

100-61-7540
MOTC-IOT-99-H2DA006

智慧型航行與監測系統之 研究(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月

100-61-7540
MOTC-IOT-99-H2DA006

智慧型航行與監測系統之 研究(2/4)

著者：邱永芳、張富東、蔣敏玲

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月

100

智慧型航行與監測系統之研究
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN:1010000780

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

智慧型航行與監測系統之研究(2/4)

/邱永芳等著.--初版.--臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.05

面；公分

ISBN 978-986-02-7606-0 (平裝)

1. 航運管理 2. 運輸系統 3. 遙感探測 4. 自動化

557.43029

100006208

智慧型航行與監測系統之研究(2/4)

著 者：邱永芳、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 (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 100 年 5 月

印 刷 者：良機事務機器有限公司

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臺灣研究中心網站

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：1010000780

ISBN：978-986-02-7606-0 (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。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：智慧型航行與監測系統之研究 (2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-7606-0（平裝）	政府出版品統一編號 1010000780	運輸研究所出版品編號 100-61-7540	計畫編號 99-H2DA006
本所主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 主任 計畫主持人：邱永芳 研究人員：張富東、蔣敏玲、張淑淨、李良輝、薛憲文、郭振華、胡順堯、 陳紹華、楊雪晴、蔡瑞舫 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 99 年 01 月 至 99 年 12 月
關鍵詞：船舶自動辨識系統、智慧型海運運輸系統、遠距識別與追蹤、遙測影像、影像處理、多音束測深、水下定位、無人載具。			
摘要： 智慧型海洋運輸系統的基本要素在於船舶、港埠、以及船岸間的資通訊技術應用，故本研究進行船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)之因應與初步應用試驗，以及基於船舶自動識別系統(AIS)之船舶交通流分析技術，研究成果將逐步落實「e化航行」策略。 本研究進行遙測技術對近岸及海岸帶之整合應用研究，本年度主題包括臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與局部更新、大型圖像之 3D 管理查詢及顯示系統平臺與功能之重置、無人飛行載具(UAV)應用於即時海岸帶攝影實務及影像處理系統開發、多源圖像局部快速修測及更新之策略。另本年度計畫探討水下定位相關主題包括超短基線水下定位的定位精度，水下多音束測深系統的定位精度及水下定位系統之介面開發等。 本研究另一目標為設計、製作與測試一具自主式無人工作小船，研究內容包含建立自主式無人船舶在淺海區域之導航定位與路徑追隨自動控制系統，以及自主式無人船舶之路徑規劃與任務控制系統設計。此工作船可攜帶多種量測儀器，自動施行港口之水深、水流剖面等資料蒐集與測量等工作，控制命令與量測資料可藉由無線電波傳送至岸上之監控電腦。研究成果將可提升各港務局水深測量、海巡署搜救、各學術單位海岸調查、內政部國土測繪等無人遙控載具的運用與工作效率。 本研究成果可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，改善水下多音束測深系統的定位精度，提升無人遙控載具的運用與工作效率，逐步促進航行與監測系統之智慧化。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
100 年 5 月	192	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： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Intelligent Transportation and monitor System (2/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-7606-0 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010000780	IOT SERIAL NUMBER 100-61-7540	PROJECT NUMBER 99-H2DA006
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-fang PROJECT STAFF: F.T. Chang, M.L. Chiang, S.J. Chang, L.H. Lee, S.W. Shyue, J.H. Guo, S.Y. Hu, S.H. Chen, H.C. Yang, R.F. Tasi PHONE: 886-4-26587120 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM January 2010 TO December 2010
KEY WORDS: Automatic Identification System, Maritime Intelligent Transportation System, Long Range Identification and Tracking, Remote Sensing, Image Processing, Multibeam Echo Sounding, Underwater Positioning System, Unmanned Aerial Vehicle			
ABSTRACT: The essence of Maritime Intelligent Transportation System (M-ITS) is the application of information and communication technology (ICT) in vessels, port management and the ship-shore interface. The research focuses on implementation Long Range Identification and Tracking System (LRIT) and development of AIS-based maritime traffic analysis technique. This research focuses to image data acquisition, the management system establishment and the data renewal of partly area, mainly including (1) The remotely sensed image data of coast zone in Taiwan rebuilding and to renew with part. (2) The 3 D system platform established for the huge image management, query and visualize display. (3) The image processing system design that suitable for the acquired images with Unmanned Aerial Vehicle (UAV.) (4) The strategy of map revised locally and quickly using multi-source image. Traditionally, multi-beam bathymetric technology is mostly installed on vessels as vehicle, but waves, coastal currents, and tides are easily impact on the motions of a ship includes roll, pitch, heave, and yaw. This causes the quality of bathymetric data various and needs to spend more time to do Quality Assurance/Quality Control. This year mainly investigate the topics of underwater positioning, including: the accuracy of ultra short baseline positioning, the positioning accuracy of the multibeam mounted on an underwater vehicle, exploiting the interface of underwater positioning system. The objective of the project is the development and integration of advanced technological systems to achieve an operation of an Autonomous Surface Craft (ASC) ensuring a fast data collecting and stable station keeping platform in a harbor and near-shore or shallow water environment. Research issues are examined including ASC design and advanced control, guidance and mission control. The analysis and design methodology developed for this project will lead to deeper understanding of ASC systems that are efficient for marine observations. The advantages are expected that, in addition to safer and less expensive than manned vehicles, this robotic vehicle can be effective for bathymetric survey, environmental monitoring and sampling, and costal defense tasks.			
DATE OF PUBLICATION May 2011	NUMBER OF PAGES 192	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	XI
第一章 前言	1-1
第二章 建立臺灣海域船舶動態資訊系統	2-1
2.1 船舶自動辨識系統	2-1
2.2 臺灣海域船舶動態資訊系統	2-3
2.3 臺灣海域船舶自動辨識系統規劃	2-15
第三章 智慧化海運系統建立之研究	3-1
3.1 智慧海運系統之導航定位服務	3-1
3.1.1 國際海事組織對於全球無線電導航系統的要求	3-1
3.1.2 全球導航衛星系統(GNSS)	3-4
3.2 智慧海運之寬頻通訊服務	3-6
3.2.1 智慧化海運的通訊需求	3-6
3.2.2 可用通訊系統與技術評估	3-7
3.2.3 WiMAX 海上應用技術研究	3-10
3.2.4 臺灣沿岸海域寬頻通訊網路的可行性評估	3-10
3.3 智慧海運之地理空間資訊服務	3-20
3.3.1 國際組織的相關發展	3-20
3.3.2 海測資料空間資訊標準 S-100.....	3-21
3.3.3 海域邊界產品規格 S-10X.....	3-22
3.4 地理空間資料庫與應用規劃	3-23
3.4.1 歐盟船舶動態監控用空間資料庫規劃	3-23
3.4.2 相關構想與應用規劃	3-23

3.4.3 智慧化海運的 S57 空間資料庫規劃	3-24
3.4.4 電子航行圖與陸域 GIS 資料庫的整合應用	3-29
3.4.5 動態產生安全水域界線之設計	3-31
3.5 「整合船橋系統」平台之建置	3-35
3.5.1 IMO 的「整合導航系統」設備性能標準	3-35
3.5.2 模擬測試平台之建置	3-36
3.5.3 多目標船舶交通模擬平台	3-42
第四章 海岸帶多源遙測影像處理技術之研究	4-1
4.1 遙測影像現況	4-1
4.1.1 高解析度衛星影像	4-1
4.1.2 新一代高解析影像	4-4
4.2 空載雷射遙測技術探討	4-5
4.2.1 空載雷射系統組成	4-6
4.2.2 雷射掃描點雲資料分析	4-7
4.2.3 地面高程建模	4-8
4.2.4 地形復原與模型重建	4-10
4.3 小結	4-12
第五章 長基線系統之水下定位精度探討	5-1
5.1 計畫源起	5-1
5.1.1 研究範圍	5-2
5.1.2 工作內容	5-3
5.2 衛星即時動態差分(RTK)精度探討	5-3
5.2.1 高精度衛星定位精度	5-4
5.2.2 多音束測深系統精度	5-7
5.2.3 定位及測深精度之配合	5-8
5.3 長基線系統之水下定位精度探討	5-9
5.3.1 水下聲學定位系統概述	5-10
5.3.2 實測精度規劃	5-12

5.3.3 現場實測	5-15
5.3.4 實測資料分析	5-20
5.3.5 長基線與超短基線定位精度比較	5-25
5.4 長基線水下定位系統之介面開發	5-28
5.4.1 水下載具簡介	5-28
5.4.2 水下定位資料接收與導航介面	5-28
第六章 自主無人船舶設計	6-1
6.1 船型設計與系統架構	6-1
6.2 船體阻力估算	6-5
6.3 耐海性能預估	6-8
6.4 無人船遙控操作系統	6-13
6.4.1 參考座標	6-13
6.4.2 延伸型卡爾曼濾波器運用於無人船定位	6-15
6.4.3 Google Maps 遙控介面	6-23
6.4.4 使用者網頁設計	6-24
第七章 結論與建議	7-1
7.1 結論	7-1
7.2 建議	7-3
7.3 效益與應用情形	7-6
參考文獻	參-1
附錄一 期末報告審查意見處理情形表	A1-1
附錄二 期末報告審查簡報資料	A2-1

圖目錄

圖 2-1 船舶動態地圖資訊模組.....	2-5
圖 2-2 船舶動態資訊軌跡顯示及匯出至 google earth 功能	2-5
圖 2-3 船舶航向資訊模組.....	2-6
圖 2-4 船舶之航向詳細資料.....	2-7
圖 2-5 船舶目前位置之地圖連結顯示功能	2-7
圖 2-6 到達與駛離之船舶資訊查詢顯示功能	2-8
圖 2-7 各港口之船舶停靠數量統計分析	2-9
圖 2-8 各港口之最近 24 小時到達船舶數量統計分析	2-9
圖 2-9 各港口之最近 24 小時駛離船舶數量統計分析	2-10
圖 2-10 各港口之即將到達之船舶數量統計分析	2-10
圖 2-11 港口各項之圖表統計分析.....	2-11
圖 2-12 接收站各項之圖表統計分析	2-11
圖 2-13 以地圖方式顯示接收站之接收範圍	2-12
圖 2-14 提供使用者上傳港口與船舶照片功能	2-12
圖 2-15 以列表方式顯示港口與船舶照片	2-13
圖 2-16 提供文章張貼、回覆功能	2-13
圖 2-17 提供討論區管理功能.....	2-14
圖 2-18 提供網站 FAQ 功能.....	2-14
圖 2-19 提供會員註冊功能，註冊後以電子郵件開通帳號	2-15
圖 2-20 臺灣沿岸 AIS 基地站的涵蓋分析(資料來源:交通部).....	2-17
圖 2-21 臺灣海域 AIS 基地站設置地點規劃	2-18
圖 3-1 現有與發展中的導航定位系統	3-5
圖 3-2 MarCom 對海事通訊技術與應用的評估	3-8
圖 3-3 DBSCAN 群聚演算法的概念	3-11
圖 3-4 從基隆港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形.....	3-12
圖 3-5 從臺中港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形.....	3-12

圖 3-6 從高雄港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形.....	3-13
圖 3-7 高雄港 20 哩範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖	3-13
圖 3-8 高雄港 20 哩範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖	3-14
圖 3-9 高雄港 20 哩範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 91%)....	3-14
圖 3-10 基隆港 20 哩範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖	3-15
圖 3-11 基隆港 20 哩範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖	3-15
圖 3-12 基隆港 20 哩範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 82%)...	3-16
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	3-16
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	3-17
圖 3-15 臺中港 20 哩範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 92%)...	3-17
圖 3-16 沿岸 multi-hop 通訊涵蓋分析(a)基地台位置(b)hop 數	3-18
圖 3-17 在網路地圖上顯示基隆港 S57 ENC 的等深線	3-30
圖 3-18 在網路地圖上顯示交通部運輸研究所的數值路網圖	3-31
圖 3-19 基隆港 ENC 取出的水深點與等深線各點水深	3-32
圖 3-20 水深雷達掃描結果於 GIS 的呈現與驗證	3-33
圖 3-21 水深雷達掃描畫面隨著本船移動時的呈現與驗證	3-33
圖 3-22 航儀模擬程式操作介面-初始設定頁	3-37
圖 3-23 航儀輸出訊息格式設定介面與模擬結果	3-39
圖 3-24 航儀模擬程式之船舶操縱參數與俾舵操控介面	3-39
圖 3-25 Pilot Card 的範例	3-40
圖 3-26 初速 0 艏向 0，全速前進後持續右轉的情形（無水流）	3-41
圖 3-27 模擬船舶從船速 0 設為全速前進的加速情形	3-41
圖 3-28 全程加入水流 2 節 315° 之轉向結果比較	3-42
圖 3-29 多目標船舶交通模擬平台的執行畫面	3-44
圖 3-30 在電子海圖系統上顯示的本船與所有他船	3-44

圖 4-1World View 衛星影像(解像度 50cm).....	4-5
圖 4-2GeoEye 衛星影像(解像度 41cm).....	4-5
圖 4-3 LiDAR 原理示意圖.....	4-6
圖 4-4 多重反射的效應示意.....	4-7
圖 4-5 點雲過濾示意圖.....	4-9
圖 4-6 自適應門檻值示意圖.....	4-10
圖 4-7 地形復原示意圖.....	4-10
圖 4-8 模型重建示意圖.....	4-11
圖 4-9 原始掃瞄之 DSM 模型.....	4-12
圖 4-10 點雲過濾處理後之 DEM 模型.....	4-12
圖 5-1 足印與水深關係示意圖.....	5-2
圖 5-2 本研究之主題與研究範圍	5-2
圖 5-3 定位精度和足印示意圖.....	5-9
圖 5-4 長基線聲學定位(LBL)示意圖	5-10
圖 5-5 短基線聲學定位(SBL)示意	5-11
圖 5-6 超短基線聲學定位(USBL)示意.....	5-12
圖 5-7 應用最佳化方法估算應答器位置之流程	5-14
圖 5-8 應答器實體.....	5-15
圖 5-9 應答器佈放實景.....	5-16
圖 5-10 應答器海底碇放實景.....	5-16
圖 5-11 收發器詢答各支應答器的航行軌跡.....	5-17
圖 5-12CTD 量測所推算出水層聲速剖面	5-17
圖 5-13 四支應答器位置.....	5-18
圖 5-14 定位應答器之斜距殘差	5-19
圖 5-15 長基線定位實驗之收發器詢答軌跡	5-20
圖 5-16 詢答時間間隔 2 秒之長基線定位結果與定位誤差	5-21
圖 5-17 詢答時間間隔 3 秒原始定位誤差	5-21
圖 5-18 詢答時間間隔 4 秒原始定位誤差	5-22

圖 5-19 詢答時間間隔 5 秒原始定位誤差	5-22
圖 5-20 藉由速度感測資料預測收發器位置以改善長基線定位誤差	5-23
圖 5-21 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較	5-24
圖 5-22 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較	5-24
圖 5-23 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較	5-25
圖 5-24 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較	5-25
圖 5-25 感測器對準偏差校正前後之超短基線定位誤差	5-27
圖 5-26 超短基線定位誤差隨半錐角增加而變大	5-27
圖 5-27 修正後之長基線 X 座標與 Y 座標定位誤差	5-28
圖 5-28 水下載具長基線定位的硬體架構	5-29
圖 5-29 水下載具長基線定位的軟體架構	5-30
圖 5-30 長基線定位系統	5-30
圖 5-31 定位資料接收介面	5-31
圖 5-32 ROV 定位導航介面	5-32
圖 6-1 船體形狀與硬體配置示意	6-3
圖 6-2 無人船體的座標系及主要尺度	6-3
圖 6-3 設計船型剩餘阻力係數	6-5
圖 6-4 設計船型摩擦阻力係數	6-6
圖 6-5 設計船型總阻力係數	6-6
圖 6-6 模擬與自航試驗總阻力係數比較	6-7
圖 6-7 不同波浪情況下對起伏運動的影響	6-8
圖 6-8 不同波浪情況下對縱搖運動的影響	6-9
圖 6-9 不同波浪情況下對橫搖運動的影響	6-9
圖 6-10 船體起伏、縱搖與橫搖導致測深結果的誤差	6-10
圖 6-11 水深 15 公尺船體運動導致測深誤差與水深比與波浪週期、波高之關係	6-11
圖 6-12 地球中心慣性座標系	6-13

圖 6-13 地球固定座標系.....	6-14
圖 6-14 地水平座標系統.....	6-14
圖 6-15 附體座標系統.....	6-15
圖 6-16 ECEF 座標系統與 NED 座標系統之轉換關係	6-17
圖 6-17 WGS84 座標系	6-19
圖 6-18 延伸型卡爾曼濾波器定位流程	6-21
圖 6-19 無人船遙控系統架構.....	6-23
圖 6-20 網頁外觀.....	6-24
圖 6-21 探測範圍為 45 度矩形，分割成十等份之路徑點規劃	6-25

表目錄

表 2-1 AIS 設備的安裝要求與實施時程	2-3
表 3-1 國際商港 20 浬範圍內可多躍延伸通訊的平均比例	3-18
表 3-2 臺灣沿岸可多躍延伸通訊的平均比例	3-19
表 3-3 SOLAS 船舶強制安裝 ECDIS 設備的實施範圍與時程	3-20
表 3-4 海運 ITS 空間資料庫內容結構-以基隆港為例	3-24
表 3-5 航儀模擬程式的輸出訊息	3-38
表 3-6 多目標船舶交通模擬平台輸出船舶資料的訊息格式	3-43
表 4-1 IKONOS 衛星影像資訊	4-2
表 4-2 QuickBird 衛星資訊.....	4-2
表 4-3 福衛二號衛星資訊.....	4-3
表 4-4 SPOT5 衛星資訊.....	4-4
表 5-1 多音束測深系統儀器規格	5-4
表 5-2 長基線 PinPoint 1500 系統規格.....	5-13
表 5-3 應答器座標位置.....	5-18
表 6-1 無人船性能預估所選擇的主要尺寸	6-4
表 6-2 推力估算與量測所得的船速	6-7
表 6-3 WGS84 參數.....	6-19
表 6-4 延伸型卡爾曼濾波器定位演算法處理流程	6-22

第一章 前言

為持續提升我國相關競爭力，避免錯失產業機會，因應前述國際e-化航行之趨勢，並貫徹「加強海洋科技研發、永續發展海洋產業」等政府政策，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。因此本計畫的目的在於以前期計畫所建立之電子海圖服務為基礎，加入船舶自動識別系統(AIS)站台的設置與資料庫系統的整合，來實現e-化航行目標。由於海運的國際化特性，國際海事組織(IMO)已決議優先發展「e-Navigation Strategy」，本研究首要目標在以「智慧型海運系統」來達成臺灣海域航行智慧化。另一方面次要目標則以「海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究遙測技術」來取得嶄新的海岸監測資料，針對海岸帶地理資訊提出綜合管理的方法，以作為開發利用海岸帶資源和保護環境時提供最快速、準確、有效的諮詢和決策。本研究亦提出「以水下載具進行多音束測深之研究」來將多音束測深系統安裝在水下載具上，藉此方式有效的提高量測精度及解析度，希望對於近岸及離岸海洋工程、港灣結構物之測繪及水下特徵物之搜尋等方面之應用有所幫助。最後，為了水下載具的運作，本研究另針對「太陽能驅動之智慧型無人船舶」進行探討，研發近岸海洋資料蒐集、測量、資料傳送與輔助救難的自動控制船舶技術，未來可進一步延伸為架構在無線網路上之無人船隊系統，藉由無人船隻間之相互通訊，可以施行大規模的海岸測量與監控。本研究的主要工作內容如下：

1. 建立臺灣海域船舶動態資訊系統：

本研究完成臺灣海域及基隆港、臺北港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、馬公港、開元港等8個主要港口之船舶自動辨識系統(AIS)建置並持續維運中。為了整合各個港口之船舶自動辨識系統(AIS)，本研究更透過網路建置了一套可以整合與查詢各站船舶動態資訊系統；配合本套網路系統之建置，可供查詢、瀏覽及統計分析臺灣各主要港口進出港船舶動態資訊，達成臺灣海域航安管理全面電子化，進而實現臺灣智慧型海運系統的總目標。

2. 智慧化海運系統建立之研究：

智慧化海運系統(Maritime ITS)的基本要素在於船舶、港埠、以及船岸間的資通訊技術(ICT)應用，也就是所謂的「e-化航行

(e-Navigation)」。本計畫主要是以行動寬頻航行與航運資訊服務、船舶動態資訊融合與決策支援、港區航行階段無線電助導航定位服務、智慧型船舶資通訊平台、利用船舶自動識別系統(AIS)之交通流分析等課題進行研究，俾利建立臺灣海域的智慧化海運系統。

3. UAV 攝像及影像處理技術之設計與開發：

本計畫應用 3S(全球定位系統、遙感探測、地理資訊系統)空間資訊，建立多尺度的海岸帶及近海衛星遙測綜合應用之地理資訊系統，實現對海岸帶的動態發展和變化趨勢進行模擬和分析，為合理開發利用海岸帶資源和保護環境提供快速、準確、有效的資訊諮詢和決策支援。近年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高，無人載具(UAV)技術快速發展，具有低成本、高機動即時攝像的特性，可補足一般遙測影像攝像時間解析度及天候條件之不足；本研究以最新的空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)技術來獲取高精度海岸帶地形資料；另外以差分雷達干涉技術(D-InSAR)來偵測大範圍、高精度的地面高程變化；同時建置網路基礎三維地理資訊系統(Web-3D GIS)管理模式，將影像資料進一步來儲存、管理、分析。可以提供海岸調查、規劃、管理及監測時的應用與參考。

4. 長基線之水下定位系統的精度探討：

本研究重點在探討水下定位相關問題，而長基線的水下定位精度與水下多音束測深系統精度更是本研究的主要課題，接續水下定位系統精度探討後，其水下量測系統介面的開發將是本研究最後預期達成的目標。傳統多音束測深技術大多是以船隻為載具，然而多音束測深系統之橫搖角(roll)、縱搖角(pitch)、上下起伏(heave)、橫擺角(yaw)等船隻姿態，極易受到海面波浪、沿岸海流及潮汐之影響，而導致測深品質不一，需要花費較多的時間來進行資料篩選及品管。另外，多音束測深之足印(footprint)大小與水深成正比，若採用目前解析度極高的多音束測深儀來量測，則每一筆水深可能涵蓋的海床範圍約介於 1-4m，且約間隔 1.44m 才會有一筆水深資料，這些先天的限制條件並不利於水下管線狀態之探測、微地形(micro-topography)或水下特徵物之搜尋等工作之進行，本研究將對此問題來進行必要的探究，來改善水下量測技術的精度與誤差。

5. 自主式無人船舶設計：

本研究重點為設計、製作與測試一具自主式無人工作小船，採用穩定之船體設計，利用太陽能與充電電池驅動，建立其在淺海區域之精密導航定位與路徑追隨自動控制系統。具有自動導航定位功能、攜

帶多種探測儀器、使用太陽能與充電電池驅動之自主式無人船舶系統，可以做為海洋研究資料蒐集、測量與海上救難之輔助工具。在近岸、淺水域之工作之研究測量船隻，其作業之困難為無法做精確的路徑控制、測量信號受到風浪影響容易受到干擾，且工作小船之操縱需要人力，推進速度過高不利資料精度等，這些工作條件使得近岸海域研究與測量工作之成本昂貴且費時，在海況惡劣時甚至會危及人員的安全。未來此無人工作船可攜帶多種量測儀器，自動施行港口之水深、水流剖面、地形、沈積物資料蒐集與測量等工作，且可將資料藉由無線電波傳送至岸上之監控電腦來進行控制。

第二章 建立臺灣海域船舶動態資訊系統

為了儘速達成臺灣海域航安管理全面電子化，進而實現臺灣智慧型海運系統的總目標，本研就完成臺灣海域及基隆港、蘇澳港、臺北港、臺中港、高雄港、花蓮港、馬公港、開元港等 8 個主要港口之船舶自動辨識系統(Automatic Identification System, AIS)建置，並且透過網路整合了各站的動態資訊，建立了一套可以動態查詢臺灣海域船舶的動態資訊系統，一般使用者只要透過網際網路就可以查詢、瀏覽及統計分析臺灣各主要港口進出港的即時船舶動態資訊。

2.1 船舶自動辨識系統

依據國際海事組織(IMO)訂定的 Universal 標準，AIS 的主要功能有三：一是船舶之間的避碰（船對船模式）；二是船舶報告（ship reporting）供沿海國取得船舶及其貨載資訊；三是做為船舶服務系統 VTS 的交通管理（船對岸模式）工具。另外的延伸性功能諸如助航與海上搜救等。AIS 可以自動自發連續地將本船 GPS/DGPS 位置、動態與識別等相關資料廣播給他船以及 AIS 岸台。不僅可以接收他船或岸台 AIS 發送的資訊，還可以接收 AIS 岸台透過 AIS 廣播的 VTS 雷達目標資訊。

AIS 是由船艦飛機的敵我辨識器發展而成，配合全球定位系統(GPS)，傳輸船舶之靜態訊息、動態訊息以及航程相關訊息(Voyage Related Information)等，其中靜態訊息包括船舶之 IMO 編號、呼號與船名、船長與船寬、船舶類型以及 AIS 天線固定位置，動態訊息包括船舶位置、協調世界時(Coordinated Universal Time; UTC)、對地航向(Course Over Ground; COG)、對地航速(Speed Over Ground; SOG)、船艏向(Heading)、航行狀態、轉率等，而航程相關訊息則包括吃水、危險貨物、目的港口與預定到達時間等。將這些資訊藉由特高頻海事無線電話(VHF)頻道向附近水域船舶及岸台廣播，使鄰近船舶及岸台能及時掌握附近海面所有船舶的動靜態資訊，並採取必要避讓行動因

應，對船舶航行安全非常重要。

AIS 使用 VHF 頻段傳送訊息，所以 AIS 設備的成本相對於雷達設備要低，然而它的涵蓋範圍也較廣。亦即在 VHF 涵蓋範圍內，只要有配備這套 AIS 系統，都能互相傳遞資訊，而它又可分為「船對船」或是「船對岸」兩種方式來傳遞與接收訊息。使用 SOTDMA(Self Organized Time Division Multiple Access) 技術的 AIS，擁有快速的資料更新率，能夠更掌握船舶動態資訊，縱使船舶位於屏障物眾多的河道、峽灣或群島中，AIS 能夠建立起區域網路(LAN)來互相傳送資訊。由於這種特性，AIS 將為船舶提供一種有效的避碰措施，並增強雷達功能。而且，由於安裝 AIS 的船舶的航行訊息都是無線通訊傳播，因此當地 VTS 站也可以收到。為處理 AIS 訊息，VTS 只需配有 AIS 基站，操作員無須逐個查詢船舶，利用 AIS 就可以獲得所有裝有 AIS 船舶的完整的交通動態訊息。

AIS 除了加強船舶間避免碰撞的措施，還增強了 ARPA 雷達、船舶交通管理系統、船舶報告的功能，在電子海圖上顯示所有船舶可視化的航向、航線、船名等訊息，改進了海事通信的功能，提供了一種與透過 AIS 識別的船舶進行語音和文本通信的方法。AIS 包含兩個 VHF 的 TDMA 接收機與一個 VHF 的 TDMA 發射機，一個 VHF(DSC)的接收機，GPS 衛星導航接收機及微處理機，與可連結其他系統與設備的通訊鏈路。微處理機將船名、船舶識別碼、對地航向、船速及位置等航行資訊形成一個封包，再經過 VHF 透過無線電的方式來傳播，只要在 VHF 的涵蓋範圍並且有裝 AIS 設備的船舶或是基地站，皆可接收這些資訊。

SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea 1974) 公約第五章於2000 年12月通過修訂，將AIS 納入成為強制性的設備要求，確定了所有客輪、航行於國際航線的300總噸以上船舶、以及公約國航行於國內航線的500總噸以上船舶，必須於2002年7月1日起至2008年7月1日止，分階段達成配備AIS 設備的規定。於2002年12月IMO Diplomatic Conference on Maritime Security 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。並附加下列一段文字：

“Ships fitted with AIS shall maintain AIS in operation at all times except

where international agreements, rules or standards provide for the protection of navigational information.”

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。目前 SOLAS Chapter 5 Regulation 19, 2.4 對 AIS 設備的安裝要求與實施時程如下表 2-1 所示。

表 2-1 AIS 設備的安裝要求與實施時程

適用船舶		適用日期 (2002/7/1 日起新造船舶立即適用)	
		2000 年 12 月修正 2002/7/1 起生效	2002 年 12 月修正 2004/7/1 起生效
國際航 線船舶	所有客船	2003/7/1	2003/7/1
	所有液貨輪	2003/7/1 起 安全設備檢驗前	2003/7/1 起 安全設備檢驗前
	所有 50000 總噸以上船舶	2004/7/1	2004/7/1
	所有 10000-50000 總噸船舶	2005/7/1	2004/7/1 起，安全設備 檢驗前，最遲在 2004 年 12 月 31 日前
	所有 3000-10000 總噸船舶	2006/7/1	
	所有 300-3000 總噸以上船舶	2007/7/1	
非國際 航線船 舶	所有客船	2008/7/1	
	所有 500 總噸以上貨船	2008/7/1	

其中不受 SOLAS 規範的船舶包括：戰艦、海軍船舶、政府非營利用船舶；而下列船舶則由各國政府決定是否適用或適用的範圍：

1. 只在領海基線內水域作業之船舶。
2. 一百總噸以下所有航線之船舶。
3. 五百總噸以下非國際航線之船舶。
4. 漁船。

2.2 臺灣海域船舶動態資訊系統

本研究已經完成基隆港、蘇澳港、臺北港、臺中港、高雄港、花蓮港、馬公港、開元港等 8 個主要港口之船舶自動辨識系統(AIS)站

台的建置，為了整合各個港口之船舶自動辨識系統(AIS)站台，本研究建立了可以整合與查詢各站船舶動態資訊之網路系統，一般使用者可以查詢、瀏覽及統計分析臺灣各主要港口進出港船舶動態資訊，藉由此套系統可以儘速達成臺灣海域航安管理全面電子化，進而實現臺灣智慧型海運系統的總目標。

船舶動態資訊系統規劃有「網路船舶動態地理資訊模組」、「船舶航向資訊模組」、「港口、船舶與接收站動態統計分析模組」、「港口與船舶相簿管理模組」、「網頁討論區模組」、「權限控管模組」等七大模組，簡述如下：

1. 網路船舶動態地理資訊模組：

本研究的網路船舶動態地理資訊系統模組功能有：顯示船舶、港口、接收站位置，針對不同種類物件以不同圖示顯示，圖元可以以開關控制，且地圖可以放大、縮小、平移、旋轉、切換不同底圖設定；可以顯示滑鼠所在座標、船舶不同種類使用不同圖示表示，其船舶動態地圖資訊模組如圖 2-1 所示。另外船舶圖示可清楚辨識船舶航向，港口與 AIS 接收站到資訊，船舶位置可以自動更新與手動更新，並統計目前地圖之船舶數量，可以開關船舶名稱顯示視窗，其船舶動態資訊軌跡顯示及匯出至 google earth 功能如圖 2-2 所示。

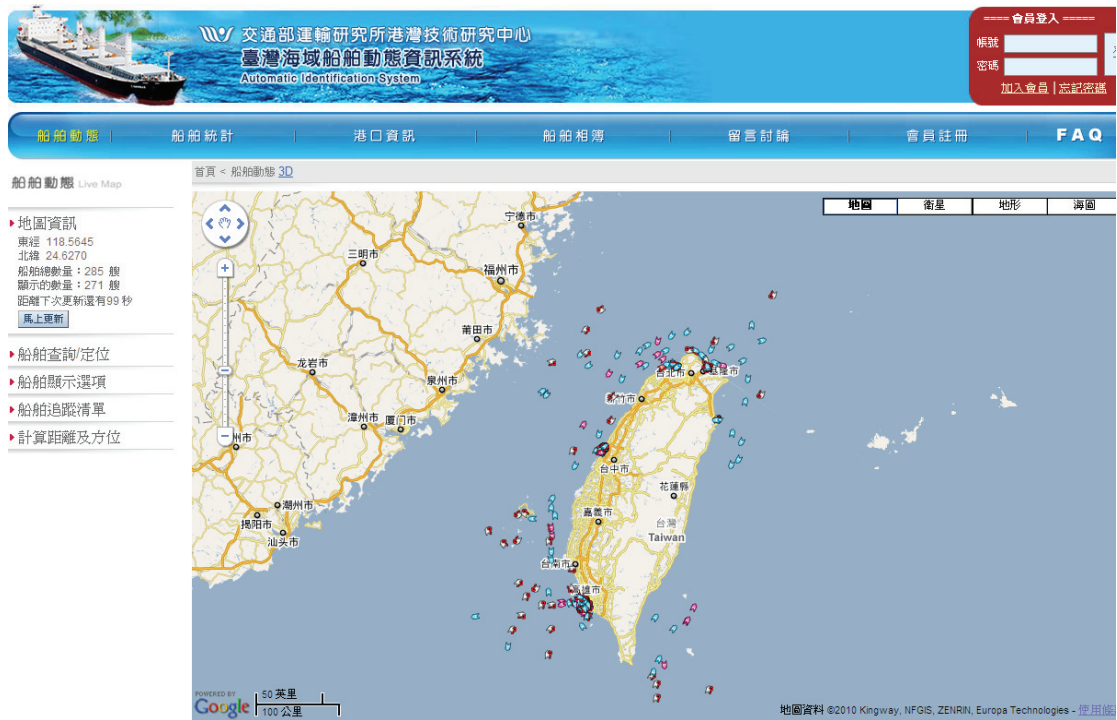


圖 2-1 船舶動態地圖資訊模組



圖 2-2 船舶動態資訊軌跡顯示及匯出至 google earth 功能

2. 船舶航向資訊模組：

船舶航向資訊模組包含以下功能：提供關鍵字查詢、船舶種類查詢、目的碼頭查詢、船舶進出各港口之清單查詢、到達與駛離之船舶資訊查詢、歷史點位查詢等查詢功能，其船舶航向資訊模組如圖 2-3 所示。

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
臺灣海域船舶動態資訊系統
Automatic Identification System

====會員登入====
帳號: 登入
密碼:
加入會員 | 忘記密碼

船舶動態 | 船舶統計 | 港口資訊 | 船舶相簿 | 留言討論 | 會員註冊 | FAQ

船舶統計 Ships Statistics

即時船舶清單
全部船舶清單
船舶進出口查詢
到達與駛離之船舶查詢
船舶歷史位置查詢

首頁 < 船舶統計 < 即時船舶清單

船舶類別: -所有類別- 航行狀態: -全部- 查詢條件: -列出全部- 查詢 資料數量: 303筆

船名	船型	航速 (節)	航向	目的地	預計到達時間	所屬國家	目前港口	接收時間	MAP
M.V. LOK RAJESHWARI	貨船	12	10.3°	NANTONG	2010-02-10 08:00:00	India (Republic of)		2010-02-09 08:05:37	
	貨船	14	50.3°		0000-00-00 00:00:00	Panama (Republic of)		2010-02-09 08:05:36	
UBC MOBIE	貨船	0	230.1°	HUA LIEN	2010-02-08 08:00:00	Netherlands (Kingdom of the)		2010-02-09 08:05:36	
NISSHIN TRADER		13.4	200°	DAMPIER, AUS.	2010-02-16 20:00:00			2010-02-09 08:05:36	
THOR INTEGRITY	貨船	0.1	43.1°	HOPING TAIWAN	2010-02-08 06:00:00	Thailand		2010-02-09 08:05:35	
LIEN SHUAN	貨船	0.1	309°	TAIPEI PORT	2010-02-06 00:30:00	Taiwan (Republic of China)	基隆港	2010-02-09 08:05:34	
EVER EXPRESS		10.4	116.8°	HUALIEN TAIWAN	2010-02-09 01:30:00	Taiwan (Republic of China)		2010-02-09 08:05:27	
	油輪	14.6	16.5°		0000-00-00 00:00:00	Hong Kong (Special Administrative Region of China)		2010-02-09 08:05:26	
ANANGEL ZHONGTE		15.1	14°	MAJISHAN	2010-02-10 08:00:00	Greece		2010-02-09 08:05:16	
PACIFIC APOLLO	油輪	14	202°	SHANGHAI, CHINA	2010-02-10 16:00:00	Hong Kong (Special Administrative Region of China)		2010-02-09 08:05:12	
MILLION T		8	211.1°	MANILA	2010-02-11 13:00:00			2010-02-09 08:05:08	
RANIA	貨船	12.2	23°	TAEAN, SOUTH K (<=	2010-02-12 09:00:00	Panama (Republic of)		2010-02-09 08:04:50	
GRAND VIEW		0	92.3°	HUA LIEN TAIWAN	2010-02-05 18:00:00	Hong Kong (Special Administrative Region of China)	花蓮港	2010-02-09 08:04:22	
JBU ORIENT		14.5	0.3°	LANSHAN	2010-02-12 07:00:00			2010-02-09 08:04:19	
STARCM		0	131.4°		2010-00-00 00:00:00	Georgia		2010-02-09 08:04:19	

12345678910...

交通部運輸研究所港灣技術研究中心 版權所有 Harbor & Marine Technology Center I.O.T. M.O.T.C.

圖 2-3 船舶航向資訊模組

另外針對船舶詳細基本資料(如圖 2-4)則包含以下功能：基本資料：船舶名稱、船舶類型、船舶長度、船舶寬度、記錄的速度(最大/平均)(SOG；Speed over Ground)、船舶國籍、船舶呼號(Call Sign)、IMO、MMSI 等。目前位置資料：船舶航行狀態、船舶位置經緯度、船舶速度(SOG；Speed over Ground)、船舶航向(COG；Course over Ground)、船舶艏向、船舶迴轉率、船舶定位設備、定位準確度、目前停靠碼頭、最近停靠的碼頭、目前接收 AIS 資料時間點等。目前航行資料：船舶吃水深度、目的地、預估到達時間(ETA)、目前接收 AIS

資料時間點等。最近進出港記錄(Recent Port Calls)：港口名稱、進港時間、離港時間等。船舶目前位置之地圖連結顯示功能(如圖 2-5)，並且提供到達與駛離之船舶資訊查詢顯示功能(如圖 2-6)。

船舶動態 | **船舶統計** | 港口資訊 | 船舶相簿 | 留言討論

首頁 < 船舶統計 < 船舶詳細資料

LIEN SHUAN

船舶基本資料

國籍：Taiwan (Republic of China)
 船舶類別：貨船
 長度X寬度：96m X 17m
 MMSI：41629000
 IMO：0
 呼號：BNDE

目前位置資料

航行狀態：以主機動力航駛

位置經緯度：121.7431°/25.13715°
 船舶航向：309°
 船舶航速：0.1節
 船舶航艙：-1
 迴轉率：-1
 定位設備：GPS(全球衛星定位系統)
 定位準確度：0
 目前停靠港口：基隆港

目前航行資料

最大吃水深度：5.2m
 目的地：TAIPEI PORT
 預估到達時間：2010-02-06 00:30:00
 AIS資料接收時間：2010-02-09 08:15:14

最近進出港紀錄

港口	進港時間	離港時間
花蓮港	2010/2/5 上午 09:00:45	2010/2/5 上午 10:18:34
花蓮港	2010/2/3 上午 09:21:54	2010/2/3 下午 12:04:48
花蓮港	2010/2/1 上午 09:16:42	2010/2/1 下午 12:24:54
基隆港	2010/1/22 下午 02:01:34	2010/1/22 下午 07:11:04
花蓮港	2010/1/15 上午 09:08:41	2010/1/15 上午 11:54:40

[more...](#)

圖 2-4 船舶之航向詳細資料

交通部運輸研究所臺灣技術研究中心
臺灣海域船舶動態資訊系統
Automatic Identification System

會員登入

帳號
密碼
加入會員 | 忘記密碼

船舶動態 | **船舶統計** | 港口資訊 | 船舶相簿 | 留言討論 | 會員註冊 | **FAQ**

船舶動態 Live Map

地圖資訊
 東經 126.5845
 北緯 23.9682
 船舶總數量：296 艘
 顯示的數量：281 艘
 距離下次更新還有95秒
[馬上更新](#)

船舶查詢/定位
 船舶顯示選項
 船舶追蹤清單
 計算距離及方位

地圖 衛星 地形 海圖

MMSI: 416290000
 船舶名稱: LIEN SHUAN
 航行狀態: 以主機動力航駛
 航行方位: 192°
 航行速度: 12.9節
 長度: 96m X 17m
 定位設備: GPS
 預估到達時間: 2010-02-14 21:00:00

[加入追蹤](#) | [查看報表](#) | [詳細資料](#) | [匯出數據](#) | [設為中心](#)

地圖資料 ©2010 Kingway, NFGIS, ZENRIN, Europa Technologies - 使用

圖 2-5 船舶目前位置之地圖連結顯示功能



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
臺灣海域船舶動態資訊系統
Automatic Identification System

==== 會員登入 ====

帳號
密碼

加入會員 | 忘記密碼

船舶動態 | 船舶統計 | 港口資訊 | 船舶相簿 | 留言討論 | 會員註冊 | FAQ

船舶統計
Ships Statistics

即時船舶清單
全部船舶清單
船舶進出港口查詢
到港與駛離之船舶查詢
船舶歷史位置查詢

首頁 < 船舶統計 < 到港與駛離之船舶查詢

港口: --所有港口-- 查詢條件: --列出全部-- 查詢

資料數量: 29

港口	船名	MMSI	到達時間	駛離時間
台中港	TAIPOWER PROSPERITY2	416347000	2010-02-08 22:49:24	
台中港	CHUNG 420	416392000	2010-02-08 22:49:21	
台中港	BAY FUH	352779000	2010-02-08 22:49:19	
台中港	MEISHU	431576000	2010-02-08 22:49:19	
台中港	CHUNG 413	416000091	2010-02-08 22:49:19	
高雄港	EVER DEVOTE	564386000	2010-02-08 22:49:15	
高雄港	XIAO JIANG	413690160	2010-02-08 22:49:08	
花蓮港	ASIA CEMENT NO2	416123000	2010-02-08 16:58:43	
高雄港		209422000	2010-02-08 16:15:33	
花蓮港	DA HONG	416000197	2010-02-08 10:13:53	2010-02-08 12:40:33
蘇澳港	SOUTHERN FALCON	352306000	2010-02-06 09:04:13	
台中港	FU WEI	416000094	2010-02-06 09:04:03	
高雄港	FAR SAILING	667878000	2010-02-06 09:03:50	
基隆港	VEGA DAVOS	636090997	2010-02-06 09:03:49	
高雄港		416003942	2010-02-06 08:59:40	

<< 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 >>


交通部運輸研究所港灣技術研究中心 版權所有 Harbor & Marine Technology Center I.O.T.M.O.T.C.

圖 2-6 到達與駛離之船舶資訊查詢顯示功能

3. 港口、船舶與接收站動態統計分析模組：

港口、船舶與接收站動態統計分析模組功能有：提供英文字母搜尋港口、各港口之船舶停靠數量統計分析(如圖 2-7)、各港口之最近 24 小時到達船舶數量統計分析(如圖 2-8)、提供各港口之最近 24 小時駛離船舶數量統計分析(如圖 2-9)、提供各港口之即將到達之船舶數量統計分析(如圖 2-10)、提供國際港及主要港口各項之圖表統計分析(如圖 2-11)、提供接收站各項之圖表統計分析(如圖 2-12)、提供以地圖方式顯示接收站之接收範圍(如圖 2-13)。



圖 2-7 各港口之船舶停靠數量統計分析



圖 2-8 各港口之最近 24 小時到達船舶數量統計分析



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
臺灣海域船舶動態資訊系統
Automatic Identification System

會員登入
帳號
密碼
加入會員 | 忘記密碼

船舶動態 | 船舶統計 | 港口資訊 | 船舶相簿 | 留言討論 | 會員註冊 | FAQ

港口資訊 Ports Info

▶ 港口停靠數量統計分析

▶ 停靠/駛離船舶統計(24hrs)

▶ 港內船舶清單

▶ 即將到港船舶清單

▶ 接收站清單

首頁 < 港口資訊 < 停靠/駛離船舶統計(24hrs)

港口: --所有港口-- 類型: 駛離 查詢條件: --列出全部-- 查詢 資料數量: 33

時間	船型	港口	船名	MMSI
2010-02-08 23:02:25	駛離	台中港	OCEAN FLAVOR	370006000
2010-02-08 22:50:29	駛離	蘇澳港	CSC RONG HAI	477218800
2010-02-08 22:50:01	駛離	基隆港	NYK VERONICA	357224000
2010-02-08 22:49:12	駛離	高雄港	SHIN HSING NO.2	416069600
2010-02-08 21:32:43	駛離	高雄港	SHENG DA 2	375216000
2010-02-08 20:29:40	駛離	台中港	YURITAMOU	372350000
2010-02-08 20:29:39	駛離	高雄港	APL AMAZONITE	563147000
2010-02-08 20:26:57	駛離	台中港	UNI PRUDENT	357980000
2010-02-08 20:26:53	駛離	台北港	XING HUA	372269000
2010-02-08 20:26:52	駛離	台北港	OCEAN GLORY	416317000
2010-02-08 20:26:17	駛離	台中港	TAIPOWER PROSPERITY1	416346000
2010-02-08 20:26:11	駛離	高雄港	SC DALIAN	477177500
2010-02-08 20:26:07	駛離	高雄港	AN PING	667845000
2010-02-08 20:25:56	駛離	高雄港	ASIA 21ST CENTURY	356124000
2010-02-08 20:25:33	駛離	台中港	CHAO SHAN HE	352457000

<< 1 2 3 >>

 交通部運輸研究所港灣技術研究中心 版權所有 Harbor & Marine Technology Center I.O.T.,M.O.T.C.

圖 2-9 各港口之最近 24 小時駛離船舶數量統計分析

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
臺灣海域船舶動態資訊系統
Automatic Identification System

====會員登入====
帳號:
密碼:
[加入會員](#) | [忘記密碼](#)

船舶動態 | 船舶統計 | 港口資訊 | 船舶相簿 | 留言討論 | 會員註冊 | FAQ

港口資訊 Ports Info

- ▶ 港口停靠數量統計分析
- ▶ 停靠/駛離船舶統計(24hrs)
- ▶ 港內船舶清單
- ▶ 即將到港船舶清單
- ▶ 接收站清單

首頁 < 港口資訊 < 即將到港船舶清單

港口	船舶類別	查詢條件	查詢	資料數量
台中港	--所有類別--	--列出全部--		33
港口	船名	船型	預計到達時間	MAP
台中港	CHUNG 416		2010-00-00 00:00:00	
台中港	CHUNG 415		2010-00-00 00:00:00	
台中港	CHUNG 421	保留	2010-00-00 00:00:00	
台中港	CHUNG 413	保留	2010-00-10 22:53:00	
台中港	TAI-CHIN 205		2010-00-00 00:00:00	
台中港	CHUNG 422		2010-00-08 03:20:00	
台中港	CHUNG 416	從事潛水作業之船舶	2010-00-00 00:00:00	
台中港	CHUNG 420		2010-00-00 00:00:00	
台中港	DARUMASUN	貨船	2010-01-21 22:00:00	
台中港	WIN STAR	貨船	2010-02-02 17:00:00	
台中港	GUI SHUN	貨船	2010-02-08 17:00:00	
台中港	OCEAN PEACE	貨船	2010-02-09 12:00:00	
台中港	SHINE HO		2010-02-07 16:00:00	
台中港	HO MAO		2010-02-09 07:00:00	
台中港	LIANFENG	貨船	2010-02-09 12:00:00	

123

交通部運輸研究所港灣技術研究中心 版權所有 Harbor & Marine Technology Center I.O.T.,M.O.T.C.

圖 2-10 各港口之即將到達之船舶數量統計分析



圖 2-11 港口各項之圖表統計分析



圖 2-12 接收站各項之圖表統計分析

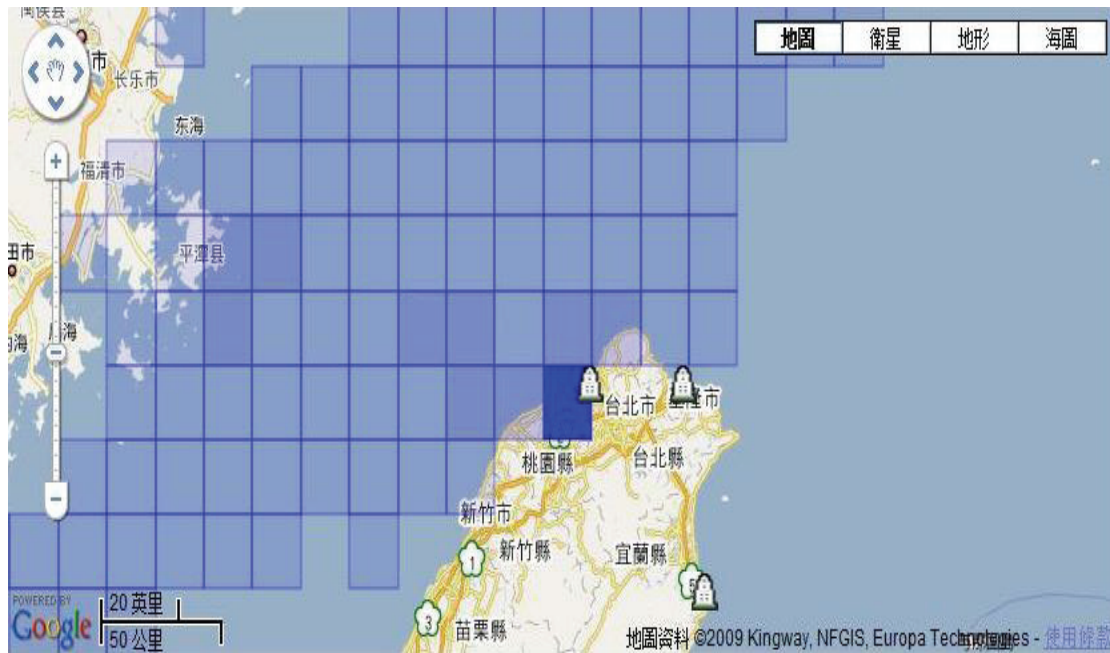


圖 2-13 以地圖方式顯示接收站之接收範圍

4. 港口與船舶相簿管理模組：

港口與船舶相簿管理模組功能有：提供使用者上傳港口與船舶照片功能(如圖 2-14)，港口與船舶相簿管理模組提供網頁瀏覽(如圖 2-15)。

首頁 < 相簿 < 船舶相片上傳

船舶相片上傳

標題：

MMSI 編號：

拍照地點：

拍照時間：

版權所有人-攝影師：

說明：

選擇上傳照片：

上傳檔案格式：".jpg", ".jpeg", ".png", ".gif" 上傳檔案大小限制：1MB

圖 2-14 提供使用者上傳港口與船舶照片功能

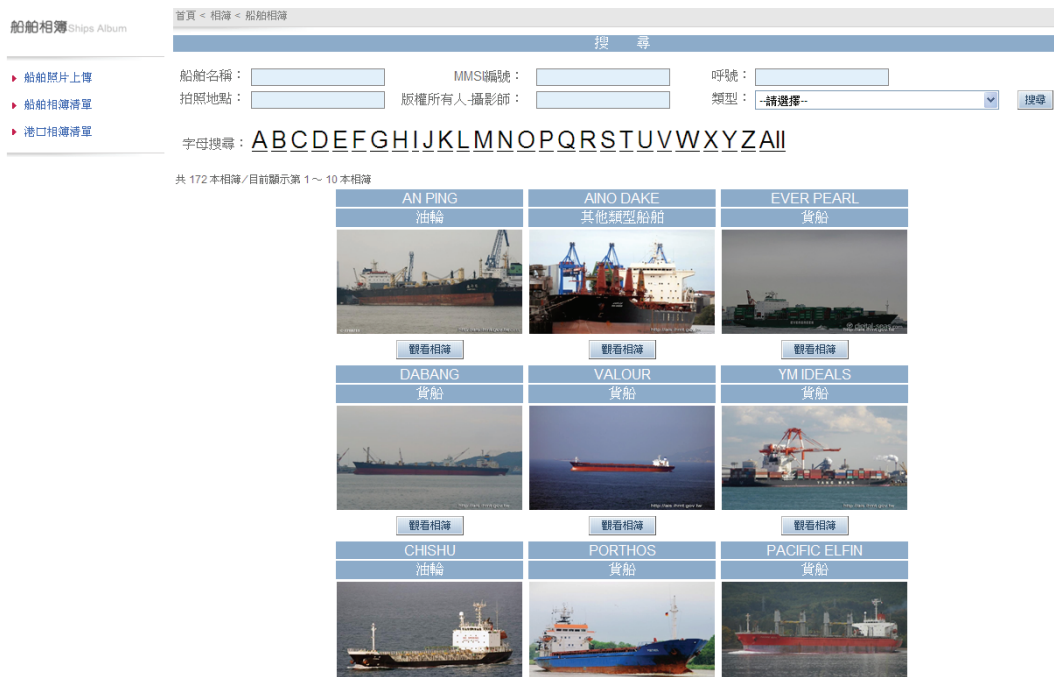


圖 2-15 以列表方式顯示港口與船舶照片

5. 網頁討論區模組：

網頁討論區模組功能有：提供文章張貼、回覆功能(如圖 2-16)。提供討論區管理功能(如圖 2-7)。提供網站 FAQ 功能(如圖 2-18)等。



圖 2-16 提供文章張貼、回覆功能

首頁 < 留言討論 < 留言管理

留言搜尋： 搜尋

目前有10筆留言

管理	標題	作者	發文時間
   測試		測試	2009/11/6 下午 06:26:54
   test		留言板管理者	2009/11/4 上午 11:49:37
   tet		留言板管理者	2009/10/23 下午 04:10:49
   留言測試		關群森	2009/8/20 下午 01:45:10
   123		測試使用	2009/8/19 下午 03:06:33
   測試留言ing		測試使用	2009/8/19 下午 01:42:51
   測試留言		測試使用	2009/8/19 下午 01:41:59
   驗證碼測試		測試用	2009/8/18 下午 06:13:48
   測試驗證		測試使用	2009/8/18 下午 06:11:21
   sdfsd		測試用	2009/8/13 下午 04:02:07

12

圖 2-17 提供討論區管理功能



交通部運輸研究所臺灣技術研究中心

臺灣海域船舶動態資訊系統

Automatic Identification System

會員登入

帳號

密碼

[加入會員](#) | [忘記密碼](#)

[船舶動態](#) | [船舶統計](#) | [港口資訊](#) | [船舶相簿](#) | [留言討論](#) | [會員註冊](#) | [FAQ](#)

FAQ

系統操作手冊下載

- [1. 何謂船舶自動辨識系統 \(Automatic Identification system, AIS\)](#)
- [2. 船舶自動辨識系統 \(AIS\) 的主要功能](#)
- [3. 船舶自動辨識系統 \(AIS\) 的主要設備](#)
- [4. 船舶自動辨識系統 \(AIS\) 的運作方式](#)
- [5. 船舶自動辨識系統 \(AIS\) 目前的使用對象](#)
- [6. 船舶自動辨識系統 \(AIS\) 未來的運用](#)

何謂船舶自動辨識系統 (Automatic Identification system, AIS)

Ans：所謂的船舶自動辨識系統 (AIS) 就是利用無線電通訊技術，透過發射與接收來傳送船舶靜態與動態資料；例如船舶類型、船名、航行狀態、船位等相關訊息，藉以提供用戶自動辨識海上船舶航行資訊的一套系統。

船舶自動辨識系統 (AIS) 的主要功能

Ans：船舶自動辨識系統 (AIS) 主要功能需求有：

- 一、避免船舶間發生碰撞與提高海上航行的安全性。
- 二、提供不同使用者取得各項船舶航行及其載貨資訊。
- 三、作為船舶進出港與航行路線規劃之工具。

交通部運輸研究所臺灣技術研究中心 版權所有 Harbor & Marine Technology Center I.O.T.,M.O.T.C.

圖 2-18 提供網站 FAQ 功能

6. 權限控管模組：

權限控管模組的功能有：提供會員註冊功能，註冊後以電子郵件開通帳號，並提供會員登入後記錄會員登入時間、IP 等資訊(如圖 2-19)。

首頁 < 會員中心 < 會員註冊

加入會員	
*使用者帳號	
*使用者密碼	
*密碼確認	
*使用者名稱	
單位名稱	
*Email	
聯絡電話	
手機	
傳真	
地址	
儲存 取消	

說明：

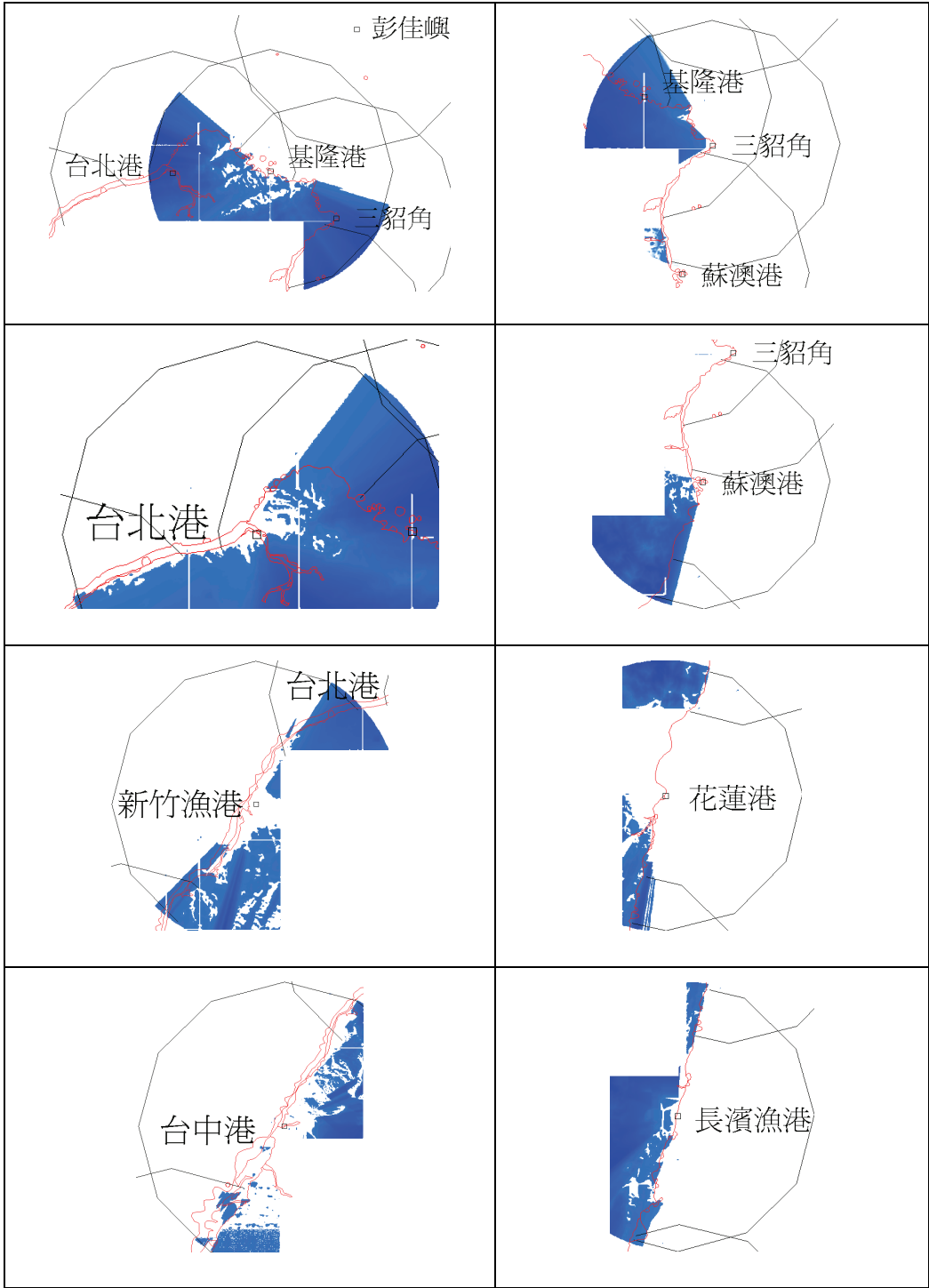
1. 欄位名稱前有加星號(*)的欄位，請填入完整的資料，不可空白。
2. 「使用者帳號」輸入完成，系統會自動檢查是否重複；若是使用重複的帳號，則無法加入會員。
3. 「使用者帳號」及「使用者密碼」這二個欄位，是加入會員後做為登入系統的依據，請將資料妥善保管。
4. 「使用者密碼」及「密碼確認」這二個欄位，所輸入的資料必須完全相同。
5. 「Email(電子郵件)」欄位，請填入符合Email格式的資料；若忘記密碼時，系統會以此Email做為補寄密碼的信箱。
6. 使用者忘記密碼時，需輸入做為系統驗證的欄位有「使用者帳號」及「Email(電子郵件)」。
7. 使用者完成註冊後，請至信箱收取信件，帳號需開通後方可使用！

圖 2-19 提供會員註冊功能，註冊後以電子郵件開通帳號

2.3 臺灣海域船舶自動識別系統規劃

依據交通部委託中華海運研究協會執行之「船舶自動識別與報告系統整合規劃之研究」報告，研究小組利用臺灣沿岸地形高度資料與電子海圖岸線資料，利用MAPINFO 地理資訊系統的Vertical Mapper 工具模組進行空間視域分析。另以Line-of-sight 可見範圍做為較嚴格的無線電涵蓋範圍的規劃，得出了臺灣本島沿岸AIS基地站的涵蓋分析如圖2.20所示。而本研究於2009年完成本島6座與離島2座AIS基地台的架設，並實際運作1年後之評估，臺灣本島的AIS至少需設置15座基地台才能充分涵蓋；而離島部分則建議設置澎湖、彭佳嶼、蘭嶼、

金門、馬祖、東沙等6座基地站來以延伸臺灣海域AIS的涵蓋範圍；而其臺灣海域AIS基地站設置地點規劃則如圖2.21所示。



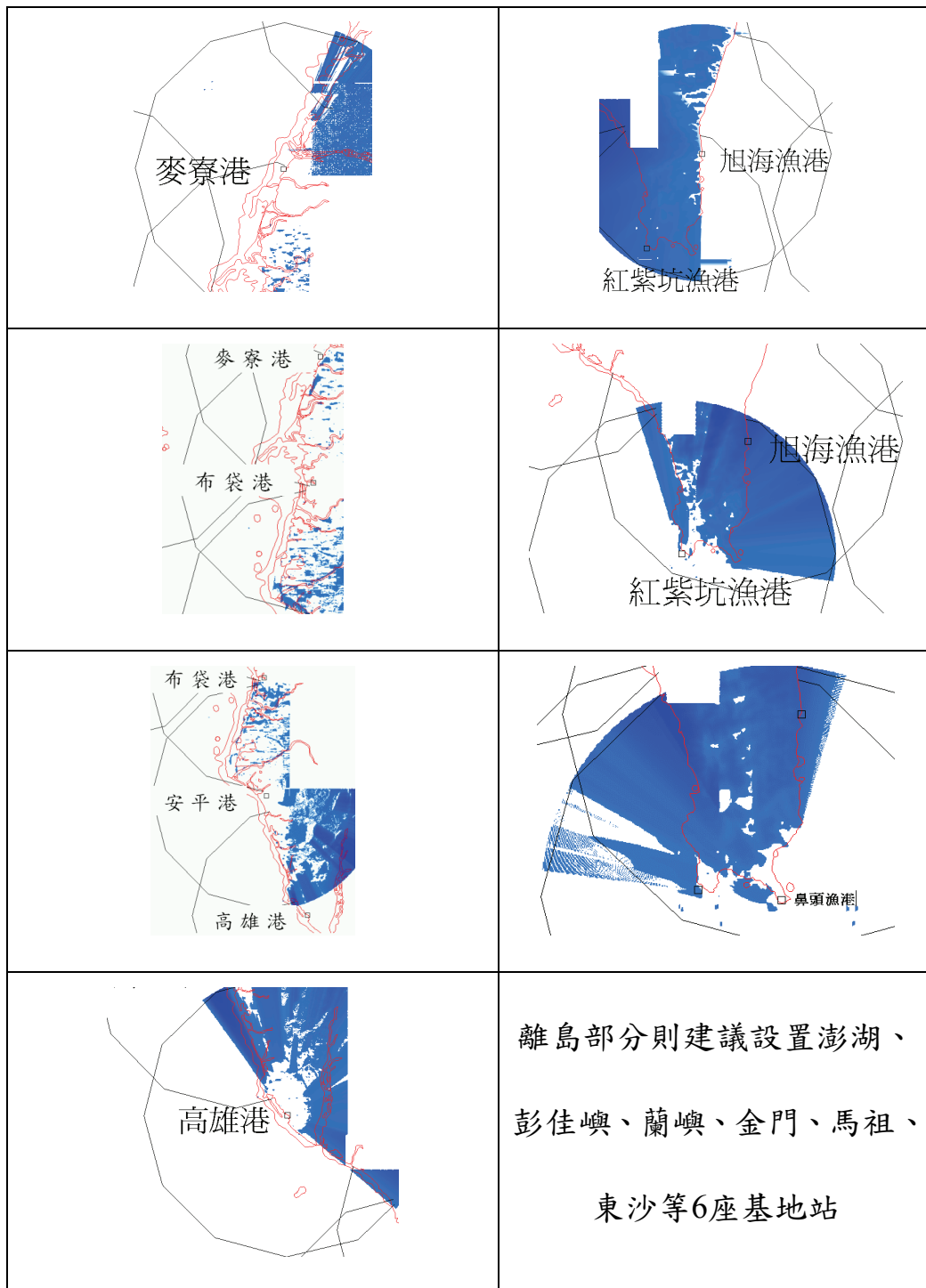


圖 2-20 臺灣沿岸 AIS 基地站的涵蓋分析(資料來源:交通部)

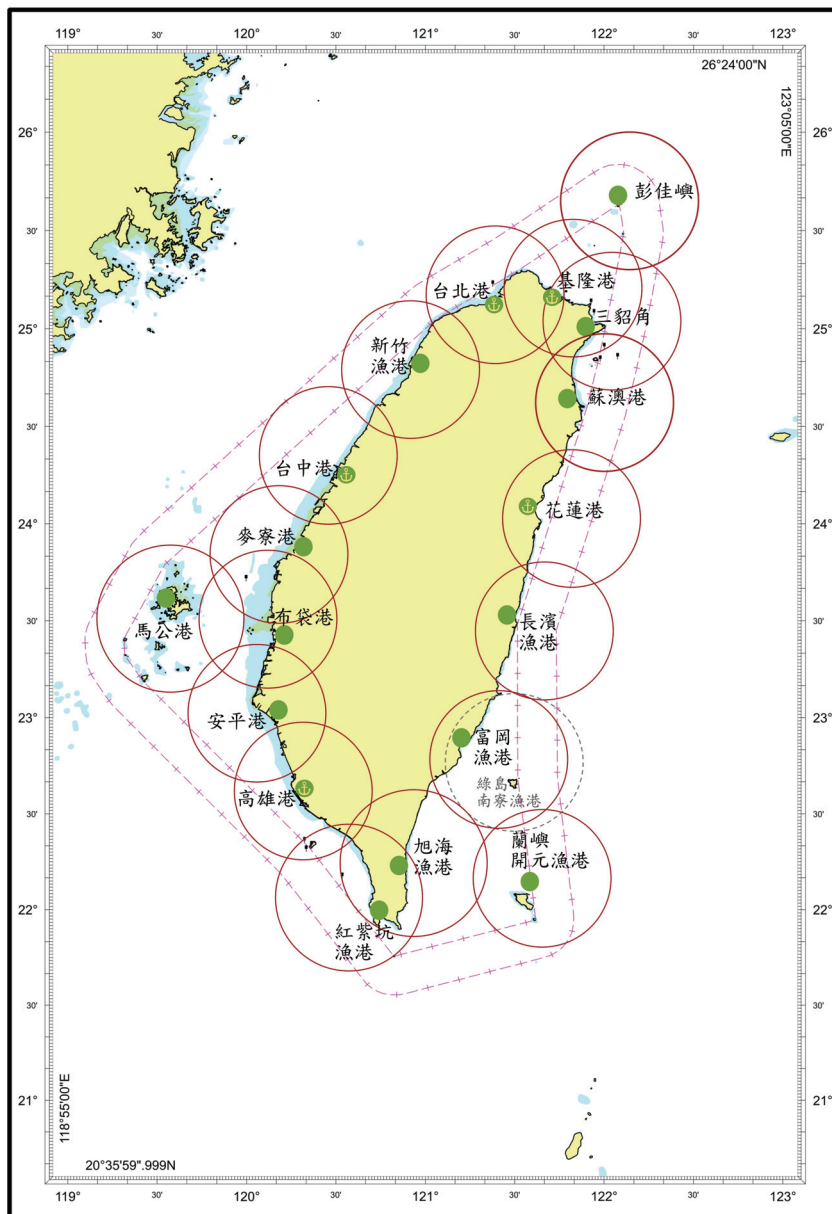


圖 2-21 臺灣海域 AIS 基地站設置地點規劃

針對「船舶自動識別與報告系統整合規劃之研究」報告，本研究於實際架設AIS基地台(本島6座與離島2座)運作後，對於AIS基地台的涵蓋分析有以下補充說明：

1. 以基隆港AIS 站（規劃設於基隆港VTS）而言，模擬分析與實測結果都顯示：鼻頭角以東海域受到遮蔽，西側收訊範圍只能到富貴角。蘇澳港的AIS 基站北面只達三貂角。因此建議至少應於三

貂角加設一AIS 站。

2. 臺北港AIS 站的東北方向約可涵蓋到麟山鼻，與基隆港AIS 站互補。
3. 高雄港AIS 站受到萬壽山遮蔽的部分恰可由安平港AIS 站提供涵蓋。
4. 布袋港、麥寮港、安平港三站的重疊範圍較大，可以適當規劃採用方向性天線，區分為扇形涵蓋區，以提高通訊容量。

第三章 智慧化海運系統建立之研究

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。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，以及歐盟正推動的 e-Maritime。

本研究現階段的重點工作有三項：

- (1) 智慧化海運系統之導航定位服務。
- (2) 智慧化海運系統之寬頻通訊服務。
- (3) 智慧化海運系統之地理空間資訊服務。
- (3) 「整合船橋系統(Integrated Bridge System,IBS)」平台之建置。

3.1 智慧海運系統之導航定位服務

3.1.1 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，決定是否將該系統納入成為 WWRNS 的組成系統之一。而 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)”。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 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 內，警戒值 25m，10 秒內發出警報。

3.1.2 全球導航衛星系統(GNSS)

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 3-1 是現有與發展中的定位導航計時系統(Positioning, Navigation and Timing, PNT)。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(IFS)、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。

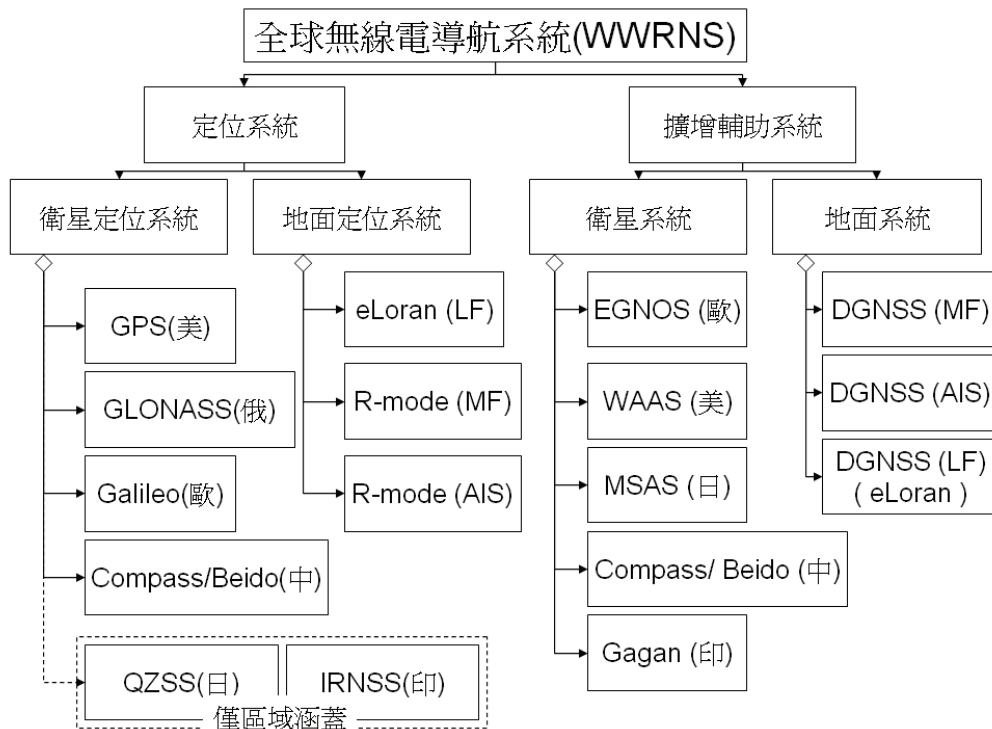


圖 3-1 現有與發展中的導航定位系統

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。

3.2 智慧海運之寬頻通訊服務

3.2.1 智慧化海運的通訊需求

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。其他通訊需求則概述如下：

1. 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。
2. 技術支援：技術支援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。
3. 客輪管理：客輪管理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。

4. 海洋測量：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。

3.2.2 可用通訊系統與技術評估

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 3-2。無論 MarNIS 或 MarCom，其研究結果其實相當一致。

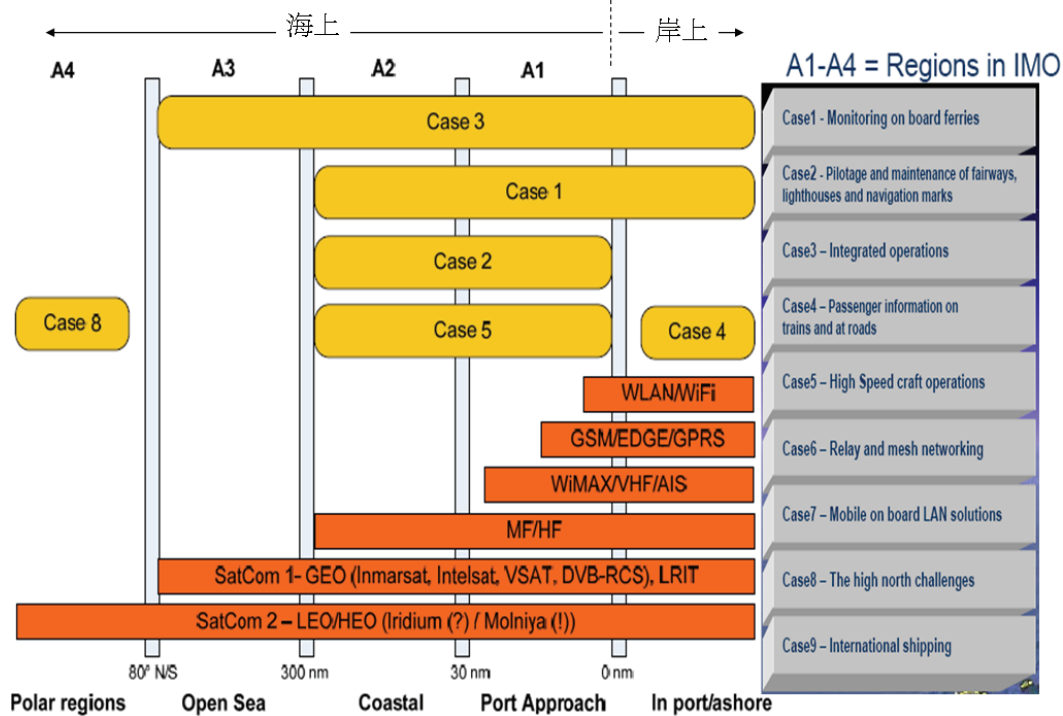


圖 3-2 MarCom 對海事通訊技術與應用的評估

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。

鈹衛星(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 2x9.6kbps，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。

3.2.3 WiMAX 海上應用技術研究

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。

3.2.4 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。

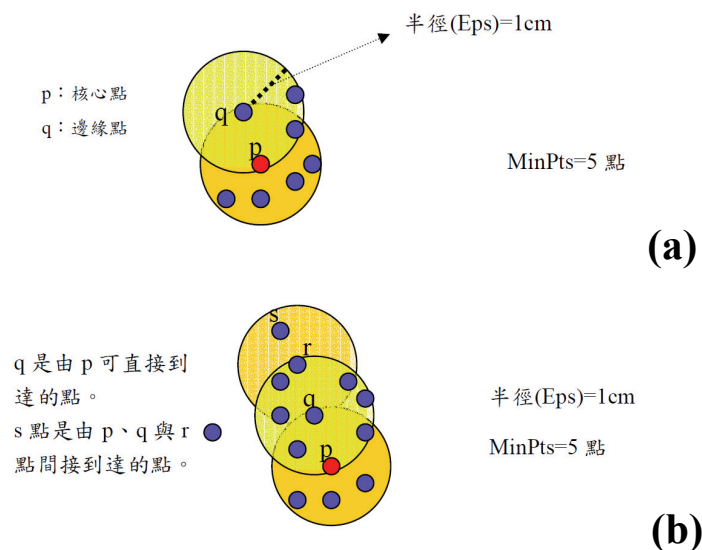


圖 3-3DBSCAN 群聚演算法的概念

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。

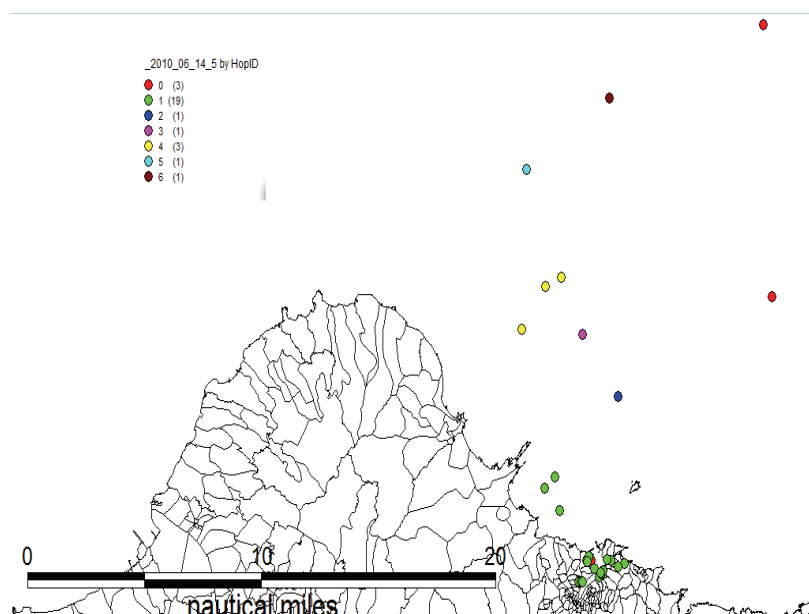


圖 3-4 從基隆港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形

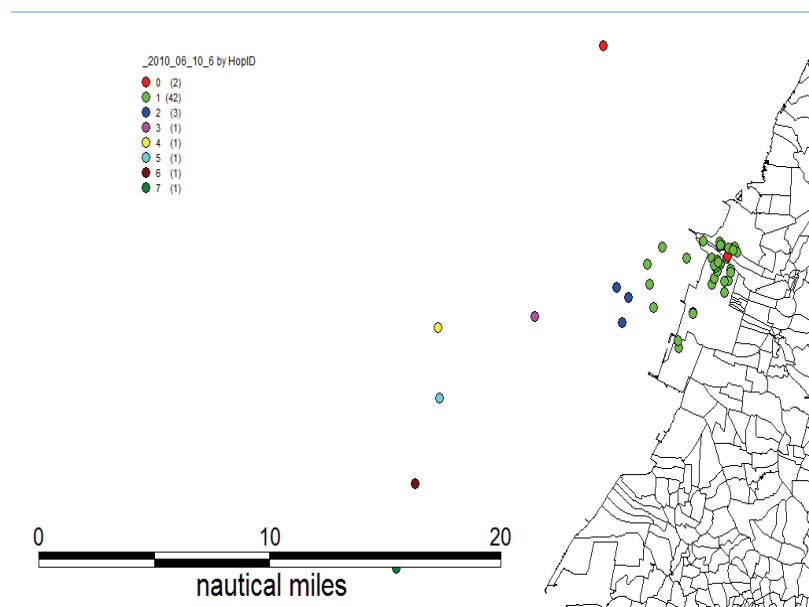


圖 3-5 從臺中港岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形

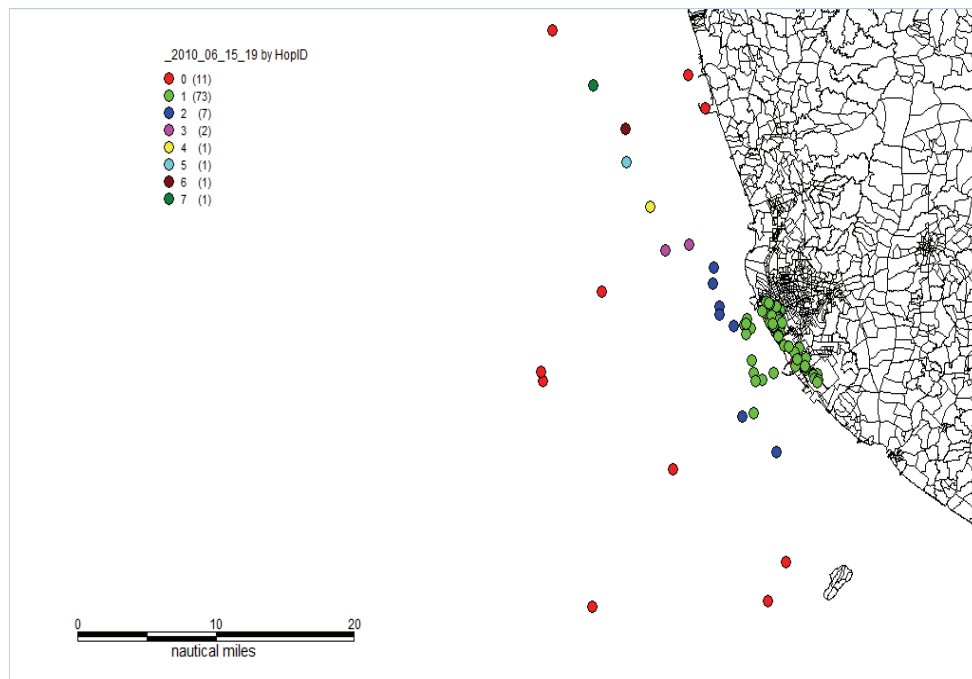


圖 3-6 從高雄海岸台 multi-hop 延伸涵蓋的情形

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 浬距離內船舶可於 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。

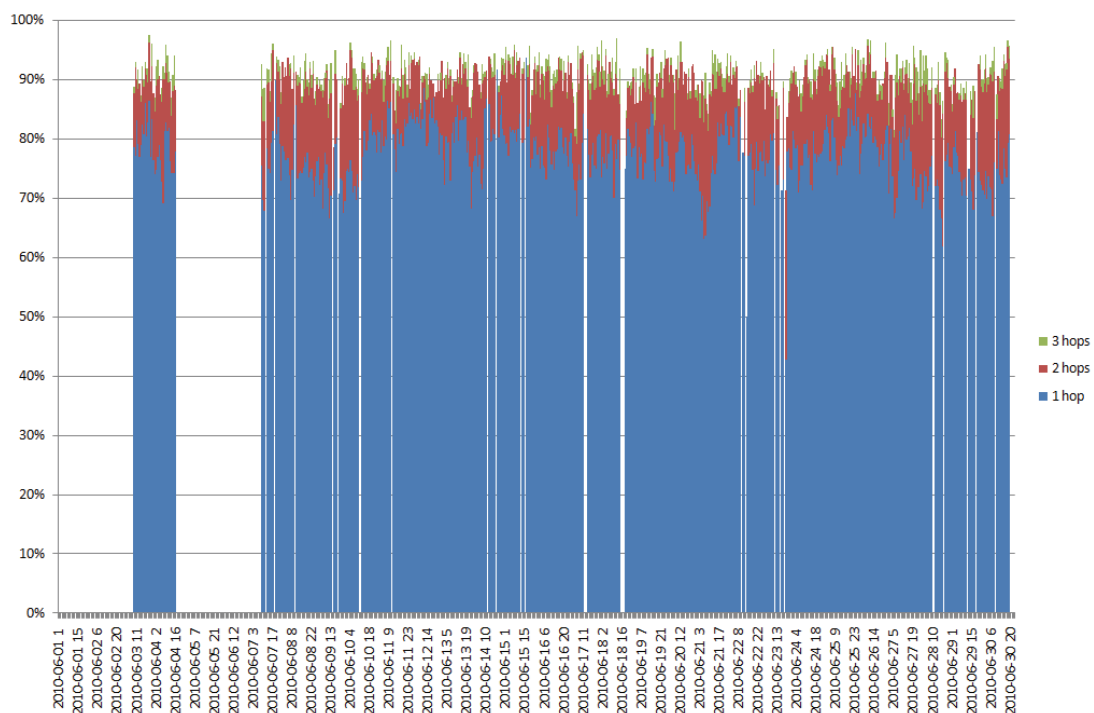


圖 3-7 高雄港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

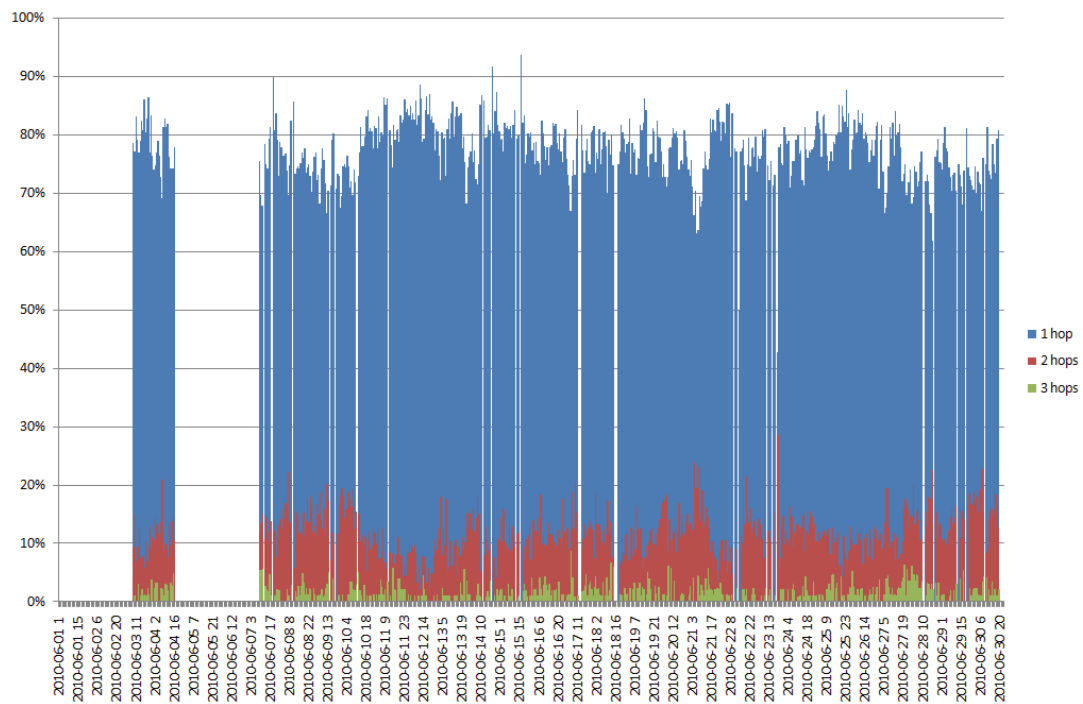


圖 3-8 高雄港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖

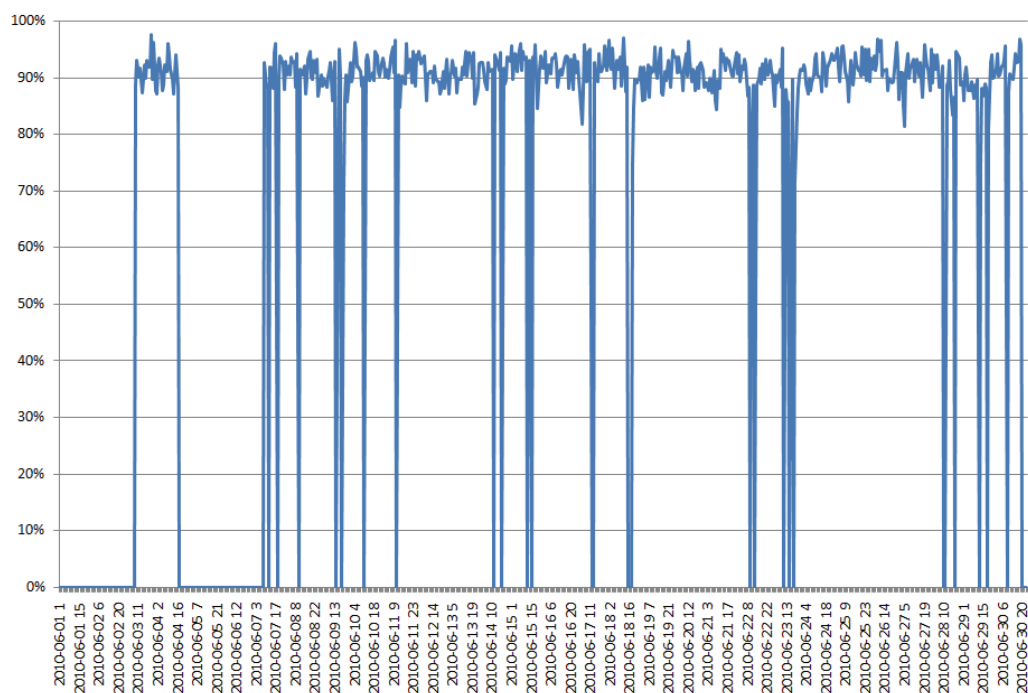


圖 3-9 高雄港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 91%)

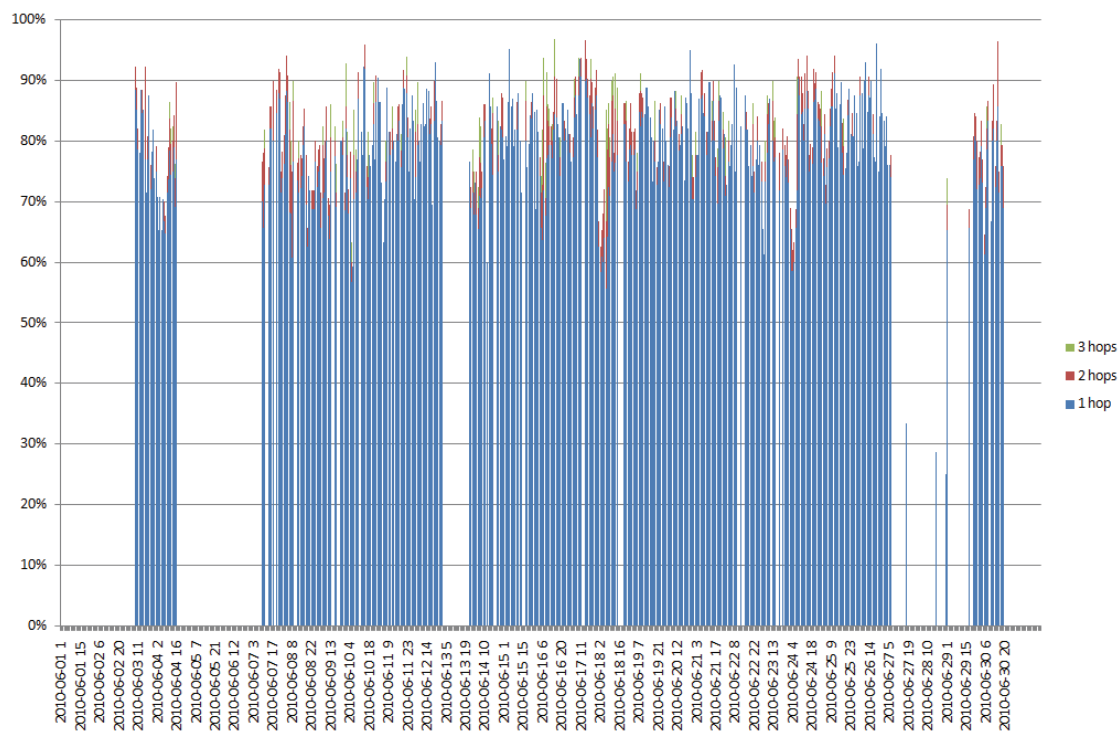


圖 3-10 基隆港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

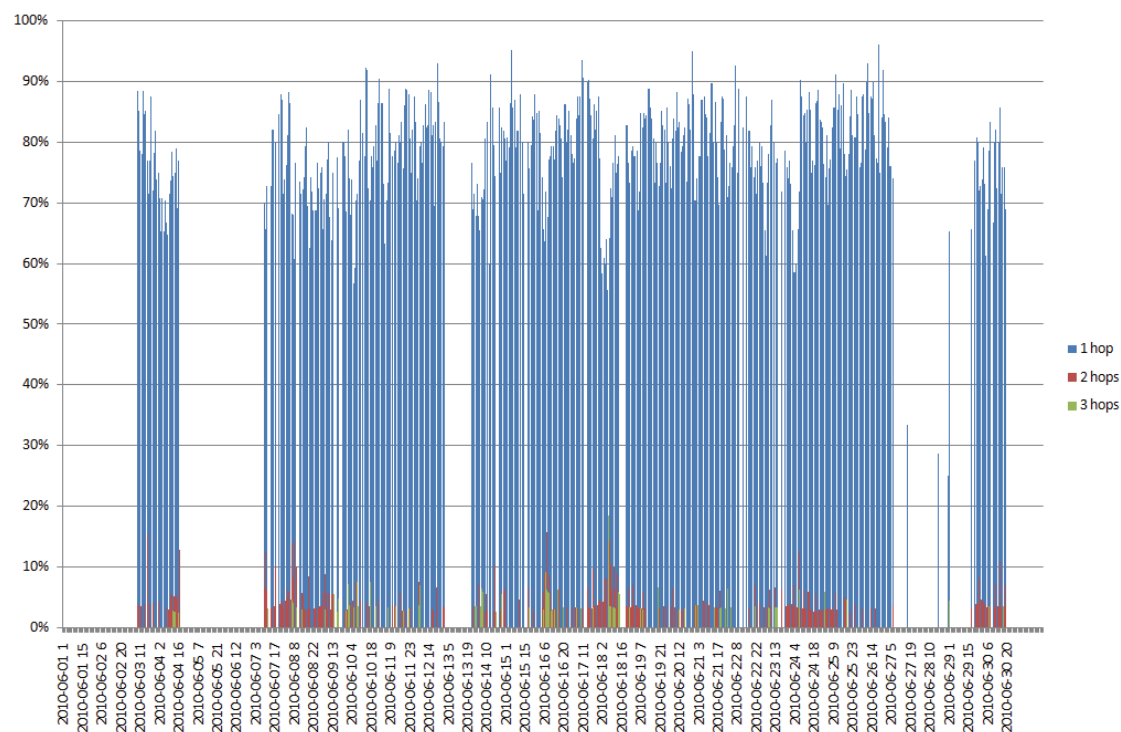


圖 3-11 基隆港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖

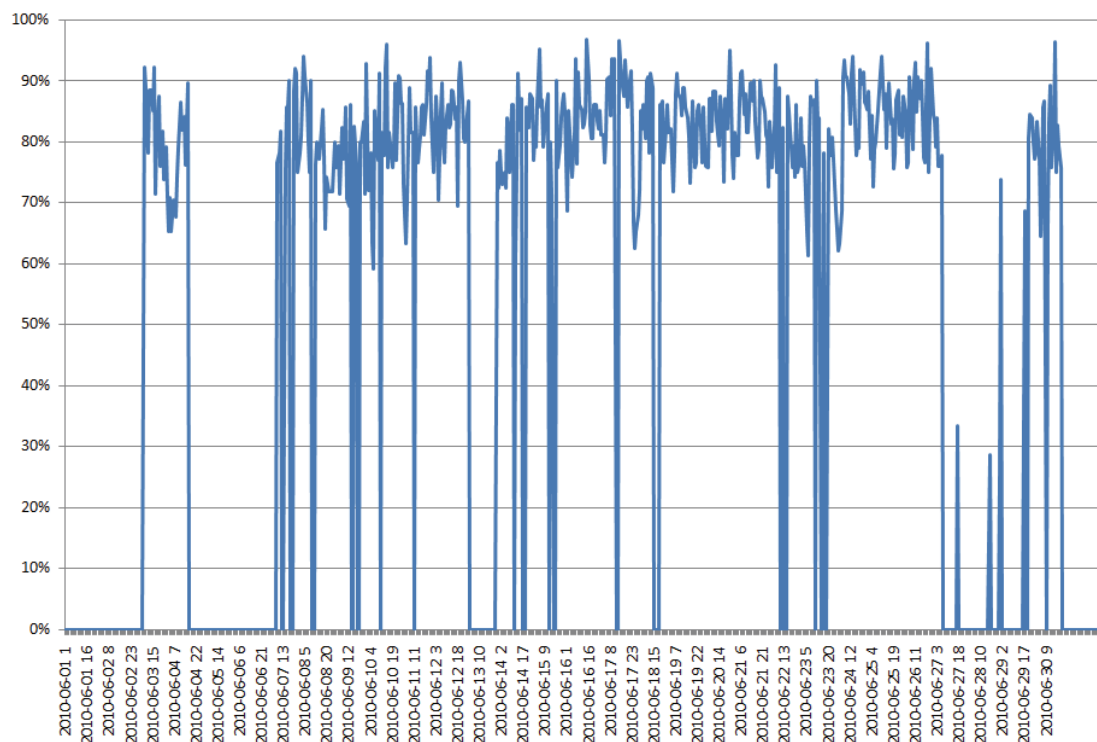


圖 3-12 基隆港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 82%)

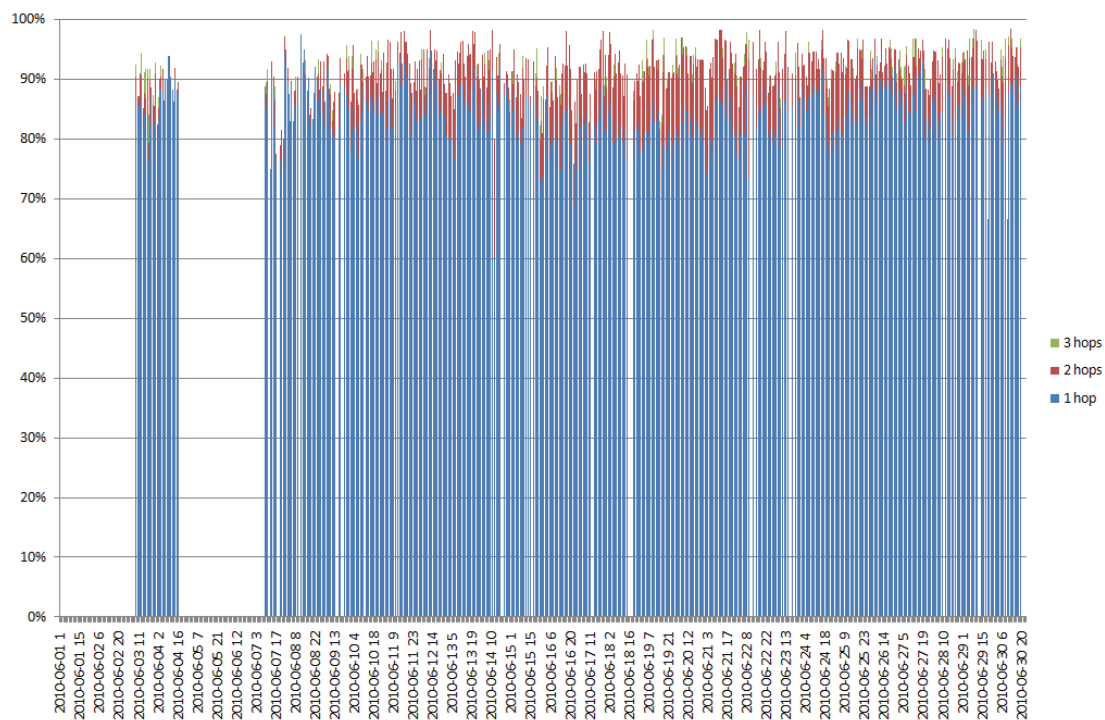


圖 3-13 臺中港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

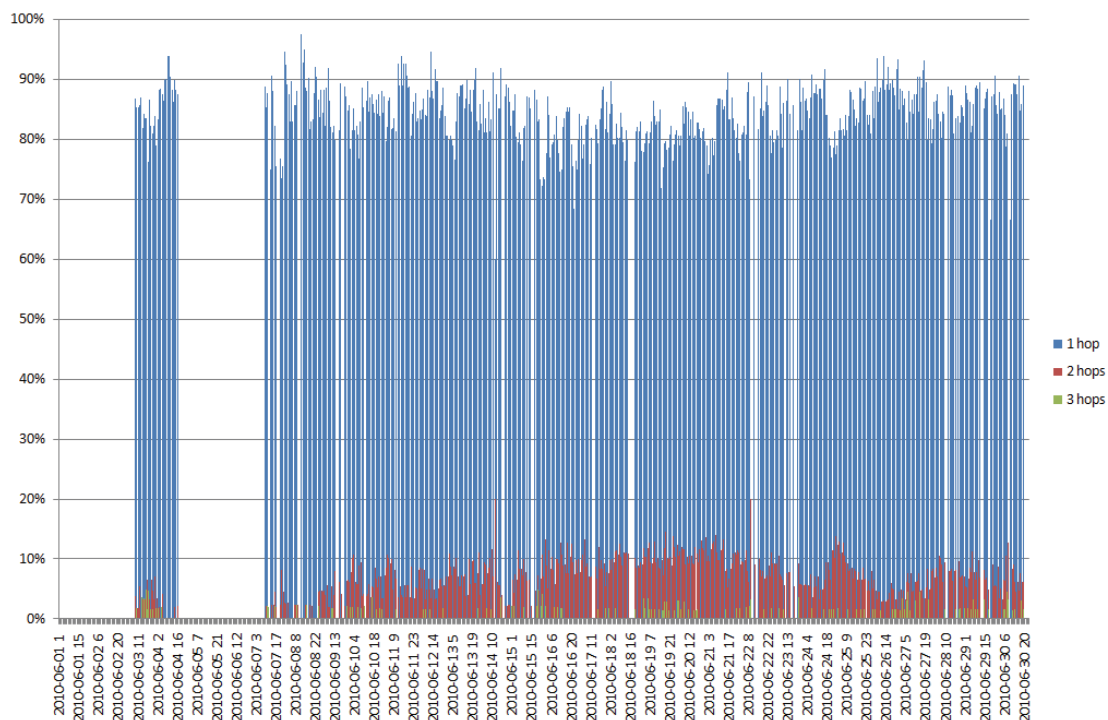


圖 3-14 臺中港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例的群組直條圖

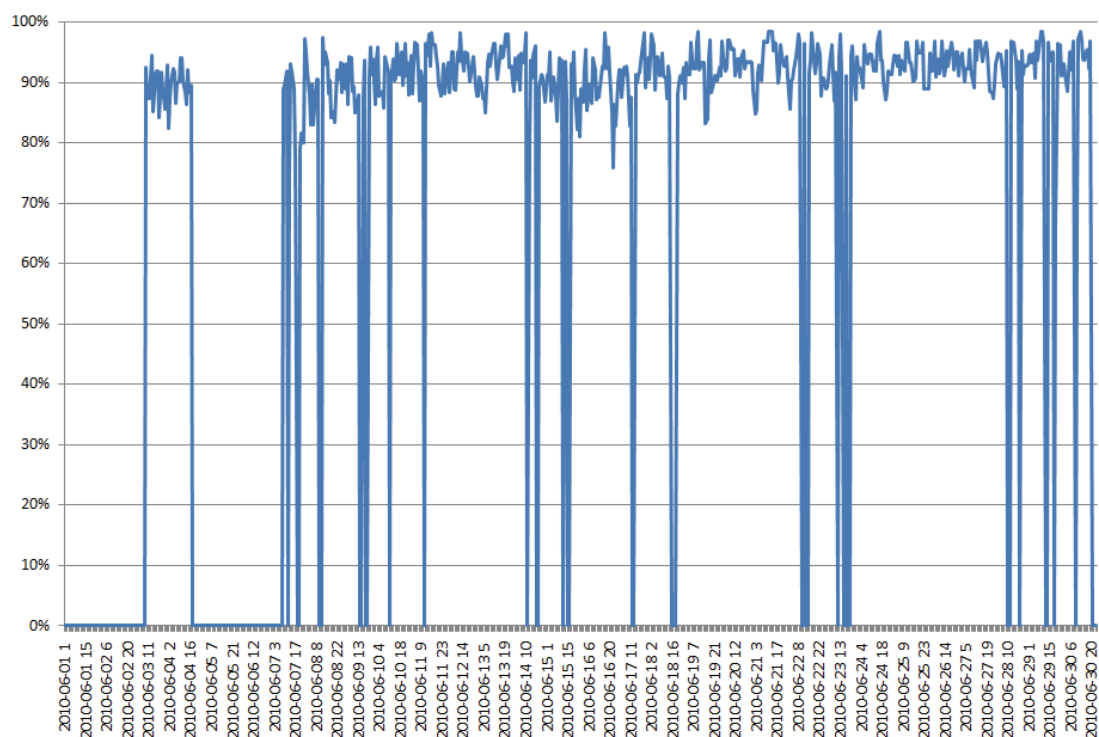


圖 3-15 臺中港 20 浬範圍 3hops 內通訊的船舶比例(平均 92%)

表 3-1 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 3-1，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。

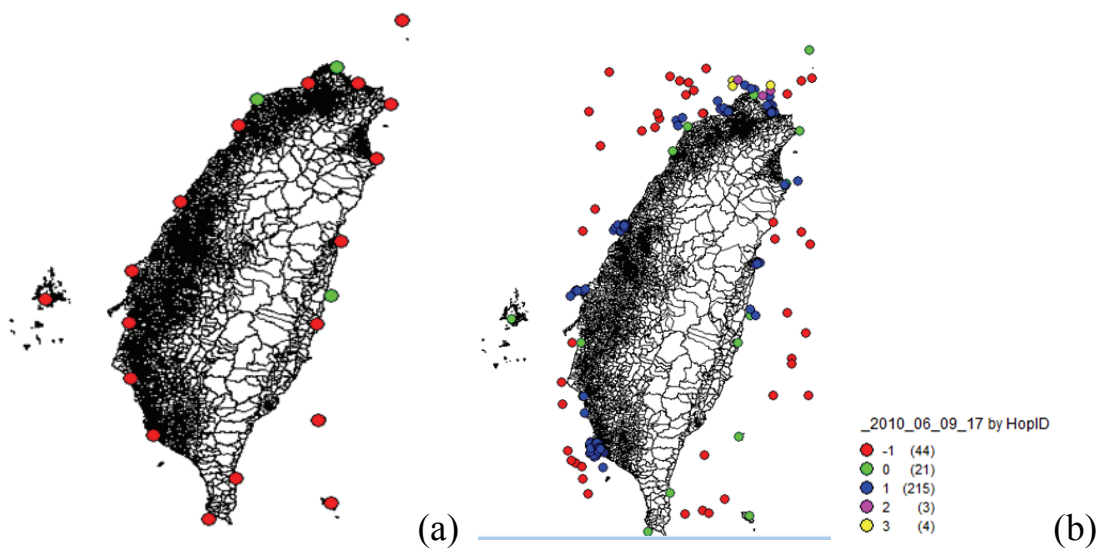


圖 3-16 沿岸 multi-hop 通訊涵蓋分析(a)基地台位置(b)hop 數

進一步分析臺灣沿岸可多躍延伸通訊的平均比例如表 3-2 所示：

表 3-2 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%

經上述研究過程本研究得出之初步成果包括：

- (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) 依海事通訊常用以 A1(polar regions)，A2(Open sea)，A3(coastal)，A4(port approach)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。

初步的結論有：

- (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。

3.3 智慧海運之地理空間資訊服務

3.3.1 國際組織的相關發展

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 3-3。

表 3-3 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	

種類	總噸位	新船	現成船
以外的 貨船	$\geq 3000, < 10000$	2014/7/1 起	
	≥ 50000		2013/7/1 前建造者，必須在 2016/7/1 起的檢驗前安裝
	$\geq 20000, < 50000$		2013/7/1 前建造者，必須在 2017/7/1 起的檢驗前安裝
	$\geq 10000, < 20000$		2013/7/1 前建造者，必須在 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。

3.3.2 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。

3.3.3 海域邊界產品規格 S-10X

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。

3.4 地理空間資料庫與應用規劃

3.4.1 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。

3.4.2 相關構想與應用規劃

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。

3.4.3 智慧化海運的 S57 空間資料庫規劃

智慧化海運所需空間資料庫內容規劃，在前期計畫中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 3-4 所示。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。

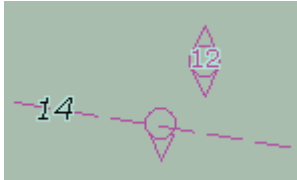
表 3-4 海運 ITS 空間資料庫內容結構-以基隆港為例

項目	細項	圖文資訊內容 (資料來源：基隆港務局網站)	S57 物件/屬性 (A)=面、(L)=線、(P)=點
基隆區位	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) ROADWY(L) LNDMRK(P) 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)/OBJNAM、 NOBJNM
港埠設	港區介	貨櫃碼頭： <u>15 座彙整表</u> 雜貨碼頭： <u>24 座彙整表</u>	LNDRGN,HRBFAC(A)/C ATHAF, OBJNAM, STATUS CTSARE(A)/ MORFAC(P)/CATMORC

項目	細項	圖文資訊內容 (資料來源：基隆港務局網站)	S57 物件/屬性 (A)=面、(L)=線、(P)=點
施	紹	客運碼頭：<u>2 座彙整表</u> 其他碼頭：<u>16 座彙整表</u> 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。 上述碼頭再以區位彙整成： <u>西岸貨櫃儲運場 (彙整表)</u> <u>東岸貨櫃儲運場 (彙整表)</u> <u>外港大宗散雜貨碼頭區(彙整表)</u>	RANES(P)/CATCRN,OBJNAM,LIFCAP RAILWY(L)/C_ASSO/
	聯 外 交 通	進出港區車流交通動線路線示意圖： 離開東岸港區路線 進入東岸港區路線 進入西岸港區路線 離開西岸港區路線 (含時段、噸位、轉彎、方向限制等) 港區周邊各出入口細部圖： 東 2~4 號、東 6~7 號、東 8~11 號、東 14~22 號、西 2~4 號、西 7~8 號、西 14~15 號、西 16~18 號、西 19~26 號、西 29~32 號碼頭平面位置示意圖 (含圍牆、出入口、大門、崗哨、	ROADWY(L)/CATROD, CONDTN,STATUS,OBJNAM,NOBJNM FNCLNE(L)/CATFNC CHKPNT(P,A)/BUISGL(P,A)

項目	細項	圖文資訊內容 (資料來源：基隆港務局網站)	S57 物件/屬性 (A)=面、(L)=線、(P)=點
		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)/CATCRN,O BJNAM
	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)/CATCRN,O BJNAM
	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)	SILTnk(P) PRDARE(A)/ CATPRA, CONDTN, OBJNAM,NOBJNM,STA TUS
	堆貨場	概況表欄位同倉庫概況表	PRDARE(A)
	導航設	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

項目	細項	圖文資訊內容 (資料來源：基隆港務局網站)	S57 物件/屬性 (A)=面、(L)=線、(P)=點
	施		
	航路	進出港航路示意圖	ENC 現有
環境保護	噪音監測站	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 monsta (P,A)
	懸浮微粒監測站	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(  )	自訂代碼 monsta (P,A)
船舶交通管制	各事項服務單位連絡方式	服務事項/單位/電話(傳真)/e-Mail/執勤時段	M_NPUB(A)
	船舶交	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

項目	細項	圖文資訊內容 (資料來源：基隆港務局網站)	S57 物件/屬性 (A)=面、(L)=線、(P)=點
	通 指 南		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） 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： 
	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	潮 汐 預	基隆港轄區範圍內測站點的 潮汐預報	M_NPUB(P) T_TIMS(P)

項目	細項	圖文資訊內容 (資料來源：基隆港務局網站)	S57 物件/屬性 (A)=面、(L)=線、(P)=點
料	報		
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 碼頭後線、西 7 至 9 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)/ OBJNAM,DRVAL1, QUASOU, SOUACC,VERDAT 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),HRBFAC(A) /TIMSTA,TIMEND,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。

3.4.4 電子航行圖與陸域 GIS 資料庫的整合應用

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 3-17 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 3-18 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 3-17 在網路地圖上顯示基隆港 S57 ENC 的等深線

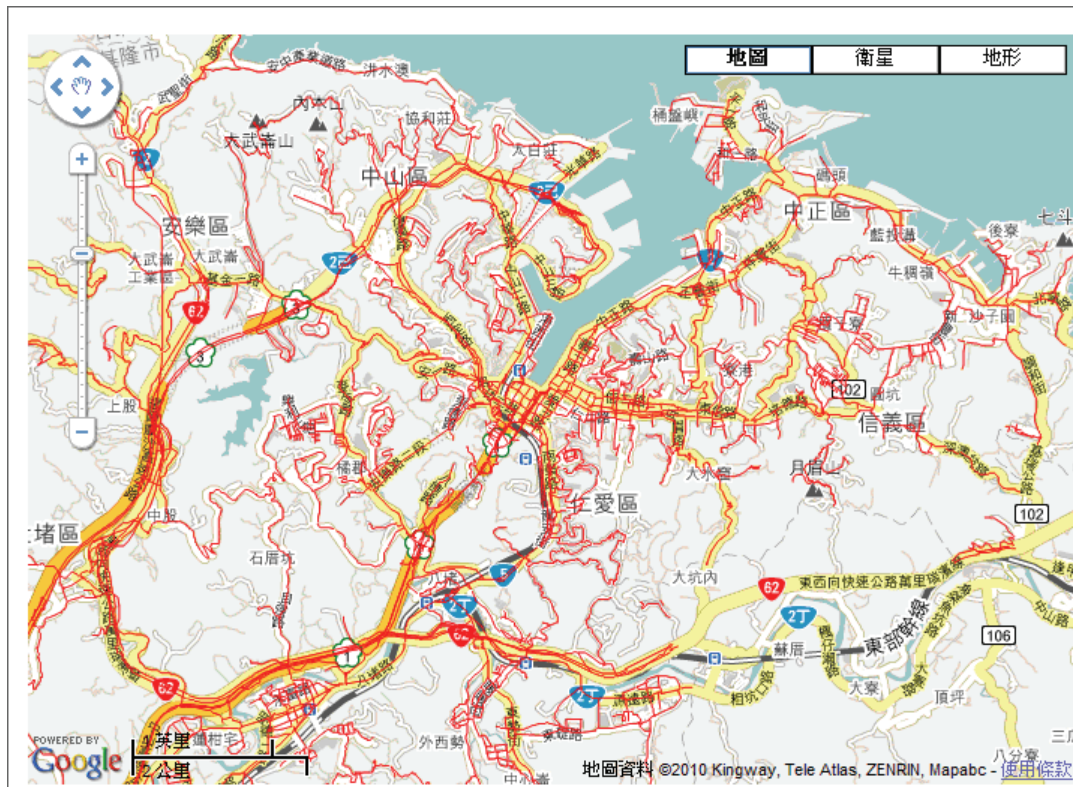


圖 3-18 在網路地圖上顯示交通部運輸研究所的數值路網圖

3.4.5 動態產生安全水域界線之設計

本研究從現有 ENC 資料著手，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。程式測試以基隆港 ENC 取出的水深點與等深線各點水深如圖 3-19 所示(圖中大面積空白處是陸地)。

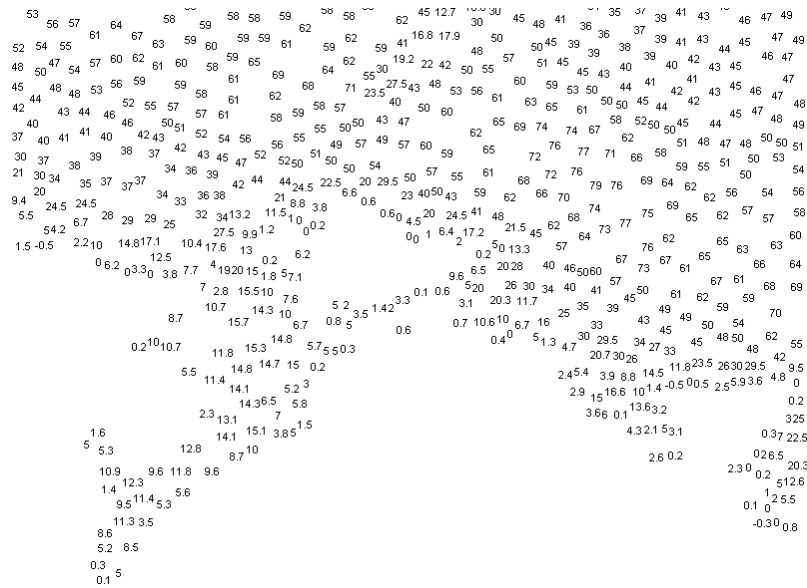


圖 3-19 基隆港 ENC 取出的水深點與等深線各點水深

由圖 3-19 知其結果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。

本研究修正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°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 3.20 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。

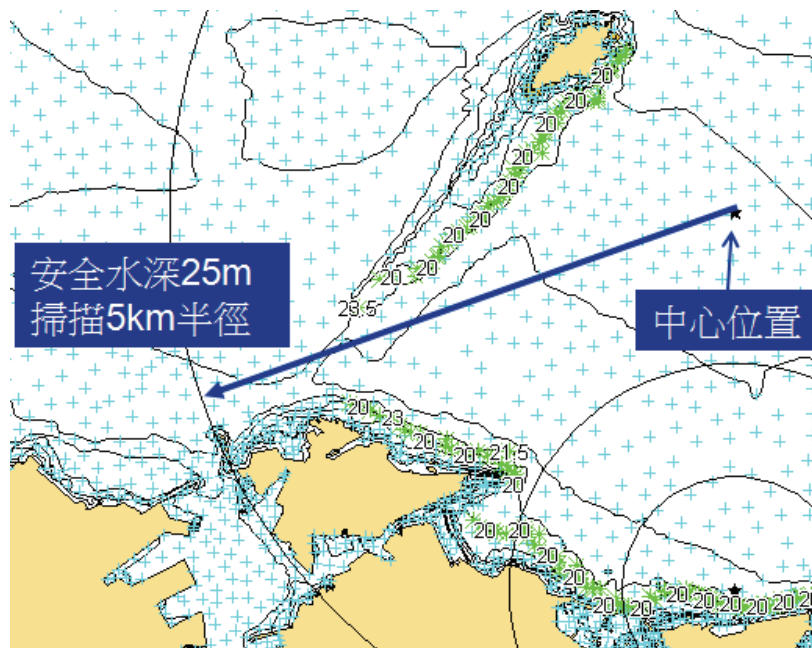


圖 3-20 水深雷達掃描結果於 GIS 的呈現與驗證

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 3-21。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點，白色則是這些水深不足點與線之中， 360° 每個角度最接近本船的点或內插點。

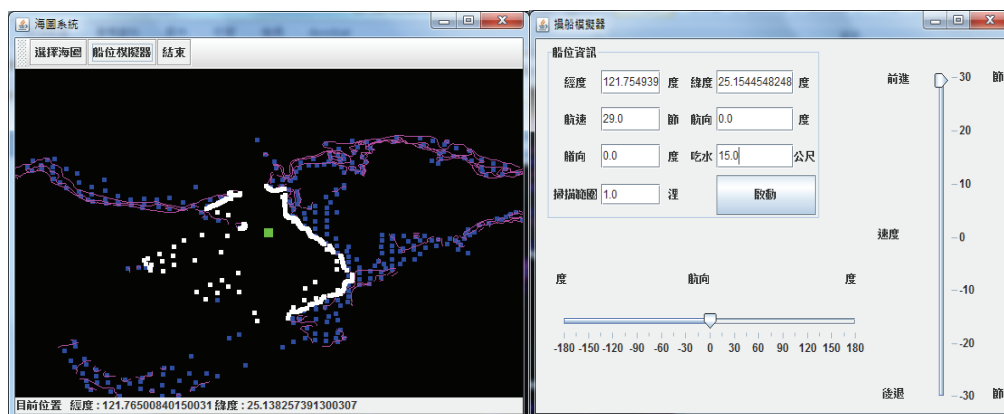


圖 3-21 水深雷達掃描畫面隨著本船移動時的呈現與驗證

本研究方法整體測試結果效能相當不錯。尤其用在高密度(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。

本研究對於地理空間資訊服務所獲致的成果有：

- (1) 從國際組織 IMO 與 IHO 的相關發展確立智慧化海運系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。

而其心得與結論則有：

- (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。

3.5 「整合船橋系統」平台之建置

3.5.1 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，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。

3.5.2 模擬測試平台之建置

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 3-22。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。

圖 3-22 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 ΔE 與 ΔN 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 3-5 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 資料的最小組建建議
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 3-5 所示，圖 3-23 則是航儀輸出格式設定介面以及模擬輸出的結果。

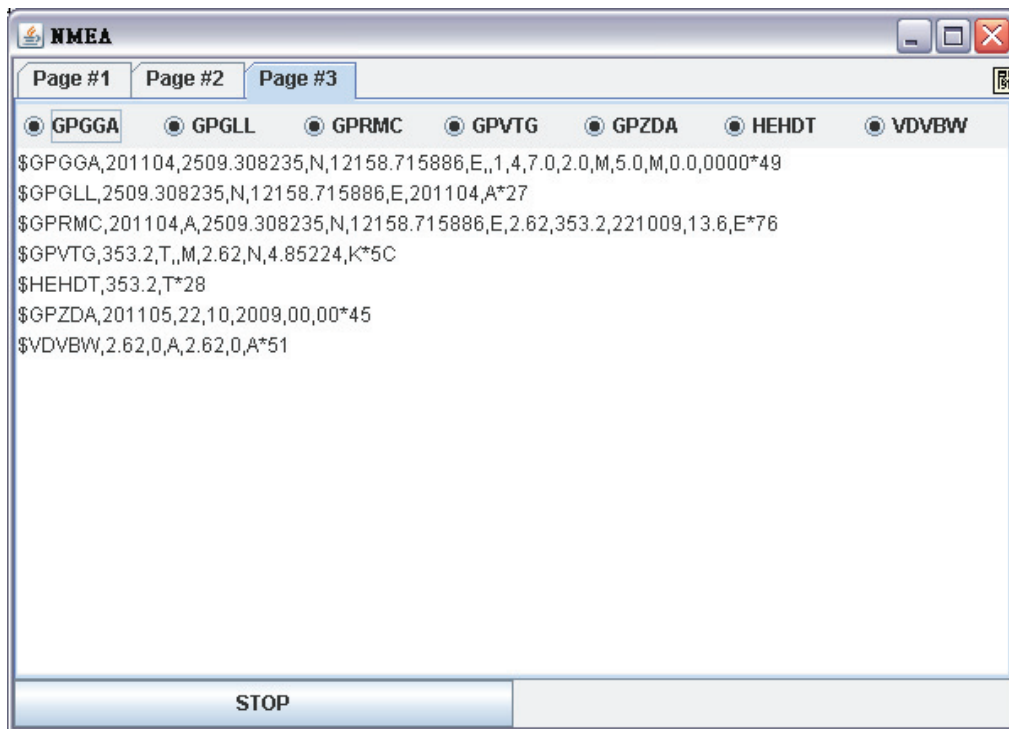


圖 3-23 航儀輸出訊息格式設定介面與模擬結果

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 3-24。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 3-25。

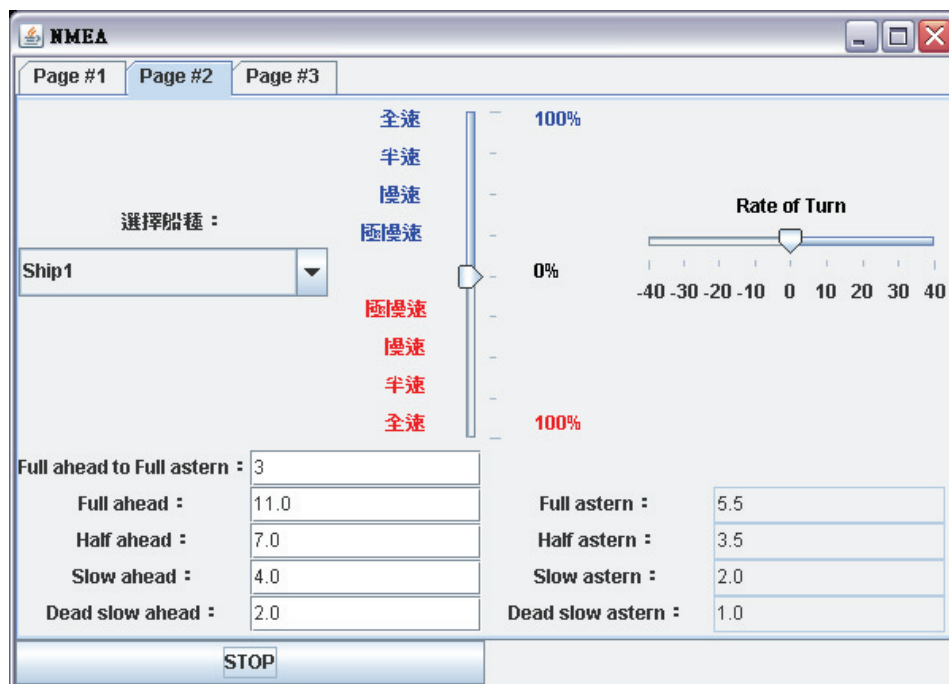


圖 3-24 航儀模擬程式之船舶操縱參數與俾舵操控介面

PILOT CARD

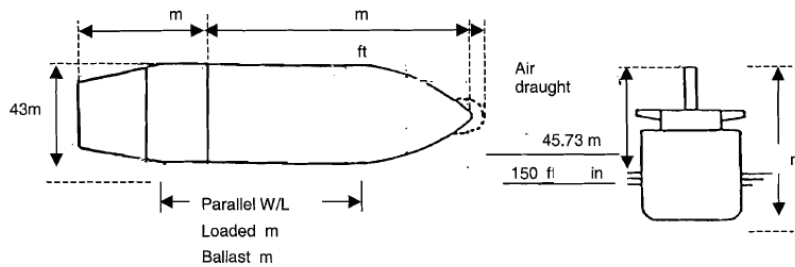
Ship's name **REGINA MEARSK (345)** Date 1/02

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 ☒ No ☐		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	<u>High Lift</u>	Maximum angle	<u>35</u> °		
Hard- over to hard- over			<u>11.7s</u>		
Rudder angle for neutral effect	<u>0</u> °				
Thruster	Bow	KW	<u>3000</u>	HP	
	Stern	KW		HP	

圖 3-25 Pilot Card 的範例

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 3-26 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 3-27。相同狀況，加入水流影響的模擬結果如圖 3-28 。

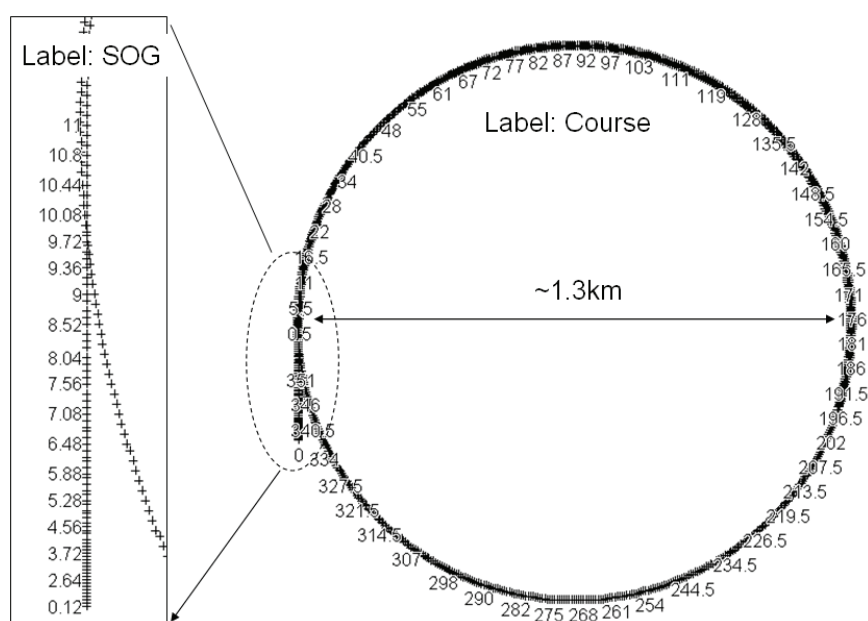


圖 3-26 初速 0 艏向 0，全速前進後持續右轉的情形（無水流）

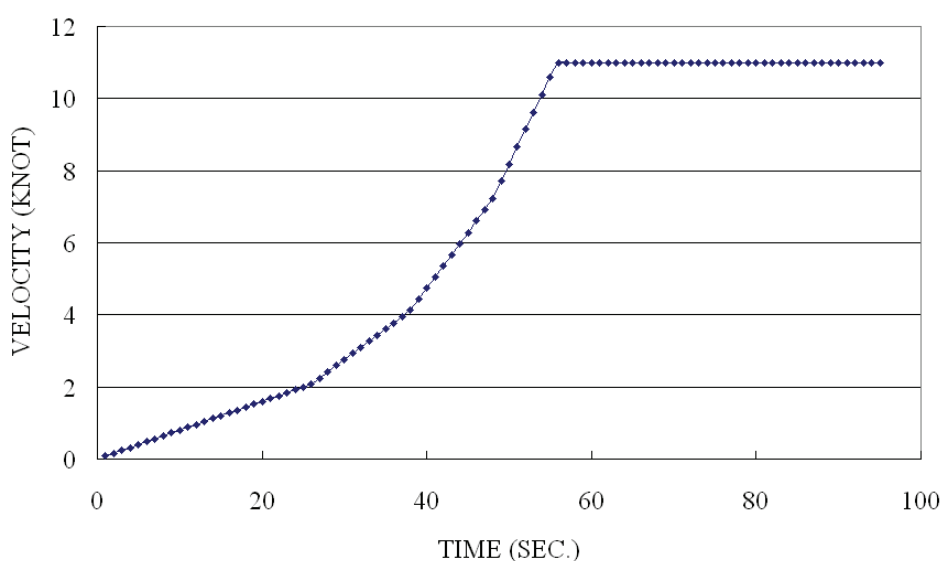


圖 3-27 模擬船舶從船速 0 設為全速前進的加速情形

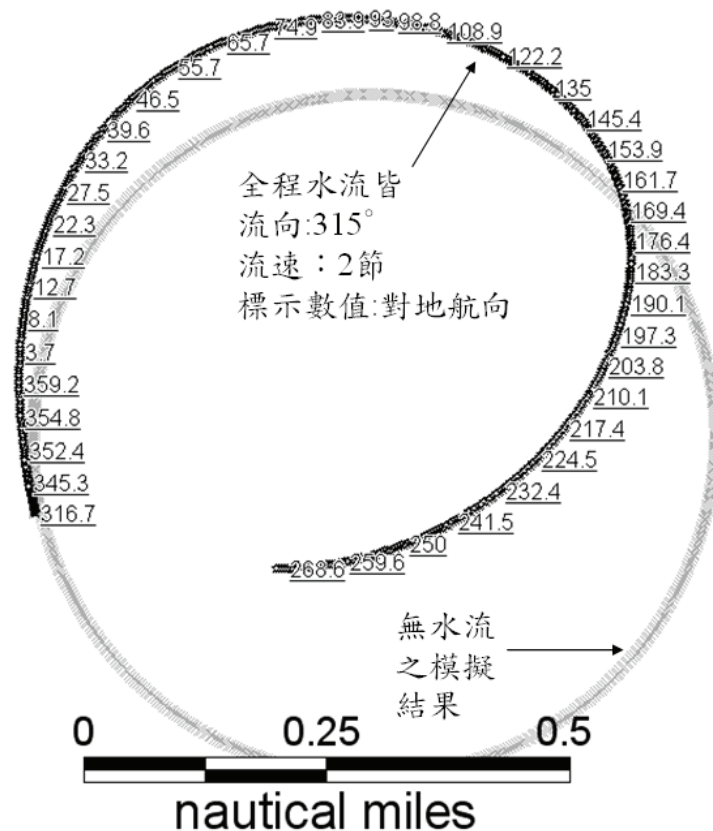


圖 3-28 全程加入水流 2 節 315° 之轉向結果比較

3.5.3 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 3-29)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 3-30。RATLL 及 RATTM 格式說明如表 3-6：

表 3-6 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 \$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 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,hhmmss.ss,a*hh \$RATTM,3,0.241859379325,325.494034691,T,7.0,55.0,T,0.010577908 1277,187.095919711,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 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 3-29 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 3-30 電子海圖系統中正在出港的本船就是圖 3-29 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 3-29 多目標船舶交通模擬平台的執行畫面

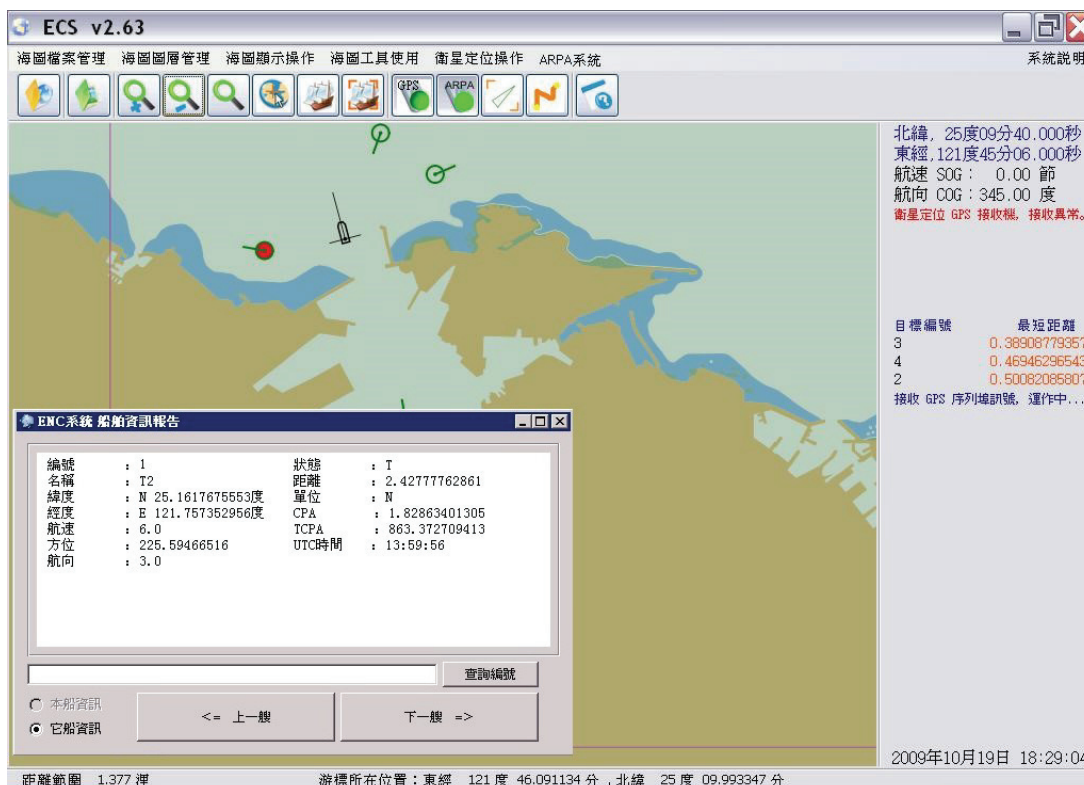


圖 3-30 在電子海圖系統上顯示的本船與所有他船

第四章 海岸帶多源遙測影像處理技術之研究

海洋面積約佔地球表面積的近 71%，是一個巨大的資源寶庫。近年來，隨著社會的發展、科技的進步，人類對自身所賴以生存的地球之認識與瞭解有了很大的進展，使用的技術也不斷的提升。儘管如此，到目前為止，地球表面仍有三分之一到四分之一的地區在某種程度上是仍屬未知充份掌握之區域，這其中海洋面積又佔有相當大的比例。而海洋與陸域交界之海岸帶又分為潮上帶、潮間帶和潮下帶。潮上帶基本上脫離了潮水的衝刷作用，一般還包括一定的內陸區域；潮下帶則位於水下，只有出現最低潮時才會露出水面；而潮間帶則是潮水作用最頻繁的區域。利用遙測影像，查清海岸帶的分佈、面積及動態變化規律，對於海岸帶開發管理有著重要的意義，因此海岸帶多源遙測影像處理技術研究就更凸顯其重要性了。

4.1 遙測影像現況

4.1.1 高解析度衛星影像

高解析度衛星影像，主要以美國 IKONOS 與 Quickbird 衛星影像、法國 SPOT5 衛星及我國福衛二號衛星(Formosat II)為主。

1. IKONOS 衛星

高解析度商業衛星 IKONOS 採本體旋轉(Body-Rotation)的方式，可向前(Forward)、向下(Nadir)、向後(Backward)及側向(Side-Looking)觀測，而此設計可提供同軌(In-Track)及異軌(Cross-Track)立體攝像模式。IKONOS 衛星影像有全色態及多光譜二種，焦距為 10m，視野角(Field of View, FOV)約為 0.93 度，當衛星在目標正上方時，全色態影像地面解析度為 1m。多光譜影像為 4 m，其衛星影像資訊如表 4-1 所示。

表 4-1 IKONOS 衛星影像資訊

	波段	空間解析度
Panchromatic	0.45 - 0.90 μ m	1 meters
Band 1	0.45 - 0.53 μ m (blue)	4 meters
Band 2	0.52 - 0.61 μ m (green)	4 meters
Band 3	0.64 - 0.72 μ m (red)	4 meters
Band 4	0.77 - 0.88 μ m (near IR)	4 meters

2. Quickbird 衛星

高解析度商業衛星 Quickbird，飛行高度為 450 公里，傾角 98 度的太陽同步衛星，軌道週期 93.4 分鐘，飛行週期 4~6 天。Quickbird 衛星採推進式感測器，影像有全色態及多光譜二種，焦距為 10m，視野角約為 2 度，最大視角 25 度，像幅寬 16.5Km，全色態影像地面解析度為 0.61m 之空間解析度，多光譜影像為 2.44m。其 QuickBird 衛星資訊如表 4-2 所示。

表 4-2 QuickBird 衛星資訊

	波 段	空間解析度
Band 1	0.45 - 0.52 μ m (blue)	2.44 meters
Band 2	0.52 - 0.60 μ m (green)	2.44 meters
Band 3	0.63 - 0.69 μ m (red)	2.44 meters
Band 4	0.76 - 0.90 μ m (near IR)	2.44 meters

Pan	0.45 - 0.90 μ m	0.61 meter
-----	---------------------	------------

3. 福衛二號(Formosat2)衛星

福衛二號衛星於 2004 年 5 月 21 日(台北時間) 發射，任務壽命五年，飛行高度為 891 公里，屬太陽同步軌道衛星，每日通過台灣海峽上空二次。福衛二號衛星影像有全色態及多光譜二種，全色態影像地面解析度為 2m，多光譜影像為 8 m，像幅寬 24Km。其福衛二號(Formosat2)衛星資訊如表 4-3 所示。

表 4-3 福衛二號衛星資訊

	波 段	空間解析度
Band 1	0.45~0.52 μ m (藍)	8 meters
Band 2	0.52~0.60 μ m (綠)	8 meters
Band 3	0.63~0.69 μ m (紅)	8 meters
Band 4	0.76~0.90 μ m (近紅外線)	8 meters
全色態(PAN)	0.45~0.90 μ m	2 meters

4. SPOT5 衛星

2001 年底發射升空，2002 年初正式運營。其影像解析度幾乎提高了一個數量級，最高可達 2.5 米；以前後同軌攝像模式即時獲取立體像對；在營運性能上也有了大幅度的提高；在資料壓縮、儲存和傳輸等方面亦有顯著的提升。SPOT5 號衛星上搭載有三種成像裝置，除了前幾顆衛星上的高解析度幾何裝置(HRV)和植被感測器(VEGETATION)外，SPOT5 更有一個高解析度立體成像(HRS)裝置。其 SPOT5 衛星資訊如表 4-4 所示。

表 4-4 SPOT5 衛星資訊

波 段	高解析度幾何裝置	植被成像裝置	高解析度立體裝置
PA：0.49-0.69 μ m	2.5 m 或 5 m	--	10 m
B0：0.43-0.47 μ m	--	1 km	--
B1：0.49-0.61 μ m	10 m	--	--
B2：0.61-0.68 μ m	10 m	1 km	--
B3：0.78-0.89 μ m	10 m	1 km	--
SWIR：1.58-1.75 μ m	20 m	1 km	--
視 場	60 km	2 250 km	120 km

4.1.2 新一代高解析影像

美國於 2007 年 9 月 18 日成功發射商用對地觀測衛星 World View，單一像幅為 60 × 110 公里，立體像對為 30 × 110 公里，像幅寬度為 17.6 公里，其空間解析度高達 0.5 公尺，無地面控制之精度(CE 90)為 6.5 公尺。而 WorldView-2 衛星 2009 年 10 月 8 日發射升空，搭載高解析、多波譜、高幾何精度，為全球首顆提供八波段之商用高解析光學衛星影像，八波段包含 Red、Green、Bule、NIR1、Red-Edge、Coastal、Yellow 及 NIR2，將可滿足農業、森林、海洋、災害、製圖、工程應用各領域之需求，提供決策者更精確數值資料及更貼近真實地表的顏色，全新撼動您的色彩觀點，World View 影像資料如圖 4-1 所示

2008 年 9 月 6 日成功發射商用對地觀測衛星 GeoEye，全色態影像解析度更推進到 0.41 公尺，多光譜影像為 1.65 公尺，像幅寬度為 15.2 公里，無地面控制之精度(CE 90)優於 3 公尺。此照相機以每 2 秒 20,000 37,500×1 像素條的速度掃描目標，可以讓它在 2 分鐘內輕易產生一張 900 億畫素的圖片，GeoEye 影像資料如圖 4-2 所示。



圖 4-1World View 衛星影像(解像度 50cm)



圖 4-2GeoEye 衛星影像(解像度 41cm)

4.2 空載雷射遙測技術探討

空載雷射掃描系統最初是由美國太空總署 NASA 所設計研發，是一種航空飛行儀器，結合了雷射掃描儀(Laser Scanner)、全球定位系統(Global Positioning System，GPS)與慣性量測系統(Inertial Measuring Unit，IMU)，從地球低軌道上測量地形，其空載雷射掃描系統示意如圖 4-3 所示。雷射掃描系統 (Airborne Laser Scanning System，ALS) 一般稱之為 LiDAR (Light Detection And Ranging)等。

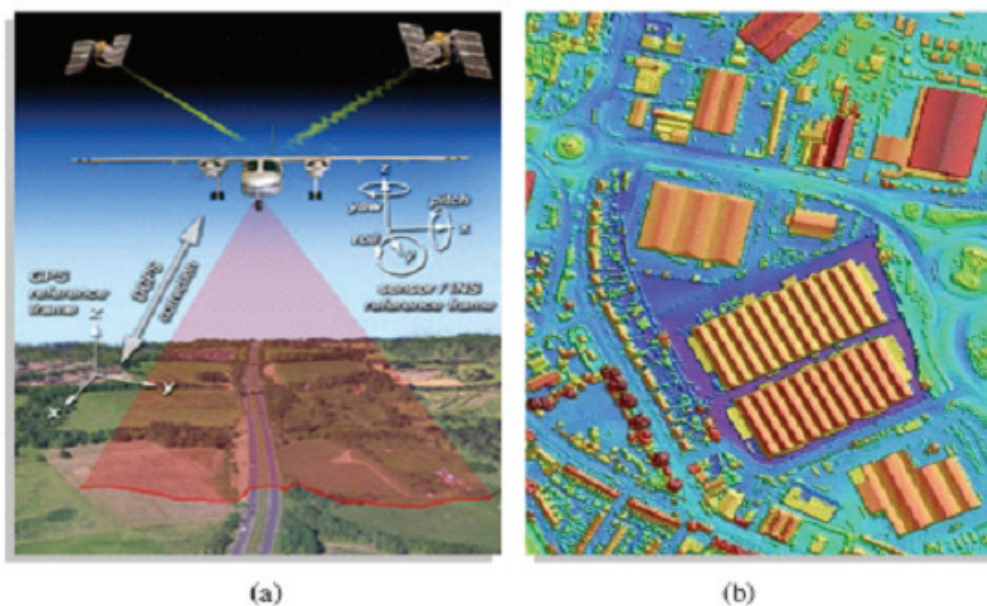


圖 4-3 LiDAR 原理示意圖

4.2.1 空載雷射系統組成

空載雷射掃描系統以飛機做為平台(Platform)，以雷射測距儀做為感測器(Sensor)，是獲取地球空間資訊的有利工具，其系統的主要組成包括以下四部分：

1. 動態差分GPS接收儀：用於確定掃描裝置投影中心的位置。GPS(全球定位系統)的建立對導航和定位技術產生了巨大的變化，GPS具有全天候、高精度及全球覆蓋的能力，其應用已從地球表面定位擴展到飛機與衛星的定位技術中。
2. 姿態量測裝置：一般採用慣性量測元件，用於量測飛機等載體的瞬間姿態參數，包括前後俯仰角、左右側傾角與機頭的航向角三個姿態，姿態測定的精度高低對於所獲得的資料精度有著決定性的影響，姿態測定的精度高，才有可能獲得高精度的空間三維資料。
3. 雷射測距系統：用於量測感測器掃描中心到地形表面的距離，透過測距系統本身所發射的雷射光束，經過地形的反射回到感測器，計算來回所花費的時間可精確的推得感測器與地形間的距離。
4. 一套成像裝置：一般為照相機，用於紀錄地面實況，可對所產生的DEM 進行品質評價的目的，或做為日後另一個融合數據來源。

4.2.2 雷射掃描點雲資料分析

空載雷射掃描系統所發射的雷射光束涵蓋不同高度的地物時，就會造成多重反射(Multi Return)。亦即是同一個雷射光束發射後，接收到二個以上的回傳訊號，其多重反射的效應示意如圖4-4所示；這樣多重反射的特質可應用於不同表面高度產生的數據來源。

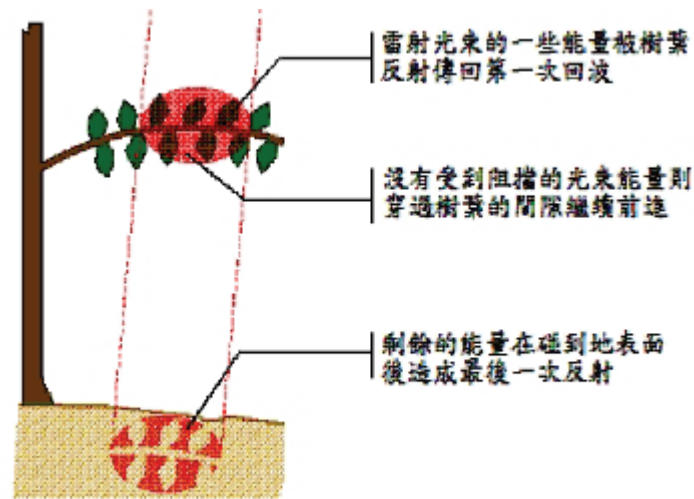


圖 4-4 多重反射的效應示意

空載雷射掃描所得到的雷射光腳印點分布並不規則，每一個掃描點所記錄的資料是在物空間的坐標 X ， Y ， Z 以及雷射光束碰到物體時的反射強度 Intensity，所有的掃描點隨機散亂的分佈在三維空間中，由這些隨機散亂分佈的掃描點所組成的集合稱為點雲(Point Cloud)。

空載雷射掃描點雲資料量大且呈不規則分佈，這些點雲中，有些落在真實的地形表面上，有些則落在人工建物（房屋、橋樑、煙囪、輸電線等）或自然植被(樹木，花草等)上，從雷射光掃描原始點雲中提取數值地表高程模型DEM，需將原始點雲中不是落在真實地形表面上的點去除，這就是所謂的點雲過濾(Point Cloud Filtering)，點雲過濾的基本原理是基於鄰近雷射腳印點間高程的急劇變化一般不是由地形突然起伏所造成的，比較可能的是較高點位於某些地物上，在同一區域範圍內，地形表面雷射光腳印點的高程與鄰近地物上雷射光腳印點的高程差異顯著，在房屋邊界更為明顯。也就是說兩點間距離越近，高程差距越大，較高的雷射腳印點落在真實地表的機率就越小，因此，要判斷雷射腳印點是否位於真實地表上，需考慮雷射光腳印點

到參考地表面間的距離，給定一個門檻值(Threshold)，超過門檻值的雷射腳印點會被認為是落地物上的點，反之則認為是真實地表上的點。

原始的點雲資料經過濾後會被分為地表點雲及地物點雲兩大類，用地表點雲進行模型重建是生產DEM的最後工作，此階段的工作是將散亂的地表面點雲資料經內插的處理，生產出以規則網格為結構的數值地表高程模型DEM。在模型重建的過程中，除了採用過濾後的地表點雲數據外，進一步將被分類為地物的點雲高程內插，用鄰近的地表點高程當參考點，推求適當的高程，在將地表點高程與經內插後的地物點高程一起加入模型重建的計算中，使用較高點密度的數據計算，可獲得到高解析度的DEM 模型。

4.2.3 地面高程建模

本研究提出由粗至精的地形復原演算法(Coarse to Fine Terrain Recovery Algorithm, CFTRA)進行地面高程重建工作。CFTRA 演算法主要的目的在於將地物點雲過濾同時進行產生DEM的工作，在演算的過程中，首先要對測區範圍內點雲的分佈進行了解，對原始資料點雲資料進行統計，其中包括點雲數量的計算，(X,Y)坐標的最大最小值，由統計出的坐標最大最小值可得出點雲分佈範圍面積，配合點雲的數量可獲得點密度分佈情形，可作為下一個步驟的參考。

任何演算法都需要有一個點位搜尋的機制，在計算的過程中，如何將隨機分佈的點雲資料，進行有效率的存取是重要的工作，本研究採用區塊網格對於原始點雲資料進行初步的二維空間排序，讓每個點雲都落在對應的區塊網格中，並對每個網格中的點雲給予一個索引值，在往後的計算中都根據這個索引值進行點雲資料的快速存取，增加計算的效率。產生DEM 的重要工作是將地物點雲濾除，在CFTRA演算法中，地物點雲的過濾是對每一個區塊網格依序進行過濾的動作。地物點雲過濾的機制是採用擬合地形曲面的過濾法，計算每一個區塊中真實地表的擬合曲面並給予一個適當的門檻值，當點雲高度超過設定的門檻值即被認為是地物點，反之則認為是真實地表點，如此可對整個測區進行地物點雲過濾的動作。CFTRA 演算法，是指藉由不同區塊大小過濾的處理，逐漸將地物點雲的高度修正至真實地表的高度，在計算的過程中區塊較大的窗口會先將大型建物濾除，留下地表面起伏較小的地物點雲，這些較小的地物起伏可由逐漸縮小的區塊窗口濾除，因此在過濾的過程中，通常是採取由較大的區塊逐漸縮小來進行處理，在疊代(Iteration)的過程中地物點的高度會隨著演算法的

進行逐次被修正至真實地表的高度，而CFTRA 演算法中，由粗到精的精神即是指逐漸修正地物點雲高度而言。

點雲過濾的方式依前述所定的區塊搜尋原則，以及區塊擬合曲面配合適當的過濾門檻值依區塊排列順序進行，判斷區塊中某一點的高度減去該點平面位置代入區塊擬合曲面方程式所得的高度，若高差大於設定的門檻值，則該點被認為是地物點，反之則認為該點為真實地表點。其點雲過濾示意如圖4-5所示，紅線為擬合的曲面上所設定門檻值，超過此線的部份即認為是地物點雲。

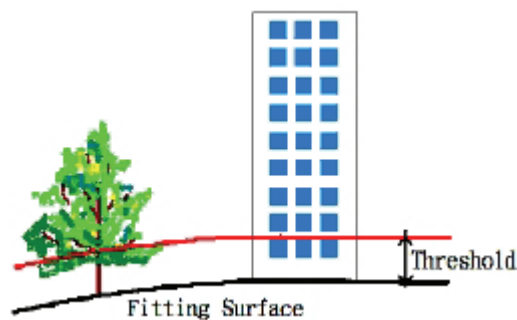


圖 4-5 點雲過濾示意圖

每一個區塊中的點雲分佈及地形起伏皆不同，故門檻值必需隨著區塊中的狀態而改變，起伏較大的區域需要較大的門檻值，反之的則需要較小的門檻值，若門檻值要設定為一定常數，不但大小範圍不好拿捏，也容易發生過濾效果不彰或過度過濾的情形，此情形在程式區較為明顯，其自適應門檻值示意如圖4-6所示，不同區塊內的地物皆不相同，不同地物有不同的高度，故所需的門檻值亦不相同。本研究中所用的門檻值會隨著區塊中的高差狀態有不同的設定，將門檻值定義為該區塊中最高點與最低點高度差乘上一個比例參數，如此可在高差較大的區塊中有較大的門檻值，反之則得到較小的門檻值，即所謂的自適應調整門檻值。

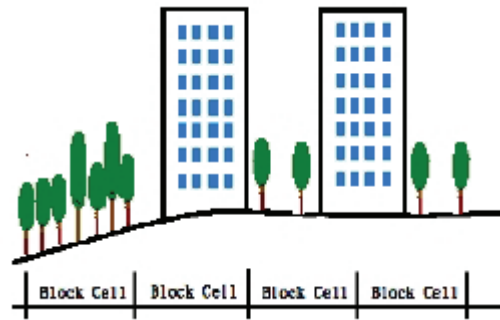


圖 4-6 自適應門檻值示意圖

4.2.4 地形復原與模型重建

原始掃描點雲資料經過濾後會被分類成真實地表點雲與地物點雲兩部份，按DEM的定義而言，產生DEM的資料應由真實地表點雲所構成，故應採用被分類為真實地表的點雲做為產生DEM 的資料，然而將原始資料經分類後的真實地表點雲的點密度勢必降低，因已將原始資料中屬於地物的點雲抽離，如此會導致在製作解析度較高的DEM 時產生搜尋範圍內參考點不足的現象，故在CFTRA演算法中採用了地形復原(Recovery)的機制，所謂地形復原是指將被分類為地物點的點雲分別與鄰近區域內被分類為真實地表的點雲進行內插計算，目的是修正地物點的高程，使地物點的高程趨近於真實地表面，經地形復原的過程後可得與原始掃描資料相同點密度的真實地表點雲資料，可避免製作高解析度DEM 時搜尋範圍內參考點不足的問題。其地形復原示意圖如圖4-7所示；圖中黑色正方形代表地物點雲，黑色小圓點代表真實地表點雲，紅色圈圈為搜尋範圍，CFTRA 演算法中，地形復原的部分採用兩種方法，分別為距離平方反比加權法(Inverse Distance Weighting, IDW) 與最鄰近指定法(Nearest Neighbor, NN)。

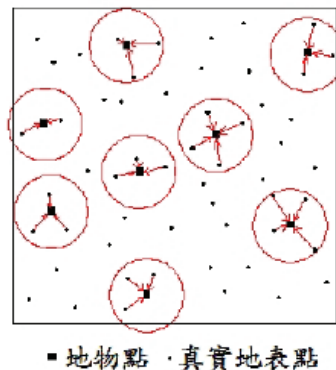


圖 4-7 地形復原示意圖

模型重建是CFTRA演算法的最後一個步驟，模型重建是將經地形復原後的散亂點雲資料內插成規則的網格結構(Griding)，製作成最後的DEM格式，本研究中所採用模型重建的方法主要是以MA(Moving Average)法及NN法為主。不同的模型重建方式對最後的DEM會產生不同的視覺效果，而選擇那一種視覺效果較好端看資料特性及使用者本身的需求而定，其模型重建示意圖如圖4-8所示；圖中黑色正方形代表網格中心點也就是內插點，黑色小圓點代表經地形復原後散亂分佈的點雲，紅色圈圈為搜尋範圍，MA法是將搜尋範圍內的點雲高度採加權平均的方式計算出網格中心點的高度，NN法則是將中心點的高度指定為搜尋範圍內距離中心點最近的點位高度值，一般而言，採用MA 法所得的曲面效果較為平滑，適用於山區DEM 的模型重建，而NN 法所得的效果較為尖銳，適合於都會區DSM 的模型重建，以NN 法重建都會區的DSM模型會使建物的形狀較為明顯，方便做視覺上的判試。

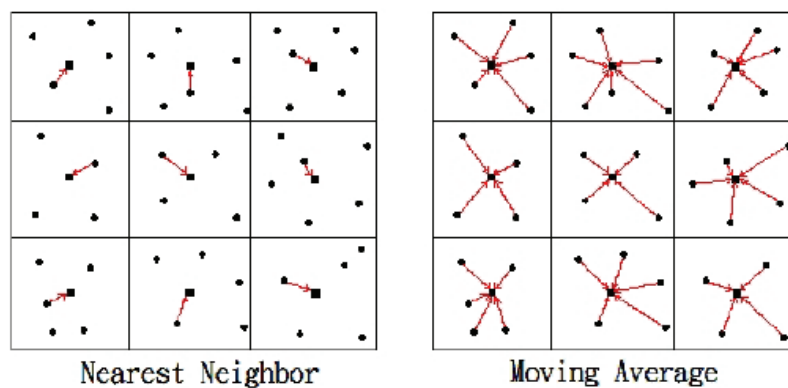


圖 4-8 模型重建示意圖

經本研究測試處理之原始掃描之 DSM 模型如圖 4-9 所示，而其點雲過濾處理後之 DEM 模型則如圖 4-10 所示。

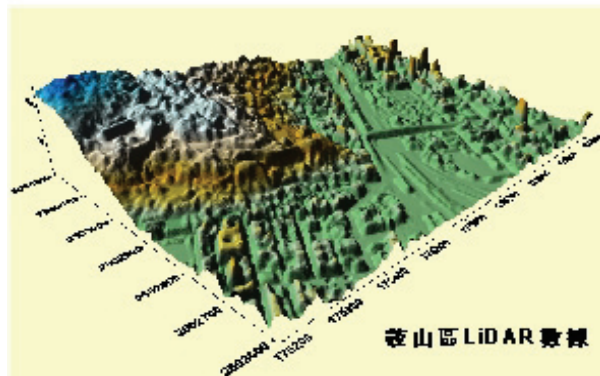


圖 4-9 原始掃描之 DSM 模型

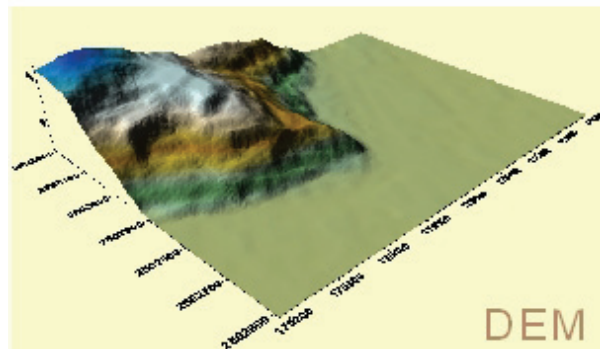


圖 4-10 點雲過濾處理後之 DEM 模型

4.3 小結

本計畫研究主題在以近岸及海岸帶遙測圖像更新製圖、岸線及地理資訊系統(GIS)資料建置，本年度工作包括：

- 1.多源圖像海岸帶影像製圖快速更新的方法與程序。
- 2.Web 基礎之地理資訊系統(Web-GIS)之系統設計與資料建置。
- 3.海岸帶空載雷射掃描(Airborne LiDAR)資料之處理與應用。
- 4.多尺度及次像元精度之岸線特徵提取、岸線變遷分析。
- 5.海岸帶土地利用調查。

經本研究現代空間資訊遙測技術的應用與實作，可獲得下列之結果：

- 1.空間資料獲取技術已有跳躍性的發展與改變。由硬體替代軟體處理之趨勢明顯改變作業方式及資料處理之速度。
- 2.成熟的數位航拍影像其超高解析度及快速處理模式(GPS+IMU=POS)，將有效替代傳統衛星影像之應用。
- 3.空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)資料之可用與實用性已明顯超越傳統航測所產製之 DEM 資料。
- 4.提出具體可行之演算法則，可應用於不同時期及不同解析度影像，提升影像岸線資料自動化萃取之精度。特徵萃取精度受影像解析度及影像糾正之精度影響。但以目前衛星影像解析度而言，仍僅適用巨觀的現況資料蒐集與分析，對微觀的應用仍受限於解析度不足之影響，未來仍以具有 10cm 高解析數位航拍配合空載雷射掃瞄將具有最佳的應用潛力。
- 5.GIS 資料將逐步由 3D 提升至 4D(氣象或時序列)之處理與顯示。

第五章 長基線系統之水下定位精度探討

水面定位精度除了可由 DGPS 和 RTK 即時定位模式獲得公分級和 10 公分以內的精度，分析 GPS 原始資料並執行後期處理(post-processing)解算同樣可獲得高精度的定位品質，並且可減少 DGPS 和 RTK 資料即時傳輸時可能發生訊號不穩定的問題。本研究將探討 GPS 之即時定位與後處理方式，分析其作業模式及定位精度差異。

超短基線水下定位系統的優點是易於安裝，且作業方便，但實際上長基線水下定位系統的定位精度是優於超短基線的。雖然使用長基線定位系統的校正與作業時間會比使用超短基線系統還長，但在提升水下定位精度的需求考量下，本研究案擬定的研究主題為「長基線系統之水下定位精度探討」。長基線水下定位系統同樣必需面對水下載具的航行安全問題，水下載具的定位與導航密不可分，特別是水下定位完全依賴聲納，與駕駛水面或陸上載具採用的視覺操作方法不同。因此，開發長基線水下定位系統之導航介面是本研究另一項重要課題。

5.1 計畫源起

多音束測深系統的資料解析度經常是以角度表示，與測量慣用的長度觀念差異甚大，角度與長度的最大差異是足印(Footprint)與測量斜距(測量儀器至目標的距離)成正比，簡而言之，多音束測深系統的足印與水深成正比，其系統如圖 5-1 所示。而多音束測深系統發展至今，0.5 度的音束束寬是目前最高解析度機種，若要更進一步提升解析度及縮小足印的方法，唯有縮短音鼓至目標的距離，也就是將多音束音鼓安裝至水下載具。

為有效的解決測深解析度之問題，將多音束測深系統安裝在水下載具是一種極為有效之方案，但國內尚無此種解決方式之案例。然而目前國內對於水下載具之開發已經漸有成績，在客觀環境上已經允許進行此項研究課題，加上澎湖、東沙及南沙等島嶼之珊瑚礁及環礁附近之地形測量，與港灣水下結構物之測繪等方面之應用已有迫切的需求，因此本研究是朝向此相關之課題進行研究。

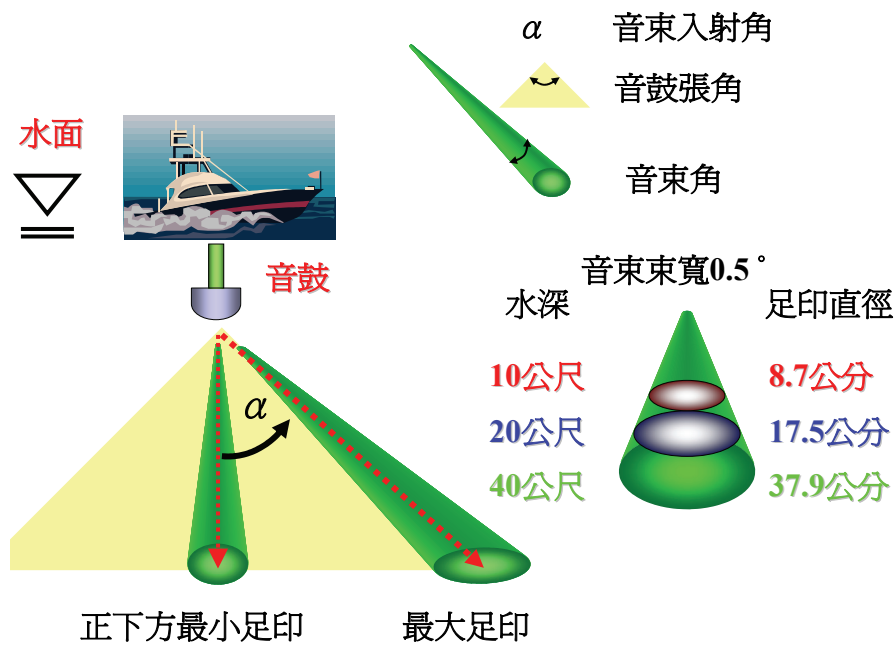


圖 5-1 足印與水深關係示意圖

5.1.1 研究範圍

本計畫為有效的解決測深解析度之問題，將多音束測深系統安裝在水下載具是一種極為有效之方式，因此本研究之主題與研究範圍包括以下之相關課題如圖 5-2 所示。

以水下自動化載具進行多音束測深系統之研究

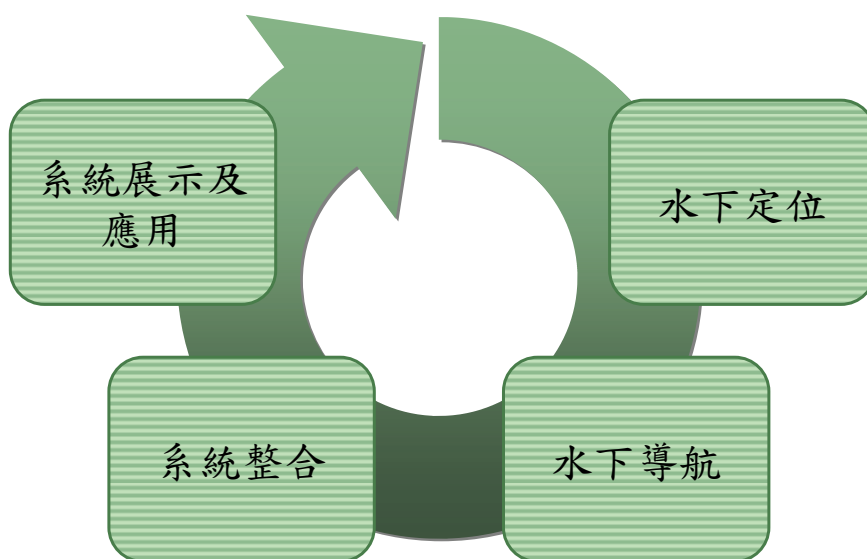


圖 5-2 本研究之主題與研究範圍

首先探討超短基線之水下定位系統的精度，探討多音束測深系統測量水下定位系統底碇架三維坐標之精度，開發超短基線水下定位系統介面之研究。其次再探討長基線之水下定位系統的精度，開發長基線水下定位系統之導航介面，探討衛星即時動態差分(RTK)與後期處理(Post-Processing)模式應用在多音束測深系統之精度。另外以多音束測深資料之整合技術之研發為主軸，探討水下多音束測深系統各感測器資料之同步收集、水下多音束測深之資料處理技術，及船隻與水下載具之多音束測深的多重解析度資料之整合技術之研發。最後以多重解析度資料 2D 及 3D 之展示技術之研發為主軸，探討多音束測深資料與側掃聲納資料之整合等相關的技術研究，及船隻與水下載具之多音束測深成果整合的應用。

5.1.2 工作內容

本年度研究案著重在探討提升水下定位系統，及在水面定位的作業方法及模式。在水下定位範疇內，去年度是以容易安裝佈放的超短基線定位系統為主。為了進一步提升水下定位精度，以符合多音束測深的精度需求，今年擬以定位精度較高的長基線水下定位為研究主題內容，探討長基線系統的佈放及率定作業方法及其定位精度，並配合其應用層面進行導航介面開發。

水面定位研究則將探討後期處理(Post-Processing)模式與衛星即時動態定位(RTK)模式的定位精度差異，並探討這兩個模式對多音束測深系統定位精度的影響。

本年度之工作內容包括以下三項：

1. 衛星即時動態定位(RTK)與後期處理(Post-Processing)模式應用在多音束測深系統之精度探討。
2. 長基線系統之水下定位精度探討。
3. 長基線水下定位系統之導航介面開發。

5.2 衛星即時動態差分(RTK)精度探討

多音束測深系統及水下定位系統皆需要高精度的水面定位系統，以取得量測時的多音束音鼓絕對坐標，因此使用衛星定位模式的精度誤差，必然會傳播至多音束測深及水下定位結果。本章節探討可

能達到公分至公寸級的衛星定位模式，並比較各模式的優缺點，以供使用者參考及應用。

5.2.1 高精度衛星定位精度

由於美國全球衛星定位系統(GPS)技術已經發展成熟，加上近二年來許多衛星定位製造商已將蘇聯全球導航衛星系統(GLONASS)納入衛星定位標準規格，稱為 2G 衛星定位機種。因此任何時段天空中幾乎都有 7~8 顆以上定位衛星可供使用，在任何時間的衛星幾何品質參數(DOP)已經大幅提昇，加上各種無線傳輸方式的演進，增加了各種提升定位精度的可能性。

本研究案選擇約可達 10 公分的定位模式，以供比對，除了採用衛星即時動態定位(RTK) 與後期處理(Post-Processing)模式，並且將增加 FUGRO 衛星傳輸的 DGPS 及 RTK 差分式模式，藉以比對不同定位模式的定位精度，同時比較作業方法及費用的差異。

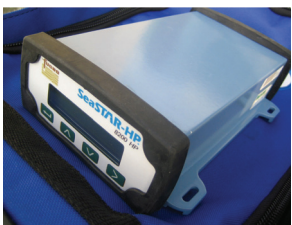
由本研究團隊過去十幾年探討多音束測深的量測經驗顯示，定位品質的優劣足以左右測深率定(calibration)的結果，進而決定多音束測深的資料品質，本研究所採用多音束測深系統儀器規格如表 5-1 所示。

多音束測深作業時，海測軟體同時接收 RTK 及衛星 DGPS(L-Band)，RTK 基站及移動站也同時以 1Hz 的頻率儲存衛星原始觀測資料，以執行後期資料處理定位成果的比對。

大部份海床都是平緩且少有特徵物，本案實驗區必需選擇有顯著特徵物的海床為原則，並且在特徵物上來回重複量測以比對不同定位模式的結果，此外將船隻逐漸遠離基站至無線電無法收訊或 RTK 基線距離超過 10~15 公里時，按原航線返回比對。

表 5-1 多音束測深系統儀器規格

名稱	廠牌	型式	精度	照片
GPS 衛 星 定 位 儀	TOPCON	NET-G3	靜態精度 3mm +0.5ppm。 RTK 精度水平 10mm+1ppm，垂直 15mm+1ppm。 可接收 GPS, GLONASS 及	

名稱	廠牌	型式	精度	照片
			GALILEO 等三種衛星。	
GPS 衛 星 定 位 儀	TOPCON	Hyper Lite+	靜 態 , 快 速 靜 態 : 水 平 精 度 3mm+0.5ppm 及 垂 直 精 度 5mm+0.5ppm。 RTK 精 度 : 水 平 精 度 10mm+1ppm 及 垂 直 精 度 15mm+1ppm。 可接收 GPS 及 GLONASS 等二種 衛星。	
GPS 衛 星 定 位 儀	TOPCON	GB1000	靜 態 , 快 速 靜 態 : 水 平 精 度 3mm+0.5ppm 及 垂 直 精 度 5mm+0.5ppm。 RTK 精 度 : 水 平 精 度 10mm+1ppm 及 垂 直 精 度 15mm+1ppm。 可接收 GPS 及 GLONASS 等二種 衛星。	
GPS 衛 星 定 位 儀	FUGRO	SeaSTAR R	SeaSTAR XP 服務精度：水平 15 公 分，垂直 30 公分。 SeaSTAR HP 服務精度：水平 10 公 分，垂直 20 公分。 RTK 精 度 : 水 平 精 度 10mm+1ppm 及 垂 直 精 度 20mm+1ppm。	
自 動 潮 位 儀	Sea-Bird	SBE39	溫度精確度為$\pm 0.002^{\circ}\text{C}$。 解析度則為 0.0001°C。 壓力範圍在水深 20 公尺以內。 精度 2 公分。 解析度 $0.04 \pm 5\%$ 公分。	

名稱	廠牌	型式	精度	照片
多音束測深儀	Reson	8125	頻率為 455KHz。 音束數目：240 Beams。 音束束寬：0.5 度。 測深角度：120 度	
表面聲速儀	Applied MicroSystems	SVPlus	導電度解析度：一般海水 0.00005, 高濃度 0.00007, 淡水 0.00001。 溫度解析度：0.0001° C 壓力解析度：0.002±5%量測範圍。	
鹽溫深儀	Seabird	SBE19	導電度解析度：一般海水 0.00005, 高濃度 0.00007, 淡水 0.00001。 溫度解析度：0.0001。 壓力解析度：0.002±5%量測範圍。	
動態運動姿態感測儀	OCTANS	100	動態精度：Roll&Pitch 為±0.01°，Heave 為±5 公分或 5%。 動態量測精度約為±0.2 度。 海上作業所需穩定時間為 5 分鐘。 可入水 100m。	

名稱	廠牌	型式	精度	照片
動態運動姿態感測儀	TSS	DMS-05 (Dynamic Motion Sensor)	Roll&Pitch 為 $\pm 0.05^\circ$ ，Heave 為 ± 5 公分或 5%。	

5.2.2 多音束測深系統精度

國際海測規範(IHO SP44) 第四版合併所有精度與誤差傳播的分析結果稱為總傳播誤差(Total Propagated Error, TPE)，第五版將所有誤差歸算為總傳播不確性(Total Propagated Uncertainty, TPU)，並將 TPU 區分為平面不確定性(Total Horizontal Uncertainty, THU)與垂直不確定性(Total Vertical Uncertainty, TVU)。按規範測深作業前應先檢驗每項儀器獨立的精度與誤差，確認整個測深使用的儀器精度經過誤差傳播仍足以達到量測規範的精度要求，理論上多音束測深預期精度未達標準，則必須針對不足原因更換精度較高之儀器。現實中每個音束每次量測的傾角(roll, pitch etc.)都不相同，必須歸算所有量測結果才會得到正確的 TPU，因此實務上的作法是量測並歸算後，再刪除未達總誤差傳播標準的測深資料。

儀器的精度可由製造商提供，以 CARIS HIPS 多音束資料處理軟體為例，提供之計算 TPU 的欄位分為二大項，相對位置或及角度(Offset)及標準差(StdDev)。

1. 相對位置或及角度(Offset)。

- (1).MRU to Transducer(x,y,z)：船隻姿態儀至音鼓三個軸向的相對位置。
- (2).Navigation To Transducer(x,y,z)：定位儀至音鼓三個軸向的相對位置。
- (3).Transducer Roll：同時使用二個音鼓或斜打作業時，安裝音鼓的傾角，右舷向下為正。

2. 標準差(StdDev)

- (1).Motion Gyro：量測航向的標準差。
- (2).Heave % Amplitude：湧浪瞬間變化的標準差。
- (3).Heave：量測湧浪的標準差。
- (4).Roll：量測左右搖擺角的標準差。
- (5).Pitch：量測前後傾斜的標準差。
- (6).Position Nav：定位的標準差。
- (7).Timing Trans：音鼓拍發時間的標準差。
- (8).Nav Timing：定位時間的標準差。
- (9).Gyro Timing：量測船艏向時間的標準差。
- (10). Heave Timing：量測湧浪時間的標準差。
- (11). Pitch Timing：量測前後傾斜時間的標準差。
- (12). Roll Timing：量測左右搖擺角時間的標準差。
- (13). Offset X：量測儀器安置相對位置在 x 軸向的標準差。
- (14). Offset Y：量測儀器安置相對位置在 y 軸向的標準差。
- (15). Offset Z：量測儀器安置相對位置在 z 軸向的標準差。
- (16). Vessel Speed：量測航速的標準差。
- (17). Loading：船隻油水載重變化。
- (18). Draft：量測船隻吃水的標準差。
- (19). Delta Draft：量測船隻動態吃水的標準差。
- (20). MRU Align StdDev Gyro：電羅經非置於船隻運動中心量測船艏向的標準差。
- (21).MRU Align StdDev Roll/Pitch：船隻姿態儀非置於船隻運動中心量測左右搖擺角的標準差。

5.2.3 定位及測深精度之配合

量測系統精度來自測深、定位及潮位儀器等精度的限制及人為誤差，人為誤差(例如：音鼓吃水的判讀及代表性取樣的選擇)則較難量

化估算，回歸到測深系統最終獲得二項主要資訊：船舶架設儀器之水平位置($X1, Y1$)及水深(Z)，量測水平位置的儀器大多由全球導航衛星系統(GNSS, Global Navigation Satellite System, GPS + GALILEO + GLONASS)為主。單音束測深系統為固定音束束寬(*beam width*)，多音束測深系統目前則有等角度(*equal angle*)及等距離(*equal distance*)的量測方式，測深儀的成果是水深(Z)，但在水平空間($X2, Y2$)仍有足印(*footprint*)大小的不確性(*uncertainty*)，因此 GNSS 量測的水平定位精度($X1, Y1$)與測深足印($X2, Y2$)必需同時配合，才能對整個量測成果有顯著的改變，其定位精度和足印示意圖如圖 5-3 所示。

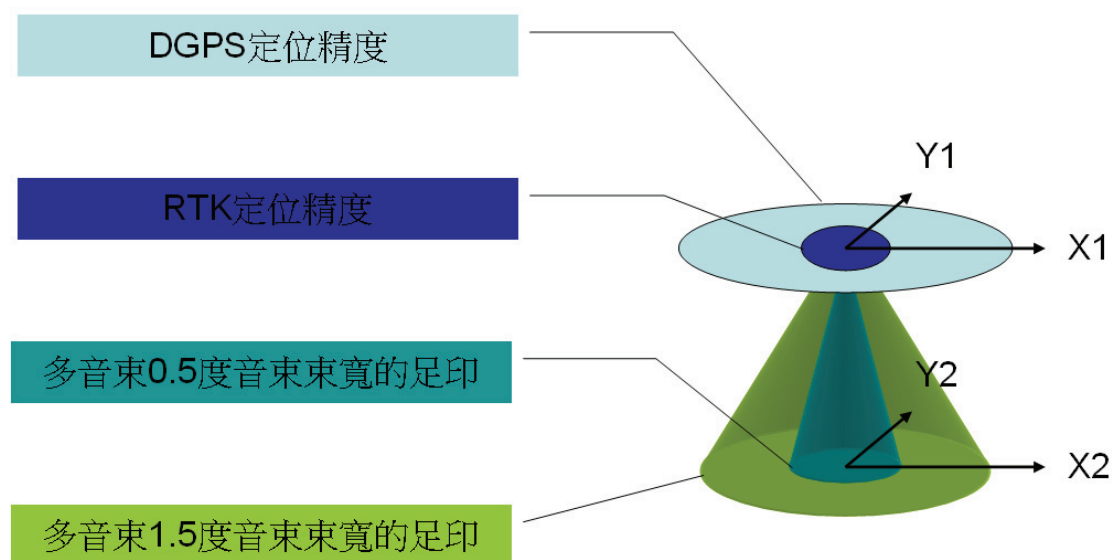


圖 5-3 定位精度和足印示意圖

定位精度與足印尺寸為系統的測深系統先天條件，後續的率定(Patch Test)值也因 TPU 的縮減，而逐漸突顯其好壞差異。

5.3 長基線系統之水下定位精度探討

水下載具作業，往往必須倚靠精確的定位才能順利完成工作。由於電磁波與光波能量在水中容易衰減，因此衛星定位及全測站(*total station*)等儀器並不適用於水下定位。目前市面上經常採用的水下定位方法可分為二種形式：慣性導航(*Inertial navigation*)及聲學式定位(*Acoustic positioning*)。慣性導航的優點是相對精度很高，主要缺點是經由積分所累積的定位誤差值會隨時間增長而變大，因此適用於短期間的相對位移計算。

5.3.1 水下聲學定位系統概述

水下聲學的定位通常需要在海床或是水面船底佈放應答器，應答器之間的相對距離稱為基線。根據基線的長短，水下聲學的定位方式可分為長基線、短基線及超短基線定位，分述如下：

1. 長基線聲學定位(Long Baseline Acoustic System; LBL)

長基線聲學定位(LBL)示意如圖 5-4 所示，長基線定位系統包含數個應答器，作業時將應答器錨碇於海床固定處，其位置乃根據大地座標定義來描述，而長基線收發器則固定於船上或是水下載具。進行水下定位時，收發器送出一聲訊，當應答器收到此一聲訊時，便回送一聲訊給收發器。藉由聲波傳送的時間與水層聲速，便能求得收發器至每一個應答器之間的距離（斜距）。透過斜距交會，便可以計算出收發器的絕對位置。

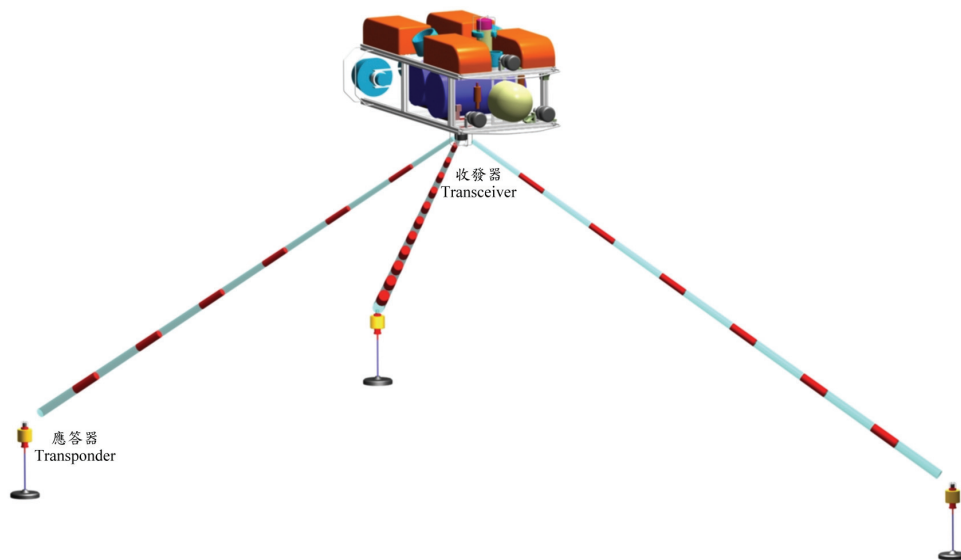


圖 5-4 長基線聲學定位(LBL)示意圖

2. 短基線聲學定位(Short Baseline Acoustic System; SBL)

短基線聲學定位(SBL)示意如圖 5-5 所示，短基線定位系統通常安裝在船上，至少會有三個收發器以多邊形排列安裝在船艙的底部，如圖 5-5 所示。安裝時，必須盡量拉大收發器之間的距離（基線），最好能在 10 公尺以上。進行定位量測前，需先知道所有收發器的位置，位置座標以附隨在船上的座標系統為參考。定位時，僅由單一支收發器發出聲訊，應答器接收到此一聲訊後，便會回傳一聲訊至所有

的收發器，藉此可以求得應答器與收發器之間的斜距離。藉由斜距以及收發器的座標位置，便能計算出應答器在附隨於船艦座標系統下的座標位置。

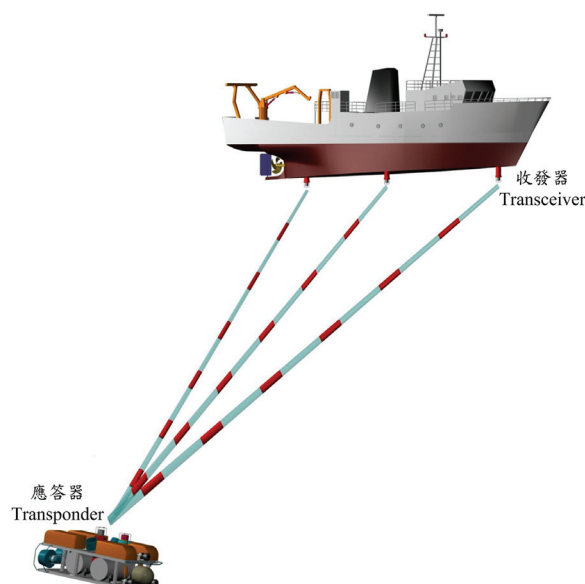


圖 5-5 短基線聲學定位(SBL)示意

3. 超短基線聲學定位(Ultra Short Baseline Acoustic System; USBL)

超短基線聲學定位(USBL)示意如圖 5-6 所示，超短基線的定位原理類似短基線，都是將收發器安裝在船上。短基線系統是將收發器陣列安裝在船身各不同角落，基線距離約數公尺；不過超短基線系統則是將許多換能器(Transducer)陣列建構在單一個收發器之內，基線距離只有幾公分。超短基線對定位距離的估算方法與短基線相同，不過收發器各個換能器收到應答器回訊的時間差比短基線小了很多，若藉由時間差來估算目標物的位置，容易產生較大的估算誤差。所以超短基線系統通常利用正弦訊號 (Sinusoidal signal) 來量測每個換能器收到回訊的時間相位 (Time-phase)，藉由換能器之間的時間相位差可以估算出目標物的水平方向角與垂直方向角，再由量得的斜距來估算出目標物的位置。

原則上，基線距離越長，定位精度也越高，這也是本年度計畫選擇長基線系統作為水下定位的原因。長基線系統進行水下定位，必須將 3 個以上的應答器固定在海床上，收發器則安裝在載具上，應答器安置後應先率定位置。相對於短基線及超短基線而言，長基線定位系統的佈放、回收、以及每一個海床應答器的定位資料收集

，需要花費很久的作業時間。若以水深 100 公尺為例，每一應答器率定作業至少需要 40~60 分鐘的時間，在佈放 4 個應答器的狀況下，其率定作業需花費 3~4 小時。

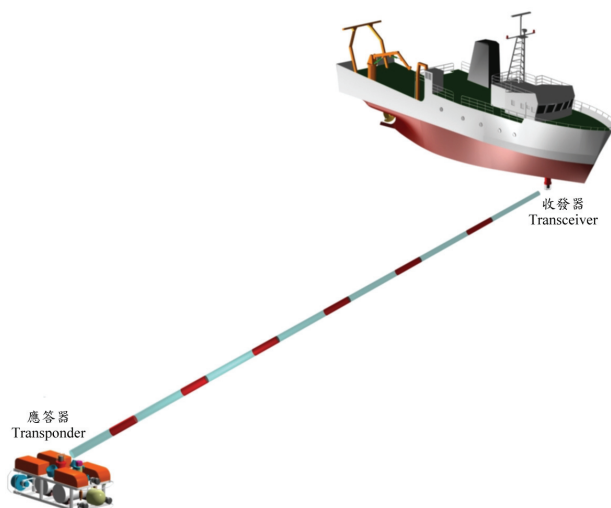


圖 5-6 超短基線聲學定位(USBL)示意

5.3.2 實測精度規劃

本研究實際海測採用 LinkQuest 公司的 PinPoint 1500 的長基線系統，其距離量測精度為 0.15~0.5 公尺，距離量測範圍最大可達 1500 公尺，其他詳細規格如表 5-2 所示。為了探討此一長基線系統之定位精度，本研究已進行實海域測試，其作業規劃如下：

1. 作業水深約為 30 m，於海床上佈放四個應答器，形成方形陣列，應答器間距則約為 150 公尺左右。
2. 長基線收發器原本應安裝在水下載具上，為測試其定位精度，本實驗將收發器安裝在船隻底部進行定位實驗。由於收發器安裝於船隻底部，所以可以藉由船上的 GPS 資料精確量測收發器的坐標位置。此外，利用長基線定位資料也可以估算收發器的位置。由於 GPS 資料經過後處理之後，其定位精度可達 1~10 公分，因此，本研究擬藉由比對 GPS 量測之收發器位置與長基線定位估算之收發器位置，藉以探討長基線之定位精度。
3. 進行長基線定位之前，必須先估算每個應答器的位置。應答器位置的估算方式，可利用水面工作船裝載收發器，於應答器上方附近水面詢答應答器，以取得斜距與收發器 GPS 坐標，再藉由數個

斜距資料以及收發器的坐標資料來推估應答器的位置。理想上，只要利用三個不在同一直線上的觀測點來量測斜距以及收發器坐標，就可以反算出應答器的位置。然而，斜距和收發器的坐標資料隱含量測誤差，僅由三筆資料並不利於精準估算應答器位置，所以取得越多筆斜距以及收發器的坐標資料，就越能準確推算出應答器位置。本研究採用數值最佳化方法來估算應答器位置，以求得全域最佳解 (Global minimum)，其估算流程如圖 5-7 所示。

表 5-2 長基線 PinPoint 1500 系統規格

項目	收發器規格	應答器規格
精度	0.15~0.5 m	
有效距離	1500 m	
有效角度	210° (omni-directional)	210° (omni-directional)
頻率	26.77~44.62 kHz	26.77~44.62 kHz
發射功率	20 W	20 W
接收器功率	0.8 W	0.8 W
休眠模式功率		8 mW
連續詢答時限		8 × 24 hours
電池運作時限		2 years
尺寸大小	13 cm × 23 cm	13 cm × 50 cm
電壓	18~28 VDC	19~24 VDC
空氣中重量	3.3 kg	6.8 kg
水中重量	1.4 kg	2.8 kg

項目	收發器規格	應答器規格
可用頻道		32 個

利用數值最佳化方法估算應答器位置，必須要建立目標函數 (Objective function)，而目標函數與水層聲速剖面有關，因此在實驗過程中必須進行 CTD 量測。本研究採用數值最佳化方法來估算應答器位置，以求得全域最佳解 (Global minimum)，其估算流程如圖 5-7 所示。

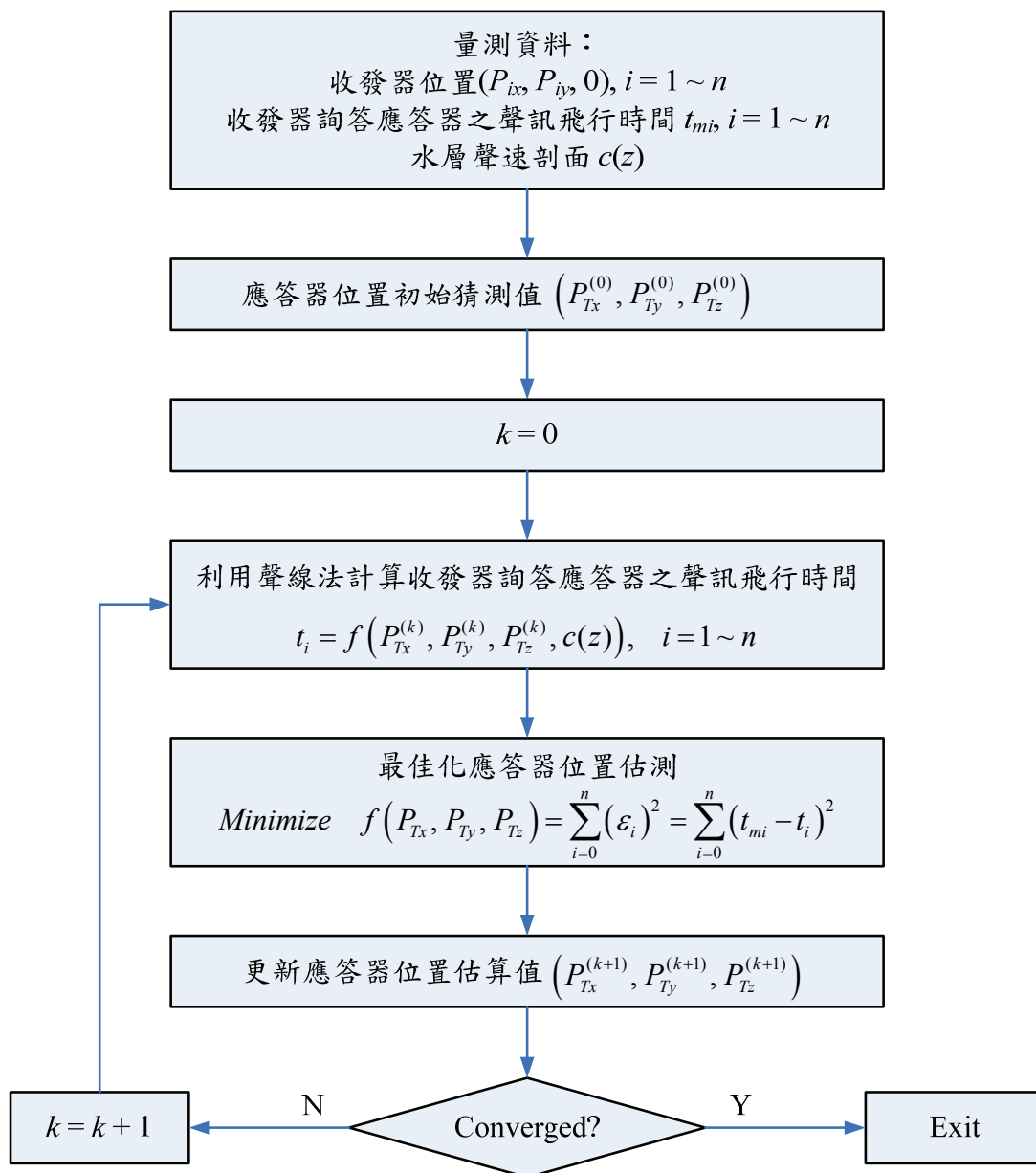


圖 5-7 應用最佳化方法估算應答器位置之流程

4. 應答器位置完成校正之後，利用收發器連續詢答各支應答器，以取得收發器與各個應答器之間的斜距資訊，用以估算收發器的位置。由於一般載具均配備深度計，所以載具的深度資訊可視為已知，因此長基線定位主要在求得載具的水平坐標 (x, y) 。配合深度計資訊，基本上採用兩個應答器的斜距資料就可以解算出載具的位置，不過收發器的位置有兩個解，分列於基線兩側，在實際水下定位作業過程中，有可能不易分辨載具的真正位置。當採用三個以上的應答器斜距資訊時，便可解決上述問題。

5.3.3 現場實測

民國 99 年 7 月 9 日，本研究於高雄外海(北緯 $22^{\circ}38'44''N$, 東經 $120^{\circ}13'13''E$)進行長基線定位實驗，以收集長基線斜距、GPS、運動感測器、以及 CTD 等感測資料。作業過程中，先將四支應答器以 $150\text{ m} \times 150\text{ m}$ 方形陣列方式分別佈放，其應答器實體如圖 5-8 所示，而應答器佈放實景如圖 5-9 所示，且由潛水人員將其底碇於水深約 26 米的海底，其應答器海底碇放實景如圖 5-10 所示。



圖 5-8 應答器實體



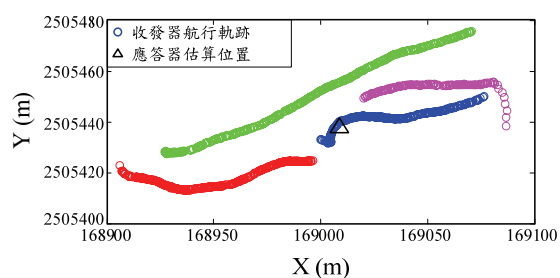
圖 5-9 應答器佈放實景



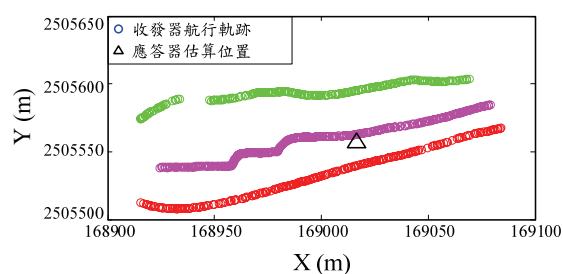
圖 5-10 應答器海底碇放實景

進行長基線定位量測之前，必須先定位四支應答器的位置。其收發器詢答各支應答器的航行軌跡如圖 5-11 所示；在資料收集期間，也透過 CTD 量測來獲得水層聲速剖面，七次 CTD 量測所推算之水層聲速剖面結果如圖 5-12 所示。根據水層聲速剖面、聲學斜距量測、GPS 定位、以及運動感測器的艏向(Heading)、縱搖(Pitch)、橫擺(Roll)、起伏(Heave)資料，推算出四支應答器的絕對座標位置如表 5-3 及圖 5-13 所示，定位應答器之斜距殘差 (Slant range residual) 如圖 5-14 所

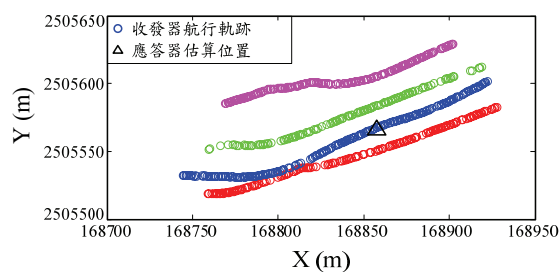
示。由圖 5-14 之應答器斜距殘差可知，每支應答器的斜距殘差值標準差約在 10 cm 左右。



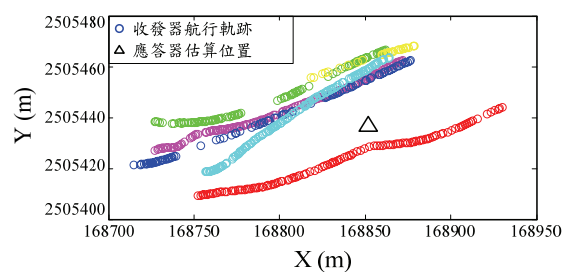
(a) 第一支應答器



(b) 第二支應答器



(c) 第三支應答器



(d) 第四支應答器

圖 5-11 收發器詢答各支應答器的航行軌跡

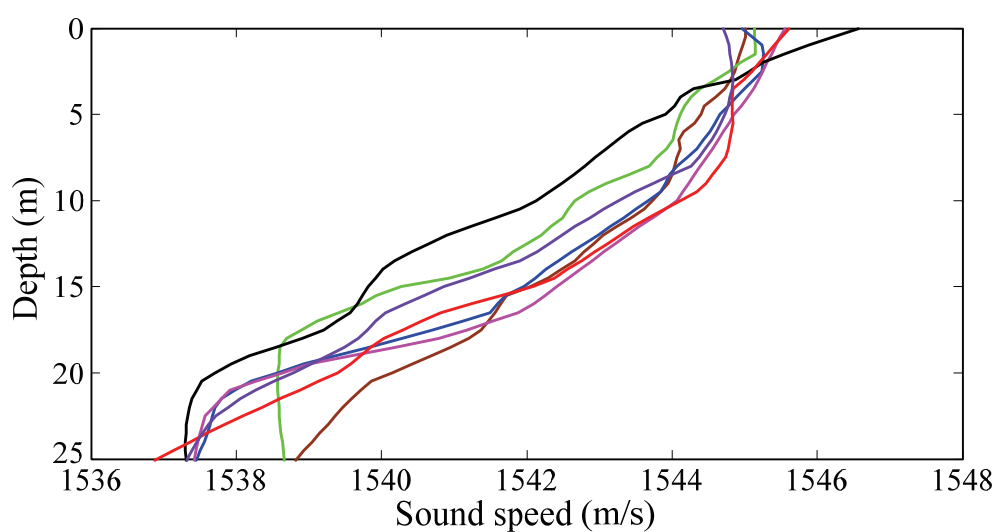


圖 5-12 CTD 量測所推算出水層聲速剖面

表 5-3 應答器座標位置

	二度分帶(TM2)座標		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
Transponder 1	169009.03	2505397.89	-24.72
Transponder 2	169015.11	2505557.88	-24.53
Transponder 3	168855.70	2505566.77	-25.16
Transponder 4	168852.28	2505390.84	-25.88

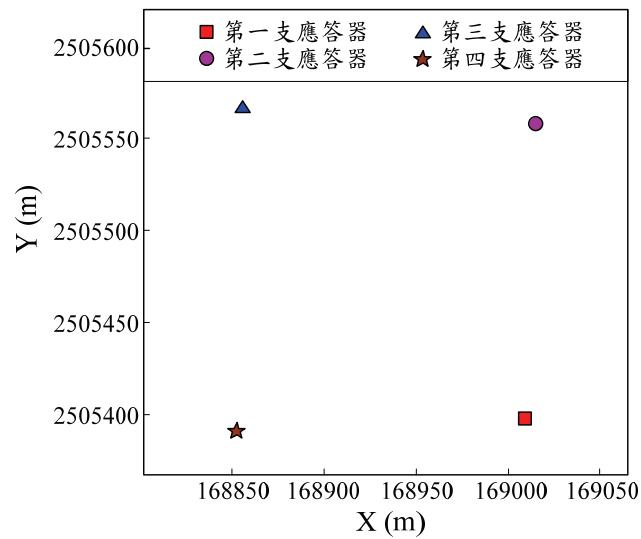
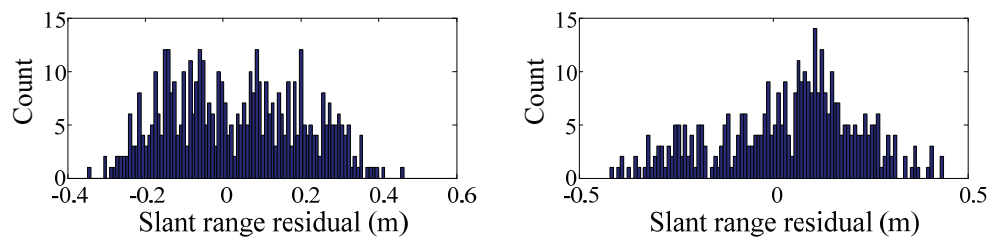


圖 5-13 四支應答器位置



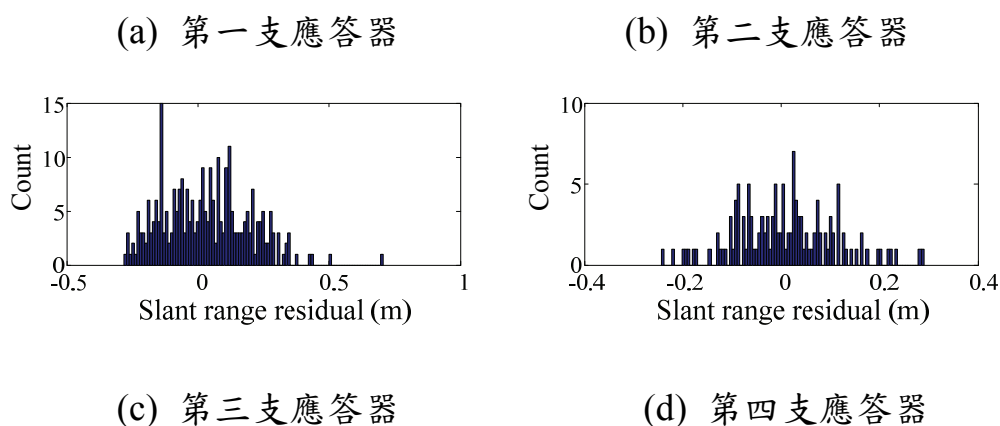
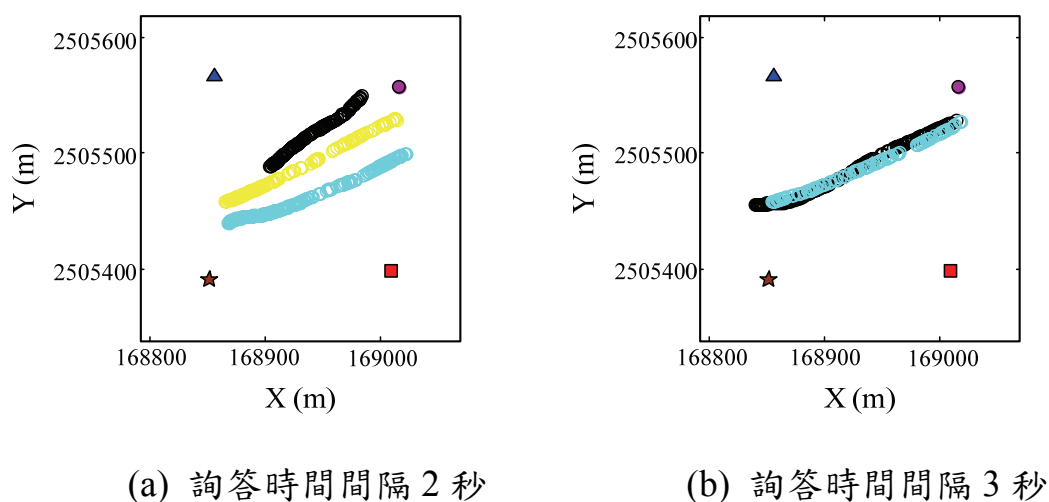
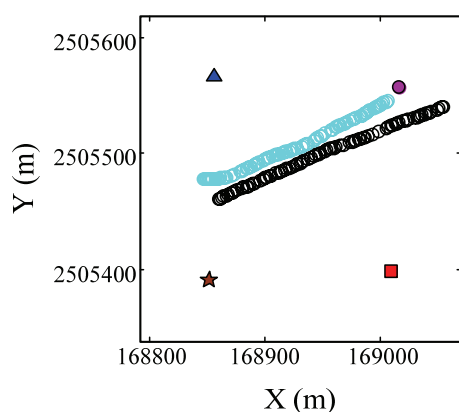


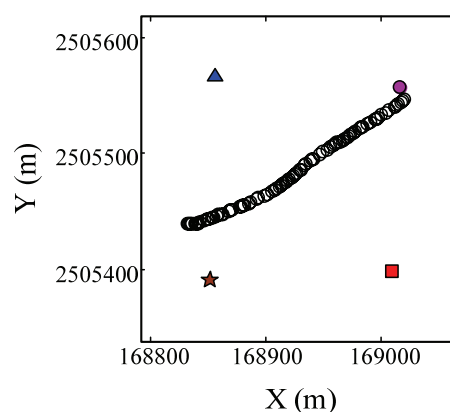
圖 5-14 定位應答器之斜距殘差

完成應答器定位估算之後，接著便進行長基線定位資料收集。由於長基線系統的定位誤差與收發器詢答間隔時間有關，所以本研究分別設定詢答時間間隔為 2、3、4、5 秒，在應答器陣列上方水面收集定位資料。由於本研究利用漁船搭載長基線收發器進行定位實驗，而漁船難以控制在低速下穩定運動，其可控制之最小穩定運動速度約在 5 節左右，與一般水下載具的作業速度(小於 3 節)相去甚遠。由於當天海流速度約在 0.6~1.1 節，因此，本研究利用船隻順著海流漂移的運動模式來收集長基線定位資料。圖 5-15 為不同詢答時間間隔(2、3、4、5 秒)下收發器對四支應答器依序詢答之航跡，其中，詢答時間間隔 2 秒的實驗共進行 3 次定位資料收集，詢答時間間隔 3 秒與 4 秒的實驗分別進行 2 次定位資料收集，詢答時間間隔 5 秒的實驗則進行 1 次定位資料收集。





(a) 詢答時間間隔 4 秒

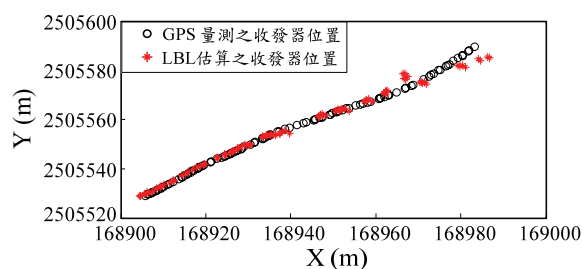


(b) 詢答時間間隔 5 秒

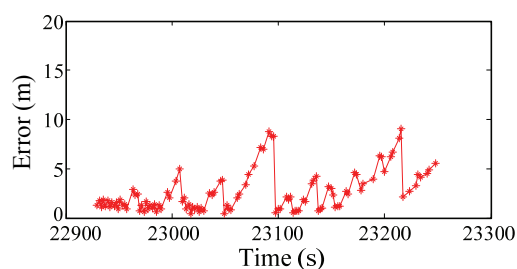
圖 5-15 長基線定位實驗之收發器詢答軌跡

5.3.4 實測資料分析

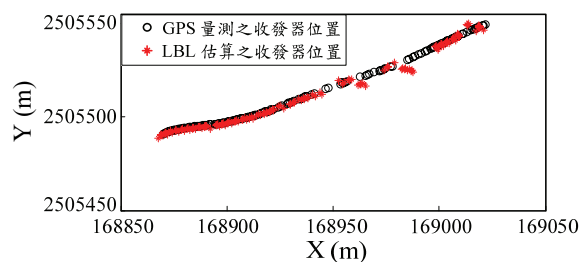
本研究取得四支應答器位置後，可估算出以長基線定位量測的收發器位置，且將估算結果與 GPS 量測收發器位置做比較，其結果如圖 5-16 至圖 5-19 所示。圖 5-16~圖 5-19 分別是詢答時間間隔 2、3、4、5 秒之長基線定位結果，由圖可看出，由於船隻漂流移動，因此收發器詢答各支答應答器的位置並不一樣，亦即各支應答器斜距的量測基準不一樣，以致於進行最小平方位置估算時，會產生誤差。此外，在收發器連續詢答應答器過程中，收發器常因故無法收到應答器的回訊，更是造成長基線定位估算誤差的主要原因。



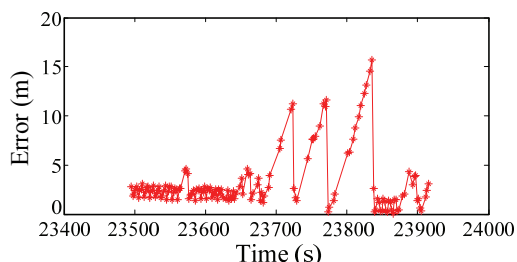
(a) 第一條測線定位結果



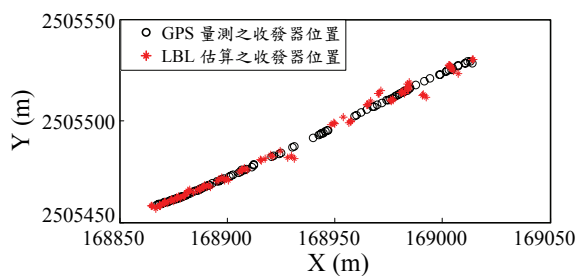
(b) 第一條測線定位誤差



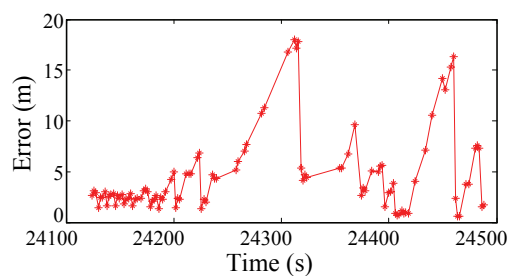
(c) 第二條測線定位結果



(d) 第二條測線定位誤差

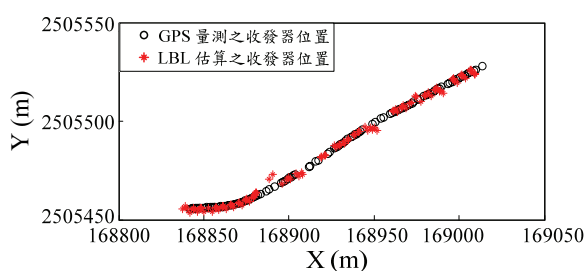


(e) 第三條測線定位結果

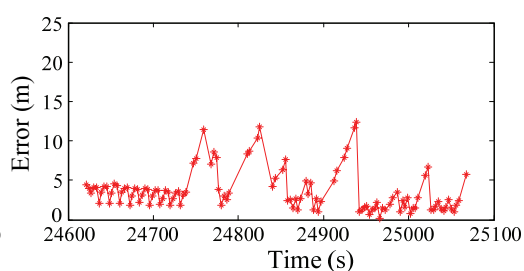


(f) 第三條測線定位誤差

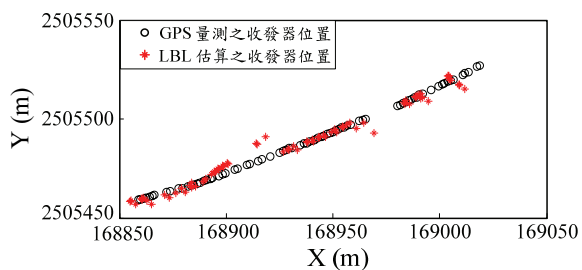
圖 5-16 詢答時間間隔 2 秒之長基線定位結果與定位誤差



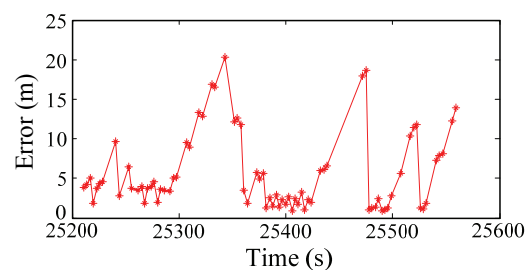
(a) 第一條測線定位結果



(b) 第一條測線定位誤差

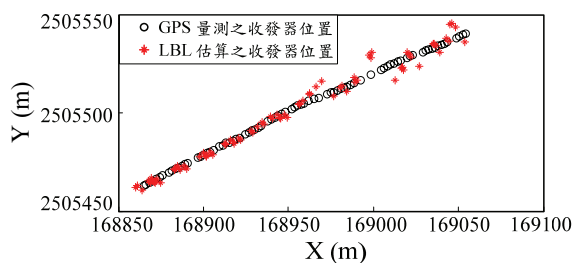


(c) 第二條測線定位結果

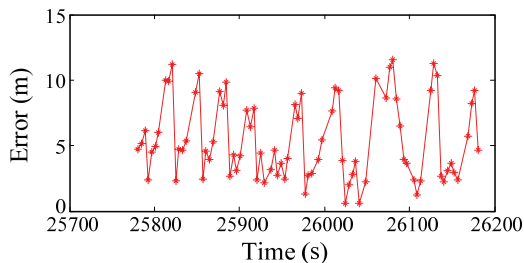


(d) 第二條測線定位誤差

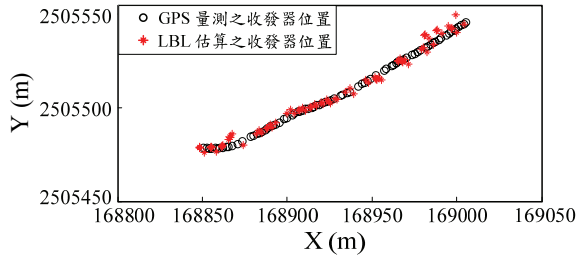
圖 5-17 詢答時間間隔 3 秒原始定位誤差



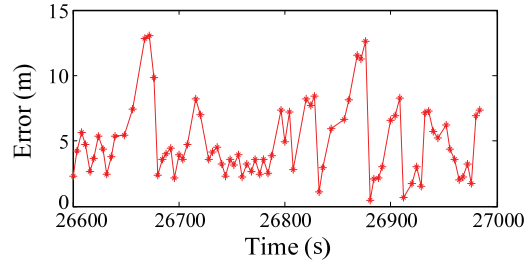
(a) 第一條測線定位結果



(b) 第一條測線定位誤差

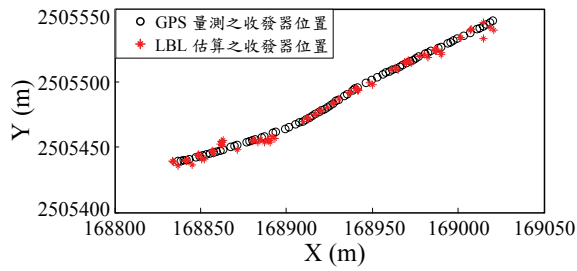


(c) 第二條測線定位結果

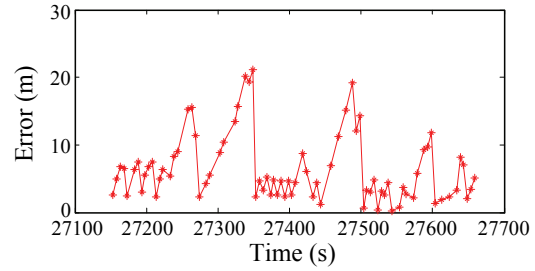


(d) 第二條測線定位誤差

圖 5-18 詢答時間間隔 4 秒原始定位誤差



(a) 第一條測線定位結果



(b) 第一條測線定位誤差

圖 5-19 詢答時間間隔 5 秒原始定位誤差

由圖 5-16 至圖 5-19 的定位結果可以看出，長基線定位误差的主要來源在於無法連續收到應答器的詢答回訊。為了改善應答器中斷回訊所造成的定位误差，可以設法從相關感測資料去預測收發器詢答各支應答器的絕對位置。例如，水下載具如果裝設都卜勒流速計（Doppler Velocity Log; DVL），便可以取得水下載具在絕對座標下 X 方向的速度 (u) 和 Y 方向的速度 (v)，此一資料便能用來預測應答器的位置，其流程如圖 5-20 所示。從圖 5-20 可知，如果長基線收發器沒有收到應答器的回訊，便直接透過速度感測資料來預測收發器的位置 $\mathbf{P}_i$ ：

$$\mathbf{P}_i = \mathbf{P}_{i-1} + \Delta t_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix}$$

一旦長基線收發器收到應答器的回訊，便利用預測的收發器位置重新計算收發器與每支應答器的斜距，再由最小平方法估算出收發器的位置。在這次長基線定位實驗中，由於搭載收發器的船隻並未裝設量測速度之感測器，因此，本研究由 GPS 量測到的收發器座標，透

過數值方法推算出收發器在絕對座標系統下的移動速度 u 和 v ，並根據圖 5-20 的流程來估算收發器的位置，其定位估算結果如圖 5-21 至 5-24 所示。由圖可以清楚看出，利用速度感測資料輔助預測收發器位置並重新修正斜距後，可以大幅改善收發器的定位誤差。由此可知，水下載具若僅靠長基線系統來定位，極可能因為無法連續收到應答器的詢答回訊，而造成極大的定位誤差。因此，長基線定位系統必須整合其他感測器（例如 DVL、INS），透過感測資料融合的方式來改善長基線定位精度。

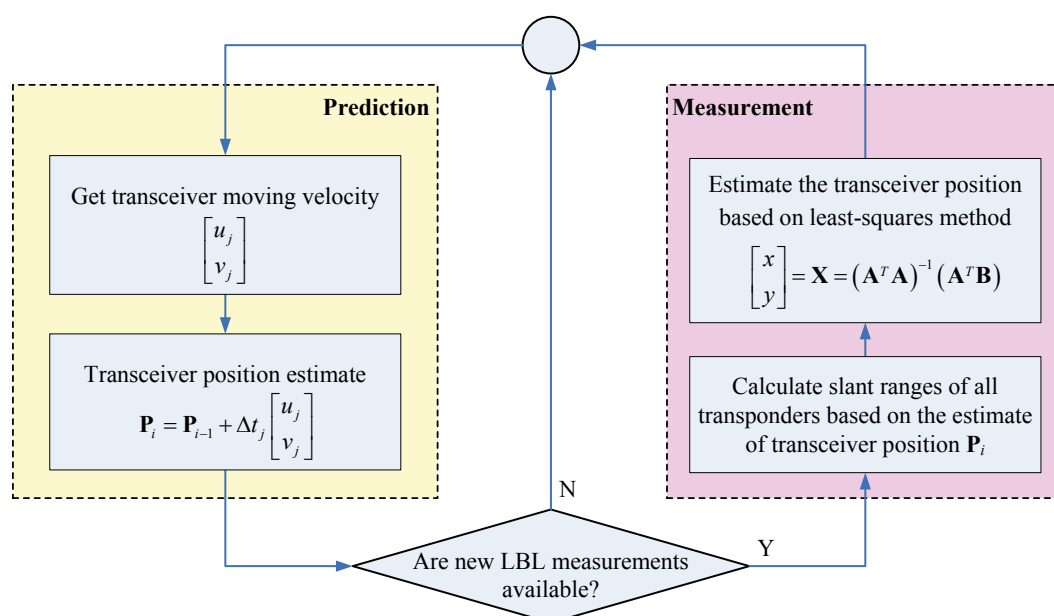
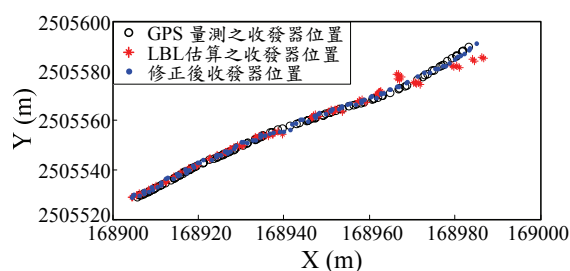
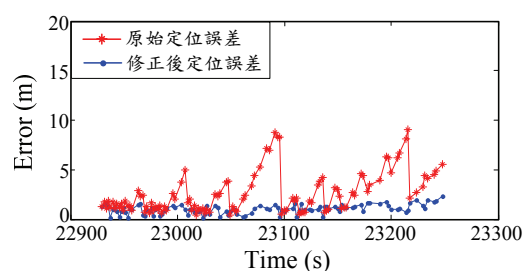


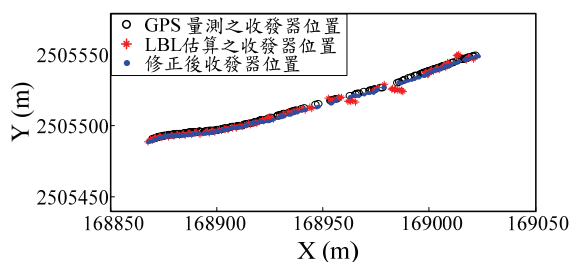
圖 5-20 藉由速度感測資料預測收發器位置以改善長基線定位誤差



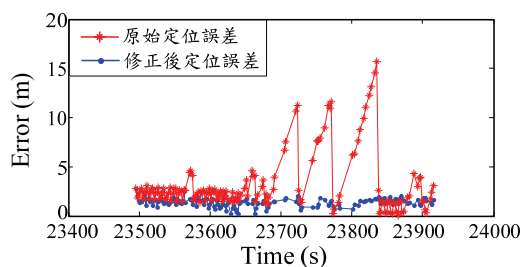
(a) 第一條測線定位結果



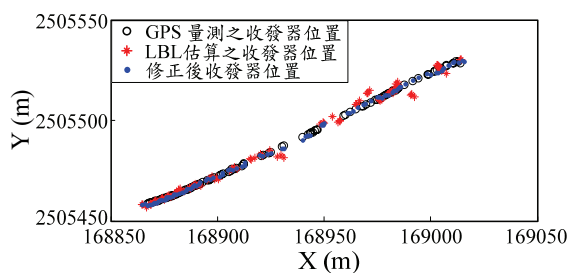
(b) 第一條測線定位誤差



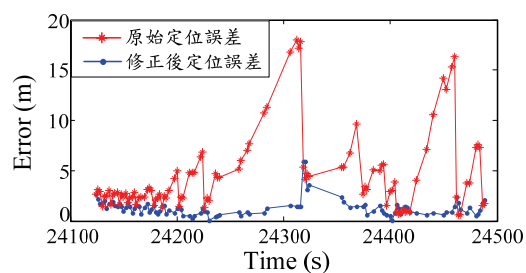
(c) 第二條測線定位結果



(d) 第二條測線定位誤差



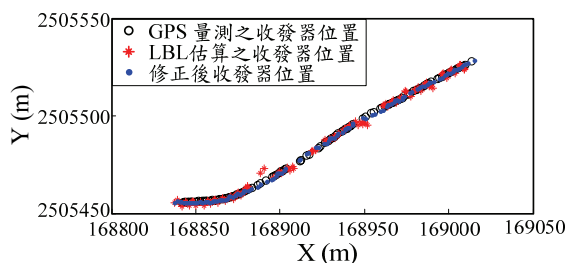
(e) 第三條測線定位結果



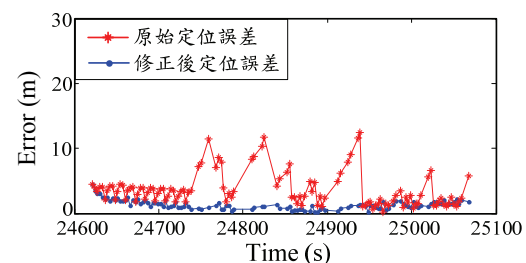
(f) 第三條測線定位誤差

圖 5-21 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較

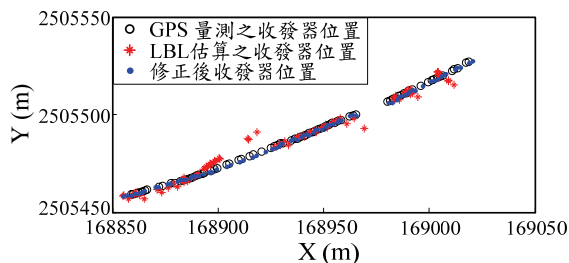
(詢答時間間隔 2 秒)



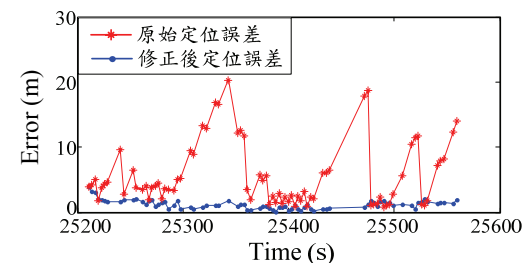
(a) 第一條測線定位結果



(b) 第一條測線定位誤差



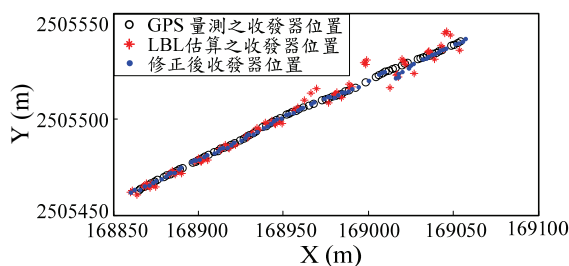
(c) 第二條測線定位結果



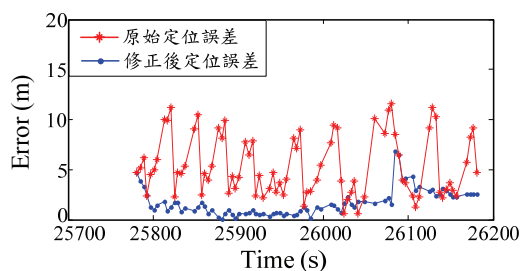
(d) 第二條測線定位誤差

圖 5-22 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較

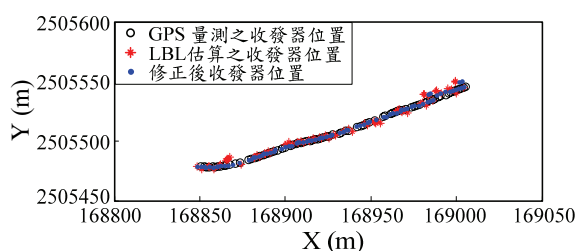
(詢答時間間隔 3 秒)



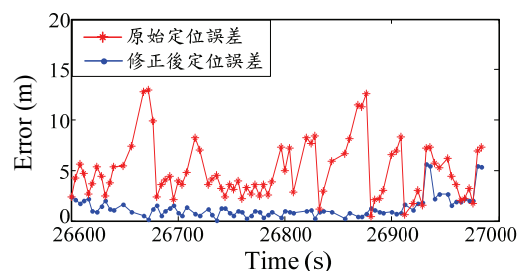
(a) 第一條測線定位結果



(b) 第一條測線定位誤差



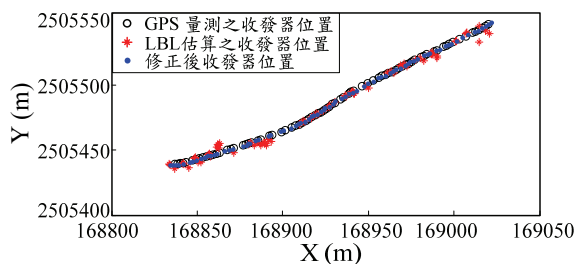
(c) 第二條測線定位結果



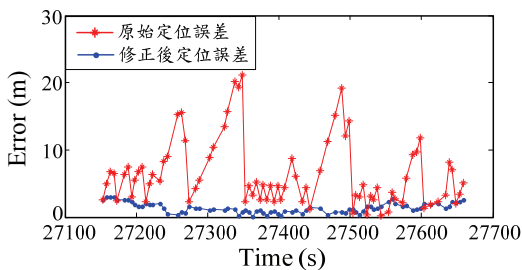
(d) 第二條測線定位誤差

圖 5-23 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較

(詢答時間間隔 4 秒)



(a) 第一條測線定位結果



(b) 第一條測線定位誤差

圖 5-24 橫向與縱向速度修正後與原始定位誤差比較

(詢答時間間隔 5 秒)

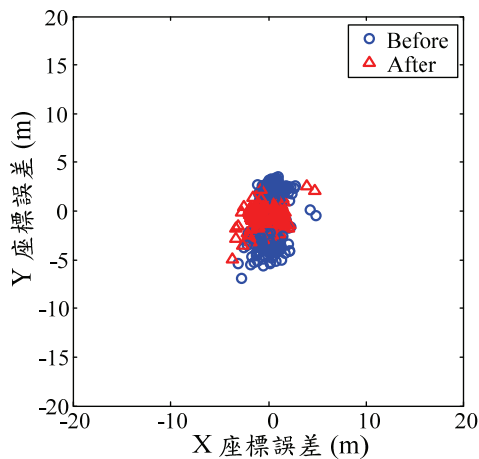
5.3.5 長基線與超短基線定位精度比較

前期計畫中，我們探討了超短基線系統之定位精度。由於超短基系定位誤差的主要來源之一是感測器對準偏差，因此，前一年計畫利

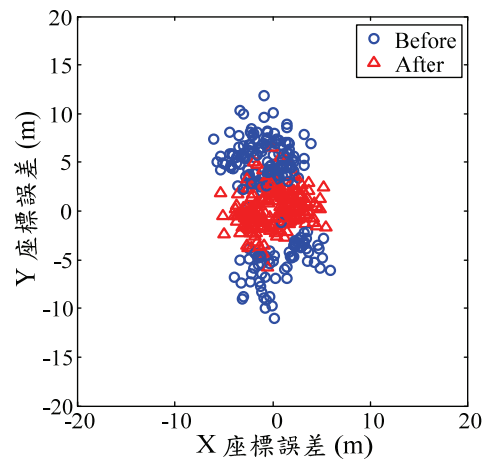
用感測器對準偏差校正方法，改善超短基線定位精度，其感測器對準偏差校正前後之超短基線定位誤差結果如圖 5-25 所示。不過，超短基線定位精度與水深、半錐角（Half cone angle）有絕對關係。

而由超短基線定位誤差隨半錐角增加而變大，如圖 5-26 所示，可以看出，定位精度隨著水深增加而變差。此外，隨著半錐角增大，定位精度也跟著變大；在這三種不同水深下，半錐角 30 度以內的定位精度可控制在約 2 公尺以內，一旦半錐角達到 60 度，在 110 公尺的作業水深下，其定位誤差達到 3.5 公尺左右。因此，利用超短基線進行水下載具定位時，應盡量將工作母船控制在水下載具正上方附近，可以有效降低定位誤差，不過這同時也限縮了水下載具的作業範圍。

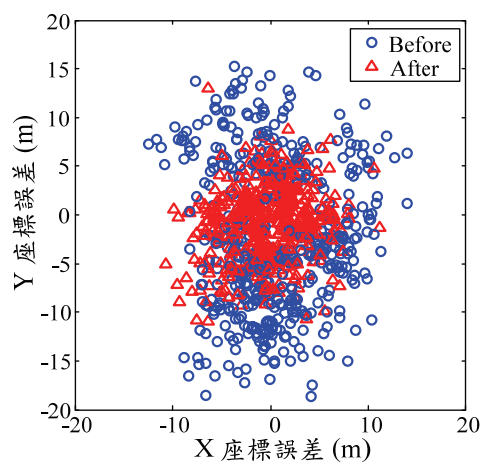
由於長基線應答器錨碇於海床上，因此長基線定位誤差基本上並不受作業水深影響。但長基線定位精度會受收發器詢答時間間隔與載具速度影響，一旦收發器詢答間隔時間越長、船速越快（亦即收發器詢答間隔位移量越大），長基線系統的定位誤差便會越大。此外，長基線定位誤差的另一個主要原因，在於無法連續收到應答器的詢答回訊。因此，本研究整合載具速度量測資訊，有效改善長基線定位誤差，而根據圖 5-21 ~ 圖 5-24 的修正結果，長基線定位誤差可控制在 1~1.5 公尺左右，如圖 5-27 所示。因此，利用長基線進行水下載具定位時，應盡量縮短收發器詢答間隔位移量、避免聲訊遮蔽以免無法收到應答器回訊，並融合其他感測資訊，如此便可以有效降低定位誤差。



(a) 水深 32 m

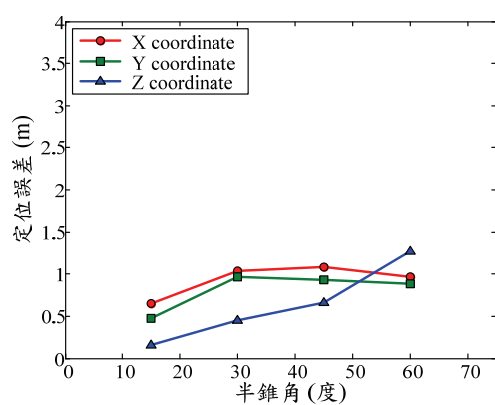


(b) 水深 76 m

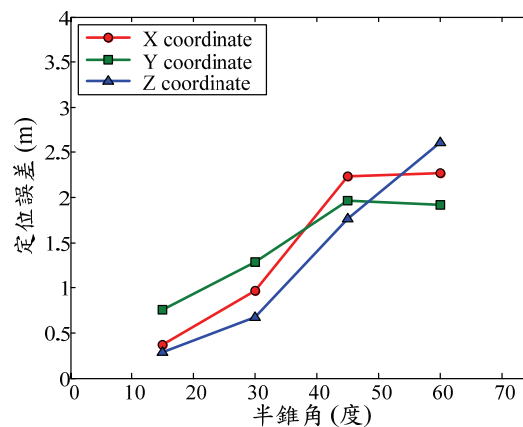


(c) 水深 110 m

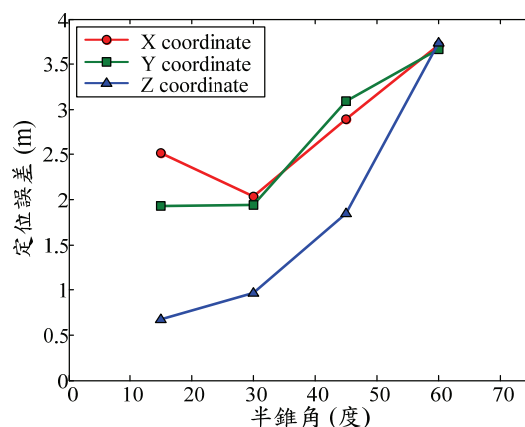
圖 5-25 感測器對準偏差校正前後之超短基線定位誤差



(a) 水深 32 m 的定位誤差(1)



(b) 水深 76 m 的定位誤差(1)



(c) 水深 110 m 的定位誤差(1)

圖 5-26 超短基線定位誤差隨半錐角增加而變大

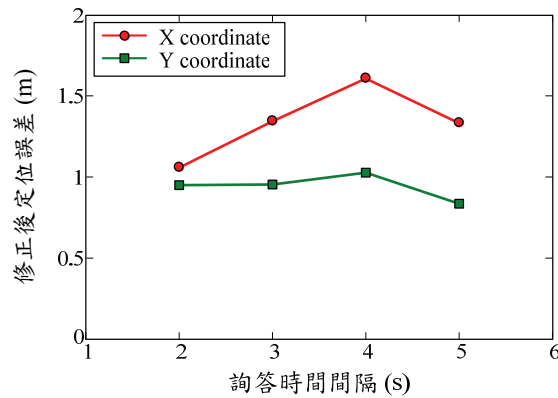


圖 5-27 修正後之長基線 X 座標與 Y 座標定位誤差

5.4 長基線水下定位系統之介面開發

5.4.1 水下載具簡介

水下無人遙控載具(Remotely Operated Vehicle, ROV)需要透過電纜與水面工作船連結，獲得載具所需的電力，同時透過電纜將控制命令由水面傳送至水下載具，而水下載具感應器的資訊亦透過電纜傳送至水面。依水下作業不同，ROV 設計尺寸與耐壓深度有很大的不同，基本系統架構包含浮力控制系統、電力系統、推進系統、通訊系統、水密艙、感測系統、採樣系統；若採用開放式機架方式，可依照不同水下作業方式加裝不同儀器設備。ROV 作業範圍很廣，包括海底觀測與採樣、海底油田探勘、海底電纜佈放與維修等。

自主式無人水下載具(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)靠著本身內建電力與自主式導航系統，依據所規劃的任務執行水下作業。為了延長水下作業時間，通常 AUV 設計為流線型和低水阻。當工作船無法接近目標區、訊號纜線會纏繞等某些特殊因素下，就必須使用 AUV 而無法使用 ROV，且工作區域廣闊時，利用 AUV 勘查會比 ROV 有效率。AUV 作業包括深海探勘、深海地形測繪、軍事偵察等。

5.4.2 水下定位資料接收與導航介面

1. 硬體架構

水下載具長基線定位的硬體架構圖如圖 5-28 所示，ROV 感測資訊監控介面發展之硬體架構，主要的硬體包含 ROV、水面控制單元、以及外部定位感測器。一般 ROV 上皆配備前視彩色 CCD 攝影機，可以提供水下動態影像畫面。ROV 上也內建壓力計和磁羅經，可提供 ROV 作業水深與航向等資訊。視訊、水深、以及航向等資料經過 ROV 主控電腦處理轉換為數位資料之後，便透過電纜傳至水面控制單元。

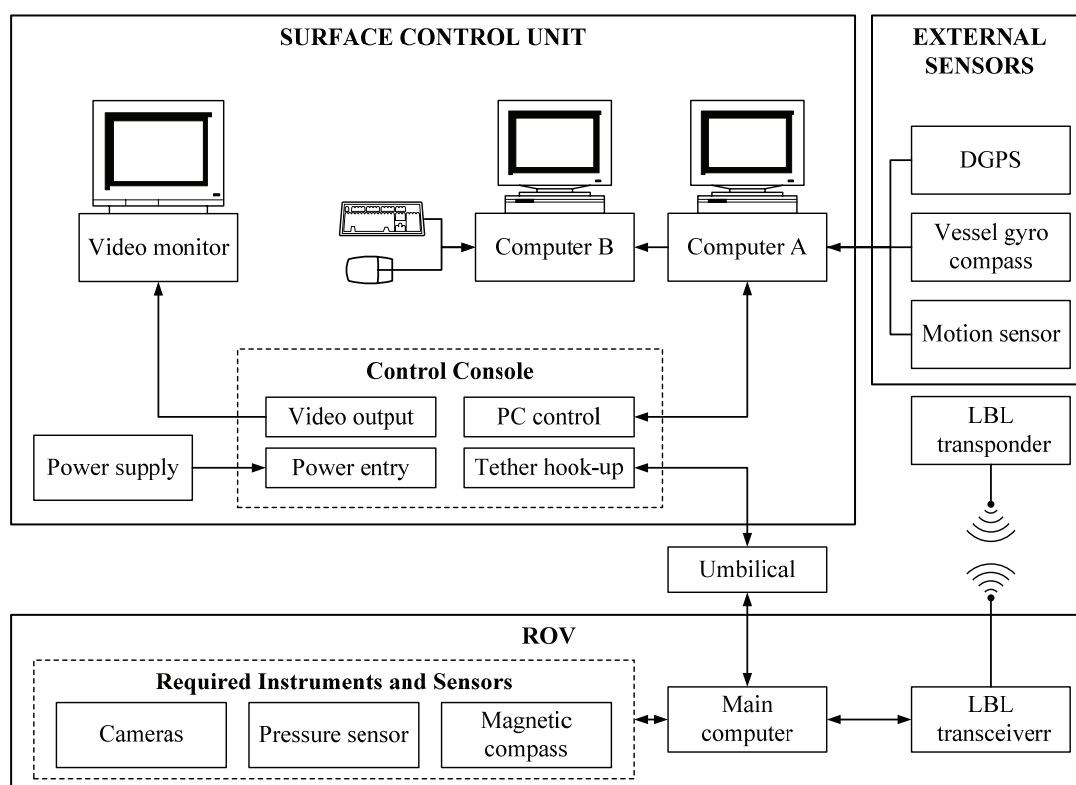


圖 5-28 水下載具長基線定位的硬體架構

2. 軟體架構

水下載具長基線定位的軟體架構如圖 5.29 所示，包含感測資料融合以及圖形顯像兩個獨立的處理程序。感測資料融合提供資料輸入的接收點，以便接收實際感測器資料，圖形顯像則接收從感測資料融合輸出的導航資訊。感測資料融合由 RS232 接收感測資料後，先進行資料抽取，獲得有意義的感測資料之後再將之進行融合，得到較為可信的 ROV 定位資料。當 ROV 定位資料傳送至圖形顯像處理程序時，圖形顯像處理程序一方面將 ROV 定位資料儲存於資料庫，另一方面則利用接收的資訊來更新導航資料，一旦導航資訊更新之後，3D 與 2D 圖形場景也會隨之更新。而資料庫內所儲存之 ROV 定位資料，

還可以用於事後播放 ROV 整個運動程序，以瞭解 ROV 在任一時刻的運動狀態。

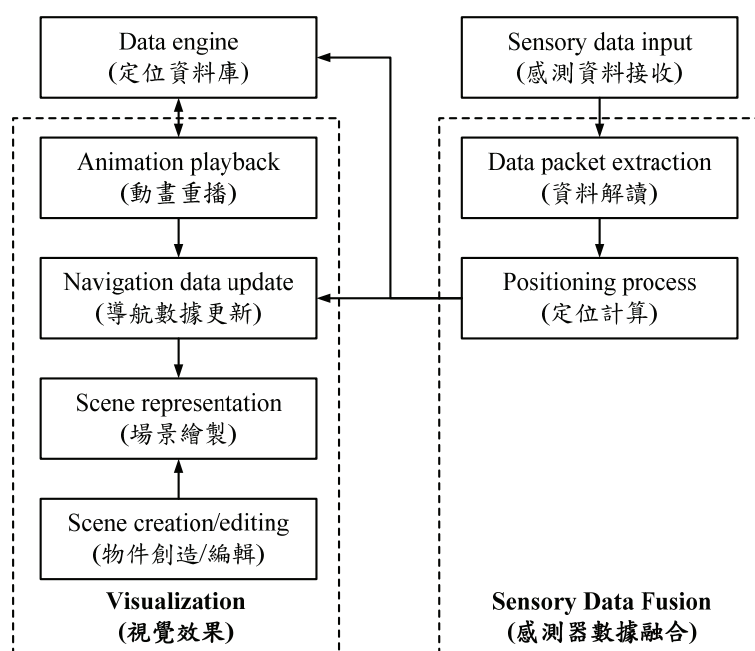


圖 5-29 水下載具長基線定位的軟體架構

3. 介面開發

本研究使用之長基線定位系統如圖 5.30 所示，包含一個收發器與四個應答器。進行長基線定位之前，必須先量測與估算每個應答器的位置。應答器位置的量測與估算方式，可利用水面工作船裝載收發器、GPS、運動感測器，於應答器上方附近水面詢答應答器，以取得斜距與收發器定位座標，再藉由數個斜距資料以及收發器座標資料來估算應答器的位置。進行長基線定位作業時，收發器必須依序詢答應答器，藉由收到應答器回傳訊號的時間與水層聲速來計算兩者之間的斜距。



圖 5-30 長基線定位系統

由於上述作業涉及長基線定位系統、GPS、運動感測器、ROV之命令傳輸和資料接收，因此為了整合定位系統與感測器之資料接收，本研究開發了定位資料接收介面，如圖 5.31 所示。

LBL	GPS	MS	ROV	POSITIONING
add1: 117.0 m	TM2X: 168930.83 m	Heading: 169.84 deg.	Heading: 72.7 deg.	TM2X: 169036.49 m
add2: 55.2 m	TM2Y: 2505460.08 m	Pitch: 2.95 deg.	Depth: 3.8 m	TM2Y: 2505511.12 m
add3: 189.6 m		Roll: 4.13 deg.		
add4: 221.0 m		Heave: 0.34 m		

圖 5-31 定位資料接收介面

各個定位系統與感測器皆採用序列埠通訊（RS232 serial communication）進行資料傳輸，但由於各個定位系統與感測器之資料傳輸速率不同，也使用不同的通訊埠，所以此介面 Serial Port Configuration 中可以設定長基線定位系統、GPS、運動感測器、ROV、以及定位資料輸出的通訊協定，包括通訊埠、鮑率(Baud rate)、資料位元(Data bits)、停止位元(Stop bits)、同位檢查(Parity)。

長基線定位系統在作業前，都必須先喚醒(Wake up)應答器。因此，本定位資料接收介面包含一個 Wake Up 功能，可以選擇喚醒特定應答器。

擷取定位資料時，收發器必須連續詢答應答器，才能量得收發器與應答器之間的斜距。而在實際海域作業時，詢答時間間隔(Interval of interrogation)與應答器水深有關，倘若應答器置於水深較深的地方，

詢答時間間隔就必須拉長，因此本介面包含詢答時間間隔設定功能，可以因應不同水深之定位量測。

一旦四支應答器位置估算出來之後，資料接收介面中便可以輸入應答器位置，以進行長基線定位作業。進行長基線定位作業時，收發器連續詢答各個應答器，並即時解讀定位資料。其他感測器的資料以及長基線定位資料會即時顯示在介面下方的感測器讀數區，同時將資料輸出至 ROV 定位導航介面中顯示，其 ROV 定位導航介面如圖 5.32 所示。

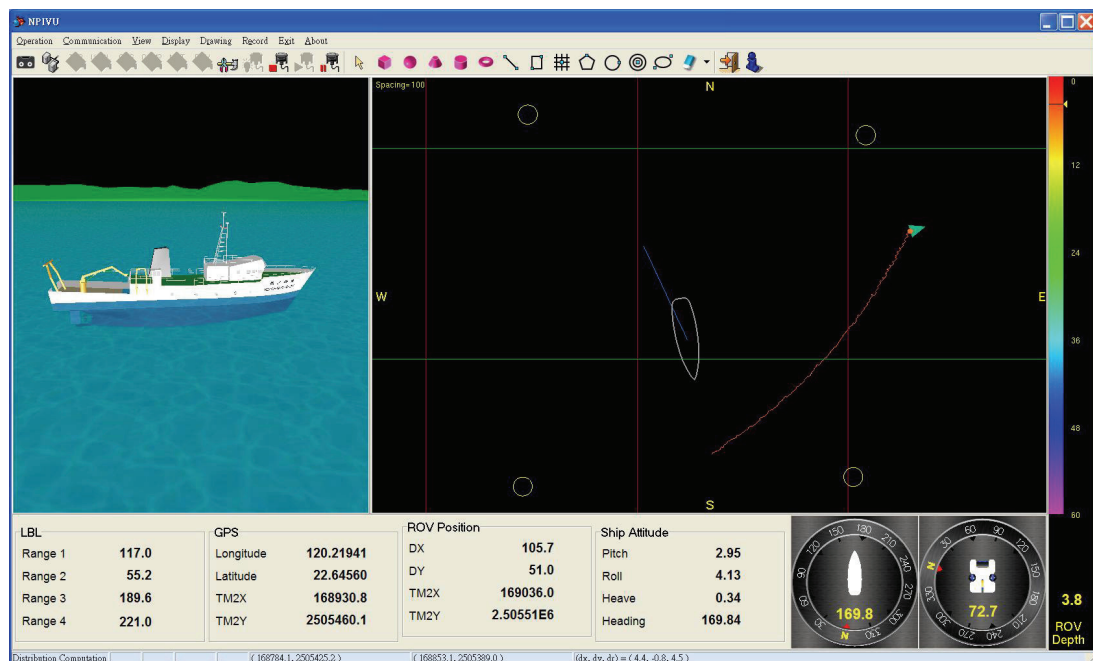


圖 5-32ROV 定位導航介面

ROV 定位導航介面包含了下拉式的功能表、兩個圖形導航區、以及一個感測器讀數顯示區。左上角的圖形導航區是用來顯示 3D 虛擬實境場景，場景包括研究船、ROV、地形、以及操作員自訂的 3D 物件。右上角的圖形導航區主要是用來顯示 2D 的 ROV 運動軌跡和工作船航跡。至於下方的感測器讀數區則包括了水下定位系統、DGPS、船體姿態、船的航向、ROV 航向、以及 ROV 深度等資訊。

第六章 自主無人船舶設計

自主式無人船舶 (Autonomous Surface Craft; ASV, 或稱 Unmanned Surface Craft; USV) 為 1990 年之後，基於衛星導航技術之大幅度進展而衍生出之構想與成品，可以做為海上之自動化資料蒐集與無人觀測站。無人船研究的主要的挑戰為：如何延伸水平通訊距離，以與操作母船或陸基做高頻聯繫；如何有效地施放與回收；如何提昇能源效率與從環境擷取能源；如何增進自主性能及提高可靠度等。近來新興的研究課題，則涵蓋連結無人船與自主式水下載具、無人飛行器的網路架構與載具之間的協同控制問題。若結合多具無人船，長期定位於海洋特定位置，則可形成一自主式的海洋觀測網路，十分有利於獲取長期、即時、大範圍的同步海象資料，對於海洋、大氣的研究與預報等提供目前所無法獲得的珍貴數據，將為未來研究無人船系統設計之主流方向。

本計畫所建立之無人船具有網路遙控功能，計畫成果可直接延伸成為海洋量測之無人船舶團隊，本計畫所研究之自主式無人船舶系統具備下列功能：

1. 具有在波浪與洋流中位置控制的能力；
2. 可以量測各自由度之船舶運動；
3. 具有目標點追蹤、自動化海域測量路徑規劃、導航追蹤的功能；
4. 具有數據無線傳送、遙控運動控制與參數修改，以及量測儀器之遙控操作等介面；
5. 具有長時間海上作業能力；
6. 可彈性配掛不同的測量儀器，以支援不同的任務；
7. 船體為模組式設計，易於拆裝搬運。

6.1 船型設計與系統架構

本計畫選用 SWATH 船型作為實驗船，此船型有下列幾項特性：

1. 耐波性能佳：本計劃將會利用儀器探測水面與水下資訊，所

以需要穩定的航行以利資料的擷取，選擇耐波性能佳的船體將可以避免在航行時的不穩定運動。

2. 從船體的構造來看，比起一般船體 SWATH 具有寬廣的平台面積和充裕的使用空間。這將有利於計畫中大型太陽能板的設計以及其他儀器設備(通訊、遙控、電腦等)在平台的佈置規劃。
3. 操縱航向穩定性好，尤其在低速時的回轉性能較佳。由於本計畫之所有任務皆採用低速航行或船舶原地定位的方式操作，以利聲學、光學等感測器之運作，這項特點將有助於船體導航定位的準確性和方便性。
4. 建造成本低，建造時間快。SWATH 幾乎全是平面和圓柱等單純的形狀組成，這將有利於設計、建造及降低成本。

綜合 SWATH 跟其他一般船型的比較，在性能、使用和建造等方面可以看出這種船型擁有優異的耐海性、寬廣的工作平台及良好的操縱穩定性能，因此 SWATH 目前主要被應用在噸位不大而又對耐海性能要求高的船，如海洋水文調查船、客運渡輪等，這些特性皆符合此計畫之需要。SWATH 缺點則在於船體浸水面積較大，相對的摩擦阻力也較大，所以與相當排水量的單體船相比，SWATH 在低速時的阻力會較大。

本計畫選用 FormSys 公司的 Maxsurf 軟體來進行船型的構圖以及尺寸係數的運算及性能。為簡化製作過程，船身皆採用圓形或直線造型，其船體形狀與硬體配置示意圖 6-1 所示。

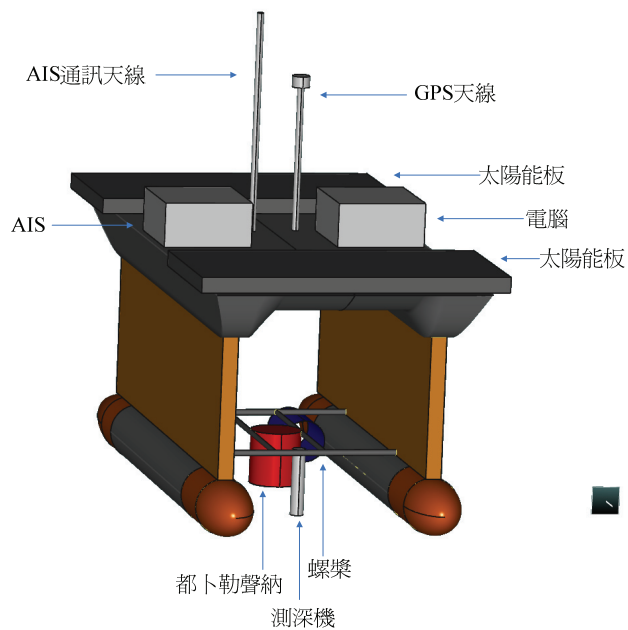


圖 6-1 船體形狀與硬體配置示意

而其無人船體的座標系及主要尺度則如圖 6-2 所示

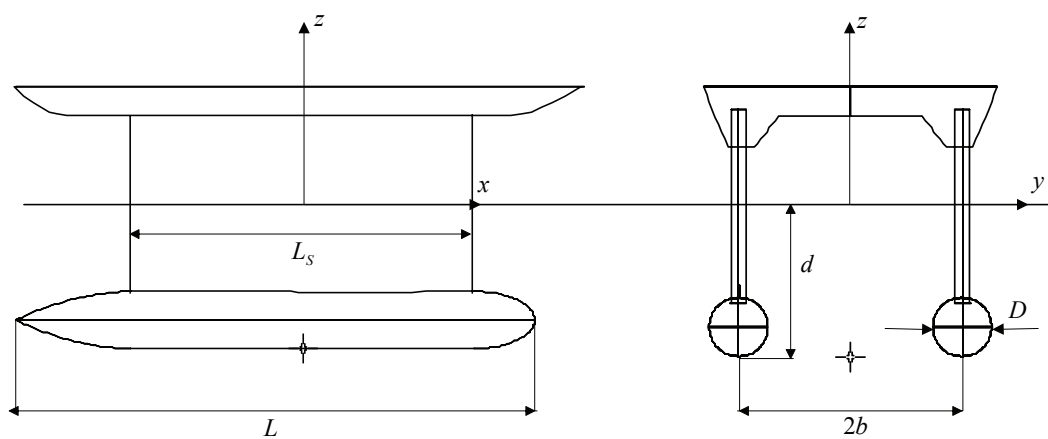


圖 6-2 無人船體的座標系及主要尺度

無人船體的座標系及主要尺度中之各參數定義如下：

L ：圓筒長度 L_s ：支柱的水線長 d ：吃水深

D ：圓筒直徑長 $2b$ ：兩圓筒之間距

本船的主要規格為 $L=2.75\text{m}$ 、 $L_s=2.05\text{m}$ 、 $d=0.5\text{m}$ 、 $D=0.25\text{m}$ 、 $2b=0.95\text{m}$

$$L/D = 11、d/D = 2、2b/L = 0.345。$$

而其無人船性能預估所選擇的主要尺寸則如表 6-1 所示。

表 6-1 無人船性能預估所選擇的主要尺寸

項目	數值	單位
排水 (Displacement)	496.4	kg
吃水 (Draft Amidships)	0.95	m
船體長 (Length of main hull)	2.75	m
水線長 (Waterline Length)	2.379	m
最大 BWL (Beam max extents on waterline)	1.073	m
支柱寬 (Strut Width)	0.185	m
支柱高 (Strut Height)	0.82	m
甲板長 (Deck Length)	1.82	m
甲板寬 (Deck Width)	1.5	m
高度 (Height)	2.27	m
浸水面積 (Wetted Area)	17.265	m ²
水線面面積 (Waterplane Area)	0.749	m ²
菱形係數 (Prismatic coefficient. (Cp))	0.777	
方形係數 (Block coefficient (Cb))	0.678	

項目	數值	單位
水線面面積係數 (Waterplane area coefficient. (Cwp))	0.996	
橫穩心高 (GMt)	0.292	m
縱穩心高 (GMI)	0.694	m
重心(Gravity Center)	(-0.87, 0, 0.12)	m

6.2 船體阻力估算

無人船在不同速度行進的情況下所對應的剩餘阻力係數、摩擦阻力係數與總阻力係數，依據 Maxsurf 軟體計算結果分別如圖 6-3、圖 6-4 與圖 6-5 所示。

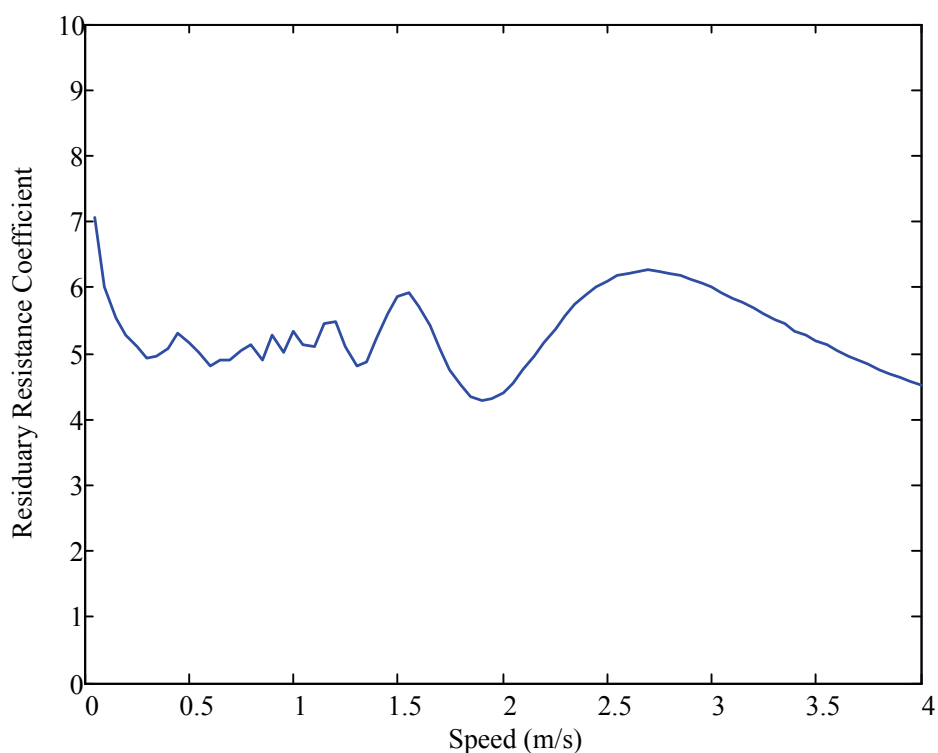


圖 6-3 設計船型剩餘阻力係數

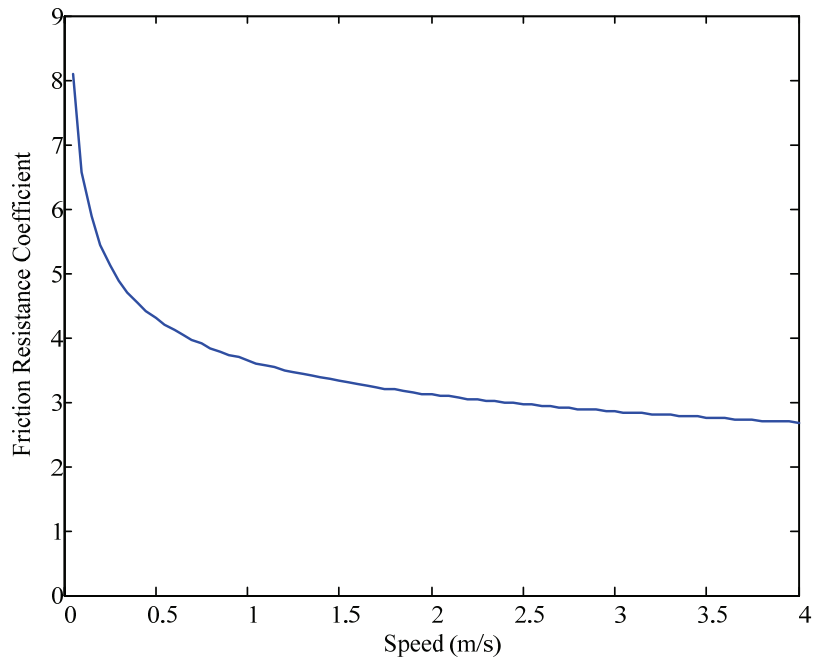


圖 6-4 設計船型摩擦阻力係數

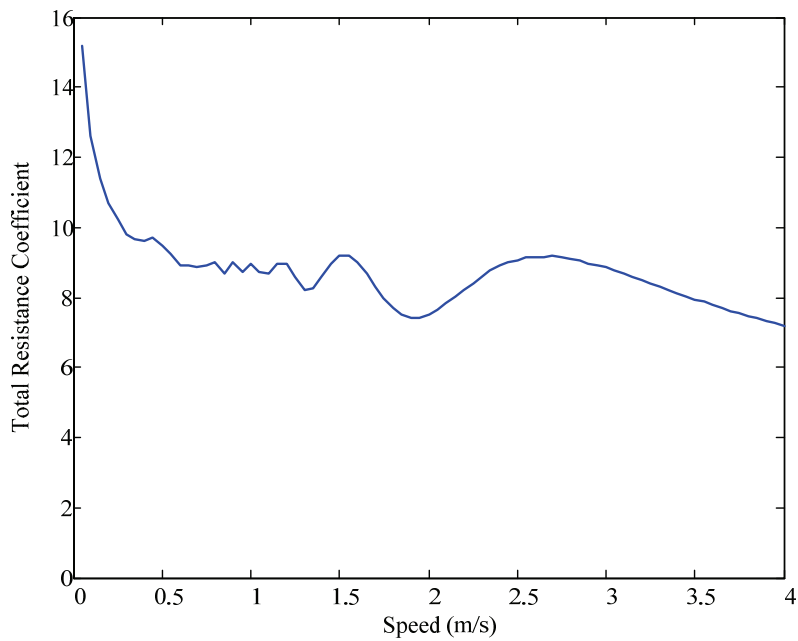


圖 6-5 設計船型總阻力係數

利用等速前進時總阻力等於推進力的關係，無人船在水槽中自航的數據可用來估算總阻力係數。而根據繫柱推力換算所得之推力估算與量測所得的船速如表 6-2 所示。推力換算所採用之推力減少係數 (thrust deduction factor) 為 0.3。

表 6-2 推力估算與量測所得的船速

推力估算(N)	船速 (m/s)
3.92268	0.1045
9.8067	0.2194
19.6134	0.3374
29.4201	0.4484
68.6469	0.5652
107.8737	0.6947
137.2938	0.8219
196.134	0.977

將阻力換算為總阻力係數後與 Maxsurf 軟體所計算之數值後與試驗比較，其模擬與自航試驗總阻力係數比較如圖 6-6 所示。由圖可知在較低速度(0.5-0.75 m/s)範圍內，兩者雖有數值上的差異，但仍可供為選擇船速的參考。

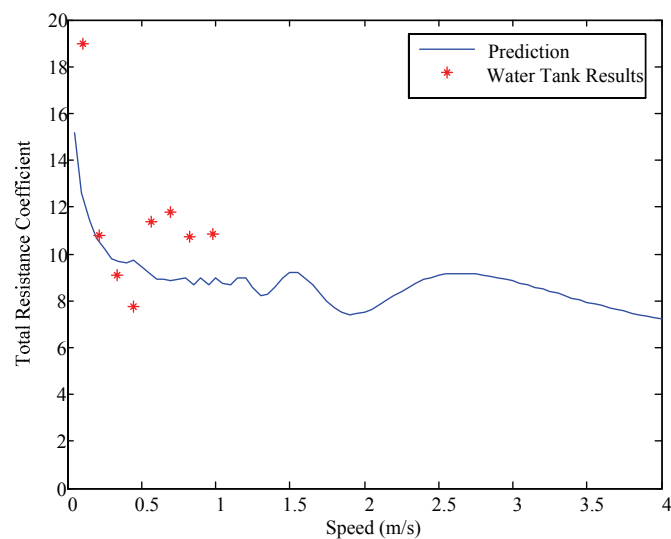


圖 6-6 模擬與自航試驗總阻力係數比較

由圖 6-6，可取得一較小阻力情況下之速度作為無人船的航行速

度。假設作業區域之最大海流流速為 0.4 m/s，故在選取行進速度時必須大於 0.4m/s 以抗衡海流流速，而在低速度之 0.50 - 0.75 m/s 時阻力係數已達一較小的值，故選用此速度範圍作為無人船之航行速度。

6.3 耐海性能預估

在波浪中航行時，SWATH 比一般單體船在防止平台上浪有良好的優勢，這個特性可以避免平台上的儀器遭受到海水的波及導致損壞。本研究使用 Seakeeper 軟體進行無人船的起伏、橫搖及縱搖的運動性能估算。其中波浪的資訊參考港灣技術研究中心對中部海域的海象統計數據，同時假設船體在 0.75 m/s 的速度下行駛。

依前述之假設，計算出在不同波浪情況下船體起伏、縱搖、橫搖運動的最大結果如圖 6-7 到圖 6-9 所示。由結果可知，在同一波高的情況下週期越大則運動幅度越小，而在同一週期的情況下波高越高則運動幅度越大。

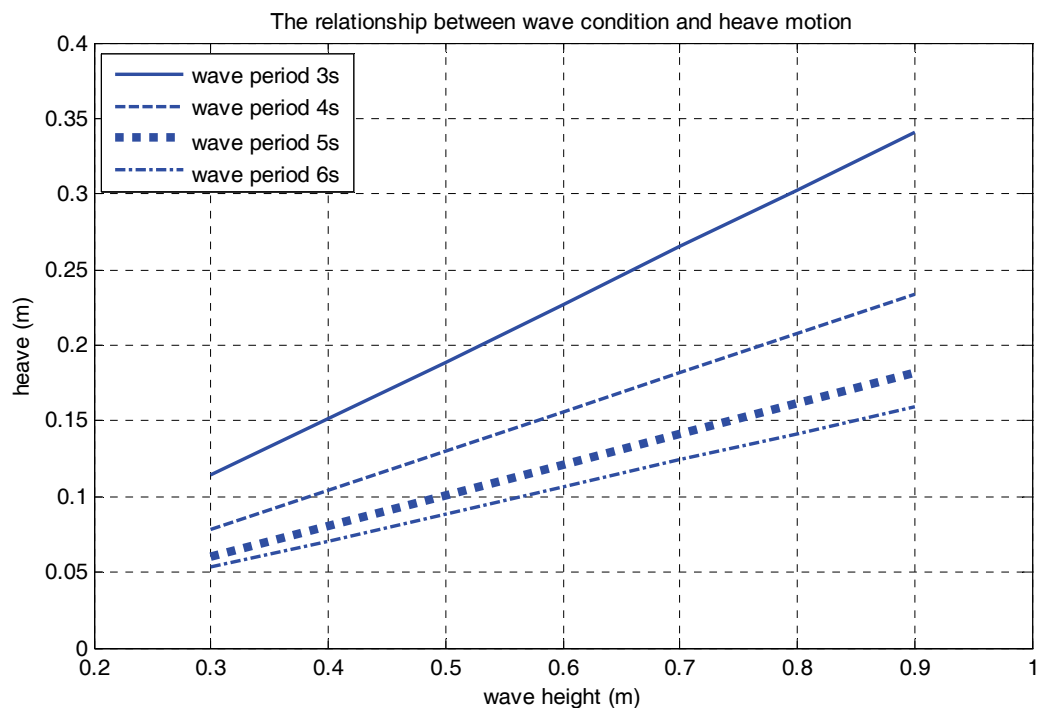


圖 6-7 不同波浪情況下對起伏運動的影響

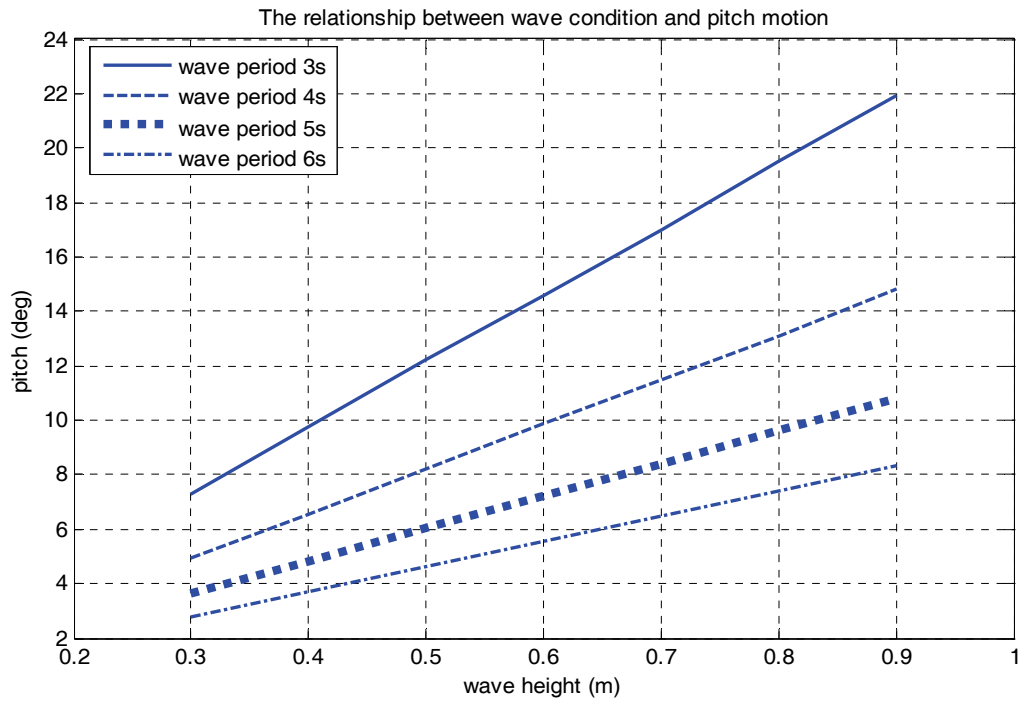


圖 6-8 不同波浪情況下對縱搖運動的影響

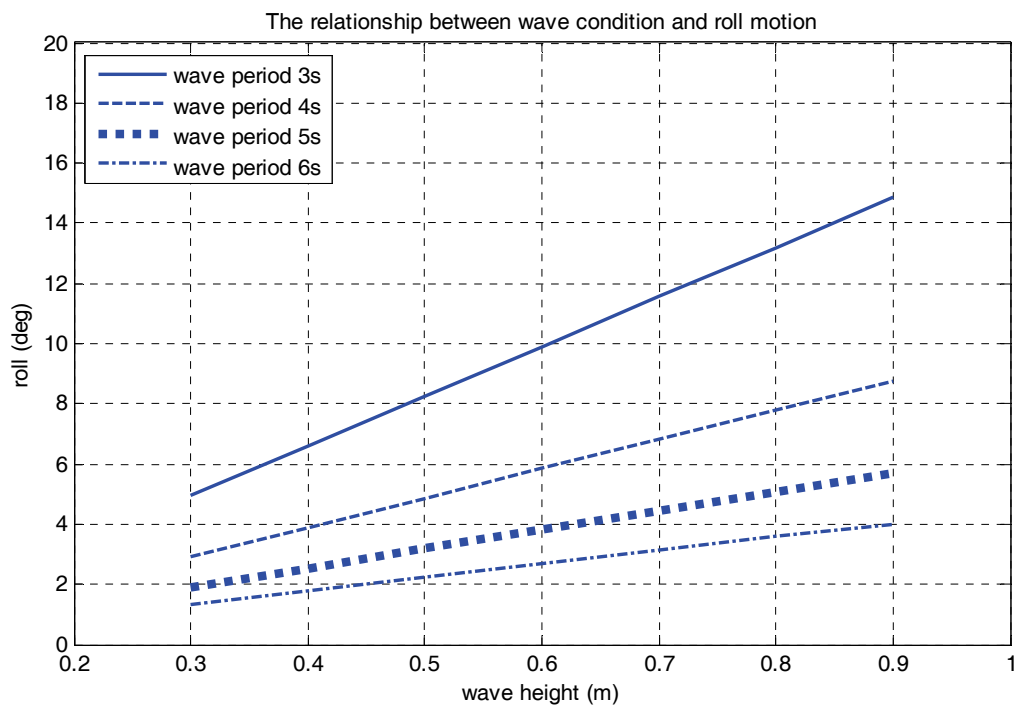


圖 6-9 不同波浪情況下對橫搖運動的影響

利用測深機測量水深時，船體的起伏、縱搖與橫搖運動皆會影響測深結果，因此必須計算出無人船作業的海況條件並給予限制。本計畫將利用美國兵工署水深量測的限制規範為參考依據。水深量測的準確率限制在 95%，若船體的運動導致量測結果小於 95% 的準確率，則此海況條件將不適宜無人船出海任務。例如，水深 10 公尺處之容許誤差為 0.5 公尺。船體運動對測深結果的影響如圖 6-10 所示， D_{survey} 為船體在起伏、縱搖與橫搖運動下所探測到的水深結果，(6.1) 式為 D_{survey} 的計算公式。

$$D_{survey} = \sqrt{(D+h)^2 + [(D+h) \times \tan(p)]^2 + [(D+h) \times \tan(r)]^2} \quad (6.1)$$

其中 D 為實際水深、 h 為船體起伏運動、 p 為船體縱搖運動、 r 為船體橫搖運動。

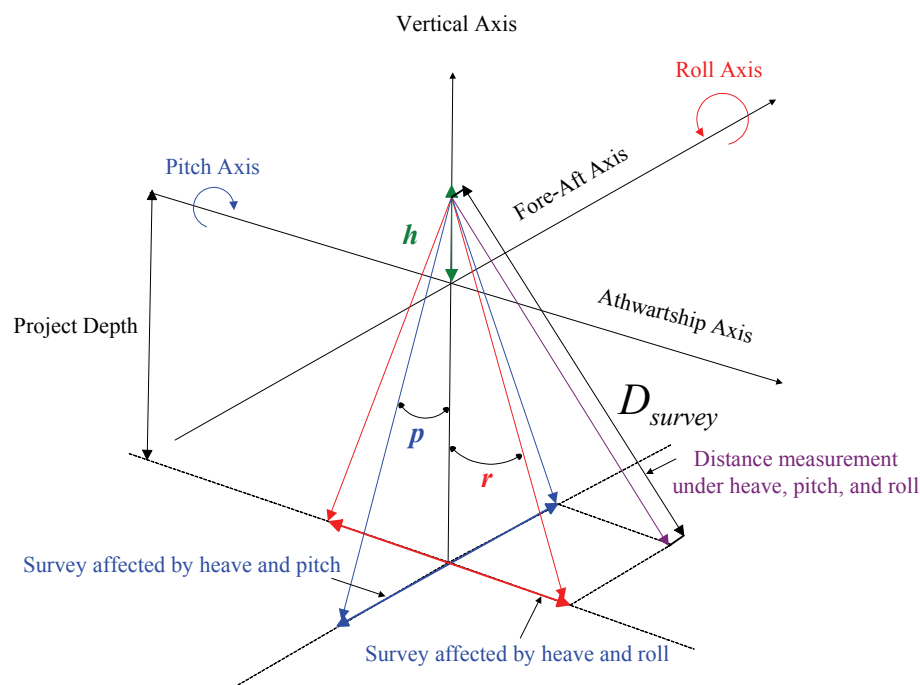


圖 6-10 船體起伏、縱搖與橫搖導致測深結果的誤差

圖 6-11 所示為水深 15 公尺的環境下，船體運動導致測深誤差與水深比與波浪週期、波高之關係的預測結果。此誤差水深比曲面在數值上可用以判斷該海況所產生的誤差是否在容許誤差的範圍內，若在小於 0.05 之容許範圍內，則代表該海況適合出海任務，反之若超出容許範圍則代表該海況不適合出海任務。

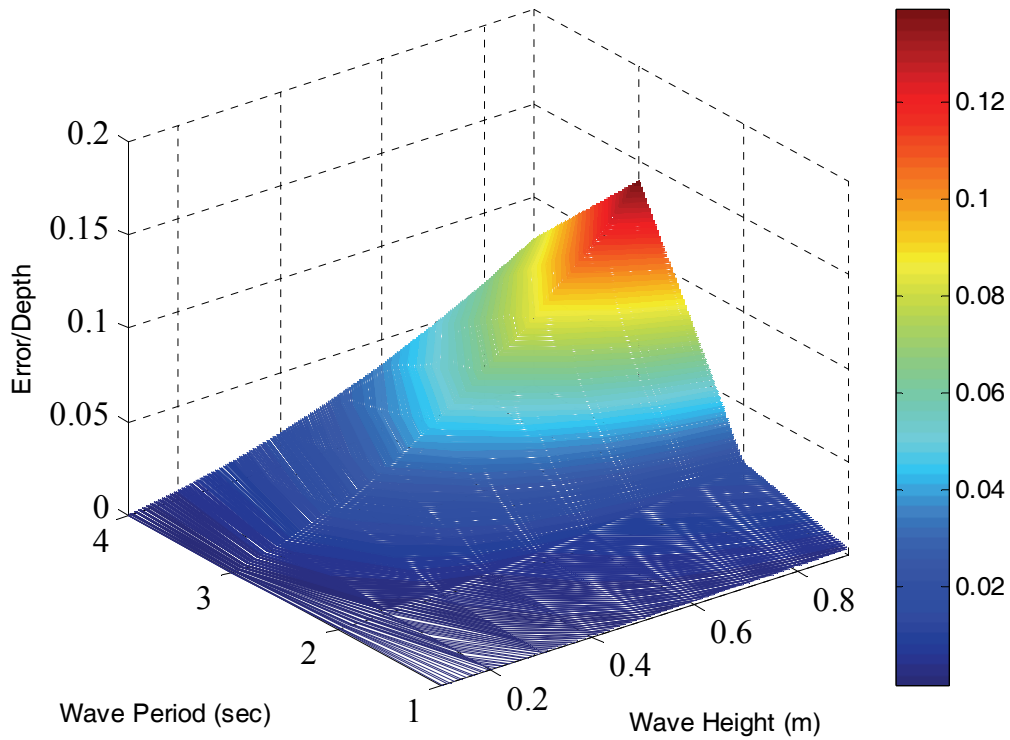


圖 6-11 水深 15 公尺船體運動導致測深誤差與水深比與波浪週期、波高之關係

由圖 6-11 之模擬結果，可知本船在週期約 3 秒與波浪有共振現象。以下分別以本船之設計資料推求其在起伏、橫搖、縱搖之自然頻率，以做為驗證。船舶之起伏自然頻率可用下式估算：

$$T_{Heave} = 2\pi \sqrt{\frac{V(1 + A'_{33})}{gA_{WP}}} \quad (6.2)$$

$$T_{Roll} = 2\pi \sqrt{\frac{BWL^2(k_r^2 + A_{44}')}{gGM_T}} \quad (6.3)$$

$$T_{Pitch} = 2\pi \sqrt{\frac{L^2(k_p + A_{55}')}{gGM_l}} \quad (6.4)$$

上式中

V = 排水；

L = 船長；

g = 重力加速度；

k_r = 橫搖半徑與水線 beam 比；

k_p = 縱搖半徑與船長比；

A_{WP} = 水線面面積；

A_{33}' = 起伏流體附加質量與船舶質量比；

A_{44}' = 橫搖流體附加慣性矩與船舶質量與 BWL^2 乘積之比；

A_{55}' = 縱搖流體附加質量與船舶質量與 L^2 乘積之比；

使用(6.2)、(6.3)、(6.4)式所計算之起伏、橫搖、縱搖之自然頻率如下：

$$T_{Heave} = 2\pi \sqrt{\frac{0.49(1+0.7)}{9.8 * 0.749}} \approx 2.12 \text{ sec.} \quad ;$$

$$T_{Roll} = 2\pi \sqrt{\frac{1.073^2(0.46^2 + 0.2)}{9.8 * 0.292}} \approx 2.38 \text{ sec} ;$$

以及

$$T_{Pitch} = 2\pi \sqrt{\frac{2.75^2(0.28^2 + 0.06)}{9.8 * 0.694}} \approx 2.46 \text{ sec.}$$

自然週期之估算與模擬之結果相符。由計算數值可知，橫搖與起伏週期兩倍具有差異，可避免橫搖與起伏之耦合，而橫搖與縱搖週期相異，也可避免橫搖與縱搖之耦合。由於本船之工作速度為低速，在頂浪下船速所造成之縱搖響應與波長關係與靜止時相似。

6.4 無人船遙控操作系統

本研究的無人船遙控操作係利用船舶自動辨識系統（AIS）的通訊設備來即時傳送狀態訊息，如經緯度位置、行進速度、艏向等，操作者可以藉由 Google maps 的介面，於網頁上即時了解無人船的狀態並下達控制命令。本節介紹無人船的狀態訊息表示方法，包含座標系統，狀態座標轉換，導航信號處理，以及遙控介面的設計。

6.4.1 參考座標

在不同的感測儀器間所量測的參考座標系統各有所不同，欲整合不同的感測器所量測到的資訊，需具相同的座標系統，因此座標系統的轉換至為重要。而無人船定位時所需定義之座標系統有以下幾種：

1. 地球慣性座標系統 (Earth-centered inertial frame)

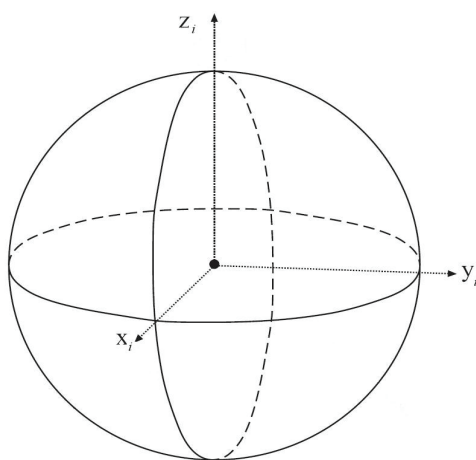


圖 6-12 地球中心慣性座標系

此座標系統亦簡稱為 ECI 座標系統。地球中心慣性座標系的原點 $X_i Y_i Z_i$ 位於地球的中心點如圖 6-12 所示。 X_i 軸與 Z_i 軸分別指向春分點與地球自轉軸的方向。 Y_i 軸滿足右手定則的方向。

2. 地球固定座標系統 (Earth-centered Earth-fixed frame)

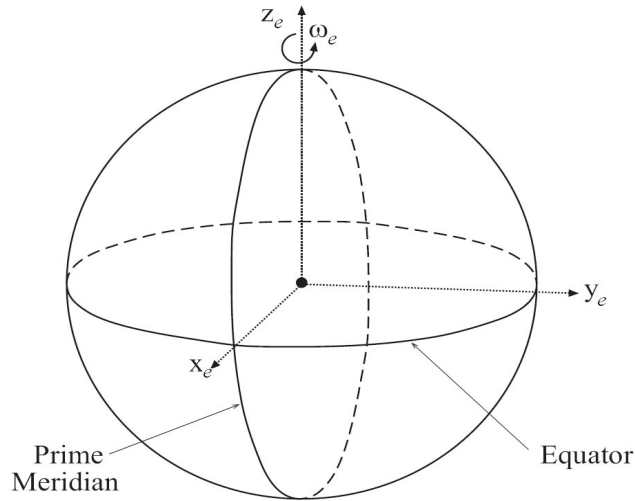


圖 6-13 地球固定座標系

此座標系統亦簡稱為 ECEF 座標系統。座標系的原點 $X_e Y_e Z_e$ 位於地球中心，但座標系統會隨著地球自轉而轉動。 X_e 軸的正向為原點指向本初子午線(經度 0 度)和赤道(緯度 0 度)的交點。 Z_e 軸的正向為原點指向北極。 Y_e 軸滿足右手定則的方向，經過赤道與經度 90 度的交點。地球自轉的角速度為 $\omega_e = 7.292155 \times 10^{-5} \frac{rad}{sec}$ ，座標系統如圖 6-13 所示。

3. 當地水平座標系統 (North-East-Down frame)

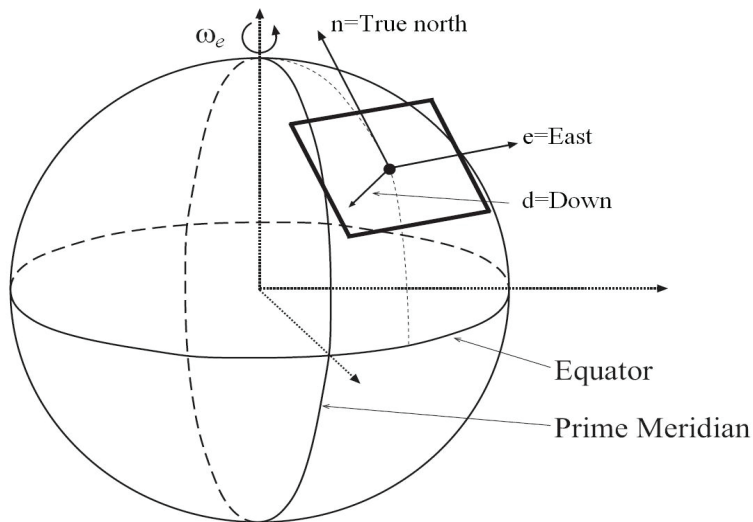


圖 6-14 地水平座標系統

此座標系統為日常生活中所使用的座標系統，即北、東、下直角座標系統，亦可簡稱為 NED 座標系統。原點為地表上的一點， n 軸指向北方， e 軸指向東方，而 d 軸指向下方並滿足右手定則，如圖 6-14 所示。

4. 附體座標系統 (Body frame)

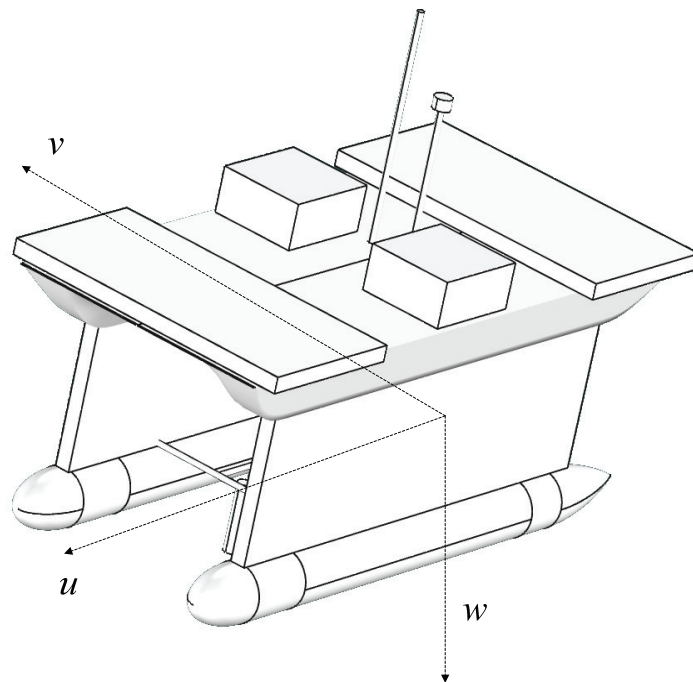


圖 6-15 附體座標系統

附體座標系統為一固定於無人船的座標系統，座標系統有 u 、 v 、 w 三軸，其中 u 軸指向載具的正前方， w 軸指向無人船的正下方，而 v 軸的方向滿足右手定則，如圖 6-15 所示。繞著 u 軸旋轉的角度稱為橫搖角(roll angle)，繞著 v 軸旋轉的角度稱為縱搖角(pitch angle)，繞著 w 軸旋轉的角度稱為平擺角(yaw angle)。

6.4.2 延伸型卡爾曼濾波器運用於無人船定位

本研究是利用 AIS 的 GPS 資訊並結合延伸型卡爾曼濾波器來修正慣性感測器的定位資訊。其延伸型卡爾曼濾波器定位之狀態向量定義為無人船在 ECEF 座標系統中的位置以及航向角。狀態向量分別於時間 $t-1$ 與時間 t 時表示式為 $x_{t-1} = (x_{e,t-1}, y_{e,t-1}, z_{e,t-1}, \psi_{e,t-1})^T$ 與

$x_t = (x_{e,t}, y_{e,t}, z_{e,t}, \psi_{e,t})^T$ 。因為無人船的狀態向量以 ECEF 座標系統為基準，所以感測器所量測到的資訊必須先做座標轉換 $v^n = R_b^n v^b$ ，或：

$$\begin{bmatrix} v_n \\ v_e \\ v_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi \cos \theta & -\sin \psi \cos \phi + \cos \psi \sin \theta \sin \phi & \sin \psi \sin \phi + \cos \psi \sin \theta \cos \phi \\ \sin \psi \cos \theta & \cos \psi \cos \phi + \sin \psi \sin \theta \sin \phi & -\cos \psi \sin \phi + \sin \psi \sin \theta \cos \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{bmatrix} \quad (6.5)$$

v^b 為一在附體座標系統的向量， v^n 為一在 NED 座標系統的向量。兩個向量之間的關係可以用旋轉矩陣 R_b^n 表示。此旋轉矩陣可以定義成尤拉角 (ϕ, θ, ψ) 三次分別的旋轉，其中 ϕ 代表橫搖角， θ 代表縱搖角， ψ 代表平擺角。無人船上的導航儀器將提供前進速度與偏航角，將上式改寫為二維平面上的導航方程式：

$$\begin{bmatrix} v_n \\ v_e \\ v_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_u \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6.6)$$

$$\begin{bmatrix} v_n \\ v_e \\ v_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_u \cos \psi \\ v_u \sin \psi \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6.7)$$

令 v^e 為一在 ECEF 座標系統之向量。無人船的前進速度於 NED 座標系統須轉到 ECEF 座標系統。

$$v^e = R_n^e v^n \quad (6.8)$$

其中 R_n^e 為 NED 座標系統至 ECEF 座標系統之旋轉矩陣。此旋轉矩陣可以拆成兩個旋轉步驟。(1) 以 z_e 軸為旋轉軸旋轉 l 度，其中 l 為地球的經度。(2) 以 y' 軸為旋轉軸旋轉 μ 度，其中 μ 為地球的緯度。如圖 6-16 所示。

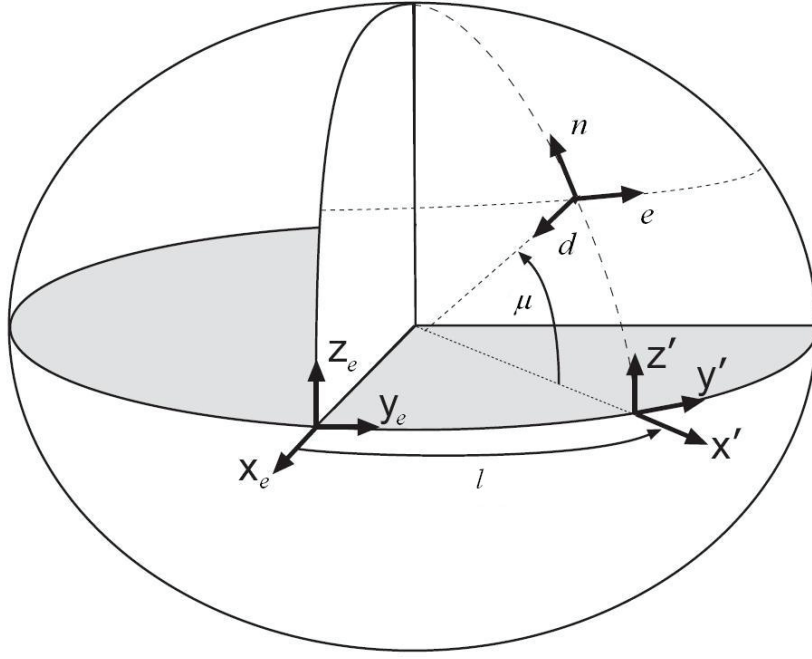


圖 6-16 ECEF 座標系統與 NED 座標系統之轉換關係

$$R_n^e = R_{z,l} R_{y,-\mu-\frac{\pi}{2}} \quad (6.9)$$

$$\begin{aligned} R_n^e &= \begin{bmatrix} \cos l & -\sin l & 0 \\ \sin l & \cos l & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(-\mu-\frac{\pi}{2}) & 0 & \sin(-\mu-\frac{\pi}{2}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-\mu-\frac{\pi}{2}) & 0 & \cos(-\mu-\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \cos l & -\sin l & 0 \\ \sin l & \cos l & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\sin \mu & 0 & -\cos \mu \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \mu & 0 & -\sin \mu \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -\cos l \sin \mu & -\sin l & -\cos l \cos \mu \\ -\sin l \sin \mu & \cos l & -\sin l \cos \mu \\ \cos \mu & 0 & -\sin \mu \end{bmatrix} \quad (6.10) \end{aligned}$$

(6.8)式即為：

$$\begin{bmatrix} v_{x_e} \\ v_{y_e} \\ v_{z_e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos l \sin \mu & -\sin l & -\cos l \cos \mu \\ -\sin l \sin \mu & \cos l & -\sin l \cos \mu \\ \cos \mu & 0 & -\sin \mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_n \\ v_e \\ v_d \end{bmatrix} \quad (6.11)$$

由(6.7)可得

$$\begin{bmatrix} v_{x_e} \\ v_{y_e} \\ v_{z_e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (-\cos l \sin \mu)v_u \cos \psi + (-\sin l)v_u \sin \psi \\ (-\sin l \sin \mu)v_u \cos \psi + (\cos l)v_u \sin \psi \\ \cos \mu(v_u \cos \psi) \end{bmatrix} \quad (6.12)$$

狀態向量之估測表示如下：

$$\begin{cases} \bar{x}_{e,t} = x_{e,t-1} + v_u(-\cos l \sin \mu \cos \psi + -\sin l \sin \psi)\Delta t \\ \bar{y}_{e,t} = y_{e,t-1} + v_u(-\sin l \sin \mu \cos \psi + \cos l \sin \psi)\Delta t \\ \bar{z}_{e,t} = z_{e,t-1} + v_u(\cos \mu \cos \psi)\Delta t \\ \bar{\psi}_t = \psi_t \end{cases} \quad (6.13)$$

狀態向量之變化量之可表示為：

$$G_t = \frac{\partial \bar{x}_t(t)}{\partial x_{t-1}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & v_u[\cos l \sin \mu \sin \psi + (-\sin l \cos \psi)]\Delta t \\ 0 & 1 & 0 & v_u(\sin l \sin \mu \sin \psi + \cos l \cos \psi)\Delta t \\ 0 & 0 & 1 & -v_u \cos \mu \sin \psi \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.14)$$

延伸型卡爾曼濾波器的狀態更新步驟將利用 GPS 的定位資訊。GPS 的量測值以 (μ, l, h) 座標系統表示，其中 μ 表示地球緯度， l 表示地球經度， h 表示高度。在轉換中所需的所有參數以及定義如圖 6-17 所示。

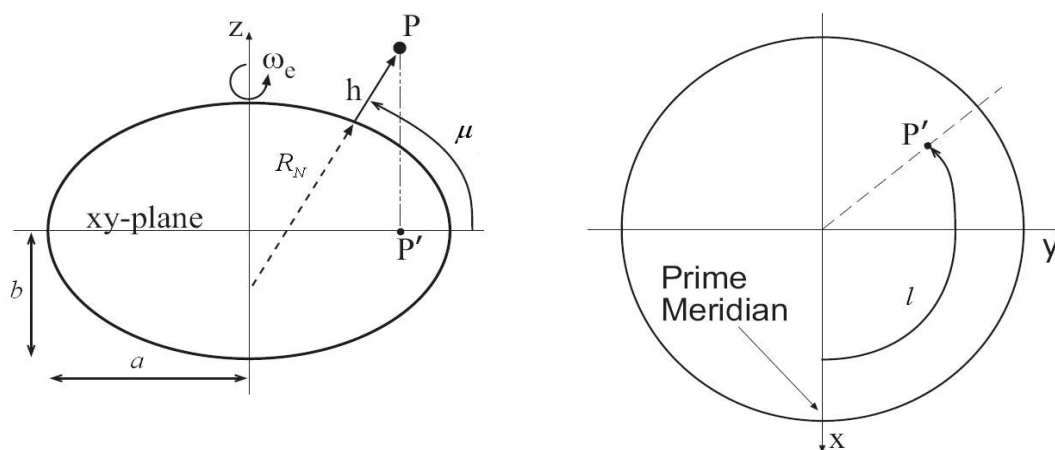


圖 6-17 WGS84 座標系

此研究將使用 WGS84 座標系統，參數的註釋及值則如表 6-3 所示。

表 6-3 WGS84 參數

參數	值	註釋
a	6378137m	橢圓的半長軸
b	6356752.314m	橢圓的半短軸
e	0.08181919	橢圓偏心率
R_N	$\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\mu)}}$	曲率半徑

以下則為 $(X_e Y_e Z_e)$ 轉至 (μ, l, h) 之演算法:

1. 求解經度

$$l = \arctan2(y_e, x_e) \quad (6.15)$$

2. 求解緯度及高度

a. 初始化: 令

$$h = 0 \quad (6.16)$$

$$R_N = a \quad (6.17)$$

$$p = \sqrt{x_e^2 + y_e^2} \quad (6.18)$$

b. 利用疊代方法至收斂為止

$$\sin(\mu) = \frac{z_e}{(1-e^2)R_N + h} \quad (6.19)$$

$$\mu = \arctan((z + e^2 R_N \sin(\mu)) / p) \quad (6.20)$$

$$R_N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\mu)}} \quad (6.21)$$

$$h = \frac{p}{\cos(\mu)} - R_N \quad (6.22)$$

若 (μ, l, h) 座標系統之值已知，則可以利用下列公式轉換至 ECEF 座標系統 $(X_e Y_e Z_e)$ 。

$$x_e = (R_N + h) \cos(\mu) \cos(l) \quad (6.23)$$

$$y_e = (R_N + h) \cos(\mu) \sin(l) \quad (6.24)$$

$$z_e = [R_N(1 - e^2) + h] \sin(\mu) \quad (6.25)$$

由於 GPS 的定位資訊為經緯度，故更新步驟的量測模型必須利用 (6.23)、(6.24) 和 (6.25) 式轉至 ECEF 座標系統。量測模型定義為：

$$z_t = \begin{bmatrix} x_{e,t}^{GPS} \\ y_{e,t}^{GPS} \\ z_{e,t}^{GPS} \\ \psi_{e,t}^{GPS} \end{bmatrix} + z_t^{GPS-Noise} \quad (6.26)$$

$$H_t = \frac{\partial z_t}{\partial x_t} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.27)$$

其中 $x_{e,t}^{GPS}$ ， $y_{e,t}^{GPS}$ 和 $z_{e,t}^{GPS}$ 為於 ECEF 座標系統中 GPS 所得到的無人船位置。 $\psi_{e,t}^{GPS}$ 為 GPS 資訊中的無人船航向角。而延伸型卡爾曼濾波器定位流程則如圖 6-18 所示。導航信號之延伸型卡爾曼濾波器定位演算法處理流程則如表 6-4 所示。由圖 6-18 可知，最後會將無人船於 ECEF 座標系統的位置轉到經緯度，而此步驟主要是為了方便與 Google Maps 結合。

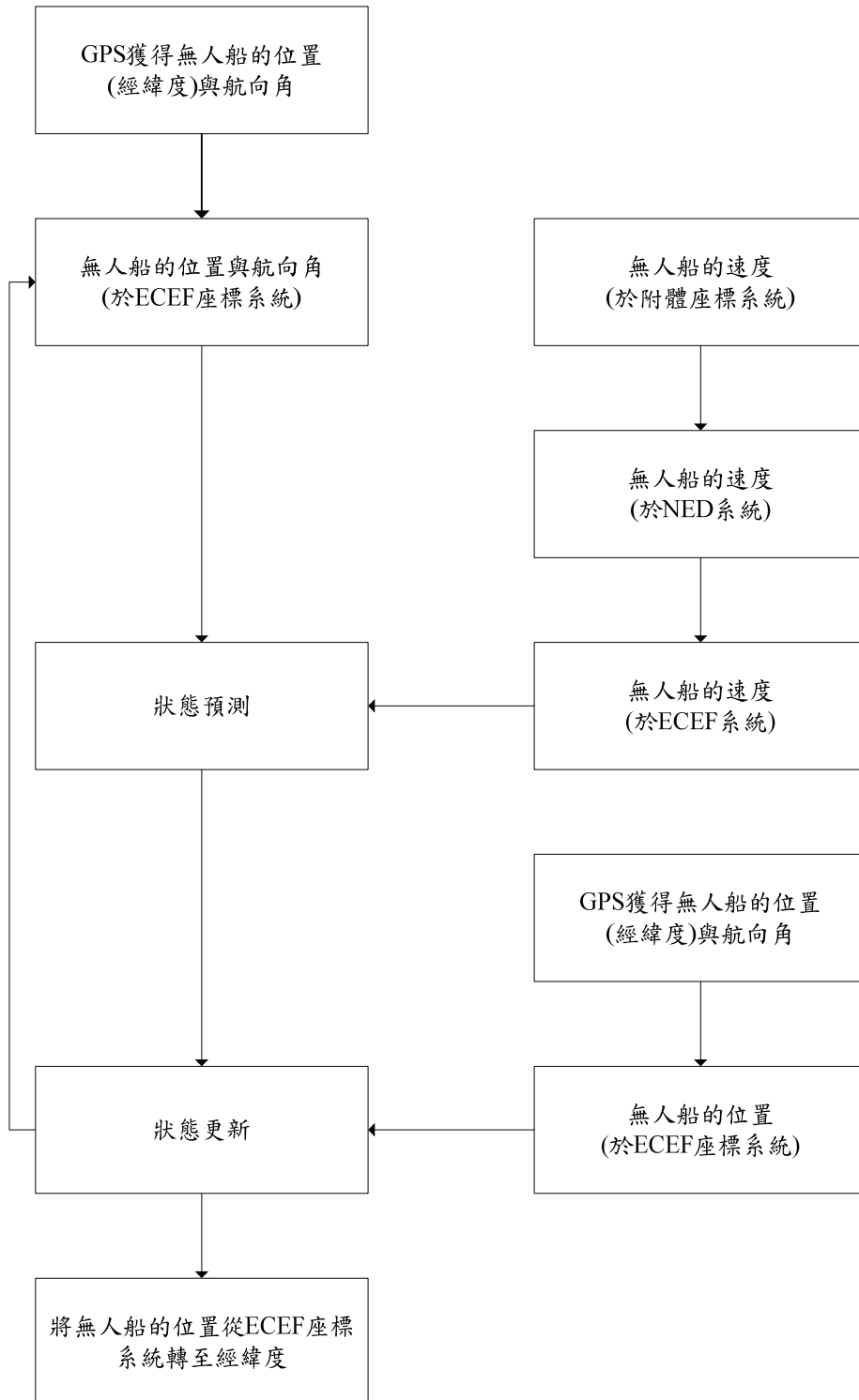


圖 6-18 延伸型卡爾曼濾波器定位流程

表 6-4 延伸型卡爾曼濾波器定位演算法處理流程

$$1. \quad G_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & v_u [\cos l \sin \mu \sin \psi + (-\sin l \cos \psi)] \Delta t \\ 0 & 1 & 0 & v_u (\sin l \sin \mu \sin \psi + \cos l \cos \psi) \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & -v_u \cos \mu \sin \psi \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$2. \quad \bar{x}_t = \begin{bmatrix} x_{e,t-1} + v_u (-\cos l \sin \mu \cos \psi + -\sin l \sin \psi) \Delta t \\ y_{e,t-1} + v_u (-\sin l \sin \mu \cos \psi + \cos l \sin \psi) \Delta t \\ z_{e,t-1} + v_u (\cos \mu \cos \psi) \Delta t \\ \psi_t \end{bmatrix}$$

$$3. \quad \bar{\Sigma}_t = G_t \Sigma_{t-1} G_t^T + R_t$$

$$4. \quad \hat{z}_t = \begin{bmatrix} x_{e,t}^{GPS} \\ y_{e,t}^{GPS} \\ z_{e,t}^{GPS} \\ \psi_t^{GPS} \end{bmatrix}$$

$$5. \quad z_t = \begin{bmatrix} x_{e,t}^{GPS} \\ y_{e,t}^{GPS} \\ z_{e,t}^{GPS} \\ \psi_{e,t}^{GPS} \end{bmatrix} + z_t^{GPS-Noise}$$

$$6. \quad H_t = \frac{\partial \hat{z}_t}{\partial x_t} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$7. \quad K_t = \bar{\Sigma}_t H_t^T (H_t \bar{\Sigma}_t H_t^T + Q_t)^{-1}$$

$$8. \quad x_t = \bar{x}_t + K_t (z_t - \hat{z}_t)$$

$$9. \quad \Sigma_t = (I - K_t H_t) \bar{\Sigma}_t$$

$$10. \text{Return } x_t, \Sigma_t$$

6.4.3 Google Maps 遙控介面

為了使用者的方便，無人船的導航系統結合了網頁與 Google Maps，其無人船遙控系統的架構如圖 6-19 所示。使用者可以在網頁上決定要探勘的範圍，決定之後網頁就會把所有路徑點的經緯度規劃出來，這時基地站就會與網路空間連線並把路徑點的經緯度資料下載下來，然後再把資料透過 AIS 傳送到無人船上的電腦上，最後無人船就會沿著路徑點的位置前進。無人船每過一段時間就會照著原來的傳輸路徑回報自己所在的位置，操作者就可以上網頁查看無人船的位置並適時的下達新命令。

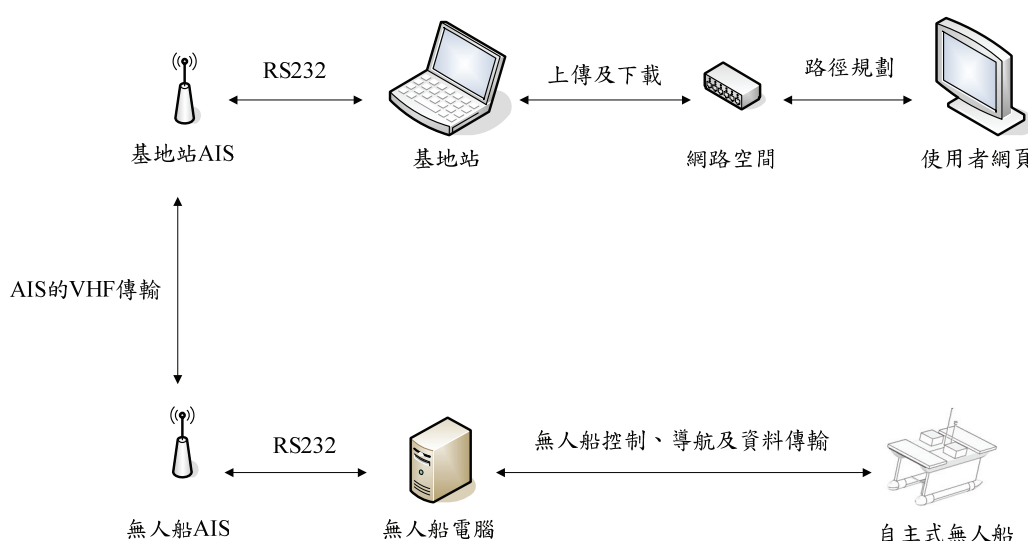


圖 6-19 無人船遙控系統架構

Google 公司在衛星影像地圖的服務提供了兩項免費的應用程式分別為 Google Maps 與 Google Earth。Google Maps 是為網路分享所設計的電子地圖而且只要電腦有網路瀏覽器就可以使用。Google Earth 則是著重於 3D 模型方面的技術且在使用之前必須先下載安裝軟體。Google Maps 在支接地圖上標記、繪製圖形等動作較多元，並可以直接將結果分享在網路上與其他人共享。反觀 Google Earth 在這兩方面的功能比較缺乏，所以在無人船的導航系統選用 Google Maps 作為整合的應用軟體。

Google Maps API (Applications Programming Interface) 是一個連接網頁程式與 Google Maps 的必備工具，程式撰寫者可以透過 API 的程式庫開發 Google Maps 的服務。在使用 Google Maps API 的程式庫之

前必須先跟Google申請一組Google Maps API的金鑰，把這組金鑰嵌入自己的網頁後即可以開始使用API的各項功能。

6.4.4 使用者網頁設計

無人船導航系統的使用者網頁由 Dreamweaver 搭配網路程式語言 PHP 與 JavaScript 以及 Google Maps API所組成，其網頁外觀如圖 6-20 所示。

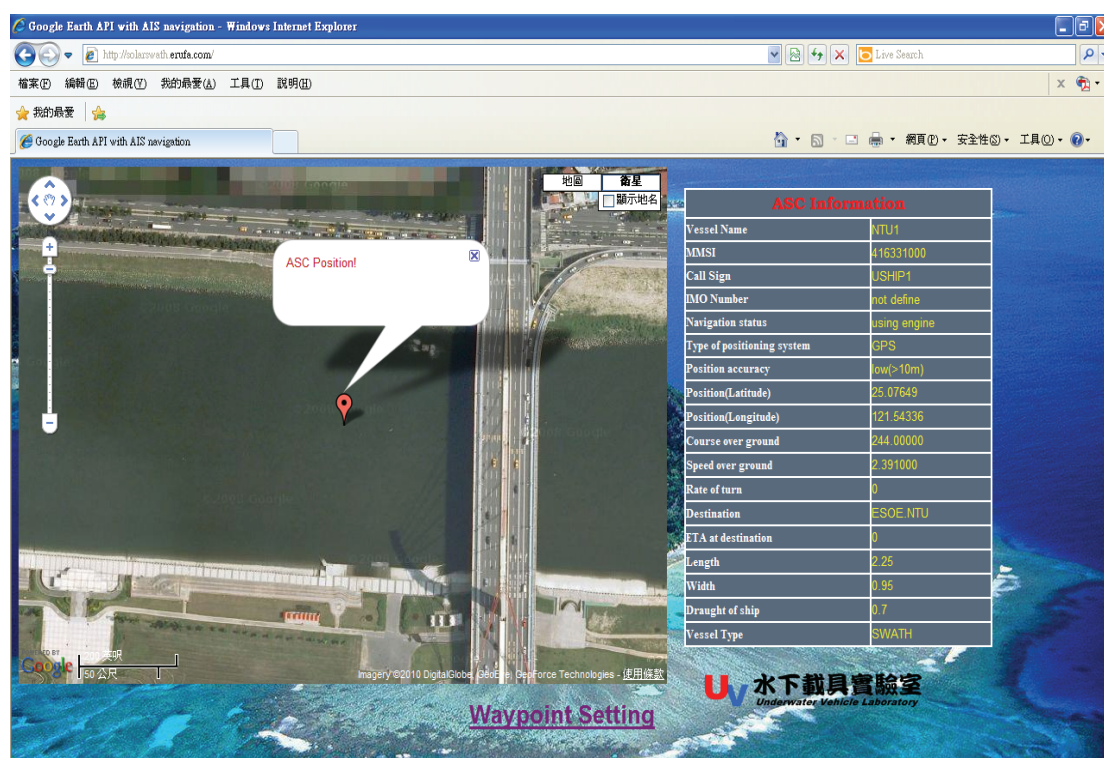


圖 6-20 網頁外觀

在使用者網頁的左半部顯示無人船的所在位置，即圖上的紅點。在右半部則顯示無人船的各種資訊如載具名稱、載具大小、位置經緯度、速度、航向角等。這些資訊都是透過 AIS 傳送到岸上的基地台再利用網路上傳到網站空間，此外網頁每五秒更新一次，讓使用者能夠清楚收集到無人船的最新資訊。

點選網頁下面 Waypoint Setting 的字樣之後即可進入路徑規劃的網頁中，如圖 6-21 所示。使用者可以決定無人船探測的海域範圍大小，並輸入欲將此範圍分成多少等份以及此範圍的角度，完成之後網頁程式就會開始計算每個路徑點的經緯度值，並將這些經緯度資料下

載到岸上的基地站，基地站再透過 AIS 傳送到無人船上的電腦並開始執行探測任務。

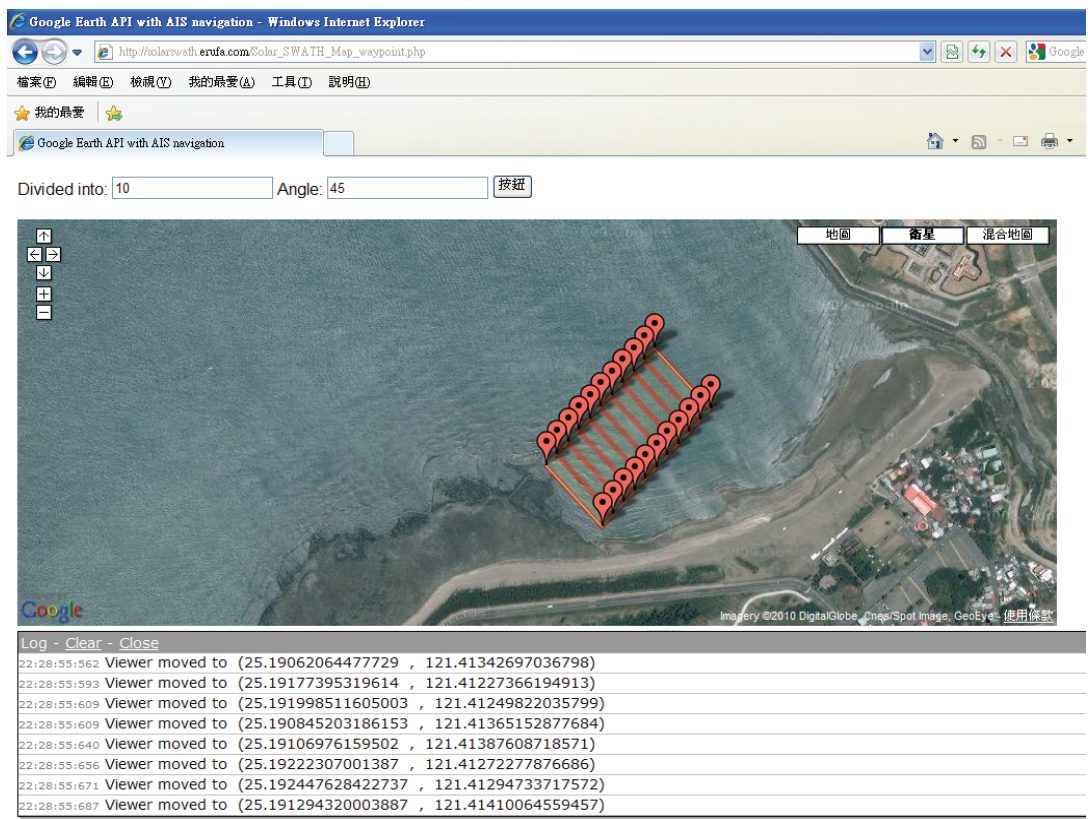


圖 6-21 探測範圍為 45 度矩形，分割成十等份之路徑點規劃

第七章 結論與建議

隨著遙測技術的發展，智慧化的海洋研究提供了嶄新的資料分析方式，本研究首要目的是發展「在 e-化航行的國際架構下實現智慧型海運系統」，另外再以「海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究」來充分利用目前之高新技術，對海岸帶地域系統實施綜合協調的管理方法，以為合理開發利用海岸帶資源和保護環境提供快速、準確、有效的資訊諮詢和決策支援。第三項主題則以「以水下載具進行多音束測深之研究」來研究如何將多音束測深系統安裝在水下載具上，藉此提高量測精度及解析度，希望對於近岸及離岸海洋工程、港灣結構物之測繪及水下特徵物之搜尋等方面之應用有所幫助。最後，針對「自主式無人船舶」進行研究，期望研發出以太陽能驅動智慧型無人船舶，對於近岸海洋資料蒐集、測量、資料傳送與輔助救難之自動控制技術能有所幫助，未來可以進一步延伸為架構在無線網路上的無人船隊，藉由無人船舶間相互通訊技術的研發，可以施行較大規模的海岸測量與船舶監控作業。

7.1 結論

本研究所獲得之結論有如下幾點：

1. 本所港研中心已經完成臺灣海域及基隆港、蘇澳港、臺北港、臺中港、高雄港、花蓮港、馬公港、開元港等 8 個主要港口之船舶自動辨識系統(AIS)建置，為整合各個港口之船舶自動辨識系統(AIS)，本研究建立一套可以整合與查詢各站船舶動態資訊之網路系統，一般使用者可以查詢、瀏覽及統計分析臺灣各主要港口進出港船舶動態資訊。
2. 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 DGNS 服務，並發展基於 AIS 的助航設施（航標）。而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. 在船舶自動識別系統(AIS)之船舶交通流分析與統計技術方面，以

AIS 岸基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. 在海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用主題方面，已提出具體可行之演算法則，可應用於不同時期及不同解析度影像，提升影像岸線資料自動化萃取之精度。特徵萃取精度受影像解析度及影像糾正之精度影響。但以目前衛星影像解析度而言，仍僅適用巨觀的現況資料蒐集與分析，對微觀的應用仍受限於解析度不足之影響，未來仍以具有 10cm 高解析數位航拍配合空載雷射掃瞄將具有最佳的應用潛力。
5. 本研究利用超短基線感測器對準偏差校正之演算法，可以有效率地估算出 heading、pitch、roll 三個對準偏差角度，提升超短基線定位系統的定位精度。此演算法乃利用船隻航行直線測線來收集海床應答器的定位資料，並根據 heading、pitch、roll 三個角度的對準偏差對於應答器定位的影響，分別推導出各個偏差角度的計算公式。由於此一演算法是依據各個偏差角度造成應答器定位之幾何特性所推導出來的，所以具有非常快速的收斂速度，而且其運算結果也非常穩定與一致。此一演算法也利用實海域量測資料進行驗證，證實此演算法可以在四、五次的迭代運算之後，三個對準偏差角度的估測值便能穩定收斂。此外，本研究也針對偏離航跡誤差發展出一套修正方法，即使利用不具備動態定位系統的船隻來收集超短基線定位資料，也能夠精確估算出超短基線定位系統的對準偏差角度，大大提升了此一演算法的實用性。
6. 當採用超短基線系統進行水下目標物定位時，本研究分析不同水深與不同半錐角對定位精度的影響，結果顯示定位精度隨著水深增加而變差；水深 32 m、76 m、以及 110 m 的最大定位誤差分別在 1 公尺、2.5 公尺、以及 3.5 公尺左右。此外，隨著半錐角增大，定位精度也跟著變大；在這三種不同水深下，半錐角 30 度以內的定位精度可控制在約 2 公尺以內。因此，利用超短基線進行水下載具定位時，應盡量將工作母船控制在水下載具正上方附近，

可以有效降低定位誤差。

7. 在使用超短基線水下定位系統的基礎下，本研究建構之水下載具定位與導航介面，整合了水下載具感測器與外部感測器（GPS、電羅經、運動感測器），可以即時提供水下載具的位置。此外，具備友善、直覺、互動的 3D 虛擬介面與 2D 圖形顯示介面，也有助於操作員確實掌握水下載具的動態。
8. 本研究設計、製作與測試一具自主式無人工作小船，利用太陽能與充電電池驅動，建立其精密導航定位與路徑追隨自動控制系統，此工作船可攜帶多種量測儀器，自動施行港口之水深、水流剖面、地形、沈積物資料蒐集與測量等工作，且可將資料藉由無線電波傳送至岸上之監控電腦，本年度已完成無人船舶主體架構之製作組裝，元件介面測試與太陽能供電系統之規劃。本研究結果將可以提升各港務局水深測量、海巡署搜救、各學術單位海岸調查、內政部國土測繪等無人遙控載具的運用與工作效率。

7.2 建議

本研究具體建議事項如下：

1. 「臺灣海域電子航行圖中心」正式成立後，後續應持續進行電子航行圖之宣傳推廣、圖資發行等工作。
2. 船岸通訊提供智慧化海運資訊服務方面，應以資訊源、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。
3. 智慧型船舶資通訊平台之研究方面則應繼續研發 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。
4. 建議繼續遙測影像萃取海岸區域水線與蒐集潮位、水深地形及相關地理圖資進行探討。
5. 建議繼續針對台灣海岸局部地區利用高解析度衛星影像與實地

測量來比較檢討海岸線變遷。

6. 建議繼續探討海岸線變遷因子之多樣性成果及海岸開發資料蒐集。
7. 水下載具進行多音束測深作業時，必須以一定速度航行，無法固定不動。因此，利用長基線定位系統進行詢答作業時，收發器依序詢答四支答應答器的位置不會相同，亦即各支應答器斜距的量測基準點不一樣，以致於進行最小平方位置估算時，會產生誤差。由數值模擬的結果可以看出，收發器詢答間隔時間越長、船速越快（亦即收發器詢答間隔位移量越大），長基線系統的定位誤差便會越大，若需要較準確的定位結果，必須倚賴融合其他外部感測資料，方可降低定位誤差。
8. 本研究透過整合載具速度量測資訊來估算收發器詢答位置，以改善長基線定位精度，並將水下載具定位誤差控制在 1~1.5 公尺左右。因此，利用長基線系統進行水下載具定位時，應儘量避免聲訊遮蔽以免無法收到應答器回訊，並融合其他感測資訊以降低定位誤差。
9. 為有效的解決測量解析度之問題，將多音束測深系統安裝在水下載具在客觀環境上已經允許進行此項研究課題，加上澎湖、東沙及南沙等島嶼之珊瑚礁及環礁附近之地形測量，與港灣水下結構物之測繪等方面之應用已有迫切的需求，未來應持續探討水下多音束測深系統之整合技術及水下載具導航系統之規劃設計等課題。
10. 建議未來整合 DVL 的速度量測資料，利用載具速度量測資訊來來估算 Transceiver 位置，以提高載具定位估算的精度。而要整合收發器、都卜勒流速計(DVL)、多音束測深儀、以及運動感測器於水下載具上，必須考量水下載具之荷重(Payload)能力。
11. 本研究未來會將收發器、DVL、多音束測深儀、以及運動感測器裝置於水下平台上(類似 depressor)，利用研究船拖行水下平台移動以模擬水下載具作業。

12. 無人船設計之進度，包含船舶之外型、阻力預估，以及考慮量測誤差限制條件下的耐海性能設計、無人船遙控操作及導航訊號處理之構想，及無人船太陽能系統發電量對探測能力影響之評估。
13. 建立太陽能驅動之智慧型無人船舶，研發近岸海洋資料蒐集、測量、資料傳送與輔助救難之自動控制船舶相關技術，實有其必要性；本研究應持續在未來架構在無線網路上之無人船隊系統，藉由無人船隻間之相互通訊，可以施行大規模的海岸測量與監控
14. 本研究延續過去系列研究成果，主旨在促進 e-化航行國際架構下實現智慧型海運系統，建議後續的研究重點包含下列項目：
 - (1) 進行智慧型海運系統之海陸電子地圖服務研究。
 - (2) 進行 AIS 船舶交通流分析與統計技術與網路服務整合之研究。
 - (3) 進行 e-化航行「整合船橋系統」之資訊整合顯示技術研究(Integrated Navigation Information Display)。
 - (4) 進行智慧型海運系統之導航定位服務先期研究。
 - (5) 進行智慧型海運系統之寬頻通訊技術先期研究。
 - (6) 進行近岸及海岸帶遙測圖像製圖及土地利用調查。
 - (7) 進行多源圖像海岸帶影像製圖的方法與程序。
 - (8) 進行海岸帶空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)資料之處理與應用。
 - (9) 進行基於影像資料之多尺度及次像元精度之岸線資料萃取、岸線變遷分析。
 - (10) 進行影像與海岸地籍資料套合及製圖資料品質的評估。
 - (11) 以水下載具導航系統之規劃設計為主軸，探討水下多音束測深系統之整合技術及水下載具導航系統之規劃設計。
 - (12) 進行自主式無人船舶之操控系統設計，包含建立舵機與螺槳轉速控制之類比系統、建立可程式邏輯控制器與無線數據傳輸、遙控操作介面，以及建立系統硬體監控程式。

(13)航安資訊整合服務：研發提供電子海圖、航標(水道燈表)、航船佈告、航行指南、海氣象等航海圖表刊物與航安資訊的電子化整合服務。

(14)持續提供 M-化寬頻航行資訊服務之研究。

7.3 效益與應用情形

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有下列幾項：

1. 「臺灣海域船舶動態資訊網路系統」可供查詢、瀏覽及統計分析臺灣各主要港口進出港船舶動態資訊，以利儘速達成臺灣海域航安管理全面電子化，進而實現臺灣智慧型海運系統的總目標。
2. 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。
3. 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（safety and security）。
4. 應用作為臺灣周邊海域及島嶼遙測影像的資料平臺，使得國土測繪更為精確。
5. 應用結合無人載具(UAV)及自動導航的相關技術，即時收集及擷取海岸資料。
6. 可以應用在多音束測深與側掃聲納之間不同資料的整合。
7. 可以應用在改善測量船隻與多音束測深儀器結合的技術。
8. 提升各港務局水深測量，海巡署搜救，各學術單位海岸調查，內政部國土測繪等無人遙控載具的運用，避免人力浪費。
9. 應用於提升國內自製的智慧型太陽能遙控船的技術能力。

參考文獻

1. 邱永芳等，“智慧化海運系統之建立研究(2/4)”，交通部運輸研究所專書，2010.
2. 邱永芳等，“海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(2/4)”，交通部運輸研究所專書，2010.
3. 邱永芳等，“以水下自動化載具進行多音束測深之研究(2/4)”，交通部運輸研究所專書，2010.
4. 邱永芳等，“智慧型太陽能遙控近岸測量船之研究(2/4)”，交通部運輸研究所專書，2010.
5. IMO MSC.202 (81), 2006, Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety Of Life At Sea, 1974, as Amended.
6. IMO MSC.211 (81), 2006, Arrangements for the Timely Establishment of the Long-Range Identification and Tracking System
7. IMO Resolution MSC.242 (83), 2007, Use of the Long-range Identification and Tracking Information for Maritime Safety and Marine Environment Protection Purposes
8. IMO MSC.263 (84), 2008, Revised Performance Standards and Functional Requirements for the Long-Range Identification and Tracking of ships.
9. IMO MSC.264 (84), 2008, Establishment of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis
10. IMO Resolution MSC.275 (85), 2008, Appointment of the LRIT Coordinator
11. IMO Resolution MSC.276 (85), 2008, Operation of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis
12. IMO MSC.1/Circ.1259, 2008, Interim Revised Technical Specifications for the LRIT System.
13. IMO MSC.1/Circ.1294, 2008, Long-Range Identification and Tracking System Technical Documentation (Part II)

14. IMO MSC.1/Circ.1299, 2008, Transitional Arrangements and Measures for Accelerating the Completion of the Establishment of the LRIT System
15. IMO MSC.1/Circ.1307, 2009, Guidance on the Survey and Certification of Compliance of Ships with the Requirement to Transmit LRIT Information
16. IMO MSC.1/Circ.1308, 2009, Guidance to Search and Rescue Services in Relation to Requesting and Receiving LRIT Information
17. Sebastien Fournier, 2005, A multiagent system for maritime navigation simulation, Proceedings of Oceans-Europe2005, pp.223-225.
18. Petit, M., Ray, C., Claramunt, C., 2008, An adaptive interaction architecture for collaborative GIS, Cartographic and Geographic Information Science. Special issue on Modeling and Visualization for Spatial Decision Support, vol. 35, No.2, pp. 91-102
19. M. Numano, H.Itoh and Y. Niwa, 2001, Sea Traffic Simulation and its Visualization in Multi-PC System, Proceedings of International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM) 2001, pp. 2093-2098, Canberra, Australia
20. C., Claramunt et. al., 2007, Maritime GIS: From Monitoring to Simulation Systems, Proceedings of Information Fusion and Geographic Information Systems (IF&GIS'07), pages 34-44, St. Petersburg, Russia, ISBN 978-3-540-37628-6.
21. Thierry Huet, Taha Osman, Cyril Ray, 2003, Modelling traffic navigation network with a multi agent platform, European Simulation Multiconference (ESM2003), pages 111-117, June 2003, Nottingham, UK, ISBN 3-936150-25-7
22. Frédéric Bertrand, Alain Bouju, Christophe Claramunt, Thomas Devogele, Cyril Ray, 2007, Web architectures for monitoring and visualizing mobile objects in maritime contexts, In 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), Cardiff, UK, November 2007, ISBN 978-3-540-76923-1
23. 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。

24. 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.
25. 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
26. 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
27. IMO COMSAR/Circ.27, 2001, Data Format for a new Combined SAR.2 and SAR.3 Circular Concerning Information on the Current Availability of SAR Services.
28. IMO, LRIT Data Distribution Plan Accessing and Entering Information- Guidance Notes for Contracting Governments.
29. 張永生，遙感圖像資訊系統，科學出版社，2003。
30. 朱述龍等，遙感圖像處理與應用，科學出版社，2006。
31. 藏識科技，PilotGaea：INET 4D Wise User's Manual, 2009。
32. Canada Centre for Remote Sensing，Remote Sensing Tutorials.
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials>.
33. Huang, M. J., S. W. Shyue, L. H. Lee, and K.C. Kao (2006) ArcSME: Synthetic METOC Environment Tools for ArcGIS. *Asia GIS 2006 International Conference*, Malaysia
34. Liu, C. S., S. Y. Liu, S. E. Lallemand, N. Lundberg, D. Reed Digital Elevation Model Offshore Taiwan and Its Tectonic Implications., Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, TAO, Vol. 9, No.4, pp.705-738, 1998.
35. Chui, H., Non-Rigid Point Matching:Algorithm, Extensions and Applications, Phd. Dissertation, Yale University, 2001.
36. Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Digital Image Processing, New Jersey, Prentice Hall, Inc., 2002.
37. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W., Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth Edition, New York, John Wiley & Sons, Inc., 2004.

38. Bentoutou, Y., Taleb, N., Kpalma, K. and Ronsin, J., An Automatic Image Registration for Applications in Remote Sensing, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 9, pp. 2127-2737, 2005.
39. Chon, J., Fuse, T., Shimizu, E. and Shibasaki, R., Three-Dimensional Image Mosaicking Using Multiple Projection Planes for 3-D Visualization, IEEE Transactions ON Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics, Vol. 37, No. 4, pp. 771-783, 2007.
40. DelMarco, S. P., Tom, V. and Webb, H. F., A Theory of Automatic Parameter Selection for Feature Extraction With Application to Feature-Based Multisensor Image Registration, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 16, No. 11, pp. 2733-2742, 2007.
41. Falco, I. D., Cioppa, A. D., Maisto, D. and Tarantino, E., Differential Evolution as a viable tool for satellite image registration, Applied Soft Computing, No. 8, pp 1453–1462, 2008.
42. He, Y. and Chung, R., Image Mosaicking for Polyhedral Scene and in Particular Singly Visible Surfaces, Pattern Recognition, No. 41, pp. 1200 – 1213, 2008.
43. Kern, J. P. and Pattichis, M. S., Robust Multispectral Image Registration Using Mutual-Information Models, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45, No. 5, pp. 1494-1505, 2007.
44. Wen, G. J., Lv, J. J. and Yu, W. X., A High-Performance Feature-Matching Method for Image Registration by Combining Spatial and Similarity Information, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46, No. 4, pp. 1266-1276, 2008.
45. 張庭榮，”SIFT 演算法於立體對影像匹配與影像檢索應用之研究”，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文，2008 年 7 月
46. 楊朝輝、陳鷹、邵永社、張紹明，”基於 SIFT 特徵的合成孔徑雷達景象匹配方法”，計算機應用，第 28 卷第 9 期，2008 年 9 月
47. International Hydrographic Organization, Feb 2008, IHO Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, Special Publication No. 44.

48. International Hydrographic Organization, Nov 2001, IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, 3.1th Edition, Special Publication No. 57.
49. International Hydrographic Organization, 1982, A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea.
50. Canadian Hydorgraphic Services, Aug 1998, Standards for Hydrographic Surveys.
51. Canadian Hydorgraphic Services, Feb 2003, Minimum Standards for Hydrographic Surveys.
52. Federal Geographic Data Committee, June 2001, Shoreline Metadata Profile of the Content Standards for Digital Geospatial Metadata.
53. Federal Geographic Data Committee, June 1998, Content Standards for Digital Geospatial Metadata.
54. U.S. Army Corps of Engineers, Sept 1987, Confined Disposal of Dredged Material.
55. U.S. Army Corps of Engineers, Mar 1983, Dredging and Dredged Material Disposal.
56. U.S. Army Corps of Engineers, Nov 1996, Navigation and Dredging Operations and Maintenance Guidance and Procedures.
57. U.S. Army Corps of Engineers, Jan 2002, Engineering and Design Hydrographic Surveying.
58. U.S. Army Corps of Engineers, Jul 1998, Engineering and Design Geospatial Data and Systems.
59. U.S. Army Corps of Engineers, Aug 1996, Engineering and Design Policies, Guidance, and Requirements for Geospatial Data and Systems.
60. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 1997, Nautical Chart User's Manual.
61. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), Jun 2000, NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.
62. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), April 2007, NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.
63. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), March 2007, Field Procedures Manual.

64. Land Information New Zealand, Aug 1999, Provisional Swath Sonar Survey Specifications.
65. Chen, HH (2008). "In-Situ Alignment Calibration of Attitude and Ultra Short Baseline Sensors for Precision Underwater Positioning," *Ocean Engineering*, Vol 35, Nos 14 15, pp 1448 1462.
66. Chen, HH, and Wang, CC (2007), "Optimal Localization of a Seafloor Transponder in Shallow Water Using Acoustic Ranging and GPS Observations, " *Ocean Engineering*, Vol34, No18, pp2385-2399.
67. Faugstadmo, JE, Jacobsen, HP, and Gunhildstad, TH (2002). "Transducer Aalignment and LBL Calibration," *Proceedings of the MTS Dynamic Positioning Conference*, Houston, Texas, pp 1-36.
68. Gierusz, W, Cong Vinh, N, Rak, A (2007). "Maneuvering Control and Trajectory Tracking of Very Large Crude Carrier," *Ocean Engineering*, Vol 34, No 7, pp 932 945.
69. Jouffroy, J, and Opderbecke, J (2007). "Underwater Vehicle Navigation Using Diffusion-Based Trajectory Observers," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol 32, No 2, pp 313 326.
70. Kinsey, JC, and Whitcomb, LL (2007). "In Situ Alignment Calibration of Attitude and Doppler Sensors for Precision Underwater Vehicle Navigation: Theory and Experiment," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol 32, No 2, pp 286 299.
71. McEwen, R, Thomas, H, Weber, D, and Psota, F (2005). "Performance of an AUV Navigation System at Arctic Latitudes," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol 30, No 2, pp 443 454.
72. Moreira, L, Fossen, TI, and Guedes Soares, C (2007). "Path Following Control System for a Tanker Ship Model," *Ocean Engineering*, Vol 34, No 14, pp 2074 2085.
73. Opderbecke, J (1997). "At-Sea Calibration of a USBL Underwater Vehicle Positioning System," *IEEE/MTS OCEANS' 97*, Halifax, NS, Canada, Vol 1, pp 721 726.

74. Philips, D (2003a). "An Evaluation of USBL and SBL Acoustic Systems and the Optimisation of Methods of Calibration-Part 1," The Hydrographic Journal, Vol 108, pp 18 25.
75. Philips, D (2003b). "An Evaluation of USBL and SBL Acoustic Systems and the Optimisation of Methods of Calibration-Part 2," The Hydrographic Journal, Vol 109, pp 10 20.
76. Whitcomb, LL, Yoerger, DR, and Singh, H (1999). "Advances in Doppler-Based Navigation of Underwater Robotic Vehicles," Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Detroit, MI, USA, Vol 1, pp 399 406.
77. 內政部，2003，領海及鄰接區海域基本圖測量規範(草案)。
78. 交通部運研所，2003，港灣水域水深測量(草案)。
79. 交通部運研所，2005-2007，淺水域多音束量測水深技術研究。
80. V Bertram, "Unmanned Surface Vehicles – A Survey," Technical Report, ENSIETA, 2008.
81. M Caccia, "Autonomous Surface Craft: Prototypes and Basic Research Issues," Proc. 14th Mediterranean Conference on Control and Automation, June, 2006.
82. H Ferreira, R Martins, E Marques, J Pinto, J Almedida, J Sousa, P Silva, "SWORDFISH: an Autonomous Surface Vehicle for Network Centric Operations," OCEANS 2007, 2007.
83. J Holler, A Striz, K Bretney, K Kavett, B Bingham, " Design, Construction, and Field Testing of an Autonomous Surface Craft for Engineering and Science," Oceans 2007, 2007.
84. J Majohr, T Buck, "Modelling, Simulation and Control of an Autonomous Surface Marine Vehicle for Surveying Applications, "Advances in Unmanned Marine Vehicles, Chapter 16, IEE Press, London, 2006.
85. M Caccia, " A Practical Approach to Modeling and Identification of Samll Autonomous Surface Craft," IEEE J. Oceanic Engineering, Vol. 33, No. 2, pp. 133-145, April, 2008.
86. E Desa, et. al., "A Small Autonomous Surface Vehicle for Ocean Color Remote Sensing, " IEEE J. Oceanic Engineering, Vol. 32, No. 2, pp. 353-364, April, 2007.

87. J Curcio, C Kitts, CA Santa Clara, "Self-Positioning Smart Buoys, The "Un-Buoy" Solution: Logistic Considerations using Autonomous Surface Craft Technology and Improved Communications Infrastructure," Oceans 2006, 2006.
88. 莊定諺, 「運用太陽能與滑翔翼板增加水下載具續航時間之評估」, 國立成功大學系統與船舶機電工程學系碩士論文, 2008
89. 王鈺翔, 「應用太陽能作為無人載具飛行」, 國立成功大學航空太空工程研究所碩士論文, 2003.
90. M. R. Patel, "Wind and Solar Power System—Design, Analysis, and Operation" 2ed Edition, 2005.
91. J. Jalbert, et. al., "Solar-powered Autonomous Underwater Vehicle Development," Proceedings of the 13th International Symposium on Unmanned Underwater Vehicle, Durham, NH, 2003.
92. M. Murtedjo and E. B. Djatmiko, "Prediction of Motion Characteristics on SWATH Type Floating Structure Using Two-dimensional Frank Close-fit Technique," Journal Mekanikal Bil.18, 46-65, 2004.
93. T. Li, Y. Lin and Z. Ji, "Optimized SWATH Form Design with High Speed and Seakeeping Performance, " The International Society of Offshore and Polar Engineer, 2005.
94. M.C. Fang and W.J. Shyu, "The Improved Prediction for Hydrodynamic Characters of SWATH Ship in Waves, " Proc. of National Science Council. ROC, Vol.18 No.5 pp495-507, 1994.
95. V. Dubrovsky, K. Matveev and S. Sutulo, Small Waterplane Area Ships, Backbone Publishing, N.J., 2007.
96. 張建偉, "太陽能電池最大功率追蹤點之研究" , 國立成功大學航空太空工程學研究所碩士論文, 2009。
97. G. Walker, "Evaluating MPPT Converter Topologies Using a MATLAB PV Model," Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 21, No.1, pp.49-55, 2001.
98. G. L. Plett, "Advances in EKF SOC Estimation for LiPB HEV Battery Packs," Proceedings of the EVS-20, Long Beach, CA, 2003
99. 林威佐, "電池電容量檢測技術之研究" , 國立台灣大學電機工程學研究所碩士論文, 2001。

100. 何榮文，“太陽能車發電系統控制”，國立台灣大學機械工程學研究所碩士論文，2001
101. H. C. Hottel, “A Simple Model for Estimating the Transmittance of Direct Solar Radiation Through Clear Atmospheres,” Solar Energy, Vol.18, pp.129-137, 1976.
102. J. A. Duffie, W. A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, 3rd Edition, Wiley Interscience, New York, 2006.

附錄一 交通部運輸研究所科技計畫 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：智慧型航行與監測系統之研究(2/4)

執行單位：運輸研究所港研中心

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
一、李忠潘委員： 1. p. 5-6 請加入“表面聲速儀”的精度。 2. p. 5-9，請說明(X, Y)與船舶的關係。 3. 5.3.2 節少掉 2 及 3 段文字，p. 5-14 文字有重覆。 4. p. 5-27，文內請說明圖 5-25 及圖 5-26。 5. 圖 6-3 至圖 6-6 之橫軸如以 Renold number 表示，可與其他領域者比較，請考慮。 6. 請定義剩餘阻力係數及摩擦阻力係數(p. 6-5)。	1. 已加入精度 2. 已說明 3. 已修正 4. 已說明 5. 本計畫旨在估算船速與阻力間之關係，與流體力學之阻力係數稍有不同，仍以報告表示較佳。 6. 已修正
二、李兆芳委員： 1. 船舶動態資訊系統和智慧化海運系統內容與目前情形之呈現，建議可補充計畫執行的細節，遭遇之困難、預期、以及未來之潛力。 2. Airborne LiDAR 僅管內容可以超越DEM, 但仍然期待實作與成果。 3. 長基線系統的精度，理論應相當固定，但與實際使用上包括軟、硬體之配合，期待後續的成果。 4. 自主無人船舶之概念很有吸	1. 遵照辦理 2. 下一階段應可展現實作成果 3. 軟硬體配合成果下一階段完成 4. 修正模擬方式後改善。

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
引力，但由圖 6-6 結果，模擬和試驗阻力係數比較相差 20%，研究內容有改善的空間。	
三、蔡政翰委員： 1. 第 2 章的圖大部份都不清楚。 2. 本報告書無第一章(前言)。 3. 3-19 頁 A1~A4 海域請在文中說明。 4. 英文的簡稱出現第一次時請將全英文名稱列出，如 2-2 頁之 SOTDMA(…)。 5. 報告書上所列大部份是現有理論與狀況之敘述，較缺乏執行成果敘述。	1. 正式報告彩色印刷 2. 已補正 3. 已說明 4. 已修正 5. 已補充說明
四、翁文凱委員： 1. 第 2.2 節與 2.3 節題目重複，請更新。 2. 第 2 章內圖(由電螢幕顯示)內容不清晰，建議加強其清晰度。 3. AIS 系統要求 5000 噸以上貨船於 2008/7/1 開始實施，此系統之功能主要為搜救，航船碰撞等船舶航行管理，建議增加小船之管理(如漁船、遊艇等)，使其較為完整。 4. 超短基域，其域較短，理論上其定位精度較低，可連續測之距離亦相對應較	1. 已改正 2. 正式報告改以彩色印刷 3. 建議漁業主管機關設置 AIS 設備以利管理 4. 採超短基線方事前置作業較為精簡，優勢在精度要求不高

參與審查人員及其所提之意見	執行單位處理情形
短，其主要優勢為何？	之測量作業適合採用。
五、沈建全委員： 1. 土石流嚴重，海岸漂沙與侵蝕嚴重，自動航行系統對此變遷十分嚴重之海底地形有無對應之策略？ 2. 仿冒之船隻識別系統如何判別及預防？ 3. 本系統建立後，有無仿“航空識別系統”之“航海識別系統”，我國與鄰國之“航海識別區”如何劃分？有無重疊？ 4. 船舶進出港船舶動態資訊系統具備實用性。 5. 全世界電子圖系統，共有八種海圖系統，本國系統為 WGS-84？若遠洋貨船至他國海域(如歐、美、澳)如何統一？ 6. 本計畫之各子計畫之整合及總體目標及相關性較不明確，宜加以整合改進。應加入一個整合系統之架構圖。並說明彼此互相支援之關係？	1. 自動航行系統目前只裝設在國際商船與近岸海底地形變遷較無直接影響 2. 每一艘船有唯一之識別碼，如仿冒識別碼將由海巡署查緝 3. 各國之 AIS 系統皆獨立運作無劃分“航海識別區”，在本國之接收站範圍內皆可識別 4. 感謝肯定 5. 本國系統為 WGS-84，s57 電子海圖為國際統一標準 6. 已說明

附錄二 期末報告審查簡報資料



智慧型航行與監測系統之研究(2/4)

計畫主持人：邱永芳

張富東、蔣敏玲

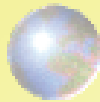
中華民國100年3月3日



智慧型航行與監測系統之研究(2/4)

- 前言
- 臺灣海域船舶動態資訊系統(AIS)之建立
- 智慧化海運系統建立之研究
- 海岸帶多源遙測影像處理技術之研究
- 長基線系統之水下定位精度探討
- 自主無人船舶設計
- 結論與建議





前言

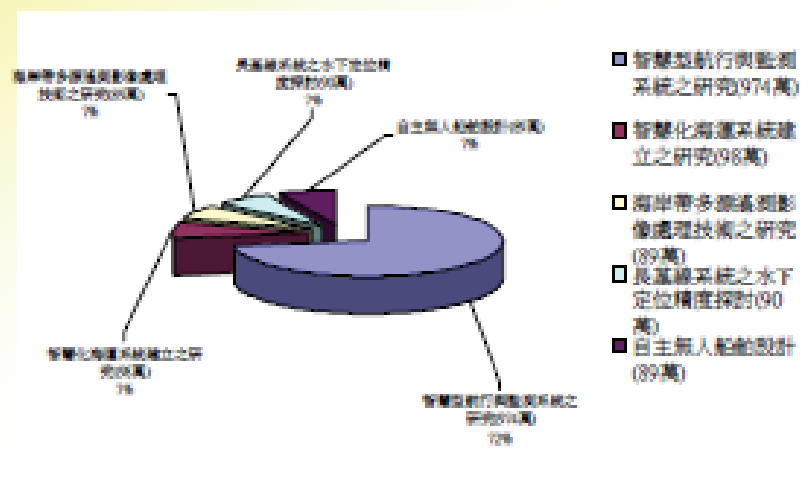
經費與預算執行情形

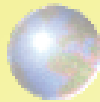
◆總經費約1200萬元。

- 臺灣海域船舶動態資訊系統之建立(974萬)
- 智慧化海運系統建立之研究(98萬)
- 海岸帶多源遙測影像處理技術之研究(89萬)
- 長基線系統之水下定位精度探討(90萬)
- 自主式無人船舶設計(89萬)



經費與預算執行情形





臺灣海域船舶動態資訊系統之建立

- 船舶動態地理資訊模組
- 船舶航向資訊模組
- 港口、船舶與接收站動態統計分析模組
- 港口與船舶相簿管理模組
- 網頁討論區模組
- 權限控管模組



船舶動態地理資訊模組



[illegible][illegible]



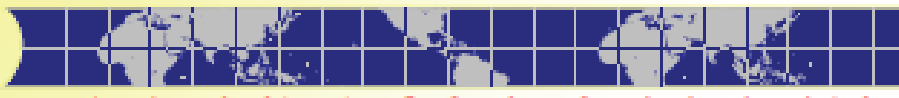
船舶航向資訊模組

[illegible]

港口、船舶與接收站動態統計分析模組

[illegible]

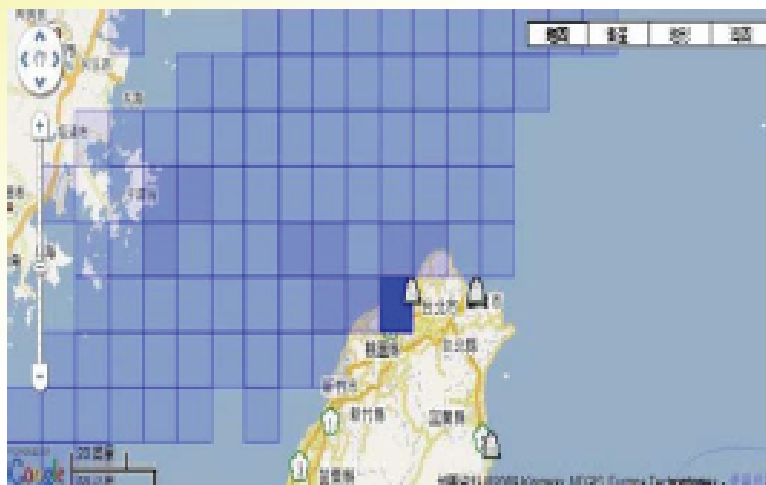
[illegible][illegible]



港口、船舶與接收站動態統計分析模組



港口、船舶與接收站動態統計分析模組



[illegible]



權限控管模組

首頁 > 會員中心 > 新增會員

加入會員	
*使用者帳號	
*使用者密碼	
*密碼確認	
*使用者名稱	
單位名稱	
E-mail	
聯絡電話	
手機	
傳真	
地址	
確定 取消	

說明！

1. 帳號名稱必須是數字或英文，請勿加入特殊字元，不可空白。
2. 「使用者密碼」輸入方式，為請各位點選鼠標左鍵，點選時有密碼的顯示，使用後加入會員。
3. 「使用者密碼」與「密碼確認」這二個欄位，是加入會員必須為同一字樣，否則資料無法新增。
4. 「使用者名稱」與「密碼確認」這二個欄位，所輸入的資料必須完全相同。
5. 「E-mail電子郵箱」欄位，請輸入符合E-mail格式的資料；如忘記密碼時，系統會以此E-mail信箱來傳送密碼的提醒。
6. 使用本位位密碼時，需輸入該密碼所對應的「使用者帳號」與「E-mail電子郵箱」。
7. 使用者完成註冊後，請注意接收郵件，帳號密碼信件方可使用！



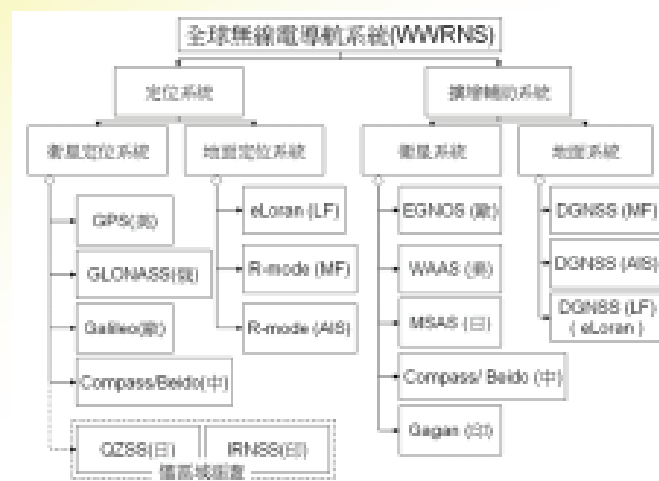
智慧化海運系統建立之研究

- 智慧化海運系統之導航定位服務
- 智慧化海運系統之寬頻通訊服務
- 智慧化海運系統之地理空間資訊服務
- 「整合船務系統」平台之建置





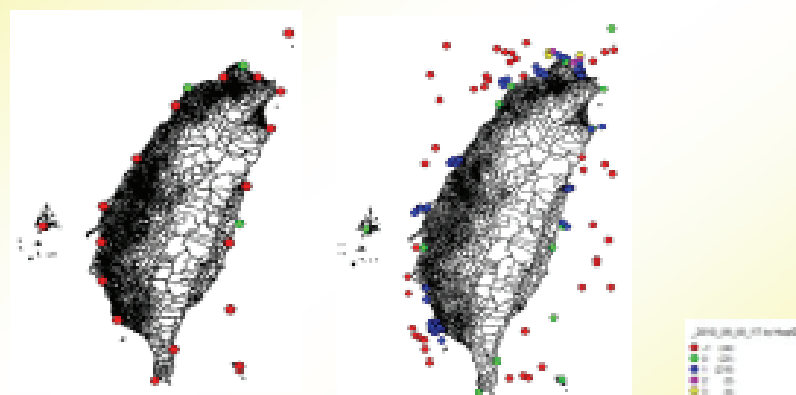
智慧化海運系統之導航定位服務



IALA現有與發展中的導航定位系統



智慧化海運系統之寬頻通訊服務



(a)基地台位置

(b)hop數

沿岸multi-hop通訊涵蓋分析





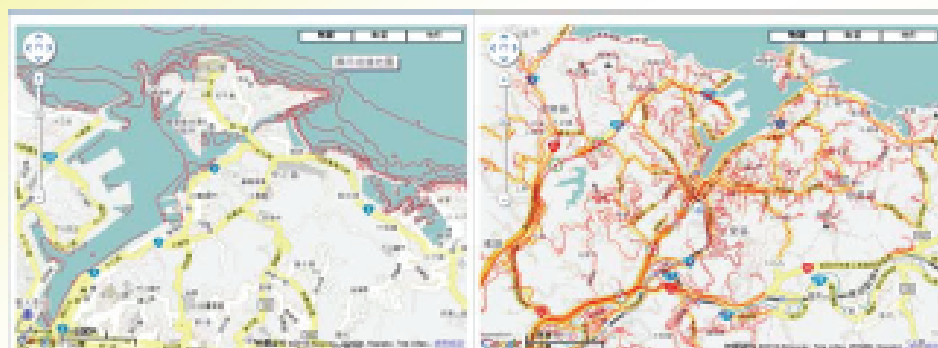
智慧化海運系統之寬頻通訊服務

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%

臺灣沿岸可多躍延伸通訊的平均比例



智慧化海運系統之地理空間資訊服務



電子航行圖與陸域GIS資料庫的整合應用

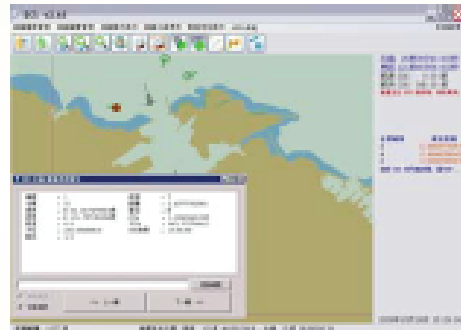




「整合船橋系統」平台之建置



多目標船舶交通預測平台的執行畫面



電子海圖系統上顯示的本船與所有他船



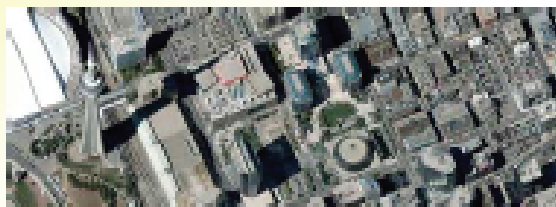
海岸帶多源遙測影像處理技術之研究

- 遙測影像現況
- 空載雷射系統
- 遙測技術的應用與實作結果

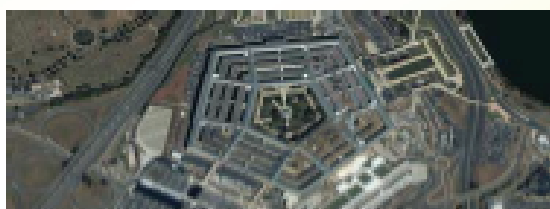




遙測影像現況



World View 衛星影像(解像度50cm)



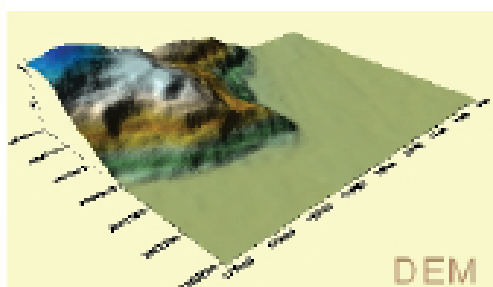
GeoEye 衛星影像(解像度41cm)



空載雷射系統

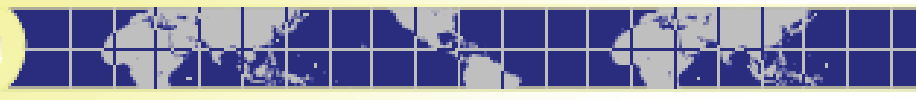


原始掃描之DSM模型



點雲過濾處理後之DEM模型





遙測技術的應用與實作結果

- 空間資料獲取技術已由硬體替代軟體處理之趨勢明顯改變作業方式及資料處理之速度。
- 數位航拍影像其超高解析度及快速處理模式，已有效替代傳統衛星影像之應用。
- 空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)資料之可用與實用性已明顯超越傳統航測所產製之DEM資料。
- 目前衛星影像解析度而言，仍僅適用巨觀的現況資料蒐集與分析，對微觀的應用仍受限於解析度不足之影響，未來仍以具有10cm高解析數位航拍配合空載雷射掃瞄將具有最佳的應用潛力。
- GIS資料將逐步由3D提升至4D(氣象或時序列)之處理與顯示。



長基線系統之水下定位精度探討

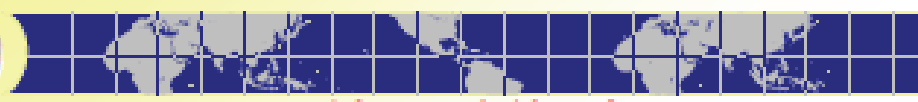
- 水下定位系統概述
- 長基線與超短基線定位精度比較
- 長基線水下定位系統之介面開發



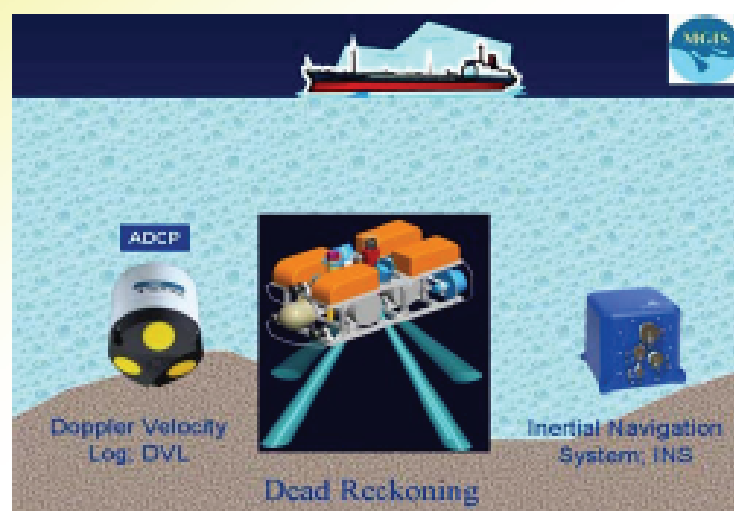


水下定位系统概述

- 航行位移推测(Dead Reckoning)
航行位移推测常使用 慣性導航系統(Inertial Measurement System; INS)或是都卜勒流速計(Doppler Velocity Log; DVL)，藉由航向、姿態、速度、時間來推算相對位移。
- 聲學式定位(Acoustic Positioning)
 - 1.長基線聲學定位(Long Baseline Acoustic System ; LBL)。
 - 2.短基線聲學定位(Short Baseline Acoustic System ; SBL)。
 - 3.超短基線聲學定位(Super Short Baseline Acoustic System ; SSBL)。



航行位移推测



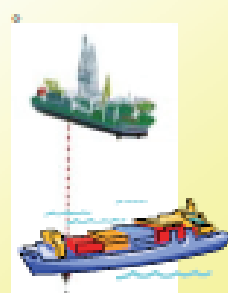
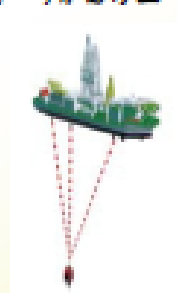
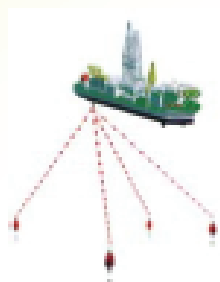
航行位移儀器



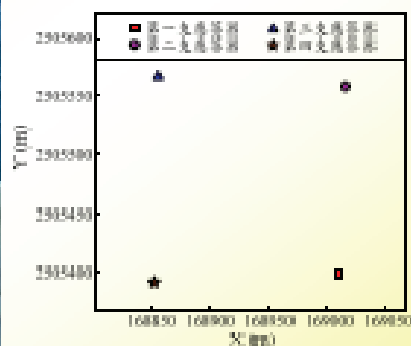


聲學式定位方式

- 長基線：基線距離可長達數公里，基站應答器固定在已知位置的陸地上，欲求得收發器的位置。
- 短基線：基站固定在船隻底部，基線距離約5~20公尺，由於基站位置隨著船隻運動變化，除了需要進行船隻載具定位的修正，船隻載具的姿態 (heave, roll, pitch, yaw) 亦需修正。
- 超短基線：基站在船隻底部且距離縮小至幾十公分內，因基線距離過短，測量計算原理由時間差，調整為相位差。



長基線與超短基線定位精度比較

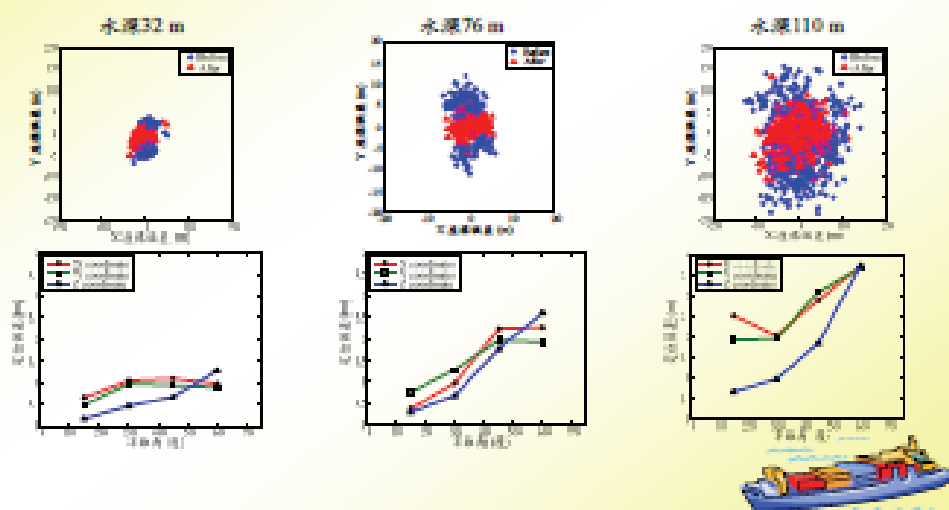


民國99年7月9日，本研究於高雄外海(北緯22°38'44"N, 東經120°13'13"E)進行長基線定位實驗。四支應答器以150 m × 150 m方形陣列方式分別佈放。

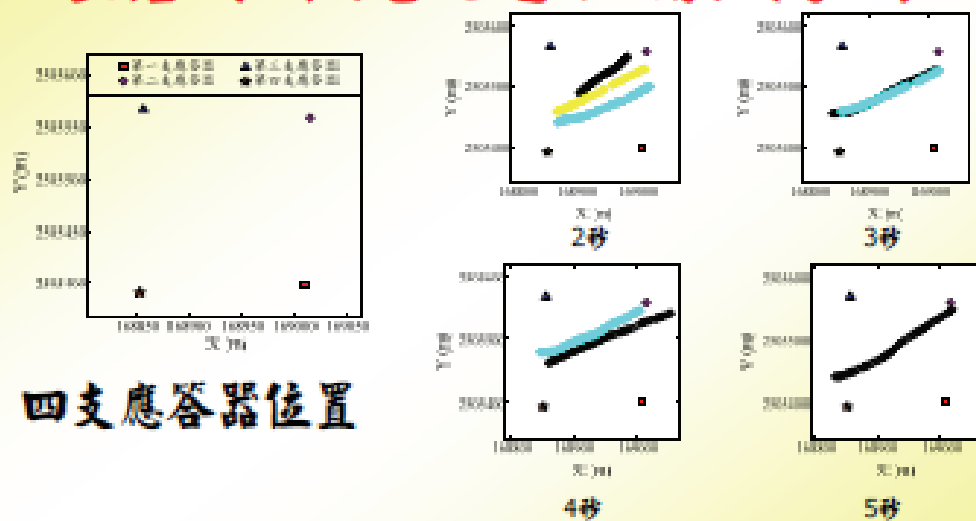




超短基线系统之精度分析



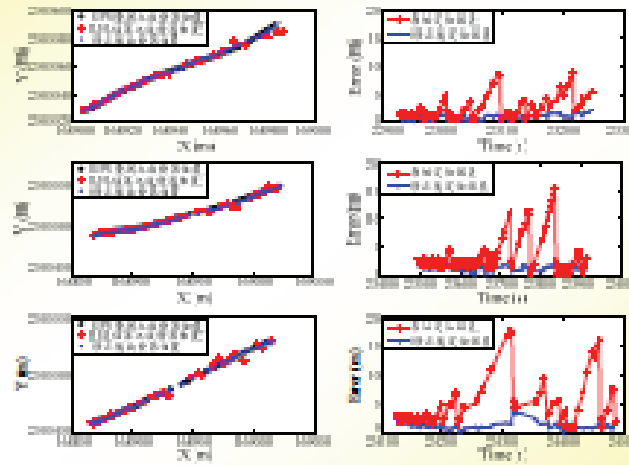
長基線系統之定位精度分析



四支應答器位置



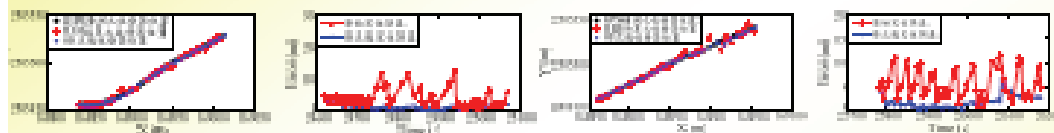
長基線系統之定位精度分析



詢答時間間隔2秒

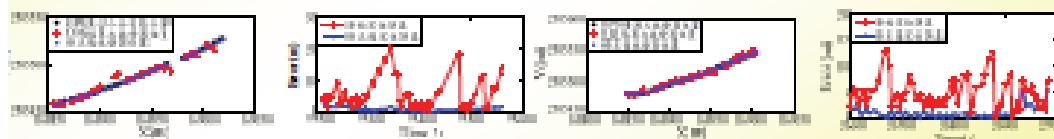


長基線系統之定位精度分析



詢答時間間隔3秒

詢答時間間隔4秒



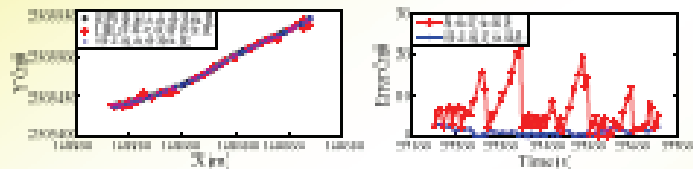
詢答時間間隔3秒

詢答時間間隔4秒

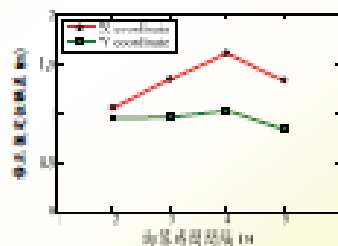




長基線系統之定位精度分析



詢答時間間隔5秒



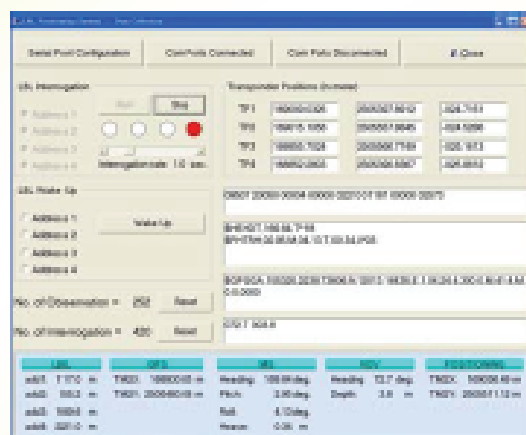
修正後之長基線X座標與Y座標定位誤差



長基線水下定位系統之介面開發



長基線定位系統

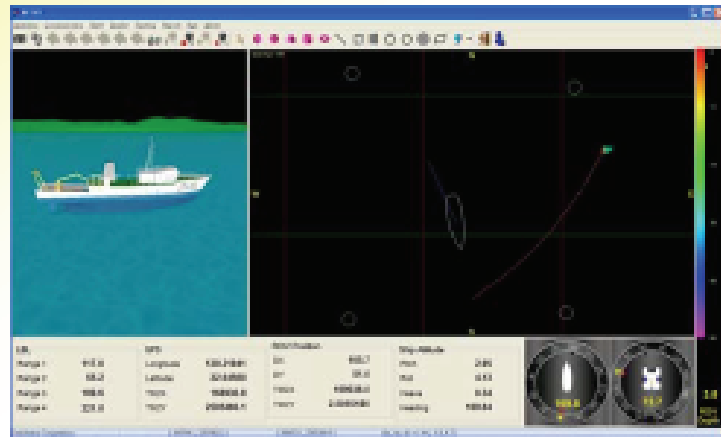


定位資料接收介面

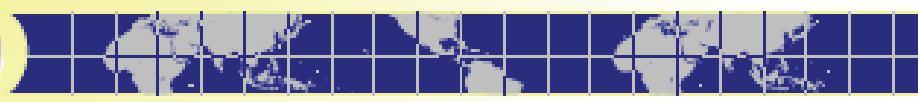




長基線水下定位系統之介面開發



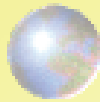
ROV定位導航介面



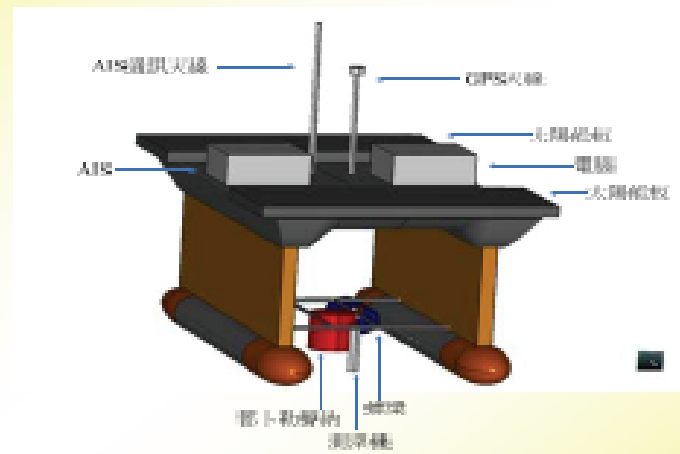
自主無人船舶設計

- 船型設計與系統架構
- 船體阻力估算
- 耐海性能預估
- 無人船遙控操作系統





船型設計與系統架構



船體形狀與硬體配置示意



無人船舶初步設計內容

船型設計

- ✦ 選用 SWATH 船型作為實驗船
- ✦ 耐波性能佳
- ✦ 具有寬廣的平台面積和充裕的使用空間
- ✦ 操縱航向穩定性好
- ✦ 建造成本低，建造時間快

耐海性能預估

- ✦ 考慮不同波高及週期對無人船的縱搖、橫搖及起伏運動的影響
- ✦ 波高及週期的資訊參考中央氣象局台灣西部的海象統計數據。

海象限制條件

- ✦ 綜合耐海預測，建議當波浪平均週期大約為 4.8s 左右時，波高於 0.7m 時為作業範圍。



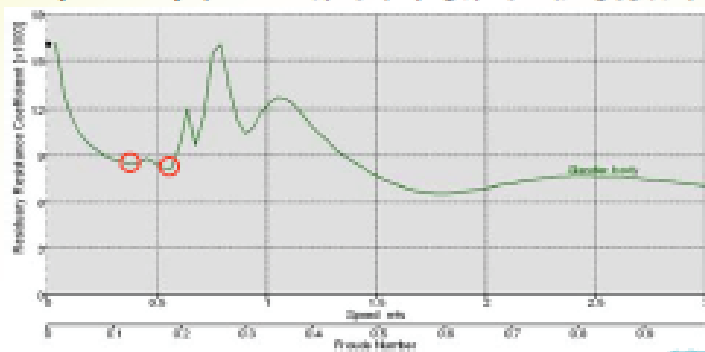
SWATH 船型作為實驗船





船體阻力估算

- 本船在進行任務時對船速的要求速度需為慢速以利於資料的擷取，故從Froude number小於0.3時的阻力係數曲線來觀察。
- 有兩處的阻力係數值較小，分別為速度在0.39m/s($fn = 0.13$)以及速度在0.55m/s($fn = 0.18$)時，故任務進行時選擇這兩種速度航行為佳。

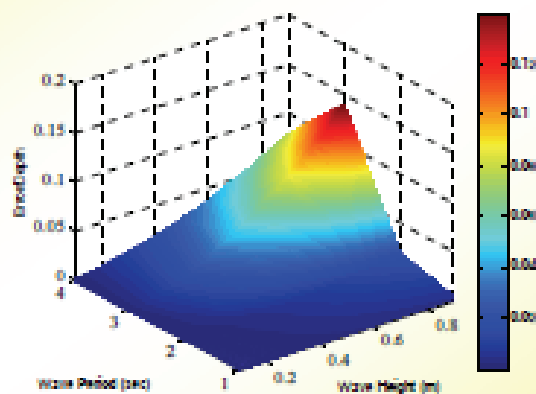


設計船型的阻力圖



耐海性能預估

橫壓水深比圖面在數值上可用以判斷該海況所產生的橫壓是否在容許橫壓的範圍內，若在小於0.05之容許範圍內，則代表該海況適合出海任務。



水深15公尺船體運動導致測深誤差與水深比與波浪週期、波高之關係





無人船遙控操作系統

- 無人船遙控系統架構
- 參考座標
- Google Maps遙控介面
- 使用者網頁設計



無人船遙控系統架構

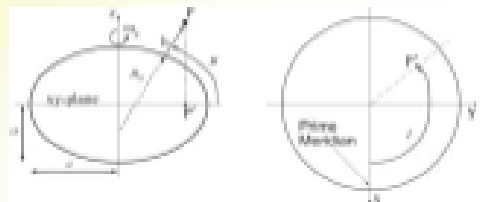


無人船遙控系統架構





參考座標

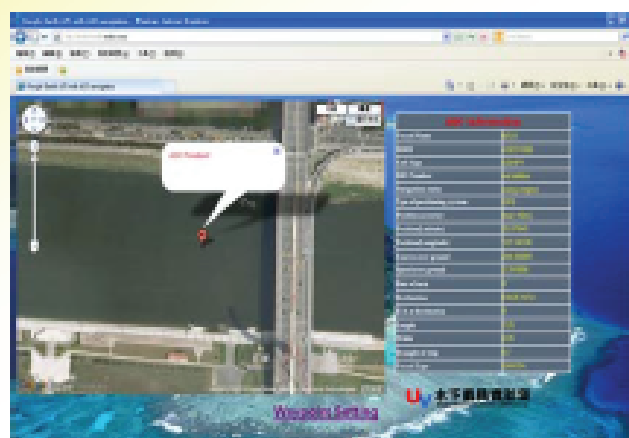


參數	值	註釋
a	6378137m	橢圓的半長軸
b	6356752.314m	橢圓的半短軸
e	0.08181919	橢圓偏心率
R_e	$\frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2(\phi)}}$	曲率半徑

WGS84座標系統及參數表

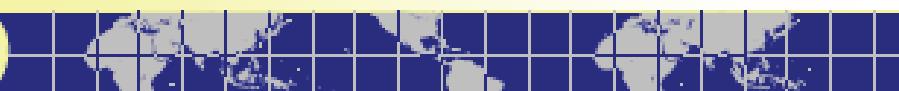


Google Maps遙控介面



Google Maps遙控網頁外觀



[illegible]

● 综合研究成果

● 未來研究重點





綜合研究成果

1. 港研中心已完成基隆港、蘇澳港、臺北港、臺中港、高雄港、花蓮港、馬公港、開元港等8個主要港口之AIS建置，並整合船舶動態資訊之網路系統，可以即時查詢、瀏覽及統計分析臺灣各主要港口進出港的船舶動態資訊。
2. AIS累積接收的海上船舶動態、航程與識別資料庫為基礎，運用資料時空/地理資訊分析技術，建立交通流分析與統計技術，輔助航安與港埠運作等決策。
3. 衛星影像解析度僅適用巨觀的現況資料蒐集與分析，對微觀的應用仍受限於解析度不足之影響，本研究探討具有10cm高解析之數位航拍技術配合空載雷射掃瞄，已得出處理影像之最佳方式與提高精度。
4. 開發水下載具定位與導航介面，整合了水下載具感測器與外部感測器（GPS、電羅經、運動感測器），可以即時提供水下載具的動態，並研發3D虛擬介面與2D圖形顯示，藉以掌握水下載具的相關位置。
5. 完成無人船舶主體架構之初步組裝，成果將可以提升水深測量、海難搜救、海岸調查、國土測繪等運用。



未來研究重點

1. 「臺灣海域電子航行圖中心」正式成立後，後續應持續進行電子航行圖之宣傳推廣、圖資發行等工作。
2. 繼續研發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。
3. 未來將針對台灣海岸局部地區利用高解析度衛星影像與實地測量來比較檢討海岸線變遷。
4. 未來水下載具將研究收發器、DVL、多音束測深儀、以及運動感測器設備等裝置於水下平台上(類似depressor)，利用研究船拖行水下平台移動以模擬水下載具作業。
5. 本研究未來持續發展無線網路之無人船舶系統，藉由無人船隻間之相互通訊，可以施行大規模的海岸測量與監控。





簡報完畢

敬請指正