

106-015-7917

MOTC-IOT-105-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之 綠色航路智慧領航計畫(4/4)



交通部運輸研究所

中華民國 106 年 3 月

106-015-7917

MOTC-IOT-105-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之 綠色航路智慧領航計畫(4/4)

著 者：邱永芳、張淑淨、黃茂信

交通部運輸研究所

中華民國 106 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫.
(4/4) / 邱永芳, 張淑淨, 黃茂信著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 106. 03

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-2011-8(平裝)

1. 運輸管理 2. 運輸系統

557

106002880

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(4/4)

著 者：邱永芳、張淑淨、黃茂信

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587132

出版年月：中華民國 106 年 3 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：250 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1•電話：(02)25781515

五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1010600356

ISBN：978-986-05-2011-8(平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(4/4)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-05-2011-8(平裝)	政府出版品統一編號 1010600356	運輸研究所出版品編號 106-015-7917	計畫編號 105-H2DB005a
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳 研究人員：黃茂信 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：國立台灣海洋大學 計畫主持人：張淑淨 研究人員：高健淇、張時銘、黃俊豪、袁家偉、陳如芬、蕭皓寧、王譯鋒、施朝善、吳永將 地址：基隆市北寧路二號 聯絡電話：02-24629225		研究期間 自 105 年 2 月 至 105 年 12 月
關鍵詞：智慧運輸、航路規劃、船舶自動辨識系統、空間資訊、風險評估			
摘要： 本研究旨在結合船舶動態、電子海圖與海氣象資訊，發展沿岸航路與進出港領航的綠色概念智慧化應用服務技術，做為航運效率與安全監測、預防與即時反應的重要指標與方向。研究成果包括：(1) E-化航行相關國際規範與技術發展最新資訊及轉譯發佈；(2) 船舶溫室氣體及空汙排放量估算，使國內現行估算更精確化且與國際現況更為一致；(3) 可支援國際海事組織海難調查章程之海難資料庫資訊平台與航路風險潛勢分析應用；(4) 航路動態監測整合應用系統。以電子海圖、船舶自動辨識系統、航跡探勘與危機偵測技術等為基礎而設計之航路動態監測整合應用系統可提供 AIS 即時動態、交通流分析與聚焦回播，依據海圖及航跡探勘所得參數提供擱淺、碰撞、漂流、偏航、錨泊等各種狀況的即時監測警示，航行警告時空資訊的自動解析整合，並已整合海難資料庫提供查詢及案例動態回播分析。研究成果可提供交通部航港局（監控中心）、各港務分公司（查核減速系統）、海巡署（雷情系統）、漁業署、學術研究單位與航運界等作為施政或學術研究的參考依據。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
106 年 3 月	279	250	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。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 月 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密， ☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究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: Green Routing and Smart Piloting with Ship Dynamics and Environment Information (4/4)			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-2011-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010600356	IOT SERIAL NUMBER 106-015-7917	PROJECT NUMBER 105-H2DB005a
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-Fang PROJECT STAFF: Huang Mao-Hsing PHONE: (04)26587120 FAX: (04)26564418			PROJECT PERIOD FROM 02/2016 TO 12/2016
RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Shwu-Jing PROJECT STAFF: Kao Chien-Chi, Huang Chun-Hao, Chang Shih-Ming ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, TAIWAN, REPUBLIC OF CHINA PHONE: (02) 24629225			
KEY WORDS: Intelligent Transportation System, Spatial Information Technology, Data Mining, Decision Support			
ABSTRACT: Based on Automatic Identification System (AIS) data, electronic navigational chart (ENC) database and meteorological information, this 4-year project aimed to develop intelligent application services covering coastal routes in support of green transportation. Results delivered include: 1. Translated publications on the trends and progress on E-navigation related international standards, recommendations and technology developments. 2. AIS-based estimation of ship emissions of greenhouse gases or air pollutions. 3. Web-based marine casualty information platform and database supporting the IMO Casualty Investigation Code as well as the navigational risk assessment of waterways. 4. Dynamic route monitoring system, which integrates web-services of ENCs, land maps, satellite images, marine safety information, regional wind forecast, real-time AIS information, vessel traffic analyses and route extraction, dynamic reply of traffic situation, real-time detection and alerting for situations such as grounding, collision, drifting, deviation from routes, and anchoring. This system also supports near-miss and casualty investigations.			
DATE OF PUBLICATION March 2017	NUMBER OF PAGES 279	PRICE 250	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄-

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	III
圖目錄	IX
表目錄	XII
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫背景與目的	1-1
1.1.1 國際背景	1-1
1.1.2 國內策略背景與目的	1-4
1.2 相關技術及國內外研究發展	1-8
1.2.1 船舶自動辨識系統	1-8
1.2.2 歐盟相關研究發展	1-11
1.2.3 國內相關研究發展	1-15
1.3 研究範圍對象與項目	1-19
1.4 執行情形與報告架構	1-19
第二章 E-化航行相關國際規範與技術發展	2-1
2.1 E-化航行簡介	2-1
2.1.1 E-化航行的定義	2-1

2.1.2 E-化航行的戰略發展程序與使用者需求.....	2-2
2.1.3 IMO 六年期戰略計畫中的 E-化航行相關挑戰.....	2-3
2.1.4 E-化航行概念的核心目標、預期效益與願景.....	2-5
2.1.5 E-化航行的總體架構.....	2-8
2.1.6 基於 S-100 的共通海事資料結構.....	2-9
2.2 IMO 相關規範與發展.....	2-12
2.2.1 IMO 的組織架構.....	2-12
2.2.2 導航通訊與搜救分委會 (NCSR)	2-13
2.2.3 海事安全委員會 (MSC)	2-17
2.3 IALA 相關規範與發展.....	2-22
2.3.1 IALA 簡介及其變更為政府間組織 (IGO) 的計畫	2-22
2.3.2 IALA 相關技術委員會的研究重點	2-23
2.3.3 IALA 相關發展與文件.....	2-24
2.4 IHO 相關規範與發展	2-28
第三章 船舶溫室氣體及空汙排放量估算	3-1
3.1 國際海事組織的船舶溫室氣體排放量估算	3-1
3.1.1 船舶特性資料庫	3-4
3.1.2 船舶活動量相關的資料與方法	3-8
3.1.3 輔機與鍋爐功率需求的假設	3-11
3.1.4 主機與輔機燃料種類的假設	3-16

3.1.5 耗油量受天氣影響的假設	3-17
3.1.6 由下而上的計算程序與方法	3-17
3.2 國內相關計畫對船舶排放量的估算方法	3-25
3.3 他國的遠洋船舶空汙排放量估算	3-37
3.3.1 歐盟聯合研究中心的船舶排放量估算參考報告.....	3-37
3.3.2 以 AIS 評估船舶空汙排放量的 STEAM 模型.....	3-38
3.3.3 荷蘭的船舶排放量清冊	3-44
3.3.4 美國環保署與各港的船舶排放量估算	3-47
3.4 本計畫以 AIS 估算活動量與負載因子之方法	3-52
3.4.1 以通過進出港航路距離線分段估算之試驗.....	3-53
3.4.2 使用 AIS 原始航跡計算活動量與負載因子的方法	3-59
3.4.3 以 AIS 航跡內插取樣計算活動量與負載因子的方法	3-60
3.4.4 原始航跡與內插取樣兩種方法的比較	3-60
3.4.5 逐日逐時油耗估算及方法實作正確性之檢視.....	3-62
3.5 參採 IMO GHG3 報告所用方法與參數之評估	3-65
3.5.1 IMO GHG3 報告的相關重點摘要	3-65
3.5.2 本計畫估算沿岸及港口船舶排放量可參採 IMO GHG3 之處	3-66
3.6 實際油耗與估算結果的比較	3-69
3.7 小結	3-74

第四章 海難資料平台及其結合 AIS 船舶動態與海域環境資訊的應用分析	4-1
4.1 前言	4-1
4.2 IMO 海難調查章程的通報要求與海難資料庫.....	4-2
4.2.1 海難調查章程	4-2
4.2.2 國際海事組織的海難資料庫	4-4
4.3 我國海難資料庫平台之建置	4-9
4.3.1 海難資料來源、特性與範圍	4-9
4.3.2 基於現有海事報告之海難資料輸入系統.....	4-11
4.3.3 基於海難調查章程及其相關通報要求之海難資料輸入系統	4-11
4.4 海難與 AIS 船舶動態的關聯分析	4-19
4.4.1 海翔 8 號傾覆沉船海難事件	4-19
4.4.2 升隆 1 號失去動力漂流擱淺海難事件	4-20
4.4.3 瑞興輪擱淺斷裂沉沒並造成死亡與汙染之嚴重海難事件	4-21
4.4.4 海研五號觸礁沉沒海難事件	4-22
4.5 跡近事故之偵測與統計	4-24
4.5.1 跡近擱淺事件之偵測	4-25
4.5.2 跡近碰撞事件之偵測與統計	4-26
4.6 海難資料庫與 AIS 船舶動態系統的整合應用	4-29

4.7 小結	4-30
第五章 綠色航路與航路風險潛勢分析	5-1
5.1 前言	5-1
5.2 綠色航路的概念、應用與預期效益	5-1
5.3 從 AIS 航跡取得船舶慣用航路	5-3
5.3.1 從 AIS 航跡自動產生船舶代表路徑	5-3
5.3.2 從 AIS 航跡自動產生同航線多船慣用航路	5-4
5.3.3 從航跡自動取出單一船種的慣用航路	5-5
5.3.4 依不同航線之航跡密度為基礎建構航路網	5-7
5.4 沿岸航路網及航行風險潛勢評估	5-8
5.5 小結	5-11
第六章 航路動態監測整合應用系統	6-1
6.1 前言	6-1
6.2 系統架構與功能設計	6-1
6.2.1 系統架構	6-1
6.2.2 AIS 資料的接收與管理	6-2
6.2.3 監測模組之設計	6-3
6.2.4 其他功能的整合	6-5
6.3 系統介面設計與操作應用	6-6
6.3.1 整合應用系統的網頁介面與圖層	6-6

6.3.2 AIS 交通流分析	6-8
6.3.3 海事安全資訊（航行警告）	6-9
6.3.4 AIS 船舶即時動態與狀況監測	6-10
6.3.5 與海難資料庫的整合應用	6-14
6.4 小結	6-16
第七章 結論與建議	7-1
7.1 研究成果	7-1
7.2 研究成果效益評估與應用情形	7-3
7.3 後續建議	7-4
參考文獻	8-1
附錄一 專有名詞對照表	附 1-1
附錄二 期中報告審查意見處理情形表	附 2-1
附錄三 船載 AIS 之船上操作使用指南	附 3-1
附錄四 船舶定線制的一般規定-新增條文	附 4-1
附錄五 e-Navigation 軟體品質保證及人本設計之指引文件	附 5-1
附錄六 期末報告審查意見處理情形表	附 6-1
附錄七 期中簡報資料	附 7-1
附錄八 期末簡報資料	附 8-1

圖目錄

圖 1.1 國際海事組織確認的 e-化航行總體架構	1-2
圖 1.2 EfficienSea 計畫的動態風險管理工具架構	1-12
圖 2.1 IMO 實現 e-化航行的策略發展程序	2-2
圖 2.2 完整的 e-化航行總體架構	2-8
圖 2.3 國際 e-化航行概念的七大支柱	2-9
圖 2.4 建構於 ISO 19100 資料框架之上的 S-100	2-10
圖 2.5 S-100 註冊登錄機制主要的資料庫	2-10
圖 2.6 從共通資料結構、產品規格到法規標準之採用	2-11
圖 2.7 國際海測組織的組織架構 (IHO 網站)	2-28
圖 3.1 船舶主機排放量的估算流程	3-26
圖 3.2 船舶輔機排放量推估流程	3-27
圖 3.3 環保署估算船舶排放量的流程	3-28
圖 3.4 以六艘船比較全年油耗報告值與 STEAM 模型估算結果	3-39
圖 3.5 以 58000 總噸的 RoPax2 燃油消耗量比較浪的效應	3-39
圖 3.6 STEAM Model 的演算法(J.P. Jalkanen et al, 2009)....	3-40
圖 3.7 估算排放量的程序、資料庫及其關係(MARIN, 2012)	3-45
圖 3.8 MARIN 檢查 AIS 資料涵蓋率的方法示意圖	3-46
圖 3.9 美國環保署估算船舶排放量的方法 (USEPA 2009)	3-47
圖 3.10 美國洛杉磯港採用之主機排放量估算流程	3-49
圖 3.11 美國洛杉磯港採用之輔機排放量估算流程	3-50
圖 3.12 天秤星號通過基隆港 10/15/20 哩距離線之航跡點偵測...	3-54
圖 3.13 基隆港進港航跡(黑色方向線)與異常進港航跡(粗線)....	3-57
圖 3.14 環保署計畫的基隆港 20 哩船舶航行路線設定圖	3-57
圖 3.15 台中港進港航跡(黑色方向線)與異常進港航跡(粗線) ..	3-58
圖 3.16 以兩種方法估算之天秤星號排放量的比例	3-61
圖 3.17 船舶排放量估算值之空間分佈示意圖	3-62

圖 3.18 本計畫(a)與 Steam model(b)的逐時油耗估算值範例	3-63
圖 3.19 逐日油耗估算：(a)本計畫；(b)STEAM(含實際值)	3-64
圖 3.20 本計畫船舶主輔機參數的取用程序	3-67
圖 3.21 參採 GHG3 參數估算基隆港 20 哩內油耗空間分布	3-68
圖 3.22 參採 GHG3 估算基隆港 20 哩內 NOx 排放量空間分布	3-68
圖 3.23 X 船從高雄北上臺中港的 15 航次 AIS 內插航跡	3-70
圖 3.24 估算與真實油耗比較:X 船高雄北上臺中港航程	3-71
圖 3.25 估算與真實油耗比較:Y 船基隆經澎湖水道至高雄港航程 .	3-72
圖 3.26 Y 船於石門外海的實際航速與漲退潮流	3-73
圖 4.1 以術語分類描述導致海難發生的事件序列(IMO A.1075)	4-4
圖 4.2 交通部統計查詢網之海事案件統計查詢畫面	4-9
圖 4.3 交通部統計之歷年港外商船海事案件查詢結果	4-10
圖 4.4 海難資料庫資訊平台資料表的關聯圖	4-12
圖 4.5 海難資料庫平台資料表結構-海難、船舶與航程	4-13
圖 4.6 海難資料庫平台資料表結構與內容-安全建議	4-14
圖 4.7 海難資料庫平台資料表結構-外部環境資訊	4-14
圖 4.8 海難資料庫平台資料表結構-位置、原因與嚴重度	4-15
圖 4.9 海難資料庫服務平台的資料登錄畫面	4-16
圖 4.10 海難資料庫平台-船舶識別與詳細資料(事實資料)	4-17
圖 4.11 海難資料庫平台-航程資料(事實資料)	4-18
圖 4.12 海難資料庫平台-海難資料登錄(事實資料)	4-18
圖 4.13 碰撞與擱淺類海難位置分布	4-19
圖 4.14 海翔 8 號出事當日嚴重偏離其往花蓮慣用航路	4-20
圖 4.15 升隆 1 號海難航次與同月歷史航跡(圓點)之比較	4-21
圖 4.16 瑞興輪出基隆港到出事擱淺航跡	4-22
圖 4.17 海研五號航跡及經外淺石前後的航速艏向與航向變化	4-23
圖 4.18 偵測出的液貨輪 OBERON 實際已擱淺	4-25
圖 4.19 兩船會遇最近距離之分佈(2012 年)	4-27

圖 4.20 兩船接近至船位相距 200m 內的會遇狀況分佈 (2012) ...	4-28
圖 4.21 於本計畫整合平台查詢顯示各類海事案件的畫面	4-29
圖 5.1 ACCSEAS 建立航路拓樸模型程序的起始與最終成果.....	5-3
圖 5.2 前期 (100 年) 計畫取得單船慣用航路的效果	5-4
圖 5.3 從同公司多艘貨輪歷史航跡(藍)的慣用航路(紅色箭頭)....	5-5
圖 5.4 從所有油輪航跡產生的慣用航路與單船航跡比較	5-6
圖 5.5 往台北港的航跡密度(a)與航路(b).....	5-7
圖 5.6 (a)往日本的船舶航跡(b)沿岸往日本航路網	5-7
圖 5.7 西部沿岸航路網(a)套疊航跡密度(b)套疊海圖	5-8
圖 5.8 沿岸航路網交通量與碰撞危機網格密度	5-8
圖 5.9 沿岸航路交通量、碰撞類海難與危機密度	5-9
圖 5.10 沿岸航路與擱淺類海難及海圖上船骸位置	5-10
圖 5.11 西部沿岸航路網交通量與海難紀錄	5-11
圖 6.1 航路動態監測整合應用系統架構圖	6-1
圖 6.2 整合應用系統的操作介面網頁架構	6-6
圖 6.3 海陸域網路地圖服務套疊及量測工具的使用	6-7
圖 6.4 氣象局臺灣海域區域風場預報	6-7
圖 6.5 穿行參考線的 AIS 交通流分析與各項輸出功能	6-8
圖 6.6 海事安全資訊圖層：NAVAREA 航行警告	6-9
圖 6.7 AIS 船舶動態的識別、查詢、鎖定與航跡顯示	6-10
圖 6.8 擱淺及船速驟降、錨泊等狀況偵測結果之顯示	6-11
圖 6.9 船舶碰撞危機偵測及其狀況發展情形	6-12
圖 6.10 以動態回播檢視船舶會遇狀況	6-13
圖 6.11 海上事故歷年資訊圖層相關功能	6-15
圖 6.12 升隆 1 號擱淺龜山島的動態回播	6-15
圖 6.13 海研五號觸礁沉沒的動態回播	6-16

表目錄

表 1-1 A 級 AIS 資料內容與來源.....	1-9
表 1-2 A 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔.....	1-10
表 1-3 B 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔.....	1-11
表 2-1 E-化航行的用戶需求.....	2-3
表 2-2 IMO 六年戰略計畫列舉的趨勢發展與挑戰	2-4
表 2-3 IMO E-化航行概念設定的核心目標	2-5
表 2-4 IMO E-化航行的預期效益與達成方法	2-6
表 2-5 IMO 的委員會	2-12
表 2-6 IMO 技術委員會的分委會（2014 起）	2-12
表 2-7 IALA ENAV 委員會的技術領域與工作項目	2-23
表 2-8 IALA VTS 委員會的技術領域與工作項目	2-24
表 2-9 IALA 近期出版的相關指導規範.....	2-25
表 2-10 IALA 近期出版的相關建議文件.....	2-26
表 2-11 IALA 基於 S-100 發展 S-200 系列產品規格的概況.....	2-27
表 2-12 IHO 海測服務與標準委員會各工作小組(2014/11 起)....	2-29
表 2-13 S-100 產品規格編號及主導發展之國際組織	2-32
表 3-1 IMO GHG3 研究涵蓋的溫室氣體及空氣汙染物質	3-2
表 3-2 燃料與引擎種類	3-3
表 3-3 GHG3 使用 IHSF 船舶技術資料時欄位填補空值的方法.....	3-4
表 3-4 依種類及其容量區分的船舶分類群組	3-6
表 3-5 AIS 船舶活動報告資料的取樣策略	3-9
表 3-6 船舶活動資料填補演算法對三個活動階段的定義	3-10
表 3-7 IMO GHG3 使用的輔機負載（依船種與模式）	3-12
表 3-8 IMO GHG3 使用的鍋爐負載（依船種與模式）	3-14
表 3-9 IMO GHG3 由下而上的排放量估算副程式與計算步驟.....	3-17
表 3-10 排放係數（Emission Factor, EF）的計算方法	3-21

表 3-11 由下而上估算燃料燃燒產生之排放量的排放係數	3-22
表 3-12 各年與含硫量有關之 SO _x 與 PM 的排放係數	3-22
表 3-13 全球燃料油含硫量的各年平均値 (IMO 監測結果)	3-23
表 3-14 船用柴油機的 SFOC 基準値(g/kWh)	3-23
表 3-15 渦輪機，鍋爐及輔機的 SFOC 基準値(g/kWh)	3-24
表 3-16 NO _x 基準排放係數採用的 SFOC 假設値	3-24
表 3-17 環保署計畫採用之船種最大船速及主機總動力預設値....	3-30
表 3-18 港研中心 101 年計畫採用之遠洋船舶參數預設値	3-31
表 3-19 主機在調度階段的負載組合係數	3-32
表 3-20 遠洋船舶主機排放係數表	3-33
表 3-21 輔機的動力及負載預設値	3-34
表 3-22 輔助鍋爐消耗能量預設値	3-35
表 3-23 遠洋船舶輔機排放係數表	3-35
表 3-24 遠洋船舶輔助鍋爐排放係數表	3-36
表 3-25 燃油校正係數表	3-36
表 3-26 美國環保署 2009 年技術報告採用的遠洋船舶參數預設値	3-48
表 3-27 距離線分段估算活動量-以天秤星號郵輪為例	3-55
表 3-28 基隆港進港航跡以距離線分段的航行距離分析	3-56
表 3-29 臺中港不同方向進港航跡之距離與時間分析	3-57
表 3-30 本計畫第一年活動量估算方法的比較-以天秤星號為例...	3-60
表 3-31 X 貨櫃船從高雄至臺中 8 航次估算油耗與實際油耗的比較	3-71
表 3-32 Y 船從基隆經澎湖水道至高雄 4 航次估算與實際油耗的比較	3-72
表 3-33 Y 船基隆高雄航程的速度分析	3-73
表 4-1 IMO 的海難調查相關術語定義	4-3
表 4-2 IMO GISIS MCI 模組的海難事故分類	4-5

表 4-3 IMO GISIS MCI 模組的附錄	4-5
表 4-4 IMO GISIS 內登錄的臺灣海域海難（摘錄）	4-7
表 4-5 依航向差值將會遇情境分類的準則	4-26

第一章 緒論

1.1 計畫背景與目的

1.1.1 國際背景

海洋運輸系統由遠洋、沿岸航道、港埠、複合運送網絡、船舶、以及商業、軍事與遊憩等各類使用者組成。以資通訊技術為主軸的智慧化科技發展從各面向為海洋運輸系統的安全、效率與環保帶來改善的機會。離岸風力發電與各種海洋再生能源的發展卻可能使船舶可航行的海域空間受到限縮，為海洋運輸系統帶來新的挑戰。這些發展與課題是國際共通的。

海運具有高度國際化的特性，資通訊科技發展於海洋運輸系統的智慧化應用必須能與國際接軌，有國際架構的支撐才能落實並發揮效用。國際海事組織（International Maritime Organization, 簡稱 IMO）正積極推動的「e-化航行」正是為了建立系統性的國際架構，使科技發展得以協調應用於提升海上安全、保安與海洋環境之保護。IMO 從 2005 年開始研擬「e-化航行策略」，經過將近 10 年，終於在 2014 年 11 月通過 e-化航行策略實現計畫（e-Navigation Strategy Implementation Plan，簡稱 SIP），使 e-化航行從概念與策略的研擬進入實現階段。

IMO 對於 e-化航行的定義是：「以電子方式調和船上、岸上以及船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務，以提升海上安全、保安與海洋環境之保護」。原文是：“.. is the harmonized collection, integration, exchange, presentation and analysis of marine information onboard and ashore by electronic means to enhance berth to berth navigation and related services for safety and security at sea and protection of the marine environment.”

SIP 確認的 e-化航行總體架構如圖 1.1，重點在於：共通的資料結構與格式、從資料產生資訊、人機介面、海事服務組合、船岸之間各層

次的鏈結、全球無線電導航系統等。

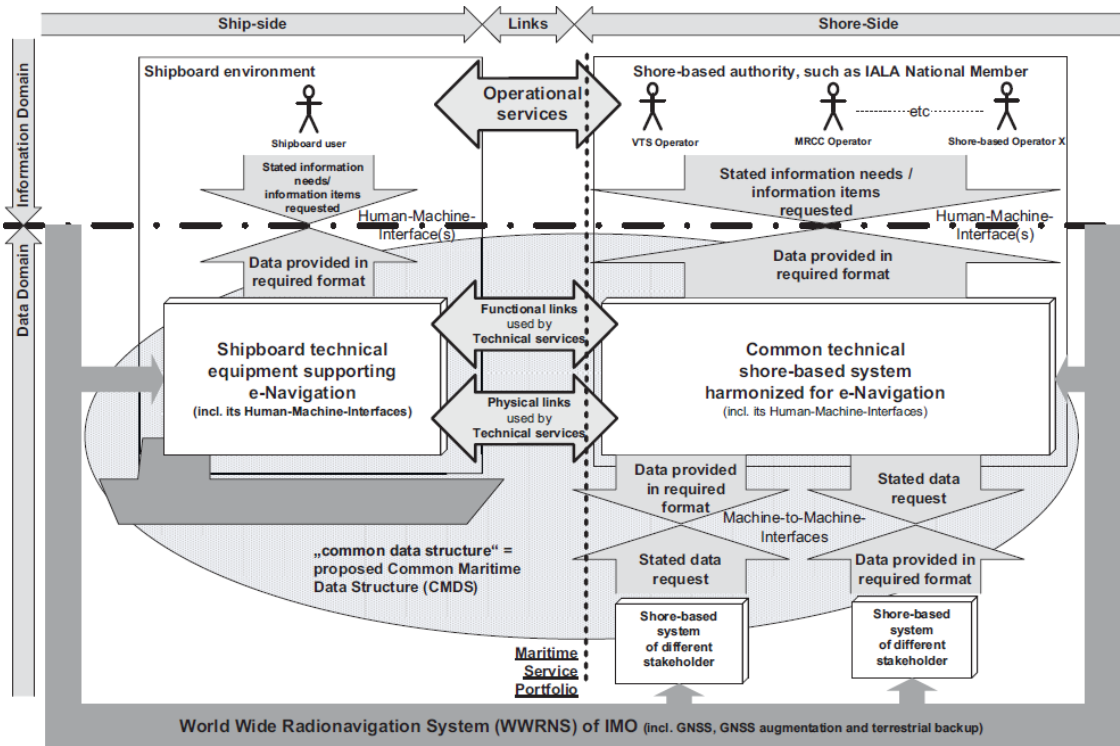


圖 1.1 國際海事組織確認的 e-化航行總體架構

e-化航行架構的船舶技術環境相當於整合的船橋系統，實現 e-化航行的第一步是使航海作業從紙海圖轉移至使用電子航行圖的「電子海圖顯示與資訊系統(Electronic Chart Display and Information System, 簡稱 ECDIS)」。海上人命安全國際公約(Safety of Life At Sea Convention, 簡稱 SOLAS) 已將 ECDIS 列為強制船舶安裝的配備，分階段從 2012 至 2018 年逐步實施。

在 e-化航行世代，如何確保航海人員善用 ECDIS 或整合船橋系統執行「航路計畫」、「航路監視」、「航程記錄」，岸上如何透過各種海事服務的組合（Maritime Service Portfolio, 簡稱 MSP）協助船舶執行航路計畫與監視，提升航行安全、效率與環境保護，是當下國際共同聚焦的研究重點。

船舶如何節能並減低空汙及溫室氣體的排放量也是愈來愈受到公私部門及港埠重視的議題。IMO 於 2011 年通過且已於 2013 年 1 月 1

日生效的「防止船舶污染國際公約（International Convention for the Prevention of Pollution From Ships，簡稱 MARPOL）附錄 VI-防止船舶空氣污染規則」修正案，新增了關於船舶能源效率的規定，強制要求新造船舶的能源效率設計指數（Energy Efficiency Design Index，簡稱 EEDI），以及所有船舶的船舶能源效率管理計畫（Ship Energy Efficiency Management Plan，簡稱 SEEMP），以期減低國際航運的溫室氣體排放量。能源效率必須量化監測，EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator)即為 IMO 所發展的量化監測工具。SEEMP 建議使用 EEOI 估算現有船舶的效率。

2009 年的第二次 IMO 溫室氣體研究估算了各船舶種類與大小的 EEOI。2014 年第三次的 IMO 溫室氣體研究（以下簡稱 IMO GHG3）則提出了全球船隊的溫室氣體排放量估算結果。2014 年 IMO 溫室氣體研究率先使用 AIS 資料並與一由下而上的模型結合，從 AIS 資料估算出全球船隊之個別船舶燃油消耗量，此外還透過廣泛且定量的品質與不確定性分析，證明了以此方式估計航運活動及相關排放的可信度。

海運界採取的節能減碳措施包括「虛擬抵達（Virtual Arrival）」的概念：使船舶得以配合靠港卸貨可能的等候延遲、海氣象與航行時間的影響而動態調整採取「最佳航速」達到節約能源減少排放量的效果。船舶在港與港之間航行的綠色航路更是研究的重點。

在智慧型海運系統與 e-化航行方面，歐盟依據其波羅的海區域策略於 2008-2012 年推動 EfficienSea 計畫，研究重點在於「動態風險管理」；於 2011-2013 年執行 MONALISA 計畫，目標是發展海上公路、部署創新的 e 化航行方案，聚焦於海運的環境面－綠色路廊；2012-2015 年執行 MONALISA 2.0 計畫，重點在發展海上交通管理。此外為了解決北海區域因離岸風電場等再生能源開發計畫而逐漸限縮的航行空間而於 2012-2015 年擴大推動 ACCSEAS 計畫。（詳述於後續章節）

無論是波羅的海區域的 MONALISA2.0 或是擴及北海的 ACCSEAS 計畫，研究主軸都在於：

- 以 AIS 航跡密度為基底，描繪海上航路並建構航路拓樸模型；
- 引進航空管理的航路資訊與航路交換概念；
- 以 e-化航行方案輔助進行海上交通管理。

由此可知，國際趨勢從海上電子公路、e-化航行、智慧化綠色海運，重點在於航路規劃、執行與監測。

1.1.2 國內策略背景與目的

我國政府依據科技基本法規定，每四年針對相關議題與發展趨勢，擬定未來遠景、政策方針與策略，以持續發展科技，帶動國家社會的進步。行政院 99 年 12 月核定的中華民國科學技術白皮書 (民國 100 年至 103 年)設定我國科技發展遠景是：「2020 年我國成為綠能科技與智慧生活的全球創新領航者」。並擬定八大策略。

在此遠景與策略下，交通部設定多項推動科學技術發展的目標，包括：

- (1) 推動交通系統品質管理科技，提升交通工程與經營管理效率、安全、可靠及節能減碳之績效；
- (2) 積極推動智慧型運輸之無縫運輸系統、資訊服務系統、安全防災系統及順暢交通系統之技術研發與科技應用；
- (3) 發展營運管理科學技術，以確保運輸系統除滿足安全與效率之外，也能同時達成減少運輸部門能源消耗與溫室氣體排放的目標；
- (4) 強化各項基礎資料之蒐集與資訊系統建立之機制，配合研發建置各類運輸系統安全監測、預防及即時反應科技，以確保運輸系統安全，減少生命財產損失；

(5) 研發及推動綠色運輸科技在陸海空運輸系統之應用，包括綠色航空站、綠色港灣，以及公路系統、材料等各項交通運輸基礎建設；

(6) 推動現代化氣象及海象觀測，並配合與運輸系統管理及資訊服務之整合應用；

104 年 5 月核定的「中華民國科學技術白皮書(民國 104 年至 107 年)」係在前一版本白皮書的基礎上，更進一步強化智慧科技與綠能科技應用，將智慧科技落實於民生相關應用，並透過綠能科技的途徑來實現永續樂活家園。其「打造綠能科技國度，形塑低碳智慧社會」之策略與本研究較相關的內容包括：

(1) 持續開發先進綠能科技，並在規劃配套行政法規時，納入相關協調機制；持續推動將風力發電產業納入未來再生能源供給發展之主軸；

(2) 聯結產、官、學、研監測及救災系統，包括都市規劃、氣象預報、醫療救援、災害風險管理、水土保持、災害潛勢評估與調查、量測與檢測、設施安全監測、電子監測、通訊傳輸等眾多領域，並雲端化安全防災資訊與科技，提供連線警報，即時啟動救災機制。

(3) 建構以安全與智慧為核心的綠能環境；建立安全、便捷、舒適、高效率、低排放的交通運輸系統。

對於前述各研究課題，本所港灣技術研究中心（以下簡稱本中心）與國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系電子海圖研究中心團隊合作執行的歷年計畫已累積相當的基礎。在 94~97 年的「電子海圖服務與資料安全系統建立研究」已建置電子海圖資料庫與相關應用服務，在 98~101 年的「智慧化海運系統建立之研究」中，則是利用船舶自動辨識系統（Automatic Identification System, AIS）建立臺灣海域船舶動態系統，並就此系統累積的巨量歷史資料與即時動態資料研發資料分析、航

跡探勘與即時預測預警技術。

基於中華民國科學技術白皮書遠景與交通部推動科學技術發展目標、國內需求以及國際現況與趨勢，本期 102~105 年計畫規劃再將電子海圖與海氣象資訊等重要因素納入，以提升具體應用效益，結合船舶動態以及電子海圖與環境資訊，發展沿岸航路與進出港領航的綠色概念智慧化應用服務技術。

整體規劃係分年完成下列工作：

1. 船舶操作面之節能減碳資料自動化蒐集
2. 船舶交通服務之安全性與效率性效益之分析技術
3. 碰撞、擱淺、航儀或機械故障、漂流等事故隱患偵測技術
4. 海難資料庫分析與海事調查輔助技術與服務
5. 航路建議與航程評估服務

第一年(102)已完成工作項目：

- 1.建立整合船舶動態資料與電子海圖地理資料庫之分析技術與平台。
- 2.建立船舶操作面之節能減碳資料自動化蒐集技術。
- 3.建立船舶交通服務之安全性與效率性效益之分析技術。

第二年(103) 已完成工作項目：

- 1.建立整合船舶動態、電子海圖與海氣象資料之分析技術與平台。
- 2.建立碰撞、擱淺、航儀或機械故障、漂流等事故隱患偵測技術。

3.建立海難資料庫分析技術與服務。

第三年(104) 已完成工作項目：

1.建立相關國際規範與技術發展最新資訊之轉譯發佈服務。

2.建立綠色航路規劃分析應用系統

3.建立綠色航路監測應用系統

4.智慧航行中心整體運作架構規劃與缺口分析。

本年度計畫將以 104 年建立的綠色航路規劃、分析與監測應用系統為基礎，並納入 102-103 年的研究成果，實現其作業化應用，以支援智慧化航行中心之運作，達成本研究的總體目標。

1.2 相關技術及國內外研究發展

1.2.1 船舶自動辨識系統

海上船舶航行動態的最主要資料來源是 AIS，這也是本研究航路規劃分析與監測系統的主要依據。

AIS 於 2002 年起正式成為「海上人命安全國際公約 (SOLAS)」要求的船舶必要設備，各沿岸國則對應建置岸基設施以接收與應用船舶報告，據以管理或提供服務。自從 2008 年所有適用海上人命安全國際公約之要求的船舶都已安裝，各國也陸續完成沿岸 AIS 接收網路的建置後，AIS 相關應用研究已成為一個新興研究焦點。許多結合產官學界的研究投入，透過基於 AIS 資料之軌跡探勘與交通流分析，將 AIS 應用於航運安全、效率與節能減碳相關問題。

至 2008 年底，所有客輪、液貨輪以及國際航線 300 總噸以上、國內航線 500 總噸以上貨輪應該都已依 SOLAS 要求安裝 AIS class A 船臺設備（設備標準是 IEC 61993-2），且依規定保持運作。只在內水作業之船舶、100 總噸以下所有航線船舶、500 總噸以下非國際航線船舶、漁船等船舶則由政府決定是否適用或適用的範圍。

目前已有不少漁船基於本身航行安全而自願安裝，但可能選擇的是較低價的各種 B 級 AIS 設備。歐盟、中國大陸、美國等都已逐步把安裝 AIS 設備的要求擴大適用於漁船，但考量設備價格與通訊鏈路負荷等因素，要求安裝的大多是 Class B 船臺（設備標準是 IEC 62287-1）。

就安裝 A 級 AIS 船載設備的船舶而言，船載 AIS 設備會依船舶航速航向及航行狀態等調整時間間隔，分別以動態位置報告（訊息別 1,2,3）以及每 6 分鐘一筆的靜態報告（訊息別 5）持續對外廣播其識別碼、船位動態及其他靜態與航程相關資料。廣播內容與來源如表 1-1，標準傳送間隔如表 1-2。（通訊標準是 ITU-R M.1371-5）

就安裝 B 級 AIS 的船舶而言，其船位動態可以從訊息別 18 與 19

取得。訊息 18 僅含船位動態資訊，內容包括：MMSI,對地航向、對地航速、船位經緯度、船艏向等。每 6 分鐘才能送一筆的訊息 19 則除了船位動態還包括：船名、船舶種類與貨載、船舶長寬與定位天線位置。B 級 AIS 還可以利用訊息 24 連結 MMSI 與船名、船舶種類與貨載、船舶長寬與定位天線位置等靜態資訊。訊息 18 的傳送間隔依 B 級 AIS 船載設備採用的通訊技術是 SOTDMA (Self-Organized TDMA) 或 CSTDMA(Carrier-Sense TDMA)而異，如表 1-3。

表 1-1 A 級 AIS 資料內容與來源

資訊項目	訊息別	說明
水上移動業務識別 (MMSI)	全部	這是 AIS 所有訊息交換最主要的識別碼，於安裝 AIS 時輸入；船舶易主時可能需要更改
呼號 (Call Sign)	5	安裝 AIS 時輸入；船舶易主時可能需要更改
船名	5	安裝 AIS 時輸入；船舶易主時可能需要更改
IMO 號碼	5	安裝 AIS 時輸入；屬於船舶本身的編號
船舶長寬及定位天線位置	5	安裝 AIS 時輸入或是有變更的時候設定 A,B,C,D 值；天線至船艏距離為 A，至船艉是 B，至左舷是 C，至右舷是 D，單位都是 m，船舶總長 $L=A+B$ ，船寬 $=C+D$ 。雙向型船舶或安裝多個定位天線的船舶，可能必須隨時配合更改
船舶種類及危險貨物 (種類)	5	從 AIS 預設的清單中選取；啟航時以人工輸入，確認是否裝載下列危險貨物：DG (危險貨物)、HS (有害物質)、MP (海洋污染物)
目前最大靜態吃水	5	啟航時人工輸入航程中的最大吃水，必要時修正之

目的地與預計抵達時間(ETA)	5	於航程開始時以人工輸入，並適時更新
船位經緯度	1,2,3	單位：1/10000 分；從定位裝置取最新值自動更新；
船位時戳（UTC）	1,2,3	UTC 秒值；從定位裝置取得最新資訊並自動更新
對地航向（COG）	1,2,3	單位：0.1 度；從定位裝置取得最新資訊並自動更新。
對地航速（SOG）	1,2,3	單位：0.1 節；從定位裝置取得最新資訊。
艏向	1,2,3	單位：1 度；從艏向感測裝置取最新資訊自動更新
航行狀態	1,2,3	由航行當值人員輸入並適時變更
轉向速率（ROT）	1,2,3	單位：度/分；從 ROT 感測裝置或電羅經取得最新資訊並自動更新。註：有可能無法取得此資訊

表 1-2 A 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔

船舶動態狀況	報告間隔
錨泊或停泊中，且移動速度不超過 3 節	3 分鐘
錨泊或停泊中，且移動速度超過 3 節	10 秒
航速 0-14 節	10 秒
航速 0-14 節且轉向中	$3\frac{1}{3}$ 秒
航速 14-23 節	6 秒
航速 14-23 節且轉向中	2 秒

航速 >23 節	2 秒
航速 >23 節且轉向中	2 秒

表 1-3 B 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔

B 級"SOTDMA" AIS 船載設備		B 級"CSTDMA" AIS 船載設備	
船舶動態狀況	報告間隔	船舶動態狀況	報告間隔
移動速度不超過 2 節	3 分鐘	移動速度不超過 2 節	3 分鐘
航速 2-14 節	30 秒	航速>2 節	30 秒
航速 14-23 節	15 秒		
航速 >23 節	5 秒		

雖然本中心船舶動態資訊系統所建置之沿岸 AIS 接收站已大致可以覆蓋沿岸航行船舶。但因設置地點地形地物遮蔽以及 AIS 訊號的電波傳播與通訊協定特性等狀況，其間仍有部分區域的訊號覆蓋有缺口或有不穩定的情況。因此，若要依據 AIS 資料規劃航路，予以分析並執行航路監測（監測船舶是否偏航或即將有觸礁擱淺的危險），必須能處理 AIS 航跡資料時間間隔不均勻、資料因訊號涵蓋範圍不足而中斷等情形。若應用需求的是同一時間或連續軌跡的非即時資料，則必須進行內插或外插，如果需要的是即時的監測，還需要產生當下的訊號涵蓋範圍圖層，以確認船舶是超出訊號範圍還是訊號因故消失。

1.2.2 歐盟相關研究發展

波羅的海區域的 EfficenSEA 計畫（2008/10-2012/1）是經費達 800 萬歐元（約臺幣 3 億 6 仟萬）由 7 國參與的區域研究計畫，全名“Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Sea”，其研究項目與本研究最相關的是「動態風險管理」，目標是研發偵測潛在危險情境的自動化工具，以管

理船舶碰撞、擱淺或異常運作等動態風險，其架構如圖 1.2。EfficienSea 該項研發工作強調無論是靜態或動態風險評估工具都應該是以地理資訊系統（GIS）為基礎。

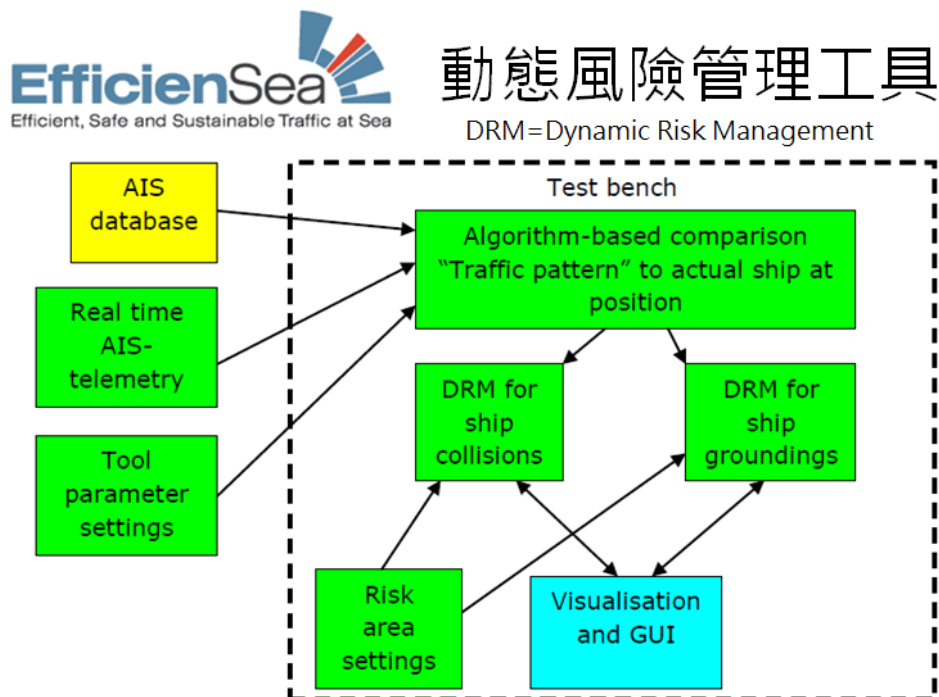


圖 1.2 EfficienSea 計畫的動態風險管理工具架構

其中避免擱淺與避免碰撞等決策支援工具都是基於從船舶歷史航跡交通流取出的特徵，例如不同船種與大小在一些航道上或各網格的航向、航速、艏向、吃水等分佈，以及通過網格時的風向/風速、流向/流速。這些演算法或模型、工具都需要驗證或以事故資料輔助確認參數。例如：EfficienSea 以 AIS 分析結果與海難資料庫比對，發現擱淺熱區出現在主要參數標準差比較大的區塊內，而船舶在發生事故前確實偏離典型的交通模式。

在 EfficienSea 計畫之後，Motorways & Electronic Navigation by Intelligence at Sea 計畫（簡稱 MONALISA 計畫）於 2010 年 9 月至 2013 年 12 月執行，總經費 2,240 萬歐元。目標是發展海上公路、部署創新的 e 化航行方案，聚焦於海運的環境面－綠色路廊。

MONALISA 計畫的工作項目主要有三：

- 1.以動態主動式的航路規劃優化航路以減碳；

2.發展海上公路概念以促成綠色路廊、發展具體的 e 化航行應用

3.重新測量航道。

MONALISA 2.0 計畫期程是 2012 至 2015 年，總經費 2,400 萬歐元，共 10 個國家 39 個產官學單位參與。該計畫的主軸是：海上交通管理(Sea Traffic Management)，範圍涵蓋波羅的海、北海、地中海。將引用空中交通管理計畫的研發經驗與成果。

MONALISA 2.0 計畫的工作項目主要有四：

- 1.海上交通管理之定義：從現況分析、目標構想之描繪、性能架構，定義並推動海上交通管理。
- 2.海上交通管理之標準作業程序與工具：發展航路資訊與航路計畫無縫交換的共通格式與架構。
- 3.更安全的船舶（增進大型客輪的安全性）：開發分享搜救資訊的工具，並引進室內定位技術以增進救援效率。
- 4.更安全的作業：研發港區海陸域風險分析與決策支援與安全資訊系統及訓練課程。

ACCSEAS (Accessibility for Shipping, Efficiency Advantages and Sustainability) 是幾乎與 MONALISA 2.0 同時進行的另一 3 年期北海區域歐盟計畫，計畫期程是 2012 年 2 月至 2015 年 2 月，總經費 560 萬歐元，由 6 國共 11 個單位參與。該計畫延伸"EfficienSea"（波羅的海區域）與" MONALISA "的概念，擬以創新的 e-化航行方案解決北海區域的下列問題：

- 航運密度持續增加；
- 海域航行空間與可操縱度縮減；
- 離岸設施成長（尤其是離岸風場）；

➤ 海上交通收縮點（進入主要港口、海峽與內陸水道處）。

因此該計畫將：指出航運壅塞的關鍵區域以及進接港口的限制，並於北海區域等級的 e-化航行試驗平台以雛型與成功展示的方式確定解決方案。

ACCSEAS 計畫的具體預期成果重點如下：

1. ACCSEAS 地理資訊系統，用於 e-化航行的描述與視覺化

交通模式、優先區位、限制區、航路拓樸模型（Route Topology Model, RTM）、開闊水域的航路優化、基礎建設、具恢復力定位系統的涵蓋範圍、服務涵蓋範圍。

2. 試驗平台－具備彈性應變力的定位系統

減輕全球導航衛星系統（Global Navigation Satellite System, GNSS）受人為或自然干擾的脆弱性、獨立於 GNSS 且與其互補的系統（當 GNSS 失效時提供無縫的定位，且避免危險的誤導資訊）、雛型的整合導航系統（Integrated Navigation System, INS）

3. 試驗平台－e-化航行服務

動態的船舶航路規劃、更新、交換與描繪呈現：船舶之間交換航路以及船舶操縱意圖；船岸之間的船舶交通服務海上交通管理介面與元素；船長與領港之間的資訊交換。

由此一系列的計畫可看出：航路規劃分析與監測的重要性。

隨著航行空間因海域空間規劃與多元利用而限縮（尤其在北海區域），以 AIS 航跡密度為基底，描繪出海上航路並建構成航路拓樸模型，再引進航空管理的航路資訊與航路交換概念，以 e-化航行方案輔助進行海上交通管理，已成趨勢。

最新執行的 EfficienSea 2.0 是從 2015 年 5 月 1 日到 2018 年 4 月 30

日止的 3 年期研究計畫，總經費 1150 萬歐元，其中 980 萬歐元來自歐盟的 Horizon 2020 研究創新計畫，由丹麥海事局主導，主軸是"Getting Connected for Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Sea"，計畫的核心是稱為"Maritime Cloud"的 E-Navigation 方案，目標是將 E-Navigation 從試驗平台推進到實際的建置運作，計畫實施範圍涵蓋波羅的海與極區水域，將為其 e-Navigation 方案的全球推動鋪路。Maritime Cloud 的本質是海事數位資訊交換的架構與工具，重點不是雲端運算也不是雲端儲存，而是海事識別碼以及海事服務的登錄、海事傳訊服務。預期的應用功能包括：航路交換以及海事安全資訊的確認傳遞。國際標準化是其關鍵。在相關國際會議中有將其改名為"海事信息(Maritime Informatics)"的提議，以免因為 Cloud 這個字而造成混淆。

1.2.3 國內相關研究發展

電子航行圖是 e-化航行的首要關鍵支柱，臺灣海域電子海圖資料庫與相關服務系統於 94-97 年執行的「電子海圖服務與資料安全系統建立研究」四年計畫中建置完成。

98-101 年的「智慧化海運系統之建立」四年計畫的研發成果如下：

- (1)基於 AIS 的交通流分析統計技術：穿越地理參考線的偵測分析技術（包括方向、速度、區段密度分布等），交通流分析之互動式網路應用服務；高風險時空密集區偵測分析技術；從軌跡探勘得出船舶交通流代表路徑，用於預估船舶路徑航程，輔助航道規劃與管理。
- (2) 利用 AIS 特定應用訊息(ASM)於船舶之間以及船岸之間交換資料的資通訊功能模組；
- (3) 整合海陸域多種網路地圖服務、代表路徑與交通流分析操作、以及船舶動態航跡即時顯示的 e-化航行岸端整合操作平台；

- (4) 可整合航路計畫、航行警告、AIS 區域通知/警告、電子海圖等，強調「狀況感知」的智慧型船舶資通訊平台。
- (5) 以船舶報告航路、岸臺提供航路建議的案例示範展示 AIS ASM 的應用。

本研究第一年(102)的成果如下：

- (1) 建立方法與平台，可依據 AIS 船舶長寬、天線位置、航向或艏向等動靜態產生真實比例輪廓之船舶圖徵、船舶領域圖徵，並將此等圖徵和取自電子海圖網路圖徵服務之水深資訊整合分析，偵測近距離避開之擱淺事件。
- (2) 統計分析臺中港外 3 哩、3-10 哩以及澎湖水道等不同航行水域之各相對方位船舶距離分佈，並比較不同船舶領域邊界定義的適用情形。成果可用於交通容量評估、航道規劃、偵測近距離避開之碰撞事件；
- (3) 分析 AIS 動態航跡的速度變化，偵測取出在港外停船漂航的情形及其時間長度與空間分佈。
- (4) 分析 AIS 航跡穿越不同距離圈的角度及其到進港的實際航行時間與距離等，分別以進港航跡長度與航行時間分析偵測可能因等待領港/拖船、碼頭泊位或進出港排程等影響而在港外徘徊或是繞遠路才駛進港口的異常狀況，以及這些船舶進港後靠泊的碼頭位置。可據以檢視後續改善的重點。
- (5) 建立直接分析 AIS 航跡，自動取得估算船舶排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法；
- (6) 建立內插 AIS 航跡點以網格式計算自動取得估算船舶排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法，以此方法可同時得到排放量的空間分佈，不只適用於港口範圍也適用沿岸。

本研究第二年(103)的成果如下：

- (1) 建立整合 AIS 船舶動態資料、電子海圖資料與海氣象資料應用於海難事故分析與危機偵測之技術與平台；
- (2) 建置海難資料庫：分析公開之海事案件統計現況，設計網頁版海事案件輸入系統，將紙本海事報告與不同格式的統計表格資料轉換建置成可供查詢分析的電子資料庫。
- (3) 建立海難資料庫內海難事件與 AIS 船舶動態資料、海氣象資料、海陸地圖的時間空間關聯、動靜態展示與分析技術。
- (4) 設計符合 IMO 海難事故通報準則之海難資料庫服務平台雛型，可提供海難資料登錄及查詢，進而關聯取得海難期間周遭船舶海域交通與氣象狀況，還原當時的地理時空關係。
- (5) 以海翔 8 號、海研五號、瑞興輪..等多個實際的海難案例，試驗及示範如何應用船舶動態、電子海圖與海氣象等資料進行整合分析，以輔助海難原因的調查，獲致相關安全建議。
- (6) 從 AIS 各項航儀資料變化與相對關係、海難事故的特徵分析、跡近事故偵測等方面及其間的關聯，建立事故隱患與風險海域的偵測分析技術；

本研究第三年(104)的成果如下：

- (1) 國際規範與技術發展最新資訊及轉譯發佈方面：因應 e-化航行的發展，各國際組織紛紛進行分工架構的重組，除概述其近期會議的相關資訊外，已就重要且具體的文件進行更完整的翻譯。
- (2) 綠色航路規劃分析應用系統方面：設計通用於綠色航路規劃分析與監測應用系統之系統架構，引進結合航跡群聚分類與穿

行參考線交通流分析概念的新方法，使軌跡探勘取得的慣用航路更適於作業化系統應用。

(3) 綠色航路監測應用系統方面：以航路規劃分析應用系統為基礎，採用同一系統架構，使用者得以同一介面整合操作；已整合漂流、碰撞、擱淺、偏航等偵測功能模組、動態回播、慣用航路、歷史航跡、風場預報、海事安全資訊等，並以重要範例應用具體展現其效益。

(4) 智慧航行中心之規劃方面：已從 e-化航行之總體架構以及海事服務組合分析智慧航行中心之角色定位，完成具體規劃。

本所本中心於 100-103 年執行的「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究」四年期計畫，調查臺灣地區主要商港的年度溫室氣體與空氣污染物排放量並建立排放清冊，其中船舶排放量皆以進入港口距離 20 海浬範圍開始起算。

林澄政、梅明德、丁毓齡等人發表於中華民國運輸學會 98 年學術論文研討會的「即時海象資訊應用於船舶節能航路規劃之研究」，採用模擬情境，將航行海域切割成經緯度網格，輸入各網格內洋流的方向與速度，假設船舶等速航行，以同緯度格點為動態規劃階段，反覆運算得各階段最短路徑以及考慮洋流之最短時間路徑，再依據個案公司提供的滾裝船引擎與用油相關資料，估算兩種路徑結果的燃油消耗量，評估利用洋流的節能效果。

交通部航政司委託海洋大學於 102-103 年執行之「海運安全整體研析及管理策略研究」，蒐集國際公約及相關規定，調查海難資料、利用專家訪談、問卷及舉辦研討會方式以層級分析法分析我國現行制度及法規之不足，提出逐年改善措施，規畫政策綱領。該研究認為若有效的防止船舶海難則應分別針對法制、人員、船舶與交通環境這四項構面加以研究與分析。關於交通環境構面，該研究列舉的項目是：助航設施、航道系統規劃、船舶交通服務、航行警告、海上交通安全法規，但報告內容主要在於現況分析以及在組織與法制面的改善措施。

1.3 研究範圍對象與項目

本年度計畫將以 104 年建立的綠色航路規劃、分析與監測應用系統為基礎，並納入 102-103 年的研究成果，實現其作業化應用，以支援智慧化航行中心之運作，達成本研究的總體目標。

應用系統將以 IMO 的 e-化航行策略為準則，以沿岸 AIS 接收站收訊範圍內綠色航路之規劃分析與監測為研究對象與範圍，從智慧化航行中心的角度設計其作業化應用。

具體項目如下：

1. e-化航行相關國際規範與技術發展最新資訊之轉譯發佈；
2. 應用 AIS 於空汙氣體排放量估算及航路能源效率比較；
3. 海難資料庫維護更新及其應用於航路風險潛勢分析；
4. 應用海域環境資訊於航路規劃與監測應用系統之參數設定與效能評估。

1.4 執行情形與報告架構

本研究於 105 年 2 月 2 日開始執行，已依規劃時程完成。

報告架構如下：第一章概述計畫背景目的、規劃與執行；第二章報告 E-化航行相關國際規範與技術發展；第三章報告船舶溫室氣體及空汙排放量估算的相關成果；第四章報告海難資料平台及其結合 AIS 船舶動態與海域環境資訊的應用分析；第五章是依綠色航路概念的航路風險潛勢分析；第六章是航路動態監測整合應用系統；第七章提出結論與建議。

第二章 E-化航行相關國際規範與技術發展

2.1 E-化航行簡介

國際海事組織正推動的"e-Navigation"，直譯為「e-化航行」，國內稱之為「智慧航行」，可簡稱為「E 航海」。

國際海事組織的 e-化航行相關工作是於 2005 年 IMO 海事安全委員會第 81 次會議中，由日本、荷蘭、英國、美國、新加坡、挪威與馬紹爾群島等多國聯合提案啟動的。該提案的訴求是盡快完成一「e-化航行發展策略」，使新技術的引進能在此策略藍圖的系統性架構下，與現有的各種導航通訊技術及服務相容整合，發揮最大效益；避免新技術的發展因為缺乏協調反而導致風險。自此，推動「e-化航行」成為 IMO 的優先工作項目。

參與相關工作的除了 IMO 海事安全委員會的「航行安全分委會」、「無線通訊與搜救分委會」、「標準、訓練與當值分委會」以外，主要還有國際航標協會（International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA）、國際海測組織（International Hydrographic Organization, IHO）、國際電子技術委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)等國際組織、業界以及使用者團體。

IMO 首先對「e-化航行」做出定義，依此定義使核心目標、預期效益與方法、關鍵策略元素、總體架構等逐步明確化之後，於 2008 年完成「e-化航行發展策略」，再據此策略研擬「e-化航行策略實施計畫（Strategy Implementation Plan, SIP）」，並於 2014 定案。

2.1.1 E-化航行的定義

依 IMO 的定義，e-化航行是「以電子的方法，調和船上、岸上與船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化從離泊到靠

泊之航行與相關服務，以提昇海上安全、保安與海洋環境的保護。」

原文如下：

“E-navigation is the harmonized collection, integration, exchange, presentation and analysis of marine information on board and ashore by electronic means to enhance berth to berth navigation and related services for safety and security at sea and protection of the marine environment.”。

2.1.2 E-化航行的戰略發展程序與使用者需求

IMO 實現 e-化航行的戰略發展程序如圖 2.1。由此程序可見，IMO 推動的 e-化航行強調由「用戶主導」而不是由「技術主導」。用戶包括航行各種規模與類型船舶的人員，以及廣泛的岸基部門授權用戶。目前 IMO 確認的使用者需求則如表 2-1。其中船上的需求是 2009 年 IMO 航行安全分委會 NAV55 會議的共識；岸基需求由 IALA 協助發展中。



圖 2.1 IMO 實現 e-化航行的策略發展程序

表 2-1 E-化航行的用戶需求

船上的需求	岸基需求
改善人體工學	更好的數據蒐集以利「海域控制與認知（海洋狀況把握）」
介面更標準化	更有效的資訊管理
更好的熟悉訓練	改善對船舶的資訊提供
更有效地顯示 NAVTEX 與 MSI	更大的品質保證
警示/警報管理	岸基授權用戶之間更有效地分享資訊，以減輕航海人員負擔並改善物流管理
改善可靠度以及可靠度的指示	改善相關資訊的可及性並確保有效通訊，以支援搜索與救助之運作
更加標準化和自動化的報告工具	
提高目標偵測	
更有效的警戒區	
減少行政負擔	
更自動化更新必要資訊	

2.1.3 IMO 六年期戰略計畫中的 E-化航行相關挑戰

IMO 每六年一期的戰略計畫包含：使命宣言、趨勢發展與挑戰、戰略方向、以及一系列的效能指標，這四大部分。2008-2013 年的戰略計畫與 2014-2019 年的戰略計畫分別是 IMO A.989(25) 決議與

A.1060(28)決議。這兩個六年期戰略計畫所列舉的趨勢發展與挑戰如表 2-2。

表 2-2 IMO 六年戰略計畫列舉的趨勢發展與挑戰

2014-2019 戰略計畫	2008-2013 戰略計畫
全球化	全球化
海上安全問題升高	海上安全問題升高
海上保安問題升高	海上保安問題升高
海盜和武裝搶劫船舶的問題升高	
環保意識提高	環保意識提高
促進航運效率（避免受到日益增加的法規措施/行政要求的不當影響）	
將重點轉移到人（的表現）	將重點轉移到人
海上的人（客輪、移民/偷渡、海盜）	海上的人
能力建設以確保 IMO 文件普遍與統一應用的重要性	能力建設以確保 IMO 文件普遍與統一應用的重要性
技術做為海運行業變革的主要驅動力	技術做為海運行業變革的主要驅動力

E-化航行對應的主要是其中以技術做為海運行業變革的主要驅動力這項，相關敘述如下：

「技術的發展創造了新的機會，卻也可能有負面的後果。因此存在新的機會，可鼓勵 IMO 各種舉措之發展，從安全、保安到環境保護，以及為國際海上運輸提供便利。通訊與資訊技術的發展可提供機會發展

知識管理以增進資訊的透明度與可及性」

而對 IMO 的挑戰在於持續：

1. 確保所採用的技術發展，有利於（如適用）加強海上安全、保安，環境保護以及國際海上運輸便利化，並考慮到其全球應用的需求；
2. 確保在組織內適當應用資訊技術，並強化航運業及其他相關各界對資訊的獲取。
3. 確保裝船使用的新設備，在設計製造時都考慮到所有用戶的工作需要、技巧與能力。

2.1.4 E-化航行概念的核心目標、預期效益與願景

IMO 認可之 E-化航行概念核心目標如表 2-3。

表 2-3 IMO E-化航行概念設定的核心目標

1	促進航行安全與保安：考慮到水文氣象、導航資訊與風險
2	促進交通觀測與管理：利用岸際或沿海的適當設施
3	促進通訊：包括船對船、船對岸、岸對船、岸對岸以及其他使用者之間的資料交換
4	促進海運：提供機會改進運輸與物流的效率
5	支援緊急應變與搜救服務的有效運作
6	展現安全關鍵系統適用的準確度、完整性與連續性等級
7	透過一個可以使航安效益最大化，使用者混淆誤解之風險最小化的人機介面，整合並呈現船上與岸上的資訊

8	整合並呈現船上與岸上的資訊以管理使用者工作負荷，同時促使使用者參與決策並支援決策
9	在發展與實現的過程中納入對於使用者訓練與熟悉的要求
10	就設備、系統、符號與操作程序等方面，促進全球化的覆蓋率，一致的標準與安排，以及彼此的相容性與互操作性
11	可擴展性，以便利所有潛在的海事用戶使用

依據 IMO 的戰略，e-化航行預期產生的顯著效益如表 2-4。

表 2-4 IMO E-化航行的預期效益與達成方法

預期效益	方法
航行安全的增進	以明確且貼切於當下情境的資訊來改善決策支援； 以自動化指標、警告、及防止故障的方法減低人員疏失； 改善電子航行圖涵蓋率與可得性，並提高一致化與品質； 以”S-Mode”選項引進設備的標準化（尤其是操作介面），而不至於限制了廠商的創新能力； 提升導航系統的順應恢復力，增進其可靠性與完整性； 改善船上與岸基系統的整合，善用所有的人力資源。
環境保護的改善	以上述增進航行安全的措施，降低船舶碰撞與擱淺導致溢漏油污染的風險； 使用最佳航路與航速以減低污染的排放； 提升應變處理溢漏油等緊急事件的能力與能量。

海上保安的強化	讓岸基的利益攸關者（stakeholders）得以靜默運作的模式實施海域範圍的監測與掌控。
效率的提高與成本的降低	以可以快速變更因應的管理程序來強化設備的全球標準化與型式認證； 以通報程序的自動化且標準化減低行政管理方面的成本開支； 改善船橋效率，讓航行當值人員能有更多的時間維持適當瞭望與良好的執業習慣，例如至少用兩種方法確定船位； 整合現有系統，落實有效率且連貫密合地使用新設備以符合所有使用者需求。
人力資源管理的改善	強化船橋團隊的經驗與狀態。

E-化航行的願景從船、岸、通訊這三方面來看分別是：

- (1) 船上的導航系統整合本船各種感測器、輔助資訊、標準使用者介面、警戒區/警報綜合管理系統以產生具體效益，使航海人員能以最有效的方式行使其職責，同時避免其分心或負擔過重；
- (2) 改善資料的提供、協調、交換，以更充分且更能讓岸上操作人員了解並運用的資料來強化船舶交通管理與相關服務，支援船舶的安全與效率；
- (3) 以通訊基礎架構提供本船、船與船之間、船與岸之間、主管單位與其他相關單位之間經過授權的無縫式資訊傳輸。

2.1.5 E-化航行的總體架構

e-化航行的總體架構如圖 2.2。

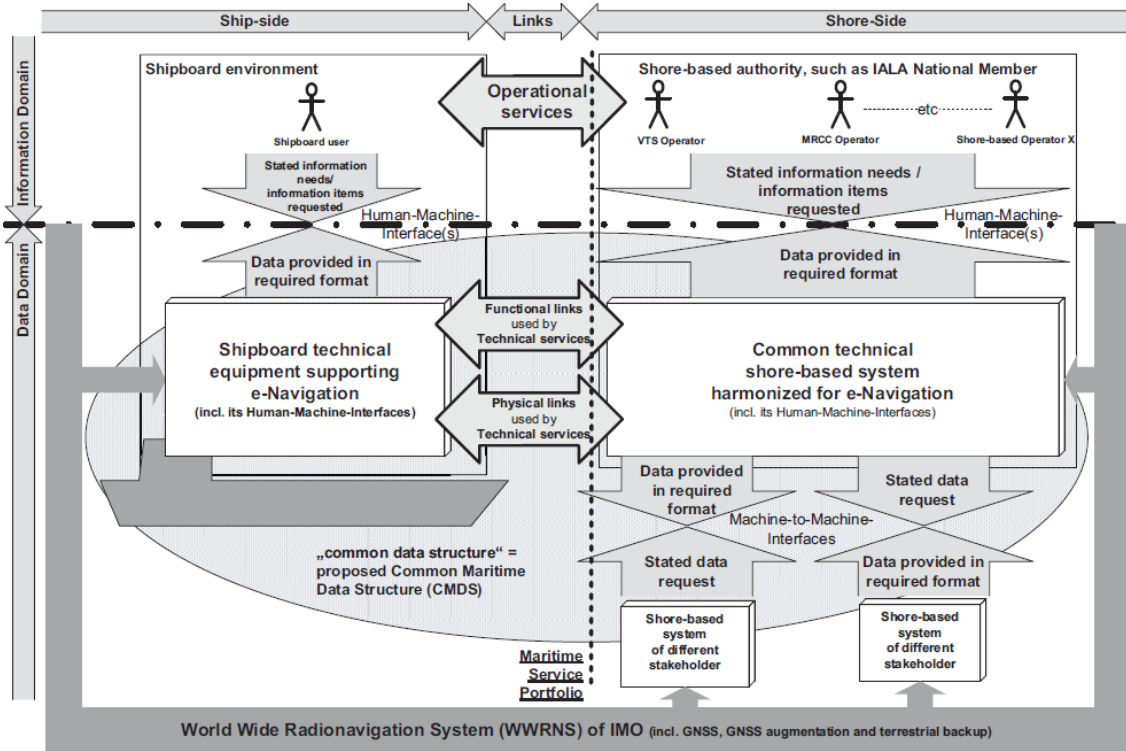


圖 2.2 完整的 e-化航行總體架構

茲說明如下：

- (1) 垂直方向以人機介面為界區分為資料領域與資訊領域；水平方向分為船端的船載技術設備、岸端共通的岸基技術系統、以及船岸之間的鏈結。
- (2) 船岸兩端人員以支援 e-化航行的人機介面透過作業化服務聯繫；各項技術設備與系統之間則以功能鏈結及實體鏈結交換資料；
- (3) 岸上各主管單位的系統之間以機器對機器的方式交換或分享資料；提供「海事服務集 (Maritime Service Portfolio, MSP)」，亦即海域、水道或港埠提供操作與技術服務的「產品」組合。

整體 e-化航行架構的兩個重要支撐，分別是：

- (1) 涵蓋水平方向（船、岸、通訊鏈路）所有資料領域的「共通的海事資料結構(Common Maritime Data Structure, CMDS)」。
- (2) 支援所有技術環境運作所需定位導航與授時功能的 IMO 全球無線電導航系統（World Wide Radio Navigation System, WWRNS）。

此 E-化航行總體架構可以用國際 E 化航行概念的七大支柱簡化表示如圖 2.3，其基礎就是 2008 年通過的 IMO E-化航行戰略以及 2014 年通過的 E-化航行戰略實施計畫（SIP）。

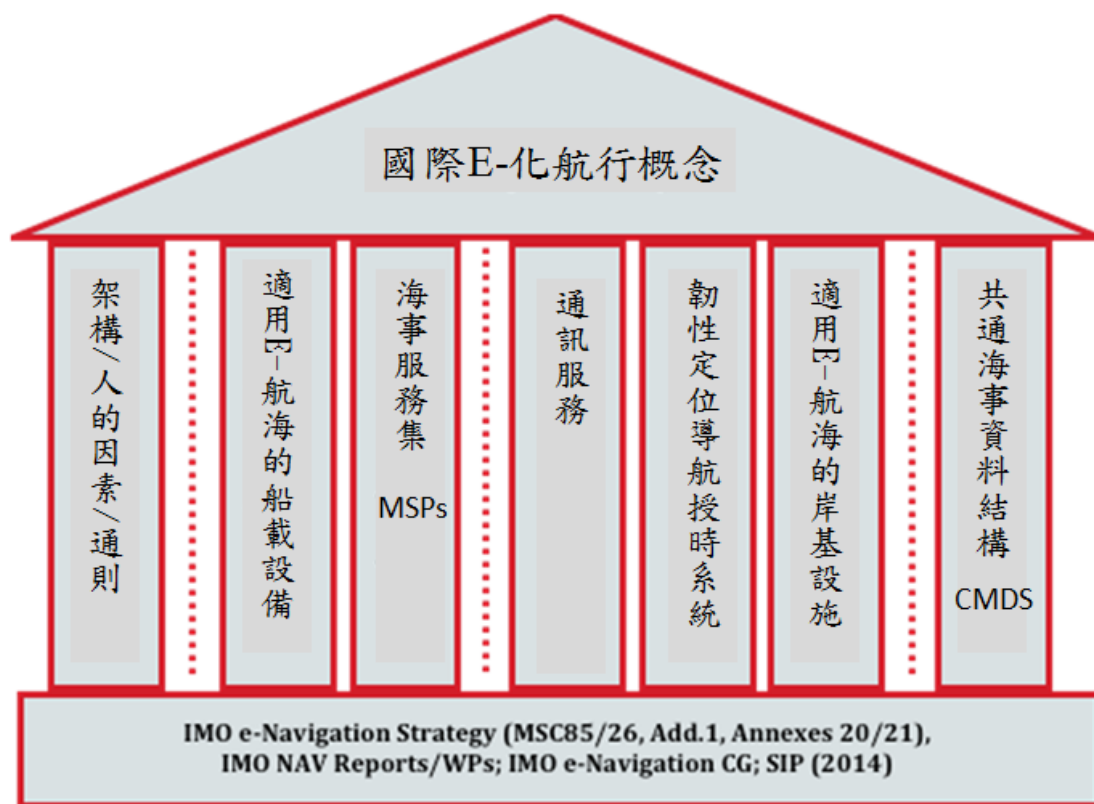


圖 2.3 國際 e-化航行概念的七大支柱

2.1.6 基於 S-100 的共通海事資料結構

無論是共通海事資料結構或是海事服務產品，都將以 IHO S-100 的資料框架為基礎，採用 IHO 的「地理空間資訊登錄」機制。與 ISO 19100 系列地理資訊標準的一致化是 S-100 的基本理念。圖 2.4 是 S-100 與 ISO

19100 系列地理資訊標準對應關係的示意圖（圖片來源：IHO 的 S-100 簡報）。S-100 主要的註冊登錄資料庫如圖 2.5，此登錄機制使 S-100 的圖徵屬性與列舉等類型得以持續擴充。

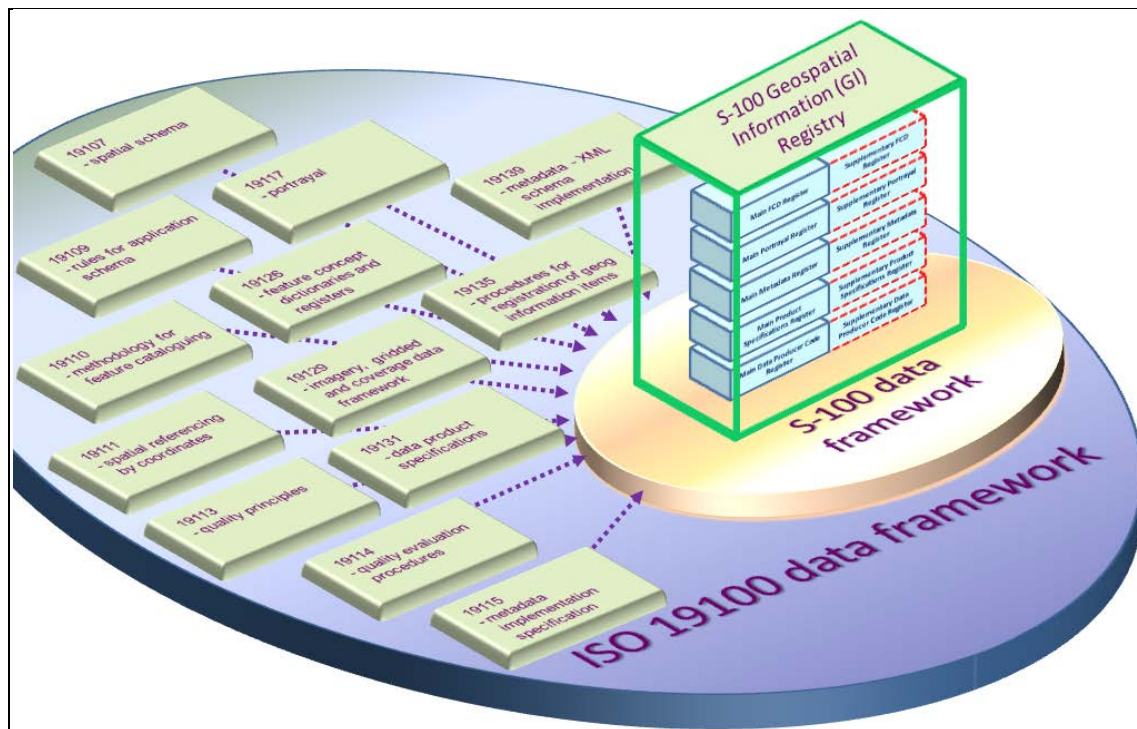


圖 2.4 建構於 ISO 19100 資料框架之上的 S-100

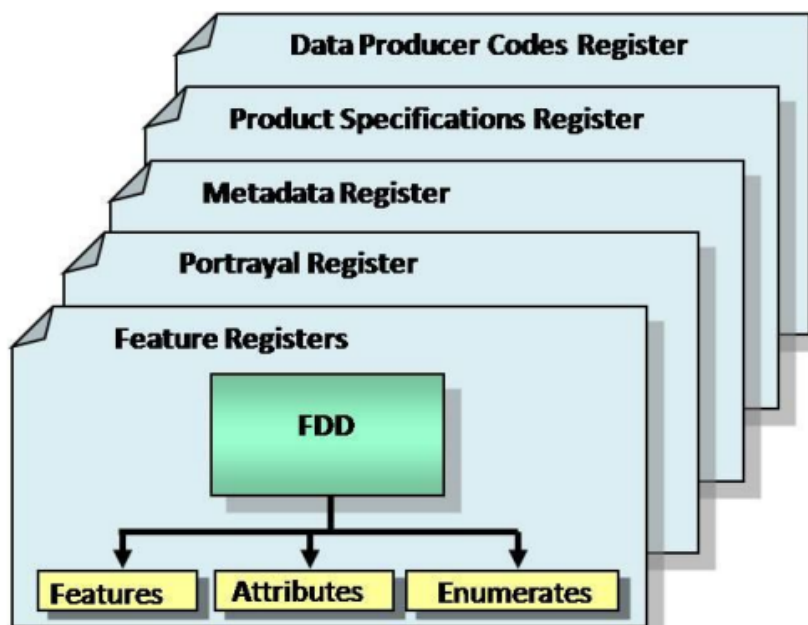


圖 2.5 S-100 註冊登錄機制主要的資料庫

不同領域之資料物件的登錄註冊可以各有其管理者(主導的國際組織或國家),但須依據 IHO S-99 規範的 S-100 地理空間資訊註冊資料庫運作與管理程序,管理其主導的內容。不同領域的國際組織都能以 S-100 註冊登錄的物件資料模型以及描繪顯示標準為基礎,制定資料產品規格,再由國際海事組織的法規文件(包括效能標準、通函、適當的 SOLAS 公約章節/規則)等採納應用。圖 2.6 是以 IHO 與 IALA 為例的示意圖(圖片來源:IALA)。

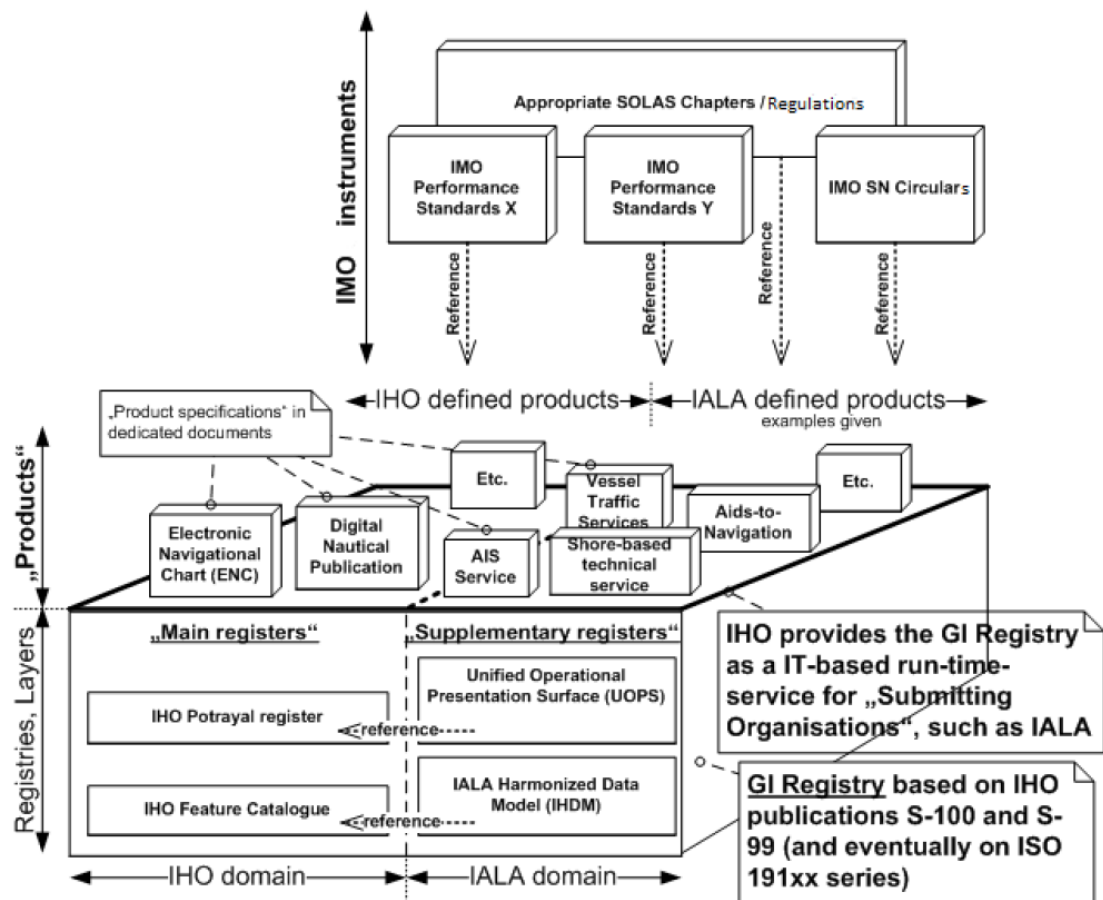


圖 2.6 從共通資料結構、產品規格到法規標準之採用

2.2 IMO 相關規範與發展

2.2.1 IMO 的組織架構

IMO 由大會(Assembly)、理事會(Council)、五個委員會(Committee)，以及支援技術委員會各項工作的數個分委會(Sub-Committees)所組成。各委員會名稱如表 2-5。IMO 大會每兩年召開一次例會。MSC 與 MEPC 是 IMO 主要的技術委員會，其中又以海安會為 IMO 的最高技術單位。

表2-5 IMO的委員會

中文全名（簡稱）	英文全名（簡稱）
海事安全委員會（海安會）	Maritime Safety Committee (MSC)
海洋環境保護委員會（海環會）	Marine Environment Protection Committee (MEPC)
便利運輸委員會	Facilitation Committee (FAL)
技術合作委員會	Technical Co-operation (TCC)
法規委員會	Legal Committee (LEG)

支援 MSC 與 MEPC 各項工作的分委會原有 9 個，從 2014 年起改組為 7 個，新的分委會名稱如表 2-6。

表2-6 IMO技術委員會的分委會（2014起）

中文名稱	英文全名（簡稱）
人為因素、訓練與當值分委會	Sub-Committee on Human Element, Training and Watchkeeping (HTW)
IMO 法規執行分委會	Sub-Committee on Implementation of IMO Instruments (III)
導航通訊與搜救分委會	Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and

	Rescue (NCSR)
汙染防治與應變分委會	Sub-Committee on Pollution Prevention and Response (PPR)
船舶設計與建造分委會	Sub-Committee on Ship Design and Construction (SDC)
船舶系統與設備分委會	Sub-Committee on Ship Systems and Equipment (SSE)
貨物與貨櫃運送分委會	Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers (CCC)

其中「導航通訊與搜救分委會 (NCSR)」是由「航行安全分委會 (Navigation Safety Subcommittee, NAV)」與「無線通訊與搜救分委會 (Radio-communications and Search and Rescue Subcommittee, COMSAR)」合併而成。

IMO 的 e-化航行相關技術工作主要由國際航標協會 (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA) 與國際海測組織 (International Hydrographic Organization, IHO) 這兩個在 IMO 具有觀察員地位的國際組織協助。

2.2.2 導航通訊與搜救分委會 (NCSR)

NCSR 第 1 次會議 (2014 年 7 月 4 日) 的相關重要議題如下：

1. 通過「e-化航行策略實行計畫」草案；
2. 認可北斗系統為全球無線電導航系統的組成之一；
3. 考慮承認鈹衛星為全球海上遇險與安全系統 (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS) 的服務提供者；
4. 持續檢視全球海上遇險與安全系統及其現代化計畫；
5. 通過 IMO/IHO/WMO 聯合海事安全資訊手冊之修訂草案；

6. 通過國際航空與海上搜救(IAMSAR)手冊之修訂草案；
7. 通過 MSC 通函「ECDIS 優良實務指引」之草案；
8. 通過 IMO 大會決議之「船載 AIS 操作使用指南」的修訂草案；
9. 通過 MSC 通函「Cospas-Sarsat 國際 406MHz 信標註冊資料庫指引」之修訂草案；

NCSR 第 2 次會議（2015 年 3 月 13 日）的相關重要議題如下：

1. 通過「多系統船載導航接收機設備性能標準」草案；
2. 通過 MSC 通函「e-化航行系統設計指引」之草案；
3. 通過國際航空與海上搜救(IAMSAR)手冊之修訂草案；
4. 通過「遠距識別與追蹤系統（Long-Range Identification and Tracking, 簡稱 LRIT）性能標準」及相關通函之修訂；
5. 持續檢視全球海上遇險與安全系統及其現代化計畫；

NCSR 第 3 次會議（2016/2/29~2016/3/4）的相關重要議題如下：

1. 認可伽利略全球導航衛星系統（Galileo Global Navigation Satellite System, GNS）為全球無線電導航系統的組成之一

歐盟宣告將於今年底前提供初始服務。歐盟無意強制要求歐盟水域航行船舶使用 GNS 定位。GNS 的船載接收機效能標準已於 2006 年以 MSC.233(82)決議案通過。

2. 修訂整合導航系統（INS）的效能標準（MSC.252(83)決議）

擬新增兩個關於船舶駕駛台設計一致化與資訊顯示的 E-航海相關模組。修訂 MSC.252(83)的提案主要是為了整合導航系統與通訊系統，使其具備 E-航海之互操作性。預期可於 2017 年 NCSR4 完成草案，因此至少到 2020 年 1 月 1 日才可能生效。

3. 多系統船載無線電導航接收機相關指導文件

於 NCSR2 定案的多系統船載無線電導航接收機效能標準（MSC.401(95)決議）允許應用不同的方法與技術於定位導航授時資料及相關完整性資訊之提供，並定義了最低要求。於 2017 年 12 月 31 日起安裝的設備必須符合這些標準。NCSR3 考慮研擬一指導文件以支持該決議，將交由閉會期間的通訊小組草擬，預期可於 NCSR4 完成。

4. 統一顯示透過通訊設備接收之導航資訊的指導文件

這是推動 E-航海戰略實施計畫的包裹提案之一。NCSR3 同意此指導文件的大綱，將於 NCSR4 考量提案細節並予以定案，預期可於 2017 年 NCSR4 完成。

5. 鈹衛星系統的技術能力能否被認可為 GMDSS 服務提供者

由國際海事衛星組織就鈹衛星系統的技術能力能否被認可為 GMDSS 服務提供者的議題提出報告。該報告顯示鈹衛星系統還不能完全滿足 IMO 大會決議 A.1001(25)為 GMDSS 之移動衛星通訊系統設定的準則。但 NCSR3 同意向 MSC 建議：在鈹衛星系統解決技術問題後，認可鈹衛星系統為 GMDSS 服務提供者。NCSR3 同時也建議重新檢討 A.1001(25)，做必要的修定，因為 A.1001(25)的準則是以地球同步衛星為基礎而訂定的，對於像鈹衛星系統這樣的通訊衛星有些不適用。

6. 發展船載 GMDSS 設備的通用效能標準以容納新增的 GMDSS 衛星服務提供者

由於將有各種 GMDSS 衛星服務上線，因而提議為船載 GMDSS 設備發展一個新的通用效能標準，以容納這些新增的服務提供者。此提議並未獲得 NCSR3 同意，擬於 NCSR4 再議。

7. 連接 NAVTEX 與 Inmarsat SafetyNET 接收機及其於整合導航顯示系統上的呈現

此提案擬修訂相關設備的效能標準，使 Inmarsat C SafetyNET 的海事安全資訊(MSI)訊息能呈現在整合導航顯示系統上。此提案將必須修改：MSC.148(77) (NAVTEX); MSC.306(87) (Inmarsat C SaftyNET); 以及 MSC.252(83) (INS)。因前述「一致化顯示透過通訊設備接收之導航資訊的指導文件」以及「整合導航系統的效能標準修訂案」將於 2017 年完成，NCSR3 認為此項提議應推遲以納入上述兩項的內容。

8. 修訂 IMO Resolution A.572(14): 「船舶定線制的一般規定 (GENERAL PROVISIONS ON SHIPS' ROUTEING)」，新增在海上建立多重結構的相關條文。

離岸風電等海上再生能源開發帶來密集的多重結構物，對船舶避碰的影響，不同於海上鑽油平台等單一物件。額外的航行風險包括：難以偵測在多重結構區內穿行離開該區域的船舶（有可能是國際海上避碰規則的權利船），以及區域內的多重結構對雷達的影響。

為保障船舶在海上多重結構物附近的操船空間，NCSR3 建議修訂「船舶定線制的一般規定」，在第 3 節 (Responsibilities of Contracting Governments and recommended and mandatory practices) 新增條文。摘譯如下：

「在規劃建立海上多重結構物時(例如範圍廣而密集的風力發電機)，政府應盡可能考量其對於航行安全的影響。應考量交通密度及其預後、海上船舶航路措施、船舶的可操縱性及其在國際海上避碰規則下的責任。讓多重結構物區附近使用船舶定線制的船舶有足夠的操船空間，例如允許避碰操船延伸至分道航行制兩側邊界外。」

2.2.3 海事安全委員會 (MSC)

MSC 第 94 次會議（2014 年 11 月 17-21 日）的相關重點如下：

1. 通過「極區章程(Polar Code)」以及使其具強制性的相關 SOLAS 修正案；
2. 通過「e-化航行策略實行計畫 (E-Navigation Strategy Implementation Plan，簡稱 SIP)」，並批准 MSC.1/Circ.1494 通函：（e-化航行相關）測試平台報告之協調指引；

此 SIP 的主要目的是實現 5 個優先的 e-化航行解決方案。從 IMO 正規安全評估 (Formal Safety Assessment，簡稱 FSA) 指出一些必要的工作項目，當這些工作項目在 2015-2019 年期間完成後，將可提供一致的資訊給業界，開始設計符合 e-化航行解決方案的產品與服務。

通函包括兩個附件，分別是：規劃測試平台時的考量，以及用以報告測試平台結果的模板。關於測試平台結果的準則是：e-化航行測試平台呈現的結果應該是客觀的，其試驗應該是可以重複的，蒐集的數據應符合一般認可的科學標準，測試平台的結果應該以可被接受的科學格式呈現。

3. 持續客輪安全長期行動計畫之工作；

2014 年 1 月 1 日起建造的客輪必須具備計算船舶穩定度的電腦或岸基支援，並於發生進水的災害時提供資訊給船長。

MSC94 會中提議把這項 SOLAS 要求延伸適用於 2014 年 1 月 1 日以前建造的客輪。

4. 認可北斗系統為全球無線電導航系統的組成之一；
5. 通過 IMO 大會決議之「船載 AIS 操作使用指南」的修訂草案；
6. 通過 MSC.1/Circ.1210/Rev.1 通函：「Cospas-Sarsat 國際 406MHz 信標註冊資料庫指引」之修訂；
7. 決議由國際海事衛星組織 (International Maritime Satellite Organization, IMSO) 組成專家小組，就銓衛星通訊公司申請

成為 GMDSS 移動衛星服務提供者一案，做成技術面與作業面的評估。

8. 批准 MSC.1/Circ.1496：關於 SOLAS 公約附錄之航海圖與 ECDIS 設備紀錄的統一解釋；

此通函是關於貨輪安全設備證書之設備紀錄 E 表(第 3 部分第 2.1 與 2.2 項)，以及客輪安全證書設備紀錄 P 表與貨輪安全證書設備紀錄 C 表第 5 部分第 2.1 與 2.2 項之填寫。

第 2.1 項是航海圖/電子海圖顯示與資訊系統 (ECDIS)；

第 2.2 項是 ECDIS 的備援安排。

此通函就下列三種情況，分別提出統一的表格填寫方式：

(1) 只有航海圖；

(2) 只有兩套 ECDIS (沒有航海圖)；

(3) ECDIS+航海圖。

由船舶管理人決定該船的主要航行方法是採用哪一種形式的海圖。

9. 通過下列 LRIT 相關通函之修訂，以改善 LRIT 系統功能、運作以及相關程序：

MSC.1/Circ/1259/Rev.6：LRIT 技術文件 (第 I 部分)；

MSC.1/Circ/1294/Rev.4：LRIT 技術文件 (第 II 部分)；

MSC.1/Circ.1338/Rev.1：關於搜救服務要求與接收 LRIT 資訊的指引；

MSC.1/Circ.1376/Rev.2：LRIT 系統服務連續性計畫；

MSC.1/Circ.1412/Rev.1：關於 LRIT 數據中心與國際 LRIT 資料交換站之效能審查與審計的原則與指引。

MSC 第 95 次會議（2015 年 6 月 3-12 日）的相關重點如下：

1. 以 MSC.401(95)決議案通過「多系統船載無線電導航接收機性能標準」；
2. 以 MSC.400(95) 決議案通過修訂 MSC.263(84)：「遠距識別與追蹤系統（LRIT）性能標準」

在由應用服務供應商於 LRIT 數據中心加入的資料項目表中新增一項「船舶種類」。

並修正 15.2 節，要求各主管機關應提供給 LRIT 數據中心的資料項目中亦新增一項「船舶種類」。

3. 批准 MSC.1/Circ.1503 通函：「ECDIS 優良實踐指引」；

此通函是 MSC.1/Circ.1391, SN.1/Circ.207/Rev.1, SN.1/Circ.266/ Rev.1, SN.1/Circ.276, SN.1/Circ.312, STCW.7/Circ.10 和 STCW.7/Circ.18 這 7 個現有 ECDIS 相關通函的整合（取代上述 7 個通函）。內容包括：

- (1) SOLAS 公約的海圖配備要求；
- (2) ECDIS 軟體的維護；
- (3) ECDIS 已確認的操作異常；
- (4) 網格式海圖顯示系統(RCDS)與 ECDIS 的差異；
- (5) ECDIS 訓練；
- (6) 從紙海圖到 ECDIS 航行的轉換；
- (7) ECDIS 模擬機操作使用之訓練與評估指引。

4. 批准 MSC.1/Circ.1259/Rev.7：LRIT 技術文件（第 I 部分）；
5. 批准 MSC.1/Circ.1294/Rev.5：LRIT 技術文件（第 II 部分）；
6. 批准 MSC.1/Circ.1512：e-化航行軟體品質保證與人本設計指引

其目的是藉由在 e-化航行統發展過程中採用軟體品質保證（Software Quality Assurance，簡稱 SQA）和以人為本的人本設計（Human-Centred Design，簡稱 HCD），包括可用性測試（Usability Testing，簡稱 UT），確保符合軟體的可信度與使用者需求。

MSC 第 96 次會議（2016/5/11~2016/5/20）的相關重點如下：

1. 通過 1974 SOLAS 公約第 II-2 章修訂案

修訂第 II-2 章 構造—防火、火災偵測及滅火，內容包括：

(1) 規則 II-2/3 - 定義；

(2) 規則 II-2/13 - 客船疏散分析與逃生途徑評估。適用於 1999 年 7 月 1 日起建造的滾裝客輪以及 2020 年 1 月 1 日起建造之可搭載超過 36 名乘客的其他客輪；

(3) 規則 II-2/18 - 直升機設施；

上述修訂於 2020 年 1 月 1 日起生效

2. MSC.402(96)決議通過 1974 SOLAS 公約第 III 章修訂案

修訂第 III 章 救生設備及布置，內容包括：

(1) 規則 III/3 - 定義；

(2) 規則 III/20 - 備便運作、維護與檢查；

上述修訂於 2020 年 1 月 1 日起生效

3. 通過 MSC.1/Circ.1525 通函「國家海事保安法規之發展指引」

4. 通過 MSC.1/Circ.1526 通函「海事網路風險管理暫行準則」

送交便利運輸委員會下一會期（2017 年 4 月）通過後將發布 MSC-FAL 聯合通函，取代此一暫行準則；

5. 批准 SN.1/Circ.334 認可伽利略全球導航衛星系統（Galileo Global Navigation Satellite System, GNS）為全球無線電導航系統的組成部分；
6. 認同 NCSR3 的觀點：基於國際海事衛星組織的報告，在銓衛星系統解決技術問題後可以被納入 GMDSS，將建議委員會做最後的認可決定。預期於 2019 年可解決問題並獲得認可。
7. 鼓勵成員國政府以及觀察員組織推廣宣傳業界指南：「大規模的海上救援作業：確保海員與被救援人員安全與保安的指南」

IMO 大會第 29 次會議（2015/11/23~2015/12/2）的相關重點如下：

1. 決議 A.1106(29)：「船載船舶自動辨識系統的操作使用指引」修訂案；

MSC 94 通過的「船載船舶自動辨識系統的操作使用指引」修訂案於第 29 次大會獲得採納，於 2016 年 7 月 1 日起生效。此決議取代了 2002 年的 A.917(22)及其 2003 年的修訂內容 A.956(23)等決議。這些指導文件是為了提升 AIS 的安全及有效應用，尤其是告知航海人員關於 AIS 的操作使用、限制以及潛在應用。相較於 2002/2003 年的版本，主要新增了 Class B 船載台以及 AIS-SART 相關內容，AIS 於搜救作業的應用，MMSI 以及定位天線位置有變動時也應該修改靜態資料，船舶種類與貨載欄位之危險貨載類別也依據 MEPC.118(52)由早期 AIS 設備所用的 A,B,C,D 分類改為現行 MARPOL 的 X,Y,Z, OS 分類。

2. 便利運輸委員會 2016-2017 年新增下列工作計畫：

- (1) 檢討於海運碼頭引導人員的國際標誌；
- (2) 海事電腦網路安全的指導文件；
- (3) 單一窗口概念的應用。

2.3 IALA 相關規範與發展

2.3.1 IALA 簡介及其變更為政府間組織（IGO）的計畫

國際航標協會(IALA)是一個國際性的專業技術協會，會員分為四種：國家會員、準會員、業界會員、以及榮譽會員。會籍之申請與變更都必須經由理事會認可。理事會可要求業界會員或準會員之申請，依其主要活動或營業地點，由該地區的國家主管部門進行審查。IALA 會員大會至少每 5 年召開一次，而且與 IALA 會議同時召開。各類會員都能參與大會，但是只有國家會員有投票權。IALA 的秘書長由理事會任命，是為 IALA 的法定代表人與執行長。委員會由理事會設立以研究與 IALA 宗旨有關的事項，目的是為 IALA 成員以及提交給其他組織而起草標準、建議、指南和手冊。建議、準則(指南)、手冊與提交項目都需要由理事會批准。

IALA 的技術委員會如下：

1. 航標要求與管理（Aids to Navigation Requirements and Management, ARM）委員會；
2. 航標工程與永續（Aids to Navigation Engineering and Sustainability, ENG）委員會；
3. e-化航行（e-Navigation, ENAV）委員會；
4. 產業會員委員會；
5. 船舶交通服務（Vessel Traffic Service, VTS）委員會。

IALA 考慮合併 ENAV 與 VTS 這兩個委員會。

IALA 從 2013 年啟動變更地位為政府間組織（Intergovernmental Organization, IGO）的計畫，此計畫於 2014 年 IALA 大會通過。"Convention on the International Organization for Marine Aids to Navigation" (簡稱 IALA 公約)草案已於 2015 年 12 月的理事會第 61 次會

議完成。此進展已以會議資料文件方式提送 IMO 第 29 次大會。接下來將取得相關國家的共識，召開外交會議。此一外交會議預計在 2018 年春天與南韓政府主辦的 IALA 會議聯合舉行。

依據 IALA 公約草案，IALA 將依循世界旅遊組織公約（Convention of the World Tourism Organization，UNTWO）的前例，讓現有業界會員（以及準會員）得以成為附屬會員（Affiliate Members）。

2.3.2 IALA 相關技術委員會的研究重點

IALA ENAV 委員會的工作項目及其所屬技術領域如下表。

表2-7 IALA ENAV委員會的技術領域與工作項目

	技術領域	工作項目
1	資料模型與訊息系統	助導航數據資訊之結構、交換與呈現 S-100 註冊資料庫與產品規格 e-化航行的訊息結構
2	e-化航行之通訊	VHF 數據交換系統（VHF Data Exchange System，簡稱 VDES）、衛星；AIS 技術；ASM(AIS 特定應用訊息)之協調及其網站；與國際電信聯合會之規劃與聯繫，世界無線電會議之準備
3	岸基技術基礎建設	韌性定位導航授時(PNT)岸基服務：DGPS、eLoran 等； 虛擬航標技術； 岸上資料之分享；
4	e-化航行測試平台	資料蒐集與分析

		測試平台之參與及其結果之協調一致 監測國家與區域之發展及其影響
5	海事服務組合	海事服務組合之設計、內容與實施

目前 VTS 委員會的工作項目及其所屬技術領域如下表。

表2-8 IALA VTS委員會的技術領域與工作項目

	技術領域	工作項目
1	運作	VTS 運作、服務標準與績效指標 跨 VTS 運作、與聯盟及其他服務的互動 VTS 通訊 監測評估 VTS 之發展及其對 VTS 現有框架的影響
2	技術	VTS 系統技術、感測與呈現 VTS 設備標準與效能要求 跨 VTS 之資料交換 S-100 資料填充
3	訓練	VTS 人員資格、訓練與發證 VTS 訓練的認可與批准程序 人為因素 航海人員的 VTS 訓練

2.3.3 IALA 相關發展與文件

依據 2016 年 3 月的 ENAV18 會議報告，2015 年 11 月世界無線電會議（WRC-15）關於 VDES 頻譜指配的相關決議摘要如下：

1. 指配頻道 2027 與 2028 給 ASM 地面通訊；
2. 指配頻道 2027 與 2028 給 ASM 地對空通訊；

3. 指配頻道 24, 84, 25, 85, 26, 86 給 VDES （不含衛星）；
4. 指配頻道 24, 84, 25, 85, 26, 86 各 100kHz 頻寬給 VDES 地面通訊；
5. VDES 頻道的衛星鏈路未能獲得 WRC-15 的同意。

上述決議反映於 RESOLUTION 360 (REV.WRC-15) 以及 APPENDIX 18 (REV.WRC-15)這兩個文件中。

IALA 近期出版的相關指導規範如下：

表2-9 IALA 近期出版的相關指導規範

編號	標題	出版日
1115	Preparing for IMO Audit Scheme VTS 1115 IMO 成員國稽核之準備-船舶交通服務	2015/12/1
1114	A Technical Specification for the Common Shore-based System Architecture (CSSA) 共通岸基系統架構之技術規格	2015/5/29
1113	Design and Implementation Principles for Harmonised System Architecture of Shore-based Infrastructure 岸上基礎建設協調化系統架構之設計與實作	2015/5/29
1112	Performance and Monitoring of DGNSS Services in the Frequency Band 283.5-325kHz 283.5-325kHz 頻帶 DGNSS 服務之效能與監測	2015/5/29
1111	Preparation of Operational and Technical Performance for VTS Equipment VTS 設備操作與技術效能規格之準備	2015/5/29

IALA 近期出版的相關建議文件如下：

表2-10 IALA 近期出版的相關建議文件

編號	標題	出版日
e-NAV-147	Product Specification Development and Management 產品規格之發展與管理	2015/5/29
e-NAV-140	Architecture for Shore-based Infrastructure 'Fit for e-Navigation' 適合 e-化航行的岸基基礎建設架構	2015/5/29
R-121	Performance and Monitoring of DGNSS Services in the Frequency Band 283.5-325kHz 283.5-325kHz 頻帶 DGNSS 服務之效能與監測	2015/5/29
V-128	Operational and Technical Performance Requirements for VTS Equipment VTS 設備的操作與技術效能要求	2015/5/29
E-141	Standards for Training and Certification of AtoN Personnel 航標人員的訓練與發證標準	2015/5/29

IALA 為全球 AIS 資料交換而設置的一個基於網際網路的近即時 AIS 資料交換服務，稱為 IALA-NET。參與 IALA-NET 不需繳交費用。東亞地區參與者目前只有中國海事局。

IHO 指配給 IALA 的 S-100 產品規格編號範圍是 S-201 至 S-299 的 S-200 系列。IALA 在秘書處設 IALA 領域管理者，做為對外與 IHO 協調聯繫的單一窗口。在 IHO 的 S-100 註冊資料庫裡，IALA 負責的產品

領域有：航標資訊、船舶交通服務(VTS)、全球無線電導航系統(WWRNS)、水道風險評估(IWRAP)等。

IALA 的 S-200 系列產品規格發展概況如下表：

表2-11 IALA基於S-100發展S-200系列產品規格的概況

編號	標題	狀態
S-201	Aids to Navigation Information	完成草案/審核中
S-210	Inter VTS Exchange Format	發展中
S-220	Maritime Safety Information	發展中
S-230	Application Specific Messages	已規劃
S-240	DGNSS Station Almanac	完成草案/審核中
S-245	eLoran ASF Data	發展中
S-246	eLoran Station Almanac	已規劃
S-247	Differential eLoran reference station almanac	已規劃
※產品規格編號仍屬暫時性		

IALA 的 S-201 航標資訊產品規格將直接以 S-100 發展，不考慮與 S-57 的相容性。S-201 設定的目標是做為官方組織之間的資料交換標準，並不預期把相關資料直接顯示在船舶的設備上。

2.4 IHO 相關規範與發展

IHO 是政府間的協商及技術組織，組織架構如圖 2.7。

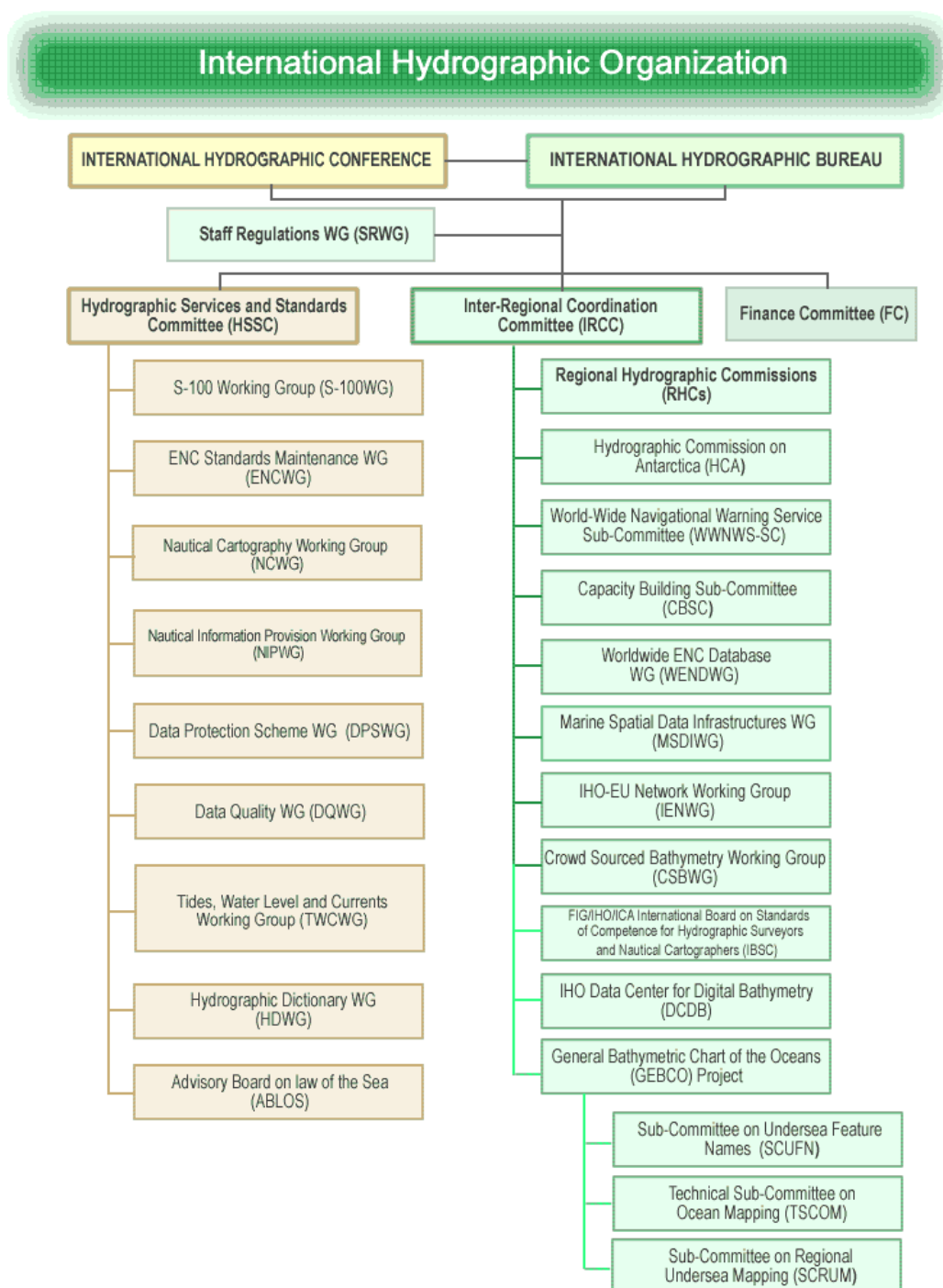


圖 2.7 國際海測組織的組織架構（IHO 網站）

國際海測局（IHB）是 IHO 的秘書處，最高決策組織是由所有成員國代表組成的國際海測會議，每 5 年舉行一次會議。

如果 IHO 公約修正案在 2017 年 1 月 23 日前獲得多數通過，2017 年 4 月的 International Hydrographic Conference 將成為第一屆的 IHO Assembly，而 IHO 即將改成理事會(Council)與大會(Assembly)的架構。

IHO 的主要目標是：確保世界上所有海域、海洋和通航水域的調查和製圖。其任務是建立全球化環境，使各國能提供充分且及時的水文資料、產品和服務，並確保其盡可能廣泛使用。

IHO 設有「海測服務與標準委員會（簡稱 HSSC）」、「跨區域協調委員會（簡稱 IRCC）」以及「財務委員會」。

「海測服務與標準委員會」於 2014 年 11 月的 HSSC6 重組各工作小組，如表 2-12。此改組係為了反映焦點已從紙質資料產品轉變成以數位資料為基底的產品與服務（從紙海圖轉換成以電子航行圖為主）。

委員會之下設置多個工作小組或分委會，研議的技術與規範內容與 e-化航行相關的主要是：e-化航行的共通資料結構、ECDIS、電子航行圖、全球航行警告服務、e-化航海刊物、新一代海測資料標準 S-100 及其資料產品（包括航路）等。

表 2-12 IHO 海測服務與標準委員會各工作小組(2014/11 起)

英文簡稱	Working Group 英文全名	中文翻譯名稱
DPSWG	Data Protection Scheme	資料保護系統工作小組
DQWG	Data Quality	資料品質工作小組
ENCWG	ENC Standard Maintenance	ENC 標準維護工作小組
HDWG	Hydrographic Dictionary	海測辭典工作小組
HSWG?	Hydrographic Survey	海道測量工作小組
MSDWG	Marine Spatial Data Infrastructure	海洋空間資料庫工作小組
NCWG	Nautical Cartography	航海圖製圖工作小組

NPWG	Nautical Information Provision	航海資訊之提供工作小組
S-100WG	S-100	S-100 工作小組
TWCWG	Tides, Water Level and Currents	潮汐水位與海流工作小組

HSSC6 會議的其他相關要點如下：

1. 發展新世代電子航行圖產品規格 S-101 所需的 S-100 Feature Catalogue Builder, S-100 Portrayal Catalogue Builder 以及 S-100/S-101 Viewer 等工作已經由韓國開發完成，並於 HSSC6 展示成果。
2. 通過 ENC 資料保護標準 S-63 第 1.2.0 版，並於 2015 年 1 月出版。英國提到：目前仍有許多舊 ECDIS 系統使用 1.0 版 S-63 電子航行圖資料保護標準，但預期到 2018 年仍無法使用 1.1 版 S-63 的 ECDIS 應已很少。
3. IEC 將研訂新的 IEC 61162 系列標準描述如何編碼/解碼 S-100 物件與屬性，使 S-100 資料能透過現有航儀系統標準 IEC 61162 介面傳輸。
4. IMO Circular SN.1/Circ.266 表明：沒有更新至 IHO 相關標準最新版本的 ECDIS 可能不符合 SOLAS regulation V/19.2.1.4 設定之攜帶海圖的要求。但目前船東似乎並沒有把「軟體更新」視為例行維護要求。
5. HSSC6 會議中強調透過「IMO 軟體品質保證指引(Harmonised IMO Guidelines for Software Quality Assurance)」引進服務生命週期管理 (Service Life Cycle Management) 的重要性。
6. S-124 航行警告/航船布告產品規格的目標是以數位化標準格式改善航行警告/航船布告資訊在船橋系統以及岸上系統的發佈與整合。以專家組織身份參與研發的包括：CIRM、丹麥海事局(Danish Maritime Authority)、韓國 KRISO(Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering)。依據 IHO HSSC6 會議文件，S-124 產品規格的 S-100 UML (Unified Modeling Language) 模型是歐盟 ACCSEAS 計畫以 IHO S-53 與

S-4(B-600)為基礎而發展的成果，通用於航行警告與海圖更新。

7. S-124 的訊息分為：航船布告與航行警告兩大類。各類訊息都有「訊息位置」項目，以 GML (Geographic Markup Language, 地理標記語言) 明確表示訊息的地理空間資訊(點、線、面、圓)；航船布告訊息有「布告動詞」屬性，表示應執行之動作(加入、刪除、修改、取代、移動)，也已有訊息時效管理的資料項目設計。
8. RTCM e-Navigation Steering Committee (<http://rtcm.info/enav/>) 正評估行動平台技術，擬整合電子航行圖、海氣象資訊與 AIS 資料，建置服務提供給小船與遊憩船舶使用。

2015 年 11 月的 HSSC7 相關重點摘要如下：

1. 電子航行圖資料保護標準 S-63 Edition 1.2.0 已發布，此版本已是支援最新版 IEC61174 (ECDIS 設備檢驗標準)的規範性標準。此版本新增了一個定義 ECDIS 更新狀態報告的附件。但是仍允許現有使用者持續使用 S-63 Ed. 1.0，直到他們的舊系統被移除或取代。
2. 加拿大與澳洲正合作草擬 S-121 海域界限與邊界(*Maritime Limits and Boundaries*)產品規格，提供一個可能的官方數值交換格式，被聯合國認可，並且支援海域空間資料基礎建設的要求。HSSC7 建議加拿大於 S-100 WG 會議提案設置 S-121 專案小組，邀請成員支持此項工作。
3. CIRM 注意到目前並沒有規範船載軟體維護程序的正式指導文件。他們正與 BIMCO 共同發展一套聯合行業標準，提出對製造商、系統整合商、服務與資料供應商以及船東的要求，使他們的系統保持更新。目標是獲得成員國的支持，進而使這些準則能被 IMO 批准及採納。
4. 大部分的作業化海冰圖從 2015 年 12 月起即可以 S-411 的格式取得。具備使用 S-411 資料產品功能的第一套商業化 ECDIS 預期可以在 2016 年中推出。這是 IMO 極區章程的好消息。

5. 國際海纜保護委員會(ICPC)將與 IHO 簽訂合作備忘錄。ICPC 希望發展出一套標準以及 IHO 所有成員國一致採用的方法，透過海底電纜的海圖繪製，提升對海底電纜的注意。

基於 S-100 的產品規格目前已超過 20 種，整理如下表。

表 2-13 S-100 產品規格編號及主導發展之國際組織

國際組織及 S-100 產品規格編號	產品主題
IHO S-101 ENC	電子航行圖
IHO S-102 Bathymetric Surface	海底地形
IHO S-103 Sub-surface Navigation	水下導航
IHO S-111 Surface Currents	表面流
IHO S-112 Real-time Tidal Data Transfer	即時潮汐資料傳輸
IHO S-121 Maritime Limits and Boundaries	海域界限與邊界
IHO S-122 Marine Protected Areas;	海洋保護區
IHO S-123 Radio Services	無線電服務
IHO S-124 Navigational warnings	航行警告
IHO S-125 Navigational services	航行服務
IHO S-126 Physical Environment	物理環境
IHO S-127 Traffic Management	交通管理
IHO S-1xx Marine Services	海洋服務
IHO S-1xx Digital Mariner Routeing Guide	航海人員數位航路指南
IHO S-1xx Harbour Infrastructure	港埠設施

IHO S-1xx (Social/Political)	社會經濟
IALA S-201 Aid to Navigation Information	航標(助航設施)資訊
IALA S-20x Inter-VTS Exchange Format	跨 VTS 資料交換格式
IALA S-20x Application Specific Messages	特定應用訊息
IALA S-20x (Maritime Safety Information)	海事安全資訊
IEHG S-401 Inland ENC	內陸電子航行圖
JCOMM S-411 Sea Ice	海冰
JCOMM S-412 Met-ocean forecasts	海洋氣象預報

第三章 船舶溫室氣體及空汙排放量估算

3.1 國際海事組織的船舶溫室氣體排放量估算

為減低國際航運的溫室氣體（greenhouse gases, GHGs）排放量，IMO 於 2011 年通過的 MARPOL 公約附錄 VI-防止船舶空氣污染規則修正案，新增了關於船舶能源效率的規定，強制要求新造船舶的能源效率設計指數（EEDI）以及所有船舶的船舶能源效率管理計畫（SEEMP）。SEEMP 建議使用船舶能源效率營運指數（EEOI）做為量化監測工具，用以估算現有船舶的效率。EEOI 的公式如下：

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{\text{cargo}} \times D}, \quad \text{單位：} \frac{\text{噸}(\text{CO}_2)}{\text{噸}(\text{或 TEU 或人}) \cdot \text{哩}} \quad (3.1)$$

其中

j 是燃油種類；

FC 是消耗的燃油質量；

C_F 是 CO_2 -燃油轉換係數（ $\text{t-CO}_2/\text{t-Fuel}$ ）；

m_{cargo} 是載貨噸數或 TEU 數或旅客人數或客船總噸；

D 是航行距離（哩）。

以散裝貨輪為例，可就每一段航程消耗的各種燃油的量，分別乘以該種燃油的 CO₂-燃油轉換係數，加總後除以該段航程的載重噸數與航行哩數的乘積，再加總各段航程的計算結果，即其 EEOI。

IMO 於 2000 年首度發布船舶溫室氣體排放量研究報告。2009 年的第二次溫室氣體研究報告，由挪威海事技術研究院（MARINTEK）領導國際團隊，報告中估算了各船舶種類與大小的 EEOI；2014 年的第三次溫室氣體研究報告（以下簡稱 GHG3）則提出了全球船隊的溫室氣體排放量估算結果。2014 年 IMO 溫室氣體研究率先使用 AIS 資料，結合由下而上的模型，從 AIS 資料估算出全球船隊之個別船舶燃油消耗量，此外還透過廣泛且定量的品質與不確定性分析，證明以此方式估計航運活動及相關排放量的可信度。

GHG3 的研究涵蓋了 6 種溫室氣體(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)，以及 NO_x, NMVOC, CO, PM, SO_x 等其他相關物質，如表 3-1。表 3-2 是該研究涵蓋的燃料與引擎種類。

表 3-1 IMO GHG3 研究涵蓋的溫室氣體及空氣汙染物質

溫 室	carbon dioxide (CO ₂)	二氧化碳
	methane (CH ₄)	甲烷
	nitrous oxide (N ₂ O)	一氧化二氮/氧化亞氮

氣體	Hydrofluorocarbons (HFCs)	氫氟碳化物
	Perfluorocarbons (PFCs)	全氟碳化物
	Sulphur hexafluoride (SF ₆)	六氟化硫
其他物質	nitrogen oxides (NO _x)	氮氧化物
	non-methane volatile organic compounds (NMVOC)	非甲烷的揮發性有機化合物
	carbon monoxide (CO)	一氧化碳
	particulate matter (PM)	懸浮微粒
	sulphur oxides (SO _x)	硫氧化物

表 3-2 燃料與引擎種類

縮寫	燃料/引擎種類	
HFO	Heavy Fuel Oil	重質燃料油
IFO	Intermediate Fuel Oil	中間燃料油
MDO	Marine Diesel Oil	海運重柴油
MGO	Marine Gas Oil	海運輕柴油
LNG	Liquefied Natural Gas	液化天然氣

SSD	Slow-speed diesel (engine)	低速柴油機
MSD	Medium-speed diesel (engine)	中速柴油機
HSD	High-speed diesel (engine)	高速柴油機

海運輕柴油適用於中、高速柴油機的燃料；海運重柴油適用於中、低速柴油機的燃料。主機通常用低速柴油機或中速柴油機，輔機通常是中速柴油機或高速柴油機。

以下各節將摘錄整理 IMO GHG3 所用的數據參數與估算方法，以利於後續章節與本研究第一年（2013 年）的研究方法比較。

3.1.1 船舶特性資料庫

GHG3 使用的各艘船技術資料取自 IHS Fairplay 的船舶特性資料庫（以下簡稱 IHSF）。該資料庫的欄位以及欄位缺資料時的填空策略如表 3-3。其中有部分欄位缺資料時的填空策略是依據各分類群組的平均值，船舶的分類群組係依船舶的種類及其容量區分，如表 3-4。

表 3-3 GHG3 使用 IHSF 船舶技術資料時欄位填補空值的方法

資料欄位	是否填補空值	填補空值的方法
Statcode3	否	無
Statcode5	否	無
gt	是	各分類群組平均值
dwt	是	各分類群組平均值

length	是	各分類群組平均值
beam	是	各分類群組平均值
max draught	是	各分類群組平均值
ship speed	是	各分類群組平均值
installed main engine power	是	各分類群組平均值
RPM	是	各分類群組平均值
main engine consumption	是	各分類群組平均值
total consumption	是	各分類群組平均值
propulsion type	否	無
number of screws	否	無
date of build	否	無
keel laid date	是	預設為建造日期

表 3-4 依種類及其容量區分的船舶分類群組

Ship class 船舶種類	Capacity bin 容量範圍	Capacity units 容量單位
Bulk carrier	0 - 9,999	dwt (載重噸)
	10,000 - 34,999	
	35,000 - 59,999	
	60,000 - 99,999	
	100,000 - 199,999	
	200,000 - +	
Chemical tanker	0 - 4,999	dwt
	5,000 - 9,999	
	10,000 - 19,999	
	20,000 - +	
Container	0 - 999	TEU (20 呎標準貨櫃)
	1,000 - 1,999	
	2,000 - 2,999	
	3,000 - 4,999	
	5,000 - 7,999	
	8,000 - 11,999	
	12,000 - 14,500	
	14,500 - +	
Cruise	0 - 1,999	gt (總噸位)
	2,000 - 9,999	
	10,000 - 59,999	
	60,000 - 99,999	
	100,000 - +	
Ferry - pax only	0 - 1,999	gt

	2,000 – +	
Ferry – ro-pax	0 – 1,999	gt
	2,000 – +	
general cargo	0 – 4,999	dwt
	5,000 – 9,999	
	10,000 – +	
liquefied gas tanker	0 – 49,999	cubic metres (cbm)
	50,000 – 199,999	
	200,000 – +	
oil tanker	0 – 4,999	dwt
	5,000 – 9,999	
	10,000 – 19,999	
	20,000 – 59,999	
	60,000 – 79,999	
	80,000 – 119,999	
	120,000 – 199,999	
	200,000 – +	
other liquids tankers	0 – +	dwt
refrigerated cargo	0 – 1,999	dwt
ro-ro	0 – 4,999	gt
	5,000 – +	
Vehicle	0 – 3,999	vehicles
	4,000 – +	
Miscellaneous- fishing	all sizes	gt
Miscellaneous-other	all sizes	gt
offshore	all sizes	gt

Service - other	all sizes	gt
Service - tug	all sizes	gt
Yacht	all sizes	gt

3.1.2 船舶活動量相關的資料與方法

GHG3 由下而上的估算模型，第一個步驟是前置處理以及多來源 AIS 資料的合併，從 AIS 資料產生船舶全年的活動量。IMO GHG3 使用的資料包括：地面 AIS 與衛星 AIS 資料。

前置處理程式將各來源不同格式的 AIS 資料彙整處理，過濾掉不相關或有問題的資料（日期格式錯誤、缺經緯度或航速資料、MMSI 非正確的 9 碼數字或不合 MIDxxxxxx 格式），只留下 MMSI、IMO 號碼、資料時間、對地航速、吃水等欄位。

前置處理並在輸出時增加一欄位記錄船位經緯度所屬的海洋區域（共 102 個多邊形）代碼，以此取代詳細的船位經緯度。此外，前置處理階段也為 LRIT 資料加上對地航速的估算值（以連續兩船位的距離與時間差估算），LRIT 資料是驗證用的資料組，而不是用於產生船舶活動資料。排放控制區（Emission Control Area, ECA）是以法規限制含硫量容許值的區域，因此上述海洋區域必須再劃分出 ECA。至此前置處理階段產出的資料欄位有：MMSI、IMO 號碼、資料時間、對地航速、吃水、資料所屬區域。

接著處理多重 MMSI 的合併：每艘船的 IMO 號碼不變，該船同一年的 AIS 報告卻可能有多個 MMSI，因此 IMO GHG3 將每一艘船舶所有來源的 AIS 資料，依據 MMSI 最新報告的 IMO 號碼為準，合併為單一 IMO 號碼的檔案。如果有 MMSI 全年都沒有報告 IMO 號碼，則依 MMSI 存檔。因此而有依 IMO 號碼儲存以及依 MMSI 儲存這兩群資料組。

合併後的資料，再就航速、吃水、所屬區域等主要變數，每小時一筆重新取樣。取樣策略如表 3-5。

表 3-5 AIS 船舶活動報告資料的取樣策略

資料欄位	取樣策略
航速	以時間為權重，取該期間的平均航速
吃水	取該期間的最大值
區域分類	取該期間的第一筆
來源組織	取該期間的第一筆

在取樣後，將 AIS 船舶活動資料與船舶技術特性資料匹配，然後移除 IMO 號碼與 MMSI 欄位，以符合資料匿名化的要求。

AIS 資料的覆蓋率有時間及空間上的變異性，然而要估算全球船隊全年的排放量，需要每艘船每小時的速度與吃水資料，因此需要外插。線性外插的方式容易因岸基資料而造成偏差（離岸近的資料較多，以近岸資料外插卻易有偏差）；而衛星 AIS 資料又僅限於衛星收得到船舶報告的期間。所以 IMO GHG3 採用的方法是把全年的活動報告切割成各個的航程，每個航程由：在港/錨泊階段、航行階段、過渡階段，這三個階段組成。欠缺的資料就利用各階段內的樣本填補。演算法對這三個階段的定義如表 3-6：

表 3-6 船舶活動資料填補演算法對 三個活動階段的定義

船舶活動階段	演算法對階段的定義
在港/錨泊階段	航速 3 節以下
航行階段	在 6 小時移動窗口內，90%的航速高於 3 節(nm/hr)，且標準差小於 2 節。
過渡階段	未被歸類為在港/錨泊或航行階段的都算是過渡階段

外插程序的處理步驟如下：

1. 移除大於該船設計速度 1.5 倍的船速；
2. 現有每個小時的資料都依上述定義歸類其所屬階段；
3. 活動資料組以「在港階段」分割成一序列的航程；

4. 以兩個「在港階段」時間間隔的中位數計算可接受的資料空缺期間。
5. 若連續缺資料的時間在可接受的範圍內，則其間的各個小時從該階段內其他資料報告的航速中隨機取樣。
6. 若連續缺資料的時間超出可接受的範圍，則將該段時間所屬的航程整段抽出，改以從全部報告航速（所有階段）中隨機取樣的航速取代。
7. 每個資料點被附加一個可靠度指標，使用實際資料以及依步驟 5 分類取樣的設為 1，依步驟 6 取樣的資料設為 0。

該研究報告提到：若能利用真實經緯度應該可以提升外插的準確度，但經緯度資料在前置處理階段就已移除。

外插後的資料再以其他可得的外部資料校準，例如：從 LRIT 資料分析得出的出海天數。

3.1.3 輔機與鍋爐功率需求的假設

IHSF 的船舶技術特性資料庫並未涵蓋所有船舶及所需欄位，例如輔機或鍋爐在各模式下的資料。在貨櫃輪以及冷凍貨櫃輪方面，IMO GHG3 利用美國 Starcrest's Vessel Boarding Program(VBP)從多個港口長期取得的登檢資料，假設這些被登檢的船舶可代表全球船隊相同類型船舶。其他船種則混用 VBP 與芬蘭氣象研究所 (Finish Meteorological Institute, FMI) 以及 2009 年的 IMO GHG2 研究方法。IMO GHG3 使用的輔機負載如表 3-7，鍋爐負載如表 3-8。

表 3-7 IMO GHG3 使用的輔機負載（依船種與模式）

Ship class	Capacity bin	Auxiliary engine load (kW)			
		At berth	At anchorage	Manoeuvring	At sea
Bulk carrier	0 – 9,999	280	190	310	190
	10,000 – 34,999	280	190	310	190
	35,000 – 59,999	370	260	420	260
	60,000 – 99,999	600	420	680	420
	100,000 – 199,999	600	420	680	420
	200,000 – +	600	420	680	420
Chemical tanker	0 – 4,999	160	80	110	80
	5,000 – 9,999	490	230	330	230
	10,000 – 19,999	490	230	330	230
	20,000 – +	1,170	550	780	550
Container	0 – 999	340	300	550	300
	1,000 – 1,999	600	820	1,320	820
	2,000 – 2,999	700	1,230	1,800	1,230
	3,000 – 4,999	940	1,390	2,470	1,390
	5,000 – 7,999	970	1,420	2,600	1,420
	8,000 – 11,999	1,000	1,630	2,780	1,630
	12,000 – 14,500	1,200	1,960	3,330	1,960
	14,500 – +	1,320	2,160	3,670	2,160
general cargo	0 – 4,999	120	60	90	60
	5,000 – 9,999	330	170	250	170
	10,000 – +	970	490	730	490

liquefied gas tanker	0 – 49,999	240	240	360	240
	50,000 – 199,999	1,710	1,710	2,565	1,710
	200,000 – +	1,710	1,710	2,565	1,710
oil tanker	0 – 4,999	250	250	375	250
	5,000 – 9,999	375	375	563	375
	10,000 – 19,999	625	625	938	625
	20,000 – 59,999	750	750	1,125	750
	60,000 – 79,999	750	750	1,125	750
	80,000 – 119,999	1,000	1,000	1,500	1,000
	120,000 – 199,999	1,250	1,250	1,875	1,250
	200,000 – +	1,500	1,500	2,250	1,500
other liquids tankers	0 – +	500	500	750	500
Ferry – pax only	0 – 1,999	186	186	186	186
	2,000 – +	524	524	524	524
Cruise	0 – 1,999	450	450	580	450
	2,000 – 9,999	450	450	580	450
	10,000 – 59,999	3,500	3,500	5,460	3,500
	60,000 – 99,999	11,480	11,480	14,900	11,480
	100,000 – +	11,480	11,480	14,900	11,480
Ferry – ro-pax	0 – 1,999	105	105	105	105
	2,000 – +	710	710	710	710
refrigerated bulk	0 – 1,999	1,080	1,170	1,150	1,170
ro-ro	0 – 4,999	800	600	1,700	600
	5,000 – +	1,200	950	2,720	950

Vehicle	0 – +	800	500	1,125	500
	4,000 – +	800	500	1,125	500
Yacht	0 – +	130	130	130	130
Service – tug	0 – +	50	50	50	50
miscellaneous – fishing	0 – +	200	200	200	200
offshore	0 – +	320	320	320	320
Service – other	0 – +	220	220	220	220
miscellaneous – other	0 – +	190	190	190	190

表 3-8 IMO GHG3 使用的鍋爐負載（依船種與模式）

Ship class	Capacity bin	Auxiliary boiler load (kW)			
		At berth	At anchorage	Manoeuvring	At sea
Bulk carrier	0 – 9,999	50	50	50	0
	10,000 – 34,999	50	50	50	0
	35,000 – 59,999	100	100	100	0
	60,000 – 99,999	200	200	200	0
	100,000 – 199,999	200	200	200	0
	200,000 – +	200	200	200	0
Chemical tanker	0 – 4,999	125	125	125	0
	5,000 – 9,999	250	250	250	0
	10,000 – 19,999	250	250	250	0
	20,000 – +	250	250	250	0
Container	0 – 999	120	120	120	0
	1,000 – 1,999	290	290	290	0

	2,000 – 2,999	350	350	350	0
	3,000 – 4,999	450	450	450	0
	5,000 – 7,999	450	450	450	0
	8,000 – 11,999	520	520	520	0
	12,000 – 14,500	630	630	630	0
	14,500 – +	700	700	700	0
general cargo	0 – 4,999	0	0	0	0
	5,000 – 9,999	75	75	75	0
	10,000 – +	100	100	100	0
liquefied gas tanker	0 – 49,999	1,000	200	200	100
	50,000 – 199,999	1,500	300	300	150
	200,000 – +	3,000	600	600	300
oil tanker	0 – 4,999	500	100	100	0
	5,000 – 9,999	750	150	150	0
	10,000 – 19,999	1,250	250	250	0
	20,000 – 59,999	1,500	300	300	150
	60,000 – 79,999	1,500	300	300	150
	80,000 – 119,999	2,000	400	400	200
	120,000 – 199,999	2,500	500	500	250
	200,000 – +	3,000	600	600	300
other liquids tankers	0 – +	1,000	200	200	100
Ferry – pax only	0 – 1,999	0	0	0	0
	2,000 – +	0	0	0	0
Cruise	0 – 1,999	250	250	250	0

	2,000 – 9,999	250	250	250	0
	10,000 – 59,999	1,000	1,000	1,000	0
	60,000 – 99,999	500	500	500	0
	100,000 – +	500	500	500	0
Ferry – ro-pax	0 – 1,999	0	0	0	0
	2,000 – +	0	0	0	0
refrigerated bulk	0 – 1,999	270	270	270	0
ro-ro	0 – 4,999	200	200	200	0
	5,000 – +	300	300	300	0
Vehicle	0 – +	268	268	268	0
	4,000 – +	268	268	268	0
Yacht	0 – +	0	0	0	0
Service – tug	0 – +	0	0	0	0
miscellaneous – fishing	0 – +	0	0	0	0
offshore	0 – +	0	0	0	0
Service – other	0 – +	0	0	0	0
miscellaneous – other	0 – +	0	0	0	0

3.1.4 主機與輔機燃料種類的假設

IMO GHG3 對於主輔機使用的燃料種類，是依據船舶的運作區域是否在排放控制區之內。若在排放控制區之外，則 HFO/MDO/MGO 的平均含硫量是基於 IMO 硫監測計畫 2007~2012 年的燃料油監測結果；若在

排放控制區之內，則主機、輔機、鍋爐的含硫量都依據排放控制區對含硫量的限制。

3.1.5 耗油量受天氣影響的假設

雖然理論上可以從 AIS 航跡與歷史氣象資料的匹配關聯，就各船各航次逐一估算天氣的影響，但是要應用到全球船隊全年的航跡在實務上不可行，因此 IMO GHG3 是直接引用文獻中更詳細的研究結果（該研究的對象是航行於北大西洋的 S-175 貨櫃輪，航程平均耗油量比平靜水域的耗油量多出 15%）：對所有大洋航行船舶增加 15%耗油量，對沿岸航行船舶則僅增加 10%。

3.1.6 由下而上的計算程序與方法

IMO GHG3 由下而上的排放量計算是以 Matlab 撰寫的，由主程式呼叫副程式執行，各計算模組如表 3-9。

表 3-9 IMO GHG3 由下而上的排放量估算副程式與計算步驟

副程式	說明
Read_fleet	從內含船舶技術特性的資料庫結構讀取資料並調整格式
Read_status	從內含船舶每季狀態定義的資料庫結構讀取資料並調整格式

Emissions_in	讀取所有引擎種類、燃料種類、排放種類的排放係數
Type_size_match	讀取對船舶種類與大小之總體特性的額外假設
EF_match	對每艘有匹配資料的船，查詢其船機規格再從emissions_in 確認出適當的排放係數
Active_calcs	對每艘有匹配資料的船，利用該船每小時的活動資料，代入一系列副程式以估算每小時的功率需求、燃料消耗量及排放量
Power_at_op	就每小時的觀測或外插活動資料，計算主機、輔機與鍋爐的功率需求
Emissions_at_op	就每小時的觀測或外插活動資料，計算燃料消耗量及排放量(9 種)
Assemble	就每艘匹配到的船舶，計算一系列的分年與分季統計，描述其活動、功率、燃料用量、排放量等特性
Output	寫入資料庫，輸出總體統計、表現、品保/品管，以並執行不確定度分析

主機功率輸出主要依船舶的動力需求而定，而動力需求又依船速、吃水、以及船體與環境的狀況而定。輔機與鍋爐則依其貨載或機械操作以及船舶的運作模式（靠泊、錨泊、海上航行等）而定。Power_at_op 副程式計算主機功率輸出的公式（採用 Admiralty formula）如下：

$$P_t = \frac{P_{ref} \left(\frac{t_t}{t_{ref}} \right)^{\left(\frac{2}{3} \right)} \left(\frac{V_t}{V_{ref}} \right)^n}{\eta_w \eta_f} \quad (3.2)$$

其中

P_t, V_t 與 t_t 分別是 t 時間該瞬間的功率、航速、吃水；

P_{ref} 則是在航速 = V_{ref} 且吃水 = t_{ref} (皆取自 IHSF) 的參考功率值；

n 是航速與功率之關係的指數，取 $n=3$ ；

η_w 與 η_f 分別是因天氣與船殼狀況而對動力效率的調整。

排放量的計算包括燃料的消耗量及該燃料的燃燒細節，前者（燃料消耗量）以功率、SFOC 與時間算出，後者則利用排放係數 (Emission Factor, EF；就 CO_2 而言是 Carbon factor, C_f)。

主機輔機及鍋爐的燃料消耗量與排放量由副程式 Emissions_at_op 計算。

其計算 CO_2 排放量的公式如下：

$$CO_2 = P_t \times SFOC \times C_f \times t \quad (3.3)$$

其中

P_t 是 Power_at_op 副程式算得的 t 瞬間功率輸出 (kW)；

SFOC 是燃料消耗率 (specific fuel consumption)，依機型、燃料與負載而定，單位是 (g fuel/kWh)；

C_f 是碳因子（依燃料而定），單位是 (g /g fuel)；

t 是功率輸出維持 P_t 的時間長度 (h)。

估算各種溫室氣體或空汙排放量的通用公式如下：

$$\text{Emission (g)} = P_t(\text{kW}) \times t(\text{h}) \times \text{SFOC} \left(\frac{\text{g fuel}}{\text{kWh}} \right) \times [\text{EF}_{\text{baseline}} \left(\frac{\text{g}}{\text{g fuel}} \right) \times \text{FCF}] \quad (3.4)$$

其中括號內是各項的單位；由 $P_t \times t$ 計算出消耗的能量 (kWh)，再乘以 SFOC 得出燃料消耗量 (g fuel)。EF 是排放係數 (g pollutant/g fuel)；ECF 是就引擎使用的燃料調整 EF 實際值的燃料校正係數 (Fuel Correction Factor)。基準燃料是含硫量 2.7% 的 HFO。

排放係數 EF 的計算方法如表 3-10，表 3-11 至表 3-13 是計算所需的相關資料。

表 3-10 排放係數 (Emission Factor, EF) 的計算方法

	步驟與方法
1	確定排放係數的基準值 EF_{baseline}，可得資料有如下兩種： 以能源消耗量為基礎的排放係數 EF (g pollutant/kWh)； 以燃料消耗量為基礎的排放係數 EF(g pollutant/g fuel)
2	轉換為以燃料消耗量為基礎的排放係數 EF_{baseline}： $EF_{\text{baseline}} \text{ (g pollutant)/(g fuel)} = \frac{EF_{\text{baseline}} \text{ (g pollutant/kWh)}}{SFOC_{\text{baseline}} \text{ (g fuel/kWh)}}$ $SFOC_{\text{baseline}}$ = SFOC (Specific Fuel Oil Consumption) associated with the cited emissions factor
3	使用燃料校正係數(Fuel Correction Factors, FCF)，就引擎使用之特定燃料調整 EF 的實際值 $EF_{\text{actual}} \text{ (g pollutant)/(g fuel)} = EF_{\text{baseline}} \text{ (g pollutant)/(g fuel)} \times FCF$ 註：CO₂, CO, CH₄, NMVOC 都不使用 FCF
4	利用 SFOC 的負載曲線與低負載調整因子調整 SFOC

表 3-11 由下而上估算燃料燃燒產生之排放量的排放係數

Emissions species	Marine HFO emissions factor (g/g fuel)	Marine MDO emissions factor (g/g fuel)	Marine LNG emissions factor (g/g fuel)
CO ₂	3.114	3.206	2.75
CH ₄	0.00006	0.00006	0.0512
N ₂ O	0.00016	0.00015	0.00011
NOx tier 0 SSD	0.09282	0.08725	0.00783
NOx tier 1 SSD	0.08718	0.08195	0.00783
NOx tier 2 SSD	0.07846	0.07375	0.00783
NOx tier 0 MSD	0.06512	0.06121	0.00783
NOx tier 1 MSD	0.06047	0.05684	0.00783
NOx tier 2 MSD	0.05209	0.04896	0.00783
CO	0.00277	0.00277	0.00783
NMVOC	0.00308	0.00308	0.00301

表 3-12 各年與含硫量有關之 SO_x 與 PM 的排放係數

含硫量%平均值（依據 IMO MEPC 的監測年報）						
Fuel type	2007	2008	2009	2010	2011	2012
average non-ECA HFO S%	2.42	2.37	2.6	2.61	2.65	2.51
SO _x EF (g/g fuel)						
marine fuel oil (HFO)	0.04749	0.04644	0.05066	0.05119	0.05171	0.04908
marine gas oil (MDO)	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
natural gas (LNG)	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
PM EF (g/g fuel)						
marine fuel oil (HFO)	0.00684	0.00677	0.00713	0.00713	0.00721	0.00699
marine gas oil (MDO)	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102

natural gas (LNG)	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018
-------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

表 3-13 全球燃料油含硫量的各年平均値 (IMO 監測結果)

Fuel type	2007	2008	2009	2010	2011	2012
HFO/IFO	2.42	2.37	2.6	2.61	2.65	2.51
MDO/MGO	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14

SO_x 的排放係數直接從含硫量轉換, 假設燃料中的硫 98%轉換成 SO₂

氣體, 2%形成 SO₄顆粒, 計算方式如下:

$$EF(SO_x) = (SFOC_{base}/SFOC) \times 2 \times 0.97753 \times \text{燃料含硫量} \quad (3.5)$$

GHG Study 2014 對 SFOC 的假設如表 3-14。

表 3-14 船用柴油機的 SFOC 基準值(g/kWh)

SFOC _{base} (g/kWh) for Marine Diesel Engine			
Engine age	SSD	MSD	HSD
before 1983	205	215	225
1984 – 2000	185	195	205
post 2001	175	185	195
主機通常用 SSD 或 MSD, 輔機通常是 MSD 或 HSD			

主機的 SFOC 隨負載調整的計算方式如下:

$$SFOC(load) = SFOC_{base} \times (0.455 \times load^2 - 0.71 \times load + 1.28) \quad (3.6)$$

其中 load 是 0~1 的引擎負載, SFOC 的最低點約在負載=80%時。

表 3-15 取自 IMO GHG3 表 50, 為 SFOC/負載曲線的最低點。

表 3-15 渦輪機，鍋爐及輔機的 SFOC 基準值 (g/kWh)

Engine type	HFO	MDO/MGO	HSD
gas turbine	305	300	225
Steam boiler	305	300	205
auxiliary engine	225	225	195

輔助鍋爐的 SFOC 使用固定值：305 g/kWh；輔機也固定使用表 3-15 的 SFOC 基準值，不隨負載調整。

表 3-16 NO_x 基準排放係數採用的 SFOC 假設值

發動機種類	IMO Tier	額定速度	SFOC (g/kWh)
主機	I	SSD	195
	I	MSD	215
	II	SSD	195
	II	MSD	215
輔機	I	MSD/HSD	227
	II	MSD/HSD	227

3.2 國內相關計畫對船舶排放量的估算方法

本研究第一年（2013 年）曾彙整國內對船舶排放量的估算方法，參考的國內文獻包括：行政院環保署 98-99 年的「港區空氣污染物排放清冊建置及管制策略研擬」計畫，以及交通部運輸研究所港研中心自 100 年開始執行的「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究」四年期計畫。從上述各計畫的研究報告可知，國內對於船舶廢氣排放量的估算程序主要參照美國 Starcrest 顧問公司為 Port of Los Angeles（簡稱 POLA）與 Long Beach（簡稱 POLB）等港口執行的排放量清冊。

估算遠洋船舶排放量的基本方式大致相同，在不知實際燃料消耗量的情況下，以主機與輔機的裝機容量以及船舶在不同航行階段的負載因子與時間長度，依下列公式分別計算再予以加總：

$$E = \text{Energy} \times EF \times FCF \quad (3.7)$$

$$\text{Energy} = MCR \times LF \times Act \quad (3.8)$$

其中各項意義與單位如下：

E：Emission，引擎的排放量（單位：公克）

MCR：Maximum Continuous Rating Power，最大引擎動力（kW）

LF：Load Factor，負載因子（使用的引擎動力比例，無單位）

Act：Activity，活動量（單位：hrs）

EF : Emission Factor, 排放係數 (單位: g/kW-hrs)

FCF : Fuel Correction Factor, 燃料校正係數。

主機的活動量以船舶航行的小時數計，其排放係數與引擎的製造年份、引擎型別及轉速快慢有關。需從船舶註冊資料取得進出港口各船舶之最大船速、引擎動力、引擎年份等資料；再與文獻資料比對，以給定適當的排放係數。

主機與輔機排放量的推估程序分別如圖 3.1 與圖 3.2，兩者最大的差異在於：負載因子 (Load Factor) 與活動量 (Activity Hours)。

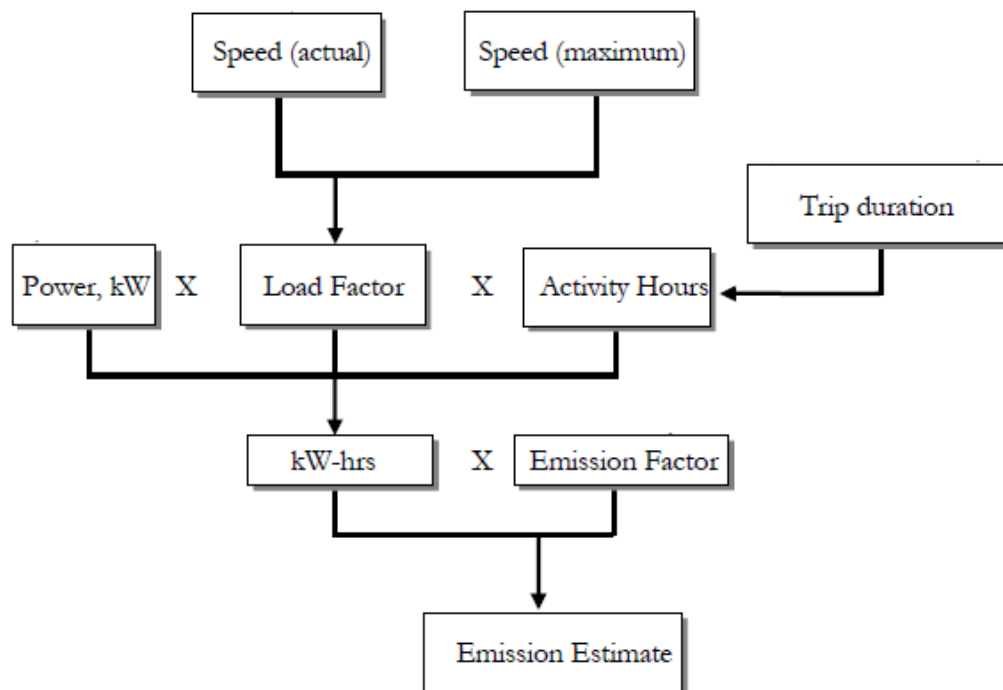


圖 3.1 船舶主機排放量的估算流程

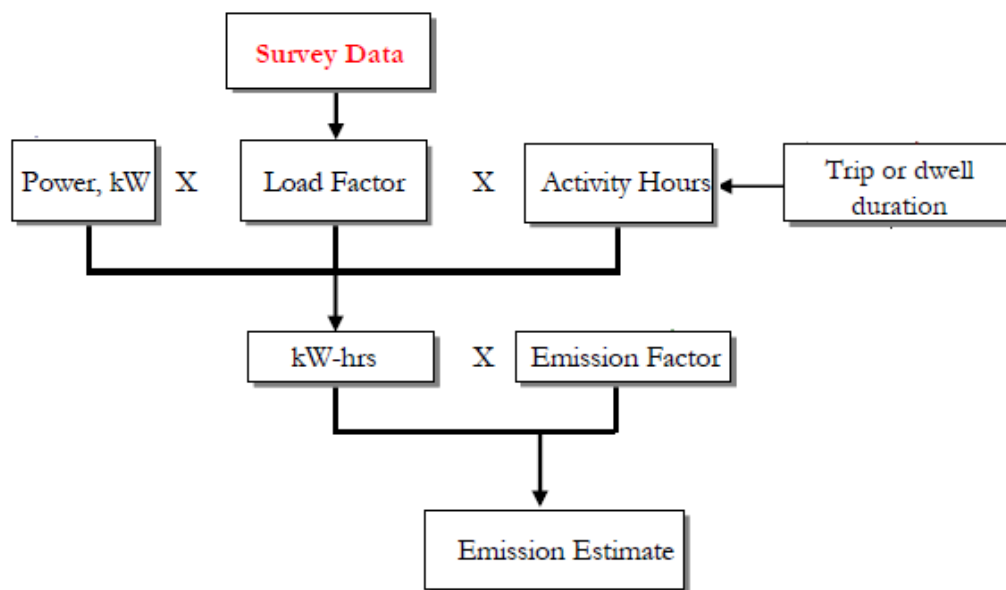


圖 3.2 船舶輔機排放量推估流程

主引擎的負載因子主要依據最大航速與實際航速；輔助引擎的負載因子是使用從技術文獻或調查取得的各種類噸位船舶的預設值。

主引擎的活動量是算航程時間，輔助引擎的活動量則是算調度時間加停留時間。各國推估船舶排放量時所用方法的最大差異就在於和船舶動態有關的活動量與主引擎負載因子。輔機的活動量是以船舶調度時間加上停泊的時間作為其活動量。負載因子則需要由文獻中查得一般船舶柴油引擎的操作負荷。

環保署的計畫是從各港的遠洋船舶報告資料取得包括進出港船舶名稱、呼號、船種、前一港、次一港、停泊碼頭、實際進港時間及實際出港時間等資訊。藉由此資訊來計算船舶航行距離及在碼頭停泊的時間。圖 3.3 環保署估算船舶排放量的流程示意圖。

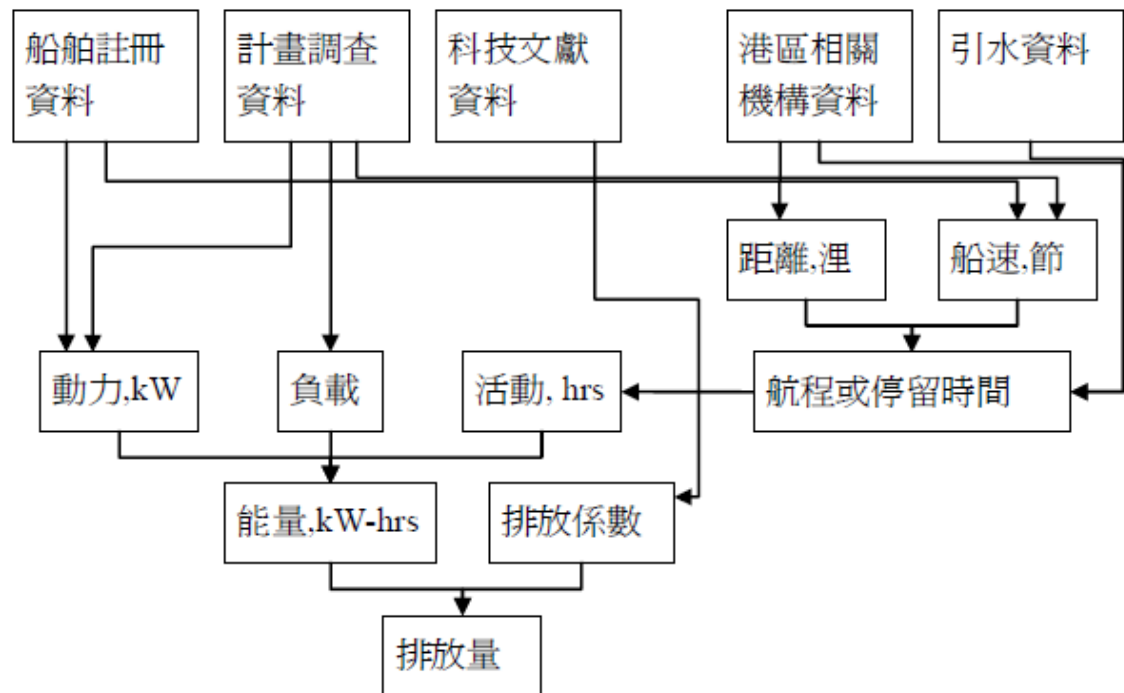


圖 3.3 環保署估算船舶排放量的流程

當報到船舶未登錄其停泊碼頭時，由所有有登錄碼頭資料的船種中，挑出該船種停泊次數最多的碼頭做為預設值。採用臺灣電子航行圖再配合船舶航行模擬軟體，繪製各港遠洋船舶可能的行進路線，並依不同船種的可能航速進行設定，用以計算各船舶在海上及港區內所需要行走的時間。

船舶本身的詳細資料，如船名、船呼號、IMO 號、船東、船國籍、建造年份、船重、最大船速、主機數量、總馬力、引擎型號、製造年份等，則另由勞氏註冊資料中依船舶呼號查找取得。對於找不到資料的船舶，以該港可查找到的船舶資料進行統計，再依船種別分別設定

為預設值。輔機不在船舶註冊要求必須登錄的項目之中，輔助鍋爐的資料也不在船舶註冊資料中，因此用文獻值推估其排放量。

環保署計畫使用的船種最大船速與主機總動力預設值如表 3-17，表 3-18 則是港研中心 100 年「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(1/4)」計畫採用的遠洋船舶特性參數預設值。

表 3-19 是主機在調度階段的負載組合係數，此處所謂「調度 (Maneuvering)」是指船舶進港後到停靠碼頭這段期間，或是離開碼頭到出港這段期間的運作，停靠動作時以 2%負載計，其中入港負載組合明顯低於出港組合，因為入港時主機負載已降到很低，而出港時已開啟主機。表 3-20 遠洋船舶主機排放係數表。表 3-21 是輔機的動力及負載預設值，表 3-22 是輔助鍋爐消耗能量預設值。表 3-23 是遠洋船舶輔機排放係數表。表 3-24 是遠洋船舶輔助鍋爐排放係數表。

MARPOL 公約對新造船舶加嚴排放標準，因此美國 POLA 2012 增列出新出廠船舶的排放係數。港研中心 102 年計畫已參考 POLA 2012，將原本 ≥ 2000 年的時段再區分為 2000-2010 以及 2010-2015，修訂表 3-20 與 3-23。這兩個表所列的排放係數是以含硫成分為 2.7%的重油為基準燃料進行推估，實際採用的燃料不同時，則以燃料校正係數校正之。

表 3-17 環保署計畫採用之船種最大船速及主機總動力預設值

船種	最大船速（節）	主機總動力（kw）
客貨船	24	2060
客船	22	42717.8
液化天然氣	19.5	14515
多用途貨船	19	14124
貨櫃船	19	15785
貨櫃船	18.5	7900
汽車船	18.2	9829.6
全貨櫃船	18	10549.1
半貨櫃船	18	11401.4
貨櫃船（有導槽）	16.3	5600
駛上駛下船	15.5	3883
液化石油氣	15	3494
煤礦專用船	14.9	9626.4
電纜敷設船	14.8	8572.8
電纜修理船	14.6	10973.3
散裝船	14.4	7987.3
礦砂船	14.3	8275.3
穀類船	14.2	8365
鹽類船	14	5884
油船	13.8	5341.7
雜貨船	13.8	5098.6
礦石船	13.8	6105
多用途船	13.7	4087.3
液體化學船	13.5	4148.5

水泥專用船	13.4	4428.4
液化氣體船	13.3	3003.4
油品船	13.3	3354
拖船兼救難	13	5296
拖船	12.8	3589.6
固體化學船	12.8	1765
挖泥船	12.3	5300

表 3-18 港研中心 101 年計畫採用之遠洋船舶參數預設值

代號	船種	最高轉速(rpm)	主機最大功率(kW)	最大船速(節)	輔機功率(kW)	總噸
1	汽車船 (AutoCarrier)	112	13,042	19	3,161	51,756
2	散裝船(Bulk)	123	8,373	14	1,486	31,027
3	貨櫃船 (Containership)	107	32,082	21	6,100	40,942
4	客船(Cruise)	174	21,848	19	6,752	35,915
5	一般貨船 (GeneralCargo)	178	4,540	13	1,195	10,966
6	拖船(ITB)	240	5,195	14	823	1,202
7	其他(Misc)	171	4,934	12	1,455	9,022
8	冷藏船(Reefer)	202	3,843	16	1,382	4,703
9	駛上駛下船(RoRo)	159	8,805	19	1,175	12,407
10	油船(Tanker)	156	7,055	14	2,179	20,052

表 3-19 主機在調度階段的負載組合係數

船種代號	船種	入港	出港
1	汽車船(Auto Carrier)	0.04	0.06
2	散裝船(Bulk)	0.04	0.05
3	貨櫃船(Containership)	0.03	0.03
4	客船(Cruise)	0.03	0.04
5	一般貨船(General Cargo)	0.03	0.04
6	拖船(ITB)	0.04	0.06
7	其他(Misc)	0.03	0.04
8	冷藏船(Reefer)	0.02	0.03
9	駛上駛下船(RoRo)	0.02	0.02
10	油船(Tanker)	0.03	0.05

資料來源：Pugest Sound Maritime Air Forum, 2007

表 3-20 遠洋船舶主機排放係數表

Year type	Engine	NO _x	VOC	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
≤1999	Slow speed diesel	18.1	0.6	1.4	10.5	1	0.8	1	620	0.03	0.06
≤1999	Medium speed diesel	14	0.5	1.1	11.5	1	0.8	1	670	0.03	0.04
2000-2010	Slow speed diesel	17	0.6	1.4	10.5	1	0.8	1	620	0.03	0.06
2000-2010	Medium speed diesel	13	0.5	1.1	11.5	1	0.8	1	677	0.03	0.04
2010-2015	Slow speed diesel	14.4	0.6	1.4	10.5	1.5	1.2	1.5	683	0.031	0.01
2010-2015	Medium speed diesel	10.5	0.5	1.1	11.5	1.5	1.2	1.5	683	0.031	0.01
all	Gas turbine	6.1	0.1	0.2	16.5	0.5	0.4	0	970	0.08	0.02
all	Steam turbine	2.1	0.1	0.2	16.5	0.8	0.2	0	970	0.08	0.02

資料來源：POLA, 2012；單位：g/kW·h

Slow Speed Diesel 指引擎最大轉速低於 130 rpm 的引擎；

Medium Speed Diesel 指引擎最大轉速高於 130 rpm 的引擎；

Gas Turbine 指氣體渦輪機引擎；

Steam Turbine 指蒸汽渦輪引擎。

表 3-21 輔機的動力及負載預設值

船種別	總輔機 動力 (kW)	負載預設(%)			負載預設(kW)		
		海上	港內調度	停泊	海上	港內調度	停泊
汽車船(Auto_Carrier)	2,850	15%	45%	26%	428	1,283	741
散裝船(Bulk)	2,850	17%	45%	10%	485	1,283	285
貨櫃船(Container-1000)	2,090	13%	50%	18%	272	1,045	376
貨櫃船(Container-2000)	4,925	13%	43%	22%	640	2,118	1,084
貨櫃船(Container-3000)	5,931	13%	43%	22%	771	2,550	1,305
貨櫃船(Container-4000)	7,121	13%	50%	18%	926	3,561	1,282
貨櫃船(Container-5000)	11,360	13%	49%	16%	1,477	5,566	1,818
貨櫃船(Container-6000)	13,501	13%	50%	15%	1,755	6,751	2,025
貨櫃船(Container-7000)	13,501	13%	50%	15%	1,755	6,751	2,025
貨櫃船(Container-8000)	13,501	13%	50%	15%	1,755	6,751	2,025
客船(Cruise)	3,900	15%	45%	32%	585	1,755	1,248
一般貨船(General Cargo)	1,776	17%	45%	22%	302	799	396
遠洋拖船(Ocean Tug)	600	17%	45%	22%	102	270	134
其他(Miscellaneous)	1776	17%	45%	22%	302	799	396
冷藏船(Reefer)	3,900	15%	45%	32%	585	1,755	1,248
駛上駛下船 (Ro/Ro)	2,850	15%	45%	26%	428	1,283	741
油船(Tankers-All_Small)	1,911	24%	33%	26%	459	631	497
油船(Tankers-Panamax)	2,520	24%	33%	26%	605	832	655
油船(Tankers-Afranax)	2,544	24%	33%	26%	611	840	661
油船(Tankers-Suezmax)	2,865	24%	33%	26%	688	945	745
油船(Tankers-VLCC)	3,388	24%	33%	26%	813	1,118	881
油船(Tankers-ULCC)	3,667	24%	33%	26%	880	1,210	953

Tankers-ElectricDrive	1,985	24%	33%	26%	476	655	516
-----------------------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

表 3-22 輔助鍋爐消耗能量預設值

船種別	輔助鍋爐消耗能量預設值 (kW)		
	海上	港內調度	停泊
汽車船(Auto Carrier)	0	371	371
散裝船(Bulk)	0	109	109
貨櫃船(Container)	0	506	506
客船(Cruise)	0	1,000	1,000
一般貨船(General Cargo)	0	106	106
遠洋拖船(Ocean Tug)	0	0	0
其他(Miscellaneous)	0	371	371
冷藏船(Reefer)	0	464	464
駛上駛下船(Ro/Ro)	0	109	109
油船(Tankers)	0	371	3,000
油船(Tankers-ElectricDrive)	0	346	346

資料來源：Puget Sound Maritime Air Forum, 2007

表 3-23 遠洋船舶輔機排放係數表

Year type	Engine	NO _x	VOC	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
≤ 1999	Medium speed diesel : Residual oil	14.7	0.4	1.1	12.3	1.5	1.2	1.5	683	0.031	0.008
2000-2010	Medium speed diesel : Residual oil	13	0.4	1.1	12.3	1.5	1.2	1.5	683	0.031	0.008
2010-2015	Medium speed diesel : Residual oil	10.5	0.4	1.1	12.3	1.5	1.2	1.5	683	0.031	0.008

資料來源：POLA, 2012，單位：g/kW·h

表 3-24 遠洋船舶輔助鍋爐排放係數表

Engine	NO _x	VOC	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Steam boilers	2.1	0.1	0.2	16.5	0.8	0.6	0	970	0.08	0.002

資料來源：POLA, 2009，單位：g/kW·h

表 3-25 燃油校正係數表

燃油	NO _x	VOC	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
HFO(1.5%S)	1	1	1	0.56	0.82	0.82	0.82	1	1	1
MGO(0.5%S)	0.9	1	1	0.18	0.39	0.39	0.39	1	0.9	1
MDO(1.5%S)	0.9	1	1	0.56	0.47	0.47	0.47	1	0.9	1
MGO(0.1%S)	0.9	1	1	0.04	0.35	0.35	0.35	1	0.9	1

依據前述港研中心四年期計畫之研究報告，我國目前推估遠洋船舶排放量的方法可總結概述如下：

其活動量區分為海上航行（港外）、港內調度、停泊這三個狀態階段。

在主機排放量估算方面，活動量的推估是假設船舶在航道上航行，藉航道的距離及船舶行進速度調查資料，估算得各船舶航行的時間，其中船舶行進速度利用臺灣海域船舶動態資訊系統的 AIS 資料推估，主引擎的排放係數參考美國洛杉磯港空汙排放量清冊(POLA, 2009/2012)提供的數值，該數值以燃油硫含量 2.7%推估。

輔機的活動量是以船舶的調度時間加上停泊的時間作為其活動量係數。負載因子則由文獻中(行政院環保署，2010)查得輔助引擎的操作負荷。根據 POLA 空汙排放量清冊使用的數據，輔助引擎的 SO_x 排放係數為 12.3g/kW-hr。

輔助鍋爐排放量估算由文獻值推估，採用 Puget Sound 2007 計畫所採用的輔助鍋爐消耗能量預設值，並根據 POLA (2009/2012) 使用的數據，輔助鍋爐的 SO_x 排放係數為 16.5g/kW-hr。

3.3 他國的遠洋船舶空汙排放量估算

3.3.1 歐盟聯合研究中心的船舶排放量估算參考報告

歐盟國家從 2008-2009 年間開始出現以 AIS 估算遠洋船舶空汙排放量的研究報告。歐盟的聯合研究中心(Joint Research Center, JRC)於 2010 年出版了一份名為" Regulating air emissions from ships - The state of the art on methodologies, technologies and policy options"的參考報告。報告中指出：「船舶排放量估算方法的關鍵因素是海上交通與船舶相關資訊的可用性...一開始採用的研究方法完全靠船舶的基本資訊，在船舶的活動方面則是作各種假設，可能合理（至少在某種程度上），卻肯定已造成目前這麼高的不確定性（以不同方法估算大約同一年之歐洲港口海上交通排放量，結果不確定性高達

70%)」。在船舶技術資料來源方面，JRC 參考報告指出：相關研究使用的有 Lloyd's Register Fairplay 提供的 World Merchant Fleet Database 以及 Lloyd's Marine Intelligent Unit (LMIU) database 這兩個資料庫。

在船舶活動與海上交通的地理分佈方面，JRC 認為：AIS 是較適合的資料來源.. AIS 不僅可用以確認船舶的活動，也可用以評估船舶的速度。船舶資料庫中的 service speed 是船舶營運者宣稱的平均船速。要計算船舶的油耗與排放量，除了 service speed 還需要 operational speed，因此 AIS 資料可顯著改善海上交通排放量的全球估計。

JRC 也指出了採用 AIS 的風險主要在涵蓋率，包括船舶的涵蓋率與航路或空間的涵蓋率... 這些部分可以用其他資料來源克服，例如遠距識別與追蹤系統(Long Range Identification and Tracking, LRIT)。

3.3.2 以 AIS 評估船舶空汙排放量的 STEAM 模型

芬蘭氣象研究所 J.P. Jalkanen 等人與 University of Turku 合作於 2009 年提出 Ship Traffic Emission Assessment Model (簡稱 STEAM model) 利用 AIS 評估船舶廢氣排放量，除了時間與空間分佈之外，還加入浪的效應。該研究以船東提供的 6 艘滾裝客貨輪 2007 年全年油耗量實際數值與估算值比較，如圖 3.4。圖 3.5 是比較浪的影響。

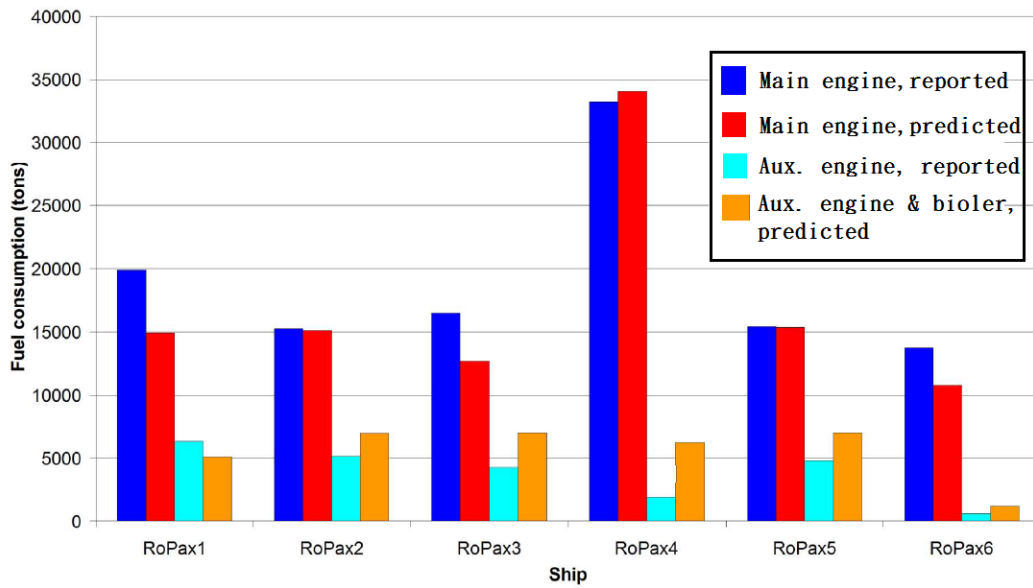


圖 3.4 以六艘船比較全年油耗報告值與 STEAM 模型估算結果

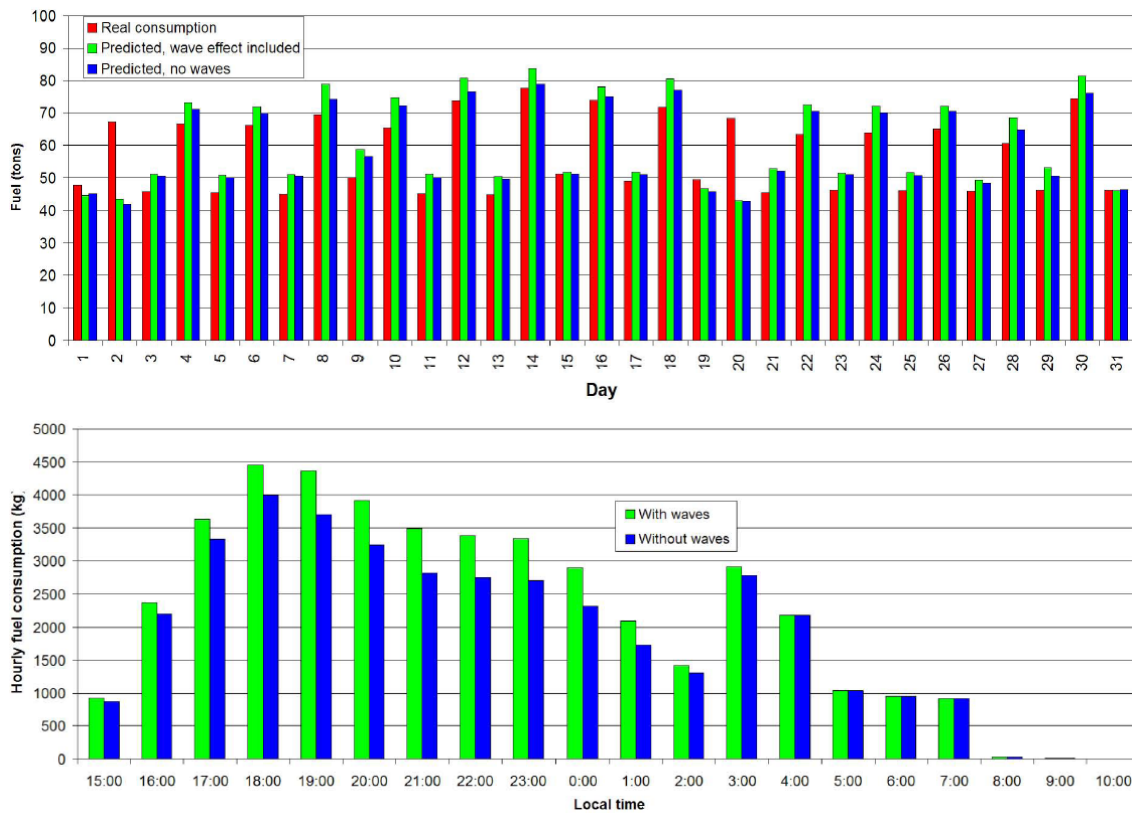


圖 3.5 以 58000 總噸的 RoPax2 燃油消耗量比較浪的效應

STEAM model 的演算流程如圖 3.6。

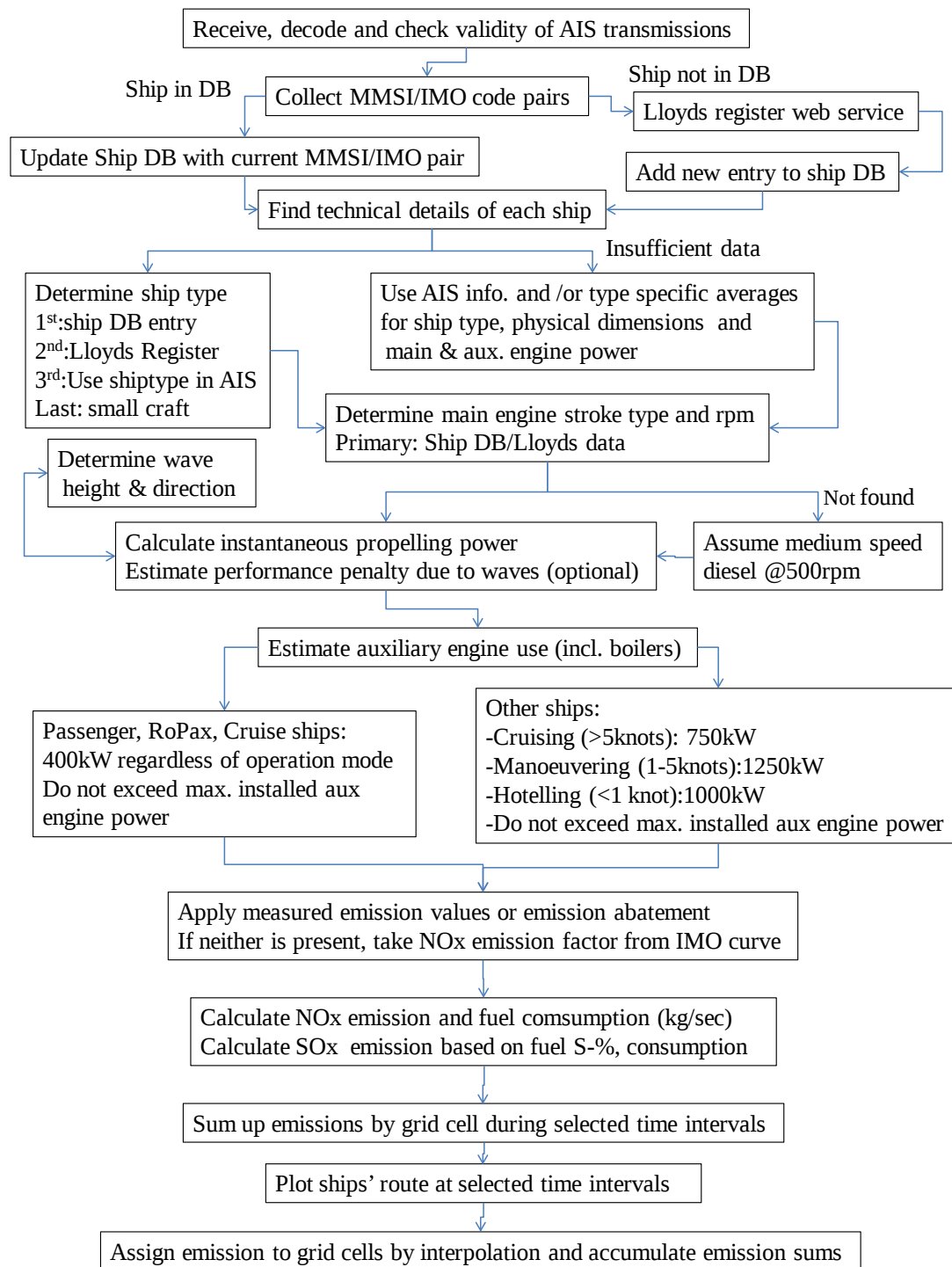


圖 3.6 STEAM Model 的演算法(J.P. Jalkanen et al, 2009)

STEAM model 的輸入資料如下：

Identification	Physical properties	Main engine properties	Auxiliary engine properties
Ship name	Length	ME, Fuel sulphur content	AE, installed kW
IMO registry number	Breadth	ME, abatement technique	Number of AE
MMSI code	Draught	ME, SFOC	AE, Fuel type
Ship type	Build year	ME, design	AE, Fuel sulphur content
Gross tonnage	Design speed	ME, model	AE, SFOC
Deadweight tonnage	Number of cabins	ME, stroke type	AE, abatement technique
	Hull type	ME, rpm	
		Number of ME	
		ME, installed kW	
		ME, Fuel type1	
		ME, Fuel type2	
		Measured EFs	

其中 MMSI=水上行動業務識別碼；ME=主機(Main Engine)；AE=輔機(Auxiliary Engine)；SFOC= 燃油消耗率(Specific Fuel Oil Consumption)；EF=NO_x, SO_x, CO, PM 等的排放係數(Emission Factor)；

STEAM model 在計算瞬間功率與速度的關係時，採用的公式如下：

$$P_{\text{transient}} = \frac{k V_{\text{transient}}^3}{0.514^3}, \quad k = 0.514^3 * \frac{\varepsilon_p * P_{\text{installed}}}{(V_{\text{design}} + V_{\text{safety}})^3} \quad (3.9)$$

ε_p 是主機在最大機動力(MCR)時的負載，假設為 0.8，亦即 $\varepsilon_p * P_{\text{installed}} = \text{MCR}$ (單位：kW)。 V_{design} 與 V_{safety} 分別是設計速度與安全餘量，單位是 m/s。 STEAM model 研究中把所有船舶的 V_{safety} 設為 0.257m/s (相當於 0.5 節)。 $V_{\text{transient}}$ 取自 AIS 報告的船速，如果考慮浪的效應則以等效速度取代 AIS 報告的船速。

雖然 STEAM model 可以使用相當詳細的輸入資料項目，但實際應用時因為資料取得的問題，還是得使用相當多的預設/ 假設值。例如：

其船種別主要是以 IMO 號碼查詢船舶資料庫，如果沒有 IMO 號碼則取自 AIS 報告，仍無法識別則視為小船（主機 2380kW）；主機燃油含硫的質量百分比預設為 1.5%，輔機燃油的含硫的質量百分比預設為 0.5%；燃油消耗率都預設為 200g/kWh。

為因應 AIS 訊號涵蓋範圍可能有缺口的問題，船舶的航路與燃料消耗量會依據 AIS 訊號作線性內插，但如果連續兩筆 AIS 船位報告之間超過 72 小時，則該段時間內的排放量不予計算。船位內插時也會以兩筆船位報告之間的距離與平均速度檢查其合理性。排放量是 ton/grid cell 或換算為 g/m^2 呈現，每個網格取經緯度各 0.08 度（大約 9km）。

STEAM Model 的 NO_x 排放係數是直接採用 IMO 於 2008 年修訂之 Marpol 國際公約（International Convention for the Prevention of Pollution from Ships）Annex VI 船舶機 NO_x 排放量限制中的 Tier I 規定。Tier I 適用於 2000 年 1 月 1 日至 2011 年 1 月 1 日之間建造之船舶上安裝的柴油引擎(>130kW)。2011 年 1 月 1 日之後和 2016 年 1 月 1 日之後新造船的柴油引擎(>130kW)應分別適用 Tier II 與 Tier III 的規定如下：

Regulation	NO _x limit	(revolution per minute)
Tier I	17 g/kWh	n < 130
	$45 \times n^{-0.2}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	9.8 g/kWh	n ≥ 2000
Tier II	14.4 g/kWh	n < 130
	$44 \times n^{-0.23}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	7.7 g/kWh	n ≥ 2000
Tier III	3.4 g/kWh	n < 130
	$9 \times n^{-0.2}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	2 g/kWh	n ≥ 2000

在估算時應該把公約與相關法規限制 NO_x 排放量的效果納入考慮。

例如：Carlo Trozzi[Emission estimate methodology for maritime navigation, 2010]假設船舶引擎壽期 25 年，換算得每年汰換 4%，法規降低 NO_x 排放量的效果約為 17%，則 2005 年的 NO_x 排放係數應該比 2000 年降低 $5 \times 4\% \times 17\% = 3.4\%$ 。

3.3.3 荷蘭的船舶排放量清冊

荷蘭的 Emission Register 登錄荷蘭每年排放到空氣、土壤和水的 350 種污染物的數據。在 Emission Register 計畫中，荷蘭大陸礁層與港區的船舶排放量估算由荷蘭海事研究院 MARIN(Maritime Research Institute Netherlands)執行。2008 年 MARIN 估算鹿特丹港的 2007 年空汙排放量時，開始以 AIS 資料為基礎執行船舶空汙排放量的研究，2009 年開始擴大至荷蘭大陸礁層、四個荷蘭港口等。

依據 MARIN 2012 年的 Sea Shippings Emission 2010 報告，其研究產出的量化數據區分為：排放物質、船舶種類與大小、移動中/非移動中、歐盟與非歐盟船舶、12 哩內與 12 哩外區域。使用的資料是 AIS、船舶特性資料庫(Lloyd's List Intelligence 資料庫)與排放係數。

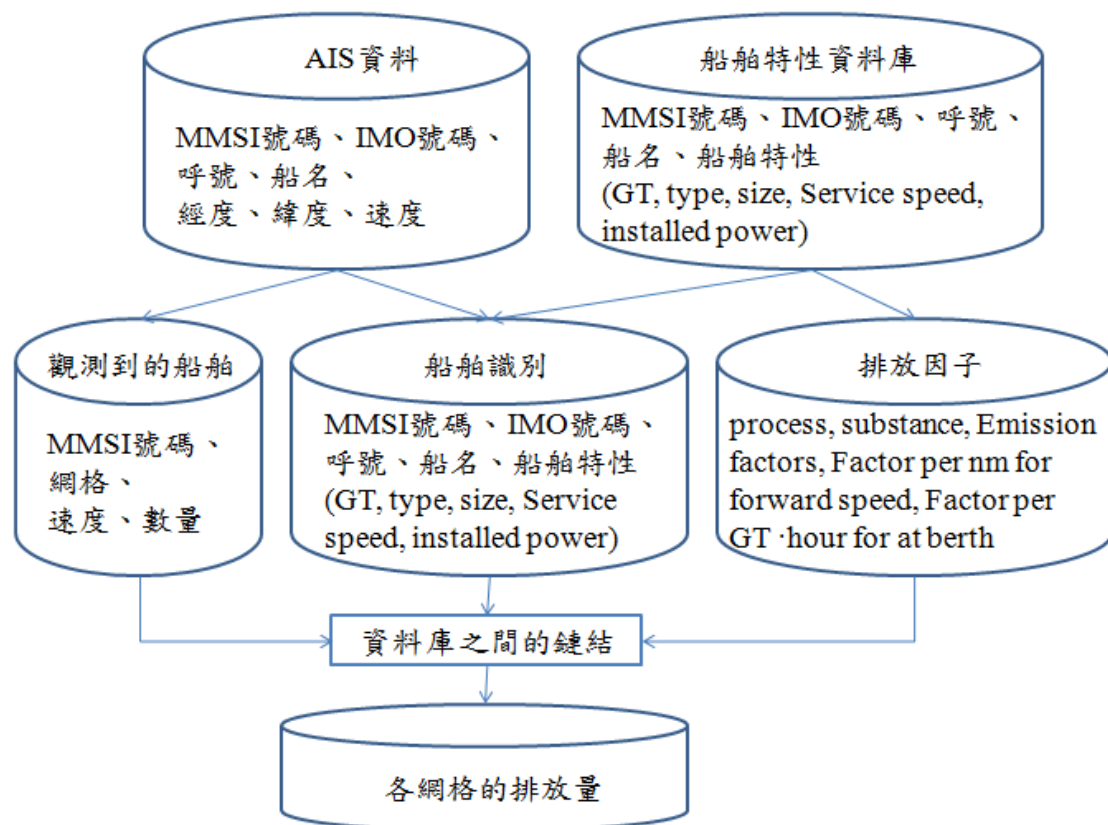


圖 3.7 估算排放量的程序、資料庫及其關係(MARIN, 2012)

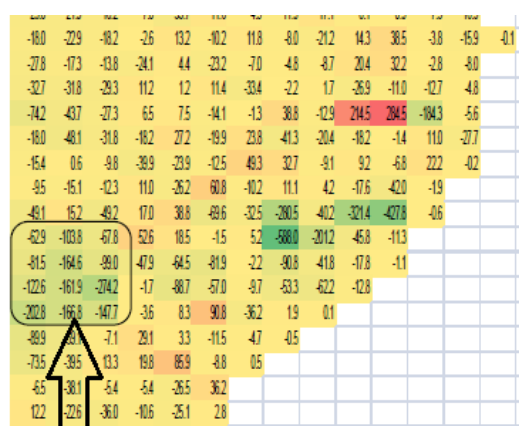
MARIN 估算排放量的程序如圖 3.7，由下列工作項目組成：

- (1)從 AIS 資料建立各網格觀測到的船舶記錄；
- (2)從船舶特性資料庫產生排放係數；
- (3)從 AIS 資料與船舶特性資料庫產生船舶識別；
- (4)鏈結各資料庫產生各網格的排放量。

從 AIS 資料檔產生各網格內觀測資料時是每 2 分鐘判斷各船在哪一網格，取其船速整數值分類，記錄各船的 MMSI、網格編號、速度類別。港區取 500m×500m 網格；其他區域則取 5km×5km 網格。後續計算排放量時就假設該船在兩分鐘內都在同一網格且維持同一速度。

以此方法估算的排放量明顯受到 AIS 收訊狀況與資料完整性的影響，必須檢查 AIS 基地台訊號涵蓋率不佳的位置與時段，並予以補償或修正。對此，MARIN 的 Sea Shippings Emission 2010 報告有專章討論。對應的方法包括：以每 4 週為一時段，分析各網格內的船數與年平均的差異，以指認涵蓋率較差的區位；或以通過各參考線的船數遞減的狀況產生修正參數，如圖 3.8。

除了訊號涵蓋率，船舶的 AIS 裝機率也會影響此排放量估算。歐盟法規已強制要求 15m 以上漁船安裝 AIS。



鹿特丹港西南方
訊號較差的位置

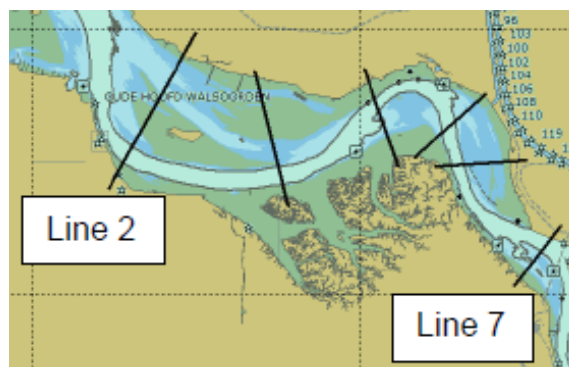


圖 3.8 MARIN 檢查 AIS 資料涵蓋率的方法示意圖

3.3.4 美國環保署與各港的船舶排放量估算

美國環保署(USEPA)對於船舶排放量的估算方法，見於 2009 年 4 月的技術報告："Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories"，以下簡稱 USEPA 2009。USEPA 2009 估算船舶排放量所用資料來源與方法如圖 3.9。

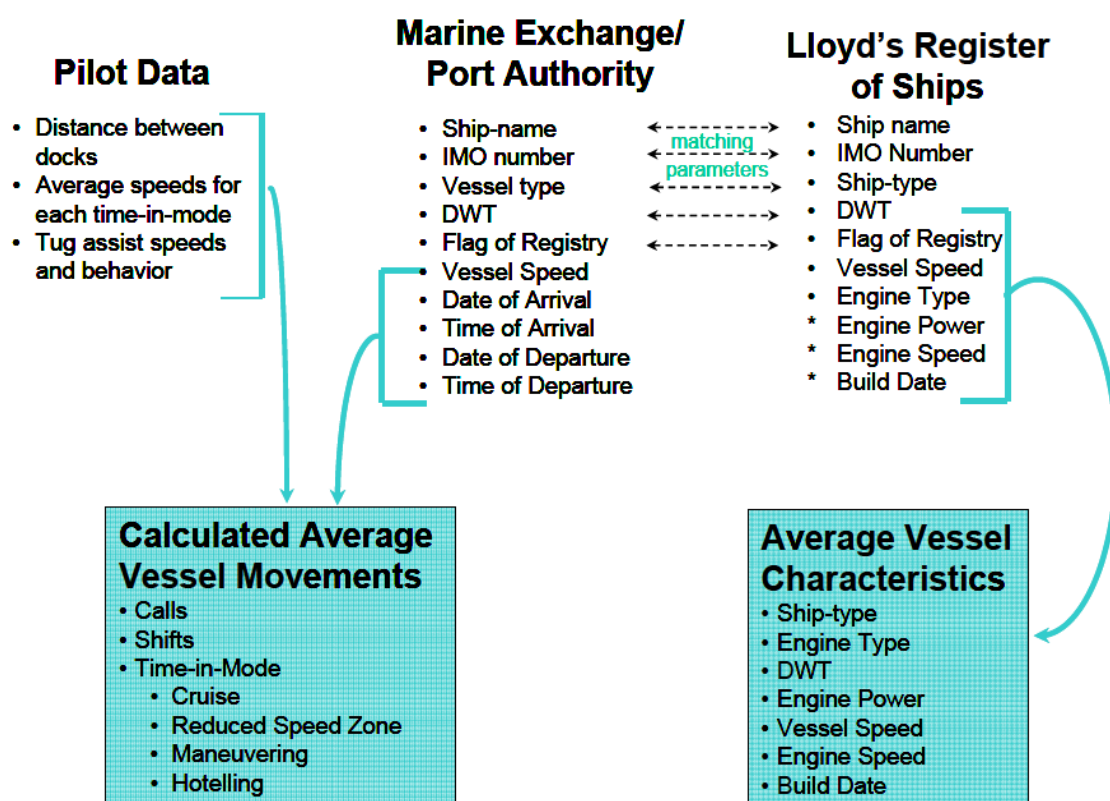


圖 3.9 美國環保署估算船舶排放量的方法（USEPA 2009）

USEPA 2009 技術報告把船舶一次進出港航程的活動量計算區分為：海上巡航(cruise)、減速區(reduced speed zone)、操縱調度(maneuver)、泊岸(hotelling)等四個模式，分別計算在各模式內的時間（稱為"time-in-mode"）。也提到 time-in-mode 會受到船舶交通狀

況、惡劣海氣象、海流、船席排程等影響，在使用實際船速的詳細清冊會納入這些因素，較簡化的中階清冊無法直接考量這些問題，只能以全年平均的方式處理之。表 3-26 是 US EPA 2009 技術報告採用的遠洋船舶參數預設值。

表 3-26 美國環保署 2009 年技術報告採用的遠洋船舶參數預設值

Ship Type	Main Engine (kW)	Cruise Speed (knots)	Total Aux. Engine Power	Aux. Engine Speed	Auxilliary Engine Load Factor Assumptions			
					Cruise	RSZ	Maneuver	Hotel
Auto Carrier	10700	18.7	2850	Medium	0.15	0.3	0.45	0.26
Bulk	8000	14.5	1776	Medium	0.17	0.27	0.45	0.1
Container Ship	30900	21.6	6800	Medium	0.13	0.25	0.48	0.19
Cruise Ship	39600	20.9	11000	Medium	0.8	0.8	0.8	0.64
General Cargo	9300	15.2	1776	Medium	0.17	0.27	0.45	0.22
Miscellaneous		13			0.17	0.27	0.45	0.22
OG Tug		14.5			0.17	0.27	0.45	0.22
RORO	11000	16.8	2850	Medium	0.15	0.3	0.45	0.26
Reefer	9600	19.5	3900	Medium	0.2	0.34	0.67	0.32
Tanker	9400	14.8	1985	Medium	0.24	0.28	0.33	0.26

「負載因子」是以使用的引擎動力比例表示，與船速有關。一般海上巡航或營運速度大約是最大速度的 94%，對應的主機負載因子是 83%。低於此速度時，基於推進功率正比於速度的三次方，負載因子計算公式是：

$$LF = (AS/MS)^3 \quad (3.10)$$

其中 LF 是負載因子（百分比），AS 是實際船速（單位：節），MS 是最大船速（單位：節）。

US EPA 2009 建議此公式計算的 LF 值小於 2%時，應設為 2%。

排放係數 EF 在負載 20%以上被視為固定值，負載低於 20%後，排放係數反而會隨著負載的降低而升高，需另以低負載調整因子進行調校。

國內相關計畫參考的 POLA 空汙排放量清冊程序係美國洛杉磯港自 2007 年執行 2005 年排放量清冊時開始使用，其主機與輔機排放量估算流程分別如圖 2.17 與 2.18。

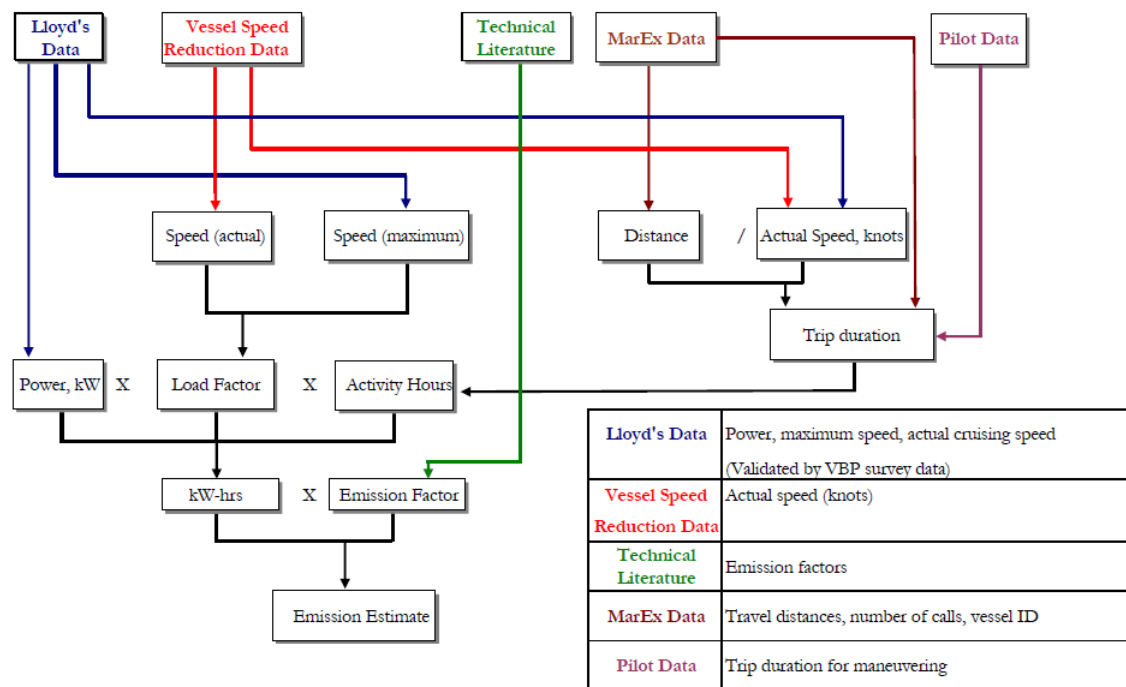


圖 3.10 美國洛杉磯港採用之主機排放量估算流程

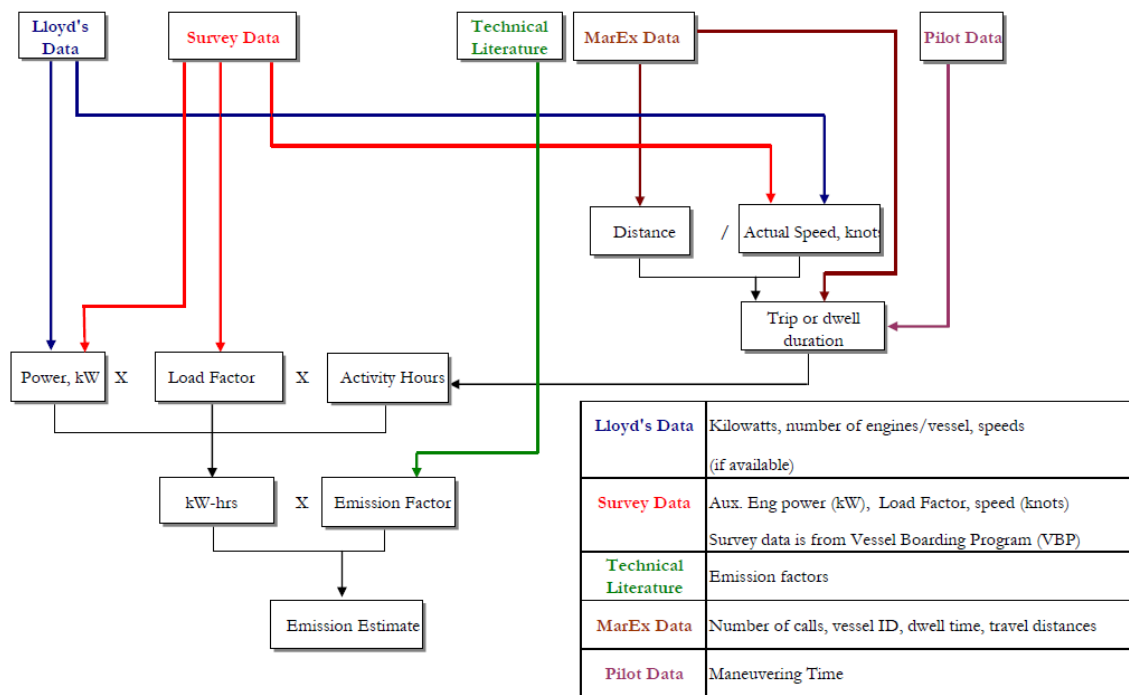


圖 3.11 美國洛杉磯港採用之輔機排放量估算流程

綜合參考 POLA 與 POLB 歷年的空汙排放清冊報告可知，其對於船舶的活動量，是以逐船分析方式執行，缺少資料時才用平均值。而活動量的主要資料來源是 MarEx 航次表中的抵達、離開、移泊資料，以及「船舶減速計畫（Vessel Speed Reduction Program, VSR）」的船速表。在此 MarEx 是指 Marine Exchange 組織與 US Coast Guard, POLA, POLB 合作運作的 VTS。

為了執行「船舶減速計畫」，MarEx 從 2001 年開始監測遠洋船舶在各進出港航路上的船速，以港口參考點為中心，取 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 浬距離的同心圓與各航路的交叉點為航路點，記錄船舶通過各航路點的速度。

一開始 MarEx 只監測到 20 哩，2008 年 4 月以後才延伸至 40 哩。使用 MarEx 船速資料前，先過濾掉空白、零值、以及超出 40 節等不太可能正確的數值。然後再設法依據其他航路點可得的船速來補足。例如 2007 年缺少的 25-40 哩船速，以 Lloyd's 登錄之最大船速的 94% 計；2008 年開始，則以 25-40 哩船速產生調校係數，使 40 哩航路點的船速對應於該船的 Lloyd's 最大船速。各航路點的船速齊全後，每個航段的速度以該區段兩端點的速度平均。

美國港口空氣汙染排放清冊調查於 2006 年擴大調查範圍，遠洋船舶部分涵蓋上一港口至下一港口路程之排放量。

3.4 本研究以 AIS 估算活動量與負載因子之方法

國內相關計畫主要參考美國洛杉磯港(POLA) 的空汙排放量清冊程序與數據，亦即使用 MarEx 航次表並以船舶沿進出港航路通過各距離線時船速計算活動量與負載因子。但是我國國際商港 20 哩內只有距離甚短的進出港航道（以台中港為例，約 3 哩），沿岸並未規劃航道，在未依據航跡分析取得較完整正確之航路模型的情況下，假設船舶在航道上航行，藉航道的距離及船舶行進速度調查資料，推估活動量與負載因子的方法恐怕並不適合，即使有較明確的航道可為依據，也需要有一較自動化的處理程序。

因此本研究第一年在船舶排放量估算方面的研究，重點在於船舶排放量資料的自動化蒐集，目標是直接利用 AIS 動態資料產生活動量與主機負載因子，用以推估遠洋船舶的溫室氣體及空汙排放量。

從 AIS 船舶動態資料中航速與船位隨時間的變化，可以判別 AIS 航跡中各段的狀態。若要應用於推估船舶排放量，則至少需要知道處於航行、調度與停泊這三種狀態的時間有多長，而且因為主引擎的負載因子隨著實際航速變動，所以航行中的負載因子與活動量應以個別船舶連續兩筆 AIS 動態資料中的時間差與平均船速相乘的方式累加。這樣的計算雖然精細，但是計算成本高。荷蘭 MARIN 的估算程序於推

估船舶排放量同時可取得空間分佈資訊可能是成本效益較佳的選擇，其方法是每 2 分鐘觀測判斷船舶在哪一個網格內，而且在計算排放量時假設該船在兩分鐘內都在同一網格且維持相同速度。

本團隊首先就國內現有估算程序設計直接利用 AIS 動態資料產生活動量與主機負載因子的程式，並評估該程序的適用性；接著分別設計程式實作以原始 AIS 航跡估算和採用荷蘭 MARIN 的方法內插取樣並網格化估算這兩種方法，比較其差異。詳述於下列各節。

3.4.1 以通過進出港航路距離線分段估算之試驗

首先以逐船分析航跡的方式進行。以基隆港為例，以港口入口點為中心產生半徑 10、15、20 海浬三條距離線，分析每艘船的 AIS 航跡資料。程式是以幾何計算交叉點，因此距離線可以是任意形狀，不一定是圓形的距離圈。

分析程式以 Java 語言撰寫，計算程序如下：

取出設定時間範圍內某艘船的所有動態船位記錄，以船位經緯度標記為點，且依定位時戳排序形成航行軌跡，求出航行軌跡與三條距離線的交叉點，採用最接近某距離線外以及該距離線內兩筆資料點的對地航速與資料記錄時間平均做為通過該距離線（交叉點）的速度和

時間，利用通過兩距離線的速度與時間計算出平均速度與時間差，分別視為在該區段內航行的實際船速與活動量 Act，再利用最大引擎動力、負載因子、活動量算出消耗的能量，進而得出排放量。

圖 3.12 是以 2009 年 9 月在海洋大學 AIS 站接收到的麗星郵輪天秤星號動態船位報告為例的偵測結果，右圖是左圖東側（日本）方向航跡與距離線交叉點的局部放大。

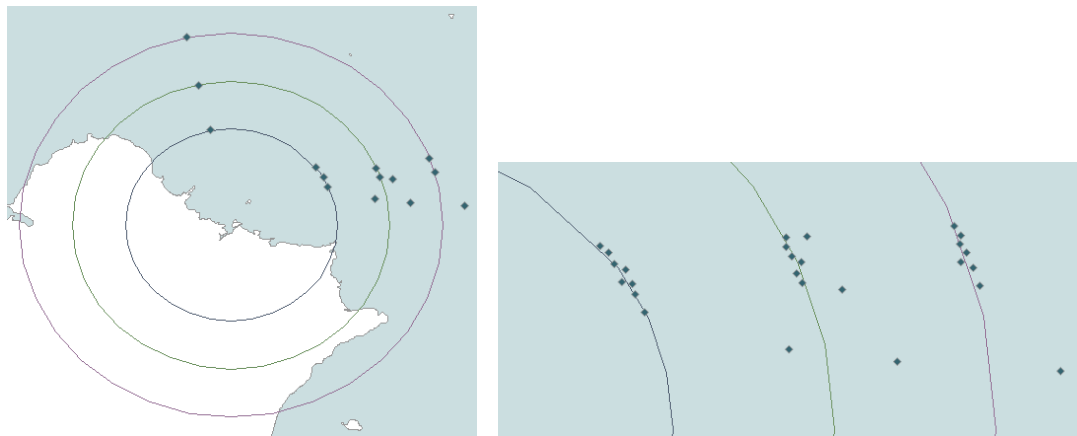


圖 3.12 天秤星號通過基隆港 10/15/20 哩距離線之航跡點偵測

麗星郵輪天秤星號這個方向的航路是環保署計畫設定基隆港外 20 哩內船舶航行路線時沒有納入的。

試算結果統計如表 3-27。據查天秤星號最大巡航速度 22 節，以 94%換算最高航速 MS 為 23.4 節，表內的負載因子 LF 是以區段內平均船速為實際航速 AS，依 $LF=(AS/MS)^3$ 估算。

表 3-27 距離線分段估算活動量-以天秤星號郵輪為例

航路區段	時間差(秒) 平均值/標準差	平均船速(節) 平均值/標準差	負載因子(LF, %) 平均值/標準差
從 10 哩到 15 哩	1010/82	16.7/1.5	36.9/9.6
從 15 哩到 20 哩	969/87	17.4/1.4	39.6/9.3
從 20 哩到 15 哩	1008/89	16.9/1.1	37.7/7.1
從 15 哩到 10 哩	1053/93	16.8/1.0	36.8/6.4

然而，麗星郵輪進出基隆港的情況其實比較屬於特例。一般商船進港容易受領港、拖船、船席指配與碼頭作業等等因素影響，而無法直接航行進港。因此本研究另取基隆港與臺中港更多的 AIS 船舶進港航跡進行分析。

在基隆港方面，以 AIS 歷史資料，針對基隆港附近記錄到的船隻，使用 JAVA 程式搭配 MySQL 資料庫程式實作，先取一千艘船記錄到的航行軌跡，偵測出其中 80 條為進港船隻的航行軌跡線，再對進港船隻的航行距離進行分析。

分析時以港口兩側防波堤中間點為中心，產生 15 海哩與 20 海哩半徑的圓，計算進港航跡線與 15/20 海哩線的交點，航行距離以 15 海里處和 20 海里處到達港口（進防波堤）為偵測區段，若該船 AIS 航路記錄的起點為距離港口處小於 15 海哩則不計算其航行距離，起點為大於 15 海哩小於 20 海哩則僅計算 15 海哩處到達港口的航行距離，起點

大於 20 海浬外的船隻，則分別偵測 20 海浬和 15 海浬到達港口的航行距離。分析結果如表 3-28。

表 3-28 基隆港進港航跡以距離線分段的航行距離分析

基隆港進港航行距離	記錄始於 20 浬外		記錄始於 15 浬外
航跡數(條)	65		68
	港口到 20 浬線	港口到 15 浬線	港口到 15 浬線
最小值(浬)	20	15	15
最大值(浬)	38.1	32.1	32.1
距離平均值 μ (浬)	23.1	17.1	17.1
標準差 σ (浬)	3.3	2.8	2.7
$\mu + \sigma$ (浬)	26.4	19.8	19.8
距離 $> (\mu + \sigma)$ 航跡數	5	4	4
異常航跡數比例	7.7%	6.1%	5.9%

雖然從表 3-28 顯示的異常航跡數比例都小於 10%，但是比較圖 3.13 的進港航跡與圖 3.14 環保署計畫使用的船舶航行路線設定圖，以及觀察圖 3.13 的進港航跡中的異常航跡，可知國內目前在活動量與負載因子方面的估算方式，確實有必要調整。

在臺中港方面以航行距離及時間進行進港航跡的統計與偵測，結果如表 3-29。從穿越 20 浬距離線到進港所需時間的在 1.18 至 14.3 小時之間，平均值約 2.46 小時，標準差約 1.51 小時。平均值+標準差大約 4 小時，若以此界定正常與異常航跡，則結果如圖 3.15。

表 3-29 臺中港不同方向進港航跡之距離與時間分析

通過 20 哩到進港	全部	北來(350 ~27 度)	其他來向
航跡數比例	100%	49.7%	50.3%
距離(哩)平均值 μ / 標準差 σ	23.35/4.20	24.60/2.97	22.12/4.83
距離(哩) $\mu + \sigma$	27.55	27.57	26.95
時間(秒)平均值 μ / 標準差 σ	8839/5446	9436/6046	8250/4706
時間(時) $\mu + \sigma$	3.97	4.30	3.60

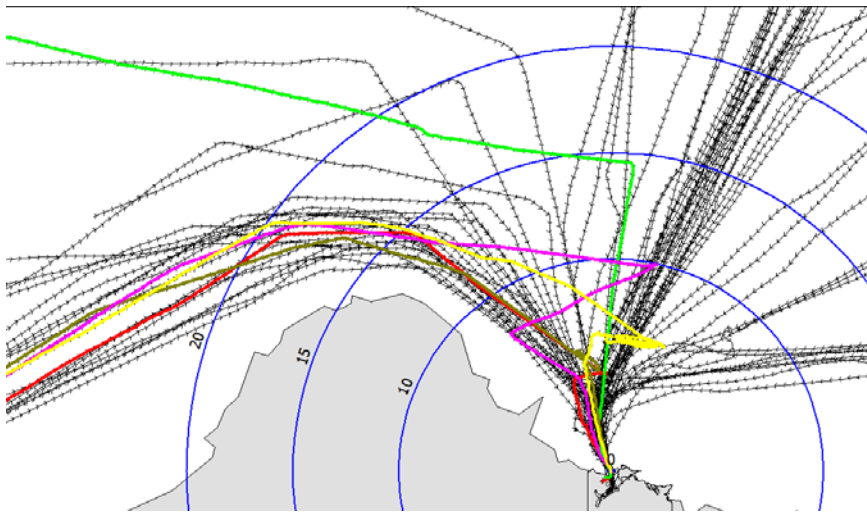


圖 3.13 基隆港進港航跡（黑色方向線）與異常進港航跡（粗線）

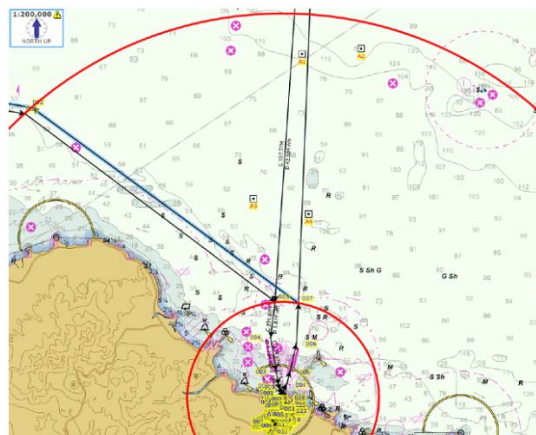


圖 3.14 環保署計畫的基隆港 20 哩船舶航行路線設定圖

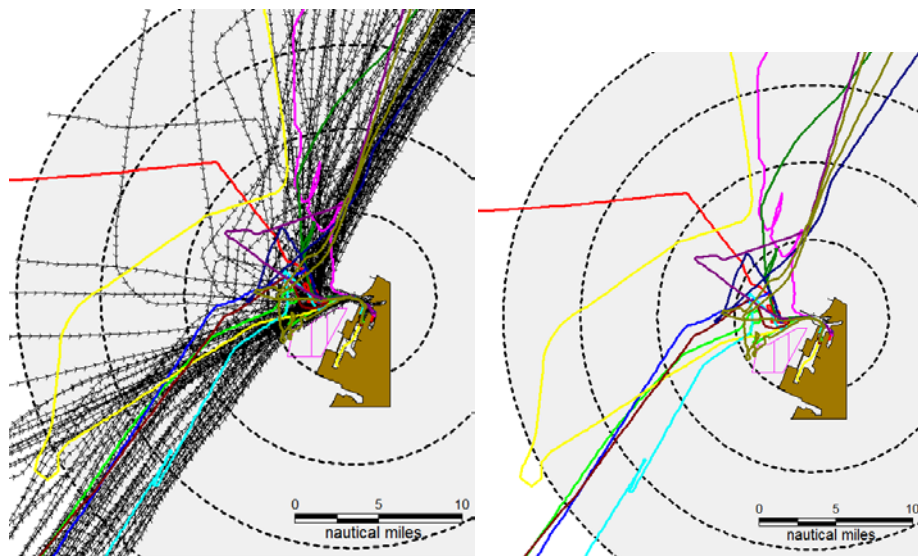


圖 3.15 台中港進港航跡（黑色方向線）與異常進港航跡（粗線）

3.4.2 使用 AIS 原始航跡計算活動量與負載因子的方法

直接以航跡計算時，船舶的活動狀態係以「狀態轉換」的方式判斷，在停泊、調度、航行這三種狀態之間轉換：航速 <0.5 節進入停泊狀態，直到高於 2 節才離開停泊狀態；航速在 2~6.5 節之間是（港內）調度狀態；航速 >6.5 節進入航行狀態，直到低於 2 節才離開航行狀態。

對於判斷為航行狀態的航跡，以主機為排放源計算其排放量。計算公式採用(3.8)、(3.10)以及(3.7)，亦即 $\text{Energy} = \text{MCR} \times \text{LF} \times \text{Act}$ ； $\text{LF} = (\text{AS}/\text{MS})^3$ ； $\text{E} = \text{Energy} \times \text{EF} \times \text{FCF}$ 。利用航跡的每一筆速度與時間紀錄，計算 LF 所需的最大船速 MS 是採用資料庫紀錄到該艘船隻的最大速度再除以 0.94 後的數值，實際速度 AS 則是以前後兩點的速度相加除以 2 的平均船速，以 $\text{LF} = (\text{AS}/\text{MS})^3$ 得出的 LF 再去乘上兩點的時間差(Act)，將整條航跡的每筆資料做完 $\text{LF} \times \text{Act}$ 的累加運算後再去乘上最大主機動力(MCR)，得到 Energy。Energy、主引擎排放係數(EF)、燃料校正係數(FCF)三項相乘，即為該條航跡的排放量。將所有劃分為航行狀態的航跡在二十海里範圍內的排放量加總即為航行時總排放量。

在停泊和調度的排放量計算中，是以 20 海里為範圍內並以輔助引擎和鍋爐當作排放源計算排放量，分別算出輔助引擎的排放量和輔助鍋爐的排放量最後再相加。

3.4.3 以 AIS 航跡內插取樣計算活動量與負載因子的方法

內插航跡點網格排放量計算方式如下：

依 MMSI 從資料庫讀取船舶的動態船位報告資料，內插得出間隔兩分鐘的航速、經度、緯度等數值。從資料庫中取出最大船速，再以內插出來的航速值當作實際船速，算得每 2 分鐘的負載因子。

為計算 20 海浬內每一網格的排放量，把 20 海浬內區分為港內與港外兩種，港外主要是使用主機的航行狀態，港內分為航行、調度、停泊三種，航速 ≥ 6.5 節時為航行狀態， $0.5 < \text{航速} < 6.5$ 節時為調度狀態，調度用到輔助引擎和輔助鍋爐，航速 < 0.5 節時為停泊狀態，停泊用到輔助引擎和輔助鍋爐，航速 $= 0$ 時只用到輔助鍋爐。

3.4.4 原始航跡與內插取樣兩種方法的比較

以天秤星號 2009 年 9 月 4-30 日的 AIS 資料比較這兩種方法的結果如表 3-30。

表 3-30 本研究第一年活動量估算方法的比較-以天秤星號為例

活動狀態	內插網格式	直接以航跡計算	活動量差異
停泊	47.67hr	47.92hr	+0.52%
調度	13.8hr	11hr	-20.3%
航行	31.33hr	32.67hr	+4.28%
總活動量	92.8hr	91.63hr	-1.26%

直接以航跡點計算的總活動量比內插網格式少 1%，估算的排放量則是多了 10%，三種活動狀態的排放量比例如圖 3.16。

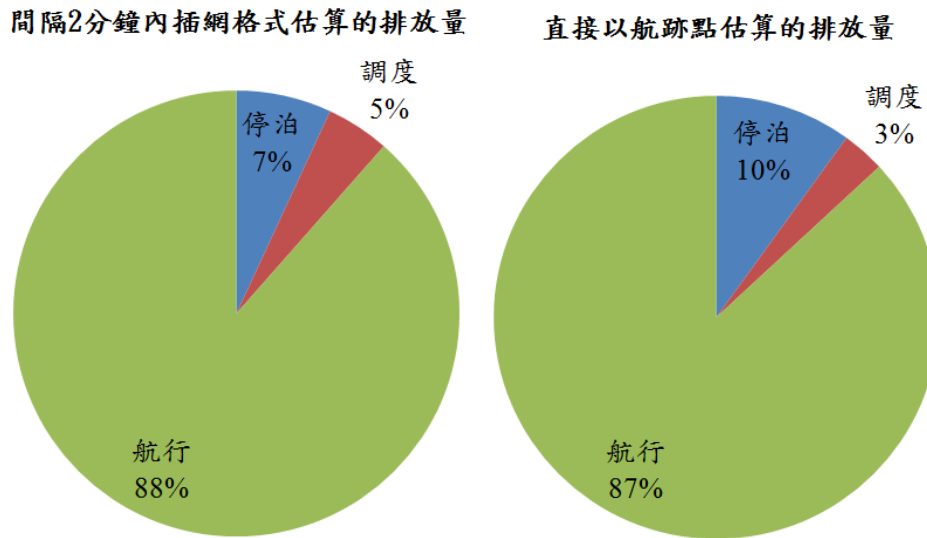


圖 3.16 以兩種方法估算之天秤星號排放量的比例

上述兩種方法的估算結果差異並不大，但以內插航跡點網格排放量計算方式，可以得出每艘船油耗與排放量的逐時變化與空間分佈，再從每艘船的空間分佈統計出所有船舶的排放量分佈。例如圖 3.17，愈偏紅色的網格表示排放量愈高；愈偏綠的網格表示排放量愈低；白色為無 AIS 資料的位置。

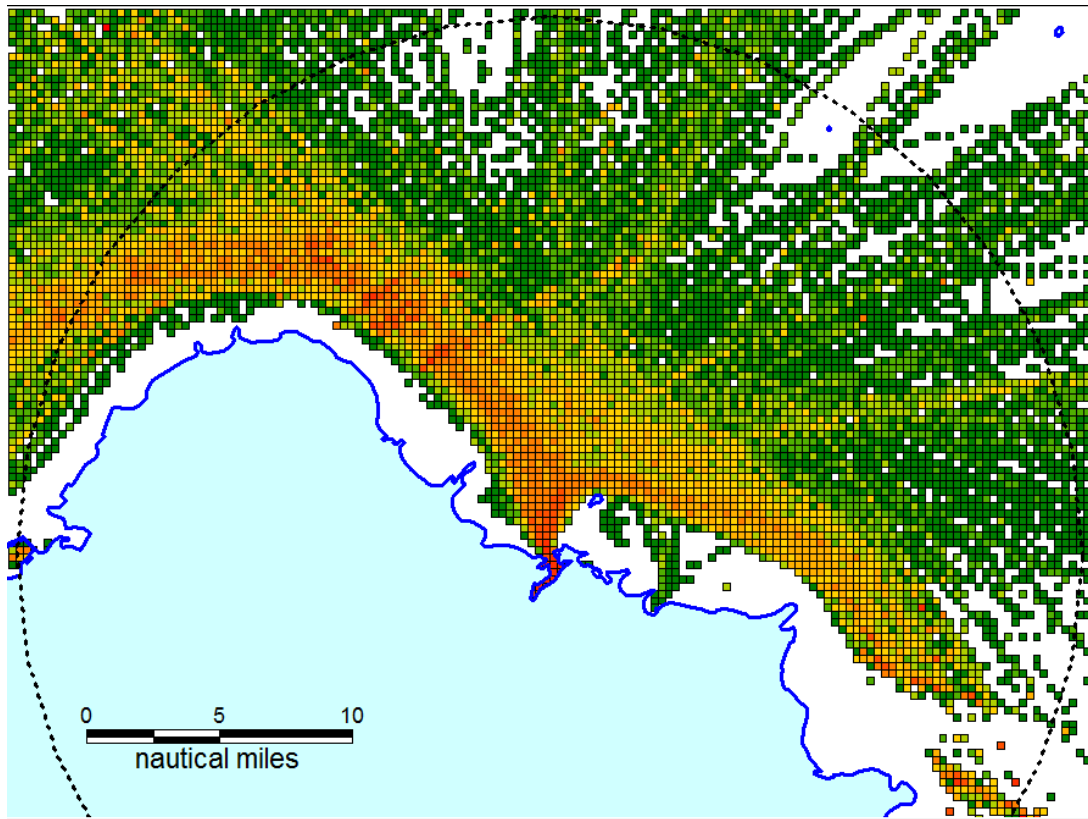


圖 3.17 船舶排放量估算值之空間分佈示意圖

3.4.5 逐日逐時油耗估算及方法實作正確性之檢視

以內插取樣的 AIS 航跡點估算活動量與負載因子的另一優點是可以解析燃油消耗量在時間上變化。

本研究以天秤星號為例，取 2010 年 10 月 16 日的 AIS 動態資料(當日軌跡都在基隆港 20 浬外) 估算各小時油耗變化如圖 3.18(a)，平均每小時耗油量 4116kg，標準差 963kg，其中油耗的數值是參考 STEAM model 論文使用的預設值：200g/kWh。圖 3.18(b)是 STEAM model 的估算範例，因船舶種類與大小類似，因此以此範例做為參考比較，除了大致驗證本研究程式實作的正確性，也藉此呈現其應用。

天秤星號 2009 年 9 月的逐日油耗估算結果如圖 3. 19(a)，圖 3. 19(b)

是 STEAM model 的估算範例與實際值。

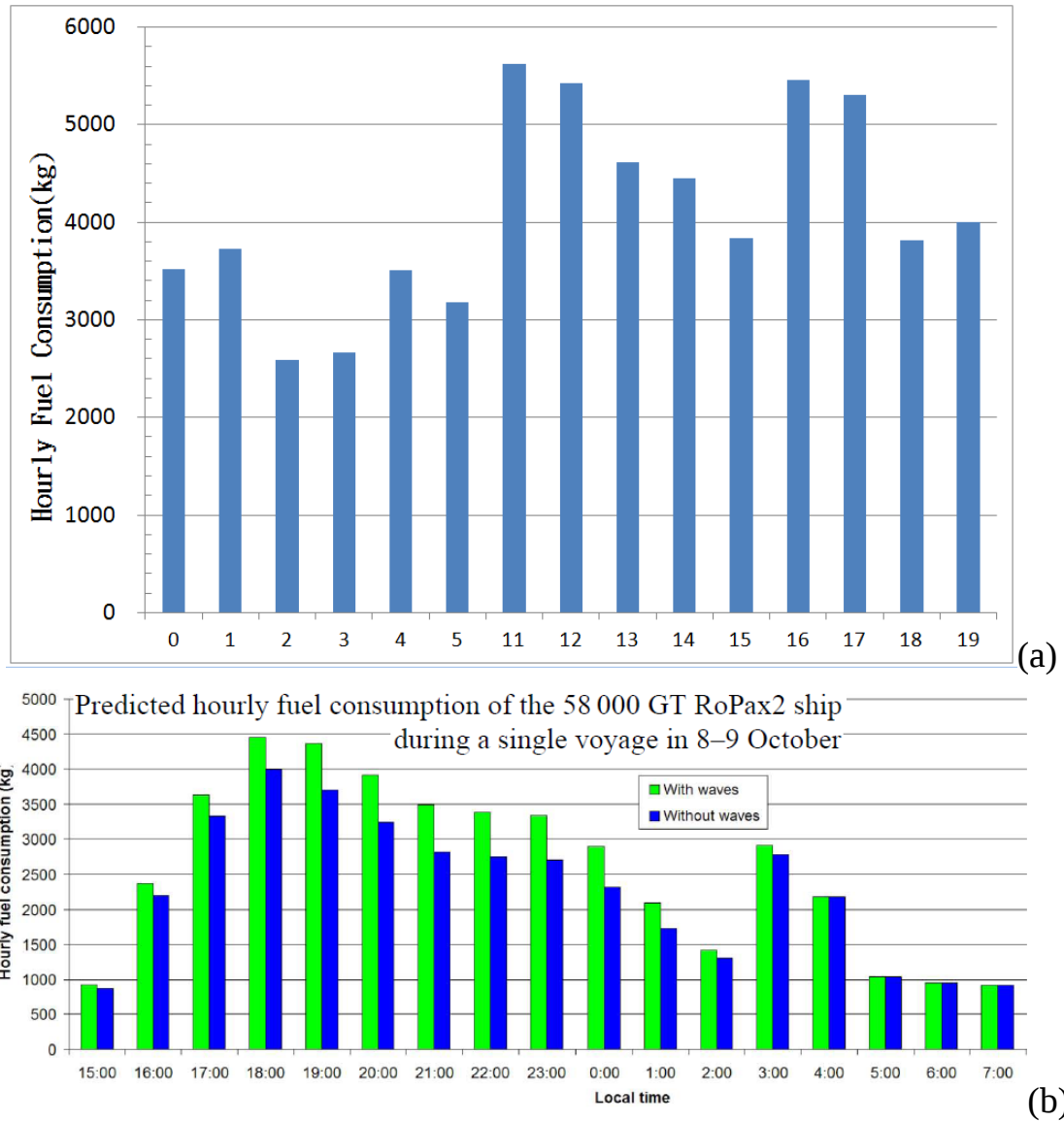


圖 3.18 本研究(a)與 Steam model(b)的逐時油耗估算值範例

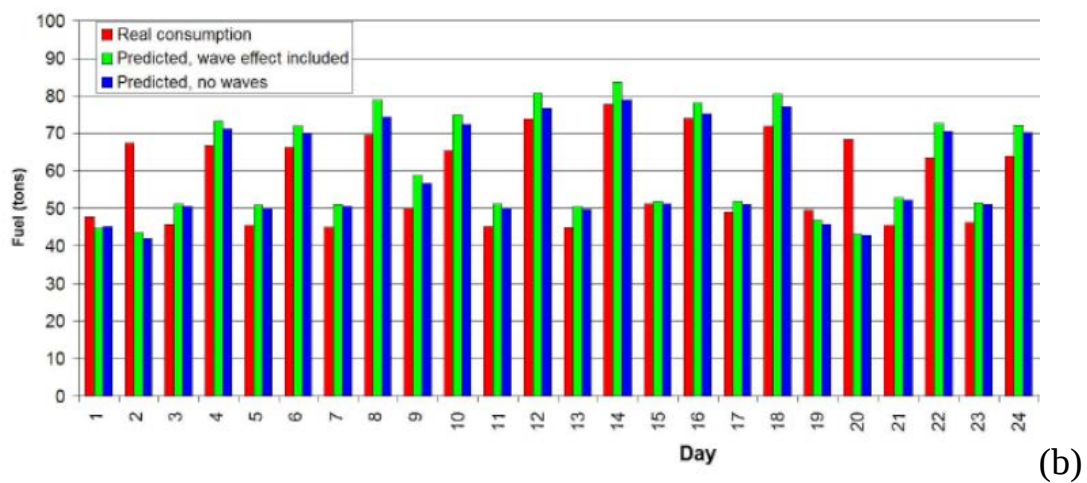
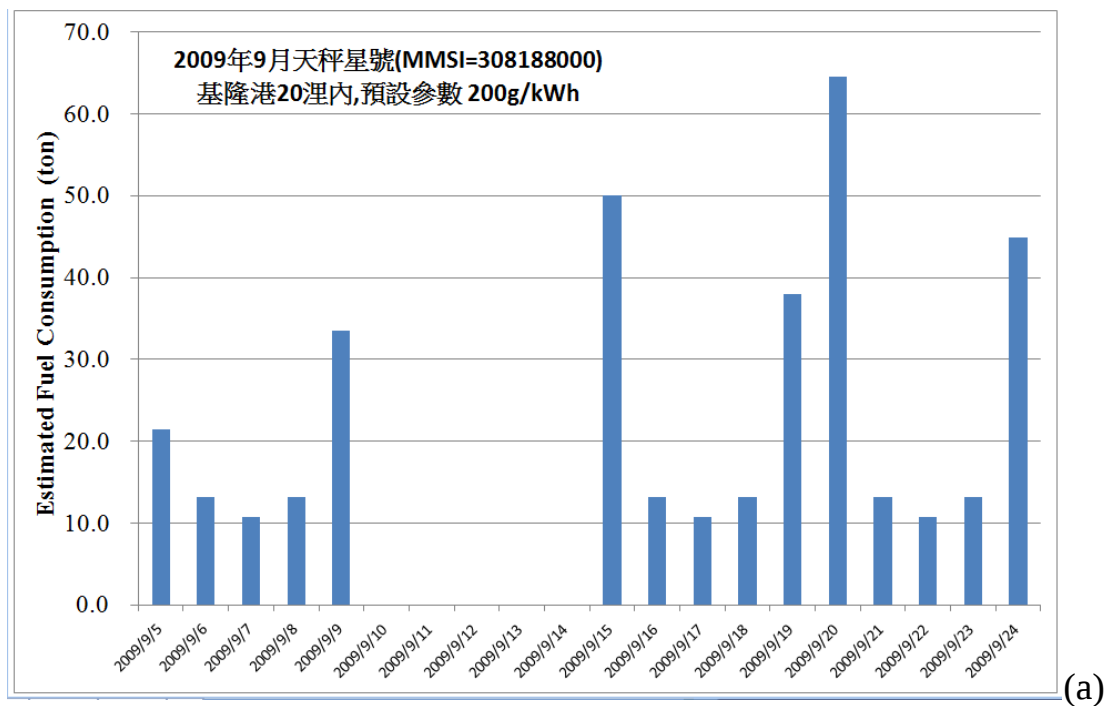


圖 3.19 逐日油耗估算：(a)本研究；(b)STEAM(含實際值)

3.5 參採 IMO GHG3 報告所用方法與參數之評估

3.5.1 IMO GHG3 報告的相關重點摘要

IMO GHG3 從 AIS 資料產生船舶全年的活動量，使用的資料包括：地面 AIS 與衛星 AIS 資料，資料的覆蓋率有時間及空間上的變異性。IMO GHG3 為了估算全球船隊全年的排放量，需要每艘船每小時的速度，因此需要外插。其方法是把全年的活動報告切割成各個航程，每個航程分為：在港/錨泊階段、航行階段、過渡階段這三個階段，航速 3 節以下是在港/錨泊階段；在 6 小時移動窗口內，90%的航速高於 3 節且標準差小於 2 節則屬於航行階段；其餘是過渡階段。每個小時的資料都依上述定義歸類其所屬階段，欠缺的資料就利用各階段內的樣本填補。

在船舶技術特性資料的預設值方面，IMO GHG3 依船舶種類與容量範圍劃分了超過 50 個船舶分類群組，以利於欠缺某艘船的技術資料時，以該船種類與容量對應之分類群組的平均值為預設值（例如：吃水、船速、安裝的主機功率... 等等）。

在輔機與鍋爐功率需求的預設值方面，IMO GHG3 同樣依船舶種類與容量範圍劃分群組，再分別提供靠泊、錨泊、調度、海上航行等四種不同活動狀態（階段）下的預設值。

在主輔機使用之燃料種類的預設值方面，IMO GHG3 首先區分是否在排放控制區內，是則依區內的含硫量限制，否則依 IMO 於 2007~2012 年的燃料油含硫量監測結果。

在受天氣影響的方面，IMO GHG3 對大洋航行船舶與沿岸航行船舶分別以相對於平靜水域增加 15%與 10%耗油量的方式估算。

對燃油消耗量與排放量的計算，IMO GHG3 報告列有不同年代船用柴油機與燃料的燃油消耗率基準值、各類廢氣排放係數等可供參考使用。基準燃料是含硫量 2.7%的重油（與國內現有各估算方式相同）。

3.5.2 本研究估算沿岸及港口船舶排放量可參採 IMO GHG3 之處

本研究的此項船舶排放量研究主要用於估算臺灣沿岸及港口船舶廢氣排放量，估算的範圍僅限沿岸 AIS 船舶動態系統可接收到船位報告的海域。因此航跡點內插取樣時間是 2 分鐘，而非 IMO GHG3 所用的 1 小時，而且僅對連續兩航跡點的時間間隔小於 1 小時的情況，以線性內插的方式取得中間可能因沿岸 AIS 收訊缺口而缺漏的各點船位與航速。也因為時間空間的解析度需求較 IMO GHG3 高，因此仍應維持採用 2 分鐘取樣，對航行階段的判定也不宜改採 IMO GHG3 的方法。

本研究第一年估算排放量時，船舶技術資料預設值是使用我國臺灣技術研究中心與環保署綜合整理出的資料，而且僅以取自 AIS 報告

的船舶種類與最大船速對應上述預設值的類別。今年度計畫除了參考IMO GHG3 研究報告中的資料以外，也取得部分船舶資料庫（船舶分類為：一般貨船、冷藏船、油船、客船、貨櫃船、煤船、穀類船、礦砂船），因此修訂相關預設參數與係數表。船舶主輔機參數的取用程序如圖 3.20。鍋爐皆使用 GHG3 預設參數。

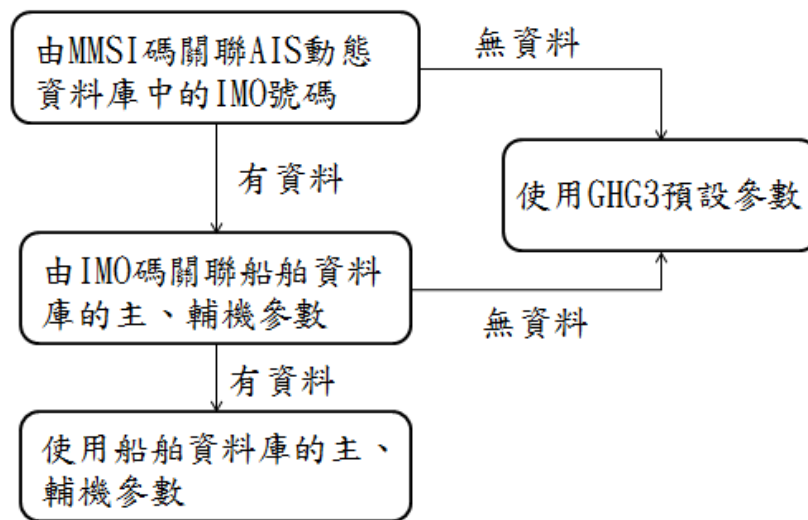


圖 3.20 本研究船舶主輔機參數的取用程序

依此估算基隆港 20 哩內的船舶油耗與排放量的空間分布如圖

3.21 與 3.22。須注意的是：此分布在東側受到 AIS 收訊缺口區域影響。

3.6 實際油耗與估算結果的比較

在估算結果的評估方面，本研究以三艘貨櫃輪為試驗，茲以 X、Y、Z 代號表示這三艘船，從船舶資料庫查得這三艘船的最大船速分別是 19.4、19.6、19.6 節。由於船公司提供的真實資料僅能取得油耗數據，故在此僅與真實資料油耗量比較。

X 船資料共有 15 航次從高雄港北上進臺中港，對應的 AIS 資料經內插為間隔 2 分鐘的取樣資料後於標繪於 GIS，如圖 3.23。估算結果發現有幾個航次的差異相當大（超過 50%），以 GIS 查看確認是因 AIS 收訊缺口過大所致（如圖 3.23 的淺紫色航次及黃綠色航次），因此逐一查看後僅取 AIS 內插後航跡點無大量缺漏狀況的航次比較分析，結果僅餘 8 個航次，如圖 3.24。評估結果如表 3-31，就油耗平均值而言，估計值與真實值的差異僅 0.15 公噸，相當於真實油耗平均值 11.65 公噸的 1.3%。

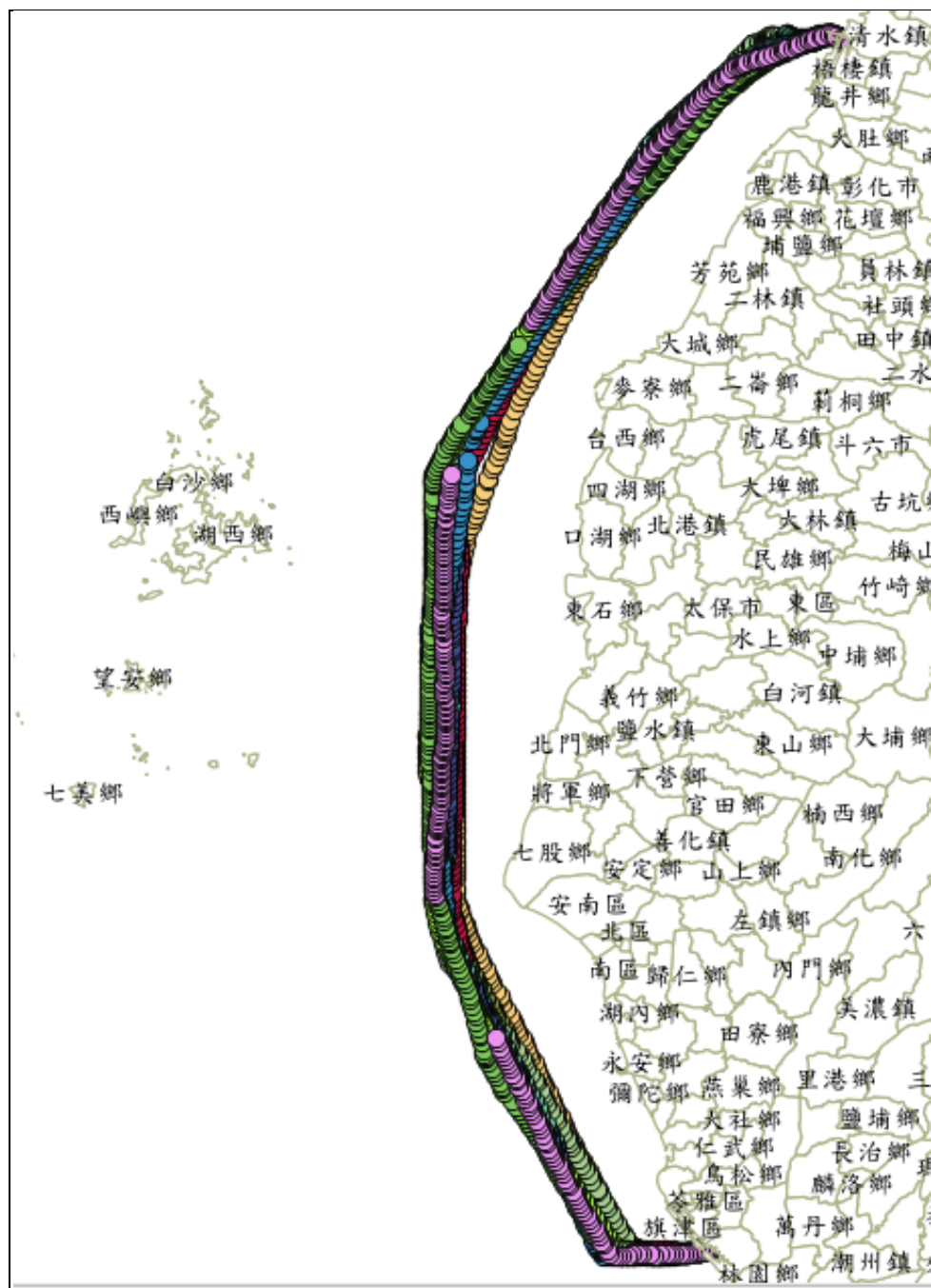


圖 3.23 X 船從高雄北上臺中港的 15 航次 AIS 內插航跡

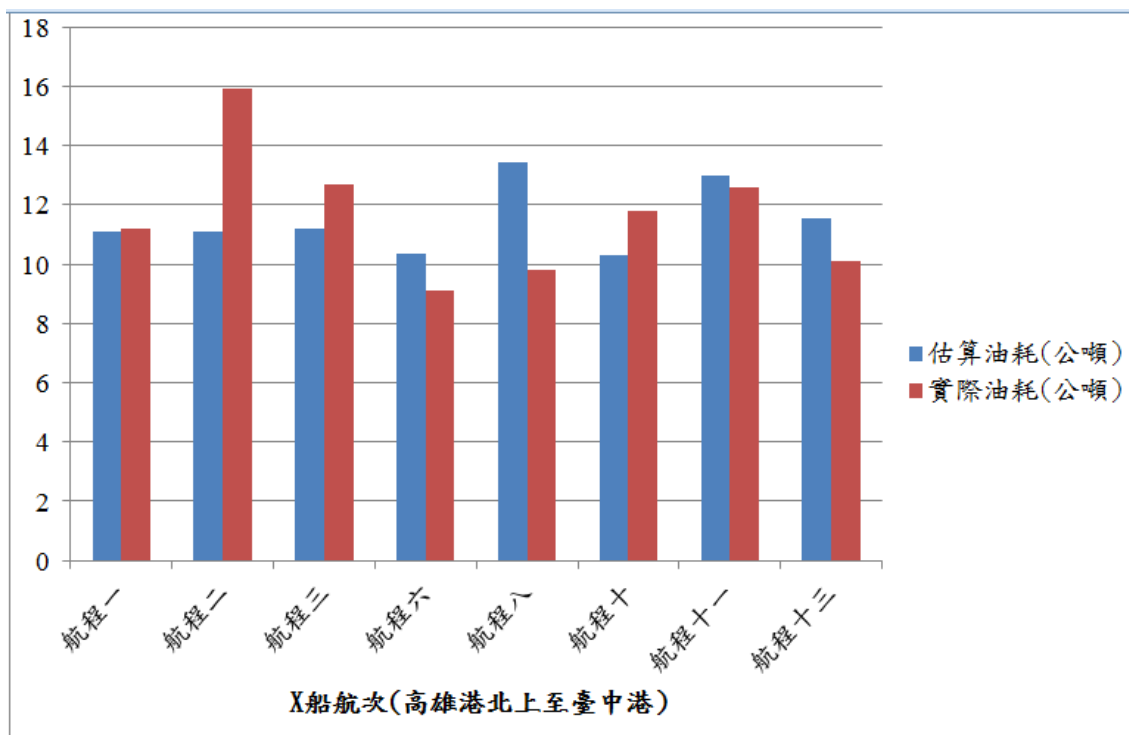


圖 3.24 估算與真實油耗比較：X 船高雄北上臺中港航程

表 3-31 X 貨櫃船從高雄至臺中 8 航次估算油耗與實際油耗的比較

	平均值	最大值	最小值	標準差
估算油耗(公噸)	11.50	13.43	10.3	1.1
實際油耗(公噸)	11.65	15.9	9.1	2.2

Y 船從基隆港經澎湖水道至高雄港的航次中，AIS 航跡較完整的有 5 個航程。其油耗估算值與真實值的比較結果如圖 3.25 與表 3-32。其中航程八是從高雄經澎湖水道北上至基隆，與其他 4 航次方向相反，不列入表 3-32。

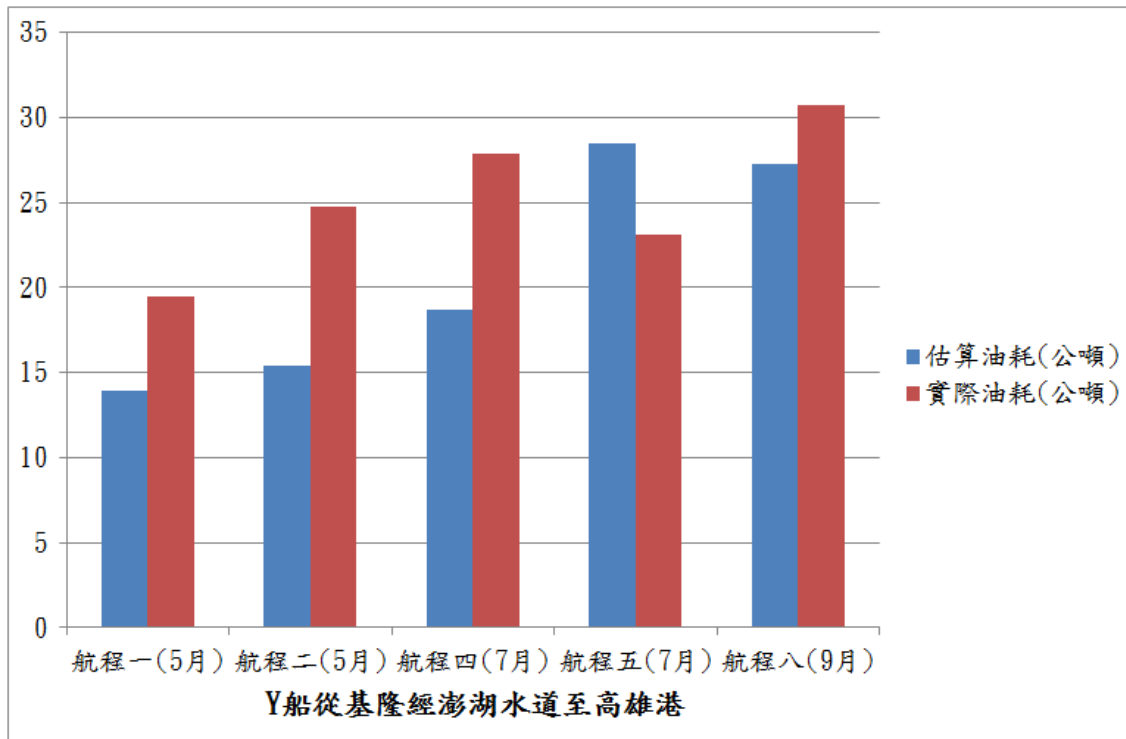


圖 3.25 估算與真實油耗比較：Y 船基隆經澎湖水道至高雄港航程

表 3-32 Y 船從基隆經澎湖水道至高雄 4 航次估算與實際油耗的比較

	平均值	最大值	最小值	標準差
估算油耗(公噸)	19.19	28.43	13.96	6.51
實際油耗(公噸)	23.80	27.90	19.50	3.49
實際值-估算值(公噸)	4.67	9.30	-5.33	6.89

從圖 3.25 看來，前三個航程的油耗都是實際值高於估算值，航程五卻是估計值高於實際值。因此再取航程一、四、五分析航速，如表 3-33，其中航程五的最大航速已高於該船在船舶技術資料庫中最大船速值。而圖 3.26 是 Y 船各航次通過北部石門沿岸時 AIS 船位航速套疊

該區域漲退潮流速（箭頭黑色數字）的情形，該區域實際航行速度受漲退潮流影響甚大。航程五順著漲潮流往西，使得估算油耗大於實際油耗；航程五全程速度都高出航程一許多，實際油耗也高於航程一。

表 3-33 Y 船基隆高雄航程的速度分析

AIS 航速（節）	平均值	標準差	最大值	中位數
航程一（南下）	9.09	5.23	14.25	12.13
航程四（南下）	8.35	6.49	18.05	11.16
航程五（南下）	9.57	8.59	20.85	14.50

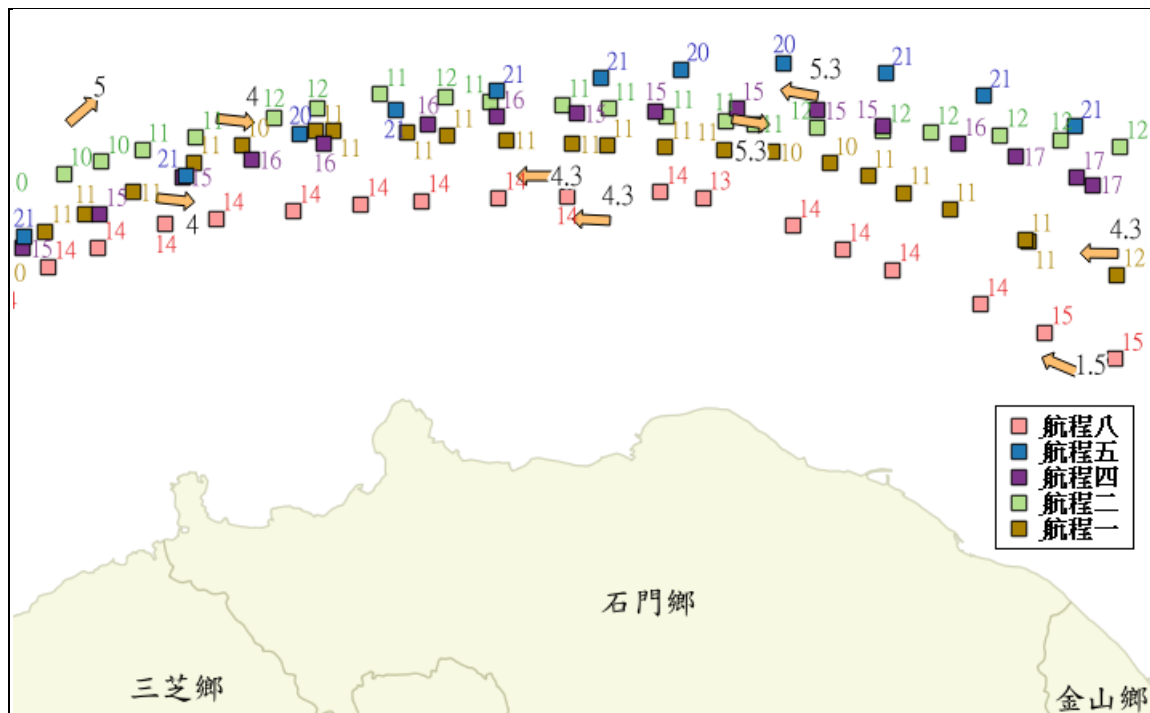


圖 3.26 Y 船於石門外海的實際航速與漲退潮流

3.7 小結

國際海事組織發布的第三次溫室氣體研究報告，使用 AIS 資料結合由下而上的模型，從 AIS 資料估算出全球船隊之個別船舶燃油消耗量。本研究彙整 IMO 的報告、他國的國家層級排放量估算以及我國的相關估算報告，比較其程序方法與各種參數後，擷取其中適用的部分，據以修改本研究第一年發展的估算模組與資料庫，並與多船多航次的實際油耗數據比較，評估其準確性與可靠度。

本研究參考國際最新技術與建議，將 AIS 資料取間隔 2 分鐘內插並網格化其空間分布，設計實作自動取得估算船舶溫室氣體與空汙排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法。依此方法估算的油耗量在臺中高雄之間航線上與實測值相當接近，在基隆高雄之間則發現受潮流影響而可能有較大差異。整體而言，應用此方法可使國內現行的估算更精確且與國際現況更為一致。

第四章 海難資料平台及其結合 AIS 船舶動態與海域 環境資訊的應用分析

4.1 前言

此項研究的首要目的在於完善我國海難資料庫之建置，使其與國際海事組織海難調查章程接軌，並使我國海難調查與航行風險分析得以充分應用 AIS 提供的船舶動態數據以及地理空間資訊技術。

建置的海難資料庫以 2004 年 SOLAS 船舶開始安裝船舶自動辨識系統(AIS)後，具備或可取得經緯度位置資訊的海難事件資料庫為主要對象與範圍。無位置經緯度的部分先取得船舶識別資訊，藉此設法查詢交通部相關單位的船舶基本資料庫或航船布告，再關聯 AIS 歷史資料庫中的船舶動態資料。無位置資訊又無法取得基本識別資料進而與 AIS 關聯者，只能暫時排除不納入分析。

本研究於第二年(103 年)的研究分析公開之海事案件統計現況，設計網頁版海事案件輸入系統，將紙本海事報告與不同格式的統計表格資料轉換建置成可供查詢分析的電子資料庫，並設計符合 IMO 海難事故通報準則之海難資料庫服務平台雛型。

本年度首先完成符合 IMO 海難事故通報準則且具備空間資訊查詢功能的電子化海難資料庫平台，結合 AIS 船舶動態資料與海域環境資訊分析海難資料與跡近事故偵測統計，後續再據以分析航路風險潛勢。

4.2 IMO 海難調查章程的通報要求與海難資料庫

4.2.1 海難調查章程

IMO 的「海難調查章程 (Casualty Investigation Code)」於 2008 年通過，並於 2010 年 1 月 1 日起生效。該章程及相關通函與指南如下：

- (1) IMO Resolution MSC.255 (84), Adoption of the code of the international standards and recommended practices for a safety investigation into a marine casualty or marine accident (Casualty Investigation Code), adopted on 16 May 2008.
- (2) IMO MSC-MPEEC.3/Circ.4, Casualty-related matters reports on marine casualties and incidents: Revised harmonized reporting procedures - reports required under SOLAS regulations I/21 and XI-1/6, and MARPOL, article s 8 and 12, 28 August 2013.
- (3) IMO Assembly Resolution A.1075 (28), Guidelines to assist investigations in the implementation of the Casualty Investigation Code (Resolution MSC.255 (84)), adopted on 4 Dec. 2013.

MSC-MPEEC.3/Circ.4 是關於各成員國利用向 IMO 通報海難資料的程序與格式，而且是針對透過網際網路在 IMO 的「全球整合航運資訊系統 (Global Integrated Shipping Information System, GISIS)」內的「海難事故模組 (Marine Casualty and Incidents, MCI)」執行的電子式通報。

海難事件可能有很多的肇因以及相關安全問題，因此安全調查必須有足夠的廣度。IMO A.1075(28)把安全調查的範圍分為下列五個區塊：

- (1) 人
- (2) 環境
- (3) 設備
- (4) 處置與程序

(5) 組織及外在影響

在探討海難事故時有幾個術語很容易造成混淆，IMO A.1075 特別為此列出如表 4-1 的術語定義，並以圖 4.1 說明導致海難發生的一系列事件可以怎樣用這些術語予以分類。

表 4-1 IMO 的海難調查相關術語定義

Event 事件	An action, omission or other happening 動作、疏忽或其他發生的事
Casualty event 海難事件	The marine casualty or marine incident, or one of a number of connected marine casualties and/or marine incidents forming the overall occurrence (e.g. a fire leading to a loss of propulsion leading to a grounding). 海難或海上事故，或形成整體發生事件之相連數個海難及/或海上事故之一（例如：火災導致失去動力繼而造成擱淺）
Accident event 意外事件	An event that is assessed to be inappropriate and significant in the sequence of events that led to the marine casualty or marine incident (e.g. human erroneous action, equipment failure). 被評估為不當的事件，且在導致海難或海上事故的一系列事件中是重要（例如：人為錯誤動作，設備故障）
Contributing factor 促成因素/肇因	A condition that may have contributed to an accident event or worsened its consequence (e.g. man/machine interaction, inadequate illumination). 可能導致意外事件或使其後果惡化的狀況（例如：人機互動，照明不足）
Safety issue 安全問題	An issue that encompasses one or more contributing factors and/or other unsafe conditions. 包含一或多個因素及/或其他不安全狀況的問題

Safety deficiency 安全缺失	A safety issue with risks for which existing defences aimed at preventing an accident event, and/or those aimed at eliminating or reducing its consequences, are assessed to be either inadequate or missing. 存在風險的安全問題，旨在防止意外事件及/或消除或減少其後果的現有防禦措施被評估為不足或有缺失。
-----------------------------------	---

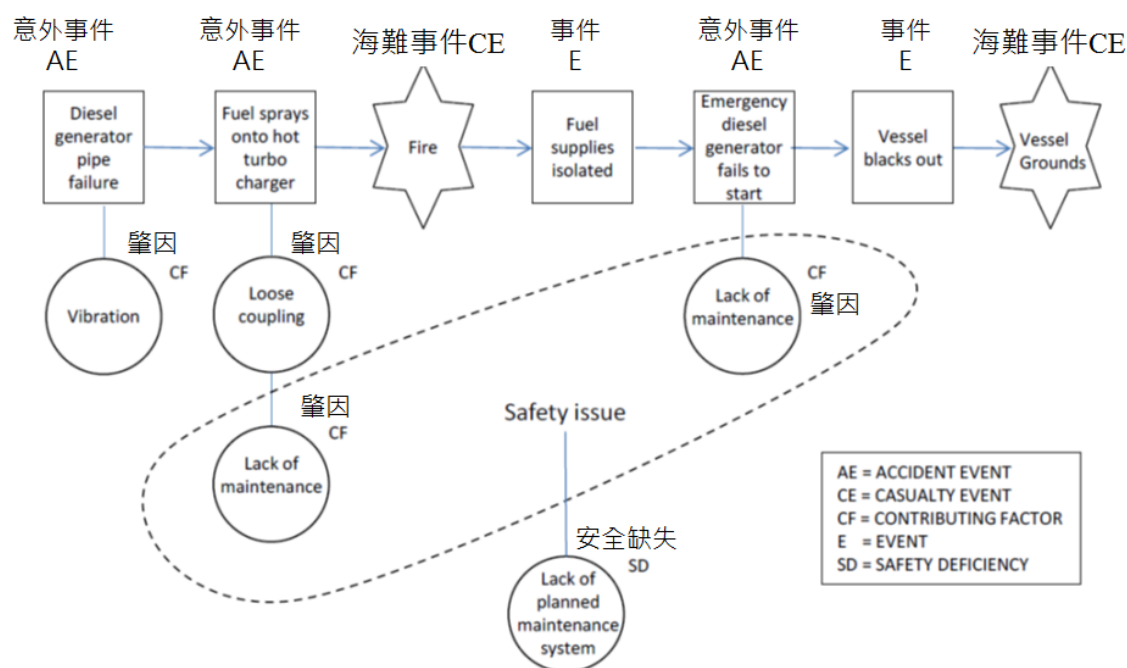


圖 4.1 以術語分類描述導致海難發生的事件序列（IMO A.1075）

4.2.2 國際海事組織的海難資料庫

IMO 的全球整合航運資訊系統(GISIS)設有海難事故模組(MCI)，提供 IMO 成員國查詢及填報海難調查資料，且部分開放大眾查詢。

MCI 資料庫內登錄的海難有兩類資訊：

第一類是從各種來源蒐集的事實資料；

第二類是基於海難調查報告的闡述資訊。

MCI 模組內容包括通報給 IMO 的完整海事安全調查報告，也包括

對這些報告的分析，以利指認整體趨勢與潛在顧慮。

GISIS 的 MCI 模組為了海難資料的登錄而採取的分類如表 4-2。依據 IMO MSC-MPEEC.3/Circ.4，對於非常嚴重的海難，海事安全調查國除了須填報該通函附錄要求的資料之外，還必須提送海事安全調查給 IMO；其他海難或事故如果有重要教訓可以作為借鏡，則除了填寫資料庫也應提送完整的調查報告。該通函並敦請調查國在海難或事故發生後儘速於 GISIS MCI 模組登錄關於該海難的基本事實資料。在此初期，調查國應至少填寫附錄 1 與 2 所有以星號標記的欄位，並盡可能填寫附錄 3 的後果資料。（本研究附註：文件中並未看到任何星號標記，推測是在網路系統上填寫時才看得到）

表 4-2 IMO GISIS MCI 模組的海難事故分類

類別	說明
非常嚴重的海難	船舶全損、人員死亡、嚴重汙染
嚴重的海難	未達非常嚴重的海難；涉及火災，爆炸，碰撞，擱淺，觸碰，惡劣天氣的損害，冰傷，船體破裂，或懷疑船體缺陷等，導致船舶不宜繼續航行，或造成汙染，或故障須拖船或岸上協助
較不嚴重的海難	未達非常嚴重的海難或嚴重的海難；為了記錄有用的資訊也包括海上事故
海上事故	包括「危險事件」和「跡近事故」

GISIS MCI 模組分為五個附錄，整理如表 4-3：

表 4-3 IMO GISIS MCI 模組的附錄

附錄	主題	內容
一	一般資訊	(1) 概括資訊 海事安全調查國、涉案船舶數、已採取之行動、安全建議焦點、安全建議接受度、安全建議

		(2)海難事故基本資料 事件總結、初始發生日期時間、初始發生之船位經緯度、初始發生之位置、整體事故之指定海難事件、整體事故之嚴重性 (3)外在環境數據 海況、風力、自然光、能見度、天氣類型、冰況。
二	事實資訊	每艘涉案船的事實資料，分為： (1)船舶資料 (2)航次資料 (3)海難資料 (4)後果
三	海難分析資料	對於每艘涉案船的每一海難事件的每一意外事件（例如圖 2.1），依特性分別填寫，意外事件表格分類如下： (1) 人員錯誤行為 (2) 設備故障 (3) 危險物質影響 (4) 環境影響 (5) 外部機構
四	補充資訊	關於每一海難或事故在各種特定情況下須補充的資訊，例如： 如果是「翻覆/傾側」海難事件或「船舶全損」，而且總長超過 25m（漁船 15m），則需再填寫的資料包括：波長、波高、相對於船艏向之風向、相對於船艏向之浪向、發生海難時之船速... 等等
五	欄位值選項表	用於上述附錄欄位以單選或複選方式選填時的選項表。計有：安全建議焦點、初始海難或事故的

		位置、海難事件、海難事件嚴重性、海況、風級、自然光、能見度、油貨/燃油類型與數量、意外事件、職位、相關訓練、錯誤類型、暫時性的相關肇因、永久性的相關肇因、運作上的肇因、管理/組織上的肇因、設備系統、設備故障類型、危險物質類型、危險物質影響之類型、環境影響現象、外部機構制度、受到影響的外部機構任務... 等等共 30 個表。
--	--	--

我國目前並非 IMO 成員國，從 GISIS 資料庫的公開查詢資料看來：關於我國籍船舶在臺灣海域發生的重大海難，是由 IMO 秘書處登錄，但內容通常僅限於船舶基本資料以及如媒體報導般的摘要敘述。

2016 年 3 月 13 日再次於 IMO GISIS MCI 模組查詢位於臺灣海域的海難，摘錄 2011 年起的資料如表 4-4，其中只有瑞興輪有調查報告。

表4-4 IMO GISIS內登錄的臺灣海域海難（摘錄）

Ships involved	Incident date	Type of casualty	說明
SHIH HUI 31 (-)	2015/9/18	Very serious	世暉 31 漁船 (被亞泥二號撞沉)
OCEAN RESEARCHER V (IMO 9614098)	2014/10/10	Unspecified	海研五號 (觸礁沉沒)
HAI HSIANG NO 8 (-)	2012/3/19	Very serious	海翔八號
OCEAN GLORY (-)	2012/3/19	Very serious	海翔八號
OBERON (-)	2012/2/19	Very serious	歐倍隆 (擱淺漏油)
JUI HSING (IMO 7400041)	2011/10/2	Very serious	瑞興輪

2011 年 11 月 02 日沉沒的瑞興輪，其事件摘要敘述內容如下：

Type of casualty:
Very Serious Casualties
Initial event:
Stranding / grounding
Summary of events:
After departure from Keelung, due to poor weather condition, the ship anchored in coastal waters near Keelung, which caused this ship to ground. With strong swell striking, the ship was broken and finally foundered, turned out that 8 of 21 crews were dead and 2 of them were still missing

2012 年 3 月 19 日沉沒的海翔八號事件摘要敘述內容如下：

Type of casualty:
Very Serious Casualties
Initial event:
sinking
Summary of events:
On 19 March 2012, at 0430 hrs (local time), the ship HAI HSIANG NO 8 loaded with 4,000 tons of soil and a crew of 15 sank off Keelung harbour. At 0426 hrs, the crew informed Keelung harbour authorities that the ship was listing and of their intention to return to harbour. Rescue authorities and other ships in the vicinity were immediately alerted by the Control Centre and requested to help with rescue efforts. The ship sank quickly. Six bodies were recovered, 7 were rescued by searchers, who are still looking for the 2 missing crew members. An initial investigation shows that the ship's first engineer was not aboard during the incident. According to customs data, the ship should have had a crew of 16. The cause of the incident is unclear, however, local media reported that the ship may have been overloaded. Heavy fog and rough seas may have also caused the accident, according to local media outlets.

2014 年 10 月 10 日觸礁沉沒的海研五號事件摘要敘述內容如下：

Marine Casualties and Incidents » Incident Data	
Initial event:	
Stranding / grounding	
Summary of events:	
THE RESEARCH SURVEY SHIP 'OCEAN RESEARCHER V' STRANDED ON A REEF AND SUBSEQUENTLY SANK IN THE TAIWAN STRAIT 3 MILES EAST OF PENGHU, TAIWAN, CHINA IN LAT. 23 33N, LONG. 119 44E., AT 1644 HOURS LT ON 10/10/14 IN HEAVY WEATHER AND POOR VISIBILITY.	
THE SHIP SUSTAINED SEVERE DAMAGE TO STARBOARD SIDE OF HULL, TOOK WATER AND LISTED PRIOR TO SINKING APPROXIMATELY 3 AND A HALF HOURS AFTER THE INITIAL STRANDING. NAVAL AND COASTGUARD SHIPS, AIRCRAFT AND HELICOPTERS ASSISTED WITH SAR OPERATIONS. ALL 43 CREW RESCUED AND TAKEN ASHORE TO HOSPITAL. 24 CREW INJURED, 2 OF WHOM DIED BEFORE REACHING HOSPITAL. THE ACCIDENT INVESTIGATION DETERMINED THE CAUSE OF THE INCIDENT TO BE NAVIGATIONAL ERROR.	

2015 年 9 月 18 日因被亞泥二號碰撞而致沉沒的世暉 31 號海難，其事件摘要敘述內容如下：

Marine Casualties and Incidents » Incident Data	
Initial event:	
Collision	
Summary of events:	
The 48-tonne fishing vessel SHIH HUI 31 en route from Chuwei (a port near Taoyuan city) capsized after colliding with an 8,000-tonne cargo ship ASIA CEMENT 2 on Friday, 18 September 2015 off Taiwan, China's northern coast.	
Four bodies were recovered and five are reported still missing.	
A search and rescue operation was deployed to search for the missing crewmembers.	

4.3 我國海難資料庫平台之建置

4.3.1 海難資料來源、特性與範圍

本研究建置的海難資料庫以 2004 年 SOLAS 船舶開始安裝船舶自動辨識系統(AIS)後，具備或可取得經緯度位置資訊的海難事件資料庫為主要對象與範圍。無位置經緯度的部分則必須再透過船舶識別資訊查詢交通部相關單位的船舶基本資料庫後從 AIS 取出。無位置資訊又無法取得基本識別資料進而與 AIS 關聯者，只能暫時排除不納入分析。

交通部統計查詢網（<http://stat.motc.gov.tw/>）已提供海事案件的統計查詢，如圖 4.2。依據該網站的統計名詞查詢，「海事案件」的英文名稱包括：Ship-wreck/Marine Incident/Sea Accident/Casualty；定義是：「指船舶在海上發生沉沒、觸礁、擱淺、碰撞、失火、爆炸、傾覆、機器故障或其他意外事故及有關船舶、貨載、船員或旅客之非常事變等案件」。

圖 4.2 交通部統計查詢網之海事案件統計查詢畫面

交通部統計查詢網對於失事地點的統計區分港內與港外，港外海事案件係指事件發生於我國飛航情報區而非屬任一港區者，港內的部分原本只區分國際商港、輔助港、工業港、其他港口，於 99 年起再細分各港口；發生原因別原本區分為：碰撞、觸礁擱淺、失火、爆炸、洩漏、傾

覆、機器故障、非常變故、惡劣天氣、其他。99 年起將碰撞改為「兩船碰撞」、「與其他物碰撞」兩項，也不再有了「惡劣天氣」這一項（惡劣天氣有損失者是列為非常變故）；98 年以前海事案件的單位是「艘」，99 年起改為「件」。圖 4.3 是於交通部統計查詢網查詢歷年港外商船海事案件的結果（僅篩選特定原因）。

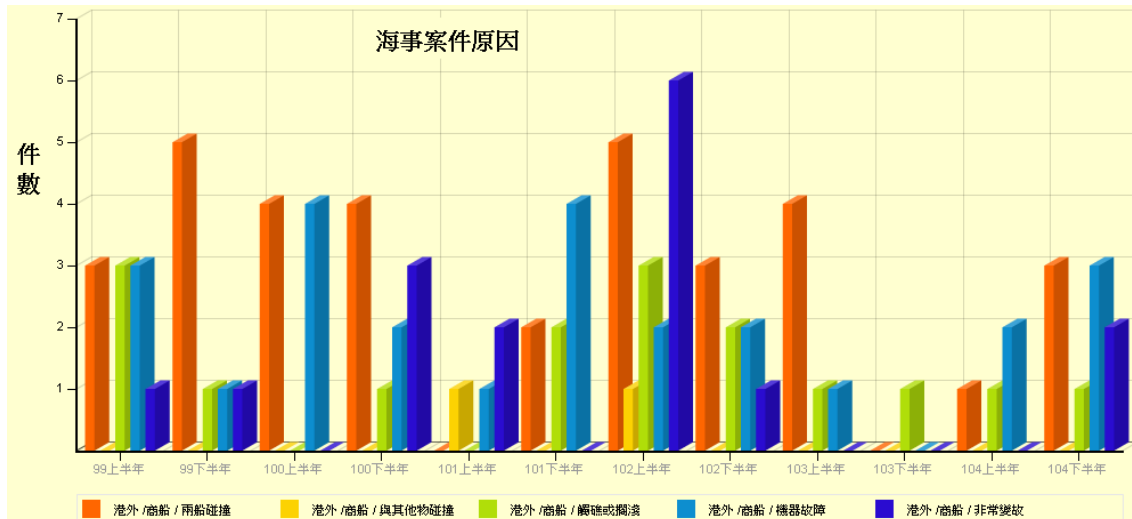


圖 4.3 交通部統計之歷年港外商船海事案件查詢結果

交通部海事案件資料的原始來源主要是：海事案件發生後，船長依據「海事報告規則」，依照航政機關印置備用之空白海事報告書製作並送請航政機關簽證的海事報告。

本研究因研究之需於 102 年 10 月函請交通部航港局提供 93-102 年間的海事案件資料，希望至少取得下列內容：(1)海事案件經緯度；(2)日期時間及原因；(3)若無海事評議，可提供案件所屬統計分類資料。當時獲得南部中部與東部航務中心以 PDF 或 WORD 檔格式提供該航務中心的「我國重大/一般海難事故統計表」。這些資料的船舶識別只有船名，而且通常是中文（或中譯）船名，肇事地點描述方式不一，要建置成具備地理坐標而且適於分析的 GIS 資料庫，確實有相當的困難度。因此研究團隊另於本期(103)計畫中就近前往位於基隆的北部航務中心，擬從海事案件紙本資料取得更多的必要資料，例如：船舶的英文船名、IMO 號碼或 MMSI 等識別資料，以利與 AIS 船舶動態資料關聯。

4.3.2 基於現有海事報告之海難資料輸入系統

交通部航港局北部航務中心持有的海事報告資料為紙本資料，而且沒有統一的格式，必須以人工閱讀紙本資料，再依設計的格式輸入電子資料庫，才能提供查詢分析。為了輔助資料輸入，本研究設計了海事案件輸入系統，以利從快速從紙本海事報告中取出資料並輸入成為地理資訊系統可用的資料庫。

「案件資訊資料表」是紀錄船舶基本資料及案件發生原因，如果紙本資料沒有記錄經緯度點而有說明大約位置則填入至字串型態的 Position 欄位。「案件船舶動態訊息資料表」是紀錄海事案件的經緯度及時間。操作時是透過線上資料輸入方式，將海事案件資料上傳至資料庫當中。海事案件輸入系統提供透過英文船名查詢 MMSI 後自動填入的功能，案件的地理位置經緯度的輸入則提供文數字與地圖兩種介面。從 MMSI 與日期時間就可以從 AIS 船舶動態資料庫中取出該案件的船舶軌跡。

102 年各航務中心提供之海事案件統計表內所列案件，也以人工的方式輸入資料表，其中缺少經緯度資訊的部分案件，是從海軍航船佈告中尋找對應的英文船名，繼而找出 MMSI 然後從 AIS 船舶動態資料庫中，取出實際發生位置。連同透過海事案件輸入系統輸入的北部航務中心海事報告資料，輸入資料庫內已有大約 2000 筆資料，其中大部分被歸類於惡劣氣候損壞的案件（主要來自北部航務中心資料）。

4.3.3 基於海難調查章程及其相關通報要求之海難資料輸入系統

前節所述的海難資料庫與輸入系統是為了盡速將蒐集到的現有海難資料建置成資料庫，以利分析研究。就長期運作維護我國海難資料庫而言，仍應另建一作業化的系統供航港局專責人員操作。此一資料庫系統之設計應符合海難調查章程及其相關通報要求。

MSC-MPEC.3/Circ.4 是關於各成員國利用向 IMO 通報海難資料的程序與格式，而且是針對透過網際網路在 IMO 的全球整合航運資訊系統

海難事故模組執行的電子式通報。本研究基於此國際格式設計海難資料庫服務平台提供下列功能：

- (1) 海難資料登錄及查詢；
- (2) 遇難船舶 AIS 航跡及其周遭狀況動態回播。

海難案件登錄至 MSC-MPEC.3/Circ.4 格式資料庫的資料分為基本資料與事實資料：

- (1) 基本資料項目：定義了案件事發經過、位置、時間、環境、事故類別以及後續處理方式等；
- (2) 事實資料內容：包含所涉及船舶的詳細資訊及在此案件對於船舶而言所造成的損壞或人員傷害。

登錄海難資料時系統會指派唯一的案件編號，搜尋時可根據案件編號、發生時間前後及地理位置範圍向海難資料庫搜尋案件。海難資料庫資訊平台各資料表之間的關聯如圖 4.4。主要的各個資料表結構如圖 4.5 至圖 4.8。系統操作畫面範例如圖 4.9 至圖 4.12，其中部分以 IMO GISIS MCI 模組已登錄的海研五號海難資料對照填寫。



圖 4.4 海難資料庫資訊平台資料表的關聯圖

generic 海難事故資料表結構

Name	Type
A1_id	varchar
Marine_safety_investigating_State	varchar
Number_of_ships_involved	int
Actions_taken	text
Safety_recommendation_focus_(loop for mc	varchar
Safety_recommendation_acceptance	varchar
Safety_recommendation	text

Voyage_data 航行資訊資料表結構

Name	Type
A1_id	varchar
A2_id	varchar
Type_of_cargo	text
Packageed_dagerous_goods_or_marine_po	text
Number_of_crew_on_board	int
Number_of_passengers_on_board	int
Number_of_other_persons_on_board	int

generic_casualty_data 海難事故細節資料表結構

Name	Type
A1_id	varchar
Summary_of_events	text
Date_of_initial_marine_casualty_or_marine_incident(local)	date
Time_of_initial_marine_casualty_or_marine_incident(local)	time
Position_of_initial_marine_casualty_or_marine_incident-latitude	double
Position_of_initial_marine_casualty_or_marine_incident-longitude	double
Location_of_initial_marine_casualty_or_marine_incident	int

Ship_particulars 船舶詳細資訊資料表結構

Name	Type
A1_id	varchar
A2_id	varchar
IMO_number	int
Name_of_ship	text
Call_sign	text
MMSI_number	int
Flag_State	text
Type_of_ship(drop_list_to_include_high_spe	text
Cross_tonnage	float
Length_overall	float
Claassification_society	float
Registered_shipowner	text
Ships_company	text
Year_of_build	year
Deadweight	varchar
Hull_material	varchar
Hull_construction	varchar
Propulsion_type	varchar
Type_of_bunkers	varchar
Number_of_crew_on_ships_certificate	int
Number_of_passengers_on_ships_certificate	int

圖 4.5 海難資料庫平台資料表結構-海難、船舶與航程

Table_2 安全建議資料表內容

index	descript	chinese
1	Carriage of cargo	貨物裝載
2	Electrical installation	電氣安裝
3	Fire protection/fire-fightin	防火/消防設備
4	Human factors	人為因素
5	Life-saving equipment	救生設備
6	Machinery	機械
7	Operational practice	操作實務
8	Radio installation	無線電裝置
9	Safety of navigation	航行安全
10	Seaworthiness	適航性
11	Stability	穩定性
12	Other	其他
13	No safety recommendatic	無安全建議

Table_2 安全建議資料表結構

Name	Type	Length
index	int	11
descript	text	0
chinese	text	0

圖 4.6 海難資料庫平台資料表結構與內容-安全建議

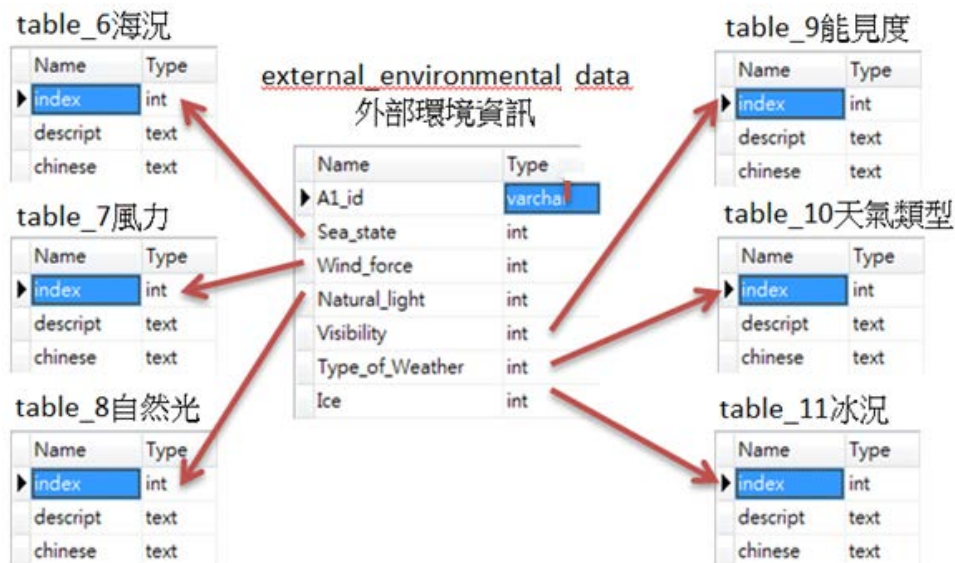


圖 4.7 海難資料庫平台資料表結構-外部環境資訊

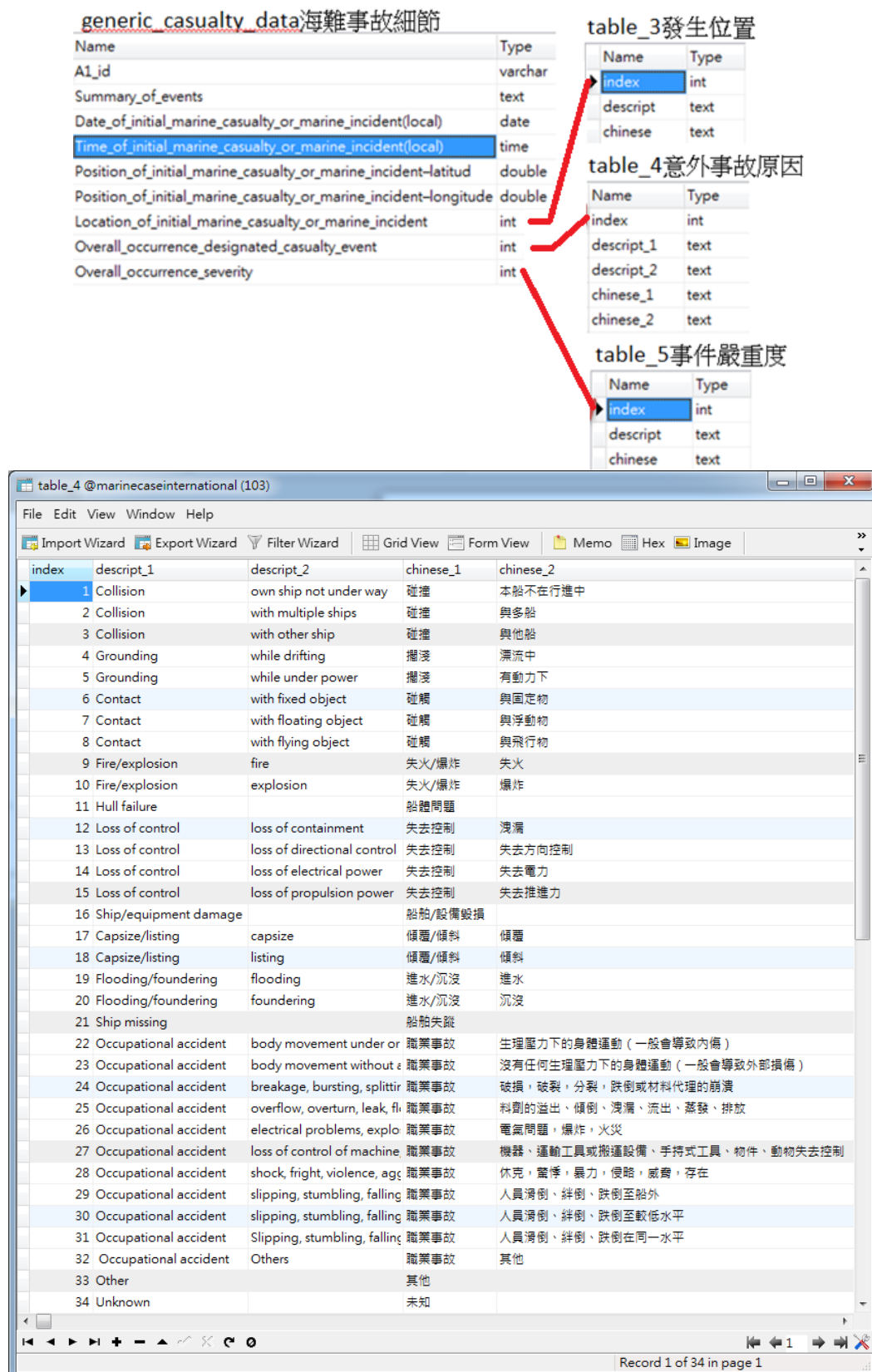


圖 4.8 海難資料庫平台資料表結構-位置、原因與嚴重度

Marine Casualty

WelcomeIncident

ActionAddModifySearch

Marine Casualty

WelcomeIncident

Add>>Generic>>Factual>>Analyze>>AIS

Incident Reference:GenericShip Reference:

Generic

海事調查國:

Taiwan, R.O.C

涉及船舶艘數:

1

所採取的行動:

安全建議重點(循環:多個安全建議):

安全建議驗收:

安全建議:

clearnext

Add>>Generic>>Factual>>Analyze>>AIS

Incident Reference:C00004Ship Reference:

Generic Casualty

事件概要:

初始海上事故或海上事件日期(本地):

初始海上事故或海上事件時間(本地):

經度 - 初始海上事故或海上事件位置:

緯度 - 初始海上事故或海上事件位置:

初始海上事故或海上事件發生的地點:

總體發生之海難事件劃分:

總體發生之嚴重程度:

clearnext

圖 4.9 海難資料庫服務平台的資料登錄畫面

Marine Casualty

Welcome
Incident

Add >> Generic >> Factual >> Analyze >> AIS

Incident Reference: C00029
Ship Reference: 1

Ship Particulars

IMO編號: 9614098

船舶名稱: OCEAN RESEARCHER V

呼號:

MMS編號:

船旗國:

船隻類型(下拉列表包括高速船): Research Survey Vessel

總噸位: 2967

總長度: 72.6

船級社:

clear next

SHIP IDENTIFICATION AND PARTICULARS

Administrations are urged to supply the ship identification information listed in this annex for submitted to the Organization.

1. IMO Number:	9614098
2. Name of Ship:	OCEAN RESEARCHER V
SOLAS or non-SOLAS:	Unknown/unspecified
3. Flag Administration:	China
4. Type of Ship:	Research Survey Vessel
5. Type of Service:	Not reported
Other:	
6. Were any voyage related restriction limits placed on the ship? Explain:	
7. Gross Tonnage:	2967
Length Overall (m):	
8. Gross Tonnage:	72.6
9. Classification Society:	IMO GISIS MCI

Marine Casualties and Incidents » Incident Data

Marine Casualty

Welcome
Incident

Add >> Generic >> Factual

Incident Reference: C00041

註冊船東: NATIONAL APPLIES RESEACH LABS (IMO 4181946)

船舶公司: TORI (IMO 4181950)

建造年份: 20120701

載重量: 1060

船體材料:

船體建造:

推進型式: Other

燃料種類:

船舶證書之船員人數:

clear next

9. Classification Society:	
10. Registered Shipowner:	NATIONAL APPLIES RESEACH LABS (IMO 4181946)
11. Ship Manager/Operator:	TORI (IMO 4181950)
12. Previous Names:	
13. Previous Flag:	
14. Previous Class Society:	
15. Date of contract/keel laid/delivery:	2012-07-01
16. Date of major conversion:	
17. Deadweight (t):	1060
18. Hull material:	
19. Hull construction:	
Other:	
20. Propulsion Type (type, fuel, etc.):	Other
20.1. Bunkers:	
21. Nature of cargo (e.g. oil, dry bulk and goods under the IMDG Code):	
22. Building yard:	
23. Hull number:	
24. Date of total loss / constructive total loss / scrapping:	2014-10-10
25. Number of crew on ship's certificate:	IMO GISIS MCI

圖 4.10 海難資料庫平台-船舶識別與詳細資料（事實資料）

Marine Casualty

Welcome Incident

Add >> Generic >> Factual >> Analyze >> AIS

Incident C000 Ship Particulars Ship Reference: 1

Voyage Data

貨物種類:

船上包裝的危險貨物或海洋污染物:

船上的船員人數:

船上的乘客人數:

船上的其他人員人數:

圖 4.11 海難資料庫平台-航程資料（事實資料）

Marine Casualty

Welcome Incident

Casualty Data

海難事件(循環超過一人傷亡事件):

海難事件嚴重性:

船舶作業:

引航下:

有使用GMDSS:

有使用救生設備:

有棄船:

裝有VDR/ S-VDR:

可取得VDR/ S-VDR資訊:

已下載VDR/ S-VDR資訊:

PRELIMINARY CASUALTY DATA		IMO GISIS MCI
28. Date and time (local onboard):	2014-10-10 16:44	
29. Position/location:	TAIWAN STRAIT 3 MILES EAST OF PENGHU, TAIWAN	
Latitude:	23° 33.00' N	
Longitude:	119° 44.00' E	
30. Initial event ¹ :	Stranding / grounding	
31. Consequences [*] :	Total loss of the ship; Loss of life	
32. Summary of events:	THE RESEARCH SURVEY SHIP 'OCEAN RESEARCHER V' STRANDED ON A REEF AND SUBSEQUENTLY SANK IN THE TAIWAN STRAIT 3 MILES EAST OF PENGHU, TAIWAN, CHINA IN LAT. 23 33N, LONG. 119 44E., AT 1644 HOURS LT ON 10/10/14 IN HEAVY WEATHER AND POOR VISIBILITY. THE SHIP SUSTAINED SEVERE DAMAGE TO STARBOARD SIDE OF HULL, TOOK WATER AND LISTED PRIOR TO SINKING APPROXIMATELY 3 AND A HALF HOURS AFTER THE INITIAL STRANDING. NAVAL AND COASTGUARD SHIPS, AIRCRAFT AND HELICOPTERS ASSISTED WITH SAR OPERATIONS. ALL 43 CREW RESCUED AND TAKEN ASHORE TO HOSPITAL. 24 CREW INJURED, 2 OF WHOM DIED BEFORE REACHING HOSPITAL. THE ACCIDENT INVESTIGATION DETERMINED THE CAUSE OF THE INCIDENT TO BE NAVIGATIONAL ERROR.	

圖 4.12 海難資料庫平台-海難資料登錄（事實資料）

4.4 海難與 AIS 船舶動態的關聯分析

碰撞與擱淺類海難資料的空間分布大致如圖 4.13。

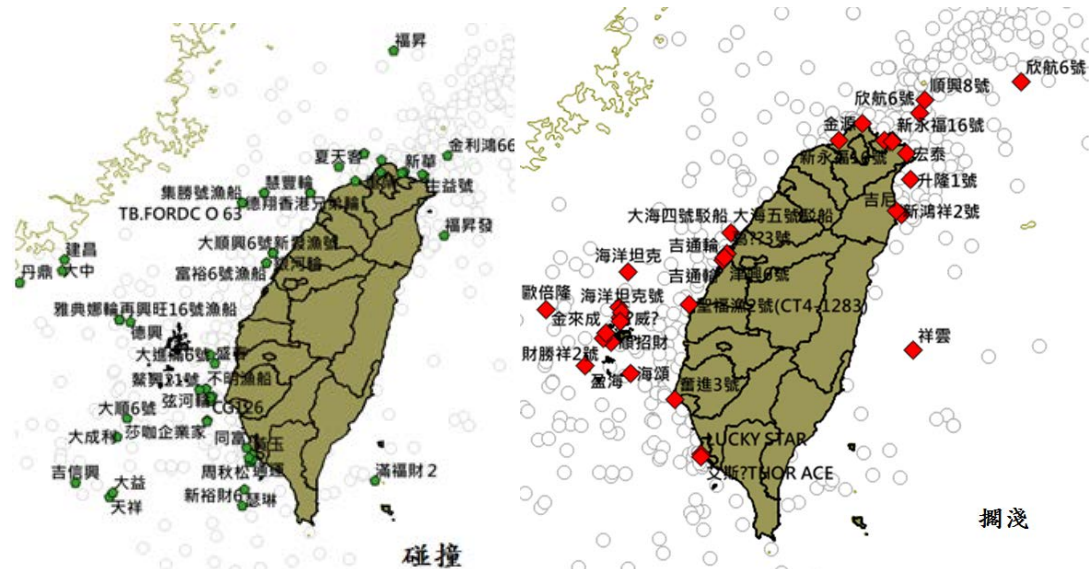


圖 4.13 碰撞與擱淺類海難位置分布

在建置海難與 AIS 的關聯後，本研究於第二年的研究中分別以海翔 8 號傾覆沉船海難事件、升隆 1 號失去動力漂流擱淺海難事件、瑞興輪擱淺斷裂沉沒並造成死亡與汙染之嚴重海難事件、以及海研五號觸礁沉沒海難事件進行分析。

4.4.1 海翔 8 號傾覆沉船海難事件

「海翔 8 號 (Ocean Glory)」2012 年 3 月 19 日凌晨自基隆港出港航往花蓮，行經基隆外海東北方 9 浬處發生船身傾斜意外，雖緊急掉頭欲折返基隆港，卻仍在港外 6 浬處沈沒，船上 15 人，13 人獲救（其中 6 人不幸死亡），2 人（包括船長）失蹤。其海事報告書中填寫或描述的內容大致如下：「船裝的貨是一種礦土，跟一般水泥差不多...兩點半鐘左右開航...直到約四點出頭(根據值班水手描述，他剛接班沒多久)，我們聽到船長的緊急廣播：船舶發生傾斜，全體船員穿好救生衣到駕駛台緊急待命。...」；此為沉船事件；海事性質是氣候惡劣、船舶傾覆；海事發生船位是基隆港外海；海事發生時間是民國 101 年 3 月 19 日約清晨 4~5 點鐘；氣象大概是東北風 6~7 級；潮汐流向流速不清楚；海浪

6~7 級；海事時速率約 6~8 節。

依據 AIS 資料，該航次的目的地是花蓮，預計於當天下午 14:00 抵達。但是出基隆港後其實從 3:20 左右就明顯偏離該船歷史航跡與代表路徑，海翔 8 號的 AIS 最後船位距離基隆嶼大約 5km，時間是 5:03 分。海翔 8 號出港後到出事這段期間的船艏向與航向一致，且數值相當穩定。但在 4:29 到 4:31 兩分鐘內船艏向右轉了 78 度，4:35 到 4:43 約 8 分鐘內再度右轉 77 度。當日氣象局基隆站觀測的風力僅略高於各站的年平均，海事報告內的風力則比氣象局的觀測資料高出許多。

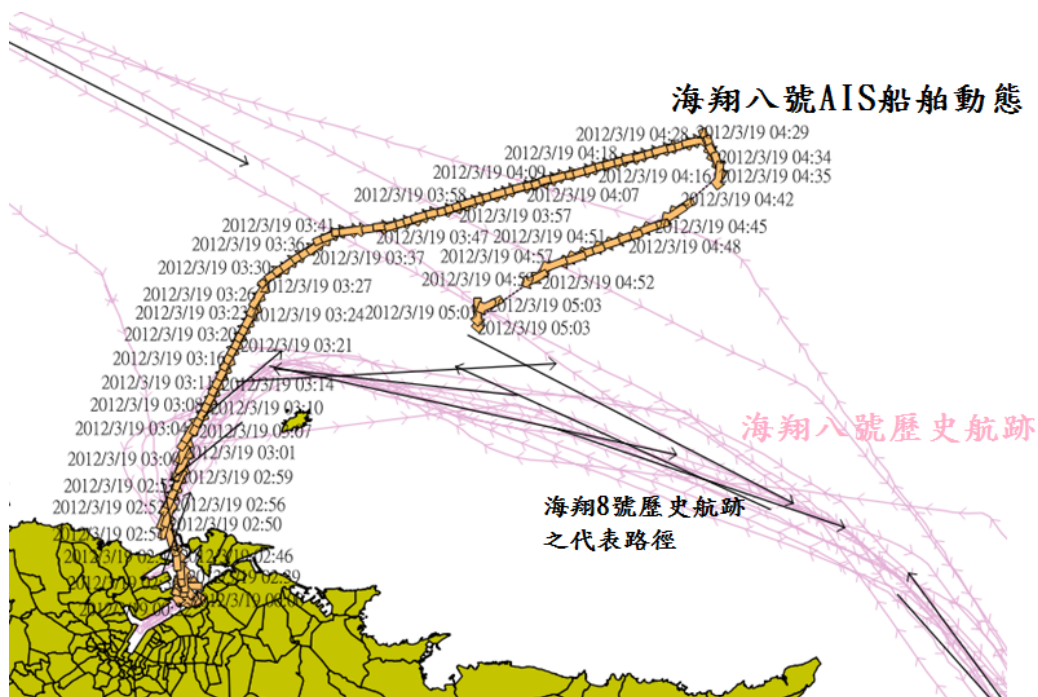


圖 4.14 海翔 8 號出事當日嚴重偏離其往花蓮慣用航路

從事實資料看來，海翔 8 號明顯偏離其往常從基隆到花蓮港的慣用航路甚遠，急右轉致使船艙內載運的貨物偏離，船身右傾，應是此海難事故的肇因之一。

4.4.2 升隆 1 號失去動力漂流擱淺海難事件

本國籍「升隆 1 號」砂石輪於 2010 年 1 月 12 日在蘇澳港外 5 浬因艋軸斷裂失去動力，13 日 23 時 40 分漂流至龜山島擱淺。該船在失去動力期間的 GPS 航向航速變動頻繁；GPS 航向的移動平均和艏向間在

初期幾乎都有接近 180 度的角度差，航速在 1-2 節之間，處於漂流狀態。事件位置在離岸 6 公里以上，而蘇澳外海冬季流速平均約 2 節，從升隆 1 號的 AIS 資料看來其漂流速度也在 1-2 節之間。圖 4.15 是升隆 1 號事件航跡、各船位 GPS 航向（箭頭符號）以及出事當月（2010 年 1 月）各航次的航跡點（圓點）。

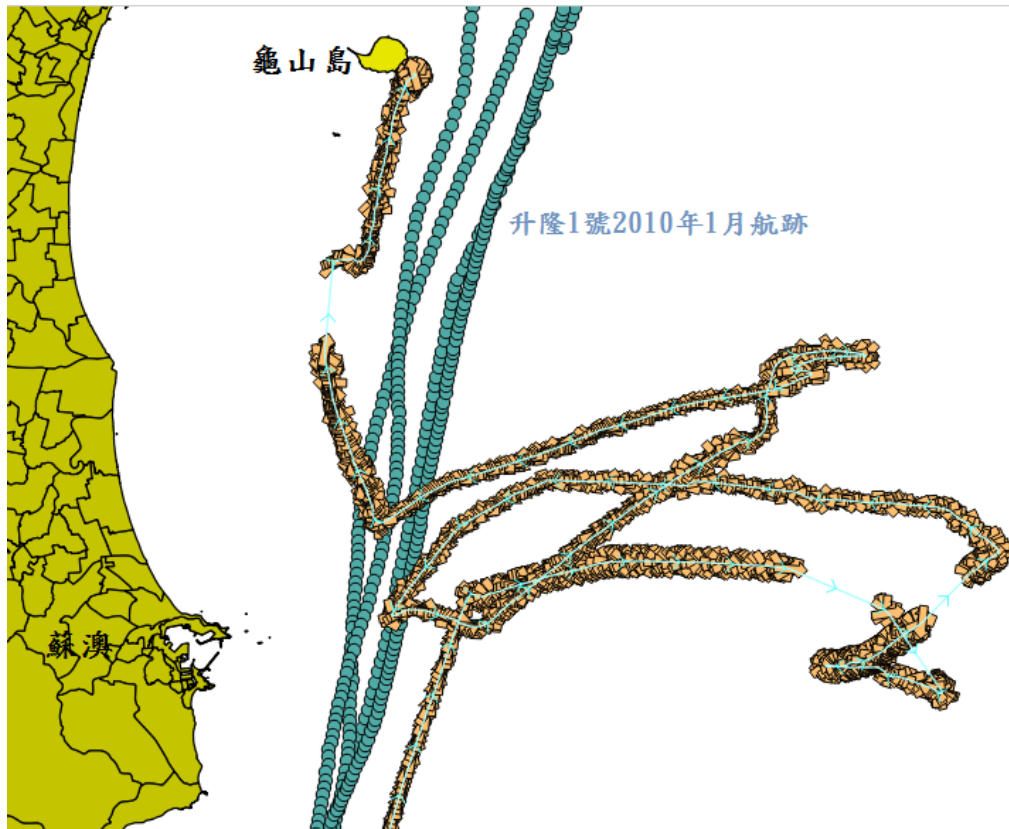


圖 4.15 升隆 1 號海難航次與同月歷史航跡(圓點)之比較

由此可明顯看出失去動力開始偏離原航路的位置，以及失去動力時 AIS 報告航儀資料之變化狀況。

4.4.3 瑞興輪擱淺斷裂沉沒並造成死亡與汙染之嚴重海難事件

瑞興輪(JUI HSING)是 1 萬 1531 噸巴拿馬籍散裝貨輪，建造於 1974 年。2011 年 10 月 3 日於基隆大武崙外擱淺，船上 21 人，無貨物，該事件造成 8 死 2 失蹤，300 多噸燃油外漏，造成綿延 3 公里、寬達 40 公尺的海域汙染。

AIS 資料顯示該船於 2011/10/02 22:34 出基隆港，吃水 5.2m，船舶長 155m 寬 23m，最後的 AIS 船位顯示於 2011/10/03 00:17 擱淺，在 5-10m 水深區域內，距離 5m 等深線大約 165 公尺。AIS 航跡如圖 4.16。

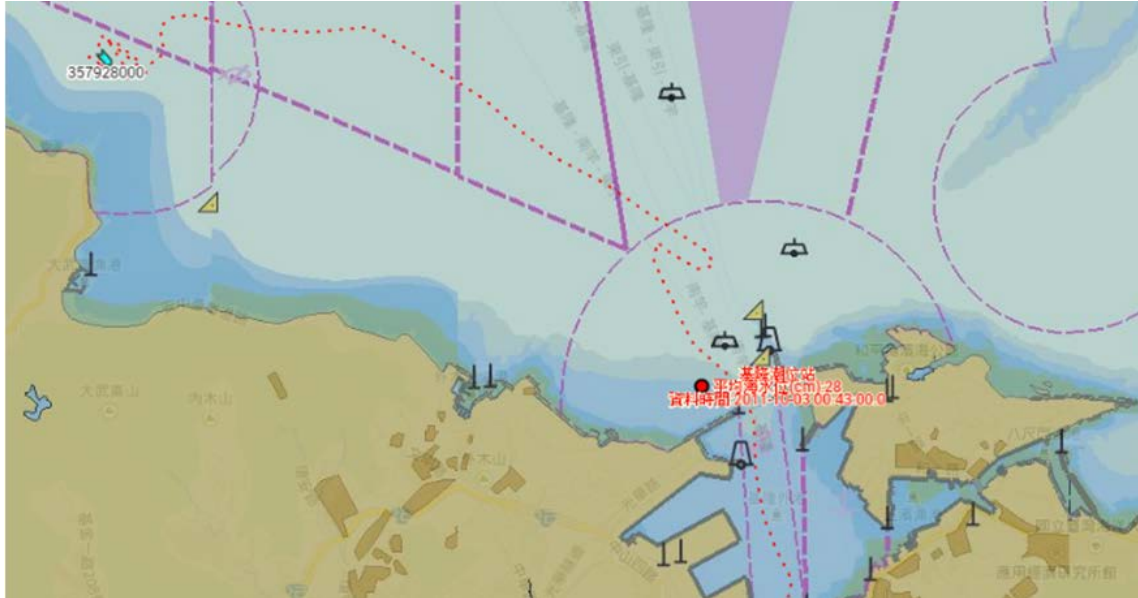


圖 4.16 瑞興輪出基隆港到出事擱淺航跡

依據基隆港的分道航行系統，應從西側航道進港從東側航道出港。從圖 4.16 可以看到瑞興輪一出港就明顯往西偏移，且在接近進港單向航道出口前曾迴轉再迴轉後往西北方向離開基隆港。這期間航跡明顯偏離一般貨輪的出港航跡範圍，該區段的航向也偏離了正常範圍，這些特徵都可以做為異常狀況或危機偵測的依據。

4.4.4 海研五號觸礁沉沒海難事件

2014 年 10 月 10 日造價超過 14 億 101 年 8 月才首航的海研五號研究船在澎湖外海發生海難沉沒，船上 45 人全數被救起，可惜其中兩位研究人員不幸罹難。

海研五號的 AIS 航跡顯示海研五號從安平港出港經過澎湖群島北側海域於臺灣海峽北上，返航南下至澎湖群島北側時並未轉向沿原航路往安平港，結果高速穿越外淺石（圖載水深 3.9m）附近深度範圍在 2-5m 淺水區，如圖 4.17。本研究透過 AIS 資料、海圖、海流、潮位等事實資

訊的整合分析，可清楚呈現海研五號海難發生的主要事件序列。始於航路計畫的問題，海研五號 AIS 設定的靜態吃水深度 6m，經過外淺石的時候潮位又已接近當日第二次退潮的最低點，未能幸運避過災難。海研五號與外淺石礁石高速接觸瞬間使船速驟降，航跡向右偏轉晃動，對地航向開始跳動，在失去動力後船艏向逐漸轉為垂直於航跡方向呈現漂流狀態，隨風逐流繞了個圈後，終因進水而致沉沒。

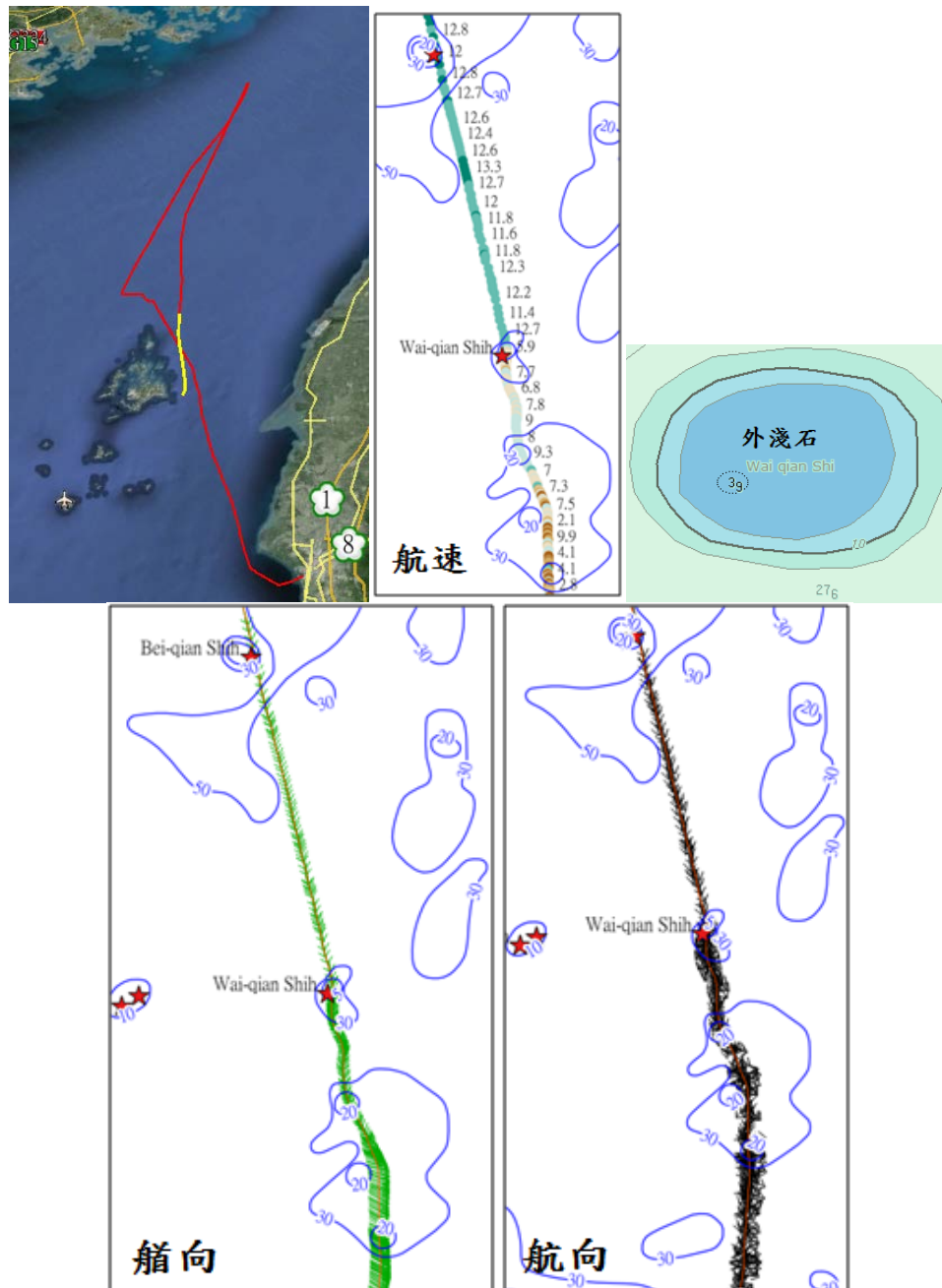


圖 4.17 海研五號航跡及經外淺石前後的航速艏向與航向變化

4.5 跡近事故之偵測與統計

Near miss 這個名詞在許多重視安全的行業領域中都愈來愈受到重視，但似乎沒有統一或一體適用的中文翻譯方式。在醫學領域通常翻譯成「跡近錯失」或「跡近錯誤」，以示其有跡可循的特點。我國內政部消防署參考其他國家建立的提報系統將 near miss 翻譯為「虛驚事件」。另有「倖免於難」、「僥倖脫險」、「未遂事件」等說法。由於在海運的 near miss 事件中，常見 near collision 與 near grounding 等，在此報告中將以「跡近事故」稱之，並分別以「跡近碰撞」和「跡近擱淺」表示 near collision 與 near grounding。

2008 年「國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)」的海事安全委員會與海洋環境保護委員會共同以通函(MSC-MEPC.7/Circ.7)向各國發出"Guidance on Near-miss Reporting"，希望藉由鼓勵報告 near-miss 提升海運安全文化。該指南指出：調查 near-miss 是持續改善安全管理系統不可或缺的要件。其對於 near-miss 的定義是：「可能造成損失的一連串事件或狀況，只因偶然突破該連環事件或狀況而幸運地避免了損失」。

對應於「跡近碰撞」和「跡近觸礁擱淺」的範例分別如下：

- (1) 因採取緊急措施而避免了碰撞；
- (2) 船舶偏航誤入淺水區，還好遇到不尋常的高潮位而未擱淺。

建議之 near-miss 調查程序則是：蒐集資訊、分析資訊、指出原因、提出並實現相關建議事項。

海難數通常不足以支撐有意義的統計，理論上與海難成比例，數量卻高出許多的跡近事故更具統計與指標效用，但是我國似無此報告跡近事故的機制，也無從取得各船公司的跡近事故報告，因此本研究擬以 AIS 資料探勘的方式取得，而關聯 AIS 分析所得的海難事故特徵，即可用於歷史資料的跡近事故偵測，進而推展應用於 AIS 船舶即時動態資料的危機偵測。

4.5.1 跡近擱淺事件之偵測

在偵測並統計跡近擱淺事件方面，由於資料量龐大，本研究對於歷史資料的偵測統計採用的方法是：取全年兩分鐘間隔的 AIS 內插資料；取海圖等級 4（近岸航行用）檔案內的水深區物件及其深度範圍屬性；先取出在圖幅內的所有船位點，再根據船位點的經緯度與該圖中的水深區多邊形比較，若船位點在水深區多邊形裡面且船舶 AIS 設定的吃水值大於水深區的深度範圍限制則予以記錄。本年度應用於即時危機偵測時再改以船舶領域以及海圖水深點檢測。

當以 2012 年 AIS 資料以及涵蓋澎湖水道附近的 4 幅海圖進行偵測時。在澎湖群島圖幅範圍內偵測結果僅一艘 MMSI=567288000，船名 OBERON（歐倍隆）的泰國籍化學船，船速 0.1 節，設定吃水 4.2m，已進入 0~2m 水深區，如圖 5.9 左圖藍色橢圓符號或右圖箭頭所指位置。經搜尋本研究建置之海難資料庫，該筆資料是確實已發生之海難事故，資料記錄該船於 2012 年 2 月 19 日擱淺於澎湖外海。據報導：該船載運丁烯，從台中出發返泰國途中，疑似誤判安全距離，因風浪偏航擱淺於目斗嶼西北側關帝爺礁，燃油外洩造成汙染。

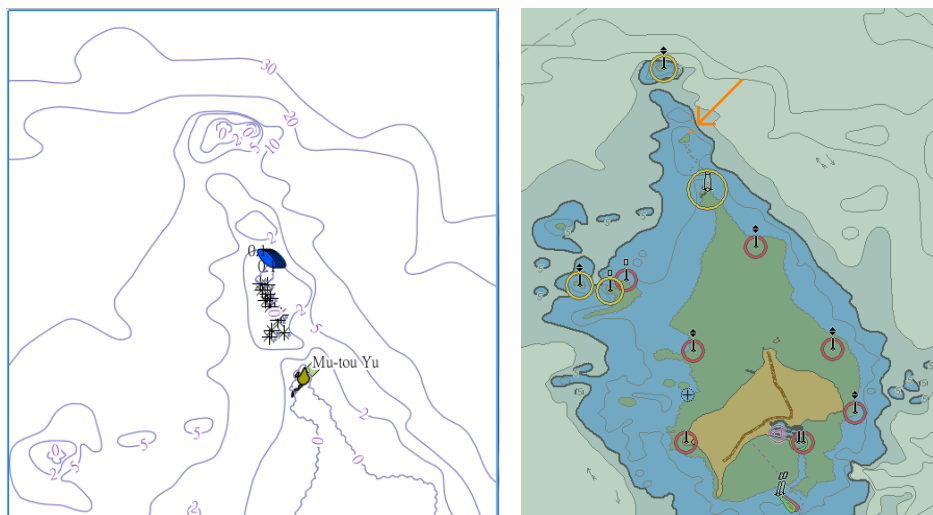


圖 4.18 偵測出的液貨輪 OBERON 實際已擱淺

在麥寮港外偵測到三艘次水深不足的情況。其中一艘載運石化產品

的液貨輪，設定的船舶吃水值相當深，該船在前往麥寮港沿途經過多處水深不足 20m 區域內的船位也都被偵測出來。

航行於嘉義布袋商港與澎湖龍門尖山港之間的雜貨輪「山寶輪」也被偵測出跡近擱淺，山寶輪當時設定的吃水值是 4m，已進入 0~2m 水深區，經分析山寶輪當日航跡，發現該船是從布袋港出港後至該淺水區等待後再度進港。

4.5.2 跡近碰撞事件之偵測與統計

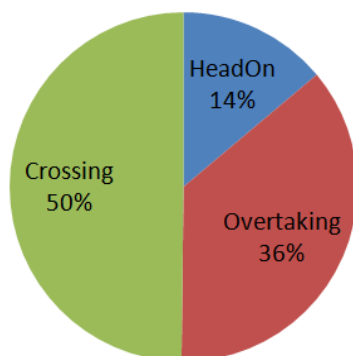
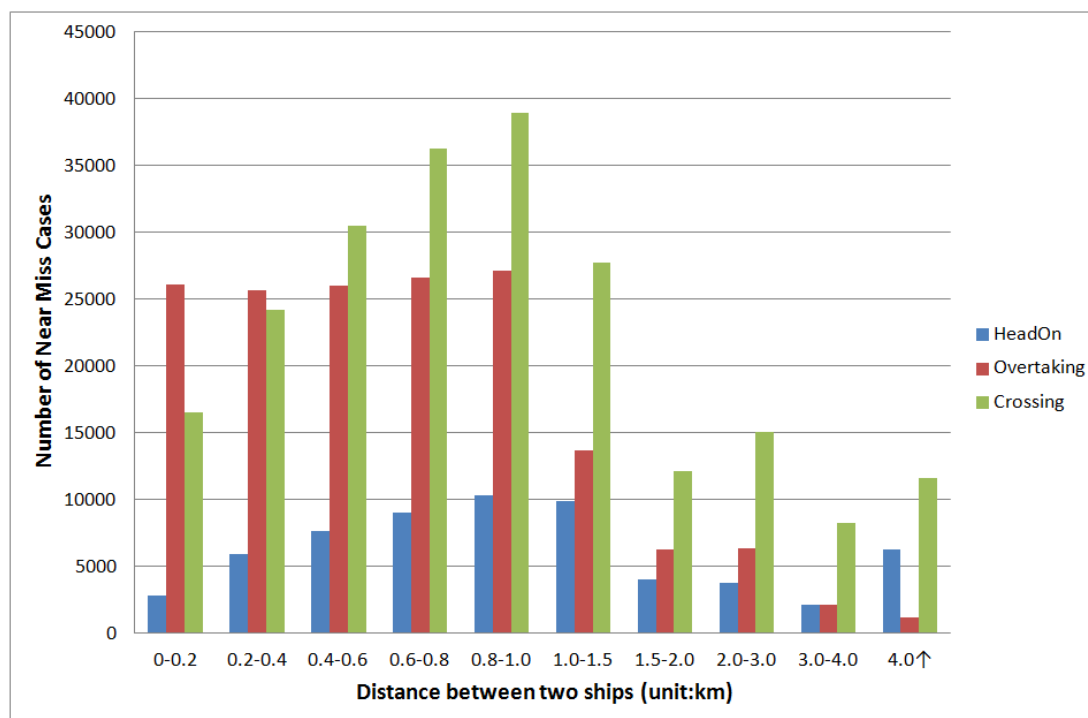
在跡近碰撞事故的偵測方面，本研究採用的方法是：利用 2012 年 AIS 歷史資料，計算出船舶之間的 CPA(Closest Point of Approach)、TCPA(Time to CPA)，以相對角度區分為迎艏正遇、追越、交叉相遇等會遇狀況。篩選出 $CPA < 0.5$ 浬、 $0 < TCPA \leq 10$ 分鐘的狀況，就同一事件計算出兩船之間實際上的最近距離。接著利用所計算出的資料，分析統計其各距離區間和會遇狀況之比例。

國際海上避碰規則把兩船之間可以互相看到對方的會遇狀況分為三種：迎艏正遇、交叉相遇、追越。後船舶從前船側邊後方 22.5 度接近前船的情況視為追越；兩船彼此以幾乎相反的航向對遇時視為迎艏正遇，有碰撞危險時應各朝右轉向航行，互在對方左舷通過；兩船舶交叉相遇而含有碰撞危險時，見他船在其右舷者應避讓他船。就追越而言，從前船的 112.5 度接近的船，其航向與前船相差 $112.5 + 180 = 292.5$ 度，從前船的 247.5 度接近的船，其航向與前船相差 $247.5 - 180 = 67.5$ 度。因此本研究依兩船航向角差值將會遇情況分類的準則如表 4-5。

表4-5 依航向差值將會遇情境分類的準則

會遇情境	兩船航向角差值
迎艏正遇	170 度到 190 度之間
追越	(< 67.5 度) 或 (> 292.5 度)
交叉相遇	(67.5 度到 170 度之間) 或 (190 度到 292.5 度之間)

本研究為聚焦於臺灣海峽東側至臺灣沿岸，於大陸沿岸劃設一參考線，只處理該參考線以東的 AIS 資料。此外必須排除各國際商港港內的船隻以及 AIS 資料異常之船隻。處理後經分析統計得出不同會遇狀況下兩船會遇最近距離的分佈結果如圖 4.19。



排除錨區之近距離會遇狀況比例

圖 4.19 兩船會遇最近距離之分佈（2012 年）

由此圖可以看出：有碰撞危機的兩船之間以交叉相遇的情境比例最高（達 50%），而且最近距離以 0.3~0.5 哩為高峰；比例次高的是追越，其最接近距離大約平均分佈在 0.5 哩內；迎艏正遇的比例最低，其最近距離的分佈與交叉相遇相似。

再取兩船 GPS 船位距離接近至 200 公尺內的案例進行細部分析，結果如圖 4.20，比例最高的是追越(達 58%)，交叉相遇次之(約 36%)，迎艏正遇依然是最少的。由此可知，碰撞危機偵測之 CPA 參數應依會遇狀況而定，追越時的 CPA 需設定較小的數值，以降低誤警率。

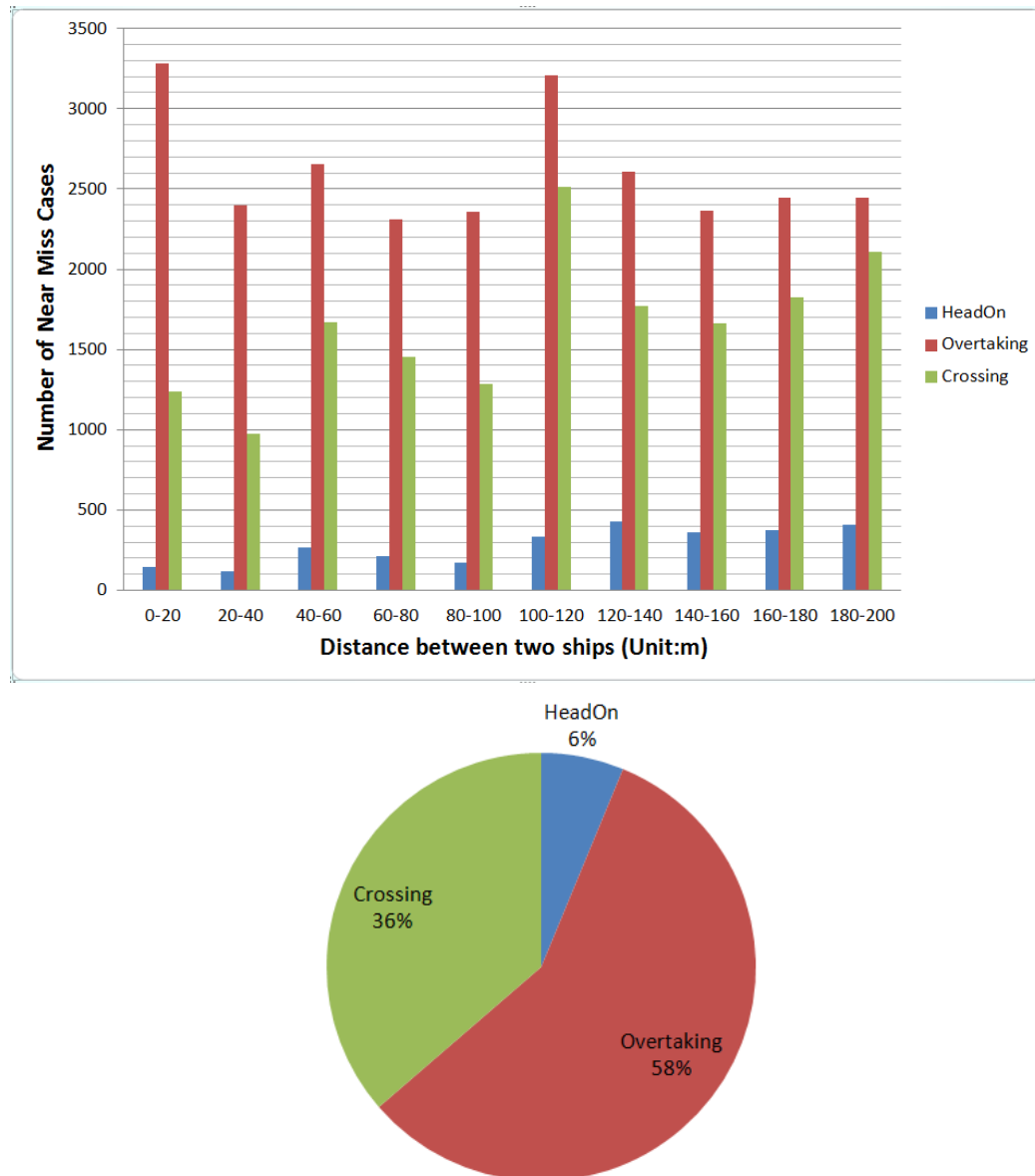


圖 4.20 兩船接近至船位相距 200m 內的會遇狀況分佈（2012）

2012 年全年兩船接近至 20~40m 的次數共 3488 次，其中兩船皆為漁船的情況達 54%，以北部海域最多。兩客輪間接近至 20m 內的有 318 次，其中 96%在東港與小琉球之間。

4.6 海難資料庫與 AIS 船舶動態系統的整合應用

此海難資料庫服務結合了船舶動態系統 AIS 資料，透過海難的前後時間點，以 AIS 動態回播的方式將涉及海難船舶周遭的狀況還原出來，以利分析及研究。因本研究已設計整合平台（詳見後續章節），此功能可透過整合平台查詢、顯示與回播。

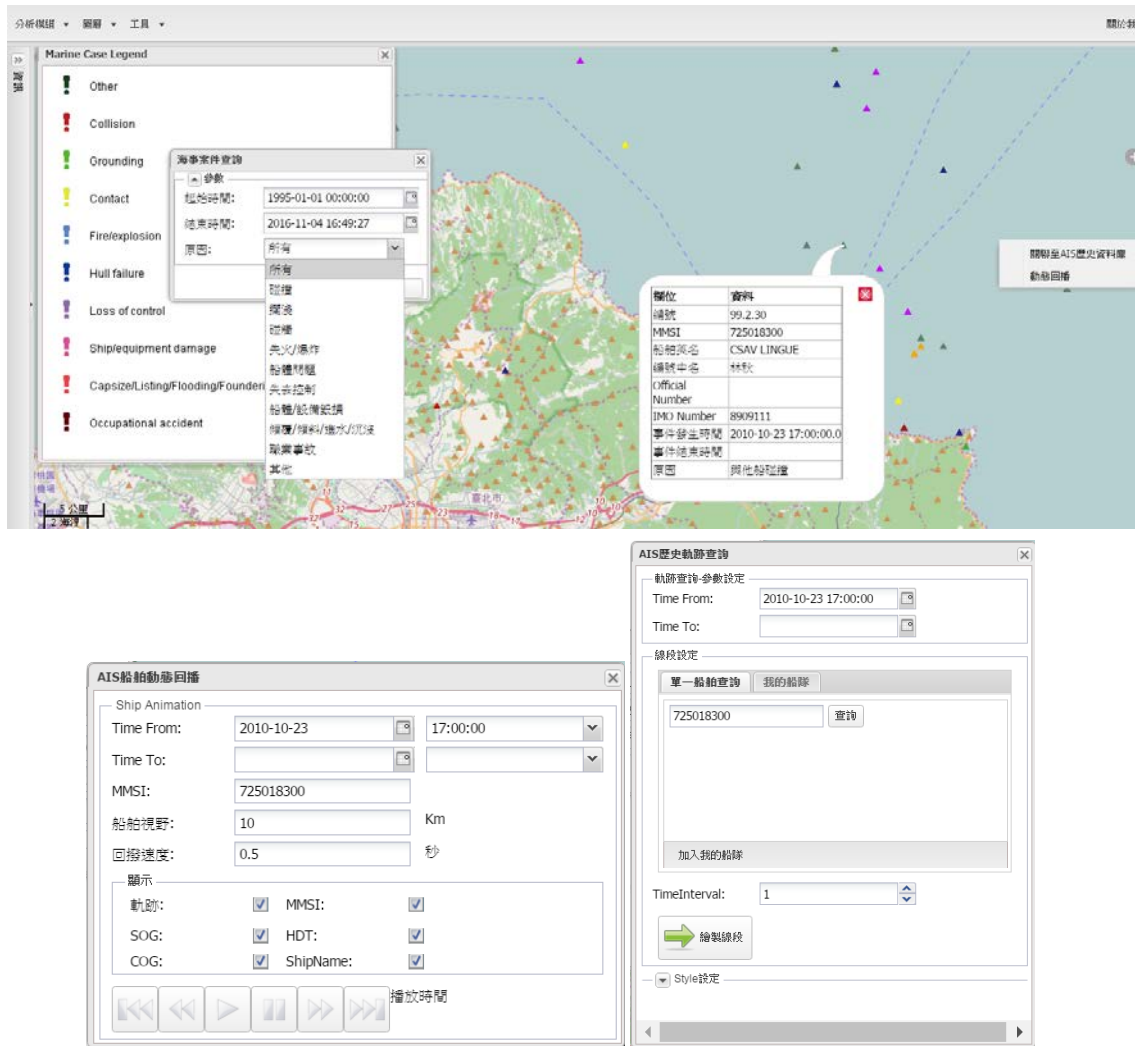


圖 4.21 於本研究整合平台查詢顯示各類海事案件的畫面

圖 4.21 是於整合平台查詢各類海事案件及點選觀看個別案件內容的操作畫面。於地圖視窗以符號的顏色區別事件類型，左鍵點擊事件可查看事件資訊，按右鍵則是關聯至 AIS 歷史資料庫與動態回播，系統可將 MMSI 與日期時間帶入繪製 AIS 歷史航跡及動態回播功能的參數。

4.7 小結

本研究將臺灣海域海難資料建置為可支援時間空間分析查詢的海難資料庫，並建置兩種海難資料輸入系統，分別用於將現有海事報告輸入海難資料庫，以及依據海難調查章程及其相關通報要求輸入海難資料庫。再於這兩種方式輸入的資料之間建立連結轉換，並使海難資料庫服務結合船舶動態系統 AIS 資料，於整合平台透過整合平台查詢、顯示與回播，以利檢視與分析。

第五章 綠色航路與航路風險潛勢分析

5.1 前言

從海難事故的案例分析中可知，偏離慣用航路是重要徵兆。而航路規劃、偏航偵測、航路能源效率比較、航路風險潛勢分析等等，都需要有適當的航路網絡做為參考依據才能更有效率地應用於所有船舶。

此章首先對本研究所指綠色航路提出背景說明，再提出本研究在船舶慣用航路、航路網、以及航路風險潛勢方面的研究方法與成果。

5.2 綠色航路的概念、應用與預期效益

本研究的「綠色航路」用語引用自歐盟 MonaLisa (Motorways & Electronic Navigation by Intelligence At Sea) 計畫所提的"Dynamic & Proactive Routes"，又稱"Green-Routes"的概念。

MonaLisa 的 Green-Routes 理念是在開放水域引進交通流管理。其交換或分享航路計畫的方案，使海上交通管理更趨近於空中交通管理的模式。整體而言，是希望藉由船岸之間以及船舶之間的資料交換，使整個海洋運輸系統更可預測，所有人更能掌握整體狀況，包括港口可能的壅塞或延遲、沿線交通環境狀況或是與他船會遇的情形等。

MonalLisa 計畫曾評估動態航路規劃方案的成本效益。首先利用 AIS 資料統計各類船舶交通量與特徵，從縮短航行距離以及調整抵達時間（獲知實際可進港靠泊時間，因此能以更有效率的速度航行）定量評估其節省燃料、減低排放以及對航海人員等效益。再從船岸兩端評估建置動態航路規劃方案的成本。結論是動態航路規劃方案具有明顯的淨效益。

MonaLisa「綠色航路」的綠色不僅是因為有助於節能減碳，也帶有類似綠燈可通行的意涵。海上交通管理中心可利用更充分掌握的船舶動

態與環境資訊（以 AIS 與電子航行圖為主），就船長提出的航路計畫進行評估後提供資訊或建議，由船長做出決策產生的航路計畫，視為船岸共同認知的「綠色航路」。Green-Routes 系統能提供船長們依最低油耗、最短距離或其他準則選取最佳航路計畫，也可針對偏離航路計畫的狀況提供偵測與警報功能，提高航行安全。MonaLisa 計畫在這個項目的預算為 170 萬歐元。MonaLisa 2.0 計畫的試驗平台除了從波羅的海、北海擴展到地中海之外，也廣邀各國參與。瑞典、丹麥、南韓於 2014 年 2 月簽訂合作備忘錄共同推動海上交通管理概念此一 e-化航行方案的全球大規模展示。

關於「航路」或「航運通道」概念應用於國際航運的可行性，ACCSEAS 計畫在「航路拓樸模型 (Route Topology Model, RTM)」分項報告中以兩則國際案例為佐證。一則源自海域空間規劃的需求：澳洲海事安全局僅在航海刊物上劃設不具任何強制約束力的「航運通道」或「航路」，就已明顯產生使航跡收斂於該航路的效果；另一則是日本「Development of Next Generation Navigation Display (NGND) for e-Navigation」計畫研發的新世代 e-化航行導航顯示系統，同時顯示本船採用的航路與「慣用航路」於電子航行圖。此「慣用航路」是岸端以長期累積的資料產出資訊並以電子化方式提供給船舶導航用的。其構想是藉由顯示慣用航路，讓航海人員感知本船航路偏離慣用航路的情況，提升航行安全。

ACCSEAS 計畫建立海上航路拓樸模型的程序大致如下：

首先以建立 AIS 船位報告數的網格密度；接著評估各網格密度的統計分佈，以密度值分類逐步取出各等級航路；設法串接因為 AIS 訊號缺口而中斷的航路，將所有航路串成路網；然後以到達各港口的最短路徑分析再區分航路；考量未來發展，因此再取海域空間規劃的航運區域加上航路連接點與港埠節點後建成路網做為未來海域空間規劃之法規影響後的航路。

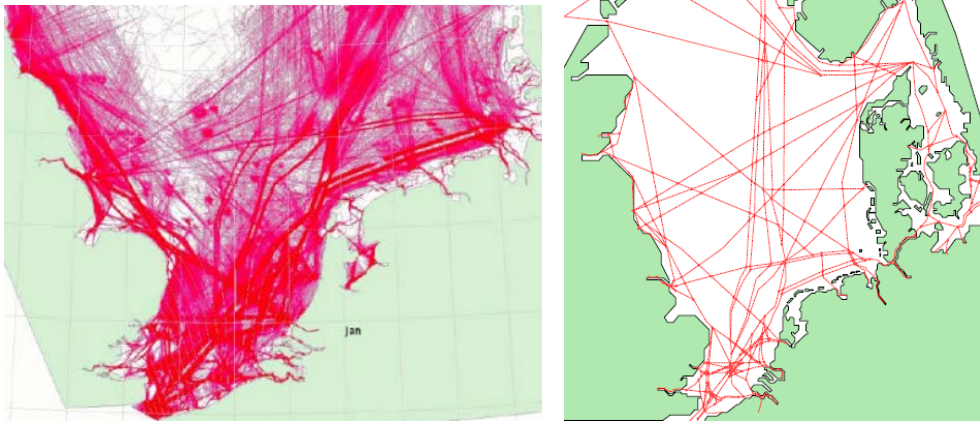


圖 5.1 ACCSEAS 建立航路拓樸模型程序的起始與最終成果

5.3 從 AIS 航跡取得船舶慣用航路

從 AIS 歷史資料庫透過軌跡探勘或各種統計分析取得船舶的慣用航路是航路相關規劃分析與應用的基礎。

ACCSEAS 以 AIS 船位報告點數的密度為依據取出航路，此做法未能考量 AIS 船位報告間隔隨航行速度等狀態而變動的特性，也未能考量 AIS 岸台的收訊狀況可能因系統設備或大氣環境影響無線電傳輸範圍而隨時間變動或有局部缺口等因素所造成的船位密度差異。因此本研究以船位點連線而成的航跡進行相關分析統計。雖然運算相對複雜許多，但不僅較為可靠，也因此能區分交通流方向，進而據以推論航路節點。

5.3.1 從 AIS 航跡自動產生船舶代表路徑

前期（100 年）計畫研發的軌跡探勘功能，以同一艘貨輪 6 個月的 AIS 歷史航跡，經過軌跡概略化，分段進行聚類分析，分群產生代表路徑的結果如圖 5.2。這艘貨輪經常往返於臺北港、基隆港與花蓮港之間，歷史軌跡相當多，從圖 5.2 左圖紅色歷史軌跡線可以看出，因為各航次的航行狀況不同，即使使用相同的航路計畫，航行結果產生的軌跡也可能頗為分散。單一貨輪尚且如此，所有貨輪甚至各類船舶，再加上各種目的或航線形成的軌跡分佈就可想而知是幾乎佈滿所有可航行海域。

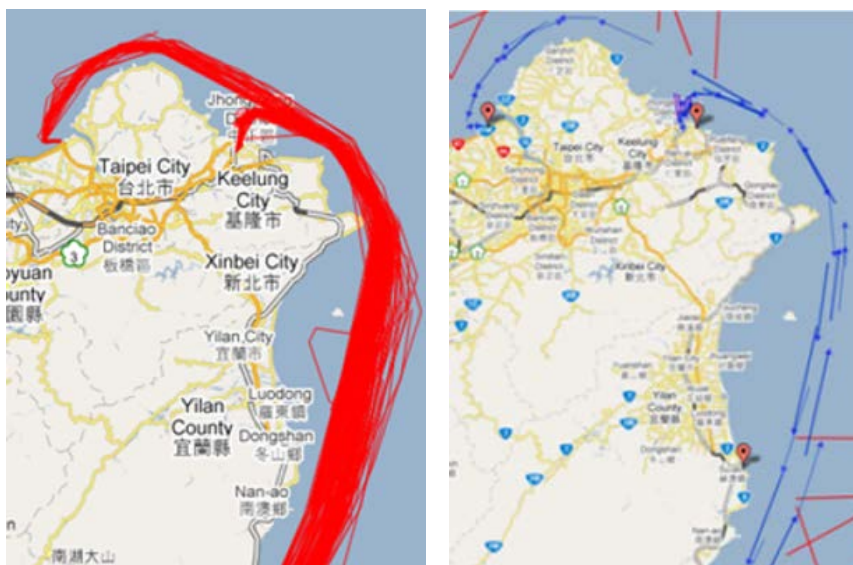


圖 5.2 前期（100 年）計畫取得單船慣用航路的效果

此外，前期計畫的軌跡探勘所得的代表路徑，其空間幾何是有起點與終點的兩點連線線段，具備航行方向及其所代表軌跡數量等屬性。雖然頗能展現該區海域的船舶交通流模式，但是仍難滿足串接成各航線慣用航路進而形成船舶航路網絡的應用需求。

5.3.2 從 AIS 航跡自動產生同航線多船慣用航路

為了更能輔助航路規劃，本期四年計畫於 104 年引進新的方法，在概念上相當於結合航跡群聚分類與穿行參考線交通流分析，產生會轉彎的代表路徑。圖 5.3 是依此方法分析同一航運公司多艘同型貨輪的歷史軌跡，產生的慣用航路。圖中的藍色線是歷史航跡經過概略化後的軌跡線，內標紅色箭頭的寬線是軌跡探勘得出的慣用航路，慣用航路上標註的數字是該航路代表的軌跡數。因為軌跡經過概略化處理，在港嘴的地方會有穿越堤防的狀況，對於沿岸航行到接近港口的航路規劃應用並無影響。此方法產出的慣用航路，已改用折線描述其空間幾何，且同樣帶有方向與航跡數等屬性。

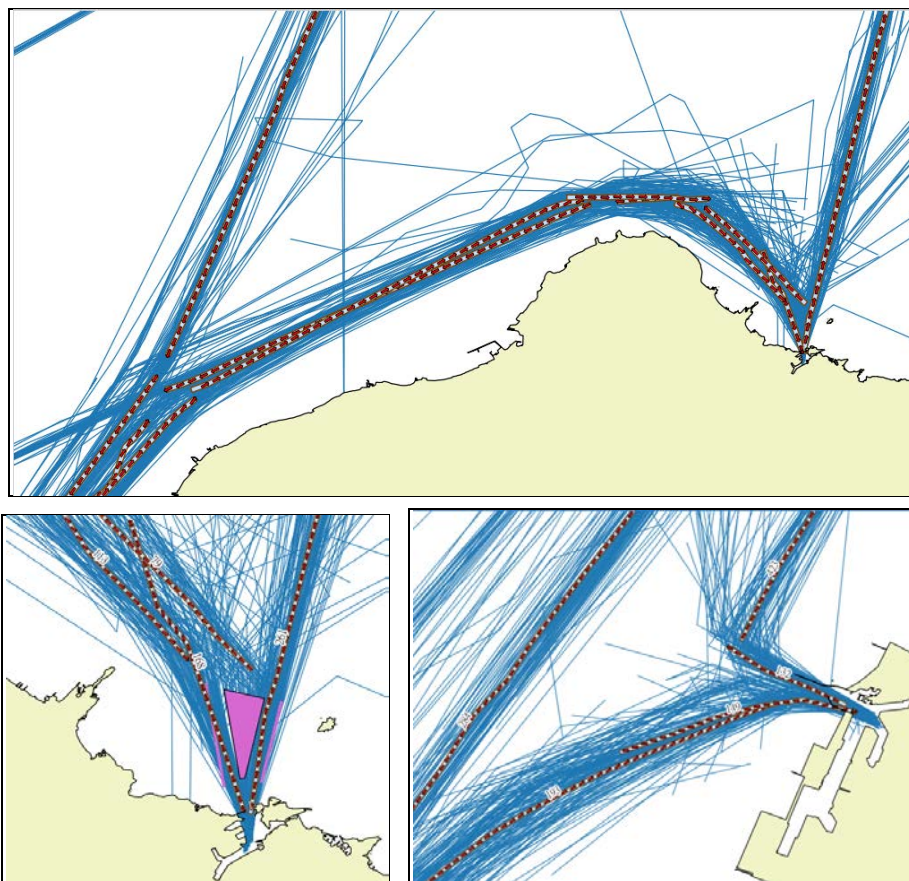
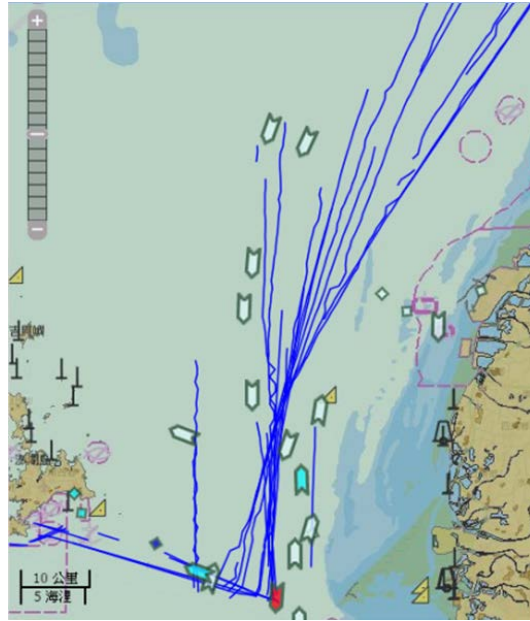


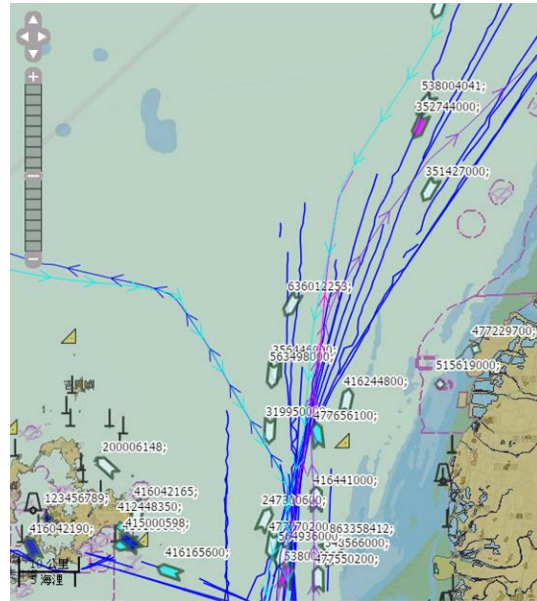
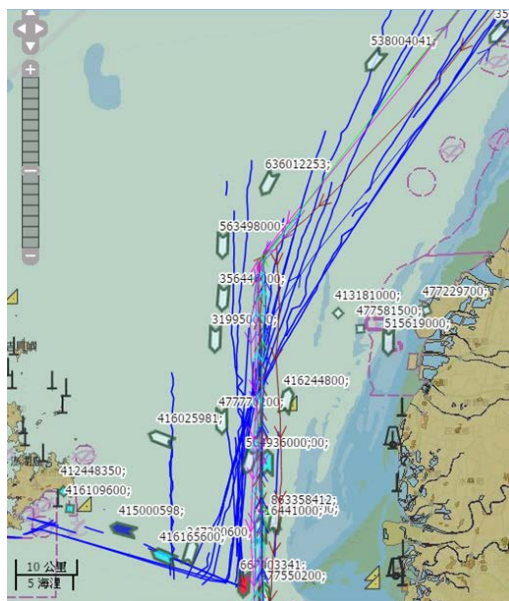
圖 5.3 從同公司多艘貨輪歷史航跡(藍)的慣用航路(紅色箭頭)

5.3.3 從航跡自動取出單一船種的慣用航路

航行臺灣海域的船舶多元，各類船舶各種航線在沒有劃設航道的自由航行情況下，從所有船舶或是同一種類船舶的歷史航跡產生的慣用航路都會是分散的，而沿岸 AIS 收訊缺口更是自動化產生慣用航路的挑戰。圖 5.4 是從單一種類船舶（油輪）歷史航跡產生的慣用航路（藍線）、套疊單一船舶歷史航跡（附方向的線）以及 AIS 船舶動態（船形符號）的結果。實際評估時發現，有些歷史軌跡不多的船舶而言，其當下航行位置有時與歷史軌跡有段距離，卻是在船舶慣用航路（藍線）上。



(a) 單一船種慣用航路（藍線）



(b) 套疊單船航跡與 AIS 船舶動態

圖 5.4 從所有油輪航跡產生的慣用航路與單船航跡比較

5.3.4 依不同航線之航跡密度為基礎建構航路網

船舶的航線（亦即前一港口與目的港）是建構航路網的必要考量。

因此，本研究參考臺灣沿岸航行海圖圖幅範圍，依據船舶的目的港口區分航線，再就各圖幅區域依據不同航線的航跡密度劃出航路，分析各航路的橫向交通分布，取出雙向的交通量與交通組成，依此逐步擴展出航路網。圖 5.5 是西北海域前往台北港的航跡密度與航路。圖 5.6 是西部沿岸區域前往日本各港口的航跡密度與航路。這兩圖中的藍色區塊是兩岸海運直航船舶應遵循的直航航道，從 24 浬鄰接區界上的通過點直行至目的港口。

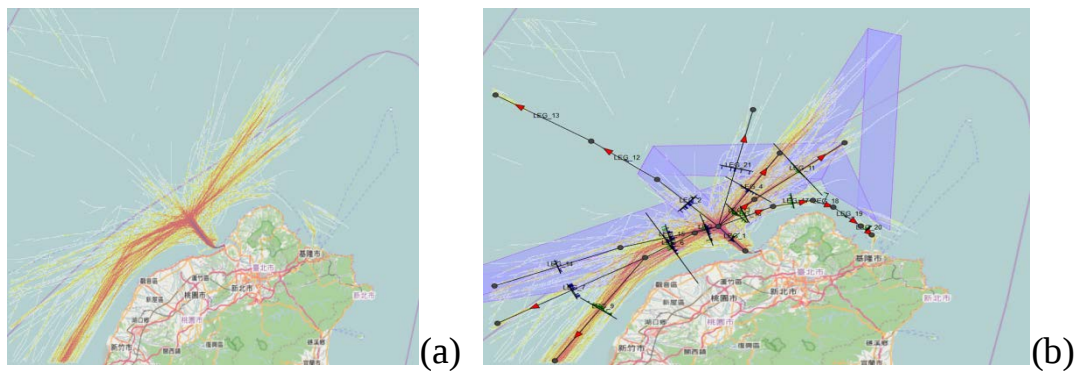


圖 5.5 往台北港的航跡密度(a)與航路(b)

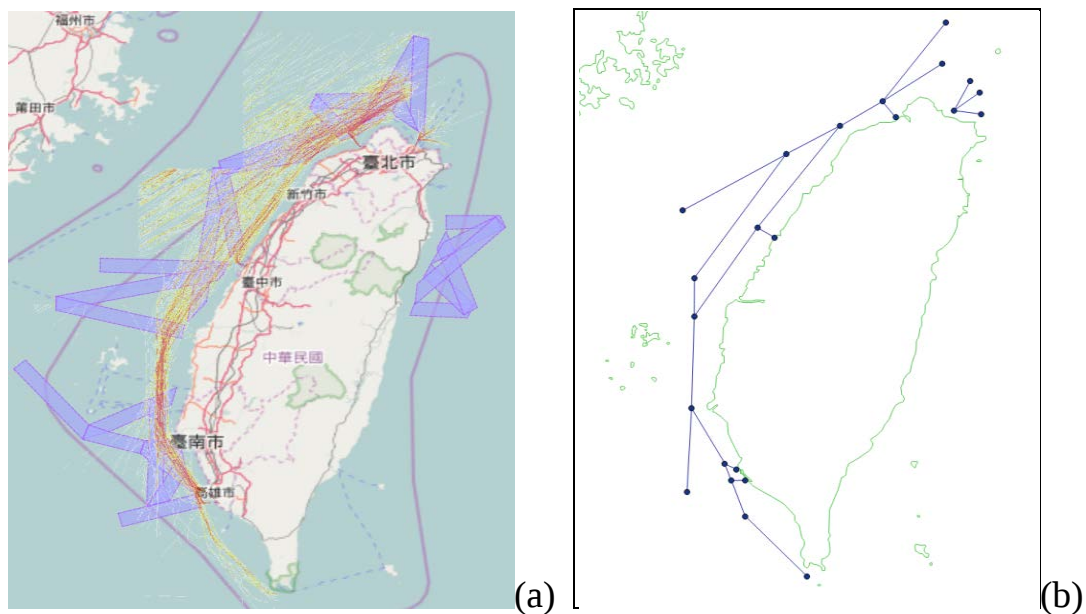


圖 5.6 (a)往日本的船舶航跡(b)沿岸往日本航路網

5.4 沿岸航路網及航行風險潛勢評估

前節以各航線（目的港）航跡密度為基礎建立的航路，可彙整成為各區域內船舶航路網，例如圖 5.7。彙整後的臺灣沿岸航路網如圖 5.8 左圖的橘線，依各航段交通量比例顯示線寬。

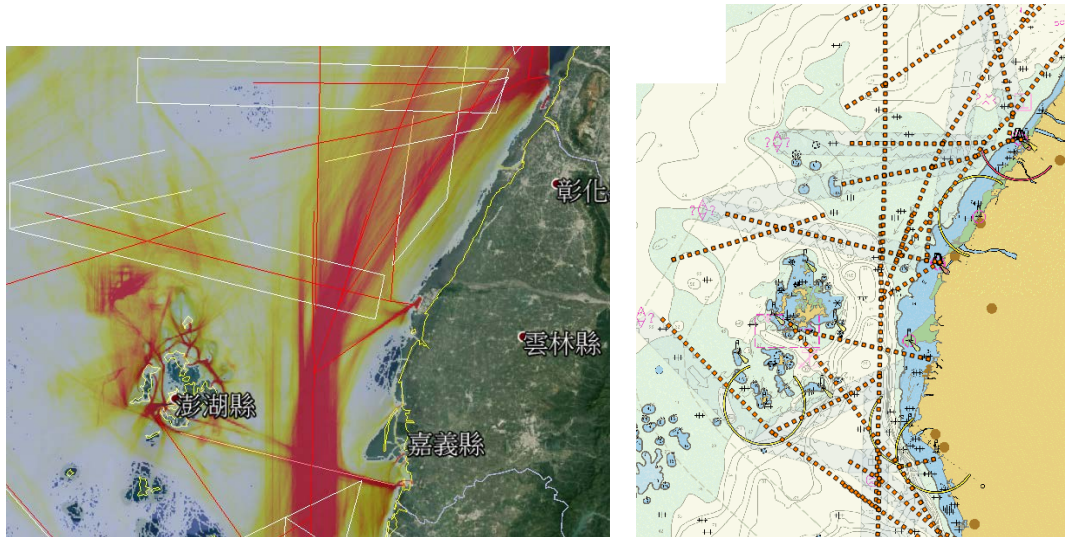


圖 5.7 西部沿岸航路網(a)套疊航跡密度(b)套疊海圖

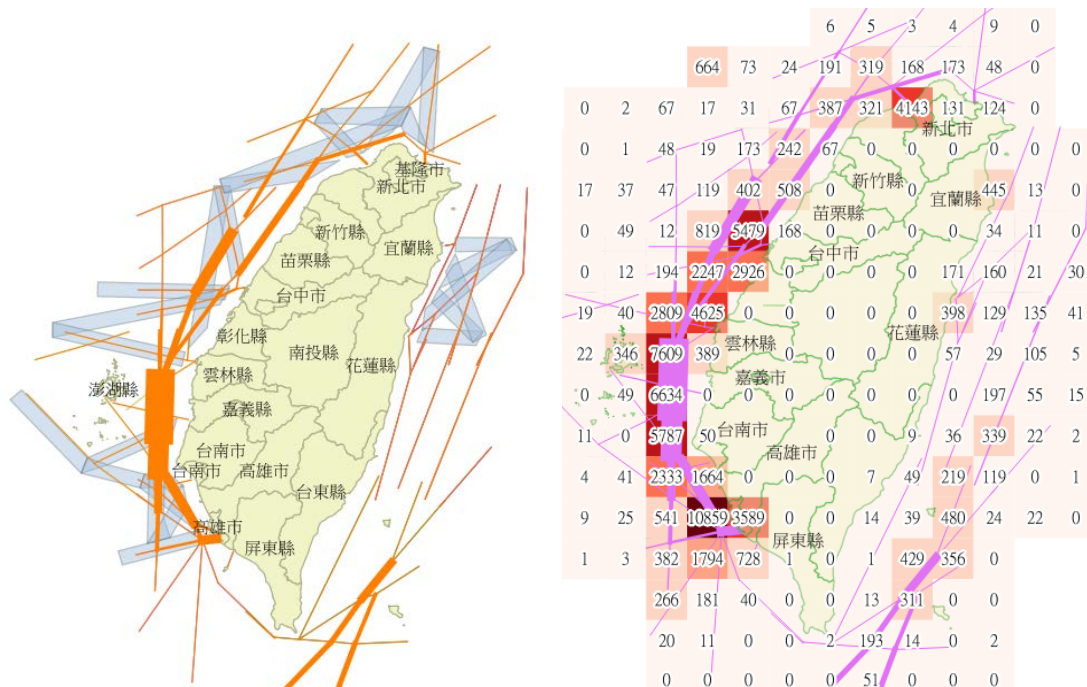


圖 5.8 沿岸航路網交通量與碰撞危機網格密度

圖 5.8 的右圖則是將累積一段時間的即時偵測船舶碰撞危機狀況數

分布於 15 分×15 分網格的密度。應注意的是：超出 AIS 正常收訊範圍（約岸臺 25-30 浬距離）的網格，以 AIS 資料估算的交通量及碰撞危機密度必然被低估。碰撞危機的篩選條件包括：非中國籍（以過濾掉其漁船）、TCPA < 10 分鐘；CPA < 0.5 浬；距離 < 2 浬。在這些碰撞危機中，迎艏正遇佔 18.6%，追越佔 37.7%，交叉相遇佔 43.7%。在無航道規劃的情況下航行路線交錯，船舶無預期地出現交叉相遇碰撞危機的風險自然較高。

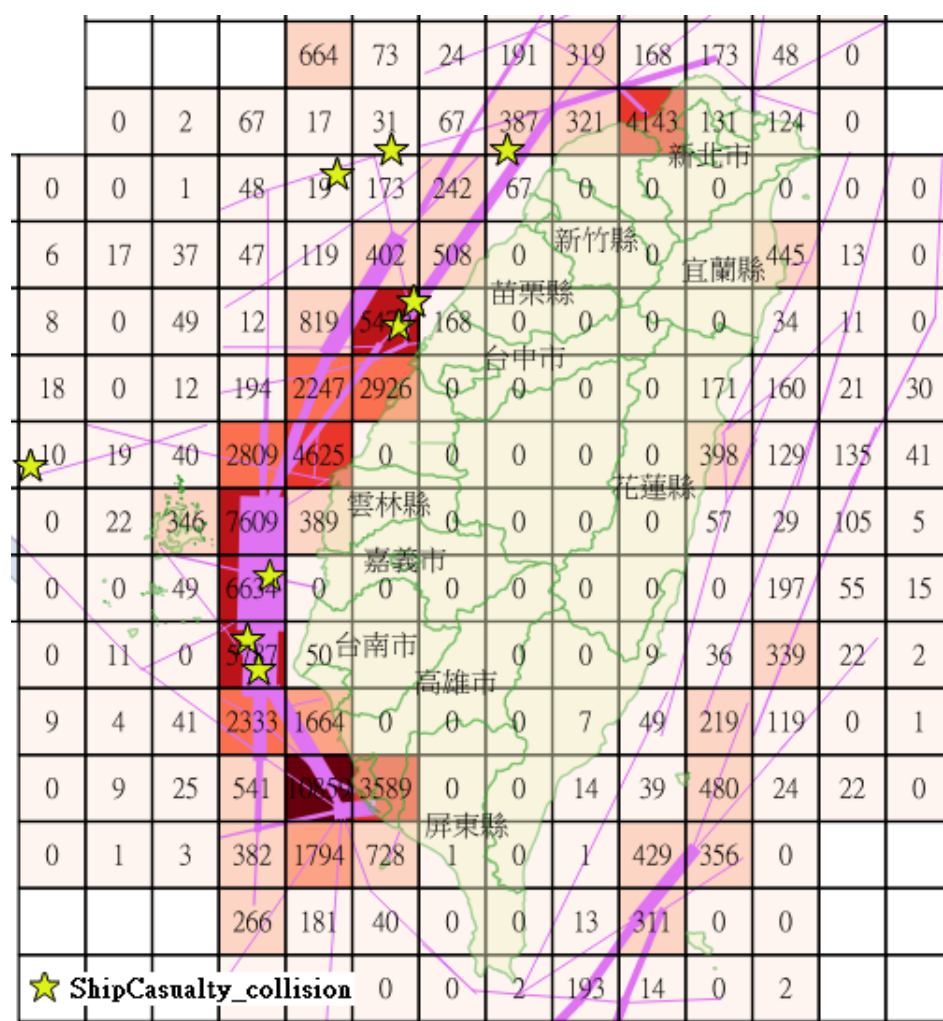


圖 5.9 沿岸航路交通量、碰撞類海難與危機密度

圖 5.9 是再取出海難資料庫中碰撞類的海難位置套疊標繪的結果，由此可見海難位置與高交通量航段、航線交錯位置以及碰撞危機密集區的相關性高。離岸較遠的海難也在航路網航段上。

擱淺類海難點位（綠色符號）分布如圖 5.10，並就其中高風險區域局部放大，且套疊海圖，以利呈現海圖上的歷年海難船骸位置。2001 年擱淺於墾丁龍坑海域造成嚴重污染的阿瑪斯號海難，因在 AIS 實施之前，未納入本研究的海難資料庫。

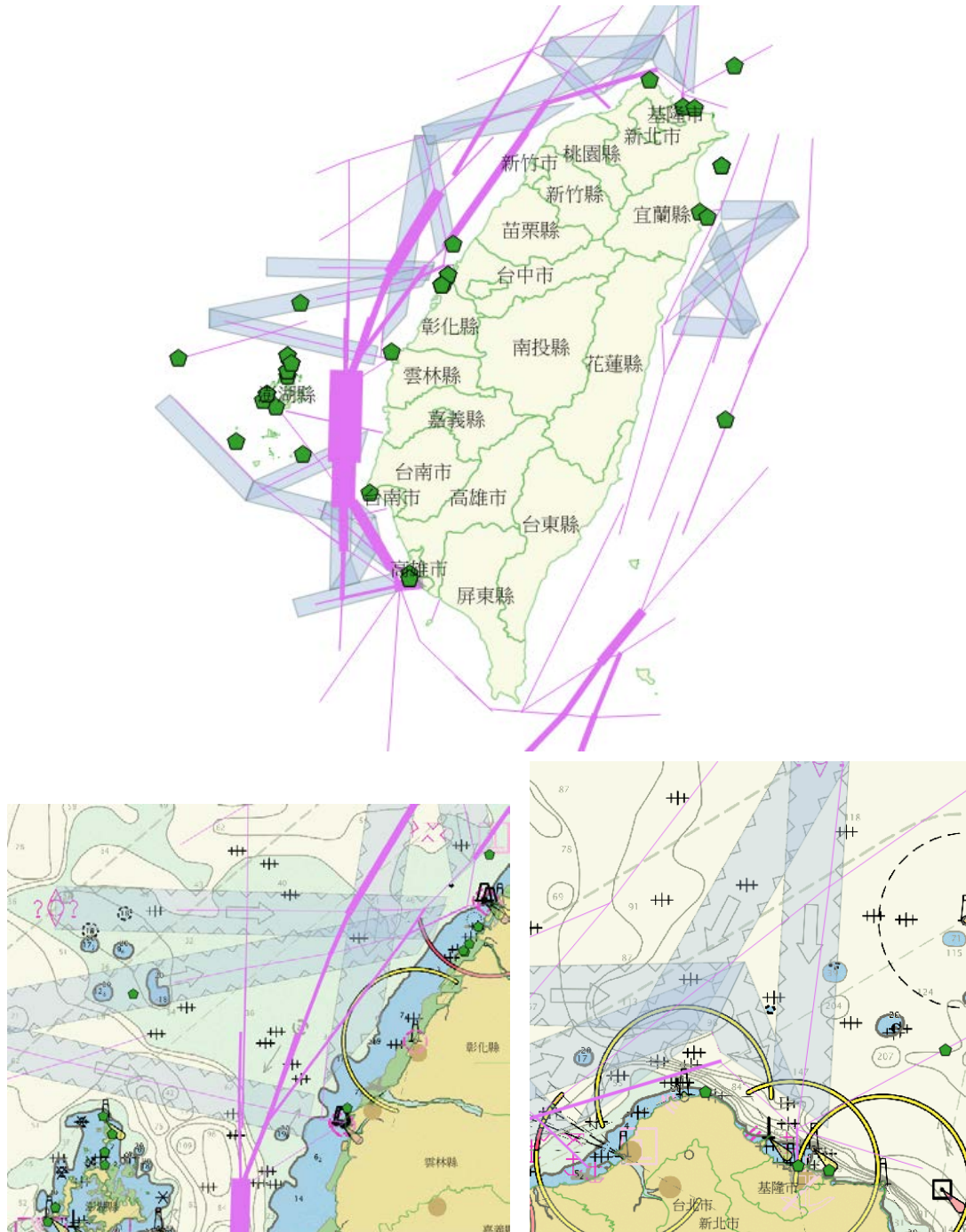


圖 5.10 沿岸航路與擱淺類海難及海圖上船骸位置

圖 5.11 則是標示海難資料庫中西部沿岸非惡劣天候海難的位置及原因，以供參考。

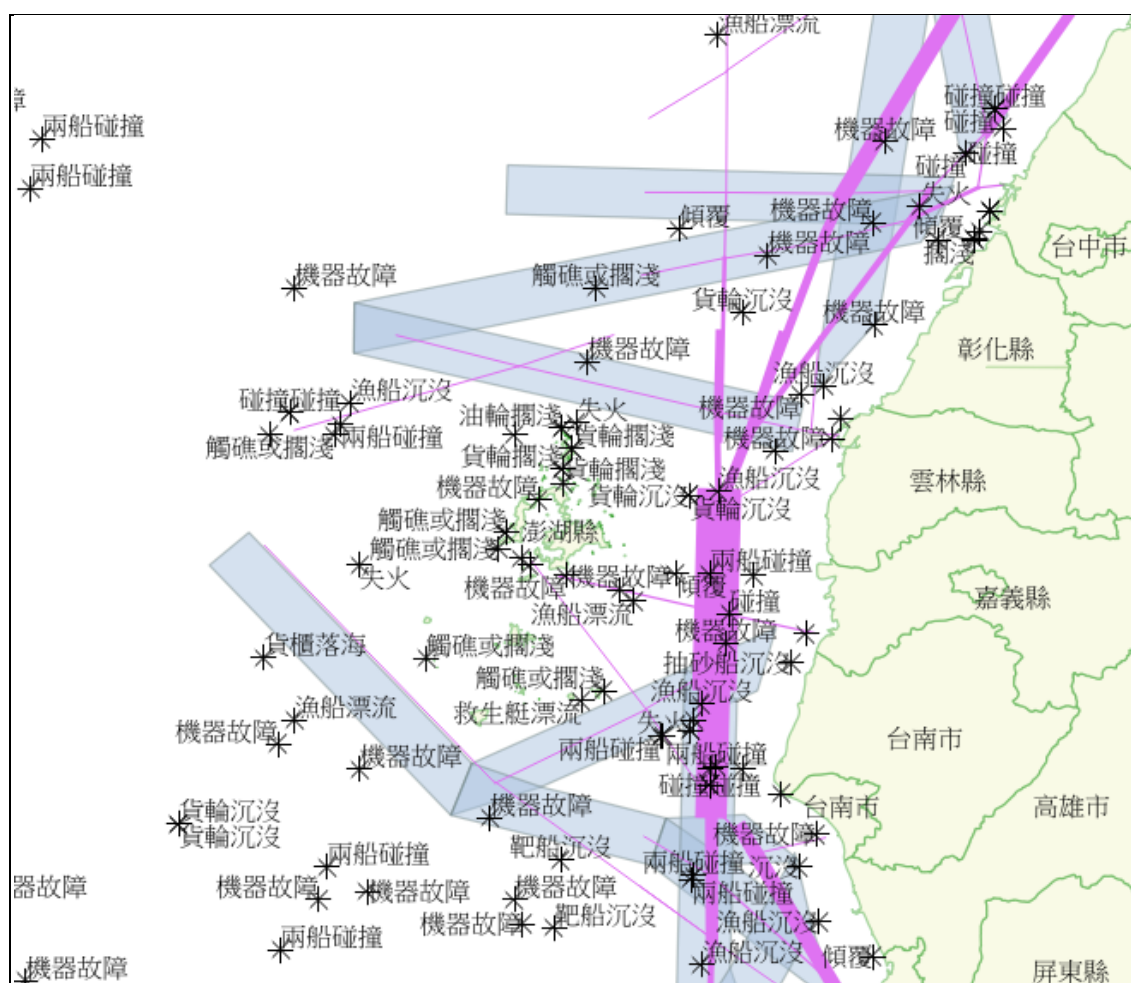


圖 5.11 西部沿岸航路網交通量與海難紀錄

5.5 小結

偏離慣用航路是重要徵兆，而航路規劃、偏航偵測、航路能源效率比較、航路風險潛勢分析等等，都需要有適當的航路網絡做為參考依據才能更有效率地應用於所有船舶。本研究提出從 AIS 航跡取得船舶慣用航路的分析方法，可分船種或航線或指定單船等條件自動產生其慣用航路。並分區依不同航線之航跡密度為基礎建構航路網，再就沿岸航路網透過與海難資料庫及碰撞擱淺等危機偵測結果的關聯呈現出航行風險潛勢較高的區位。

第六章 航路動態監測整合應用系統

6.1 前言

本研究綜合各項研究成果，於第三年(104)開始建置航路動態監測整合應用系統。該系統透過軌跡探勘取得慣用航路，並依據海圖水深區域以及航跡探勘所得參數，提供擱淺、碰撞、漂流、偏航等自動化偵測警示功能。在本年度除持續優化 AIS 巨量數據的資料庫查詢與管理，各項自動偵測功能的排程與計算效能以及人機介面友善度以外，已再聯結海難資料庫平台，並再加入航速驟降及錨泊狀態的偵測。

6.2 系統架構與功能設計

6.2.1 系統架構

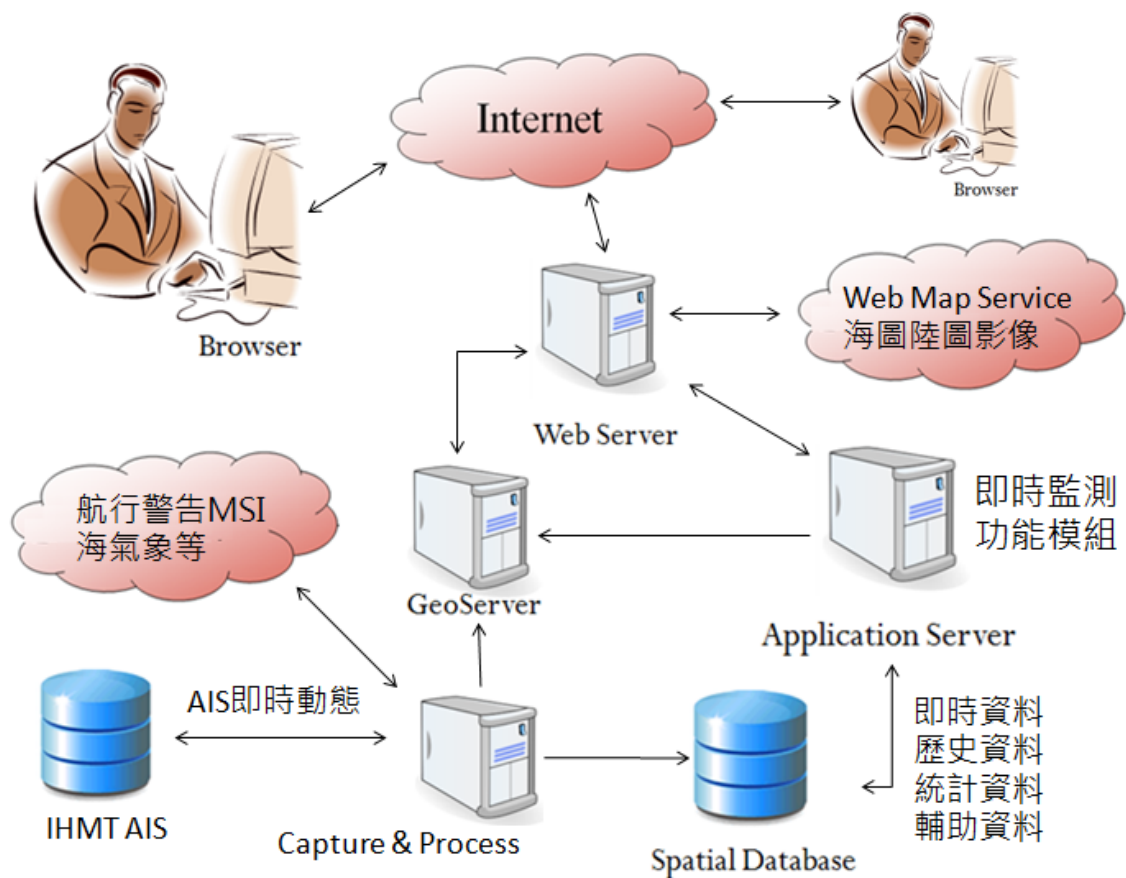


圖 6.1 航路動態監測整合應用系統架構圖

航路動態監測整合應用系統整體架構如圖 6.1，概述如下：

- (1) 中介軟體（即 Capture & Process）透過網路取得資料經解析處理後存入資料庫或同時發布圖層至地理空間資訊伺服器（GeoServer），接收處理的資料主要是港灣技術研究中心的即時 AIS 船舶動態資料，航區航行警告等海事安全資訊與海氣象資料；
- (2) 應用伺服器內的監測模組分析 AIS 資料並偵測偏航、碰撞、擱淺、漂流、船艙異常、船速驟降等狀況；
- (3) 網頁伺服器提供網頁介面，將後端程式所接收到 AIS 資料與分析資料呈現在網頁上，並整合 AIS 歷史資料的查詢、海象預報資訊、海事安全資訊、海難歷史資訊查詢、海事安全資訊及航路資訊等。
- (4) 地理空間資訊伺服器提供本系統自行產生的圖層給網頁伺服器套疊顯示於使用者的網頁介面並可支援圖層內容查詢。
- (5) 外部服務主要包括海洋大學電子海圖研究中心的網路海圖服務、Open Street Map 的網路地圖服務、Google 地圖服務等，以及相關網路開放資料。

6.2.2 AIS 資料的接收與管理

每隔 10 秒接收港研 AIS 資料，並寫進「船舶即時資料表」以及當天的 AIS 資料表中。優化與港研的連線機制，若斷線則重連。

每天執行 AIS 資料的備份與內插：將前一天的 AIS 資料表匯入至當月的 AIS 歷史資料表；內插前一天的 AIS 歷史資料至前一天的內插資料表；將前一天的內插資料表匯入至當月的內插資料表；以上工作完成後將資訊寫入至目錄資料表中，記錄每月的 AIS 資料表時間範圍以利查詢使用。

6.2.3 監測模組之設計

本系統的監控模組相當多，設計上必須能優化程式效能並提升系統穩定度，包括：減少存取資料庫的次數，改以記憶體暫存方式，相關偵測計算儘可能採共用分享方式，調整字串處理方式，新增錯誤紀錄的機制。各模組的運作模式概述如下：

1. 偏航監測

目前以客船為監測目標，每隔 10 秒針對「船舶即時資料表」內的客船與 2013 年的客船航線做空間最短距離的運算，並將結果存入「船舶警告資料表」。

2. 碰撞監測

每隔 10 秒針對 AIS 即時資料計算，將兩船 CPA 小於 0.5 海浬且 TCPA 在 0~10 分鐘內的情況判斷為碰撞危機，以兩船相對角度態勢判斷會遇類型是迎艏正遇(HeadOn)、追越(Overtaking)或交叉相遇(Crossing)後，將結果存入「船舶警告資料表」。船舶碰撞危機類型與 CPA/TCPA 等量化數據可於網頁海圖介面提供標示做為危機程度的指標。

3. 擱淺監測

每隔 10 秒抓取電子航行圖資料庫中的近岸水深點物件，並依「船舶即時資料表」內各船舶的長度 L 產生船舶領域多邊形偵測與領域重疊的水深資料，若該船的吃水大於海圖內水深點的深度值，則該船有擱淺的危險，因此將結果存入「船舶警告資料表」中。上述船舶領域是採用 Fujii 的橢圓形模型，在航行方向與側面方向分別是船舶長度的 8 倍與 3.2 倍。

原先以等深線與水深區域判斷，受限於海圖內提供的等深線間隔，僅有 2m, 5m, 10m, 20m 等之分，本年度已再精進為以更密集的水深點深度值判斷，更能區分對不同吃水船舶的影響。

4. 漂流/漂航監測模組

將經度 110~130 緯度 5~30 度範圍以每隔 15 分(0.25 度)切割區域，對每一區域內的全(2013)年 AIS 歷史資料，依據 COG 區分雙向，取各船位報告的航向(COG)與艏向(HDT)的角度差並透過 VonMisesDistribution 方法統計此區域的 k (concentration parameter) 及 μ (mean direction)將結果存入「角度統計資料表」。

每隔 10 秒抓取 AIS 即時資料各船位的 COG 與 HDT 值，計算兩者的角度差並從「角度統計資料表」搜尋出該船位的所在區域的 k 及 μ ，透過 VonMisesDistribution 計算出該筆 AIS 即時船位的航向艏向角度差就該區域的機率分布而言是否屬於正常範圍，如果對應的機率密度函數值小於門檻值則將結果存入「船舶警告資料表」。

5. 船舶異常監測模組

上述漂流/漂航監測模組是以網格區塊內各船位航向與艏向角度差的方向性統計結果以機率的方式作為偵測的依據。此模組則是以絕對值輔助偵測，目前依據全區觀察設以 45 度為界，當 AIS 即時資料的航向與艏向角度差大於此臨界值則歸屬於異常，將結果存在「船舶警告資料表」中。

6. 錨泊監測模組

漂流漂航監測模組或艏向異常模組以航向與艏向角度差為判斷依據，但錨泊中的船舶也同樣會有航向與艏向角度差異大的狀況，而且錨泊不一定在港口的錨泊區內。因此本年度再新增錨泊監測模組。研究成果及其運作設計如下：

從航速降至門檻後開始啟動錨泊偵測程序，列入錨泊偵測清單，而當速度增加至 2 節以上則停止錨泊監測，從錨泊監測清單中移

除。啟動偵測且有偵測為錨泊到結束偵測的時間，可以作為船舶錨泊時間的參考。

對於列為偵測對象的船舶，檢測其持續累積的軌跡線是否具備錨泊軌跡的特徵。判斷方法包括：最大船位距離與累積航跡長度的比值，航跡自我交叉，船位進入航跡外包凸多邊形等三種組合。此三種方法以取樣 2 分鐘間隔進行偵測，正確測得錨泊機率都超過 70%以上，若將取樣時間縮短，更可以達到 80%以上，測得錨泊機率最高為比值偵測法，測得錨泊時間也以比值偵測法最快。判斷錨泊需綜合考量三種偵測法是否至少有一種偵測法偵測到錨泊。

偵測為錨泊船之後，可啟動流錨警戒程序，依該區域水深設定錨泊警戒圈半徑，提供流錨狀況示警。啟動偵測點到測得錨泊時的船位距離和啟動偵測點到測得錨泊的最大船位距離總體差異不大。研究結果所得船位距離都落在中日英等國規範（例如：由中國水運設計規劃院主編，於 2014 年 5 月實施的「海港總體設計規範」）建議的錨泊半徑範圍內（風力大於 7 級時的公式是：船舶長度+4 倍水深+145 公尺），因此考量船舶長度與水深的錨泊半徑可以用來作為流錨預警的警戒範圍。

6.2.4 其他功能的整合

此系統另已整合的功能包括：前期「智慧化海運系統建立之研究」計畫研發之 AIS 交通流分析功能；航區航行警告等海事安全資訊的時間空間資訊解析關聯功能；海難資料庫平台的海難查詢及以海難船舶的識別碼關聯 AIS 歷史航跡與動態回播。

6.3 系統介面設計與操作應用

6.3.1 整合應用系統的網頁介面與圖層

系統操作介面網頁主要包括：上方的功能選單；左側的資訊面板；右側的海陸及船舶動態等圖層的顯示視窗，下方則可指定顯示比例尺，快速移動至選定的港口等地點，並標示當下游標所在位置的經緯度，如圖 6.2。資訊圖層可以從資訊面板內勾選是否套疊顯示，也可以從功能選單設定與調控。與即時 AIS 船舶目標有關的航跡顯示與動態回播功能上都可以直接在圖上點選目標後調用。

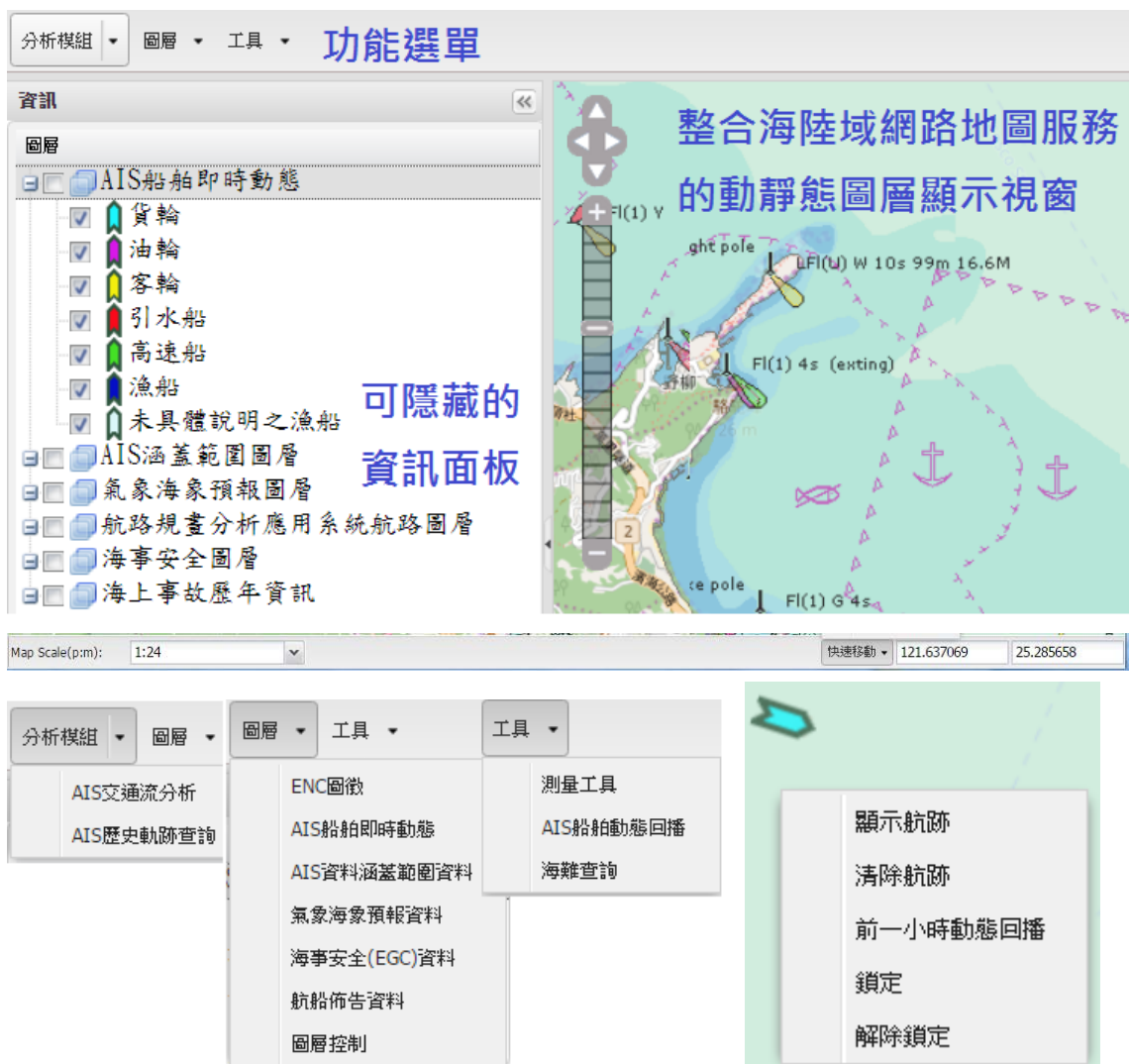


圖 6.2 整合應用系統的操作介面網頁架構

本系統可選擇 Google 各種網路地圖、OpenStreetMap 網路地圖、國立臺灣海洋大學電子海圖研究中心的網路海圖服務等外部服務，再選擇由本系統 GeoServer 提供的各類圖徵服務整合顯示。圖 6.3 是切換不同選項的套疊效果及以測量工具量圖面兩點距離方位的情形，左下圖選擇顯示分道航行、限制區以及等深線等圖徵。圖 6.4 是海氣象資訊圖層。



圖 6.3 海陸域網路地圖服務套疊及量測工具的使用

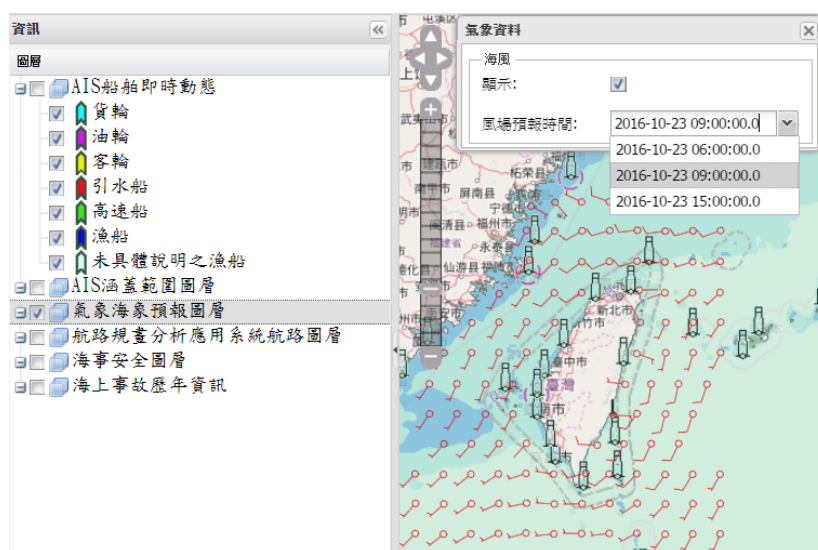


圖 6.4 氣象局臺灣海域區域風場預報

6.3.2 AIS 交通流分析

可直接於圖面劃參考線，分析穿行該參考線的 AIS 交通流分布，茲以北海岸石門鄉沿岸為例，執行分析如圖 6.5。其分析結果可以繪製交通流的密度與方向(分別勾選方向圖與密度圖)，也可再篩選船隻種類、設定夾角範圍等條件後重新繪圖，其中最右圖是只選擇貨輪與油輪後再繪圖比較的情形。

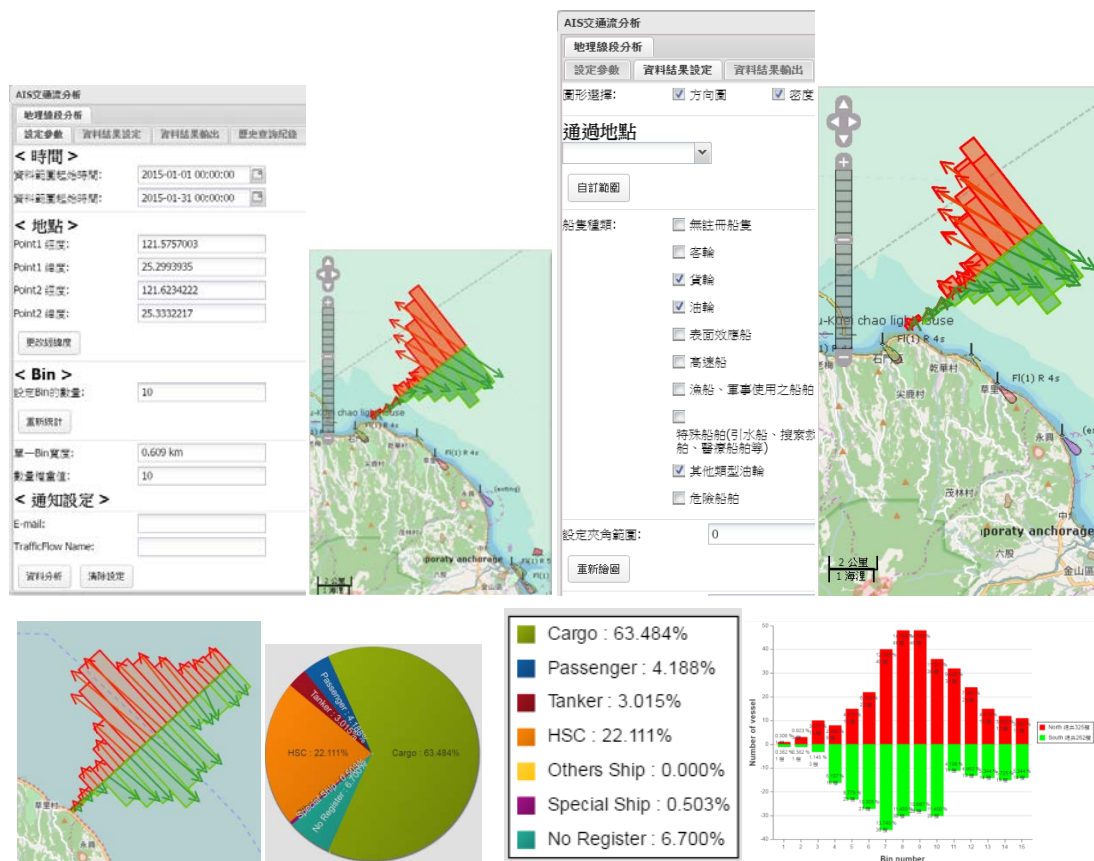


圖 6.5 穿行參考線的 AIS 交通流分析與各項輸出功能

圖 6.5 上圖分析的是 2015 年 1 月的 AIS 資料，參考線總長度大約 6.09km，設定分為 10 格顯示，下圖分析的參考線是 9.4km 長。由結果可見石門沿岸在離岸不到 3 哩處即明顯有商船穿行，交通流方向大致平行於海岸線。而網路地圖上標繪的航線確實就在交通流密集的中心線上。

6.3.3 海事安全資訊（航行警告）

此項功能是將接收到的航行警告信文（純文字），透過本文探勘取出時間空間資訊後，發布至空間資料庫做為海事安全資訊圖層，提供套疊顯示與內容查詢。圖 6.6 皆是勾選顯示海事安全資訊圖層後，點選查詢細節的畫面。原始信文如各對話框內從"NAVAREA XI" 開始的內容，End Time 與空間幾何及標繪由本系統自動處理。內容分別是：發現四處淺水深、海底電纜維修工程、砲火射擊危險、海洋測量作業。

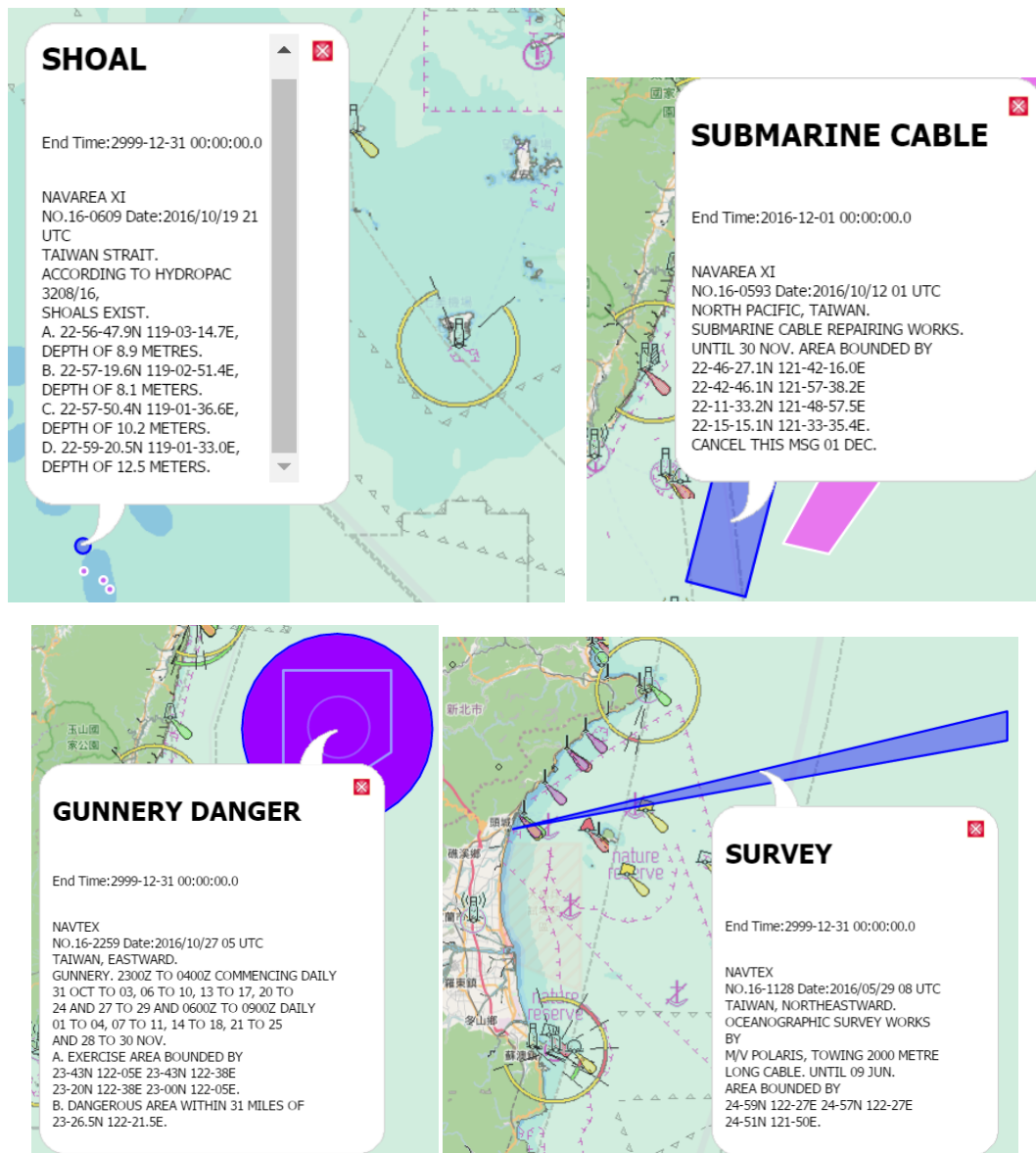


圖 6.6 海事安全資訊圖層：NAVAREA 航行警告

6.3.4 AIS 船舶即時動態與狀況監測

勾選 AIS 船舶即時動態圖層，系統即顯示 AIS 船舶列表、顯示設定按鍵、船舶查詢輸入框、AIS 即時監測結果。於海陸地圖視窗右下角提供將海圖畫面快速移動至指定地點，地點選項有各國際商港以及澎湖、金門、馬祖列島等。建議先移至該處再開啟 AIS 船舶即時動態圖層。

各船即時船位將顯示於海陸地圖視窗，可設定標示 MMSI、船名、船位時間，設定標示的相對位置；查詢船舶，可將海陸地圖視窗的中心點平移至該船的位置；點選船舶並按右鍵即可調用顯示航跡/清除航跡/回播該船周邊前一小時動態（預設為前一小時，可調整時間以及擬回播的周邊距離）、可鎖定追蹤該船或解除鎖定。

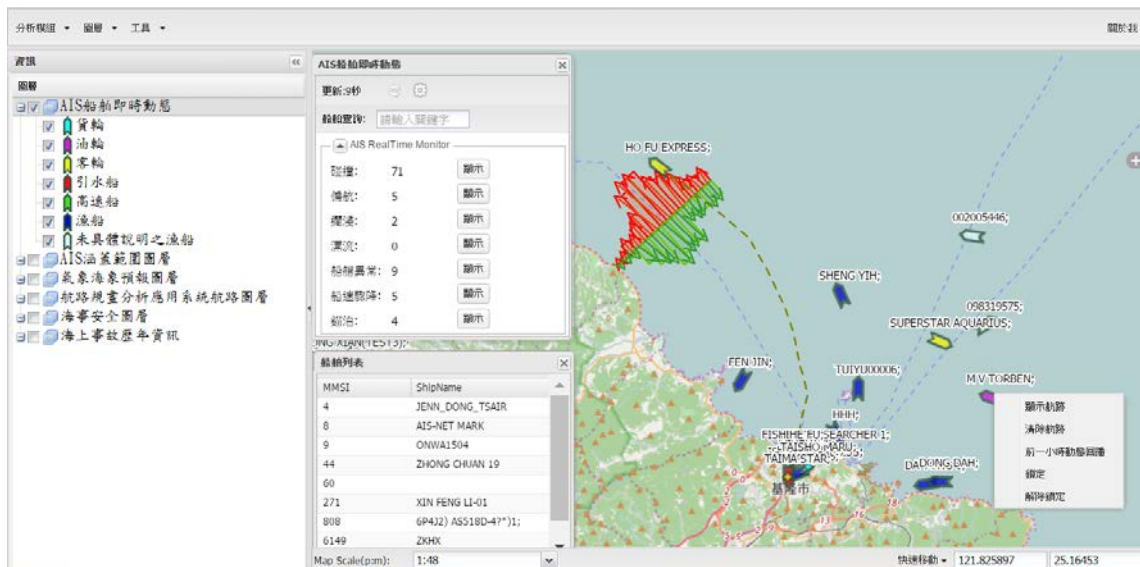


圖 6.7 AIS 船舶動態的識別、查詢、鎖定與航跡顯示

範例畫面如圖 6.7，其中合富快輪（客輪）的航跡以橄欖色虛線顯示，該輪穿行圖中參考線的位置相較於交通流分布屬於離岸較遠的。點選合富輪可看到該輪最新 AIS 資訊，由此得知該輪的長 80m 寬 15m 吃水 4.1m，目的地是東引（TUNGYIN），預計抵達時間是 2016/11/06 06:06:00。

即時監測模組(碰撞、偏航、擱淺、漂流、船艙異常...等)將於 AIS 船舶即時動態資訊面板顯示各模組當下偵測到的狀況數，點選狀況數右側

的「顯示」按鍵，將於海陸地圖上標示被偵測到該狀況的船舶，其他目標則被隱藏，而該項模組的「顯示」按鍵改為「隱藏」按鍵。

圖 6.8(a)顯示被偵測出擱淺危機的船舶，該船設定吃水 13.9m，船長 228m；(b)圖顯示的是被偵測出船速驟降的船舶；(c)圖是被偵測為錨泊的船舶。圖 6.9 是在澎湖水道外傘頂洲附近多艘船舶會遇過程中而被偵測出碰撞危機的發展情況。

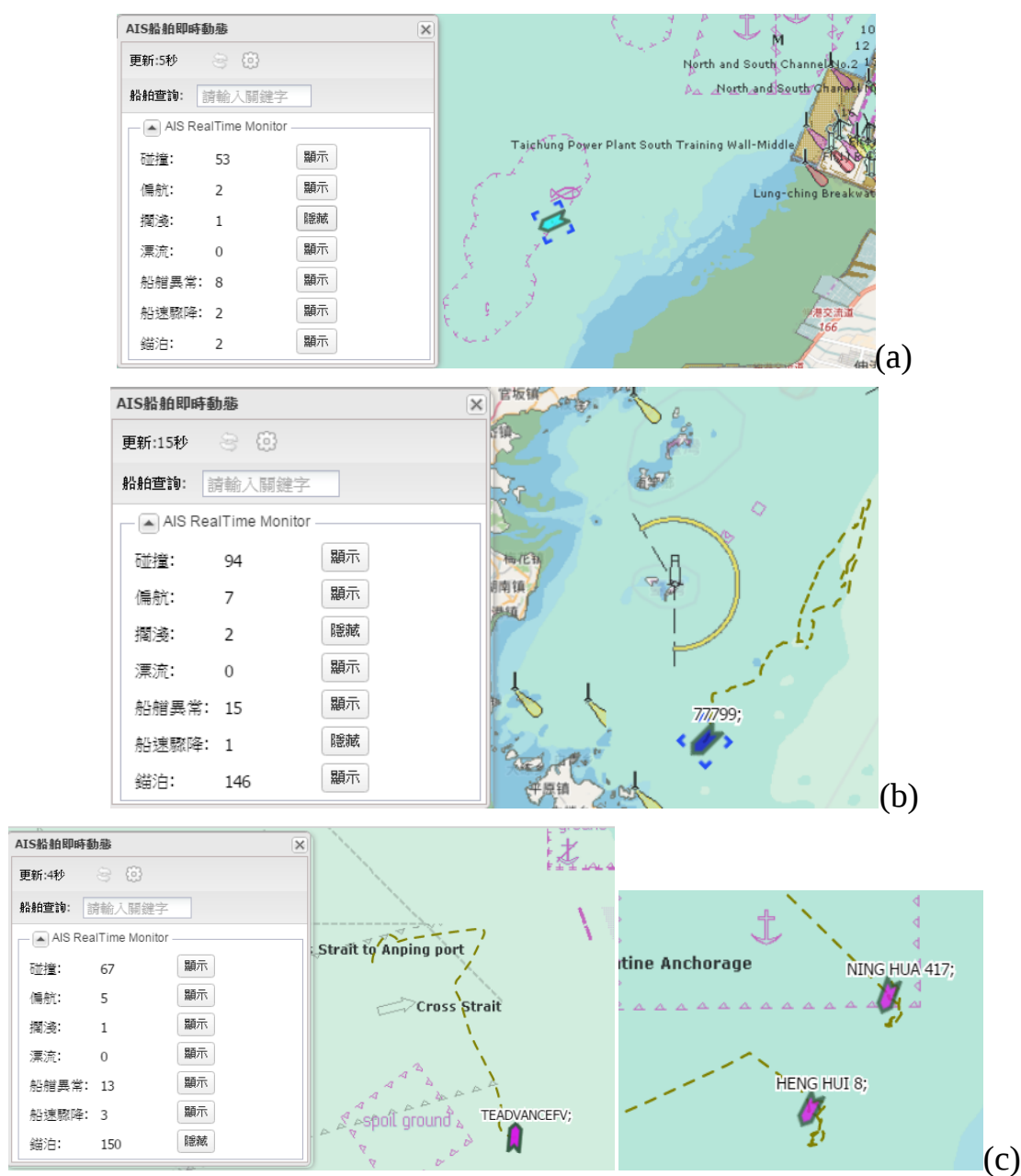


圖 6.8 擱淺及船速驟降、錨泊等狀況偵測結果之顯示

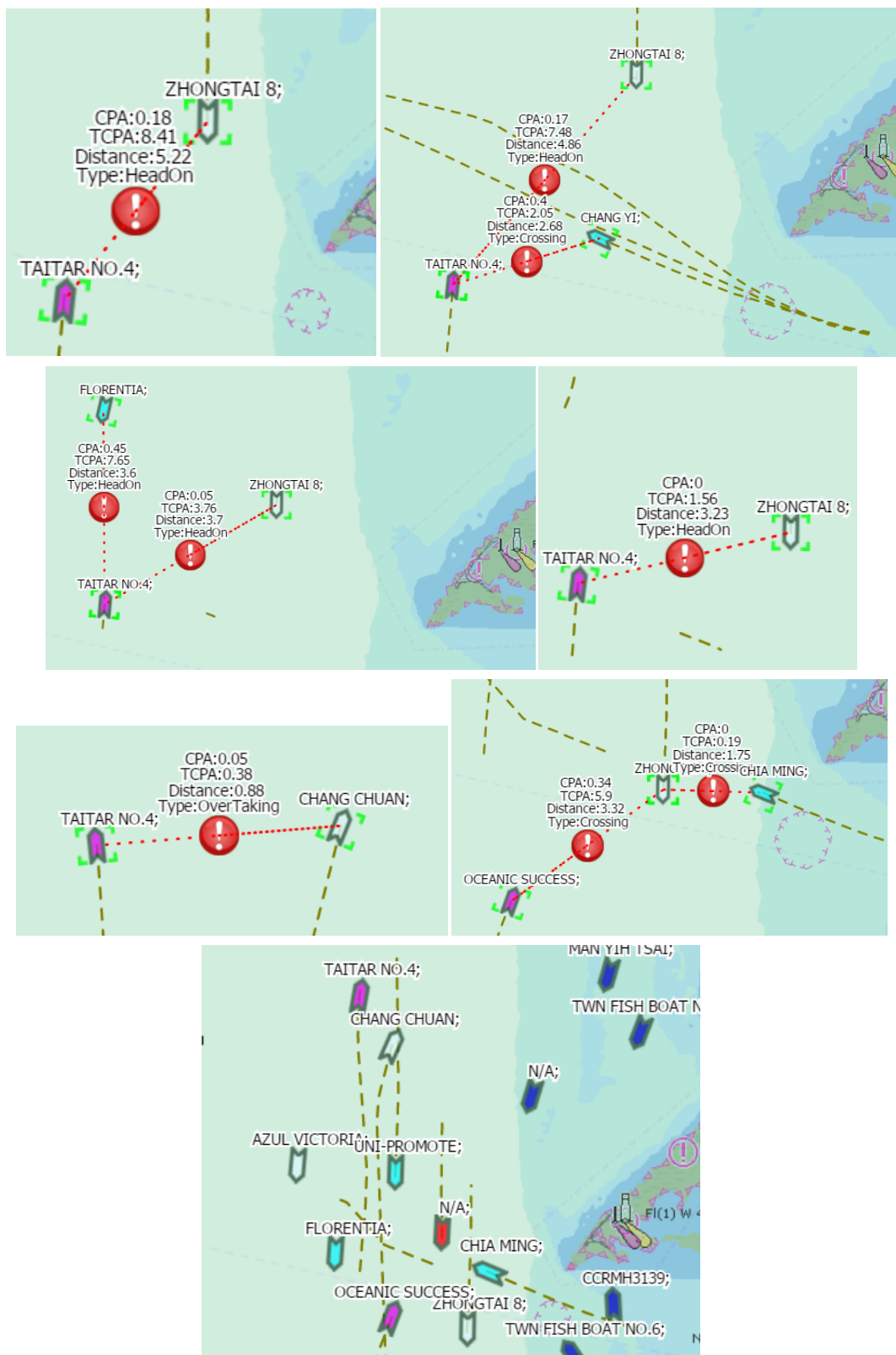


圖 6.9 船舶碰撞危機偵測及其狀況發展情形

從圖 6.9 可看到南北向通過澎湖水道的船舶之間的追越與迎艙正遇

情況，及其與來往布袋-澎湖的東西向航行船舶的交叉相遇狀況，各分圖由左至右由上至下是其隨時間的變動發展，最後一張分圖則是隱藏碰撞狀況後回復顯示各船即時船位與航跡的畫面。圖 6.10 則是動態回播，以被選定回播的船為圓形中心，其航跡以紅色虛線標示。

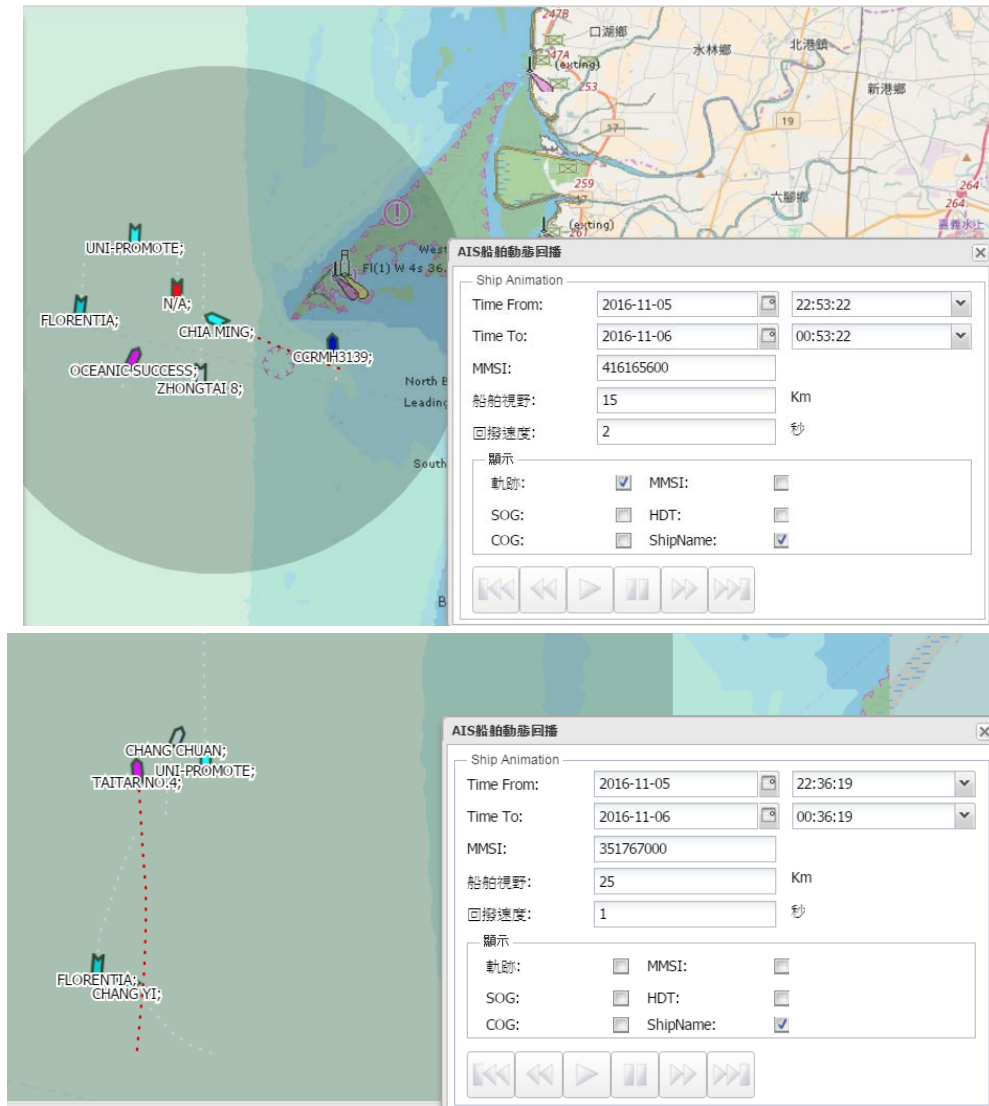


圖 6.10 以動態回播檢視船舶會遇狀況

6.3.5 與海難資料庫的整合應用

透過時間、地點、案件類型等參數查詢本系統關聯之海難資料庫(內含非海難的海事報告內容，因此實際上是海事案件資料庫)，將在地圖上顯示查詢的結果，並連結至 AIS 歷史資料抓取出該事件的 AIS 船舶軌跡，以利還原當時的地理時空關係。

設計的介面操作如下：

1. 勾選資訊圖層面板中的海上事故歷年資訊圖層後，即於地圖視窗標示各海事案件位置，並顯示以顏色區分的海事案件類別圖例；
2. 海事案件查詢的對話框可設定篩選參數，包括：起始時間、結束時間、原因類別；
3. 於顯示海事案件位置的符號上按滑鼠左鍵可得該案件資訊內容；
4. 按滑鼠右鍵，如果該案件沒有 MMSI 識別碼可關聯 AIS 資料，則回應「案件沒有 MMSI 資料」，如果有資料則可選擇「關聯至 AIS 歷史資料庫」或是「動態回播」。

詳見圖 6.11，最下圖是以建輝輪與他船碰撞的事件為例的操作。

圖 6.12 是以此功能回播升隆 1 號擱淺於龜山島；圖 6.13 是回播海研五號於澎湖海域觸礁沉沒發生情形的結果。出事期間的航速與航向艏向變化情況可從動態回播中清楚了解，例如海研五號經果外淺石後航速降為 7.6 節，開始漂流後艏向幾乎垂直航跡；升隆 1 號漂流至龜山島的漂流速度等。

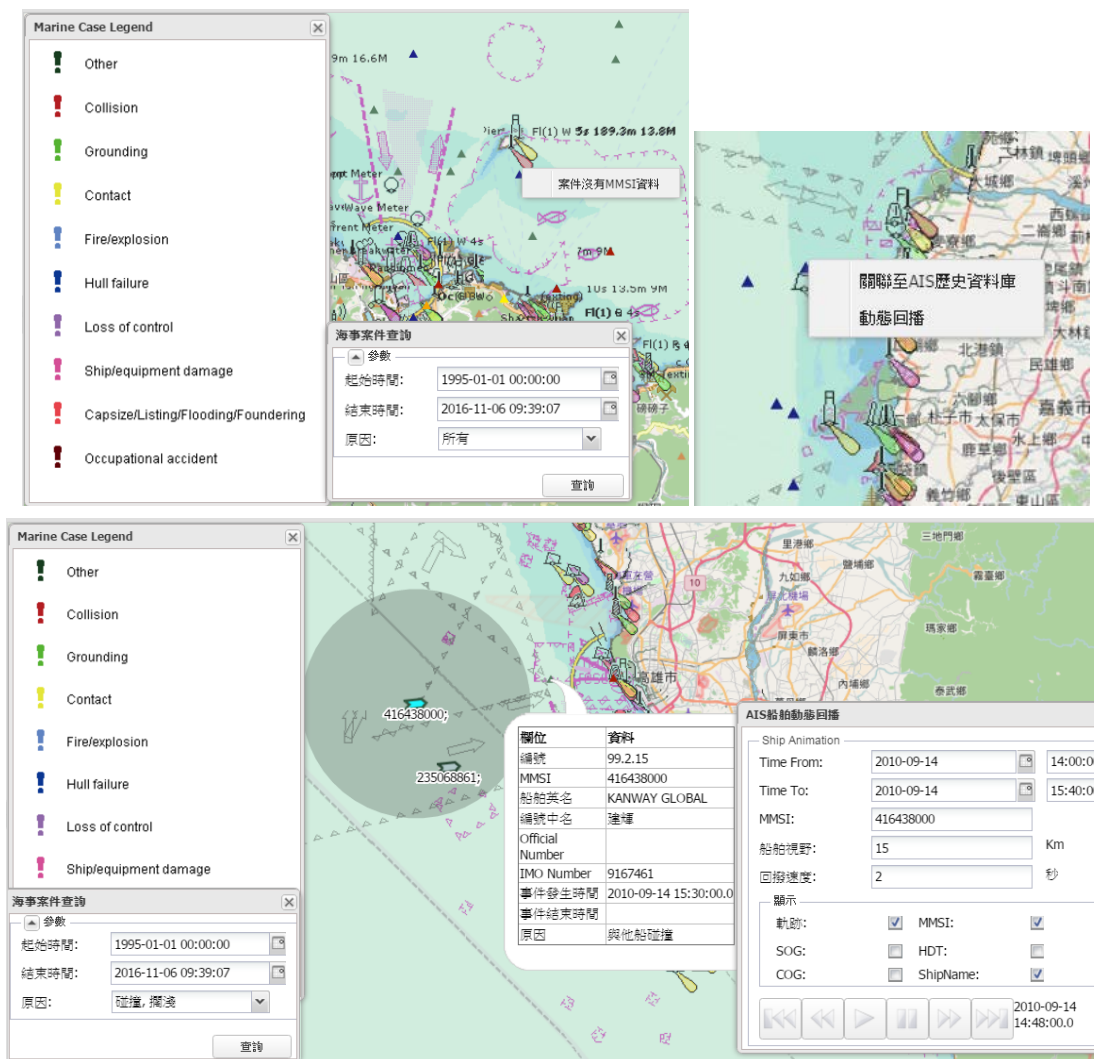


圖 6.11 海上事故歷年資訊圖層相關功能



圖 6.12 升隆 1 號擱淺龜山島的動態回播

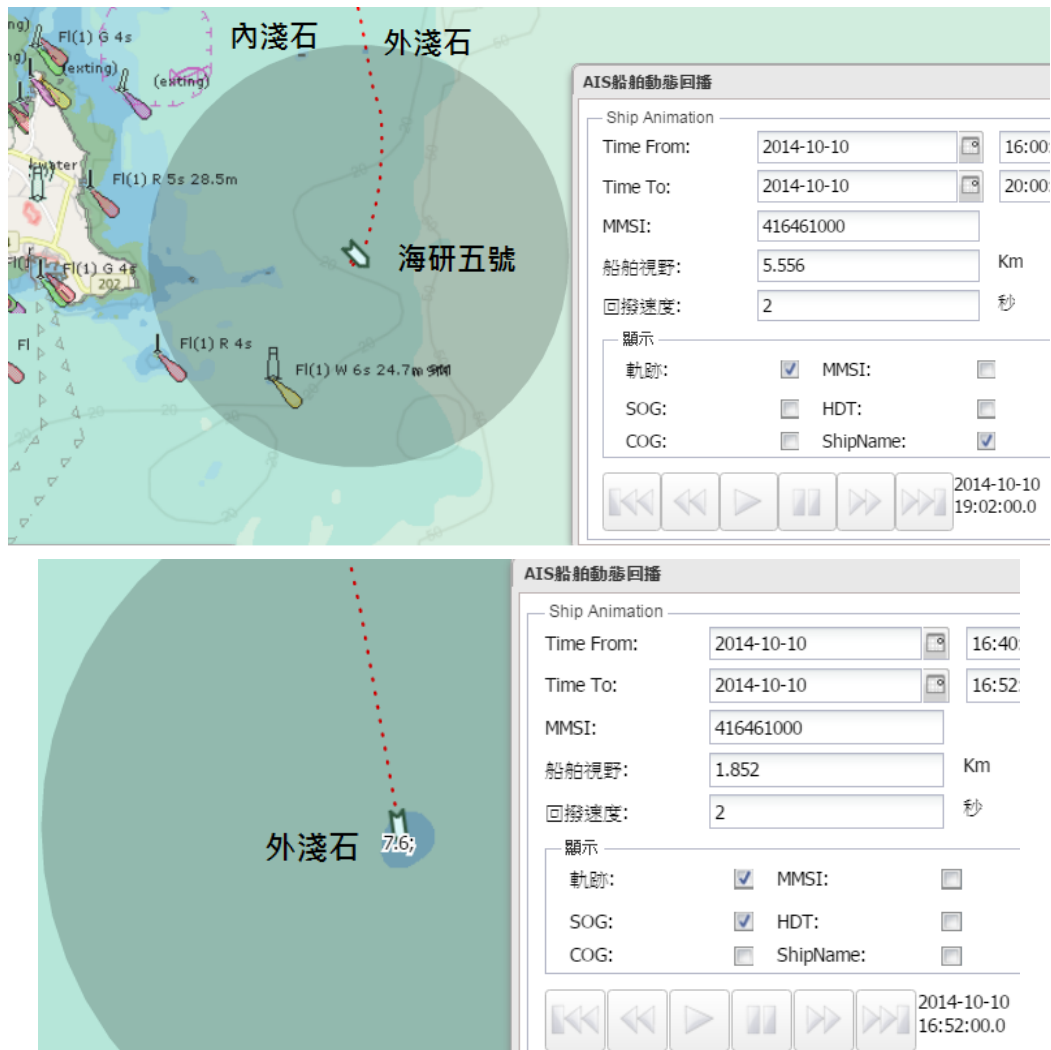


圖 6.13 海研五號觸礁沉沒的動態回播

若能使相關資料庫持續充實，包括：AIS 船舶動態資料、電子海圖、以及海事案件/海難資料庫，使其更為正確與完整，再關聯更多的海氣象觀測相關開放資料，此系統必能發揮相當大的功效。

6.4 小結

本研究綜合歷年各項研究成果，於第三年開始建置航路動態監測整合應用系統，本年度除新增監測與整合項目，更優化 AIS 巨量資料庫查詢與管理、各項自動偵測功能排程與計算效能以及人機介面友善度等。

航路動態監測整合應用系統整合海域陸域網路地圖服務、電子海圖

水深資訊、AIS 船舶動態之即時資料與歷史資料、海難資料庫、航行警告資訊服務、氣象資訊服務、AIS 交通流分析等內外部資料庫與服務。在動態監測方面，以電子海圖、船舶慣用航路、區域風場預報、航行警告等海域靜態環境資訊為輔，使船舶 AIS 即時船位顯示以及軌跡與動態回播都更具意義；而以探勘分析 AIS 歷史資料所得的特徵參數為依據設計的擱淺、碰撞、漂流、艏向異常、航速驟降、偏航、錨泊等自動化偵測警示功能，則是智慧化航行中心的運作核心。可提供各區航務中心人員、海巡署、環保署等其他機關人員操作使用。透過此系統的應用，可大幅提升對我國海域動態的掌握，對於智慧化的海上交通動態管理有具體而明顯的效益。

第七章 結論與建議

本研究之研究議題係對應於交通部推動科技發展之目標，目的在於：強化海運安全基礎資料之蒐集與資訊系統建立之機制，研發海運安全監測、預防及即時反應之科技，並促進海氣象觀測與海運管理及資訊系統之整合應用，以確保海運系統之安全，減少生命財產損失。今年度的計畫是四年期計畫的最後一個階段，已依規劃彙整全期成果，並完成整合應用系統之建置，移轉至港灣技術研究中心運作。

7.1 研究成果

研究成果摘述總結如下：

(1) E-化航行相關國際規範與技術發展最新資訊及轉譯發佈

首先彙整 E-化航行的重要背景資訊與整體發展現況，接著就國際海事組織的組織架構，以最新改組後的導航通訊與搜救分委會、海事安全委員會、以及 IMO 大會等各層級，概述其近期會議的 E-化航行相關重要資訊。IALA 與 IHO 這兩個重要的 E-化航行相關國際組織的最新發展是 IMO 相關規範的源頭，也是落實 E-化航行的必要推動力。因此本研究彙整其重點，以掌握 E-化航行的具體發展項目與內容。轉譯資訊已上傳至港研中心網站發佈。

(2) 船舶溫室氣體及空汙排放量估算

國際海事組織發布的第三次溫室氣體研究報告，使用 AIS 資料結合由下而上的模型，從 AIS 資料估算出全球船隊之個別船舶燃油消耗量。本研究彙整 IMO 的報告、他國的國家層級排放量估算以及我國的相關估算報告，比較其程序方法與各種參數後，擷取其中適用的部分，據以修改本研究第一年發展的估

算模組與資料庫，並與多船多航次的實際油耗數據比較，評估其準確性與可靠度。

(3) 海難資料庫平台與航路風險潛勢分析應用

本研究建置兩種海難資料輸入系統，分別用於將現有海事報告輸入海難資料庫，以及依據海難調查章程及其相關通報要求輸入海難資料庫。再於這兩種方式輸入的資料之間建立連結轉換，並使海難資料庫服務結合船舶動態系統 AIS 資料，於整合平台透過整合平台查詢、顯示與回播，以利檢視與分析。

另已建置航路網，結合海難紀錄以及累積的跡近事故風險偵測結果，分析航路風險潛勢。

(4) 航路動態監測整合應用系統

本研究綜合歷年各項研究成果，於第三年開始建置航路動態監測整合應用系統，本年度除新增監測與整合項目，更優化 AIS 巨量資料庫查詢與管理、各項自動偵測功能排程與計算效能以及人機介面友善度等。主要成果包括：海陸域動態與靜態資訊的圖層套疊整合，AIS 交通流分析，AIS 即時動態顯示與各種狀況的即時監測，航行警告時空資訊的自動解析整合，可結合海難資料庫的歷史航跡繪製與交通狀況動態回播。

7.2 研究成果效益評估與應用情形

- (1) 國際 e-化航行架構將依國際海事組織的策略實行計劃逐步建構成形，且強調船端、岸端以及船岸之間的整合協調。本研究轉譯發布的國際資訊以 e-化航行為主軸，著重於基礎建設、管理措施與教育訓練等應轉知國內主管機關或航港相關人員的訊息。可具體提升國內的認知與共識，以利與國際發展更為同步，也使 AIS、ECDIS、GNSS/DGNSS 等 e-化航行關鍵技術獲得更好的建設、應用與管理。
- (2) 本研究參考國際最新技術與建議，將 AIS 資料取間隔 2 分鐘內插並網格化其空間分布，設計實作自動取得估算船舶溫室氣體與空汙排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法。依此方法估算的油耗量在臺中高雄之間航線上與實測值相當接近，在基隆高雄之間則發現受潮流影響而可能有較大差異。整體而言，應用此方法可使國內現行的估算更精確且與國際現況更為一致。
- (3) 航路動態監測整合應用系統整合海域陸域網路地圖服務、電子海圖水深資訊、AIS 船舶動態之即時資料與歷史資料、海難資料庫、航行警告資訊服務、氣象資訊服務、AIS 交通流分析等內外部資料庫與服務。在動態監測方面，以電子海圖、船舶慣用航路、區域風場預報、航行警告等海域靜態環境資訊為輔，使船舶 AIS 即時船位顯示以及軌跡與動態回播都更具意義；而以探勘分析 AIS 歷史資料所得的特徵參數為依據設計的擱淺、碰撞、漂流、艏向異常、航速驟降、偏航、錨泊等自動化偵測警示功能，則是智慧化航行中心的運作核心。可提供各區航務中心人員、海巡署、環保署等其他機關人員操作使用。透過此系統的應用，可大幅提升對我國海域動態的掌握，對於智慧化的海上交通動態管理有具體而明顯的效益。

7.3 後續建議

- (1) 盡速透過政府部門的協調合作，完善電子航行圖、沿岸船舶交通服務、沿岸 AIS 與 DGNSS 等助導航設施與服務、海事安全資訊（航行警告）等，使我國海域航行環境與國際接軌，進而研擬我國在國際海事組織 e 化航行方案中的具體作為。
- (2) 「e 化航行策略實行計畫」、「AIS 航標的應用政策」、「船載 AIS 之船上操作使用指南-修訂版」等都是主管機關、航港及船上人員應特別注意的資訊，建議納入基礎建設與管理措施之規劃與考量，並納入相關教育訓練與宣導。
- (3) 持續充實「航路動態監測整合應用系統」的相關資料庫，包括：AIS 船舶動態資料、電子海圖、以及海事案件/海難資料庫，使其更為正確與完整，再關聯更多的海氣象觀測相關開放資料，使此系統發揮更大功效。
- (4) 本研究透過研發之「航路動態監測整合應用系統」，觀察到漁船大量使用 AIS 網位儀並隨意設定識別碼、大陸漁船越界至領海內捕魚、船舶異常繞行停留或與他船會合等等狀況。

AIS 網位儀問題有必要積極介入管理並提供教育訓練與宣導，因其對當值船員造成狀況認知的混淆與壓力，且未依規範使用頻道影響 AIS 主要用途。越界捕魚或異常繞行或停留會合等狀況資訊，則可提供海域執法應用。若能要求漁船安裝 AIS，對航安與海域資源保育將有相當大的效益。
- (5) 近期的幾起海難以及西部海域即將開發的離岸風電，都使得規劃航道的需求更為迫切。後續應以本研究成果為基礎，依 IMO 與 IALA 相關國際規範準則與建議，以科學數據的量化評估，配合專家/利害關係人工作坊的定性評估（即 IALA 建議之定量與定性風險管理工具組合），提出具有完整規劃評估與基礎設施支持的具體可行航道措施。

參考文獻

1. EfficienSea project documents, <http://www.efficiensea.org/>
2. Monalisa project documents, <http://www.sjofartsverket.se/monalisa>
3. Monalisa 2.0 project documents, <http://monalisaproject.eu/>
4. ACCSEAS project documents, <http://www.accseas.eu/>
5. International Hydrographic Organization, <http://www.iho.int/>
6. IALA O-134: IALA Recommendation on the Risk Management Tool for Ports and Restricted Waterways, Ed.2, May 2009
7. IMO Resolution A.893(21)—Guidelines to Voyage Planning, adopted on 25 Nov.1999.
8. IMO MSC.1/Circ.1228 Revised Guidance to the Master for Avoiding Dangerous Situations in Adverse Weather and Sea Conditions, Jan. 2007.
9. IMO,NCSR 1/28 Annex7 Draft e-Navigation Strategy Implementation Plan,July 2014.
- 10.Second IMO GHG Study 2009,Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H.,Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K., International Maritime Organization (IMO) , April 2009, London, UK.
- 11.Third IMO GHG Study 2014, Smith, T. W. P.; Jalkanen, J. P.; Anderson, B. A.; Corbett, J. J.; Faber, J.; Hanayama,S.; O’Keeffe, E.; Parker, S.; Johansson, L.; Aldous, L.; Raucci, C.; Traut, M.; Ettinger, S.; Nelissen, D.; Lee, D. S.;Ng, S.; Agrawal, A.; Winebrake, J. J.; Hoen, M.; Chesworth, S.; Pandey, A., International Maritime Organization (IMO) , April 2015, London, UK.

12. Assessment of Shipping's Efficiency Using Satellite AIS data, Tristan Smith, Eoin O'Keeffe, Lucy Aldous and Paolo Agnolucci, prepared for the International Council on Clean Transportation, March 2013.
(<http://lowcarbonshipping.co.uk/>)
13. An Overview of Maritime Waterway Quantitative Risk Assessment Models, Suyi Li, Qiang Meng and Xiaobo Qu, Risk Analysis, Vol.32, No.3, 2012.
14. IMO, Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process, International Maritime Organization, London, 2002.
15. Probability of Vessel Collisions, Macduff, T., Ocean Industry, 1974. 9(9): p. 144-148.
16. Some factors affecting the frequency of accidents in marine traffic. II: The probability of stranding, III: The effect of darkness on the probability of stranding, Fujii, Y., H. Yamanouchi, and N. Mizuki, Journal of Navigation, 1974. 27: p. 239-252.
17. Review and application of ship collision and grounding analysis procedures, Pedersen, P.T., Marine Structures, Vol.23, Issue 3, July 2010, p.241-262
18. IHO publication S-99 - Operational Procedures for the Organization and Management of the S-100 Geospatial Information Registry.
19. 林澄政、梅明德、丁毓齡，即時海象資訊應用於船舶節能航路規劃之研究，中華民國運輸學會 98 年學術論文研討會論文集，2009。
20. 離岸風場開發對航運安全影響評估技術與管理制度研析，張淑淨，工業技術研究院委託研究報告，2013。
21. 結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(1/4)，張淑淨，交通部運輸研究所委託研究報告，2013。

- 22.使用 AIS 估算船舶油耗與空汙排放量之研究，王晔智，國立台灣海洋大學通訊與導航工程研究所碩士論文，2014。
- 23.結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(2/4)，張淑淨，交通部運輸研究所委託研究報告，2014。
- 24.結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(3/4)，張淑淨，交通部運輸研究所委託研究報告，2015。

附錄一 專有名詞對照表

AIS	Automatic Identification System 船舶自動辨識系統
ASM	Application-Specific Message 特定應用訊息
CMDS	Common Maritime Data Structure 共通海事資料結構
COG	Course Over Ground 對地航向
CPA	Closest Point of Approach distance 最近距離點（的距離）
CRC	Cyclic Redundancy Check 循環冗餘碼
CSTDMA	Carrier-Sense Time Division Multiple Access 載波感測分時多重進接
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance 載波感測多重擷取及衝撞避免
CTW	Course Through Water 對水航速
DDP	Data Distribution Plan 數據分配計畫
DGLONASS	Differential GLONASS 差分全球衛星導航系統
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System 差分全球衛星導航系統
DGPS	Differential Global Positioning System 差分全球定位系統
DOP	Dilution of Precision 精度因子
DRMS	Distance Root Mean Square 距離均方根
DSC	Digital Selective Calling 數位選擇呼叫
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System 電子海圖顯示與資訊系統

EEDI	Energy Efficiency Design Index 能源效率設計指數
EEOI	Energy Efficiency Operational Indicator 能源效率操作指數
EGC	Enhanced Group Call 強化群呼
e-GPS	a system which provides VBS-RTK and network DGPS services via internet 透過網際網路提供 DGPS 與 VBS-RTK 服務的系統
EMSA	European Maritime Safety Agency 歐洲海事安全局
e-Navigation	IMO's strategy and implementation plan for electronic and enhanced navigation 國際海事組織電子化與強化航行的策略與實行計畫
eLoran	Enhanced Long Range Navigation 增強之羅遠導航系統
ENC	Electronic Navigational Chart 電子航行圖
EPFS	Electronic Position-Fixing System 電子定位系統
ETA	Estimated Time of Arrival 預計抵達時間
FAL	Convention of Facilitation of International Maritime Traffic 便利國際海上運輸公約
FATDMA	Fixed Allocation Time-Division Multiple Access 固定指配分時多重進接
FSA	Formal Safety Assessment 正規安全評估
GIS	Geographic Information System 地理資訊系統
GISIS	Global Integrated Shipping Information System 全球整合航運資訊系統
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System 全球海上遇險與安全系統
GNSS	Global Navigation Satellite System 全球導航衛星系統

GPS	Global Positioning System 全球定位系統
Gyro	Gyrocompass 電羅經
HDOP	Horizontal Dilution of Precision 水平幾何稀釋因子
HCD	Human-Centred Design 人本設計
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities 國際助導航協會
IAMSAR	International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual 國際航空與海事搜救手冊
IBS	Integrated Bridge System 整合船橋系統
IDE	International Data Exchange 國際資料交換
IWRAP	IALA Waterway Risk Assessment Program IALA 水道風險評估軟體
IEC	International Electrotechnical Commission 國際電子技術委員會
IHO	International Hydrographic Organization 國際海測組織
IMO	International Maritime Organization 國際海事組織
INMARSAT	International Maritime/Mobile Satellite (Organization) 國際海事/移動衛星
INS	Integrated Navigation System 整合導航系統
IP	Internet Protocol 網路協定
ISPS	International Ship and Port Facility Security Code 國際船舶與港口設施保全章程
ITS	Intelligent Transportation System 智慧型運輸系統

ITU	International Telecommunication Union 國際電信聯盟
ITDMA	Incremental Time-Division Multiple Access 漸增式分時多重進接
IVEF	Inter-VTS Exchange Format 船舶交通服務之間的交換格式
LRIT	Long-Range Identification and Tracking 遠距識別與追蹤系統
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution From Ships 防止船舶污染國際公約
MarNIS	EU Project named Maritime Navigation Information Service 名為「海事航行資訊服務」的歐盟計畫
MMSI	Maritime Mobile Service Identification 水上行動識別碼
MPEC	IMO Marine Environment Protection Committee 海洋環境保護委員會
MSC	IMO Maritime Safety Committee 海事安全委員會
MSI	Maritime Safety Information 海事安全資訊
MSM	Multi-sentence Message 由多個句子組成的訊息
MSP	Maritime Service Portfolio 海事服務組合
MTNet	Maritime Transport Network of Taiwan 交通部設置的航港單一窗口服務平台
NAT	Network Address Translation 網路地址轉換
NAV	IMO Subcommittee on Safety of Navigation 航行安全分委會
NAVDAT	Navigation Data Service 航行資料服務（岸對船，中頻無線電）

NAVTEX	Navigational Telex to broadcast Maritime Safety Information in 518kHz 航行警告電傳
NCSR	Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue 導航通訊與搜救分委會
NDC	National Data Center 國家數據中心
NMEA	National Marine Electronics Association 國際海洋電子學會
OGC	Open Geospatial Consortium 開放地理空間資訊聯盟
PNT	Positioning, Navigation and Timing 定位導航與授時
RACON	Radar Transponder Beacon 雷達應答標竿
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring 接收機完整性自主監測
RATDMA	Random Access TDMA 隨機式分時多重進接
RB-DGNSS	Radio-Beacon Differential GNSS 無線電信標差分式全球衛星導航系統
RCDS	Raster Chart Display System 網格式海圖顯示系統
RDC	Regional Data Center 地區資料中心
Resilient PNT	具彈性應變、恢復力或韌性的定位、導航、授時系統
ROT	Rate Of Turn 轉向速率
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services 海事無線電技術委員會
S-57	IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data 國際海測組織數位海測資料傳輸標準

S-100	IHO Universal Hydrographic Data Model 國際海測組織通用海道測量數據模型
SAR	Search and Rescue 搜索與救援
SDME	Speed and Distance Measuring Equipment 速度和距離測量設備
SE	Symbology Encoding 符號編碼
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan 船舶能源效率管理計畫
SIP	e-Navigation Strategy Implementation Plan e-化航行策略實施計畫
SMTP	Simple Network Management Protocol 簡易網路管理協定
SOG	Speed Over Ground 對地航速
SOLAS	Safety of Life at Sea Convention 海上人命安全國際公約
SOTDMA	Self- Organized Time Division Multiple Access 自我組織式分時多重進接
SPS	Standard Positioning Service 標準定位服務
SQA	Software Quality Assurance 軟體品質保證
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers 航海人員訓練發證及當值標準國際公約
STW	Speed Through Water 對水航速
TCP	Transmission Control Protocol 傳輸控制協定
TCS	Track Control System 軌跡控制系統
TCPA	Time to the Closest Point of Approach 至最近距離點時間
TDMA	Time Division Multiple Access 分時多重進接

TSMAD	IHO Transfer Standard Maintenance and Applications Development Working Group 國際海測組織的傳輸標準維護與應用發展工作小組
UDP	User Datagram Protocol 使用者資料流通訊協定
UHDM	Universal Hydrographic Data Model 通用海測資料模型
UMDM	Universal Maritime Data Model 通用海事數據模型
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System 通用移動通訊系統
UT	Usability Testing 可用性測試
UTC	Coordinated Universal Time 世界標準時間
VDES	VHF Data Exchange Service 特高頻資料交換服務
VDL	VHF Data Link 特高頻資料通訊鏈路
VDR	Voyage Data Recorder 航程數據紀錄器
VHF	Very High Frequency 特高頻
VMS	Vessel Monitoring Systems 船舶監控系統
VTs	Vessel Traffic Service 船舶交通服務
WFS	Web Feature Service 網路圖徵服務
WGS84	World Geodetic System 1984 世界大地測量系統 1984
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access 全球互動微波存取
WMO	World Meteorological Organization 世界氣象組織
WMS	Web Map Service 網路地圖服務
WMTS	Web Map Tile Service 網路地圖圖磚服務
WWNWS	World-wide Navigational Warning Service 全球航行警告服務
WWRNS	World Wide Radio Navigation System 全球無線電導航系統

附錄二 期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-105-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(4/4)

執行單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
臺灣港務股份有限公司 張國明 委員： 一、第四章建議再結合「海難資料庫」、「電子海圖」及「海氣象資料」，分析船舶海難事故發生地點、時間與海氣象關聯性，俾利透過應用系統提供特定區域於特定海氣象期間之風險潛勢分析，供船端、岸端及岸上主管單位預防海難參考；並提供劃設警戒區以符合船端 E 化航行的用戶需求。 二、第五章詳述說明各模組功能，並將偵測數標示於海陸地圖上，建議將偵測的結果，增加主動警示或通知船	一、第二年計畫已有關聯分析，並於今年度再補充分析。 二、於第六章說明模組功能，偵測數隨時標示於畫面。然實際狀況變化迅速，數分鐘內的情況，傳訊通知再查看系統了解狀況，實已來不及反應。 三、交通流分析、航路動態	依處理情形辦理

端及岸上主管單位之功能。 三、本計畫本年度既是以102-104研究成果為基礎，以支援智慧化航行，建議那些可運用的項目以及如何運用應可多再加強。	即時監測都 都支援智慧 化航行之海 事服務，詳見 第六、七章。	
國立臺灣大學 蔡進發教授： 一、對IMO及國際e-化航行資料蒐集完整。 二、完成船舶溫室氣體及空汙排放量估算及海難資料庫平台與航路風險潛勢分析。 三、請定義船舶航行狀態、調度狀態及停泊狀態的速度。	一、感謝肯定。 二、皆已完成。 三、詳見第三章。	符合
國立中山大學 薛憲文 委員： 一、請說明未來如何由 S57 至 S100 之初步發展策略。 二、P122 中偏航監測模組所稱”客船”是否專指特定船路上之特定船隻，例如台馬輪。 三、P124 中船艙異常監測模組由 AIS 即時船向及艙向角度差大於 45 度，其中設為 45	一、此項未列本期計畫工作，透過國際組織會議資訊可知，策略上應持續同步研發試驗。 二、指客輪經常或定期航行的路線，不限特定客船。	依處理情形辦理

度之原因為何？ 四、 P121 中第五章中航路規劃與監測整合應用系統之使用者為何？未來是否有較易使用之使用者介面設計？ 五、 本研究四年內之成果項目頗多，但如何整合有效應用是未來需要努力的目標？	三、 已於第六章補充說明。 四、 已於第六章說明。 五、 整合成果詳見第六、七章。	
運研所運安組 洪憲忠 委員： 一、 計畫成果可與國際接軌。 二、 P130 e-化航行轉譯資訊除上傳港研中心網站外，是否也可放於期末報告附錄？ 三、 海難資料輸入系統可提供航港局參採。 四、 計畫成果如何與航港局、臺灣港務公司現有系統整合或精進？ 五、 P119 登入畫面之海難事件劃分，嚴重程度宜有說明。	一、 感謝肯定。 二、 將指南準則類較具體完整的文件放入。 三、 建議航港局參採。 四、 可提供技術與系統實作支援，以落實整合應用。 五、 登入系統後的歡迎畫面即已依 IMO 文件提供說明（畫面未置於報告）。	依處理情形辦理
港研中心 蔡立宏 委員：		

一、海難資料未來如何收集及建置更完整之資料，目前缺漏情形是否影響分析結果，如何因應。 二、未來研究成果如何技術移轉以及推廣。 三、圖 3-13 應於報告中說明。 四、P102 排放量估算建議可另用方程式表示。 五、報告格式請依據本所規定編寫，圖表盡量不隔頁切割。 六、海難資料庫更新中，新舊之差異性為何？ 七、監測中若發現可能發生海難的情形，是否有警告船隻機制？	一、因海難資料缺漏，目前難以有效支持定量的統計分析。因此以跡近事故偵測統計，以海難對照驗證。 二、系統已移轉建置於港研中心，可配合研討會或展示會推廣。 三、已補充說明。 四、已加方程式。 五、已再檢視格式要求，並依此調整。 六、說明於第四章 七、透過系統操作觀察可知若監測發現可能發生海難，必須立即反應警告船隻，其運作相當於沿岸的船舶交通服務（VTS），操作人員須能直接使用 VHF 語音通訊	依處理情形辦理
--	---	----------------

	及 / 或 傳 送 AIS 安 全 訊 息。	
--	------------------------------	--

附錄三 船載 AIS 之船上操作使用指南

IMO 第 29 屆大會決議 A1106(29)

2015 年 12 月 2 日通過

一、此指南的目的

1. 這些操作指南旨在促進安全且有效地利用船舶自動識別系統（AIS）。特別是告知航海人員關於 AIS 的操作使用、限制和潛在用途。因此在操作 AIS 時應該考慮這些準則。
2. 使用船載 AIS 之前，應該完全了解此指南的原則並熟悉設備的操作，包括正確解讀設備顯示的資料。

注意：並非所有的船舶配載 AIS

航行當值人員應知道：其他船舶，特別是遊憩船艇、漁船、軍艦，以及包括船舶交通服務（VTS）在內的一些沿岸岸臺，可能沒有安裝 AIS。

航行當值人員應知道：已應法規要求而安裝 AIS 設備的其他船舶，在某些情況下，可能會依據船長的專業判斷而關閉其 AIS。

3. 國際上通過強制船舶安裝 AIS 的要求在於海上人命安全國際公約第五章第 19 條（SOLAS regulation V/19）。有些船並不存在在 SOLAS 公約要求安裝的範圍內，例如：軍艦、政府的公務船、漁船、遊艇等。而安裝 AIS 的船舶在某些狀況下是可以關閉 AIS 的。因此使用者應注意：AIS 提供的資訊可能並非完整或正確的周遭船舶交通圖像。

二、AIS 的目標

4. AIS 旨在提升海上人命安全、船舶航行的效率以及海洋環境的保護。SOLAS 公約 V/19 要求 AIS 在船與船之間，以及和岸

基設施交換數據資料。因此 AIS 的目的在於協助辨識船舶、輔助目標追蹤、協助搜救作業、簡化資訊交換（例如減少強制性的口頭船舶報告），並提供額外的資訊以協助對情境態勢的感知。一般而言，無論在沿岸監視站或是在船舶上，通過 AIS 接收到的數據資料都能提高其當值人員可獲得的資訊品質。AIS 提供的資料是導航系統（包括雷達）資訊很好的輔助，因此在使用者面對交通狀況時，AIS 是增進情勢感知的重要「工具」。

三、AIS 的描述

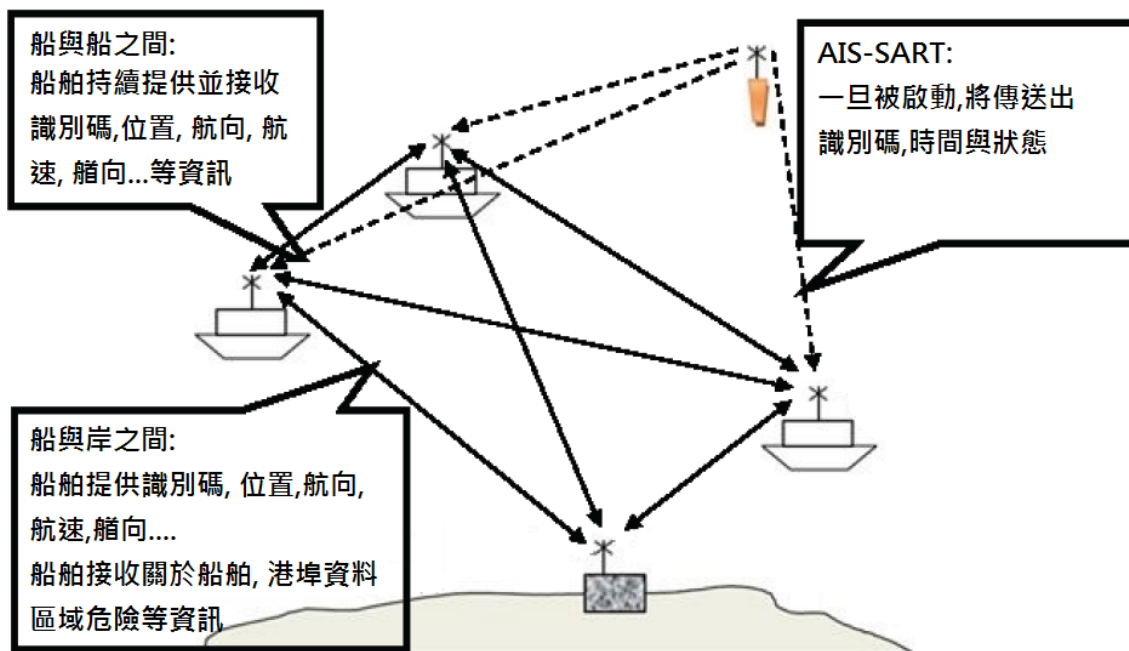


圖 1 AIS 系統概觀

5. Class A AIS 船載設備符合國際海事組織對於船舶配備 AIS 的要求。Class B 船載設備提供的功能不完全符合 IMO 的要求。不受 SOLAS 強制安裝 AIS 規範的船舶可以安裝 Class B AIS。
6. 船載 AIS（如圖 1）傳送本船的資料給其他船舶與 VTS 臺；接收並顯示來自其他船舶、VTS 臺及其他 AIS 臺（例如：AIS-SART、AIS-ATON 等）的資料。

7. 如果配合適當的顯示，船載 AIS 可以快速且自動化地提供從目標船舶傳送的位置資料計算出目標船與本船之間的 CPA 與 TCPA。
8. AIS 主要操作於兩個專屬的 VHF 頻道。在這兩個頻道無法使用的區域，AIS 也可以透過岸上設施傳送的訊息使其自動切換至指定的替換頻道。在沒有 AIS 岸臺或是 GMDSS 的 A1 海域電台的地方，則應該手動切換 AIS 頻道。但是手動切換 AIS 頻道的功能應該只有在緊急且暫時的情況下才考慮使用，並應注意在海上切換頻道可能會對 AIS 造成負面影響。
9. AIS 系統可同時容納大量的船舶。系統也給 Class A 裝置優先權，Class B 裝置的報告間隔較長或是只能使用空下來的時槽。
10. AIS 可以偵測到在 VHF/FM（特高頻/調頻）通訊距離內的船舶，包括在轉彎以及小島的後面（在陸地不太高的情況下）。在海上的典型距離是 20-30 浬，依天線高度而定。透過中繼站的協助，可增加船臺及 VTS 臺的涵蓋範圍。
11. AIS 船載臺的資訊傳送是連續且自動的，不需要當值人員的任何介入或知悉。AIS 岸臺可藉由傳送詢問訊息（polling）給指定船舶取得特定船舶的更新資訊；或是「詢問（poll）」指定海域範圍內的所有船舶。但是，岸臺只能增加船舶的報告頻率，不能使其減低。

四、船舶傳送的 AIS 資訊

船舶的資料內容

12. 船舶傳送的 AIS 資訊有三種：

- (1) 靜態資訊

在安裝時輸入，而且只有在船舶變更船名、MMSI、電子定位系統的天線位置或是改造成不同船種的時候需要修改；

(2) 動態資訊

除了「航行狀態」資訊以外，是由 AIS 連接的船舶感測裝置自動更新；

(3) 航程相關資訊

可能需要手動輸入並在航程中更新。

13. 上述資訊的細節說明如下表：

表 1 船舶傳送的資料

資訊類別與項目	資訊之產生、資訊的類型及品質
靜態資訊	
水上移動業務識別碼 (MMSI)	於安裝 AIS 時設定； 變更船主的時候可能需要修改。
無線電呼號與船名	於安裝 AIS 時設定； 變更船主的時候可能需要修改。
IMO 號碼	安裝 AIS 時輸入
船舶的長寬/ 電子定位系統 (EPFS) 的天線位置	安裝 AIS 時設定；輸入的其實是定位天線相對於船舶艏艉與兩側的距離，再以此算出船舶的長寬；對於雙向型船舶或是有多個天線的船舶，可能必須隨時配合更改輸入值。
船舶種類	從 AIS 預設的清單中選取
動態資訊	
船位及其準確度標	從 AIS 連接的定位裝置取得最新資訊並自動更

示	新；用以標示該船位誤差是否小於 10m，基本上是指該船位是否使用準確度較高的差分式全球導航衛星系統（DGNSS）
船位時戳（UTC）	從 AIS 連接的定位裝置取得並自動更新
對地航向（COG）	從 AIS 連接的定位裝置取得並自動更新(如果該裝置可提供 COG)。
對地航速（SOG）	從 AIS 連接的定位裝置取得並自動更新。有可能無法取得此資訊
艏向	從 AIS 連接的艏向感測裝置取得並自動更新
航行狀態	由航行當值人員輸入並適時變更，例如： - 以動力航行中； - 錨泊中； - 失去控制； - 操縱能力受限； - 繫泊中； - 受限於吃水； - 觸底擱淺； - 漁捕作業中； - 以船帆航行中。 由於這些都跟船舶避碰規則有關，可以在變換燈號與形狀時，同步執行航行狀態的變更。
轉向速率（ROT）	從 AIS 連接的 ROT 感測裝置或從電羅經衍生取得最新資訊並自動更新。有可能無法取得此資訊
航程相關資訊	
船舶吃水	啟航時手動輸入該航程的最大吃水，並視需要

	修正（例如：因應進港前排放壓艙水的結果）
危險貨載種類	在啟航時手動輸入，確認是否裝載危險貨物，包括： DG（危險貨品）； HS（有害物質）； MP（海洋污染物）。
目的地與預計抵達時間	於航程開始時手動輸入，並適時更新
航路計畫（航路點）	於航程開始時手動輸入（由船長自由裁量），並適時更新
安全相關簡訊	
由人工輸入的簡訊，可以指定傳送給單一船舶（以 MMSI 識別）或是廣播給所有通訊範圍內的船舶與岸台；單筆簡訊最長可達 158 個字元，但是愈短愈容易傳送成功。	

- * 由於 MPEC.118(52) 決議修訂 MARPOL 公約的危險貨品分類，貨物種類可能改分為 A, B, C, D，而不是舊型 AIS 設備上的 X, Y, Z 或 OS 類別。如 SN.1/Circ.227 以及 SN.1/Circ.227/Corr.1 的描述。對應如下表：

現行 MARPOL 類別	舊型 AIS 上的對應類別
X	A
Y	B
Z	C
OS	D

14. 船舶的 AIS 資料自動以不同的更新率傳送：

動態資訊依船速與轉向而定（如表 2 與表 3）；靜態及航程相關資料則是每 6 分鐘或是應要求而傳送（由 AIS 自動回應要

求，使用者不必有任何動作）；安全相關文字訊息：依需求而傳送。

表 2 Class A 船載設備的報告間隔

船舶的動態	報告間隔
船舶錨泊或繫泊中，而且移動速度不超過 3 節	3 min
船舶錨泊或繫泊中，而且移動速度不超過 3 節	10 s
船速 0-14 節	10 s
船速 0-14 節，而且轉向中	3 1/3 s
船速 14-23 節	6 s
船速 14-23 節，而且轉向中	2 s
船速>23 節	2 s
船速>23 節，而且轉向中	2 s

表 3 Class B 船載設備的報告間隔

不受 SOLAS 公約規範的船艇	報告間隔
Class B SO 船載設備，移動速度不超過 2 節	3 min
Class B SO 船載設備，移動速度 2-14 節	30 s
Class B SO 船載設備，移動速度 14-23 節	15 s
Class B SO 船載設備，移動速度>23 節	5 s
Class B CS 船載設備，移動速度不超過 2 節	3 min
Class B CS 船載設備，移動速度超過 2 節	30 s

安全相關簡訊

15. 安全相關的簡訊可以是固定或自由格式的文字訊息，可以送給指定的收訊位址（MMSI）或是區域內的所有 AIS 船舶。其內容應與航行安全相關，例如：看見了冰山或是浮標沒有在浮標站位置上。訊息應盡可能簡短。系統允許每個訊息至多高達 158 個字元，但訊息越短，就越容易找到可用的傳輸空間。目前這些訊息並未被進一步規範。
16. 文字訊息可能會要求操作者確認收悉。操作者應該能意識到有些特別的安全相關訊息與特別的使用者識別碼是傳送自諸如 AIS-SART 的裝置。細節詳見 SN.1/Circ.322。確認時不必要以文字訊息回覆。
17. AIS 安全相關簡訊只是廣播海事安全資訊（MSI）的另一種方法。雖然其重要性不應該被低估，但是使用這樣的訊息並不能免除全球海上遇險與安全系統（GMDSS）的任何要求。
18. 操作者應該確保從 AIS 接收到的安全相關簡訊被顯示以及考量，而且必要時應該傳送安全相關訊息。
19. 依據 SOLAS 公約條文 V/31（危險信文），"每一艘船的船長，當遇見危險海冰、危險廢棄物或其他航行危險物，或...時，有責任透過他可使用的方法把資訊通告給附近的船舶，以及相關當局。"
20. 通常這是透過 VHF 語音通訊，但是所謂「所有方法」現在也包括利用 AIS 安全相關簡訊的應用，此方法的優點是容易了解，特別是在標註正確位置的時候。

保密

21. 手動輸入任何資訊時都應考量該資訊的保密性，特別是國際協議、規則或標準對於航行資訊之保護有相關條文時。

五、船上的 AIS 操作

收發機的操作

啟動

22. 當船舶航行或錨泊時，AIS 應始終保持運作。如果船長認為 AIS 的持續運行可能危及本船的安全或保安、或者保安事件迫在眉睫，AIS 可以被關閉。在強制船舶報告系統中運作時，船長應向當局報告此等關閉 AIS 的動作以及這樣做的原因，除非可能因此進一步危及船的安全或保安。這種性質的動作及其原因應該一併記錄在航海日誌。當危險來源消失後，船長應立即重啟 AIS。AIS 被關閉時，其靜態資料和航程相關資訊依然被儲存在 AIS 內。重新啟動時只要開啟 AIS 設備的電源即可。在兩分鐘的初始化之後，船舶就會發送自身的數據資料。在港口內的 AIS 操作，應按照港口的要求

手動輸入資料

23. 在航程開始時，或每當發生變化時，當值船員應手動以輸入裝置，例如鍵盤，輸入以下資訊：船舶的吃水；危險貨載；離港目的地以及預計抵達時間；航路計畫（航路點）；正確的航行狀態、以及安全相關文字訊息。

輸入的目的港，建議使用聯合國的貿易及運輸位置代碼（UN/LOCODE）。此外，也建議利用現有的目的港欄位，以 UN/LOCODE 同時輸入離靠港口與下一個停靠港¹。該欄位可容納 20 個字元的 6 位元 ASCII 字碼。

檢查資訊

¹ SN/Circ.244,Guidance on the Use of the UN/LOCODE in the Destination Field in AIS Messages

- 24.為了確保本船的靜態資料是正確且最新的，凡是有理由，當值船員就應檢查這些資料。至少每個航程或每個月檢查一次，看哪個時間較短。而這些資料只能以船長的權限變更。
25. 當值船員也應該定期檢查下列動態資訊：採用 WGS84 坐標系統的船位；對地航速；以及感測器資訊。
- 26.啟動後，將執行自動的內建完整性檢查（BIIT）。如果有任何 AIS 功能異常，應提供警報且設備應停止傳送。
- 27.但是輸入 AIS 之船舶感測數據的準確度或品質，在廣播傳送給其他船舶與岸臺之前，不會經過 BIIT 迴路檢查。因此船舶在航程中應該規律地執行例行性檢查，驗證傳送之資訊是否正確。在沿岸水域時，應該提高檢查的頻度。

顯示 AIS 資料

- 28.AIS 提供的資料可以被顯示在符合最低配備要求的顯示器上，或是任何適當的顯示裝置上。

最低顯示要求

- 29.在顯示方面的最低強制要求是：提供不少於三行的資料，資料內容包括：被選定船舶的方位、距離以及船名。該船的其他資料可以用水平捲動予以顯示，但是方位距離這兩項不得捲動。AIS 已知的所有其他船則以垂直捲動的方式提供顯示。

圖形化顯示

- 30.以圖形顯示使用 AIS 資訊時，可以顯示下列目標種類：

目標種類	說明
休眠的目標	只顯示配備 AIS 的船舶在哪個位置，不顯示額外的資訊，直到被啟動，以免資訊過載。

Sleeping Target	
活化的目標 Activated Target	如果使用者想知道某目標的運動，可以活化該（休眠）目標，使其立即顯示：運動向量（對地航向航速）、艏向以及轉向率
選定的目標 Selected Target	如果使用者想知道目標的詳細資訊，可以選定（活化或休眠）目標。收到的資料以及計算的 CPA/TCPA 值將顯示在文數字視窗
危險的目標 Dangerous Target	AIS 目標（無論是否被活化）的 CPA/TCPA 計算值如果超出設定的限制，就會被歸類為危險目標，並發出警報。
失落的目標 Lost Target	在設定的距離範圍內，如果任何 AIS 目標的訊號消失，則會在該目標的最後已知位置顯示失落目標的符號，並發出警報。
其他的目標 Other Targets	其他目標，例如：AIS-SART、AIS-ATON，可能以特殊符號顯示（詳見 SN.1/Circ.243/Rev.1 Amended Guidelines for the Presentation of Navigational-Related Symbols, Terms and Abbreviations, 23 May 2014□）

符號

31. 使用者應熟悉此等圖形化顯示裝置使用的符號。

AIS 的固有局限

32. 當值船員應隨時意識到：其他船舶，尤其是遊憩船艇、漁船與軍艦，以及一些岸臺，包括 VTS 中心，可能沒有配備 AIS。

33. 當值船員應隨時意識到：已被強制要求配備 AIS 的其他船舶，在某些情況下，可以依據船長的專業判斷而關閉 AIS。
34. 換句話說，AIS 提供的資訊可能不是本船周遭狀況的完整圖像。
35. 使用者必須意識到：錯誤資訊的傳送，隱含著對其他船及其本身的風險。手動輸入系統的資訊和由感測器自動加入的資訊，其責任都在使用者。
36. 收到的 AIS 資訊，其準確度只能和被傳送的 AIS 資訊一樣好。
37. 當值船員應隨時意識到：未妥善安裝設定或校準的船舶感測器（位置、速度及艏向感測器）可能導致不正確的資訊備傳送出去。一艘船的不正確資訊顯示在另一艘船的駕駛臺上，可能是危險的混淆。
38. 如果沒有安裝感測器，或是感測器（例如電羅經）沒能提供數據，AIS 會自動傳送「無法取得(not available)」的數值。但是內建完整性檢查並不能驗證 AIS 處理的資料內容。
39. 當值船員不宜假設：從其他船收到的資訊，其品質與準確度和本船自身可得的資訊相當。這樣的假設將是不夠謹慎的。

AIS 在避碰情況中的使用

40. AIS 被認為具備輔助避碰裝置的潛力，也可能將被建議為避碰裝置。
41. 然而，AIS 資料只能用於輔助避碰決策。於船對船模式利用 AIS 於防止碰撞時，應記得下列幾點注意事項：
 - .1 AIS 是導航資訊的附加來源。它不是取代而是支援雷達追蹤等導航系統以及 VTS。

.2 使用 AIS 並不否定航行當值人員隨時遵循國際避碰規則的責任，特別是決定是否存在碰撞風險的第 7 條規則。

42. 使用者不應依賴 AIS 為唯一的資訊系統，而是應該利用所有可得的安全相關資訊。

43. 在船上使用 AIS 並無意對航行當值產生任何特別的影響，航行當值仍應按照 STCW 公約的決定。

44. 船舶一旦被偵測到，AIS 可以輔助追蹤為目標。透過監測該目標廣播的資訊，也可監視其行動。以雷達追蹤目標時的許多共通的問題，包括：雜斑、兩船近距離交錯通過時造成的目標交換，以及船舶快速操縱運動使得目標失落等，都不影響 AIS。AIS 還可以輔助辨識目標，包括船名或無線電呼號、船舶種類和航行狀態等。

六、附帶及可能的未來應用

由 VTS 廣播的目標

45. 對於沒有安裝 AIS 而只能被 VTS 雷達追蹤的船舶，VTS 中心可以將其資訊透過 AIS 傳送給有安裝 AIS 的船舶。VTS 廣播的任何 VTS/產生/合成目標，都應該清楚標示為此。在使用第三方轉傳的資訊時應該特別小心。這些目標的準確性可能不如實際直接接收到的目標完整，其資訊內容可能也比較少。

文字訊息

46. VTS 中心也可以就下列資訊傳送簡訊給單一船舶、所有船舶或是在某些範圍或特定區域內的船舶：

- （當地）航行警告；
- 交通管理資訊；以及

- 港埠管理資訊。

47. VTS 操作人員可以要求船上操作人員以文字訊息回覆確認。

註：VTS 應該繼續以語音 VHF 通訊。口語通訊的重要性不容低估，這可讓 VTS 操作人員：

- 評估船舶的溝通能力；以及
- 建立直接的通訊鏈路，這在關鍵情況下會是必要的。

(D)GNSS 差分定位修正

48. (D)GNSS 的差分定位修正，可以由 VTS 以 AIS 傳送。

強制的船舶報告系統

49. AIS 被預期在船舶報告系統中扮演主要角色。沿岸當局在船舶報告系統中要求的資訊，基本上都已經包含在 AIS 系統自動傳送的靜態及航程相關資料以及動態資料中。AIS 的遠距功能（透過通訊衛星交換資訊），可被實作以滿足某些船舶報告系統的要求。

AIS 於搜救作業的應用

50. AIS 可用於搜救作業。藉由從 AIS-SART 收到的訊息，搜救人員可以獲得更準確的資訊，特別是救生艇的位置。在海空聯合搜索時，AIS 使位置得以直接呈現在其他顯示設備上，例如雷達或電子海圖系統 ECS/ECDIS，便利搜救船艇的工作。對於沒有安裝 AIS 的遇險船，現場搜救協調官（On Scene Coordinator, OSC）也可以為其創建一個 AIS 目標。

助航設施/航標

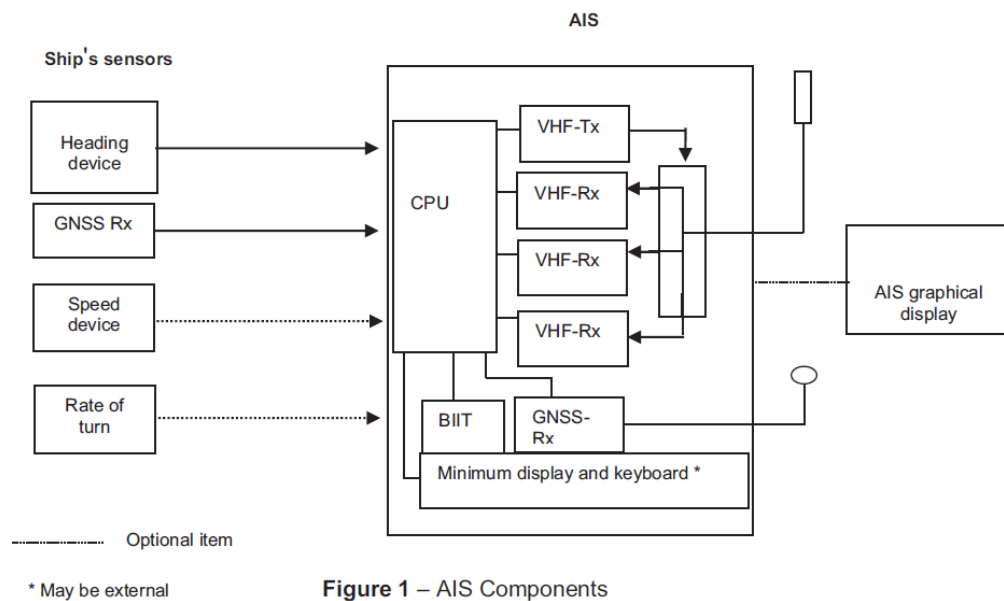
51. 在選定的固定或浮動的助航設施上安裝 AIS，可以為航海人員提供的資訊包括：位置；狀態；潮汐與海流數據；以及氣象與能見度狀況等。

AIS 於整體資訊系統的應用

52. AIS 將在整體的國際海事資訊系統扮演支援航程規劃與監測的角色。這將幫助主管單位監控其管轄海域內的所有船舶並追蹤危險貨物。

A1106(29) 附件 1：AIS 的描述

1. 船載 AIS 的組成如下：



2. 所有船載感測器都必須符合 IMO 在可用率、準確度、鑑別力、完整性、更新率、故障警報、介面以及型式認證測試等方面的標準。

附錄四 船舶定線制的一般規定-新增條文

修訂 IMO Resolution A.572(14): 「船舶定線制的一般規定 (GENERAL PROVISIONS ON SHIPS' ROUTEING)」, 新增在海上建立多重結構的相關條文。

離岸風電等海上再生能源開發帶來密集的多重結構物, 對船舶避碰的影響, 不同於海上鑽油平台等單一物件。額外的航行風險包括: 難以偵測在多重結構區內穿行離開該區域的船舶 (有可能是國際海上避碰規則的權利船), 以及區域內的多重結構對雷達的影響。

為保障船舶在海上多重結構物附近的操船空間, NCSR3 建議修訂「船舶定線制的一般規定」, 在第3節 (Responsibilities of Contracting Governments and recommended and mandatory practices) 新增如下條文

"3.13bis In planning to establish multiple structures at sea, such as extensive concentrations of wind turbines, Governments should take into account, as far as practicable, the impact these could have on the safety of navigation. Traffic density and prognoses, the presence or establishment of routeing measures in the area, the manoeuvrability of ships and their obligations under the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972, as amended, should be considered when planning to establish multiple structures at sea. Sufficient manoeuvring space, e.g. for allowing evasive manoeuvres extending beyond the side borders (i.e. outer separation zones) of Traffic Separation Schemes, should be accommodated for ships making use of routeing measures near multiple structure areas."

摘譯如下: 「在規劃建立海上多重結構物時 (例如範圍廣而密集的风力發電機), 政府應盡可能考量其對於航行安全的影響。應考量交通密度及其預後、海上船舶航路措施、船舶的可操縱性及其在國際海上避碰規則下的責任。讓多重結構物區附近使用船舶定線制的船舶有足夠的操船空間, 例如允許避碰操船延伸至分道航行制兩側邊界外。」

附錄五 e-Navigation 軟體品質保證及人本設計之指引 文件

MSC.1/Circ.1512 (13 July 2015)

1. 此份文件旨在透過軟體品質保證 (Software Quality Assurance, SQA) 與人本設計 (Human-Centered Design, HCD)，確保 e-航海系統之發展能符合軟體可信度和使用者的需求。並支持海上人命安全國際公約 (SOLAS) 第五章第 15 條的原則 (關於船舶駕駛臺設計、導航系統與設備之設計與配置、駕駛臺程序)。
2. 此份指引文件已於導航通訊與搜救分委會 (NCSR) 第 2 次會議 (2015 年 3 月) 及海事安全委員會 (MSC) 第 95 次會議 (2015 年 6 月) 通過。請各成員國政府促使這份指引文件獲得相關各方的注意。

=====

1. 引言

- (1) 航海系統提供越來越多元的資訊和服務，用於提升航行安全及其效率。這些系統需要連結並整合船上導航系統與岸上支援系統，而且牽涉海洋資料與資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析。
- (2) 本指南旨在支持 SOLAS 公約第五章第 15 條的規定，並予以補充。
- (3) 複雜系統之開發要實現軟體可信度與可用性，需要有紀律且結構化的方法。本指引文件鼓勵在 e-航海系統的開發與管理上

採用這樣的方法，尤其聚焦於軟體品質保證（SQA）與人本設計（HCD），並包含可用性測試（Usability Testing，UT）。依此設計、開發，並管理整個生命周期的系統，將能對使用者提供更好的支援，尤其是在航行或環境狀況的挑戰性使其容易犯錯或亟需管理錯誤的關鍵時刻。另一個重要優點是：縮減熟悉操作所需的訓練時間，以及維護系統所需的資源。

- (4) 軟體品質保證著重於定義和測試軟體品質，以利滿足用戶需求，以高品質、強健、可測試且穩定的軟體用於 e-航海系統。
- (5) 人本設計的基本想法是：系統的設計應能適合用戶的特性及其執行的任務，而不是要求用戶適應系統的設計。可用性測試是人本設計的關鍵部分，使用的方法主要是納入使用者，以測試系統能否支援使用者需求。

2. 適用範圍

- (1) 本指引文件提供一個總體性文件，以確保 e-航海系統發展包含 e-航海品質設計屬性。圖 1 提供品質設計屬性的涵蓋範圍，包括：「產品品質」、「資料品質」、「滿足用戶需求」、「安全性」、「功能安全」，這份指引文件涵蓋前三項。圖 1 也提供各個屬性對應之相關標準文件。
- (2) 本指引文件提供予設計開發 e-Navigation 系統的所有利害關係人使用，主要包括設備的設計和製造商、系統整合商、海事部門、監管部門、造船商、船東、船舶經營者、船舶交通管理部門、救援協調中心、以及其他相關國際組織，例如和國際航道測量組織（International Hydrographic Organization、IHO）和國際燈塔協會（International Association of Lighthouse Authorities，IALA）等。
- (3) 建議這份指引文件的使用者應熟悉當代品質管理流程、軟體品質保證和人為因素。

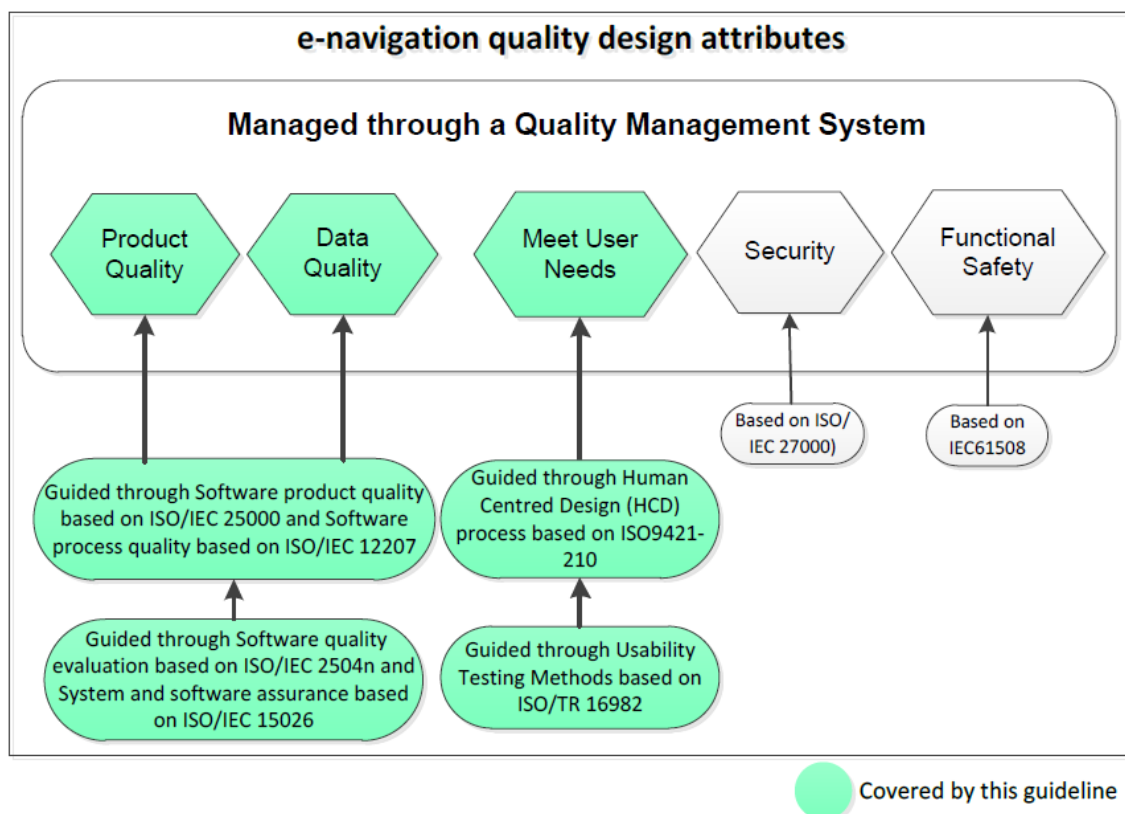


圖 1 E-Navigation 品質設計屬性之概念和相關標準

3. 名詞定義

人本設計（Human-Centred Design，HCD）：一種系統設計開發的方法，目的在使互動式系統更具可用性，應用人因工程、人體工學、可用性知識與技術，聚焦於系統的使用。

軟體品質保證（Software Quality Assurance，SQA）：一套處理程序，目的在確保軟體滿足需求的品質規範。

資料品質保證（Data Quality Assurance，DQA）：是一套處理程序，目的在確保 e-航海系統所用的船上或岸上資料符合品質規範的要求。

4. 品質管理系統

建議 SQA 與 HCD 等活動之執行應採用品質管理系統，例如 ISO/IEC90003 或相關標準。圖 2 提供典型的生命週期。ECDIS 系統的 IEC61174 標準可做為系統生命周期管理的參考範例。圖 2 推薦的發展階段，可以做為 e-navigation 系統應用發展的最低準則：

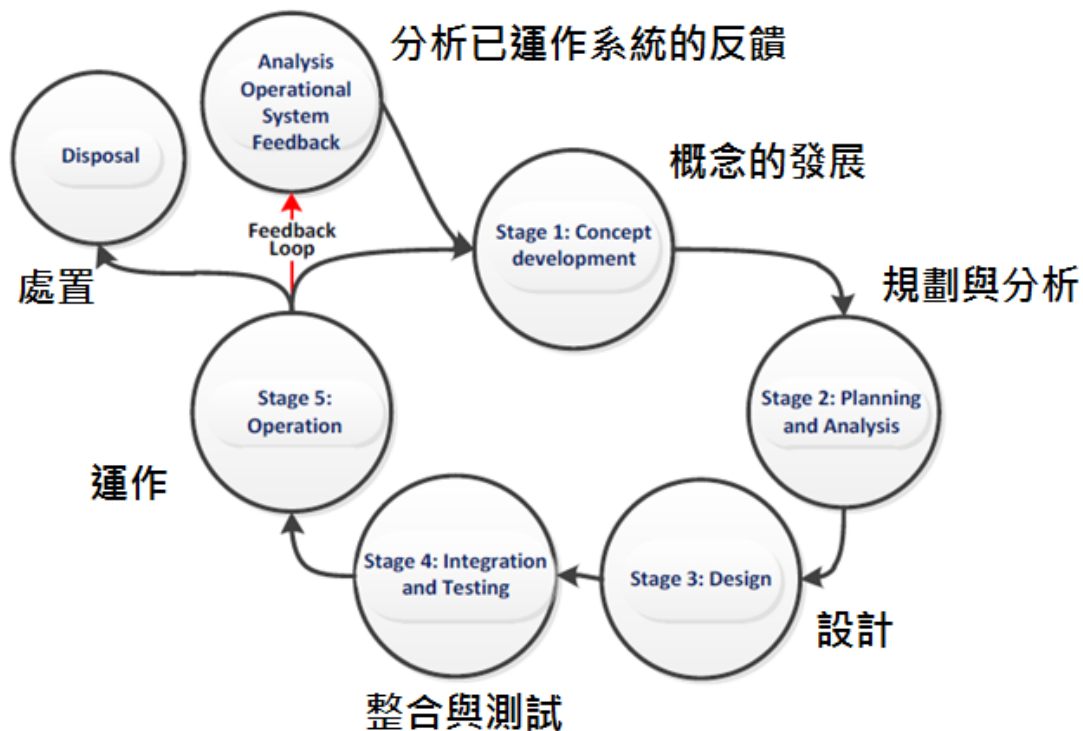


圖 2 通用的生命週期

5. 軟體品質保證（SQA）

軟體的品質依賴輸入資料的品質，而資料應符合相關國際標準（例如 IHO 訂定的航海資訊標準，包括電子航行圖）。

資料的生產者應具備生命周期管理的實務做法，以處理生命周期內可能的資料格式變動。此實務做法應包括將此等變動及時告知軟體生產者與終端用戶。而做為資料品質管理的一環，輸入資料的生產者應該檢測其提供的所有資料是否符合相關國際標準。

軟體生命週期中應該進行的主要活動如下：

預先活動：初步風險分析；

活動一：定義利害關係者和系統需求；

活動二：系統需求分析；

活動三：軟體架構設計和實作；

活動四：軟體測試、安裝、和驗收；

活動五：軟體運作和維護；

活動六：系統的處置。

圖 3 是上述這些活動在生命週期中所屬的階段。

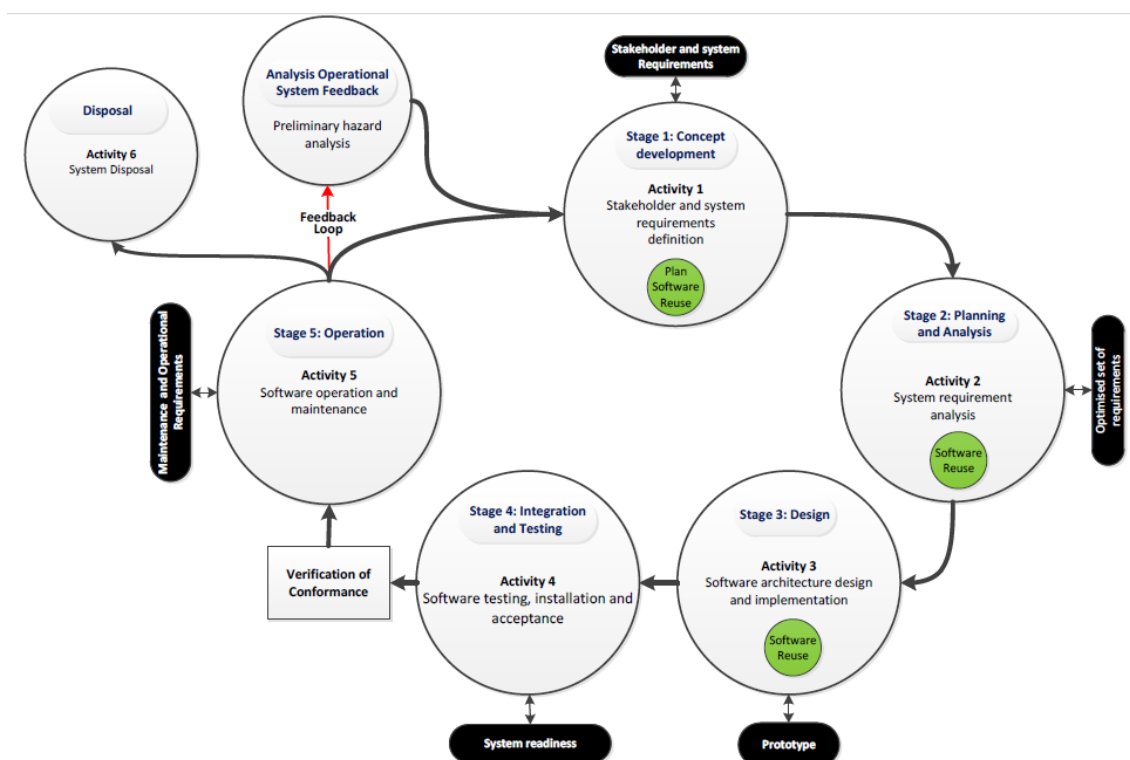


圖 3 軟體品質保證的活動

活動四是為了確保整合軟體能符合系統需求。軟體測試應有適當的方法與標準，且應在其預訂的運作環境中進行驗證測試。應使用 IALA 與 IHO 等相關國際組織提供的測試資料組以確保相容。其重要的先決

條件之一是：無論是基於岸上或船舶的資料，應確保資料之使用有通過資料品質保證（DQA）的程序。

6. 人本設計（HCD）

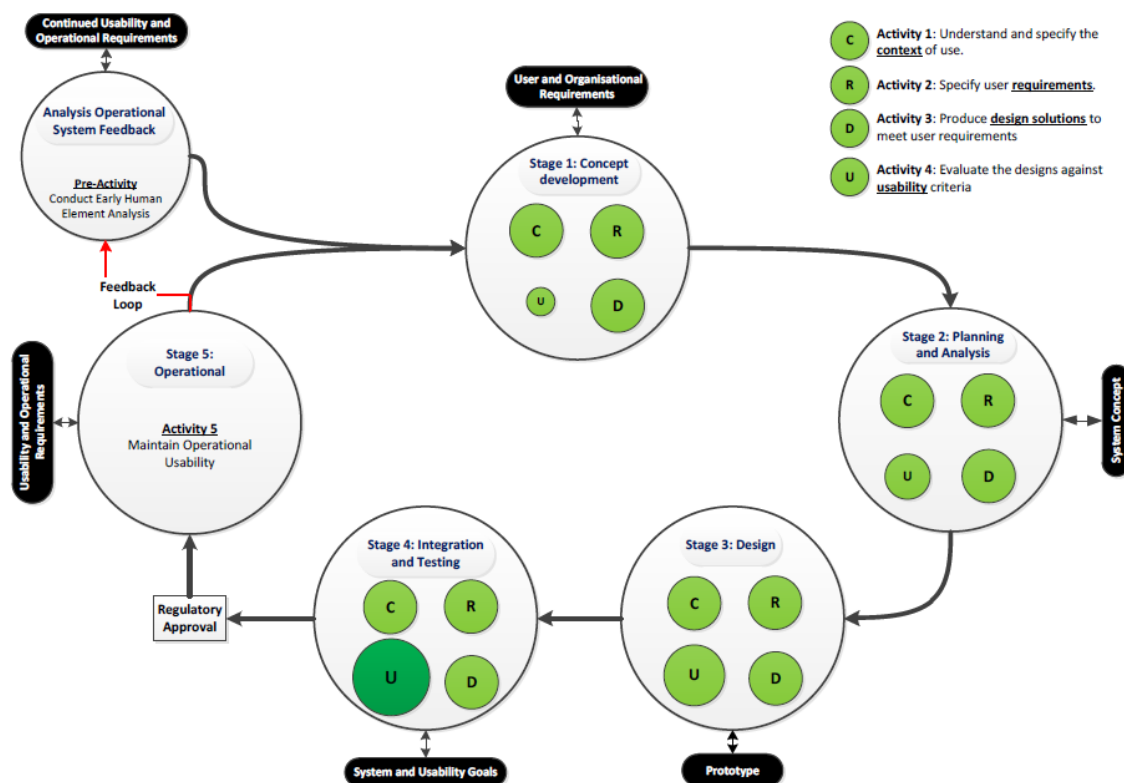


圖 4 E-Navigation 系統的人本設計概觀

在整個生命週期中的人本設計（HCD）相關活動如下（圖 4）：

預先活動：早期人因分析（Early Human Element Analysis，EHEA）

活動一：了解並指定使用情境；

活動二：指出用戶需求；

活動三：開發設計方案（解決方案）以滿足用戶需求；

活動四：評估設計是否符合可用性標準（usability criteria）；

活動五：維護運作的可用性。

其中活動四是在生命週期中執行適當可用性測試的基礎。可用性測試的規劃牽涉下列項目：

- (1) 選擇腳本與測試案例；
- (2) 找到參與測試的適當人員；
- (3) 為資料的蒐集與分析選擇方法、技術與文件化；
- (4) 確定合格標準。

因 ECDIS 與未來的 E-Navigation 系統緊密結合，指引文件的附件三以 ECDIS 做為可用性測試的範例。

附錄六 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-105-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(4/4)

執行單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
國立臺灣大學 蔡進發 委員： 一、 如期完成各項預定工作。 二、 相關研究資料蒐集完整。 三、 摘要請重寫，應加入完成工作的結論。 四、 第三章至第六章請加小結	一、 謝謝肯定。 二、 謝謝肯定。 三、 已重寫摘要。 四、 已加小結。	符合
交通部航港局 李雲萬 委員： 一、 第四章海難資料平台及其結合 AIS 船舶動態與海域環境資訊的應用分析 二、 表 4-1 僅將事件的定義予以中譯(P.123)，應統一翻譯為中文以辨明不同名稱之中文含意。 三、 第五章 綠色航路與航路風險潛勢分析： 1. 「5.3 從 AIS 航跡取得船舶慣用航路」(P.154)一節，部分大型船舶(如大型或超級油輪)之 AIS 航跡占慣用航道比重極	一、 表 4-1 海難調查相關術語定義已翻譯為中文。 二、 1. 沒問題，已具備區分船舶種類或任何群組而產生慣用航路之技術與實際經驗，可依	依處理情形辦理

低，易被忽略，但其危險因子相較他種船舶危害程度極大，建請納入慣用航路航跡參考。 2. 承上，報告中慣用航路所納入船舶 AIS 航跡，亦可能包括漁船之 AIS 航跡，此部分是否有篩選機制，建議將漁船 AIS 航跡予以排除。 四、第六章 航路動態監測整合應用系統： 1. 偏航監測：(P. 163)是否該將監測目標擴及貨輪及油輪，且並非與過往航線做比較，而是該以近岸通航巷道為界線，攫取偏離航道行駛之船舶並警示，以利 VTS 監控。註：船舶未依航道行駛，在船舶交會區容易肇致碰撞，且對於深吃水船舶更應該依照規定航道航行，以免發生擱淺或其他海事事件。 2. 碰撞危機偵測：(P. 163、P. 171)大小型船舶操縱性能、迴旋圈不同，可以容許的 CPA、TCPA 亦不相同，若設定同樣的門檻值，是否會造成非必要且過多的警告資訊？註：漁船或小船迴旋圈小，操縱性能較大船佳，因此通常距離較近才會調整航向避碰，與大型船舶提早避讓的措施相異。此外，在進出港及近岸航行時，船舶間距離較為靠近(尤其是進出港的船舶)，其數值容易被	應用需求而彈性調整。 2. 同上，此慣用航路實已排除漁船。 三、 1. 偏航監測：一旦劃設近岸通航巷道即可依此監測 2. 碰撞危機偵測：可設不同的門檻值，目前是為蒐集會遇狀況以利 near-collision 統計；進出港與港區已設定排除。整體而言，相關篩選機制在本計畫內已完備對應技術，後續可依使用者需求而啟用；感謝提醒。 3. 整合應用系統中海圖選用：我國尚未完成官方	同上
--	--	-----------

認為具有碰撞危機，這些區域或是船舶的資料數據是否有其他篩選標準，或是過濾條件，讓船舶警告資料更具參考價值？(P.171 可發現碰撞危機警告數量明顯多於其他) 3. 整合應用系統中海圖選用：(P.167)本系統是否使用官方合格之 ENC 海圖？網路地圖與 GeoServer 提供的圖徵所選用的座標系統是否一致？在圖徵套疊上會不會因此出現誤差？(P.167 內文中提到，可選擇各種網路地圖，再選用本系同 GeoServer 提供的圖徵整合顯示。)註1：根據交通部運研所97年3月「電子海圖服務與資料安全系統建立研究(三)」，歐盟之 EPDIS 是使用 ECDIS 提供之海圖資料(合格之 ECDIS 必須使用官方出版之 ENC 海圖)、麻六甲與新加坡海峽的「海洋電子公路」其技術組成也是以 ENC 海圖為骨幹。註2：ENC 海圖-ENC 以點、線、面定義海圖圖徵的空間位置與幾何，所以放大時不會有鋸齒狀或模糊不清之情形，且支援更多樣的海測相關數位資料，包括矩陣、網格資料、三度空間與時變資料。因此 IMO SOLAS 對 ECDIS 的規範中，明確要求須選用符合 S-57 標準之官方 ENC 海圖，達到輔助航行安全之效果。	合格 ENC 海圖之製作發行；但本計畫研發之系統確實可使用國際標準電子航行圖，亦即 ECDIS 使用的 ENC；而各種圖層的坐標系統包括投影皆已設計為可正確套疊，這部分可從港區靠泊碼頭的 AIS 目標位置獲得確認。 四、第七章 結論與建議 該段係指可參考 IALA 關於水道風險評估之建議（含定性與定量評估），將補充說明。	同上
---	--	-----------

五、 第七章 結論與建議： 1.「7.3 後續建議(5)」敘及「以科學數據的量化評估，配合專家/利害關係人工作「坊」的定性評估，……」，請確認該項文字意涵為何？		同上
國立中山大學 薛憲文 委員： 一、 本計畫 4 年來所執行計畫成果頗多，值得肯定。 二、 本計畫所涉及的面向極廣，也造成成果感覺是一片一片，整合性稍低。兩航路動態監測整合應用系統似乎是一個整合介面，而包含許多各別模組，未來是否打算會將各別模組實施於不同面向應用，適合於不同的使用者？ 三、 本計畫之研究過程與成果與 LALA 活動及參與是一項重要的研究績效，也是另一個值得肯定之處。 四、 港研中心研擬一系列由 AIS 延伸的研究，方向正確且成果豐碩，值得讚賞。	一、 感謝肯定。 二、 是的，各別模組將可依使用者需求實施於不同面向應用。 三、 感謝肯定。 四、 AIS 的延伸應用確實具備相當大的效益，且不斷擴展中。值得持續研究。	依處理情形辦理
本所港研中心 邱永芳 委員： 一、 計畫執行成果豐碩。 二、 成果可用性高。	一、感謝肯定。 二、感謝肯定。	符合
本所運安組 洪憲忠 委員： 一、 本案將 AIS 進行相關加值應用，值得肯定。 二、 漁船普遍加裝 AIS 對航安及生	一、感謝肯定。 二、贊同委員的意見。	符合

態保育監控將會有幫助，此有待漁業署政策決定。 三、報告 P.140 倒數第 8 行，海翔 8 號「急右轉致使船艙內載運的貨物偏離，船身右傾，應是此海難事故的重要因素」，前述載運的貨物(似為泥巴)偏離似為自由液面效應(free surface effect)，也請確認後納入敘述。	三、遵照辦理。	
本所港研中心 蔡立宏 委員： 一、本研究利用 AIS 進行空污排放量估算，航路風險分析與整合動態監測系統，成果豐碩。 二、圖 3.18 及 3.19 進行逐時油耗估算建議依據圖進行說明。 三、圖 3.17 建議增列不同色階代表數值範圍。 四、油耗估算中，受潮流影響而使誤差較大，有無可能將流速影響加入估算中。	一、感謝肯定。 二、已補充說明。 三、該圖僅用以呈現排放量相對分布情形。 四、若有適用的潮流資料，即可納入估算，提高準確度。	依處理情形辦理

結合動態船舶與環境資訊 之綠色航路智慧領航計畫 (4/4)期中簡報

張淑淨

電子海圖研究中心暨行動資訊實驗室
國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系
2016/7/13

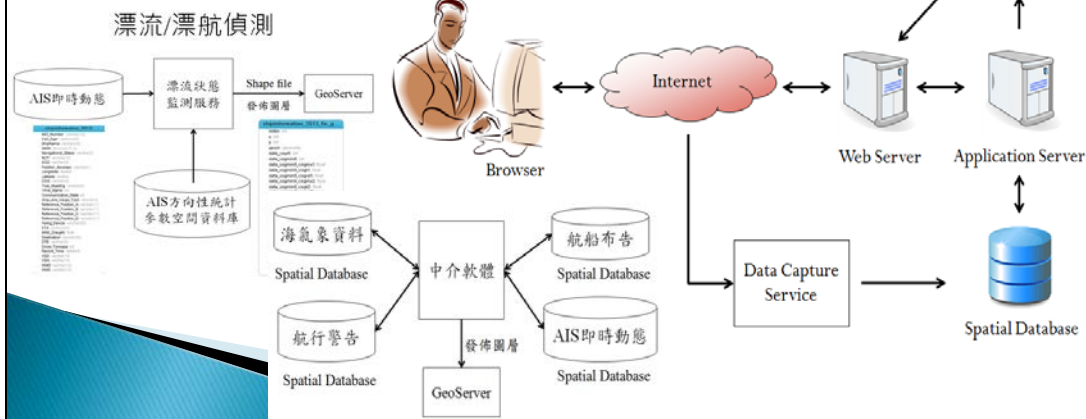


分年執行策略

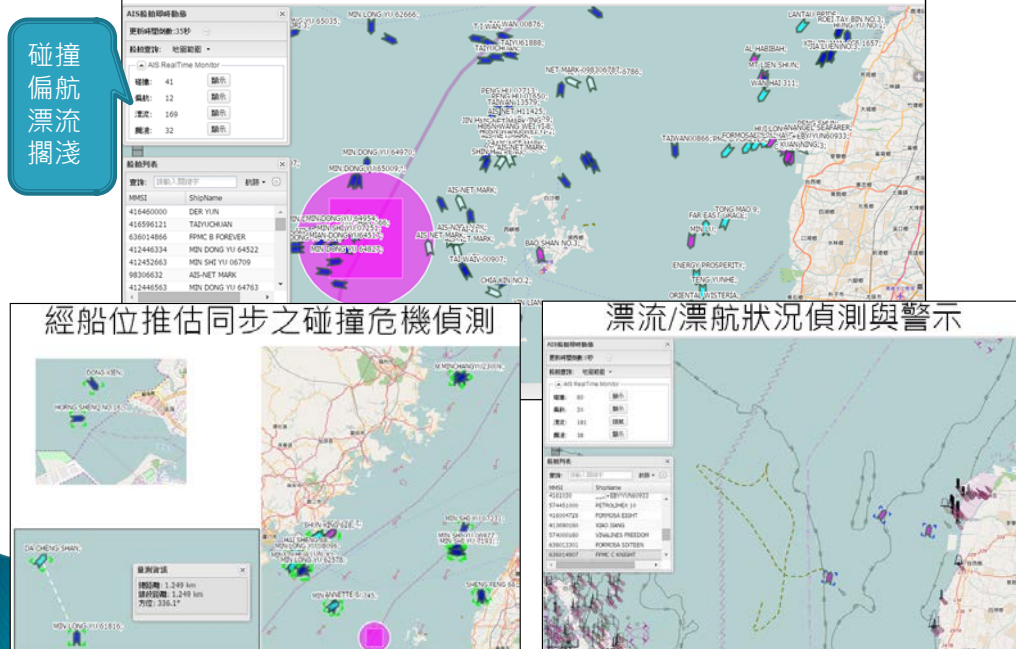
- ▶ **第一年(102) 已完成**
 - 建立整合船舶動態資料與電子海圖地理資料庫之分析技術與平臺
 - 建立船舶操作面之節能減碳資料自動化蒐集技術
 - 建立船舶交通服務之安全性與效率性效益之分析技術
 - ▶ **第二年(103) 已完成**
 - 整合船舶動態、電子海圖與海氣象資料
 - 建立事故隱患偵測技術、海難資料庫分析技術與服務
 - ▶ **第三年(104) 已完成**
 - 建立相關國際規範與技術發展最新資訊之轉譯發佈服務
 - 建立綠色航路規劃分析應用系統
 - 建立綠色航路監測應用系統
 - 智慧航行中心整體運作架構規劃與缺口分析
-

四年期計畫迄今重要成果

- ▶ AIS船舶油耗與排放量參數與空間分佈估算
- ▶ 港外停船漂航偵測與估算
- ▶ 建置海難資料庫及時空關聯之動靜態展示與分析
- ▶ 跡近事故與風險海域的偵測分析



航路監測應用整合平台 狀況警示與目標查詢介面設計



研究範圍與對象

- ▶ 本年度計畫將以104年建立的綠色航路規劃、分析與監測應用系統為基礎，並納入102-103年的研究成果，實現其作業化應用，以支援智慧化航行中心之運作，達成本計畫的總體目標。
- ▶ 重點在於系統之效能優化與新增功能，包括：
 - 優化航路監測用之海域環境資訊相關參數設定
 - 估算船舶空汙/溫室氣體排放量以比較航路能源效率
 - 從海難及跡近事故偵測資料分析航路風險潛勢。
- ▶ 系統設計將以IMO 的e-化航行策略為準則，以沿岸AIS接收站收訊範圍內綠色航路為研究對象與範圍。
- ▶ 並將持續轉譯發佈e-化航行相關國際資訊。

1.轉譯發佈智慧航行相關國際最新資訊

- ▶ 從IMO, IHO, IALA等國際組織的相關委員會會議文件、決議、建議或指南、通函等，摘錄轉譯發佈於網站。
 - 為追蹤國際e-Navigation發展，獲致國內共識以利推行並與國際接軌，因此針對e-化航行相關內容，提供主題式較詳細的譯述。
- ▶ **IMO Assembly29 MSC96, NCSR3/Galileo**
 - ▶ 海事安全委員會(MSC) 及其導航通訊與搜救分委會(NCSR)
- ▶ **IHO WENDWG6/ S-100**
 - ▶ 基於S-100的e-化航行海事共通資料結構與資料產品規格
 - ▶ 電子航行圖、航路、海事安全資訊、氣象水文資訊 ...等
- ▶ **IALA推動變更為IGO之計畫/S-200產品規格/VDES**
 - ▶ E-化航行(ENAV)、船舶交通服務(VTS)技術委員會

IOT @ Sea

STM

Maritime Cloud

Next Generation
ECDIS

2.應用AIS於空汙氣體排放量估算

▶ 船舶油耗及排放量估算

- 102年已利用AIS航跡自動取得負載因子與活動量等參數以估算船舶排放量的空間分佈，適用港區及沿岸
- IMO於2014年發布第三次溫室氣體研究報告，使用AIS資料結合由下而上的模型，估算出全球船隊之個別船舶燃油消耗量。本計畫已彙整IMO報告、他國的國家層級排放量估算以及我國的相關估算報告，比較其程序方法與各種參數後，正擷取其中適用的部分，據以修改本計畫第一年發展的估算模組與資料庫。

▶ 航路能源效率比較

- 整合地理環境資訊、航路、油耗估算

2014年 IMO 第三次溫室氣體研究報告

- ▶ AIS動態報告依MMSI合併後，就航速、吃水、所屬區域等主要變數，每小時一筆重新取樣。
- ▶ 欠缺資料處須填補

表 3-5 AIS 船舶活動報告資料的取樣策略。

資料欄位	取樣策略
航速	以時間
吃水	取該期
區域分類	取該期
來源組織	取該期

表 3-6 船舶活動資料填補演算法對三個活動階段的定義	
船舶活動階段	演算法對階段的定義
在港/錨泊階段	航速 3 節以下。
航行階段	在 6 小時移動窗口內，90%的航速高於 3 節(nm/hr)，且標準差小於 2 節。
過渡階段	未被歸類為在港/錨泊或航行階段的都算是過渡階段。

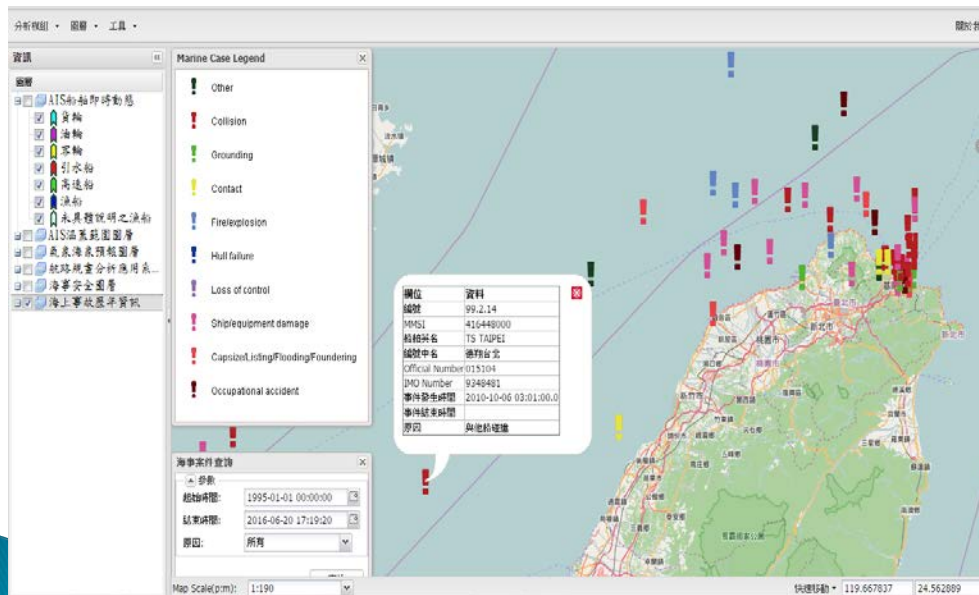
3-1 海難資料庫維護更新及平台應用

- ▶ 本計畫已建置兩種海難資料輸入系統，分別用於
 - 將現有海事報告輸入海難資料庫
 - 依據海難調查章程及其相關通報要求輸入海難資料庫。
- ▶ 已建立這兩種方式輸入的資料之間的連結轉換
- ▶ 使海難資料庫服務結合船舶動態系統AIS資料
- ▶ 於整合平台提供使用介面，可透過整合平台查詢、顯示與回播，以利檢視與分析。
- ▶ 目前正建置航路網，完備後即可結合海難紀錄以及累積的跡近事故風險偵測結果，分析航路風險潛勢

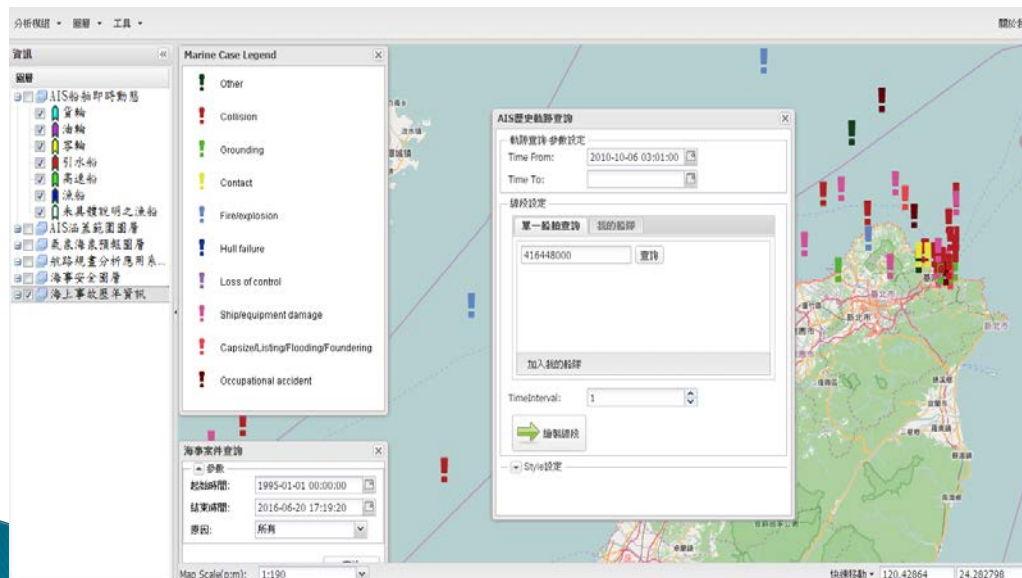
海難資料庫服務平台的資料登錄畫面

The screenshot displays the 'Generic Casualty' data entry form within a web application. At the top, there are navigation tabs: 'Add', '>>', 'Generic', '>>', 'Factual', '>>', 'Analyze', '>>', and 'AIS'. The 'Generic' tab is currently selected. Below the tabs, there are two input fields: 'Incident Reference:' with the value 'C00004' and 'Ship Reference:' with a dropdown arrow. The main section is titled 'Generic Casualty' in blue. It contains several input fields and dropdown menus: '事件概要:' (Event Summary) with a text area; '初始海上事故或海上事件日期(本地):' (Initial maritime accident or event date (local)) with a date picker; '初始海上事故或海上事件時間(本地):' (Initial maritime accident or event time (local)) with a time picker; '經度 - 初始海上事故或海上事件位置:' (Longitude - Initial maritime accident or event location) with a text field; '緯度 - 初始海上事故或海上事件位置:' (Latitude - Initial maritime accident or event location) with a text field; '初始海上事故或海上事件發生的地點:' (Initial maritime accident or event location) with a dropdown menu; '總體發生之海難事件劃分:' (Overall classification of maritime accident or event) with a dropdown menu; and '總體發生之嚴重程度:' (Overall severity of accident or event) with a dropdown menu. At the bottom left, there are 'clear' and 'next' buttons.

於整合平台查詢顯示各類海事案件



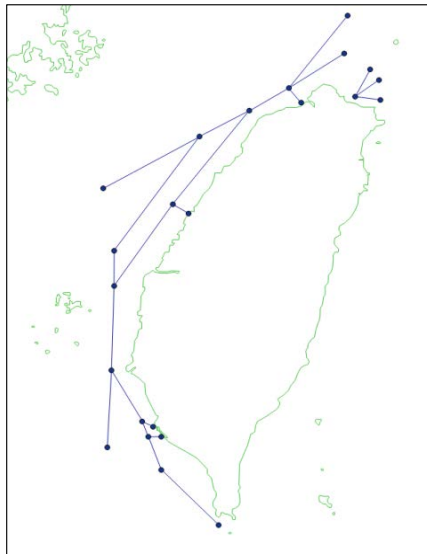
從整合平台查詢海難關聯AIS歷史資料



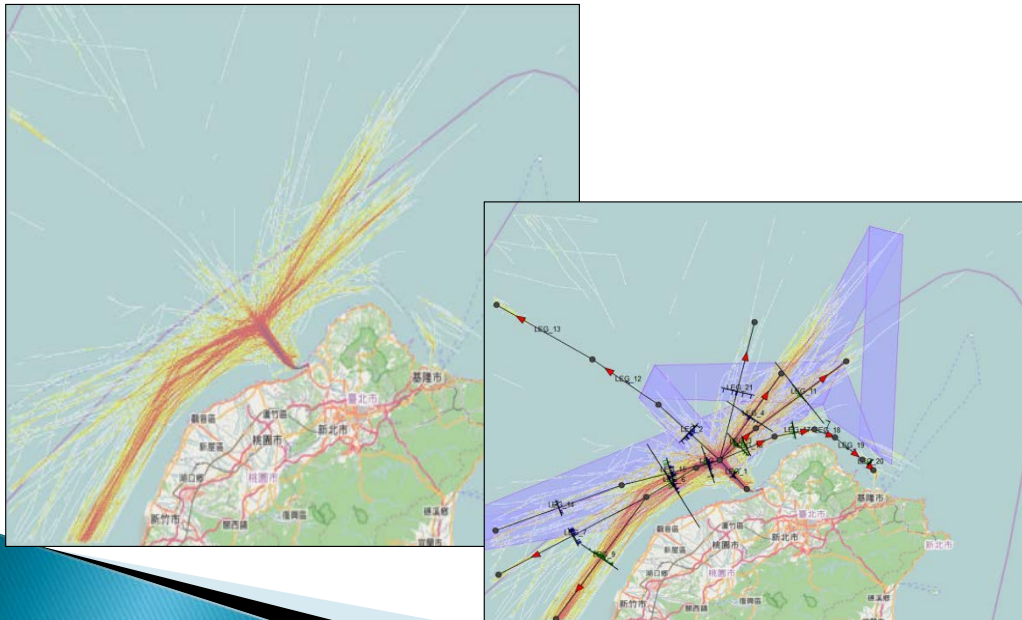
3-2 航路網的建構

- ▶ 航路規劃、偏航偵測、航路能源效率比較、航路風險潛勢分析等等，都需要有適當的航路網絡做為參考依據才能更有效率地應用於所有船舶。
- ▶ 本計畫建構航路網之方法
 - 參考臺灣沿岸航行海圖圖幅範圍，
 - 依據船舶的目的港口區分航線
 - 依據不同航線的航跡密度劃出航路
 - 分析各航路的橫向交通分布
 - 取出雙向的交通量與交通組成

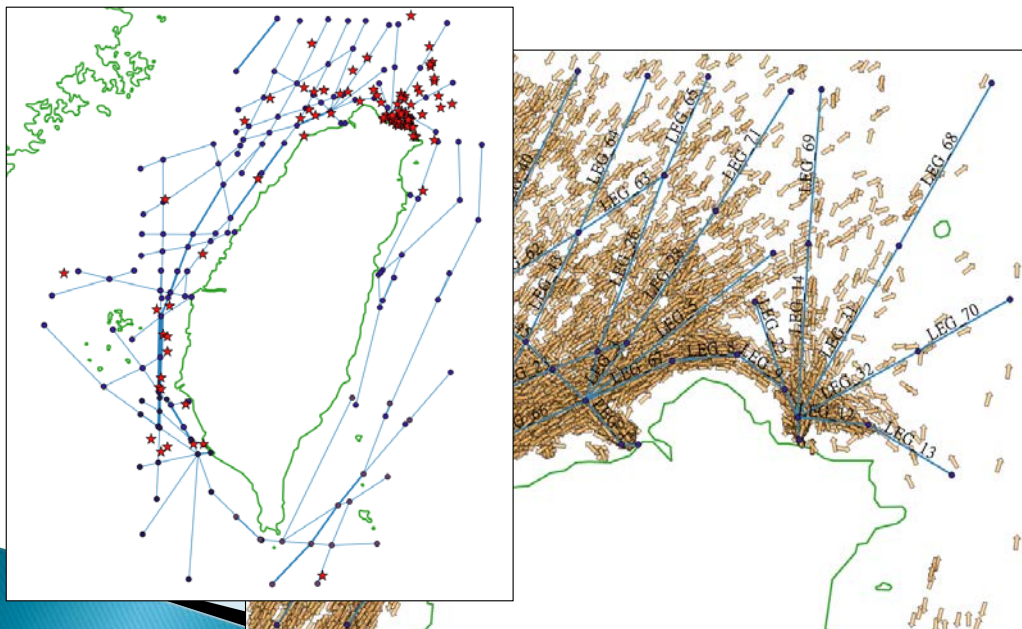
往日本的航路



往台北港的航路



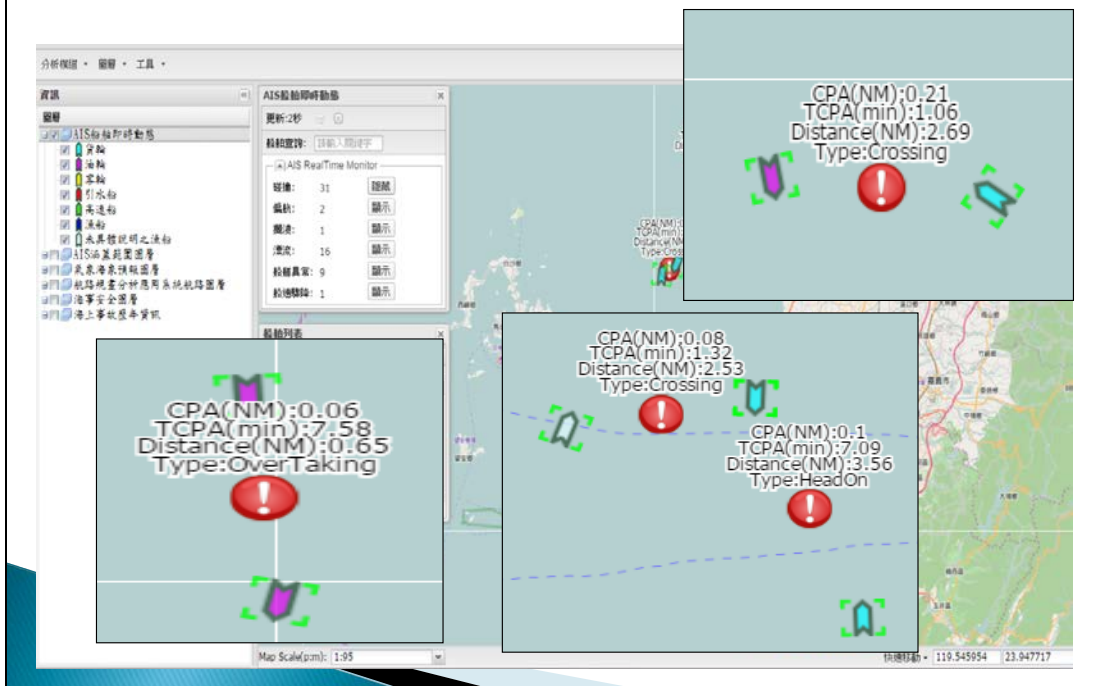
3-3 航路網風險潛勢分析與應用



4-1 整合應用平台優化項目

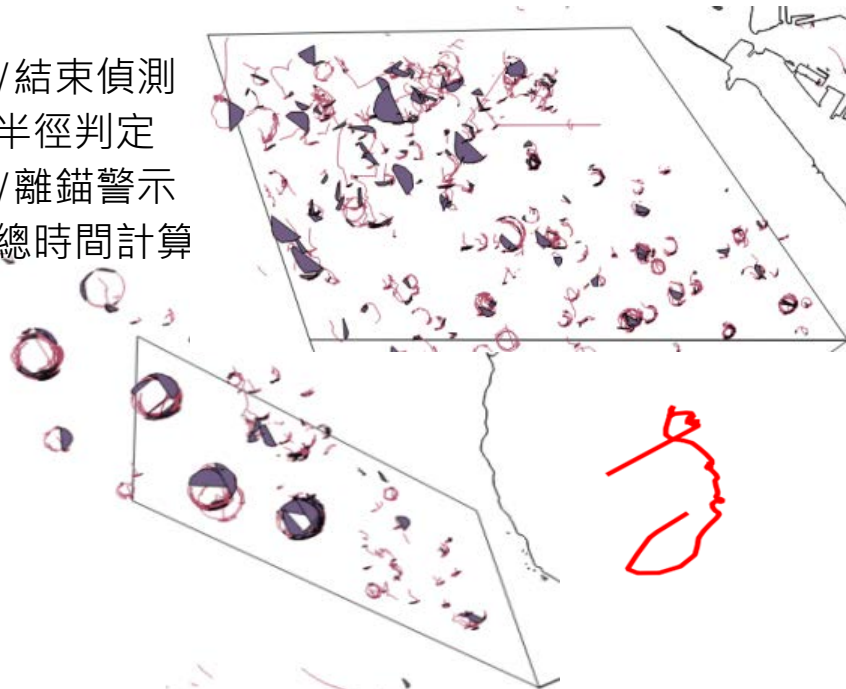
- ▶ 程式設計：改寫以優化效能並提升系統穩定度
- ▶ 連線機制：優化與港研的連線，斷線則重連
- ▶ 資料庫管理：增加定期備份與內插AIS資料的功能
- ▶ 擱淺監測模組
 - 原先以等深線與水深區域判斷，僅有2m, 5m, 10m, 20m等之分，改依更密集的水深點深度值判斷，更能區分對不同吃水船舶的影響
- ▶ 碰撞監測模組
 - 判斷結果區分出HeadOn、Overtaking或Crossing三種船舶碰撞危機類型，且帶有CPA/TCPA等量化數據做為危機程度的指標

4-2 碰撞危機即時偵測結果顯示畫面



4-3 錨泊偵測與監控

- ▶ 啟動/結束偵測
- ▶ 錨泊半徑判定
- ▶ 流錨/離錨警示
- ▶ 錨泊總時間計算



簡報完畢

敬請指教

結合動態船舶與環境資訊 之綠色航路智慧領航計畫 (4/4)期末簡報

張淑淨

電子海圖研究中心暨行動資訊實驗室
國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系
2016/12/02

NTOU
National Taiwan Ocean University

國立臺灣海洋大學

四年計畫之分年執行策略

▶ 第一年(102) 已完成

- 建立整合船舶動態資料與電子海圖地理資料庫之分析技術與平臺
- 建立船舶操作面之節能減碳資料自動化蒐集技術
- 建立船舶交通服務之安全性與效率性效益之分析技術

▶ 第二年(103) 已完成

- 整合船舶動態、電子海圖與海氣象資料
- 建立事故隱患偵測技術、海難資料庫分析技術與服務

▶ 第三年(104) 已完成

- 建立相關國際規範與技術發展最新資訊之轉譯發佈服務
- 建立綠色航路規劃分析應用系統
- 建立綠色航路監測應用系統
- 智慧航行中心整體運作架構規劃與缺口分析

第四年

1.轉譯發佈智慧航行相關國際最新資訊

- ▶ IMO, IHO, IALA等國際組織的e-Navigation相關發展，獲致國內共識以利推行與國際接軌，提供主題式譯述。
- ▶ **IMO Assembly29 MSC96, NCSR3**
 - ▶ 海事安全委員會(MSC) 及其導航通訊與搜救分委會(NCSR)
- ▶ **IHO WENDWG6/ S-100**
 - ▶ 基於S-100的e-化航行海事共通資料結構與資料產品規格
 - ▶ 電子航行圖、航路、海事安全資訊、氣象水文資訊 ...等
- ▶ **IALA推動變更為IGO之計畫/S-200產品規格/VDES**
 - ▶ E-化航行(ENAV)、船舶交通服務(VTS)技術委員會

IOT @ Sea

STM

Maritime Cloud

Next Generation
ECDIS

國際發展摘要

- ▶ IMO NCSR1 /MSC94(2014)
 - 通過「極區章程 (Polar Code) 」
 - 通過「e-化航行策略實行計畫」
 - 認可北斗系統為全球無線電導航系統的組成之一
 - 通過MSC.1/Circ.1210/Rev.1通函：「Cospas-Sarsat 國際406MHz信標註冊資料庫指引」之修訂
 - 批准MSC.1/Circ.1496：關於SOLAS公約附錄之航海圖與ECDIS設備紀錄的統一解釋
 - 通過LRIT相關通函之修訂，以改善LRIT系統功能、運作以及相關程序

NCSR=導航通訊與搜救分委會；MSC=海事安全委員會

國際發展摘要

▶ IMO NCSR2 / MSC95 / Assembly29 (2015)

- 通過IMO大會決議A.1106(29)：「船載船舶自動辨識系統的操作使用指引」修訂案
- 批准MSC.1 / Circ.1512：e-化航行軟體品質保證與人本設計指引
- 批准MSC.1 / Circ.1503通函：「ECDIS優良實踐指引」
- 以MSC.401(95)決議案通過「多系統船載無線電導航接收機性能標準」
- 以MSC.400(95)決議案通過修訂MSC.263(84)：「遠距識別與追蹤系統 (LRIT) 性能標準」

國際發展摘要

▶ IMO NCSR3 / MSC96 (2016)

- 批准SN.1 / Circ.334認可伽利略全球導航衛星系統 (Galileo Global Navigation Satellite System, GNS) 為全球無線電導航系統的組成部分
- MSC.1 / Circ.1525通函「國家海事保安法規之發展指引」
- MSC.1 / Circ.1526通函「海事網路風險管理暫行準則」

▶ IALA

- 主要發展：VDES , AIS ASM, AIS航標 (實體/虛擬) , S-200
- IALA從2013年啟動變更地位為政府間組織 (Intergovernmental Organization, IGO) 的計畫
- IALA公約草案於2015年12月的理事會第61次會議完成
- 預計在2018年春IALA會議(南韓主辦)時舉行外交會議
- 依IALA公約，現有業界會員 (及準會員) 得以成為附屬會員 (Affiliate Members)

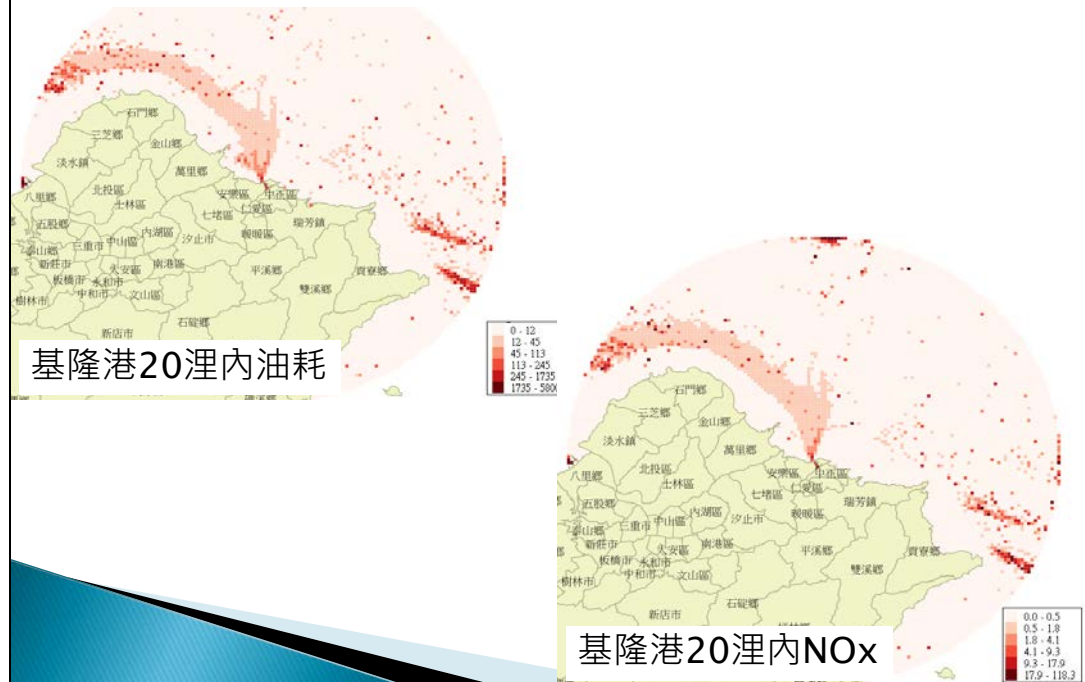
2.應用AIS於空汙氣體排放量估算

- ▶ 102年已利用AIS航跡自動取得負載因子與活動量等參數以估算船舶排放量的空間分佈，適用港區及沿岸。
- ▶ IMO於2014年發布第三次溫室氣體研究報告，使用AIS資料結合由下而上的模型，估算出全球船隊之個別船舶燃油消耗量。
- ▶ 本計畫彙整IMO報告、他國的國家層級排放量估算以及我國的相關估算報告，比較其程序方法與各種參數後，擷取其中適用的部分，據以修改本計畫第一年發展的估算模組與資料庫。

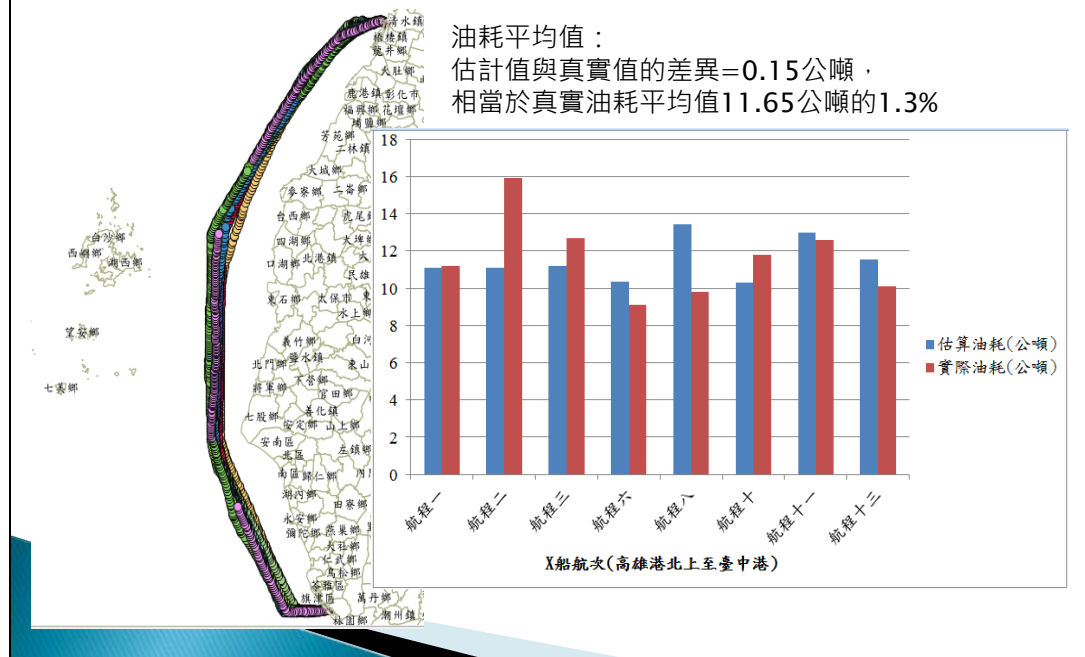
IMO GHG3與本計畫的差異

	IMO GHG3 (2014)	本研究(2016)
AIS船速取樣間隔	1小時	2分鐘
AIS資料空缺填補	外插產生全年活動量	沿岸缺口1小時內則內插
船舶技術特性及區分船種與容量的預設值	IHS Fairplay及由美國VBP登檢資料等產生之各船種容量分類預設	港研提供之船舶資料及依AIS船舶種類與最大船速分類對應容量/噸位級距取GHG3預設參數
排放係數		依GHG3更新

本研究參採GHG3參數之估算結果

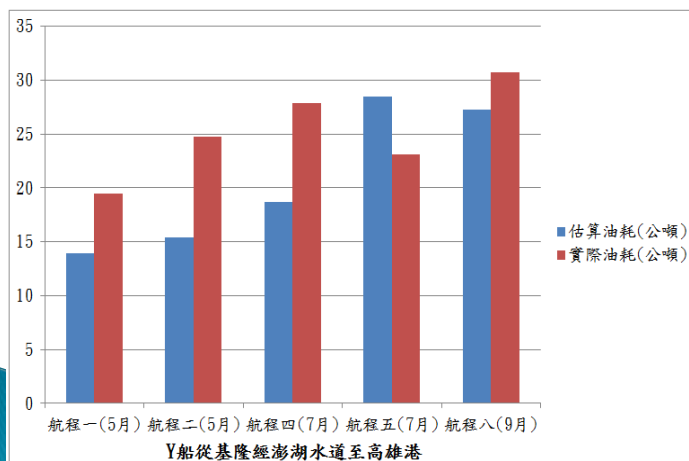


實際油耗與估算結果比較：高雄至臺中



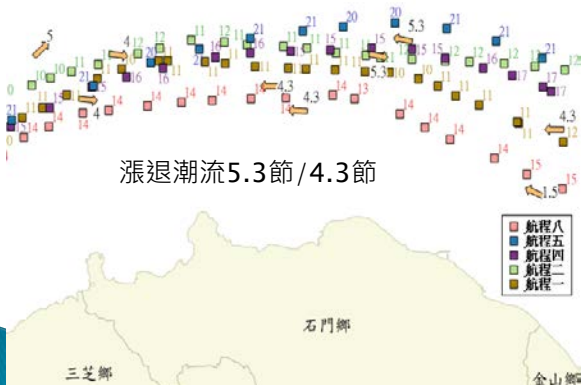
實際油耗與估算結果比較：基隆至高雄

	平均值	最大值	最小值	標準差
估算油耗(公噸)	19.19	28.43	13.96	6.51
實際油耗(公噸)	23.80	27.90	19.50	3.49
實際值-估算值(公噸)	4.67	9.30	-5.33	6.89



水流速度對油耗估算結果的影響

AIS航速(節)	平均值	標準差	最大值	中位數
航程一(南下)	9.09	5.23	14.25	12.13
航程四(南下)	8.35	6.49	18.05	11.16
航程五(南下)	9.57	8.59	20.85	14.50

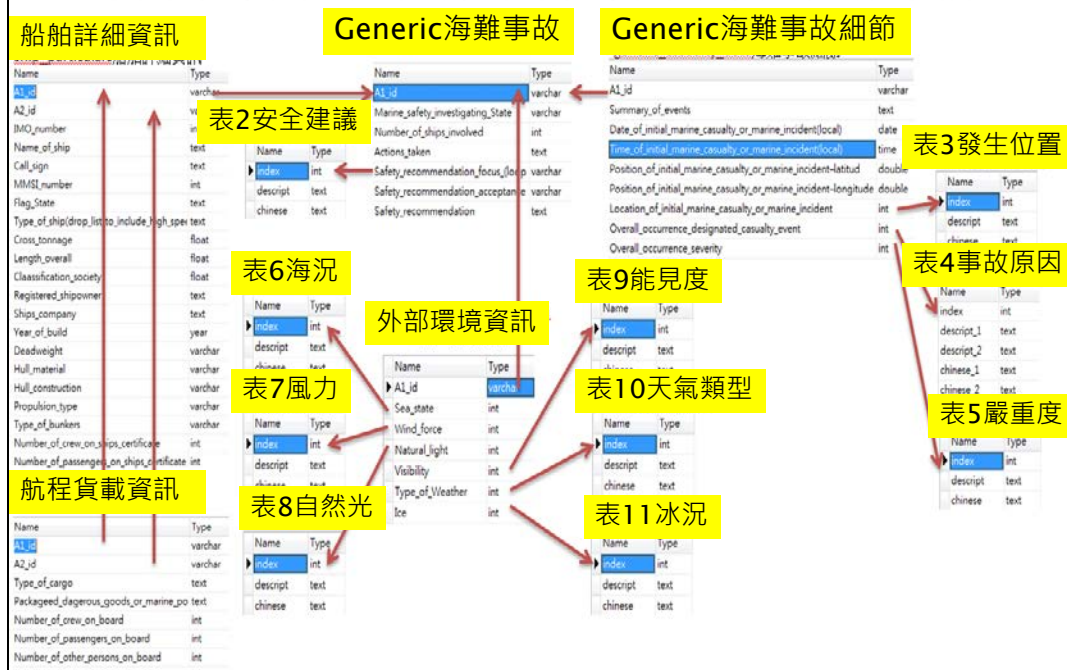


航程五順著漲潮流往西，使得估算油耗大於實際油耗；
航程五全程速度都高出航程一許多，實際油耗也高於航程一

海難資料庫之建置

- ▶ 本計畫首先設計一網頁系統，用以將現有海事報告輸入建置成為具有空間資訊的海難資料庫
- ▶ 接著依據「海難調查章程」之通報格式，設計對應IMO GISIS MCI海難調查模組之海難資料輸入系統。
 - 各方蒐集的事實資料← 連結AIS
 - 海難調查報告闡述資訊
 - 詳見：海難事故分類表、MCI模組各主題
- ▶ IMO GISIS內登錄的臺灣海域海難
 - 德祥台北(2016/3/10)、耘海(2016/2/25)
 - 世暉31漁船 (2015/9/18被亞泥二號撞沉)
 - 海研五號 (2014)、海翔八號(2012)、歐倍隆(2012)
 - 瑞興輪(2011)← 有海難調查報告

海難資料庫系統的資料表及其關聯



Marine Casualty

Welcome
Incident

Add >> Generic >> Factual >> Analyze >> AIS

Incident Reference:

Generic
Generic Casualty Data
External Environmental Data

Ship Reference:

Generic
海事調查國:
Taiwan, R.O.C
涉及船舶艘數:
1
所採取的行動:
安全建議重點(循環:多個安全建議):
安全建議驗收:
安全建議:

Action
Add
Modify
Search

clear next

Marine Casualty

Welcome
Incident

Add >> Generic >> Factual >> Analyze >> AIS

Incident
C000

Ship Particulars
VoyageData
CasualtyData
Consequences

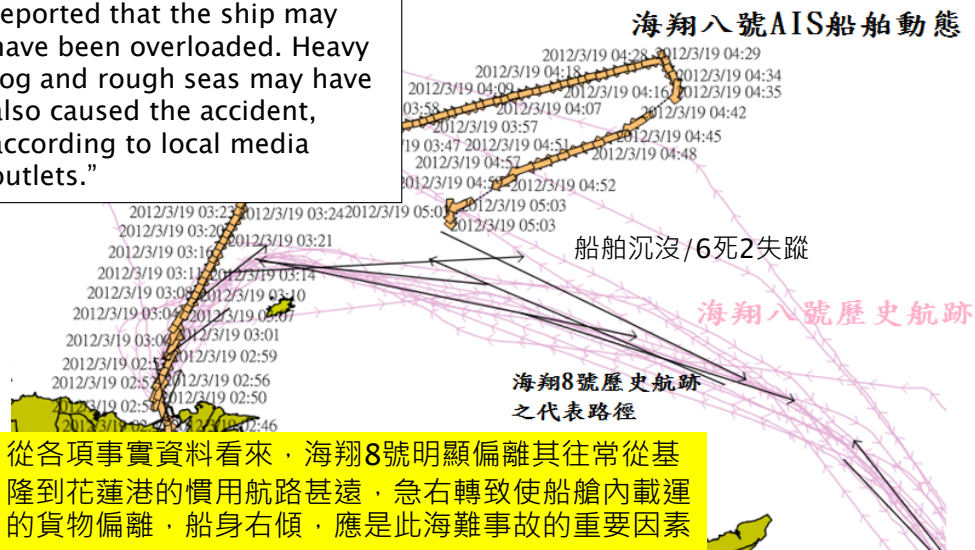
Ship Reference:
1

Voyage Data
貨物種類:
船上包裝的危險貨物或海洋污染物:
船上的船員人數:
船上的乘客人數:
船上的其他人員人數:

海難與AIS船舶動態的關聯分析

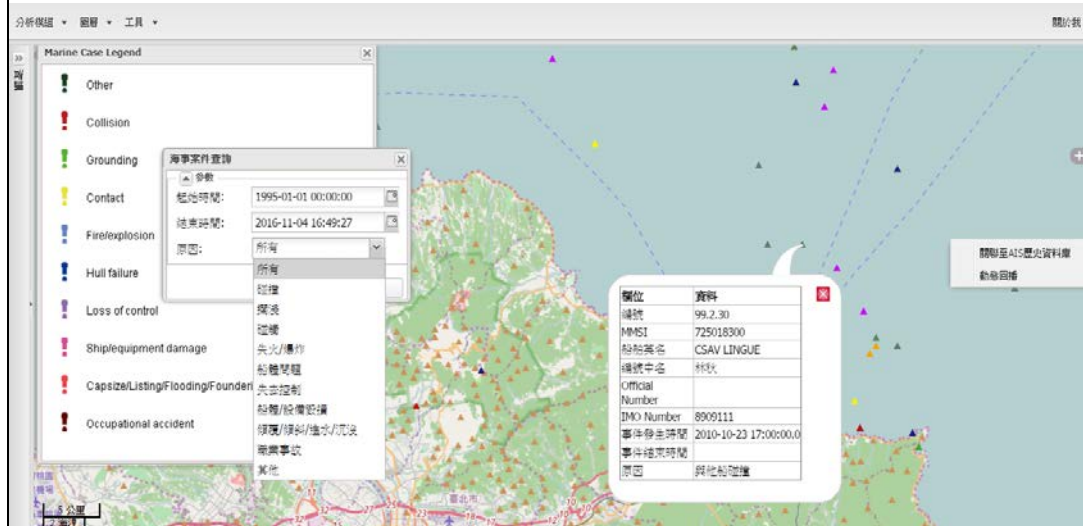
IMO GISIS MCI:

"The cause of the incident is unclear, however, local media reported that the ship may have been overloaded. Heavy fog and rough seas may have also caused the accident, according to local media outlets."



海難資料庫與AIS船舶動態系統整合應用

- ▶ 可透過整合平台查詢、顯示航跡及回播動態
- ▶ 以AIS動態回播顯示海難船舶周遭狀況



跡近事故之偵測與統計

▶ near-miss的定義

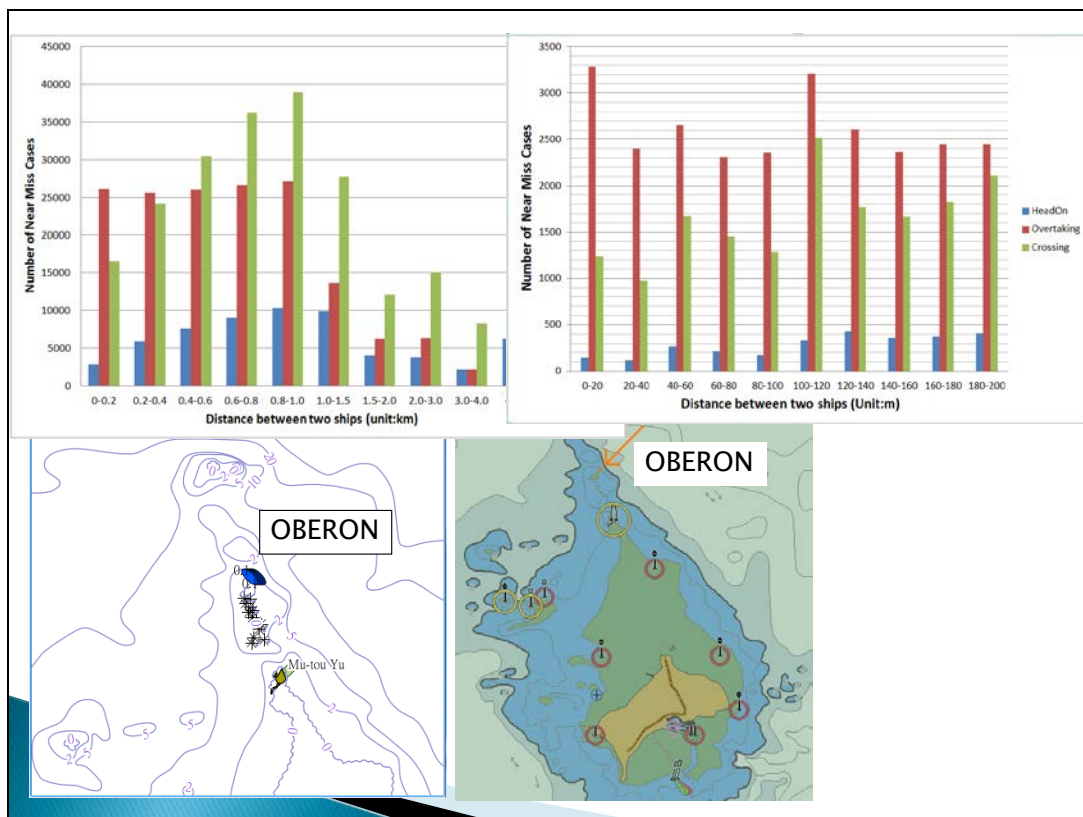
- 「可能造成損失的一連串事件或狀況，只因偶然突破該連環事件或狀況而幸運地避免了損失」

▶ 對應於「跡近碰撞」和「跡近觸礁擱淺」的範例：

- (1) 因採取緊急措施而避免了碰撞；
- (2) 船舶偏航誤入淺水區，幸遇不尋常高潮位而未擱淺

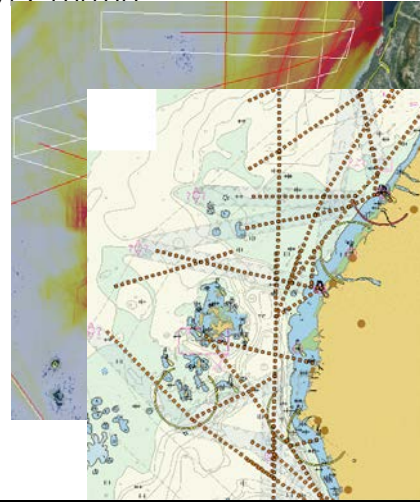
▶ 海難數通常不足以支撐有意義的統計，理論上與海難成比例，數量卻高出許多的跡近事故更具統計與指標效用

- 我國似無此報告跡近事故的機制，本研究以AIS資料探勘的方式取得
- 關聯AIS分析所得的海難事故特徵，可用於歷史資料的跡近事故偵測，進而推展應用於AIS船舶即時動態資料的危機偵測

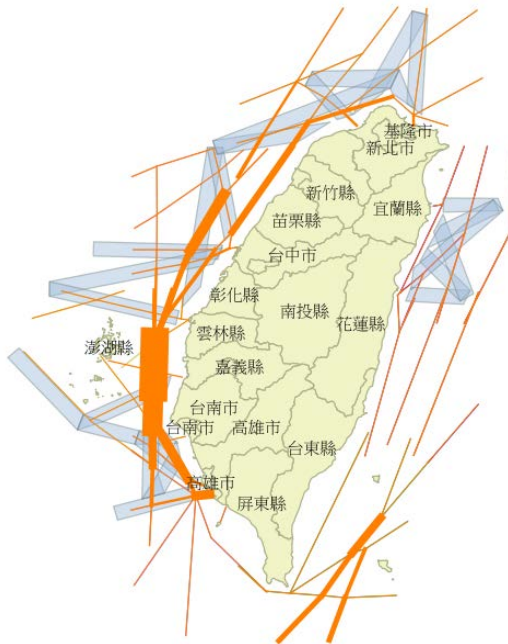


航路網的建構

- ▶ 航路規劃、偏航偵測、航路能源效率比較、航路風險潛勢分析等等，都需要有適當的航路網絡做為參考依據才能更有效率地應用於所有船舶。
- ▶ 本計畫建構航路網之方法
 - 參考臺灣沿岸航行海圖圖幅範圍，
 - 依據船舶的目的港口區分航線
 - 依據不同航線的航跡密度劃出航路
 - 分析各航路的橫向交通分布
 - 取出雙向的交通量與交通組成



沿岸航路網交通量與碰撞危機網格密度



						6	5	3	4	9	0
						664	73	24	191	319	168
0	2	67	17	31	67	387	321	4143	131	124	0
0	1	48	19	173	242	67	0	0	0	0	0
17	37	47	119	402	508	0	0	0	0	0	0
0	49	12	819	5479	168	0	0	0	0	34	11
0	12	194	2247	2926	0	0	0	0	171	160	21
19	40	2809	4625	0	0	0	0	0	398	129	135
22	346	7609	389	0	0	0	0	0	57	29	105
0	49	6634	0	0	0	0	0	0	0	197	55
11	0	5787	50	0	0	0	0	9	36	339	22
4	41	2333	1664	0	0	0	7	49	219	119	0
9	25	541	10859	3589	0	0	14	39	480	24	22
1	3	382	1794	728	1	0	1	429	356	0	0
		266	181	40	0	0	13	311	0	0	0
		20	11	0	0	2	193	14	0	2	0
		0	0	0	0	0	51	0	0	0	0

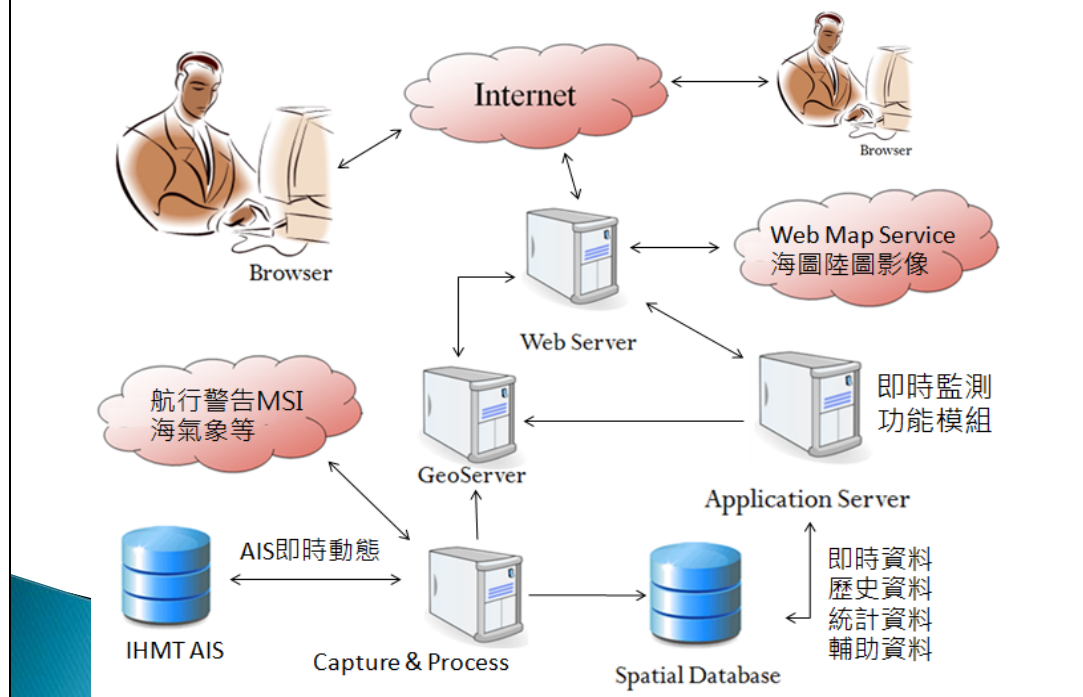
沿岸航路交通量
碰撞類海難
與危機密度

			664	73	24	191	319	168	173	48	0	
2	67	17	31	67	387	321	4143	131	124	0		
1	48	19	173	242	67	0	0	0	0	0	0	
37	47	119	402	508	0	0	0	0	445	13	0	
8	0	49	12	819	542	168	0	0	0	34	11	0
18	0	12	194	2247	2926	0	0	0	171	160	21	30
10	19	40	2809	4625	0	0	0	0	398	129	135	41
0	22	346	7609	389	0	0	0	0	57	29	105	5
0	0	49	6634	0	0	0	0	0	0	197	55	15
0	11	0	50	0	0	0	0	9	36	339	22	2
9	4	41	2333	1664	0	0	7	49	219	119	0	1
0	9	25	541	355	3589	0	0	14	39	480	24	22
0	1	3	382	1794	728	1	0	1	429	356	0	
			266	181	40	0	0	13	311	0	0	
★ ShipCasualty_collision				0	0	2	193	14	0	2		

交通量與碰撞危機

- ▶ 在這些碰撞危機中，迎艏正遇佔18.6%，追越佔37.7%，交叉相遇佔43.7%。在無航道規劃的情況下航行路線交錯，船舶無預期地出現交叉相遇碰撞危機的風險自然較高。
- ▶ 海難位置與高交通量航段、航線交錯位置以及碰撞危機密集區的相關性高。
- ▶ 離岸較遠的海難也在航路網航段上

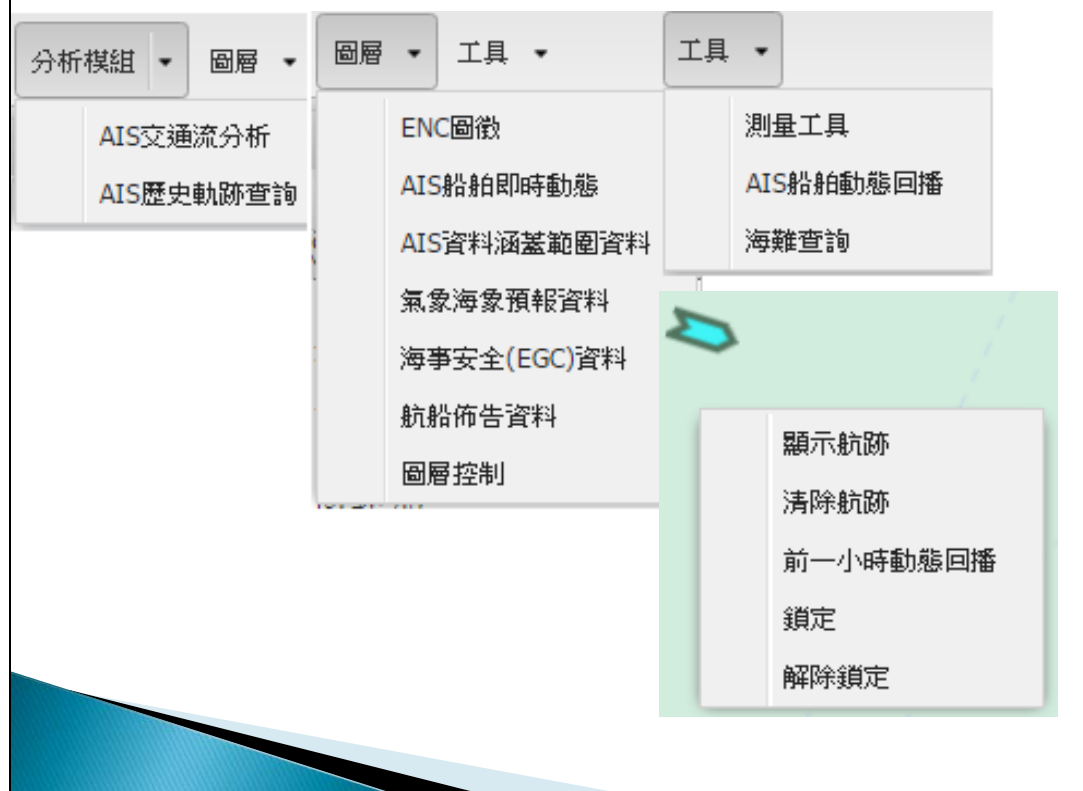
航路動態監測整合應用系統架構



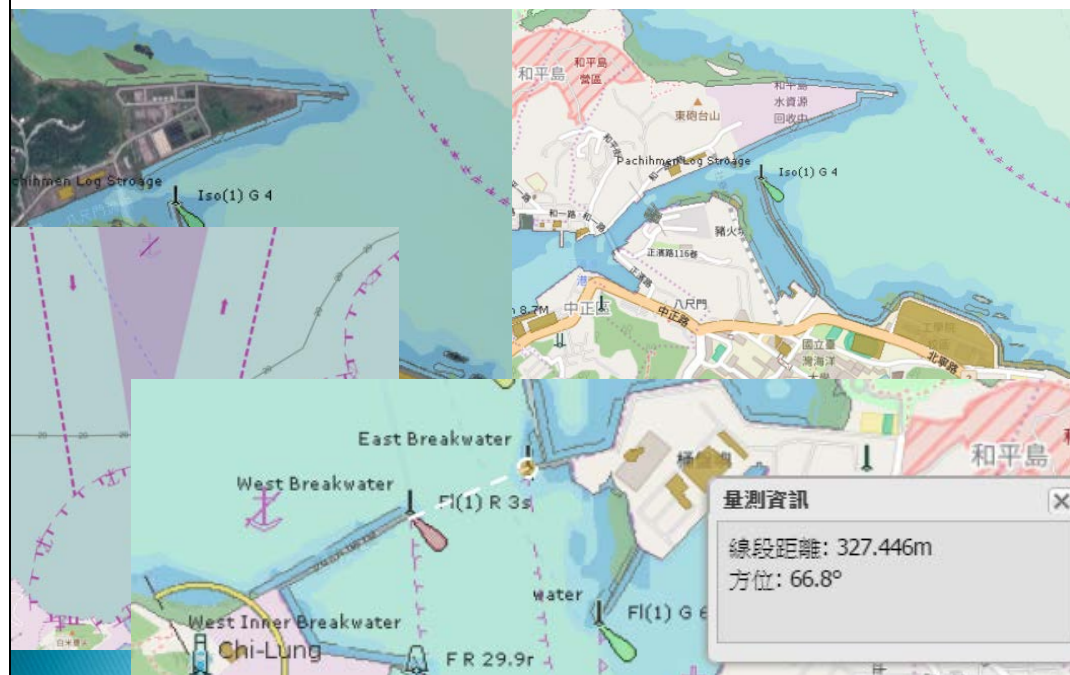
即時監測模組之設計

- ▶ 偏航監測、碰撞危機監測、擱淺危機監測、漂流/漂航監測、船艙異常監測、異常減速監測
- ▶ 錨泊監測
 - 從航速降至門檻後開始啟動錨泊偵測程序，列入錨泊偵測清單，而當速度增加至2節以上則停止錨泊監測，從錨泊監測清單中移除。啟動偵測且有偵測為錨泊到結束偵測的時間，可以作為船舶錨泊時間的參考
 - 判斷方法包括：最大船位距離與累積航跡長度的比值，航跡自我交叉，船位進入航跡外包凸多邊形等三種組合
 - 偵測為錨泊船之後，可啟動流錨警戒程序，依該區域水深設定錨泊警戒圈半徑，提供流錨狀況示警。考量船舶長度與水深的錨泊半徑可以用來作為流錨預警的警戒範圍

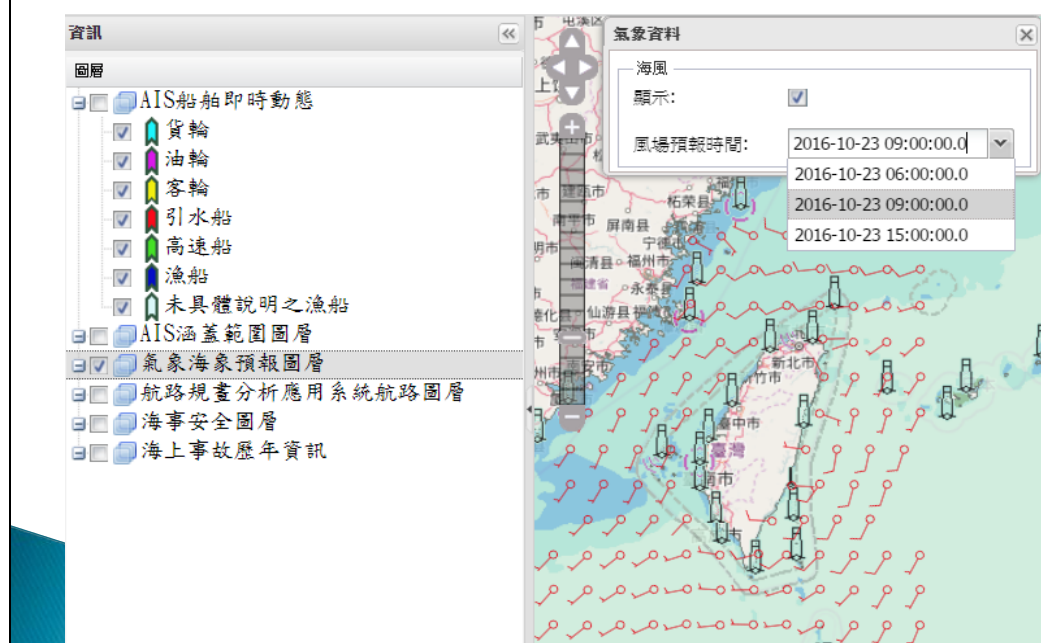
整合應用系統的操作介面



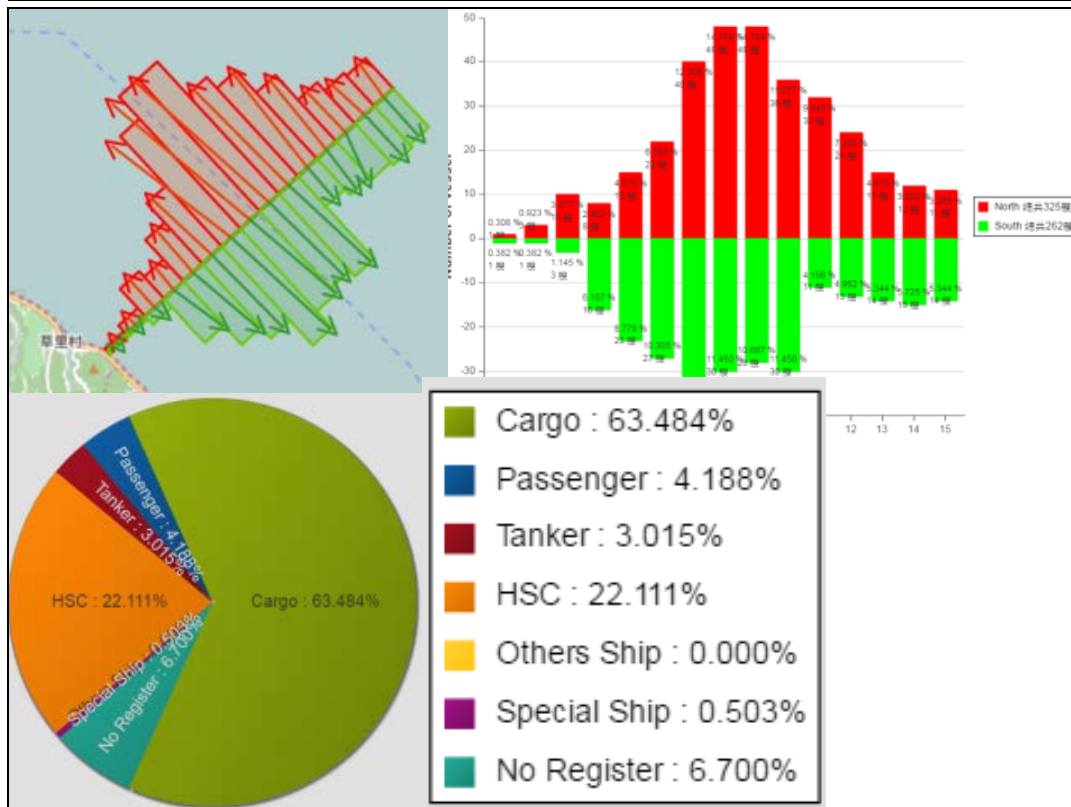
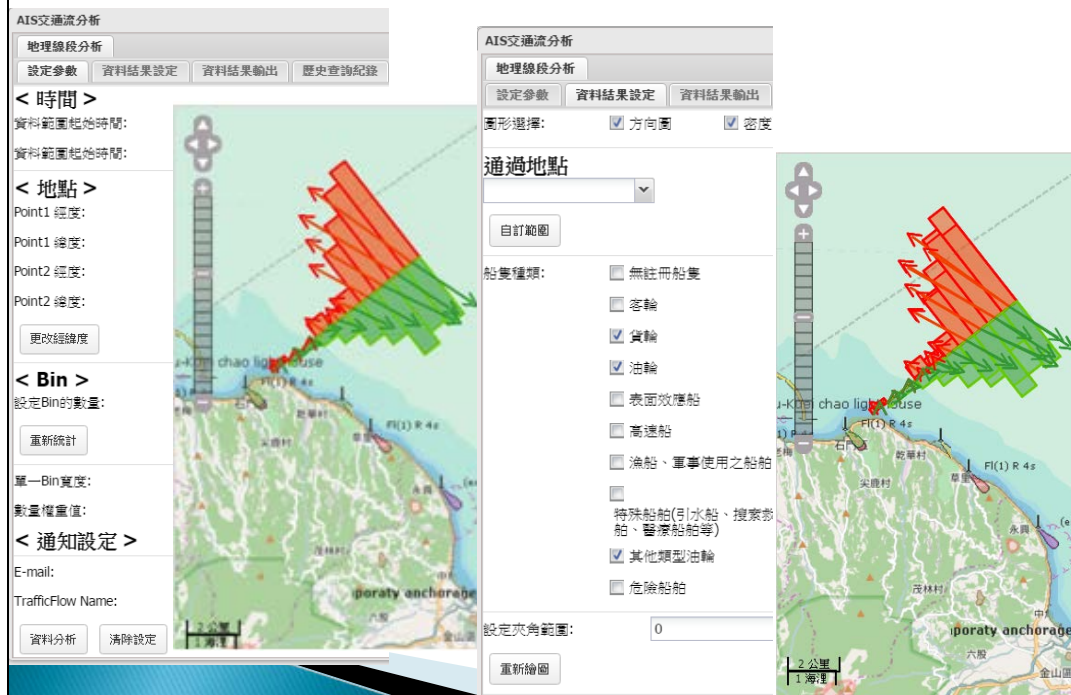
海陸域網路地圖服務套疊及量測工具



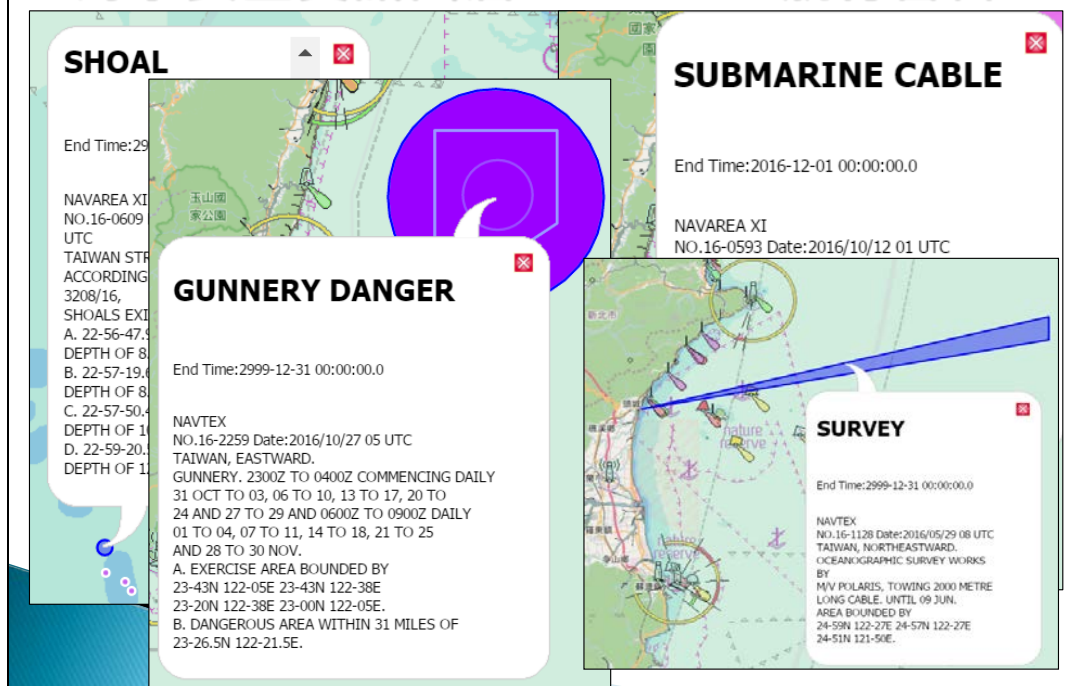
氣象局臺灣海域區域風場預報



AIS交通流分析

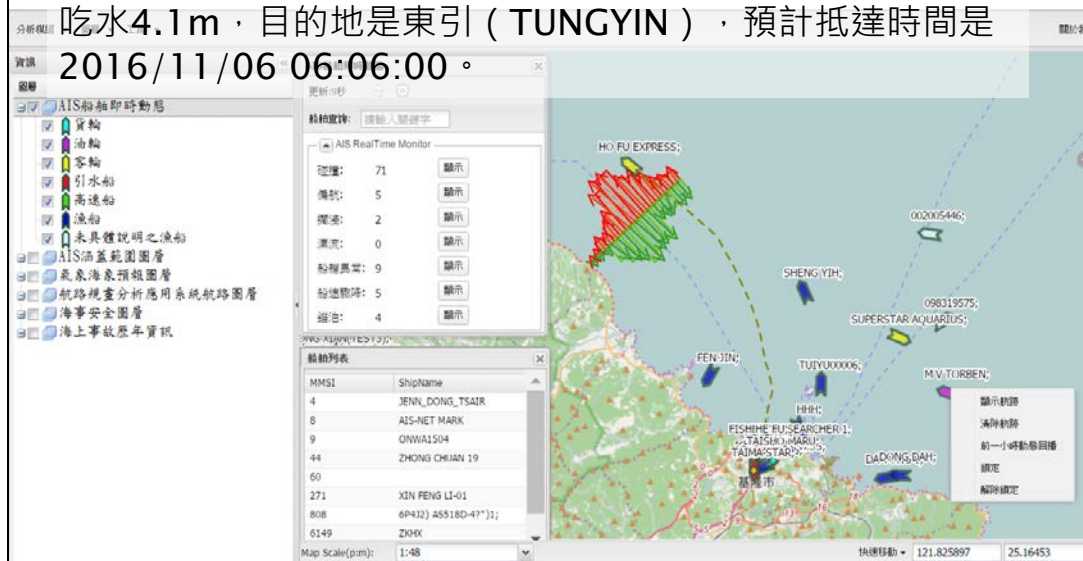


海事安全資訊圖層NAVAREA航行警告

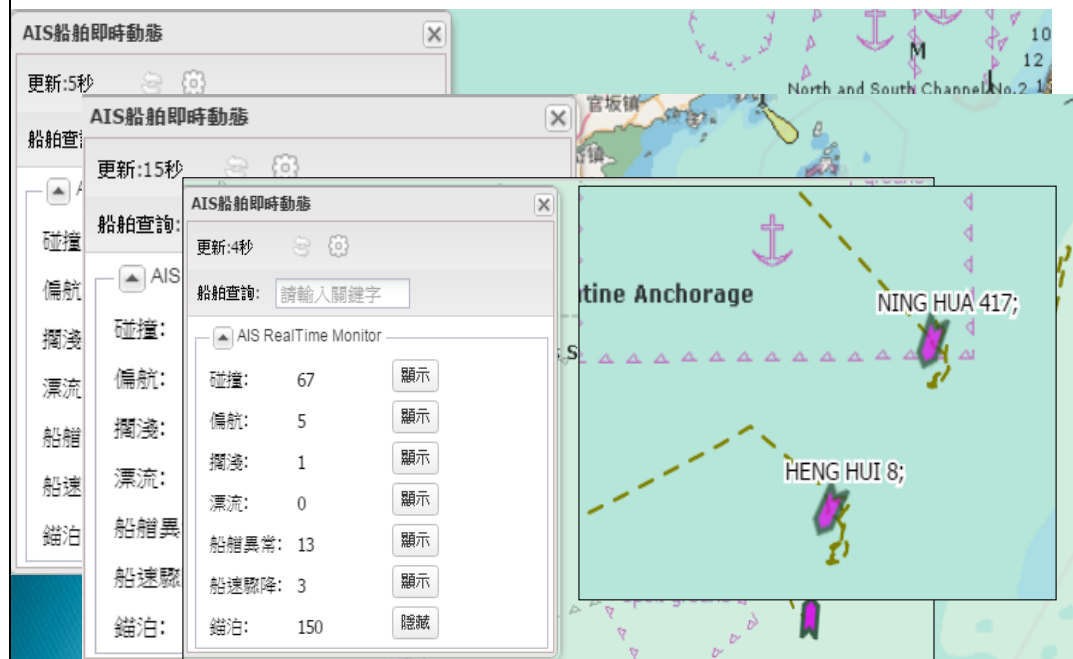


AIS船舶識別、查詢、鎖定與航跡顯示

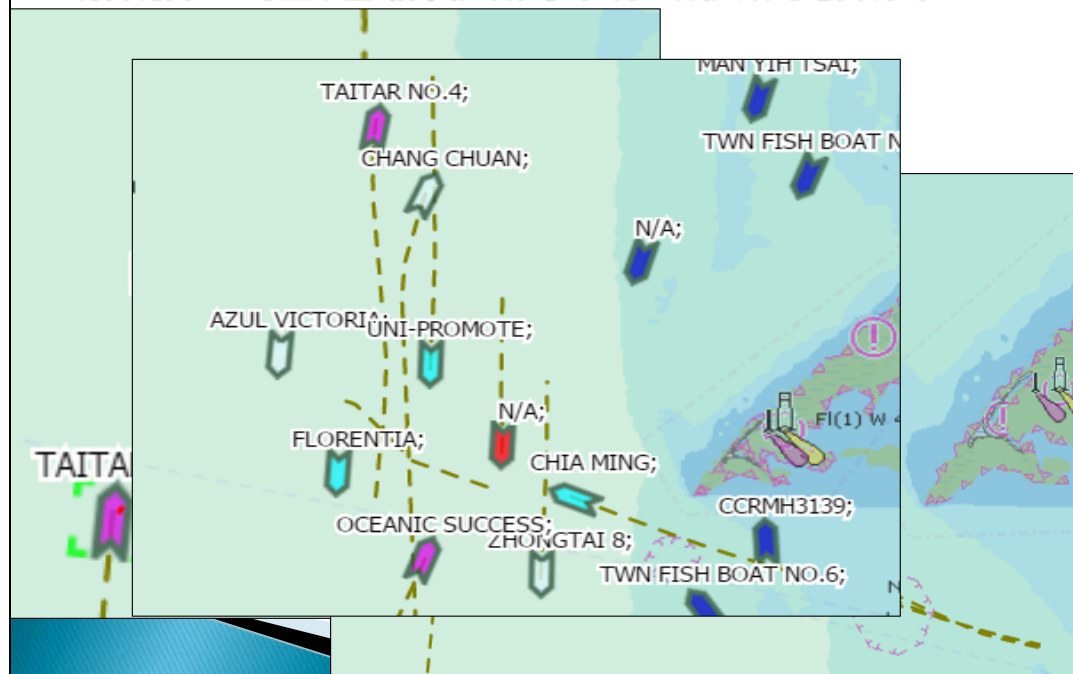
合富快輪（客輪）的航跡以橄欖色虛線顯示，該輪穿行圖中參考線的位置相較於交通流分布屬於離岸較遠的。點選合富快輪可看到該輪最新AIS資訊，由此得知該輪的長80m寬15m吃水4.1m，目的地是東引（TUNG YIN），預計抵達時間是2016/11/06 06:06:00。



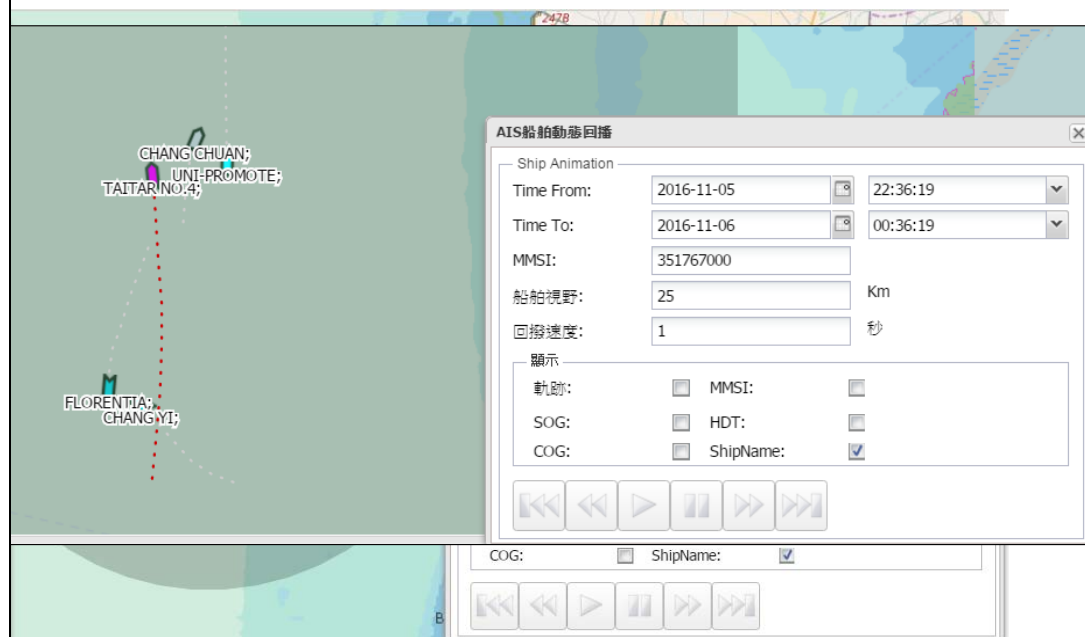
擱淺及船速驟降、錨泊等狀況偵測



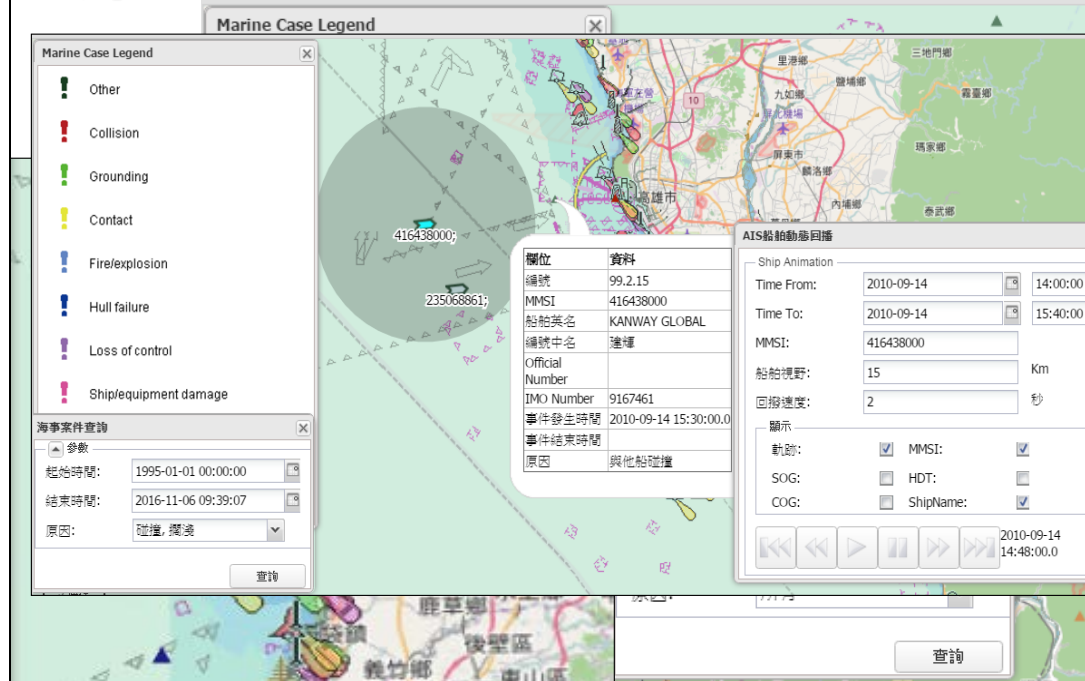
船舶碰撞危機偵測及其狀況發展



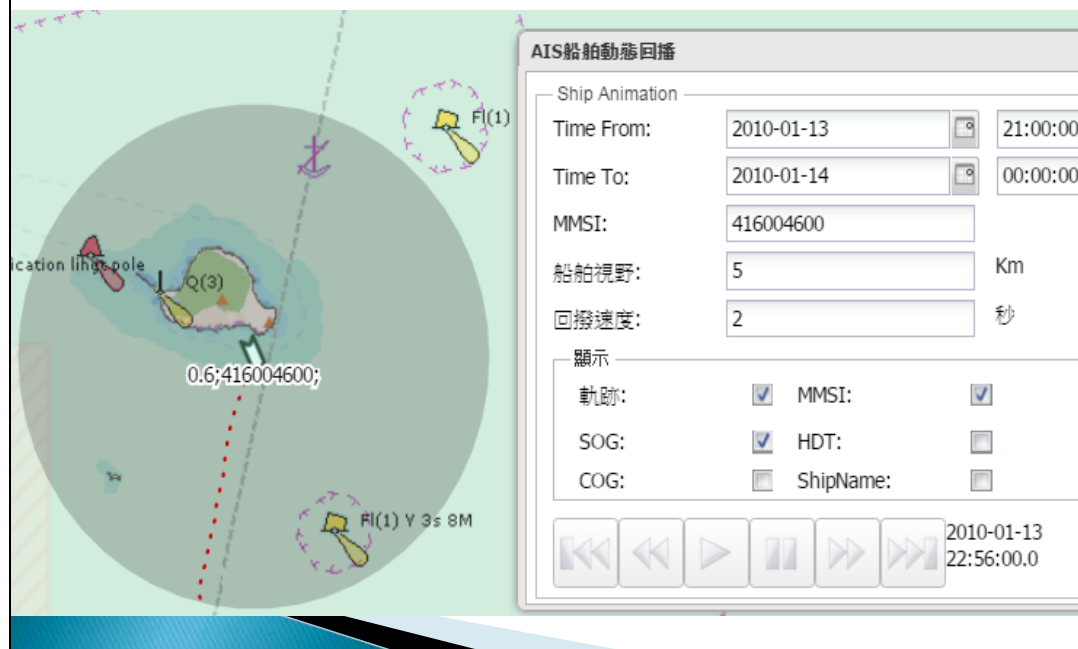
以動態回播檢視船舶會遇狀況



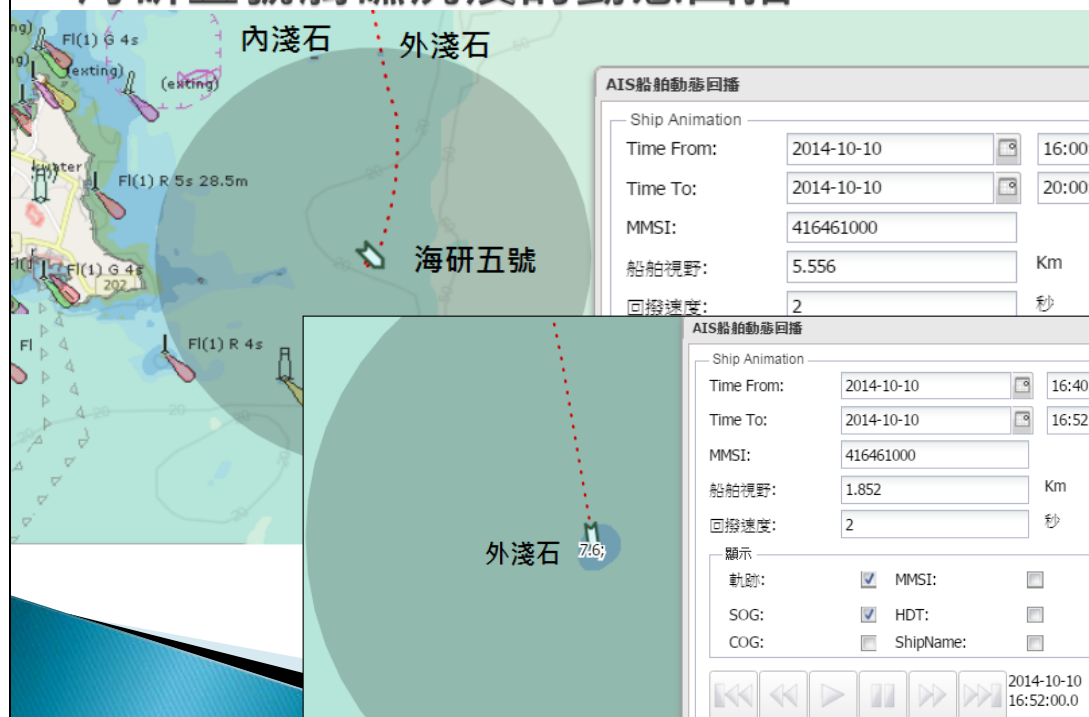
海上事故歷年資訊圖層相關功能



升隆1號擱淺龜山島的動態回播



海研五號觸礁沉沒的動態回播



結論與應用效益

- ▶ 以AIS估算船舶溫室氣體與空汙排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法。估算的油耗量在臺中高雄之間航線上與實測值相當接近，在基隆高雄之間則發現受潮流影響而可能有較大差異。整體而言，應用此方法可使國內現行的估算更精確且與國際現況更為一致
- ▶ 航路動態監測整合應用系統可提供各區航務中心人員、海巡署、環保署等其他機關人員操作使用。透過此系統的應用，可大幅提升對我國海域動態的掌握，對於智慧化的海上交通動態管理有具體而明顯的效益

後續建議

- ▶ 盡速透過政府部門的協調合作，完善電子航行圖、沿岸船舶交通服務、沿岸AIS與DGNSS等助導航設施與服務、海事安全資訊（航行警告）等，使我國海域航行環境與國際接軌，進而研擬我國在國際海事組織e化航行方案中的具體作為
- ▶ 持續充實「航路動態監測整合應用系統」的相關資料庫，使其更為正確與完整，再關聯更多的海氣象觀測相關開放資料，使此系統發揮更大功效
- ▶ AIS網位儀問題宜積極管理，適度要求漁船安裝AIS
- ▶ 後續依IMO與IALA相關國際規範準則與建議，以科學數據的量化評估，配合專家/利害關係人工作坊的定性評估，提出具有完整規劃評估與基礎設施支持的具體可行航道措施

簡報完畢

敬請指教



NTOU

National Taiwan Ocean University

國立台灣海洋大學