

113-046-7D74

MOTC-IOT-112- H2CA001h

應用微波雷達技術於臺北港域環境 監測之研究(2/4)-微波雷達海 象監測技術優化



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-046-7D74

MOTC-IOT-112- H2CA001h

應用微波雷達技術於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

著者：劉明鑫、李俊穎、李政達

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

GPN: 1011300408

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

應用微波雷達技術於臺北港域環境監測之研究.
(2/4): 微波雷達海象監測技術優化 / 劉明鑫, 李俊
穎, 李政達著. -- 臺北市: 交通部運輸研究所, 民
113.03

面; 公分

ISBN 978-986-531-586-3(平裝)

1.CST: 氣象雷達 2.CST: 海洋氣象

444.94

113004068

應用微波雷達技術於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術
優化

著 者: 劉明鑫、李俊穎、李政達

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)2658-7200

出版年月: 中華民國 113 年 3 月

印 刷 者: 綠凌興業社

版(刷)次冊數: 出版一刷 50 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價: 200 元

展 售 處:

交通部運輸研究所運輸資訊組●電話: (02)23496880

國家書店松江門市: 104472 臺北市中山區松江路 209 號●電話: (02) 25180207

五南文化廣場: 400002 臺中市西區中山路 6 號●電話: (04)22260330

GPN: 1011300408

ISBN: 978-986-531-586-3(平裝)

著作財產權人: 中華民國(代表機關: 交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利, 欲利用本著作全部或部份內容者, 須徵求交通部
運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：應用微波雷達技術於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-586-3 (平裝)	政府出版品統一編號 1011300408	運輸研究所出版品編號 113-046-7D74	計畫編號 MOTC-IOT-112-H2CA001h
本所主辦單位：運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：劉明鑫 研究人員：李俊穎、李政達 聯絡電話：(04)2658-7229 傳真號碼：(04)2656-0661			研究期間 自112年1月 至112年12月
關鍵詞：微波雷達、波浪、海流、海氣象觀測系統			
摘要： 微波雷達為遙測技術之應用，不同於底碇式波流儀、浮標等觀測方式僅蒐集單點觀測資料，微波雷達可獲取平面波流場之觀測資料，並具備許多傳統儀器設備所沒有之優點，為輔助並精進臺北港域的海氣象觀測作業，本所自110年即開始規劃相關研究工作，本計畫為多年期之研究計畫，第1年期之研究計畫內容主要針對微波雷達觀測之波流進行特性分析，研究成果顯示，雷達觀測波高部分時段較佳，但於波高較大時，雷達無法反應其結果，只有示性波高於1~2公尺間有較佳觀測成效，而尖峰週期、流速及流向觀測的觀測成效，相關性較差。 112年因臺北港北防波堤延伸段工程、港內結構物與觀測樁對雷達回波產生干擾，導致區域內的回波訊號、干擾與遮蔽訊號相互疊加，影響海象參數計算之準確性，未來臺北港設置微波雷達尋找適當觀測位址時，建議可以選擇受干擾較小的北防波堤段或港區東南之海岸地帶。 另外，臺北港域持續擴建導致雷達觀測資料品質不佳，依112年雷達回波訊噪比(SNR)與觀測波高的線性關係，尚需要建立雷波資料與風速及降雨兩者之間的關係式，本計畫建議應考慮不同層級(level)之資料處理，例如，考量氣候因素(如風速、降雨)或非氣候因素(如突波)等，有助於提高波高觀測之準確性。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113年3月	190	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：1.本研究計畫之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Application Research on Environmental Monitoring by Microwave Radar in Taipei Port Area (2/4)-Optimization of Microwave Radar Marine Observation Technology.			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-586-3(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300408	IOT SERIAL NUMBER 113-046-7D74	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-112-H2CA001h
DIVISION: Transportation Technology Research Center DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ming-Xin Liu PROJECT STAFF: Chun-Ying Lee, Cheng-Da Lee PHONE: 886-4-2658-7229 FAX: 886-4-2656-0661			PROJECT PERIOD FROM January 2023 TO December 2023
KEY WORDS: Microwave radar, wave, ocean current, and marine meteorological observation system.			
ABSTRACT : Microwave radar is an application of remote sensing technology. Unlike other observation methods such as bottom-mounted wave gauges or buoys, which collect single-point observational data, microwave radar can obtain observational data for the entire plane of a wave field. It possesses several advantages not found in traditional instruments. To enhance the marine meteorological observation operations in the Port of Taipei, our institute initiated relevant research activities since the year 2021. This project is a multi-year research plan, and in the first year, the focus is on analyzing the wave observation characteristics of microwave radar. The research results indicate that the radar's measurement of wave height is more reliable during certain time periods, but at higher wave heights, the radar may not accurately reflect the results. It performs better in observing indicative wave heights between 1 to 2 meters. However, the correlation between the peak period, flow velocity, and flow direction measurements shows a lower level of consistency. Currently, interference from the extension of the North Breakwater, structures within the harbor, and observation piles affects the radar echoes. This interference results in the superimposition of echo signals, interference, and masking signals in the region, significantly affecting the accuracy of marine parameter calculations. When selecting appropriate observation locations for setting up microwave radar in the future, it is recommended to choose areas with less interference, such as the North Breakwater segment or the coastal zone in the southeast of the Port of Taipei. Furthermore, the continuous expansion of the Taipei Port area has led to poor data quality. The linear relationship between the radar echo signal-to-noise ratio (SNR) and observed wave height requires the establishment of a relationship between radar echo data and wind speed and rainfall. It is suggested to consider different levels of data processing. For example, it is necessary to consider climate factors (such as wind speed, rainfall) or non-climate factors (such as sudden waves) to improve the accuracy of wave height observations.			
DATE OF PUBLICATION March 2024	NUMBER OF PAGES 190	PRICE 200	
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

第一章 前言	1-1
1.1 研究背景	1-1
1.2 研究目的	1-2
1.3 研究項目	1-6
第二章 臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集	2-1
2.1 臺北港外海觀測樁波流觀測系統	2-2
2.1.1 外海觀測樁波浪資料蒐集情形	2-5
2.1.2 外海觀測樁海流資料蒐集情形	2-6
2.2 臺北港資料浮標觀測系統	2-7
2.2.1 臺北港資料浮標波浪資料蒐集	2-9
2.2.2 臺北港資料浮標海流資料蒐集	2-10
2.3 外海觀測樁波流資料分析	2-11
2.4 臺北港資料浮標波流資料分析	2-33
2.5 小結	2-59
第三章 臺北港微波雷達觀測系統	3-1
3.1 微波雷達觀測系統建置	3-1
3.2 微波雷達系統設備	3-3
3.3 微波雷達觀測系統控制介面	3-5
3.4 微波雷達觀測系統展示介面	3-9
第四章 臺北港微波雷達觀測優化	4-1
4.1 微波雷達觀測與反演	4-2
4.2 微波雷達觀測之影響因子	4-6
4.2.1 觀測位址與挑戰	4-6

4.2.2 氣候因素	4-9
4.2.3 非氣候因素	4-10
4.3 微波雷達觀測之影響分析	4-13
4.3.1 空間資料分析	4-14
4.3.2 時間資料分析	4-16
4.4 雷達觀測之優化探討.....	4-22
4.4.1 雷達觀測位址	4-23
4.4.2 數據處理與品管程序	4-23
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-2
5.3 成果效益及後續應用情形	5-3
參考文獻.....	參-1
附錄一、期末審查意見及辦理情形說明表.....	附錄 1-1
附錄二、期末簡報資料.....	附錄 2-1
附錄三、專家學者座談會議紀錄.....	附錄 3-1
附錄四、工作會議紀要.....	附錄 4-1

圖目錄

圖 1.1 海象觀測作業人員工作環境示意圖	1-2
圖 1.2 水下觀測儀器設備示意圖	1-3
圖 1.3 船隻將浮標與載具拖曳出海情形	1-4
圖 1.4 底碇式的波流觀測儀器觀測剖面流速示意圖	1-4
圖 1.5 雷達遙測平面流場示意圖	1-5
圖 1.6 海象觀測系統位置圖	1-5
圖 2.1 S-4ADW 潮波流儀	2-1
圖 2.2 臺北港外海海氣象觀測樁	2-2
圖 2.3 海氣象觀測樁電力系統配置	2-3
圖 2.4 海氣象觀測樁太陽能板	2-3
圖 2.5 超音波式表面波高波向與剖面海流儀	2-4
圖 2.6 資料及電源傳輸介面箱	2-5
圖 2.7 漂浮式浮標(Drifting Buoy)示意圖	2-8
圖 2.8 臺北港資料浮標	2-9
圖 2.9 臺北港外海觀測樁波浪統計圖	2-11
圖 2.10 臺北港外海觀測樁海流統計圖	2-12
圖 2.11 外海觀測樁 2022 年 12 月波浪時序列圖	2-13
圖 2.12 外海觀測樁 2023 年 1 月波浪時序列圖	2-14
圖 2.13 外海觀測樁 2023 年 2 月波浪時序列圖	2-15
圖 2.14 外海觀測樁 2023 年 3 月波浪時序列圖	2-16
圖 2.15 外海觀測樁 2023 年 6 月波浪時序列圖	2-17
圖 2.16 外海觀測樁 2023 年 7 月波浪時序列圖	2-18
圖 2.17 外海觀測樁 2023 年 8 月波浪時序列圖	2-19

圖 2.18 外海觀測樁 2023 年 9 月波浪時序列圖	2-20
圖 2.19 外海觀測樁 2023 年 10 月波浪時序列圖	2-21
圖 2.20 外海觀測樁 2023 年 11 月波浪時序列圖	2-22
圖 2.21 外海觀測樁 2022 年 12 月海流時序列圖	2-23
圖 2.22 外海觀測樁 2023 年 1 月海流時序列圖	2-24
圖 2.23 外海觀測樁 2023 年 2 月海流時序列圖	2-25
圖 2.24 外海觀測樁 2023 年 3 月海流時序列圖	2-26
圖 2.25 外海觀測樁 2023 年 6 月海流時序列圖	2-27
圖 2.26 外海觀測樁 2023 年 7 月海流時序列圖	2-28
圖 2.27 外海觀測樁 2023 年 8 月海流時序列圖	2-29
圖 2.28 外海觀測樁 2023 年 9 月海流時序列圖	2-30
圖 2.29 外海觀測樁 2023 年 10 月海流時序列圖	2-31
圖 2.30 外海觀測樁 2023 年 11 月海流時序列圖	2-32
圖 2.31 臺北港資料浮標波浪統計圖	2-33
圖 2.32 臺北港資料浮標海流統計圖	2-34
圖 2.33 臺北港資料浮標 2022 年 12 月波浪時序列圖	2-35
圖 2.34 臺北港資料浮標 2023 年 1 月波浪時序列圖	2-36
圖 2.35 臺北港資料浮標 2023 年 2 月波浪時序列圖	2-37
圖 2.36 臺北港資料浮標 2023 年 3 月波浪時序列圖	2-38
圖 2.37 臺北港資料浮標 2023 年 4 月波浪時序列圖	2-39
圖 2.38 臺北港資料浮標 2023 年 5 月波浪時序列圖	2-40
圖 2.39 臺北港資料浮標 2023 年 6 月波浪時序列圖	2-41
圖 2.40 臺北港資料浮標 2023 年 7 月波浪時序列圖	2-42
圖 2.41 臺北港資料浮標 2023 年 8 月波浪時序列圖	2-43

圖 2.42 臺北港資料浮標 2023 年 9 月波浪時序列圖	2-44
圖 2.43 臺北港資料浮標 2023 年 10 月波浪時序列圖	2-45
圖 2.44 臺北港資料浮標 2023 年 11 月波浪時序列圖	2-46
圖 2.45 臺北港資料浮標 2022 年 12 月海流時序列圖	2-47
圖 2.46 臺北港資料浮標 2023 年 01 月海流時序列圖	2-48
圖 2.47 臺北港資料浮標 2023 年 02 月海流時序列圖	2-49
圖 2.48 臺北港資料浮標 2023 年 03 月海流時序列圖	2-50
圖 2.49 臺北港資料浮標 2023 年 04 月海流時序列圖	2-51
圖 2.50 臺北港資料浮標 2023 年 05 月海流時序列圖	2-52
圖 2.51 臺北港資料浮標 2023 年 06 月海流時序列圖	2-53
圖 2.52 臺北港資料浮標 2023 年 07 月海流時序列圖	2-54
圖 2.53 臺北港資料浮標 2023 年 08 月海流時序列圖	2-55
圖 2.54 臺北港資料浮標 2023 年 09 月海流時序列圖	2-56
圖 2.55 臺北港資料浮標 2023 年 10 月海流時序列圖	2-57
圖 2.56 臺北港資料浮標 2023 年 11 月海流時序列圖	2-58
圖 3.1 波雷達架設地點、機房與天線位置示意圖	3-2
圖 3.2 機房與不鏽鋼鐵塔架設位置	3-2
圖 3.3 微波雷達系統相關硬體設備	3-3
圖 3.4 雷達遙測系統作業流程圖	3-5
圖 3.5 雷達遙測系統登入畫面	3-6
圖 3.6 雷達遙測系統狀態儀表板	3-7
圖 3.7 選單欄畫面	3-7
圖 3.8 系統資訊欄畫面(紅框位置處)	3-8
圖 3.9 其他系統資訊欄畫面	3-8

圖 3.10 雷達系統監控資訊欄畫面.....	3-9
圖 3.11 微波雷達遙測系統資料展示介面.....	3-9
圖 3.12 微波雷達平面等波高圖示意圖.....	3-10
圖 3.13 微波雷達平面流場流矢圖示意圖.....	3-11
圖 4.1 雷達波掠角(θ_n)及海面重力-毛细波之觀測示意圖	4-2
圖 4.2 雷達波入射波自海面波形法線(虛線)之反射波(實線)圖	4-2
圖 4.3 微波雷達資料處理程序.....	4-3
圖 4.4 雷達回波訊號分析波浪流程圖.....	4-5
圖 4.5 三維波數與頻率譜及分散關係式回歸圖.....	4-6
圖 4.6 Sentinel-1 合成孔徑衛星拍攝臺北港	4-7
圖 4.7 臺北港雷達站(紅點)、浮標及觀測樁相對位置圖	4-8
圖 4.8 臺北港站之雷達回波圖.....	4-8
圖 4.9 風速與雷達背向散射值之比較圖.....	4-9
圖 4.10 不同海面風速與強降雨條件雷達回波圖.....	4-10
圖 4.11 不同降雨強度亦導致覆蓋或模糊化雷達回波之強度圖	4-10
圖 4.12 非氣候因素突波影響圖.....	4-11
圖 4.13 取樣窗格遠近與波浪條件之關係圖.....	4-12
圖 4.14 微波雷達不同窗格與訊噪比圖.....	4-13
圖 4.15 雷達觀測點位圖.....	4-14
圖 4.16 不同時間之雷達回波圖.....	4-15
圖 4.17 臺北港浮標(黑線)與觀測樁(紅線)之波高與風速比較圖	4-18
圖 4.18 2021 年 10 月之雷達(3 種顏色曲線)與海氣象資料比對圖 ...	4-19
圖 4.19 2021 年 12 月之雷達(3 種顏色曲線)與海氣象資料比對圖 ...	4-20
圖 4.20 浮標波高與微波雷達 2021 年 10 月 11 日 18 時之波向圖 ...	4-21

圖 4.21 浮標波高與微波雷達 2021 年 10 月 17 日 02 時之波向圖 ...4-21

圖 4.22 浮標及雷達計算波向之統計圖(2021 年 10 及 12 月資料) ...4-22

表 目 錄

表 2-1 外海觀測樁波浪(AWAC)觀測有效紀錄統計時數表	2-6
表 2-2 外海觀測樁海流(AWAC)觀測有效紀錄統計時數表	2-7
表 2-3 臺北港資料浮標波浪觀測有效紀錄統計時數表	2-10
表 2-4 臺北港資料浮標海流觀測有效紀錄統計時數表	2-10

第一章 前言

1.1 研究背景

隨科技進步，各種海象觀測儀器被開發出來觀測波浪及海流，如接觸觀測資料浮標(Data Buoy)、壓力計、流速計(ADCP)、底碇式潮波流儀(Acoustic Wave and Current Profiler, AWAC)，遙測如高頻雷達(HF radar)、微波雷達等，其觀測儀器皆有優劣，觀測之觀測數據，根據儀器特性亦有所不同，需視其所處環境特性及使用需求進行評估，交通部運輸研究所(以下簡稱本所)於臺北港域進行長期性海象觀測，對於觀測作業不斷精益求精，早年使用壓力式儀器(S-4ADW)採用單點方式進行觀測，近期則以聲學式 AWAC 觀測儀器為主，為智慧港口需求，本計畫導入不同海象觀測設備，利用遙測可通過非接觸方式獲取海洋表面特徵，透過遙感技術有效率的蒐集大量海面觀測資訊，節省時間與成本，且遙測允許定期與即時觀測目標區域(本計畫微波雷達可達每時 3 報)，並進行時間序列分析，追蹤海域變化趨勢，期以改善海上作業人員安全，本所於 2021 年架設微波雷達並進行觀測作業，計畫採用微波雷達來進行觀測，並運用臺北港域相關的波流設備，驗證微波雷達作業化觀測資料，瞭解微波雷達作業化觀測所得資料之特性。

本所前於 2022 年的工作成果中進行臺北港微波雷達作業化觀測資料驗證，並初步了解其觀測特性，於特定環境條件下，微波雷達觀測之成果受到一定程度的限制，為了提升微波雷達測站海象的觀測成果品質，本計畫將應用已建置於臺北港的微波雷達測站，進行微波雷達及臺北港鄰近測站之觀測資料蒐集，探討其作業特性，以期改善並優化微波雷達的海象監測技術。

本計畫原目標之工作項目，已完成蒐集外海觀測站及臺北港浮標測站至 2023 年 12 月之觀測資料，但微波雷達測站因 2023 年 4 月後觀測區域電力暫停供應，未能進行本年度微波雷達之相關分析工作，故本年度工作主要蒐集與分析臺北港浮標及外海觀測站之觀測資料，微波雷達之優化討論將著重在特定期間；此外，回顧 2020 國外文獻 Xinwei Chen 於 IEEE 發表之「X 波段海洋雷達影像中降雨和低反向散

射區域的識別」，提及微波雷達 X 波段之海洋雷達影像辨識，易受雨水與低回波造成的校準錯誤，使得雷達影像波浪特徵不清晰，為有效辨識與解決此情況，提出由影像提取紋理與像素分佈特徵，透過自組織映射（SOM）與分層凝聚分群演算法進行分析，經船載海洋雷達數據驗證，顯示該方法能夠有效區分雨污染與降低回波影響，期未來能改善與優化微波雷達技術。

1.2 研究目的

我國職場越來越重視工作者的安全衛生作業環境，並制定相關國家職業安全衛生政策目標，而針對海事作業人員的工作環境，特別是海象觀測作業人員的視角來看，海象觀測作業人員常須出海進行高架作業或於水下進行設備維護工作，其作業環境的工作安全風險較它種職業來說較為顯著危險，如圖 1.1 及圖 1.2，在海上作業時常會遇到許多不可預測的職業災害風險，如墜落、溺斃、感電、被切割擦傷及被夾被捲等災害類型，實務上亦有發生相關職業災害案例，而若使用及應用單位的觀測方式能用遙測技術蒐集資料，可於岸基上進行維護及安裝工作，維護上也較為容易，無須至海上佈放觀測儀器，若是可作業化運作，將可降低從業人員之職安風險，提高作業人員的職業安全，亦可獲取研究所需的觀測資料，而採用微波雷達進行觀測，完善上述優點，提升觀測人員作業安全也是本計畫的目的之一。



圖 1.1 海象觀測作業人員工作環境示意圖

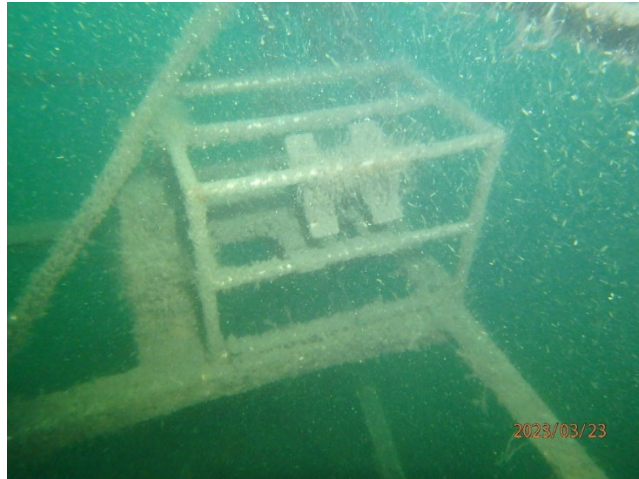


圖 1.2 水下觀測儀器設備示意圖

臺北港碼頭擴建及相關工程目前仍持續發展，並持續興建各項港埠設施，包括填築增建北碼頭物流倉儲區及南碼頭區，以配合港埠發展趨勢及國家經濟政策，因應碼頭擴建所需之環評承諾基礎資料，需持續長期性蒐集臺北港域之波流觀測資料，本所歷年來持續進行觀測作業，從過去採用底碇式的波流觀測儀器，到現在浮標式及雷達遙測技術，利用不同觀測儀器的特性來進行觀測作業，如資料浮標系統維護上較為方便，浮標的佈放方式為利用船隻將浮標與載具拖曳出海至指定位置即可(如圖 1.3)，而底碇式的波流觀測儀器則在水下有不礙航可測量波流之優點(如圖 1.4)，惟於近年來使用底碇式波流儀進行觀測作業時，為了即時系統的建置需求，需設置即時傳輸設備，即時傳輸設備主要包含水下電纜及數據機等設備，而臺北港域於秋冬季來臨時，常有風浪過大海象不佳之情況發生，若有設備發生故障情形，因設備皆置放於外海，常使得維護作業不易進行，本所自 2017 年打設臺北港海氣象觀測樁後，就於樁上裝設底碇式波流儀進行即時觀測作業，而觀測期間就曾發生水下電纜斷裂、傳輸系統設備故障及電力系統故障等情形，導致即時觀測作業無法順利進行，為了輔助並精進臺北港域的海氣象觀測作業，本所運用微波雷達觀測系統，以期彌補底碇式波流儀維護作業上的缺陷，因雷達設備於岸基上設置，無須受限風浪不佳之情況，即可進行故障問題排除，亦可如前述獲取平面波流場資料(如圖 1.5)。

由於本所 2021 年 7 月完成設置微波雷達觀測設備，期間經過較長時間週期相關驗證工作，而臺北港域的現況，目前設有波浪觀測之設備，包含資料浮標、底碇式剖面海流儀及微波雷達觀測系統(如圖 1.6)，故本計畫期能應用臺北港港區內的微波雷達測站，進行微波雷達之觀測資料蒐集，並與鄰近臺北港測站資料浮標及底碇式剖面海流儀比較進行相關分析，瞭解微波雷達在臺北港域觀測之特性，本年度之工作則如前節所述將外海觀測站及臺北港浮標測站進行分析，微波雷達之優化討論將著重在特定期間。

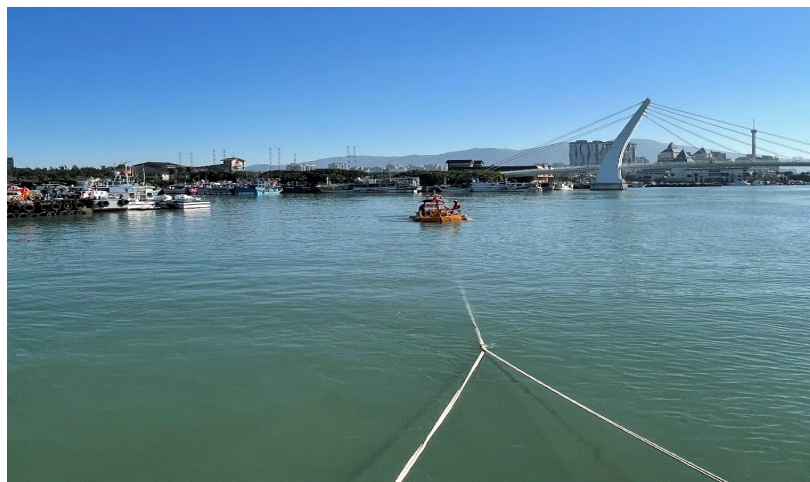
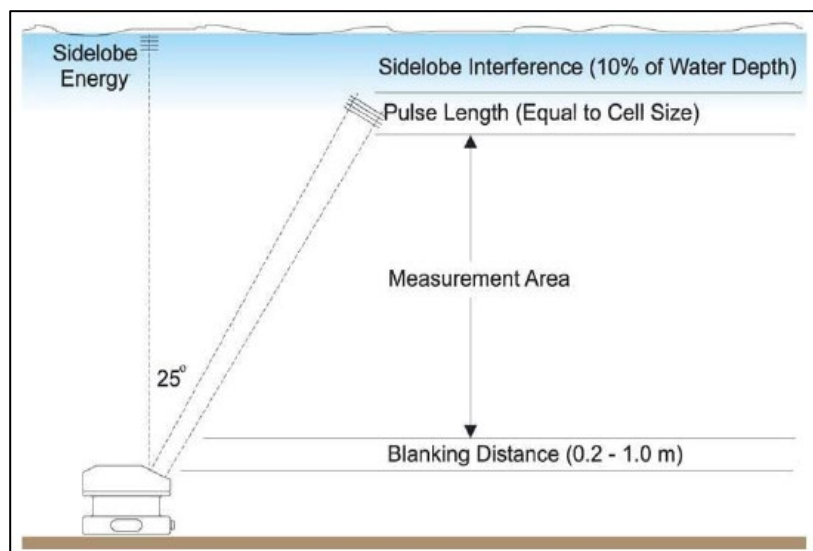


圖 1.3 船隻將浮標與載具拖曳出海情形



資料來源：Nortek 公司 AWAC Comprehensive Manual

圖 1.4 底碇式的波流觀測儀器觀測剖面流速示意圖

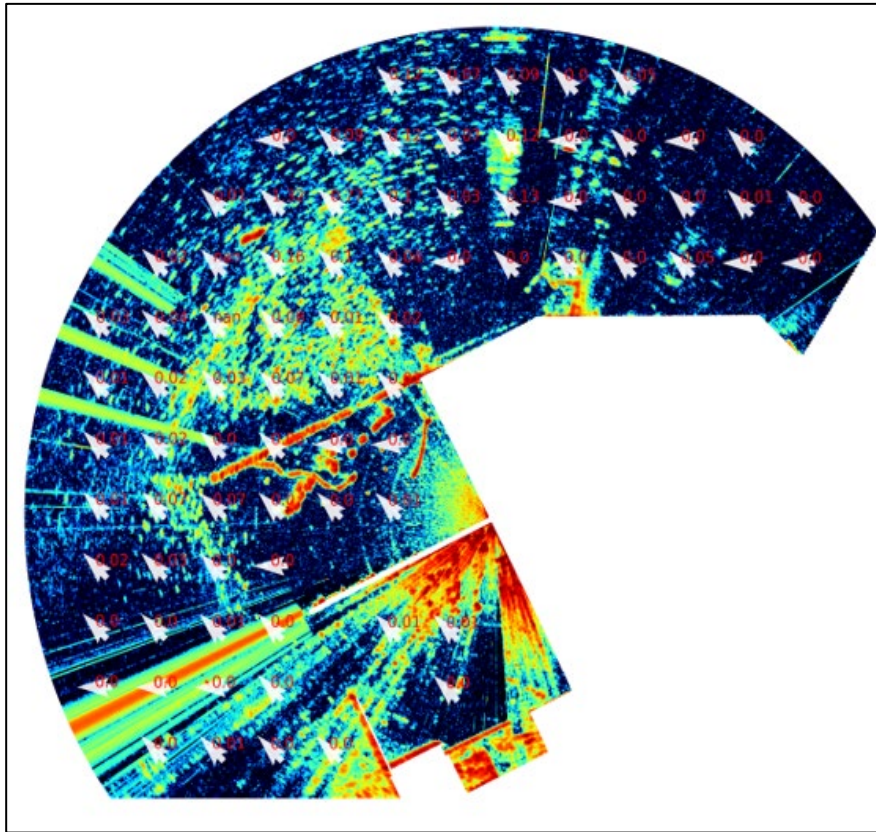


圖 1.5 雷達遙測平面流場示意圖



資料來源:Google Earth

圖 1.6 海象觀測系統位置圖

1.3 研究項目

本計畫利用臺北港域現有相關測站資源，包含浮標測站、外海觀測樁測站旁底碇式波流儀(AWAC)及臺北港微波雷達測站，各測站觀測系統已具備即時傳輸功能，除蒐集各測站之波流觀測資料外，觀測資料將篩選、品質過濾、剔除謬誤，資料整理後便進行統計分析，相關資料可提供港務及航港等相關單位做為港埠管理使用，亦可提供政府機關、顧問公司及學術單位等產官學研界應用參考，茲將本年度主要研究項目分述如下：

- 1.臺北港鄰近測站資料蒐集分析：臺北港早期主要測站為佈放於外海觀測樁之波流儀，後續增設浮標測站，故可進行鄰近測站之觀測資料蒐集彙整，賡續供微波雷達測站進行監測技術優化。
- 2.臺北港微波雷達測站資料蒐集分析：蒐集臺北港域微波雷達觀測之觀測資料，供微波雷達測站進行監測技術優化。
- 3.微波雷達波流觀測結果驗證：利用臺北港鄰近之測站觀測資料，可相互驗證微波雷達優化後的觀測結果，加以驗證監測優化技術。

第二章 臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

臺北港海域海氣象觀測作業的進行，是自 1996 年本所接受港務單位委託，為持續提供環境影響評估資料，以及做為臺北港建港工程相關海氣象資料之參考依據，而開始進行的，臺北港域海氣象觀測作業內容包含觀測風、波浪、海流等資料，相關資料並提供國內產官學研各界參考應用，並有許多相關研究成果，其中有關臺北港域的波流觀測，作業早期使用美國 Inter-Ocean Systems. Inc 的 S-4ADW 潮波流儀如圖 2.1 進行觀測，之後為建置即時觀測系統，便於臺北港外海打設海氣象觀測樁，並於觀測樁旁海底施放超音波式表面波高波向與剖面海流儀(AWAC)，進行波流觀測工作，由於執行海上觀測經常發生不同狀況，造成儀器無法正常運作，如無線電故障、儀器故障、設備遭雷擊等，故本所於 2022 年增設臺北港資料浮標觀測系統及微波雷達觀測系統，輔助臺北港的波流觀測作業，此為臺北港波流觀測工作的歷程，本計畫為進行微波雷達測站的鄰站比對分析，便進行鄰站的資料蒐集，於各章節之資料如未特別說明，波高資料皆為示性波高(Hs)、週期皆為尖峰週期(Tp)，本章主要著重介紹臺北港外海觀測樁波流觀測系統及臺北港資料浮標觀測系統，並說明資料蒐集情況。



圖 2.1 S-4ADW 潮波流儀

2.1 臺北港外海觀測樁波流觀測系統

臺北港外海觀測樁波流觀測系統的構成，包含海氣象觀測樁結構本身、資料傳輸系統、電力系統及觀測波流等設備，以下介紹臺北港外海觀測樁波流觀測系統的相關設備及建置過程。

臺北港外海海氣象觀測樁主要進行臺北港附近海域長期之海氣象資料蒐集，於臺北港附近水域約水深-15~20m 處打設基樁，並於基樁頂部設置海氣象觀測平台。孤立於海中之基樁，其結構之安全與其附近海域之海氣象等自然條件有關，海中基樁之破壞時有所聞，因此，有效掌握當地海域正確的海、氣象資料，方能提供設計結構物時之依據，以免產生過度高估或低估之情形發生，確保海中基樁之結構安全，經過本所觀測樁打設地點選定及規劃後工作，於2017年完成打設臺北港外海海氣象觀測樁(如圖 2.2)，做為儀器臺北港域外海觀測的主要儀器載臺，並使用至今。



圖 2.2 臺北港外海海氣象觀測樁

外海的海氣象觀測工作常見的最大挑戰，其中之一為電力的供應，許多儀器設備因須長時間的進行觀測作業，故需仰賴長期且穩定的電力供應，而海象觀測作業多是以電池或太陽能等方式供應電力，目前觀測樁上的電力系統則主要以太陽能配合充電電池為主，並設有風力發電機進行輔助，臺北港外海觀測樁上的電力系統配置如圖 2.3 及太陽能板如圖 2.4。

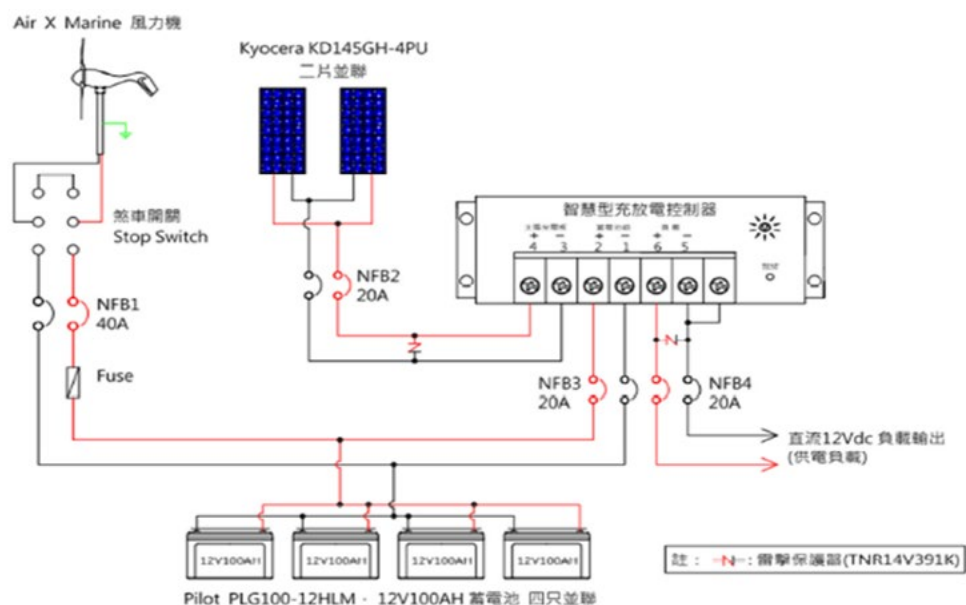


圖 2.3 海氣象觀測樁電力系統配置

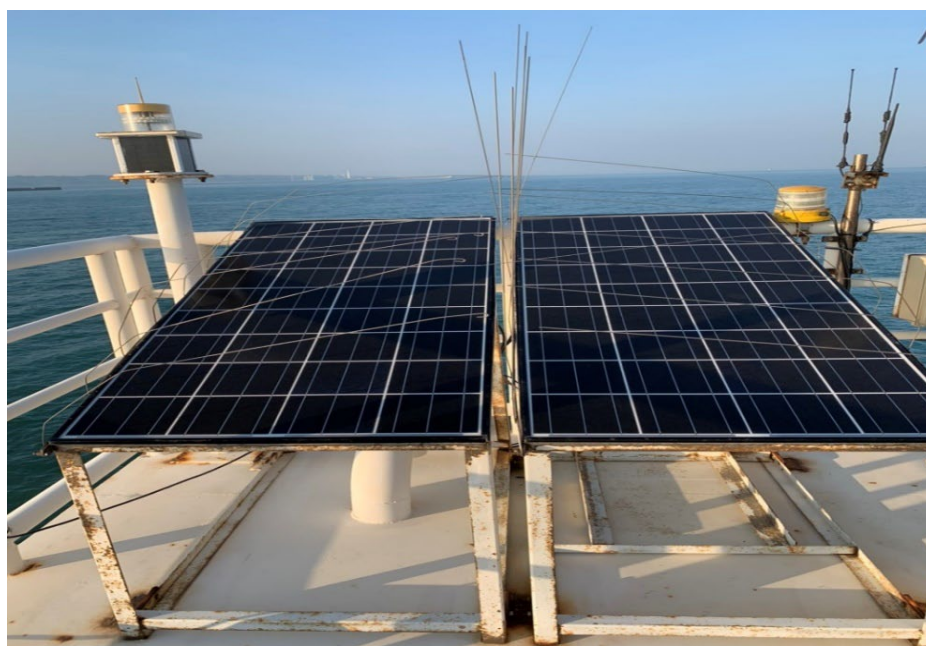


圖 2.4 海氣象觀測樁太陽能板

完成觀測樁的打設及電力系統的設置後，接下來就進行波流觀測系統的建置工作，外海觀測樁的波流觀測系統主要由主機設備、資料傳輸設備及水下電纜、儀器架所構成，主機設備主要使用超音波式表面波高波向與剖面海流儀（AWAC），如圖 2.5 所示，AWAC 具有於水下觀測波流的功能，其中 AWAC 於波高的觀測方式可採用 PUV 模式、波速觀測模式、直接量測水面波高變化 3 種模式，用 PUV 模式是根據壓力計（P）及 U、V 向量流速量測波高，可應用於長週期波觀測，波速觀測模式是根據波浪上下運動所形成之波速來計算波高變化，直接觀測水面波高變化模式，則是以儀器本身之音鼓測量由波浪所形成之水面位移變化，可應用於短週期波觀測，流速的觀測則是利用都卜勒效應(the Doppler Effect)，利用當觀測點與發射波源進行相對運動時，觀測點接收頻率與發射波源發出頻率間發生之差異現象進行觀測流速的工作。



圖 2.5 超音波式表面波高波向與剖面海流儀

資料傳輸設備則採用資料及電源傳輸介面箱，AWAC 透過水下電纜與岸上數據機溝通時，即是採用這個設備來進行如圖 2.6 所示，本計畫主要應用儀器所測得之示性波高(H_s)、尖峰週期(T_p)、波向、流速及流向。



圖 2.6 資料及電源傳輸介面箱

2.1.1 外海觀測樁波浪資料蒐集情形

外海觀測樁波浪資料的蒐集方式，經由儀器將觀測之即時資料傳輸至資料庫後，直接至資料庫抓取即時資料，而當傳輸系統或設備故障時，則儀器採用人工方式至佈放儀器的現場，並將儀器回收後，再由管理資料之人員下載資料。本計畫外海觀測樁波流測站目前統計波浪資料期間，已蒐集 2021 年 7 月至 2023 年 11 月，合計有效紀錄共 5,618 筆。

外海觀測樁波浪資料於資料蒐集期間，部分月份資料蒐集率偏低或未有觀測資料，如 2022 年 3 月蒐集資料 410 筆，資料蒐集率為 55.1%，2022 年 6 月蒐集資料 106 筆，資料蒐集率為 14.7%，2022 年 4 月及 5 月則未有觀測資料，探究其原因係因底碇式波流觀測儀器電力供應問題等原因導致而成，本所至 2022 年 6 月更換波流觀測設備後，已改善資料蒐集情形，如 2023 年 7 月至 10 月，資料蒐集率皆達 100.0%，已顯著改善，而目前觀測方式採用自記方式進行資料蒐集，外海觀測樁波浪觀測有效紀錄統計時數，詳如表 2-1。

表 2-1 外海觀測樁波浪(AWAC)觀測有效紀錄統計時數表

月份	波浪各月份有效記錄時數 〔 2022/12~2023/11 〕	資料蒐集率 (單位：%)
2022/12	706	94.9
2023/1	742	99.7
2023/2	672	100.0
2023/3	410	55.1
2023/4	-	-
2023/5	-	-
2023/6	106	14.7
2023/7	744	100.0
2023/8	744	100.0
2023/9	720	100.0
2023/10	744	100.0
2023/11	39	5.4
合計	5,618	64.1

有效紀錄為記錄微波雷達資訊的準確，反應實際狀態的數據。

2.1.2 外海觀測樁海流資料蒐集情形

外海觀測樁海流資料的蒐集方式，同波浪資料之蒐集方式，臺北港外海觀測樁目前統計海流資料蒐集由 2022 年 12 月至 2023 年 11 月，合計有效紀錄共 5,617 筆，有效紀錄統計時數，如表 2-2 所示。

表 2-2 外海觀測樁海流(AWAC)觀測有效紀錄統計時數表

月份	海流各月份有效記錄時數 〔 2022/12~2023/11 〕	資料蒐集率 (單位：%)
2022/12	706	94.9
2023/1	742	99.7
2023/2	672	100.0
2023/3	410	55.1
2023/4	-	-
2023/5	-	-
2023/6	104	14.4
2023/7	744	100.0
2023/8	744	100.0
2023/9	720	100.0
2023/10	744	100.0
2023/11	36	5.0
合計	5,617	64.1

有效紀錄為記錄微波雷達資訊的準確，反應實際狀態的數據。

2.2 臺北港資料浮標觀測系統

資料浮標觀測系統在臺灣建置已行之有年，國外內皆有許多單位使用資料浮標來進行海氣象資料的蒐集，浮標可蒐集的資料如風速、風向、氣溫、濕度、氣壓等，臺北港域過去已使用底碇式波流儀進行資料觀測，近年來為了輔助該海域的海氣象觀測作業，本所於 2021 年完成建置工作。

臺北港資料浮標的構成主要由浮標上的感應器、電力單元及通訊單元三大部分，其中臺北港浮標上的感應器包含加速度計、羅盤、波高、風速、風向、水溫及氣壓，電力單元包含電瓶、充電控制器及太陽能板，通訊單元則為數據機及 4G 傳輸 sim 卡，特別說明的是臺北港的資料浮標採用的是錨碇系統，經過計算軟體分析，在海表面流速 4 節(2m/sec)之條件下，其最大拉力仍小於 11kN，說明了臺北港的錨繫元件在強大海流的作用下，仍保有相當充足之餘裕，一般來說根據觀測需求的不同，浮標可以採用錨碇或是漂浮式的方式，通常漂浮式的

浮標(Drifting Buoy)有建置成本較低，且易於佈放的特性(如圖 2.7)，而錨碇式的浮標(Moored Buoy)則建置成本較高，且體積較為龐大，以臺北港資料浮標來說其大小約為2m，總量約1,230kg，如圖2.8所示。

另外，資料浮標因需置放於海面上方，屬於海上障礙物，故也有設置雷達反射器及 AIS 太陽能警示燈，避免船隻碰撞影響航行安全，其觀測海流方式為透過下方支架的聲波式都卜勒剖面流速儀來進行觀測作業，至於波浪觀測則是透過波浪感應器進行觀測。

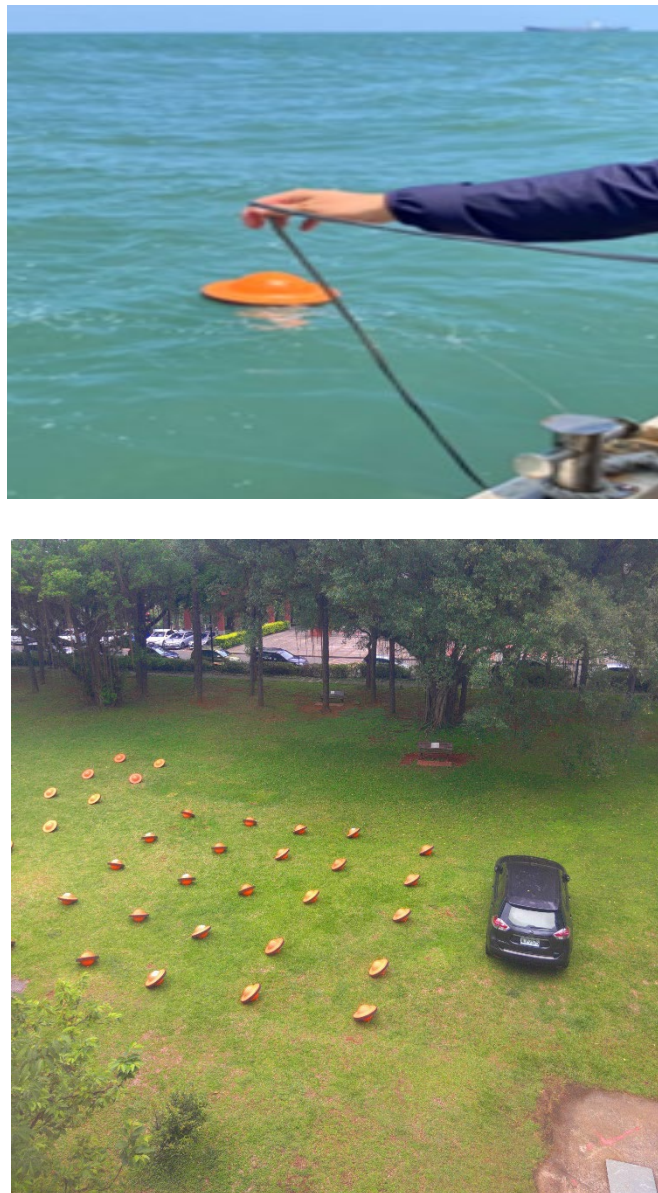


圖 2.7 漂浮式浮標(Drifting Buoy)示意圖

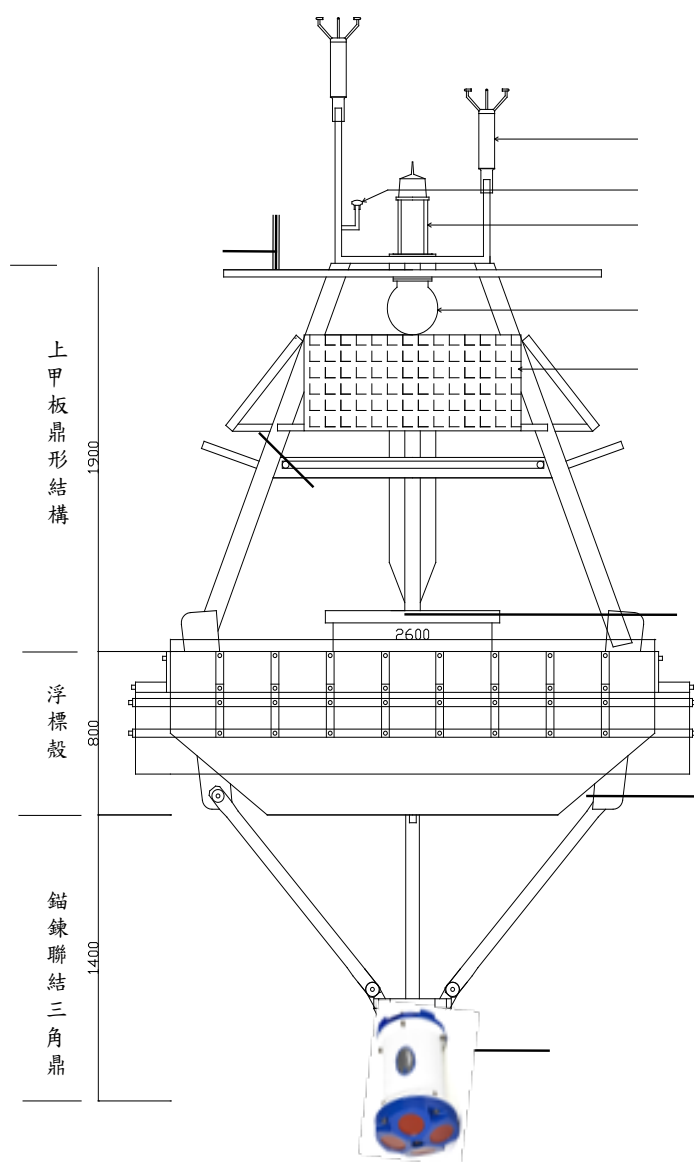


圖 2.8 臺北港資料浮標

2.2.1 臺北港資料浮標波浪資料蒐集

臺北港資料浮標的蒐集方式，利用數據機進行即時資料傳輸至資料庫後，直接至資料庫抓取即時資料，而當傳輸系統或設備故障時，則儀器採用人工方式至佈放儀器現場回收儀器後，下載資料。臺北港資料浮標目前統計波浪資料蒐集由 2022 年 12 月至 2023 年 11 月，合計有效紀錄共 8,637 筆，如表 2-3。

表 2-3 臺北港資料浮標波浪觀測有效紀錄統計時數表

月份	波浪各月份有效記錄時數 〔 2022/12~2023/11 〕	資料蒐集率 (單位：%)
2022/12	736	98.9
2023/1	735	98.8
2023/2	667	99.3
2023/3	734	98.7
2023/4	706	98.1
2023/5	730	98.1
2023/6	713	99.0
2023/7	734	98.7
2023/8	729	98.0
2023/9	709	98.5
2023/10	739	99.3
2023/11	716	99.4
合計	8,637	98.6

有效紀錄為記錄微波雷達資訊的準確，反應實際狀態的數據。

2.2.2 臺北港資料浮標海流資料蒐集

臺北港資料浮標的海流資料蒐集方式，同波浪資料的蒐集方式，海流資料蒐集由 2022 年 12 月至 2023 年 11 月，合計有效紀錄共 8,738 筆，如表 2-4。

表 2-4 臺北港資料浮標海流觀測有效紀錄統計時數表

月份	海流各月份有效記錄時數 〔 2022/12~2023/11 〕	資料蒐集率 (單位：%)
2022/12	743	99.9
2023/1	744	100.0
2023/2	672	100.0
2023/3	744	100.0

2023/4	720	100.0
2023/5	744	100.0
2023/6	720	100.0
2023/7	744	100.0
2023/8	744	100.0
2023/9	720	100.0
2023/10	740	99.5
2023/11	703	97.6
合計	8,738	99.7

有效紀錄為記錄微波雷達資訊的準確，反應實際狀態的數據。

2.3 外海觀測樁波浪資料分析

根據前節所蒐集外海觀測樁之波浪及海流資料分析，波浪統計部分波高採用有義波高(Hs)進行統計，波浪週期則採用尖峰週期(Tp)進行統計，本年度臺北港外海觀測樁全年平均波高為 1.3 公尺，波高最大值為 6.4 公尺，Hs 波高小於 0.5 公尺者佔 22.2%，0.5 至 1 公尺間佔 25.6%，1 至 5 公尺者佔 52.1%，大於 5 公尺佔 0.1%；臺北港外海觀測樁波浪週期部分，Tp 分佈小於 6 秒為 36.1%，Tp 分佈介於 6 至 8 秒為 38.9%，Tp 分佈介於 8 至 10 秒為 22.0%，大於 10 秒為 3.0%，主要週期為 6 至 8 秒佔 38.9%；有關波向部份，以四象限進行統計，N~E 象限之間，比率佔 56.2%，E~S 象限之間，比率佔 11.3%，S~W 象限之間，比率佔 16.8%，W~N 象限之間，比率佔 15.6%，如圖 2.9 所示。

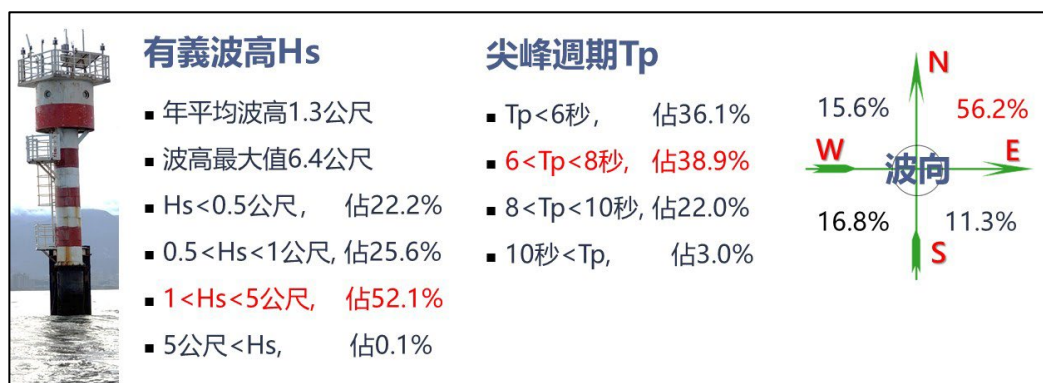


圖 2.9 臺北港外海觀測樁波浪統計圖

臺北港外海觀測樁海流部分，平均流速為 39.6cm/s，最高流速為 104cm/s。如以 25 cm/s 為間距討論其分佈狀態，流速小於 25 cm/s 者比率佔 28.8%，介於 25~50cm/s 佔 37.8%，50 ~75cm/s 佔 28.9%，75~100cm/s 佔 4.5%，大於 100cm/s 佔 0.1%，本年度臺北港外海觀測樁流速觀測資料以 11 月份之平均流速為最大值為 45.1cm/s，該月份最高流速為 92.5cm/s，流速小於 25 cm/s 者比率佔 19.4%，介於 25~50cm/s 佔 30.6%，50 ~75cm/s 佔 41.7%，75~100cm/s 佔 8.3%，但 11 月份之蒐集率較低，故樣本數較往年不足；次高之平均流速為以 2 月份及 12 月份，2 月份之平均流速為 40.6cm/s，最高流速為 89.2cm/s，流速小於 25cm/s 者比率佔 26.9%，介於 25~50cm/s 佔 37.2%，50 ~75cm/s 佔 31.5%，75~100cm/s 佔 4.3%，12 月份之平均流速為 40.3cm/s，最高流速為 96.9cm/s，流速小於 25cm/s 者比率佔 28.8%，介於 25~50cm/s 佔 36.0%，50 ~75cm/s 佔 30.5%，75~100cm/s 佔 4.8%；流向部份，若以四象限之方位顯示，N~E 間百分比佔 38.2%，E~S 間百分比佔 10.8%，S~W 間百分比佔 46.0%，W~N 間百分比佔 5.0%，如圖 2.10 所示；另依 16 方位機率顯示，主要流向為 ENE 佔 24.6%，其次為 WSW 佔 29.3%，NE 佔 2.2%。



圖 2.10 臺北港外海觀測樁海流統計圖

外海觀測樁各月已將波浪及海流資料視覺化繪製為時序列圖，如圖 2.11~圖 2.30 所示，由時序列圖可了解，外海觀測樁觀測所得之波流資料特性，於秋冬季因風速較春夏季大，故秋冬季期間波高與海流較春夏兩季大，明顯受東北季風及西南季風交替影響，呈現出季節性變化之特性。

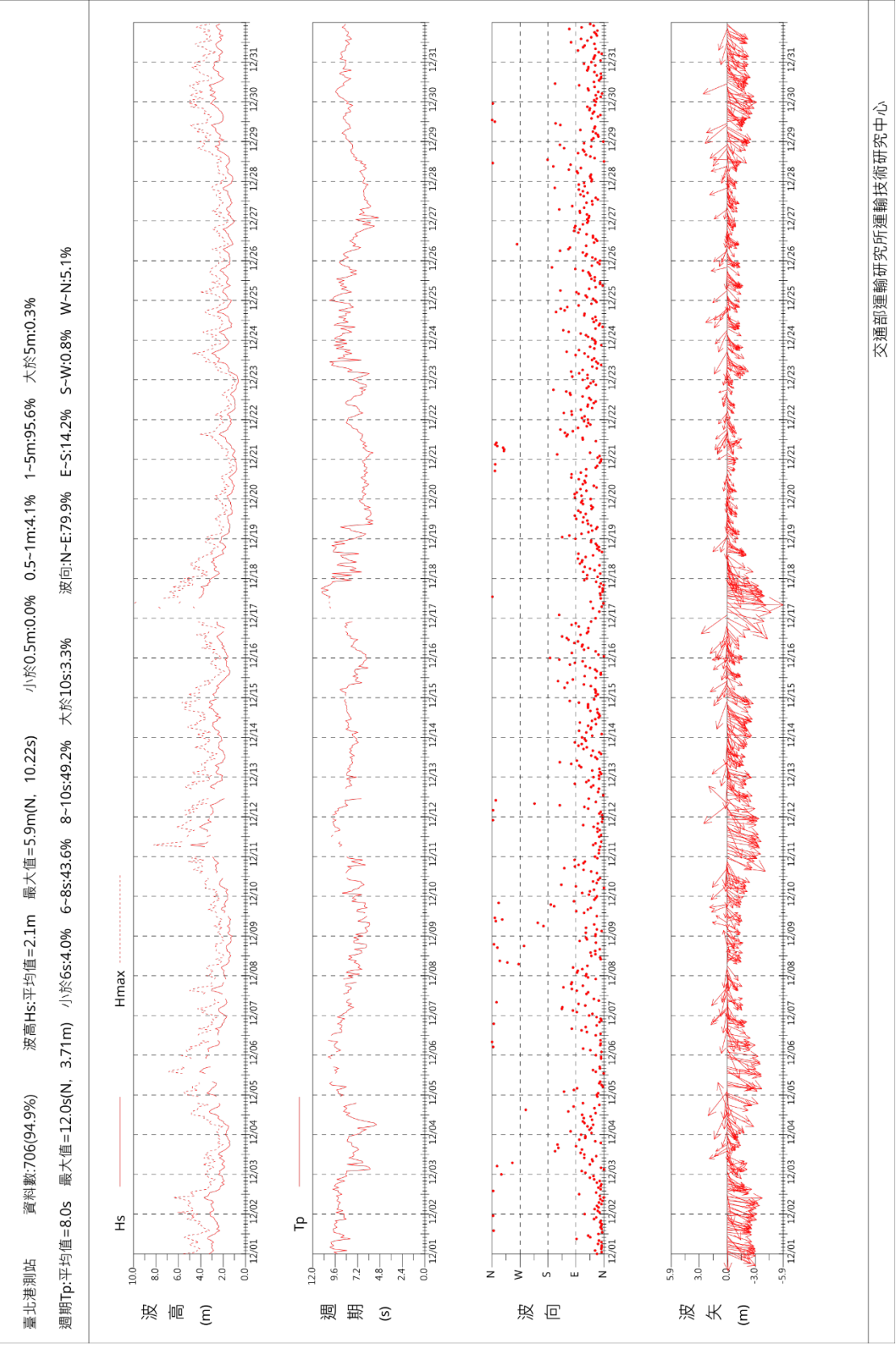


圖 2.11 外海觀測樁 2022 年 12 月波浪時序列圖

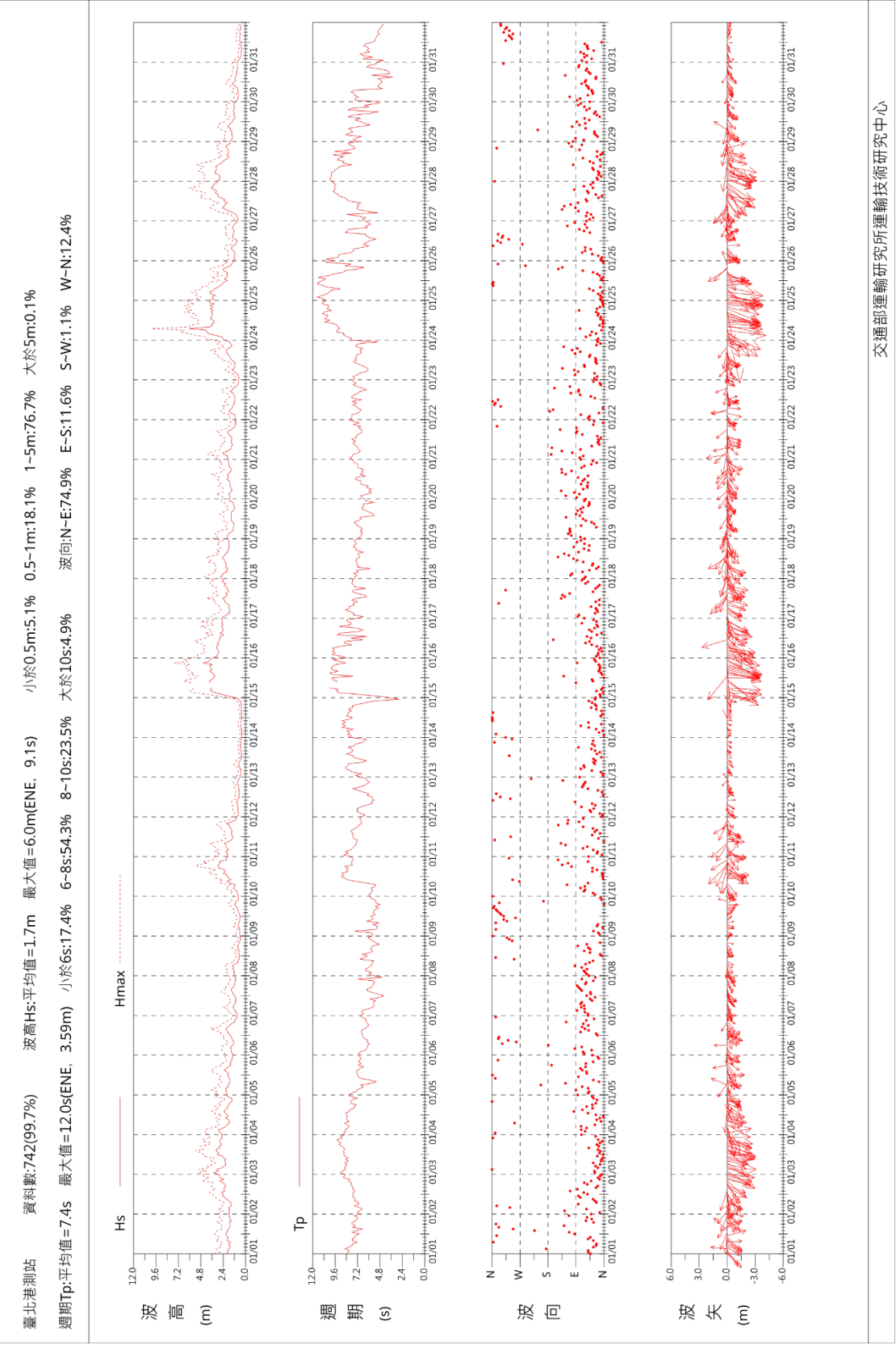


圖 2.12 外海觀測樁 2023 年 1 月波浪時序列圖

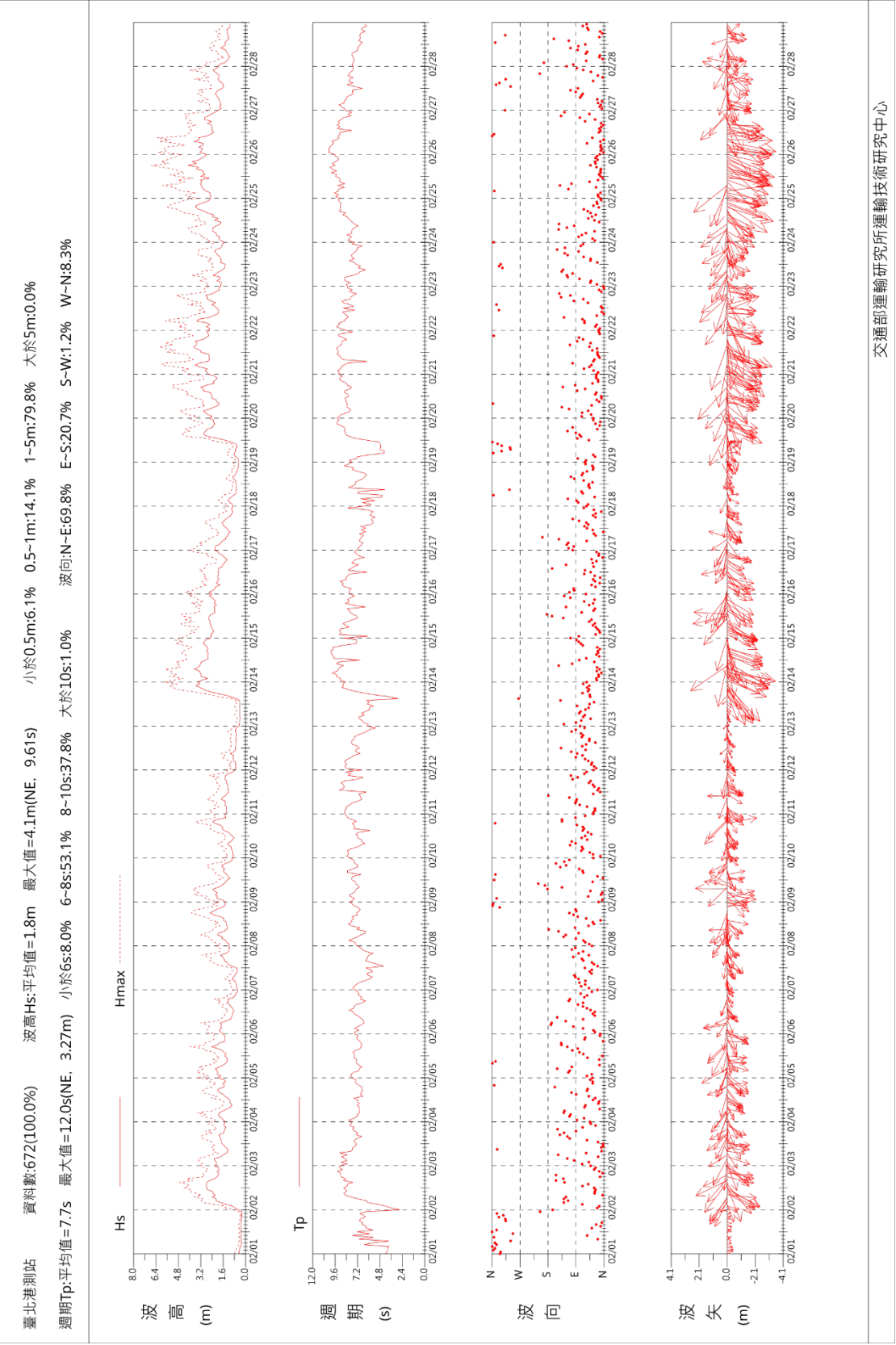
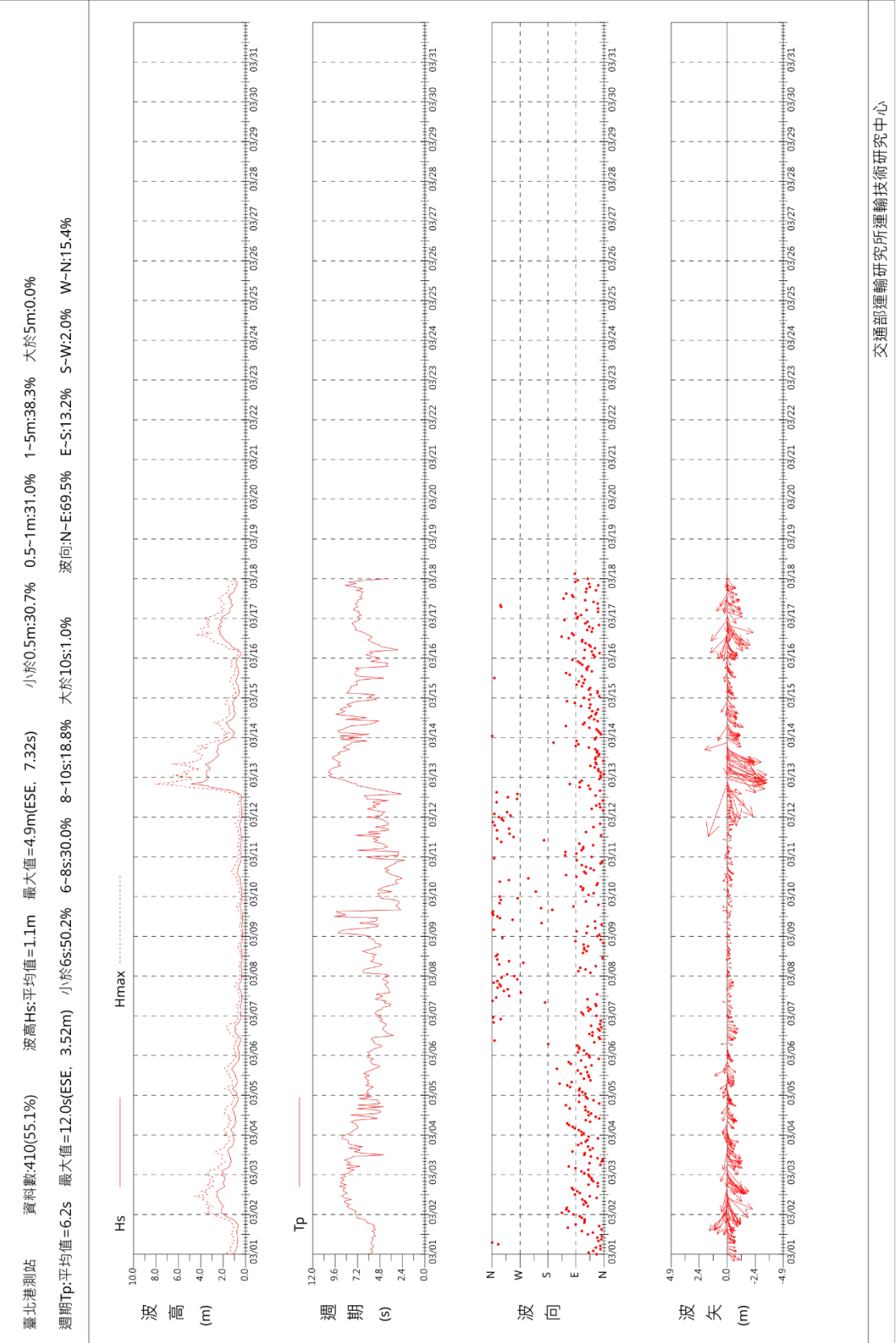


圖 2.13 外海觀測樁 2023 年 2 月波浪時序列圖

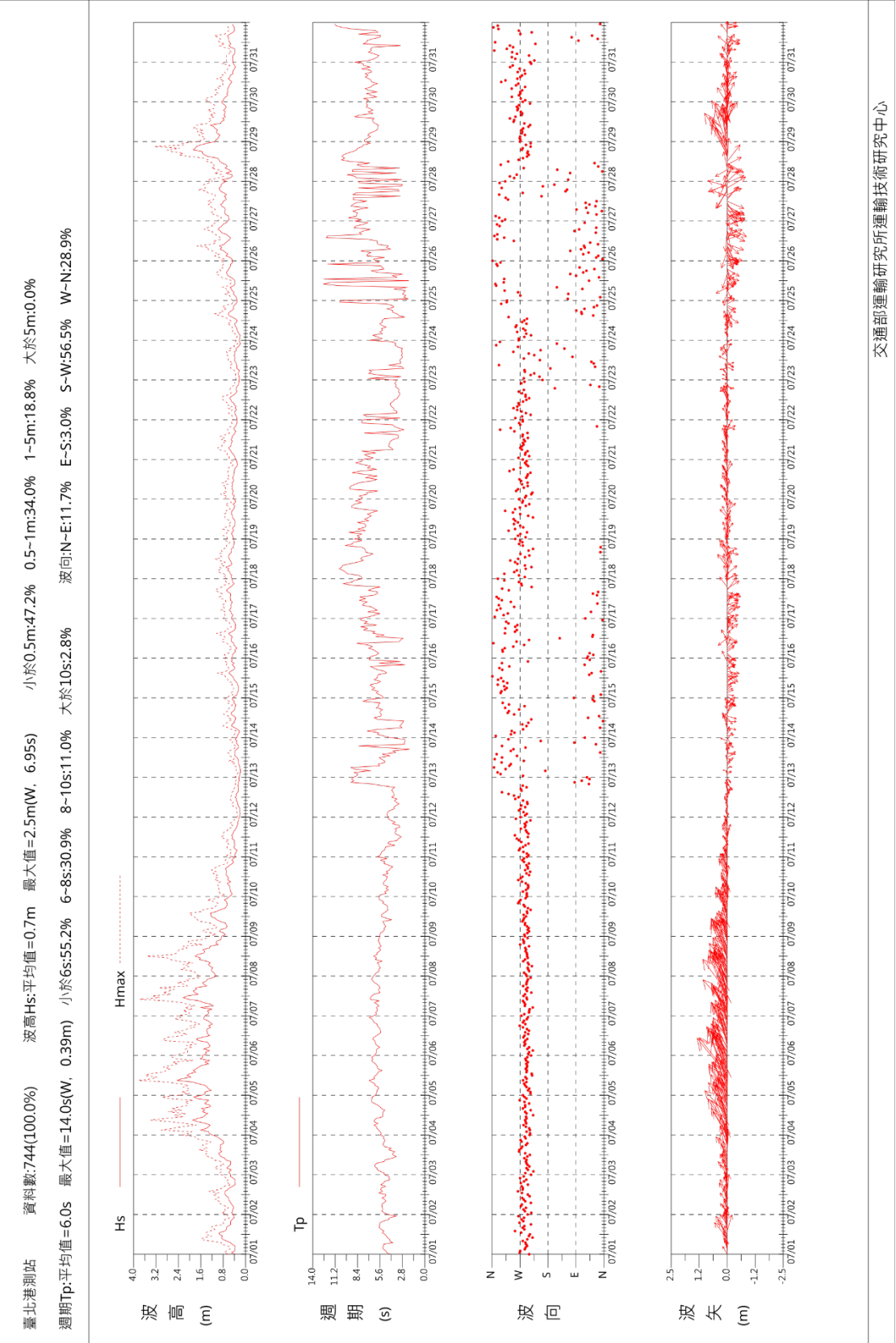


交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.14 外海觀測樁 2023 年 3 月波浪時序列圖

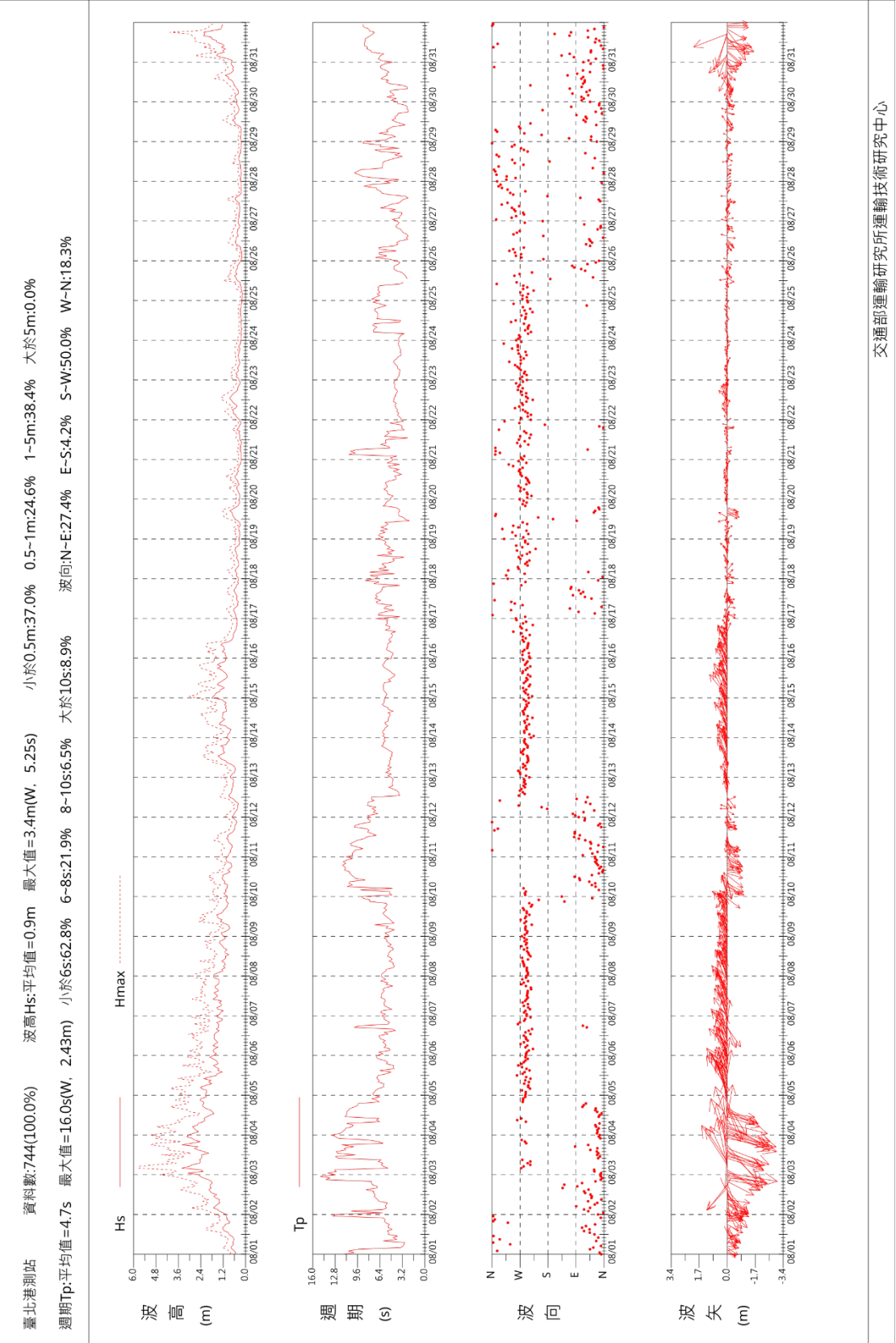


圖 2.15 外海觀測樁 2023 年 6 月波浪時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.16 外海觀測樁 2023 年 7 月波浪時序列圖



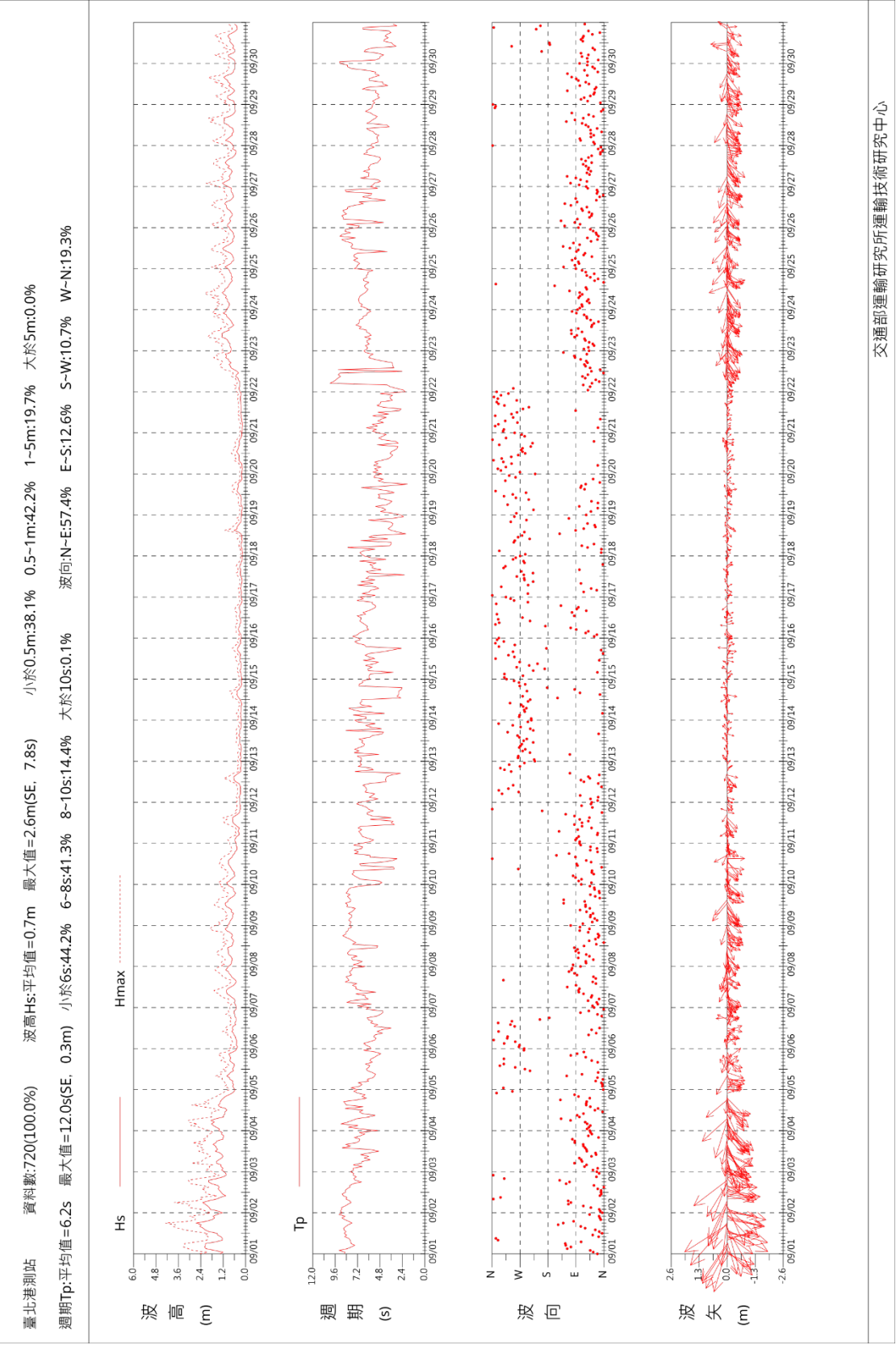


圖 2.18 外海觀測樁 2023 年 9 月波浪時序列圖

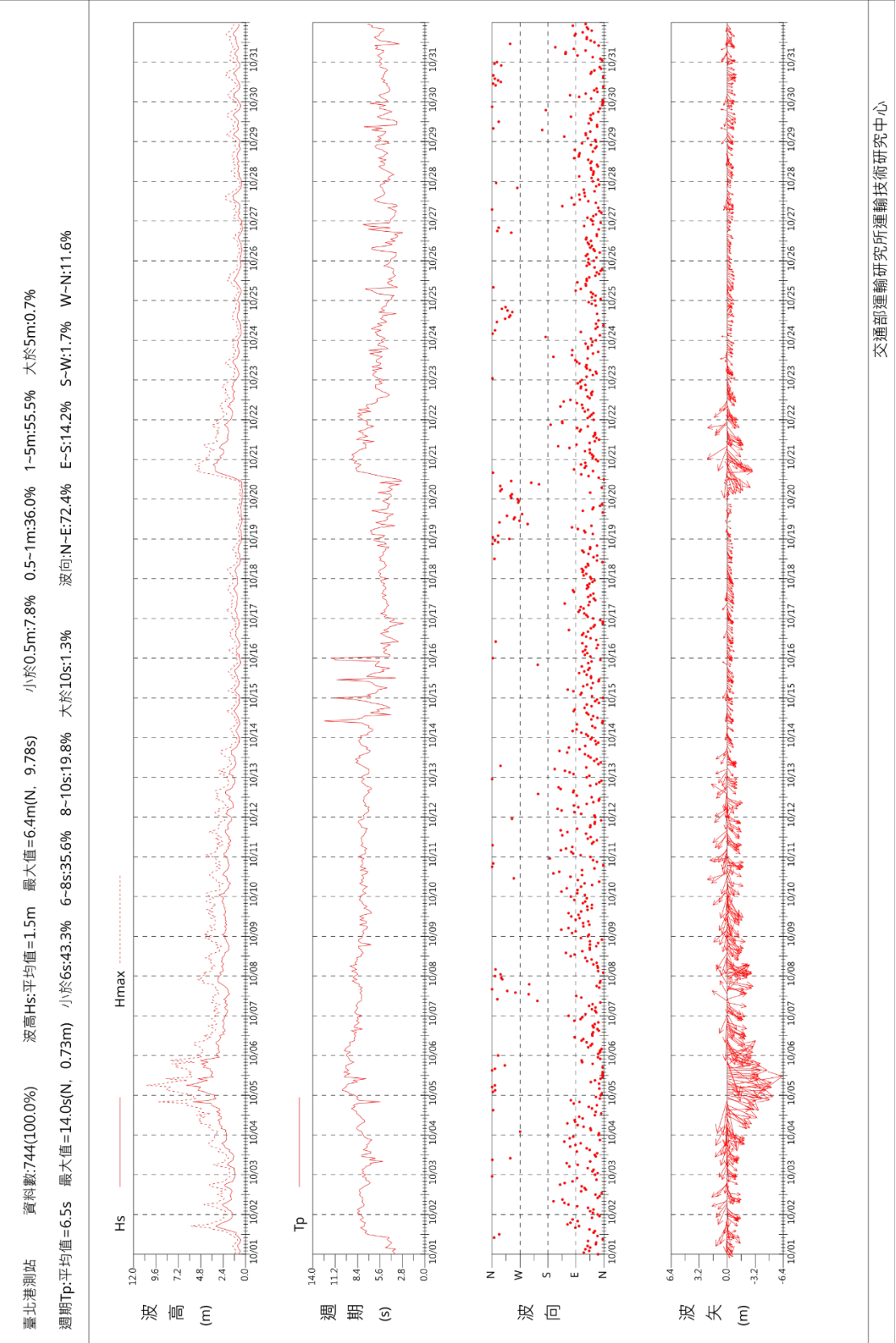
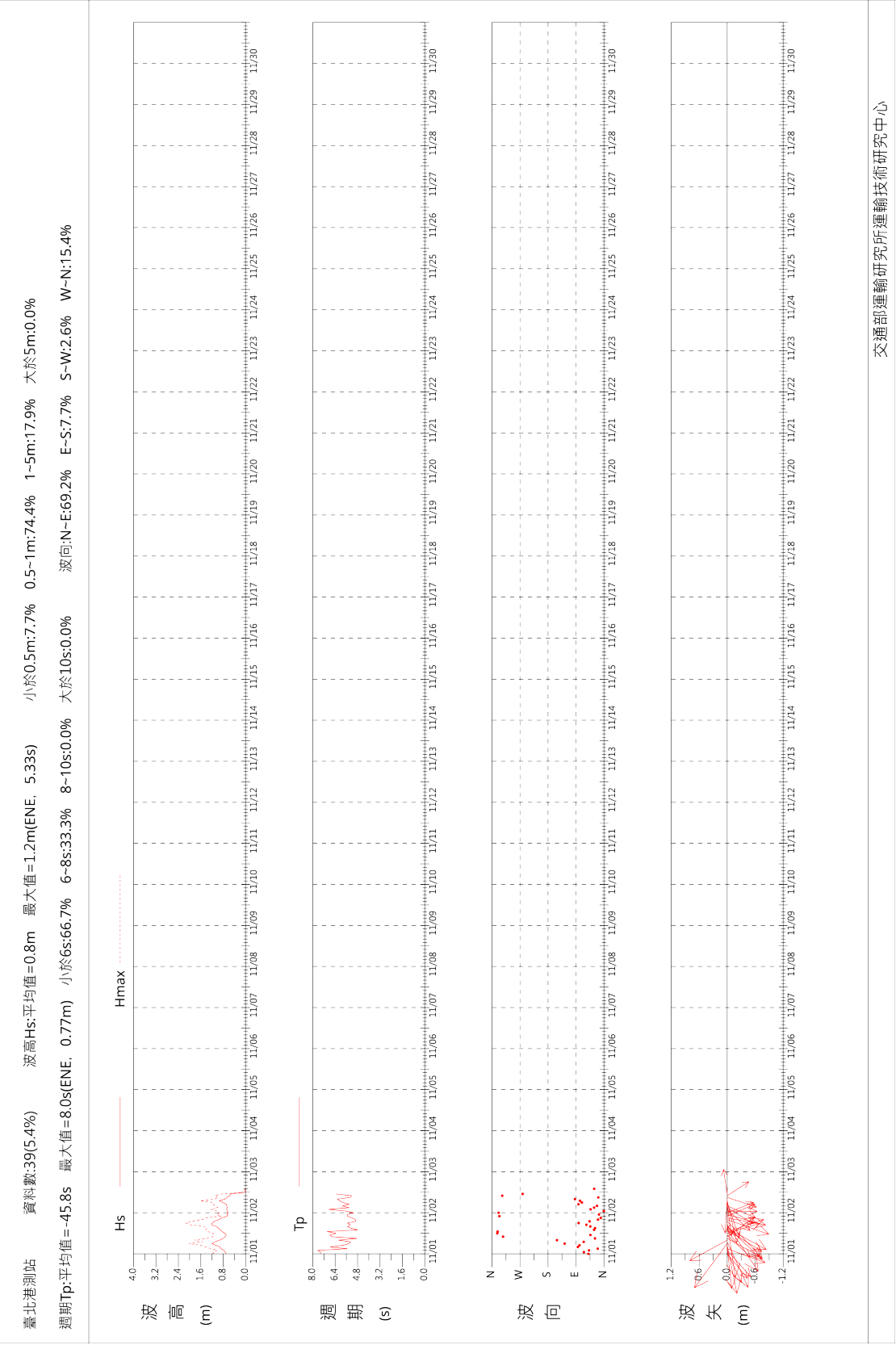
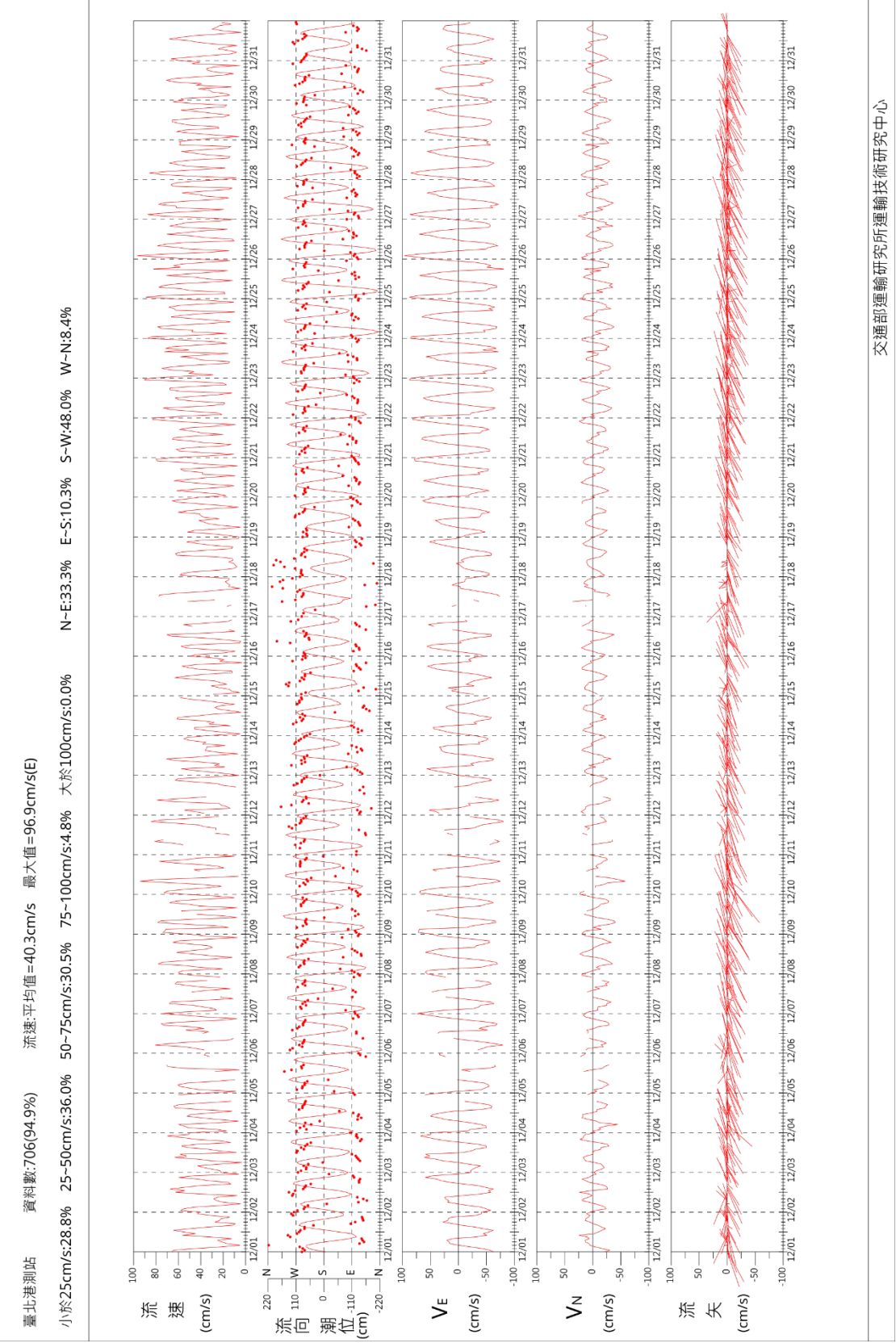


圖 2.19 外海觀測樁 2023 年 10 月波浪時序列圖



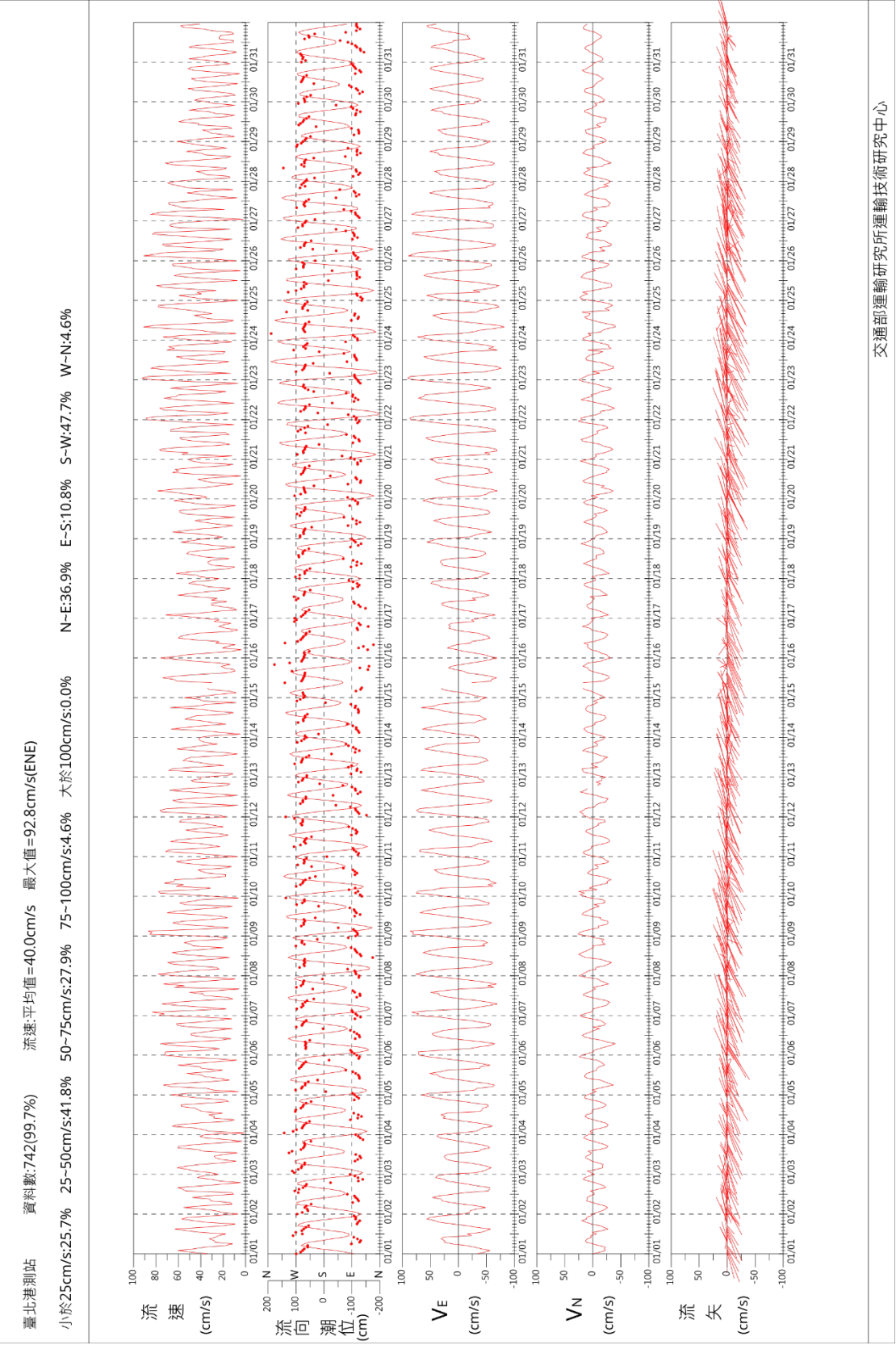
交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.20 外海觀測樁 2023 年 11 月波浪時序列圖



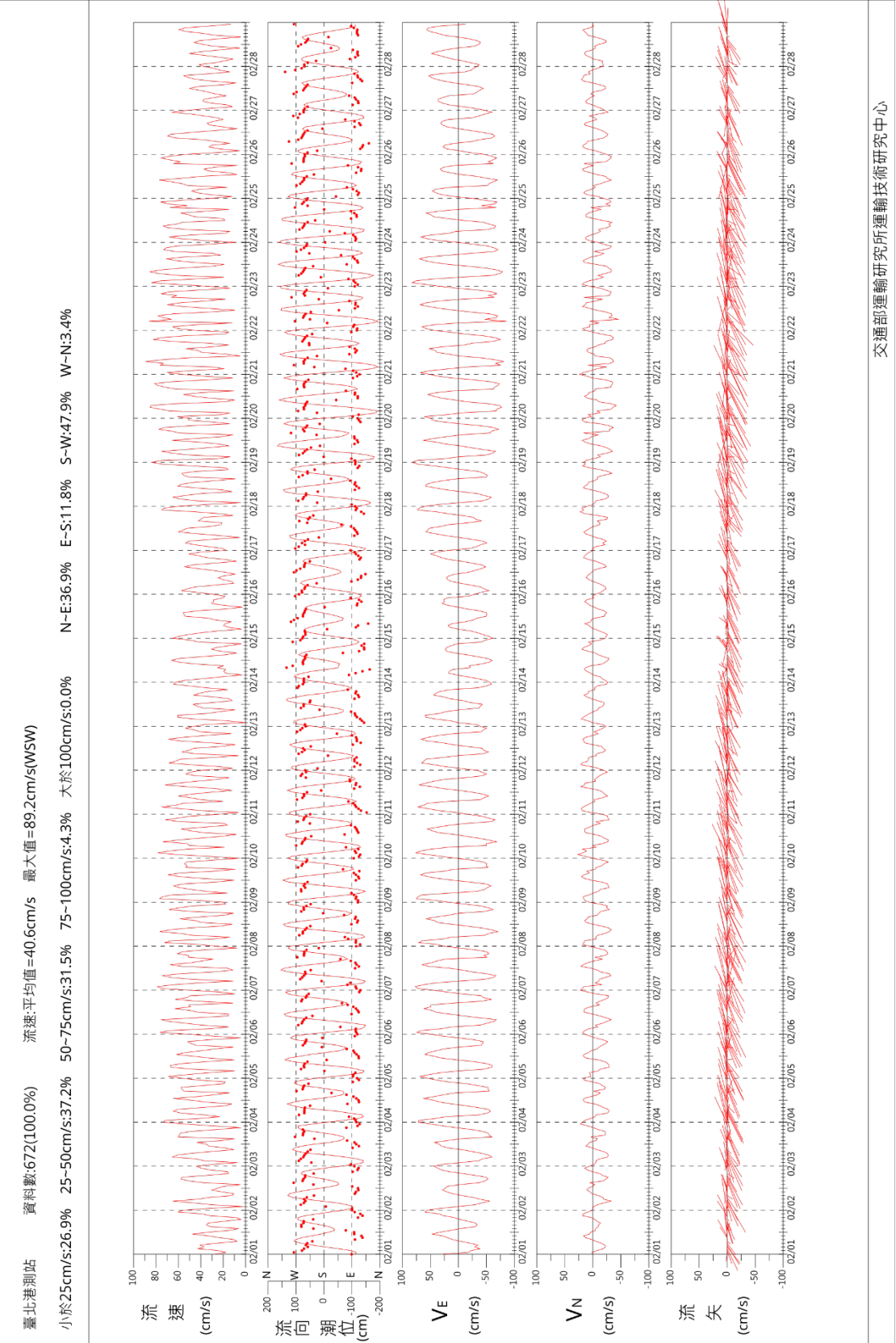
交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.21 外海觀測樁 2022 年 12 月海流時序列圖



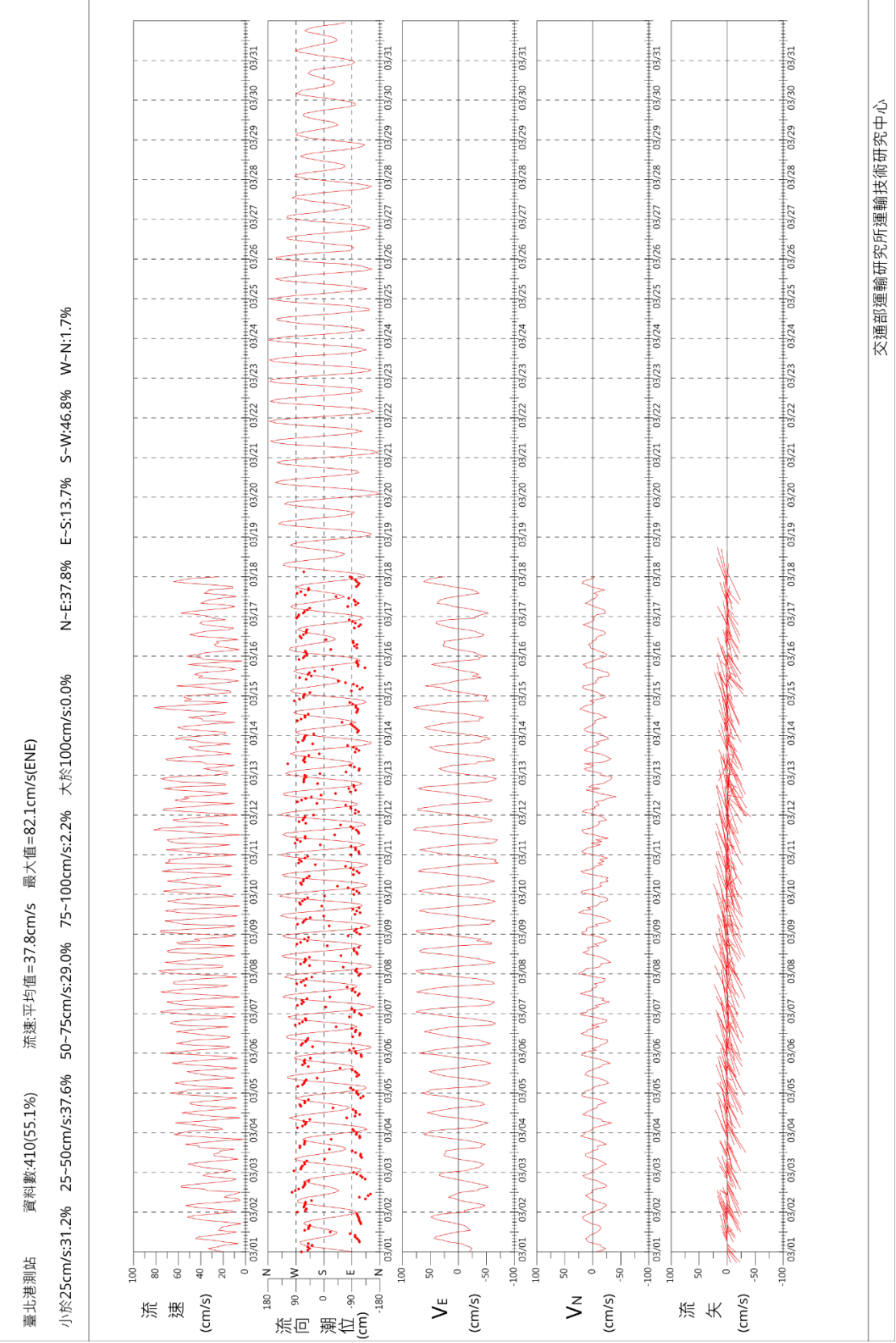
交通部運輸研究所運輸技術研究中心

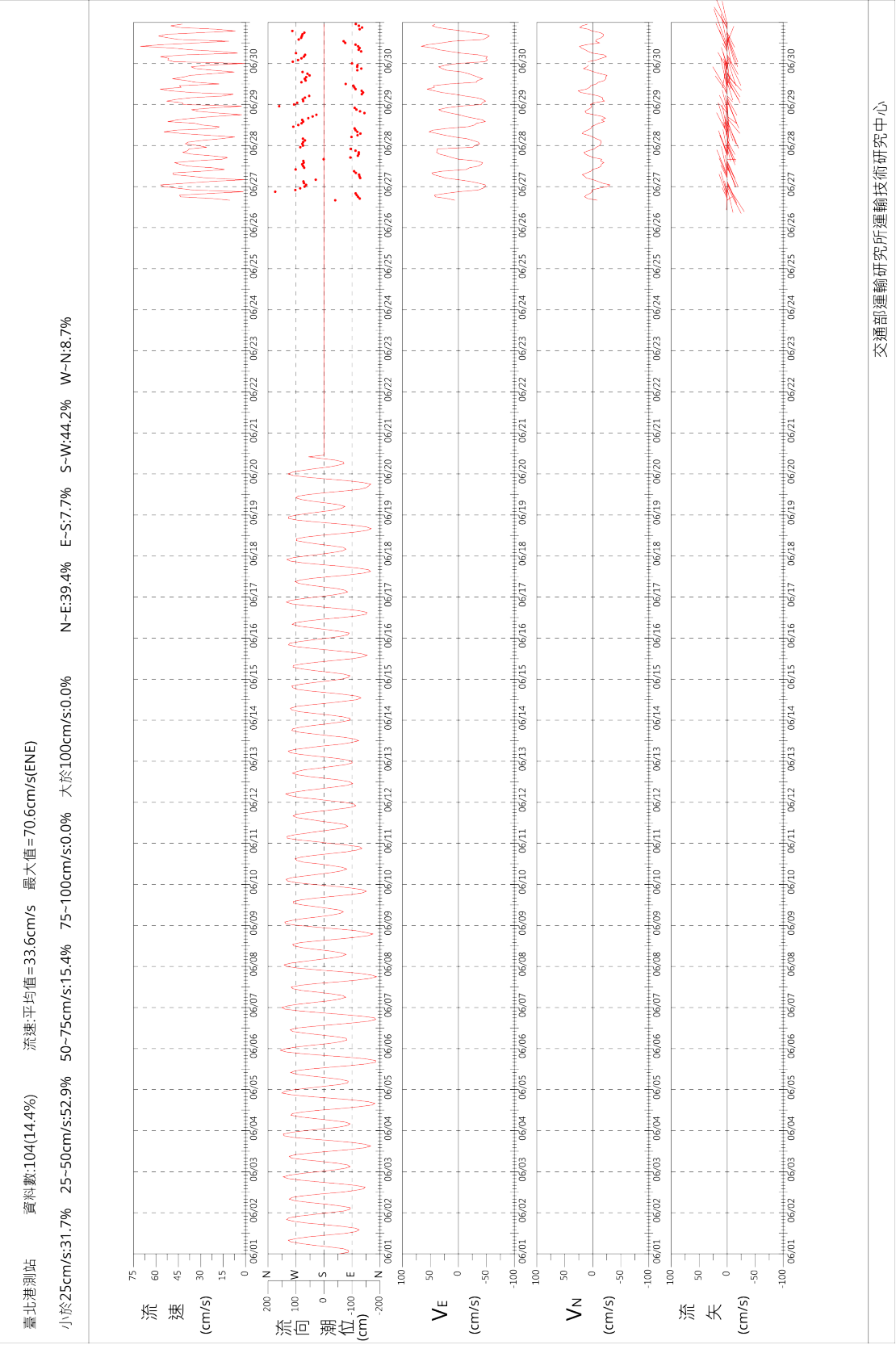
圖 2.22 外海觀測樁 2023 年 1 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

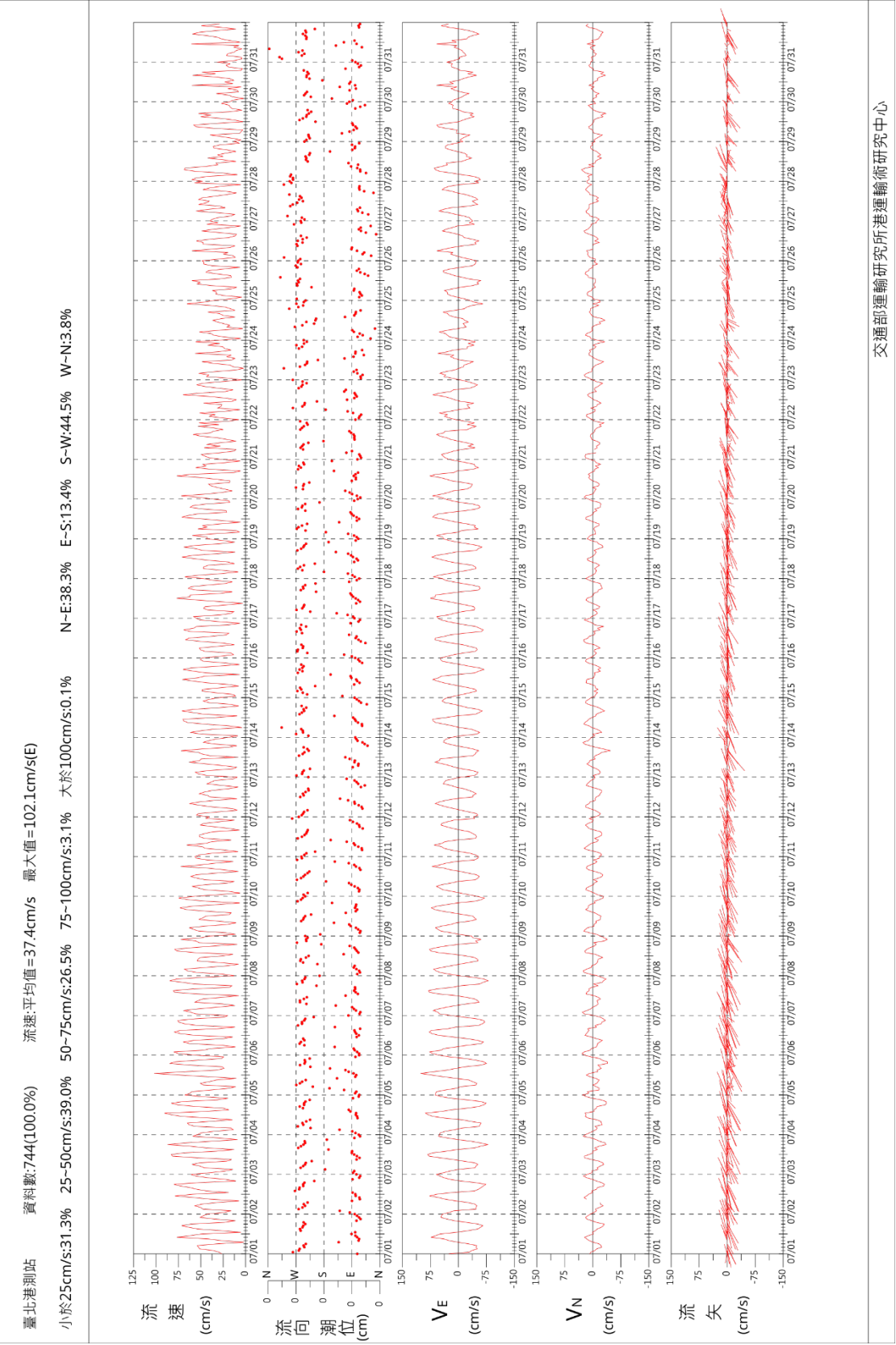
圖 2.23 外海觀測樁 2023 年 2 月海流時序列圖





交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.25 外海觀測樁 2023 年 6 月海流時序列圖



交通部運輸研究所港運技術研究中心

圖 2.26 外海觀測樁 2023 年 7 月海流時序列圖

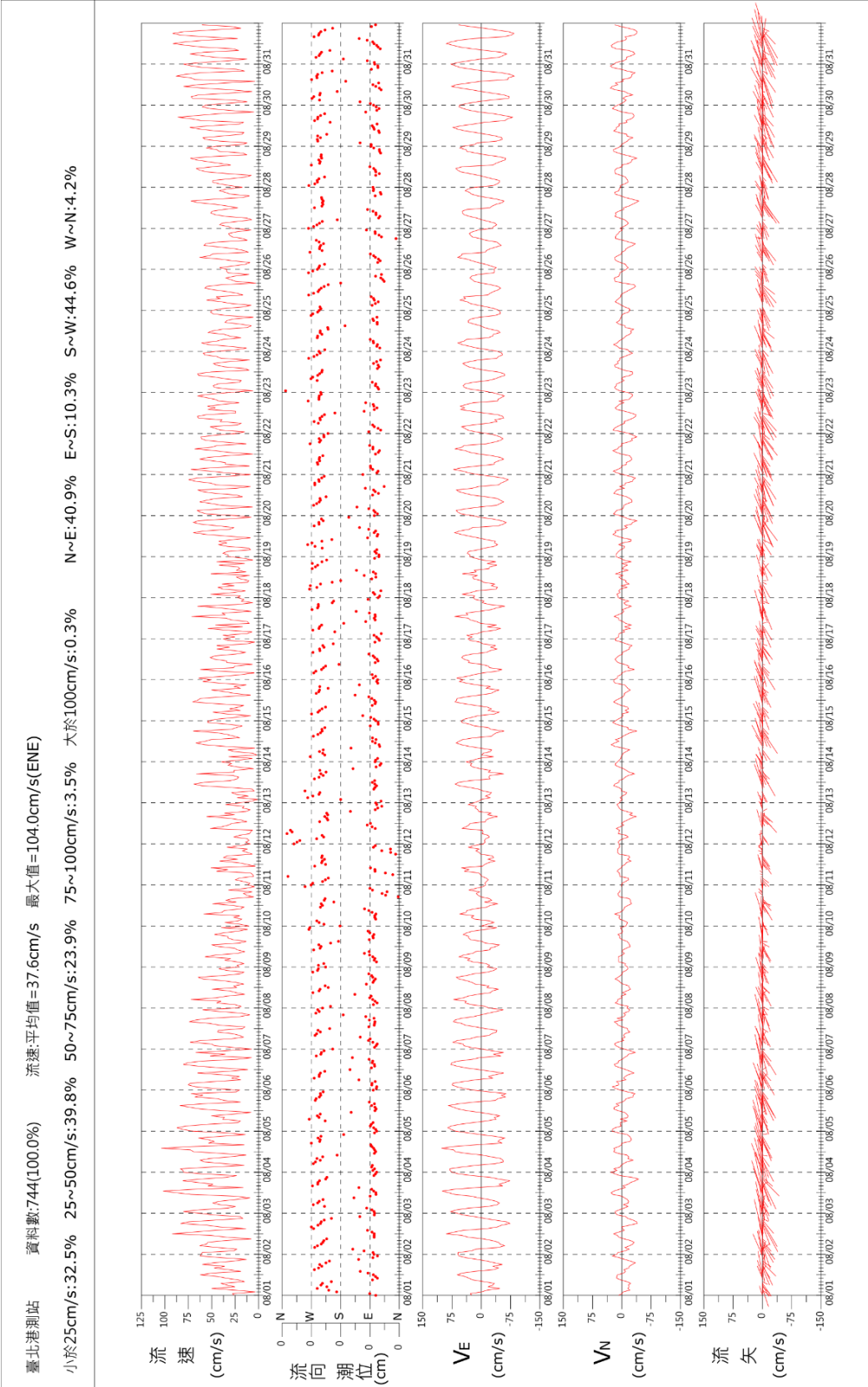


圖 2.27 外海觀測樁 2023 年 8 月海流時序列圖

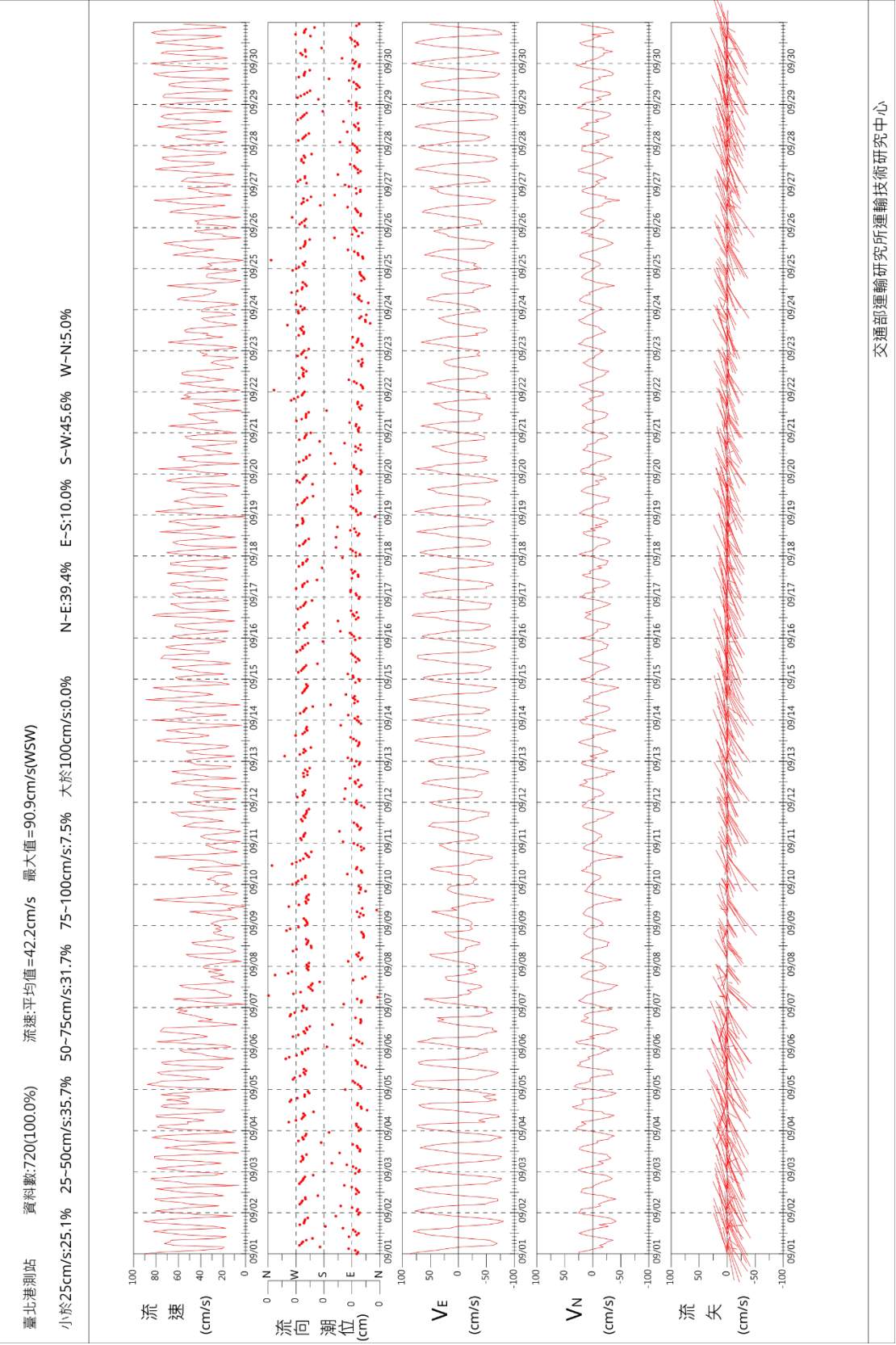
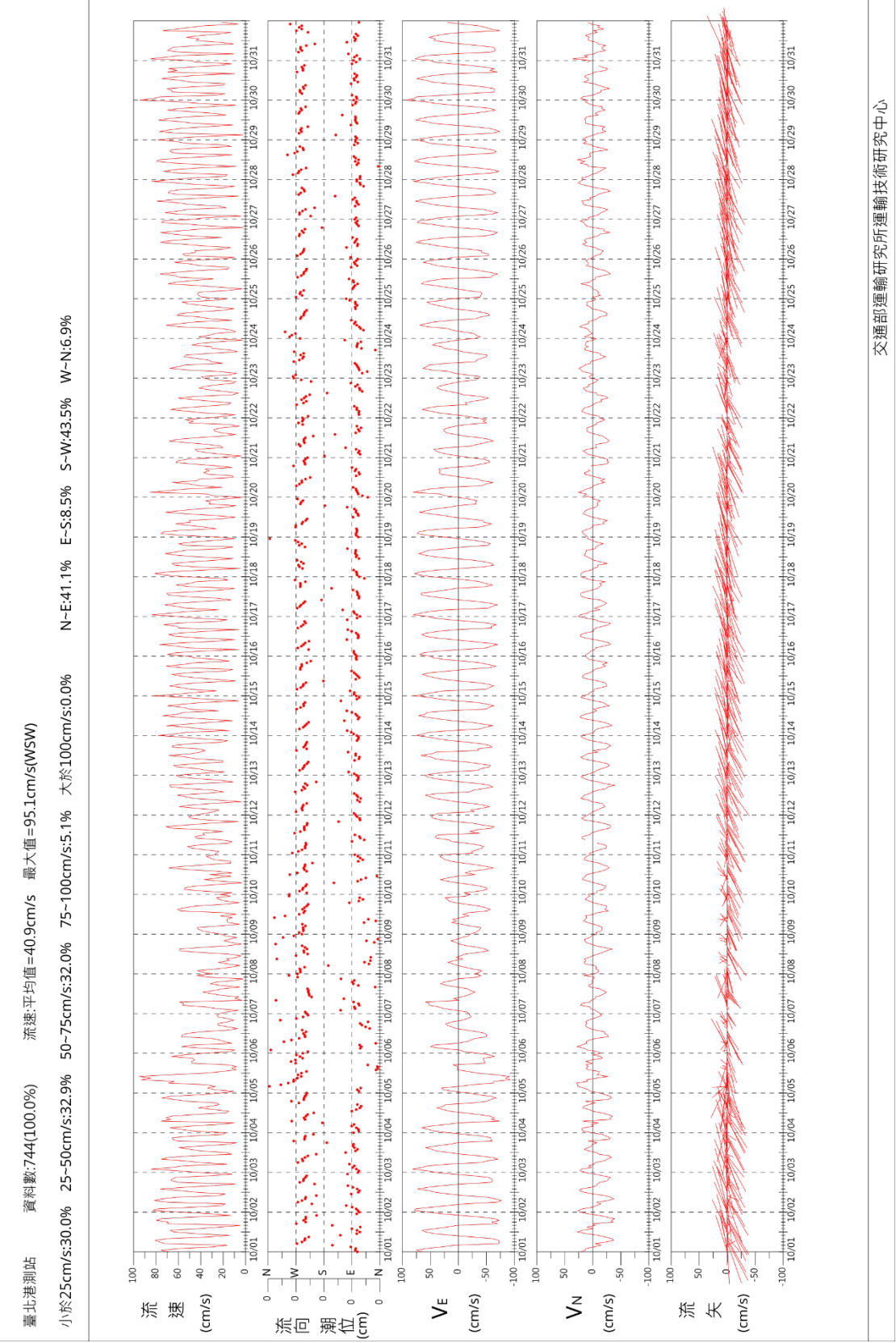
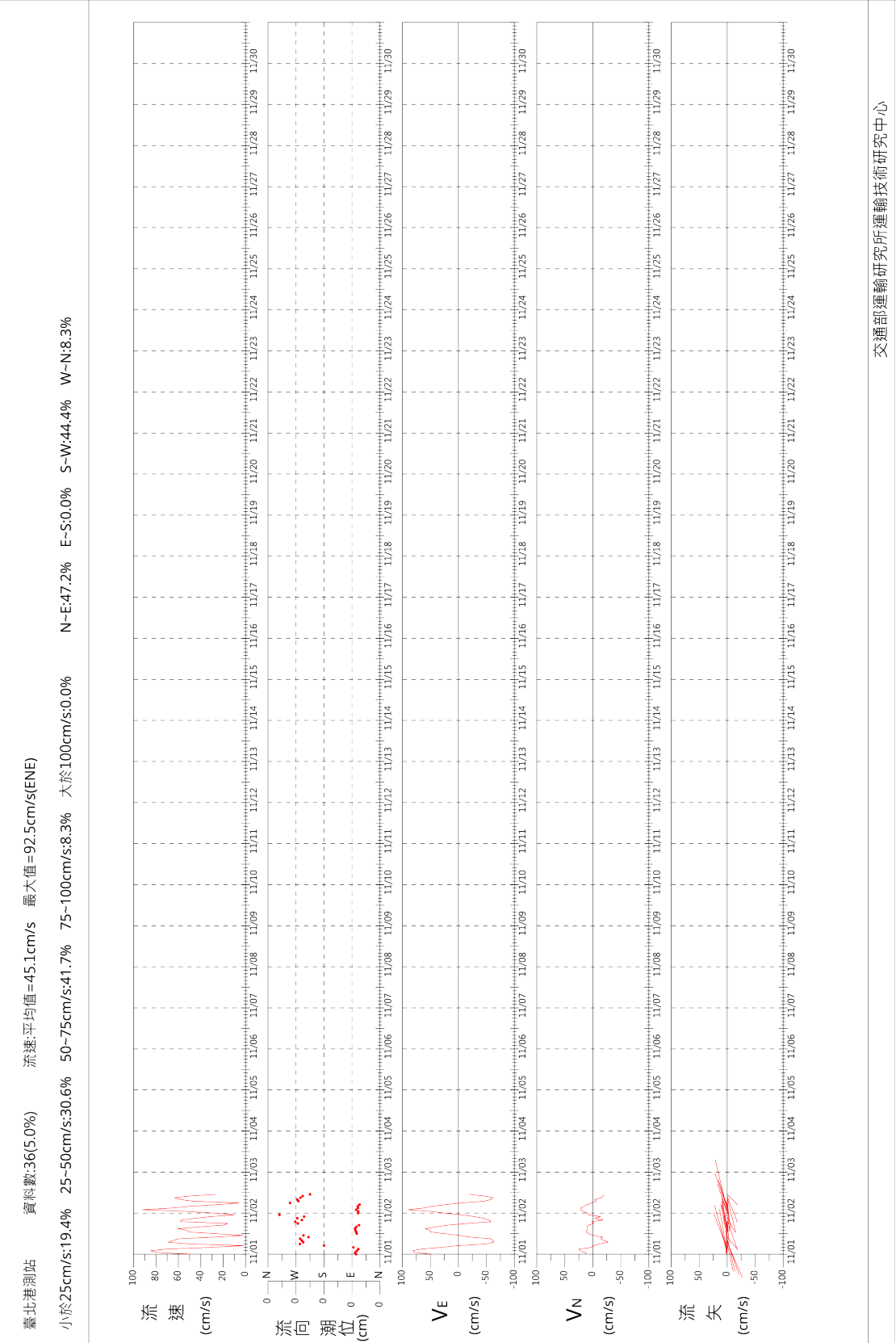


圖 2.28 外海觀測樁 2023 年 9 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.29 外海觀測樁 2023 年 10 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.30 外海觀測樁 2023 年 11 月海流時序列圖

2.4 臺北港資料浮標波流資料分析

本節蒐集臺北港資料浮標之波浪及海流資料，臺北港資料浮標波高部分採用有義波高(Hs)進行統計，波浪週期則採用(Tp)進行統計，本年度臺北港海域全年平均波高為 1.4 公尺，波高最大值為 6.9 公尺，Hs 波高小於 0.5 公尺者佔 23.5%，0.5 至 1 公尺間佔 25.0%，1 至 5 公尺者佔 50.9%，大於 5 公尺佔 0.5%；有關週期部分，Tp 分佈小於 6 秒為 82.1%，Tp 分佈介於 6 至 8 秒為 14.5%，Tp 分佈介於 8 至 10 秒為 0.4%，主要週期小於 6 秒為 82.1%；有關波向部份，以四象限進行統計，N~E 象限之間，比率佔 61.5%，E~S 象限之間，比率佔 14.0%，S~W 象限之間，比率佔 6.6%，W~N 象限之間，比率佔 17.9%，如圖 2.31 所示。

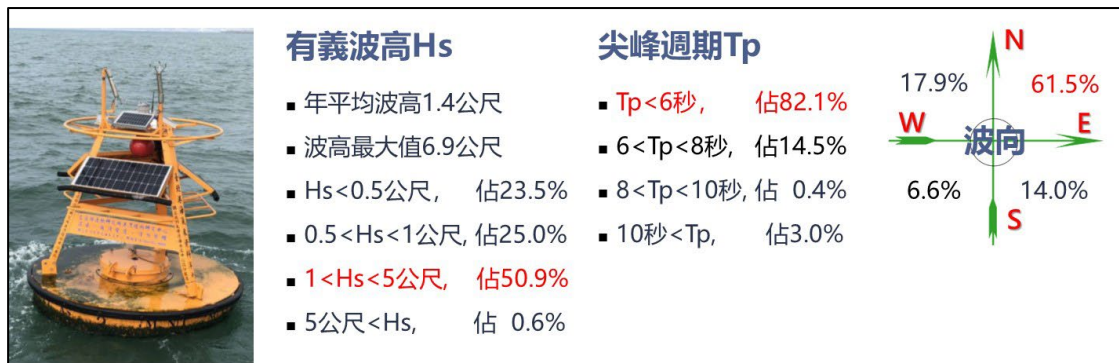


圖 2.31 臺北港資料浮標波浪統計圖

臺北港資料浮標海流部分，平均流速為 49.9cm/s，最高流速為 149.0cm/s，最高流速對應流向為 WSW。如以 25 cm/s 為間距討論其分佈狀態，流速小於 25 cm/s 者比率佔 25.2%，介於 25~50cm/s 佔 26.4%，50 ~75cm/s 佔 26.3%，75~100cm/s 佔 17.7%，大於 100cm/s 佔 4.3%，本年度流速觀測資料以 12 月份之平均流速為最大值為 60.0cm/s，該月份最高流速為 149.0cm/s，流速小於 25 cm/s 者比率佔 13.7%，介於 25~50cm/s 佔 22.7%，50 ~75cm/s 佔 31.8%，75~100cm/s 佔 23.6%；次高之平均流速為以 2 月份，2 月份之平均流速為 57.6cm/s，最高流速為 125.5cm/s，流速小於 25cm/s 者比率佔 16.8%，介於 25~50cm/s 佔 25.6%，50 ~75cm/s 佔 27.6%，75~100cm/s 佔 22.3%；本年度流向部份，若以四象限之方位顯示，N~E 間百分比佔

30.6%，E~S 間百分比佔 4.0%，S~W 間百分比佔 50.7%，W~N 間百分比佔 14.7%，如圖 2.32 所示。



圖 2.32 臺北港資料浮標海流統計圖

而統計期間之全期觀測資料，波高 H_s 主要小於 0.5m~1m 之間，占統計期間資料 25.1%，主要尖峰週期(T_p)為 5~6s，占統計期間資料 19.2%，波高 H_s 平均值為 1.4m，期間最大波高 H_s 為 6.9m，其最大波高對應之週期為 9.8s，流速主要介於 51.4~77.1cm/s，即 1.0 節~1.5 節，占統計期間資料 27.2%，主要流向為 WSW，占統計期間資料 37.4%，流速平均值為 49.9cm/s，期間流速最大值為 149.0cm/s，其對應流向為 WSW；臺北港資料浮標各月已將資料視覺化，繪製為波浪時序列圖及海流時序圖，如圖 2.33~圖 2.56 所示。

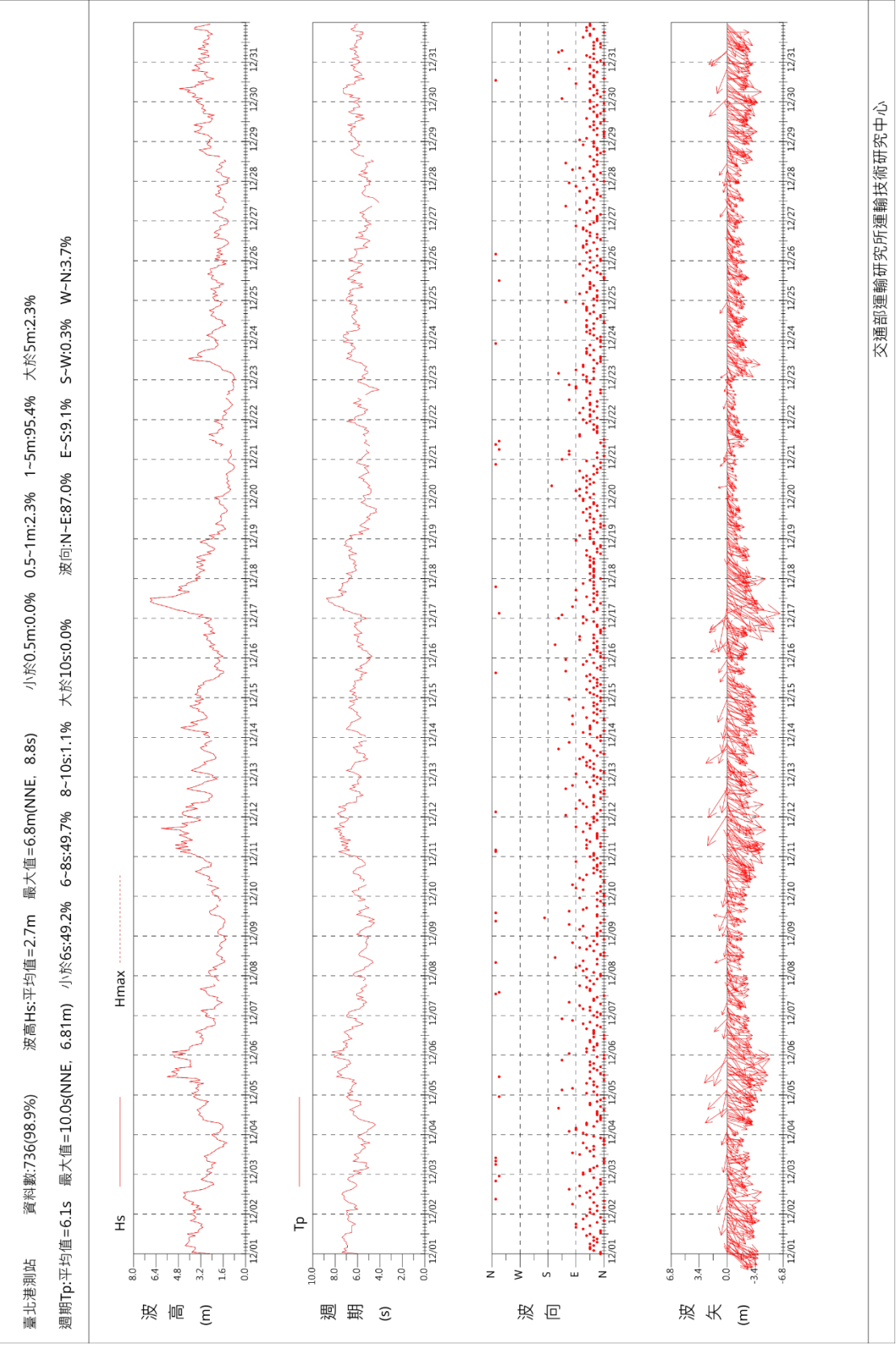


圖 2.33 臺北港資料浮標 2022 年 12 月波浪時序列圖

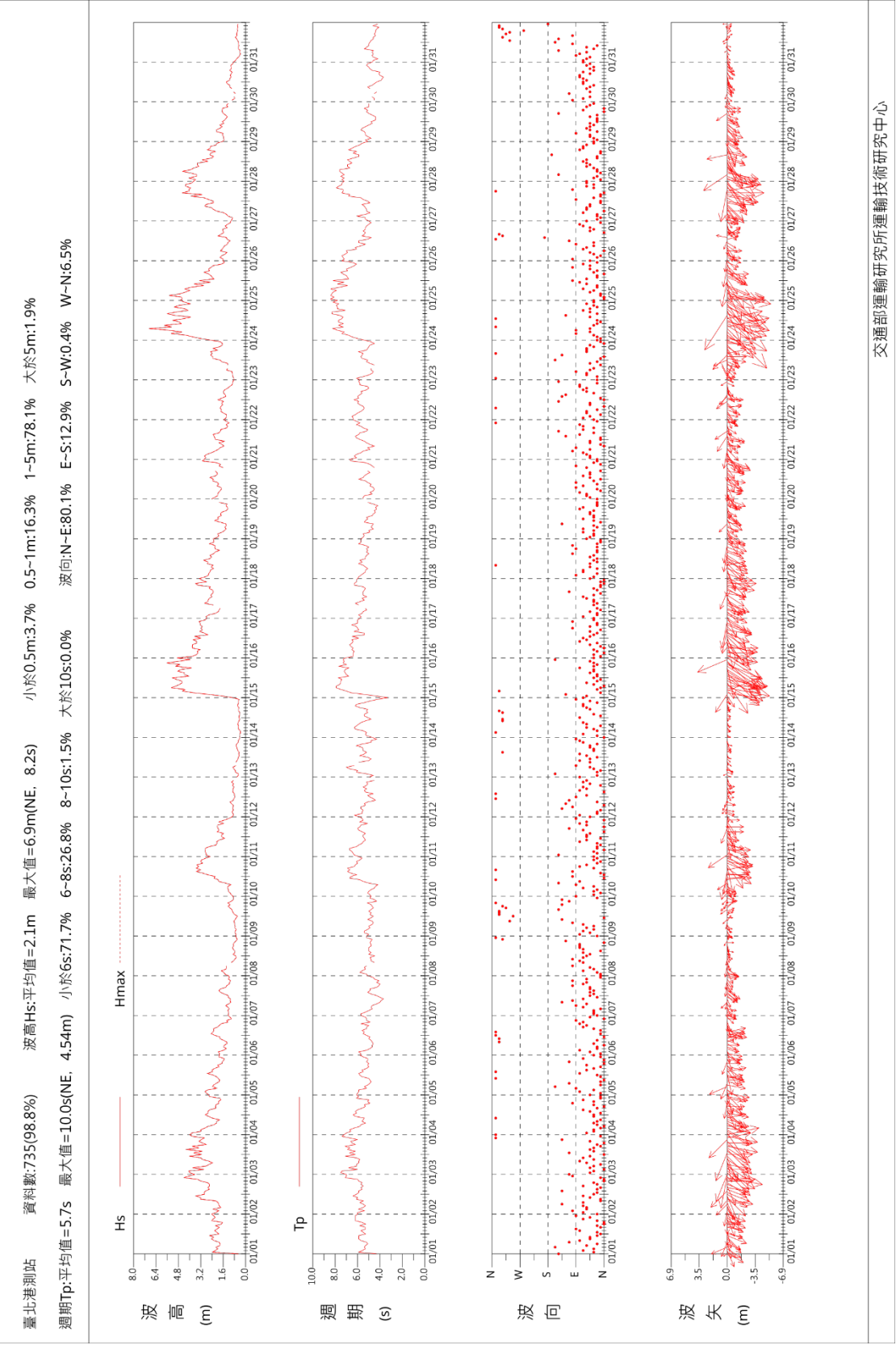


圖 2.34 臺北港資料浮標 2023 年 1 月波浪時序列圖

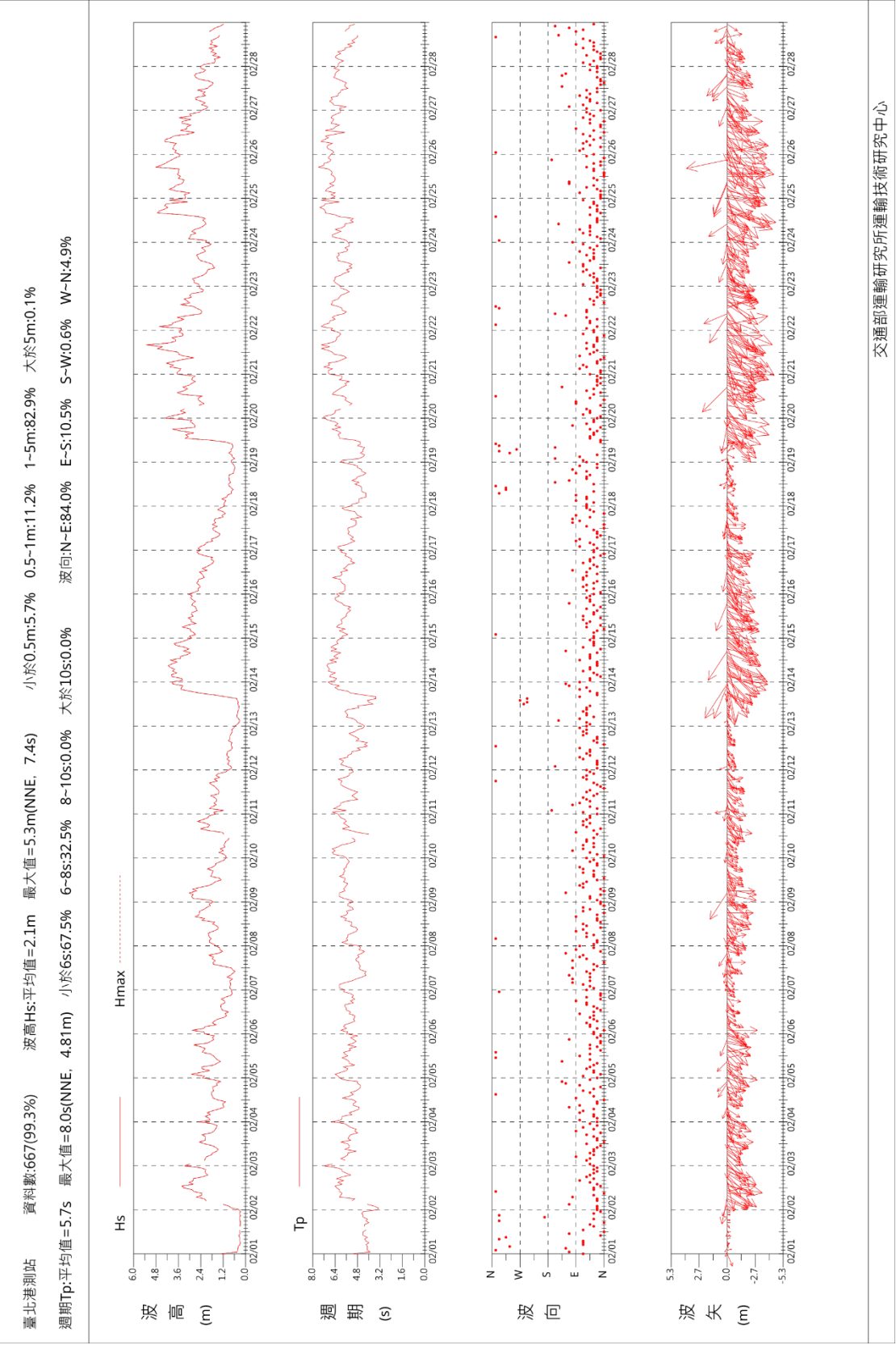


圖 2.35 臺北港資料浮標 2023 年 2 月波浪時序列圖

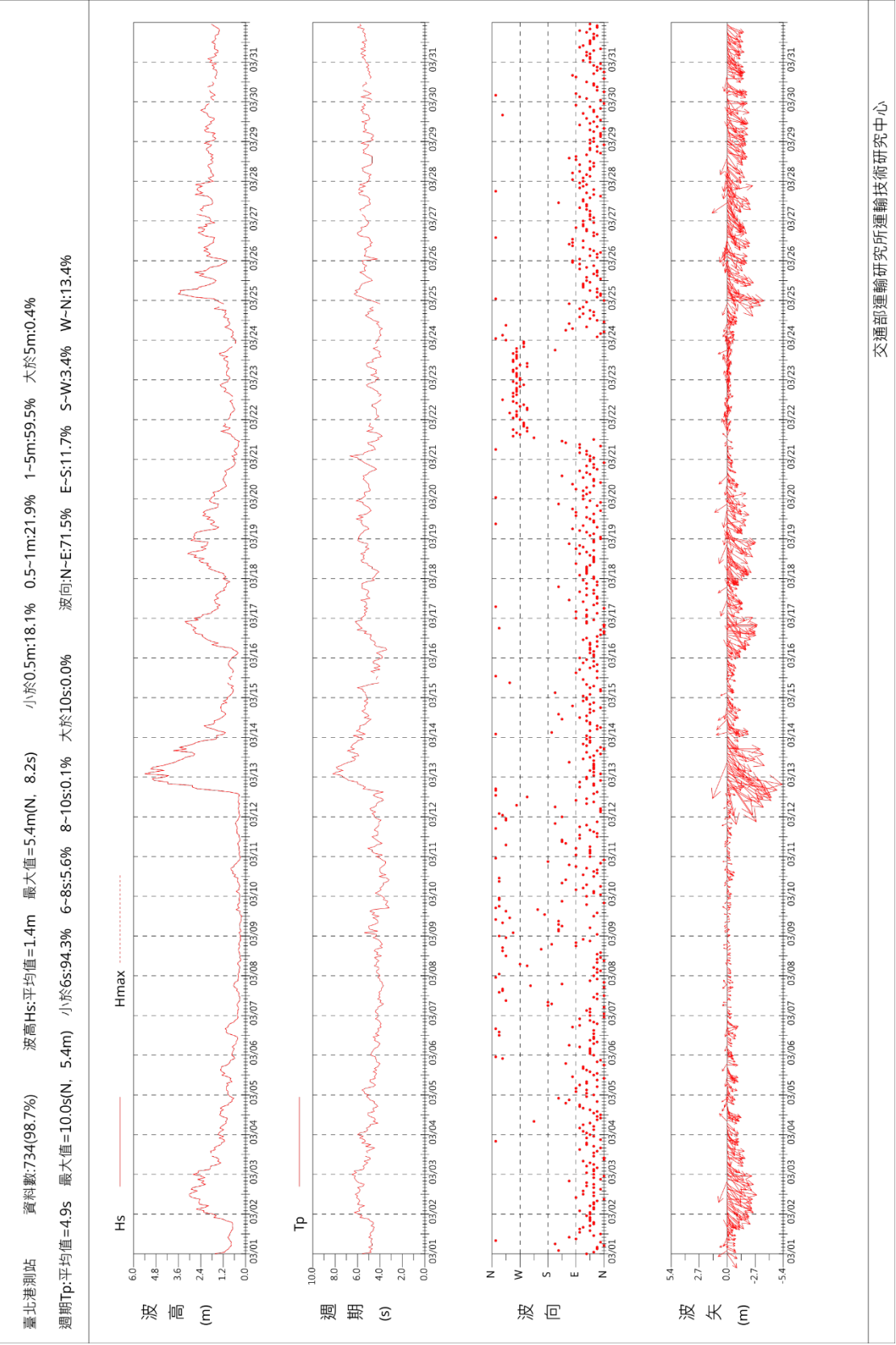
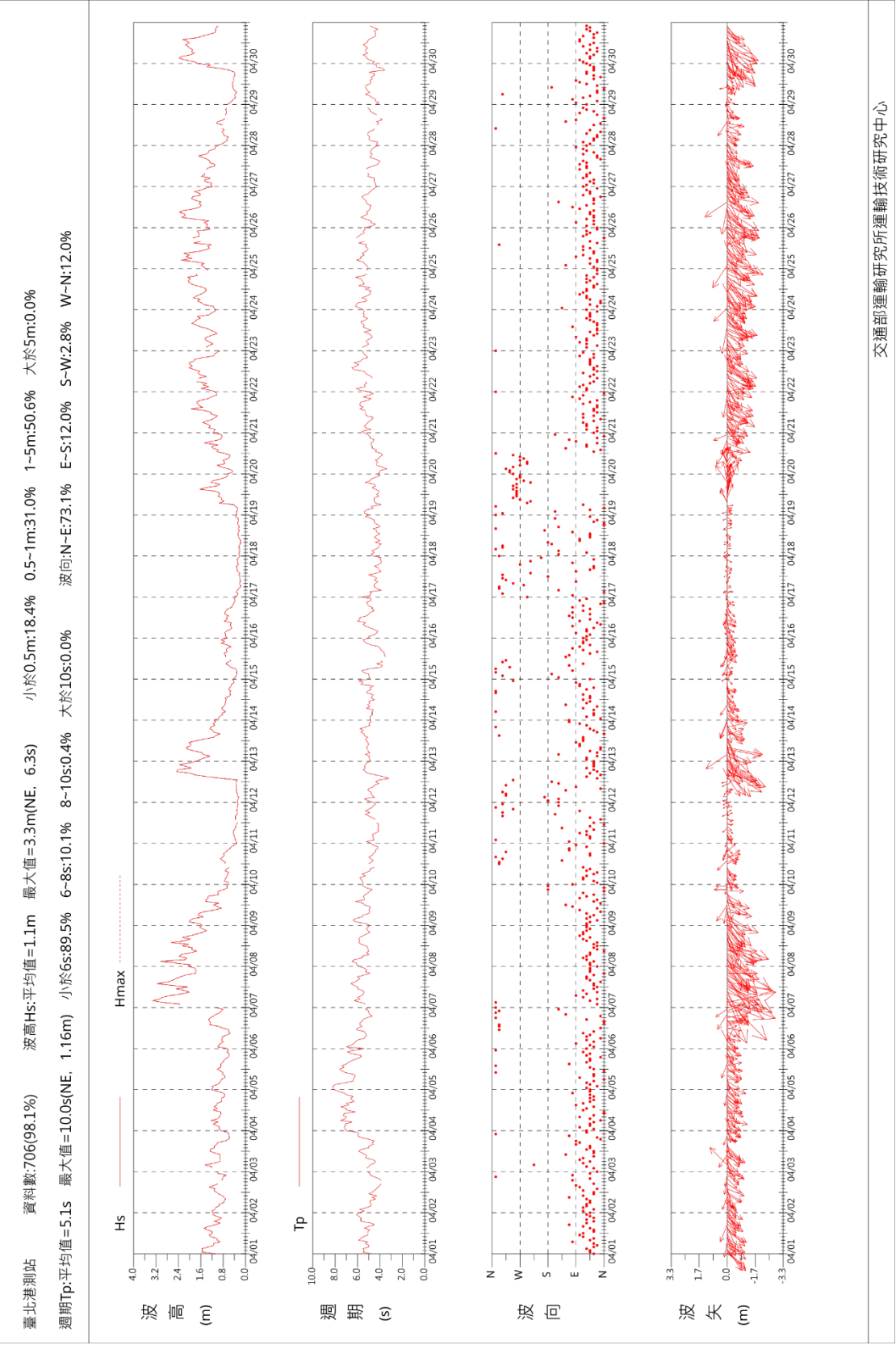


圖 2.36 臺北港資料浮標 2023 年 3 月波浪時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.37 臺北港資料浮標 2023 年 4 月波浪時序列圖

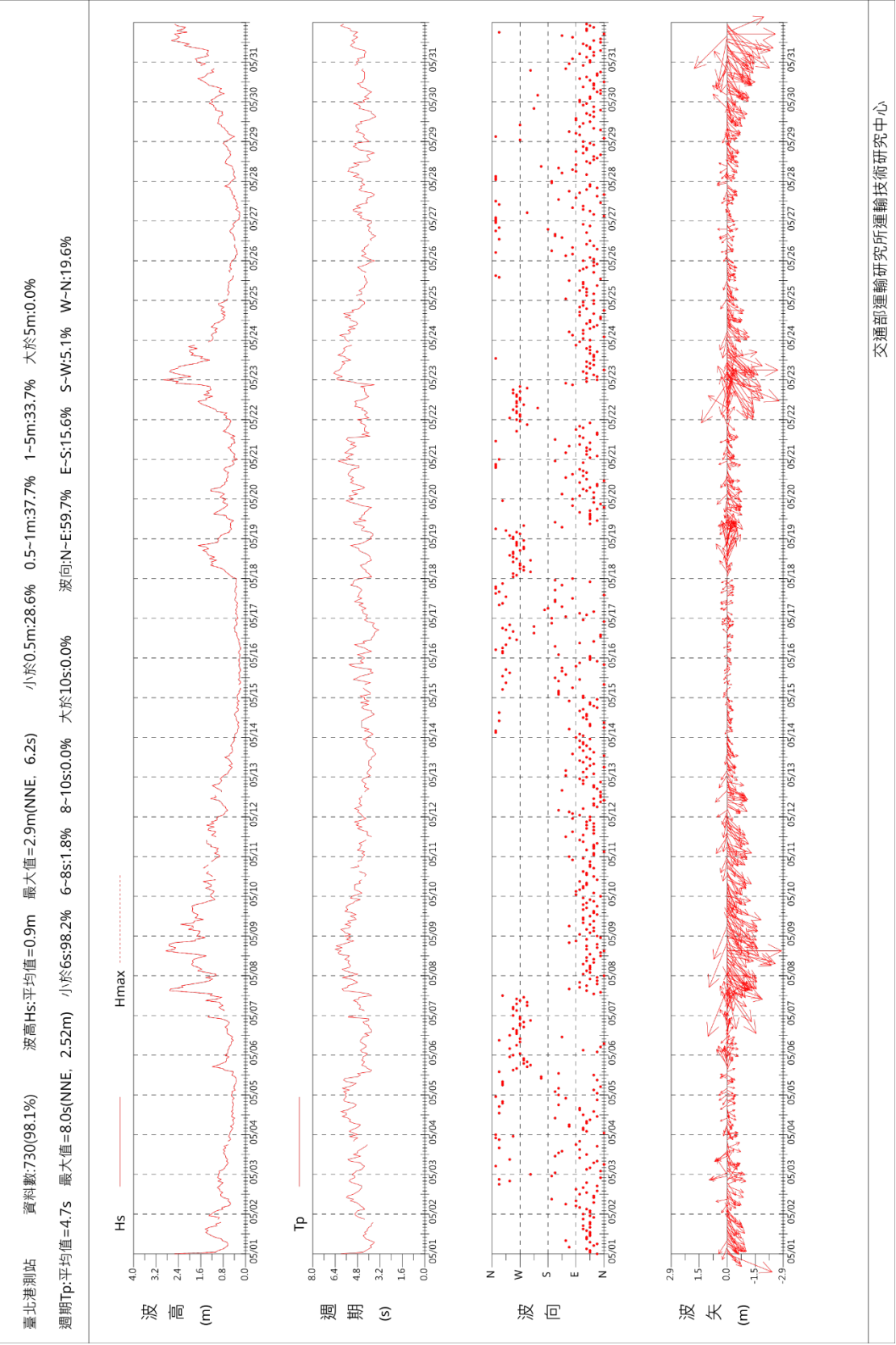


圖 2.38 臺北港資料浮標 2023 年 5 月波浪時序列圖

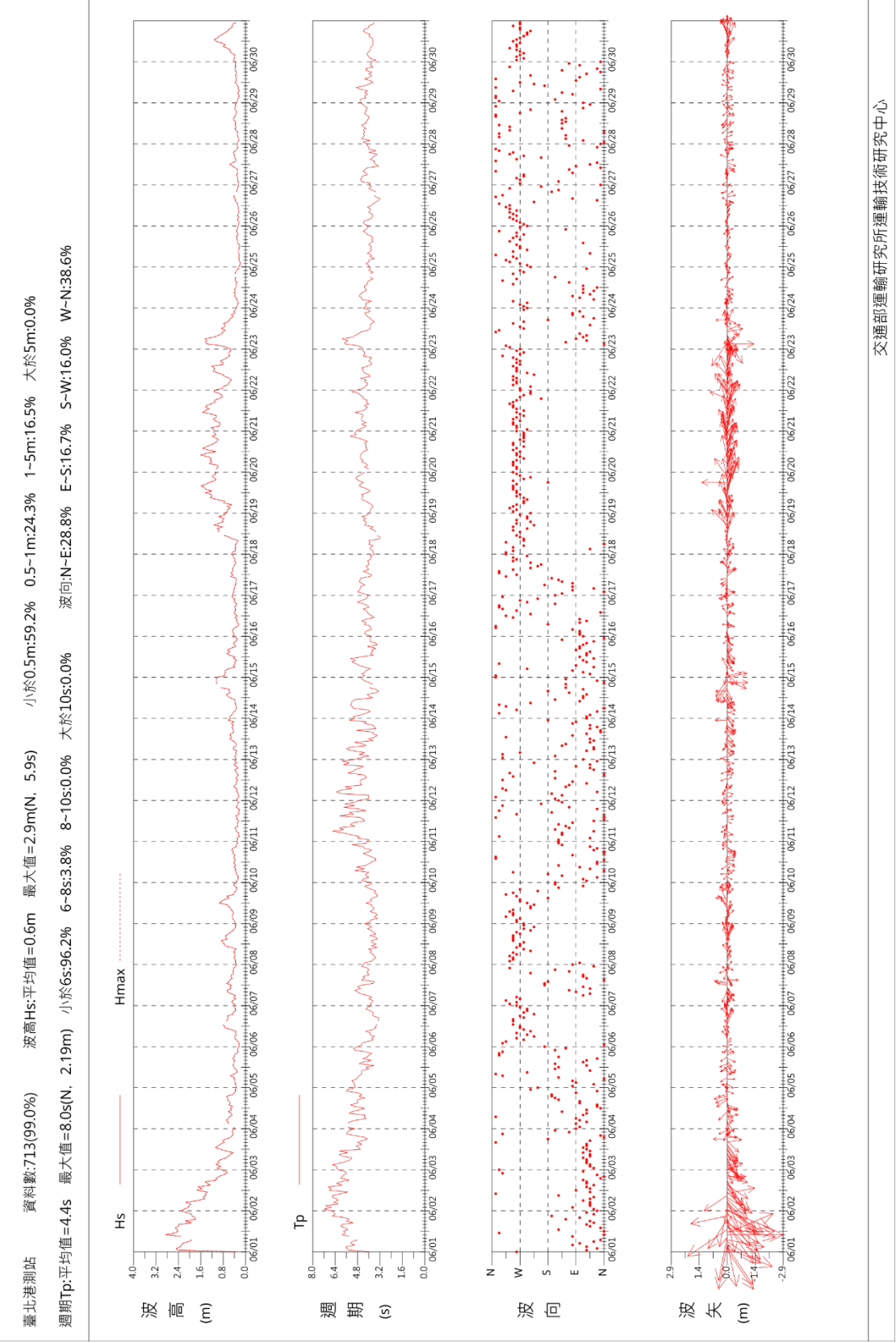


圖 2.39 臺北港資料浮標 2023 年 6 月波浪時序列圖

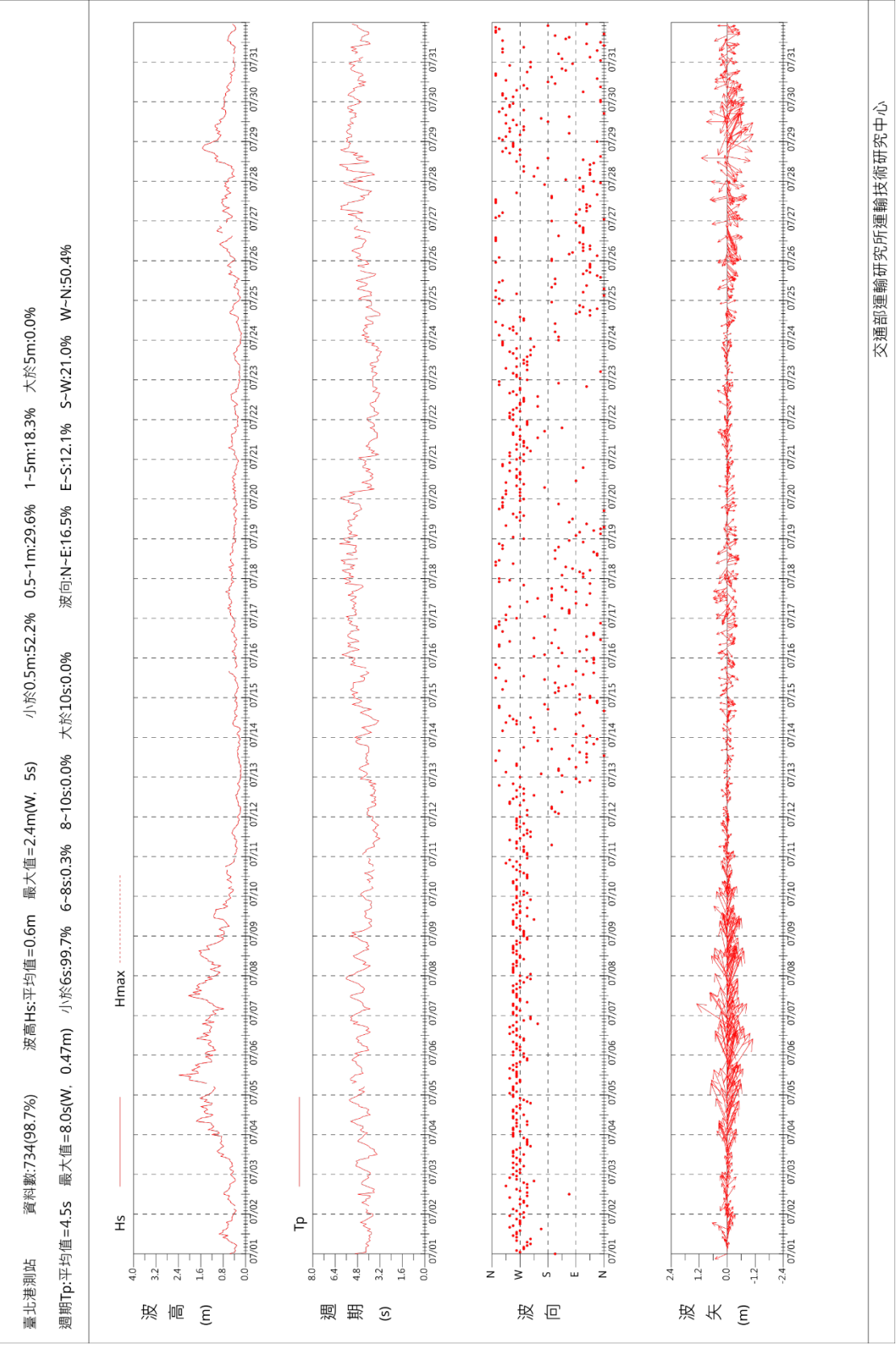


圖 2.40 臺北港資料浮標 2023 年 7 月波浪時序列圖

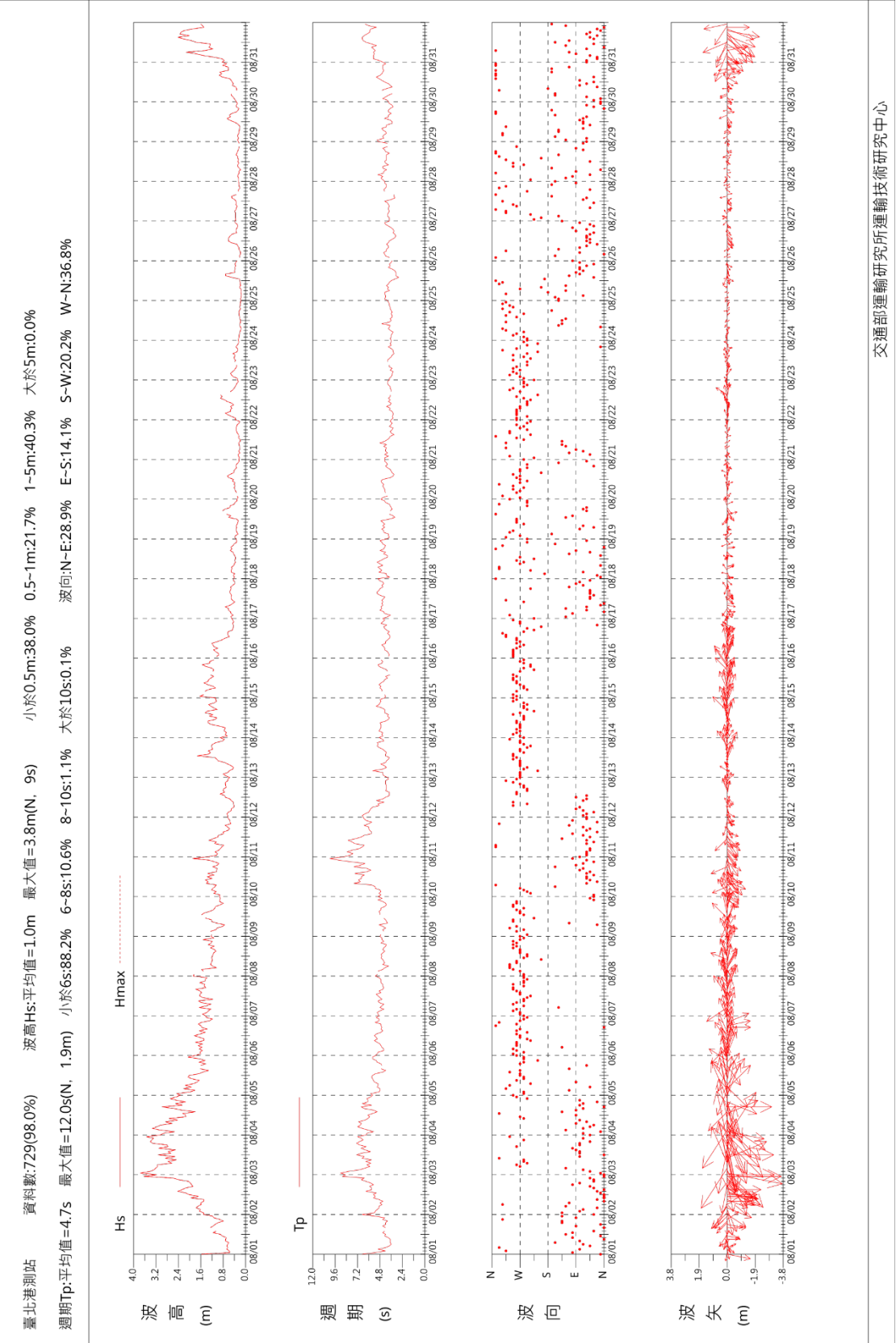
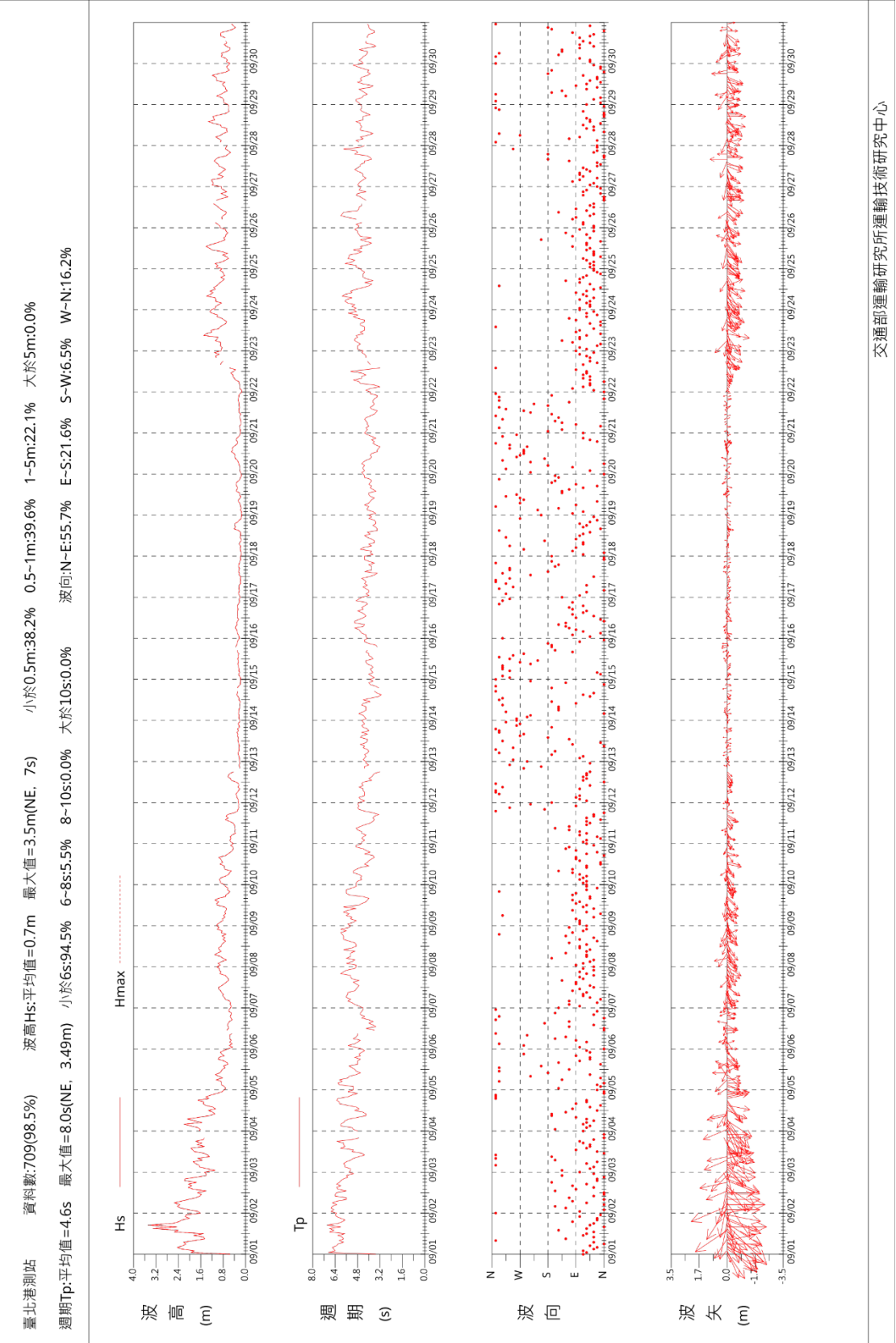


圖 2.41 臺北港資料浮標 2023 年 8 月波浪時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.42 臺北港資料浮標 2023 年 9 月波浪時序列圖

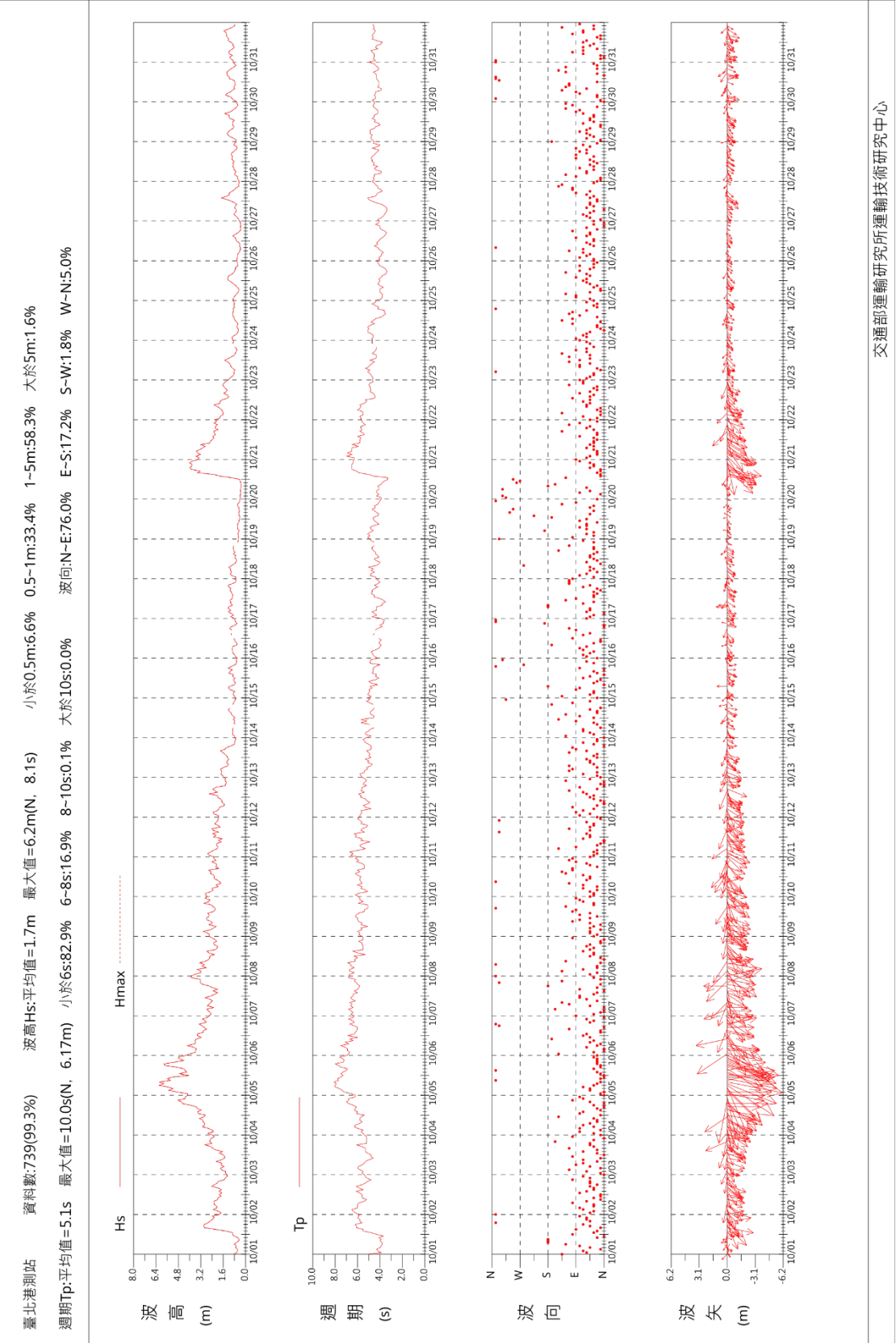


圖 2.43 臺北港資料浮標 2023 年 10 月波浪時序列圖

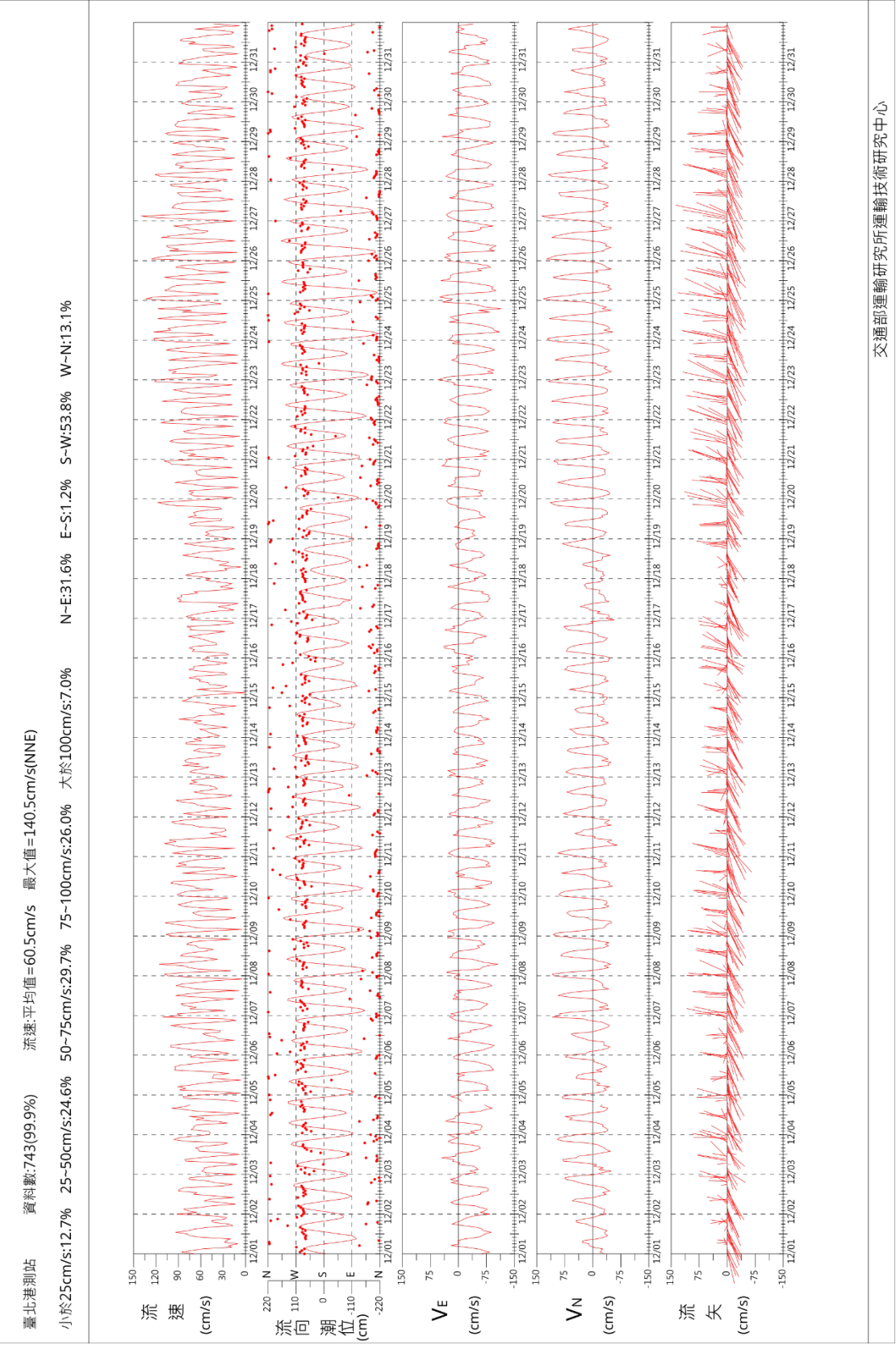


圖 2.45 臺北港資料浮標 2022 年 12 月海流時序列圖

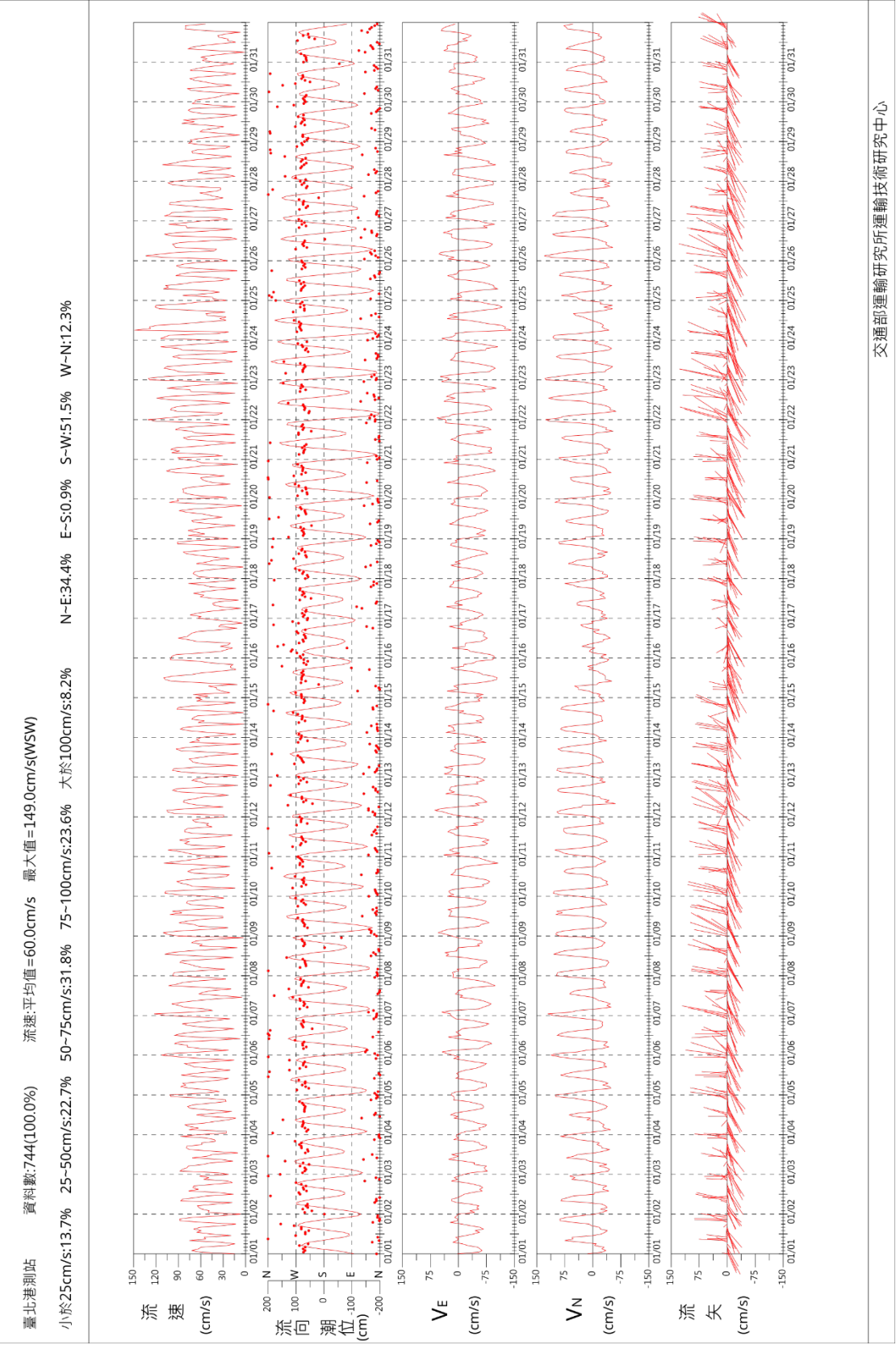
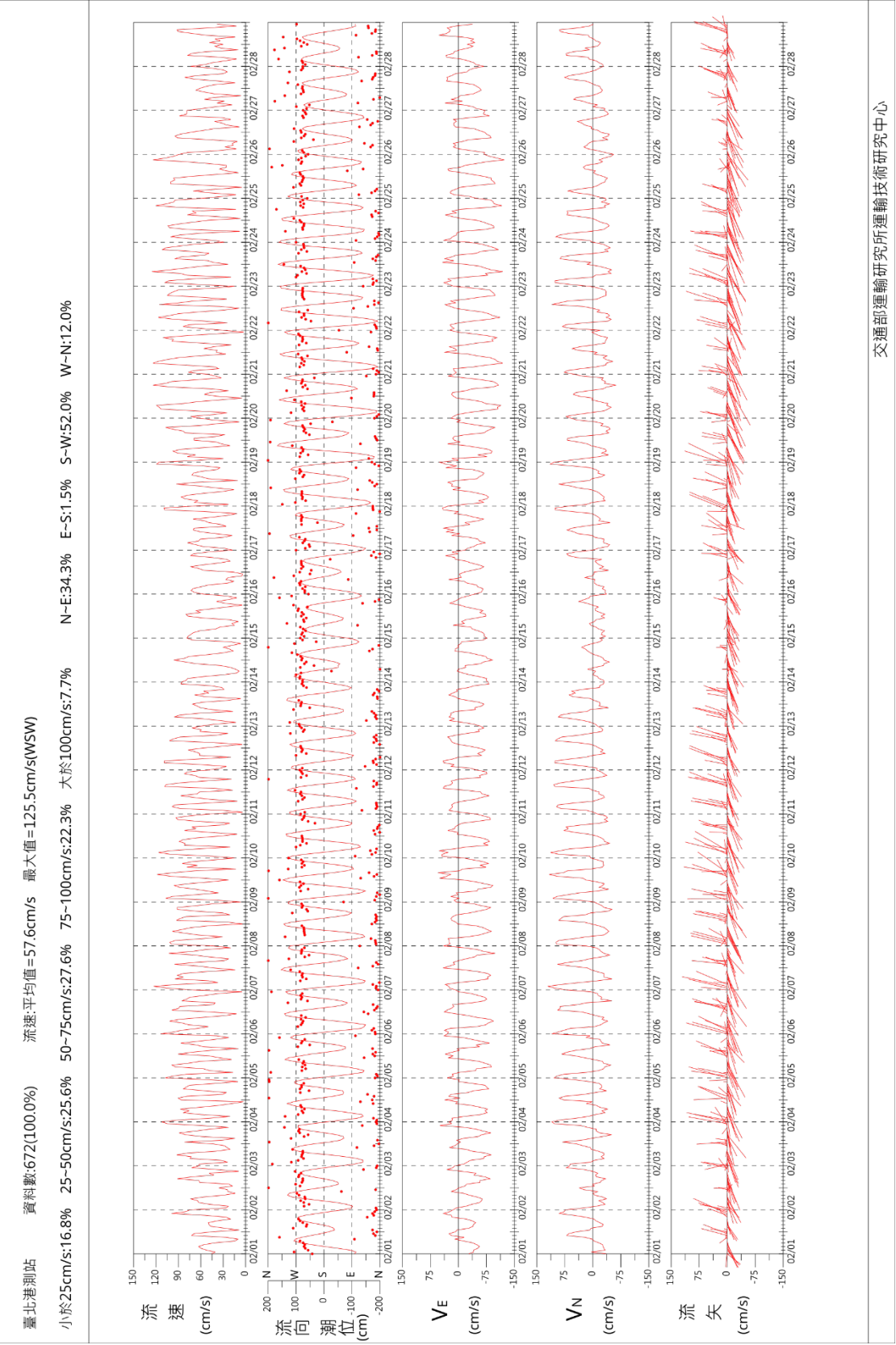
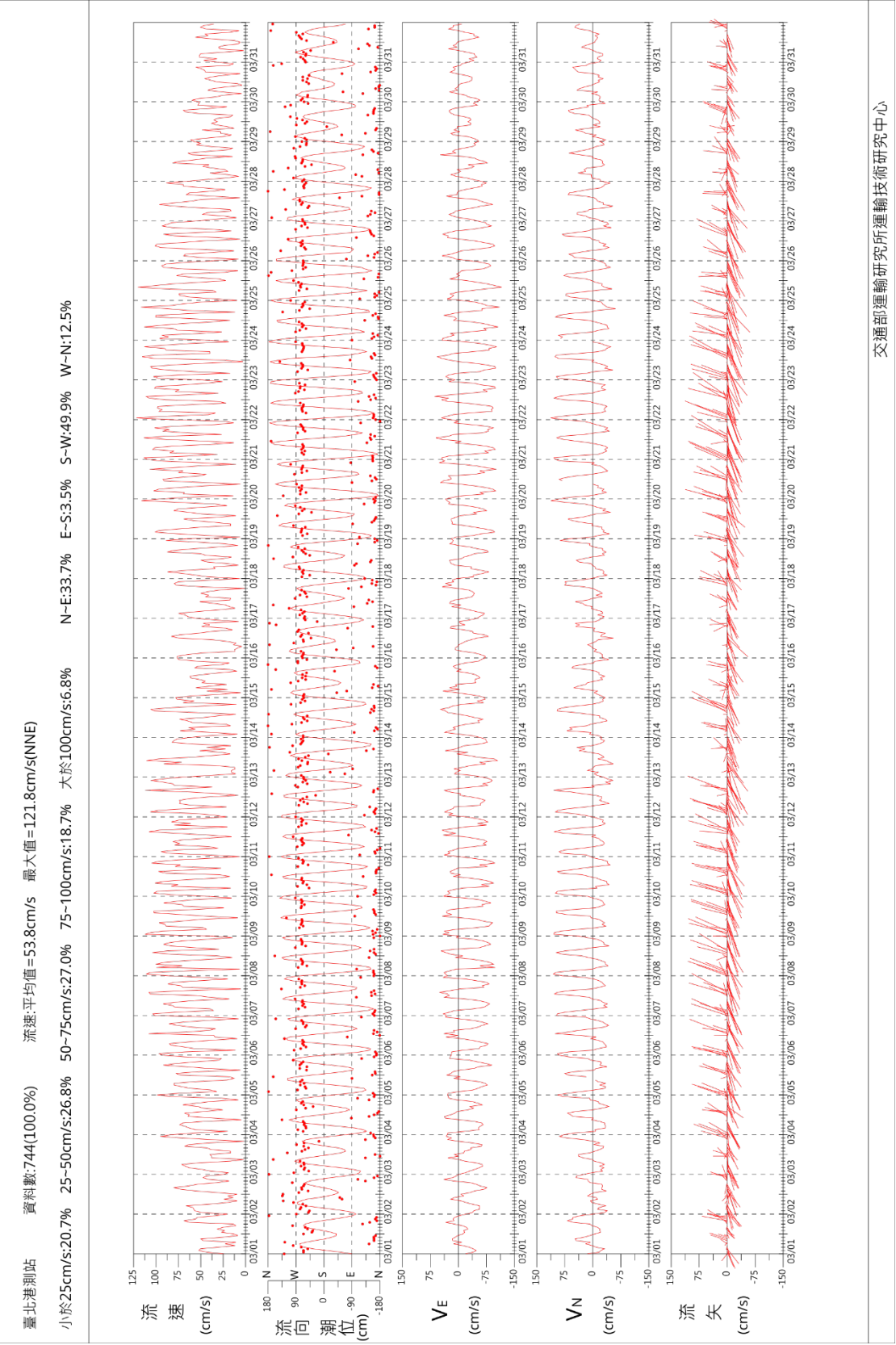


圖 2.46 臺北港資料浮標 2023 年 01 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.47 臺北港資料浮標 2023 年 02 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.48 臺北港資料浮標 2023 年 03 月海流時序列圖

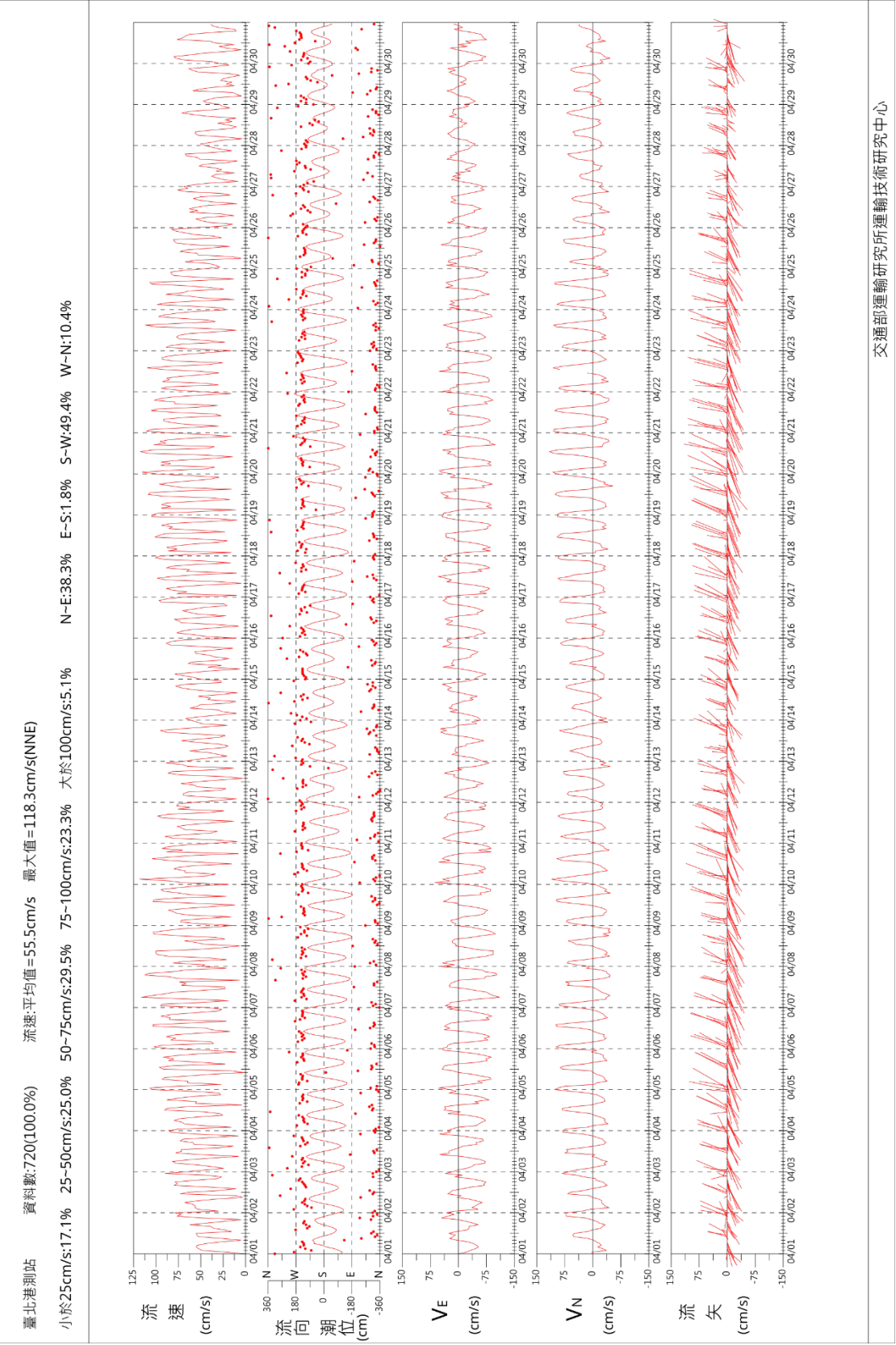


圖 2.49 臺北港資料浮標 2023 年 04 月海流時序列圖

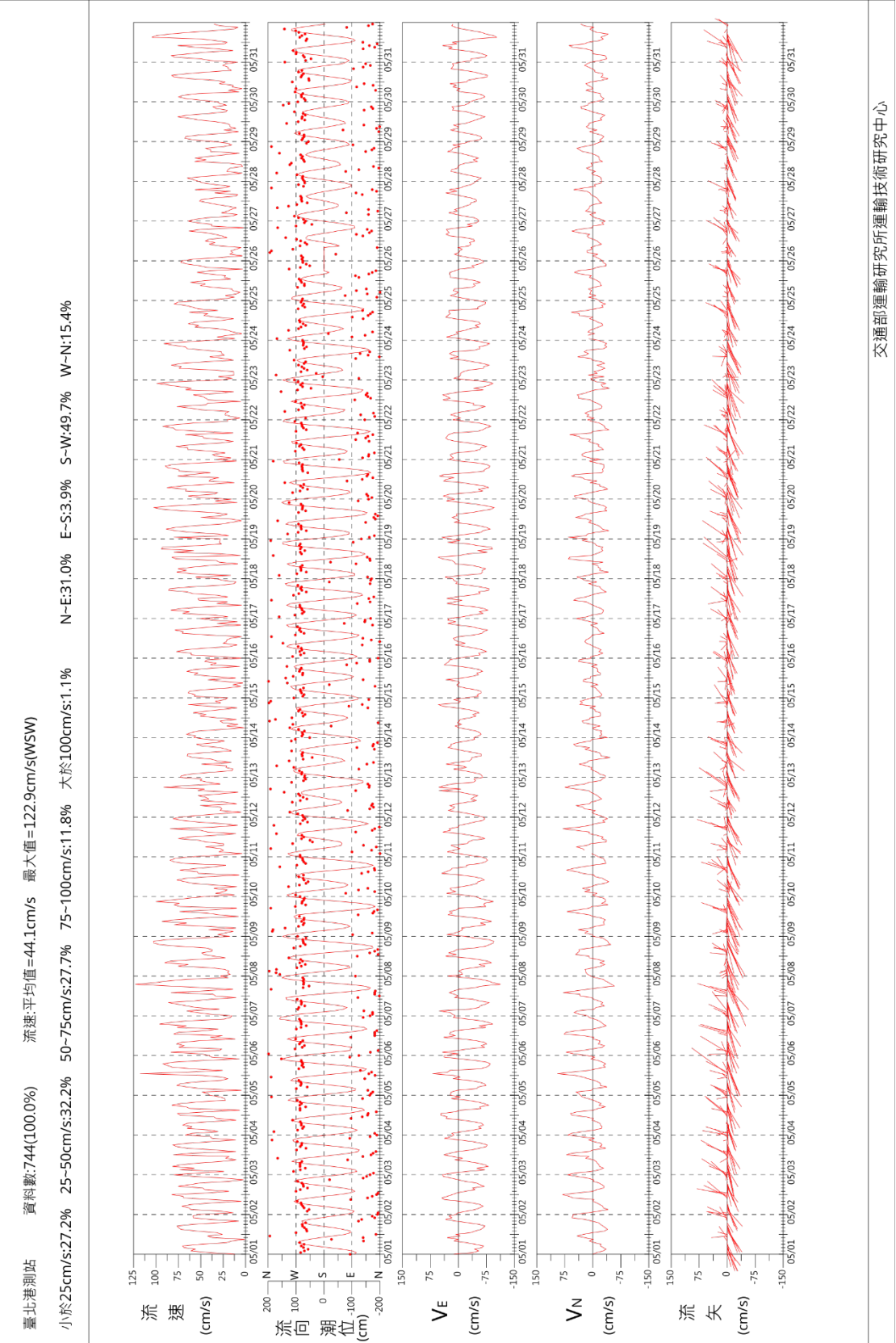


圖 2.50 臺北港資料浮標 2023 年 05 月海流時序列圖

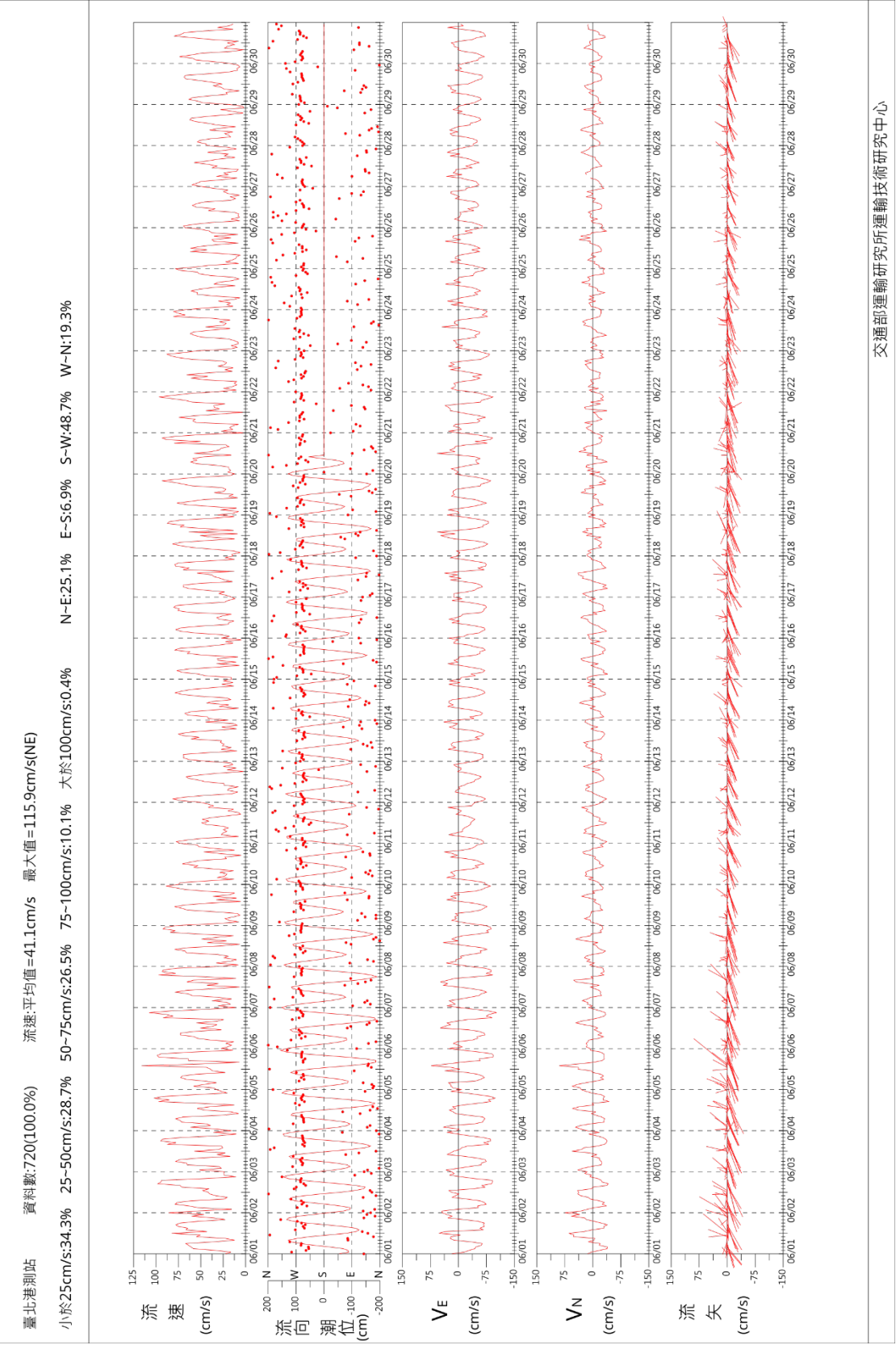


圖 2.51 臺北港資料浮標 2023 年 06 月海流時序列圖

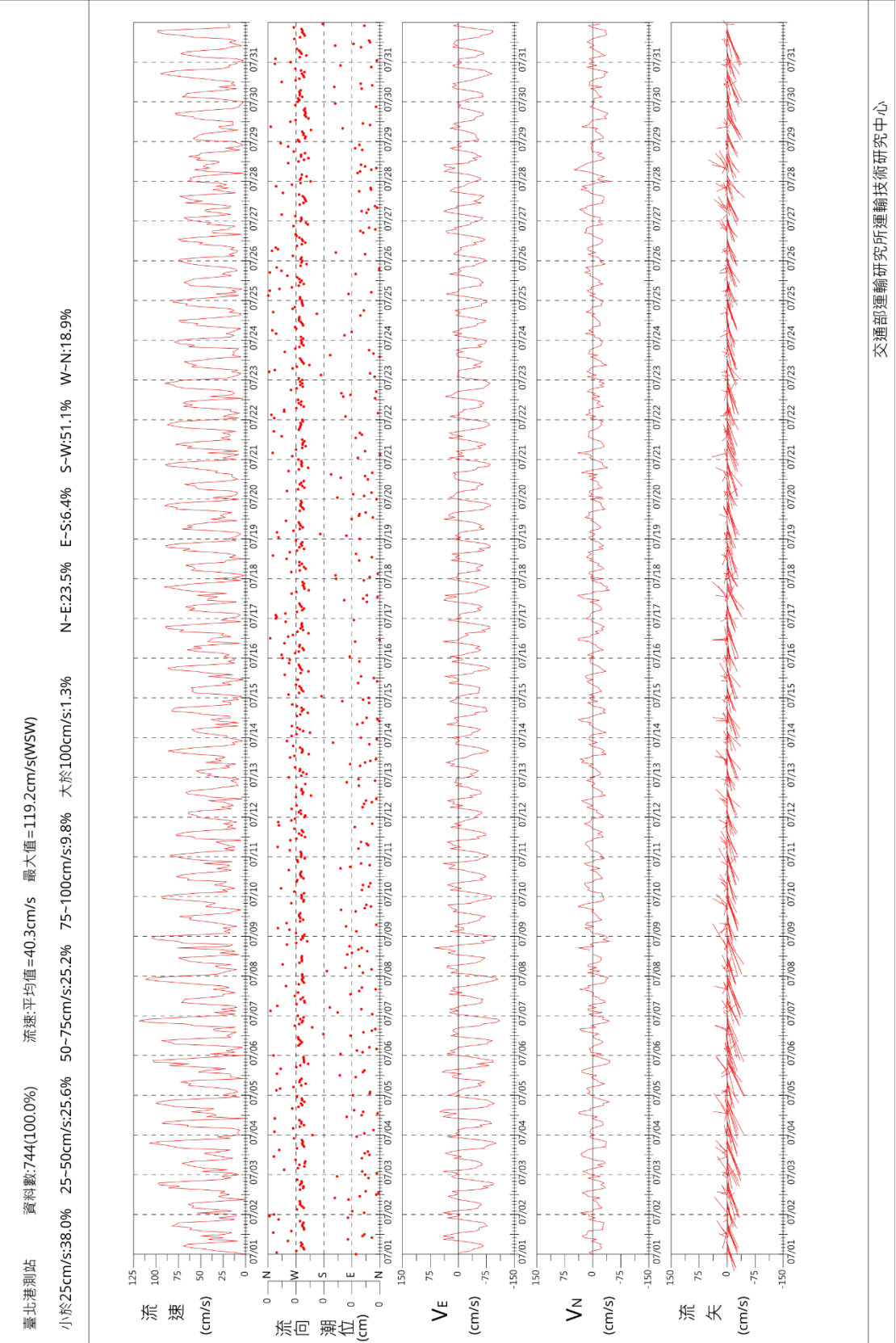
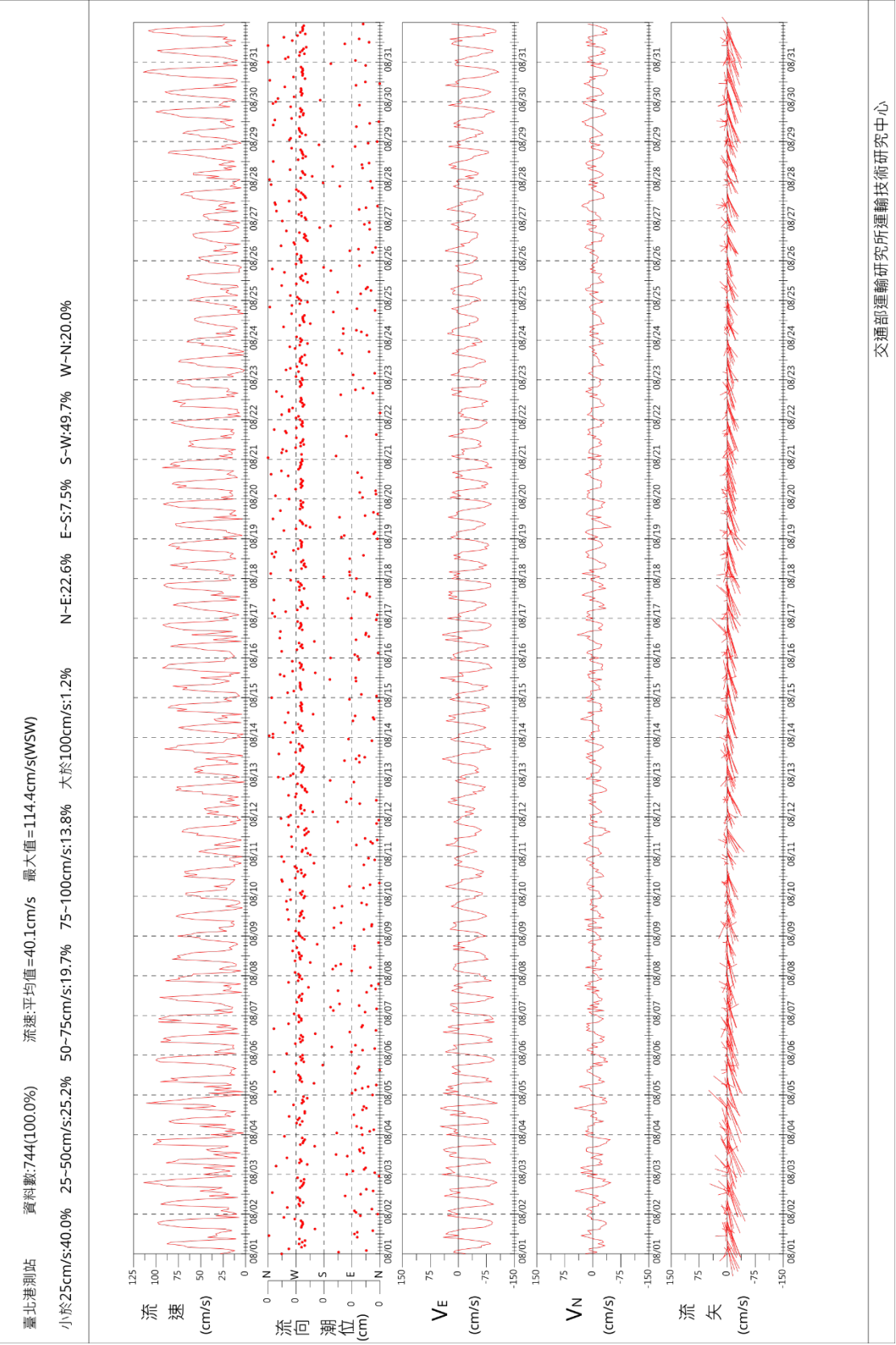


圖 2.52 臺北港資料浮標 2023 年 07 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.53 臺北港資料浮標 2023 年 08 月海流時序列圖

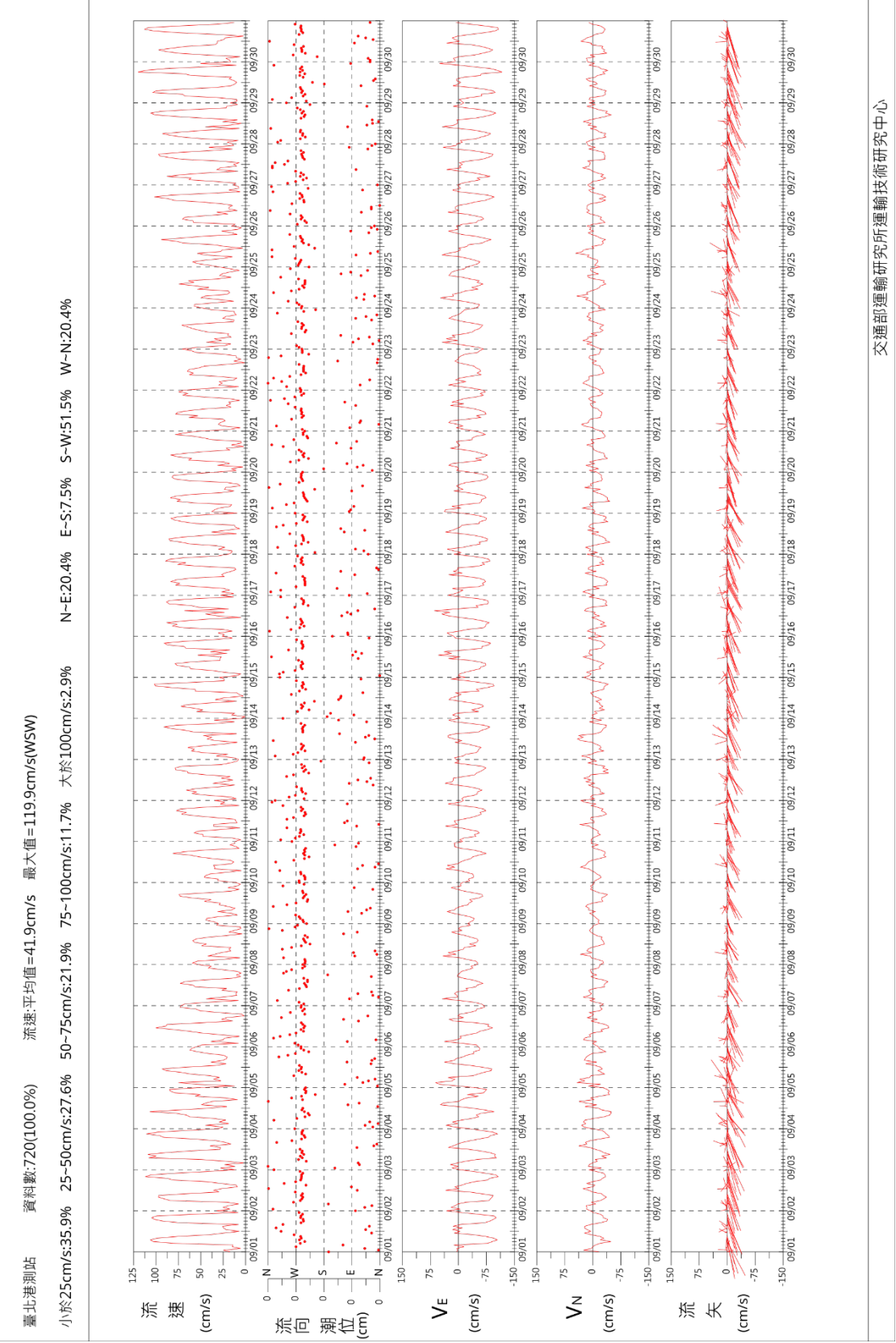
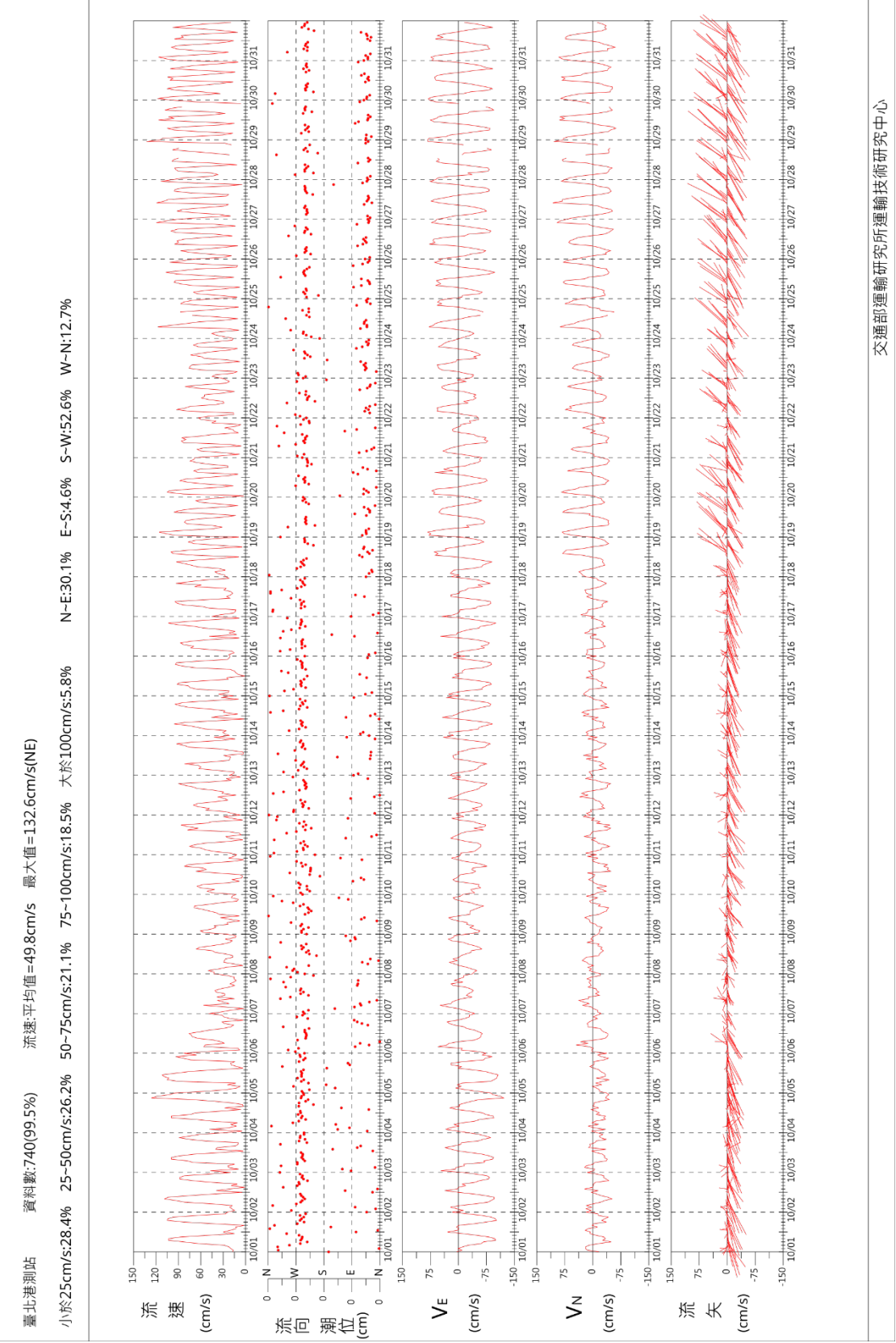


圖 2.54 臺北港資料浮標 2023 年 09 月海流時序列圖



交通部運輸研究所運輸技術研究中心

圖 2.55 臺北港資料浮標 2023 年 10 月海流時序列圖

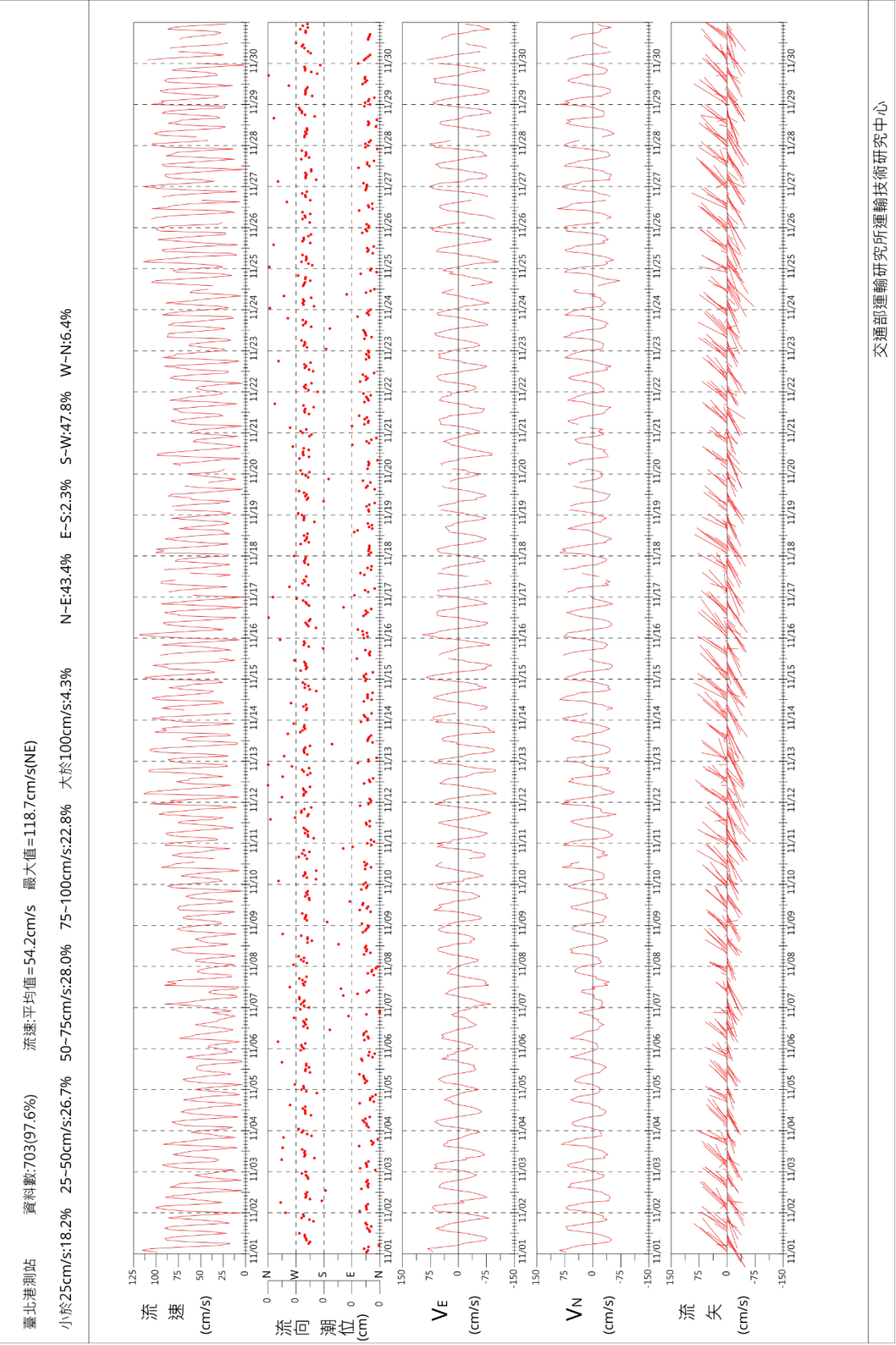


圖 2.56 臺北港資料浮標 2023 年 11 月海流時序列圖

2.5 小結

臺北港在季節的特性上十分明顯，由外海觀測樁 AWAC 波流及臺北港資料浮標波流資料得知其趨勢相近，在波浪觀測資料，兩測站之觀測資料如春夏季時大多波高較小，秋冬季時大多波高較大，所以波向也分別集中在北北東與北向為主，海流的部分，兩測站其海流變化趨勢相近，統計期間全期流速平均值也相近，流向以四方位來劃分，主要為東北(N~E)向與西南(S~W)向，但本年度外海觀測樁測站之蒐集率仍較不佳，相關資料仍應持續蒐集，方能得知該海域之海象特性。

第三章 臺北港微波雷達觀測系統

各種不同頻段的雷達皆有其特性，例如 wera 高頻雷達(WavE Radar, WERA)需要大範圍的場域才能建置測站，因其為場址配置(site geometry)接收(Receiver)及發射(Transmitter)天線需要一定間隔，而其觀測範圍根據設置地點及系統配置觀測範圍可達 200km 之遠，國內臺灣海洋科技研究中心(Taiwan Ocean Research Institute)也於臺灣四周設置岸基地波雷達測流系統 CODAR (Coastal Ocean Dynamics Application Radar)，雷達觀測系統的建置有許多的前置工作需要考量，包含測站建置地點的選擇、觀測標的範圍、維護上的考量等等，臺北港微波雷達系統則採用 X 頻段目前申請頻段為(8-12.5GHz)並於 2021 年度 7 月完成建置工作，期間歷經多次的會議協商及建置地點的勘查及許多夥伴的協助才得以完成，實屬不易，本章將說明相關建置過程及使用介面之資訊。

3.1 微波雷達觀測系統建置

臺北港微波雷達系統採用古野(Furuno)全天候彩色自動避碰雷達，其測量原理係透過發射雷達波後，蒐集入射的雷達波波長與海水表面波長產生布拉格散射之強烈的反射回波，利用波譜或影像處理等方法分析回波強度分布灰階值，以獲得海面回波之向量波數與角頻率關係，並利用波浪分散關係式推求海面包括波浪之週期、波長、海表面之流速、流向等資訊，雷達觀測資料的蒐集係由海面回傳之反射訊號進入雷達測站主機，透過電信網路將資料傳回主控中心，後端再經由計算軟體推算所需之數據。微波雷達架設地點位於臺北港港區內，雷達架設位置及佈設之室外天線與機櫃，如圖 3.1 所示。

考量臺北港外海皆有本所設置波流觀測設備，故微波雷達架設位置，特別選觀測範圍可涵蓋臺北港浮標測站及臺北港底錠式波流儀測站之位置，雷達天線設置於 6 公尺高不鏽鋼鐵塔，加上胸牆高度天線約置放於高度 12 公尺至高處，並以紅白油漆防鏽處理，安裝後再以不鏽鋼索穩定加固，並採用不鏽鋼走線管做線路配置，如圖 3.2 所示。



圖 3.1 波雷達架設地點、機房與天線位置示意圖



圖 3.2 機房與不鏽鋼鐵塔架設位置

3.2 微波雷達系統設備

微波雷達設備包含雷達天線、不銹鋼鐵塔、貨櫃型機房、訊號擷取系統、電力突波保護與不斷電系統、資料儲存硬碟、分離式冷氣等設備，相關硬體設備照片如圖 3.3 所示。



圖 3.3 微波雷達系統相關硬體設備

(1) X 頻段雷達

古野牌全天候彩色自動避碰雷達：

- 槽孔型天線(Slot antenna)，天線長度 8 尺。
- 訊號發射頻率為 X 頻帶：9380MHz~9440MHz。
- 脈衝寬度：50ns~80ns。
- 脈衝重複頻率：1500Hz~3000Hz。
- 最大發射功率：25kW。
- 平均功率：2.2W~5.25W。
- 天線轉速：24rpm~48rpm。
- 電源供應器為輸入 110VAC，輸出 24VDC。

(2) 訊號擷取系統(雷達控制、取樣及輸出處理器)

機箱式 4U 伺服器電腦：

- 處理器：INTEL Core i7，8 核心處理器。
- 記憶體：DDR4 - 64GB。
- 固態硬碟：PCIe M.2 - 2TB。
- 電源供應器：650 W。
- 雷達訊號擷取卡：ATS9440 - 14 bit、125 MS/s、4 channel。
- 作業系統：Linux Ubuntu 64-Bit。
- 22 吋 LED 螢幕、無線鍵盤滑鼠組等相關配件。

(3) 電力突波保護與不斷電系統

APC 機架式在線式輸出電源 UPS：

- 功率容量：1500 VA。
- 網路功能：AP9640 網路管理介面卡。

(4) 雷達觀測站機房

20 呎標準全新貨櫃屋：

- 尺寸：20 呎長×8 呎寬×8.5 呎高。
- 空調：分離式變頻冷氣(2 噸)。
- 照明：LED 日光燈管(40W)兩支。
- 場址整地、基礎高架及安全防護圍籬等相關工程施作。

(5) 雷達資料分析及展示主機

機箱式 2U 伺服器電腦：

- 處理器：INTEL Xeon Gold，12 核心處理器，數量 2。
- 記憶體：DDR4 - 64GB。
- 硬碟：SAS 6TB。
- 電源供應器：1300 W。
- 作業系統：Linux Ubuntu 64-Bit。
- 22 吋 LED 螢幕、無線鍵盤滑鼠組等相關配件。

(6) 資料儲存硬碟

外接式磁碟陣列

- 儲存空間：40 TB。
- 傳輸介面：USB 3。

3.3 微波雷達觀測系統控制介面

本觀測系統以 Linux Ubuntu 為工作平臺，委託由流浪者科技有限公司以 C++與 python3 程式語言開發撰寫之觀測作業程式，並以網頁視窗化作為系統操作展示介面，以顯示系統各階段之作業程序，以及雷達回波訊號之計算區域的波高、週期、波向、波長、正規化一維波譜與流速流向等資訊。因此，完整系統所需之軟體為：Linux Ubuntu 64bits 作業系統、C++開發程式、Python3 開發程式、資料擷取卡驅動程式、Apache 網頁服務器、DjangoWeb 框架、PostGIS、PostgreSQL 資料庫、Javascript、MQTT。

本所建置之波流監測雷達系統為自動化觀測系統每次擷取 128 張雷達回波訊號，觀測間隔為 20 分鐘 1 次，其作業流程如圖 3.4 所示。

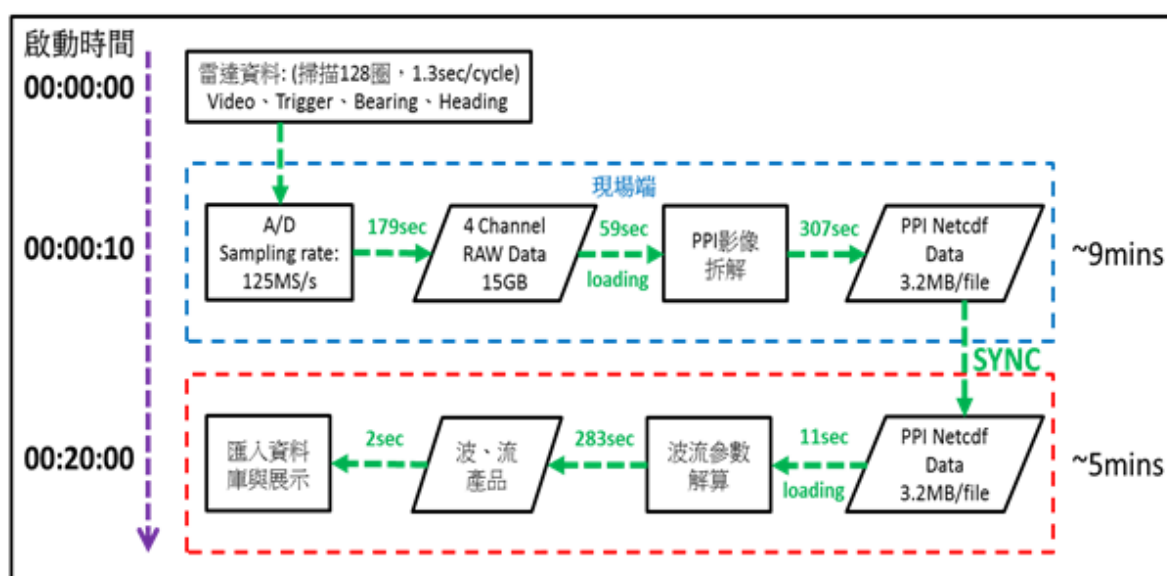


圖 3.4 雷達遙測系統作業流程圖

系統採用網頁伺服器進行雷達資料監控，伺服器端採用 Ubuntu、Nginx、Python、PostgreSQL 等開源架構與軟體套件、網頁前端則以

Html、CSS、JavaScript 等元素進行開發，主要任務為介接硬體訊號後續分析工作，並實現遠端系統監控及時、空間中的資料檢索。微波雷達觀測系統登入畫面如圖 3.5 所示。控制系統介面操作相關內容介紹如下：

- 登入頁面

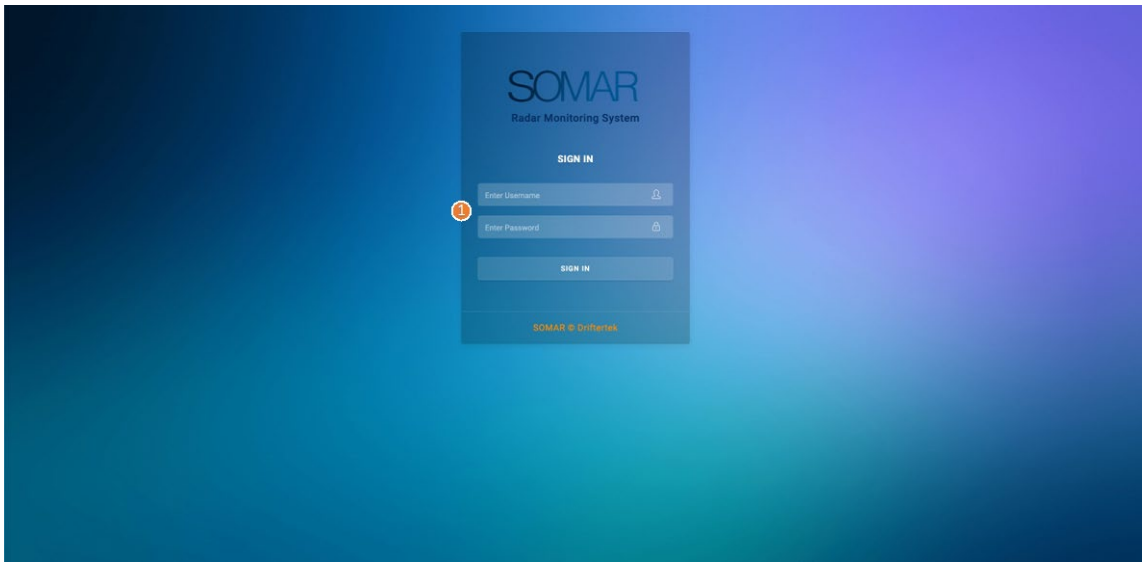


圖 3.5 雷達遙測系統登入畫面

- 系統狀態儀表板

系統狀態儀表板，如圖 3.6 主要監控雷達硬體設備的使用狀況，選單欄如圖 3.7：系統狀態儀表板(System - Dashboard)、雷達系統監控(System - Control)、空間資料頁面(Data - Spital)、圖片瀏覽頁面(Data - Images)及使用者登出(User - Logout)



圖 3.6 雷達遙測系統狀態儀表板

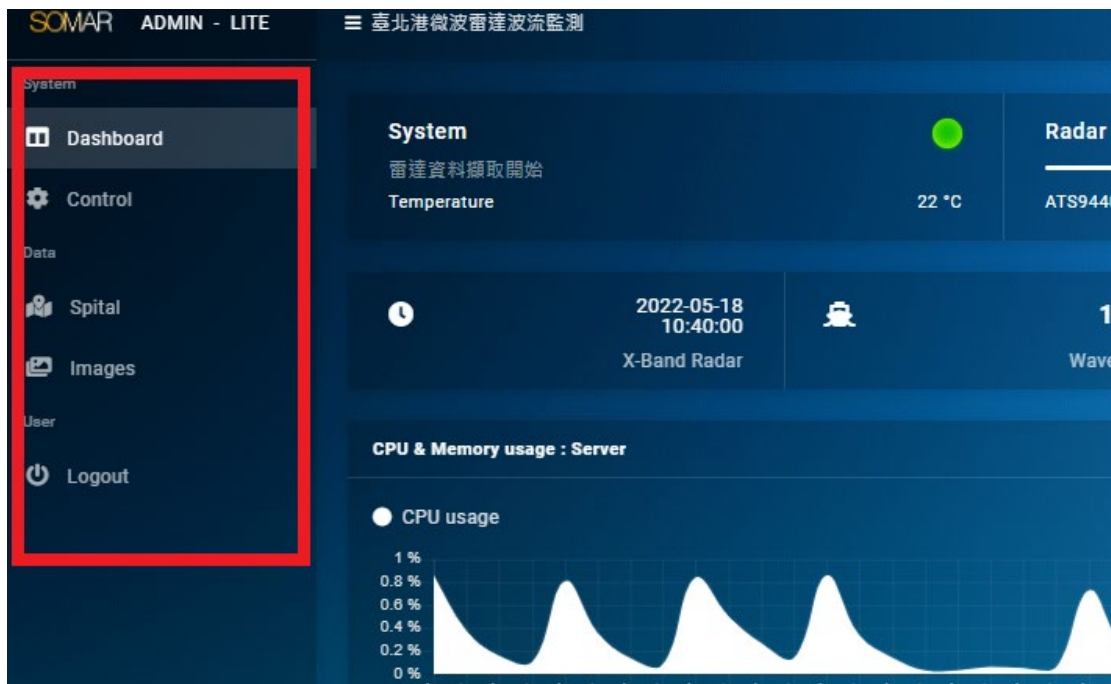


圖 3.7 選單欄畫面(框框位置處)

系統資訊欄包含系統(System)狀態、環境溫度(Temperature)、雷達(Radar)系統狀態、伺服器(Server)狀態及不斷電系統(UPS)電池電量資訊，如圖 3.8 所示。

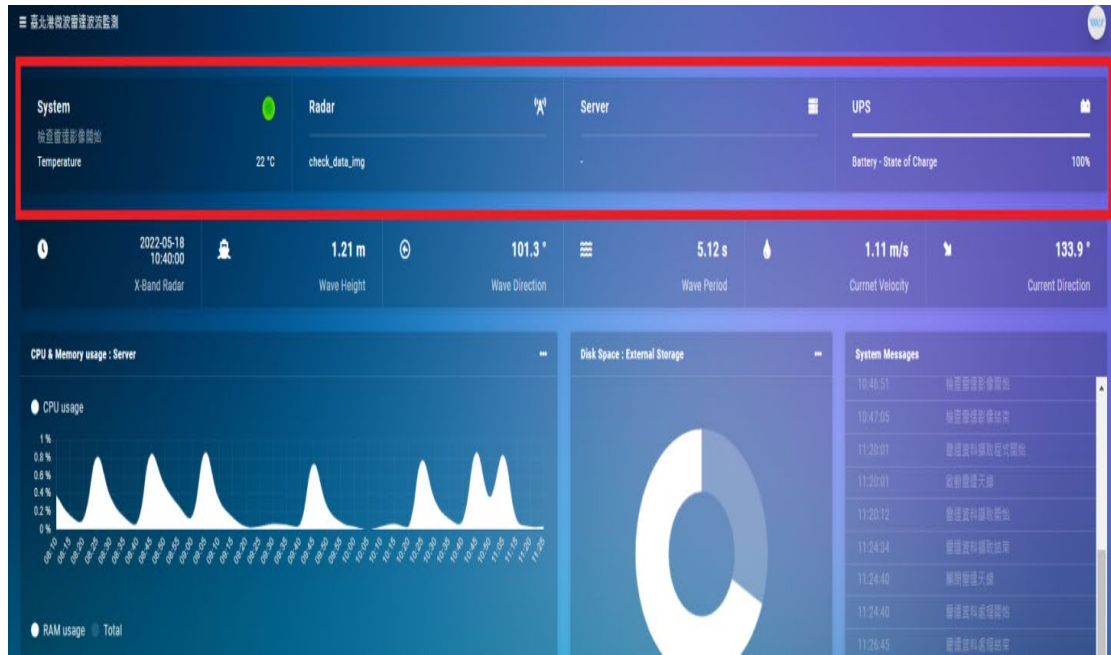


圖 3.8 系統資訊欄畫面(紅框位置處)

其他資訊畫面則包含微波雷達最新觀測資訊：時間、示性波高(Wave Height)、主波向(Wave Direction)、波浪週期(Wave Period)、流速(Current Velocity)、流向(Current Direction)、系統資源負載(CPU & Memory usage)監測、系統硬碟空間(Disk Space)監測及系統作業訊息(System Messages)監控，如圖 3.9 所示。



圖 3.9 其他系統資訊欄畫面

- 雷達系統監控

雷達系統(Radar System)狀態、雷達系統作業模式啟動/停止按鈕(Control Button)、雷達觀測資料回波影像，如圖 3.10 所示。

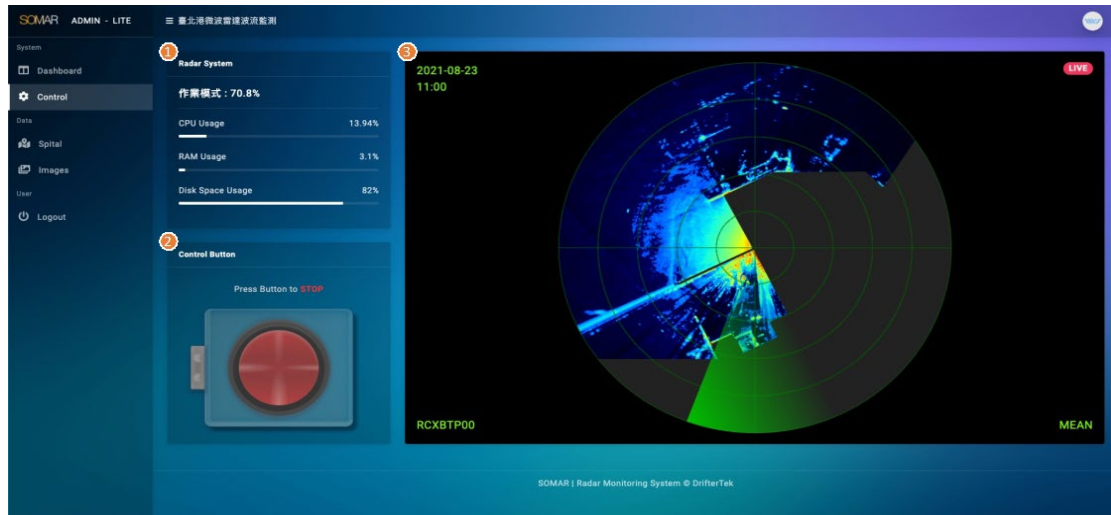


圖 3.10 雷達系統監控資訊欄畫面

3.4 微波雷達觀測系統展示介面

雷達遙測系統資料展示介面可獲取空間中之平面波流場資訊，如圖 3.11，可以即時獲取波高、週期、波向、流速、流向等資訊，平面波流場之畫面並繪製儲存為平面等波高圖，如圖 3.12，平面流場流矢圖，如圖 3.13，展示介面亦可由使用者直接選取關注網格之資料資訊，並於觀測範圍中涵蓋本所其他測站之圖標，方便選取資料(可在系統內選取點位)。

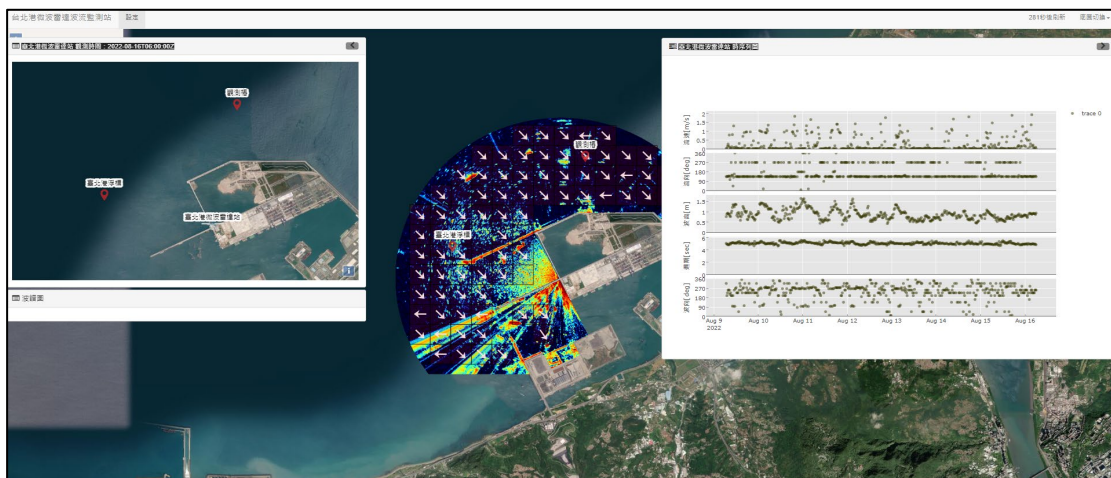
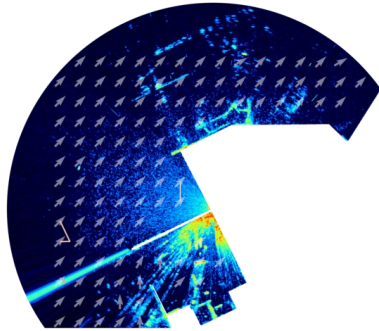


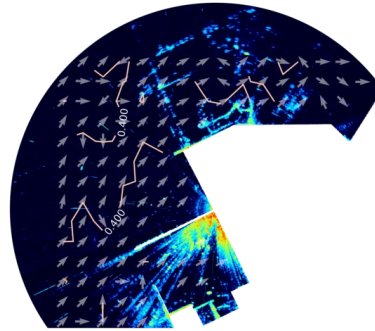
圖 3.11 微波雷達遙測系統資料展示介面

2021/08/01

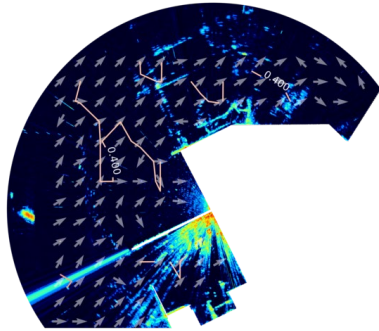
00:00



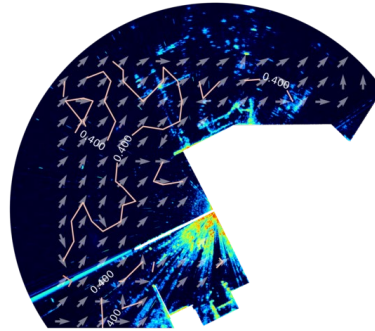
03:00



06:00



09:00



12:00



15:00

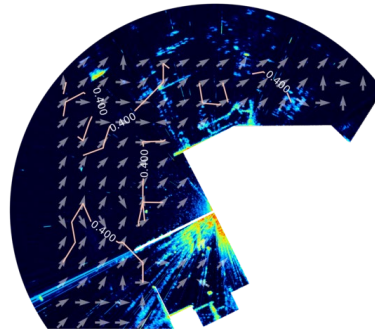
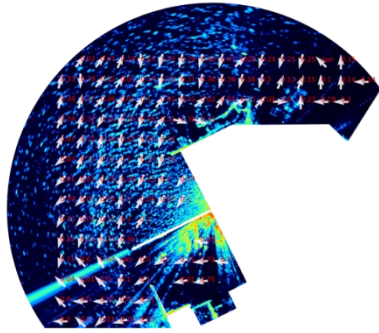


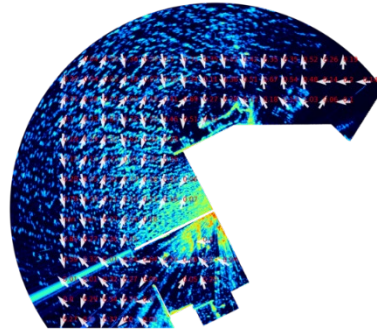
圖 3.12 微波雷達平面等波高圖示意圖

2021/07/23

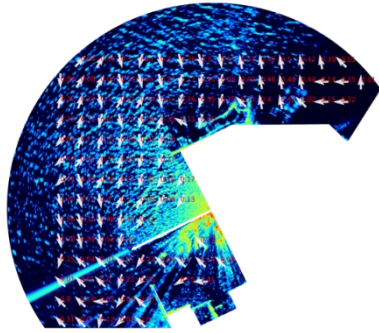
00:00



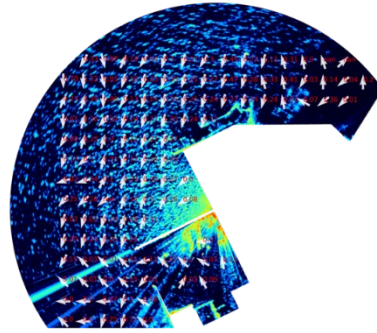
03:00



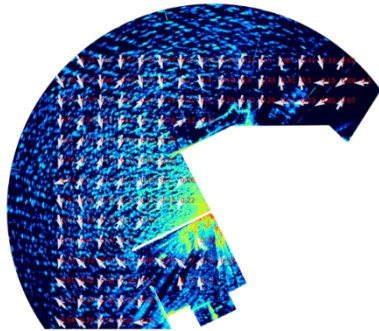
06:00



09:00



12:00



15:00

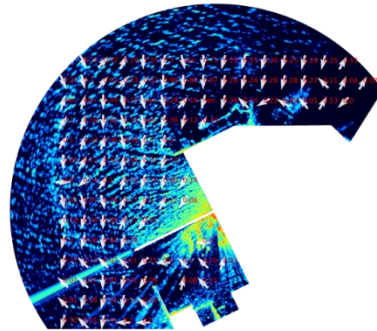


圖 3.13 微波雷達平面流場流矢圖示意圖

第四章 臺北港微波雷達觀測優化

雷達回波方式主要可以根據回波目標物之表面粗糙度特性分為反射與背向散射，反射包括鏡面反射與多重反射(Wright, 1968; Bass et al., 1968; Wright, 1966)，而反射之目標物截面積與目標物材質特性有關，若目標物截面積越大回波強度就越強。不同的目標物材質有不同的介電係數，其介電係數與目標物之導電度與電容有關，若導電度與電容越高，其介電係數越高。例如空氣之介電係數接近 1，且為電磁波傳遞之介質時，當目標物為金屬時，其介電係數為最高且反射程度最好。若目標物為海水時，其反射程度因較低之介電係數，呈現低程度之反射(魏世聰，2012)。

X 波段海洋雷達通常以低掠角(grazing angle)對海面發射電磁波，其中可觀測之範圍則為掠角(θ_n)之 1 至 10 度(如圖 4.1 所示)為最佳之設定(Rino and Ngo, 1998)。所觀測到的背向散射(backscatter)回波主要由布拉格共振(Bragg resonance, Young et al., 1985)產生，方式為雷達發射之電磁波與高频重力-毛细波(gravity-capillary waves)之間的相互作用，後者則來自重力和表面張力之影響而產生。然而電磁波在觀測時，以不同掠角入射，亦會造成不同的布拉格散射強度之差異回波。該差異一為電磁波無法穿透水體所造成之陰影(shadow)區域(如圖 4.1 所示)。或該差異另一來自於入射波作用於海面重力波之波形位置之不同，而產生自入射點法線(n 向量)方向之反射方向之差異(如圖 4.2 所示)，使其在訊號接收端獲得不同的反射回波強度值。

因此，在一個雷達掃描觀測週期(約 1-2 秒)，雷達回波的強度影像代表海面粗糙度的空間分布，並配合背向散射訊號傳遞之相位變化，即可藉此推算海面波高、週期、海面與風速場之分佈。就已觀測達 1 年以上之雷達資料，本計畫將探討影響雷達觀測之影響因子以及雷達資料與現地海氣象觀測之比較，予以探討後續可改善或優化的資料處理與分析程序。

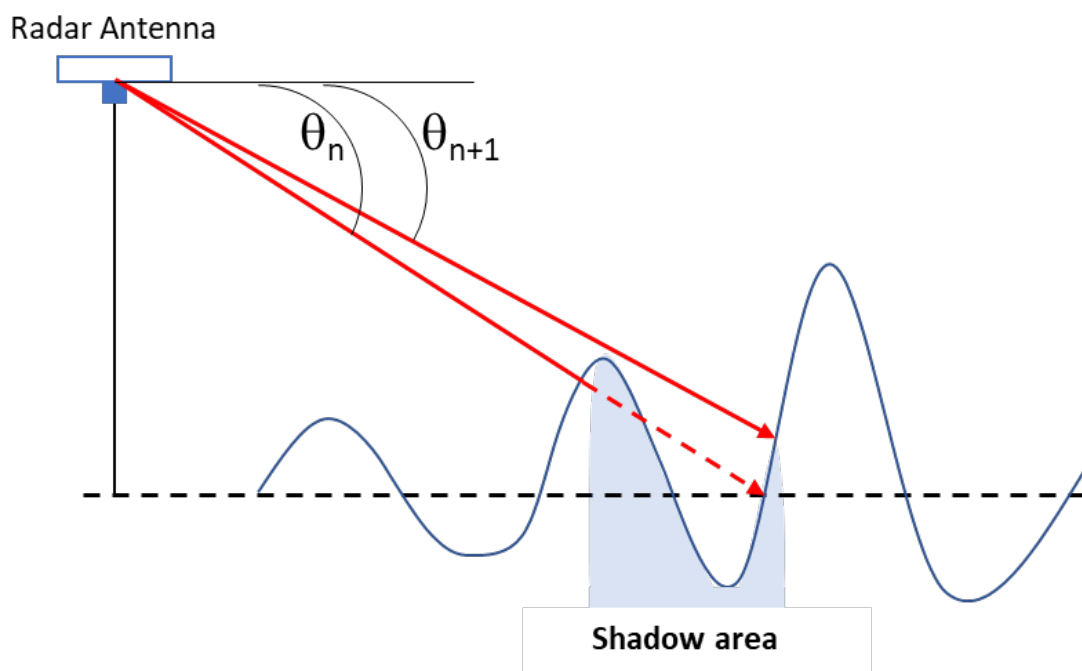


圖 4.1 雷達波掠角(θ_n)及海面重力-毛细波之觀測示意圖

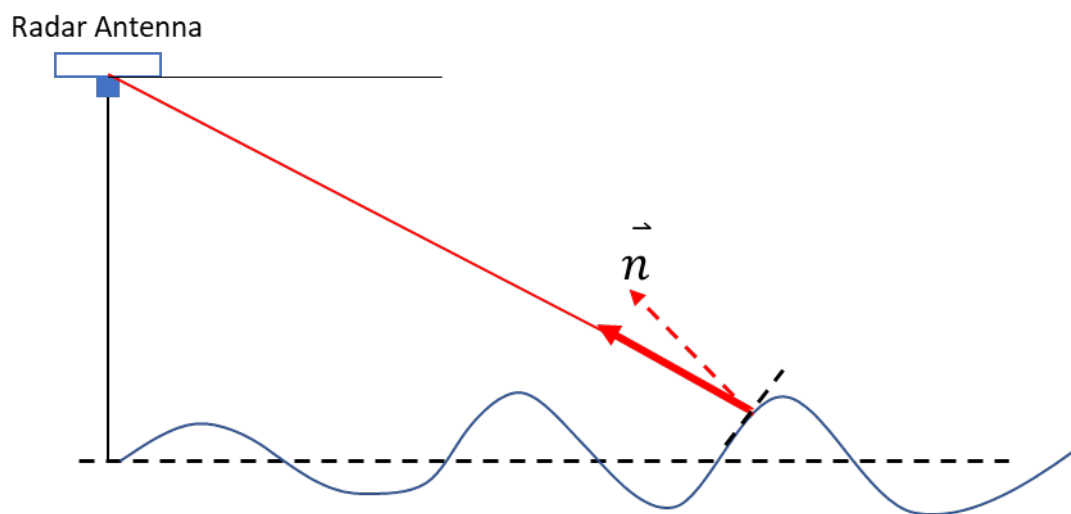
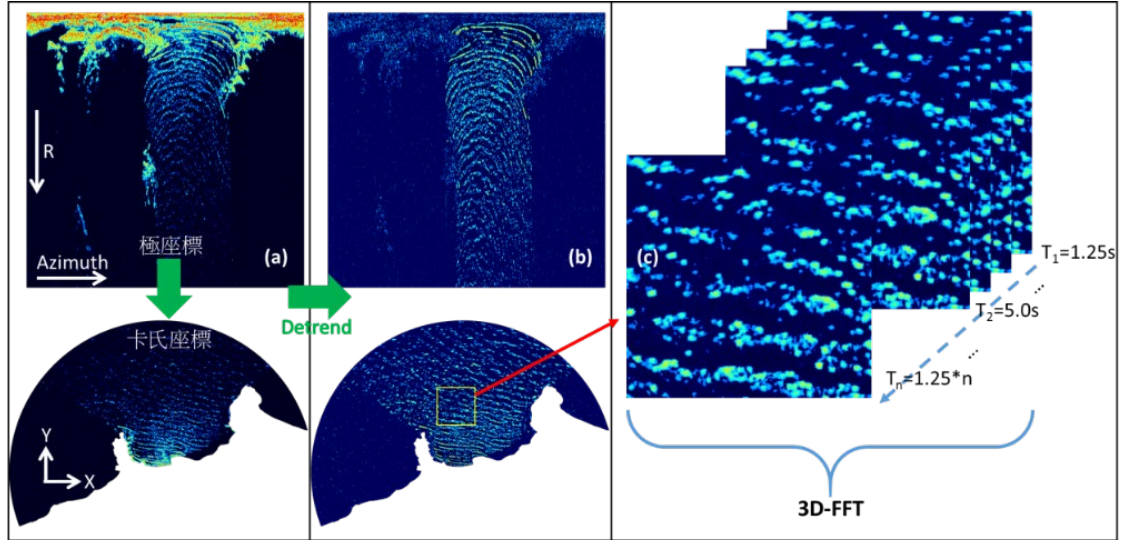


圖 4.2 雷達波入射波自海面波形法線(虛線)之反射波(實線)圖

4.1 微波雷達觀測與反演

本計畫依據 Borge et al. (2004; 2008)以及鄭皓元(2017)之雷達回波訊號反演程序，計算波高、週期及流向等參數，其資料處理程序如圖 4.3，分析演算流程如圖 4.4 所示。其中圖 4.3 中雷達觀測之時間與空間的海面雷達回波強度已先存取為極座標資料，並依序先將其雷達回

波結果進行卡氏直角座標轉換，但由於雷達回波受距離衰減效應的影響，因此，利用二次式或自然對數函數進行能量衰減趨勢之移除。



註：(a)極座標轉卡氏座標；(b)去除趨勢衰減後之結果；(c)雷達觀測範圍內某一區域之時空3維資料圖

圖 4.3 微波雷達資料處理程序

此外，對目標海面擷取時空集合影像進行後續分析。其中波高推算方式為基於雷達獲得訊噪比(SNR)與現場觀測波高間之關係，在此將利用波浪浮標資料當作標準，訊噪比(SNR)計算公式如式(4.1)至(4.8)所示，其中式(4.1)為 $F_W(k, \omega)$ 三維波數譜，此係由 Nieto-Borge 等人(2004)提出關於調制轉換函數的經驗式，為利用過濾後的波浪分散關係譜 $F_F(k, \omega)$ 定義之波浪能量範圍與調制轉換函數 $MTF(k)$ 的內積，如式(4.1)；並經由積分 $F_W(k, \omega)$ 三維波數譜獲得無波浪傳遞方向模糊的二維波數譜 $F_W(k)$ ，此二維波數譜與訊噪比成正比關係，如式(4.2)。

$$F_W(k, \omega) = F_F(k, \omega) \cdot MTF(k) \dots\dots\dots(4.1)$$

$$F_W(k) = \int_{\omega_{th}}^{\omega_{Ny}} F_W(k, \omega) d\omega \propto SNR \dots\dots\dots(4.2)$$

其中依據鄭皓元(2017)於開闊海域進行訊噪比(SNR)反演波高之計算，修正示性波高與訊噪比開根號的方程式(4.3)，其中 C_0 與 C_1 為微

波雷達安裝後的校準常數，可以觀測波高(H_s)之自然對數進行 SNR 之回歸求得 C_0 為 13.2 與 C_1 為 3.6。修正後之回歸值與觀測波高之相關係數，則以自然對數修正公式較佳，約為 0.67; 式(4.3)之相關係數則為 0.42。因此，反演波高採取以自然對數修正公式，為本計畫之波高計算依據。

$$\ln(H_s) = c_0 + c_1 \sqrt{\text{SNR}} \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

根據 Nieto-Borge 等人(2008)定義的訊噪比方程式，如式(4.4)， Ω_{kw} 為波訊號成分， Ω_{BNG} 為背景雜訊訊號成分， k 為波浪的波數、 ω 為波浪的角頻率。

$$\text{SNR} = \frac{\iiint \Omega_{kw} F_W(k, \omega) d^2 k d\omega}{\iiint \Omega_{BNG} F_{BNG}(k, \omega) d^2 k d\omega} \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

為此，背景雜訊譜 $F_{BNG}(k, \omega)$ 方程式，如(式 4.5)，可近似為 $F_I(k, \omega)$ 雷達影像的回波譜減去過濾後的波浪分散關係譜 $F_F(k, \omega)$ 與高階調和波浪範圍譜 $F_{HH}(k, \omega)$ ，其中 HH 表示為 High Harmonic spectrum。

$$F_{BNG}(k) \cong F_I(k, \omega) - F_F(k, \omega) - F_{HH}(k, \omega) \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

後續利用於分散關係式基礎，建立圖像波譜，再透過調製轉換函數，與對於波數角度積分，可將其轉換為波浪譜，如(式 4.6)。

$$F(\omega) = \int_0^\infty F(\omega, \theta) d\theta \quad \dots\dots\dots(4.6)$$

透過波浪譜對於角頻率積分，如(式 4.7)，能獲取波浪的零階矩頻譜與波浪的二階矩頻譜，最後利用波浪頻譜分析的(式 4.8)，能獲得波浪的 T_{m01} 與 T_{m02} 週期。

$$m_n = \int_0^\infty \omega^n F(\omega) d\omega \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

$$T_{m01} = \frac{m_0}{m_1}, \quad T_{m02} = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad \dots\dots\dots(4.8)$$

此外，流速運算方式參考陳銘誼(2021)利用水深與海流的分散關係式，式(4.9)所示，透過描述波動於時間重現性(週期 T)與空間重現性(波長 L)的關聯，以及雷達圖像同時包含時間與空間資訊、水深 h 與流速 u 的特性，利用三維傅立葉轉換分析(3D-FFAT)，並以分散關係

式作為濾波器將波浪訊號以及雜訊分離，並回歸三維頻譜，最大限度接近描述波浪的分散關係，求得海流與水深。

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kh)} + \vec{k} \cdot \vec{u} \dots\dots\dots(4.9)$$

圖 4.4 說明雷達資料分析處理流程，經由採集海面雷達反射訊號，雷達訊號由極座標、卡式直角坐標轉換，去除衰減趨勢，再利用帶有流速控制向的影響之分散關係式運算，與子影像的時空集合進行三維傅立葉轉換後(3D-FFT)，能求得能量於波數與頻率分布之集合。

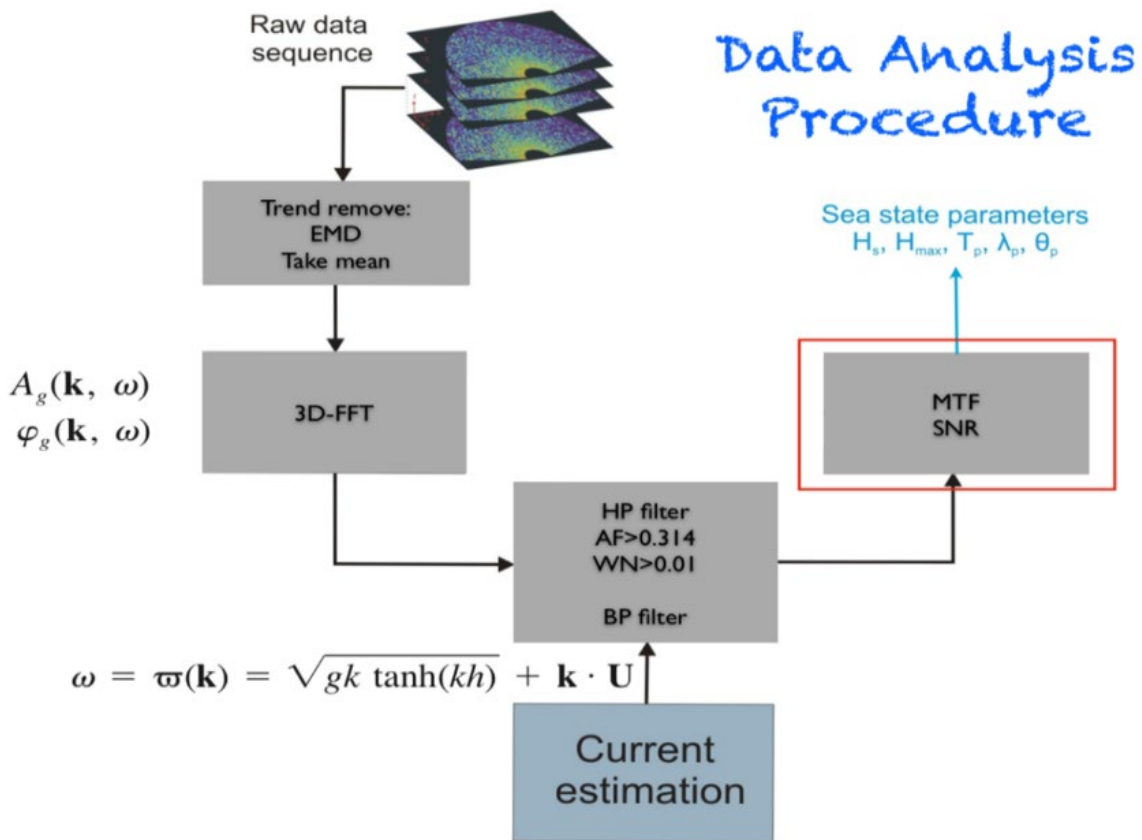
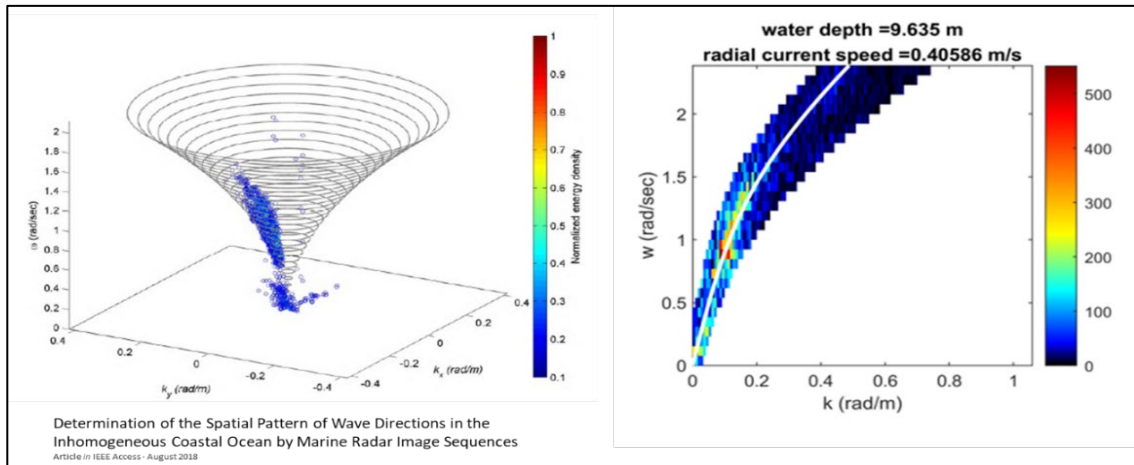


圖 4.4 雷達回波訊號分析波浪流程圖

圖 4.5 說明傳統 X-band 雷達最為常見估計地形水深及海流的方法，分散關係殼層演算法，能用以各種不同的擬合或計算方式得出水深與海流，陳銘誼(2021)所述水深對於分散關係殼層的低頻訊號影響較大，流速則對殼層的高頻訊號影響較大，三維波數-頻率譜與分散關係式的回歸結果，如圖 4.5 所示，。



資料來源：引自陳銘誼，2021

註：左圖為三維波數與頻率譜圖；右圖為分散關係式回歸結果

圖 4.5 三維波數與頻率譜及分散關係式回歸圖

4.2 微波雷達觀測之影響因子

4.2.1 觀測位址與挑戰

臺北港雷達站所處的位置在海象觀測上具有相當的挑戰性。首先，本站開始於 2021 年 8 月進行觀測，但是臺北港仍正在建設其港區及北防波堤之延伸段(如圖 4.6)。2022 年 8 月時該延伸段已正在建築中，靠近北防波堤之港區亦進行填土作業。在此期間，車輛及海面工程作業船隻亦於北防波堤海域進行相關工程作業。然而觀測之初雷達設置位置於貨櫃儲運中心之左上角處(如圖 4.7)，該位址距北防波堤約 1 公里，並連接由東向西之防波堤，總長約為 1.2 公里。兩防波堤高約 6 公尺，雷達天線設置於防波堤以上 6 公尺處，總高度距水面為 12 公尺。

然而，觀測區域的位置受到防波堤的遮擋，因此回波會強烈反射，且具較大的回波能量，並於雷達至結構物間產生高強度回波值(如圖 4.8)。例如與雷達站連接之東西向防波堤，以及圖 4.8 下方港區及結構物等皆因較強的回波反射，顯示為紅色區域。由於防波堤等結構規模較廣且雷達安裝高度相對較低，使得雷達波無法全部發射至北防波堤外之海域。僅部分雷達波於較小的掠角角度可越過該結構物，並接收其回波訊號。而且靠近北防波堤東北區也被遮蔽，幾乎完全位於陰

影區域。且一般雷達回波可觀測範圍約為 3 至 5 公里，但由於上述結構物及雷達高度之影響，使得本計畫之有效觀測範圍僅至 2 公里。

另一個影響則是在工程作業或是船舶進港作業期間，許多船隻停泊在港口區域外的雷達覆蓋範圍內。在雷達回波圖中，船舶會顯示於高反射強度的點。加上回波強度較高的條紋，在隨機徑向方向上顯示為由中心點至邊界之多個線條(如圖 4.8)。於圖 4.8 中徑向條紋回波及終於西北區之北防波堤區域，以及圖 4.8 下方之陸地結構物附近。這些干擾條紋回波可能來自其他雷達發射源，例如，港口管理單位使用固定雷達以監測船舶活動等。重要的是，這種條紋回波對中-低波高的海況有較大的影響，其干擾的強度並不隨環境條件變化，主要受雷達發射功率之影響。

因此於此環境中進行訊噪比(SNR)反演計算時，回波訊號強度因上述結構物之影響，使得該接收訊號強度小於開闊海域之結果，波高之計算則可能須重新回歸其參數。另外，其他干擾條紋則會產生不同程度之回波訊號覆蓋，使得訊號難以直接去除，而需將干擾條紋直接濾除後再計算，例如使用 3*3 像素矩陣的卷積濾波(convolution filtering，參見 Chen 和 Huang, 2020)。

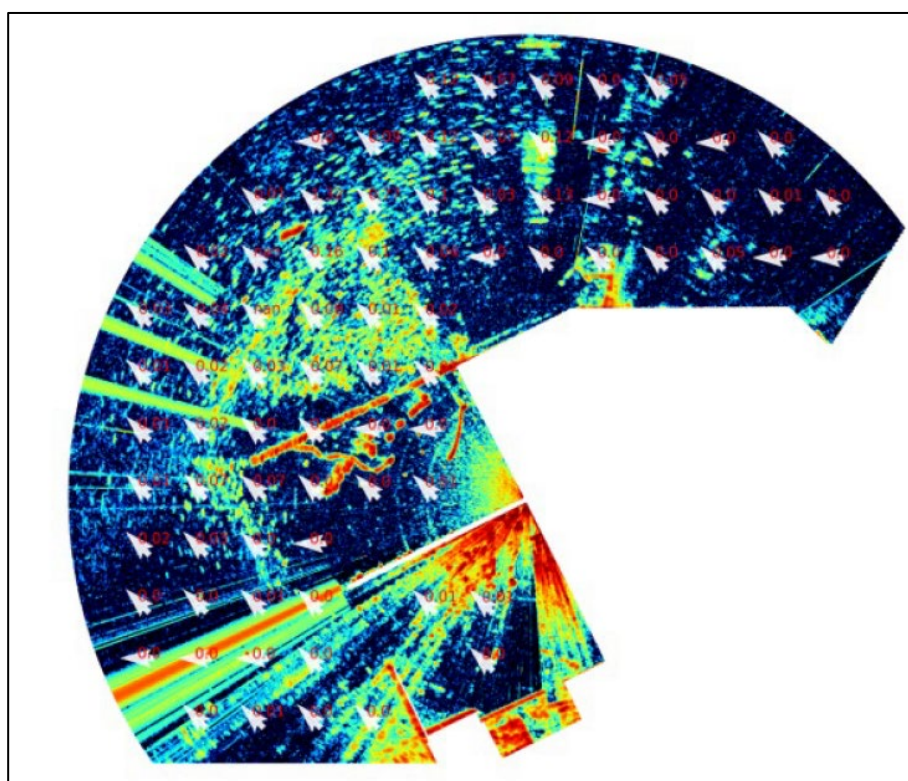


註：左圖為 2021-08-10 及右圖 2022-08-05；圖中外海亮點為船舶之反射訊號圖

圖 4.6 Sentinel-1 合成孔徑衛星拍攝臺北港



圖 4.7 臺北港雷達站(紅點)、浮標及觀測樁相對位置圖



註：紅色顯示建物之高強度回波值

徑向條紋回波值分布為由中心至觀測邊界顯示相似的強度

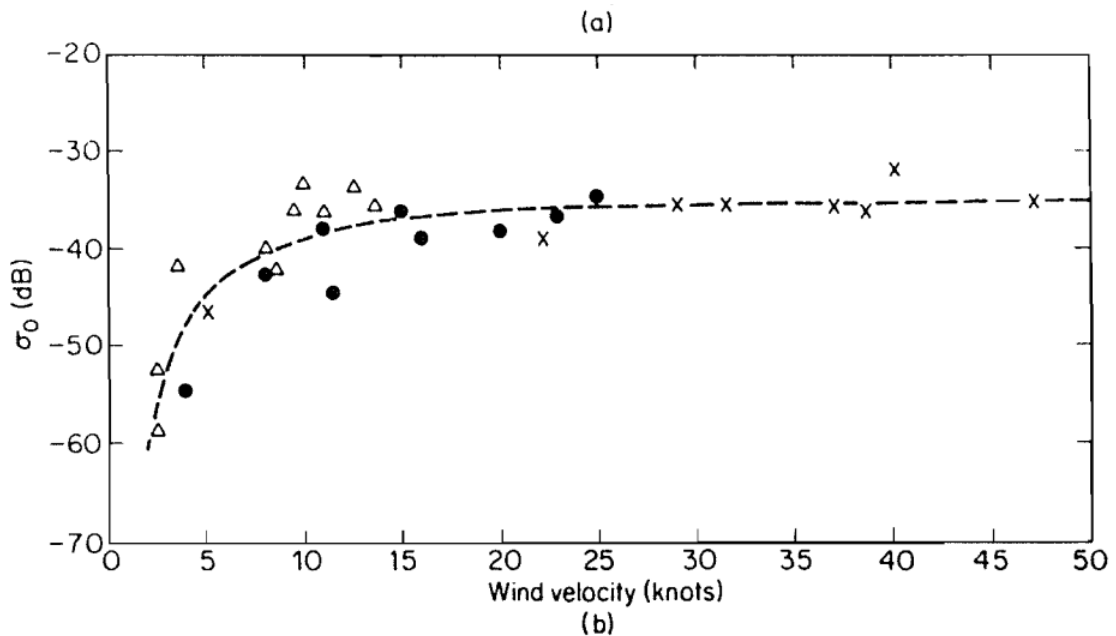
圖 4.8 臺北港站之雷達回波圖

4.2.2 氣候因素

Skolnik (1981) 闡述當風速小於 2.5 m/s (5 knot) 時，雷達波之背向散射幾乎無法作用，即無任何接收之回波能量。但在 2.5-10 m/s (5-20 knot) 時背向散射之能力隨其快速增強。但是當風速大於 10 m/s (20 knot) 時，背向散射之能力之增強則不如前者，隨風速變強能量，背向散射之能力則趨於定值，如圖 4.9 所示。圖 4.10 之左圖，則顯示雷達回波之觀測影像，各選定區域受風速小 3 m/s 之影響，使得重力-毛细波無法形成且被偵測。

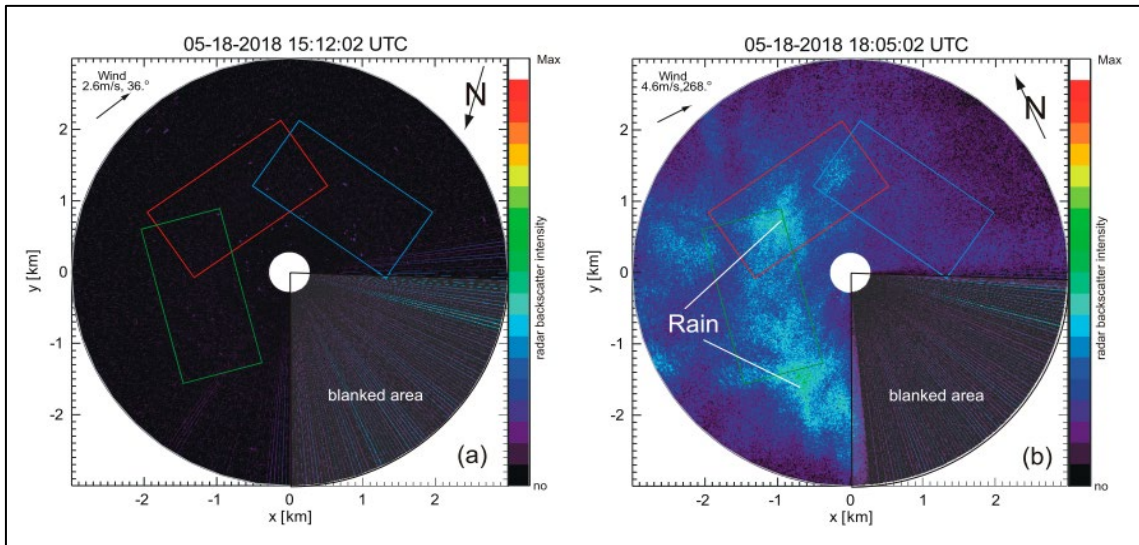
另外，由於雷達波除可偵測海面波浪上的重力-毛细波，亦可偵測到降雨或降雪之氣候因素。當觀測時之海面降雨，亦會干擾回波反射的強度(圖 4.10 右圖)。不同降雨強度亦導致覆蓋或模糊化雷達回波之強度(圖 4.11)。

因此本計畫進行雷達海象參數觀測時，已設立北防波堤外之浮標與觀測樁(圖 4.7)，同步觀測現地之波浪、海流與風速特性。作為後續比對，以及資料風速與降雨影響因素對於回波強度之分析。



資料來源：引自 Skolnik, 1981

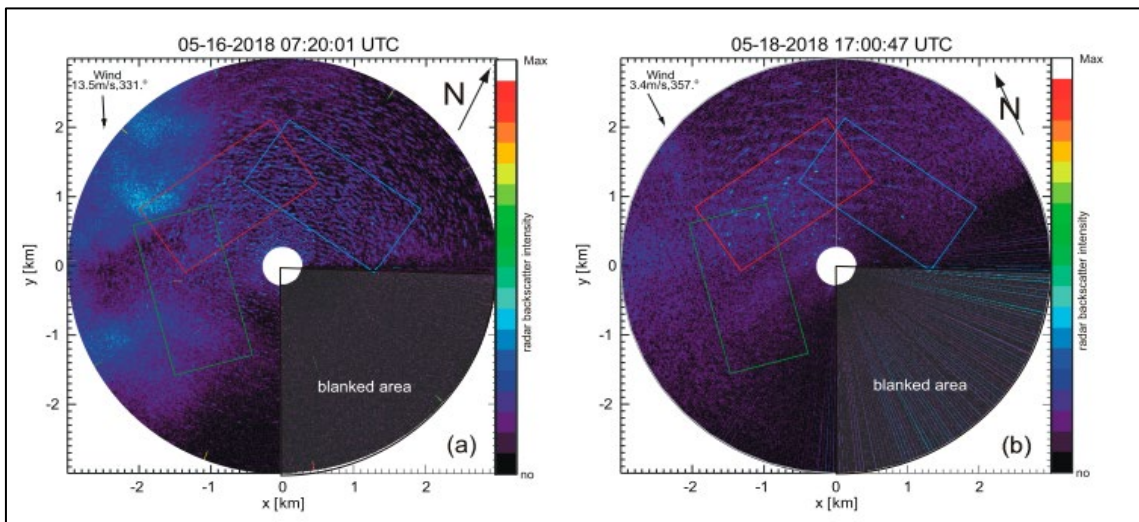
圖 4.9 風速與雷達背向散射值之比較圖



資料來源：引自 Hessner et al., 2019

註：左圖為海面風速小於 3 m/s 雷達回波圖，右圖為強降雨條件下雷達回波圖

圖 4.10 不同海面風速與強降雨條件雷達回波圖



資料來源：引自 Hessner et al., 2019

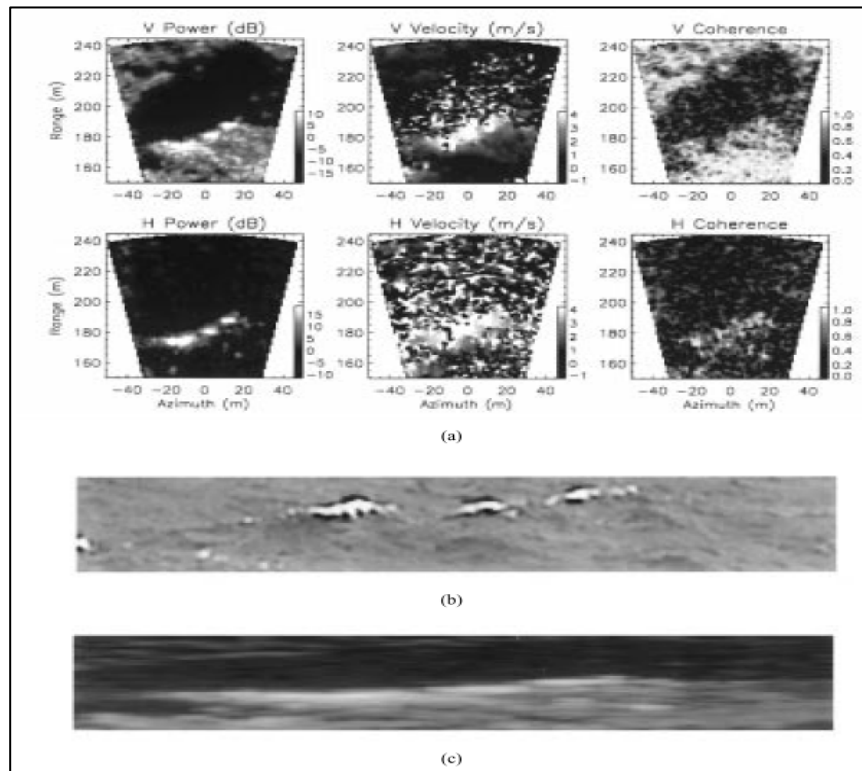
註：左圖為部分降雨掩蓋雷達回波圖，右圖為弱降雨條件下模糊雷達回波圖

圖 4.11 不同降雨強度亦導致覆蓋或模糊化雷達回波之強度圖

4.2.3 非氣候因素

當在低掠角觀測海面粗糙起伏時，雷達回波有時會呈現突波(sea-spike)的特性，其時間上不具連續性、空間上也亂數分布。若以其機率密度函數(PDF)曲線來顯雷達回波，則示呈現長尾(long-tail)現象，即為突波特性處於最低的發生機率。雷達可能將這種突波現象辨別為

移動的目標，而導致雷達回波資料處理上的誤差。目前，對於突波的產生還沒有嚴格的物理解釋。其產生的因素主要來自風向、雷達視角和偏振模式 (Posner, 2002) 或者為碎波後的白泡沫(whitecap)影響(Liu et al, 1998)，如圖 4.12 所示。而從突波的統計特徵分析(Greco et al., 2010)，可以用其能量之閾值、最小時間間隔與最小尖峰寬度等參數來辨識該現象。而這種非布拉格散射所造成的突波，在水平接收(HH)成分大於垂直接收(VV)。後續資料處理則利用上述突波的特性、其統計上的分布或是時間或空間的頻譜上，設定相關閾值以界定突波的現象。



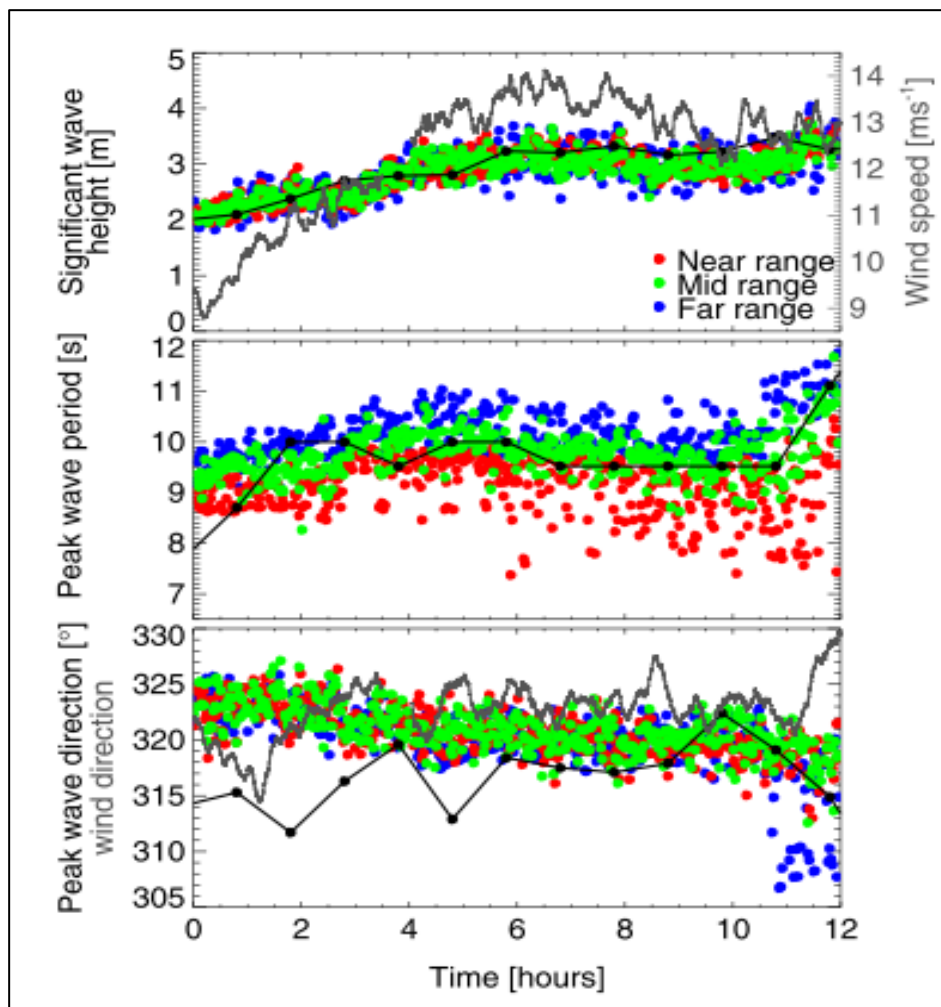
資料來源：引自 Liu et al, 1998

註：(a)突波之水平與垂直接收之雷達影；(b) 突波之光學影像；
(c) 突波之雷達影像映射至(b)的座標

圖 4.12 非氣候因素突波影響圖

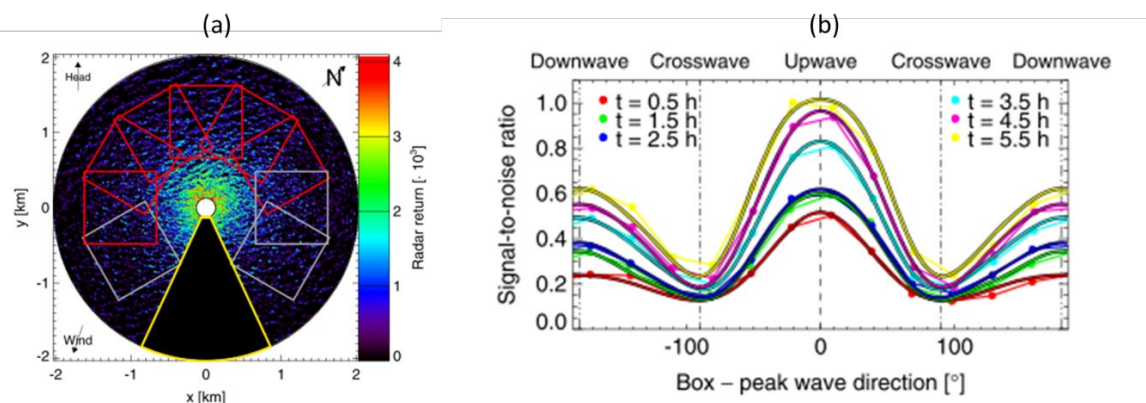
另外，當雷達觀測海象參數時，取樣之窗格(window)角度(azimuth)亦會影響訊噪比(SNR)之強弱。Reichert (1994)首次提出上述的問題，理想化的取樣方式可能使用多個取樣窗格進行分析。然而這

樣可能會受限於雷達觀測區域中障礙物的位置，再決定可適用之取樣窗格。Lund et al. (2014)則提出取樣區域之遠近與窗格角度之調查結果，窗格距雷達站之遠近與波高及波向的影響較小，但週期則因為距離較短的窗格，呈現週期變短約 10% (圖 4.13)。但是對於窗格角度，雷達波垂直於波浪來向(upwave)或波浪去向(downwave)之訊噪比(SNR)強度大於雷達波角度平行波浪(crosswave)，示如圖 4.14。由此可知，雷達設置位置與現地長期之波向角度之關係，亦可提供最適化之窗格角度的取樣。



資料來源：引自 Lund et al., 2014

圖 4.13 取樣窗格遠近與波浪條件之關係圖



資料來源：引自 Lund et al., 2014

註：(a)不同取樣窗格(紅色)角度示意圖；(b)取樣窗格角度與訊噪比(SNR)關係圖

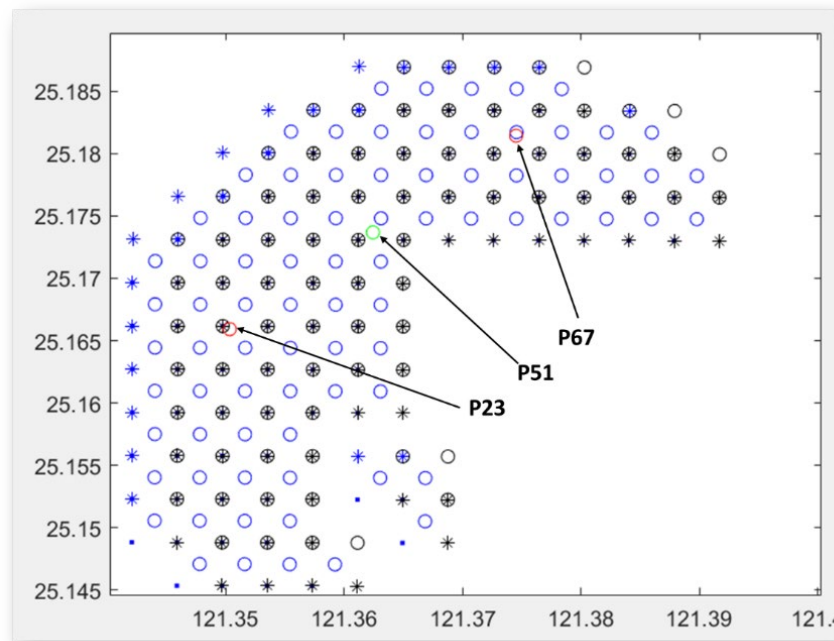
圖 4.14 微波雷達不同窗格與訊噪比圖

4.3 微波雷達觀測之影響分析

本計畫將分析雷達資料與現地觀測資料之差異，予以分析空間與時間數據與觀測之差異。並了解雷達觀測的特性與後續藉此差異之改善依據。當雷達於 2021 年 8 月設置之同時，臺北港東北角之觀測樁提供波浪(示性波高)、週期(尖峰週期及平均週期)、波向與平均風速-風向資料，其中海象資料為每小時一筆紀錄，風資料則為每 10 分一筆紀錄。除觀測樁外，亦在北防波堤延伸處 1.5 公里海域，雷達與上述兩者之觀測位置示如圖 4.15。除此之外，亦使用中央氣象署淡水觀測站之雨量資料進行分析。

由於 2021 年 8 月雷達設置開始後，歷經軟硬體之調整至該年 10 月初。因此分析資料區間由 10 至 12 月。另觀測樁風速風向資料僅觀測至九月底為止。浮標與觀測樁之海象資料則持續觀測迄今。到 2022 年 8 月底止，海象觀測資料成功率約為 92%。

本節雷達與現地海氣象觀測之比較分析，以雷達空間-時間資料進行分析，以了解雷達回波之空間分布與周邊環境之關係，以及不同時間之兩者比較，並探討資料之相關性及趨勢等。上述之分析與比較結果將提供相關精進資訊，予以改善雷達觀測之程序與品質控制等



註：圓圈符為微波觀測代表網格中心點，星符號為代表網格之四周角點。P23 較接近浮標站，P67 較接近觀測測樁，P51 為兩者間之點位。

圖 4.15 雷達觀測點位圖

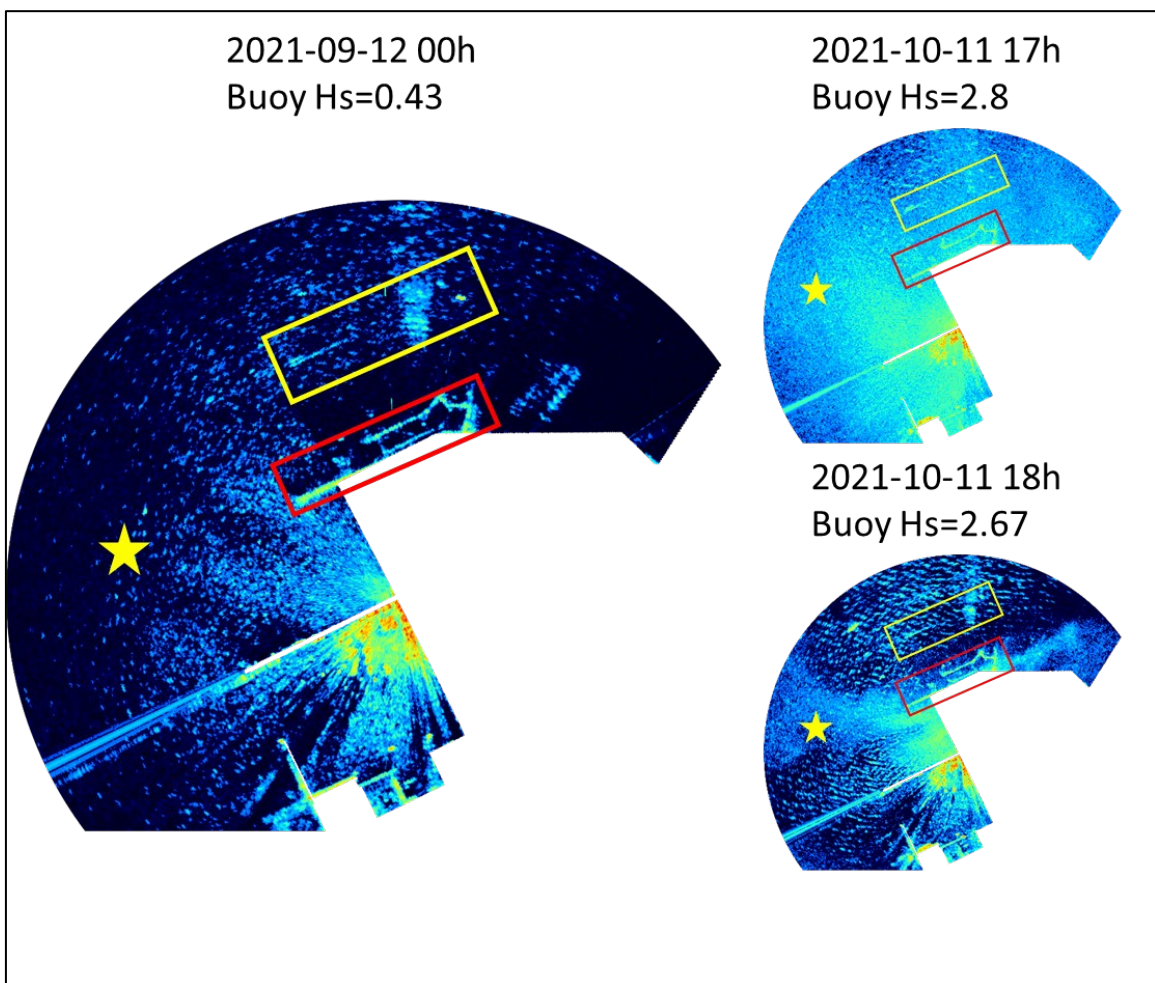
4.3.1 空間資料分析

雷達回波之空間資料示如圖 4.16。其中，2021 年 9 月 12 日之數據為無降雨影響之空間部分。與 2021 年 10 月 11 日之雨數據相比，降雨之強弱確會影響雷達回波，或是降雨訊號可掩蓋而影響海面之觀測。Cheng and Chien (2017)亦提到 X 頻段之雷達波較 S 頻段容易受到降雨之影響。除了降雨影響外，2021 年 9 月 12 日之風速大於 5m/s，超過最低可形成重力-毛細波之 3 m/s，因此圖 4.16 之該時段顯示出波浪訊號的特徵。雖然降雨強度之分布亦會影響或覆蓋雷達回波強度，除弱降雨訊號可區別受影響之區域，但是強降雨則是全面影響回波數據，將造成兩訊號分離之困難與挑戰。

另外，因周邊結構物影響之干擾回波，亦影響回波數據之前處理與後續分析。例如圖 4.16 兩標示區域，第一個區域(紅色矩形)為北防波堤延伸段之工程正在進行，以及北防波之東北處外海有類似結構物干擾之回波訊號。第二個區域(黃色矩形)在北防波外海處，顯示一持

續出現之斜線條紋與東北角處之模糊區域。兩個區域之特徵都出現在降雨與否之時間段。除北防波之延伸段，推測第二區域之東北角處可能與觀測樁之反射干擾有關。但第一個區域之北防波堤外海東北處，則需現地勘查以了解是否為工程結構物有關。除此之外，觀測位置之左下區域為防波堤及港區結構，亦產生不同程度之干擾。

對於環境結構物之影響，雷達回波反演海象數據時，將造成資料處理之困難，須於後續建立之品質控制等策略或程序，並提供辨識或剷除之建議程序。



註：左圖為兩矩形方塊表示可能感擾的區域。星型符號則為浮標觀測位置。

左圖及兩右圖分別為無降雨及不同降雨強度之分布。

圖 4.16 不同時間之雷達回波圖

4.3.2 時間資料分析

為了和雷達反演海象資料進行比較與分析，對於觀測樁與浮標資料先進行比對，波高與風速之觀測結果相近，顯示在 2-3 公里之臺北港北防波外海區域之波高與風速特性一致，圖 4.17 顯示兩者於 2021 年 9 月份海象資料之波浪相關係數為 0.91，呈現高度相關，惟因觀測樁數據缺少其他月份資料緣故，後續分析則使用浮標之觀測為主。在 2021 年 11 月資料於 13-30 日無觀測值外，本計畫選取 10 月及 12 月進行雷達與浮標之分析與比對，示如圖 4.18 及 19。

於圖 4.18 中，強降雨影響顯示於 10 月 11 日，12、17、22 及 24 日則呈現弱降雨影響。風速小於 3m/s 僅影響 21 及 29 日幾個小時之回波數據。於波高數據中，11-12 日之雷達反演波高有突然降低的資料，例如由 2 公尺之計算波高降至低 1 公尺以下，三個雷達計算點亦顯示相同現象。22-25 日之計算波高則與浮漂波高之差距約為 0.2-0.5 公尺。於 17 日因風速增強引起超過 6 公尺之波高，但雷達計算波高與浮標觀測值約有 4 公尺之差異，然而該時間段之降雨強度與 22-25 日類似，顯示波高差異約與該時段類似。因此 17 日之差異可能來自於其他因素，本計畫於綜合 10 與 12 月之結果分析後，再行闡述。至於週期雷達之計算使用平均週期，即式(4.8)之方向波譜計算其平均週期，浮標亦採用相同方式以獲得平均週期值。相較於波高，兩者平均週期之相關性大於波高。於強降雨影響之 11 日週期亦有突然降低的變化，此與波高分析一致。然而 22-25 日之計算平均週期則大於浮標觀測約 1-2 秒。17 日之平均週期變化則隨浮標之變化一致。

圖 4.19 之 2021 年 12 月數據，則顯示弱降雨趨勢(24 小時累積降雨量低於 15 mm)僅發生於 21-23 與 25-27 日。風速小於 3m/s 則發生於 20-21、24 及 29 日之幾個小時內。然而 17-19 及 25-29 日之計算波高與觀測值差異約為 0.5-2 公尺，弱降雨之影響於計算波高則不明顯。但計算波高差異應與強風速(>15m/s)無關。平均週期之變化如 2021 年 10 月之結果類似，皆與觀測波高變化之大小趨勢相同。顯示計算平均週期與浮標之特性一致，該計算值可正確反演海域觀測特徵。但波高則在 2-4 公尺及 2-6 公尺兩個時間段中有不同程度的差異。2 公尺以之波高

差異則約略相同。因此計算波高利用訊噪比(SNR)於式(4.3)則須重新探討其關係，目前波高於雷達與浮標觀測之線性關係式似乎僅能描述波高小於 2 公尺之數值，達於 2 公尺則低估其變化特性。

波向之比較則如圖 4.20 及 21 所示，本計畫以最大 3 及 6 公尺之波高事件分析其波向差異。圖 4.20 中 11-12 日浮標波高顯示波浪來向之方位角為 0-55 度，僅兩個小時為波浪來自西北方(約 355 度)。12-14 日亦顯示相同趨勢，浮標觀測之波浪來自東北向，計算波浪則來自西北向。由 2021 年 10 月 11 日 18 時之北防波堤外海雷達回波，可看出波浪來自於東北向並向西南傳遞，並經過未完成之北防波堤延伸段而有繞射經過浮標位置，並進入港區之回波波紋，然當時有降雨之不均勻分布影響回波強度(參見圖 4.18 所述)。圖 4.21 中之結果與圖 4.20 類似，因波高 6 公尺形成之長周期波浪能更顯明的看出東北來向的長波，經結構之作用繞射進入港區。除北防波堤海域可看出入射東北向之波浪，亦可看出因作用於北防波堤之反射波。兩圖皆顯示靠近北防波堤延伸段之回波方向，能清楚顯示東北來向之波浪。但是於浮標觀測處之回波波紋方向則不如前者一致及清晰。然雷達計算之波向於兩個時段區間都顯示主要方向多為西北來向之波浪，此與浮標所觀測到東北來向之波浪有約 5-30 度之差異。

統計 10 及 12 月之波向示如圖 4.22，浮標之統計波向主要為 0-60 度，而雷達計算波向則主要分布於 300-360 度，綜合圖 4.20 及 21 之雷達回波訊號，於浮標處東北向回波訊號似乎與西北向重疊。雖然雷達能量會隨著距離(由觀測中心至外海處)遞減，因此須將遞減的趨勢以二次式回歸的方式去除。但遞減趨勢去除後的訊號可能利用主成分分析(如 Simarro et al., 2019)或利用不同旋轉角度之取樣窗格(如 Lund et al., 2014)以改善兩者之差異。

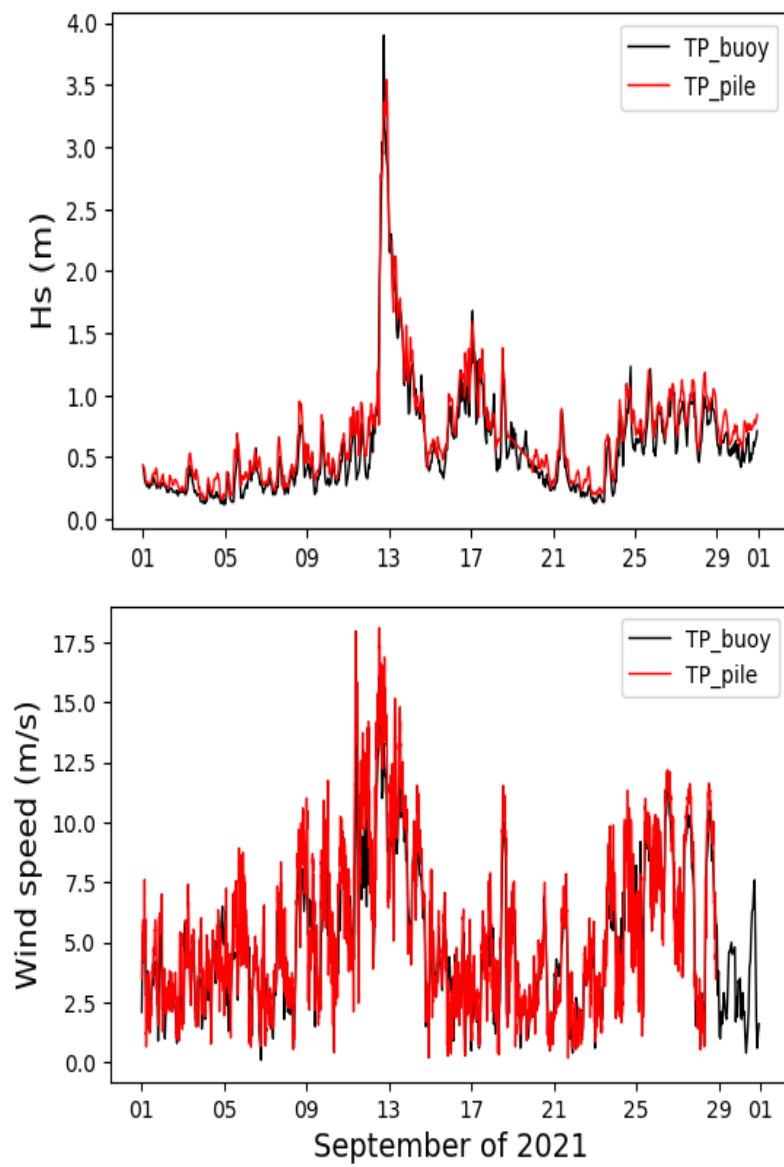
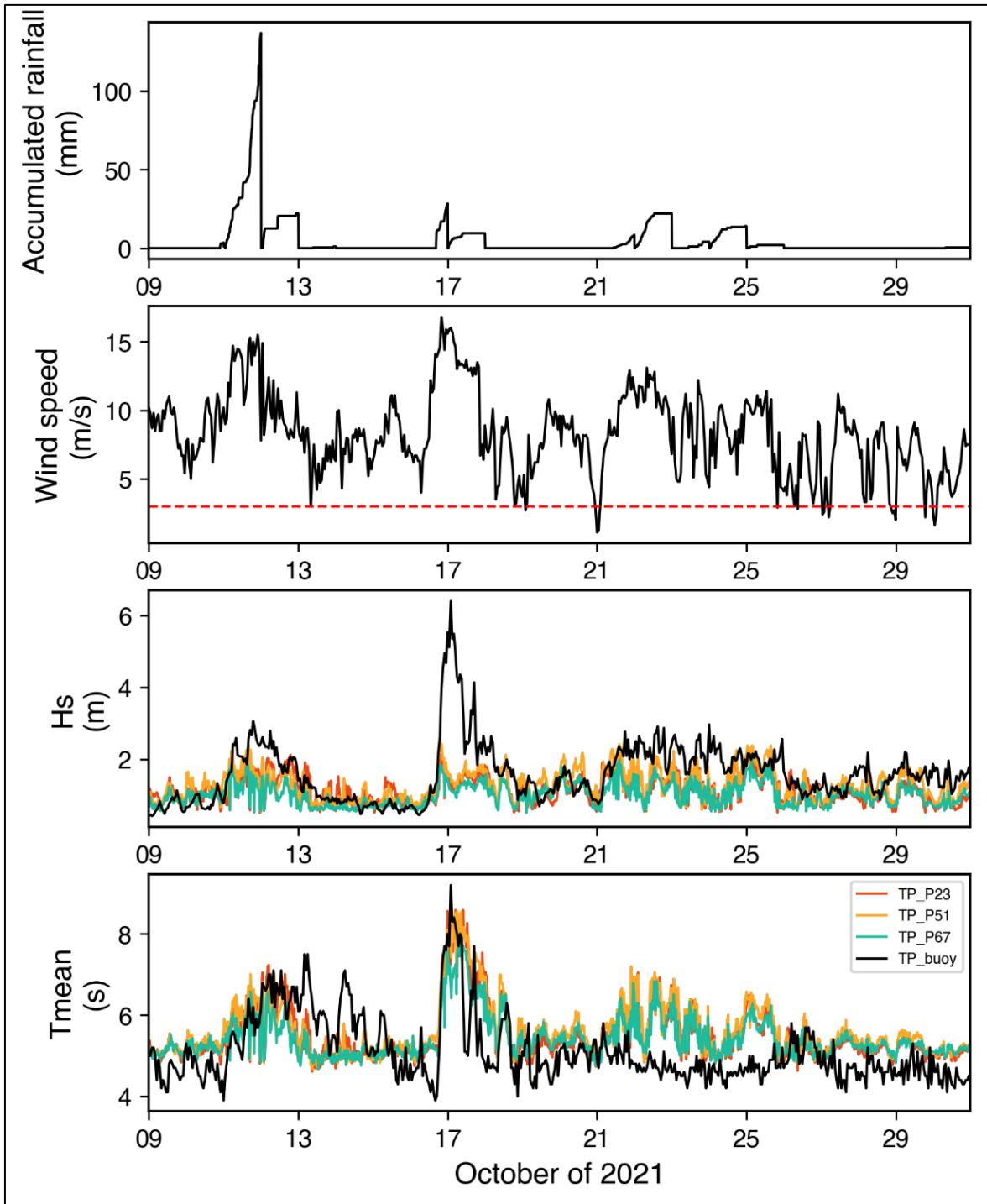
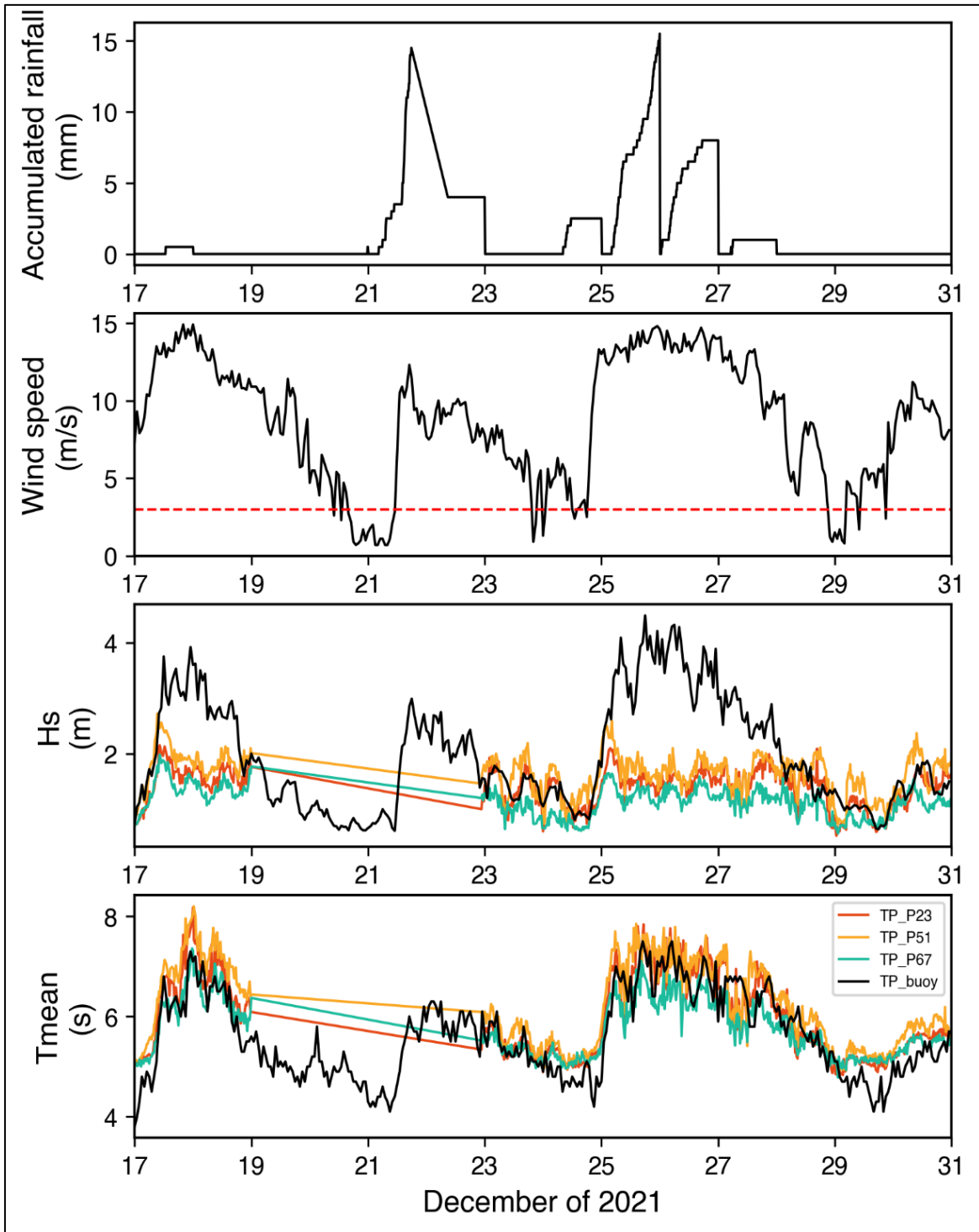


圖 4.17 臺北港浮標(黑線)與觀測樁(紅線)之波高與風速比較圖



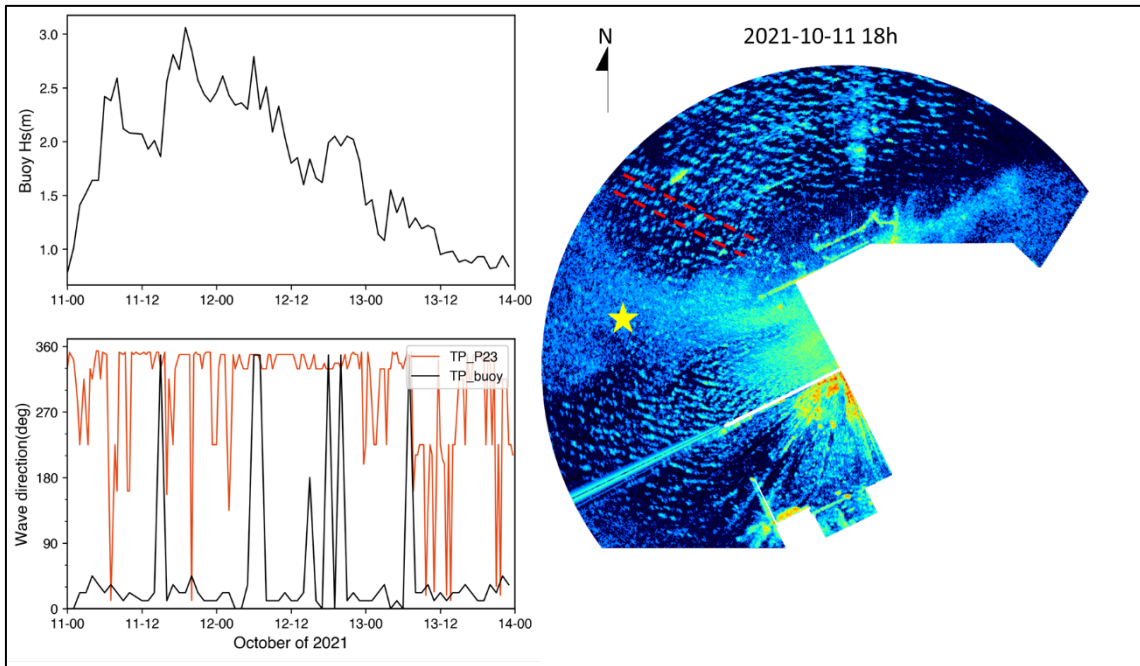
註：比對圖包含降雨資料為 24 小時累積降雨量，以及平均風速，風速 3m/s 標示如紅色點線

圖 4.18 2021 年 10 月之雷達(3 種顏色曲線)與海氣象資料比對圖

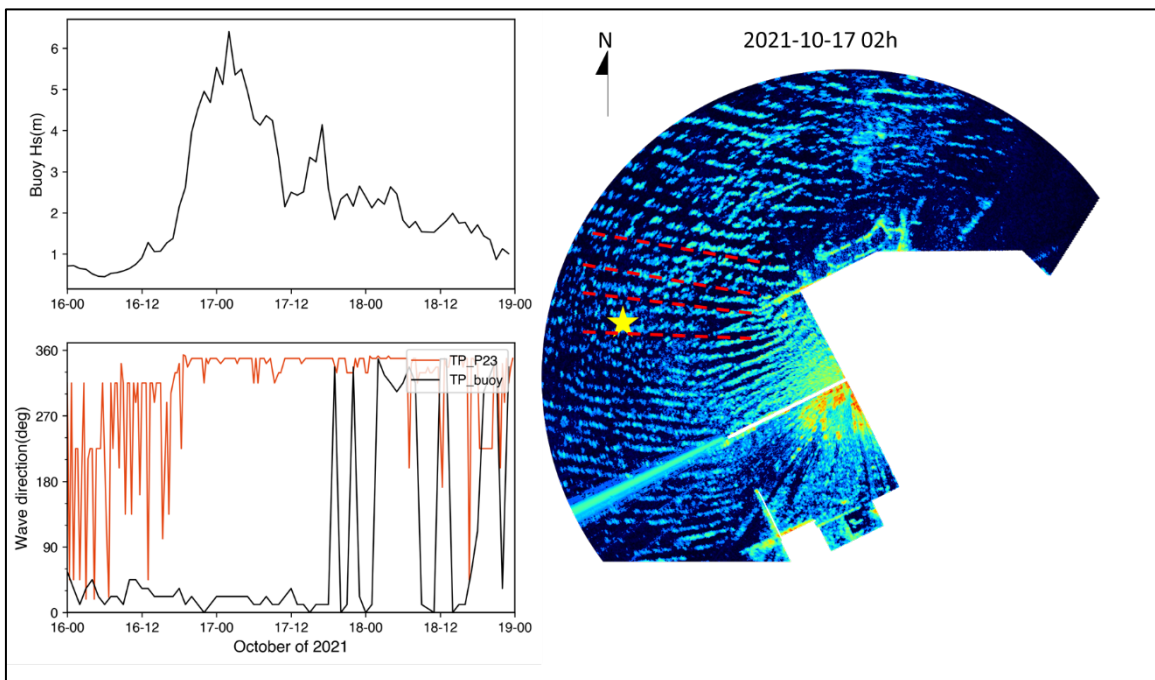


註：比對圖包含降雨資料為 24 小時累積降雨量，以及平均風速，風速 3m/s 標示如紅色點線

圖 4.19 2021 年 12 月之雷達(3 種顏色曲線)與海氣象資料比對圖



左圖浮標波高與計算波向圖；右圖 2021 年 10 月 11 日 18 時之雷達回波圖
圖 4.20 浮標波高與微波雷達 2021 年 10 月 11 日 18 時之波向圖



註：左圖為浮標波高與計算波向圖；右圖為 2021 年 10 月 17 日 02 時雷達回波圖
圖 4.21 浮標波高與微波雷達 2021 年 10 月 17 日 02 時之波向圖

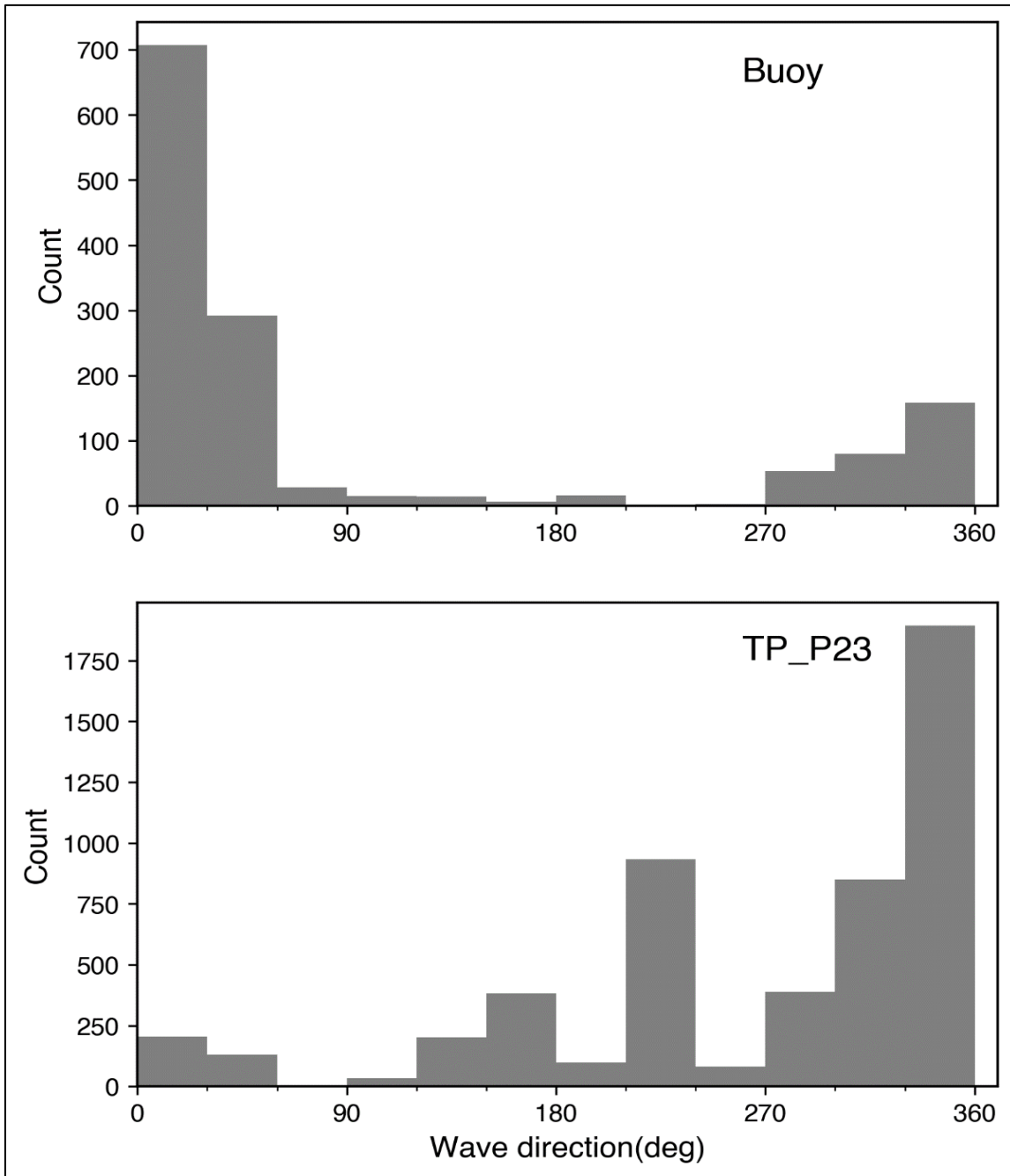


圖 4.22 浮標及雷達計算波向之統計圖(2021 年 10 及 12 月資料)

4.4 雷達觀測之優化探討

112 年因微波雷達測站電力為暫停供應之狀態，自 2022 年 9 月後無法取得原始資料，後續改進分析僅使用 2021 年 8 月至 2022 年 8 月之資料為主。經由上述章節之影響雷達觀測之因素探討，建議後續之改善策略如下：

4.4.1 雷達觀測位址

由 4.3.1 節之結果得知，目前雷達回波受到北防波堤延伸段之工程、港內及港區結構物與觀測樁之干擾，使得該區域內之回波訊號、干擾及遮蔽訊號相互疊加，影響計算海象參數之正確性。後續建議現場勘查適當之觀測位址，另外基於港區船舶進港安全所需之海象參數(如波高、週期、波向與流向等)，設置地點可討論探勘干擾較少的北防波堤段或臺北港東南區之海岸地帶。考慮到東北季風影響之顯著由東北或北傳遞至港區之風浪，前者可觀測到北防波堤外海之海象特性，後者則能觀測到港區入口處及港區西與北區臨港海域之海象變化。另外，站址亦需考慮不同來源的雷達測站，以避免雷達波之相互干擾。

4.4.2 數據處理與品質管程序

除礙於臺北港域持續擴建導致資料品質不佳的情形，現行以雷達回波訊噪比(SNR)與觀測波高建立之線性關係，須先進行雷波資料與風速及降雨之比對後，再行建立兩者之關係公式。或是參考平均週期公式中之 m_0 (式 4.7)推算與觀測波高的關係，由於計算之平均週期與浮標觀測的變化趨勢類似，因此上述之建議亦有助於利用雷達回波之能譜以改善計算波高。另可參考如 Carrasco et al. (2017)利用徑向都卜勒速度(radial Doppler speed)來建立與觀測波高間的關係。再者，波向之觀測則需可量觀測窗格內之回波條紋之成分分析以及觀測窗格之旋轉方向等，以探討波向之推算差異。

除數據之計算程序外，建議應考慮不同層級(level)之資料處理。例如層級(level)零為雷達回波觀測值之資料品質管，須考量氣候因素(如風速、降雨)或非氣候因素(如突波)等。以達檢測雷達回波是否適合反演參數之計算。經層級(level)零處理後，層級(level)一則可能考慮反演計算公式之適切性，並與觀測數據進行比對，以建立差異與不確定性之統計特性，作為後續即時品質管之參考。

第五章 結論與建議

本年度(2023)蒐集基礎之研究資料包含外海觀測樁測站、臺北港資料浮標測站，臺北港微波雷達測站之觀測成果則受限於現場觀測設備暫停供應電力，故無法使微波雷達進行本年度之觀測作業，故本年度僅主要將相關基礎研究資料進行蒐集，並運用設立門檻值提高微波雷達觀測之觀測品質，茲將本計畫結論、建議及成果效益分述如下：

5.1 結論

- 1.外海觀測樁測站資料部分：外海觀測樁之波浪及海流資料，已完成本年度之觀測資料蒐集，並於第 2 章繪製歷線圖表，賡續可供微波雷達資料驗證及優化使用，本年度臺北港海域全年平均波高為 1.3 公尺，波高最大值為 6.4 公尺， H_s 波高小於 0.5 公尺者佔 22.2%，0.5 至 1 公尺間佔 25.6%，1 至 5 公尺者佔 52.1%，大於 5 公尺佔 0.1%；有關週期部分， T_p 分佈小於 6 秒為 36.1%， T_p 分佈介於 6 至 8 秒為 38.9%， T_p 分佈介於 8 至 10 秒為 22.0%，大於 10 秒為 3.0%，主要週期為 6 至 8 秒佔 38.9%；有關波向部份，以四象限進行統計，N~E 象限之間，比率佔 56.2%，E~S 象限之間，比率佔 11.3%，S~W 象限之間，比率佔 16.8%，W~N 象限之間，比率佔 15.6%；海流部分，平均流速為 39.6cm/s，最高流速為 104cm/s。如以 25 cm/s 為間距討論其分佈狀態，流速小於 25 cm/s 者比率佔 28.8%，介於 25~50cm/s 佔 37.8 %，50 ~75cm/s 佔 28.9%，75~100cm/s 佔 4.5%。
- 2.臺北港資料浮標測站觀測資料部分：臺北港資料浮標之波浪及海流資料，已完成本年度之觀測資料蒐集，並於第 2 章繪製歷線圖表，賡續可供微波雷達資料驗證及優化使用，有關波浪部分，波高部分採用有義波高 H_s 進行統計，週期則採用尖峰週期(T_p)進行統計，本年度臺北港海域全年平均波高為 1.4 公尺，波高最大值為 6.9 公尺， H_s 波高小於 0.5 公尺者佔 23.5%，0.5 至 1 公尺間佔 25.0%，1 至 5 公尺者佔 50.9%，大於 5 公尺佔 0.5%；有關週期部分， T_p 分佈小於 6 秒為 82.1%， T_p 分佈介於 6 至 8 秒為 14.5%， T_p 分佈介於 8 至 10 秒

為 0.4%，主要週期小於 6 秒為 82.1%；有關波向部份，以四象限進行統計，N~E 象限之間，比率佔 61.5%，E~S 象限之間，比率佔 14.0%，S~W 象限之間，比率佔 6.6%，W~N 象限之間，比率佔 17.9%；有關海流部分，平均流速為 49.9cm/s，最高流速為 149cm/s。如以 25 cm/s 為間距討論其分佈狀態，流速小於 25 cm/s 者比率佔 25.2%，介於 25~50cm/s 佔 26.4 %，50 ~75cm/s 佔 26.3%，75~100cm/s 佔 17.7%，大於 100cm/s 佔 4.3%；本年度流向部份，若以四象限之方位顯示，N~E 間百分比佔 30.6%，E~S 間百分比佔 4.0%，S~W 間百分比佔 50.7%，W~N 間百分比佔 14.7%。

- 3.目前北防波堤延伸段工程、港內結構物與觀測樁對雷達回波產生干擾，導致區域內的回波訊號、干擾與遮蔽訊號相互疊加，確實影響海象參數計算之準確性。
- 4.參考微波雷達平均週期公式與觀測波高之關係，其平均週期與浮標觀測的變化趨勢相似，對於波向的觀測，需要進行觀測窗格內的回波條紋成分分析與觀測窗格旋轉方向等議題，以研究波向推算的差異。

5.2 建議

本計畫結合臺北港海氣象觀測資源，包含臺北港底碇式波流儀及臺北港浮標，透過本計畫獲得之觀測成果，可以獲得臺北港微波雷達觀測的初步成果，並就本計畫成果的基礎上提出建議如下：

- 1.本年度之觀測資料受限於微波雷達設備未能於現場持續觀測，建議未來應選擇電力供應較為穩定之場所，避免觀測作業無法持續進行。
- 2.臺北港微波雷達本年度僅針對波高之觀測資料進行優化，未來建議可針對其他物理量，如波向、週期、流速、流向等進行相關探討及優化工作。
- 3.臺北港微波雷達觀測資料蒐集期間為 2021 年 7 月至 2022 年 12 月，外海觀測樁測站及臺北港資料浮標測站蒐集至 2023 年 11 月，建議

可持續進行資料蒐集獲取該區域長期海氣象波流統計資料。

- 4.考慮到港區船舶進港之安全需求，未來設置微波雷達尋找適當觀測位址時，建議可以選擇受干擾較小的北防波堤段或臺北港東南區的海岸地帶。
- 5.臺北港域持續擴建導致資料品質不佳，以目前雷達回波訊噪比(SNR)與觀測波高的線性關係，尚需要建立雷波資料與風速及降雨兩者之間的關係式，另建議應考慮不同層級(level)之資料處理。例如層級零(level 0)為雷達回波觀測值之資料品質，須考量氣候因素(如風速、降雨)或非氣候因素(如突波)等，有助於提高波高觀測之準確性。

5.3 成果效益及後續應用情形

- 1.本計畫已完成本年度(2023 年)之外海觀測樁測站及臺北港資料浮標測站觀測資料蒐集，並繪製歷線圖表，觀測資料賡續可供微波雷達資料驗證及優化使用。
- 2.本年度採用微波雷達軟體中解算後之數據進行優化，經分析比對波浪中之波高資料，設定過濾波高 3 公尺以上之觀測資料作為門檻，在外海觀測樁測點及臺北港資料浮標測點之波浪波高觀測資料可提升相關性，增加資料的可靠度。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所(2020)，「108 年國際商港風波潮流觀測與特性分析」報告書，港灣技術研究中心研究報告。
2. 交通部運輸研究所(2021)，「110 年主要商港波流觀測與特性分析」報告書，港灣技術研究中心研究報告。
3. 交通部運輸研究所(2021)，「110 年港內波潮即時監測及調查」報告書，港灣技術研究中心研究報告。
4. 行政院國家科學委員會(2011)，「台灣東北部海域 CODAR 雷達海流觀測計畫(II)研究成果報告」，專題研究計畫成果報告。
5. 賴民順(2011)，「低略角微波雷達海面背向散射強度受波浪影響程度之探討」，國立中央大學碩士論文。
6. 魏世聰(2012)，「微波雷達與 CCD 影像分析於潮間帶地形測量之應用」，國立中央大學碩士論文。
7. 鄭皓元(2017)，「Development of S-band and Coherent-on-Receive Marine Radar for Ocean Surface Wave and Current Measurement」，國立中央大學博士論文。
8. 陳銘誼(2021)，「應用微波雷達監測海流之演算法流程改善」，國立中央大學碩士論文。
9. Abileah, R., "Mapping near shore bathymetry using wave kinematics in a time series of WorldView-2 satellite images." IEEE, International Geoscience and Remote Sensing Symposium -IGARSS, 2013, pp. 2274-2277.
10. Abileah, R., & Trizna, D.B., "Shallow water bathymetry with an incoherent X-band radar using small (smaller) space-time image cubes." IEEE, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010, pp. 4330-4333.
11. Bell, P.S., "Bathymetry derived from an analysis of x-band marine radar images of waves." Proc. Oceanology'98, 1998, pp.535-543.
12. Bell, P.S., "Shallow water bathymetry derived from an analysis of X-band marine radar images of waves." Coastal Engineering, 37(3-4), 1999, pp. 513-527.

13. Bell, P.S., Osler, J.C., “Mapping bathymetry using X-band marine radar data recorded from a moving vessel.” *Ocean Dyn.* 61 (12), 2011, pp. 2141-2156.
14. Kennedy, A., Dalrymple, R., Kirby, J., Chen, Q., “Determination of inverse depth using direct Boussinesq modeling. *J. Water w. Port* Coast. Ocean Eng. 126 (4), 2000, pp. 206-214
15. Hessner, K., Reichert, K., Rosenthal, W., “Mapping of sea bottom topography in shallow seas by using a nautical radar.” 2nd Symposium on Operationalization of Remote Sensing. 1999.
16. Holman, R., Plant, N., Holland, T., “CBathy: a robust algorithm for estimating nearshore bathymetry.” *J. Geophys. Res. Oceans* 118 (5), 2013, pp. 2595-2609.
17. Holman, R.A., Brodie, K.L., Spore, N.J., “Surf zone characterization using a small quadcopter: technical issues and procedures.” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 55 (4), 2017.
18. Rutten, J., De Jong, S.M., Ruessink, G., “Accuracy of nearshore bathymetry inverted from X-band radar and optical video data.” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 55 (2), 2017, pp. 1106-1116.
19. Senet, C.M., Seemann, J., Flampouris, S., Ziemer, F., “Determination of bathymetric and current maps by the method DiSC based on the analysis of nautical X-band radar image sequences of the sea surface (November 2007).” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 46 (8), 2008, pp. 2267-2279.
20. Serafino, F., Lugni, C., Nieto Borge, J.C., Zamparelli, V., Soldovieri, F., “Bathymetry determination via X-band radar data: a new strategy and numerical results.” *Sensors* 10 (7), 2010, pp. 6522-6534.
21. Wang, L., Wu, X., Pi, X., Ma, K., Liu, J., Tian, Y., “Numerical simulation and inversion of offshore area depth based on X-band microwave radar.” *Acta Oceanol. Sin.* 34 (3), 2015, pp. 108-114.
22. Huang, W., Liu, X., & Gill, E. W. “Ocean wind and wave measurements using X-band marine radar: A comprehensive review. *Remote sensing.*”, 9(12), 2017, p. 1261.
23. Nortek AS, “Comprehensive Manual.”, 2013.
24. Carrasco, R., Streßer, M., & Horstmann, J. “A simple method for retrieving significant wave height from Dopplerized X-band radar.” *Ocean Science*, 13(1), 2017, pp. 95-103.

25. Chen, X., & Huang, W., "Identification of rain and low-backscatter regions in X-band marine radar images: An unsupervised approach." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 58(6), 2020, pp. 4225-4236.
26. Cheng, H. Y., & Chien, H., "Implementation of S-band marine radar for surface wave measurement under precipitation." *Remote Sensing of Environment*, 188, 2017, pp. 85-94.
27. Borge, J. N., Rodríguez, G. R., Hessner, K., & González, P. I. "Inversion of marine radar images for surface wave analysis." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 21(8), 2004, pp. 1291-1300.
28. Nieto-Borge, J. C., Hessner, K., Jarabo-Amores, P., & De La Mata-Moya, D., "Signal-to-noise ratio analysis to estimate ocean wave heights from X-band marine radar image time series." *IET Radar, Sonar & Navigation*, 2(1), 2008, pp. 35-41.
29. Greco, M., Stinco, P., & Gini, F. "Identification and analysis of sea radar clutter spikes." *IET Radar, Sonar & Navigation*, 4(2), 2010, pp. 239-250.
30. Hessner, K. G., El Naggar, S., von Appen, W. J., & Strass, V. H., "On the reliability of surface current measurements by X-Band marine radar." *Remote Sensing*, 11(9), 2019, p. 1030.
31. Liu, Y., Frasier, S. J., & McIntosh, R. E., "Measurement and classification of low-grazing-angle radar sea spikes." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 46(1), 1998, pp. 27-40.
32. Posner, F. L., "Spiky sea clutter at high range resolutions and very low grazing angles." *IEEE Transactions on aerospace and electronic systems*, 38(1), 2002, pp. 58-73.
33. Reichert, K., "Analysis of the azimuth dependence of the navigation radar imaging of the sea surface." *Diplomarbeit, Fachbereich Geowissenschaften Universität Hambmg.* 1994, Master's thesis.
34. Rino, C. L., & Ngo, H. D., "Numerical simulation of low-grazing-angle ocean microwave backscatter and its relation to sea spikes." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 46(1), 1998, pp. 133-141.
35. Simarro, G., Calvete, D., Luque, P., Orfila, A., & Ribas, F., "UBathy: A new approach for bathymetric inversion from video imagery." *Remote Sensing*, 11(23), 2019, p. 2722.

36. Skolnik, M. I., "Introduction to radar systems" New York: McGraw-hill., Vol. 3, 1980, pp. 81-92.
37. Young, I. R., Rosenthal, W., & Ziemer, F., "A three-dimensional analysis of marine radar images for the determination of ocean wave directionality and surface currents." Journal of Geophysical Research: Oceans, 90(C1), 1985, pp. 1049-1059.

附錄一

期末審查意見及辦理情形說明表

交通部運輸研究所自辦研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-112-H2CA001h 應用微波雷達技術於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

執行單位：交通部運輸研究所運輸技術研究中心第二科

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
(一)本所運輸技術研究中心簡仲璟委員	
1.微波雷達和傳統觀測儀器相較，其優劣除提升人員作業安全及維護環境條件較佳外，可再做補充說明。另外本計畫前期(2022年)之研究成果及國內外相關研究(參考文獻已列出)也請一併擇要說明。	感謝委員建議，微波雷達和傳統觀測儀器相較補充已於P.1-1增加說明，關於參考文獻已列出部分，亦擇Xinwei Chen 2020於IEEE發表之「X 波段海洋雷達影像中降雨和低反向散射區域的識別」文獻內容於P.1-1補充。
2.表2-1～表2-4有效紀錄統計時數表，表中所謂”有效”之定義，請於表下方備註說明。此外，浮標資料蒐集率在2022/12~2023/11期間接近百分百，中心工作人員努力值得肯定。	有關「表2-1～表2-4」有效紀錄統計時數表，有效定義已於P2-6、P2-7、P2-10至P2-11修正，另感謝委員肯定，未來將持續努力改善微波雷達觀測穩定性。
3.一般秋冬季因風速較春夏季大，所以秋冬季波高也較大，但為何秋冬季海流流速也較春夏大(見報告書第2-12頁)?第2-13至2-58頁之時序列圖，建議可置於附錄，並由其中選取冬季季風鋒面過境及颱風侵襲期間，以截圖放大顯示。	感謝委員建議，有關秋冬季期間波高較春夏大，海流流速亦如此，海流流速的敘述較簡化，爰已於P.2-12修正為秋冬季因風速較春夏季大，故秋冬季期間海流較春夏大。至於P.2-13至P.2-32、P.2-35至P.2-58時序列圖，感謝委員建議，日後報告撰寫時時序列圖置於附錄，討論部分再選取冬季季風鋒面過境及颱風侵襲期間討論。
4.建議後續可針對觀測樁及浮標同步觀測所得之海象資料，進行相關性分析(相關係數及延時)，以明瞭兩者之間的關連性。	感謝委員意見，觀測樁及浮標同步觀測所得之海象資料相關性分析，比較2021年9月份海象資料，其相關係數為0.91，已修正於P.4-16「4.3.2 時間資料分析」小節，觀測樁與微波雷達相關係數為0.78，浮標與微波雷達相關係數為0.69。
5.第四章前言(主要說明微波雷達之觀測原理)及第4.1節(主要在說明如何由雷達回波訊號求算波高)，故可	感謝委員意見，有關式(4.1)～式(4.9)公式說明已於P.4-3~P.4-5文中補充與加強說明，此外，第4節係為探討雷達觀測

考量移至第三章。此外，公式(4.1~4.8)之說明，請再加強。	優化，爰以微波雷達回波訊號求算波高方法，解釋觀測原理與運作。
6.雷達回波與波高之關係探討，除降雨及風速(氣候影響因子)影響外，目前由雷達回波訊號之訊噪比求算波高，其相關係數僅0.67(經自然對數修正的情況)。因此，後續對此應有較明確之研究方向。另雷達波段是否可改用S band。	委員揭示影響臺北港微波雷達之因子，除氣候影響因子部分外，回波強度沿港區空間的變化，例如：船舶或結構物干擾，本計畫經自然對數修正的情況相關係數仍不盡理想，後續研究將朝向透過影像處理技巧，改善雷達圖像成像品質，或利用卷積濾波方式，濾除干擾條紋，以增加微波雷達觀測的品質。此外，委員建議雷達是否改用頻率較低波長較長的S頻段(2-4GHz)，以降低雜訊干擾，此方法確實可行，但本雷達採用X頻段(8-12GHz)，便希望更高頻率，有更短的波長，提供更好的解析度，此外，文獻曾討論中低風速的回波資料於兩種不同頻段，實際返回訊號S頻段不如預期，實際回波訊號S band強度比X band低於 2-5 dB，將持續滾動探討。
7.本計畫嘗試以微波雷達進行海象遙測，目前對於觀測之影響因子有初步探討並研提對應之改善(優化)方法。其成果對未來發展雷達遙測海象技術有所助益。	感謝委員意見，本計畫運用微波雷達進行海氣象遙測，已探討觀測影響因子，並提出改善方法與建議，以本所將持續研究，以提升智慧化海象觀測技術。
8.微波雷達量測波浪及海流之精確度，後續宜有進一步探討，以明瞭其海象監測之可行性。	感謝委員意見，本所使用微波雷達觀測波浪與海流，目前僅能提供做為研究與營運管理之用，未來仍朝向提升微波雷達觀測成效研究，以提高海象監測的準確性與穩定性。
(二)國立中央大學 錢樺委員	
1.微波雷達是海象監測的重要方法，見有空間場域中辨識分佈差異的能力，但位處海岸上，其維護成本相較海下儀器較低，風險也較小。然而做為遙測儀器，其整合與建置環境有諸多拘限，當港區環境改變，設置位置也需隨之調整，因此相關時程規劃，須事前擬定，以獲得良好之觀測效益。	遙測工具優勢在於海氣象觀測中優異的空間分辨能力，適合港區業者管理使用，並且設置於港灣與海岸陸地，確實如委員所述維護成本較低、風險較小。但遙測劣勢在於回波強度沿空間環境變化，由於港區空間寶貴，合適設站觀測之地點難尋，此外，用地取得困難且牽涉人廣，難以即時因應環境改變，以致於未能獲得良好觀測成效，為此，未來規劃應更加謹慎，考量各項選址因子，以最大化確保觀測效益。

2.各種儀器因其觀測原理相異、分析方法不同，對於海象參數之獲得必然有差異，彼此資料比對討論觀測限制，擬定互補之觀測策略實屬必要，其中技術性及細節之深入，則對於資料品質之掌握甚為關鍵，也可做為中心在研究發展方向上之主題，本案之執行與成果突顯上述二項之價值。	感謝委員肯定與建議，微波雷達觀測限制與技術細節對於海象參數獲得至關重要，然而，對於各種分析方法進展與新技術，本年度暫時無法通盤掌握，後續將分階段納入研究主題，以提高研究價值。
3.由於臺北港尚在擴建施工中，環境變化大，目前位置不利觀測，建議可將相關設備暫時安裝在臺中港，以利後續持續研究。	有關臺北港擴建施工對微波雷達觀測環境造成不利影響，下一階段將邀請航港局與臺灣港務股份有限公司審慎評估遷站可行性，但委員建議暫時安裝在臺中港將牽涉跨機關財管移交與使用需求，仍然具有相當的困難需要努力。
4.執行成果有利中心自主掌握海象監測技術與分析技術，符合本案之目的。	感謝委員肯定，後續將持續深入研究與創新，以不斷強化本所於海氣象監測領域之技術。
5.P.2-13～P.2-57中圖2.9-圖2.52，建議圖中之時序變化曲線加粗，以利閱讀。	感謝委員建議，P.2-13～P.2-32與P.2-35～P.2-58時序列圖已修正。
(三)弘光科技大學 溫志中委員	
1.本研究應用微波雷達海象監測技術優化，可反應出優化後的局部成果。	本計畫致力透過優化方法，改善微波雷達海象監測技術，初步已達成局部成果改善，感謝委員肯定。
2.因應未來臺北港外廓區之擴增，目前站體位置是否有需要進一步調整，以增加其精度。	本計畫已掌握臺北港擴建施工對於微波雷達觀測的影響，日後站址調整與改善，將納入後續評估項目，感謝委員意見。
3.依據圖3.3現場圖片，不鏽鋼鐵塔，固定高度高於法規，建議設置護欄。	感謝委員對於現場狀況的意見，關於不鏽鋼鐵塔固定高度大於法規規定，將配合遷站可行性共同評估，處置方式優先於不鏽鋼鐵塔附近設置護欄，以確保現場安全與法規標準相符。
4.測站於臺北港設置，其受天候條件影響比例之百分比為何。(低風速或強降雨或弱降雨)	有關微波雷達測站位於臺北港，觀測受天候條件影響百分比會根據不同氣象條件而有所變化，若以臺北港海上浮標的2021～2023年的風速統計資料來看，低風速(3公尺每秒以下)佔26.6%，中低風速(12公尺每秒以下)佔95.1%。

5.天候因素影響，建議可套疊中央氣象署雷達回波、降雨、風速即時分佈圖比對資料，以釐清其影響程度。	感謝委員建議，後續研究將蒐集中央氣象署雷達回波資料加以全面分析，以確定不同天候條件情境下，雷達測站觀測受強降雨或弱降雨影響之比例。
6.影響因素、架設位置、氣候、非氣候因素，可先排列何者最為顯著？	感謝委員建議，關於影響因素何者最為顯著，現況為難以釐清課題，未來若研究許可，將納入研究探討各項因子之影響比例，以利使用相同設備機關構應用。
7.本研究極具研究及實用性，建議再檢視設置地點，以增進精度。	感謝委員建議，關於雷達設備受港擴建施工影響，需調整設置地點，將視後續與航港局、臺灣港務股份有限公司現勘後辦理改善，以維持觀測品質。
(四)本所運輸技術研究中心賴瑞應科長	
1.本計畫蒐集彙整臺北港外海觀測樁波流資料及浮標觀測系統波流資料，並予以比較分析，得到臺北港秋冬季波高較大，海流主要方向為東北向與西南向，成果可提供臺灣港務股份有限公司及本所後續研究實務應用。	本計畫以遙測方式探討臺北港外海的海象特性，除據以掌握臺北港持續擴港後的波流場變化，研究成果亦提供每小時3筆的即時波流資訊予臺灣港務股份有限公司後續營運使用，感謝委員意見。
2.本計畫針對本所臺北港微波雷達觀測站位址進行檢討，探討影響觀測之氣候因素與非氣候因素，並分析影響微波雷達觀測結果的主要因素及後續優化作為，研究成果予以肯定。	感謝委員肯定，後續研究將持續優化，並檢討雷達觀測站位址，以增進觀測精確度與實用性。
3.後續研究除依微波雷達觀測資料優化探討結果進行相關優化研究外，也可針對微波雷達的特性及適用性做進一步探討，提供產官學研後續應用與研究的參考。	感謝委員建議，後續研究方向將針對微波雷達的特性及適用性做進一步探討，以做為未來陸續提供產官學研後續應用與研究之參考依據。
(五)本所運輸技術研究中心林雅雯科長	
1.第二章外海觀測樁AWAC與資料浮標之波流資料，建議未來可繪於同圖進行比較分析。	關於外海觀測樁AWAC與資料浮標的波流資料比較分析，能更加清晰地呈現兩者之間的波流資料差異，未來將繪於同圖進行比較，感謝委員意見。

2.第4-3頁，式4.5 F_{HH} 建議於文章上補充說明，本研究反演波高採自然對數修正公式，建議加列本研究之公式。	感謝委員建議，式(4.5)之HH表示為高階調和波譜(High Harmonic spectrum)，已於P.4-4補充說明。此外，反演波高對數修正公式 $\ln(H_s) = c_0 + c_1\sqrt{SNR}$ 已補充於 P.4-4。
3.建議部分圖採彩色印刷，俾利瞭解內容。	關於部分圖建議彩色印刷部分，後續報告出版將酌予改善。
4.第四章採用雷達分析資料為2021年10月及12月，資料較久遠。	本計畫受限於雷達站電力系統緣故，僅能以2021年10月及12月資料探討，後續研究將以最新觀測資料做為探討重點。
5.除現有雷達系統電力恢復、持續運作外，建議未來先進行國內外微波雷達現況、雷達遷站位置、電力、觀測塔、觀測角度及範圍、資料優化可行性之自辦研究，俾利測站長久觀測及提升資料可靠度。	關於後續研究，除安排航港局、臺灣港務股份有限公司現勘後確認站址後，盡速恢復雷達電力系統，以持續正常運作。委員建議雷達遷站選擇等事項，未來亦可辦理小型研究，確認站址選擇、觀測角度與範圍等，以增加資料穩定度。
6.微波雷達分析資料為2021年，雷達觀測2023年4月電力中斷無法進行，報告就AWAC及浮標觀測資料繪圖說明，亦分析優化方式。	本計畫微波雷達資料分析，雖面臨2021年資料至2023年4月因電力中斷無法持續進行，為此改採雷達與海氣象特性綜合性探討，以求研究完善。
7.建議未來先進行雷達遷站位置、電力、觀測角度及範圍等資料，優先辦理可行性分析之自辦研究計畫。	感謝委員建議，未來若研究許可，將以站址選擇、電力改善、觀測角度及範圍等因子探討，納入自辦研究執行。
(六)本所運輸技術研究中心李俊穎副研究員	
1.有關微波雷達維護作業，職安方面需要確保安全。後續雷達遷站應審慎評估站址，以獲取更好的觀測成果。	隨職業安全衛生意識提升，維持作業安全亦是微波雷達推動的工作之一，後續維護採取的相關必要措施，恪遵法規規定，以確保研究執行期間作業安全。此外，關於雷達站遷移可行性，下個年度將重新審慎檢討，以確保選擇之站址具有最佳觀測條件，使觀測成果更加穩定合理，並獲取更好之研究成果。
2.有關作業化觀測易受到各種因子影響，建議優化品管流程，增加維護測站頻率，以提高雷達觀測的可行性。	感謝委員建議，後續研究將重新評估現有的品管程序，與維護測站頻率次數是否合理(例如：定期的維護作業，及時因應問題與迅速反應改進方案)，以期應對各種不可預期的環境條件改變。

3.港區海域幅員廣大，相較於傳統應用單點波流儀觀測調查有限，採用微波雷達進行港區海象環境監測，更能有效進行平面海域監測，蒐集更完善的港區智慧環境數據，建議持續投入進行。	港區海域幅員廣大，微波雷達遙測工具能及時補足單點波流儀調查不足限制，且維護成本較單點波流儀調查低，能更加有效率的完善港區環境數據，後續研究將持續投入進行，以臻完善。
4.本研究尚屬可行，後續可就其觀測差異性深入探討。	本計畫尚存改善空間，後續研究將持續比較分析觀測資料的差異性，以提升觀測方法與結果。
5.本研究因測站受港區電力系統中斷，導致資料蒐集不佳，應持續檢討改善。	感謝委員意見，關於電力中斷事件已深刻檢討改善，確保未來資料蒐集能夠更加穩定，並避免再次發生。

附錄二

期末簡報資料

交通部運輸研究所運輸技術研究中心

應用微波雷達技術於臺北港域環境 監測之研究(2/4)-微波雷達海象監 測技術優化

計畫主持人：劉明鑫

中華民國113年2月6日

報告人：李俊穎

簡報大綱



• 前言(研究背景與目的說明)



• 臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集



• 臺北港微波雷達觀測系統



• 臺北港微波雷達觀測優化



• 結論與建議





前言(研究背景與目的說明)

研究緣起與目的:

- 隨著觀測設備的發展與進步，傳統單點式觀測模式，已無法彌補國家發展**智慧港口與提升港口作業安全**之需求，原此，本所遙測技術輔助傳統觀測模式，並精進**臺北港域的海氣象觀測作業**，爰於**110年7月**完成**臺北港微波雷達建置**。



前言(研究背景與目的說明)

研究緣起與目的:

- 本所前於111年的工作成果中**驗證臺北港微波雷達觀測資料**，本(112)年度計畫目的為應用已建置的微波雷達測站，並利用臺北港鄰近海氣象觀測站(本所**觀測樁**、**浮標**)的觀測資料，**提高微波雷達觀測之精度與準確度**，**改善並優化微波雷達的海象監測技術**。





前言(研究背景與目的說明)

研究項目與：

1. 臺北港鄰近測站資料蒐集分析

彙整110-112年臺北港佈放於外海觀測樁之波流儀，以及浮標測站之觀測資料，廣續供微波雷達測站進行相關分析。

2. 臺北港微波雷達測站資料蒐集分析

蒐集臺北港域微波雷達觀測之觀測資料，供微波雷達測站進行監測技術優化。

3. 臺北港微波雷達觀測優化

利用臺北港鄰近之測站觀測資料，運用演算法提高波流的觀測精度及準確度，改善並優化微波雷達的海象監測技術。



前言(研究背景與目的說明)

預期成果(效益):

- 完成臺北港微波雷達優化海氣象觀測技術，提高微波雷達資料觀測品質，使其能更貼近該海域的觀測特性。
- 完成工作成果，可提供交通部航港局、臺灣港務公司、縣市政府、學術及顧問公司等產官學研相關單位，做為港埠建設、航行安全及營運維護應用。

應用:

- 掌握微波雷達觀測優化監測技術之研究成果，做為本所後續應用研究發展。





臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

臺北港港域波流觀測系統

- 海氣象觀測樁
- 臺北港浮標
- 臺北港微波雷達系統



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

臺北港港域波流觀測系統

- 海氣象觀測樁
- 臺北港浮標
- 臺北港微波雷達系統

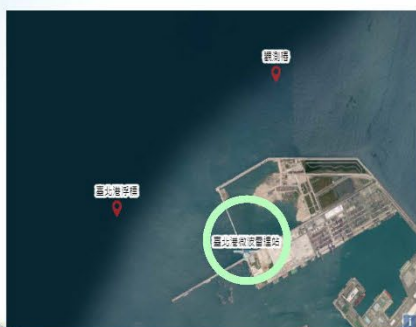




臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

臺北港港域波流觀測系統

- 海氣象觀測樁
- 臺北港浮標
- 臺北港微波雷達系統



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

微波雷達觀測參數:

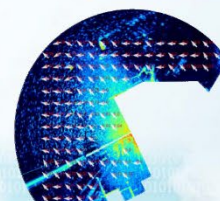
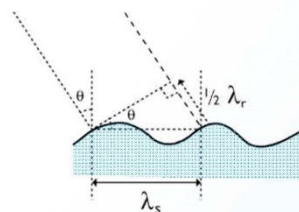
雷達參數	規格
頻帶	X-Band 9410MHz
天線長度	8 ft
發射功率	25KW
天線轉速	48RPM
雷達極性	槽孔型天線 · HH極化
水平射束角度	0.95°
垂直射束角度	20°
觀測範圍	~3km
雷達訊號 空間分辨率	25m
波流空間 解析度	250m x 250m
觀測間隔	20分鐘觀測一次
天線高	~20m(距海平面)



測站現況照片



測站平面波場圖

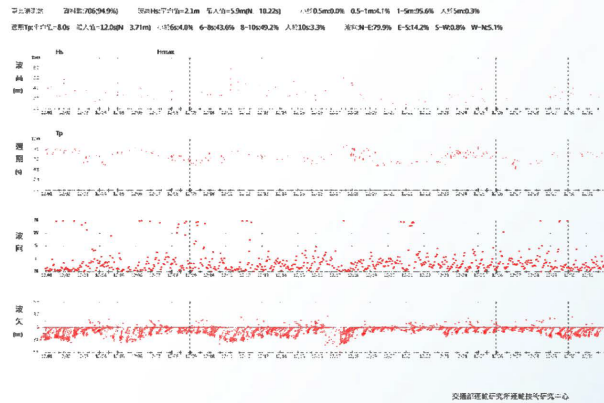




臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集 (本研究期間AWAC波浪及海流資料蒐集情形)

AWAC波浪資料蒐集情形表

月份	波浪各月份有效記錄時數 (2022/12~2023/11)	資料蒐集率 (單位:%)
2022/12	706	94.9%
2023/1	742	99.7%
2023/2	672	100.0%
2023/3	410	55.1%
2023/4	-	-
2023/5	-	-
2023/6	106	14.7%
2023/7	744	100.0%
2023/8	744	100.0%
2023/9	720	100.0%
2023/10	744	100.0%
2023/11	39	5.4%
合計	5,627	64.1%



觀測樁 波浪蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

P.11



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集 (本研究期間AWAC波浪及海流資料蒐集情形)

AWAC波浪資料蒐集情形表

有義波高Hs

- 年平均波高1.3公尺
- 波高最大值6.4公尺
- $H_s < 0.5$ 公尺, 佔22.2%
- $0.5 < H_s < 1$ 公尺, 佔25.6%
- $1 < H_s < 5$ 公尺, 佔52.1%
- 5 公尺 $< H_s$, 佔0.1%



尖峰週期Tp

- $T_p < 6$ 秒, 佔36.1%
- $6 < T_p < 8$ 秒, 佔38.9%
- $8 < T_p < 10$ 秒, 佔22.0%
- 10 秒 $< T_p$, 佔3.0%



觀測樁 波浪蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

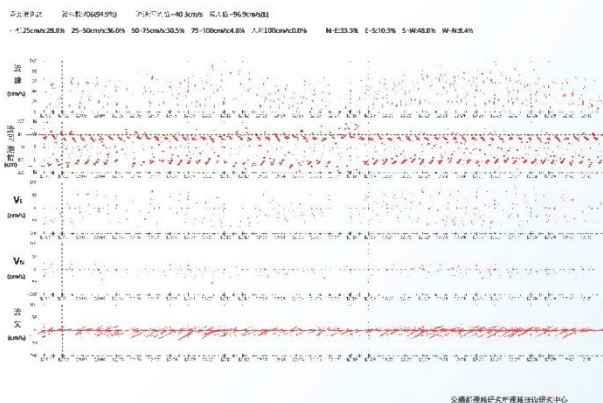
P.12



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集 (本研究期間AWAC波浪及海流資料蒐集情形)

AWAC海流資料蒐集情形表

月份	波浪各月份有效記錄時數 (2022/12~2023/11)	資料蒐集率 (單位:%)
2022/12	706	94.9%
2023/1	742	99.7%
2023/2	672	100.0%
2023/3	410	55.1%
2023/4	-	-
2023/5	-	-
2023/6	104	14.4%
2023/7	744	100.0%
2023/8	744	100.0%
2023/9	720	100.0%
2023/10	744	100.0%
2023/11	36	5.0%
合計	5,622	64.1%



觀測樁 海流蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

P.13



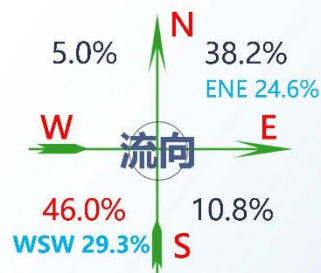
臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集 (本研究期間AWAC波浪及海流資料蒐集情形)

AWAC海流資料蒐集情形表



平均流速：39.6公分每秒，最高流速：104公分每秒

- 平均流速<25公尺每秒，佔28.8%
- 25<平均流速<50公尺每秒，佔37.8%
- 50<平均流速<75公尺每秒，佔28.9%
- 75<平均流速<100公尺每秒，佔4.4%
- 100公尺每秒<平均流速，佔0.1%



觀測樁 海流蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

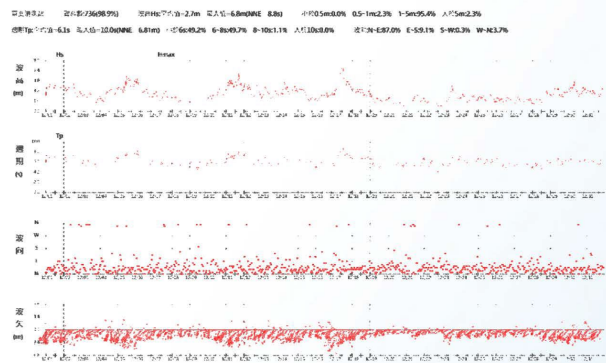
P.14



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集 (本研究期間浮標波浪及海流資料蒐集情形)

AWAC波浪資料蒐集情形表

月份	波浪各月份有效記錄時數 (2022/12~2023/11)	資料蒐集率 (單位:%)
2022/12	736	98.9%
2023/1	735	98.8%
2023/2	667	99.3%
2023/3	734	98.7%
2023/4	706	98.1%
2023/5	730	98.1%
2023/6	713	99.0%
2023/7	734	98.7%
2023/8	729	98.0%
2023/9	709	98.5%
2023/10	739	99.3%
2023/11	716	99.4%
合計	8,648	98.6%



交通部運輸研究所運輸技術研究中心



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center P.15

浮標 波浪蒐集



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集 (本研究期間浮標波浪及海流資料蒐集情形)

浮標波浪資料蒐集情形表



有義波高Hs

- 年平均波高1.4公尺
- 波高最大值6.9公尺
- $H_s < 0.5$ 公尺, 佔23.5%
- $0.5 < H_s < 1$ 公尺, 佔25.0%
- $1 < H_s < 5$ 公尺, 佔50.9%
- 5 公尺 $< H_s$, 佔 0.6%

尖峰週期Tp

- $T_p < 6$ 秒, 佔82.1%
- $6 < T_p < 8$ 秒, 佔14.5%
- $8 < T_p < 10$ 秒, 佔 0.4%
- 10 秒 $< T_p$, 佔3.0%



浮標 波浪蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center P.16

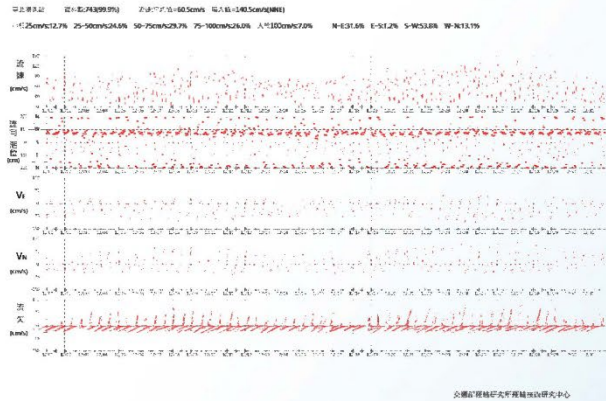


臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

(本研究期間浮標波浪及海流資料蒐集情形)

AWAC波浪資料蒐集情形表

月份	波浪各月份有效記錄時數 (2022/12~2023/11)	資料蒐集率 (單位:%)
2022/12	743	99.9%
2023/1	744	100.0%
2023/2	672	100.0%
2023/3	744	100.0%
2023/4	720	100.0%
2023/5	744	100.0%
2023/6	720	100.0%
2023/7	744	100.0%
2023/8	744	100.0%
2023/9	720	100.0%
2023/10	740	99.5%
2023/11	703	97.6%
合計	8,738	99.7%



浮標 海流蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Harbor and Marine Technology Center P.17



臺北港港域波流觀測系統及資料蒐集

(本研究期間浮標波浪及海流資料蒐集情形)

浮標海流資料蒐集情形表

平均流速：49.9公分每秒，最高流速：149公分每秒



- 平均流速<25公尺每秒，佔25.2%
- 25<平均流速<50公尺每秒，佔26.4%
- 50<平均流速<75公尺每秒，佔26.3%
- 75<平均流速<100公尺每秒，佔17.7%
- 100公尺每秒<平均流速，佔4.4%



浮標 波浪蒐集



交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Harbor and Marine Technology Center P.18



使用者登出(User - Logout)

交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Harbor and Marine Technology Center P.19



交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Harbor and Marine Technology Center P.20



臺北港微波雷達觀測系統

微波雷達最新觀測資訊：

時間(Time)、示性波高(Wave Height)
主波向(Wave Direction)、波浪週期(Wave Period)
流速(Current Velocity)、流向(Current Direction)
系統資源負載(CPU & Memory usage)
監測、系統硬碟空間(Disk Space)監測
系統作業訊息(System Messages)監控



Harbor and Marine Technology Center

P.21



臺北港微波雷達觀測系統



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

P.22



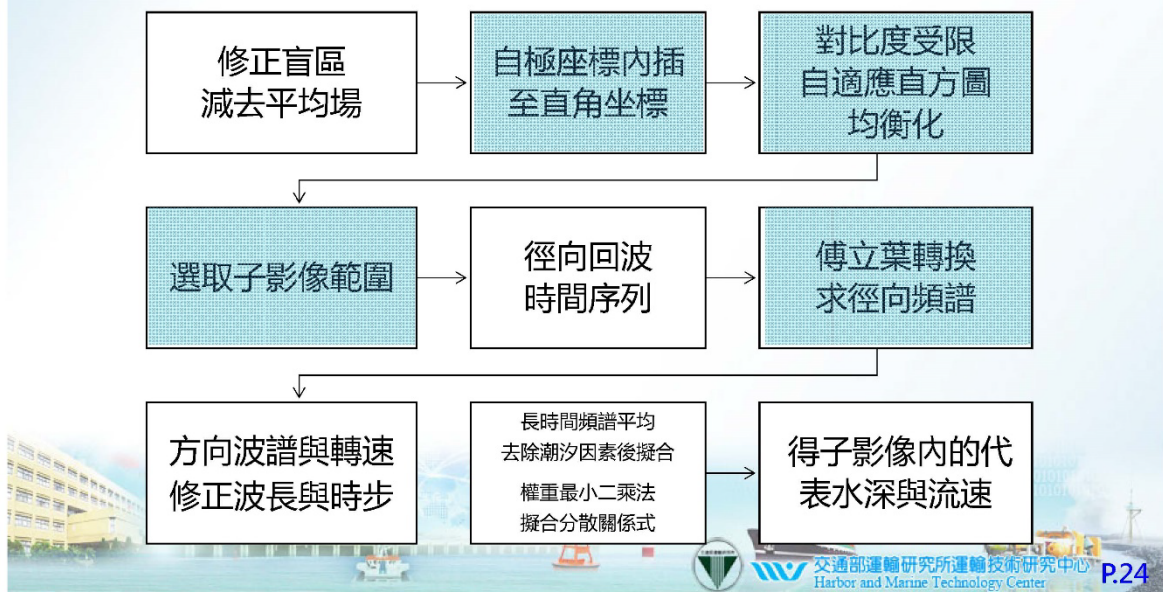
臺北港微波雷達觀測系統

雷達遙測系統資料展示介面



臺北港微波雷達觀測優化

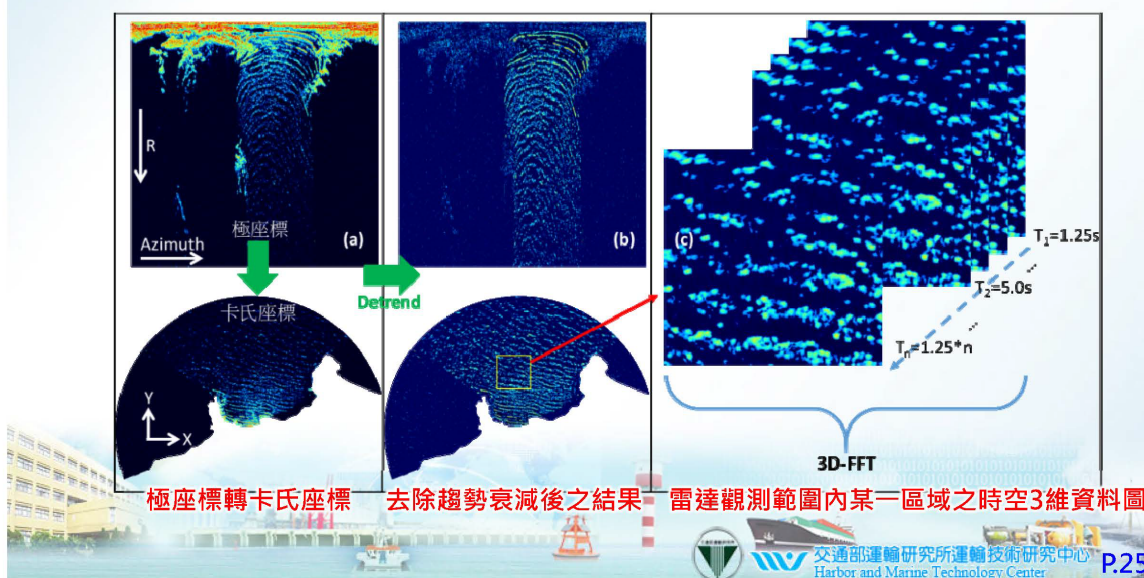
- 本研究微波雷達反演算法處理程序，計算波高、週期及流向等參數。
(1)依據Borge et al. (2004; 2008)之雷達回波訊號反演程序。
(2)鄭皓元(2017)之雷達回波訊號反演程序。





臺北港微波雷達觀測優化

- 本研究微波雷達反演算法處理程序，計算波高、週期及流向等參數。
 - (1)依據Borge et al. (2004; 2008)之雷達回波訊號反演程序。
 - (2)鄭皓元(2017)之雷達回波訊號反演程序。

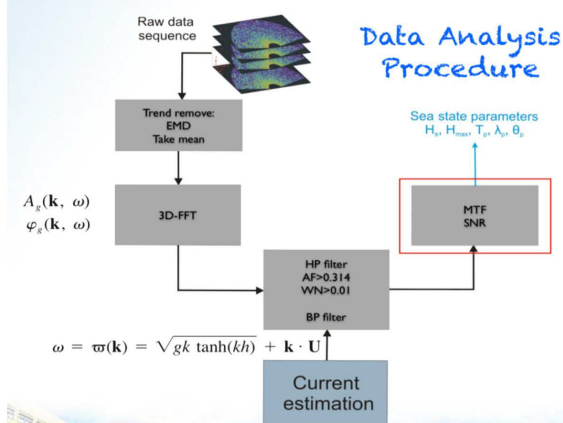


P.25



臺北港微波雷達觀測優化

- 本研究微波雷達反演算法處理程序，計算波高、週期及流向等參數。
 - (1)依據Borge et al. (2004; 2008)之雷達回波訊號反演程序。
 - (2)鄭皓元(2017)之雷達回波訊號反演程序。



$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kh)} + \vec{k} \cdot \vec{u}$$

- ω : angular frequency h : water depth
- k : wavenumber u : current velocity

- 假設:空間均勻性
- 需求:高的譜分辨率、大量的計算時間
- 限制:子影像視窗面積限制了空間解析度



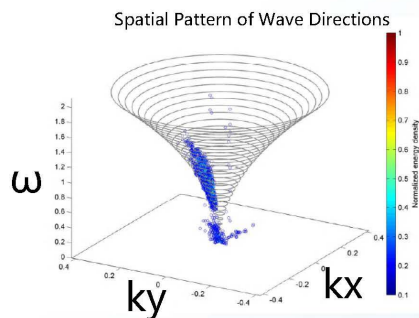
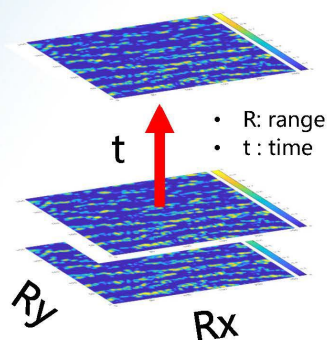
P.26



臺北港微波雷達觀測優化

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kh)} + \vec{k} \cdot \vec{u}$$

- ω : angular frequency h : water depth
- k : wavenumber u : current velocity



Determination of the Spatial Pattern of Wave Directions in the Inhomogeneous Coastal Ocean by Marine Radar Image Sequences
Doong, Article in IEEE Access - August 2018

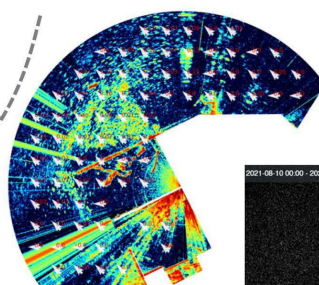
(經由傅立葉轉換自雷達圖像獲取波浪的分散關係)



臺北港微波雷達觀測優化

微波雷達觀測之影響因子

- 觀測位址與挑戰
- 氣候因素
- 非氣候因素



觀測位址與挑戰

(受限於雷達安裝高度與結構物規模廣泛)



雷達受船舶進港作業期間干預影響





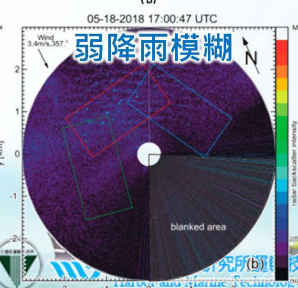
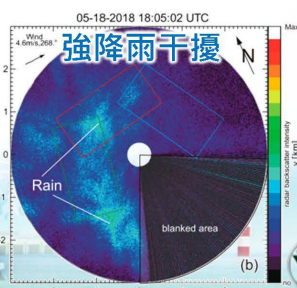
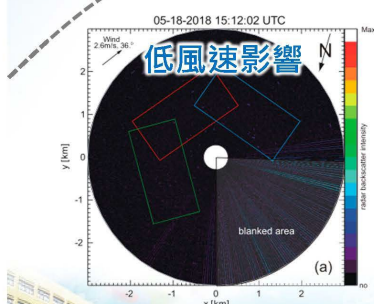
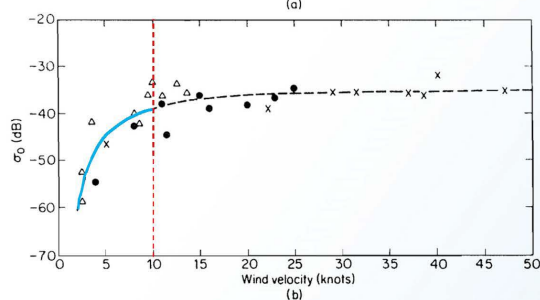
臺北港微波雷達觀測優化

微波雷達觀測之影響因子

- 觀測位址與挑戰
- 氣候因素
- 非氣候因素

氣候因素

Skolnik (1981) 闡述當風速小於 2.5 m/s (5 knot) 時，雷達波之背向散射幾乎無法作用，即無任何接收之回波能量

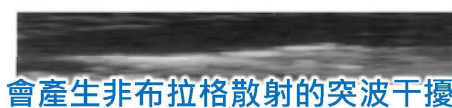
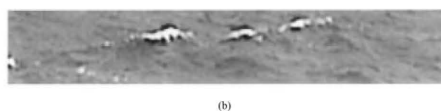
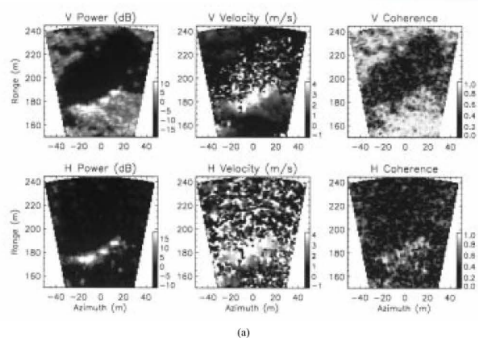


臺北港微波雷達觀測優化

微波雷達觀測之影響因子

- 觀測位址與挑戰
- 氣候因素
- 非氣候因素

非氣候因素



會產生非布拉格散射的突波干擾



微波雷達觀測之影響分析

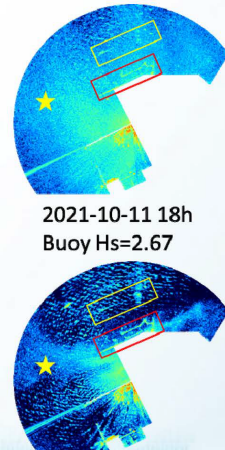
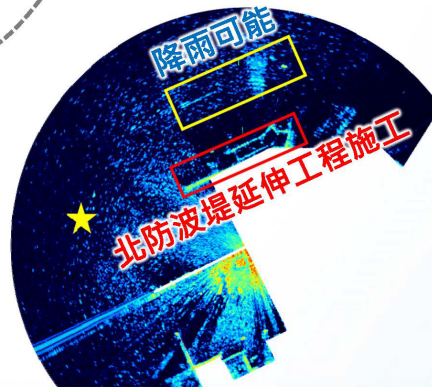
- 空間資料分析
- 時間資料分析

空間資料分析

2021-09-12 00h
Buoy Hs=0.43

2021-10-11 17h
Buoy Hs=2.8

2021-10-11 18h
Buoy Hs=2.67

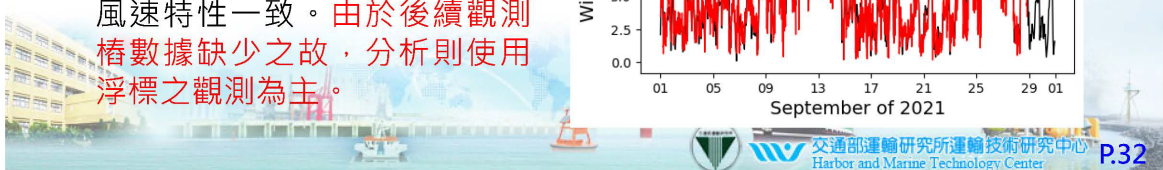
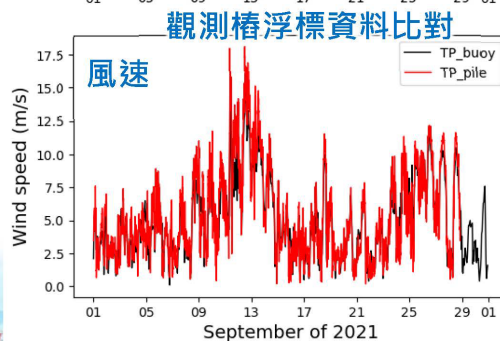
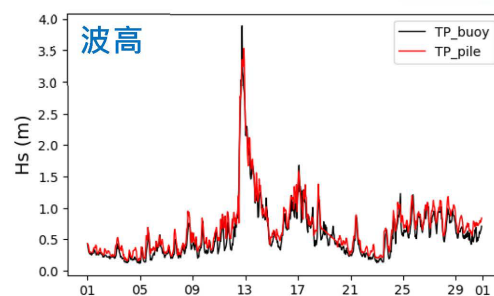


微波雷達觀測之影響分析

- 空間資料分析
- 時間資料分析

時間資料分析

為了和雷達反演海象資料進行比較與分析，對於觀測樁與浮標資料先進行比對。比對圖顯示兩者在波高與風速之觀測結果相近，顯示在2-3公里之臺北港北防波外海區域之波高與風速特性一致。由於後續觀測樁數據缺少之故，分析則使用浮標之觀測為主。

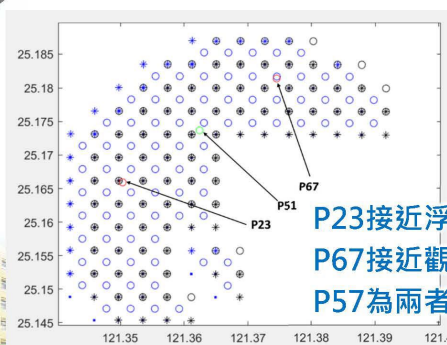


四

臺北港微波雷達觀測優化

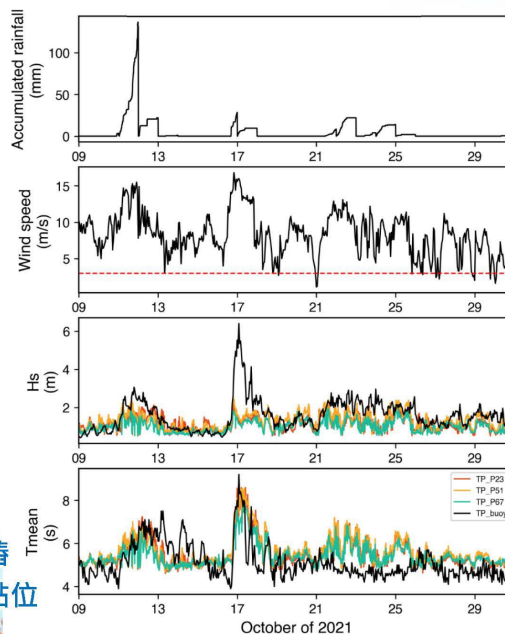
微波雷達觀測之影響分析

- 空間資料分析
- 時間資料分析



P23接近浮標站
P67接近觀測測樁
P57為兩者間之點位

時間資料分析



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

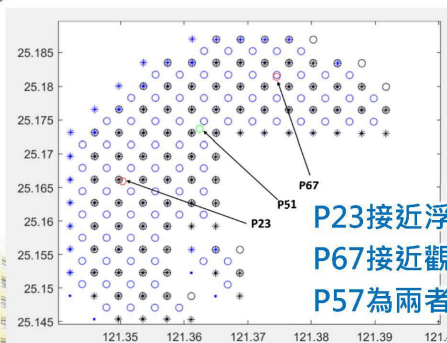
P33

四

臺北港微波雷達觀測優化

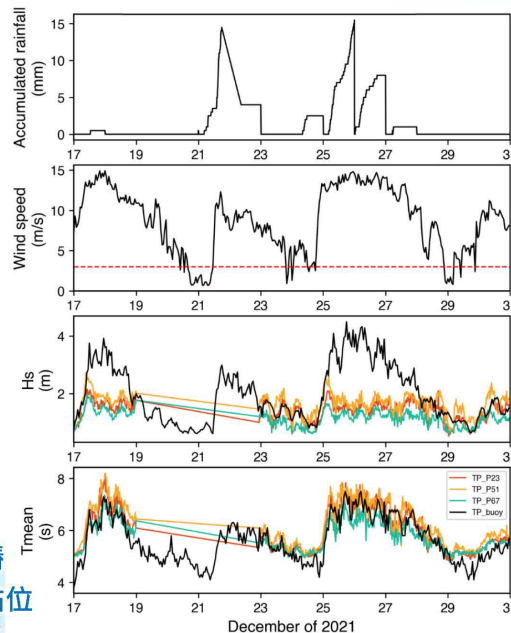
微波雷達觀測之影響分析

- 空間資料分析
- 時間資料分析



P23接近浮標站
P67接近觀測測樁
P57為兩者間之點位

時間資料分析



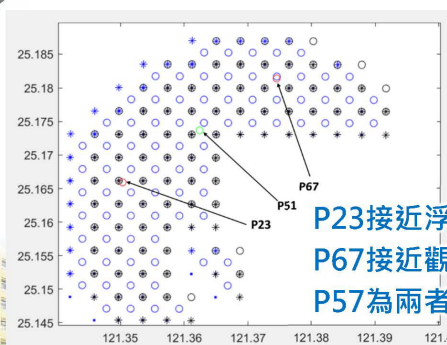
December of 2021

交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

P34

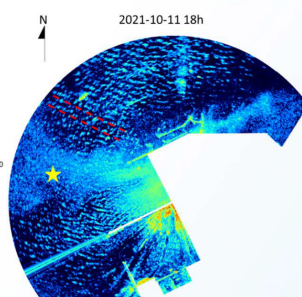
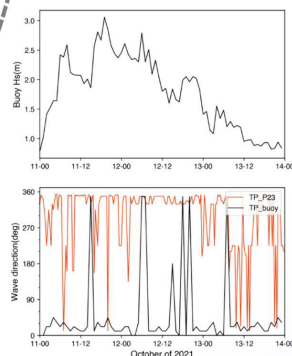
微波雷達觀測之影響分析

- 空間資料分析
- 時間資料分析



P23接近浮標站
P67接近觀測測樁
P57為兩者間之點位

時間資料分析



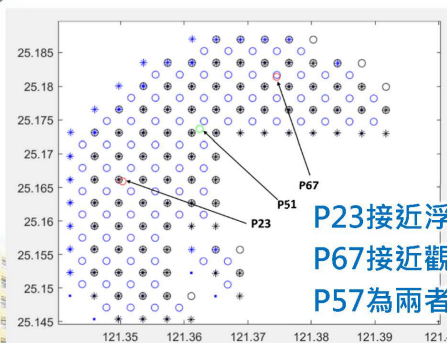
由2021年10月11日18時之北防波堤外海雷達回波，可看出波浪來自於東北向並向西南傳遞，並經過未完成之北防波堤延伸段而有繞射經過浮標位置，並進入港區之回波波紋，然當時有降雨之不均勻分布影響回波強度

Harbor and Marine Technology Center

P35

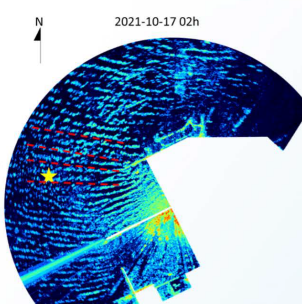
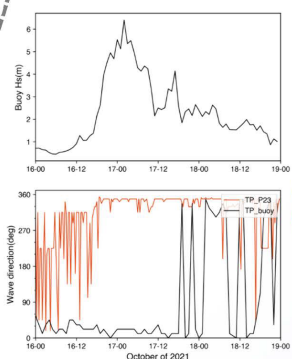
微波雷達觀測之影響分析

- 空間資料分析
- 時間資料分析



P23接近浮標站
P67接近觀測測樁
P57為兩者間之點位

時間資料分析



由2021年10月17日18時之北防波堤外海雷達回波，因波高6公尺形成之長周期波浪能更顯明的看出東北來向的長波，經結構之作用繞射進入港區。除北防波堤海域可看出入射東北向之波浪，亦可看出因作用於北防波堤之反射波。

Harbor and Marine Technology Center

P36



臺北港微波雷達觀測優化

本研究微波雷達觀測優化探討：

1. 雷達觀測位址

北防波堤延伸段的工程、港區內的結構物以及觀測樁的存在對雷達回波產生了影響，導致區域內的回波訊號、干擾和遮蔽訊號相互混合，從而影響計算海象參數的準確性。建議進行現場勘查，找到合適的觀測位置。

另外，考慮到港區船舶進港安全所需的海象參數，可以考慮在北防波堤的較少干擾段或臺北港東南區的海岸地帶設置觀測站。由於東北季風對港區的風浪有明顯影響，可以觀測到北防波堤外海的海象特性，同時還能觀測到港區入口處以及港區西與北區臨港海域的海象變化。



臺北港微波雷達觀測優化

本研究微波雷達觀測優化探討：

2. 數據處理與品質管程序

臺北港域持續擴建導致資料品質不佳，目前使用雷達回波訊噪比（SNR）與觀測波高建立的線性關係，需要進行雷波資料與風速、降雨的比對。

建議是參考平均週期公式中的 m_0 來推算與觀測波高的關係，助於利用雷達回波的能譜改善波高計算。亦可借鑑Carrasco等人（2017）使用徑向都卜勒速度（radial Doppler speed）建立與觀測波高之間的關係；至於波向的觀測，則需進行回波條紋的成分分析和觀測窗格旋轉方向的探討，以解決波向推算的差異。



※ 結論

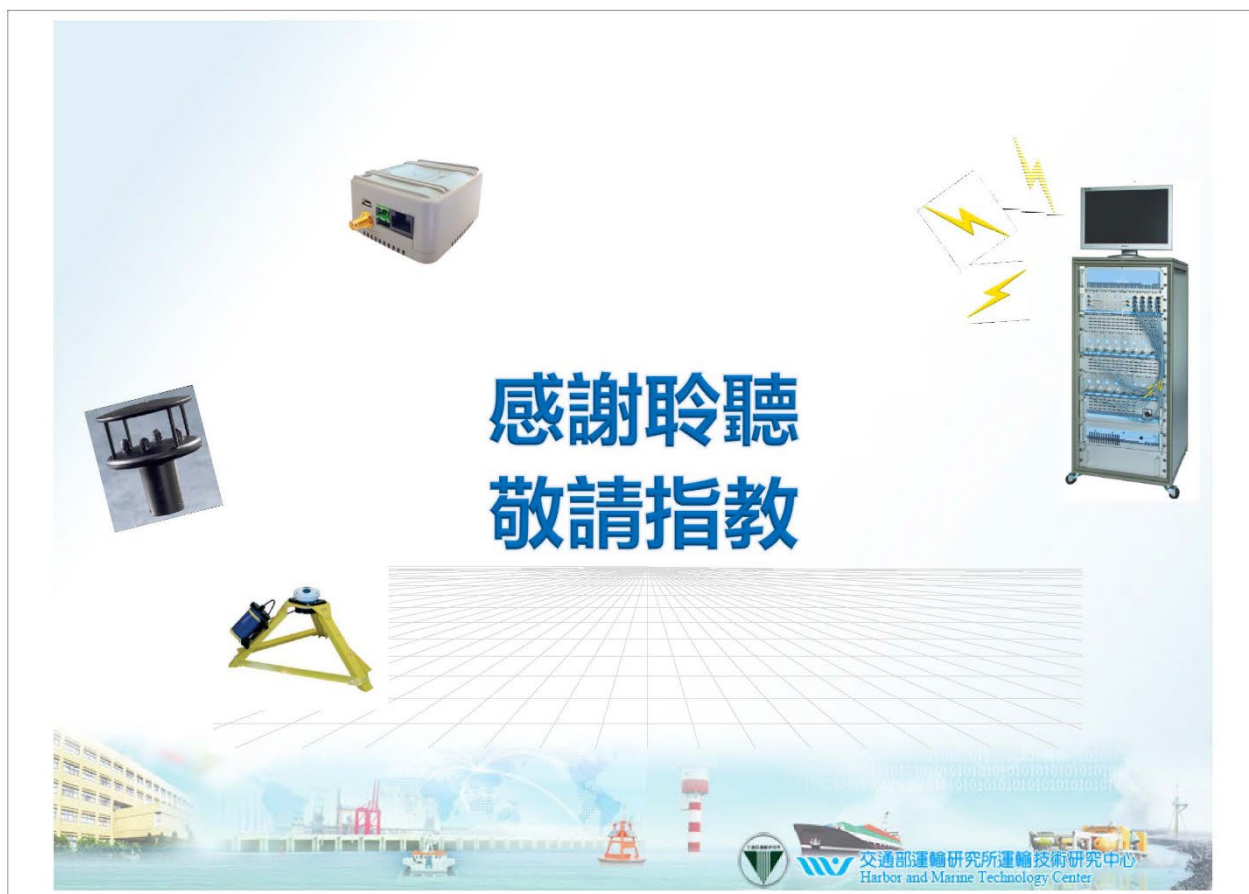
- 外海觀測樁之波浪及海流資料，已完成本年度之觀測資料蒐集，並繪製歷線圖表，後續可供微波雷達資料驗證及優化使用，
- 目前北防波堤延伸段工程、港內結構物與觀測樁對雷達回波產生干擾，導致區域內的回波訊號、干擾與遮蔽訊號相互疊加，確實影響海象參數計算之準確性。
- 參考微波雷達平均週期公式與觀測波高之關係，其平均週期與浮標觀測的變化趨勢相似，對於波向的觀測，需要進行觀測窗格內的回波條紋成分分析與觀測窗格旋轉方向等議題，以研究波向推算的差異。



※ 建議

- 本年度之觀測資料受限於微波雷達設備未能於現場持續觀測，建議未來應選擇電力供應較為穩定之場所，避免觀測作業無法持續進行。
- 臺北港微波雷達本年度僅針對波高之觀測資料進行優化，未來建議可針對其他物理量，如波向、週期、流速、流向等進行相關探討及優化工作
- 臺北港微波雷達觀測資料蒐集期間為2021年7月至2022年12月，外海觀測樁測站及臺北港資料浮標測站蒐集至2023年11月，建議可持續進行資料蒐集獲取該區域長期海氣象波流統計資料。
- 考慮到港區船舶進港之安全需求，未來設置微波雷達尋找適當觀測位址時，建議可以選擇受干擾較小的北防波堤段或臺北港東南區的海岸地帶。





附錄三

專家學者座談會議紀錄

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：交通部運輸研究所港灣技術研究中心第二科與第三科自行
研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：112 年 4 月 28 日(星期五)上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 2 樓會議室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：蔡金吉、蔡世璿

伍、出單位及人員：如後附簽到表

陸、委員意見：

一、臺灣港務股份有限公司鍾英鳳副總經理(退休)

- (一)計畫建議將維護資料庫列入，並進行品管作業、資料整合分析及成果繪製，及統計分析均納入。
- (二)臺北、臺中、高雄因近年來有繼續擴建，對波、潮、流及漂沙之影響程度為何？建議納入研究範圍內，作為未來港口擴建造成之影響探討。
- (三)蘇澳、高雄、安平波浪站更新，以及基隆港遷移，是否造成資料中斷不連續，建議可敘明及分析變動情形。
- (四)相關之原始數據(Raw Data)建議可開放外界使用，並將資料整合以利各方應用及驗證模式之參考。
- (五)海流之觀測主要在港外且屬垂直剖面，目前港口對於海象氣象之需求甚殷，對未來發展智慧港口甚為重要；建議可否整理出上、中、下層海流之實際觀測值，配合數值模擬場域之流速比對。
- (六)商港潮位觀測統計分析，基於資料顯示部分港口潮位資料不連續，建議潮位計高程應定期檢測。
- (七)智慧港口之海氣象觀測之應用分析內容非在港口，建議考量修正成港口周邊之船舶航道及海氣象，即第二年著重在港口，第三年近海航道（包括離岸風場之影響、漁港），第四年為 AI 運用於船舶安全、操航、廢氣排放。本計畫四年中，其中第 1、2、3 項每年均同建議可調整。
- (八)港區巡查只是初步的作為，但水下巡查涉及效率、能見度，及水下載具目前之功能及可做項目，來設定各年之工作項目，建議第一年

須了解水下巡查可做及需做之項目，及目前水下載具之功能。

(九)花蓮港湧浪遮蔽及長週期波斷面模型試驗，其中湧浪遮蔽試驗，又含消能措施規劃，二者並不一致，遮蔽試驗通常常以防波堤、擋浪堤為主，以平面佈置為主，而消能措施則以斷面→如消波塊、消能池、緩波、沙灘、消波碼頭，建議是否以平面布置作為花蓮港湧浪遮蔽試驗，長週期波斷面模型試驗則建議以斷面消能為主。

(十)海氣象觀測作業數位管理規劃時，建議確認為儀器設備管理或資料庫管理。儀器設備管理主要在設備之維護更新、使用效能、維護費，而資料庫管理亦有不同之思維。

(十一)離岸堤出水高度計畫，因其與不同之波向、波流、風向、地形、漂砂方向等有關，建議可先設定研究案例。

(十二)商港海氣象風力及波浪示警機制，未來建議考量預報示警。

二、臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司港務處羅偉佑處長

(一)海象觀測設備應定期校正避免數據誤差，而影響後續分析結果，如遇實際環境改變，應注意觀測數據的使用。

(二)觀測結果建議網頁可提供簡易報表，供相關單位決策參考。

(三)有關港池共振改善研究建議將花蓮港形狀因素納入研究分析。

三、國立成功大學水利及海洋工程學系董東璟教授

(一)建議在海氣象觀測方法、儀器、取樣頻率檢校、品管方法、資料庫等宜與國內相關夥伴單位，如中央氣象局、國家海洋研究院有定期研討及整合，促使觀測資料品質趨於一致。

(二)可以考慮推動船舶上的海氣象觀測(長期)，短期可考慮蒐集各港域船舶已有海氣象觀測數據以充實港域海氣象資料庫。

(三)所有觀測儀器之檢校、品管宜有完整之文件紀錄。

(四)港區風力、波浪示警研究工作目標設定宜仔細思考，因此議題影響因子太多如船舶型態、港域特性，不易有很綜整的結果，另因子間的聯合效應如風、浪關係也可納入考量，港域海氣象時空變化快，參考何種資料(現場即時或未來模擬資料)也需討論，若是參考現場資料，何點位資料也需討論。

(五)發展 AI 技術如第 4 案使用倒傳遞類神經網路預測波高是未來方向予以支持，但要注意是否有足夠資料可以訓練模式，另，利用非物

理模式針對非常小點位(9、17、25 號碼頭)進行預測，是否合宜值得多加探究。

四、交通部航港局中部航務中心張家豪主任

(一) 商港風力、潮位、波浪、海流觀測與統計分析

1. 金門港之潮位、波浪、海流(運研所有觀測)是否能公開於港灣環境資訊網?
2. 第 1 頁，金門港是否考慮增設風力觀測工作?
3. 第 2 頁，風力觀測系統 112 年預計汰換 10 站，汰換標準(頻率)為何? 第 7 頁，經費概估未計算汰換以及緊急搶修費用。
4. 第 3 頁，甘特圖所示應共計 12 個月(11 個月應為誤植)。
5. 本中心去年研議臺中港船舶進港風力管制標準時參考港研中心提供之歷年風力觀測資料，發現 110 年底至 111 年初臺中港北堤測站因設備故障致該段期間無相關風力觀測資料，建議應提升設備之巡查頻率及即時修復能力。
6. 統計分析作業(公開的年報)似乎停滯於 2019 年，港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報會重新發布 2022、2023 年版本嗎?
7. 潮位(臺中港暴潮特性)、波浪(水下無聲傳輸技術可行性及洲際二期港內波浪特性)、海流(臺北港海流特性)除維運及統計年報工作項目外，皆有規劃 1 個研究主題，風力是否增加其他研究主題，例如：臺中港各測站風力特性分析，可供臺中港船舶進港風力管制標準改採單一測站之參酌。
8. 第 11 頁，表示將分析近幾年臺中港潮位資料，探討颱風發生時實際潮位資料與天文潮預測潮位差異，但近幾年實際侵襲臺灣的颱風很少，是否會影響分析作業?
9. 第 16 頁，欲瞭解基隆港既有底碇式波浪觀測站遷移原因。

(二) 智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 第 30 頁，本計畫主要利用 AIS 船舶動態資訊分析之交通流量與海氣象資訊及海事案件之關係，111 年度-海氣象資訊與船舶海事案件關係探討的結果為何?
2. 第 31 頁，依據 112 年工作計畫包含分析臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量，因此研究範圍應該有包括各商港港區範圍外之

海域(包含彰化風場)，由於彰化風場目前已公告設有南北向航道，並由本局成立彰化航道 VTS 中心管理該航道，研究單位希望本研究成果可以提供管理單位分散航線的評估，以減少碰撞事故發生機率，可否更具體說明如何分散航線。

3. 第 31~32 頁，比對 2022-2024 年的船舶分布軌跡，預期可以得到什麼樣的成果？
4. 第 33 頁，海氣象資訊於船舶監控預警系統將如何運用？如船舶即將進入 10 級風範圍前先預警(SOLAS/V/5-9 鼓勵船長通知鄰近船舶及岸台)？結合 AI 技術於船舶航行安全整合系統的初步規劃內容為何？其優於現行 NAVTEX 或其他傳遞海氣象資訊設備的功能為何？

(三) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析

1. 第 44 頁，相關設施自 109 年即建置，建議先說明先前已完成的工作項目，例如是否已完成海洋陣列雷達與現行觀測儀器的差異分析(是否會較一般儀器精確)？另陣列雷達是否受天候或其他因素影響？
2. 第 46~47 頁本次主要探討單雷達與雙雷達差異分析，故原始資料是否會有 109 年單站雷達、110 年南側雷達，以及雙雷達共同調查分析的資料？那單站及南側雷達是否有差異？

(四) 應用微波雷達於臺北港域環境監測

臺中港選擇海洋陣列雷達、臺北港選擇微波雷達有無特別考量？

(五) 港區水下巡查技術

1. 工作計畫未說明水下無人載具將採用哪一類 ROV/AUV 來測試？
2. 計畫緣起為以機器替代潛水員進行水下巡查可行性，文內提及兩大類操作技術似乎已是既有技術，故本研究結論倘分析不具可行性的原因可能為何？另本案欲得到的結論為何(怎樣的巡查成果可稱之為可行、是否涉及成本效益分析)？
3. 本研究如具可行性，未來可以水下無人載具作為港區水下設施巡查作業之應用，相同的，因港區內易會發生船與船或船與固定設施碰撞事件，亦可利用 ROV/AUV 進行船底水下檢查船舶損壞情形。

(六) 花蓮港湧浪遮蔽試驗、長週期波斷面模型試驗

第 85 頁，第 10 案長週期波浪之研究亦提及「將研擬適用於花蓮港消滅長週期波浪的結構物斷面或設施型式」，此研究成果與第九案湧浪消能措施是否會互相衝突？

(七) 海氣象觀測作業數位管理規劃

計畫緣起提及儀器、資材、通訊資源之維護、稽查、紀錄等，成果卻未提及這一方面的內容。另目前觀測數位管理所遭遇之難題為何？各觀測站的統計整理方式會有不同嗎？

(八) 離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

本案規劃運用 Youtube 影片進行研究，是否已掌握相關資源？

(九) 商港風力、波浪示警機制

應用面上風力示警燈號未來可否運用在各港之船舶進港管制標準上，供使用者標準判別更為淺顯易懂。

(十) 倒傳遞類神經網路建置花蓮港波高預測模式、花蓮港風浪模組模擬參數條校探討

第 15 案應用 TaiCOMS2.0 預測碼頭波高，第 16 案則欲精進 TaiCOMS 正確性，兩案之間會相互配合嗎？

(十一) 風力及波浪準確度分析

比對模擬資料與觀測資料的準確度，並展示於港灣環境資訊網的意圖為何？準確度的定義是什麼？預計未來的參考應用方向是什麼？

五、國立中山大學海洋科學系陳冠宇教授

(一) 風波潮流的即時觀測與分析多年來已經累積大量成果，持續的進行資料蒐集十分重要，也值得肯定。這些資料取得主要在計畫一～四，配合計畫十七、十八進行近一步的分析與品管，構成完整的資料系統。

(二) 除了傳統的單點觀測，計畫九、十以及與計畫十六相關的數值模式，都可以提供面的，甚至 3-D 的資訊，點和面的資料可以相互印證。

(三) 資料的加值運用，如計畫五、十一、十三～十五，和以上的資料取得與品管的計劃相互呼應，顯示第 2 科與第 3 科的合作。

(四)針對實際的海岸與港灣工程問題的研究很有意義，惟一般人不易了解其詳細沿革，建議多強調這些計畫之創新性。

六、海洋委員會國家海洋研究院翁健二主任秘書

(一)第 2 頁，商港風力觀測編列經費是否有包含設備更換？

(二)商港波浪觀測與海流工作項目相似。

(三)第 18 頁，商港波浪觀測，水下無線傳輸系統測試，有無評估通訊距離、速率？通訊方式？

(四)雷達表面流觀測，如何驗證觀測資料正確性？

(五)陣列雷達表面流觀測編列經費是否包含維運經費？

(六)陣列雷達觀測數據如何呈現以提供相關單位參考依據？

(七)第 54 頁，陣列雷達維運是否同仁自行維運？

(八)臺北港雷達站，觀測數據如何驗證？

(九)第 55 頁，陣列雷達解析度 500m，如何進行船舶觀測分析？

(十)第 122 頁，花蓮港碼頭波高預測使用 LSTM 預測解析度？另硬體設備是否有相關配套措施？

(十一)港區水下巡查技術初探這港公司已有計畫在執行。

柒、結論：

感謝委員提供本所自行研究計畫之專業建議，請案關同仁將委員意見納為執行計畫重要參採依據，俾以達到成果實際應用目的，以及提升研究成果之廣度及實用性。

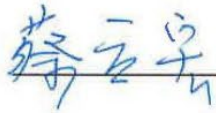
捌、散會：上午 12 時 45 分

會議簽到表

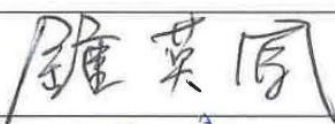
會議名稱：交通部運輸研究所港灣技術研究中心第二科與第三科自行研究計畫專家學者座談會議

時間：112 年 4 月 28 日(星期五)上午 10 時

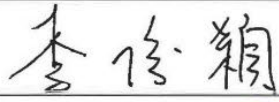
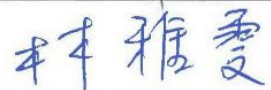
地點：本所港研中心2樓會議室

主持人：蔡立宏主任 

專家學者：

專家學者	簽名
鍾英鳳 委員	
羅偉佑 委員	
董東璟 委員	
張家豪 委員	
陳冠宇 委員	
翁健二 委員	

出席單位及人員：

出席單位	職稱	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	科長	
	科長	
	科長	

單位	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	黃茂信 李政三 羅冠顯 陳劍石 洪維屏 陳智恆 劉淑敏 許義宏 林有騰 莊文傑 邱正光 郭漢芳 傅性劍 蕭敏玲 蔡金吉 曹勝江 劉明義 蔡世瑞 劉清玲
	顏碩香 謝榮堯 劉煥明

附錄四

工作會議紀要

112 年 6 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 1 次
工作會議

時間：112 年 06 月 28 日(星期三)下午 02 時 00 分至 04 時 30 分(第 1 場次)

112 年 06 月 29 日(星期四)上午 09 時 30 分至 12 時 30 分(第 2 場次)

112 年 07 月 12 日(星期三)上午 10 時 00 分至 11 時 30 分(第 3 場次)

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
- 2.風力觀測資料庫整合及更新進度。
- 3.風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.整理與彙整主要商港潮位觀測資料。
- 2.彙整 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
- 3.蒐集國內外相關暴潮研究文獻。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
- 2.無線式水下波流觀測系統可行性評估。
- 3.高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.商港海流觀測系統維運作業情形說明。
- 2.臺北港潮流特性分析初步成果報告。

3.年度研究報告章節編排討論。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
- 2.臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量。
- 3.彙整高雄港和基隆港之海氣象觀測資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
- 2.海洋雷達設備維護與校正作業摘要說明
- 3.海流監測資料分析與交互驗證工作情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底錠式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
- 2.臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.完成港區水下設施巡查項目初步盤點。
- 2.港區水下設施巡查方式探討。
- 3.蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.第二試驗廠棚修繕工程進度說明。
- 2.花蓮港海氣象資料初步彙整。
- 3.模型比尺及試驗條件初步規劃。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.蒐集研讀國內長週期波及花蓮港相關研究文獻。
- 2.可能致災的波浪定義與分析。
- 3.熟悉斷面水槽目前配置、新增設備及後續研究規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

- 1.海氣象觀測儀器盤點情形說明。
- 2.各觀測儀器系統架構、維護流程、資料流向、品管方法之彙整。
- 3.報告書章節之規劃。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.風力觀測資料庫系統之數據傳輸方式及資安管理作業。
- 2.臺灣港務股份有限公司海氣象觀測資料庫(臺中 IDC 機房)與本所港研中心之異地備援機制及資料庫整合工作。
- 3.利用紊流強度分析觀測站受鄰近結構物之影響。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.潮位觀測年報內容討論。
- 2.潮汐分潮研議。
- 3.颱風路徑與暴潮分析交換意見。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.商港波浪觀測站建置概況及本年度觀測系統現場相關作業期程。
- 2.無線式水下波流觀測系統水下實測期程規劃。
- 3.高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站建置進度。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.剔除極端氣候(如颱風)影響期間觀測資料之潮流特性分析可行性討論。
- 2.垂直剖面流分析方法及成果呈現方式討論。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.彙整國內外特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
- 2.分析彰化風場航道與離岸風電浮動式風場(苗栗及墾丁外海)

各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度。

- 3.針對高雄港和基隆港之海事事故，彙整船舶航行軌跡與海氣象狀況。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.雷達電力系統改善與海洋雷達天線劣化汰舊更新。
- 2.針對 6 月 15 日表面海流監測資料進行分析與驗證討論
- 3.討論期末報告章節規劃與後續工作檢討

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港底錠式波流儀資料蒐集情形討論。
- 2.臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
- 3.臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.港區水下檢測項目之判定標準討論。
- 2.港區水下設施巡查方式說明。
- 3.國外水下無人載具應用案例分析。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.花蓮港季風及颱風波浪資料呈現方式。
- 2.水工模型規劃及相關試驗設備材料需求評估。
- 3.花蓮港湧浪型態探討。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.更新造波機測試過程內容，建議於報告書定稿前彙整進報告書。
- 2.考量斷面水槽的尺寸及造波機效能，週期縮尺最大僅能模擬原型 36 秒的波浪，後續再評估是否以數值方法，模擬更長週期的波浪。
- 3.應針對花蓮港的現況及破壞紀錄多加探討，以研擬出適用花蓮港內消減長週期波能的結構物斷面或設施型式。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

- 1.儀器盤點需補充說明處之討論。
- 2.各系統維護程序及資料流向需補充說明處之討論。
- 3.報告書文獻回顧可加強處之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.目前風力年報已利用 Python 重新編程，並透過公用區分享程式碼，相關研究同仁可參考交流，以精進工作職能。
- 2.112 年度海洋工程研討會預定 9 月開始徵稿，階段性研究成果可適時投稿。
- 3.建議補充紊流強度之數學定義，以及測站位置與現場圖片，以利瞭解測站與結構物之相對位置。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.彙整潮位觀測資料進行統計分析，繪製成圖表並出版統計年報，年報內容擇期再討論。
- 2.優先擇取經過臺中港的歷史颱風做暴潮分析。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.請依規劃期程督導廠商，使本年度波浪觀測系統現場相關作業能如期如質完成。
- 2.無線通訊數據機目前已可與 AWAC 溝通，後續將至國立成功大學水工試驗所斷面水槽實際測試，建議測試期間同步實施造浪，模擬未來應用於港區執行監測作業之情境。
- 3.高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站已建置完成，後續請持續掌握觀測站運作情形，並可著手分析船席遮蔽係數。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.建議於年度研究報告內增加資料浮標之流速剖面儀設備說明。
- 2.潮流特性分析建議延長分析期間，確保分析結果之正確性。
- 3.垂直剖面流建議採完整斷面呈現，可擷取年度最大潮或最小

潮之觀測資料進行分析，期能獲得具代表性之成果。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.針對目前 AIS 所蒐集的船舶資訊與 VDES 系統蒐集資料，是否進行相關資料比對。
- 2.VDES 系統編碼不同，又可透過衛星傳輸，後續是否可導入海氣象傳輸。
- 3.建議「彙整特定港口之海氣象觀測資料」與「船舶動態與海氣象資訊應用分析」，兩章節內容要互相連動整合。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.本案表面流觀測資料量龐大且時程緊迫，工作量繁重，請相關研究人力與工作安排須合理進行。建議本案未來海流資料提供予應用單位時，須確定資料提供標準與項目，以保海氣象資料之正確性。
- 2.有關本所與國海院、氣象局及大氣海洋局規劃合作辦理 114-117 跨部會案件，後續工作項目是否需於後續年度適時調整，建議研究人員納入考量。
- 3.有關高頻雷達訊號應用文獻回顧部分，請研究人員盤點過去相關研究成果，以利瞭解過去研究發展階段情形。
- 4.有關表面流觀測資料的統計與比較分析，建議參考氣象局於臺中港南側佈放的浮標資料進行比較分析與討論，特別是冬季東北季風期間特性，以及大潮與小潮時段的特性，建議納入分析探討。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港底錠式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
- 2.臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 6 月份。
- 3.臺北港微波雷達觀測資料持續進行蒐集中。

- 4.自辦計畫報告中，有關微波雷達測站之位置平面圖應再詳盡，建議可用海圖套繪。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.目前已蒐集國外水下無人載具應用相關案例，建議可針對國內新興技術應用於港區水下巡查作業之相關文獻，進行補充。
- 2.水下無人載具應用於港區發展之架構可再進行補述。
- 3.水下無人載具之影像取得及定位測試，預計納入明年計畫辦理。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.花蓮港季風波浪及颱風波浪資料建議妥善整理。
- 2.請評估本案所需相關試驗設備材料。
- 3.俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.更新造波機設備的到貨及測試時程，應確實掌握進度，朝向提前完成的目標執行。
- 2.針對造波機效能的測試內容，需先提出斷面配置規劃，以利設置斷面的測試設施。
- 3.研究過程及報告書撰寫期間若遇困難，應及時提出，再一同進行討論。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

- 1.本案原工作計畫書階段有納入岸基高頻雷達 2 站及微波雷達 1 站之規劃，惟考量雷達站目前皆委外維護管理，資料尚無回傳中心資料庫，相關架構及程序尚待後續研究擬定，故本案有關雷達站部分先不予規劃。
- 2.各種儀器之資料定義、各系統維護頻率及資料流向未列部分，建議再補充說明。
- 3.報告書之文獻回顧章節，建議可參考儀器之說明文件，及測站維護與資料品管計畫之參考文獻與投稿文章等。

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 1 次工作會議(第 1 場次)

時間：112 年 6 月 28 日(星期三)下午 2 時

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名
第一科科長	賴瑞輝
第三科科長	林雅雯
第二科	
	柯政宇
	許義宏
	陳孟宏
	劉朋生
	曹勝山
	李江鴻
	陳智怡
	林學文
	洪維賢
	羅冠穎
	孫遠志
	王公亮
	許師瑜

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 1 次工作會議(第 2 場次)

時間：112 年 6 月 29 日(星期四)上午 9 時 30 分

地點：本所港研中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞博	
第三科科長	林雅雯	
第二科		傅惠珍
	孫益遠	劉朋豪
	林昭卿	謝佳穎
	陳宜銘	陳子健
	劉淑敏	許義居
	鄭懷芳	柯振宇
	顏所香	蔡居白
	林文子	陳孟宏
	李江門	陳克宇
	陳智恒	曹勝仁
	羅冠翹	洪維爵
	邱志光	許靜瑜

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 1 次工作會議(第 3 場次)

時間：112 年 7 月 12 日(星期三)上午 10 時 00 分

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞尊	
第三科科長	林雅雯	
第二科	黃民信	
		孫孟遠
		李政達
	林文水	柯振宇
	劉明志	陳智仁
	陳孟宏	曹騰弘
	洪維屏	羅冠穎
	邱金堂	許師海

112 年 8 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 2 次
工作會議

時間：112 年 08 月 31 日(星期四)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
- 2.風力觀測資料庫整合及更新進度。
- 3.風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.彙整並分析主要商港潮位觀測資料。
- 2.彙整 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
- 3.期末報告初稿大綱說明。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
- 2.無線式水下波流觀測系統可行性評估。
- 3.高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.商港海流觀測系統維運作業情形說明。
- 2.臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
- 3.年度研究報告章節編排檢討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應

用分析

- 1.特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
- 2.風電工作船軌跡與主要港埠航道交通流量。
- 3.彙整高雄港海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧，並完成期刊研討。
- 2.報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
- 3.報告海流監測資料品管與檢核工作。
- 4.討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底錠式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
- 2.臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較。
- 2.完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
- 3.持續蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。
- 2.花蓮港海氣象資料彙整。
- 3.水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.彙整國內外長週期波及花蓮港相關研究文獻。
- 2.選定可能致災的長週期波浪類型，供後續進行分析討論。
- 3.規劃測試新設造波機的斷面水槽配置。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

- 1.海氣象觀測儀器盤點系統架構之補充說明。
- 2.各觀測儀器維護流程、資料流向補充說明，自主檢查表之彙整。
- 3.報告書撰寫進度說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.風力觀測資料品管機制及整合資料庫系統架構。
- 2.商港風力觀測統計年報辦理進度。
- 3.商港強風延時統計程式計算結果。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.潮位觀測年報出版研議。
- 2.調和常數採用 6 個潮汐分潮。
- 3.侵臺颱風路徑分析。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.蘇澳港測站更新、基隆港測站遷移與海氣象資料浮標建置進度。
- 2.無線式水下波流觀測系統水下實測進度。
- 3.高雄港洲際二期瑪娃颱風港內靜穩度分析成果探討。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.臺北港潮流恆流特性分析成果討論。
- 2.垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
- 2.繪製 112 年 12 月 31 日前，航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡。
- 3.彙整高雄港之海事事故船舶航行軌跡。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.討論雷達天線間距量測與卡努颱風後雷達南站自譜與雷達地網情形。
- 2.討論雷達資料(L0 級產品)品管與檢核工作。
- 3.針對雷達表面海流觀測與其他觀測資料進行分析與驗證。
- 4.討論雷達表面海流流向之正確性。與後續工作檢討

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港底錠式波流儀資料蒐集情形討論。
- 2.臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
- 3.臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.水下遙控載具(ROV)功能分析說明。
- 2.港區水下設施巡查項目及方式討論。
- 3.國內外水下無人載具應用案例分析。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.水工模型平面配置調整。
- 2.水工模型消能設施佈設方式。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.抵禦長週期波斷面水工模型試驗的成果，建議未來可提供給平面遮蔽試驗做為結構物配置參考。
- 2.建議未來可考量進行防波堤的港內外兩側斷面水工模型試驗，針對同一防波堤斷面討論港內外的消波情況。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

- 1.系統架構及資料流向補充處之討論。
- 2.現有管理模式及自檢表之討論。
- 3.儀器資料格式及欄位之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.風力觀測資料品管方法尚屬妥適，原則同意納入港務公司之海氣象即時應變系統，並請將品管詳細流程納入期末報告初稿。
- 2.風力觀測品管資料之可疑數據處理，建議強化人工品管檢核及回補機制，以避免資料誤刪。
- 3.風力觀測統計年報資料，請於9月底前將報告初稿送主管核閱。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.依中央氣象局侵臺颱風路徑分析。
- 2.颱風路徑對臺中港潮位影響討論。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.本年度已完成更新、遷移及建置之測站，請持續留意傳輸狀況，颱風期間各測站即時通訊情形亦需加強注意。
- 2.水下無線通訊數據機通訊品質易受水面及固體邊界影響，後續觀測儀器架設計需將此因素納入考量。
- 3.持續蒐集分析本年度颱風及季風期間之監測數據，測站即時系統運作情形請持續留意。
- 4.高雄港洲際二期港內靜穩度請持續掌握冬季季風觀測資料，做為重點分析成果，期能獲得具代表性之成果。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.請盡速完成海流統計年報初稿。
- 2.針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.針對高雄港海事事故發生案件，建議增加船舶AIS航行軌跡。
- 2.有關利用AIS傳發海氣象觀測資料，建議可參考目前氣象局相

關研究報告。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.雷達表面流觀測工作量繁重，有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，對於海流方向部分請與 SeaView 原廠討論可能造成此問題的原因，並予以排除，須確保資料演算標準與項目規範，以維持海氣象資料之正確性。
- 2.本年度雷達站於今(112)年 4 月份進行調整，關於海流觀測資料分析，建議探討雷達調整前後表面海流觀測差異。
- 3.關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，異常部分請納入分析檢討，並安排後續工作，以確保數據與期末報告之品質。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港底錠式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
- 2.臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 8 月份。
- 3.自辦計畫報告中第二章及第三章建議可以合併。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.目前已蒐集國內外水下無人載具應用相關案例，建議可針對應用於港區水下巡查之案例進行分析比較。
- 2.本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。
- 3.水下無人載具之影像取得及定位測試可進行規劃，以利明年計畫進行。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.水工模型配置，建議後續可與花蓮港務分公司相關單位討論。
- 2.俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.依照報告書章節規劃，開始依序撰寫報告書內容。
- 2.分析長週期波作用機制，以構思抵禦長週期波結構物方案。

3.針對新設造波機部分，持續跟進並調整測試規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

- 1.文獻及後續規劃可參考本所港灣構造物維護管理系統及港灣環境資訊網維護之相關規劃。
- 2.本中心既有設備管理E化系統可供參考，惟現場維護介面建議簡化並留下重要維管資訊。
- 3.架構方面，需考量儀器產出原始資料保存之規劃。

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 2 次工作會議

時間：112 年 8 月 31 日(星期四)上午 9 時 30 分

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長

李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞輝	
第三科科長	林雅雯	
第二科		
	陳子浩	郭俊芳
	劉淑敏	陳智恒
	黃民信	許義宏
	劉明名	柯達達
	林京文	柯拓宇
	羅彩韻	曹勝陽
	李政廷	陳天時
	李仁澤	陳西宏
	許張堯	許師瑜
		顏麗香

112 年 10 月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 3 次
工作會議

時間：112 年 10 月 30 日(星期一)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎 副研究員

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
- 2.風力觀測資料分析結果說明。
- 3.期末報告撰寫進度。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.完成主要商港潮位資料統計分析。
- 2.完成 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料分析。
- 3.期末報告初稿大綱概述。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
- 2.水下無線傳輸技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估。
- 3.高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
- 2.年度研究報告章節編排檢討及撰寫進度說明。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。

- 2.船舶動態與海氣象資訊應用分析。

- 3.彙整海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。

- 2.辦理南站雷達天線組更換，報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。

- 3.報告海流監測資料品管與檢核工作。

- 4.與國外教授探討海流資料比對結果，討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底碇式波流儀、資料浮標、微波雷達)。

- 2.臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。

- 2.完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較及國內外文獻回顧。

- 3.進行水下遙控載具定位試驗之初步規劃。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。

- 2.花蓮港海氣象資料彙整。

- 3.水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.彙整長週期波致災案例及分析破壞機制。

- 2.研提長週期波消能結構物方案及未來研究方向。

- 3.期末報告書撰寫。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本所海氣象觀測既有管理模式風險之說明。
2. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃說明。
3. 海氣象觀測資料庫管理規劃說明。
4. 報告書撰寫進度說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

- 1.商港風力觀測特性及強陣風分析結果。
- 2.商港颱風分析內容及產出項目。
- 3.期末報告章節編排。

(二)商港潮位觀測與統計分析

- 1.侵臺颱風路徑分析。
- 2.侵臺颱風路徑對臺中港潮位影響分析探討。
- 3.年度研究報告章節編排檢討。

(三)商港波浪觀測及統計分析

- 1.商港波浪觀測站運作情形及海氣象資料浮標建置進度。
- 2.無線式水下波流觀測系統於大型斷面水槽測試結果。
- 3.高雄港洲際二期港內靜穩度分析成果探討。

(四)商港海流觀測及統計分析

- 1.臺北港潮流特性分析成果討論。
- 2.垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

- 1.彙整國內外特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
- 2.繪製航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡，並針對軌跡異常船舶進行說明。

3.分析船舶動態與當日海氣象狀況。

3.彙整高雄港之海事事故船舶航行軌跡。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1.辦理南側雷達站資料品管與檢核工作

2.於 10 月 5-6 日第 45 屆海洋工程研討會辦理發表研究成果。

3.本所與國家海洋研究院、交通部中央氣象署、國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心與國立成功大學近海水文中心，共同舉辦 2023 年海洋達人工作坊，進行臺灣海洋雷達遙測發展與技術交流。

4.討論雷達表面海流流向之正確性。與後續數據追算工作。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1.臺北港底碇式波流儀資料蒐集情形討論。

2.臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。

3.臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1.水下遙控載具(ROV)功能分析說明。

2.港區水下設施巡查項目及方式討論。

3.國內外水下無人載具應用案例分析及定位測試之初步規劃。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1.水工模型消能設施形式之構思。

2.花蓮港未來觀光發展議題及港內構造物改善。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1.針對花蓮港的現況，討論消減長週期波能的結構物或設施配置方式。

2.討論於花蓮港內，設置抵禦長週期波結構物或設施之之可行性。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃之討論。
2. 海氣象觀測資料庫管理規劃之討論。
3. 後續工作事項及報告書撰寫之討論。
4. 113 年度工作規劃及委外事項之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 本計畫原則符合工作計畫書之各項進度，請依限完成期末報告撰擬，並於 12 月中旬召開期末報告審查。
2. 同一港區不同測站之風力資料比對是否存在時間位相差，建議可進一步檢查。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 颱風路徑對臺中港潮位影響討論。
2. 自辦計畫報告書於 11 月底初稿完成。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 已建置完成之資料浮標測站，請留意系統運作情形，霧燈及夜間警示燈須確保正常運作。
2. 大型斷面水槽測試結果顯示，已可透過水下聲學數據機與 AWAC 溝通，但隨著通訊距離拉長，訊號傳遞呈現不穩定情形，本年度獲取之相關數據，可做為後續開放海域實測應用參考。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 請盡速完成年度研究報告初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對電子海圖顯示與資訊系統目前使用中心舊版 S-57 海圖，建議可向國土測會中心購置新版海圖。

- 2.有關利用蘇澳港漁船及漁具濫用 AIS，建議可移除不列入考量，避免誤解。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

- 1.有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，並盡快完成 SeaView 資料演算工作，以維持海氣象資料之正確性。
- 2.本年度報告書建議將原機關單位名稱，修改為組改過後名稱，以免發生名稱錯植與其他誤會。
- 3.關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，並盡快完成報告書初稿撰寫工作，以確保期末報告之品質。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

- 1.臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
- 2.臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 10 月份。
- 3.波向資料異常，可能為匯出資料時之設定問題，應再檢視。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

- 1.就目前已蒐集之港區水下巡查設施及方式，再進行分類及探討，研擬可優先適用於水下無人載具巡查之物件。
- 2.本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。
- 3.建議針對目前盤點之港區水下巡查標的物，蒐集合適作業之水下無人載具，以利進行明年定位試驗。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

- 1.水工模型配置，預計於 12 月中旬與花蓮港務分公司相關單位討論。
- 2.俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。
- 3.請妥善彙整過往相關研究。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

- 1.依照報告書章節規劃，於期程內完成報告書撰寫。

2.再深入探討長週期波作用機制，加強抵禦長週期波結構物方案內容。

3.針對新設造波機部分，持續跟進並確認測試規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 有關時序列資料及 RAW 檔資料上傳及下載連結，規劃須考量該網址或路徑變更時系統如何管理維護。
2. 後續年度之實施計畫，基礎資料建置為重要步驟，建議強化匯入功能，將既有基本資料表單直接匯入以減少人力負擔；另考慮強化資料匯出功能，將本所需產出資料簡便匯出。系統便易性及其他擴充功能期於後續透過使用者回饋精進。
3. 所內人員訪談請接續進行，並建議邀請測站目前維護廠商進行訪談，討論實際需要及規劃架構是否有其他問題。

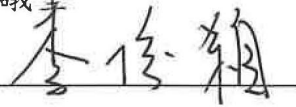
會議簽到表

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 3 次工作會議

時間：112 年 10 月 30 日(星期一)上午 9 時 30 分

地點：本所運技中心 3樓會議室

主持人：李俊穎副研究員



出席單位	簽名	
第一科科長		
第三科科長		
第二科		
	王喬莉	陳子健
		郭淑芳
	劉淑敏	陳智恒
	柯振亨	陳孟宏
	洪維南	黃武信
	曹常洪	許義宏
	羅冠毅	李政達
	林文山	林達通
	邱政光	許師瑜
	陳天呀	李沁鴻