

103-18-7733

MOTC-IOT-102-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之 綠色航路智慧領航計畫(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 103 年 3 月

103-18-7733

MOTC-IOT-102-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之 綠色航路智慧領航計畫(1/4)

著作：邱永芳、張淑淨、張富東、黃茂信

交通部運輸研究所

中華民國 103 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.
(1/4) / 邱永芳等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸
所，民 103.03
面；公分
ISBN 978-986-04-0480-7(平裝)

1.運輸管理 2.運輸系統

557

103002314

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(1/4)

著者：邱永芳、張淑淨、張富東、黃茂信

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587176

出版年月：中華民國 103 年 3 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定價：150 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010300200

ISBN：978-986-04-0480-7 (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(1/4)			
國際標準書號 ISBN978-986-04-0480-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1010300200	運輸研究所出版品編號 103-18-7733	計畫編號 102-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：張富東、黃茂信 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-2671329	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：許功穎、張時銘、蕭登騰、王暉智、胡曉菁、曾國鈞、黃俊豪、王祥宇 地址：202 基隆市北寧路二號 聯絡電話：02-24629225		研究期間 自 102 年 2 月 至 102 年 10 月
關鍵詞：智慧運輸、綠色運輸、空間資訊、資料探勘、決策支援			
<p>本研究的目的是在結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，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，將是航運效率與安全監測、預防、即時反應的重要指標與方向。本年度計畫在前期 e-化航行與智慧化海運系統的研究基礎下，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，擴展 AIS 巨量資料之時空分析模組功能，為船舶交通服務之安全性與效率性效益分析提供更完整、真實的量化指標；利用幾何演算法與空間資訊分析統計技術，就港埠與船舶節能減碳議題中屬於船舶操作面，從船舶活動推估空污排放量資料的自動化蒐集。</p> <p>本研究成果效益以及可以提供本所或政府機關後續應用情形包含下列幾項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究產生各項指標的自動化工具，可供交通部航港局、海巡署、漁業署、環保署、內政部等相關決策之參據與實務應用，提升運輸安全、效率與環保，也可應用於海域空間規劃。 2. 航行安全與效率偵測分析結果可提供交通部航港局與港務公司在航運規劃與營運效率的重要參考，輔助規劃設計增進現有各港務分公司的船舶服務系統效能。 3. 本研究可使國內海運相關技術與國際接軌同步發展。 			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
103 年 3 月	150	150	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： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 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 (1/4)			
ISBN 978-986-04-0480-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010300200	IOT SERIAL NUMBER 103-18-7733	PROJECT NUMBER 102-H2DB005a
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-Fang PROJECT STAFF: Chang Fu-Tong, Huang Mao-Hsin PHONE: (04) 26587115 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2013 TO October 2013
RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Shwu-Jing PROJECT STAFF: ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, TAIWAN, R.O.C PHONE: (02) 24629225			
KEY WORDS: Intelligent Transportation System, Green Transportation, Data Mining, Decision Support			
<p>This 4-year project is to combine vessel dynamics as well as nautical chart and meteorological information to develop intelligent application service technologies for green routes and smart piloting in maritime transportation. Important indicators and directions for shipping efficiency and safety will be developed, in respects of monitoring, prevention, and immediate reaction.</p> <p>Based on the Electronic navigational chart (ENC) database, AIS vessel tracks database and vessel traffic analysis tools established or developed in previous projects on ENC, e-navigation and Maritime Intelligent Transportation System (M-ITS), this first year of the project focus on: (1) the integrated analysis of vessel dynamics and geospatial environment information; (2) the automatic tools for estimating vessel emission or fuel consumption; (3) safety and efficiency analyses of vessel traffic service (VTS).</p> <p>The research outcome benefits and subsequent applications are as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Automated tools for key indicators provide maritime authorities policy/decision and practical application supports to enhance navigation safety, efficiency, environment protection, as well as maritime spatial planning. 2. Integrated analysis results on shipping safety and efficiency in harbor and berthing identify key points for port operation planning and VTS improvement. 3. This research synchronizes domestic maritime technology with international developments. 			
DATE OF PUBLICATION March 2014	NUMBER OF PAGES 150	PRICE 150	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> 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.....	VI
表目錄.....	IX
第一章 緒 論.....	1-1
1.1 計畫緣起與目的.....	1-1
1.2 研究期程規劃.....	1-4
1.3 研究範圍、對象與內容.....	1-5
第二章 計畫背景與相關研究探討.....	2-1
2.1 船舶自動辨識系統.....	2-1
2.2 電子海圖地理資訊.....	2-4
2.3 航行安全評估指標.....	2-7
2.3.1 船舶領域.....	2-7
2.3.2 近距離錯過（Near-miss）.....	2-12
2.3.3 波羅的海區域計畫的動態風險評估.....	2-13
2.3.4 國內港口航行安全指標相關研究.....	2-16
2.4 航行面的港口效率評估指標.....	2-17
2.4.1 航行興趣點與航行狀態或意圖之偵測.....	2-17
2.4.2 國內港口通航效率評估相關研究.....	2-18

2.5 船舶節能減碳之油耗與排放量估算.....	2-19
2.5.1 歐盟聯合研究中心的船舶排放量估算參考報告	2-19
2.5.2 以 AIS 評估船舶空汙排放量的 STEAM 模型	2-21
2.5.3 荷蘭的船舶排放量清冊.....	2-25
2.5.4 美國環保署與各港的船舶排放量估算	2-27
2.5.5 國內的相關研究.....	2-31
第三章 動態船舶與電子海圖地理資訊之整合分析.....	3-1
3.1 動態船舶資料分析.....	3-1
3.1.1 AIS 資料蒐集與處理	3-1
3.1.2 內插取得同一時間點的 AIS 船舶動態.....	3-4
3.2 不同航行水域的船舶距離統計分析.....	3-5
3.3 船舶領域與擱淺風險評估.....	3-11
3.3.1 船舶輪廓與船舶領域的空間幾何.....	3-11
3.3.2 船舶動態與海圖水深資訊的整合分析試驗	3-15
3.4 船舶進出港相關效率分析.....	3-17
3.4.1 港外漂航情形之觀察與偵測.....	3-17
3.4.2 進港航行時間與距離之分析及異常狀況偵側	3-19
第四章 船舶節能減碳資料之自動化蒐集.....	4-1
4.1 前言	4-1
4.2 以 AIS 估算主引擎負載因子與活動量之試驗	4-4
4.3 以 AIS 估算活動量與負載因子之方法比較	4-8

4.4 以 AIS 估算船舶油耗及排放量的空間分佈	4-11
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-2
5.3 成果效益與後續應用.....	5-3
參考文獻.....	參-1
附錄一 期中簡報資料.....	附 1-1
附錄二 期中報告審查意見處理表.....	附 2-1
附錄三 期末簡報資料.....	附 3-1
附錄四 期末報告審查意見處理表.....	附 4-1

圖目錄

圖 1.1 Virtual Arrival 示意圖	1-2
圖 2.1 日本學者 Fujii 等人提出的船舶領域模型	2-8
圖 2.2 英國學者 Goodwin 提出的船舶領域模型	2-8
圖 2.3 從 AIS 資料統計 CPA 得出船舶領域	2-9
圖 2.4 從 AIS 資料統計得出的船舶領域-交叉相遇狀況	2-10
圖 2.5 從 AIS 資料統計得出的船舶領域-追越狀況	2-11
圖 2.6 從 AIS 資料統計得出的船舶領域-迎艏正遇	2-11
圖 2.7 EfficienSea 用於偵測 near-collision 的船舶領域示意圖	2-15
圖 2.8 從船位與危險水深分析擱淺危機事件分佈示意圖	2-15
圖 2.9 高雄港 VTS 雷達觀測之航跡圖	2-16
圖 2.10 連結停船事件與碼頭泊位的程序示意	2-17
圖 2.11 六艘船 2007 全年燃油消耗量估算與報告值的比較	2-22
圖 2.12 以 58000 總噸的 RoPax2 燃油消耗量比較浪的效應	2-23
圖 2.13 STEAM Model 的演算法	2-24
圖 2.14 估算排放量的程序、資料庫及其關係	2-26
圖 2.15 MARIN 檢查 AIS 資料涵蓋率的方法示意圖	2-26
圖 2.16 美國環保署估算船舶排放量之資料來源及方法	2-27
圖 2.17 美國洛杉磯港採用之主引擎排放量估算流程	2-29
圖 2.18 美國洛杉磯港採用之輔助引擎排放量估算流程	2-29
圖 2.19 美國洛杉磯與長濱港空汙清冊地理範圍與航路	2-30

圖 2.20 環保署計畫的遠洋船舶排放量計算流程圖.....	2-33
圖 2.21 環保署計畫的基隆港內至港外 20 浬船舶航行路線設定圖	2-34
圖 3.1 臺灣海域船舶動態資訊系統畫面.....	3-1
圖 3.2 AIS 船舶軌跡及部分異常情形	3-3
圖 3.3 AIS 船位記錄異常的情形(同艘船同一時間不同數值)	3-3
圖 3.4 台中港 3 浬內 8 方位船舶距離分佈(浬).....	3-5
圖 3.5 台中港 3-10 浬範圍 8 方位船舶距離分佈(浬).....	3-6
圖 3.6 台中港 3 浬以及 3-10 浬 8 方位船舶領域邊界距離	3-6
圖 3.7 台中港 3 浬以及 3-10 浬 8 方位船舶距離平均值	3-7
圖 3.8 台中港 3 浬內船舶距離分佈(排除漁船港勤船與航速<2 節船位)	3-8
圖 3.9 台中港 3 浬內航速>2 節商船間距離<500m 發生位置	3-8
圖 3.10 台中港外 3 浬 8 方位最小距離分佈(船種船速篩選).....	3-9
圖 3.11 台中港外 3-10 浬 8 方位最小距離分佈(船種船速篩選)	3-9
圖 3.12 台中港外 3 浬內左右舷與後側船舶最小距離(CPA 篩選)..	3-10
圖 3.13 台中港 3-10 浬內左右舷與後側船舶最小距離(CPA 篩選).	3-10
圖 3.14 依航向艏向推算中心位置並產生船舶真實比例輪廓	3-12
圖 3.15 天秤星號郵輪多次停靠基隆港情形 (以輪廓顯示)	3-13
圖 3.16 臺中港內與錨區內的船舶動態 (以輪廓顯示)	3-14
圖 3.17 天秤星號每 2 分鐘內插船位動態後產生之船舶輪廓與領域	3-14
圖 3.18 整合船舶動靜態資料與水深資訊的擱淺危險檢測.....	3-16

圖 3.19 因無法進港而在基隆港外漂航繞圈的貨櫃輪航跡.....	3-17
圖 3.20 進出台中港船舶航跡之停船漂航狀態偵測.....	3-18
圖 3.21 曾進出台中港之船舶於高雄港外停船漂航情形.....	3-18
圖 3.22 基隆港進港航跡依港口到 15 哩線航行距離排序	3-20
圖 3.23 基隆港進港航跡與異常進港航跡.....	3-21
圖 3.24 台中港進港航跡與異常進港航跡.....	3-22
圖 3.25 放大檢視 10 哩內台中港異常進港航跡.....	3-23
圖 3.26 台中港異常進港航跡進港後停靠的碼頭.....	3-23
圖 4.1 船舶主引擎排放量推估流程.....	4-1
圖 4.2 船舶輔助引擎排放量推估流程.....	4-2
圖 4.3 用以估算排放量的海浬線與航跡（以基隆港為例）	4-4
圖 4.4 天秤星號通過基隆港 10/15/20 海浬線之航跡點偵測	4-5
圖 4.5 兩種推估方式之比較-以天秤星號為例	4-8
圖 4.6 天秤星號 2010 年 10 月 16 日每 2 分鐘內插航跡點	4-11
圖 4.7 天秤星號 2010 年 10 月 16 日每小時油耗估算值.....	4-12
圖 4.8 用以比較之荷蘭 Steam model 每小時油耗估算值.....	4-12
圖 4.9 天秤星號 2009 年 9 月間每日油耗估算值.....	4-13
圖 4.10 用以比較之荷蘭 Steam model 每日油耗估算值.....	4-13
圖 4.11 船舶排放量推算值之空間分佈.....	4-14
圖 4.12 基隆港外船舶排放量推算值之空間分佈.....	4-14

表目錄

表 2-1 A 級 AIS 資料內容與來源	2-2
表 2-2 A 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔	2-3
表 2-3 B 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔	2-3
表 2-4 海圖圖例之項目	2-4
表 2-5 估算船舶排放量所需資訊[14]	2-19
表 2-6 美國環保署 2009 年技術報告採用的遠洋船舶參數預設值	2-28
表 2-7 船種最大船速及主引擎總動力預設值	2-35
表 2-8 主引擎在調度階段的負載組合係數	2-36
表 2-9 遠洋船舶主引擎排放係數表	2-37
表 2-10 輔助引擎的動力及負載預設值	2-37
表 2-11 輔助鍋爐消耗能量預設值	2-38
表 2-12 遠洋船舶輔助引擎排放係數表	2-39
表 2-13 遠洋船舶輔助鍋爐排放係數表	2-39
表 2-14 港研中心 101 年計畫採用之遠洋船舶參數預設值[24]	2-39
表 3-1 基隆港進港航跡的航行距離分析	3-20
表 3-2 台中港不同方向進港航跡之航行距離與時間分析	3-24
表 4-1 以麗星郵輪天秤星號為例之負載因子與活動量估算	4-5
表 4-2 估算方法的比較結果-以天秤星號為例	4-9

第一章 緒 論

1.1 計畫緣起與目的

中華民國 99 年 12 月 16 日行政院第 3226 次會議核定之「中華民國科學技術白皮書（民國 100 年至 103 年）」中設定的遠景是：2020 年我國成為綠能科技與智慧生活的全球創新領航者。

交通部推動科學技術發展之目標包括：

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. 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；
3. 研發及推動綠色運輸科技在陸海空運輸系統之應用；
4. 推動現代化氣象及海象觀測為健康臺灣提供優質氣象資訊，並配合與運輸系統管理及資訊服務之整合應用。
5. 推動通訊整體資源規劃與研究，提供運輸系統資訊及管理服務應用。

本計畫可發揮臺灣海域船舶動態系統與海氣象觀測調查研究成果之加值應用效益，對應前述各項科學技術發展目標，發揮槓桿效果。

我國對資通訊科技應用的推動係從 E(Electronic)化、M(Mobile)化、到 U(Ubiquitous)化與智慧化，逐步達到提供無所不在、隨處可得優質 e-化生活服務的社會環境。海事資通訊相關科技也在聯合國專門機構「國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)」的主持推動下，發展應用於海運系統，目標除了一貫的「安全」與「效率」之外，已更強調「環保」。

「國際海事組織」正積極推動「e-化航行」，已擬定策略並設定於 2013 年完成實行計畫，從概念進入實現階段[1]。「電子海圖顯示與資訊系統 (Electronic Chart Display and Information System, ECDIS)」從 2012 年起被納入「海上人命安全國際公約(Safety of Life at Sea Convention, SOLAS)」成為分階段強制船舶安裝的配備[2]，將航海作業從紙海圖轉移至電子海圖，這可說是實現 e-化航行的關鍵第一步。相關國際會議文件顯示：歐盟、美、加、日、韓、澳洲等都已研擬策略積極投入研發，除了對應其本土問題，更希望成為 e-化航行世代的創新領航者[3, 4]。

另一方面，節能減碳議題不僅受到公部門或港埠重視，海運業界也已開始採取措施，例如 Oil Companies International Marine Forum(OCIMF)與 International Association of Independent Tanker Owners (INTERTANKO)等推出 Virtual Arrival 的概念，配合靠港卸貨可能的等候延遲、海氣象與航行時間的影響，動態調整以「最佳航速」達到節能減碳[5]，如圖 1.1。

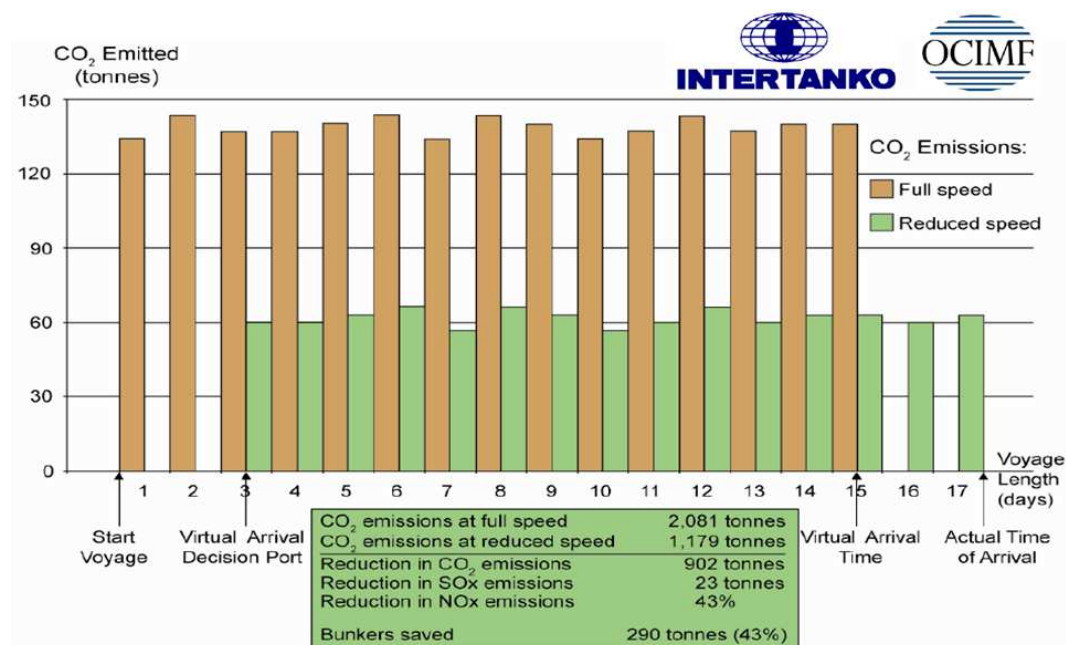


圖 1.1 Virtual Arrival 示意圖[5]

該方案試驗至今頗具成效，但其中還有許多待探討的問題，尤其在推算最佳航速與效益的參數與方法上。

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繼 EfficienSea 計畫[3]之後，於 2011 年中啟動 Mona Lisa (Motorways & Electronic Navigation by Intelligence at Sea)計畫[6]。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。工作項目主要有三：以動態主動式航路規劃優化航路以減碳；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、重新測量航道。

由此可知，航路規劃與執行已成為 e-化航行、智慧化海運系統、以及綠色海運極具潛力或受重視的研究方向。「航路計畫」、「航路監視」、「航程記錄」原本就是「電子海圖顯示與資訊系統」屬於資訊系統層面的最主要功能設計。基於「船舶自動辨識系統(Automatic Identification System, AIS)」的「臺灣海域船舶動態系統」及其累積的大量歷史資料，無論在研究開發階段或是實現施行的階段都是不可或缺的基礎與工具。

在前期電子海圖、e-化航行與智慧化海運系統的研究中[7-10]，已建置電子海圖資料庫與相關應用服務，也已就船舶自動辨識系統的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。

基於前述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，考量國內目前需求與未來環境，本計畫擬結合船舶動態以及電子海圖與海氣象環境資訊，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。

1.2 研究期程規劃

整體而言，預期分年完成下列工作：

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
6. 主要航道高品質 3D 動態航行海圖
7. 智慧領航行動平臺與岸際雲端服務

第一年先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。利用空間資訊分析與統計技術，設計港埠與船舶節能減碳議題中屬於船舶操作面的船舶活動排放量資料的自動化蒐集；也為船舶交通服務之安全性與效率性效益分析提供更完整、真實的量化指標。

第二年整合船舶動態、電子海圖與海氣象資料，建立碰撞、擱淺、航儀或機械故障、漂流等事故隱患偵測技術，也從船舶航儀動態、航路交通、海域環境、海氣象狀況等方面的資料關聯，為海難資料庫建立分析技術與服務。

第三年以前兩年成果為基礎，加入相關資料的(多媒體)動態整合分析與呈現以輔助海事調查，並試驗此海事調查輔助服務與海難資料庫的連結；以歷史資料庫為模擬驗證依據，設計試驗航路建議服務與航程評估服務於利用即時資料之即時運作。

第四年為使計畫成果落實應用，擬以結合船舶動態、電子海圖與

海氣象資訊之應用技術成果，設計為岸際雲端服務，以利其他各相關系統或服務的介接應用；並設計智慧領港行動平臺，從領港與船舶交通服務開始實現 e-化航行概念之船岸協調合作。

1.3 研究範圍、對象與內容

102 年度計畫的研究內容是：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，擴展 AIS 巨量資料之時空分析模組功能，利用空間資訊分析統計技術，設計港埠與船舶節能減碳議題中屬於船舶操作面的船舶活動排放量資料的自動化蒐集；也為船舶交通服務之安全性與效率性效益分析提供更完整、真實的量化指標。

工作項目如下：

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臺
 - 船舶動靜態資料特殊進階查詢分析
 - 海陸圖網路圖徵服務整合平台分析操作介面
 - 船舶動靜態資料與地理資料整合分析
 2. 建立船舶操作面之節能減碳資料自動化蒐集技術
 - 基於船舶動靜態資料之排放量估算分析
 - 整合船舶動靜態資料與地理空間資訊之油耗估算分析
 3. 建立船舶交通服務之安全性與效率性效益之分析技術
- 用以分析國際港船舶交通服務之安全與效率效益。

第二章 計畫背景與相關研究探討

2.1 船舶自動辨識系統

動態船舶資料的主要來源是「船舶自動辨識系統（Automatic Identification System, AIS）」。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。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 船台設備[17]，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[18]。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 船台。事實上已有愈來愈多的遊艇、漁船等因為 AIS 的功能效益而自願安裝，設備種類從 AIS 接收機、Class B 到 Class A 都有。新的發展是在導航或資料浮標上裝設 AIS AtoN 設備，用以提升導航效用、監控管理浮標狀態、延伸 AIS 收訊範圍、甚至直接廣播海氣象觀測資料給附近船舶。

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 2-1，標準傳送間隔如表 2-2。[29]

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、時戳等。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 SO(Self-Organized TDMA)或 CS(Carrier-Sense TDMA)而異[29]，如表 2-3。

表 2-1 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 2-2 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 2-3 B 級 AIS 動態船位報告訊息的傳送間隔

B 級"SO" AIS 船載設備		B 級"CS" 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		

2.2 電子海圖地理資訊

船舶在海上航行所需的地理環境資訊來源主要是海圖。航海圖的資訊內容可以從中華民國海軍依據國際海測組織 S-4 標準：海圖規格而編輯刊行的「海圖圖例」所列項目略知一二，如表 2-4。

表 2-4 海圖圖例之項目

	項目代碼	項目涵蓋內容
陸 上 地 形 地 物	C	自然地貌
	D	人文地物
	E	陸標
	F	港埠
	G	陸部名詞
海 道 測 量	H	潮汐、水流
	I	水深
	J	海床底質
	K	岩石、船骸、障礙物
	L	海上設施
	M	航線、航路
	N	區域、界線
	O	水部名詞
航 標 與 港 務	P	燈
	Q	浮標、立標（標杆）
	R	霧號
	S	雷達、無線電、電子定位系統
	T	港務
	U	小艇設施

目前國際海事組織推動 e-化航行的第一步就是：從使用紙海圖轉換為使用電子海圖。實行策略是把「電子海圖顯示與資訊系統（Electronic Chart Display and Information System, ECDIS）」正式列入 SOLAS 公約的船舶設備要求。用於 ECDIS 而能被視為具有航海圖法律地位的電子海圖必須是各國官方製作發行或授權製作發行，且符合國際海測組織 S-57 標準的 Electronic Navigational Chart (ENC)。S-57 標準採用物件導向式向量資料模型，以大約 175 種物件、195 種屬性、以及點線面等空間幾何的組合，把海圖和潮汐表、水道燈表、航行指南等相關航海刊物的資訊納入電子海圖，而且建立嚴謹的空間位相關係（也就是 Topology）。舉例而言，有礙航行的障礙物，依其範圍大小在不同編輯比例尺的海圖中，可能是點、線或面型的圖徵物件表示，並以屬性區分障礙物類別、狀況、與周圍水深之間的關係、深度、材質、與潮位之間的關係等等。如果把 ENC 物件類別轉入一般地理資訊系統(Geographic Information System,GIS)，通常點線面三種圖徵會再被分層處理，於是常見 ENC 轉入後對應產生 300 多個 GIS 圖層的情形。

ENC 以陸地、水深區、未測區、浚深區、浮船塢、浮橋、沉船這幾種面物件完整覆蓋地表。紙海圖上的水域深度資訊以等深線與水深點表示，而 ENC 則在等深線之間建立水深區域物件，並賦予其最大與最小水深屬性值，建置過程中需依航行安全原則判讀等深線與水深點，釐清其中的模糊與衝突之處。

正因為有這樣嚴謹設計製作的電子海圖資料庫，才能透過 ECDIS 將地理資訊系統的空間資訊技術引進到船舶駕駛台，整合船舶的各種航儀與感測資訊，提供海圖顯示與資訊查詢、海圖更新、航路規劃、航路安全檢核、航程監視等功能，不只減輕航海人員的海圖作業負荷，更智慧化地提升航行安全與效率。

IMO 的 ECDIS 設備性能標準（一般簡稱為 ECDIS PS）要求必須永遠顯示在 ECDIS 螢幕上的基本顯示內容包括：岸線（高潮線）、本船安全等深線（以此定義安全水域）、深度小於安全等深線且在安全水域內的孤立水下危險物、安全水域內的孤立危險物（例如：固定結

構、高架電纜）..等等。這些也是檢核航路上的深度與高度是否足夠，是否有擱淺觸礁或是與固定物碰撞之危險的必要資訊。但是上述每一項內容，並非直接對應於一種 S-57/ENC 物件類別，而是對應於一個組合。舉例而言，ECDIS PS 所謂的「岸線」至少包括：陸地、浮船塢、沈船、浮橋、海岸線，防波堤、碼頭、突堤等所謂的「人工海岸」，以及繫泊設施和障礙物類別中的幾種（屬性值）。

除了在船上安裝 ECDIS 提供航路規劃、檢核、監視與航程記錄之外，各國也已逐漸在其港口甚至沿岸設置的「船舶交通服務（Vessel Traffic Service, VTS）」系統中引進 ENC 做為操控台顯示船舶交通圖像的背景資訊。如何同步發揮 ENC 與空間資訊技術於船端的 ECDIS 與岸端的 VTS，則是 IMO 目前積極推動 e-化航行的研發重點。

2.3 航行安全評估指標

2.3.1 船舶領域

船舶交通是船舶行為的總體表現，而船舶行為包括正常航行與避碰等行為，且受到船舶本身特性、狀態、他船動態和周遭自然與人為環境的影響。船舶交通規劃與管理需要評估水道的交通容量，而計算交通容量所需的基本數據是船舶之間的安全間隔距離，這樣的安全距離在水面二維空間形成了「船舶領域」。「船舶領域」可說是航海人員為了安全而希望保持船舶周遭淨空的區域範圍。

「船舶領域」的概念最早是由日本學者 Fujii 提出（詳見 Y.Fujii & K. Tanaka, Traffic Capacity-Marine Traffic Engineering, J.of Navigation, Vol.24, No.4, Oct.1971），迄今仍不斷有人提出新的船舶領域邊界計算公式與量化方法，包括船舶會遇距離的統計分析、模糊理論等，其形狀有圓形、橢圓形、多邊形等，甚至是沒有確切邊界線的模糊領域。文獻中的船舶領域在尺寸上也有相當大的差異，但是都必然以船舶交通調查資料為基礎。

Fujii 等人首先從雷達觀測中統計同方向航行的船舶與前船的相對位置分佈，明顯看出船舶領域的存在，而且在航向方向與側面方向分別是 $8L_{pp}$ 與 $3.2L_{pp}$ ， L_{pp} 是船舶垂線之間的長度（length between perpendiculars），為了安全起見，一般改用船舶全長（Length overall，以 Loa 或 L 表示）。 Loa 略大於 L_{pp} ，就小船而言大約相差 10%，大船則大約差 5%。後來再研究迎艏正遇與交叉相遇等情況後，得出的船舶領域模型如圖，左邊的模型適用於航行速度（20 節以下），右邊的模型試用於因為水域變窄速度降低到 4-8 節港區航行速度的情況。Fujii 等人依據此船舶領域模型而建議同向以 V 速度航行的船舶，在航行速度下與前船至少應有 $8L/V$ 的時間分隔，在港區速度下至少應有 $6L/V$ 的時間分隔，而此時間分隔的倒數就是單一航行巷道的基本交通容量。

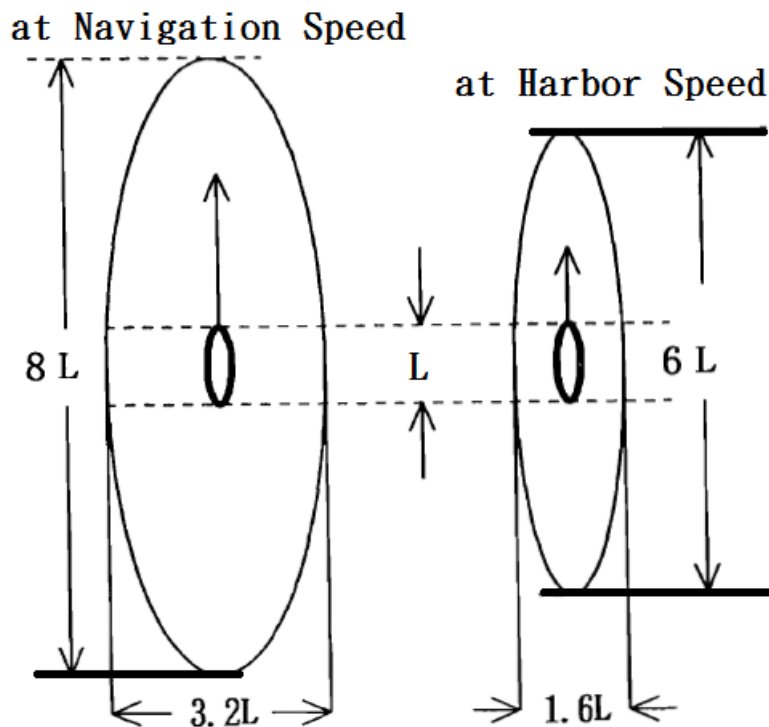


圖 2.1 日本學者 Fujii 等人提出的船舶領域模型

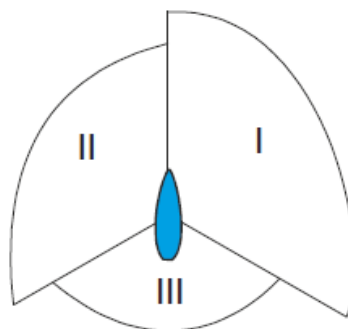


圖 2.2 英國學者 Goodwin 提出的船舶領域模型

其後英國學者 Goodwin 在北海開闊水域以雷達觀測進行海上交通調查，也利用船員培訓的機會以雷達模擬機做避碰行為的試驗，從蒐集的航跡資料中也顯現出船舶領域（詳見 Elisabeth M. Goodwin, A Statistical Study of Ship Domains, J.of Navigation, Vol.28, No.3, pp 328-344,Jul.1975）。她認為此領域受到國際海上避碰規則的影響，所以根據船舶燈號範圍（兩側的燈和尾燈）把船舶領域以船艏方向以及向左向右各 112.5 度為角度分界，分成三個扇形區域，分別是：右側(0 度～112.5 度)0.85 海浬、左側(247.5 度～360 度)0.70 海浬、後側(112.5

度 ~ 247.5 度)0.45 海浬。

Fujii 界定船舶領域的原則是以中心船舶附近船舶密度達到局部最大值的距離為邊界（以離開中心船一定距離的他船數量建立分佈曲線）；Goodwin 則認為海上交通調查所得的分佈曲線峰值不明顯，難以確認局部最大值，因此提議以實測統計的分佈曲線和平均分佈曲線的交點為界。一般認為，Fujii 的模型比較適合用於評估水道的交通容量與航行安全，Goodwin 的模型比較適合用於評估海域的交通危險指標。但 Goodwin 模型的扇形之間並不連續，不易用於電腦計算與模擬，所以英國學者 Davis 將三個面積不等的扇形以一個面積等於扇形總和的圓形取代，只是把本船位置往左下方偏移，使得以此分出的三個扇形仍維持原比例（詳見 P.V. Davis, M.J. Dove, C.T. Stockel, A computer simulation of marine traffic with Romains and Arenas. Journal of Navigation, 1999.）。

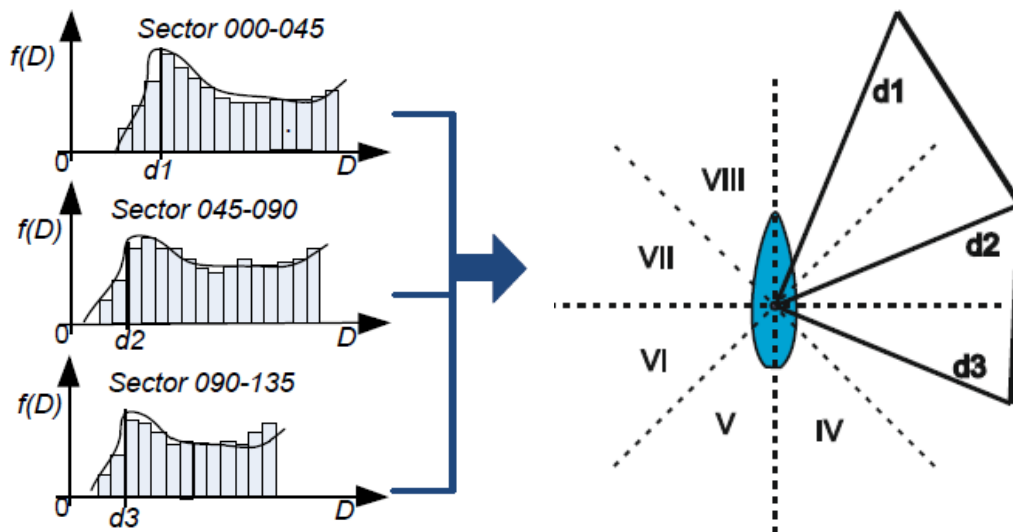


圖 2.3 從 AIS 資料統計 CPA 得出船舶領域[19]

近年來開始有許多研究開始探討如何從 AIS 資料分析取得船舶領域，例如：歐盟 2009/1 至 2012/1 "BalticMaster II"計畫[19]的研究假設：在與其他船會遇時，航海人員會設法使兩船之間保持距離，此一最接近距離稱為"CPA(Closest Point of Approach)"。從 AIS 資料可以統計出船舶不同方位範圍內最常見的 CPA 值，由此建構出船舶領域，如圖

2.3，由此可見其船舶領域邊界距離的確立方法比較接近 Fujii 取局部最大值的原則。計算時只納入距離小於 2.5 海浬，長度大於 60m，船速大於 2 節的船舶（排除停泊或漂航的船舶），排除漁船與領港船等行為較特殊的船舶，分客輪、貨輪、油輪三大類船舶以及交叉相遇（Crossing）、追越（Overtaking）、迎船正遇（Head on）三種會遇情境統計。

該研究對會遇情境的區分是依據兩船 AIS 航向資料的差值 ΔCOG ：

迎船正遇： ΔCOG 在 170 度到 190 度之間

追越： $\Delta\text{COG} < 67.5$ 度或 $\Delta\text{COG} > 292.5$ 度

交叉相遇： $(\Delta\text{COG} > 67.4$ 度且 $\Delta\text{COG} < 170.1$ 度) 或
 $(\Delta\text{COG} > 189.9$ 度且 $\Delta\text{COG} < 292.6$ 度)

該研究的結論是：每種會遇情境的船舶領域形狀在不同船舶類別之間並沒有明顯差異，船舶領域邊界距離差異也不大，大致都是以貨船的領域最小，客船次之，油輪最大。茲摘錄其結果整理比較如圖。船舶領域各方向邊界距離值下方的百分比數字是指船舶以小於該距離通過的機率。

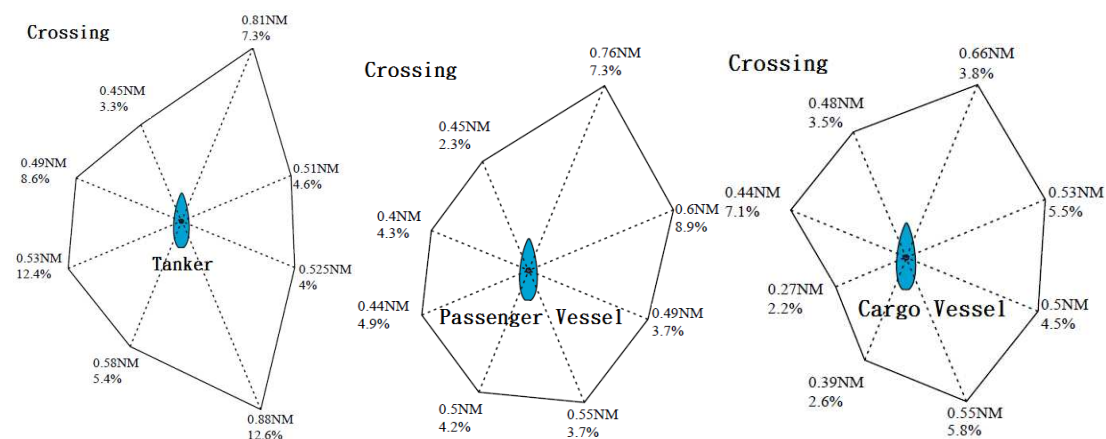


圖 2.4 從 AIS 資料統計得出的船舶領域-交叉相遇狀況[19]

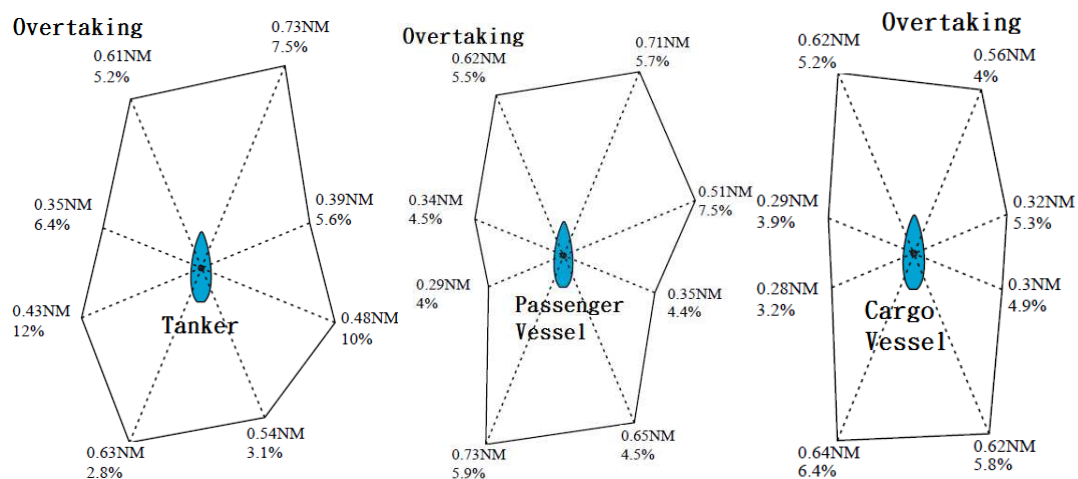


圖 2.5 從 AIS 資料統計得出的船舶領域-追越狀況[19]

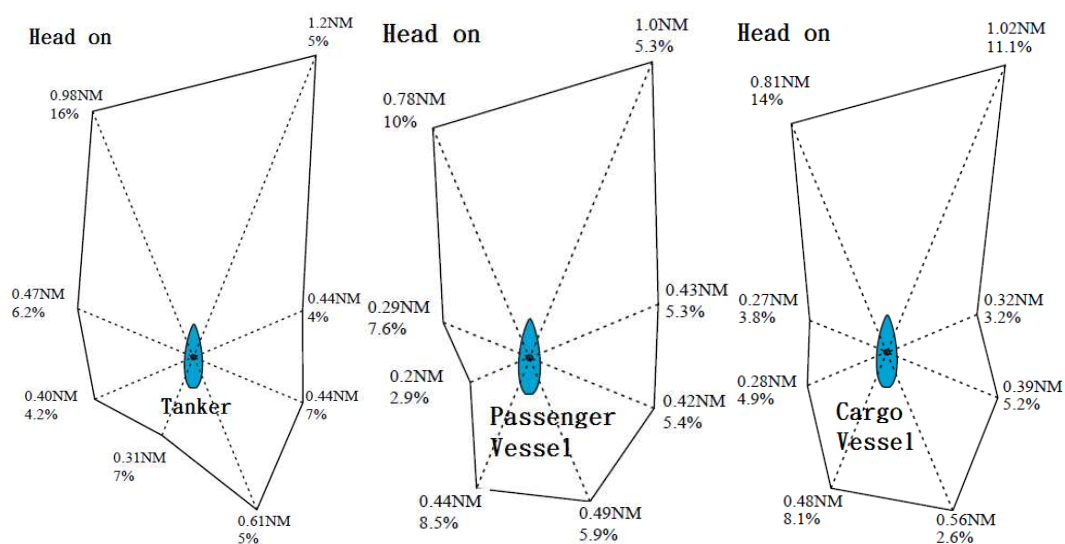


圖 2.6 從 AIS 資料統計得出的船舶領域-迎艏正遇[19]

「船舶領域」已廣泛應用於 VTS 設計、航道規劃、評估碰撞風險或「近距離避開（near-miss）」的事件數。

2.3.2 近距離避開 (Near-miss)

2008 年國際海事組織的海事安全委員會與海洋環境保護委員會共同向各國發出 " GUIDANCE ON NEAR-MISS REPORTING" 通函 (MSC-MEPC.7/Circ.7)，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。

IMO 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」。這類事件比真正發生的海難更常見，也因此對於風險評估相當有用。其中因為採取緊急措施而避免碰撞的狀況可稱為 "near-collision"，而船舶偏航誤入淺水區，還好遇到不尋常的高潮位或是及時發現並採取適當措施而避免擱淺的狀況則稱為 "near-grounding"。

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

2.3.3 波羅的海區域計畫的動態風險評估

波羅的海區域的 EfficienSEA 計畫是從 2008 年 10 月至 2012 年 1 月，為期 42 個月共 7 個國家參與，經費達 800 萬歐元（約台幣 3 億 6 仟萬）的波羅的海區域研究計畫，全名是”Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Sea“，計畫主軸之一是「動態風險管理」，目標是：開發船舶交通流與相關風險模擬工具軟體，即時分析船舶交通與航路、交通壅塞的時間表、助導航設施狀況、船舶操縱性、S-57 海圖資料、以及海氣象等資訊，並提供智慧化決策支援的系統，以管理船舶碰撞、擱淺或異常運作等動態風險。

依 EfficienSea 的定義，靜態風險是可預見因而可減輕或避開得已知風險；動態風險是已知風險但因其動態狀況而只能於其發生當下採取行動減輕之，不易預見因而無法事先減輕或避免，是在動態狀況下管理可預測的風險。

EfficienSea 在動態風險管理方面的研發是基於丹麥技術大學與 GateHouse 公司、瑞典 SSPA 公司以及芬蘭技術研究中心(VTT Technical Research Center of Finland)合作的 BaSSy(Baltic Sea Safety)與 IWRIS (Intelligent Waterborne Risk Indicator System) 計畫。

VTT 的動態風險演算法是基於機率模型，程序大致如下：

- (1) AIS 資料的前置處理
- (2) 將研究區域切割成網格
- (3) 從 AIS 資料估算各網格的轉移矩陣，依據各網格船舶移動方向的機率分佈
- (4) 評估各網格可能的碰撞風險，同一網格同一時間內有兩艘船舶的機率
- (5) 各網格異常狀況之偵測

(6)測試不同參數

(7)以真實的 AIS 資料測試

(8)驗證。

BaSSy 的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。

IWRIS 先用 Markov chain 在二維網格模擬產生船舶軌跡，再用 Bayesian Statistics- Bayesian 更新演算法從船舶軌跡觀測動態估計轉移機率，其發展的演算法正申請專利中。

EfficienSea 將芬蘭灣視為開闊水域，採用 Fuji 等人於 1971 年提出的橢圓形船舶領域，如圖 2.7 的左圖，其長軸半長 $a=4L$ ，短軸半長 $b=1.6L$ ， L 是船舶的長度。船舶會遇情形可再區分為 crossing, head on, overtaking 等三種，結果發現在分道航行系統內產生許多正常追越的情形被誤判為 near-collision。為解決此問題，EfficienSea 以其他兩種狀況偵測出的事件數量平均值，做為追越狀況的事件量，反推得追越狀況採用的船舶領域寬度應縮小為 $1.25L$ 。

EfficienSea 在丹麥海峽（視為受限水域）則採用「動態的安全橢圓（Dynamic Safety Ellipse, DSE）」做為準則：初始的橢圓是將 $4L$ 長度取 $0.5L$ 在船後方， $2.5L$ 在船前方，橢圓的寬度採用 $5B$ ， B 是船寬。再以此初始橢圓動態乘上一個正比於兩船相對速度的比例值，此比例值範圍在 0.4 到 1.2 之間。應用於 near-collision 之偵測時，是取船位相距 $4L$ 以內的船舶，產生大船的船舶領域與小船的船舶輪廓，再檢查兩者是否有重疊，若重疊則視為 near collision，如圖 2.7 的右圖。最後再由專家評估偵測出的 near-collision 狀況，結果確實屬於「異常操作」的狀況佔 $31/432=7.2\%$ 。可見船舶領域只用於初步偵測狀況，還需搭配該區位的船舶交通模式或船舶的意圖動向，才能更真實地判別是否為

near-collision。

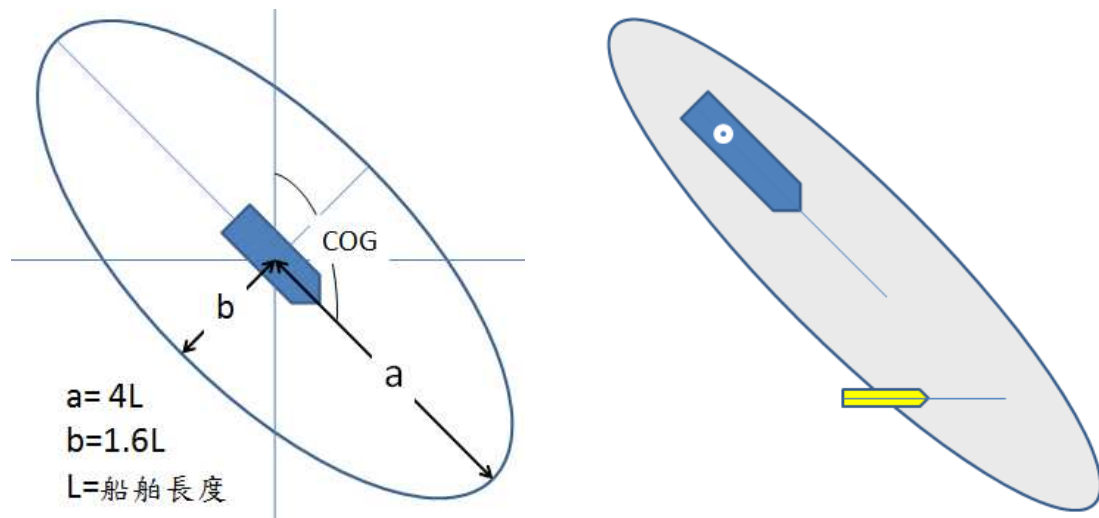


圖 2.7 EfficienSea 用於偵測 near-collision 的船舶領域示意圖

EfficienSea 蒐集的 VTS 相關警告準則包括：跨越界線、加速/減速、流錨、停船、漂流、突然轉向、AIS 與雷達位置偏離、船舶離開錨泊區等。

在 near-grounding 方面，BalticMasterII 是利用船舶位置和危險的水深點之間的距離 d 以及水深 D 與船舶吃水 T 的比值 (D/T) 偵測船舶擱淺危機事件，如圖 2.8，分析 D/T 與 d 最小值及船舶長度的分佈，及其地理空間分佈。

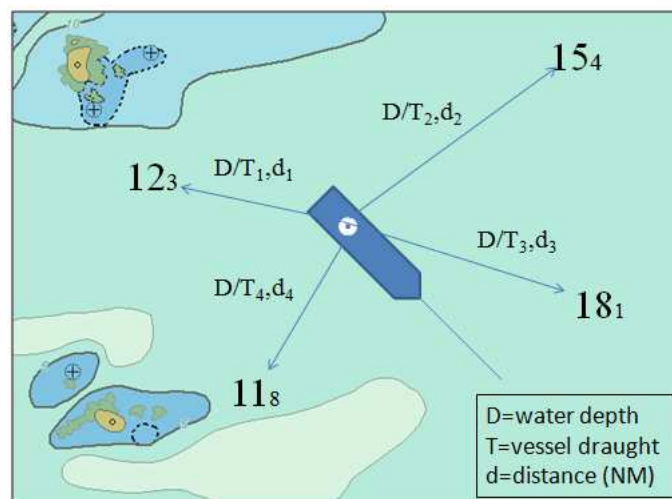


圖 2.8 從船位與危險水深分析擱淺危機事件分佈示意圖

2.3.4 國內港口航行安全指標相關研究

「高雄港實施船舶交通服務系統之效益評估分析」在安全性方面，以船舶航跡流檢測法、安全指標法、問卷調查法評估高雄港船舶交通服務系統之成效 [21]。其中船舶航跡流檢測法採用的船舶航跡圖，無論是 VTS 設置前或設置後都是以雷達觀測取得約 3-4 天的資料繪圖，目視比較其整流效果。圖 2.9 是該研究於 95 年 6 月以高雄港船舶交通服務系統雷達觀測 3 天的航跡圖。

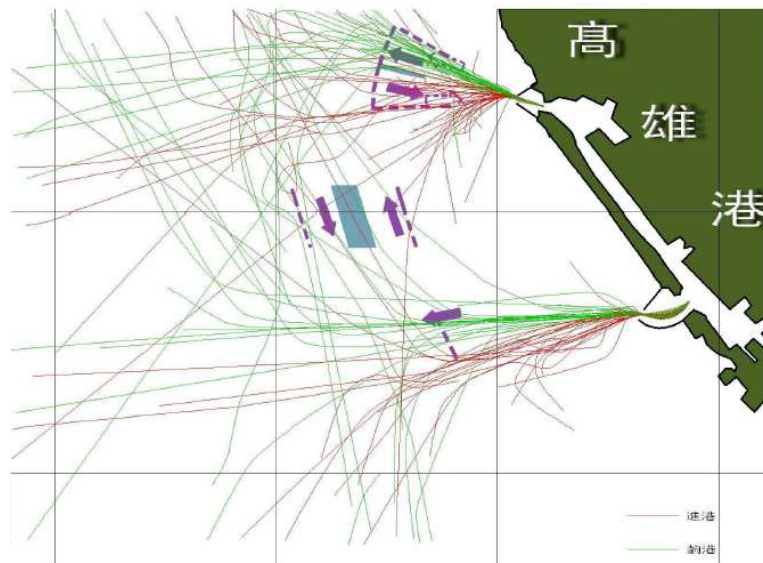


圖 2.9 高雄港 VTS 雷達觀測之航跡圖[21]

該研究採用的「安全指數」

安全指數＝綜合換算事故數/船舶長度換算船舶活動量

其中綜合換算事故數是根據高雄港務局海難事故統計表勾稽，將海事案件依事故規模的大小換算取得；船舶噸位與長度換算船舶活動量，則除了計算通過艘次外還須依船舶的噸位與長度換算，這部分是根據高雄港務局第一、二港口管制台船舶動態日誌、引水人辦公室船舶動態—歷史資料、海岸巡防總隊和安檢所漁船及小船動態日報表等；由於資料龐大，只取每月 5 日、15 日及 25 日三天的船舶動態分級列表換算。

2.4 航行面的港口效率評估指標

2.4.1 航行興趣點與航行狀態或意圖之偵測

危機事件之偵測需要配合區域交通環境與模式以及船舶的意圖或航行狀態以降低誤判率。AIS 靜態訊息中雖然有「航行狀態」、「目的港」、「預計抵達時間」等欄位，但是因為該欄位得要靠航海人員依狀態的改變隨時輸入，真正可用的資料比例相當低。因此仍然必須從船舶動態資料中偵測出航行狀態或意圖。

近來 AIS 船舶軌跡探勘與應用已成為相當熱門的研究議題，以地理資訊輔助軌跡分類與判別也是重點之一。舉例而言，美國交通運輸部(USDOT)研究及創新科技署(RITA)成立的一級大學交通研究中心 CFIRE（全名"National Center for Freight and Infrastructure Research and Education"）目前正進行名為"Mining AIS Data for Improved Vessel Trip Analysis Capabilities"的 AIS 資料探勘研究[20]。計畫目標是：研發近即時處理取自多站之 AIS 資料的方法，並開發支援特定目的資料查詢的功能。藉由這些分析功能指出高風險與高交通量的位置、使航行時間的估算更準確、偵測船舶的抵達、指出關鍵交通區域據以投資強化、改善碼頭之運作管理、以及更了解特定區域的船舶交通狀況。研究範圍是大湖區與內陸水道。

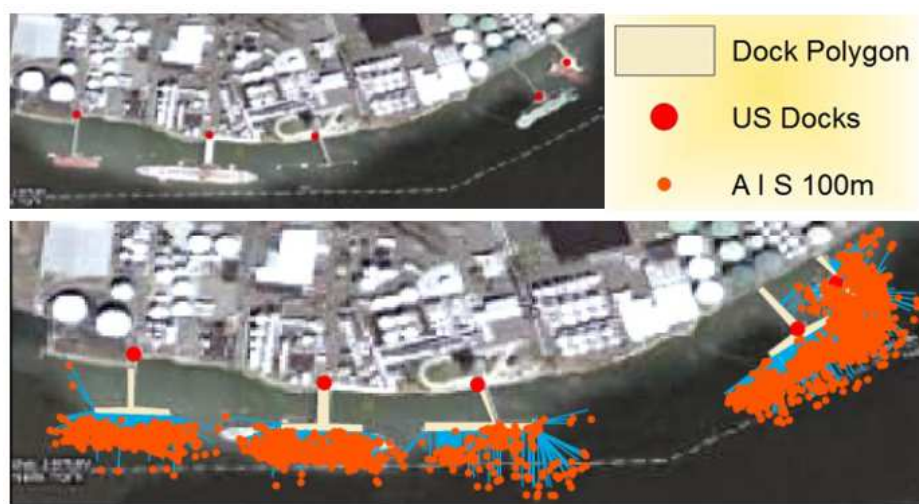


圖 2.10 連結停船事件與碼頭泊位的程序示意（CFIRE）

該計畫提出的研究方法包括：自動偵測船舶抵達與離開碼頭或碼頭設施，及其停留時間；港口設施內船舶停止事件的自動偵測（例如：駁船、排隊等）；分析船舶停止事件與「航行興趣點(Navigational Point Of Interest, NPOI)」之間的關係等。利用 ArcMap GIS 軟體從 Google Map 航拍照片中數化取出所有航行興趣點並建立碼頭的多邊形，把 AIS 報告的航速小於 0.1 節視為「停船事件」，計算停船事件和碼頭設施之間的距離，再依機率判別是否停靠碼頭，如圖 2.10。該計畫僅分析商船的停船事件，興趣點則包括：碼頭、錨泊點、過駁點等。

2.4.2 國內港口通航效率評估相關研究

「高雄港實施船舶交通服務系統之效益評估分析」在效率性方面採用通航效益計算法與問卷調查法[21]。該研究中之通航效益，是指遇有進出港排班發生衝突時，經由船舶交通服務系統之協調，而節省的等待時間，再將等待時間換算成貨幣價值。進出港排班衝突之頻率計算資料取自高雄港務局第一、二港口管制台船舶動態日誌，以及引水人辦公室船舶動態一歷史資料，同樣由於資料龐大取每月三天的資料從中對於進港船舶、出港船舶分別就其申請進港與出港時間做比較，找出當天排班衝突之次數。進出港排班衝突得到化解所節省之時間是採用從進港許可申請時間與出港許可申請時間，與進港船舶實際通過防波堤時間，或出港船舶實際通過信號台時間，再與引水人經驗值相互對照比較。

2.5 船舶節能減碳之油耗與排放量估算

2.5.1 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[11-16]。

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[14]。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%）」。該報告列出估算船舶排放量所需資訊如表 2-5：

表 2-5 估算船舶排放量所需資訊[14]

項目	內容	備註
1	Ship type/category/length/GT	船舶技術資訊
2	Power(kW) of the ship's main and auxilliary engines	船舶技術資訊
3	Age of the main engines	船舶技術資訊
4	Ship's service speed	船舶技術資訊、船舶活動資訊
5	Engine consumptions (g/kWh)	細部估計用，取自科學文獻
6	Engine running hours	船舶活動資訊
7	Engine load	船舶活動資訊
8	Fuel type	船舶技術資訊
9	Emission factors ($g_{\text{pollutant}}/g_{\text{fuel}}$) or ($g_{\text{pollutant}}/\text{kWh}$)	細部估計用，取自科學文獻

10	Routes covered by maritime traffic	計算船舶活動所需的空間特徵
----	------------------------------------	---------------

在船舶技術資料來源方面，JRC 參考報告指出：相關研究所用的有 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之地理分佈方面，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)。

2.5.2 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 評估海上交通的廢氣排放量，除了分析排放量的時間與空間分佈之外，還加入浪的效應。其估算的燃油消耗量和船東提供的實際值比較，就滾裝客貨輪(Roll on-Roll off cargo/passenger ship,RoPax)的年油耗量而言，誤差在 6% 以內。

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 的演算流程如圖 2.13。

STEAM model 在計算瞬間功率與速度的關係時，採用的公式如下：

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

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_{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/m² 呈現，每個網格取經緯度各 0.08 度(大約 9km)。

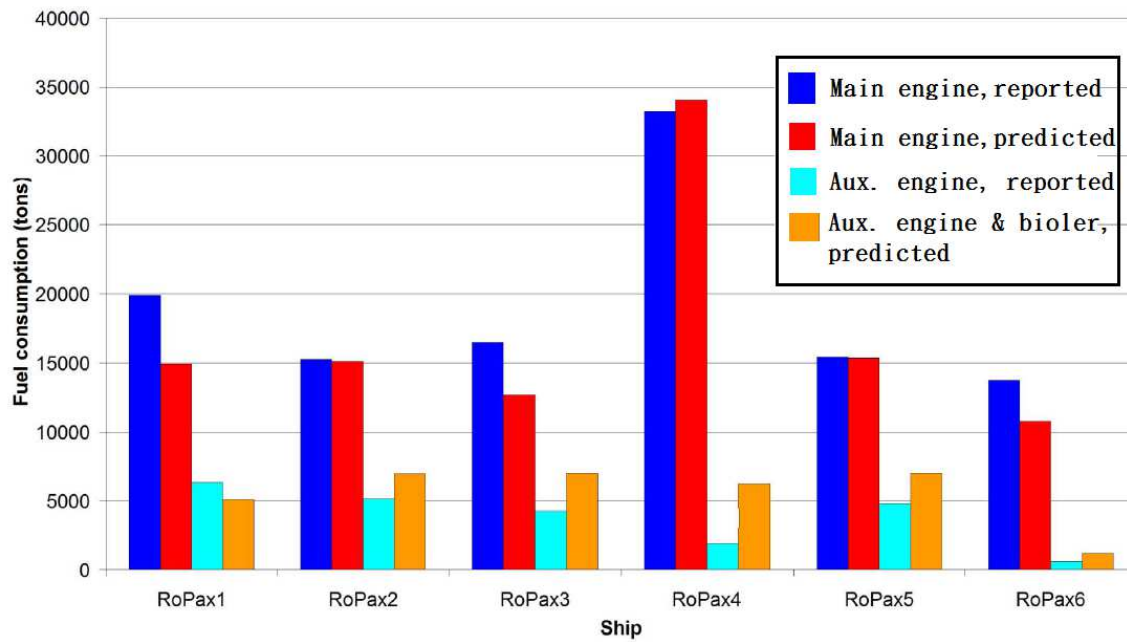


圖 2.11 六艘船 2007 全年燃油消耗量估算與報告值的比較

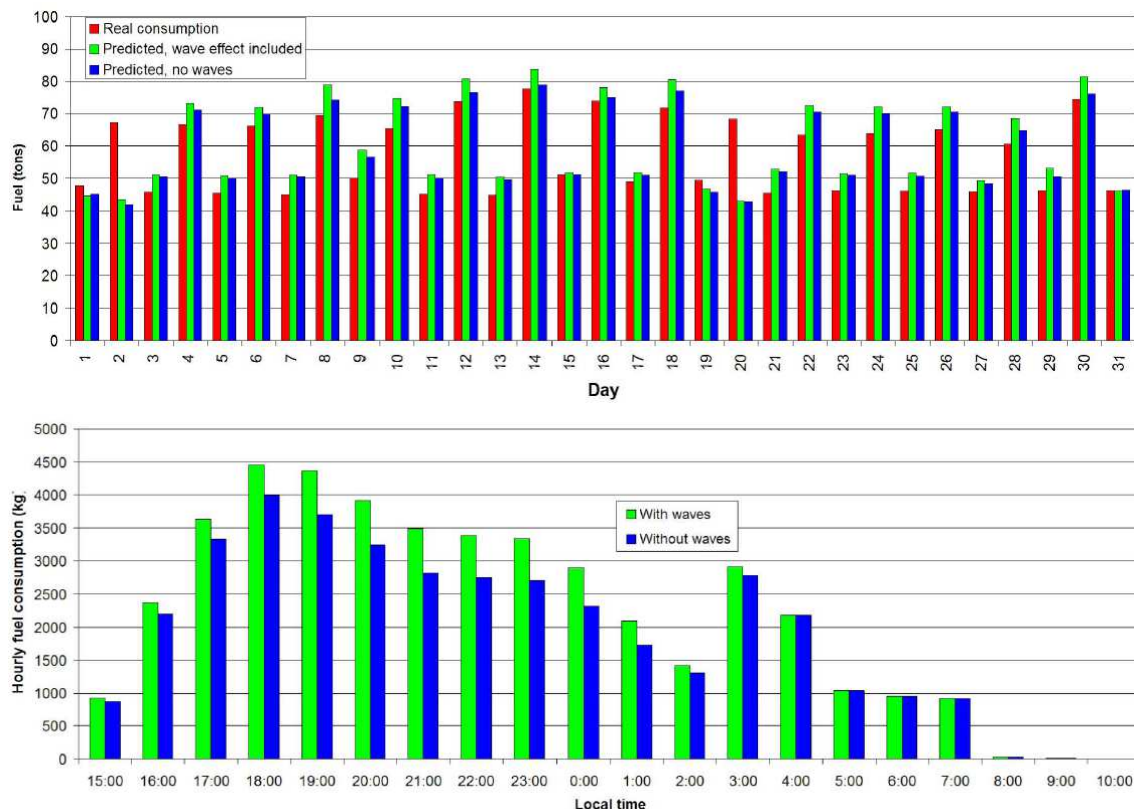


圖 2.12 以 58000 總噸的 RoPax2 燃油消耗量比較浪的效應

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 TierI 規定。TierI 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 TierII 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	$n \geq 2000$
Tier II	14.4 g/kWh	$n < 130$
	$44 \times n^{-0.23}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	7.7 g/kWh	$n \geq 2000$
Tier III	3.4 g/kWh	$n < 130$
	$9 \times n^{-0.2}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	2 g/kWh	$n \geq 2000$

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 $5 \times 4\% \times 17\% = 3.4\%$ 。

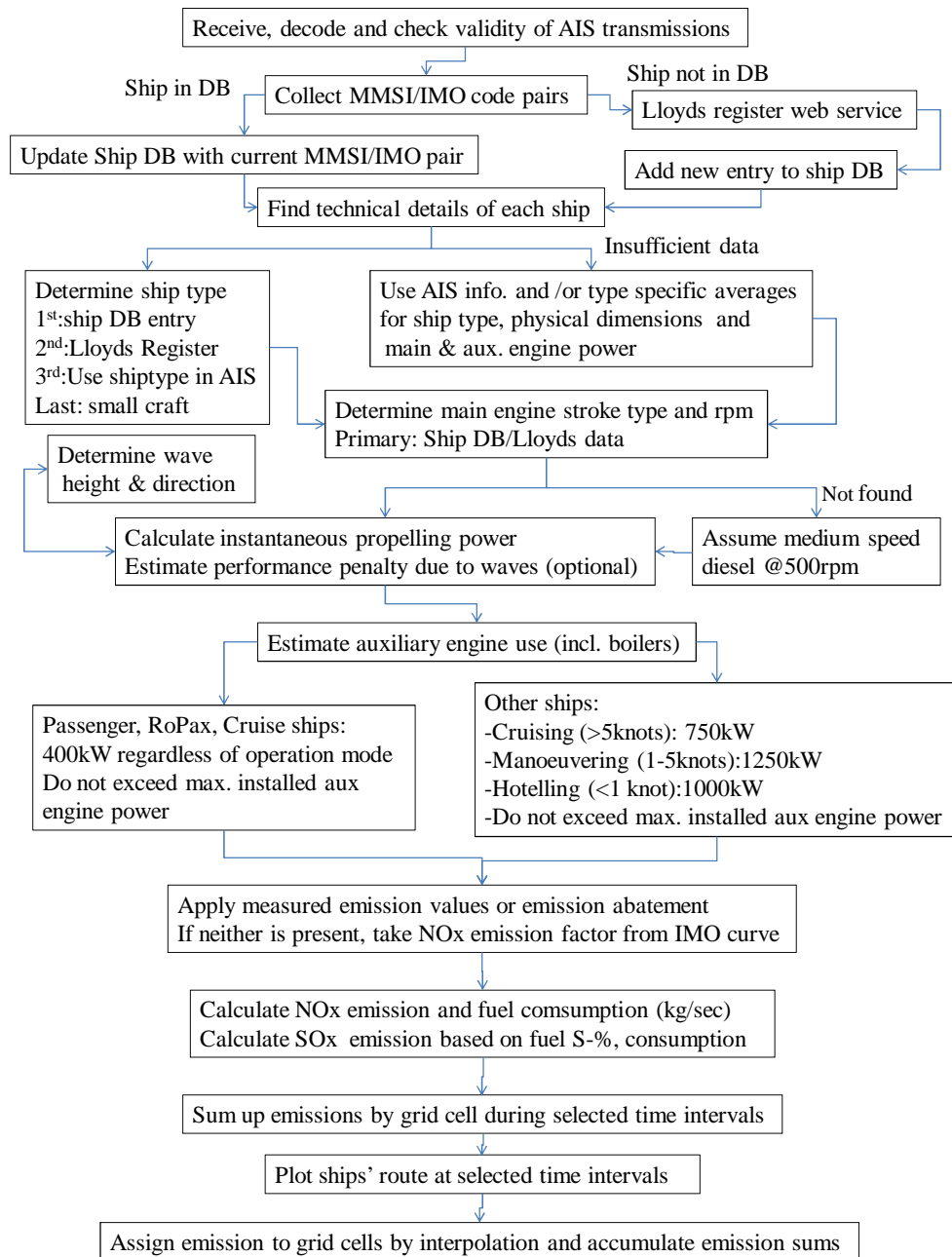


圖 2.13 STEAM Model 的演算法(J.P. Jalkanen et al, 2009)

2.5.3 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 MARIN(Maritime Research Institute Netherlands) 執行[15-16]。MARIN 是由荷蘭政府與業界共同成立的研究機構。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(NCS)、四個荷蘭港口、以及 OSPAR region II。[15-16]

依據 MARIN 2012 年的 Sea Shippings Emission 2010 報告，其研究產出的量化數據區分：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。

MARIN 估算排放量的程序如圖 2.14，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 2.15。

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。

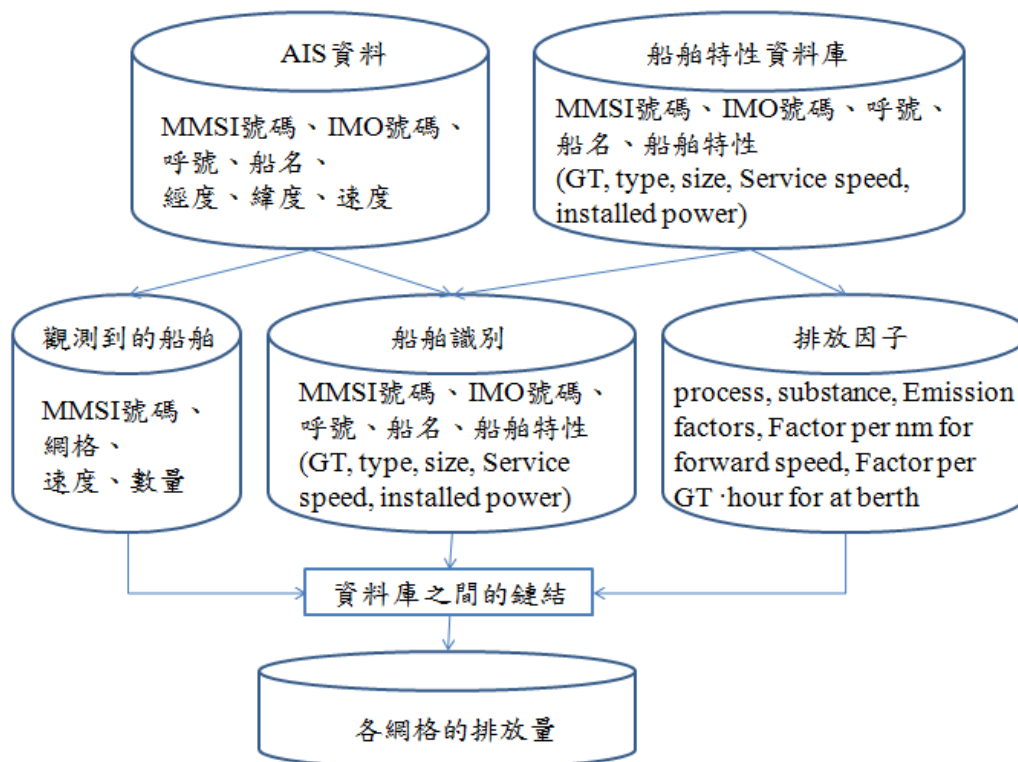


圖 2.14 估算排放量的程序、資料庫及其關係(MARIN, 2012)

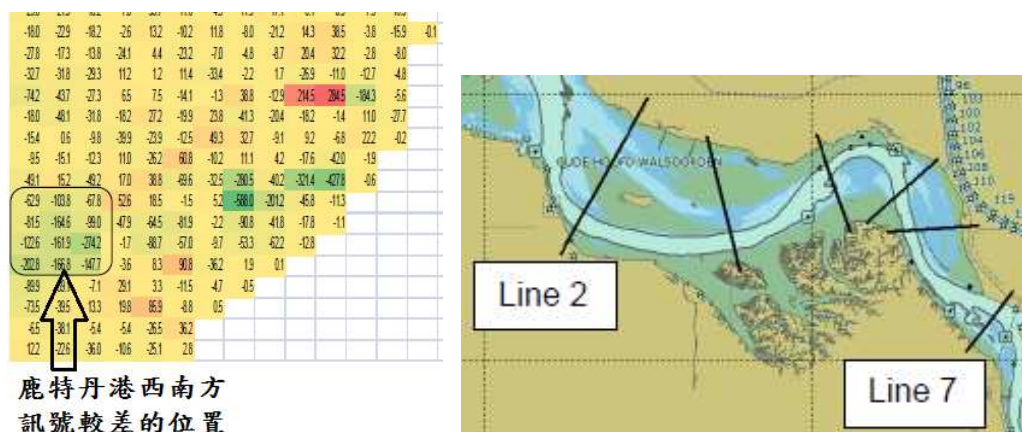


圖 2.15 MARIN 檢查 AIS 資料涵蓋率的方法示意圖[16]

2.5.4 美國環保署與各港的船舶排放量估算

關於船舶排放量的估算方法，美國環保署(USEPA)於 2009 年 4 月提出新版的技術報告[25]："Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories"。USEPA 2009 估算船舶排放量所用資料來源與方法如圖 2.16 所示。

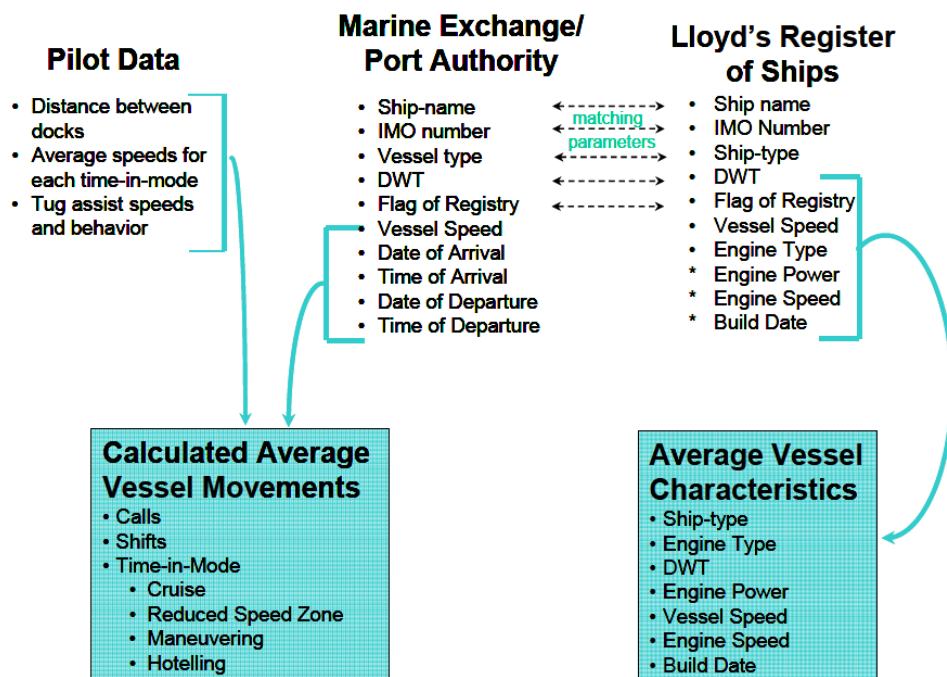


圖 2.16 美國環保署估算船舶排放量之資料來源及方法[25]

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(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 2-6 是 US EPA 2009 技術報告採用的遠洋船舶參數預設值。

表 2-6 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：

$$LF = (AS/MS)^3$$

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自 2007 年執行 2005 年排放量清冊時延用至今[26]，其主機與輔機排放量估算流程分別如圖 2.17 與 2.18。

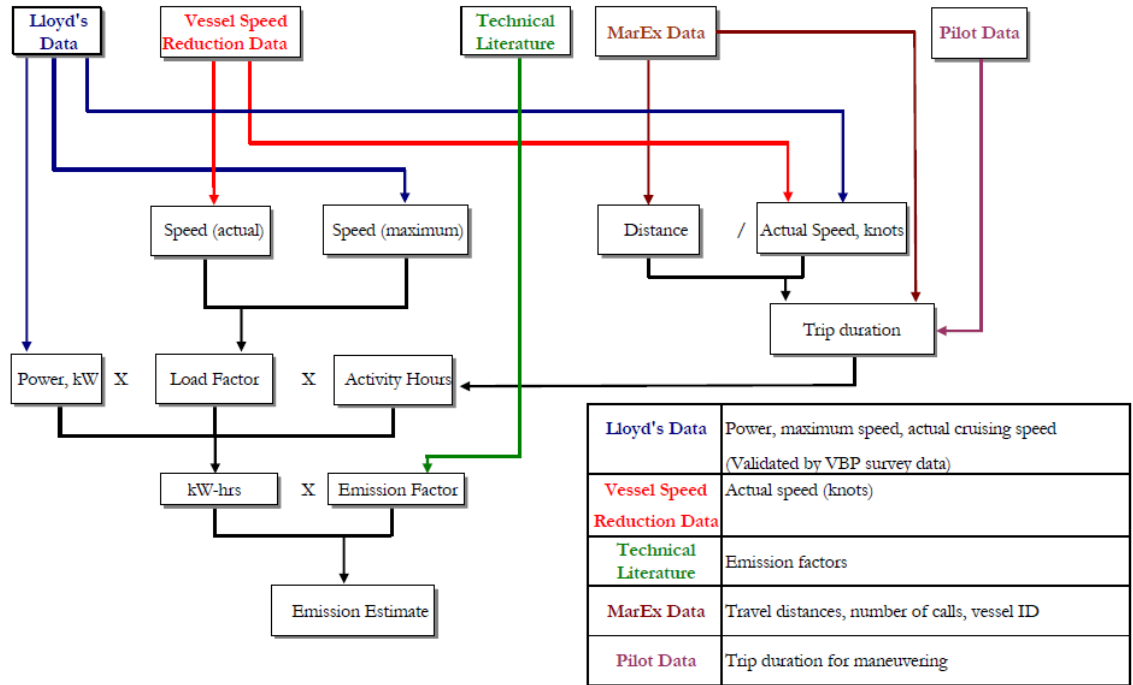


圖 2.17 美國洛杉磯港採用之主機排放量估算流程[26]

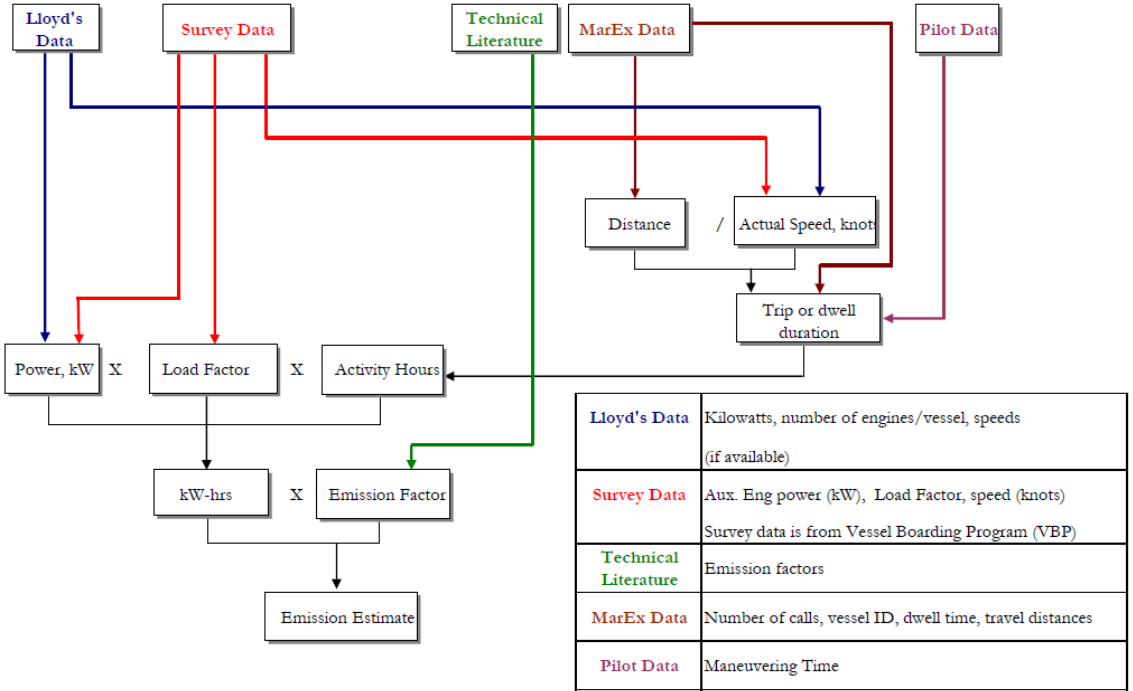


圖 2.18 美國洛杉磯港採用之輔機排放量估算流程[26]

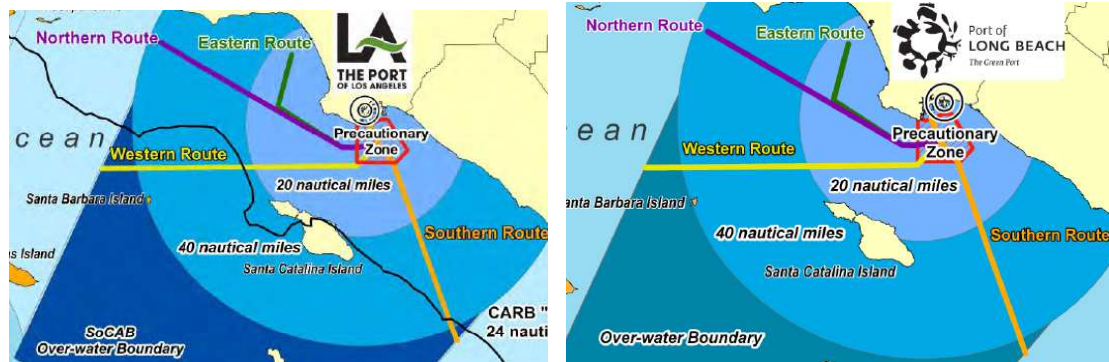


圖 2.19 美國洛杉磯與長濱港空汙清冊地理範圍與航路[27-28]

綜合參考 POLA 與 POLB 歷年的空汙排放清冊報告[26-28]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。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 哩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。清冊採用的地理範圍與航路如圖 2.19。

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 哩的船速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。

2.5.5 國內的相關研究

民國 97 年港研中心「臺灣港埠與船舶節能減碳現況與未來發展規劃先導型研究」指出美國紐約-紐澤西港與加州長堤港都已實施船舶進出港速度控制措施，在靠離港時距離防波堤 20 海里處必須減速至 12 節，對於遵守規定的船舶給予一定的經濟獎勵。該研究建議港務局應規定減低船舶進出港航行速度。

民國 99-100 年港研中心之「港埠節能減碳基礎資料建置方法之研究」的相關結論與建議是：高雄港港內水域最大排放源是港勤船，但尚未納入遠洋船舶與漁船排放量；從文獻看各港口，遠洋船舶都是最大的空氣汙染及溫室氣體排放源，建議結合臺灣海域船舶動態資訊系統研究遠洋船舶汙染排放，漁船排放量亦可結合漁業署漁業用油補助記錄等相關系統。船舶排放量之能耗項依其對應於進港、調度、停泊、出港等船舶活動之引擎狀況而異。

行政院環保署與交通部運輸研究所對於遠洋船舶於我國港口範圍的廢氣排放量估算都已有研究。行政院環保署從 98 年開始執行名為「港區空氣污染物排放清冊建置及管制策略研擬」的兩年期計畫[22]。港研中心則是在民國 100 年的「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(1/4)」計畫[23]增加遠洋船舶及漁用船舶等兩項港區排放源的排放量調查推估方法，其適用的海域區域是以 20 浬範圍為原則。

依據環保署的研究敘述：「遠洋船舶的空氣污染物排放主要來自三個排放源，主機、輔機、及輔助鍋爐。遠洋船舶的運動狀態可大致區分為三個階段：以主機為主要動力的航行狀態，包括從外海進入港區以及在港區內主要航道行進的部分；第二種是以拖船取代船舶引擎動力的狀態，主要是靠岸停泊時及在碼頭間調度移動時；第三種為停靠在碼頭時的狀態。主機提供船舶航行的動力，通常以船用燃油(Residual Oil Fuel)為主要燃料，是船舶航行時最主要的排放來源。其他動力需求如生活用電、機具操作用電等主要由輔機提供。到港內時，

主機通常已降到相當低的負載，加上船舶在港內調度時可能需要船首推進器輔助調整方向，所以輔機此時的負載通常最大；船舶還需要生活用水或加熱油管等熱能，在航行時這些熱能可由主機的廢熱節熱器提供，港內調度或停泊時通常改由輔助鍋爐提供。」

估算遠洋船舶排放量的基本方式各國大致相同，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加總：

$$E = \text{Energy} \times EF \times FCF \quad ; \quad \text{Energy} = \text{MCR} \times \text{LF} \times \text{Act}$$

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（勞氏及中國驗船中心）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。

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。

環保署實際計算遠洋船舶排放量所用資料與方法與流程如圖 2.20。

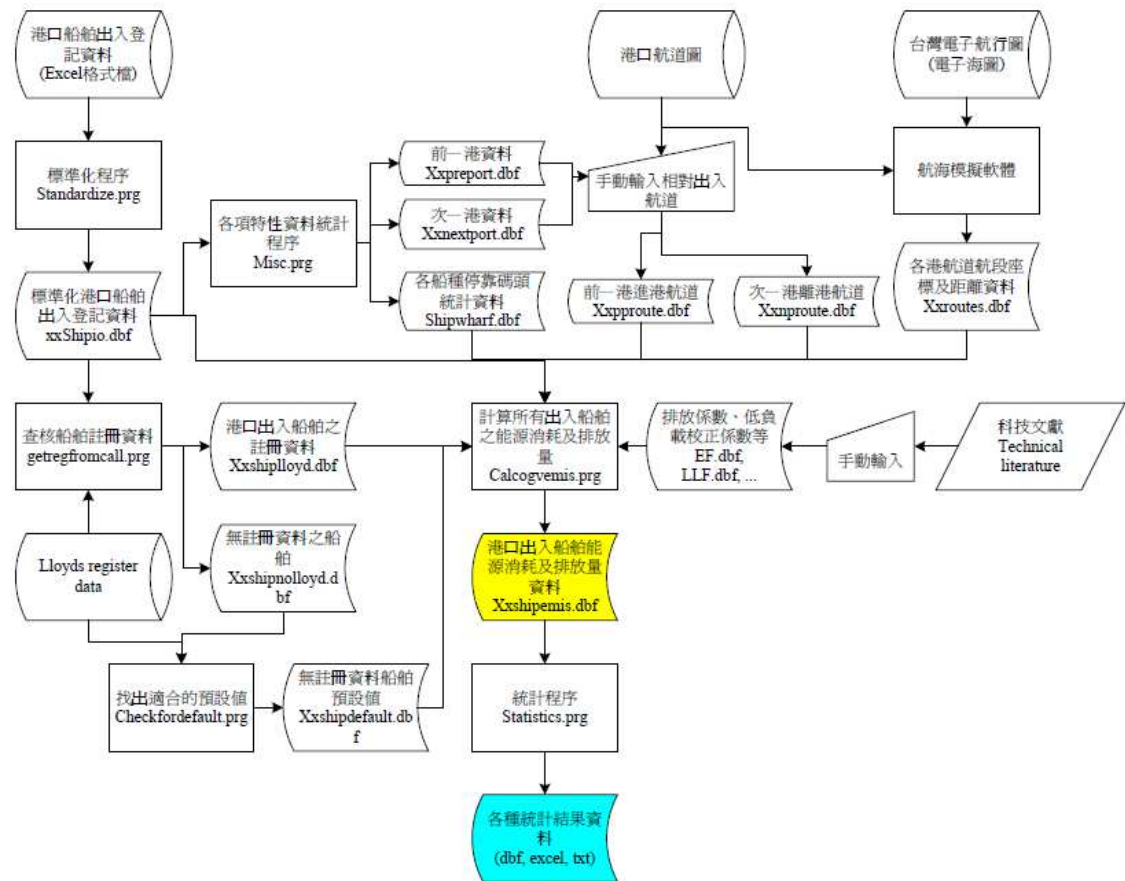


圖 2.20 環保署計畫的遠洋船舶排放量計算流程圖[22]

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之停泊時間。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，如圖 2.21。

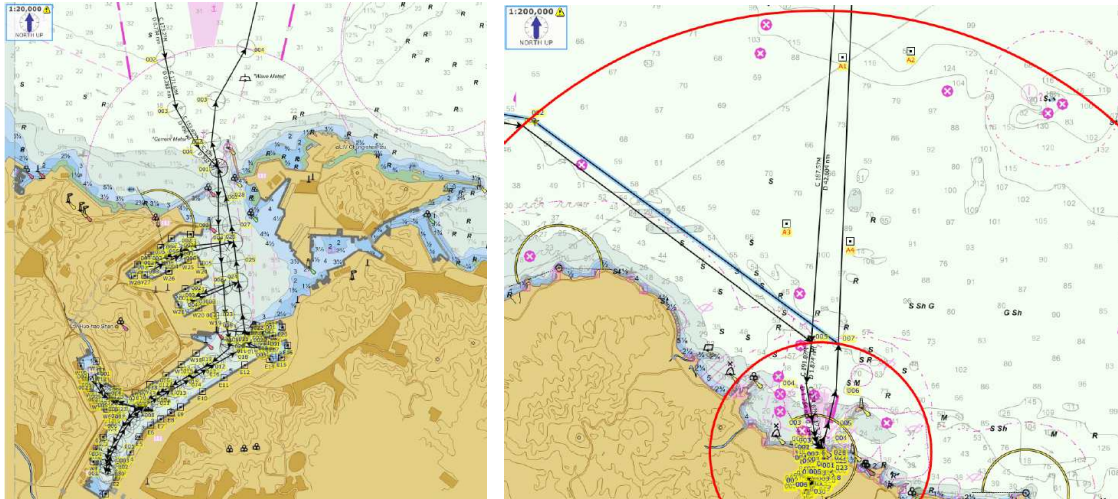


圖 2.21 環保署計畫的基隆港內至港外 20 浬船舶航行路線設定圖[22]

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。環保署計畫所整理並使用的船種最大船速與主機總動力預設值如表 2-7。

輔機不在船舶註冊要求必須登錄的項目之中，因此幾乎沒有相應的資料；輔助鍋爐的資料也不在船舶註冊資料中，因此只能用文獻值來推估其排放量。國內現有計畫皆參照 Puget Sound 2007 計畫所採用的輔機動力及負載預設值，以及輔助鍋爐能消耗估計值來進行設定，如表 2-8 與 2-9（資料來源皆為：Puget Sound Maritime Air Forum, 2007），以及表 2-10 至 2-13 等。

表 2-7 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 2-8 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 2-9 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
	Medium speed diesel	14	0.5	1.1	11.5	1	0.8	1	670	0.03	0.04
	Gas turbine	6.1	0.1	0.2	16.5	0.5	0.4	0	970	0.08	0.02
	Steam turbine	2.1	0.1	0.2	16.5	0.8	0.2	0	970	0.08	0.02
≥ 2000	Slow speed diesel	17	0.6	1.4	10.5	1	0.8	1	620	0.03	0.06
	Medium speed diesel	13	0.5	1.1	11.5	1	0.8	1	677	0.03	0.04

資料來源：Pugest Sound Maritime Air Forum, 2007；單位: g/kW·h

表 2-10 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
油船 (Tankers-ElectricDrive)	1,985	24%	33%	26%	476	655	516

表 2-11 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

表 2-12 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+	Medium speed diesel : Residual oil	13	0.4	1.1	12.3	1.5	1.2	1.5	683	0.031	0.008

資料來源： POLA, 2009，單位: g/kW·h

表 2-13 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 2-14 港研中心 101 年計畫採用之遠洋船舶參數預設值[24]

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 2-14 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。雖然該計畫已採用臺灣海域船舶動態資訊系統的 AIS 船舶動態資料，但是報告中僅提及因資料量大而使得作業時間超過預期甚多，未說明如何使用該資料。101 年的「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(2/4)」計畫報告[24]提到「行駛船速係依據臺灣海域船舶動態資訊系統的 AIS 資料推估」，報告所附期末簡報內的前期計畫檢討則提到將「船舶航速使用單一平均值」改為「分年分港口計算平均值，使航速準確度提高」。

從上述各計畫之研究報告可知，目前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。

第三章 動態船舶與電子海圖地理資訊之整合分析

3.1 動態船舶資料分析

3.1.1 AIS 資料蒐集與處理

本研究採用的資料主要來自港研中心的「臺灣海域船舶動態資訊系統」透過沿岸 AIS 接收設備蒐集的 AIS 船舶報告。圖 3.1 是該系統畫面。



圖 3.1 臺灣海域船舶動態資訊系統畫面

無論 A 級與 B 級 AIS 都需要關聯兩種訊息才能同時取得其動靜態資料。因為靜態資料每 6 分鐘才傳送一筆，在收訊較不穩定的涵蓋範圍邊緣，通常會在收到動態資料後許久才收得到靜態資料。在未取用歷史靜態資料的情況下，「臺灣海域船舶動態資訊系統」的資料庫中缺少靜態資料的記錄比例相當高，必須再經過關聯處理填補。由 AIS 自動從航儀感測器介接取得的動態資料必須過濾掉代表無法取得數值或是數值異常的記錄，例如北緯 90 度東經 181 度的船位。需要航海人員以人工設定輸入的 AIS 靜態資料項目更有許多缺漏與錯誤的情況，需要特別處理。

由於 A 級 AIS 最快 2 秒鐘報告一筆船舶動態訊息，迅速累積巨量資料、報告間隔及 AIS 通訊涵蓋範圍的變動、報告中航儀感測資料的誤差或失效、船舶靜態資訊設定不全或不正確、航程資訊輸入疏漏錯誤或未更新等等都是 AIS 都是在應用這些可貴資訊時必須處理的問題，對許多相關研究造成限制。

雖然臺灣海域船舶動態系統從 2009 年開始蒐集累積沿岸 AIS 船舶動態資料，但其間曾有長達數個月資料庫船位經緯度欄位被改設為浮點數而非雙精準度數值，以致緯度與經度分別只儲存到小數點第 4 位與第 3 位，以臺灣地區(121°E, 24°N)而言，位置解析度大約 102 公尺（原始解析度可達 0.25 公尺）。

可能因為位置解析度、同一筆訊息被多個岸台接收、甚至是船舶 AIS 設備出現人為或非人為的問題，從船舶軌跡的分析中我們發現了一些異常狀況。例如圖 3.2 中箭頭所指的位置就是軌跡中間突然有一段往後跳動折疊的不合理狀況。有少數艘船舶甚至出現一分鐘內跳動至經緯度相差一度位置的狀況。圖 3.3 是同一艘船舶在 AIS 資料庫中的船位報告列表，兩兩框起的資料組無論是取自 AIS 訊息的船位時戳(Time_Stamp)或寫入資料庫的記錄時間(Record_Time)都相同，船位動態資料內容卻不同。

這些問題大多是在發展空間分析演算法測試時發現的狀況，也因此需要不斷的重新處理異常資料並增加演算法處理異常資料的能力，然後再重新測試，以滿足大量 AIS 時間空間資料分析的要求。

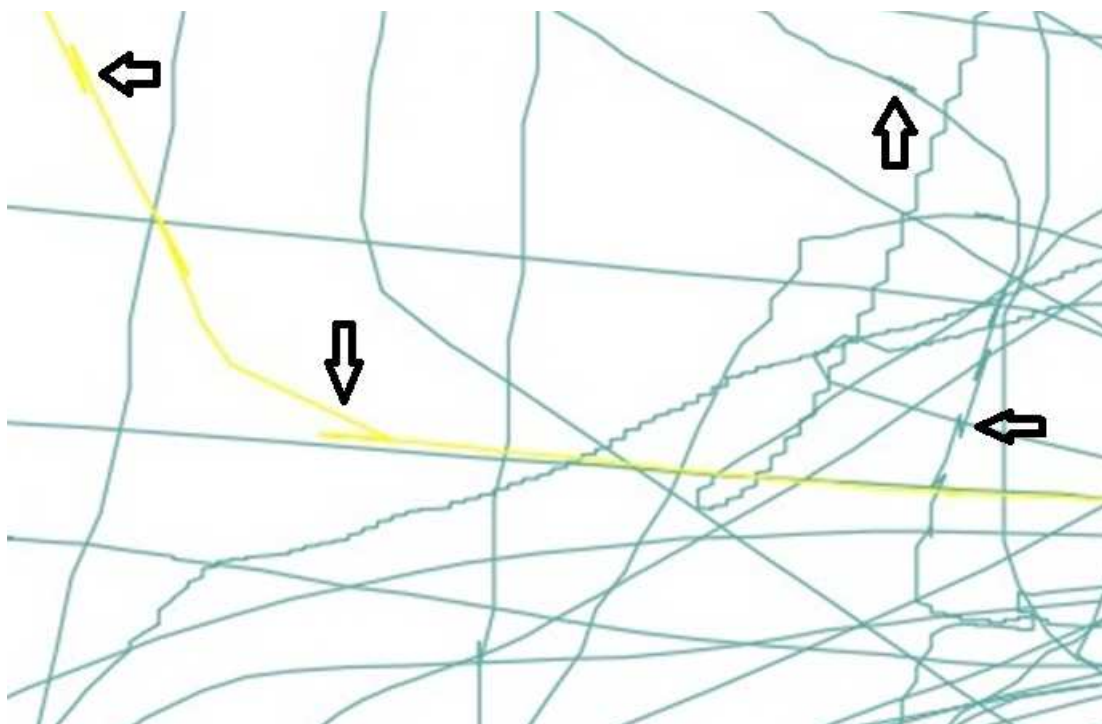


圖 3.2 AIS 船舶軌跡及部分異常情形(箭頭所指處)

Longitude	Latitude	COG	SOG	Record_Time	Time_Stamp
120.578002929688	24.6154003143311	219	12.9	2009-09-28 17:34:57	35
120.574996948242	24.6116008758545	218.8	12.9	2009-09-28 17:36:17	55
120.571998596191	24.6079006195068	219.1	12.7	2009-09-28 17:37:37	16
120.569000244141	24.6042003631592	218.7	12.8	2009-09-28 17:38:55	35
120.56600189209	24.6009006500244	217.8	12.7	2009-09-28 17:41:54	45
120.564002990723	24.5981006622314	218.9	12.9	2009-09-28 17:41:54	45
120.559997558594	24.5937995910645	218.3	12.8	2009-09-28 17:42:38	16
120.556999206543	24.5900993347168	218.8	12.9	2009-09-28 17:43:56	36
120.553001403809	24.5862998962402	218.3	12.9	2009-09-28 17:45:16	56
120.551002502441	24.5834999084473	218	12.8	2009-09-28 17:46:17	56
120.543998718262	24.576000213623	218	12.9	2009-09-28 17:49:09	35
120.546997070313	24.5792999267578	218.8	12.9	2009-09-28 17:49:09	26
120.541999816895	24.5732002258301	217.7	12.9	2009-09-28 17:49:55	35

圖 3.3 AIS 船位記錄異常的情形(同艘船同時間不同數值)

3.1.2 內插取得同一時間點的 AIS 船舶動態

EfficienSea 計畫利用 AIS 歷史資料分析航行危機時是對船舶動態軌跡(時間序列)以大約 5 分鐘一筆取樣後，再線性內插其間每一秒的船位與船速，以便比較同一時間各船的相對位置。此一取樣簡化方法無法確定保留船舶軌跡特徵以及取樣間隔內的船舶操縱動態。

為取得同一時間點的 AIS 船舶動態，本研究採用的內插方法是設定內插間隔後，取時間最接近該內插時間前後的動態報告資料再依時間進行線性內插，使每個內插點都利用到最接近的報告資訊，無論是位置、航向、航速或艏向都是如此。

由於 AIS 採用 VHF 波段，穩定的涵蓋範圍約在 30 浬距離內，船位報告可能因為船舶駛離範圍而中斷（其間也有觀察到違反規定關機的情況）。本研究處理的方式是：只要同一艘船舶的先後兩筆船位報告時間相隔過長，超出設定的界限值，可能屬於不同的航次，其間不再內插；如果訊息中斷的時間在界限值內，則可能僅是短暫超出岸台通訊範圍，仍持續內插。此資料內插隨著應用的不同，需求也會不一樣，因此以「內插時間間隔」和「資料中斷界限值」這兩個參數提供彈性應用。此外航向航速必須用向量的方式內插，艏向內插需考慮轉向方向是順時針轉還是逆時針轉向，得依據動態資料判定。例如前一筆艏向是 5 度，後一筆是 355 度，若 AIS 報告中沒有轉向率數值，但時間僅相差 3 分鐘，則取轉向角度為 10 度，依逆時針方向內插處理。

3.2 不同航行水域的船舶距離統計分析

在不同的航行水域內，可能因船舶交通密度與方向等特徵不同而使得呈現出不一樣的船舶領域。由於對船舶領域邊界的定義方法仍無定論，本研究首先就台中港 3 浬內以及 3-10 浬內船舶之間的距離，依據相對方位分 8 個等角度扇形，統計在每個扇形內的距離分佈，從中取出區域最大值(單位：浬)做為邊界，結果如圖 3.4 至圖 3.6。若以距離 < 2.4 浬的數值取平均值為界，則結果如圖 3.7。資料時間都是 2009-09-04 09:48:00 ~ 2009-11-06 00:48:00。圖 3.4 至 3.7 的 3 浬區域資料數為 $1.5E+07$ ，3-10 浬區域資料數 $9E+05$ 。

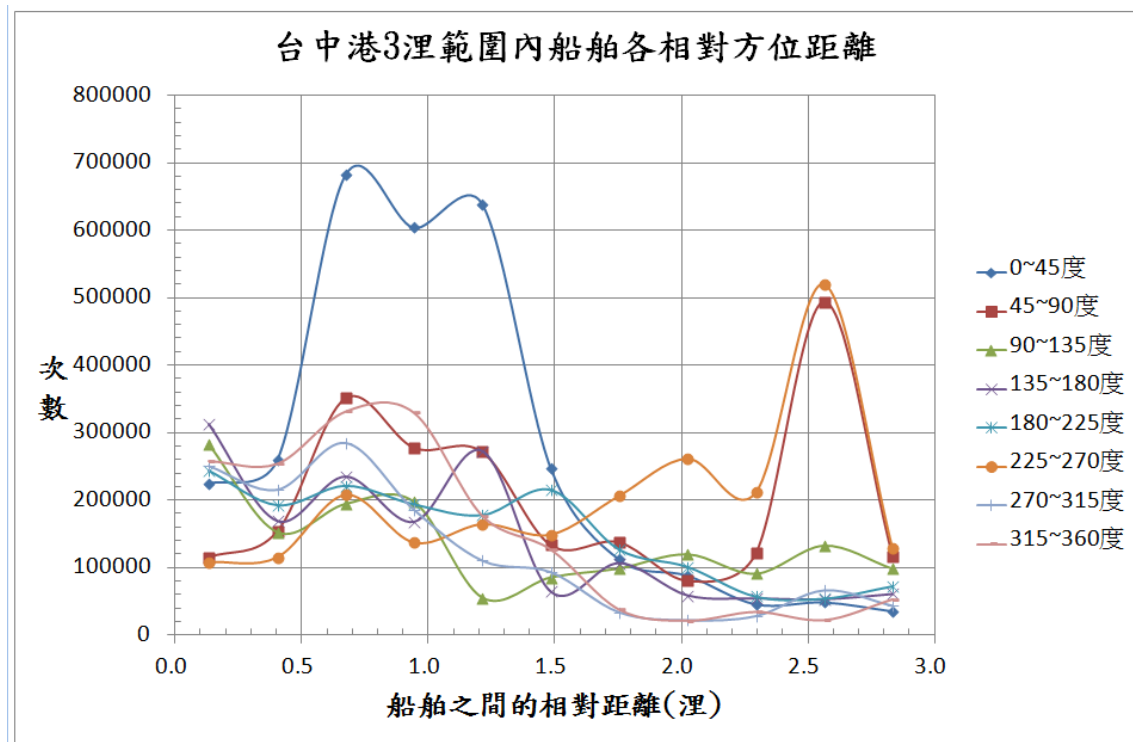


圖 3.4 台中港 3 浬內 8 方位船舶距離分佈(浬)

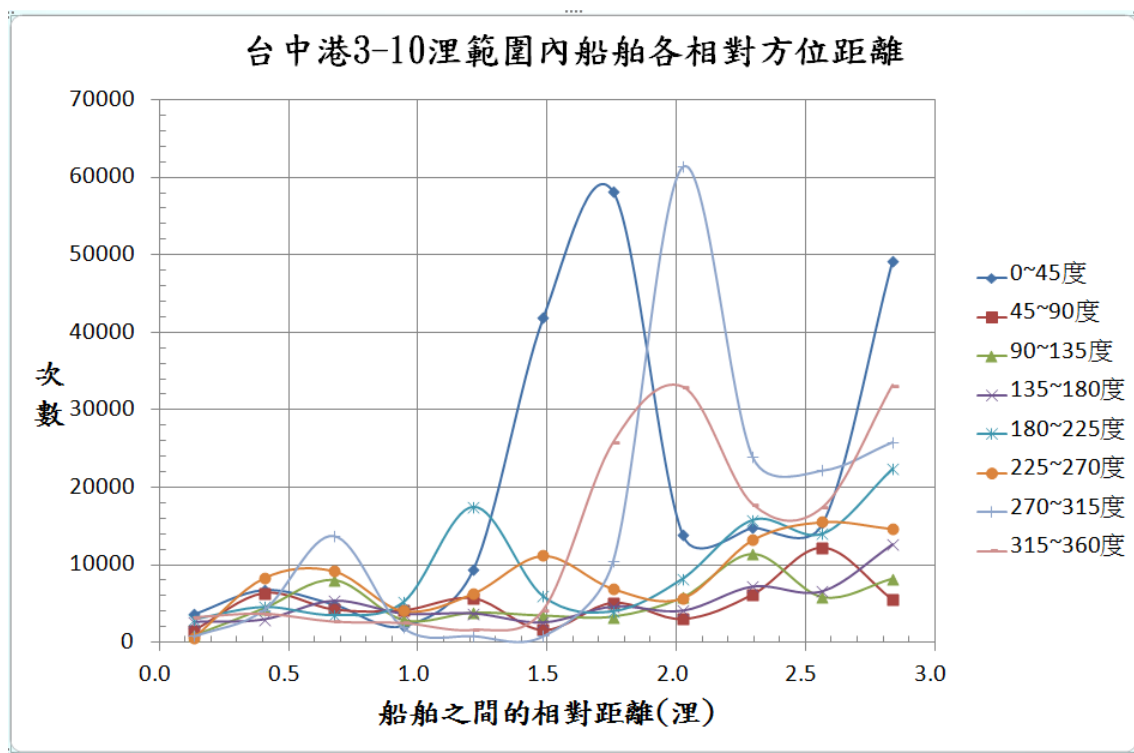


圖 3.5 台中港3-10 浬範圍 8 方位船舶距離分佈(浬)

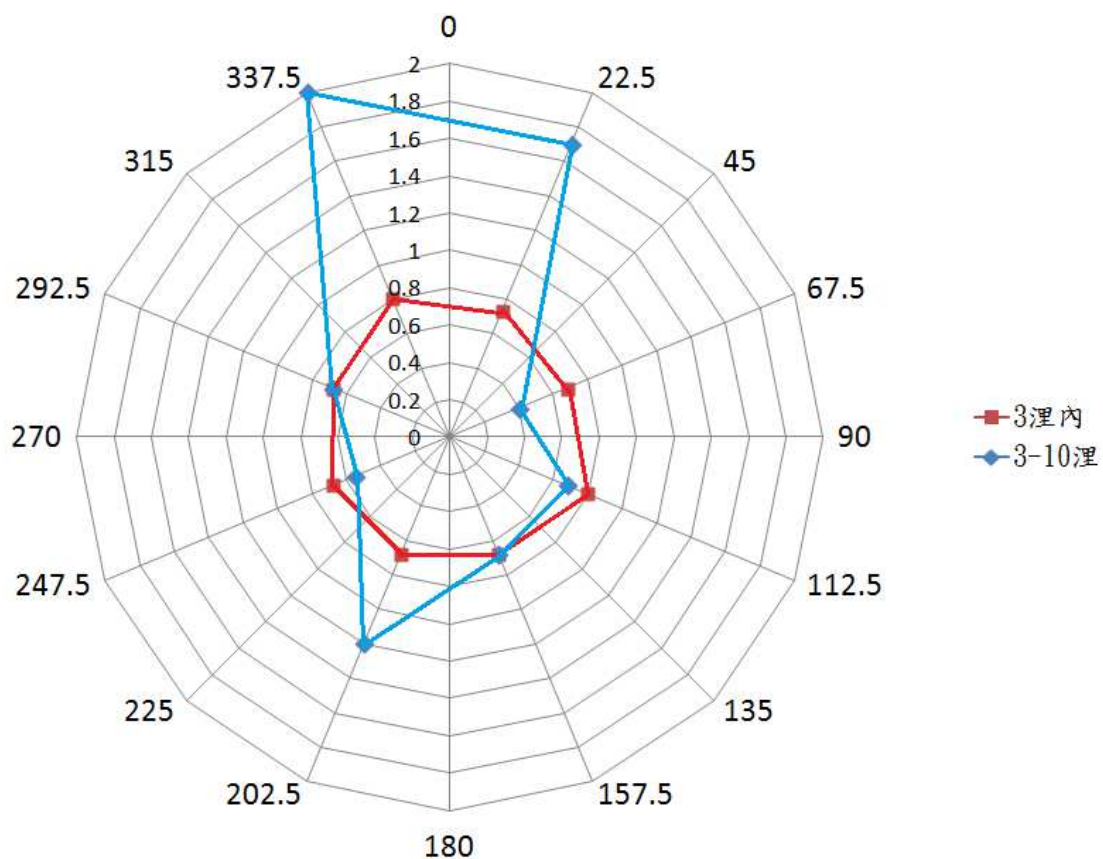


圖 3.6 台中港3 浬以及 3-10 浬 8 方位船舶領域邊界距離

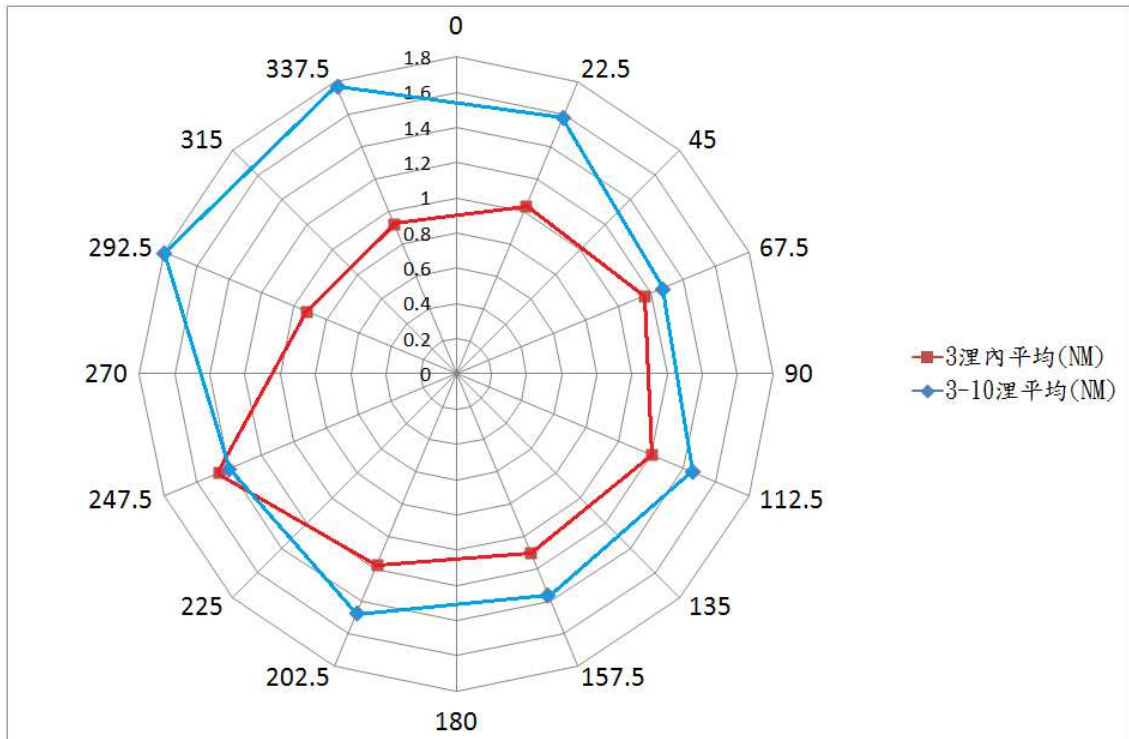


圖 3.7 台中港 3 浬以及 3-10 浬 8 方位船舶距離平均值

比較圖 3.6 與第 2 章所述歐盟 BalticMaster II 計畫的結果，值得注意的是：台中港 3 浬內的「船舶領域」形狀與 BalticMaster II 中「交叉相遇」情況相似，3-10 浬的「船舶領域」形狀則與 BalticMaster II 中「追越」或「迎艏正遇」情況相似。

台中港 3 浬含錨區停泊船舶、進出港與港內船舶、領港/港勤船等，為避免結果受這些船的 AIS 船位影響，我們先依據 AIS 的船舶種類欄位刪除漁船與港勤船等特殊船舶，並在計算他船距離時排除航速小於 2 節的資料。結果距離在 500 公尺內的比例相當高（詳見圖 3.8，資料數 5E+04），對應海圖地理資訊來檢視這些距離<500 公尺以內的情況，發現幾乎都是在港內，如圖 3.9。圖中的紅色菱形符號標示的是中心船的位置，錨泊區上方是航向 65°(T)的進港航行巷道。由此可見必須再區分港內與港外水域。這是 2009 年兩個月的 AIS 資料，從中也可看到在進港航行巷道中兩船接近到 500m 內的 4 個位置點。

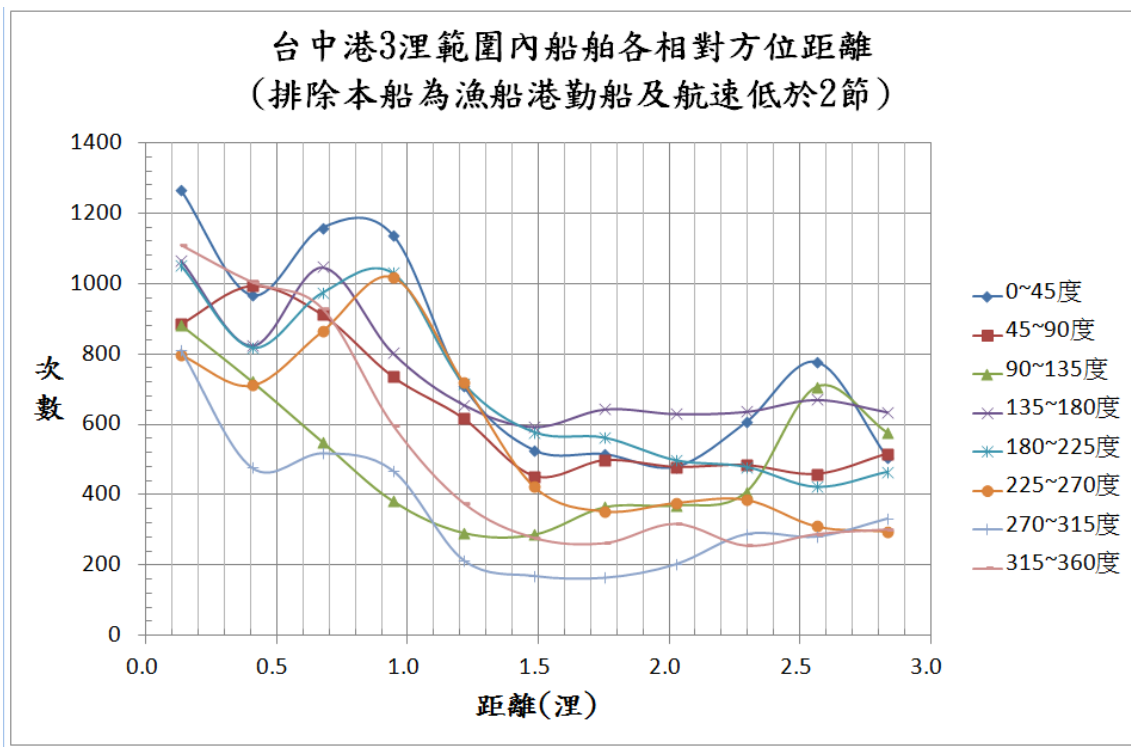


圖 3.8 台中港3 浬內船舶距離分佈(排除漁船港勤船與航速<2 節船位)

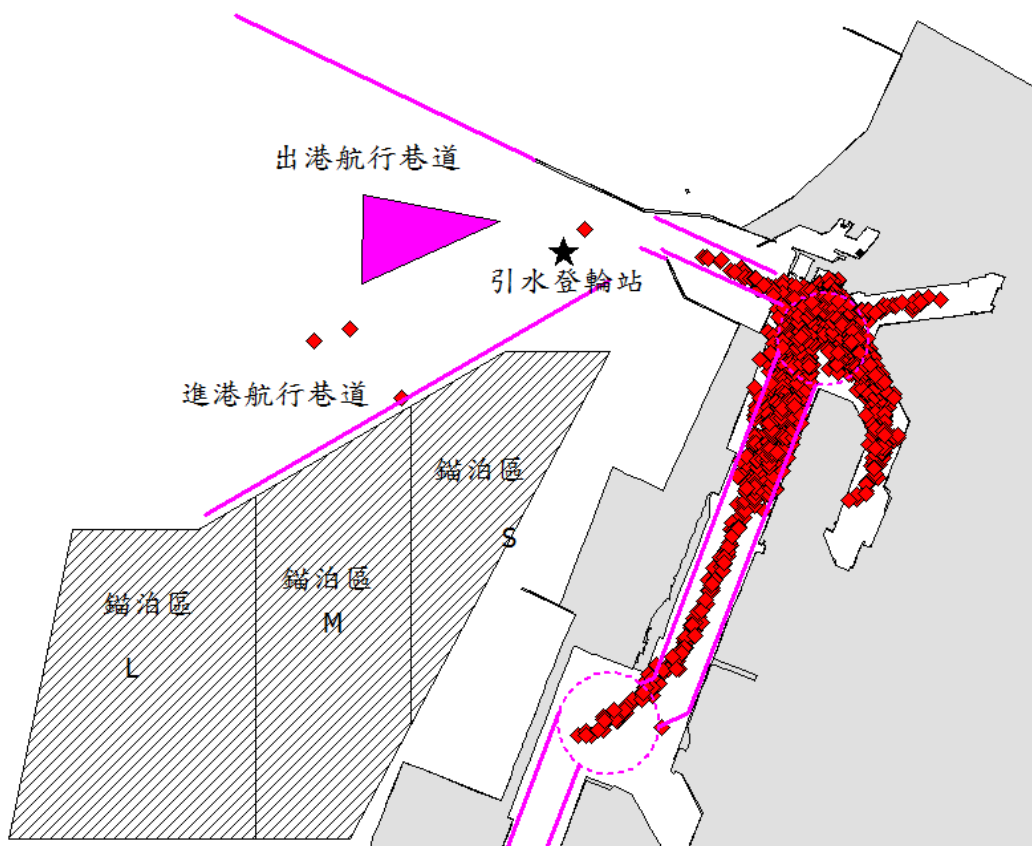


圖 3.9 台中港3 浬內航速>2 節商船間距離<500m 發生位置

港內船位不計，漁船及拖船等特殊船舶不計，航速小於 2 節的船位不計，每個時間點每個扇形內只取距離最小值，則各扇形內船舶之間距離的統計結果如圖 3.10 與圖 3.11（資料數皆約 2E+4）。

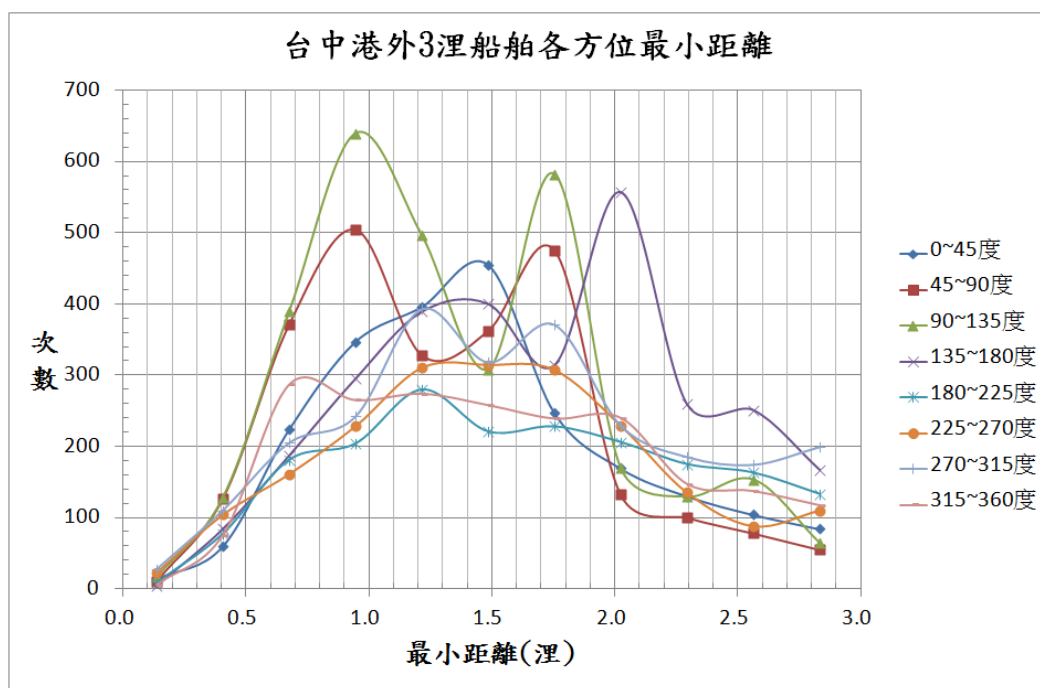


圖 3.10 台中港外 3 哩 8 方位最小距離分佈(船種船速篩選)

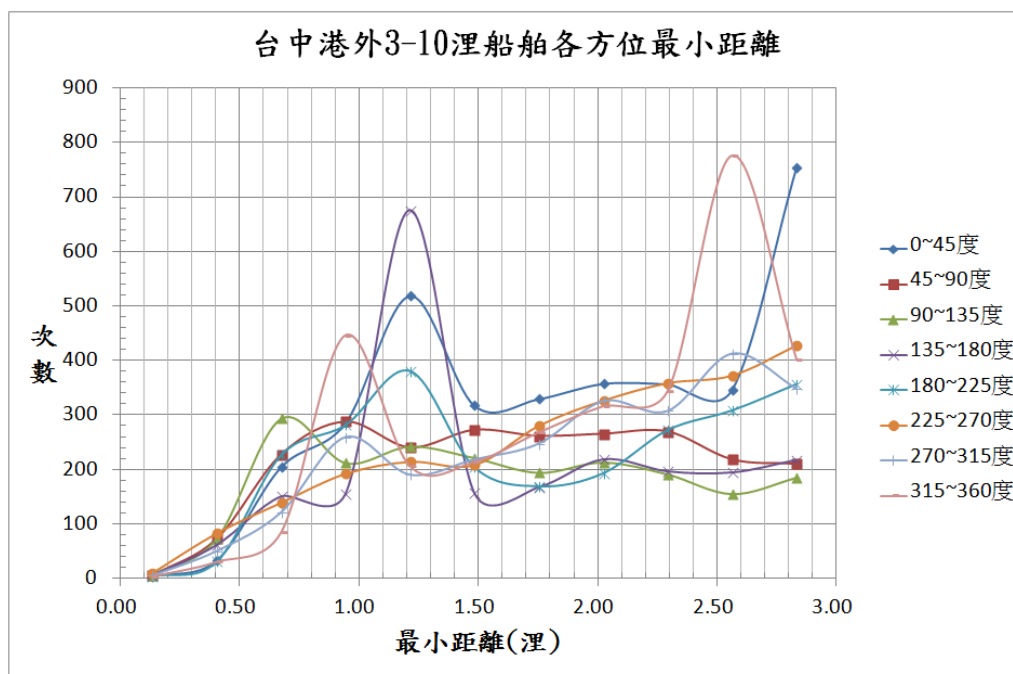


圖 3.11 台中港外 3-10 哩 8 方位最小距離分佈(船種船速篩選)

為了針對有碰撞危險的船舶進行分析，我們再調整台中港外 3 浬以及 3-10 浬海域船舶距離的分析條件如下：中心船速度 >2 節，他船不指定速度，不含漁船與港勤船，且依距離與航向航速計算最接近距離 (CPA) 以及到 CPA 的時間 (TCPA)，然後再以 $CPA < 3$ 浬且 $TCPA > 0$ 為篩選條件，對應 Goodwin 船舶領域的右舷、左舷、後側三區分析其距離分佈。結果如圖 3.12 至 3.15。納入 CPA 篩選條件後，可看到屬於後側方位的次數明顯少了許多，而且就船舶領域邊界而言，大致符合右舷大於左舷的情形，尤其在港外 3-10 浬較開闊的水域內更明顯如此。

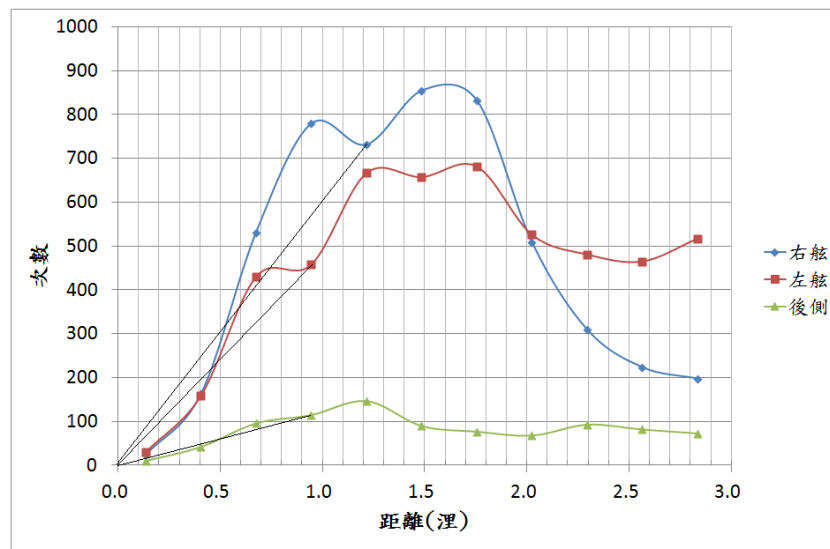


圖 3.12 台中港外 3 浬內左右舷與後側船舶最小距離(CPA 篩選)

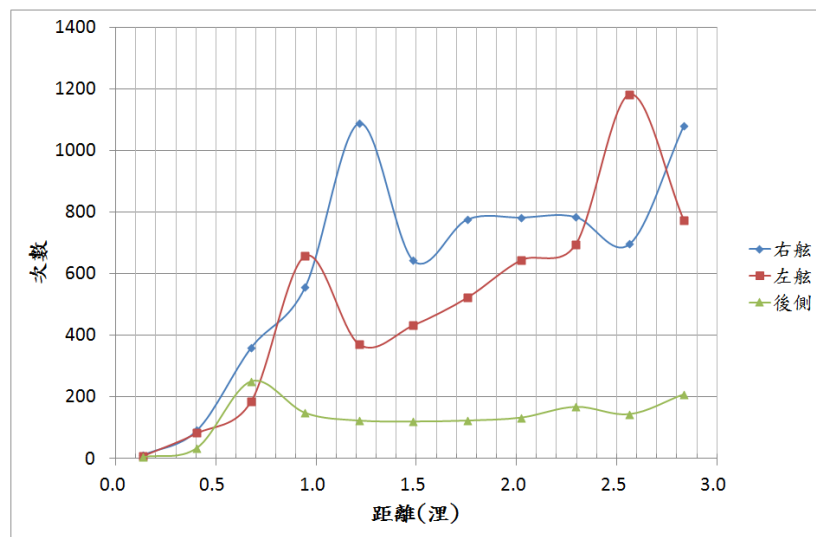


圖 3.13 台中港 3-10 浬內左右舷與後側船舶最小距離(CPA 篩選)

3.3 船舶領域與擱淺風險評估

3.3.1 船舶輪廓與船舶領域的空間幾何

船舶領域對於碰撞觸礁擱淺等航行風險的評估相當有用，尤其是在狹窄受限的水域或近距離會遇的情況。從船舶領域相關研究的探討中可知：大部分的船舶領域模型都是以幾何形式描述，而且與船舶長寬和船舶之間的相對速度有關。因此要將此等船舶領域與地理環境資訊結合應用前，應能依據船舶動態資料與船舶基本資料產生代表各船舶領域的空間幾何圖徵。

可用以產生船舶輪廓與船舶領域圖徵的 AIS 資料包括船舶的長度、寬度、船位經緯度、對地航速、對地航向、艏向等。如表 2-1 的資料說明，船舶長度 $L=A+B$ ，船艏端點的位置在船位沿艏向 A 距離處；船艉端點在船位沿艏向反向 B 距離處。

以橢圓形的船舶領域為例，由於必須隨著艏向旋轉（無艏向資料時可依對地航向），適合以極坐標方位距離的方式產生空間幾何，公式如下：

$$r(\theta) = \frac{ab}{\sqrt{(b \cos \theta)^2 + (a \sin \theta)^2}}$$

其中 a 是半長軸，b 是半短軸， $\theta = \text{艏向} + t$ ， $t = 0^\circ \sim 360^\circ$ 。

依此公式從中心點計算各個 θ 方向 $r(\theta)$ 球面或橢球距離得出船舶領域橢圓各點經緯度。

船舶輪廓或領域的中心點必須以 AIS 報告的船位依天線位置與艏向推算調整，不能直接以 GPS 船位為中心。從圖 3.14 可比較推算調整船舶中心點的效果。該圖是以在基隆港分道航行的進港與出港航行巷道上的天秤星號為例，該船的 GPS 天線是安裝在比較靠近船艏的位置

(以+號標示)。

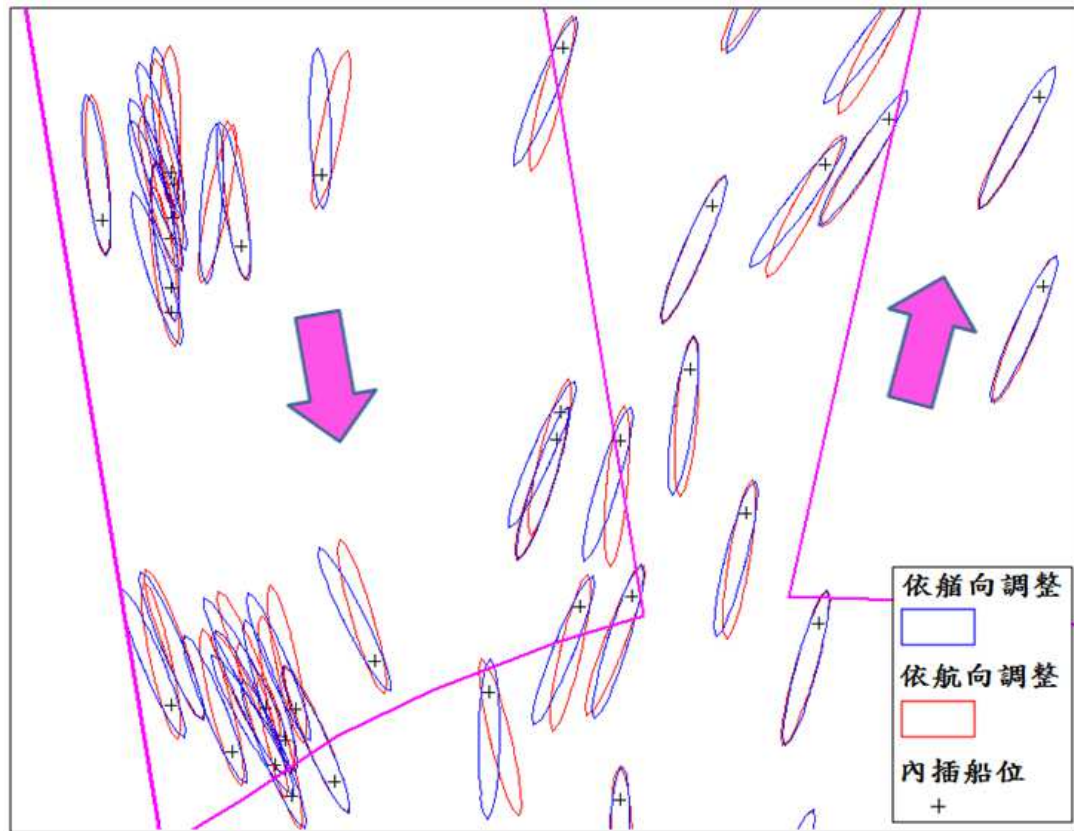


圖 3.14 依航向艏向推算中心位置並產生船舶真實比例輪廓

天秤星號郵輪 (SuperStar Libra) 一個月內多次進出停靠基隆港東岸客輪碼頭的情形如圖 3.15，此圖是以該輪的長度 216m 寬度 28m 為長短軸產生橢圓形船舶輪廓圖徵。圖 3.16 是臺中港內與錨區船舶取 10 分鐘內最新船位，依各船長寬產生橢圓形船舶輪廓圖徵。若採用 Fujii 的模型則以相同的橢圓公式帶入以船舶長度為參數的橢圓長短軸領域邊界數值即可產生船舶領域圖徵。圖 3.17 是天秤星號每 2 分鐘內插船位動態後產生的船舶輪廓（黃色實心橢圓）、船舶領域（淡藍色橫紋紫色外框橢圓），以及 AIS/GPS 船位連成的軌跡線。

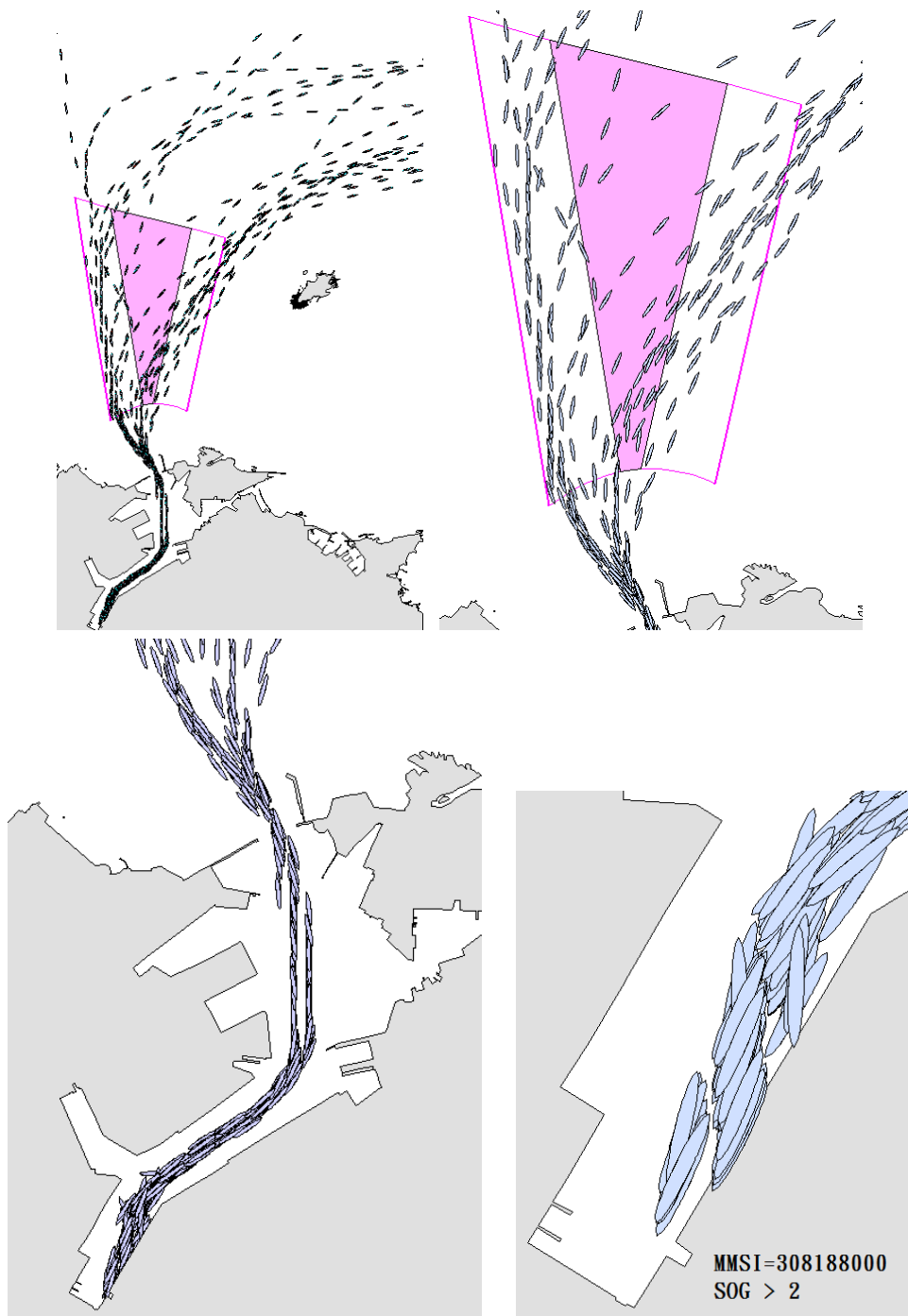


圖 3.15 天秤星號郵輪多次停靠基隆港情形（以輪廓顯示）

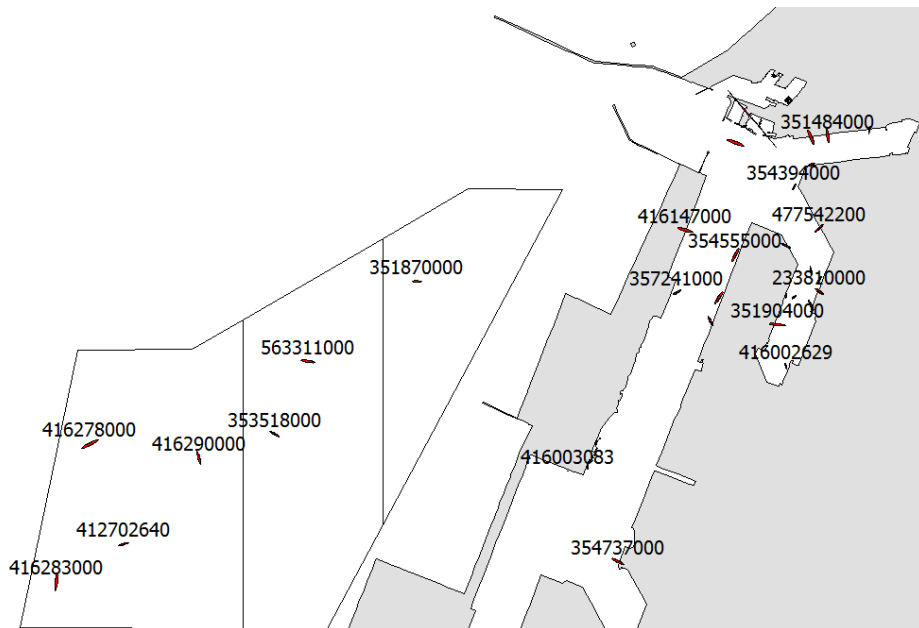


圖 3.16 臺中港內與錨區內的船舶動態（以輪廓顯示）



圖 3.17 天秤星號每 2 分鐘內插船位動態後產生之船舶輪廓與領域

接著即可利用空間資訊分析的演算法，計算船舶領域之間以及船舶領域與危險障礙物或堤防岸線等之間的距離，偵測評估「近距離錯過」的狀況。

3.3.2 船舶動態與海圖水深資訊的整合分析試驗

電子海圖內的水深資料包括：附有水深值屬性的水深點與等深線，以及附有最深最淺水深值屬性的水深區，其物件類別代碼分別是 SOUNDG, DEPCNT 與 DEPART。這些海圖圖徵資料可以依據所需地理空間範圍、圖徵物件類別、以及水深相關屬性條件，依循「開放地理空間聯盟(Open Geospatial Consortium, OGC)」的「網路圖徵服務 (Web Feature Service(WFS))」標準協定，透過網頁介面向後端由海洋大學電子海圖研究中心建置的 WFS 取得。

為試驗此功能設計，我們依據 2009 年 9 月 AIS 資料內插之後的船位，取各船長度為參數產生各船 Fujii 船舶領域縮小 1/2 後的橢圓形，同時也取出該船所報告的最大吃水值(max. draught)，然後和從電子海圖網路圖徵服務中取出的臺灣沿海 10m 等深線進行空間關係的幾何分析，最後把其中偵測到吃水大於 10m 其船舶領域卻與 10m 等深線交叉重疊的船位資料，輸出並顯示於網路地圖上提供查詢檢驗。

圖 3.18 摘錄呈現其中的幾個結果。圖中各船以較粗的紅色實線標繪橢圓形船舶領域，內以真實比例的紅色實心船形顯示船舶輪廓(被點選查詢時以橘黃色突顯)，海圖中的等深線以黑色顯示，被設定偵測的 10m 等深線則以紅色突顯，圖中對話框內顯示的是查詢該船 AIS 動靜態報告資料的結果，由上而下這三艘船當下所設的最大吃水數值分別是 10.2m, 13.7m, 11m，確實都大於其跨越之 10m 等深線。

呈現於圖 3.18 的這項功能相當於 near-grounding 事件的偵測，實際應用時可再搭配潮位值進行偵測。

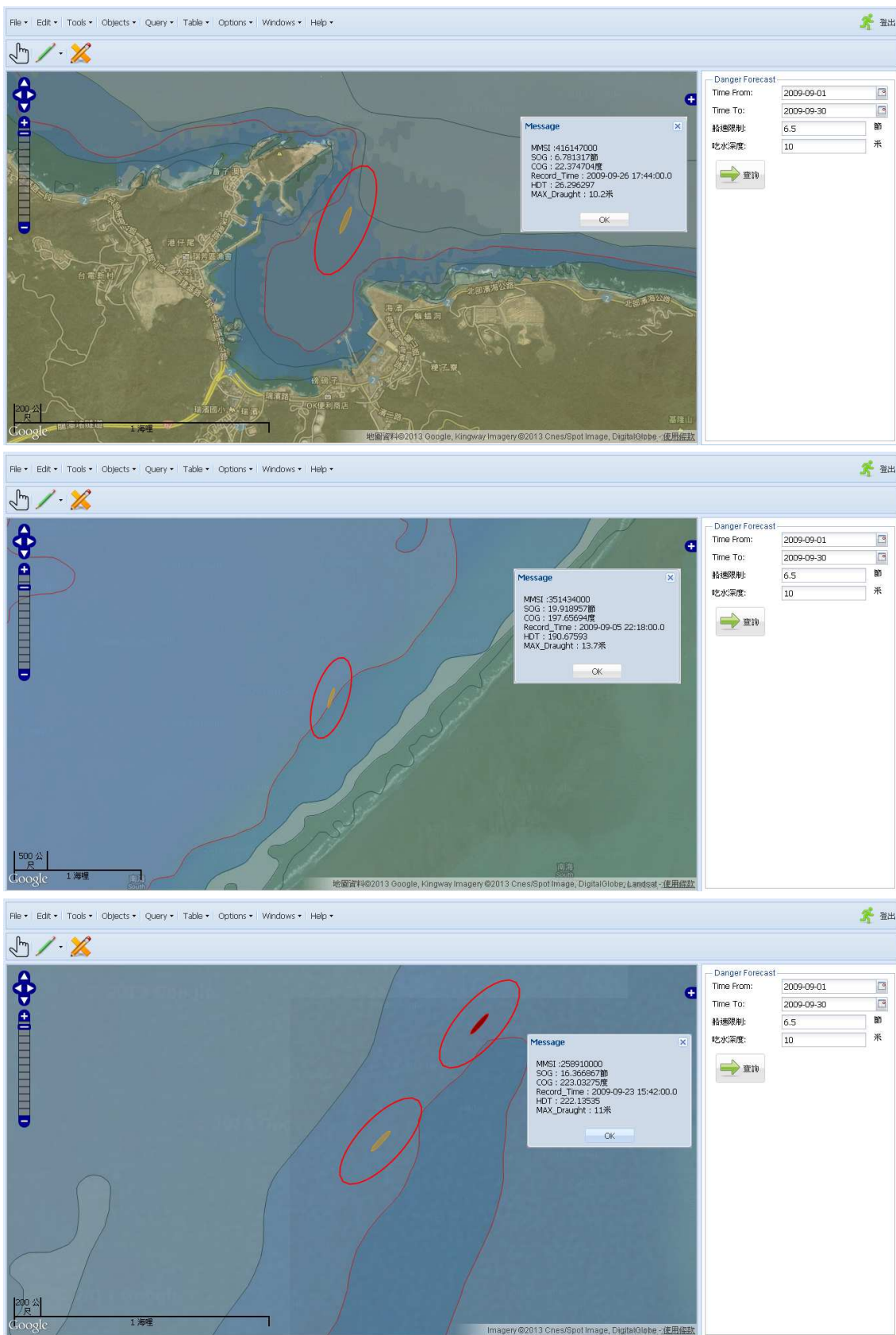


圖 3.18 整合船舶動靜態資料與水深資訊的擱淺危險檢測

3.4 船舶進出港相關效率分析

3.4.1 港外漂航情形之觀察與偵測

「高雄港實施船舶交通服務系統之效益評估分析」研究[21]，無論是在安全性效益評估方面採用的船舶航跡流檢測法、安全指標法，或是在效率性評估方面採用的通航效益計算法，都尚未能利用 AIS 動態資料。該研究在與港口代理行訪談中特別提及貨櫃船與貨櫃碼頭，對船期準確之要求表達嚴重關切。「進出港排班衝突」對貨櫃船而言，船期損失是最明顯的影響，此外如碼頭待機、追趕船期之燃油消耗、碼頭運轉率、到達下一港口船期延誤、轉口貨耽誤轉運等，很有可能造成一連串不可預期之影響。

雖然我國國際商港的碼頭利用率一般而言並不算太高，但從 AIS 船舶動態不難看到早已到達卻在港外遲遲無法進港的船舶，如圖 3.19：Northern Practice 貨櫃輪的 AIS 航跡圖。

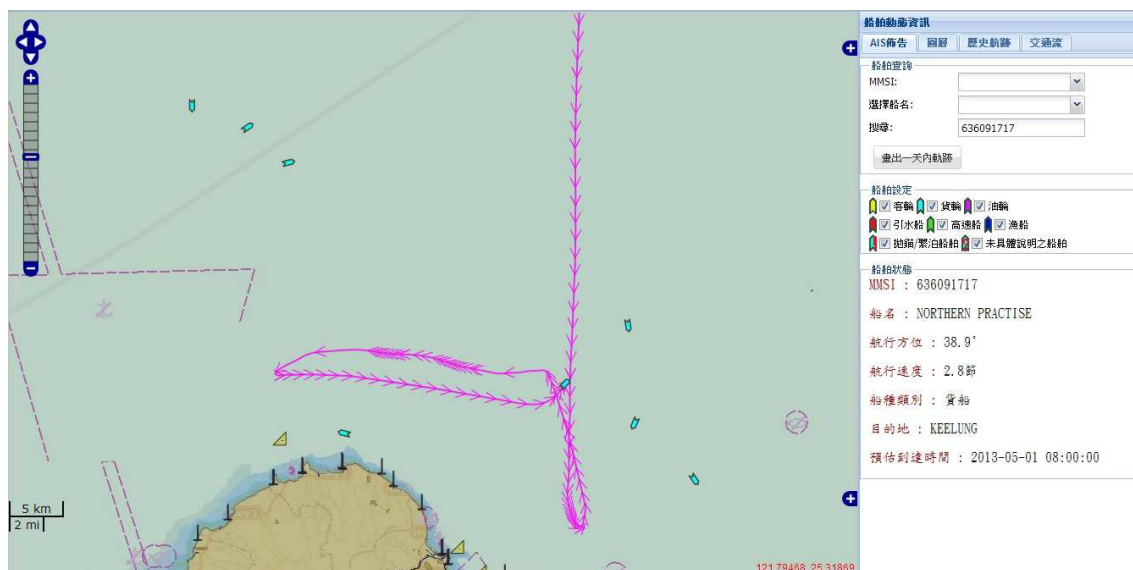


圖 3.19 因無法進港而在基隆港外漂航繞圈的貨櫃輪航跡

為了自動偵測在港外漂航的情況，我們首先將各船的 AIS 船位報告依時間先後排序，以中斷超過 1 小時為界將航跡分段，自動分析篩選出有進出台中港的船舶航跡。然後依航速的變化判斷航行狀態的改變，判斷方式如下：航速降到 0.5 節以下視為進入停船狀態，直到其

航速增加到高於 2 節才視為離開停船狀態，除了航跡點以外，進入與離開停船狀態的時間點、時間長度（秒）、狀態都會被記錄下來，提供查詢或統計。偵測結果如圖 3.20，屬於停船狀態的航跡在港內者以紅色顯示，在港外以棕色粗線顯示，綠色是不在停船狀態內的港外航跡。圖 3.21 則是這些船於高雄港內外的停船漂航情形。再以錨泊區與該段航跡的經緯度範圍即可再區分是否錨泊中。

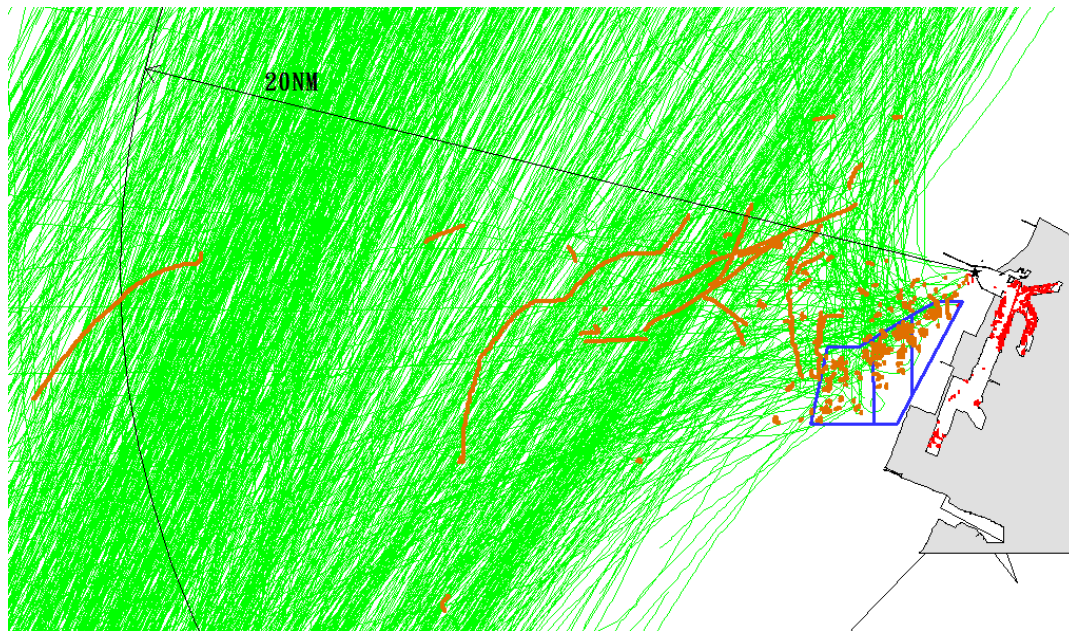


圖 3.20 進出台中港船舶航跡之停船漂航狀態偵測

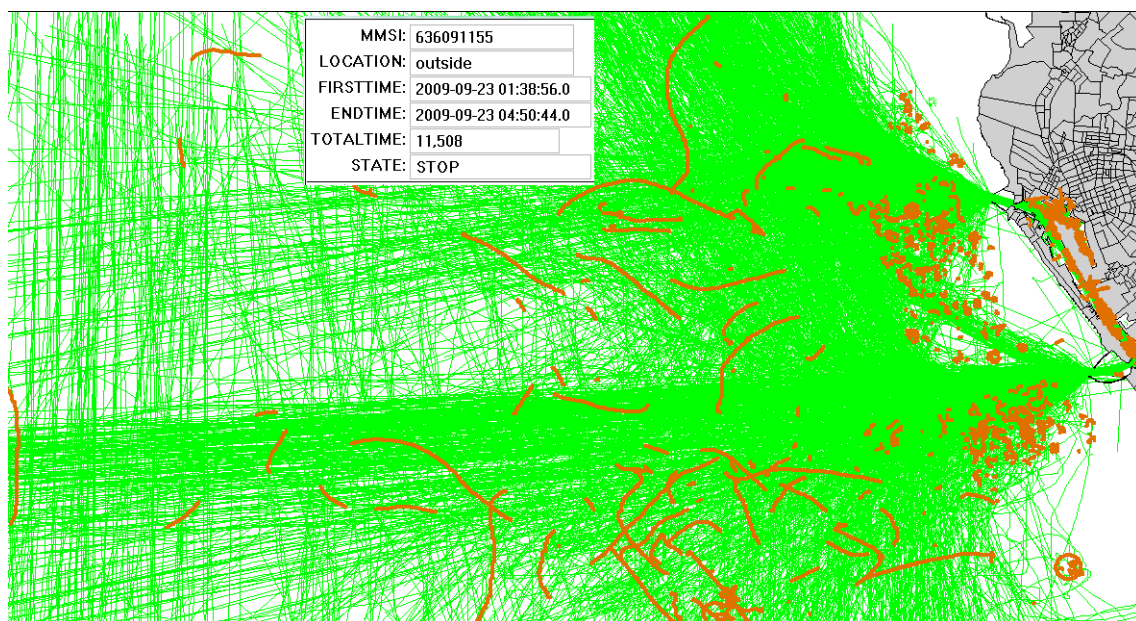


圖 3.21 曾進出台中港之船舶於高雄港外停船漂航情形

3.4.2 進港航行時間與距離之分析及異常狀況偵測

首先以基隆港 AIS 資料試驗如下：

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，取出每一記錄之經緯度並依照時間排序，以連續兩點間隔超過一小時為界將航跡分段，就不同艘船(依 MMSI 識別)繪製成一條條航行軌跡線。就這些航行軌跡線偵測出其中 80 條為進港船隻的航行軌跡線，並針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 海浬與 20 海浬半徑的圓，計算進港航跡線與 15/20 海浬線的交點，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 海浬則不計算其航行距離，起點為大於 15 海浬小於 20 海浬則僅計算 15 海浬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，最後將各個狀態和所求得的航行距離以線形圖徵物件與屬性方式建成地理資訊系統圖檔（Shape 檔）進行分析。

分析結果統計如表 3-1，包括：所有進港航跡各項航行距離的最小值、最大值、平均值、標準差，以平均值加上標準差後所得的距離值做為判斷是否異常的界限，統計在各項目中異常的航跡數量。圖 3.22 是以從 15 海浬線到港口的各航跡長度由低到高排列，然後再對應放入 20 海浬線到港口航跡長度的折線比較圖，其中從 20 海浬線到港口航行距離超出 26.4 海浬的異常航跡有 5 條，分屬 5 艘船，包括：客船、貨輪、油輪；從 15 海浬線到港口航行距離超出 19.8 海浬的異常航跡有 4 條。從圖 3.22 看來，以平均值加標準差確實可做為判斷準則偵測異常航跡。

表 3-1 基隆港進港航跡的航行距離分析

基隆港進港航行距離	記錄始於 20 哩外		記錄始於 15 哩外
航跡數(條)	65		68
	港口到 20 哩線	港口到 15 哩線	港口到 15 哩線
最小值(哩)	20	15	15
最大值(哩)	38.1	32.1	32.1
距離平均值 μ (哩)	23.1	17.1	17.1
標準差 σ (哩)	3.3	2.8	2.7
$\mu + \sigma$ (哩)	26.4	19.8	19.8
距離 $> (\mu + \sigma)$ 航跡數	5	4	4

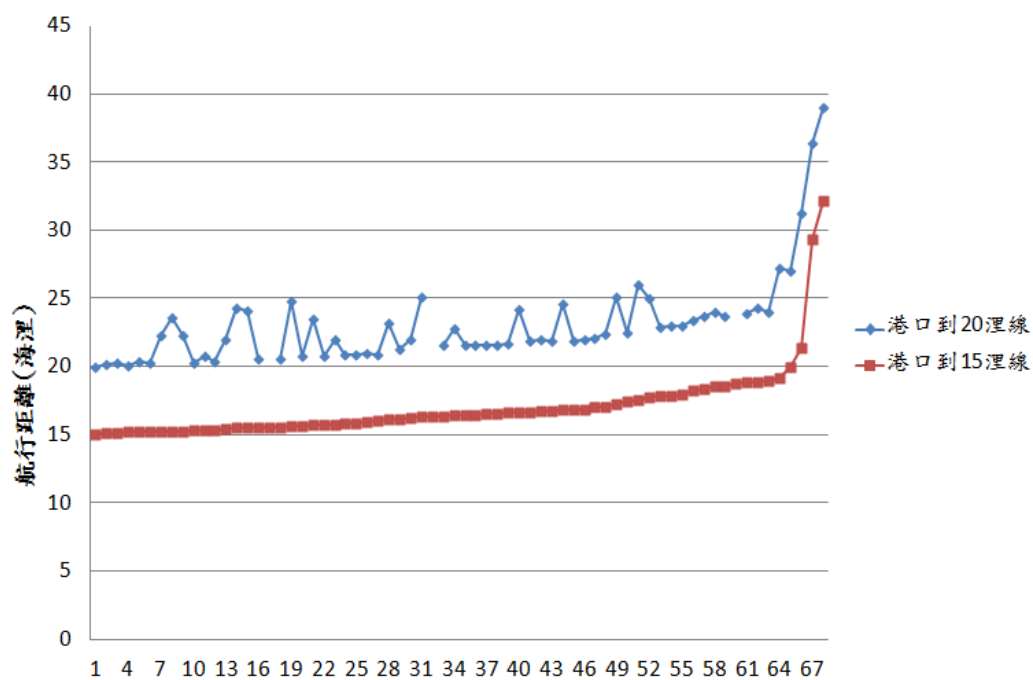


圖 3.22 基隆港進港航跡依港口到 15 哩線航行距離排序

再繪製進港航跡圖，並將這 5 條異常航跡特別標示出來，以判斷是否確有異常狀況，圖 3.23。結果發現這些航跡確實有在港外徘徊或是繞遠路才駛進港口的現象。

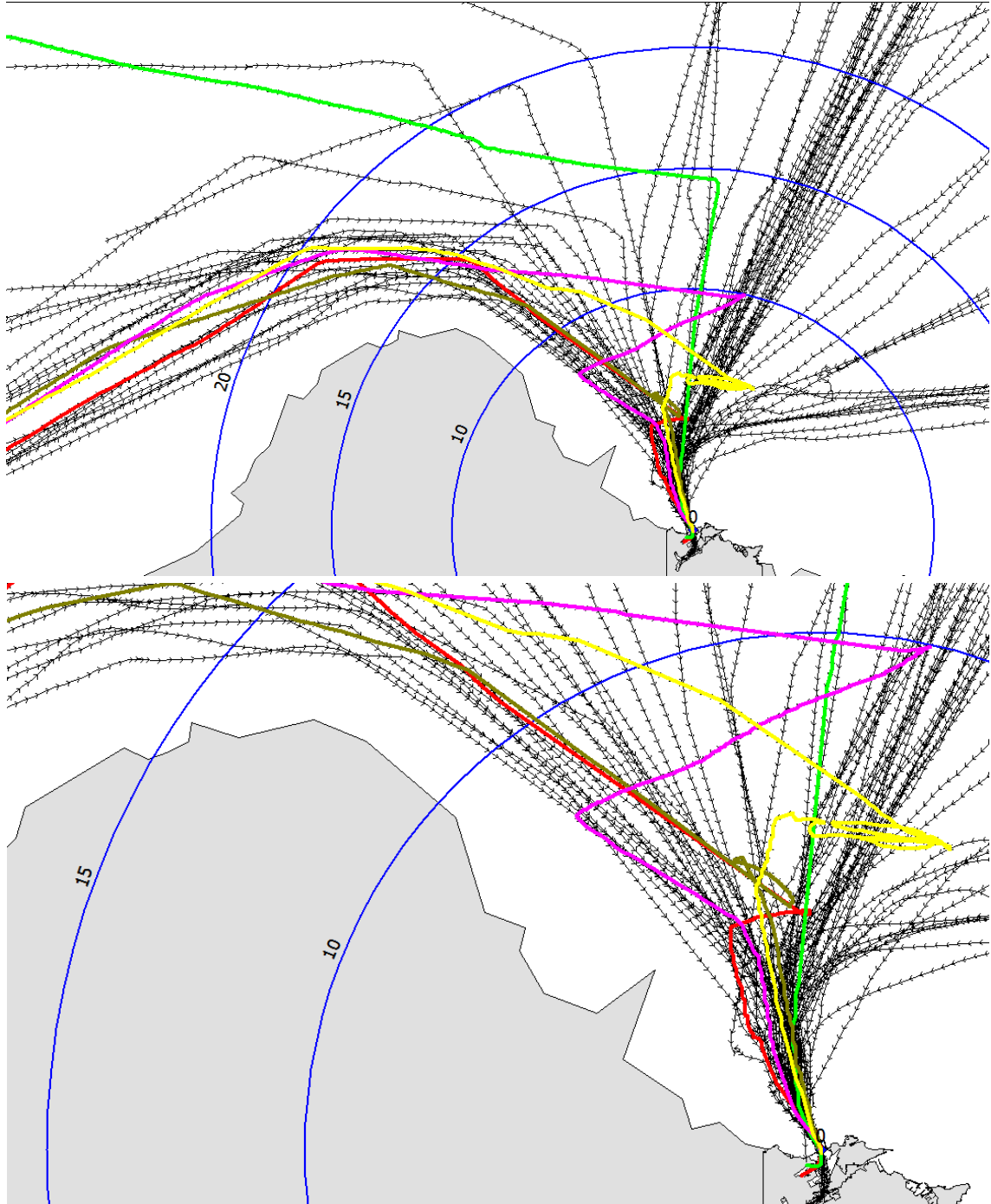


圖 3.23 基隆港進港航跡（黑色方向線）與異常進港航跡（粗線）

接著分析台中港進港航跡，並改以航行時間進行統計與偵測，從穿越 20 浬距離圈到進港花費的時間統計如下：最小值 4247 秒(約 1.18 小時)，最大值 51477(約 14.3 小時)，平均值 8839(約 2.46 小時)，標準差 5446(約 1.51 小時)。平均值+標準差=14285(約 3.97 小時)。

以此為準，取出進港時間超過 3.97 小時的航跡，依船舶識別分別以不同的顏色繪製其進港航跡，即可看到其異常或延遲的狀況。圖 3.24 顯示從進港航跡檢測出異常/延遲航跡的結果，黑色虛線是 5、10、15、20 浬的距離圈，其中一條黃色航跡兩次穿越 20 浬距離圈(這是一艘散裝貨輪，進港後停靠 No. 99 碼頭)。圖 3.25 是放大檢視 10 浬內台中港異常進港航跡的結果。

這些船舶進港後停靠的碼頭如圖 3.26，經查詢台中港網站公告的碼頭設施表，No. 10-11, No. 32-35 都是貨櫃碼頭，No. 20-26 是散雜貨碼頭，No. 99 是廢鐵碼頭。

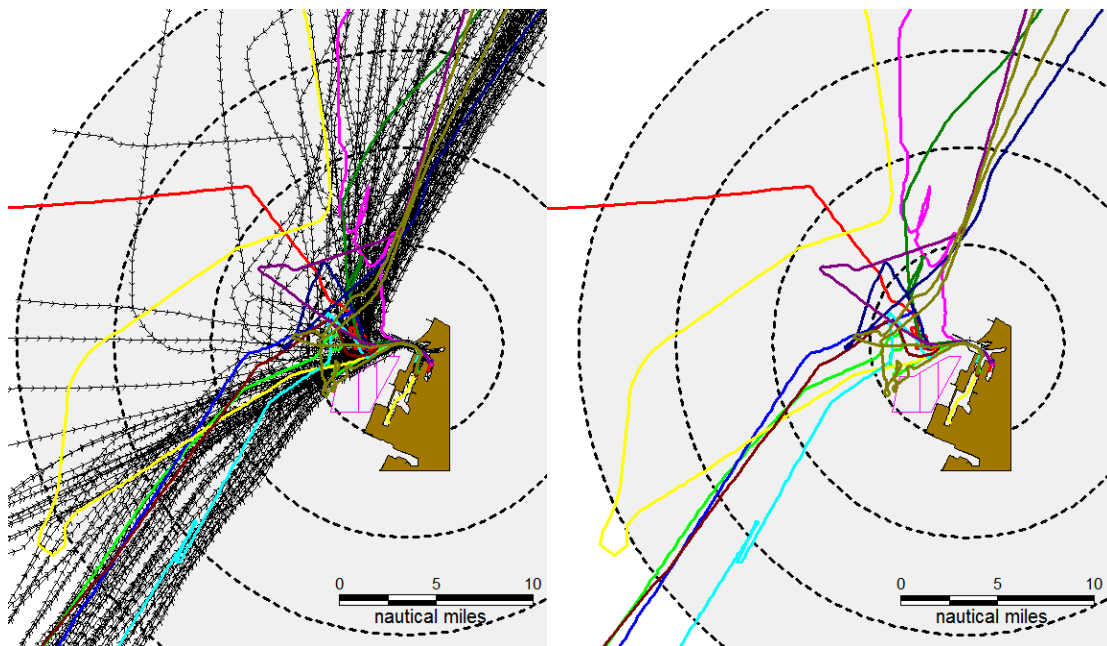


圖 3.24 台中港進港航跡(黑色方向線)與異常進港航跡(粗線)



圖 3.25 放大檢視 10 哩內台中港異常進港航跡

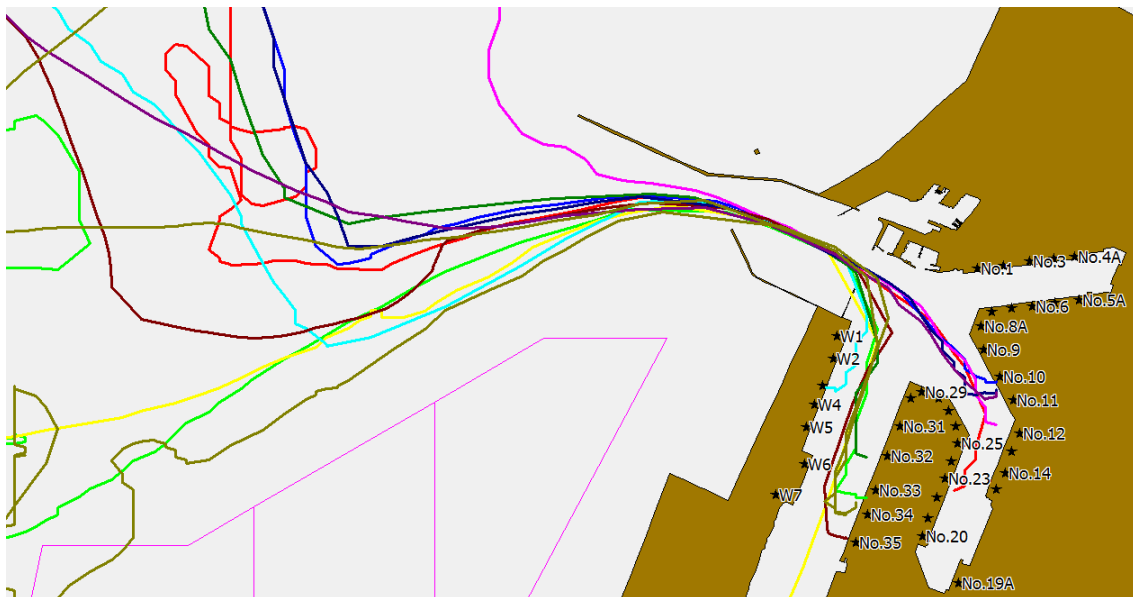


圖 3.26 台中港異常進港航跡進港後停靠的碼頭

但是受到港口的地理環境與進出港航道設計影響，從各個方向到港的正常航行時間與距離都很可能有差異，因此可以再區分來向。以台中港為例，同樣從穿越 20 哩距離圈到進入台中港，從北側來港的路

徑較長，分析後的統計結果如表 3-2。因此可以此分析方法，視實際需求再做區分得更細的統計分析。

表 3-2 台中港不同方向進港航跡之航行距離與時間分析

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

第四章 船舶節能減碳資料之自動化蒐集

4.1 前言

國內外推估船舶排放量的流程與基本公式雷同（詳見第 2 章之探討），主引擎與輔助引擎排放量的推估程序分別如圖 4.1 與圖 4.2，兩者最大的差異在於：負載因子（Load Factor）與活動量（Activity Hours）。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噸位船舶的預設值，主引擎的負載因子主要依據最大航速與實際航速。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。

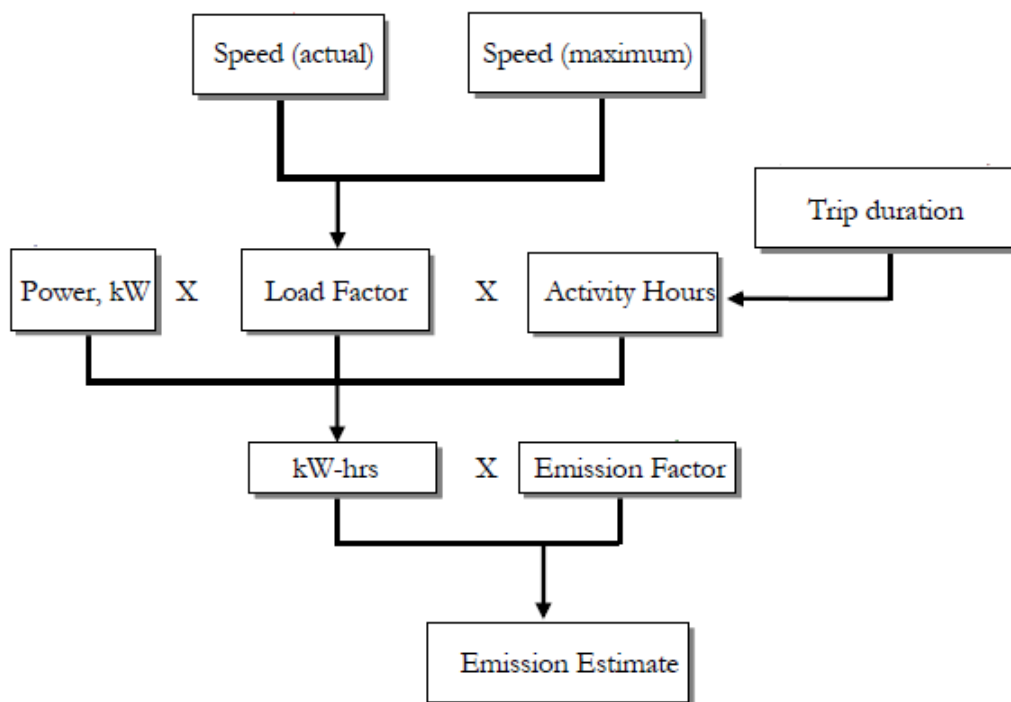


圖 4.1 船舶主引擎排放量推估流程

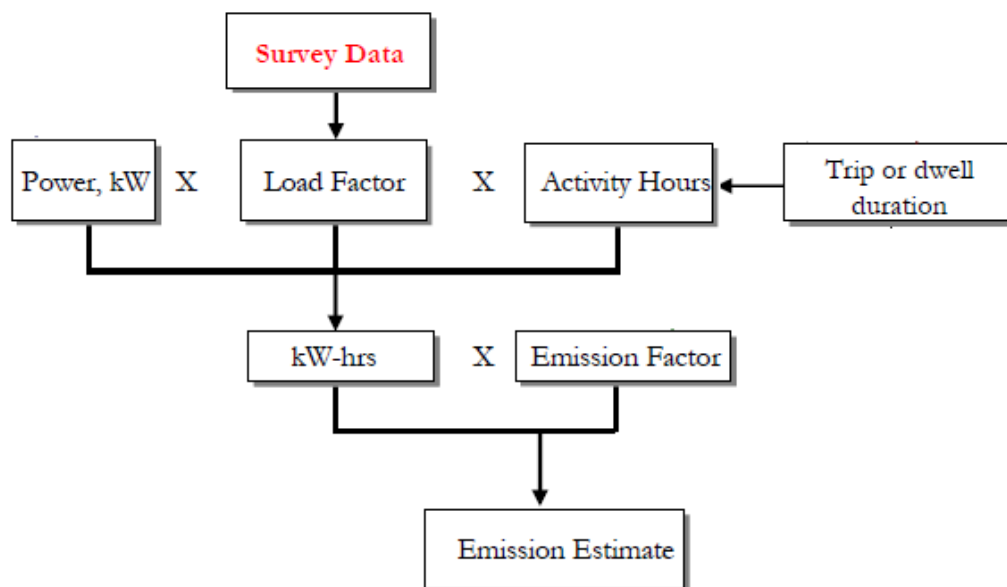


圖 4.2 船舶輔助引擎排放量推估流程

我國目前推估遠洋船舶排放量的方法簡述如下（運研所，2012）：

在主引擎排放量估算方面，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)提供的數值，該數值以燃油硫含量 2.7%推估。

輔助引擎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) 使用的數據，輔助鍋爐的 SO_x 排放係數為 16.5g/kW-hr。

國內相關計畫主要參考的是美國洛杉磯港(POLA)的空汙排放量清冊程序與數據。但是我國國際商港 20 哩內只有距離甚短（以台中港為例，約 3 哩）的進出港航道，沿岸並未規劃航道，以航道距離和航道

各轉向點之間航段的船舶航行速度推估活動量與負載因子的方法即使可用也需要有一較自動化的處理程序。因此本研究的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引擎負載因子，用以推估遠洋船舶的空污排放量。

4.2 以 AIS 估算主引擎負載因子與活動量之試驗

在船舶排放量估算方面，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 海浬這三條海浬線，分析每艘船的 AIS 航跡資料，如圖 4.3（圖中套疊顯示的是天秤星號航跡）。

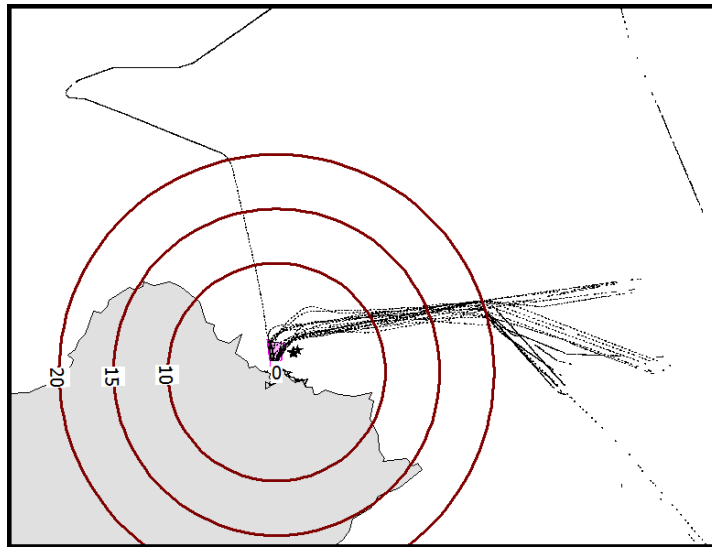


圖 4.3 用以估算排放量的海浬線與航跡（以基隆港為例）

分析程式以 Java 語言撰寫，計算程序如下：

先以一個月的資料進行試驗，取出某艘船以一個月內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海浬線的交叉點，採用最接近海浬線外以及海浬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海浬線（交叉點）的速度和時間，利用通過兩條海浬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 。其中發現有時間差異異常的狀況，經檢視可能是 AIS 收訊問題所致。先取時間差小於 4000 秒（大約 1.1 小時）內的活動量資料。接著利用實際船速(AS)與最大船速(MS)計算出負載因子(LF)。再利用最大引擎動力(MCR)、負載因子、活動量(Act)算出消耗的能量(Energy)，

$\text{Energy} = \text{MCR} \times \text{LF} \times \text{Act}$ ，接著以消耗的能量、排放係數(EF)、燃料校正係數(FCF)三項乘積求出引擎的排放量(E)， $E = \text{Energy} \times \text{EF} \times \text{FCF}$ 。

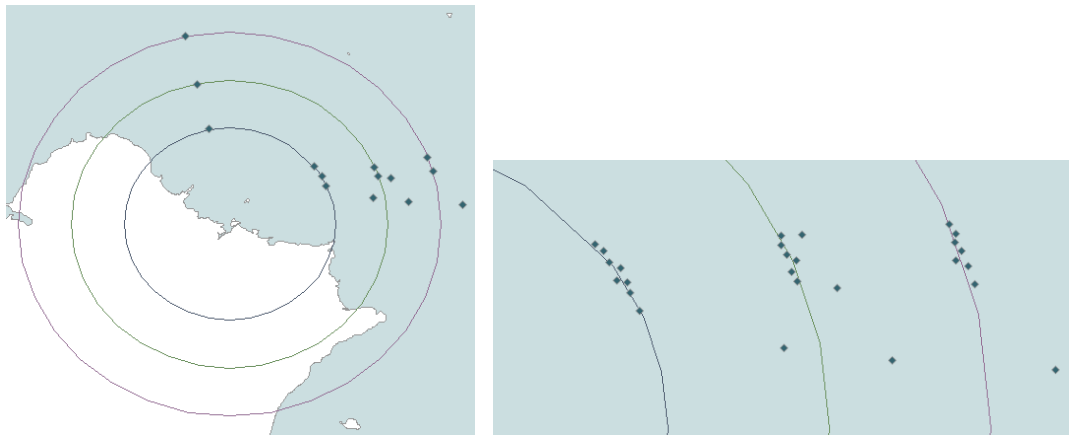


圖 4.4 天秤星號通過基隆港 10/15/20 海浬線之航跡點偵測

圖 4.4 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）方向航跡與海浬線交叉點的局部放大，這個方向的航路也是環保署計畫設定基隆港外 20 浬內船舶航行路線時沒有納入的。

相關數據如表 4-1。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 $\text{LF} = (\text{AS}/\text{MS})^3$ 估算。

表 4-1 以麗星郵輪天秤星號為例之負載因子與活動量估算

第一點 海浬線	第二點 海浬線	第一點 記錄時間	第二點 記錄時間	時間差 (秒)	平均船 速(節)	負載因子 (LF)
10	15	2009/9/4 23:13	2009/9/4 23:31	1053	15.3	28%
15	20	2009/9/4 23:31	2009/9/4 23:49	1084	15.8	31%
20	15	2009/9/6 9:06	2009/9/6 9:25	1122	14.8	25%
15	10	2009/9/6 9:25	2009/9/6 9:43	1086	14.7	25%
10	15	2009/9/6 17:16	2009/9/6 17:35	1128	14.9	26%
15	20	2009/9/6 17:35	2009/9/6 17:53	1080	14.5	24%
20	15	2009/9/9 13:50	2009/9/9 14:06	970	18.1	46%

15	10	2009/9/9 14:06	2009/9/9 14:22	981	17.7	43%
10	15	2009/9/9 22:15	2009/9/9 22:32	1056	15.9	32%
15	20	2009/9/9 22:32	2009/9/9 22:50	1049	16.1	32%
20	15	2009/9/11 14:47	2009/9/11 15:04	1026	16.9	37%
15	10	2009/9/11 15:04	2009/9/11 15:22	1086	16.4	34%
10	15	2009/9/11 23:16	2009/9/11 23:35	1147	14.4	23%
20	15	2009/9/13 8:50	2009/9/13 9:04	845	17.1	39%
15	10	2009/9/13 9:04	2009/9/13 9:24	1206	17.0	38%
20	15	2009/9/16 14:03	2009/9/16 14:20	1015	15.8	31%
15	10	2009/9/16 14:20	2009/9/16 14:37	1017	16.2	33%
10	15	2009/9/16 22:03	2009/9/16 22:18	909	18.8	52%
15	20	2009/9/16 22:18	2009/9/16 22:33	858	18.8	51%
20	15	2009/9/18 14:44	2009/9/18 15:03	1137	15.5	29%
15	10	2009/9/18 15:03	2009/9/18 15:23	1198	15.5	29%
10	15	2009/9/18 23:02	2009/9/18 23:18	962	18.0	45%
15	20	2009/9/18 23:18	2009/9/18 23:33	896	18.5	49%
20	15	2009/9/20 8:44	2009/9/20 9:00	957	17.7	43%
15	10	2009/9/20 9:00	2009/9/20 9:17	1017	17.7	43%
10	15	2009/9/20 17:02	2009/9/20 17:18	961	16.9	37%
15	20	2009/9/20 17:18	2009/9/20 17:35	1029	17.1	39%
10	15	2009/9/23 22:12	2009/9/23 22:29	1028	16.3	34%
15	20	2009/9/23 22:29	2009/9/23 22:46	1029	16.1	32%
20	15	2009/9/26 12:51	2009/9/26 13:06	918	17.9	44%
15	10	2009/9/26 13:06	2009/9/26 13:22	942	17.7	43%
10	15	2009/9/26 21:03	2009/9/26 21:19	948	17.3	40%
15	20	2009/9/26 21:19	2009/9/26 21:35	976	17.2	40%

20	15	2009/9/27 10:45	2009/9/27 11:03	1051	17.6	43%
15	10	2009/9/27 11:03	2009/9/27 11:20	1052	17.6	42%
10	15	2009/9/27 19:06	2009/9/27 19:23	1017	16.9	38%
15	20	2009/9/27 19:23	2009/9/27 19:39	948	17.0	38%
20	15	2009/9/30 13:46	2009/9/30 14:03	1036	17.2	40%
15	10	2009/9/30 14:03	2009/9/30 14:19	945	17.0	38%
10	15	2009/9/30 22:03	2009/9/30 22:18	902	18.8	51%
15	20	2009/9/30 22:18	2009/9/30 22:32	858	18.7	51%

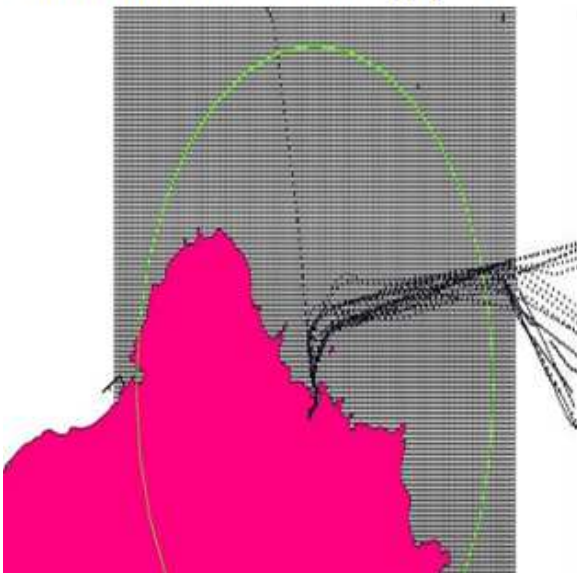
4.3 以 AIS 估算活動量與負載因子之方法比較

依前一章所述，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，若要再產生排放量的空間分佈，則必須再於連續兩筆資料的平均船位產生點，然後再分網格進行統計。

推估船舶排放量同時取得空間分佈資訊的較佳方法是類似荷蘭 MARIN 的估算程序，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。

我們依上述兩種估算程序的概念分別設計程式，並以天秤星號為例比較這兩種方法，如圖 4.5。

內插航跡點之網格式計算



直接以航跡線計算

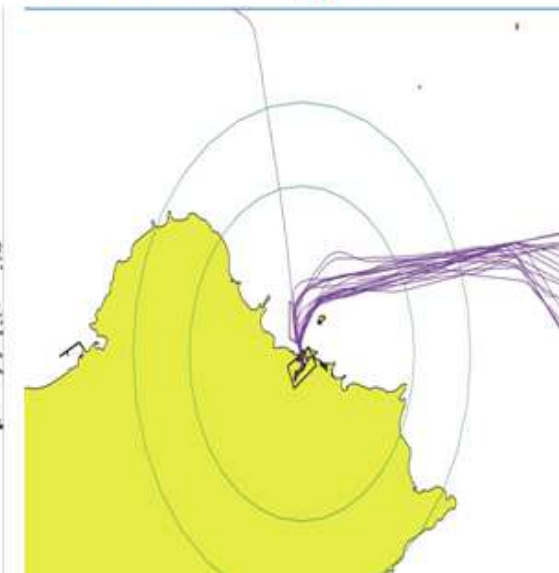


圖 4.5 兩種推估方式之比較-以天秤星號為例

船舶的活動狀態採用 State Transition (在三種狀態之間轉換) 的方式判斷：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。

取 2009 年 9 月 4-30 日的天秤星號 AIS 船舶動態資料 (該船航跡分佈於其中 17 天) 計算，結果如表 4-2，其中排放量是以 NOx 排放量為例，單位公噸。

表 4-2 估算方法的比較結果-以天秤星號為例

	內插航跡點網格式計算	直接以航跡線計算
排放量 20 海哩內(公噸)	7.201	7.917
活動量(停泊時間)	2860min (47.67hr)	2875min (47.92hr)
停泊排放量(公噸)	0.498	0.790
活動量(調度時間)	828min (13.8hr)	663min (11hr)
調度排放量(公噸)	0.331	0.248
活動量(航行時間)	1880min (31.33hr)	1960min (32.67hr)
航行排放量(公噸)	6.372	6.879
總活動量	5568min (92.8hr)	5498min (91.63hr)

直接以航跡計算的方法如下：

在航行時，用 20 海里範圍內並以主引擎當作排放源計算其排放量，其中利用航線中每一筆紀錄到的速度及時間，來計算其 LF，MS 為資料庫紀錄到該艘船隻的最大速度再除以 0.94。而 AS 部分是以記錄到的每兩點速度相加除以 2 當作該段平均船速，經過三次方後得出的 LF 再去乘上兩點的時間差(ACT)，將整條航線的每筆資料做完 LF*ACT 的運算後再去乘上最大主引擎動力(MCR)，則得到 Energy。最後將 Energy*主引擎排放係數 EF*燃料校正係數 FCF，即為最後我們所得到該條航線的排放量。最後將所有劃分為航行狀態線段在二十海里範圍內的排放

量及時間加總即為航行時總排放量與 Act。

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。

內插航跡點網格排放量計算方式如下：

以 MMSI 為 308188000 的天秤星號為例，從資料庫讀取 2009 年 9 月份開往基隆港的資料，當中有 17 天有紀錄到資料分別是 9/4、9/5、9/6、9/9、9/10、9/11、9/12、9/13、9/16、9/18、9/19、9/20、9/23、9/24、9/26、9/27、9/30，把這幾天資料用程式將資料庫 Record_Time 欄位分成每兩分鐘做為時間區間，利用內插方式分別求出航速、經度、緯度等值。從資料庫中取出最大船速，再以內插出來的 SOG 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，港外主要是航行，常用到主引擎，港內分為航行、調度、停泊三種，當 $SOG \geq 6.5$ 時，此時為航行狀態， $0.5 < SOG < 6.5$ 時，此時為調度狀態，調度用到輔助引擎和輔助鍋爐， $SOG < 0.5$ 時為停泊狀態，停泊用到輔助引擎和輔助鍋爐， $SOG = 0$ 時只用到輔助鍋爐。

4.4 以 AIS 估算船舶油耗及排放量的空間分佈

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。其中油耗的數值目前參考 STEAM model 那篇論文中所用的預設值：每千瓦小時 200 公克(200g/kWh)。

在此仍以天秤星號為例，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（如圖 4.6），中間曾有數小時收不到訊號。

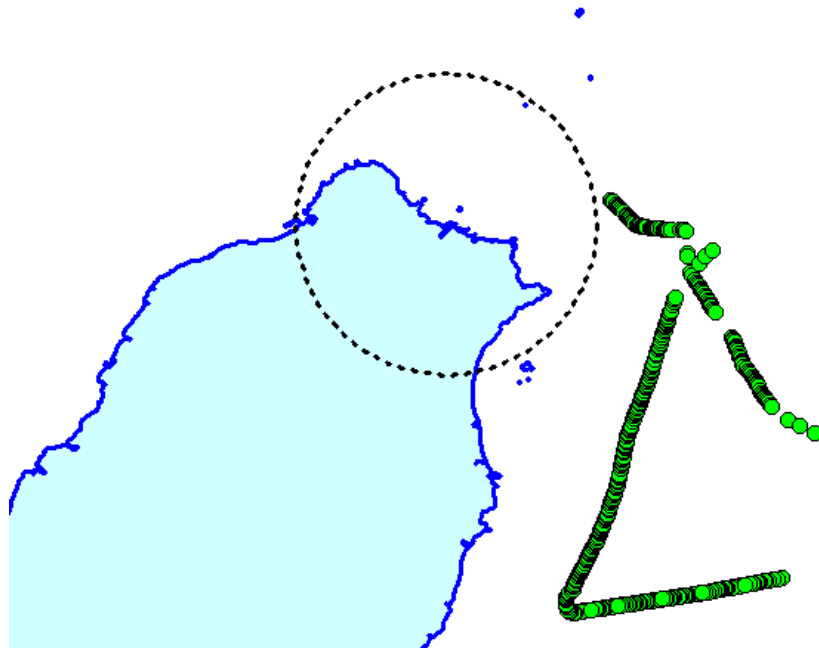


圖 4.6 天秤星號 2010 年 10 月 16 日每 2 分鐘內插航跡點

估算所得各小時油耗變化如圖 4.7，平均每小時耗油量 4116kg，標準差 963kg，將此結果與荷蘭 Steam model 論文中的結果（圖 4.8）比較，應屬合理。每日油耗及其比較如圖 4.9 與 4.10。以上都是只依據沿岸 AIS 接收到資料計算的結果。

圖 4.11 是統計各船排放量推估結果後繪製的空間分佈圖，愈紅代

表數值愈高，愈綠代表數值愈低。因港區的排放量遠大於港外，為使港外排放量的分佈情形更明顯，只取港外資料顯示如圖 4.12。

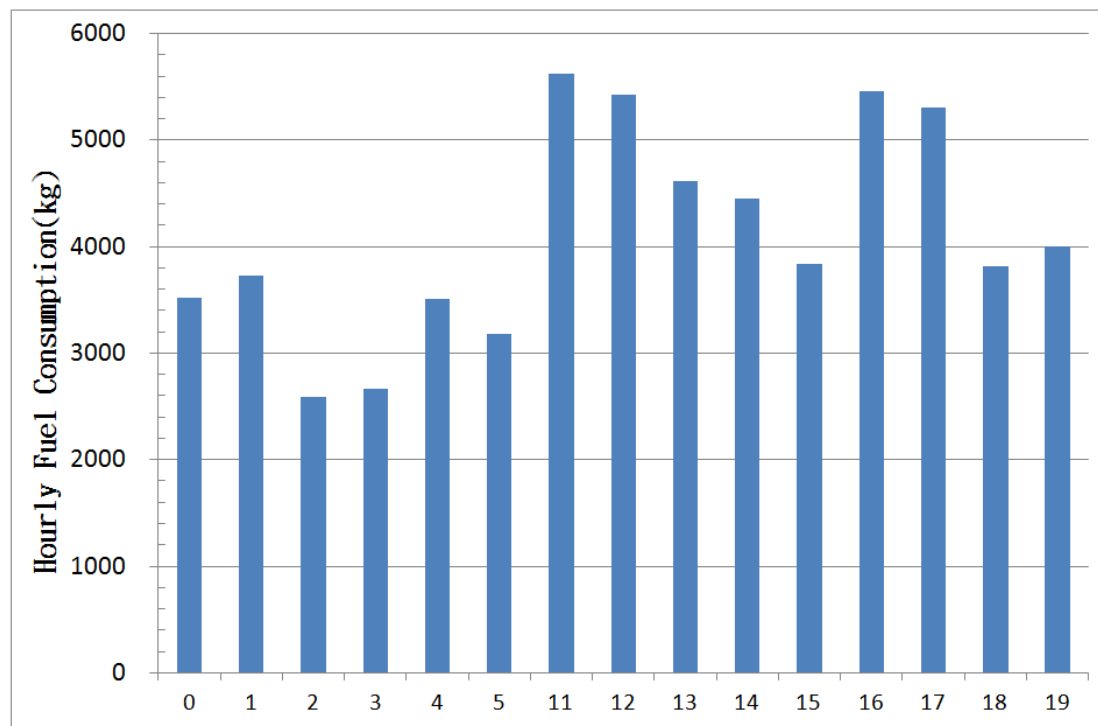


圖 4.7 天秤星號 2010 年 10 月 16 日每小時油耗估算值

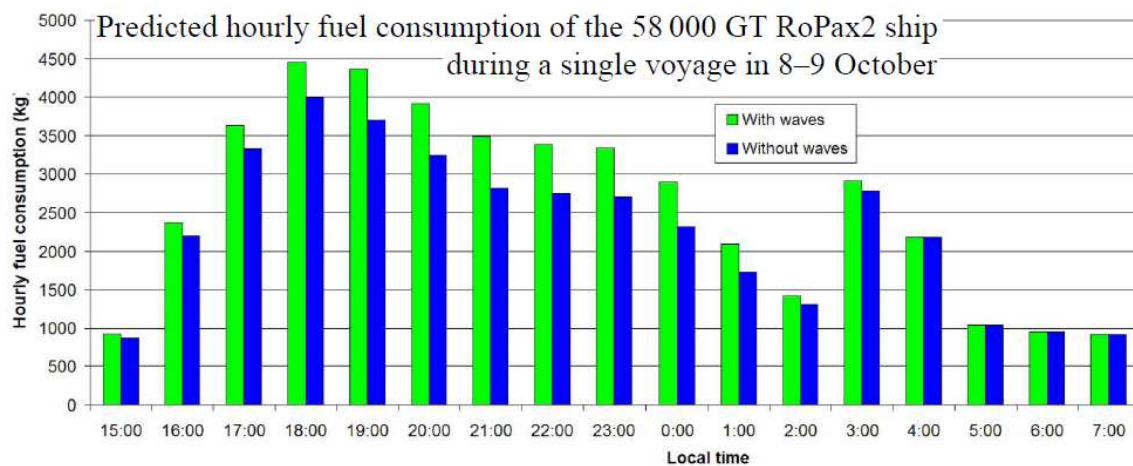


圖 4.8 用以比較之荷蘭 Steam model 每小時油耗估算值

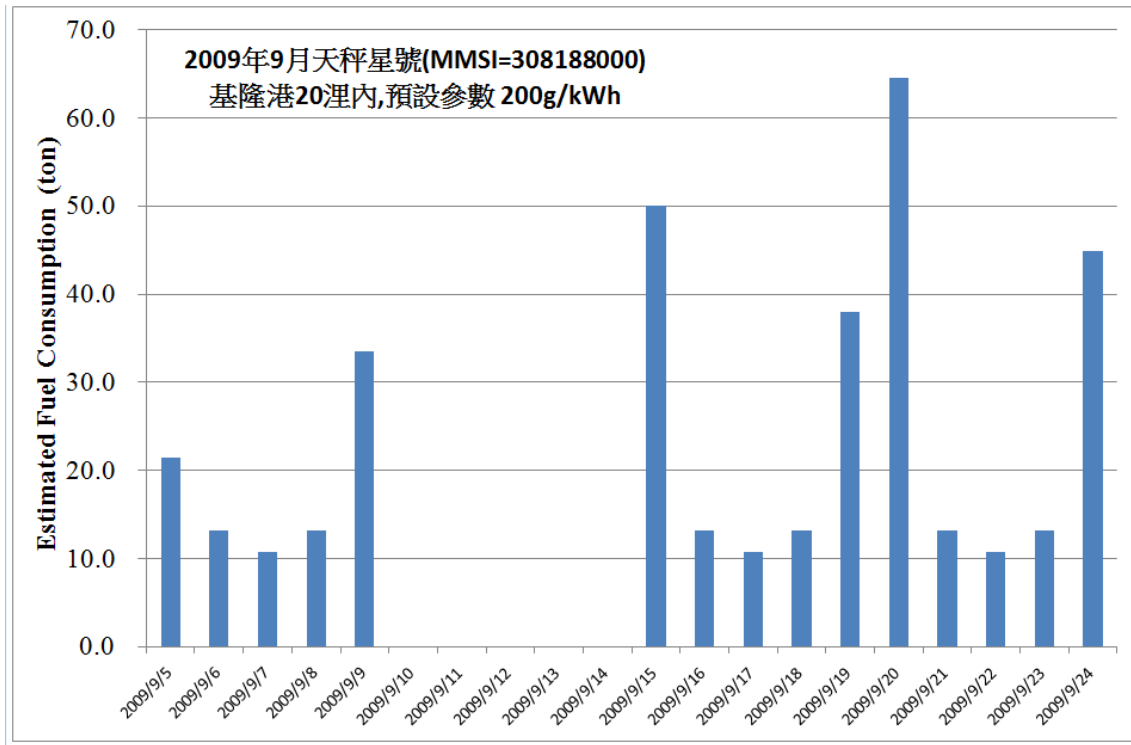


圖 4.9 天秤星號 2009 年 9 月每日油耗估算值

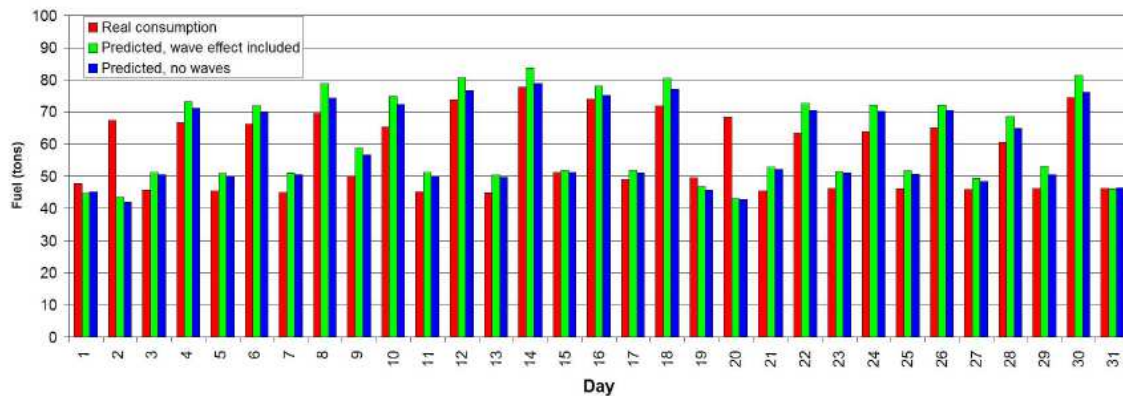


圖 4.10 用以比較之荷蘭 Steam model 每日油耗估算與實際數值

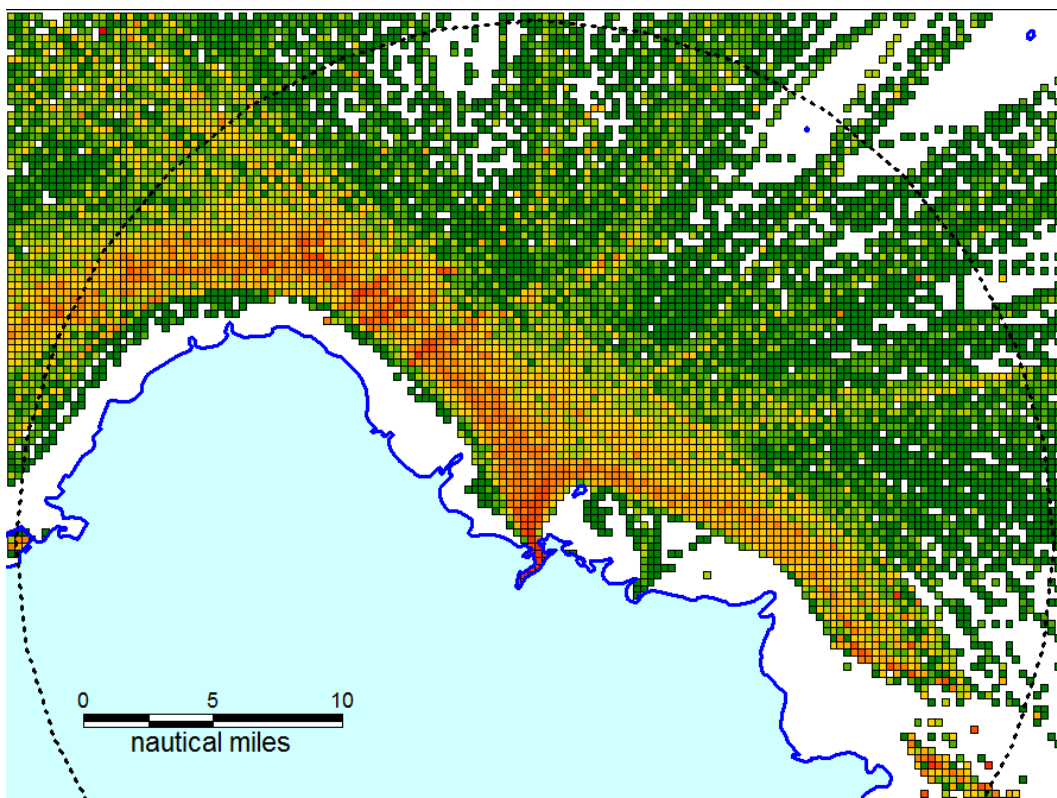


圖 4.11 船舶排放量推算值之空間分佈

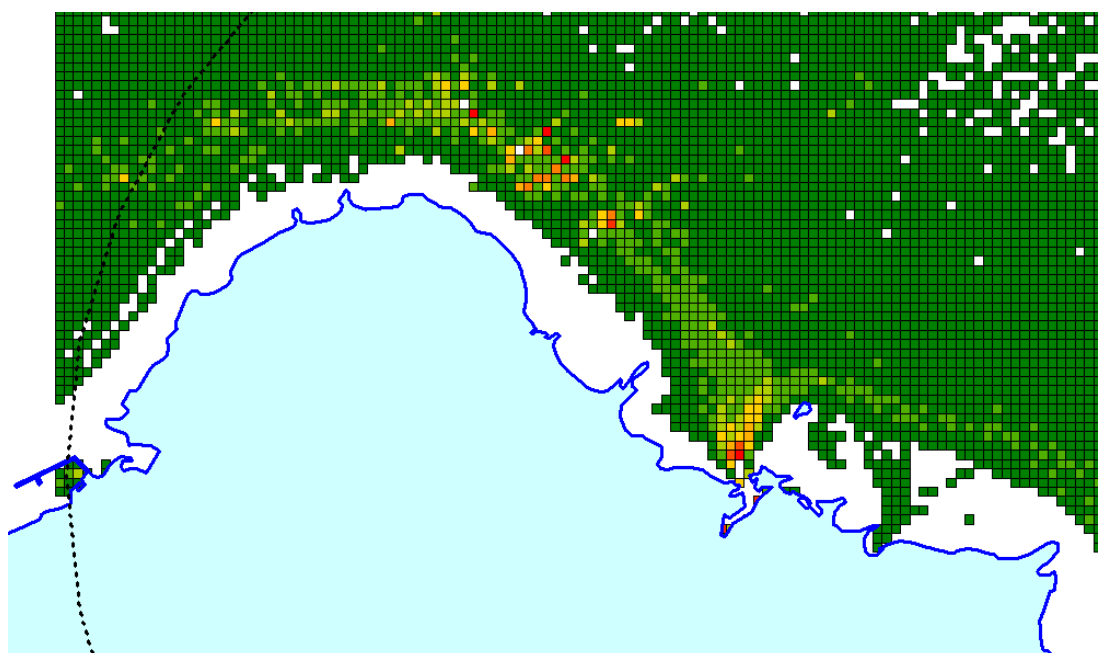


圖 4.12 基隆港外船舶排放量推算值之空間分佈

第五章 結論與建議

本研究的目的是在結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，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，將是航運效率與安全監測、預防、即時反應的重要指標與方向。

本年度計畫的研究內容是：在前期 e-化航行與智慧化海運系統的研究基礎下，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，擴展 AIS 巨量資料之時空分析模組功能，為船舶交通服務之安全性與效率性效益分析提供更完整、真實的量化指標；利用拓樸幾何演算法與空間資訊分析統計技術，就港埠與船舶節能減碳議題中屬於船舶操作面，從船舶活動推估空污排放量資料的自動化蒐集。

5.1 結論

本年度計畫的具體成果如下：

- (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)統計分析台中港外 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；

5.2 建議

本計畫建立的各項分析方法與工具，可產生船舶交通的安全、效率與環保相關指標，建議常規化應用。

安全指標包括：各不同海域範圍的船舶領域，基於船舶領域的 Near-collision 與 Near-Grounding 的事件數。

效率指標包括：進港航跡長度與航行時間過長的比例、港外漂航時間等。

環保指標包括：各船舶的排放量及排放量的空間分佈。

對於各項分析中的若干參數或預設值，建議再依據各港實際數據調效驗證，以獲致更高的應用效益。

例如：各港口從 20 哩到進港不同方向的正常航跡長度與時間不同，適合區分的角度範圍也不同；在計算排放量時，對於無法取得船種、主機、燃油等資料的船舶必須採用預設值，各港應採用較接近其實際進出船舶狀況的預設值。

5.3 成果效益及後續應用

本研究的成果效益以及後續應用包含有：

1. 本研究之進港軌跡、時間與停船（漂航）等狀況的偵測分析可提供交通部航港局與港務公司在營運效率與航運規劃的重要參考。
2. 本研究之船舶領域分析可據以規劃航道，評估交通容量與風險。
3. 本研究之近距離避開事件偵測，可落實災害防救法：以災害潛勢、危險度、境況模擬與風險評估之調查分析與適時公布實施減災。
4. 本研究基於船舶交通與海域環境產生各項指標的自動化工具，可供交通部航港局、海巡署、漁業署、環保署、內政部等參據與應用，除了提升運輸安全、效率與環保，也可應用於海域空間規劃。
5. 本研究可使國內海運相關技術與國際接軌並同步發展。

參考文獻

1. IMO Maritime Safety Committee's Sub-committee of Navigation Safety (NAV), Development of an e-Navigation strategy implementation plan, NAV 58th session report, July 2012.
2. IMO Resolution MSC.282(86), Adoption of amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended, 5 June 2009.
3. E-Navigation Underway 2012, International conference on e-Navigation organized by the EfficienSea project and IALA, Copenhagen–Oslo–Copenhagen, Jan. 2012, <http://efficiensea.org/files/>
4. 2011 Regional e-navigation Conference: Asian Input to IMO e-navigation, 16-18 February 2011, Busan, Korea.
5. Oil Companies International Marine Forum (OCIMF), Virtual arrival optimising voyage management and reducing vessel emissions - an emissions management framework, Ed.1, Nov. 2010.
6. MONALISA (Motorways and electronic navigation by intelligence at sea) project, Progress report, Oct. 2012, <http://www.monalisaproject.eu/>
7. 邱永芳、張淑淨等，在 e-化航行的國際架構下實現智慧型海運系統 (1/4)，交通部運輸研究所出版，ISBN: 9789860236101，May 2010.
8. 邱永芳、張淑淨、張富東等，智慧化海運系統建立之研究(2/4)，交通部運輸研究所出版，ISBN: 9789860271645，Apr. 2011.
9. 邱永芳、張淑淨、張富東等，智慧化海運系統建立之研究(3/4)，交通部運輸研究所出版，ISBN: 9789860319514，Apr. 2012
10. 邱永芳、張淑淨、張富東等，智慧化海運系統建立之研究(4/4)，交通部運輸研究所出版，ISBN: 9789860360127，Feb. 2013

- 11.J.P. Jalkanen, A. Brink, J. Kalli *et al.*, A modelling system for the exhaust emissions of marine traffic and its application in the Baltic Sea area. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 9: 9209–9223, 2009.
- 12.H. Perez, R. Chang, R. Billings, and T. Kosub, Automatic Identification Systems (AIS) data use in marine vessel emission estimation, *Proceedings of the 18th International Emission Inventory Conference*, Baltimore, April 2009.
- 13.H. Denier van der Gon and J. Hulskotte, Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands - A documentation of currently used emission factors and related activity data, PBL report 500099012, ISSN: 1875-2322, 2010.
- 14.A.Miola, B. Ciuffo, E.Giovine, and M.Marra, Regulating air emissions from ships - The state of the art on methodologies, technologies and policy options, Reference report by the Joint Research Center of the European Commission, Nov. 2010
- 15.J. Saladas, C. van der Tak, J. Hulskotte, Emissions 2008, based on AIS-data: Netherlands Continental Continental Shelf, port areas and OSPAR Region II, MARIN, nr 23502.620_B/3, June 2010
- 16.A. Cotteleer and C. van der Tak, Sea Shipping Emissions 2010: Netherlands Continental Continental Shelf, port areas and OSPAR Region II, MARIN, Report No. 25185-1-MSCN-rev.4, Feb. 2012
- 17.International Electrotechnical Commission, IEC 61993-2: Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Automatic identification systems (AIS) - Part 2: Class A shipborne equipment of the automatic identification system (AIS) - Operational and performance requirements, methods of test and required test results, Ed.2.0, Oct. 2012.
- 18.International Electrotechnical Commission, IEC 62287-1:Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Class B shipborne equipment of the automatic identification system (AIS) - Part

- 1: Carrier-sense time division multiple access (CSTDMA) techniques, Ed.2.0, Nov.2010.
- 19.Krzysztof Marcjan, Navigation incident models and ship domains studies on the Baltic Sea,Baltic Master II project presentation, <http://www.balticmaster.org/>
- 20.Peter S. Lindquist, New Developments in the Great Lakes Maritime Information Delivery System, <http://www.glmri.org/research/>
- 21.胡延章，高雄港實施船舶交通服務系統效益評估分析，國立臺灣海洋大學商船學系碩士學位論文，2007年1月。
- 22.景丰科技股份有限公司陳錦煌等，港區空氣污染物排放清冊建置及管制策略研擬，行政院環保署計畫報告，2010年8月。
- 23.陳桂清等，臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(1/4)，交通部運輸研究所研究報告，2012年3月。
- 24.陳桂清等，臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(2/4)，交通部運輸研究所研究報告，2013年2月。
- 25.U.S. Environmental Protection Agency, Current methodologies in preparing mobile source port-related emission inventories, Final Report, April 2009.
- 26.Port of Los Angeles inventory of air emissions 2005, Technical Report, Sep. 2007. <http://www.portoflosangeles.org/environment/>
- 27.Port of Los Angeles inventory of air emissions 2010, Technical Report, June 2012. <http://www.portoflosangeles.org/environment/>
- 28.Port of Long Beach, Air emissions inventory-2011, July 2012, <http://www.polb.com/environment/air/emissions.asp>
- 29.International Telecommunication Union, Recommendation ITU-R M.1371-4: Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band, April 2010.

結合動態船舶與環境資訊 之綠色航路智慧領航計畫

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

2013.7.17

Mobile Information Laboratory

Electronic Chart Research Center



研究主題與重點

- 結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，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

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
6. 主要航道高品質3D動態航行海圖
7. 智慧領航行動平臺與岸際雲端服務

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

分年執行策略

- 第一年(102)
 - 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)
 - 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)
 - 海事調查輔助技術與服務、建立航路建議與航程評估服務
- 第四年(105)
 - 智慧領航行動平臺與岸際雲端服務、高品質3D動態航行資訊服務

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

綠色航路

- 其概念是透過航程計畫的資訊分享，改善整個海上交通系統的可預期性與狀況感知
- 利用電子航行圖和船舶自動辨識系統(AIS)
 - 航路建構：VTMIS與船長合作
 - 依據需求 (最低油耗、最短路徑...)、船舶真實資料、氣象、地理空間限制、以及交通流
 - 監測與協助：VTMIS協助其維持於預定航路
 - 輔助避碰：會遇船舶可預先規劃避碰
 - 監控：偵測出危險或惡意異常

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

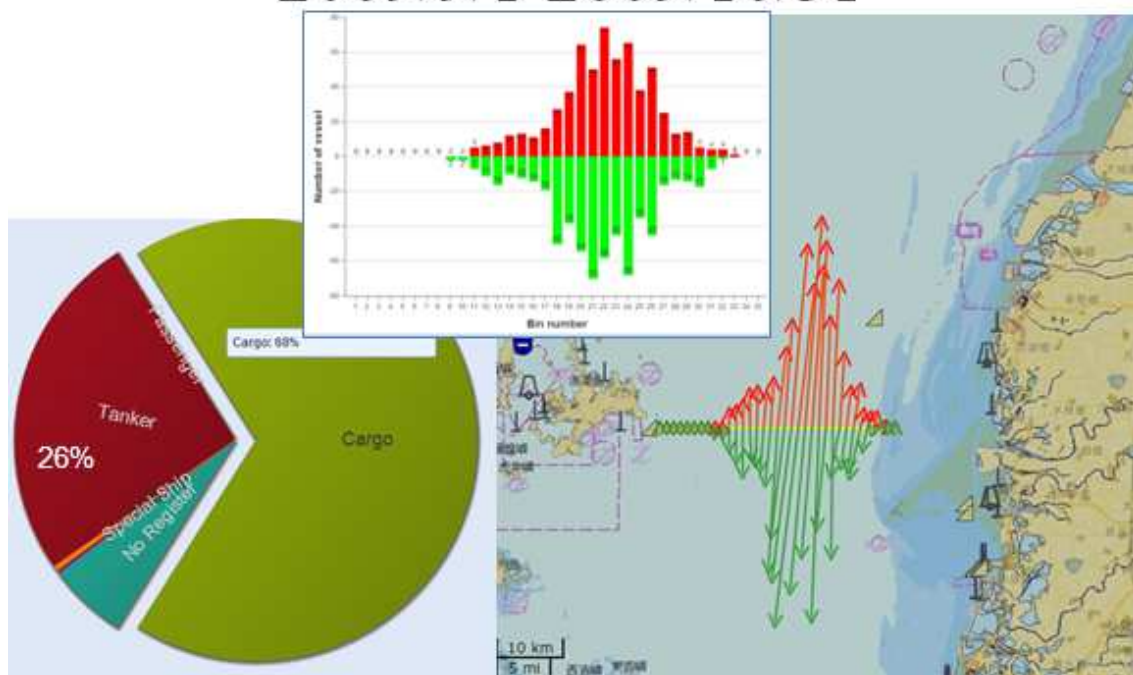
AIS-船舶識別與動態資料來源

- 2008年起適用海上人命安全國際公約要求的船舶都已安裝船舶自動辨識系統(AIS) ,



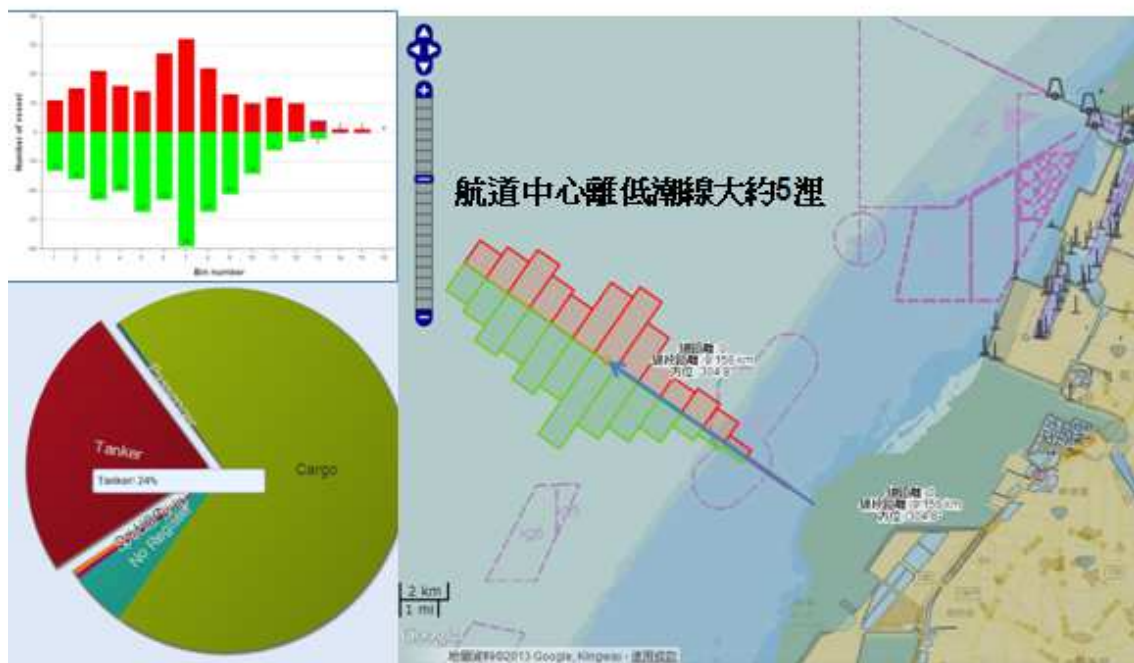
船舶種類、數量、船速、方向

2009/9/1-2009/10/31



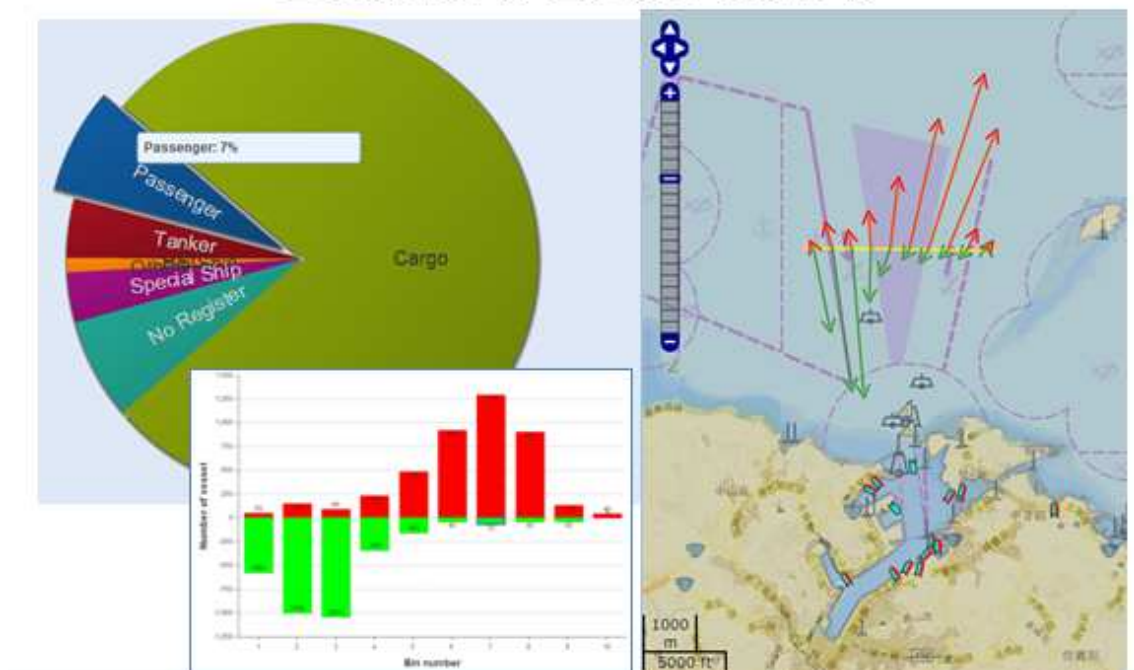
船舶種類、數量、船速、方向

2009/9/1-2009/10/31



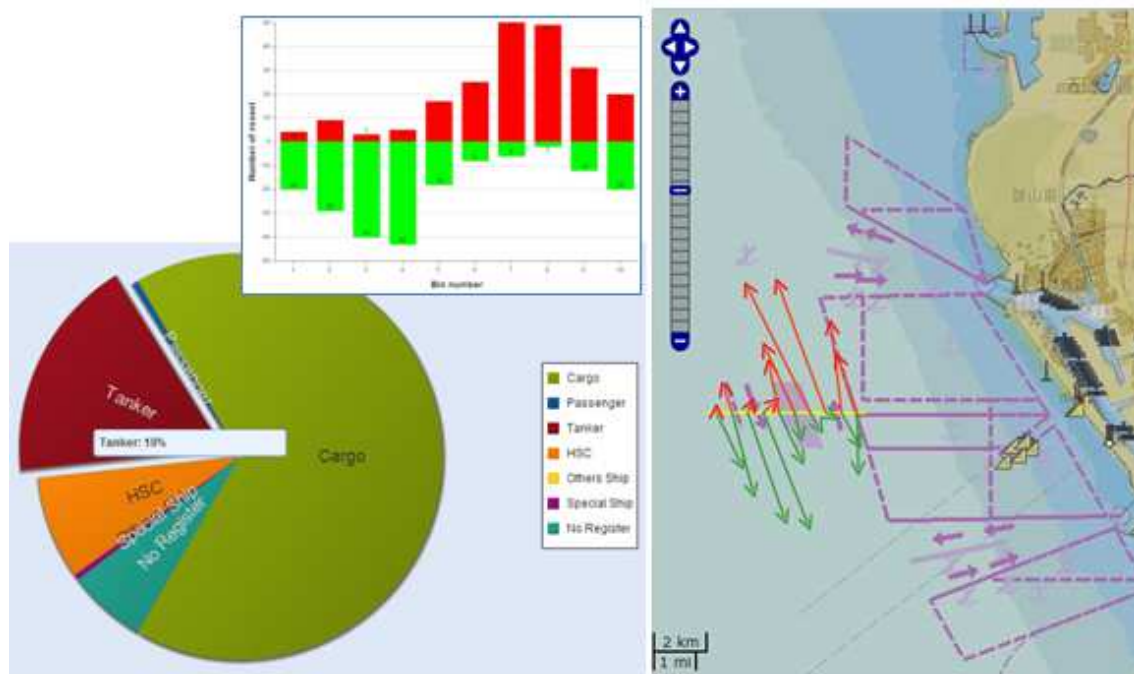
通過之船舶種類、船速、方向

2009/9/1-2009/10/31



船舶種類、數量、船速、方向

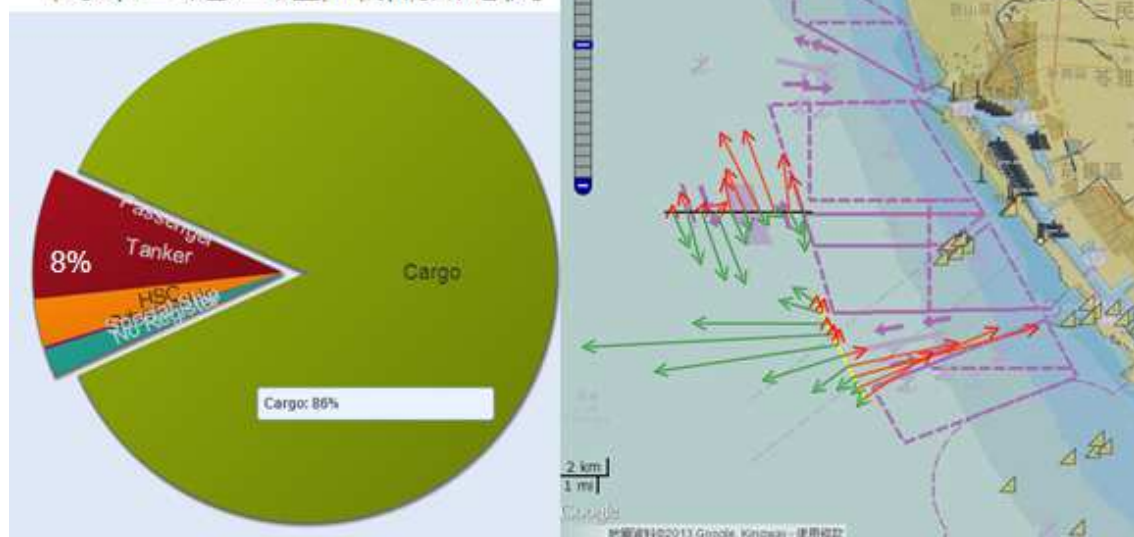
2009/9/1-2009/10/31



船舶種類、數量、船速、方向

2009/9/1-2009/10/31

高雄二港口進出船舶比例



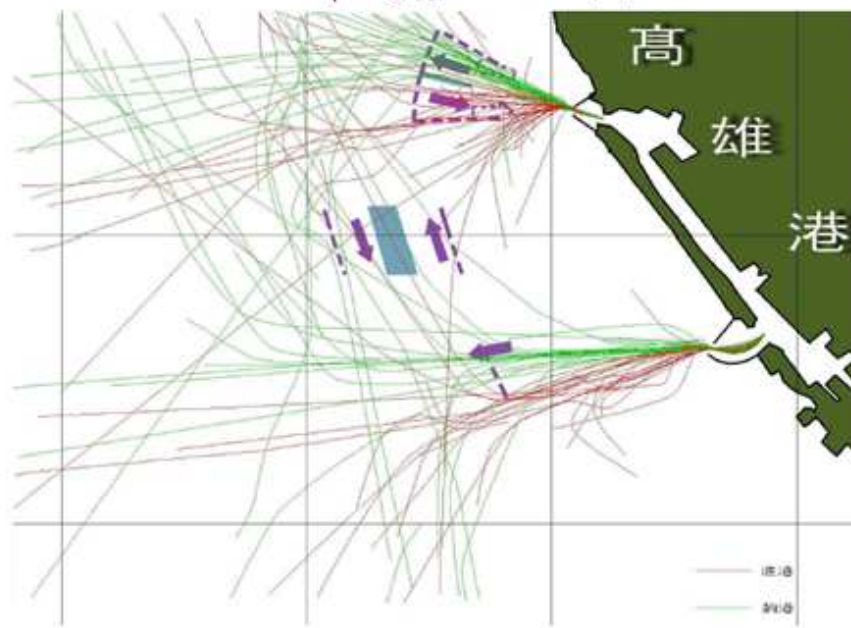
船舶交通服務之效益分析技術

- 「高雄港實施船舶交通服務系統之效益評估分析」(胡延章, 2007)
 - 安全性：以船舶航跡流檢測法、安全指標法、問卷調查法評估
 - 船舶航跡流檢測整流效果-以VTS雷達觀測3天
 - 安全指數=綜合事故換算數/船舶長度換算活動量
 - 船舶長度換算活動量：通過艘次依噸位與長度換算
 - 通過船舶：管制台、引水人、安檢所記錄每月取3天
 - 效率性：以通航效益計算法與問卷調查法評估
 - 協調進出港排班衝突而節省之等待時間

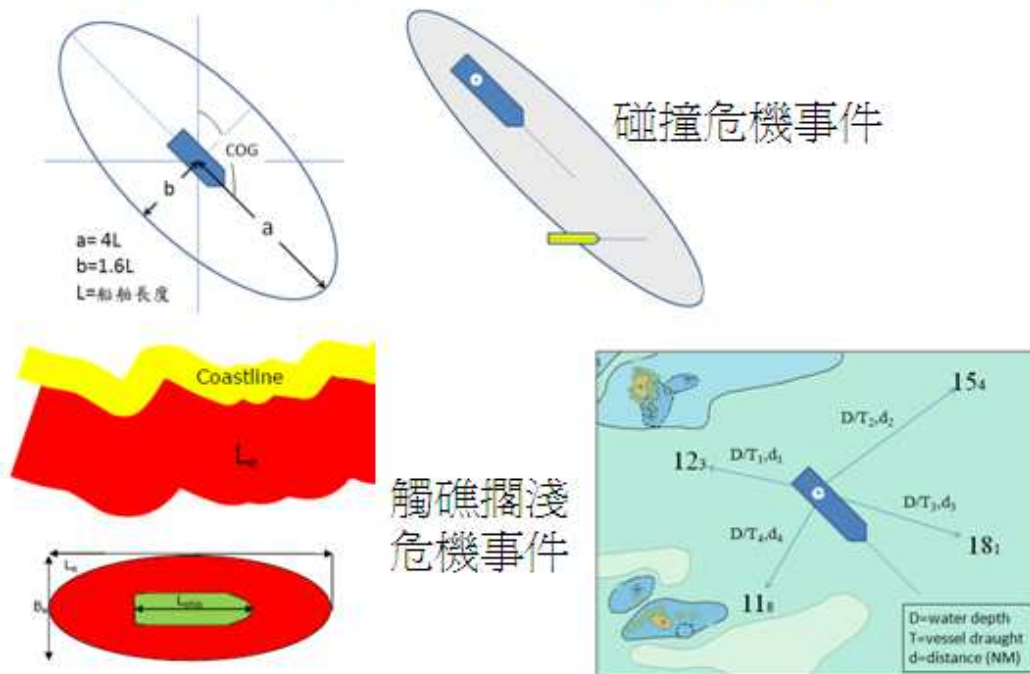
Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

高雄港VTS雷達觀測之航跡圖

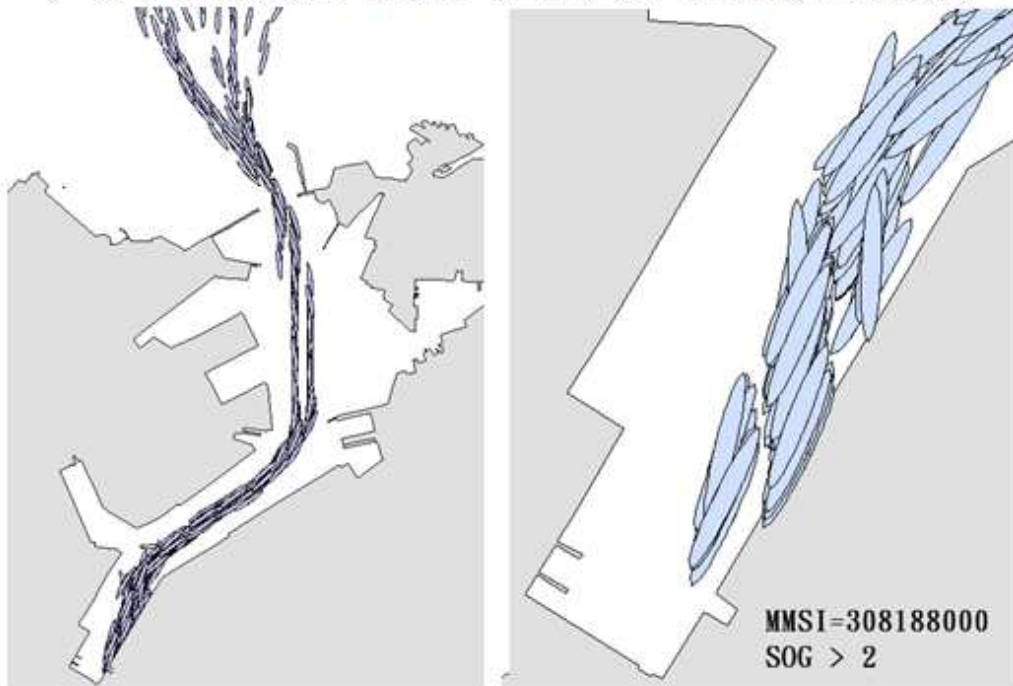
95年6月25-27日



用於偵測Near-Miss的船舶領域



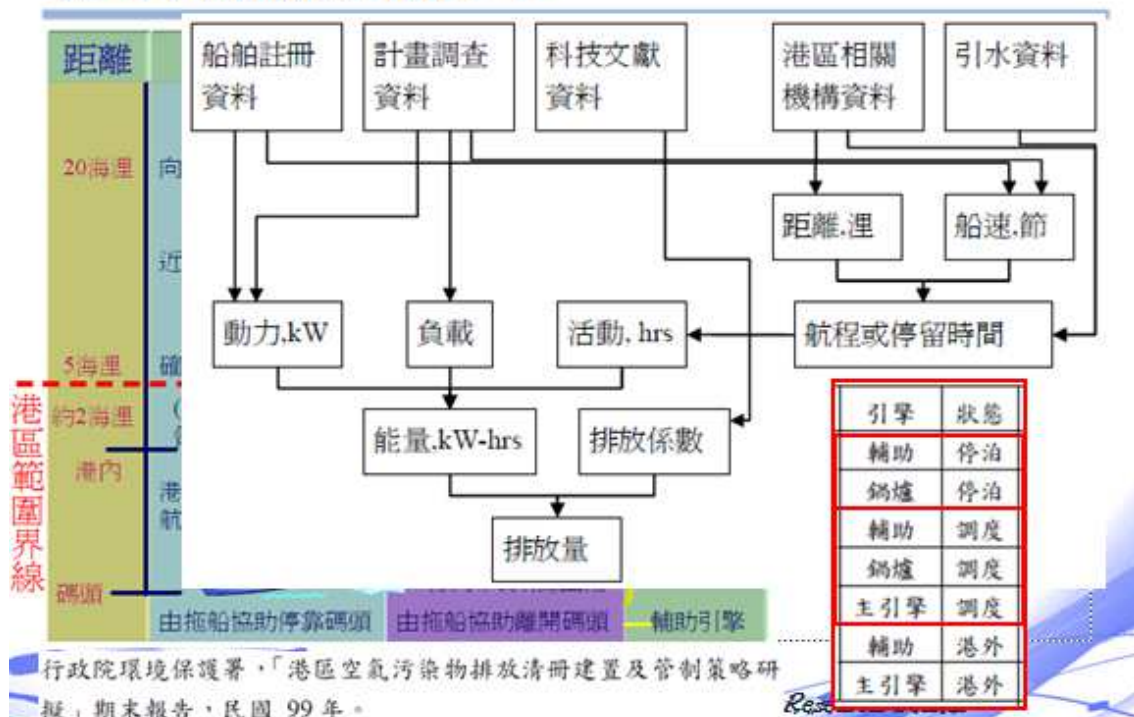
天秤星號郵輪多次停靠基隆港情形



臺中港內與錨區內的船舶動態



遠洋船舶排放量



（環保署）遠洋船舶排放量計算流程



基隆港內至港外20浬船舶航行路線設定
(環保署計畫)



以AIS估算船舶廢氣排放量

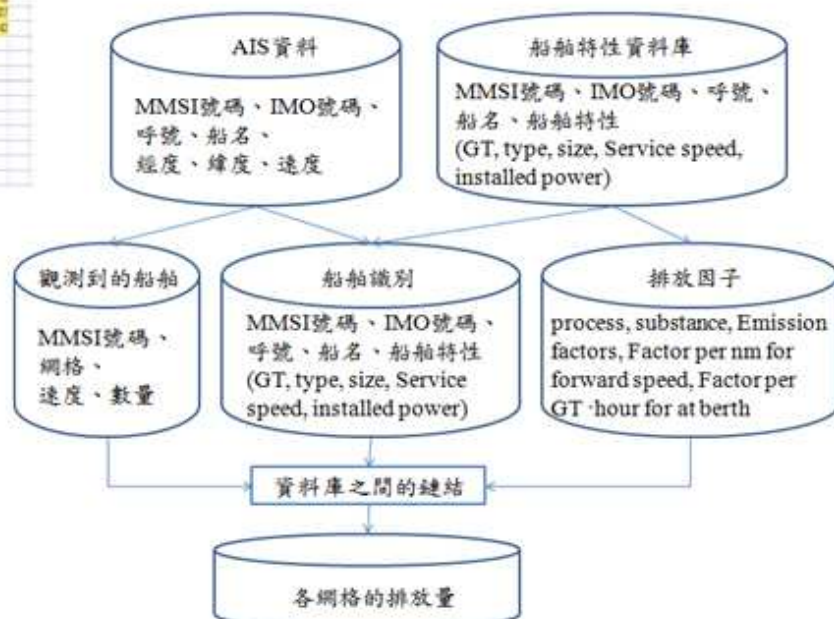
- 用AIS估算船舶廢氣排放量始於2008/2009
- 荷蘭MARIN每年估算荷蘭大陸礁層與港口等區域的遠洋船舶空汙排放量已利用AIS。
 - 從AIS資料檔案產生各網格內觀測到的船舶資料（每2分鐘觀測船在哪一網格，並記錄船速、航行狀態與吃水），再透過與其他資料庫的關聯得出每個空間網格內的排放量
- 歐盟聯合研究中心2010參考報告亦認為AIS資料可顯著改善海上交通排放量的全球估計
 - 可確認活動並評估速度，但主要風險在涵蓋率

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

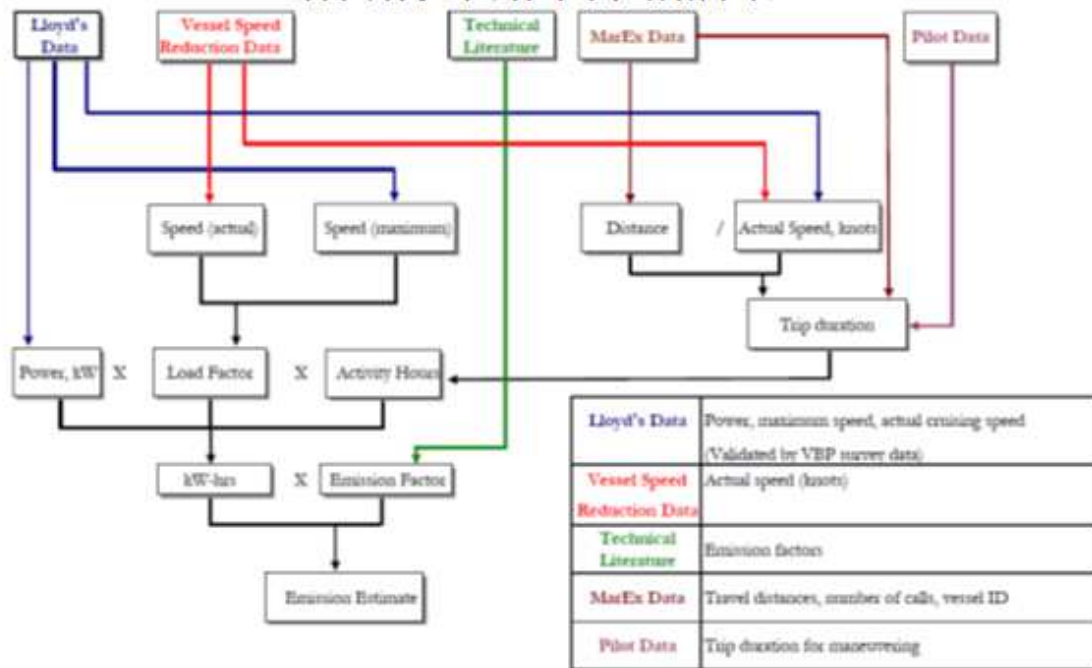
荷蘭MARIN估算排放量的程序



檢查AIS資料涵蓋率



美國洛杉磯港採用之主引擎 排放量估算流程

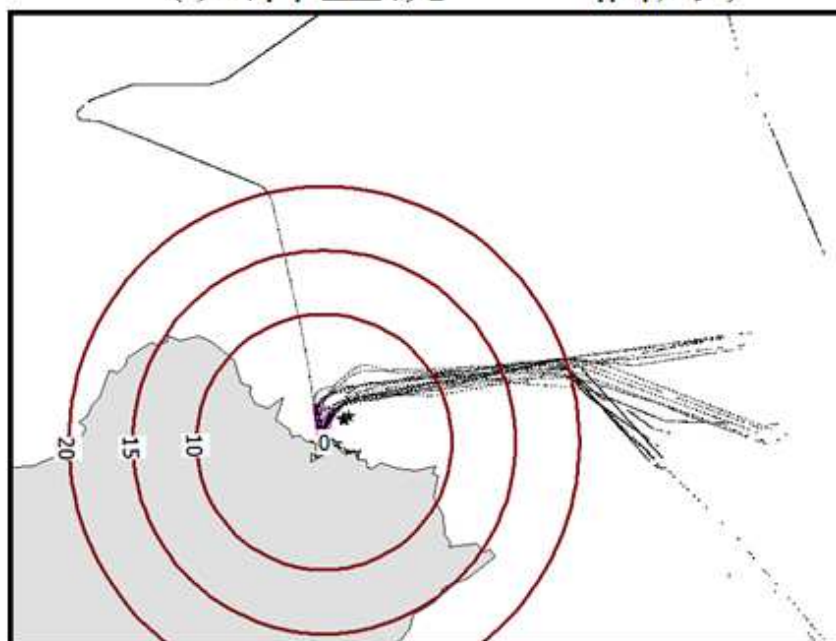


美國洛杉磯港空汙清冊地理範圍與航路 (MarineExchange, 船舶減速計畫)



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

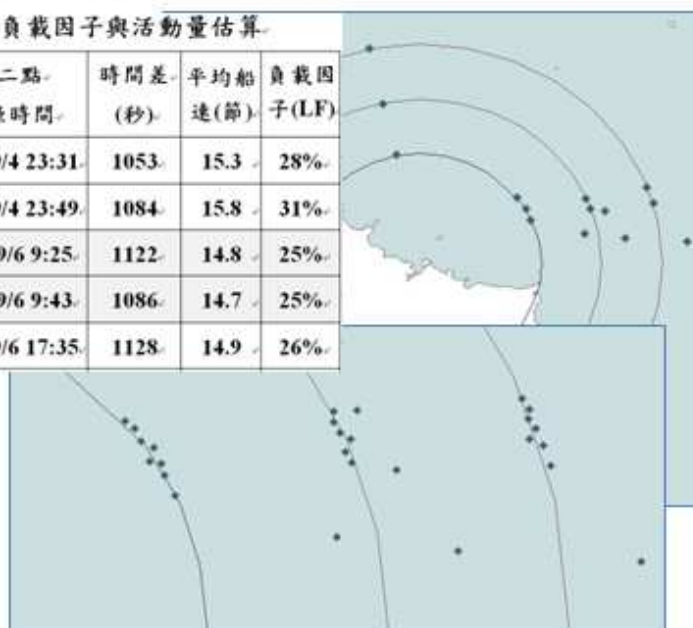
用以估算排放量的海湮線與航跡 (天秤星號，一個月)



天秤星號通過基隆港 10/15/20海湮線之航跡點偵測

表 3-4 以麗星郵輪天秤星號為例之負載因子與活動量估算

第一點 海湮線	第二點 海湮線	第一點 記錄時間	第二點 記錄時間	時間差 (秒)	平均船 速(節)	負載因 子(LF)
10	15	2009/9/4 23:13	2009/9/4 23:31	1053	15.3	28%
15	20	2009/9/4 23:31	2009/9/4 23:49	1084	15.8	31%
20	15	2009/9/6 9:06	2009/9/6 9:25	1122	14.8	25%
15	10	2009/9/6 9:25	2009/9/6 9:43	1086	14.7	25%
10	15	2009/9/6 17:16	2009/9/6 17:35	1128	14.9	26%

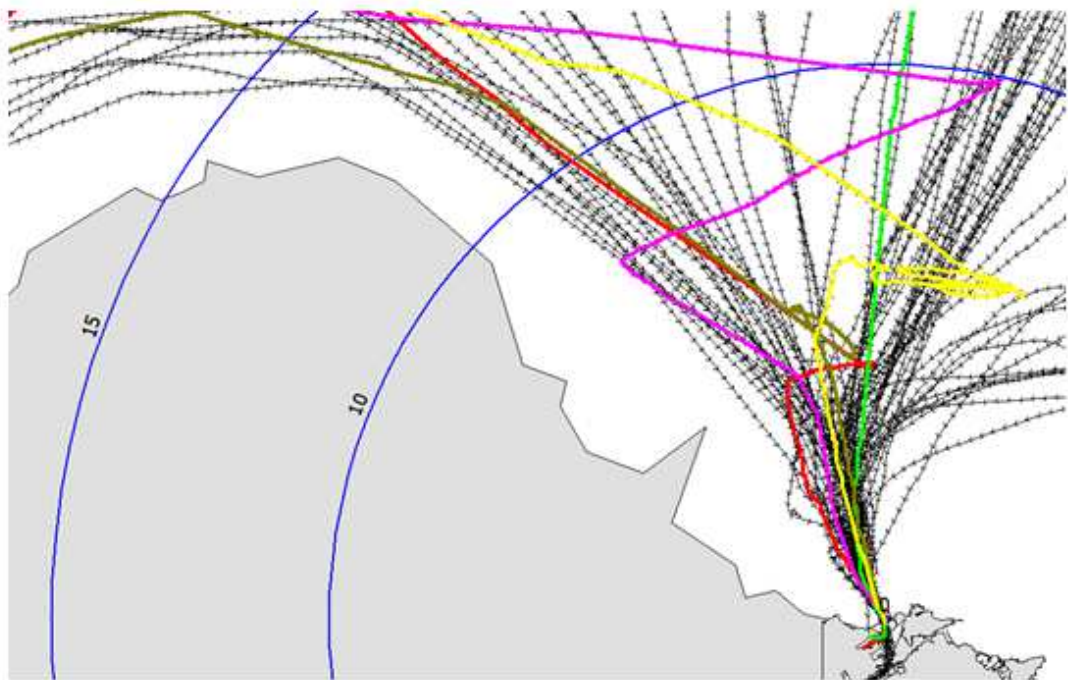


船舶進出港相關效率分析 狀況觀察



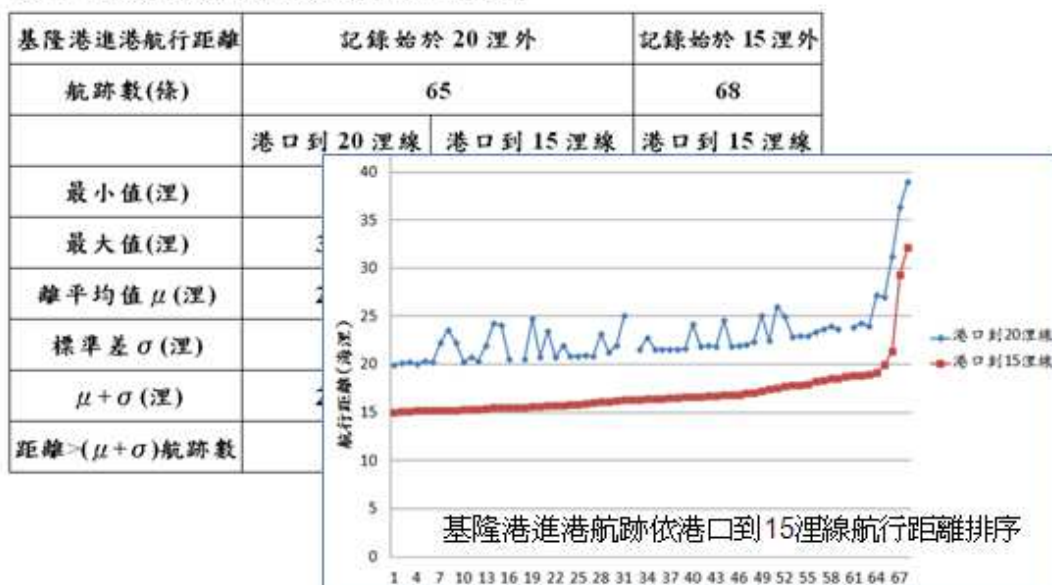
因無法進港而在基隆港外漂航繞圈的貨櫃輪航跡

基隆港進港航跡延遲狀況偵測



各航段之實際航行距離

表 3-15 基隆港進港航跡的航行距離分析



初步成果摘要

- 建立依據AIS 船舶動靜態資料產生船舶輪廓或領域的方法，可以與地理環境資訊進行整合分析
- 建立以逐船分析AIS航跡方式，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
- 建立以進港航跡長度分析偵測可能因排班衝突等影響而在港外徘徊或是繞遠路才駛進港口的狀況

後續研究

- 上述方法雖然經過初步驗證可行，但仍需擴大於更多的港口與應用情境進行試驗，並進一步研究精進以解決更細部的問題，獲得更完整可靠的解決方案。



Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

附錄二 期中報告審查意見處理表

計畫名稱：MOTC-IOT-102-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(1/4)

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
<p>國立成功大學 黃明志教授：</p> <p>一、摘要部分中英文不甚一致，尤其在拓樸幾何演算法與空間資訊分析技術部分，因報告中尚未呈現此部分計算結果，也無法判斷其必要性。有時候簡單的計算方法即可處理船舶領域與風險評估。</p> <p>二、報告中英文簡稱與中文翻譯交互使用，大部分在第一次出現時已併用，唯仍有部分遺漏，如 VTS，請加以補充。</p> <p>三、報告中 near-miss 與 near-collision 交互使用，是否統一，或是有必要差別區分。</p> <p>四、船舶噸位與主輔機動力差異大，環保署整理資料（表 2-1）只以船舶種類來區分主機動力，無法如 Puget Sound 2007 資料（表 2-4）貨櫃船以裝載貨櫃數區分輔機動力來得細膩，使用上須要</p>	<p>一、已於期末報告呈現並說明。</p> <p>二、已補充。</p> <p>三、已於期末報告改寫說明。</p> <p>四、本研究已彙整更多文獻，但在未購買船舶資料庫的情況下僅能依據 AIS 資料取得更細緻的對應。</p> <p>五、排放量計算依照基本公式，本研究著重於其中負載因子與活動量資料的自動化蒐集。</p> <p>六、看似簡單直覺的判斷，但從 AIS 資料取出</p>	<p>已改進</p> <p>已補充 已改進</p> <p>遵照委員指示辦理</p> <p>已改進</p> <p>遵照委員指示</p>

<p>注意，是否加強相關資料蒐集動作。</p> <p>五、排放係數表是否加總計算 EF 與計算公式配合。</p> <p>六、第 3-4 節以航跡平均值加標準差即可判斷異常航跡，看來簡單的計算方法即可處理。如何快速處理 AIS 巨量資料應該是本計畫要關注的重點。</p>	<p>進港航跡分區分段分析獲取時間與實際距離已牽涉許多空間資訊分析相關計算與巨量資料的處理。</p>	<p>辦理</p>
<p>國立臺灣大學 蔡進發教授：</p> <p>一、對國內外相關研究及規範蒐集完整。</p> <p>二、請定義綠色航路的範圍。</p> <p>三、37 頁的圖請定義流程方向。</p>	<p>一、感謝肯定</p> <p>二、已補充說明研究範圍。</p> <p>三、遵照辦理，已重新繪製流程。</p>	<p>符合規範</p> <p>已補充</p> <p>已改進</p>
<p>國立臺灣海洋大學 方志中教授</p> <p>一、Near collision 之模式應以船舶大小、航行海域及領港導航實務來訂定。</p> <p>二、負載因子 LF 是否有實船驗證？與廢氣排放量之關係為何？</p> <p>三、如何訂定各區段內之最適進出港航速限制，減碳量目標為何？</p> <p>四、進出港效率，除航跡外，進出港時程亦應是另一重要績效指標。</p> <p>五、環境資訊之範圍為何？地理、海洋環境（風、浪、流）資料？</p>	<p>一、確實如此，遵照辦理。</p> <p>二、本研究並無實船驗證之規劃。</p> <p>三、以本研究產出之方法，配合前期研究之模擬工具應可比較不同航速規定之影響。</p> <p>四、本研究以實際航跡之時間與距離為指標。</p> <p>五、全期計畫所稱</p>	<p>遵照委員指示辦理</p> <p>已修正</p> <p>遵照委員指示辦理</p> <p>遵照委員指示辦理</p>

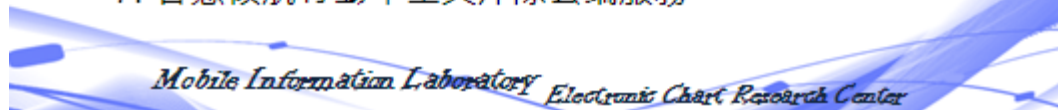
	環境資訊包括地理與海氣象，本年度先針對地理資訊。	符合規範要求
國立中山大學 薛憲文 教授： 一、本研究與 data mining 技術有關，但以目前之成果集中於空間，請多加說明時間及特性方面如何進行。 二、AIS 資料適用之離岸距離為何？如何蒐集整理台灣沿岸之資料？ 三、請說明如何加入環境資訊？	一、 期末已補充。 二、 詳見第 2 章。 三、 期末已補充。	已補充 已補充 已補充
運研所運安組 洪憲忠 研究員： 一、P14 工作項目宜強調港區。 二、P3 分年工作項目是否分年敘述？ 三、期末時船舶領域模式文獻回顧（如 near miss, collision 基準等），建議強化說明。 四、期末時相關估算模式宜明確細部敘述，以供討論。	一、遵照辦理。 二、遵照辦理。 三、遵照辦理。 四、遵照辦理，本研究著重於其中負載因子與活動量資料的自動化蒐集。估算所用相關參數與表格可隨時調整重算。	已修正 已修正 已修正 遵照委員指示辦理

附錄三 期末簡報資料



研究主題與重點

- 結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，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
 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
 6. 主要航道高品質3D動態航行海圖
 7. 智慧領航行動平臺與岸際雲端服務



分年執行策略

- 第一年(102)
 - 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)
 - 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)
 - 海事調查輔助技術與服務、建立航路建議與航程評估服務
- 第四年(105)
 - 智慧領航行動平臺與岸際雲端服務、高品質3D動態航行資訊服務

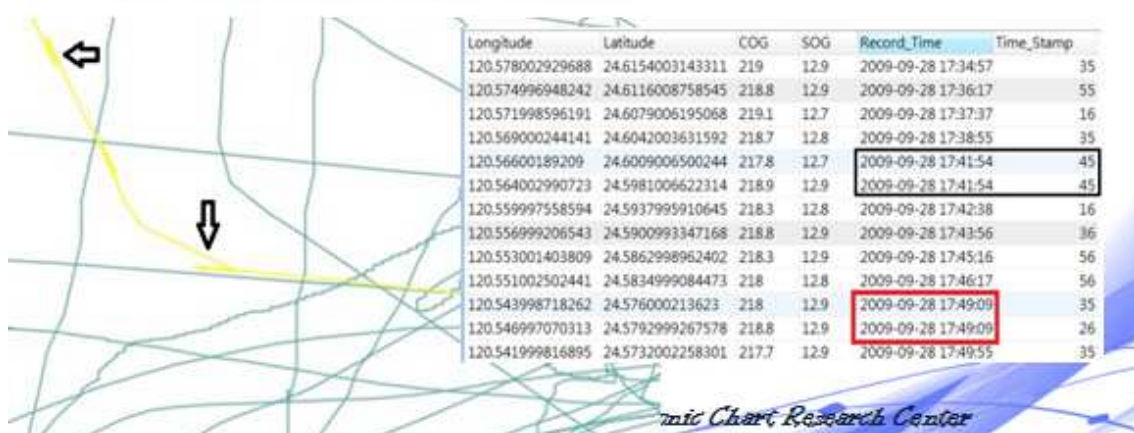
Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

船舶動態資料來源- 臺灣海域船舶動態資訊系統



AIS資料庫異常狀況偵測與處理

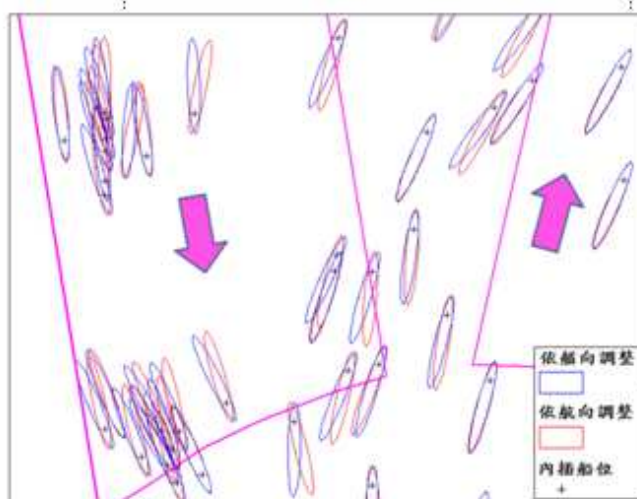
- 資料庫經緯度欄位精準度問題(0.25→102m)
- 軌跡1分鐘跳動超過經緯度1度?
- 同船同時間不同數值?



船舶動態內插 取得各船同一時間點動態

- 設定內插間隔
- 取時間最接近該內插時間前後資料依時間進行線性內插
- 每個內插點都利用到最接近的報告資訊
- 位置、航向、航速或艏向皆如此

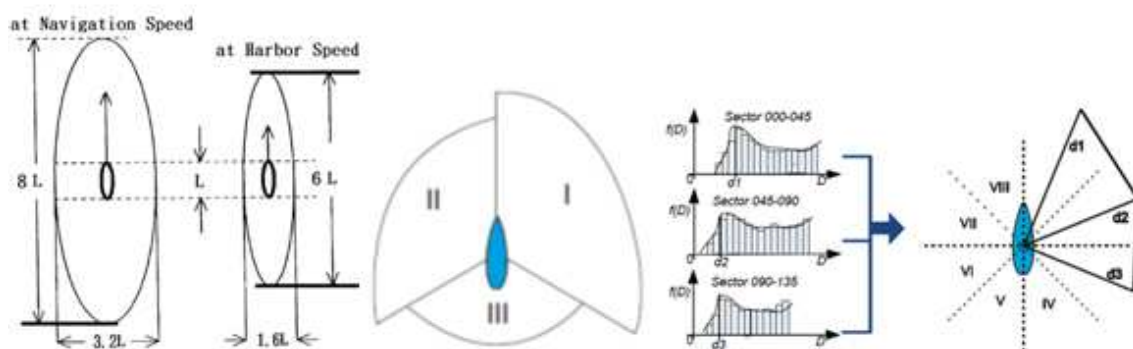
- 按一下以新增文字



該船GPS安裝在接近船艏位置

航行安全評估指標-船舶領域

- 船舶距離的統計分析
- 使用的距離？如何決定邊界？並無定論
- 用於評估水道的交通容量與航行安全→Fujii
- 用於評估海域交通危險指標→Goodwin
- 船舶動態觀測→雷達、AIS



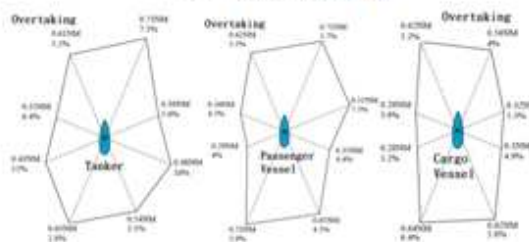
基於AIS的船舶領域-BalticMasterII

迎船正過： ΔCOG 在 170 度到 190 度之間

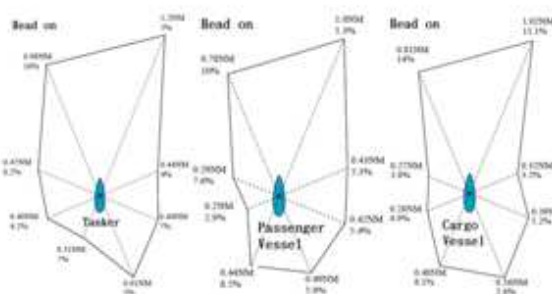
追越： $\Delta\text{COG} < 67.5$ 度或 $\Delta\text{COG} > 292.5$ 度

交叉相遇： $(\Delta\text{COG} > 67.4$ 度且 $\Delta\text{COG} < 170.1$ 度) 或
 $(\Delta\text{COG} > 189.9$ 度且 $\Delta\text{COG} < 292.6$ 度)

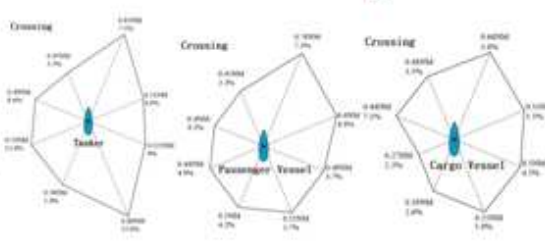
Overtaking



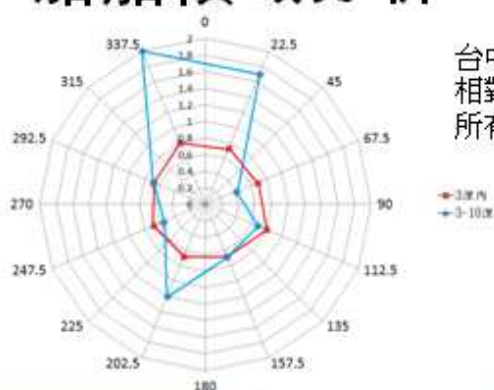
Head On



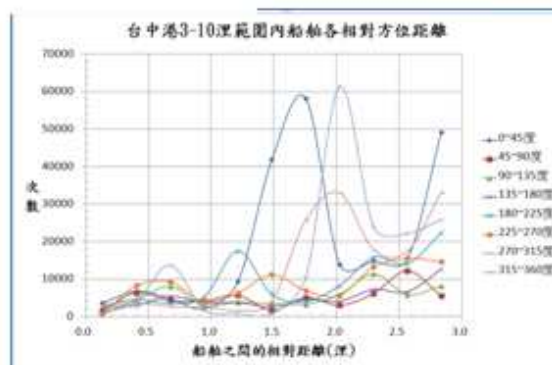
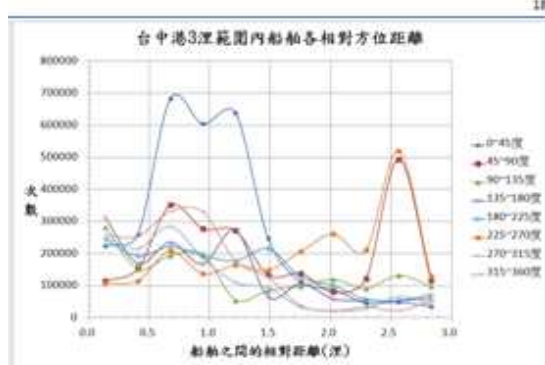
Crossing



船舶領域分析

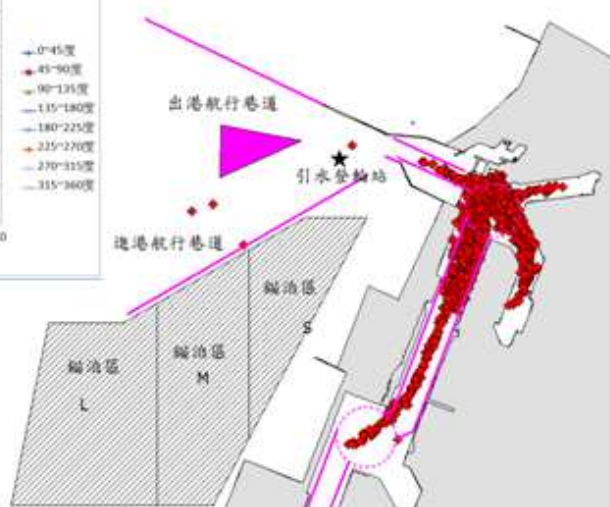
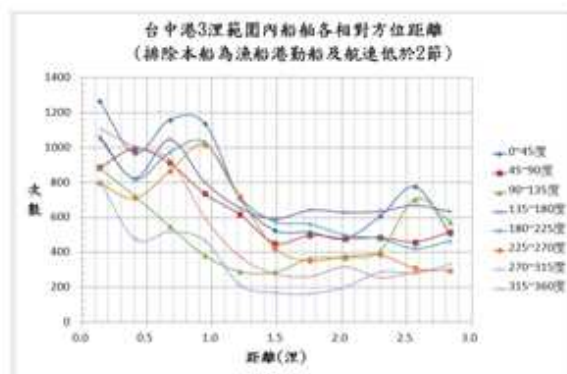


台中港3浬及3-10浬
相對方位8等份扇形
所有船舶間距離統計



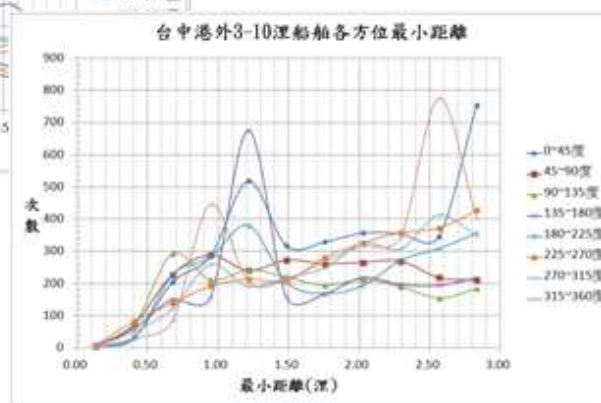
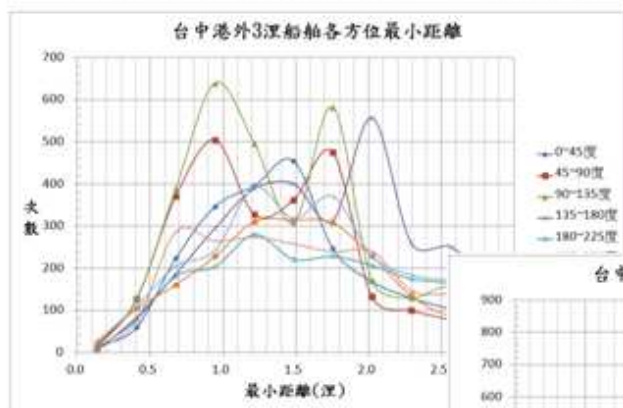
船舶領域分析

排除漁船港勤船與航速<2節船位



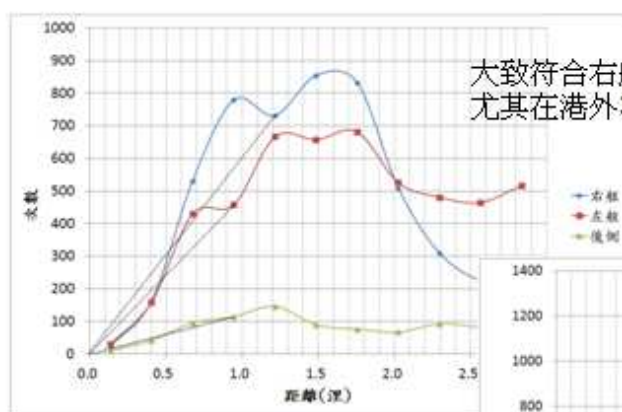
船舶領域分析

排除漁船港勤船與航速 <2 節船位，只取扇形內最小距離

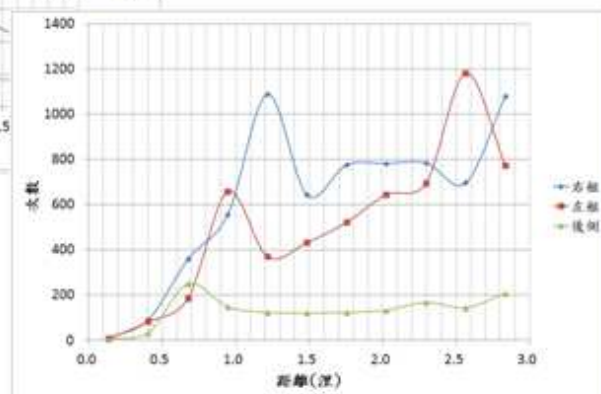


船舶領域分析

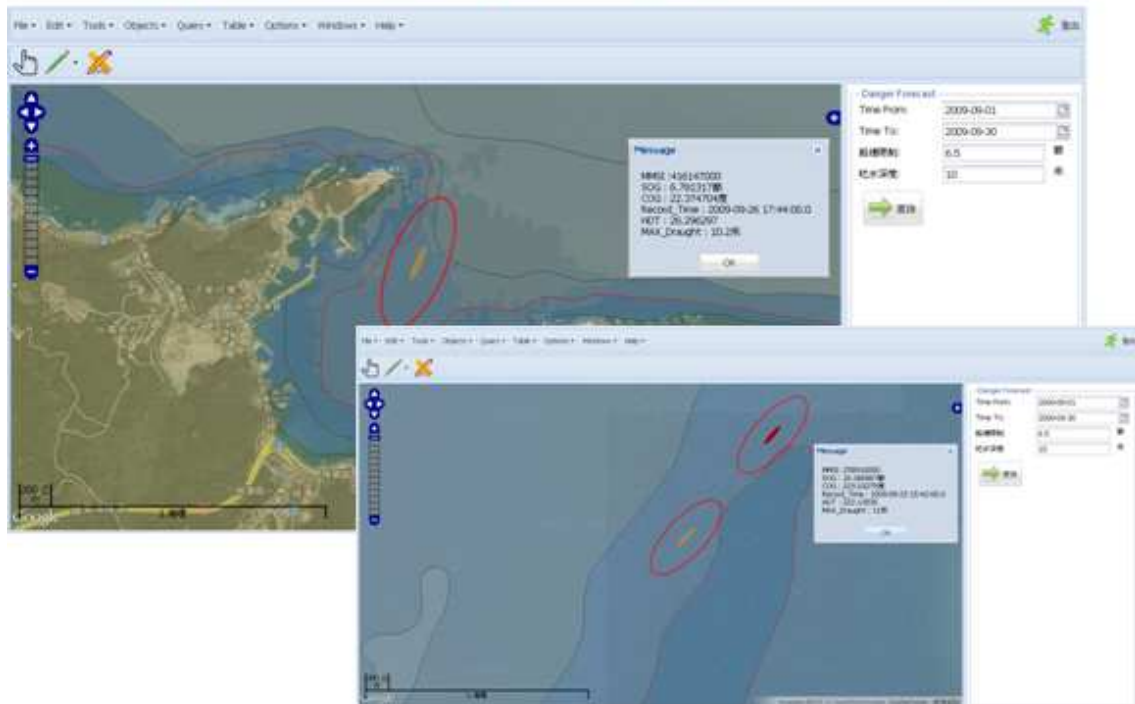
排除漁船港勤船與航速 <2 節船位，取CPA <3 哩& TCPA >0



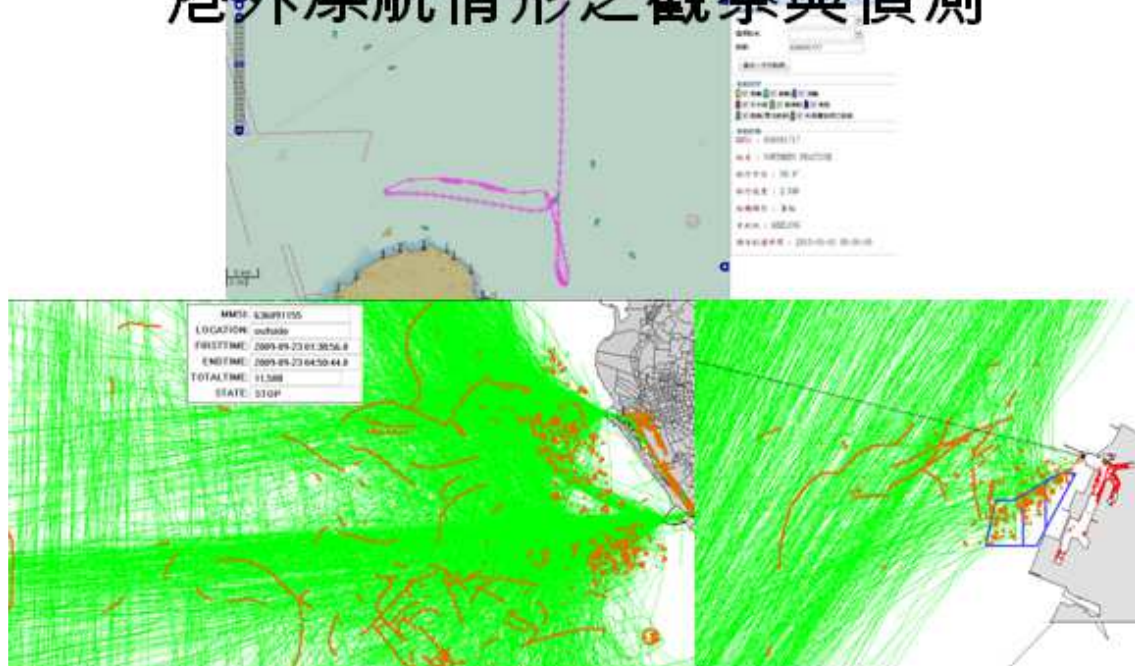
大致符合右舷大於左舷的情形，
尤其在港外3-10哩較開闊的水域內更明顯如此



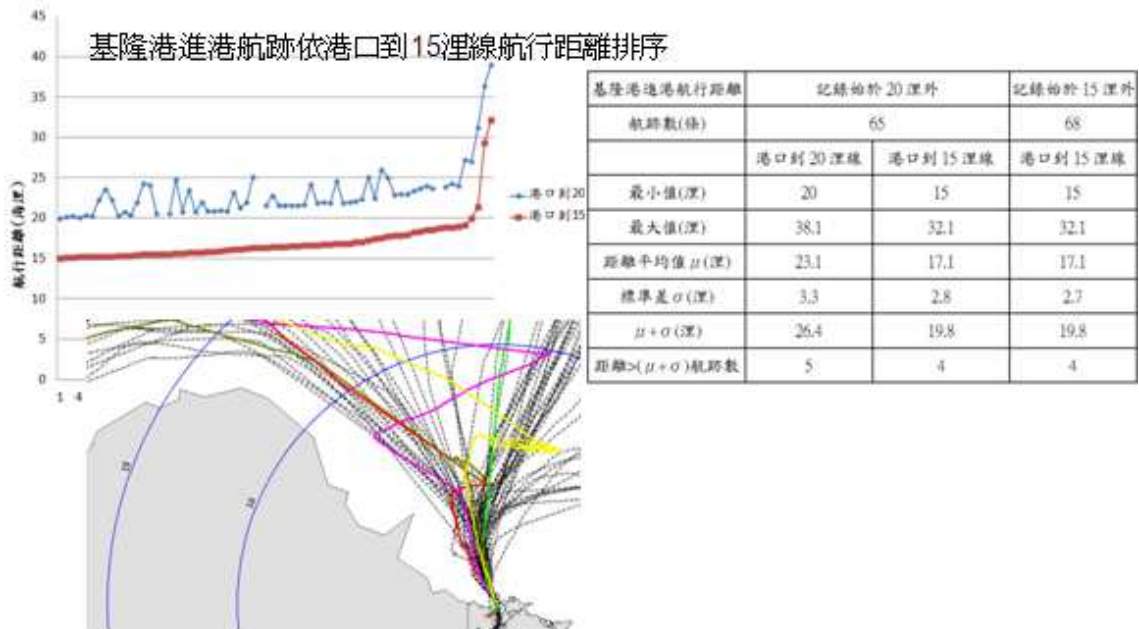
船舶動態與海圖水深資訊整合分析試驗



船舶進出港相關效率分析 港外漂航情形之觀察與偵測

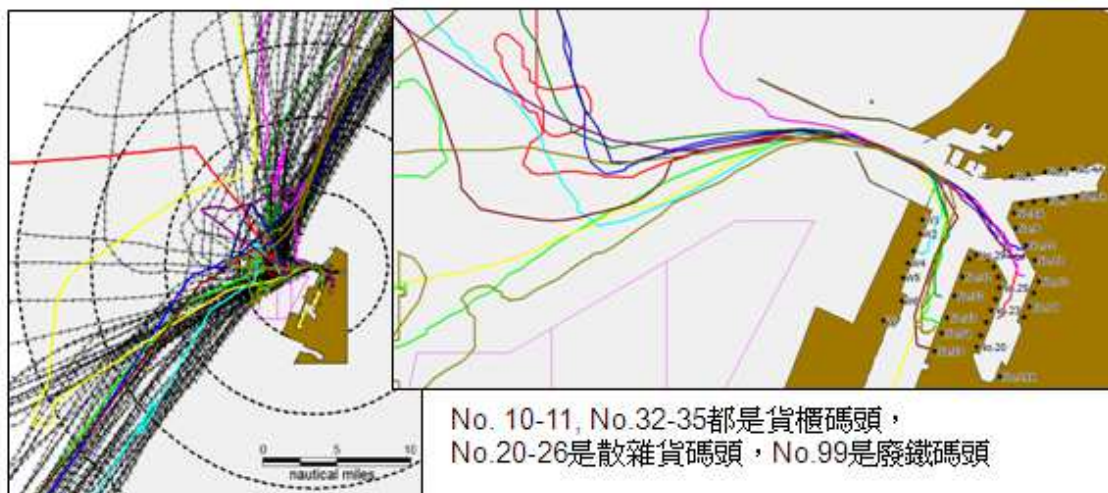


進港航行距離之分析與異常偵測 @基隆港



進港航行時間之分析與異常偵測 @台中港

穿越20浬距離圈到進港花費的時間統計如下：
 最小值約1.18小時，最大值約14.3小時，平均值約2.46小時
 標準差約1.51小時；平均值+標準差=約3.97小時。

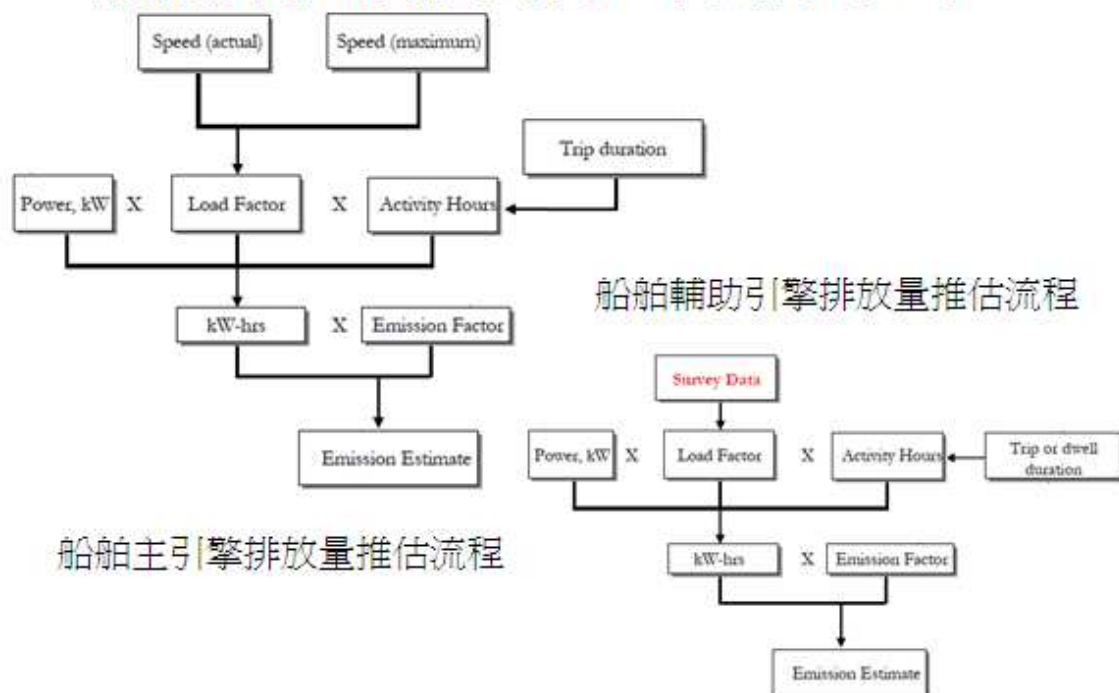


不同來向之進港航行時間與距離

表 3-2 台中港不同方向進港航跡之航行距離與時間分析

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

船舶節能減碳資料之自動化蒐集

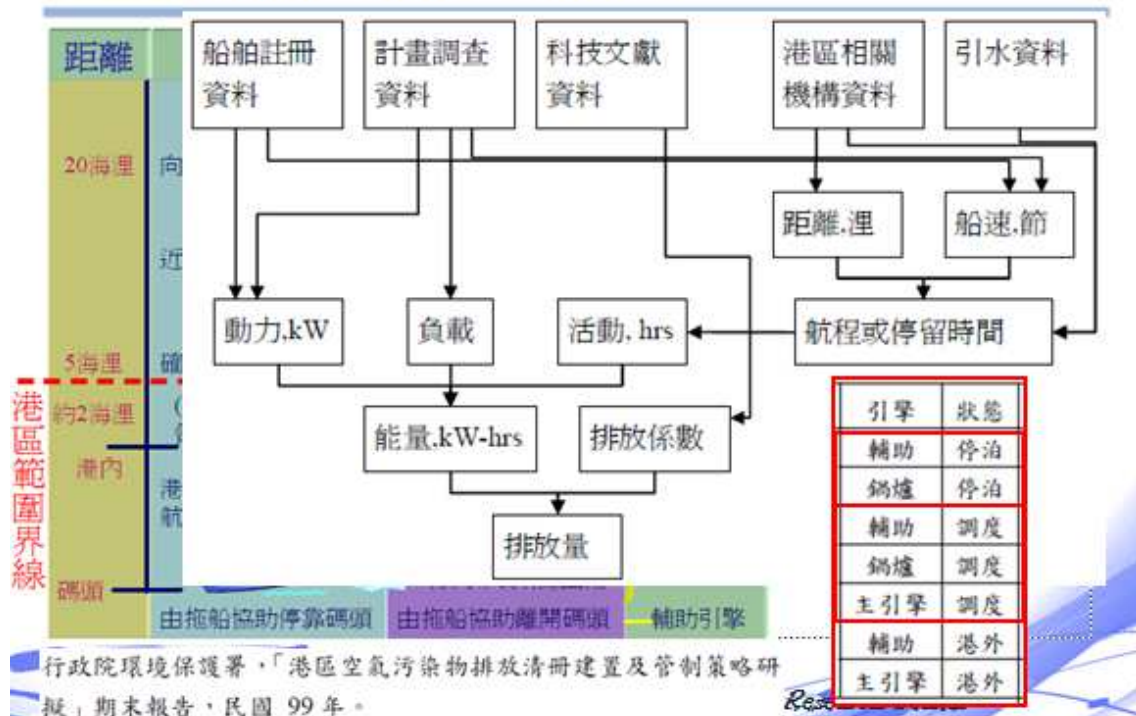


美國洛杉磯港空汙清冊地理範圍與航路 (MarineExchange, 船舶減速計畫)



以港口參考點為中心，取10,15,20,25,30,35,40哩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

遠洋船舶排放量估算



基隆港內至港外20浬船舶航行路線設定 (環保署計畫)



以AIS估算船舶廢氣排放量

- 用AIS估算船舶廢氣排放量始於2008/2009
- 荷蘭MARIN每年估算荷蘭大陸礁層與港口等區域的遠洋船舶空汙排放量已利用AIS。
 - 從AIS資料檔案產生各網格內觀測到的船舶資料（每2分鐘觀測船在哪一網格，並記錄船速、航行狀態與吃水），再透過與其他資料庫的關聯得出每個空間網格內的排放量
- 歐盟聯合研究中心2010參考報告亦認為AIS資料可顯著改善海上交通排放量的全球估計
 - 可確認活動並評估速度，但主要風險在涵蓋率

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center


船舶排放量估算

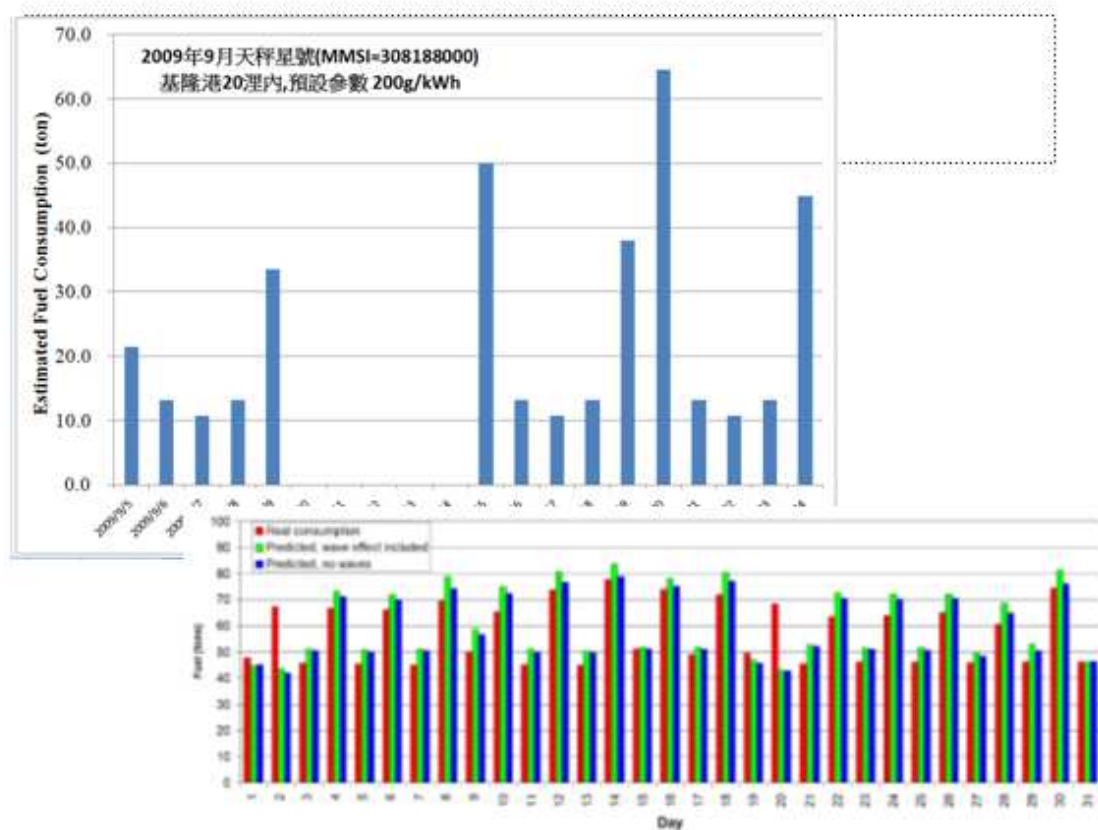
- 各國推估船舶排放量所用方法的最大差異
 - 與船舶動態有關的活動量與主引擎負載因子
- 研究重點
 - 船舶排放量資料的自動化蒐集，
- 目標
 - 直接利用AIS動態資料產生活動量與主引擎負載因子，用以推估遠洋船舶的空污排放量

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

估算方法的比較結果(NO_x)

表 4-2 估算方法的比較結果-以天秤星號為例

	內插航跡點網格式計算	直接以航跡線計算
排放量 20 海浬內(公噸)	7.201	7.917
活動量(停泊時間)	2860min (47.67hr)	2875min (47.92hr)
停泊排放量(公噸)	0.498	0.790
活動量(調度時間)	828min (13.8hr)	663min (11hr)
調度排放量(公噸)	0.331	0.248
活動量(航行時間)	1880min (31.33hr)	1960min (32.67hr)
航行排放量(公噸)	6.372	6.879
總活動量	5568min (92.8hr)	5498min (91.63hr)



排放量與油耗的空間分佈



具體成果-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，偵測近距離錯過之擱淺事件。

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

具體成果-2

- 統計分析台中港外3浬、3-10浬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、偵測近距離錯過之碰撞事件。

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

具體成果-3

- 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。
- 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

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

具體成果-4

- 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
- 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

Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

建議

- 本計畫建立的各項分析方法與工具，可產生船舶交通的安全、效率與環保相關指標，建議常規化應用。
- 對於各項分析中的若干參數或預設值，建議再依據各港實際數據調效驗證，以獲致更高的應用效益。



Mobile Information Laboratory Electronic Chart Research Center

附錄四 期末報告審查意見處理表

計畫名稱：MOTC-IOT-102-H2DB005a

結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(1/4)

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
國立成功大學 黃明志教授： 一、第 3.1.2 小節內插時間間隔與資料中斷界限值是否有合理的建議值，或者需要經驗判斷。	一、 依據 AIS 標準與通訊涵蓋範圍經判斷與試驗後分別採用 2min 與 1 hr。	符合規範要求
二、第 3.2 節圖 3.5 台中港 3-10 哩範圍內 8 方位船舶距離分佈圖橫軸距離上限有 3 哩，是否省略 3-10 哩範圍，請說明。此外圖 3.4 與圖 3.5 轉換為圖 3.6 時，只以最大距離為邊界，忽略縱軸次數分佈效應，為何不採加權計算，請加以補充。	二、 僅取對船舶領域較有意義之距離範圍；圖 3.6 係參考 Fujii 原則，取最近的次數分佈 local max.。	符合規範要求
三、第 3.2 節船舶距離統計分佈中有些設定，如船速小於 2 節等，似乎傾向於經驗判斷，與 p.24 船速小於 0.1 節視為停船事件之設定差異太大，請說明。	三、 p.24 文獻中為停靠碼頭第 3.2 節需考慮港外水流的影響。	已改進
四、第 3 章以 AIS 航跡分析進行	四、 文獻中的雷達軌跡太少難與 AIS 比較。期末取得之 VTS 雷達資料將用於後續研究。	已補充
	五、 兩種方法用於	

<p>各種安全效益評估，是否能與雷達觀測航跡分析之結果(如圖 2.9 高雄港的範例)進行定量或定性的差異比對。</p> <p>五、表 4-2 顯示網格式計算與航跡線計算差異不大，是否有特別的應用說明。</p>	<p>互相檢核避免複雜計算過程中的錯誤；也用於確認內插相關參數的適當性。</p>	<p>遵照委員指示辦理</p>
<p>國立臺灣大學 蔡進發教授：</p> <p>一、國內外資料蒐集完整。</p> <p>二、請針對航行安全提出本研究的船舶領域模式。</p> <p>三、請檢查 AIS 估算船舶油耗的標準差。</p> <p>四、建議 2.3.4 移至 2.4 節中。</p>	<p>一、感謝肯定</p> <p>二、已建立各海域船舶領域之方法。於航行安全之應用將於後續以海事案件及 near-miss 偵測驗證。</p> <p>三、該標準差係採 excel 以資料為樣本用 STDEV 函數估算得 997，若以資料為母體改以 STDEVP 估算則為 963。</p> <p>四、目前編排係區分安全與效率，將調整標題使其更明確</p>	<p>已補充</p> <p>符合規範要求</p> <p>遵照委員指示辦理</p> <p>已補充</p>
<p>國立臺灣海洋大學 方志中教授</p> <p>一、研發成果均符合預期規劃。</p> <p>二、第三章資料庫分析之各節，應明確標示資料時間及樣</p>	<p>一、謝謝。</p> <p>二、已補充。</p> <p>三、後續將聯繫設</p>	<p>已補充</p>

<p>本數目</p> <p>三、節能減碳模式應與實際量測進行驗證(天秤星耗油量分析)</p> <p>四、船舶領域之模式應區分為外海出入港區，港區 data 較易獲得結論。</p> <p>五、船舶主機排放推估模式應再加強及驗證。</p>	<p>法取得。</p> <p>四、已分別研究港口 3 哩內、3-10 哩、澎湖水道、彰濱等不同海域。</p> <p>五、每個步驟皆已再驗證強化，唯仍缺各船主機真實資料。</p>	<p>已改進</p> <p>已補充</p>
<p>國立中山大學 薛憲文 教授：</p> <p>一、研究內容豐富。</p> <p>二、部份圖內容之說明需補充，例圖 3.3、圖 4.9 及圖 4.10、圖 3.18</p> <p>三、報告包含研究(即分析比較方法之差異)及應用(例如：漂航、異常進港航分析等)，但研究之結果是否有結論(例：表 4-2 未明顯見到結論)，而於綠色航路之應用為何？宜加強說明</p>	<p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p> <p>三、提供各港相關投資與運作決策參考。船舶預先獲知碼頭排程延遲時可提前減速緩行以節能減碳。</p>	<p>已補充</p> <p>遵照委員指示辦理</p> <p>遵照委員指示辦理</p>
<p>港研中心 邱永芳 主任：</p> <p>一、符合原規劃內容，成果尚佳。</p>	<p>一、感謝肯定。</p>	<p>已補充</p>
<p>運研所運安組 洪憲忠 研究員：</p> <p>一、P.27 「Main Engine」、「Auxiliary Engine」中譯「主機」、「輔機」，其他章節中譯「主引擎」、「輔助引擎」，是否統一使用「主機」、「輔機」？</p>	<p>一、已統一使用「主機」、「輔機」。</p> <p>二、遵照辦理。</p> <p>三、現有海事名詞專書或資料庫查無</p>	<p>已改進</p> <p>遵照委員指示辦理</p> <p>遵照委員指示辦理</p>

<p>二、P.79 第 1-3 行，宜改寫強化，使敘述明確</p> <p>三、P.85 近距離「錯過」之擱淺、碰撞，是否有更適當之用詞來中譯 Near Missed。</p> <p>四、漁船引發海事事件不少，為何船舶領域分析將其排除？</p>	<p>其他適當中譯用詞，擬改為「近距離避開」。</p> <p>四、漁船軌跡與商船差異甚大，若納入將更難分析出屬於商船的規律。</p>	<p>符合規範要求</p>
<p>臺灣港務(股)公司 張雅富處長：</p> <p>一、第一章第一頁內容有投標計畫書之語意與「本計畫預期可發揮…」文字，建議再檢視修正</p> <p>二、期中報告審查紀錄請補上文件</p> <p>三、第 37-39 頁所提遠洋船舶其定義為何；第 40 頁有關環保署對船舶航行路線設定，應以船舶進出港安全及時間效率為優先，宜由交通主管機關進行航路路線指派，而非單位環保因素考量。</p> <p>四、第 63 頁第二段，請補充說明「我國國際商港的碼頭利用率，一般而言不算很高」之依據。</p> <p>五、第四章以單一船舶為例論證可能有失誤研判，未考慮各種船舶的營運及操作特</p>	<p>一、遵照辦理。</p> <p>二、遵照辦理。</p> <p>三、遠洋船舶之定義係依循環保署與港研相關計畫之說法，泛指 ocean-going 船舶；環保署計畫報告內所繪航行路線僅為該計畫計算排放量用。</p> <p>四、此段係依據基隆港 AIS 看所有碼頭的平均停靠狀況，個別港口與碼頭利用率高低不一，但應仍有調整提升整體利用率的空間。</p>	<p>已修正</p> <p>已修正</p> <p>遵照委員指示辦理</p> <p>符合規範要求</p>

<p>性，例如麗星郵輪有海上活動的巡航及避風動作各種航行因素。</p> <p>六、第五章第 86 頁之最後兩段建議請再具體補充，有產生那些可參考指標及如何常規化應用；另那些參數值如何依據各港實際值調效驗證。</p> <p>七、參考文獻第 21 項引用之胡廷章、周和平著之海大碩士論文，周和平應為指導教授請更正，其他文獻內容建議請再檢查。</p>	<p>五、目前研究重點在從岸端以 AIS 資料自動化估算船舶油耗、排放量及其空間分佈；以麗星郵輪為例係因其有較固定船班進出基隆港；用以展現分析個別船舶的效果；船舶操縱與海氣象因素將再於後續研究納入考量。</p> <p>六、遵照辦理。</p> <p>七、遵照辦理。</p>	<p>符合規範要求</p> <p>已修正</p> <p>已修正</p>
--	---	-------------------------------------