

99-30-7446
MOTC-IOT-98-H2DA006

智慧型航行與監測系統之研究 (1/4)



交通部運輸研究所
中華民國 99 年 4 月

99-30-7446
MOTC-IOT-98-H2DA006

智慧型航行與監測系統之研究 (1/4)

著者：邱永芳、張富東、蔣敏玲

交通部運輸研究所
中華民國 99 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

智慧型航行與監測系統之研究. (1/4) / 邱永芳
，張富東，蔣敏玲著. -- 初版. -- 臺北市：
交通部運研所，民 99. 04

面；公分

參考書目：面

ISBN 978-986-02-3151-9(平裝)

1. 航運管理 2. 運輸系統 3. 遙感探測 4. 自動化

557.43029

99007335

智慧型航行與監測系統之研究 (1/4)

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 99 年 4 月

印刷者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定價：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：1009901364

ISBN：978-986-02-3151-9 (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 (1/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-02-3151-9（平裝）	政府出版品統一編號 1009901364	運輸研究所出版品編號 99-30-7446	計畫編號 98-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、胡順堯、陳紹華、楊雪晴、蔡瑞舫、陳世豪 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 98 年 01 月 至 98 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
99 年 4 月	182	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 (1/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-02-3151-9(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901364	IOT SERIAL NUMBER 99-30-7446	PROJECT NUMBER 98-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.Y. Hu, S.H. Chen, H.C. Yang, R.F. Tasi, S.H. Chen PHONE: 886-4-26587120 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM January 2009 TO December 2009
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 the 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 the development of an AIS-based maritime traffic analysis technique. This research focuses on image data acquisition, the management system establishment and the data renewal of partial areas; they mainly include: (1) The remotely sensed image data of the coastal zone in Taiwan rebuilding and partial renewal. (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 locally revised maps and quickly using multisource images. Traditionally, multi-beam bathymetric technology is mostly installed on a specific vessel as a vehicle, but waves, coastal currents, and tides easily impact the motions of a ship including roll, pitch, heave, and yaw. This causes the quality of bathymetric data to vary and requires that much more time is spent doing Quality Assurance/Quality Control. This year of this research 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 an 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 fast data collection and a 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. In addition it is safer and less expensive than a manned vehicle, this robotic vehicle can be effective for bathymetric survey, environmental monitoring and sampling, and coastal defense tasks.			
DATE OF PUBLICATION April 2010	NUMBER OF PAGES 182	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.....	V
表目錄.....	VIII
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 船舶自動識別系統.....	2-1
2.2 臺灣海域船舶動態資訊系統.....	2-4
第三章 LRIT 系統之建置與 AIS 系統應用於交通流統計分析.....	3-1
3.1 遠距識別與追蹤系統(LRIT).....	3-1
3.1.1 LRIT 的國際規範與實施現況.....	3-1
3.1.2 LRIT 系統的組成與運作.....	3-2
3.1.3 設立我國 LRIT 資料中心的可行方案.....	3-6
3.1.4 LRIT 資料於海運 ITS 的應用.....	3-9
3.2 AIS 應用於交通流統計分析.....	3-12
3.2.1 AIS 資料庫設計與分析功能.....	3-12
3.2.2 資料庫整備與基本特性探討.....	3-13
3.2.3 跨越地理參考線之偵測與統計分析.....	3-18
3.2.4 高碰撞風險之時空密集區偵測.....	3-22
3.2.5 AIS 航路網、最短路徑與抵達時間預測.....	3-23
第四章 UAV 攝像及影像處理技術之設計與開發.....	4-1
4.1 相機參數率定模式.....	4-1
4.2 影像幾何、輻射處理及自動鑲嵌理論.....	4-3
4.2.1 基於 SIFT 演算法之特徵點偵測.....	4-3
4.2.2 特徵點匹配.....	4-6
4.2.3 RANSAC 除錯與映射轉換.....	4-6
4.2.4 基於薄板樣條函數之影像校齊.....	4-6
4.2.5 輻射校正、除薄雲及去霾處理.....	4-8
4.2.6 無縫鑲嵌及色彩平衡.....	4-12
4.3 多源圖像局部快速修測及更新之策略.....	4-13

4.4 影像相關處理實例	4-14
4.4.1 影像清晰度之測試	4-15
4.4.2 Retinex 技術之影像增強	4-16
4.4.3 SIFT 演算法於空中三角測量之應用	4-19
第五章 超短基線之水下定位系統的精度探討	5-1
5.1 水下定位系統模式	5-1
5.2 實海域定位量測資料之對準偏差校正	5-7
5.3 超短基線系統之水下定位精度量測分析結果	5-13
5.4 以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探討 ..	5-22
第六章 自主無人船舶設計	6-1
6.1 無人船舶之主要元件與規格	6-2
6.2 船型設計	6-4
6.3 耐海性能預估	6-5
6.4 船型設計	6-6
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	7-5
參考文獻	參-1
附錄一 期末報告審查意見處理情形表	附 1-1
附錄二 期末報告審查簡報資料	附 2-1

圖 目 錄

圖 2.1	船舶動態地圖資訊模組	2-6
圖 2.2	船舶動態資訊軌跡顯示及匯出至 GOOGLE EARTH 功能.....	2-6
圖 2.3	船舶航向資訊模組	2-8
圖 2.4	船舶之航向詳細資料	2-8
圖 2.5	船舶目前位置之地圖連結顯示功能	2-9
圖 2.6	到達與駛離之船舶資訊查詢顯示功能	2-9
圖 2.7	各港口之船舶停靠數量統計分析	2-11
圖 2.8	各港口之最近 24 小時到達船舶數量統計分析	2-11
圖 2.9	各港口之最近 24 小時駛離船舶數量統計分析	2-12
圖 2.10	各港口之即將到達之船舶數量統計分析	2-12
圖 2.11	港口各項之圖表統計分析.....	2-13
圖 2.12	接收站各項之圖表統計分析	2-14
圖 2.13	以地圖方式顯示接收站之接收範圍	2-15
圖 2.14	提供使用者上傳港口與船舶照片功能	2-16
圖 2.15	以列表方式顯示港口與船舶照片	2-16
圖 2.16	提供文章張貼、回覆功能	2-17
圖 2.17	提供討論區管理功能	2-17
圖 2.18	提供網站 FAQ 功能.....	2-18
圖 2.19	提供會員註冊功能，註冊後以電子郵件開通帳號	2-19
圖 3.1	國際 LRIT 的系統架構(MSC.1/CIRC.1259/REV.1)	3-3
圖 3.2	從國家資料中心(NDS)的觀點看 LRIT 系統.....	3-3
圖 3.3	歐盟規劃的 LRIT 架構.....	3-11
圖 3.4	歐盟規劃整合 AIS 與 LRIT 後的 SAFESEANET.....	3-11
圖 3.5	歐盟現有 SAFESEANET 的運作示意圖(HELCOM, 2007)	3-12
圖 3.6	基隆港進出港航向航速分布(JAN. 2005)	3-13
圖 3.7	進出基隆港航跡分析	3-14
圖 3.8	基隆站 2009 年 4 月 7-14 日所有 AIS 船位航跡	3-14
圖 3.9	2009 年 4 月 7-14 日裝載危險或污染物之貨船航跡.....	3-15
圖 3.10	2009 年 4 月 7-14 日油輪航跡	3-15
圖 3.11	2009 年 4 月 7-14 日油輪與裝載危險或污染物之貨船航跡.....	3-16
圖 3.12	航跡(船位)密度分佈.....	3-16
圖 3.13	基隆港分道航行系統的航速分布	3-17
圖 3.14	基隆港分道航行系統的航向分布	3-17
圖 3.15	基隆港分道航行系統的航跡分布	3-18
圖 3.16	計算穿越兩地理參考線所需時間的畫面	3-19
圖 3.17	穿越參考線之交通流向分佈	3-20

圖 3.18	區分交通流向的方法	3-20
圖 3.19	基隆港港口東西防波堤端點間的 PASSLINE 分析結果	3-21
圖 3.20	通過臺灣海峽與澎湖水道的 PASSLINE 分析結果	3-21
圖 3.21	高碰撞風險時空密集區偵測之較佳試驗結果	3-22
圖 3.22	高碰撞風險時空密集區偵測之較差試驗結果	3-23
圖 3.23	以線形概略化萃取航路轉向點的狀況探討	3-24
圖 3.24	以「距離」+「角度」概略化萃取航路轉向點的成果	3-24
圖 3.25	只用「累積準則」萃取航路轉向點的問題	3-25
圖 3.26	採用「瞬間準則」萃取航路轉向點的問題	3-25
圖 4.1	因透鏡畸變所產生之影像變形示意圖	4-2
圖 4.2	DOG 運算元	4-4
圖 4.3	局部極值的位置	4-4
圖 4.4	SIFT 演算法特徵點描述圖	4-5
圖 4.5	像鑲嵌	4-13
圖 4.6	晰度測試影像	4-16
圖 4.7	測試影像一及處理結果	4-17
圖 4.8	測試影像二及處理結果	4-18
圖 4.9	待匹配區塊影像檢索定位示意圖	4-21
圖 4.10	六重點快速檢索成功示意圖	4-22
圖 4.11	檢索影像對應目標影像之區塊示意圖	4-23
圖 4.12	全圖縮小四倍運算(約略 5000 點)	4-24
圖 4.13	多航帶特徵點匹配示意圖	4-25
圖 5.1	三個軸向的角度位向	5-2
圖 5.2	電羅經誤差與緯度的關係圖	5-2
圖 5.3	水下定位方法-都卜勒流速計	5-4
圖 5.4	水下定位原理示意圖	5-5
圖 5.5	長基線聲學定位(LBL)示意圖	5-5
圖 5.6	短基線聲學定位(SBL)示意圖	5-6
圖 5.7	超短基線聲學定位(SSBL)示意圖	5-6
圖 5.8	船行軌跡被劃分為 L1~L8 八條線段	5-8
圖 5.9	收發器量得的應答器位置	5-8
圖 5.10	由 CTD 量測所推算之水層聲速剖面	5-9
圖 5.11	L7 測線之應答器定位資料進行偏離航跡誤差修正	5-9
圖 5.12	利用 L7 測線資料進行對準偏差估算的結果	5-11
圖 5.13	對準偏差角度修正前與修正後之應答器定位資料	5-13
圖 5.14	海床應答器底碇架	5-14
圖 5.15	超短基線定位精度與半錐角大小有關	5-15
圖 5.16	佈放海床應答器底碇架	5-15

圖 5.17	超短基線系統進行海床應答器定位之船舶航行軌跡	5-16
圖 5.18	應答器定位量測之水層聲速剖面	5-16
圖 5.19	GPS 與聲學斜距量測估算的 3 個應答器座標位置	5-18
圖 5.20	水深 32 公尺之應答器定位斜距誤差	5-19
圖 5.21	水深 76 公尺之應答器定位斜距誤差	5-19
圖 5.22	水深 110 公尺之應答器定位斜距誤差	5-19
圖 5.23	感測器對準偏差校正前與校正後之定位誤差	5-20
圖 5.24	目標物定位誤差隨半錐角增加而變大	5-21
圖 5.25	RESON 8125 多音束聲納足印尺寸	5-27
圖 5.26	率定(PATCH TEST)條件	5-28
圖 5.27	率定參數(L,P,R,Y)為(0,0,0,0)水深色階圖	5-29
圖 5.28	率定參數(L,P,R,Y)為(0,0,0.25,0)水深色階圖	5-30
圖 5.29	率定參數(L,P,R,Y)為(0,7,0.25,0)水深色階圖	5-31
圖 5.30	水深 30M 實驗區海床背景地形	5-32
圖 5.31	水深 30M 實驗區底碇架水深示意圖	5-32
圖 5.32	底碇架測深點雲圖	5-33
圖 6.1	以船舶自動鑑定系統(AIS)為基礎之無人船遙控架構	6-1
圖 6.2	自主式無人船舶設計與儀器配置概念	6-2
圖 6.3	正進行系統整合測試的無人船體照片	6-6
圖 6.4	太陽能電池等效電路	6-7
圖 6.5	(KI-PSP-130)在標準環境($1000\text{W}/\text{M}^2$ 25°C)下的 I-V 曲線	6-9
圖 6.6	(KI-PSP-130)在標準環境($1000\text{W}/\text{M}^2$ 25°C)下的 P-V 曲線	6-9
圖 6.7	鋰離子電池的開路電壓與 SOC 的關係	6-11
圖 6.8	鉛酸電池的開路電壓與 SOC 的關係	6-11
圖 6.9	負載之 DUTY RATIO 定義	6-13
圖 6.10	無人船太陽能發電系統連接方式	6-13
圖 6.11	太陽方位定義	6-14
圖 6.12	傾斜面上所受的日照強度	6-17
圖 6.13	獨立型太陽能發電系統流程	6-17
圖 6.14	無人船太陽能發電系統之系統模擬流程圖	6-19
圖 6.15	不同電容量在各個月份之 LLP	6-20
圖 6.16	1800WH 在不同負載耗電量下之各個月份 LLP	6-20

表 目 錄

表 2.1 AIS MESSAGE6 格式	3-3
表 3.1 政府實施 LRIT 的工作項目檢核清單	3-9
表 3.2 船舶 AIS 基本資訊類別	3-12
表 3.3 船舶 AIS 動態訊息傳送間隔	3-13
表 4.1 測試影像品質指標	4-30
表 4.2 測試影像一之品質指標	4-31
表 4.3 測試影像二之品質指標	4-32
表 4.4 航空數位攝影相機相關資訊	4-34
表 4.5 航空數位影像攝影站坐標	4-34
表 5.1 各航跡收集定位資料所估算出三個對準偏差角度	5-12
表 5.2 超短基線水下定位系統各儀器之規格特性	5-14
表 5.3 底碇架上三個應答器之間的相對距離	5-14
表 5.4 多音束測深系統的誤差源	5-22
表 5.5 衛星定位模式	5-24
表 5.6 衛星定位模式的優缺點	5-24
表 5.7 RESON 8125 多音束聲納足印尺寸表(單位:公尺)	5-26
表 5.8 多音束測深系統與水下定位系統量測結果比較表	5-33
表 6.1 太陽能板模組(KI-PSP-130)規格	6-8
表 6.2 季節相關係數	6-16

第一章 前言

臺灣經濟發展主要依靠國際貿易，而海運承擔 98%以上的對外運輸，「智慧型海洋運輸系統(Maritime ITS)」係在船舶、港埠、以及船岸間的資通訊技術(ICT)應用，也就是所謂的「電子化航行(e-Navigation)」。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」，本研究首要目的即是「在 e-化航行的國際架構下實現智慧型海運系統」。另一方面，隨著遙測技術的發展，提供了嶄新的海洋研究資料，本研究之次要目標在以「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。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，本研究針對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，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：

本所已經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，為了整合各個港口之船舶自動辨識系統(AIS)，本研究重點為建置一套可以整合與查詢各站船舶動態資訊之網路系統；為了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. LRIT 系統之建置與 AIS 系統應用於交通流統計分析：

智慧型海洋運輸系統(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)」。海運具有高度國際化的特性，必須在國際架構下才能真正實現 e-化與智慧化。為持續提升我國相關競爭力，避免錯失產業機會，更避免使我國海域淪為不適於 e-化航行的海域，此時正是切入核心研究發展的契機。本研究重點為船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)之因應與初步應用試驗、基於船舶自動識別系統(AIS)之船舶交通流分析技術。

3. UAV 攝像及影像處理技術之設計與開發：

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；新的空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)技術可獲取高精度海岸帶地形資料；另外差分雷達干涉技術(D-InSAR)可用以偵測大範圍、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，進行影像資料之儲存、管理、分析，可提供海岸調查、規劃、管理及監測等應用。本研究重點為近岸及海岸帶遙測圖像資料之獲取、系統建置與資料局部更新，主要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。

4. 超短基線之水下定位系統的精度探討：

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 Reson 8125，此測深儀每次可以收發 240 筆水深，測深之張角(swath angle)為 120 度，每個音束之束寬(beam width)為 0.5 度，若

在水深 100m 之水域進行多音束測深時，其足印大小介於 0.87m-3.55m，亦即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。本研究重點為探討水下定位相關主題：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。

5. 自主無人船舶設計：

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。本究重點為設計、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。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。

第二章 建立臺灣海域船舶動態資訊系統

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，為了整合各個港口之船舶自動辨識系統(AIS)，本研究將建立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，可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。

2.1 船舶自動辨識系統

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 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。

基於 AIS 的這些特性，故可利用 AIS 將岸上基地站欲傳送給無人船之指令藉由 AIS 傳送，而無人船的航行資料也可藉由 AIS 回傳給基地站，用來當作下一時刻指令的依據，在 AIS 的眾多 Message 格式中，有空間可以由使用者來決定訊息內容的只有 Message6、Message8、與 Message14，選擇 Message6 格式來傳送指令，下列即為 Message6 之格式。

表 2.1 AIS Message6 格式

Parameter	Number of bits	Description		
Message ID	6	Identifier for Message 6; always 6		
Repeat Indicator	2	Used by the repeater to indicate how many times a message has been repeated. Refer to § 4.6.1; 0 - 3; default = 0; 3 = do not repeat any more.		
Source ID	30	MMSI number of source station		
Sequence Number	2	0 - 3; refer to § 5.3.1		
Destination ID	30	MMSI number of destination station		
Retransmit Flag	1	Retransmit Flag should be set upon retransmission: 0 = no retransmission = default; 1 = retransmitted.		
Spare	1	Not used. Should be zero. <u>Reserved for future use.</u>		
Binary Data	Max 936	Application Identifier	16 bits	Should be as described in § 3.3.8.2.4.1
		Application Data	Max 920 bits	Application specific data
Maximum Number of bits	Max 1 008	Occupies 1 to 5 slots subject to the length of sub-field Message Content <u>For Class B mobile AIS stations the length of the message should not exceed 2 slots.</u>		

國際海事組織 IMO 採用上述方式，制定該系統的性能標準之草案，於 1997 年 7 月 14 日至 18 日第 43 次航行安全分委員會認可該草案，並於 1998 年 5 月 11 日至 20 日海上安全委員會第 69 屆以 MSC 74(69)號決議案採納「通用自動識別系統之性能標準」之建議 (RECOMMENDATION ON PERFORMANCE STANDARDS FOR AN UNIVERSAL SHIPBORNE AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS))。

該項 AIS 裝備從第 38 屆航行安全分委員會開始提出後，經過 1999 年 9 月 20 日至 24 日國際海事組織(IMO)第 45 屆航行安全分委員會審核，2000 年 5 月 17 日至 20 日國際海事組織海上安全委員會第 72 屆修正案之認可及 2000 年 11 月 27 日至 12 月 6 日海上安全委員會第 73 屆會議最終通過了新修訂的 SOLAS 公約第五章—航行安全，有關該系統的規定才正式敲定。在 SOLAS 公約第五章中，規定了 AIS 的具體要求如下：

所有 300 總噸及以上的國際航行船舶和非國際航行船舶，以及不論尺度大小的客船及油輪，應按如下要求配備一台 AIS：

1. 在 2002 年 7 月 1 日及以後建造的船舶。

2. 在 2002 年 7 月 1 日前建造的國際航行船舶：客船不遲於 2003 年 7 月 1 日；液貨船不遲於 2003 年 7 月 1 日以後的第一個安全設備檢驗日；
除客船和液貨船外的 50,000 總噸及以上的船舶，不遲於 2004 年 7 月 1 日；
除客船和液貨船外的 10,000 總噸及以上但小於 50,000 總噸的船舶，不遲於 2005 年 7 月 1 日；
除客船和液貨船外的 3,000 總噸及以上但小於 10,000 總噸的船舶，不遲於 2006 年 7 月 1 日；
除客船和液貨船外的 300 總噸及以上但小於 3000 總噸的船舶，不遲於 2007 年 7 月 1 日。
3. 在 2002 年 7 月 1 日前建造的非國際航行船舶，不遲於 2008 年 7 月 1 日。
4. 若船舶在(2)和(3)中所述實施日期之後兩年內永久退役，則主管機關可以豁免對這些船舶的要求。
5. 所配備的 AIS 必須能自動地向配備相關設備的岸台、其它船舶和飛機提供資訊，包括船舶識別碼、類型、位置、航向、速度、航行狀況以及其它與安全有關的資訊；自動地從其它相似配備的船舶接收這些資訊；監視和跟蹤其它船舶；與岸上設施交換資料。
6. 在有國際協議、規則或標準要求保護航行資訊的情況下，第 5 點的要求應不適用。
7. AIS 的操作應注意到本組織通過的導則，即船上 AIS 的操作導則。

2.2 臺灣海域船舶動態資訊系統

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，為了整合各個港口之船舶自動辨識系統(AIS)，本研究將建立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，可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。

本系統共有「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」等模組，茲簡述如下：

1. 網路船舶動態地理資訊模組：

(1) 動態地理資訊系統模組中包含以下功能：

- A. 顯示船舶、港口、接收站位置。
- B. 不同種類物件以不同圖示顯示。
- C. 圖元之開關控制。
- D. 地圖放大縮小。
- E. 地圖平移。
- F. 地圖旋轉設定功能。
- G. 切換不同底圖。
- H. 滑鼠所在座標顯示。
- I. 船舶種類，不同種類使用不同圖示表示。
- J. 地圖之圖示可清楚辨識船舶航向。
- K. 地圖顯示港口與 AIS 接收站到資訊。
- L. 地圖自動更新與手動更新功能。
- M. 目前地圖之船舶數量統計。
- N. 船舶名稱顯示開關控制。

(2) 提供船舶動態資訊軌跡顯示及匯出至 google earth 功能(如圖 2.2)，查詢索引方式包含以下功能：

A. 臺灣國際港及主要港口查詢定位。

B. 臺灣海域船舶航向定位查詢定位。

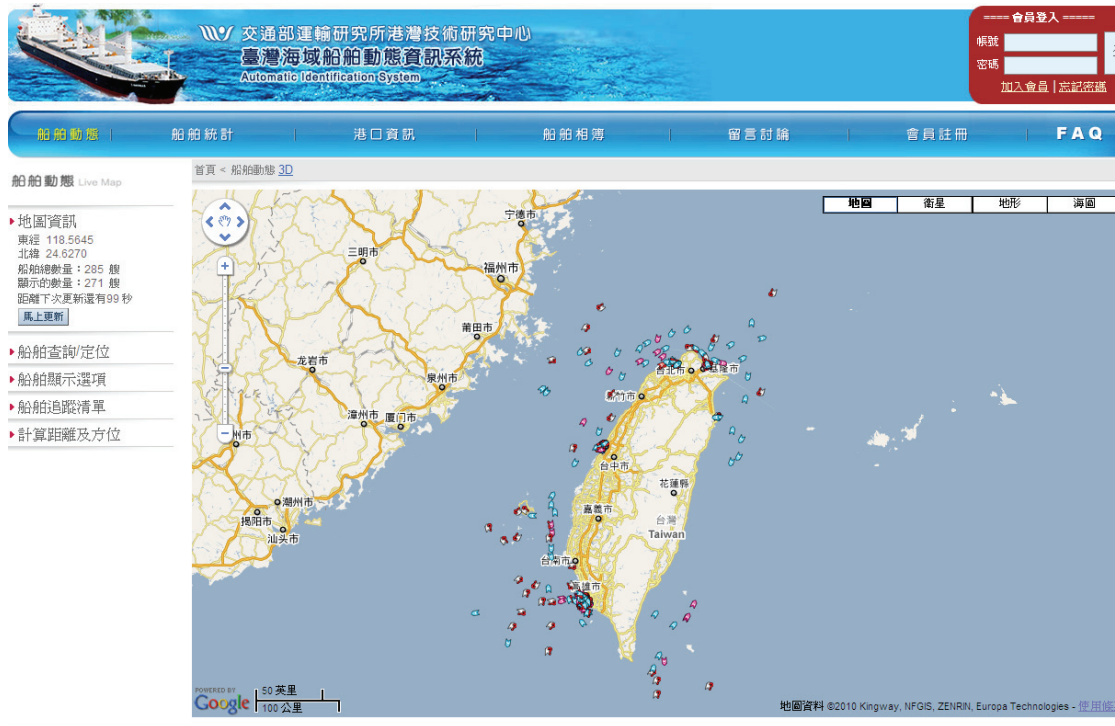


圖 2.1 船舶動態地圖資訊模組



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：

(1) 船舶航向資訊模組(如圖 2.3)，追蹤船舶資訊查詢包含以下功能：

- A. 提供關鍵字查詢。
- B. 提供船舶種類查詢。
- C. 提供目的碼頭查詢。
- D. 提供查詢船舶進出各港口之清單。
- E. 提供到達與駛離之船舶資訊查詢。
- F. 提供歷史點位查詢。
- G. 提供查詢清單可提供排序與分頁。

(2) 船舶之詳細基本資料列表(如圖 2.4)，包含以下功能：

- A. 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。
- B. 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。
- C. 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。
- D. 最近進出港記錄(Recent Port Calls)：港口名稱、進港時間、離港時間等。

(3) 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)。



圖 2.3 船舶航向資訊模組



圖 2.4 船舶之航向詳細資料



圖 2.5 船舶目前位置之地圖連結顯示功能



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：

- (1) 提供英文字母搜尋港口功能。
- (2) 提供各港口之船舶停靠數量統計分析(如圖 2.7)。
- (3) 提供各港口之最近 24 小時到達船舶數量統計分析(如圖 2.8)。
- (4) 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)。
- (5) 提供各港口之即將到達之船舶數量統計分析(如圖 2.10)。
- (6) 提供國際港及主要港口各項之圖表統計分析(如圖 2.11)包含以下功能：
 - A. 提供各港口近 7 天、30 天之到達船舶種類統計分析。
 - B. 提供各港口 30 天之到達與駛離船舶之統計分析。
 - C. 提供各港口每小時到達與駛離船舶之統計分析。
 - D. 提供統計分析結果以圖表顯示。
- (7) 提供接收站各項之圖表統計分析(如圖 2.12)包含以下功能：
 - A. 提供接收站近 2 天平均與最大接收距離統計分析。
 - B. 提供接收站每天平均與最大接收距離統計分析。
 - C. 提供接收站近 2 天 received vessels & postions 統計分析。
 - D. 提供接收站 7 天 received vessels & postions 統計分析。
 - E. 提供接收站近 2 天訊號涵蓋範圍統計分析。
 - F. 提供接收站近 7 天訊號涵蓋範圍統計分析。
 - G. 提供統計分析結果以圖表顯示。
 - H. 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



圖 2.9 各港口之最近 24 小時駛離船舶數量統計分析



圖 2.10 各港口之即將到達之船舶數量統計分析

- ▶ 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

基隆港 Keelung Harbor

港口基本資料

港口中心座標：[121.7563°](#) / [25.1498°](#)

港內船舶

[FISHERY RESEARCHER 1](#)、[SHENGYANG1](#)、[ASIA CEMENT NO.1](#)、[LIEN SHUAN](#)、[YU YING NO.2](#)、[LOUISA SCHULTE](#)、[KILAKARAI STAR](#)、[SPRING URSA](#)、[FU KUO HSIN NO.6](#)、[XIANG SHENG](#)

最近進出港紀錄

船名	進港時間	離港時間
NYK VERONICA		2010/2/8 下午 10:50:01
TAI FU NO.8		2010/2/8 下午 04:15:12
SUN NEPTUNE		2010/2/8 下午 04:15:13
HUA HANG 3		2010/2/8 上午 10:44:29
CHUNG YU NO. 10		2010/2/8 上午 10:44:37

[more...](#)

預期進港

船名	類別	預期時間
XIANG SHENG	貨船	2010-02-04 15:00:00
ASIA CEMENT NO2	貨船	2010-02-06 07:00:00
SPRING URSA	油輪	2010-02-08 05:00:00

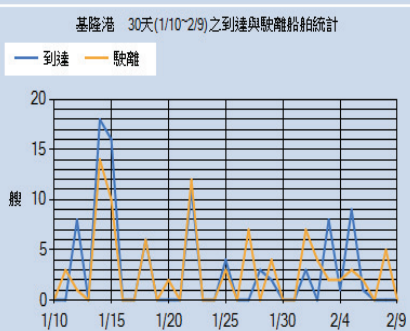
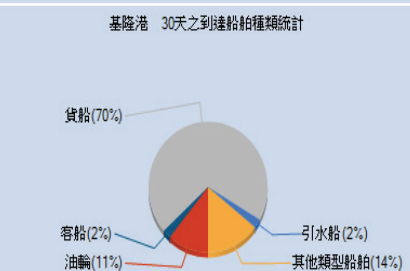
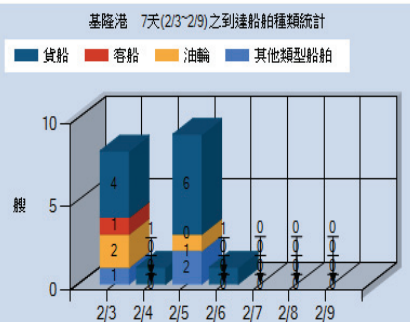


圖 2.11 港口各項之圖表統計分析

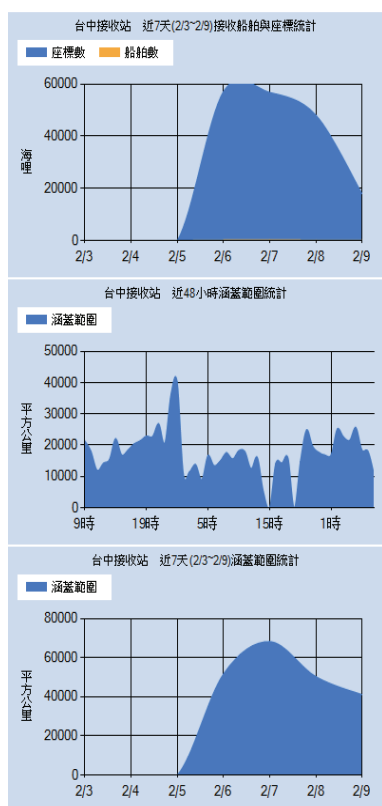


圖 2.12 接收站各項之圖表統計分析

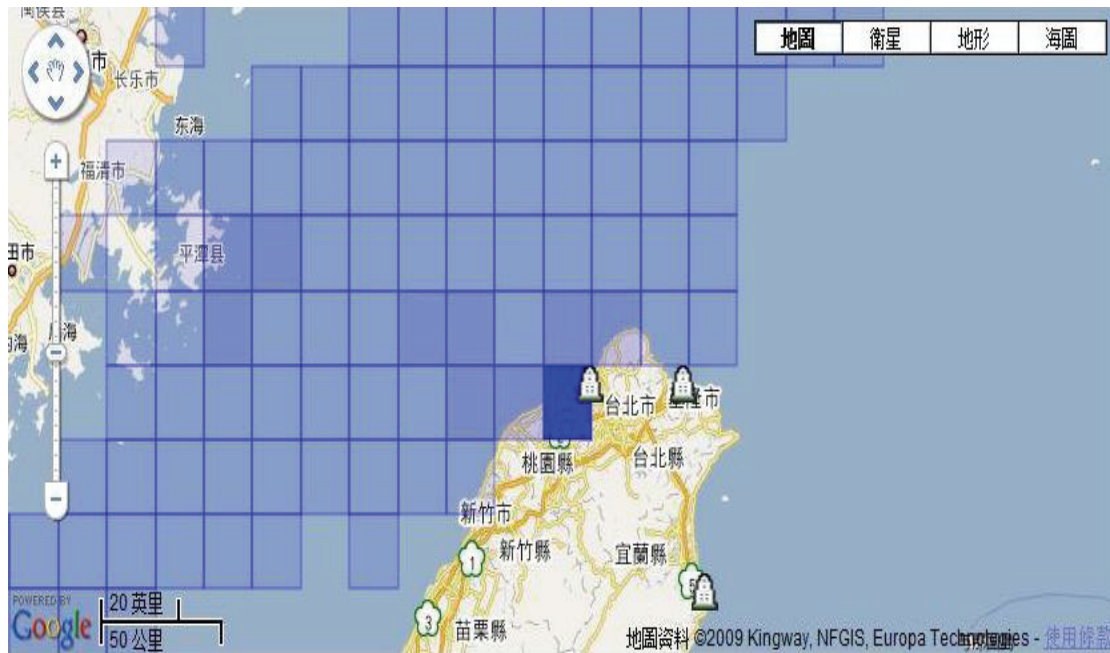


圖 2.13 以地圖方式顯示接收站之接收範圍

4. 港口與船舶相簿管理模組：

- (1) 港口與船舶相簿管理模組提供使用者上傳港口與船舶照片功能 (如圖 2.14)，具備以下功能：
 - A. 提供使用者以登錄方式上傳港口與船舶照片功能。
 - B. 提供上傳後自動通知本中心新的照片資訊。
 - C. 提供本中心審查照片後，始能顯示網站功能。
 - D. 提供每個港口與船舶不限定一張照片。
- (2) 港口與船舶相簿管理模組提供網頁瀏覽(如圖 2.15)，具備以下功能：
 - A. 提供以縮圖列表方式顯示港口與船舶照片資料。
 - B. 提供以名稱方式查詢港口與船舶照片功能。
 - C. 提供港口與船舶相簿連續播放功能。

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

船舶相簿 Ships Album

▶ 船舶照片上傳
 ▶ 船舶相簿清單
 ▶ 港口相簿清單

首頁 < 相簿 < 船舶相簿

搜尋

船舶名稱: MMSI編號: 呼號:

拍照地點: 版權所有人-攝影師: 類型:

字母搜尋: ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZAI

共 172 本相簿 / 目前顯示第 1 ~ 10 本相簿

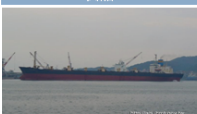
AN PING 油輪  觀看相簿	AINO DAKE 其他類型船舶  觀看相簿	EVER PEARL 貨船  觀看相簿
DABANG 貨船  觀看相簿	VALOUR 貨船  觀看相簿	YM IDEALS 貨船  觀看相簿
CHISHU 油輪  觀看相簿	PORTHOS 貨船  觀看相簿	PACIFIC ELFIN 貨船  觀看相簿

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：

(1) 提供文章張貼、回覆功能(如圖 2.16)。

(2) 提供討論區管理功能(如圖 2.17)。

(3) 提供網站 FAQ 功能(如圖 2.18)。

首頁 < 留言討論 < 新增留言

姓名：測試

E-Mail：

* 標題：

* 留言內容

網頁訊息

！ 請輸入標題
請輸入留言內容

確定

註：標示*欄位為必填欄位，請勿空白

驗證：

[產生新驗證碼](#) [送出留言](#) [清除內容](#) [取消留言](#)

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

12

圖 2.17 提供討論區管理功能



圖 2.18 提供網站 FAQ 功能

6. 權限控管模組：

- (1) 提供會員註冊功能，註冊後以電子郵件開通帳號(如圖 2.19)。
- (2) 提供會員登入後記錄會員登入時間、IP 等資訊。

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

第三章 LRIT 系統之建置

與 AIS 系統應用於交通流統計分析

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

3.1 遠距識別與追蹤系統(LRIT)

3.1.1 LRIT 的國際規範與實施現況

「船舶遠距識別與追蹤系統(Long-Range Identification and Tracking, LRIT)」係提供船舶的全球識別與追蹤。船舶傳送 LRIT 資訊的義務，以及締約國與搜救服務接收 LRIT 資訊的責任與義務，建立於 1974 SOLAS (Safety Of Life At Sea)國際公約 Chapter V Safety of Navigation, Regulation 19-1 Long-range identification and tracking of ships(2006 年 5 月 19 日修正新增的 V/19-1 LRIT 條款)。

依據 SOLAS 公約 LRIT 條款(SOLAS V/19-1)，LRIT 的適用範圍包括國際航線的下列船舶種類：

1. 所有客船，包括高速客船
2. 300 總噸及以上的貨船，含高速船(High Speed Craft, HSC)
3. 移動式海上鑽探平台(mobile offshore drilling units)

已裝有 AIS 且僅限於 A1 海域內作業的船舶可免除。開始自動發送 LRIT 的期限是 2008/12/31 後的第一次無線電檢驗期限(至 2009/12/31 前應已全部達成)，在 A4 海區者可延至 2009/7/1 後的第一次無線電檢驗期限。船舶自動發送的 LRIT 資訊僅限於：船舶的識別、

船位經緯度(採 WGS84 座標基準)、該位置的定位日期與時間(採用 UTC)。

至於各締約國政府接收 LRIT 資訊的權限，原則如下：

1. 船旗國主管機關有權獲得懸掛其船旗的船舶在任何位置的 LRIT 資訊。
2. 港口國政府有權要求示意(以收到該船的 Notice of Arrival 為準)要進入其港口或其管轄地的船舶在任何位置的 LRIT 資訊，只要該船不在另一締約國的內水之內。
3. 沿岸國有權要求在距離其海岸 1000 哩內航行且不在另一締約國內水的船舶的 LRIT 資訊，即使該船無意進入其港口或其管轄地。
4. 沿岸國無權要求在船旗國領海內的船舶的 LRIT 資訊。
5. 雖然沿岸國有權要求在距離其海岸 1000 哩內航行且不在另一締約國內水的船舶的 LRIT 資訊，即使該船無意進入其港口或其管轄地。船旗國主管機關有權為了保安或其他顧慮隨時決定不將懸掛其船旗的船舶的 LRIT 資訊提供給沿岸國。(沿岸國不得因此歧視該等船舶)

3.1.2 LRIT 系統的組成與運作

LRIT 系統的組成如下：

1. 發送 LRIT 資訊的船載設備。
2. 通訊服務提供者(Communication Service Provider, CSP)。
3. 應用服務提供者(Application Service Provider, ASP)。
4. 資料中心或稱數據中心(Data Center, DC)，包括相關的船舶監控系統(Vessel Monitoring System, VMS)。
5. LRIT 資料分送計畫(Data Distribution Plan, DPP)伺服器。
6. 國際資料交換(International Data Exchange, IDE)。
7. LRIT 資料使用者(Data Users)。

圖 3.1 是國際 LRIT 的系統架構。其中資料中心(DC)可分為國家資料中心(National LRIT Data center, NDC)、區域資料中心(Regional

LRIT Data Center, RDC)、協同資料中心(Cooperative LRIT Data center, CDC)、國際資料中心(International LRIT Data Center, IDC)等幾種。圖 3.2 是從 NDC 的觀點來看國際 LRIT 系統的示意圖。

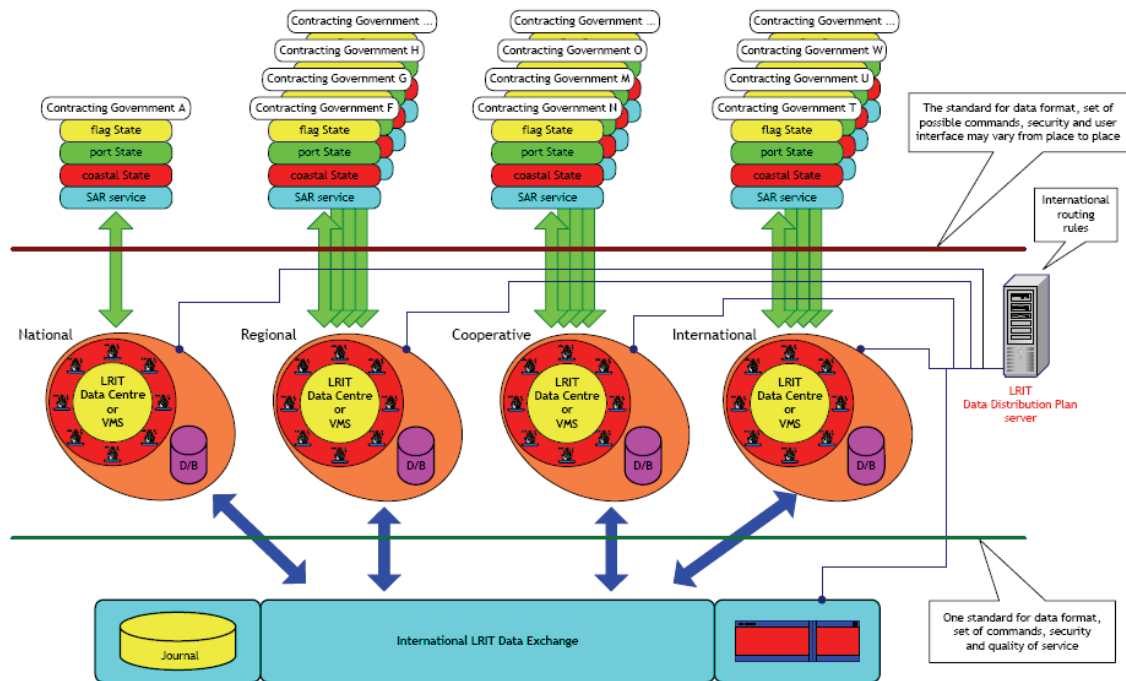


圖 3.1 國際 LRIT 的系統架構(MSC.1/Circ.1259/Rev.1)

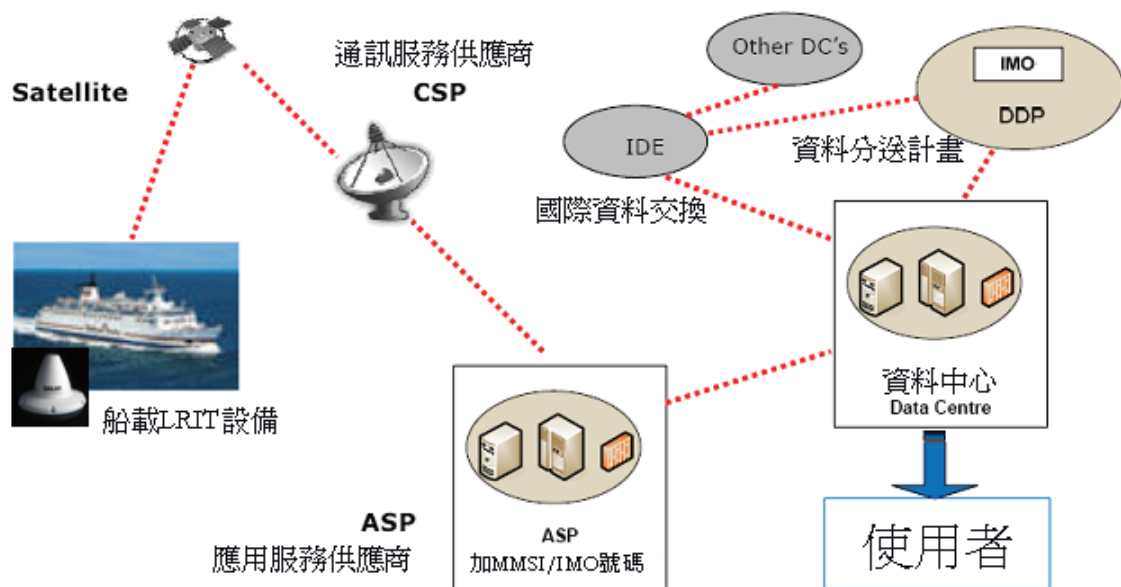


圖 3.2 從國家資料中心(NDS)的觀點看 LRIT 系統

LRIT 系統的運作架構大致如下：

1. 船載 LRIT 設備傳送 LRIT 資訊；
2. CSP 提供 ASP 與船載設備之間的通訊鏈路與服務，使 LRIT 資訊透過此鏈路送達 ASP；
3. ASP 接收到船載設備傳送來的 LRIT 資訊之後，附加一些資訊再把擴充後的訊息傳送給相關的 DC。對船載設備搖控設定與下指令等功能也是由 ASP 提供的；
4. DC 應儲存來自船舶的所有 LRIT 資訊(如果該船舶被其主管機關指定傳送 LRIT 資訊給該 DC)。DC 應該依據 LRIT DDP 轉送 LRIT 資訊給 LRIT 資料使用者。
5. DDP 的內容包括各 DC 據以決定如何將 LRIT 分送給各締約國政府所需的資訊，例如：締約國政府的長期預購訂單(standing order)、締約國政府沿岸水域的相關地理區域座標。DC 也必須處理與 IDE 之間往來的 LRIT 訊息。
6. IDE 處理各 DC 之間的所有 LRIT 訊息，這些訊息的繞送是依據訊息內的位址以及 DDP 內的 URL/URI。IDE 既不處理也不儲存 LRIT 訊息內含的船舶相關資訊。目前 IDE 暫時由美國負責。
7. LRIT 資料使用者以其船旗國、港口國、沿岸國、或搜救(Search and Rescue, SAR)服務的身分，得接收或要求取得 LRIT 資訊。
8. 另 MSC 亦於 Resolution MSC.275 (85)指定「國際移動衛星組織(International Mobile Satellite Organization, IMSO)」為 LRIT 協調者(Coordinator)，協助建立 IDE, IDC 等 LRIT 系統組成，代表締約國執行 LRIT 相關行政管理功能，定期(每年)檢視並稽核部分 LRIT 系統組成的效能。

船旗國主管機關指定的 LRIT 資料中心，必須能：

1. 收集該船旗船舶傳送的 LRIT 資訊；
2. 替 LRIT 資料用戶執行抽取即時船位、變更傳送間隔；
3. 於船舶停止傳送 LRIT 資訊時，告知主管機關與資料用戶；
4. 本國 LRIT 資料分送計畫(DDP)內容的維護更新，定期自 DDP 伺服器取得最新版本，並管理各 DDP 版本的適用效期；

5. 與 ASP, IDE, 以及他國 DC 之間計費標準與帳務的管理；
6. 應他國搜救服務為執行搜救任務之需，透過該國 DC 與 IDE 提出的要求，提供本國船舶在特定搜救區域內船舶的 LRIT 資訊。

做為沿岸國或港口國指定的 LRIT 資料中心，必須能：

1. 透過國際 LRIT 資料交換，從船旗國的資料中心取得他國船舶的 LRIT 資訊；
2. 透過國際 LRIT 資料交換，請船旗國資料中心代為執行抽取即時船位、變更傳送間隔。

做為搜救服務所屬國家指定的 LRIT 資料中心，必須能為執行搜救任務，透過國際 LRIT 資料交換，向各船旗國的數據中心取得在搜救區域內船舶的 LRIT 資料。

SOLAS 公約締約國與搜救服務要求接收的 LRIT 資訊，係透過 NDC, RDC/CDC, IDC 等資料中心這個系統(必要時利用 IDE 國際資料交換)提供的。各國主管機關應選擇一資料中心，並將懸掛其船旗且必須傳送 LRIT 資訊的船舶清單與相關資料提供給該資料中心，而船舶應該只傳送 LRIT 資料給其主管機關選擇的資料中心。

各國政府在 LRIT 系統中的角色主要有三種，分別是：船旗國、港口國、沿岸國。基本上，無論船舶在何處，其傳送的船位是由船旗國負責接收。一旦港口國或沿岸國發出要求，船旗國 LRIT 資料中心必須依 IMO 的 LRIT 資料分送計畫，確認要求者的權限之後，在期限內以標準格式透過國際 LRIT 資料中心分送交換。例如：4 天內的船位應在 30 分鐘內回覆，而 On-demand (詢呼要求立即回覆)的 LRIT 資訊，應於 LRIT 資料用戶提出要求後的 30 分鐘內提供給 LRIT 資料用戶。沿岸國有權要求接收距離其海岸 1000 浬範圍內的船舶識別與船位資訊，除非該船是在所屬船旗國的領海內或另一締約國內水。

IMO 將建立並維護「LRIT 的資料分送計畫(DDP)」的伺服器。DDP 的內容中除了各締約國各個 LRIT 相關單位的識別碼、清單與聯絡方式、網址等之外，還包括：

1. 劃分 LRIT 資料權限與請求範圍之各國相關海域定義(內水、領海、離岸 1000 浬內海域)之 WGS84 座標
2. 船旗國主管機關對沿海國 LRIT 接收權之限制(排除哪些國家)
3. 港口國要求 LRIT 資料用的港口與港埠設施清單與相關座標

以上資料由各國負責依據「**DDP 技術規範**」製作後，以上傳檔案或直接透過網路線上登錄的方式提供上述資料。但在此之前須先與 IMO 建立 LRIT 相關的聯繫管道，提供相關資訊，取得 LRIT ID。各國對外取得或分送 LRIT 資料都是透過 DC，而 DC 與 IDC/IDE/DDP 之間的資料格式、指令集、安全機制、服務品質都必須遵循單一的國際標準。另設有 LRIT 協調者(LRIT coordinator)代表所有締約國檢視或稽核 LRIT 系統的效能。所有 LRIT 資料於流程中每個環節都加註了時戳與識別碼等記錄提供稽核。而因為 LRIT 採用資料使用者付費的原則，這使得 LRIT 的運作除了國家主權、國際法規、資通訊技術、國際協調合作之外，還需考慮與他國 DC 之間 LRIT 資料費用的收付。

用以傳送 LRIT 資訊的船載設備所使用的通訊系統必須能涵蓋該船運作的所有區域。船載設備應設定成每隔 6 小時自動傳送船舶的 LRIT 資訊給船旗國主管機關指定的 LRIT 資料中心，除非要求提供 LRIT 資料的 LRIT 資料使用者指定更頻繁的傳送間隔。船舶在乾船塢進行維修改裝或在港或長期停航時，船長或主管機關得將 LRIT 資訊的傳送頻度降低為 24 小時傳送一次或暫時停止傳送。

3.1.3 設立我國 LRIT 資料中心的可行方案

(一) LRIT 資料中心的運作成本

一個 LRIT DC 必須有基本機房設備、伺服器、資料庫、具有安全認證功能的網路設備與環境等相關軟硬體，以及符合 LRIT 技術規範的專用軟體等，成本概估約 NT\$250 萬元(後續每年軟硬體維護更新費用可以 20-25%計)。人事成本每年約需 NT\$200 萬元。

變異性最大最難估算的是通訊費或取得 LRIT 資料的費用。就船旗國的身分而言，除了船旗國本國每艘船每 6 小時一筆自動船位報告的衛星通訊費之外，停止/恢復船位報告、變更船位報告間隔、回應

搜救需求的立即船位報告等都是通訊費單價數倍於自動船位報告的動作。如果人員認知不足/操作不當或軟體自動化程序設計不當，都可能使得通訊成本大幅提高。如果擬以港口國、沿岸國身份取得他國船舶的 LRIT 資訊，則更要審慎設定相關條件(例如 DDP 檔案內的「自訂沿岸區域多邊形」)，以免需支付過高的 LRIT 資料費用。

每個 LRIT DC 要進行測試以整合進入國際 LRIT 系統時，都必須付給 IMSO 一筆授權費。依據 IMSO LRIT Coordinator No.001/2009 通函，就 2009 年而言此費用是每個 DC 8,500 英鎊(約新台幣 45-50 萬)，無論該 DC 內的 LRIT 船舶數量多寡。各 LRIT DC 後續每年還必須支付 LRIT 稽核費給 IMSO，2009 年的金額也是 8,500 英鎊。

我國尚未建置，未指定國輪應向哪一 DC 傳送 LRIT 資訊。而且依據國際公約，船舶傳送 LRIT 資訊的通訊費用必須由政府負擔，不得向船舶收取任何費用。因此，雖然國輪多已通過 LRIT 船載設備符合測試，卻還沒能整合到 LRIT 系統中開始運作。

(二) 我國 LRIT 資料中心之建置事宜

LRIT DC 的設備需求以電腦伺服器、網路通訊設備等資通訊軟硬體為主，特別講求資訊安全，需求的專業在於船舶監控系統相關的衛星通訊、資訊系統與資料庫管理，但通訊及資料交換的相關計費結算經驗對 LRIT DC 的運作而言，也是相當重要的。各國通常會優先選擇負責海上交通與運輸安全(尤其是海上船舶通訊與無線電助導航業務)的政府單位、本國原已經營 Inmarsat 海事通訊衛星地面台業務的公司，或是具有漁船監控系統(VMS) 監控中心經驗的單位來建置運作(因 VMS 與 LRIT 同樣以 Inmarsat-C 技術為主，在從船載設備到監控中心收到資料這一段的技術幾乎完全相同，唯 LRIT 在國際資料交換與計費結算方面難度更高)。此外考量維運系統與人力成本以及整合應用的效益，LRIT DC 與 AIS 船舶動靜態資料中心通常都設於相同的單位。

至於 24 小時值班人力的部份，由於 LRIT 系統的設計應可自動化運作，設置 LRIT 值班服務台(HelpDesk)(例如歐盟與美國)的目的主要是監控 LRIT 系統的運作，提高其可用率與服務品質。除了少

數當機故障、網路問題等事件的排除之外，會急迫需要人力介入處理的主要在於配合搜救單位需求，代為取得搜救區內所有各國船舶的 LRIT 最新船位。

交通部航政司目前已初步決定發展本國自有的 NDC，且交由基隆港務局負責此 NDC 建置案。選擇由港務局主辦，應是考量經費來源是航港建設基金，以及運作人力的問題。

NDC 的建置可分為：先建置國家 LRIT 數據中心並對本國資料用戶提供服務，再連結整合於國際 LRIT 系統這兩階段。我國在漁船監控管理系統(VMS)方面已累積充分的技術能力與經驗，在遙控管理接收處理本國船舶船載設備 LRIT 資訊的方面毫無問題，應能自行發展建置自有的 NDC。但是我國未能加入或參與國際海事組織，在與國際 LRIT 系統整合方面將有許多事務性與技術性的問題，需要透過試探、協商、測試等設法調整並克服。

如果選擇向提供 DC 解決方案的公司購買服務做為 NDC，因該等公司的軟硬體解決方案已通過 LRIT 的整合測試，確實可以加速完成 NDC 的整合測試程序，更可以減省軟硬體維護人力。如果再購買其計費帳務服務，可能可以免除政府機關直接處理多方國際帳款的麻煩。就對外提供 LRIT 資料而言，確實是很好的方案。然而，此方案的 LRIT 資料庫位於該公司，如果國內要同步應用 LRIT 資料，必須再付費請該公司設計介面把資料傳回國內的系統，再由國內自行設計應用系統，對國內使用者提供服務。此外商業公司畢竟不是官方單位，所有與 IMO 的聯繫、LRIT ID 的取得、GISIS 的帳號密碼、LRIT DDP 各項資料內容、定價與合約等事務與決定，都得要由政府自行處理，他們無法代勞。缺少 LRIT ID 這些必要條件，這些公司也無法把 LRIT 資訊傳送給其他沿岸國或港口國，更無法讓我國取得他國船舶的 LRIT 資訊。在此狀況下，既無法對外提供 LRIT 資訊，自然也就不算是個好的可行方案。

我國並無 Inmarsat-C 衛星地面台，電信業者對於基於衛星通訊的船舶監控經驗恐怕較欠缺，難以建立 CSP/ASP/DC 合一的架構。

在預算規劃上，目前採 DC 建置案預算與 LRIT 通訊費分離，在

ASP 這個環節將出現問題。如果 LRIT 通訊費被認定為是由政府直接支付給衛星通訊營運商(相當於 CSP)的衛星通訊費，相當於將 ASP 併入 DC，則此 ASP+DC 人員的資通訊專業技術能力要求必須大幅提高，除非編列較高的維運經費委外提供屬於 ASP 的技術服務。

把 ASP 與 DC 分離，由 ASP 提供從船舶到 DC 之間的 LRIT 應用服務，由 ASP 選擇配合的 CSP，把 ASP 技術服務費併入 LRIT 通訊費的計算中，才是比較好的設計，這也是國際上普遍採用的方式。在此對 NDC 提供 LRIT 應用服務的 ASP 與前述授權測試船載設備的多個 Testing ASP 不同，必須選擇指定唯一的 ASP 與 DC 配合運作。綜合而言，政府因應國際 LRIT 系統的實施的具體工作項目如表 3.1：

表 3.1 政府實施 LRIT 的工作項目檢核清單

	工作項目
1	選擇 DC 的實作方案/指定 ASP
2	指定 LRIT 的聯絡窗口
3	確認 DC 的開發/合約
4	指定認可測試設備的 ASP
5	遞交資訊給 IMO
6	確認 LRIT 已納入法規/命令
7	將政府採取的措施通告本國籍船舶
8	確使本國籍船舶通過設備測試取得「符合度測試報告」
9	確認 DC 須付給 LRIT 協調者的費用
10	製作 LRIT 各海域定義檔
11	確認港埠資訊(LOCODE 代碼)
12	確認搜救服務(SAR service)資訊
13	取得進入 GISIS 網站 LRIT 區的帳號密碼
14	透過 GISIS 輸入 DDP 所需資料
15	宣告將採取的「港口國管制」措施
16	確認購買/使用船位報告的需求
17	確認可透過系統計費/付費取得報告

3.1.4 LRIT 資料於海運 ITS 的應用

在 LRIT 的應用方面，對他國船舶 LRIT 資料的應用限於 IMO 已通過的範圍：保安、搜救、航行安全、海洋環境保護；國輪的 LRIT

資料可提供船公司掌握其船隊動態；LRIT 系統可使政府與國輪之間有更好的連結，據以優化管理與服務。整體應用架構可參考歐盟的設計概念，與我國海運資訊及船舶監控相關系統做更好的整合。

歐盟各國係共同建置一 EU LRIT 資料中心，其 LRIT 系統架構規劃如圖 3.3。此 LRIT 系統將與 SafeSeaNet 結合，搜救單位可透過 SafeSeaNet 要求 LRIT 資料，而 LRIT 資料透過 STIRES(SafeSeaNet Information, Relay and Exchange System)模組的介面傳遞給擴充整合 AIS 與 LRIT 後的 SafeSeaNet，如圖 3.4。

SafeSeaNet 是歐盟監測船舶與貨物移動的海事資料電子交換平臺。SafeSeaNet 交換的訊息是來自各成員國的動態與靜態資訊，包括 SRIT(Short Range Identification and Tracking)計畫(歐盟的 AIS 資料庫)蒐集的 AIS 資料以及 STMID(Shore-based Monitoring and Information Database)計畫的岸基設施資訊。

SafeSeaNet 內的通報訊息包括：船舶報告(取自 AIS 或是 MRS 強制船舶報告系統)、港口通報、Hazmat 危險品通報、警示通報、保安通報、廢棄物通報。這些通報由各當地主管機關(VTS 船舶交通服務, MRCC 搜救協調中心、港務局、海巡單位、污染檢驗中心、PSC 港口國管制)以及船長/ 船東/代理等傳遞給 SafeSeaNet 核心的「歐洲索引伺服器中心(European Index Server, EIS)」後，歐盟各成員國即可透過 SafeSeaNet 的網路介面接收。圖 3.5 是 SafeSeaNet 運作的示意圖。

雖然歐盟在 LRIT 系統建置之初就已規劃 LRIT 與 SafeSeaNet 的整合，但是由於整合的複雜度高， SafeSeaNet 本身的改版也需要更多時間，因此把 LRIT 鏈結到 SafeSeaNet 的 STIRES 模組後讓成員國可以用同一個介面結合 LRIT 與 AIS 資訊的計畫預計 2010 年完成。

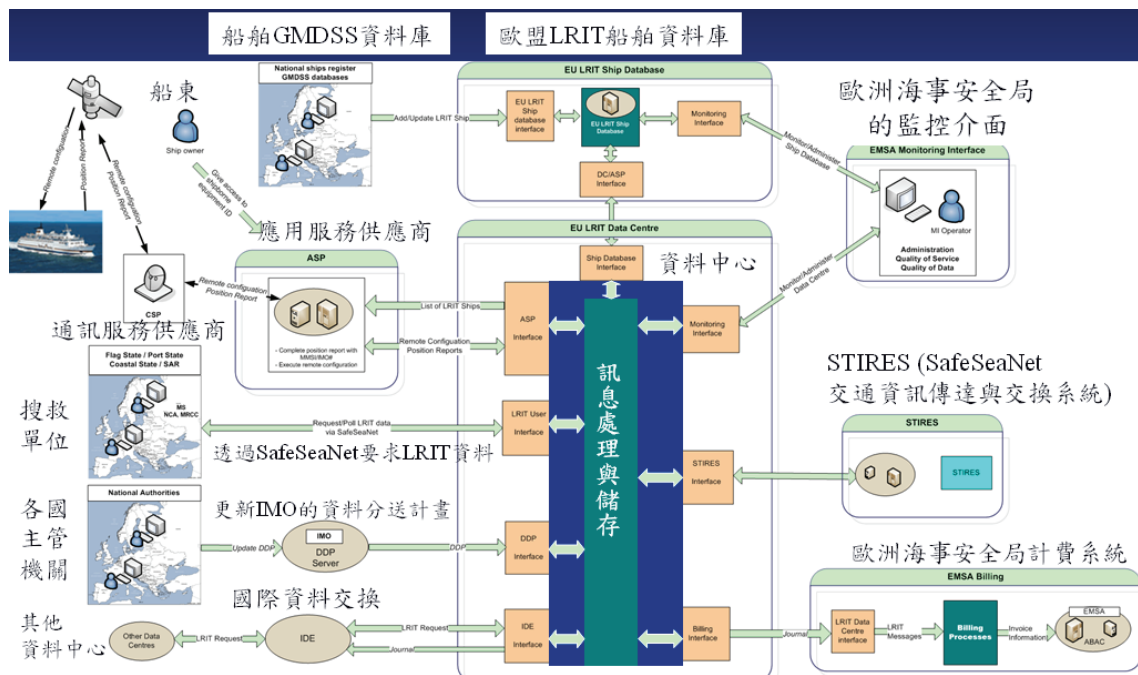


圖 3.3 歐盟規劃的 LRIT 架構

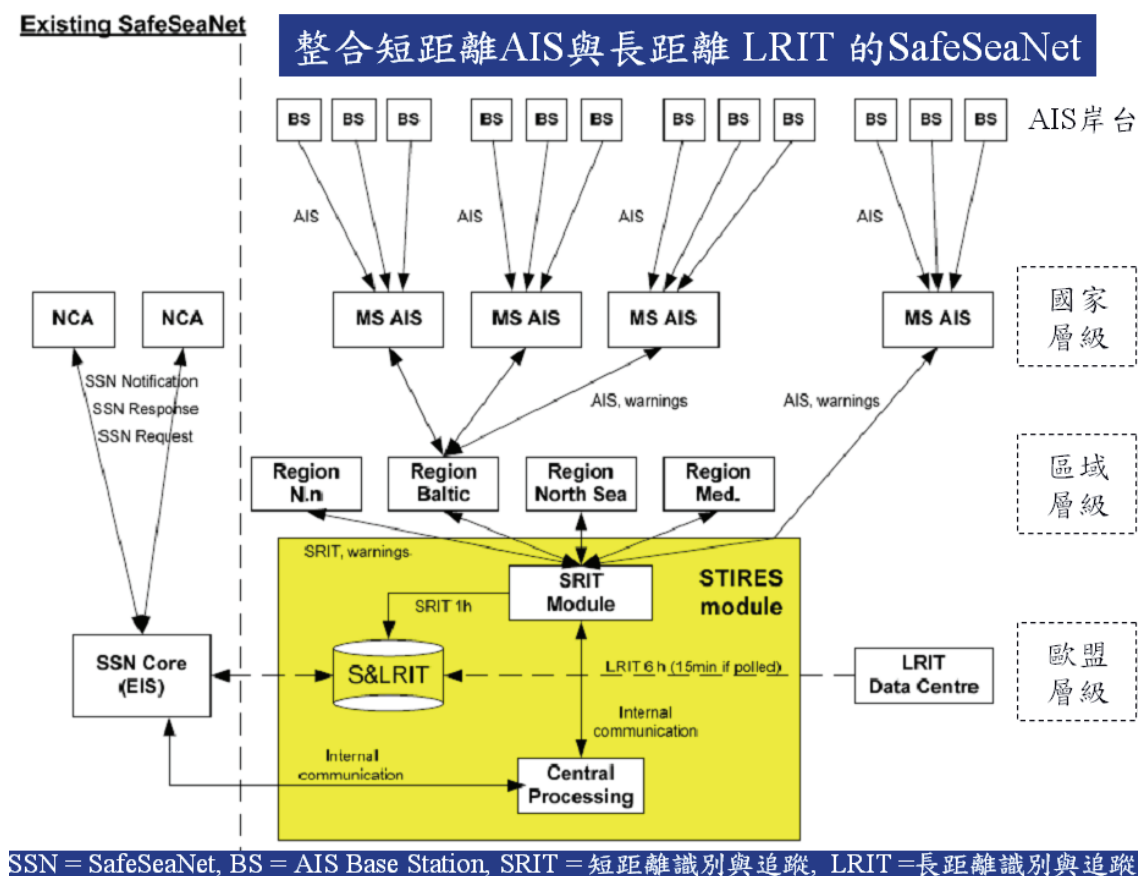


圖 3.4 歐盟規劃整合 AIS 與 LRIT 後的 SafeSeaNet

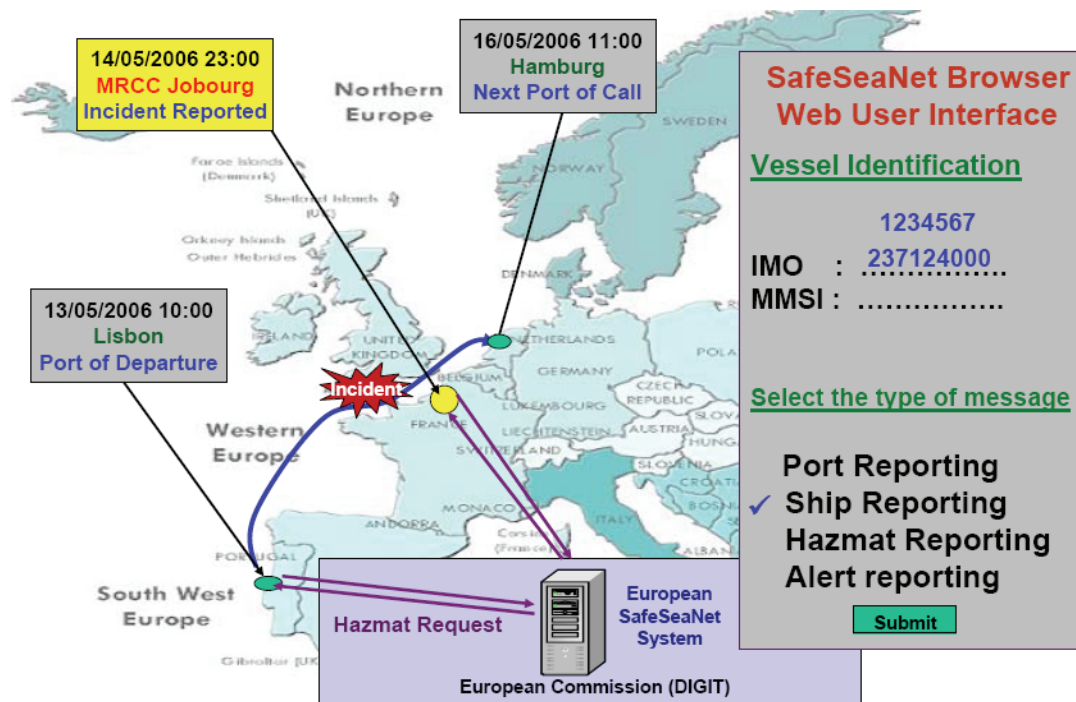


圖 3.5 歐盟現有 SafeSeaNet 的運作示意圖(Helcom, 2007)

3.2 AIS 應用於交通流統計分析

3.2.1 AIS 資料庫設計與分析功能

從 AIS 岸台接收到的船舶 AIS 資訊可以分為靜態資訊、動態資訊、航程相關資訊等三大類，如表 3.2。其中動態訊息的傳送間隔又依 AIS 設備是屬於 Class A 還是 Class B 而有所不同，如表 3.3。

表 3.2 船舶 AIS 基本資訊類別

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

表 3.3 船舶 AIS 動態訊息傳送間隔

類別	船舶操縱狀況	傳送間隔
class A	錨泊或靠泊且移動速度不超過 3 節	180 秒
	錨泊或靠泊且移動速度超過 3 節	10 秒
	船速 0-14 節	10 秒
	船速 0-14 節且轉向中	3.33 秒
	船速 14-23 節	6 秒
	船速 14-23 節且轉向中	2 秒
	船速超過 23 節	2 秒
	船速超過 23 節且轉向中	2 秒
Class B	移動速度不超過 2 節	180 秒
	船速 2-14 節	30 秒
	船速 14-23 節	15 秒
	船速超過 23 節	5 秒

本研究以長期累積接收海上船舶透過 AIS 的動態、航程與識別資料庫為基礎，運用資料探勘與時空/地理資訊分析技術，建立適用於海上交通流分析與統計的功能模組，做為航行安全與港埠運作等相關決策支援。設計之功能包括：跨越地理參考線之時間偵測與航速航向位置統計、高碰撞風險之時空密集區偵測與統計、交通流動線歸納分析、船舶抵達時間的預測。

3.2.2 資料庫整備與基本特性探討

圖 3.6 與圖 3.7 是以 MapInfo GIS 篩選基隆港東西防波堤之間，縱向距離約 75m 範圍內的動態報告(2005 年 1 月)，再以 Excel 分析進出港船舶航向航速分布的結果。

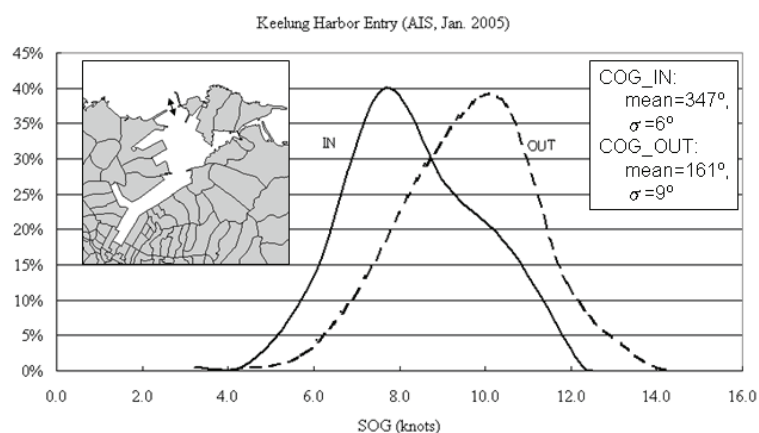
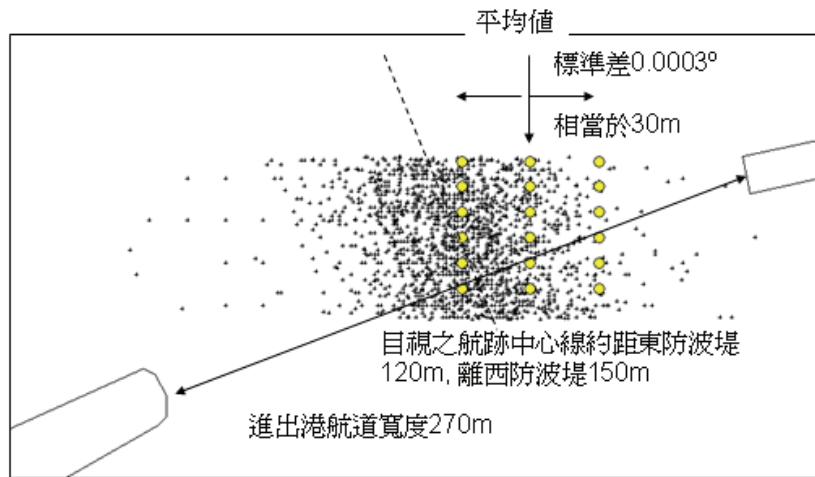


圖 3.6 基隆港進出港航向航速分布(Jan. 2005)



圖點GIS軟體分析結果輸出數字解析度之限制造成的錯誤結果

圖 3.7 進出基隆港航跡分析

從圖 3.8 航跡分布可看出，基隆港附近的交通流大致仍可分為西向、北向、東向以及只通過外海不進出基隆港的組成。但也常可見到一些相對異常的航跡。圖 3.9 是其中裝載有危險或污染物貨船的航跡。圖 3.10 是其中油輪的航跡。圖 3.11 則是油輪以及裝載有危險或污染物貨船的航跡。

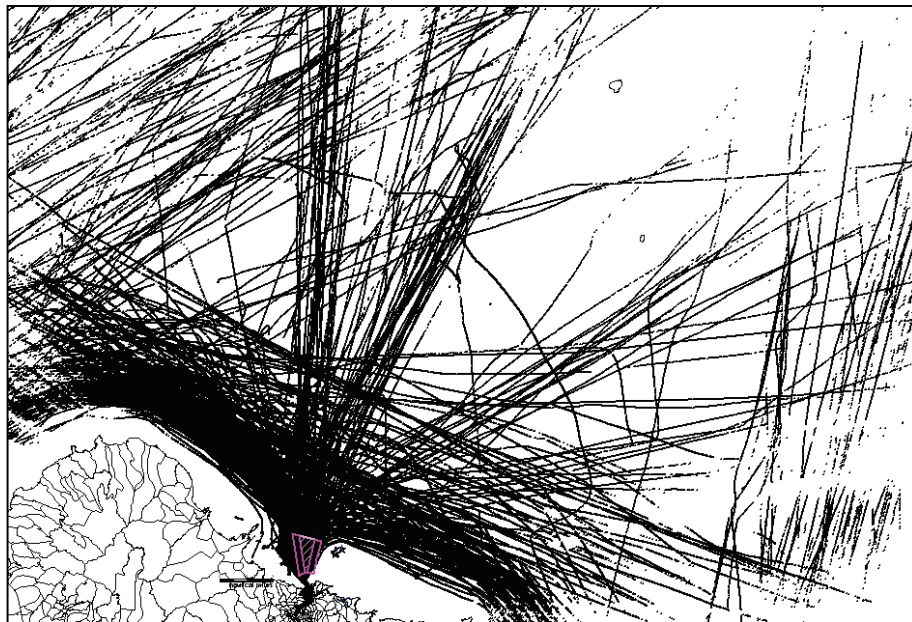


圖 3.8 基隆站 2009 年 4 月 7-14 日所有 AIS 船位航跡

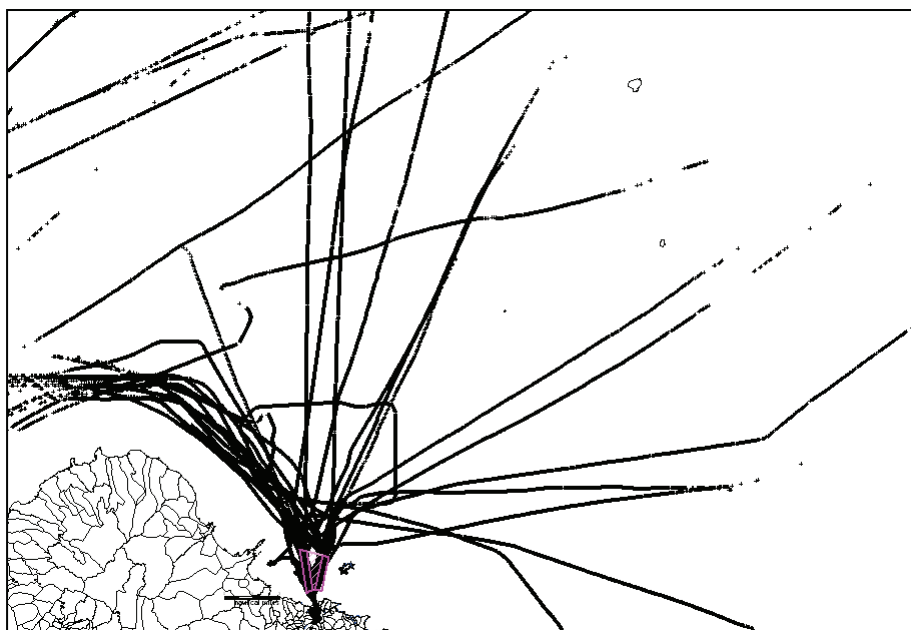


圖 3.9 2009 年 4 月 7-14 日裝載危險或污染物之貨船航跡

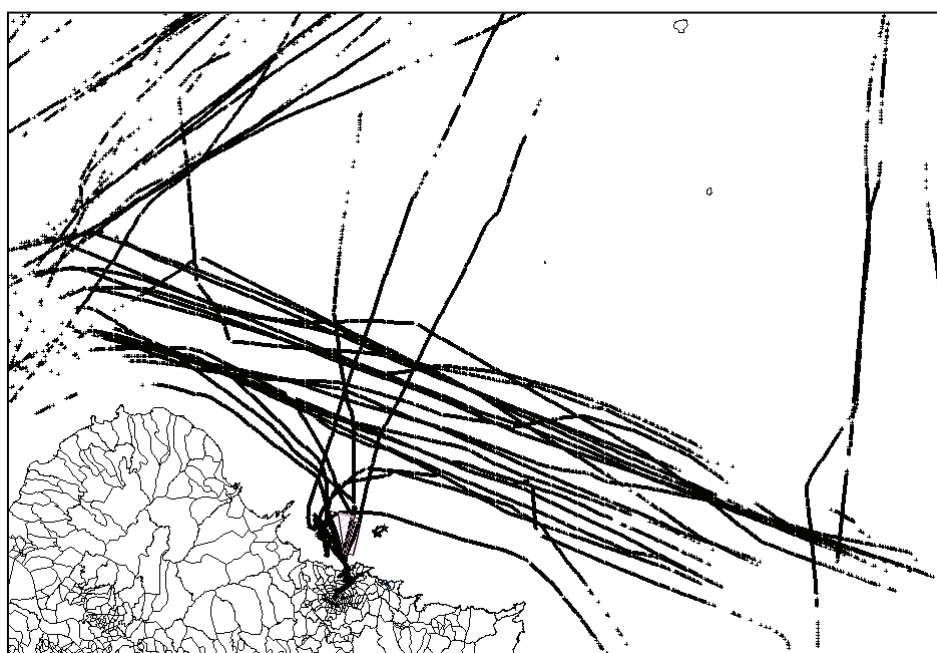


圖 3.10 2009 年 4 月 7-14 日油輪航跡

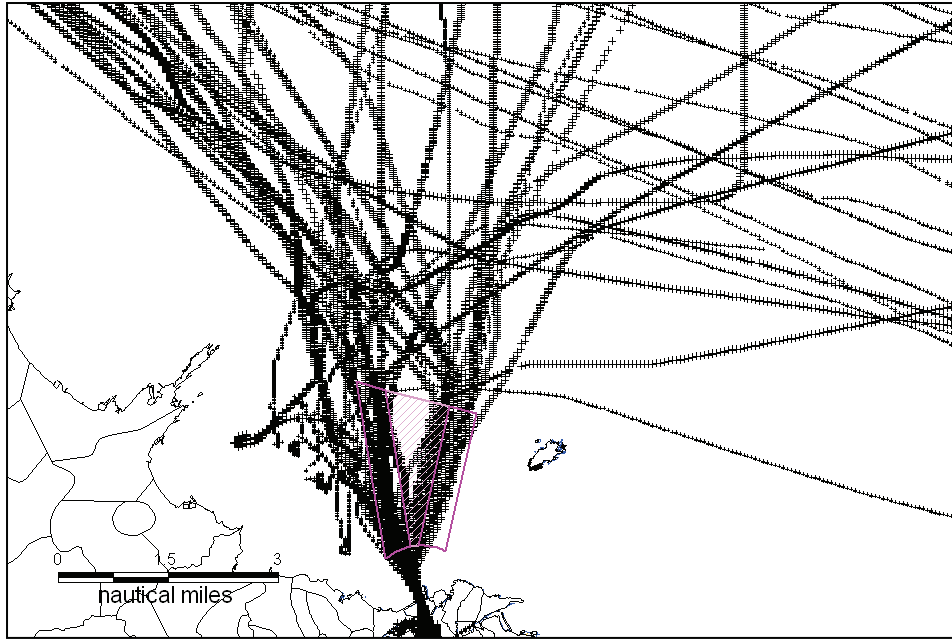


圖 3.11 2009 年 4 月 7-14 日油輪與裝載危險或污染物之貨船航跡

圖 3.12 是從 2005 年 1 月的基隆港 AIS 資料，取北緯 25.2055-25.2615 東經 121.7275-121.7835 間隔 0.001 度(約 100m)網格，以 MapInfo GIS 分析所得的船位密度分布，圖中標示的數值是在各網格內的船位數，密度最高的位置在北緯 25.22150 東經 121.74145，在 100m×100m 範圍內有 130 筆船位。

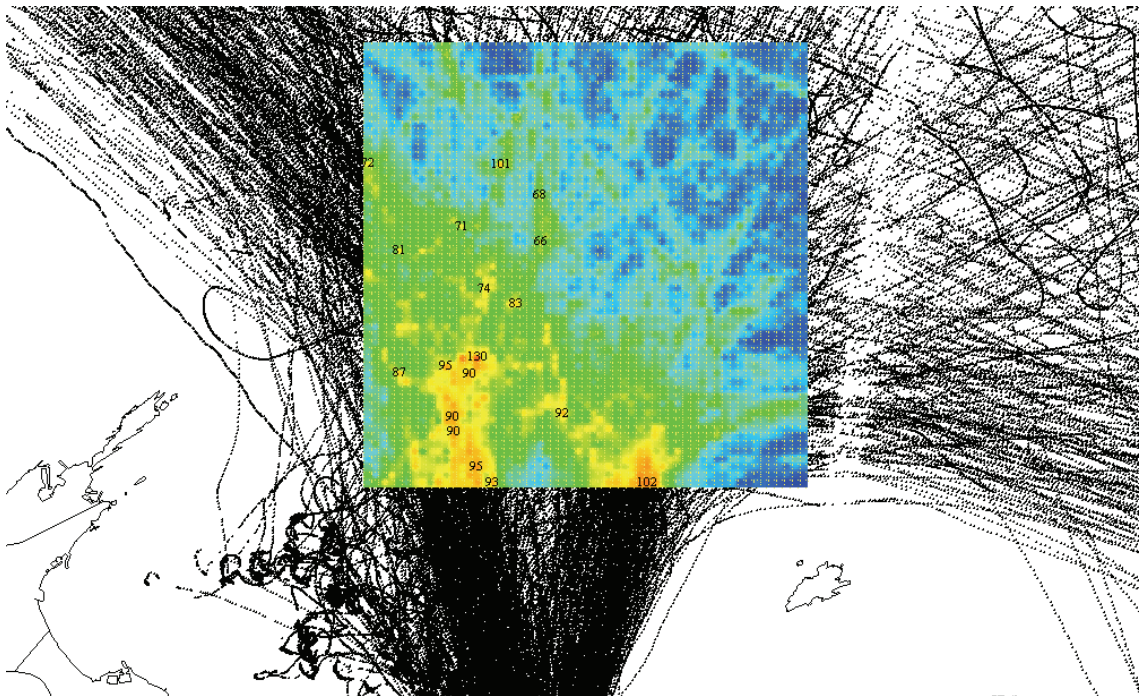


圖 3.12 航跡(船位)密度分佈

2009 年 4 月 7-14 日基隆 AIS 資料分析結果 SOG/COG 無效的有 0.1%(153/122061)。圖 3.13 與圖 3.14 是在過濾掉無效數值後，網格化分析的航速、航向、航跡分布圖。

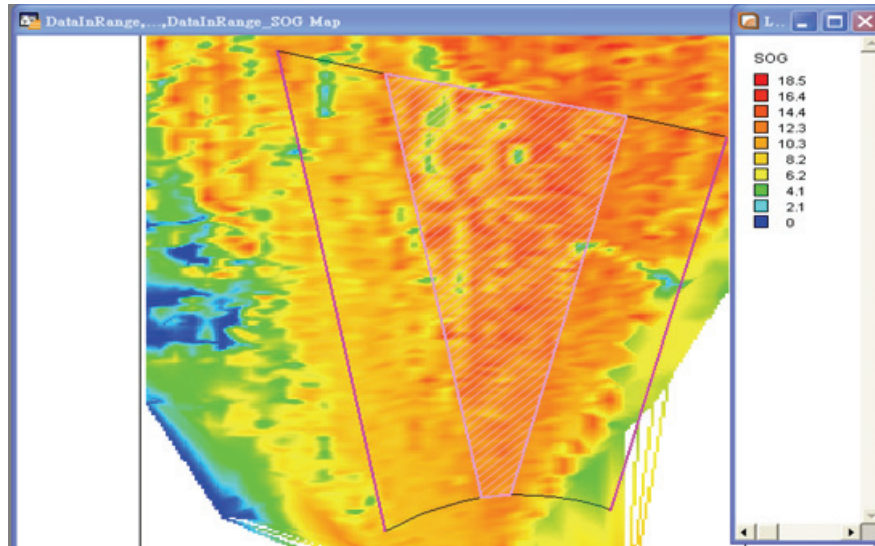


圖 3.13 基隆港分道航行系統的航速分布

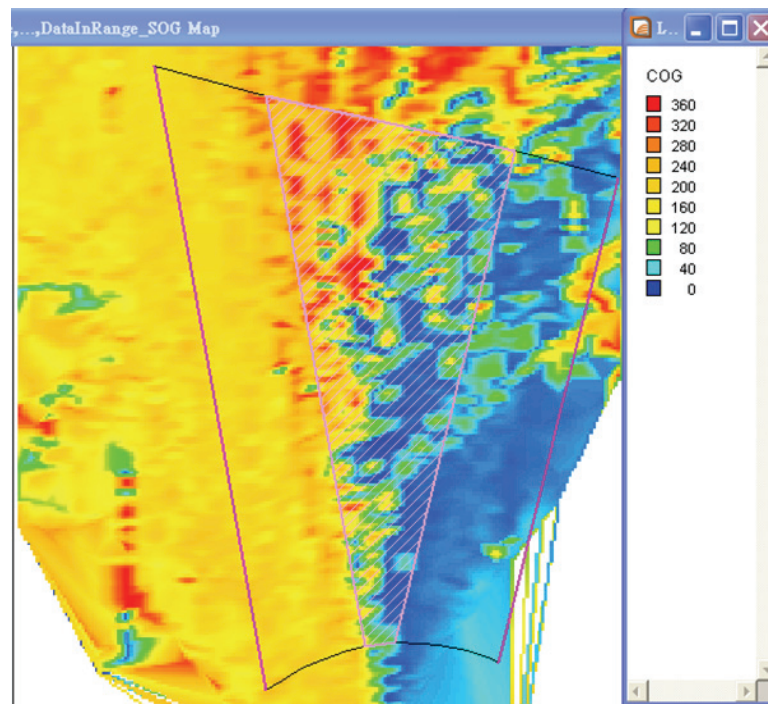


圖 3.14 基隆港分道航行系統的航向分布

從基隆港分道航行區的初步分析中可看出，出港航跡明顯左偏，中間的分隔區內也滿佈航跡，如圖 3.15。

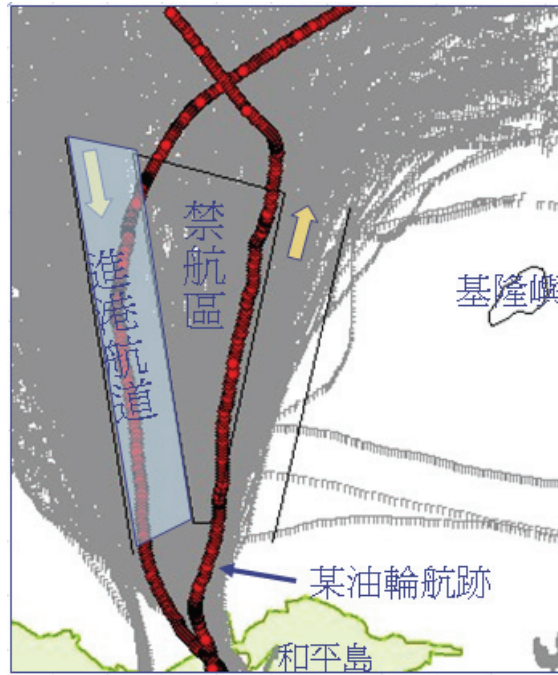


圖 3.15 基隆港分道航行系統的航跡分布

以上主要都是利用 GIS 以船位點的形式進行的初步分析。從報告的船位考量 AIS 訊號涵蓋範圍分段產生各航次的航跡線之後的分析，則必須以程式設計處理大量時間空間資料。

3.2.3 跨越地理參考線之偵測與統計分析

經過選擇船隻後，程式連結到資料庫，根據選擇的船舶 MMSI 識別碼讀取其所有的歷史資料，將其路徑畫出，根據年、月、日、時的差異來判斷哪些 AIS 船位報告是屬於同一條航線，而哪些 AIS 船位報告應建成另一條航線，在畫好的路徑(航線)上定義所要的地理參考線(passline)，之後開始分析交叉點。計算後依序記錄的交叉點資訊包括：航線編號、MMSI、經度、緯度、船速、航向、時間。此功能模組以 Java 程式語言設計。圖 3.16 是 MMSI=636010575 的船舶 2009 年 9 月 9 日與 30 日來往基隆港與臺中港之間兩次航程的分析結果，航程所用時間分別是 7.5 小時與 8.2 小時。從圖中也可明顯看出其航程採取的轉向點頗為一致。

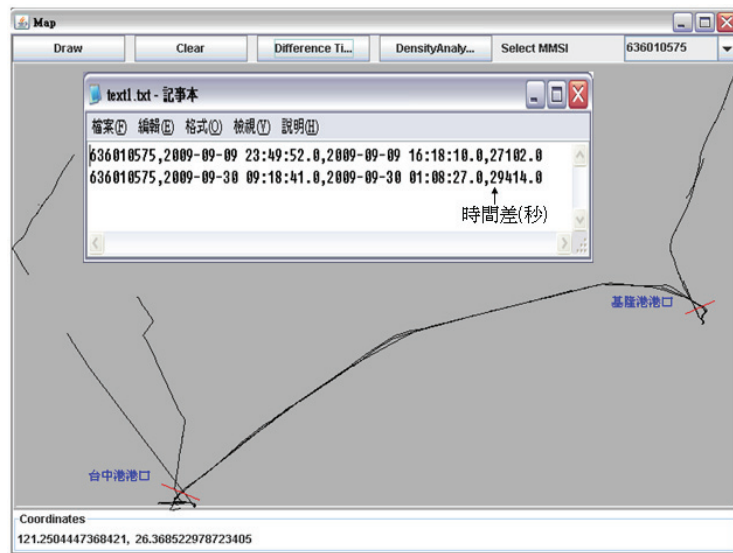


圖 3.16 計算穿越兩地理參考線所需時間的畫面

為了再進一步區分穿越 passline 交通流的方向，我們將交叉點航向旋轉為以 passline 的方向為基準，判別其通過 passline 的相對角度，區分成兩大交通流向密度分布，如圖 3.17。區分的方法如圖 3.18：首先將航向所表示的 Azimuth 方位角轉換成直角座標系統，接著算出 passline 的斜率來得知相對於原直角座標系統轉多少角度，以 passline 作為新的基準，換算出相對角度，相對於此基準線在 0~180 度以內為同一分佈(負值或進港)，180~360 度為另一分佈(正值或出港)。

圖 3.17 上方是劃過基隆港進出港分道航行系(Traffic Separation Scheme, TSS) 的 passline 分析結果，passline 端點座標是(121.733389 , 25.1872114 、 121.767517 , 25.184825)；下方是基隆港港口處 passline 分析結果，passline 端點座標是(121.750402 , 25.160745 、 121.753879 , 25.162377)。

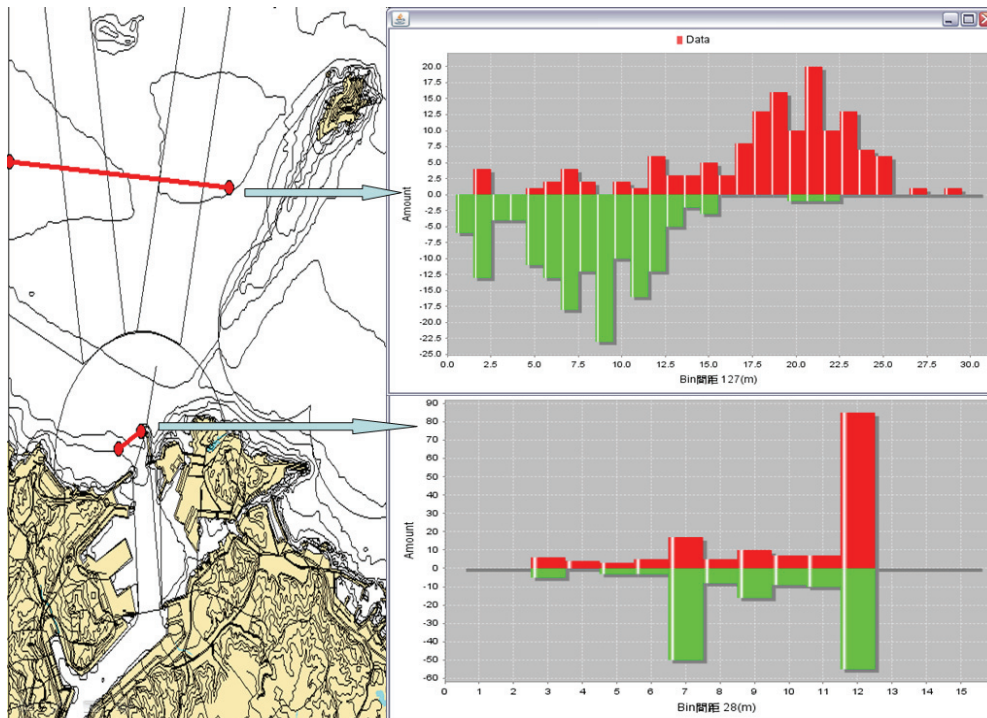


圖 3.17 穿越參考線之交通流向分佈

Passline 斜率換算成角度

$$\text{slope} = \text{Math.atan}((p\text{Lat}2 - p\text{Lat}1)/(p\text{Lon}2 - p\text{Lon}1))/\text{Math.PI} \times 180;$$

$$\Theta = 90^\circ - \text{azimuth (if } 0 \leq \text{azimuth} \leq 90)$$

$$\Theta = 450^\circ - \text{azimuth (else)}$$

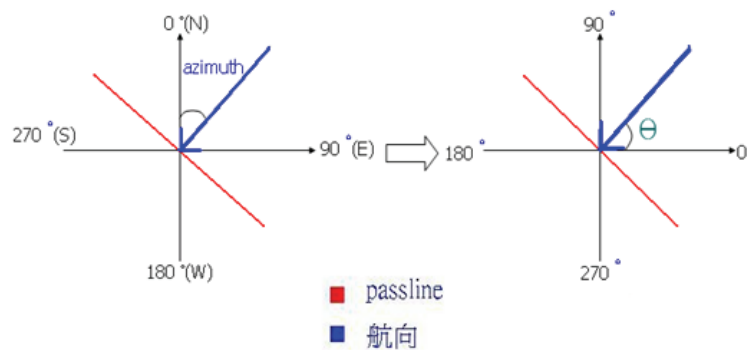


圖 3.18 區分交通流向的方法

若將 passline 設定為基隆港口西防波堤與東外堤兩端點的連線 (121.7544948, 25.16221791、121.75228, 25.15844)，取 2009-09-01 ~ 2009-09-05 的船位則結果如圖 3.19 上方長條圖，若將時間擴大至整個 2009 年 9 月，則結果如圖 3.19 下方，這些長條圖中的綠色皆為進港航次，紅色皆為出港航次。

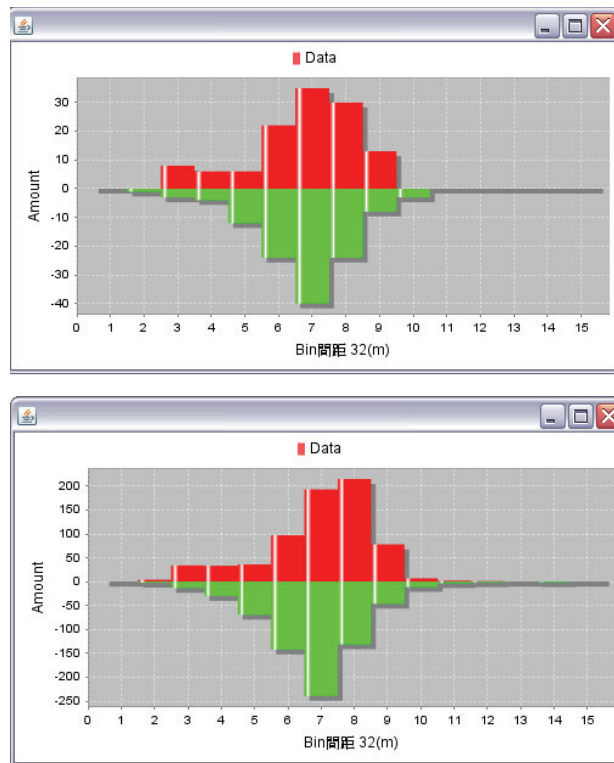


圖 3.19 基隆港港口東西防波堤端點間的 passline 分析結果

圖 3.20 是以 passline 分析台灣海峽與澎湖水道 AIS 船舶的結果。

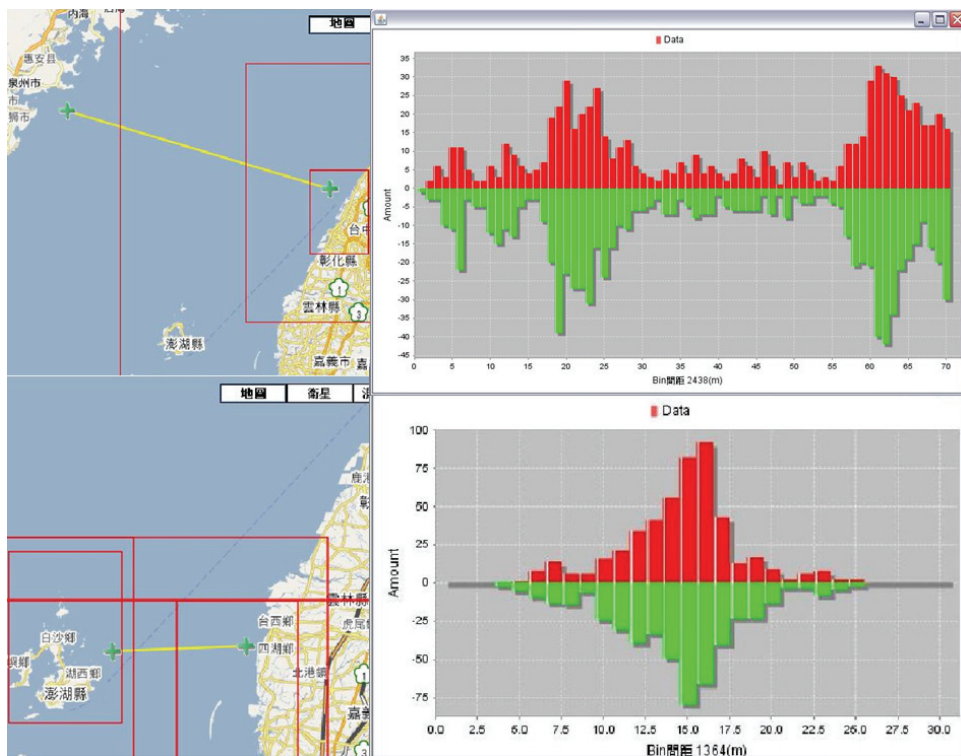


圖 3.20 通過臺灣海峽與澎湖水道的 passline 分析結果

3.2.4 高碰撞風險之時空密集區偵測

如果船舶採取的航線重疊交錯且航行速度快，則依據 AIS 於高速或轉向時縮短報告間隔的特性，該處的 AIS 船位點密度將明顯提高(尤其是在港外區域)，而該處也將是碰撞風險高的位置。AIS 船位點的時空密集區與碰撞風險應有很高的關聯性。依據以往的研究分析，如果以劃分網格計算點密度的方式，則網格太大會影響結果的解析度，太小則計算負荷過重，也有跨網格邊界處密度計算失真的問題，所以宜以 DBSCAN 這類 density-based clustering 演算法為基礎。以下是利用已開發的「漁船監控系統時空密集區動態即時偵測」軟體少加修改後的試驗成果。試驗目的是：

1. 觀察偵測出的密集區(cluster)和航路的交叉點是否能夠吻合
2. 試驗出適當的 cluster 定義參數，亦即設定距離(Eps)內最低點數(MinPts)

首先取一段時間內航速>14 節的 AIS 報告(在此試驗中設為 2500 筆)，設 $Eps = 0.00025$ 度 $MinPts = 5$ ，試驗結果如圖 3.21。

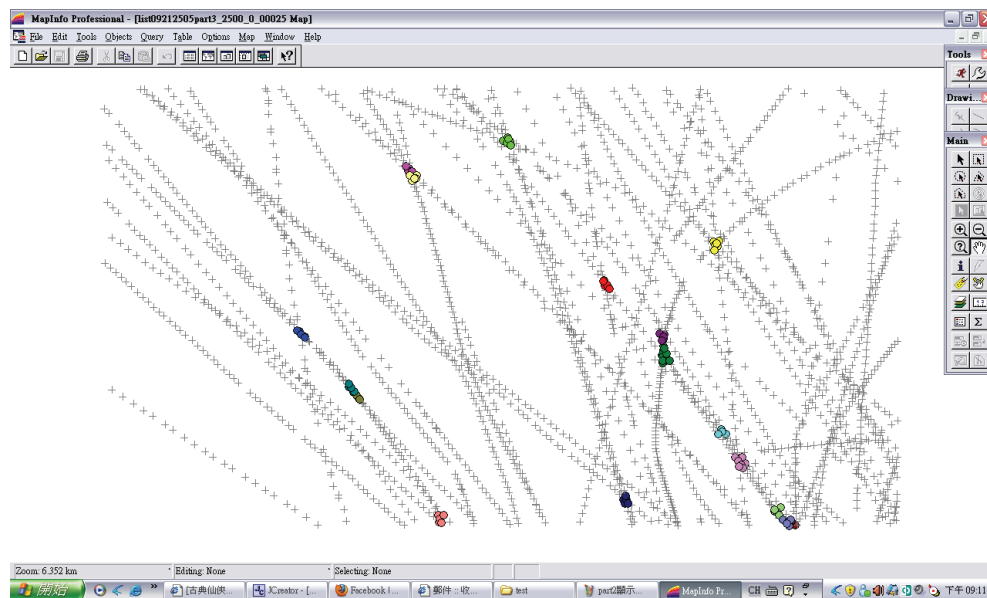


圖 3.21 高碰撞風險時空密集區偵測之較佳試驗結果

圖中的淡色小十字表示原始 AIS 船位，圓點則是程式偵測出的屬於各密集區(以 cluster ID 分色)的船位點。這個試驗還算成功。如果以同樣的參數，改取 10000 筆船位，則結果不佳(如圖 3.22)，尚需要進一步研究加入一些過濾條件與最佳化程序。

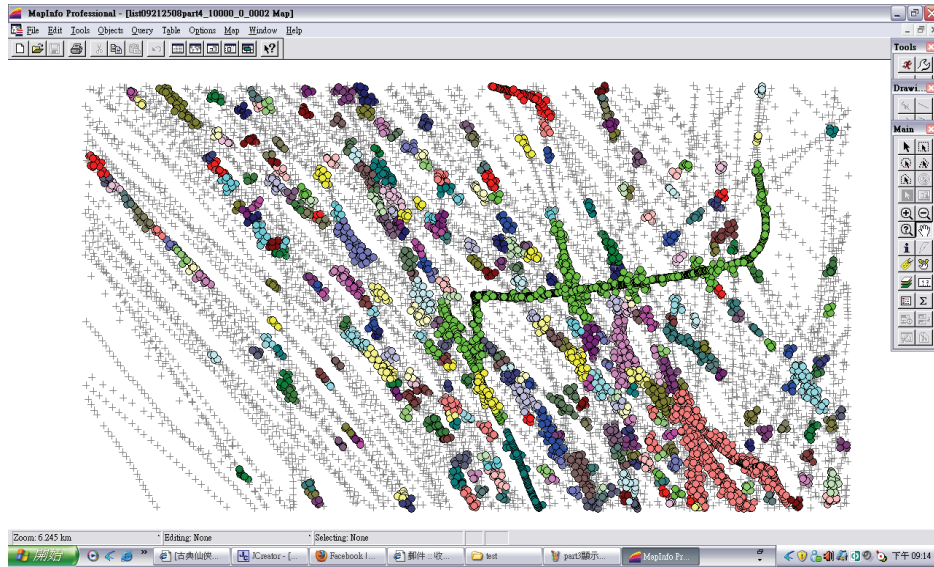


圖 3.22 高碰撞風險時空密集區偵測之較差試驗結果

此方法雖未臻完善，但卻有相當的可用之處，因為即使是把 AIS 船位全部展現在圖上，以人工判讀密集區，也會因為顯示的比例尺不夠大或點位重疊而難以正確判讀出密集區。

3.2.5 AIS 航路網、最短路徑與抵達時間預測

本研究對於同一船舶超過 10000 筆點數作測試，以起點/終點連成一直線，其他點取其到此直線的垂直距離，取其中距離最大者為新的 node，以此 node 分段重複執行上述程序，依此類推直到每段內各座標與該段起訖點連線的最大距離都小於設定值 ε 為止，將這些 node 和起終點連接起來即成為一條概略化之後的航線。初步實作此演算法的程式尚有一些需再研究改進的可能缺失。以圖 3.23 的情形為例：以「點 1」與「點 10」為起點與終點，如果距離的定義是到連接「點 1」與「點 10」的線段(圖中的粗實線)，則如「點 2」~「點 4」這樣偏於起點側幾乎沿起訖點線段延伸線的各點只要超出 ε 距離就都會被取出。如果採用的是到通過起迄兩點直線 (圖中的虛線) 的距離，首先會取出的應是「點 7」，再分別取出「點 9」與「點 4」，但如果連「點 7」都小於設定的參數 ε ，則從「點 2」到「點 9」全部都會被省略掉，而漏掉了最起碼該留著的「點 4」。

接著加入「角度」因素，設定「瞬間角度臨界值 θ_i 」與「累積角度臨界值 θ_t 」兩個判斷參數，使用 θ_i 的稱為「瞬間準則」，使用 θ_t 的

稱之為「累積準則」。茲以圖 3.23 為例說明這兩個準則：當連續三點的前兩點向量與後兩點向量(例如向量 34 與向量 45)夾角大於 θ_i 則取出中間那一點(「點 4」)，此即「瞬間準則」。當向量 12 與向量 15 的夾角大於 θ_i 則取出與線段 15 距離最大的「點 4」，此即「累積準則」。

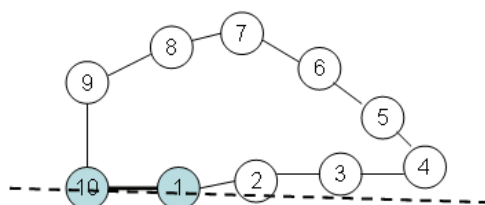


圖 3.23 以線形概略化萃取航路轉向點的狀況探討

從全臺灣 AIS 資料庫中取 9/8~9/14 期間多艘船的資料，過濾掉航速 < 3 節以及欄位無效或不合理、重複多筆的資料後進行試驗。圖 3.24 的左圖是符合「瞬間準則($\theta_i = 10^\circ$)」或「累積準則($\theta_i = 2^\circ$)」的概略化取點結果(紫色菱形)的轉向點套疊原所有航跡點(淡色十字)的結果，藍色方形符號標示符合「累積準則」。右圖則是以此概略化處理找出的六艘特徵船的航路。

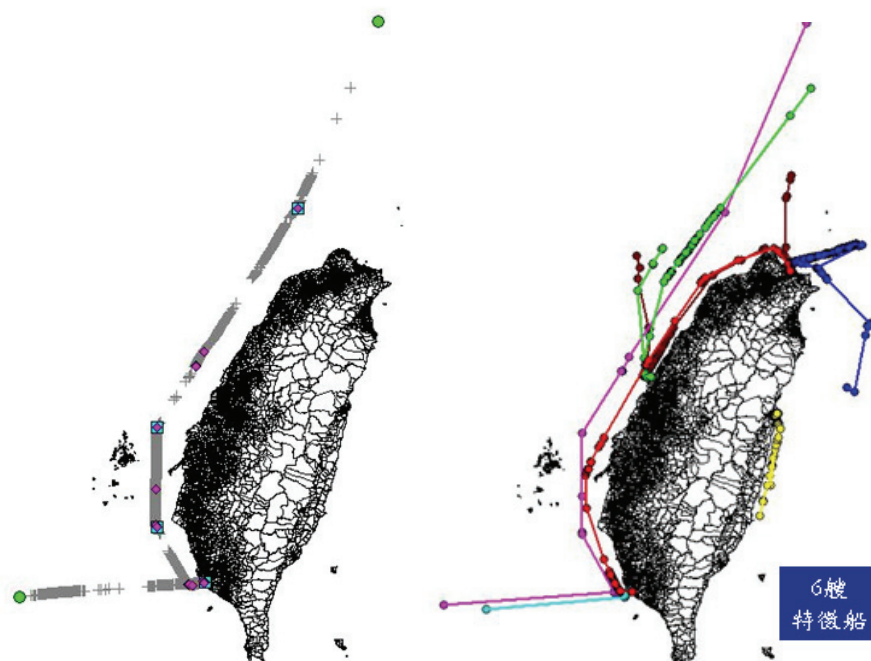


圖 3.24 以「距離」+「角度」概略化萃取航路轉向點的成果

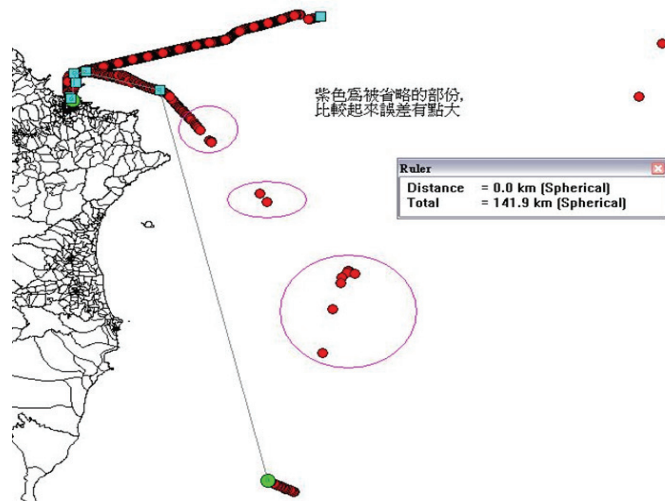


圖 3.25 只用「累積準則」萃取航路轉向點的問題

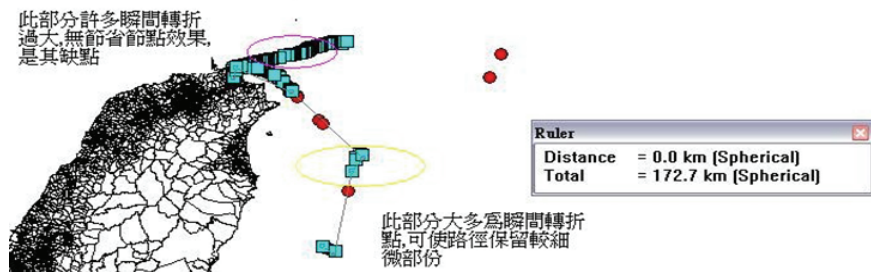


圖 3.26 採用「瞬間準則」萃取航路轉向點的問題

同樣的準則參數，從另一艘船的試驗結果(圖 3.25 與圖 3.26)可看出兩種準則的優缺點。試驗中所用的該船資料其實屬於兩個航次，但仍一併處理，整段航跡的起點在基隆港內，終點在東部外海(圖的右下方)，但在三貂角以東其實已超出 AIS 穩定收訊範圍，只斷斷續續收到船位。累積+瞬間轉折點較能顯示細膩的軌跡(尤其是港區航行的部份)，但是對於概略化萃取轉向點而言縮減點數的效果不夠大，如圖 3.25，概略化後的航程距離是 172.7km。若只用「累積準則」取點，則當遇到超出 AIS 穩定收訊範圍的狀況(如圖 3.26 中圈起的那些部份)，因距離(半徑)太遠，設定的 θ_t 對應的弧長很大，誤差也相對增大，概略化後的航程距離是 141.9km。這部份需要再設計過濾處理機制。

在取得各船概略化航路後，將再引進船舶種類與水深限制的因素，建構適用於各類船舶的航路網。再以最短路徑演算法配合航路網與 passline 分析提供的時間差分析，用於預測船舶抵達時間等應用。在最短或最適路徑演算法方面的實作，係以 Dijkstra 演算法為基礎。

第四章 UAV 攝像及影像處理技術之設計與開發

近來無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)發展快速，加上自動導航及數位影像自動傳輸技術的結合，其可用性及實用性已大幅提高，正好彌補目前攝像之盲點，其低空、高分辨率地表影像攝影，若能發展成熟將凸顯其機動及低成本之優點而達到相當實用之目標。

UAV 遙測可垂直或傾斜成像，快速獲取高精度定位資料和達到公分級高空間解析度圖像。根據對高品質、連續區域、高精度定位影像的地形地貌等的特徵進行分析，對拍攝區域大面積災情一目了然，有利於對災害程度做出正確的評估和判斷，科學合理地制定救災方案，組織相應的人力、財力和物力投入，避免抗災救災工作的盲目性。利用 UAV 遙測能實現災區影像資料的即時傳輸。高時效性的資料不僅可以作為災情監測的依據，還可作為災後恢復重建規劃，重建工作督查和重建專案驗收的依據。綜上，可說 UAV 天生是為應急工作準備。UAV 遙測與衛星遙測、載人航空攝影有良好的互補性，可建設多層次的災情監測平臺網路。透過統一的標準化的防災減災遙測資料庫系統，實現從災情資料獲取、處理到應急指揮、評估重建工作的一體化、制度化，從而提高我國對地觀測技術和防災減災工作的綜合能力。

UAV 遙測系統主要由空中部分、地面部分和資料後處理部分組成。其中空中部分：包括感測器子系統、遙測空中控制子系統、資料壓縮子系統和 UAV 平臺。地面部分包括航跡規劃子系統、UAV 地面控制子系統以及資料接收解壓縮與即時顯示子系統。

4.1 相機參數率定模式

攝影測量領域中，相機率定(Camera Calibration)一直是個關鍵議題，不論是使用傳統量測性相機或是現今高解析度之數位相機。如今，隨著相關演算法及影像處理技術的成熟，相機率定已不再是一項繁雜的程序。本研究計劃以近景軟體 PI-3000 對於數位相機進行率定程序，以探討不同數位相機間之透鏡畸變程度。

攝影測量技術為由二維影像中獲取三維之空間資訊，而為從影像中獲取精確且可靠之三維資訊，首要前提即是對於所使用相機之內部特性需有著充份的了解，該些特性即為相機內方位參數(Interior Orientation Parameter, IOP)，包含相機之拍攝焦距、像主點位置及各項透鏡畸變差參數，其中以自率定光束法平差求得相機之各項參數是最常見的方法。相機率定通常都是在率定檢驗場所進行，在率定場裡，會使用各式特定之率定標協助率定程序。起初，攝影測量所採用之相機皆屬於類比式量測性相機，該類相機是專為攝影測量用途所製造，其透鏡系統及成像面皆有著較為強健之結構，因此提供了較為穩定之內方位參數值；另一方面，近來由於電子科技的進步而快速發展之數位相機，皆屬於數位式的非量測性相機，由於該些相機並非專為攝影測量用途所生產的，其內方位參數值會較為不穩定，故應用於攝影測量之數位相機必須以合適之率定程序求得相機內方位參數，以利後續近景攝影數位三維建模之應用。

當相機按下快門的瞬間，物間景色將經由透視中心投影至 CCD 成像面，形成數位影像，而相機鏡頭本身為一非平面結構之凸鏡，因此會使得投影光線產生折射現象而無法將光線正確投射至成像面，除了使影像產生變形，也造成影像坐標之偏移，如圖 4.1。在這樣的情形之下，相機投影中心、影像點位及相應地面點位將無法達到三點共線之條件，因此需以相機率定程序求得相機之內方位參數，恢復攝影光束於相機內部之行進方向，進而獲取正確之影像點位坐標。除了內方位參數外，尚需對於造成影像變形之各項鏡頭畸變因素進行率定，主要包含輻射畸變差、離心畸變差、大氣折射差及仿射畸變差等。



(a)正確影像



(b)變形影像

圖 4.1 因透鏡畸變所產生之影像變形示意圖

以上所提的各項畸變差參數元素之選擇主要依當時之攝影條件及攝影配備有關，當選用合適之改正參數後，即可由共線式之附加參數自率定光束法平差進行各項參數之求解，在完成內方位參數求解後，即可恢復相機之光線投射狀態，並完成變形之影像坐標糾正作業。

$$\begin{aligned} x - x_0 + \Delta x &= -f \frac{a_{11}(X - X^0) + a_{12}(Y - Y^0) + a_{13}(Z - Z^0)}{a_{31}(X - X^0) + a_{32}(Y - Y^0) + a_{33}(Z - Z^0)} \\ y - y_0 + \Delta y &= -f \frac{a_{21}(X - X^0) + a_{22}(Y - Y^0) + a_{23}(Z - Z^0)}{a_{31}(X - X^0) + a_{32}(Y - Y^0) + a_{33}(Z - Z^0)} \end{aligned} \quad (4-1)$$

式中 x, y : 影像坐標 $\Delta x, \Delta y$: 透鏡畸變差改正量
 f, x_0, y_0 : 內方位參數 X, Y, Z : 點位之地面坐標
 X^0, Y^0, Z^0 : 攝影站之空間坐標 $a_{11} \sim a_{33}$: 旋轉矩陣之係數

4.2 影像幾何、輻射處理及自動鑲嵌理論

本研究為配合多來源影像資料及近景攝影之三維資料獲取，將提出影像特徵點萃取的新方法，稱之為 SIFT(Scale Invariant Feature Transformation)演算法，主要目的在解決近景拍攝，包括無人航空載具(UAV)航拍影像具有旋轉、不同尺度、影像紋理重複區(均調區)及光照的問題，該影像之特性造成傳統以面積為基礎之影像匹配方法無法有效提取影像中之特徵點，SIFT 演算法以特徵萃取及匹配之方式配合傳統演算法將可有效解決前述之困難。

4.2.1 基於 SIFT 演算法之特徵點偵測

SIFT 演算法可分為四個步驟：(1)尺度空間極值偵測；(2)特徵點位置最佳化；(3)計算特徵點方向性；(4)特徵點描述。分別簡述如下：

1. 尺度空間極值偵測

由Koenderink及Lindeberg所提出的方法假設一張影像經過高斯模糊後，最接近尺度空間。亦即將一張影像進行多次的高斯模糊後，接近於做縮放的動作。為達到尺度不變的目標，採取以上的理論，利用高斯模糊與影像金字塔，將尺度空間中所有可能出現的特徵點找出。基本上，不可能將所有的尺度空間中所有的特徵點找出，因這須要將影像縮放到各種比例中，且一個不漏的找出。故SIFT方法是採類似取樣的方式，搜尋出各個尺度空間的特徵點，以達到尺度不變目的。

先將原始影像以標準差 s (設為2)值作高斯模糊，做了4次後，到另

一個Octave 中將影像縮小一半，並將高斯模糊的標準差乘以 $2(2s)$ ，也是一樣做4次高斯模糊。共要做4個Octave。求出4個Octave後，將每個Octave中的影像兩兩相減，亦即做Difference-of-Gaussian(DoG)，如圖4.2。找出DoG後即可進行極值的偵測。所謂的極值就是每個octave中，若在某個尺度的點 (x, y) ，為26鄰居像素(上、下尺度各九個鄰居與本身尺度的八個鄰居)中的區域極大值或區域極小值，則稱此點為極值點，就是該方法要找的特徵點候選，如圖4.3。

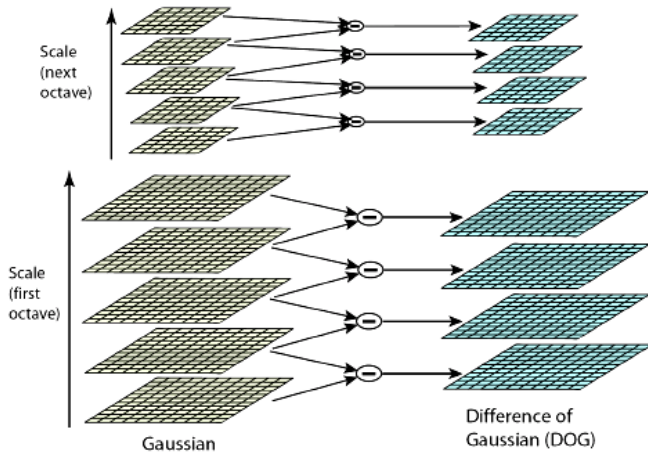


圖 4.2 DoG 運算元

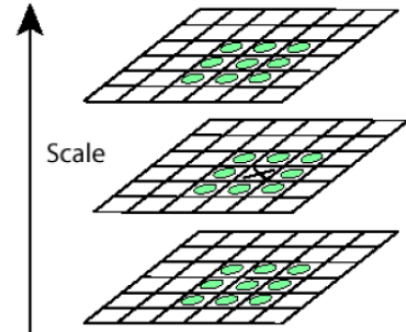


圖 4.3 局部極值的位置

2. 特徵點位置最佳化

在前一步驟找出的候選特徵點，並非全部都是穩定，所以要刪去一些不穩定的候選特徵點，包低對比及可能是邊緣的點位。首先在刪除低對比的點上，

$$D(x) = D + \frac{\partial D^T}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x \quad (4-2)$$

其中， x 為候選特徵點， D 為DOG 後的結果，而 T 為轉置矩陣。依據泰勒展開式，由 x 和 D ，可以求出一個偏移量(Offset) $\hat{x}$ ，

$$\hat{x} = -\frac{\partial^2 D^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial D}{\partial x} \quad (4-3)$$

該值可以視為實際上區域極值的位置，具有次像元(Sub-Pixel)之精度。將此偏移量以泰勒展開式，若求出的值取絕對值後小於0.03 (像素值之範圍設定為 $[0,1]$ ，所以若對比小於此值，則將其刪除)，該方法目的為將低對比度之點位予以刪除。

$$\frac{Tr(H)^2}{Det(H)} < \frac{(r+1)^2}{r} \quad (4-4)$$

在候選特徵點位置上求 H ，並算出其 Tr 和 Det ，其中 r (在此為10) 為一個門檻值，若式不成立表示此點可能是邊緣，並將其刪除。

3. 計算特徵點方向性

本步驟最主要的目的就是為了形成特徵點描述的前置作業。首先，以特徵點位置為中心，取一個區塊(block)，其大小為 16×16 ，計算區塊內所有像素位置的梯度強度與方向：

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad (4-5)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x+1, y) - L(x-1, y)) / (L(x, y+1) - L(x, y-1)))$$

其中 $m(x, y)$ 代表在座標位置 (x, y) 上梯度的強度； $q(x, y)$ 代表在座標位置 (x, y) 上，此像素的梯度的方向，而 L 則表示該方法所取的區塊內所有的像素位置。求出上述兩個值後，在這裡是用方向直方圖(orientation histogram)的方式去決定此特徵點的方向，換言之，進行統計一個特徵點位置周圍固定區塊大小內的所有像素其梯度的方向。然後，越接近特徵點位置的像素，其權值越大，最後將統計的結果紀錄下。以八個方向統計，最大的值該方法就將此方向設定給此特徵點；若得到兩個以上相同大小的值時，將此特徵點複製。

4. 特徵點描述

求出每個特徵點的方向後，接著就是特徵點的描述。首先以特徵點方向為基準，將以特徵點為中心的區塊旋轉到以特徵點方向為北，故特徵點就可以達到旋轉不變性。另在此區塊內，將 16×16 的範圍切割為 4×4 的子區塊，分別統計每個子區塊內的方向直方圖，如圖4.4所示，區塊大小為 8×8 ，實際實作時是取 16×16 。故 4×4 的子區塊，每個子區塊統計八個方向，總共特徵點的向量維度為 $4 \times 4 \times 8 = 128$ 。

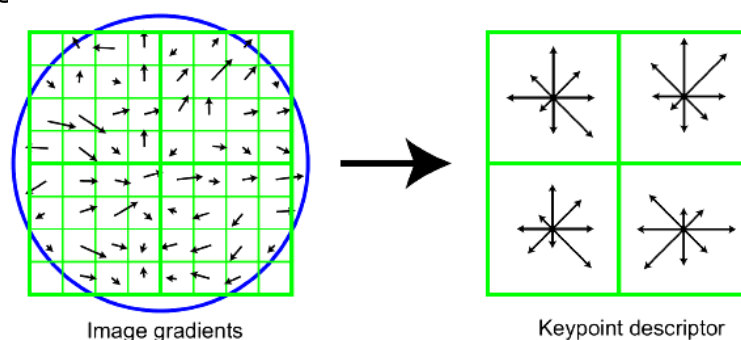


圖 4.4 SIFT 演算法特徵點描述圖

4.2.2 特徵點匹配

求出各特徵點位置的特徵點向量後進行特徵點匹配，在匹配上，基本上為以計算歐式距離進行匹配點之判定。若影像 A 與影像 B 為兩張輸入影像，當兩張影像的特徵向量得出後，分別計算影像 A 中某個特徵點，與影像 B 的全部特徵點之間特徵向量的歐式距離，計算後，將其排序，距離越接近者，即將影像 A 的此特徵點匹配給此點。此一排序過程，頗為費時，本研究提出部份和的概念，以加快匹配演算法之速度。

4.2.3 RANSAC 除錯與映射轉換

匹配過後的特徵點並非全部為正確匹配，故須進行偵錯，使影像校齊所取的轉換參數能得到最佳的結果。本研究採 RANdom SAMple Consensus (RANSAC)方法，演算法步驟簡述如下，重複 N 次取樣：

1. 隨機取出 4 對相對應的特徵對，代入映像函數求出其參數 $\{m_0, \dots, m_7\}$
2. 將影像一中的各特徵點利用上步驟所求的映像參數代入映像函數，求得在影像二上的坐標，計算此坐標與影像二上特徵匹配點之歐式距離。
3. 當此距離值小於 $d=2$ 時，稱此點為內點(Inliers)，估計內點的數目。若 N 取樣中(在此 N 取 30)，某次的內點數最多，就取此映像參數為影像校齊所用。

4.2.4 基於薄板樣條函數之影像校齊

一般而言，最常使用的影像套合方法是仿射轉換，但仿射轉換無法校齊區域內非線性變化、或地形起伏的區域(如山區)。而薄板樣條法(Thin-Plate Splines, TPS)是最常用來克服區域性幾何變化問題的方法，諸多研究均顯示 TPS 法可獲良好之影像對位結果。故研究將藉 SIFT 演算法或人工校正獲得的共軛點對，利用仿射轉換求出基本轉換函式後，再用特徵匹配與區域匹配結合的方式找出更多共軛點對，最後將所有共軛點對結合並使用 TPS 法建立二影像間之校齊關係。

薄板樣條函數法是以仿射轉換校正兩張影像全區域的尺度、旋轉、平移誤差後，再利用一個雙調和方程式擬合小範圍的幾何變形：

$$\mathbf{h}(\mathbf{z}) = \mathbf{M}\mathbf{z} + \mathbf{t} + \sum_{i=1}^n \mathbf{P}_i K(\|\mathbf{z} - \mathbf{z}_i\|) \quad (4-6)$$

其中 $\mathbf{M}$, $\mathbf{t}$ 為仿射轉換係數 $a_1 \sim a_3$, $b_1 \sim b_3$, $K(\lambda)$ 為雙調和方程式, $K(\lambda) = \lambda^2 \log(\lambda^2)$, $\mathbf{P}_i$ 為 $K(\lambda)$ 的權重, $\mathbf{z}$ 為原始影像坐標, $\mathbf{z}_i$ 為控制點對坐標, $\mathbf{h}(\mathbf{z})$ 則是轉換後之影像坐標。

首先，將之前介紹的影像匹配方法並進行粗差濾除與方差分量估計後的共軛點對，建立仿射轉換的平差模式後，解得未知參數向量 $\mathbf{x}$ (其元素包含仿射轉換係數 $\mathbf{M}$, $\mathbf{t}$)，其中，

$$\mathbf{l}_{2n \times 1} = [x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n]^T \quad (4-7)$$

$$\mathbf{A}_{2n \times 6} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_2 & Y_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & 1 \end{bmatrix} \quad (4-8)$$

$$\mathbf{x} = [a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3]^T$$

$\mathbf{Q}$ 矩陣為經過方差分量估計後之協因數矩陣, x_i, y_i, X_i, Y_i 分別為兩張影像的影像坐標。仿射轉換之協因數矩陣給定說明如下：由於 $\mathbf{Q} = \mathbf{W}^{-1}$ ，而給定權矩陣 $\mathbf{W}$ 時，將 SIFT 點匹配所求出最小距離 $D_{\min}$ 的倒數作為共軛點對之權，也就是 $D_{\min}$ 越小，表示特徵點的描述向量越相似，所以其權值越大，反之亦然。並且兩張影像利用 SIFT 演算法求得的共軛點對進行基本幾何校正後，才能進行邊緣點的搜尋與對應，因此取 SIFT 共軛點對之權的最小值，作為經由區域匹配與特徵匹配方式獲得的所有共軛點對之權。求出仿射轉換係數後，接著利用仿射轉換後的坐標殘差值，求解 $K(\lambda)$ 的權重 $\mathbf{P}$ ：

$$\begin{bmatrix} x_1 - a_1 X_1 - a_2 Y_1 - a_3 \\ x_2 - a_1 X_2 - a_2 Y_2 - a_3 \\ \vdots \\ x_n - a_1 X_n - a_2 Y_n - a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K(\lambda_{12}) & \dots & K(\lambda_{1n}) \\ K(\lambda_{21}) & 0 & \dots & K(\lambda_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(\lambda_{n1}) & K(\lambda_{n2}) & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{x_1} \\ P_{x_2} \\ \vdots \\ P_{x_n} \end{bmatrix} \quad (4-9)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 - b_1 X_1 - b_2 Y_1 - b_3 \\ y_2 - b_1 X_2 - b_2 Y_2 - b_3 \\ \vdots \\ y_n - b_1 X_n - b_2 Y_n - b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K(\lambda_{12}) & \dots & K(\lambda_{1n}) \\ K(\lambda_{21}) & 0 & \dots & K(\lambda_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(\lambda_{n1}) & K(\lambda_{n2}) & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{y_1} \\ P_{y_2} \\ \vdots \\ P_{y_n} \end{bmatrix}$$

其中 $\lambda_{i,j} = \|(X_i, Y_i) - (X_j, Y_j)\|$, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n$ ，如此即求解出全部的薄板樣條係數。

彎曲能量：

彎曲能量值乃是仿射轉換參數 a_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 及非線性內插函數之權重值 w_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 與由影像之控制點 Q_i ($i = 1, 2, 3$) 建構之 k 矩陣中之各 $U(r_{ij})$ (徑向基函數) 值之乘積合。

$$Bex_i = a_i * k_{ij} * w_i ; i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$Bey_i = a_i * k_{ij} * w_i ; i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$Be = (Bex_i + Bey_i)/2$$

式中， Bex 、 Bey 為影像控制點第 n 點加入 TPS 解算轉換參數之 X 與 Y 坐標分量之累積彎曲能量，而 Be 則為第 n 點之整體彎曲能量。

4.2.5 輻射校正、除薄雲及去霾處理

攝影影像由於大氣因素及地形條件可能產生降質狀況，包括影像對比及色調之差異本研究將提出以視網膜技術為基礎之影像色調重建技術來改善影像降質的問題，藉以增進影像之輻射品質，並進行影像品質之評估。品質評估指標將採用客觀指標，包括新的通用性品質指標 (Universal Quality Index, UQI) 及結構性相似性評估指標 (Structural SSImularity, SSIM) 在內。

Retinex 是視網膜 (Retina) 與大腦皮層 (Cortex) 的縮寫，由 Edwin Land 提出來的一個關於人類視覺系統如何調節感知到物體顏色和亮度模型，它詮釋了物體在不同光源或光線下顏色的恆常性。其不同於傳統影像增強算法，只能增強影像的某一類特徵，Retinex 則可以在灰度動態範圍壓縮，邊緣增強和顏色恆常定三方面達到平衡，因此，目前已在許多方面得到了廣泛的應用，例如：數位相機白平衡算法、醫療影像處理、遙測影像處理等 [Gonzalez, 2002]。

$$\text{視網膜技術基本演算法： } \Gamma(x_i) = I(x_i) + \log(\rho^{x_i}) - \log(\rho^{x_j}) \quad (4-10)$$

$I(x_i)$ 為輸入測試影像的每一個像點

$\log(\rho^{x_i})$ 為待測像點的照明參數

$\log(\rho^{x_j})$ 為待測像點周圍的照明參數

本研究提出修正Retinex基本理論演算法之處理程序。在RGB彩色空間中透過比較同一波段內，一個目標像元與其他像元間的明暗關係，來估計出該像元的真實色彩。包括以下步驟：

1. 前級處理

圖像前級處理部分係完成輸入圖像的格式轉換，主要有3部分：

- (1)將輸入的圖像資料從整數轉化為浮點數格式，這是因為後面的處理會涉及到浮點運算，應保證資料必須有足夠的計算精度。
- (2)將原始圖像轉換至對數空間，這樣做有兩個好處：首先可以使計算簡單，把乘除運算簡化到了對數域的加減運算，可節省運算時間。另外從生理學角度來說，人類對於亮度的感知性接近對數函數曲線，這種處理更加符合視覺系統的敏感性。
- (3)當要處理的圖像是彩色圖像時，需要將輸入圖像按光譜分解為R、G、B 三個波段圖像，因根據Retinex色彩理論，物體的顏色是由物體對長波、中波和短波光線的反射性質共同決定的。

2. 金字塔影像資料結構

在選擇路徑方面，將多解析度金字塔結構引入到計算中，輸入的圖像透過分塊平均降取樣來構造多分辨金字塔結構，這種分層模式與小波處理十分相近。金字塔的頂端對應最低的解析度，即最大的平均程度；最底端對應最高的解析度。

明亮度的比較運算從金字塔的頂端開始，也就是從最低解析度開始計算。圖像像元的最大值記為 $\max$ ，第一層的初始圖像 $O1(m \times n)$ 首先初始化為最大值，與第一層的降取樣圖像進行明亮度比較計算後，得到新圖像 $N1(m \times n)$ ，然後經過像元延續被遺傳下來成為 $N1(2m \times 2n)$ ，進而作為下一層計算的初始值 $O2(2m \times 2n)$ ，再與這一層的降採樣圖像進行明亮度比較計算，如此依次進行，直到完成金字塔最底端一層的比較計算，得到最終的反映圖像本質的明亮度圖像。

3. 明亮度比較計算

本步驟是整個演算法的核心，可計算出每個像元的明亮度，即不受照明環境變化影響的量值；總結為四個步驟：相比、相乘、復位和

平均。採用將原始圖像轉換到對數域的預處理之後，相比、相乘就簡化為相減與相加。相比是兩個像元間亮度的比，在金字塔中的每一層，降取樣圖像中的每個像元沿順時針方向與周圍的八個像元通過求差值進行相比；相乘是與上一層延續下來的圖像進行相加；當相乘的累積結果超過原始圖像的最大亮度值時，則進行復位將其置為原始圖像的最大亮度值；最後將本次比較產生的圖像與上次的結果進行平均，從而將不同路徑對一個像元明亮度的估計結合起來。可總結為：

$$N_{x,y} = \frac{f[(p-q) + O_{x,y}] + O_{x,y}}{2} \quad (4-11)$$

式中 p 和 q 是進行比較的兩點的像元的對數值，則 $p-q$ 代表相比， $(p-q) + O_{x,y}$ 代表相比之後再相乘， f 是重定函數

$$f = \begin{cases} x, & x < \max \\ \max & \text{其他} \end{cases} \quad (4-12)$$

最後除以 2 代表平均，如此經過每一次疊代都能形成一個新輸出圖像 $N_{x,y}$ 。多解析度金字塔的每層圖像經過這樣的明亮度計算，就得到最終的明亮度輸出圖像。正因這種金字塔式的設計，將基於路徑的像元間的比較代之以高效的空間比較，先計算了長間隔像元的相互作用，然後逐步地計算短間隔像元間的相互作用，大幅提高計算效率。

4. 後級處理

為在輸出設備上顯示處理的結果，通常需要將三個波段內的明亮度值轉換為可以顯示或列印的 RGB 值，該轉換可以採用線性映射 (Linear Mapping) 的方法實現。假設每個波段的亮度值用 8 bit 來表示，最亮的部分用 255 表示，最暗的部分用 0 表示，可簡單採用下面的線性映射關係進行轉換：

$$F_k = \left[\frac{N_k - \min_k}{\max_k - \min_k} \right] \times 255 \quad (4-13)$$

式中， F_k 表示第 k 個波段經線性映射後的結果， $\min_k$ 表示在第 k 個波段內明亮度值的最小值， $\max_k$ 表示該波段內的最大值，對 R、G、B 三個波段分別採用上式進行處理，即可得到輸出圖像。

這種分通道單獨處理的方法，作為一種最基本和常用的彩色圖像

處理手段，其優點是簡單、直接，但缺乏色度約束機制易出現顏色畸變。因此根據遙測影像的特點又進行改進。航空影像的成像尺度較大，成像的物件是某個空間範圍內的地形，而地表不同反射特性的物體分佈雜亂相互影響，這樣可把地面看作一個近似的漫反射表面，因而認為其滿足“灰度世界”假設，灰度世界假設是由Bushsbaum提出來的，這個理論認為某個場景的平均反射率總是被視為中等灰度，即：

$$\frac{\int s(\lambda, x) dx}{\int dx} = k \quad (4-14)$$

式中， λ 是波長， $s(\lambda)$ 是表面反射率。大腦只需要把其他各種亮度的色深與這個中等灰度值進行比較，便可以確定或深或淺的各種灰度了。用“灰度世界”的方法對圖像進行後處理，即對原圖像進行如下變換，即調整每個圖元的RGB值，使得調整後圖像的R、G、B三個分量各自的平均值都趨於平均灰度值。

$$\begin{bmatrix} F'_R \\ F'_G \\ F'_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_R & 0 & 0 \\ 0 & k_G & 0 \\ 0 & 0 & k_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_R \\ F_G \\ F_B \end{bmatrix} \quad (4-15)$$

三個線性變換係數可以通過下式計算

$$k_R = \mu / R_s, k_G = \mu / G_s, k_B = \mu / B_s \quad (4-16)$$

μ 是整個圖像的亮度均值， R_s, G_s, B_s 為三個波段各自的均值。經過灰度世界方法處理後的圖像真實自然，沒有色偏和畸變，且基於圖像整體色調的調整，為後續相鄰圖像的顏色匹配和鑲嵌立下基礎。

5. Retinex 處理影像之後處理

上述演算法前半部分是傳統 Multi-Scale Retinex 處理方法，得到 Retinex 處理結果後，再將該處理結果與原始影像做加權平均，加權平均的結果作為最終結果輸出。W 值取 0.4-0.6，可滿足對不同影像的正確處理；同時保證了輸出影像的視覺自然性，與人眼實際觀察到的景物更加接近。

$$I_{out} = wI_{original} + (1-w)I_{retinex} \quad (4-17)$$

通用性品質指標定義為：

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\overline{xy}}{(\overline{x})^2 + (\overline{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (4-18)$$

結構相似性品質指標(SSIM)定義如下：

$$SSIM(x,y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (4-19)$$

4.2.6 無縫鑲嵌及色彩平衡

在遙測影像的應用中，一個應用區域往往需要多幅影像才能完全覆蓋，因而必須對多幅影像進行校準，並鑲嵌成一個整體，以便於能夠實現統一的分析、處理、解譯和其他的應用。較之傳統的鑲嵌方法，數值鑲嵌是一種更為有效的鑲嵌手段，能夠確保鑲嵌影像之幾何品質，也可使鑲嵌影像之整體色調一致，影像鑲嵌處理之程序如下：

- 準備工作

首先要根據需要，挑選資料性質接近的遙測影像。在鑲嵌時，應盡可能選擇成像時間和成像條件接近的遙感影像，以減輕後續的色調調整工作。

- 預處理工作

預處理工作主要包括輻射校正、去條紋與斑點和幾何校正。

- 確定鑲嵌之演算法則

在進行多幅影像的鑲嵌時，鑲嵌方案的確定是較為重要的，可以節省時間和工作量。首先應確定標準像幅，標準像幅往往選擇處於研究區中央的影像，以後的鑲嵌工作都以此影像作為基準進行；其次確定鑲嵌的順序，即以標準像幅為中心，由中央向四周逐步進行。

- 重疊區確定

遙測影像鑲嵌工作的進行主要是基於相鄰影像的重疊區。無論是色調調整，還是幾何鑲嵌，都是將重疊區作為基準進行。重疊區確定之準確將直接影響到鑲嵌的效果。

- 色調調整

色調調整是遙感影像數值鑲嵌技術中的關鍵環節。影像色調的差異將影響整體影像之視覺效果。因此須進行色調調整工作。

- 影像鑲嵌

在重疊區已確定和色調調整完畢後，即可對相鄰影像進行鑲嵌。所謂鑲嵌就是在相鄰兩幅待鑲嵌影像的重疊區內尋找一條接縫線(接縫線)。接縫線的品質直接影響鑲嵌影像的效果。在鑲嵌過程中，既使對兩幅影像進行色調調整，但兩幅影像接縫處的色調也不可能完全一致，為此還需對影像的重疊區進行色調的平滑(亮度鑲嵌)，如此才能使鑲嵌後的影像中無接縫存在。

- 色彩平衡

最後進行整體影像之色彩平衡及勻光處理。

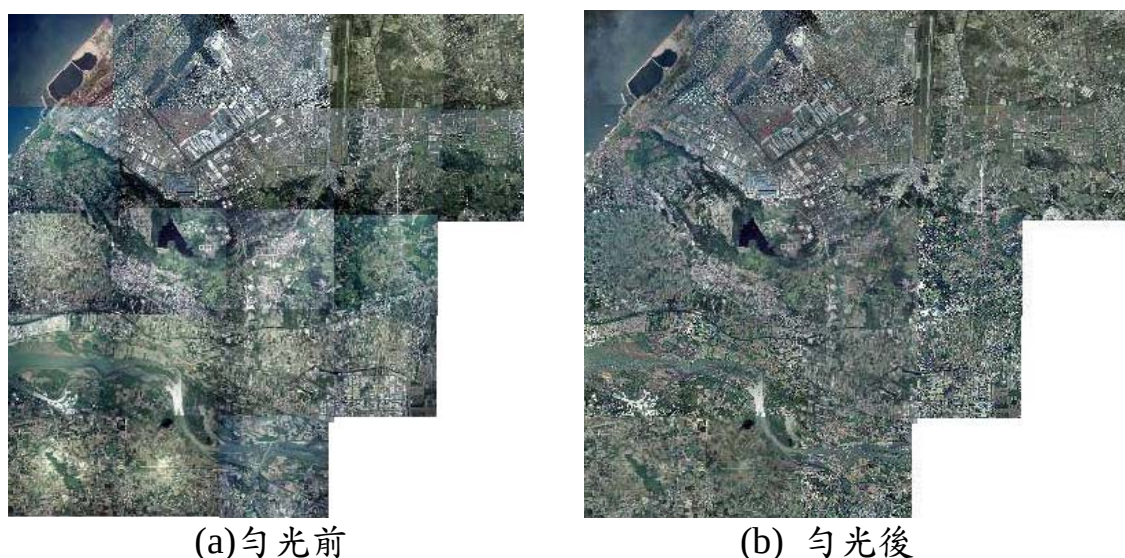


圖 4.5 像鑲嵌

4.3 多源圖像局部快速修測及更新之策略

對地觀測的遙測攝影技術發展相當快速，從衛星、航拍，低空 UAV 為載臺至地面之近景攝影方式，影像光譜由被動式的可見光、紅外線至主動式的雷達；感測器亦由傳統類比底片式像片進步為數值式影像，因此，目前對地觀測影像已明顯的成為多來源的方式。原始觀測影像必須經過適當的處理方能變成有用的資訊，例如影像的正射化糾正、顏色的輻射處理及鑲嵌等。

傳統對遙測影像之製圖化處理已可經由發展成熟之常規程序來完成。現實上，地表地形及地物隨時間的改變並非全面性而是局部性，局部改變稱之為目標區。故就實用的目的而言，並不需對整體區域進行常規的重製工作，僅需針對局部之目標區進行更新即可。一個

快速更新方法的程序機制，可節省大量的工作時程，達到高效及經濟的處理效益。本研究即結合前述理論及方法，提出多源圖像局部快速修測及更新之策略。基於目標區的正射影像快速更新方法主要包括以下步驟：1.圖像的預處理；2.控制點特徵提取；3.影像匹配；4.影像局部自動更新及色調調整等。

1. 圖像的預處理

為達快速更新的目的，盡可能選擇合適的影像資料，新舊兩幅遙測影像的成像方式越接近，解析度越接近，時相差異越小的，後續處理效果越好。故最好能選取相同感測器獲取的圖像，當達不到此要求時，應儘量選擇類似波段。圖像預處理工作是必要的，它包括兩方面：(1)輻射校正：如灰度拉伸、直方圖調整、色階調整、亮度和對比度的調整等；(2)幾何校正：如圖像的旋轉、平移、尺度縮放(解析度)等。

2. 控制點的特徵提取

為進行新、舊影像間之幾何對位處理，必須先進行控制點選取。在影像套合程序中，影像套合成果之良窳取決於控制點之正確及映射(轉換)函數之使用。由於多來源影像中可能存在影像間之尺度、旋轉及光照的問題。常規處理中使用的特徵點選取方法，如 Harris 角點偵測方法可能造成精度不足，甚至於後續以區域為基礎(Area-Based Matching)之影像匹配中造成控制點選取之失敗，因此，必須尋求新的方法來解決。本文所述之 SIFT 演算法將是一個有效的解決方法。

3. 影像匹配

影像匹配之目的是在新、舊影像中分別萃取所得的特徵點間進行配對，用以獲取正確配對之控制點坐標。傳統上以區域為基礎之影像匹配方式，如最小二乘匹配法(Least Squares Matching, LSM)為影像匹配之主流方法，然而就以區域為基礎之影像匹配方式而言仍然有許多無法克服之困難處，例如影像中具有均調區(Homogeneous Regions)或紋理重複區時即無法匹配成功。該匹配法無法克服當影像具有不同尺度變化、旋轉時匹配失敗之缺點。同樣的，本文所述之 SIFT 演算法，改用以特徵為基礎匹配(Feature Based Matching)將是一個有效的解決方法，同時可獲得次像元精度之結果。

4. 影像局部自動更新及色調調整

欲完成影像間局部自動更新之目的，必須先完成新、舊影像之幾何對位，使二者影像間具近乎相同之幾何性質。本程序是在控制點匹配選取完成後，選擇適當的映像函數並對新影像進行扭曲糾正而成。

映像函數可概分為全域(Global)與區域(Local)兩大類。全域映像函數為使用所有控制點對整體影像進行轉換參數計算。區域映射函數則將影像予以分成不同的區塊並依各區塊之幾何差異進行轉換參數計算。傳統上多以多項式或不相交之三角形網 TIN (Triangulated Irregular Network)為之，計算速度快，但有精度不足及區塊間不連續之缺點。近年來亦有學者提出綜合全域及區域之綜合型映像函數，兼具計算快速及區域變化描述之優點。以薄板樣條函數 TPS (Thin Plate Splines)法為代表。如本文所述之 TPS 演算法。本研究中使用 TPS 方法進行影像對位，更進一步使用其彎曲能量加入影像間自動控制點選取之最佳化程序中，作為「除錯機制」及最佳點數選取之「停止機制」，成效極為良好。影像之色調調整使用前述之視網膜及白平衡為之。

4.4 影像相關處理實例

4.4.1 影像清晰度之測試

為驗證影像評估指標之代表性，本研究先以一清晰影像經由人工方式模糊後進行模擬實驗，採取熵值、標準差、清晰度等3種絕對影像指標，另選擇通用性影像品質指標UQI(Universal Quality Index)及結構相似性品質指標SSIM(Structural SIMilarity)2種相對性指標進行測試與分析；同時引入全區點銳度演算法作為影像清晰度評估依據。

為尋求兼具符合人類視覺特性、色彩恆常性及清晰易遍辨識的客觀指標，本文以前述三種絕對影像指標(熵值、標準差、清晰度)之值，各取權值1/3運算，經以下測試影像證明，確實有其參考之依據。

模擬影像使用花蓮吉安於 2008 年中所拍攝之影像為例，分別取高斯模糊半徑為 10pixel、20pixel、30pixel 以 RLE 模糊方式將測試影像劣質化後，分別計算其熵值、標準差及清晰度。圖 4.6 為清晰度測試影像，表 4.1 計算所得之品質指標。

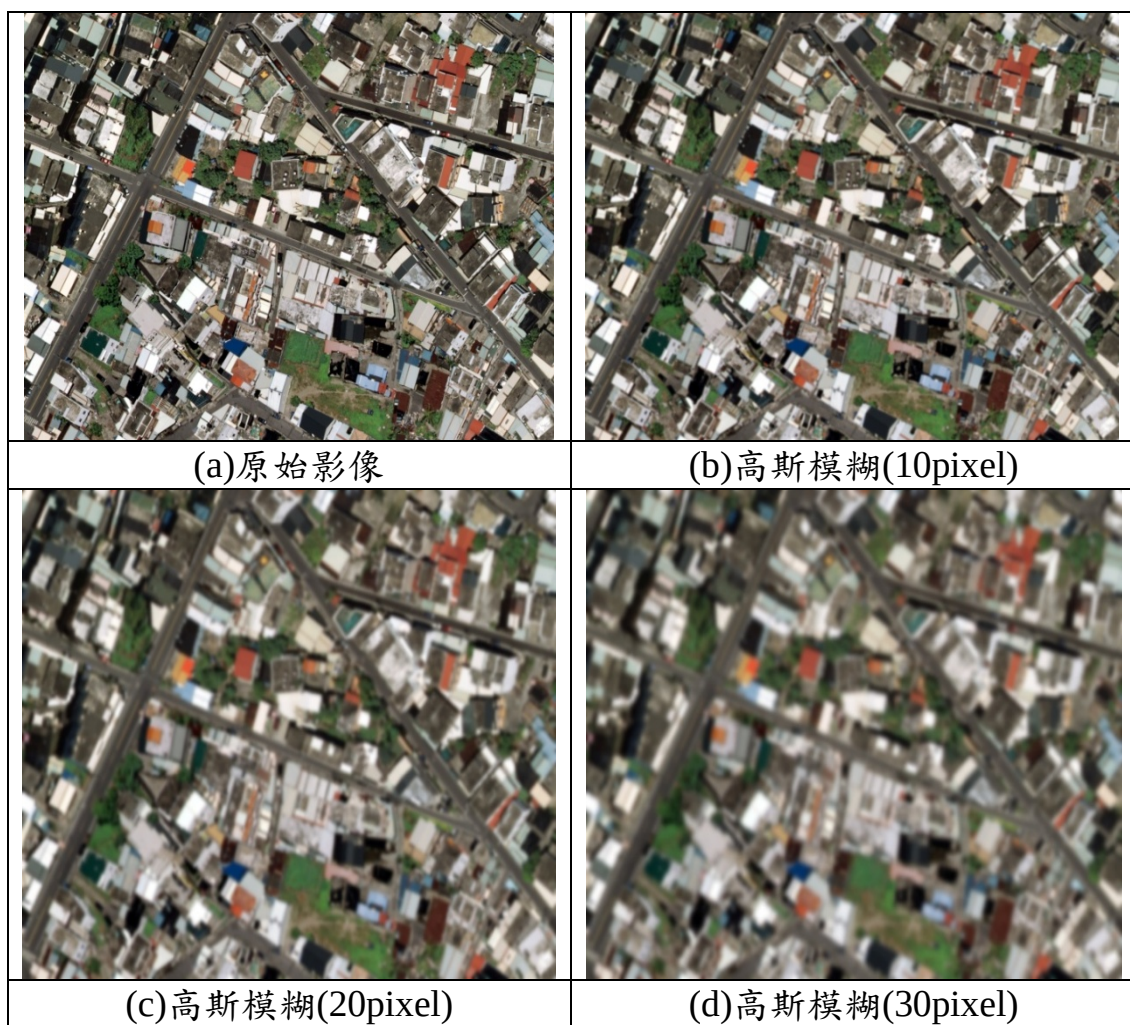


圖 4.6 晰度測試影像

表 4.1 測試影像品質指標

指標 影像	絕對品質指標			
	熵值 (Entropy)	標準差 (STD)	清晰度 (Definition)	New-Index
a	7.816	63.925	52.544	41.428
b	7.731	57.439	21.201	28.790
c	7.640	52.640	13.822	24.701
d	7.550	48.810	10.486	22.282

由表 4.1 顯示所有指標均有共同趨勢，原始影像的所有指標值均最高，但在三種指標中以清晰度指標之差異度最大，亦即敏感度最佳。

4.4.2 Retinex 技術之影像增強

測試影像一：NASA 範例影像

本影像源自於 NASA 網頁介紹有關 Retinex 算法應用之實例，作

為實驗的樣本。圖 4.7(a)為原始影像、圖 4.7(b)為經 AutoLevel 處理後之影像、圖 4.7(c)為使用 Histogram-Equalization 算法處理後之影像，圖 4.7(d)為使用 MSRCR+本研究色彩修正處理後之影像。

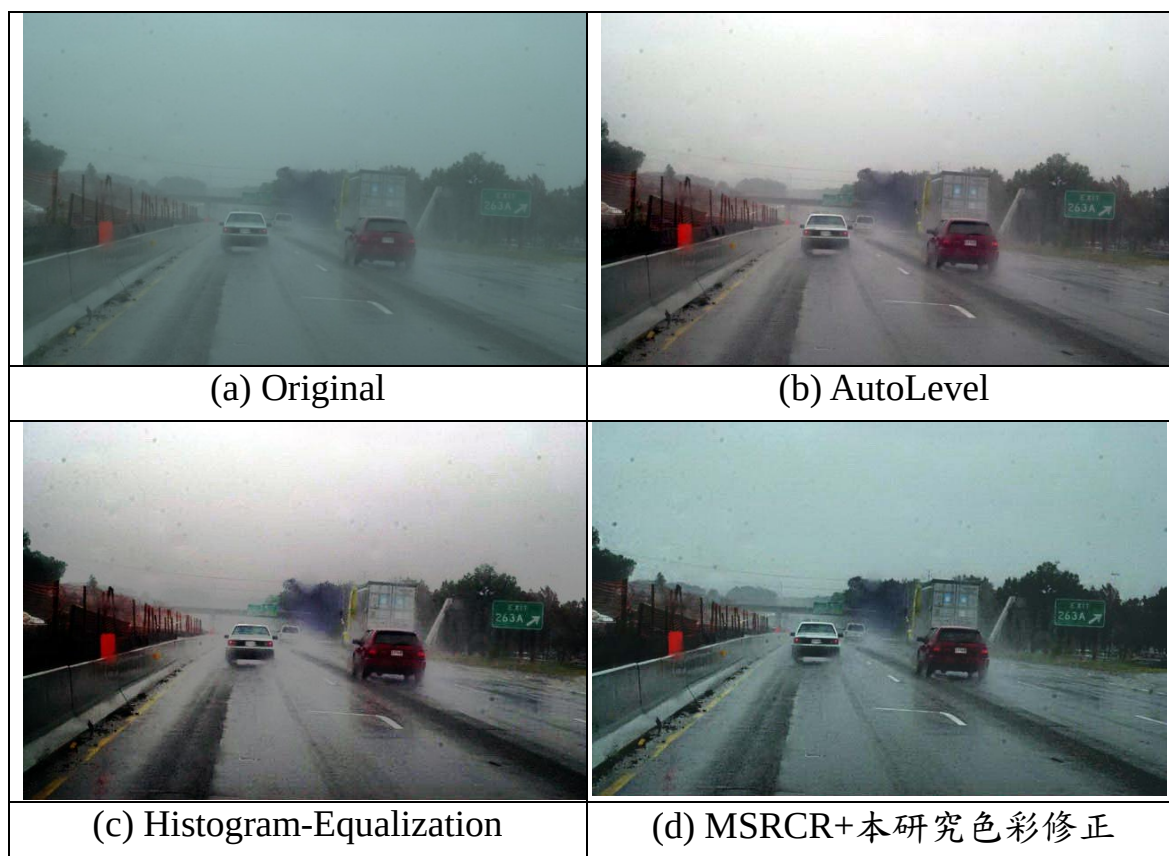


圖 4.7 測試影像一及處理結果

表 4.2 測試影像一之品質指標

指標 影像	絕對品質指標				相對品質指標	
	Entropy	STD	Definition	NewIndex	UQI	SSIM
a (Original)	6.623	32.839	8.354	15.939		
b AutoLevel)	7.633	69.016	17.670	31.440	0.674	0.900
c(Histogram-Equalization)	7.989	73.859	23.774	35.207	0.470	0.777
d (MSRCR+ 本文方法)	7.542	67.050	27.582	34.058	0.504	0.807

測試影像二：IKONOS 遙測影像(因霾與部份薄雲之退化影像)

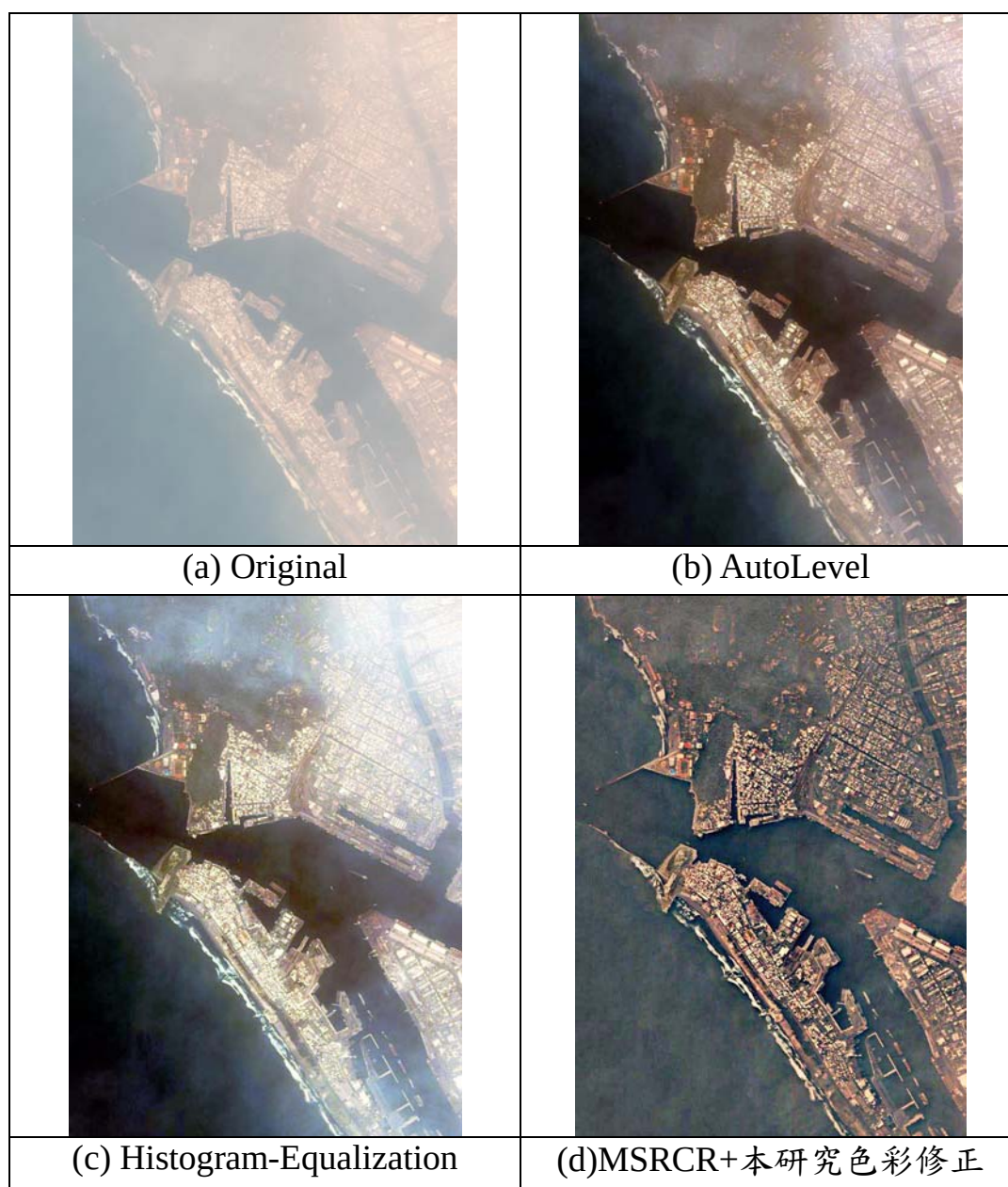


圖 4.8 測試影像二及處理結果

表 4.3 測試影像二之品質指標

指標 影像	絕對品質指標				相對品質指標	
	Entropy	STD	Definition	NewIndex	UQI	SSIM
a (Original)	6.160	21.852	16.130	14.714		
b (AutoLevel)	7.726	63.281	47.553	39.520	0.404	0.616
c (histogram-equalization)	7.947	73.367	49.751	43.688	0.408	0.626
d (MSRCR+ 本文方法)	6.950	40.736	96.628	48.104	0.228	0.751

4.4.3 SIFT 演算法於空中三角測量之應用

本實驗之目的主要探討 SIFT 特徵演算法於自動空中三角平差計算之應用。選擇屏東縣潮州鎮 97 年之數位航拍影像作為實驗影像，主要分為四個程序：

1. 匹配區塊與特徵點(連繫點)之自動選取與特徵萃取；
2. 空中三角平差計算與精度分析，以瞭解 SIFT 演算法所萃取特徵點之精度。
3. SIFT 演算法於尺度、旋轉及光照不均之不敏感度分析。
4. 快速影像拼接。

使用 Visual C++ 2008 Express 配合 Open CV Library 與 GNU Scientific Library(GSL)函式進行 SIFT 演算法之程式設計，同時藉由 Intergraph 專業自動空中三角測量軟體(Image Station Automatic Triangulation, ISAT)進行相關精度分析及影像拼接應用。

1. 實驗流程

本實驗選擇 Intergraph DMC 數位航拍影像、二個航帶，每個航帶三張影像，共六張影像之區域作為實驗影像。首先使用正常拍攝影像進行正規之空中三角平差計算，在影像重疊區內，利用基於內容之影像檢索方式，進行共軛點(連繫點)匹配區塊影像之自動快速定位，據以選取目標影像之局部區域影像，進一步完成特徵點之萃取後，將其匯入 ISAT 軟體程式，進行空中三角平差計算及精度分析；同時藉 ISAT 軟體內之區域基礎匹配萃取特徵點及平差計算，對二者結果進行比較，以瞭解 SIFT 演算法所萃取特徵點之精度。

另為瞭解 SIFT 演算法在不理想攝影情況之適用性，將原正常航拍影進行尺度、旋轉及光照不均等情況之模擬，進行相同之程序及分析。最後，直接將 SIFT 演算法匹配所得特徵點，匯入 Hugin 全景拼接軟體進行快速影像拼接。

2. 實驗影像基本資料

本實驗為 DMC 航空數位相機於屏東縣潮州鎮所拍攝，航線為南

北方向來回攝影，影像之前後重疊率為 60%、側向重疊率為 30%，相機焦距 120mm，CCD 像元大小為 12 μ m，航高約 1000 公尺，影像解析度約 10 cm，像片比例尺約 1/8300~1/8400，作為 1/1000 數值航測地形圖測製使用。詳細之相機及飛航相關資訊，如下表 4.4 所示，表 4.5 為實驗影像之攝影站坐標，可提供空三計算之近似值資料。

表 4.4 航空數位攝影相機相關資訊

航空數位攝影相機(DMC)			
相機相關資訊		飛航相關資訊	
相機焦距	120 mm	飛航高度(H)	約 1000 公尺
影像大小	7680×13824	前後重疊率	約 60%
CCD 像元尺寸	12 μ m	左右重疊率	約 30%
像片比例尺	約 1/8300~1/8400	影像解析度	約 10cm
影像位數	12 bit s	影像波段	R, G, B 波段彩色

表 4.5 航空數位影像攝影站坐標

ID	E	N	h
20067	202945.384	2495975.975	1043.452
20068	202941.802	2496129.600	1045.350
20069	202936.849	2496283.688	1044.965
30026	203895.722	2495966.892	1037.291
30025	203891.806	2496119.521	1036.933
30024	203893.557	2496272.681	1040.041

本實驗影像均為彩色影像，因此先將彩色影像之 R, G, B 三個波段予以轉換為黑白影像，提供 SIFT 演算法之相關處理。

$$Y = 0.212671 * R + 0.715160 * G + 0.072169 * B$$

3. 特徵點匹配影像區塊(Patch)之快速定位程序

本實驗採用之數位航拍影像，其像幅原始大小為 7680 × 13824，每張影像約 404MB 儲存容量，屬於大型影像。首先的工作為利用基於內容的影像檢索技術來獲取目標影像中待匹配之子影像區塊，該階段之處理為要求快速搜索定位而暫不需考慮點位的精度問題，因此在處理中將所有原始影像先予直接縮小 10 倍，再進行影像檢索及定位，可以大幅縮短檢索時間，明顯提高運算效率。

如圖 4.9 所示，首先利用單一影像(或欲進行匹配之點位)九個標準區內之中心位置為基準，切取 2048*2048 之大小範圍作為索引影像，再利用 SIFT 演算法對相鄰具有重疊區域之影像進行搜索及定位動作，若於六張影像中均有找到此區塊，即所謂的六重點分佈區塊；若只有三張影像中有包含，即所謂三重點分佈區塊。

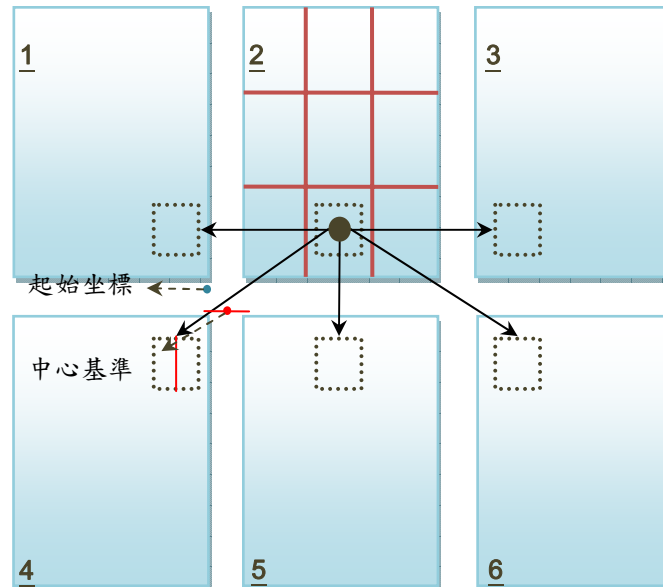


圖 4.9 待匹配區塊影像檢索定位示意圖

實驗結果如圖 4.10 所示；以六重點為例，先以某區塊為索引影像(2048*2048)，對數張目標影像(原大小為 7680×13824，先將其縮小十倍)進行檢索。經運算後，SIFT 演算法可快速檢索到影像中所對應的區塊，縱使目標影像與索引影像因相鄰航帶飛行方向不同(圖 4.10 之(4)~(6))，仍可有效且成功的檢索到所對應區塊。該結果顯示，利用 SIFT 演算法進行影像之快速檢索及定位，可替代傳統上常用的需藉已知控制點來建立影像間之轉換關係，或使用既知的影像外方位參數來預估匹配區塊近似位置的方法。該法為自動空中三角提供更佳的自動化程序，對不具已知或導航訊息之航空攝影，如無人航空載具影像處理之應用，提供一個突破性的方法。如圖 4.9(4)，在順利檢索到所對應之影響到區塊後，即可將所匹配的點位中心求出，並以中心為基準，重新切取 2048×2048 區域，並將此區塊之原始影像之起始坐標進行記錄，進行後續 SIFT 特徵點選取與匹配，程序中僅針對此區塊內進行運算即可。如圖 4.11 為索引影像與目標影像所對應之區塊。

4. 特徵點位匹配程序

為獲每張影像所選取待匹配影像區內之特徵點(連繫點)，使用自行設計之 SIFT 演算法程式來進行特徵點萃取及影像匹配之工作，SIFT 演算法特徵萃取之門檻值定為 0.49，再用 RANSAC 完成錯誤點偵測，可獲得相當數量之特徵點。圖 4.10 為將整張影像縮小四倍後特徵點萃取之結果，可獲得約 5000 點。圖 4.10(b)為 SIFT 演算法匹配結果，紅色代表匹配特徵點之對應連線，圖 4.10(c)為 SIFT+RANSAC 除錯後所得較穩定之特徵點，藍色代表匹配特徵點之對應連線，在此以視覺化方式展現，圖 4.10(a)為最後特徵點位之分佈圖。

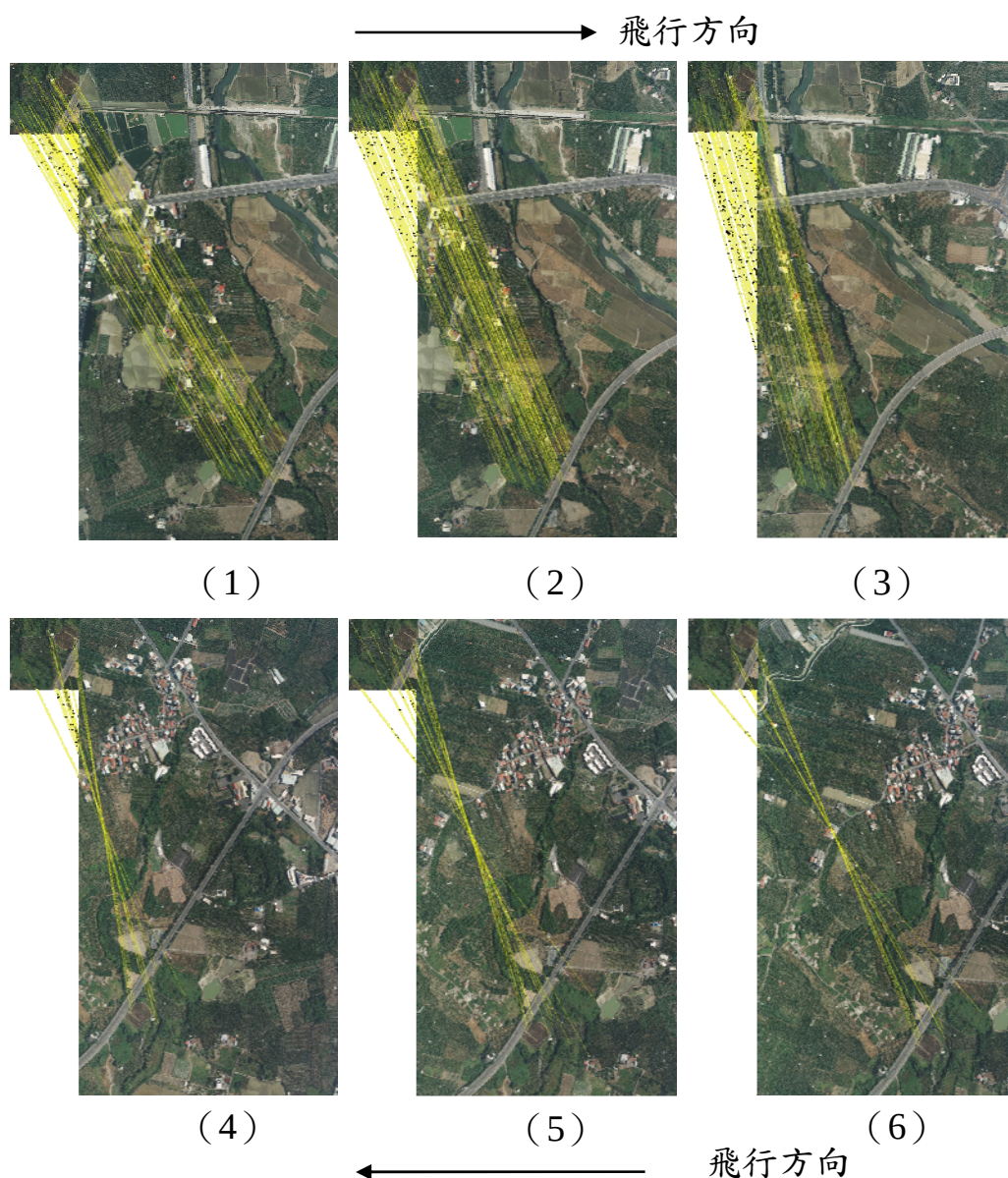


圖 4.10 六重點快速檢索成功示意圖

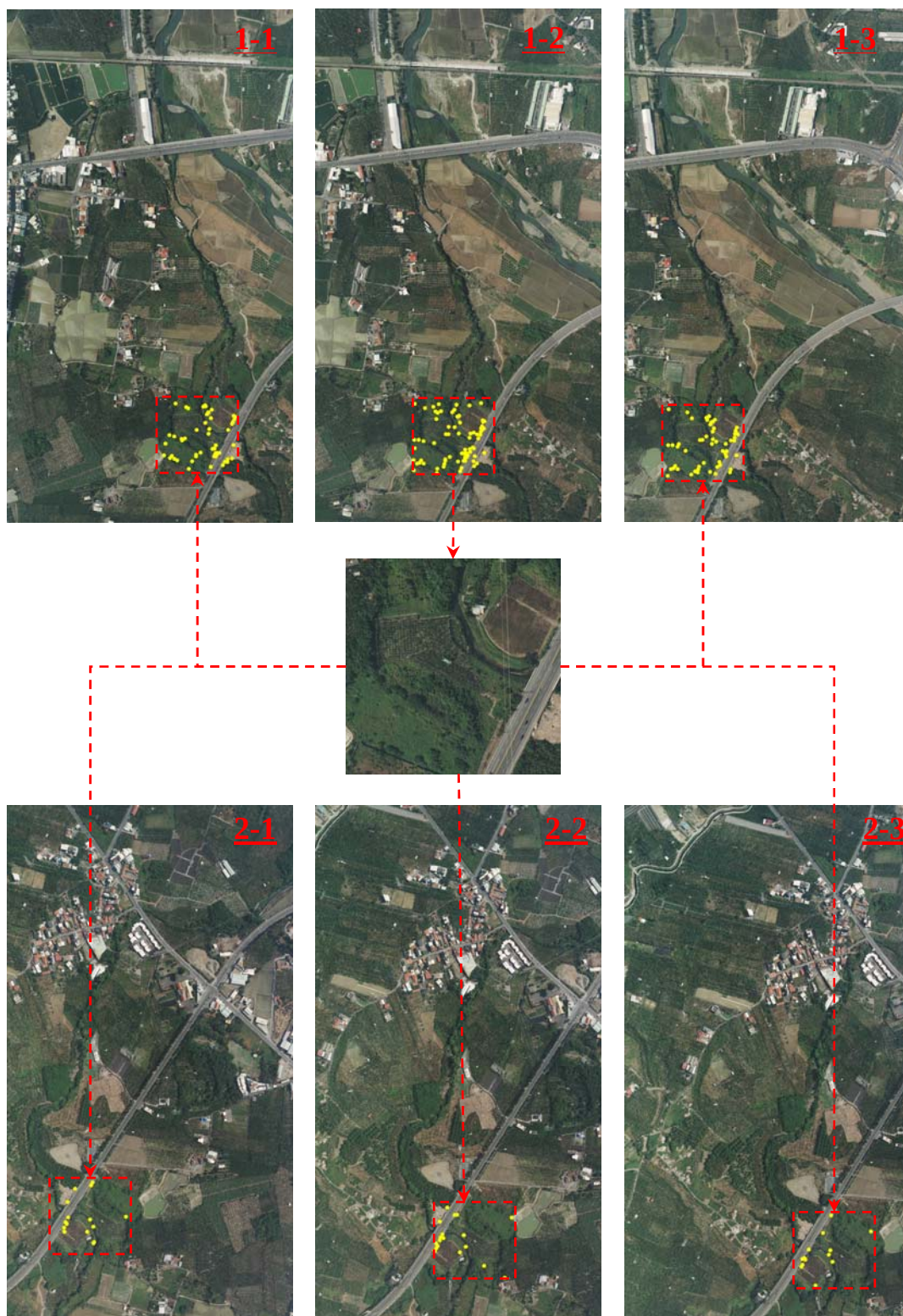


圖 4.11 檢索影像對應目標影像之區塊示意圖

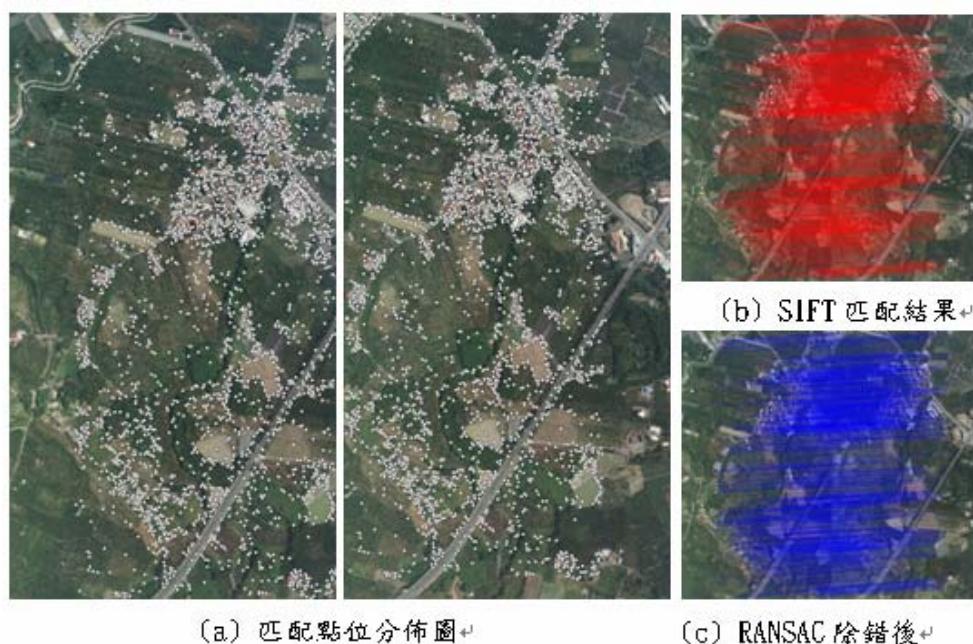


圖 4.12 全圖縮小四倍運算(約略 5000 點)

當每個區塊均完成快速檢索及定位後，可將所有區塊點位資料轉換至原始影像坐標，進行待匹配區塊之重新切取及該區塊內之精細特徵點萃取與匹配。針對航帶間之匹配運算方法，由於航空攝影不論其飛行採用來回往返式或同一方向式均有其規則性。如圖 4.13 之同一方向航線之二條航帶為例，以 1-1 的第 1 區塊與 1-2 的第 1 區塊進行匹配，1-2 的第 1 區塊與 1-3 的第 1 區塊進行相互匹配，1-1 第 3 區塊與 2-1 的第 3 區塊需進行跨航帶之連結匹配，若特徵點位於三(N)張影像中均有出現，即所謂的三(N)重點，則優先保留此特徵點位，如此一來，區域間即可完整的連接，再進行後續之隨機取樣，其他匹配區塊之作法依此程序完成。【1-1：意指第 1 條航帶之第 1 張影像】。淺綠色及藍色處為二重點分佈區、紅色為三重點分佈區、深綠色為四重點分佈區、黃色為六重點分佈區。

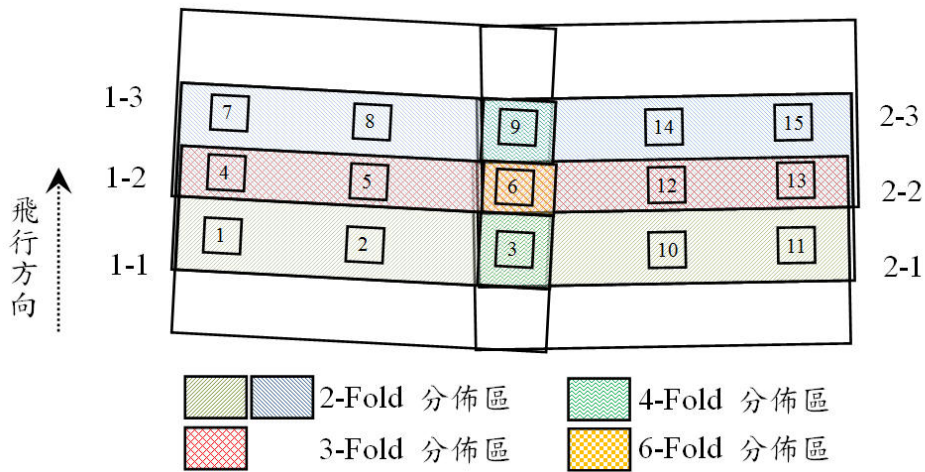


圖 4.13 多航帶特徵點匹配示意圖

SIFT 演算法+RANSAC 之除錯處理可以獲得相當數量且匹配成功之特徵點，匹配成功之特徵點，可藉影像疊合方式予以顯示，但這些特徵點並不具有視覺上之特徵，難以進行所萃取點位之精確度分析。因此，將其匯入空中三角軟體 ISAT 中，藉其嚴密之共線光束法平差模式進行相關之精度分析，以自由網(Free Net)方式，同時起動其自動偵錯功能，將影像殘差(Residual)大於 $8\mu m$ 之點位予以剔除不列入計算，以求得最終平差計算之結果，可據以分析 SIFT 演算法自動萃取特徵點位之精度。

第五章 超短基線之水下定位系統的精度探討

5.1 水下定位系統模式

(一) 航行位移推測(Dead Reckoning)

所謂航行位移推算就是由一已知點出發，藉由航向變化、速度、時間來推算出相對於出發點的位置。在水下定位的應用中，航行位移計算常使用慣性導航系統(Inertial Measurement System; INS)和都卜勒流速計(Doppler Velocity Log; DVL)。

1. 慣性導航系統：

慣性導航是利用加速規和陀螺儀量得水下載具在三垂直軸向的加速度和角速度，配合已知出發點速度、姿態，透過力學運動計算出水下載具之位置、速度、姿態、航向等資訊。

慣性導航系統由慣性測量元件(Inertial Measurement Unit, IMU)及導航系統(Navigation System)所組成，慣性導航的優點是相對精度很高，主要缺點是誤差值同樣經由積分累積越來越大，因此適用短週期的相對位移計算，可得到高精度的定位成果。另一方面，精度越高的慣性導航儀，相對而言其體積較大，價錢也是成等比級數上升。對於水下測量而言，儀器的體積及防水性是另一項重要的考量因子。

慣性測量元件主要由三個垂直軸向的線性加速規組成，獲得三個軸向(X, Y, Z)的加速度，可間接推算三軸向的位向角度(Pitch, Roll, Yaw)，可參照圖 5.1，也可直接量測三軸的角動量計算三軸向的位向角度。

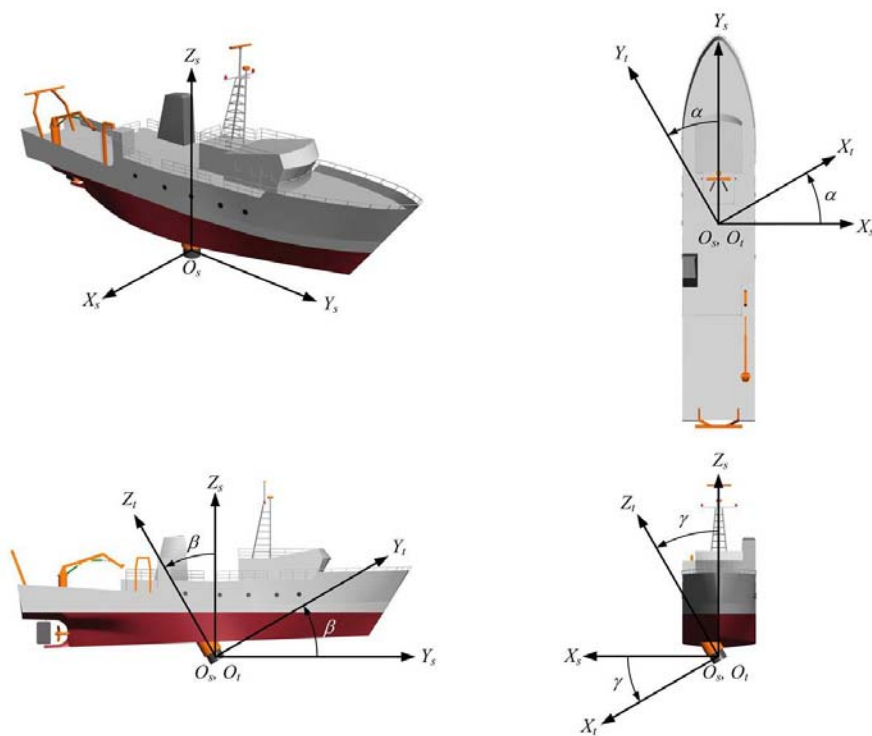


圖 5.1 三個軸向的角度位向

由三個垂直軸向的線性加速規輸出的資訊，通常不足以獲得精準的正確位置，導航系統需計算額外資訊：姿態計算、重力改正、加速度積分、速度積分等，才能獲得充份修正參數，以 IXSEA Octans 100 為例，其電羅經(Gyrocompass)的精確度會隨著緯度改變(可參圖)，因此作業時若給予 NMEA 的 VTG 資訊，可降低誤差值，另給予當前載具的相對地面速度也是必要的修正資訊。

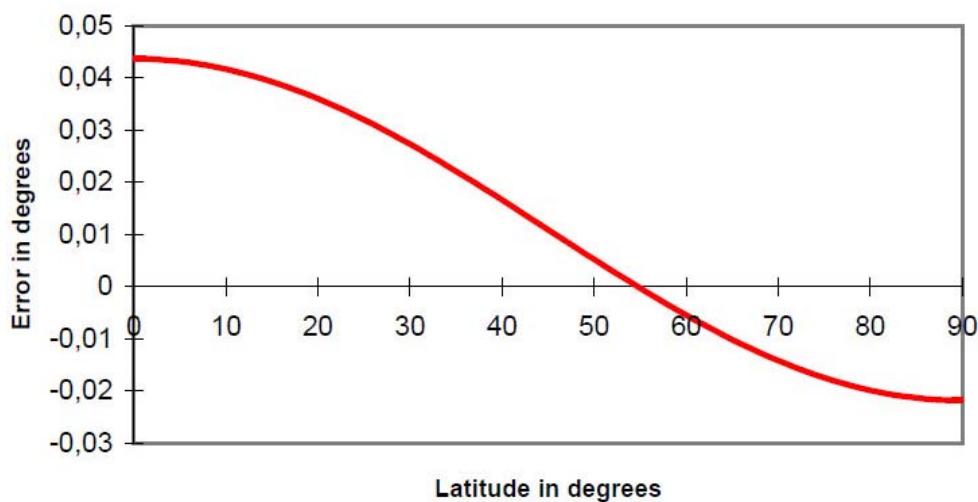


圖 5.2 電羅經誤差與緯度的關係圖

2. 都卜勒流速計：

都卜勒流速計則是發射一固定頻率之聲波至海床，再接收由海床反射之回訊，若都卜勒流速計與海床有相對運動，都卜勒流速計接收由海床反射之聲波頻率便會與發射聲波不一樣，藉此可以推求都卜勒流速計與海床之間的相對運動速度，再將速度對時間積分便可求得相對位移。利用慣性導航或者是都卜勒流速計來推算水下載具航行相對位移，會受限於資料更新頻率和積分運算本質，使得位置估測誤差隨著時間增長而持續累積；除此之外，一旦速度和航向量測不準確，位置估測誤差也會隨著時間增長而持續累積，所以航行位移推算並不適用於長時間的位置估測。航行位移推算中最主要的一個誤差來源就是航向量測偏差 (Heading bias)，主要是因為羅經容易受到水下載具(電池、馬達、纜線)產生的局部磁場所影響 (Grenon, 2001)。不過，在速度和航向量測準確的情況下(特別是航向量測)，航行位移推算最大的優點是在短時間內產生的位置估測誤差很小，所以航行位移推算若能搭配其他定位系統使用或是整合其他感測資訊，便有可能獲得相當精確的定位。所以利用慣性導或是都卜勒流速計來輔助水下載具定位，其成功的關鍵技術在於研究慣性導系統之航向偏差特性，並建立有效的校正程序來降低航向偏差對水下定位的影響。

都卜勒流速計可以安裝於水下自主式載具(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)或水下遙控載具(Remotely Operated Vehicle, ROV)，用於協助載具的定位及導航(圖 5.3)。

AUV 及 ROV 的水下定位方法是依照其水下航行測量設計，其中重要的設計條件是避免與海床的碰撞，並保持在海床上一定的航行高度，因此水下載具的導航安全需求，較水下定位精度要求更為優先。都卜勒流速計(Doppler Velocity Log; DVL)的原理是由載具向下量測，可同時計算都卜勒流速計至海床距離(Z_2)及相對運動的平面位置(X, Y)，另一方面 ADCP 也需要簡易的姿態感應資訊(Pitch, Roll, Yaw)以修正(Z_2)，並輔以壓力計解算 ADCP 至水面距離(Z_1)，獲得完整的三維資訊(X, Y, Z)，由於其平面位置(X, Y)是以 ADCP 開始測得海床作為起始原點(0,0)，故其所得到的資訊皆為相對位置。

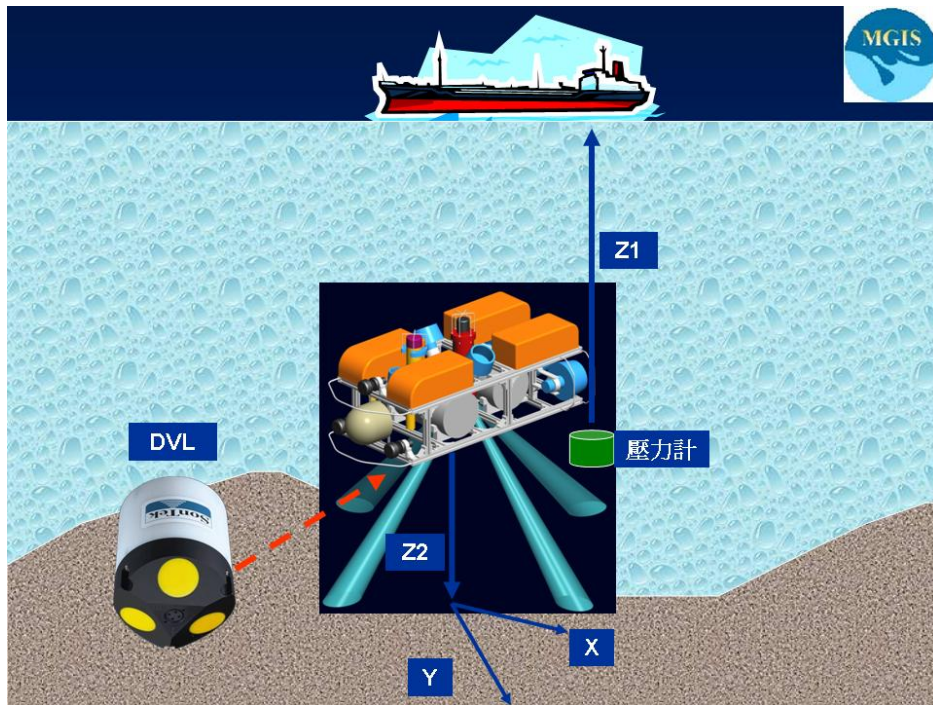


圖 5.3 水下定位方法-都卜勒流速計

利用都卜勒流速計進行水下定位，其量測精度以 DVL 的量測距離及其音束束寬為主要的評估基準。另一方面，定位所需的積分計算所產生的累積誤差，則是 DVL 水下定位的另一項主要誤差源。

DVL 定位的優點是計算較 IMU 簡單，另一方面 DVL 的四個聲波感測器，可有效協助水下載具進行高程(Z2)的計算。受限於聲傳速度(約 1500 m/s)，其缺點是資料輸出頻率不夠快(僅為數 Hz)，故定位誤差容易累積變大。此外，水中聲波遭遇氣泡或水溫驟生(例如海底熱泉)而無法準確提供定位資訊時，導航系統須具備足夠預測運算能力，以修正 DVL 的定位資訊。在經費足以負擔及載具配套設施足夠時，水下載具同時安裝 INS 及 DVL 可大幅增加水下定位的精度。

(二) 基線聲學式定位(Baseline Acoustic Positioning)

在此法中兩應答器間所連成的直線稱為基線。基線聲學式定位採用空間後方交會法的原理，與衛星定位的原理類似，如圖 5.4 所示。

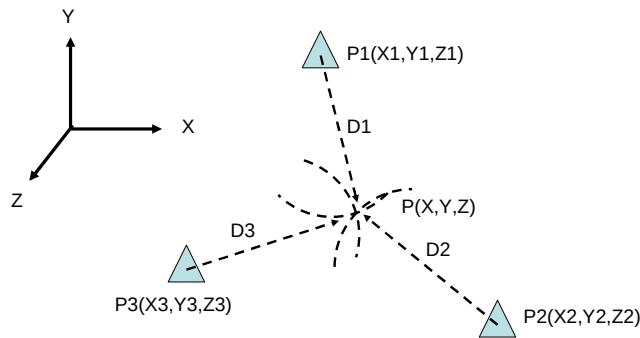


圖 5.4 水下定位原理示意圖

依基線的長短，水下聲學的定位方式可分：

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

如圖 5.5 所示，基線距離可長達數公里，收發器固定於水下(或水面)載具上，應答器(P1,P2,P3)則固定在已知位置的海床上，利用各點量得的斜距可求得 P 點的位置。



圖 5.5 長基線聲學定位(LBL)示意圖

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

如圖 5.6 所示，收發器固定在船隻底部，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之外，船隻載具的姿態(heave, roll, pitch, yaw)亦需修正。



圖 5.6 短基線聲學定位(SBL)示意圖

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

如圖 5.7 所示，基線距離非常短，僅有數公分至數十公分。因基線距離過短，已經不適用時間差的測量原理，其定位方法採用相位差的計算原理。



圖 5.7 超短基線聲學定位(SSBL)示意圖

原則上，基線距離越長(P1,P2,P3 之間的距離)則定位精度越高，故與其它基線系統比較起來，長基線定位系統可獲得最精確的定位。不過，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。相對而言，超短基線的定位比

較不準確，可是具備安裝簡便、作業省時的優點，因此本研究選擇超短基線系統作為水下目標物的定位方法，進一步探討其定位精度。

超短基線系統之元件包含：收發器(transceiver)、應答器(transponder/responder)及控制器(computer or topside unit)。其中收發器包含三個以上分隔數公分基線(baseline)的音鼓陣列(transducer array)，通常固定於船底(hull-mounted)或船隻左右舷(side-mounted)，而應答器則安置於海床上、拖魚(towfish)或水下載具(如 ROV、AUV)，控制器則是利用收發器所量測得到之距離(range)與方位角(bearing)來計算應答器所在之位置。收發器會傳送一聲學脈波(acoustic pulse)，當海下之應答器偵測到此脈波後會以特定的聲學脈波回覆。此回覆之脈波被收發器接收到之後，由發射到接收所歷經的時間可以換算成傳播距離(range)，而利用音鼓陣列收訊的相位差(phase-differencing)則可以計算收發器至水下應答器之方位角。

5.2 實海域定位量測資料之對準偏差校正

本研究從探討 pitch、roll、heading 三個角度的對準偏差對於應答器定位的影響著手，從而建立對準偏差校正程序，並發展出偏離航跡誤差校正的程序與方法，並透過實海域蒐集之資料進行分析，以驗證此一演算法的可行性。

(一) 實海域量測

實海域量測資料是在高雄外海所蒐集的海床應答器定位資料，使用一般商用超短基線定位系統；應答器透過錨碇串列被佈放於水深約 230 公尺的海底，使用儀器尚包括 GPS、電羅經、運動感測器。圖 5.8 為蒐集定位資料時的船行軌跡，將之分為 L1-L8 共 8 個線段。這 8 條測線所量測到的應答器位置如圖 5.9，圖 5.10 清楚顯示在未對準偏差校正前，量得的應答器位置四散於真正應答器位置四周。在資料收集期間也透過 CTD 量測來獲得水層聲速剖面，結果如圖 5.10。根據此一水層聲速剖面、聲學斜距量測及 GPS 定位，推算出應答器的絕對座標位置為(157526.34, 2498124.98, 230.42) m，如圖 5.8 與圖 5.9。

在利用發展出的演算法估算對準偏差之前，必須進行偏離航跡誤差修正。以 L7 測線之應答器定位資料為例，圖 5.11 顯示該測線定位資料之偏離航跡誤差修正結果。從圖 5.11 可看出修正之前應答器軌跡的扭曲程度，經過偏離航跡誤差修正之後有顯著的改善。

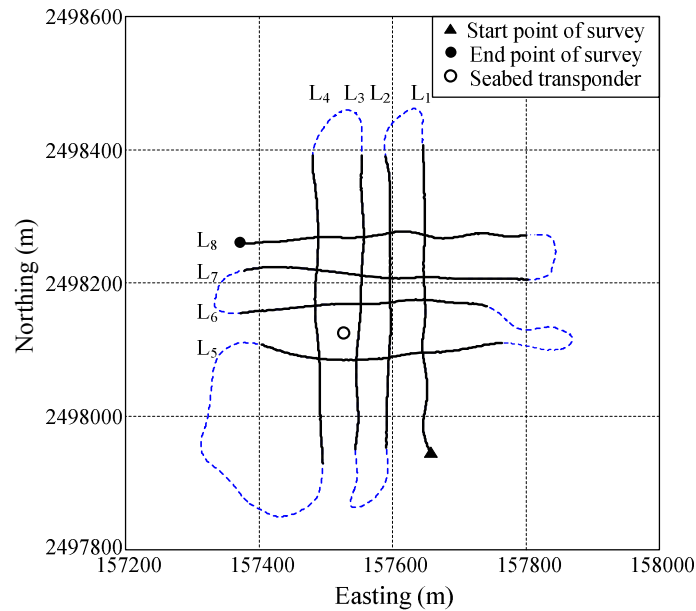


圖 5.8 船行軌跡被劃分為 L1~L8 八條線段

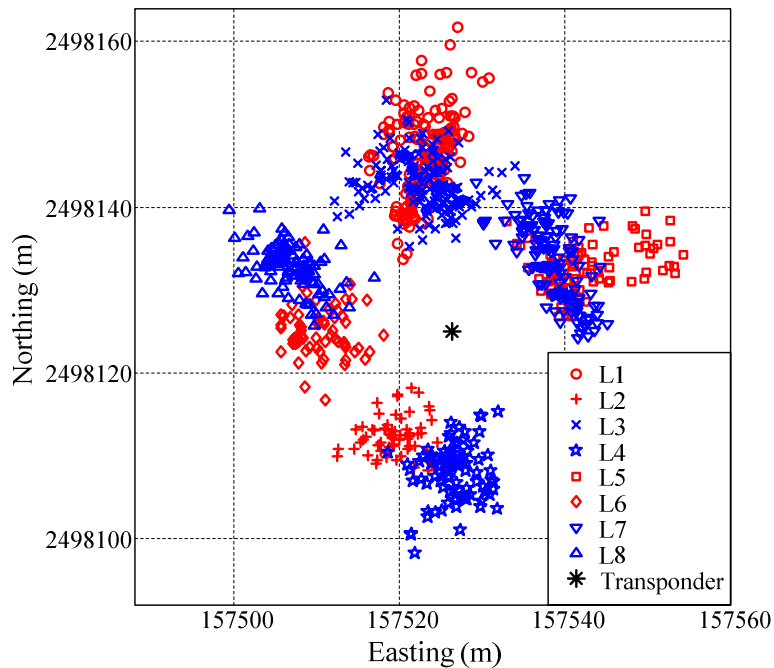


圖 5.9 收發器量得的應答器位置

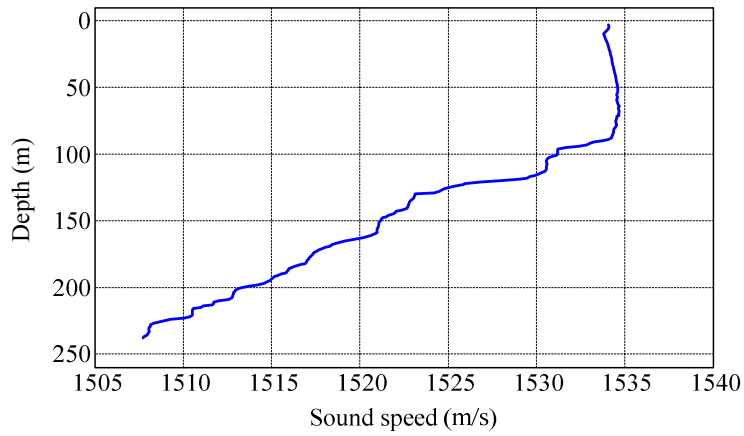
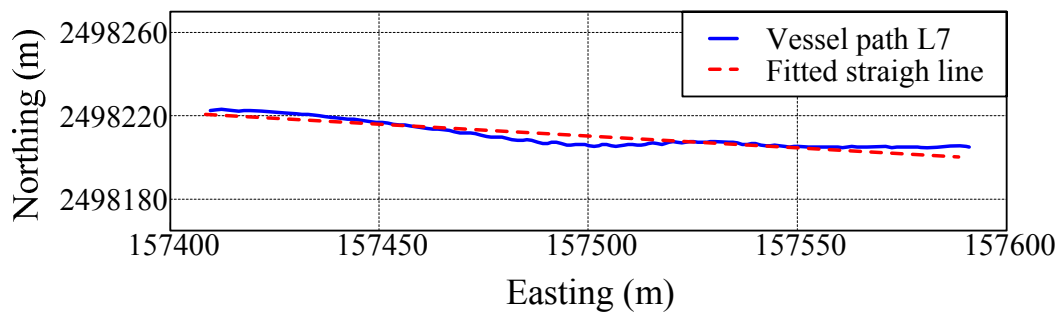
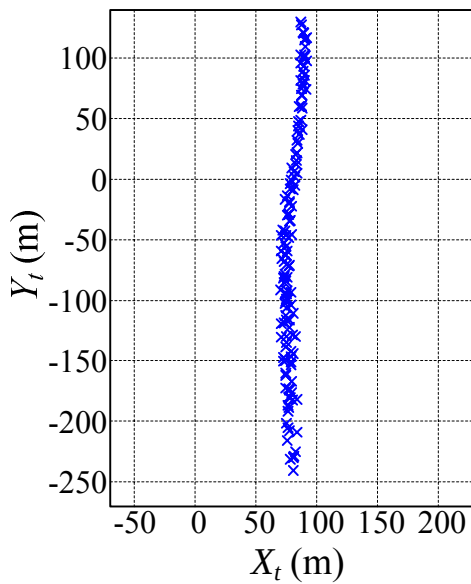


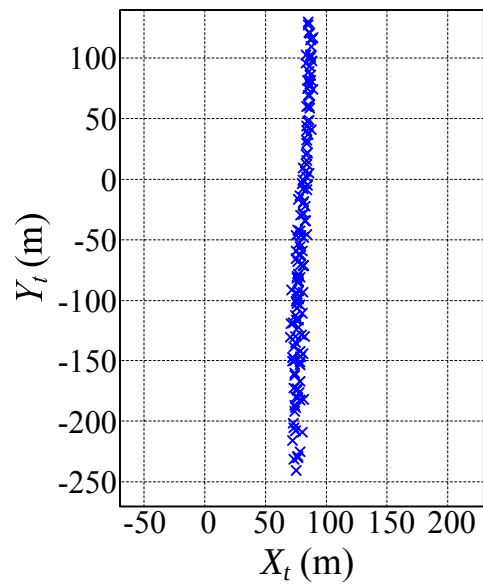
圖 5.10 由 CTD 量測所推算之水層聲速剖面



(a) L7 船行航跡與其近似直線



(b) 原始資料



(c) 偏離航跡誤差修正

圖 5.11 L7 測線之應答器定位資料進行偏離航跡誤差修正

(二) 對準偏差迭代估算

偏離航跡誤差修正之後，接著便進行對準偏差角度的迭代估算。以 L7 測線之應答器定位資料為例，以下說明三個對準偏差角度在首次迭代運算中的計算過程：

1. Heading 對準偏差估算

圖 5.12(a)顯示經過偏離航跡誤差修正之後的應答器定位資料，利用最小平方近似可求得此一資料的近似直線，如圖 5.12(a)的實線所示。此一近似直線在 X_t - Y_t 平面的斜率為 $m_{xy} = 25.53$ ，因此可求得 heading 對準偏差為 $\theta = 2.24^\circ$ 。將應答器定位資料進行 $\theta = 2.24^\circ$ 的角度偏差修正，修正後的應答器定位資料如圖 5.12(b)所示，其近似直線在 X_t - Y_t 平面的斜率增加為 759.3。

2. Pitch 對準偏差估算

依據圖 5.12(b)，應答器定位資料在 Y_t - Z_t 平面的近似直線斜率為 $m_{yz} = 0.064$ ，可以估算出 pitch 對準偏差角度為 $\theta = 3.67^\circ$ 。將應答器定位資料進行 $\theta = 2.24^\circ$ 與 $\theta = 3.67^\circ$ 的角度偏差修正，修正後的應答器定位資料如圖 5.12(c)，其近似直線在 Y_t - Z_t 平面的斜率變得更為平緩。

3. Roll 對準偏差估算

roll 對準偏差角度可以由 P_{Tz} 、 X_t 、 d 求得，其中 P_{Tz} 為應答器絕對座標位置的 Z_G 分量，其值為 230.42 m。由於應答器定位軌跡之 X_t 分量不太可能是一個固定值，所以本研究直接以其平均值來取代，亦即 $X_t = 88.6$ m。此外， d 為應答器絕對座標位置至 L7 航跡近似直線的最短距離，其值為 $d = 89.25$ m。將 $P_{Tz} = 230.42$ 、 $X_t = 88.6$ 、 $d = 89.25$ 代入式(13)，可以估算出 $\theta = 0.16^\circ$ 。將應答器定位資料進行 $\theta = 2.24^\circ$ 、 $\theta = 3.67^\circ$ 與 $\theta = 0.16^\circ$ 的角度偏差修正，修正後的應答器定位資料如圖 5.12(d)所示。

同樣的計算程序重複多次之後，三個角度的估算值便會漸漸收斂。圖 5.12(f)為三個對準偏差角度在十次迭代運算的收斂狀況，

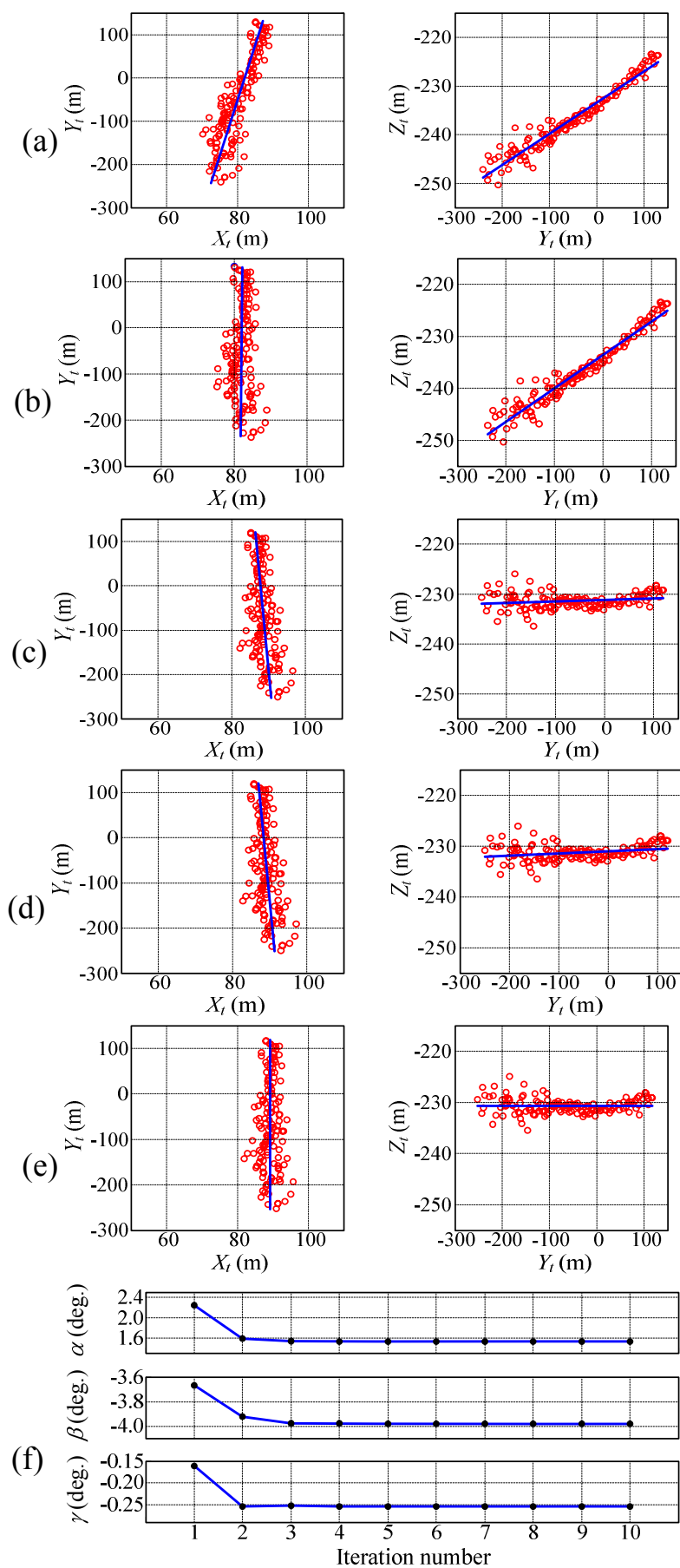


圖 5.12 利用 L7 測線資料進行對準偏差估算的結果

其中圓圈代表應答器定位資料，實線代表定位資料之近似直線。
(a) 經過偏離航跡誤差修正之後的應答器定位資料。(b) 經過 $\alpha = 2.24^\circ$ 修正後的應答器定位資料。(c) 經過 $\alpha = 2.24^\circ$ 與 $\beta = -3.67^\circ$ 修正後的應答器定位資料。(d) 經過 $\alpha = 2.24^\circ$ 、 $\beta = -3.67^\circ$ 與 $\gamma = -0.16^\circ$ 修正後的應答器定位資料。(e) 經過十次迭代運算修正後的應答器定位資料。(f) 三個偏差角度的迭代運算收斂情況。

應答器定位修正結果如圖 5.12(f)所示。從此結果可看出，迭代運算的收斂速度非常快，僅需幾次運算便能獲得穩定的收斂效果。

同樣地，三個對準偏差角度也可以利用其他航跡所收集的定位資料估算出來，其結果如表 5.1 所示。從表 5.1 可以看出，這三個角度的估算標準差非常小，展現此一演算法的強健性(Robustness)。利用這三個角度的估算平均值 $\alpha = 0.66^\circ$ 、 $\beta = -4.46^\circ$ 、 $\gamma = -0.14^\circ$ 來修正應答器的定位資料，其結果如圖 所示。從圖 可以看出，對準偏差修正後之應答器資料明顯集中分佈於真正應答器位置的四周。

圖 的(x, y, z)座標定位精度(1σ)，在對準偏差補償前為(11.3, 13.0, 9.2)公尺，補償後為(3.5, 3.9, 2.5)公尺。

表 5.1 各航跡收集定位資料所估算出三個對準偏差角度

Survey path			
L1	0.18°	5.26°	0.12°
L2	2.27°	4.16°	0.31°
L3	1.22°	4.21°	0.15°
L4	0.04°	3.91°	0.69°
L5	0.74°	5.08°	1.09°
L6	0.06°	3.76°	1.02°
L7	1.53°	3.98°	0.25°
L8	0.79°	5.29°	0.37°
Mean	0.66°	4.46°	0.14°
Std.dev.	0.98°	0.64°	0.64°

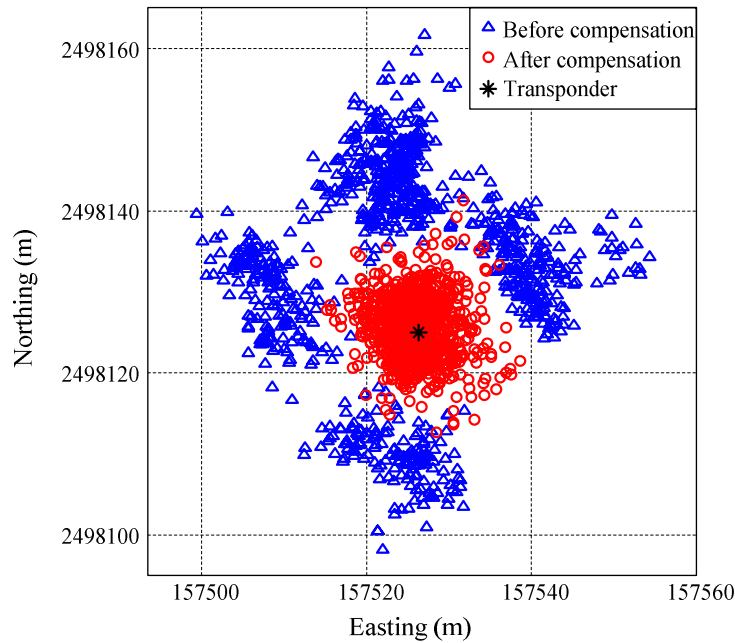


圖 5.13 對準偏差角度修正前與修正後之應答器定位資料

5.3 超短基線系統之水下定位精度量測分析結果

為進一步探討超短基線定位系統對水下目標物的定位精度，本研究選擇於三種不同水深(約為 30 m、70 m、110 m)佈放底碇應答器，作業日期分別為民國 98 年 8 月 28 日、民國 98 年 10 月 13 日及民國 98 年 8 月 26 日，在對準偏差校正演算之輔助下，測試超短基線定位系統的定位精度。

1. 超短基線定位系統

本研究使用之定位系統主要包含超短基線聲學定位系統、運動感測器、以及全球衛星定位系統，其規格如表 5.2。進行水下定位量測時，須將超短基線應答器固定於海底，故本研究將應答器安裝於底碇架上(圖 5.14)。底碇架上共安裝三個應答器，分別標示為 Transponder 1、Transponder 2、Transponder 3，這三個應答器之間的距離如表 5.3。進行超短基線對準偏差校正之前，需要先估算出應答器的位置，其作法是於應答器上方水面量測多點 GPS 與斜距資料，再將這些量測資料利用數值最佳化方法估算出應答器位置，同時計算應答器之間的相對距離。由於應答器位置估算的準確與否，會影響對準偏差校正的結果。因此，除了利用斜距誤差來驗證應答器的定位精度之外，本研究

還利用應答器相對距離的估算結果來進一步驗證定位精度。

表 5.2 超短基線水下定位系統各儀器之規格特性

Instrument	Update Rate	Precision	Range
USBL positioning system	0.67 Hz	Slant range: 0.2 m	Slant range: 1000m, Beamwidth: $\pm 60^\circ$
GPS	1 Hz	RTK 或 PP 模式可至 10 cm 以內	
Motion sensor	30 Hz	Heading: 0.1° Pitch: 0.01° Roll: 0.01° Heave: 5 cm or 5% heave	Heading: No limitation Pitch: $\pm 180^\circ$ Roll: $\pm 180^\circ$ Heave: No limitation

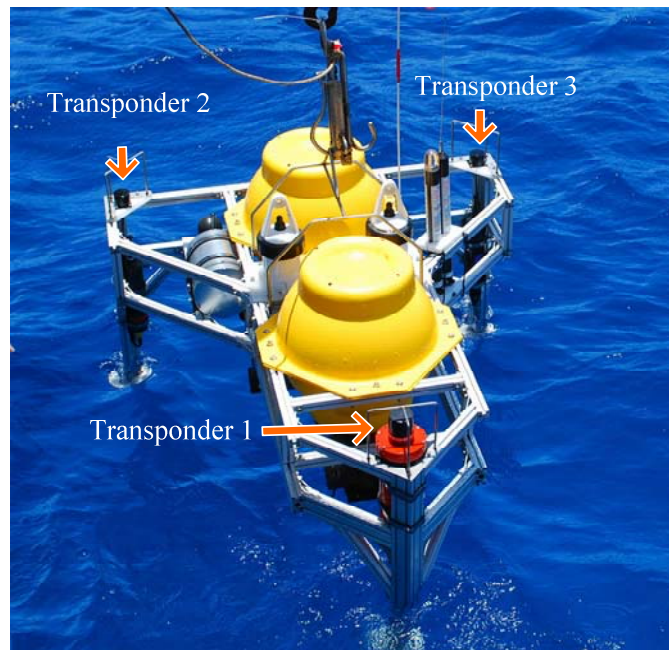


圖 5.14 海床應答器底碇架

表 5.3 底碇架上三個應答器之間的相對距離

應答器	相對距離(公尺)
Transponders 1-2	1.505
Transponders 1-3	1.505
Transponders 2-3	1.160

2. 實海域定位量測

超短基線定位系統的定位精度與目標物的水深有關，也與收發器與應答器之間形成的半錐角大小有關(如圖 所示)。為瞭解超短基線定位系統的定位精度特性，本研究分別於三種不同水深(約為 30 m、70 m、110 m)佈放應答器底碇架(圖)，並且於應答器上方水面移動船舶位置，以收集 GPS 資料與應答器定位資料。定位資料收集之船舶移動航跡如圖 5.17 所示，圖中的符號*表示應答器底碇架的佈放位置。此外，在定位資料蒐集的過程中，同時也進行溫鹽深儀的佈放，以量測水層聲速剖面，其量測結果如圖 5.18 所示。

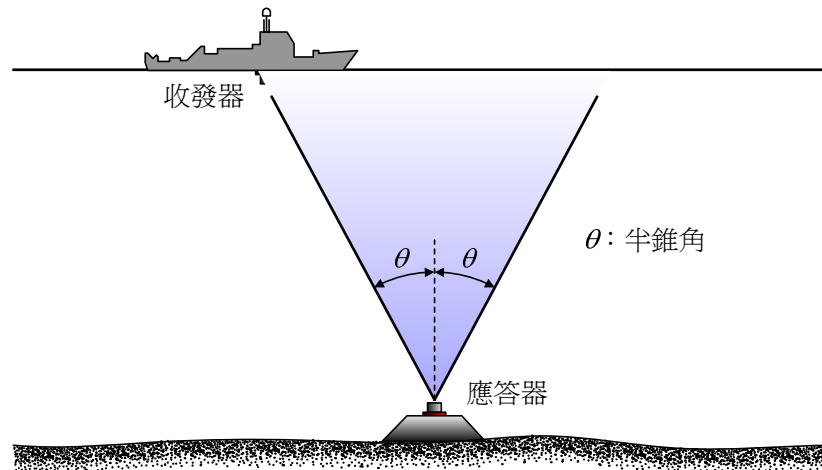


圖 5.15 超短基線定位精度與半錐角大小有關

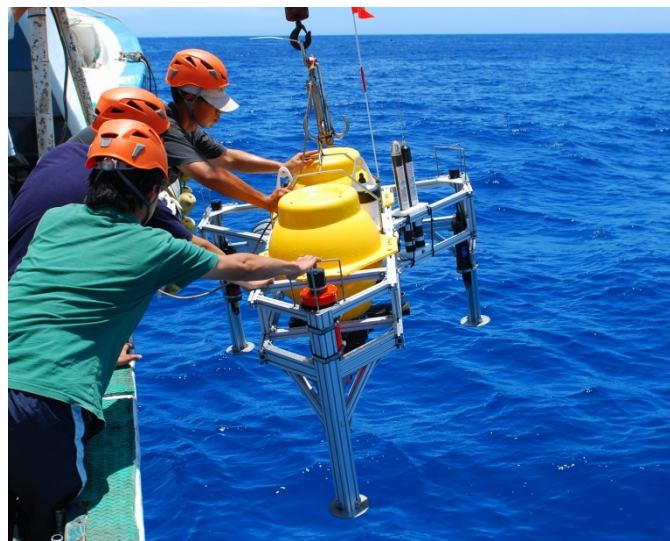
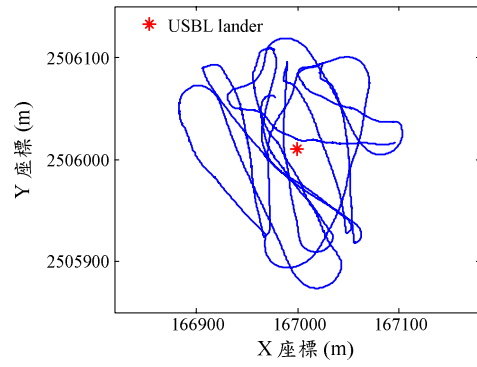
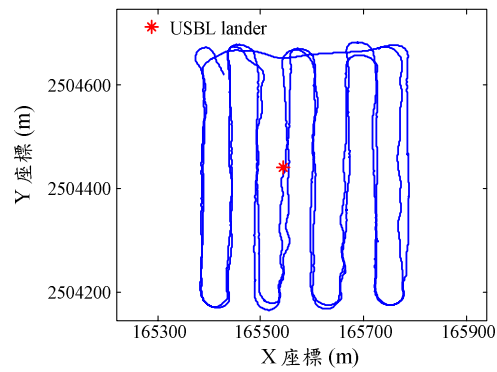


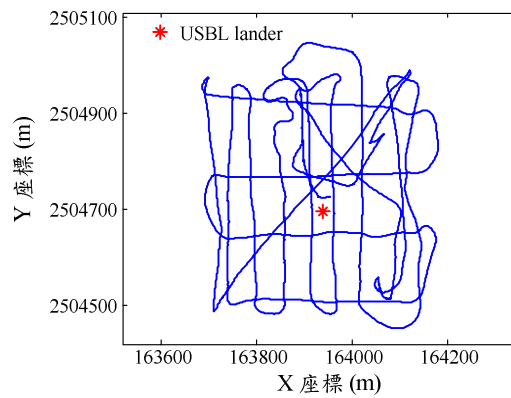
圖 5.16 佈放海床應答器底碇架



(a) 水深 32 m

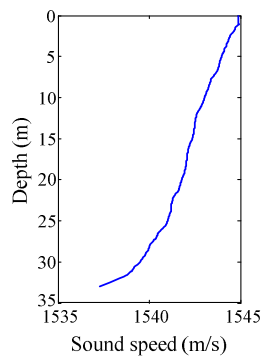


(b) 水深 76 m

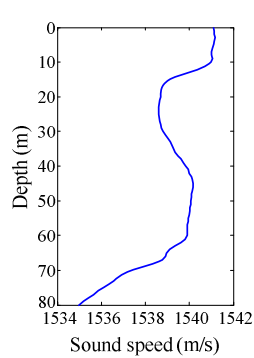


(c) 水深 110 m

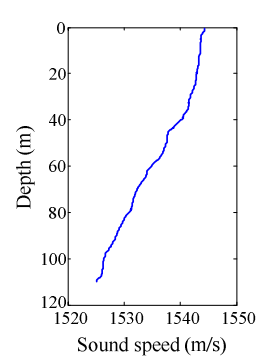
圖 5.17 超短基線系統進行海床應答器定位之船舶航行軌跡



(a) 水深 32 m



(b) 水深 76 m



(c) 水深 110 m

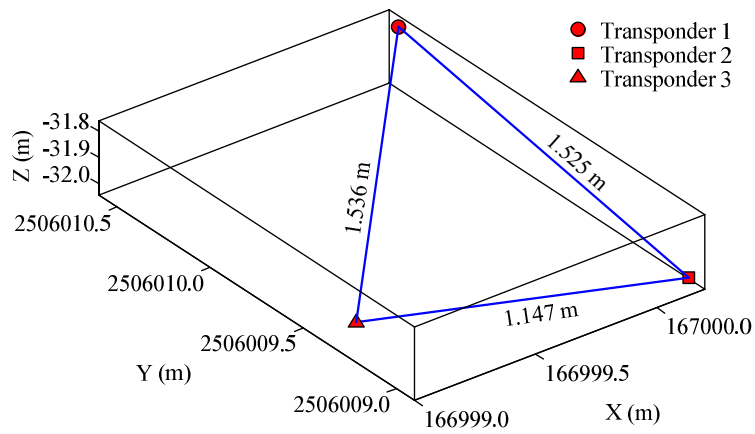
圖 5.18 應答器定位量測之水層聲速剖面

3. 定位量測結果

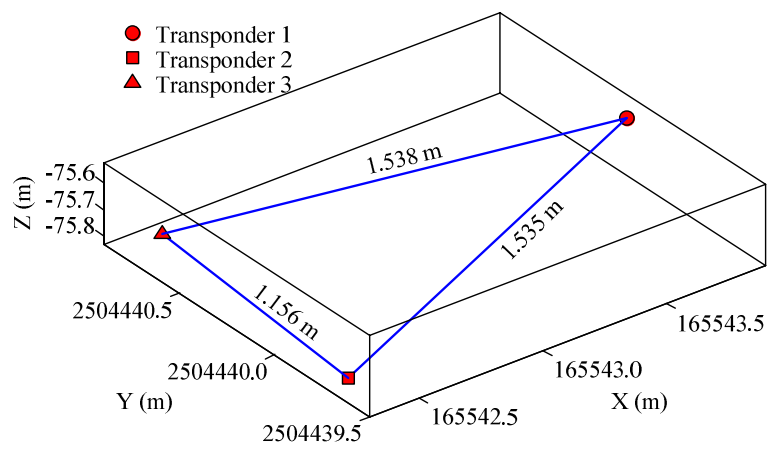
進行對準偏差校正之前，必須根據所有資料收集點的 GPS 座標與量測斜距來估算應答器的位置，估算結果如圖 19 所示。根據表 各應答器之間的相對距離，從圖 19 可以看出應答器的相對位置估算誤差僅有 3 公分左右，驗證了應答器的相對定位精確度。此外，根據估算出來的應答器位置可以計算斜距量測值與估算值之間的誤差，其誤差分佈直方圖如圖 5.20、圖 5.21、圖 22 所示。由此些圖可看出應答器定位估算的斜距誤差分佈均非常集中，在水深 32 m、76 m、以及 110 m 的斜距誤差標準差分別為 0.06 m、0.11 m、以及 0.28 cm，而且平均值皆趨近於零，進一步驗證了應答器定位的精確度。

一旦海床應答器的位置估算出來之後，接下來便進行超短基線定位系統的感測器對準偏差校正。依據所估算的應答器位置與對準偏差演算法，可以估算出感測器對準偏差角度。感測器對準偏差估算出來之後，便進行定位資料修正，資料修正前後之結果如圖 5.23 所示。由圖 5.23 可看出，對準偏差校正之後，定位資料分佈明顯比校正之前還要集中，顯見對準偏差校正能有效降低超短基線定位誤差。

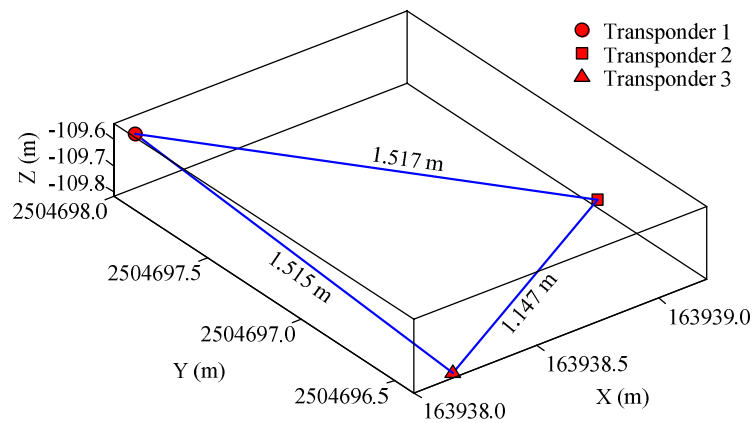
根據對準偏差校正之後的超短基線定位結果，本研究進一步分析不同水深與不同半錐角對定位精度的影響，其結果如圖 5.24 所示。由圖 5.24 可看出，定位精度(1σ)隨著水深增加而變差；水深 32 m、76 m、以及 110 m 的最大定位誤差分別在 1 公尺、2.5 公尺、以及 3.5 公尺左右。此外，隨著半錐角增大，定位精度(1σ)也跟著變大；在這三種不同水深下，半錐角 30 度以內的定位精度可控制在約 2 公尺以內。因此，利用超短基線進行水下載具定位時，應盡量將工作母船控制在水下載具正上方附近，可以有效降低定位誤差。



(a) 水深 32 m

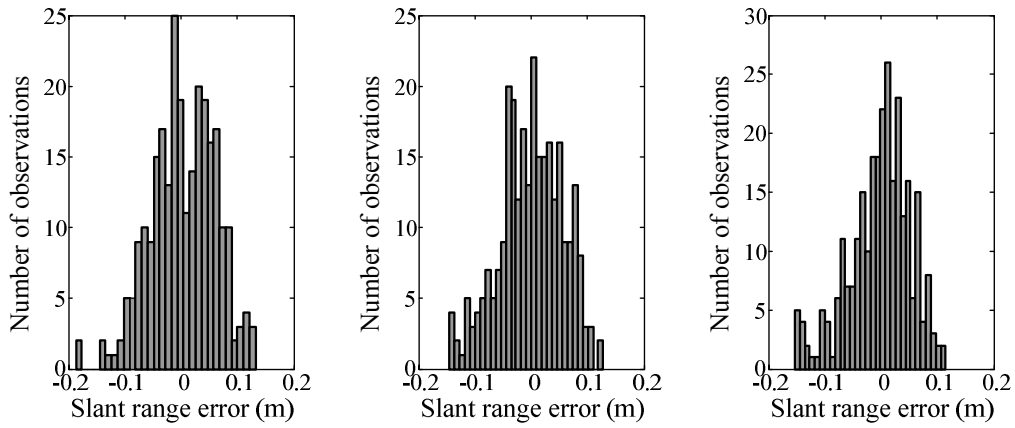


(b) 水深 76 m



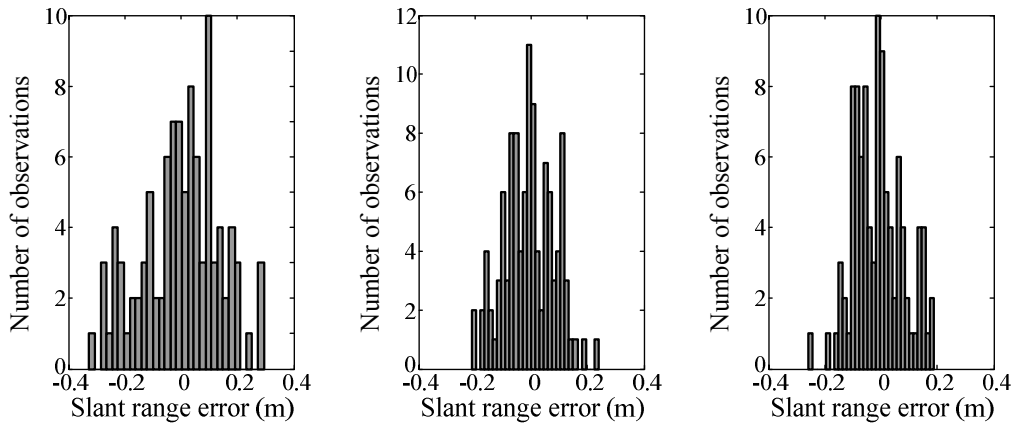
(c) 水深 110 m

圖 5.19 GPS 與聲學斜距量測估算的 3 個應答器座標位置



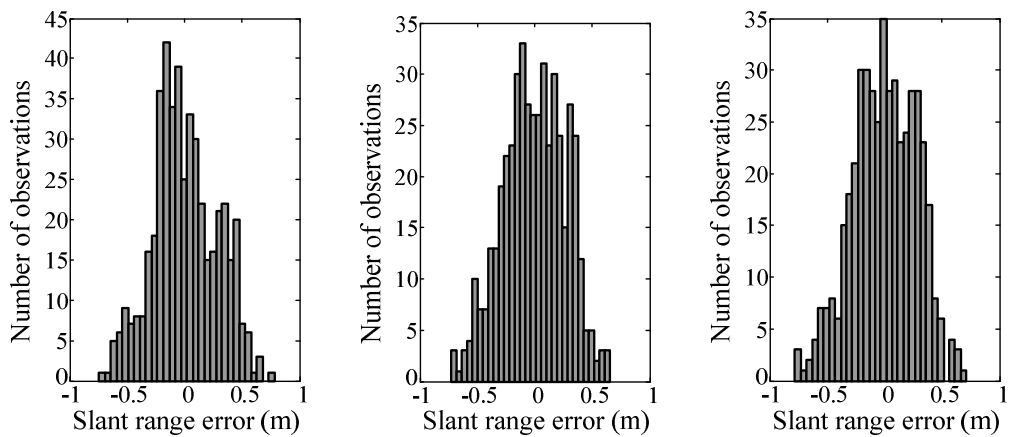
(a) Transponder 1 (b) Transponder 2 (c) Transponder 3

圖 5.20 水深 32 公尺之應答器定位斜距誤差



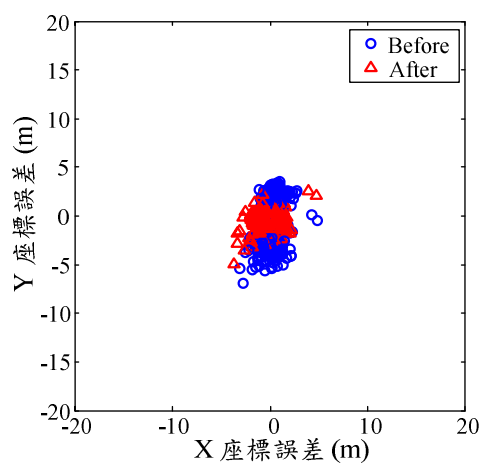
(a) Transponder 1 (b) Transponder 2 (c) Transponder 3

圖 5.21 水深 76 公尺之應答器定位斜距誤差

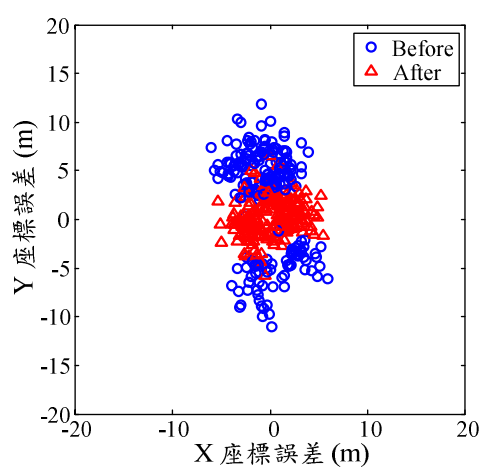


(a) Transponder 1 (b) Transponder 2 (c) Transponder 3

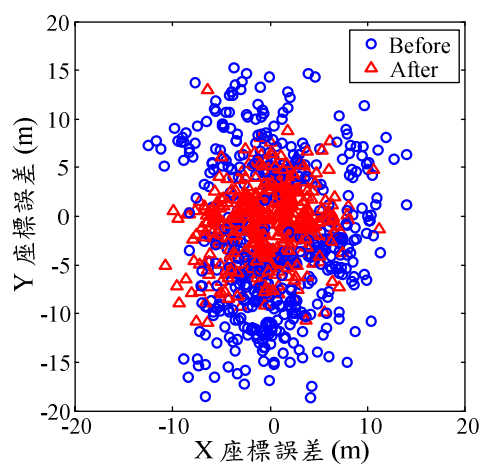
圖 5.22 水深 110 公尺之應答器定位斜距誤差



(a) 水深 32 m

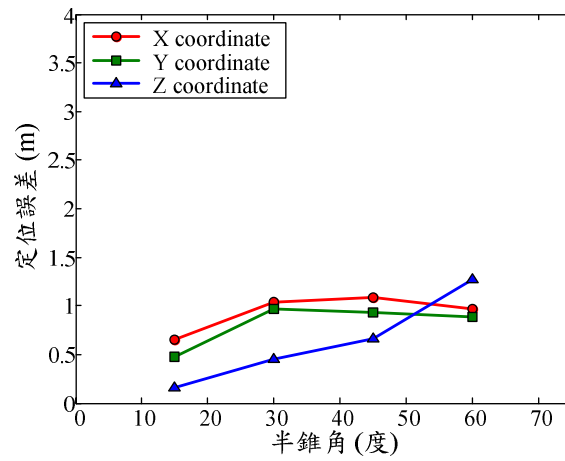


(b) 水深 76 m

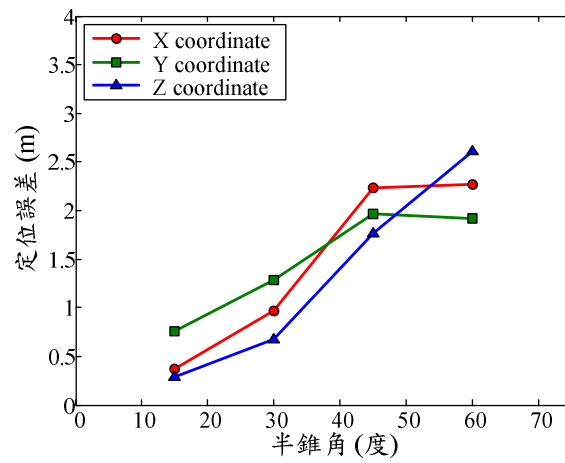


(c) 水深 110 m

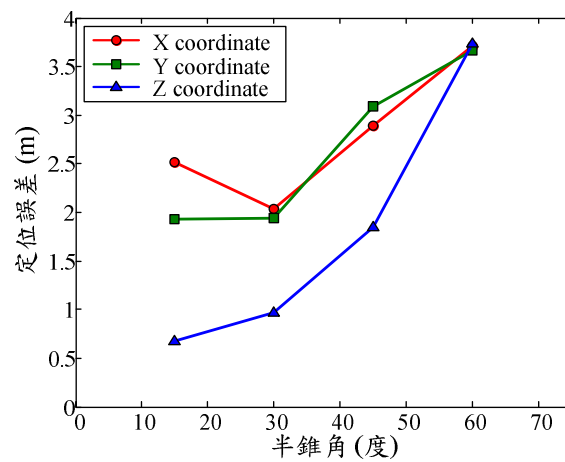
圖 5.23 感測器對準偏差校正前與校正後之定位誤差



(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 5.24 目標物定位誤差隨半錐角增加而變大

5.4 以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探討

探討多音束測深的精度可以從系統的誤差源著手，多音束測深系統的誤差源可歸納如表 5.4:

表 5.4 多音束測深系統的誤差源

資料內容	資料特性	維度	測量儀器或方法
船隻規格(X,Y,Z)	固定平均值	長度	尺或測距儀
儀器相對位置(X,Y,Z)	固定平均值	長度	尺或測距儀
吃水(Draft)	動態平均值	長度	尺或測距儀
動態吃水(Dynamic Draft)	規則動態	長度	動態吃水檢驗
潮位(Tide)	慢速動態	長度	Tidal Gauge
聲速剖面(SVP)	代表性取樣	速度	SVP&CTD
MountAngle(Roll,Pitch,Yaw)	動態平均值	角度	Motion
音鼓安置角度(Roll,Pitch,Yaw)	動態平均值	角度	PatchTest
時間遲滯(Latency)	動態平均值	時間	PatchTest
船位坐標(P,L,H)	即時動態	長度	GPS
水深(Depth)	即時動態	長度	MB
船隻姿態(Heave,Roll,Pitch)	即時動態	長度&角度	Motion
航艙向(Gyro)	即時動態	角度	GyroCompass

綜合上表所述，影響多音束測深系統量測精度的因子可分為先天的因子：「量測儀器精度」和後天因子：「海測人員及海象狀況」，量測儀器精度源自各項儀器出廠規格。國際海測組織(IHO)的海測規範(SP-44)第四版建議必需估算各項量測誤差的可能精度(包含人為判斷及儀器精度)，並且應將各項誤差歸算為總傳播誤差(TPE)。由於近年來程式設計及電腦硬體的日新月異，國際海測組織(IHO)的海測規範(SP-44)第五版已將 TPE 列為必要的檢查，並更名總傳播不確性(Total Propagated Uncertainty, TPU)，強調歸算的結果並非誤差值，而是誤差可能存在的統計百分比(信賴區間)。

由於誤差來源太過廣泛，本研究僅針對影響較大的因子進行探討：衛星定位模式精度、多音束聲納的足印尺寸及率定(Patch Test)精度等因素，探討使用多音束測深系統量測水下載具的精度，最後與超短基線水下定位系統比對驗證其定位結果。

(一) 衛星定位模式精度

GPS 單機定位求取接收儀之三度空間坐標，即有三個未知數待解。另由於衛星及接收儀之時錶精度較差(difference)，需有一修正量，即有另一個未知數。因此需要至少四個虛擬距離觀測量才能解得這四個未知數，即最少需要同時觀測得四顆衛星，才能以空間後方交會法(spatial resection)解得這四個未知數。此即為單點定位(point positioning)的原理。這也就是一部 GPS 接收儀利用 C/A 電碼可進行即時定位(real time positioning)的原理。

為提高定位精度，消除 GPS 定位誤差來源，乃有差分式定位法(Differential GPS, DGPS)。其方法是將一個 GPS 接收儀固定於一已知位置(由 GPS 靜態測量法引測得到)之基站，並將每顆接收到衛星之虛擬距離修正量傳遞至移動站，以進行移動站虛擬距離之改正。DGPS 除了可進行後期處理外，亦可以無線電傳輸基站之虛擬距離修正量，以達到即時定位的效果。通常以 C/A 電碼進行 DGPS 後期處理，其定位精度約在 3-5 公尺，即時 DGPS 之定位精度約在 5-10 公尺。若採用載波相位平滑電碼或較高品值之 C/A 電碼接收儀(narrow correlator C/A code receiver)，其定位精度可達 1-3 公尺或公分級。

由於大地測量只能採用載波相位觀測量，並以相對定位(relative positioning)方式得到公分級定位精度，必須同時將 GPS 接收儀設置於基線(baseline)之兩端，並以後期處理方式計算基線之各方向分量 ΔX , ΔY , ΔZ 。近年來也有將載波觀測量以無線電傳送至近距離之測站(10-15 公里內)，以進行載波相位未定值即時解算而進行即時定位，此即為即時動態測量(Real Time Kinematic positioning, RTK)。

除了使用的衛星定位系統差異，IHO-SP44 文件對於定位精度最低要求為 2 公尺，換言之衛星單機定位通常難以達到海測所需要的定

位精度，至少應使用 DGPS 定位等級。表 5.5 列出可供選擇的衛星定位模式 RTK 服務。

表 5.5 衛星定位模式

	差方式定位 DGPS	即時動態差分 RTK	量測精度
BEACON	免費	X	2 公尺
SBAS	免費	X	2 公尺
FUGRO	約 300USD/天	X	收斂後可達 10 公分
自行架站，使用無線電傳送差分訊號	免費	免費	DGPS；2 公尺 RTK：收斂後可達 10 公分
自行架站，使用 GSM 傳送差分訊號	依照 GSM 服務收費標準	依照 GSM 服務收費標準	DGPS；2 公尺 RTK：收斂後可達 10 公分
使用國土測繪中心 eGPS	GSM 服務收費標準+GPS 收費標準	GSM 服務收費標準+GPS 收費標準	DGPS；2 公尺 RTK：收斂後可達 10 公分

除了使用的衛星定位系統差異，IHO-SP44 文件對於定位精度最低要求為 2 公尺，換言之衛星單機定位通常難以達到海測所需要的定位精度，至少應使用 DGPS 定位等級。表 5.6 列出可供選擇使用的 DGPS 及 RTK 服務。

表 5.6 衛星定位模式的優缺點

	優點	缺點	備註
BEACON	免費	台灣的基地站年久失修，經常是收到鄰近國家的訊號	國際差分服務，由各國自行建置基地站。
SBAS	免費	尚在測試中，只有一顆衛星以日本附近海域較為精準	日本為提升飛機及船舶導航精度，以衛星傳送訊號。
FUGRO	衛星服務費用昂貴	商用界面使用方便，衛星覆蓋服務區廣泛，收斂後可達到接	FUGRO 自行研發的差分式訊號，使用 L-BAND 天線

	優點	缺點	備註
		近 RTK 等級的精度	接收衛星訊號。
自行架站，使用無線電傳送差分訊號	免費，可控制基地站與測區距離	無線電易在港區受 UHF 電台及雷達干擾，離岸較遠時，無線電傳輸不易。	
自行架站，使用 GSM 傳送差分訊號	GSM 近岸訊號分佈廣泛，比無線電更加不受干擾，節省自行架站的成本。	目前 GSM 服務費用仍然昂貴，離岸較遠時，GSM 仍然無法傳至作業區。	以 GSM 取代無線電傳輸。
使用國土測繪中心 eGPS	GSM 近岸訊號分佈廣泛，比無線電更加不受干擾，節省自行架站的成本，EGPS 採用多基站解算差分訊號，可獲得較高的精度。	目前 GSM 服務費用仍然昂貴，離岸較遠時，GSM 仍然無法傳至作業區。此外，移動站 GSM(手機)的功率通常不及 GSM 基地台，可供的雙向服務距離縮短。	以 GSM 取代無線電傳輸，並採用雙向傳輸。

總結來說，按照海測目的採用 DGPS 或 RTK 的定位等級，並且依照作業區域的狀況，選擇合適的傳輸方法，此外人員及費用成本也是另一項考量的重要因子，此外可選擇備案：後期處理 (Post-Processing, PP) 模式，後期處理指完作測量作業後，重新解算基站及移動的衛星原始資料，由於其資料於事後才解算，風險甚高，一般而言，海測作業不會以 PP 作為唯一定位模式。

(二) 多音束聲納的足印(Footprint)尺寸

使用多音束測深系統量測特徵物至少需要 3~5 個點，才足以判視其特徵點與背景海床的差異，以多音束測深系統探測 2 公尺的目標

物，足印應小於 0.4 公尺~0.66 公尺，音束足印尺寸與音束束寬、音束角及水深互為相關，本案採用的 Reson SeaBat 8125 音束束寬 γ 為 0.5 度，是目前業界解析度最高的多音束聲納。假設海床幾近平坦，以音鼓正下方為例，音束足印在水深 10 公尺處為 0.87 公分；在水深 20 公尺處為 0.175 公分；在水深 40 公尺處為 0.379 公分。

Reson SeaBat 8125 多音束聲納的音束張角(swath angle)為 120 度， α 為 60 度，實際作業時，船隻運動 Roll 角改變左右 α 值大小，左弦 α 增加，右弦 α 減少，反之右弦 α 增加，左弦 α 減少，當水深為 5 公尺至 100 公尺時，表 5.7 為 $\alpha=0$ 度及 $\alpha=60$ 度時不同水深的足印尺寸。

表 5.7 Reson 8125 多音束聲納足印尺寸表(單位:公尺)

水深	$\alpha=0$ 度(正下方)	$\alpha=60$ 度
5	0.044	0.344
10	0.087	0.688
15	0.131	1.032
20	0.175	1.376
25	0.218	1.719
30	0.262	2.063
35	0.305	2.407
40	0.349	2.751
45	0.393	3.095
50	0.436	3.439
55	0.480	3.783
60	0.524	4.127
65	0.567	4.470
70	0.611	4.814
75	0.655	5.158
80	0.698	5.502
85	0.742	5.846
90	0.785	6.190
95	0.829	6.534
100	0.873	6.878

以探測 1.6 公尺左右大小的特徵物而言，建議足印尺寸至少要比小於 0.4 公尺，足印尺寸的計算較為複雜，可繪製成圖表以供查閱，將水深及音束角(α)繪製成圖可參照圖。圖中水深 30 公尺且音束角約 35 度時，足印尺寸約 0.4 公尺，若特徵物水深大於 30 公尺，音束角也要限定在 35 度以內，不可超過水深 45 公尺，反之水深小於 30 公

尺，可接收的音束角(α)遞增。定位儀器精度及音束足印二者需要互相搭配評估，取其大者才可確認為最大可度量的目標物尺寸。

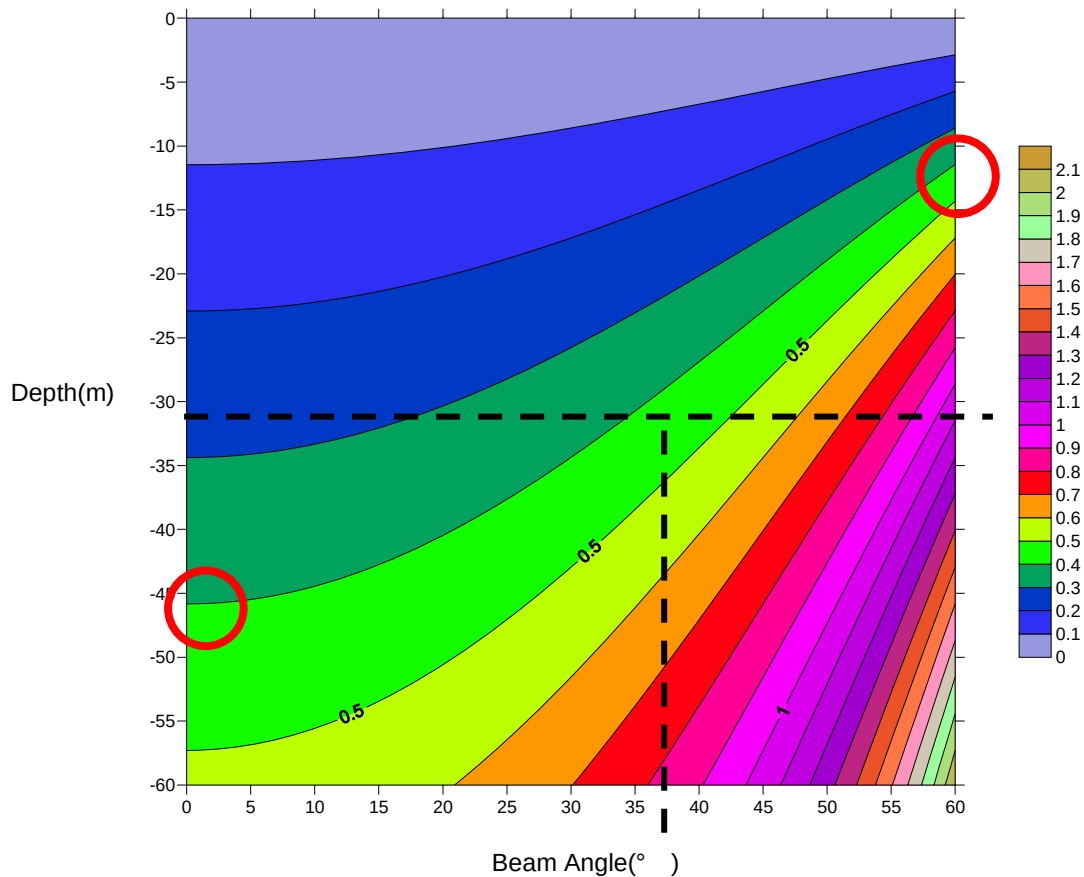


圖 5.25 Reson 8125 多音束聲納足印尺寸

(三) 多音束測深系統率定(Patch Test)精度

上述二項因子是儀器精度的先天因子，至於綜合人為操作、儀器誤差及海象天候等實測時無法抗拒的因素，會增加率定作業的困難度。率定的概念是以不同的量測條件，由資料疊合的好壞反算修正參數，包括一個時間參數時間遲滯(Latency)及三個角度參數：橫搖角(Roll)、縱搖角(Pitch)和橫擺角(Yaw)等。理論上率定求得的參數是音鼓與三軸的偏差角度，以及定位與測深的時間差，但實務上融合了各項誤差源的綜合體，因為率定的基本概念是找出四個參數使，使疊合測量的誤差成果最小，因此率定參數與其它誤差源的互動影響，甚至四個參數之間也會彼此相互連動改變。不論率定(Patch Test)參數如何降低其他誤差源引起的誤差傳播，最終將忠實反應在交錯檢核(Cross Check)的精度檢核。

多音束測深的率定方法是以不同的量測條件重複量測同一水域，藉以歸算出誤差最小的四種參數：時間遲滯(Latency)、橫搖角(Roll)、縱搖角(Pitch)和橫擺角(Yaw)等，由於其特性為疊合同一測區比對之，又稱為「疊合分析」，量測條件如圖 5.26 所示。

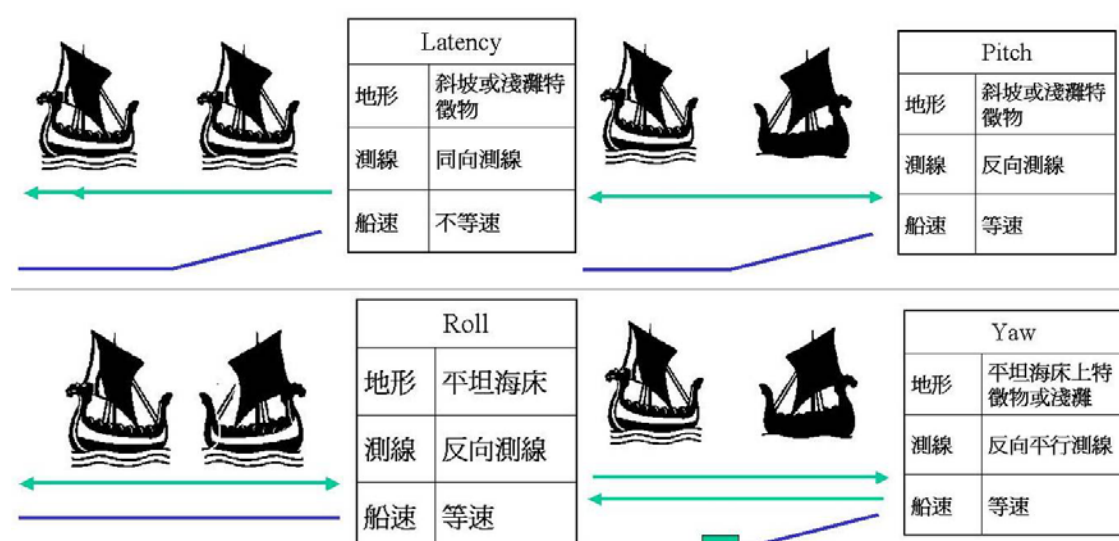


圖 5.26 率定(Patch Test)條件

本次多音束測深實驗選擇的率定目標物為貨櫃，位於國立中山大學的西子灣海洋實驗場，佈放時間已經超過 3 年，部份貨櫃已損壞或掩埋，但裸露在海床上的部份仍然是海床上良好的實驗場。

率定參數可說是吸收各種誤差源所得結果，以水深 30 公尺的特徵物為例，在航向上偏移 1 公尺，Pitch 的修正量達到 1.9 度，定位偏移量經常對於率定值造成嚴重的影響。除了定位模式的精度，ZDA 及 PPS 的時間率定也極為重要，如果採用電腦時間作為測深時間基準，按照以往的經驗 Latency 甚至可能會介於 $\pm 0.8\text{sec}$ 之間，以航行船速 6 節推算，Latency 偏差量可能產生 ± 2.4 公尺的定位差異。

調整多音束測深系統率定參數前繪製水深色階圖可參照圖 5.27，將貨櫃部份局部放大後，可看出貨櫃分離成二個。

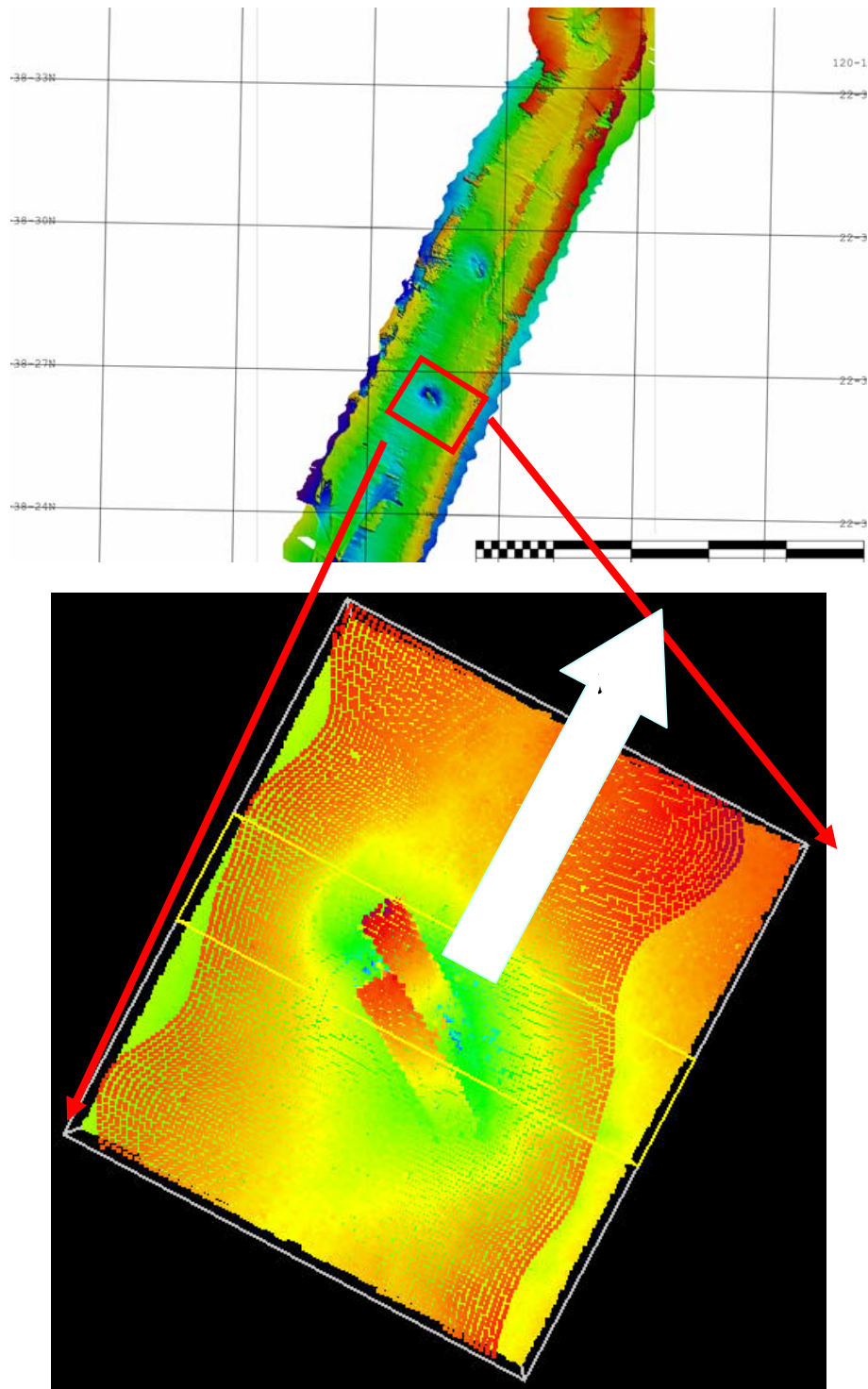


圖 5.27 率定參數(L,P,R,Y)為(0,0,0,0)水深色階圖

在調整 Roll 角為 2.5 度後，整體水深色階圖較為平滑，可參照圖 5.28，將貨櫃部份局部放大後，可看出貨櫃仍然分離，但是偏移方向可定義出在航向方向的偏移。

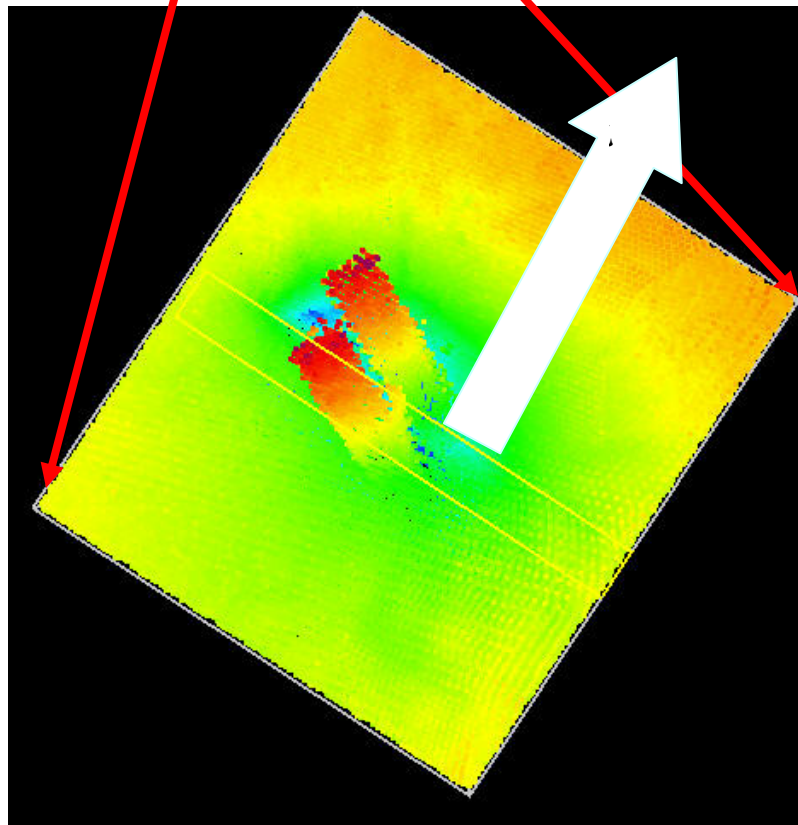
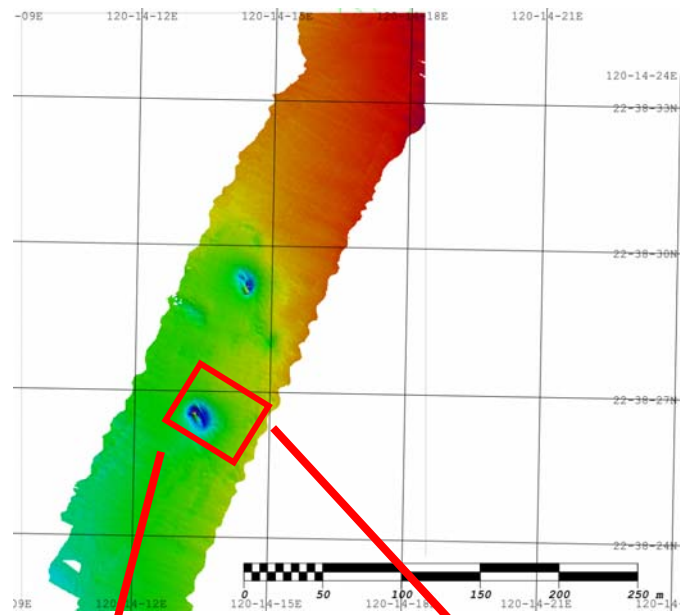


圖 5.28 率定參數(L,P,R,Y)為(0,0,0.25,0)水深色階圖

在調整 Roll 角為 2.5 度，Pitch 角為 7 度後，色階圖更為平滑，可參照圖 5.29，將貨櫃部份局部放大後，可看出貨櫃已合併。

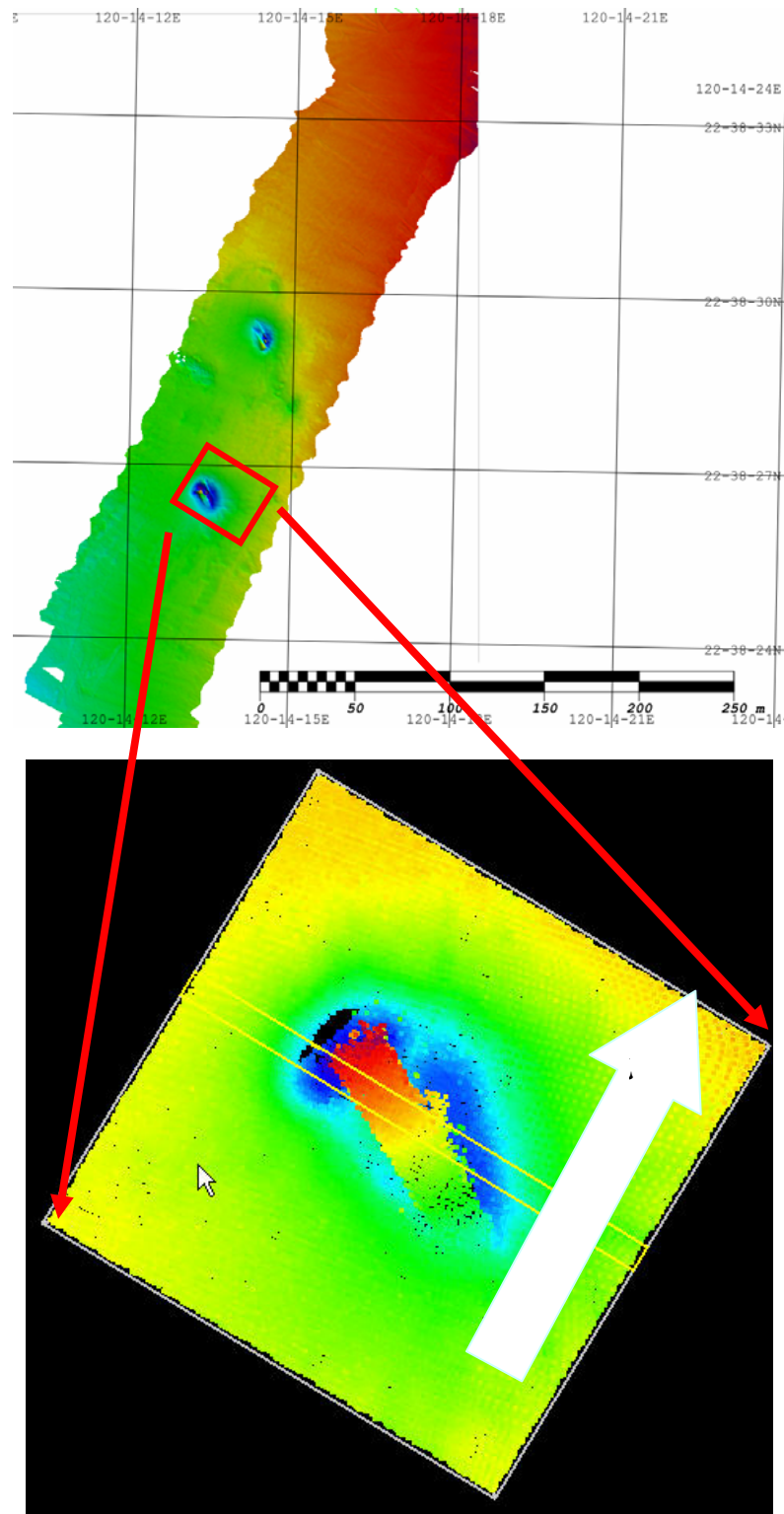


圖 5.29 率定參數(L,P,R,Y)為(0,7,0.25,0)水深色階圖

(四) 多音束測深系統實測水下定位系統底碇架位置

本案模擬水下定位系統的底碇架約 1.6 公尺 x 1.6 公尺，選定足印直徑應在 0.4 公尺下，由圖 5.30 中判斷，作業區域水深不應超過 35

公尺，而本研究之水下定位實驗分為三種水深(約為 30 公尺、70 公尺、110 公尺)，因此僅有 30 公尺對照組配合多音束測深系統驗證其量測精度。佈放底碇架的背景地形水深圖，可參照圖 5.30 及圖 5.31。

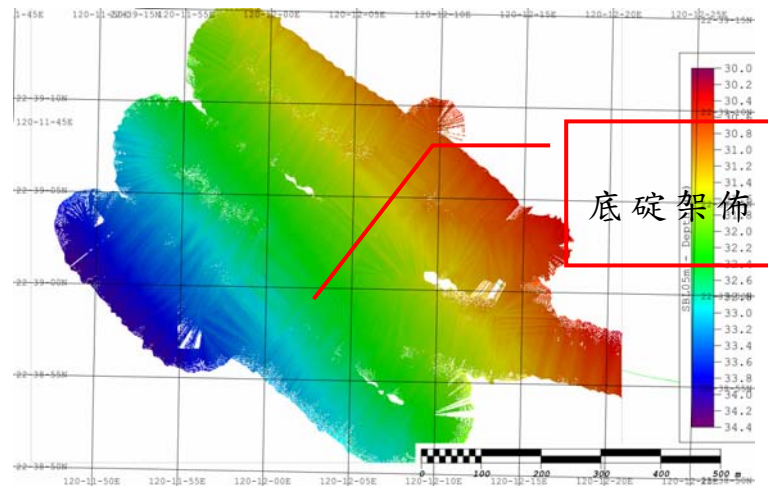


圖 5.30 水深 30m 實驗區海床背景地形

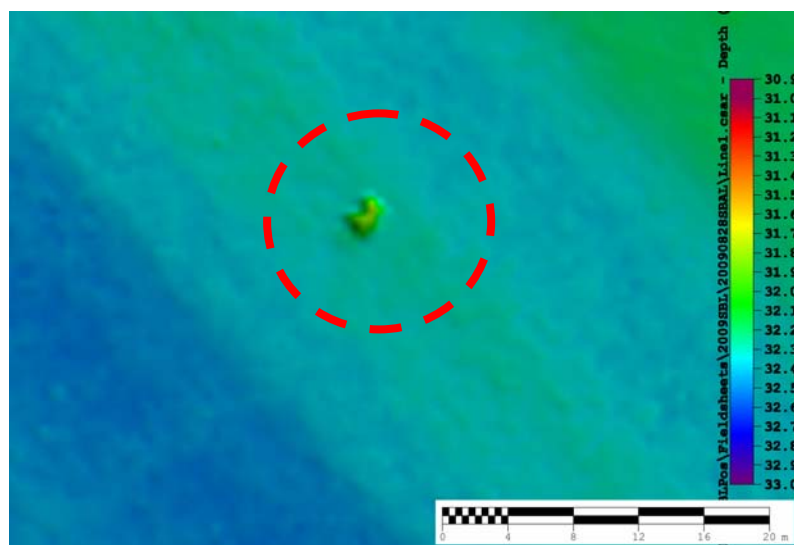


圖 5.31 水深 30m 實驗區底碇架水深示意圖

多音束測深結果由三維點雲圖判視，可參照圖 5.32，高於背景海床的點為多音束聲納探測到底碇架的概略位置，選擇 39 點並將其平面位置及水深值予以平均，結果可參照表 5.8。考量多音束聲納足印在 30 公尺水深處介於 0.26~2 公尺之間，及衛星定位系統之平面定位精度約為 0.1 公尺，而多音束測深與三組水下定位儀平面位置測量平均值在平面位置之差異(dN,dE)分別為 0.203m, 0.099m，因此可視為平面位置一致。然而兩者之水深相差 0.31m，若追究多音束聲納測量水深較淺可能有二個原因：1.多音束測深值扣除當時潮汐約 0.29 公

尺，水下定位未扣除潮位(測量當時潮汐約 0.14 公尺)，水深應加深 0.15 公尺，亦即僅相差約 0.16 公尺。2.唯多音束測深測量者，應為底碇架最上緣的部份，平均水深較淺。但三個水下定位系統之應答器之水深較相鄰之兩個浮桶低約 0.2 公尺，若將兩者水深平均後，再與第 1 項之水深差異比較，兩者之高程相差應在 0.1m 以內。在本實驗中亦同時安裝壓力式水位計於第三個水下定位系統應答器下約 0.2m，由表 5.8 可以發現水位計與水下定位之量測深度相差約 0.10m，而多音束測深與水位計量測之水深差值約為 0.41m，若扣除潮位修正約 0.20m 後，兩者約相差 0.21m，此值已較國際海測組織(IHO)之海測規範(S-44)中之特等測深精度為高。

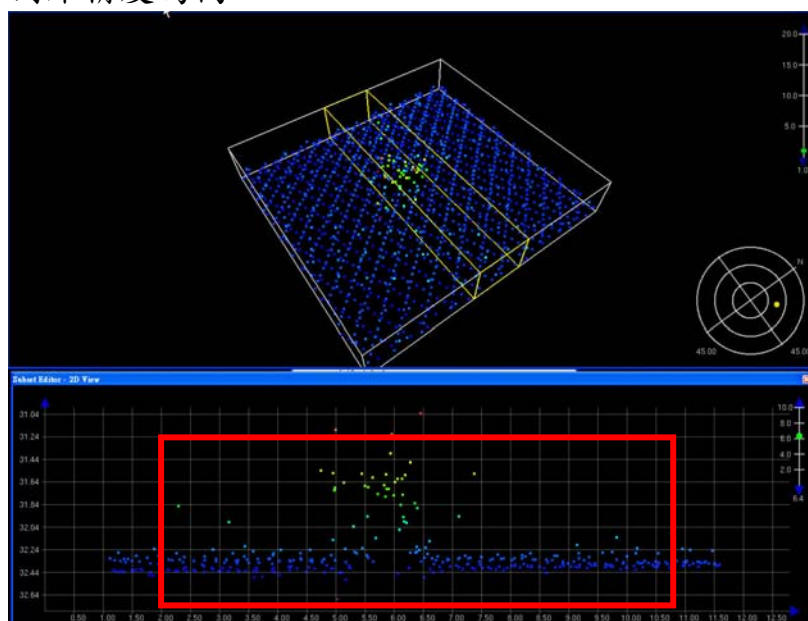


圖 5.32 底碇架測深點雲圖

表 5.8 多音束測深系統與水下定位系統量測結果比較表

	N	E	Depth(公尺)
多音束測深值 39 點平均值	167839.456	2505800.380	-31.62
Transponder1	167839.664	2507801.179	-31.76
Transponder2	167839.713	2505799.678	-32.04
Transponder3	167838.633	2505799.985	-32.00
水下定位平均值	167839.253	2505800.287	-31.93
底碇架水位計	不適用	不適用	-32.03
水下定位與水位計之水深差值	不適用	不適用	0.10
多音束測深與水下定位之差值	0.203	0.099	0.31
多音束測深與水位計之水深差值	不適用	不適用	0.41

第六章 自主無人船舶設計

自主式無人船舶之系統規劃與元件規格。無人船舶系統的遙控與通訊架構如圖 6.1 所示。船舶通訊系統採用市售之 AIS 系統，分別在無人船舶與地面控制站上裝置各一套 AIS 裝置。地面控制站之顯示器上安裝電子海圖顯示系統，將電子海圖與船舶定位及路徑資訊即時重疊標示於海圖上，以供操作人員確認船舶位置，並可經由鍵盤或觸控螢幕輸入路由點，或修改無人船舶路徑，以控制無人船舶之路徑。由無人船舶傳回之即時資料與衛星時間連結，儲存於資料庫以供分析與查詢。使用 AIS 通訊之優點為其介面格式為標準規格，可與海上其他船舶互相標定相對位置，以互相識別及方便海域船舶管理，而其通訊距離可達 40 海浬，可有效延展無人船舶之海洋測量範圍。其可能缺點則為使用標準通訊格式，限制通訊內容之彈性及通訊容量。例如，影像資料或大量之水文資料傳送皆會受通訊頻寬之限制。因此如何修改 AIS 通信限制，克服此頻寬限制，使船舶間可傳送大量資料與指令為本研究技術發展重要目標之一。

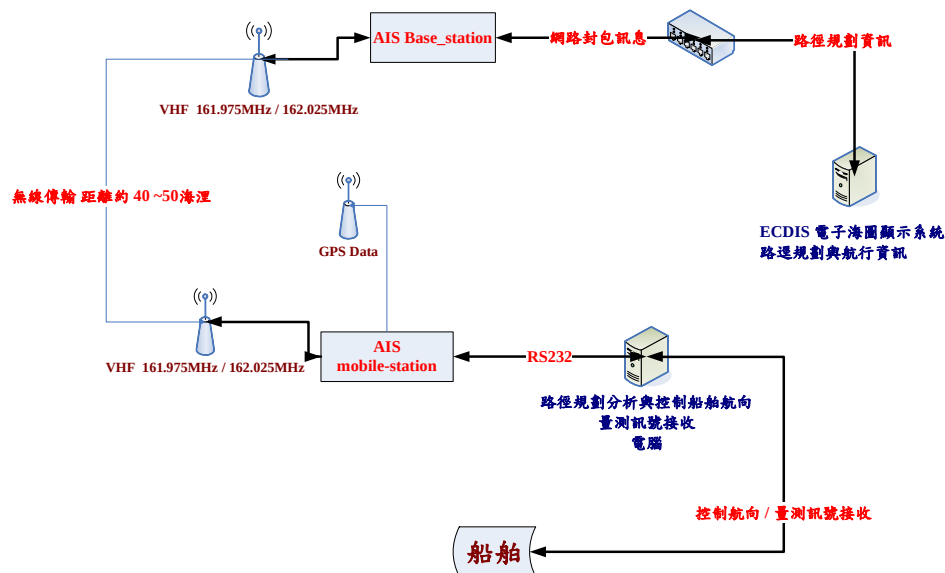


圖 6.1 以船舶自動鑑定系統(AIS)為基礎之無人船遙控架構

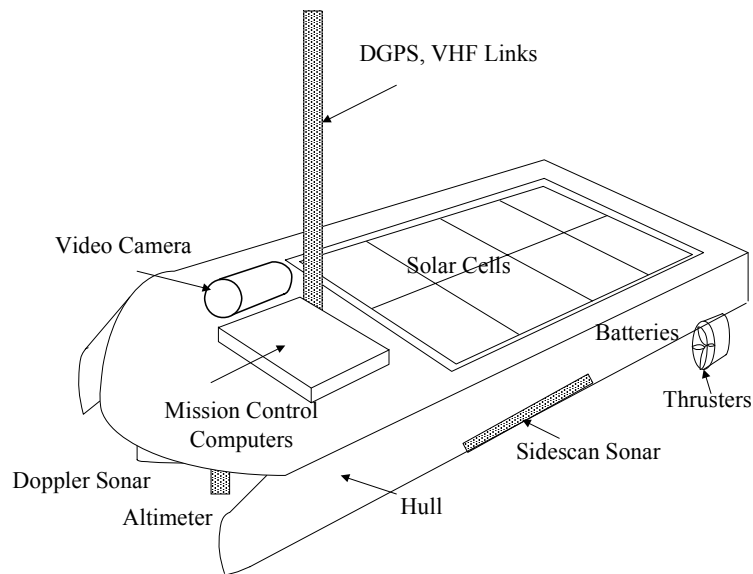


圖 6.2 自主式無人船舶設計與儀器配置概念

本研究所規劃之自主式無人船之組成由沈浸於水中之二具長型電池圓桶為主結構，在此結構上，在水中裝置導航聲納、二具平行推進螺槳、測深聲納，以及側掃聲納。在水面上，則配置太陽能發電系統、控制電腦、AIS、與攝影機等。

6.1 無人船舶之主要元件與規格

1. 船舶自動識別系統(AIS)

AIS 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 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。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 站亦可收到。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 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，改進海事通信的功能，提供一種與透過 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。本研究購進兩台 Class A 的 AIS 系統，作為基地站與移動站，AIS 的製造商為 JOTRON 所生產的 Torn UAIS TR-2500。

2. 水面攝影機

本無人船裝設水面攝影機，用來觀測水面環境。攝影機需能防水。本研究選用防水最高規格的 IP68、由臺灣 Tracer 公司所生產的 IP68 SEA(SALT) Water DSP Color Camera。

3. 推進器

螺旋槳為 Tecnadyne 生產的 Model 1020 直流無刷推進器。

4. 都卜勒聲納

都卜勒聲納可量測船舶與海底或水層之相對速度，為無人船舶輔助 GPS 導航之主要感測器。都卜勒聲納的製造商為 Teledyne RD Instruments 生產的 Workhorse Navigator Doppler Velocity Log

WHN1200。此都卜勒聲納能獲得無人船與海床相對速度，提供準確可靠的導航及位置資訊並可知載具的傾斜狀況與水底之距離，另此聲納具有羅盤及溫度計功能，這些功能將有利於使用者進行無人船導航或控制以及收集海洋水文等相關資訊。

5. 電池

載具的電源系統分為兩部份，第一部份是供應螺槳推進的電力，在雙體筒內個別放置 10 個 12 伏電池串接。另一部份是供應電力給載具上的電腦及感測器，這部份的電力則運用太陽能板電池輔助發電。

6. 電腦

由於電腦及其他感測器設備都是運用太陽能供給電力，故在選用電腦時希望可降低消耗功率以利每次任務進行時間。本研究選用以 Intel Atom 處理器為基礎之嵌入式工業電腦，以達到省電目的。選用艾訊股份有限公司的 eBOX530-820-FL。

6.2 船型設計

本研究選用 SWATH 船型作為實驗船，此船型有下列幾項特性：

1. 耐波性能佳：本研究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。這將有利於大型太陽能板的設計以及其他儀器設備(AIS、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。由於本研究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看出這種船型擁有優異的耐海性、寬廣工作平台及良好操縱穩定性能，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，這些特性皆符合此研究之需要。SWATH 缺點則在於船體浸水面積較大，相對摩擦阻力也較大，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。本研究選用 FormSys 公司的 Maxsurf 軟體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。

6.3 耐海性能預估

SWATH 性能的最重要優點是具有優越的耐波性。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，這特性可避免平台上的儀器遭受到海水的波及導致損壞。本節使用 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中央氣象局臺灣西部的海象統計數據，同時假設船體在四種不同速度中行駛、由阻力預測出最佳的航行的速度 0.38m/s ($fn = 0.13$) 以及 0.55m/s ($fn = 0.18$) 以及較高速時 0.91 m/s ($fn = 0.3$)。

工作船的安全航行，縱搖值應不大於 7 度。若船舶裝有聲納裝置，水中存在的氣泡是聲音訊號收及發明顯減弱的一個重要原因，故在設計船載聲納系統時，除了保證音鼓不出水面外，設法不使聲納音鼓與氣泡接觸為一首要考慮。這些氣泡可能因碎波而存在於海洋表面。應使聲納音鼓浸水深度不小於一英尺。

可從上面的資訊限制出海條件，由中央氣象局的資料可知，臺灣西岸在 3 到 8 月的平均週期大約為 4.8s ，若在此平均週期下波高若大於 0.7m 則船身縱搖值將會大於 7 度，故可以限制當平均週期為 4.8s 時波高需小於 0.7m 才能出海。圖 6.3 為本研究所建造的無人船照片，今年度已完成船體之製作，正在進行組裝以供性能測試。



圖 6.3 正進行系統整合測試的無人船體照片

6.4 太陽能供電系統設計

無人船太陽能發電系統之架構，參考國內外太陽能發電系統的分析架構以及系統匹配規格，在考慮採購之太陽能板及無人船內部負載等特性後，建構出應用於無人船的獨立型太陽能發電系統分析模型。同時利用中央氣象局之輻射量資料，以 MATLAB 模擬程式來進行整個太陽能電力系統的分析，並使用 LLP(Loss of Load Probability) 作為供電之可靠度指標，以評估供電系統是否可以提供負載穩定的輸出電力。本節分為三個部分，分別是太陽能發電系統組件特性、太陽能發電系統模擬分析、以及模擬結果與討論。

(一) 太陽能發電系統組件特性

無人船的太陽能發電系統主要由三種組件所構成：(1)發電組件—太陽能電池；(2)蓄電組件—鋰電池；(3)負載組件—工業電腦，AIS 及其他感測器，將這三種組件整合成一獨立系統則需太陽能控制器。

1. 太陽能電池

太陽能電池是由 P-N 接面的二極體所組成，並將光能轉換成電能，因此可將太陽能電池視為一獨立電流源來供給負載電力。太陽能電池之等效電路如圖 6.4，其中 I_{ph} 表示太陽能電池經陽光照射後產生之電流， D_j 表示一 PN 接面二極體，而 R_{sh} 與 R_s 則分別表示材料內部的等效串聯及並聯阻抗，通常 R_{sh} 值很小，因此為簡化分析過程而可

將之忽略不計。 V_{pv} 及 I_{pv} 分別表示輸出至外接負載 R_L 的電壓及電流。

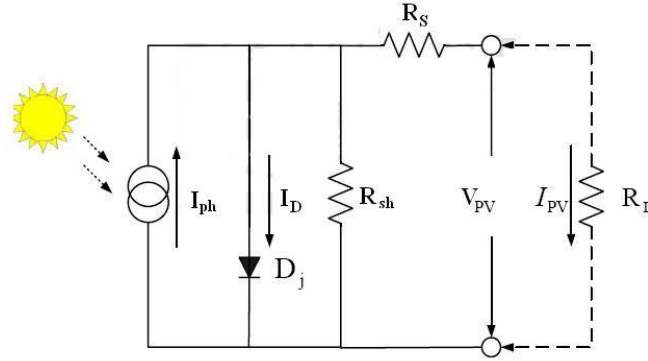


圖 6.4 太陽能電池等效電路

省略 R_{sh} 後的電路模型與(Walker, G., 2001)所提出的等效電路模型相同，因此可根據(Walker, G., 2001)的數學方程式將太陽能電池的輸出電流表示成(6-1)式。

$$I_{pv} = I_{ph} - I_{sat} \left(e^{\frac{q(V_{pv} + I_{pv}R_s)}{AK_bT}} - 1 \right) \quad (6-1)$$

上式中各參數定義為：

I_{pv} ：太陽能電池的輸出電流(A)

V_{pv} ：太陽能電池的輸出電壓(V)

I_{ph} ：太陽能電池短路電流(A)

I_{sat} ：二極體的逆向飽和電流(A)

K_b ：波茲曼常數(1.38×10^{-23} J/K)

A ：太陽能電池的二極體因數($A=1 \sim 2$)

q ：一個電子所含電荷量(1.6×10^{-19} C)

另外，太陽能電池的逆向飽和電流 I_{sat} 與溫度的變化相關，因此可以使用數學方程式(6-2)來表示：

$$I_{sat} = I_{Tr} \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 e^{\frac{qE_{gap}}{AK_b} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right)} - 1 \quad (6-2)$$

T_r ：太陽能電池參考溫度(K)

I_{Tr} ：太陽能電池在溫度(T_r)時的逆向飽和電流(A)

I_{Tr} ：太陽能電池在溫度 T_r (K)時的逆向飽和電流(A)

E_{gap} ：半導體材料跨越能間帶間隙時所需能量(eV)

太陽能電池所產生的電流則會隨日照強度及溫度而變，如式(6-3)

$$I_{ph} = GI_{scr}(1 + K_0(T - T_r)) \quad (6-3)$$

I_{scr} ：太陽能電池於參考溫度和日照強度為 $1\text{KW}/\text{m}^2$ 時所量測到之短路電流值(A)

K_0 ：太陽能電池短路電流的溫度係數(mA/K)

G ：太陽日照強度($G=1$ 即為 $1000\text{W}/\text{m}^2$)

從以上的數學方程式可以得知，日照強度及溫度是影響太陽能電池功率的最大因素。藉由聯立(6-1)、(6-2)及(6-3)式，可以描繪出太陽能電池的輸出 I-V 曲線及 P-V 曲線在不同的日照強度及溫度下的關係。本研究所使用的太陽能電池是從貿翔國際有限公司出產之單晶矽太陽能模組(KI-PSP-130)，其詳細的電力規格如表 6.1 所示。

表 6.1 太陽能板模組(KI-PSP-130)規格

Parameter	Symbol	Typ	Unit	condition
Maximum power	Pmax	130	W	irradiance: $1000\text{W}/\text{m}^2$ temperature: 25°C
Maximum power voltage	Vpm	17.54	V	
Maximum power current	Ipm	7.45	A	
Open circuit voltage	Voc	21.66	V	
Short circuit current	Isc	7.93	A	
Module efficiency	η	13.9	%	

將前述之數學方程式(6-1)、(6-2)及(6-3)建立於 MATLAB 中，代入表 6.1 所列出之各項參數後，可簡單地描繪出太陽能板模組(KI-PSP-130)在日照強度 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 、溫度 25 度的環境下的 I-V 曲線及 P-V 曲線(圖 6.5、圖 6.6)。

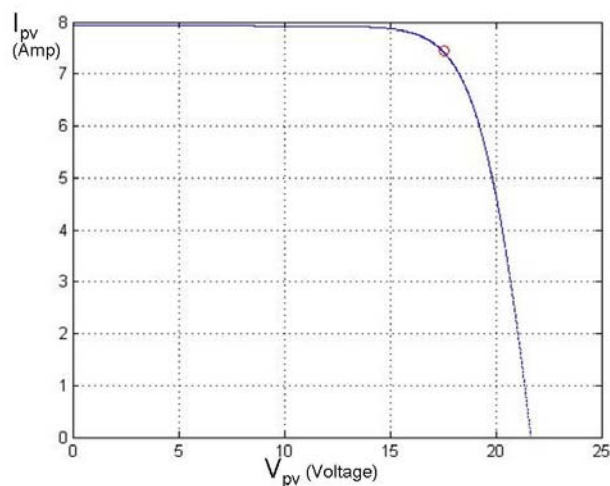


圖 6.5 (KI-PSP-130)在標準環境(1000W/m^2 25°C)下的 I-V 曲線

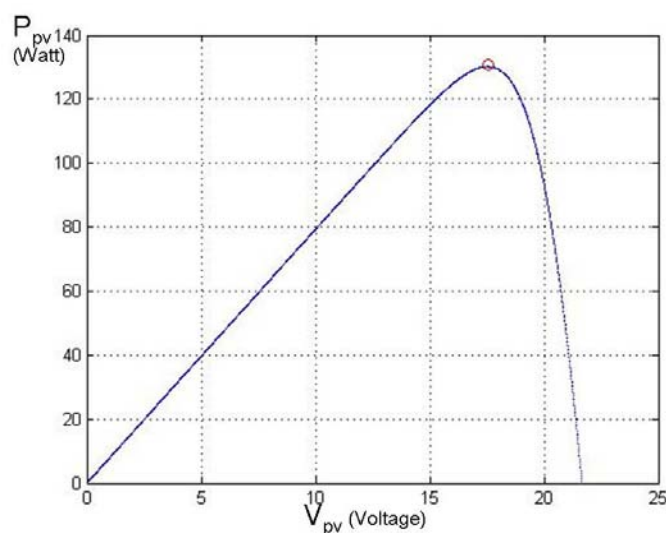


圖 6.6 (KI-PSP-130)在標準環境(1000W/m^2 25°C)下的 P-V 曲線

圖 6.5 及圖 6.6 的紅色圈圈為廠商所提供之參數：在標準環境且最大功率 $P=130$ 的情況下，電壓 $V=17.54$ 及電流 $I=7.45$ 的大小；用以確認模擬程式及數據是否正確。確認 MATLAB 程式可準確地模擬太陽能模組(KI-PSP-130)後，即可輸入任何日照與溫度條件以得到太陽能模組之發電量，這部份最後會應用於模擬程式中的發電量估測。

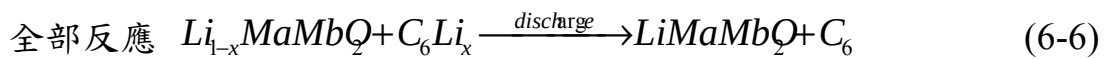
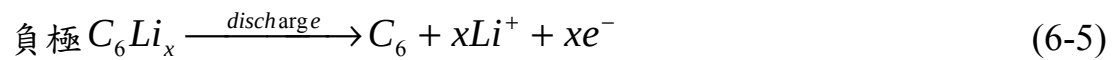
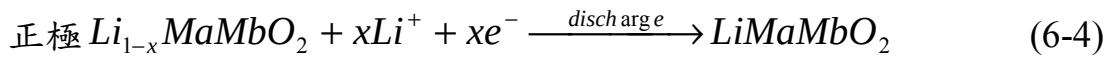
2. 鋰離子電池特性

理想的電池應該具備高輸出密度、高重量能量密度、高體積密度及高能量轉換率等各種優點；而鋰金屬氧化電位低(-3.03V)且密度較

其他電池材料來的小(0.534g/cm^3)，因此單位重量所能產生的電能相當的大，並提供很高的能量密度，是目前最受矚目的二次電池。

鋰離子電池正極使用鋰離子與金屬氧化物，負極使用石墨或焦炭，而電解液則使用溶解鋰鹽的非質子性有機溶劑。鋰離子電池的正極材料最常見的有三種：鋰鈷氧化物(LiCoO_2)、鋰鎳氧化物(LiNiO_2)與鋰錳氧化物(LiMn_2O_4)，使用不同正極材料，其能量密度也會不同。

鋰離子電池於正極與負極之間填入具有導電性的液態電解液，藉由鋰離子往返其中與極板以起氧化還原反應而產生電能。以下為鋰離子電池放電的化學反應式，將反應式的箭號顛倒即為充電反應式。其中 Ma 及 Mb 為參雜金屬。



單體鋰離子電池的公稱電壓值為 3.6V，而其對應的最大電壓為 4.1V。而典型鋰電池合適的充電電流在 $0.1\text{C}^\circ \sim 1.5\text{C}^\circ$ 之間，雖然充電電流小會拉長其充電時間，然而充電電流過大時，則會破壞電池內部的材料結構，造成電池壽命縮短，因此使用鋰離子電池必須要裝配防止電池過充電、過放電的保護電路。

在鋰電池殘電量(state of charge, SOC)估測的部份，根據Sabine Piller等人所提出的電池殘電量檢測法，包括：直接放電法、開路電壓法及安培小時法等等；直接放電法是求得電池殘電量最直接及可靠的方法，但是缺點是每做一次需要花費許久時間，且電池必須與系統斷開才能檢測，因此不適用於無人船的系統，而開路電壓法則必須考慮電池的特性，如圖6.7所示，鋰離子電池的開路電壓與SOC的關係並不像鉛酸電池呈線性變化，在判斷SOC時容易因為測量上的誤差而導致誤判，因此最適合應用於無人船平台的估測方法為一安培小時法。

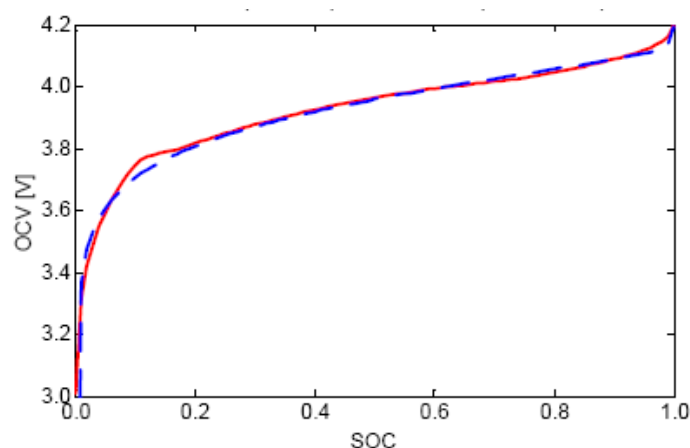


圖 6.7 鋰離子電池的開路電壓與 SOC 的關係

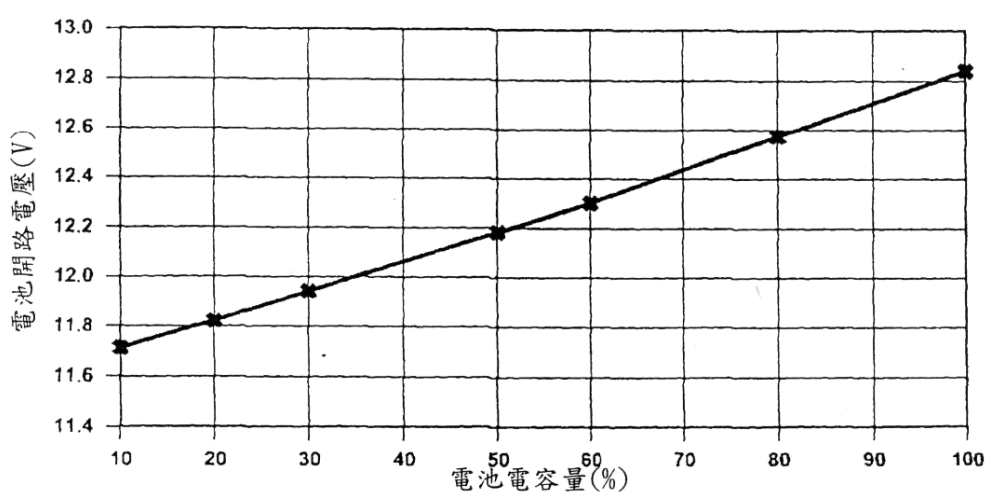


圖 6.8 鉛酸電池的開路電壓與 SOC 的關係

安培小時法是利用能量平衡的原理，量測流入或流出電池的電流量：充電時，由初始 SOC 值加上電流對充電時間的積分值；放電時，則由初始 SOC 減去電流對放電時間的積分值，如此便可得出任何時刻的 SOC 值。其計算公式如下：

$$SOC = SOC_0 + \frac{1}{C_N} \int_{t_0}^t I_{batt}(t) dt \quad (6-7)$$

其中 t 表示充放電時間， t 為目前時間， t_0 為初始時間，SOC 為目前殘電量值， SOC_0 為初始殘電量值， C_N 為公稱電壓， I_{batt} 為電池的電流(流入為正，流出為負)。

3. 負載特性

無人船的太陽能發電系統主要的負載為工業電腦、船舶自動識別系統(AIS)及一些感測器如水下攝影機及都卜勒聲納。而負載的部份又可以分成需要一直維持開機狀態的常駐負載，以及每間隔固定時間開啟一次的漸歇性負載等。

常駐負載：在無人船平台中需要長時間維持運轉的負載為一工業電腦及都卜勒聲納 WHN1200；目前工業電腦選用艾訊股份有限公司的 eBOX530-820-FL，其啟動與正常運作所需功率約 15W。另外根據其他廠商所提供的規格，都卜勒聲納運作所需功率僅需 3W。

漸歇性負載：在無人船平台中可以間隔固定時間啟動的負載有一 AIS 及水下攝影機(TS-6051EHPSC)。其中水下攝影機運作所需功率也只需 6W，而 AIS 在經過實際進行收發 GPS 訊號測試時，觀測其電源供應器所示電壓為 24V，電流為 1A，因此 AIS 運作所需功率為 24W。

然而根據 Mukund R. Patel 所提出的負載耗電量估測方法(如圖 6.9)，實際耗電量等於負載耗電乘上週期時間內的實際工作周期(Duty ratio)。因此考慮無人船定位的實際運行模式，每隔 20 分鐘開啟所有間歇性負載一次，同時每次開啟五分鐘來進行無人船的 GPS 定位來計算，平均一個小時 AIS 所需要的電量為

$$24(W) \cdot \frac{5(\text{min}) \cdot 4(\text{times})}{60(\text{min})} = 8(\text{Wh}) \quad (6-8)$$

同時考慮水下攝影機的實際運作狀況，平均一小時約有 20 分鐘的運作時間，因此其所耗電量約為

$$6(W) \cdot \frac{20(\text{min})}{60(\text{min})} = 2(\text{Wh}) \quad (6-9)$$

將(6-7)、(6-8)式加總後，可得間歇性負載一小時所需電量約為 10Wh。

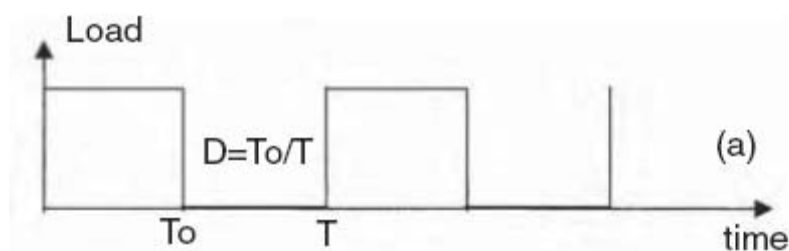


圖 6.9 負載之 Duty ratio 定義

最後將常態負載一小時所消耗的電量 18Wh 與間歇性負載的消耗電量 10Wh 加總後，即可得出無人船平台每一小時負載平均所需電量為 28Wh。這部份最後將帶入 MATLAB 程式中來進行模擬。

(二) 無人船太陽能發電系統模擬

無人船太陽能發電系統的連接方式可由圖 6.10 所示，將太陽能電池、鋰離子蓄電池與負載三個組件並聯，太陽能電池發電量大於負載用電量時，其多餘電量可由蓄電池吸收，相反的當太陽能電池發電量小於負載時，則蓄電池將會補足不夠的電量，因此鋰離子電池在整個無人船太陽能發電系統中扮演著能量管理的重要角色。

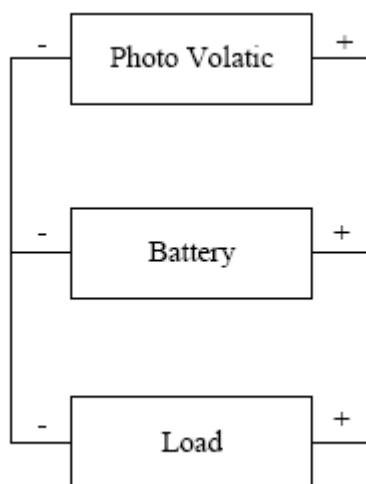


圖 6.10 無人船太陽能發電系統連接方式

然而為了選定適合應用於無人船系統的蓄電池容量大小，程式必須長期地模擬整個無人船系統的發電與放電情況，以避免系統過度設計的情況產生。分析主要分為幾個部份：(1)取得逐時日照強度資料以換算成發電量；(2)利用系統能量平衡的原理，分析太陽能發電量、鋰

電池的充放電與負載之間各組件的關係。(3)MATLAB 模擬程式建構。

為了要針對無人船太陽能發電系統做長期分析模擬，必須要先得知太陽相對於太陽能板的移動軌跡以估出全年的日照強度理論值，接著再導入從氣象局所構得之太陽輻射資料以作為修正，即可得出較準確的太陽能輻射資料，最後將此資料代入太陽能板(KI-PSP-130)的 MATLAB 模擬程式，即完成無人船的太陽能發電量模擬，並可從此模擬結果做無人船系統匹配。

根據 Ptolematic 對於太陽的運動觀念，以方位角(surface azimuth angle，向南為 0 度，東為正值，西為負值)和太陽高度角(solar elevation angle)來表示太陽相對於地球上觀察者的位置(如圖 6.11)。

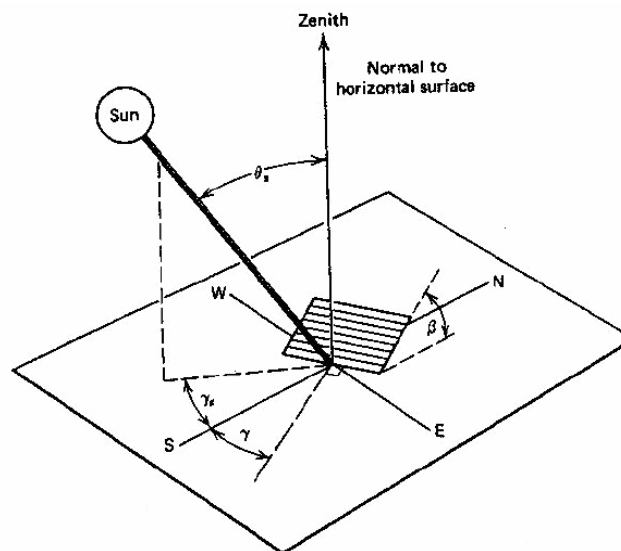


圖 6.11 太陽方位定義

上圖中各參數定義為：

β ：觀察者所在傾斜面與水面之夾角

θ_z ：水平面上觀察到的太陽高度角

γ_s ：為方向角

θ ：太陽光相對於傾斜面法線的入射角

ω ：時角(hour angle)

δ ：太陽赤緯(solar declination)

ψ ：緯度

d ：一年中的第 d 天

有了以上的定義，就可以從參考點的方位資料及時間得到太陽相對於參考點的位置。而以上各參數間關係如下列公式：

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cdot \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \quad (6-10)$$

$$\gamma = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \omega + \cos \phi \cos \omega \cos \delta) \quad (6-11)$$

$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360(284 + d)}{365}\right] \quad (6-12)$$

考慮到無人船航行受波浪影響以至於太陽能電池無法維持水平的因素，必須考慮太陽能電池與水平面的夾角 β 。依據太陽工程學的幾何公式與經驗公式可計算斜面所照射到的日照強度，本節先計算出(step1.)晴空下水平輻射量的理論值 I_c ，接著(step2.)導入氣象局的水平輻射資料 I ，並藉由經驗公式將輻射量資料分離成直達輻射量 I_b 及漫射輻射量 I_d ，(step3.)最後再將這兩種輻射量轉換至斜面上。

(step1).

I_c 可看成是由直達輻射量 I_{cd} 與漫射輻射量 I_{cb} 所組成。假設 I_o 為太氣層外相對於觀察者所在的水平面的晴天日照強度，公式如下：

$$I_o = 1363 \cdot [1 + 0.033 \cdot \cos(\frac{360d}{365})] \cdot \cos \theta_z \quad (6-13)$$

$$I_{cb} = I_o \cdot \tau_b \quad (6-14)$$

$$\tau_b = a_0 + a_1 e^{-K / \cos \theta_z} \quad (6-15)$$

其中 τ_b 為穿透係數；而 a_0 、 a_1 及 K 是在考慮季節因素後，晴空下觀察位置為離海面高度 h 的參數，其單位為公里。

$$a_0 = [0.4237 - 0.00821 \cdot (6 - h)^2] \cdot r_0 \quad (6-16)$$

$$a_1 = [0.5055 + 0.00595 \cdot (6.5 - h)^2] \cdot r_1 \quad (6-17)$$

$$K = [0.2711 + 0.01858 \cdot (2.5 - h)^2] \cdot r_K \quad (6-18)$$

(6-16~6-18)式中 r_0 、 r_1 、 r_K 為季節參數，其數值可由表 6.2 得知。

表 6.2 季節相關係數

天氣類型	r_0	r_1	r_K
春	0.95	0.98	1.02
夏	0.97	0.99	1.02
秋	0.99	0.99	1.01
冬	1.03	1.01	1.00

接著考慮漫射輻射量 I_{cb} 如下式所示。其中 τ_d 為漫射係數。

$$I_{cd} = I_o \cdot \tau_d \quad (6-19)$$

$$\tau_d = 0.2710 - 0.2939\tau_b \quad (6-20)$$

最後再將直達輻射量 I_{cd} 與漫射輻射量 I_{cb} 加總，即可得出晴空下水平輻射量的理論值 I_c 。

$$I_c = I_{cb} + I_{cd} \quad (6-21)$$

(step2).

接著導入從氣象局所得到的資料。假設從氣象局取得之水平輻射量 I ，同樣可分成直達輻射量 I_b 及漫射輻射量 I_d ，然而由於兩種輻射量轉換至斜面的方式不同，因此必須先將之分離。

$$I = I_b + I_d \quad (6-22)$$

其分離的方式是根據 Stauter and Klein 所提出之公式，先求得參數 $m=I/I_c$ 其中 I_c 為 step1 中的晴空下水平輻射量的理論值。接著將 m 代入下列經驗公式，即可求得水平漫射輻射量 I_d ，由(6-22)式則可求得水平直達輻射量 I_b 。

$$\begin{aligned} I_d / I &= 1 - 0.1m & 0 \leq m < 0.48 \\ I_d / I &= 1.11 + 0.0396m - 0.789m^2 & 0.48 \leq m < 1.10 \\ I_d / I &= 0.2 & 1.10 \leq m \end{aligned} \quad (6-23)$$

(step3).

在分離出漫射輻射量 I_d 及直達輻射量 I_b 後，利用圖 6.12 所描述之水平面夾角 β 的幾何關係，即可將直達輻射量 I_b 轉換成傾斜面上的直達輻射量 I_{tb} ；而漫射輻射量 I_d 及轉換成傾斜面上的直達輻射量 I_{td} 。

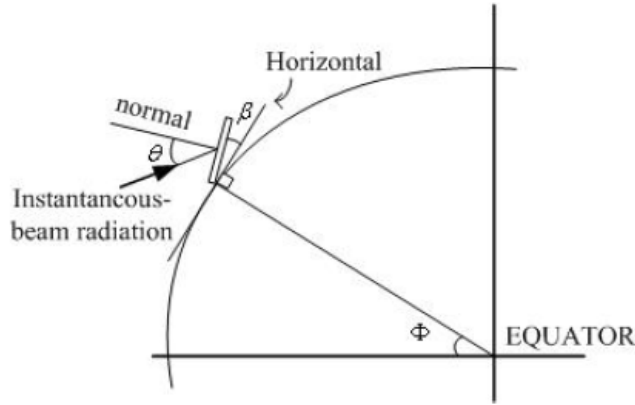


圖 6.12 傾斜面上所受的日照強度

$$I_{tb} = I_b \cdot \cos \theta \quad (6-24)$$

$$I_{td} \cong I_d \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \quad (6-25)$$

除了直達及漫射輻射量之外，還必須考慮地面的反射率 ρ 的影響。根據Liu和Jordan的建議， ρ 在一般地面上為0.2，在水面上為0.7。假設反射輻射量為 I_G ，其式子為(6-26)所示：

$$I_G \cong I \cdot \rho \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (6-26)$$

最後將上述三種輻射量加總後可得出總輻射量 I_t 。

$$I_t = I_{tb} + I_{td} + I_G \quad (6-27)$$

得出總輻射量後，將此資料代入太陽能板(KI-PSP-130)的MATLAB模擬程式，以完成無人船的太陽能發電量之分析。參考圖6.13之流程，將之引入無人船的獨立型太陽能發電系統。

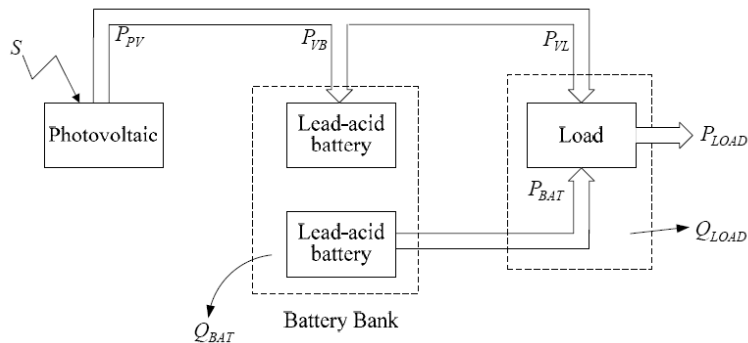


圖 6.13 獨立型太陽能發電系統流程

其中 P_{VB} 是太陽能發電進入電池的電量， P_{VL} 是太陽能發電供應負載的電量，而 P_{PV} 則為太陽能電池的總功率。接著考慮蓄電池在充放

電時的熱能損耗功率 Q_{BAT} ，以及負載運作時所額外產生之損耗 Q_{LOAD} ，可以將整個無人船太陽能發電系統看成下列 (6-28) 式：

$$\int_{t1}^{t2} (P_{PV} - Q_{BAT} - Q_{LOAD}) dt = \int_{t1}^{t2} \left(\frac{dP_{LOAD}}{dt} + \frac{dE_{BAT}}{dt} \right) \quad (6-28)$$

其中 $t1 \sim t2$ 為模擬的時間區間， P_{LOAD} 為負載所需之功率， P_{BAT} 為電池進入負載之功率。接著就是以 (6-28) 式所描述的數學模型為核心，配合的太陽能輻射量分析及太陽能板發電量模擬的程式，來進行整個無人船太陽能發電系統的模擬，圖 6.14 即詳細的模擬流程。在模擬程式中，使用者必須先讀入由氣象局所購得之逐時太陽能輻射資料，接著再輸入所在地理位置的經緯度、高度、太陽能傾斜角、負載耗電量上限以及鋰電池蓄電量上限等資料。為探討太陽能系統的可靠度，本文使用 LLP (Loss-of-Load) 作為參考指標。負載停載機率 (LLP) 定義為系統設計下之太陽能板與蓄電池，無法提供負載足夠電量之機率。若以小時為單位，一年 365 天中有 k 個小時負載停載，則

$$LLP = K / (365 \cdot 24) \quad (6-29)$$

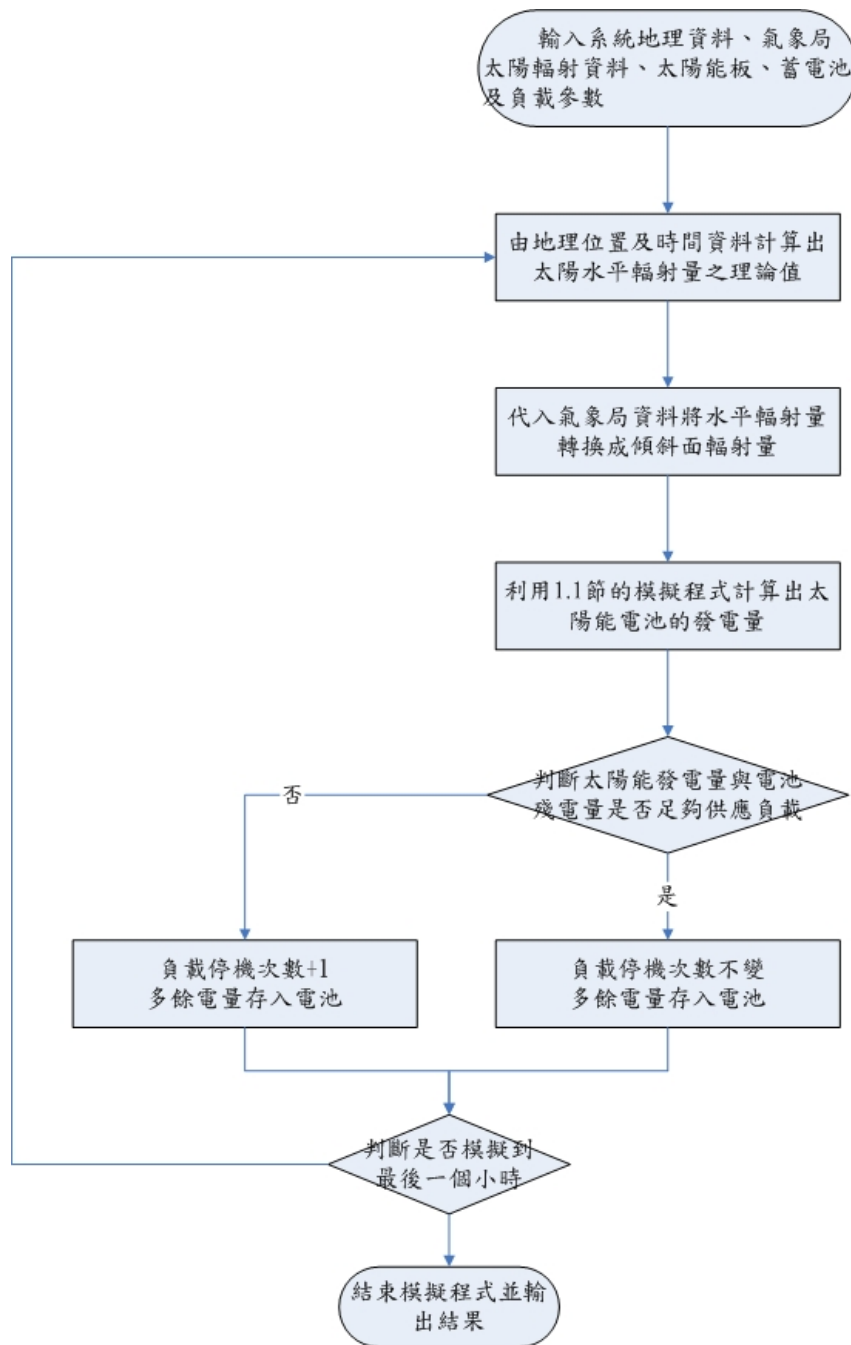


圖 6.14 無人船太陽能發電系統之系統模擬流程圖

(三) 模擬結果與討論

在模擬程式中輸入無人船的相關參數，由於受限於無人船所設計的體型大小，目前最多只能搭載2片太陽能板模組(KI-PSP-130)，因此可知其最大發電量為260W。在負載方面，則代入每小時所消耗之電量為28W。接著假設要搭載的鋰電池蓄電量規格分別為1200Wh、1800Wh及2400Wh，則對三種不同的電容量作模擬來比較其結果。圖 6.15即為三種電容量在不同月份下之LLP。

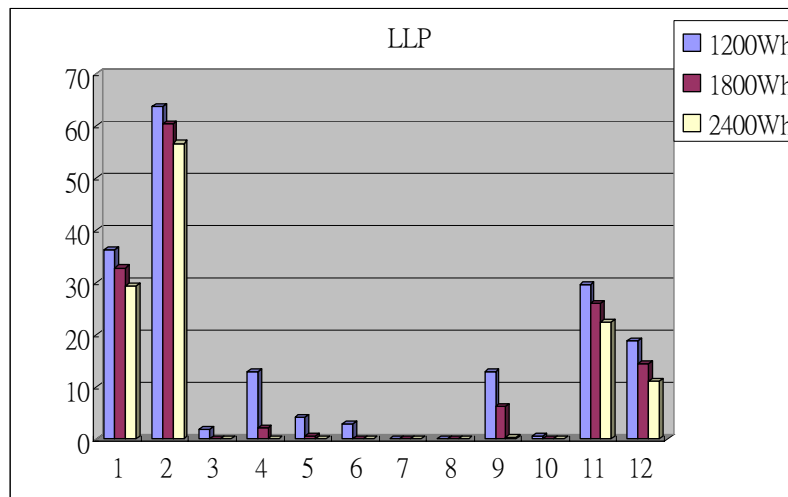


圖 6.15 不同電容量在各個月份之 LLP

由模擬結果可以發現，其電池的電容量越大，就越能有效地降低系統的停載機率LLP；但相對的，其成本與整體重量也會大幅度地增加，因此在考慮不因重量而影響無人船運動特性的情況下，本研究決定採用1800Wh的系統匹配組合。

實際應用時，負載可能因熱量散失或異常等其他因素，造成負載消耗電量高出預設值，因此另假設平均每小時負載為30Wh、32Wh時，其1800Wh的電容量於各個月份之LLP。

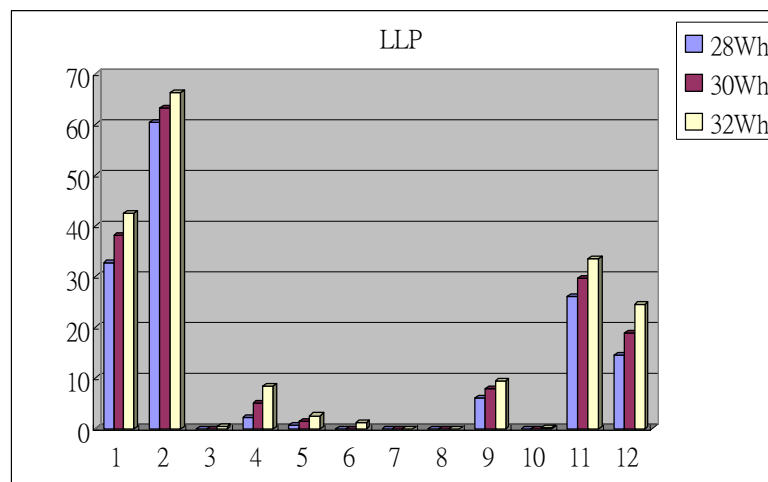


圖 6.16 1800Wh 在不同負載耗電量下之各個月份 LLP

從結果中顯示，當鋰電池為 1800Wh 的電容量時，不僅在穩定負載為 28Wh 的情況下有不錯的表現，在系統出現其他的負載狀況時也能維持穩定的表現，因此無人船的太陽能發電系統決定使用 260W 的太陽能電池，及鋰電池電容量為 1800Wh 之匹配組合。

第七章 結論與建議

「智慧型海洋運輸系統(Maritime ITS)」係在船舶、港埠、以及船岸間的資通訊技術(ICT)應用，也就是所謂的「電子化航行(e-Navigation)」。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」，本研究首要目的即是「在 e-化航行的國際架構下實現智慧型海運系統」。另一方面，隨著遙測技術的發展，提供了嶄新的海洋研究資料，本研究之次要目標在以「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。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，本研究針對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，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。

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. 在船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)之因應與初步應用試驗方面，完成探討本國船舶 LRIT 因應方案、設立我國 LRIT 中心的可行方

案、與國際資料交換中心的資料交換程序與技術、LRIT 資料於海運 ITS 的應用。本研究過程中也已陸續將研究成果提供主管機關做為相關決策措施之參考。

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，本年度研究主要完成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。
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、圖資發行機制及流通辦法之擬定等工作。
2. e-化航行即將逐步實現，為持續提升我國相關競爭力，避免錯失產業機會，更避免使我國海域淪為不適於 e-化航行的海域，此時正是我國結合海運實力與電子資通訊優勢，依此國際架構針對核心重點切入研究發展的契機。
3. 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已是一種極為有效之解決方案，但國內尚無此種解決方式之案例，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，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。

4. 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
5. 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，建議後續的工作重點包含下列項目：
 - (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. IMO MSC.202 (81), 2006, Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety Of Life At Sea, 1974, as Amended.
2. IMO MSC.211 (81), 2006, Arrangements for the Timely Establishment of the Long-Range Identification and Tracking System
3. IMO Resolution MSC.242 (83), 2007, Use of the Long-range Identification and Tracking Information for Maritime Safety and Marine Environment Protection Purposes
4. IMO MSC.263 (84), 2008, Revised Performance Standards and Functional Requirements for the Long-Range Identification and Tracking of ships.
5. IMO MSC.264 (84), 2008, Establishment of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis
6. IMO Resolution MSC.275 (85), 2008, Appointment of the LRIT Coordinator
7. IMO Resolution MSC.276 (85), 2008, Operation of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis
8. IMO MSC.1/Circ.1259, 2008, Interim Revised Technical Specifications for the LRIT System.
9. IMO MSC.1/Circ.1294, 2008, Long-Range Identification and Tracking System Technical Documentation (Part II)
10. IMO MSC.1/Circ.1299, 2008, Transitional Arrangements and Measures for Accelerating the Completion of the Establishment of the LRIT System
11. IMO MSC.1/Circ.1307, 2009, Guidance on the Survey and Certification of Compliance of Ships with the Requirement to Transmit LRIT Information
12. IMO MSC.1/Circ.1308, 2009, Guidance to Search and Rescue Services in Relation to Requesting and Receiving LRIT Information
13. Sebastien Fournier, 2005, A multiagent system for maritime navigation simulation, Proceedings of Oceans-Europe2005, pp.223-225.

14. 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
15. 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
16. 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.
17. 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
18. 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
19. 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。
20. 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.
21. 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
22. 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

23. 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.
24. IMO, LRIT Data Distribution Plan Accessing and Entering Information- Guidance Notes for Contracting Governments.
25. 張永生，遙感圖像資訊系統，科學出版社，2003。
26. 朱述龍等，遙感圖像處理與應用，科學出版社，2006。
27. 藏識科技，PilotGaea：INET 4D Wise User's Manual, 2009。
28. Canada Centre for Remote Sensing，Remote Sensing Tutorials.
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials>.
29. 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
30. 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.
31. Chui, H., Non-Rigid Point Matching:Algorithm, Extensions and Applications, Phd. Dissertation, Yale University, 2001.
32. Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Digital Image Processing, New Jersey, Prentice Hall, Inc., 2002.
33. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W., Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth Edition, New York, John Wiley & Sons, Inc., 2004.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
 38. He ,Y. and Chung,R., Image Mosaicking for Polyhedral Scene and in Particular Singly Visible Surfaces, Pattern Recognition, No. 41, pp. 1200 – 1213, 2008.
 39. 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.
 40. 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.
 41. 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
 42. 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
 43. International Hydrographic Organization, Feb 2008, IHO Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, Special Publication No. 44.
 44. International Hydrographic Organization, Nov 2001, IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, 3.1th Edition, Special Publication No. 57.
 45. International Hydrographic Organization, 1982, A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea.
 46. Canadian Hydorgraphic Services, Aug 1998, Standards for Hydrographic Surveys.
 47. Canadian Hydorgraphic Services, Feb 2003, Minimum Standards for Hydrographic Surveys.

48. Federal Geographic Data Committee, June 2001, Shoreline Metadata Profile of the Content Standards for Digital Geospatial Metadata.
49. Federal Geographic Data Committee, June 1998, Content Standards for Digital Geospatial Metadata.
50. U.S. Army Corps of Engineers, Sept 1987, Confined Disposal of Dredged Material.
51. U.S. Army Corps of Engineers, Mar 1983, Dredging and Dredged Material Disposal.
52. U.S. Army Corps of Engineers, Nov 1996, Navigation and Dredging Operations and Maintenance Guidance and Procedures.
53. U.S. Army Corps of Engineers, Jan 2002, Engineering and Design Hydrographic Surveying.
54. U.S. Army Corps of Engineers, Jul 1998, Engineering and Design Geospatial Data and Systems.
55. U.S. Army Corps of Engineers, Aug 1996, Engineering and Design Policies, Guidance, and Requirements for Geospatial Data and Systems.
56. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 1997, Nautical Chart User's Manual.
57. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), Jun 2000, NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.
58. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), April 2007, NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.
59. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), March 2007, Field Procedures Manual.
60. Land Information New Zealand, Aug 1999, Provisional Swath Sonar Survey Specifications.
61. 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.
62. 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.

63. 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.
64. 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.
65. 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.
66. 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.
67. 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.
68. 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.
69. 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.
70. 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.
71. 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.
72. 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.

73. 內政部，2003，領海及鄰接區海域基本圖測量規範(草案)。
74. 交通部運研所，2003，港灣水域水深測量(草案)。
75. 交通部運研所，2005-2007，淺水域多音束量測水深技術研究。
76. V Bertram, “Unmanned Surface Vehicles – A Survey,” Technical Report, ENSIETA, 2008.
77. M Caccia, “Autonomous Surface Craft: Prototypes and Basic Research Issues,” Proc. 14th Mediterranean Conference on Control and Automation, June, 2006.
78. 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.
79. 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.
80. 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.
81. M Caccia, “ A Practical Approach to Modeling and Identification of Small Autonomous Surface Craft,” IEEE J. Oceanic Engineering, Vol. 33, No. 2, pp. 133-145, April, 2008.
82. 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.
83. 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.
84. 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
85. 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.
86. M. R. Patel, “Wind and Solar Power System—Design, Analysis, and Operation” 2ed Edition, 2005.

87. J. Jalbert, et. al., "Solar-powered Autonomous Underwater Vehicle Development," Proceedings of the 13th International Symposium on Unmanned Underwater Vehicle, Durham, NH, 2003.
88. 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.
89. 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.
90. 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.
91. V. Dubrovsky, K. Matveev and S. Sutulo, Small Waterplane Area Ships, Backbone Publishing, N.J., 2007.
92. 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。
93. 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.
94. G. L. Plett, "Advances in EKF SOC Estimation for LiPB HEV Battery Packs," Proceedings of the EVS-20, Long Beach, CA, 2003
95. 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。
96. 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
97. 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.
98. 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(1/4)

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、郭一羽委員： 1. 本研究屬於技術開發的研究，對於海洋技術之整合與發展有貢獻。 2. 對於開發出來的技術之準確性和穩定性需有明確交代和說明。 3. 報告書中各專業知識以附錄的方式表達，本文應以深入淺出的方式和特別強調上述功能性的方式來表達。 4. 技術整合應儘量與業界合作，學術單位在技術上較弱。	1. 感謝肯定。 2. 報告中加強準確性及穩定性之分析說明。 3. 報告書修正表達方式。 4. 未來將尋求業界合作。
二、李兆芳委員： 1. 計畫內容包括四個較獨立的研究主題，各部份均有初步結果，實際應用上可繼續加強。 2. 各子計畫之研究目標可再明確訂立，再依目標持續進行。	1. 遵照辦理。 2. 修正次年研究主題與重點之明確性。
三、莊甲子委員： 1. 各類子系統(如 LRIT，AIS)及處理技術等對智慧型航行系統之關連性宜加補述。 2. LRIT 及 AIS 系統之年度初步分析結果宜列入討論說明。 3. UAV 及 INS 等技術未來如何配合計畫系統建置亦宜加補述。 4. 建議後續修訂時須加強整合性之應用說明。	1. 遵照委員意見加強補述。 2. 加強 LRIT 及 AIS 系統之研究成果說明。 3. 加強 UAV 及 INS 技術整合補充說明。 4. 遵照委員意見辦理。
四、翁文凱委員： 1. 船舶航向資料應可再細分，如航行船舶資料顯示與他國航行間船舶的屬性與目的，可作為其他	1. 列入研究主題與重點。

政策施政的參考。 2. 超短基線所能應用之範圍、距離，再實際海域範圍，廣大或防波堤長距離情況下，超短基線的適用性如何？建議再進一步探討。 3. 自主無人船舶設計的主要目的、功能、應用的範圍，建議先釐清。	2. 遵照委員建議進一步探討。 3. 報告中加強說明研究目的、功能、應用的範圍。
五、鐘英鳳委員 1. P5-12 第七行，文詞錯誤。 2. 研究目標、方法及未來四年工作內容先行擬定，以利研究方向能夠明確。 3. 目前之系統與高雄港現有 VTC 塔台之系統是否相容？ 4. P3-17，圖 3.13 航速單位？圖 3.14 航向之表示不清楚，建議相關圖說應加以說明。	1. 修正報告書。 2. 遵照委員建議擬定次年研究主題與內容。 3. 高雄港現有 VTC 塔台之系統僅限於高雄港海域，本研究為涵蓋台灣海域之整合性系統。 4. 修正報告書。

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(1/4)

邱永芳、張富東、蔣敏玲
張淑淨、李良輝、薛憲文、郭振華

中華民國99年3月19日



智慧型航行與監測系統之研究(1/4)

- 前言
- 臺灣海域船舶動態資訊系統(AIS)之建立
- 船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)建置之研究
- 無人載具(UAV)攝像及影像處理技術之設計與開發
- 超短基線之水下定位系統的精度探討
- 自主式無人船舶設計
- 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(AIS)之建立

✦ 建立臺灣海域船舶動態資訊系統。

✦ 探討船舶自動識別系統(AIS)之船舶交通流分析技術。

船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)建置之研究

✦ 探討台灣LRIT資料中心建置及其之初步應用。

無人載具(UAV)攝像及影像處理技術之設計與開發

✦ 探討UAV應用於即時海岸帶攝影實務及影像處理。

超短基線水下定位系統之精度探討

✦ 探討超短基線定位系統的定位精度及儀器介面。

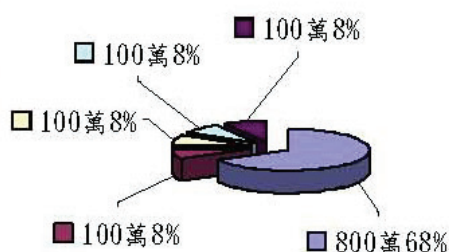
自主式無人船舶設計

✦ 建立自主式無人船舶之初步設計及導航定位控制。



經費與預算執行情形

執行經費(1200萬元)



■ 臺灣海域船舶動態資訊系統(AIS)之建立(港研中心)

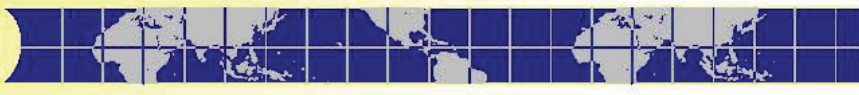
■ 船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT)建置之研究(國立臺灣海洋大學)

■ 無人載具(UAV)攝像及影像處理技術之設計與開發(國立高雄應用科技大學)

■ 超短基線之水下定位系統的精度探討(國立中山大學)

■ 自主無人船舶設計(國立臺灣大學)





- 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



WV2 交通信息編輯研究所開發校務研究中心
臺灣海域船舶動態資訊系統
Automatic chartplotter 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 船舶管理 衛星追蹤 會員註冊

船舶動態

首頁 > 船舶動態

地圖資訊

緯度: 110.3115
經度: 24.4071

船舶數量: 230 艘
顯示數量: 25 艘
距離了及更新速度: 0 秒

[放大圖解](#)

船舶查詢定位

船舶顯示選項

船舶活動清單

BOW ASIA

計算距離及方位

10:00 110.3115000
船舶名稱: BOW ASIA
船舶類別: 油輪
行駛狀態: 以主引擎動力行駛
航行方向: 121
航行速度: 14.4 節
長度: 111.00 m
寬度: 20.00 m
船舶呼號: 930000
[放大圖解](#) [顯示位置](#) [詳細資料](#) [歷史軌跡](#) [取消追蹤](#)

船舶 衛星 船舶

臺灣海域船舶即時資訊

[illegible]

臺灣海域船舶之基本資料

[船舶動態](#)
[船舶計劃](#)
[港口資訊](#)
[船舶明播](#)
[貨運計劃](#)
[業務註冊](#)
[FAQ](#)

[船舶概況](#)

- 即時船舶清單
- 全部船舶清單
- 船舶進出口清單
- 到港與駛離之船舶清單
- 船舶歷史位置資訊

LIEN SHUAN

船舶基本資料

國籍：  Taiwan (Republic of China)

船舶種類：貨船

長度 (公尺)：3800 x 4700

IMO：475238300

SWI：0

呼號：H9400

目前位置資料

航行狀態：以工務船動力狀態



位置座標度：12.5743125, 120.1171

航速節數：2.00

航向節數：127.00

船舶深度：7.0

深度差：0

定位設備：GPS (全球衛星定位系統)

定位準確度：0

資料來源港口：基隆港

目前航行資料

最大吃水深度：5.20

目的地：TAIPEI PORT

預計到港時間：2010-02-08 00:30:00

航程剩餘時間：2010-02-08 00:15:14

最近進出港紀錄

港口	進港時間	離港時間
花蓮港	20100101 上午 00:00:40	20100101 上午 10:18:34
花蓮港	20100101 上午 00:24:34	20100101 下午 12:04:40
花蓮港	20100101 上午 10:18:42	20100101 下午 12:24:54
基隆港	20101002 下午 12:07:34	20101002 下午 00:11:04
花蓮港	20101110 上午 09:03:41	20101110 上午 11:04:40





船舶航向資訊模組



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 Ship Statistics

查詢條件: 所有港口 | 列出全部 | 查詢

港口	船名	MMSI	到達時間	航線編號
台中港	TAIPOVER PROSPERITY2	416347000	2010-02-08 22:49:24	
台中港	CHUNG 420	416320000	2010-02-08 22:48:21	
台中港	BAY FUH	352779000	2010-02-08 22:48:19	
台中港	MEISHU	431576000	2010-02-08 22:48:18	
台中港	CHUNG 413	416000001	2010-02-08 22:49:19	
高雄港	EVER DEVOTE	564360000	2010-02-08 22:48:15	
高雄港	HAO JIANG	413690100	2010-02-08 22:48:09	
花蓮港	ASIA CEMENT NO2	416122000	2010-02-08 18:58:43	
高雄港		208422000	2010-02-08 16:16:33	
花蓮港	DA HONG	416009197	2010-02-08 10:13:53	2010-02-08 12:40:33
蘇澳港	SOUTHERN FALCON	352709000	2010-02-08 09:04:13	
台中港	FU WEI	416000084	2010-02-08 09:04:03	
高雄港	FAR SAILING	567878000	2010-02-08 09:03:50	
基隆港	VEGA DAVOS	536909087	2010-02-08 09:03:49	
高雄港		416003942	2010-02-08 08:59:40	

資料數量: 29

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.

各港船舶到達與駛離查詢





港口、船舶與接收站動態統計分析模組



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

查詢條件: 列出全部 | 查詢

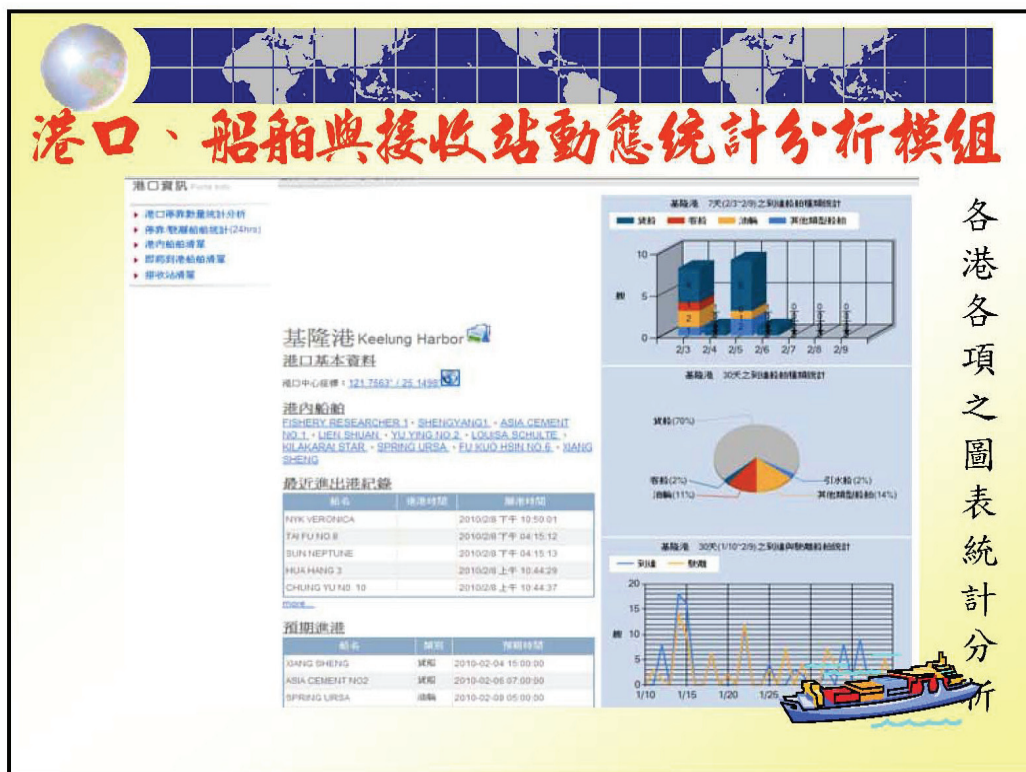
港口	過港船舶統計	離港船舶統計(24hrs)	進港船舶統計(24hrs)	管理到港船舶統計	MPI
蘇澳港	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	
馬祖港	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	
金門港	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	
馬公港	1 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	
安平港	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	
台北港	6 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	9 (List...)	
蘇澳港	3 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	3 (List...)	
花蓮港	5 (List...)	2 (List...)	2 (List...)	3 (List...)	
高雄港	67 (List...)	3 (List...)	3 (List...)	65 (List...)	
台中港	38 (List...)	5 (List...)	5 (List...)	36 (List...)	
基隆港	10 (List...)	0 (List...)	0 (List...)	12 (List...)	

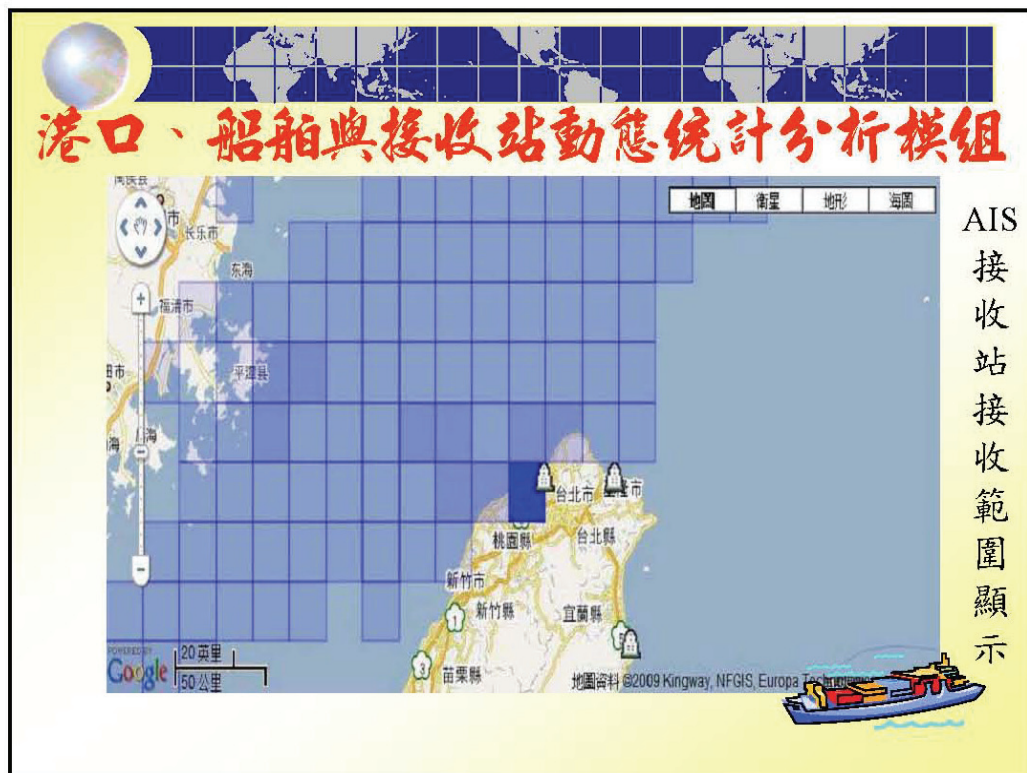
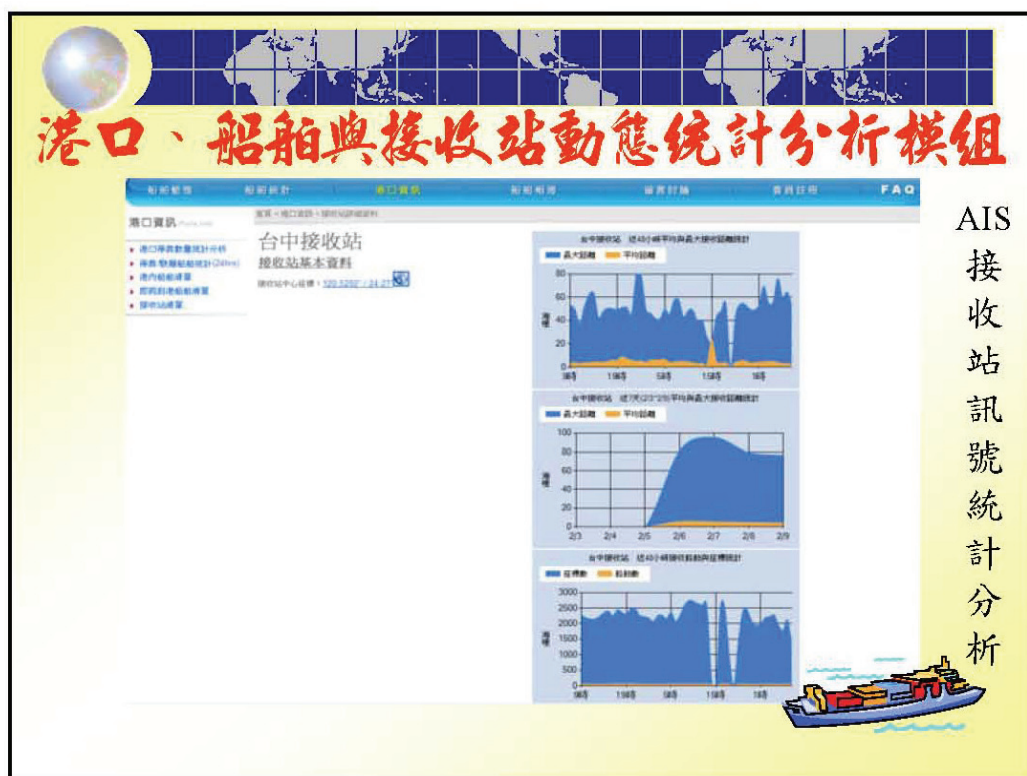
資料數量: 12

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.

各港停靠船舶數量統計

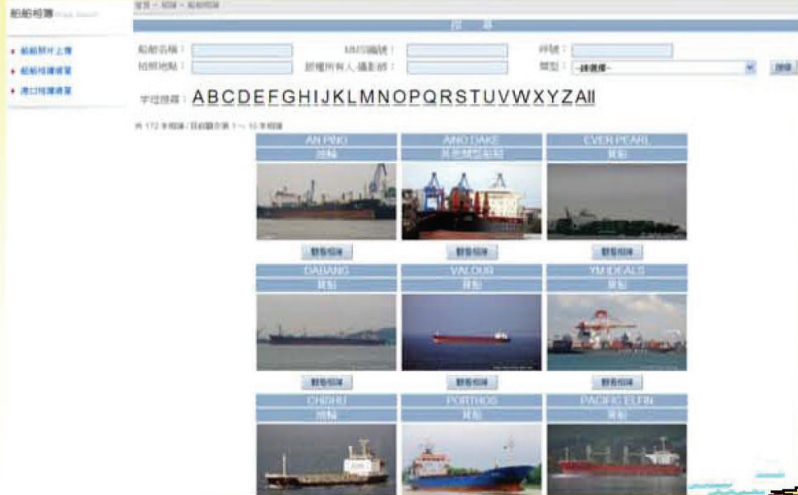









港口與船舶相簿管理模組



各港與船舶相簿顯示






網頁討論區模組

首頁 > 留言討論 > 新增留言

姓名：測試

E-Mail：

*標題：

*留言內容

註：標示*欄位為必填欄位，請勿空白

驗證碼：

產生新驗證碼

送出留言

清除內容

取消留言

使用者與管理者互動討論

網頁訊息

請輸入標題

請輸入留言內容

確定





權限控管模組

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	

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. 「使用者密碼」及「密碼確認」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做為補尋密碼的信箱。
6. 使用忘記密碼時，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，帳號啟用後方可使用！

使用者帳號申請



船舶遠距識別與追蹤系統(LRIT) 建置之研究

- LRIT系統與功能說明
- 我國LRIT資料中心的可行方案
- AIS系統應用於交通流統計分析





LRI T 系統與功能說明

●船舶遠距識別與追蹤系統：

Long-Range Identification and Tracking, 簡稱LRIT

●系統組成：

由船舶船載設備、通訊服務商(CSP)、應用服務商(ASP)、數據中心(DC)、國際數據交換中心(IDE)及資訊分配計畫(DDP)等單元組成。

●適用船舶：

航行國際航線之客船、300總噸以上的貨船及移動式離岸鑽油平台等均適用。

●傳輸資訊：

船舶識別碼、船舶位置(經緯度)及提供船舶位置之日期與時間等。



LRI T 系統與功能說明

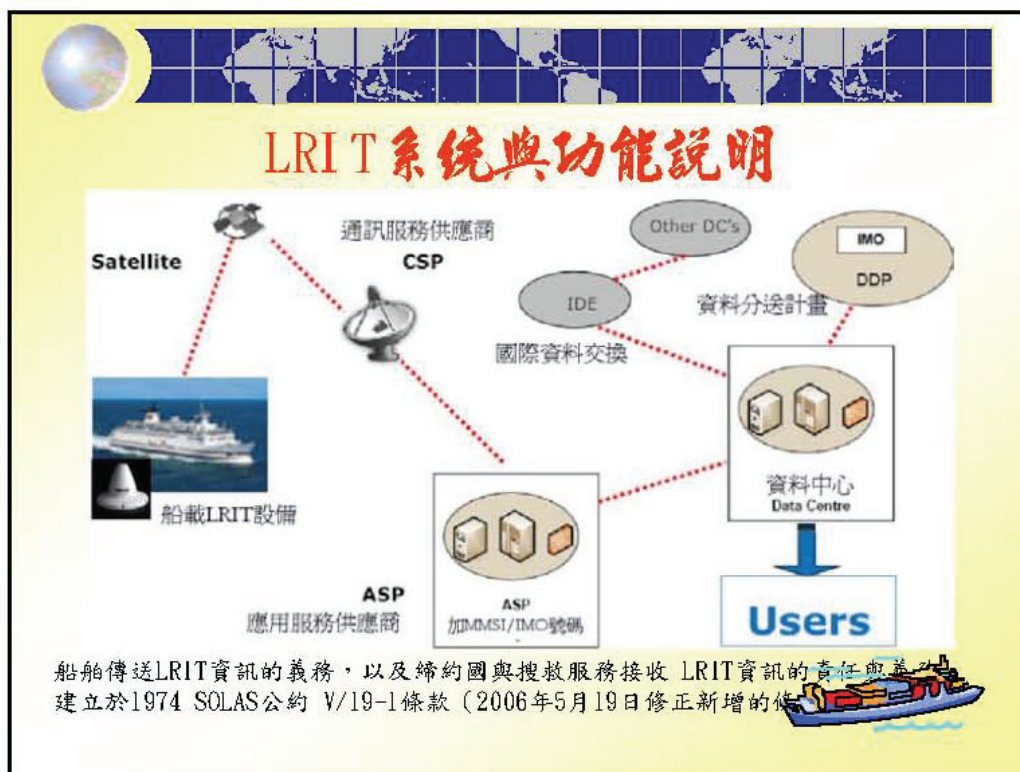
●傳輸方式：

船舶船載設備必須每日4次(每6小時1次)、將傳輸資訊藉由CSP及ASP等單元發送至DC，再由各國DC依DDP相關規則傳輸至IDE進行船舶資訊交換工作。

●主要任務：

- 應他國搜救服務為執行搜救任務之需，透過該國DC與IDE提出之要求，提供本國船舶在特定搜救區域內船舶的LRIT資訊。
- 為執行搜救任務，透過國際LRIT資料交換，向各船旗國之數據中心取得在搜救區域內船舶之LRIT資料。





我國LRIT資料中心的可行方案

- 建立LRIT國際規範
 - ✦ 訂定LRIT技術規範、規劃系統組成與運作
- 訂定我國船舶、港口因應方案
 - ✦ 船載設備規範、設備符合度測試程序、設備適用情形與對應措施（給港口國的Notice of Arrival）
- 建置我國LRIT資料中心(DC)
 - ✦ LRIT資料中心功能、效能要求、遞交IMO的資訊與信文範本、建置我國資料中心以及連結整合入國際 LRIT 系統的程序與各測試階段



LRIT資料中心運作成本分析

- 軟硬體設備 NT\$250萬/年
 - ◆ 基本機房設備、伺服器、資料庫、具有安全認證功能的網路設備與環境等相關軟硬體，以及符合LRIT技術規範的專用軟體等（每年20-25%維護）
- 人事成本約NT\$200萬/年
 - ◆ 含CSP,ASP與DC技術服務、維運
- LRIT通訊費 約NT\$100萬/年
 - ◆ 變異較大難以估算
- LRIT測試與稽核費 約NT\$50萬/年



我國LRIT資料中心之建置事宜

- 民國98年交通部航政司決定發展自有的資料中心(DC)，且責成基隆港務局負責。選擇由港務局主辦原因係考量經費來源(航港建設基金)及運作人力等問題。
- 建議應積極協調外交部取得LRIT國碼及IMO資訊分配計畫(DDP)等。





AIS系統應用於交通流統計分析

● AIS資料庫特性與設計

● 研究成果與實例分析



AIS資料庫特性與設計

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



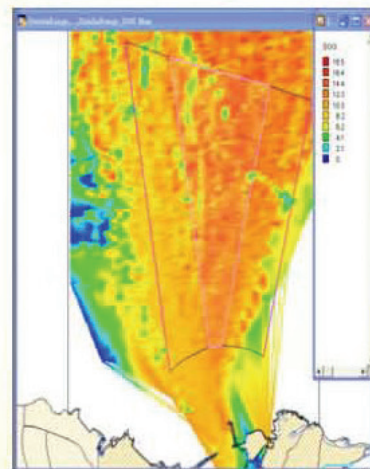
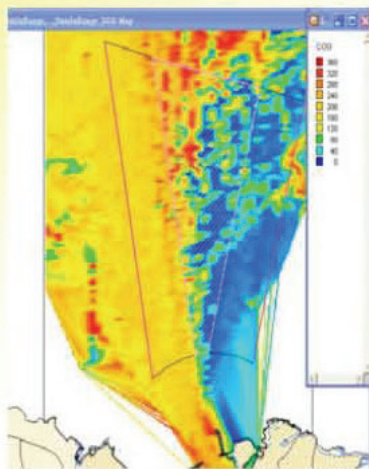


研究成果與實例分析

- 資料探勘與統計的前置過濾機制
- 基本的交通流組成特性
- 跨越地理參考線之偵測與統計分析技術
- 高風險之時空密集區偵測分析技術
- 初步之AIS航路網與抵達時間預測

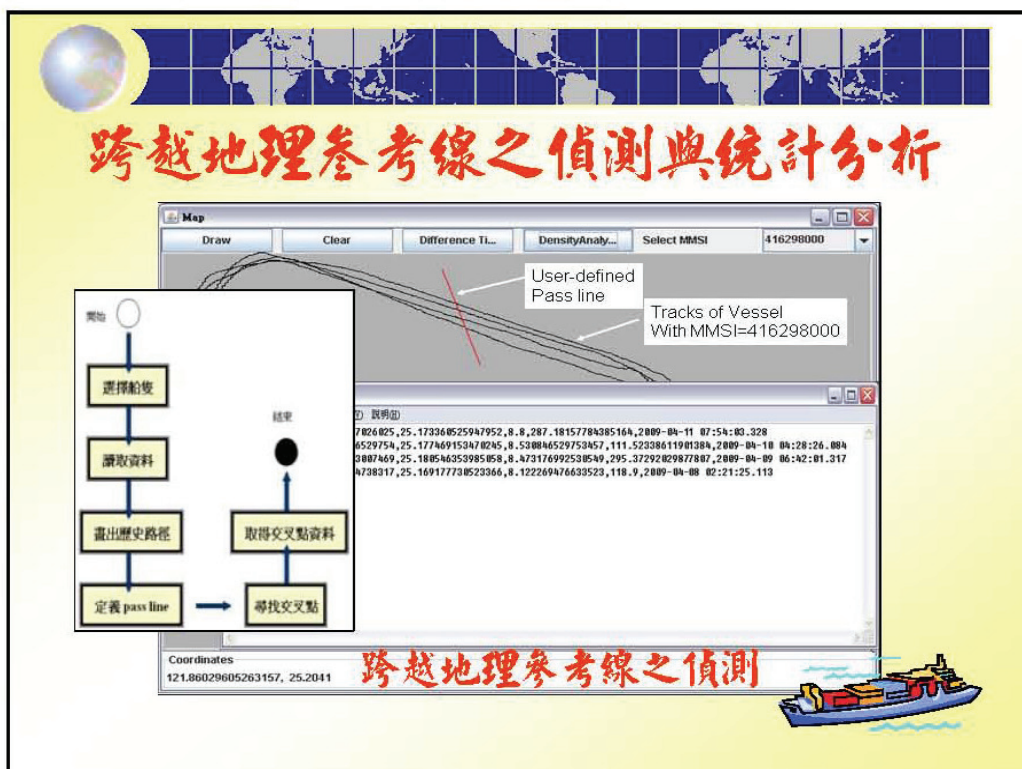
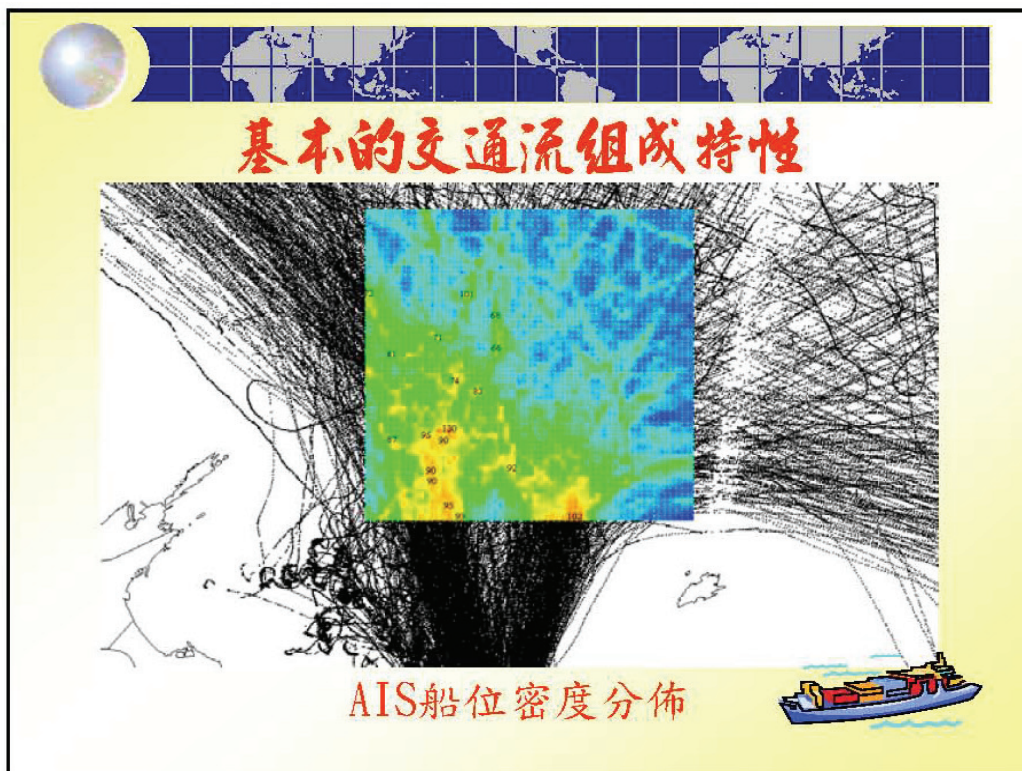


資料探勘與統計的前置過濾機制



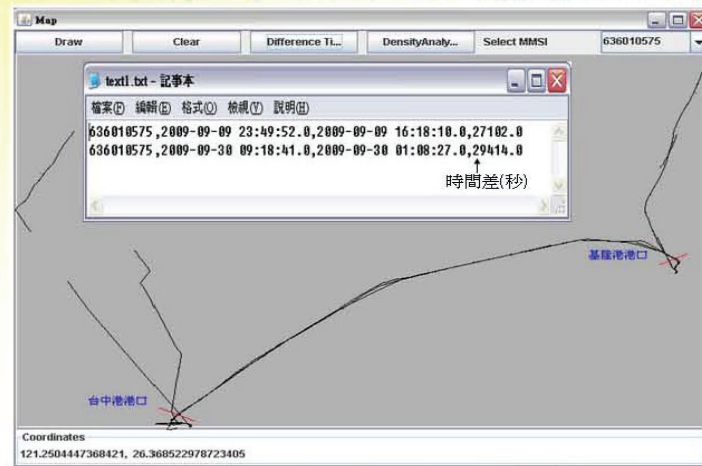
基隆站2009年4月7-14日所有AIS船







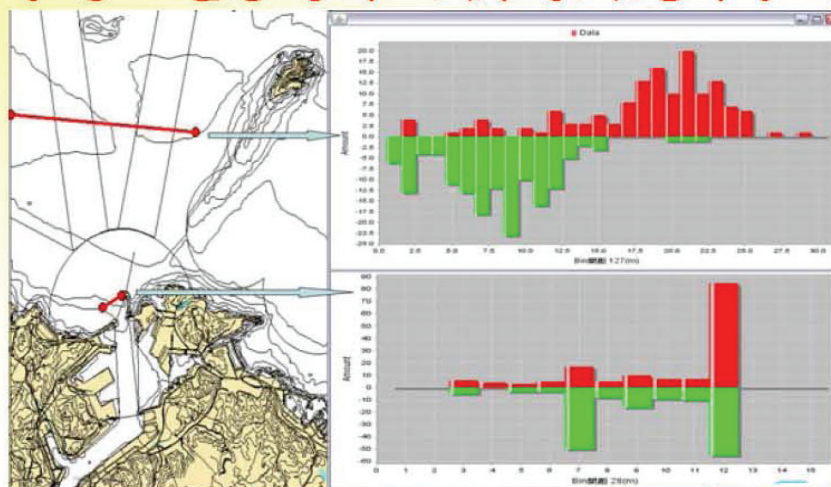
跨越地理參考線之偵測與統計分析



跨越地理參考線之時間差



跨越地理參考線之偵測與統計分析

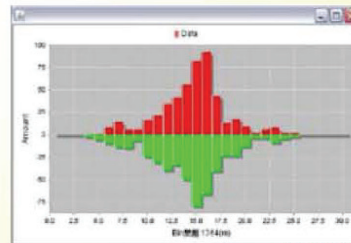
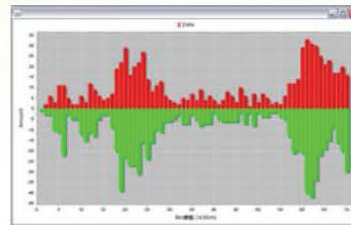
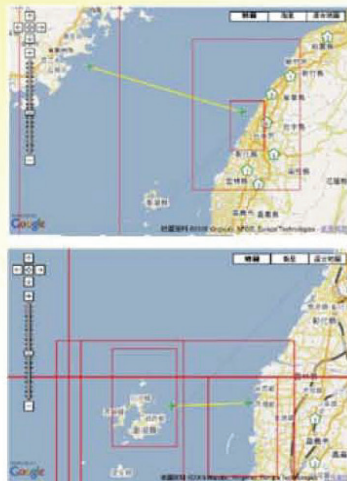


穿越參考線之交通流向分佈





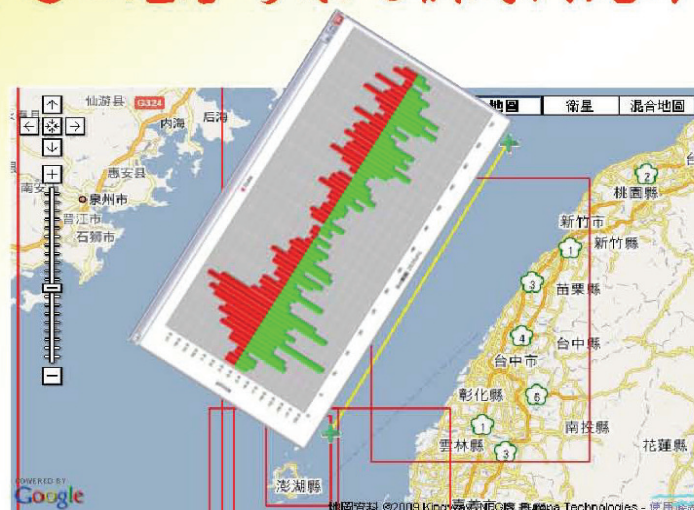
跨越地理參考線之偵測與統計分析



穿越參考線之交通流向分佈



跨越地理參考線之偵測與統計分析

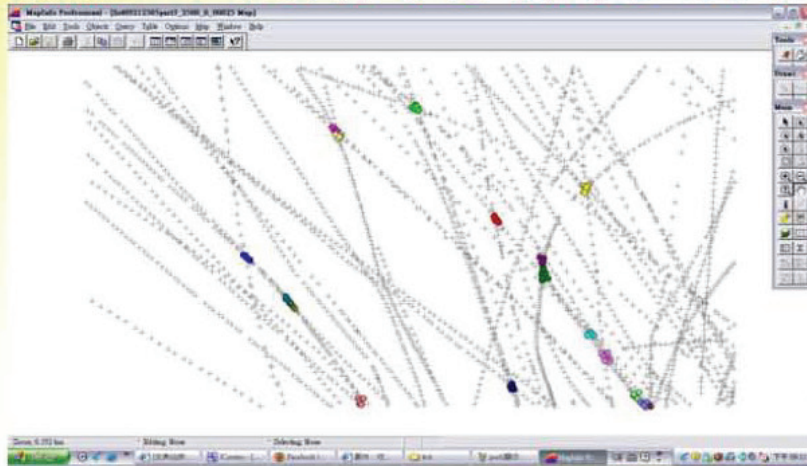


穿越參考線之交通流向分佈





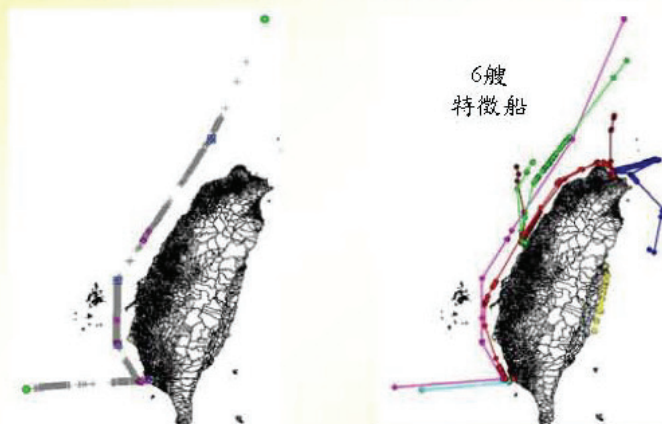
高風險之時空密集區偵測分析技術



高碰撞風險時空密集區偵測
(2500筆船位/30m內至少5點)



AIS航路網與抵達時間預測



自動概略化萃取航路轉向點



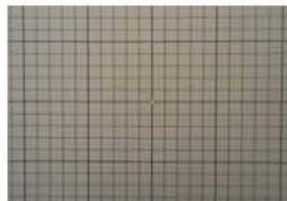
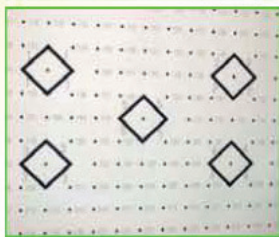


無人載具(UAV)攝像及影像處理技術 之設計與開發

- 相機參數率定探討
- 影像處理技術探討
- 研究成果實例

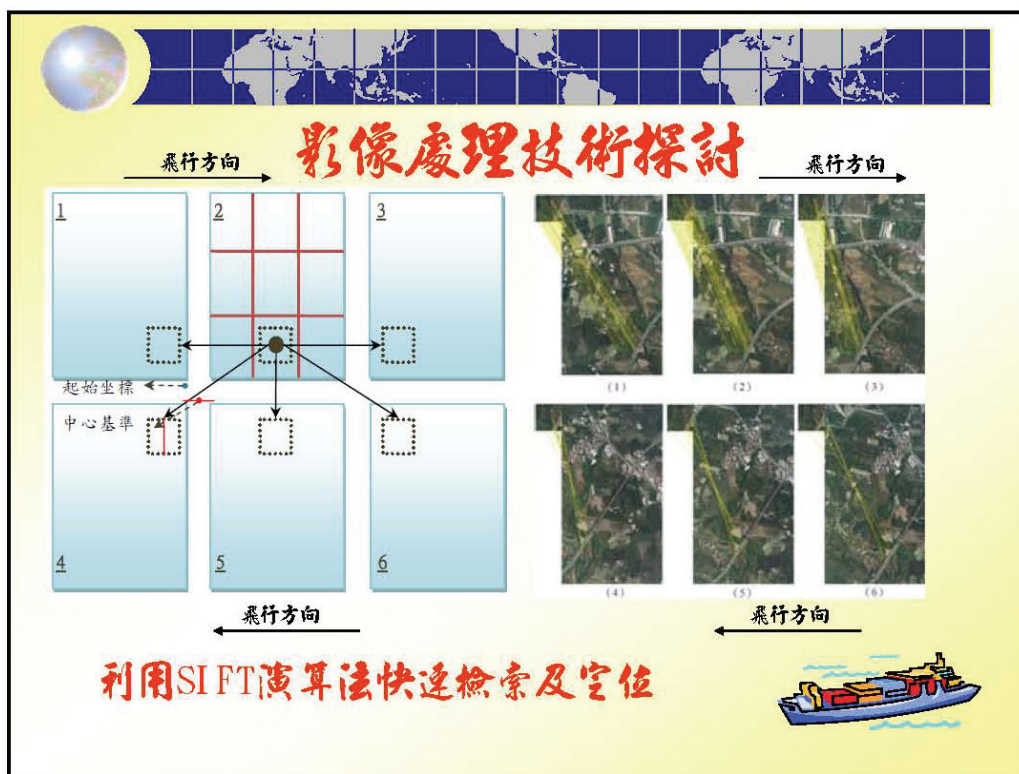


相機參數率定探討



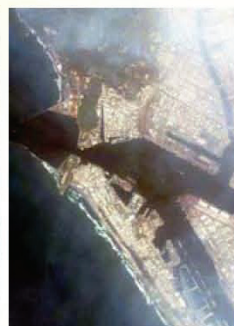
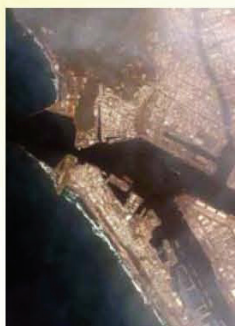
相機透鏡畸變之影像變形修正







研究成果實例



(a)Original

(b)AutoLevel

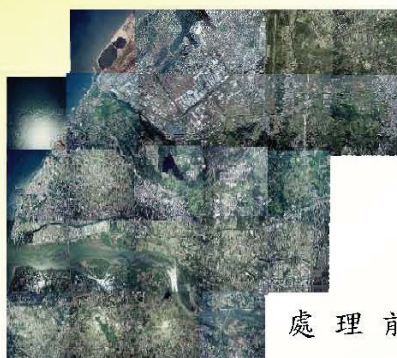
(c)Histogram
Equalization

(d) MSRCR+本
研究色彩修正

視網膜(Retinex)技術之影像強化



研究成果實例



處理前



處理後

影像鑲嵌、色彩平衡與日光處理





研究成果實例



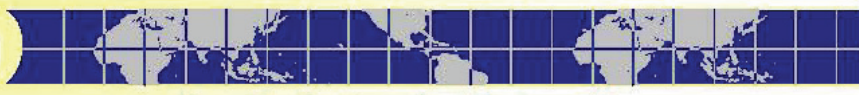
快速影像拼接成果



超短基線之水下定位系統的精度探討

- 水下定位系統概述
- 超短基線之水下定位系統探討
- 超短基線系統之精度量測分析





水下定位系統概述

➤ 航行位移推測(Dead Reckoning)

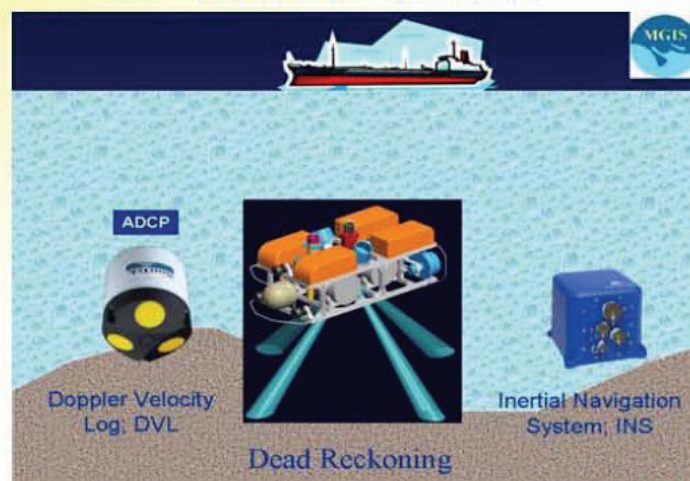
航行位移推測常使用慣性導航系統(Inertial Measurement System; INS)或是都卜勒流速計(Doppler Velocity Log; DVL)，藉由航向、姿態、速度、時間來推算相對位移。

➤ 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)。



航行位移推測



航行位移儀器



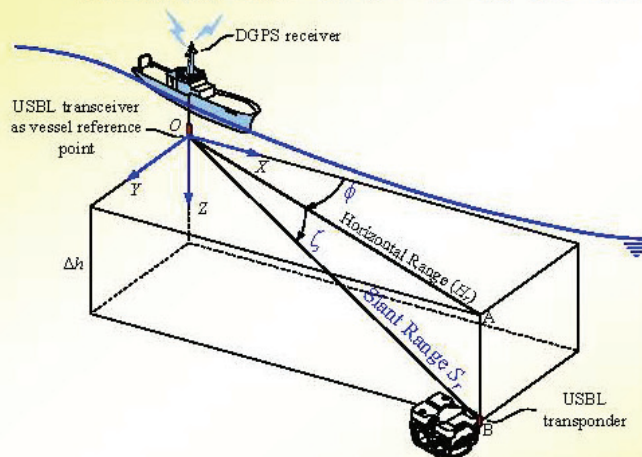


聲學式定位方式

- 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。



超短基線之水下定位系統探討



$$H_r = S_r \cos \zeta$$

$$X = H_r \cos \phi$$

$$Y = H_r \sin \phi$$

$$Z = S_r \sin \zeta$$

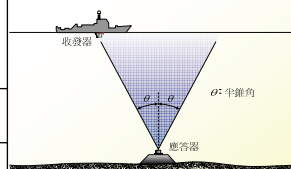
超短基線之水下定位系統示意圖





超短基線系統率定及儀器規格

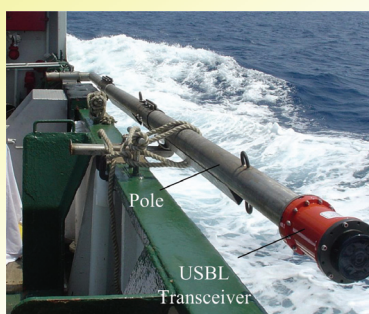
Instrument	Update Rate	Precision	Range
USBL positioning system	0.67 Hz	Slant range: 0.2 m	Slant range: 1000m, Beamwidth: $\pm 60^\circ$
GPS	1 Hz	RTK或PP模式可至10 cm以內	—
Motion sensor	30 Hz	Heading: 0.1° Pitch: 0.01° Roll: 0.01° Heave: 5 cm or 5% heave	Heading: No limitation Pitch: $\pm 180^\circ$ Roll: $\pm 180^\circ$ Heave: No limitation



超短基線系統率定使用儀器規格

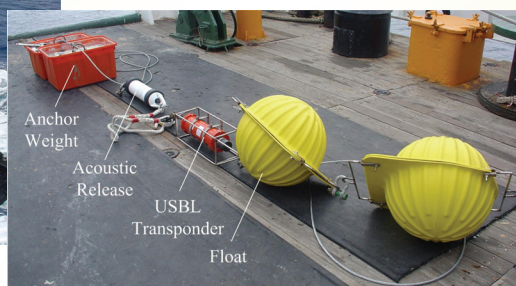


超短基線系統之率定設備實景



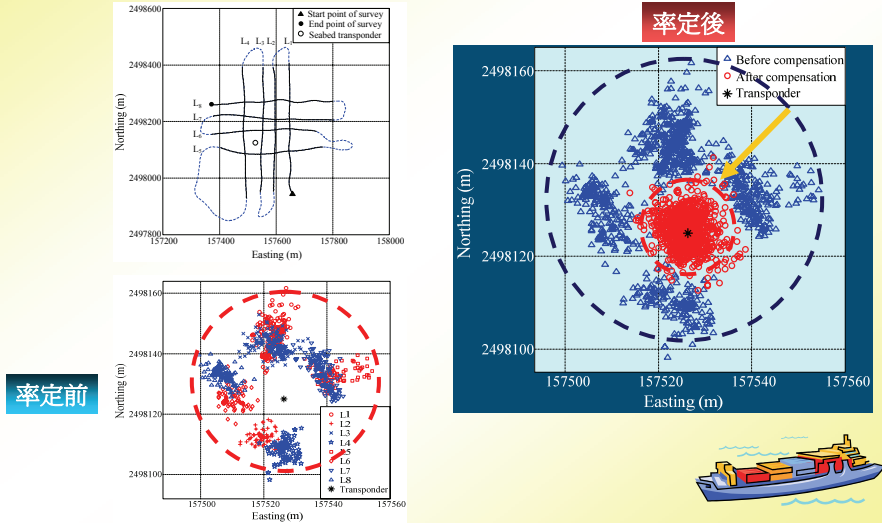
船上傳送器定位設備

海床應答器定位設備



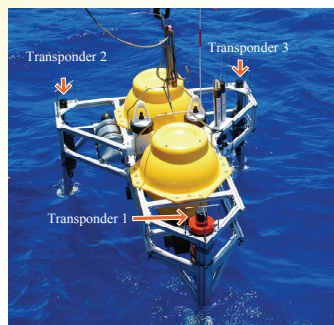


率定作業航跡及水下定位點分佈



超短基線系統之精度量測分析

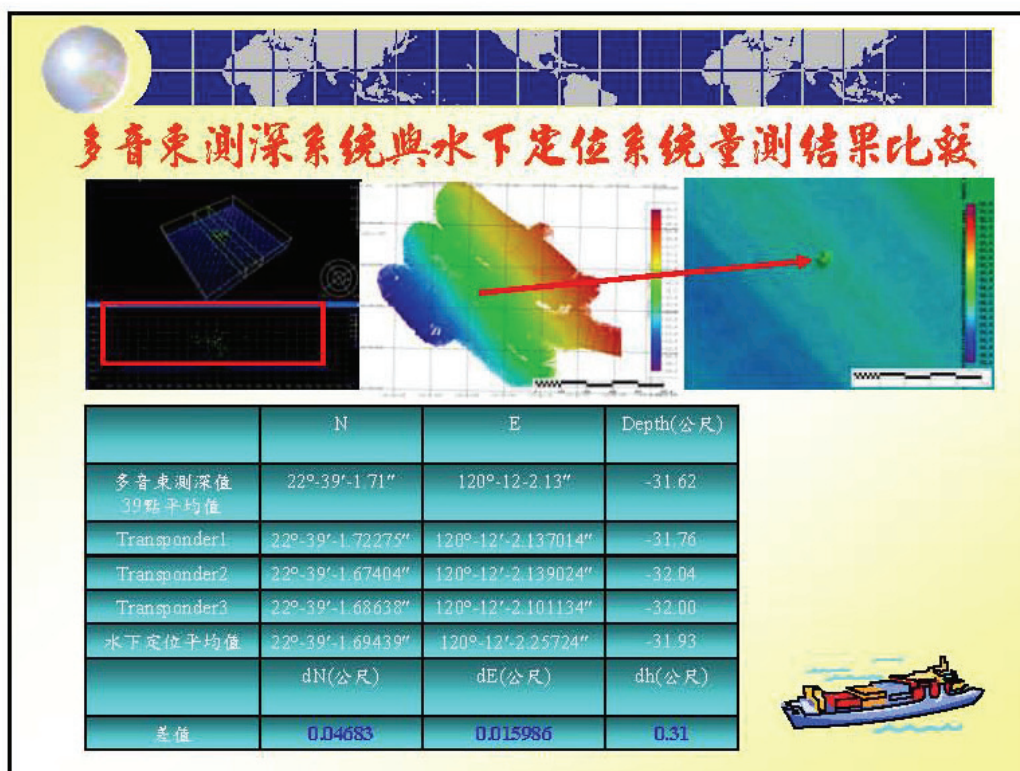
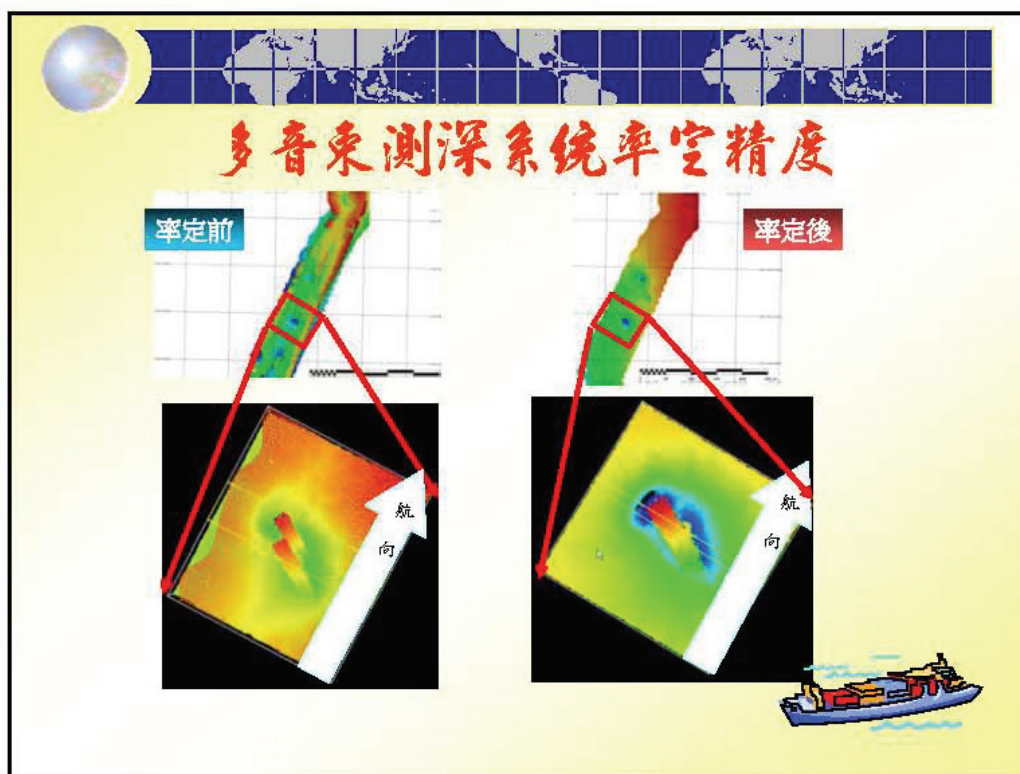
為探討超短基線定位系統對水下目標物的定位精度，本研究選擇於三種不同水深（約為 30 m、70 m、110 m）佈放底床應答器，在對準偏差校正演算之輔助下，測試超短基線定位系統的定位精度。



應答器	相對距離（公尺）
Transponders 1-2	1.505
Transponders 1-3	1.505
Transponders 2-3	1.160







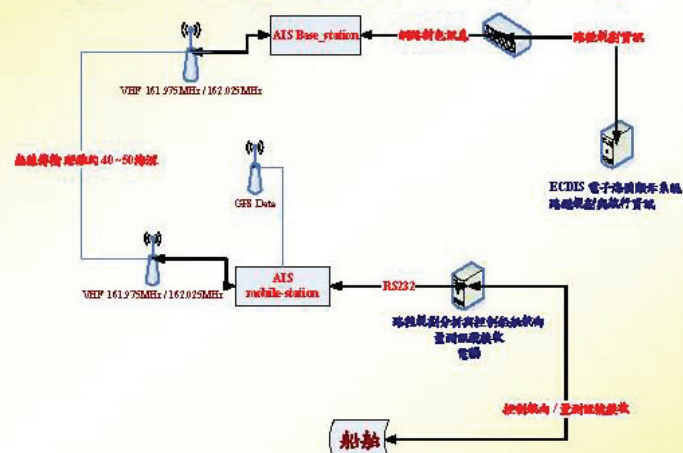


自主無人船舶設計

- 無人船舶遙控系統概述
- 無人船舶初步設計內容
- 無人船舶太陽能電力系統規劃



無人船舶遙控系統概述



無人船舶遙控系統示意圖





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。

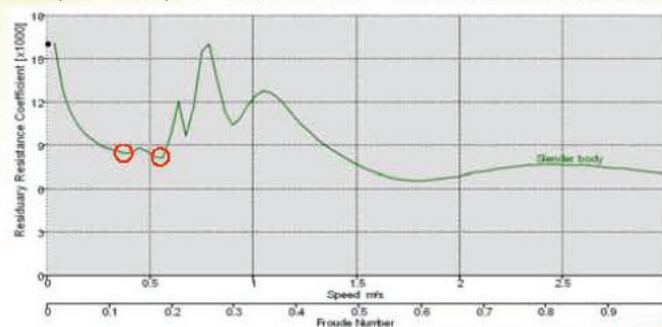


SWATH船型作為實驗船



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





無人船舶太陽能電力系統規劃

- 太陽能發電系統組件特性
- 太陽能發電系統模擬分析
- 模擬結果分析



太陽能發電系統組件特性

根據(Walker, G., 2001)的數學方程式，太陽能電池輸出電流表示成(1-1)式。

$$I_{pv} = I_{ph} - I_{sat} \left(e^{\frac{q(V_{pv} + I_{pv}R_s)}{AK_bT}} - 1 \right) \quad (1-1)$$

I_{pv} ：太陽能電池的輸出電流(A)

V_{pv} ：太陽能電池的輸出電壓(V)

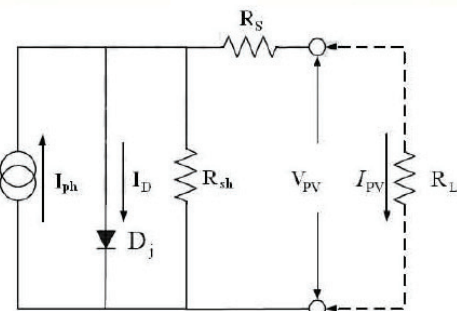
I_{ph} ：太陽能電池短路電流(A)

I_{sat} ：二極體的逆向飽和電流(A)

K_b ：波茲曼常數(1.38×10^{-23} J/K)

A：太陽能電池的二極體因數($A=1 \sim 2$)

q：一個電子所含電荷量(1.6×10^{-19} C)

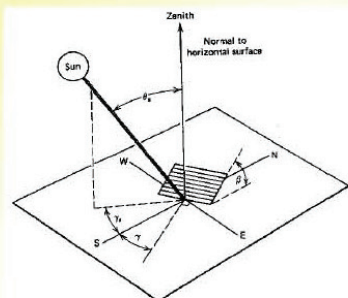


太陽能發電系統等效電路





太陽能發電系統模擬分析



β : 觀察者所在傾斜面與水面之夾角

θ_z : 水平面上觀察到的太陽高度角

γ_s : 為方向角

θ : 太陽光相對於傾斜面法線的入射角

ω : 時角 (hour angle)

δ : 太陽赤緯 (solar declination)

ϕ : 緯度

d : 一年中的第 d 天

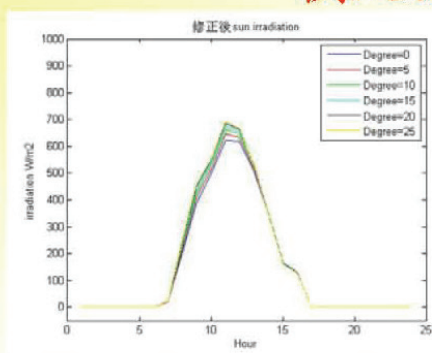
$$\cos \theta = \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cdot \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(284 + d)}{365} \right]$$

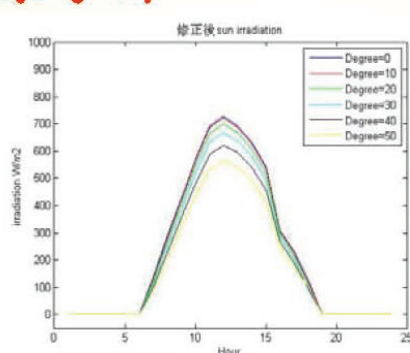
太陽能移動軌跡模擬



模擬結果分析



In Winter



In summer

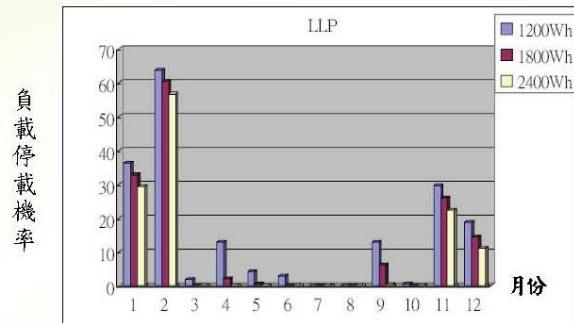
在冬天時，調整角度 β 會使總輻射量略微提高；
夏天則因為太陽已經很接近頭頂，調整角度 β 反而會使總輻射量降低。





模拟结果分析

- 最大發電量260W(受限於SWATH所設計的體型大小，目前只搭載2片太陽能板模組)
- 負載方面，則代入每小時所消耗之電量為28W
- 鋰電池蓄電量規格分別為1200Wh、1800Wh及2400Wh



不同電容量在各個月份之LLP (Loss-of-Load)



結論與建議

● 綜合研究成果

● 未來研究重點





綜合研究成果

1. 完成臺灣海域船舶動態資訊(AIS)資料庫系統。
2. 完成建置臺灣LRIT資料中心(DC)的可行方案、並規劃與國際資料交換中心(IDE)的資料交換程序與技術、發展LRIT於智慧化海運的應用。
3. 以 AIS資料庫為基礎，來探討交通流分析與統計技術，提供航行安全與港埠運作等之參考依據。
4. 完成無人載具(UAV)應用於海岸帶攝影及影像處理系統的開發研究、並探討多源圖像快速修測及更新之技術。
5. 完成超短基線定位系統及水下多音束測深系統定位精度探討及水下定位系統之介面規劃。
6. 完成自主式無人船舶主體架構之製作，儀器介面測試與太陽能供電系統之評估。



未來研究重點

1. 研發智慧型海運系統之海陸電子地圖服務儀器。
2. 進行AIS船舶交通流分析與統計技術，並研究與網路整合。
3. 進行海岸帶多源圖像的整合，並完成製圖方法與程序的規劃。
4. 進行海岸帶空載雷射掃瞄資料之處理與應用探討。
5. 進行海岸線影像資料之多尺度萃取、並進行海岸線變遷分析。
6. 進行影像與海岸地籍資料套合及製圖品質的評估。
7. 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設計。
8. 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)。



