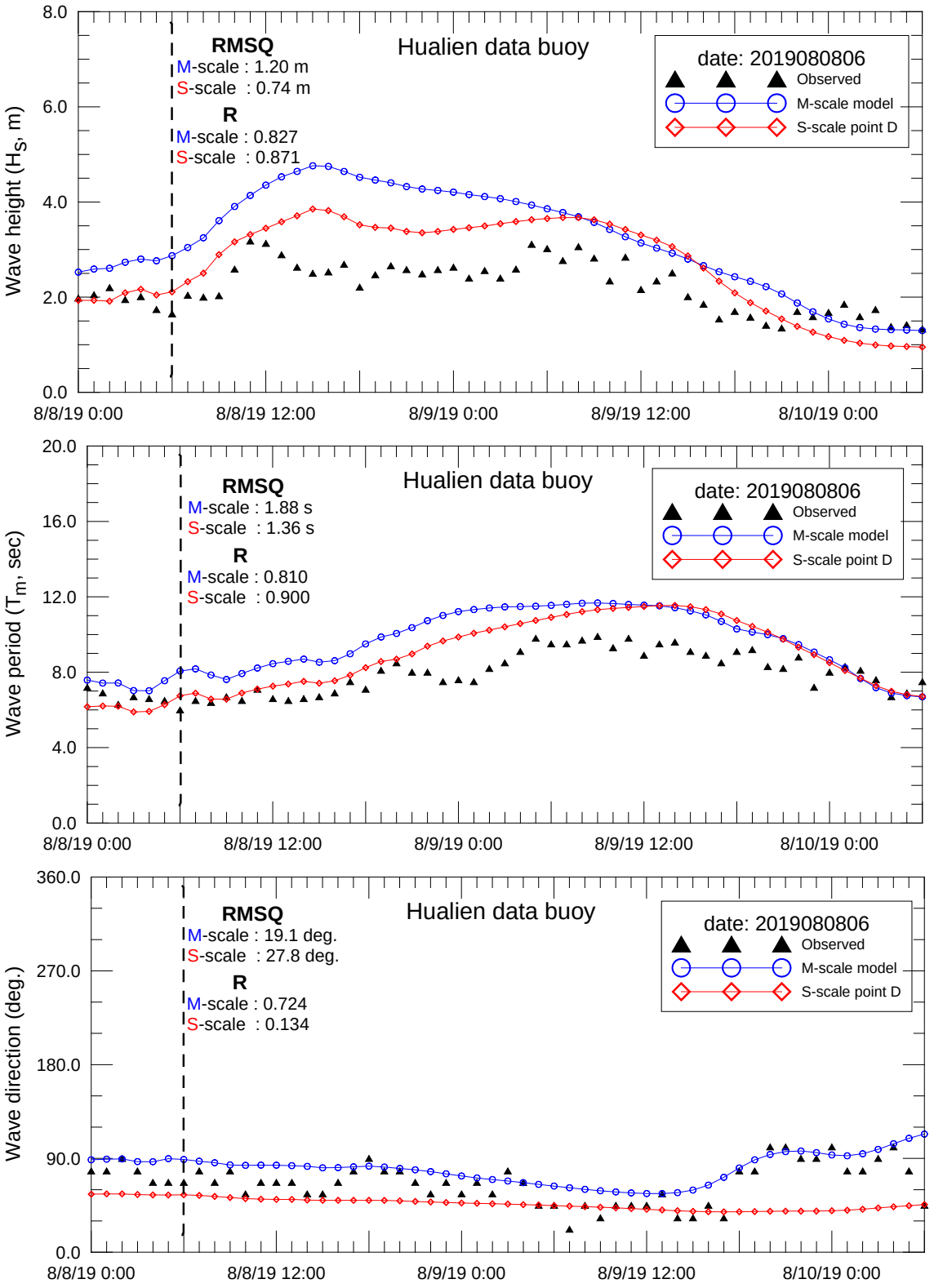


圖 7.22 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

3. 8 日 12 時(第三報)：屬於陸上颱風警報發布後之預測模擬

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.23 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置出現在風場範圍內的時間，已重新修正為 8 日 19 時。

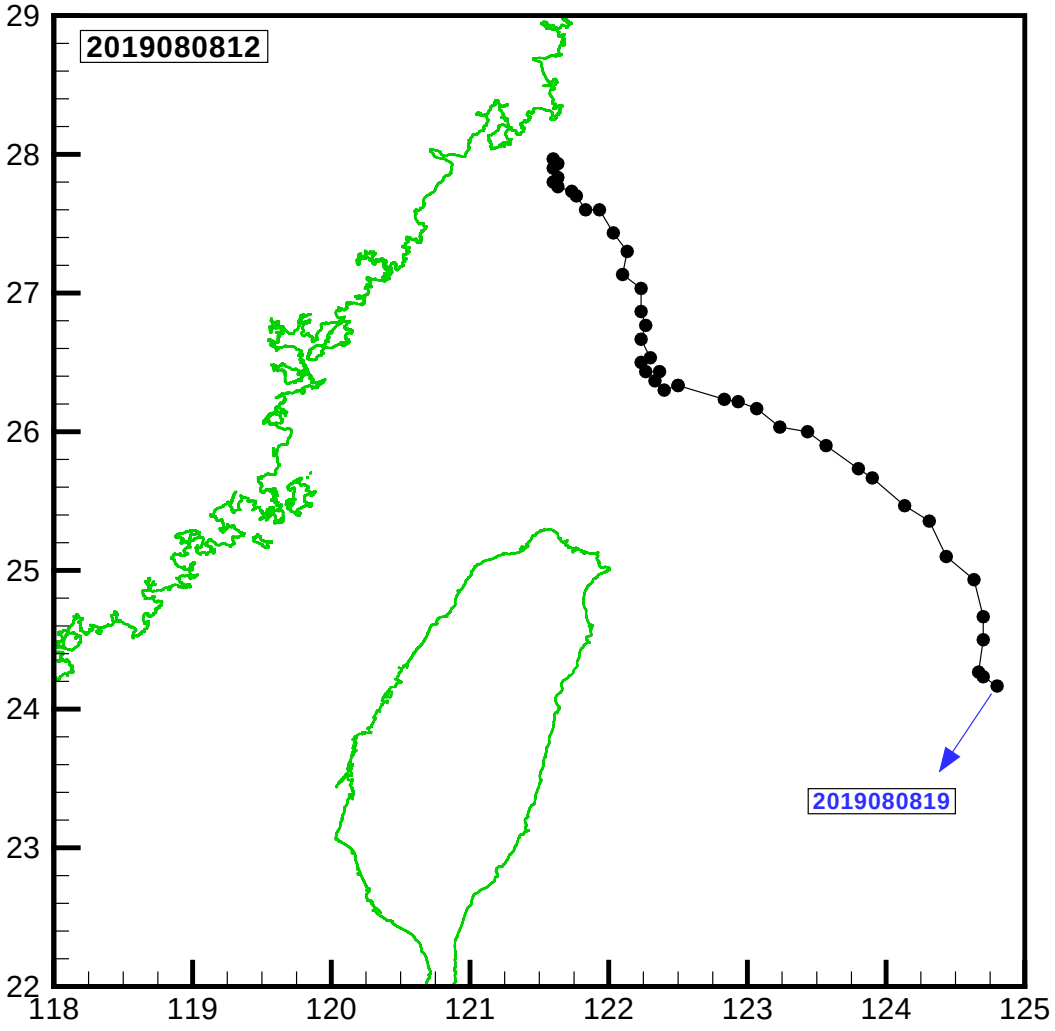


圖 7.23 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.24 所示，顯示在示性波高方面，中、小尺度預測模擬值變化趨勢同樣與前二報(0、6 時)預測趨勢相似，即中尺度模組預測值仍明顯偏高，小尺度模組預測趨勢仍與觀測值兩小波波高增加現象背離；中、小尺度波高預測最大值約出現時間，已修正為 8 日 14 時左右，明顯較觀測值提早約 10 小時。中、小尺度預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 1.12m 及 0.44m，R 值分別為 0.722 及

0.601，其中相關係數呈現中尺度模組 R 值上升、小尺度模組 R 下降之反向變化。在平均週期方面，中、小尺度模組預測趨勢約在 8 日 21 時出現週期歷線交叉現象，即交叉前中尺度模組預測值較接近觀測值，交叉後小尺度模組預測值與觀測值較接近；中、小尺度模組預測週期之 RMSQ 分別為 1.30s 及 1.43s， R 值分別為 0.741 及 0.047，其中小尺度模組 R 值下修至近無關連。在平均波向方面，小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 SE 向；中尺度波向呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)。與波向觀測值比較顯示，中、小尺度波向預測值之 RMSQ 分別約為 23.3°及 42.8°，R 值分別約為 0.955 及 0.699，中尺度波向預測值與觀測值呈現高度相關。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.25 所示，與觀測值比對結果顯示，在示性波高方面，中尺度預測值變化趨勢與 HLA 測站相似，波高最大值約出現在 8 日 14 時左右；小尺度預測值變化趨勢呈現雙波變化現象，不同於前一報(8 日 6 時) 預測趨勢；波高最大值約出現在 9 日 5~6 時左右，與觀測值波高高點出現時間相近。中、小尺度預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 1.11m 及 0.77m，R 值分別約為 0.857 及 0.905，整體表現以小尺度模組較佳。在平均週期方面，中、小尺度模組週期預測值與觀測值之 RMSQ 分別 1.82m、1.68m，R 值分別約為 0.583、0.687，仍以小尺度模組表現較佳。在平均波向方面，中尺度模組預測趨勢與 HLA 測站相近似，同樣呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)；小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 NE 向。中、小尺度模組預測值與觀測值之 RMSQ 分別 38.5°、23.9°，R 值分別約為 0.423、0.623，呈現以小尺度模組表現較佳(與前兩報不同)。

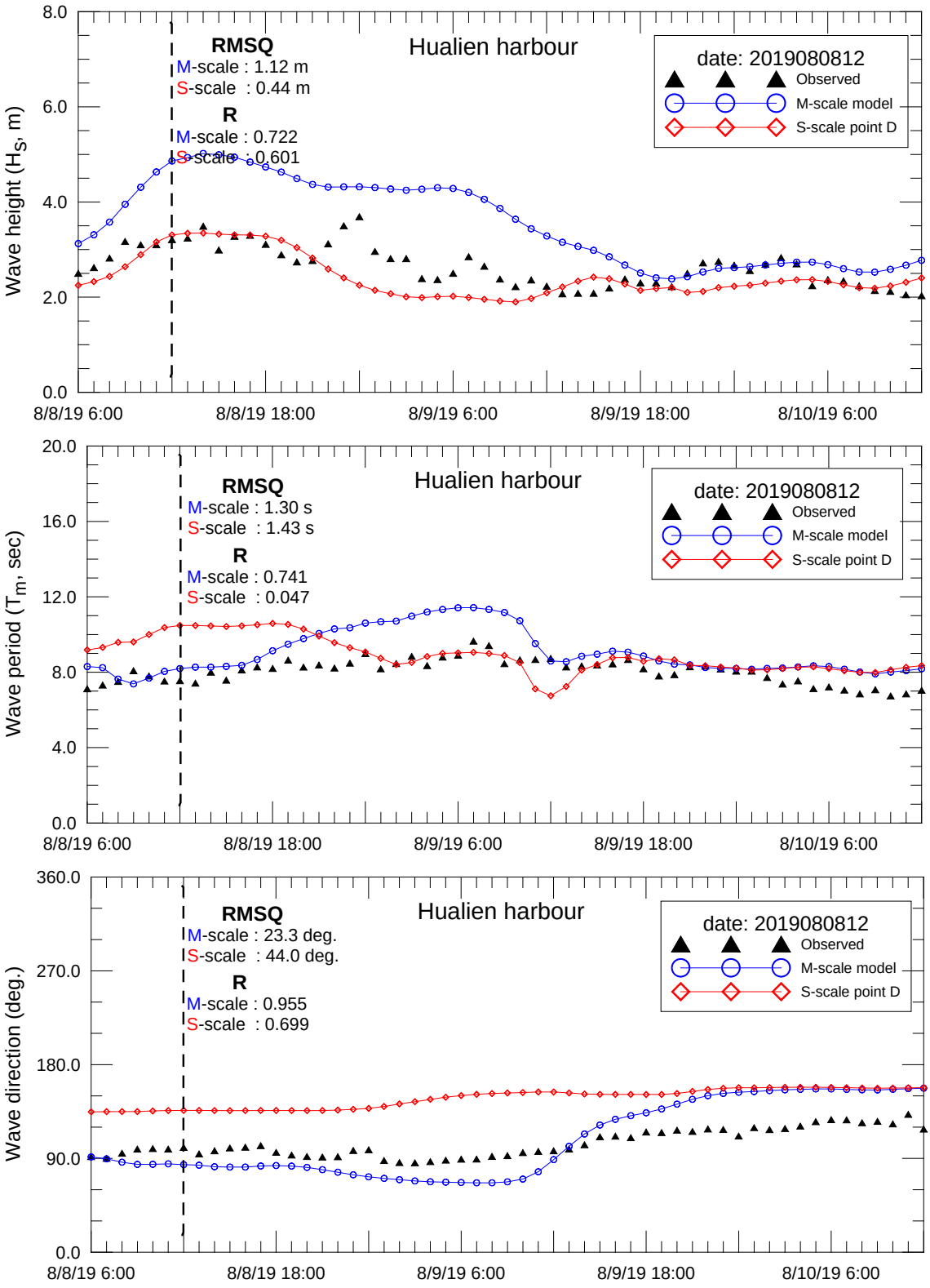


圖 7.24 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站測值與觀測值比較圖

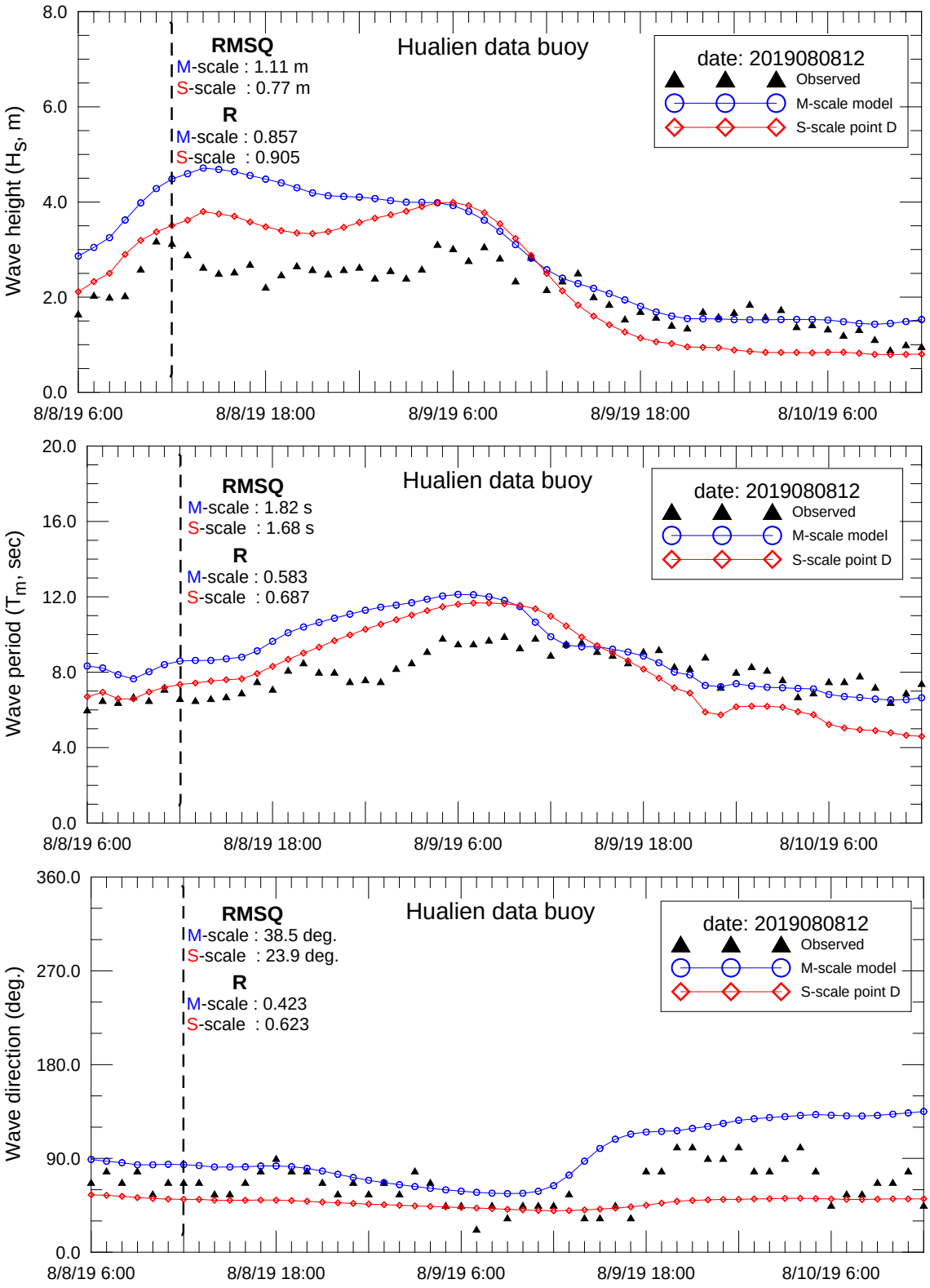


圖 7.25 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

4. 8 日 18 時(第四報)：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.26 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置出現在風場範圍內的時間，已重新修正為 8 日 21 時；與前一報預測路徑相比較，整體颱風路徑有往東偏移修正。

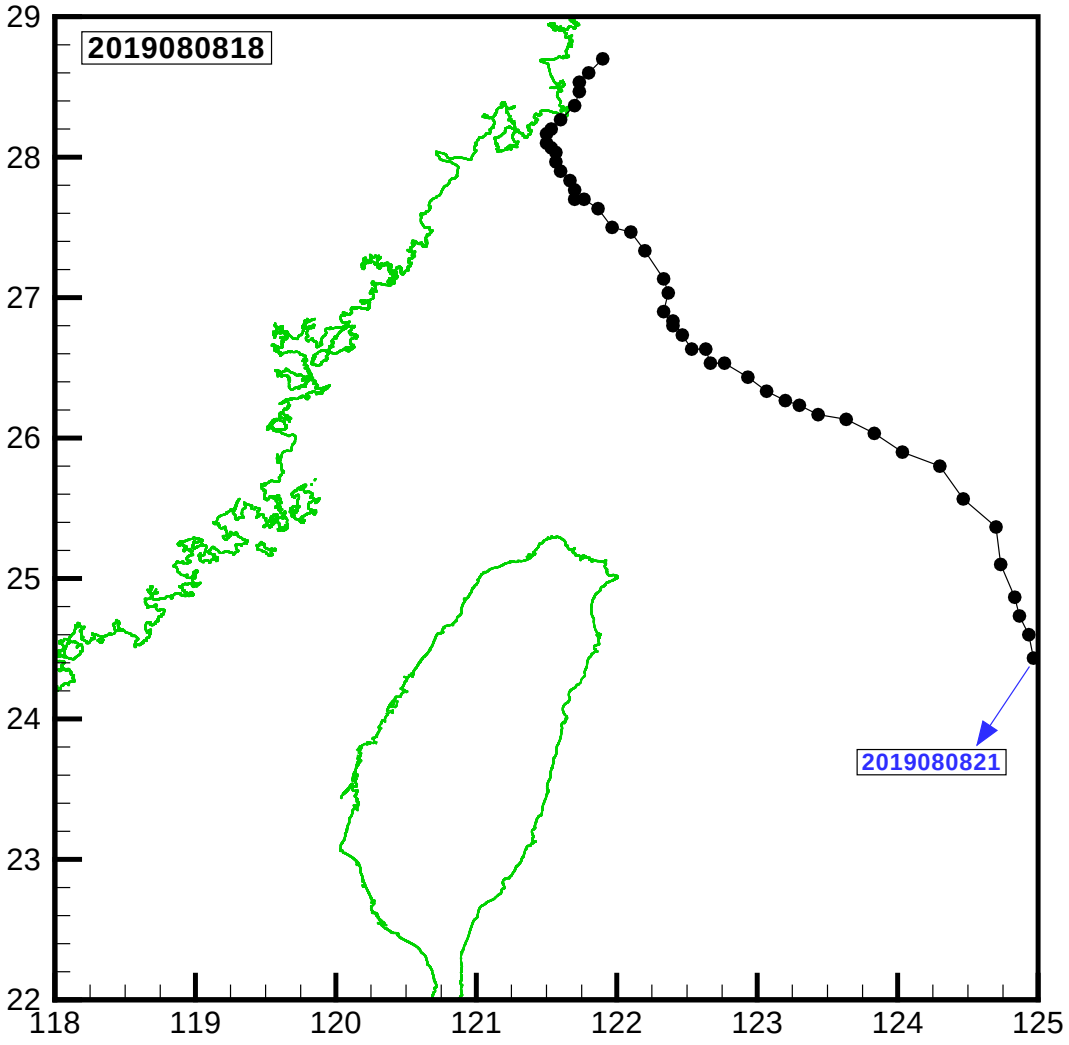


圖 7.26 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.27 所示，顯示在示性波高方面，中尺度預測值整體均高於小尺度預測值，中尺度預測值變化趨勢於 8 日 14 時出現最大值後呈現下降趨勢，直至 9 日 23 時後波高再度往上；小尺度波高預測趨勢於 8 日 16 時出現最大值後同樣呈現下降趨勢，9 日 12 時後再度呈現較明顯的；於 9 日 18 時後中、小尺度波高預測趨勢再度

呈現高度相似。與觀測值間之 RMSQ 分別為 1.10m 及 0.50m，R 值分別為 0.695 及 0.511。在平均週期方面，中、小尺度模組預測趨勢同樣約在 8 日 20~21 時出現週期歷線交叉現象，此與前述幾次預報結果均相近；中、小尺度模組預測週期與觀測值間 RMSQ 分別為 1.53s 及 1.28s， R 值分別為 0.845 及 0.369，其中小尺度模組 R 值再度回升。在平均波向方面，小尺度模組波向預測值同樣變化不明顯，維持波向約為 SE 向；中尺度模組波向預測呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)。中、小尺度波向預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 25.6°及 42.5°，R 值分別約為 0.967 及 0.769，中尺度模組預測值與觀測值呈現高度相關。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.28 所示，與觀測值比對結果顯示在示性波高方面，中尺度預測值變化趨勢與 HLA 測站同樣相似，波高最大值約出現在 8 日 14 時左右；小尺度預測值在颱風接近階段波高趨勢呈現雙波變化現象，波高最大值出現第二波高點(9 日 6 時)。中、小尺度預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 1.06m 及 0.78m，R 值分別約為 0.884 及 0.937，整體表現以小尺度模組較佳，中尺度模組波高預測值高於小尺度模組。在平均週期方面，中、小尺度模組週期預測值與觀測值之 RMSQ 分別 1.82m、1.68m，R 值分別約為 0.583、0.687，仍以小尺度模組表現較佳，中尺度模組週期預測值整體大於小尺度模組。在平均波向方面，中尺度模組預測趨勢與 HLA 測站相近似，同樣呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)；小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 NE 向。中、小尺度模組預測值與觀測值之 RMSQ 分別 45.9°、24.5°，R 值分別約為 0.397、0.370，仍以小尺度模組表現略佳。

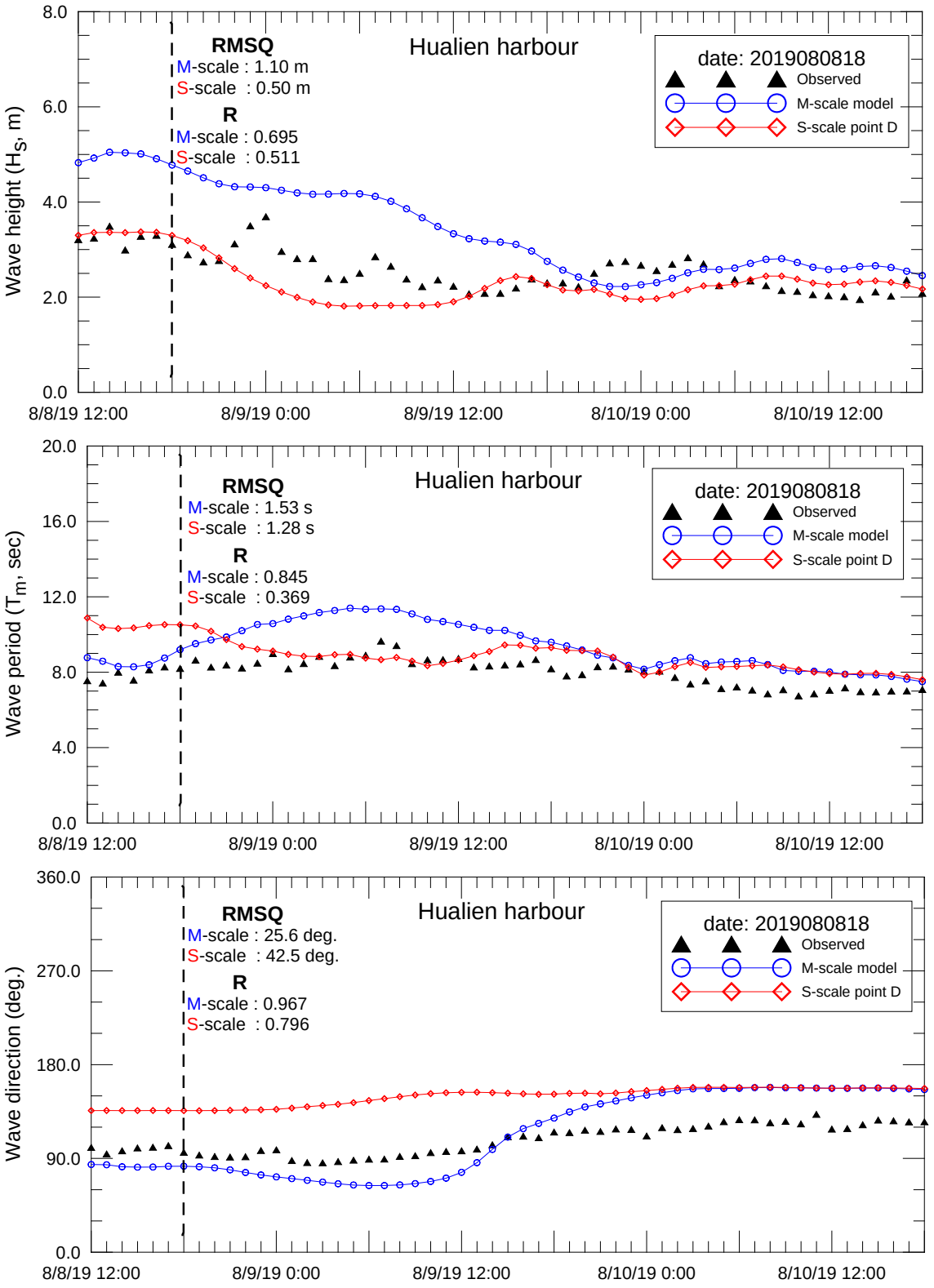


圖 7.27 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

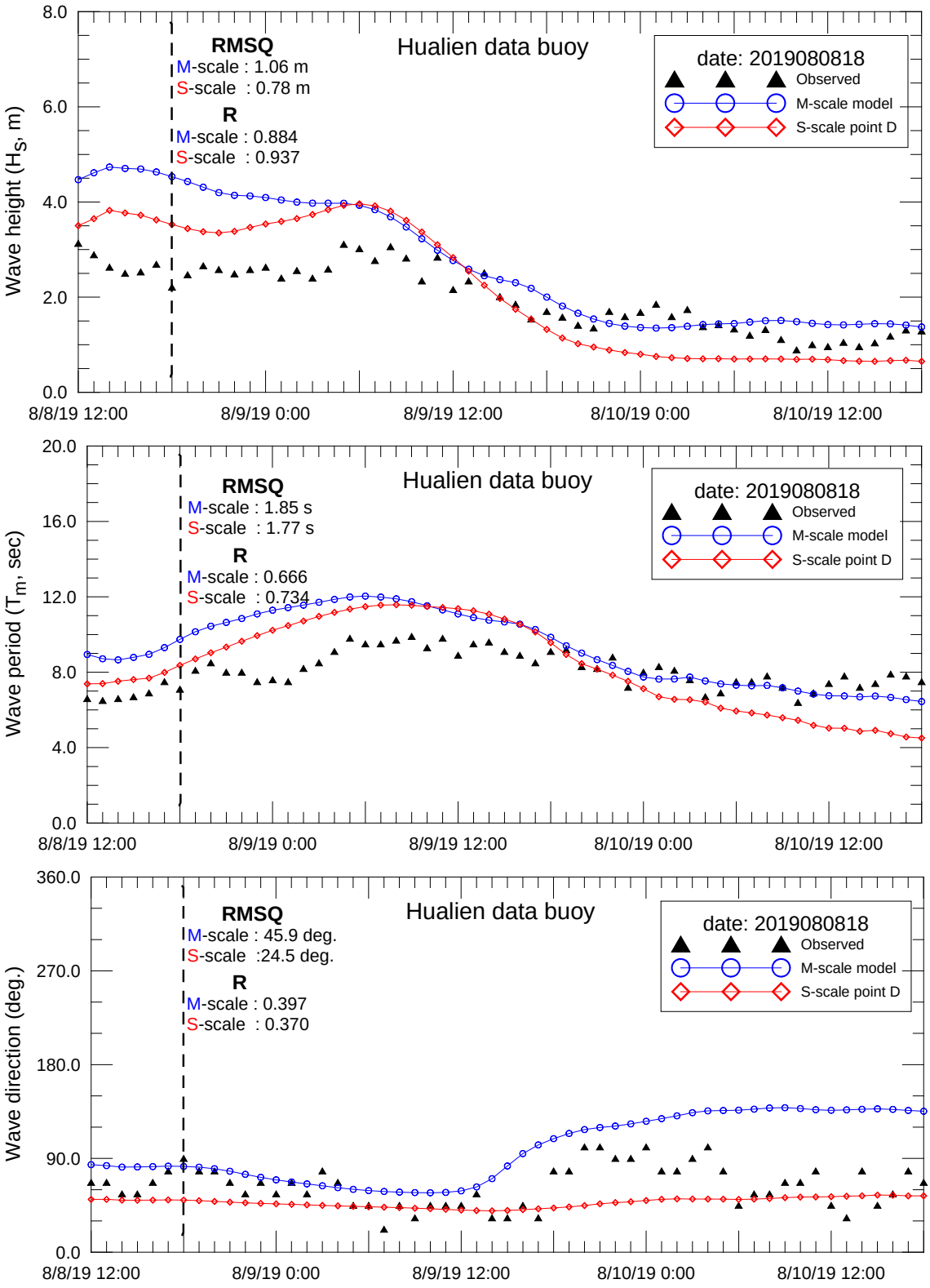


圖 7.28 花蓮海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

5. 9 日 0 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.29 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置出現在風場範圍內的時間，與同一報相同為 8 日 21 時。對花蓮海域而言，颱風中心已處於遠離階段。

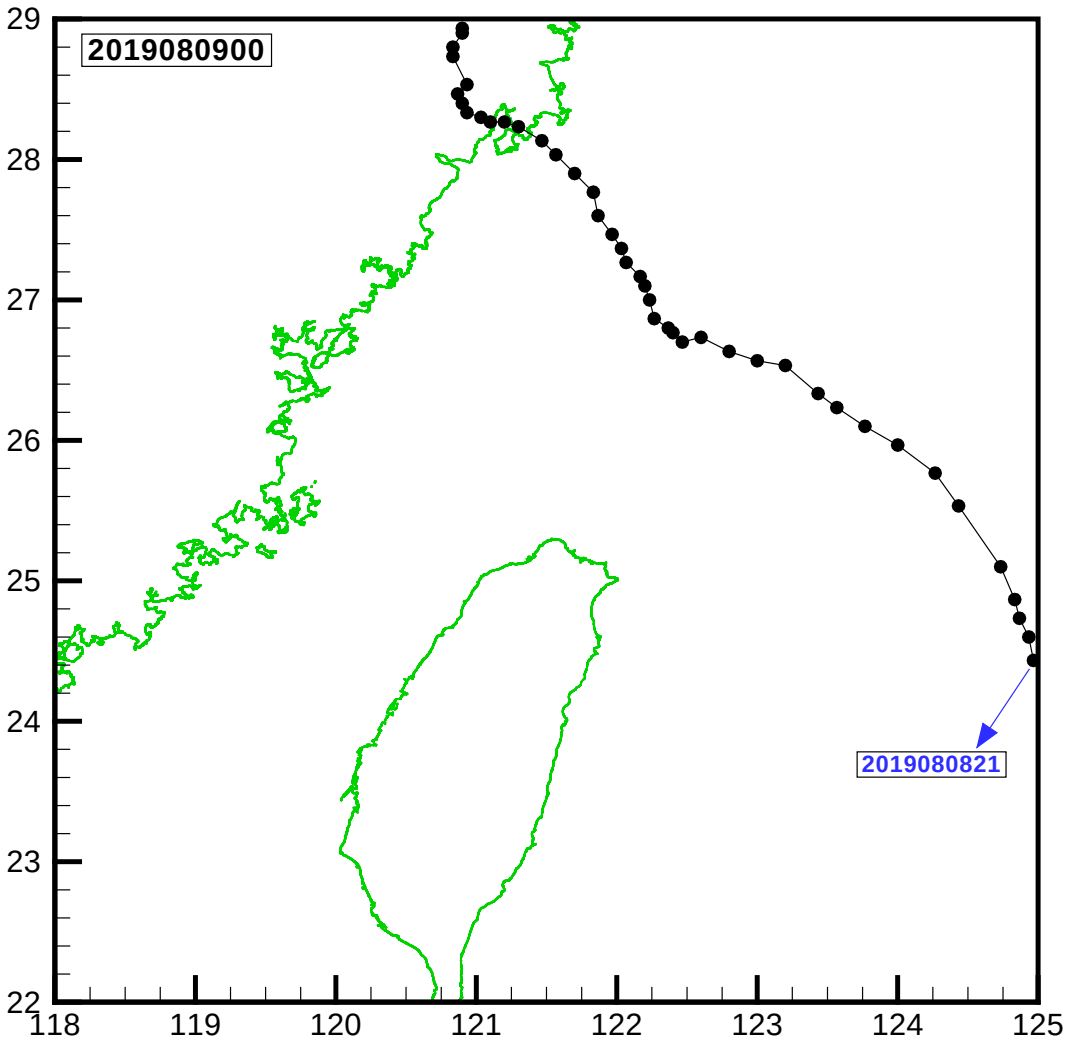


圖 7.29 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 00 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果如圖 7.30 所示，在示性波高方面，中、小尺度預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 0.94m 及 0.53m，R 值分別為 0.657 及 0.324。在平均週期方面，中、小尺度模組預測週期與觀測值間 RMSQ 分別為 1.58s 及 1.01s， R 值分別為 0.836 及 0.632，相較於前一報小尺度模組 R 值再度提升。在平均波向方面，小尺度模組波向預測值同樣變化不明顯，維持波向約為 SE 向；中尺度模組波向預測呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)。中、小尺度波向預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 27.2° 及 42.7°，R 值分別約為 0.966 及 0.817，中尺度模組預測值與觀測值同樣高度相關。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.31 所示，在示性波高方面，中、小尺度預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 0.85m 及 0.74m，R 值分別約為 0.892 及 0.930，整體表現仍以小尺度模組較佳，中尺度模組波高預測值高於小尺度模組。在平均週期方面，中、小尺度模組週期預測值與觀測值間 RMSQ 分別 1.84m、1.96m，R 值分別約為 0.663、0.736。在平均波向方面，中尺度模組預測趨勢與 HLA 測站相近似，同樣呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)；小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 NE 向。中、小尺度模組預測值與觀測值之 RMSQ 分別 47.9°、26.6°，R 值分別約為 0.448、0.540，仍以小尺度模組表現較佳。

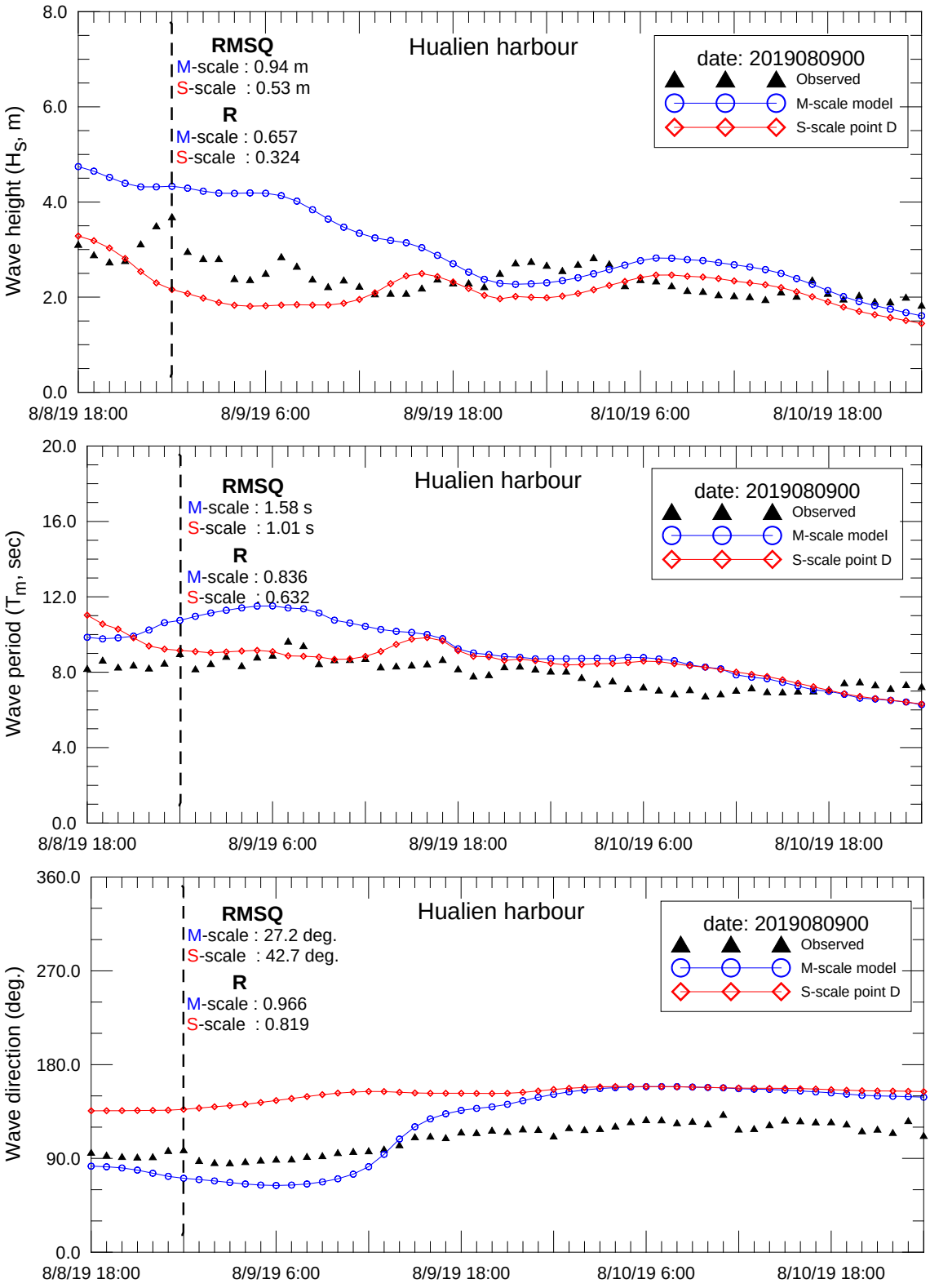


圖 7.30 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

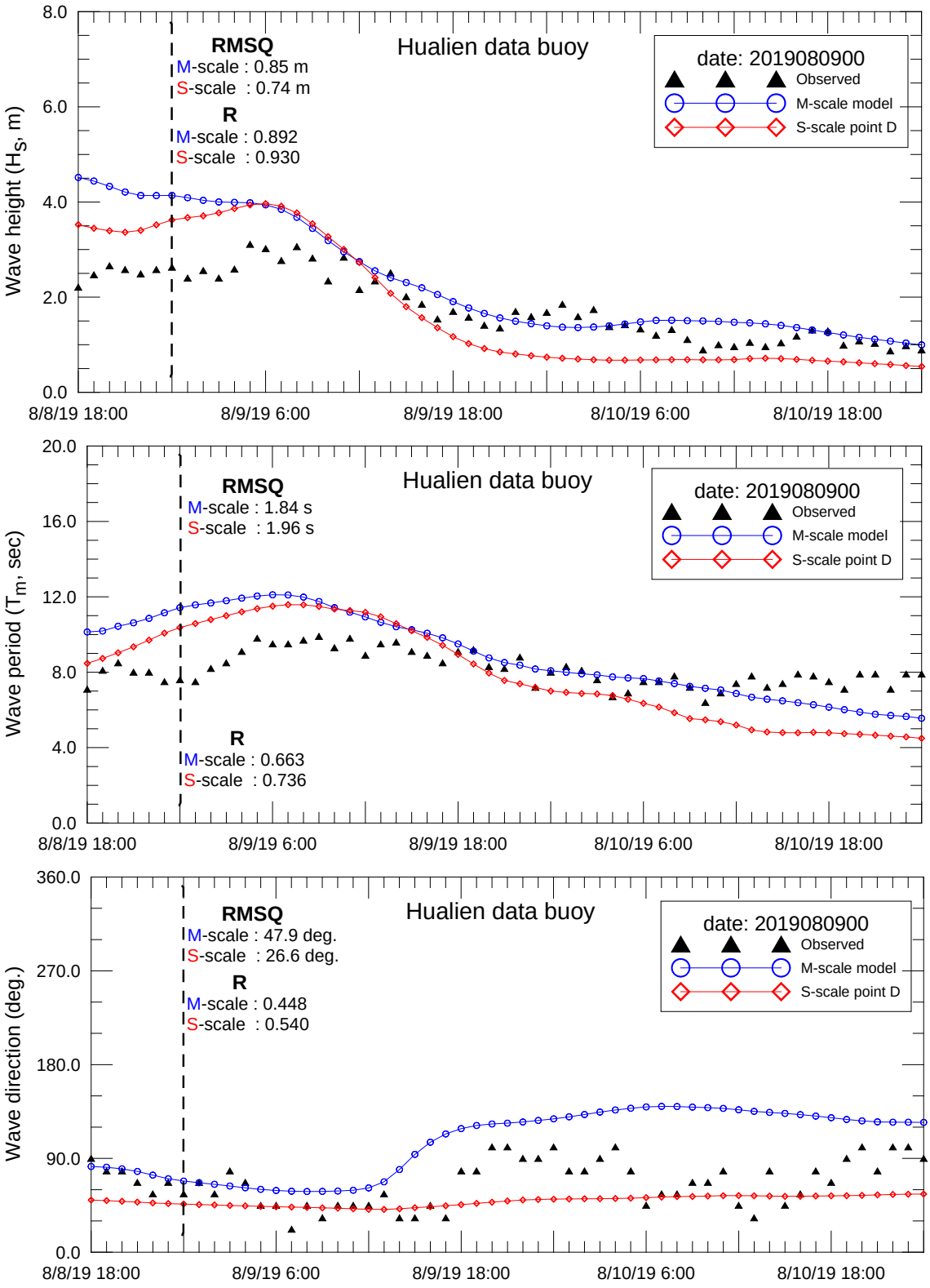


圖 7.31 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

6. 9 日 6 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.32 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置已在風場範圍內(時間為 9 日 0 時)，花蓮海域逐漸脫離颱風之影響。

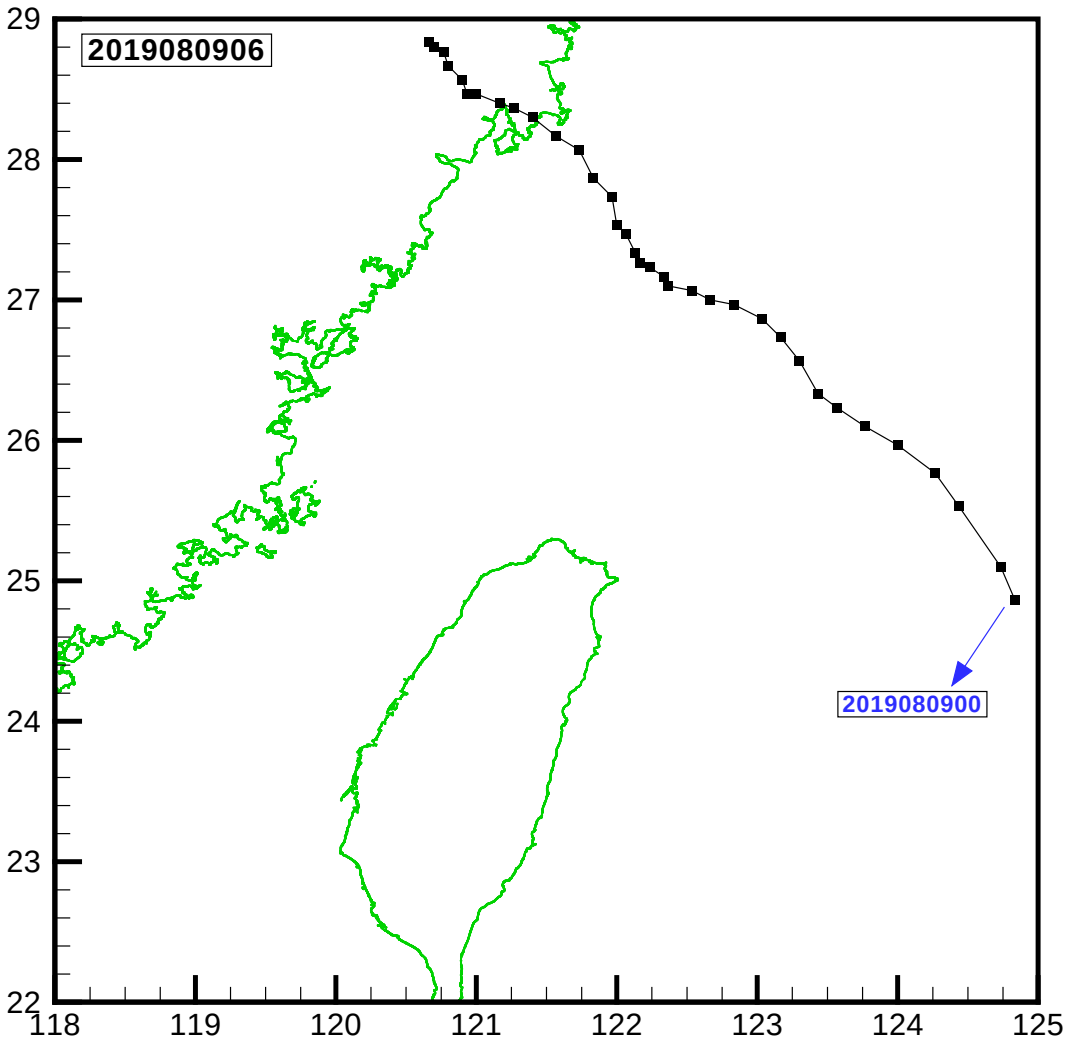


圖 7.32 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.33 所示，中、小尺度示性波高預測值與觀測值間 RMSQ 分別為 0.83m 及 0.54m，R 值分別為 0.618 及 0.293，呈現 RMSQ 與 R 值相反的現象。中、小尺度模組平均預測週期與觀測值間，RMSQ 分別為 1.56s 及 0.93s， R 值分別為 0.816 及 0.677，同樣呈現 RMSQ 與 R 值相反的現象。小尺度模組平均波向預測值同樣變化不明顯，維持波向約為 SE 向；中尺度模組波向預測呈現由 ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)。中、小尺度波向預測值與觀測值間，RMSQ 分別約為 28.3°及 41.8°，R 值分別約為 0.962 及 0.808，顯示波向仍以中尺度模組預測值與觀測值較接近。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.34 所示，中、小尺度示性波高預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 0.62m 及 0.70m，R 值分別約為 0.919 及 0.934，二者均屬高度相關性。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別 1.73m、2.14m，R 值分別約為 0.776、0.828。中尺度模組平均波向預測趨勢與 HLA 測站相近似，即呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)；小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 NE 向。中、小尺度模組預測值與觀測值間 RMSQ 分別 49.1°、27.3°，R 值分別約為 0.532、0.574。

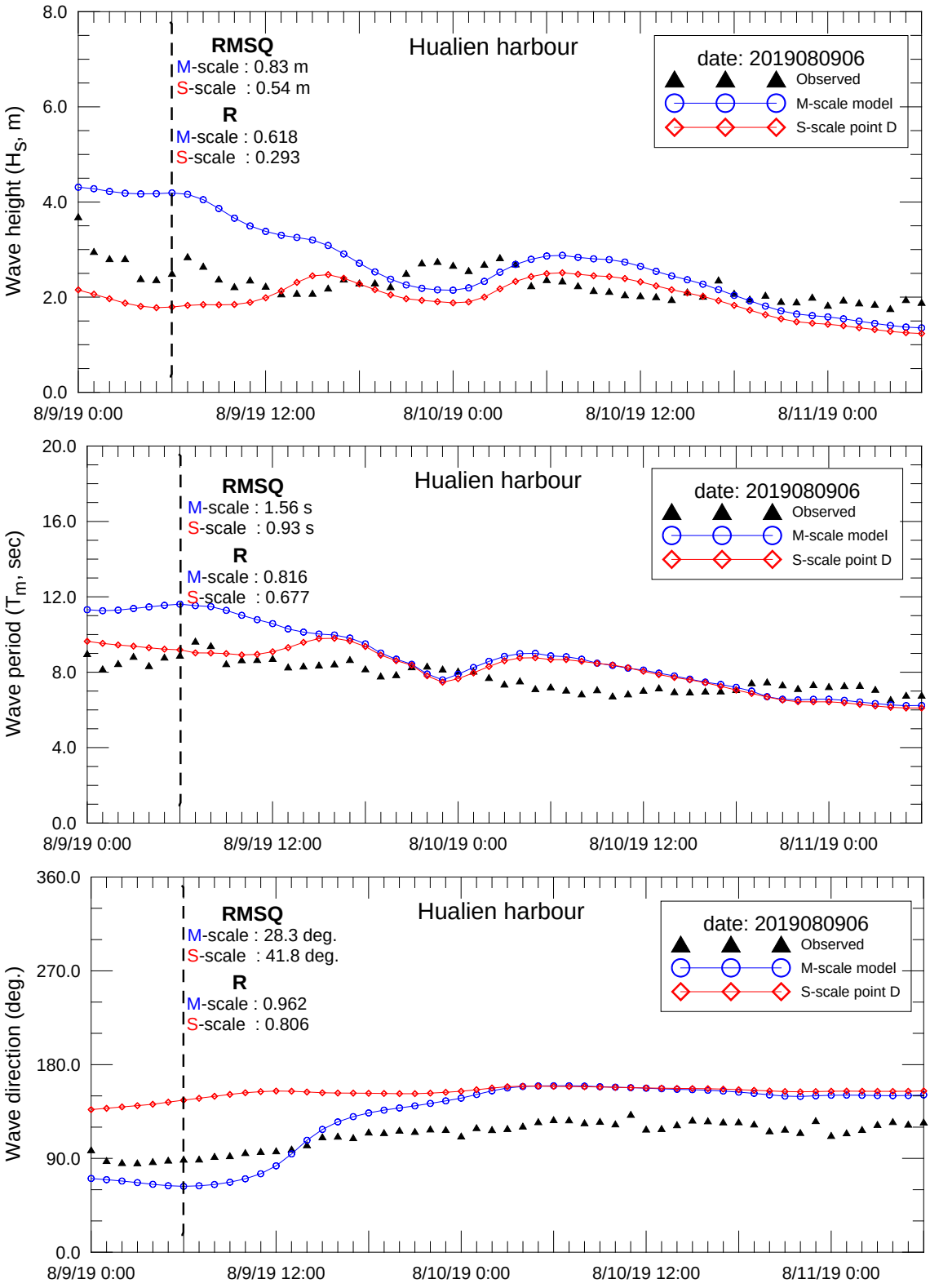


圖 7.33 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

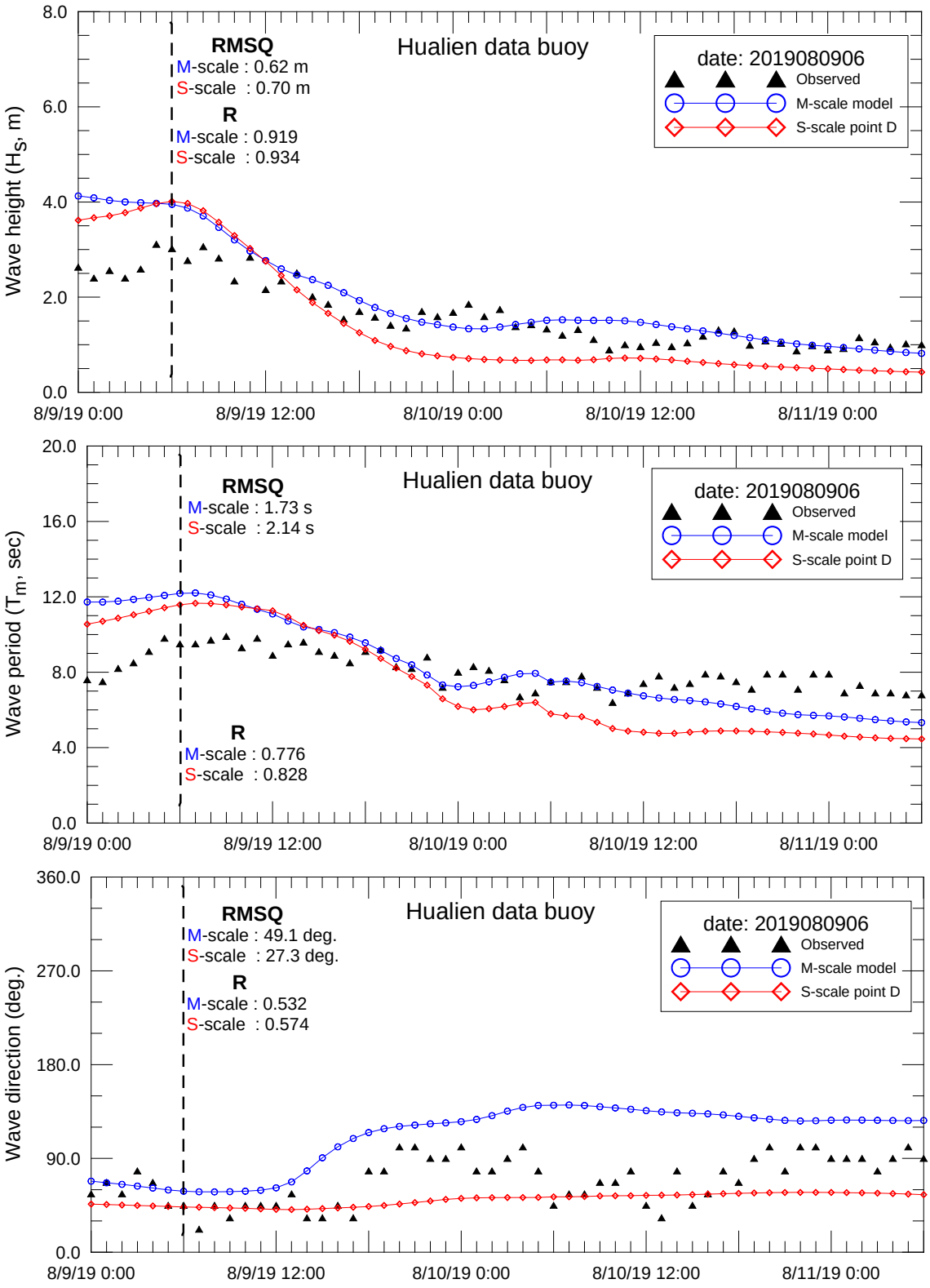


圖 7.34 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

7. 9 日 12 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.35 所示，颱風影響逐漸遠離。

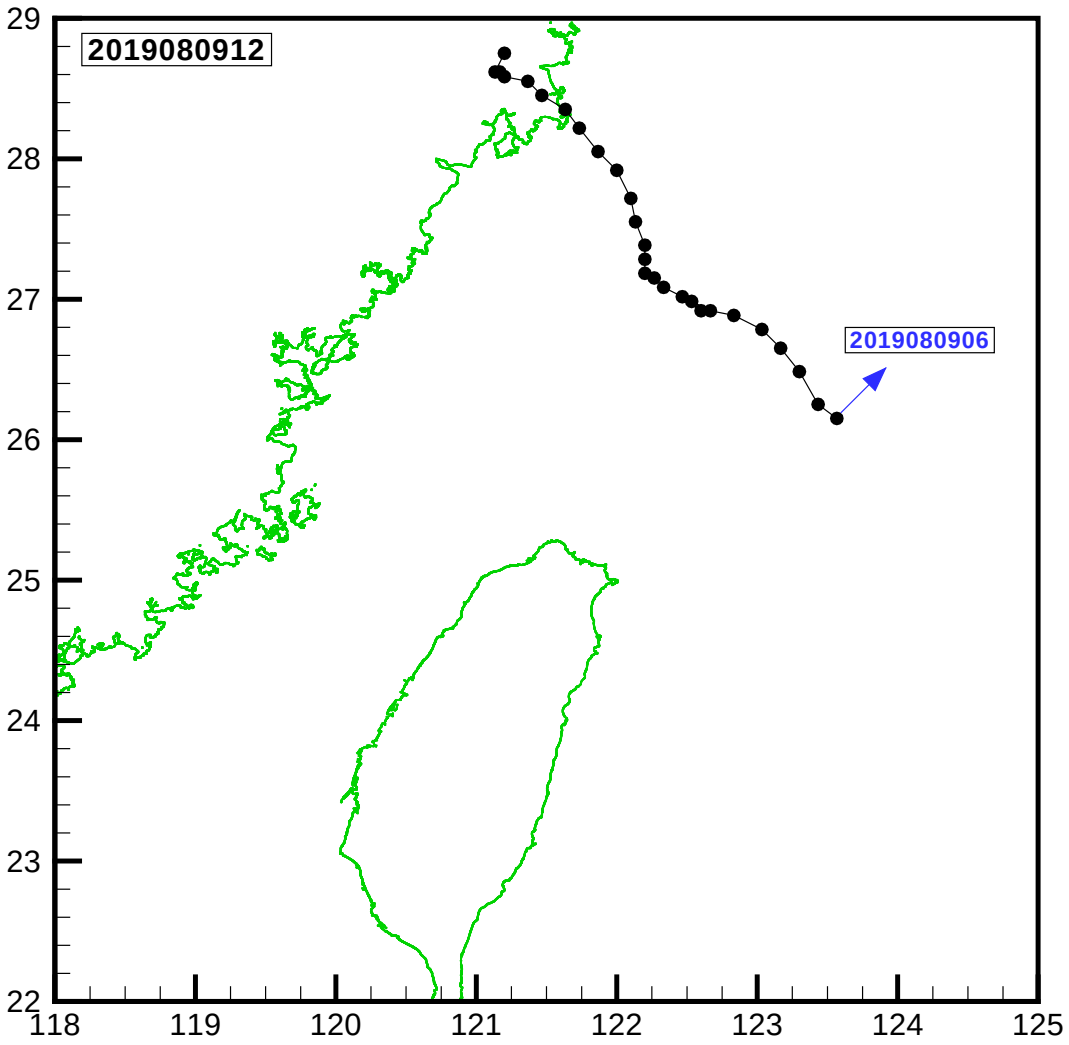


圖 7.35 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.36 所示，中、小尺度示性波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.31m 及 0.46m，R 值分別為 0.623 及 0.504。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.31s 及 0.87s， R 值分別為 0.815 及 0.806。小尺度模組平均波向預測值同樣變化不明顯，波向約為 150°左右；中尺度模組波向預測同樣呈現由 ESE 向(颱風接近階段)轉變成 150°左右(颱風遠離階段)。中、小尺度波向預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 28.8°及

39.4°，R 值分別約為 0.923 及 0.656，中尺度模組預測值與觀測值較接近。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.37 所示，中、小尺度示性波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別約為 0.37m 及 0.61m，R 值分別約為 0.924 及 0.921。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別 1.39m、2.05m，R 值分別約為 0.882、0.899。中、小尺度模組波向預測值與觀測值之 RMSQ 分別 54.3°、27.0°，R 值分別約為 0.537、0.478。

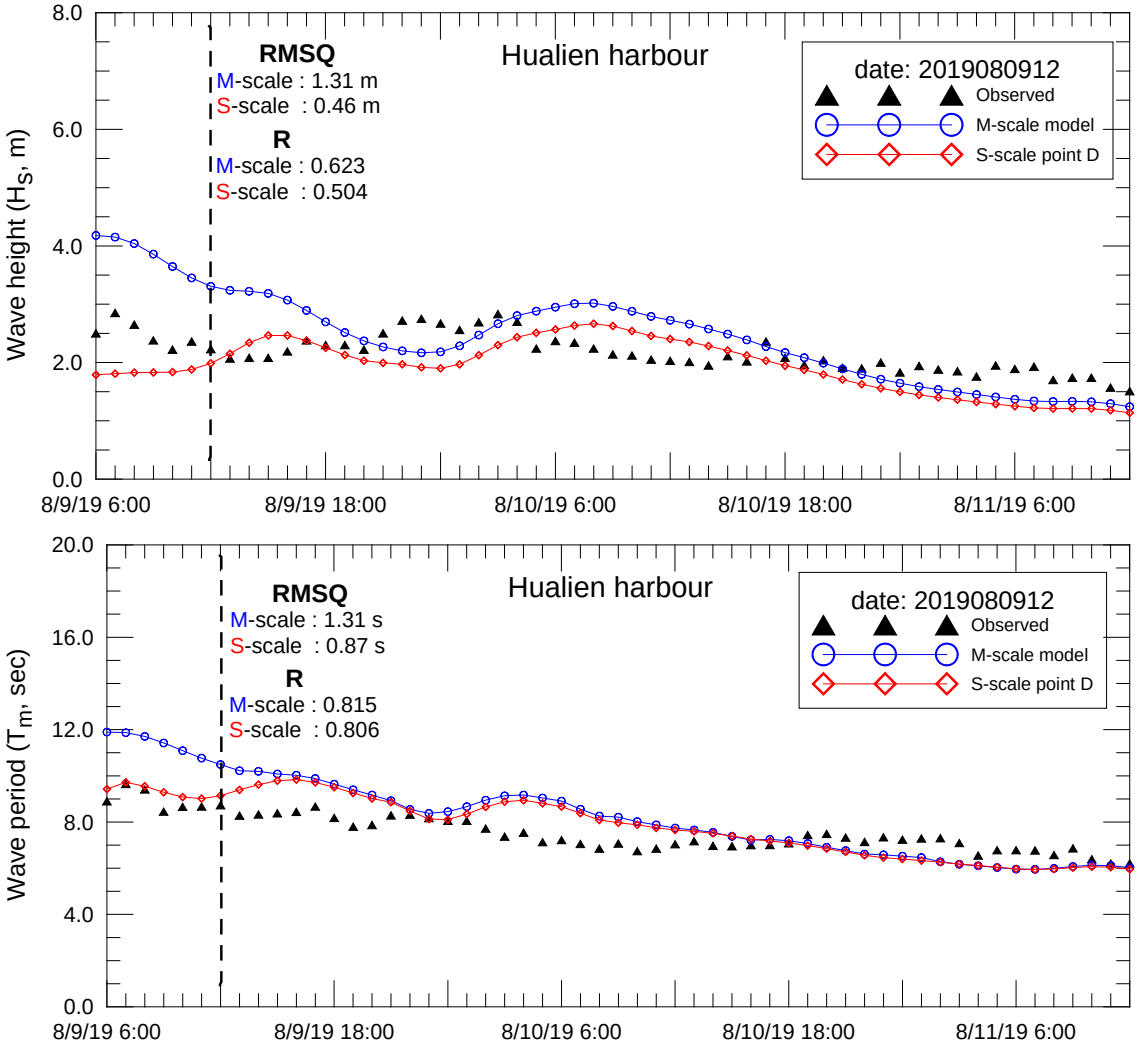


圖 7.36 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

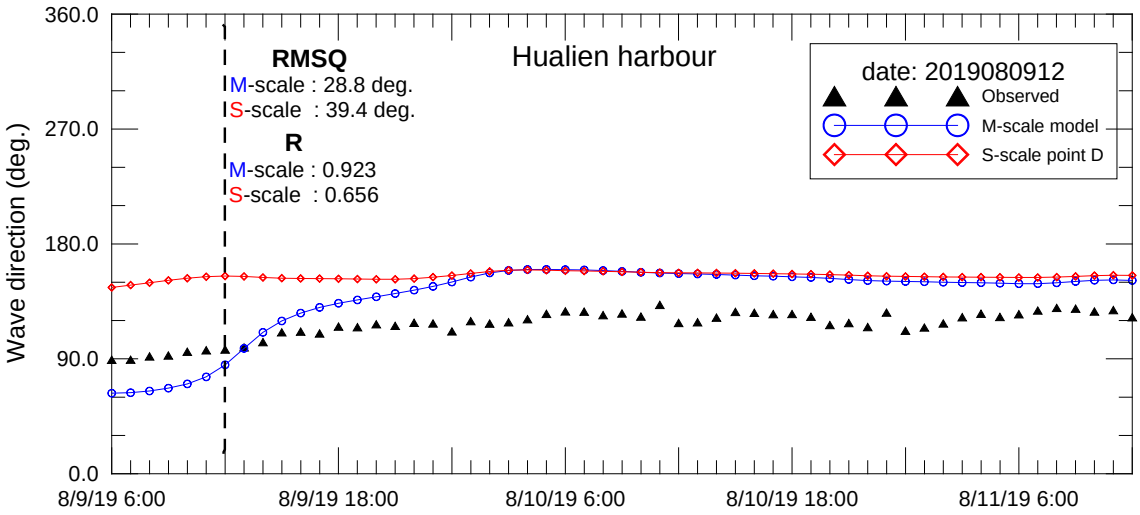


圖 7.36 (續)花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

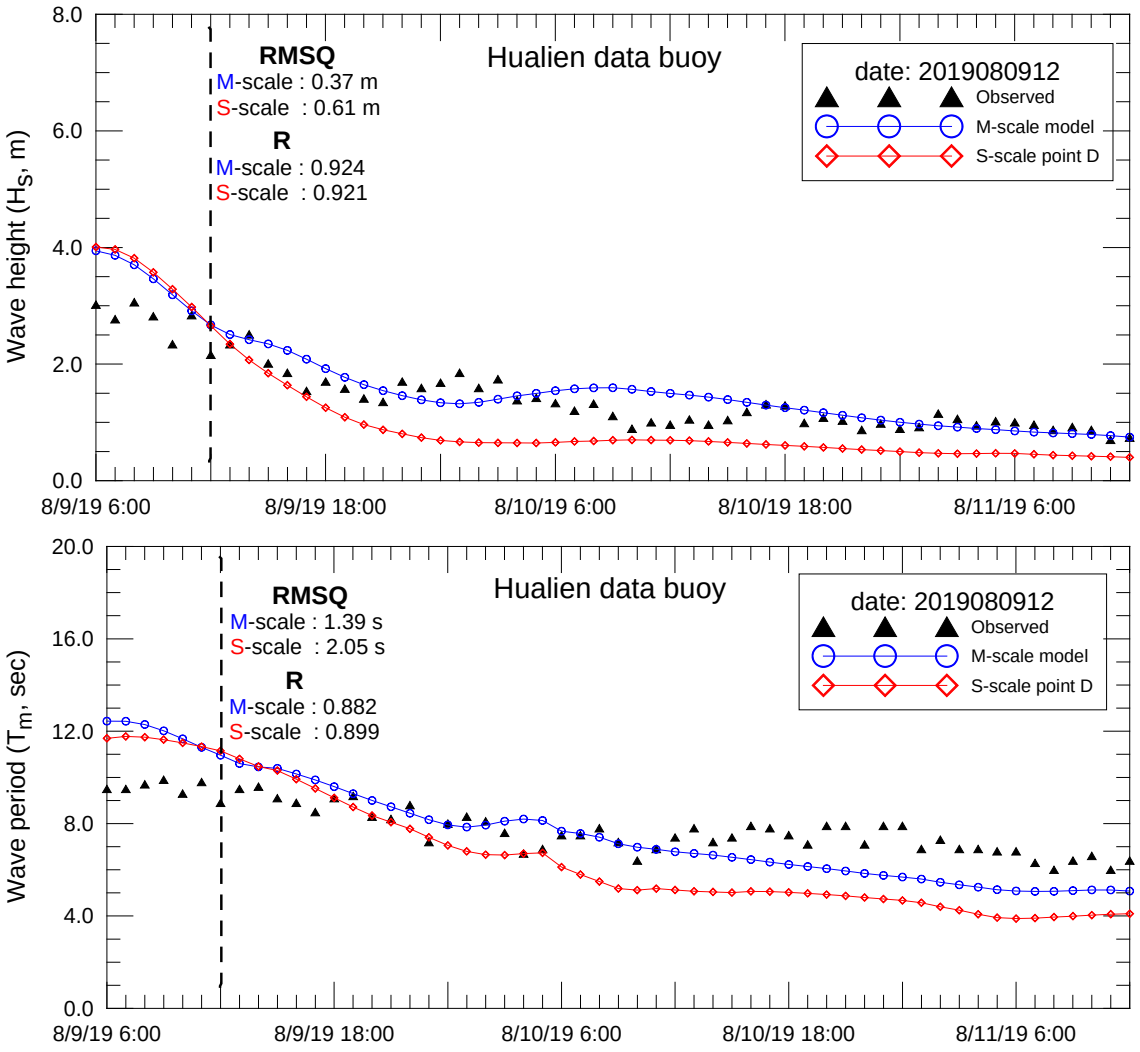


圖 7.37 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

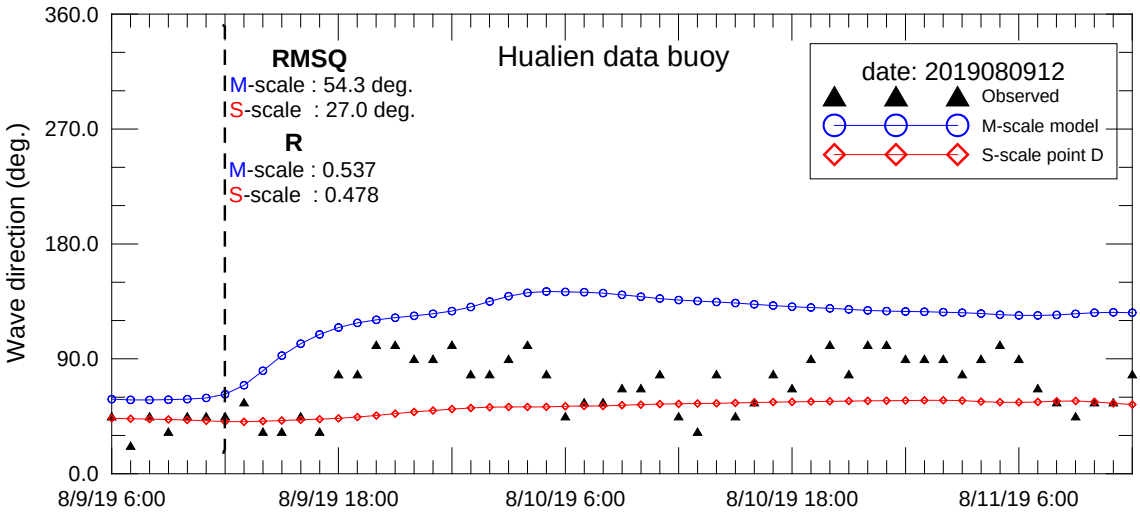


圖 7.37 (續)花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

8. 9 日 18 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.38 所示，顯示颱風逐漸遠離。

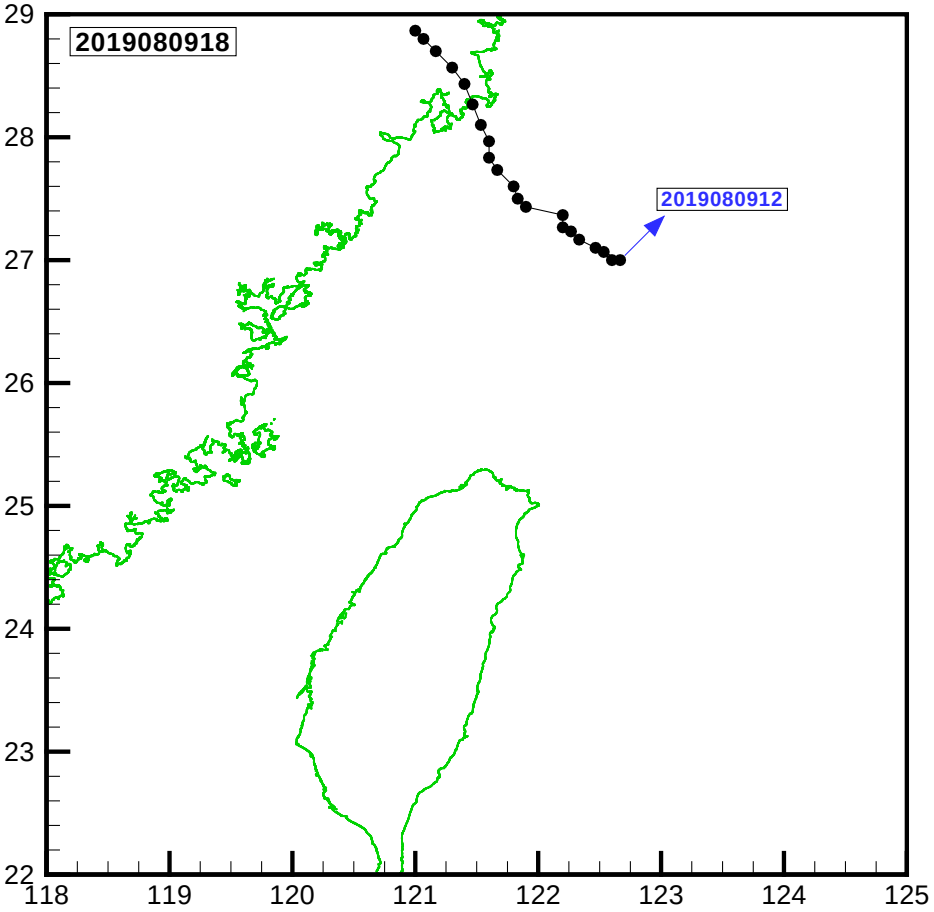


圖 7.38 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.39 所示，在颱風遠離階段，中、小尺度示性波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.14m 及 0.44m，R 值分別為 0.723 及 0.754。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.14s 及 0.97s， R 值分別為 0.836 及 0.830。在平均波向方面，小尺度模組波向預測值同樣變化不明顯，維持波向約為 SE 向；中尺度模組波向預測逐漸與小尺度預測趨勢一致，轉變成 SE 向。中、小尺度波向預測值與觀測值間，RMSQ 分別約為 28.5°及 36.1°，R 值分別約為 0.795 及 0.308，中尺度模組預測值仍與觀測值較接近。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.40 所示，在颱風遠離階段，中、小尺度示性波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別約為 0.28m 及 0.55m，R 值分別約為 0.862 及 0.835，呈現中尺度模組波高預測表現較佳。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別 1.38m、2.16m，R 值分別約為 0.824、0.816，小尺度平均週期預測值明顯低於觀測值與中尺度模組預測值。中尺度模組平均波向預測趨勢與 HLA 測站相近似，同樣呈現由 E~ESE 向(颱風接近階段)轉變成 SE 向(颱風遠離階段)；小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 NE 向。中、小尺度模組預測值與觀測值之 RMSQ 分別 57.4°、28.4°，R 值分別約為 0.300、0.237，誤差仍以小尺度模組表現較佳。

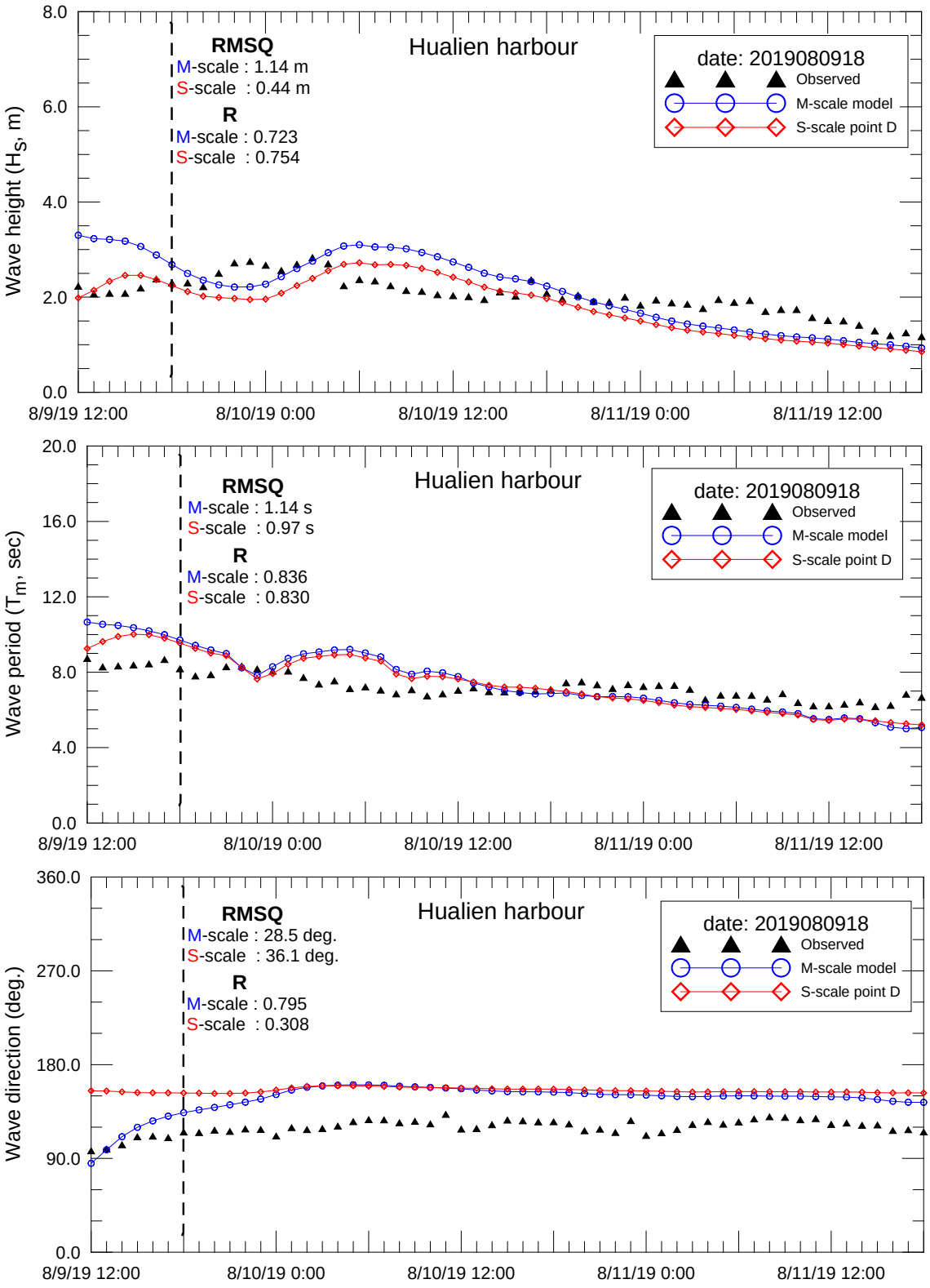


圖 7.39 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

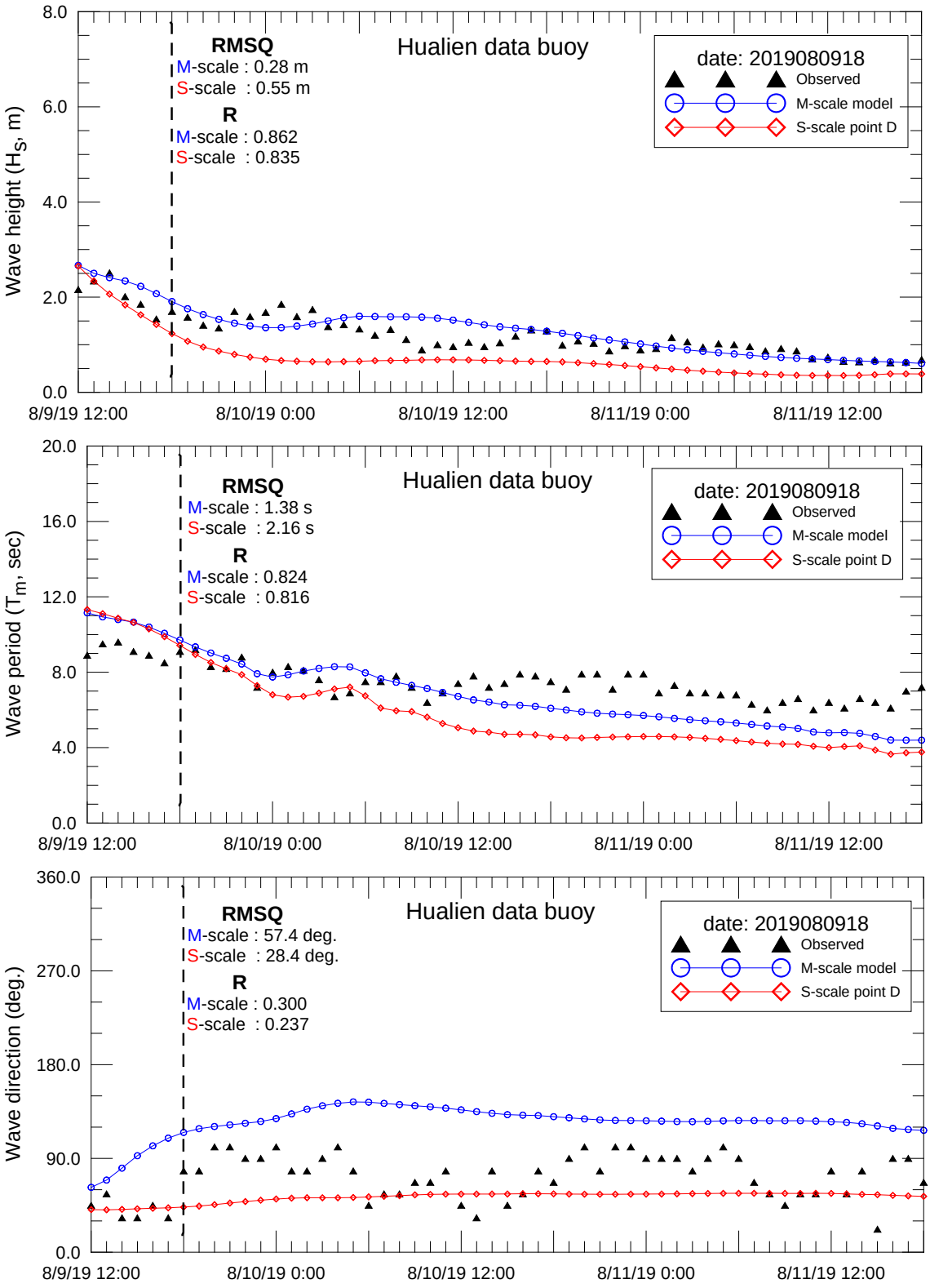


圖 7.40 花蓮海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

9. 10 日 0 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.41 所示。

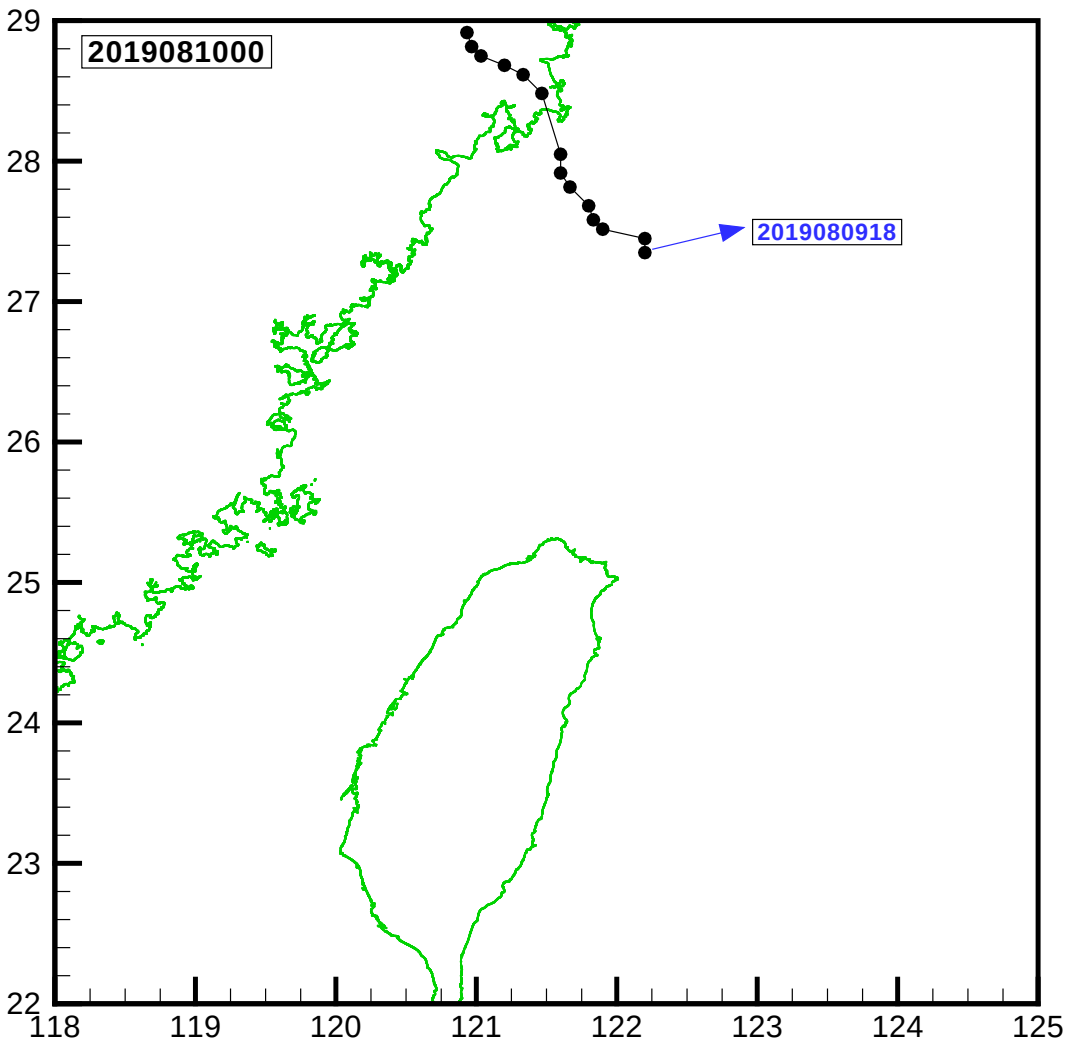


圖 7.41 花蓮海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化風場颱風中心位置圖

(2) HLA 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.42 所示，當颱風逐漸遠離後，中、小尺度預測值漸趨一致。中、小尺度示性波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 0.40m 及 0.42m，R 值分別為 0.838 及 0.834。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.18s 及 1.11s， R 值分別為 0.593 及 0.584。在平均波向方面，小尺度模組波向預測值同樣變化不明顯，維持波向約為 150°方向；同樣，中尺度模組波向預測逐漸與小尺度預測趨勢一致。中、小尺度波向預測值與觀測值間 RMSQ 分別約為 30.1°及 35.3°，R 值分別約為 0.588 及 0.461，仍以中尺度模組預測值與觀測值較接近。

(3) HLB 測站模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.43 所示，當颱風遠離後，除平均波向外，中、小尺度示性波高、平均週期預測趨勢之差值逐漸變小。中、小尺度示性波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別約為 0.24m 及 0.54m，R 值分別約為 0.798 及 0.727，以中尺度模組波高預測表現較佳；小尺度模組波高預測值表現低於中尺度模組預測值及觀測值。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別 1.43m、2.22m，R 值分別約為 0.758、0.751，小尺度平均週期預測值同樣呈現低於觀測值與中尺度模組預測值。中尺度模組平均波向預測趨勢同樣偏向 SE 向，小尺度模組波向預測值變化同樣不明顯，波向值約為 NE 向，明顯與中尺度模組預測趨勢有所不同。中、小尺度模組預測值與觀測值之 RMSQ 分別 56.4°、28.9°，誤差仍以小尺度模組表現較佳；相關係數均呈現負值，代表二者預測趨勢均與觀測值相關性低。

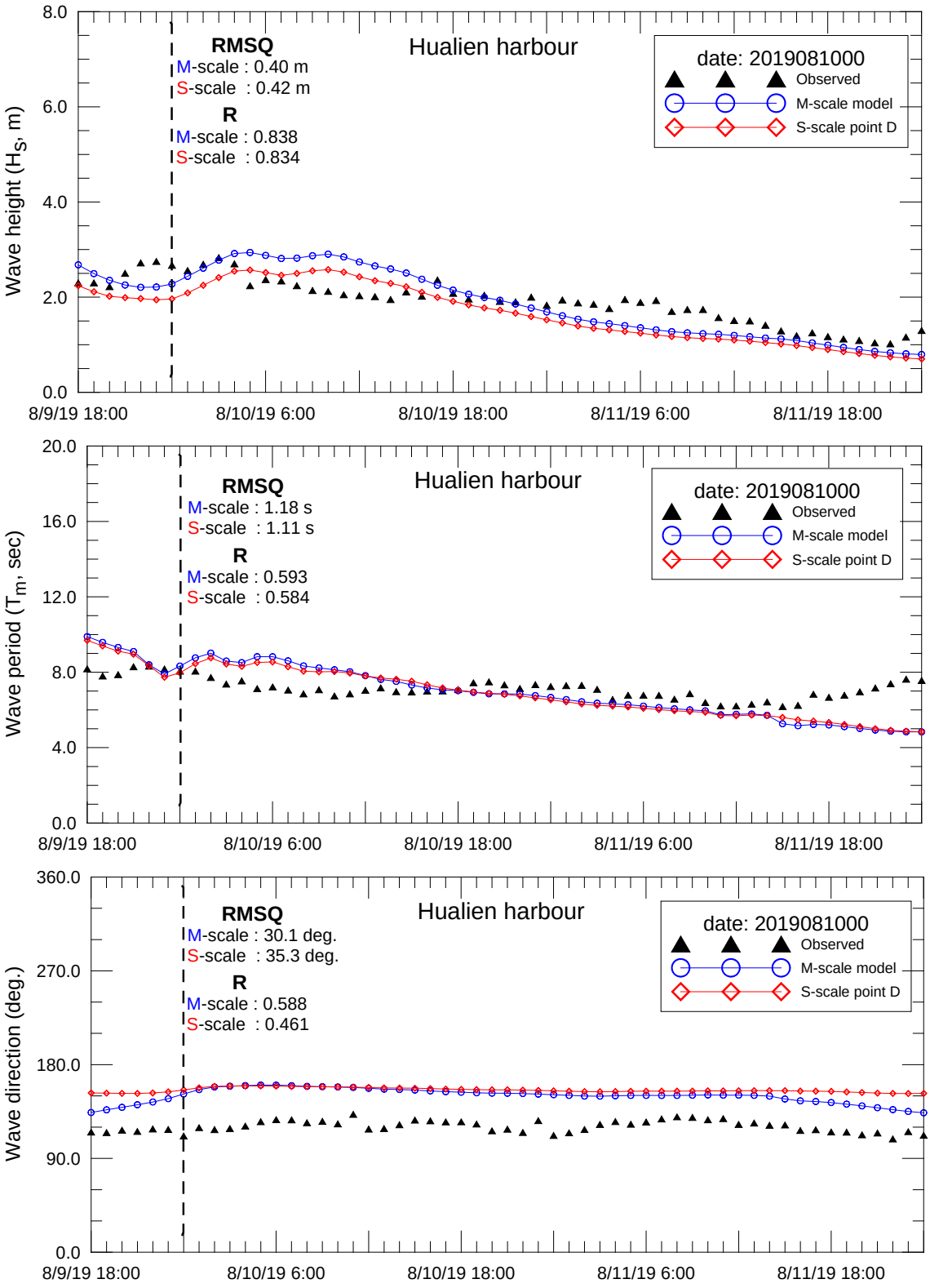


圖 7.42 花蓮海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮港 HLA 測站預測值與觀測值比較圖

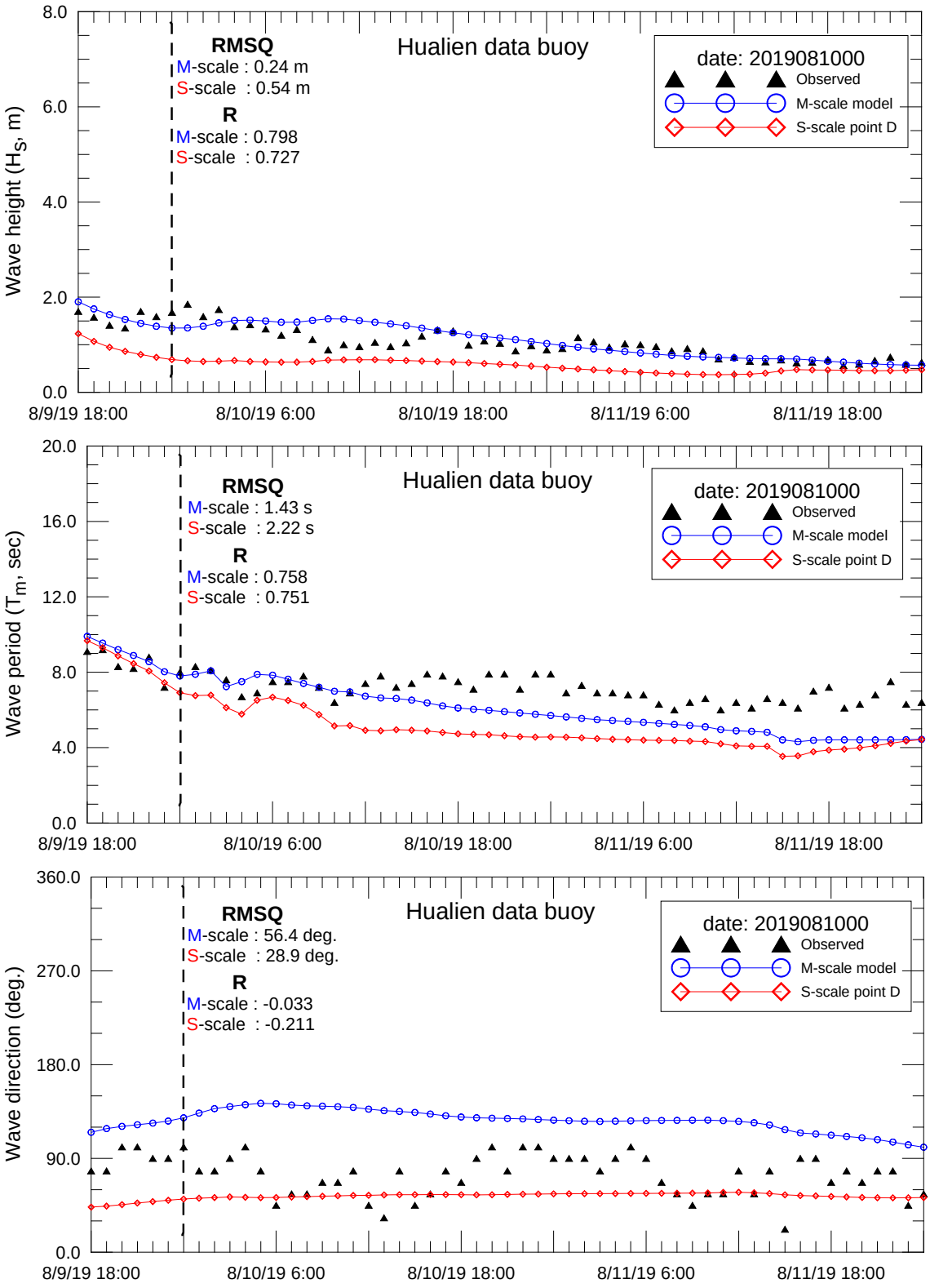


圖 7.43 花蓮海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組花蓮浮標 HLB 測站預測值與觀測值比較圖

7.5.2 蘇澳港

本計畫東部海域小尺度蘇澳海域風浪模組規劃之輸出點位，包括蘇澳港 AWAC 測站(SAA)、蘇澳浮標測站(SAB)及、龜山島浮標測站(GSD)、龍洞浮標測站(LDB)等，如圖 7.44 所示。

本計畫同樣綜整 8 日 0 時至 10 日 0 時每 6 小時預測模擬結果，選取中、小尺度模組於蘇澳港外 SAA 測站與蘇澳浮標測站 SAB 模擬值分別與觀測值進行比較分析。針對每報比對分析結果分述如下：

1. 8 日 0 時第一報：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.17 所示，顯示預測風場颱風中心位置出現在風場範圍內時間為 8 日 23 時。

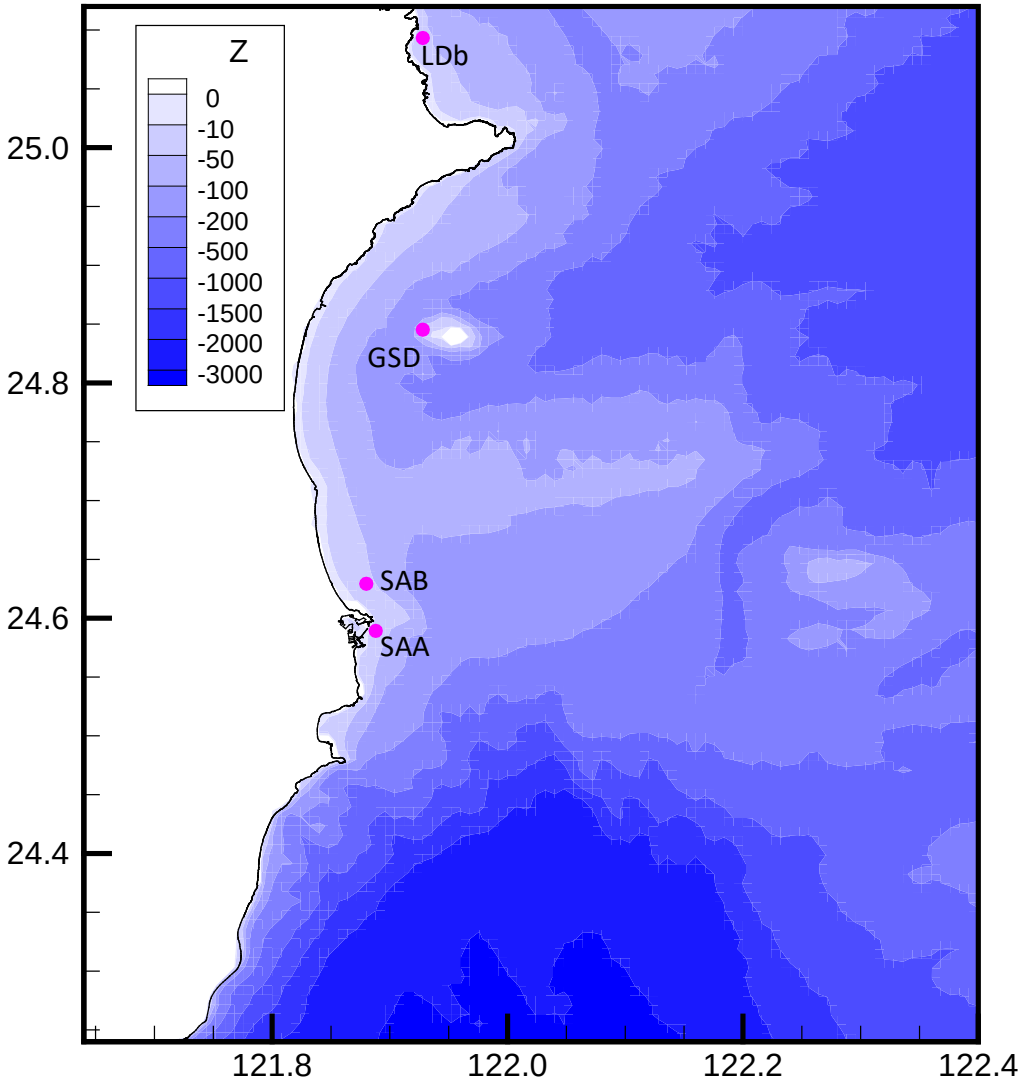


圖 7.44 小尺度蘇澳海域風浪模組模擬結果輸出點位圖

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果如圖 7.45 所示，比對結果顯示：本計畫中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢高度一致，其中示性波高預測趨勢在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，最大值約出現在 9 日 6 時左右；由於 SAA 測站示性波高觀測值不僅未隨颱風接近時期(階段)呈現上升狀，反而呈現忽大忽小之波動狀；因此示性波高預測趨勢與觀測值呈現相當大的差異性。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 1.31m 及 1.29m，相關係數 R 值分別約為 0.351 及 0.405，顯示中、小尺度模組模擬結果差異不明顯。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.74s 及 1.07s，R 值分別為 0.512 及 0.482，誤差分析以小尺度模組較佳，相關係數以中尺度模組表現略佳，呈現出不一致的現象。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間 RMSQ 約為 23.3°及 26.1°、R 值分別約為 0.148 及 0.084，呈現與觀測值低度相關，此分析結果研判是否受到觀測值有部份時段波向出現異常之影響。

(3) SAB 測站預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.46 所示，比對結果呈現出，中、小尺度示性波高變化趨勢相似，惟小尺度示性波高整體呈現偏高狀。在颱風接近時期(階段)，中、小尺度示性波高呈現上升趨勢，最大值約出現在 9 日 6 時左右，此與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符。在整體趨勢上，小尺度示性波高呈現偏高現象，因此，小尺度模組預測值 RMSQ 達 1.08m，明顯高於中尺度模組預測值 RMSQ 之 0.61m；相關係數 R 值分別約為 0.838 及 0.846，二者差異不明顯。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.84s 及 1.31s，R 值分別為 0.686 及 0.688，誤差分析以小尺度模組較佳，相關係數則差異不明顯。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 36.9°及 19.2°、R 值分別約為-0.092 及 0.501，整體上，以小尺度模組表現較佳。

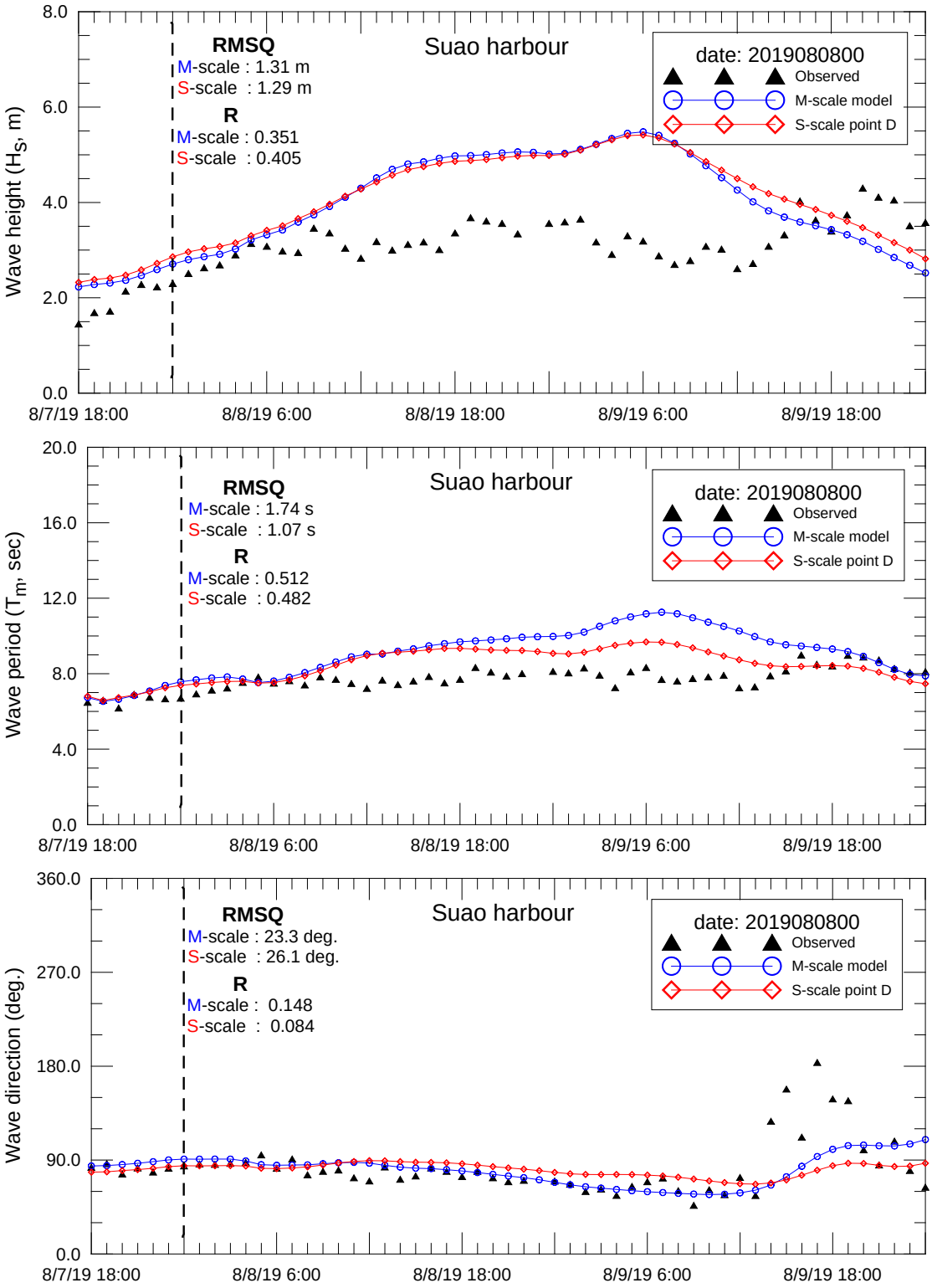


圖 7.45 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

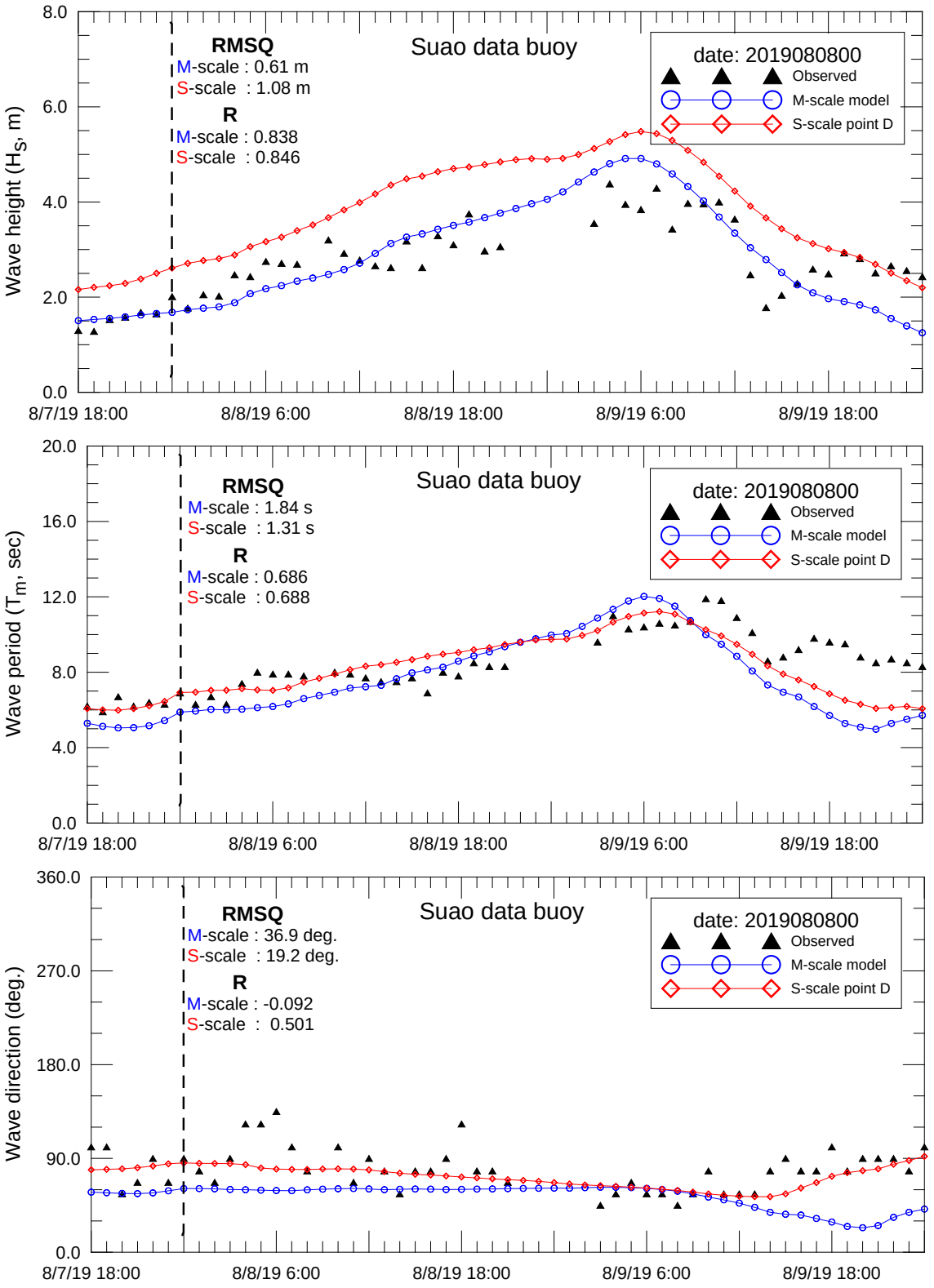


圖 7.46 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

2. 8 日 6 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.20 所示，顯示預測風場颱風中心位置出現在風場範圍內時間修正延後至 9 日 0 時。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.47 所示，比對結果顯示：中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢仍與前一報相似，均呈現高度相似性；其中示性波高預測趨勢在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，最大值約出現在 9 日 4~5 時左右。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 1.40m 及 1.36m，相關係數 R 值分別約為 0.052 及 0.120，顯示中、小尺度模組模擬結果差異不明顯且與觀測值間呈現低度相關，同樣與示性波高觀測值未隨颱風接近時期(階段)呈現上升狀，反而呈現忽大忽小之波動狀有關。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.89s 及 1.19s，R 值分別為 0.265 及 0.127，誤差分析以小尺度模組較佳，相關係數以中尺度模組表現略優，同樣呈現出不一致的現象。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 31.4°及 33.1°、R 值分別約為 0.283 及 0.023，呈現與觀測值低度相關，其中，中尺度模組 R 值相較於前一報，略微回升，但小尺度模組 R 值呈現下滑現象。

(3) SAB 測站預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.48 所示，同樣呈現中、小尺度示性波高變化趨勢相似，但小尺度示性波高明顯呈現偏高狀況。即颱風接近時期(階段)示性波高預測趨勢呈現上升狀，最大值約出現在 9 日 6 時左右，與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 0.70m 及 1.24m，相關係數 R 值分別約為 0.805 及 0.769，小尺度模組預測波高值仍高於中尺度模組及觀測值，相關係數差異性雖不明顯，但差值略微擴大。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.50s 及 1.11s，R 值分別為 0.770 及 0.724，相較於前一報，誤差值均略微縮小，相關係數值均略微上升，此與颱風遠離階段修正預測值與觀測值誤差縮小有關。中、小尺度模組平均波向預測值

與觀測值間 RMSQ 約為 39.9°及 22.3°、R 值分別約為-0.300 及 0.463，整體上，以仍小尺度模組表現較佳。

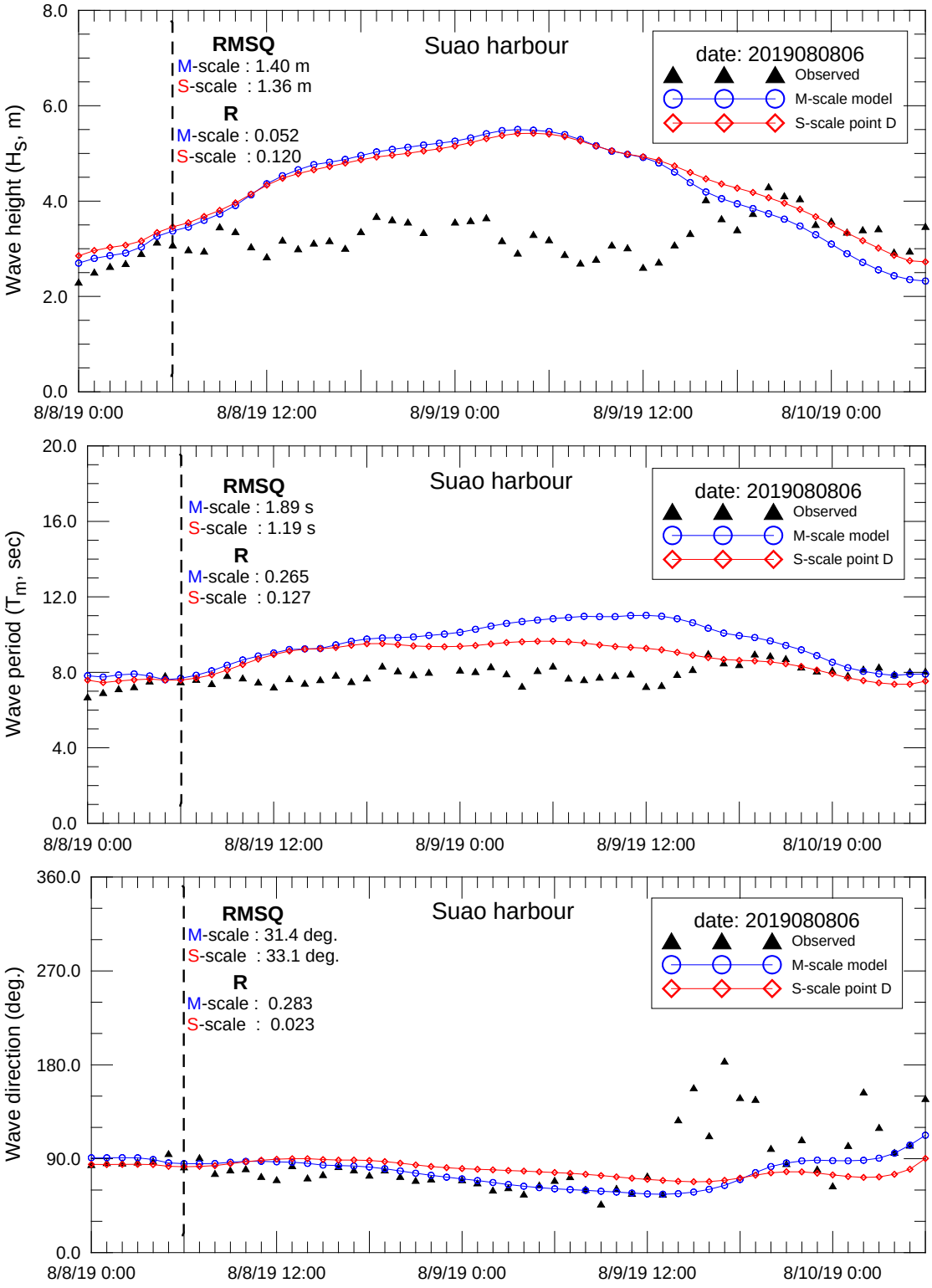


圖 7.47 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

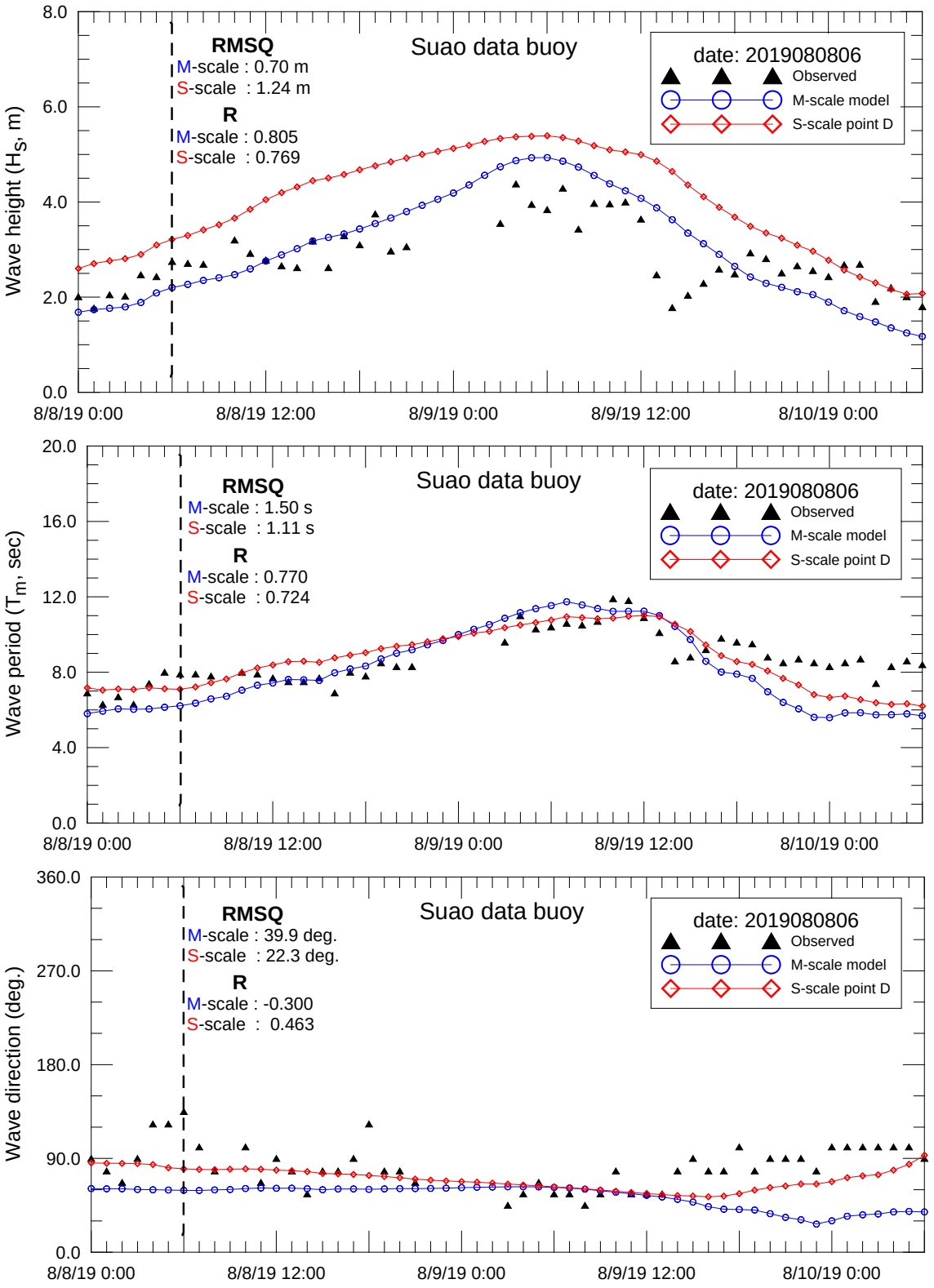


圖 7.48 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

3. 8 日 12 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.23 所示，顯示預測風場颱風中心位置出現在風場範圍內時間，再度修正為 8 日 19 時。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.49 所示，中、小尺度模組之示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢與前一報同樣高度相似，其中示性波高預測趨勢在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，最大值出現修正為 9 日 4 時左右。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 1.48m 及 1.44m，相關係數 R 值分別約為-0.271 及-0.288，相關係數呈現負值應受到示性波高觀測值未隨颱風接近時期(階段)呈現上升狀，反而呈現忽大忽小波動狀影響所致。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.85s 及 1.21s，R 值分別為-0.112 及-0.113，小尺度模組誤差值雖增加，但仍較略優於中尺度模組預測值，相關係數則均呈現負相關現象。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 26.0°及 27.3°、R 值分別約為 0.205 及 0.192；相較於前一報，相關係數呈現略微回升現象。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.50 所示，同樣呈現中、小尺度示性波高變化趨勢與前一報相似，小尺度示性波高仍明顯呈現偏高狀。颱風接近時期(階段)示性波高預測趨勢呈現上升狀，此與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符，最大值略微提前在 9 日 4 或 5 時左右。在颱風遠離階段，小尺度模組波高預測值與觀測值較相近，中尺度模組波高預測值表現低於觀測值。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 0.98m 及 1.06m，相關係數 R 值分別約為 0.846 及 0.833，二者相關係數值差異不明顯。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 2.43s 及 1.65s，R 值分別為 0.559 及 0.537，相較於前一報，誤差值均呈現變大現象，相關係數值亦呈現下降結果。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間 RMSQ 約為 37.1°及 20.8°、R 值分別約為 0.204 及 0.193。

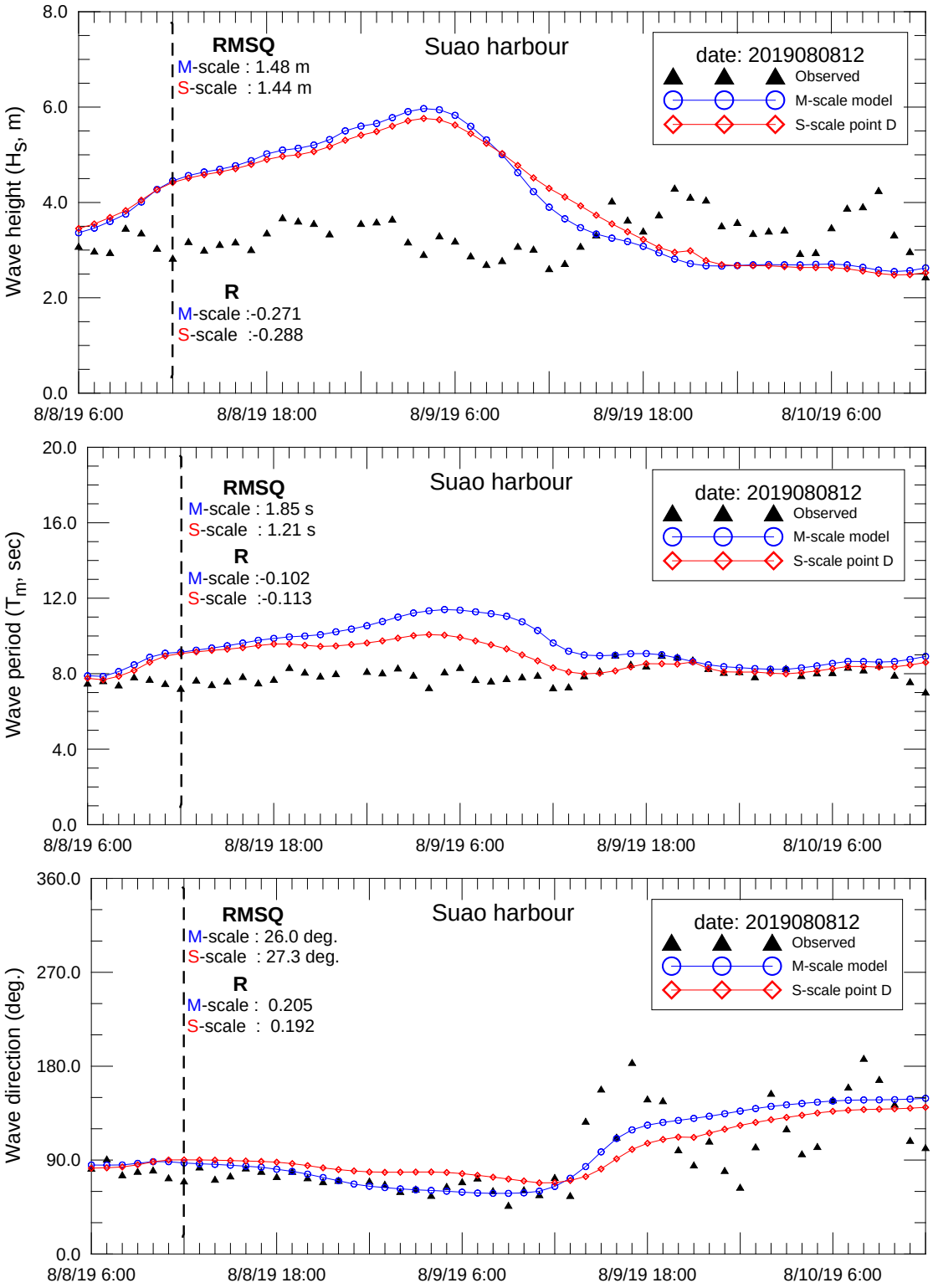


圖 7.49 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

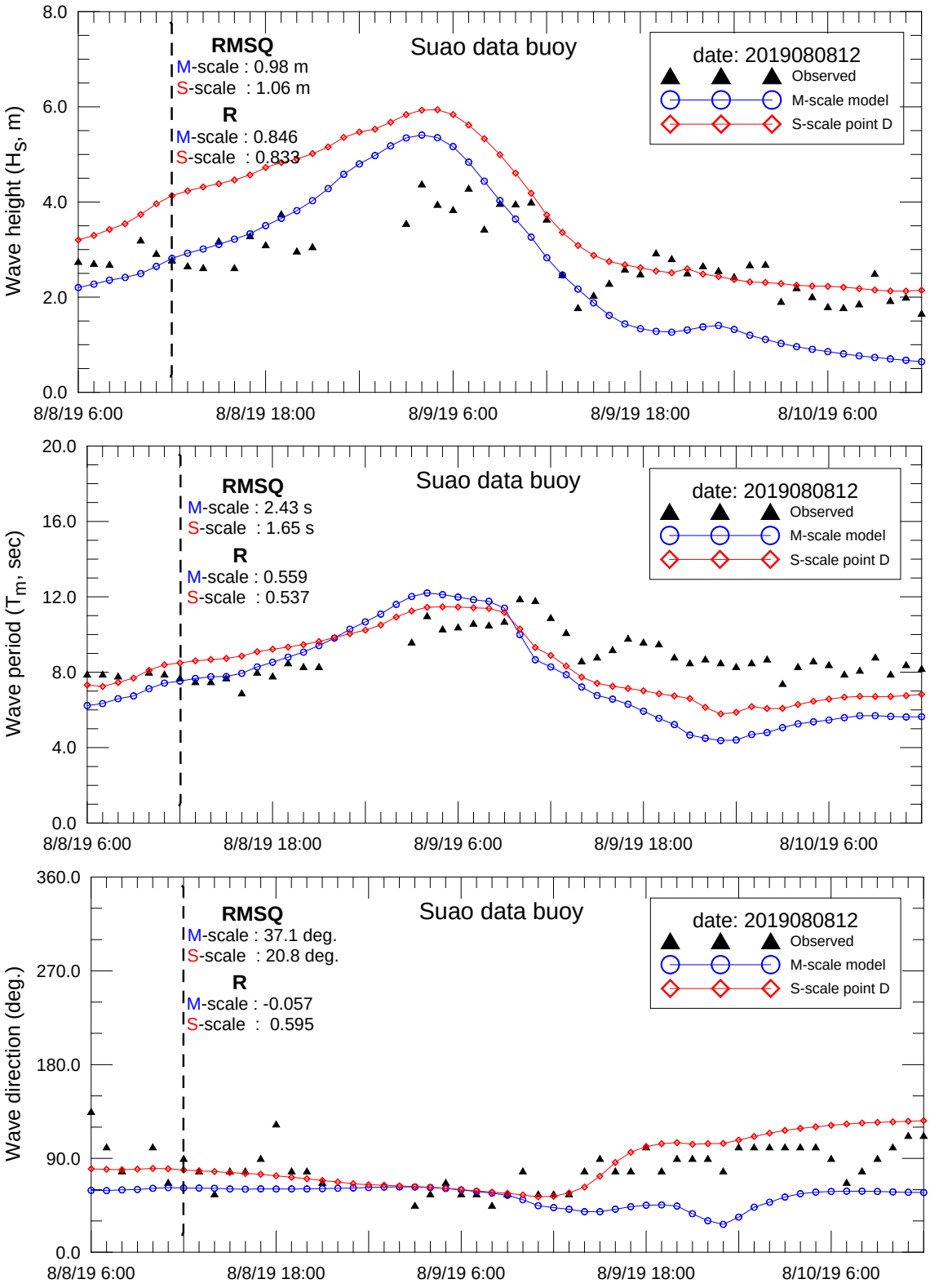


圖 7.50 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

4. 8 日 18 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.26 所示，顯示預測風場颱風中心位置出現在風場範圍內時間再次修正為 8 日 21 時。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.51 所示，比對結果顯示：本計畫中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢呈現高度相似性，其中示性波高預測趨勢在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，最大值出現時間維持約為 9 日 4 時左右。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，均方根誤差分別為 1.45m 及 1.43m，差距持續縮小中，二者與觀測值相關係數 R 值分別約為 0.025 及 0.044，仍屬低度相關狀。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.99s 及 1.25s，相較於前一報誤差略微擴大，R 值分別為-0.045 及-0.124，相關係數仍呈現負相關狀。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 34.2°及 33.3°，R 值分別約為 0.204 及 0.193，與前一報相關係數變化不明顯。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.52 所示，在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，示性波高預測趨勢最大值約出現在 9 日 4 或 5 時左右，此與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符。整體上，在颱風接近階段小尺度模組波高預測值大於中尺度預測值及觀測值，颱風遠離階段小尺度模組波高預測值與觀測值相近，中尺度模組波高預測值低於觀測值。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，均方根誤差分別為 1.04m 及 1.06m，相關係數 R 值分別約為 0.856 及 0.843，二者均方根誤差與相關係數值呈現差異性不明顯。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 2.34s 及 1.52s，R 值分別為 0.559 及 0.537，相較於前一報，誤差值均呈現變大現象，相關係數值亦呈現下降結果。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 37.1°及 20.8°、R 值分別約為 0.204 及 0.193。

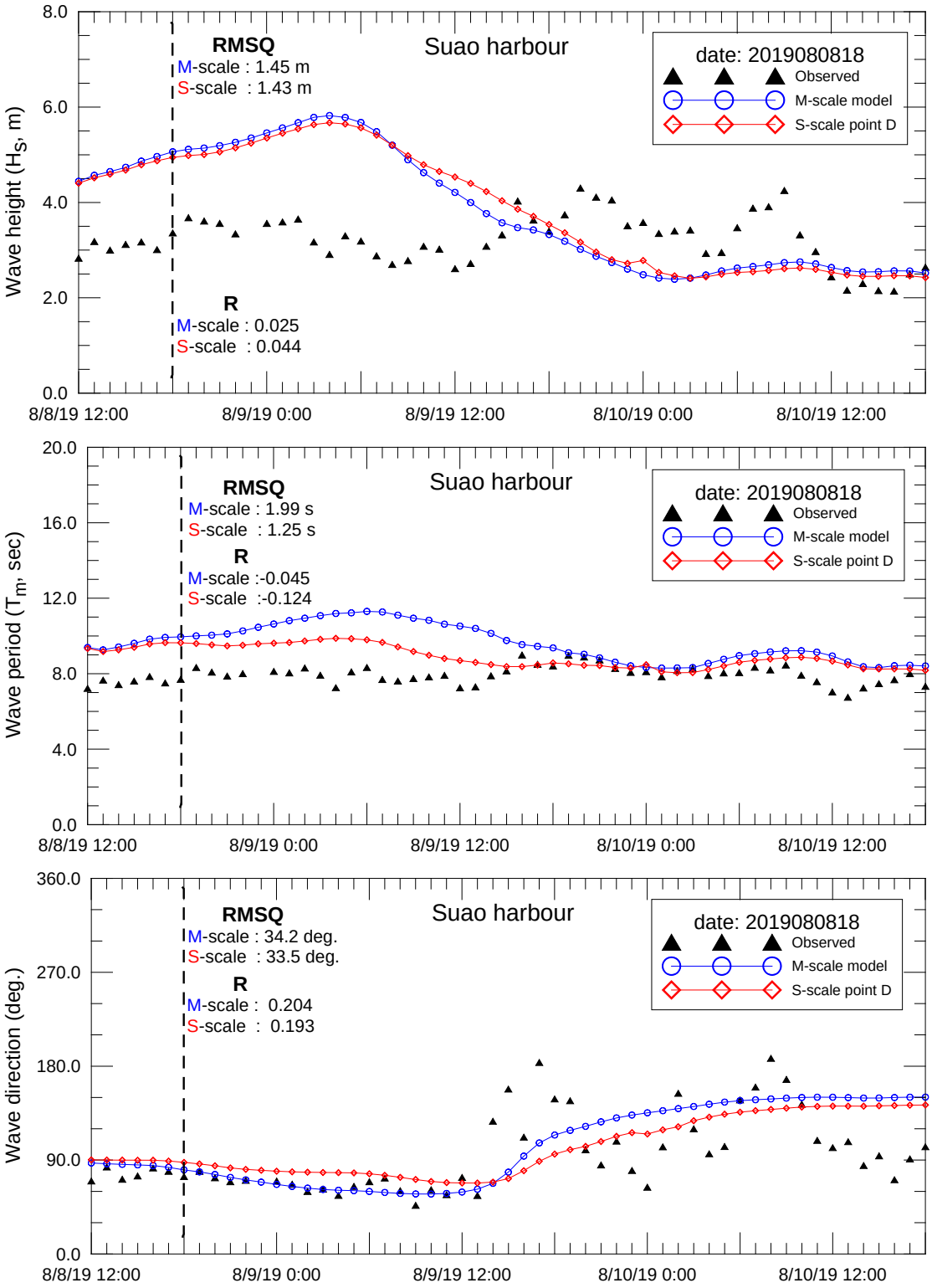


圖 7.51 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

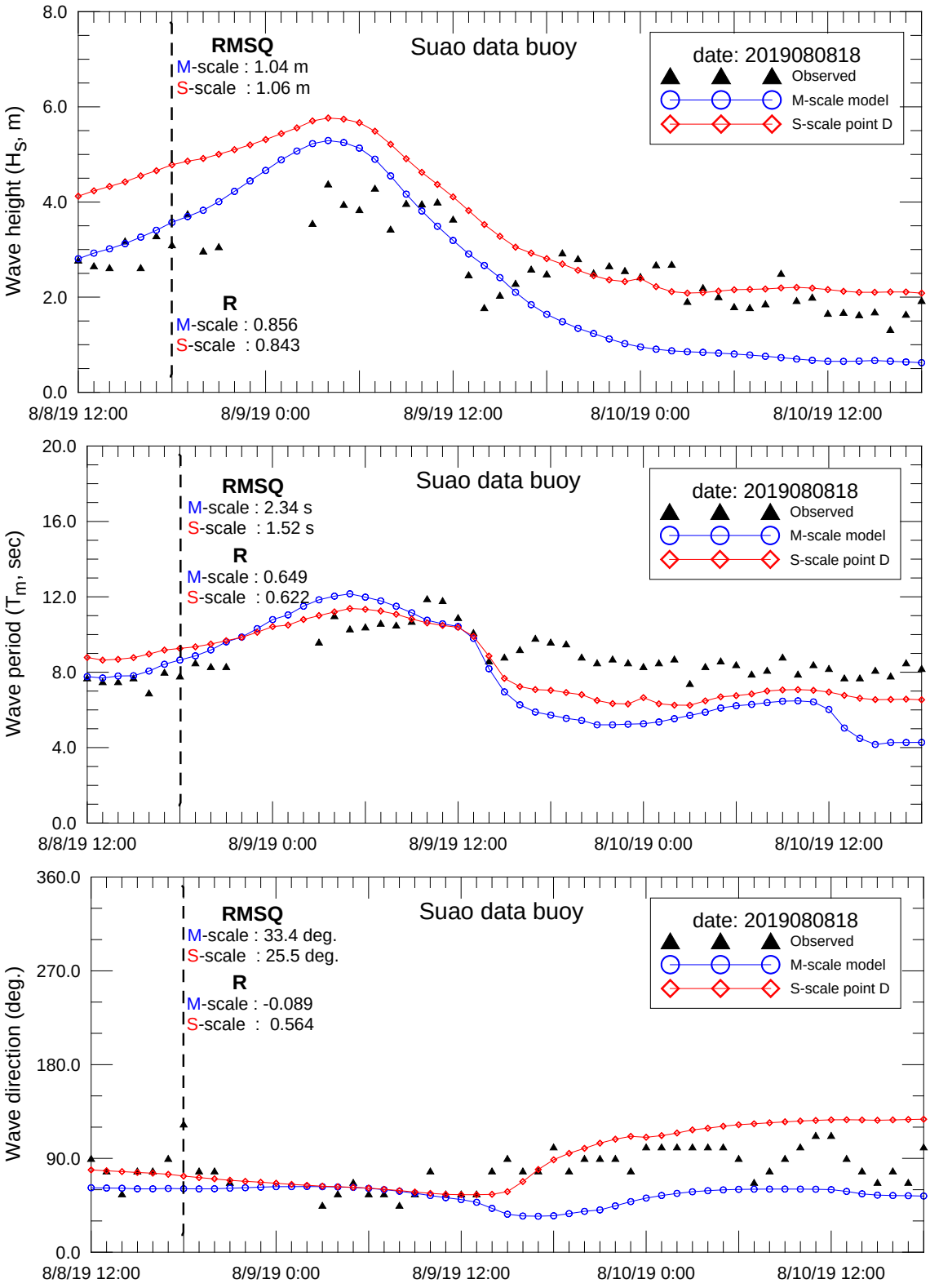


圖 7.52 蘇澳海域風浪模擬子系統 8 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

5. 9 日 0 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.29 所示，顯示預測風場颱風中心位置出現在風場範圍內時間為 8 日 21 時。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果如圖 7.53 所示，同樣顯示本計畫中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢同樣呈現高度相似，其中示性波高預測趨勢在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，最大值出現在 9 日 4 時左右。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 1.32m 及 1.32m，相關係數 R 值分別約為 0.290 及 0.288，與觀測值相關性略微增加。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間 RMSQ 分別為 1.83s 及 1.07s，R 值分別為 0.139 及 0.257，小尺度模組預測誤差仍小於中尺度模組預測誤差，相關係數恢復為正相關。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間 RMSQ 約為 34.9°及 33.3°、R 值分別約為 0.227 及 0.216。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果如圖 7.54 所示，同樣呈現在颱風接近時期(階段)示性波高預測趨勢呈現上升趨勢，最大值約出現在 9 日 4 時左右，此與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符。在颱風遠離後小尺度模組波高預測值仍與觀測值相近，中尺度模組波高預測值與觀測值偏差略微擴大。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間均方根誤差分別為 1.12m 及 0.84m，小尺度模組波高預測值誤差較小；相關係數 R 值分別約為 0.865 及 0.886，二者相關係數值差異不明顯。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間 RMSQ 分別為 2.48s 及 1.65s，R 值分別為 0.796 及 0.770，相較於前一報，誤差值均呈現下修現象，相關係數值則呈現上升結果。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間 RMSQ 約為 32.8°及 27.0°、R 值分別約為 0.087 及 0.644。

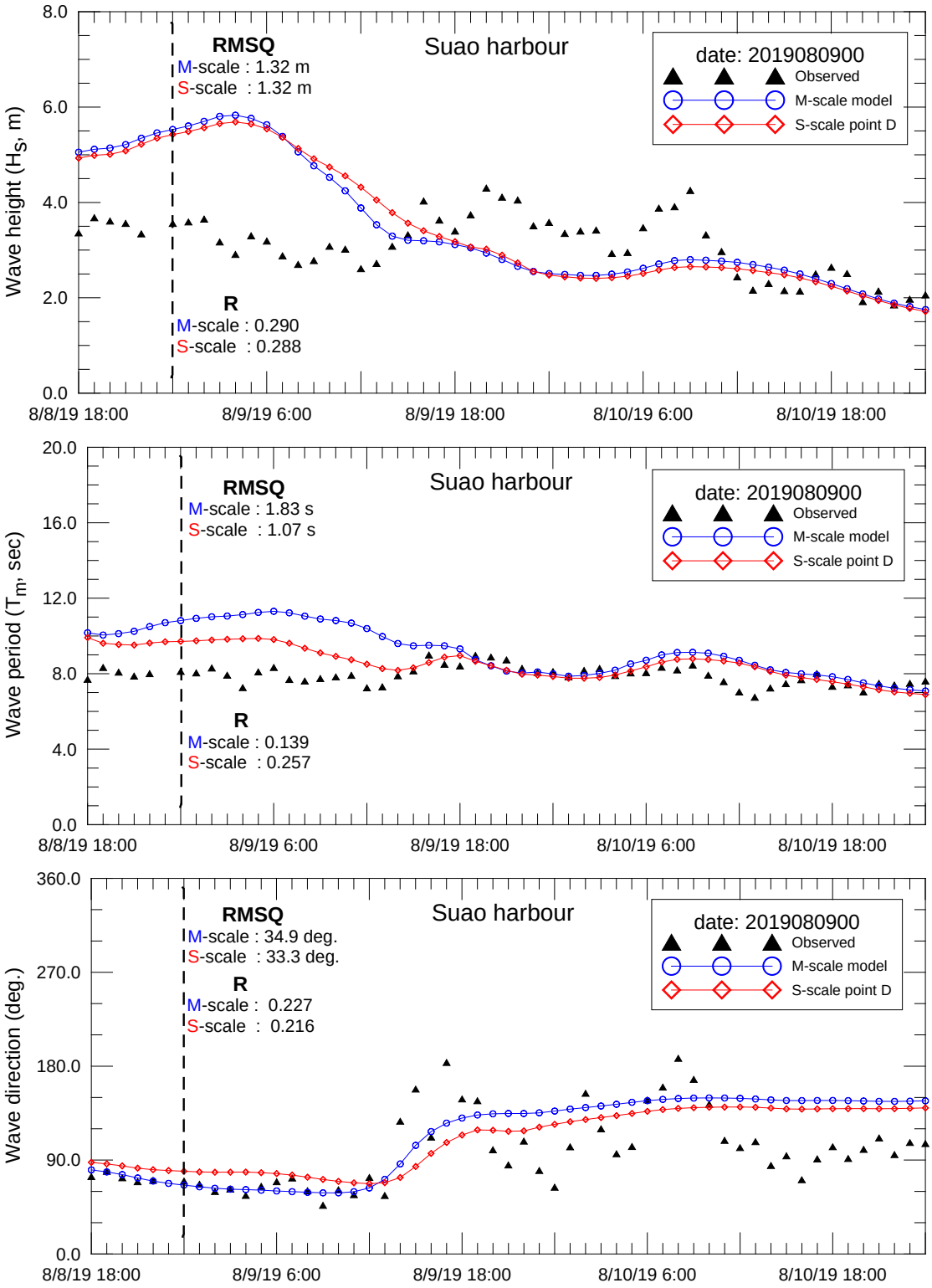


圖 7.53 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

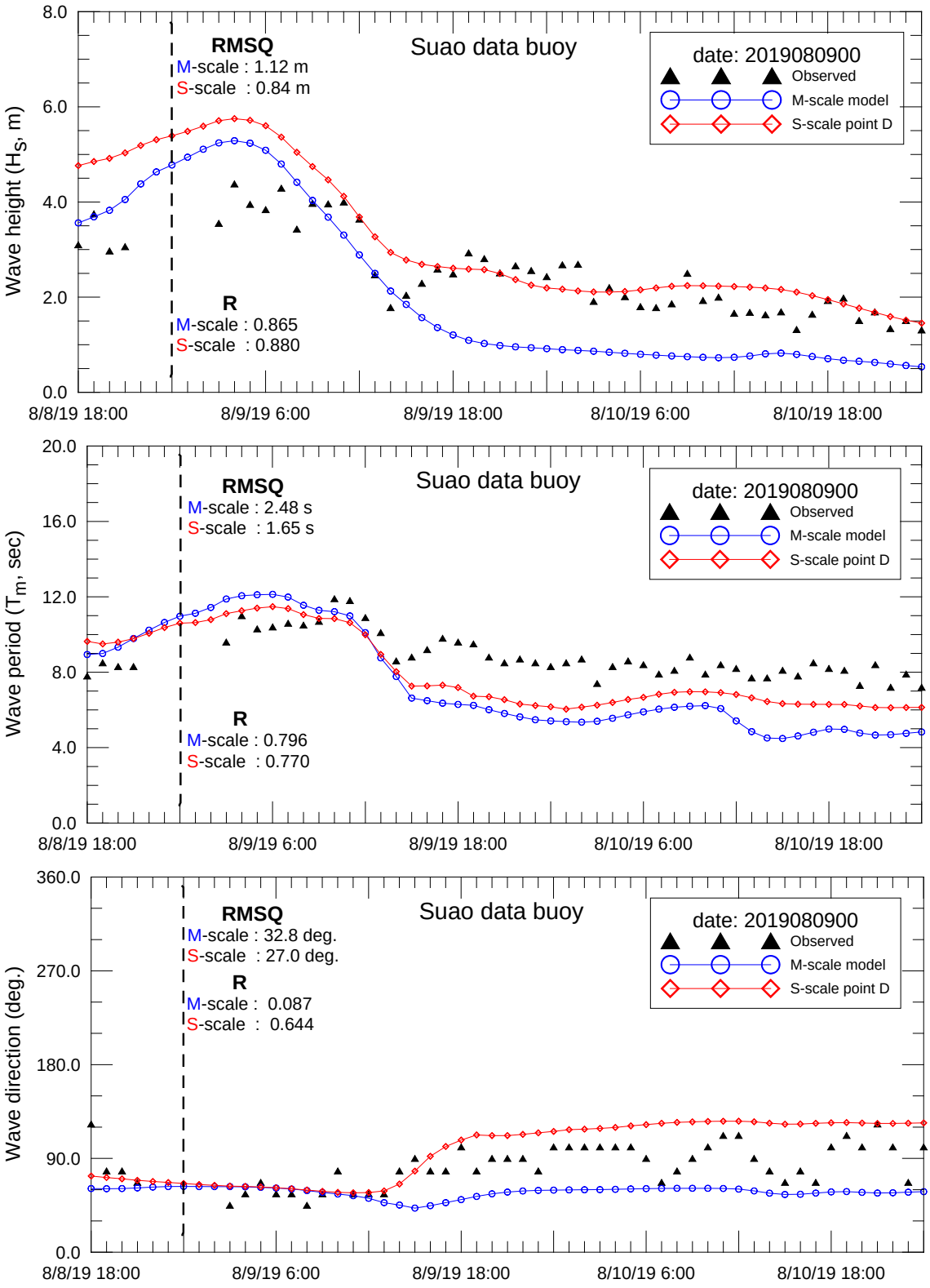


圖 7.54 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

6. 9 日 06 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.32 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置已在風場範圍內(追算初始時間為 9 日 0 時)。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.55 所示，同樣顯示本計畫中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢同樣呈現高度相似，其中示性波高預測最大值出現在追算階段 9 日 4 時左右。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.24m 及 1.26m，相關係數 R 值分別約為 0.381 及 0.387，與觀測值相關性略微上升。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.82s 及 1.04s，R 值分別為 0.267 及 0.335，小尺度模組預測誤差仍小於中尺度模組預測誤差，相關係數維持正相關。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 34.9°及 33.3°、R 值分別約為 0.227 及 0.216。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.56 所示，示性波高預測趨勢最大值約出現在 9 日 4 時，之後隨颱風逐漸離開呈現下降趨勢，與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符。在颱風遠離階段小尺度模組波高預測值仍與觀測值相近，中尺度模組波高預測值則低於觀測值。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.14m 及 0.70m，小尺度模組波高預測值誤差較小；相關係數 R 值分別約為 0.876 及 0.906，相關係數值持續略微增加。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 2.43s 及 1.65s，R 值分別為 0.887 及 0.864，相較於前一報，誤差值均呈現下修現象，相關係數值則呈現上升結果。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 36.3°及 26.9°，R 值分別約為 0.129 及 0.715。

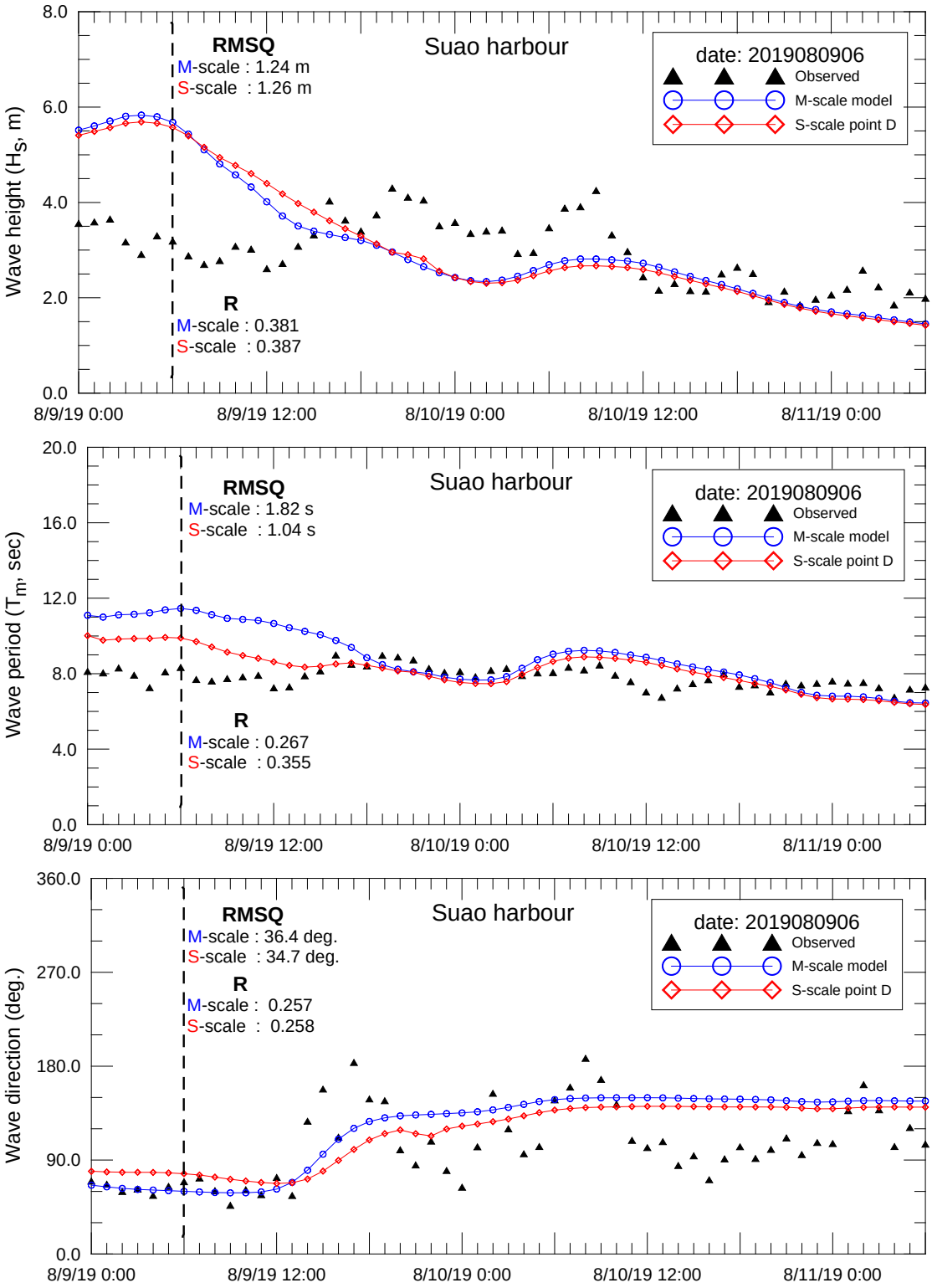


圖 7.55 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

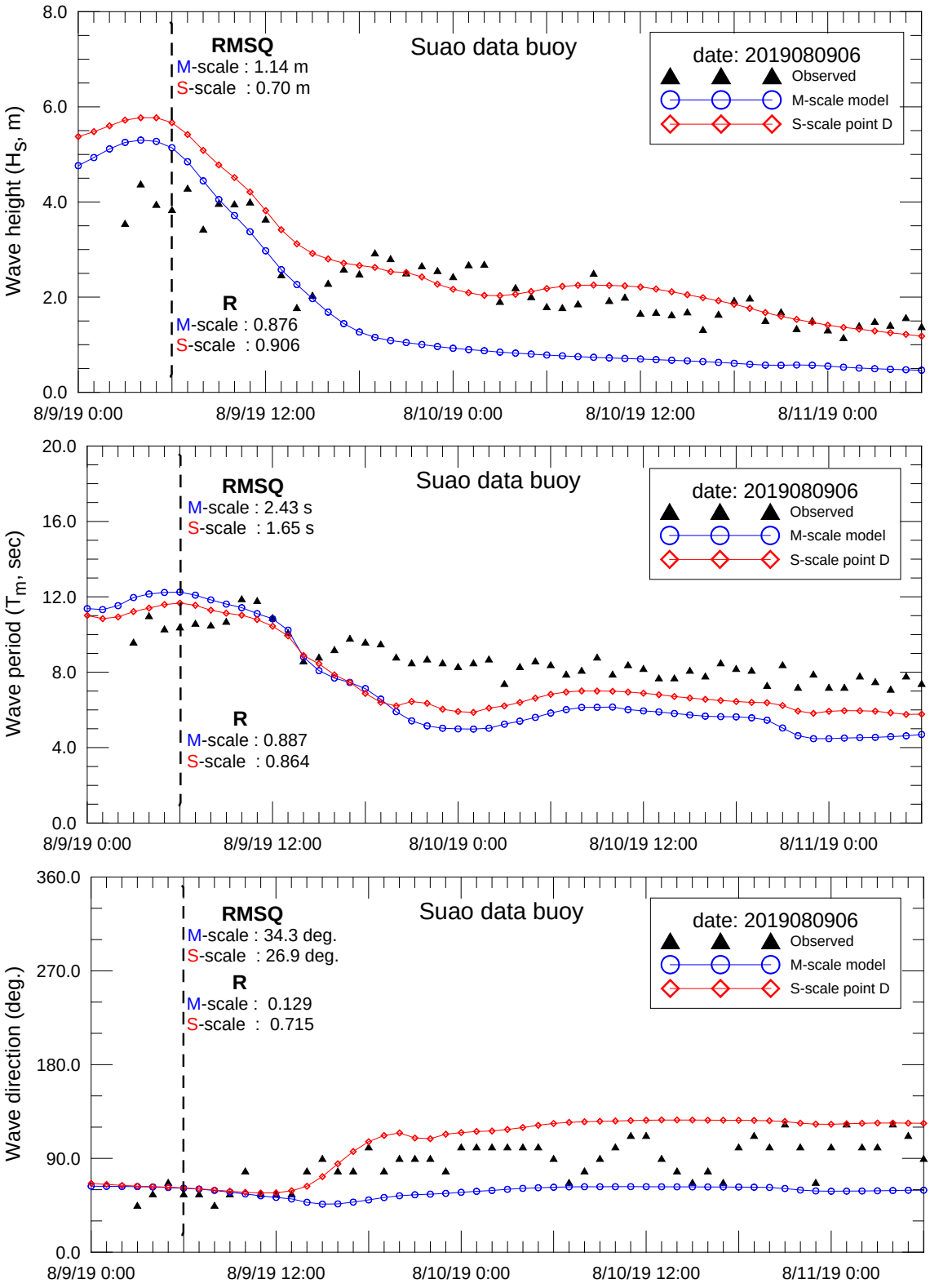


圖 7.56 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 6 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

7. 9 日 12 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.35 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置已在風場範圍內(追算初始時間為 9 日 6 時)。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.57 所示，同樣顯示本計畫中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢同樣呈現高度相似，中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 0.96m 及 1.01m，中尺度模組波高預測值誤差小於小尺度模組；相關係數 R 值分別約為 0.464 及 0.461，與觀測值相關性二者均略微上升。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.56s 及 0.87s，R 值分別為 0.465 及 0.583，小尺度模組預測誤差仍小於中尺度模組預測誤差，相關係數維持正相關。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 41.5°及 39.7°、R 值分別約為 0.227 及 0.216。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.58 所示，同樣呈現中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢均相近似，其中示性波高預測趨勢在颱風接近時期(階段)呈現上升趨勢，最大值約出現在 9 日 4 時左右，此與 SAB 觀測值變化趨勢大致上相符。在颱風遠離後小尺度模組波高預測值與觀測值相近，中尺度模組波高預測值則低於觀測值。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.10m 及 0.54m，小尺度模組波高預測值誤差較小；相關係數 R 值分別約為 0.857 及 0.901，二者相關係數值差異不明顯。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 2.58s 及 1.72s，與觀測值偏差值持續擴大，R 值分別為 0.861 及 0.861，相關係數值呈現下修反轉現象。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 36.2°及 29.7°，R 值分別約為 0.196 及 0.621。

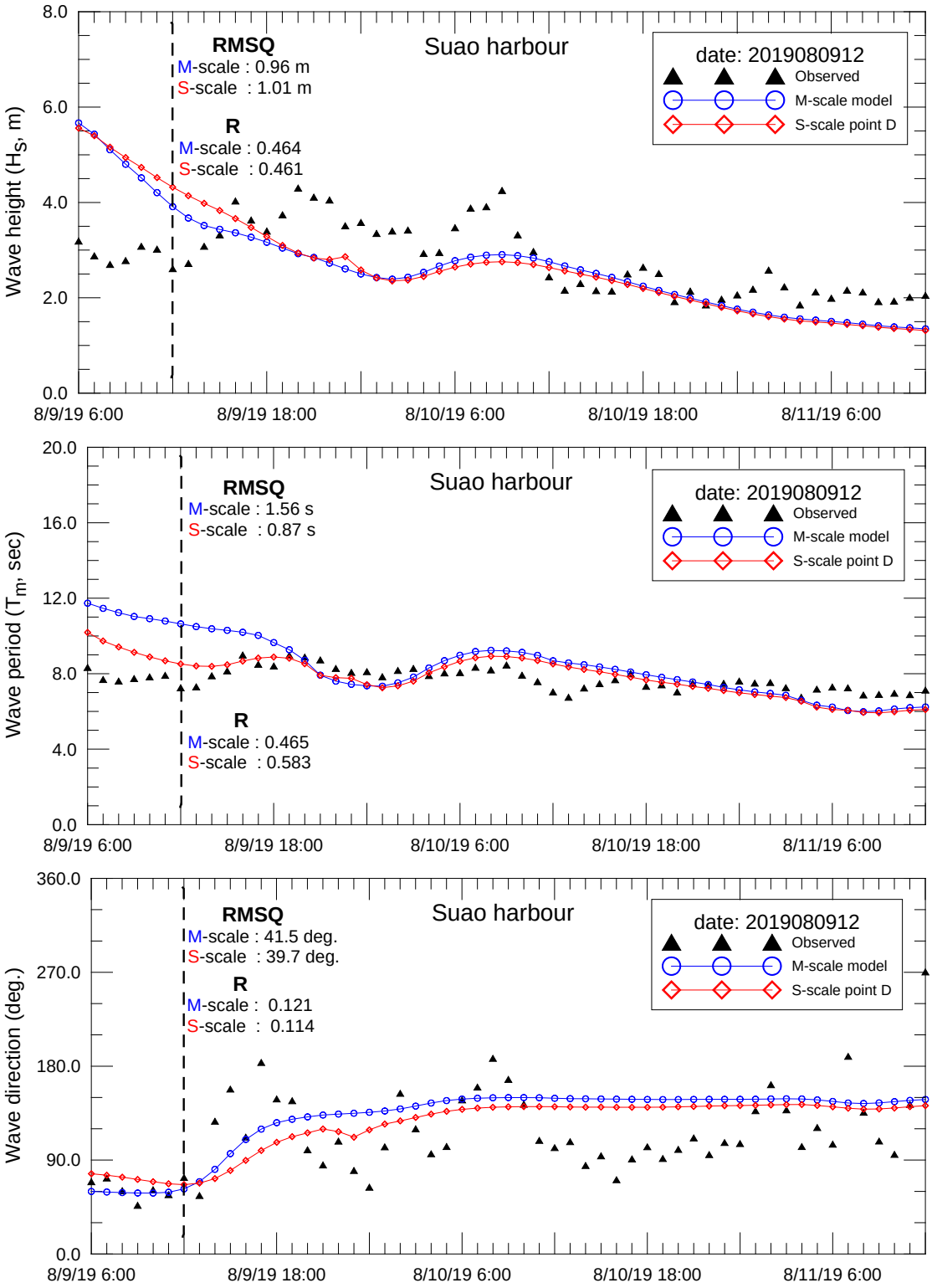


圖 7.57 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

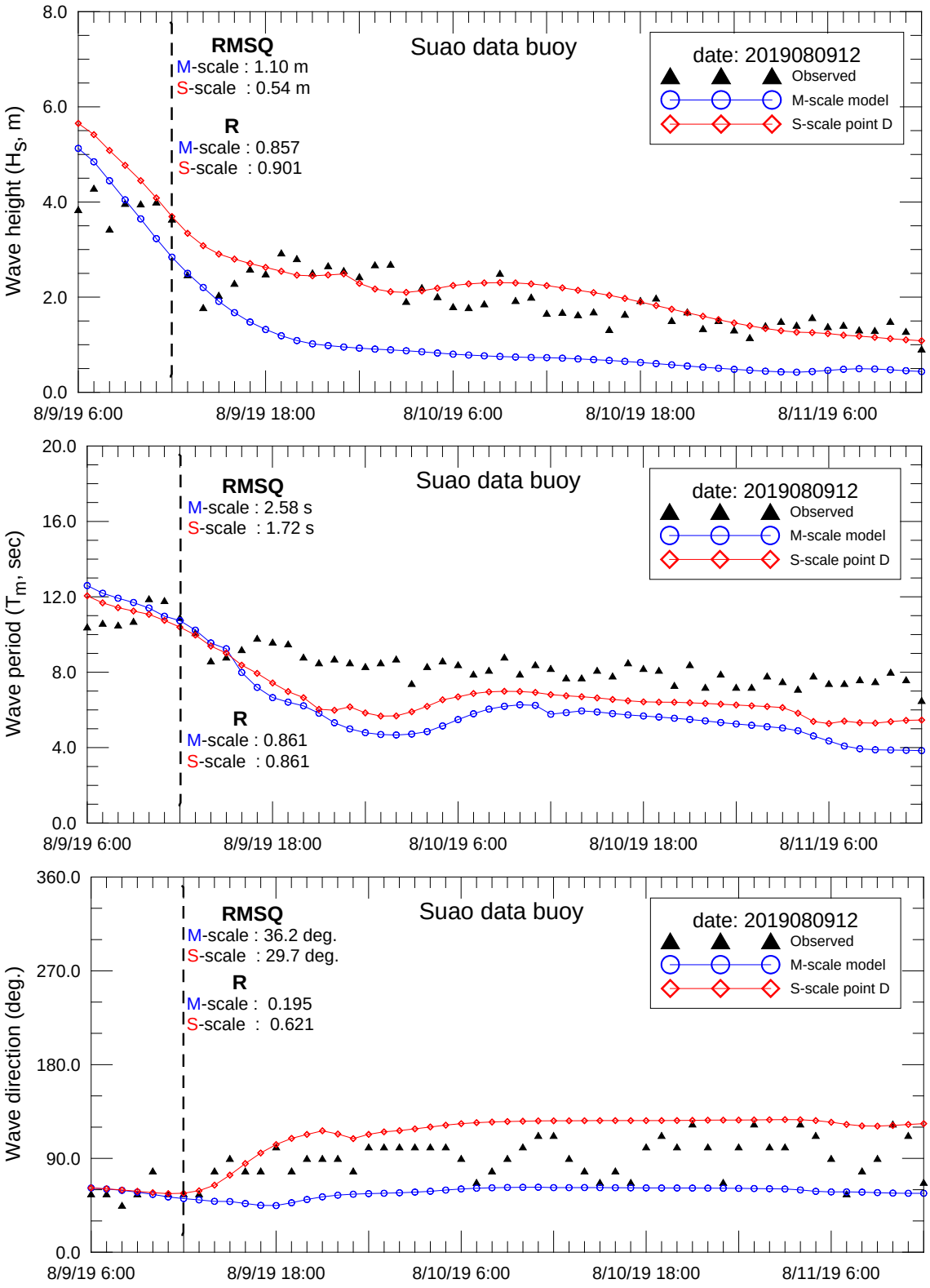


圖 7.58 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 12 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

8. 9 日 18 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.38 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置已在風場範圍內(追算初始時間為 9 日 12 時)。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.59 所示，同樣顯示本計畫中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢同樣呈現高度相似，中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 0.75m 及 0.79m，二者與觀測值間誤差差異不明顯；相關係數 R 值分別約為 0.704 及 0.608，與觀測值相關性二者持續略微上升。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.15s 及 0.76s，R 值分別為 0.745 及 0.807，小尺度模組預測誤差仍小於中尺度模組預測誤差，二者與觀測值之相關係數均持續上升。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 43.2°及 41.1°、R 值分別約為 0.028 及 0.032，呈現近零相關狀。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.60 所示，呈現在颱風遠離後狀況，小尺度模組波高預測值與觀測值相近，中尺度模組波高預測值分別低於小尺度模組預測值及觀測值。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.11m 及 0.41m，小尺度模組波高預測值誤差明顯較小；相關係數 R 值分別約為 0.675 及 0.802，與觀測值相關性小尺度模組明顯優於中尺度模組。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 2.67s 及 1.65s，呈現中尺度偏差擴大，小尺度偏差縮小狀； R 值分別為 0.797 及 0.818，相較於前一報，相關係數值均呈現下修的結果，中尺度下修量較大。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 38.4°及 31.3°、R 值分別約為 0.343 及 0.412，此時小尺度模組表現較佳。

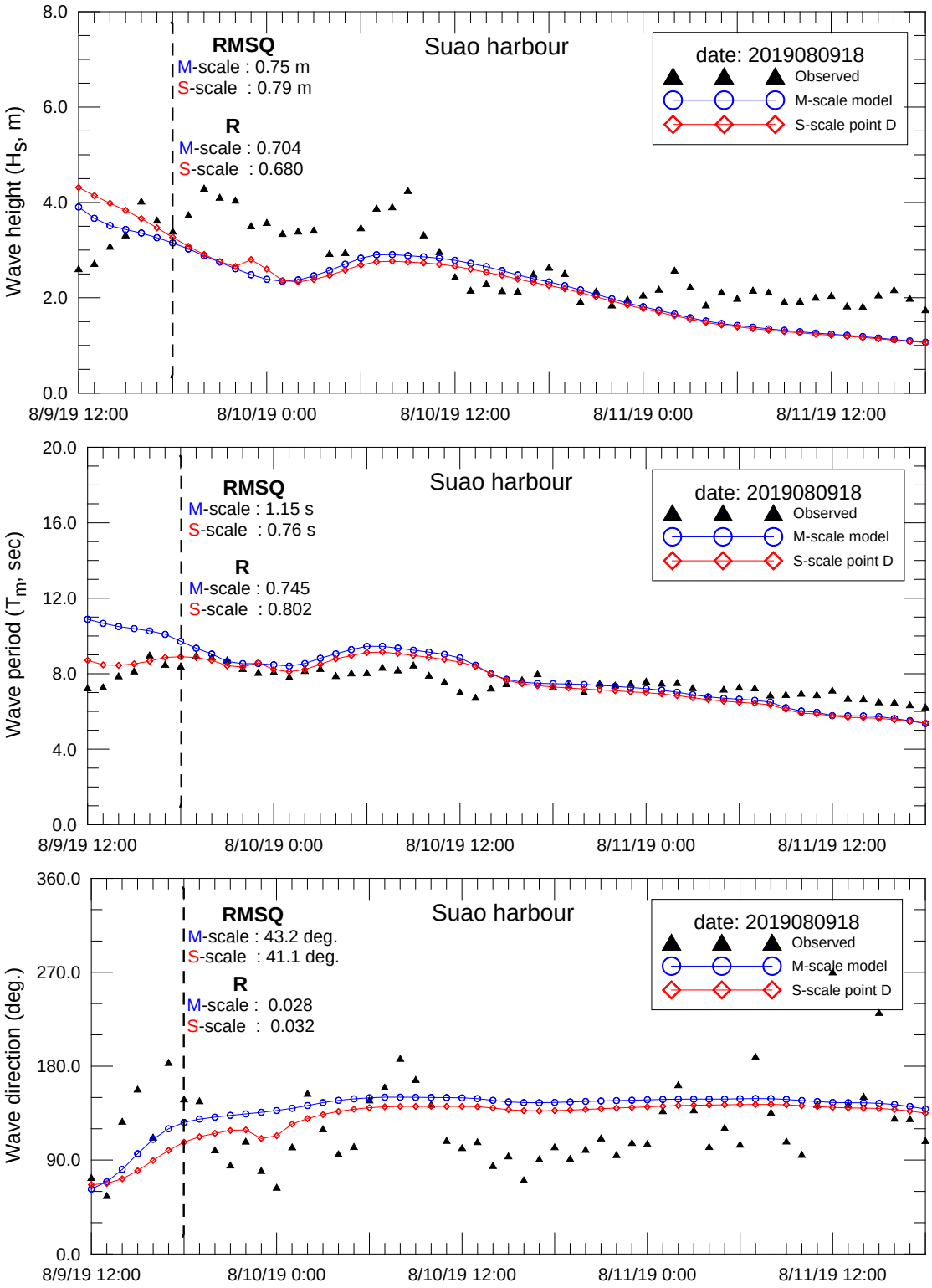


圖 7.59 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

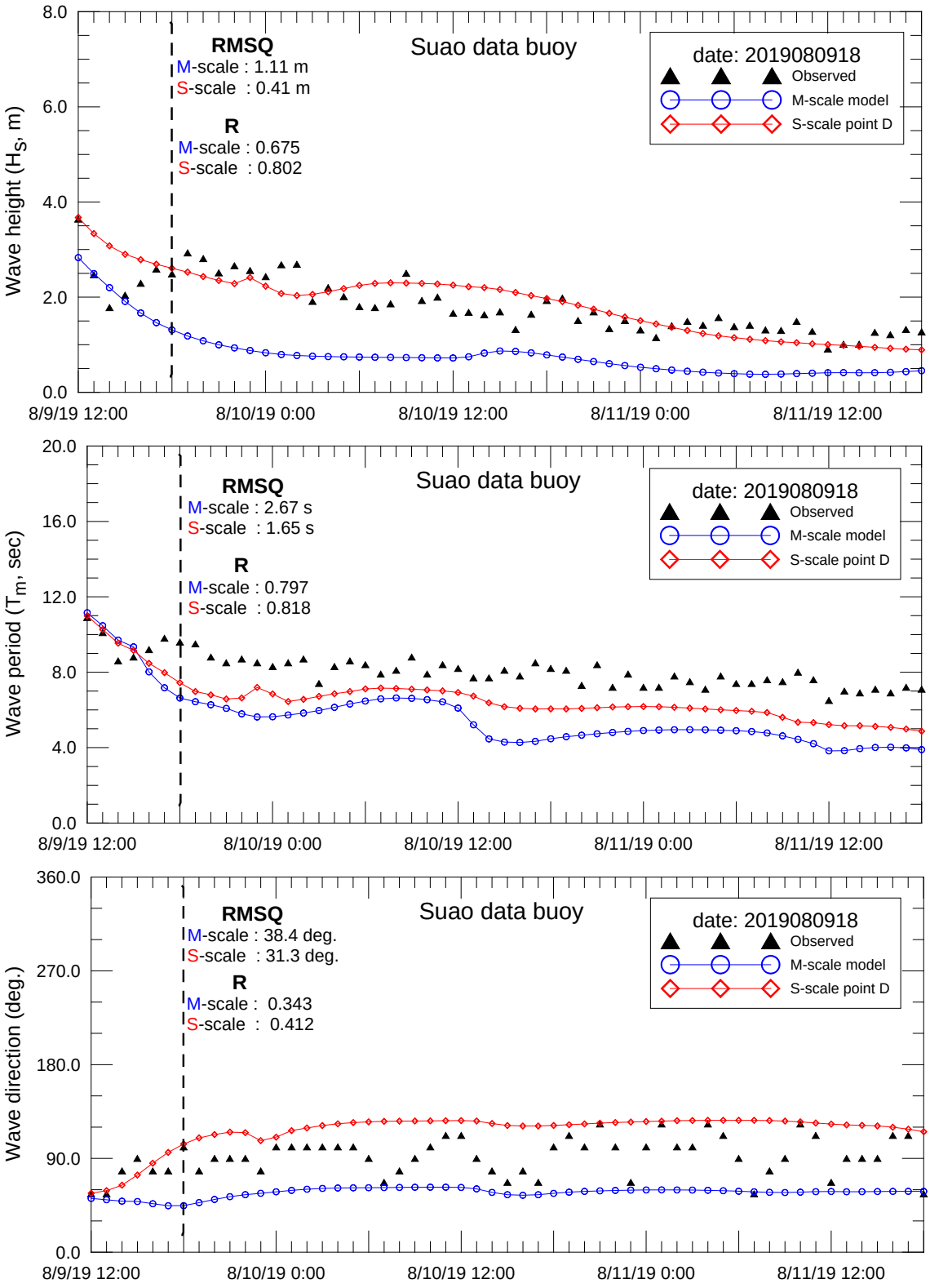


圖 7.60 蘇澳海域風浪模擬子系統 9 日 18 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

9. 10 日 0 時：

(1) 作業化風場颱風中心位置，如圖 7.41 所示，此時作業化風場預測颱風中心位置已在風場範圍內(追算初始時間為 9 日 18 時)。

(2) SAA 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.61 所示，同樣顯示在颱風遠離後，中、小尺度示性波高、平均週期與平均波向等預測趨勢仍高度相似，中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 0.73m 及 0.73m，二者與觀測值間誤差幾近相等；相關係數 R 值分別約為 0.809 及 0.830，與觀測值相關性較前一報仍持續上升。中、小尺度模組平均週期預測值與觀測值間 RMSQ 分別為 0.88s 及 0.79s，R 值分別為 0.879 及 0.883，小尺度模組預測誤差仍略小於中尺度模組預測誤差，二者與觀測值之相關係數同樣持續上升。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 44.2°及 40.0°、R 值分別約為-0.020 及-0.055，同樣屬於零相關狀。

(3) SAB 測站中、小尺度預測模擬值與觀測值之校驗結果，如圖 7.62 所示，在颱風遠離後，除平均波向外，中、小尺度模組之示性波高、平均週期等預測趨勢仍呈現相近似狀。整體而言，當颱風遠離後，小尺度模組波高預測值與觀測值下降趨勢一致，中尺度模組波高預測值呈現偏低狀。中、小尺度模組波高預測值與觀測值間，RMSQ 分別為 1.12m 及 0.34m，相較於前一報小尺度模組波高預測值誤差值持續下修；相關係數 R 值分別約為 0.844 及 0.801，相關性分析結果與前一報相反，呈現中尺度模組較佳。中尺度模組平均週期整體預測值呈現低於小尺度模組預測值及觀測值，小尺度模組預測值介於觀測值與中尺度模組預測值之間；二者與觀測值間 RMSQ 分別為 2.66s 及 1.85s，R 值分別為 0.750 及 0.715，相較於前一報，相關係數值持續呈現下修現象。中、小尺度模組平均波向預測值與觀測值間，RMSQ 約為 36.8°及 34.5°、R 值分別約為-0.125 及 0.351，顯示小尺度模組表現較佳。

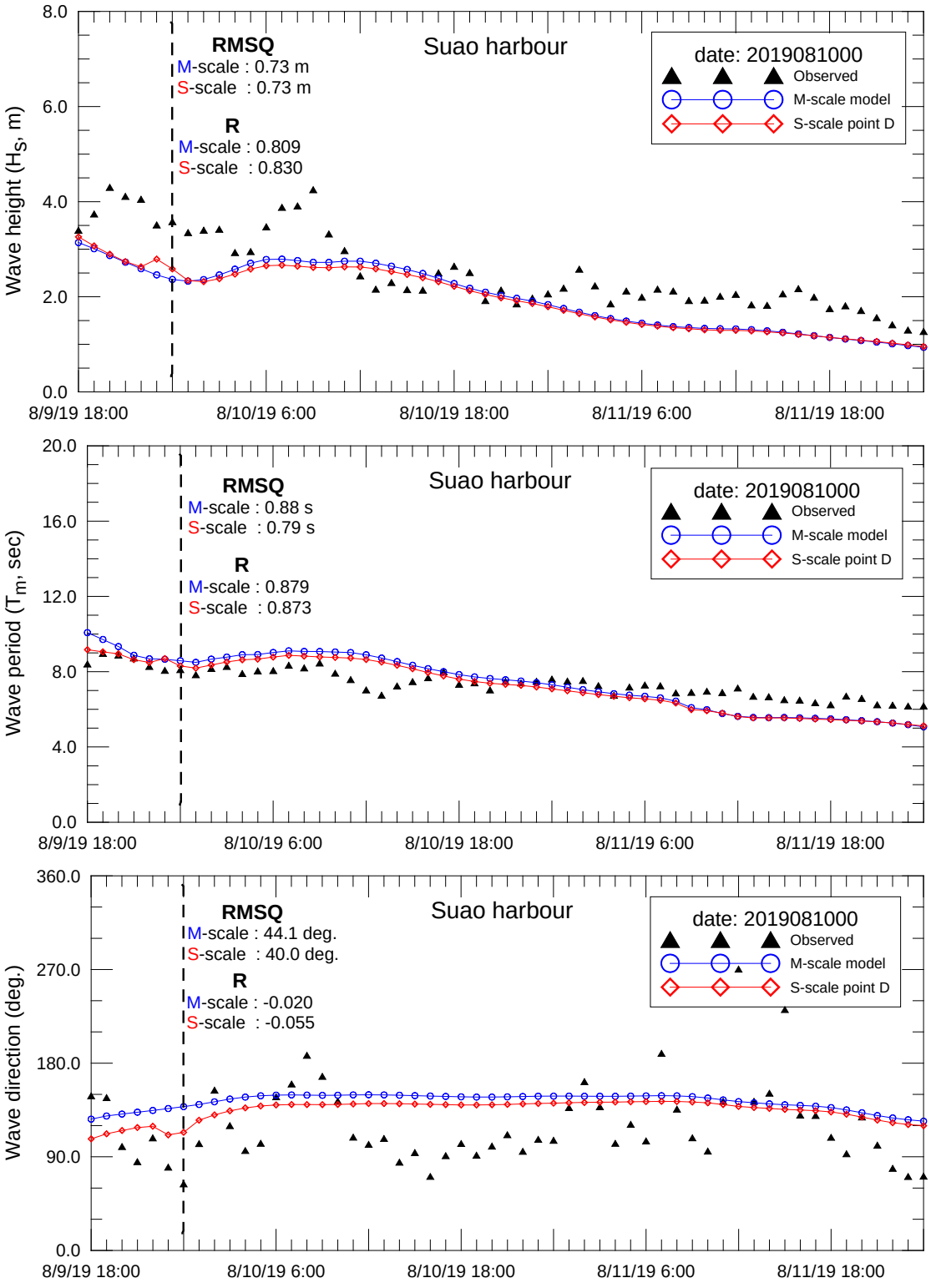


圖 7.61 蘇澳海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳 SAA 測站預測值與觀測值比較圖

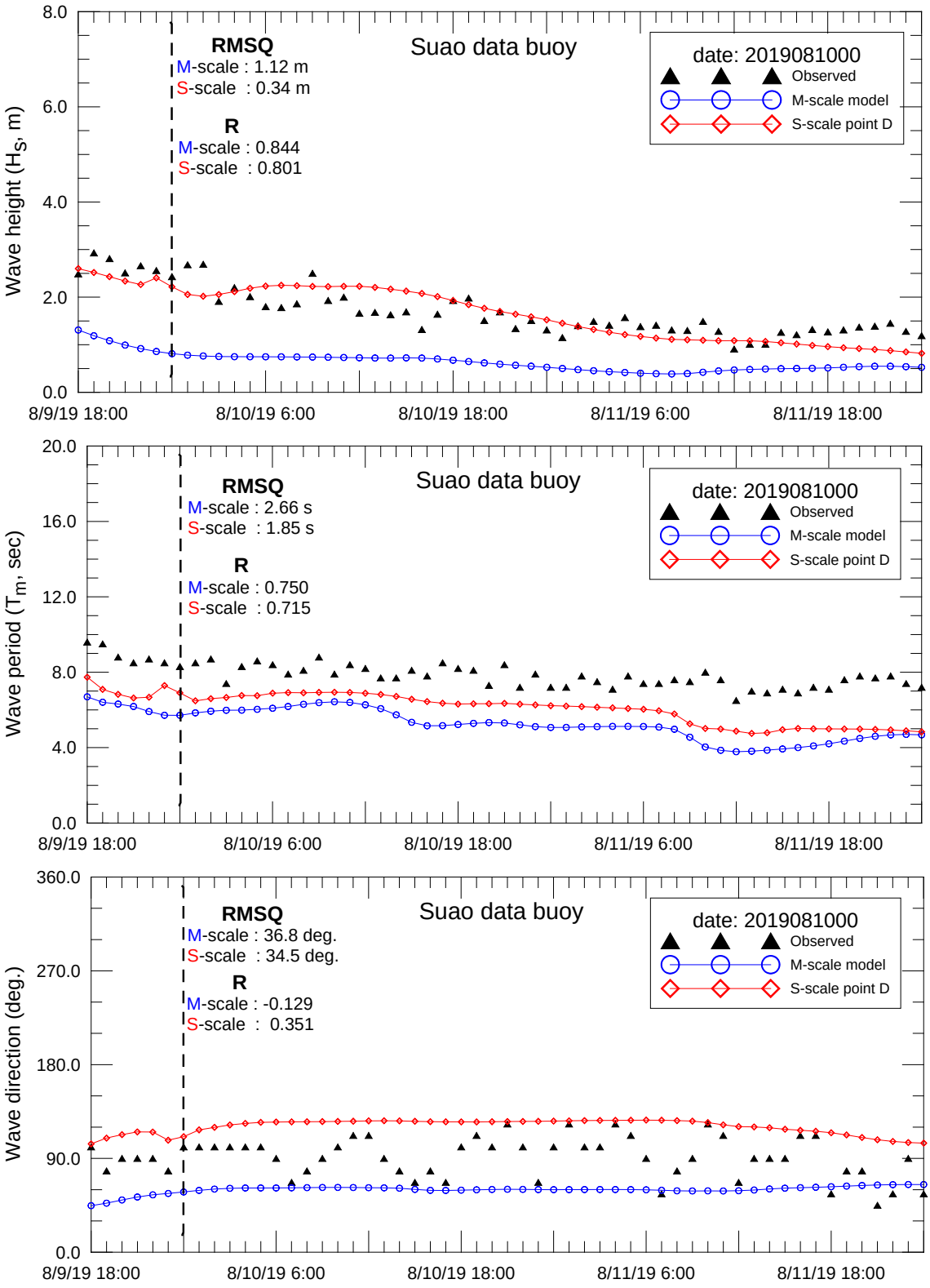


圖 7.62 蘇澳海域風浪模擬子系統 10 日 0 時作業化模擬，中、小尺度模組蘇澳浮標 SAB 測站預測值與觀測值比較圖

第八章 港區靜穩模擬系統建置

基於臺灣東部海岸經常遭受長浪(指週期 8 秒以上之波浪)侵襲，甚至造成花蓮港、蘇澳港等港域不穩定，影響船舶泊靠安全，對港口營運管理及安全造成困擾。TaiCOMS 波浪模擬系統針對各港區建有細尺度港域波浪模組(參考 2.1.2 節)，目的為模擬颱風期間各港口及港港內波浪狀況。本計畫於 108 年以花蓮港為對象，著手研究如何結合花蓮海域小尺度風浪模組、花蓮港細尺度港域波浪模組及港區即時波浪觀測系統建構港區靜穩模擬系統，以期掌握花蓮港港域靜穩狀況，提供港區靜穩預警資訊；本年度(109)除了持續完成花蓮港區靜穩模擬系統建置外，同時以蘇澳港為對象循花蓮港區靜穩模擬系統建置軌跡，著手發展蘇澳港港區靜穩模擬模組。

8.1 細尺度港域波浪模組介紹

港研中心曾於 103 年計畫探討各港口港池共振特性，重新建構各港口數值計算網格，因此，本計畫規劃在 103 年研究基礎上，發展港區靜穩模擬系統。本計畫彙整花蓮港及蘇澳港細尺度港域波浪研究成果說明如下：

8.1.1 花蓮港

TaiCOMS 建構的細尺度花蓮港域波浪模組之模擬範圍，如圖 8.1 所示；該模組使用的數值計算網格，如圖 8.2 所示，計有 258,117 個三角形元素及 130,169 個節點，入射波適用最小週期為 7sec。基於細尺度港域波浪模組採用線性橢圓型緩坡方程式建構，具備模擬結構物引起的波浪反射現象，因此花蓮港域波浪模組依據花蓮港既有的港池配置，設定模式結構物邊界(含假設邊界)之反射係數值如下：

1. 外廓防波堤邊界 K_r=0.85，
2. 港內防波堤設施如東防波堤港內側段等邊界 K_r=0.98；
3. 港外自然沙灘段邊界 K_r=0.4；及
4. 離岸(潛)堤群邊界 K_r=0.65。

此外，半無限領域岸線及碼頭區岸壁之反射率，假設其為全反射(K_r=1)。

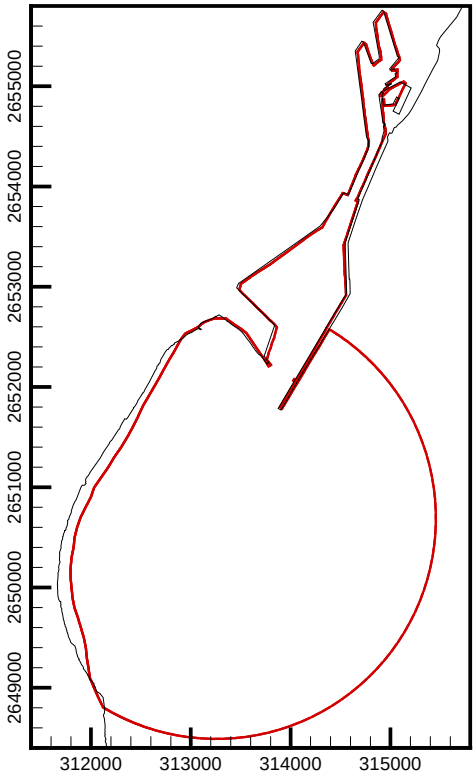


圖 8.1 細尺度花蓮港域波浪模組模擬範圍圖

據此，花蓮港港域波浪模組模擬之波浪場，如圖 8.3 所示，圖中波浪模擬條件為入射波週期 10 sec，波向為 ENE、E 及 SE 向等，顯示以 SE 向波浪對港內波浪影響較為顯著。花蓮港共振特性的研究成果如下：

選取花蓮港港域 A、B、C 三處，如圖 8.4 所示，為數值模擬結果之檢核點，探討港內波浪放大特性。此處港內波浪放大率(Amplification factor, *R*)定義為檢核點波高模擬值與入射波高之比值，圖 8.5 至圖 8.7 所示分別代表 A、B、C 三處檢核點波浪放大率(*R*)與無因次參數 *kL* 之模擬結果，其中 *L* 為花蓮港港域特性長度，定義為港口至港池末端之長度約 L=4000 m；*k* 為入射波浪之周波數(wave number)，模式假設外海水深超過 100m 之水域為等水深，因此花蓮港港域模組入射波浪之周波數計算相當於 100m 等水深水域之周波數。由於港池共振之基本模態(mode)判斷通常依據港池末端波浪放大率之最大值，因此由花蓮港港池末端 A、B 點波浪放大率(*R*)與無因次參數 *kL* 之關係曲線，如圖 8.6 及圖 8.7 所示，得知花蓮港港池共振基本模態約落在 *kL*=0.57 附近，相當於外海入射波浪週期約

為 1400 sec。花蓮港港池共振第二模態約落在外海入射波浪週期 725 sec，此時檢核點 C 波浪放大率出現最大值，因此花蓮港港池共振第二模態，與花蓮港外港池共振之基本模態有關。

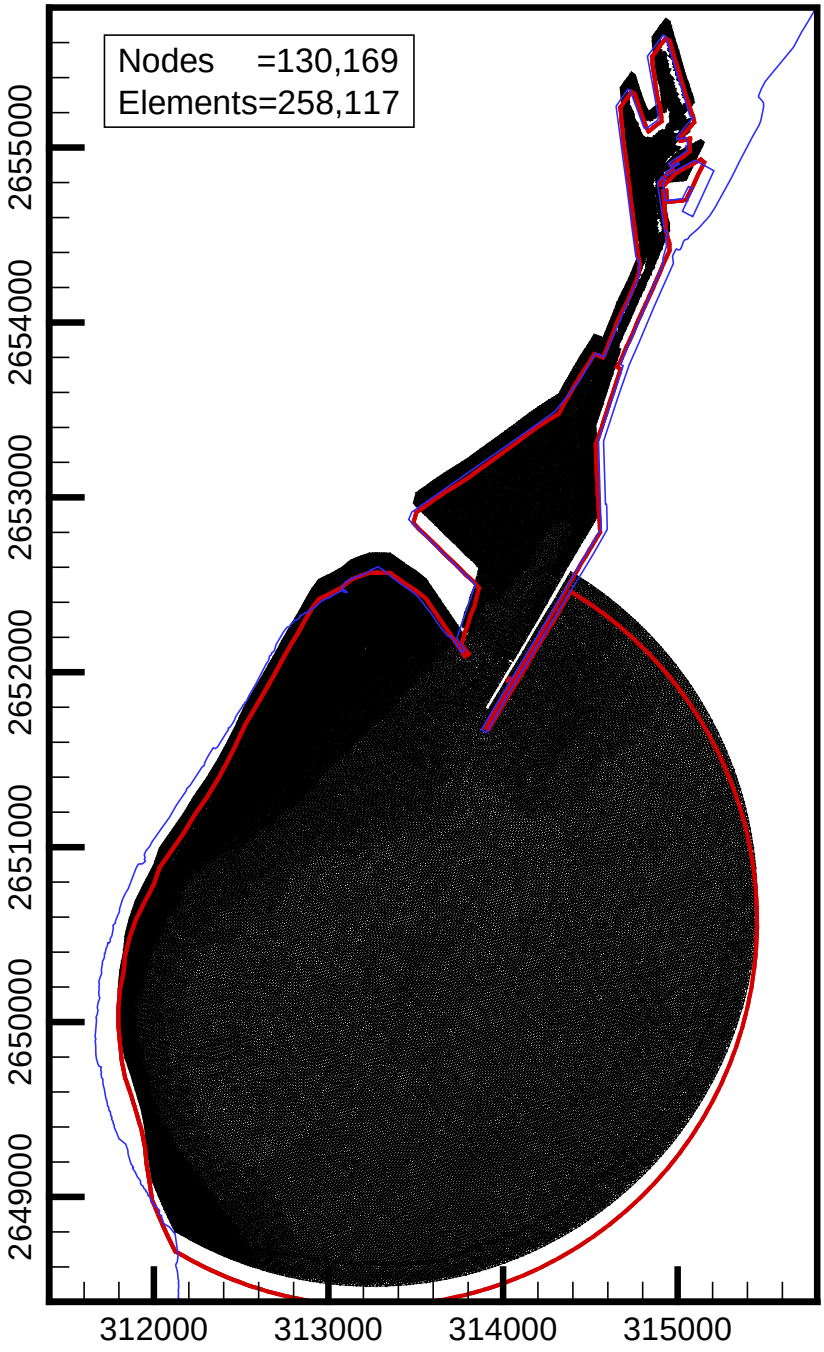


圖 8.2 花蓮港區細尺度波浪模組非結構細網格分布圖

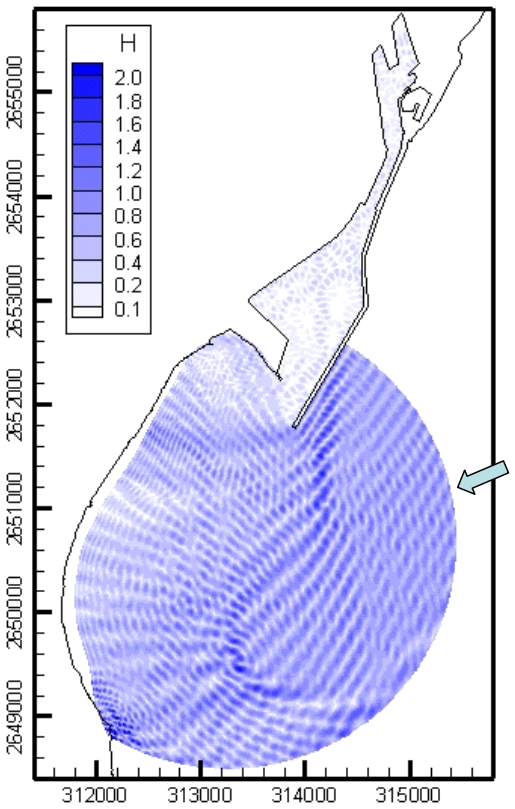


圖 8.3 花蓮港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、ENE 向)

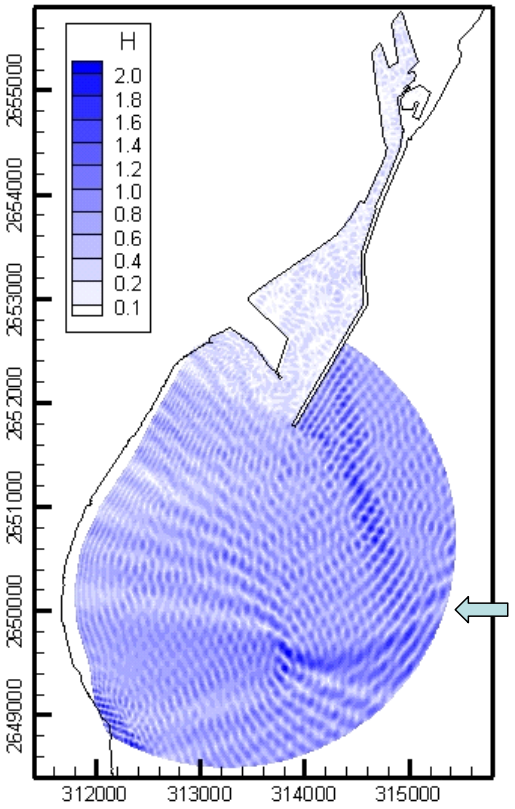


圖 8.3 (續 1)花蓮港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、E 向)

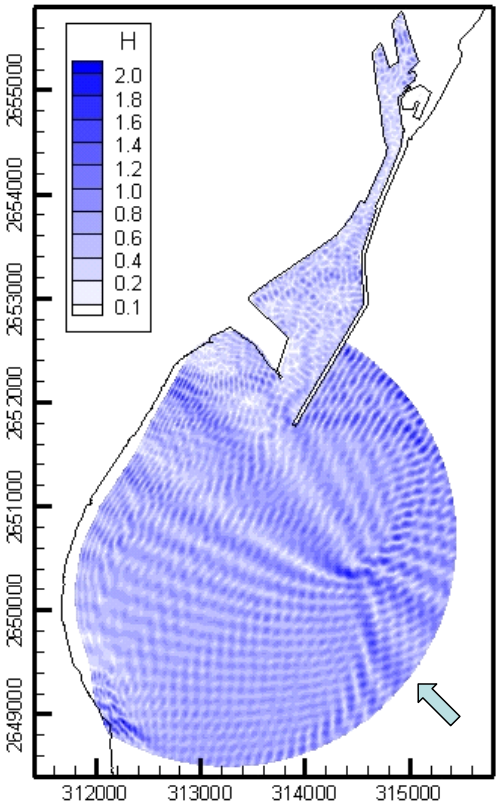


圖 8.3 (續 2)花蓮港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、SE 向)

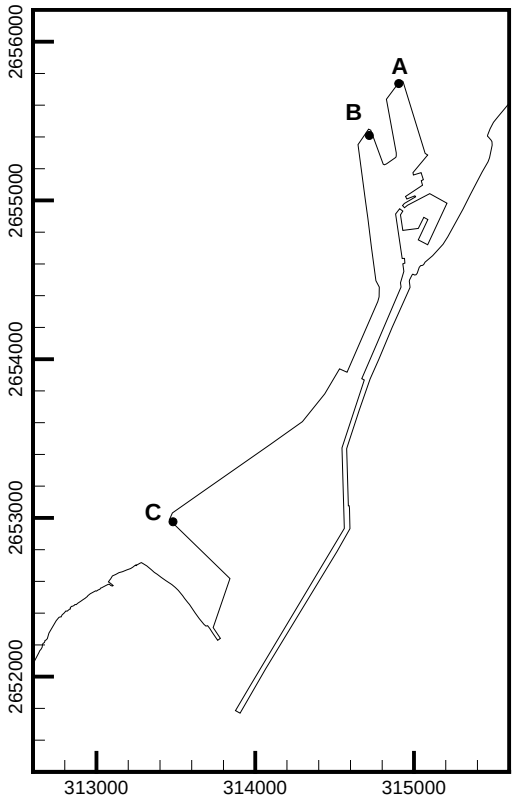


圖 8.4 花蓮港港池共振數值分析檢核點位置圖

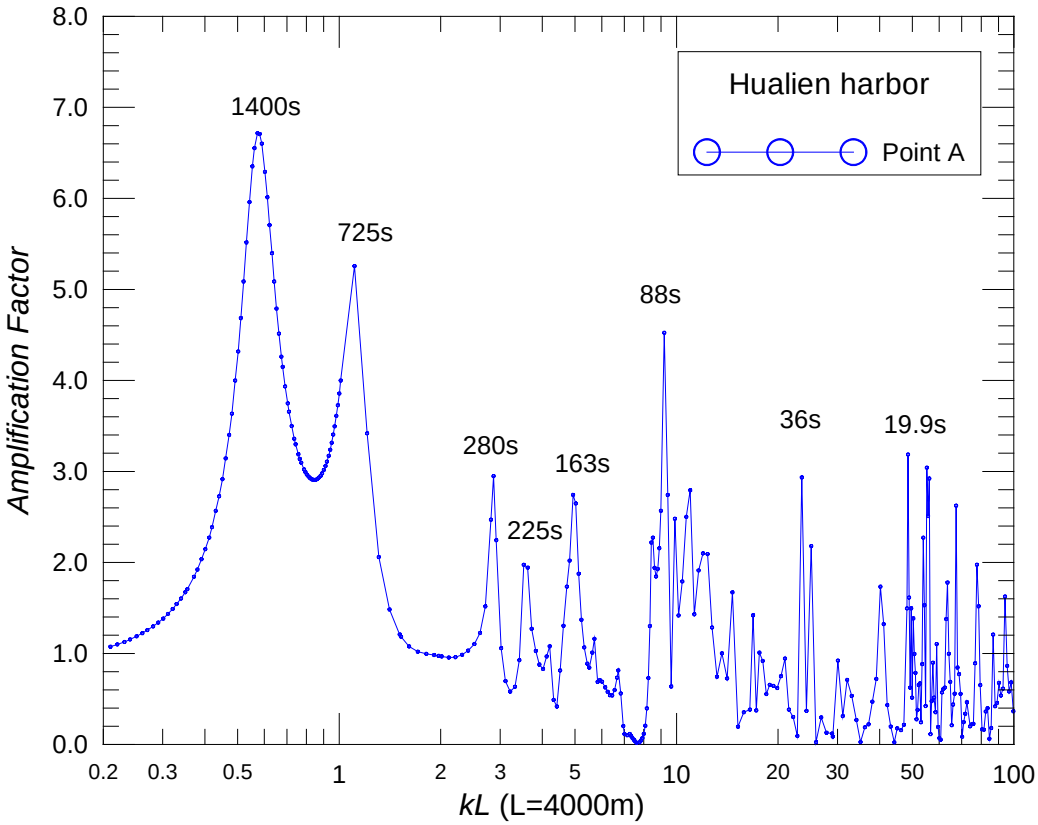


圖 8.5 花蓮港港池共振數值分析檢核點 A 之波浪放大率圖

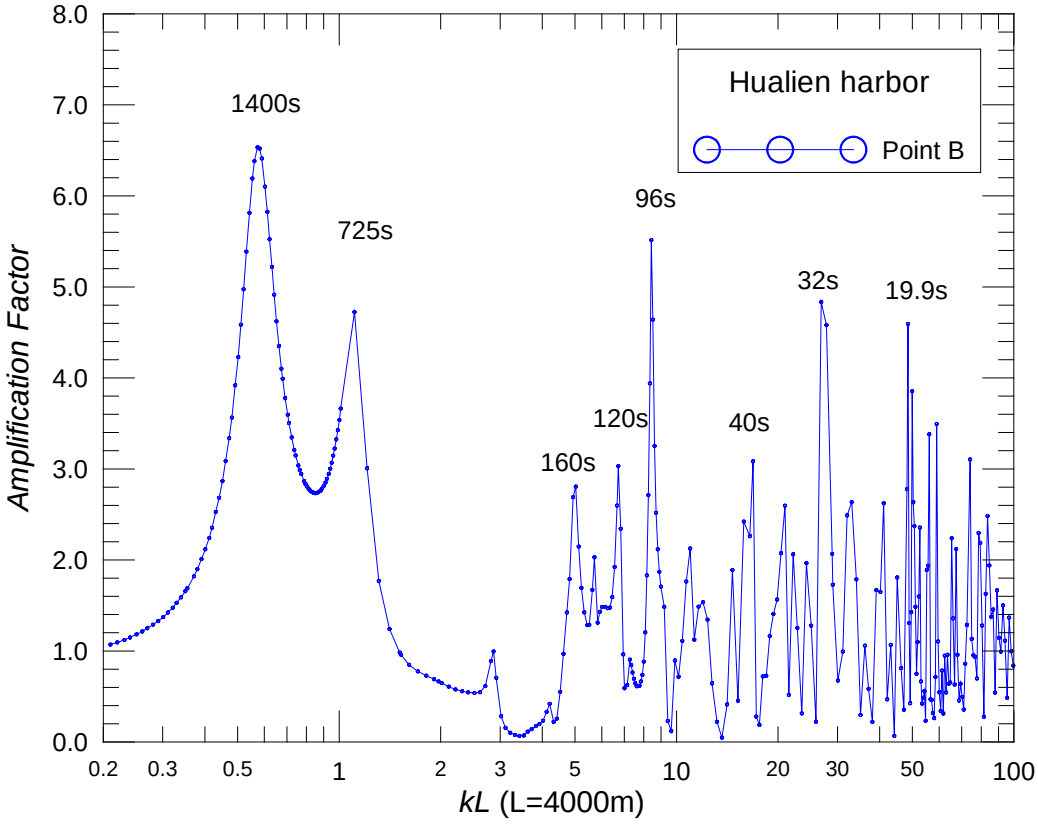


圖 8.6 花蓮港港池共振數值分析檢核點 B 之波浪放大率圖

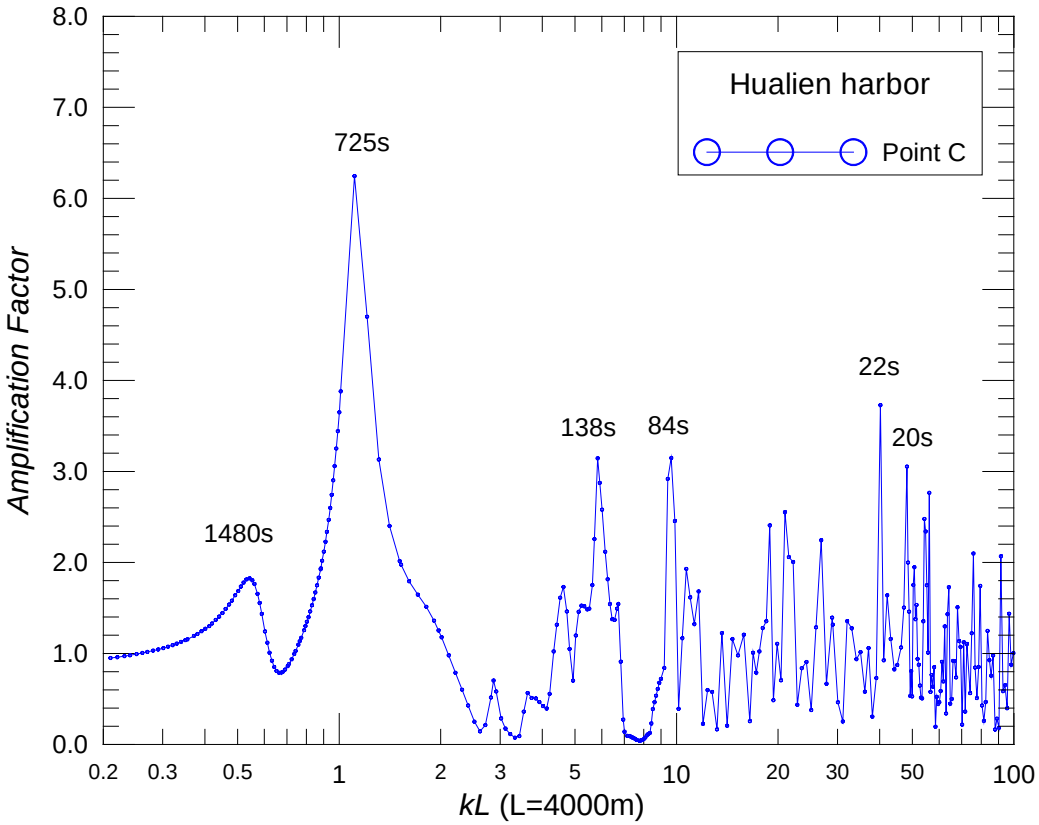


圖 8.7 花蓮港港池共振數值分析檢核點 C 之波浪放大率圖

8.1.2 蘇澳港

蘇澳港港域波浪模組之模擬範圍，如圖 8.8 所示；模組使用的數值計算網格，如圖 8.9 所示，計有 99,069 個三角形元素及 50,843 個節點，入射波適用最小週期為 8 sec。依據蘇澳港現有的港池配置，蘇澳港域波浪模組邊界條件反射係數設定值如下：

1. 外廓防波堤邊界 K_r=0.85，
2. 港內如內防波堤、導流堤及碎波堤等邊界 K_r=0.75，
3. 礁岩海岸邊界 K_r=0.9 及
4. 自然沙灘段邊界 K_r=0.65。

此外，半無限領域岸線及碼頭區岸壁之反射率，假設其為全反射(K_r=1)；完全透波邊界 K_r=0，如港內蘇澳溪出水口邊界。

同樣，當蘇澳港外海入射波浪之週期為 10 sec 時，ENE 向、E 向及 SE 向等三種入射波向之波浪場模擬結果，如圖 8.10 所示，結果顯示外海週期 10 sec 波浪對商港區水域影響很小。

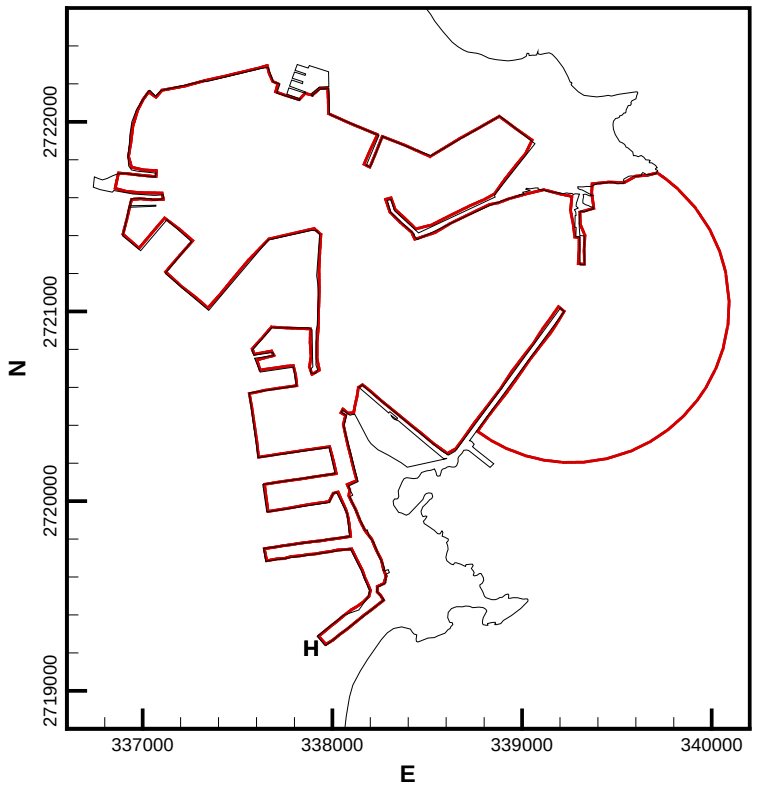


圖 8.8 蘇澳港區細尺度波浪模組模擬範圍圖

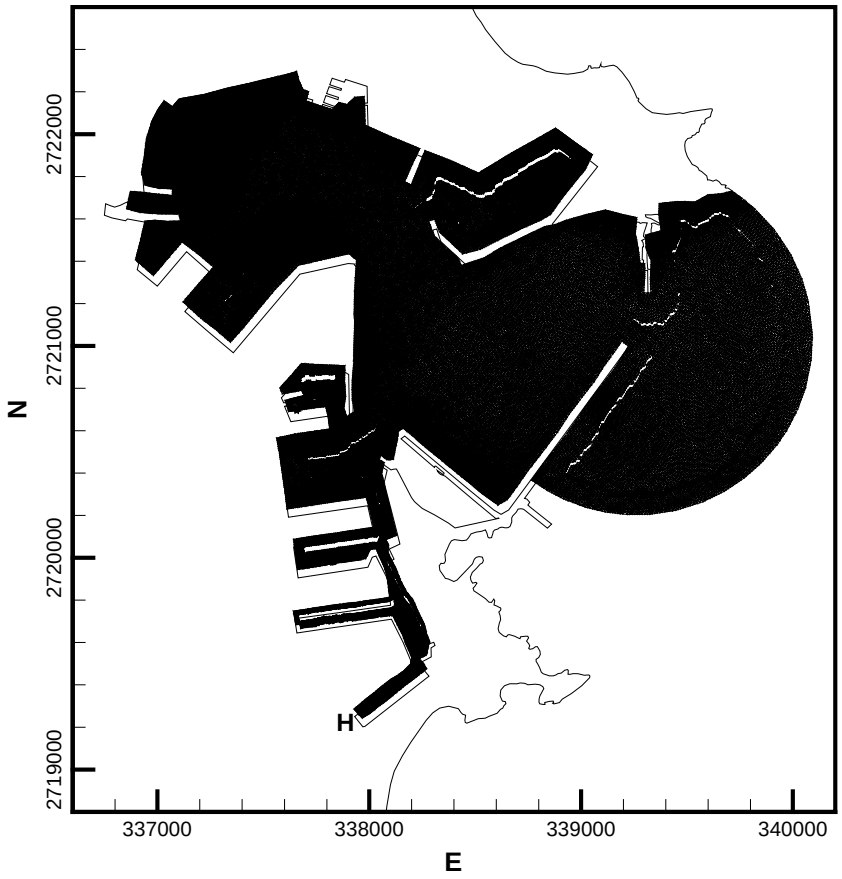


圖 8.9 蘇澳港區細尺度波浪模組非結構細網格分布圖

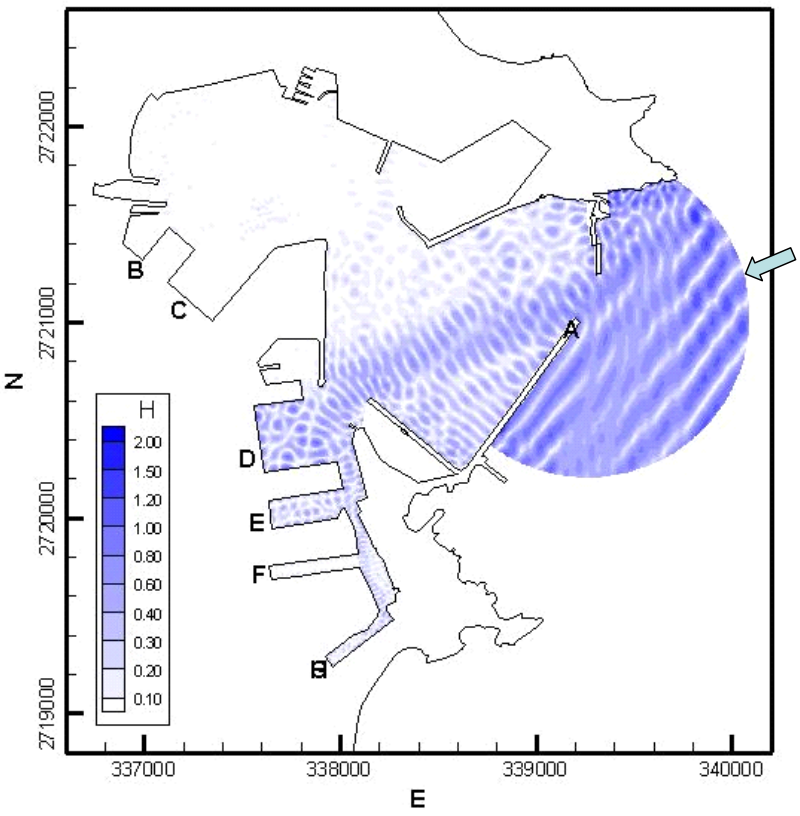


圖 8.10 蘇澳港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、ENE 向)

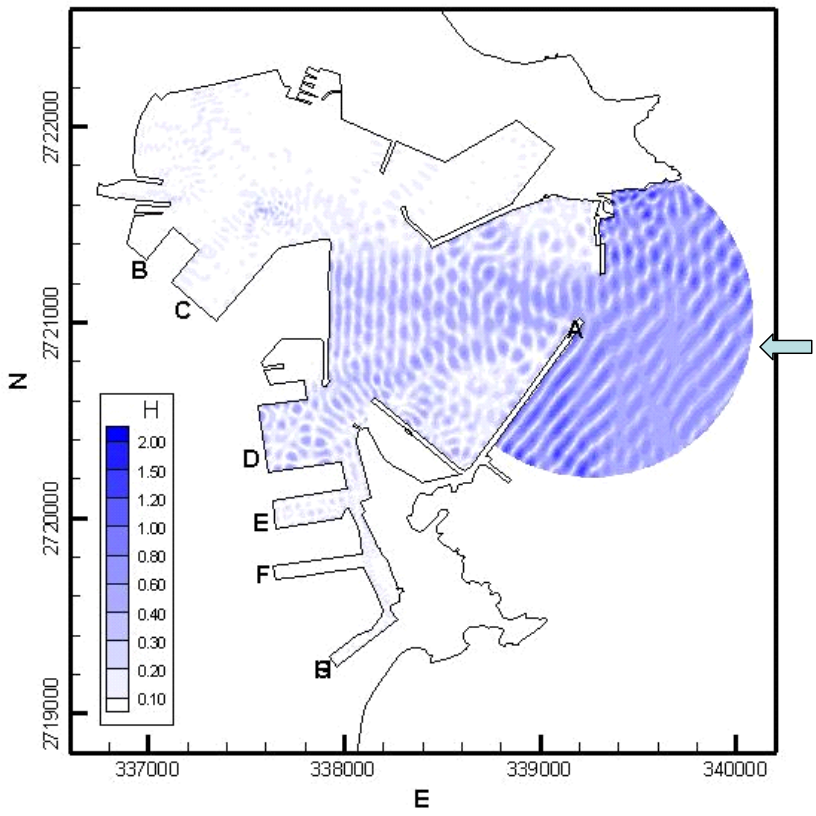


圖 8.10 (續 1)蘇澳港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、E 向)

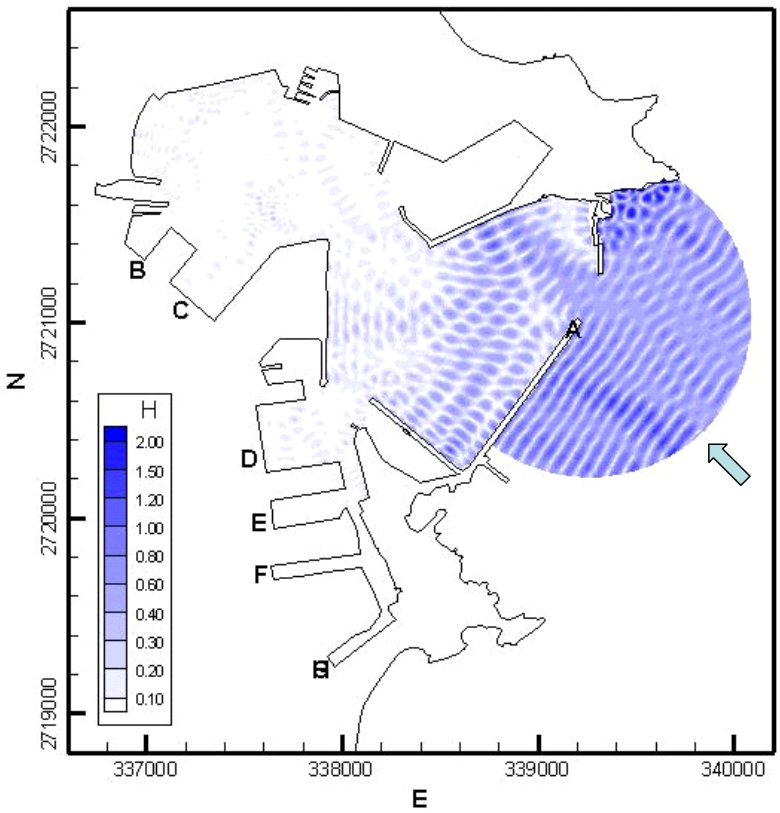


圖 8.10 (續 2)蘇澳港區細尺度波浪場波高分布圖(週期 10s、SE 向)

有關蘇澳港港池共振特性之研究成果如下：

同樣選取蘇澳港港域 A、B、C 三處，如圖 8.11 所示，依據數值模擬結果，分別計算 A、B、C 三處波浪放大率與無因次參數 *kL* 之關係，如圖 8.12 至圖 8.14 所示，其中 *L* 為蘇澳港港域特性長度，定義為港口至至西側邊界之距離約為 2460 m；入射波之周波數 *k* 採用外海等水深水域水深值為 30m 計算之。由 A、B、C 三處波浪放大率最大值共同發生處，得知蘇澳港區共振之基本模態，約落在 *kL*=0.69 附近，相當於外海水深 30m 處波浪週期約為 1300 秒。

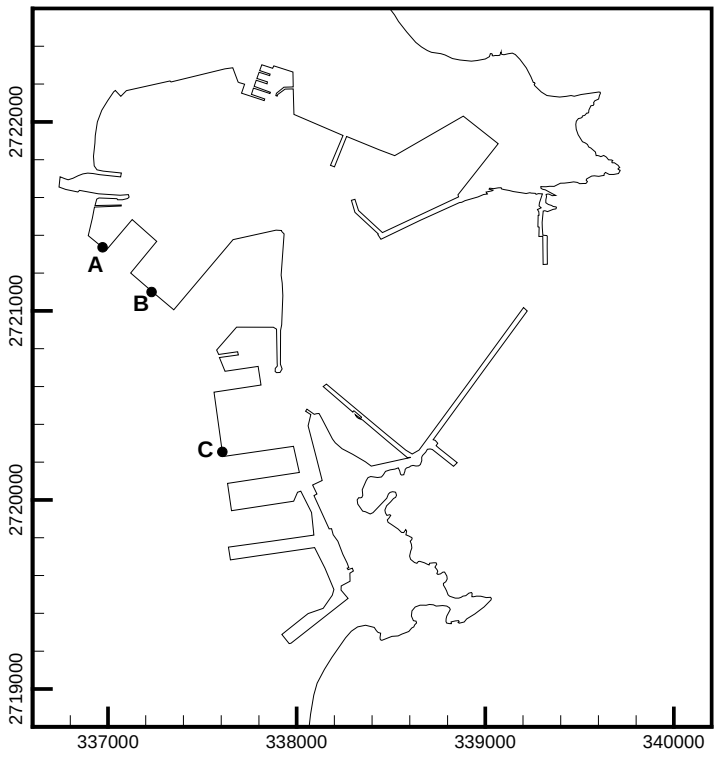


圖 8.11 蘇澳港港池共振數值分析檢核點位置圖

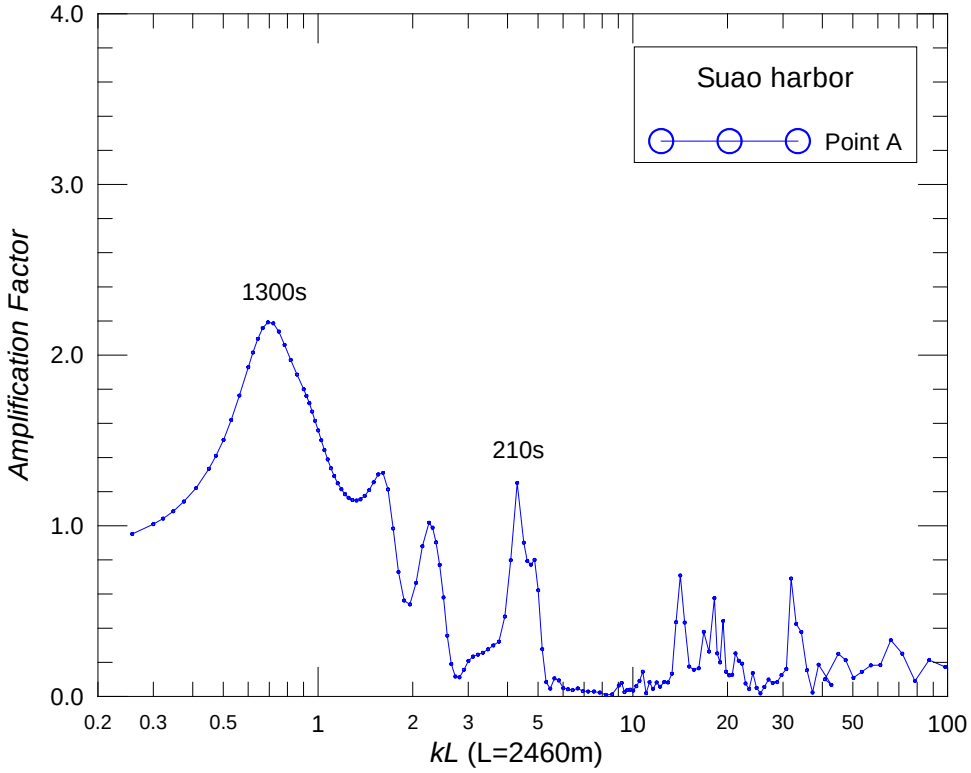


圖 8.12 蘇澳港港池共振數值分析檢核點 A 之波高放大率圖

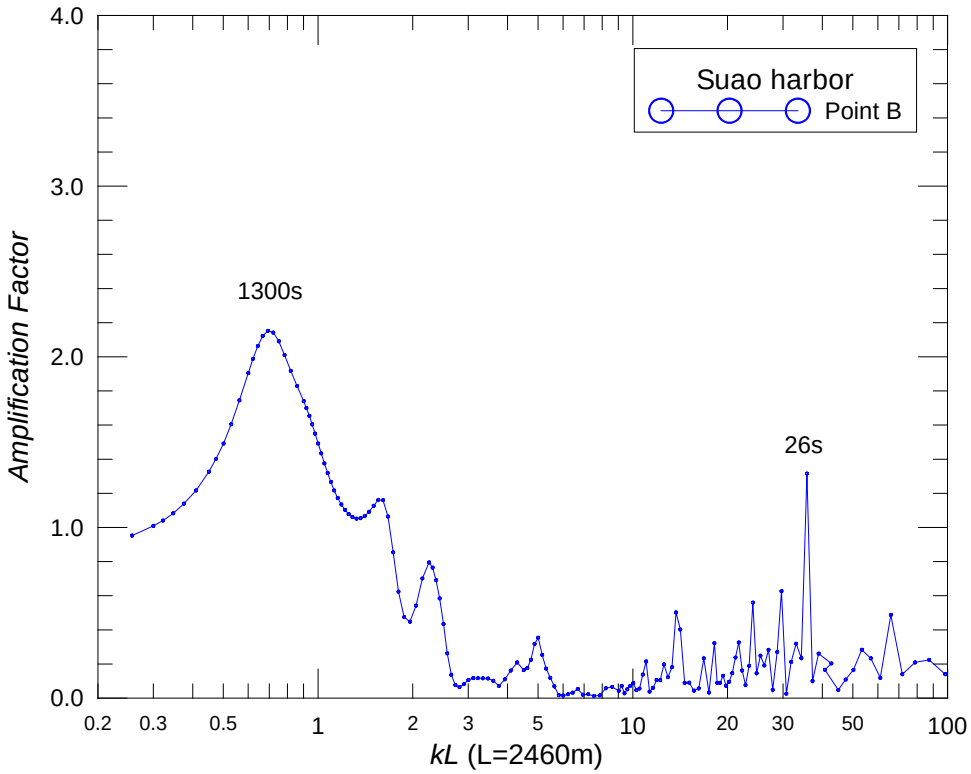


圖 8.13 蘇澳港港池共振數值分析檢核點 B 之波高放大率圖

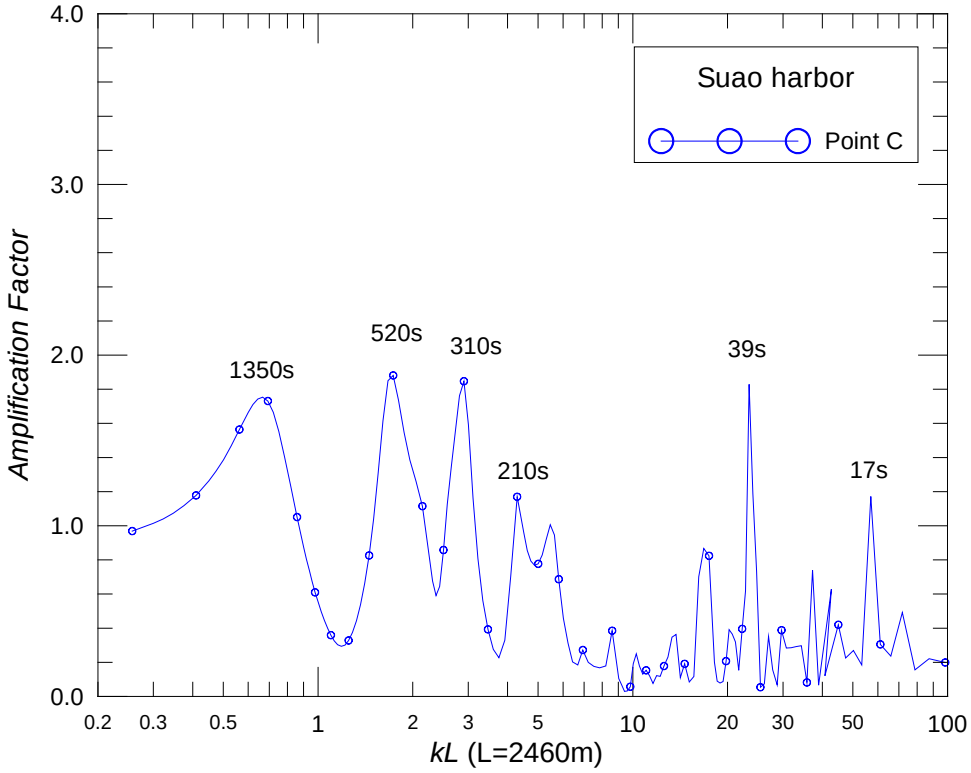


圖 8.14 蘇澳港港池共振數值分析檢核點 C 之波高放大率圖

8.2 港區波浪即時觀測系統建置

基於花蓮港及蘇澳港港區靜穩模擬系統建置需求，港研中心本年度分別在花蓮港及蘇澳港港內規劃建置新的波浪即時觀測系統，設置地點分別如圖 8.15 及圖 8.16 所示，其中花蓮港港內波浪即時觀測站有兩處，分別為 9 號碼頭之北測站及鄰近 17 號碼頭之南測站。新設波浪即時觀測系統採壓力式水位計量測碼頭附近水面波動，儀器取樣頻率設定為 2Hz，連續方式觀測，並透過 4G LTE 無線傳輸模組，即時將觀測訊號上傳至港研中心雲端伺服器。波譜分析設定採用 2048 筆數據，觀測時間約耗費 17 min. 04 sec，因此，波浪觀測系統設定每 20 分鐘輸出一組波浪觀測資料，內容包含示性波高(H_s)、平均週期(T_m)、譜峰週期(T_p)、湧(長)浪波高(H_{swell})及湧(長)浪平均週期(T_{swell})等波浪參數。此外，波浪觀測系統同時會依據壓力轉換成的水深資料，利用零上切及逐波分析法統計 2048 筆水位時序列資料內最大波高(H_{max})、最大波週期(T_{max})、$H_{1/3}$、$T_{1/3}$、$H_{1/10}$ 及 $T_{1/10}$ 等波浪參數。前述壓力計觀測資料之波譜分析方法及逐波分析方法，詳見附錄三說明。

8.2.1 花蓮港

本年度 6~9 月花蓮港港內南、北測站示性波高觀測之時序列變化如圖 8.17 所示，施測期間南測站觀測港內最大示性波高值為 1.26 m，研判是受到中度颱風梅莎(MAYSAK)影響，如圖 8.18 所示。此外，9 月 5 日花蓮港外港池示性波高亦出現逐漸增大趨勢，最大示性波高達到 1.1 m，同樣研判與強烈颱風海神(HAISHEN)有關，如圖 8.19 所示。由港內波浪觀測結果顯示，遠域颱風引起的颱風波浪仍會對花蓮港港內靜穩的影響。

8.2.2 蘇澳港

蘇澳港港內波浪觀測結果，如圖 8.20 所示，顯示施測期間最大示性波高值為 0.77 m，研判受到遠域颱風強烈颱風海神(HAISHEN)影響。此外，由港內波浪觀測結果顯示，8 月份侵臺颱風哈格比(HAGUPIT)、薔蜜(JANGMI)、巴威(BAVI)及遠域颱風海神(HAISHEN)等，均有觀測到颱風波浪影響的跡象。

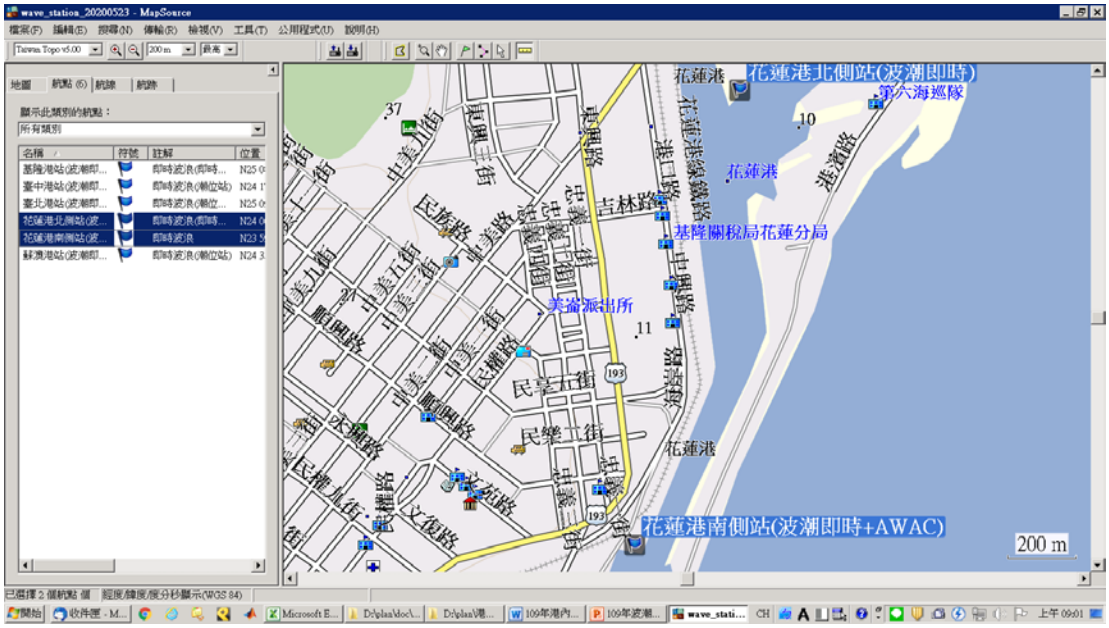


圖 8.15 花蓮港波浪即時觀測系統架設位置示意圖

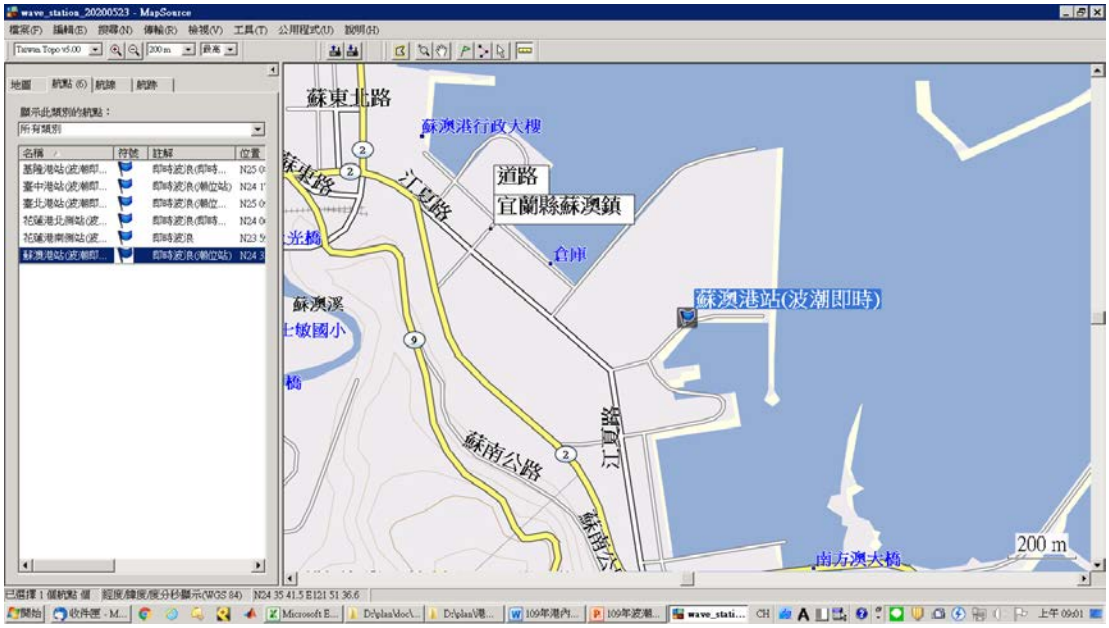


圖 8.16 蘇澳港波浪即時觀測系統架設位置示意圖

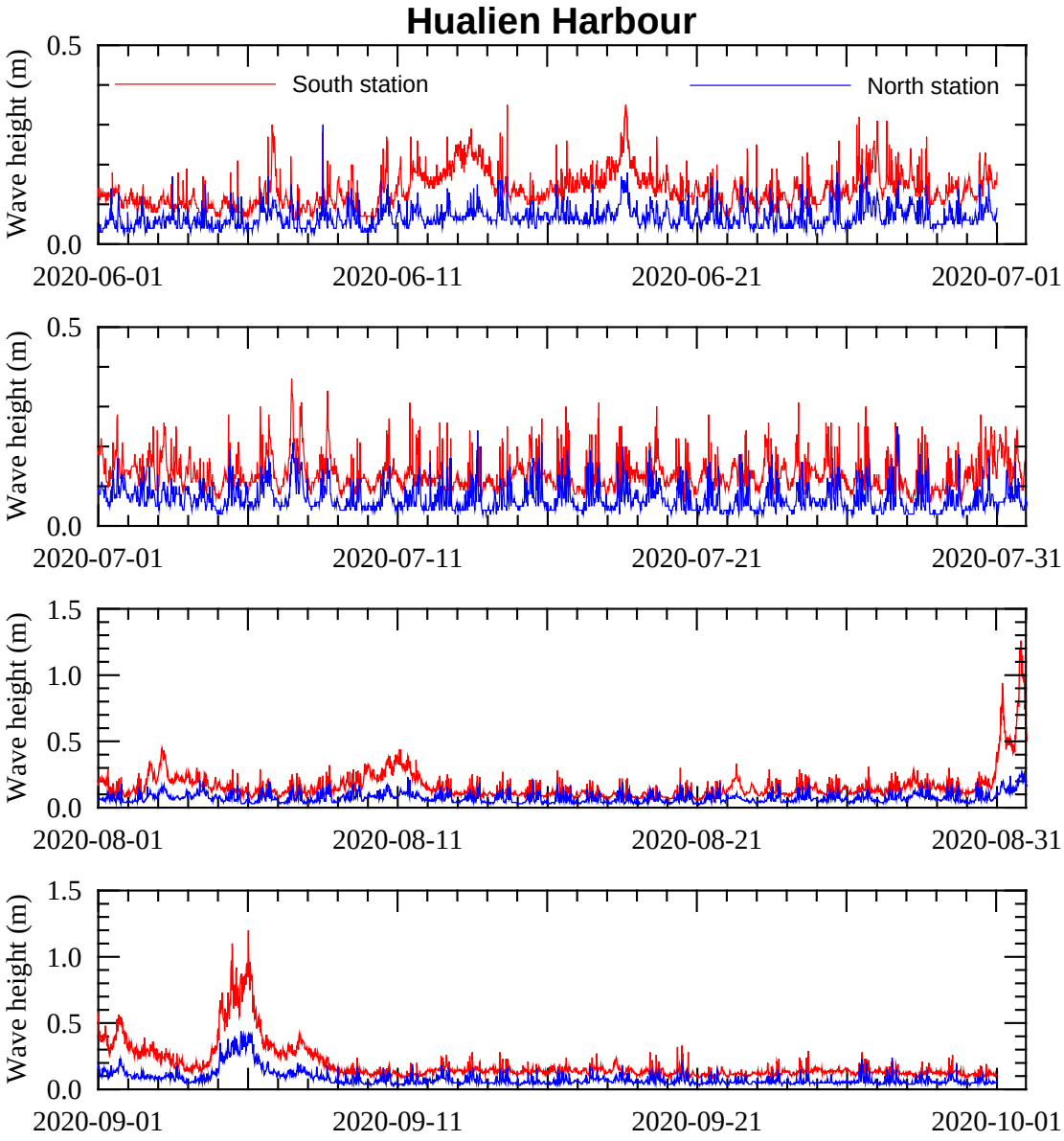


圖 8.17 2020 年 6~9 月花蓮港港內南、北波浪觀測站示性波高之時序列圖

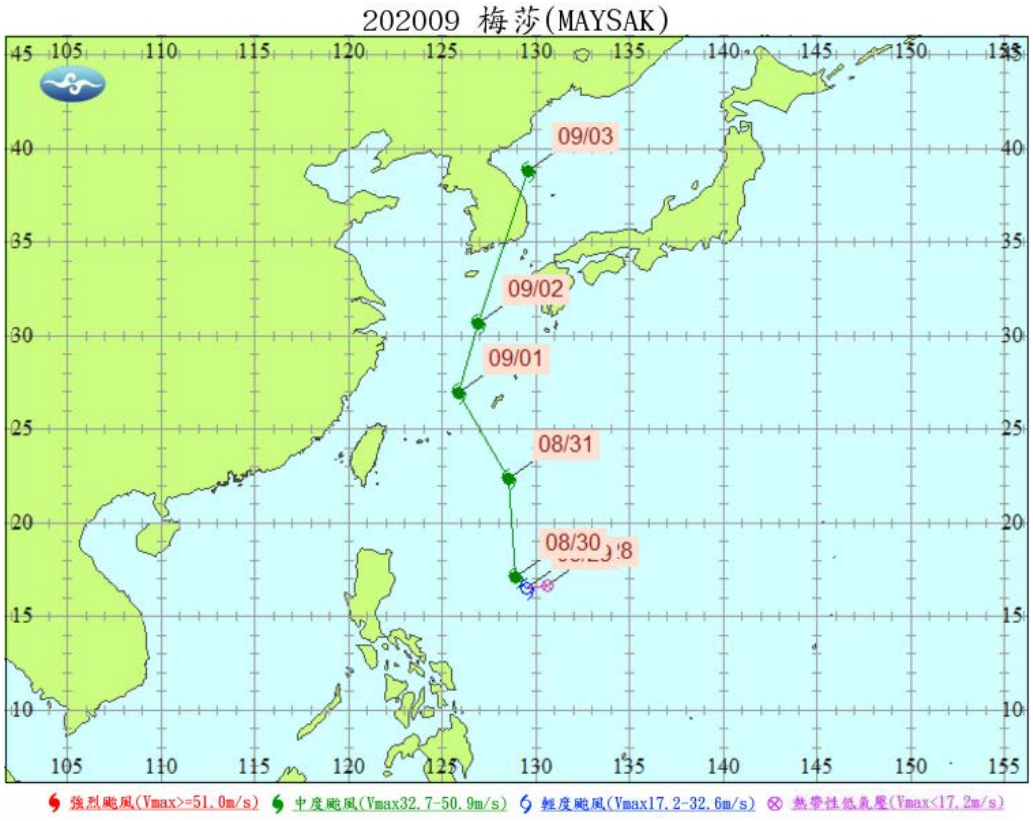


圖 8.18 2020 年中度颱風梅莎路徑圖

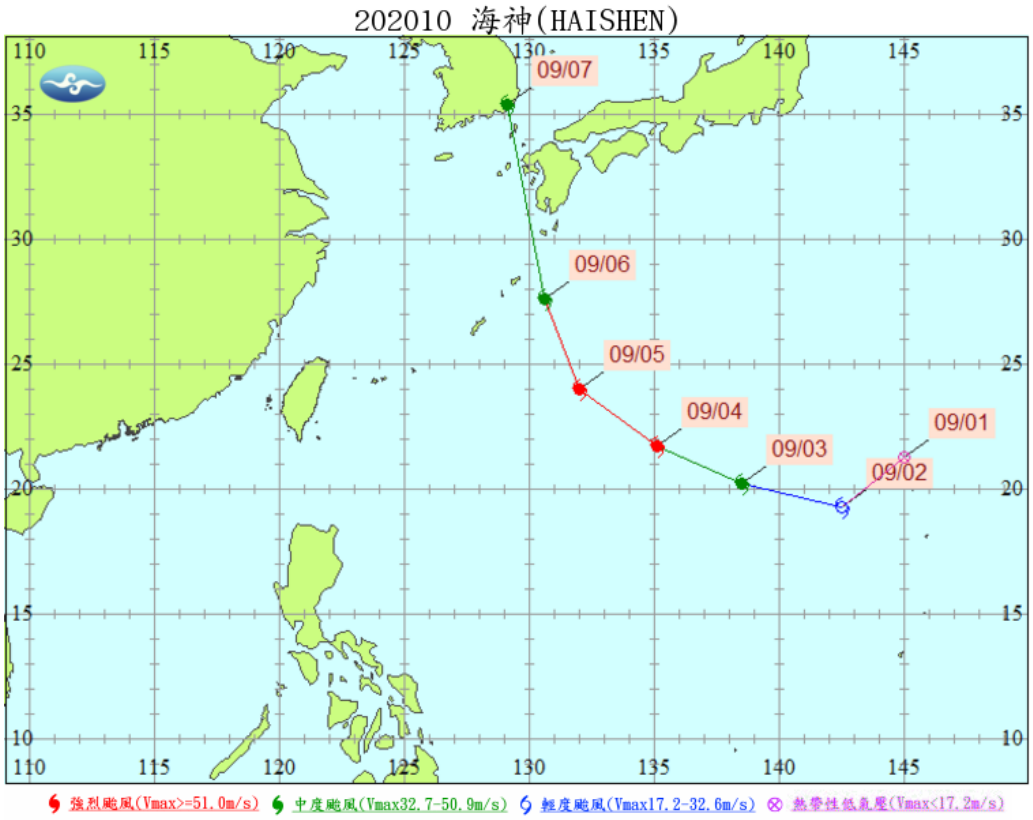


圖 8.19 2020 年強烈颱風海神路徑圖

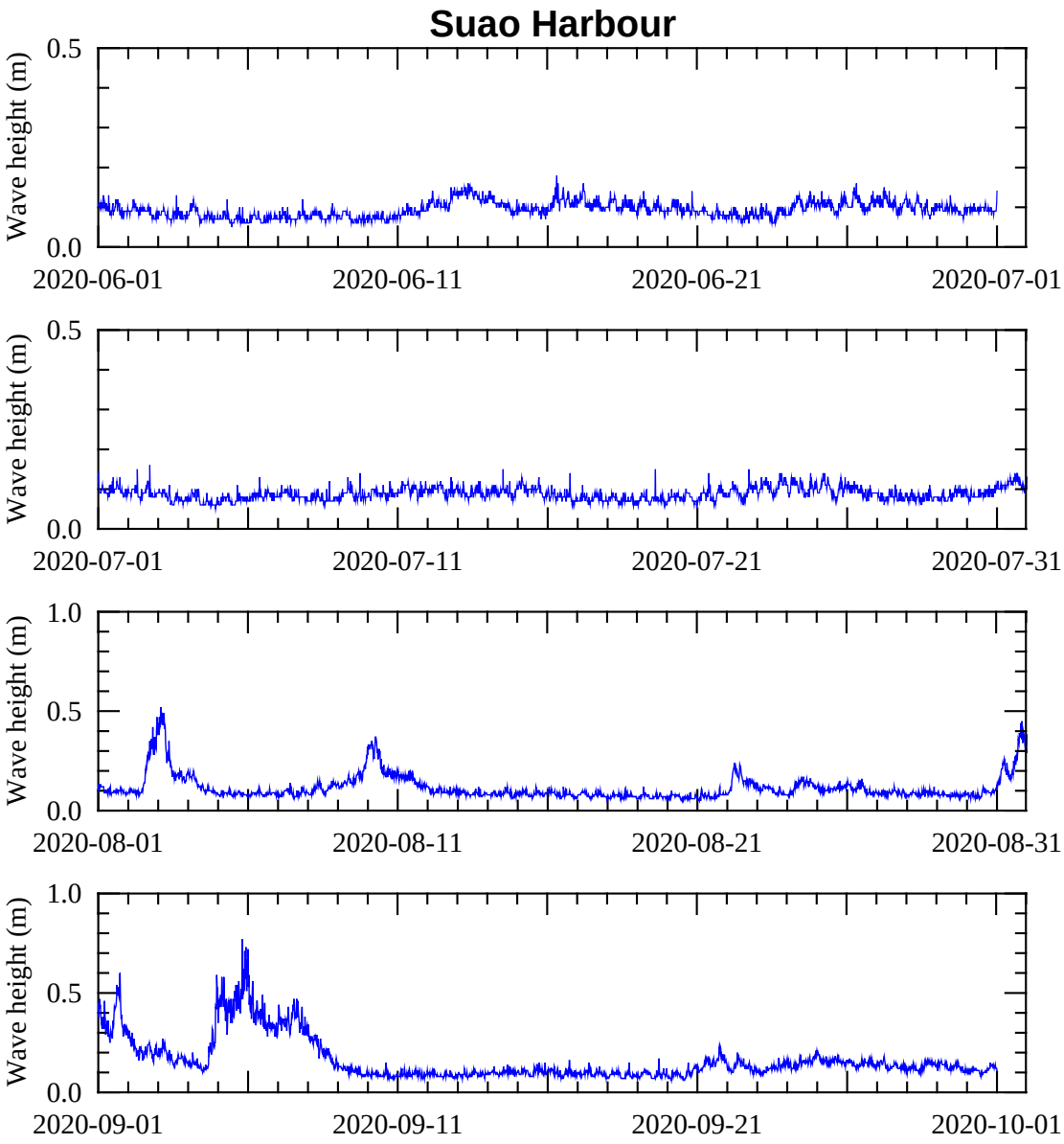


圖 8.20 2020 年 6~9 月蘇澳港港內波浪觀測站示性波高之時序列圖

8.3 港區靜穩模擬系統之模擬架構

本計畫規劃的港區靜穩模擬系統之組成架構包含港區外海風浪模擬及港域波浪模擬等兩部份，如圖 8.21 所示，其中港區外海風浪模擬流程與 TaiCOMS 風浪作業化模擬子系統模擬流程相同，依序分別為遠域風浪模擬、近域風浪模擬及近海風浪模擬等三步驟；即本計畫建構的港區靜穩模擬系統可獨立執行，亦可併入 TaiCOMS 海象模擬作業化系統。

本計畫港區靜穩模擬系統模擬架構簡述如下：

1. 透過港區外海遠域、近域及近海風浪模擬，提供準確性較高的示性波高、譜峰週期及平均波向等 48 小時預報資料，作為港域波浪模擬預報之輸入條件；
2. 透過港域波浪模擬產生港內 48 小時模擬預報波場，逐時輸出港內各碼頭泊區空間分布之平均波高(含最大值及最小值)。
3. 最後，利用港區波浪觀測資料校驗數值模擬結果，做為港域波浪模組修正之依據。

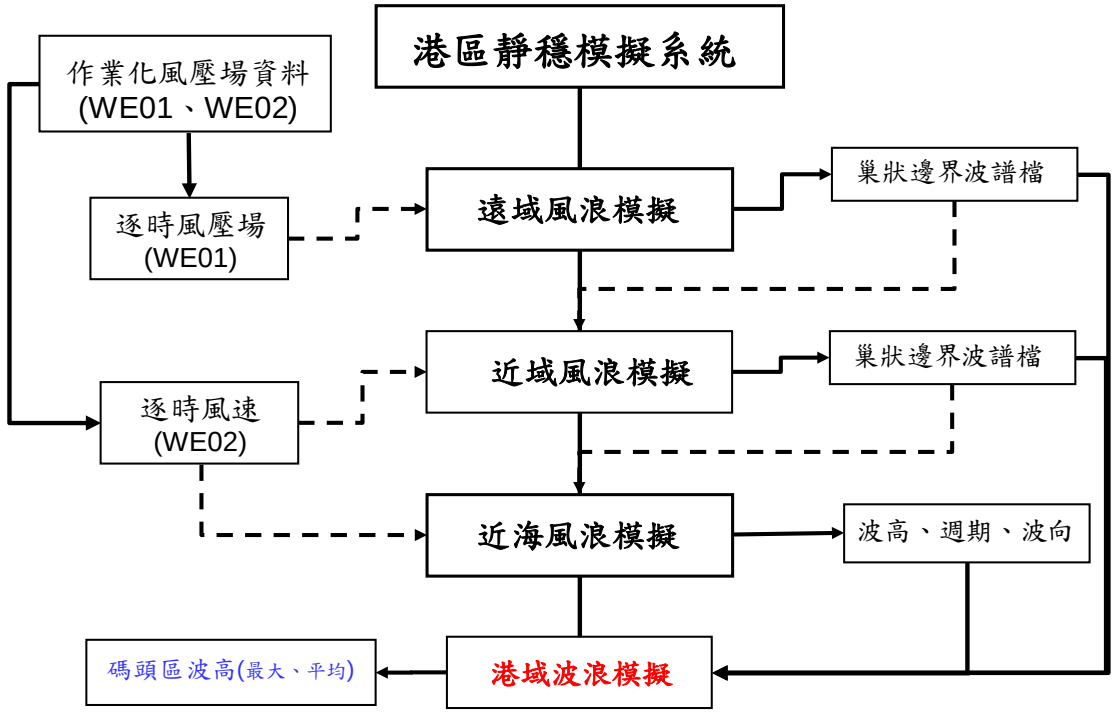


圖 8.21 港區靜穩模擬系統之架構及模擬流程示意圖

8.3.1 花蓮港港區靜穩模擬系統建置

1. 外海風浪模擬輸出點位評估

依據花蓮港細尺度港域波浪模組模擬範圍，本計畫選取花蓮海域小尺度風浪模組計算網格上 A~D 及 HL 等五點位，如圖 8.22 所示，作為小尺度風浪模擬結果預報點位，其中 HL 點位鄰近花蓮港外海波浪 AWAC 測站。為瞭解小尺度風浪模組計算網格 A~D 模擬結果之差異性，本計畫以 2019 年 8 月 8 日 0 時作業化模擬結果為例，分別繪出 A~D 四點位示性波高、譜峰週期及平均波向之時序列變化，如圖 8.23~圖 8.25 所示，顯示 A~D 四點位模擬結果均相近似，因此，本計畫選取比較接近細尺度港域波浪模組外海半圓中線之 C 點作為花蓮港港區靜穩模擬外海波浪條件之輸出點位。

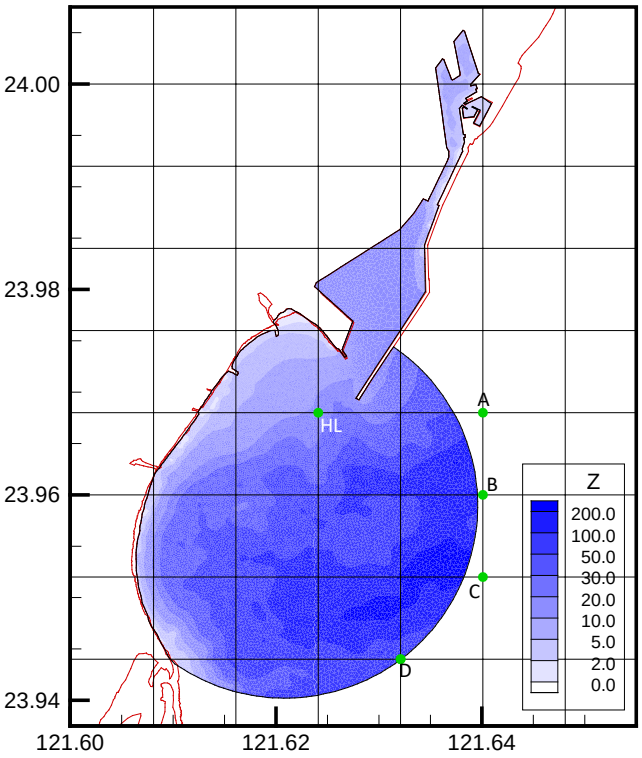


圖 8.22 花蓮港區細尺度波浪模擬範圍與花蓮域小尺度風浪模組輸出點位(圓點)分布圖

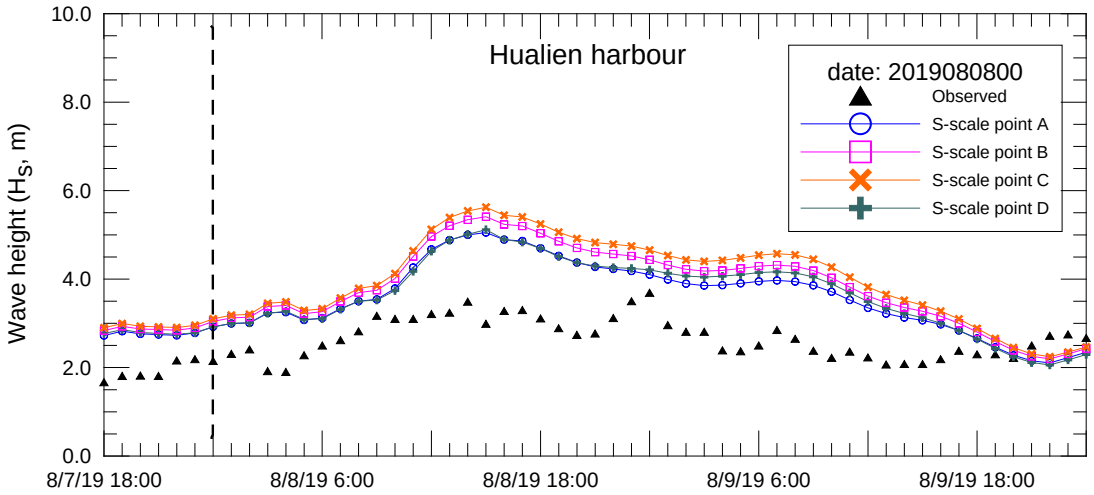


圖 8.23 花蓮海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A~D 示性波高時序列圖

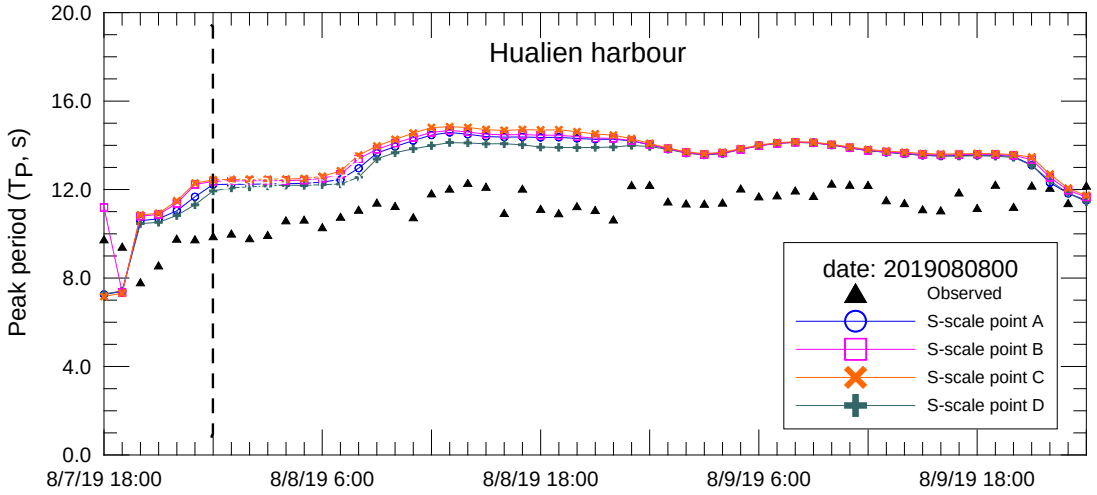


圖 8.24 花蓮海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A~D 譜峰週期時序列圖

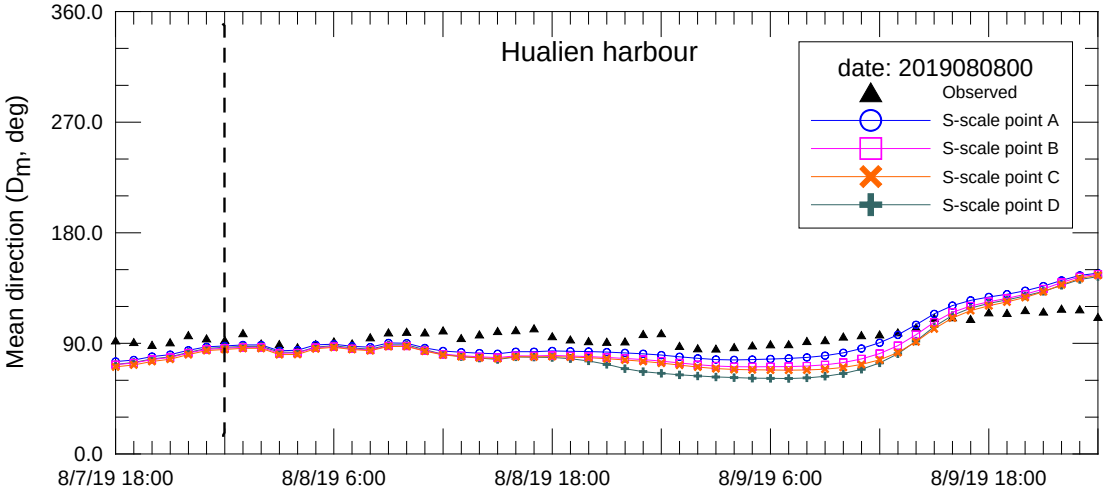


圖 8.25 花蓮海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A~D 平均波向時序列圖

2. 港區靜穩模擬輸出點位

港區靜穩模擬目的為提供港區各碼頭泊區內波高模擬資訊，因此，本計畫需事先依細尺度計算網格建置各碼頭區節點資訊，供模式輸出各碼頭區模擬結果之平均波高。花蓮港港區碼頭席位分布狀況，如圖 8.26 所示，其中內港港區共有碼頭 16 座(編號 1~16)，水深約 6.5~10.5 米；外港港區屬於深水碼頭，共有碼頭 9 座(編號 17~25)，水深約 12~16.5 公尺。此外，針對波浪即時觀測站所在碼頭區(如圖中 S、N)，本計畫則規劃為模式模擬結果之檢核點，其輸出之平均波高資料將與觀測資料進行比對。

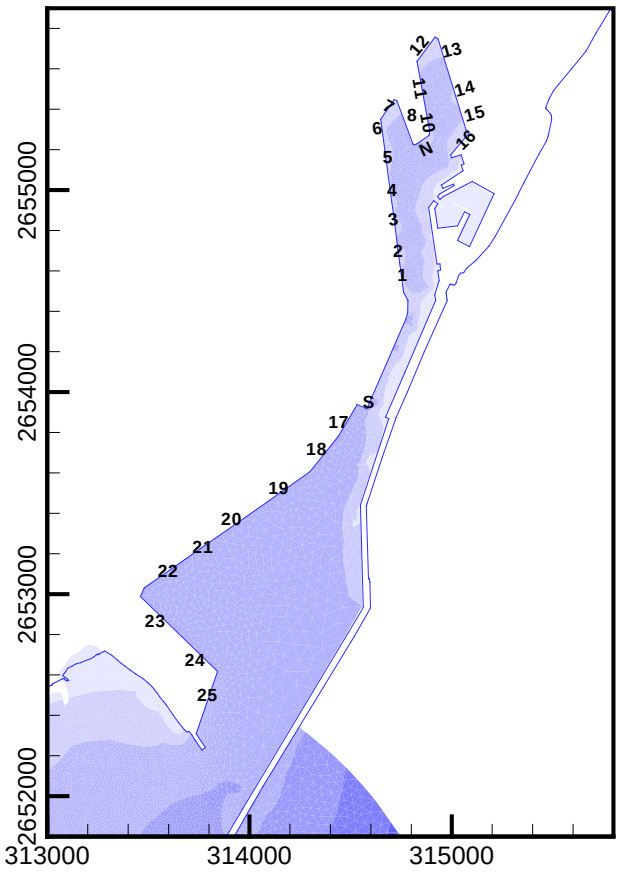


圖 8.26 花蓮港港區碼頭位置示意圖

3. 港區靜穩模擬作業化模擬時間評估

本計畫採用 CPU 為 3.60GHz 之個人電腦執行花蓮港港區靜穩模擬作業化模擬，測試結果若執行 48 小時逐時港區靜穩模擬，所需電腦模擬時間約 8 小時，明顯不符本計畫作業化時間之要求。經評估欲在 2 小時之內完成花蓮港港區靜穩模擬，本計畫提出花蓮港港區

靜穩模擬流程修正，即(1) 將 48 小時逐時港區靜穩模擬縮短為 0~36 小時，(2) 採取間隔 3 小時方式，抽取花蓮海域小尺度風浪預報輸出之波浪模擬條件(計 13 組)。

4. 花蓮港區靜穩模擬子系統組成架構

在花蓮港區靜穩模擬方面，本計畫建置的花蓮港區靜穩模擬子系統組成架構，如圖 8.27 所示；其中遠域、近域及近海風浪模擬採用的巢狀網格模擬範圍、解析度等資訊，如表 8.1 所列。

系統作業化模擬控制參數設定，如圖 8.28 所示。

表 8.1 花蓮港區靜穩模擬子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	110.0/145.0*[1]	10.0/35.0	0.2	176×126
近域網格	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
近海網格 (花蓮海域)	121.40/122.40	23.28/24.24	0.008	126×121
註*[1]：本年度新建網格，詳見2.2.3節				

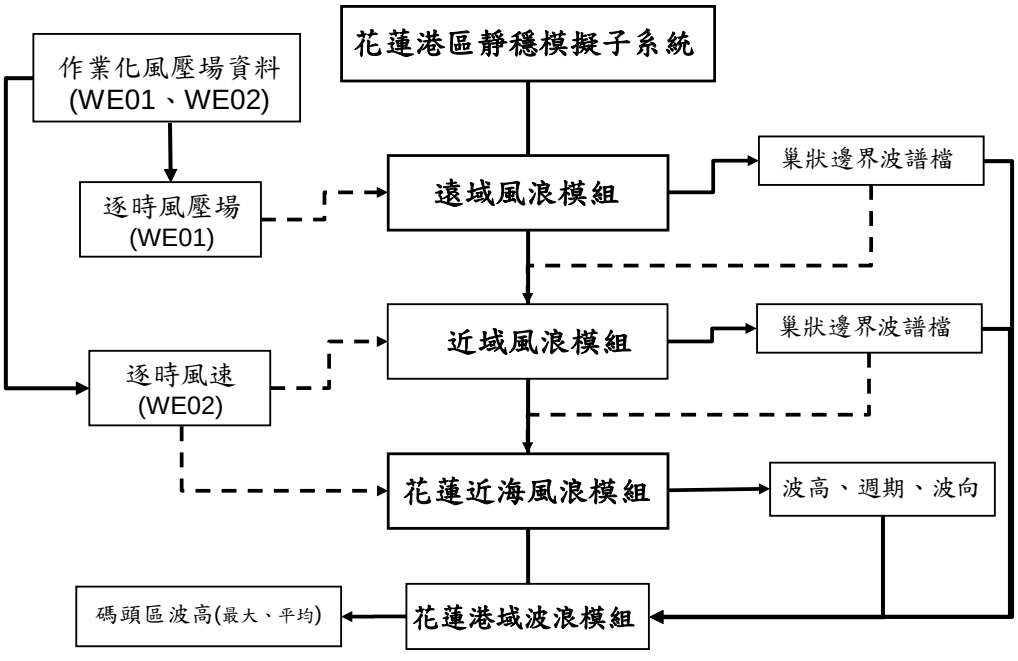


圖 8.27 花蓮港港區靜穩模擬子系統組成架構及模擬流程示意圖

```
! ..................................... 作業系統(linux: .true. ; WIN: .false.)
.false.
! ..................................... 風場格式(1=NFS; 2=M00; 3=M05)
 3
!!..................................... 大尺度風浪模組(wam_model)
.true.
! ..................................... hotrun for L-scale mode
.true.
!!..................................... 中尺度風浪模組(swantai)
.true.
! ..................................... hotrun for M-scale mode
.true.
! ..................................... 小尺度花蓮海域風浪模組(swanHLsea)
.true.
!!..................................... hotrun for S-scale HLsea mode
.true.
! ..................................... DIFFRac 開關(=0, OFF), (=1, ON)
 1
! ..................................... 細尺度花蓮港域波浪模組(FEMHLharb)
.true.
! ..................................... 潮位 開關(=0, OFF), (=1, ON)
 0
```

圖 8.28 花蓮港港區靜穩模擬子系統作業化模擬控制參數設定

8.3.2 蘇澳港港區靜穩模擬系統建置

1. 外海風浪模擬輸出點位評估

依據蘇澳港細尺度港域波浪模組模擬範圍，本計畫選取蘇澳海域小尺度風浪模組計算網格上 A、B 及 SA 等 3 點位，如圖 8.29 所示，作為小尺度風浪模擬結果預報點位，其中 SA 點位鄰近蘇澳港外海波浪 AWAC 測站。為瞭解小尺度風浪模組計算網格 A~B 模擬結果之差異性，本計畫以 2019 年 8 月 8 日 0 時作業化模擬結果為例，分別繪出 A、B 點位示性波高、譜峰週期及平均波向之時序列變化，如圖 8.30~圖 8.32 所示，顯示 A、B 點位模擬結果均相近似，因此本計畫選取比較接近細尺度港域波浪模組外海半圓中線之 C 點作為蘇澳港港區靜穩模擬外海波浪條件之輸出點位。

2. 港區靜穩模擬輸出點位

港區靜穩模擬目的為提供港區各碼頭泊區內波高模擬資訊，因此，本計畫需事先依細尺度計算網格建置各碼頭區節點資訊，供模式輸出各碼頭區模擬結果之平均波高。蘇澳港港區碼頭席位分布狀況，如圖 8.33 所示，其中內港港區共有碼頭 13 座(編號 1~16)，水深約 6.5~13.5 米。此外，針對波浪即時觀測站所在貯木區(如圖中 W)，本計畫則規劃為模式模擬結果之檢核點，其輸出之平均波高資料將與觀測資料進行比對。

3. 港區靜穩模擬作業化模擬時間評估

本計畫採用 CPU 為 3.60GHz 之個人電腦執行蘇澳港港區靜穩模擬作業化模擬，測試結果若執行 48 小時逐時港區靜穩模擬，所需電腦模擬時間約 1 小時，因此本計畫蘇澳港港區靜穩模擬採取預報 48 小時逐時港區靜穩模擬。

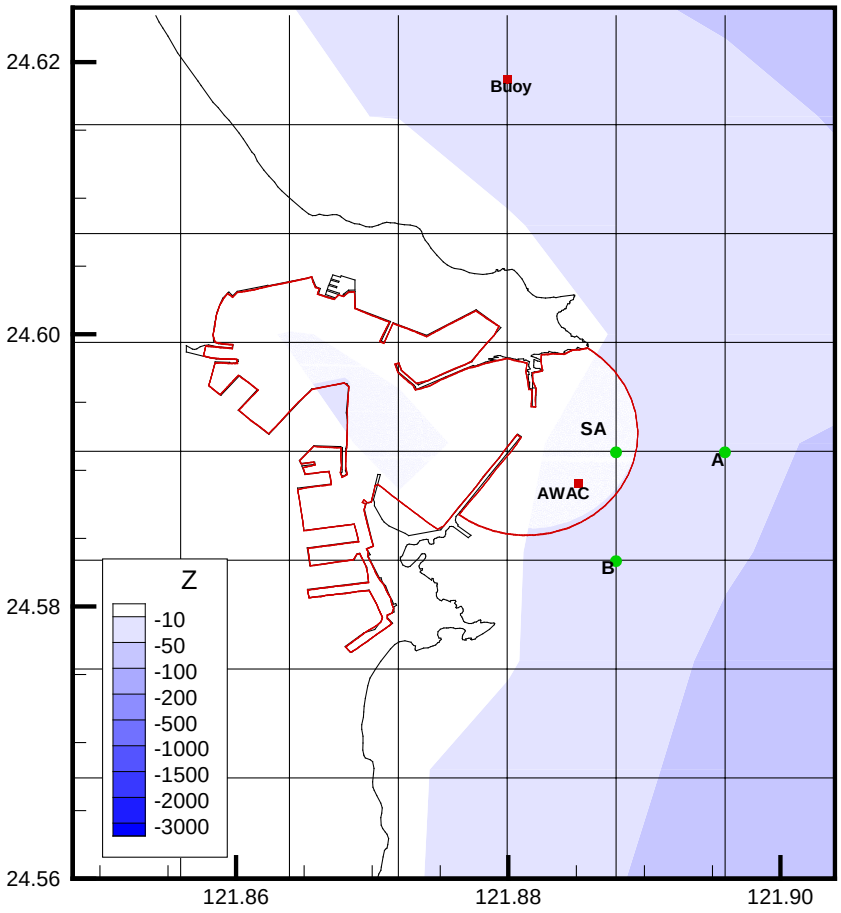


圖 8.29 蘇澳港區細尺度波浪模擬範圍與蘇澳域小尺度風浪模組輸出點位(圓點)分布圖

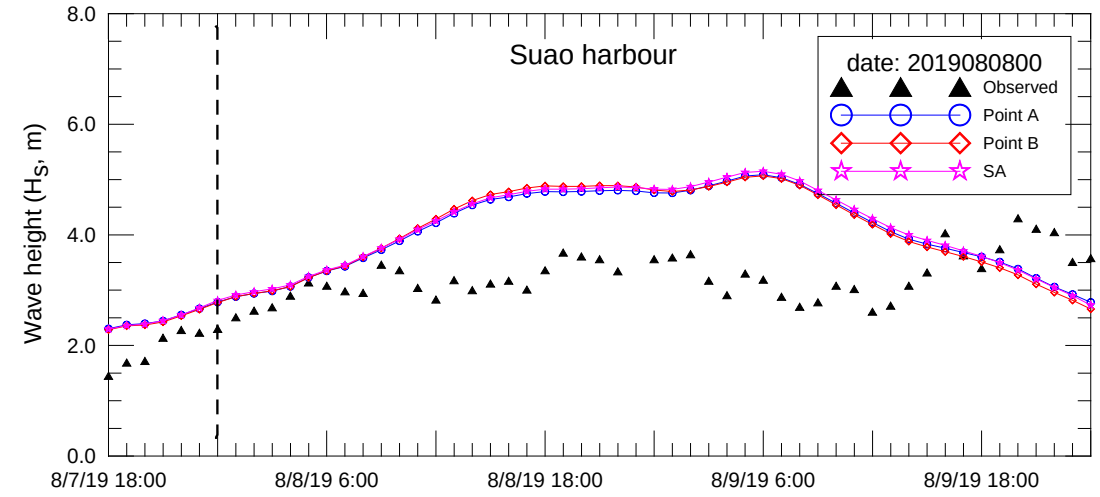


圖 8.30 蘇澳海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A、B 點位示性波高時序列圖

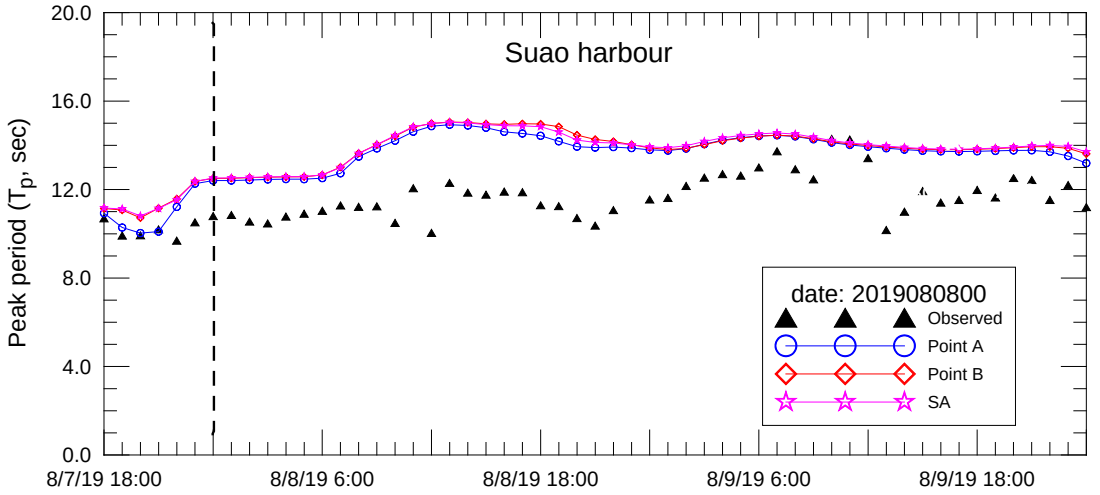


圖 8.31 蘇澳海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A、B 點位譜峰週期時序列圖

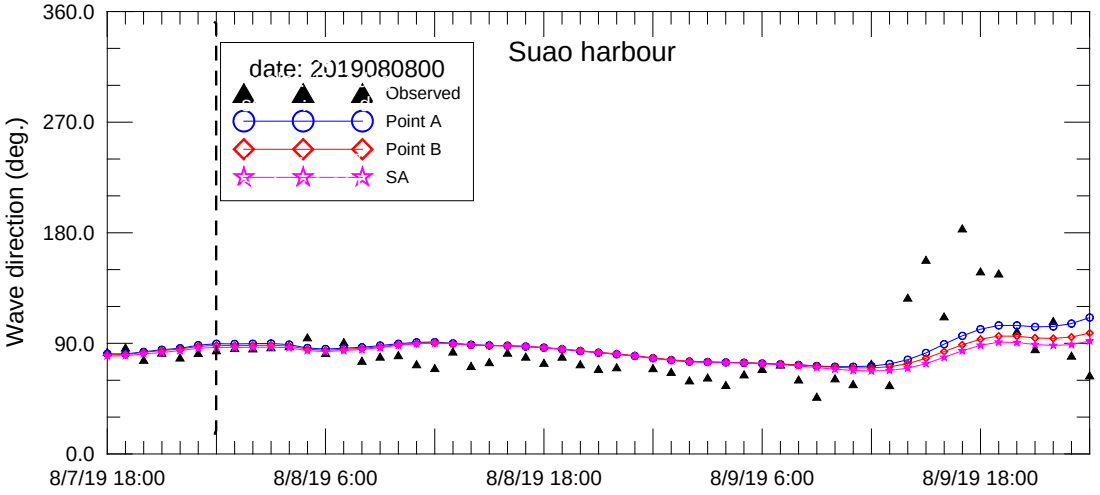


圖 8.32 蘇澳海域小尺度風浪模組作業化模擬結果，A、B 點位平均波向時序列圖

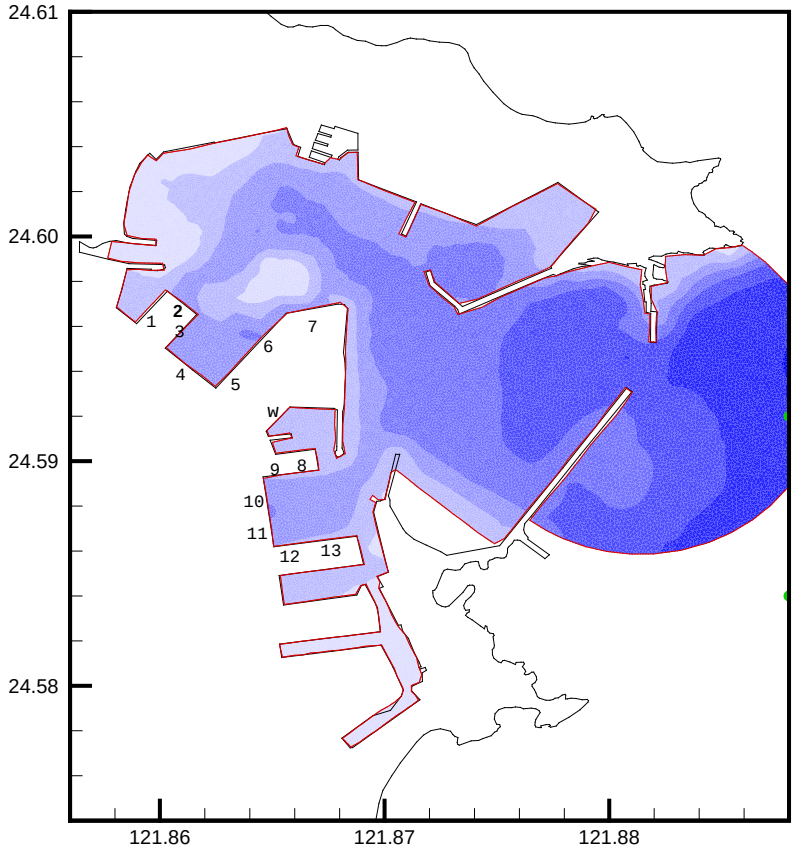


圖 8.33 蘇澳港港區碼頭位置示意圖

4. 蘇澳港區靜穩模擬子系統組成架構

在蘇澳港區靜穩模擬方面，本計畫建置的蘇澳港區靜穩模擬子系統組成架構，如圖 8.34 所示；；其中遠域、近域及近海風浪模擬採用的巢狀網格模擬範圍、解析度等資訊，如表 8.2 所列。

系統作業化模擬控制參數設定，如圖 8.35 所示。

表 8.2 蘇澳港港區靜穩模擬子系統之巢狀網格之資訊表

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	110.0/145.0*[1]	10.0/35.0	0.2	176×126
近域網格	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
近岸網格 (蘇澳海域)	121.64/122.40	24.24/25.12	0.008	96×111
註*[1]：本年度新建網格，詳見2.2.3節				

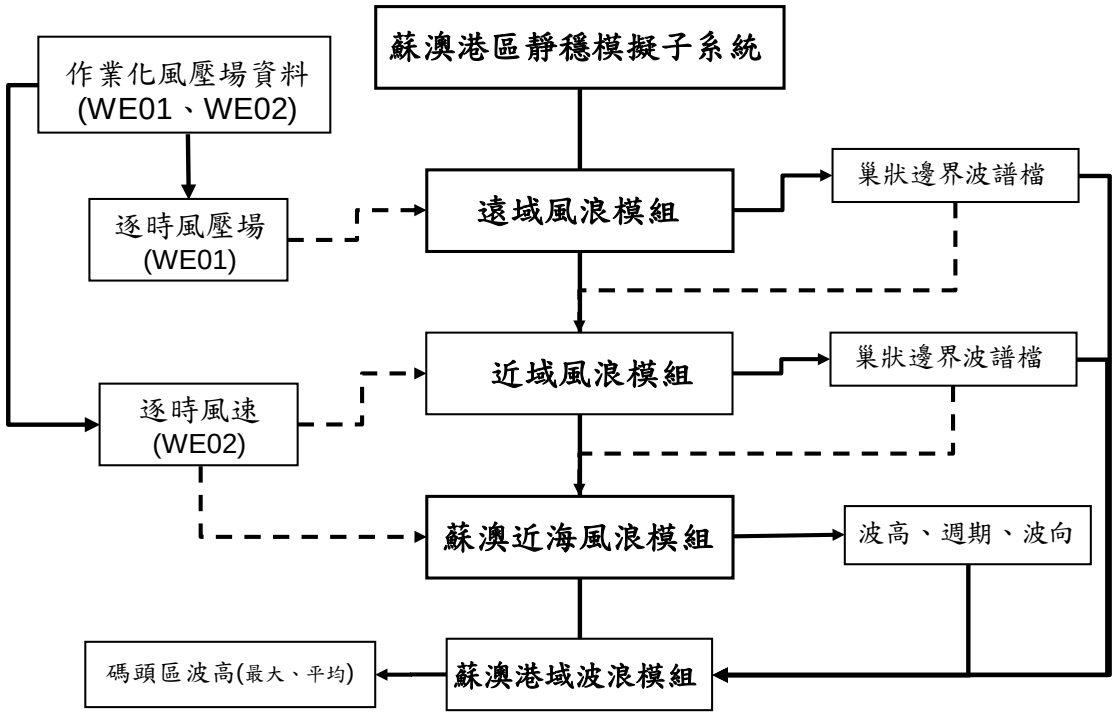


圖 8.34 蘇澳港港區靜穩模擬子系統組成架構及模擬流程示意圖

```
! ..................................... 作業系統(linux: .true. ; WIN: .false.)
.false.
! ..................................... 風場格式(1=NFS; 2=M00; 3=M05)
 3
!!..................................... 大尺度風浪模組(wam_model)
.true.
! ..................................... hotrun for L-scale mode
.true.
!!..................................... 中尺度風浪模組(swantai)
.true.
! ..................................... hotrun for M-scale mode
.true.
! ..................................... 小尺度蘇澳海域風浪模組(swanSAsea)
.true.
!!..................................... hotrun for S-scale SAsea mode
.true.
! ..................................... DIFFRac 開關(=0, OFF), (=1, ON)
 1
! ..................................... 細尺度蘇澳港域波浪模組(FEMSAharb)
.true.
! ..................................... 潮位 開關(=0, OFF), (=1, ON)
 0
```

圖 8.35 蘇澳港港區靜穩模擬子系統作業化模擬控制參數設定

8.4 港區靜穩模擬系統之模擬與校驗

8.4.1 花蓮港港區靜穩模擬

針對花蓮港港外 AWAC 測站(HL)、港內波浪測站(HLS、HLN)及港外風浪模擬測站(HLC) 等測站，本計畫選取 2020 年 8 月份示性波高逐時資料進行比對，如圖 8.36 所示。針對 8 月 2 日哈格比颱風期間及 8 月 31 日

梅莎颱風期間選取 39 組港外 AWAC 測站波浪觀測資料作為花蓮港港區靜穩模擬之輸入條件，執行細尺度港域波浪場模擬，並輸出港內波浪測站(HLS、HLN)碼頭區波高值，其中 HLS 測站模擬結果與觀測資料校驗，如圖 8.37 所示，顯示花蓮港港內波高模擬值與觀測值仍有不一致現象，建議後續仍應蒐集更多港內測資料進行分析，校驗細尺度港內波浪模組模擬結果。

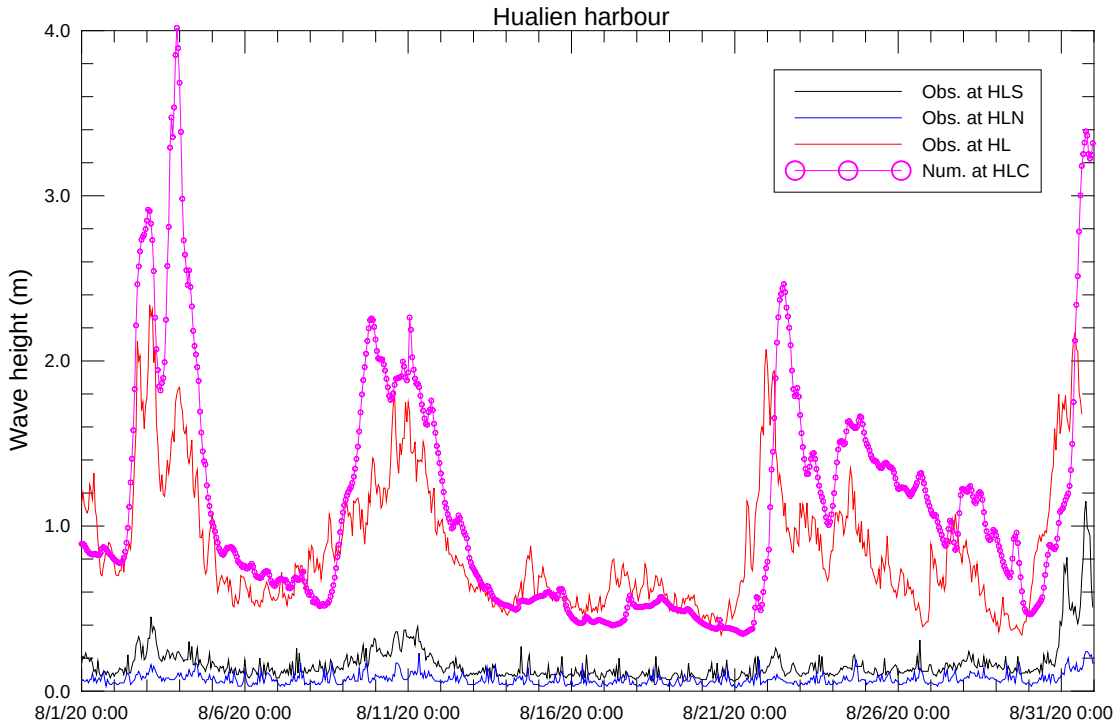


圖 8.36 2020 年 8 月花蓮港港內、外示性波高觀測值與模擬值時序列圖

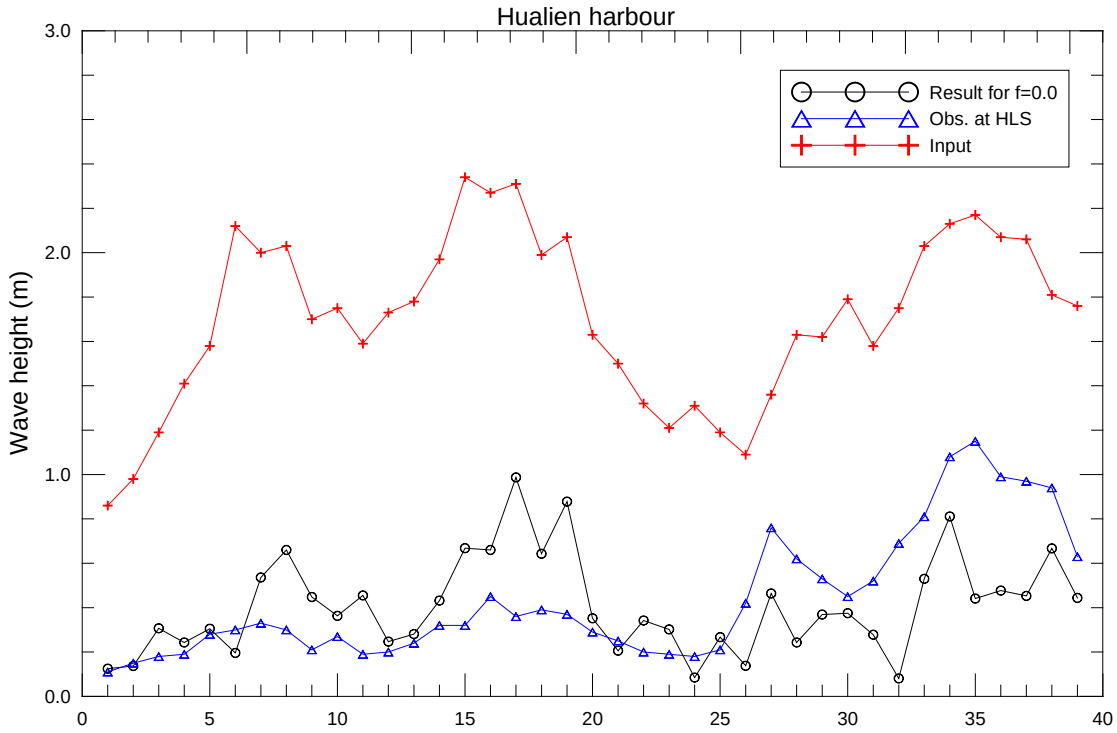


圖 8.37 花蓮港港區靜穩模擬測試條件下，港區波浪測站 HLS 示性波高模擬值與觀測值比對結果圖

第九章 結論與建議

本計畫屬於本所 109 年「海洋及交通運輸防災技術研究」科技綱要計畫項下「港灣環境資訊整合及防災應用研究」細部計畫內之子項計畫，整體計畫執行期程規劃 4 年，今年為第 3 年計畫，依計畫執行成果主要結論如下：

9.1 結論

1. 本年度海氣象自動化預報模擬系統維運達成，確保海象模擬作業化系統正常運作，提供港灣資訊網站展示每日海象作業化模擬及預測成果目的；此外，維持各種海象模擬資訊達到 100%蒐集率目標。
2. 針對風浪及水動力模擬完成每日四報作業化模擬系統之升級研究，提升 TaiCOMS 海象模擬預測能量，達到每 6 小時更新 48 小時海象預測資訊目標，有助於降低颱風期間或異常天候下海象預測資訊之誤差。
3. 針對臺灣周圍海域風浪模擬採取觀測資料及氣象局 NWW3 波浪預報值為校驗對象，結果顯示西海岸臺中以北海域三者示性波高隨東北季風強弱變化顯著，三者呈現高度相關特性；西南海域如安平、高雄等模擬結果顯示 TaiCOMS 示性波高變化趨勢與觀測值較近似；東部海域 TaiCOMS 示性波高呈現偏大趨勢，即 NWW3 預報值與觀測值較近似。
4. 針對臺灣西海岸本計畫選取臺北港、臺中港及安平港等海域，比對 TaiCOMS 水動力模組與氣象局 OCM-2 海流模式之流速模擬值顯示，在臺北港及安平港海域內，二者流速均呈現潮流特性，因此，具有高度相似性，在臺中港海域 OCM-2 流速模擬結果呈現非潮流主導特性，此與 TaiCOMS 水動力模組潮流模擬特性不一致，二者流速相關性低。

5. 在波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估方面，完成本年度(2019 年 9 月至 2020 年 8 月)海象作業化預報評估年報供本所內部參考。
6. 在東部海域小尺度風浪模擬系統建置方面，本計畫完成的東部海域小尺度風浪模擬作業化系統包含遠域西太平洋風浪模組、近域臺灣周圍海域風浪模組及兩個小尺度近岸花蓮海域及蘇澳海域風浪模組；並針對 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間，花蓮及蘇澳海域波浪觀測資料(AWAC 及浮標測站)，校驗中、小尺度模組每日四報作業化模擬成果；初步結果包括颱風侵臺期間歷次作業化波浪預測趨勢無顯著的差異現象出現，示性波高預測以浮標測站(HLB、SAB)預測趨勢與觀測資料較近似，整體統計結果示性波高、平均週期及平均波向等預測值與觀測值間 RMSQ 以仍小尺度模組預測值表現較佳者居多數，顯示小尺度風浪模組有助於改善風浪預測準確性。
7. 本計畫港內波浪靜穩模擬系統係結合風浪模擬及港域波浪模擬之作業化模擬系統，本年度完成花蓮港靜穩模擬系統建置，並利用颱風期間港內、外波浪觀測資料初步校驗花蓮港港內波浪模擬結果，作為系統各模組後續改善之依據。

9.2 建議

1. 本年度完成風浪模擬每日四報作業系統試運作測試及水動力模擬每日四報作業系統作業系統建置，建議仍應持續對模擬作業系統進行長期模擬壓力評估及模擬成果之校驗，作為每日四報作業化系統後續改善之依據。
2. 針對建置完成的東部海域小尺度風浪模組，颱風期間校驗結果初步證明已達到改善預測準確性目的，但對於港口波浪測站校驗仍有改善成果不明顯之現象，建議後續仍應就蒐集的觀測資料品質及小尺度模組港口附近地形水深等進行檢討，並尋求解決方法。

3. 對於浮標觀測疑因觀測方法特性或靈敏性因素等，導致平均週期觀測資料明顯高於 AWAC 觀測資料及本計畫數值模擬結果，後續對於氣象局提供的浮標觀測資料，建議僅需參考或採用波高觀測資料。

9.3 成果效益

本計畫成果效益如下：

1. 配合本年度電腦的軟硬體建置，修正海象預報系統的相關參數，達成改善海象自動化預報模擬精度之目的，提昇海象預報作業品質。
2. 每日四報海象模擬預測資訊，不僅達到港研中心 TaiCOMS 海象模擬預測能力升級目的，同時完成「港灣環境資訊系統」平台達成每 6 小時更新海象模擬預測資訊目標，有助於提昇「港灣環境資訊系統」被使用率。
3. 小尺度風浪及水動力模擬結果，可提供東部藍色公路較精細的海象模擬預測資訊，達到確保藍色公路航行安全目標。
4. 提供東部海岸公路浪襲系統外海邊界小尺度風浪模擬預測條件，有助提昇海岸公路浪襲系統預警及預測成功機率。
5. 港區靜穩模擬系統建置，有助於瞭解花蓮港及蘇澳港等港內靜穩狀況，平時可提供港務人員掌握港區波浪狀況，颱風期間可提供港務人員港區波浪模擬預測資訊，做為判斷是否採取船舶離港避颱之參考。
6. 本計畫海象模擬預報資訊整合於本所港研中心「港灣環境資訊系統」平台，平日供航港局、港務公司及縣市政府辦理港口船舶交通、航運安全管理使用，於颱風期間或面臨緊急海難及各種海岸災害(包括海岸公路)等防救時，亦可迅速提供海情資訊供航港局、港務公司及公路總局做防災應變決策參考應用。

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, p.471 , 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, p.636., 1974
20. 歐善惠、許泰文、臧效義、方介群、廖建明，「應用SWAN波浪模式推算臺灣附近海域颱風波浪之研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，87頁-95頁，1999年。
21. 歐善惠、許泰文、臧效義、廖建明、方介群，「應用SWAN模式於臺灣西部海岸之波浪預測」，第二屆國際海洋大氣會議論文集，臺北，183頁-188頁，2000年。

22. 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，2004年3月。

23. 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。

24. 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。

25. 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。

26. 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。

27. 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。

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(3/4)-波浪部份，交通部運輸研究所，2010年5月。

29. 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。

30. 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。

31. 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。

32. 廖建明、莊文傑、許泰文、何興亞，「台灣西南海域海潮流模擬與特性探討」，第32屆海洋工程研討會論文集，第521-526 頁，2010年。

33. 顏沛華、蔡宗旻、莊文傑、謝東發、林明毅，「直接應用NAO99b全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估」，第32屆海洋工程研討會論文集，第659-664 頁，2010年。

34. 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。

35. 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。

36. 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，2012年4月。

37. 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。

38. 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。

39. 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，2013年2月。

40. 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，2014年3月。

41. 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，2014年4月。

42. 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，2015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，「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，2015年3月。

44. 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，2016年3月。

45. 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，2016年5月。

46. 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，2017年3月。

47. 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，2017年4月。

48. 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，2017年4月。

49. 「花蓮海岸基本資料調查監測計畫(2/2)」，經濟部水利署，2017年12月。

50. 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，2018年3月。

51. 蘇青和、李兆芳、劉正琪、陳明宗、李俊穎、謝佳紘、江朕榮，「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，2019年2月。

52. 李兆芳、劉正琪、傅怡釧、李俊穎、蘇青和、謝佳紘、江朕榮，「108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，2020年2月。

53. 李俊穎、傅怡釧、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘，「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(2/4)-模擬評估及長浪預報研究」，交通部運輸研究所，2020年2月。

54. 「109年度花蓮港水深測量」測量成果報告書，臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司，2020年8月。

附錄一

相關波浪模式基本理論介紹

相關波浪模式基本理論介紹

臺灣環島海象預報系統(TaiCOMS)波浪模擬採用的波浪模式之基本理論介紹。

1.1 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：

$$\frac{\partial F}{\partial t}+\nabla\cdot\left(\vec{C}_g F\right)=S \quad \text{..... (1.1)}$$

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(1.1)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：

$$\frac{\partial F}{\partial t}+\frac{1}{\cos\phi}\frac{\partial}{\partial\phi}\left(C_\phi F\right)+\frac{\partial}{\partial\lambda}\left(C_\lambda F\right)+\frac{\partial}{\partial\theta}\left(C_\theta F\right)=S \quad \text{..... (1.2)}$$

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：

$$C_\phi=\left|\vec{C}_g\right|\frac{\sin\theta}{R} \quad \text{..... (1.3)}$$

$$C_\lambda=\left|\vec{C}_g\right|\frac{\cos\theta}{R} \quad \text{..... (1.4)}$$

$$C_\theta = \frac{1}{k}\frac{\partial \omega}{\partial d}\left(\frac{\sin\theta}{\cos\phi}\frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos\theta\frac{\partial d}{\partial \phi}\right)\Big/ R \quad \text{..... (1.5)}$$

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

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} \quad \text{..... (1.6)}$$

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：

$$S_{in} = \gamma \cdot F \quad \text{..... (1.7)}$$

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

$$\gamma = \varepsilon\omega\beta\left(u_*/c\right)^2\cos^2\left(\overline{\theta} - \theta_w\right), \quad \left|\overline{\theta} - \theta_w\right| < \pi/2 \quad \text{..... (1.8)}$$

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)，$\overline{\theta}$ 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

$$\beta = \frac{1.2}{\kappa^2}\mu\ln^4\left(\mu\right), \ \mu \le 1.0 \quad \text{..... (1.9)}$$

其中

$$\mu = \left(\frac{u_*}{\kappa c}\right)\left(\frac{gz_0}{u_*^2}\right)\exp\left[\left(\frac{\kappa c}{u_*}\right)\frac{1}{\cos\left(\theta - \theta_w\right)}\right] \quad \text{..... (1.10)}$$

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：

$$z_0 = \frac{\alpha\tau}{g} \quad \text{..... (1.11)}$$

$$\alpha = \frac{\hat{\alpha}}{\sqrt{1-(\tau_w/\tau)}} \quad \text{..... (1.12)}$$

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

$$\tau = u_*^2 = \left(\frac{\kappa U(z_{obs})}{\ln(z_{obs}/z_0)} \right)^2 \quad \text{..... (1.13)}$$

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

$$\tau_w = 2\pi\varepsilon^{-1} g \int df d\theta \cdot S_{in}\vec{k} \quad \text{..... (1.14)}$$

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

$$S_{dis} = \gamma_{ds} \cdot F \quad \text{..... (1.15)}$$

其中

$$\gamma_{ds} = -C_{ds}\langle\omega\rangle\left[\langle k\rangle^2 E\right]^2 \left[\frac{k}{\langle k\rangle} + \left(\frac{k}{\langle k\rangle} \right)^2 \right] \quad \text{..... (1.16)}$$

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

$$E = \iint F(f,\theta) df \cdot d\theta \quad \text{..... (1.17)}$$

$$\langle\omega\rangle = E\left\{ \iint F(f,\theta)(2\pi f)^{-1} df \cdot d\theta \right\}^{-1} \quad \text{..... (1.18)}$$

$$\langle k\rangle = E\left\{ \iint F(f,\theta) k^{-1} df \cdot d\theta \right\}^{-1} \quad \text{..... (1.19)}$$

關於底床摩擦引起的能量損失項 S_{bot}，其計算如下：

$$S_{bot} = -C_{bot} \frac{k \tanh(kd)}{g \sinh^2(kd)} F \quad \text{..... (1.20)}$$

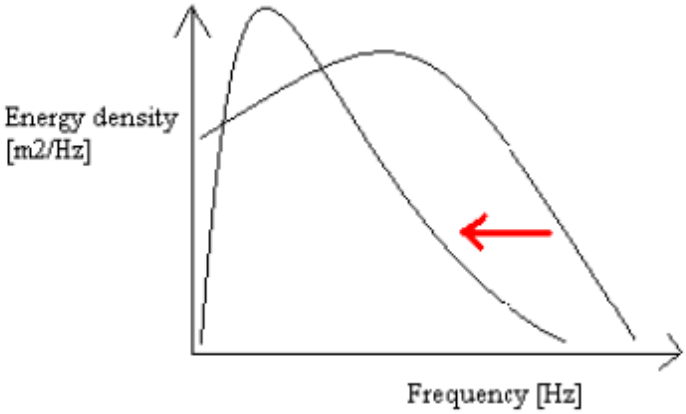
式中 g 為重力加速度，k 為波數，d 為水深，C_{bot} 為底床摩擦係數；在 WAM 模式中對於床摩擦係數 C_{bot} 值建議採用 Hasselmann 等人 (1973) 在湧浪的條件下以 JONSWAP 的實驗求得之底床摩擦係數 C_{bot}= 0.038m^{2}s^{-3}。

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 3.1 所示。當紛紜波浪中存在有四組波浪滿足下列共振(resonant)條件(1.21a,b)式時，則此四組波浪會產生能量之交換。

$$\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_3 + \vec{k}_4 \quad \text{.....(1.21a)}$$

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_3 + \omega_4 \quad \text{..... (1.21b)}$$

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 1.1 波浪能量由高頻向低頻傳遞之示意圖

1.2 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(1.22)式所示，以及源函數項等求解波浪作用力密度波譜(action density spectrum)，$N(\sigma,\theta)$，其中σ為相對的波浪頻率；θ為波浪方向角；因此 SWAN 本質上屬於第三代風浪預報模式。

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial c_x N}{\partial x}+\frac{\partial c_y N}{\partial y}+\frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma}+\frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta}=\frac{\overline{S}}{\sigma} \quad \text{..... (1.22)}$$

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

$$c_x=\frac{dx}{dt}=C_g\cos\theta+U_x \quad \text{..... (1.23)}$$

$$c_y=\frac{dy}{dt}=C_g\sin\theta+U_y \quad \text{..... (1.24)}$$

$$c_\theta=\frac{d\theta}{dt}=\frac{1}{k}\frac{\partial\sigma}{\partial d}(\sin\theta\frac{\partial d}{\partial x}-\cos\theta\frac{\partial d}{\partial y})+(\sin\theta\frac{\partial U_s}{\partial x}-\cos\theta\frac{\partial U_s}{\partial y}) \quad (1.25)$$

$$c_\sigma=\frac{d\sigma}{dt}=\frac{\partial\sigma}{\partial d}(\frac{\partial d}{\partial t}+U_x\frac{\partial d}{\partial x}+U_y\frac{\partial d}{\partial y})-C_g k(\cos\theta\frac{\partial U_s}{\partial x}+\sin\theta\frac{\partial U_s}{\partial y}) \quad (1.26)$$

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(1.22)式中第一項代表波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$隨時間之變化率；第二及第三項為波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$在平面空間上分別以c_x及c_y之速度在 x-及 y-軸方向傳遞；第四項代表波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$受到水深及流變化影響導致在相對頻率 σ-軸上以c_σ的速度位移；第五項代表波浪作用力密度譜 $N(\sigma,\theta)$因水深或流所引起的折射效應；等號右邊$\overline{S}(\sigma,\theta)$代表以能量密度表示之源函數項，其包含能量的生成、衰減、及非線性

的波浪交互作用(有關各項源函數計算之詳細理論說明可參考 SWAN 使用手冊)。

在 SWAN 風浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解(1.22)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。

1.3 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：

$$\left(C_g+U_x\right)A_x+U_yA_y+i\left(\bar{k}-k\right)\left(C_g+U_x\right)A+\frac{\sigma}{2}\left\{\left(\frac{C_g+U_x}{\sigma}\right)_{,x}+\left(\frac{U_y}{\sigma}\right)_{,y}\right\}A$$
$$-\frac{i}{2\sigma}\left[\left(p-U_y^2\right)A_y\right]_{,y}-\sigma\frac{k^2}{2}D|A|^2A=0 \quad \text{.... (1.27)}$$

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

$$D=\frac{\cosh(4kh)+8-2\tanh^2(kh)}{8\sinh^4(kh)} \quad \text{..... (1.28)}$$

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：

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

..... (1.29)

式中

$$\vartheta=\frac{k_{,x}}{k^2}+\frac{\left[k\left(p-U_x^2\right)\right]_{,x}}{2k^2\left(p-U_x^2\right)} \quad \text{..... (1.30)}$$

$$\Delta_1=a_1-b_1\ ,\ \ \Delta_2=1+2a_1-2b_1\ ,\ \ \Delta_3=a_1-b_1\frac{\bar{k}}{k} \quad \text{..... (1.31)}$$

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

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{i}{k}\frac{\partial^2 A}{\partial x^2}+\upsilon A \quad \text{..... (1.32)}$$

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

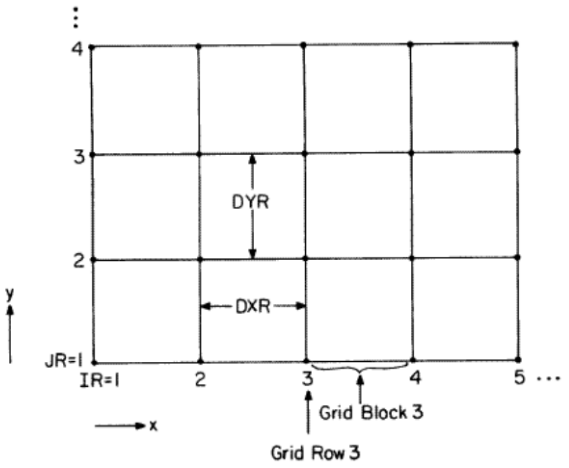
$$\upsilon=\frac{2\sigma kf|A|(1-i)}{3\pi\sinh(2kh)\sinh(kh)} \quad \text{..... (1.33)}$$

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：

$$\upsilon=\frac{\psi C_g\left[1-\left(\gamma h/2|A|\right)\right]}{h} \quad \text{..... (1.34)}$$

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 3.2 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 1.2 REF/DIF-1 數值計算網格座標系統示意圖

1.4 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，如圖 3.8 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 3.3 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

$$\eta_j(x,y,t)=\zeta_j(x,y)e^{i\omega t}\ ,\quad \mathrm{j}=1,2 \qquad (1.35)$$

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

在領域(I)內

$$\nabla^2\zeta_1+k_1^2\zeta_1=0 \qquad (1.36)$$

在領域(II)內

$$\nabla\cdot(C_2C_{2g}\nabla\zeta_2)+(C_2C_{2g}k_2^2+i\omega\mu+iC_{2g}\omega\gamma_b)\zeta_2=0 \qquad (1.37)$$

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

$$\tilde{n}=\frac{1}{2}\left(1+\frac{2k_2h_2}{\sinh(2k_2h_2)}\right) \qquad (1.38)$$

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

$$\mu = \frac{2n\omega}{k_2}\left(\frac{2C_r}{3\pi}\frac{\alpha k_2^2}{(2k_2h_2+\sinh 2k_2h_2)\sinh k_2h_2}\right) \quad \text{..... (1.39)}$$

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

$$\gamma_b = \frac{\chi}{h_2}\left(1-\frac{\Gamma^2 h_2^2}{4a^2}\right) \quad \text{..... (1.40)}$$

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：

$\zeta_1 = \zeta_2$ ， 在假想邊界 B_1 上.....(1.41a)

$C_1C_{1g}\dfrac{\partial\zeta_1}{\partial n} = -C_2C_{2g}\dfrac{\partial\zeta_2}{\partial n}$ ， 在假想邊界 B_1 上 ..... (1.41b)

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：

$\nabla\zeta_2\cdot\vec{n} = \partial\zeta_2/\partial n = -i\alpha k_2\zeta_2$ ， 在假想邊界 B_2 上 ..... (1.42)

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：

$$\alpha = \frac{1-K_r}{1+K_r} \quad \text{..... (1.43)}$$

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

$$\zeta_1 = \zeta_I + \zeta_R + \zeta_S \quad \text{..... (1.44)}$$

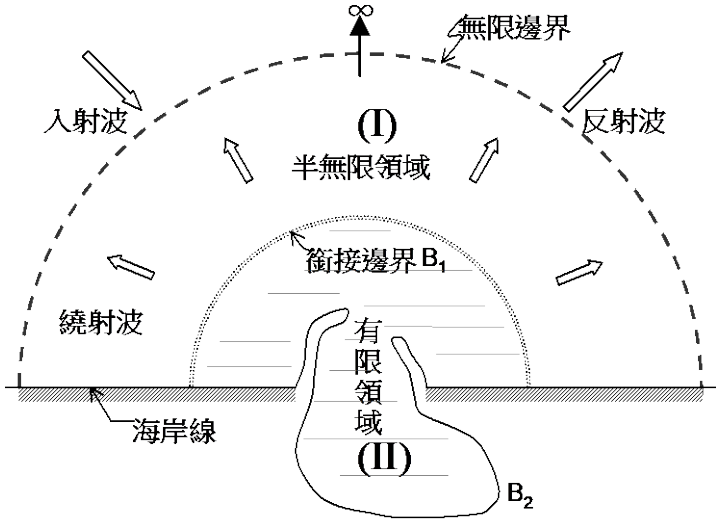
其中散射波 ζ_S 係由港池開口往外海方向輻射出去，在無窮遠處滿足波浪輻射條件：

$$\lim_{k_1r\to\infty}\sqrt{r}\left(\frac{\partial}{\partial r}+ik_1\right)\zeta_S = 0 \quad \text{..... (1.45)}$$

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：

$$\eta^I(x,y;t) = A^I e^{-i[k_1(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0) - \omega t]} \quad \text{..... (1.46)}$$

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 1.3 港域波浪模式計算領域示意圖

附錄二

水動力模式基本理論介紹

水動力模式基本理論介紹

2.1 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：

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial q_x}{\partial x}+\frac{\partial q_y}{\partial y}=Q_0 \quad \text{..... (2.1)}$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t}+\frac{\partial (H^{-1}q_x^2)}{\partial x}+\frac{\partial (H^{-1}q_x q_y)}{\partial y}-fq_y = -\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial x}\left(p^S+\rho g\eta\right)+\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_x^s-\tau_x^b\right)+\left(\frac{\partial F_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial F_{xy}}{\partial y}\right) \quad \text{..... (2.2)}$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t}+\frac{\partial (H^{-1}q_x q_y)}{\partial x}+\frac{\partial (H^{-1}q_y^2)}{\partial y}+fq_x = -\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial y}\left(p^S+\rho g\eta\right)+\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_y^s-\tau_y^b\right)+\left(\frac{\partial F_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial F_{yy}}{\partial y}\right) \quad \text{..... (2.3)}$$

其中

$$H=\int_{-h}^{\eta}dz=h+\eta \quad \text{.....(2.4a)}$$

$$q_x=\int_{-h}^{\eta}u\,dz=\bar{u}H \quad \text{..... (2.4b)}$$

$$q_y=\int_{-h}^{\eta}v\,dz=\bar{v}H \quad \text{.....(2.4c)}$$

$$\bar{u}=\frac{1}{(h+\eta)}\int_{-h}^{\eta}u\,dz \quad \text{..... (2.4d)}$$

$$\bar{v}=\frac{1}{(h+\eta)}\int_{-h}^{\eta}v\,dz \quad \text{.....(2.4e)}$$

$$F_{ij}=E_{ij}(q_{j,i}+q_{i,j}) \qquad i,j=x,y \quad \text{.....(2.4f)}$$

$$\tau_i^b=C_f(q_x^2+q_y^2)^{1/2}\frac{q_i}{H^2} \qquad i=x,y \quad \text{..... (2.4g)}$$

$$\tau_i^S=\rho_a C_d\left|U_{10}\right|U_i \qquad i,j=x,y \quad \text{..... (2.4h)}$$

此處

h＝靜水深，

η＝水位變化，

u＝x方向之水平流速，

v＝y方向之水平流速，

Q_0＝以 Source 或 Sink 形式進出領域之流量，

ρ_0＝流體平均密度，

ρ_a＝空氣密度，

p^s＝水面壓力，

g＝重力常數，

τ_x^b＝x方向之底床剪應力，

τ_y^b＝y方向之底床剪應力，

τ_x^s＝x方向之水面剪應力

τ_y^s＝y方向之水面剪應力

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

n＝曼寧係數，

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

U_{10}＝海面上 10 公尺處之風速

E_{ij}＝渦動黏滯係數(Eddy coefficient)，

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

ω＝地球自轉之位相速度，

ϕ＝計算領域所在位置之緯度，

問題之初始條件為

$$\eta(x,y,t) = \eta_0(x,y) \quad 或 \quad H(x,y,t) = H_0(x,y) \text{ .....(2.5a)}$$

$$q_x(x,y,t) = q_{x0}(x,y) \text{ 及 } q_y(x,y,t) = q_{y0}(x,y) \text{ ..... (2.5b)}$$

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：

$$q_n = \alpha_{nx}q_x + \alpha_{ny}q_y = \hat{q}_n \text{ .....(2.6a)}$$

$$q_s = -\alpha_{ny} q_x + \alpha_{nx} q_y = \hat{q}_s \quad \text{..... (2.6b)}$$

或

$$q_x = \alpha_{nx} q_n - \alpha_{ny} q_s \quad \text{.....(2.7a)}$$

$$q_y = \alpha_{nx} q_s + \alpha_{ny} q_n \quad \text{..... (2.7b)}$$

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

$$F_x = \alpha_{nx} F_{xx} + \alpha_{ny} F_{yx} = \hat{F}_x \quad \text{.....(2.8a)}$$

$$F_y = \alpha_{nx} F_{xy} + \alpha_{ny} F_{yy} = \hat{F}_y \quad \text{..... (2.8b)}$$

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

2.2 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(2.1)~(2.3)式及其邊界值問題。依據 Stokes 理論(2.1)~(2.3)式可改寫成下列積分方程式：

$$\iint_A \left[\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - Q_0 \right] \delta H \, \mathrm{d}A = 0 \quad \text{..... (2.9)}$$

$$\begin{aligned} &\iint_A \left[\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_x^2 \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_y q_x \right)}{\partial y} - f q_y + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \left(P^s + \rho g \eta \right) \right] \delta q_x \, \mathrm{d}A \\ &- \iint_A \left[\frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xx} \frac{\partial \left(\delta q_x \right)}{\partial x} - F_{yx} \frac{\partial \left(\delta q_x \right)}{\partial y} \right] \mathrm{d}A - \int_{\partial A} F_x' \delta q_x \, \mathrm{d}L = 0 \end{aligned} \quad \text{..... (2.10)}$$

$$\begin{aligned} &\iint_A \left[\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_x q_y \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_y^2 \right)}{\partial y} + f q_x + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \left(P^s + \rho g \eta \right) \right] \delta q_y \, \mathrm{d}A \\ &- \iint_A \left[\frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xy} \frac{\partial \left(\delta q_y \right)}{\partial x} - F_{yy} \frac{\partial \left(\delta q_y \right)}{\partial y} \right] \mathrm{d}A - \int_{\partial A} F_y' \delta q_y \, \mathrm{d}L = 0 \end{aligned} \quad \text{..... (2.11)}$$

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(2.9)~ (2.11)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

$$H^e = N_1^e H_1^e + N_2^e H_2^e + N_3^e H_3^e = \left\{N^e\right\}^T \left\{H^e\right\} = \left\{H^e\right\}^T \left\{N^e\right\} \quad \text{..... (2.12)}$$

$$q_x^e = N_1^e q_{x1}^e + N_2^e q_{x2}^e + N_3^e q_{x3}^e = \left\{N^e\right\}^T \left\{q_x^e\right\} = \left\{q_x^e\right\}^T \left\{N^e\right\} \quad \text{.....(2.13a)}$$

$$q_y^e = N_1^e q_{y1}^e + N_2^e q_{y2}^e + N_3^e q_{y3}^e = \left\{N^e\right\}^T \left\{q_y^e\right\} = \left\{q_y^e\right\}^T \left\{N^e\right\} \quad \text{..... (2.13b)}$$

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

$$\left\{H^e\right\}^T = \left\{H_1^e,\quad H_2^e,\quad H_3^e\right\} \quad \text{.....(2.14a)}$$

$$\left\{q_x^e\right\}^T = \left\{q_{x1}^e,\quad q_{x2}^e,\quad q_{x3}^e\right\} \quad \text{..... (2.14b)}$$

$$\left\{q_y^e\right\}^T = \left\{q_{y1}^e,\quad q_{y2}^e,\quad q_{y3}^e\right\} \quad \text{.....(2.14c)}$$

$$\left\{N^e\right\}^T = \left\{N_1^e,\quad N_2^e,\quad N_3^e\right\} \quad \text{..... (2.14d)}$$

其中三角元素之線性內插函數N_j^e計算如下

$$N_j^e = \left(a_j + b_j x + c_j y\right) \Big/ 2\Delta^e ,\quad j = 1, 2, 3 \quad \text{.....(2.15a)}$$

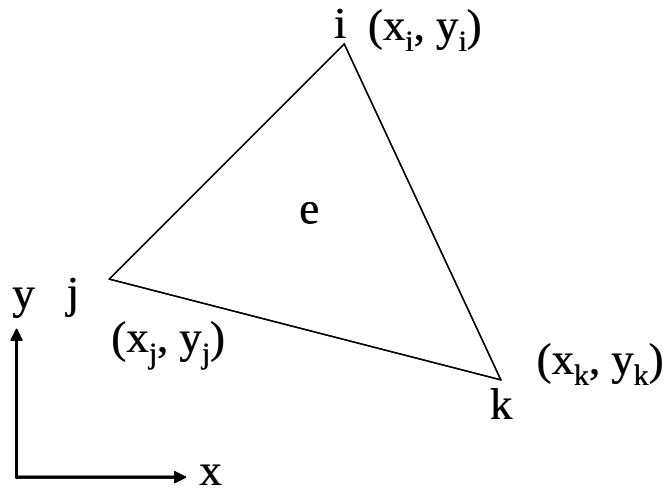
$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e \quad \text{..... (2.15b)}$$

$$b_i = y_j^e - y_k^e \quad \text{.....(2.15c)}$$

$$c_i = x_k^e - x_j^e \quad \text{..... (2.15d)}$$

$$\Delta^e = \frac{1}{2}\begin{vmatrix} 1 & x_1^e & y_1^e \\ 1 & x_2^e & y_2^e \\ 1 & x_3^e & y_3^e \end{vmatrix} \quad \text{.....(2.15e)}$$

式中$\left(x_j^e, y_j^e\right)$為三角元素節點 j 之座標(如附圖 2.1 所示)，(2.15e)式代表座標之線性函數。



附圖 2.1 三角形元素座標定義

(2.9)式各項積分式之計算說明如下：

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

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T \frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t} \quad \text{..(2.16a)}$$

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

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial x}\left\{q_x^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[G_x^e\right]\left\{q_x^e\right\} \quad \text{..... (2.16b)}$$

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

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial y}\left\{q_y^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[G_y^e\right]\left\{q_y^e\right\} \quad \text{.....(2.16c)}$$

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

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T \left\{Q_0^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\} \quad \text{..... (2.16d)}$$

其中

$$\left[M_h^e\right] = \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T dA^e = \frac{\Delta^e}{12}\begin{bmatrix}2 & 1 & 1\\ 1 & 2 & 1\\ 1 & 1 & 2\end{bmatrix} \quad \text{.....(2.17a)}$$

$$\left[G_x^e\right]=\iint_e\left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial x}dA^e=\frac{1}{6}\begin{bmatrix}b_1 & b_2 & b_3\\ b_1 & b_2 & b_3\\ b_1 & b_2 & b_3\end{bmatrix} \quad \text{..... (2.17b)}$$

$$\left[G_y^e\right]=\iint_e\left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial y}dA^e=\frac{1}{6}\begin{bmatrix}c_1 & c_2 & c_3\\ c_1 & c_2 & c_3\\ c_1 & c_2 & c_3\end{bmatrix} \quad \text{.....(2.17c)}$$

將上述各項積分離散式代入積分方程式(2.9)式，則(2.9)式可簡化成

$$\sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T\left\{\left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t}+\left[G_x^e\right]\left\{q_x^e\right\}+\left[G_y^e\right]\left\{q_y^e\right\}-\left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\}\right\}=0 \quad \text{..... (2.18)}$$

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(2.18)式可結合成一矩陣方程式如下

$$\{\delta H\}^T\left\{\left[M_h\right]\frac{\partial\{H\}}{\partial t}+\left[G_h\right]\{q\}+\{R_h\}\right\}=0 \quad \text{..... (2.19)}$$

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

由於陣列$\{\delta H\}^T$為任意函數，故可得到

$$\left\{\left[M_h\right]\frac{\partial\{H\}}{\partial t}+\left[G_h\right]\{q\}+\{R_h\}\right\}=0 \quad \text{..... (2.20)}$$

(2.10)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A\left(\frac{\partial q_x}{\partial t}\delta q_x\right)dA=\sum_{e\in A}\iint_e\left(\frac{\partial q_x}{\partial t}\delta q_x\right)dA^e=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{q_x^e\right\}}{\partial t} \quad \text{.....(2.21a)}$$

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

$$\iint_A\left(\frac{\partial H^{-1}q_x^2}{\partial x}\delta q_x\right)dA=\sum_{e\in A}\iint_e\left(\frac{\partial H^{-1}q_x^2}{\partial x}\delta q_x\right)dA^e=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\left[G_x^e\right]\left\{\hat{q}_{xx}^e\right\} \text{ .. (2.21b)}$$

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

.....(2.21c)

$$\iint_A\left(fq_y\delta q_x\right)dA=\sum_{e\in A}\iint_e\left(fq_y\delta q_x\right)dA^e=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T f\left[M_h^e\right]\left\{q_y^e\right\} \quad \text{..... (2.21d)}$$

$$\iint_A \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^S}{\partial x} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^S}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e$$
$$= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{(b_1 p_1 + b_2 p_2 + b_3 p_3)}{2\rho_0 \Delta^e} \quad \text{.....(2.21e)}$$

$$\iint_A \left(gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e$$
$$= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{g(b_1 \eta_1^e + b_2 \eta_2^e + b_3 \eta_3^e)}{2\Delta^e} \quad \text{..... (2.21f)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau_x^{se} \right\} \quad \text{..... (2.21g)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau_x^{be} \right\} \quad \text{..... (2.21h)}$$

$$\iint_A \left(F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{E_{xx} \bar{H}}{12\Delta^e} \left[M_{bb}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} \quad \text{. (2.21i)}$$

$$\iint_A \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e$$
$$= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{E_{yx} \bar{H}}{24\Delta^e} \left\{ \left[M_{cb}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} + \left[M_{cc}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} \right\} \quad \text{..... (2.21j)}$$

$$\int_{\partial A} \left(F_x' \delta q_x \right) dL = \sum_{\partial e \in \partial A} \int_{\partial e} \left(F_x' \delta q_x \right) dL^e = \sum_{\partial e \in \partial A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \int_{\partial e} \left\{ N^e \right\} \left\{ N^e \right\}^T \left\{ F_x' \right\} dL^e$$
$$= \sum_{\partial e \in \partial A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \left\{ F_x'^e \right\} \quad \text{.. (2.21k)}$$

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

$$\left[M_{bb}^e \right] = \begin{bmatrix} b_1^2 & b_1 b_2 & b_1 b_3 \\ b_2 b_1 & b_2^2 & b_2 b_3 \\ b_3 b_1 & b_3 b_2 & b_3^2 \end{bmatrix} \quad \text{.....(2.22a)}$$

$$\left[M_{cb}^e \right] = \begin{bmatrix} c_1 b_1 & c_1 b_2 & c_1 b_3 \\ c_2 b_1 & c_2 b_2 & c_2 b_3 \\ c_3 b_1 & c_3 b_2 & c_3 b_3 \end{bmatrix} \quad \text{..... (2.22b)}$$

$$\left[M_{cc}^e \right] = \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1 c_2 & c_1 c_3 \\ c_2 c_1 & c_2^2 & c_2 c_3 \\ c_3 c_1 & c_3 c_2 & c_3^2 \end{bmatrix} \quad \text{.....(2.22c)}$$

同理，(2.11)式各項積分式之計算如下：

$$\iint_A \left(\frac{\partial q_y}{\partial t} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \frac{\partial \left\{ q_y^e \right\}}{\partial t} \quad \text{.....(2.23a)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial x} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \left[G_x^e \right] \left\{ \hat{q}_{xy}^e \right\} \quad \text{..... (2.23b)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_y^2}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \left[G_y^e \right] \left\{ \hat{q}_{yy}^e \right\} \quad \text{.....(2.23c)}$$

$$\iint_A \left(f q_x \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T f \left[M_h^e \right] \left\{ q_x^e \right\} \quad \text{..... (2.23d)}$$

$$\iint_A \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^S}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{(c_1 p_1 + c_2 p_2 + c_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \quad \text{.....(2.23e)}$$

$$\iint_A \left(gH \frac{\partial \eta}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \left[M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{g(c_1 \eta_1^e + c_2 \eta_2^e + c_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \quad \text{..... (2.23f)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_y^s}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau^{se}{}_y \right\} \quad \text{..... (2.23g)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[M_h^e \right] \left\{ \tau^{be}{}_y \right\} \quad \text{..... (2.23h)}$$

$$\iint_A \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{E_{xy} \bar{H}}{24 \Delta^e} \left\{ \left[M_{cb}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} + \left[M_{bb}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} \right\} \quad \text{..... (2.23i)}$$

$$\iint_A \left(F_{yy} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{E_{yy} \bar{H}}{12 \Delta^e} \left[M_{cc}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} \quad \text{..... (2.23j)}$$

$$\int_{\partial A} \left(F_y' \delta q_y \right) dL = \sum_{\partial e \in \partial A} \left\{ \delta q_y^e \right\}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \left\{ F_y'^e \right\} \quad \text{..... (2.23k)}$$

將上述各項積分式分別代入(2.10)式及(2.11)式並且將其組合成一整體矩陣方程式如下：

$$\left[M_m \right] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} + \left[G_m \right] \{q\} + \left[K_m \right] \{\eta\} + \{R_m\} = 0 \quad \text{..... (2.24)}$$

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(2.9)~(2.11)離散化成求解一階時間項常微分方程組(2.20)式及(2.24)式。

一般而言，求解上述一階時間項常微分方程組(2.20)式及(2.24)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(2.20)式及(2.24)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(2.20)式及(2.24)式重組成

$$[M_h]\frac{\partial\{H\}}{\partial t}=\{P_h\} \quad \text{..... (2.25)}$$

$$[M_m]\frac{\partial\{q\}}{\partial t}=\{P_m\} \quad \text{..... (2.26)}$$

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(2.25)式及(2.26)式可改寫成

$$[M_h]\left\{\{H\}_{n+\frac{1}{2}}-\{H\}_{n-\frac{1}{2}}\right\}=\Delta t\left\{P_h\left(\{H\}_{n-\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_n\right)\right\} \quad \text{..... (2.27)}$$

$$[M_m]\left\{\{q\}_{n+1}-\{q\}_n\right\}=\Delta t\left\{P_m\left(\{H\}_{n+\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_{n+\frac{1}{2}}\right)\right\} \quad \text{..... (2.28)}$$

或

$$\{H\}_{n+\frac{1}{2}}=\{H\}_{n-\frac{1}{2}}+\Delta t[M_h]^{-1}\left\{P_h\left(\{H\}_{n-\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_n\right)\right\} \quad \text{..... (2.29)}$$

$$\{q\}_{n+1}=\{q\}_n+\Delta t[M_m]^{-1}\left\{P_m\left(\{H\}_{n+\frac{1}{2}},\{q\}_n,t_{n+\frac{1}{2}}\right)\right\} \quad \text{..... (2.30)}$$

因此當初始條件$\{H\}_{n-\frac{1}{2}}$及$\{q\}_n$已知時，可由(2.29)式直接求解$\{H\}_{n+\frac{1}{2}}$，再由(2.30)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

$$\Delta t<1.5\Delta t_{cr}=1.5\Delta s^*/U^* \quad \text{..... (2.31)}$$

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

$$E_{xx}\sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u})\tilde{x} \quad \text{..... (2.32)}$$

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。

附錄三

壓力式波浪觀測資料分析方法介紹

壓力式波浪觀測資料分析方法介紹

壓力式波浪觀測資料係指由測深計測得之波壓時序資料，根據波浪理論計算逐時波浪相關統計參數，包含示性波高(Hmo)、平均週期(Tz)、譜峰週期(Tp)、湧(長)浪波高(Hswell)、湧(長)浪平均週期(Tswell)、最大波高(Hmax)、最大波週期(Tmax)、H1/3、T1/3、H1/10、T1/10。分析方法基本上可分為兩種，一為逐波(wave-by-wave)分析法；另一為波譜分析法。經由實際分析結果發現逐波分析法會造成波浪之週期偏大，此現象於小波高時更為明顯，因此較不適用於實測資料分析(Bishop and Donelan, 1987; Kao and Chiu, 1994; Townsend and Fenton, 1995)。而頻譜分析法只要波高計架設位置盡可能接近水面則利用線性理論分析結果可將誤差控制在 5%以內。

3.1 波譜分析法

壓力計測得之資料(附圖 3.1a)中可能包含量測系統雜訊，以及現場自然環境中其它因素引起之雜訊，故進行統計分析及能譜、方向譜的計算前，首先將變化較大的資料標註記號，然後再以人工檢測方式，根據各物理量呈連續性變化原則將雜訊濾除。其次，壓力計測得之資料為扣除大氣壓力後之相對壓力，其包含潮汐與波浪引起之壓力變化，再假設每組資料取樣時間內，潮汐引起之水位變化為線性，將此線性部份分離，並取其平均值，根據潮汐漲退引起之水壓變化呈靜水壓分布觀念，換算得到壓力計設置水深，最後剩下的為波浪引起之壓力變化時序列資料(附圖 3.1b)。為進行快速傅立葉轉換(FFT)，將波壓資料分成數段，各段分別乘上 Hanning 視窗函數，再分別做 FFT，得到各組壓力譜，最後將各組壓力譜平均，得到該組資料的波壓能譜密度(附圖 3.1c)。表面水波引起之水中壓力變動，透過水體傳遞到水中某處時，隨波浪條件的不同、水深的改變，會產生不同程度的減衰效應。因此由水中某處測得之壓力變化，推算水面波動變化時必須經過壓力反應因子(pressure response factor)換算。根據線性波理論，水中某處測得之波壓與水面波動水位變化之關係表示如下：

$$p = \rho g \eta \cos k_P \ ， \ k_p = \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \quad \text{..... (3.1)}$$

其中 ρ 為為水體密度，g 為重力加速度，η 為水位， p 為水中之波壓，z 為壓力測點在水深方向座標(垂直水面向上為正)，h 為測點所在位置的水深，k 為波數。式(3.1)應用於實測資料分析時，高頻處由於轉換函數呈指數分布快速增大，訊號會有不正常放大現象，導致分析結果的偏差。為避免高頻訊號過於放大的現象，因此將轉換函數的下限值，設定為當相對水深達到 0.5 時($kh = \pi$，中間性波之極大值)之轉換函數值。修正後水中波壓與表面水位變動之關係如下：

$$p = \rho g \eta \cos k_P \ ， \ k_p = \max\left\{ \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh}, \frac{\cosh \pi\left(1+\frac{z}{h}\right)}{\cosh \pi} \right\} \text{..... (3.2)}$$

根據式(3.2)將波壓能譜密度轉換為水位能譜密度。積分水位譜得到波譜總能量(m_0)，示性波高以 4 倍開根號波譜總能量計算，其中積分下限設為 0Hz，積分上限則利用 Kuo and Chiu(1994)的經驗式決定，如圖 3-1d，計算如下：

$$m_0 = \int_{f_L}^{f_u} S_{\eta\eta}(f) df \ ， \ f_L = 0Hz \ ， \ f_u = \sqrt{\frac{5g}{4\pi^2 |z|}} \quad \text{..... (3.3)}$$

$$H_{mo} = 4\sqrt{m_0} \quad \text{..... (3.4)}$$

其中 $S_{\eta\eta}(f)$ 為水位譜。平均週期(mean period)定義如下：

$$T_z = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad \text{..... (3.5)}$$

其中 m_2 為水位譜的二次矩，定義如下：

$$m_2 = \int_{f_L}^{f_u} S_{\eta\eta}(f) f^2 df \quad \text{..... (3.6)}$$

另 T_p 為水位譜密度尖峰處所對應之週期。湧浪波高及對應週期依波浪尖銳度演算法(Wave Steepness Algorithm)分析，此法為美國資料浮標中心(NDBC)所採用風湧浪的一維波譜分離法，利用波浪尖銳度之最大值來推算分離頻率，計算式如下：

$$\varepsilon(f)=\frac{H_{m0}(f)}{L(f)}=\frac{2\pi H_{m0}(f)}{gT_z^2(f)}=\frac{8\pi m_2(f)}{g\sqrt{m_0(f)}} \quad \text{..... (3.7)}$$

上式 $\varepsilon(f)$為各頻率所對應之波浪尖銳度，計算得到最大波浪尖銳度下之對應頻率f_m後。根據 NDBC 的經驗公式，分離頻率與最大波浪尖銳度推算頻率關係式如下：

$$f_{s\varepsilon}=0.75f_m \quad \text{..... (3.8)}$$

再依據式(1.4)及式(1.5)計算頻率小於f_{s_ε}之 H_{swell}、T_{swell}。

3.2 逐波分析法

逐波分析法係由水位資料，以零切法(零上切或零下切)計算得到波浪統計參數。由於波壓計所測為表面波浪所引起之水下壓力訊號，因此在進行逐波分析法前須將波壓訊號轉換為水位時序列，方可進行後續分析，因此本文採用 Nielsen(1986)所提出之局部近似法得到水位時序列，再由零上切法計算波浪統計參數。分項說明如下：

1. 局部近似法

將局部波壓的波形用正弦或餘弦函數去描述，求出相對應之局部頻率，視為該點之頻率。假設 a 、b 、c 為一連續波壓訊號上等間距之三點，其間距為 Δt，若以一餘弦曲線去近似模擬，則此三點可寫為

$$p(t-\Delta t)=A\cos(\theta-\omega t)\text{，}a\text{ point} \quad \text{..... (3.9)}$$

$$p(t)=A\cos(\theta)\text{，}b\text{ point} \quad \text{..... (3.10)}$$

$$p(t+\Delta t)=A\cos(\theta+\omega t)\text{，}c\text{ point} \quad \text{..... (3.11)}$$

則 b 點之局部角頻率表示為

$$\omega=\frac{1}{\Delta t}\times\cos^{-1}\frac{p(t+\Delta t)+p(t-\Delta t)}{2p(t)} \quad \text{..... (3.12)}$$

依此類推可得波壓訊號各點之角頻率，再利用轉換函數即可得到波形水面變化的訊號。式(3.10) 中 Δt 做適當的選擇，可避免轉換函數在高頻有急劇放大的現象，但 Δt 之選擇並無 一定之規則，Nielsen 建議一起始估算值為

$$\Delta t = \sqrt{\frac{h}{g}} \quad \text{..... (3.13)}$$

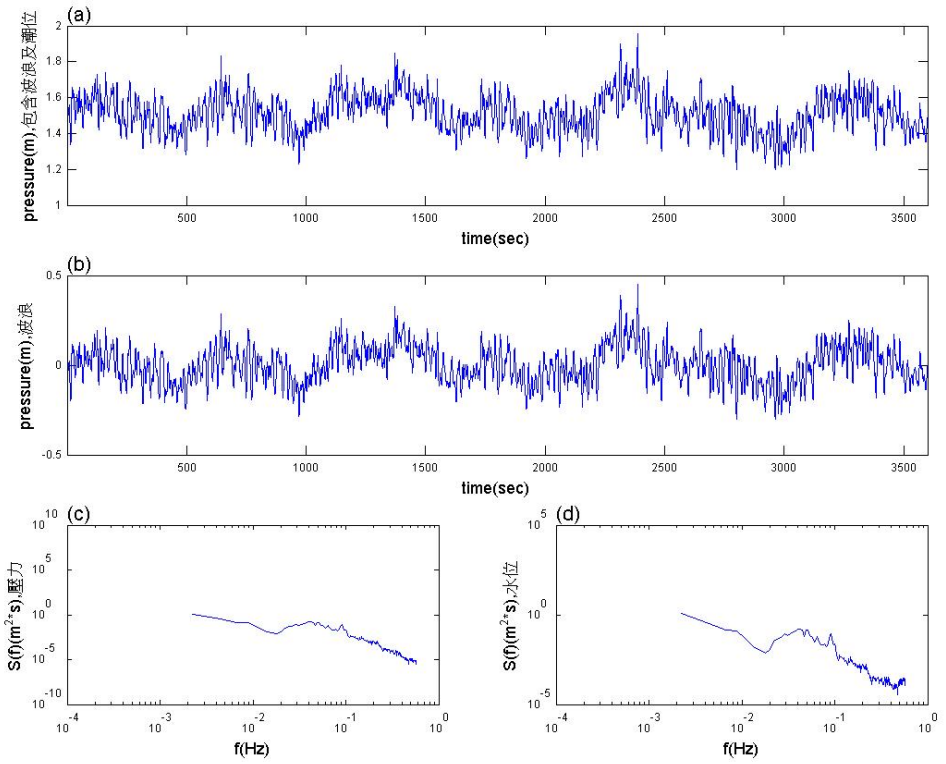
此一轉換方式在靜水位附近會有不合理的情況，因此在實際應用上需將不合理之角頻率設 為零，即轉換函數為 1 ，另外 Nielsen 提出一個角頻率之上限公式如式 (3.14)

$$\omega^2 = \frac{1.5g}{h} \quad \text{..... (3.14)}$$

當式(3.12)計算之角頻率大於式 (3.14)時，則以式 (3.14)所計算之角頻率當作該點之角頻率計算。

2. 零上切法

本方法為視相鄰向上通過平均水位線的水位變化為一個波浪，再經以波高大小排序，最大者其波高為最大波波高(H_m)、其週期為最大波週期(T_{max})；以前波浪總個數十分之一的大波的波高($H_{1/10}$)及週期($T_{1/10}$)；以類似的方式可計算得出三分之一大波(示性波)波高($H_{1/3}$)及週期($T_{1/3}$)。



附圖 3.1 波譜法資料分析過程圖解

附錄四

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：109 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

合作研究單位：國立成功大學

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、陳文俊委員		
1. 本案截至期中進度執行內容甚為豐碩，給予團隊肯定，期許持續精進。	1. 感謝委員肯定	謝謝委員肯定，同意合作單位處理情形。
2. 本案近岸海域風浪模組計算網格解析度於各海域皆為 0.008°，對金門、馬祖及澎湖部份島嶼，是否會有稍大情形。	2. 三層巢狀網格解析度係採比例尺 5:1 方式決定，目前金門、馬祖及澎湖等海域風浪模擬結果顯示，對於部份面積較小島嶼之地形或遮蔽效應雖仍有不足之處，但對於本計畫關注的藍色公路風浪模擬資訊影響有限。	原則同意辦理。
3. 海域季風風浪模擬校驗中可發現多數海域皆有模擬週期較觀測資料低之情形？不知原因為何？或可作為未來模式精進校驗之課題，如為儀器觀測特性有關，是否代表目前實測週期應用上會有偏長情形？	3.(a)由於模擬週期明顯較觀測資料低均出現在浮標測站(氣象局及水利署)，因此，研判與該型式浮標觀測儀器特性有關；(b)由於本計畫模擬資料比對主要對象為港研中心 AWAC 觀測資料，浮標資料僅為輔助，因此，浮標資料的校驗結果，目前無法做為未來模式精進校驗之課題。(c)本計畫僅能客觀陳述資料比對呈現的特性。	原則同意辦理。
4. 本計畫引用模擬結果合理性指標以 RMSQ 及 R 兩者，不知 R 之定義是否適當，概由文中許多附圖視之，似乎有模擬與實測值明顯偏離，惟 R 卻很高之情形？	4. RMSQ 及 R 目前是經常被採用的指標，其中影響 R 值的因素除了偏差量外，還有變化趨勢，因此，才會出現部份資料雖有明顯偏離現象，但因趨勢相似，故 R 值仍高。	原則同意辦理。

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
5. 無論風浪模式或波浪模式之討論中，皆有發現如布袋或蘇澳等測站儀器不可信或有問題，建議可轉請維運單位檢修該測站設備。	5. 有關觀測儀器及測站問題，將轉知觀測業務同仁，再行檢視。	原則同意辦理。
6. 花蓮港靜穩模擬系統建置中，模擬結果圖 8.22~圖 8.24 中建議可繪出 HL 點位之模擬結果，可較易與實測結果作判釋。	6. 感謝委員建議，於期末報告修正。	原則同意辦理。
7. 花蓮港細尺度之靜穩模擬中，建議可將 103 年之港池共振之結果納入，可了解這幾年來港池共振之基本模態是否有改變（如港池配置改變後之差異）。	7. 現況花蓮港港池配置與 103 年狀況相同，本計畫延續引用 103 年建置之模型。	原則同意辦理。
二、簡連貴委員		
1. 本計畫屬長期延續推動計畫，主要目的為針對港研中心「臺灣近岸海象預報系統」進行維護，及有關風力，波浪，水位及流場海象模式之改善，並探討港區靜穩預警等課題。有其重要性，本計畫工作項目多且具相當困難度與挑戰性高，相當不容易，期中報告內容相當豐富，應符合要求。	1. 感謝委員肯定	謝謝委員肯定，同意合作單位處理情形。
2. p.1-5，本年度主要研究範圍為東部海域，自新北市貢寮區之東北角至秀姑巒溪出口，與 p.1-6，研究內容與工作項目並不一致，請澄清。並說明本計畫各海域(如基隆海域、臺北海域、布袋海域等)之範圍。	2. (a)二者並無不一致，本年度主要研究範圍的工作內容分別為工項 7~10；(b)本計畫提到的基隆等海域，基本上以港口作為中心，僅屬概念上定義，並未明顯定義各海域範圍。	原則同意辦理。

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. 請加強說明「本計畫如何應用於臺灣近岸海象預報系統可於平時提供港區，藍色公路及海岸公路等相關海象模擬資訊;另於颱風侵襲期間，相關結果亦可作為防災預警之評估依據，以輔助船舶進出，藍色公路航行安全及海岸公路行車安全等重要資訊。」以彰顯本計畫之貢獻。	3. 納入期末報告加強說明。	原則同意辦理。
4. 建議應加強說明東部海域環境(如海床坡度陡峭、近岸地形、海床特性)本計畫如何有關風力，波浪，水位及流場海象模式之相關模組具體改善做法，如系集同化技術與成效，以利評估。	4. 謝謝委員建議，本計畫各模組改善是長期研究之成果，相關具體改善做法可參考歷年報告。另系集同化技術非本計畫研究目標。	原則同意辦理。
5. 有關近岸及港域波浪模式，建議可加強小尺度近岸(或港區)地形或結構效應之影響修正，以落實計畫目標。	5. 本計畫各港域波浪模組已考慮地形及結構物效應。	原則同意辦理。
6. p.3-5，基隆海域，本計畫與CWB 預報結果具有一致性，請說明目前圖 3.5 本計畫模擬是基隆海域平均值或哪一區位(或富貴角測站)示性波高數值應說明?	6. 模式模擬值均為鄰近測站網格點(如表 3.1 及圖 3.3)模擬值。	原則同意辦理。
7. 臺北海域，Pp.3-9，圖 3.7b，圖 3.7c，數值模擬值與觀測值差異大，請說明可能原因?或合理性。	7. 本計畫研判浮標平均週期偏大原因，判斷可能浮標量測儀器特性有關，浮標平均波向出現不合理現象，已於報告說明如p3-7。	原則同意辦理。
8. 布袋海域，p.3-11，本計畫模擬值與觀測值、氣象局預報值有明顯不一致?應檢討期可能原因?或合理性。	8. 如布袋 AWAC 示性波高 1 月份出現 7m 以上觀測值，即屬不合理現象，此部份會納入期末報告補充說明。	原則同意辦理。

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
9. 安平海域，高雄海域、花蓮海域，本計畫模擬值與觀測值、氣象局預報值皆有差異性?應檢討期可能原因?或合理性。	9. 相關差異因素納入期末報告綜合說明。	原則同意辦理。
10. p4-1，地形水深資料採用海科中心及海軍測量局(應修正為海軍大氣海洋局)，台灣沿海五萬分之一海圖數化水深資料，因海圖在近岸或淺水區缺乏實際量測資料，請說明模式分析可能影響?建議小尺度模擬應採用其他近岸水深量測資料?	10.謝謝委員建議，中尺度模式目前部份三角網格最小邊長約為 1.5 公里，網格最小水深約 3m，因此採用的水深資料應可滿足需求。至於小尺度水動力模組建置過程均已蒐集及參考港內與鄰近海域水深調查資料。	原則同意辦理。
11. 第五章台灣近岸海象預報作業化成果評估，表 5.1~表 5.3，大致已完成，其中風力、水位觀測，安平港及布袋港蒐集率<50%，波浪及海流，因受港口傳輸電纜尚未修復，整體資料蒐集率欠佳，應盡快修復。	11.感謝委員意見。	原則同意合作單位處理情形，另現場傳輸電纜已辦理修復。
12. 第六章，建議海域基本資料，增加收集近岸海域防護計畫相關調查資料。	12.謝謝委員意見，本計畫「東部海域基本資料蒐集與分析」僅針對地形水深及波、潮及流等海象資料作蒐集及分析工作。	原則同意辦理。
13. 請說明 TaiCOMS 作業化模式與目前氣象局有何差異?建議應依本計畫目的強化海氣象自動預報模擬作業化系統之應用。	13.納入期末報告加強說明。	原則同意辦理。
14. 本計畫系統改善工作，包括作業化流程修正，由每日一 RUN 提高為 4 RUN；及風場結構及風壓場格式修正，已完成，請補充其效益。	14.謝謝委員意見，相關效益於期末報告補述之。	原則同意辦理。

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
15.請說明本計畫與氣象局海域風浪模式之差異？因目的不一樣，建議應強化本計畫應用之可行性。	15.(a)本計畫採用 SWAN 模式而氣象局採用 NWW3 模式；(b)納入期末報告說明。	原則同意辦理。
三、蔡政翰委員(書面意見)		
1. 2-3 頁表 2.1: “relocation” 是不是應改為“resolution?”	1. 謝謝委員指正，已補正。	原則同意辦理。
2. 3-5 頁圖 3.4: 圖內符號說明不須有 OBS，此圖並沒有觀測資料。3.3-6 頁圖 3.5a: 圖內無 NWW3 資料，請去除圖內符號說明之 “NWW3” 。此節後面之圖 3.6 至圖 3.18 皆有類似問題，請更改。	2. 謝謝委員指正，納入期末報告修正。	原則同意辦理。
3. 3.2 節: 模擬之週期大部分皆小於觀測值，兩週期的定義是否相同? 請明確說明模擬的週期定義。	3. 兩週期的定義經查證相同。本計畫模擬的週期定義，將於期末報告再補充。	原則同意辦理。
4. 4.2 節: 表 4.1-4.12 有單位的項目請註明單位。表 4.13、表 4.14、表 4.15: RSME 請加單位。	4. 謝謝委員建議，表中頻率為 °/hr、振幅為 m、相位為度(°)；RSME 單位為 m，納入期末報告補充說明。	原則同意辦理。
5. 表 4.13 之 2018 是否應改為 2019?	5. 謝謝委員指正，已補正。	原則同意辦理。
6. 圖 8.25 之圖說有誤。	6. 謝謝委員指正，已補正。	原則同意辦理。
四、李俊穎委員		
1. 與氣象局預報資料比對建議增加颱風事件。	1. 遵照辦理，相關資料期末報告再納入。	原則同意辦理。
2. 依圖 3.20~3.23 建議可將不同時間預報成果來針對某一段颱風期間，以瞭解每日加密計算成效。	2. 感謝委員建議，每日四報成效會納入期末報告補充說明。	原則同意辦理。
3. 圖 5.3~5.5 部份港口缺少舊版波浪模擬值請再確認。	3. 謝謝委員指正，期末報告將僅呈現每日四報作業化模擬成果與觀測資料比對圖。	原則同意辦理。
4. 在 8.2 節建議補充港內靜穩各項波浪統計方式。	4. 遵照辦理，觀測資料統計方式會納入期末報告說明。	原則同意辦理。

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、黃茂信委員		
1. 請依中心出版品規範，修正報告內容，含中英文摘要及內文字體。“台”灣水域“臺”。	1. 遵照辦理。	原則同意辦理。
2. 針對報告 p.2-31 藍色公路風浪模擬資訊修正，因權責問題，建議先行移除相關內容。	2. 遵照辦理。	原則同意辦理。
3. p.5-3 馬祖風力模擬結果與現場觀測有較大差異，應與二科負責同仁確認。	3. 此現象已與二科同仁反應。	原則同意辦理。
4. p.5-12 海流模擬部份，整體比對結果普遍不理想，建議增加說明原因，以提供中心參考。	4. 遵照辦理，納入期末報告修正。	原則同意辦理。
5. p.8-20 圖 8-25 為“臺中港”。	5. 感謝委員指正，已補正。	原則同意辦理。
6. 建議加入第九章結論與建議。	6. 期末報告再補充。	原則同意辦理。
7. 有關簡報 p.19~P.23 風浪模擬與校驗，比對實測資料月份，建議可選觀測資料及品質較佳月份多做比較。	7. 謝謝委員建議，視後續分析成果再評估調整報告內容。	原則同意辦理。
8. 第六章東部海域基本資料蒐集，其中各港附近水深，建議申請最新電子海圖。	8. 謝謝委員建議，目前本計畫已完成水深地形數位化工作，如有進一步需要會視需要申請最新電子海圖資料。	原則同意辦理。
六、蔡立宏立任		
1. 今年由每日四報變為一報，也由追算 24 小時變為 6 小時之差異性，是否有作過差異性比對，另計算範圍由經度 134 度擴展到 145 度之整合結果，是否會變得更好。	1. (a)追算部份差異不大，預報部份會隨預報風場不同而改變； (b)擴大遠域模擬範圍仍在規劃建構中，完成後再評估。	原則同意辦理。

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. 颱風模擬之每日四報部份是否與氣象局模擬結果作比較，風場若是相同，尺度較小應該資料會較正確，可以試著評估，若有差異性則可再深入探討。	2. 108 年報告已比較過，但因氣象局預報資料蒐集率偏低。氣象局波浪預報主要使用的風場為 10/2.5 公里決定性風場，與本計畫使用的 WRF(15/3 公里)風場仍有差異性存在。	原則同意辦理。
3. 簡報資料中 21 頁中指出新竹浮標平均週期偏大，一般普遍較信賴觀測資料，此處可再檢視模擬資料，並請斟酌用詞。	3. 謝謝委員建議，納入期末報告修正。	原則同意辦理。
4. 花蓮靜穩度分析資料，目前還未做過比較，未來是使用波譜與實測或是其他資料校驗?如何作比對，請再說明。	4. 目前數值模擬部份仍使用波浪參數方法，靜穩預警部份才會應用到波譜方法。	原則同意辦理。

附錄五

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：109 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

執行單位：國立成功大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
(一)陳文俊委員		
1. 本期末報告執行內容豐富，對海氣象自動化預報模擬系統之精進運作有極大幫助，給予委辦單位及執行團隊肯定。	1. 感謝委員肯定	謝謝委員肯定，同意合作單位處理情形。
2. 緒論中航港局統計資料有無可能蒐集 108 年資料，較接近目前年代。	2. 經查詢航港局網頁結果，無 108 年或較接近年代資料。	原則同意辦理。
3. 建議可針對今年度改善項目，呈現去年及今年模擬結果之差異，以突顯改善之成效，比如 p.3-25 圖 3.25（餘類同）為新模式與觀測值之比較，可於圖中增繪去年之模擬結果，則可立判改善前後之差異。	3. 去年改善項目為風浪作業化系統、今年度為水動力作業化系統，分屬不同海象模擬系統；此外，今年度風浪模擬結果校驗研究對象為新的風浪作業化系統，因此，有關作業化系統改善產生的模擬結果之差異，可納入 110 年計畫報告再討論。	原則同意辦理。
4. pp.2-24~2-29 之模擬結果圖建議數值差異不大之圖，其色階範圍可縮窄，讓顏色對比能突顯，較易比較差異處。	4. pp.2-24~2-29 之模擬結果圖，其色階範圍採事先規劃之固定級距，因此，無法隨波場變化調整色階範圍及級距；未來可於上線後再視反應進行檢討。	原則同意辦理。
5. p.4-69 圖 4.29 水位及流場示意圖中，圖內色階是否代表水位大小？建議色階上加註單位，另	5. 感謝委員建議，圖中色階代表海流強度或流速大小(單位 m/sec)，於報告書補正說明。	原則同意辦理。

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
圖下方之速度單位則建議縮小至箭號旁較佳。		
6. 目前水動力模式受限因屬水深積分之二維模式，故多數測站之海流模擬結果皆較實測值小，惟蘇澳則較實測值大頗多，原因為何？建議可於未來給予了解，有助於模式之調校改善。	6. 蘇澳港海域小尺度潮流作業化模擬結果，相較於實測大的現象，需要進一步研究，擬於下年度列入後續計畫優先改善項目。	原則同意辦理。
7. 第六章東部海域基本資料蒐集與分析，有關地形水深之蒐集部份，海軍大氣海洋局之各圖號地形及海軍水道局之資料，建議加述測繪年代，有助未來之應用。另有關水利署之地形測量資料，應有更新年代之資料，建議可再蒐集看看。	7. 由於海軍測量局海圖測量值通常會跨越數個年代，故不易表述。本計畫海圖數化資料為2008 年完成的。另報告書補充經濟部水利署第九河川局 106 年「花蓮海岸基本資料調查監測計畫」之花蓮海岸水深測量成果，110 年度地形水深如有蒐集到更新的測量成果，將適時補正。	原則同意辦理。
7. 有關花蓮港與蘇澳港港區靜穩模擬，建議檢視是否需如圖 8.27、8.34 整理出碼頭區之波高(最大、平均)?因為似未納入。另花蓮港港區靜穩模擬測試之結果圖(圖 8.37)文中敘述"由於花蓮港內波浪並未達預期的現象…"，原因為何？另圖中 HLN 之波高皆為零，是否是波高非常小的原因？蘇澳港港區靜穩模擬是否需要納入？報告中未見結果(即如花	7. 碼頭區之波高模擬值係針對未來作業化規劃的，報告中主要呈現與觀測值之檢驗結果，故未將所有碼頭區模擬結果繪出。港內波浪並未達預期的現象，經各項參數靈敏度分析，初步研判與波浪週期有關，其次為波向。蘇澳港本年度僅為規劃階段，相關模擬與分析會納入 110 年度計畫執行。	原則同意辦理。

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
蓮港之圖 8.36、8.37)		
(二)簡連貴委員		
1. 期中報告審查意見，大致已有回覆，期末報告應強化說明相關意見並納入報告。	1. 謝謝委員意見。	謝謝委員肯定，同意合作單位處理情形。
2. 本計畫屬延續推動計畫，p.1-6，本年度計畫研究內容及工作項目，大致已完成，如計畫摘要說明成果相當豐碩，應符合要求，尤其完成風浪及水動力模擬每日四報作業化模擬系統建置，及完成本年度（2019 年 9 月～2020 年 8 月）風力，波浪，水位及流場等海象預報作業化成果評估及年報，團隊努力值得肯定，請加強說明本計畫推動海氣象自動預報模擬系統作業化校修與維運之效益。	2. 感謝委員對團隊努力肯定，相關效益於報告書第九章補述。	原則同意辦理。
3. 請加強說明本計畫成果如何應用於臺灣近岸海象預報系統可於平時提供港區，藍色公路及海岸公路等相關海象模擬資訊;另於颱風侵襲期間，相關結果亦可作為防災預警之評估依據，以輔助船舶進出，藍色公路航行安全及海岸公路行車安全等重要資訊，以彰顯本計畫之貢獻。	3. 謝謝委員建議。本計畫成果相關作業化模擬結果，均會透過港灣資訊網展示，亦會透過 APP 系統主動發送港區相關人員。同樣海岸公路浪襲預警模擬結果，亦會主動通知公路局養護單位相關人員。有關計畫成果效益補述於報告書第九章。	原則同意辦理。
4. 本年度海氣象自動化預	4. 海象模擬資訊蒐集率如	原則同意辦理。

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
報模擬系統維運達成海象模擬資訊蒐集率 100%目標。請補充「海象模擬資訊蒐集率」之定義，及持續加強精度或準確度檢討。	以月為單位，定義為模擬提供的逐時資訊/該月份應提供的逐時資訊。	
5. p.2-39，本計畫系統維運主要目的為維持每日定時各數值預測子系統正常運作，提供數值模擬資料。為求系統長期有效管理，請補充本計畫建置維護紀錄表，及建立標準、維運操作程序與檢核機制，以利參考。	5. 感謝委員意見，擬納入 110 年度計畫研議辦理。	原則同意辦理。
6. 布袋海域，p.3-9，本計畫模擬值與觀測值、氣象局預報值有明顯不一致?本計畫”研判布袋港 BD awac 站 2019 年 1 月觀測資料可能有誤，已不適用。”建議應考量採用其他季節觀測資料校驗比較研析。	6. 謝謝委員建議，報告主要呈現東北季風特性，因此，選取 1 月份進行討論。至於其他季節比對結果，可以參考第五章或附冊 109 年度海象模擬作業化成果評估。	原則同意辦理。
7. 安平海域，高雄海域、花蓮海域，本計畫模擬值與觀測值、氣象局預報值皆有差異性? 後續如何因應處理，應有檢討建議或處理方式。	7. 後續將僅針對本計畫模擬結果與觀測值進行檢討，擬納入小尺度模擬結果比對，判斷影響因素為風場、網格解析度或地形。	原則同意辦理。
8. 本計畫針對臺灣西海岸本計畫選取臺北港，臺中港及安平港等海域，比對 TaiCOMS 水動力模組與氣象局 OCM-2 海流橫模式之流速模擬值顯示，在臺中港海域 OCM-2 流速模擬結果呈	8. 感謝委員建議，後續針對臺中港小尺度水動力模組檢討時，再進一步評估非潮流效應影響。	原則同意辦理。

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
現非潮流主導特性，此與 TaiCOMS 水動力模組潮流模擬特性不一致，二者流速相關性低。可作為後續精進研究之參考。		
9. 第五章臺灣近岸海象預報作業化成果評估，本年度（2019/09～2020/08）海氣象觀測資料蒐集狀況，如表 5.1～表 5.3 所示，建議應強化或改善安平港與布袋港波浪、海流及水位資料蒐率普遍偏低現象。表 5-8 差異大，應檢討模式之適應性。	9. 謝謝委員意見，中尺度水動力模擬與觀測差異大因素很多，擬納入 110 年計畫執行系統校修及維運工作。	原則同意辦理。
10. 加強結論與建議，尤其後續系統作業化校修與維運應精進作為或項目。	10.謝謝委員建議，已加強補述第九章結論與建議。	原則同意辦理。
(三)溫志中委員		
1. 計畫執行成果豐碩可符合單位需求。	1. 謝謝委員肯定。	謝謝委員肯定，同意合作單位處理情形。
2. 模擬過程所需參數繁多，是否有機制可定期檢核各參數之適用性。	2. 目前暫無相關機制可檢核各參數之適用性。	原則同意辦理。
3. 模式之敏感度（參數）建議於各區列出，以利掌握其變異及精進預測結果。	3. 感謝委員意見，目前相關參數採取註解於歷次作業化程式版本之 source code 內方式處理。	原則同意辦理。
4. 建議地形更新至近 3-5 年為宜，以增進模式之精度。	4. 目前地形更新方式主要以配合各年度計畫重點研究對象實施。	原則同意辦理。

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、蘇青和委員		
1. 第二章預報系統，整合風浪潮流分大尺度、中尺度、小尺度及細尺度等 4 種網格，進行主要港區推算，除擴大波場大尺度範圍，增加東北海域小尺度波浪模擬等，另建議風場可降尺度增加離岸風電場區模擬精度。	1. 謝謝委員意見，本計畫作業化系統使用氣象局提供的預報風場，因此風場解析度係以氣象局提供的資料為主。	原則同意辦理。
2. 第三章波浪模擬檢驗，在比對 AWAC 及浮標週期間差異產生，建議說明觀測間定義及儀器特性差異。	2. 因 AWAC 及浮標平均週期均採用相同的定義，因此，本計畫推測與儀器特性有關。目前儀器特性，除了測量方法不同外，資料分析程式目前仍屬商業不公開的資訊，無法說明其差異性。	原則同意辦理。
3. 第四章海流模式檢核，安平及台北兩港成果皆較台中港佳，台中港誤差部份建議引用觀測資料進行改進。	3. 謝謝委員意見，後續檢討臺中港海域小尺度水動力時再納入評估。	原則同意辦理。
4. 東北海域小尺度預測成果，可提供 11 號及 2 號海岸公路浪襲，花蓮港港池靜穩預警重要資訊，宜加強其預測精度。	4. 後續會持續針對東部海域小尺度校驗，以提升預測精度。	原則同意辦理。
五、李俊穎委員		
1. 第 4.2.2 節天文潮校驗中高雄與澎湖有明顯差異，但第 4.2.3 節內卻無此現象，建議檢視調和分析與觀測值是否存在	1. 謝謝委員建議，針對校驗結果已再進行檢討。	原則同意辦理。

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
此相位差，並修正。		
2. 花蓮港內測站，圖 8.17 之 8 月時間軸有誤，請修改。所觀測站內資料建議可再分析颱風事件波高變化。	2. 謝謝委員指正，已於正式報告修正。	原則同意辦理。
3. 第 8-22 頁，所提波浪模擬條件計 13 組，其抽取方式為何請再補充於報告內。	3. 已於正式報告補述說明。	原則同意辦理。
4. 附錄四內建議請補充說明本次港內靜穩分析所採用方法。	4. 本計畫港內波浪觀測資料分析係採附錄四所述方法。	原則同意辦理。
六、黃茂信委員		
1. 有關計畫摘要，請依中心出版品格式修正。圖表、文字及圖片解析度修正清楚，p.2-1 及 p.2-7 "台"字。	1. 正式報告已修正。	原則同意辦理。
2. 第一章相關海事案件，及航港局統計資料建議更新最新資料。	2. 經查航港局網頁查詢結果，無 108 年或較接近年代資料。	原則同意辦理。
3. p.2-21 "藍色公路"因權責問題，建議移除。	3. 因藍色公路係按採購合約內容所述，因此本年度計畫不宜直接移除。	原則同意辦理。
4. 每日 4 報是否已上線，如是，建議修正報告內容"預期"、"將"等字。	4. 目前仍在中心測試階段。	原則同意辦理。
5. 相關模擬程式各參數設定值，建議於附件呈現，如 pp.7-9~7-18。	5. 相關模式參數設定值均已寫入或註解於作業化程式 source code 或各模組輸入檔，本報告僅針對新建模組做說明或呈現。	原則同意辦理。
6. p.8-28 針對花蓮港港內	8. 謝謝委員建議，正式報	原則同意辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
波浪模擬，結果未達預期，因為本計畫期末報告，建議修正"仍需進一步探討原因，藉以…. "文字。	告會予以修正。	
七、交通部中央氣象局		
1. CWB wave model 已經改成 4 層巢狀網格，最大範圍是 global。	1. 謝謝委員說明，因氣象局目前提供的資料僅呈現出三層。	原則同意辦理。
八、交通部航港局(書面意見)		
1. 有關貴中心蒐集近岸、臺灣及離島 9 個港口海象數值建立預警模擬，針對風力、波浪、水位及颱風等海象資料進行模擬評估報告，以維護近岸港區安全及提供防災必要海象模擬，對於港區內相關維運單位有其幫助，本局深表支持，該研究報告最終成果亦可分享本局參考。	2. 感謝委員意見。	謝謝委員肯定，同意合作單位處理情形。
九、本所港研中心第三科		
1. 請檢視報告書內容，如寫”預報”， 請視文意改寫”預測”;如寫”awac”請視文意改寫”AWAC”。	3. 報告書已更正。	原則同意辦理。
2. 圖 6.7 花蓮海岸歷年水深地形調查資料分布圖，請更新補充花蓮海岸調查資料。	2. 正式報告已補述。	原則同意辦理。
3. 第七章，花蓮海域小尺度風浪模組建置後，波浪模擬情形有比原中尺度模擬情形較佳，但蘇澳海域小尺度風浪模組	3. 遵照辦理。已重新檢討蘇澳海域小尺度風浪模擬結果及補述報告書內容。	原則同意辦理。

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
建置後，模擬情形大部分與中尺度模擬情形差異不大，且與觀測值相比相關性偏低，請補充探討可能原因或提出蘇澳海域小尺度風浪模組還能再改善、精進之處，供本所後續辦理計畫改善參考使用。		
4. 第八章內容涉及花蓮港及蘇澳港區靜穩模擬系統建置說明，建議修改第 8 章標題。	4. 報告書已修正為"第八章 港區靜穩模擬系統建置"	原則同意辦理。
5. 第九章結論與建議:(1)9.1 結論，請增加對於港區靜穩分析工作方面的結論。(2)請增加"9.3 成果效益與應用情形"一節以加強說明本計畫推動效益。	5. 遵照辦理。	原則同意辦理。
6. 錯別字:p.1-2 最後一行"週"，請改"周";p.3-8 最後一行"普"，請改"譜"。	6. 報告書已修正。	原則同意辦理。

附錄六

期末簡報資料

109年
海氣象自動化預報模擬系統
作業化校修與維運

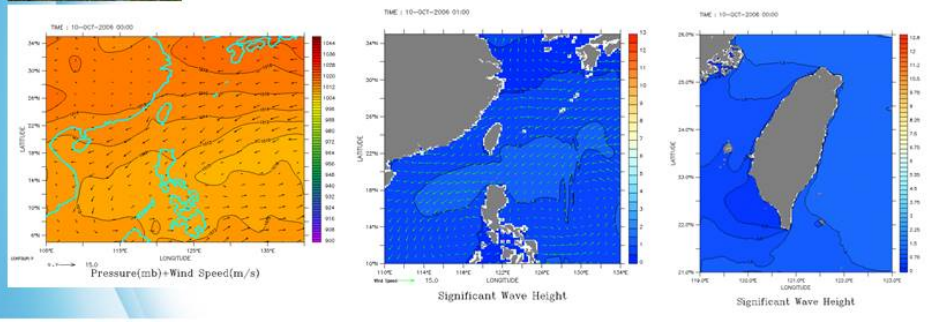
期末報告審查簡報

2020年 11月 9日

計畫主持人：劉正琪 研究員
協同主持人：李兆芳 教　授

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109年科技綱要計畫「*海洋及交通運輸防災技術研究(3/4)*」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下所建置海象模擬作業系統，為4年期研究計畫之第3年子項計畫。

一、計畫目的

- 針對港研中心「臺灣近岸海象預報系統」執行日常維護，確保系統正常運作；並就風力、波浪、水位及流場等海象模擬進行相關改善研究；
- 針對東部海域(*新北市貢寮區之東北角至秀姑巒溪出海口*)建置合適的小尺度風浪模擬系統及探討港區靜穩預警等相關課題。

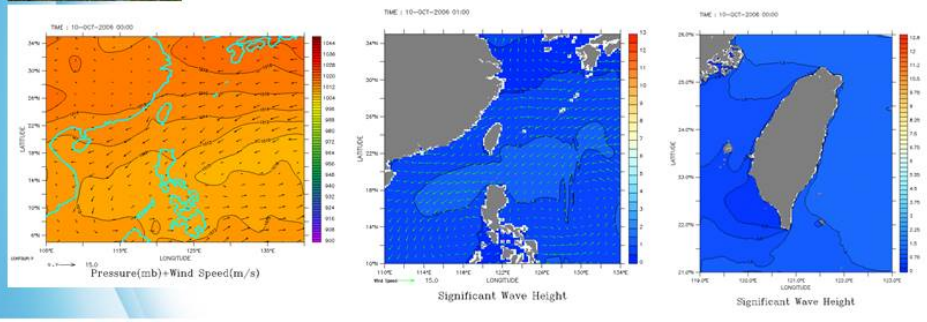
二、本年度(109)工作項目及內容

- **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**：針對臺灣及離島等9海域(含臺北、基隆、蘇澳、花蓮、高雄、安平、布袋、臺中及馬祖等)，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
- **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(或中央氣象局、水利署)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。
- **臺灣周圍海域水動力模擬與校驗**：依據港研中心(或中央氣象局、水利署)水位及海流觀測資料校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估，作為後續模式修正之依據。整合港研中心模擬結果及HYCOM洋流預報資訊，與海流觀測資料(台灣海洋科技研究中心CODAR)進行比對評估。

二、本年度工作項目及內容(續)

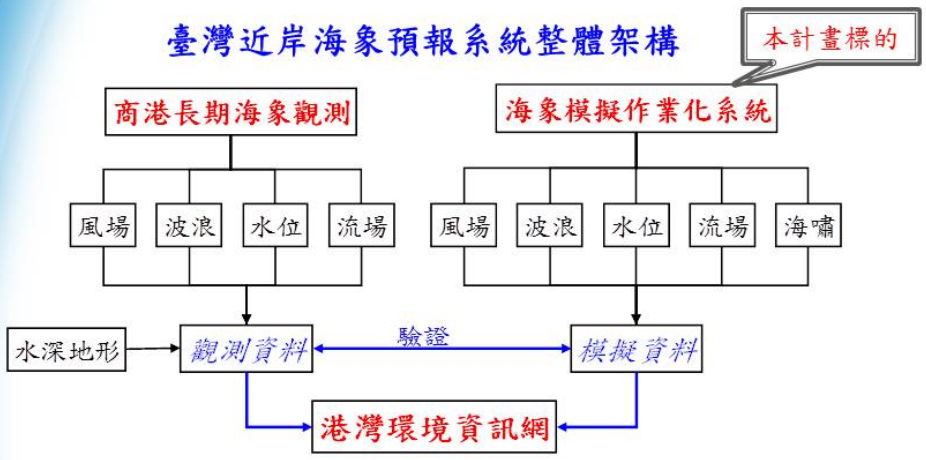
- **風力、波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估**：配合港研中心(或中央氣象局、水利署)於臺灣及離島等9海域，進行本年度(109年度)海象預報成果評估。
- **綜整中央氣象局水位及流場預報資料**：彙整氣象局提供之海象預報資料，並與臺灣近岸海象預報資料進行比對。
- **東部海域基本資料蒐集與分析**：蒐集東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)的地形水深及分析海象資料特性。
- **東部海域小尺度風浪模擬系統建置**：完成東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)小尺度風浪模擬系統，併入TaiCOMS架構進行作業化測試。
- **港區靜穩模擬系統建置**：結合東部海域小尺度風浪模擬結果，修正花蓮港(蘇澳港)區細尺度波浪模擬，完成花蓮港區靜穩模擬模組(發展蘇澳港區靜穩模擬模組)，並與本年度開始蒐集花蓮港區靜穩觀測站與港外長期觀測站之資料進行資料分析工作。

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)

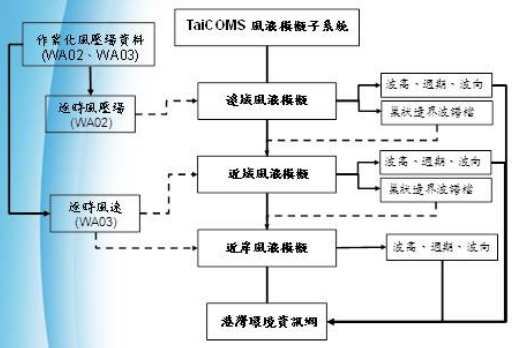
臺灣近岸海象預報系統整體架構



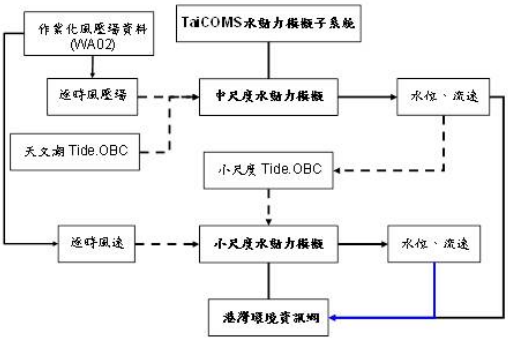
- 此系統是由即時海象觀測網、海象模擬作業化系統及海象資訊展示端三個單元構成的，海象模擬包括風場、波浪、水位、海流及海嘯等資訊。

一、海象自動化預報模擬系統校修與維運(2)

- 針對新版風浪模擬子系統及水動力模擬子系統持續進行"每日一報"維運。



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

一、海象自動化預報模擬系統校修與維運(3)

- TaiCOMS "每日一報"維運每報作業化時間排程及72小時數值模擬(含追算及推算)流程規劃。

每6小時(4次/日)經由FTP軟體於中央氣象局網站下載最新預報氣象資料

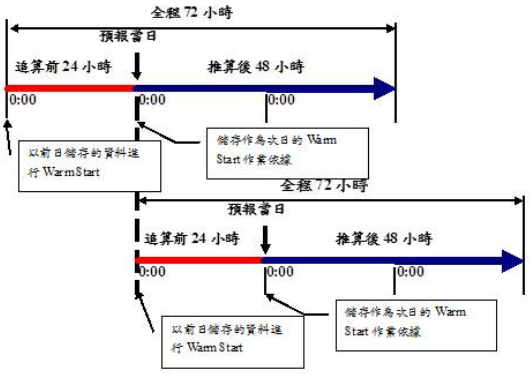
每日03:00進行氣象資料解碼內插，求得風浪及水動力模式所需風場及氣壓場

每日06:00前完成大尺度及中尺度模式計算

進行資料處理及出圖作業

每日08:00於港灣環境資訊網網頁上發布模擬結果

系統作業時間流程



數值模擬時間流程

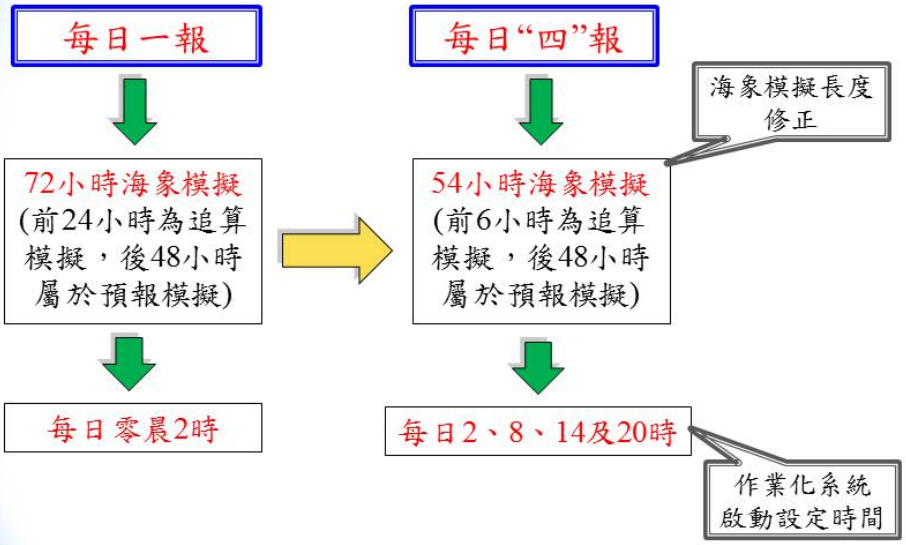
一、海象自動化預報模擬系統~~校修與~~維運(4)

➢ 常見系統維護問題及事項

- 風場資料下載不全問題
- 伺服器更新及報廢等系統維護
- 定期資料備份
- 年度高低壓用電安全檢查及斷電時系統維護
- 配合港灣環境資訊系統輸出海象模擬相關資訊
- 協助臺東海岸公路浪襲預警系統處理相關模擬資料
- 協助海嘯預警系統處理相關模擬資料

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(1)

➢ 海象(風浪及水動力)模擬作業化系統升級



二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(2)

➢ 系統作業化排程及數值模擬時間長度修正

每日 四 報之作業化流程規劃

每日02、08、14及20時啟動FTP軟體
自中央氣象局網站下載最新天氣預報資料

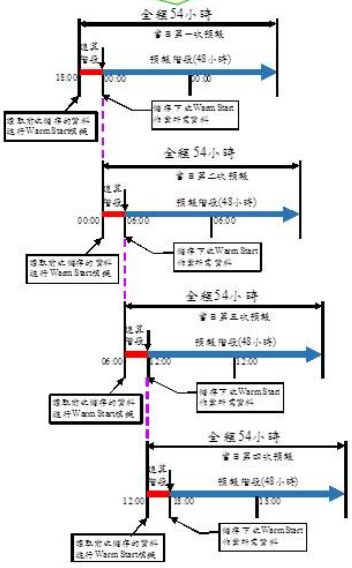
每日03、09、15及21時啟動風場處理程式
產生風浪及水動力模擬之作業化風場資料

於每日07、13、19及次日01時前
完成風浪及水動力作業化數值模擬

執行數值模擬資料後處理及出圖作業

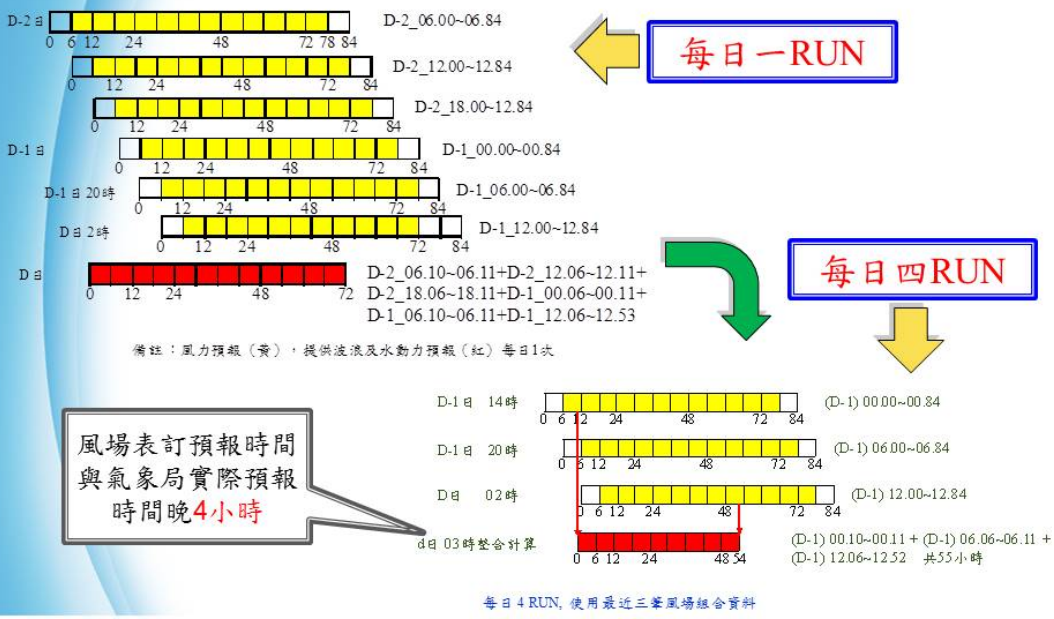
每日08、14、20及次日02時前
於港灣環境資訊網發布海象模擬預報資訊

每日 四 報之數值模擬時間



二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(3)

➢ 系統作業化預報風壓場組合結構修正



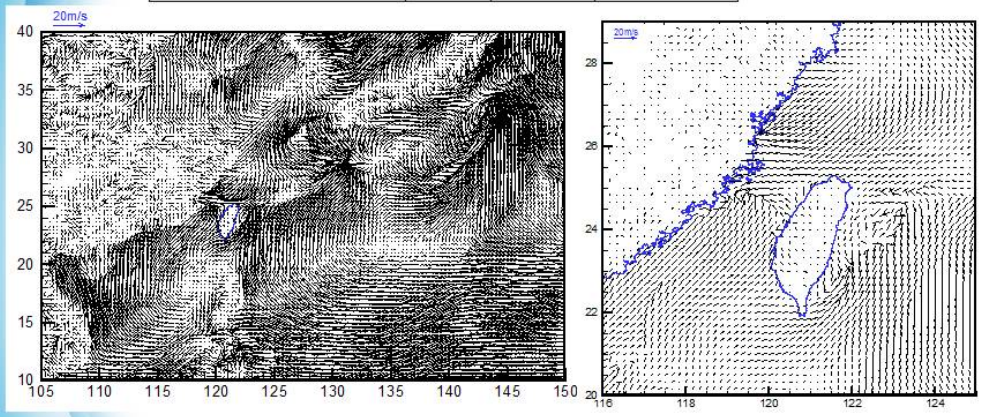
風場表訂預報時間
與氣象局實際預報
時間晚4小時

每日 4 RUN, 使用最近三筆風場組合資料

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(4)

➢ 新版作業化風壓場格式修正

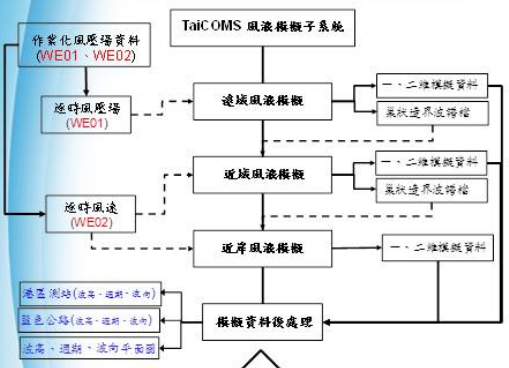
模式	dimension	模式格網度(°)	格點位置
WE01 (M05 成員 WD01 風壓場內插)	271×181	1/6°≈0.167°	左下點(10N,105E) 右上點(40N,150E)
WE02 (M05 成員 WD02 風壓場內插)	271×271	1/30°≈0.033°	左下點(20N,116E) 右上點(29N,125E)



二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(5)

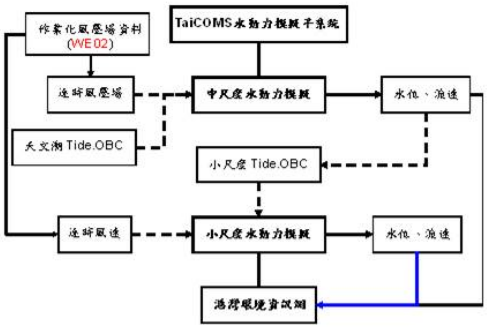
➢ 海象作業化模擬流程及程式修正

風浪模擬子系統之模擬架構及流程



修訂風浪模擬作業化程式

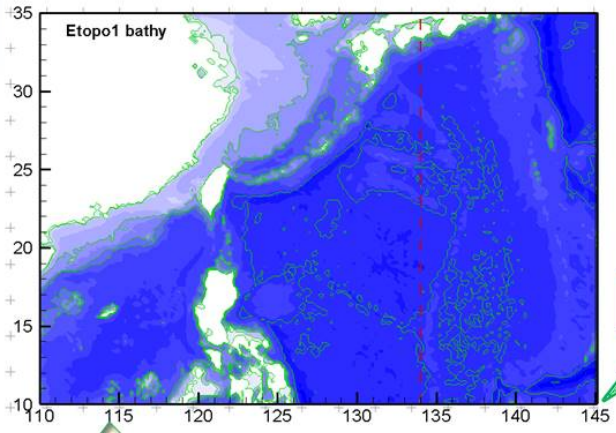
水動力模擬子系統之模擬架構及流程



修訂水動力模擬作業化程式

二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(6)

➢ 風浪模擬子系統升級研究(遠域風浪模擬範圍評估)



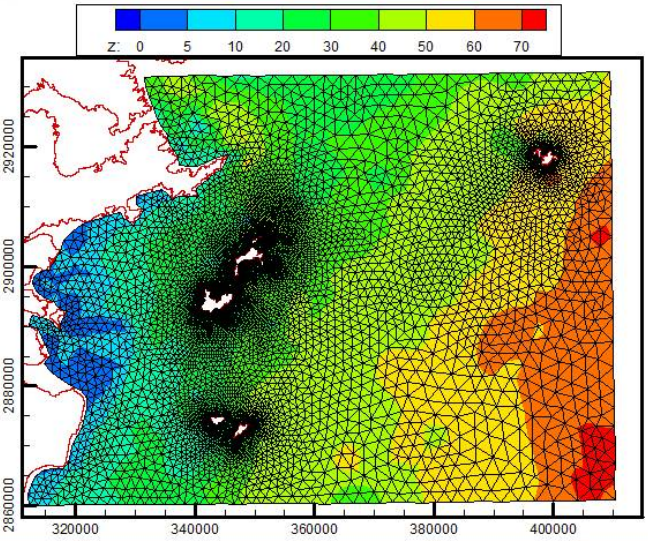
由134延伸至145

PREPROC
PRESET
WAMODEL
PGRID

重新編譯產生執行程式

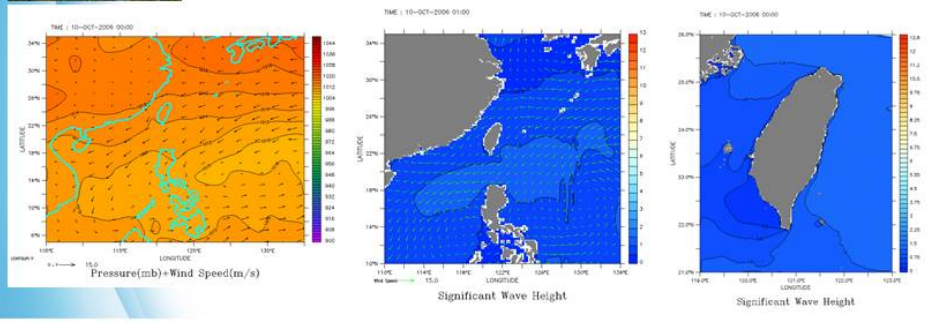
二、海象自動化預報及預警模擬系統改善研究(7)

➢ 馬祖海域小尺度水動力模組建置



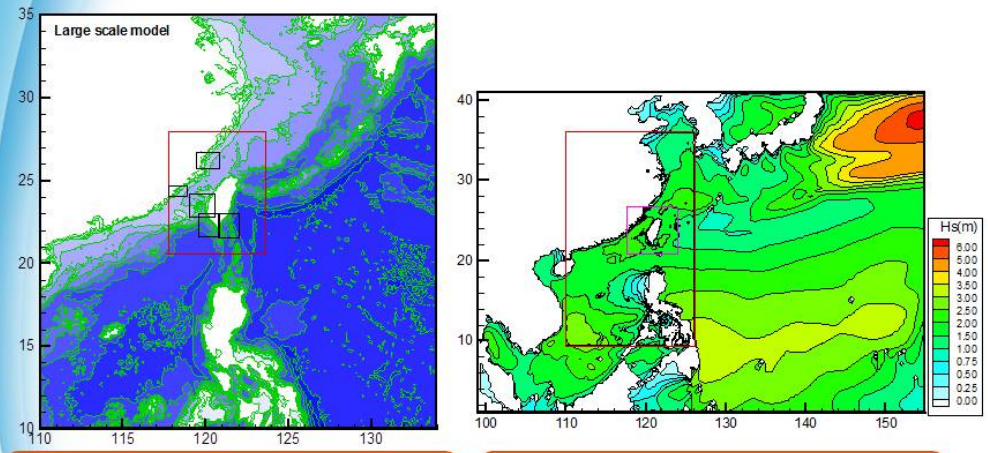
馬祖海域水動力模組模擬範圍、水深分布及數值計算網格

參、臺灣周圍海域風浪、水動力模擬與校驗



一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(1)

➢ 風浪模擬作業化系統



TaiCOMS三層巢狀網格風浪模擬系統

CWB三層多重網格決定性波浪預報模式

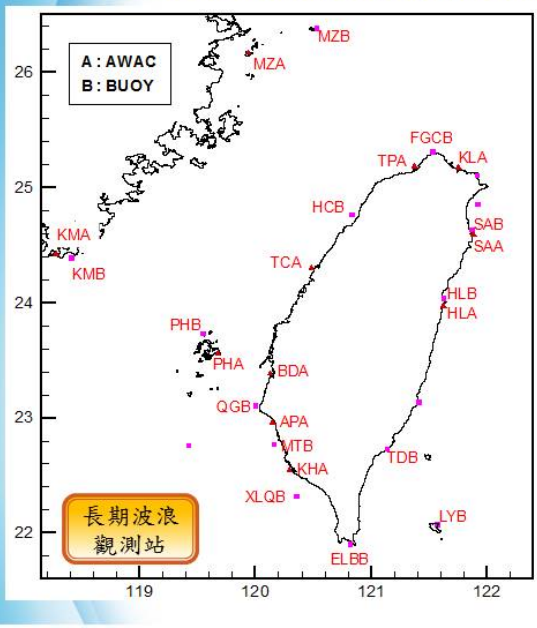
期末審查

109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 20

15:19:53

一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(2)

➢ 冬季季風波浪模擬與校驗(108年1月)



波浪觀測資料
氣象局波高預報資料

↓

中尺度風浪模擬(本計畫)

↓

模擬結果校驗

示性波高
平均週期
平均波向

偏差
RMSE
相關係數

依港區區分為八個海域

期末審查

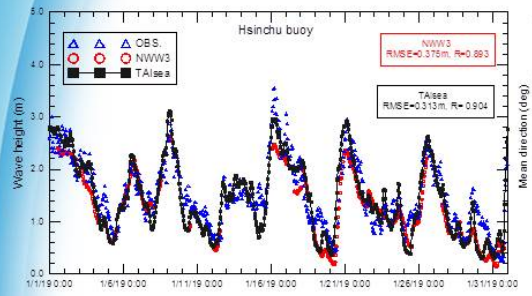
109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運 21

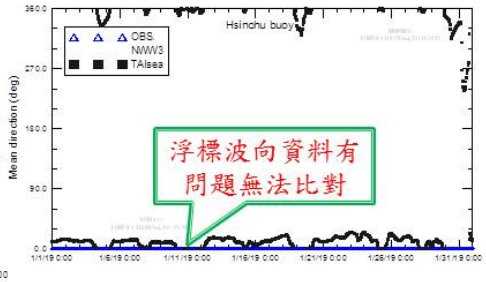
15:19:53

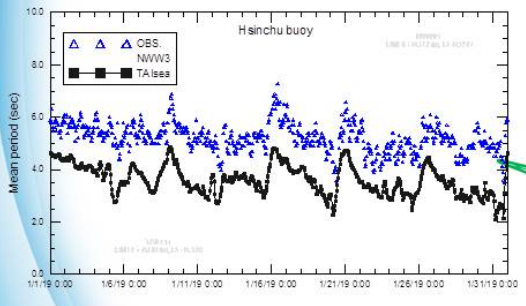
一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(3-1)

➢ 冬季季風波浪模擬

臺北海域





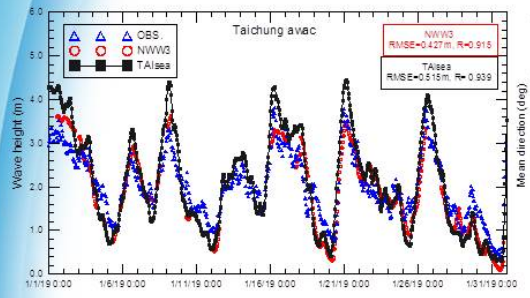


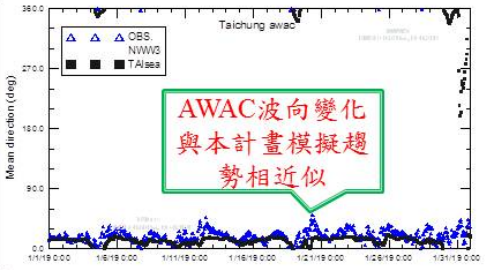
浮標平均週期普遍偏大

一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(3-2)

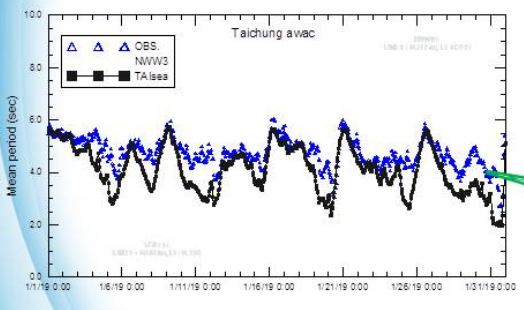
➢冬季季風波浪模擬

臺中海域





AWAC波向變化與本計畫模擬趨勢相近似

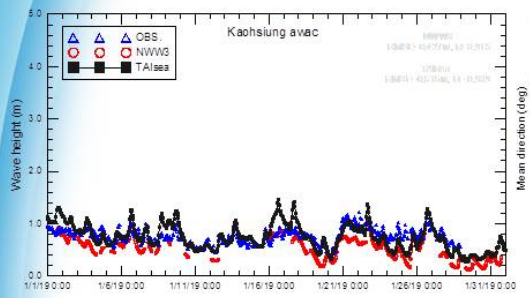


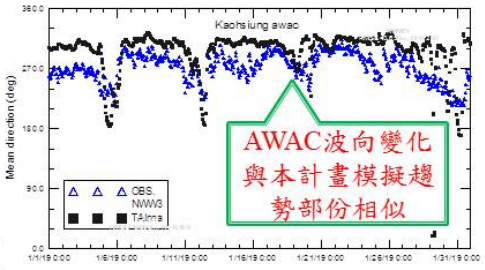
AWAC平均週期與本計畫模擬結果較一致

一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(3-3)

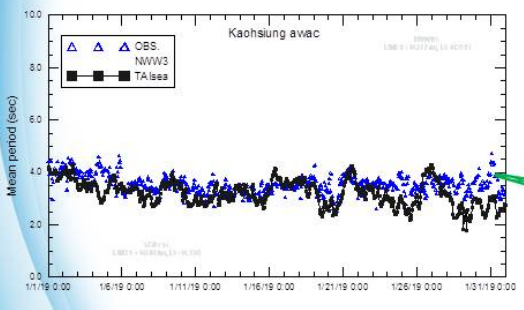
➢冬季季風波浪模擬

高雄海域





AWAC波向變化與本計畫模擬趨勢部份相似



AWAC平均週期與本計畫模擬結果較接近

期末審查

109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(3-5)

➢ 冬季季風波浪模擬

與CWB預報資料比對

- 基隆、臺北、臺中等海域示性波高模擬結果相近似。
- 安平、高雄等海域本計畫模擬趨勢與觀測資料較近似。
- 花蓮、蘇澳等東部海域本計畫模擬值普遍小於CWB預報值

與資料浮標觀測值比對

- 示性波高比對仍以西部海域較佳，其次為西南海域如安平、高雄
- 平均週期觀測值普遍高於本計畫模擬值(與儀器觀測特性有關)
- 平均波向觀測值疑似有問題，無法提供正確比對資訊。

與AWAC觀測值比對

- 平均週期觀測值普遍與本計畫模擬值相近。
- 布袋港觀測值疑似有問題，無法提供正確比對資訊。

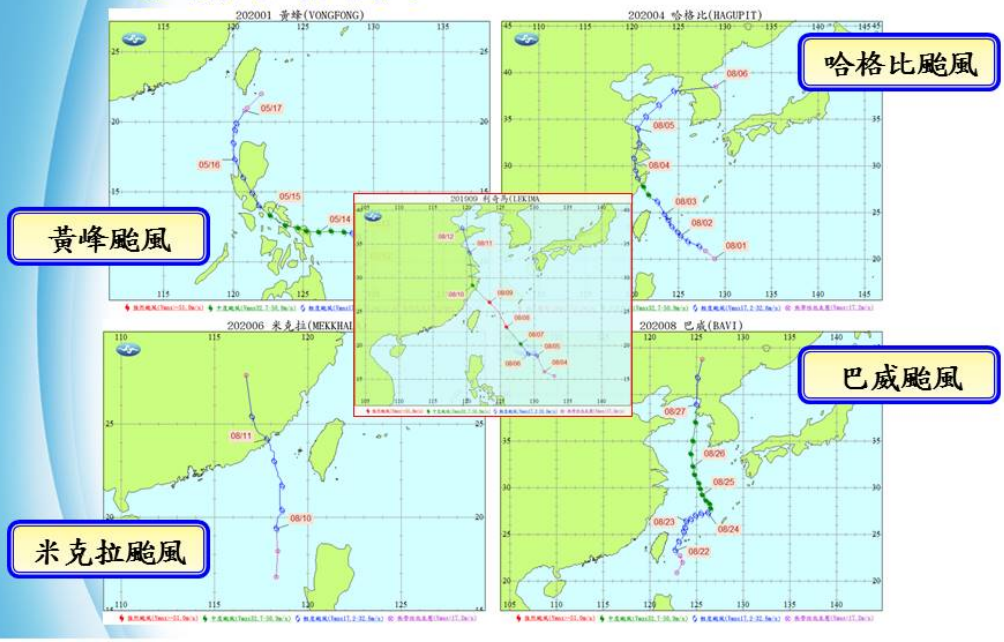
期末審查

109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-1)

颱風波浪模擬

➢ 颱風期間風浪模擬

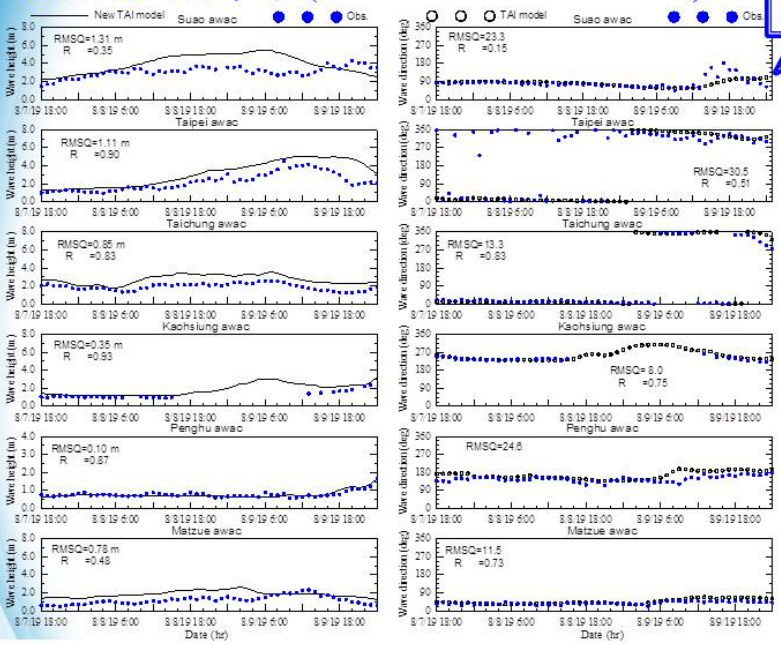


一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-2)

颱風波浪模擬

➤ 強烈颱風利奇馬 (08/07 17:30~08/10 08:30)

08/08 00 hr

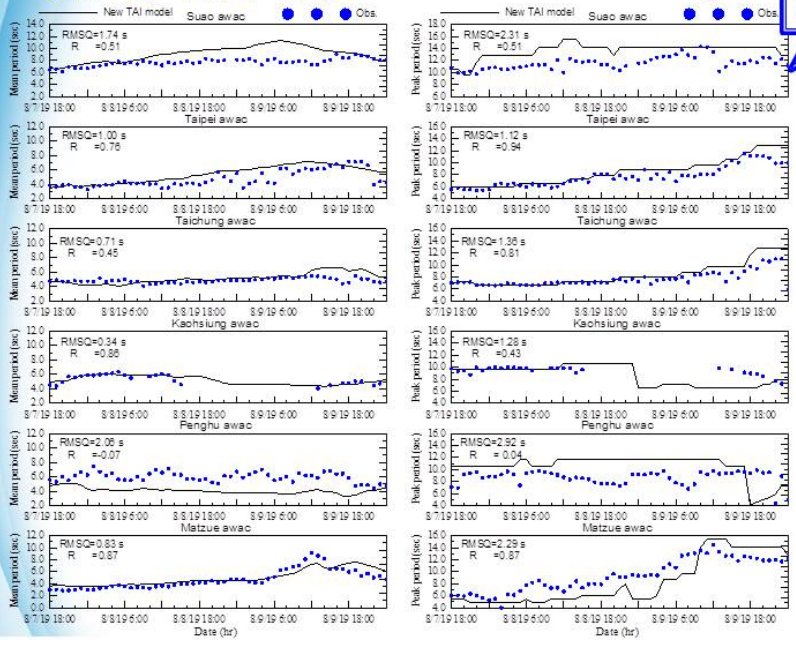


一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-3)

颱風波浪模擬

➤ 強烈颱風利奇馬 (08/07 17:30~08/10 08:30)

08/08 00 hr



一、臺灣周圍海域風浪模擬與校驗(4-4)

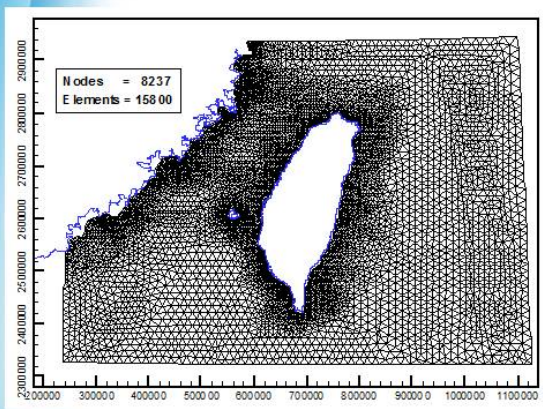
➢颱風期間風浪模擬

與AWAC觀測值比對

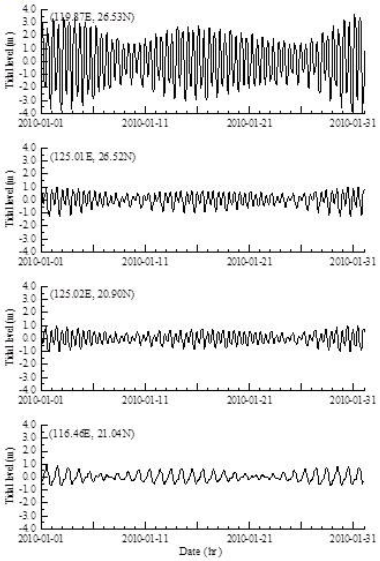
- 除了蘇澳港AWAC測站外，其餘測站示性波高變化趨勢與作業化模擬結果均相近似；
- 示性波高作業化模擬值與觀測值間均方根誤差最大值出現在臺北港測站；。
- 平均週期及譜峰週期作業化模擬值比對結果顯示，以臺北港及臺中港表現較佳；
- 除了蘇澳港及馬祖港AWAC測站外，其餘測站平均波向變化趨勢大致上與作業化模擬值相近似。

二、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



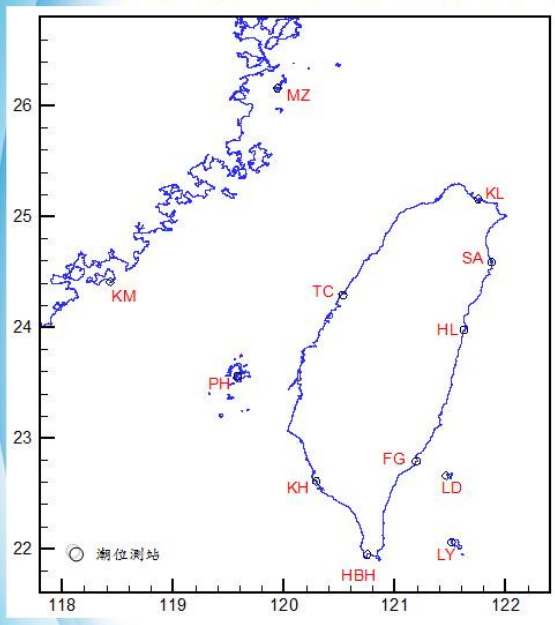
臺灣周圍海域水動力模式計算網格



天文潮水位邊界條件(NAO99B)

二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(2)

➢臺灣周圍海域潮位資料調和分析及天文潮預報



IHMT、氣象局或水利署
(2019年潮位資料)

↓

天文潮調和分析

68個天文潮
(8764小時)

↓

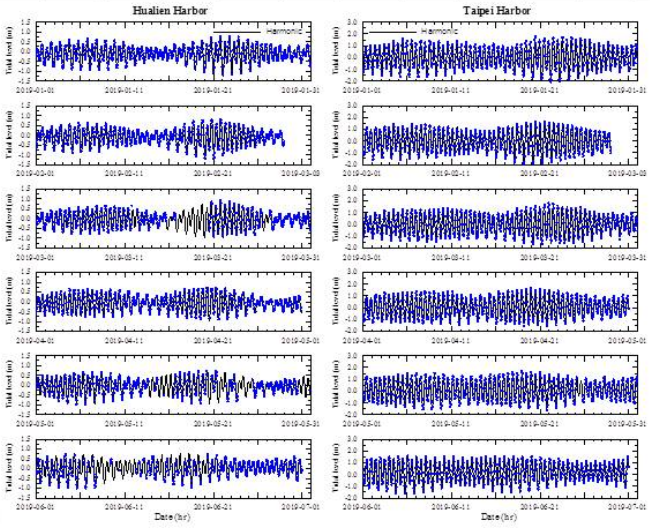
2020年天文潮位預報

二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(3)

➢臺灣周圍海域潮位資料調和分析及天文潮預報

海域	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	臺北	布袋	安平	澎湖	綠島	金門	馬祖
RMSE	0.056	0.052	0.067	0.082	0.064	0.087	0.100	0.065	0.083	0.056	0.171	0.153
NUM	7905	8328	7080	7988	7914	7512	8769	8746	8371	8754	8622	6917
來源	CWB	CWB	CWB	CWB	CWB	IHMT	IHMT	IHMT	CWB	WRA	WRA	CWB

誤差大於0.1m
布袋、金門、
馬祖



二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(4)

➢2019年天文潮模擬值與調和分析預測值比對

測站	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	澎湖
RMSE	0.094	0.099	0.131	0.242	0.173	0.541
R	0.927	0.970	0.884	0.988	0.746	0.734
資料數	8760	8760	8760	8760	8760	8760

最大誤差：澎湖(0.541m)
最小誤差：花蓮(0.094m)

➢2019年水位模擬值與觀測值比對

測站	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	澎湖
RMSE	0.092	0.074	0.097	0.159	0.106	0.209
R	0.974	0.983	0.944	0.994	0.927	0.967
資料數	7882	8305	7057	7966	7914	8348

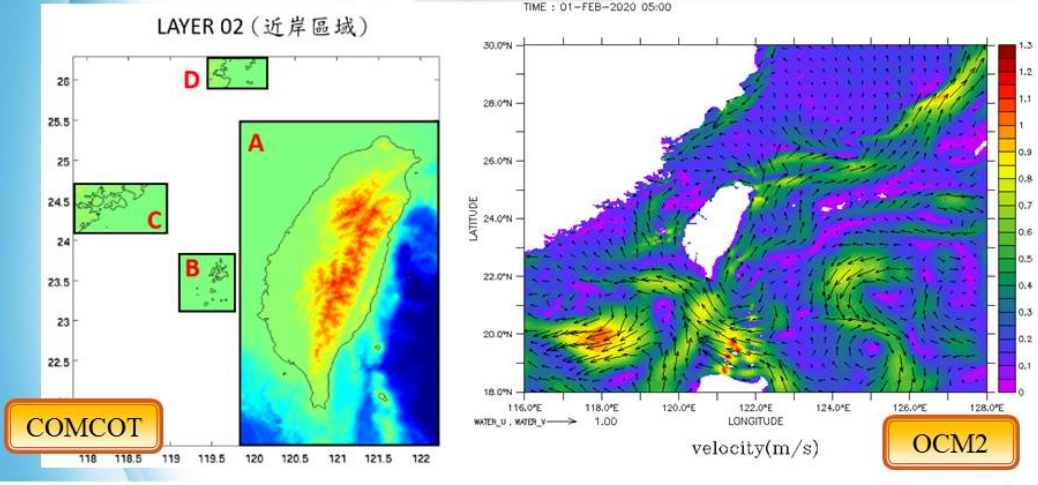
最大誤差：澎湖(0.209m)
最小誤差：蘇澳(0.074m)

二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(5)

➢綜整中央氣象局水位及流場預報資料

暴潮 → COMCOT → 第二層網格(A、B、C、D)

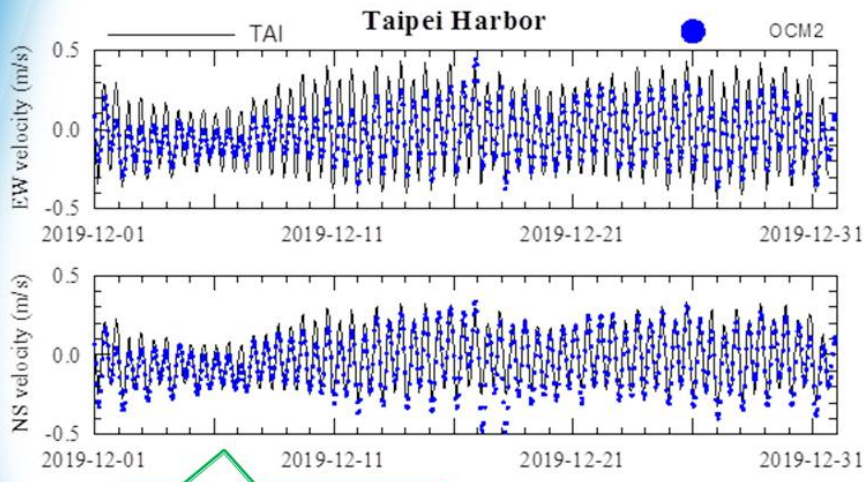
表層海流 → OCM2-NEW → 安平、台中、台北港



二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(6)

➢ 中央氣象局流場預報資料比對

臺北海域

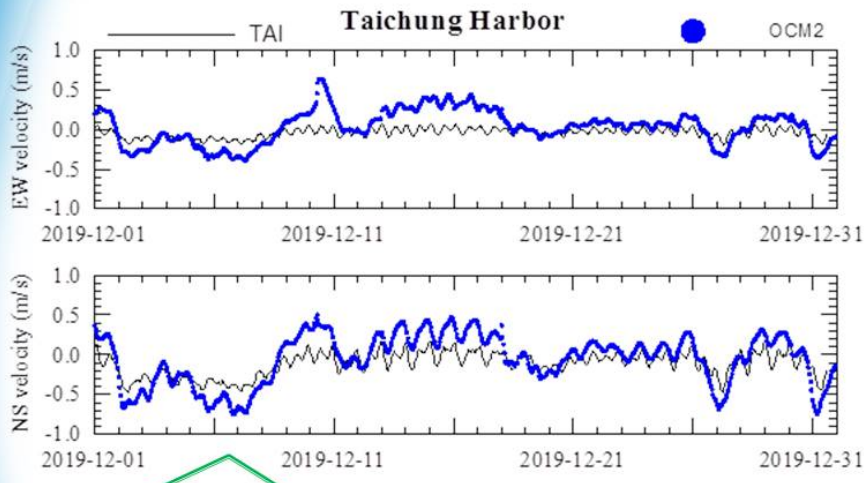


具高度相似性，均呈現由半日潮主導模擬結果

二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(7)

➢ 中央氣象局流場預報資料比對

臺中海域

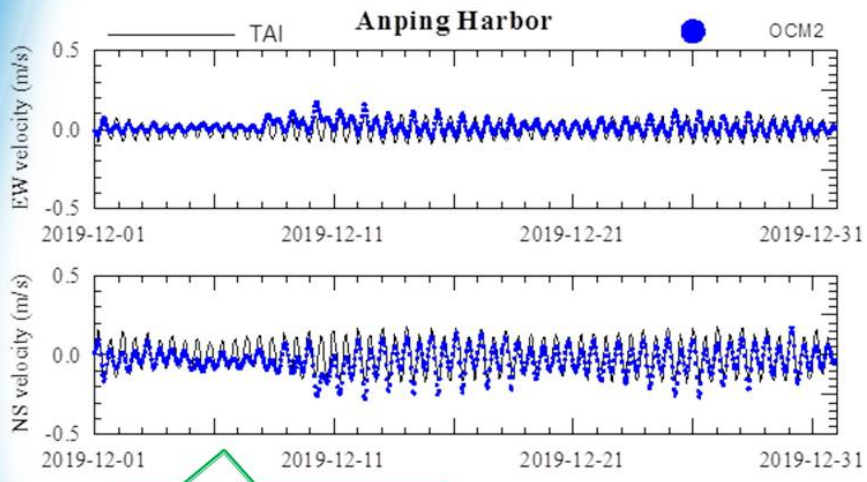


OCM2-NEW模擬結果因潮流流速小而呈現由其他成份流(如風吹流、洋流等)主導的特性

二、臺灣周圍海域水動力模擬與校驗(8)

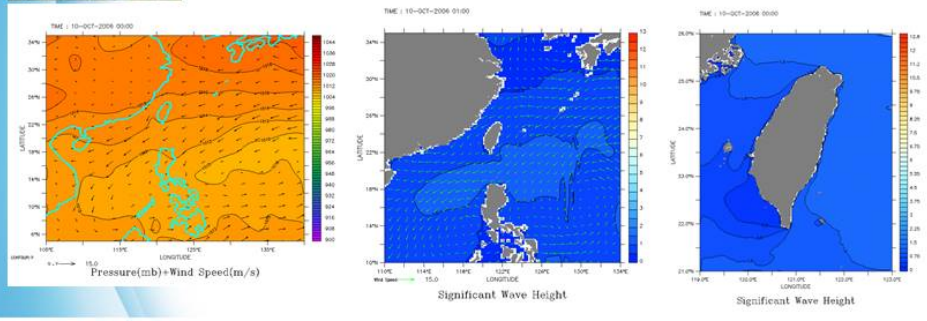
➢ 中央氣象局流場預報資料比對

安平海域



具高度相似性，呈現由潮流主導之模擬結果

肆、海象預報作業化成果評估



期末審查

109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

海象預報作業化成果評估(1)

➢ 109年度年報

108年9月~109年8月

風力(風速)

- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**(風速、風向)
- 模擬值、觀測值之逐月風力**玫瑰圖**
- 模擬值、觀測值之逐月**統計值**(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)
- 觀測值**發生機率或頻率**(風速、風向)

波浪

- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**(示性波高、譜峰週期、平均波向)
- **示性波高、譜峰週期**(模擬值、觀測值)之逐月統計值(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)

水位

- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**
- 模擬值、觀測值之逐月**統計值**(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)

流場(流速)

- 模擬值與觀測值之逐月歷線比較圖(流速、流向)
- 模擬值與觀測值之逐月統計值(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)

15:19:56

期末審查

109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運

海象預報作業化成果評估(2)

➢ 觀測資料蒐集率狀況

風力

年/月	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	馬祖
2019/09	○	★	○	▲	○	○	○	★	★
2019/10	○	○	○	★	○	○	○	★	★
2019/11	○	○	○	★	○	○	○	○	★
2019/12	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/01	○	○	○	○	○	★	○	★	○
2020/02	○	○	○	○	○	✖	○	★	★
2020/03	○	○	○	○	○	○	○	▲	▲
2020/04	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/05	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/06	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/07	○	○	○	○	○	○	○	★	★
2020/08	○	○	○	○	○	○	○	★	★

備註：蒐集率< 50%以×表示、≥ 50 ~ < 70%以▲表示

≥70 ~<95%以★表示、≥ 95%以○表示

波浪、海流

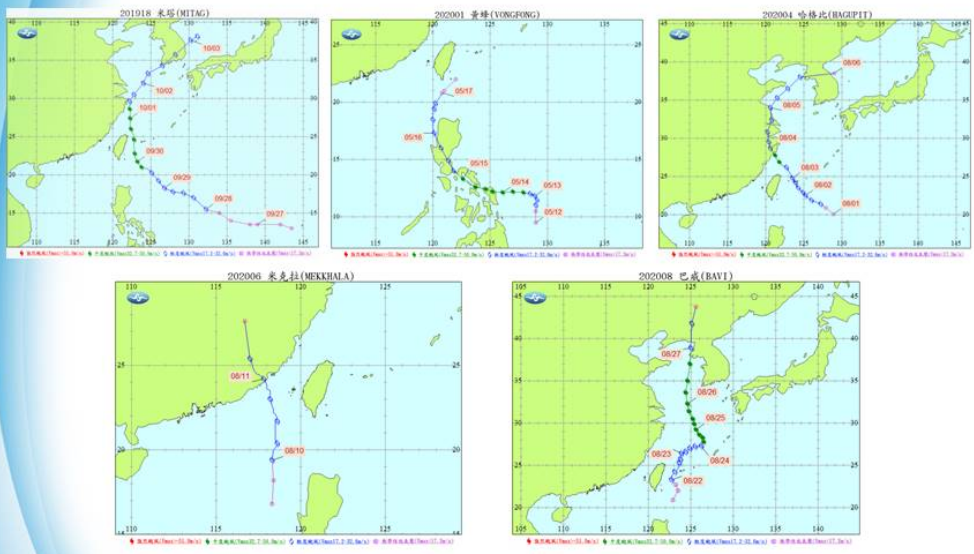
年/月	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	馬祖
2019/09	✖	▲	○	✖	✖	✖	○	○	○
2019/10	✖	✖	○	▲	★	★	○	○	○
2019/11	✖	★	○	★	○	✖	○	○	○
2019/12	✖	★	○	★	○	✖	○	○	○
2020/01	✖	○	○	★	○	✖	★	○	★
2020/02	✖	○	○	▲	○	✖	★	○	○
2020/03	✖	○	✖	✖	▲	✖	★	★	★
2020/04	✖	○	✖	✖	★	○	★	★	○
2020/05	✖	○	✖	✖	○	○	○	○	★
2020/06	✖	✖	✖	▲	★	✖	○	★	✖
2020/07	○	✖	○	○	▲	✖	○	○	✖
2020/08	○	✖	○	○	✖	✖	○	★	✖

水位

年/月	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	臺北	馬祖
2019/09	★	★	○	▲	✖	✖	○	○	○
2019/10	○	○	○	★	✖	✖	○	○	○
2019/11	○	○	○	▲	✖	✖	○	○	○
2019/12	○	○	○	○	▲	✖	○	○	○
2020/01	○	○	○	○	▲	✖	○	★	○
2020/02	○	○	○	○	▲	▲	○	★	○
2020/03	○	○	○	○	▲	▲	○	★	○
2020/04	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2020/05	○	○	○	○	★	★	○	★	○
2020/06	○	○	○	○	○	★	○	★	○
2020/07	○	○	○	○	○	○	○	★	○
2020/08	★	★	★	▲	▲	✖	○	○	○

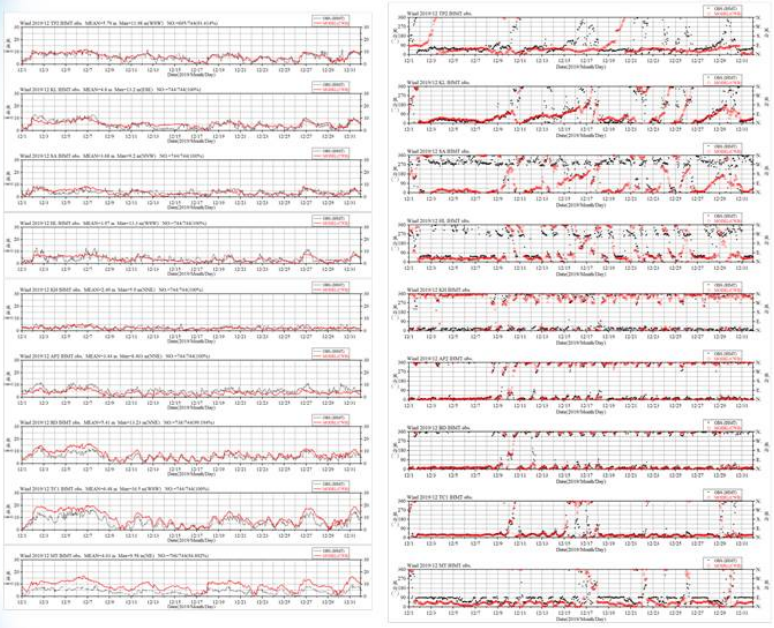
海象預報作業化成果評估(3)

➢ 侵臺颱風



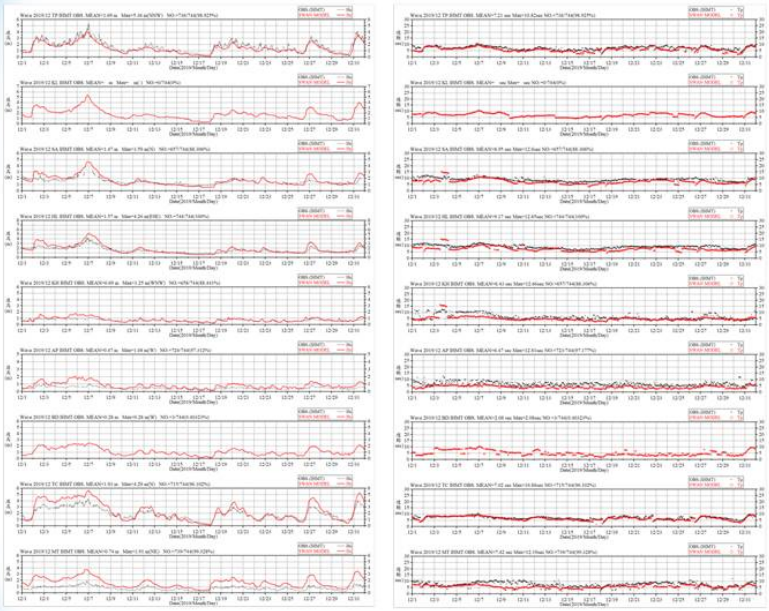
海象預報作業化成果評估(4)

➢ 風力



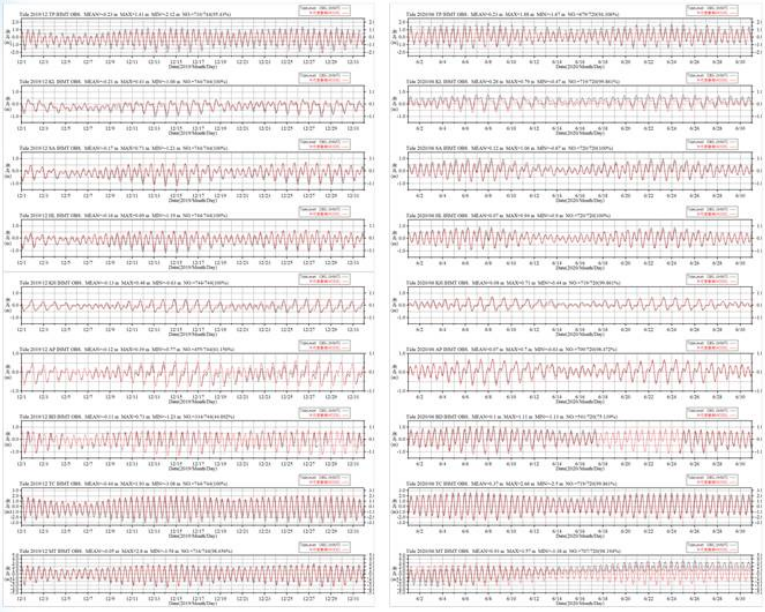
海象預報作業化成果評估(5)

➢ 波力



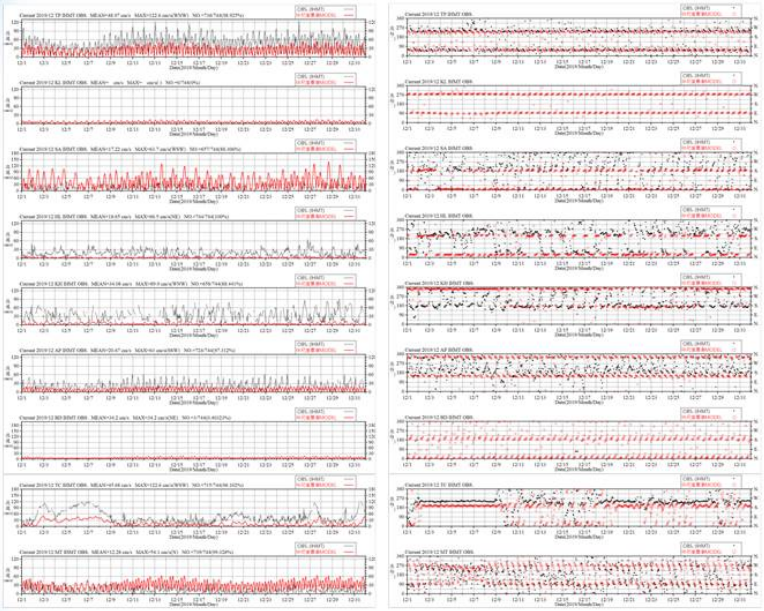
海象預報作業化成果評估(6)

➢ 水位

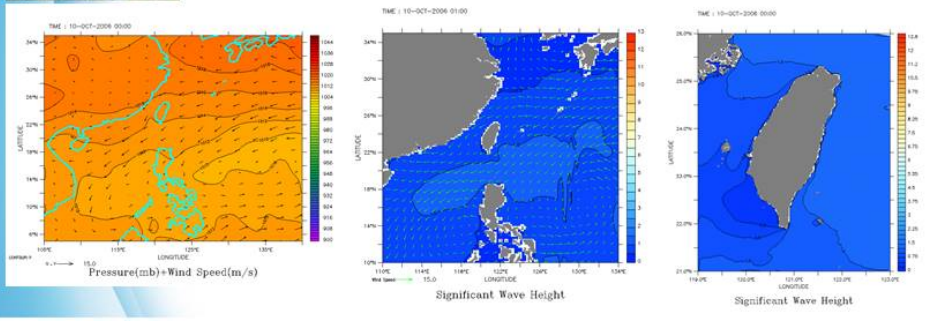


海象預報作業化成果評估(7)

- 海流



伍、東部海域
基本資料蒐集與分析



東部海域基本資料蒐集與分析(1)

蒐集東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)的地形水深及分析海象資料特性。。

- 地形水深
- 潮汐
- 波浪
- 海流

東部海域基本資料蒐集與分析(2)

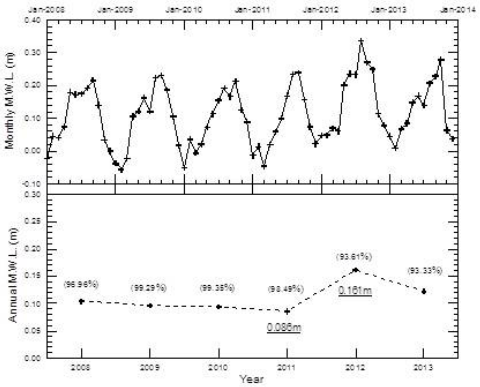
潮汐

- 以花蓮港為對象探討潮汐水位特性(參考港研報告，2015)

花蓮港(2008~2013年)重要代表性潮位統計結果

代表性潮位	高程值 (m)
最高高潮位(H.H.W.L.)	+1.455
平均高潮位(M.H.W.L.)	+0.571
平均潮位(M.W.L.)	+0.095
平均低潮位(M.L.W.L.)	-0.378
最低低潮位(L.L.W.L.)	-1.113
平均潮位差	0.949

觀測資料數34679
測站位置 (23˚58'50"N, 121˚37'25"E)
基準面相對於臺灣高程基準(TWVD2001)：0 m



花蓮港(2008~2013年)月及年平均潮位變化

東部海域基本資料蒐集與分析(3)

波浪

➢ 以花蓮港為對象探討波浪特性(參考港研報告，2015)

波高 (m) \ 年	2012 年 資料數 (百分比)	2012 年 週期平均值(sec)	2013 年 資料數 (百分比)	2013 年 週期平均值(sec)	累計百分比
< 0.5	339 / (4.00)	4.38	263 / (3.85)	4.39	3.93
0.5 ~ 1.0	2592 / (30.64)	4.92	2164 / (31.69)	4.69	35.04
1.0 ~ 1.5	3169 / (37.46)	5.56	2140 / (31.34)	5.35	69.77
1.5 ~ 2.0	1477 / (17.46)	6.00	1371 / (20.08)	5.77	88.40
2.0 ~ 2.5	561 / (6.63)	6.57	547 / (8.01)	6.25	95.64
2.5 ~ 3.0	176 / (2.08)	6.90	275 / (4.03)	6.84	98.39
3.0 ~ 3.5	71 / (0.84)	7.49	41 / (0.60)	7.34	99.33
3.5 ~ 4.0	55 / (0.65)	7.97	17 / (0.25)	7.88	99.80
4.0 ~ 5.0	21 / (0.25)	8.34	10 / (0.15)	9.25	100.00
5.00 <	0 / (0.00)	–	0 / (0.00)	–	100.00
合計	8460 / (100.00)		6828 / (100.00)		
備註	最大波高值：4.73 m 週　期：8.90 sec 波　向：110.5° 發生時間：08/01 18hr		最大波高值： 4.60 m 週　期：10.43 sec 波　向：110.8° 發生時間：07/12 21hr		

花蓮港(2012~2013年)逐時波高大小分布年統計

花蓮港(2012~2013年)逐時平均波向分布統計

波向	2012 資料數 (百分率)	2013 年 資料數 (百分率)	百分率 (%)	波向	2012 資料數 (百分率)	2013 年 資料數 (百分率)	百分率 (%)
N	1 (0.01)	0 (0.01)	0.01	S	1 (0.01))	0 (0.00)	0.01
NNE	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00	SSW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
NE	1 (0.01)	3 (0.04)	0.03	SW	1 (0.01)	0 (0.00)	0.01
ENE	13 (0.15)	145 (2.12)	1.03	WSW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
E	2333 (27.58)	2454 (35.94)	31.31	W	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
ESE	3564 (42.13)	2474 (36.23)	39.50	WNW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
SE	2134 (25.22)	1678 (24.58)	24.93	NW	0 (0.00)	0 (0.00)	0.00
SSE	412 (4.87)	74 (1.08)	3.18	NNW	0 (0.00)	0 (0.00))	0.00

1. 波向判斷採用 ±11.25°
2. 2012 及 2013 年波浪觀測資料數分別為 8460 及 6828

2012及2013年最大波高分別發生於中度颱風蘇拉及強烈颱風蘇力；花蓮港波向主要分布集中於E向至SE向之間。

東部海域基本資料蒐集與分析(4)

海流

➢ 以花蓮港為對象探討海流特性(參考港研報告，2015)

流速區間(m/s) \ 年份	2012 年 資料數 / (百分比)	2013 年 資料數 / (百分比)	平均 百分比
< 0.25	4644 / (53.47)	5096 / (73.90)	**62.51**
0.25 ~ 0.50	2661 / (30.64)	1412 / (20.48)	**26.14**
0.50 ~ 0.75	1201 / (13.83)	361 / (5.23)	**10.03**
0.75 ~ 1.00	177 / (2.04)	27 / (0.39)	**1.31**
1.00 <	2 / (0.02)	–	**0.01**
合計	8685 / (100.00)	6896 / (100.00)	**100.00**
備註	最大流速值(1.10) 流　向(75.7°) 時　間(09/19 00)	最大流速值(0.96) 流　向(64.9°) 時　間(03/26 10)	

流速大小分布年統計

年最大流速發生原因均與颱風影響因素無關。

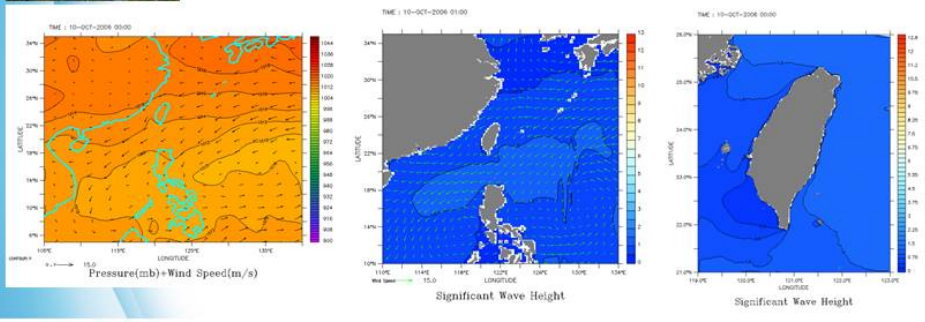
流向 \ 年份	2012 年 資料數	2012 年 百分比 (%)	2012 年 平均流速 (m/s)	2013 年 資料數	2013 年 百分比 (%)	2013 年 平均流速 (m/s)	平均 百分比 (%)	平均 平均流速 (m/s)
N	997	11.48	0.265	706	10.24	0.164	**10.93**	**0.223**
NE	1357	15.62	0.280	1134	16.44	0.198	**15.99**	**0.243**
E	1636	18.84	0.346	1143	16.57	0.217	**17.84**	**0.293**
SE	486	5.60	0.194	475	6.89	0.140	**6.17**	**0.167**
S	777	8.95	0.234	602	8.73	0.168	**8.85**	**0.205**
WS	1903	21.91	0.324	1664	24.13	0.248	**22.89**	**0.289**
W	1010	11.63	0.218	767	11.12	0.173	**11.40**	**0.199**
NW	519	5.98	0.177	405	5.87	0.133	**5.93**	**0.158**
合計 平均	8685	100.0	0.278	6896	100.0	0.1965	100.0	**0.242**

註 1：平均流速採用流速純量計算
註 2：流向判斷採用 ±22.5°

流向分布、平均流速年統計

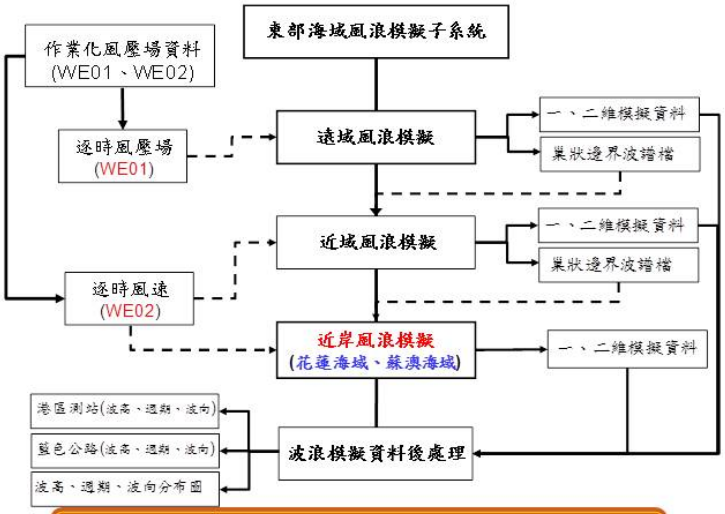
2012年觀測資料各流向**海流平均流速**統計值均高於2013年各流向海流平均流速統計值。

陸、東部海域小尺度風浪模擬系統建置



東部海域小尺度風浪模擬系統建置(1)

- 針對東部海域(貢寮東北角至秀姑巒溪出海口，含花蓮港、蘇澳港間之外海海域)建置合適的小尺度風浪模擬系統。

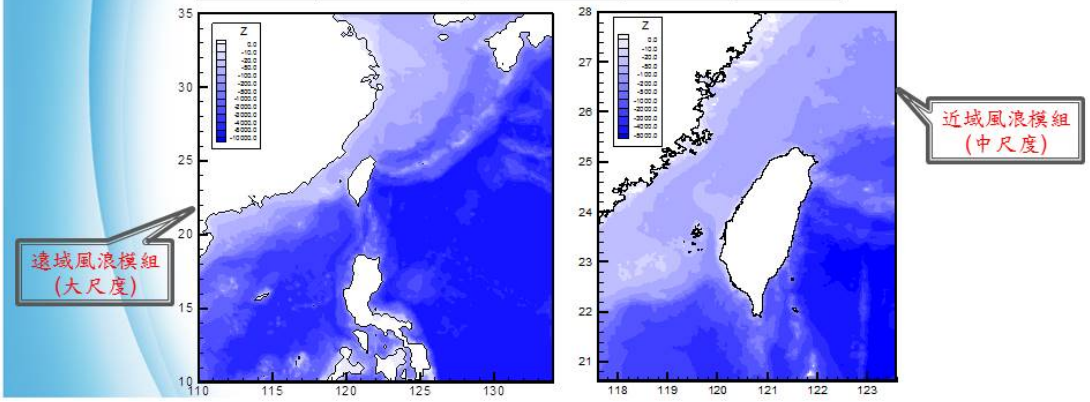


東部海域風浪模擬系統三層巢狀架構及模擬流程

東部海域小尺度風浪模擬系統建置(2)

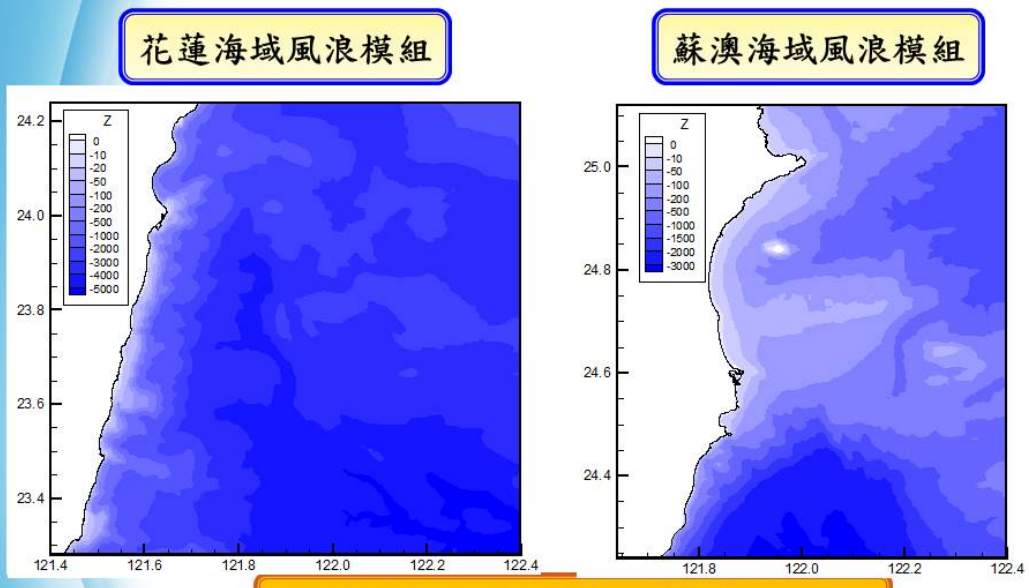
- 花蓮海域及蘇澳海域小尺度風浪模擬系統。

網格層次	範圍 經度(°) 最小值/最大值	範圍 緯度(°) 最小值/最大值	解析度 (°)	格點數
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 (花蓮海域)	121.40/122.40	23.28/24.24	0.008	126×121
近岸網格 (蘇澳海域)	121.64/122.40	24.24/25.12	0.008	96×111



東部海域小尺度風浪模擬系統建置(3)

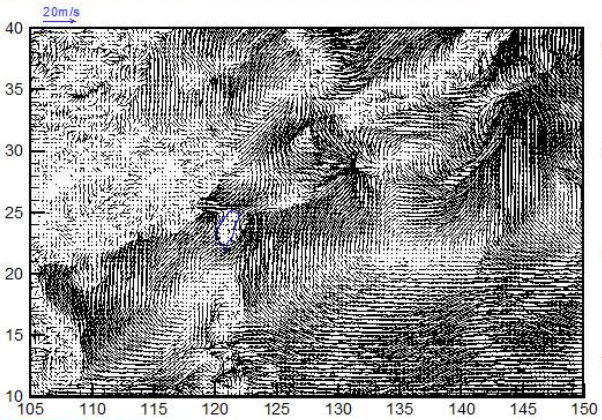
- 花蓮海域及蘇澳海域小尺度風浪組



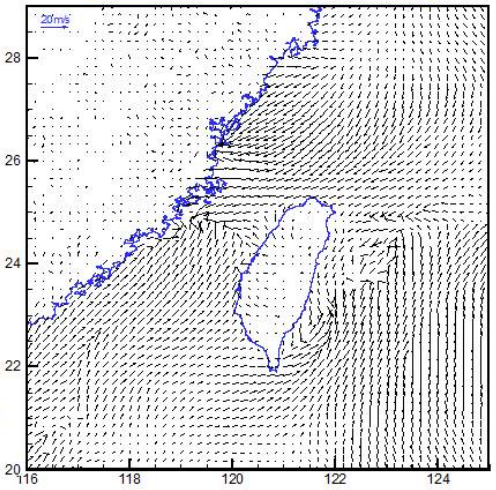
東部海域小尺度風浪模擬系統建置(4)

➢ 作業化風場資料

中尺度風場(WE01)

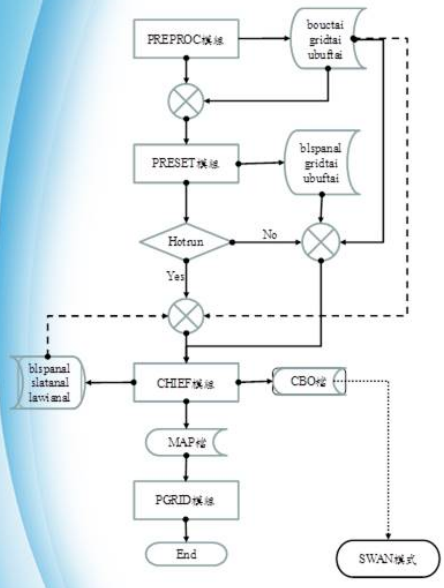


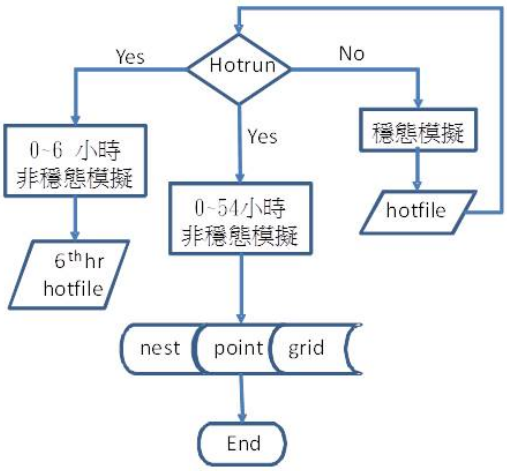
小尺度風場(WE02)



東部海域小尺度風浪模擬系統建置(5)

➢ 數值模式(WAM及SWAN)作業化模擬流程

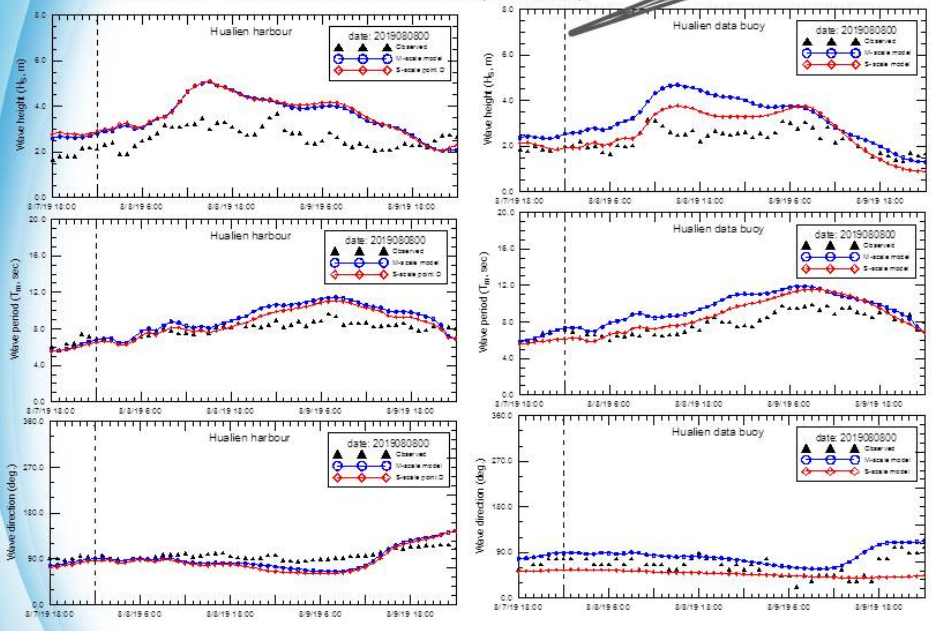




東部海域小尺度風浪模擬系統建置(6)

2019/08/08 00:00:00

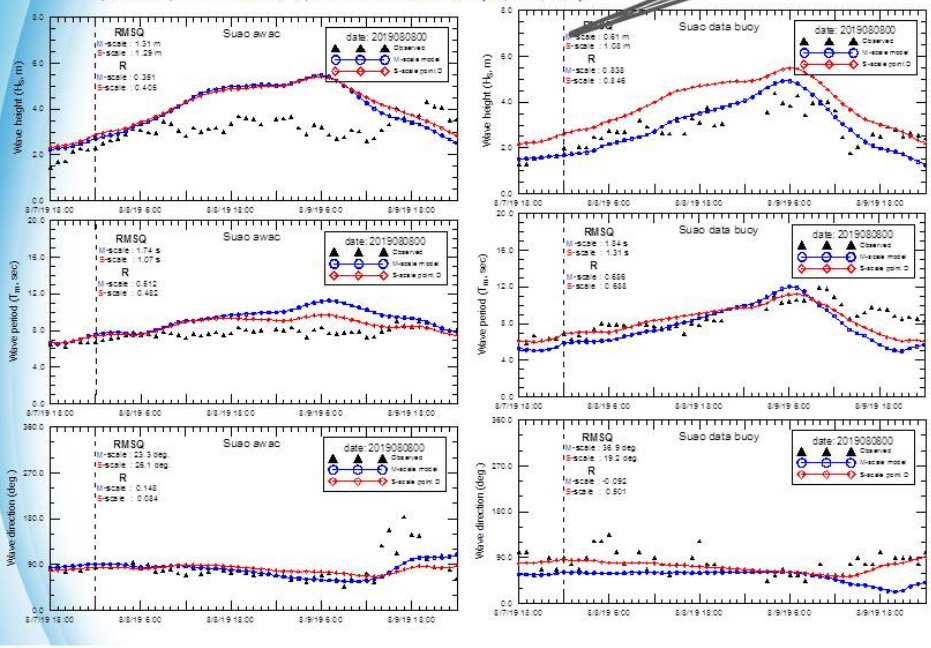
➢ 系統每日4次作業化模擬結果(花蓮港)



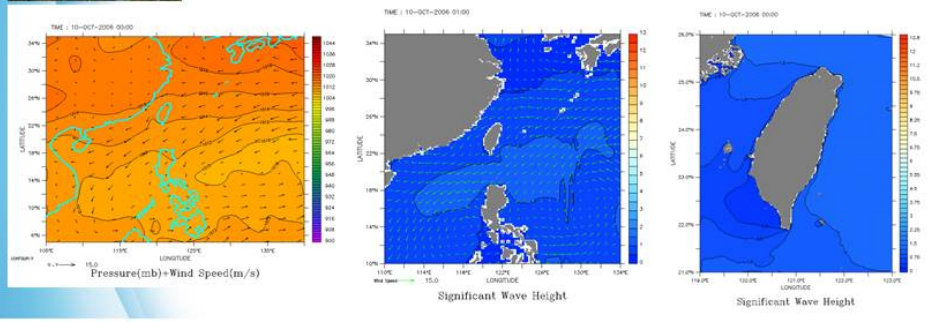
東部海域小尺度風浪模擬系統建置(6)

2019/08/08 00:00:00

➢ 系統每日4次作業化模擬結果(蘇澳港)

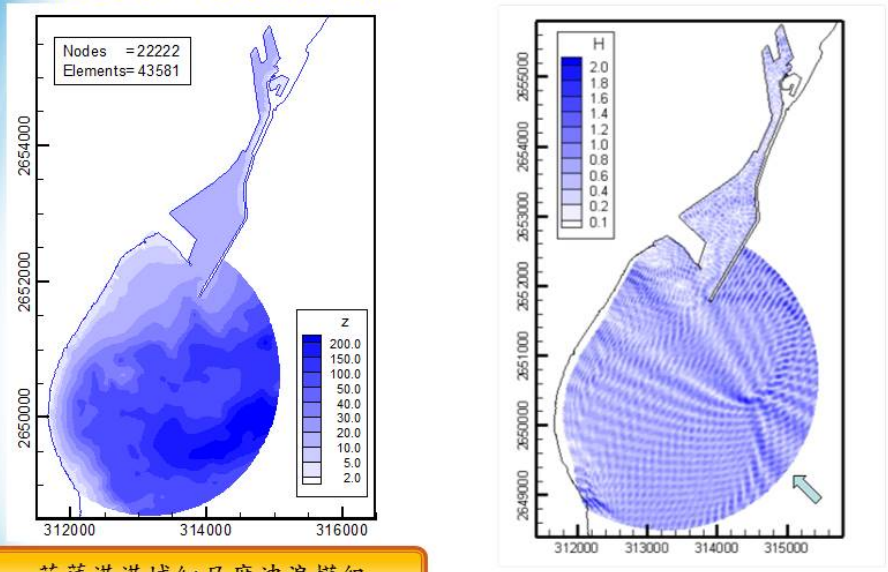


柒、港區靜穩模擬系統建置(花蓮、蘇澳)



港區靜穩模擬系統建置(花蓮港、蘇澳港)

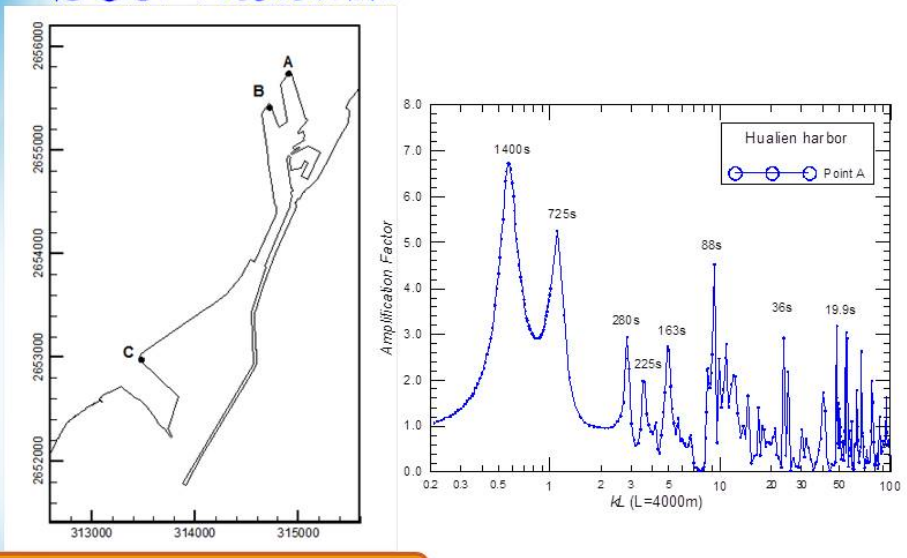
- 花蓮港細尺度波浪模組



花蓮港港域細尺度波浪模組

港區靜穩模擬系統建置(2)

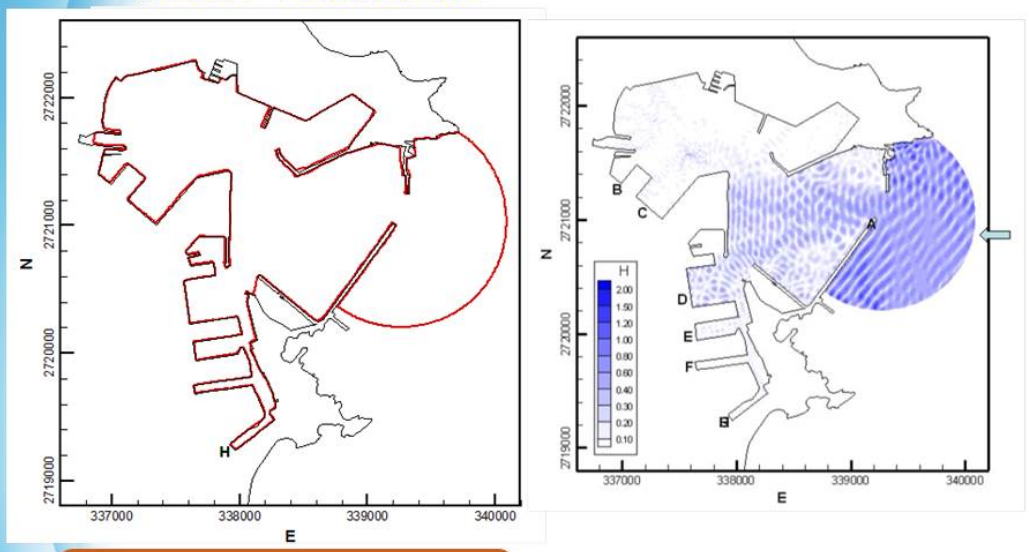
➢ 花蓮港細尺度波浪模組



花蓮港港域細尺度波浪模組

港區靜穩模擬系統建置(3)

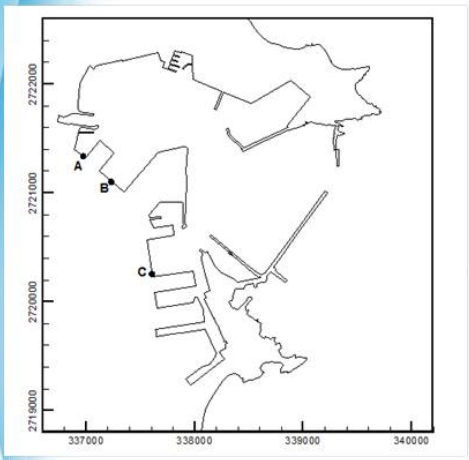
➢ 蘇澳港細尺度波浪模組

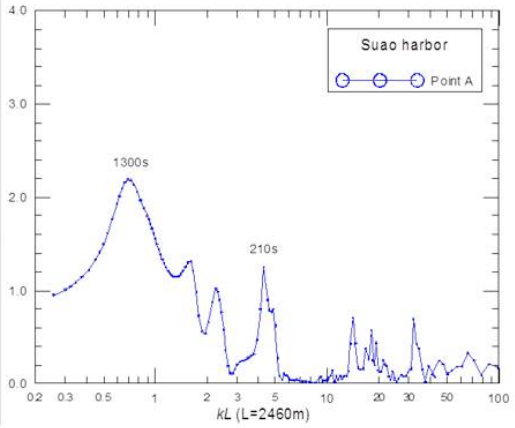


蘇澳港港域細尺度波浪模組

港區靜穩模擬系統建置(4)

➢ 蘇澳港細尺度波浪模組

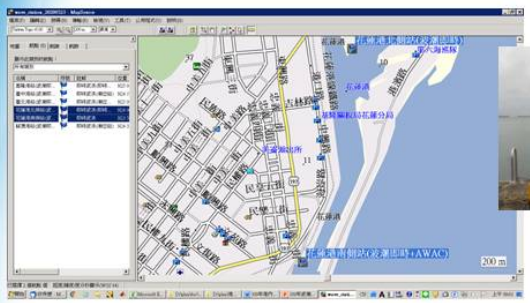




蘇澳港域細尺度波浪模組

港區靜穩模擬系統建置(5)

➢ 港區波浪即時觀測系統



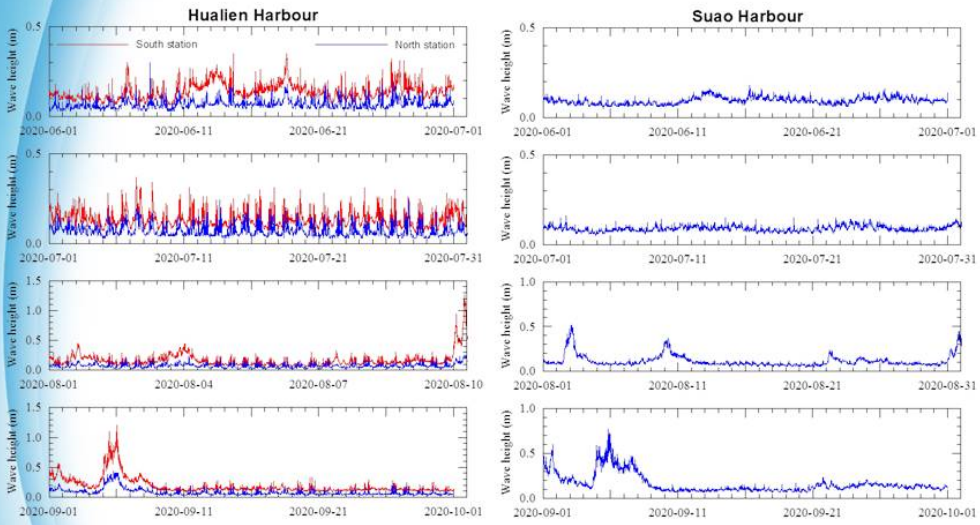
花蓮港南站

花蓮港北站

蘇澳港站

港區靜穩模擬系統建置(6)

➢ 港區波浪即時觀測系統

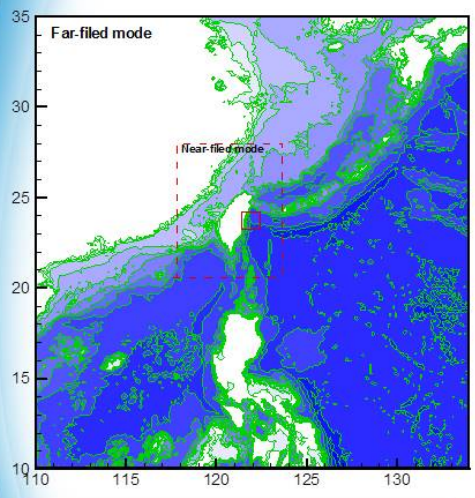


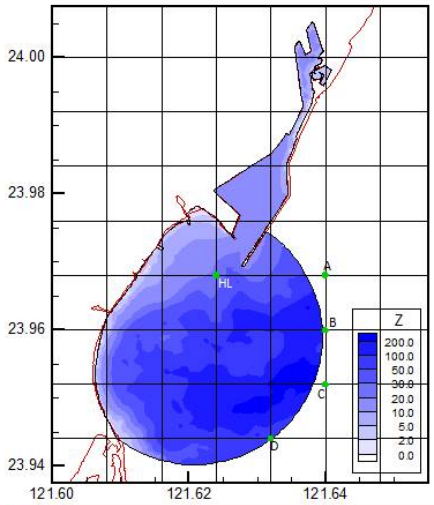
花蓮港港內觀測記錄

蘇澳港內觀測記錄

港區靜穩模擬系統建置(7)

➢ 港區靜穩模擬系統建置



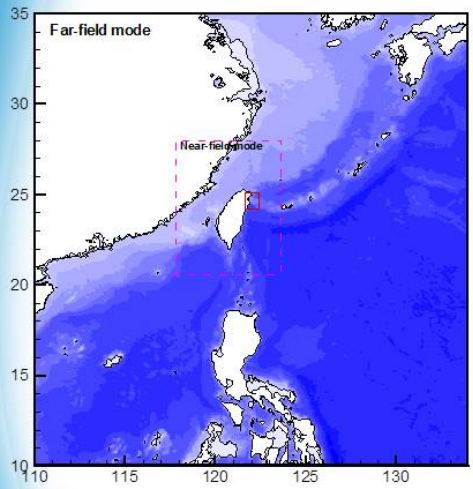


花蓮海域小尺度風浪模擬系統

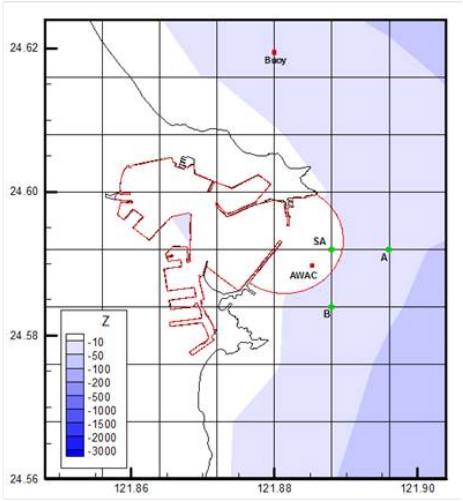
花蓮港細尺度港域波浪模組

港區靜穩模擬系統建置(8)

➢ 港區靜穩模擬系統建置



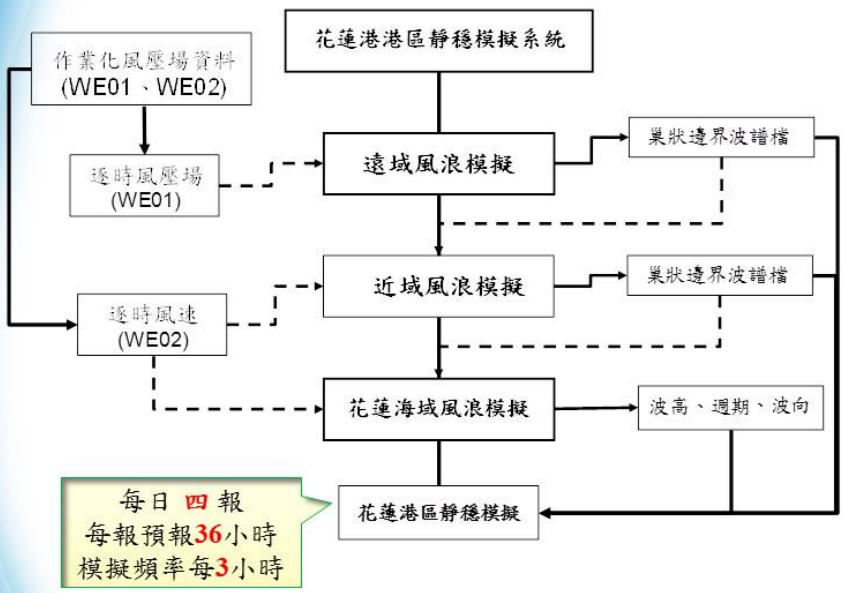
蘇澳海域小尺度風浪模擬系統



蘇澳港細尺度港域波浪模組

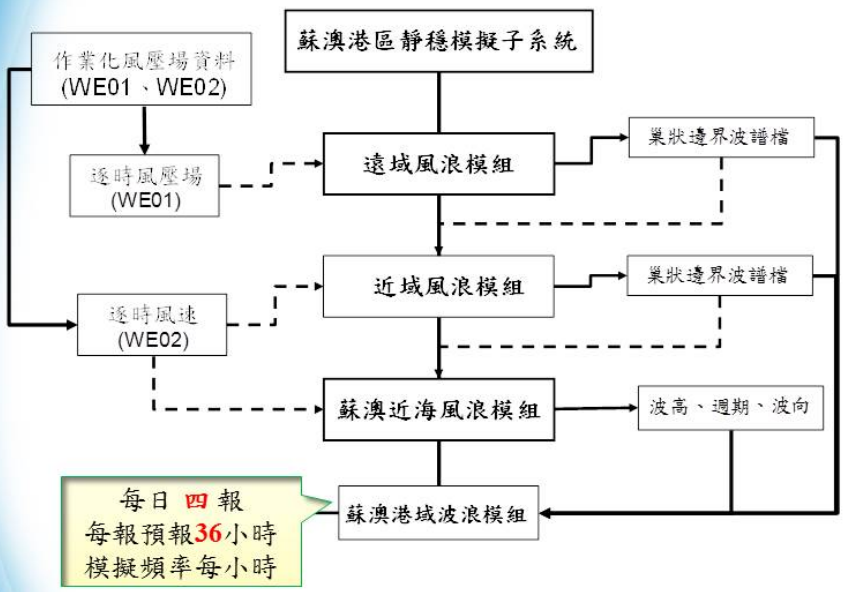
港區靜穩模擬系統建置(9)

➢ 港區靜穩模擬系統模擬架構



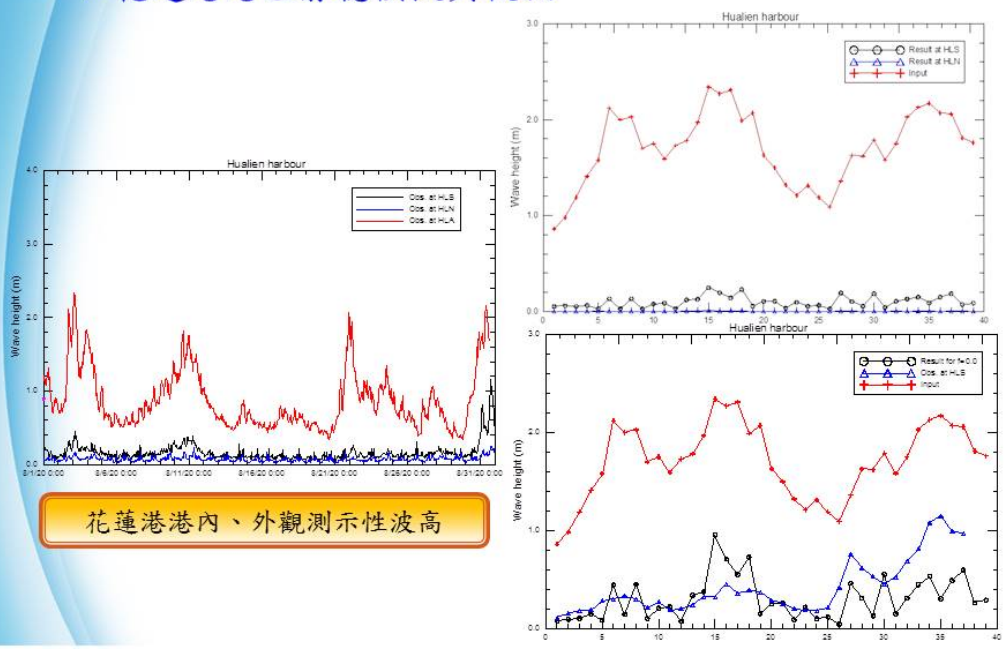
港區靜穩模擬系統建置(10)

➢ 港區靜穩模擬系統模擬架構



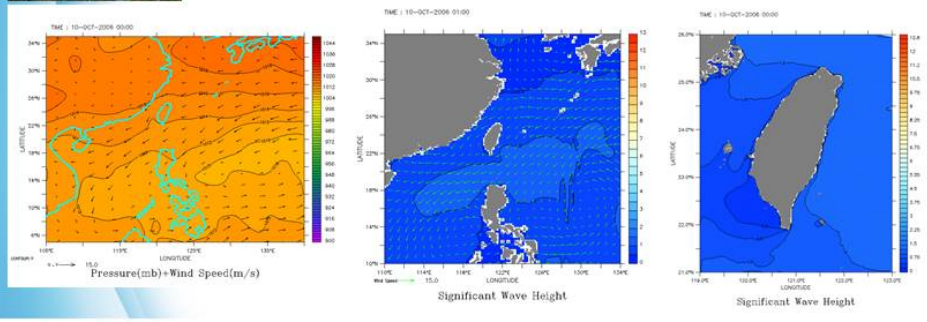
港區靜穩模擬系統建置(11)

➢ 花蓮港港區靜穩模擬與校驗



花蓮港港內、外觀測示性波高

捌、結論與建議



結論(1)

◆ **海象預報模擬系統維運與改善：**

本年度海氣象自動化預報模擬系統維運達成海象模擬資訊蒐集率100%目標；

風浪及水動力模擬每日四報作業化模擬系統建置完成後，TaiCOMS可達到每6小時更新各港口48小時海象預報資訊之目標，並有助於降低颱風期間或異常天候下海象預報資訊之誤差。

◆ **臺灣周圍海域風浪模擬與校驗：**

西海岸臺中以北海域三者示性波高隨東北季風強弱變化顯著，三者呈現高度相關特性；西南海域如安平、高雄等模擬結果顯示TaiCOMS示性波高變化趨勢與觀測值較近似；東部海域TaiCOMS示性波高呈現偏大趨勢，即NWW3預報值與觀測值較近似。

結論(2)

◆ **臺灣周圍海域水動力模擬與校驗：**

天文潮校驗結果顯示在澎湖海域二者相關係數約為0.73，均方根誤差值約為0.54m，研判偏差來源之一為模式模擬值在澎湖島嶼外圍而潮位站在澎湖內灣內所致；

與氣象局OCM-2海流模擬值校驗結果顯示，在臺北港及安平港海域內二者流速均呈現潮流特性因此具有高度相似性，在臺中港海域OCM-2流速模擬結果呈現非潮流主導特性，此與TaiCOMS水動力模組潮流模擬特性不一致，二者流速相關性低。

結論(3)

◆ **波浪、水位及流場等海象預報作業化成果評估：**

完成本年度(2019年9月至2020年8月)海象作業化預報評估年報供港研中心內部參考。

◆ **東部海域小尺度風浪模擬系統建置：**

完成東部海域(花蓮及蘇澳海域)小尺度風浪模擬系統建置與測試，其中花蓮海域小尺度風浪模組於利奇馬颱風侵臺期間模擬結果顯示在花蓮浮標測站模擬結果明顯優於中尺度模擬結果，另花蓮港外海AWAC測站輸出點位波向模擬明顯受到邊界影響變化不明顯。

結論(4)

◆ **港區靜穩模擬系統建置：**

完成花蓮港港區靜穩模擬系統建置與蘇澳港港區靜穩模擬系統規劃，

配合港內、外波浪觀測成果校驗花蓮港靜穩模擬結果，顯示花蓮港港內波浪模擬並未達到預期的現象，因此仍需進一步探討原因，藉以修正港區靜穩模式設定參數及模擬方法。

建議

因應海象模擬作業化預報系統升級為每日四報後，建議除需持續進行作業化壓力測試外，進一步評估更新現有硬體提昇模擬速度，降低作業化維運壓力之可行性。

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/