

100-19-7511

MOTC-IOT-99-H2DB005

# 智慧化海運系統建立之研究(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100-19-7511  
MOTC-IOT-99-H2DB005

## 智慧化海運系統建立之研究(2/4)

著 者：邱永芳、張淑淨、張富東、蔣敏玲

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

智慧化海運系統建立之研究(2/4)

/邱永芳等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7164-5 (平裝)

1. 航運管理 2. 運輸系統

557.43029

100002656

智慧化海運系統建立之研究(2/4)

著 者：邱永芳、張淑淨、張富東、蔣敏玲

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](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 100 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：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：1010000301

ISBN：978-986-02-7164-5(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

100

智慧化海運系統建立之研究  
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN:1010000301

定價 200 元

## 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：智慧化海運系統建立之研究 (2/4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                               |                           |                                                              |
| 國際標準書號 (或叢刊號)<br>ISBN978-986-02-7164-5(平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 政府出版品統一編號<br>1010000301                                                                                       | 運輸研究所出版品編號<br>100-19-7511 | 計畫編號<br>99-H2DB005                                           |
| 本所主辦單位：港研中心<br>主管：邱永芳<br>計畫主持人：邱永芳<br>研究人員：蔣敏玲<br>聯絡電話：04-26587115<br>傳真號碼：04-26564418                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 合作研究單位：國立台灣海洋大學<br>計畫主持人：張淑淨<br>研究人員：許功穎、楊家翱、陳冠寧、常維仁、吳永將、顏敬倫、陳柏誠、盧明瑄<br>地址：202 基隆市北寧路 2 號<br>聯絡電話：02-24629225 |                           | 研究期間<br>自 99 年 3 月<br>至<br>99 年 10 月                         |
| 關鍵詞：智慧型運輸系統、整合船橋系統、交通流、空間資料探勘                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                           |                                                              |
| <p>本計畫的目標是藉由船舶、港埠、以及船岸之間資通訊技術的應用，在 e-化航行的國際架構下實現智慧化海運系統 (Maritime ITS, M-ITS)。具體研究成果如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 就 M-ITS 的定位導航效能需求探討系統技術現況，建議我國應設置沿岸 DGNS 服務，並發展具 RAIM 機制的船舶整合導航裝置</li> <li>2. 就 M-ITS 的寬頻通訊需求探討技術現況，分析結果是海上多躍式無線通訊網路技術在臺灣三大國際商港 20 哩範圍內約可服務 80-90%船舶。</li> <li>3. 就 M-ITS 的空間資料庫需求探討資料現況，規劃資料庫內容結構，試驗整合海陸圖資於網路地圖，並於船端提出水深雷達的創新設計。</li> <li>4. 建立船舶交通流統計分析技術與網路應用服務，使沿岸 AIS 網路與 AIS 資料庫落實成為海運研究與交通管理實務應用的重要資產與工具。</li> <li>5. 建構完成智慧船橋系統研發所需的完整模擬測試平台環境。</li> </ol> <p>本研究之成果效益，以及可以提供本所或政府機關之後續應用情形包含下列幾項：建立各國際港、海巡署與漁業署等船舶遠距識別與追蹤系統，提升航行安全與效率。應用在提供國內航行所需之氣象、航路規劃等資訊，促進船舶航行的安全與保全。應用在提升船舶間之通訊技術。例如：船對船、船對岸、岸對船、岸對岸之間的通訊。應用在船舶交通的追蹤與管理，改善運輸與物流效率。應用在船難支援、緊急應變與搜救的服務。</p> |                                                                                                               |                           |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 頁數                                                                                                            | 定價                        | 本 出 版 品 取 得 方 式                                              |
| 100 年 4 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 190                                                                                                           | 200                       | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。 |
| 機密等級：<br><input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密<br>(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，<br><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)<br><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: Establishment of Maritime Intelligent Transportation System (2/4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| ISBN(OR ISSN)<br>ISBN978-986-02-7164-5<br>(pbk)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1010000301 | IOT SERIAL NUMBER<br>100-19-7511 | PROJECT NUMBER<br>99-H2DB005                                                                                                                                                                                           |
| DIVISION: Harbor & Marine Technology Center<br>DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-fang<br>PROJECT STAFF: Chiang Ming-ling<br>PHONE: (04) 26587115<br>FAX: (04) 26564418                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                              |                                  | PROJECT PERIOD<br><br>FROM March 2010<br>TO October 2010                                                                                                                                                               |
| RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Shwu-jing<br>PROJECT STAFF: Hsu Gong-ying,<br>ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, TAIWAN, REPUBLIC OF CHINA<br>PHONE: (02) 24629225                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| KEY WORDS:<br>Intelligent Transportation System, Integrated Bridge System, Vessel Traffic, Spatial Data Mining                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>The project goal is to establish Maritime Intelligent Transportation System (M-ITS) via the application of information and communication technologies in vessels, port management and the ship-shore interface. Results delivered in this 2nd year project include:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Survey of the navigation requirements and technologies for M-ITS, and then suggestions for the shore-side (a coastal DGNS service) as well as the ship-side (an integrated navigation device with RAIM mechanism).</li> <li>2. Survey of the communication requirements and technologies for M-ITS, and the feasibility for multi-hop wireless network to service vessels within 20 NM of Taiwan's major harbors evaluated with AIS database.</li> <li>3. Preliminary design and test of M-ITS Geospatial database and application.</li> <li>4. AIS-based vessel traffic analysis tools and web services.</li> <li>5. A test and simulation platform environment for the research and development of intelligent Integrated Bridge System.</li> </ol> <p>The research focus on the following items:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementation Long Range Identification and Tracking System</li> <li>2. M-ITS Geo-spatial requirement analysis and preliminary design</li> <li>3. Development of AIS-based maritime traffic analysis technique</li> <li>4. Design and implementation of test and simulation platform environment for the research and development of intelligent Integrated Bridge System.</li> </ol> |                                              |                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| DATE OF PUBLICATION<br><br>April 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | NUMBER OF PAGES<br><br>190                   | PRICE<br><br>200                 | CLASSIFICATION<br><input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET<br><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 .....                             | IX   |
| 表目錄 .....                             | XIV  |
| 第一章 緒 論 .....                         | 1-1  |
| 1.1 研究背景及目的 .....                     | 1-1  |
| 1.2 國際海事組織的 e-化航行發展策略與實行計畫 .....      | 1-4  |
| 1.3 國內相關發展 .....                      | 1-7  |
| 1.3.1 航港資訊系統 .....                    | 1-7  |
| 1.3.2 船舶自動識別與報告系統 .....               | 1-8  |
| 1.3.3 無線電助導航設施 .....                  | 1-9  |
| 1.4 歐盟的 e-Maritime 與智慧化海運發展 .....     | 1-10 |
| 1.4.1 歐盟的 MarNIS 計畫 .....             | 1-10 |
| 1.4.2 歐盟 EFFORTS 計畫的 port ECDIS ..... | 1-12 |
| 1.4.3 波羅的海區域的 EfficenSEA 計畫 .....     | 1-13 |
| 1.5 國外其他相關研究 .....                    | 1-14 |
| 1.5.1 新加坡的 TRITON 計畫 .....            | 1-14 |
| 1.5.2 法國海軍學院研究所的研究 .....              | 1-14 |

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 1.6 研究範圍與工作內容.....             | 1-16 |
| 1.7 執行情形與報告架構.....             | 1-17 |
| 第二章 智慧海運之導航定位服務.....           | 2-1  |
| 2.1 導航定位系統的效能.....             | 2-1  |
| 2.1.1 品質參數.....                | 2-1  |
| 2.1.2 準確度的度量.....              | 2-2  |
| 2.2 國際海事組織對於全球無線電導航系統的要求 ..... | 2-3  |
| 2.3 全球導航衛星系統(GNSS).....        | 2-7  |
| 2.3.1 GPS 與 GLONASS.....       | 2-7  |
| 2.3.2 全球導航衛星系統的擴增系統.....       | 2-8  |
| 2.3.3 伽利略系統 GALILEO .....      | 2-9  |
| 2.4 地面無線電定位系統與 GNSS 的備援 .....  | 2-13 |
| 2.5 定位導航技術的組合與後續發展.....        | 2-15 |
| 2.6 小結 .....                   | 2-18 |
| 第三章 智慧海運之寬頻通訊服務.....           | 3-1  |
| 3.1 智慧化海運的通訊需求.....            | 3-1  |
| 3.1.1 船舶的自動通訊需求.....           | 3-1  |
| 3.1.2 港口通關及其他強制報告.....         | 3-1  |
| 3.1.3 電子海圖與航安資訊.....           | 3-1  |
| 3.1.4 商業性或技術性的船舶運作.....        | 3-2  |
| 3.1.5 遠距醫療與緊急應變管理.....         | 3-2  |

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 3.1.6 資訊娛樂 (infotainment) .....  | 3-3  |
| 3.2 可用通訊系統與技術評估 .....            | 3-4  |
| 3.2.1 歐盟智慧化海運系統相關通訊技術與應用研究 ..    | 3-4  |
| 3.2.2 新加坡的智慧港與 WiMAX 海上應用技術研究 .. | 3-8  |
| 3.3 WiMAX 技術的海上應用可行性評估 .....     | 3-8  |
| 3.3.1 海上無線電通訊工程的挑戰 .....         | 3-8  |
| 3.3.2 TRITON 的海上通訊試驗結果分析 .....   | 3-9  |
| 3.4 臺灣沿岸海域寬頻通訊網路的可行性評估 .....     | 3-13 |
| 3.5 小結 .....                     | 3-23 |
| 第四章 智慧海運之地理空間資訊服務 .....          | 4-1  |
| 4.1 國際組織的相關發展 .....              | 4-1  |
| 4.1.1 基本原則與 ECDIS/ENC 發展現況 ..... | 4-1  |
| 4.1.2 下一世代海測資料空間資訊標準 S-100 ..... | 4-2  |
| 4.1.3 下一世代的電子航行圖產品規格 S-101 ..... | 4-3  |
| 4.1.4 高解析度海底地形資料產品規格 S-102 ..... | 4-4  |
| 4.1.5 海域邊界產品規格 S-10X .....       | 4-4  |
| 4.2 地理空間資料庫與應用規劃 .....           | 4-6  |
| 4.2.1 歐盟船舶動態監控用空間資料庫規劃 .....     | 4-6  |
| 4.2.2 相關商業構想或應用方案 .....          | 4-6  |
| 4.2.3 國內港區 ENC 資料現況評估 .....      | 4-7  |
| 4.2.4 國外港區 ENC 資料比較分析 .....      | 4-9  |

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| 4.2.5 智慧化海運相關的 S57 物件類別 .....     | 4-9  |
| 4.2.6 智慧化海運的空間資料庫內容規劃.....        | 4-11 |
| 4.3 ENC 套疊圖製作.....                | 4-16 |
| 4.3.1 不分比例尺的 ENC 套疊圖製作.....       | 4-16 |
| 4.3.2 陸域運輸網路與地標 ENC 製作.....       | 4-18 |
| 4.4 電子航行圖與陸域 GIS 資料庫的整合應用試驗 ..... | 4-19 |
| 4.5 動態產生安全水域界線之設計.....            | 4-21 |
| 4.5.1 分項研究目標.....                 | 4-21 |
| 4.5.2 動態產生水深網格與安全等深線.....         | 4-21 |
| 4.5.3 以水深雷達的創新概念動態掃描安全水域範圍 .....  | 4-23 |
| 4.6 小結 .....                      | 4-24 |
| 第五章 基於 AIS 之船舶交通流分析與統計技術 .....    | 5-1  |
| 5.1 船舶自動識別系統(AIS)簡介.....          | 5-1  |
| 5.2 AIS 資料內容與品質.....              | 5-2  |
| 5.3 相關研究探討 .....                  | 5-4  |
| 5.4 研究方法 .....                    | 5-7  |
| 5.4.1 資料來源、技術與工具.....             | 5-7  |
| 5.4.2 基本架構.....                   | 5-8  |
| 5.4.3 網路服務的實作.....                | 5-10 |
| 5.5 研究成果 .....                    | 5-11 |
| 5.5.1 交通流分析功能設計成果.....            | 5-11 |

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 5.5.2 交通流分析功能應用成果.....                  | 5-15 |
| 5.5.3 高碰撞風險之時空密集區偵測.....                | 5-22 |
| 5.5.4 海上航路分析 .....                      | 5-26 |
| 5.5.5 船舶抵達時間分析服務之設計成果.....              | 5-29 |
| 5.6 小結 .....                            | 5-31 |
| 第六章 整合船橋系統研發用模擬測試平台之建置.....             | 6-1  |
| 6.1 研究目標與功能規劃.....                      | 6-1  |
| 6.2 研究與設計的依據.....                       | 6-4  |
| 6.2.1 IMO 的「整合導航系統」設備性能標準.....          | 6-4  |
| 6.2.2 德國的全世界 e 化航行使用者需求調查.....          | 6-6  |
| 6.2.3 國際船長協會聯合會的航海人員 e 化航行需求調查<br>..... | 6-7  |
| 6.3 模擬測試平台之建置.....                      | 6-10 |
| 6.3.1 多航儀模擬器之航儀輸出訊息模擬與操控設計              | 6-10 |
| 6.3.2 具遵循航路與避碰機制的多目標船舶交通模擬平台<br>.....   | 6-16 |
| 6.4 整合導航系統之研究試驗成果.....                  | 6-19 |
| 6.4.1 設計重點.....                         | 6-19 |
| 6.4.2 動態模組化系統設計.....                    | 6-19 |
| 6.4.3 3D 航行環境顯示與 IMO 導航顯示標準的結合          | 6-21 |
| 6.5 小結 .....                            | 6-23 |
| 第七章 結論與建議.....                          | 7-1  |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 7.1 結論 .....          | 7-1   |
| 7.2 建議 .....          | 7-2   |
| 7.3 成果效益與後續應用情形 ..... | 7-3   |
| 參考文獻 .....            | R-1   |
| 附錄一 專有名詞對照表 .....     | 附 1-1 |
| 附錄二 期中報告審查意見處理表 ..... | 附 2-1 |
| 附錄三 期末報告審查意見處理表 ..... | 附 3-1 |
| 附錄四 期中簡報資料 .....      | 附 4-1 |
| 附錄五 期末簡報資料 .....      | 附 5-1 |

## 圖目錄

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 圖 1-1 電子海圖服務的運作系統架構                 | 1-2  |
| 圖 1-2 從國家資料中心（NDS）的觀點看 LRIT 系統      | 1-3  |
| 圖 1-3 以整合船橋系統為中心的 e-化航行系統架構         | 1-6  |
| 圖 1-4 e-化航行發展藍圖的範例(避碰支援技術發展藍圖)      | 1-7  |
| 圖 1-5 航港資訊系統 96-100 年發展架構圖          | 1-8  |
| 圖 1-6 歐盟 MarNIS 計畫的 e-Maritime 運作概念 | 1-11 |
| 圖 1-7 MarNIS 的資訊流                   | 1-11 |
| 圖 1-8 基於 GIS 的海上交通資訊系統              | 1-15 |
| 圖 2-1 GALILEO 的頻率規畫                 | 2-10 |
| 圖 2-2 現有與發展中的導航定位系統                 | 2-15 |
| 圖 3-1 MarCom 對海事通訊技術與應用的評估          | 3-5  |
| 圖 3-2 Two-Ray Model 的路徑損耗變化示意圖      | 3-10 |
| 圖 3-3 DBSCAN 群聚演算法的概念               | 3-15 |
| 圖 3-4 從基隆港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形      | 3-15 |
| 圖 3-5 從臺中港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形      | 3-16 |
| 圖 3-6 從高雄港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形      | 3-16 |
| 圖 3-7 高雄港 20 浬範圍內 3hops 內船舶比例的堆疊直條圖 | 3-17 |

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 圖 3-8 高雄港 20 浬範圍 3hops 內船舶比例的群組直條圖    | 3-17 |
| 圖 3-9 高雄港 20 浬範圍 3hops 內船舶比例(平均 91%)  | 3-18 |
| 圖 3-10 基隆港 20 浬範圍內 3hops 內船舶比例的堆疊直條圖  | 3-18 |
| 圖 3-11 基隆港 20 浬範圍 3hops 內船舶比例的群組直條圖   | 3-19 |
| 圖 3-12 基隆港 20 浬範圍 3hops 內船舶比例(平均 82%) | 3-19 |
| 圖 3-13 臺中港 20 浬範圍內 3hops 內船舶比例的堆疊直條圖  | 3-20 |
| 圖 3-14 臺中港 20 浬範圍 3hops 內船舶比例的群組直條圖   | 3-20 |
| 圖 3-15 臺中港 20 浬範圍 3hops 內船舶比例(平均 92%) | 3-21 |
| 圖 3-16 臺灣沿岸 multi-hop 通訊涵蓋分析          | 3-22 |
| 圖 4-1 ENC 內等深線間隔對 ECDIS 防擱淺顯示功能的影響    | 4-7  |
| 圖 4-2 臺北港 ENC(TW60354A)的碼頭泊位與起重機      | 4-8  |
| 圖 4-3 海底管線與纜線 ENC 套疊圖                 | 4-16 |
| 圖 4-4 助航標誌(燈塔、標杆與浮標)ENC 套疊圖           | 4-17 |
| 圖 4-5 沉船與障礙物 ENC 套疊圖                  | 4-17 |
| 圖 4-6 兩岸海運直航航道 ENC 套疊圖與領海與鄰接區海域邊界     | 4-18 |
| 圖 4-7 路網與地標 ENC 套疊圖製作成果               | 4-19 |
| 圖 4-8 在網路地圖上顯示基隆港 S57 ENC 的等深線        | 4-20 |
| 圖 4-9 在網路地圖上顯示交通部運輸研究所的數值路網圖          | 4-21 |

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 圖 4-10 從基隆港 ENC 取出的水深點與等深線各點水深        | 4-22 |
| 圖 4-11 水深雷達掃描結果於 GIS 的呈現與驗證           | 4-24 |
| 圖 4-12 水深雷達掃描畫面隨著本船移動時的呈現與驗證          | 4-24 |
| 圖 5-1 GateHouse 依航向範圍區分顯示交通流          | 5-5  |
| 圖 5-2 IALA 風險管理工具 IWRAP 的輸出入介面        | 5-6  |
| 圖 5-3 臺灣沿岸 AIS 網路的即時船舶監控系統畫面          | 5-8  |
| 圖 5-4 本研究設計之網路應用服務的基本架構               | 5-9  |
| 圖 5-5 實作跨越地理參考線分析統計之程式基本流程            | 5-11 |
| 圖 5-6 跨越地理參考線的交通流分析統計服務網頁             | 5-14 |
| 圖 5-7 澎湖水道交通流分析(a)海圖(b)方向(c)密度(d)危險貨載 | 5-16 |
| 圖 5-8 澎湖水道南北向交通流密度分布                  | 5-16 |
| 圖 5-9 澎湖水道南北向交通流速度分布                  | 5-17 |
| 圖 5-10 高雄港分道航行交通流分析                   | 5-17 |
| 圖 5-11 基隆港進出港交通流分析                    | 5-18 |
| 圖 5-12 基隆港分道航行系交通流分析                  | 5-19 |
| 圖 5-13 臺北港 2010/6 進出港交通流分析            | 5-19 |
| 圖 5-14 臺中港進出港 2010/6 交通流分析(含特殊船舶)     | 5-20 |
| 圖 5-15 臺中港 2010/6 進出港交通流分析(不含特殊船舶)    | 5-20 |

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 圖 5-16 臺灣東南海域蘭嶼附近交通流分析             | 5-21 |
| 圖 5-17 臺灣北部海域交通流分析                 | 5-21 |
| 圖 5-18 高碰撞風險時空密集區偵測之較佳試驗結果         | 5-22 |
| 圖 5-19 分析概略化航跡轉折點所得的高密集區分佈         | 5-24 |
| 圖 5-20 以網格分析航跡密度之高密集區分佈            | 5-25 |
| 圖 5-21 新竹外海沿岸的 AIS 收訊缺口對航跡分析的影響    | 5-26 |
| 圖 5-22 2010 年 1 月內基隆港與臺中港之間的航跡分布   | 5-27 |
| 圖 5-23 2010 年 1 月內臺中港與高雄港之間的航跡分布   | 5-27 |
| 圖 5-24 往來臺灣主要港口的航跡分布               | 5-28 |
| 圖 5-25 臺中港-高雄港航路(20×20 網格航跡密度的中心線) | 5-28 |
| 圖 5-26 從臺灣沿岸 AIS 航跡分析得出的部分海上航路     | 5-28 |
| 圖 5-27 船舶航行/抵達時間分析-劃起迄線後的分析結果      | 5-29 |
| 圖 5-28 船舶航行/抵達時間分析-標示該船即時位置        | 5-31 |
| 圖 5-29 船舶航行/抵達時間分析-判斷航路並估算距離       | 5-31 |
| 圖 6-1 IBS 模擬測試平台整體系統架構與通訊協定        | 6-2  |
| 圖 6-2 IBS 平台測試環境的運作流程              | 6-2  |
| 圖 6-3 IBS 模擬測試平台驗證實況照片             | 6-3  |
| 圖 6-4 航儀模擬程式操作介面-初始設定頁             | 6-10 |

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 圖 6-5 航儀輸出訊息格式設定介面與模擬結果            | 6-12 |
| 圖 6-6 航儀模擬程式之船舶操縱參數與俾舵操控介面         | 6-13 |
| 圖 6-7 Pilot Card 的範例               | 6-14 |
| 圖 6-8 初速 0 艏向 0，全速前進後持續右轉的情形（無水流）  | 6-15 |
| 圖 6-9 模擬船舶從船速 0 設為全速前進的加速情形        | 6-15 |
| 圖 6-10 全程加入水流 2 節 315° 之轉向結果比較     | 6-16 |
| 圖 6-11 多目標船舶交通模擬平台的執行畫面            | 6-18 |
| 圖 6-12 在電子海圖系統上顯示的本船與所有他船          | 6-18 |
| 圖 6-13 基於 OSGi 的 IBS 試驗平台程式架構      | 6-20 |
| 圖 6-14 IHO S52 標準的浮標符號及其在 3D 環境的顯示 | 6-21 |
| 圖 6-15 水平旋轉、拉遠、從高處往下看的 3D 顯示       | 6-21 |
| 圖 6-16 臺灣西海岸永安漁港的 3D 顯示與 2D 海圖顯示   | 6-22 |
| 圖 6-17 基隆港進港航道領港登船點的 3D 與 2D 海圖顯示  | 6-22 |
| 圖 6-18 從深澳灣南側往漁港方向看的 3D 與 2D 海圖顯示  | 6-22 |

## 表目錄

|       |                                |      |
|-------|--------------------------------|------|
| 表 2-1 | 二維定位準確度的常用表示法                  | 2-3  |
| 表 2-2 | eLoran 與現有系統的關鍵差異              | 2-14 |
| 表 3-1 | TRITON 的 5.8GHz 海面電波傳播模型       | 3-11 |
| 表 3-2 | 國際商港 20 浬範圍內可多躍延伸通訊的平均比例       | 3-21 |
| 表 3-3 | 臺灣沿岸可多躍延伸通訊的平均比例               | 3-22 |
| 表 4-1 | SOLAS 船舶強制安裝 ECDIS 設備的實施範圍與時程  | 4-1  |
| 表 4-2 | 海運 ITS 或港埠運作相關 S-57/S-100 物件類別 | 4-10 |
| 表 4-3 | 海運 ITS 空間資料庫內容結構-以基隆港為例        | 4-12 |
| 表 5-1 | 船舶 AIS 基本資訊類別                  | 5-2  |
| 表 5-2 | 船舶 AIS 動態訊息傳送間隔                | 5-2  |
| 表 5-3 | AIS 動態訊息各欄位值的數值標準              | 5-3  |
| 表 5-4 | 澎湖水道船舶時空密集狀況分析                 | 5-25 |
| 表 6-1 | 航海人員對 e-化航行的需求                 | 6-7  |
| 表 6-2 | 航儀模擬程式的輸出訊息                    | 6-11 |
| 表 6-3 | 多目標船舶交通模擬平台輸出船舶資料的訊息格式         | 6-17 |

# 第一章 緒 論

## 1.1 研究背景與目的

海洋運輸系統主要由航道、港埠、複合運送之連結、船舶與車輛以及海運使用者所組成，需要整合與協調才能有效運作，因此智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System, ITS）與管理系統被視為海運系統持續發展必要的兩大支持系統[1-2]。ITS 是指結合電子通訊與資訊技術、系統與網路，支援運輸系統所有使用者需求資訊的蒐集、儲存、檢索、分析與發佈，以提升運輸安全、效率與效益。除了與陸運的連結整合之外，「智慧型海洋運輸系統（Maritime ITS, M-ITS）」的最基本要素是應用於船舶、港埠、以及船岸之間的資通訊技術（Information and Communication Technology, ICT），相當於國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）與國際助導航協會（International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA）主導推動的 e-Navigation [3-4]，以及歐盟正推動的 e-Maritime[5]。

近年來為了航行安全與效率、反恐保安與海洋環境保護，要求船舶、港埠甚至海岸配備建置的資通訊系統，例如：電子海圖顯示與資訊系統（Electronic Chart Display and Information System, ECDIS），船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）以及剛實施的船舶遠距識別追蹤系統（Long-Range Identification and Tracking, LRIT），也是 M-ITS 的重要資產。許多國家都將這些系統視為海運與 M-ITS 的重要環節。

海運具有高度的國際化特性，必須在國際架構下才能真正實現「智慧型海洋運輸系統」。為此，國際海事組織已於 2008 年訂定「e-化航行策略」，將依此建立系統性國際架構逐步落實。構想是先建立 e-化航行的五大支柱：充分涵蓋的電子航行海圖、完整可靠的定位導航系統、

船與岸兩端皆以標準化人機界面提供分析管理與決策支援的整合系統、強健高效率且負擔得起的通訊架構，再整合成完整的 e-化航行架構。

e-化航行即將逐步實現，為持續提升我國相關競爭力，避免錯失產業機會，更避免使我國海域淪為不適於 e-化航行的海域，此時正是我國結合海運實力與電子資通訊優勢，依此國際架構針對核心重點切入研究發展的契機。e-化航行的關鍵元素之一是電子航行圖(Electronic Navigational Chart, ENC)，臺灣海域電子海圖資料庫與相關服務系統已在 94-97 年執行的「電子海圖服務與資料安全系統建立研究」四年計畫[6]中建置完成，整體架構如圖 1-1。本計畫將以此為基礎，整體計畫期程仍為四年(98-101 年)，目標是「智慧化海運系統之建立」。

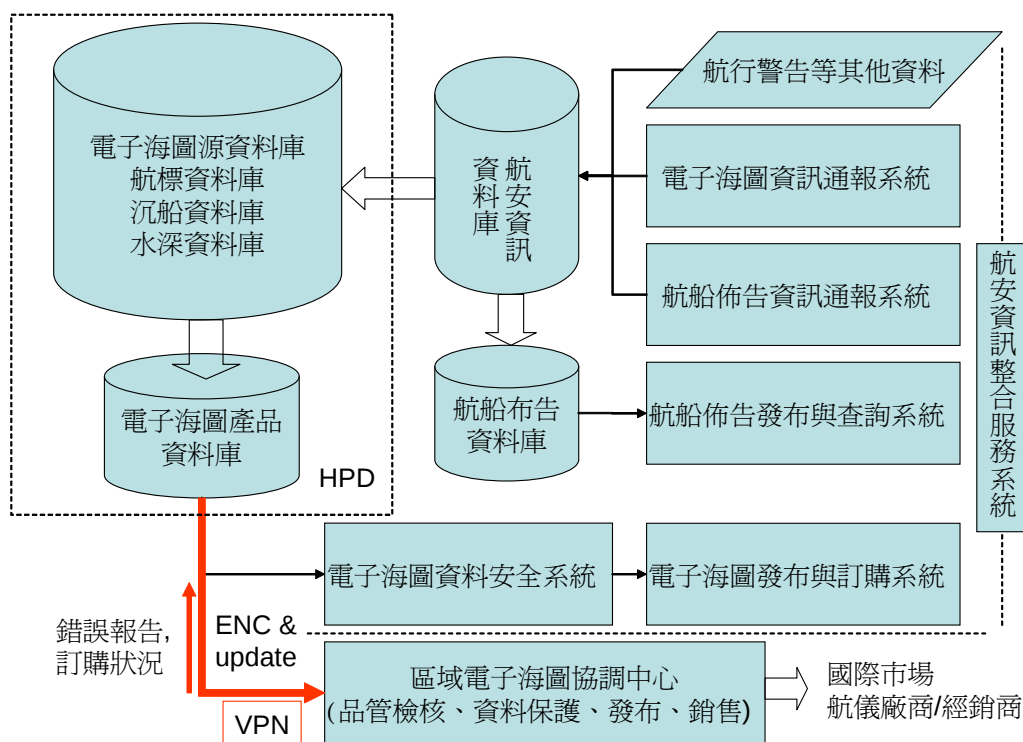


圖 1-1 電子海圖服務的運作系統架構[6]

98 年計畫已完成「船舶遠距識別追蹤系統(LRIT)」之因應與應用研究[7]。LRIT 係提供船舶的全球識別與追蹤。2006 年 5 月 IMO 修改海上人命安全國際公約 (SOLAS) 第五章航行安全，新增 V/19-1 LRIT

條款，明訂船舶傳送 LRIT 資訊的義務，以及締約國與搜救服務接收 LRIT 資訊的責任與義務。圖 1-2 是從 NDC 的觀點來看國際 LRIT 系統的示意圖。船舶開始自動向船旗國傳送 LRIT 船位資訊的最後期限在 2009 年。IMO 海事安全委員會(Maritime Safety Committee, MSC)對各締約國政府實施 LRIT 的要求也是：在 2009 年 9 月底前，應設置 LRIT 系統的國家資料中心(National Data Center, NDC)或共同設置區域資料中心(Regional Data Center, RDC)並整合到國際 LRIT 系統以依據存放於 IMO 伺服器的資料分送計畫(Data Distribution Plan, DDP)透過國際資料交換(International Data Exchange, IDE)進行船位資料交換。然而隨著各國實施時發現的問題與造成的延誤，2009 年間 IMO 對於 LRIT 的相關技術規範、策略與程序其實屢有修改。因此 98 年計畫對於 LRIT 因應方案的研究是隨著國際 LRIT 的發展同步進行的，使研究成果能實際及時應用於國輪 LRIT 設備符合度測試以及我國 LRIT NDC 之建置，包括 NDC 之建置規劃、國際整合程序、招標文件技術規範、運作成本估算以及 DDP 內容等量化資訊與具體方案。

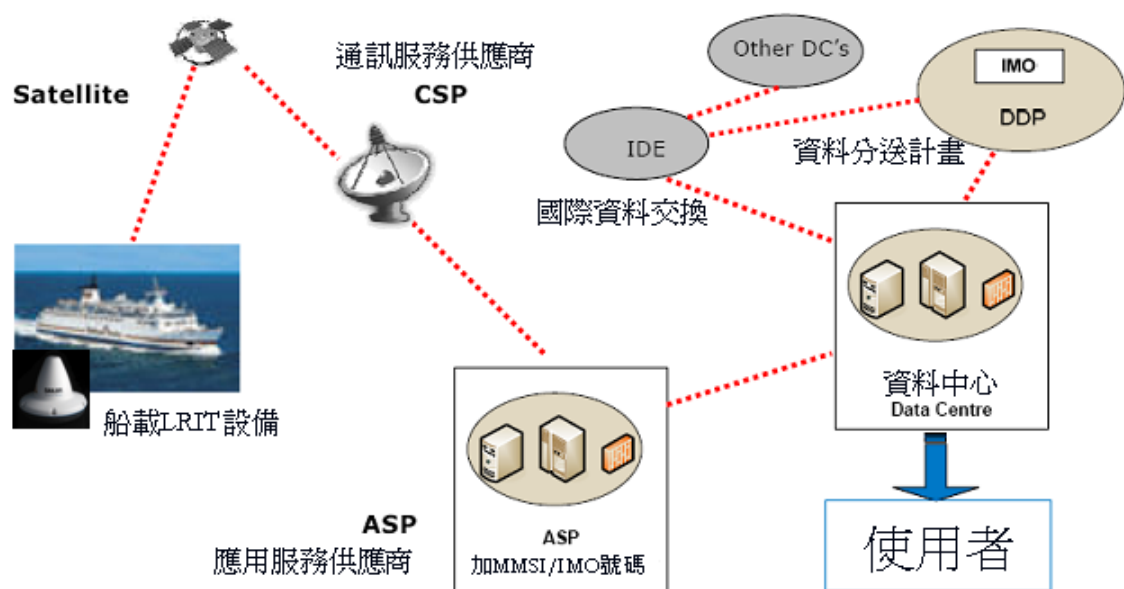


圖 1-2 從國家資料中心（NDC）的觀點看 LRIT 系統[7]

本(99)年度計畫重點則是：

- (1) 智慧化海運系統之導航定位服務先期研究與智慧化海運系統之寬頻通訊技術先期研究

- (2) 智慧化海運系統的海陸電子地圖資料庫需求分析、試作與應用試驗
- (3) 「整合船橋系統(Integrated Bridge System,IBS)」智慧型資通訊平台研發用模擬測試平台之建置

## 1.2 國際海事組織的 e-化航行發展策略與實行計畫

在日、荷、英、美、新加坡、挪威與馬紹爾群島等多國聯合於 2005 年 IMO 海事安全委員會(MSC 81)提案[3]啟動後，國際海事組織已於 2008 年完成「e-化航行發展策略」[4]，期使新技術的引進能在此策略藍圖的系統性架構下，與現有的各種導航通訊技術及服務相容整合，發揮最大效益。

e-化航行的定義是：「以電子的方法調和船上、岸上與船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務提昇海上安全、保安與海洋環境的保護」。

此 e-化航行概念的核心目標如下：

- (1) 從海道測繪、氣象、航行相關資訊及風險等方面來促進船舶航行的安全與保安。
- (2) 以適當的岸上/沿岸設施來促進船舶交通的觀測與管理。
- (3) 促進船對船、船對岸、岸對船、岸對岸以及其他使用者之間的通訊，包括資料交換。
- (4) 提供改善運輸與物流效率的機會
- (5) 支援緊急應變與搜救服務的有效運作。
- (6) 表明各種安全關鍵系統應有之準確度（accuracy）、完整性（integrity）與連續性（continuity）水準的定義。

- (7) 在人機（系統）介面上整合呈現船上與岸上的資訊，減低使用者混淆困惑或誤判的風險，獲致航行安全的最大效益。
- (8) 整合呈現船上與岸上的資訊，以管理使用者的工作負荷，並提供決策支援。
- (9) 促進設備、系統、符號、操作程序等在全球涵蓋、標準與措施方面的一致化以及彼此的相容性與互操作性。
- (10) 具備擴充性，促進所有潛在使用者的採納應用。

根據參與 IMO e-化航行推動工作的幾個國際組織的共識，可從船上、岸上、通訊這三個觀點來看 e-化航行：

就海上船舶而言，e-化航行是個可以把本船的各種航儀感測器、輔助資訊、標準化使用介面、和充份管理監測與警報的系統整合起來產生具體效益的導航系統。這樣一個系統的核心元素包括：高度完整可靠的電子定位、電子航行圖（ENC）和用以避免人為疏失並減低人員工作負荷的自動分析功能。對應的設備系統是以 ECDIS 為核心的整合船橋系統（IBS）。最值得重視的具體發展項目之一是整合導航系統操作介面的「標準模式（S-Mode）」。

就岸上而言，e-化航行是藉由改善資料的提供、協調、與交換，以更充分而能讓岸上操作人員了解並運用的資料來強化岸基的船舶交通管理與相關服務，支援船舶的安全與效率，也支援海上污染事件緊急應變與搜救服務。對應的現有系統主要是「船舶交通服務（Vessel Traffic Service, VTS）」，尤其是採用「船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）」技術的 VTS，更符合的則是動態連結區域內各 VTS/AIS 形成的沿岸網路，例如：波羅的海甚至整個歐盟的網路式沿岸 AIS 架構。以衛星通訊延伸船舶動態追蹤距離的遠距識別與追蹤系統(LRIT)也是重點之一。

就通訊而言，e-化航行是個基礎架構，提供本船、船與船之間、船與岸之間以及岸上的主管單位或其他相關單位之間經過授權的無縫式

資訊傳輸。基本效益是減低因個人疏失造成災難的風險，延伸應用則是整體運輸與物流效率的改善。

國際組織所規劃的 e-化航行系統架構如圖 1-3。簡而言之，e-化航行提升航行安全的方法是：

- (1)以明確且貼切於當下情境的資訊來改善決策支援；
- (2)以自動化的指標、警告、以及防止故障的方法減低人員疏失；
- (3)改善電子航行圖的涵蓋率與可得性，並提高其一致化與品質；
- (3)以 S-Mode 選項引進設備的標準化（尤其是操作介面），而不至於限制了廠商的創新能力；
- (4)提升導航系統的順應恢復力，增進其可靠性與完整性；
- (5)改善船上與岸基系統的整合，善用所有的人力資源；

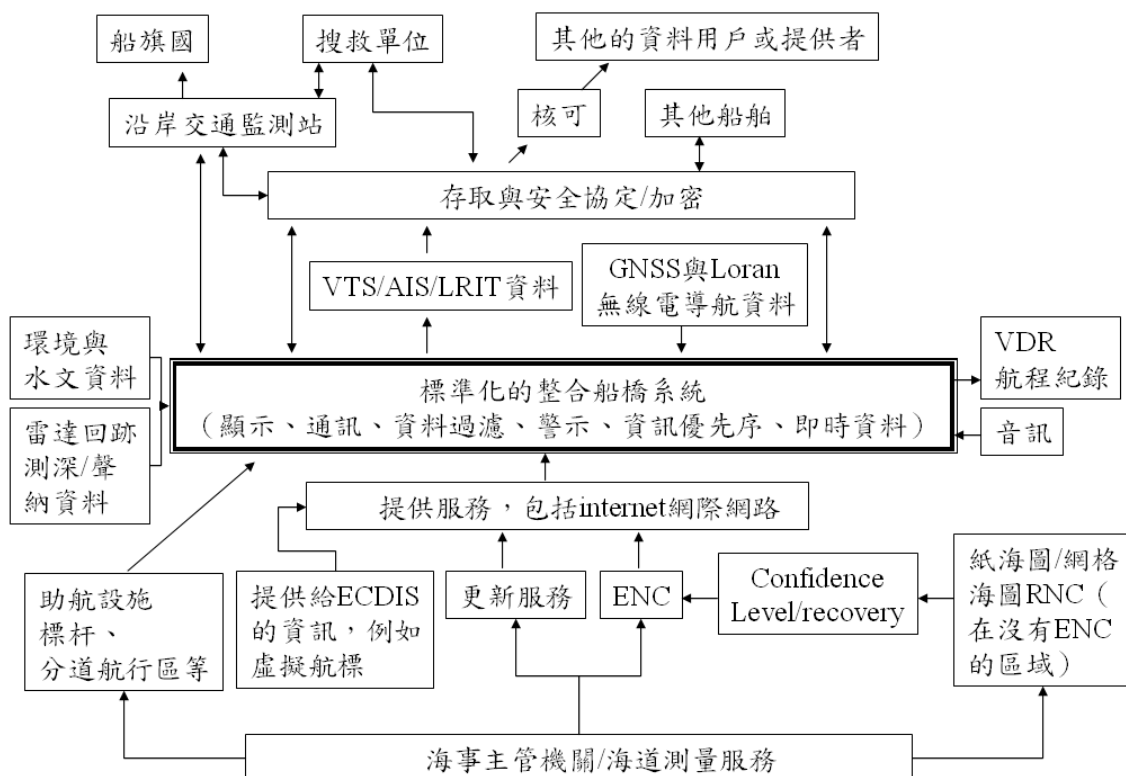


圖 1-3 以整合船橋系統為中心的 e-化航行系統架構[6]

e-化航行的實行計畫預期於 2012 年開始執行，實行計畫的內容將

確認各組織或各方應負的責任；規劃如何轉移至 e-化航行（例如從紙海圖改用電子航行圖）；各階段性實作時程；並且以可能的發展藍圖闡明必要的共識（以日本於 2008 年 NAV54 會議提出的避碰支援技術的發展藍圖為範本，如圖 1-4）

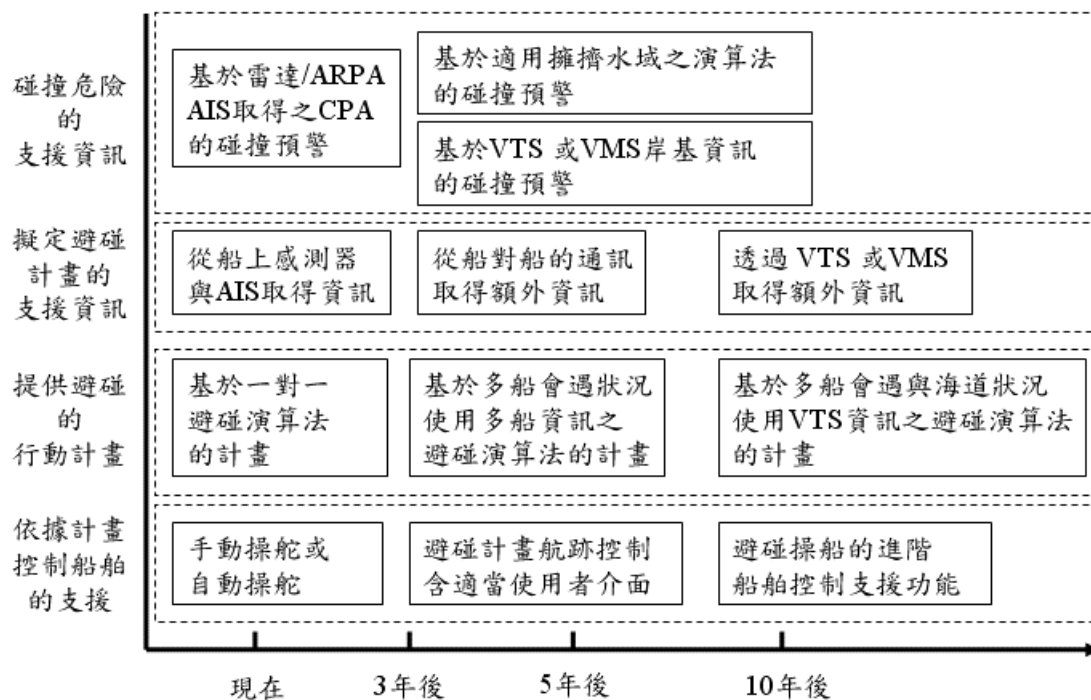


圖 1-4 e-化航行發展藍圖的範例(避碰支援技術發展藍圖)[6]

## 1.3 國內相關發展

### 1.3.1 航港資訊系統

交通部配合「挑戰 2008：國家重點發展計畫」，解決航港作業無單一網路申辦窗口之問題，推動辦理「航港資訊系統建置計畫」，建置航港單一窗口平台(Maritime Transport Network, MTNet)。奉行政院核定辦理，總期程自 91 年 11 月至 94 年 12 月，總經費 2 億 6,500 萬元，如期於 94 年底完成航港單一窗口服務平台( MTNet )建置，並於 95 年 1 月 1 日正式營運。後續並已再提 96-100 年「航港資訊系統整體發展計畫」持續發展中，規劃架構如圖 1-5 [8]。航港資訊系統在航政監理與港灣棧埠申辦作業相關流程整合方面已建立相當成效，其連結船舶交

通系統應用的船舶動態資訊，以港區 5 哩範圍內為主。

96-100 年航港資訊系統計畫對於智慧化港埠的具體作為是「提供港區無線及智慧化服務」，執行狀況是：陸續建置各國際商港港區無線網路，以點對點的無線基礎網路結合重點覆蓋的無線網路基地台(Wi-Fi 或 WLAN)，提供旅客及港區從業人員無線上網服務，此無線網路之建置以港區的碼頭等陸域為主。

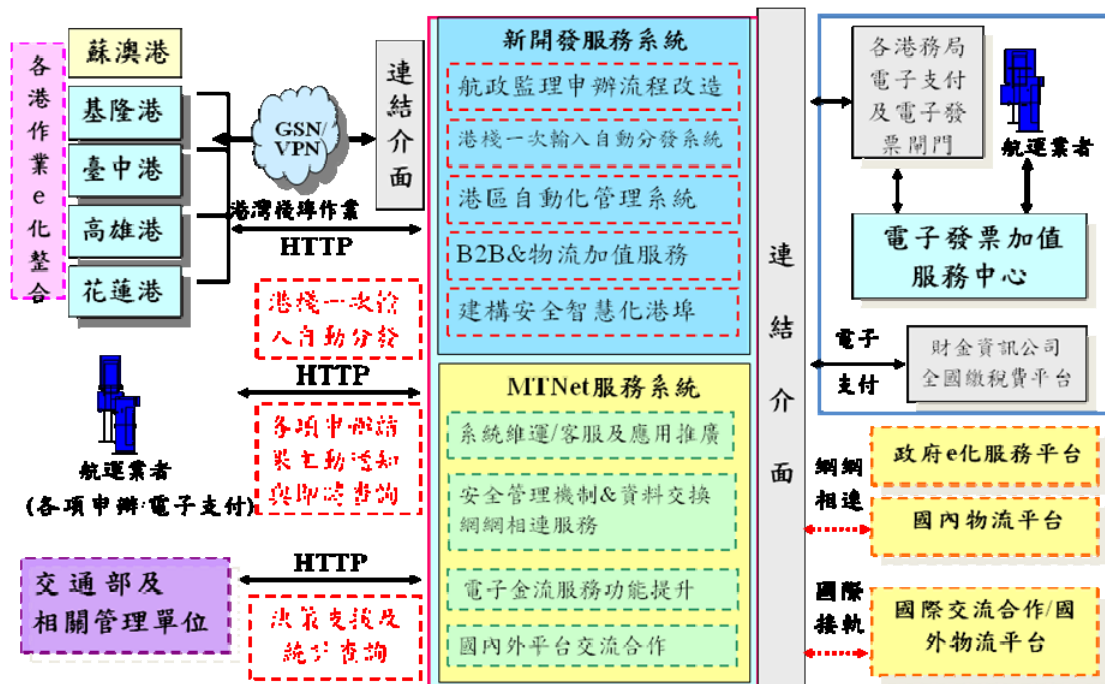


圖 1-5 航港資訊系統 96-100 年發展架構圖[8]

### 1.3.2 船舶自動識別與報告系統

SOLAS 將船舶自動識別系統(AIS)列為船舶必要設備的修正案自 2002 年 7 月 1 日起生效，要求所有客船、300 總噸以上的國際航線船舶、500 總噸以上的國內航線船舶必須於各別的期限內安裝完成，國際航線船舶的期限是 2004 年底。IMO 並同時要求沿岸國政府應接收並應用 AIS 資訊。

海洋大學[9]早在 2003 年 5 月即在交通部科技顧問室委託之「船舶自動識別與報告系統整合規劃之研究」計畫中完成了臺灣沿岸 AIS 網路的規劃與相關試驗。在實際建置方面則是陸續從我國國際商港的

AIS 岸台設施開始。

高雄港、基隆港已建置 VTS 並結合 AIS 技術，以港區 20 浬內為 VTS 服務範圍，臺中港已具備基於 AIS 與雷達的 VTS 功能。安平港、蘇澳港、馬公港、花蓮港都已陸續建置 AIS 岸台。但各港 VTS/AIS 並未連成網路，交換船舶動態資料。

目前臺灣海域也沒有建置「船舶報告系統 (Ship Reporting System, SRP)」，遇有海上遇險、船難或污染等緊急事件，常有沿岸 AIS 接收系統涵蓋不足，缺乏資訊支援搜救、應變、或指認肇事船舶的缺憾。對於各 AIS 岸台蒐集的 30-40 浬船舶交通動態與航程貨載資訊的分析與應用模式仍有待建立，以支援航道規劃與交通管理、以及船舶到港時間的準確估算。

為此交通部運輸研究所港灣技術研究中心已於 2009 年起建置臺灣沿岸 AIS 接收網路，提供 AIS 船舶動態的整合式查詢網站，並擬藉此計畫發展分析應用之技術，以發揮其最大效益。

### 1.3.3 無線電助導航設施

目前仍以 GPS 為主的全球導航衛星系統(GNSS)已成為定位導航與測量的最重要工具。就船舶而言，定位的準確度、完整可靠性、連續性都是安全的關鍵，為此各國（包括中日韓）多已在其沿岸設置多重覆蓋的 DGNSS 服務，這是目前最主要的無線電導航系統。

我國沿岸 DGPS 服務的規劃其實早在 1999 年即已完成[10]，甚至在基隆(海洋大學)建置了 DGPS 服務試驗與監控站運作提供北部海陸域精確可靠的定位服務達 2 年。可惜後續缺乏建置計畫予以落實。目前除了內政部於 2009 年在三義架設的 DGPS 差分修正訊息 Beacon 廣播站之外，並無正式運作之沿岸 DGNSS 服務。三義 DGPS 站雖已有完整性監測機制，但是還缺乏長期運作紀錄的正式評估，尚無法確認是否能達到 IALA 與 IMO 無線電導航系統相關規範要求。

## 1.4 歐盟的 e-Maritime 與智慧化海運發展

### 1.4.1 歐盟的 MarNIS 計畫

MarNIS(Maritime Navigation Information Service)是歐盟為促進 e-maritime 發展而進行的 4 年期綱要計畫，從 2004 年底開始執行，共 13 國 44 個產官學研界單位參與，設定的目標是在 2012-2020 以前實施於歐盟各成員國。

MarNIS 的 e-maritime 概念以資訊和資訊交換架構為核心，其基礎是依據歐洲共同體指令(EC Directive) 2002/59/EC 而建置的歐盟船舶交通監測與資訊系統 (Community Vessel Traffic Monitoring and Information System)。

歐洲海事安全局 (European Maritime Safety Agency, EMSA) 為了 Directive 2002/59 而建置了一個跨歐洲的電子資訊系統 SafeSeaNet 處理船舶移動與貨物，MarNIS 則是進一步為 2012 年後的海運資訊系統發展概念的計畫。其架構的組成包括：船舶與船務代理、需要海上交通與運輸資訊的各相關主管機關、SafeSeaNet++(SSN++)、國家單一窗口 (National Single Window, NSW)、港埠單一窗口 (Port Single Window, PSW)、港埠商務體系 (Port Commercial Community Systems, PCS)、海事運作服務 (Maritime Operational Services, MOS)。

MarNIS 提出的概念 (如圖 1-6 與 1-7) 是將船舶交通管理、搜救與環保整合於一個海事運作中心。海事運作中心的交通流畫面採用來自 AIS、LRIT 與其他感測器 (不一定是雷達) 的船位，以及透過國家單一窗口取得的預計抵達時間(ETA)、下一港口、貨物等資訊。即時的氣象與水文資料 (例如：潮汐、風、浪、湧) 等所謂的「網路地圖」，套疊顯示在中心的交通畫面上，也可以傳送到船上領港的特製可攜式裝置上。MarNIS 針對「高風險船舶」也引進了一些因應方案。

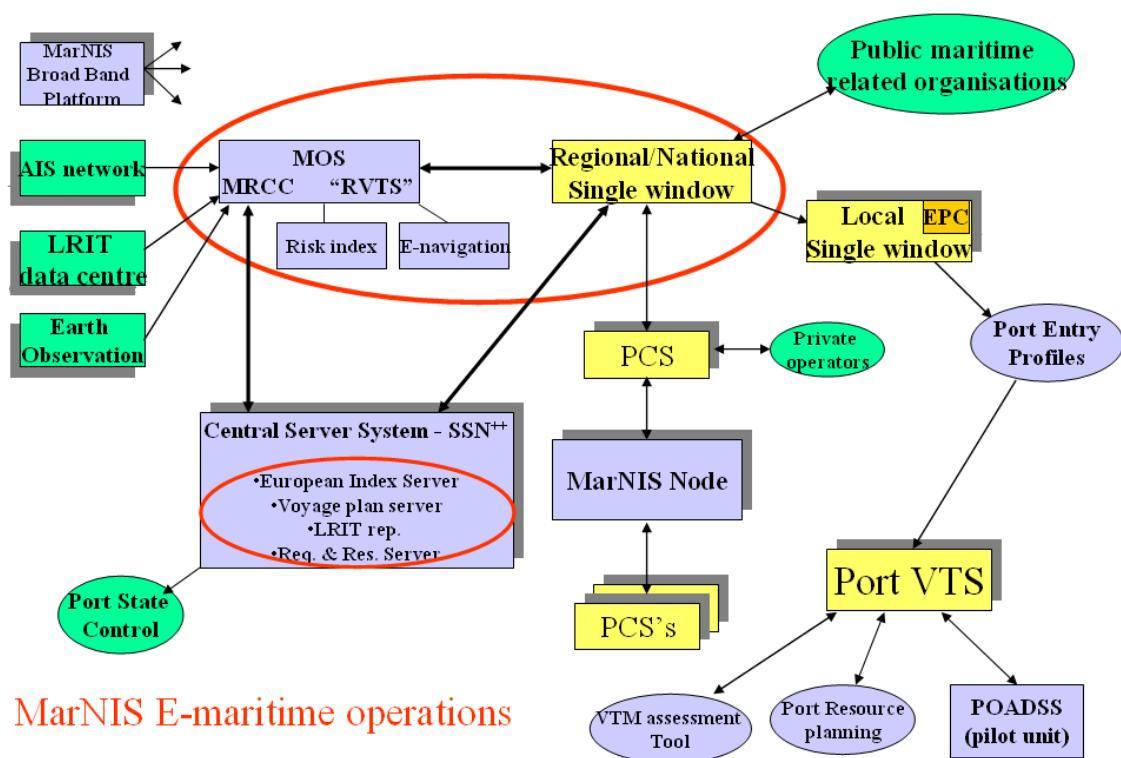


圖 1-6 歐盟 MarNIS 計畫的 e-Maritime 運作概念

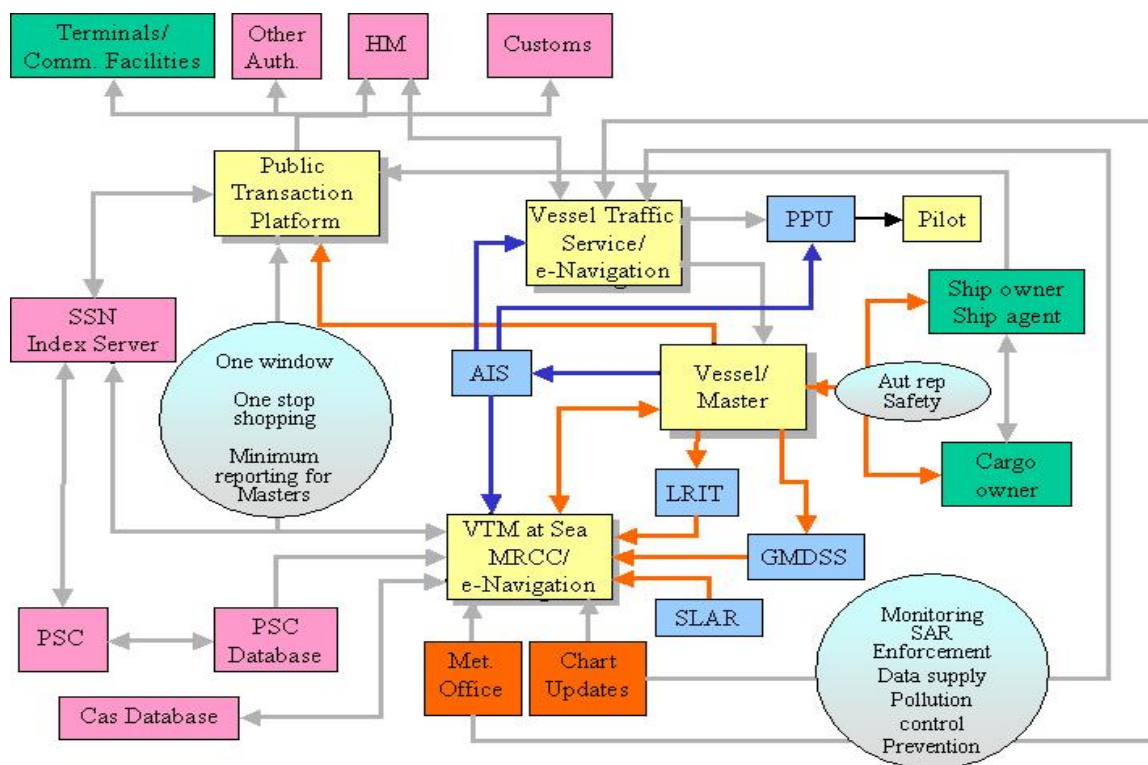


圖 1-7 MarNIS 的資訊流

MarNIS 有些相關分項成果可供本計畫參考，例如：

- (1) 雷達、AIS 與 ECDIS 的資料融合與比較。
- (2) 以寬頻通訊更新電子航行圖資訊，以 ECDIS 顯示法規與其他即時資訊之可行性探討與試驗
- (3) 寬頻通訊的應用評估，分析以 NMEA2000(IEC 61162-3)網路整合航儀，MarNIS 寬頻平台方案（以 IP 協定結合 VSAT 衛星與 WiMAX 技術）與規格探討。
- (4) 船舶交通管理（船舶交通服務與港埠管理資訊系統）的發展趨勢分析，例如：AIS 船岸資料交換內容已開始多樣化；對於較接近海岸的船舶已開始試圖以 GSM/EDGE, UMTS, WiMAX 等技術改善通訊頻寬，特別是用於 VTS 與 ECDIS/ECS 之間的資料交換；雷達追蹤效能的改善；港埠資源的動態管理；利用 LRIT 資料提早更新 ETA 與貨物資訊。

#### 1.4.2 歐盟 EFFORTS 計畫的 port ECDIS

EFFORTS (Effective Operations in Ports)與 MarNIS 都是屬於歐洲執委會能源與運輸司海運政策 e-Maritime Initiative 倡議的參考計畫[5]。EFFORTS 是從 2006 年 5 月開始為期 3 年半的歐盟整合研究計畫（<http://www.efforts-project.org/>），目標在提升歐盟港口運作的競爭力、港口勞動環境的品質、港口內航行的安全與效率。Port ECDIS 則是 EFFORTS 的子計畫之一[11]。

Port ECDIS 計畫是基於船長、領港、港務局船舶交通管理（服務）系統等的需求。這些港埠海圖資訊的使用者認為：無論是在狹窄的進港航道或港區內操縱大型船舶或是港埠的維運，所需的海圖資訊都已超出現有 ECDIS 標準所能提供。大型化船舶的管理、交通量的增加、港埠空間的不足、泊位的組織調度、港區的浚深等都需要更準確且高解析度的地形地物與水深資料以提供所有必要資訊，有些甚至要能及時提供更新。更需要如地理資訊系統般，使港埠相關的地理資料源互

相連結操作以支援港埠的運作。

在這樣的需求下，Port ECDIS 以德國漢堡港為試驗，用 1:1000 的圖資為基礎，兼採 1:5000 到 1:250 或 1:500 的資料製作 Port ECDIS/Port ENC 資料組，陸域資料取自地形測量原始資料或解析度優於 $\pm 0.2\text{m}$  的空照正射影像。

該計畫於 2009 年底展示的最後成果包括：

- (1) 內含標準 S57 ENC 物件、Inland ENC 物件、以及 port ENC 物件（新提出）的高精度電子航行基本圖；
- (2) 能以高解析度的水深資料搭配潮汐資料依船舶自訂的安全水深動態顯示安全水域；
- (3) 以 3D 網格式海底地形模型與航道參考模型（含輪廓與深度）讓所有使用者擁有正確最新的港區水深 3D 顯示並支援航道濬深工作。

#### 1.4.3 波羅的海區域的 EfficenSEA 計畫

EfficenSEA 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”。該計畫被歐洲執委會指名為波羅的海區域歐盟策略行動計劃的旗艦計畫（<http://efficiensea.org/>）。計畫主軸包括：

- (1) 建立一個或多個 e-化航行試驗區：評估後續實現 e-化航行時行政部門需投入的資源，評估在 e-化航行方面最新研發的各種資料產品與服務，何者最具實質效益；
- (2) 船舶交通資料與海事規劃：解決海上交通資料用於交通分析、決策以及海岸地區管理時品質不足的問題，具體工作是開發區域 AIS 無線電資源規劃以及 AIS 統計與分析等工具軟體；

- (3) 動態風險管理：開發船舶交通流與相關風險模擬工具軟體，研發可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。

## 1.5 國外其他相關研究

### 1.5.1 新加坡的 TRITON 計畫

TRITON(TRI-media Telematic Oceanographic Network)計畫是由日本獨立行政法人國家情報通信研究機構（NICT）亞洲研究中心設於新加坡的無線通訊實驗室與新加坡資通訊研究所（Institute for Infocomm Research, 簡稱 I2R）自 2006 年起 5 年期的合作計畫。

計畫目標是發展一個具有一般的語音與數據通訊、影像監控、防止海盜、漁業、汙染偵測、航行安全等多重應用的系統，但具體工作項目不在於應用而在於提供基礎架構與介面以支援這些應用的發展。

TRITON 計畫設定的系統是一個基於 IEEE 802.16-2004 標準 (WiMAX Mesh 模式)的無線網狀網路，由相鄰的船舶、標杆與浮標形成網狀網路和陸上的網路連接，外海或網狀網路連不到陸地時，缺口再由衛星補足。

TRITON 的研究內容包括：海上無線電傳播通道模型、船舶移動性模型、海上網狀網路模擬器的研發、網狀網路連接性的分析、繞送協定開發、排程器開發、中介軟體開發、模擬器開發、原型開發與現場測試[12-14]。其原型曾於 2008 年的 Intelligent Transport System Telecommunications 國際會議中展示船與船之間的影像串流，距離 8 km 仍可維持良好的影像接收品質[12]。

### 1.5.2 法國海軍學院研究所的研究

法國 Naval Academy Research Institute (IRENav)研究團隊結合地理資訊系統(GIS)與智慧型運輸系統(ITS)於海洋運輸與航海的研究，發展適用於海上交通監測、分析與決策支援系統之資料模型與計算架構，如圖 1-8[15]。

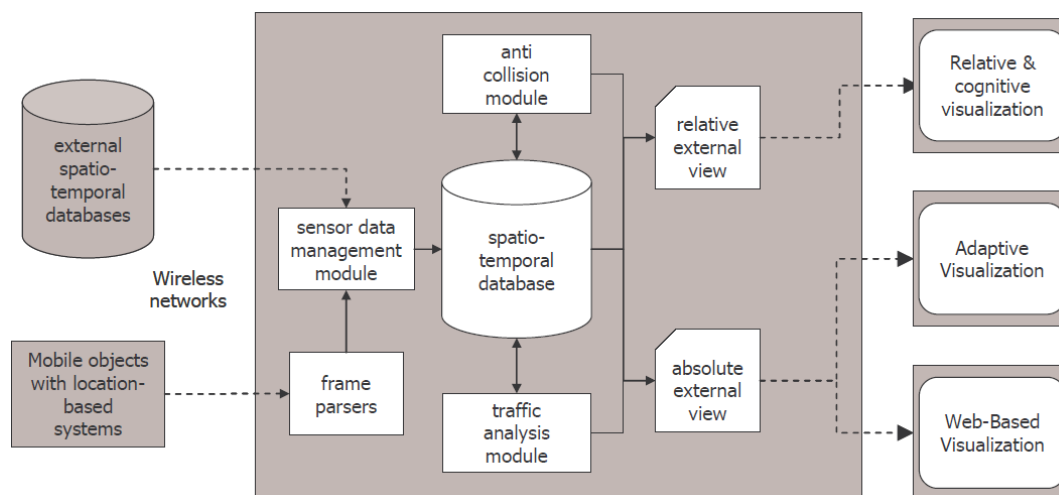


圖 1-8 基於 GIS 的海上交通資訊系統[15]

他們的研究方法是整合來自各監測系統的異質位置資訊，再結合船舶特性與環境資料等外部資料庫，成為內含歷史資料與及時資料的時空資料庫。已開發的架構內有「避碰」與「交通流分析」這兩個模組。

「避碰模組」具有模擬能力，可控制並預測船舶行為與軌跡的演變。此模擬係基於多代理人系統與微觀模擬，也就是將船舶視為自主代理人在其所處環境中依據航海規則而採取行動回應狀況。

「交通流分析模組」則整合智慧型推論機制，可以透過資料探勘的程序得出交通流模式，以觀察了解不同尺度等級的海上交通流。在其架構中並提供絕對與相對這兩種外部觀點，前者係觀看絕對空間軌跡，後者是看到的是移動船舶相對於觀察者的相對位置與速度。

此研究團隊更採用了適應性 GIS 與情境感知 GIS 的概念，提供適應性的視覺化呈現方式。考慮的情境條件包括：(1)操作的地理位置與位置相關特性，例如海上交通資料 (2)不同使用群組的需求特性，例如

港務局 (3)計算系統包括網際網路或無線技術的特性。

該團隊認為後續的研究挑戰包括：

- (1)交通流資料傳輸之跨領域協定與交換標準的發展；
- (2)不同地理資訊來源的整合：結合、調適並即時在海事環境中所有不同層級的使用者之間分享，傳統的統計、地理資料分析與呈現的方法也必須調整以適用於海上交通資訊的特殊性質；
- (3)在實作的層次，必須發展基於 GIS 的分散式計算環境以及計算與處理能力，因為交通資料與應用通常在實體上分散於不同的地理位置而且產生的龐大資料量使得計算成本相當高。

## 1.6 研究範圍與工作內容

本期計畫的研究範圍與工作內容包括：

### 1. 智慧海運及國際化之研究

進行智慧型海運系統之導航定位服務先期研究與智慧型海運系統之寬頻通訊技術先期研究。

### 2. 智慧化海運系統的海陸電子地圖資料庫需求分析、試作與應用試驗

包括海上航路網、陸上路網、地形、港埠設施等，含資料內容與資料結構設計，海上航路網設計及最佳路徑功能應用試驗，規劃智慧型海運系統所需之海陸電子地圖資料庫。

### 3. 基於船舶自動識別系統之船舶交通流分析技術

以船舶自動識別系統(AIS)基地台累積接收到的海上船舶動態、航程與識別資料庫為基礎，運用資料探勘與時空/地理資訊分析技術，建立交通流分析與統計技術，輔助航行安全與港埠運作等相關決策。

### 4. 「整合船橋系統」智慧型資通訊平台研發用模擬測試平台之建置

從船舶的觀點來看 e-化航行下的智慧型海運系統是一個「整合船橋系統(IBS)」智慧型資通訊平台。此項工作將先建立一個可操作控制的模擬測試平台，用以產生海上船舶在不同海域航行環境、他船相對動態交通狀況、航儀系統誤差或失效等各種狀況，做為研發「整合船橋系統」智慧型資通訊平台的環境。

## **1.7 執行情形與報告架構**

本計畫於 2010 年 3 月正式開始執行 8 個月，已依規劃時程完成。報告架構如下：

第一章概述計畫目標、背景、國內外相關現況；

第二章探討智慧海運之導航定位服務；

第三章探討智慧海運之寬頻通訊服務；

第四章探討智慧海運之地理空間資訊服務；

第五章探討基於 AIS 之船舶交通流分析與統計技術；

第六章探討整合船橋系統研發用模擬測試平台之建置；

第七章是結論與建議。

## 第二章 智慧海運之導航定位服務

### 2.1 導航定位系統的效能

#### 2.1.1 品質參數

導航定位系統效能可以用下列幾個具有統計特性的品質參數提供定量的特徵描述：

##### (1) 準確度(Accuracy)

準確度可區分為三種：「絕對準確度」是指與真實位置的符合度；「可重複的準確度」又稱為「精確度(Precision)」是指重複定位之間的符合度；「相對準確度」則是指同一時間以同一導航系統決定兩個使用者相對位置的準確性，與真實位置誤差無關。

GNSS 定位常被假設為無偏差的高斯分佈，但事實上受大氣層與多路徑等效應影響，此假設並不成立，這點可以從定點的長期 GPS 定位平均值與 DGPS 定位平均值之間的明顯偏差看出。

GNSS 系統的定位準確度可分解為「使用者等效測距誤差 (User Equivalent Range Error, UERE)」與「幾何稀釋因子(Dilution of Precision, DOP)」兩部份。即使可以修正縮小 UERE，仍然可能因為可用於定位解算的衛星幾何分布狀況不佳，使最後得到的定位誤差受 DOP 影響而居高不下。

##### (2) 可得率(Availability)

導航定位系統的「系統可得率」或「服務可得率」是指系統在其涵蓋區域內效能符合特定條件(例如：定位準確度、完整性、連續性)的時間比率，相當於系統在涵蓋區內提供可用服務的能力指標。「訊號可得率」則受到環境特性以及訊號的產生與傳輸等技術能力影響。

### (3) 連續性(Continuity)

系統在某一操作階段（例如船舶的進港階段）維持特定系統效能的機率，假設系統在該操作階段開始時是可用的。

### (4) 完整性(Integrity)

完整性是對導航定位系統所提供資訊的信任度，也是當系統不能用的時候，系統即時對使用者發出警示的能力。完整性的參數包括：發出警示的時間（Time to Alarm, TTA）與警示界限值（Alarm Limit, AL），例如系統容許的最大誤差值，超出此界限則於多短的時間內發出警示。

有些導航定位系統設有完整性監控（Integrity Monitoring, IM）機制或服務，以決定系統或個別的量測值是否符合導航效能要求，例如：接收機自主完整性監控(Receiver Autonomous Integrity Monitoring, RAIM)技術，以及 Beacon DGPS 的完整性監測。

### (5) 涵蓋區域範圍(Coverage)

#### 2.1.2 準確度的度量

隨機變數  $x$  的高斯分佈密度函數如下：

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

其中  $\mu$  是平均值， $\sigma^2$  是變異數，以標準化變數  $z=(x-\mu)/\sigma$  代入上式可得

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

則  $x$  落於  $(\mu - \alpha \sigma, \mu + \alpha \sigma)$  區間內的機率如下：

$$P_1(-\alpha < z < \alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\alpha}^{+\alpha} e^{-z^2/2} dz$$

以二維定位而言，隨機變數  $x$  是兩個獨立且標準化高斯分佈隨機變數的平方和 ( $x=z_1^2+z_2^2$ )，其  $\chi^2$  分布的密度函數如下

$$f_2(x) = e^{-x/2} / 2 \quad \text{而機率 } P_2(0 < x < \alpha) = 1 - e^{-\alpha/2}$$

當二維的兩個軸向標準差相近時(誤差分布接近圓形)，幾種常用的誤差表示法對應的機率如表 2-1。由此表也可以換算不同表示法之間的對應值，例如：2DRMS=2.4CEP。

表 2-1 二維定位準確度的常用表示法

| $\sqrt{\alpha}$ | 機率(%) | 表示法                              |
|-----------------|-------|----------------------------------|
| 1.18            | 50    | Circular Error Probable (CEP)    |
| $\sqrt{2}$      | 63.2  | Distance Root Mean Square (DRMS) |
| 2.45            | 95.0  | 95% confidence level             |
| $2\sqrt{2}$     | 98.2  | 2DRMS                            |

## 2.2 國際海事組織對於全球無線電導航系統的要求

海上人命安全國際公約(SOLAS)第 V 章要求船舶必須就其預定航程配備可接收適當無線電導航系統的設備。此等無線電導航系統必須經過國際海事組織(IMO) 認可，確認該系統有能力在其涵蓋區域內提供適當的定位資訊，而裝設接收設備以使用該系統的船舶可視為滿足 SOLAS 公約的相關要求。

IMO 本身不可能建置全球無線電導航系統，而是由提供並運作該等系統的國家或組織向 IMO 提出認可的要求，IMO 則依據

其決議 A.953(23) World-Wide Radio Navigation System (WWRNS) 的程序與運作要求[16]，決定是否將該系統納入成為 WWRNS 的組成系統之一。

WWRNS 要求所有系統都必須能讓無限多的船舶同時使用。其運作要求分為三大情境：

- (1) 高交通量高風險的進港、接近港口與沿岸航行；
- (2) 交通量低或低風險的進港、接近港口與沿岸航行；
- (3) 海洋水域航行。

在前兩種水域航行都要求提供<10m (95%)的定位誤差，在海洋水域其定位誤差也必須 <100m (95%)以滿足一般航行目的，以及海上遇險與安全系統(Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS)所需的海上遇險位置資訊。

無論在哪種水域，其定位資訊的計算與顯示更新率必須高於每 10 秒一次。如果計算的定位資訊是用於 AIS、圖形顯示或船舶的直接控制則更新率必須高於每 2 秒一次。

前兩種航行情境要求：以兩年為計算週期的訊號可得率(signal availability)分別必須達到 99.8%與 99.5%；系統運作(available)時，其服務的連續性(continuity)在 3 小時內分別必須達到 99.97%與 99.85%；系統若不可得(例如：故障或維護)或中斷運作皆必須於 10 秒內警告使用者。

由於現有系統多難以達到目前 WWRNS 3 小時內連續性高於 99.97%的要求，而且 3 小時的要求也被認為是超出實際需求，已提案建議修改為 15 分鐘內連續性高於 99.97%(相當於 3 小時內連續性高於 99.64%)，此提案已於 2010 年 7 月的 IMO 航行安全分委會(NAV56)通過。

全球導航衛星系統(GNSS)是可以提供全球定位、速度與時間

給海陸空等多種模式使用者的衛星系統。就海上使用者而言，GNSS 將由 IMO 依程序認可為 WWRNS 的重要組成。

為了使 GNSS 的發展更符合海事用戶的需求，IMO 於 2001 年修訂通過了關於未來 GNSS 的海事政策與需求的決議 A.915(22) “Revised Maritime policy and Requirements for a Future Global Navigation Satellite System (GNSS)”[17]。此決議分別就下列各種用途提出定位需求：

#### (1) 一般航行

於海洋、沿岸、接近港口及受限水域、內陸水道等航行時，水平定位的絕對準確度需達 10m 內，警戒值是 25m，且應於 10 秒內發出警報。港區航行時此準確度需提高到 1m 內，警戒值是 2.5m，同樣應於 10 秒內發出警報。

#### (2) 船舶作業

拖船作業與自動避碰分別需要 1m 與 10m 的水平定位相對準確度，警戒值 2.5m 與 25m，10 秒內發出警報。航跡控制(track control) 與自動靠泊(automatic docking) 分別需要 10m 與 0.1m 的水平定位絕對準確度，警戒值 25m 與 0.25m，10 秒內發出警報。

#### (3) 交通管理

船對船的協調、船對岸的協調、岸對船的交通管理都需要 10m 的水平定位絕對準確度，警戒值 25m，10 秒內發出警報。

#### (4) 搜索與救助

需要 10m 的水平定位準確度，警戒值 25m，10 秒內發出警報。

#### (5) 海道測量

需要 1-2m 的水平定位準確度，0.1m 垂直準確度，警戒值 2.5-5m，10 秒內發出警報。

#### (6) 海洋測量

需要 10m 的水平定位準確度，10m 垂直準確度，警戒值 25m，10 秒內發出警報。

#### (7) 海洋工程

疏濬與建設工程需要 0.1m 的水平定位準確度，0.1m 垂直準確度，警戒值 0.25m，10 秒內發出警報。管線與海纜的佈放需要 1m 的水平定位準確度，警戒值 2.5m，10 秒內發出警報。

#### (8) 航標管理

需要 1m 的水平定位準確度，警戒值 2.5m，10 秒內發出警報。

#### (9) 港埠作業

港口 VTS 需要 1m 的水平定位準確度，警戒值 2.5m，10 秒內發出警報。貨櫃/貨物管理與執法 1m 的水平定位準確度，1m 垂直準確度，警戒值 2.5m，10 秒內發出警報。貨物處理則需要 0.1m 的水平定位準確度，0.1m 垂直準確度，警戒值 0.25m，1 秒內發出警報。這部分要求的都是絕對準確度。

#### (10) 海難分析

海洋與沿岸水域要求 10m 準確度，接近港口與受限水域要求提高到 1m 以內。

#### (11) 外海探勘

水平定位絕對準確度 1m 以內，警戒值 2.5m，10 秒內發出警報。

#### (12) 漁業

水平定位絕對準確度 10m 以內，警戒值 25m，10 秒內發出警報。

#### (13) 休閒遊憩

水平定位絕對準確度 10m 以內，警戒值 25m，10 秒內發出警報。

## 2.3 全球導航衛星系統(GNSS)

### 2.3.1 GPS 與 GLONASS

目前運作中的兩大 GNSS：全球定位系統(Global positioning System, GPS)與 GLONASS 係分別由美蘇兩國建置。GPS 開放民用的標準定位服務(GPS-SPS)與 GLONASS 都經過 IMO NAV 分委會依據 A.953(23)的規範評估後，於 1996 年被 IMO 的海事安全委員會(MSC)認可納入成為 WWRNS 的組成(components)。

隨後 IMO 也訂定或修訂了 GPS 與 GLONASS 接收機的性能標準(Performance Standard)，以及差分式 GPS (DGPS)與差分式 GLONASS(DGLONASS)接收機的性能標準。國際電子技術委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)再依據這些性能標準訂定接收機的測試檢驗規範。船舶用以滿足 SOLAS 規範的接收機必須是符合 IEC 檢驗規範的設備。

根據 2000 年通過修改，自 2003 年起適用的 GLONASS 接收機性能標準 MSC.113(73)，GLONASS 船載接收機的準確度在 HDOP=4/PDOP=6 的情形下只達 45m (95%)，因而必須具備接收處理 DGLONASS 資料的設施使其準確度達到 10m(95%)內。

同樣於 2000 年通過修改，自 2003 年起適用的 GPS 接收機性能標準 MSC.112(73)，GPS 船載接收機的準確度在 HDOP=4/PDOP=6 的情形下只須達 100m (95%)，但必須具備接收處理 DGPS 資料的設施使其準確度達到 10m(95%)內。

根據美國國防部公佈的最新 2008 年第 4 版「GPS 標準定位服務性能標準 (GPS SPS PS)」[18]，其定位準確度可達全球平均 $\leq 9\text{m}$  (95%)水平誤差，在最差的站位則是 $\leq 17\text{m}$  (95%)水平誤差。這是考量 GPS 單頻 C/A code 測距誤差，並依據 GPS 衛星分布於全球 98%以上可得 PDOP $\leq 6$ ，在最差的站位 88%以上可得 PDOP $\leq 6$ ，估算得到的數值。

GPS 從 1995 年中進入全功能運作階段，至今已有些衛星超過其設計的壽命。美國的 GPS 更新計畫內容包括：設置新的地面站、新衛星、並新增 4 個導航訊號，其中有 3 個是民用的，分別是：L2C, L5 與 L1C 訊號，另一個是軍用的 M-code。L2C 的運作至少等到 2014 年後，L5 的全面運作也得要等到 2016 年以後。值得注意的是 2009 年 4 月美國政府警告說：接下來幾年 GPS 具備核心的 24 顆衛星運作的機率可能降到 80%，對 GPS 服務造成重大影響。

### 2.3.2 全球導航衛星系統的擴增系統

GNSS 的擴增補強系統除了提高 GNSS 的定位準確度之外，更重要的是提供完整性監測(Integrity Monitor)。擴增系統依其通訊技術是基於衛星還是地面通訊而分為 Ground Based Augmentation System (GBAS)與 Satellite Based Augmentation Systems (SBAS)兩大類。

最被國際海事用戶接受的是 IALA Radiobeacon DGNSS，這是有國際規範且可透過 IALA 與 ITU 協調區域頻率的服務，使用 283.5-325kHz 的 MF 頻段。此 GBAS 服務目前由許多沿岸國持續提供，2008 年間由於多國設備已達汰換更新年限，IALA 曾評估此 DGNSS 服務的後續發展，在評估後的決議是應持續提供並隨著 GNSS 的發展更新此服務。

自 2004 年 AIS 成為 SOLAS 船舶強制安裝設備後，已有許多國家建立沿岸區域網路以改善海上交通控制。AIS 基站具備提供 DGNSS 差分修正訊號給船載 AIS 設備的能力，以標準的 AIS 訊息 17 格式傳輸。雖然大部分船舶在安裝 AIS 設備時並沒有把從 AIS 接收到的 DGNSS 分送給其他船上設備的安排，但此服務至少可以讓船舶的 AIS 船位報告更準確可靠。

在 SBAS 方面，Wide Area Augmentation System (WAAS)是美國為了支援 GPS 在美國大陸上的一般航空應用而設置的，最近已

擴展至加拿大與墨西哥的部份區域。WAAS 的架構包括 38 個地面參考站、3 個主站、4 個上傳鏈路站、2 個同步衛星鏈路以及 2 個操控站。WAAS 除了提供差分修正服務以外，每個衛星都可額外提供一 GPS 測距訊號。歐洲的 European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS) 主要也是為了航空而發展的，該系統是透過 INMARSAT 同步衛星提供 L1 頻段的 SBAS 服務。日本的 Multi-Satellite Augmentation System (MSAS) 也是類似 WAAS 和 EGNOS 的 SBAS 服務。MSAS 已達初步運作能力的階段，透過兩個同步衛星鏈路透過兼具通訊與氣象任務的專屬衛星以 L1 頻段提供服務。

### 2.3.3 伽利略系統 GALILEO

GALILEO 是由歐盟發起建置的民用衛星導航系統，由 30 顆在 3 個圓形軌道上運行的中軌道(Medium Earth Orbit, MEO)衛星組成。軌道的傾斜角  $56^\circ$ ，各有 9 顆運作的衛星加 1 顆備用運作衛星，以確保全球使用者至少可看到 6 顆衛星，而且定位精度稀釋因子 PDOP  $\leq 3.5$ 。

GALILEO 衛星共發射 10 個導航訊號以及 1 個搜救(Search and Rescue, SAR)訊號，都屬於 L-Band。SAR 訊號廣播於緊急服務頻帶(1544-1545MHz)，導航訊號則於指配給無線電導航衛星服務(Radio-Navigation Satellite Service, RNSS)的頻帶內提供：1164-12151MHz (E5a-E5b), 1260-1300MHz (E6), 1559-1591MHz (E2,L1,E1)各有 4,3,3 個導航訊號。每個頻率帶有兩種訊號：第一個是追蹤訊號(即所謂的 pilot 訊號)不帶資料只用以增強接收端的追蹤力，另一個則帶有導航資料訊息。圖 2-1 是取自其介面控制文件(Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document) 的 GALILEO 頻率規畫。

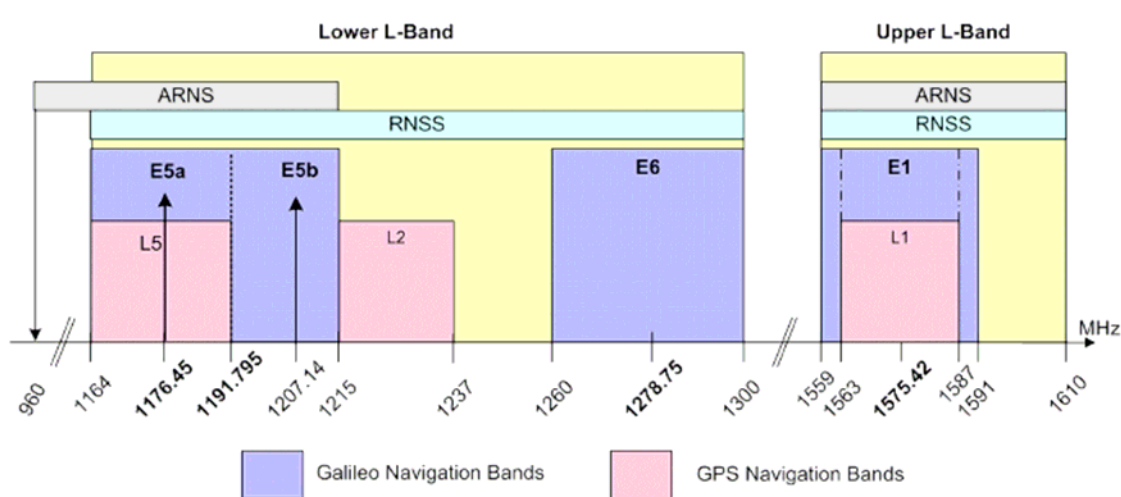


圖 2-1 GALILEO 的頻率規畫

GALILEO 衛星系統可獨立提供給全球使用者的服務如下：

(1) 開放服務(Open Service, OS)

免費提供定位導航與時間服務，此服務可以在 1(L1)，2(L1 與 E5a，或是 L1 與 E5b)，或 3 個頻率（L1、E5a 與 E5b）上使用。

(2) 人命安全服務(Safety of Life Service, SoL)

符合航空、航海與軌道運輸等不同領域的標準。SoL 具備完整性(Integrity)與身分驗證(Authentication)的能力，包含了服務的保證。SoL 服務可以在 1(L1 或 E5b)或 2 個(L1 與 E5b)頻率上使用。L1 與 E5b 頻率都帶有內含完整性資訊的導航資料訊息。SoL 可以用第 3 個頻率 E5a 輔助，但 E5a 頻率不含 Integrity 資料。

(3) 商業服務(Commercial Service, CS)

在開放服務上提供加值以產生商業利潤，例如發佈加密的導航相關資料（0.5kbps）、測距與定時等具備服務保證的專業應用。CS 的提供是基於 OS，再加上兩個在 E6 頻帶的加密訊號，此服務的準確度將優於 1m。

(4) 公共管制服務(Public Regulated Service, PRS)

用於政府部門、受管制、或緊要危急的應用，以及具有戰略重要性的活動。PRS 將提供強健且加密的訊號，由成員國管控。PRS 將是雙頻的服務，使用分別位於 L1 與 E6 頻帶的訊號。

#### (5) 搜救支援服務(Search and Rescue Support Service, SAR)

偵測緊急無線電標杆並傳遞「回覆鏈路訊息 (Return Link Message)」給緊急標杆，藉此協助 COSPAS-SARSAT 系統。

GALILEO 可提供的服務中與航海最相關的是：開放服務(OS) 與人命安全服務(SoL)，這兩項也是 GALILEO 擬向 IMO 申請納入 WWRNS 的部份。

GALILEO 尚未開始運作，但早在 2005 年歐盟執委會就開始向 IMO 提案訂定接收機的性能標準，其提案包括三種層次的接收機標準：獨立的 GALILEO 開放服務接收機、獨立的 GALILEO 人命安全服務接收機、以及後續延伸現有 DGPS/DGLONASS 接收機標準的 DGALILEO 接收機標準。

GALILEO 船載接收機設備的性能標準 Resolution MSC.233(82) 已於 2006 年通過，適用於 2009 年 1 月 1 日以後安裝的設備。以下摘要敘述此設備性能標準：

(1)能接收並處理 GALILEO 的定位與速度及計時訊號：單頻接收機應接收 L1 頻率並使用衛星廣播的電離層模型產生電離層修正值；雙頻接收機應接收 L1 與 E5b 或 L1 與 E5a 頻率，利用雙頻處理產生電離層修正值。

(2)以度、分與千分之分的經緯度格式提供定位資訊。GALILEO 採用 GALILEO Terrestrial Frame System (GTRF)坐標基準，此基準與 GPS 所用的 WGS84 之間在全球都相差不到 5cm。

(3)提供參照世界協調時(UTC)的時間

(4)至少提供兩種輸出，以提供定位資訊、UTC、對地航向 (COG)、對地航速(SOG)與警報給其他設備。輸出的定位資訊必須基於 WGS84 坐標基準且符合國際標準 (IEC 61162)。

(5)定位準確度：使用單頻接收機時應在 15m(95%)水平與 35m(95%)垂直誤差內；使用雙頻接收機時應在 10m(95%)水平與 10m(95%)垂直誤差內。

(6)定位經緯度的解析度應等於或優於 0.001 分，時間的準確度應在 UTC 的 50ns 內。

(7)必須具備雙向通訊介面讓警報能傳輸到外部系統，也讓 GALILEO 接收機發出的警報聲能夠從外部系統予以確認。此介面必須符合國際標準 IEC 61162。

(8)必須能處理依據 ITU-R Recommendation M.823 以及 RTCM 10402 或 10403 標準饋入的差分 GALILEO(dGalileo)資料，並就其是否接收到 dGalileo 訊號以及是否應用於其船位提供指示。

(9) 在完整性檢查、故障警告以及狀態指示方面，GALILEO 接收機應能指出 GALILEO 的效能是否低於 Resolution A.953(23)或 A.915(22)附錄 2 對於各階段水域一般航行的定位要求。為此 GALILEO 接收機至少必須：提供自我檢測功能，使用接收機自我完整性監測(Receiver Autonomous Integrity Monitoring, RAIM)，在失去位置 5 秒內或未能以 GALILEO 衛星的資訊計算出新位置 1 秒內(高速船則須於 0.5 秒內)提供警告。具備 GALILEO SoL 處理能力的接收機，其完整性監測與警示演算法應基於 GALILEO 完整性訊息與 RAIM 的適當組合，當水平定位誤差超出 25m 警戒值超過 3 秒時，應於事件發生後的 10 秒內發出警報。事件的偵測率則應達 99.999%(以 3 小時計)，亦即 integrity 的風險值 $\leq 10^{-5}/3h$ 。

GALILEO 開放服務的空中訊號介面控制文件 (Open Service Signal in Space Interface Control Document, OS SIS ICD) 於 2010 年

2 月才正式釋出第一版，預計於 2014 年達成初始運作能力(Initial Operational Capability, IOC)，全功能運作(Full Operational Capability, FOC)可能要等到 2018 年。

## 2.4 地面無線電定位系統與 GNSS 的備援

隨著衛星導航定位系統的快速進展，許多地面無線電導航系統都已經逐漸被關閉不再提供服務，例如：OMEGA 系統與 DECCA 系統分別從 1997 年與 2000 年起被關閉。目前仍運作中的有 LORAN-C，以及蘇俄版等同於 LORAN 的 CHAYKA 系統。

為了能以一個比較通用的名詞取代 LORAN 與 DECCA 等，IMO 訓練與當值標準分委會(STW)提議的「地面無線電導航系統」、「地面導航系統」、「雙曲線導航系統」等名詞，在 NAV 分委會於 2009 年 7 月的 NAV55 會議討論後，決定採用「地面無線電定位系統(Terrestrial position fixing systems)」。

是否要持續維護 LORAN-C 系統，這個問題爭論已久。主要的爭論點是 GNSS 的脆弱性，以及是不是得要用地面無線電導航系統做為備援。關於 GPS 脆弱性的報告，最受注目的是 2001 年美國交通部 Volpe 國家運輸系統中心的評估報告[19]。

GNSS 的最主要弱點是因為衛星訊號到達接收機端時其強度已相當弱，容易受到非故意或故意的干擾，包括電離層的變化、太陽黑子的活動、以及附近設備在相近頻段的發射訊號、諧波、互調變等訊號干擾。

後續隨著 GALILEO 等新的 GNSS 加入，預期能有足夠的衛星支持「接收機自主完整性監測(Receiver Autonomous Integrity Monitor(RAIM))」機制的運作，使 GNSS 更加可靠，但因各 GNSS 使用類似頻段，且都是衛星系統，都具備 GPS 被指出的弱點。

IALA 對此提出的最新對策建議是 2008 年 12 月的 IALA R-129

建議文（第 2 版）[20]，2009 年 12 月則又發佈「IALA 全球無線電導航計劃」[21]。IALA 目前的結論與建議是：雷達對 GNSS 的備援能力有限；低價的慣性導航系統未來或許能提供船上的短時間備援；對於海上使用者而言，視覺及其他助航設施，包括 VTS 都是 GNSS 的重要互補；eLoran 可提供有效的備援，但有其本身的弱點與涵蓋範圍的限制。IALA 還提出了一個新想法：R-mode (Ranging 測距模式)，未來希望實作於 DGNSS(MF)及/或 AIS(VHF)系統做為 GNSS 的備援。

IALA 在其「全球無線電導航計劃」中鼓勵擁有 Loran/Chayka 設施的成員國維持其運作並將其升級成 eLoran。eLoran 與現有系統的關鍵差異如表 2-2[21]。

**表 2-2 eLoran 與現有系統的關鍵差異[21]**

| 特點   | 現有 Loran-C/Chayka | eLoran                |
|------|-------------------|-----------------------|
| 連鎖同步 | 由主台控制連鎖台          | 各別鏈結 UTC              |
| 數據傳輸 | 無 或 Eurofix       | Loran 數據頻道            |
| 接收模式 | 雙曲線；選擇連鎖台         | 測距；全部可用者              |
| 準確度  | 約 400m            | < 100m ，可用差分修正至 8-20m |

採用新技術的 enhanced-LORAN (eLORAN)原已獲得一些歐洲國家的強力支持，也包括美國。英國的 General Lighthouse Authority (GLA)曾於 2006 年發表名為” The Case for eLoran” 的白皮書，擬以 eLoran 取得 e 化航行時代無線電導航的領導地位，eLoran 原型系統已在英國運作超過 2 年。Loran-C 源自美國，eLoran 的概念也源於美國，美國政府卻決定自 2010 年 2 月 8 日開始停播 Loran-C 訊號，從阿拉斯加開始拆台，所有 Loran 台都將在 2010 年 10 月 1 日前停播，與他國簽有國際協議的部份也僅維

持到協議到期為止，究其原因主要應該是財政問題。加拿大政府也已宣佈其 Loran-C 連鎖台也將同時停播。此舉已被認為是敲響 eLoran 的喪鐘。

## 2.5 定位導航技術的組合與後續發展

隨著 GNSS 的普及應用，航海人員對其依賴的增長，GNSS 已形同鼓勵航海人員將船舶的航行擴展至先前不會進入的水域與狀況，e 化航行的引進更將進一步改變船舶操作的方式，萬一像 GNSS 這樣的 e 化航行關鍵組成發生故障或失誤，其後果如何？必須深入探究。

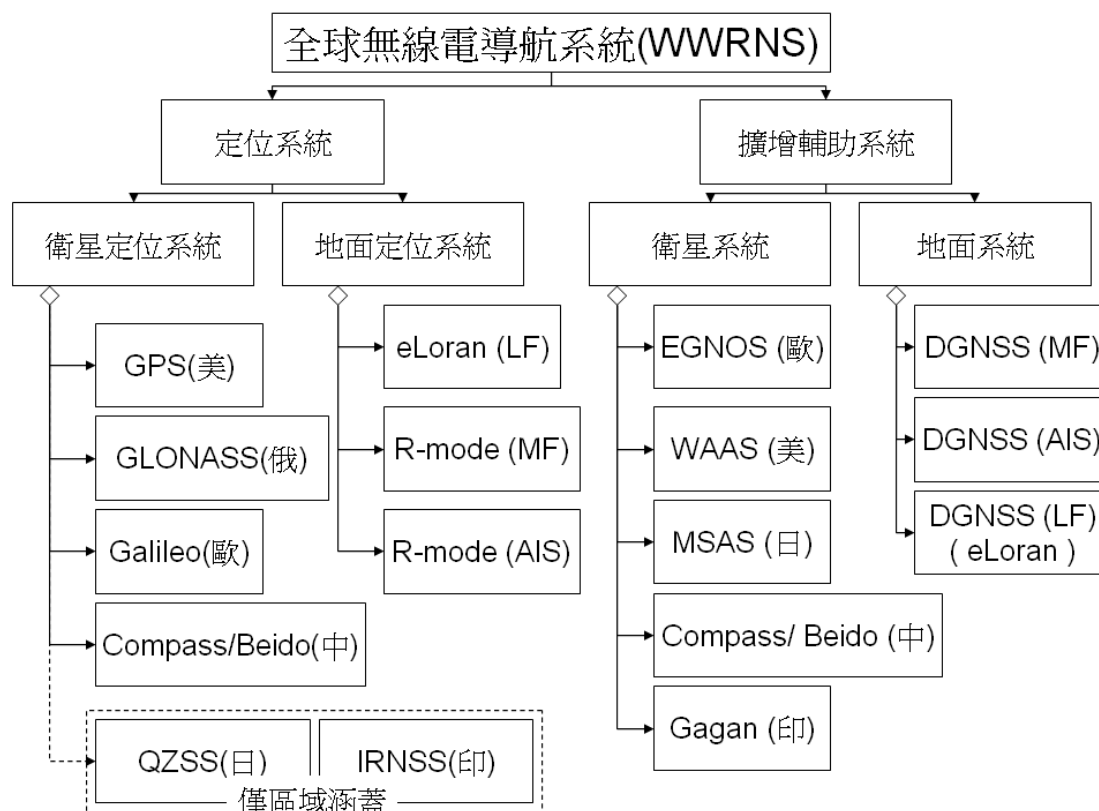


圖 2-2 現有與發展中的導航定位系統[21]

圖 2-2 是現有與發展中的定位導航計時系統(Positioning, Navigation and Timing, PNT) [21]。目前符合 IMO 要求，被納入 WWRNS 的全球系統只有 GPS 與 GLONASS。在船上卻有許多系

統依賴 GNSS 提供即時 PNT 資訊的直接輸入，例如：整合船橋系統（IBS）、電子海圖顯示與資訊系統(ECDIS)、ARPA/雷達、全球遇險與安全系統(GMDSS)、船舶自動識別系統(AIS)、遠距識別與追蹤系統(LRIT)、航程記錄器(VDR)。

既然以 eLoran 地面無線電導航備援 GNSS 的可能性已大幅降低，目前就 GNSS 而言，較值得期待的是：當可用的 GNSS 系統夠多（例如 Galileo 開始運作後，可用的衛星數夠多）的時候，可考慮用 RAIM 取代現有的擴增補強系統。但畢竟屬於衛星系統的易受干擾等弱點仍在，而美俄等目前的 GNSS 服務提供者並不為其提供的服務承擔責任。

IALA 全球無線電導航計畫為了實現 e 化航行所需的 PNT，鼓勵成員國參與的工作主要如下：

- (1) 提供國際認可的 DGNSS 服務
- (2) 發展基於 AIS 的助航設施（航標）
- (3) 汰換雷達標杆設備以調適因應新技術海事雷達的發展
- (4) 試驗並發展基於 MF 無線電標杆與 AIS 的 R-mode 測距定位，甚至非無線電的慣性導航、參照海底地形導航等新技術
- (5) 以風險評估為基礎，提供短距離的助航設施做為緊急應變系統。考量因素包括：交通流趨勢與種類、交通量及其混成，危險區或交通匯流/分流區，環境因素等。

我國首要應立即投入的是第(1)與第(2)項，這是屬於岸端的基礎設施。在船端的技術發展方面，則應朝整合式 PNT 的方向發展。

在 e 化航行的架構中，船上的 PNT 應該是個整合多種導航定位技術的 PNT 裝置。其架構與運作概念大致如下：

多種衛星或地面無線電定位接收機經過整合與關聯(包括

RAIM)後輸出不同層次的資訊：

最上層是完整性檢測與關聯所得的品質資訊或警報；

第二層是位置、導航與時間資料；

最底層是 GNSS 距離觀測值等完整的接收機輸出資料。

此定位導航接收機可接受其各種接收機的控制指令以及透過 AIS 接收到的 GNSS 輔助修正資訊，其輸出資訊則送到一個資料評估與儲存模組。

此評估模組可同時接收來自慣性導航系統、AIS、回音測深儀等其他航儀的資訊，評估資訊的可用性與完整性，並適時執行切換，並連結資料顯示與人機介面模組，提供互動操作。

## 2.6 小結

此項智慧海運之導航定位服務先期研究的成果如下：

- (1) 確認評估導航定位系統服務效能的指標，尤其是準確度、可得率、連續性、完整性與涵蓋範圍等品質參數，並釐清一般容易混淆的各種準確度表示法之間的關係。
- (2) 說明 IMO 對於全球無線電導航系統的具體規範要求，以及各類海事用途的導航定位效能需求。
- (3) 從 SOLAS 船舶設備規格、系統運作現況、後續發展規劃等面向，評估 GPS, GLONASS, GALILEO 等全球導航衛星系統 (GNSS) 及其擴增系統。
- (4) 探討 eLORAN 等地面無線電定位系統的發展，以及國際間對於以其做為 GNSS 備援的態度。
- (5) 探討 e 化航行架構需要的定位導航技術組合與後續發展。

結論是：

- (1) GNSS 是 e 化航行與智慧化海運的關鍵組成。隨著航海人員對 GNSS 的依賴增長，船舶操作方式隨之改變，船舶可能航行的水域也已逐漸擴展，因而更必須有高品質效能的導航定位服務。
- (2) 新的 GNSS 如 GALILEO 使可見衛星數足夠時，可利用「接收機自主完整性監測(RAIM)」機制使 GNSS 更可靠。
- (3) 各 GNSS 都是使用類似頻段的衛星系統，都具備 GPS 已被指出的各種脆弱性，因此仍然必須有 DGNSS 服務的擴增補強。
- (4) eLORAN 持續發展的機會已不高，而且就臺灣而言，因該系統必須跨國建置，不易實現。

## 第三章 智慧海運之寬頻通訊服務

### 3.1 智慧化海運的通訊需求

#### 3.1.1 船舶的自動通訊需求

船舶保全警示系統(Ship Security Alert System, SSAS)、全球遇險與安全系統(GMDSS)、遠距船舶識別與追蹤系統(LRIT)等，訊息量都很少甚至緊急時才需要傳送，而且每筆訊息不到100Bytes，稱不上寬頻，就運作範圍而言需要用衛星，而且幾乎都是利用收發訊息的資料速率僅600bps的海事通訊衛星Inmarsat-C。

#### 3.1.2 港口通關及其他強制報告

這部分是指通過管制水域以及停靠港口時的通訊服務需求。船舶進入船舶交通服務(VTS)或強制性的船舶報告區內必須報告，發生事故必須報告，航道計費與領港費等等也可能以船舶報告為基礎。VTS與強制性的船舶報告有些可以透過AIS或Inmarsat位置報告傳送，通常是從船上採用e-mail或傳真送出，每筆訊息約100Byte~1kB。基於安全與保安，港口通關要求的報告訊息數不少，每個停靠港大約可達20筆，每筆訊息約1kB~100kB，其中貨物報關這類訊息比較長[22]。但因船務代理可以代為處理，所以對船舶通訊的影響視船舶營運策略而定。「港口電子通關(Electronic Port Clearance)」功能也可以大幅降低這部份的通訊需求。

#### 3.1.3 電子海圖與航安資訊

船上的電子航行圖必須在船舶進入該海圖適用水域前更新，浮冰等航行安全的警告訊息也必須及時廣播給海上船舶。電子海圖更新需要寬頻，更新單一圖幅內的一個浮標點位置的檔案

大小就已大約 3kB，新版的 ENC 圖檔則每幅可達 5MB。

#### 3.1.4 商業性或技術性的船舶運作

「船舶運作與管理」相關通訊，通常是透過船對船以及船岸之間帶有附件的電子郵件，內容包括航程規劃與更新，以及船員相關事務等。標準的報告要求是每日正午報告燃油消耗、航程細節並適時報告船舶機械相關事務，要求的頻寬其實相當低。

「技術支援」這類的報告已經隨著岸基技術操作管理策略而逐漸普及。主要是為了維護/維修計畫的規劃、遠端協助解決問題或處理立即的問題，而需要使用岸基資訊服務、存取公司的資料庫、與岸上的公司人員互動溝通。訊息長度可能因為帶有歷史資料或影像圖片而相當大。雖然通常是有問題發生時才會使用這類通訊。但這類通訊/資訊交換的價值相當高。

「客輪管理」的通訊需求有兩個面向：一是為了展示對客輪安全運作的承諾；另一則是為了確保乘客滿意度而開發的各種措施。為了安全，必須能在海上人員與岸上人員、搜救船舶與飛機之間建立可靠、不受天候影響、無所不在的雙向通訊系統，其通訊服務需求如同緊急應變管理。在乘客滿意度方面，要處理的則是後勤物流與商務相關資訊，包括餐飲所需補給、廢棄物管理、旅遊支援服務、e 化金融、e 化預約、線上交易等。這些通訊需求可能可以與「資訊娛樂」共享通訊頻寬。

海洋測量、石油探勘等較特殊的海上作業船舶則可能要求較高的船岸通訊容量以即時傳送海圖更新資訊、海氣象資訊與預報。

#### 3.1.5 遠距醫療與緊急應變管理

緊急應變管理通常以語音無線電通訊處理。但若能結合現場即時影像與數位訊息，透過密集的船岸通訊，其效益相當顯著。在緊急應變方面，寬頻通訊服務可滿足下列需求：災難現場景象

的勘查、監控用關鍵環境資料的傳輸、搜救單位所需位置資料的傳輸、和岸基搜救管理中心之間的影音通訊、救援單位之間的影音通訊。數據與影音通訊需要雙向 64kbps，而現場即時全螢幕高解析度影像則需要單向 256kbps。

遠距醫療的通訊服務應滿足船員與乘客的下列需求：影像醫療協助以及語音/數據通訊、常規醫療照護、遠距醫療監控與診斷、健康照護資訊。前三項需要高度可靠而安全的網路，提供雙向點對點的連線，並且在兩端點之間提供全整合式的服務品質。

醫療協助服務特別需要保護病人的隱私權。在資訊安全方面，需要身分驗證、保密性、完整性、不可否認性。最後一項健康照護資訊只需要廣播通訊即可。

遠距醫療服務需要較高的可靠性與可維護性，為滿足此需求：其設備應標準化、其軟體元件應標準化、其改正或預防的維護程序都應標準化、應實作遠端維護服務，尤其應具備遠端更新軟體元件的能力。

### **3.1.6 資訊娛樂 (infotainment)**

船員個人通訊方面的需求有：影音長途電話、簡訊(SMS)與多媒體簡訊(MMS)、電子郵件(E-mail)以及其他個人通訊服務，包括行動電話附加服務。

船員休閒等福利服務的需求是接取 IP 骨幹網路，將網際網路延伸至海上船舶。為了能安全而有效率地接取網際網路，必須實作下列功能：web 與 DNS 的 Cache 快取、DHCP 動態分配 IP 的伺服器、SMTP relay 郵件轉寄伺服器、整合防火牆、NAT 網路位址轉換、服務等級管理。以 5 台個人電腦的區域網路計算，大約需要 512kbps(下載)/128kbps(上傳)。

乘客個人通訊的頻寬需要預期比船員高，這類服務主要是利用所謂 Mobile Island Network，亦即在船舶與陸地之間透過無線電

或衛星通訊實現手機行動通訊，至少需要一個 UMTS 基地台的通訊容量。

乘客的娛樂通訊與船員的類似，都需要接取網際網路，但還需要船上的無線網路以連接乘客個人的筆記型電腦或個人數位助理(PDA)甚至智慧型手機等資訊裝置。

## 3.2 可用通訊系統與技術評估

### 3.2.1 歐盟的智慧化海運系統相關通訊技術與應用研究

Maritime ITS 是 2009 年 9 月在瑞典斯德哥爾摩舉行的 16th ITS World Congress 議程中歐洲區特別關注會議（Special Interest Session）的主題，會議的目的在定義智慧型海運系統的內容，並交換各國在這方面的政策、架構、進展等。從中可看出歐盟尤其是波羅的海區域對於智慧化海運系統的投入。

Maritime ITS 被認為涵蓋 e-Navigation 以及從 e-Navigation 延伸擴展的 e-Maritime。Maritime ITS 相關歐盟計畫至少有 MarNIS 與 EfficienSea。MarNIS 計畫的執行期是 2004-2008 年，設定的目標是在 2012-2020 年間實現的 e-Maritime。EfficienSea 則是 2008-2012 年執行的歐盟的波羅的海區域計畫，較偏重 e-Navigation，已被指定為旗艦計畫。

EfficienSea 將建立一或多個開放參與的試驗區，使波羅的海成為 e 化航行的先導試點區域，該計畫也將在岸上以及許多參與船舶上建立通訊架構。

從 EfficienSea 計畫的觀點來看，Maritime ITS 是：

- (1) 透過海事安全資訊、船舶交換航路計畫、船舶交通服務、應用 AIS 資料於即時風險指標等措施以增進安全；
- (2) 提供航路規劃工具、簡化報告程序以提高效率。

MarCom 則是對應於 MarNIS 計畫中的寬頻通訊項目，但更聚焦於船岸通訊以及挪威特殊海事通訊需求的研究計畫，共 30 個單位參與，計畫經費約 4 百萬歐元，由挪威研究理事會（Norwegian Research Council）提供約 50% 的補助。

MarCom 的主要技術目標是：

- (1) 延伸或創新地面無線電技術的海上涵蓋範圍與距離；
- (2) 以適當的衛星通訊解決方案補地面無線電涵蓋範圍的不足；
- (3) 在系統內與系統間取得無接縫式連續的交接與漫遊。

MarCom 對海事通訊技術與應用需求的評估結果如圖 3-1。無論 MarNIS 或 MarCom，其研究結果其實相當一致。

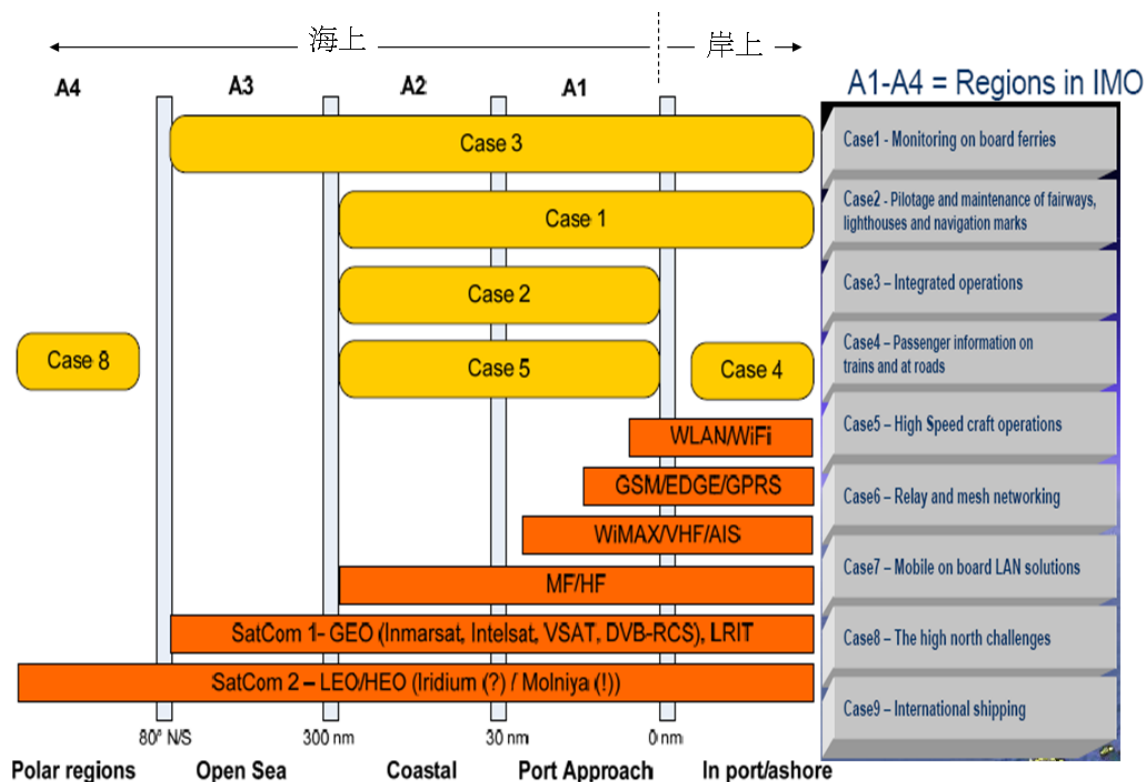


圖 3-1 MarCom 對海事通訊技術與應用的評估

船舶航行遠離岸台範圍進入公海，其海上通訊終究必須依賴衛星。Inmarsat 是國際公認的行動衛星服務先驅，約在 30 年前建置使海上船舶能透過同步衛星維持通聯。這些年來持續引進新的

技術與服務，從 Inmarsat-A, -B, -C, -M, Mini-M, Mini-C, GAN, -D/D+, MPDS 以及 Fleet 系列的 Fleet77, 55, 33。近年 Inmarsat 又提出包括 Fleet Broadband 的 BGAN 系列服務，以新的衛星提供達 492kbps 的共享頻道 IP 封包交換服務以及 32-256kbps 的串流 IP 服務。

同樣基於同步衛星(GEO)的還有 VSAT (Very Small Aperture Terminal) 與 DVB-RCS。VSAT 採用直徑 1-3.7m 的碟型天線，資料傳輸速率可達 4Mbps (目前最高紀錄是 46Mbps)。DVB-RCS 則是 Digital Video Broadcasting(DVB)的寬頻通訊設計，是唯一的國際標準雙向通訊衛星網路技術，可提供下載約 40Mbps/上傳約 2Mbps 的速率。DVB/DVB-RCS 是 MarNIS 等計畫較看好的衛星通訊技術。

銱衛星(Iridium)是唯一值得關注的低軌衛星系統 (LEO)。Iridium 單一通道的資料速率約 4.7kbps，資料連線的來回延遲時間約 1.8 秒，若使用其遠端壓縮軟體可得 10kbps 的資料速率。其最新提供的” OpenPort” 服務宣稱是 9.6-128kbps 的 IP 數據服務，涵蓋全球無缺口，而且使用全向性天線，不需要穩定平台。Iridium 規劃的下一世代衛星” Iridium NEXT” 預計可於 2016 年前開始運作。

智慧化海運系統需要的通訊技術是必須能以足夠低的成本支援船岸之間與船舶間有效率的資訊交換。雖然寬頻衛星可充分涵蓋船舶航行範圍，但傳統上被 IMO 公約規範要求的必備服務都是不對使用者（船舶）收費的，e 化航行仍應以地面無線電通訊技術為優先考量，智慧化海運也應盡量從港口與岸台透過地面無線電技術延伸涵蓋距離。

可用於海上通訊的地面無線電技術可概分為 3 類：

(1) Cellular 行動通訊系統；

(2) 無線寬頻接取 (Wireless Broadband Access, WBA) ;

(3) 無線窄頻接取 (Wireless Narrowband Access, WNA) 。

Cellular 行動通訊系統從 2G 的 GSM, GPRS, EDGE, 到 3G 的 WCDMA, 3.5G 的 HSDPA/HSUPA 到發展中的 4G LTE (Long-Term Evolution), 最高資料速率預期可達下載 300Mbps/上傳 80Mbps。GSM 通訊協定限制距離為 37 公里 (不到 20 哩), 但所有 GSM 相關服務的典型最大距離約 5 哩, 畢竟其基地台佈設是以涵蓋陸域用戶為主要考量。因此距離的限制使 cellular 行動通訊系統只能用於港區或近岸。

目前使用中的特高頻數位選擇呼叫(Digital Selective Calling, DSC)資料速率僅 1.2kbps; 同樣使用 VHF 的船舶自動識別系統(AIS)僅 2×9.6kbps, 距離約 30 哩; 航行警告電信(NAVTEX)則是於 518kHz 使用窄頻直接列印傳輸的廣播, 僅 300bps 但可達 250 哩。

挪威 Telenor Maritime Radio 發展的第 1 代數位特高頻 (D-VHF) 以 9 個 25kHz 寬的 VHF 頻道提供 133kbps, 通訊距離約 130 公里, 已佈建涵蓋長達 2,400 公里的挪威海岸線以及部份北海與挪威海。第 2 代 D-VHF 方案預期可將通訊容量提高至少 3 倍。對於利用海事 VHF 頻道交換數據與電子郵件的無線電系統與設備特性, ITU 已經於 2009 年通過規範 ITU-R M.1842。

IEEE 802.11 WiFi/WLAN 與 802.16 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) 系列標準都是屬於無線寬頻技術。就海事應用而言, WiFi 無論是 802.11a, b, g, 或 n 的距離都遠小於 1km, 高速傳輸可用距離更短, 只適合在船舶內部或接近岸上(例如在港內)使用。WiFi 是目前我國國際商港於航港資訊系統智慧化港埠計畫中建置的港區無線網路所採用的技術。WiMAX (IEEE 802.16) 則是中長距離海上通訊的較可行方案, 比較實際的數字是在 10km 內提供 10Mbps, 尤其如果能採用 sub-GHz 頻段, 預期可將距離延伸 5-10 倍。

### 3.2.2 新加坡的智慧港與 WiMAX 海上應用技術研究

新加坡從 2007 年開始佈建 WiMAX，海域的部份是在 2008 年第一季建置，稱為 WisePort。提供的資料速率等級分為 512kbps、1Mbps、到 5Mbps，512kbps 的費用約 100 元新幣/月（換算為台幣 2323 元/月）。新加坡的 WisePort 海上 WiMAX 網路可達離岸 15 公里，已於 2009 年正式營運，至少持續運作 10 年。

大部份公司的應用方式是將船上的 WiFi 網路透過 WisePort WiMAX 連上 Internet 下載電子海圖更新檔案以節省衛星連網通訊費，船員則可以盡情使用 Skype 網路電話。WisePort 使用的是 2.3-2.4GHz 頻段，南韓 WiBro(Wireless Broadband)版的 802.16e mobile WiMAX 技術。

除了 WisePort 的建置外，由新加坡 I2R 與日本 NICT 的新加坡實驗室合作的 TRITON 計畫(詳見第一章)從 2006 年起對於 WiMAX mesh 海上網狀網路技術的 5 年期研究計畫至今已有相當的成果。

MarCom 與新加坡 I2R/A\*STAR 之間於 2008 年 4 月簽訂”Development of Ship-to-ship/shore WiMAX Mesh system in UHF band”的合作協議，並向新加坡海事港務局(Maritime Port Authority of Singapore, 簡稱 MPA)提出計畫案。

I2R 與 NICT 已於 2009 年開始在 IMO/ITU 會議中提案[23-24]推動採納利用 IEEE 802.16 WiMAX 技術的 Maritime Multi-hop Network。

## 3.3 WiMAX 技術的海上應用可行性評估

### 3.3.1 海上無線電通訊工程的挑戰

利用 WiMAX 技術，透過海上船舶甚至浮標延伸可用通訊距離似是目前智慧海運寬頻通訊的最具潛力的發展方向。

WiMAX 是指 IEEE 802.16 系列的無線寬頻通訊標準。從一開始的 IEEE 802.16-2001 到 802.16-2004(含 802.16a 的 10-66GHz LOS 視距運作模式與 802.16d 的 2-11GHz NLOS 非視距運作模式)都是固定式的寬頻無線接取技術（或稱 Fixed WiMAX）。802.16e-2005 修訂為支援移動性的 Mobile WiMAX。目前 WiMAX 固定式與移動式寬頻無線接取的空中介面標準是 802.16-2009。以支援移動性的 802.16e 為基礎延伸的多點跳躍中繼標準 802.16j (Mobile Multi-hop Relay，簡稱 MMR WiMax)已於 2009 年 6 月修訂通過。目前這些標準都是依據陸上應用環境而訂定的。我國投入 WiMAX 研發的資源相當大，工研院資通所與交通大學的研究團隊也從 IEEE MMR 工作小組成立之初就持續參與，但也僅限於陸域通訊。

要以地面無線電技術延伸海上通訊距離，至少必須面對下列無線電工程問題的挑戰：

- (1) 無線電訊號在海面上電波傳播特性的掌握；
- (2) 適當無線電資源（可用頻段）的取得；
- (3) 高效率且能適應各海況下船舶運動的天線系統；
- (4) 延伸距離的方法，例如：repeater、MMR、mesh 網路。

### 3.3.2 TRITON 的海上通訊試驗結果分析

TRITON 計畫以下列特徵或模型分析影響海上通訊的因素：

- (1) 路徑損耗模型
- (2) 海面運動或海況的特徵
- (3) 天線模型

TRITON 計畫針對路徑損耗做了許多相關實驗[25-26]，在”Path Loss Measurements in Sea Port for WiMAX”一文中[25]，環境

設置是用訊號產生器產生 5.8GHz 功率 1W 的連續波，傳送端與接收端天線增益皆為 12dBi，接收端的天線高度距離海平面 8m，傳送端的天線高度分為 185m、76m、4m（分別是設在新加坡港務局、Bedok 燈塔、岸邊），船的行進方式則分為 making-way(對水航行)與 underway 來做測量，結果整理如表 3-1。其結論是：在有良好的視距 (LOS)條件下，海上電波傳播通道模型可以使用 Two-Ray model，又稱 Plane Earth Loss model。所謂 Two-Ray 是指直接波與地面反射波[27]。在電波行進方向與海面夾角呈掠角（此時入射角接近 90 度）的條件下，可推導其電磁波干涉結果如下列公式：

$$\frac{P_R}{P_T} = 2 \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 G_T G_R \left( 1 - \cos \left( \frac{4\pi h_T h_R}{\lambda d} \right) \right)$$

$$\propto \frac{1}{d^2} \sin^2 \left( \frac{2\pi h_T h_R}{\lambda d} \right) \quad \text{距離較近時}$$

$$\propto d^{-4} \quad \text{距離較遠時}$$

其中

$P_T$ 與 $P_R$ 分別是發射與接收功率， $G_T$ 與 $G_R$ 分別是發射端與接收端天線的增益  
 $h_T$ 與 $h_R$ 分別是發射端(岸上基地台)與接收端(船上移動台)的天線高度  
 $\lambda$ 是無線電波的波長， $d$ 是岸上基地台與船上移動台天線之間的距離

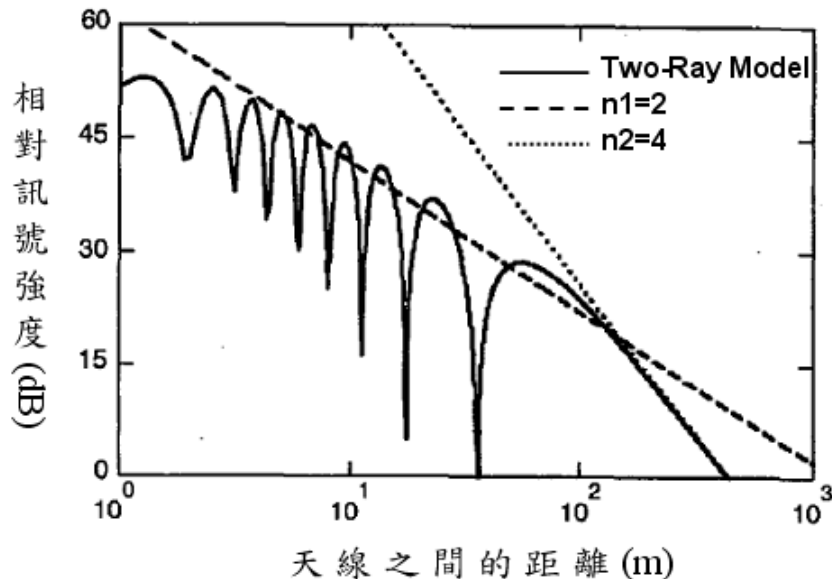


圖 3-2 Two-Ray Model 的路徑損耗變化示意圖

接收與發射訊號功率的比值  $P_R/P_T$  與天線距離  $d$  的關係通常可

以用  $d^{-n}$  這樣的 Power Law Model 趨近，進而將此路徑損耗以  $L(d)=10n\log(d)+L_b$  表示，單位 dB，其中  $n$  稱為路徑損耗指數， $L_b$  是與天線高以及頻率有關的基本路徑損耗值。就 Two-Ray Model 而言，其路徑損耗的變化如圖 3-2，一開始趨近於  $n=2$ （相當於 Free Space Model），距離夠遠後趨近於  $n=4$ 。這兩條路徑損耗變化趨近線的交叉位置稱為 break point，該點對應的距離以  $d_A$  表示。

$$d_A = \frac{2\pi h_T h_R}{\lambda} \quad \text{其中 } h_T \text{ 與 } h_R \text{ 分別是發射端與接收端天線高, } \lambda \text{ 是波長}$$

TRITON 的實測結果在交叉點距離  $d_A$  內， $n$  值接近 2，而且訊號強度隨距離高低起伏振盪與 Two-Ray model 的特徵吻合。該研究的實測距離僅能超出 4m 天線高所對應的交叉點距離(12km)外，卻發現此時的路徑損耗指數  $n$  遠大於 Two-Ray Model 的  $n=4$ ，表示信號將會急速衰減，限制訊號的傳輸距離。茲將 TRITON 的海上實測結果整理如表 3-1。

**表 3-1 TRITON 的 5.8GHz 海面電波傳播模型**

| 天 線<br>高度 | 行進方向       | 路徑損耗指數 $n$                     | 標準差             |
|-----------|------------|--------------------------------|-----------------|
| 185m      | making-way | 2.165 (測至 7km)                 | 3.6dB           |
| 185m      | underway   | 2.161(測至 7km)                  | 4dB             |
| 76m       | making-way | 2.35(測至 17km)                  | 7.68dB          |
| 76m       | underway   | 2.29 (測至 17km)                 | 5.47dB          |
| 4m        | making-way | 2.39 (12km 內)<br>6.12 (12km 外) | 2.41dB<br>9.3dB |
| 4m        | underway   | 2.38 (12km 內)<br>7.5 (12km 外)  |                 |

海浪會造成船舶與浮標上天線的移動與高低起伏，間接的也會影響到接收信號的強度。海況 level 0-3 時海面狀況是平靜的且浪高不會超過 2m，level 4-5 是溫和的，浪高在 2m 到 4m 之間，最後 level 6 以上的表示海面狀況惡劣，浪高最高會接近 30m。

船舶之間的距離遠大於天線高度，所以天線高度的改變對於天線增益的影響很小，但改變天線的傾斜角度對接收訊號的強度影響卻是很明顯的。

海面運動會影響天線增益與路徑損耗。只要海浪的運動不會造成天線傾斜角度大於波束寬，則收發兩端天線的增益  $G_T$  與  $G_R$  也就不會改變太大（會在 3dB 以內）。舉例來說，當在海況等級 6，距離為 1km，船的長寬分別為 64m、8m，天線高度為 16m，天線最大傾斜角度為  $10^\circ$ 。天線增益最大變化量大約為 1dB。因此藉由發收兩端天線的傾斜而造成接收功率  $P_R$  的變化量約為 2 dB。然而，如果採用較高的天線增益以提高每次跳躍的傳送距離，則此增益變化量將會有很大的影響。因為較高的天線增益對應到較小的波束寬  $\alpha$ ，而  $\alpha$  越小會使敏感度增加。

接著探討海面運動對於電波傳播模式所計算的路徑損耗有何影響。從圖 3-2 中 Two-Ray Model 與  $n=2$  的 Free Space Model 的相對訊號強度取其差異值可看到當天線高度與頻率固定時，在接近某些距離點時，有 loss peak 的存在。天線高度改變時，這些 loss peak 的位置(距離)會移動。依 TRITON 的推算，當兩端天線高皆為 18.5m、 $d=5600m$ ， $\Delta \text{path loss}/\Delta \text{height}$  約為 13dB/m。也就是說當發收兩端天線高度變化量增減 1 公尺時，loss peak 的移動會導致路徑損耗變化量增減 13 dB。當在海況等級 6 時，浪高會達到 4 公尺，對於 loss peak 附近的路徑損耗變化量影響非常明顯，在選擇多次跳躍轉遞路徑時應避免選擇這樣的鏈路(link)。

除了上述影響海上通訊的因素之外，要透過中繼、多次跳躍轉遞、網狀網路等延伸通訊距離，其基本要件是要有適當的中繼

節點，至少應從船舶的移動模型（Mobility Model）確認是否具備足夠的「連接性（connectivity）」，評估可行的延伸距離或範圍。

TRITON 曾以兩天各 10 小時各約 132 與 104 艘船的 AIS 紀錄，評估要達到 90%網路連接性的關鍵通訊距離。設定目標是連接海上的節點（船台，SS）與岸台（基地台，BS），設定條件則是：SS 要連接到 BS，必須至少要有一個路由(Route)，而整個路徑(path)長度最多不能超過 3 次跳躍(hop)，因為如果不限制 hop 的數量可能會導致過多的通訊延遲。其觀察是：當 SS 附近節點密度很小，而且 SS-SS 彼此涵蓋範圍都很短時，BS 與 SS 之間的連接很容易斷。而其最後結論是要在新加坡東海岸形成有效的海上網路，BS 對 SS 的涵蓋範圍最少要有 15km，而 SS 對 SS 的涵蓋範圍至少要有 8km。

海上通訊網路的模擬需要船舶的移動模型，用以設定並模擬節點的位置、移動路徑與速度等，方法上可從船舶航行的歷史軌跡，分析取得各航跡通過某條參考線的時間與速度，由此取得通過的速度分佈以及抵達此線的時間間隔分佈等統計值，以此為 mobility model 的參數。以 TRITON 的研究為例，其在新加坡海峽東南海域，經度 140.15 度垂線的分析結果是東西向速度皆成常態分佈，平均皆約 10 節，抵達時間間隔在 400 秒內的數據超過 60%，統計特性近似於指數分布。

### 3.4 臺灣沿岸海域寬頻通訊網路的可行性評估

臺灣海域航行船舶密度估計遠低於新加坡港/新加坡海峽附近。首先利用本計畫研發之 AIS 交通流分析模組，藉由臺灣沿岸的 AIS 監測資料建立船舶的移動模型。

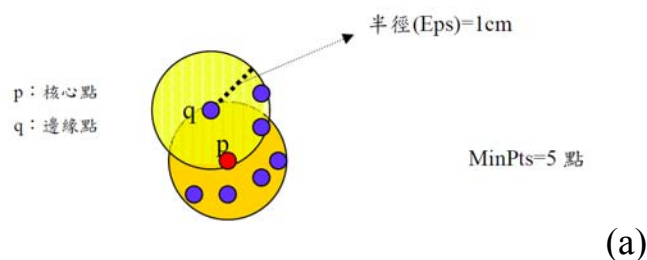
在澎湖水道、富貴角北方、綠島南方等較密集處以 passage line 交通流分析的概略結果是：取 1 個月的平均值，每小時通過的船

數都僅略大於 1。Maritime Multi-hop Network 在此海域如何應用，應用效益如何必須進一步模擬分析。

模擬分析所用的船舶移動模型是取自 AIS 歷史航跡資料庫的快照資料，此快照實際取出的是每個時間點前 5-20 分鐘內船舶的最新 AIS 報告，以此做為當下的船舶動態分布。依據 2010 年 6 月的 AIS 資料，每小時取 5 分鐘內最新船位計算的結果是，平均隨時有 26.6 艘 AIS 船舶在距離基隆港 20 浬範圍內，高雄港有 87.9 艘船，臺中港有 54.7 艘船。

Maritime multi-hop network 要連接海上的節點（船台，SS）與岸台（基地台，BS），必須至少有一個路由，而整個路徑長度最多不能超過 3 次跳躍(hops)以避免通訊上過度延遲，而且傳輸距離受發射功率與電波傳播訊號衰減而有所限制。考量這些條件，我們認為可利用 DBSCAN 群聚演算法評估此無線網路的涵蓋範圍。

DBSCAN 演算法中，使用者必須設定核心點鄰近區域的半徑（Eps）以及鄰近區域內資料點數的門檻值（MinPts）兩個參數，只要在半徑 Eps 鄰近區域內的資料點數大於門檻值 MinPts，則形成群聚，如圖 3-3(a)。若此群聚中其他點周圍 Eps 半徑內的資料點數也大於門檻值 MinPts 則這些 Eps 半徑內的資料點也將被納入同一群聚內，以此延伸該群聚，如圖 3-3(b)。群聚中周圍資料點數不足 MinPts 者已是邊緣點，如圖 3-3(a)中的 q 點，無法從該點再延伸。當群聚無法再延伸時，則另取其他未被處理過的資料點為核心點計算是否構成群聚以及是否能再延伸。當所有點都被處理過而仍無法歸屬於任一群聚者，則稱為雜訊。



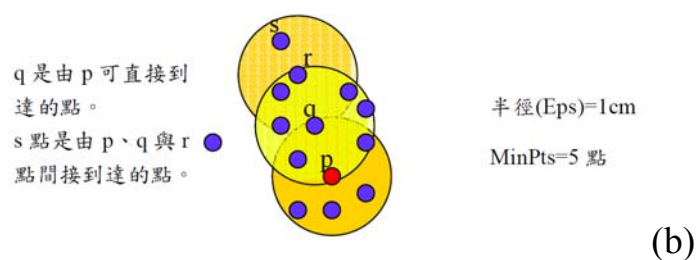


圖 3-3 DBSCAN 群聚演算法的概念

在此我們以 DBSCAN 演算法為基礎，取 MinPts=3，Eps=8 公里，只允許以岸台為核心點形成群聚，並在延伸群聚的過程中記錄其 hop 值。圖 3-4 是將岸台(DBSCAN 核心起點)設在基隆港，取 2010-06-14 04:50:00 至 2010-06-14 05:10:00 之間的最新 AIS 船位落在緯度 24.851925~25.451925，經度 121.451007~122.051007 範圍內(基隆港周圍上下左右各 20 海浬)的分析結果。圖例中數字是 hop 數，數字後面括號內則是船數，核心起點(岸台)與無法連接到的雜訊點(船台)都是設為 hop 數=0。臺中港與高雄港的岸台 multi-hop 延伸涵蓋情形則分別如圖 3-5 與 3-6。

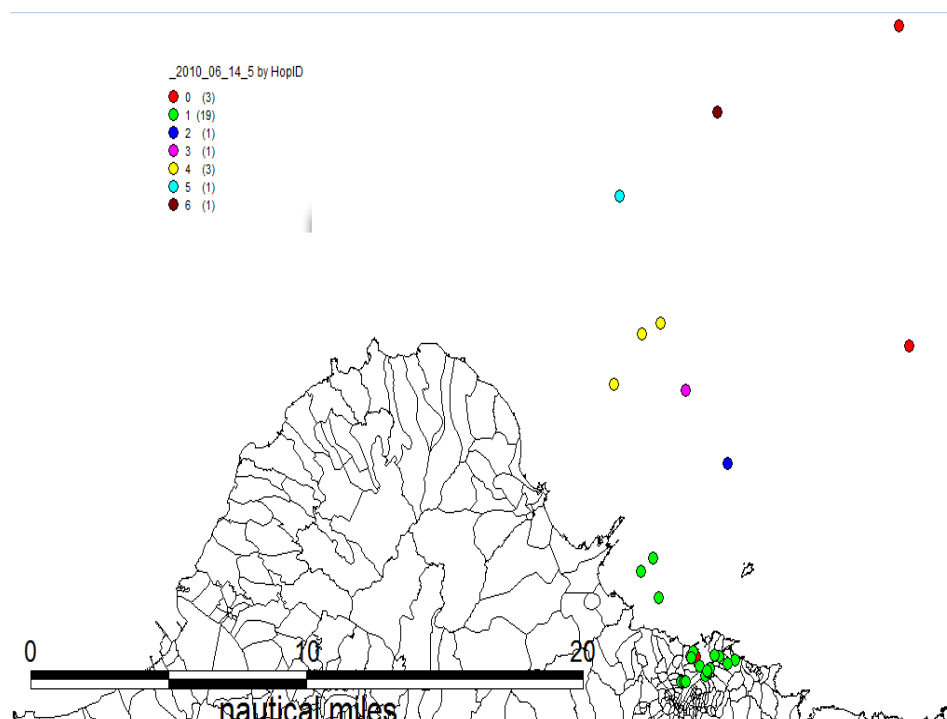


圖 3-4 從基隆港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形

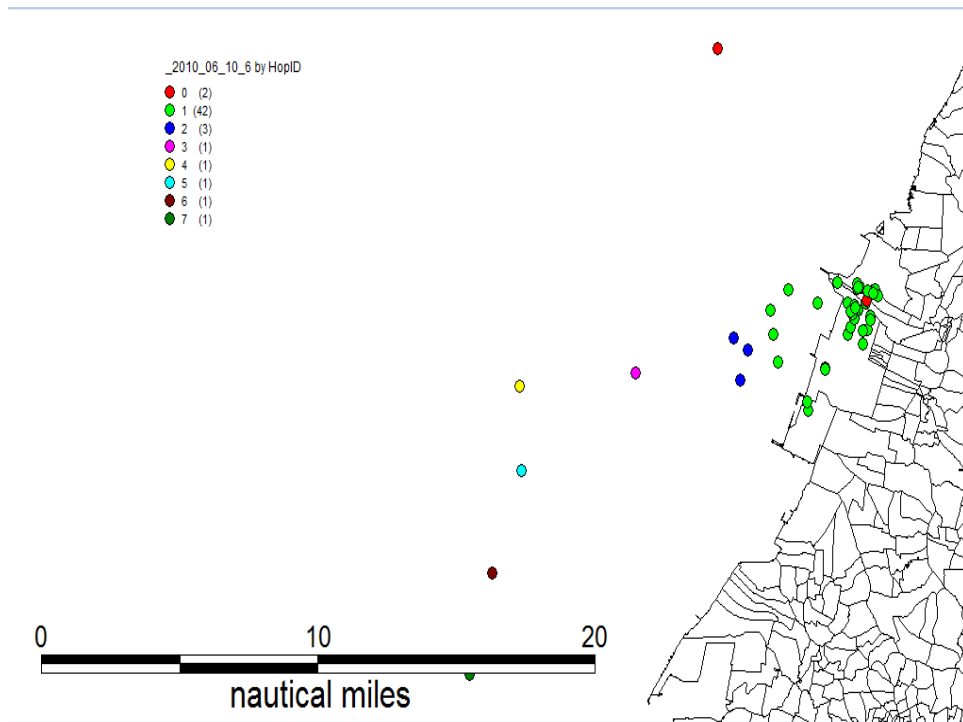


圖 3-5 從臺中港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形

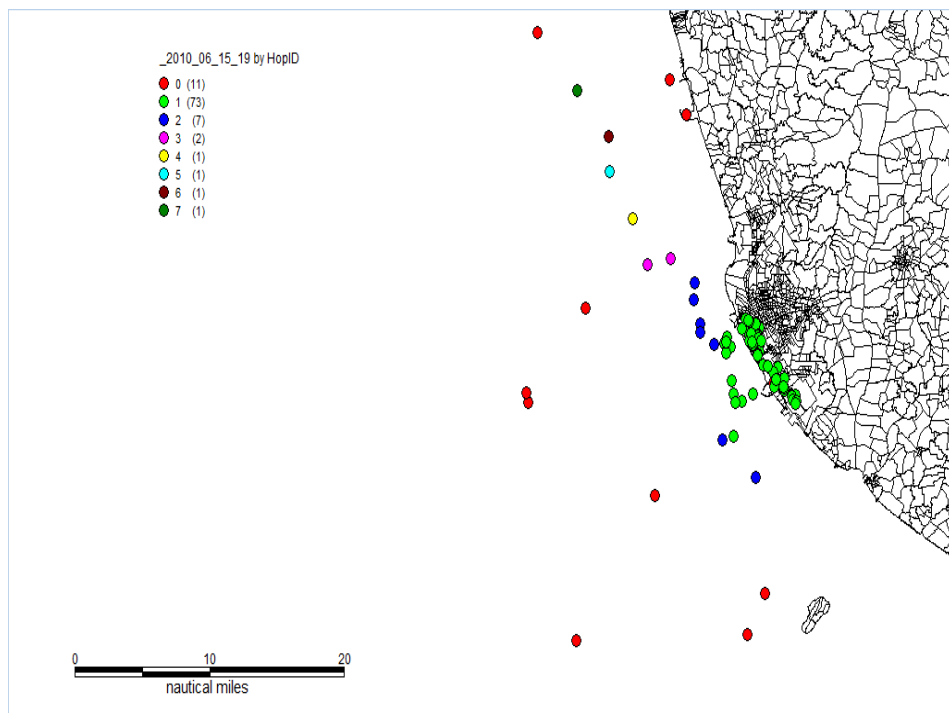


圖 3-6 從高雄港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形

依據 2010 年 6 月每日每小時快照分析高雄港、臺中港、基隆港 20 哩距離內船舶可於 3 hops 內連接到岸台的比例，結果如圖

3-7 到圖 3-15。其中 0% 的情況是指該時間無資料可用。

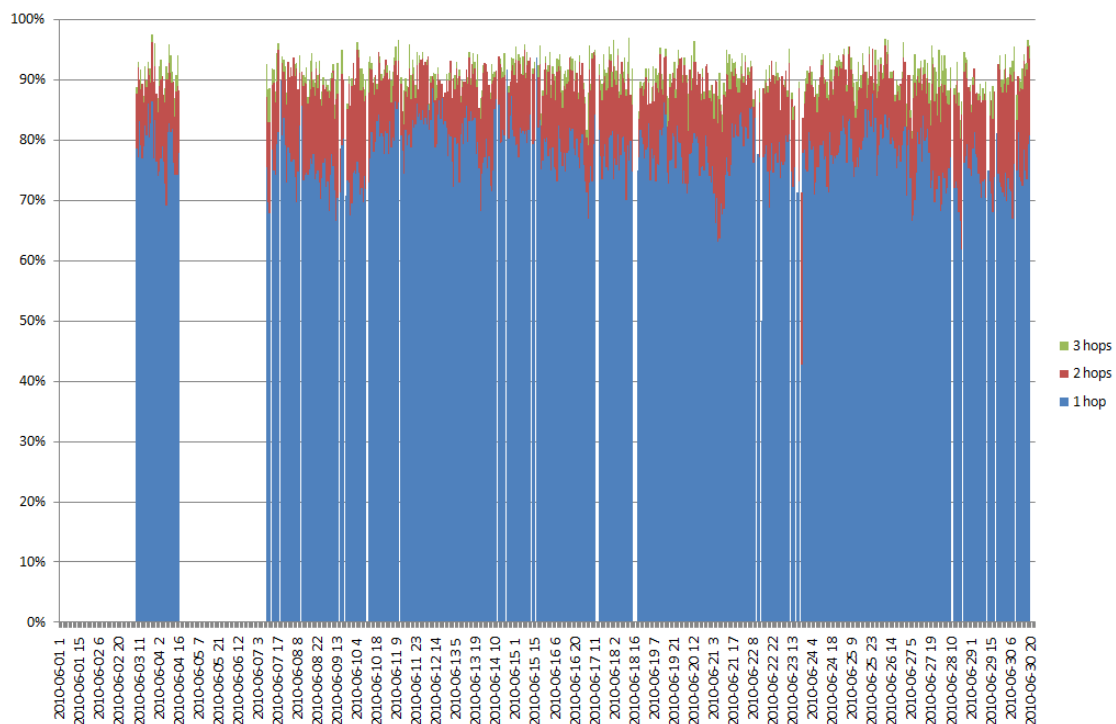


圖 3-7 高雄港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

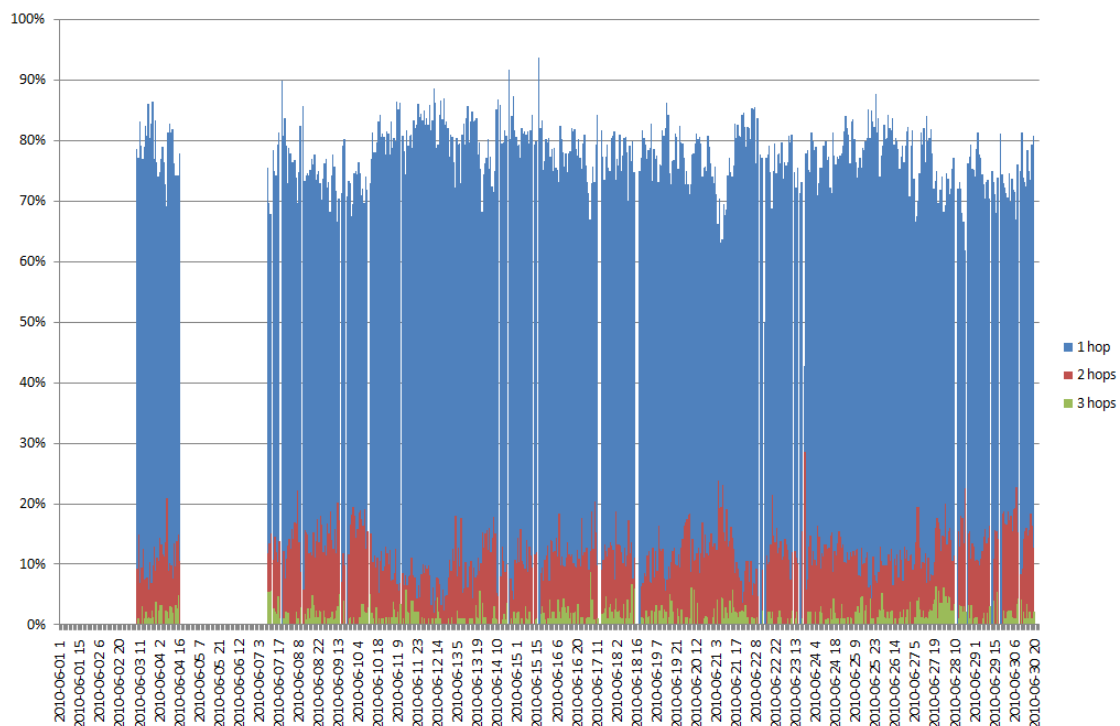


圖 3-8 高雄港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖

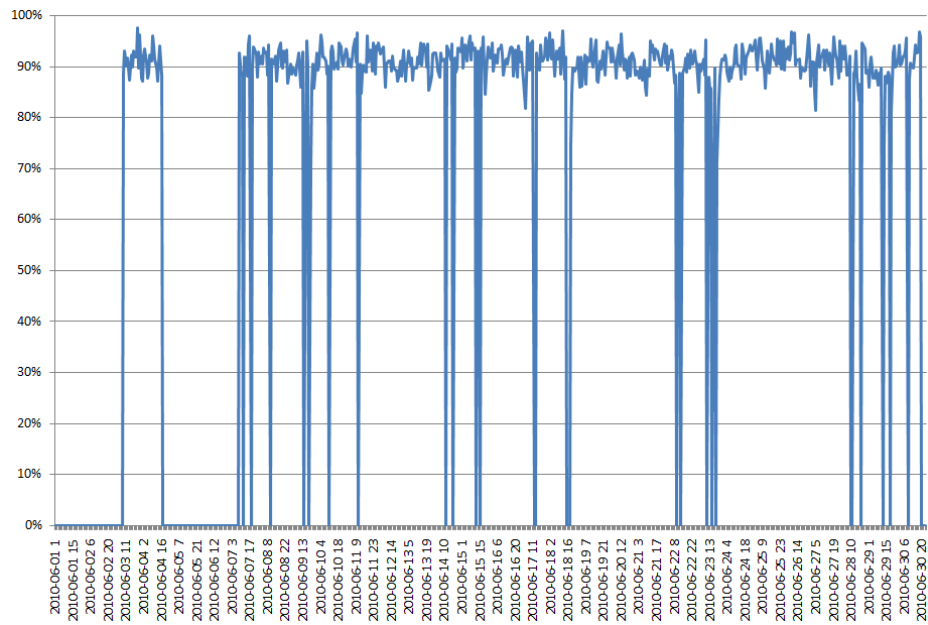


圖 3-9 高雄港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 91%)

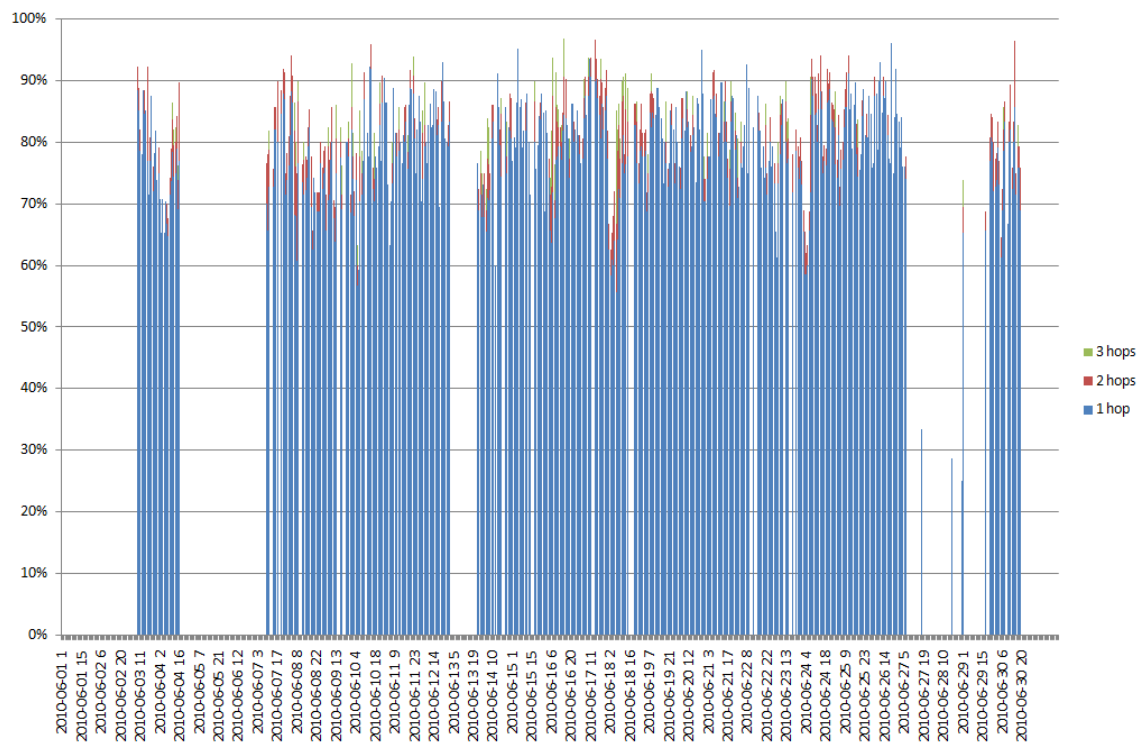


圖 3-10 基隆港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

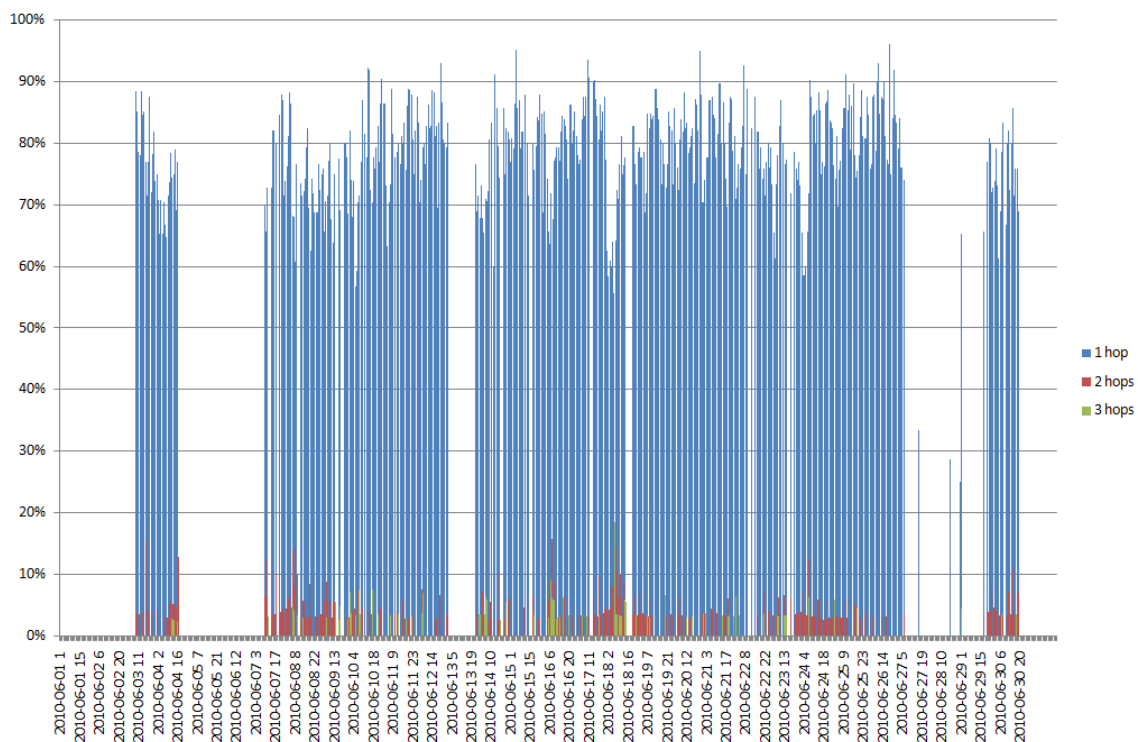


圖 3-11 基隆港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖

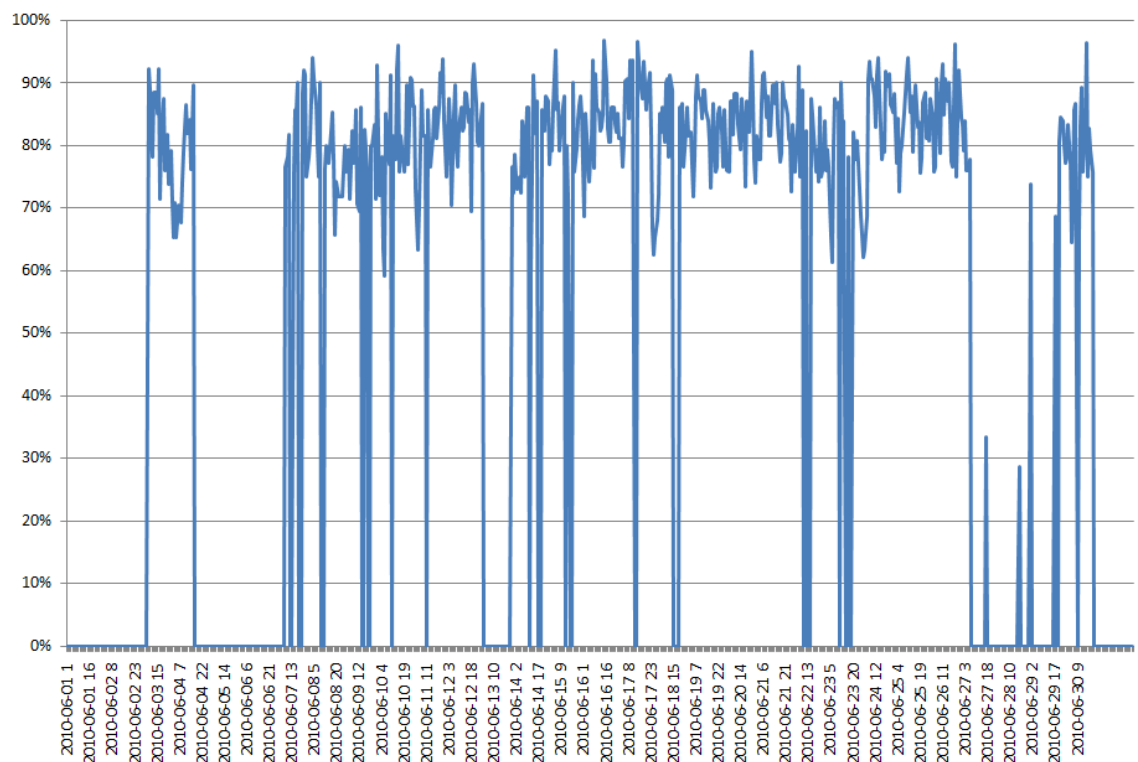


圖 3-12 基隆港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 82%)

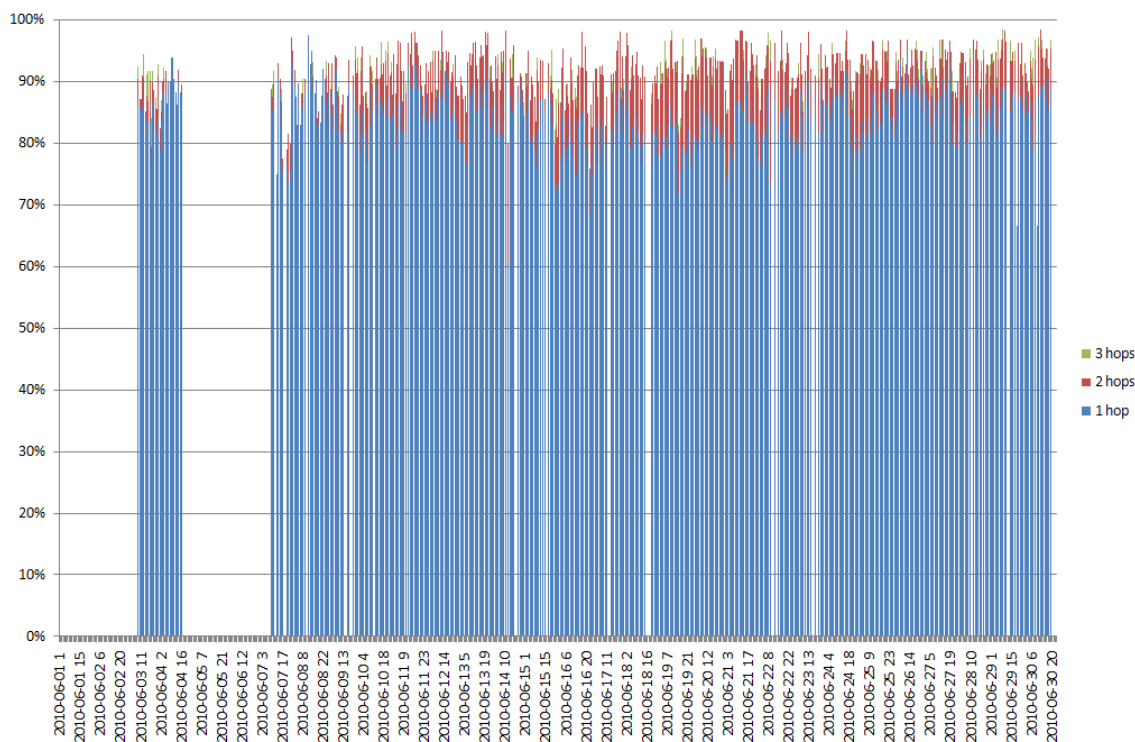


圖 3-13 臺中港 20 哩範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

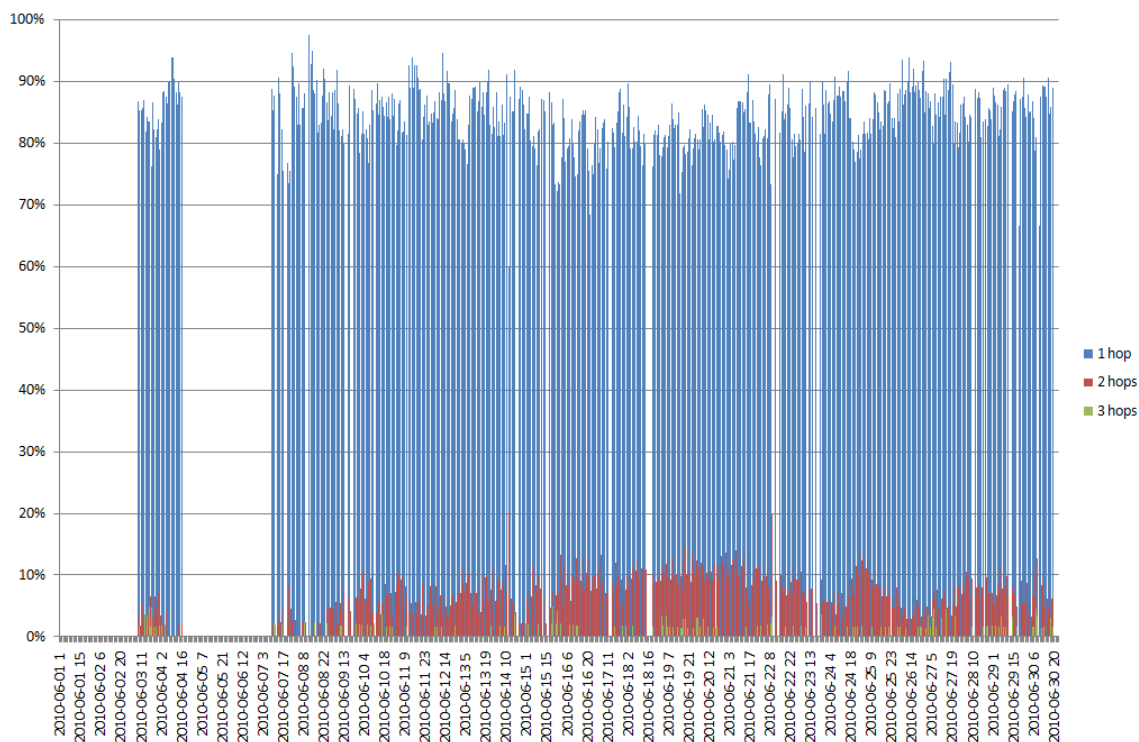


圖 3-14 臺中港 20 哩範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖

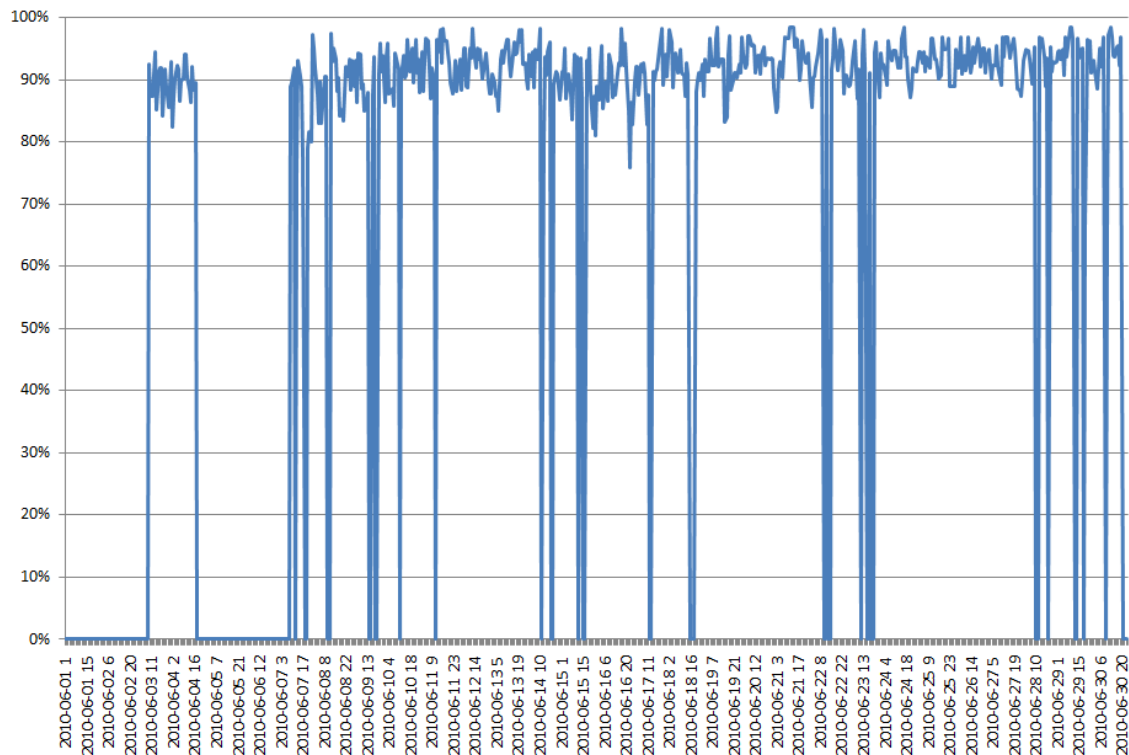


圖 3-15 臺中港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 92%)

表 3-2 國際商港 20 浬範圍內可多躍延伸通訊的平均比例

| 港口  | 船數(艘) | 1 hop | 2 hops | 3 hops 內 |
|-----|-------|-------|--------|----------|
| 高雄港 | 87.9  | 77.6% | 11.8%  | 90.8%    |
| 基隆港 | 26.6  | 78.3% | 4.6%   | 81.8%    |
| 臺中港 | 54.7  | 84.4% | 7.3%   | 91.9%    |

分析結果整理如表 3-2，高雄港與臺中港 20 浬內船舶可在 3 hops 內與岸台建立通訊的比例都高於 90%。但是三個港口都有 77% 以上是 1 hop 的直接通訊，尤其臺中港 1 hop 通訊比例高達 84.4%，其 AIS 船舶可能較集中在港區附近甚至港內。

為評估沿岸 Multi-hop 通訊涵蓋情形，經初步試驗後以沿岸設 21 個接收站，岸對船直接通訊距離 15km，船對船直接通訊距離 8km 為條件，模擬分析沿岸 AIS 監控範圍內船舶的 multi-hop 寬頻

通訊涵蓋情形。模擬分析係每小時取 5 分鐘內最新 AIS 船位，計算該船能否從岸上基地台延伸在 3 hops 內連接到達。圖 3-16 是 2010 年 6 月 9 日 17 時 266 艘船的分析結果，其中有 44 艘船(16.5%)無法於 3 hop 內連接基地台，如(b)圖紅色點，1 hop 直接連接的有 215 艘(佔 81%)，如(b)圖藍色點，2 hops 連接的有 3 艘(佔 1%)，如(b)圖粉紅色點，3 hops 連接的有 4 艘(佔 1.5%)，如(b)圖黃色點。

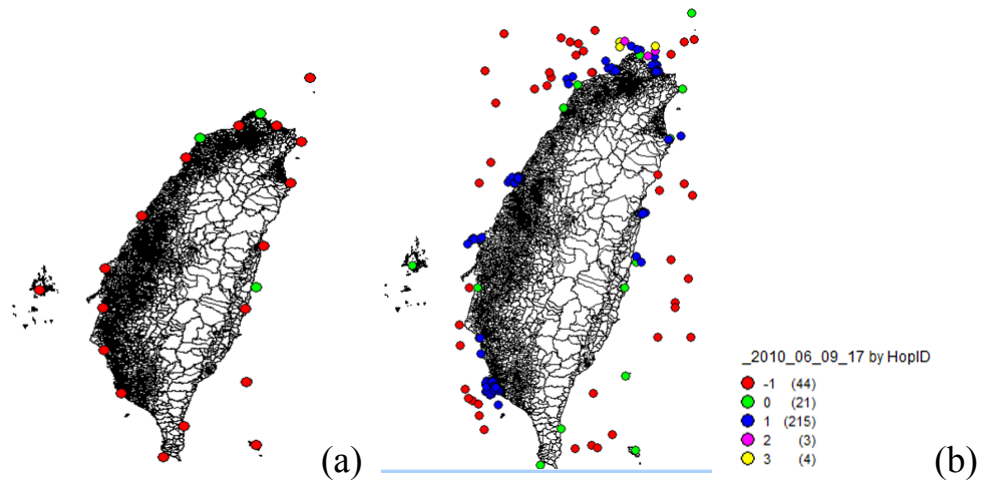


圖 3-16 沿岸 multi-hop 通訊涵蓋分析(a)基地台位置(b)hop 數

進一步分析臺灣沿岸可多躍延伸通訊的比例的月平均值，結果如下：

表 3-3 臺灣沿岸可多躍延伸通訊的平均比例

| 月份      | 平均船數   | 未涵蓋個數  | 1 hop  | 2 hops | 3 hops 內 |
|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2009/12 | 145.32 | 19.86% | 78.88% | 0.98%  | 80.13%   |
| 2010/3  | 189.55 | 18.90% | 79.27% | 1.44%  | 81.06%   |
| 2010/6  | 183.09 | 18.02% | 80.57% | 1.06%  | 81.95%   |

### 3.5 小結

此項研究的成果包括：

- (1) 評估智慧化海運系統中各主要船舶類別與應用的通訊需求。
- (2) 依海事通訊常用之 A1~A4 海域的離岸距離範圍區分，評估可用以及各國或區域研發試驗中的通訊系統與技術。
- (3) 分析 TRITON 計畫對海上多躍寬頻無線網路的研究試驗
- (4) 以 TRITON 的海上試驗結果為基礎，利用 AIS 船舶動態資料庫，模擬分析以評估從臺灣三大國際商港以海上多躍傳送技術提供寬頻通訊的可行性。結果以高雄、基隆、臺中港的 VTS 服務範圍(一般以 20 浬為界)而言，可透過 multi-hop(在 3 hops 內)與岸台通訊的船舶平均各佔約 91%、82%與 92%，但是可以直接通訊(1 hop)的已佔各港船舶總數(20 浬內平均約有 88, 27, 55 艘)的大約八成。

結論是：

- (1) 雖然衛星通訊幾乎可涵蓋全球海域，但衛星通訊仍難以滿足海上的各種通訊需求，而且隨著航行海域的離岸距離仍需要不同地面無線通訊技術的支援。發展重點在於以近岸 A1 水域為主的海上無線寬頻網路，也在於整合各種通訊服務的閘道平台。
- (2) 在通訊距離達 8km 的條件下，即使不用 multi-hop 技術，在國際港設置岸台也可以相當有效地提供 20 浬內寬頻通訊。
- (3) 若能再於沿岸適當地點添設岸台，應該可以有效涵蓋臺灣沿岸的主要海上航路，為船舶充分提供智慧化海運的寬頻服務。因設站數量與地點必須考量成本效益，尚待進一步決策後，再據以模擬分析與驗證。

## 第四章 智慧海運之地理空間資訊服務

### 4.1 國際組織的相關發展

#### 4.1.1 基本原則與 ECDIS/ENC 發展現況

IMO e-化航行策略強調在船岸之間有效的資訊交換，船岸兩端都能透過資訊的整合呈現，來減低工作負荷並提供決策支援，使航行安全效益最大化，並提供改善運輸物流效率的機會。這將是智慧化海運之地理空間資訊服務的基本指導原則。

IMO e-化航行策略的核心是以電子航行圖取代紙質航海圖，具體確認的實施計劃之一是：使 ENC 充分涵蓋全球海域，並使 SOLAS 船舶安裝 ECDIS 設備。此電子航行圖資料庫即智慧型海運系統最基本的地理空間資料庫。電子航行圖資料庫的國際規範是 IHO S57 海測資料交換標準的 ENC 產品規格。ECDIS 設備也已經過 IMO 海安會在 2008 年 11 月的 MSC85 會議認可，2009 年 5 月的 MSC86 決議：在 SOLAS V/19 的修正案中，把 ECDIS 列為 SOLAS 船舶必須安裝的設備，將從 2012-2018 年分階段逐步強制實施於適用的船舶種類與噸位，詳細實施範圍與時程如表 4-1。

表 4-1 SOLAS 船舶強制安裝 ECDIS 設備的實施範圍與時程

| 種類 | 總噸位     | 新船         | 現成船                                |
|----|---------|------------|------------------------------------|
| 客船 | ≥ 500   | 2012/7/1 起 | 2012/7/1 前建造者，必須在 2014/7/1 起的檢驗前安裝 |
| 油輪 | ≥ 3000  | 2012/7/1 起 | 2012/7/1 前建造者，必須在 2015/7/1 起的檢驗前安裝 |
| 油輪 | ≥ 10000 | 2013/7/1 起 |                                    |

|           |                          |            |                                       |
|-----------|--------------------------|------------|---------------------------------------|
| 以外的<br>貨船 | $\geq 3000$ , $< 10000$  | 2014/7/1 起 |                                       |
|           | $\geq 50000$             |            | 2013/7/1 前建造者，必須在<br>2016/7/1 起的檢驗前安裝 |
|           | $\geq 20000$ , $< 50000$ |            | 2013/7/1 前建造者，必須在<br>2017/7/1 起的檢驗前安裝 |
|           | $\geq 10000$ , $< 20000$ |            | 2013/7/1 前建造者，必須在<br>2018/7/1 起的檢驗前安裝 |

ECDIS 必須使用 ENC，而且是符合第 3.1 版 IHO S57 ENC 產品規格並由各國官方製作或授權製作發行的 ENC，預期至少在未來 5 年內仍不會改變。自從 IHO S-57 第 3.1 版於 2000 年定案凍結至今，隨著使用者的需求以及技術的演進，不斷有新的擴充發展提案出現，包括適用於內陸水道航行的 Inland ECDIS、海洋資訊圖層 MIO (Marine Information Object/Overlay)，而這些都是下一世代海測資料空間資訊標準 S-100 的發展依據，也是在分析智慧型海運系統所需地理空間資料庫時應該考量的內容。

#### 4.1.2 下一世代海測資料空間資訊標準 S-100

S-100 已於 2010 年 1 月 1 日起正式成為 IHO 的標準文件。S-100 作為 IHO 的「下一世代海測資料空間資訊標準」，其重點如下：

- (1) 與國際標準組織(ISO) 技術委員會 TC/211 關於地理資訊的 ISO 19100 系列標準相符，使海域與陸域的地理空間資訊技術更能相容互通。
- (2) 把原本列為標準文件內容的圖徵物件屬性資料典改成資料庫登錄 (registry) 的形式，使其更具擴充的彈性，也更能支援多樣化的產品規格。

(3)在原本 S57 強制採用的 ISO8211 之外，開放讓各產品規格自行決定採用哪一種資料交換的封裝編碼格式，例如 GML (Geographic Markup Language)、GeoTIFF、NetCDF 等，使其更易於網路傳輸交換提供更多樣化的服務。

以 S-100 為基礎而發展的產品規格以 S-10X 依序編號，目前比較成形的是 S-101 與 S-102。S-101 的正式名稱是 Next Generation ENC Product Specification，相當於是目前基於 S-57 標準的電子航行圖 (ENC) 的下一世代產品。S-102 或後續的 S-10X 則被通常被看成是與 ENC/S-101 套疊 (overlay) 的資訊圖層。

#### 4.1.3 下一世代的電子航行圖產品規格 S-101

S-100 為了讓海測資料能以更多元的方式提供服務、讓資料物件與屬性編碼的擴充更具彈性(以登錄資料庫的方式獨立於標準的本文之外，以免受到標準版本凍結的限制)，也為了與 ISO 空間資訊相關標準更相容，因此在標準架構、標準所用詞彙、資料模型、資料封裝方面都有些改變或擴充。但是就用於電子海圖顯示與資訊系統或 e 化航行的電子航行圖而言，基於 S57 的 ENC 產品規格與基於 S-100 的 S-101 產品規格的異同之處，除可參考「電子海圖服務與資料安全系統建立研究(四)」計畫報告(ISBN:978986187021)之外，在此並重點說明如下：

依據 IHO 的時程規劃，S-101 到 2010 年 6 月仍在第一階段的設計發展與測試 (規劃時程共分四階段)，預計到 2012 年 6 月發佈第 1 版 S-101 標準產品規格。到目前(2010 年 12 月)為止，工作小組討論的 S-101 Phase 1 產品規格草案，工作重點是「與 S-57 內容的等效性(S-57 content equivalent)」，因此就目前的草案而言，S57 ENC 與 S-101 兩者的實質差異不大。

但從相關會議討論的內容來看，S-101 新規格將具有下列特點：

(1)容許與比例尺無關的資料，也就是新增不必區分比例尺的圖幅，適用於燈標、浮標、航路..等等空間與屬性資料不必隨著海圖比例尺而改變的圖徵。

(2)在圖徵物件的附加外部檔案方面將納入更多的格式，例如 XHTML 與 JPEG 等。但是因為 GML 版本變動頻繁而且無法有效支援 ENC 的更新，因此關於以 GML 取代 S57 所用的 ISO8211 的提案並未被採納， S-101 ENC 將採用新的 ISO/IEC 8211 而不是 GML。

其中不必區分比例尺的圖幅設計，對於資料生產者與資料使用者而言都可以大幅提高資料維護的效率。例如：當某個燈標的燈質改變時，只要更新一幅不分比例尺的燈標套疊圖即可，不必再逐一修改各比例尺等級中每一幅有該燈標資料的 ENC。

#### **4.1.4 高解析度海底地形資料產品規格 S-102**

S-102 是關於高解析度海底地形資料（bathymetry）的產品規格。已有愈來愈多國家或 ECDIS 與 GIS 廠商把研發計畫的重點設定在：把高解析度海底地形資料以網格圖或 3D 方式整合顯示於電子航行圖，應用於港埠運作或港區航行用的海圖顯示。S-102 相當於這方面發展的國際標準化。

#### **4.1.5 海域邊界產品規格 S-10X**

特別值得注意的是聯合國秘書處法律事務室的 DOALOS (Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea) 在 IHO 的 TSMAD 委員會第 19 次會議(2009 年 10 月 26-30 日)中的提案：「S-10X Maritime Boundary Data Product Specification」。此提案擬制訂各國海域邊界資料產品規格，使其成為 S-100 的產品規格之一。此提案建議採用 GML 格式、WGS84 經緯度坐標，也初步提出一些適用的物件與屬性類別，例如：領海基線、基線類別、海域外邊界、法律依據等。此提案的法源依據是 2004 年聯合國大會 59/24 號決議的要求（摘錄原文如下）：

*“the Secretary-General to improve the existing Geographic Information System for the deposit by States of charts and geographical coordinates concerning maritime zones, including lines of delimitation, submitted in compliance with the Convention, and to give due publicity thereto, in particular by implementing, in cooperation with relevant international organizations, such as the International Hydrographic Organization, the technical standards for the collection, storage and dissemination of the information deposited, in order to ensure compatibility among the Geographic Information System, electronic nautical charts and other systems developed by these organizations”*

也就是說這個產品規格將成為蒐集、儲存、發佈各國海域（包括劃界線）海圖與地理坐標的技術標準，用於地理資訊系統、電子航行圖、以及相關國際組織發展的其他系統。此產品規格正對應於國際「船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)」運作所需的「資料分送計畫(DDP)」對於內水、領海等海域邊界定義的需求；也對應於各國際漁業管理組織運作「漁船監控系統(Vessel Monitoring System, VMS)」所需的專屬經濟海域(Exclusive Economic Zone, EEZ)邊界定義。

## 4.2 地理空間資料庫與應用規劃

### 4.2.1 歐盟船舶動態監控用空間資料庫規劃

歐盟的 STMID(Shore-based Monitoring and Information Database)計畫蒐集歐洲各國與監測船舶移動有關的岸上設施資訊建置成 GIS 資料庫，此資料庫將被納入第二代的 SafeSeaNet (SafeSeaNet++)，成為最重要的背景資訊。

STMID 的 GIS 資料庫內容包括下列分項：

- (1) S57 格式電子航行圖資料庫
- (2) AIS 岸基設施資訊：沿岸 AIS 接收站、集中並繞送 AIS 資料的網路節點、國家 AIS 資料中心、AIS 系統涵蓋範圍現況、規劃中的 AIS 系統涵蓋範圍
- (3) 海域邊界：領海、專屬經濟海域
- (4) 搜救相關：搜救責任區邊界、搜救中心
- (5) SafeSeaNet：各國連絡點、警示中心、各當地主管機關、各使用者
- (6) 港口相關：港區、VTS 船舶交通服務、VTS 中心、建議航路、交通服務分區、無線電報到點資訊等。

### 4.2.2 相關商業構想或應用方案

許多國際知名的 GIS 專業軟體公司都積極將其應用領域從陸域擴展至港埠甚至海域，ENC/ECDIS 專業軟體公司也將其應用領域從船載系統擴展至港埠與海岸地區的管理。以 ESRI 公司為例，其在港埠運作方面研發的 GIS 系統功能包括：

- (1) 車輛與資產的即時位置

- (2) 船舶的路徑與追蹤
- (3) 船位的指配與使用狀況
- (4) 貨物裝卸與靠泊時間的計算
- (5) 危險品位置的顯示

#### 4.2.3 國內港區 ENC 資料現況評估

在海域資料方面，我們首先取現有基隆港 ENC（圖幅編號 TW50353A，原始紙海圖的編輯比例尺是 1:10000）和採用內政部海域基本圖測量成果製作的基隆港 ENC（圖幅編號 TW65P5EL~TW65P6EM，編輯比例尺 1:5000），以安全水深為 12m 的船舶為例，比較兩組 ENC 在 ECDIS 的防擱淺功能上的效果 [7]。

ECDIS 為了讓航海人員對周遭水深狀況能一目瞭然，會依據輸入 ECDIS 的本船安全水深值，在顯示上自動以四個色階區分深淺狀況：以深度  $\geq$  安全水深值的等深線(稱為安全等深線)為界，此安全等深線以粗線標示，區分出安全可航行和水深不足的兩個區域，這兩區再以兩色階區分深淺，愈是深色的區域愈是水深不足的淺水區域。



圖 4-1 ENC 內等深線間隔對 ECDIS 防擱淺顯示功能的影響：

左圖是 TWTW50353A,右圖是 TW65P5EL~TW65P6EM

由於 TW50353A 在 10m 與 20m 之間並無等深線，因此當船舶設定

的安全水深值 $>10\text{m}$ ，ECDIS 會以  $20\text{m}$  為安全等深線，小於  $20\text{m}$  水深的整個港內水域都被顯示成水深過淺的區域，如圖 4-1 的左圖。內政部 S57 海域基本圖則因為多了  $15\text{m}$  等深線，把  $10\text{-}20\text{m}$  深的水域再細分成  $10\text{-}15\text{m}$  與  $15\text{-}20\text{m}$  水深區，對於吃水  $10\text{m}$  以上(不含  $10\text{m}$ )  $15\text{m}$  以下(含  $15\text{m}$ ) 的船舶而言，顯示時將以  $15\text{m}$  為安全等深線，較能真實呈現安全可航行的水域，如圖 4-1 的右圖。

由此可見，就港內水域而言，在水深測量的資料品質容許的範圍內，宜盡量採用更高密度的等深線劃分水域(至少應再加入  $8\text{m}$  與  $15\text{m}$  等深線)，甚至以高密度水深網格資料(與潮汐觀測值)提供動態產生等深線與安全水域的顯示。讓航海人員更能清楚掌握周遭狀況。

在陸域港埠作業相關資料方面，目前這些基隆港 ENC 都沒有碼頭分類資訊，沒有任何起重機資訊(頂多只有標示軌道線)，缺少陸域港區範圍，沒有港區出入口可與道路連結，船席泊位也沒有水深資訊。

目前臺灣各國際商港港區 ENC 的資料內容並不一致。有些港口已經用泊位(S57 代碼：BERTHS)點標示碼頭編號：例如：臺中港、花蓮港、臺北港、基隆港等港口，但高雄港 ENC 還沒有。目前有起重機資訊的國際商港 ENC 只有臺北港的 TW60354A.000 圖幅，如圖 4-2 內的

符號。圖 4-2 中的  符號表示北 3 碼頭(泊位)。

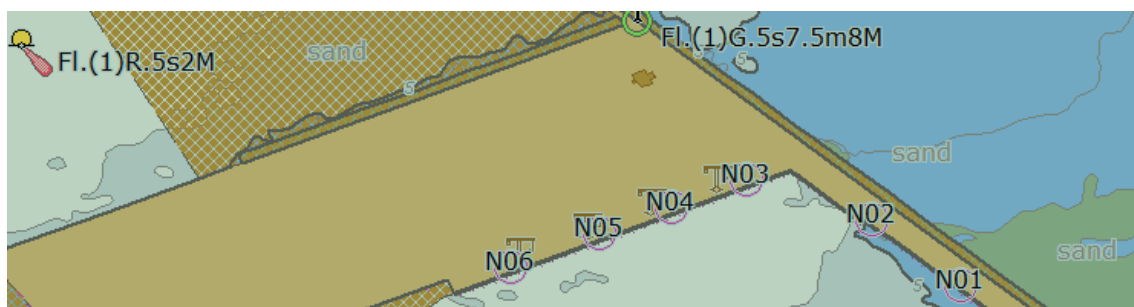


圖 4-2 臺北港 ENC(TW60354A)的碼頭泊位與起重機

#### 4.2.4 國外港區 ENC 資料比較分析

雖然大多數國家的港區 ENC 資料並不比我國充分，但確實有些官方出版或業界研發的港區 ENC 資訊內容設計值得參考[7]。

美國國家海洋大氣總署(NOAA)製作的 Log Angeles and Long Beach Harbors 電子航行圖，值得參考的特點如下：

- (1) 碼頭以點物件(代碼 LNDRGN ,相當於地名)標示碼頭用途或名稱
- (2) 泊位以點物件(代碼 BERTHS)標示，並以泊位編號為物件名稱
- (3) 港口注意事項以面物件(編碼 M\_NPUB)的 TXTDSC 屬性連結開啟說明檔，檔案內說明：圖資來源、漏油或有害危險物外洩等污染事件的通報電話號碼、潮汐資料如何取得、無線電通訊頻率、航行規則等其他補充資訊在航行指南內哪一章節。

德國 SevenCs 公司製作的港區 ENC，值得參考的特點如下：

- (1) 碼頭以面物件(港埠設施，代碼 HRBFAC)表示，並以設施類別(代碼 CATHAF)與物件名稱(代碼 OBJNAM)這兩種屬性記錄其用途與名稱。
- (2) 泊位以 BERTHS 物件標示，但點物件與線物件都有。
- (3) 圖中有「自由港區(FRPARE)」、「雷達涵蓋範圍(RADRNG)」、「無線電報到點(RDOCAL)」，還有一些「起重機(CRANES)」、「筒倉油槽(SILTNK)」、「樁柱(PILPNT)」、「繫纜設施(MORFAC)」如繫纜樁(mooring dolphin)等點物件。

#### 4.2.5 智慧化海運相關的 S57 物件類別

關於智慧化海運系統應該整合的空間資訊，目前的 IHO S57 標準已經有相當多的物件類別和屬性等資料編碼標準可用。表 4-2 中的類別

名稱欄是 S57 已經定義物件類別編碼的項目，分類細項欄則是 S57 現有的物件類別與屬性組合後可具體描述的資料細項。

**表 4-2 海運 ITS 或港埠運作相關 S-57/S-100 物件類別**

| 類別名稱   | 分類細項或說明                                                                         |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 錨位     | 指定單船可錨泊的位置點或區域                                                                  |
| 泊位     | 船舶泊靠碼頭的地方，須命名或編號，可附水深值                                                          |
| 繫船設施   | 繫船柱;自差繫纜柱;繫纜柱;繫留牆（附有繫泊裝置）;杆或柱；鏈條/金屬線/纜線;繫船浮;                                    |
| 海關檢查點  | 登錄通報或檢查貨物與人的地點                                                                  |
| 起重機    | 貨櫃起重機或起重臺架;三腳架型的剪腳起重機;軌道式移動起重機;金字塔式起重機(外型如"A");                                 |
| 海關區    | 適用該國關稅法規的區域，須加國家代碼                                                              |
| 自由港區   | 名稱、狀態、簡介說明或連結外部文字檔案提供更詳細的資訊                                                     |
| 貨櫃轉運區  | 名稱、狀態、起訖時間或週期、簡介說明或連結外部文字檔案提供更詳細的資訊                                             |
| 港埠設施   | 服務或商業運作設施，滾卸貨物碼頭;渡輪碼頭;漁港;遊艇港或小艇碼頭;海軍基地;油輪碼頭;客輪碼頭;修造船廠;貨櫃碼頭;散裝碼頭;同步馬達吊船平台;貨櫃跨載機； |
| 生產/儲藏區 | 石場;礦坑;物資儲存場;電場區;精鍊廠區;木材堆置場;工廠區;儲油槽場;風力發電場;礦渣堆積場或廢品堆積場;                          |

|        |                                                                                                                                                                                  |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 筒倉/儲槽  | 一般筒倉；一般儲藏槽；穀倉；水塔；                                                                                                                                                                |
| 交通信號台  | 用以描述信號台的功能：港口管制；港口進出；國際港口交通；泊靠；船塢；水閘；阻洪閘；橋樑通行；濬深中；交通管制燈。可加通訊頻道                                                                                                                   |
| 無線電報到點 | 須指明方位角度與交通流向（進/出/單向/雙向），可加註通訊頻道                                                                                                                                                  |
| 海巡站    | 主要用以描述其海巡功能而不是其建築物                                                                                                                                                               |
| 救難站    | 附設救生艇的救難站;附設信號火箭的救難站； ；遇難海員庇護所;潮間帶步行者之避難處;救生艇停泊備用處;緊急無線電台;備有急救設備;                                                                                                                |
| 船塢區    | 受潮汐影響；不受潮汐影響（水塢）；                                                                                                                                                                |
| 小艇設施   | 小艇或娛樂船相關設施：來賓小船泊位；航海俱樂部；小艇吊架；製帆商；小艇修造廠；旅店；餐館；雜貨店；糧食補給商；醫師；藥房；水龍頭；加油站；電力供應；瓶裝瓦斯；淋浴；自助洗衣；公廁；郵筒；公共電話；垃圾桶；停車場；小艇及拖車停放處；旅行拖車營地；露營地；污水抽離站；緊急電話；小船吊放處；來賓小船繫船處；擦洗船舶停泊處；野餐區；機械工廠；守衛或保全服務； |

#### 4.2.6 智慧化海運的空間資料庫內容規劃

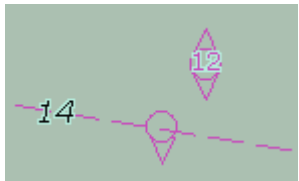
關於智慧化海運所需空間資料庫內容規劃，在前期計畫中[7]已藉由分析基隆港務局網站圖文資訊內容，依據 IMO e-化航行策略（強調船岸之間有效的資料交換），盡量採用 IHO S57 ENC 與 Inland ENC 等資料標準，規劃出對應的資料模型與編碼方法，如表 4-3。表中最後一欄的 6 個字大寫英文是 S57 的物件/屬性代碼，小寫英文則是 Inland ENC

標準中不屬於 S57 的物件/屬性。各屬性適用的屬性值編碼可參照 S57 的資料典或 S-100 的資料庫登錄（registry）的明確定義。

表 4-3 海運 ITS 空間資料庫內容結構-以基隆港為例

| 項目         | 細項   | 圖文資訊內容<br>(資料來源：基隆港務局網站)                                                                                                                                                                            | S57 物件/屬性<br>(A)=面<br>(L)=線<br>(P)=點                                                                                                                              |
|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基 港 區<br>位 | 地理位置 | 經由鐵公路到達基隆港務局的簡圖，標示火車站與長榮桂冠等主要地標並附註與機場之間的交通時間                                                                                                                                                        | RAILWY(L)<br>ROADWY(L)<br>LNDMRK(P)<br>prtare(A)                                                                                                                  |
|            | 商港轄區 | 各國際商港點位與管轄海域之劃分圖                                                                                                                                                                                    | HRBARE(A)                                                                                                                                                         |
|            | 港區圖  | 基隆港區範圍說明(行政院核定函)含水域與陸域，陸域有 16 分區（分別以道路、建物、離岸距離等為界）                                                                                                                                                  | prtare(A)/<br>OBJNAM、NOBJNM                                                                                                                                       |
| 港 埠 設<br>施 | 港區介紹 | 貨櫃碼頭：15 座彙整表<br>雜貨碼頭：24 座彙整表<br>客運碼頭：2 座彙整表<br>其他碼頭：16 座彙整表<br>各碼頭彙整表欄位：長/寬/深、繫船樁(個)、預埋管道(節)、起重設備(台)、鐵路叉道(股)、水栓(具)、備註。<br>上述碼頭再以區位彙整成：<br>西岸貨櫃儲運場（彙整表）<br>東岸貨櫃儲運場（彙整表）<br>外港大宗散雜貨碼頭區(彙整表)           | LNDRGN, HRBFAC(A)/<br>CATHAF, OBJNAM,<br>STATUS<br>CTSARE(A)/<br>MORFAC(P)/<br>CATMOR<br><br>CRANES(P)/<br>CATCRN, OBJNAM,<br>LIFCAP<br><br>RAILWY(L)/<br>C_ASSO/ |
|            | 聯外交通 | 進出港區車流交通動線路線示意圖：<br>離開東岸港區路線<br>進入東岸港區路線<br>進入西岸港區路線<br>離開西岸港區路線<br>(含時段、噸位、轉彎、方向限制等)<br><br>港區周邊各出入口細部圖：<br>東 2~4 號、東 6~7 號、東 8~11 號、<br>東 14~22 號、西 2~4 號、西 7~8 號、<br>西 14~15 號、西 16~18 號、西 19~26 | ROADWY(L)/<br>CATROD, CONDTN,<br>STATUS, OBJNAM,<br>NOBJNM<br><br>FNCLNE(L)/<br>CATFNC<br><br>CHKPNT(P, A)/<br>BUISGL(P, A)                                       |

|              |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                             |
|--------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|              |                     | 號、西 29~32 號碼頭平面位置示意圖(含圍牆、出入口、大門、崗哨、倉庫、派出所、停車場、櫃場、辦公室、修造廠等位置及道路)                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                             |
| 設 施 簡<br>介   | 碼頭                  | 同港區介紹內的各碼頭彙整表                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                             |
|              | 橋式機                 | 橋式機資料表欄位：機號、廠牌、配置碼頭、能量(噸)、跨距、承作層高/排寬、升降/絞車/總台速度等                                                                                                                                                                                                                                                               | CRANES(P)/<br>CATCRN, OBJNAM                                                |
|              | 輪型機具                | 資料表欄位：配置位置(分西岸南北櫃場)、機具名稱(分跨載機與堆積機)、機具編號、廠牌、安全荷重能量、承作貨櫃層數                                                                                                                                                                                                                                                       | CRANES(P)/<br>CATCRN, OBJNAM                                                |
|              | 倉庫                  | 概況表欄位：分類與區位(營運/非營運/出租，東西岸)、座數、地點(碼頭編號)、建築種類/材質、地層面積、容量(噸，分有效容量與現在可用量)、備註(租、借、專用等狀況)                                                                                                                                                                                                                            | SILTNN(P)<br><br>PRDARE(A)/<br>CATPRA, CONDTN,<br>OBJNAM, NOBJNM,<br>STATUS |
|              | 堆貨場                 | 概況表欄位同倉庫概況表                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | PRDARE(A)                                                                   |
|              | 導航設施                | 燈塔/燈杆之名稱、位置、燈質、燈高、光程、構造及高度、附註(光弧角度、雷控標)                                                                                                                                                                                                                                                                        | ENC 現有                                                                      |
|              | 航路                  | 進出港航路示意圖                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ENC 現有                                                                      |
| 環 境 保<br>護   | 噪音監測<br>站           | 港區噪音測站(5 站)站名、分時段測得之均能音量與法規標準值                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 自訂代碼<br>monsta (P, A)                                                       |
|              | 懸浮微粒<br>監測站         | 港區懸浮微粒監測站(3 站)站名與日平均值與空氣品質標準，附懸浮微粒污染指標與狀態圖示<br>(    ) | 自訂代碼<br>monsta (P, A)                                                       |
| 船 舶 交<br>通管制 | 各事項服<br>務單位連<br>絡方式 | 服 務 事 項 / 單 位 / 電 話 ( 傳 真 ) / e-Mail / 執勤時段                                                                                                                                                                                                                                                                    | M_NPUB(A)                                                                   |
|              | 船舶交通<br>指南          | 以中英文 html 檔案提供連結顯示(含附圖)                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 用 M_NPUB(A) 或將 VTS 雷達監管範圍製作成 RADRNG(A)，以 TXTDSC/NTXTDS 提供英/中文檔案連結           |
|              | 無線電                 | 進入基隆港船舶交通管制組 20 海浬範圍之船舶，均應保持長時守值 VHF 14 頻道                                                                                                                                                                                                                                                                     | 將 RADRNG 的 COMCHA 屬性設為 '14' 以 INFORM 備註說明                                   |

|        |          |                                                                       |                                                                                                                                    |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 船舶報告     | 進港（報到：距基隆港港口外防波堤中心二十浬線；確認：抵達港口外防波堤五浬線時）<br>出港、錨泊或起錨、移泊、意外報告，報告內容與使用頻道 | 分別將 20 浬線與 5 浬線製作成 RDOCAL(L) /COMCHA=14 例如：<br> |
|        | 服務項目     | 服務諮詢項目、使用頻道、電話、傳真                                                     | M_NPUB(A)                                                                                                                          |
|        | 引水服務     | 強制引水船舶範圍、申請時點、使用頻道、電話、傳真                                              | M_NPUB(A)                                                                                                                          |
| 災害防救   | 區域聯防     | 單位與聯絡方式、設施分佈（如消防設施）                                                   | M_NPUB(A)                                                                                                                          |
| 潮汐資料   | 潮汐預報     | 基隆港轄區範圍內測站點的潮汐預報                                                      | M_NPUB(P)<br>T_TIMS(P)                                                                                                             |
| 自由貿易港區 | 自由貿易港區範圍 | 分為東岸 6 至 22 號碼頭後線、西岸 11 至 33 號碼頭後線、西 7 至 9 號碼頭後線等各區面積與範圍簡圖            | FRPARE(A)                                                                                                                          |
| 港棧動態   | 船席指泊     | 船席編號/樁別/樁距、船舶編號/港代理/中英船名/船長、實際抵港吃水深度/申請到離港時間                          | BERTHS(P, L)/<br>OBJNAM, DRVAL1,<br>QUASOU, SOUACC,<br>VERDAT<br>MORFAC(P)/                                                        |
|        | 機具停放位置   | 橋式起重機編號、噸位、停放位置(碼頭編號)、起始/結束時間、狀況說明                                    | CRANES(P),<br>HRBFAC(A)/<br>TIMSTA, TIMEND,<br>STATUS                                                                              |

依以上內容與物件資料模型的規劃，只要取得資料來源，即可據以製作建置資料庫。

計畫執行後，曾詢問基隆港務局相關單位，獲得的回覆皆是目前尚無圖資或測量資料可提供。今年(2010 年)7 月獲知基隆港務局「港埠地理資訊系統開發建置案」公開招標，履約期限 400 日曆天，預算金額約 600 萬元。其招標規範指出該案係：「依據交通部 96-100 年「航港資訊系統整體發展計畫」，基隆港務局擬定以「船貨進出港自動化、行政支援電子化、港埠管理現代化，以開發新的港埠業務市場」為推動目標，其中港埠管理現代化即以港埠地理資訊為本局重要的資訊現代

化管理工具之一。...以「建立圖資整合中心，奠定資料流通共享之管理架構；整合港埠動靜態地理資訊，建構全方位之港埠 GIS 業務輔助系統」，為推動目標。」從招標規範中看來該案以資料庫整合建置為主，在應用上則是建構 GIS 輔助網路瀏覽系統，提供資料檢索查詢與區位定位顯示或圖面點選查詢。

由於各港區基本圖資來源無法取得或仍在建置中，因此本計畫主要依國際資料標準規劃資料庫內容結構，並以發展工具與平台整合運用現有圖資的方式有效達成計畫目標。

## 4.3 ENC 套疊圖製作

### 4.3.1 不分比例尺的 ENC 套疊圖製作

在不分比例尺 ENC 套疊用圖幅的製作方面，本研究以海底管線與纜線、助航標誌、沉船與障礙物、以及兩岸海運直航航道等為例，製作適用於各比例尺的 ENC 套疊，成果如圖 4-3 至圖 4-6，資料來源僅限於目前各比例尺等級 ENC 資料庫中可得的資料。圖 4-3 中海底管線與纜線(灰色與紫色虛線)ENC 套疊圖是顯示在含陸地與海域的底圖上，以便清楚看出其對應位置關係。圖 4-6 中的海運直航航道 ENC 也套疊了領海與鄰接區海域邊界線，以顯示其相對位置關係。

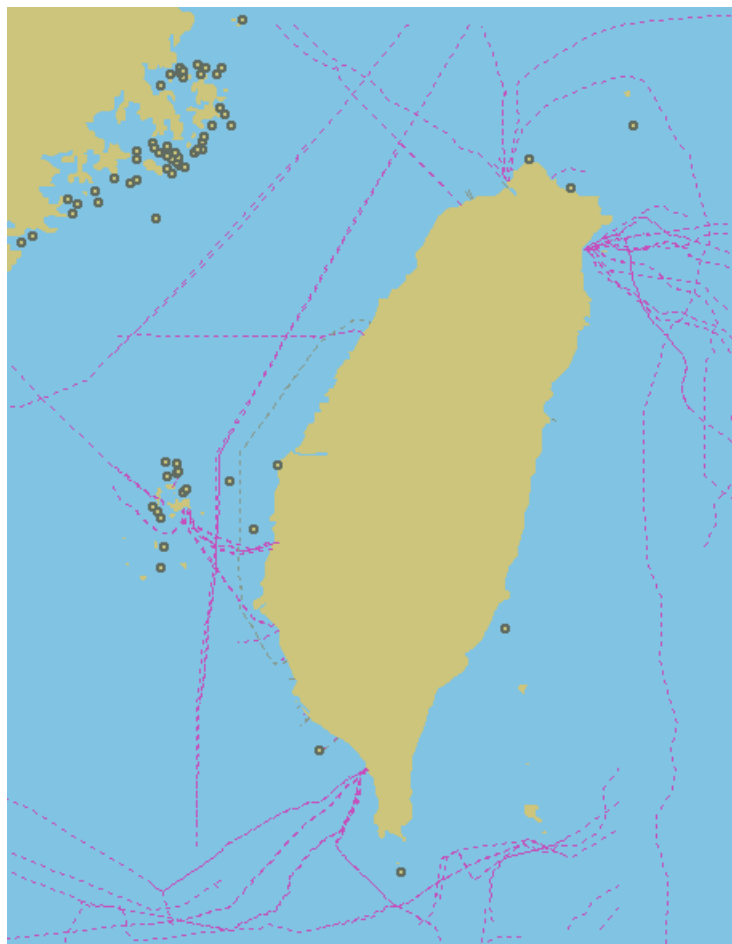


圖 4-3 海底管線與纜線 ENC 套疊圖

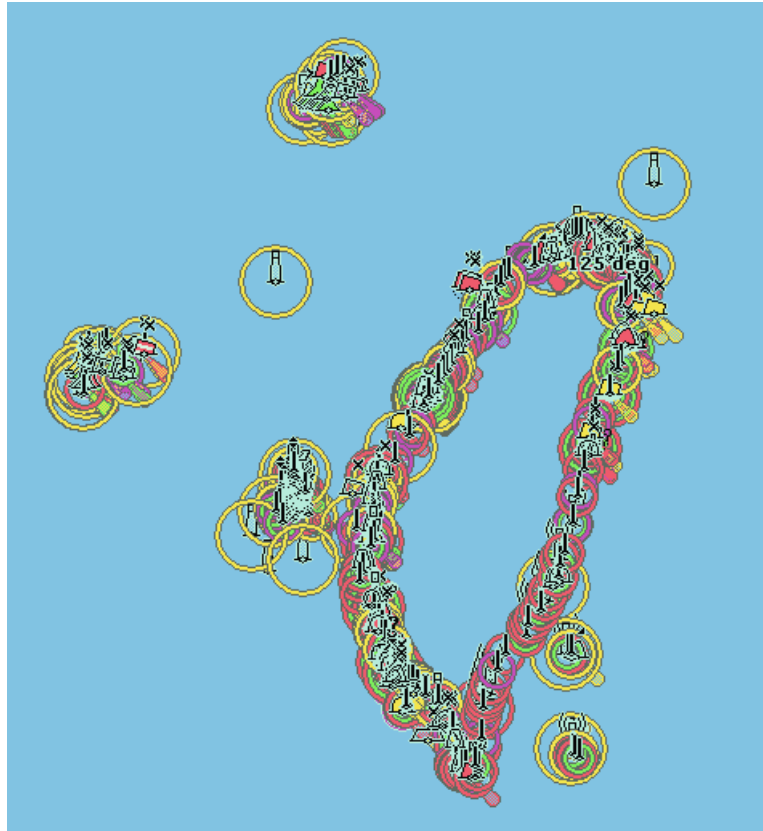


圖 4-4 助航標誌(燈塔、標杆與浮標)ENC 套疊圖

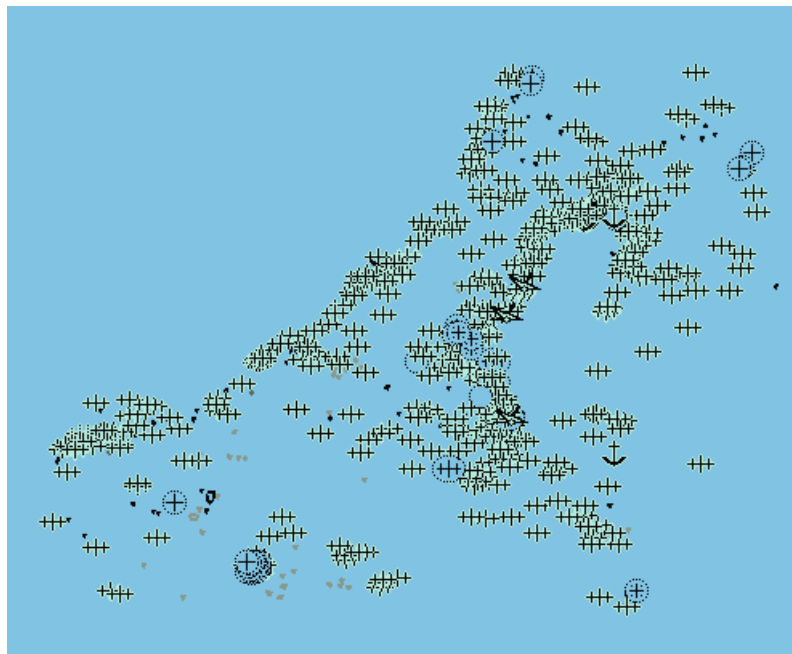


圖 4-5 沉船與障礙物 ENC 套疊圖

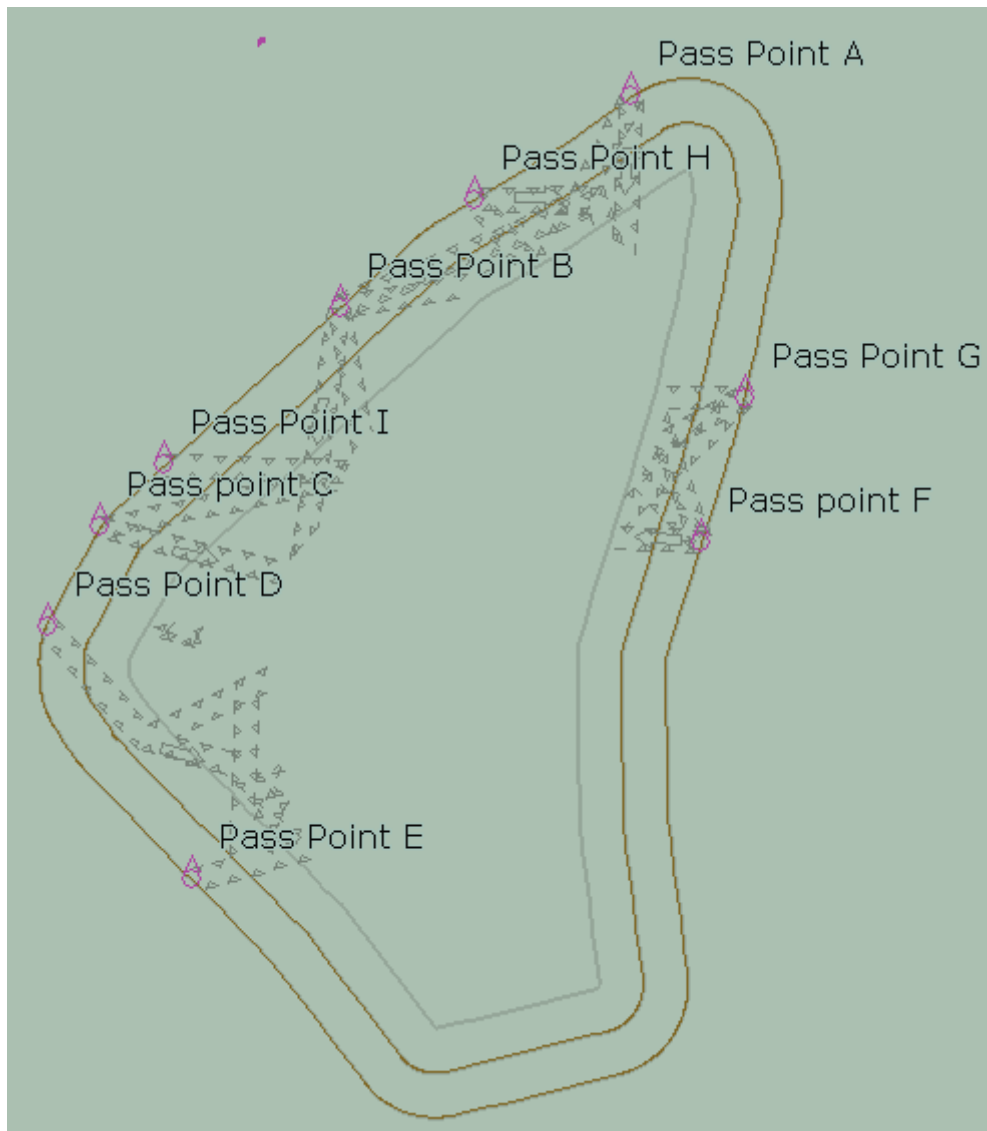


圖 4-6 兩岸海運直航航道 ENC 套疊圖與領海與鄰接區海域邊界

#### 4.3.2 陸域運輸網路與地標 ENC 製作

港區範圍界定、聯外交通與港區出入口檢查點等都需要路網與地標資料，而路網資料的官方來源就在運輸研究所的路網數值圖資料庫。

此資料庫內有一般道路、道路節點、臺鐵/高鐵/捷運、縣市界/市鄉鎮區界/村里範圍參考界、河流/湖泊、地標地物、橋梁隧道中心點共 12 層。

前期計畫從整合路網圖著手試驗，方法如下：

- (1) 設計程式讀取運研所路網數值圖(97 年版)資料庫中的道路檔案  
(合併.geo 空間資料檔與.csv 屬性資料檔)
- (2) 物件編碼採用 ROADWY，設計運研所路網圖道路分級碼與 S57  
CATROD 屬性值編碼的對應表。
- (3) 設計程式自動將路網數值圖內的道路資訊對應轉換為 S57  
ROADWY 物件，於 NOBJNM 屬性填入中文路名，用 CATROD  
區分道路等級，產生 ENC 套疊圖。

成果如圖 4-7，左圖以電子海圖軟體顯示路網 ENC 套疊圖；中間是在電子海圖系統中查詢路網 ENC 的結果；右圖則是以中文化電子海圖系統[6]同時顯示路網與地標 ENC 以及基隆港電子航行圖的畫面。

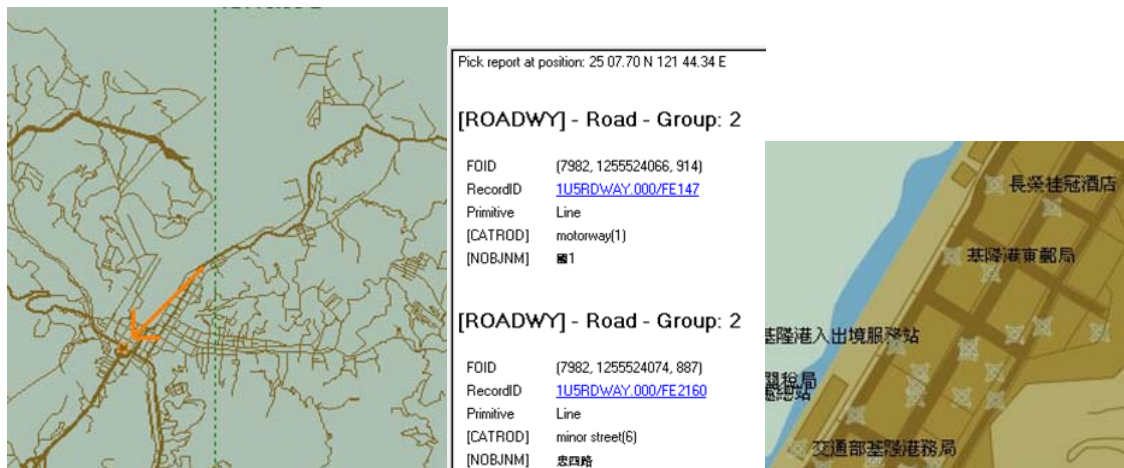


圖 4-7 路網與地標 ENC 套疊圖製作成果

#### 4.4 電子航行圖與陸域 GIS 資料庫的整合應用試驗

在前一節報告的研究試驗中已經可以把陸域路網圖製作成 S57 格式的 ENC 套疊圖，適用於船岸兩端以 ECDIS 為基礎的應用系統。

智慧化海運的陸上應用系統預期有相當高的比例會採用網路地圖服務，而目前陸域空間資訊多以各種 GIS 格式儲存，不一定每一種資訊都需要轉化為 S57 ENC 套疊顯示在 ECDIS 上。為了能整合運用更多的資訊圖層，本研究設計試驗程式，除了 S57 ENC 之外，也可直接讀

取常用的 Shape File 格式(屬於 ESRI 公司)或其他支援 OpenGIS 開放標準的 GIS 圖資，增加各系統平台整合應用的彈性。讓各圖資仍然保持資料生產者原始的資料格式，由應用系統自行設計自動讀取整合的機制。這樣的設計可以確保當資料生產者更新資料時，使用該資料的系統能自動整合應用取得的新資料。

目前 S57 ENC 內的等深線、Shape 格式路網圖都已能在 Google Map 上展現，使海域與陸域資料可在海陸彼此的最適合的應用平台上交互運用。圖 4-8 是本研究設計之網站程式直接從基隆港電子海圖（S57 ENC, TW50353A.000）讀取等深線資料顯示在 Google 網路地圖上的網頁畫面，圖中紅色的線即等深線。圖 4-9 則是將交通部運輸研究所數值路網圖以 GIS 工具轉成 Shape 檔格式後，以本研究設計之網站程式讀 Shape 檔套疊顯示於 Google 網路地圖上的網頁畫面，圖中紅色的線即路網圖的道路線。



圖 4-8 在網路地圖上顯示基隆港 S57 ENC 的等深線

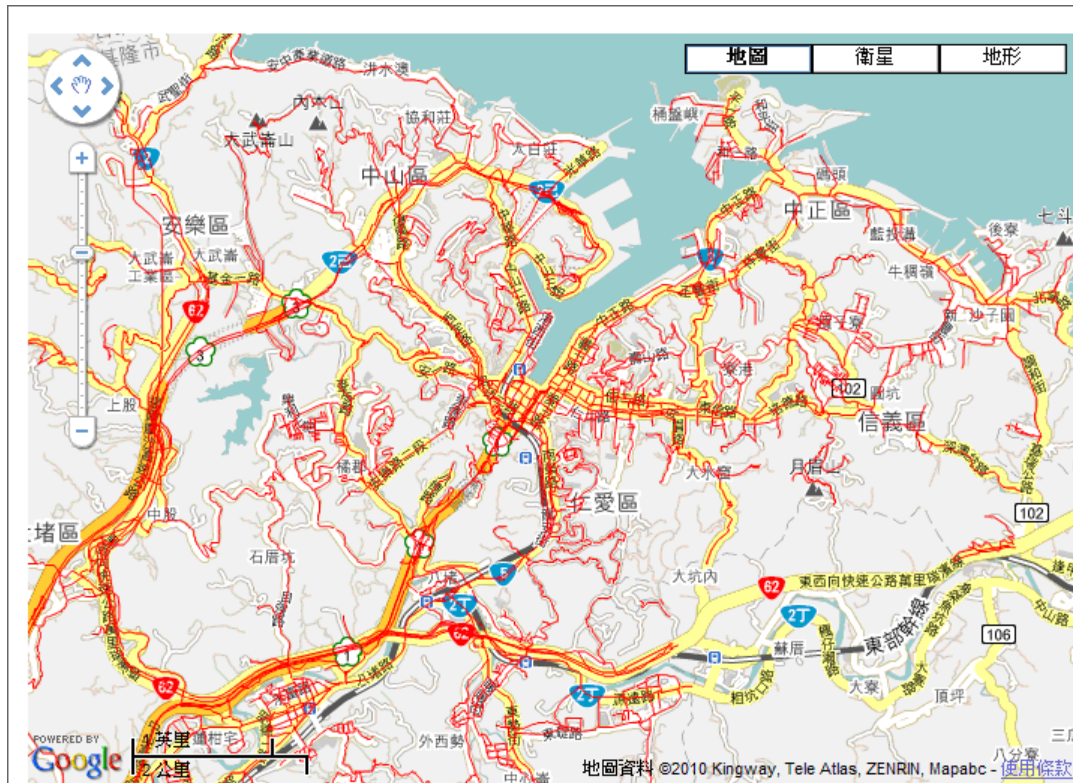


圖 4-9 在網路地圖上顯示交通部運輸研究所的數值路網圖

## 4.5 動態產生安全水域界線之設計

### 4.5.1 分項研究目標

此分項的研究目標是：以高密度水深測量資料為基礎，提出能依據各個船舶吃水狀況與潮汐資料動態產生該船安全水域界線或顯示水下餘域的電子航行圖解決方案，以符合港區航行靠泊需求。

### 4.5.2 動態產生水深網格與安全等深線

由於無法取得實測的高密度水深資料，本研究先從現有 ENC 資料著手，首先設計程式動態從 ENC 中的所有水深點與等深線上各點位水深值，內插產生網格化水深資料，再以此較高密度的網格水深資料，依據設定的安全水深值，動態產生安全等深線。此部份為了後續與電子海圖導航系統整合，因此皆採用自行設計程式的方法。以基隆港 ENC

為例，結果如圖 4-10，圖中大面積空白處是陸地。

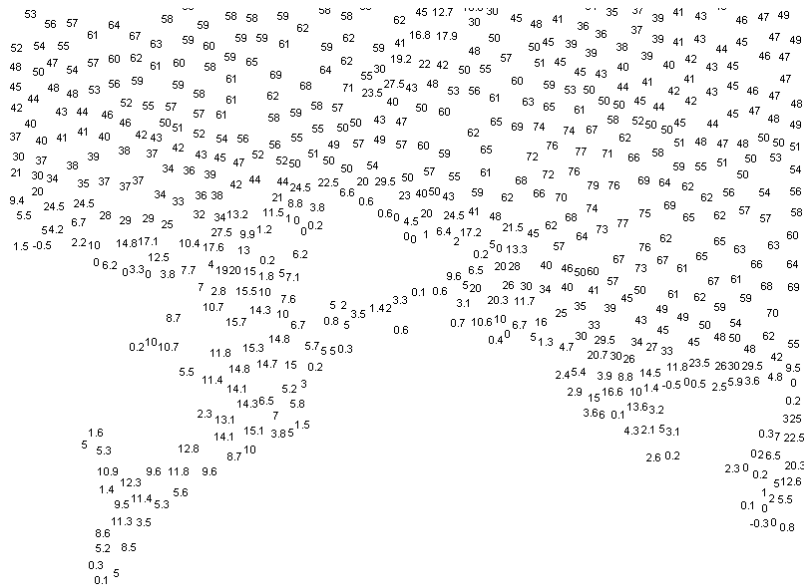


圖 4-10 從基隆港 ENC 取出的水深點與等深線各點水深

雖然可以順利完成從 ENC 取值，並透過內插產生網格水深，但此方法受到 ENC 中各個區域內水深點與等深線的密度差異過大的影響，內插網格化以及動態產生安全等深線的效果不佳。尤其在稀疏的水深點之間，即使用複雜的模型與參數也難以安全地在規則分布的網格點上內插產生貼近於真實水深變化的水深值。接近陸地或陸地上的部分也必須再特別處理。

歐盟 EFFORTS 計畫的 port ECDIS 子計畫採用的高解析度海底地形是 1m×1m 間隔的網格水深資料，以此產生全區高密度的等深線，再搭配準確的陸域地形資料，製作成海陸域精確度都能符合港區航行靠泊需求的 port ENC。基本上是屬於如何從 ENC 製圖的層面去善用可得的高解析度測量資料，在航行安全方面仍是應用 ECDIS 原有的防擱淺功能，亦即區分顯示並偵測是否將要穿越安全等深線進入淺水區。

事實上，各港口不一定都能有高解析度測量資料，若有足夠的資料，則製作 port ENC 也已有一些 GIS 或製圖工具可產生高密度等深線。只是據了解，目前在執行上仍然相當耗時，得以小時計算。因此，本研究提出另一方案。

### 4.5.3 以水深雷達的創新概念動態掃描安全水域範圍

我們提出的新做法是：以本船經緯度為中心，隨著本船的移動，從電子海圖取出本船周遭擬掃描距離範圍內具有水深資料且深度不足，可能構成擱淺觸礁威脅的海圖圖徵，包括水深點與等深線，甚至其他具有深度值的水下礁岩、沉船或人工魚礁等礙航危險物。以  $360^{\circ}$  掃描取出每個角度內離本船最近的點，予以亮顯，就如雷達掃描般，讓航海人員能隨時掌握周遭危險水域的相對角度與距離，因此稱之為「水深雷達」。

在掃描時對於等深線等線形圖徵，不能只取其 ENC 製圖現有的轉折點，而是必須動態以該線與本船掃描角度徑線的交叉點解算內插。

程式設計的結果首先以 GIS 呈現以便做詳細的驗證。圖 4-11 是掃描內插結果於 GIS 上呈現與驗證的畫面，該圖中藍色十字符號標示的是用於掃描的水深點，綠色米字符號則是掃描與內插取出的各角度距離最近水深不足的點，符號上標示的數字即該點水深值。

驗證正確後再設計此水深雷達的人機介面雛型，並以航儀模擬器操控輸入船舶動態資訊，檢視其動態掃描解算呈現的效果，如圖 4-12。在該圖中本船是以綠色小方塊標示、紫色線是掃描範圍內水深不足的等深線，藍色是掃描範圍內水深不足的點，白色則是這些水深不足的點與線之中， $360^{\circ}$  每個角度最接近本船的點或內插點。

整體測試結果效能相當不錯。尤其此方法用在高密度(高解析度)水深資料中不僅一樣可行，效果應該更好。而且此方法可以有效整合即時的潮汐資料，並適用於水深資料解析度高低不一的各個港口。

此水深雷達的掃描畫面適合的呈現方式也和避碰雷達一樣，可採用艏向朝上的相對運動模式，適合與雷達影像整合顯示，讓航海人員在受限水域船舶避碰時也能同時掌握水深狀況，採取兼顧避碰與防擱淺的較佳決策。

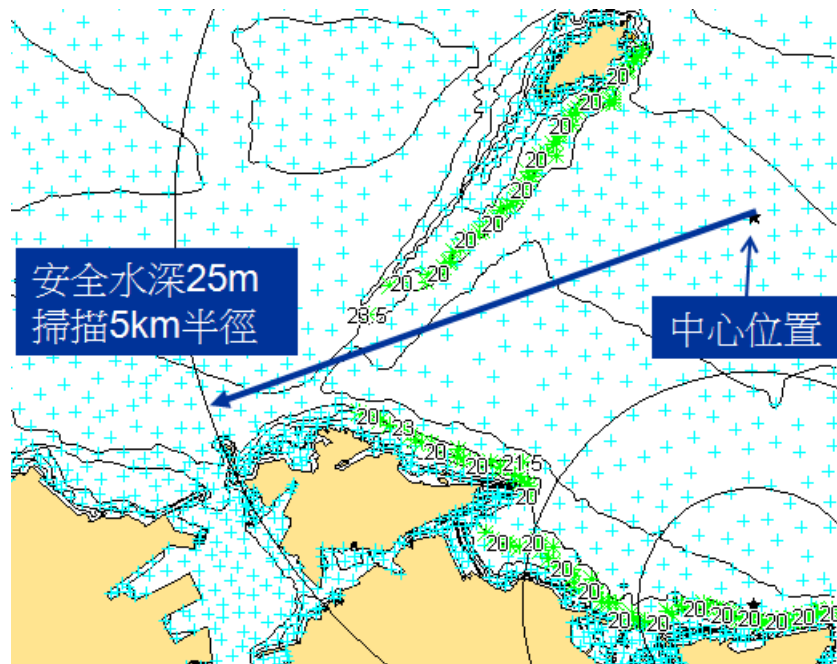


圖 4-11 水深雷達掃描結果於 GIS 的呈現與驗證

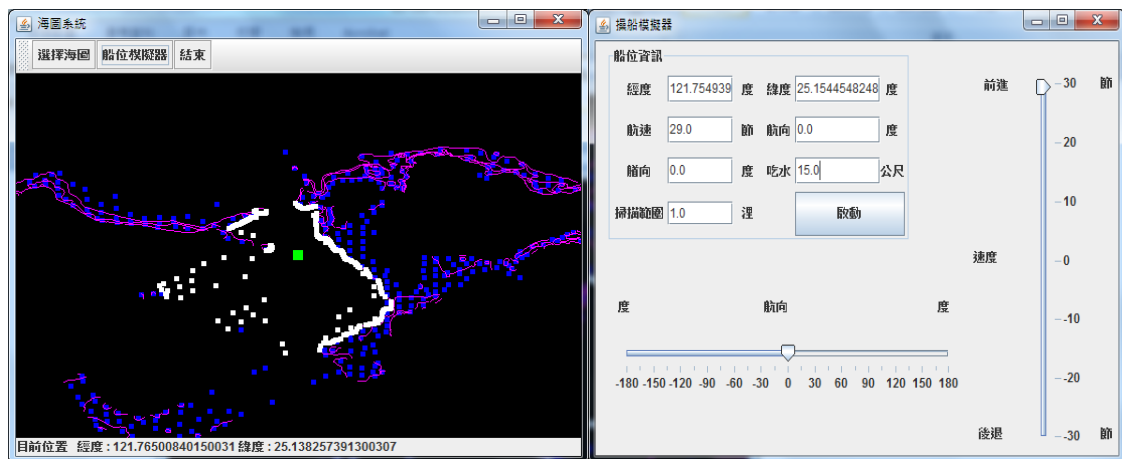


圖 4-12 水深雷達掃描畫面隨著本船移動時的呈現與驗證

## 4.6 小結

此項研究的成果包括：

- (1) 從國際組織 IMO 與 IHO 的相關發展確立智慧化海運統之地理空間資訊服務的基本原則：支援船岸之間有效的資訊交換，以及船岸兩端都能透過資訊的整合呈現而減低工作負荷並提供決策支援。

- (2) 探討 ECDIS 與 ENC 以及海測資料的下一世代空間資訊標準與重要產品規格，尤其是電子航行圖產品與海域邊界產品。
- (3) 評估國內港區 ENC 海陸域資訊的資料現況並與國外現況比較後，依據 IHO 海測資料交換標準規劃智慧化海運空間資料庫內容，並建議對應的物件類別與屬性編碼。
- (4) 以海底管線與纜線、助航標誌、沉船與障礙物、以及兩岸海運直航航道等為例，製作適用於各比例尺的 ENC 套疊圖。
- (5) 製作陸域運輸網路與地標的 ENC 套疊圖。
- (6) 電子航行圖與陸域空間資料庫的整合應用試驗。
- (7) 以水深雷達的創新概念，動態掃描顯示本船周遭安全水域界線。

結論是：

- (1) 智慧化海運系統的地理空間資料庫的資料模型必須能支援即時的動態應用與資料更新，才能有效應用於 e 化航行架構下的船岸資訊交換整合與決策支援，因此仍應以 IHO S-57/S-100 為主。尤其是港務局本身即資料生產單位的圖資，應盡量將資料製作成 S57 格式的 ENC 套疊圖。
- (2) 岸端應用方面，VTS 應採用基於 ECDIS 的顯示，以利與船端資訊交換整合；海運與港務應用則可利用網路地圖服務或網路圖徵服務技術，以 S-57 ENC 圖資為基礎，套疊整合以其他 OpenGIS 資料格式生產的相關圖資。

## 第五章 基於 AIS 之船舶交通流分析與統計技術

### 5.1 船舶自動識別系統(AIS)簡介

船舶自動識別系統(AIS)是為因應海域管理的迫切需求，而迅速在國際上被接受採用的系統。此系統結合了衛星定位和無線通訊技術，藉由船/岸及船舶之間高效率的資訊交換，可增進航行安全、環境保護、船舶交通服務之運作，也是沿岸國掌握海域船舶動態的重要工具。

依據 IMO 於 1998 年通過的 IMO resolution MSC. 74(69)：「通用型船載自動識別系統（Universal Shipborne Automatic Identification System, UAIS）性能標準」，AIS 的主要功能是：

- (1) 船舶之間的避碰（船對船模式）；
- (2) 船舶報告-供沿海國取得船舶及其貨載資訊；
- (3) 做為 VTS 交通管理（船對岸模式）之工具。

其延伸功能則包括助航與海上搜救。

AIS 滿足這些需求最基本的技術特點是：可以自動自發、連續地以適當的更新率，將本船位置、動態與識別等相關資料廣播給他船以及 AIS 岸台。

IMO 在 2000 年 12 月通過 SOLAS 第五章修正案，把 AIS 列為強制船舶安裝的設備。AIS 除了提升海上航行安全之外，也被視為沿岸國保護其海岸與港口安全的重要海事保安設備，因此在經歷美國 911 恐怖攻擊事件後，於 2002 年 5 月的 MSC 75 會議中引發縮短 AIS 實施時程，以及實施 AIS 遠距監控的提議。在 MSC 75 中也達成共識認為「接收、分析 AIS 資料，並據以採取行動」是沿岸國的責任。於 2002 年 12 月 IMO 海事保安會議中更做成決議，再次修改 SOLAS 第五章，將國際航線船舶的 AIS 實施時程從 2008 年提前至 2004 年。並且要求配備 AIS 的

船舶，除非在國際協議、規定或標準允許保護航行資訊的狀況下，否則應使 AIS 維持全時運作。

## 5.2 AIS 資料內容與品質

從 AIS 岸台接收到的船舶 AIS 資訊可以分為靜態資訊、動態資訊、航程相關資訊等三大類，如表 5-1。其中動態訊息的傳送間隔又依 AIS 設備是屬於 Class A 還是 Class B 而有所不同，如表 5-2。其中 Class B 依其取得可供傳送報告之通訊時槽的技術不同，又分為 SO (Self-Organized) 與 CS (Carrier-Sense) 兩種，分別採用 SOTDMA 與 CSTDMA 進接技術。表 5-3 是 AIS 傳送的動態船位報告訊息中幾個主要欄位值的數值標準。

表 5-1 船舶 AIS 基本資訊類別

| 類別 | 資訊項目（各類訊息間以 MMSI 識別關聯）                                        | 傳送間隔                         |
|----|---------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 靜態 | MMSI、呼號與船名、IMO 號碼、長與寬、船舶種類、定位天線在船上的相對位置                       | 間隔 6 分鐘<br>或有改變時             |
| 動態 | MMSI、船位經緯度、定位準確度指標、航行狀態、定位時戳、對地航速（COG）、對地航速（SOG）、艏向、轉向速率（ROT） | 間隔 2 秒~10 秒，速度小於 3 節則間隔 3 分鐘 |
| 航程 | 船舶吃水、危險貨物（種類）、目的港與預計抵達日期時間（ETA）                               | 間隔 6 分鐘<br>或有變更時             |

表 5-2 船舶 AIS 動態訊息傳送間隔

| 類別    | 船舶操縱狀況            | 傳送間隔 |
|-------|-------------------|------|
| class | 錨泊或靠泊且移動速度不超過 3 節 | 3 分鐘 |
| A     | 錨泊或靠泊且移動速度超過 3 節  | 10 秒 |

|              |                |        |
|--------------|----------------|--------|
|              | 船速 0-14 節      | 10 秒   |
|              | 船速 0-14 節且轉向中  | 3.33 秒 |
|              | 船速 14-23 節     | 6 秒    |
|              | 船速 14-23 節且轉向中 | 2 秒    |
|              | 船速超過 23 節      | 2 秒    |
|              | 船速超過 23 節且轉向中  | 2 秒    |
| Class B (SO) | 移動速度不超過 2 節    | 3 分鐘   |
|              | 船速 2-14 節      | 30 秒   |
|              | 船速 14-23 節     | 15 秒   |
|              | 船速超過 23 節      | 5 秒    |
| Class B (CS) | 移動速度不超過 2 節    | 3 分鐘   |
|              | 移動速度超過 2 節     | 30 秒   |

表 5-3 AIS 動態訊息各欄位值的數值標準

| 欄位  | 數值範圍              | 單位        | 附註                             |
|-----|-------------------|-----------|--------------------------------|
| ROT | $\pm(2^7-1)$      | 1°/min    | 128 表示無法獲得資料                   |
| SOG | $0\sim(2^{10}-1)$ | 0.1 節     | >102.2 節仍用 1022<br>1023 表示無法獲得 |
| COG | 0-3599            | 0.1°      | 3600 表示無法獲得                    |
| 艏向  | 0-359             | 1°        | 511 表示無法獲得                     |
| 經度  | $\pm(2^{27}-1)$   | 1/10000 分 | 181°表示無法獲得                     |

|    |                 |           |           |
|----|-----------------|-----------|-----------|
| 緯度 | $\pm(2^{26}-1)$ | 1/10000 分 | 91°表示無法獲得 |
|----|-----------------|-----------|-----------|

Class A AIS 的動態報告間隔隨著航速以及是否轉向而定，可從 2 秒、3.333 秒、10 秒到 3 分鐘，相當於航行中大約 24-67m 的報告間距。

在進行 AIS 的統計與分析或資料探勘之前，必須先確認資料品質。在船舶報告的 AIS 資料中常見的問題包括：經緯度數值無效（緯度 91，經度 181）、明顯因坐標系統錯誤而導致船位跳動或穿越陸地情形、SOG 數值無效，COG 數值無效、無艏向資訊、未輸入船舶長寬或定位天線位置等基本設定資訊，更有相當高的比例未輸入或未更新船舶吃水、危險貨物（種類）、目的港與預計抵達日期時間等航程相關資訊。[28-29]

AIS 資料庫至少必須先就上述現象篩選過濾有問題的資料記錄後才能進行其常態的分析。

### 5.3 相關研究探討

自從船舶陸續完成安裝 AIS 設備後，國內外就開始有利用 AIS 的交通工程相關研究[30-32]。

HELCOM（赫爾辛基委員會）波羅的海國家的區域 AIS 網路是全球最早完成建置的跨國區域 AIS 網路。此 AIS 網路用以顯示、分析與統計 AIS 資料的軟體主要是由丹麥 GateHouse 公司研發。GateHouse 軟體提供的 AIS 資料分析統計功能可分為 passage line、交通密度、歷史軌跡(交通流)、船舶的 AIS 報告品質等，其篩選條件包括：地理空間、AIS 資料內容、起迄時間與時間間隔。

passage line 功能可統計設定期間內通過某條地理參考線的某國籍船舶數量，分年且分向東、向西、總和，以長條圖或圓餅圖表示。

交通密度統計是在選定的地理區域範圍內設定網格大小，依船舶數量以漸層分色顯示。可以再依吃水、船舶種類、航速、船籍國等使

用者自定的條件區分群組。

歷史航跡統計功能則是用來分析船舶是如何通過某一區域的。此功能可以把歷史航跡依據設定的準則（例如：COG 航向、航速、吃水）以不同的顏色顯示，如圖 5-1。

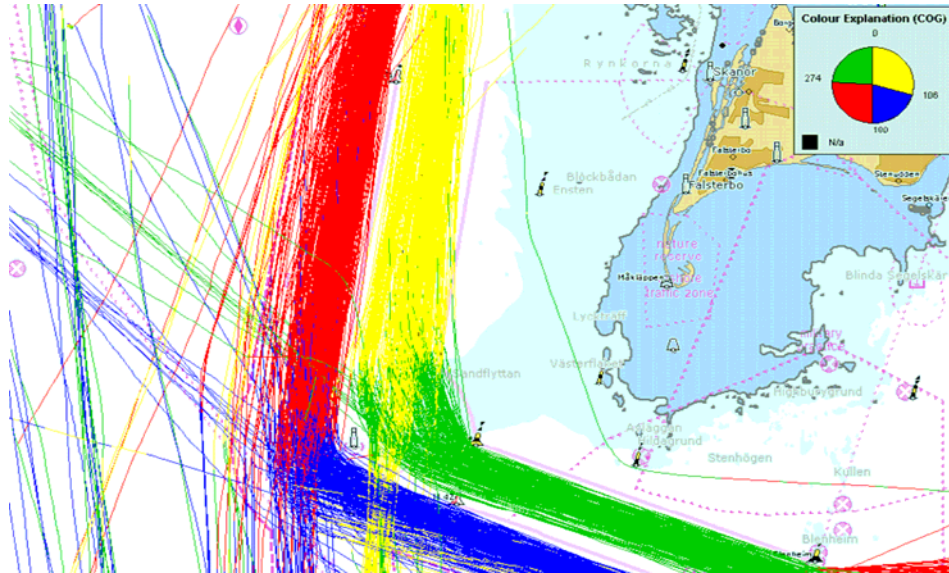


圖 5-1 GateHouse 依航向範圍區分顯示交通流

AIS 品質分析功能可以選擇分析某一艘船的 AIS 報告，在海圖上分色標示失去訊號、收到訊號、變更靜態資訊、變更航程相關資訊等狀況的位置。

GateHouse 最新研發的風險分析模組，其功能目標是：從 AIS 歷史資料庫中萃取出航路資訊，陸地與礙航危險物等航行相關資訊取自電子航行圖，再從 AIS 資料萃取出各航路分段的交通組成（船舶種類/大小/吃水）、交通密度與分布，從中了解船舶操縱的複雜度並評估風險。其中風險評估採用 IALA 發展的風險管理工具 IWRAP (IALA Waterway Risk Assessment Program) 的模型和數值船舶模擬機。

IWRAP 是利用船舶交通、導航定位方法、航道狀況等相關統計資料產生碰撞與擱淺相關風險評估結果的一套電腦程式，其程序概念如下：

- (1) 以導航定位系統的定位品質、風與流的效應、船舶大小、轉向角度計算出航道的最小安全寬度；

- (2) 用航道的實際寬度除以最小安全寬度得出航道寬度比；
- (3) 蒐集船舶的實際航跡資訊，建立航跡的直方圖 (histogram) 並以標準差量化船舶航跡偏移距離(offset)的分布；
- (4) 代入公式計算船舶碰撞以及超出邊界（觸礁擱淺）的機率。

其中的公式主要參考 Fujii 等人的研究[33]。IWRAP 的操作畫面如圖 5-2。

| Channel Width Requirements    |    | Probability                                    |  |
|-------------------------------|----|------------------------------------------------|--|
| <b>Reference Vessel</b>       |    | <b>Good to Moderate Weather</b>                |  |
| Course Keeping Error:         | 0  | Potential Collisions without Intervention:     |  |
| Vessel Beam:                  | 27 | Potential Probability of Collision Per 10,000: |  |
| Drift Angles:                 | 0  | Out of Bounds Per 10,000:                      |  |
| Navigation Accuracy:          | 0  |                                                |  |
| Under Keel Clearance:         | 0  |                                                |  |
| Squat:                        | 0  |                                                |  |
| <b>Other Vessel</b>           |    | <b>Moderate to Poor Weather</b>                |  |
| Course Keeping Error:         | 0  | Potential Collisions without Intervention:     |  |
| Vessel Beam:                  | 0  | Potential Probability of Collision Per 10,000: |  |
| Drift Angles:                 | 0  | Out of Bounds Per 10,000:                      |  |
| Navigation Accuracy:          | 0  |                                                |  |
| Under Keel Clearance:         | 0  |                                                |  |
| Squat:                        | 0  |                                                |  |
| <b>Common to Both Vessels</b> |    | <b>Total Probability</b>                       |  |
| Safety Margin:                | 0  | Potential Probability of Collision Per 10,000: |  |
| Bank Clearance:               | 0  | Out of Bounds Per 10,000:                      |  |
| Calculated Channel Width:     | 0  |                                                |  |
| Channel Ratio:                | 0  |                                                |  |

圖 5-2 IALA 風險管理工具 IWRAP 的輸出入介面

芬蘭赫爾辛基技術大學的系統分析實驗室與船舶實驗室在分析芬蘭灣海上交通安全的研究中[32]，取 2006 年 3 月與 6 月這兩個月的 AIS 資料記錄（分別代表冬季與夏季）進行分析。首先把船舶分為客船、貨船、油輪、高速船（HSC）、其他等 5 類，各類再依船舶總長細分為 <100m, 100~200m, 至少 200m, 長度不明等 4 群組。長度不明的船舶以

該類所有船舶的平均長寬計算。接著再將這些群組系統化描述為在各航道上雙向航行的船舶。

他們在評估過 Pedersen' s Model, Model of Fowler and Sorgard, Mucduff' s Model 等碰撞模型之後，認為以 Pedersen 對於幾何碰撞機率因素的考量最適合。Peterson' s Model 需要的參數包括：

- (1)交叉水道各水道的船舶速度與相互接近時的夾角
- (2)各類船舶的長與寬
- (3)各水道上單位時間內各類船舶通行的數量
- (4)船舶偏離水道中心線的距離分布（採高斯分佈，取偏離距離的平均值與標準差）。

計算出碰撞的候選值之後再乘上一個因果關係的因素（causation factor）即為碰撞機率。該研究的 causation factor 取較常用的  $1.3 \times 10^{-4}$ 。

## 5.4 研究方法

### 5.4.1 資料來源、技術與工具

此研究設定的目標是以長期累積接收海上船舶透過 AIS 廣播的動態、航程與識別資料庫為基礎，運用資料探勘與時空/地理資訊分析技術，建立適用於海上交通流分析與統計的功能模組，做為航行安全與港埠運作等相關決策支援。

研究所用的資料來自臺灣沿岸已建置的 AIS 網路所接收的 AIS 船舶報告資料，圖 5-3 是該 AIS 網路的船舶即時動態資訊網站畫面。本計畫研究過程中 AIS 網路是逐步增加設站的，接收解碼的程式在過程中也有一些修改。研究分析所用的資料是取其中可用的部分進行。目前已設有基隆、臺北、臺中、高雄、蘇澳、花蓮、蘭嶼、馬公等 7 站。



圖 5-3 臺灣沿岸 AIS 網路的即時船舶監控系統畫面

實作上採用 Java 程式語言，AJAX(Asynchronous JavaScript and XML), Java, JSP(Java Server Pages), Web Service 等技術，以 MySQL 為資料庫管理系統。設計的功能模組包括：跨越地理參考線之時間偵測與航速航向位置統計、高碰撞風險之時空密集區偵測與統計、交通流動線歸納分析、船舶抵達時間的預測。

98 年計畫先完成上述功能模組的雛型元件，今年度則進行優化整合，結合網路地圖服務與海圖資料庫提供整合分析。

#### 5.4.2 基本架構

首先以跨越地理參考線之偵測分析為例說明基本架構與方法。此基於 JSP 與 Java servlet 技術的 Web 應用服務，基本架構如圖 5-4，其中 Browser 是網頁瀏覽器，Web Container 是採用 Apache Tomcat 做為此服務的 Web 伺服器與應用伺服器，Tomcat 內有一個 Jasper 編譯器可以將 JSP (Java Server Page) 編譯成對應的 Java Servlet，再以 JavaBean 透過 JDBC 存取 MySQL 資料庫內的資料。

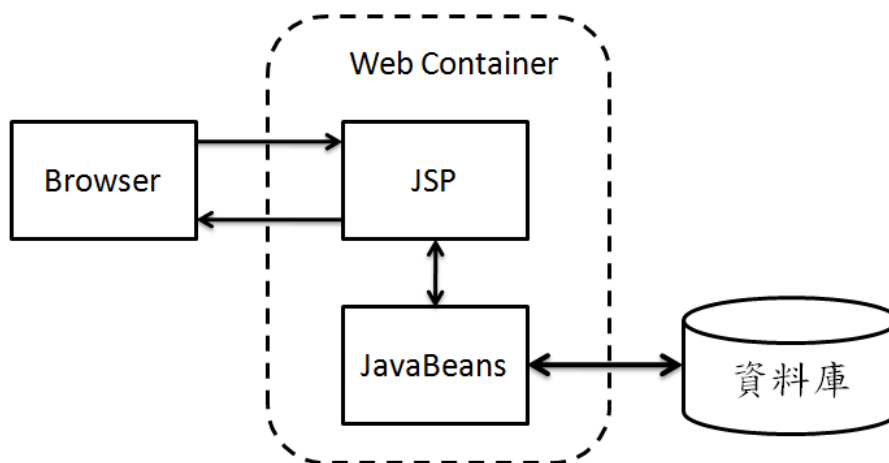


圖 5-4 本研究設計之網路應用服務的基本架構

JavaBean 是單純的 Java 類別，它可以繼承自任何類別，但無法處理 HTTP 訊息，它在網站應用程式中的角色通常是作為參數物件（在 JSP 和 servlet 之間傳遞，以共享資訊）或工具類別。作為參數物件時，通常代表某種資料，因此被稱為 value bean，作為工具類別時，則稱為 utility bean。要讓 JSP 能夠使用自行設計的 bean，則該 bean 必須提供一組屬性，JSP 便可以透過特殊的標籤來存取這個 bean 的屬性。所謂的屬性，其實是一組 getter 和 setter methods，兩者統稱為 access methods（存取方法），透過這組存取方法來間接地存取類別的私有成員，當然，這組存取方法必須宣告為 public。類別的定義如下：

```

public class ParameterBean
{
    private String num1;
    private String num2;

    public void setNum1(String num1){
        this.num1 = num1;
        pLon1 = Double.parseDouble(num1);
    }

    public void setNum2(String num2){
        this.num2 = num2;
        pLat1 = Double.parseDouble(num2);
    }
}
  
```

在 JSP 裡面使用時的寫法如下：

```
<jsp:useBean id="checker" class="parameter.com.ParameterBean" scope="request"/>
<jsp:setProperty name="checker" property="num1" value="<%= number_1 %>" />
<jsp:setProperty name="checker" property="num2" value="<%= number_2 %>" />
```

其中

`<jsp:useBean>` 標籤就是指明要使用一個 bean 物件，id 代表該物件的名稱，class 指明了要使用什麼類別的 bean，scope 則代表物件的生命週期。

`<jsp:setProperty>` 標籤用來設定 bean 的屬性值，property 指明了要設定哪個屬性，value 就是數值，要別注意的是，HTML 表單傳入的資料一定是字串，但我們的 num1、num2 屬性卻是整數，這個部分的轉換會由 Web container 幫忙處理。

`<jsp:getProperty>` 標籤是用來取得 bean 的屬性值。

#### 5.4.3 網路服務的實作

根據全球資訊網協會(World Wide Web Consortium, W3C)的定義：Web Service 是設計以支援機器與機器之間透過網路互操作互動的軟體系統。本研究的應用目標需要 AIS 歷史資料庫與即時資料庫，功能模組之間必須互相支援運作且可能分散於網路上不同位置的伺服器，因此需要適度採用 Web service。

Web Service 基本的運作方式是：服務提供者先透過 UDDI 註冊想要提供給他人使用的服務，進而產生一個服務描述 (WSDL)，然後要求服務的使用者可以透過查詢 UDDI 知道有哪些服務，選擇其所需要的服務之後，UDDI 便會將描述此服務的 WSDL 文件提供給要求者，最後要求者可以依據此份 WSDL 文件和服務提供者進行服務的連結，訊息的傳遞過程使用 SOAP 的訊息格式來進行資料的處理交換。

UDDI 是 Universal Description, Discovery and Integration

的縮寫，是基於 XML 的登錄資料庫，可讓服務提供者註冊發布其提供的服務，讓服務要求者發現該服務，也定義了這些服務或應用軟體如何透過網際網路互動整合。WSDL 是 Web Service Description Language 的縮寫，是用以描述 web 服務的 XML 文件格式規範。SOAP 則是 Simple Object Access Protocol 的縮寫，是網路服務之間交換結構化資訊的協定規格。

本計畫已實作一 web service，提供的服務是向基隆 AIS 站的伺服器取得其目前可收到 AIS 報告的所有船舶識別，以及該列表中指定船舶的最新船位動態。此 web service 將與在其他伺服器上的預測或決策支援應用模組透過網路互動整合，再由這些應用模組對使用者提供服務。

## 5.5 研究成果

### 5.5.1 交通流分析功能設計成果

實作跨越地理參考線分析統計服務的程式基本流程如圖 5-5。

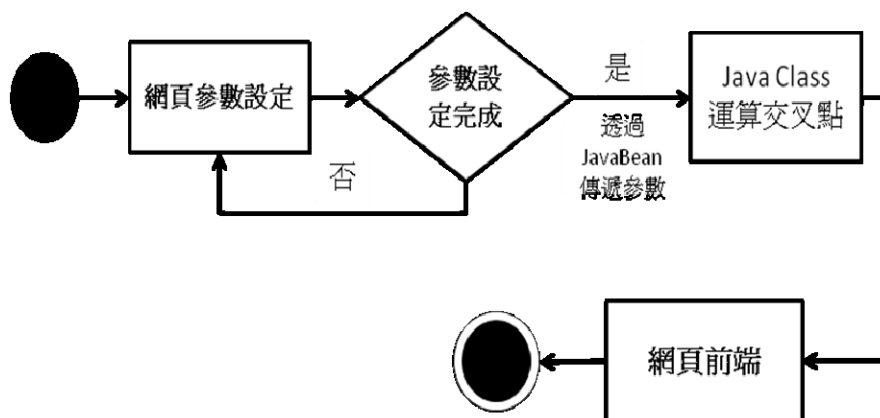


圖 5-5 實作跨越地理參考線分析統計之程式基本流程

此交通流分析功能以 Java、JSP、AJAX、HTML 等技術開發，由網頁操作將資料的時間範圍、Passage Line(地理參考線)經緯度、分割 Bin 數量等參數透過 JavaBeans 傳送到後端，考慮 AIS 船位報告間隔與船速的關係據以對應擴大查詢的區域範圍後，將參數組合成 SQL 查詢

語法從資料庫選取所需的資料，將這些資料處理成各個航跡，這些航跡再分別和 Passage Line 做交叉點的計算，完成所有航跡的交叉點運算後，再交給 XMLHttpRequest 回傳給網頁前端，在 client 端做交叉點分佈統計、繪圖及各項分析。

交叉點判斷的方法是將前後兩筆資料先做比對，兩筆資料的船舶識別碼必須相等，且時間差不超過一小時，則認定為同一航線，將此兩筆資料連成一條直線，運用 JAVA 的 linesIntersect 方法判斷其與 passline 是否有相交，若有交叉則計算其交叉點，若無交叉點則繼續下一線段，直到資料判斷完畢。

計算交叉點位置的演算法如下：

```
PROCEDURE intersect_two_lines(x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4)
-- Compute whether two line segments defined by (x1,y1) --> (x2,y2)
-- and (x3,y3) --> (x4,y4) cross and if so where.
BEGIN
```

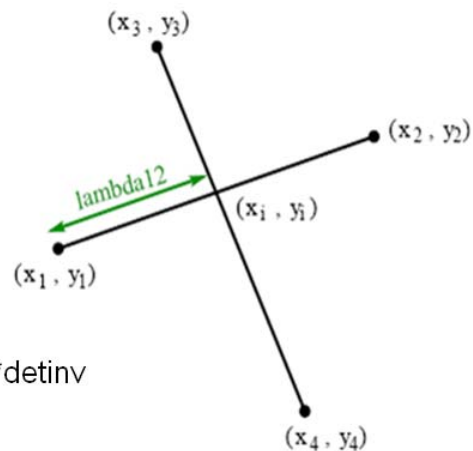
```
    cross = TRUE; -- Boolean to say whether the lines cross..
    dx21 = x2 - x1;
    dy21 = y2 - y1;
    dx43 = x4 - x3;
    dy43 = y4 - y3;
    dx31 = x3 - x1;
    dy31 = y3 - y1;
    determ = dx43*dy21 - dy43*dx21;
```

```
    detinv = 1.0 / determ
    lambda12 = (dx43*dy31 - dy43*dx31)*detinv
```

```
    xi = x1 + dx21*lambda12 ; yi = y1 + dy21*lambda12
```

(xi , yi)即交叉點之經緯度。

當交叉點資訊都計算完成後，將船舶識別碼、經度、緯度、航速、航向、lambda12、吃水、船舶種類、時間等各個交叉點資料依序組成字串，再回傳至前端，開始做交叉點的分佈統計，以 lambda12 值為此交叉點在 passage line 上所佔的比例為多少。假如設定的是分成 30



個 bin，相當於將 PassLine 分割成 15 等份，從交叉點的  $\lambda_{12}$  值就可以知道屬於哪個 bin，再經過航向相對於 passage line 的方向就可以統計出在選定的時間範圍內穿越該 passage line 某一區段距離的雙向船舶航跡數量。

為了正確處理交通流的方向，必須進行坐標系統轉換，程序是：首先將航向所表示的 Azimuth 方位角轉換成直角坐標系統，假設此船的航向(COG)30 度，屬於在 0~90 度的範圍內，用 90 度減 COG 即可轉換成直角坐標，結果為 60 度角；若是此船的航向(COG)大於 90 度角，則用 450 度減 COG。接著算出 passage line 的斜率來得知相對於原直角坐標系統轉多少角度，以 passage line 作為新的基準，換算出相對角度，相對於此基準線在 0 ~ 180 度以內為同一分佈，180 ~ 360 度為另一分佈。Passage line 的斜率是利用恆向線計算。

除了通過各 bin 的交通量之外，此服務也提供交通流方向的統計。至於方向性的計算方式，是先將穿越 passage line 的船舶速度的直角坐標 X、Y 分量求出，在做交叉點密度統計時將速度的 XY 分量分別累加起來，利用 XY 分量總和的正負來判斷此 Bin 中的交通流方向落在哪個象限，再取  $\text{atan}()$  反正切值，計算出的角度即為此 Bin 的平均航向，此航向屬於直角坐標系統的方向值，因此還必須再轉回以正北為 0 度的航向表示法。

在統計交通流時，與 passline 交叉的航跡，有可能幾乎平行於 passage line，若一併納入統計其得到的交通量與交通流方向可能受其影響而失真，因此必須能設定過濾掉某些夾角範圍。

此系統亦可篩選欲統計的船舶類型。可選擇的船舶類型是指船舶依據 AIS 規範報告的船舶種類代碼。此代碼主要以第一碼區分船舶類型，第二碼用以判斷是否載運有毒物質，但是第一碼是 3 或 5 的分別其他船舶和特殊船艇，其第二碼是用以細分船舶種類，與是否載運有毒貨物無關。所謂其他船舶包括：從事漁撈、拖帶、潛水、疏濬、軍事或水下作業的船隻和帆船、娛樂船舶等；特殊船艇則包括：領港

船、拖船、港勤、搜救、醫療運送、海巡執法等船舶。當使用者勾選了部分船舶類型後，系統會以其勾選之船舶類型做為統計的對象，此時只判斷第一碼，例如客船(Passenger)與貨船(Cargo)的第一碼分別為 6 和 7。NoRegister 表示 AIS 報告中未登記船舶類型(Ship\_Type)的船隻。如果勾選 Danger Freight(有毒貨物)，系統在判斷完第一碼以後，會再判斷第二碼，若是載運危險貨物的代碼則做為統計對象。

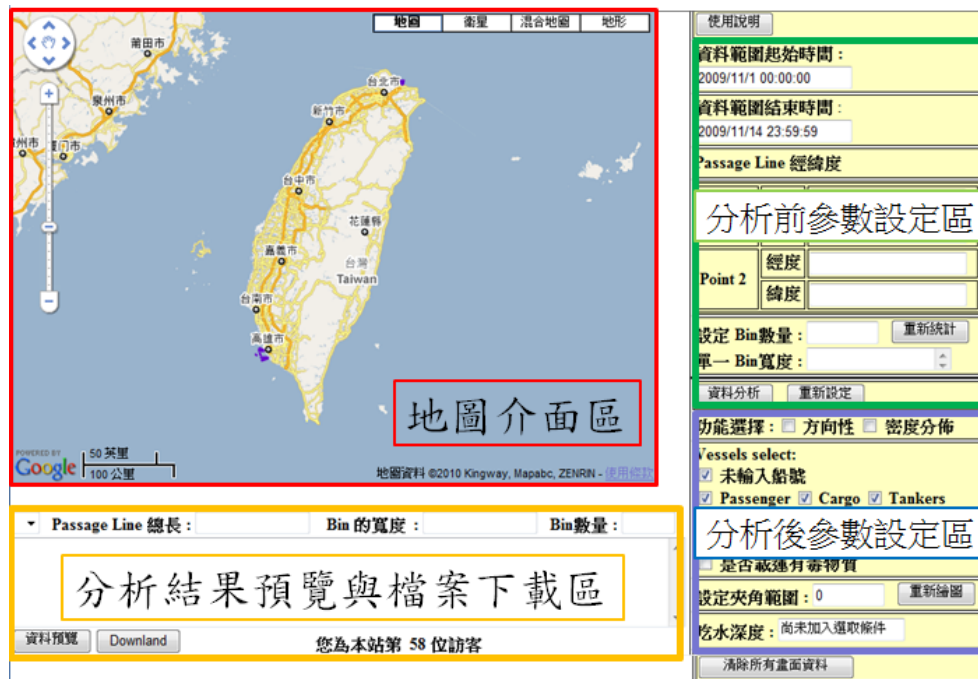


圖 5-6 跨越地理參考線的交通流分析統計服務網頁

此交通流分析統計應用服務的網頁介面(如圖 5-6 )區分為下列區塊：

- (1)地圖介面區：以 Google Map 做為底圖，透過此介面劃設 passage line 取得其兩端點經緯度，分析結果也運用其 API 以套疊圖層方式顯示在此區；
- (2)分析前的參數設定區：在此設定擬分析資料的時間範圍、顯示從 Google Map 劃定的 Passage line 經緯度、設定統計用的 bin 數量並顯示對應的 bin 寬度(分析後可調整 bin 數重新統計)。設定後按「資料分析」即可執行分析，按「重新設定」則會清除原設定。

- (3)分析後的參數設定區：就分析所得結果，設定顯示方式以及過濾的條件。顯示方式可勾選方向性與各 bin 交通流量，勾選方向性顯示時，各線的長度仍表示交通量，線的方向即該 bin 內的平均航向。過濾條件有：船舶種類、過濾夾角角度、吃水深度。過濾條件參數設定只適用於當下被選取的 passage line。若想要將選取的 passage line 重新分割，可修改欲分割數量後按下「重新統計」按鈕，開始重新計算。
- (4) 分析結果預覽與檔案下載區：本服務可執行多條 passage line 的交通流分析統計，執行結果除了可同時顯示 Google Map 上之外，還可透過本區選擇任一條 passage line 的分析結果，預覽或下載其數值檔案另以其他工具做更進一步的處理或展示。當下選取的 Passage Line 會在 Google Map 上以黃色標示。

### 5.5.2 交通流分析功能應用成果

交通流模型的基本要素包括：位置、方向、寬度、密度與速度。

以往此交通流模型主要是以雷達進行海上交通觀測調查取得航跡分布資料再行分析建立。但是雷達受限於偵測範圍，且有無法自動識別目標、追蹤時容易有目標交換狀況等問題，成本效益不佳，因此通常只能在小範圍或短期觀測調查。

AIS 則只要設置岸台接收船舶報告即可自動識別，不會有目標交換的問題，而且接收的航向、航速、經緯度、甚至艏向等動態是直接取自船上的航儀，可長期累積資料庫，成為交通流分析與海上交通工程的重要依據與工具。本項研究即基於長期持續累積的 AIS 資料庫。

圖 5-7 分析澎湖水道南北向交通流，時間範圍設為 2009/11/1~14 共 14 天的資料，passage line 長度 30km(約 16.5 浬)，bin 寬 1km(約 0.5 浬)，只取夾角 $>5$  的航跡進行統計。圖 5-7 (a) 是該區域海圖， 符號是指該處水下有不礙航的沉船殘骸，數字是各點水深值，靠近澎湖這側水深 79m 處的漲潮流 4.8 節，退潮流 3.3 節。從圖 5-7 (b) 與 (c) 可看出南北交通流在空間上集中的情形，而且其中有相當的比例

是載運危險貨物，如圖 5-7(d)。從下載的分析結果可再利用 Excel 或 GIS 等工具分析或繪圖，得出向北與向南交通流分布如圖 5-8，其平均值分別在經度 119.897° 與 119.894°，緯度 23.535°，標準差約 0.4 浬。圖 5-9 則是雙向交通流的速度分布，往北與往南的平均航速分別是 14.2 節與 12.7 節。

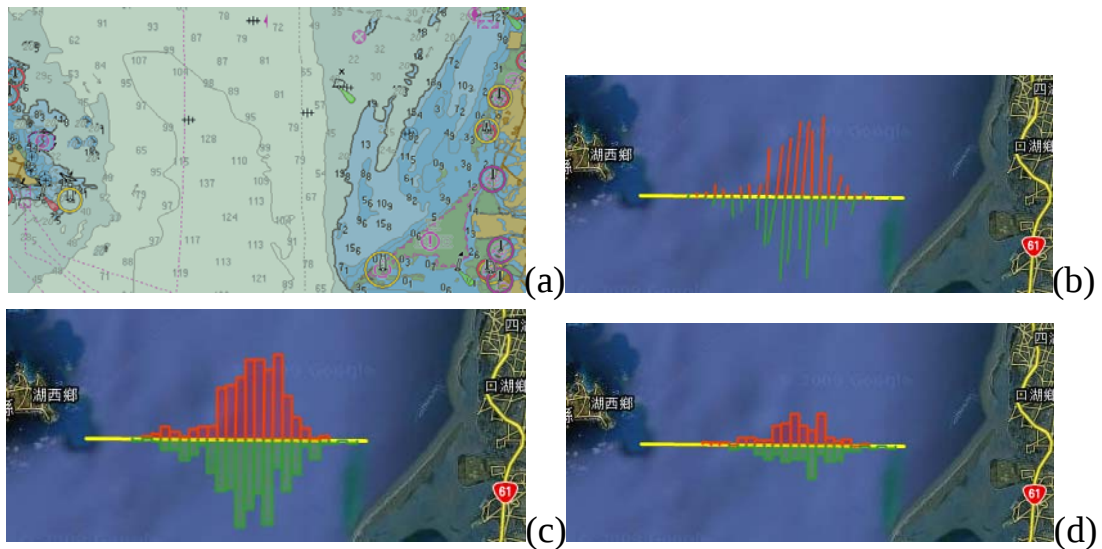


圖 5-7 澎湖水道交通流分析(a)海圖(b)方向(c)密度(d)危險貨載

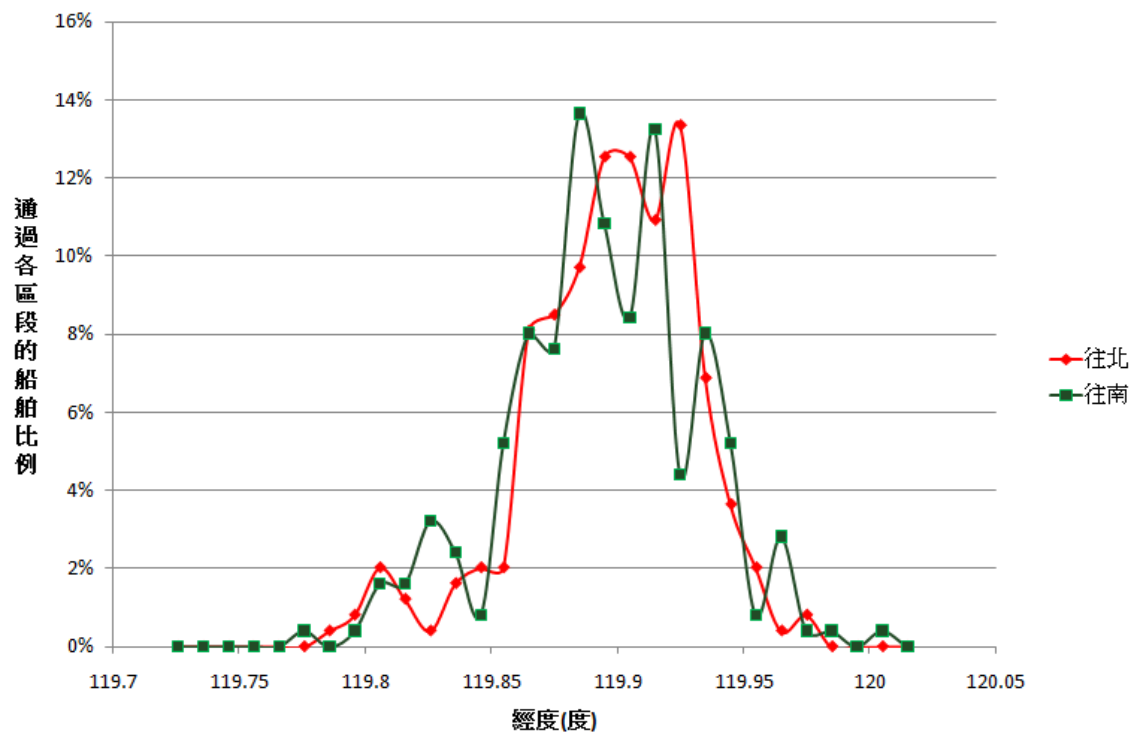


圖 5-8 澎湖水道南北向交通流密度分布

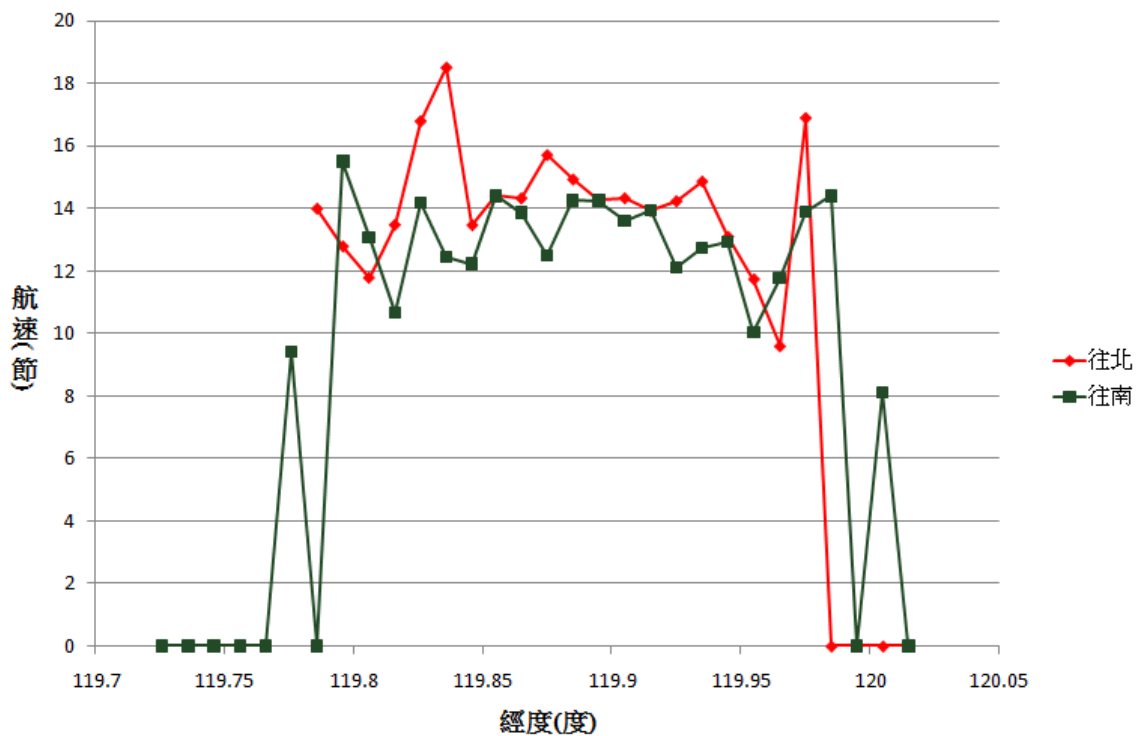


圖 5-9 澎湖水道南北向交通流速度分布

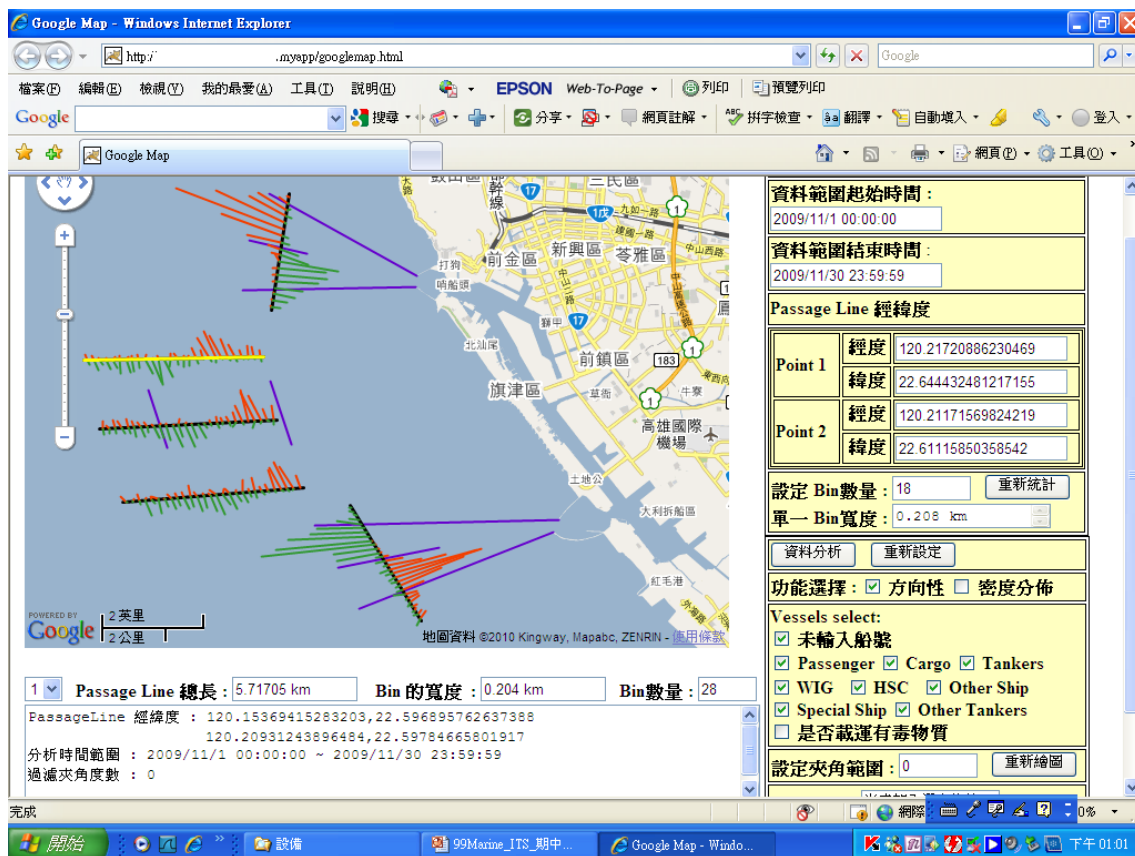


圖 5-10 高雄港分道航行交通流分析

高雄港交通流分析結果如圖 5-10，其中分道航行系的邊界線以藍色標示，以輔助分析。以二港口進出港航道中心往左右約各取三個 Bin(相當於單向航道範圍)的交叉點計算，則進港航道範圍內船舶數量占全部的 72%，出港航道範圍內船舶數量占全部的 75%，最密集處大致都在航道的中央。

基隆港進出港交通流分析結果如圖 5-11，進港與出港的平均航速都在 9 節。2009 年 11 月全月基隆港分道航行系的分析結果則如圖 5-12，各 passage line 皆設過濾夾角為 5 度。結果顯示基隆港出港船舶大部分偏離出港航道，有相當大的比例進入分隔帶，甚至有些進到進港航道內。



圖 5-11 基隆港進出港交通流分析

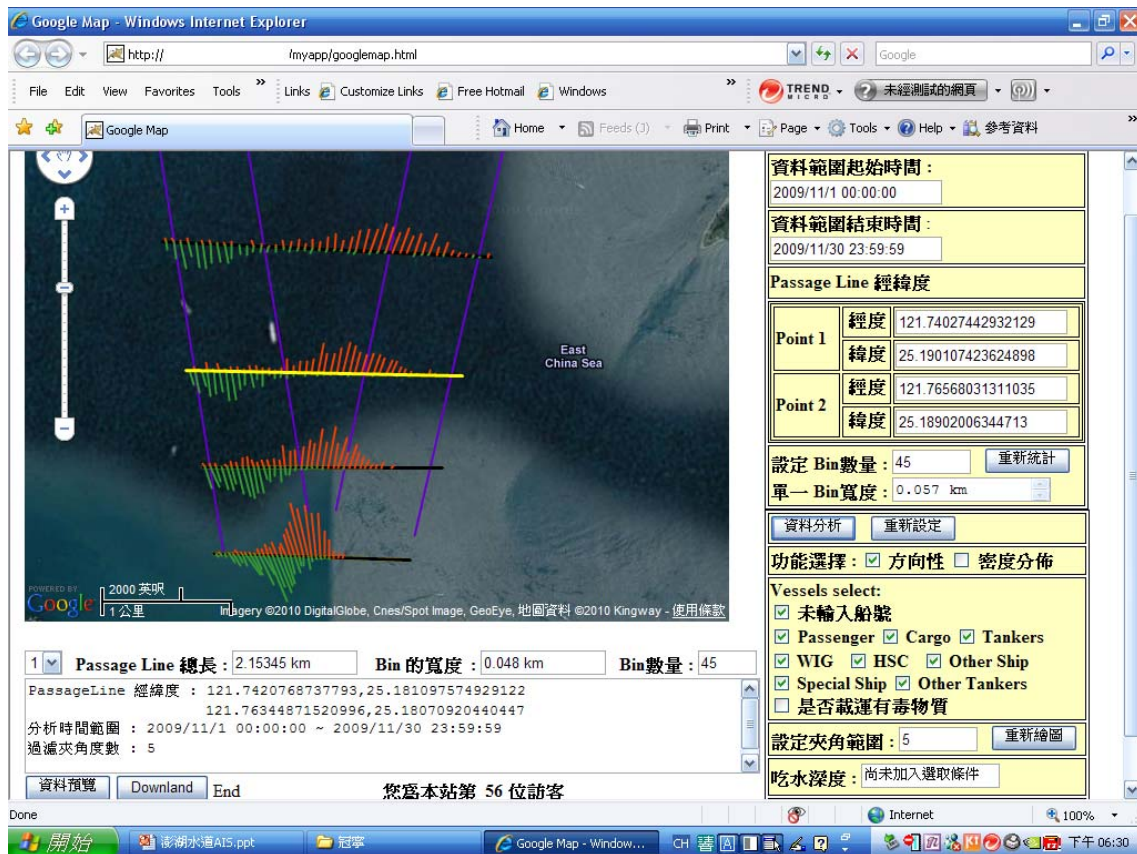


圖 5-12 基隆港分道航行系交通流分析

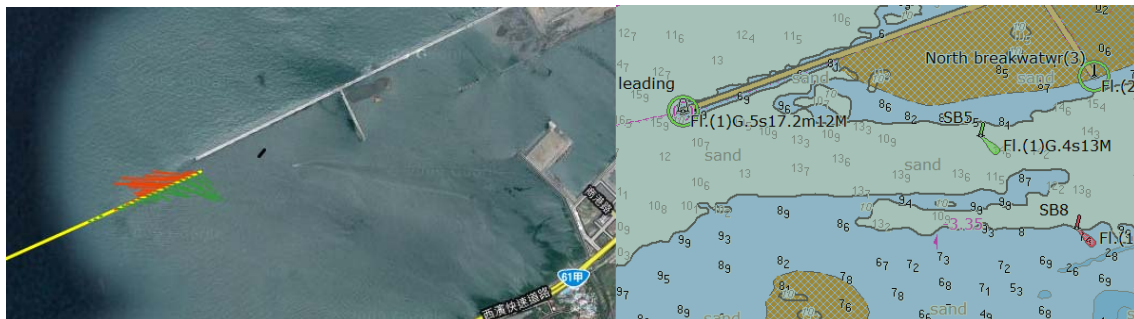
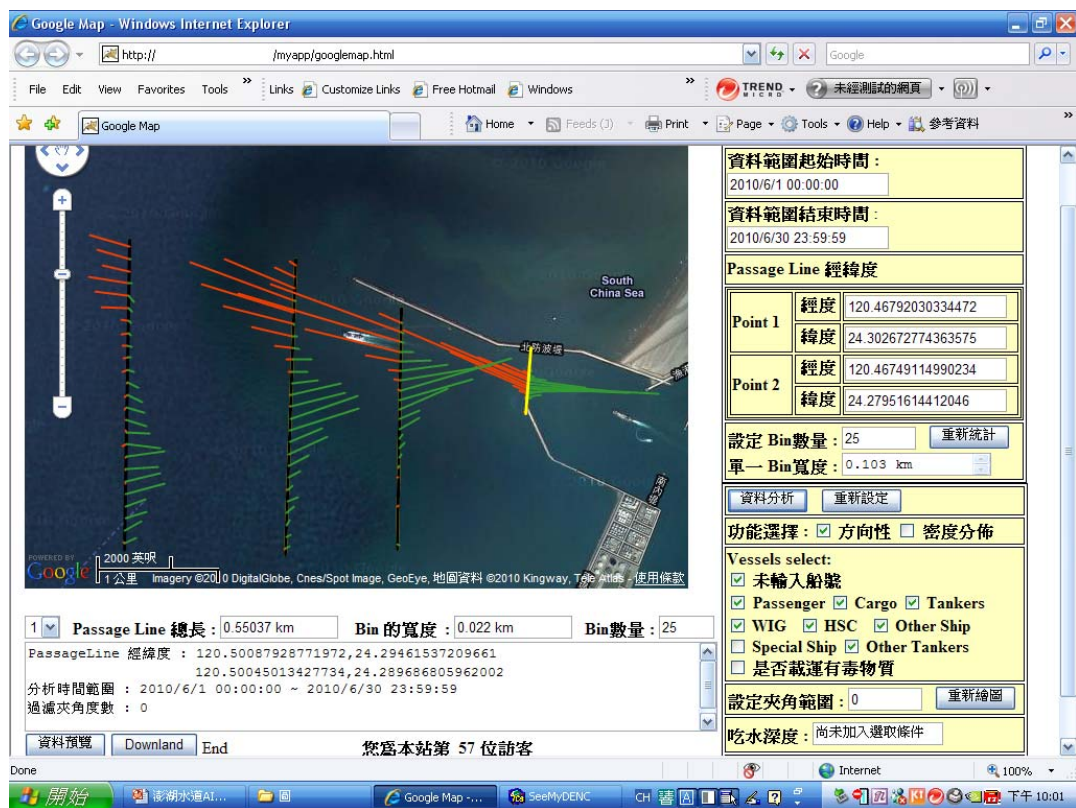


圖 5-13 臺北港 2010/6 進出港交通流分析

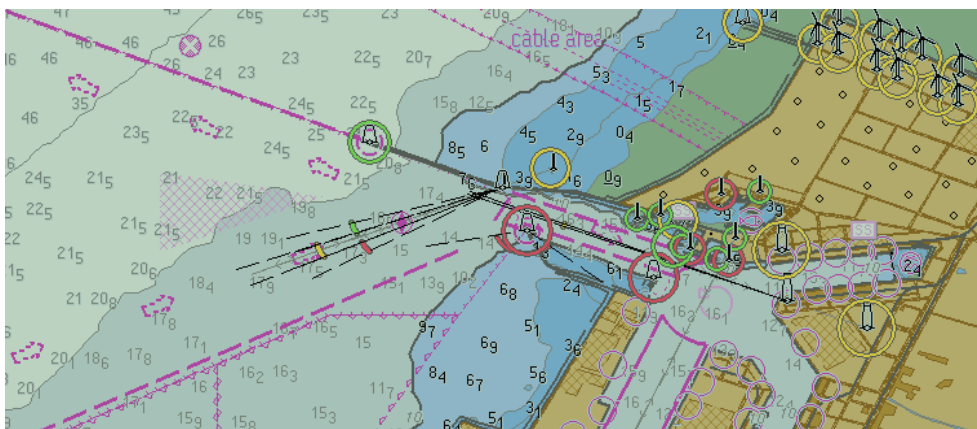
臺北港進出港交通流集中在北延伸堤末端約 600m 距離內，如圖 5-13 左圖，右圖是以 10m 為安全等深線的海圖顯示。圖 5-14 是臺中港港口處交通流分析結果，圖 5-15 則是不含特殊船舶(例如：領港船)，擴及臺中港分道航行系的進出港交通流分析。兩圖比較可看出特殊船舶對分析結果的影響。從數值可得進港與出港航跡中特殊船舶各佔約 42%與 45%。港口處雙向航速都是 9 節。



圖 5-14 臺中港進出港 2010/6 交通流分析(含特殊船舶)



(a)



(b)

圖 5-15 臺中港 2010/6 進出港交通流分析(不含特殊船舶)

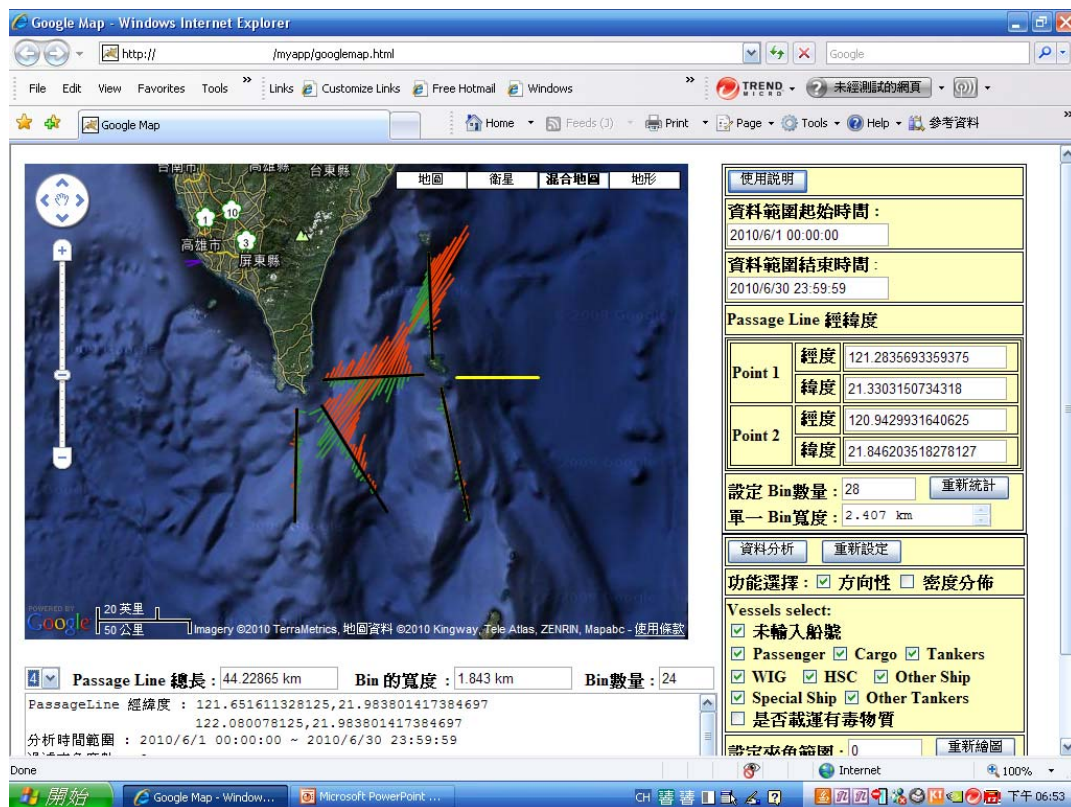


圖 5-16 臺灣東南海域蘭嶼附近交通流分析

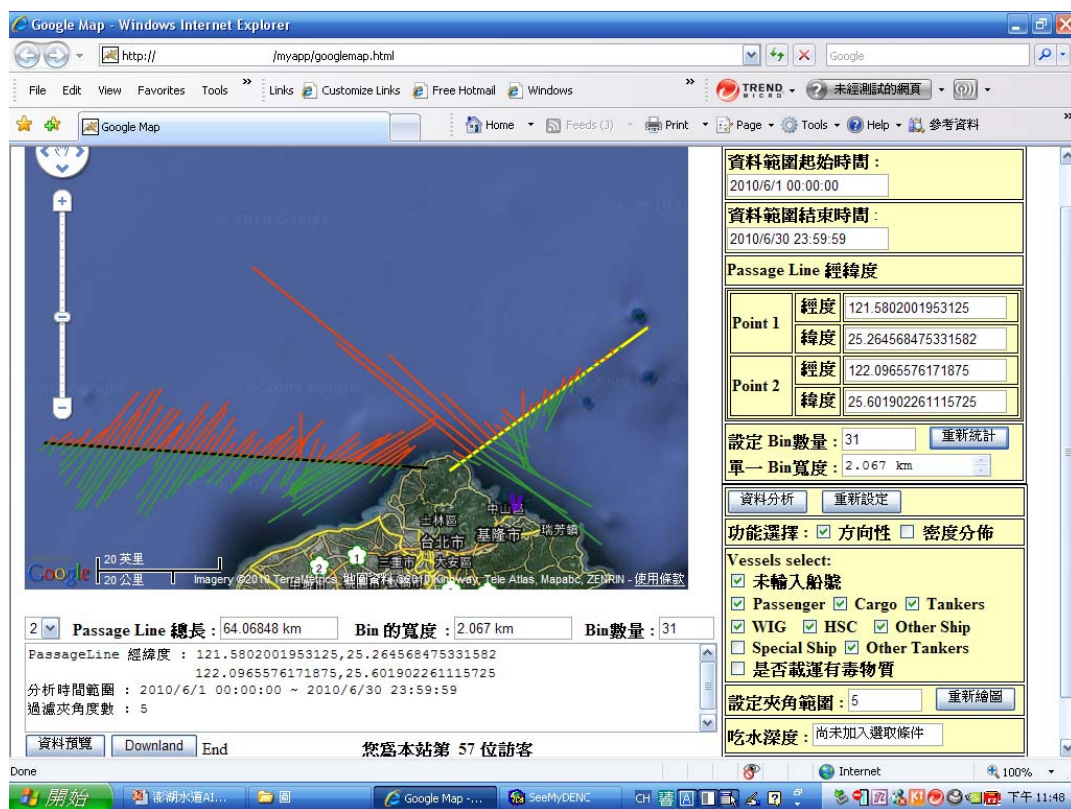


圖 5-17 臺灣北部海域交通流分析

臺灣東南海域航路主要穿越綠島與蘭嶼之間，如圖 5-16。從圖 5-17 則可看出繞過富貴角的船舶航路集中在近岸處，也可以從 passage line 上各區段方向的變化，看到交通流交錯的情形。

### 5.5.3 高碰撞風險之時空密集區偵測

在高碰撞風險時空密集區偵測的問題上，首先從分析 AIS 報告「點位」著手，構思如下：如果船舶採取的航線重疊交錯且航行速度快，則依據 AIS 於高速或轉向時縮短報告間隔的特性，該處的 AIS 船位點密度將明顯提高，尤其是在港外區域，而該處也將是碰撞風險高的位置。AIS 船位點的時空密集區與碰撞風險應有很高的關聯性。

但如果以劃分網格計算點密度的方式，則網格太大會影響結果的解析度，太小則計算負荷過重，也有跨網格邊界處密度計算失真的問題，因此試著以 DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 這類基於密度的群聚演算法為基礎。

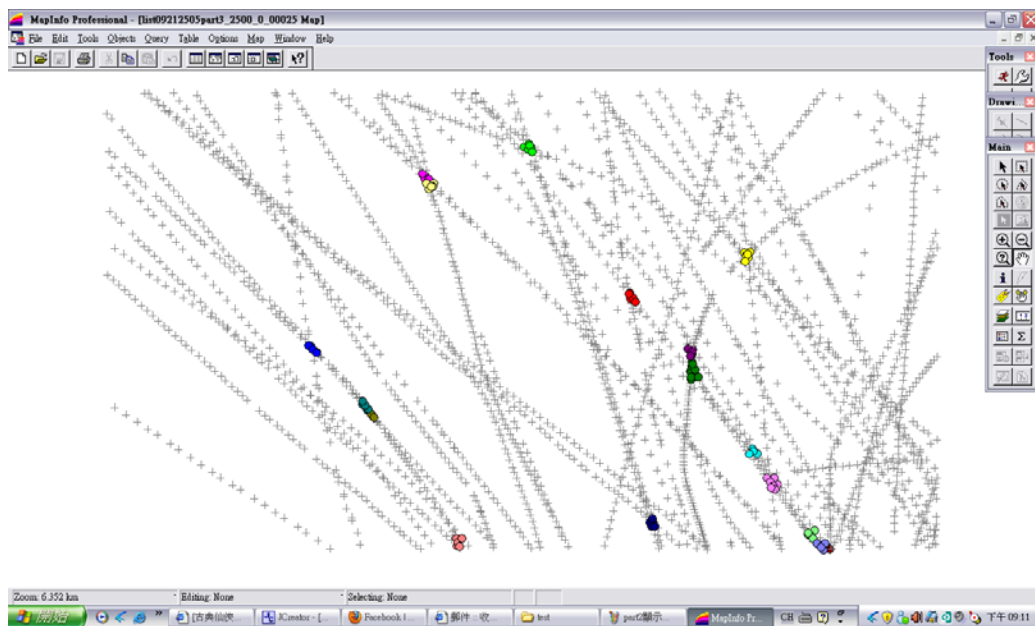


圖 5-18 高碰撞風險時空密集區偵測之較佳試驗結果

試驗的結果是：若取約數小時至 1-2 日時間內航行中船舶的 AIS 船位，例如前 2500 筆航速>14 節的船位，以 30m 距離內至少有 5 點船位這樣的 DBSCAN cluster 條件，其偵測航跡交會風險區的效果相當不

錯，如圖 5-18，其中淺色小十字表示原始 AIS 船位，圓點則是程式偵測出的屬於各密集區(以 cluster ID 分色)的船位點。但是如果取的資料期間拉長，則 DBSCAN 參數必須再配合試驗調整。

此方法雖不盡完善，卻也有可用之處，因為若把這些 AIS 船位都展繪在 GIS 地圖上，即使用人工判讀也往往因為顯示的比例尺以及點位重疊等問題而難以正確判讀出密集區。此方法特別適用於即時的密集區偵測。

由於 AIS 船位報告間隔的差異、目前建置的 AIS 岸台網路有收訊缺口，而且 AIS 的 VHF 訊號的通訊距離會隨著大氣狀況有相當大的變動，以點位分析不如以航跡分析，而以航跡分析則必須能執行資料過濾與航跡概略化，萃取出各航跡的轉向點。

從 AIS 資料庫萃取出船舶航路的解決方案，經過以角度差與距離差等幾種方法試驗後，目前實作採用的是 Douglas Peuker 線坐標概略化演算法。

Douglas Peuker 的概略化原理是：以起點/終點連成一直線，其他點取其到此直線的垂直距離，取其中距離最大者為新的 node，以此 node 分段重複執行上述程序，依此類推直到每段內各坐標與該段起訖點連線的最大距離都小於設定值  $\varepsilon$  為止，將這些 node 和起終點依序連接起來即成為一條概略化之後的航線。

基於概略化後的航跡，我們再度試驗利用 DBSCAN Clustering 方法偵測高風險密集區。基本構想是：多條航線重疊交叉的地方，船隻密度或碰撞風險愈高，因此概略化取得的航線轉折點與交叉點都應該可以做為指標。由於港區密集度必然最高，此研究的偵測重點在港區之外，因此只取航速 $>5$  節的部分進行分析。取概略化後的航跡，再取出航跡之間的交叉點。

研究過程中先分別以交叉點、轉折點試驗取得各別適用的 DBSCAN 參數，再試驗合併使用轉折點與交叉點的效果。由於資料量仍然相當

龐大（取 1 個月的 AIS 資料），在處理時是對應於沿岸航行用電子海圖的圖幅切割範圍分區處理。圖 5-19 是以轉折點分 7 區處理後的各群聚中心點的分布狀況。

以此航跡概略化演算法為基礎，再以網格為基礎分析航跡密度，可避免以點位分析時因為點位間距差異所造成的誤差。因此再使用基於網格的群聚演算法(Grid-Based Clustering Algorithms)，將指定範圍切割成小區域，計算通過各小區的航跡數量，結果如圖 5-20，單一網格內至少 2、4、10 條航跡通過的高密集區分別以黑、綠、紅色十字標示。

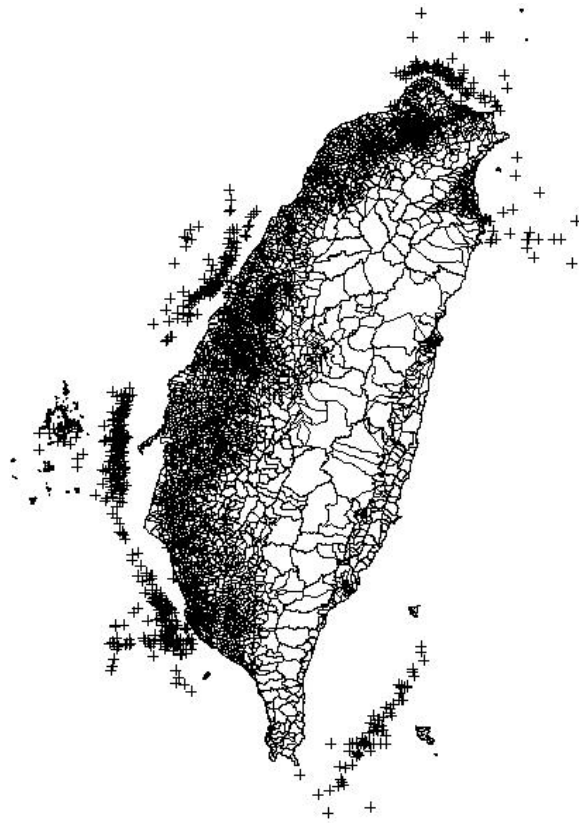


圖 5-19 分析概略化航跡轉折點所得的高密集區分佈

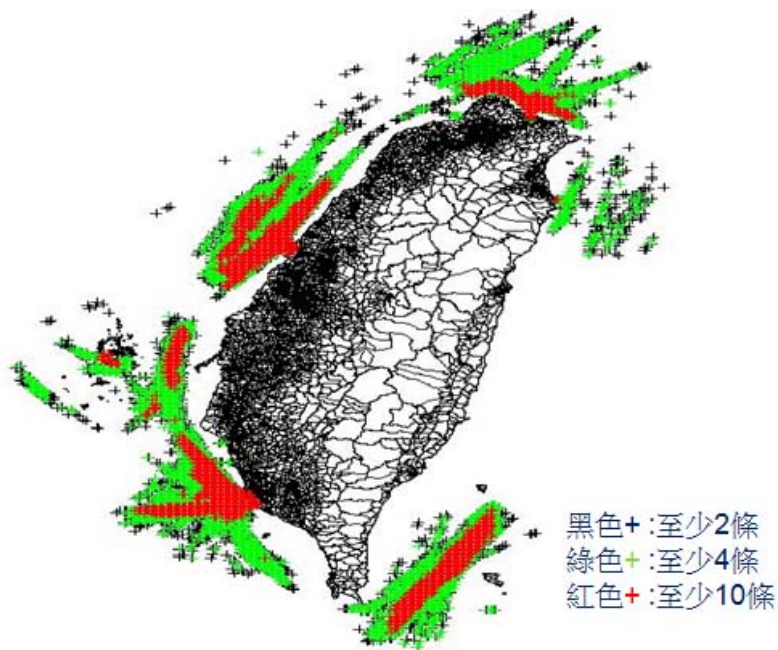


圖 5-20 以網格分析航跡密度之高密集區分佈

由圖 5-20 可看出臺灣沿岸除了接近港口的區域之外，澎湖水道也是船舶交通高密度區，在前一節澎湖水道交通流分析中已知該區南北向交通流在空間上集中、船速在 13~14 節、且有相當的比例裝載危險貨物。為了解其時空集中情形，我們以 2010 年 6 月份 AIS 資料，每小時取當下最新船位在東經 119.8~120 度（11 哩寬），北緯 23.51833~23.55167 度（北緯 23.535 上下各取 1 哩）範圍內的船舶，統計結果如表 5-4：至少 1 艘船在範圍內的情形下，同時有另一艘船在此 2 哩縱向範圍內的比例是 21%。若將範圍縮小至澎湖水道中央區 6 哩寬範圍內，此比例仍是佔 21%。因船舶的安全領域依船舶長度與航速而定，由此看來，此區域確實屬於高風險的時空密集區。

表 5-4 澎湖水道船舶時空密集狀況分析

| 範圍 \ 船數          | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  |
|------------------|-----|-----|-----|----|----|
| 11 哩(橫向)×2 哩(縱向) | 64% | 21% | 10% | 4% | 1% |
| 6 哩(橫向)×2 哩(縱向)  | 72% | 21% | 5%  | 1% | 0% |

研究中也發現，臺北港至臺中港之間，新竹外海沿岸的 AIS 收訊缺口相當大，嚴重影響經過該區的航跡分析結果，如圖 5-21，船位報告連接成航跡時，因中途轉折過程無訊號，使航跡呈現被拉直的失真狀況。

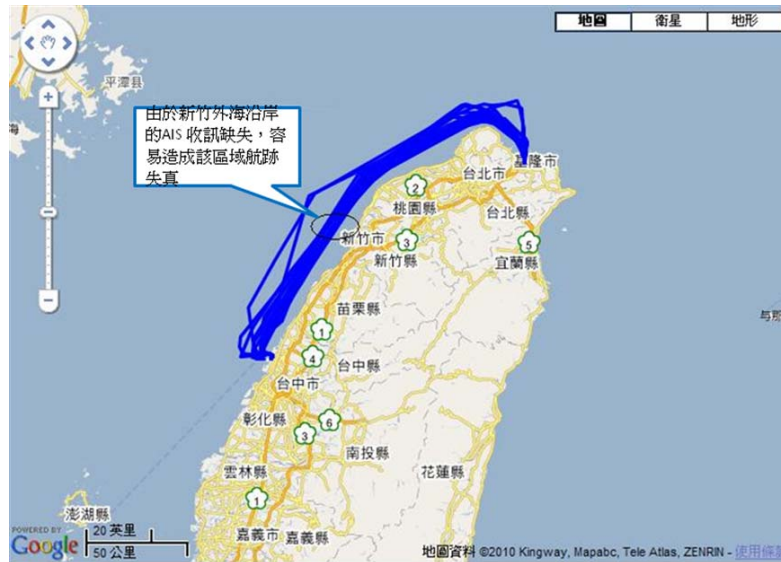


圖 5-21 新竹外海沿岸的 AIS 收訊缺口對航跡分析的影響

#### 5.5.4 海上航路分析

船舶規劃或選擇的航路會依起迄港口而有所不同。因此若要從航跡中取出船舶最常採取的航路，則必須能區分屬於不同起迄港口的航跡。雖然船舶的 AIS 靜態報告中有包括目的地，但是這項資訊必須由航海人員輸入更新，實際上該資料的可用比例不高。因此我們以前述航跡概略化以及取出通過某區域範圍之航跡的功能為基礎，設計成網路應用服務。先將時間範圍、資料表、航跡的起點與終點區域範圍等參數設定好，即可經由 JSP 檔傳送參數至 JavaBean 做資料的查詢和計算並繪圖。該網路服務共提供三種分析：「分析 1」是直接選取兩港口的組合，分析兩港口間的航跡，如圖 5-22 與圖 5-23，Google 地圖上的紅色框線標示的是依據各港海圖圖幅範圍預設的港口區域，藍色線就是取出的航跡；「分析 2」可供使用者於 Google Map 上自行框選範圍後分析通過該區的航跡數，如果在地圖上框選兩個區域後按「分

析 3」，則是計算出同一航次通過這兩區的航跡。一旦進港航速低於 5 節，再出港將視為另一航次的航跡。以此服務可分析得到的往來臺灣各主要港口之間的航跡如圖 5-24。取出各組航跡後再將航跡所在區域範圍劃分為網格後分析航跡密度分布，即可從高密度的網格連線得出航路，如圖 5-25 中的紅線與圖 5-26 中的藍線。從切割較細的網格取出的航路容易有較多小轉折，如圖 5-26，可以再予以概略化。

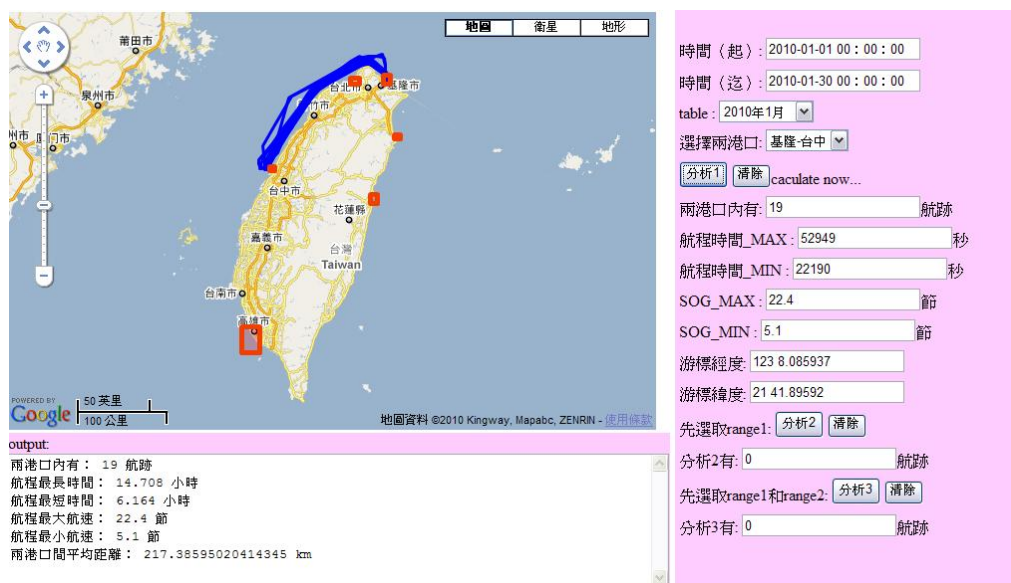


圖 5-22 2010 年 1 月內基隆港與臺中港之間的航跡分布



圖 5-23 2010 年 1 月內臺中港與高雄港之間的航跡分布



圖 5-24 往來臺灣主要港口的航跡分布

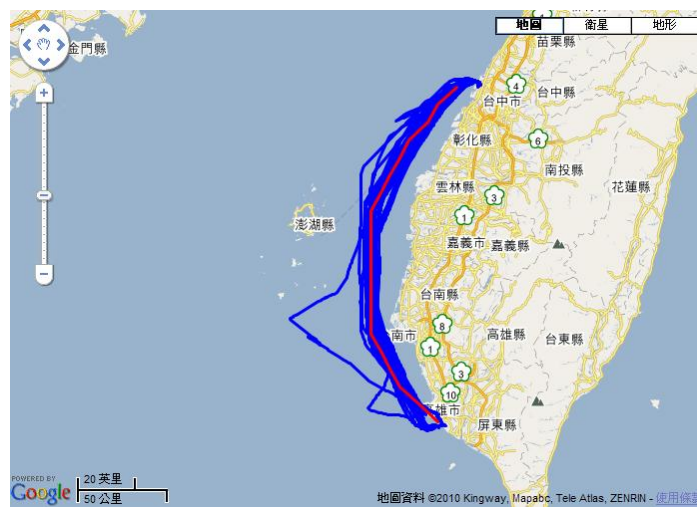


圖 5-25 臺中港-高雄港航路(20×20 網格航跡密度的中心線)

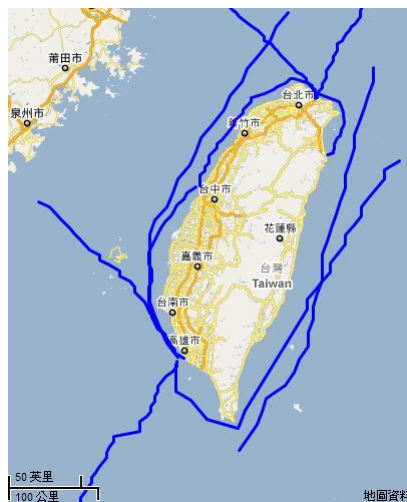


圖 5-26 從臺灣沿岸 AIS 航跡分析得出的部分海上航路

### 5.5.5 船舶抵達時間分析服務之設計成果

要預測船舶抵達某港口或通過某地理參考線的時間，必須取得該船現在的位置、航向航速，該船的航路規劃與目的港，以及該船的歷史航跡。當該船報告的目的港資訊不可靠時，必須能從歷史航跡中判斷。

此項研究的第一步是先從分析歷史航跡的時間差著手。完成的設計是以網路應用服務的方式提供使用介面，使用程序是：透過網頁介面選擇或輸入船舶識別並設定資料時間範圍，經由 JSP 檔向資料庫查詢後傳回該船的 AIS 報告資料，將其繪成歷史航跡線顯示於地圖上，以協助使用者於該船的航行軌跡上劃設 Passage Line，畫下兩條 passage line 後即可計算該船在該段時間範圍內，通過這兩條 Passage line 之間的時間差，此時間差分佈狀況可用以預估該船的抵達時間。圖 5-27 則是參考歷史航跡線劃設想要分析的起迄參考線，系統計算出時間差之後，有幾次通過這兩條參考線的航跡，就依通過的時間先後以圖表顯示。

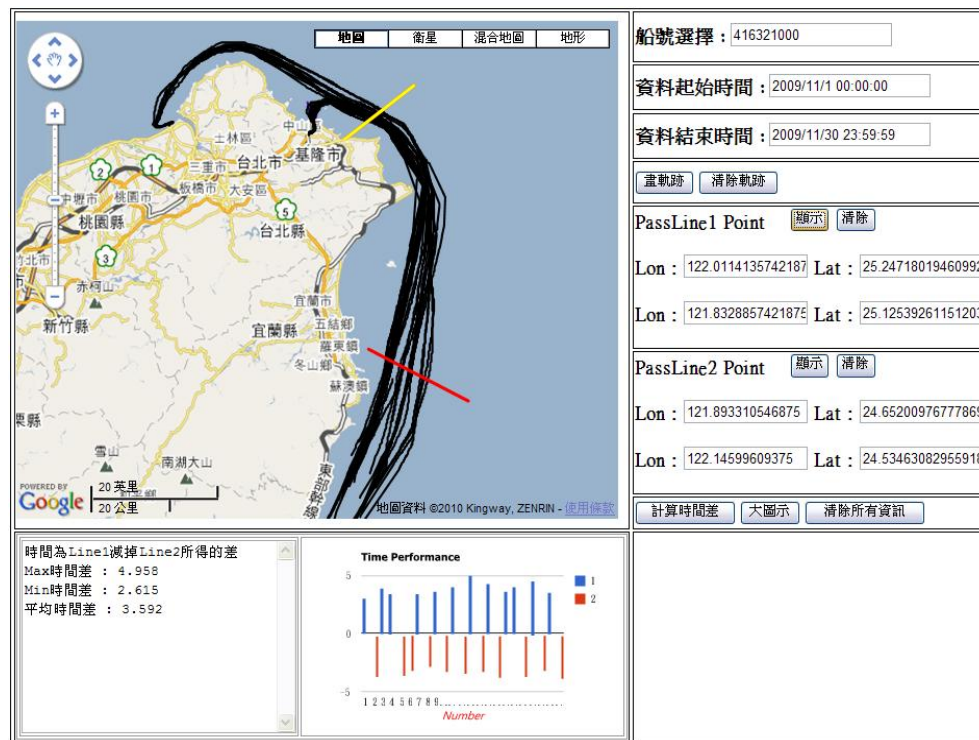


圖 5-27 船舶航行/抵達時間分析-劃起迄線後的分析結果

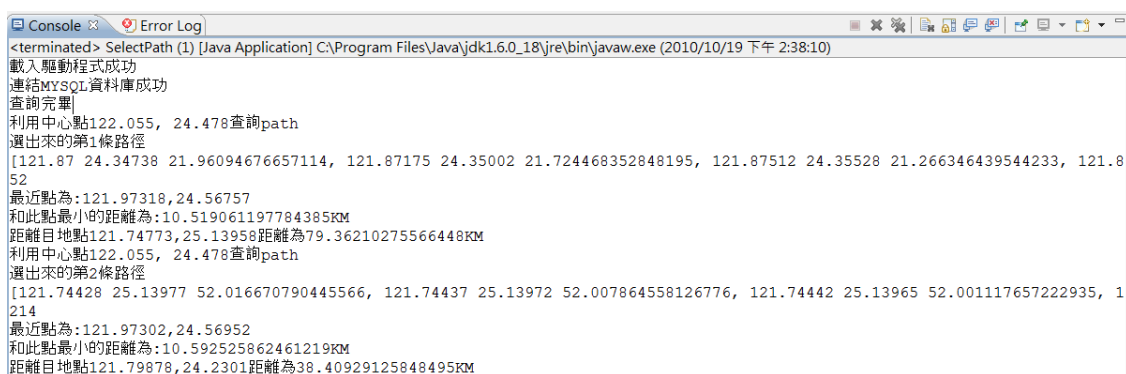
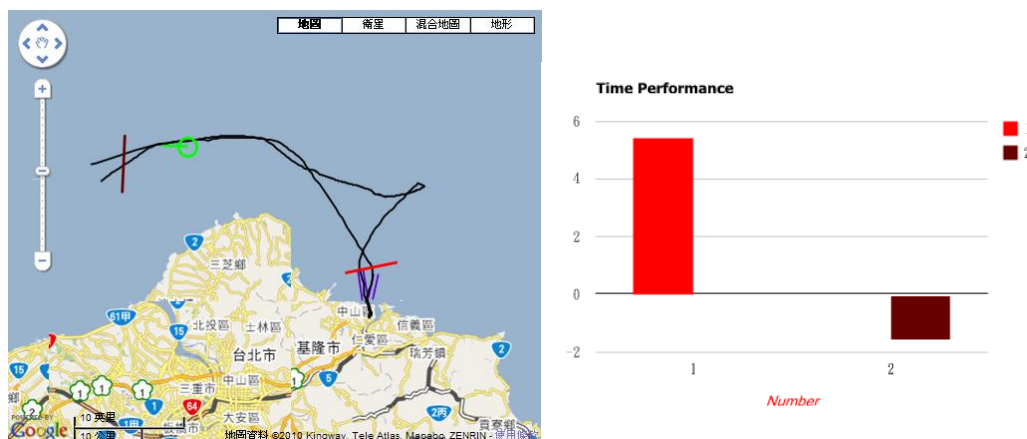
按下「大圖示」按鍵，可以另外開啟視窗放大顯示該時間差計算結果的序列圖，在該序列圖上的每個資料值都可以透過滑鼠取得數值顯示。如果船舶航行的方向是先經過 Line2 再經過 Line1，則 Line1 減掉 Line2 的時間差為正值，以藍色表示，紅色則表示為負值。此圖是運用 Google Map Chart API 做出的長條圖。

計算時間差的方法如下：將兩邊的時間做比對，首先必須判斷兩交叉點是否為同一航程，在繪航跡的時候便會將每條不同航跡的起始和結束時間做儲存，以此作為依據，若是兩交叉點在同一航跡的時間範圍內，則判斷其為同一航程，再計算時間差，否則不予計算。

第二步是設計透過 Web Service 的方式擷取某船目前的即時位置，使用者可能只知道該船的船名或呼號，不知道 MMSI，甚至只知某種識別碼的片段。因此此 web service 也設計為可查詢當下在收訊範圍內船舶清單，以各種識別碼(船名、MMSI、呼號)提供下拉式選單，讓使用者對應選擇後取出該船的即時動態套疊顯示在該船的歷史航跡上，如圖 5-28。

圖 5-28 顯示在 line 1(基隆港分道航行系末端的紅線)到 line 2(富貴角另一側的褐線)來回路徑長度與時間差異相當大，應該是等待進港所造成。一方面此預測功能應該有機會改善此等待進港的延遲問題，另一方面影響歷史航跡的因素相當多，預測功能還必須再引進更多的智慧化分析。

第三步則是判斷船舶的規劃航路與目的港。此功能的設計是以船舶目前的位置與航向，判斷最接近於該船的哪一歷史航跡的哪一位置，再依據該歷史航跡的終點與目前位置，估測後續的航行距離，再據以估測航行時間。圖 5-29 是測試結果的畫面。



## 5.6 小結

此項研究的成果如下：

- (1)探究 AIS 的資料品質與對應的資料庫設計要求，擬定資料探勘與統計的前置過濾機制；
- (2)參考國際間相關研究經驗與 IALA 等國際組織的建議，設定目標並規劃功能需求；
- (3)就設置多年的海大 AIS 基站以及港研中心陸續於臺灣沿岸設置完成的 AIS 岸基網路所接收的沿岸船舶 AIS 報告進行整備；

- (4)建立穿越地理參考線的偵測分析技術，實作建立互動式網路應用服務提供交通流分析，包括方向、速度、區段密度分布等，並用以分析各國際商港分道航行系與港口、澎湖水道、東南海域蘭嶼附近、以及北部海域的交通流；
- (5)建立高風險時空密集區偵測分析技術，並從航跡密度分布得出來往臺灣各港口或通過臺灣沿岸的主要航路；
- (6)建立船舶抵達時間預測的技術，可透過網路服務取得即時船舶清單、取得指定船舶的最新動態、取出該船歷史航跡、解算出該船以往穿越兩參考線所需時間差分布、判斷該船的目的地與航路規劃，解算該船離目的地的距離。

結論是：

- (1) 除了高雄、臺中、基隆港的港區附近之外，澎湖水道、蘭嶼與綠島之間以及富貴角附近是航跡密集區。澎湖水道雙向船舶在空間上集中且危險貨載比例高，南北兩端又有東西向的兩岸海運直航航道，風險相對較高。
- (2) 基隆港出港船舶交通流與現有分道航行系的符合度相當低，應考慮適度調整修正。
- (3) 本計畫所建立的船舶交通流統計分析技術與網路應用服務，不但使沿岸 AIS 網路與 AIS 資料庫落實成為海運研究的重要資產與工具，更是能讓港務局船舶交通管理相關單位人員能直接且持續掌握交通流實況，回饋修正交通管理與服務措施的利器。
- (4) 臺灣沿岸 AIS 網路的收訊範圍仍有缺口，尤其是西岸的新竹與麥寮外海。即使不即時監控船舶動態，也需要無缺口且持續穩定運作的 AIS 網路支援研究，才能獲致更具實際應用價值的高品質研究成果。

## 第六章 整合船橋系統研發用模擬測試平台之建置

### 6.1 研究目標與功能規劃

e-化航行的系統架構從船舶的觀點來看是以「整合船橋系統」為中心，此系統以提供標準化的整合式「資訊顯示」、「通訊」、「資料過濾」、「警示」、「資訊優先序」、「即時資訊」為核心功能。須整合的船橋設備將以 ECDIS、雷達、AIS 為主，而要發展「整合船橋系統」的智慧型資通訊平臺，必須先建置仿真的適當測試環境。

因此本研究將先建立一個可操作控制的模擬測試平台，用以產生海上船舶在不同海域航行環境、他船相對動態交通狀況、航儀系統誤差或失效等各種狀況，做為研發「整合船橋系統(IBS)」智慧型資通訊平台的環境。此模擬測試平台包括兩大部分：

- (1)具有誤差或失效狀況、可操控、輸出訊息標準化且感測值之間合理一致化的「多航儀模擬器」；
- (2)具有代理操船以遵循規劃航路與自主避碰機制、可設定重現週期，以製造多個目標船舶所造成交通流狀況的「多目標船舶交通模擬平臺」；

「多航儀模擬器」是模擬單一船舶上的各種航儀感測器的輸出訊息，此單一船舶可以是本船或任何他船。因船橋設備整合以 ECDIS、雷達、AIS 為主，這三種系統必須從電羅經、測速儀、全球導航衛星系統等感測與定位裝置的輸出，取得「船位經緯度」、「對地航向航速」、「對水航向航速」、「艏向」等資訊。因此選擇針對此等感測資訊進行模擬，並且使操控船舶時各航儀感測值之間的連動情形合理化接近真實世界會遇到的情況。

「多目標船舶交通模擬平臺」則是用以操控建立海上船舶交通狀況的模擬環境。此平台所建立的目標船都可成為本船 AIS 或雷達可偵

測接收到的目標，其動態資訊則相當於本船 AIS 或雷達的輸出訊息，也相當於本船 ECDIS 的輸入訊息。此模擬平臺產生的各個目標船都具有遵循自訂航路並依據「海上避碰規則」執行自主避碰的機制，相當於由程式代理操縱船舶，所以又稱之為” multi-agent target simulation platform”。

整體模擬測試環境由多航儀模擬器、電子海圖系統、多目標船舶交通模擬平臺透過串列通訊與網路通訊建構而成，如圖 6-1 至 6-2。

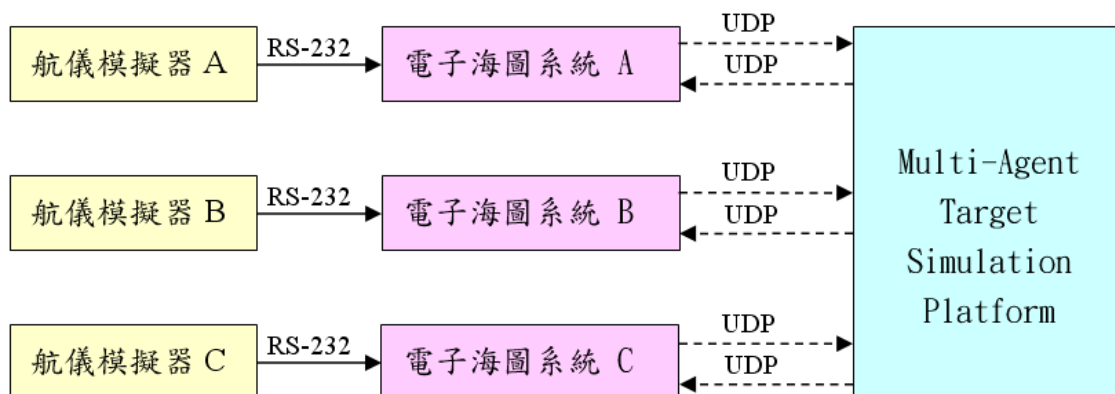


圖 6-1 IBS 模擬測試平台整體系統架構與通訊協定

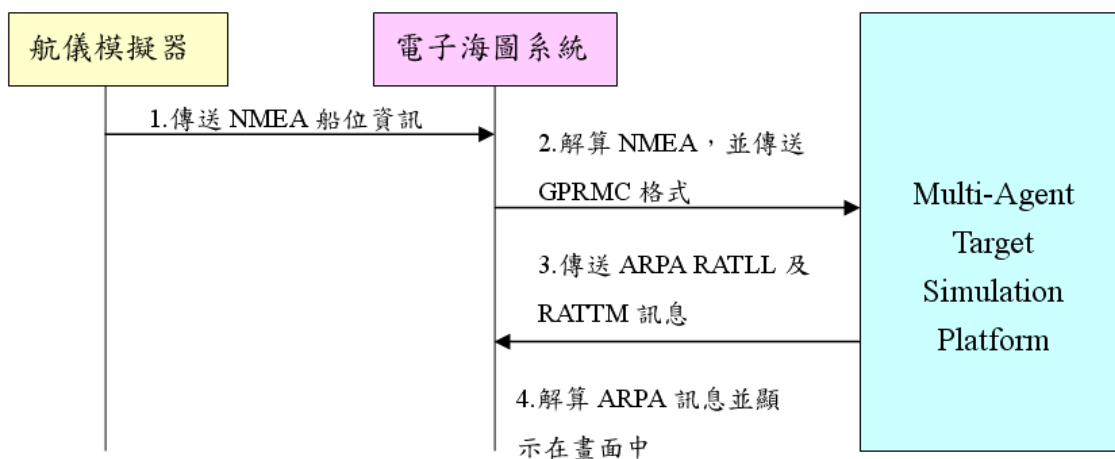


圖 6-2 IBS 平台測試環境的運作流程

在前期研究中航儀模擬器以 Java 開發，多目標船舶交通模擬平台則是採用 Python 程式語言開發雛型，雖可達成功能需求(請看圖 6-3)，但受限於 Python 的多執行緒效能問題，在通訊與軟體執行效能上仍待改進以支援大量的目標運算。



圖 6-3 IBS 模擬測試平台驗證實況照片

本年度計畫擬從軟體的語言技術與架構改造著手提升系統執行效能，並對應 e-化航行”S(Standard)-mode”策略，研發此模擬測試平台的資訊整合與人機介面技術。在此平台設計中採用 Java 技術開發並引進 OSGi(Open Service Gateway Initiative)服務平台技術，以及 IMO 的最新導航顯示標準[34-36]。

但是就如同 IMO 擬定 e-化航行策略與實行計畫的程序一樣，這些發展都必須先確認使用者並以使用者需求為依據。以智慧化海運而言，使用者需求調查必須是全球性的，非本計畫規模可執行，因此我們直接蒐集各國向 IMO 提出的使用者需求調查報告，以此需求規劃研發的重點與方向。

## 6.2 研究與設計的依據

### 6.2.1 IMO 的「整合導航系統」設備性能標準

IMO 海事安全委員會於 2007 年 10 月的 MSC83 通過了「整合導航系統 (Integrated navigation System, INS)」性能標準的修正案 Resolution MSC.252(83)，適用於 2011 年 1 月 1 日起安裝的 INS [36]。此修訂是為了以整合並擴增功能避免地理、交通與環境上的危險，提升航行安全，這也是 INS 的主要目的。

「Integrity monitoring(完整性監測)」是 INS 的核心功能。INS 支援航行安全的方法就是：評估各來源的輸入，結合後提供資訊，並且在危險情勢、系統故障或資訊完整性劣化的狀況發生時，及時發出警示。所以 INS 必須能讓航海人員對於「模式」與「情勢」維持警覺，更要考慮人的因素，把操作者的工作負荷維持在其能力範圍內，補強其能力，也補償其限制。

INS 的應用範疇涵蓋下列航行任務：

- (1)航路規劃 (route planning)
- (2)航路監視 (route monitoring)
- (3)避碰 (collision avoidance)
- (4)導航控制資料 (navigation control data)
- (5)導航狀態與資料顯示 (navigation status and data display)
- (6)警示的管理(alert management)

這些任務可以分配到一組多功能的「任務台」供航海人員操作。INS 的組態設定、使用、操作與顯示則可依情勢而定，例如：在錨泊或繫泊中、在不同水域內手動或自動控制航行、特殊的船舶操縱情境。

船舶航儀的發展已走向模組化、整合化。 SOLAS 國際公約要求每個航儀都要符合對應的 IMO 航儀設備性能標準，因此必須明確規範怎樣的 INS 才算滿足 SOLAS 要求配備的各種航儀。例如：INS 可以被視為(可合法取代)雷達系統、ECDIS、艏向控制系統(Heading Control System, HCS)、航跡控制系統(Track Control System, TCS)、AIS 資料的顯示器、回音測深系統、電子定位系統(EPFS)、速度距離量測設備(SDME)，端視 INS 各種任務功能的組合是否能符合各該航儀設備性能標準中各對應模組的要求。

在 INS 標準的模組 A：「資訊的整合」中，值得特別注意的是「一致共通的參考系統(Consistent Common Reference System, CCRS)」。INS 中所有的地理空間相關資訊都應採用一個一致共通的參考系統與參考點。為求距離與方位測量值的一致性，建議採用的參考位置是「conning position」，也就是操縱船舶航行時所處的指揮位置。

INS 標準的模組 B：「INS 的任務相關要求」與本計畫相關的是：

- (1)若有電子航行圖(ENC)，應該以 ENC 做為 INS 的共通資料來源。
- (2)INS 必須符合 IMO MSC.191(79), SN/Circ.243 對於導航資訊顯示的要求[35]，採用標準化的資訊呈現、符號與代碼(縮寫)。
- (3)INS 顯示取自感測器的資訊時，必須附帶顯示其來源(是感測值、計算的結果、還是人工輸入的)、度量單位與狀態(包括模式)
- (4)INS 應該為航路監視與避碰任務提供預設的顯示組態，在每一個任務台都能選取使用，以提供船橋團隊與領港一個標準化的顯示。

INS 標準的模組 C：「警示的管理」特別提到應維持此模組架構的可擴充性以便隨著後續發展納入新的警示。

警示(Alert)被區分為三種等級：alarm, warning 與 caution。Alarm 是必須立即注意並採取行動；Warning 是為了預防而必須立即注意；

Caution 則是有些異常狀況或資訊需要注意。

從 INS 處理 alert 的方式來看，又可分為 A 與 B 兩類。A 類 alert 是指必須在對應於該 alert 的功能任務指定工作站上以圖形（例如雷達、ECDIS）資訊支援警示狀況之評估與決策。B 類 alert 則是指只需要在中央警示管理台的人機介面上顯示的資訊就已足夠支援決策，不需要額外的資訊。

### 6.2.2 德國的全世界 e 化航行使用者需求調查

在 2009 年 5 月的 IMO 航行安全分委會 NAV55 會議上，討論 e 化航行策略實行計畫之發展的議程中，德國提送了一份關於使用者需求的問卷調查報告。該問卷調查是經由歐盟成員國、航海學會、國際船東協會、國際領港協會、國際航運商會、加拿大海岸防衛隊等的協助發送給全世界可能的 e 化航行使用者，共 353 人回覆分別屬於 11 國籍（印度和加拿大最多，各佔 22%與 18%）。在人機介面方面的調查結果是普遍支持：從通訊設備（例如：NAVTEX 航行警告電傳、氣象傳真）接收到的資訊，應能讓使用者選擇顯示在船橋的導航顯示系統上。在 23 項建議中，最偏好的 10 項分別是：

- (1)即時的潮汐/水位
- (2)預測的潮汐/水位
- (3)風向風速
- (4)暫時性的限制水域
- (5)航標狀態（是否有移位或燈光故障熄滅等狀況）
- (6)搜救資訊
- (7)封閉航道
- (8)封閉港口
- (9)領港資訊

## (10)遇險船舶

採外，「S-mode」概念也獲得了 80%參與者的偏好。

引進「S-mode」概念相當於要求：不管是由哪一個公司製造生產的，所有的導航顯示都必須能切換到一個預設的標準呈現方式、選單系統與介面，只和導航設備的種類（例如雷達、ECDIS）有關。引進「S-mode」的主要顧慮在於標準化可能妨礙創新。為此應該要有一個更新的機制以保持標準化與創新之間的平衡。

### 6.2.3 國際船長協會聯合會的航海人員 e 化航行需求調查

國際船長協會聯合會(IFSMA)與航海學會(NI)花了 3 年的時間透過許多管道向航海人員介紹 e 化航行的概念並傾聽了解其需求與顧慮。在 NAV55 會議中，也由 IFSMA 從各階級航海人員的觀點提出了「航海人員對 e-化航行的需求」的會議文件。重點整理如表 6-1。

表 6-1 航海人員對 e-化航行的需求

| 使用者<br>需求 | 理由說明以及建議考慮的課題                                                                                                                                                                    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 改善<br>可靠度 | 雷達效能差、電子海圖軟體出錯、AIS 資料不正確、定位系統失效是航海人員常面對的問題，即使有 99% 的可靠度，也表示每 100 趟航程可能有 1 趟出問題，而船上幾乎沒有修復這些系統的能力。在有些港口也很難找到適任的技術人員。<br><br>建議：<br><br>設備設計規範；型式認證程序；安裝與維修人員的能力；軟硬體的更新應該有更好的控制與能見度 |
| Alarm     | 船橋上出現 500 個導航、動力、貨載、以及通訊系統相關警報的情形並非少見。這些警報通常缺乏協調、                                                                                                                                |

|                     |                                                                                                                                                          |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 管理                  | 分散在船橋各處，而且未經查詢難以判斷其嚴重性，使船員分心焦急。                                                                                                                          |
| 標準介面                | <p>不同廠商甚至不同型號的導航系統（例如 ECDIS、雷達、AIS、GPS 等）在功能、操作、和呈現方式上差異甚大，不僅造成人員訓練的困難也使得新到船的航行當值人員無法有效使用其系統功能。</p> <p>建議：整合船橋系統、 S-mode 概念</p>                          |
| 海事安全資訊<br>(MSI)     | <p>目前在大部份的船舶上， NAVTEX 資訊都是顯示再另一個螢幕或列印在一捲紙上。MSI 裡面的經緯度得要靠航行當值人員自行一一比對本船位置和預定航程以評估風險，不僅耗時費力，更容易有人為疏失。</p> <p>建議：重新設計 NAVTEX 資料格式；自動把這些安全資訊呈現在船舶的導航顯示上。</p> |
| 警衛區<br>(Guard Zone) | <p>當 MSI、有效偵測的目標、規劃的航路都可以整合到 ECDIS 以後，航海人員希望能有 3D Guard Zone 功能（應能考量動態環境的船舶水下餘域），有效偵測水下與水面三個空間維度的碰撞與擱淺危險並通知當值人員。</p>                                     |
| 自動報告                | <p>對航海人員而言，不斷重複報告船舶、貨載、船員、航程等動靜態資料給岸上各主管機關，最令人挫折與分心。最好只需要把資料輸入到系統一次，就可以自動分送給有授權的各個主管當局。</p> <p>建議：多利用 AIS</p>                                            |
| 航海刊物<br>自動更新        | 航海人員希望海圖和航程規劃所需要的燈塔表、無線電信號表、航行指南、港口指南等刊物都能自動更新                                                                                                           |

|            |                                                                                                             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 改善<br>目標偵測 | <p>娛樂遊憩船艇、小漁船、海盜、廢料、廢棄貨物、浮冰..等目標的偵測與識別是航海人員持續關注的問題。</p> <p>建議：高解析度 X-band 新技術雷達(NT Radar)在改善目標偵測方面具潛在效益</p> |
| 改善<br>人體工學 | <p>對應於 e 化航行的人機介面策略</p> <p>建議考慮較具規範性的船橋佈局配置、工作站要求</p>                                                       |
| 指示<br>可靠度  | <p>航海人員希望系統能自動評估海測資料、定位資料、雷達及其他船舶感測器的正確性和完整性，並採用圖形化指標回傳評估結果</p> <p>例如：用橢圓形標示預期的誤差範圍、用顏色或漸層變化標示資訊的完整性</p>    |

## 6.3 模擬測試平台之建置

### 6.3.1 多航儀模擬器之航儀輸出訊息模擬與操控設計

船上的航儀之間互相介接的通訊協定主要是由 IEC 61162 系列的標準所規範，其中最基本的 IEC 61162-1 標準主要基於 NMEA 0183。本研究所設計之多航儀模擬器所輸出的訊息格式即遵循 IEC 61162-1 標準，而且在訊息格式上採用 IMO 的 ECDIS, AIS, Radar 設備標準所建議的輸入訊息格式，以提高可用性。

此航儀模擬程式以 Java 程式語言設計，操作介面的初始設定頁如圖 6-4。首先設定船位的初始經緯度，可以只在第一格輸入度(如 DD.DDD)，在第 1-2 格分別輸入度分(DD 與 MM.MM)，或分三格輸入度分秒格式，程式都可接受。接著設定對水航速、艏向、以及水流的流向流速，程式將自動計算出對地的航向與航速。接著以此對地航向航速每秒計算移動後的船位經緯度。

| NMEA                                                                                                                      |      |                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------|----|
| Page #1   Page #2   Page #3                                                                                               |      |                                             |    |
| <input checked="" type="radio"/> 北緯 <input type="radio"/> 南緯 <input checked="" type="radio"/> 東經 <input type="radio"/> 西經 |      |                                             |    |
| 緯度(度分秒):                                                                                                                  | 25   | 9                                           | 20 |
| 經度(度分秒):                                                                                                                  | 121  | 58                                          | 44 |
| 設定對水航速(節):                                                                                                                | 30.0 | 對地航速(節): 47.1                               |    |
| 設定艏向(度):                                                                                                                  | 50.0 | 航向(度): 34.16                                |    |
| 衛星數設定:                                                                                                                    | 4    | 設定誤差半徑(m): 0                                |    |
| 設定經度bias(m):                                                                                                              | 0    | 設定緯度bias(m): 0                              |    |
| 設定水流速(節):                                                                                                                 | 20   | 設定水流向(度): 10                                |    |
| <input type="radio"/> Sentence Write in TXT                                                                               |      | <input type="radio"/> Lat,Long Write in TXT |    |
| STOP                                                                                                                      |      |                                             |    |

圖 6-4 航儀模擬程式操作介面-初始設定頁

GPS 衛星定位有誤差，其誤差可大致分為 bias 與 random noise

的部份，有時則可能因遮蔽而沒有足夠的衛星可供定位的情形。因此於程式中提供設定 GPS 定位的系統性偏差（「經度 bias (m)」與「緯度 bias(m)」欄位，以下分別以 $\Delta E$  與 $\Delta N$  表示）與隨機誤差（目前設為在「誤差半徑 (m)」的圓形範圍內隨機跳動）。

程式將依設定的誤差半徑  $R$ ，先在 $-R$  與 $+R$  之間隨機選取  $x$  值，以此  $x$  值為直角三角形的底邊，誤差半徑為斜邊，以畢氏定理求得  $y$  的限制值  $Yb$ ，再於 $-Yb$  與 $+Yb$  之間已亂數取得  $y$  值。再把這兩種以公尺為單位的二維誤差值 ( $\Delta E+x, \Delta N+y$ )，依據當時的船位經緯度，換算真正成以度為單位的經度與緯度誤差值 ( $\Delta Long, \Delta Lat$ )，再加入到前述移動後的船位之後，即是模擬 GPS 定位輸出訊息中的船位經緯度。

至於衛星遮蔽問題，程式中並未導入 GPS 星曆資料，而是直接提供使用者手動設定，如果衛星數設定為 4，則 GPS 輸出訊息中的衛星數會在 3~5 之間隨機跳動，以此模擬 GPS 有時失效無法定位的情形。後續可以用於研發測試「整合船橋系統(IBS)」中的警告以及警告資訊管理的功能。

表 6-2 航儀模擬程式的輸出訊息

| 格式  | 意義                 |
|-----|--------------------|
| GGA | GPS 定位資料           |
| GLL | 地理位置，經緯度           |
| RMC | 特定 GNSS 資料的最小組合建議  |
| VTG | 對地航向與對地航速          |
| ZDA | 時間與日期              |
| HDT | 艏向 (True Heading)  |
| VBW | 雙軸 (縱向與橫向) 對水與對地航速 |

目前模擬的 GPS 接收機輸出訊息格式有 GGA, GLL, RMC, VTG, ZDA 等多重選擇，這些訊息內含定位經緯度、航向、航速、時間、衛星數、定位有效性、坐標基準、訊息檢查碼等資訊。艏向模擬由電羅經以 HDT 訊息輸出。對水船速模擬由測速儀以 VBW 訊息格式輸出。除了輸出到串列通訊埠以外，也可選擇同步儲存至檔案中。這些訊息格式的意義如表 6-2，圖 6-5 則是航儀輸出格式設定介面以及模擬輸出的結果。

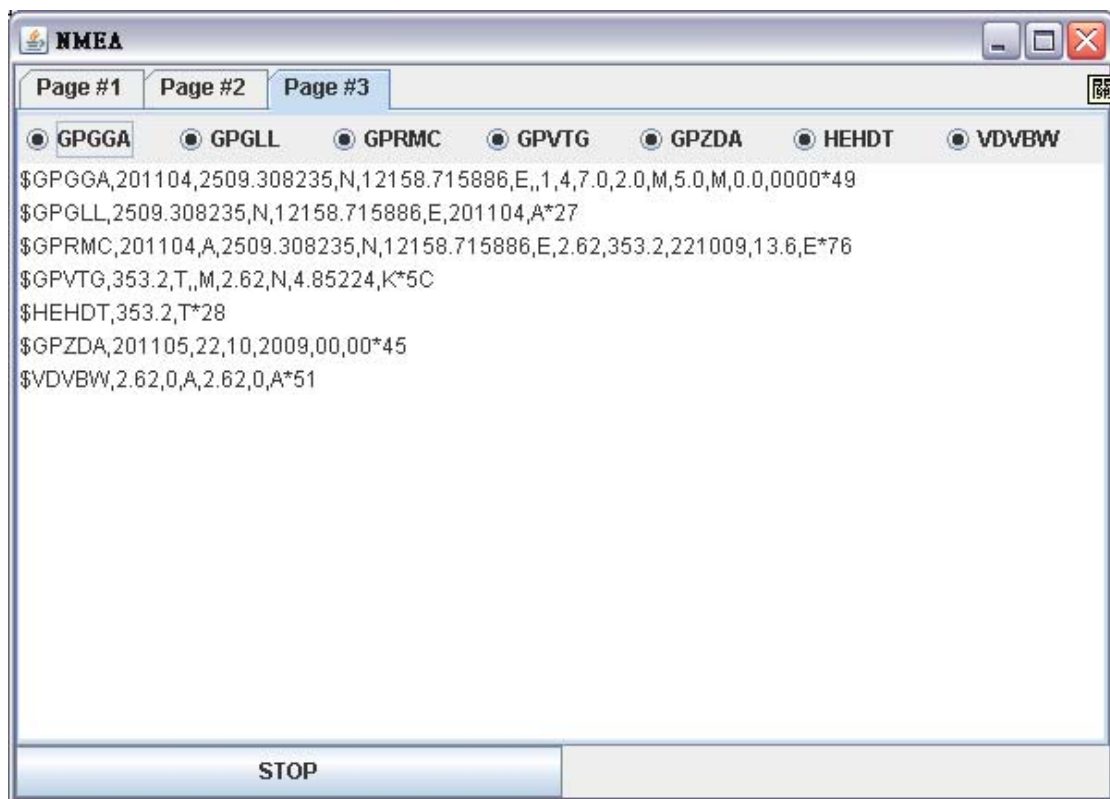


圖 6-5 航儀輸出訊息格式設定介面與模擬結果

在船舶動態操控方面，航儀模擬程式以俾舵操控介面搭配 Pilot Card 概念的船舶操縱參數設定做為操控船舶動態的使用者介面，以產生對應的航儀輸出訊息，如圖 6-6。Pilot Card 是由船長填寫以供登輪之領港了解船舶操縱特性狀況的船舶基本資料，範例如圖 6-7。

在操控介面中預設 ship1 為範例船，使用者可自訂其他船舶種類：自訂前進速度(full ahead、half ahead、slow ahead、dead slow ahead)，而減速部份則由對應的前進速度減半為其值(如 full ahead 所對應的 full

astern 則為 full ahead 的一半)，因為 Pilot Card 通常都沒寫出船的減速值。程式在模擬實際減速情況時是依照 Pilot Card 上提供的一項 Full ahead to Full astern，這項會提供船由 Full ahead to Full astern 到底要花費多少時間，像是 Ship1 的 Pilot Card 由全速前進到全速後退只需花 3 分鐘，所以如果在不考慮轉速或任何其他因素下，將此時間平均分配至 4 個加速項(full adhea、half ahead、slow ahead、dead slow ahead)及 4 個減速項(full astern、half astern、slow astern、dead slow astern)即為每段加減速所需的時間。所以在自訂船選項裡使用者除了可以自行設定加速項的各船速(單位：節)外，也可以設定 Full ahead to Full astern 的時間到底為多少（單位：分鐘）。

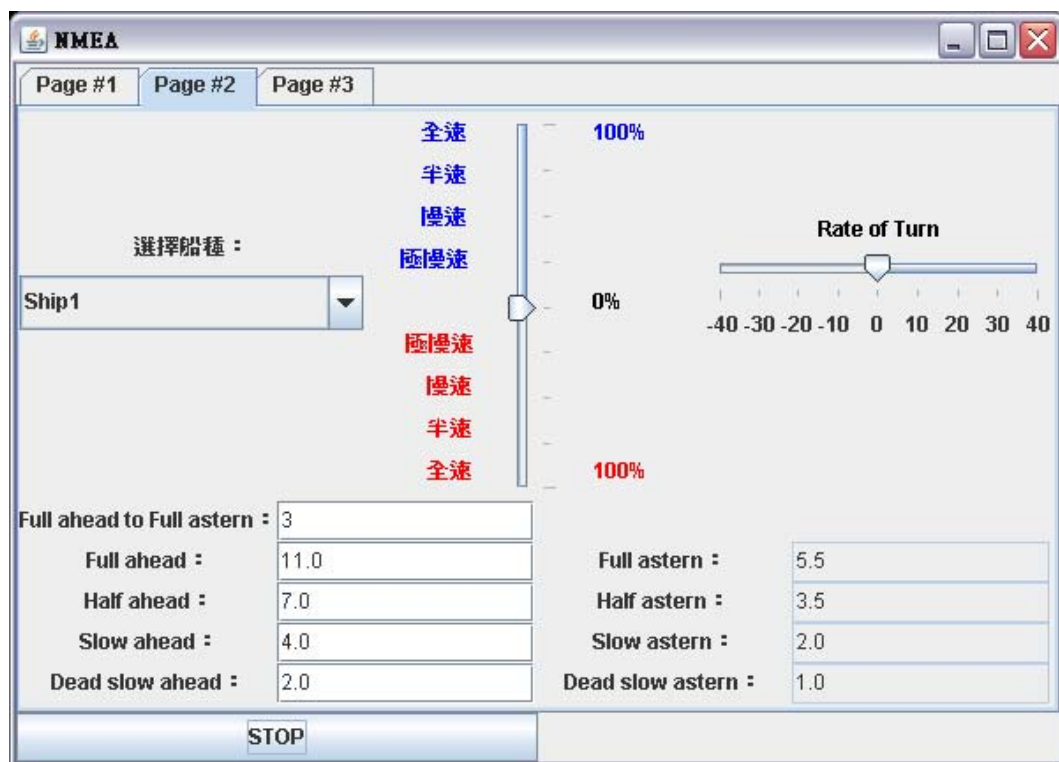


圖 6-6 航儀模擬程式之船舶操縱參數與俾舵操控介面

## PILOT CARD

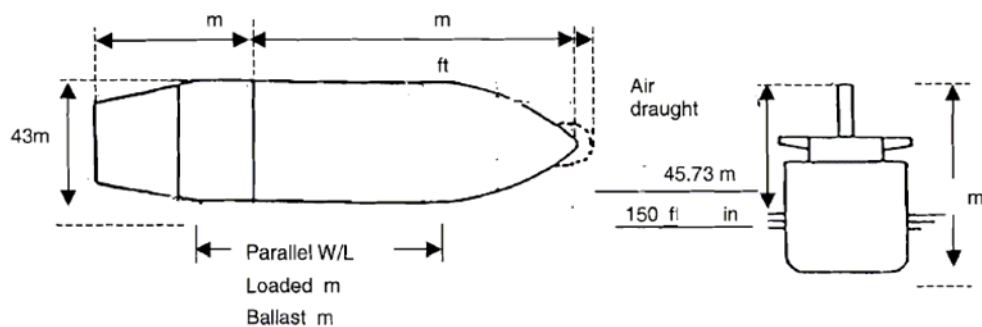
Ship's name **REGINA MEARSK (345)** Date 1/02

Call sign \_\_\_\_\_ Deadweight \_\_\_\_\_ tonnes Year built \_\_\_\_\_

Draught Aft F/L 12.2 m 40 ft 0 in Forward 11.5 m 37 ft 6 in Displacement 108,570 tonnes

Partial \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ ft \_\_\_\_\_ in \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ ft \_\_\_\_\_ in \_\_\_\_\_ tonnes

| SHIP PARTICULARS |                                                                     |                                    |                          |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Length Overall   | <u>318.2</u> m <u>1043</u> ft                                       | Anchor chain Port _____ shackles   | Starboard _____ shackles |
| Breadth          | <u>41.76</u> m <u>137</u> ft                                        | Stern _____ shackles               |                          |
| Bulbous bow      | Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | 1 shackle = _____ m/ _____ fathoms |                          |



| Type of Engine _____     |           | Maximum Power _____ KW _____ HP   |         |
|--------------------------|-----------|-----------------------------------|---------|
| Maneuvering engine order | RPM/pitch | Speed (knots)                     |         |
|                          |           | Loaded                            | Ballast |
| Sea Speed                | 94        | 25                                |         |
| Full ahead               | 65        | 17                                |         |
| Half ahead               | 50        | 13                                |         |
| Slow ahead               | 35        | 9.1                               |         |
| Dead slow ahead          | 25        | 6.5                               |         |
| Dead slow astern         | 25        | Time limit astern _____ min       |         |
| Slow astern              | 35        | Full ahead to full astern _____ s |         |
| Half astern              | 50        | Max. no. of consec. starts _____  |         |
| Full astern              | 60        | Minimum RPM _____ knots           |         |
|                          |           | Astern power _____ % ahead        |         |

| STEERING PARTICULARS                             |                             |                                 |  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
| Type of Rudder _____                             | High Lift _____             | Maximum angle <u>35</u> _____ ° |  |
| Hard- over to hard- over _____                   |                             | 11.7s                           |  |
| Rudder angle for neutral effect <u>0</u> _____ ° |                             |                                 |  |
| Thruster                                         | Bow _____ KW <u>3000</u> HP | Stern _____ KW _____ HP         |  |

**圖 6-7 Pilot Card 的範例**

圖 6-8 是假設無水流，本船從初速 0 艏向 0 的情況下「全速前進」，當到達全速(11 節)時開始右轉(Rate of Turn, ROT=30 度/min) 的航跡，標註「航向」，並局部放大加速段的航跡，標註其航速。初期航速隨時

間增加到達 11 節的模擬結果如圖 6-9。相同狀況，加入水流影響的模擬結果如圖 6-10。

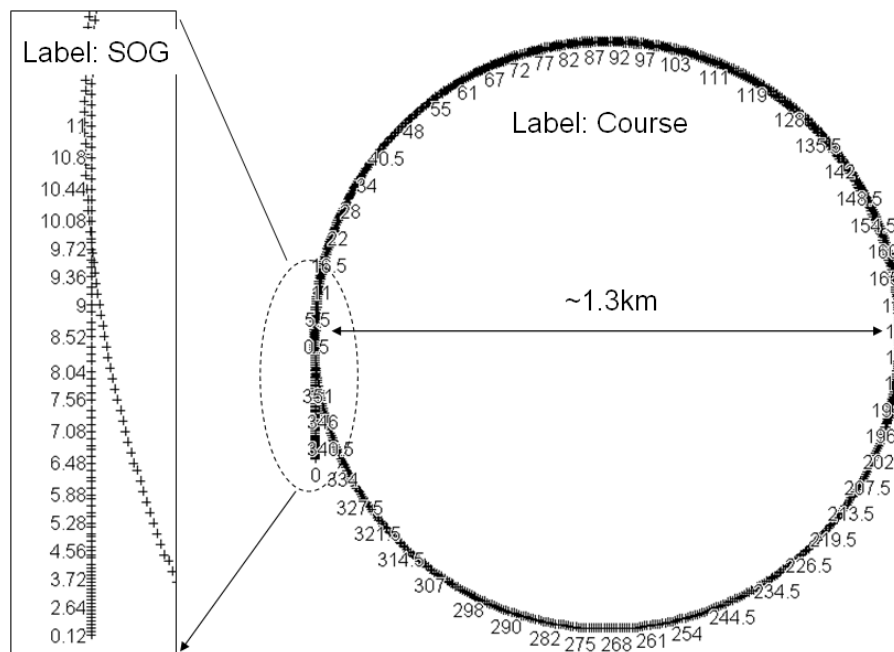


圖 6-8 初速 0 艏向 0，全速前進後持續右轉的情形（無水流）

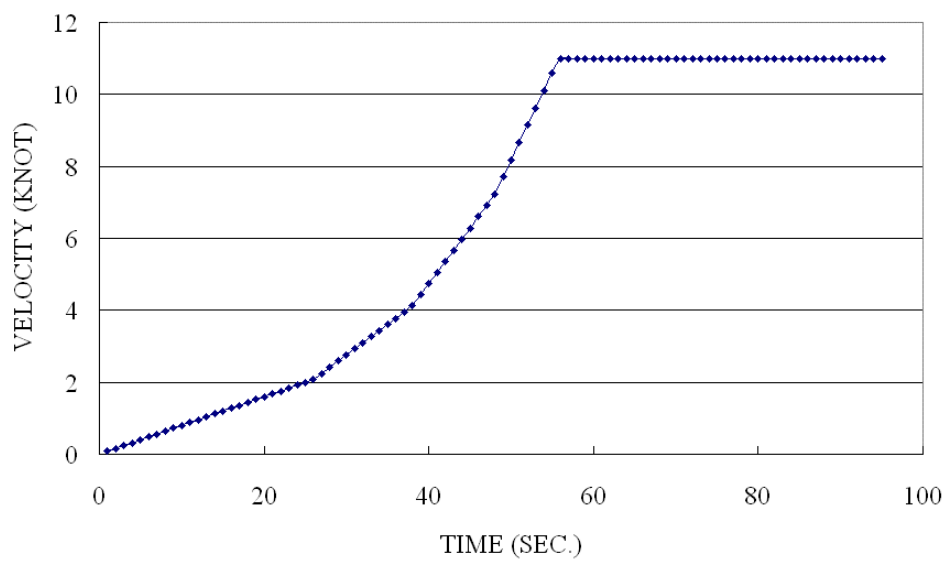


圖 6-9 模擬船舶從船速 0 設為全速前進的加速情形

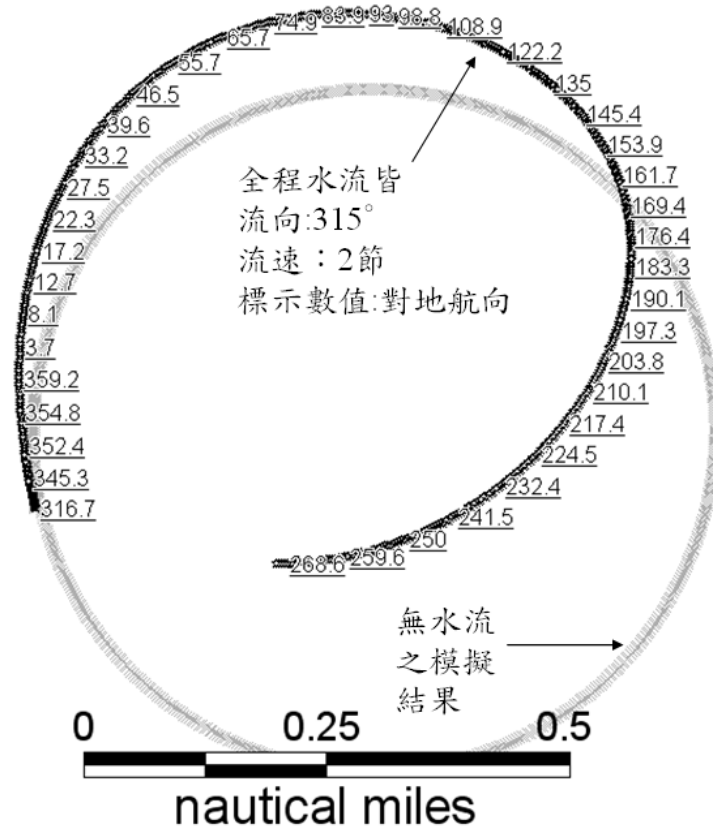


圖 6-10 全程加入水流 2 節 315° 之轉向結果比較

### 6.3.2 具遵循航路與避碰機制的多目標船舶交通模擬平台

多目標船舶交通模擬平台是個可用以產生海域船舶交通狀況的模擬平台。其設計是以電子航行圖的岸線與安全等深線等資料為參考圖層，可自訂多個目標船的初始位置以及航路轉向點與各段航速後，啟動其航路後，各目標船將依照航路計畫航行並隨著偵測與其他船舶之間是否有碰撞危機，一旦 CPA/TCPA 達警戒值，就依據避碰規則採取避碰措施，直到危機解除後再依偏航情形逐漸自行操作回到原訂航路。在轉向點也考慮了迴轉半徑的因素。

多目標船舶交通模擬平台(執行畫面如圖 6-11)除了自行模擬出的多艘船舶動態資訊，也可接收多個透過電子海圖系統所傳送過來的船位資訊分別當作不同的船舶，並會互相計算彼此的最短碰撞距離(CPA)、到達最短距離的時間(TCPA)及方位等資訊，且透過 IP 網路傳送方式以 ARPA 雷達的 RATLL 及 RATTM 格式分別傳給各個電子海圖

系統當作他船資訊並顯示在電子海圖系統上，如圖 6-12。

RATLL 及 RATTM 格式說明如下表：

表 6-3 多目標船舶交通模擬平台輸出船舶資料的訊息格式

|     |      |                                                                                                                                                                           |
|-----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TTL | 訊息格式 | \$RATLL,ll,xxxx.xx,a,yyyyy.yy,a,c--c,hhmmss.ss,a,a*hh<br>\$RATTL,1,2511.1558,N,12148.2797,E,T1,164158,T,R*34                                                              |
| TTL | 訊息意義 | \$RATLL,目標編號，緯度，北/南，經度，東/西，目標名稱，UTC 時間，目標狀態，參考目標*Checksum 檢查碼<br>如果該目標是用以決定本船位置或速度的參考目標則「參考目標」一欄設為 R 否則不填。                                                                |
| TTM | 訊息格式 | \$RATTM,xx,x.x,x.x,a,x.x,x.x,a,x.x,x.x,a,c—c,a,a,hhmmss.ss,a*hh<br>\$RATTM,3,0.241859379325,325.494034691,T,7.0,55.0,T,0.0105779081277,187.095919711,N,T3,T,R,170749,M*24 |
| TTM | 訊息意義 | \$RATRM,目標編號，距離，方位，度(真實/相對)，航速，航向，度(真實/相對)，CPA，TCPA，速度/距離之單位(K/N/S)，目標名稱，目標狀態，參考目標，UTC 時間，目標取得種類(自動/手動/回報)*Checksum 檢查碼<br>如果該目標是用以決定本船位置或速度的參考目標則「參考目標」一欄設為 R 否則不填。      |

多目標船舶交通模擬平台透過 RS-232 接收「航儀模擬器」的 GPS 資訊，解算出經緯度做為畫面的中心點，並且把船位與航向航速資訊顯示在右上角的航儀資料視窗內，要加入模擬目標船只要藉由滑鼠點選其雷達畫面設定位置後再設定航速航向即可。

圖 6-11 中編號 1,4,5 的目標就是由平臺模擬產生的目標，而編號 2 與 3 的目標是透過電子海圖系統傳送過來的目標。圖 6-13 電子海圖系統中正在出港的本船就是圖 6-12 中的 2 號目標，其中黑色船形是本船符號，其他綠色圓形雷達目標符號分別是另一電子海圖系統的本船以及船舶交通模擬平台所模擬的他船，填滿紅色的雷達目標符號是離本船最近的他船。



圖 6-11 多目標船舶交通模擬平台的執行畫面

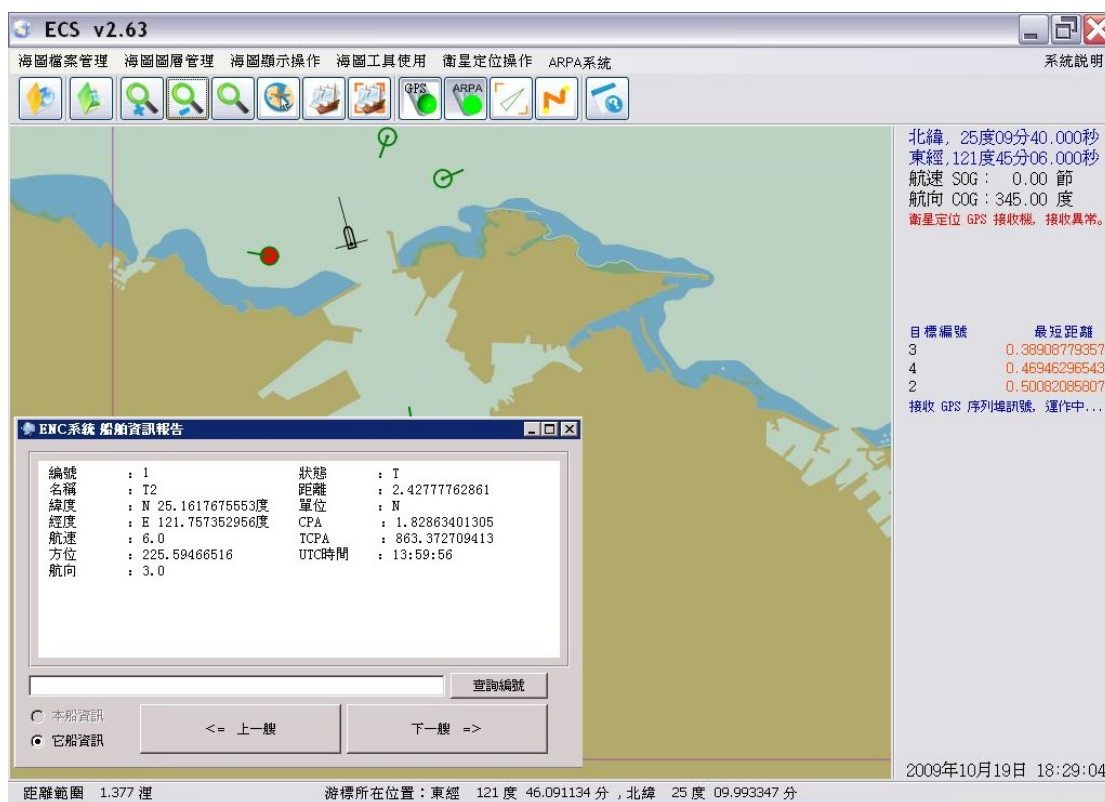


圖 6-12 在電子海圖系統上顯示的本船與所有他船

## 6.4 整合導航系統之研究試驗成果

### 6.4.1 設計重點

分析上述資訊可知，e 化航行「整合船橋系統」或「整合導航系統」的發展，至少有下列技術重點：

- (1) 警示資訊的中央化協調管理與即時分送顯示
- (2) 軟體的動態模組化管理，包括遠端更新維護
- (3) 人機介面的圖形化顯示、動態組態、標準模式設計
- (4) 3D 圖像顯示

初步研發試驗的「開放服務閘道(Open Service Gateway Initiative, OSGi)」平台技術主要對應於前三項技術需求，3D 航行環境顯示與 IMO 導航顯示標準的結合則對應於後兩項技術需求。

### 6.4.2 動態模組化系統設計

OSGi 是一種整合式資訊服務平台技術的開放標準，由非營利的 OSGi 聯盟 (<http://www.osgi.org/>) 制定，目前這個平台規格的最新版本是 4.2 版，核心與彙編版於 2009 年 9 月發布，企業版則於 2010 年 3 月發佈。該聯盟早在 1999 年成立，成員至少包括：IBM、ORACLE、SUN、Ericsson、Siemens、Mitsubishi Electronics、NEC、NTT、Alcatel-Lucent、Qualcomm、ProSys Software... 等等。OSGi 技術被稱為是 Java 的動態模組系統。OSGi 服務導向平台提供的功能性，再加上 Java 的跨平台特性，使 Java 成為首選的軟體整合與開發環境。

OSGi 的發展目的原是讓遠端軟體服務供應商提供的應用程式與加值服務，能依使用者的需求，透過網際網路動態地下載至近用戶端的閘道器上，而且能夠自動安裝執行。透過這個開放性的服務平台，不同廠商開發的服務軟體與設備都能互相溝通及搭配使用。OSGi 目前

已發展成嵌入式裝置以及伺服器環境的通用中介軟體平台，應用領域包括：企業、車載資通訊（telematics）、行動資通訊、智慧家庭/ 數位家庭的家庭閘道器（residential gateway）..等，在「醫療照護」、「生活便利」、「安全防護」等智慧生活科技相關應用中也相當受到重視。

本研究引進 OSGi 技術的原因以及應用 OSGi 的方式與 Telematics 相當接近。程式架構的設計如圖 6-13，已完成的應用試驗內容包括：

- (1)將航儀所用的串列通訊埠設定，GPS、電羅經、AIS 等航儀訊號的接收解碼等設計成 OSGi bundle（OSGi 的軟體元件）並可隨著航儀的连接與啟動狀況提供動態狀態顯示的服務；
- (2)可從不同定位系統動態選擇較佳定位來源的定位服務；
- (3)OSGi http service 網站伺服服務，用於遠端部署與更新；
- (4)OSGi logging 訊息記錄服務。

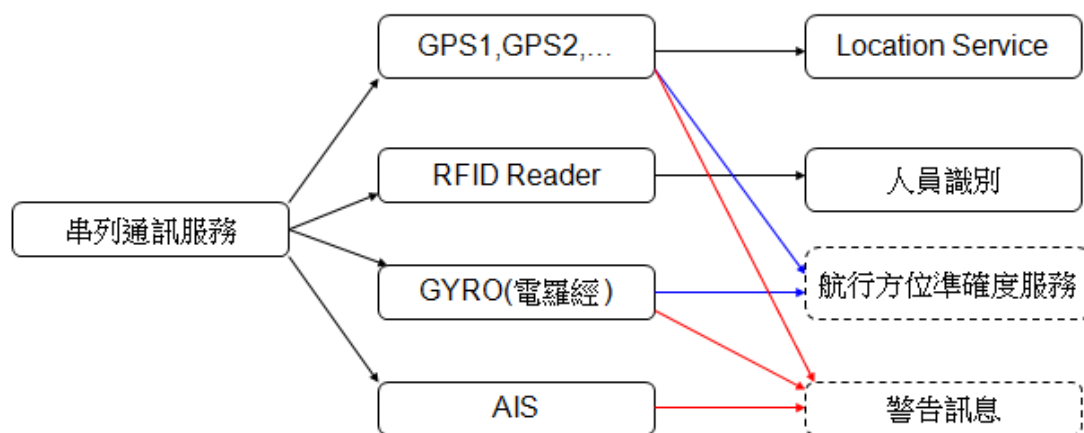


圖 6-13 基於 OSGi 的 IBS 試驗平台程式架構

### 6.4.3 3D 航行環境顯示與 IMO 導航顯示標準的結合

在 3D 航行環境顯示方面，採用 JAVA 程式語言、OpenGL(OpenGraphics Library)開放式繪圖函式庫，以及 Eclipse 的整合開發環境進行開發。

IMO 決議案 MSC.191(79)導航顯示性能標準要求[34]：用以顯示海圖資訊的符號必須符合 IHO 相關標準（也就是 IHO S52）。所以本研究首先試驗依據 IHO S52 標準繪製浮標符號，如圖 6-14 的左圖。再試驗顯示在不同坐標位置的多個浮標，如圖 6-14 的右圖。最後試驗操控從不同的視點看這些浮標，如圖 6-15。

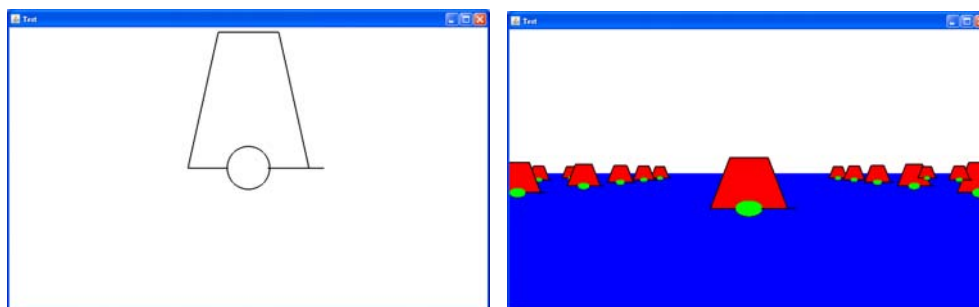


圖 6-14 IHO S52 標準的浮標符號(左)及其在 3D 環境的顯示(右)

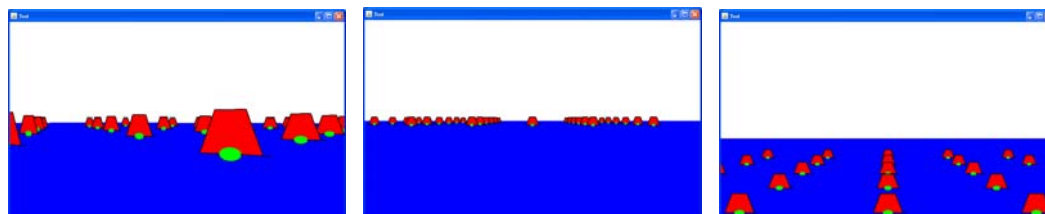


圖 6-15 水平旋轉(左)、拉遠(中)、從高處往下看(右) 的 3D 顯示

依此程序已擴充繪製包括其他各種形狀浮標的點圖徵符號。以浮標或燈標為主的 3D 航行環境設計主要可以輔助航海人員的瞭望與較傳統實體的視覺導航設施結合，更容易直覺地確認本身船位與周遭環境的關係。目前雖僅限於點圖徵，但此設計可直接讀取 ENC 內的海圖物件資訊，後續可再擴充顯示各種航行區界或航道界線等，甚至地形起伏、地標等顯著目標。

另一 3D 航行顯示的試驗是利用參與歐盟 EFFORTS 計畫的德國

SevenCs 公司所提供的 3D 函式庫，試驗顯示臺灣海域的 ENC。

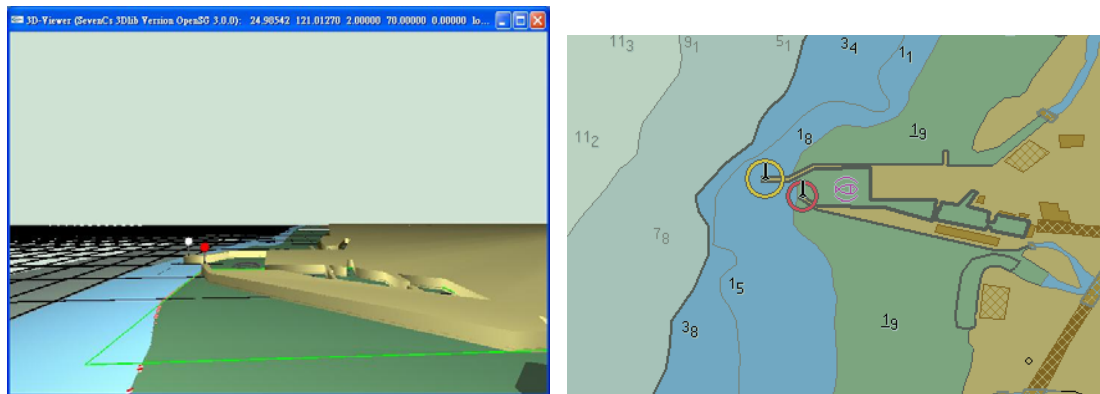


圖 6-16 臺灣西海岸永安漁港的 3D 顯示(左)與 2D 海圖(右)顯示

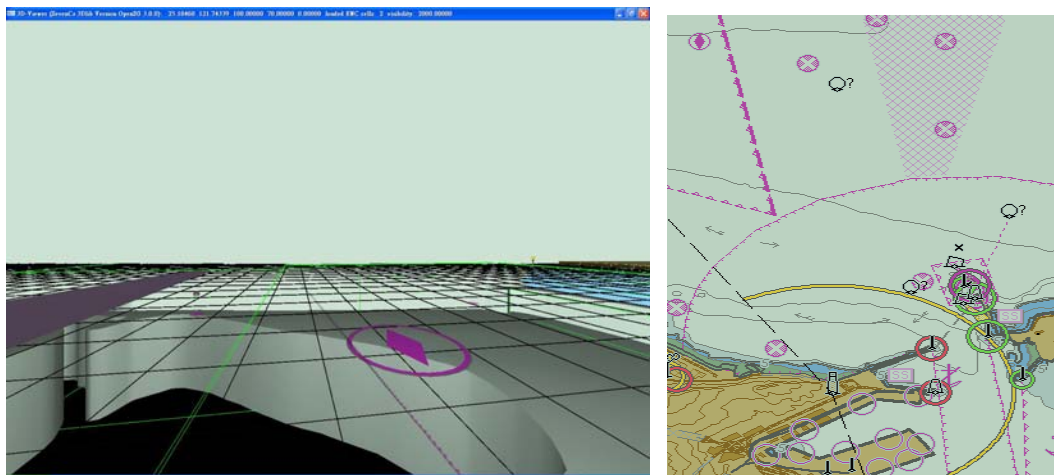


圖 6-17 基隆港進港航道領港登船點的 3D (左)與 2D(右)海圖顯示

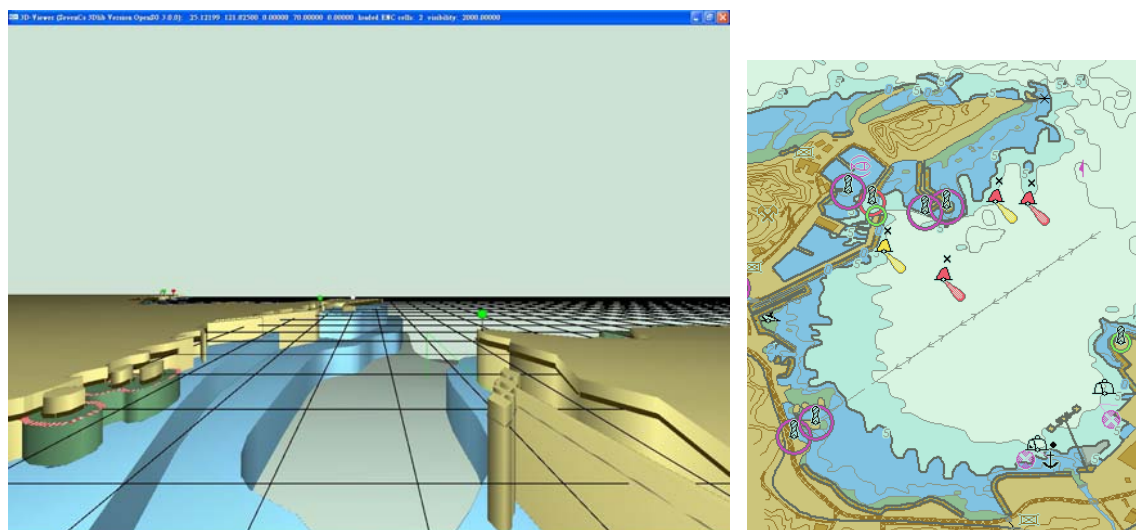


圖 6-18 從深澳灣南側往漁港方向看的 3D (左)與 2D(右)海圖顯示

圖 6-16 是設定於北緯 24.98542° 東經 121.01270° 位置看永安漁港的結果，程式使用的資料庫是比例尺 1:50000 的沿岸航行等級 ENC，永安漁港北堤的白光燈杆和南堤的紅光燈杆都是程式直接從 ENC 中讀取繪出。

圖 6-17 使用的是基隆港 ENC，顯示的是進基隆港的船舶沿著分道航行系的進港航道接近基隆港，即將到達領港登船地點時看到的場景，包括：紫色的進港航道邊界線、分道航行的分隔帶(紫色填滿的區域)、領港登船點的海圖符號、水下的深度狀況、右側遠處可看到的基隆港西岸陸地與基隆燈塔的燈光。

圖 6-18 使用的是深澳灣 ENC，顯示的是從南側往深澳漁港方向看的場景。近處右側是中油的碼頭，右側中間的綠色燈光是深澳燈杆，右側更遠處則是深澳灣外較深的水域，中央前方看到的綠色燈光是深澳漁港南堤燈光。

由以上這些試驗結果可看出，3D 顯示確實能讓船上的人員更能把海圖提供的資訊與周遭可看的環境結合，對於提升航安、評估助導航設施與航道規劃等都有相當大的實質應用效益。

## 6.5 小結

此項研究的成果包括：

- (1) 設定目標且規劃功能；
- (2) 設計完成具有誤差或失效狀況、可操控、輸出訊息標準化且感測值之間合理一致化的「多航儀模擬器」；
- (3) 設計完成具有代理操船以遵循規劃航路與自主避碰機制、可設定重現週期以製造交通流狀況的「多目標船舶交通模擬平臺」；

- (4)以多航儀模擬器、電子海圖系統、多目標船舶交通模擬平臺，透過串列通訊與網路通訊，建構成研發智慧型整合船橋系統所需的模擬測試環境，且已連結測試完成整體系統功能驗證。
- (5)探討 IMO 的「整合導航系統」設備性能標準中對此整合系統模組架構的設計重點，以及全球規模的 e 化航行使用者需求調查結果，據以擬定 IBS 研發的重點與方向。
- (6)運用 OSGi 開放服務閘道平台技術，試驗動態模組化的 IBS 系統設計。
- (7)試驗結合 ENC 電子航行圖與 IMO 導航顯示標準的 3D 航行環境顯示。

## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

本計畫依據各項研究成果與結論，提出下列具體建議：

- (1)在導航定位的基礎設施方面，我國應立即為臺灣海域建置提供國際認可的 DGNSS 服務，並發展基於 AIS 的助航設施（航標）。
- (2)在船舶導航定位設備研發方面，應發展整合多種導航定位技術、內建 RAIM 機制以及模組化設計的 PNT 裝置。
- (3)海上寬頻通訊的後續研發，應以整合船上各種通訊設備的整合通訊服務平台為重點，並且朝進一步與導航系統整合的方向發展。
- (4)持續建置並維護一個完整無缺口且持續穩定運作的臺灣沿岸 AIS 網路。
- (5)設置一涵蓋澎湖水道的沿岸 VTS，提供船舶交通服務。
- (6)依據本計畫各項研究成果以及臺灣海域電子航行圖中心的實際運作狀況，再調整前期 4 年計畫中已建置之電子海圖服務系統中各資料庫與應用程式的整合設計，使其更符合智慧化海運與 e 化航行的需求。尤其是通報系統、航船佈告、資料庫、ENC 或套疊圖層的製作與更新之間的整合運作，建議再予優化。

## 7.2 建議

後續研究應更聚焦於船岸兩端所需的整合技術，建議項目如下：

### 1. 以船岸通訊提供智慧化海運資訊服務之研究

以資訊源、資訊流與人機介面在船岸兩端所需的整合技術為重點，研究並試驗透過船岸通訊提供的智慧化海運資訊服務，例如：電子海圖更新、電子航船布告等航行資訊、海氣象環境資訊、航運相關表格填報或資訊查詢。

### 2. 船舶動態資訊融合與決策支援之研究

針對岸際雷達、船舶自動識別系統、漁船監控系統、遠距船舶識別與資訊系統等不同系統或技術所取得的商漁船船舶動態資料，建立動態資料融合技術。並以本計畫建立之交通流分析與統計技術為基礎，建立岸端危機偵測分析與決策支援功能。

### 3. 智慧型船舶資訊通訊平台之研究

研發 IBS 平台的多感測來源目標資訊與環境資訊的整合顯示、危機偵測、警告訊息管理，及其與岸端服務的資訊交換與整合，例如：最新通過之國際通用 AIS 二進制特定應用訊息的運用。

### 7.3 成果效益與後續應用情形

本計畫完成後之效益及其應用：

1. 本計畫進行智慧型海運系統之導航定位服務與寬頻通訊技術先期研究，提供國內各港務局、海巡署與漁業署等參據與應用，以提升運輸安全、效率與效益。
2. 本系統提供國內船舶海氣象、航行等相關資訊，促進船舶航行安全與保安(safety and security)及提供船對船、船對岸、岸對船、岸對岸及其他使用者之間的通訊，促進船舶交通的追蹤與管理。
3. 提供船難支援及緊急應變與搜救服務的運作。
4. 提供改善運輸與物流效率的機會。

本系統加速國內海運相關技術與國際接軌。

## 參考文獻

1. US Marine Transportation System Task Force, 1999, An assessment of the US Marine Transportation System, a report to US Congress, <http://ntl.bts.gov/DOCS/report/mtslinks.pdf>
2. 張淑淨，2004，海域運輸與航安，臺灣近岸產業發展研討會論文集，pp.4-1~4-19, <http://www.iut.nsysu.edu.tw/UTS/TNCPD/4-TNCPD.pdf>
3. International Maritime Organization Maritime Safety Committee, 2005, Development of an e-Navigation strategy, MSC 81 Agenda item 23, Submitted by Japan, Marshall Islands, the Netherlands, Norway, Singapore, the United Kingdom and the United States.
4. International Maritime Organization Maritime Safety Committee, 2008, Strategy for the development and implementation of e-Navigation, Annex 20 to the Report of Maritime Safety Committee on its 85<sup>th</sup> session.
5. Christos Pipitsoulis, 2009, EU e-Maritime initiative and Maritime ITS, 16<sup>th</sup> ITS World Conference Special Interest Session: A common approach to Maritime ITS
6. 邱永芳、張淑淨等，2009，電子海圖服務與資料安全系統建立研究(四)，交通部運輸研究所出版，ISBN:9789860187021
7. 邱永芳、張淑淨等，2010，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
8. 郭經國，2009，航港資訊系統之現況與未來發展，中華電信數據通信分公司簡報，<http://download.mtnet.gov.tw/file/航港資訊系統之現況與未來發展.ppt>
9. 張淑淨，2003，船舶自動識別與報告系統整合規劃之研究，交通部科技顧問室委託研究報告，計畫編號：MOTC-SATO-91-020。

- 10.張淑淨、郭長齡等，1999，台灣海域管理助導航定位系統規劃及研發(二)，交通部科技顧問室委託研究報告。
- 11.EFFORTS, 2009, The EU project- PortECDIS- Development of a new enhanced ENC standard for use in ports and harbours, [http://www.efforts-project.org/html/Content/download/EFFORTS-WP1.3-INF-20090421-Final-20090206\\_PortECDIS\\_Information\\_paper\\_final.pdf](http://www.efforts-project.org/html/Content/download/EFFORTS-WP1.3-INF-20090421-Final-20090206_PortECDIS_Information_paper_final.pdf)
- 12.Ming-Tuo Zhou, H. Harada, H. G. Wang, C. W. Ang, P. Y. Kong, Y. Ge, W. Su, and J. S. Pathmasuntharam, 2008, "Multi-channel WiMAX mesh networking and its practice in sea", the 8th International Conference on Intelligent Transport System Telecommunications (ITST 2008), Thailand
- 13.Ming-Tuo Zhou, Hiroshi Harada, Peng-Yong Kong and Jaya Shankar Pathmasuntharam, 2009, "Wireless mesh networking for maritime intelligent transportation communication systems", Wireless Technologies in Intelligent Transportation Systems, edited by Ming-Tuo Zhou, Yan Zhang and Laurence T. Yang, Nova Science Publishers, USA
- 14.Su Wen, Peng-Yong Kong, J. Shankar, Haiguang Wang, Yu Ge, Chee-Wei Ang, 2007, "A novel framework to simulate maritime wireless communication networks," OCEANS 2007 , vol., no., pp.1-6.
- 15.Frédéric Bertrand, Alain Bouju, Christophe Claramunt, Thomas Devogele, Cyril Ray, 2007, Web architectures for monitoring and visualizing mobile objects in maritime contexts, Proceedings of the 7th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS 2007), pages 94-105, Springer-Verlag, LN series in Computer Science (LNCS 4857), ISBN 9783540769231
- 16.International Maritime Organization, 2002, "World-Wide Radio Navigation System (WWRNS), Resolution A.953(23), 23<sup>nd</sup> Session of IMO Assembly

17. International Maritime Organization, 2001, “Revised maritime policy and requirements for a future Global Navigation Satellite System (GNSS), Resolution A.915(22), 22<sup>nd</sup> Session of IMO Assembly
18. US Department of Defense, 2008, Global Positioning System standard positioning service performance standard, ed.4, <http://www.pnt.gov/>
19. John A. Volpe National Transportation system Center, 2001, “Vulnerability assessment of the transportation infrastructure relying on the Global Positioning Service”
20. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, 2008, GNSS vulnerability and mitigation measures, IALA Recommendation R-129 ed.2.
21. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, 2009, IALA world wide radio navigation plan, ed.1, <http://ialathree.org/>
22. MarNIS project, 2004, MarNIS research report on broadband application: part 4-Requirements and service definition, Deliverable D2.2.C-4., <http://www.eskema.eu/>
23. ITU-R WP 5B-3 Maritime Group, 2009, Preliminary draft new report ITU-R M.[Mesh] Maritime broadband wireless mesh networks, Geneva
24. Joint IMO/ITU Experts Group on Maritime Radiocommunications Matters, 2009, Use of WiMAX mesh networks and digital VHF for realizing the e-Navigation concept, London
25. J. Joe, S.K. Hazra, S.H. Toh, M.W. Tan, J. S. Pathmasuntharam, V.D. Hoang, and M. Fujise, 2007, Path loss measurements in sea port for WiMAX, IEEE WCNC 2007, page: 1871 - 1876, Hongkong, China
26. M.T. Zhou, J. Jurianto, J. Shankar, and M. Fujise, 2006, Characterization of radio path loss in seaport environment for WiMAX applications, International Symposium on Antennas and Propagation, (ISAP 2006), pp. 176, Singapore

- 27.S. R. Saunders, 2007, Antennas and propagation for wireless communication systems, John Wiley & Sons, ISBN: 9780470848791.
- 28.Shwu-Jing Chang, 2006, AIS applications as an efficient tool for vessel traffic service, Sea Technology Magazine, Vol. March 2006, pp.15-18.
- 29.張淑淨，2004，船舶自動識別系統之操作與應用－理想、標準、現況，船舶與海運通訊（中華海運研究協會出版），第六期，第 11-20 頁
- 30.Shun Liu, Hideki Hagiwara, etc., 2004, Radar network system to observe and analyze Tokyo Bay vessel traffic, IEEE A&E Systems Magazine, Vol. Nov. 2004, pp.3-11.
- 31.張淑淨、陳承德，2005，船舶自動識別系統輔助交通流分析與模擬之研究，第七屆水下技術研討會論文集。
- 32.P. Kujala, M. Hänninen, T. Arola and J. Ylitalo, 2009, Analysis of the marine traffic safety in the Gulf of Finland, Reliability Engineering and System Safety, Vol.94, Issue 8, pp. 1349-1357
- 33.Fujji, Y, H. Yamanouchi and N. Mizuki, 1974, Some factors affecting the frequency of accidents in marine traffic. II- The probability of stranding and III-The effect of darkness on the probability of collision and stranding, J. of Navigation, Vol. 27, No. 2, pp.239-247
- 34.International Maritime Organization, 2004, “Performance standards for the presentation of navigation-related information on shipborne navigational displays”, Resolution MSC.191(79).
- 35.International Maritime Organization, 2004, “Guidelines for the presentation of navigation-related symbols, terms and abbreviations”, Resolution SN/Circ.243.
- 36.International Maritime Organization, 2007, “Adoption of the revised performance standards for Integrated Navigation Systems (INS)”, Resolution MSC.252(83).

## 附錄一 專有名詞對照表

|               |                                                                                                                    |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A*STAR        | Singapore's government Agency for Science, Technology and Research                                                 |
| AIS           | Automatic Identification System                                                                                    |
| AJAX          | Asynchronous JavaScript and XML                                                                                    |
| AL            | Alarm Limit                                                                                                        |
| API           | Application Programming Interface                                                                                  |
| ARNS          | Aeronautical Radio Navigation Service                                                                              |
| ARPA          | Automatic Radar Plotting Aid                                                                                       |
| BGAN          | Inmarsat Broadband Global Area Network service                                                                     |
| C/A code      | GPS Coarse Acquisition Code                                                                                        |
| CCRS          | Consistent Common Reference System                                                                                 |
| CHAYKA        | a Russian terrestrial radio navigation system similar to LORAN-C                                                   |
| COG           | Course Over Ground                                                                                                 |
| COSPAS-SARSAT | International satellite-based search and rescue (SAR) distress alert detection and information distribution system |
| DBSCAN        | Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise, an algorithm                                          |
| DDP           | LRIT Data Distribution Plan                                                                                        |
| DDP           | Data Distribution Plan                                                                                             |
| DECCA         | a hyperbolic radio navigation system using LF                                                                      |
| DGalileo      | Differential Galileo                                                                                               |
| DGLONASS      | Differential GLONASS                                                                                               |
| DGNSS         | Differential Global Navigation Satellite System                                                                    |
| DGPS          | Differential Global Positioning System                                                                             |
| DHCP          | Dynamic Host Configuration Protocol                                                                                |
| DNS           | Domain Name System                                                                                                 |
| DOALOS        | United Nations Office of Legal Affairs/Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea                           |
| DOP           | Dilution of Precision                                                                                              |
| DSC           | Digital Selective Calling                                                                                          |

|              |                                                                                                                             |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DTM          | Digital Terrain Model                                                                                                       |
| DVB          | Digital Video Broadcasting, internationally accepted open standards for digital television                                  |
| DVB-RCS      | Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite, a standard specification for interactive satellite communication |
| ECDIS        | Electronic Chart Display and Information System                                                                             |
| Eclipse      | an open source integrated development environment, mostly for Java                                                          |
| ECS          | Electronic Chart System                                                                                                     |
| EDGE         | Enhanced Data rates for GSM Evolution                                                                                       |
| EEZ          | Exclusive Economic Zone                                                                                                     |
| EfficenSEA   | Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Sea, an EU project to develop and test tools to improve maritime safety          |
| EFFORTS      | Effective Operations in Ports, a project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Program            |
| EGNOS        | European Geostationary Navigation Overlay System                                                                            |
| eLORAN       | enhanced LORAN                                                                                                              |
| e-Maritime   | European Union Initiative to improve maritime transport with ICT                                                            |
| EMSA         | European Maritime Safety Agency                                                                                             |
| e-Navigation | IMO's strategy and implementation plan for electronic and enhanced navigation                                               |
| ENC          | Electronic Navigational Chart                                                                                               |
| EPFS         | Electronic Position Fixing System                                                                                           |
| ESRI         | Environmental Systems Research Institute, Inc.                                                                              |
| ETA          | Estimated Time of Arrival                                                                                                   |
| Eurofix      | a service that use LORAN-C to broadcast DGNSS corrections, integrity messages and others                                    |
| FOC          | Full Operational Capability                                                                                                 |
| GALILEO      | a global navigation satellite system being built by the European Union                                                      |

|             |                                                                                      |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Galileo CS  | Galileo Commercial Service                                                           |
| Galileo OS  | Galileo Open Service                                                                 |
| Galileo SoL | Galileo Safty of Life Service                                                        |
| GAN         | Inmarsat Global Area Network service                                                 |
| GBAS        | Ground Based Augmentation System                                                     |
| GEO         | GEOSynchronous Satellite                                                             |
| GeoTIFF     | Geographic Tagged Image File Format                                                  |
| Geotools    | an open source Java library that provides tools for geospatial data                  |
| GIS         | Geographic Information System                                                        |
| GLA         | UK General Lighthouse Authority                                                      |
| GLONASS     | Russian GLObal Navigation Satellite System                                           |
| GMDSS       | Global Maritime Distress ans Safety System                                           |
| GML         | Geographic Markup Language                                                           |
| GNSS        | Global Navigation Satellite System                                                   |
| GPRS        | General packet radio service                                                         |
| GPS         | Global Positioning System                                                            |
| GSM         | Global System for Mobile Communications                                              |
| GTRF        | Galileo Terrestrial Frame System                                                     |
| HCS         | Heading Control System                                                               |
| HDOP        | Horizontal Dilution of Precision                                                     |
| HELCOM      | Helsinki Commission, Baltic Marine Environment Protection Commission                 |
| HSC         | High Speed Craft as defined in IMO International Code of Safety for High-Speed Craft |
| HSDPA       | High Speed Downlink Packet Access                                                    |
| HSUPA       | High Speed Uplink Packet Access                                                      |
| HTTP        | Hypertext Transport Protocol                                                         |
| I2R         | Singapore Institute for Infocomm Research                                            |
| IALA        | International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities    |
| IBS         | Integrated Bridge System                                                             |
| ICD         | Interface Control Document                                                           |

|              |                                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ICT          | Information and Communication Technology                                             |
| IDE          | International Data Exchange                                                          |
| IEC          | International Electrotechnical Commission                                            |
| IENC         | Inland ENC, Electronic Navigational Chart for Inland Waterway                        |
| IFSMA        | International Federation of Shipmasters' Associations                                |
| IHO          | International Hydrographic Organization                                              |
| IM           | Integrity Monitoring                                                                 |
| IMO          | International Maritime Organization                                                  |
| INMARSAT     | International Maritime/Mobile Satellite (Organization)                               |
| INS          | Integrated navigation System                                                         |
| IOC          | Initial Operational Capability                                                       |
| IP           | Internet Protocol                                                                    |
| IRENav       | France Naval Academy Research Institute                                              |
| Iridium      | Iridium satellite constellation for voice and data communication                     |
| Iridium NEXT | Iridium's next-generation satellite constellation                                    |
| ISO          | International Organization for Standardization                                       |
| ITS          | Intelligent Transportation System                                                    |
| ITU          | International Telecommunication Union                                                |
| IWRAP        | IALA Waterway Risk Assessment Program                                                |
| JavaBean     | a Java class, a reusable software component for Java                                 |
| JPEG         | Joint Photographic Experts Group, a lossy compression method for digital photography |
| JSP          | Java Server Page technology                                                          |
| JSP          | Java Server Pages technology                                                         |
| L1C          | GPS Civil L1 Signal                                                                  |
| L2C          | GPS Civil L2 Signal                                                                  |
| LEO          | Low Earth orbiting satellites                                                        |
| LORAN-C      | Long Range Navigation, a radio navigation system using LF                            |
| LOS          | Line of Sight                                                                        |
| LRIT         | Long-Range Identification and Tracking                                               |

|          |                                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|
| LTE      | Long-Term Evolution                                                   |
| MarNIS   | Maritime Navigation Information Service                               |
| M-code   | GPS Military Code                                                     |
| MEO      | Medium Earth Orbit                                                    |
| MF       | Medium Frequency                                                      |
| MIO      | Marine Information Object/Overlay                                     |
| M-ITS    | Maritime Intelligent Transportation System                            |
| MMR      | Mobile Multi-hop Relay                                                |
| MMS      | Multimedia Messaging Service                                          |
| MMSI     | Maritime Mobile Service Identity                                      |
| MOS      | Maritime Operational Services                                         |
| MPA      | Maritime Port Authority of Singapore                                  |
| MPDS     | Inmarsat Mobile Packet Data Service                                   |
| MSAS     | Multi-Satellite Augmentation System                                   |
| MSC      | IMO Maritime Safety Committee                                         |
| MSI      | Maritime Safety Information                                           |
| MTNet    | Maritime Transport Network of Taiwan                                  |
| MySQL    | an open source relational database management system                  |
| NAT      | Network Address Translation                                           |
| NAV      | IMO Sub-Committee on Safety of Navigation                             |
| NAVTEX   | Navigational Telex to broadcast Maritime Safety Information in 518kHz |
| NDC      | National Data Center                                                  |
| NetCDF   | Network Common Data Form                                              |
| NICT     | Japan National Institute of Information and Communications Technology |
| NLOS     | Non-Line of Sight                                                     |
| NMEA     | National Marine Electronics Association                               |
| NOAA     | US National Oceanic and Atmospheric Administration                    |
| NSW      | National Single Window                                                |
| NT Radar | New Technology Radar                                                  |
| OMEGA    | a radio navigation system using VLF                                   |

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| OPENGL   | Open Graphics Library, an industry standard for high performance graphics   |
| OpenPort | Iridium's global voice and data service for the maritime market             |
| OSGi     | Open Service Gateway Initiative                                             |
| PCS      | Port Commercial Community Systems                                           |
| PDA      | Personal Digital Assistant                                                  |
| PDOP     | Position Dilution of Precision                                              |
| PNT      | Positioning, Navigation and Timing                                          |
| PRS      | Public Regulated Service                                                    |
| PSW      | Port Single Window                                                          |
| RAIM     | Receiver Autonomous Integrity Monitoring                                    |
| RDC      | Regional Data Center                                                        |
| R-mode   | Ranging Mode                                                                |
| RNSS     | Radio-Navigation Satellite Service                                          |
| ROT      | Rate Of Turn                                                                |
| RTCM     | Radio Technical Commission for Maritime Services                            |
| S-100    | IHO Universal Hydrographic Data Model                                       |
| S-101    | IHO's draft Next Generation ENC Product Specification                       |
| S57      | IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data                         |
| SAR      | Search and Rescue                                                           |
| SBAS     | Satellite Based Augmentation Systems                                        |
| SDME     | Speed and Distance Measuring Equipment                                      |
| Servlet  | Java Server Applet, a protocol for a Java class to respond to HTTP requests |
| SIS      | Signal in Space                                                             |
| S-Mode   | Standard-Mode                                                               |
| SMS      | Short Message Service                                                       |
| SMTP     | Simple Network Management Protocol                                          |
| SN/Circ. | Safety of Navigation Circular                                               |
| SOG      | Speed Over Ground                                                           |
| SOLAS    | Safety Of Life At Sea International Convention                              |

|            |                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| SPS        | Standard Positioning Service                                                     |
| SRP        | Ship Reporting System                                                            |
| SSAS       | Ship Security Alert System                                                       |
| SSN        | SafeSeaNet, a European Platform for Maritime Data Exchange between Member States |
| STMID      | Shore-based Monitoring and Information Database                                  |
| STW        | IMO Subcommittee on Standards of Training and Watchkeeping                       |
| TCS        | Track Control System                                                             |
| Telematics | any integrated use of telecommunications and informatics or ICT                  |
| Tomcat     | an open source software implementation of the Java Servlet and JSP technologies  |
| TRITON     | TRI-media Telematic Oceanographic Network                                        |
| TSMAD      | IHO Transfer Standard Maintenance and Application Development working group      |
| TTA        | Time to Alarm                                                                    |
| UDDI       | Universal Description, Discovery, and Integration                                |
| UERE       | User Equivalent Range Error                                                      |
| UMTS       | Universal Mobile Telecommunications System                                       |
| UTC        | Coordinated Universal Time                                                       |
| VDR        | Voyage Data Recorder                                                             |
| VHF        | Very High Frequency                                                              |
| VMS        | Vessel Monitoring System                                                         |
| VSAT       | Very Small Aperture Terminal                                                     |
| VTs        | Vessel Traffic Service                                                           |
| WAAS       | Wide Area Augmentation System                                                    |
| WBA        | Wireless Broadband Access                                                        |
| WCDMA      | Wideband Code Division Multiple Access                                           |
| WGS84      | World Geodetic System 1984                                                       |
| WiBro      | a Wireless Broadband Internet Technology developed by Korea                      |
| WiMAX      | Worldwide Interoperability for Microwave Access                                  |
| WisePort   | Wireless Mobile Wimax Access In Singapore's                                      |

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
|       | Seaport                              |
| WLAN  | Wireless Local Area Network          |
| WNA   | Wireless Narrowband Access           |
| WSDL  | Web Services Description Language    |
| WWRNS | World-Wide RadioNavigation System    |
| XHTML | eXtensible HyperText Markup Language |

## 附錄二 期中報告審查意見處理表

計畫名稱：MOTC-IOT-99-H2DB005

智慧化海運系統建立之研究(2/4)

執行單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程系

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                     | 合作研究單位<br>處理情形                                                   | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 國立臺灣大學 蔡進發教授：<br>一、期中進度符合預期。<br>二、參考文獻在文章中沒有對應，請一一對應。<br>三、請補上摘要與期中結論。<br>四、請補上名詞說明。<br>五、對國外 DGNSS 服務，未能達到國際導航燈塔協會及 IMO 的規範要求，請提出適當的建議。              | 關於 DGNSS 服務，依工作會議紀錄，將就國內建置時再提出適當建議。<br>其餘各項皆已遵照辦理，於期末報告中補充與對應處理。 |                      |
| 國立高雄海洋科技大學<br>張順雄教授：<br>一、計劃智慧化海運系統之建立，本年度之四項執行重點符合期中進度，研究成果頗佳。<br>二、建議增列中英文摘要、關鍵字及專有名詞對照表。<br>三、報告寫作宜列引用文獻及配合參考文獻順序，另參考文獻格式及大小寫宜一致。<br>四、建議圖形宜單頁列印較清 | 感謝委員肯定。<br>各項指正已於期末報告中補充與對應處理。                                   |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--|
| <p>楚，圖說宜多說明，可讀性將更佳。</p> <p>五、第二章圖之編號錯置請更正。另 P. 42 TRITON 部分，所列電磁波干涉列有公式，宜列參考來源，參數部分宜有說明。P. 43 第一段圖 2-4 路徑損耗圖有誤，請更正，另 p. 44 圖 2-4(末段)亦請一併更正。</p> <p>六、P. 47 第二段表 3-1 未見，請更正。</p> <p>七、P. 53 圖 3-1(末段)與 P. 54 圖 3-11 應為一致，請更正。</p> <p>八、P. 55 表 4-1、表 4-2 與表 4-4、表 4-5 等應為一致，請更正。</p> <p>九、P. 60 圖 4-2 與圖 4-14 應指同一事件，宜統一。</p> <p>十、全文宜再校正寫作部份不再贅述。</p> <p>十一、P. 47 末段提及臺北港與臺中港之間、新竹外海沿岸的 AIS…等，可否配合圖說再清楚說明。</p> <p>十二、整合船橋系統 IBS 部分宜再明示文字部分。</p> <p>十三、建議要有結論及交代上一期所做成果，並列出期末工作簡要。</p> |                      |  |
| <p>國立高雄應用科技大學<br/>李良輝 教授：</p> <p>一、研究內容對世界主要國家</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>感謝肯定與指正，遵照辦理。</p> |  |

|                                                                                                                                                                                    |                                                               |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--|
| <p>及系統均有詳細描述，可明確規劃於臺灣地區之適用性。</p> <p>二、對海陸電子地圖資料庫整合做更具體的規劃。</p> <p>三、港口水深資料應可取得更精確的結果</p> <p>四、GNSS 及其他定位技術未來發展規劃如何因應。</p> <p>五、GIS 平臺目前以 GoogleMap 進行規劃。</p> <p>六、規劃內容可提供實質應用。</p> |                                                               |  |
| <p>港研中心 何良勝 科長：</p> <p>一、本研究為 4 年期之第 2 年計畫，建議於期末報告中增列第 1 年研究成果。</p> <p>二、港研中心已成立「電子海圖中心」，為讓該中心工作順利進行，建議本研究就各項工作成果提供可採用之進行步驟及方法，並針對已使用之方法提供改善可行之建議。</p>                             | <p>遵照辦理。</p> <p>已於期末報告第七章提出建議改善方案，唯具體工作項目之進行步驟與方法，須再細部規劃。</p> |  |

### 附錄三 期末報告審查意見處理表

計畫名稱：MOTC-IOT-99-H2DB005

智慧化海運系統建立之研究(2/4)

執行單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程系

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                       | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                         | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <p>國立高雄海洋科技大學<br/>張順雄 教授：</p> <p>一、本期執行之重點除整合海陸電子地圖外，於船舶自動識別系統之交通流分析技術，及「整合船橋系統」模擬測試平台有精闢之成果。</p> <p>二、期中報告所列之修正已在期末報告增附，使報告有其完整性。</p> <p>三、由於報告之執行重點有四大方向，如何再落實"智慧化"海運可多加以斟酌。</p> <p>四、總之，本期報告除分析國內外之建制外於整體性及研究方法之可執行都屬上等之作。</p> <p>五、第一、二章引用圖形於圖說中應加以註明。</p> <p>六、參考文獻(8)已無法在 web</p> | <p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p> <p>三、另有美國華盛頓州西雅圖渡輪利用 WiMAX 連接渡輪上的 WiFi 與岸上的 Internet，讓乘客能透過 WiFi 上網。</p> |                      |

|                                                                                                                                                                                               |                               |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--|
| <p>上擷取，請修訂。</p> <p>七、3.1.3"必要之資訊更新"此抬頭可否修訂？</p> <p>八、討論 WiMAX 技術於海事部分是否有其他成功案例可參考？</p> <p>九、整本報告之排版請再校正。</p>                                                                                  |                               |  |
| <p>大仁科技大學 歐善惠 校長：</p> <p>一、期末報告內容豐富，編輯嚴謹，顯示主持人工作態度認真。</p> <p>二、頁數請修改為連續編號，與分節編號。</p> <p>三、參考文獻之格式未完全統一，如能修正，更可顯示主持人之用心。</p>                                                                   | <p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p> |  |
| <p>國立臺灣大學 蔡進發教授：</p> <p>一、本研究依預定進度完成導航定位服務的評估、寬頻通訊網路的可行性評估、高密度數位電子航行圖的建置、利用 AIS 的船舶交通流分析及整合船橋系統的研發，內容豐富成果豐碩。</p> <p>二、本研究同時提供六點建議，對船舶航行的安全均中肯而重要！</p> <p>三、本研究提供國際海事組織及各國海事單位對船舶航行安全的研究與作</p> | <p>一、感謝肯定。</p>                |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>為，值得國內航政單位參考！</p>                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                   |  |
| <p>國立成功大學水工試驗所<br/>余進利 組長：</p> <p>一、請說明所謂"水深雷達"及它是裝置在何處？設備費用大概是多少？它如何整合即時的潮汐資料？</p> <p>二、建議報告的最後一章結論部分應再精簡，建議先在各章之後下一小結論，最後一章在下總結論。</p>                                                                                                           | <p>一、報告中所謂「水深雷達」，是依據本船位置與安全水深值，從電子海圖資料中動態掃描出設定距離內水深不足的邊界，以類似雷達的相對方位距離方式顯示，是可裝置於電子海圖系統相同位置或整合於 ECDIS/AIS 等航儀的軟體模組。因海圖的深度是以最低低潮位為基準，若接收即時潮汐資料，則可依即時水位調整檢測水深是否足夠。</p> <p>二、遵照辦理。</p> |  |
| <p>港研中心 何良勝 科長：</p> <p>一、報告內容修正之處：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 英文摘要之題目名稱可作適當修正。</li> <li>2. 內中有關“台”字請修正為“臺”。</li> <li>3. 參考文獻中請重新排列（中、英文部份分列）。</li> <li>4. 結論中之各節名稱宜與前各章名稱呼應。</li> </ol> <p>二、建議將結論部份作適度修正，其中部份可移至各章作為小結說明。</p> | <p>一、遵照辦理。</p> <p>二、參考文獻係依在報告中出現的順序排列。</p> <p>三、S57 與 S100 之共通性或差異性已補充說明於第四章。</p> <p>四、經分析每隔一小時之瞬間船舶位置，確實有時空密集情形。已補充於第五章。</p>                                                     |  |

|                                                                                                                       |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <p>三、請補充說明第四章中 S57 與 S100 之共通性或差異性。</p> <p>四、P5-15 之 5.5.2 節中，補充說明交通流模型分析所展示之時間，而著此分析為一段時間之成果，則其對碰撞風險評估等項工作之意義何在？</p> |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 附錄四 期中簡報資料

# 智慧化海運系統建立之研究

(2/4)

## 期中簡報

張淑淨

國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

電子海圖研究中心

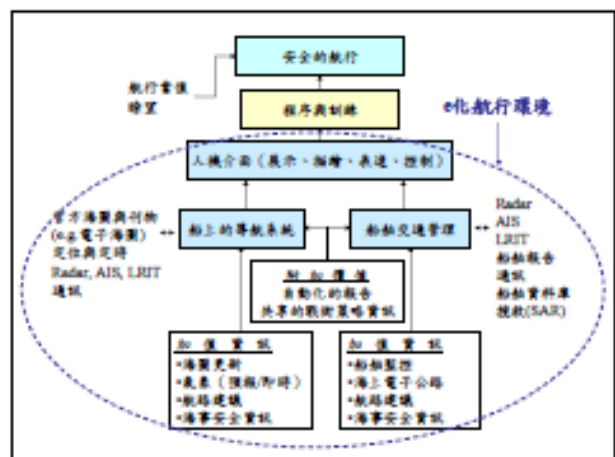
2010/07/14

## 研究背景及目的

- 「智慧型海洋運輸系統」的基本要素在於船舶、港埠、以及船岸間的資訊技術應用，相當於「e化航行」與「e化海運」。
- 海運具有高度國際化的特性，必須在國際架構下才能真正實現e化與智慧化。
- 本計畫為四年期計畫的第二年，目標在於智慧化海運系統之建立。
- 98年完成遠距識別與追蹤系統(LRIT)之研究

## 國際海事組織的「e-化航行策略」

- 「e-化航行」的定義：
  - 以電子的方法調和船上、岸上與船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務提昇海上安全、保安與海洋環境的保護。
- 「e-化航行策略」
  - 充分涵蓋的電子航行海圖
  - 完整可靠的定位導航系統
  - 船岸兩端以標準化人機界面提供分析管理與決策支援整合系統
  - 強健高效率且負擔得起的通訊架構



### 研究主題與重點

- 智慧化海運系統之導航定位服務先期研究與寬頻通訊技術先期研究
- 智慧化海運系統的海陸電子地圖資料庫需求分析、試作與應用試驗
- 基於船舶自動識別系統 (AIS) 之船舶交通流分析技術
- 「整合船橋系統 (IBS)」智慧型資通訊平台研發用模擬測試平台之建置

# 智慧化海運系統之導航定位服務 先期研究

- **智能化海運系統對導航定位的關鍵需求**
    - 參考IMO的全球無線電導航系統(WWRNS)的規範（目前重新檢討中）
    - 準確度（Accuracy）
    - 完整性（Integrity）
    - 連續性（Continuity）
    - 可用性（Availability）

|              |                |                  |
|--------------|----------------|------------------|
| Accuracy     | Alarm limit    | 0.1 – 30 m       |
| Integrity    | Time-to alarm  | 2.5 X Accuracy   |
|              | Integrity risk | 10 <sup>-6</sup> |
| Continuity   |                | 99.97% / 3 hrs   |
| Availability |                | 99.98%           |
  - **研究方法：**
    - 分析智能化海運系統的導航定位服務需求、個別技術的特點、技術整合方案，提出適合於我國發展與應用的建構方案。

## 現有與發展中的導航定位系統



## 計畫趕不上變化？eLoran的未來??



## e化航行將改變船舶操作的方式 GNSS出問題的後果？

- 目前符合 IMO 要求，被納入 WWRNS 的全球系統只有 GPS 與 GLONASS。
- 在船上卻有許多系統依賴 GNSS 提供即時 PNT 資訊的直接輸入：
  - 整合船橋系統 (IBS)
  - 電子海圖顯示與資訊系統 (ECDIS)
  - ARPA/雷達
  - 全球遇險與安全系統 (GMDSS)
  - 船舶自動識別系統 (AIS)
  - 遠距識別與追蹤系統 (LRIT)
  - 航程記錄器 (VDR)。

## PNT的備援系統？

- 以 eLoran 等地面無線電導航備援 GNSS 的可能性已大幅降低
- 目前就 GNSS 而言，較值得期待的是：
  - 當可用的 GNSS 系統夠多（例如 Galileo 開始運作後，可用的衛星數夠多）的時候，可考慮用 RAIM 取代現有的擴增強強系統。
- 衛星系統易受干擾等弱點仍在

## IALA 全球無線電導航計畫 我國可著力之處

- 提供國際認可的 DGNSS 服務
- 汰換雷達標杆設備以調適因應新技術海事雷達的發展
- 發展基於 AIS 的助航設施（航標）
- 試驗並發展基於 MF 無線電標杆與 AIS 的 R-mode 測距定位
- 以風險評估為基礎，提供短距離的助航設施做為緊急應變系統。考量因素包括：交通流趨勢與種類、交通量及其混成、危險區或交通匯流/分流區、環境因素等

## 智慧化海運系統之寬頻通訊技術 先期研究

- 智慧化海運系統對通訊技術的關鍵需求
  - 能以足夠低的成本支援船岸以及船舶間有效率的資訊交換
  - 依船舶航行階段或範圍，整合各種船舶通訊
- 研究方法
  - 以地面無線電通訊技術為主要，尤其是網狀網路技術以及現有其他船舶通訊的整合
  - 發展必要的工具模組，結合 AIS 船舶交通流模型，評估在臺灣海域的可用性與應用條件

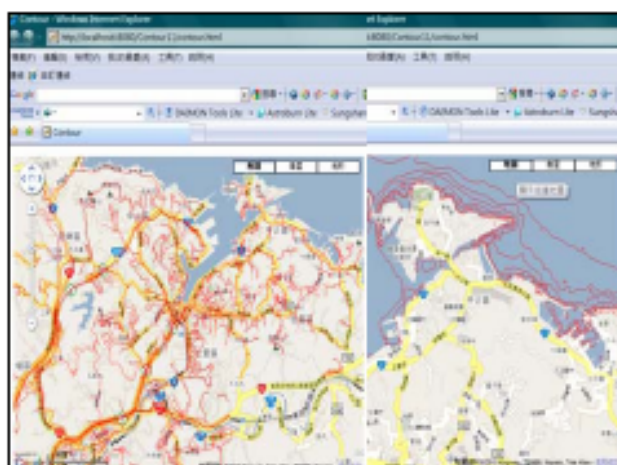


表 2-2 ERTON 的 5.5GHz 海面電波傳播模型

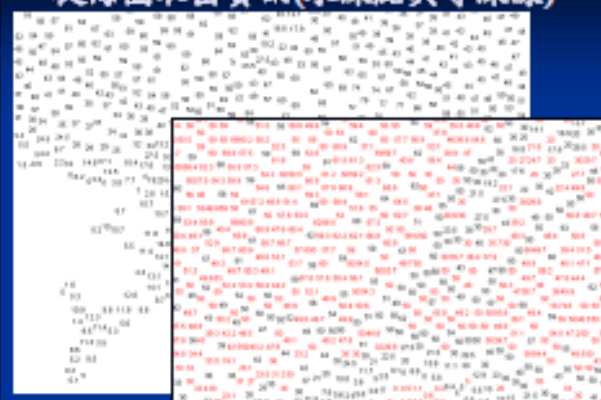
| 天線高度 | 行進方向       | 路段損耗指數 n                       | 標準差             |
|------|------------|--------------------------------|-----------------|
| 185m | making-way | 2.165 (測距 7km)                 | 3.6dB           |
| 185m | underway   | 2.161 (測距 7km)                 | 4dB             |
| 76m  | making-way | 2.35 (測距 17km)                 | 7.65dB          |
| 76m  | underway   | 2.29 (測距 17km)                 | 5.47dB          |
| 4m   | making-way | 2.39 (12km 內)<br>6.12 (12km 外) | 2.41dB<br>9.3dB |
| 4m   | underway   | 2.38 (12km 內)<br>7.5 (12km 外)  |                 |

## 智慧型海運系統的海陸電子地圖資料庫需求分析、試作與應用試驗

- 在98年度的計畫中已分析資料庫需求，並對數值路網圖、數值地形圖試作整合
- 今年度將試作資料庫內容與準確度都能符合港區航行需求之電子航行圖與港務管理用資料庫，例如：
  - 可透過船岸通訊自動更新的不分比例尺套疊圖層
  - 可支援隨船舶吃水動態產生船舶的安全水域界線或水下餘域的高密度水深網格資料
- 另從AIS船舶交通流分析取得航路現況，完成海上航路網設計及最佳路徑功能應用試驗

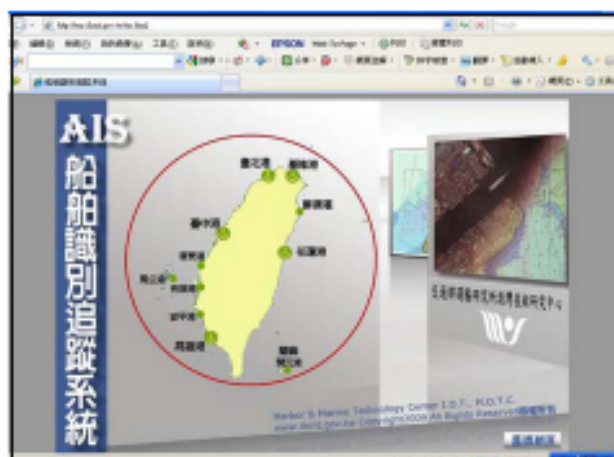


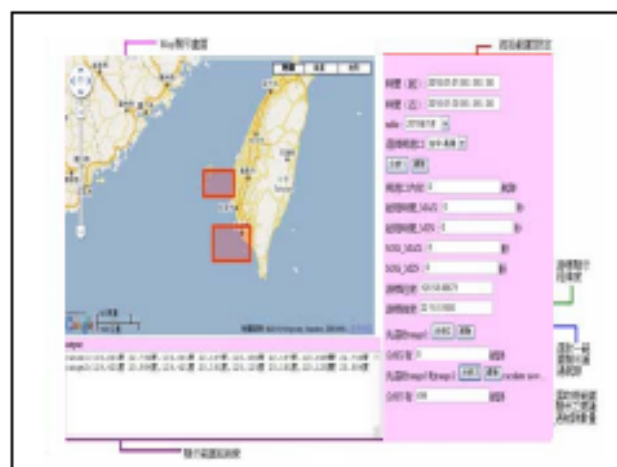
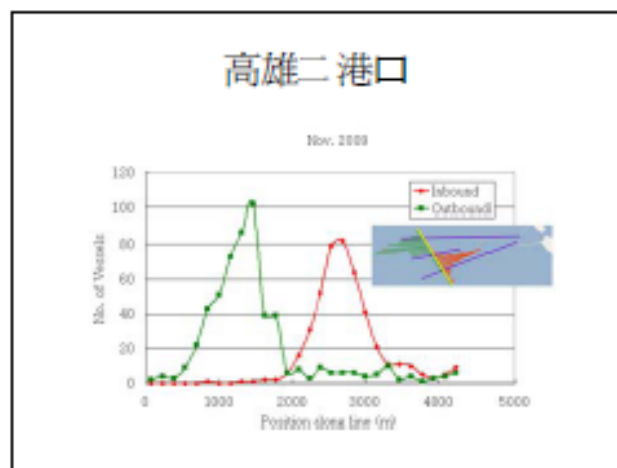
## 從海圖取出資訊(水深點與等深線)



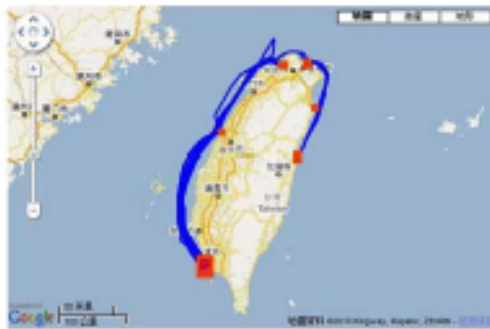
## 基於船舶自動識別系統 (AIS) 之船舶交通流分析技術

- 以長期累積接收海上船舶透過AIS廣播的動態、航程與識別資料庫為基礎
- 運用資料探勘與時空/地理資訊分析技術，建立適用於海上交通流分析與統計的功能模組，做為航行安全與港埠運作等相關決策支援。
- 優化整合下列功能模組，兼採Web Service雲端運算概念，結合網路地圖服務與海圖資料庫提供整合分析：
  - 跨地地理參考線之時間偵測與航速航向位置統計
  - 高碰撞風險之時空密集區偵測與統計
  - 交通流動線歸納分析
  - 船舶抵達時間的預測。

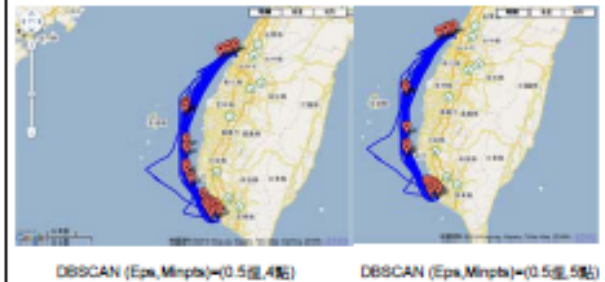




## 往來於台灣六港口航跡分佈



## 台中港-高雄港 航路

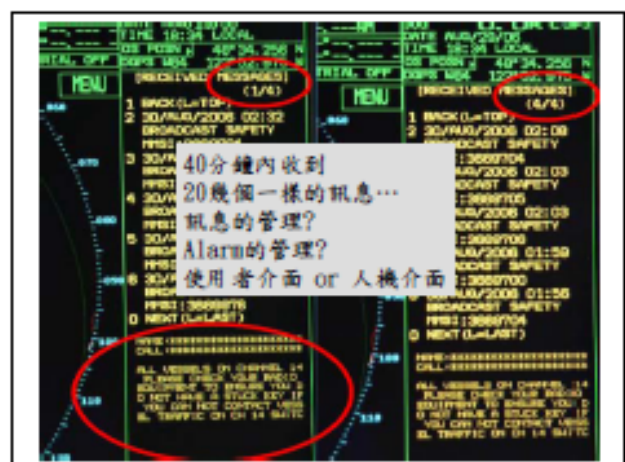
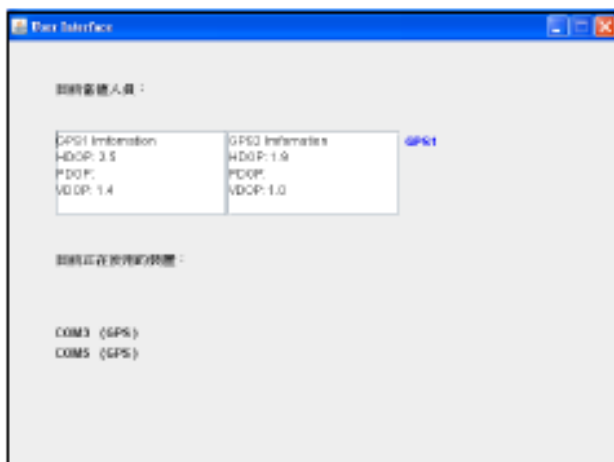


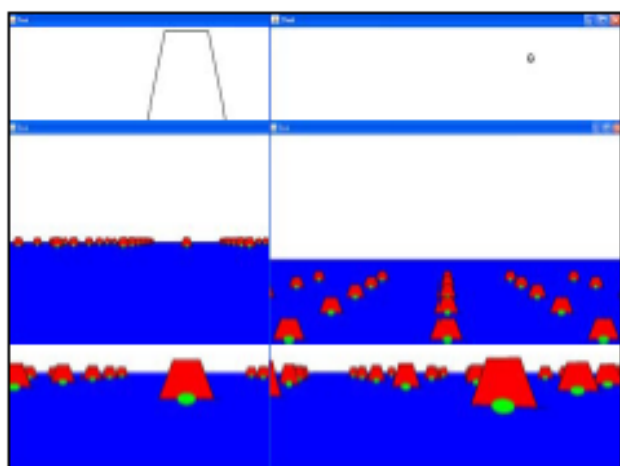
## 「整合船橋系統(IFS)」智慧型資通訊平台研發用模擬測試平台之建置

- 「整合船橋系統」的核心功能
  - 以ECDIS、雷達、AIS為主，提供標準化整合式的資訊顯示、通訊、過濾、警示、優先序、即時資訊
- 要發展「整合船橋系統」的智慧型資通訊平台，必須先建置仿真的適當測試環境
  - 98年已設計多航儀模擬器、目標船模擬平臺
  - 用以產生海上船舶在不同海域航行環境、他船相對動態交通狀況、航儀系統誤差或失效等狀況。

## IFS智慧型資通訊平台研發用模擬測試平台之建置

- 本年度計畫將從軟體的架構改造著手提升系統執行效能
- 對應e-化航行「S(Standard)-mode」策略，研發
  - 此模擬測試平台的資訊&服務整合
  - 此模擬測試平台的人機介面技術
- 在此平台設計中擬引進
  - OSGi (Open Service Gateway Initiative)服務平台框架
  - IMO的最新Navigation Display標準





| 工作時程                |             |             |             |             |             |             |             |             |             |  |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| 工作項目                | 第<br>4<br>月 | 第<br>1<br>月 | 第<br>2<br>月 | 第<br>3<br>月 | 第<br>4<br>月 | 第<br>5<br>月 | 第<br>6<br>月 | 第<br>7<br>月 | 第<br>8<br>月 |  |
| 1.1 導航式無線電評估        |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 1.2 海上導航通視模型建置      |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 1.3 船舶 Intensity 模型 |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 1.4 船舶網路可視性測試       |             |             |             |             |             |             |             |             |             |  |
| 2.1 海陸地圖資料庫製作       |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 2.2 海陸地圖應用系統開發      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |  |
| 2.3 航路網最佳化測試        |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 3.1 交通流分析統計優化       |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 3.2 決策支援系統設計        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |  |
| 4.1 航路整合平台架構優化      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |  |
| 4.2 多端交通模擬系統優化      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |  |
| 4.3 2-mode 人機介面模擬   |             |             |             |             | 92          |             |             |             |             |  |
| 工作進度統計              | 15          | 35          | 50          | 60          | 70          | 80          | 90          | 100         |             |  |



## 附錄五 期末簡報資料

### 智慧化海運系統建立之研究

(2/4)

### 期末簡報

張淑萍

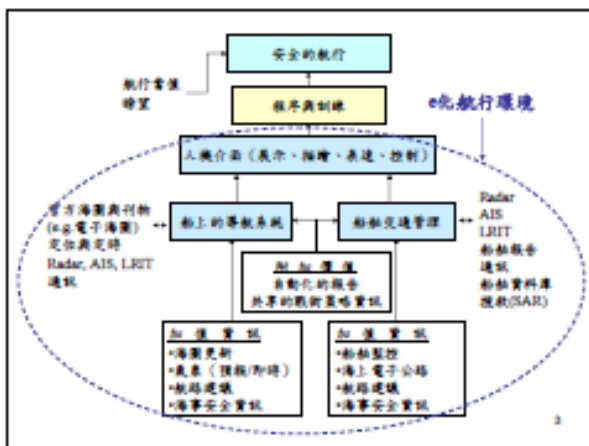
國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

電子海圖研究中心

2010/11/18

### 研究背景及目的

- 「智慧型海洋運輸系統」的基本要素在於船舶、港埠、以及船岸間的資訊技術應用。
- 海運具有高度國際化的特性，必須在IMO的「e-化航行策略」架構下實現智慧化。
  - 充分涵蓋的電子航行海圖
  - 完整可靠的定位導航系統
  - 船岸兩端以標準化人機界面提供分析管理與決策支援整合系統
  - 強健高效率且負擔得起的通訊架構



### 研究主題與重點

- 導航定位服務先期研究
- 寬頻通訊技術先期研究
- 智慧海運之地理空間資訊服務
- 基於AIS之船舶交通流分析技術
- 整合船橋系統研發用模擬測試平台之建置

### 導航定位服務先期研究 現有與發展中的導航定位系統



### 導航定位服務之先期研究結論

- 隨著航海人員對GNSS的依賴增長，船舶操作方式隨之改變，船舶可能航行的水域也已逐漸擴展，更必須有高品質效能的導航定位服務。

岸端

- 各GNSS都是使用類似頻段的衛星系統，都具備GPS已被指出的各種脆弱性，因此仍然必須有DGNS服務的擴增補強
- eLORAN持續發展的機會已不高，而且就臺灣而言，因該系統必須跨國建置，不易實現

船端

- 新的GNSS如GALILEO使可見衛星數足夠時，可利用「接收機自主完整性監測(RAIM)」機制使GNSS更可靠。

## 寬頻通訊技術先期研究

- 以 TRITON 的海上試驗結果為基礎，利用 AIS 船舶動態資料庫與 DBSCAN，模擬分析評估從臺灣三大國際商港以海上多躍傳送技術提供寬頻通訊的可行性。

表 3-2 國際商港 20 哩範圍內可多躍延伸通訊的平均比例

| 港口  | 船數(艘) | 1 hop | 2 hops | 3 hops 內 |
|-----|-------|-------|--------|----------|
| 高雄港 | 87.9  | 77.6% | 11.8%  | 90.8%    |
| 基隆港 | 26.6  | 78.3% | 4.6%   | 81.8%    |
| 台中港 | 54.7  | 84.4% | 7.3%   | 91.9%    |

Based on 2009B AIS

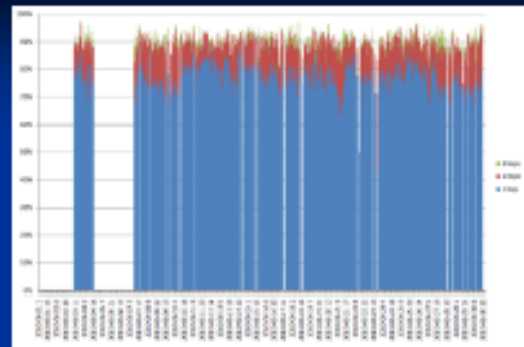


圖 3-7 高雄港 20 哩範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的地疊直條圖

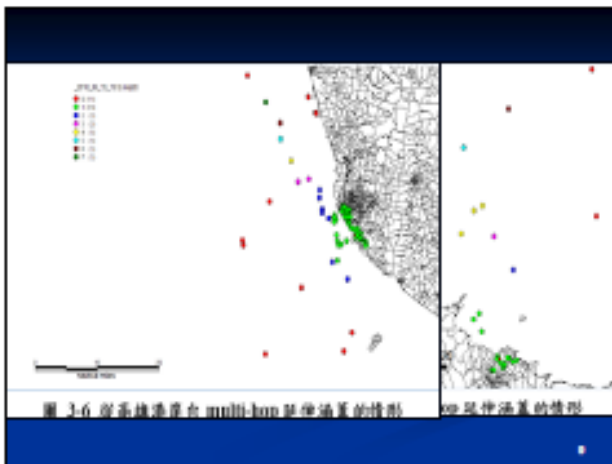
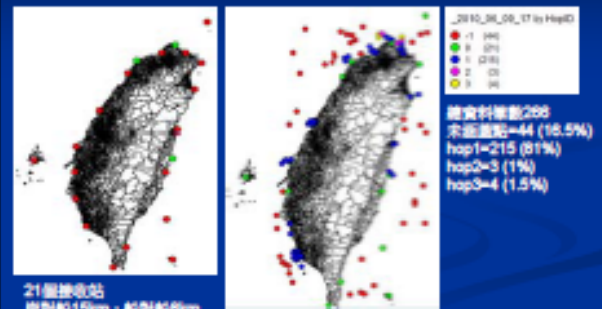


圖 3-6 從基隆港岸上 multi-hop 延伸通訊的情形

## 沿岸 multi-hop 通訊涵蓋模擬



21個接收站  
岸對船15km，船對船8km

## 臺灣沿岸可多躍延伸通訊的平均比例

| 日期      | 平均船數   | 未涵蓋船數  | 1 hop  | 2 hops | 3 hops內 |
|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 2009/12 | 145.32 | 19.86% | 76.88% | 0.98%  | 80.13%  |
| 2010/05 | 189.55 | 18.9%  | 79.27% | 1.44%  | 81.06%  |
| 2010/06 | 183.09 | 18.02% | 80.57% | 1.04%  | 81.95%  |

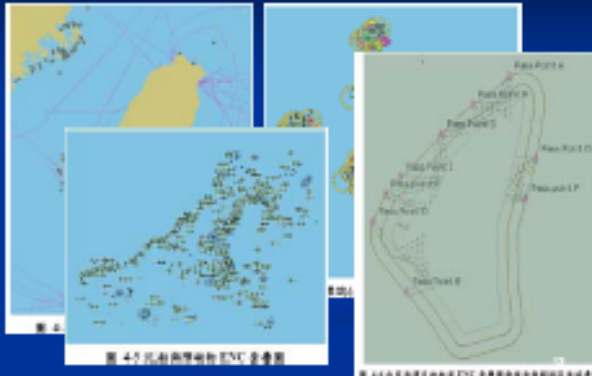
11

## 智慧化海運之地理空間資料庫 需求與應用分析

- 原則：支援船岸之間有效的資訊交換，以及船岸兩端都能透過資訊的整合呈現而減低工作負荷並提供決策支援
- 製作 ENC overlay
  - 海域 overlay 重點：不分比例尺
  - 陸域 overlay 重點：直接從 source 格式轉成 ENC
- GIS 網路地圖整合應用
- 動態安全水域邊界→水深雷達

12

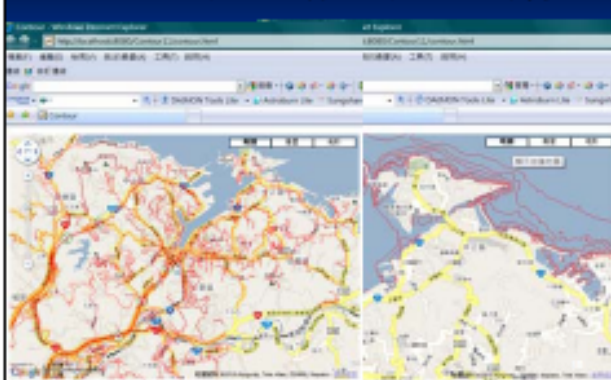
## 不分比例尺的海域ENC Overlay



## 直接從路域圖資轉成ENC Overlay



## 網路地圖直接讀取海陸域圖資



## 從ENC取出水深點與等深線各點



## 動態掃描安全水域範圍→水深雷達

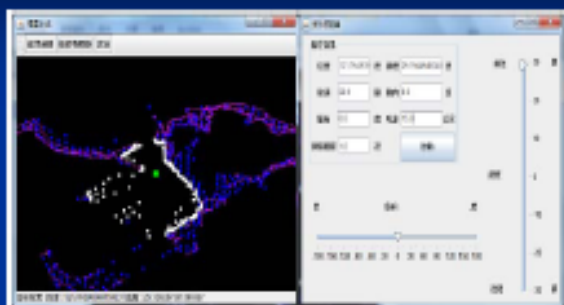


圖 4-12 水深雷達掃描畫面隨著本船移動時的呈現與驗證

## AIS船舶交通流分析技術

- 建立穿越地理參考線的偵測分析技術
- 實作建立互動式網路應用服務提供交通流分析: 方向、速度、區段密度分布。
- 建立高風險時空密集區偵測分析技術
- 建立船舶抵達時間預測的基礎技術

## 交通流分析之資料來源

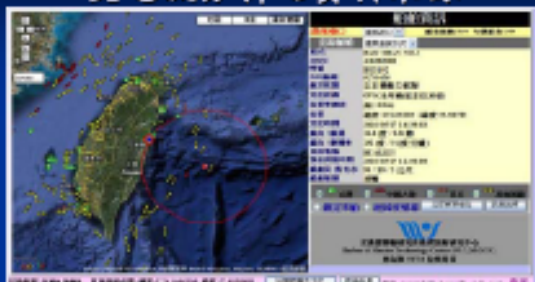


圖 5-3 臺灣沿岸 AIS 網路的即時船舶監控系統畫面  
已設有基隆、臺北、台中、高雄、蘇澳、花蓮、蘭嶼、馬公等7站

## 網路互動式交通流分析應用服務



圖 5-4 跨越地理參考線的交通流分析統計服務網頁

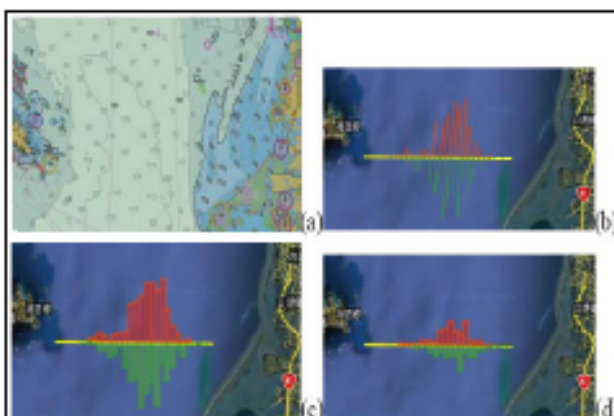


圖 5-7 澎湖水道交通流分析(a)海圖(b)方向(c)密度(d)危險貨載

## 交通流分析結果下載繪圖

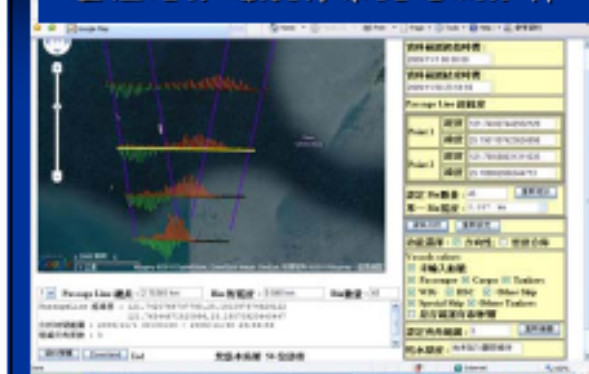


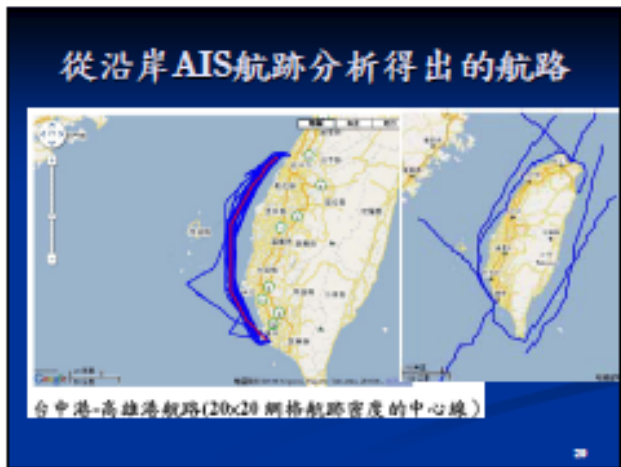
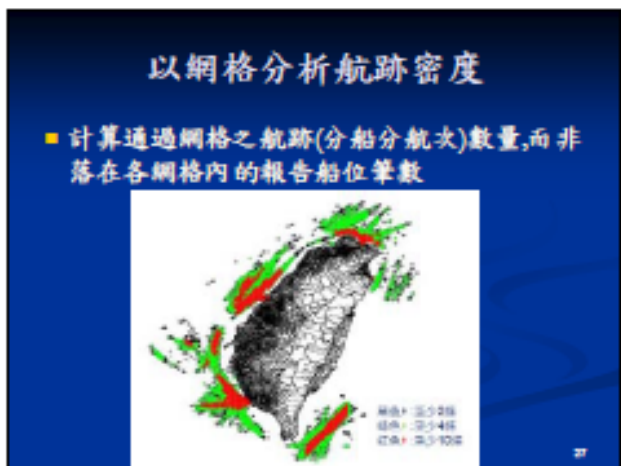
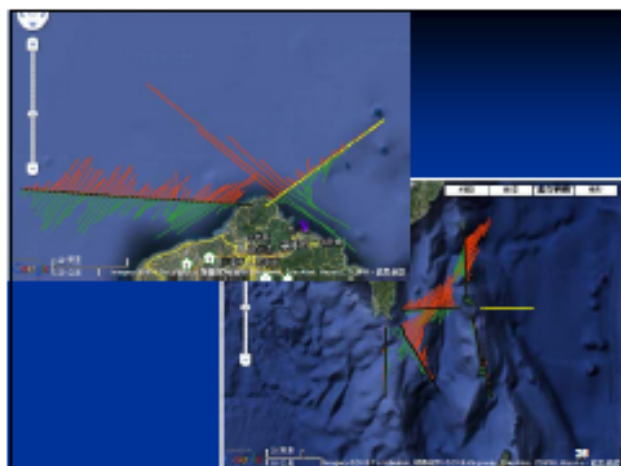
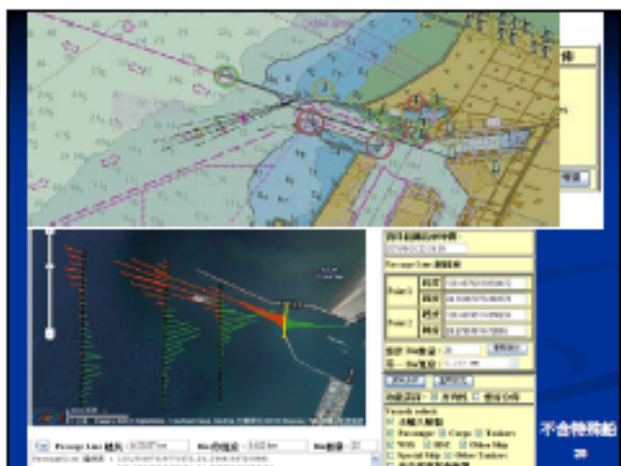
圖 5-9 澎湖水道南北向交通流速度分布

## 高雄港分道航行交通流分析



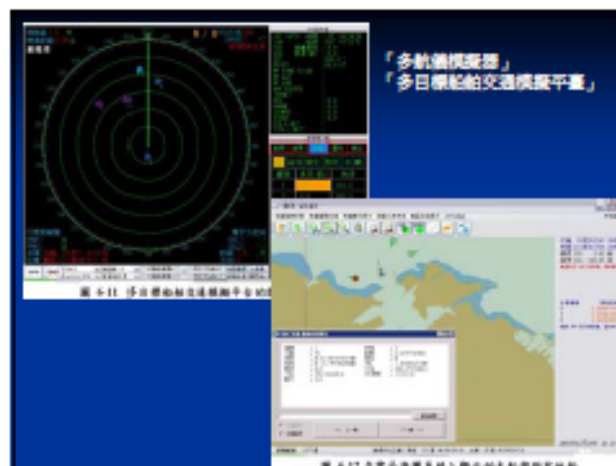
## 基隆港分道航行系交通流分析





## 整合船橋系統研發用模擬測試平台

- 「整合船橋系統」的核心功能
  - 提供標準化整合式的資訊顯示、通訊、過濾、警示、優先序、即時資訊
- 要發展「整合船橋系統」的智慧型資訊通訊平臺，必須先建置仿真的適當測試環境

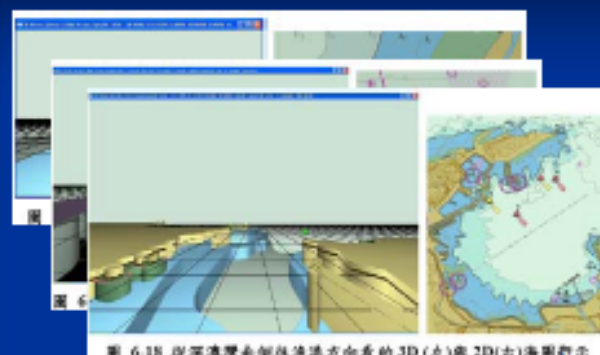


## IBS智慧型資訊通訊平台技術初步試驗

- 運用 OSGi 開放服務閘道平台技術，試驗動態模組化的 IBS 系統設計
- 試驗結合 ENC 電子航行圖與 IMO 導航顯示標準的 3D 航行環境顯示



## 結合 ENC 之 3D 航行環境顯示



## 結論與建議

- 導航定位
  - 建置 DGNSS 服務、AIS 助航應用、具 RAIM 機制且模組化的 PNT 裝置
- 海上寬頻
  - 研發整合通訊服務平台，進而整合導航系統
- 臺灣沿岸 AIS 網路
  - 持續建置使其完整無缺口且持續穩定運作
  - 設置涵蓋澎湖水道的沿岸船舶交通服務
- 電子海圖服務系統
  - 依中心運作現況與智慧化海運需求調整與優化

## 後續研究建議

### 聚焦於船岸兩端所需的整合技術

- 船岸間
  - 智慧化海運資訊服務的研究試驗
  - 資訊源、資訊流與人機介面所需整合技術
- 岸端
  - 取自不同監控系統之船舶動態資料融合
  - 岸端危機偵測分析與決策支援
- 船端
  - IBS 平台之多源目標資訊與環境資訊整合顯示、危機偵測、警告訊息管理、船岸資訊交換

簡報完畢

敬請指教