

114 年馬祖海情資訊系統功能精進與 AIS 資訊優化 提升之研究

張永葵¹ 林有騰² 林雅雯³ 黃騰毅⁴ 王海平⁵

¹ 數位地球科技有限公司副總經理

² 交通部運輸研究所運輸技術研究中心助理研究員

³ 交通部運輸研究所運輸技術研究中心科長

⁴ 連江縣港務處處長

⁵ 連江縣港務處課長

摘要

馬祖四鄉五島間彼此聯繫的交通仰賴海上藍色公路，為使港務管理單位掌握船舶管理及海氣象資訊，本研究「馬祖海情資訊系統」(以下簡稱本系統)整合船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)、海氣象現場觀測即時資訊以及數值模式計算資訊，藉由資訊與通訊科技技術(Information and Communication Technology, ICT)，將資訊彙整於地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，提供透過視覺化的地圖介面，快速掌握船舶動態、海氣象資訊以及碼頭船席與港外泊船區的即時水深時序變化，本系統持續精進功能，提供管理人員能透過此系統輔助決策，藉此提升海上航行安全。由於連江縣港務處對於 AIS 資料的運用有業務上的需求，另外自建 AIS 天線接收資料，因此，本研究著手進行整合匯入本系統使用。

一、緒論

本系統應用交通部運輸研究所運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)海氣象觀測與模擬資訊、交通部中央氣象署海氣象觀測資訊，以及交通部航港局 AIS 資訊，彙整成連江縣政府及旅客所需的海氣象資訊，並以易操作的介面提供使用者運用。

蔡等人(2021)針對馬祖各港區(南竿福澳碼頭、北竿白沙碼頭、西莒青帆碼頭、東莒猛澳碼頭、東引中柱碼頭)，整合即時海氣象觀測、海象模擬、船舶動態(AIS)、港區結構物等基本資料以及船班等資訊服務，藉以建置本系統，各項資訊根據經緯度標註於 GIS 圖臺，透過視覺化的地圖介面瀏覽各海氣象測站位置的觀測值，如圖 1 所示，做為港務管理人員的決策輔助工具。系統自動監測各項數據，在超過告警門檻值時，透過通訊軟體 Line 之聊天機器人(LINE Bot)推播告警資訊，如圖 2 所示，達成海氣象資訊提供、防災應用、優化管理及航行安全之目標。



圖 1 系統畫面



圖 2 利用 LINE 推播告警

海氣象觀測資料係以運技中心代辦設置之測站為主，介接中央氣象署所設置之測站為輔，海氣象資料經由 4G 行動通訊服務傳送至連江縣港務處海氣象資料接收主機，並同步擷取儲存

至本研究的系統資料庫。系統資料庫介接中央氣象署氣象開放資料平臺海氣象資訊，定時擷取儲存於系統資料庫，並向交通部航港局申請 AIS 資料介接，由航港局發送資料到系統資料庫；雷達回波圖與衛星雲圖介接中央氣象署資料；海氣象模擬成果圖介接運技中心資料；船班介接自連江縣港務處「馬祖智慧港口服務系統」；各項資訊透過 GIS 技術建置本系統並呈現，另外也提供「多媒體船班資訊系統」供旅客於候船室觀看，系統架構如圖 3。

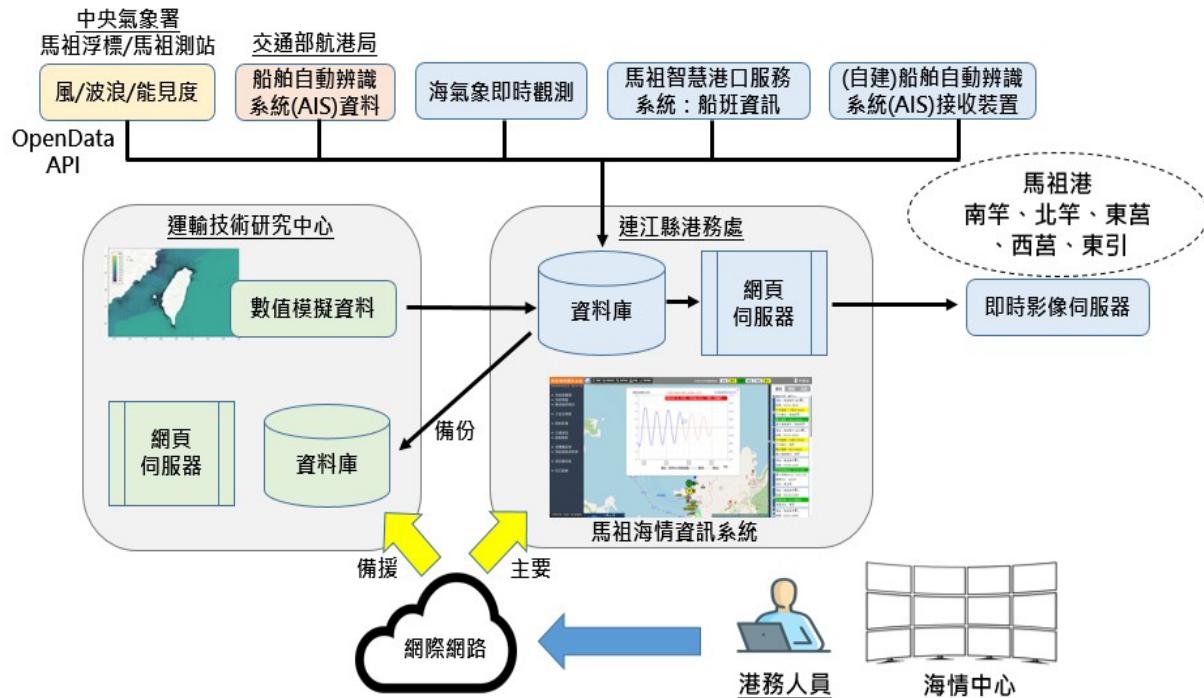


圖 3 馬祖海情資訊系統架構

本研究針對連江縣港務處自建 AIS 天線接收資料，著手進行整合匯入本系統使用；後臺綜合歷線圖品管條件新增：TEST 6(Spike Test：尖峰值檢驗)，讓研究人員能夠進行資料分析與品管；在 Line 推播告警時，也會檢附歷線圖，讓使用者快速掌握逐時變化。

二、研究方法

2.1 使用工具

本系統使用工具及相關技術分 3 大層面，(1)系統開發環境(程式語言)：網頁開發主要使用 ASP.NET 為主並搭配其他相關前端語法如 HTML5、JavaScript、JQuery、CSS 等，並符合響應式網頁(Responsive Web Design, RWD)設計，後端語法以 VB.NET 為主。(2)資料庫系統：使用 Microsoft SQL Server。(3)GIS：使用 OpenLayers，它是一個用於開發 WebGIS 用戶端的 JavaScript，其建立 GIS 資料的方法符合 OpenGIS 的 WFS 和 WMS/WMTS 規範標準，支援介接國土測繪中心與 OpenStreetMap 的地圖服務。

2.2 資料介接

本系統展示之海氣象觀測資料係以運技中心設置測站為主，介接中央氣象署設置測站為輔，資料包含風力、潮位、波流、能見度與港內靜穩度，風力資料包含平均風速/風向、最大陣風風速/風向，波浪資料有波高(Hs)、週期(Tp)、波向，流速資料有流速/流向，潮位資料則是經換算後顯示 TWVD(Taiwan Vertical Datum, 臺灣高程基準)，港內靜穩度則提供波高(Hs)，相關介接資料及來源，如表 1 所示。

表 1 資料介接

資料	來源
風速	1.即時觀測：運技中心代辦設置(南竿、莒光、東引)、介接中央氣象署 OpenData 資料 2.模擬：運技中心提供(馬祖海域)
潮位	1.即時觀測：運技中心代辦設置(南竿、莒光、東引) 2.模擬：運技中心提供(馬祖海域)
波流	1.即時觀測：運技中心代辦設置(南竿、莒光、東引)、介接中央氣象署 OpenData 資料 2.模擬：運技中心提供(馬祖海域)
港內靜穩度	1.即時觀測：運技中心代辦設置(南竿、莒光、東引) 2.模擬：運技中心提供(馬祖海域)
能見度	即時觀測：運技中心代辦設置(南竿、莒光、東引)
GIS 底圖	內政部國土測繪中心、OpenStreetMap(開放源)
港區水深圖	運技中心代辦「馬祖港未來發展及建設計畫」成果
港區正射圖	運技中心代辦「馬祖港未來發展及建設計畫」成果
海圖	購買自海軍大氣海洋局
雷達回波圖	介接中央氣象署資料
衛星雲圖	介接中央氣象署資料
海氣象模擬成果圖	運技中心提供
AIS	介接交通部航港局、連江縣港務處
船班	介接連江縣港務處「馬祖智慧港口服務系統」

2.3 自動化告警精進功能

為即時提醒使用者海氣象觀測的告警資訊，本系統訂定各項海氣象觀測之告警門檻值(如表 2)，當實際觀測值達到門檻值時，透過通訊軟體 Line 之聊天機器人(LINE Bot)推播告警通知使用者，並檢附歷線圖，提供使用者快速掌握逐時變化，俾利爭取應變處理時間。

表 2 海氣象觀測之告警門檻值

燈號	平均風速(m/s)	波高(m)	流速(cm/s)	能見度(m)
綠燈	-	-	-	-
黃燈	3.3	0.6	25	1000
橘燈	7.9	1.5	100	800
紅燈	13.8	3.0	200	600

2.4 後臺綜合歷線圖品管條件新增 TEST6

後臺綜合歷線圖品管條件新增：TEST 6(Spike Test：尖峰值檢驗)，本研究使用美國海洋綜合觀測系統(Integrated Ocean Observing System, IOOS)之海洋即時資料品保手冊(Manual of Quality Assurance of Real-Time Ocean Data, QARTOD Manual)，依儀器種類與測站形式分類，提供標準化資料品質控管檢測程序，如表 3QARTOD 品管檢驗項目，將品管檢驗執行要求分為 3

大組、11 個測試細項。原始觀測數據經資料品管檢驗後，依據檢測結果給予資料品質狀態標記。113 年度新增的 TEST 6 是利用前後連續的 3 筆資料，計算第 1 與第 3 筆的平均值做為參考，比較第 2 筆是否小於使用者要求之臨界值。若資料通過檢驗，給予標記值 1，觀測值超過使用者給定之極值範圍低限，給予標記值 3，如果觀測值超過給定之極值範圍高限，則給予標記值 4，如表 4。

表 3 QARTOD 品管檢驗項目

執行要求分組	測試項目	說明
Group 1 Required	Test 1 Timing/Gap Test (資料時序檢驗)	檢驗資料點連續性與時間間隔正確性
	Test 2 Syntax Test (資料格式檢驗)	檢驗資料傳輸格式與編碼正確與否
	Test 3 Location Test (座標資料檢驗)	檢驗浮標測站 GPS 座標資料
	Test 4 Gross Range Test (極限值檢驗)	檢驗資料是否超過儀器或物理現象之極限值
	Test 5 Climatology Test (季節性極限值檢驗)	檢驗資料是否超過逐月變化合理範圍或季節性變動之極限值
Group 2 Strongly Recommended	Test 6 Spike Test (尖峰值檢驗)	檢驗資料是否為短時距之離群值
	Test 7 Rate of Change Test (資料變化率檢驗)	檢驗資料的短時距變化率是否超過觀測值標準差變化率
	Test 8 Flat Line Test (觀測值無變動檢驗)	檢驗資料是否長時間僅有微小變動或毫無變化
Group 3 Suggested	Test 9 Multi-Variate Test (複合變數檢驗)	使用其他類型並具有相關性之觀測值，檢驗資料特性
	Test 10 Attenuated Signal Test (訊號衰減檢驗)	檢驗資料於一定時間區間內是否有適當之變化量
	Test 11 Neighbor Test (鄰站比對檢驗)	檢驗資料與鄰近測站觀測結果之相似性

表 4 TEST6 品管高低限制值

物理量	限制值	
	低	高
平均風速(m/s)	4	10
示性波高(m)	1	2
尖峰週期(sec)	5	10
表面流速(cm/s)	50	70

2.5 AIS 精進及優化

由於本系統 AIS 資料比航港局 AIS 系統(<https://mpbais.motcmpb.gov.tw/>)(如圖 4)中的船舶略少，因此，連江縣港務處自行建置 AIS 天線進行補強。

本系統 AIS 資料處理流程(如圖 5):(1)接收航港局提供「寫入/新增/映射」欄位[ShipMessage]，使用資料庫排程做即時資料處理，濾除不需要的資料，補足並解決 AIS 資料缺漏問題。(2)接收航港局 FTP SERVER 的 AIS 即時備份檔案(CSV 檔)，撰寫程式將資料寫進新資料表，並使用資料庫之排程濾除不需要資料，補足並解決 AIS 資料缺漏問題。(3)介接連江縣港務處於南竿(範圍至北竿)、東引及西莒(範圍至東莒)建置之馬祖港域 AIS 資料(撰寫程式解析資料並寫進新資料

表，並依實際 AIS 測站狀況介接)。以上方式需適當結合航港局 AIS 資料來源(1)、(2)及連江縣港務處 AIS 資料來源(3)，整合並濾除重複資料。

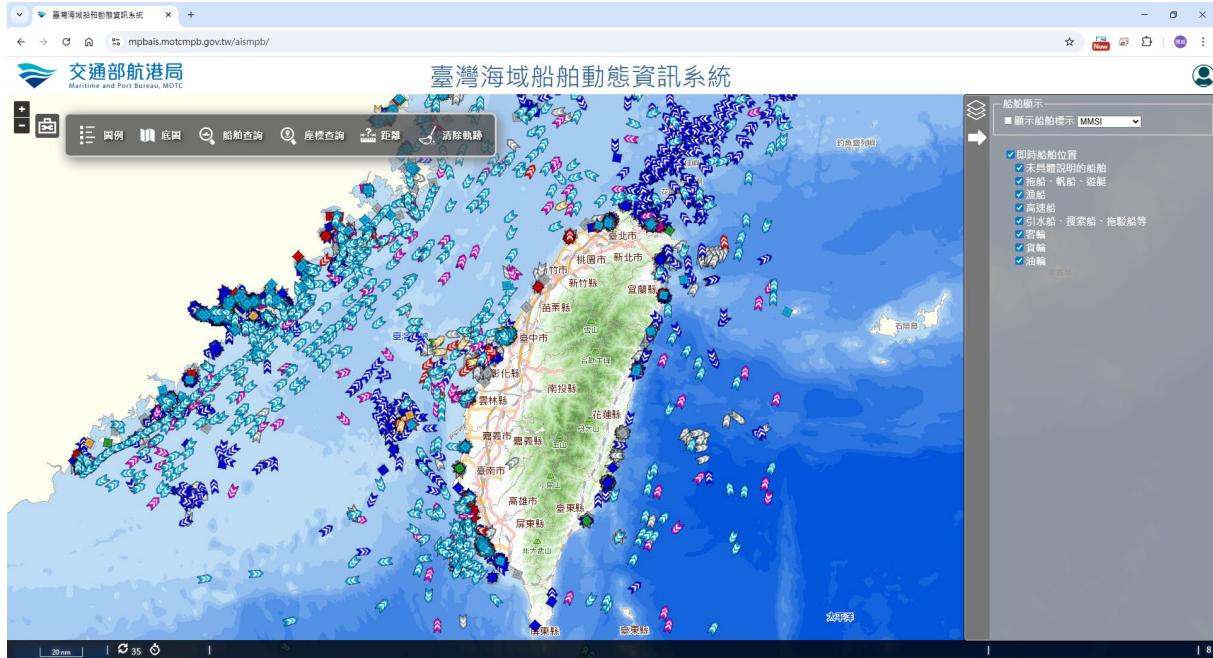


圖 4 航港局 AIS 系統

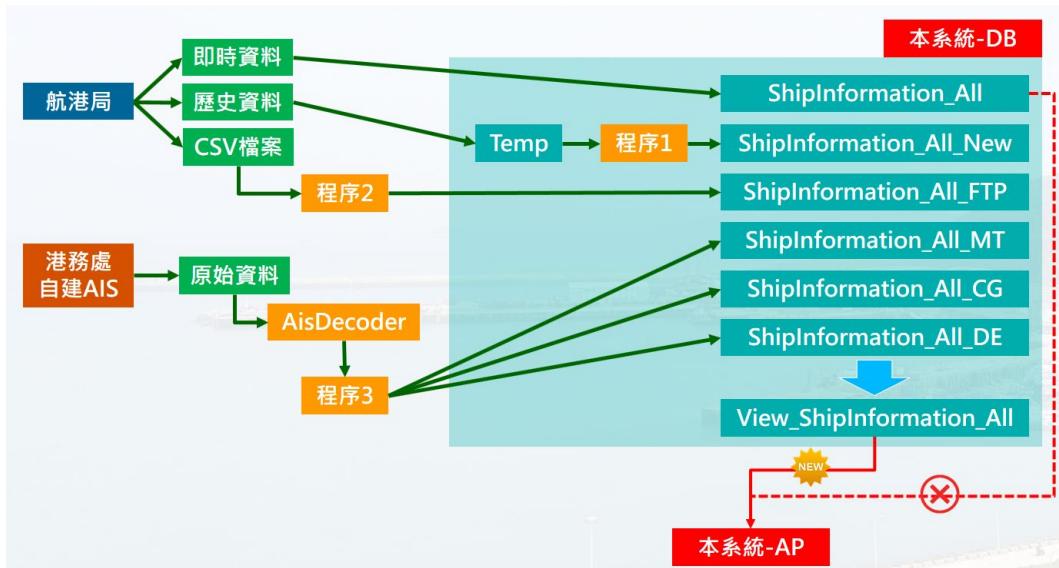


圖 5 AIS 資料處理流程

三、研究成果

3.1 馬祖海情資訊系統

本系統以地理資訊系統的架構彙整各式資訊，方便使用者聚焦專注在地圖上，以地圖檢視所有的資訊，成為輔助決策的系統。其操作介面設計概述如下：

一、左側：為各項功能選單，包含海氣象觀測與模擬值綜合表、警戒燈色圖例開關、中央氣象署最新天氣、預報與漁業氣象、馬祖五島 CCTV 即時影像、船班資訊與 AIS 船舶動態相關工具、港灣構造物、港區腐蝕資料庫及資訊儀表板。功能點選後以子視窗顯示內容。

二、中間：為地圖(含圖層開關)，顯示風速、AIS、即時水深等，使用者可透過圖層開關套疊所需之圖層。

三、右側：為顯示海象觀測、海象模擬及天氣資訊。

四、上方：為工具列，左側包含圖層對話框開關，船舶與座標查詢工具及地圖量測工具，右側為馬祖全區與五島快速定位按鈕，可迅速將地圖切換至各島嶼商港範圍。

在左側功能選單，海氣象觀測內容為即時最新的觀測結果列表(圖 6)，海象模擬內容為介接連技中心之模擬資訊(圖 7)。觀測資訊小卡片中，除了風、波、流、潮位、水溫與能見度資訊外，也加入了靜穩度資訊，在靜穩度小卡片中點擊歷線圖圖示，則以浮動視窗出現靜穩度的觀測與模擬歷線圖(圖 8)，此外，在潮位整合水深地形圖，在港區地圖中以「d10.2」顯示即時水深有 10.2 公尺(圖 9)，點擊「d10.2」會顯示潮位與即時水深的歷線圖(圖 10)。在圖層開關部分，除中央氣象署雷達回波圖與衛星雲圖(圖 11)外，也有連技中心各式模擬成果圖，如風速向量場分佈圖(圖 12)，另外新增港區靜穩度模擬圖(圖 13)。本系統亦建置碼頭動態儀表板(圖 14)，彙整連江縣港務處港棧資料與定期客船資訊，並計算出各碼頭的使用情形，同時介接港灣構造物維護儀表板(圖 15)及港區腐蝕資料庫，提供管理人員快速掌握港區營運及設施維護資訊。



圖 6 觀測結果

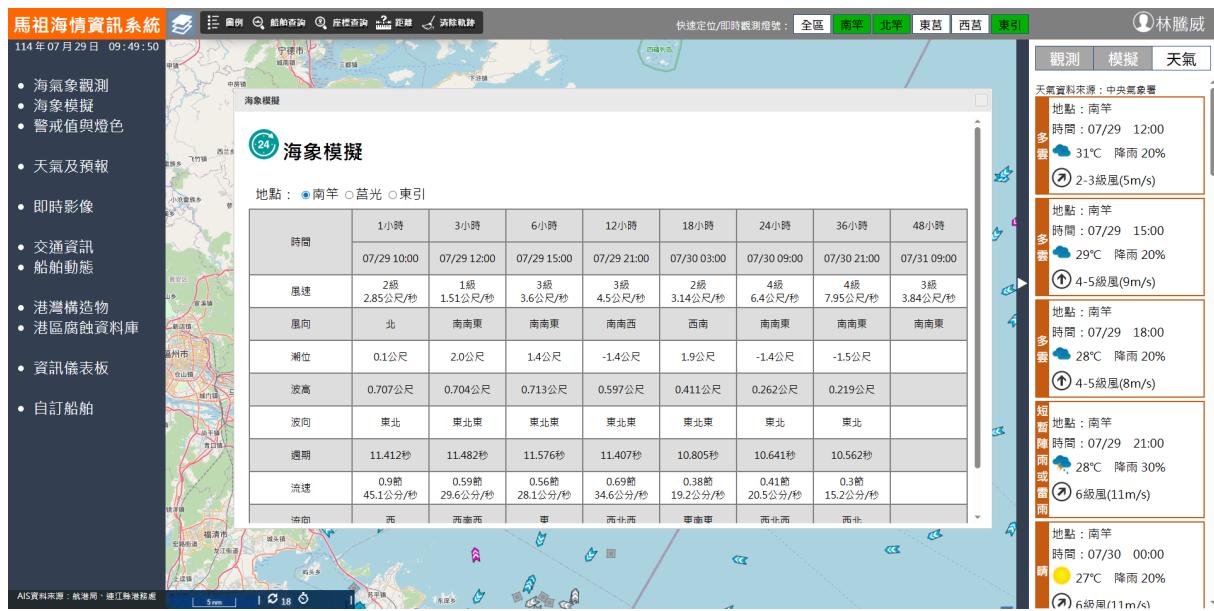


圖 7 模擬資訊

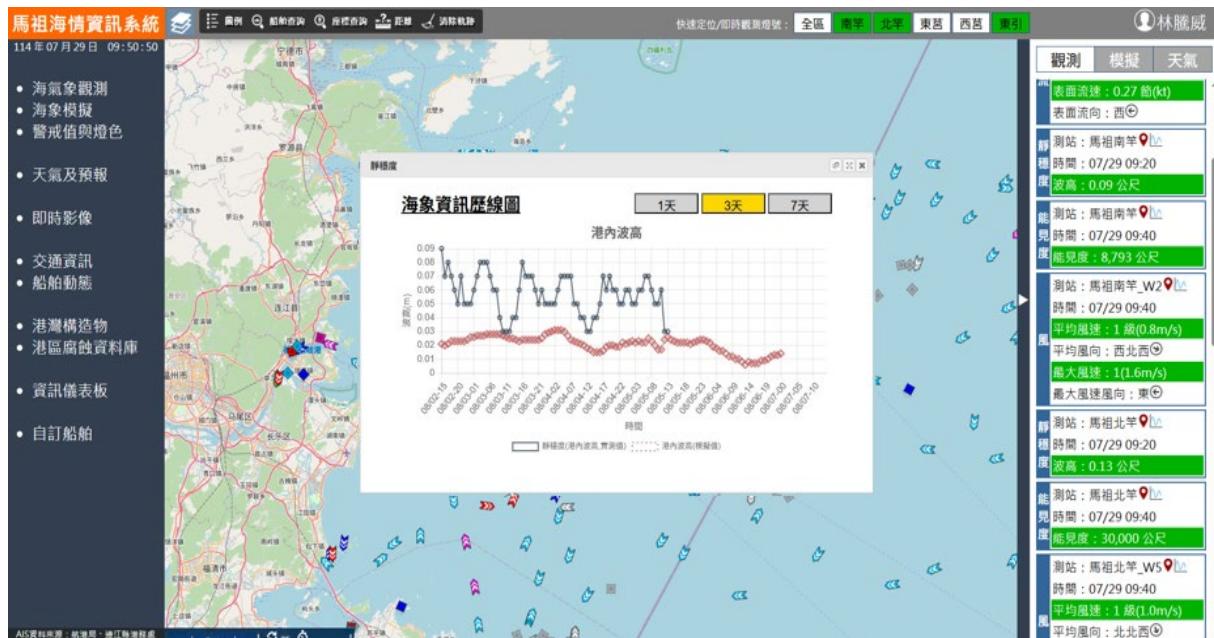


圖 8 靜穩度觀測與模擬

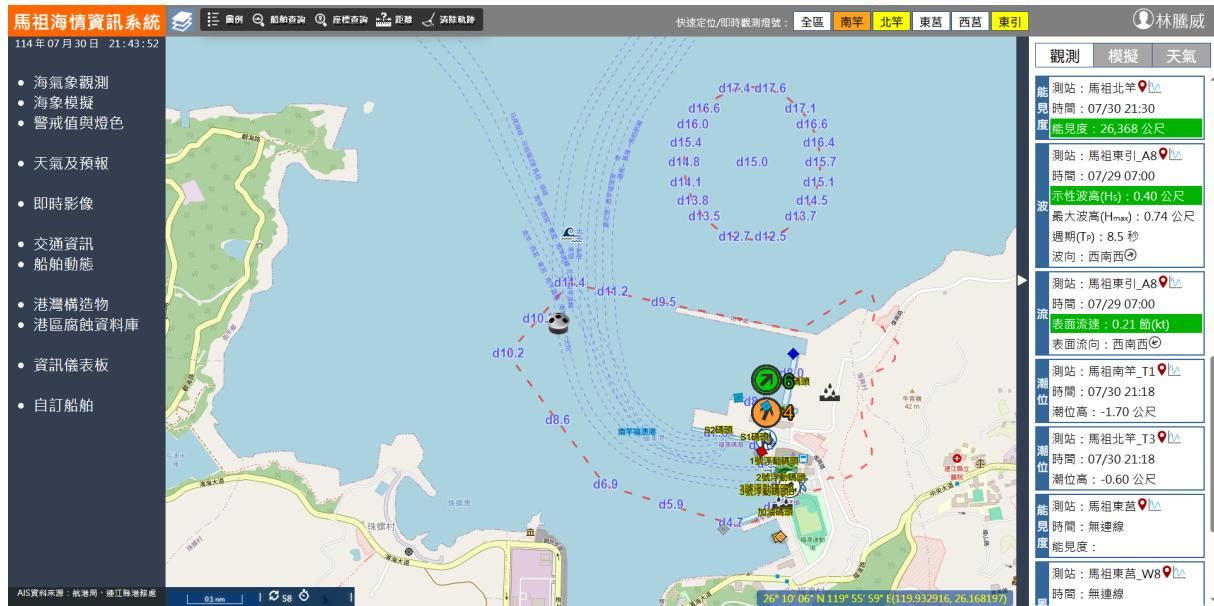


圖 9 港區即時水深顯示

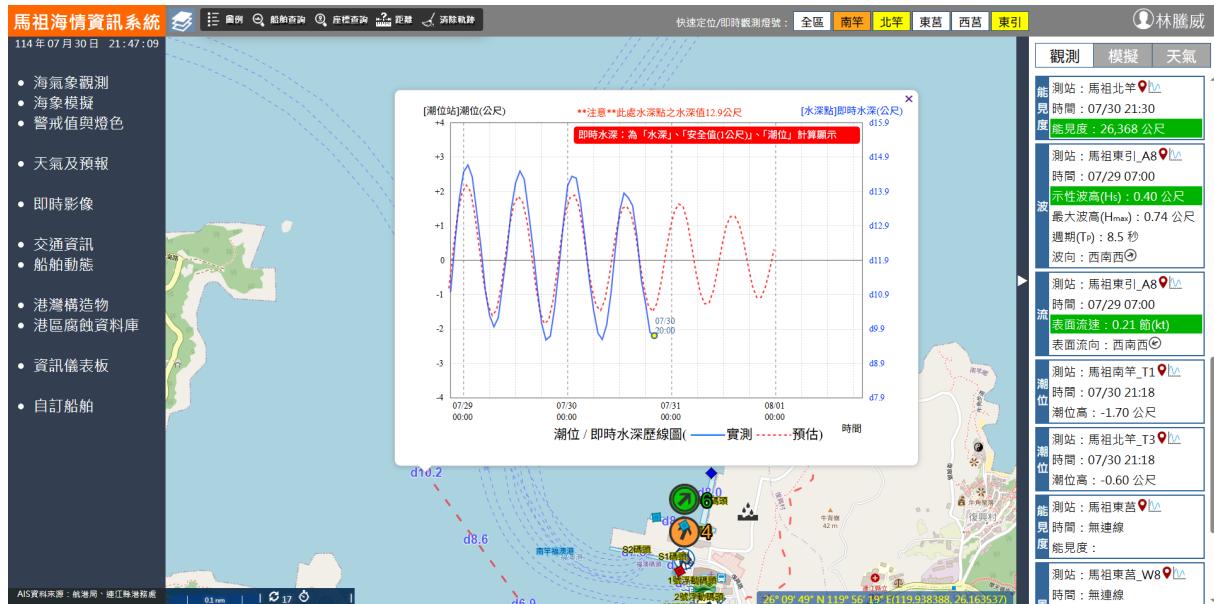


圖 10 潮位與即時水深歷線圖



圖 11 衛星雲圖

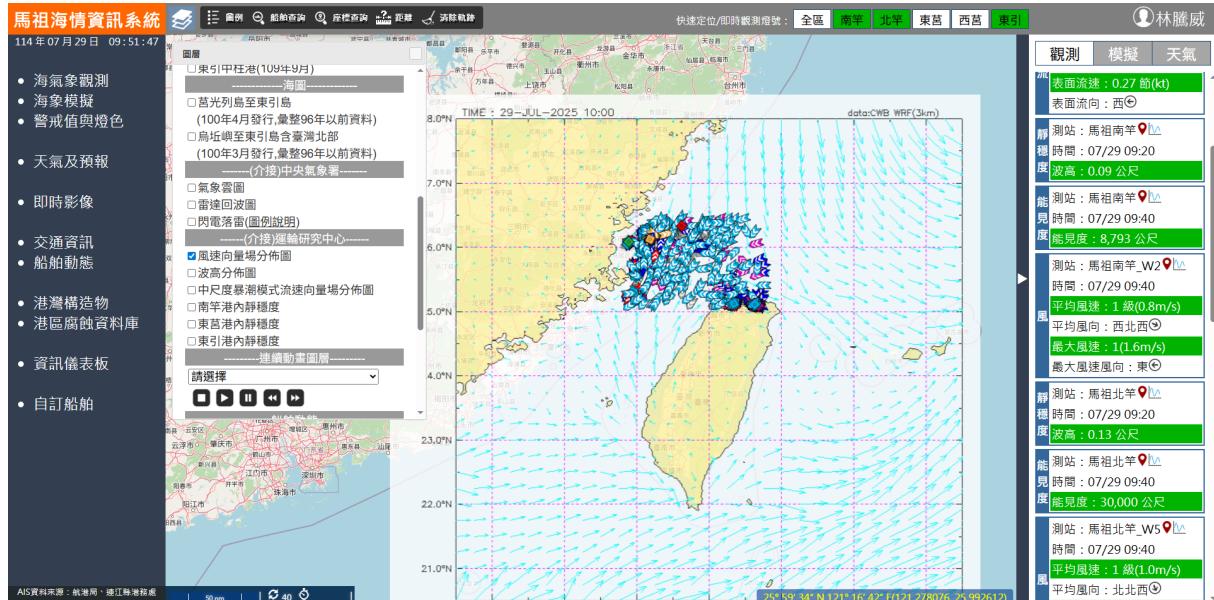


圖 12 風速向量場分佈圖

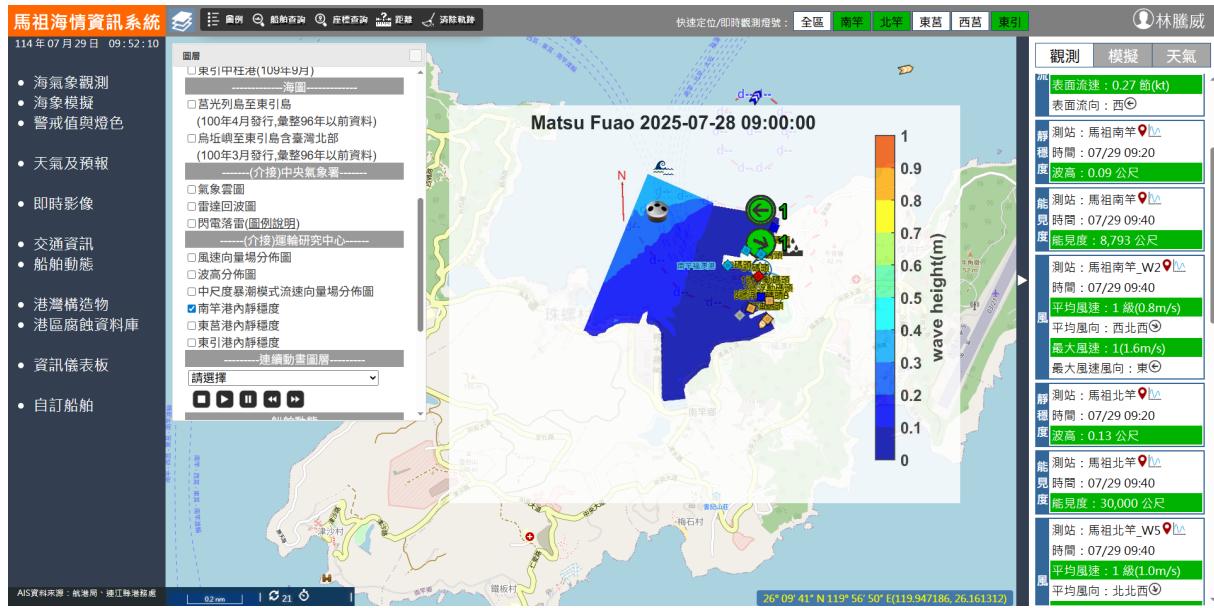


圖 13 港區靜穩度模擬圖



圖 14 碼頭動態儀表板



圖 15 構造物動態儀表板

3.2 自動化告警精進功能

當海氣象實際觀測值告警到達門檻值時，透過通訊軟體 Line 之聊天機器人(LINE Bot)推播告警通知使用者，並同時檢附歷線圖，提供使用者快速掌握逐時變化(圖 16)，俾利爭取應變處理時間。

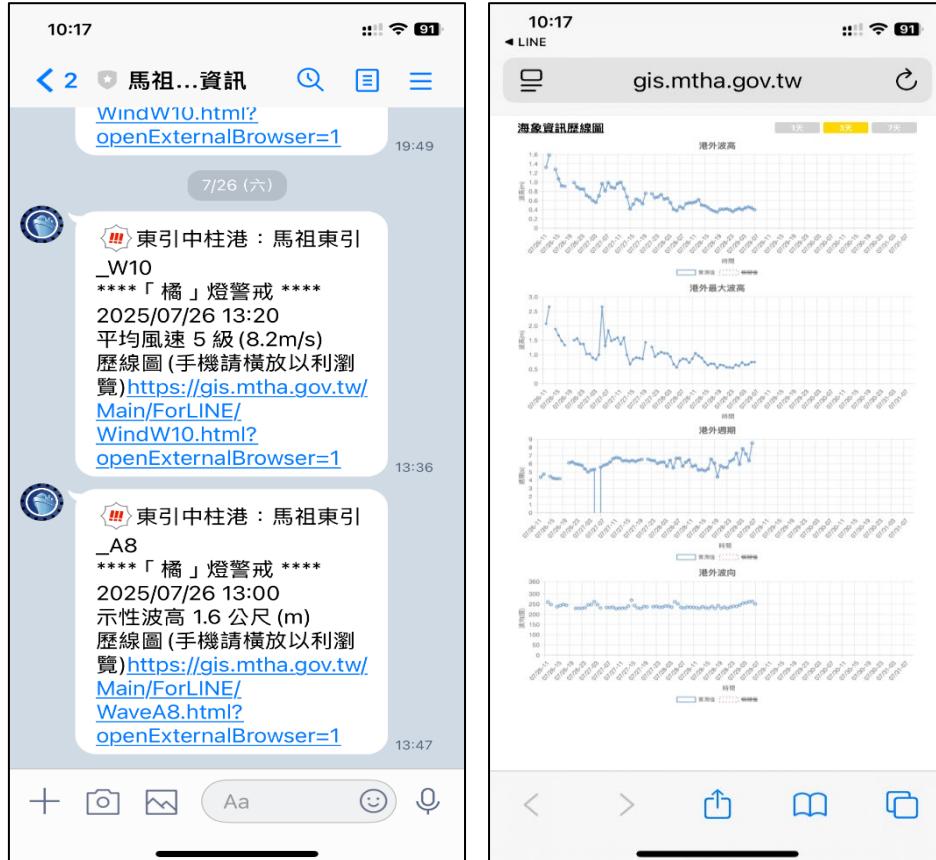


圖 16 LINE 推播與歷線圖

3.3 後臺綜合歷線圖品管條件新增 TEST6

綜合歷線圖位於後臺管理頁面，點選「綜合歷線圖」按鈕，在海氣象歷線圖視窗中，品管條件可設定 Test6:尖峰值檢驗。可供檢測資料包含，平均風速(m/s)、示性波高(m)、尖峰週期(sec)、表面流速(cm/s)，使用者可依需求輸入高低限制值(圖 17)。設定好參數後，點選「產生歷線圖」按鈕，下方會產製歷線圖(圖 18)，歷線圖上方顯示文字說明 Test6-尖峰值檢驗「 \diamond 」=4(未通過)共幾筆，歷線圖上會對 1(通過)之外的資料、2(未檢測)、3(可疑)、4(未通過)以 \diamond 圖形標示。將滑鼠移至 \diamond 圖形上，可顯示詳細資訊。

The screenshot shows the configuration interface for Test6. It includes sections for location (東引), time range (2016-09-23~2019-10-31), instruments (波流儀), tide gauge (潮位計), and simulation (模擬). Under '警戒值' (Warning Value), there are checkboxes for wind speed, wave height, current speed, and visibility. The date format is set to '月/日'. Under 'Test6 Parameters' (品管結果), it lists four test types: Test4 (Instrument Limit Test), Test5 (Seasonal Test), Test6 (Sharp Peak Value Test), and Test7 (Standard Deviation Test). A table shows the limit values for each parameter: Average Wind Speed (m/s) [4, 10], Significant Wave Height (m) [1, 2], Peak Period (sec) [5, 10], and Surface Current Speed (cm/s) [50, 70]. At the bottom, there is a checkbox for 'Test7 Standard Deviation Test' and a 'Generate Line Graph' button.

圖 17 Test6 尖峰值參數設定介面



圖 18 Test6 尖峰值檢驗結果

3.4 AIS 精進及優化

於 113 年度新主機進行 AIS 資料接收與優化，新主機作業系統為微軟 Windows Server 2022，於實體機安裝 MS-SQL 2022 儲存彙整後之 AIS 資料，實體機以內建的 Hyper-V 建立 4 個虛擬主機(圖 19)，虛擬主機作業系統為 Windows 11，分別安裝接收與處理航港局 FTP 傳送 AIS CSV 檔案、連江縣港務處自建南竿、西莒、東引 AIS 訊號之 CSV 檔案，透過本研究開發之 AIS-CSV 檔案處理程式(圖 20)，篩選資料並上傳至資料庫中。

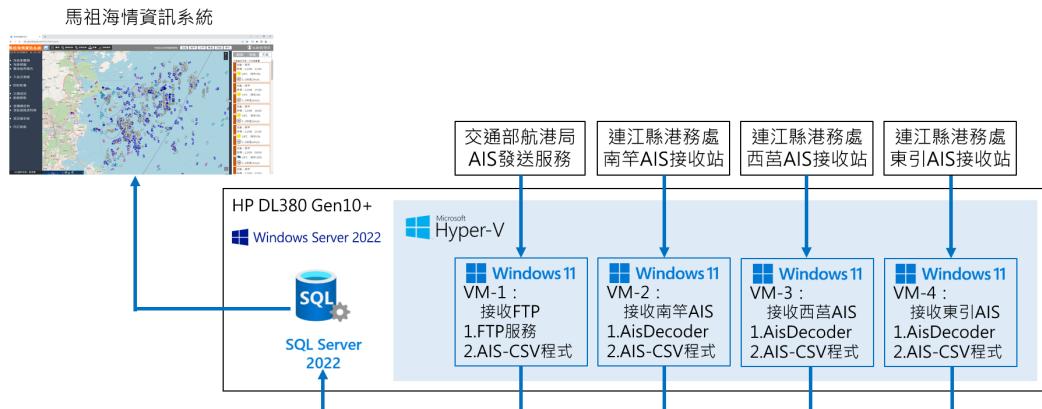


圖 19 新主機配置



圖 20 AIS-CSV 檔案處理程式

針對資料接收之結果利用 AIS 資訊內建之紀錄時間([Record_Time])，以及新增寫入資料庫時間([Write_DT])進行資料分析，由於[ShipInformation_All]資料表新增寫入資料庫時間([Write_DT])後，就再也收不到交通部航港局發送來的資料，因此無法紀錄寫入時間。資料來源延遲狀況比較，如表 5 所示，檢視 2024 年 6 月 20 日 14 時 21 分資料庫寫入結果發現，即時資

料([ShipInformation_All])延遲 18 分鐘；歷史資料([ShipInformation_All_New])延遲超過 1 天，但由於本地接收端設定皆無異動，應為發送端未送出資料；FTP 歷史資料([ShipInformation_FTP])延遲 6 分鐘；南竿 AIS 接收站資料([ShipInformation_MT])延遲 1 分鐘；西莒 AIS 接收站資料([ShipInformation(CG)])延遲超過 1 天，經與承辦人員確認後，為西莒 AIS 接收站故障所導致；東引 AIS 接收站資料([ShipInformation_DE])延遲 1 分鐘。

檢視最終輸出的[View_ShipInformation_All_Step2]資料發現，資料可由[DataSource]判斷來自「_All_MT([ShipInformation_MT])」與「_All_DE([ShipInformation_DE])」，除西莒站台故障外，AIS 接收站即時解碼資料延遲均小於航港局發送之資料，由此可證明，本項工作的機制是正常運作中。

表 5 AIS 資料來源延遲狀況比較

資料表	紀錄時間 [Record_Time]	寫入資料庫 時間 [Write_DT]	紀錄時間與寫入時間(14:21)延遲狀況	說明
航港局即時資料 [ShipInformation_All]	2024/06/20 14:02:59	無法紀錄	約 18 分鐘	
航港局歷史資料 [ShipInformation_All_New]	2024/06/12 15:19:52	2024/06/20 14:23:01	超過 1 天	本地接收端設定皆無異動，應為發送端未送出資料。
航港局 FTP 資料 [ShipInformation_FTP]	2024/06/20 14:14:52	2024/06/20 14:19:49	約 6 分鐘	
連江縣港務處南竿天線 [ShipInformation_MT]	2024/06/20 14:20:00	2024/06/20 14:20:18	約 1 分鐘	
連江縣港務處西莒天線 [ShipInformation(CG)]	2024/06/17 17:01:28	2024/06/17 17:01:48	超過 1 天	經檢視無法連線西莒 AIS 接收站。
連江縣港務處東引天線 [ShipInformation_DE]	2024/06/20 14:20:02	2024/06/20 14:20:18	約 1 分鐘	

本系統 AIS 資料所接收之航港局即時資料、歷史資料由航港局 AIS 資料主機派送，航港局的臺灣海域船舶動態資訊系統(以下簡稱航港局 AIS 圖臺)，亦是接收自航港局 AIS 資料主機派送的即時資料。故本次成果，以航港局 AIS 圖臺做為對照，於相同資料篩選條件下，比對本系統優化前、後及航港局 AIS 圖臺船舶數量，以及是否能改善馬祖海域關注船舶 AIS 資料延遲狀況評估優化成效。

以 2024 年 8 月 29 日 16 時 19 分進行資料比對，優化前 AIS 資料數量為 790 筆(圖 21)、優化後為 1447 筆(圖 22)、航港局 AIS 圖臺為 1278 筆(圖 23)。

優化後資料之資料來源為連江縣港務處東引天線 4 筆(綠點)、連江縣港務處南竿天線 43 筆(紅點)、航港局 FTP 資料 889 筆(淺藍點)、航港局即時資料 511 筆(深藍點)，西莒天線資料因觀測當下異常，導致沒有資料。由資料來源與空間分布得知，馬祖天線資料，因其接收範圍有限，故非馬祖鄰近之海域，仍以航港局即時資料與 FTP 資料為主。

優化後船舶資料較優化前資料多出 704 筆，初步檢視，優化後資料較優化前多 657 筆，其中優化前資料有的船舶，而優化後資料中沒有 47 筆，經查明後，47 筆資料紀錄時間均大於 15

分鐘，系統設定 AIS 資料中的紀錄時間與現在當下的時間，若差距大於 15 分鐘就不顯示，故不在優化後資料中。

另優化後資料較航港局 AIS 圖臺多 169 筆，其中航港局 AIS 圖臺資料有的船舶，而優化後資料中沒有計 40 筆，於後續觀察中，2 分鐘後，40 艘船舶出現 17 艘，來源以航港局即時資料為主；4 分鐘後，40 艘船舶出現 33 艘，來源以航港局發 FTP 資料為主；剩餘 7 艘中，部分船舶，AIS 接收間距太長，導致不是每次 AIS 畫面刷新時都會出現；少數船舶，不在航港局 FTP 資料中，航港局 AIS 圖臺中卻有航跡點。優化後資料有的船舶，而航港局 AIS 圖臺資料中沒有計 209 筆，兩筆來自南竿 AIS 天線，其餘 207 筆，均來自航港局 FTP 資料，可能航港局 AIS 圖臺在接收 AIS 資料派送時也有遺失。

綜上結論，在船舶數量判釋上，本系統優化後，成果已得到大幅改善，且優於航港局 AIS 圖臺資料。

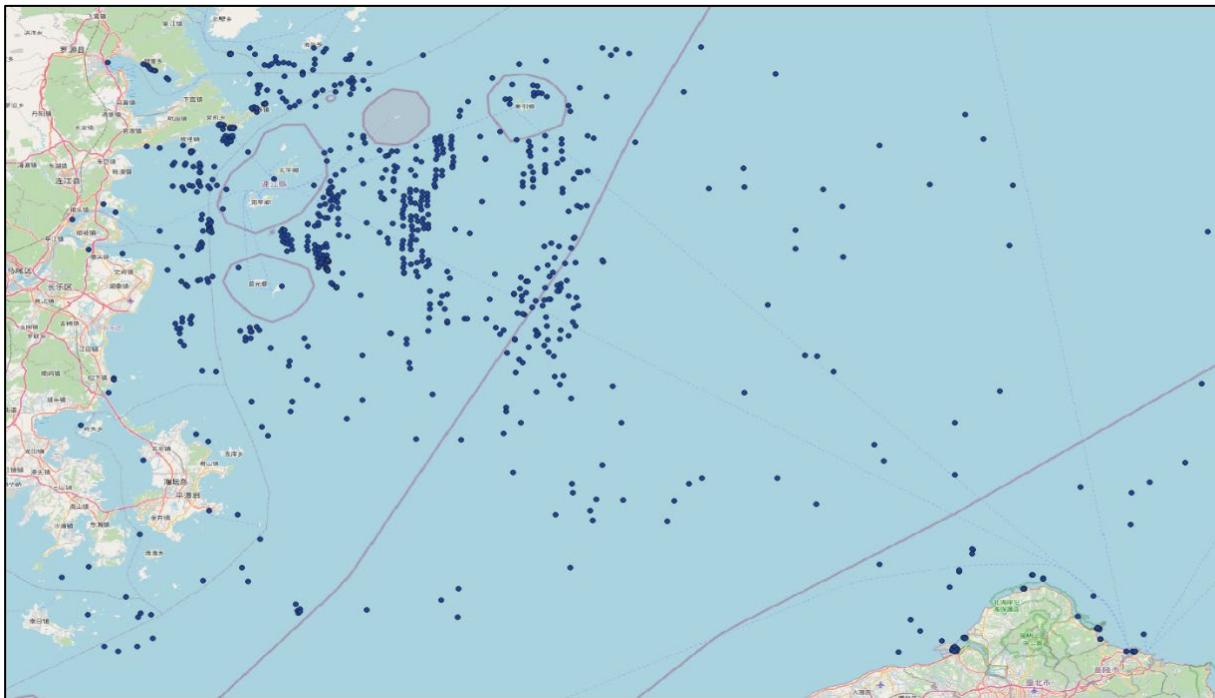


圖 21 優化前 AIS 資料分布

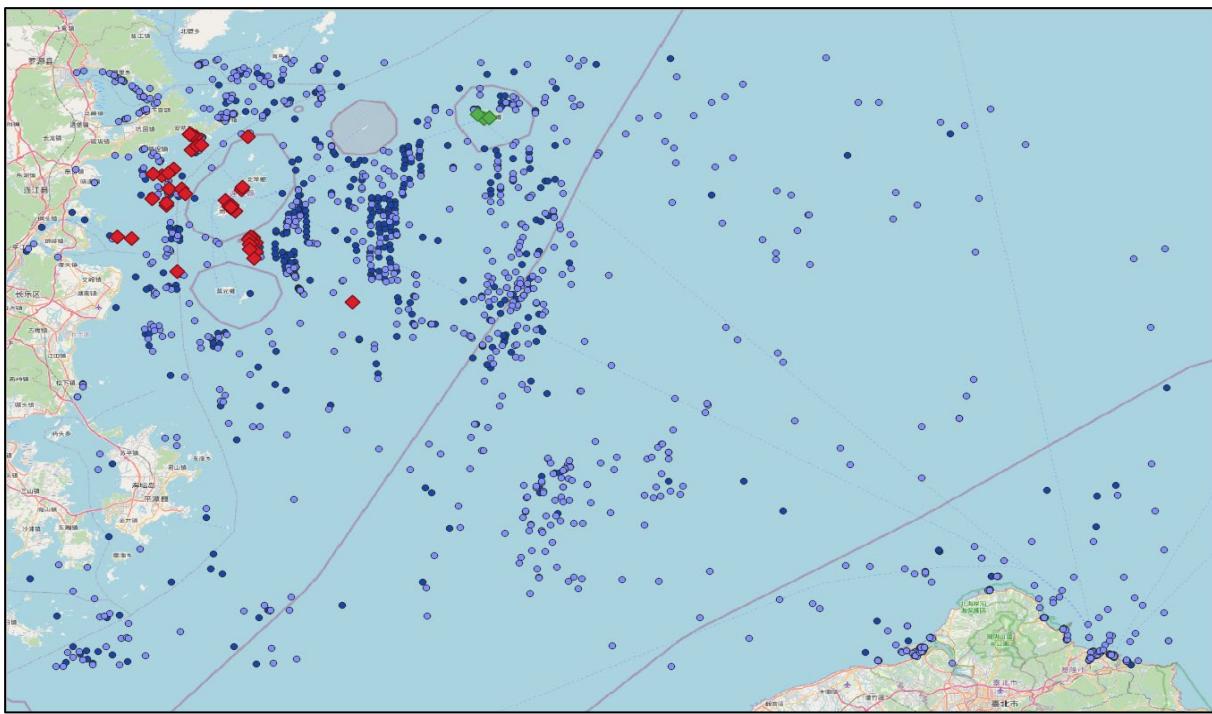


圖 22 優化後 AIS 資料分布

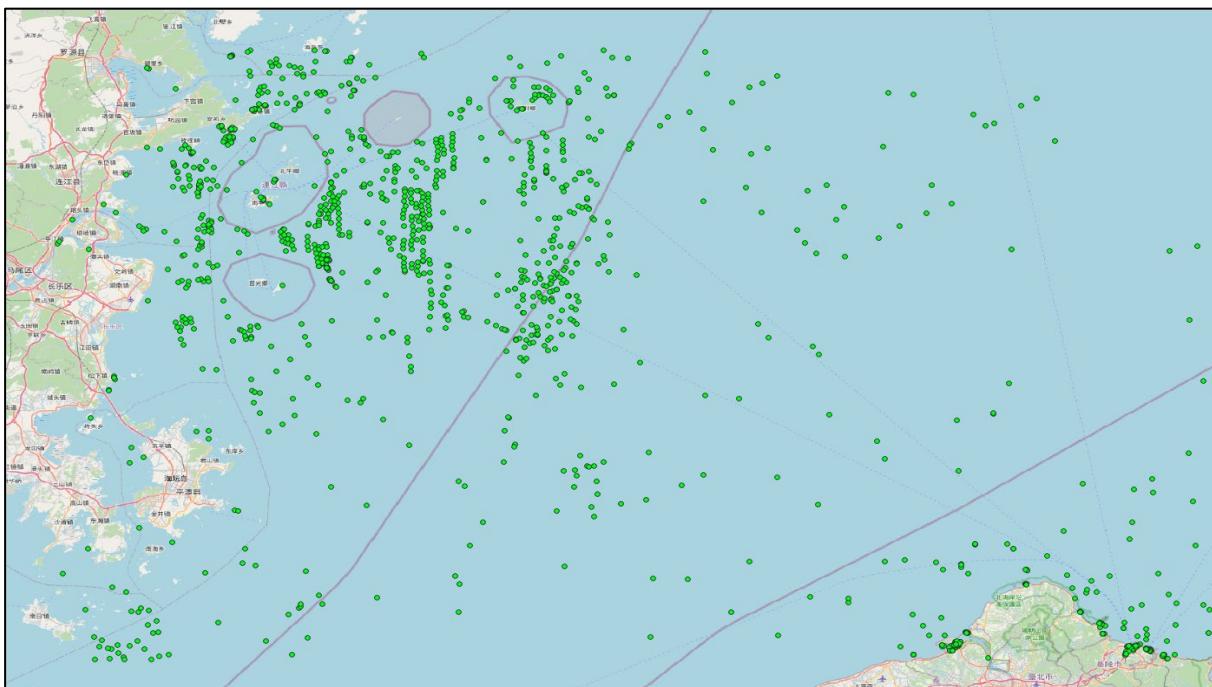


圖 23 航港局 AIS 圖臺資料分布

四、結論

本系統以 GIS 的介面將所有資訊整合在地圖介面上，提供使用者透過地圖，快速瀏覽海氣象觀測數據，尤其港區水深地形圖、即時水深以及即時水深歷線圖等之加值服務，可提供港區碼頭即時水深變化，有助於大型郵輪入港泊靠時的管制。

本研究實際觀測值到達門檻值時，透過通訊軟體 Line 之聊天機器人(LINE Bot)推播告警通知使用者，並檢附歷線圖，讓使用者快速掌握逐時變化，俾利爭取應變處理時間。後臺綜合歷線圖品管條件亦新增：TEST 6(Spike Test：尖峰值檢驗)，可利研究人員快速檢視比較資料。另外 AIS 方面進行資料接收與優化，本系統除接收航港局 AIS 資料外，也將連江縣港務處自建之 AIS 天線資料併入既有資料庫中，讓海情資訊系統在 AIS 資料的顯示上更加即時，方便使用者更易取得港務作業所需資訊，強化港務管理與災防應變效率，有效爭取應變處理時間。

參考文獻

1. 林有騰、林雅雯、鄭采誼、謝佳紘 (2025)，馬祖海氣象特性分析及應用研究，交通部運輸研究所。
2. 張永葵、林有騰、林雅雯、鄭采誼、黃騰毅、郭庭彰 (2024)，113 年馬祖海情資訊系統功能精進，港灣季刊，第 129 期，第 85-97 頁。
3. 許義宏、林達遠、羅冠顯、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測風力資料)，交通部運輸研究所。
4. 羅冠顯、林達遠、廖慶堂、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測波浪資料)，交通部運輸研究所。
5. 廖慶堂、林達遠、羅冠顯、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測潮汐資料)，交通部運輸研究所。
6. 林達遠、羅冠顯、廖慶堂、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測海流資料)，交通部運輸研究所。
7. 林有騰、林雅雯、林騰威、張永葵、鄭采誼、王廣亞、郭庭彰 (2022)，馬祖海氣象資料品管及 AIS 資料加值應用，港灣季刊，第 123 期，第 12-23 頁。
8. 蔡世璿、李俊穎、林騰威、鄭采誼、林志豐、陳登壽 (2021)，馬祖海域 AIS 與海氣象資訊整合運用，港灣季刊，第 120 期，第 58-63 頁。