

100-24-7516
MOTC-IOT-99-H2DB006

海岸帶及近海衛星遙測技術之 整合應用研究(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100-24-7516

MOTC-IOT-99-H2DB006

海岸帶及近海衛星遙測技術之 整合應用研究(2/4)

著者：邱永芳、李良輝、張富東、蔣敏玲

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1010000357

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(2/4)

/邱永芳等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7137-9 (平裝)

1. 海岸 2. 遙感探測 3. 衛星觀測 4. 地理資訊系統

351.915

100002545

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(2/4)

著 者：邱永芳、李良輝、張富東、蔣敏玲

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版> 中心出版品)

電 話：(04) 26587176

出版年月：中華民國 100 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

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

GPN：1010000357

ISBN：978-986-02-7137-9 (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。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(2/4)			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-02-7137-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1010000357	運輸研究所出版品編號 100-24-7516	計畫編號 99-H2DB006
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：邱永芳主任 研究人員：張富東、蔣敏玲、蓋美瑛 聯絡電話：04-26587101 傳真號碼：04-26571329	合作研究單位：國立高雄應用科技大學 計畫主持人：李良輝副教授 研究人員：謝嘉聲、鄭傳璋 地址：807 高雄市三民區建工路 415 號 聯絡電話：07-3814526 轉 5256		研究期間 自 99 年 03 月 至 99 年 11 月
關鍵詞：遙測影像；三維地理資訊系統；影像處理；無人飛行載具			
摘要： 海岸帶是實施海洋綜合管理的關鍵地帶，對其進行即時、動態的監測有其重要性。遙測技術與常規的海洋調查手段相比，具有獨特之優點。近年來，更由於遙測技術快速的發展，如影像解析度大幅提高，多光譜攝像技術之使用及數位與自動化處理的方法，可快速與精確的獲得廣大範圍的資料，因此，如何利用多來源、多時相、主被動相融合的航空與衛星遙測數據，獲取海岸帶資源環境資訊並建立相關研究模型，可成為海洋環境監測的重要手段。 本研究將以海岸帶之多來源遙測影像為主軸，研究主題為：「近岸及海岸帶遙測圖像更新製圖、岸線特徵提取及地理資訊系統(GIS)資料建置」。包括下列項目： 1. 多源圖像海岸帶影像製圖快速更新的方法與程序。 2. Web 基礎之 4D 動態地理資料處理與顯示。 3. 海岸帶空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)資料之處理與應用。 4. 基於影像之多尺度及次像元精度之岸線特徵提取與變遷分析。 5. 海岸帶土地利用調查。 綜合研究成果顯示，新發展的遙測技術具有相當的應用潛力。 本研究成果之效益及後續應用主要包括： 1. 臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與局部更新。 2. 大型圖像之 3D 管理查詢及顯示系統平臺與功能之重置。 3. 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。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
100 年 4 月	134	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工本費價購。
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: Integrated Applications of the Remote Sensing Technique in the Coastal Zone Area (2/4)			
ISBN(ORISSN) ISBN 978-986-02-7137-9 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010000357	IOT SERIAL NUMBER 100-24-7516	PROJECT NUMBER 99-H2DB006
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-fang PROJECT STAFF: Chang Fu-tung, Chiang Min-ling, Kai Mei-ying PHONE: +886-4-26587101 FAX: +886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM March 2010 TO November 2010
RESEARCH AGENCY: National Kaohsiung University of Applied Sciences PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee Liang-hwei PROJECT STAFF: Shei Chia-sen, Cheng Chun-cheng ADDRESS: 415 Chien Kung Road, Kaohsiung 807, Taiwan, R.O.C. PHONE: +886-7-3814526 ext 5256			
KEY WORDS: Remote Sensing, 3D-GIS, Image Processing, Unmanned Aerial Vehicle			
ABSTRACT The coast zone is the key tract that carries out the combined ocean administration, monitoring to these area with dynamic and real-time is very import tasks. In recent years, due to the satellite remote sensing technique developed quickly, the image resolution of GeoEye I Satellite that launched in 2008 has already reached to 41 cm. Our country leading to the new digital camera and mapping technique and the resolution can reach to 10 cm, this have indicated the special features that remote sensing technique had multi-source and high resolution already. The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technique have the low cost and mobile characteristics that developed fast in recent years, it can make up deficiency the general remotely sensed image due to the time resolution and the weather condition. Lately, the Airborne LiDAR technique can obtain the high accuracy geographic data from the coast zone, and the differential interferometric SAR (D-InSAR) technique can detect elevation variety accurately in the ground of wide areas. Establishing the Geography Information System (GIS) that based on the Web-3D can provide application of image data management, planning, storage, analyze and environmental monitoring...etc. This research benefits and applications are included as follows: 1. The strategy of map revised locally and quickly using multi-source image. 2. The dynamic 4D GIS data processing and visualize display. 3. The airborne LiDAR Techniques applied to coast zone area 4. The coastline extraction and change detection with sub-pixel level accuracy. 5. The land-use investigation of coast zone area.			
DATE OF PUBLICATION April 2011	NUMBER OF PAGES 134	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	VI
表目錄	IX
第一章 前言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 研究目的與工作項目	1-3
1.3 研究工作時程與進度	1-4
1.4 預期成果	1-5
第二章 計畫背景與分析	2-1
2.1 前言	2-1
2.2 我國海岸的主要類型	2-4
2.2.1 自然海岸	2-4
2.2.2 人工海岸	2-6
2.3 影響海岸線穩定的因素	2-6
2.3.1 海平面變化	2-6
2.3.2 沈積質與泥沙	2-7
2.3.3 潮汐運動與地殼運動	2-8
2.3.4 風暴	2-8
2.3.4 人為因素	2-9
2.4 海岸線確定的基本原則	2-10
2.5 海岸線確定的技術方法	2-10
2.5.1 自然海岸線確定的技術方法	2-11
2.5.2 人工海岸線確定的技術方法	2-12
第三章 海岸帶多源遙測影像資料獲取	3-1

3.1 衛星遙測影像資料	3-1
3.1.1 影像特性	3-1
3.1.2 高解析度衛星影像現況	3-1
3.1.3 新一代高解析影像	3-4
3.2 數位航拍影像	3-7
3.3 無人飛行載具體(UAV)影像	3-8
3.4 雷射掃瞄技術	3-9
3.5 海岸帶多源遙測影像之快速成圖更新策略	3-10
3.6 遙測技術應用於海岸線變遷判釋準則	3-12
第四章 基於遙測影像之海岸線特徵萃取	4-1
4.1 水體遙測基本原理	4-2
4.2 基於數值影像之海岸線特徵萃取	4-7
4.2.1 平均低潮線法	4-10
4.2.2 一般高潮線法	4-11
4.2.3 影像多尺度自動化海岸線特徵提取	4-12
4.2.4 人工數化海岸線	4-15
4.2.5 現場實地調查及勘測	4-15
4.2.6 提取岸線之潮汐影響修正	4-15
4.3 局部地區海岸線變遷探討	4-16
4.4 岸線特徵提取應用例分析	4-20
4.4.1 澎湖群島島嶼面積調查	4-20
4.4.2 海岸線特徵與變化分析	4-24
4.5 遙測影像自動分類與海岸帶土地利用調查	4-36
4.5.1 最大相似分類法	4-36
4.5.2 最大相似分類法精度分析	4-38
4.5.3 海岸帶土地利用調查應用例	4-39
第五章 空載雷射遙測技術	5-1
5.1 系統組成	5-1
5.2 雷射測距	5-2

5.3 雷射掃描點雲資料特性·····	5-2
5.3.1 雷射腳印點·····	5-3
5.3.2 多重反射·····	5-3
5.4 地面高程模形重建·····	5-4
5.5 地形復原與模型重建·····	5-6
5.6 空載雷射資料應用例·····	5-9
第六章 動態(4D)海洋環境 GIS 成果顯示·····	6-1
6.1 Vis5D 為基礎的海洋環資料顯示·····	6-1
6.2 台灣周邊高程地形及水深資料之建構與顯示·····	6-1
6.3 台灣周邊海域鹽度及溫度資料之建構與顯示·····	6-2
6.4 台灣周邊海底底質資料之建構與顯示·····	6-5
第七章 結論與建議·····	7-1
7.1 結論·····	7-1
7.2 建議·····	7-2
7.3 成果效益與後續應用情形·····	7-2
參考文獻·····	參-1
附錄一、期中報告審查委員意見處理情形對應表·····	附 1-1
附錄二、期末報告審查委員意見處理情形對應表·····	附 2-1
附錄三、期中簡報資料·····	附 3-1
附錄四、期末簡報資料·····	附 4-1

圖目錄

圖 1.1 海岸帶的概念	1-1
圖 2.1 基岩海岸	2-4
圖 2.2 海灘海岸	2-4
圖 2.3 泥質海岸	2-5
圖 2.4 河口海岸	2-5
圖 2.5 生物海岸	2-5
圖 3.1 SPOT-1 衛星影像(解像度 10m)	3-5
圖 3.2 SPOT-5 衛星影像(解像度 2.5m)	3-5
圖 3.3 福衛二號衛星影像(解像度 2m)	3-5
圖 3.4 Ikonos 衛星影像(解像度 82cm)	3-5
圖 3.5 Quickbird 衛星影像(解像度 61cm)	3-6
圖 3.6 World View 衛星影像(解像度 50cm)	3-6
圖 3.7 GeoEye 衛星影像(解像度 41cm)	3-6
圖 3.8 DMC 航空數位相機影像(淡水河口, 解像度 15cm)	3-7
圖 3.9 UAV 數位影像	3-8
圖 3.10 海岸帶製圖應用	3-9
圖 3.11 雷射掃瞄影影像(海岸侵蝕監測)	3-9
圖 4.1 自動化岸線萃取之流程	4-8
圖 4.2 四種不同岸線型式與萃取結果	4-9
圖 4.3 各基準面與海水面的關係	4-10
圖 4.4 初始近似海岸線之提取	4-13
圖 4.5 海岸線之 3D 模式化及基於次像元(Sub-Pixel)之偵測	4-13
圖 4.6 高解析度影像之參考海岸線萃取	4-14
圖 4.7 不同解析影像之海岸線之套合	4-14
圖 4.8 不同空間解析度岸線萃取之誤差分析	4-14
圖 4.9 岸線之潮汐影響修正	4-16
圖 4.10 GM(1,1)模型的建立流程	4-18

圖 4.11 澎湖海域影像全圖·····	4-21
圖 4.12 澎湖本島影像·····	4-22
圖 4.13 澎湖本島影像之次像元岸線特徵提取·····	4-22
圖 4.14 1990/08/22 SPOT1 衛星影像(RG+IR)·····	4-25
圖 4.15 2006/10/07 福衛 II 影像(RGB+IR) ·····	4-26
圖 4.16 2008/01/04 福衛 II 影像(RGB+IR) ·····	4-27
圖 4.17 2010/03/11 福衛 II 影像(RGB+IR) ·····	4-28
圖 4.18 各影像萃取之岸線向量與衛星影像之套合顯示·····	4-29
圖 4.19 臺中港區之局部放大影像·····	4-30
圖 4.20 大甲溪出海口局部放大影像·····	4-32
圖 4.21 大甲溪河口·····	4-34
圖 4.22 1990, 2006, 2008, 2010 海岸分佈圖·····	4-35
圖 4.23 PCA 轉換之影像·····	4-40
圖 4.24 分類影像·····	4-41
圖 4.25 分類誤差與精度分析·····	4-42
圖 5.1 LiDAR 原理示意圖·····	5-1
圖 5.2 雷射光腳印點涵蓋範圍示意圖 ·····	5-3
圖 5.3 多重反射的效應 ·····	5-3
圖 5.4 點雲過濾示意圖·····	5-6
圖 5.5 適應門檻值示意圖·····	5-6
圖 5.6 地形復原示意圖·····	5-7
圖 5.7 模型重建示意圖·····	5-8
圖 5.8 DSM 模型·····	5-8
圖 5.9 DEM 模型·····	5-8
圖 5.10 大甲溪出海口空載雷射資料·····	5-9
圖 5.11 大甲溪出海口空載雷射資料三維顯示·····	5-10
圖 5.12 大甲溪正射影像圖·····	5-11
圖 5.13 大甲溪空載雷射資料·····	5-11
圖 5.14 大甲溪空載雷射資料產生斷面資料圖·····	5-12

圖 6.1 台灣周邊高程地形及水深在 Vis5D 中之顯示·····	6-2
圖 6.2 台灣周邊 1,7 月份表層鹽度在 Vis5D 中之顯示 ·····	6-3
圖 6.3 台灣周邊 1,7 月份表層溫度在 Vis5D 中之顯示 ·····	6-3
圖 6.4 台灣周邊 3 月份深度 100 公尺之鹽度 ·····	6-4
圖 6.5 台灣周邊 3 月份深度 100 公尺之溫度 ·····	6-4
圖 6.6 為底質結合地形後之顯示·····	6-5
圖 6.7 底質結合地形、溫度及衛星影像後之顯示·····	6-6
圖 6.8 底質結合地形、鹽度及衛星影像後之顯示·····	6-6

表目錄

表 2.1 台灣海岸概況·····	2-2
表 3.1 IKONOS 衛星影像資訊·····	3-2
表 3.2 QuickBird 衛星資訊·····	3-2
表 3.3 福衛二號衛星資訊·····	3-3
表 3.4 SPOT5 衛星資訊·····	3-3
表 4.1 電磁光譜對水體的衰減因數·····	4-3
表 4.2 清查之澎湖地區各島嶼最高高度與面積·····	4-23
表 4.3 四個不同年度影像人工岸線之標準差差·····	4-33
表 4.4 四個不同年度影像人工岸線之標準差差·····	4-33
表 4.5 四個不同年度影像自然岸線之標準差差·····	4-33
表 4.6 四個不同年度影像自然岸線之標準差差·····	4-33
表 4.7 原始圖像所得原始列表·····	4-35

第一章 前言

1.1 計畫緣起

隨著人類對海洋的開發日趨頻繁，海洋已經成為人類永續發展的新的、最重要的基地。人類開發利用最多的是海洋與陸地的交界地帶——海岸帶(Coast Zone)。

海岸帶的概念(如圖 1.1 所示)，地理學家從地圖測繪和地理空間資訊獲取的角度把它定義為海洋與陸地相互作用的地帶，係指鄰接沿岸的海岸線和彼此間有強烈影響的沿岸水域及毗鄰的濱海陸地，這一地帶包括島嶼、過渡區與潮間帶、鹽沼、濕地、海灘和至水深 15m 淺海的條帶地段。生態學家則把它定義為諸如紅樹林或珊瑚礁等海岸的特殊環境。而社會學家又把依靠海洋謀生的人口的生活區域都看作海岸帶。無論選擇何種定義，都無法忽視海岸帶在社會、經濟、環境和軍事中的重要性。

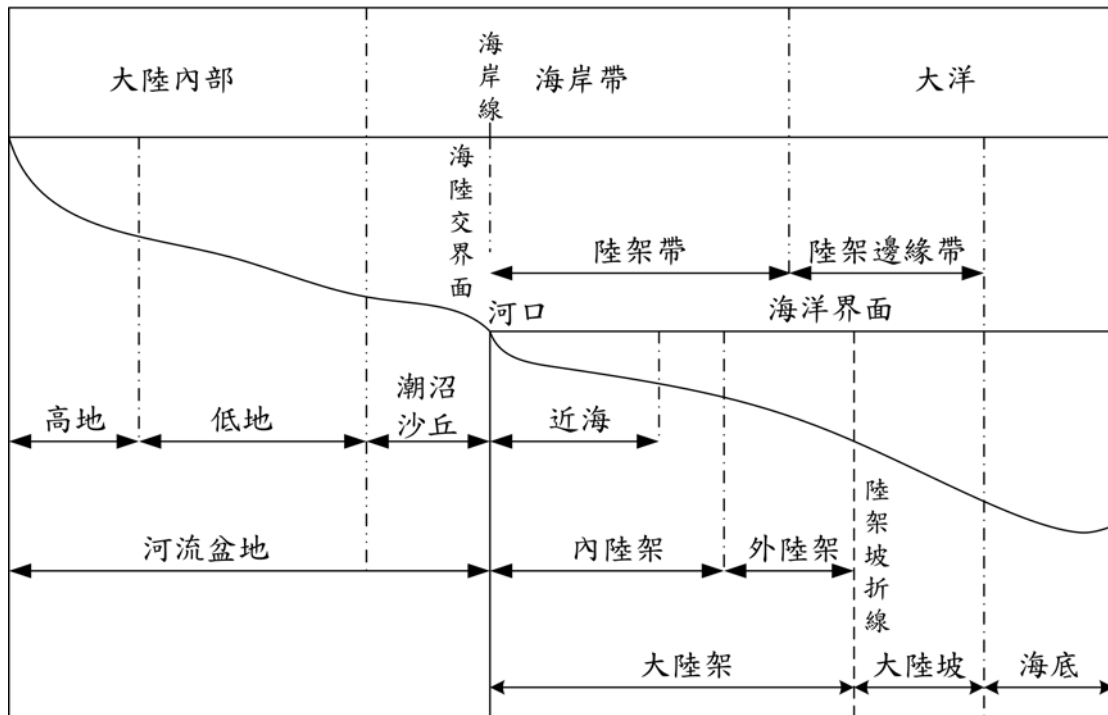


圖 1.1 海岸帶的概念

海岸帶是從海岸線(Coast Line)延伸到管理濱海陸地所需達到的範圍，亦即濱海陸地利用對沿岸水域直接影響所及的範圍。具體範圍視不同的情況作出規定。到目前為止，世界上已有 40 多個國家和地區對海岸帶管理的範圍做出了規定，都將高潮線向陸一定的距離納入海洋管理範圍，進行綜合管理。還有部分國家和地區，是以陸地一定行政區域或地理區域為界。我國至目前為止仍未對海岸帶作出明確之定義。

海岸線指以平均大潮高潮的痕跡所形成的水陸分界線，乾出灘又稱海灘，是海岸線與乾出線之間的潮浸地帶。高潮時淹沒，低潮時露出。

在多數國家為測繪地形圖所訂之國家標準中規定：「海岸線是指平均大潮高潮時水陸分界的痕跡線」。另在海圖測繪所訂之圖式標準中亦採取相同之規定，同時也說明「海岸線以平均大潮高潮的痕跡所形成的水陸分界線為準」、「乾出線是最低低潮線」、「乾出線與海岸線之間的潮浸地帶為乾出灘，又稱海灘或灘塗」。我國在海圖測繪中亦採用相同的標準。

海岸帶是十分寶貴的資源，具有突出的經濟地位。然而這一海陸交互的地帶不僅受海洋、陸地、氣候及災害等自然環境的綜合影響，而且深受人類各種經濟活動的直接影響如海埔地的開發利用、築港及各種海岸的構造物，均因改變了沿岸泥砂移動的條件，常造成其相鄰海岸的失衡，更甚者將導致該段海岸侵蝕情況惡化。自 50 年代末期以來，我國海岸線已發生逆向遷移變化。多數沙岸、泥岸由淤進或穩定轉為侵蝕，導致岸線後退。這些變化的產生，使得海岸帶地形圖的使用價值降低。為了充分保證地圖以及其地理空間資訊資料的現勢性，必須進行海岸帶地形變化、岸線變遷及土地利用的調查，及時更新資料。

1.2 研究目的與工作項目

本計畫旨在以前一年度已建置完成之海岸帶圖像資料庫為基礎，進行海岸帶特徵提取、動態圖資之快速更新機制，主要為岸線特徵之提取方法、變遷分析及海岸帶土地利用調查等。

本年度計畫研究主題為：「近岸及海岸帶遙測圖像更新製圖、岸線及土地利用調查」。包括下列項目：

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

效益及其應用：

1. 多來源的遙測圖像具有不同的成像幾何，進行整合性之海岸帶快速製圖更新工作。
2. Web 基礎之地理資訊系統(Web-GIS)之系統設計與資料建置。
2. 援引空載雷射資料，可有效獲取高精確度之海岸帶高程資料。
3. 多尺度及次像元精度之岸線資料提取適用於不同時間與解析度之遙測影像。

1.3 研究工作時程與進度

月次 工作項目	第 一 個 月	第 二 個 月	第 三 個 月	第 四 個 月	第 五 個 月	第 六 個 月	第 七 個 月	第 八 個 月
相關資料之蒐集與整理								
遙測影像購置及局部更新處理								
GIS 資料建置與管理系統								
雷射掃瞄資料獲取與處理								
海岸線特徵提取數學模式研究與作業系統開發								
資料整理與分析報告撰寫								
技術與資料移轉								

1.4 預期成果

本研究案之預期成果：

(一) 衛星影像蒐集建置及海岸帶相關資料之蒐集與調查。

實驗區影像資料取得及前級處理。

(二) 現場實地調查及勘測。

局部區域之地面測量及現場勘查。

(三) GIS系統資料建置。

Web基礎之影像及海岸帶資料建置與查詢系統設計。

(四) 海岸線圖資提取建置。

包括自動化及人工數化提取成GIS向量圖資及潮汐修正。

(五) 局部區域(河川出海口及遊憩海案)遙測影像判釋及探討海岸線變化分析。

(六) 教育訓練與技術移轉。

第二章 計畫背景與分析

2.1 前言

台灣地區為一海島群，位於東經 $120^{\circ}\sim 122^{\circ}$ 、北緯 $22^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之間，東臨太平洋，西隔台灣海峽與大陸相望，南北長約 377 公里，東西寬約 142 公里，海岸線全長約 1,200 公里(含澎湖群島總長約 1,520 公里)。島上山嶽高聳，東部海岸因海岸山脈面海矗立，岸邊多懸崖峭壁，海底坡降陡峻，距岸不遠處即為深海。西部海岸則山脈距海較遠，沿海平原坡度平緩，海灘承其餘勢坡度亦緩；加以早年各主要河川均西向流入台灣海峽，順流而下之大量泥砂堆積於近海地區，遂助長海灘向外伸展。

台灣各段海岸面對不同水域，陸域概況亦有所別，故其特性不盡相同。概括言之：自台北縣金山、野柳開始向東北，繞至宜蘭縣頭城以北均為衝擊性海岸；宜蘭以蘭陽溪為中心之三角洲，其海岸屬不明顯的延伸性海岸。蘇澳往南的東部海岸，除花蓮的花蓮溪、吉安溪口三角洲與台東卑南溪、利嘉溪及知本溪口的沖積型三角洲，為不明顯的延伸性海岸外，其餘均為衝擊性海岸。台灣南端自屏東縣枋山起至東海岸，除河口沖積性三角洲外，其餘均為衝擊性海岸。西部海岸，北起淡水河口南迄屏東枋山均為延伸性海岸。

如果以海岸侵淤狀況及其穩定度而言，約可區分為：淡水河口往東北至三貂嶺間之海岸，亦即台灣北部為沖淤並不顯著之海岸。此段海岸係屬於衝擊性之岩岸，短時間而言，如幾十年內並無顯著的消長；不過如以長期的地質年代而言，當然也是屬於侵蝕性海岸。東海岸為逐漸被侵蝕之海岸，其原因包括直接面臨深海，又有板塊擠壓的活動之助力，更增加其被侵蝕性。西部自淡水河口至大甲溪口為漸被侵蝕之海岸；大甲溪口以南至二仁溪口之中西部海岸為內灘繼續淤高，外

灘漸被侵蝕的狀況；二仁溪口以南至台灣尾端為侵蝕較劇烈之海岸。澎湖列島沿海多為珊瑚礁，但部分地區亦有侵蝕現象。金門、馬祖列島沿海多屬岩岸，亦有侵蝕現象(表 2.1)。

表 2.1 台灣海岸概況

海岸別	縣市別	海岸長度(km)	境內重要河川水系	海岸類型	侵淤情況
宜蘭海岸	宜蘭縣	106	蘭陽溪和平溪	石城以北：岩岸 石城以南：砂岸	侵淤互現
台北海岸	基隆市	18	淡水河	淡水河口以東：岩岸	變化不明顯
	台北縣	122	淡水河	淡水河口以南：砂岸	略侵蝕
桃園海岸	桃園縣	39	淡水河	砂岸	侵淤互現
新竹海岸	新竹縣	12	鳳山溪頭前溪	砂岸	侵淤互現
	新竹市	17	頭前溪		
苗栗海岸	苗栗縣	50	中港溪後龍溪 大安溪	砂岸	侵淤互現
台中海岸	台中縣	41	大安溪大甲溪 烏 溪	砂岸	淤積
彰化海岸	彰化縣	61	烏 溪 濁水溪	砂岸	大部分淤積小 部分地盤下陷
雲林海岸	雲林縣	55	濁水溪 北港溪	砂岸	由淤積轉為侵 蝕
嘉義海岸	嘉義縣	41	北港溪朴子溪 八掌溪	砂岸	由淤積轉為侵 蝕
台南海岸	台南縣	54	八掌溪急水溪 曾文溪鹽水溪 二仁溪	砂岸	略侵蝕
	台南市	23	曾文溪鹽水溪 二仁溪		
高雄海岸	高雄縣	37	二仁溪阿公店溪 高屏溪	砂岸	侵蝕
	高雄市	26	—		略侵蝕
屏東海岸	屏東縣	152	高屏溪東港溪 四重溪	鵝鑾鼻段：珊瑚礁 其餘各段：砂岸	枋山以南：變化 不明顯其餘各 段：侵蝕
台東海岸	台東縣	172	卑南溪	成功以北：岩岸	侵蝕

			秀姑巒溪	成功以南：砂岸	
花蓮海岸	花蓮縣	175	秀姑巒溪 花蓮溪和平溪	新城至花蓮溪口：砂岸 其餘各段：岩岸	侵蝕
澎湖海岸	澎湖縣	320	—	岩岸(珊瑚礁)	變化不明顯
台灣省		1,520			
金門海岸	金門縣			砂岸、岩岸兼有	砂岸部分侵蝕
馬祖海岸	連江縣			多數為岩岸	侵蝕
台灣地區					

(資料參考自經濟部水利署網站 <http://www.wra.gov.tw>)

另外，海岸地帶為海陸交互作用地區，對於國家而言，具有相當之重要性，但海岸資源亦具有脆弱性與敏感性，一經破壞，甚難恢復，不但降低其利用價值與經濟效益，更且產生環境災害，危害人民生命財產、造成社會問題。欲瞭解海岸資源，首先當掌握海岸潮灘之相關資訊，由於潮灘係陸地向海洋過渡之特殊地帶，具有養殖、種植、圍墾及旅遊等重要經濟價值，世界各國均極為重視海岸潮灘之調查研究與綜合利用，因此，潮灘勘測是海岸調查、規劃管理的重要內容之一。但是，由於岸線遼闊、交通困難，若採用傳統人力進行海岸調查，耗時費力且費用太高，相當不經濟。且有些海岸根本無法到達，因此無法即時掌握大範圍之動態變化。

近年來由於遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高，使得其實用性亦隨之大幅提升，在調查工作上扮演極為重要的工具。台灣地區近年來已引入高解析度遙測影像來建構台灣地區港灣及海岸數位影像資料庫，同時建置地理資訊系統(GIS)管理模式，進行影像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對海岸調查、規劃管理及即時掌握大範圍之動態變化，為海岸保護與永續經營提供一有效之系統工具。

2.2 我國海岸的主要類型

我國的海岸有多種類型，大致可分為自然海岸和人工海岸兩大類。

2.2.1 自然海岸

(1) 基岩海岸

基岩海岸(如圖 2.1)一般是陸地山脈或丘陵延伸且直接與海面相交，經海侵及波浪作用形成，主要分佈在半島、岬角和島嶼。主要由地質構造活動及波浪作用所形成，其特徵為地勢陡峭，海岸線曲折，水深流急。

(2) 砂質海岸

砂質海岸可分為海灘海岸、沙堤—瀉湖海岸和沙丘海岸等。

海灘海岸(如圖 2-2)是泥沙在激浪帶堆積形成的，其範圍從波浪破碎開始點起到海岸陸地上波浪作用消失處止。

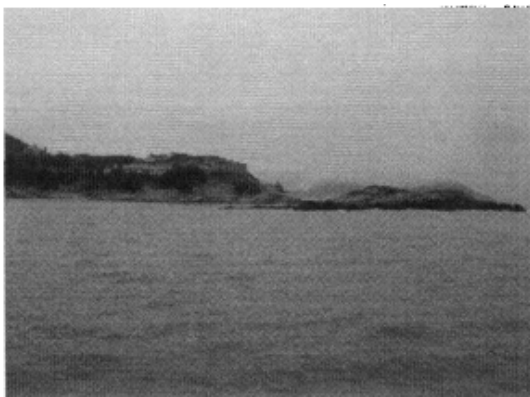


圖 2.1 基岩海岸圖



圖 2.2 海灘海岸

沙堤—瀉湖海岸是在砂質海岸堆積體及其封閉或半封閉海灣形成瀉湖構成海岸。有的堆積體分佈在水下尚未露出海面，為水下沙壩，也有露出海面成為離岸堤或島狀壩，如靠近海岸或與之相連的堆積體為海岸沙壩。

沙丘海岸是砂質海岸在風的作用下沙粒被吹揚形成沙丘的海岸。沙丘的寬度由幾米到數公里不等，高度也由幾公尺到幾百公尺的。

(3)泥質海岸

泥質海岸(如圖 2.3)又稱平原海岸，泥質海岸主要由江河攜帶入海和沿岸侵蝕的大量細顆粒泥沙，在波浪和潮流作用下輸運沉積所形成，主要在比較隱蔽的港灣。其特徵為：岸灘物質組成多屬粘土、粉砂等；海岸線平直，地勢平坦。

(4)河口海岸

河口海岸(如圖 2.4)是長期在海、河交互作用下，由徑流攜帶的泥沙堆積形成，主要分佈在較大河流河口兩岸及河心洲。



圖 2.3 泥質海岸



圖 2.4 河口海岸

(5)生物海岸

生物海岸(如圖 2.5)包括珊瑚礁海岸和紅樹林海岸。前者由熱帶造礁珊瑚蟲遺骸聚積而成，後者由紅樹科植物與淤泥質潮灘組合而成，生物海岸只出現在熱帶與亞熱帶地區。



圖 2.5 生物海岸

2.2.2 人工海岸

(1)海堤

海堤，又稱護岸，一般指沿海岸邊用土、石、磚、混凝土或其他材料修建的各種擋水護岸構築物。主要型式有直立式、斜坡式和混合型。

(2)港口

主要包括港池和碼頭。其中碼頭又分為：順岸式碼頭，突堤式碼頭，引橋式碼頭，棧橋式碼頭，**船碼頭**，道頭，船塢等。

(3)其他人工海岸

其他人工海岸主要包括防潮閘、取水口等。

2.3 影響海岸線穩定的因素

引起海岸線變化的原因大體可以分為自然原素和人為原素。自然因素包括大地構造運動、海平面變化、風暴浪作用、地震、河流輸沙條件的改變等。人為原素主要有河流水利工程、海岸建築物、海灘採沙、海岸天然屏障如珊瑚礁的破壞等。其中，海平面變化、風暴浪作用和人為原素對海岸線的影響更為明顯，與人類社會經濟也密切相關。

2.3.1 海平面變化

在海岸線變化的所有自然原因中，海水面上升是最重要的自然作用，依據美國學者對歷史上岸線的分析 and 美國東海岸的檢潮儀數據研究分析顯示，在海平面上升和岸線變化率之間存在 1:150 的關係。

1.氣候變遷引起海平面變化

近幾個世紀以來，隨著社會的不斷前進，排入大氣中的溫室氣體越來越多，使得地球氣候逐步升高，而且這種趨勢不斷加劇。據統計分析，在過去年裡，地球氣溫上升了約 0.5°C。IPCC 在 1995 年綜合世界各地測潮站的數據，認為在過去一個世紀內，世界海平面平均上升

了約 18cm。考慮到地殼垂直運動造成的每年約 0.5mm 的不確定因素，IPCC 認為在過去一個世紀裡，海平面平均上升的幅度應為 10-25 cm，而古代地質學的研究結果顯示，在過去 2000 年內地球海平面的變化幅度大概只有數十 mm。2000 年的數十 mm 對一個世紀的 10-25cm，說明隨著全球溫暖化，海水面上升也開始加劇。

氣候變化引起海水面變化主要基於兩方面的原因：海水的熱脹冷縮和地表冰量的變化。

2.海平面升降對海岸的侵蝕和堆積

海平面上升造成岸線的侵蝕後退已經成為一個普遍現象。海岸侵蝕是指近岸波浪、潮流等海洋動力及其攜帶的碎屑物質對海岸的沖蝕、磨蝕和溶蝕等造成岸線后退的破壞作用。海面上升使岸外灘面水深加大，波浪作用增強。據波浪理論，當海平面上升使岸外水深增大一倍時，波能將增加倍，波能傳速將增加倍，波浪作用強度可增加倍。波浪在向岸傳播過程中破碎，形成具有強烈破壞作用的激浪流，對海岸及海堤工程產生巨大的侵蝕作用。在各種海岸侵蝕因素中，海平面上升的影響佔相當大的比重。

2.3.2 沈積質與泥沙

沈積質供給是岸線變化的第二個主要影響因素。近岸系統沈積質的兩個主要來源是河流的攜帶物質和現存沈積質的侵蝕和再造。在河流上建壩以保證地方用水和濕地與港灣邊緣對沈積質的自然滯留作用使得美國中大西洋沿岸地區形成了沈積質缺失的狀況。沿海地區被侵蝕或搬運的大部分沈積質將以三倍到四倍於從前量地被再造，其中包含有大量新的粗糙物質。

除了在海濱或上方海岸被腐蝕的那些，從較低海岸處被侵蝕的沈積質也有可能被填充到岸邊。其中的具體數量和營運機制目前還不清楚，但是沈積質在海岸帶上的搬運對理解其在海岸線變化中的作用尤為重要。當風暴從海面吹向岸邊的時候，由於沈積質的流失或運動，

表面上海岸線的退化可能會被放大。在美國，在估算北卡羅來那島嶼岸線的岸線變化方面，記錄了全新世時期從海底侵蝕的沈積質數量對近岸沈積質數量估算的作用。然而，在相同的研究地區，沿海岸的洋流所攜帶的沙土的一個重要特徵是它們最終被帶入了海裡並停留在海角處的淺灘裡，海岸帶泥沙沈積物供給量的變化對海岸動態堆積或侵蝕比海平面升降有更大的影響。

2.3.3 潮汐運動與地殼運動

海岸帶中最不穩定的地方是那些靠近潮汐運動比較複雜的地方。除去潮汐入口形狀和其在海岸線上位置的影響之外，還有沿岸線的搬運作用和沈積質在水流沖刷所形成的三角洲上的滯留。由於沈積質缺失而下降的岸線，尤其是那些不夠穩定的潮汐入口處將以一種因時間和距離不同而不同的變化形式發生變化。

歷史上海岸線發生巨大變化的主要原因是地殼的運動。由於受地殼升降活動的影響，引起海水的侵入海侵或海水的后退現象，造成了海岸線的巨大變化。有人測算過，比較穩定的山東海岸，純粹由於地殼運動造成的垂直上升，每年約 1.8 毫米，如果再過一萬年，海岸地殼就可上升 18 米。屆時，海岸線又會發生很大的變化。

2.3.4 風暴

在風暴條件下，泥沙離岸運移，灘涂消失，所以較強的滑水能夠到達海蝕岸並對它進行侵蝕，如果有迅速、連續的風暴，則大量的泥沙離岸運移，海岸侵蝕加劇。這種侵蝕作用具有突發性和局部性，其危害作用極為嚴重。因為風暴快速地使泥沙再分佈，成為控制岸線短期變化的年最重要原素，可以使局部的岸線變化加速或者岸線的變化趨勢發生改變，這種重大的改變對岸線今后年甚至更長時間的變化趨勢發生重大的影響。例如 1962 年 3 月美國發生了上世紀最大的風暴潮，在持續了 5 個高潮過程後，海岸後退超過了長期的侵蝕趨勢，經過了年或更長時間的堆積，才回到預報的潛在長期趨勢所在的位置。

因此，對於很長的一段時間來說，海岸表現為堆積，而非侵蝕。

2.3.4 人為因素

人類的許多活動都對海岸線造成了不小的改變。如過度取用石油和地下水都將給海岸線位置和變化頻率帶來重大影響，消波塊和防波堤之類的岸線保護架構可透過改變近岸的水力架構改變沈積質的遷移過程。這些變化明顯源于增強區域的侵蝕或增長過程，因而可能導致更快的沙土流失。透過人為增加沈積質進行海岸重建可能能夠延緩海岸線的退化，但長遠來看結果未必可知。

1.過量開採地下水，造成海水面相對上升

由於不合理開採地下水，台灣西部海岸多處出現了不同程度的地面沉降，較嚴重的地區有雲林及屏東等地。隨著全球環境的變化，沿海地區水資源徑流量將減少，局部地區可能會出現枯水週期，地下水徑流量會明顯減少。隨著水資源短缺，地下水開採量仍將居高不下，並有一定的增大趨勢，大幅度的地面下降仍是我國沿海地區相對海平面上升的主導和決定原素表，相對海平面上升將對我國沿海地區經濟和社會的發展造成嚴重威脅。

2.人工圍海造田

人們為了增加土地而進行的圍海造田運動以及為了保護所填海區的田地而建的加固岸，都嚴重的改變了海岸線。20 年來，填海造田、圍海養殖使海岸線長度因此縮短了。人工填海造田、圍海養殖在導致海岸線變短的同時，也增加了陸地面積，使土地總面積增長。

3.不合理的海岸工程

不合理的海岸建築物引起海岸侵蝕，在沿海有漂沙情況下，突堤式構築物在其上游一側往往因存在入射角填充作用，而形成泥沙堆積，相反在其下游一側形成侵蝕沖刷。

總體上，自然的變化是極為緩慢的，往往需要很長的地質歷史時

期才能完成。而人類的開發活動往往在很短的時間內實施完成，例如圍海造地、攔河築壩、採挖砂石和珊瑚礁、砍伐紅樹林、建設港口等，必然會引起海岸形態、結構、水文、動力等條件的變化，進而影響海岸線的穩定性。

2.4 海岸線確定的基本原則

海岸線的確定首先要符合科學，符合海岸線的科學定義，同時還要考慮海岸線的歷史沿革問題，而且海岸線確定的原則、方法和成果要在全國範圍內具有一定的通用性，要符合實際情況且穩定，在實際工作中具有可操作性，因此，海岸線的確定應遵循以下基本原則：

(1)科學性原則

海岸線確定嚴格依據國家有關法律法規和相關技術標準進行。

(2)繼承性原則

歷史上已經形成且沒有變化的海岸線，保持不變。

(3)通用性原則

海岸線確定的原則、方法和成果具有通用性。

(4)適用性原則

海岸線確定應符合實際情況，有利於海洋資源和土地資源的管理、保護和永續發展。

(5)穩定性原則

確定的海岸線應具有相對的穩定性，易於辨認，在實際管理工作中具有可操作性。

以上原則是海岸線確定工作應遵循的基本原則，在基本原則的基礎上，根據不同類型的海岸線自身的特點和當地的實際情況也可採用特有的技術原則。

2.5 海岸線確定的技術方法

2.5.1 自然海岸線確定的技術方法

(1) 基岩海岸線

基岩海岸一般是陸地山脈或丘陵延伸且直接與海面相交，已經自然形成，建議以天然岸線向海一側為準。

(2) 河口海岸線

河口海岸線的確定主要有地形法、地貌法、水文法和生物法等幾種方法。

1) 地形法

地形法主要是依據河口按自然地理分類法進行劃分的理論進行河口海岸線確定的，具體是根據河口岸線的幾何形態，以河口岸線形態上的節點或突出點連線作為河口海岸線，適於各種類型河口，其分界標誌明確，界線簡單，實用性強，但海岸線確定時應考慮河口的具體情況。

2) 地貌法

地貌法主要是依據河口按潮流徑流動力分類法進行劃分的理論進行河口海岸線確定的。在大河三角洲，根據河口三角洲典型的地貌特徵，沿著三角洲平原與水下三角洲前緣的界線確定河口海岸線。

3) 水文法

水文法主要是依據河口按鹽度結構對河口進行分類的理論進行河口海岸線確定的。河水進入河口區後，與海水混合，可分為三種類型，即高度成層型、弱混合型、強混合型，各種類型有不同的鹽度、流速分佈特點，都存在明顯的鹽度和密度梯度。通常河流淡水的鹽度在 0.5 以下，河水與陸架海水的混合水體鹽度為 0.5-30，陸架海水的鹽度為 30 以上。因為底層鹽度梯度更大，等值線較平滑，介面混合影響小，所以可採用底層鹽度等值線作為河口海岸線。

4)生物法

河口區屬於鹽淡水混合環境，生態環境與河流、海洋環境明顯不同，因此河口區的生態系統也有獨特的特徵，可以根據生態系統的組成結構、種類分佈、生產力、數量等指標確定河口海岸線，但由於生物的分佈與光照、鹽度、含沙量、徑流潮流、水化學、污染物、生物的習性等都有關係，季節變化大，規律十分複雜，不宜列入直接採用的分類方法系列。

(3)其他自然海岸線

其他自然海岸線如砂質海岸線、泥質海岸線和生物海岸線等應按照海岸線的定義，以平均大潮高潮時水陸分界的痕跡線進行確定。並可根據當地的海蝕階地、海灘堆積物或海濱植物進行確定。

2.5.2 人工海岸線確定的技術方法

(1)海堤

海堤是沿海地區防止海浪破壞的主要措施之一，可分為主要堤和一般堤，其結構又可分為直立式、斜坡式和混合型，但其海岸線的確定總體上應以海堤的向海一側外邊緣線為海岸線。

(2)港口與碼頭

以港池外邊緣線為海岸線。順岸式碼頭以碼頭前沿線為海岸線。引橋式碼頭、棧橋式碼頭、浮碼頭、船塢等以其與陸域連接的根部連線作為該區域的海岸線。

(3)其他人工海岸

根據海岸線的定義，依據海岸線確定的原則，參照上述人工海岸線確定的技術方法進行確定。

第三章 海岸帶多源遙測影像資料獲取

3.1 衛星遙測影像資料

3.1.1 影像特性

1.涵蓋面積：衛星影像涵蓋面積較大，適用於大範圍測量或調查。

以中低解析度衛星法國 SPOT 資源衛星為例，標準像幅涵蓋面積廣達 60km×60km；美國於 1999 年所發射全球第一顆高解析度衛星 IKONOS，涵蓋面積約 11km×11km，2001 年發射的捷鳥（QuickBird）涵蓋面積約 16.5km×16.5km。較之航攝影像之有限攝像範圍，其涵蓋面積大，影像色調較為均勻一致。

2.空間解析力：法國 SPOT5 資源衛星解析力，黑白影像可達 2.5m，多光譜為 10m；美國 IKONOS 衛星解析力，黑白影像最高可達 0.82m，多光譜為 3.24m；2001 年發射的捷鳥（QuickBird）衛星黑白影像解析力可達 61cm，可用來製作 1/5000 基本圖，由此可見，衛星影像之空間解析力與航攝影像的差距正逐漸縮小。

3.影像判釋力：衛星影像解析度較低，衛星影像判釋以地表覆蓋物為主。但 1m 以內解析度之高解析衛星影像，如 IKONOS(0.82m)與 QuickBird(0.61m)與 50cm 解析度航攝影像已接近。

3.1.2 高解析度衛星影像現況

高解析度衛星影像，主要以美國 IKONOS 與 Quickbird 兩種衛星影像、法國 SPOT5 衛星及我國福衛二號衛星(Formosat II)為主。

1. IKONOS 衛星

高解析度商業衛星 IKONOS 採本體旋轉(Body-Rotation)的方式，可向前(Forward)、向下(Nadir)、向後(Backward)及側向(Side-Looking)觀測，而此設計可提供同軌(In-Track)及異軌(Cross-Track)立體攝像模

式。IKONOS 衛星影像有全色態及多光譜二種，焦距為 10m，視野角 (Field of View, FOV) 約為 0.93 度，當衛星在目標正上方時，全色態影像地面解析度為 1m，多光譜影像為 4 m(圖 2.4)。(表 3.1)

表 3.1、IKONOS 衛星影像資訊

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

2. Quickbird 衛星

高解析度商業衛星 Quickbird，飛行高度為 450 公里，傾角 98 度的太陽同步衛星，軌道週期 93.4 分鐘，飛行週期 4~6 天。Quickbird 衛星採推進式感測器，影像有全色態及多光譜二種，焦距為 10m，視野角約為 2 度，最大視角 25 度，像幅寬 16.5Km，全色態影像地面解析度為 0.61m 之空間解析度，多光譜影像為 2.44m(圖 3.5)。(表 3.2)

表 3.2 QuickBird 衛星資訊

	波 段	空間解析度
Band 1	0.45 - 0.52 μ m (blue)	2.44 meters
Band 2	0.52 - 0.60 μ m (green)	2.44 meters
Band 3	0.63 - 0.69 μ m (red)	2.44 meters
Band 4	0.76 - 0.90 μ m (near IR)	2.44 meters
Pan	0.45 - 0.90 μ m	0.61 meter

3. 福衛二號衛星(Formosat2)

福衛二號衛星於 2004 年 5 月 21 日(台北時間) 發射，任務壽命五年，飛行高度為 891 公里，屬太陽同步軌道衛星，每日通過台灣海峽上空二次。福衛二號衛星影像有全色態及多光譜二種，全色態影像地面解析度為 2m，多光譜影像為 8 m，像幅寬 24Km(圖 3.3)。(表 3.3)

表 3.3 福衛二號衛星資訊

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

4. SPOT5 衛星影像

2001 年底發射升空，2002 年初正式運營。其影像解析度幾乎提高了一個數量級，最高可達 2.5 米；以前後同軌攝像模式即時獲取立體像對；在營運性能上也有了大幅度的提高；在資料壓縮、儲存和傳輸等方面亦有顯著的提升。(圖 3.1，圖 3.2)

SPOT5 號衛星上搭載有三種成像裝置，除了前幾顆衛星上的高解析度幾何裝置(HRV)和植被感測器(VEGETATION)外，SPOT5 更有一個高解析度立體成像(HRS)裝置。這幾種感測器及影像解析度資訊如表 3.4 所示。

表 3.4 SPOT5 衛星資訊

波 段	高解析度幾何裝置	植被成像裝置	高解析度立體裝置
PA：0.49-0.69 μm	2.5 m 或 5 m	--	10 m

B0：0.43-0.47 μm	--	1 km	--
B1：0.49-0.61 μm	10 m	--	--
B2：0.61-0.68 μm	10 m	1 km	--
B3：0.78-0.89 μm	10 m	1 km	--
SWIR：1.58-1.75 μm	20 m	1 km	--
視 場	60 km	2 250 km	120 km

3.1.3 新一代高解析影像

美國於 2007 年 9 月 18 日成功發射商用對地觀測衛星 World View，單一像幅為 60×110 公里，立體像對為 30×110 公里，像幅寬度為 17.6 公里，其空間解析度高達 0.5 公尺，無地面控制之精度(CE 90)為 6.5 公尺 (圖 3.6)。

2008 年 9 月 6 日成功發射商用對地觀測衛星 GeoEye，全色態影像解析度更推進到 0.41 公尺，多光譜影像為 1.65 公尺，像幅寬度為 15.2 公里，無地面控制之精度(CE 90)優於 3 公尺。此照相機以每 2 秒 20,000 $37,500 \times 1$ 像素條的速度掃描目標，可以讓它在 2 分鐘內輕易產生一張 900 億畫素的圖片。上。(圖 3.7)

WorldView-2 衛星 2009 年 10 月 8 日發射升空，搭載高解析、多波譜、高幾何精度，為全球首顆提供八波段之商用高解析光學衛星影像，八波段包含 Red、Green、Bule、NIR1、Red-Edge、Coastal、Yellow 及 NIR2，將可滿足農業、森林、海洋、災害、製圖、工程應用各領域之需求，提供決策者更精確數值資料及更貼近真實地表的顏色，全新撼動您的色彩觀點。



圖 3.1 SPOT-1 衛星影像
(解像度 10m)



圖 3.2 SPOT-5 衛星影像
(解像度 2.5m)



圖 3.3 福衛二號衛星影像
(解像度 2m)



圖 3.4 Ikonos 衛星影像
(解像度 82cm)



圖 3.5 Quickbird 衛星影像(解像度 61cm)



圖 3.6 World View 衛星影像(解像度 50cm)



圖 3.7 GeoEye 衛星影像(解像度 41cm)

3.2 數位航拍影像

目前國內已進多部航空數位相機，包括 UltraCamD, DMC, ADS40 及 UltraCam XP 等型式，廣泛應用於 1/1000 大比例尺地形圖製作，攝像解析度可達 10cm 以內，地面影像清晰，解析度高，可判釋地面細緻地物。(圖 3.8)

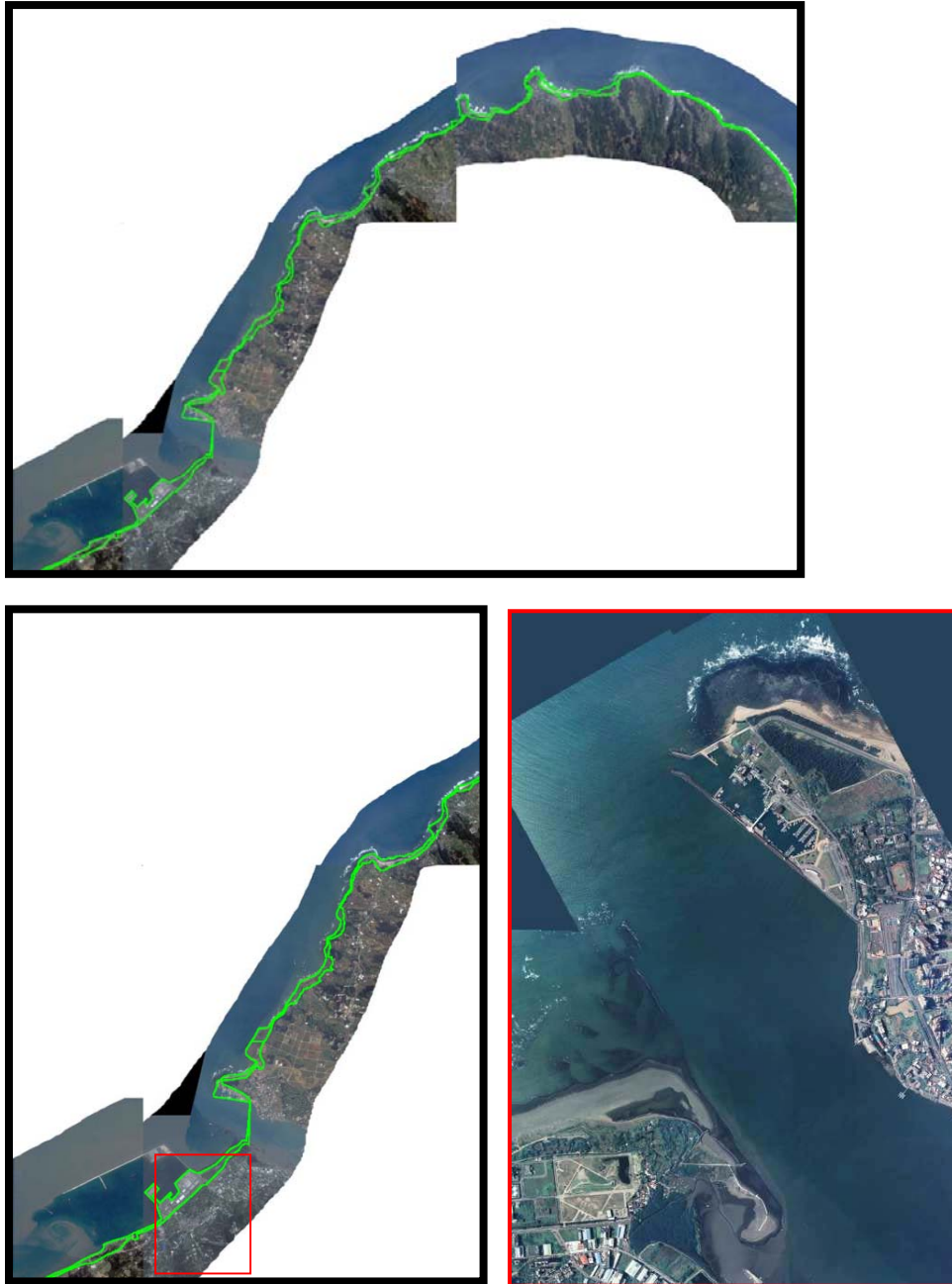


圖 3.8 DMC 航空數位相機影像(淡水河口，解像度 15cm)

3.3 無人飛行載具體(UAV)影像

應用無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)遙測進行環境監測工作是一個新的領域。它可突破了傳統監測方式的局限，擁有機動靈活的特點。它體積小，重量輕，可隨時運輸和攜帶。它對起降的要求低，隨時飛降。起飛時可手拋或彈射，降落時可在平整的區域或手接方式。

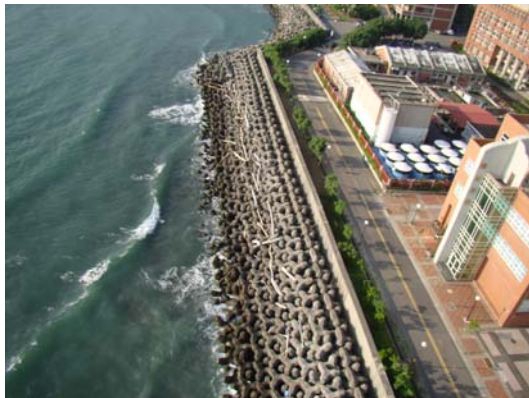
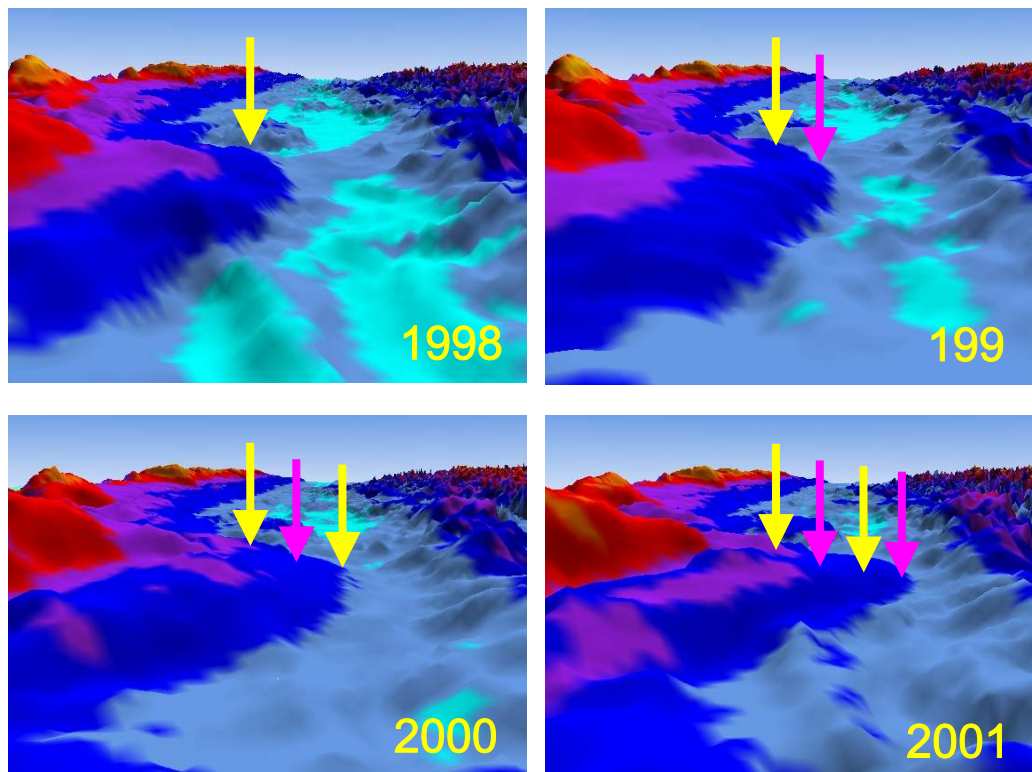
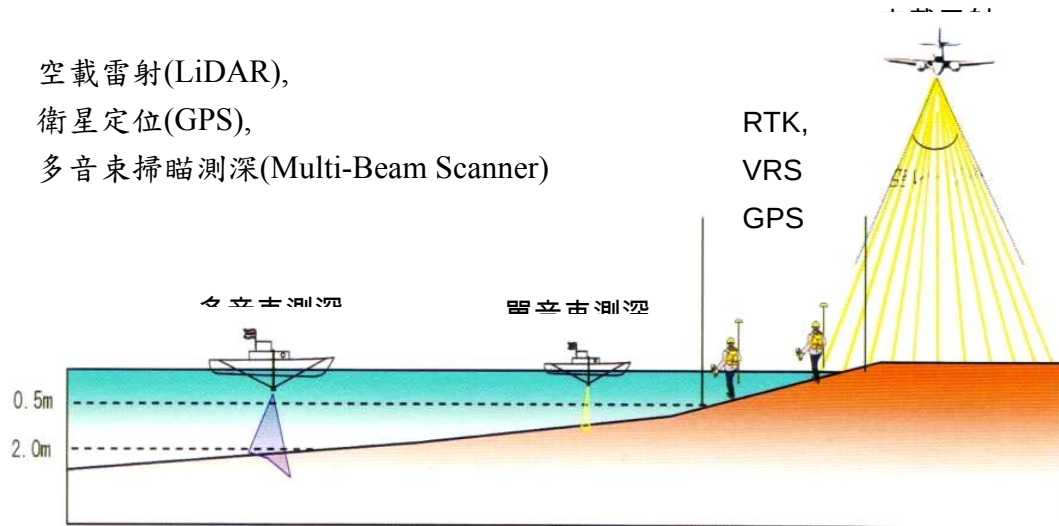


圖 3.9 UAV 數位影像(高雄旗津海岸，解像度 7cm)

3.4 雷射掃瞄技術

雷射掃瞄可以分成空載雷射 (Airborne LiDAR) 與地面雷射 (Terrestrial LiDAR)，以雷射測距之概念直接掃瞄物件點雲成像。在海岸帶製圖及監測有重要的應用(圖 3.10，圖 3.11)



3.5 海岸帶多源遙測影像之快速成圖更新策略

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(Close Range)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(Radar)；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。

傳統上，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是全面性而是局部性的，局部的改變稱之為目標區。因此，就實用的目的而言，並不需要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(Pre-Processing)；2.控制點特徵提取(Feature Extraction)；3.影像匹配(Image Matching)；4.影像局部自動更新及色調調整等。

1. 圖像的預處理

為了達到快速更新的目的，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，後續處理的效果越好。因此，最好能選取相同感測器獲取的圖像，當達不到這一要求時，應儘量選擇類似波段。圖像預處理工作是必要的，它主要包括兩個方面：(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(Image Registration)處理，必須先進行控制點(Control Point)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(Scale)、旋轉(Rotation)及光照(Luminance)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。SIFT，Affine-SIFT 及 MSER 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、舊影像中分別提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，改用特徵為基礎匹配(Feature Based Matching) SIFT，Affine-SIFT 及 MSER 演算法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、舊影像中之幾何對位，使二者影像間具有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(Mapping)並對新影像進行扭曲(Warpping)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(Polynomial)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。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(Bending Energy)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(Retinex)及白平衡(White Balance)為之。

3.6 遙測技術應用於海岸線變遷判釋準則

海洋面積約佔地球表面積的近 71%，是一個巨大的資源寶庫。近年來，隨著社會的發展、科技的進步，人類對自身所賴以生存的地球之認識與瞭解有了很大的進展，使用的技術也不斷的提升。儘管如此，到目前為止，地球表面仍有三分之一到四分之一的地區在某種程度上是仍屬未知充份掌握之區域，這其中海洋面積又佔有相當大的比例。因此，衛星遙測技術在海洋研究中的應用潛力就顯得更加重要了。

海岸帶分為潮上帶、潮間帶和潮下帶。潮上帶基本上脫離了潮水的衝刷作用，一般還包括一定的內陸區域；潮下帶則位於水下，只有出現最低潮時才會露出水面；而潮間帶則是潮水作用最頻繁的區域。利用遙測影像，查清海岸帶的分佈、面積及動態變化規律，對於海岸帶開發管理有著重要的意義。

海灘，是海岸帶的重要組成部分。它是大潮平均高潮線與大潮平均低潮線之間的灘面。由於潮汐有大潮、低潮之分，因此，在一個漲

落潮程中又有一個高潮線和一個低潮線。所以，潮位線可以分為大潮高潮線、大潮低潮線、小潮高潮線和小潮低潮線。據此，海塗可劃分為高潮灘(大、小潮線之間的灘面)、中潮灘(小潮高低潮位線之間的灘面)、低潮灘(大、小高低潮位線之間的灘面)。

用遙測影像進行灘塗資源調查的主要內容之一就是判讀確定這四條界線，進而可量測到三個灘面的面積。但是，海灘多數時間均有部分灘面被海水淹沒，只有大潮低潮時灘面才會全部露出水面。因此，只有大潮低潮時獲取的遙測影像，才會記錄各種潮位線潮灘的各種資訊。所以選擇大潮低潮時的遙測影像或接近大潮低潮時的遙測影像就成為海灘調查的關鍵。一般說來，獲取遙測影像的時刻很難和大潮低潮潮位時刻相一致(或接近)，因此，在正確選擇遙測影像後，必須根據當地的潮汐預報表、潮汐觀測資料和潮位變化規律，輔之以地形圖和海圖方能確定四條潮位界線。

(1) 高潮灘：範圍由大潮高潮線—小潮高潮線

影像色調：為灰白至淡紅色

影像特徵：影紋密，成帶狀的白色調，在陸側多分佈有黃參菜等耐鹽植物，這一部分為高潮灘上界；另一部分呈淡紅且逐步過度到紅藍色調，屬於高潮灘下界(或叫下邊緣)。高潮灘陸側的河流兩邊，有潮溝或者是深藍或深藍帶微紅色調，屬露於水表面的水草或空地。

(2) 中潮灘：範圍由小潮高潮線—小潮低潮線

影像色調：為深藍色

影像特徵：海水漲落頻繁地段，灘面潮濕，水區和灘面交接邊界難以區分，沉積物較鉅。也有較多的貝類生長。遙測影像上有明顯的翻溝，色調呈灰褐、淺藍或藍灰。

(3) 低潮灘：範圍由小潮低潮線—大潮低潮線

影像色調：為深藍色

影像特徵：當大潮低潮出現，表面沉積物處於飽和水狀態或殘漬層水，
整體成為較均勻之暗藍色調。

第四章 遙測影像之海岸線特徵提取與變化分析

海岸線是指海水面與陸地的分界線，它會因海面升降、地殼升降和海陸分佈的變化而變動。海岸線所處的海岸帶是地質環境、生態環境敏感和脆弱的地帶，經常受到海洋動力(波浪、潮流、潮汐)、入海河流與氣候等一系列自然因素的作用。承受著侵蝕或淤積。同時，近年來諸如填海造陸、港口建設、軍事工程與漁業養殖等人類的活動也極大地影響著其變化速度和方向。

應用衛星遙測技術監測海岸線的變化始於 20 世紀 70 年代末，而 90 年代以來研究進展極為迅速。目前這方面的研究多側重於對遙測影像進行幾何精校正、海岸特徵線的提取及海岸線變化趨勢的分析。

在國外，White 和 El Asmar(1999)利用 TM 影像監測尼羅河三角洲的岸線變化，發現了海岸線變化最快的區域，並對其進行更為嚴密的監測，為尼羅河三角洲流域的海岸帶管理提供了有力的技術支援。Frihy 等(1998)也對尼羅河三角洲的海岸線侵蝕與增長進行了研究。Komar(1999)則選取尼羅河三角洲、美國西北太平洋海岸、加利福尼亞州南部人工海灘、堰洲島海岸等區域進行海岸線的侵蝕與增長研究。Marghany(2001)利用 TOPSAR 資料建立了一個波譜模型 (Wave Spectra model)以探測馬來群島了 Terengganu 海岸的侵蝕速率、岸線變化及侵蝕最快的地區。

國內 Chen 和 Rau(1998)等選擇了臺灣西部海岸來研究海岸線侵蝕與增長。楊金中等(2002)利用 Landsat MSS、TM 等遙感影像對杭州灣地區近 115km 長的海岸進行了研究，跟蹤調查自 1955 年以來杭州灣海岸線變遷的規律及其影響因素，並預測了其發展趨勢。朱小鵠(2002)基於多時相 Landsat 衛星遙感圖像，採用神經網路分類方法研究海岸線的變化並計算擴大的陸地面積，進而總結和提出了一套針對珠江口海

岸變化進行長期即時監測的遙測技術手段。王琳等(2005)利用 1989 年、1995 年和 2000 年 3 個時相的 Landsat TM/ETM+衛星影像，研究了福建廈門市 1989~2000 年的岸線變化情況。姜義等(2003)在渤海灣西岸泥質海岸帶現代地質環境變化的研究中。運用多時相 MSS、TM/ETM+，遙感資料與近百年來的其他相關圖件、資料進行對比分析。揭示出近百年來該海岸帶經歷了「緩變型地質環境變化」中的「相對快速的變化」。常軍等 (2004)以 1976 年黃河改道以來清水溝流域的 20 景多時相遙感影像為主要資料源，剖析了現行黃河河口地區海岸線演變的時空動態特徵；同時，結合利津水文站水文統計資料，探討了黃河口海岸線演變與黃河來水來沙條件之間的關係，初步預測了黃河口水沙條件的發展演變趨勢。

對海岸線變化趨勢進行預測不僅向人們展示海岸線近期將形成的輪廓，還使決策者們對海岸帶變化有一個宏觀的認識。為人海河流的治理和海岸帶地區永續發展戰略的實施提供指導作用。但目前國內外對海岸線變化趨勢預測的研究比較少。研究主要集中在海岸帶災害預測，海岸河口泥沙淤積預測和海岸帶環境演變等方面。這些研究大都局限於定性預測，缺少變化趨勢的量化預測結果。本章介紹如何利用一般高潮線法，通過灰色模型 GM(1,1)，對海岸線的變化趨勢進行相對量化的預測，並對其預測結果進行驗證。

4.1 水體遙測基本原理

當電磁光能射抵物體表面的時候，可能發生三種交互作用的狀況，即反射、吸收、或穿透。反射、吸收、及穿透的程度與物體的性質及輻射能量的波長有關。某些物體在某些波長下是一個好的反射體，而在其它的波長段則可能是良好的吸收體，或是穿透體。其它的物體則有不同的光譜特性。這一現象造成物體在空像片上的色調或灰

調變化。吸收電磁波能的物體，可能因而溫度升高，乃至於向周圍環境散放能量。物體放射能量的速率也就是它的放射率 (Emissivity)。熱紅外光影像上色調的變化也就是地面物體溫度不同或放射率不同的紀錄。

地面物體由於其間化學性質與物理性質的差異，對不同波長的能量也有不同的反應。影響這些反應的因素還有物體表面的形狀及崎嶇粗糙性，入射光源照明的強度、以及入射的角度等。地面物體的不同反應 (反射強度) 記載在像片上形成圖形，即可用來鑑定及分辨該物體。由於不同類型的遙測感測器(Sensor)記錄不同波段的能量，同時也具有不同的解像力、敏感度、以及變形扭曲等，所以判識者必須明瞭影像形成的原理，才能正確評估影像的意義。

遙測攝像之技術主要是利用電磁波與物體之交互作用形成之能量反應而成像，水體則與任何物體一樣都具有放射、反射、吸收和散射電磁波的能力，除此之外，水體還具有一定的透射能力。它對電磁波的輻射特性與陸地極不相同。在可見光波段，陸地沒有透射的能力，而海水則有一定的透射能力，而且這種透射遇到微粒或淺海底會發生散射或反射。由於水體對不同電磁波具有不同的衰減因數(表 4.1)，因此，不同波長的電磁波穿透水體的深度也不同。由表中可見，波長為 0.48μ 的電磁波探測大洋水體最有利，而 0.53μ 則探測沿岸水體最有利。

表 4.1 電磁光譜對水體的衰減因數

	藍 0.46	青 0.48	綠 0.515	綠 0.530	黃 0.565	橙 0.60	紅 0.66	近紅外 0.80	近紅外 1.10
純水體	0.015	0.015	0.018	0.021	0.033	0.125	0.28	2.40	
大洋水體	0.086	0.076	0.078	0.084	0.108	0.272			39.70
沿岸水體	0.362	0.334	0.276	0.269		0.437	0.623		

註：純水一欄為吸收因數。

水體的判讀標誌主要是水體的色調和形狀。水體的色調受水體深淺、渾濁程度以及拍照時間的光照條件的影響而有較大變化，由白色調、灰色調以至變到黑色調。一般情況下，水體渾濁、淺水沙底、水面結冰或光線恰好反射入鏡頭時，其影像為淺灰色或白色；反之，河水較深或水雖不深但水體下為淤泥，其色調較深。

一般而言，水體在遙測影像上較其他地物清晰、直觀而易於判讀。就光譜特性而言，水體對太陽光的吸收、反射和透射能力因波長不同而有所差別，整體而言是吸收大於反射。水較深時，可能將光線全部吸收；水較淺時，可見光短波波段可以透過水體，反映出水底的情況。在遙測影像上，由於水的深度、水底情況及水的渾濁度不同而形成不同的影像。水淺或含沙量大時，色調較淺；當水淺而水底的物質和周圍物質光譜接近時，影像上水體的界線就不太明顯。水體對近紅外光吸收作用很強，因此在近紅外波段影像上，水體的色調是黑色，和周圍地物的界限是很清楚的。對於線性水體(江、河等)，只有當其寬度大於某一界線值時，在衛星影像上才能判讀出來。當然，成像地區背景反差不同，這個界線值也有差異。背景反差大，界線值就小；相反的，背景反差小，界線值則大。

許多研究已經證明，利用多波段遙測影像合成方法。可以得到更具有解譯能力的合成影像。例如在標準假色彩色影像上，清澈而深的水體呈藍黑色，水淺時呈淺藍色。含有泥沙時顏色變淺，泥沙含量很大時呈乳白色。使用衛星影像研究水體變化是一種較好的手段。由於每張影像顯示的水體都是成像瞬間的記錄，這就彌補了常規測量方法慢、水位變化大、不能適時地測定整體水位變化的缺點。而且衛星影像是定期地重覆成像，這就能及時地反映水體的動態變化，如監測洪水泛濫區域的變化。

水體資源遙測應用為以水文物理量的定量分析、水域或集水區(河流、湖泊)變遷、河口三角洲的變化、海岸帶和海洋等方面為主。由於

水體在各光譜波段具有明顯的特性，所以，以其形狀、色調、結構等影像特徵在遙測影像上是易於識別的。對水文物理現象的描述也可利用遙測影像，結合地面觀測站長期觀測記錄進行定量分析。它們測量的精度主要與遙測影像的地面分辨率和影像之灰度值有關。

1 水體面積量測

測量水體面積，首先要準確標定水的邊界線。根據水體對近紅外和紅外線部分幾乎全部吸收及雷達波在水中急速衰減的特性，應用遙測紅外影像和雷達影像可以獲得準確的水的邊界線位置，從而保證水體面積量測的精度。

2 水位—面積關係

若收集歷年來豐水年、平水年、枯水年及年內洪水期、中水期、枯水期的影像資料及同步實測的湖水水位資料，分析歷史的水位與面積的關係，作出水位—面積關係曲線，則可推測出任何時刻影像上的湖水面積，從曲線上查出湖水位。若從短波長(如藍色與綠色波段)影像上根據影像之灰度值反演推求出水深資料，則可根據深度和面積求出容積，這對研究湖泊、水庫的調洪能力很有實用之價值與意義。

3 流域與集水區形狀

流域或集水區形狀，可利用紅外波段影像描出水系網路，由可見光影像勾繪流域分水界線得到。若在其上畫出離河口的等距線，面積的分佈按河段統計，並假定流域的最大長度和寬度，總和為以 100% 計，即可繪成極為精確之流域分類曲線。這些流域分類曲線儼如流域的暴雨流量過程線的形式，所以利用遙測影像研究流域形狀分類，對分析逕流形成及正確了解洪水情況 (特別是未經研究的河流)來說，是有用且有效的。

4 水體的深度與含沙量

根據水體在各光譜波段的特性，常運用藍、綠波段影像上的平靜、

清澈的淺水湖泊的灰度變化反映的水深，再根據少量實測水深資料，以灰度變化推求出湖水等深線。還可利用多波段遙測影像中不同波段影像之灰度值與不同水體深度內含沙量之間的相關關係，根據少量實測含沙量資料，依不同波段影像的影像灰度值變化推求出不同深度內的等含沙量線。多項實驗資料證明，0.55 微米波長的光對水體穿透能力最強，隨著水體渾濁度的加大，穿透能力隨之減小，在近紅外波段僅僅能穿透 0.02 毫米的水層。若按最渾濁的沿岸水的消散係數來計算，LANDSAT 之 MSS4，5 和 6 波段影像分別反映 2.5，1.5 和 0.5 米深度水層中的泥沙分布狀況，構成湖中泥沙分佈立體模式，可為合理利用水體、立體養殖魚類提供依據。

5 水域之歷史與即時變遷

遙測研究長周期的水域歷史變遷，主要是依擁它在遙測影像上所遺留下來的"痕跡"來進行識別的。由於河流、湖泊、海岸等均有其特定的發生發展規律，有其區別於其它地物的特性，因此儘管經歷了漫長的自然歷史過程，發生了很大的變化，仍有不少特徵透過地表水份條件、植物生長狀況、土地利用方式、地貌結構相組合關係等得以不同程度的保留，在遙測影像上，它們以色調、陰影、形態、大小、紋理結構等的差異反映出來，由此可勾繪出它們的變遷軌跡。透過尋找這些影像標誌及其與周圍環境因子的不同之處，來追索它們的分佈、變化範圍和演變規律，並結合它們的時空變化規律（在空間組合上的規律性），進一步從宏觀上恢復此地當時的古地理環境。這種水域歷史變遷"痕跡"的識別，往往在大範圍內才能奏效。

一個地區的自然歷史變遷與該地的水域演變有著十分密切的聯係。遙測研究自然歷史變遷，尤以研究水域的演變最為突出，效果明顯。這是因為，一是水域面積大，變化快，形態獨特；二是水在各光譜波段具有明顯的特性；三是水域演變後多能在原地保留一定濕度和

形態，即"痕跡"較為明顯。因而，在遙測影像上影像清晰，資訊豐富，較易辨別。正因為遙測影像上詳細地記錄了水域的分佈形態，而且方位準確，有利於水域演變的定位定量研究。

4.2 基於數值影像之海岸線特徵萃取

隨著遙測對地觀測技術的不斷發展，衛星遙測影像在海岸帶地形圖的測製和更新中佔據了愈來愈重要的地位。利用遙測影像快速獲取海岸線，成了一個非常有意義的課題。海岸線作為海洋與陸地的交界線，也可以看成是一個大的水域的邊界線。而對於水域，由於其自身的循環和動力學規律不同，在形狀、大小、水質等方面也存在著差異，從而呈現出空間上的多變性，表現為不同的地區由於氣候、人類活動等不同，造成水域在形態、水質上的差異。例如不同的水域其組成成分不同，會有水溫、泥沙含量、所含化學成分、水色、透明度等上有差異。

儘管水域在空間上表現出複雜的變化，但是在影像上有其共同的特徵首先，從色調方面看，水域一般情況下成液態具有動態的連續性，與周圍的陸地在影像上有明顯的差異。雖然其水質隨空間有較大的變化，但其影像色調卻保持相對的穩定性與平衡性。其次，從紋理方面看，水域相對於陸地或雲層等呈現出較為均一的圖案，呈現細膩的紋理特徵。此外，水域的面狀特徵較明顯。

遙測影像比例尺較小，空間解析度較低時，在海岸是陡峭的岩石岸等類型的海岸地段，海灘垂直於海岸線的寬度低於影像的空間解析度時，海岸線的位置可以用瞬時水位線的位置替代。此時海岸線的提取既是瞬時水位岸線的提取。當海灘的寬度大於影像解析度時，由於海灘部分與陸地部分在顏色上會有明顯的差別，因此提取海岸線時可以充分利用色彩資訊來取得滿意的效果。

多光譜遙測影像於岸線特徵偵測之適用性：

- (1) 人工海岸：近紅外波段 (NIR)
- (2) 基岩海岸：近紅外波段 (NIR)
- (3) 砂質海岸：紅色波段 (Red)
- (4) 粉砂淤泥質海岸：藍、綠波段 (Blue, Green)

自動化岸線提取之流程可如圖 4.1 所示。岸線提取結果可如圖 4.2 例所示。

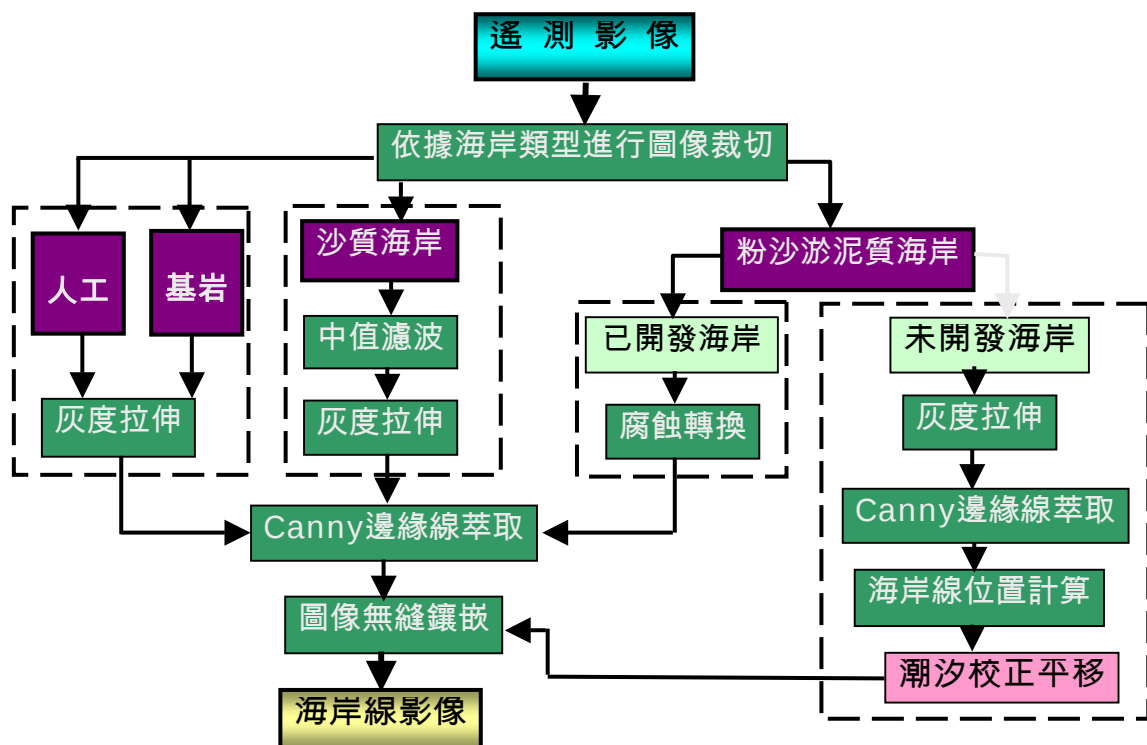


圖 4.1 自動化岸線提取之流程

人工海岸



原影像

岸線提取

影像與岸線套合

基岩海岸



原影像

岸線提取

影像與岸線套合

砂質海岸



淤泥質海岸

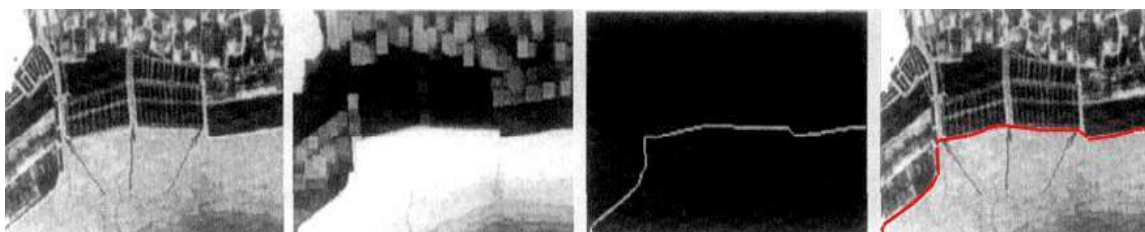


圖 4.2 四種不同岸線型式與提取結果

多年來，利用影像處理技術對遙測影像作自動化海岸線特徵提

取，已發展出不少成熟的方法，這些方法包括：區域分割、傳統邊緣提取運算元、灰階影像海岸線提取及多光譜影像分類等方法。若使用多光譜(含紅外線波段)，使用影像自動化分類法可有效取得水邊線，並進一步化算的海岸線特徵。

利用衛星遙測影像研究海岸線的動態變化，首先要解決海岸線如何確定的問題。海岸線的位置受潮汐、海岸地形等因素的影響而變化。而在遙測影像上顯現的海岸線是衛星成像暫態的水邊線。為了準確反映海岸線的動態變化，必須有一個統一的參照標準。一般以同月同潮位法作為準則。但完全滿足這一準則條件的遙感影像資料很困難。一般可選取平均低潮線法或一般高潮線法作為提取海岸線的依據。

4.2.1 平均低潮線法

平均低潮線的計算不僅需要利用遙測圖像。還需利用潮汐和沿岸地形資料作為參照。因為潮差和坡度是影響低潮線位置的主要因素。在推求低潮線的位置時，首先要掌握研究區的潮汐特徵，確定沿岸潮水位分佈曲線，從而求出影像水邊線和低潮線之間的潮差；然後要確定灘塗坡度。在沒有實測資料時，可利用不同時相的遙測影像資料推求灘塗坡度；最後利用潮差和坡度來推求低潮線。其具體步驟如下。

- (1) 首先，確定沿岸當時潮水位分佈曲線，用電腦進行潮汐預報，給出各驗潮站潮位過程曲線。查取衛星成像時的潮水位，用潮汐分帶法推求沿岸當時潮水位分佈曲線，對各驗潮站潮水位作統一訂正，如圖 4.3 所示。

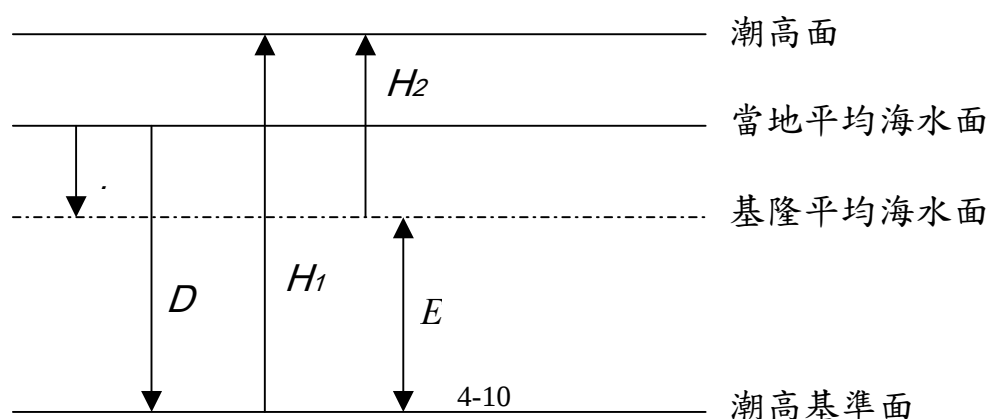


圖 4.3 各基準面與海水面的關係

由各基準面換算關係可以得出：

$$H_2 = H_1 - E$$

$$E = D - h$$

式中： H_1 為預報潮高(在潮高基準面上)；

H_2 為修正潮高(在基隆基準面上)；

D 為潮汐表上驗潮站潮高基準面的深度；

h 為當地平均海面和基隆基面的差值；

E 為基隆基面和潮高基準面的差值。

(2)其次，求灘塗坡度。確定兩條水邊線的高差 $\triangle h$ ，即兩景相鄰時相遙測影像水邊線潮水位的差值。將兩幅衛星影像縮放至相同比例尺，求出兩條水邊線間的平 L ，求出灘塗坡度(i)，根據式 $i=\triangle h/L(‰)$ 求出各斷面的坡度。

(3)最後，推求低潮線。查得平均低潮位，求其與影像水邊線的水位差，利用前面所求坡度計算外推平距，從水邊線外推連接繪出平滑的低潮線。

在缺乏潮汐實測資料和海岸高程的條件下，平均低潮線法不失為一種簡便易行的方法。但要得到精確的海岸線位置很不現實。主要原因在於：沿岸潮位資料難以獲取，如河口或沿岸缺少驗潮站，而目前應用的資料是從附近驗潮站潮位資料推算來的。由潮位、坡度歸算零米線的誤差較大。其次，河口地區地形地貌變化大，有的地形資料現勢代表性較差，歸算結果會存在有不同程度的誤差。

4.2.2 一般高潮線法

一般高潮線是指海洋潮流發生一般高潮時。海水所淹沒的平均界線，即通常所說的小潮高潮線。研究顯示，一般高潮線法與同月同潮位法相比。兩種方法的分析結果基本上相近似，能夠滿足宏觀分析所需的精度。同時，一般高潮線可以通過對遙測影像的分類處理與目視解譯相結合來確定，簡單易行，不需要進行修正。並且在不太長的時期內，其平均值受潮汐及海平面的影響較小，可以看作一個常數。

平均低潮線法和一般高潮線法所用資料都基於遙感測影像資料，但由於平均低潮線法在提取海岸特徵線時獲取地形和潮汐資料困難，計算過程較複雜。以及利用現有潮汐資料在精度上難以滿足實用要求，而利用一般高潮線法求解海岸線的動態變化比較簡單易行。

所以，本研究在自然海岸線特徵提取方法上，選擇一般高潮線法來進行岸線特徵之提取，同時輔以人工之影像辨識與數化。對人工海岸之固定特徵而言，傳統以影像運算元(Operator)或濾波器(Filter)提取特徵線的方法存在有精度不足及影像解析度不同時無法適用之問題。本研究對人工海岸特徵提出「影像多尺度自動化海岸線特徵提取」之演算法，期能有效改善前述之問題。

4.2.3 影像多尺度自動化海岸線特徵提取

由於海岸線變遷為一長時間之作用結果，對於不同的時間會因攝影工具之差異造成不同的影像空間解析度，當使用多源及不同解析度影像進行岸線變遷分析時，為提高較低解析度影像之岸線提取精度，可針對中、低解析度影像(如 LANDSAT, SPOT1~4 衛星影像)，以適當的影像處理技術來克服，藉此可獲得次像元(Sub-Pixel)精度之岸線資料。相關處理步驟如下：

Step1： 初始近似海岸線之提取

利用影像二值化(Binarization)、腐蝕(Dilution)處理，經影像相減可獲的初始岸線。(圖 4.4)

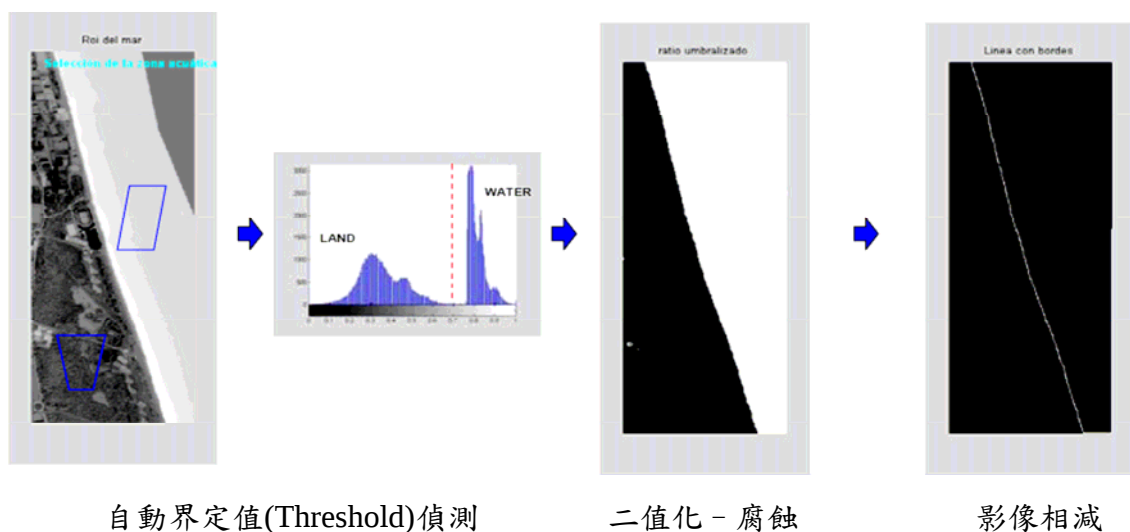


圖 4.4 初始近似海岸線之提取

Step2：海岸線之 3D 模式化及基於次像元(Sub-Pixel)之偵測(圖 4.5)

- (1) 局部區域之選定
- (2) 五階多項式(Fifth Order Polynomial)之曲線擬合(模式化)
- (3) 二次微分運算子(Laplacian Operator)特徵曲線提取
- (4) 偵測曲線上最大曲率(Maximum Curvature)之特徵點，即代表具次像元精度之海岸線。

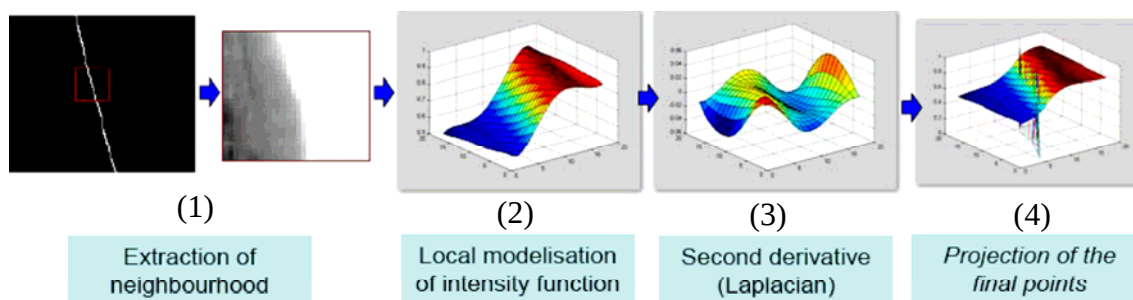


圖 4.5 海岸線之 3D 模式化及基於次像元(Sub-Pixel)之偵測

Step3：高解析度影像之參考海岸線提取

高解析度多光譜影像上，進行頻譜分類、二值化+濾波處理、影像判

釋，以獲取高精確度之參考海岸線。(圖 4.6)

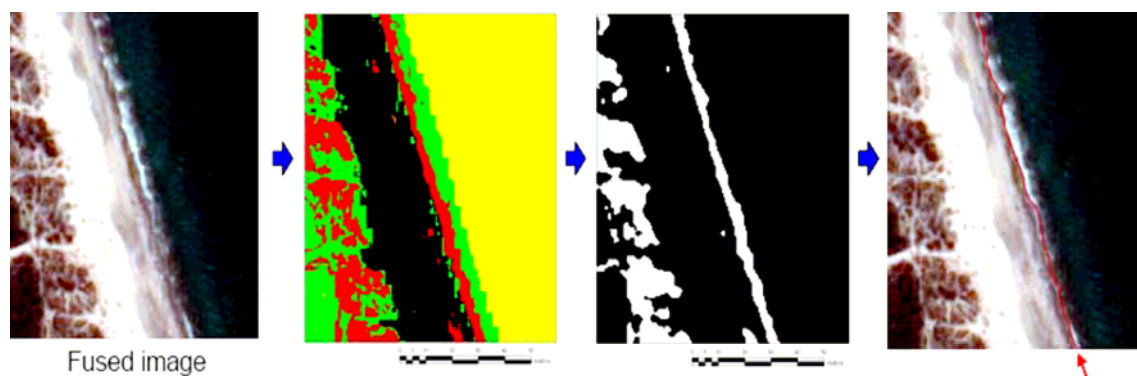


圖 4.6 高解析度影像之參考海岸線提取

Step4：不同解析影像之海岸線之套合

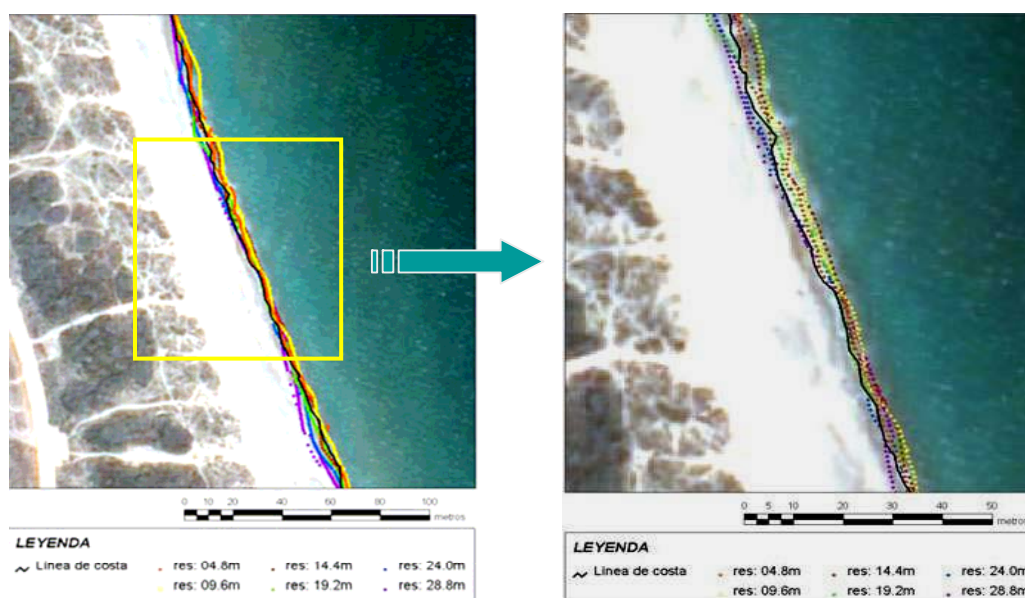
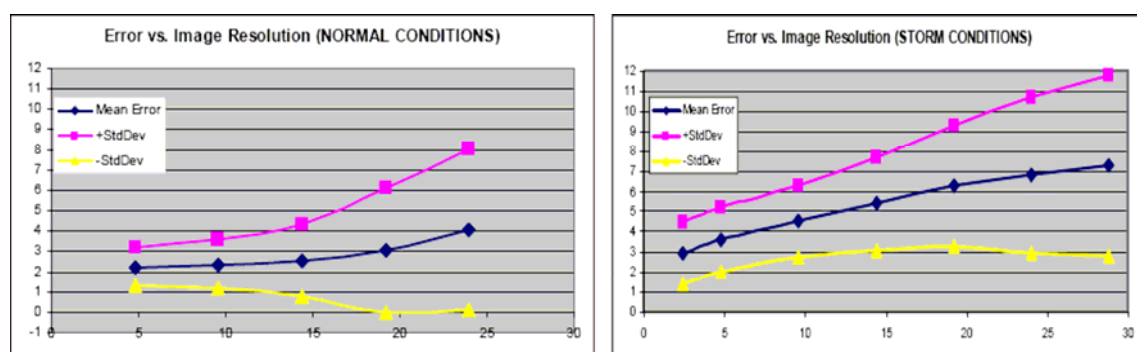


圖 4.7 不同解析影像之海岸線之套合

Step5：不同空間解析度(多尺度)與自動海岸線提取之誤差分析



正常條件影像：10m 解析度影像；平均誤差約 2.5m

暴風雨後影像：10m 解析度影像；平均誤差約 4.5m

圖 4.8 不同空間解析度岸線提取之誤差分析

4.2.4 人工數化海岸線

基於影像處理技術之自動化水線特徵提取雖可有效的在海岸影像中提取人工海岸線及水線特徵，但對自然海岸線而言，水線特徵並無法代表所定義之海岸線，因此，利用影像判釋並配合人工方式數化海岸線，仍是目前建立正確的海岸線資料必要的方法。本研究中將配合人工數化方法來輔助提取自然海岸線。以提供後續的變遷分析。

4.2.5 現場實地調查及勘測

利用地面測量儀器，如全站儀(Total Station)、GPS 衛星定位儀(RTK GPS)至選定之現場，援引岸邊選定之平面及高程控制點，施測求取並繪製海岸線，可藉以獲得天然海岸之零米等高線，該等高線為以平均海水面定義之海岸線。

4.2.6 提取岸線之潮汐影響修正

針對淤泥質海岸而言，由於岸灘面積較大，影像中水線位置明顯的受到潮汐的影響，必須對提取之水線位置進行修正。

本研究提出之修正方法如圖 4.9 所示：

C_1, C_2 ：為二不同時間影像提取之水線

h_1, h_2 ：為二不同時間水線之潮高($h_2 > h_1$)

則岸灘波度 θ 為：

$$\theta = \tan^{-1} ((h_2 - h_1) / \Delta L)$$

故修正 C_2 水線之距離 L 為：

$$L = (H - h_2) / \tan \theta$$

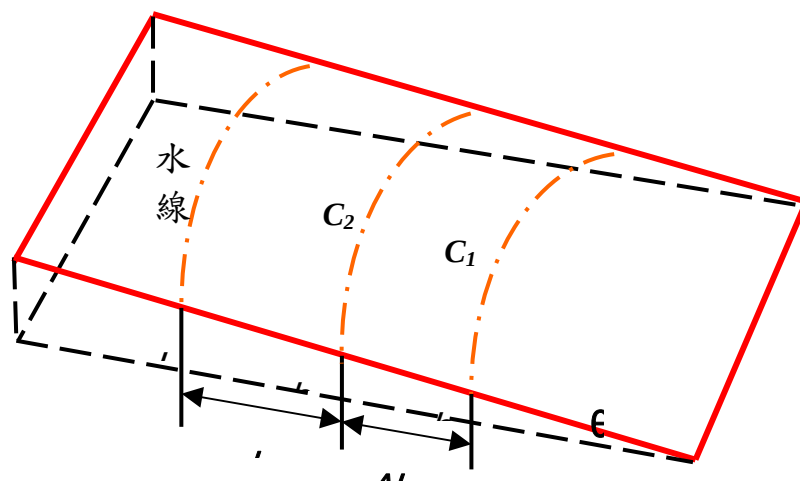


圖 4.9 岸線之潮汐影響修正

綜合由遙測影像上提取海岸線特徵資訊，所有影像資料必須經過幾何校正之前級處理。基本步驟包括：首先用非監督分類方法對影像進行預分類；其次選取訓練樣區，運用監督分類方法解譯水體。以預分類後的影像為基礎來提取出所需的一般高潮線。通常，一般高潮線介於高潮灘與中潮灘之間。由於潮灘物質成分的差異以及暴露於水上時間長短的不同而導致含水量也不同。必然會反映在光譜特徵上，在遙感影像上則表現出不同的灰階和彩色特徵資訊，因此潮灘地貌特徵和植被的生長程度是重要的解譯指標。

4.3 局部地區海岸線變遷探討

由於自然因素和人類活動的影響，致使海岸線發生了很大的變化。為了能更好的開發和利用海洋資源，監測海岸線變化，促使我們對海岸線變化進行全方位、多角度檢測，效果顯著。隨著技術水準不

斷向前推進，檢測方法層出不窮，技術手段也日益更新。

灰色系統理論(Gray System Theory)是 20 世紀 80 年代提出的。灰色系統是指相對於一定的認識層次。系統內部的資訊部分已知。部分未知。即資訊不完全的系統。灰色系統理論認為，各種環境因素對系統的影響，使得表現系統行為特徵的離散資料呈現出離亂。但是這一無規則的離散數列是潛在的有規序列的一種表現，系統總是有其整體功能，也就必然蘊涵著某種內在規律。因而任何隨機過程都可看作是在一定時空區域變化的灰色過程。隨機量可看作是灰色量。通過生成變換可將無規序列變成有規序列。作為灰色系統理論核心和基礎的灰色模型(Grey Model, GM)。概括而言具有以下三個特點：

- (1)建模所需資訊較少，通常只要有四個以上資料即可建模；
- (2)不必知道原始資料分佈的先驗特徵，對無規則或不服從任何分佈的任意光滑離散的原始序列，通過有限次的產生即可轉化成為有規序列；
- (3)建模的精度較高。可保持原系統的特徵，能較佳地反映系統的實際狀況。

一般的 GM(1,1)模型的建立過程可如圖 4.10 之流程所示。

設一階變量 $x_{(0)}$ 原始序列為：

$$x_{(0)} = \{x_{(0)}(1), x_{(0)}(2), \dots, x_{(0)}(k)\}$$

為了減少系統的不確定性，用 AGO(Accumulated Generating Operation, AGO)產生序列一次累加和，表示為：

$$x_{(1)} = \{x_{(1)}(1), x_{(1)}(2), \dots, x_{(1)}(k)\}$$

其中
$$x_{(1)}(k) = \sum_{j=1}^k x_{(0)}(j)$$

由灰色模組 $x_{(1)}$ 構想的一階微分方程為：

$$\frac{dx_{(1)}}{dt} + a x_{(1)} = b$$

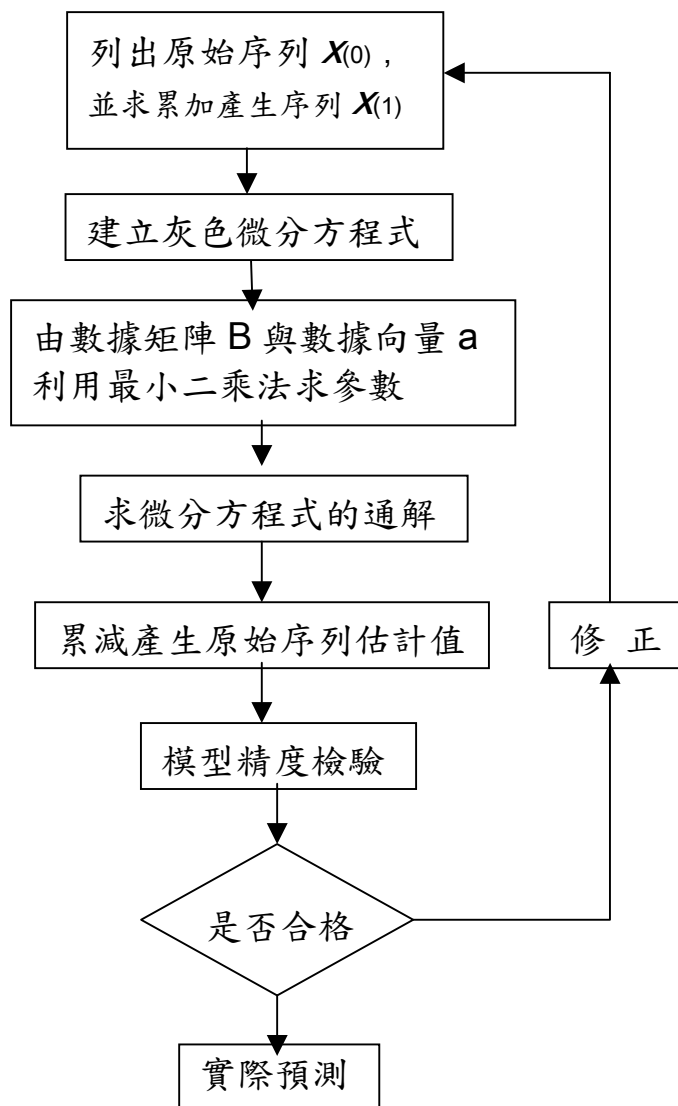


圖 4.10 GM(1,1)模型的建立流程

解微分方程，並表示成離散型式為：

$$x_{(1)}(k+1) = \left[x_{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a}$$

式中 a, b 為待定係數，可用向量 $\hat{a} = [a, b]^T$ 來表示，並利用最小二

乘法原理求解 $\hat{a} = [B^T B]^{-1} B^T y$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x_{(1)}(1) + x_{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x_{(1)}(2) + x_{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \\ -\frac{1}{2}[x_{(1)}(n-1) + x_{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

由於計算的是累加後的數據序列，因此計算結果必須經過累減還原成原來序列

$$f(x) = \begin{cases} x_{(0)}(1) & i = 1 \\ x_{(1)}(i) - x_{(1)}(i-1) & i \geq 2 \end{cases}$$

模型檢驗：

對模型結果的檢驗可採二種方法，一是後驗差檢驗法，另一是採預測年份實際岸線資料取樣值來驗證預測數據。

(1) 求原始數列的方差(Variance)與標準差(Standard Deviation)

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [x_{(0)}(t) - \bar{x}_{(0)}]^2 \quad ; \quad \sigma_1 = \sqrt{\sigma_1^2}$$

$$\text{其中 } \bar{x}_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{(0)}(t)$$

(2) 求殘差的方差與標準差

$$\text{殘差: } \varepsilon_{(0)}(t) = x_{(0)}(t) - \hat{x}_{(0)}(t)$$

$$\text{式中 } t=1, 2, \dots, n$$

(3) 求後驗差比值與小誤差概率

後驗差比值 $C = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ ，小誤差概率 $P = P\{|\varepsilon_{(0)} - \bar{\varepsilon}_{(0)}| < 0.6745 \sigma_1\}$ ，如果

滿足 $|\varepsilon_{(0)} - \bar{\varepsilon}_{(0)}| < 0.6745 \sigma_1, (t=1, 2, \dots, n)$ 的 $\varepsilon_{(0)}$ 的個數為 r ，則

$$P = \frac{r}{n}。$$

- (i) 當 $C \leq 0.35$, $P \geq 0.95$ 時，預測模型精度為一級(優)。
- (ii) 當 $0.35 \leq C \leq 0.5$ 且 $0.8 \leq P \leq 0.95$ 時，預測模型精度為二級(合格)。

將各模型的計算值還原計算後，作殘差檢驗，所得的相對誤差較小，可以認為各個模型是合理的。

4.4 岸線特徵提取應用例分析

本研究為依前述所提出之理論分成二個部份進行實務之應用。首先以 2005 年澎湖海域之福衛二號及法國 SPOT5 衛星影像為主進行海域內島嶼面積之調查。以影像自動化提取各島嶼之岸線特徵線，進因缺乏完整之地形資料，僅作簡易之潮汐修正後進行各島嶼面積之推估，目的在於驗證本研究所提出自動化提取岸線特徵線演算法之適用性。以台灣中部地區大甲溪河口為研究區域。選擇 1990 年 SPOT 1、2006 年、2008 年、2010 年的福衛二號(Formosat II)共四張不同時期衛星影像為資料來源，目的在探討海岸線特徵變化之可行性分析。

4.4.1 澎湖群島島嶼面積調查

澎湖群島由將近一百個大小不等的島嶼組成，總面積約 127 平方公里，其中以澎湖本島最大(含馬公市及湖西鄉)，其次為西嶼、白沙。目前僅 20 個島有人居住。群島位於北緯 23°9'至 23°47'，東經 119°18'至 119°42'之間。本研究採用福衛二號之全色態與多光譜影像。不足區域採用 SPOT5 衛星影像，花嶼地區則以航拍影像代替。向量圖資則 1/25000 地形圖及「海軍大氣海洋局」之海圖，配合「影像多尺度自動化海岸線特徵提取」演算法作進行島嶼面積調查工作。圖 4.11 為整合福衛二號、SPOT5 衛星影像及航拍影像之澎湖海域影像全圖。

圖 4.11 澎湖海域影像全圖

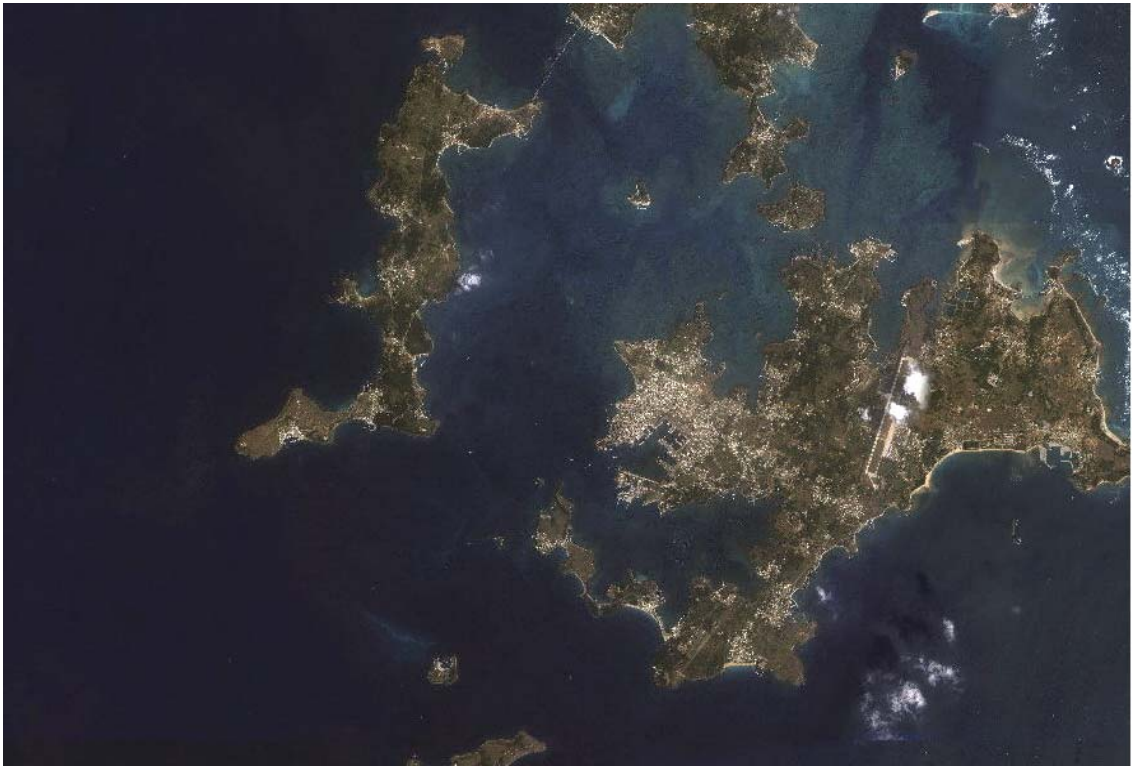


圖 4.12 澎湖本島影像

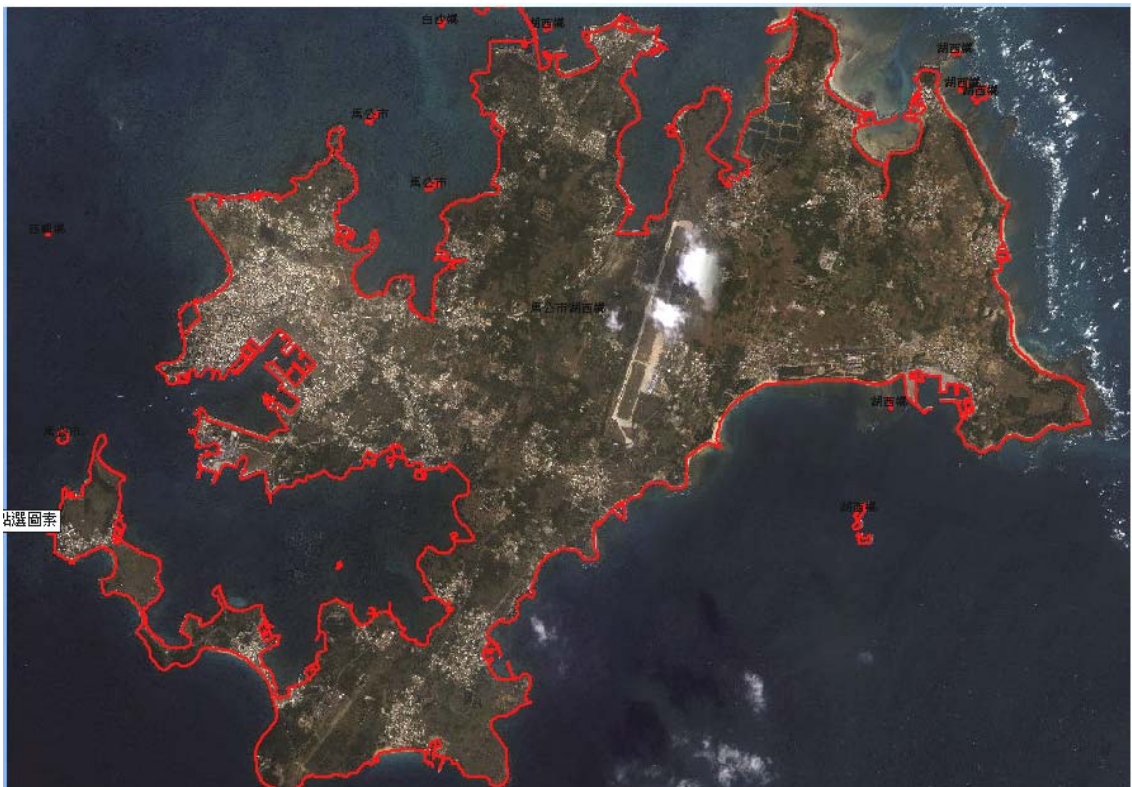


圖 4.13 澎湖本島影像之次像元岸線特徵提取

表 4.2 清查之澎湖地區各島嶼最高高度與面積

項次	行政區域	島嶼名稱	最高高度 (m)	影像岸線面積 (平方公里)	海岸線長度 (公里)
1	馬公市湖西鄉	澎湖本島	56	65.4132	159.694
2	馬公市	中央嶼	11	0.0116	0.593
3	馬公市	牛母件嶼	12	0.0131	0.553
4	馬公市	四角嶼	12	0.0218	0.543
5	馬公市	雞籠嶼	27	0.0243	0.616
6	馬公市	桶盤嶼	29	0.2984	3.422
7	馬公市	虎井嶼	61	1.9972	10.724
8	湖西鄉	錠鈎嶼	4	0.0593	1.713
9	湖西鄉	雞善嶼	---	0.0454	1.241
10	湖西鄉	查埔嶼	19	0.0131	0.479
11	湖西鄉	查母嶼	7	0.0383	1.092
12	湖西鄉	香爐嶼	2	0.0485	1.845
13	湖西鄉	番黍仔尾嶼	---	0.0039	0.262
14	湖西鄉	赤嶼	---	0.0083	0.478
15	湖西鄉	溪塹	---	0.0328	0.908
16	湖西鄉	鼓架嶼	6	0.0053	0.429
17	湖西鄉	雁情嶼	14	0.0069	0.331
18	白沙鄉	目斗嶼	---	0.0244	0.843
19	白沙鄉	過嶼	---	0.0044	0.452
20	白沙鄉	吉貝嶼	18	3.0573	13.434
21	白沙鄉	姑婆嶼	13	0.2226	4.098
22	白沙鄉	鐵砧嶼	---	0.0198	0.687
23	白沙鄉	險礁嶼	6	0.0447	0.922
24	白沙鄉	土地公嶼	6	0.0027	0.271
25	白沙鄉	大白沙嶼	14	0.0060	0.370
26	白沙鄉	金嶼	14	0.0173	0.691
27	白沙鄉	屈爪嶼	9	0.0343	1.465
28	白沙鄉	毛司嶼	---	0.1115	1.802
29	白沙鄉	北礁	---	0.0248	0.598
30	白沙鄉	白沙嶼	24	0.1885	3.114

總面積	127.9636 平方公里 (依據衛星影像清查之總面積)
-----	---------------------------------

4.4.2 海岸線特徵與變化分析

為探討不同時期海岸線變化之狀況，本研究選擇四種不同時期拍攝之衛星影像，包括 1990/08/22 SPOT-1 6.25m 解析度影像及 2006/10/07、2008/01/04 及 2010/03/11 福衛 II 衛星影像，範圍北起大甲溪至臺中港以南約 46 公里長之臺灣西岸海岸線影像為實驗對象。各影像均完成必要之幾何糾正處理，以 TWD97 為其坐標系統(SPOT 影像原為 TWD67 系統)。

為進行海岸線特徵線粹取，各福衛 II 衛星影像在影像色彩融合(Color Fusion)處理後，選擇紅外線波段(IR)影像，影演算法進行次像元精度之岸線(水線)特徵提取，但對沙岸地區之水線，則配合人工影像判釋方式進行局部編修，以獲得各影像之岸線向量資料，並進行套疊分析。

圖 4.14 至圖 4.17 分別為四張不同時期之衛星影像，圖 4.18 為各影像提取之岸線向量與 2006 衛星影像之套合顯示。結果顯示，就該區域而言，除臺中港區之局部擴建外，海岸線並未有明顯的變化，提取的特徵線精度約半個像元，即幾何誤差約 1m。

圖 4.19 為臺中港區之局部放大影像。圖 4.20 為大甲溪出海口局部放大影像，圖 4.21 為大甲溪出海口空載雷射資料，圖 4.22 大甲溪出海口空載雷射資料三維顯示。

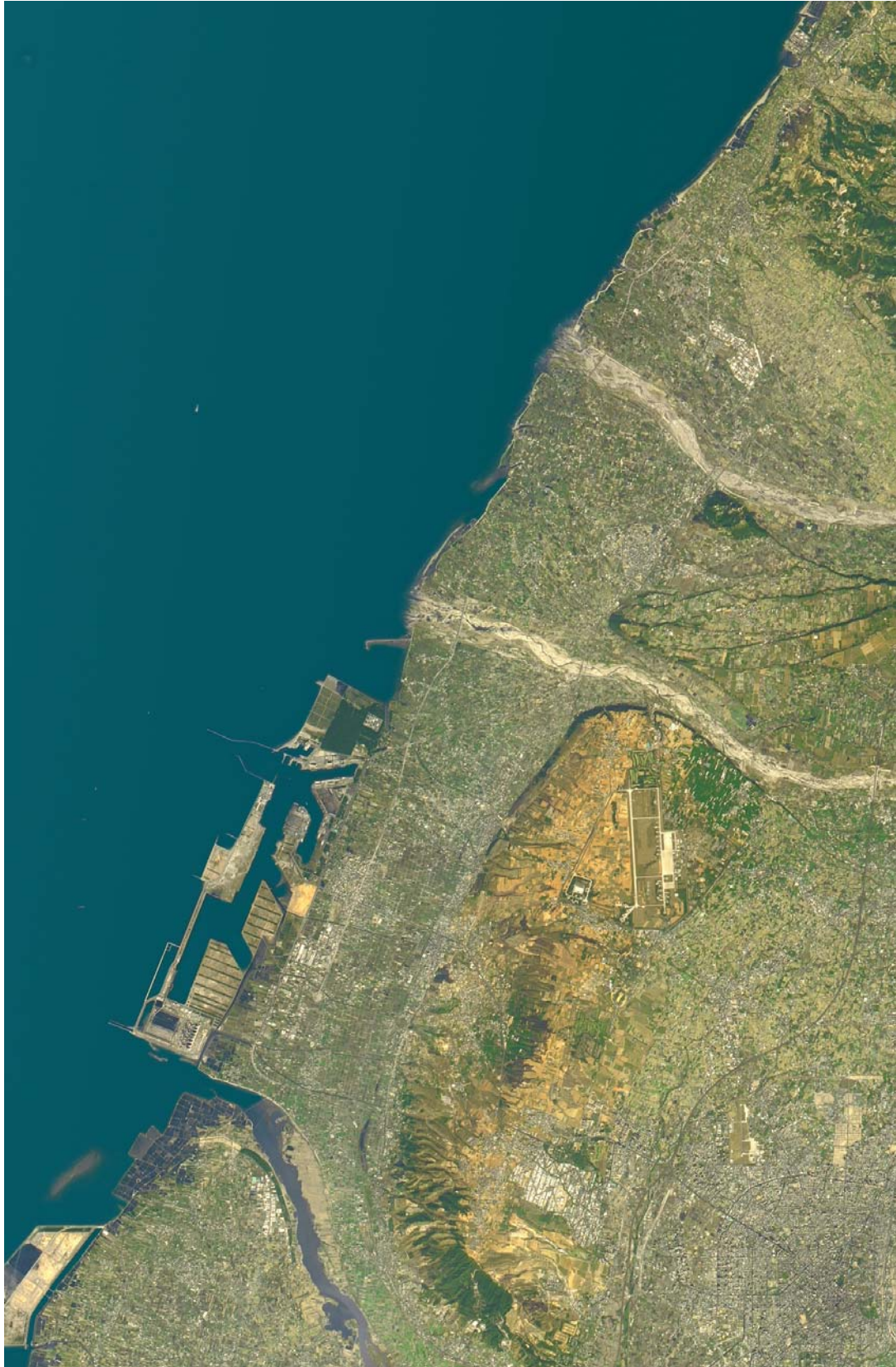


圖 4.14 1990/08/22 SPOT1 衛星影像(RG+IR)

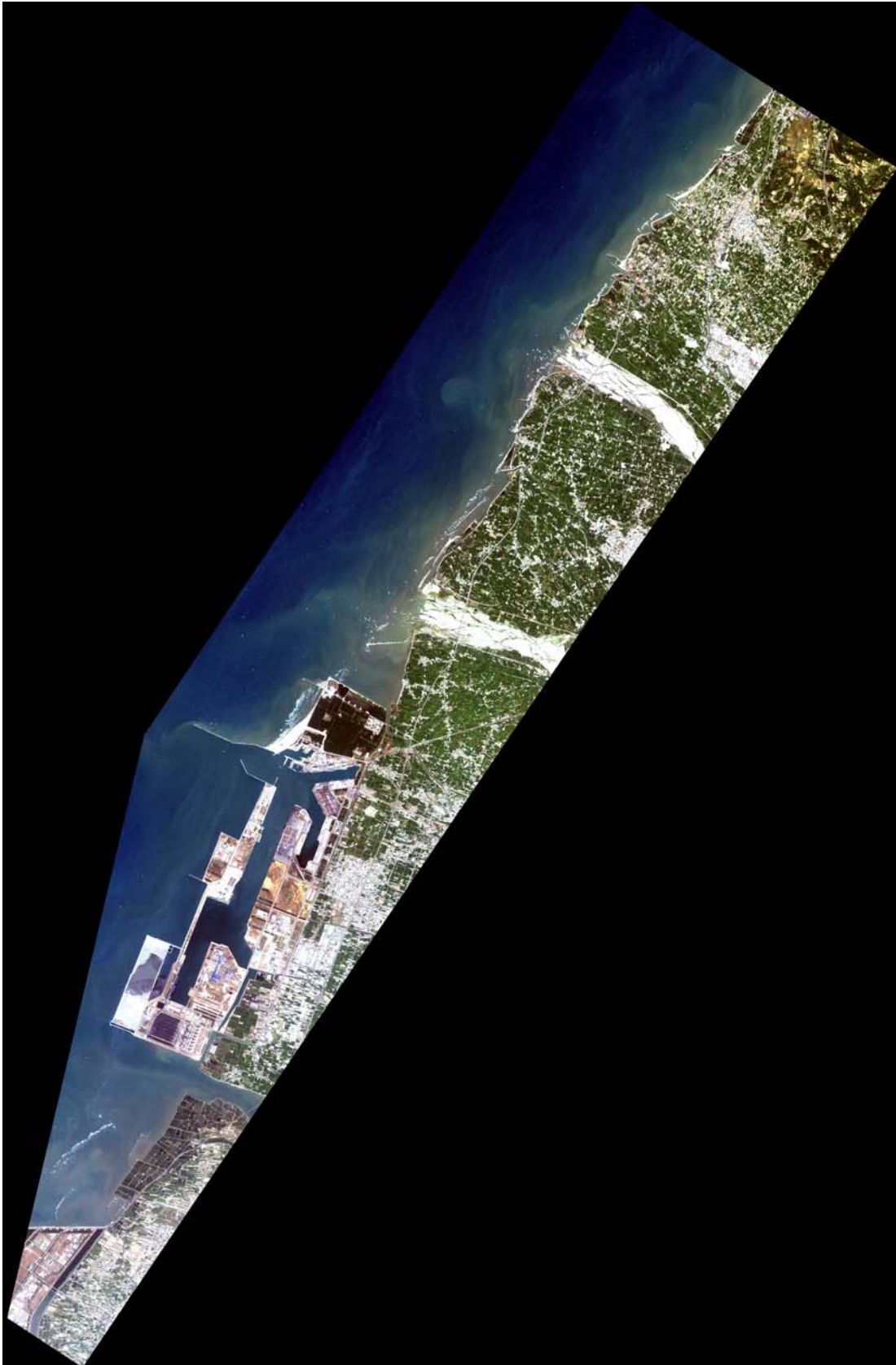


圖 4.15 2006/10/07 福衛 II 影像(RGB+IR)

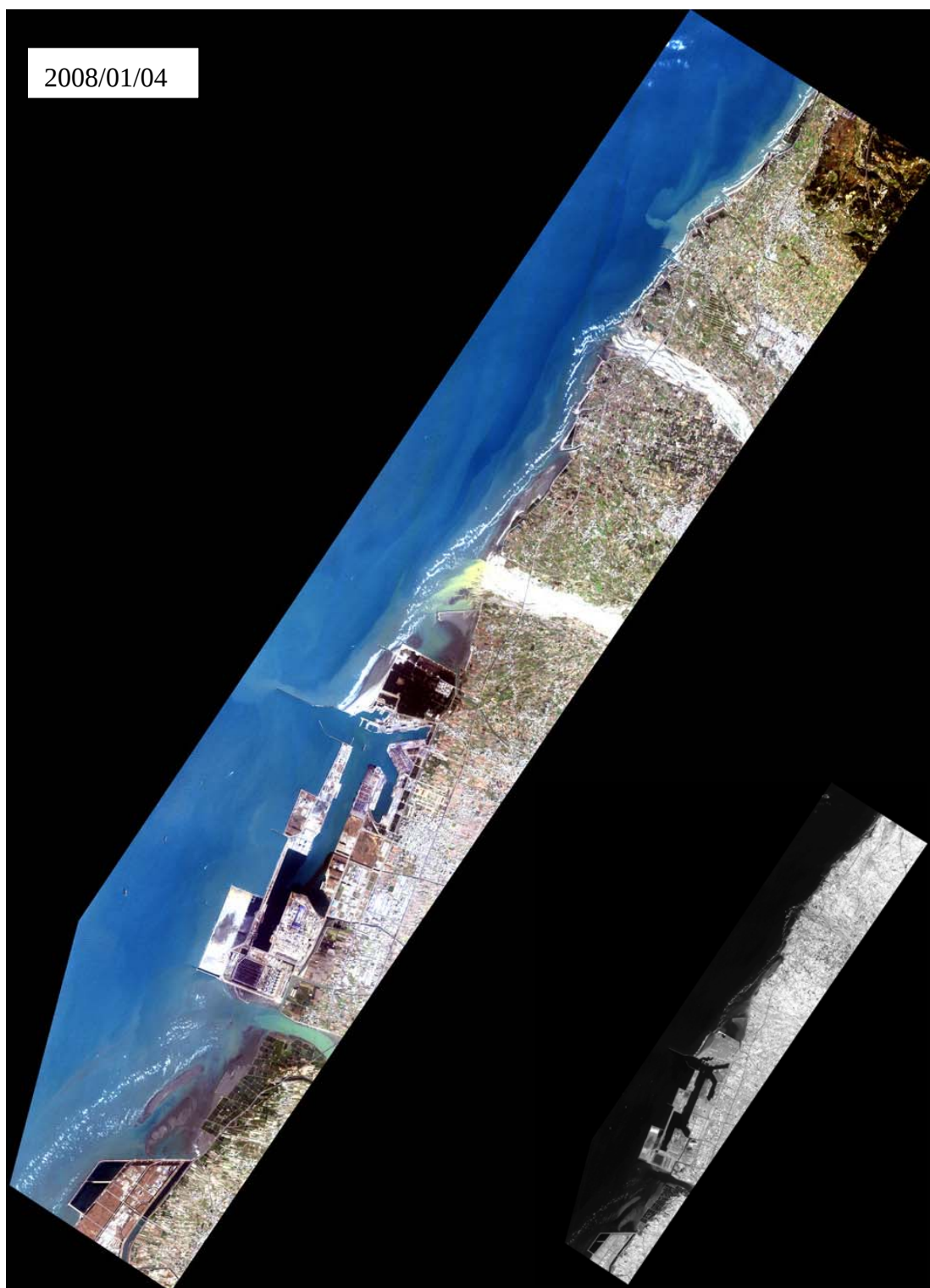


圖 4.16 2008/01/04 福衛 II 影像(RGB+IR)

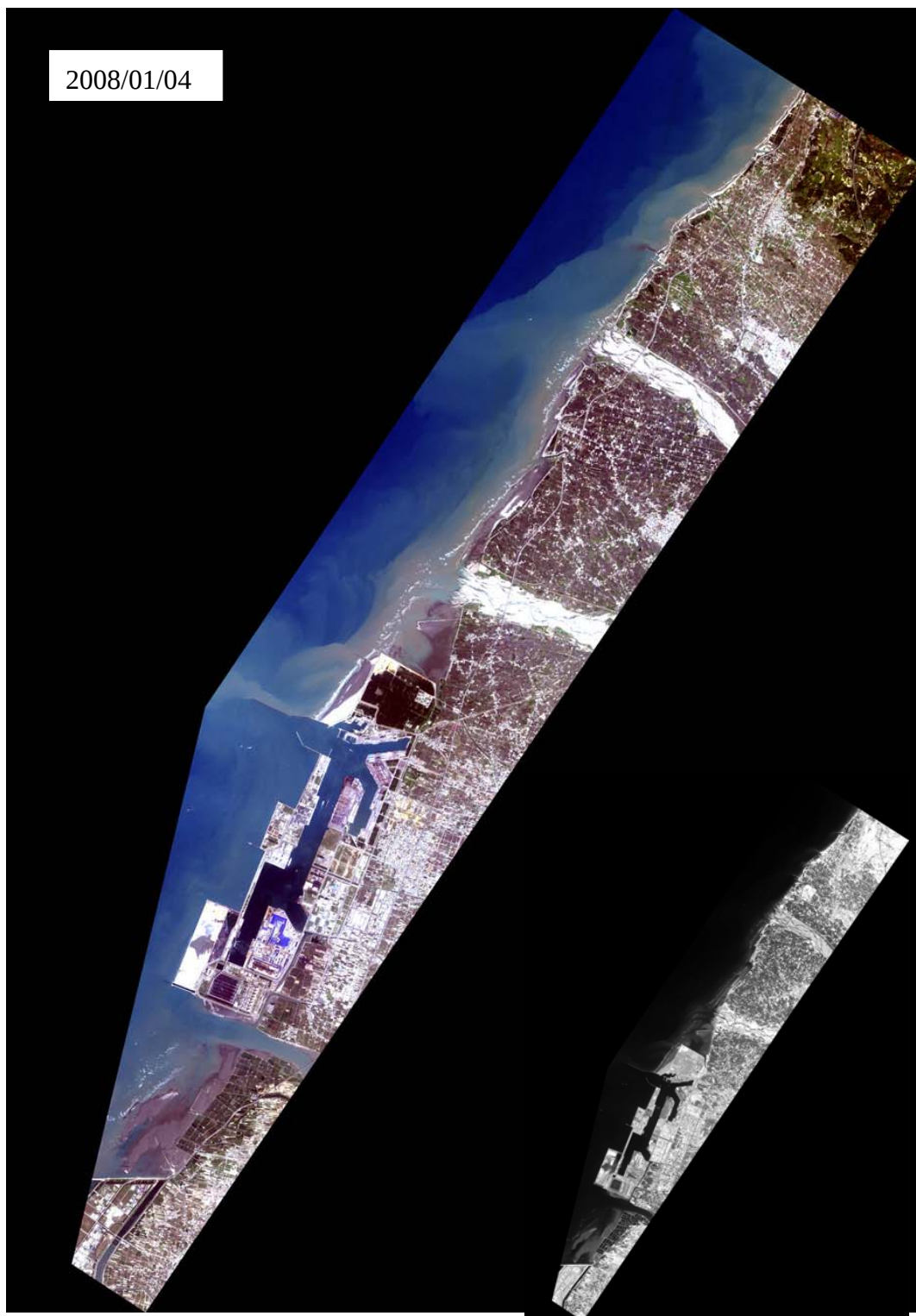


圖 4.17 2010/03/11 福衛 II 影像(RGB+IR)

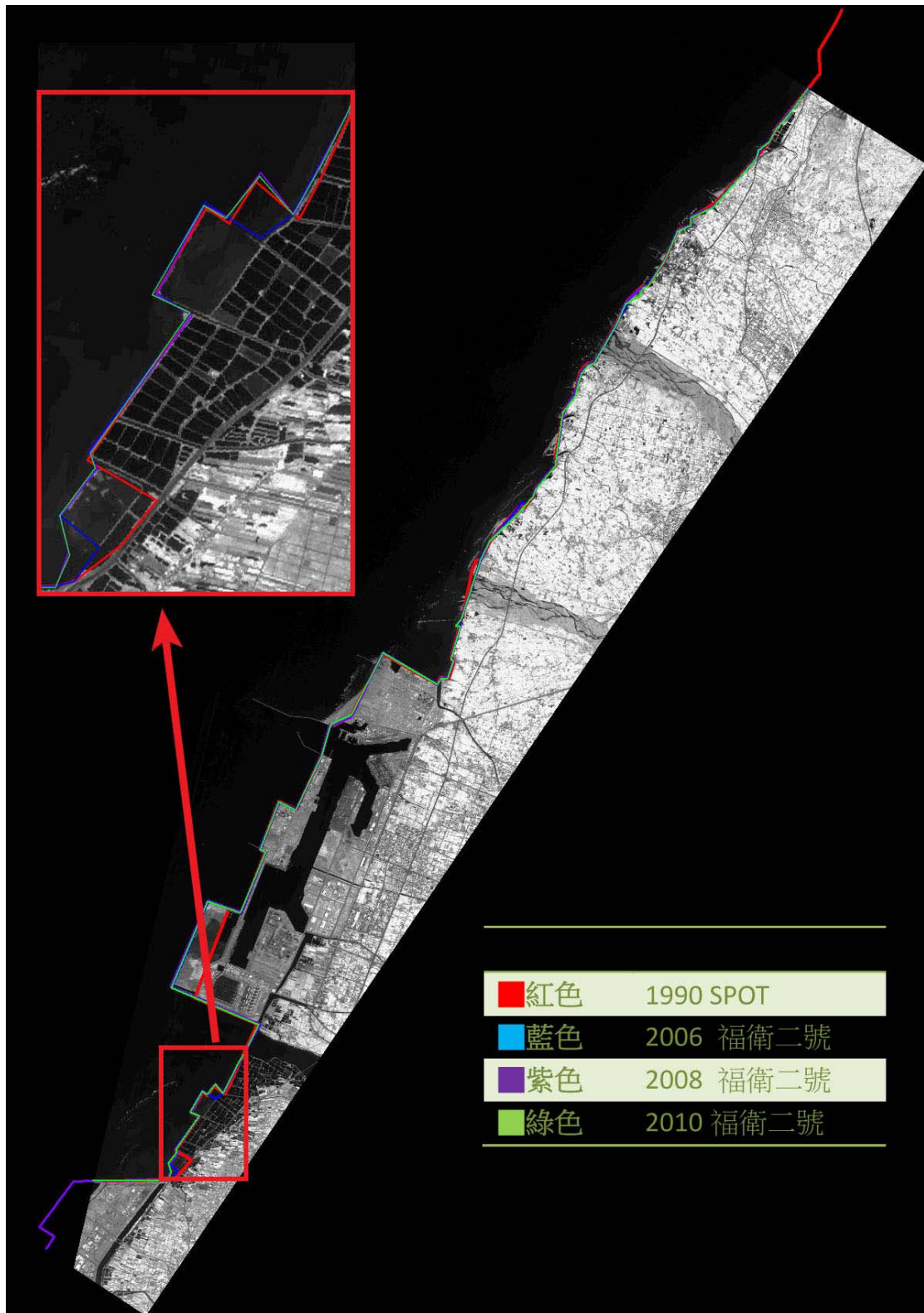


圖 4.18 各影像提取之岸線向量與衛星影像之套合顯示



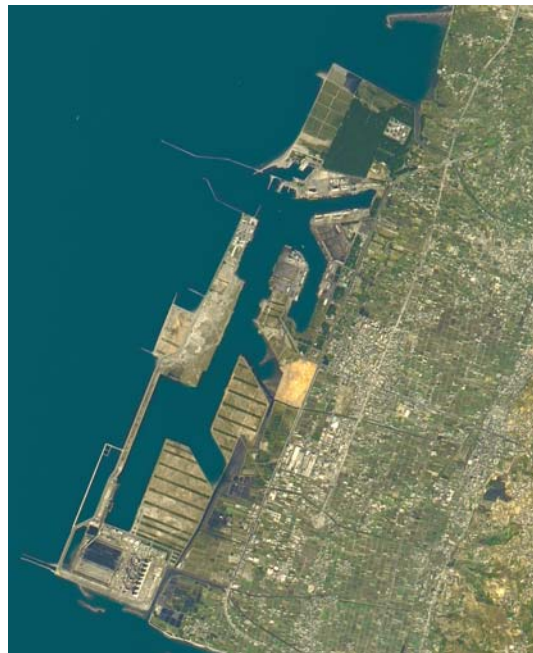
2006/10/07 福衛 II 影像



2008/01/04 福衛 II 影像

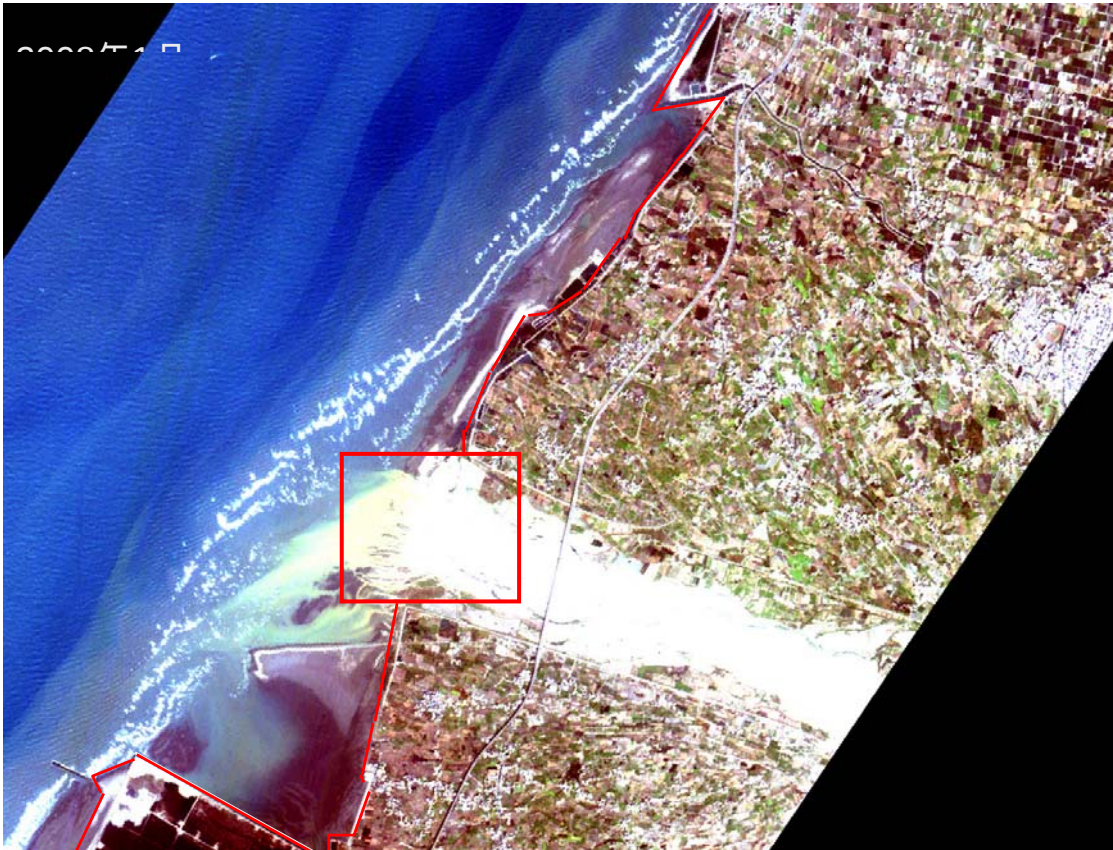
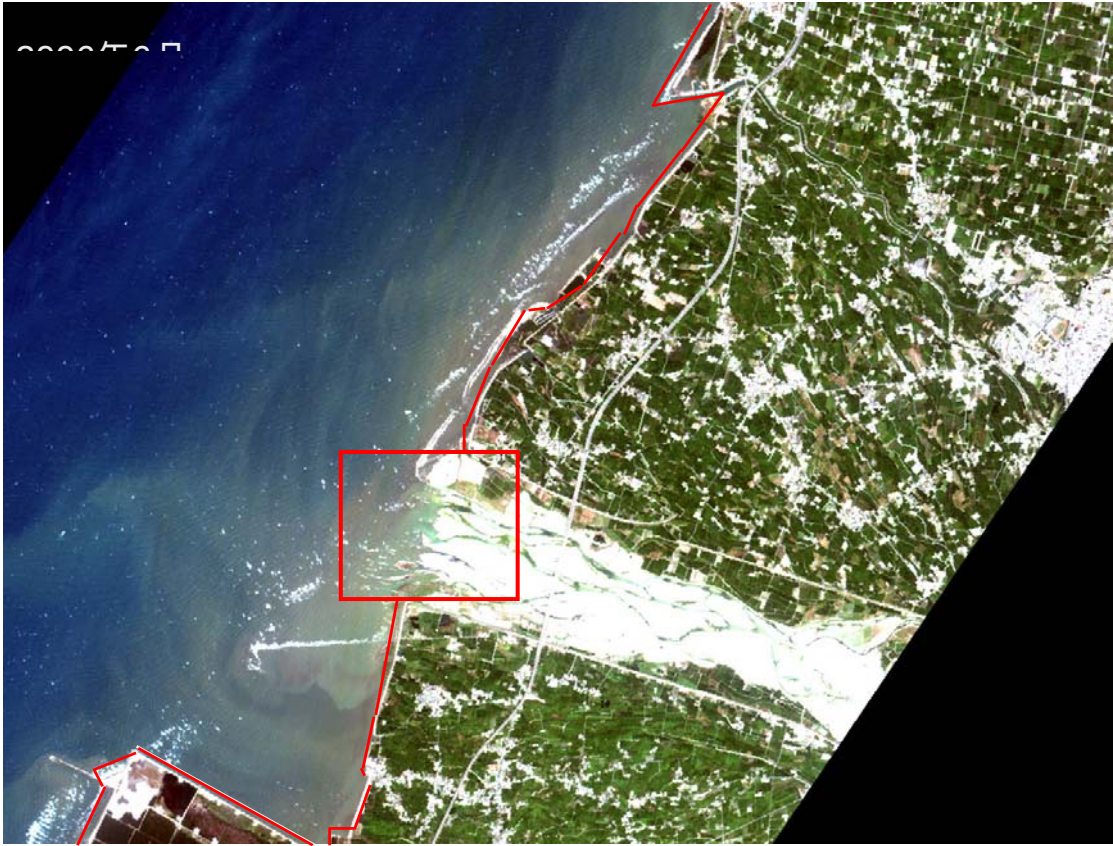


2010/03/11 福衛 II 影像



1990/08/22 SPOT1 衛星影像

圖 4.19 臺中港區之局部放大影像



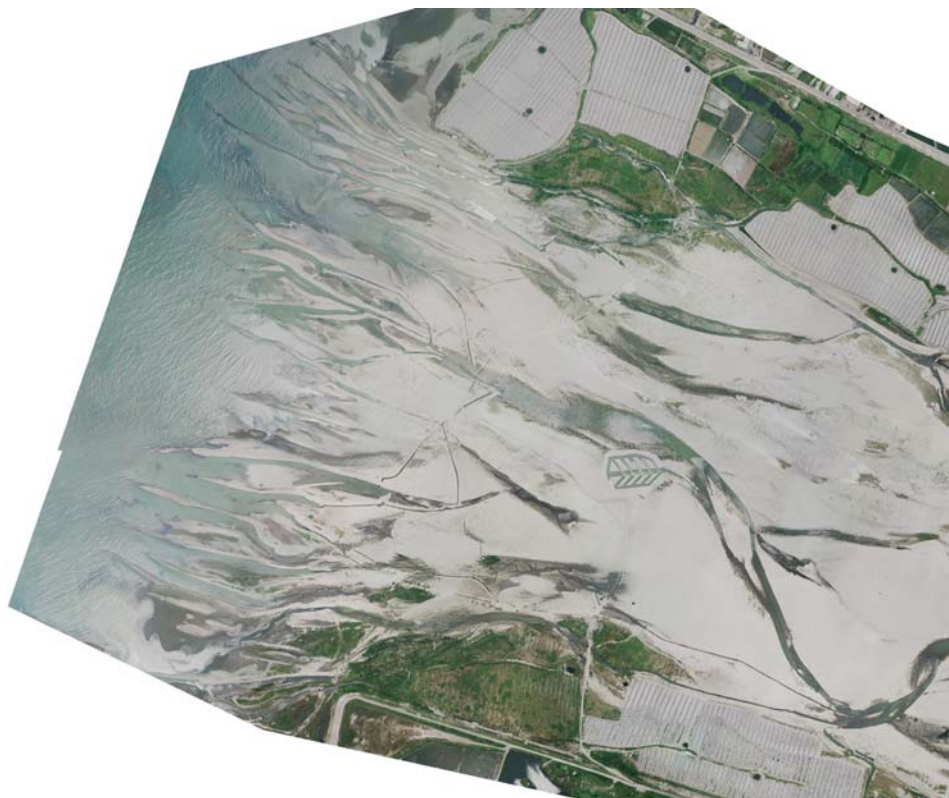


圖 4.20 大甲溪出海口局部放大影像(2010 年 5 月航拍)

圖 4.18 顯示四個不同年度影像提取之岸線向量與衛星影像之套合結果。在人工海岸(臺中港)岸線向量之資料，以 1990 之 SPOT1 影像為基準，其偏差量(標準差)如表 4.3 所示。另以 2006 之福衛二號影像為基準，其偏差量(標準差)如表 4.4 所示。

表 4.3 四個不同年度影像人工岸線之標準差差(1990 SPOT 影像為基準)

影像	2006 年(2)	2008 年(3)	2010 年(4)
標準差(m)	5.462	5.832	5.727

表 4.4 四個不同年度影像人工岸線之標準差差(2006 福衛影像為基準)

影像	1990 年(1)	2008 年(3)	2010 年(4)
標準差(m)	5.462	2.832	2.727

表 4.5 四個不同年度影像自然岸線之標準差差(1990 SPOT 影像為基準)

影像	2006 年(2)	2008 年(3)	2010 年(4)
標準差(m)	6.783	3.132	3.476

表 4.6 四個不同年度影像自然岸線之標準差差(2006 福衛影像為基準)

影像	1990 年(1)	2008 年(3)	2010 年(4)
標準差(m)	5.783	3.576	3.641

以上數據顯示，在該實驗區內之岸線並無明顯的變化，其數據的差異量主要受影像解析度的影像(SPOT 影像解析度為 6.25m，福衛二號影像解析度為 2m)及影像幾何糾正精度之影響。

河口地區之變化量較為明顯，根據灰色數列預測法，海岸線變化過程是一種在一定時空範圍內變化的灰色過程。就河口地區變化面積或海岸線形態而言，總體上是隨時間做遞增變化的，因為海岸線侵蝕

可看作是陸消海長。符合灰色數列預測的要求。而且，海岸線形態的變化是河流徑流、泥沙、海洋動力作用等眾多因素綜合作用的結果。不易用明確的或白化的數學模型來表達。因此，利用該過程中已知的離散的白化數據 (如增長面積、岸線位置)組成原始數列，建立 GM(1,1) 模型，用以研究河口海岸線的演變是可能的。

本研究以前述四張(1990, 2006, 2008, 2010)不同時相衛星影像為基礎，選擇大甲溪河口為例(圖 4.21)，作為灰色建模的基礎數據，運用灰色系統預測方法建立岸線變化灰色預測模型。具體建模步驟為：

1. 在研究區陸地部份任選一點作為原點(O)，作放射狀測線 15 條，依順序記為 1, 2, ..., 15，如圖 4.22 所示。
2. 利用遙感圖像處理軟體 ERDAS 建立拓撲關係後，則可得到原點至各年海岸線的遙感測量距離值，組成每條側線的原始資料序列。如表 4.7 所示。



圖 4.21 大甲溪河口

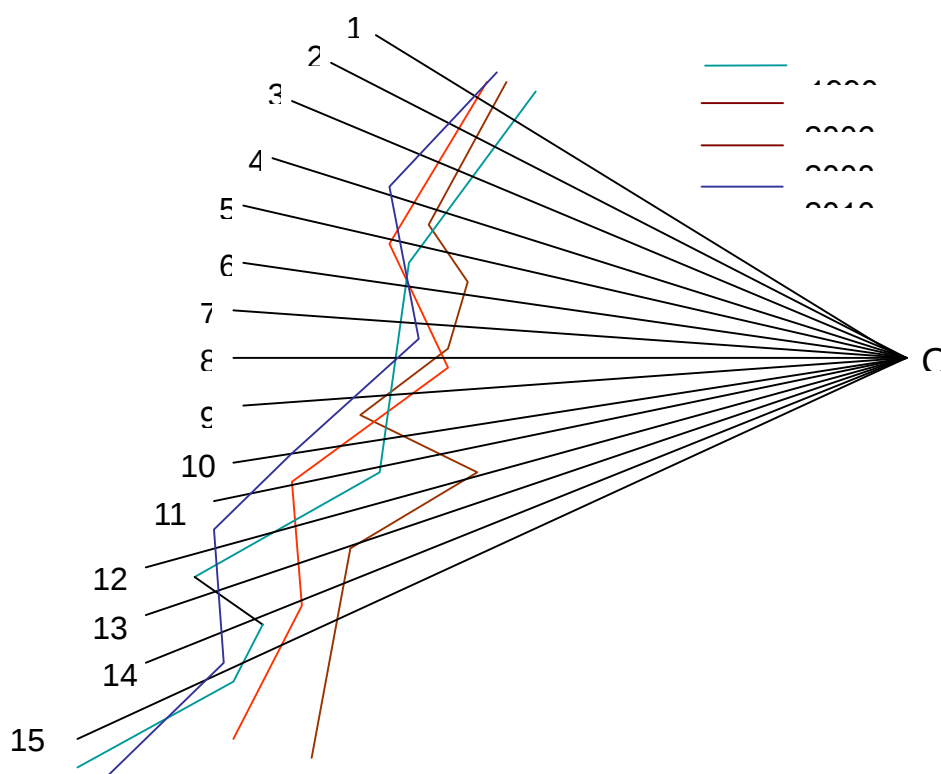


圖 4.22 1990, 2006, 2008, 2010 海岸分佈圖

表 4.7 原始圖像所得原始列表

測線	1990 量測值	2006 量測值	2008 量測值	2010 量測值	2010 預測值	絕對 誤差	相對 誤差(%)
1	4447.58	4637.59	5498.07	6658.24	6690.71	-32.47	-0.48
2	4567.65	4984.07	5360.5	8498.53	8507.7	-9.17	-0.11
3	4648.97	5412.72	6147.89	8026.32	8038.65	-12.33	-0.15
4	4638.24	5665.23	8396.46	8087.23	8096.94	-9.71	-0.12
5	4677.97	6022.67	9252.30	8758.03	8096.64	-9.00	-0.10
6	4672.27	5997.06	9225.04	9012.14	9015.99	-3.85	-0.02
7	4139.24	6648.42	9565.14	9168.87	9173.05	-4.18	-0.03
8	4989.31	8334.26	8558.64	9152.11	9171.28	-19.17	0.24
9	4865.91	8581.41	8558.64	9081.24	9057.36	16.12	0.21
10	4863.98	8078.45	8432.56	9048.28	9043.54	4.74	0.04
11	4109.12	8341.96	8944.34	9691.51	9699.76	-8.25	-0.06
12	4032.14	6900.70	9327.20	9590.36	9603.07	-12.71	-0.07
13	3846.10	6905.85	8287.78	9662.45	9673.54	-11.23	-0.10
14	4629.65	8024.12	8936.97	9501.45	9525.60	-24.19	-0.22
15	3919.16	6549.39	8260.79	9098.25	9111.41	-10.05	-0.07

利用灰色系統理論的 GM(1,1)模型預測海岸線變化趨勢時，測線的多少影響著預測結果的精確程度。測線數越多，預測的結果就越精確，相應的運算量也會增大。因此在進行海岸線預測時，對於海岸線變化比較明顯的區域，應選取較多的測線；對於海岸線變化趨勢不明顯的區域，可選取較少的測線。但是隨著預測時間的增長，被忽略的影響海岸線變化的自然因素和人為因素會增多，會使預測值的可靠性降低，因此該方法適用於中短期的海岸線形態變化預測。

4.5 遙測影像自動分類與海岸帶土地利用調查

4.5.1 最大相似分類法(Maximum Likelihood Classifier, MLC)

最大相似分類法是分類未知像素的方法，以計量方式估計分類波譜反應型式的變方與相關。為達此目的，則須假設密集點之分佈形成的類屬訓練資料為高斯值(即常態分佈)。這種正常的假設，對一般的波譜反應分佈甚屬合理。在此假設之下，類屬反應型式的分佈，能完全由平均向量(Mean Vector)與協變方矩陣(Covariance Matrix)描述之。給了這些參數後，即可計算某一特定像素為一特定土地覆蓋分類的統計概率。

最大相似分類法主要缺點，為需用大量的計算，以決定每一像素的分類。這種複雜性使得分類過程，比其他簡單的分類技術較為緩慢與成本較高。然而因成本較大，使得最大相似分類技術提供較高精度的分類。

最大相似分類法中，所用的波段數越高則分類精度越高。雖然使用許多波段會使精度提高，但這種改進並不與所需電腦計算時間作對等。在波譜型式識別中“較多”並不意味“較好”，因每波段的重要性並不同相同。由某一重要波段所得資訊，可能為其他不重要波段資料之加

入而降低精度，尤其當使用四個波段以上時，精度開始下降。所以當分析影像含有許多波段時，要考慮採選一些較有意義的組合。決定哪些波段要使用的決策，是基於一種稱為”特徵選擇”(Feature Selection)的程序。在此程序中需估計許多波段之組合，以決定哪種組合最能夠使分類分析的結果，達到分類之最高精度。

最大相似分類是圖像處理中最常用的一種監督分類方法,它的統計特徵，假設各類的分佈函數為正態分布，在多變量空間中形成橢圓或橢球分佈，也就是和中間方向上散佈情況不同，從正態分佈規律採用最大相似判別規則進行判決，得到較高準確率的分類結果。否則，用平行六面體或最小距離分類效果會更好。

最大相似分類公式如下：

$$P(h|D) = P(D|h) P(h) / P(D)$$

為計算樣本 h 在 D 這個類別中所出現的機率有多少，而 $P(D)$ 為各類別的先驗機率，而 $P(D|h)$ 可利用高斯密度函數(Gaussian Density Function)來推估：

$$P(D|h) = (2\pi)^{n/2} |\sum_d|^{-1/2} \text{Exp}[-1/2 (X-\mu_d)^T \sum (X-\mu_d)_A]$$

其中：

n ：波段數

X ：測試樣本向量

$\sum_d$ ：為 d 類別的共變異數矩陣

μ_d ： d 類別中的平均值向量

分類步驟：

1. 確定需要分類的地區和使用的波段和特徵分類數,檢查所分量是否相互地理對位。
2. 根據研究地區的地面情況,在圖像上選擇訓練區。
3. 計算參數,根據選出的各類訓練區的圖像數據。

- 4.分類，將訓練區以外的圖像像素逐一逐類的代入公式，對於每個像素，分幾類就計算幾次，最後比較大小，選擇最大值得出類別。
- 5.產生分類圖，給每一類別規定一個值，如分 10 類，就定每一類分別為 1,2...,10，分類後得像素值使用類別值代替，最後得到的分類圖像就是專題圖像。由於最大灰階值等於類別數，在監視器上顯示對需要給各類加上不同的色彩。
- 6.檢驗結果，如果分類中錯誤較多，需要重新選擇訓練區再作以上各步驟，到結果滿意為止。

4.5.2 最大相似分類法精度分析

經由比較各檢核點之影像分類後的土地覆蓋類別與真實的土地類別，可產生一矩陣。在此誤差矩陣中，列的資料為參考資料的檢核點數，行的資料則為分類後的土地覆蓋類別之檢核點數。誤差矩陣中，經由行與列的計算能產生使用者精度(User's Accuracy)和生產者精度(Producer's Accuracy)。生產者精度表示地表狀態能被正確分類的比率；該類別的漏判誤差(Omission Error)，指該類別在分類時被遺漏的數量有多少。使用者精度則表示在該次分類中，在分類圖上落在該類別上的檢核點，被正確分類為該類別的比率，此類別的誤判誤差(Commission Error)，指該類別在分類時被錯誤分類的數量有多少。

總體的準確度(Overall Accuracy)表示分類後正確的土地覆蓋類別之檢核點除以總抽取的檢核點數，所產生的百分比；亦即在誤差矩陣中對角線的所有數值加總除以全部樣本的總和，所產生的百分位數。為了更能表現整體影像分類的誤差性，可藉由物差矩陣間的相互運算而產生Kappa統計值，可表現整體影像分類的誤差性，並同時考慮漏判與誤判因素，由Cohen於1960年提出，Kappa指標為表示分類成果比隨機分類好多少的指標。Kappa指標考慮到兩種一致性的差異，一為自動

分類和參考資料間的一致性，另一為取樣和參考分類的一致性機率。一般而言，Kappa介於0~1之間，Kappa值越大表示分類精度越高。

$$\text{Kappa} = (\text{總體準確度} - \text{期望準確度}) / (1 - \text{期望準確度})$$

4.5.3 海岸帶土地利用調查應用例

使用衛星多光譜影像，包括藍、綠、紅及紅外影像，利用影像自動分類(Classification)技術，對地表類別進行自動釋別處理。本研究選擇監督式分類法中最常應用之最大相似分類法(Maximum Likelihood Classifier, MLC)進行相關處理。圖 4.23 為多光譜經主軸轉換分析(Principal Component Analysis, PCA)後所得之影像，圖 4.24 為在挑選訓練樣本(Training Sample)後分類之成果。分類的類別包括植被、海水、魚塭、土壤、砂、建物及道路等。圖 4.25 為分類誤差與精度分析，整體精度可達九成之正確率。

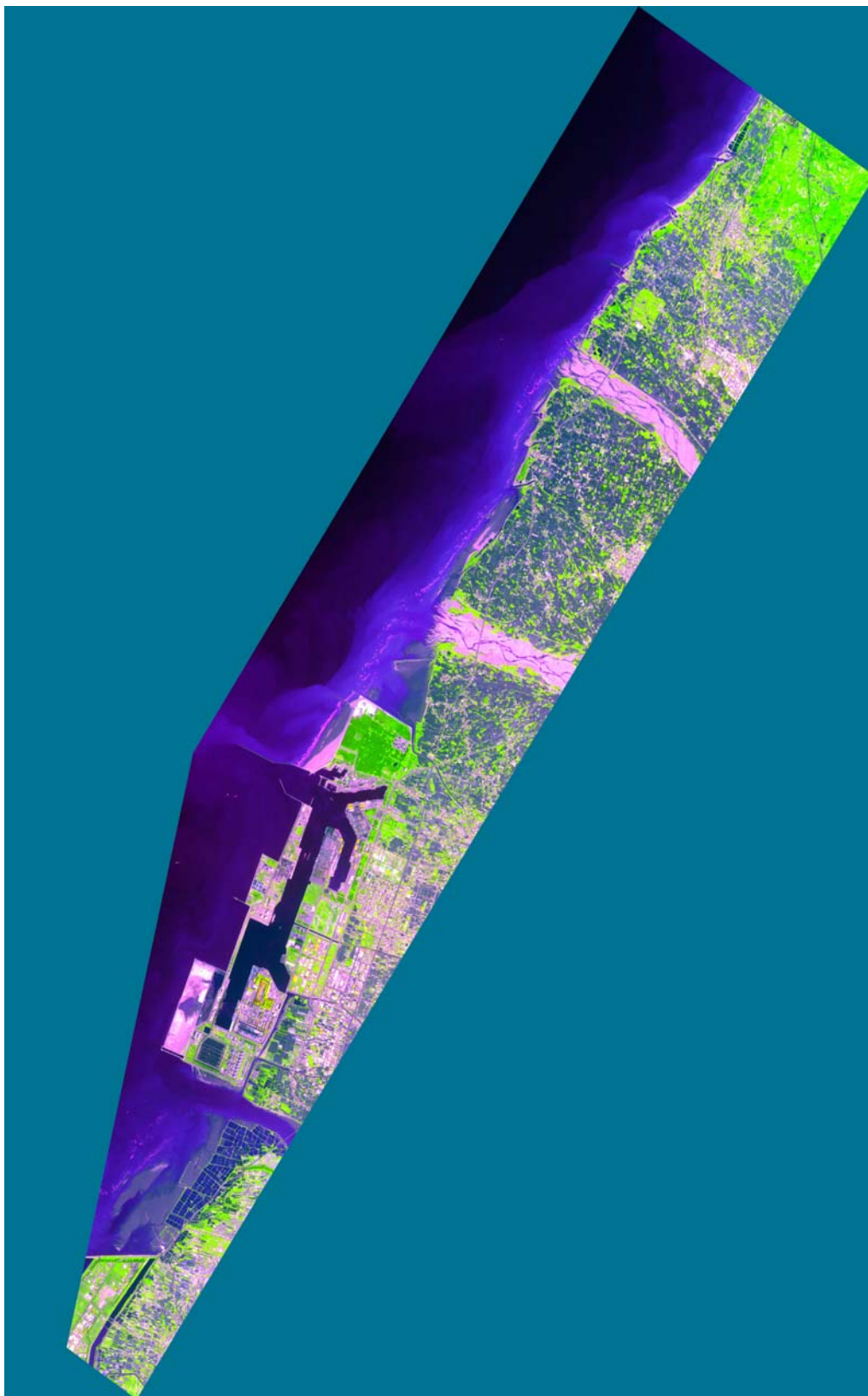


圖 4.23 PCA 轉換之影像

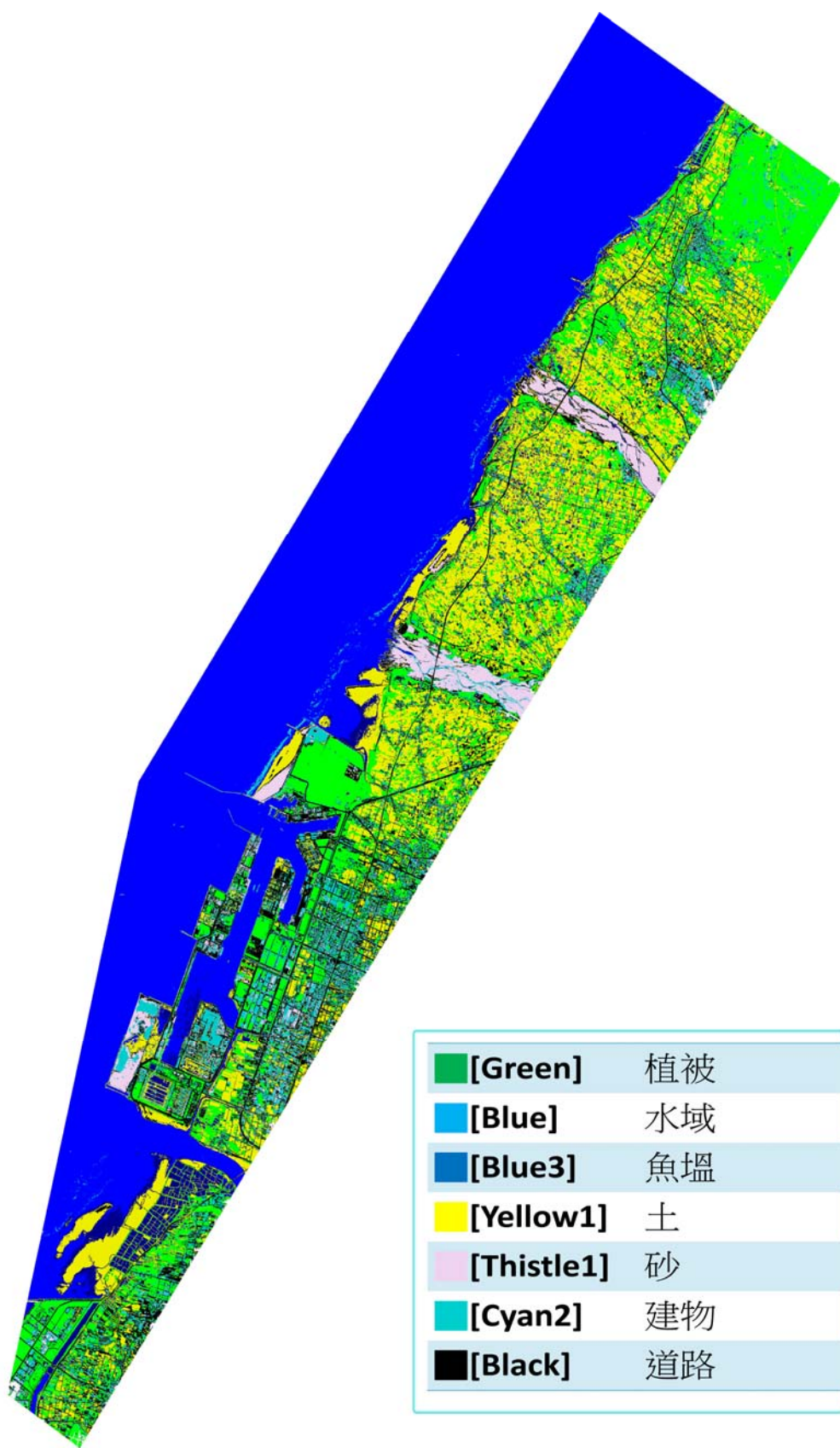


圖 4.24 分類影像

Class.confusion.matrix

Confusion Matrix: F:\1.Images\福爾摩沙衛星二號影像_PAN+MS\PCA\Result

Overall Accuracy = (10123/11212) 91.1249%

Kappa Coefficient = 0.9038

Class	Ground Truth (Pixels)		魚塢	土	砂
	植被	水域			
Unclassified	0	0	0	0	0
植被 [Green]	1423	0	0	2	0
水域 [Blue] 4	0	3841	11	0	0
魚塢 [Blue3]	0	146	329	9	0
土 [Yellow1]	0	17	26	552	0
砂 [Thistle1]	0	0	0	0	431
建物 [Cyan2]	9	65	1	2	43
道路 [Black]	4	15	0	26	47
Unclassified	0	0	0	0	0
Total	1436	4084	367	591	521

Class	Ground Truth (Pixels)		其它	Total
	建物	道路		
Unclassified	0	0	0	0
植被 [Green]	20	3	0	1448
水域 [Blue] 4	2	0	0	3854
魚塢 [Blue3]	8	0	0	492
土 [Yellow1]	132	12	0	739
砂 [Thistle1]	337	5	0	773
建物 [Cyan2]	1562	4	1416	3102
道路 [Black]	427	285	0	804
Unclassified	0	0	0	0
Total	2488	309	1416	11212

Class	Ground Truth (Percent)		魚塢	土	砂
	植被	水域			
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
植被 [Green]	99.09	0.00	0.00	0.34	0.00
水域 [Blue] 4	0.00	94.05	3.00	0.00	0.00
魚塢 [Blue3]	0.00	3.57	89.65	1.52	0.00
土 [Yellow1]	0.00	0.42	7.08	93.40	0.00
砂 [Thistle1]	0.00	0.00	0.00	0.00	82.73
建物 [Cyan2]	0.63	1.59	0.27	0.34	8.25
道路 [Black]	0.28	0.37	0.00	4.40	9.02
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Ground Truth (Percent)		其它	Total
	建物	道路		
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00
植被 [Green]	0.80	0.97	0.00	12.91
水域 [Blue] 4	0.08	0.00	0.00	34.37
魚塢 [Blue3]	0.32	0.00	0.00	4.39
土 [Yellow1]	5.31	3.88	0.00	6.59
砂 [Thistle1]	13.55	1.62	0.00	6.89
建物 [Cyan2]	62.78	1.29	100.00	27.67
道路 [Black]	17.16	92.23	0.00	7.17
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
植被 [Green]	1.73	0.91	25/1448	13/1436
水域 [Blue] 4	0.34	5.95	13/3854	243/4084
魚塢 [Blue3]	33.13	10.35	163/492	38/367
土 [Yellow1]	25.30	6.60	187/739	39/591
砂 [Thistle1]	44.24	17.27	342/773	90/521
建物 [Cyan2]	49.65	37.22	1540/3102	926/2488
道路 [Black]	64.55	7.77	519/804	24/309
Unclassified	0.00	100.00	0/0	1416/1416

圖4.25 分類誤差與精度分析

第五章 空載雷射掃描遙測技術

空載雷射掃描系統最初是由美國太空總署NASA所設計研發，是一種航空飛行儀器，結合了雷射掃描儀(Laser Scanner)、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)與慣性量測系統(Inertial Measuring Unit, IMU)，從地球低軌道上測量地形，圖5.1 所示為空載雷射掃描系統示意圖。雷射掃描系統 (Airborne Laser Scanning System, ALS) 一般稱之為LiDAR (Light Detection And Ranging)等。

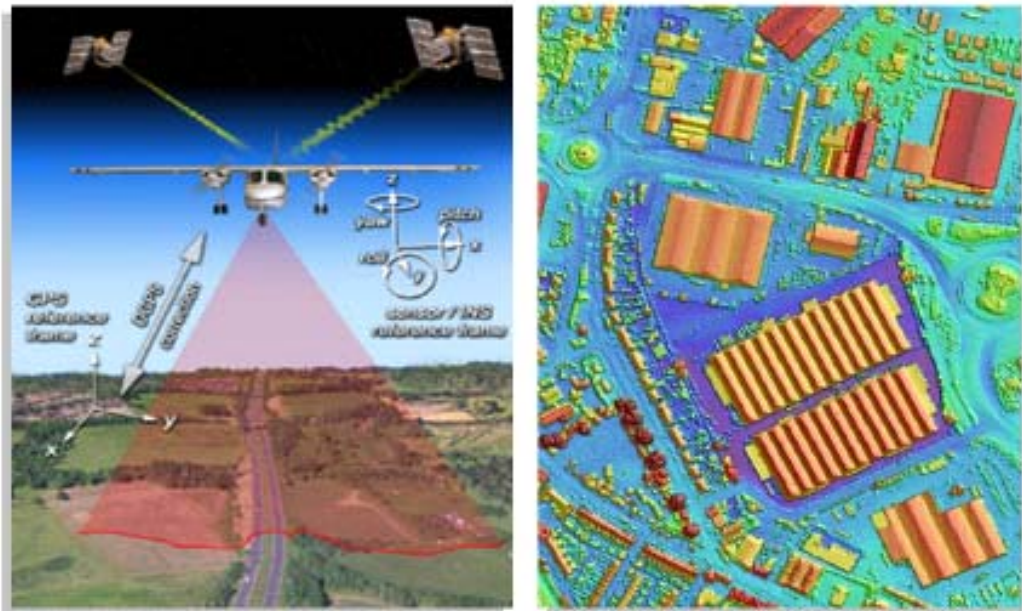


圖5.1 LiDAR原理示意圖

5.1 系統組成

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

1. 動態差分GPS接收儀：用於確定掃描裝置投影中心的位置。GPS(全球定位系統)的建立對導航和定位技術產生了巨大的變化，GPS具有全天候、高精度及全球覆蓋的能力，其應用已從地球表面定位擴展

到飛機與衛星的定位技術中。

2. 姿態量測裝置：一般採用慣性量測元件，用於量測飛機等載體的瞬間姿態參數，包括前後俯仰角、左右側傾角與機頭的航向角三個姿態，姿態測定的精度高低對於所獲得的資料精度有著決定性的影響，姿態測定的精度高，才有可能獲得高精度的空間三維資料。
3. 雷射測距系統：用於量測感測器掃描中心到地形表面的距離，透過測距系統本身所發射的雷射光束，經過地形的反射回到感測器，計算來回所花費的時間可精確的推得感測器與地形間的距離。
4. 一套成像裝置：一般為照相機，用於紀錄地面實況，可對所產生的DEM 進行品質評價的目的，或做為日後另一個融合數據來源。

5.2 雷射測距

目前雷射測距進行量測有兩種模式：一種為脈衝量測模式；另一種為連續波測量模式，簡單的說，雷射測距是一種主動式測距方法，藉由主動發射的雷射光，打在被測物表面反射回來接收後，量測其時間差或相位差而計算獲得其距離。量測其時間差測距者為脈衝式雷射(Pulse Laser)，量測其相位差測距者為連續波式雷射(Continuous-Wave Laser, CW Laser)。目前大多數的雷射測距都是採用脈衝式雷射。

5.3 雷射掃描點雲資料特性

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

5.3.1 雷射腳印點

雷射光腳印點(Foot Print)是指雷射測距儀發射出之雷射光束打到物體上所涵蓋的範圍，雷射腳印點的大小取決於飛行高度及瞬間掃描角的大小。當瞬間掃描角為零，雷射光束垂直照射水平地面，如圖5.2

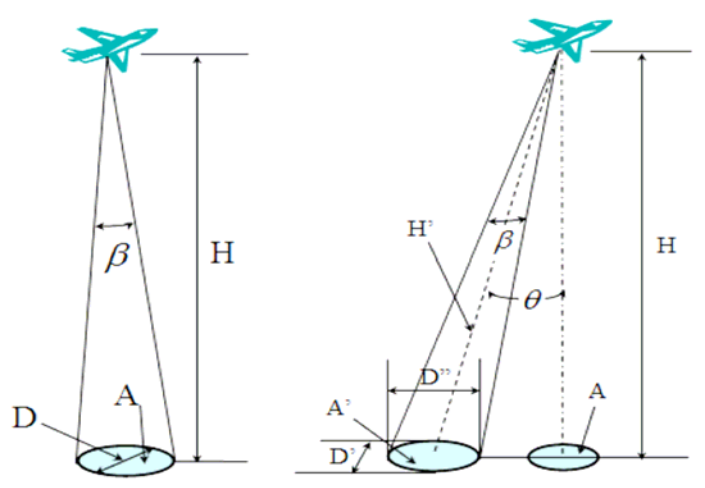


圖5.2 雷射光腳印點涵蓋範圍示意圖

5.3.2 多重反射

空載雷射掃描系統所發射的雷射光束涵蓋不同高度的地物時，就會造成多重反射(Multi Return)。亦即是同一個雷射光束發射後，接收到二個以上的回傳訊號，如圖5.3所示；這樣多重反射的特質可應用於不同表面高度產生的數據來源。

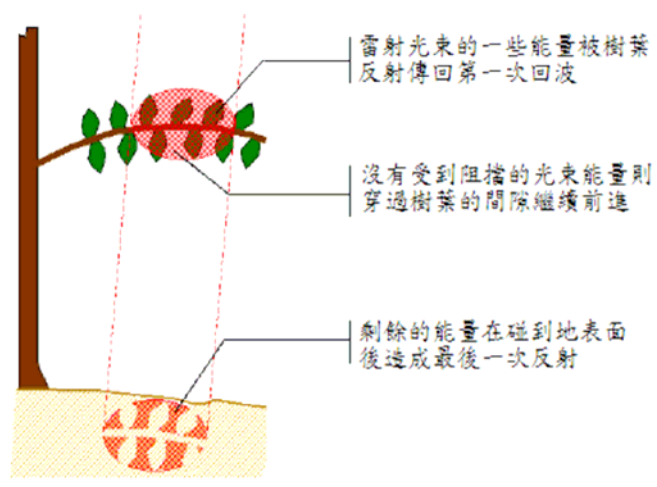


圖5.3 多重反射的效應

空載雷射掃描點雲資料量大且呈不規則分佈，這些點雲中，有些落在真實的地形表面上，有些則落在人工建物（房屋、橋樑、煙囪、輸電線等）或自然植被(樹木，花草等)上，從雷射光掃描原始點雲中提取數值地表高程模型DEM，需將原始點雲中不是落在真實地形表面上的點去除，這就是所謂的點雲過濾(Point Cloud Filtering)，點雲過濾的基本原理是基於鄰近雷射腳印點間高程的急劇變化一般不是由地形突然起伏所造成的，比較可能的是較高點位於某些地物上，在同一區域範圍內，地形表面雷射光腳印點的高程與鄰近地物上雷射光腳印點的高程差異顯著，在房屋邊界更為明顯。也就是說兩點間距離越近，高程差距越大，較高的雷射腳印點落在真實地表的機率就越小，因此，要判斷雷射腳印點是否位於真實地表上，需考慮雷射光腳印點到參考地表面間的距離，給定一個門檻值(Threshold)，超過門檻值的雷射腳印點會被認為是落地物上的點，反之則認為是真實地表上的點。

5.4 地面高程模型重建

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

本研究提出由粗至精的地形復原演算法(Coarse to Fine Terrain Recovery Algorithm, CFTRA)進行地面高程重建工作。CFTRA 演算法主要的目的在於將地物點雲過濾同時進行產生DEM的工作，在演算的

過程中，首先要對測區範圍內點雲的分佈進行了解，對原始資料點雲資料進行統計，其中包括點雲數量的計算，(X,Y)坐標的最大最小值，由統計出的坐標最大最小值可得出點雲分佈範圍面積，配合點雲的數量可獲得點密度分佈情形，可作為下一個步驟的參考。

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

點雲過濾的方式依前述所定的區塊搜尋原則，以及區塊擬合曲面配合適當的過濾門檻值依區塊排列順序進行，判斷區塊中某一點的高度減去該點平面位置代入區塊擬合曲面方程式所得的高度，若高差大於設定的門檻值，則該點被認為是地物點，反之則認為該點為真實地

表點。如圖5.4所示，紅線為擬合的曲面上所設定門檻值，超過此線的部分即認為是地物點雲。

每一個區塊中的點雲分佈及地形起伏皆不同，故門檻值必需隨著區塊中的狀態而改變，起伏較大的區域需要較大的門檻值，反之的則需要較小的門檻值，若門檻值要設定為一定常數，不但大小範圍不好拿捏，也容易發生過濾效果不彰或過度過濾的情形，此情形在程式區較為明顯，如圖5.5所示，不同區塊內的地物皆不相同，不同地物有不同的高度，故所需的門檻值亦不相同。本研究中所用的門檻值會隨著區塊中的高差狀態有不同的設定，將門檻值定義為該區塊中最高點與最低點高度差乘上一個比例參數，如此可在高差較大的區塊中有較大的門檻值，反之則得到較小的門檻值，即所謂的自適應調整門檻值。

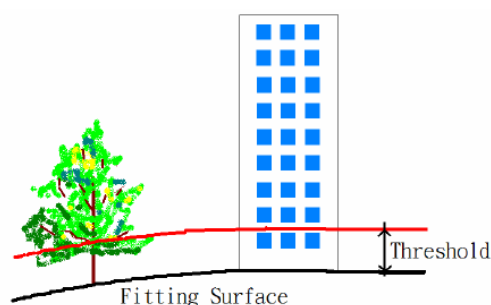


圖5.4 點雲過濾示意圖

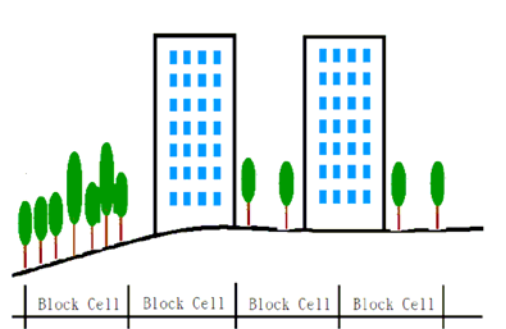


圖5.5 自適應門檻值示意圖

5.5 地形復原與模型重建

原始掃描點雲資料經過過濾後會被分類成真實地表點雲與地物點雲兩部份，按DEM的定義而言，產生DEM的資料應由真實地表點雲所構成，故應採用被分類為真實地表的點雲做為產生DEM 的資料，然而將原始資料經分類後的真實地表點雲的點密度勢必降低，因已將原始資料中屬於地物的點雲抽離，如此會導致在製作解析度較高的DEM 時產生搜尋範圍內參考點不足的現象，故在CFTRA演算法中採用了地形復

原(Recovery)的機制，所謂地形復原是指將被分類為地物點的點雲分別與鄰近區域內被分類為真實地表的點雲進行內插計算，目的是修正地物點的高程，使地物點的高程趨近於真實地表面，經地形復原的過程後可得與原始掃描資料相同點密度的真實地表點雲資料，可避免製作高解析度DEM 時搜尋範圍內參考點不足的問題。圖5.6為地形復原示意圖，圖中黑色正方形代表地物點雲，黑色小圓點代表真實地表點雲，紅色圈圈為搜尋範圍，CFTRA 演算法中，地形復原的部分採用兩種方法，分別為距離平方反比加權法(Inverse Distance Weighting，IDW)與最鄰近指定法(Nearest Neighbor，NN)。

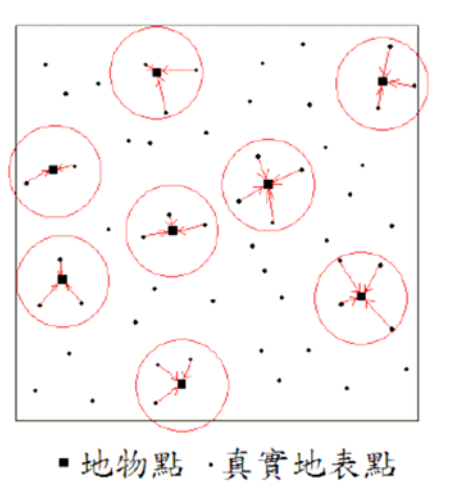


圖5.6 地形復原示意圖

模型重建是CFTRA演算法的最後一個步驟，模型重建是將經地形復原後的散亂點雲資料內插成規則的網格結構(Griding)，製作成最後的DEM格式，本研究中所採用模型重建的方法主要是以MA(Moving Average)法及NN法為主。不同的模型重建方式對最後的DEM會產生不同的視覺效果，而選擇那一種視覺效果較好端看資料特性及使用者本身的需求而定，圖5.7 為模型重建示意圖，圖中黑色正方形代表網格中心點也就是內插點，黑色小圓點代表經地形復原後散亂分佈的點雲，紅色圈圈為搜尋範圍，MA法是將搜尋範圍內的點雲高度採加權平均的方式計算出網格中心點的高度，NN法則是將中心點的高度指定為搜尋

範圍內距離中心點最近的點位高度值，一般而言，採用MA 法所得的曲面效果較為平滑，適用於山區DEM 的模型重建，而NN 法所得的效果較為尖銳，適合於都會區DSM 的模型重建，以NN 法重建都會區的DSM模型會使建物的形狀較為明顯，方便做視覺上的判試。

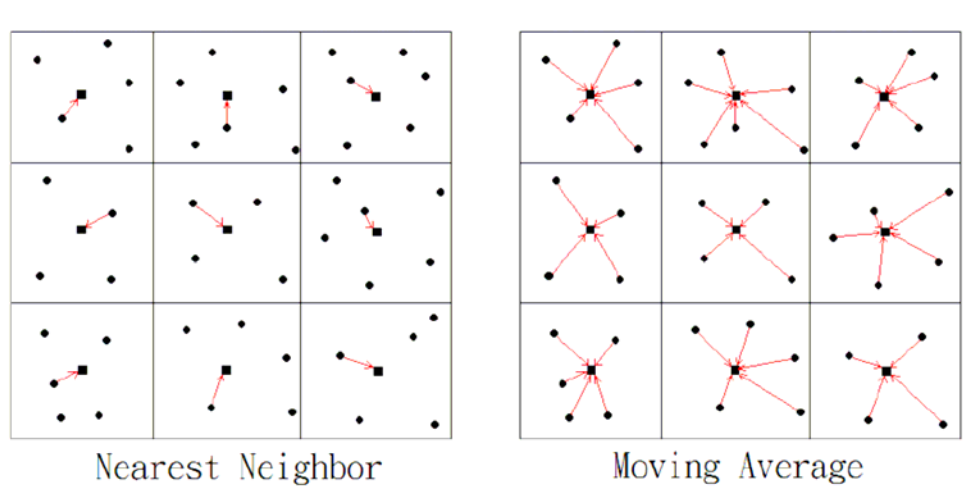


圖 5.7 模型重建示意圖

圖 5.8 為原始掃描之 DSM 模型，圖 5.9 為點雲過濾處理後之 DEM 模型。

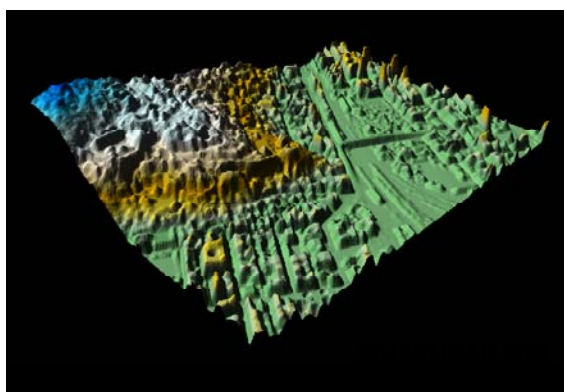


圖 5.8 DSM 模型

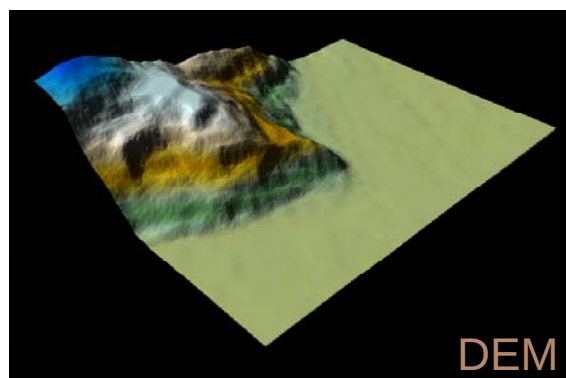


圖 5.9 DEM 模型

5.6 空載雷射資料應用例

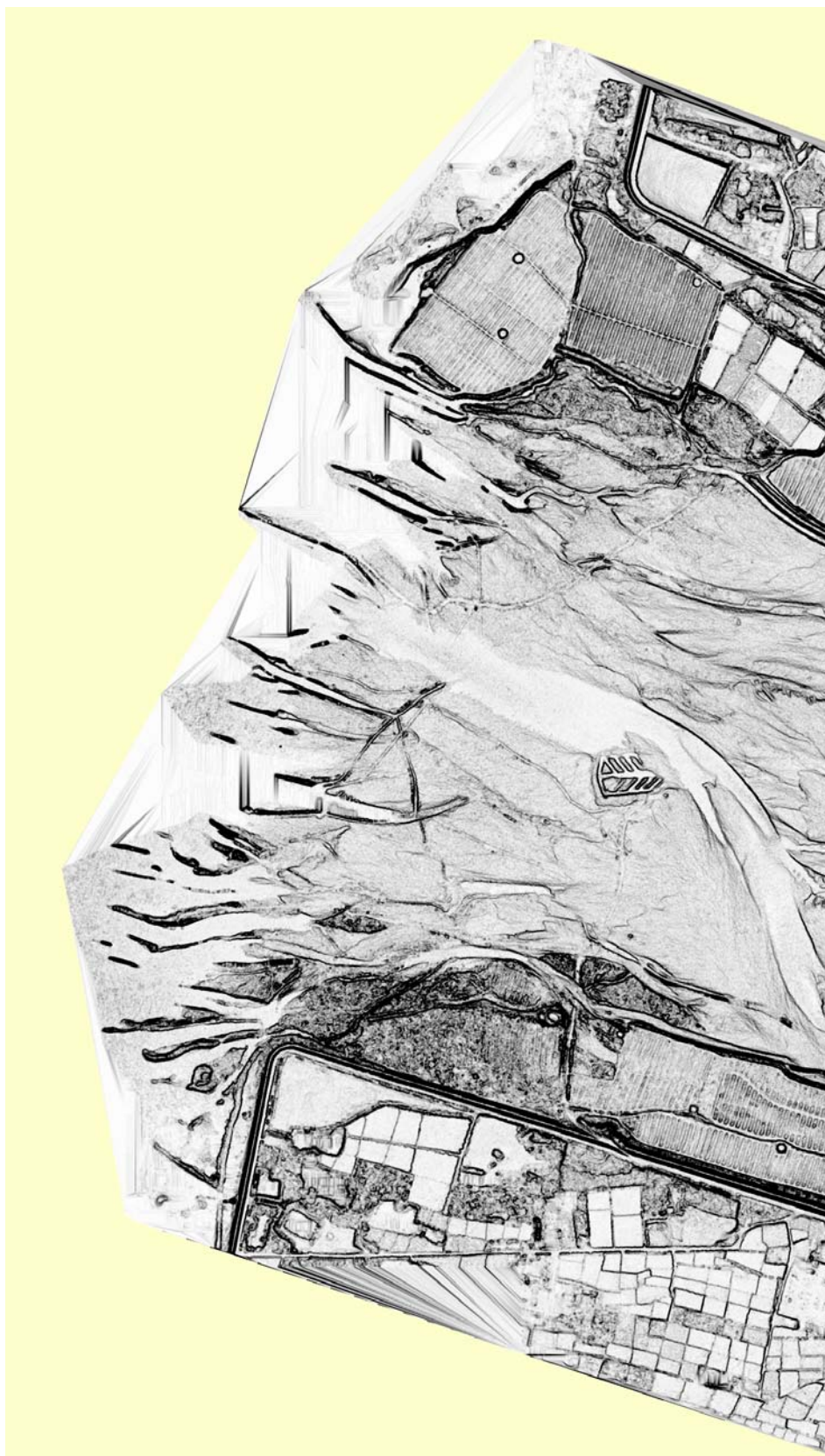


圖 5.10 大甲溪出海口空載雷射資料

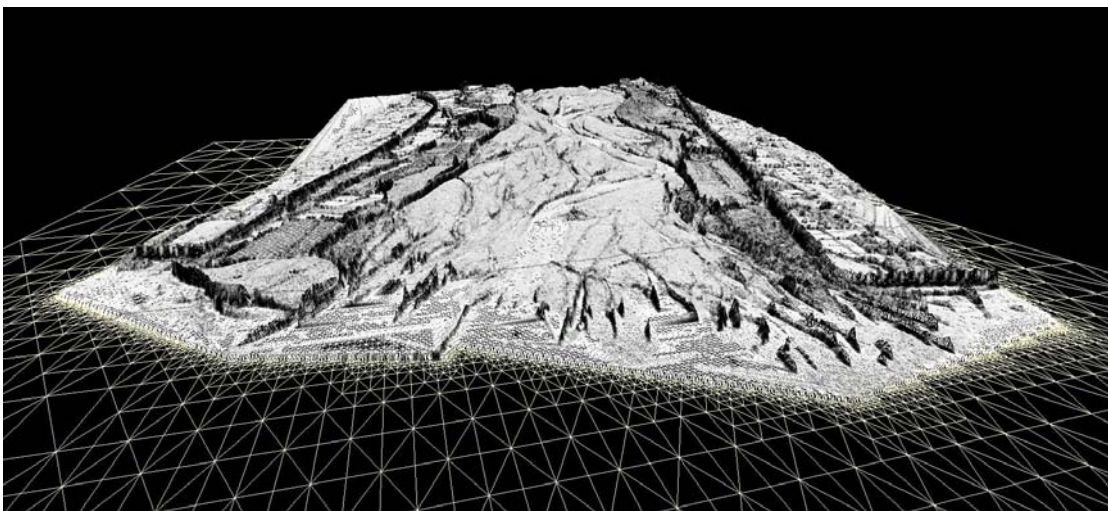
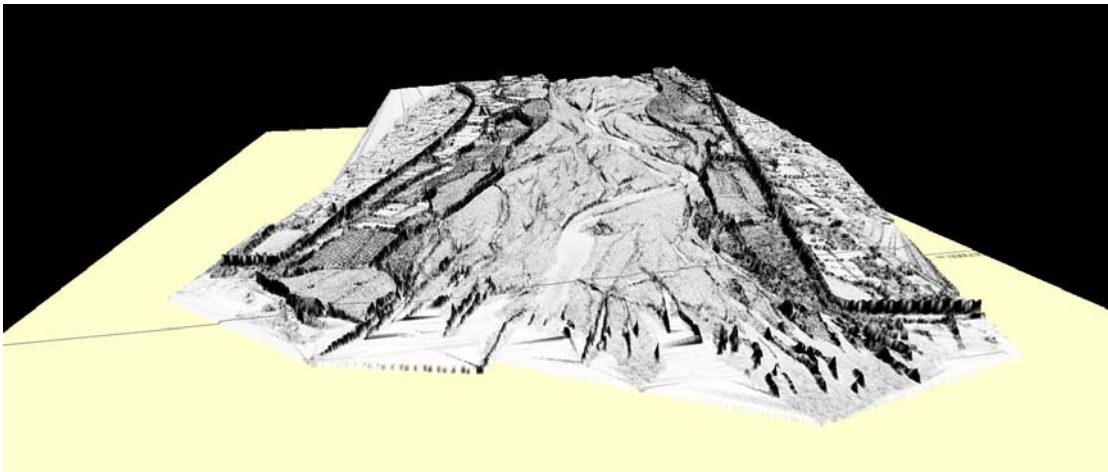
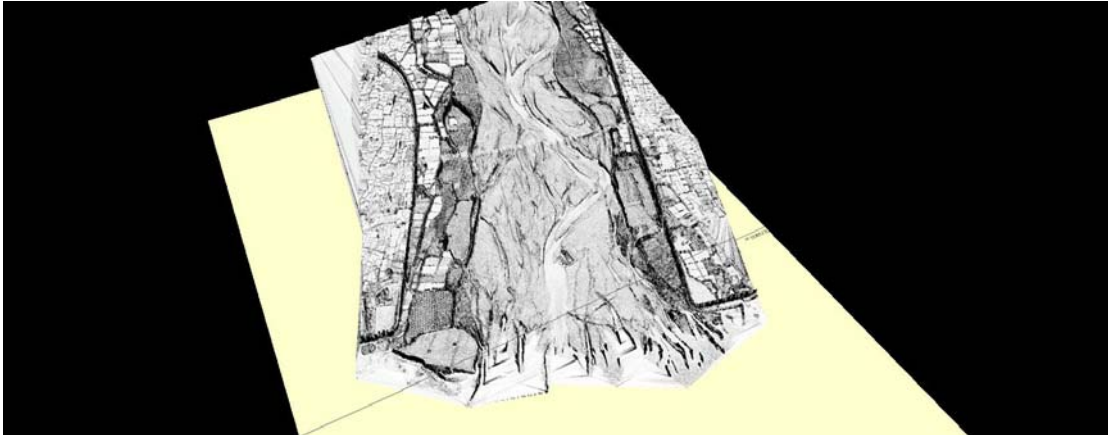
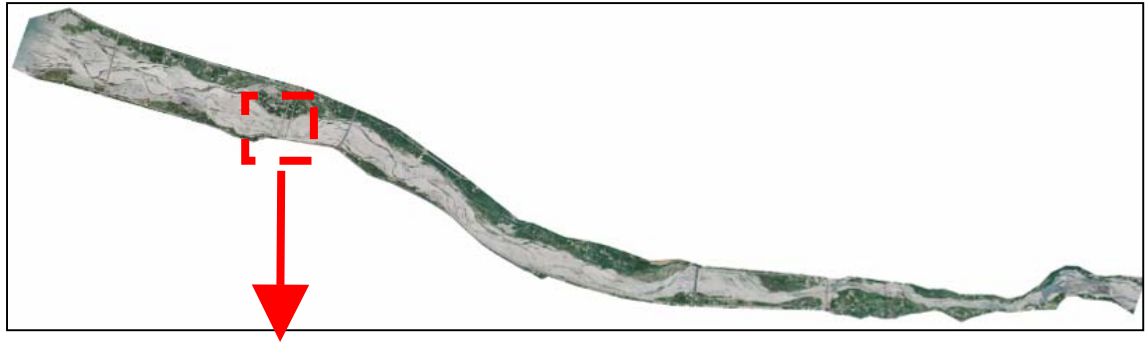


圖 5.11 大甲溪出海口空載雷射資料三維顯示



地面解析度 10cm

圖 5.12 大甲溪正射影像圖

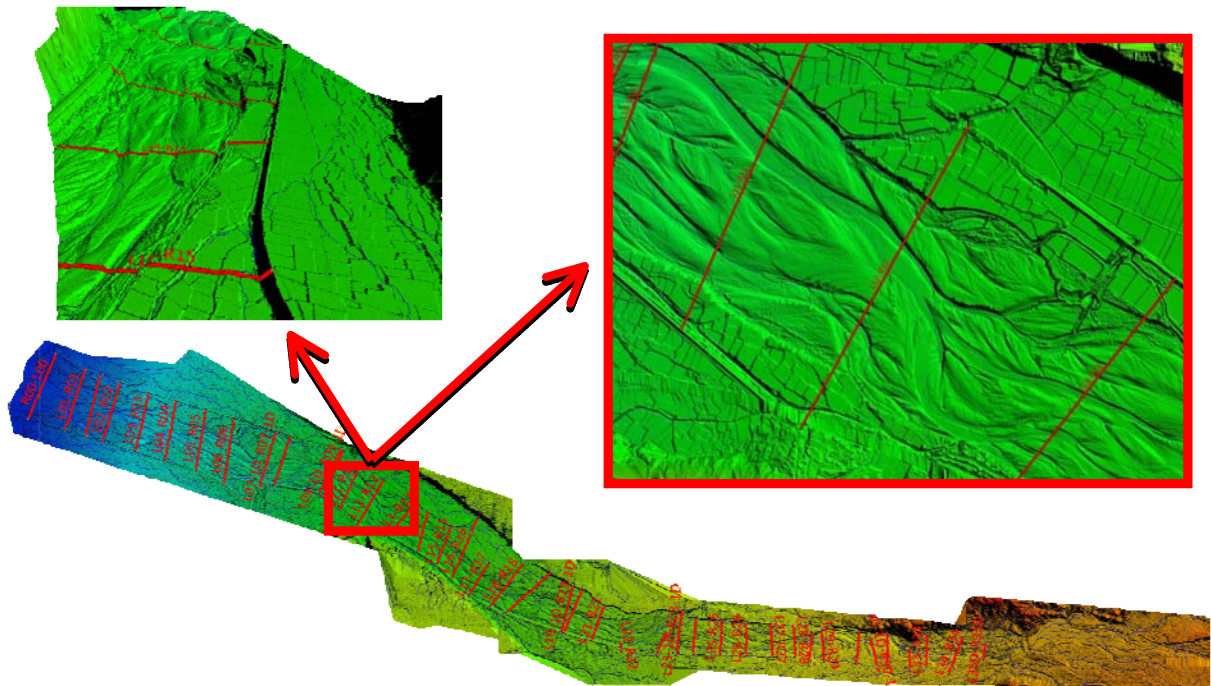
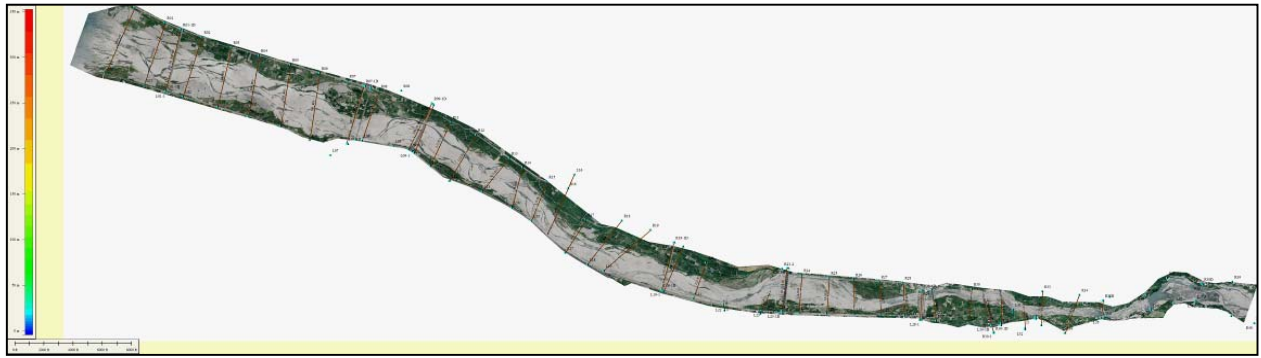


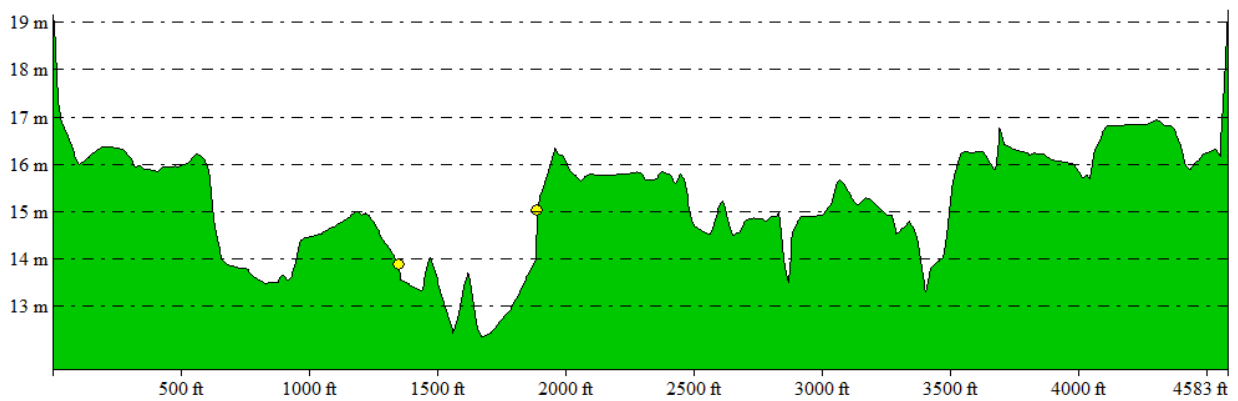
圖 5.13 大甲溪空載雷射資料



斷面編號：L01-1D-R01-1D

From Pos: 206009.389, 2690894.276

To Pos: 206328.401, 2692254.179



斷面編號：L01-R01

From Pos: 205564.871, 2691033.530

To Pos: 205995.217, 2692408.124

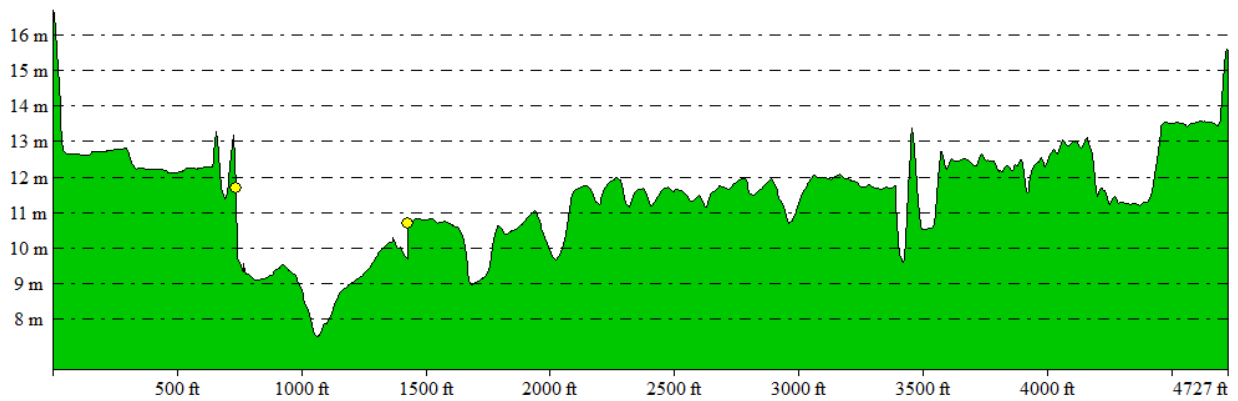


圖 5.14 大甲溪空載雷射資料產生斷面資料圖

第六章 動態(4D)海洋環境 GIS 成果顯示

6.1 Vis5D 為基礎的海洋環境資料顯示

三維地理資料旨在描述靜態空間的真實環境，目前已有成熟的資料處理、分析及顯示方法。動態(4D)的意義在於除了一般三維地理資料之外，另外增加「時間序列」或「氣象條件」之真實環境資料，如何描述、處理及顯示動態的4D資料已成為繼3D GIS後重要的發展。本研究主要以Vis5D軟體工具為基礎，對如何有效對4D海洋環境資料進行描述與顯示之討論與範例實作。

Vis5D軟體為威斯康辛大學空間科學和設計中心的Bill Hibbard and Dave Santek二位學者所研發，後續加強版為Bill Hibbard, Brian Paul, Johan Kellum, and Andre Battaiola. Dave Kamins and Jeff等學者所合作完成之軟體系統。是一個用來將網格及不規則三角網資料庫視覺化的軟體系統，而來自這些資料庫的主要來源就是數值天氣模型、表層報告和其他相似的來源。Vis5D在一個五維度（三維空間、時間序列及環境分類資料）的長方形框架中執行及顯示相關資料，系統包括Vis5D視覺化程式、幾個管理和分析五維的資料網格的功能，同時系統提供C⁺⁺原始程式碼，來使使用者修改或重新撰寫程式。

6.2 台灣周邊高程地形及水深資料之建構與顯示

首先記錄下有關台灣周邊高程地形及水深網格之經緯度範圍和縱橫方向網格數等資料，利用Vis5D所提供之地形建構副程式maketopo.c開啟，並依其範例於程式中設定資料的範圍、縱橫方向網格數、輸入之網格檔名及給予副檔名為TOPO的輸出檔名，程式原始碼編輯完成後，使用Visual C⁺⁺軟體進行編譯，無誤後，再執行Vis5D內之make功能，產生maketopo.c的執行檔，執行編譯該執行檔，即產生.TOPO之地

形檔案（Vis5D軟體專用二進位檔），並於Vis5D執行後呼叫之即可顯示。圖6.1為台灣周邊高程地形及水深在Vis5D中之顯示。

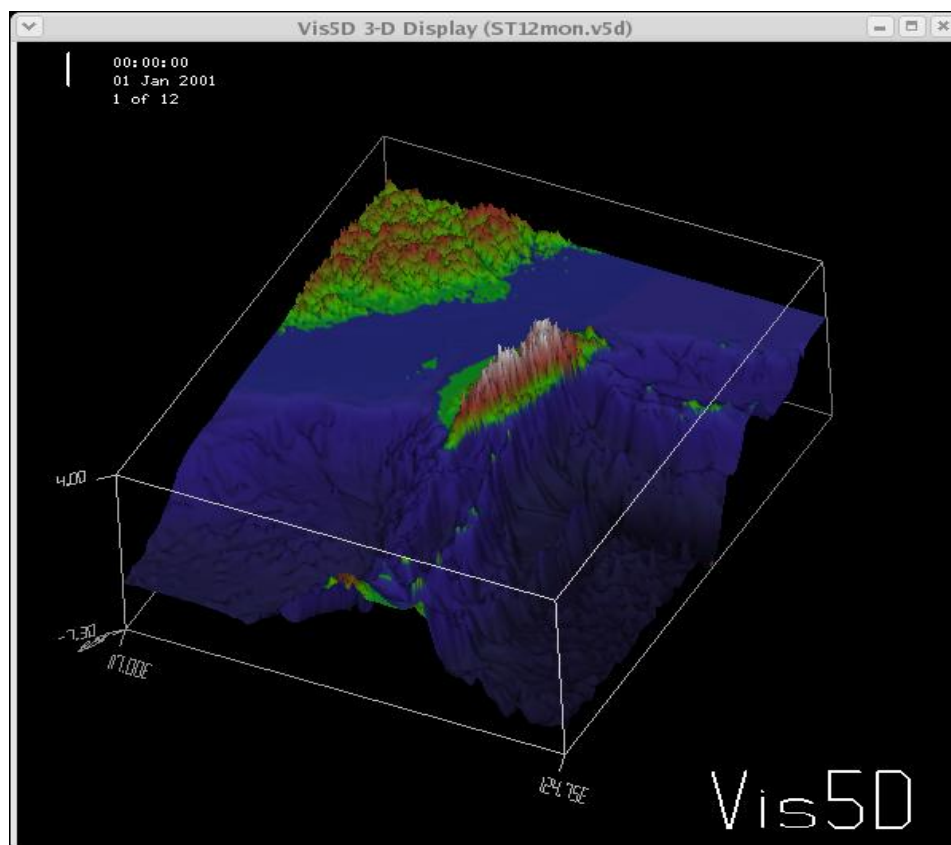
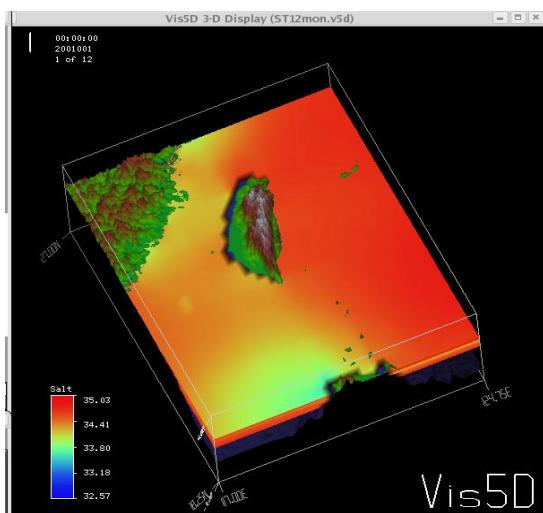


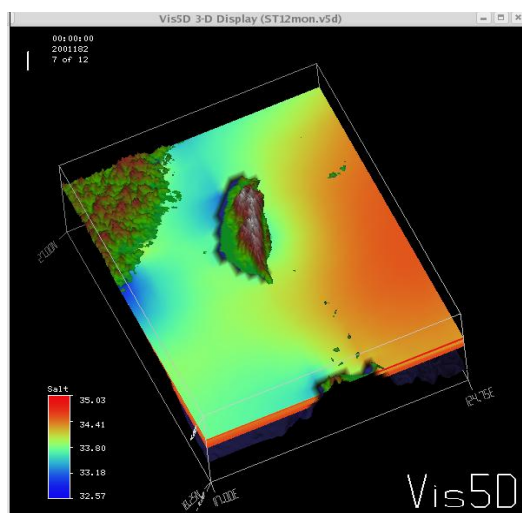
圖6.1 台灣周邊高程地形及水深在Vis5D中之顯示

6.3 台灣周邊海域鹽度及溫度資料之建構與顯示

在建構鹽度及溫度資料之Vis5D檔案前，亦需依Vis5D所提供的原始程式碼，修改程式內容方能產生鹽度及溫度資料的Vis5D檔。本研究採用鹽度及溫度之月均資料，總計分為24層，深度從0公尺到1500公尺。圖6.2為台灣周邊1月份及7月份表層鹽度在Vis5D中之顯示。圖6.3為台灣周邊1月份及7月份表層溫度在Vis5D中之顯示。圖6.4及圖6.5為3月份不同深度之鹽度及溫度在Vis5D中之顯示。

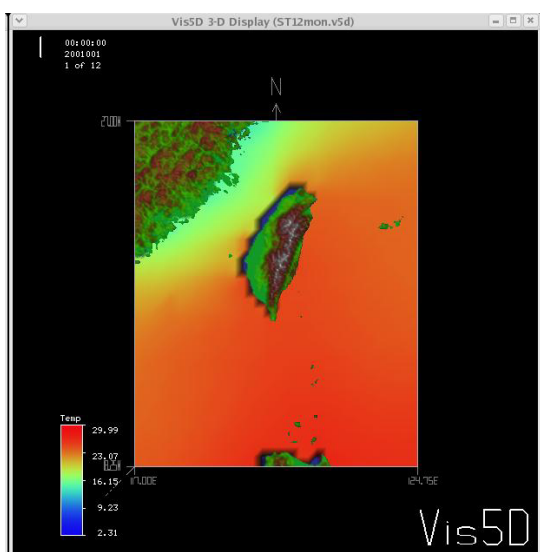


1月份平均表層鹽度

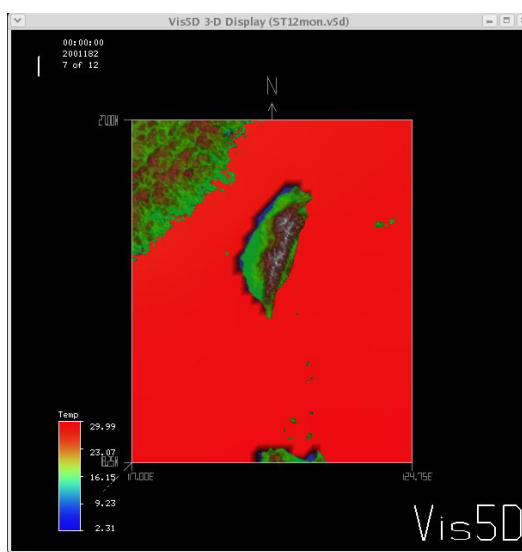


7月份平均表層鹽度

圖6.2 台灣周邊1,7月份表層鹽度在Vis5D中之顯示



1月份平均表層溫度



7月份平均表層溫度

圖 6.3 台灣周邊 1,7 月份表層溫度在 Vis5D 中之顯示

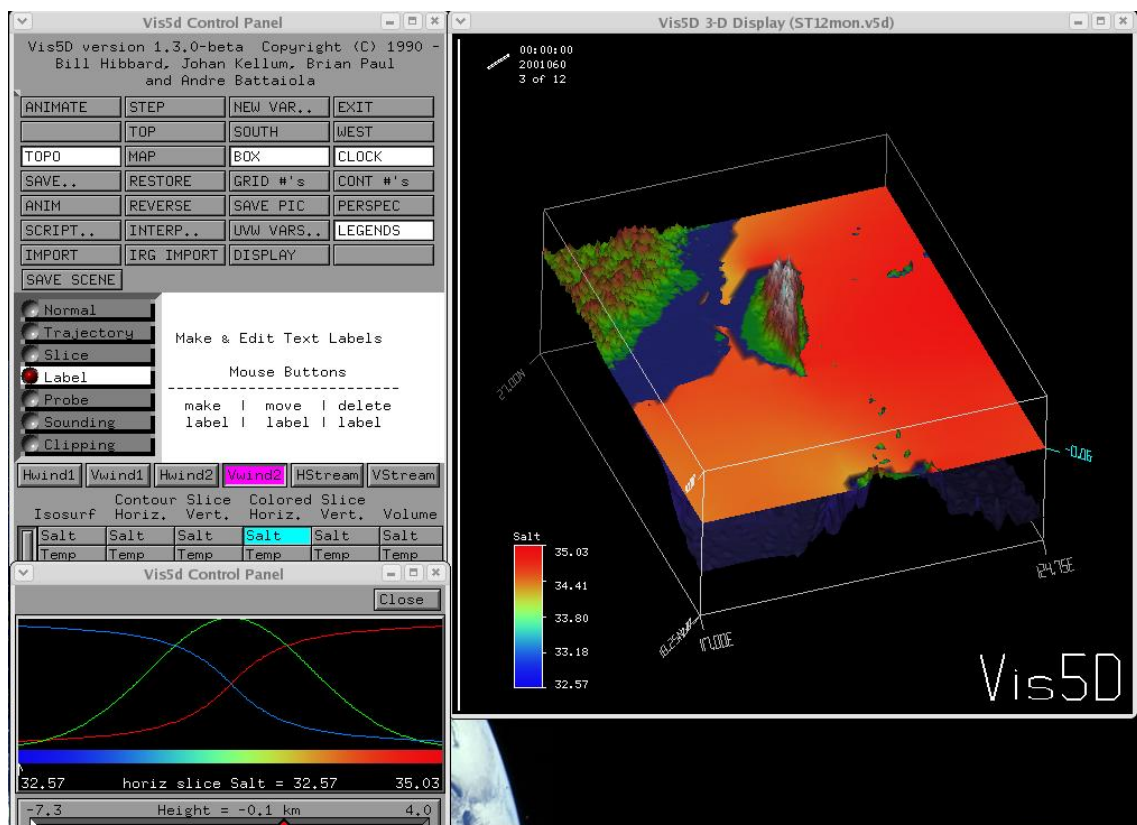


圖6.4 台灣周邊3月份深度100公尺之鹽度

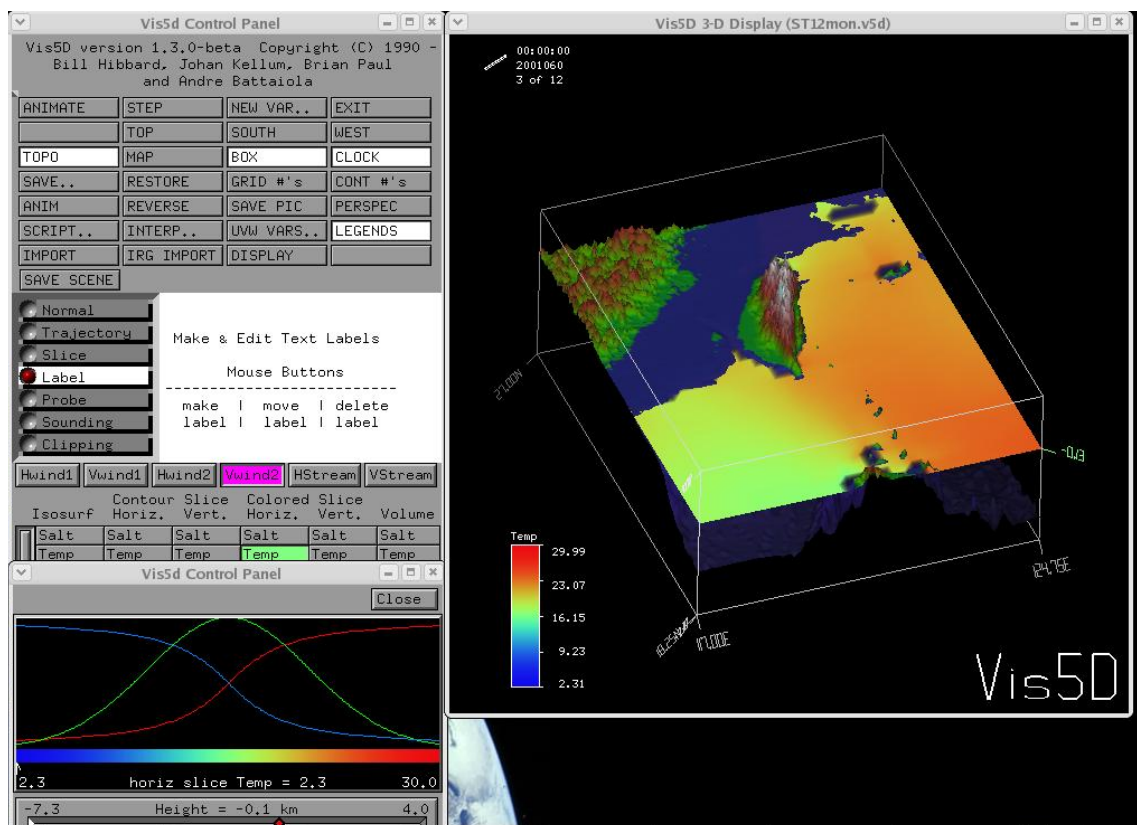


圖6.5 台灣周邊3月份深度100公尺之溫度

6.4 台灣周邊海底底質資料之建構與顯示

由於Vis5D僅能讀取SGI之RGB影像格式作為貼圖材質，故將GIS中的海底底質資料輸出成一般影像格式如JPEG或BITMAP格式。再利用影像讀取軟體將上述影像檔轉換成SGI RGB格式。在Vis5D執行後載入底質影像檔，該影像貼圖材質即會自動貼附於地形上，同樣地底質亦可換成衛星或航空影像貼附於地形上。圖6.6即為底質結合地形及衛星影像後之顯示情形。圖6.7為底質結合地形、溫度及衛星影像後之顯示情形。圖6.8為底質結合地形、鹽度及衛星影像後之顯示情形。

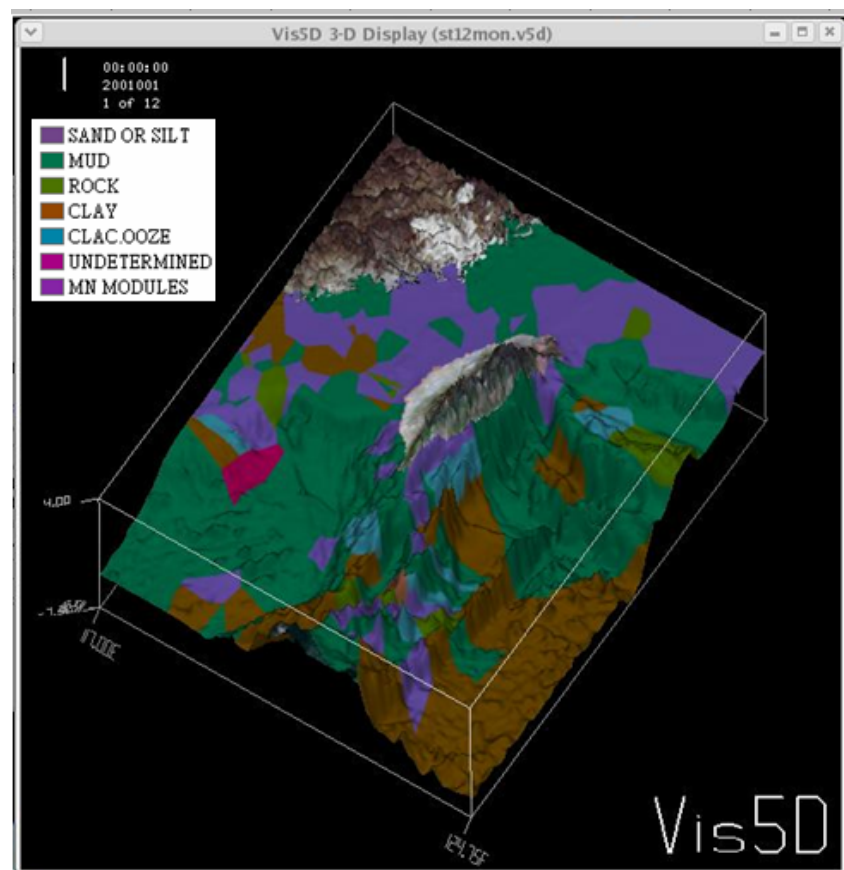


圖6.6 為底質結合地形後之顯示

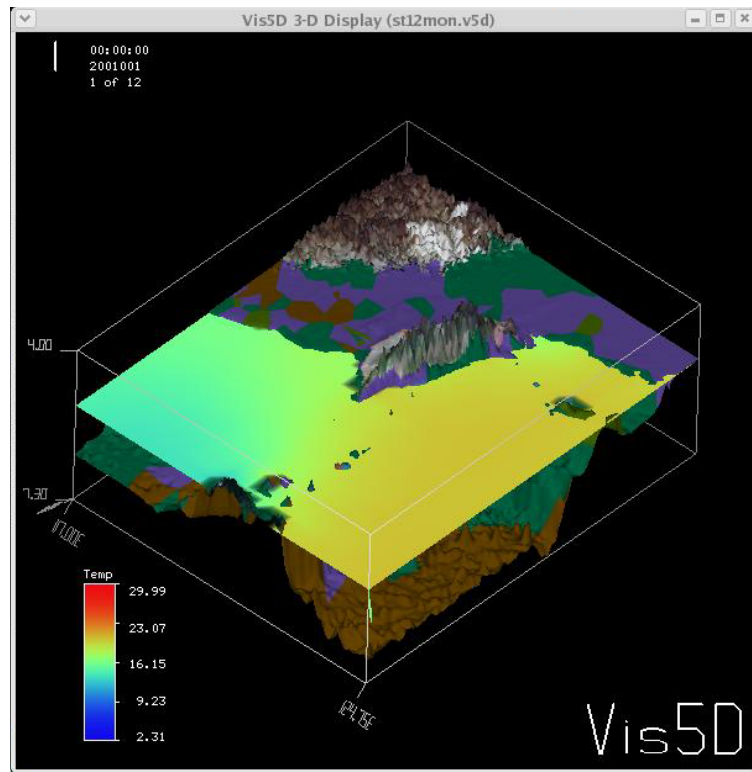


圖 6.7 底質結合地形、溫度及衛星影像後之顯示

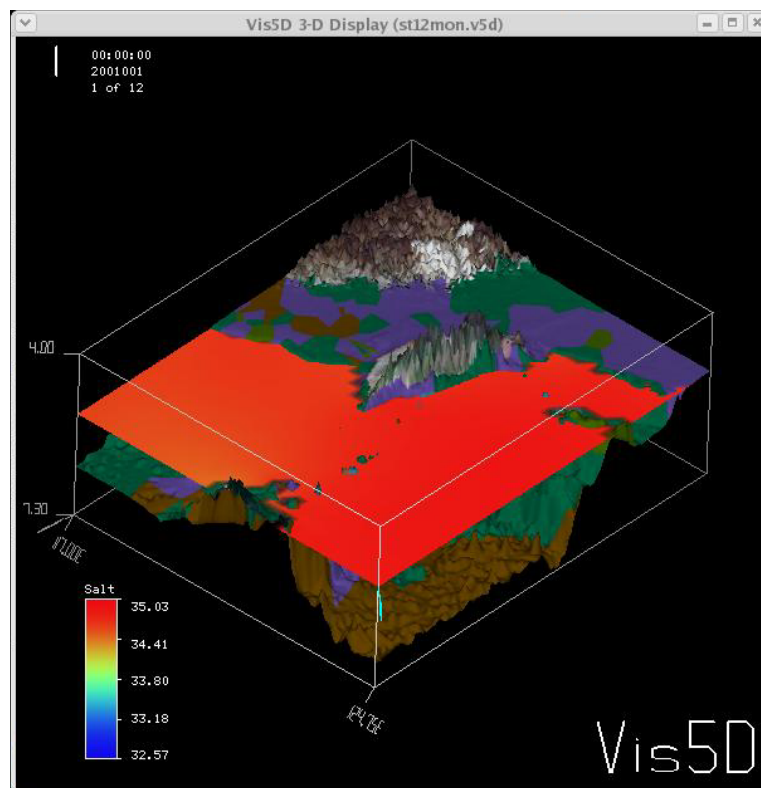


圖 6.8 底質結合地形、鹽度及衛星影像後之顯示

第七章 結論與建議

7.1 結論

本年度計畫研究主題為：「近岸及海岸帶遙測圖像更新製圖、岸線及地理資訊系統(GIS)資料建置」。包括下列項目：

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

本研究之研究成果顯示，對現代空間資訊遙測技術的發展與應用可獲得下列之結果：

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

7.2 建議

本研究之具體建議則有：

1. 建議繼續遙測影像萃取海岸區域水線與蒐集潮位、水深地形及相關地理圖資進行探討。
2. 建議繼續針對台灣海岸局部地區利用高解析度衛星影像與實地測量來比較檢討海岸線變遷。
3. 建議建置地理資訊查詢系統彙整相關海岸資料與地理圖資。
4. 建議繼續探討海岸線變遷因子之多樣性成果及海岸開發資料蒐集。

7.3 成果效益與後續應用情形

本計畫完成後之效益及其應用：

1. 提供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。
2. 提升國內各海事機構對於無人飛行載具(UAV)及自動導航的技術，可以更有效地應用於即時快速資料之收集及擷取。
3. 有效提升國土海岸線變遷調查之成果及避免海岸開發錯誤發生之機率。

參考文獻

1. 常軍, 劉高渙, 劉慶生, 2004, 黃河三角洲海岸線遙感動態監測, 地球系統科學, No.6, pp.94-98。
2. 楊曉梅等, 2006, 海岸帶遙感-綜合技術與實例研究, 海洋出版社
3. Anders, F. J. and Byrnes, M.R., 1991, "Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs." *Shore and Beach*, 59(1), 17-26.
4. Canny, J.F., 1986, "A computation approach to edge detection." *IEEE Trans. Pattern Analysis and machine Intelligence*, PAMI-8(6), 679-698.
5. Cox, J.C. and Pirreilo, M.J., 2001, "Applying joint probabilities and cumulative effects to estimate storm-erosion and shore linerecesion." *Shore and Beach*, 69(2), 5-14.
6. Crowell, M., Leatherman, S.P., and Buckley, M.K., 1991, "Historical shoreline change: Error analysis and mapping accuracy." *Journal of Coastal Research*, 7(3), 839-852.
7. Dolan, R., Fenster, M.S, and Holme, S. J. ,1991, "Temporal analysis of shoreline recession and accretion." *Journal of Coastal Research*, 7(3), 723-744.
8. Dolan, R., Fenster, M.S., and Holme, S.J., 1992, "Spatial analysis of shoreline recession and accretion." *Journal of Coastal Research*, 8(2), 263-285.
9. Fenster, M.S., Dolan, R. and Elder, J.F., 1993, "A new method for prediction shoreline positions from historical data." *Journal of Coastal Research*, 9(1), pp.147-171.
10. Foster, E.R. and Savage, R.J., 1989, "Methods of historical shoreline analysis." In: Magoon, O.T., Converse, H., Miner, D., Tobin, L.T., and Clark, D., *Coastal Zone '89*, American Society of Civil Engineers, 5, 4434-4448.
11. Kao, C. C., 2000, An information-theoretic approach to artificial neural networks: Application in Geographic Information Processing. Ph.D. Dissertation, University at Albany, State University of New York.
12. Leatherman, S.P. and Clow, B., 1983, "University of Maryland shoreline mapping project," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Newsletter*, 22, 5-8.

13. Lee, G.H., Nicholls, R.J., and Birkmeier, W.A. , 1998, "Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina, USA, 1981-1991." *Marine Geology*, 148(1-4), 163-177.
14. Thieler, R.E. and Danforth, W.W. , 1994, "Historical shoreline mapping (II): Application of the digital shoreline mapping and analysis systems (DSM/DSAS) to shoreline change mapping in Puerto Rico." *Journal of Coastal Research*, 10(3), 600-620.

附錄一 期中報告審查委員意見處理情形對應表

項次	委員意見	處理情形
張順雄委員：		
1	本期計畫期中報告符合計畫進度，研究團隊用心	感謝委員指教。
2	報告寫作引用文獻部份可再整理，使文章更具可看性。	感謝委員指教。 完成修正。
3	部份誤打請更正，例如 P1 第二段末之球上任何生態... P3.末段之扮演。 第二章 2.1 末段應有一段文字結尾。 P20.第一段圖 2.3 應為圖 3.3。 P20.4.SPOT5 衛星影像之第一段(圖 2.1 圖 2.2)應為(圖 3.1 圖 3.2) P19.之圖 2-4.及圖 2.5 也應更正。 P25 侷限 P29 3.6 節第一段「遣」去掉、P29 末段之表 1→表 3.1 P29 末段文字與 P32 末段文字重覆性宜修正，餘請檢正。	感謝委員指正。 遵照委員意見辦理誤繕與校稿。
4	建議將本期主題(2/4)「近岸及海岸帶遙測圖像更新製圖、岸線及土地利用之調查」列為子題題目，將可突顯本期之工作重點。	感謝委員指教。 重新安排章節。
5	摘要及結論可以列入 Vis5D 及 Web-GIS 及為部區域(河川出海口及遊憩海岸)遙測影像及探討海岸線變遷模式等。	感謝委員指教。 增列相關說明。
蔡進發委員：		
1	期中進度符合預期。	感謝委員指教。
2	39 頁的符號請完整說明。	該頁主要是說明小波分析的理論介紹，有關公式中各符號所代表之意義將遵照委員意見補充。

3	第六章結論請依各個項目說明已完成工作及未來執行項目。	遵照委員意見補充。
4	請補充說明如何應用小波轉換法進行岸線提取的步驟。	遵照委員意見補充。 本研究將修正不使用小波轉換法，改用自提演算法。
張淑淨委員：		
1	此偵測岸線技術所得水線適合且如何應用於製圖，包括地形圖、航海圖以及適合用於哪一比例尺等級的岸線？	由影像來源決定岸線偵測提取精度：如 1/1000 航拍影像可應用於 1/5000 海圖上。(內政部海域基本圖建置依此方式辦理)。
2	此變遷偵測技術適用的海岸類型及可達的準確度等級，大約可用於哪一類的應用。	
3	另建議有些專業用語的中譯可能各領域慣用方式不同，因此建議能再附英文，以利確認其定義。	遵照委員意見補充。增列中英對照專有名詞。
邱永芳委員：		
1	期中報告格式請依照本所出版品格式撰寫。	遵照委員意見辦理。
2	報告內容請依照本所研究主題與內容的工作內容及預期成果項目撰寫。	遵照委員意見辦理。
3	通過期中審查，請研究團隊根據各委員意見改進缺失。留待期末審查再追蹤考核。	遵照委員意見辦理。 期末報告將增加相關研究成果。
何良勝委員：		
1	本研究為 4 年期之第 2 年計畫，建議於期末報告中增列前一年之研究成果。	遵照委員意見辦理增列。
2	部份內容須正 或增加說明： 3.1.2 節部份圖號或順序修正 表 1、圖 4.3 至圖 4.8 內文未提及。	遵照委員意見辦理。
3	3.5 節之影像快速成圖更新部份，是否有包含歷史圖像資料之岸線修正。	成圖更新之策略是作影像之整體糾正，岸線修正將另行處理。

4	本年度所列岸線提取建置方式，於影像本源包含衛星、數位航拍、UAV、Lidar 等，其方法是否皆相同。	基本上演算法的設計是適用於不同解析度的影像，只是提取的幾何精度會有所差別。
---	--	---------------------------------------

附錄二 期末報告審查委員意見處理情形對應表

項次	委員意見	處理情形
歐善惠委員：		
1	本計劃具有實用價值，執行結果良好。	感謝委員肯定與指教。
2	參考文獻請使用統一格式。	遵照委員意見辦理。 完成格式的統一修正。
3	部份章節編號請統一。	遵照委員意見辦理。 完成章節編號的統一修正。
4	期中審查意見處理情形部份只列「感謝委員指教」，請做適當修改。	遵照委員意見辦理。 完成修正。
5	摘要及結論可以列入 Vis5D 及 Web-GIS 及為部區域(河川出海口及遊憩海岸)遙測影像及探討海岸線變遷模式等。	感謝委員指教。
張順雄委員：		
1	本期完成「近岸及海岸帶遙測圖像更新製圖、岸線及地理資訊系統資料建置」，應用不同解析度影像，提升特徵線自動萃取之幾何精度，報告屬有條理及整體性。	感謝委員肯定與指教。
2	期中報告之建議已納入期末報告並於書頁中強化重點。	感謝委員肯定與指教。
3	結論中建議列入本計劃已完成之部份，未來之工作或建議。	遵照委員意見補充。 已強化結論內容與論述。
4	總之本期成果具創新性及參考價值，值得肯定。	感謝委員肯定與指教。
5	建議專有名詞對照表乙式。	已在文章內容部份對專有名詞進行對照加註
6	P79 §6.3 海岸變遷乙節中圖說之部份應說明完整，以利讀者查詢方便。	已對文章內容作重整及增刪，完成修正。
7	P90 起§6.4 圖 6.26 應改為表，較易說明及閱讀。	此為電腦處理後所產生之標準表格輸出，不易重新編排

8	§6.2.2 圖形宜放大。	已作放大調整。
張淑淨委員：		
1	第 30 頁提到在正確選擇影像後，必須根據當地潮汐資料輔以地形圖和海圖方能確定潮位界線。請舉例或建議較佳程序，使本研究萃取之水線能正確對應為可用圖資。(正確的圖資意義的品質評估)	修正報告內容中已增列更詳細說明潮汐資料方法。但無論採用何種方法均須有詳細之地形資料，尤其是高度資料方能得到正確之結果。
2	報告中詳細介紹分析了多種岸線萃取方法，第 40 頁並提到本計劃擬以小波轉換萃取海岸線，第 43 頁提到將配合人工數化提取自然海岸線，請就現有可得資料，再整理補充具體可行之方法與程序，並附誤差範圍的評估。	本計劃擬以小波轉換萃取海岸線為誤繕，本研究其實是提出新的多尺度演算法來替代原使用之小波轉換法，另在後級編輯處理中再輔以人工數化資料為之。
3	請說明此水線萃取方法能否有效萃取出(如台中港)港口防波堤界線(如圖 6-19,page84)需要的影像等級如何?	本研究使用之影像為福衛二號影像，二米解析度已可看清堤防，只要目視能釋別，即應可萃取。
4	報告中未標註/說明來源的圖表，是否都是本計畫之產生?	圖表大部份均自行產生者，如有引用他人資料者會註明出處。
蔡進發委員：		
1	方法論應整合。	遵照委員意見辦理。已修正方法論之撰寫內容，大幅刪除非必要之回顧，整合本研究使用的方法
2	期末報告格式請依運研所的格式撰寫。	已遵照運研所格式撰寫，修正局部誤失處。
3	期末結論請將各項成果分項提寫。	遵照委員意見辦理，已強化結之論述。
4	研究成果尚合乎預期。	已補充增列後續之研究成果，達成預期目標。
5	期中報告的審查意見在期末報告中未見改善?(2),(3),(4)	仍有部份改善未周全，已再進行校稿及增列內容。

6	摘要與結論請重寫，應包含研究成果。	已重寫摘要與結論。
7	請釐清海岸線的萃取方式。	已針對該內容重新撰寫。
何良勝委員：		
1	報告內容修正之處： 1、請依本所出版品規定辦理報告修正稿。 2、補充說明摘要及結論部份。	已遵照委員意見辦理增列結論之論述。 再次校稿以符合貴所出版品之規定。
2	建議於第一章中增列前一年之研究成果。	已遵照委員意見增列。
3	請補充說明 P.44 之 4.4 節中本計畫所引用之海岸線變遷分析方法與其他介紹方法之優劣點。	已進行文張內容部份之增刪，並說明本研究使用方法之特點。
4	請補充說明 6.4 節中「海岸土地利用調查」項目。	土地利用係依多光譜影像自動化分類而得，類別項目相當繁多，內政部有不同的規定，但以中等解析度之衛星影像而言，主要以四大類別為主，及土壤、植被，水體及建物為目標。
5	建議於後續工作中，宜加強說明海岸線萃取方法與各種量測儀器之關連性及圖係分析的較佳方式。	修正報告中已增列精度評估方式。

附錄三 期中簡報資料

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(2/4)

期中報告 簡報



計畫主持人：李俊卿
國立高雄應用科技大學

中華民國九十九年七月十四日

內容大綱

- 計畫緣起
- 工作項目
- 工作內容與方法
- 期中研究成果
- 結論



一、計畫緣起與目的

- 臺灣四面環海，海岸線狹長遼闊，人力海岸調查困難，無法即時掌握大範圍之動態變化。
- 海岸地帶為海陸交互作用地區，具有多重重要性，但海岸資源一經破壞，基礎恢復，產生環境災害。
- 近年來由於對地觀測之遙測技術快速發展，攝像解析度大幅提高，而且型式多元，有多光譜及雷達衛星影像、數位航拍影像，及空載雷射(LIDAR)等。目前UAV影像技術正逐漸成熟。
- 藉由多來源遙測影像資料，結合網路及資訊技術，對海岸帶及近海區域資源調查、海岸管理、防災及環境監測等提供實質之應用。
- 自然災害之減災應用

海岸帶的概念

海岸帶的概念，地理學家從地產測繪和地理空間資訊獲取的角度把它定義為海洋與陸地相互作用的地帶，係指間接沿岸的海岸線和彼此間有強烈影響的沿岸水域及毗鄰的濱海陸地，這一地帶包括島嶼、過渡區與潮間帶、鹽沼、灘地、海灘和距水深15m淺海的條帶地段。



海岸帶資源調查與應用

- 海岸帶資源：(1)海岸地形變遷；(2)海岸地區土地利用現況；(3)海岸保護區動植物生態；(4)海岸地區人文歷史資源；(5)潮汐、海流、波浪及水質等海象基本資料；(6)海岸地區漁業砂石、礦產等資源；(7)海岸地區海水倒灌、排水及地層下陷等災害狀況等。
- 海岸帶環境系統分析及監測機制。
- 海岸敏感指標建立：
 - 生態敏感指標；
 - 資源生產敏感指標；
 - 天然災害敏感指標；
 - 文化景觀敏感指標；

海岸線之基本概念與內涵

海岸線包括大陸海岸線與島嶼海岸線。

- 測繪學中之定義：
 - 多年平均大(高)潮位線：應用於一般海圖之測繪
 - 最低潮位線：應用於航海圖之測繪(航行安全之考慮)
- 地理學中之定義：
 - 最高潮位線：海洋最高的暴風浪可到達之位置
- 陸地整圖之定義：
 - 平均潮位線：即指平均海面，為陸地高程起算之基準

※遙測影像中的水線不一定等於所定義之海岸線

海岸的類型與遙測影像上岸線之解譯

海岸的類型有許多種，最常見的有四種：

- (1) **人工海岸**：由水泥和石塊所構築，在影像上具有較高的光譜反射率，與光譜反射率很低的海水具有明顯之對比，使用近紅外波段有極良好之解釋能力，影像中之水線即為海岸線。
- (2) **基岩海岸**：海岸角與直立陡崖的水陸直接相接地帶，解釋方式與人工海岸相同，亦即紅外影像中之水線即為海岸線。
- (3) **砂質海岸**：是沙粒在海浪作用下堆積形成的，波浪無法作用之處沙質即會消失，沙在影像上較其他地物具有較高的光譜反射率，可取砂質海岸與陸地一側之邊線作為海岸線。
- (4) **粉砂淤泥質海岸**：可選擇其它地物(如植物、漁塭、公路)與淤泥質海岸的分界作為海岸線。因在大(高)潮時，海水不可能超過該界線。

影響海岸線穩定的因素

海岸線穩定的技術方法

1. 海平面變化
氣候變遷引起海平面變化
海平面升降對海岸的侵蝕和堆積
2. 沉積質與泥沙
3. 潮汐運動與地殼運動
4. 風暴
5. 人為因素

1. 自然海岸線穩定的技術方法
 - (1) 基岩海岸線
 - (2) 河口海岸線：
 - 1) 地形法
 - 2) 地貌法
 - 3) 水文法
 - 4) 生物法
 - (3) 其他自然海岸線
2. 人工海岸線穩定的技術方法
 - (1) 海堤
 - (2) 港口與碼頭
 - (3) 其他人工海岸

二、工作項目

本計畫擬以四年時程，分階段完成相關工作項目，預期完成的研究主題分年為：

- 第一年**：主題—近岸及海岸帶遙測影像資料之獲取、系統建置與資料庫更新。
- 第二年**：主題—近岸及海岸帶遙測影像製圖岸線偵測及變遷分析。
- 第三年**：主題—整合遙測(可見光及雷達)技術之海岸帶特徵調查。
- 第四年**：主題—整合海岸帶地理資訊系統之建置與應用。

第二年：主題與工作項目

主題：近岸及海岸帶遙測影像製圖岸線偵測及變遷分析。

工作項目：

- ◆ 多源遙測海岸帶影像製圖快速更新的方法與程序。
- ◆ Web基礎之地理資訊系統(Web-GIS)之系統設計與資料庫建置。
- ◆ 海岸帶空載雷射掃描(Airborne LIDAR)資料之處理與應用。
- ◆ 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。

台灣西部地區海岸概況

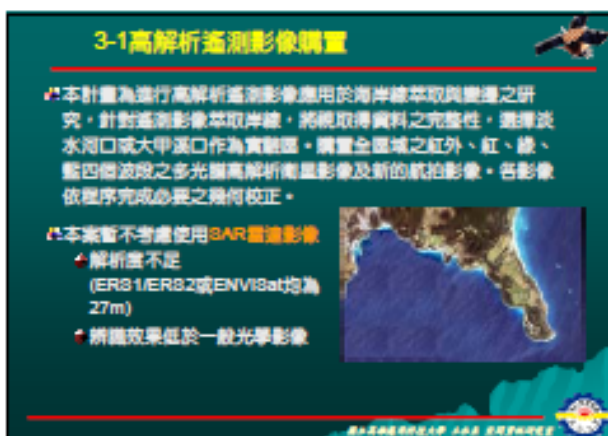
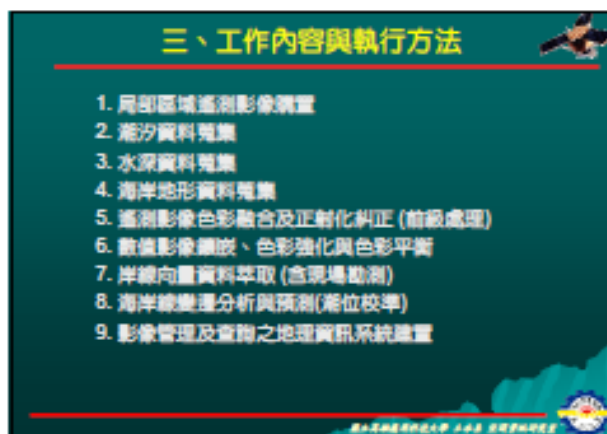
海岸別	縣市別	海岸長度 (km)	海內重要 河川水系	海岸類型	侵蝕情況
桃園海岸	桃園縣	39	淡水河	砂岸	侵蝕明顯
新竹海岸	新竹縣	12	鳳山溪、頭前溪	砂岸	侵蝕明顯
	新竹市	17	頭前溪		
苗栗海岸	苗栗縣	50	中港溪、後港溪、大寮溪	砂岸	侵蝕明顯
台中海岸	台中縣	41	大安溪、大甲溪、烏溪、清水溪	砂岸	侵蝕
彰化雲林海岸	彰化縣	116	鹿港溪、北港溪	砂岸	大部分崩塌、小部分地盤下陷
	雲林縣				
嘉義海岸	嘉義縣	41	北港溪、朴子溪、八掌溪	砂岸	由崩塌轉為侵蝕
台南海岸	台南縣	77	八掌溪、急水溪、曾文溪、水溪、二仁溪	砂岸	侵蝕

台灣東部地區海岸概況

共同特點：以岩岸與砂岸為主，潮間帶短小、泥沙變化相對小

海岸別	縣市別	海岸長度 (km)	海內重要 河川水系	海岸類型	侵蝕情況
宜蘭海岸	宜蘭縣	106	蘭陽溪、和平溪	石城以北：岩岸 石城以南：砂岸	侵蝕明顯
台北海岸	基隆市	18	淡水河	淡水河口以東：岩岸	變化不明顯
	台北市	122	淡水河	淡水河口以西：砂岸	侵蝕
屏東海岸	屏東縣	152	高屏溪、東港溪、荖寮溪	麟鳳鼻段：侵蝕 其餘各段：砂岸	枋山以南：變化不明顯 其餘各段：侵蝕
台東海岸	台東縣	172	卑南溪、秀姑巒溪	成功以北：岩岸 成功以南：砂岸	侵蝕
花蓮海岸	花蓮縣	175	秀姑巒溪、花蓮溪、和平溪	新城至花蓮港口：砂岸 其餘各段：岩岸	侵蝕

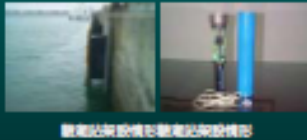
參考資料：經濟部水利署調查站(<http://www.wra.gov.tw>)



3-3 潮汐資料蒐集

資料來源：

- 中央氣象局沿海地面潮位站觀測網
- 其他相關單位自設觀測站



觀測站自設電子觀測站設備



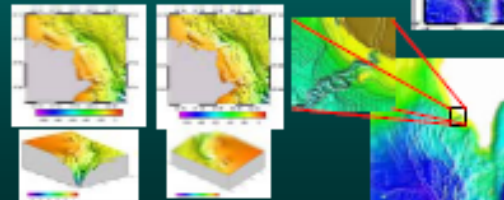
中央氣象局沿海地面潮位站觀測網

國立高雄應用科技大學 水產系 海洋資訊研究室

3-4 水深資料蒐集

資料來源：

- 經濟部水利署水境所提供之水深資料
- 大氣海洋局(前海測局)釋出之水深資料
- 其他相關單位施測之水深資料

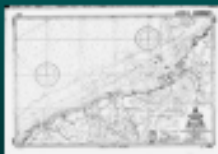


國立高雄應用科技大學 水產系 海洋資訊研究室

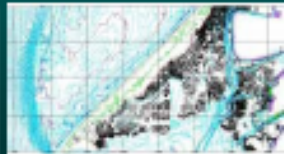
3-5 海岸地形資料蒐集

資料來源：

- 大氣海洋局(前海測局)出版之海圖
- 經濟部水利署水境所、各河川局之測繪資料
- 農林航測所製作之像片基本圖或50cm解析度正射影像圖
- 交通部航政司之海域基本圖
- 國土測繪中心(前土測局)之領海及鄰接區海域基本圖



大氣海洋局出版海圖



93年海域基本圖

國立高雄應用科技大學 水產系 海洋資訊研究室

3-6 數值遙測影像之前級處理

輻射性處理(Radiometric Processing)

針對影像灰度值進行相關之運算，如影像強化(Image Enhancement)、影像融合(Image Fusion)、除霧(Dehazed)、色彩平衡(Color Balance)，以提升影像之色彩品質。

幾何性處理(Geometric Processing)

1. 利用地控點(GCPs)及相關演算法修正因攝像時諸多因素對影像所造成之幾何變形，以確保影像幾何之正確性。糾正後影像應達 ± 2 個像元(Pixel)之幾何精度。
2. 影像鑲嵌(Image Mosaic)。

國立高雄應用科技大學 水產系 海洋資訊研究室

多源圖像局部快速修測及更新之策略

1. 非量測性相機之率定(Camera Calibration)
2. 圖像的預處理(Pre-Processing)；
3. 控制點特徵提取(Feature Extraction)；
4. 影像匹配(Image Matching)；
5. 影像局部自動更新及色調平衡(Color Balance)等。

國立高雄應用科技大學 水產系 海洋資訊研究室

幾何糾正精度分析

有理函數模式(RFM)糾正結果

控制點數：40~50個
糾正方法：有理函數(二階)
檢核點數：40~50個

精度分析：
E：1.6 Pixel
N：1.8 Pixel

● 控制點
● 檢核點

國立高雄應用科技大學 水產系 海洋資訊研究室

3-8 岸線向量資料萃取

目標：

- ❖ 對潮汐變化不大之區域(Micro-Tidal Area)，發展多尺度(Multi-Scale)之自動化海岸線萃取的影像處理方法。
- ❖ 建立長期影像資料庫，使用多時間(Multi-Temporal)、多來源(Multi-Source)且多解析度(Multi-Resolution)之遙測影像，藉以推估海岸線中、長期(Long Term)變遷趨勢之分析。
- ❖ 特定區域之海岸線短期(或季節性)變遷分析與預測。

岸線向量資料萃取 (自動化方法)

自動化方法：

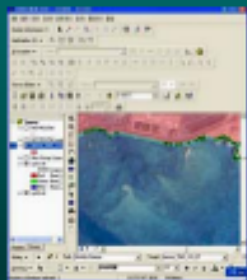
多年來，利用影像處理技術對遙測影像作自動化「水線特徵」萃取，學界已發展出不少成熟的方法，這些方法可以歸納如下：

1. 區域分割(Region Segmentation)或區域成長(Region Growth)
2. 傳統邊緣(Edge)萃取運算元 (如Canny運算元)
3. 灰階影像岸線萃取(針對光學影像)
 - (1)基於單點灰度值的岸線萃取
 - (2)基於區域均值的岸線萃取
 - (3)基於碎形理論(Fractal Theory)的岸線萃取
 - (4)彩色影像岸線萃取
 - (5)基於小波(Wavelet)函數轉換的岸線萃取
4. 基於雷達回波影像與數據之岸線萃取(針對SAR影像)

岸線向量資料萃取 (人工數化)

人工數化方法：

基於影像處理技術之自動化水線特徵萃取雖可有效的在海岸影像中萃取人工海岸線及水線特徵，但對自然海岸線而言，水線特徵並非真正定義之海岸線，因此，利用影像判釋並配合人工方式數化海岸線，仍是目前建立正確的海岸線資料較為可靠的方法。

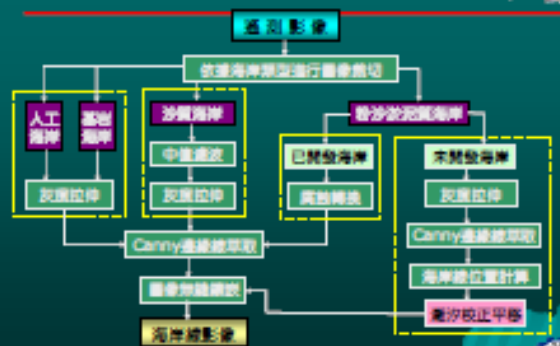


岸線向量資料萃取 (現場測繪與調查)

- (1) 施測方法：利用地面測量儀器，如全站儀(Total Station)、GPS測量定位器(RTK GPS、VR8)等測定之現場，獲引陸地平面及高程控制點，施測並繪製海岸線。
- (2) 由岸邊施測所得之正負值高程點，推求其零米等高線，該線即為以平均海水面定義之海岸線。
- (3) 由現場環境及植被狀況觀察，選定最高水位點進行定位施測，該邊界線即為以最高潮位面定義之海岸線。



遙測影像之自動化岸線萃取之流程



高解析多光譜影像於岸線萃取之適用性

- ❖ 高(超)解析遙測影像之特點：
 - (1) 影像色彩豐富、內容清晰，可判釋及解釋性高
 - (2) 可變化岸線特徵自動化萃取演算法為提高岸線特徵萃取精度之關鍵因素
- ❖ 多光譜遙測影像於岸線偵測之適用性：
 - (1) 人工海岸：近紅外波段 (NIR)
 - (2) 基岩海岸：近紅外波段 (NIR)
 - (3) 砂質海岸：紅色波段 (Red)
 - (4) 粉砂淤泥海岸：藍、綠波段 (Blue, Green)

岸線之潮汐影響修正

針對淤泥質海岸而言，由於岸灘面積較大，影像中水線位置明顯的受到潮汐的影響，必須對萃取之水線位置進行修正。

本研究提出之修正方法：

C_1, C_2 ：為二不同時間影像萃取之水線

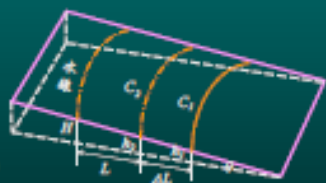
h_1, h_2 ：為二不同時間水線之距離($h_2 > h_1$)

則岸灘坡度 θ 為：

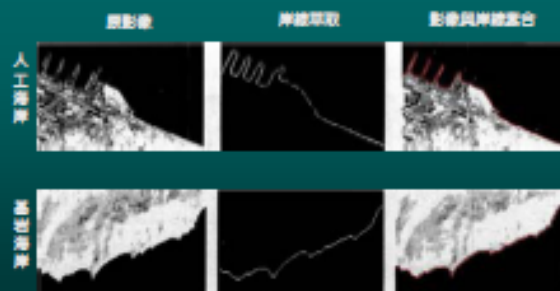
$$\theta = \tan^{-1}((h_2 - h_1) / \Delta L)$$

故修正 C_2 水線之距離 L 為：

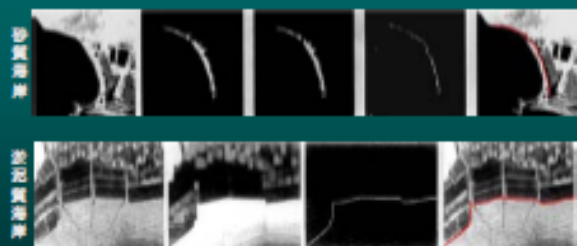
$$L = (H - h_2) / \tan \theta$$



四種不同岸線型式與萃取結果(1)

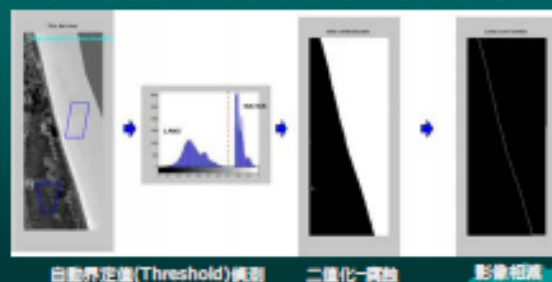


四種不同岸線型式與萃取結果(2)



遙測影像「多尺度」自動化岸線之萃取

Step1：初始近似海岸線之萃取（針對中、低解析度影像）



遙測影像之多尺度自動化岸線萃取

Step2：海岸線之3D模式化及基於次像素(Sub-Pixel)之偵測



(1) 局部區域之選定

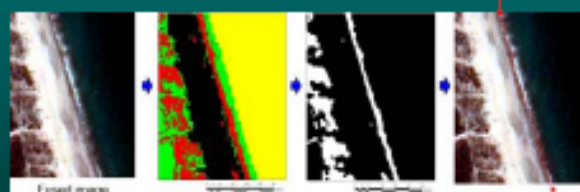
(2) 五階多項式(Fifth order Polynomial)之曲線擬合(模式化)

(3) 二次微分算子(Laplacian Operator)特徵曲線萃取

(4) 偵測曲線上最大曲率(Maximum Curvature)之特徵點，即代表具次像素精度之海岸線

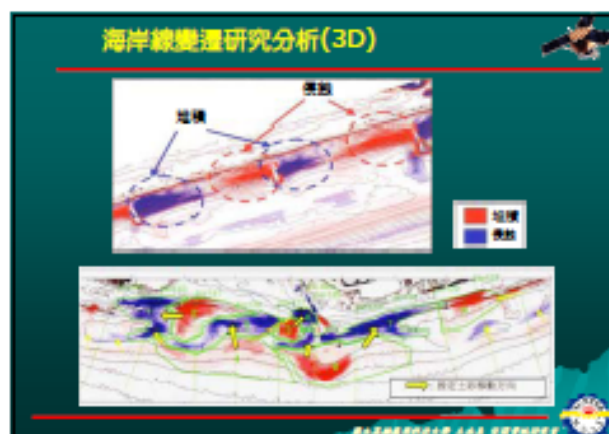
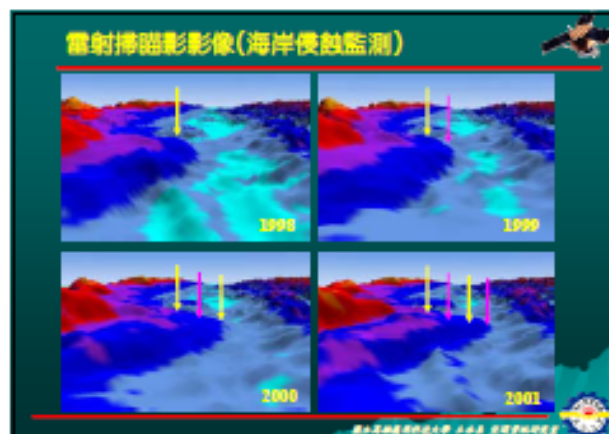
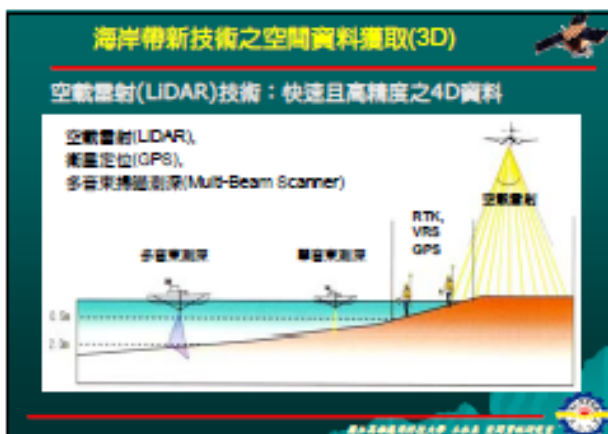
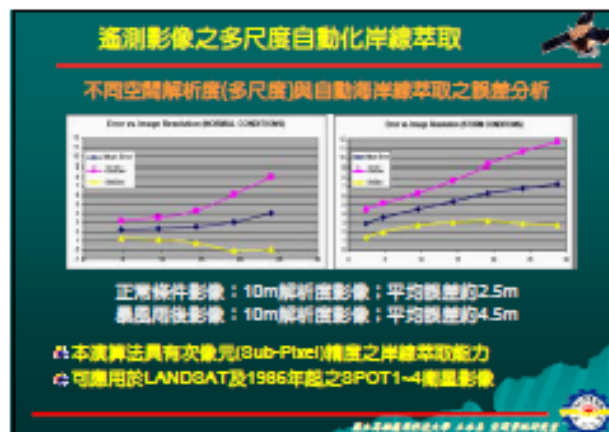
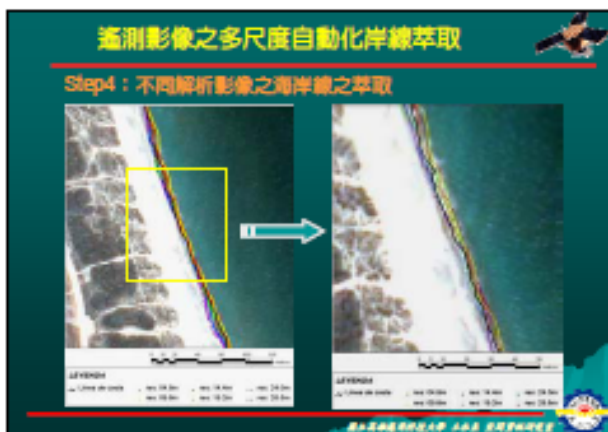
遙測影像之多尺度自動化岸線萃取

Step3：高解析度影像之參考海岸線萃取



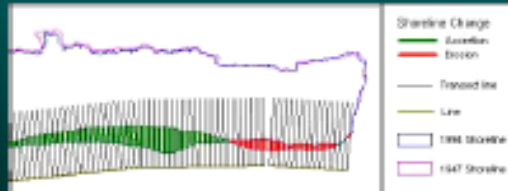
於高解析度多光譜影像上，進行頻譜分類、二值化+濾波處理、影像判釋，以獲取高精度之參考海岸線。

Reference Coastline



海岸變遷分析-基線量測法 (Base Line Measurement)

「基線量測法」是沿著許多條垂直於基線的橫斷線計算兩條海岸線之間的變化距離，再除以這兩條歷史海岸線的時間差，而獲得海岸線變化率的方法。基線是一條近似於所有歷史海岸線走向的趨勢線；橫斷面的間隔一般是50米，以確保介於兩橫斷面間的變化率的精確度。該均勻分佈的橫斷線所量測的海岸線變化率，可有效近似於真實的海岸線變化率。

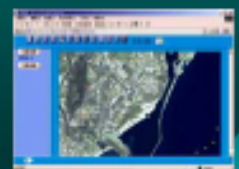


3-10 網路平臺之海岸圖像管理及查詢系統

平台：INet Universe 4D Server (PilotGaea) 2009年版

資料建置與系統功能：

- ◆ 數位影像原始與幾何校正後資料
- ◆ 主要設施及岸線向量資料
- ◆ 潮汐資料
- ◆ 控制點資料及糾正計算精度資料
- ◆ 潮灘地質屬性資料
- ◆ 資料查詢功能
- ◆ 動態立體影像

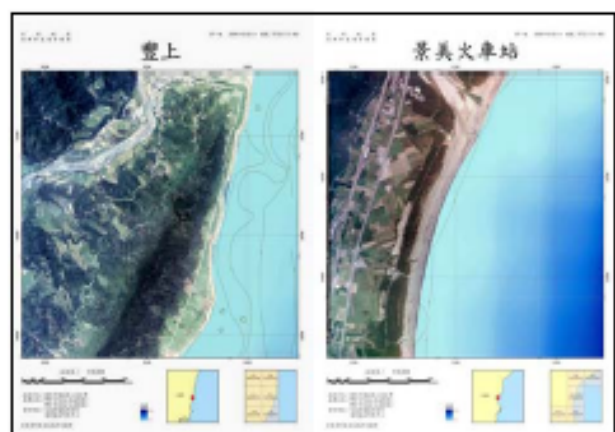
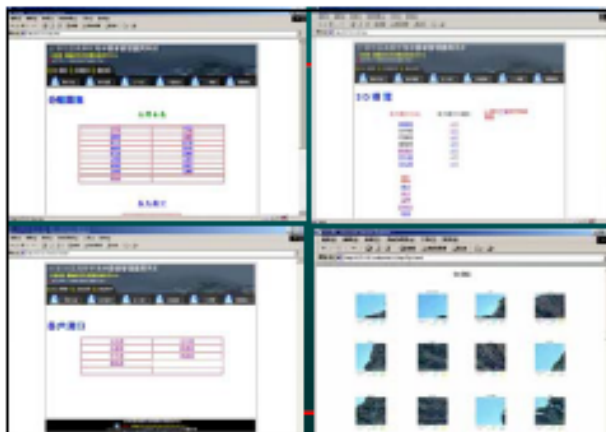


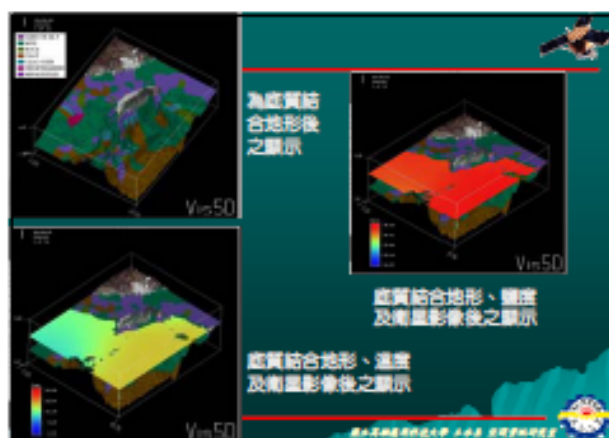
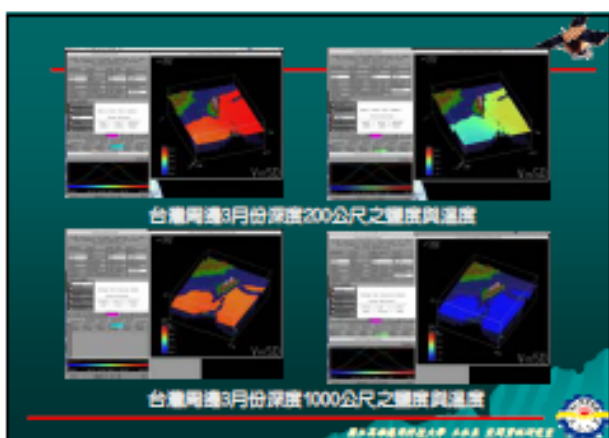
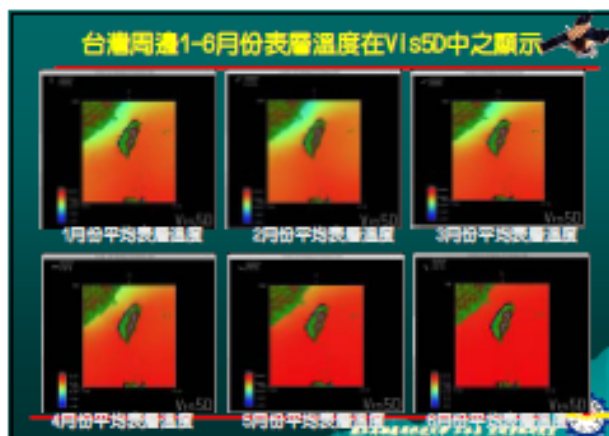
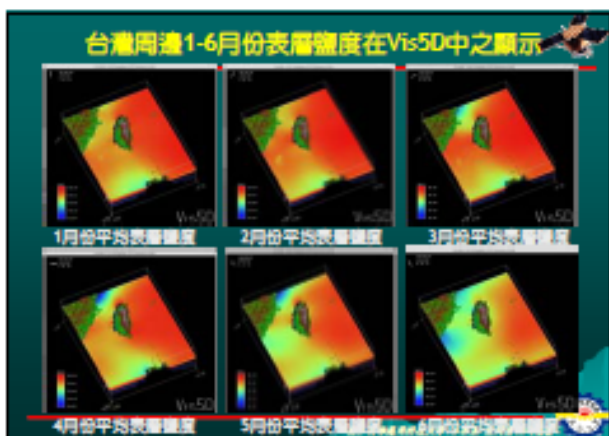
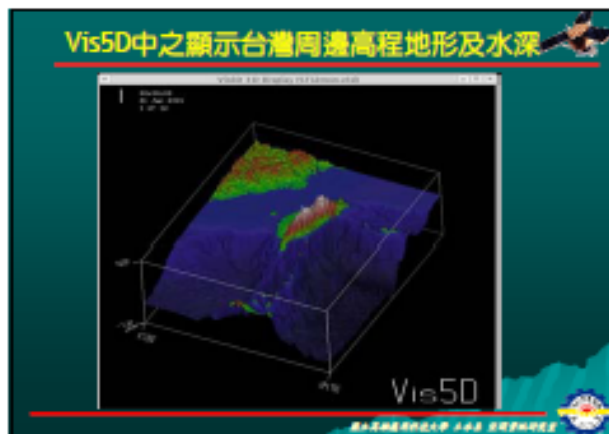
四、期中研究成果

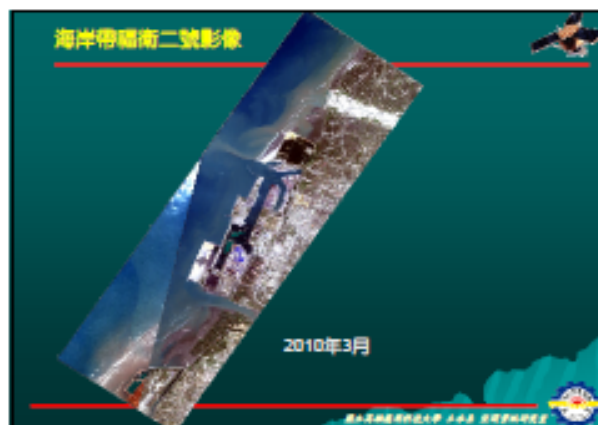
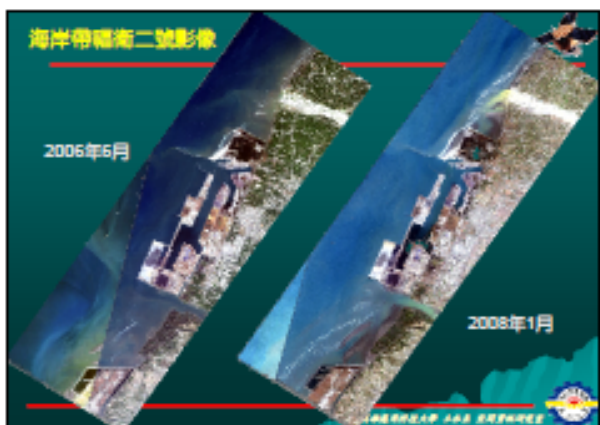
1. 衛星影像及相關資料蒐集建置。
實驗區影像資料取得及前級處理。
2. Web-GIS基礎之大型影像資料之建置。
包括自動化及人工數化萃取成GIS向量圖資及潮汐修正。
3. Vis5D為基礎的海洋環境資料顯示。
動態海洋環境資料之顯示。
4. 現場實地調查及勘測。
局部區域之地面測量及現場勘查。
5. 局部區域(河川出口及避險海岸)遙測影像判釋及探討海岸線變遷模式。

大型影像資料庫-海岸圖像管理查詢系統

『臺灣地區高解析海岸影像資料之建置』







六、結語

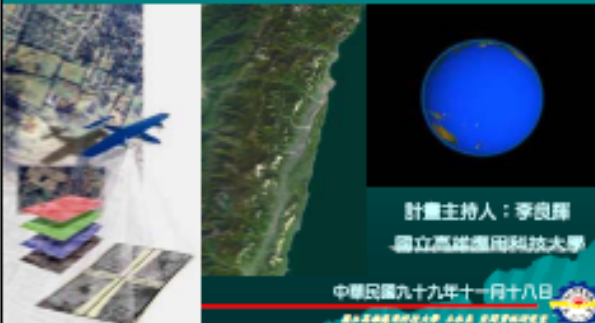
- 結合「航、遙測影像監測」、「海洋測量」及「網路地理資訊系統(Web-GIS)」三個專業，提供本研究案之理論基礎。
- 提出具體可行之研究方法與步驟，應用「高解析光學遙測影像」、「多尺度岸線自動化萃取演算法」及「岸線變遷分析與預估模式」為主軸，甚至考慮未來新的科技(如空載雷射，LIDAR)，兼具理論與實務，落實本案之深化研究。
- 目前研究之進度，符合原計畫預計期中階段應完成之成果，後續將完成空載雷射掃描(Airborne LIDAR)資料之處理(已於5.26完成掃描)及岸線資料萃取與變遷之分析工作。

國立高雄海洋科技大學 水產系 海洋資源管理組

附錄四 期末簡報資料

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(2/4)

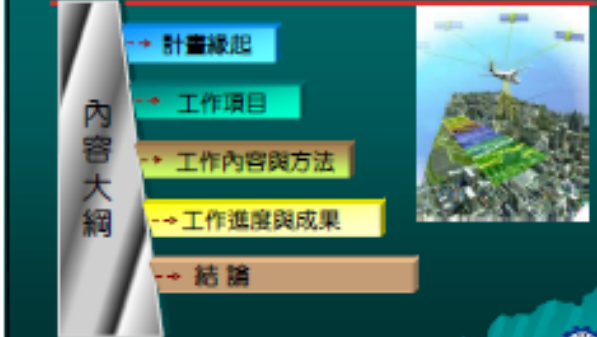
期末報告 簡報



計畫主持人：李俊輝
國立高雄應用科技大學

中華民國九十九年十一月十八日

內容大綱



- 計畫緣起
- 工作項目
- 工作內容與方法
- 工作進度與成果
- 結論

一、計畫緣起與目的

- 臺灣四面環海，海岸線狹長遼闊，人力海岸調查困難，無法即時掌握大範圍之動態變化。
- 海岸地帶為海陸交互作用地區，具有多重重要性，但海岸資源一經破壞，基礎恢復，產生環境災害。
- 近年來由於對地觀測之遙測技術快速發展，遙測解析度大為提高，而且型式多元，有多光譜及雷達衛星影像、數位航拍影像，及空載雷射(LIDAR)等。目前UAV影像技術正逐漸成熟。
- 藉由多來源遙測影像資料，結合網路及資訊技術，對海岸帶及近海區域資源調查、海岸管理、防災及環境監測等提供實質之應用。
- 自然災害之減災應用

海岸線之基本概念與內涵

海岸線包括大陸海岸線與島嶼海岸線。

- 測繪學中之定義：
 - 多年平均大(高)潮位線：應用於一般海圖之測繪
 - 最低潮位線：應用於航海圖之測繪 (航行安全之考慮)
- 地理學中之定義：
 - 最高潮位線：海洋最高的暴風浪可到達之位置
- 陸地測量之定義：
 - 平均潮位線：即指平均海水面，為陸地高程起算之基準

※遙測影像中的水線不一定等於所定義之海岸線

海岸的類型與遙測影像上岸線之解譯

海岸的類型有許多種，最常見的有四種：

- 人工海岸**：由水泥和石塊所構築，在影像上具有較高的光譜反射率，與光譜反射率很低的海水具有明顯之對比，使用近紅外波段有極良好之解譯能力，影像中之水線即為海岸線。
- 基岩海岸**：海岸角與直立陡崖的水陸直接相接地帶，解譯方式與人工海岸相同，亦即紅外影像中之水線即為海岸線。
- 砂質海岸**：是沙粒在海浪作用下堆積形成的，波浪無法作用之處沙質即會消失，沙在影像上較其他地物具有較高的光譜反射率，可取砂質海岸與陸地一側之邊線作為海岸線。
- 粉砂淤泥質海岸**：可選擇其它地物(如植物、漁塢、公路)與淤泥質海岸的分界作為海岸線。因在大(高)潮時，海水不可能超過該界線。

二、工作項目

本計畫擬以四年時程，分階段完成相關工作項目，預期完成的研究主題分年為：

- 第一年**：主題—近岸及海岸帶遙測影像資料之獲取、系統建置與資料庫更新。
- 第二年**：主題—海岸帶遙測影像特徵萃取(岸線偵測)及新遙測技術應用。
- 第三年**：主題—整合遙測(可見光及雷達)技術之海岸帶特徵調查。
- 第四年**：主題—整合海岸帶地理資訊系統之建置與應用。

三、主題與工作項目

主題：海岸帶遙測圖像特徵萃取及新遙測技術應用。

工作項目：

- ◆ 多源圖像海岸帶影像製圖快速更新的方法與程序。
- ◆ Web基礎之地理資訊系統(Web-GIS)之系統設計與資料庫建置。
- ◆ 海岸帶空載雷射掃描(Airborne LIDAR)資料之處理與應用。
- ◆ 基於影像資料之多尺度及次像素精度之岸線資料萃取、岸線變遷分析。

四、工作進度與成果

1. 衛星影像及相關資料蒐集建置。
實際衛星影像資料取得及前級處理。
2. Web-GIS基礎之大型圖像資料庫之建置。
包括自動化及人工數化萃取成GIS向量圖資及潮汐修正。
3. Vis5D為基礎的海洋環境資料顯示。
動態海洋環境資料之顯示。
4. 現場實地調查及勘測。
局部區域之地面測量及現場勘查。
5. 局部區域(河川出海口及進陸海岸)遙測影像判釋及探討海岸線變遷模式。

航空數位相機 (Digital Camera)影像



數位相機之主要特點：

1. 高解析度數位影像(10~15cm)。
2. 探多光譜(Multi-Spectral) 攝像，含紅外(IR)波段，可替代衛星影像。



數值遙測影像之前級處理

☛ 輻射性處理(Radiometric Processing)

針對影像灰度值進行相關之運算，如影像強化(Image Enhancement)、影像融合(Image Fusion)、除霧(Dehazed)、色彩平衡(Color Balance)，以提升影像之色彩品質。

☛ 幾何性處理(Geometric Processing)

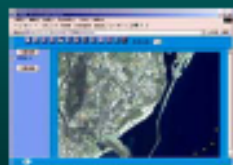
1. 利用地控點(GCPs)及相關演算法修正因攝像時諸多因素對影像所造成之幾何變形，以確保影像幾何之正確性。糾正後影像應達±2個像素(Pixel)之幾何精度。
2. 影像鑲嵌(Image Mosaic)。

網路平臺之海岸圖像管理及查詢系統

☛ 平臺：INet Universe 4D Server (PilotGaea) 2009年版

☛ 資料庫建置與系統功能：

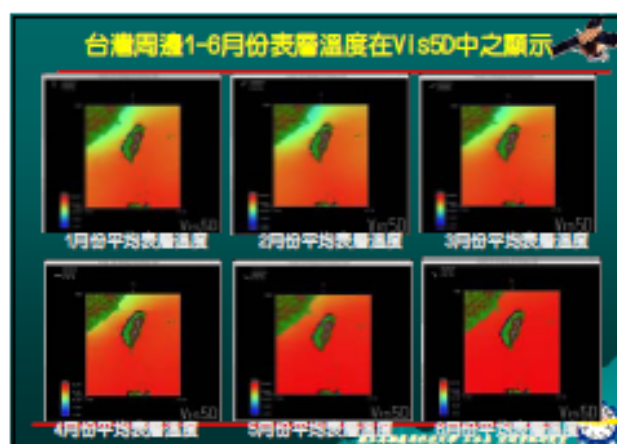
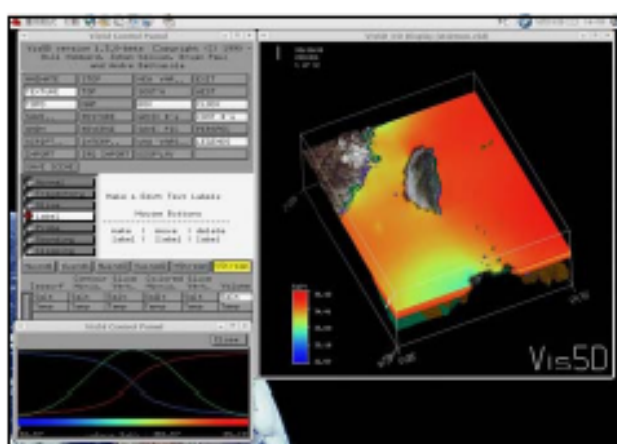
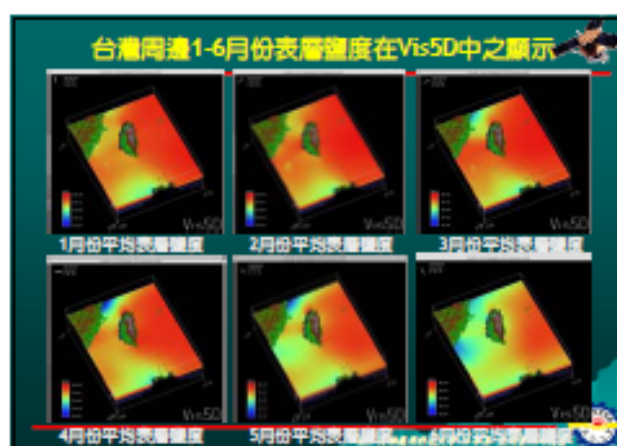
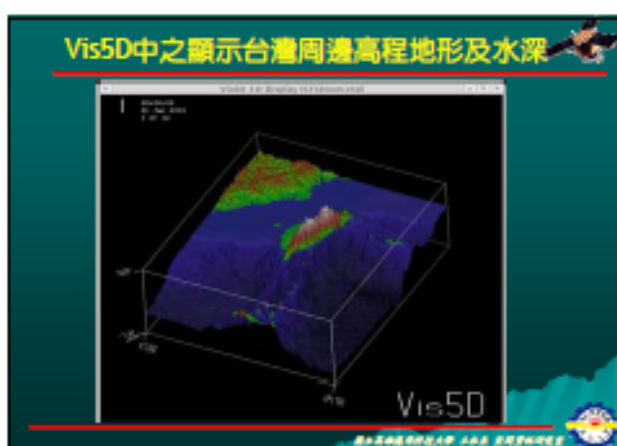
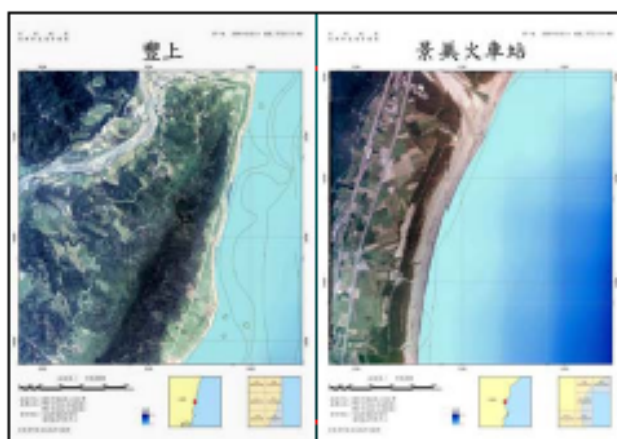
- ◆ 數值影像原始與幾何糾正後資料
- ◆ 主要設施及岸線向量資料
- ◆ 潮汐資料
- ◆ 控制點資料及糾正計算精度資料
- ◆ 潮灘地質屬性資料
- ◆ 資料查詢功能
- ◆ 動態立體影像

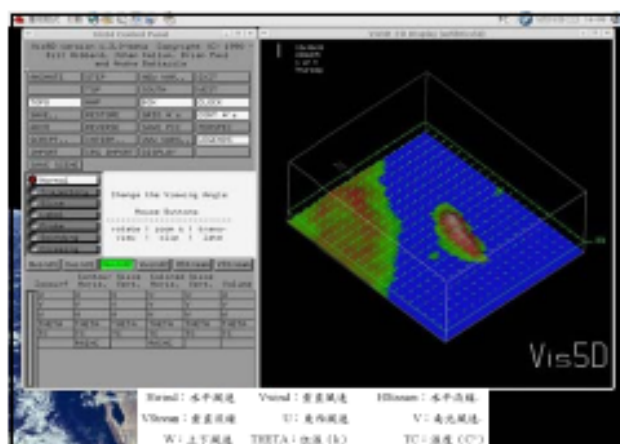
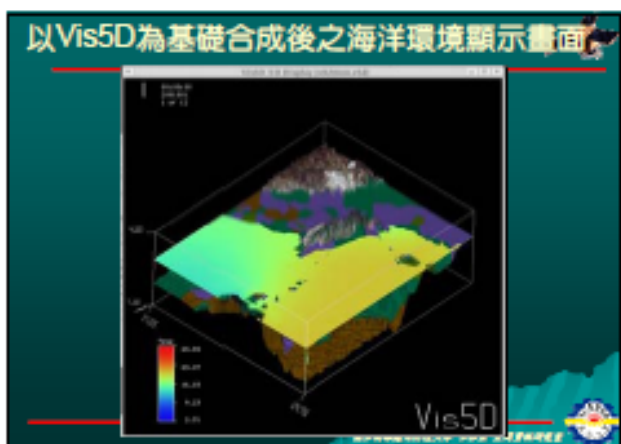
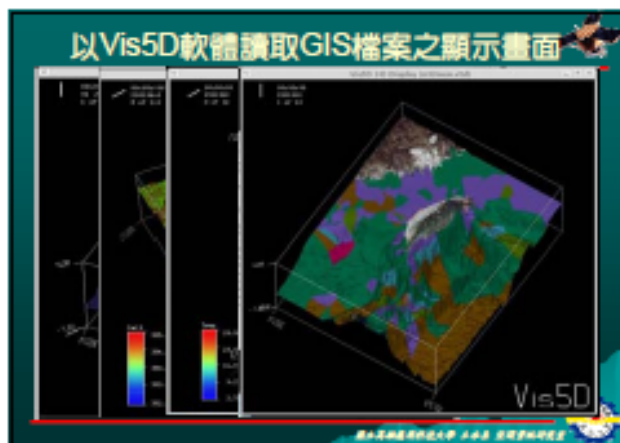
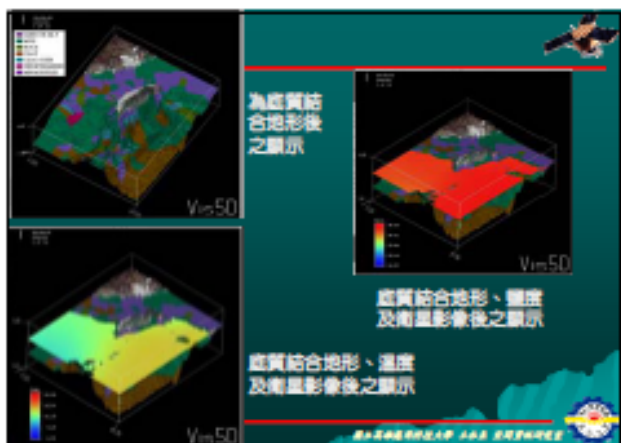
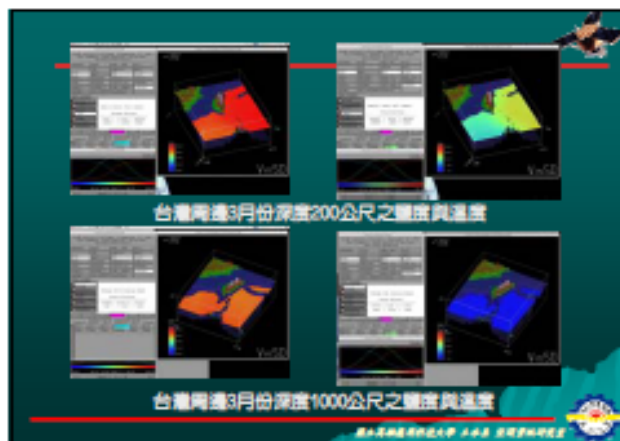
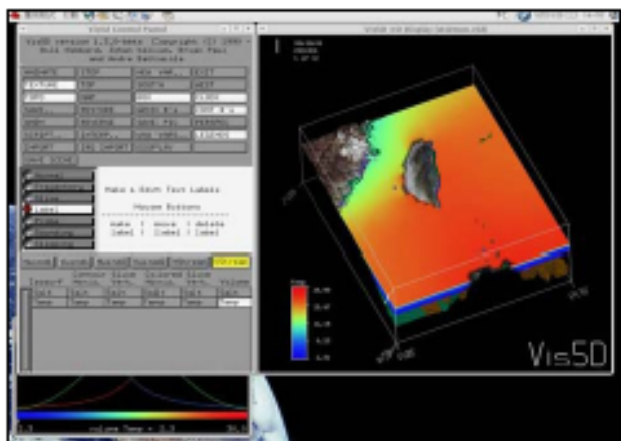


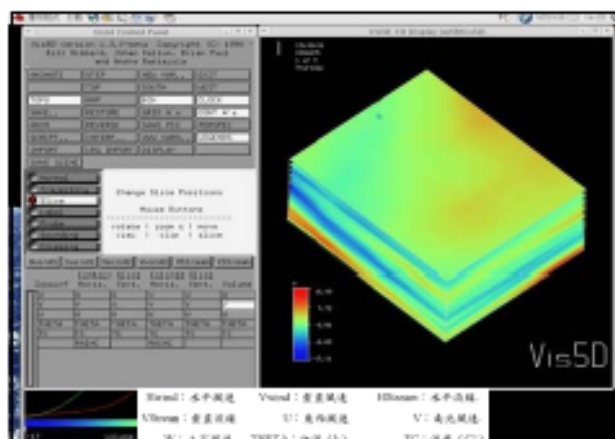
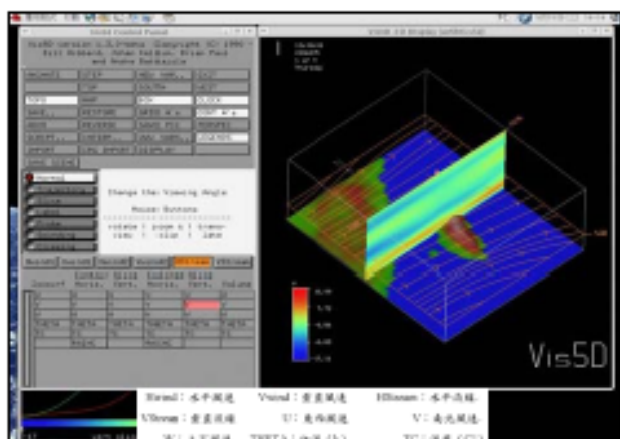
大型影像資料庫-海岸圖像管理查詢系統

『臺灣地面高解析海岸影像資料庫之建置』









岸線向量資料萃取

目標：

- 對潮汐變化不大之區域(Micro-Tidal Area)，發展多尺度(Multi-Scale)之自動化海岸線萃取的影像處理方法。
- 建立長時期影像資料庫，使用多時間(Multi-Temporal)、多來源(Multi-Source)且多解析度(Multi-Resolution)之遙測影像，藉以推估海岸線中、長期(Long Term)變遷趨勢之分析。
- 特定區域之海岸線短期(或季節性)變遷分析與預測。

岸線向量資料萃取程序

1. 局部區域遙測影像購置
2. 潮汐資料蒐集
3. 水源資料蒐集
4. 海岸地形資料蒐集
5. 遙測影像色彩融合及正射化糾正(前處理)
6. 數值影像疊放、色彩強化與色彩平衡
7. 岸線向量資料萃取(含現場勘測)
8. 海岸線變遷分析與預測(潮位校準)
9. 影像管理及查詢之地理資訊系統建置

岸線向量資料萃取(自動化方法)

自動化方法：

多年來，利用影像處理技術對遙測影像作自動化「水線特徵」萃取，學界已發展出不少成熟的方法，這些方法可以歸納如下：

1. 區域分割(Region Segmentation)或區域成長(Region Growth)
2. 傳統邊緣(Edge)萃取運算元(如Canny運算元)
3. 灰階影像岸線萃取(針對光學影像)
 - (1) 基於單點灰度值的岸線萃取
 - (2) 基於鄰域均值的岸線萃取
 - (3) 基於分形理論(Fractal Theory)的岸線萃取
 - (4) 彩色影像岸線萃取
 - (5) 基於小波(Wavelet)函數轉換的岸線萃取
4. 基於雷達回波影像與數據之岸線萃取(針對SAR影像)

1. 高解析遙測影像購置

本計畫為進行高解析遙測影像應用於海岸線萃取與變遷之研究，針對遙測影像萃取岸線，將視取得資料之完整性，選擇淡水河口或大甲溪口作為實驗區。購置全區域之紅外、紅、綠、藍四波段之多光譜高解析衛星影像及新的航拍影像。各影像依程序完成必要之幾何校正。

本案暫不考慮使用SAR雷達影像

- 解析度不足(ERS-1/ERS-2或ENVISat均為27m)
- 辨識效果低於一般光學影像



2. 潮汐資料蒐集

資料來源：

- 中央氣象局沿海地區潮位站置測網
- 其他相關單位自設潮位站

中央氣象局沿海地區潮位站置測網

觀測站潮位儀與觀測站潮位儀

3. 水深資料蒐集

資料來源：

- 經濟部水利署水規所提供之水深資料
- 大氣海洋局(前海測局)釋出之水深資料
- 其他相關單位施測之水深資料

4. 海岸地形資料蒐集

資料來源：

- 大氣海洋局(前海測局)出版之海圖
- 經濟部水利署水規所、各河川局之測繪資料
- 農林航測所製作之疊片基本圖或50cm解析度正射影像圖
- 交通部航政司之海域基本圖
- 國土測繪中心(前土測局)之領海及鄰接區海域基本圖

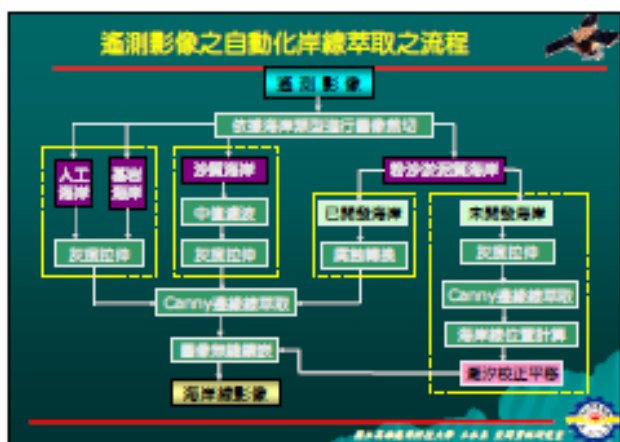
5. 岸線向量資料萃取 (人工數化)

人工數化方法：

基於影像處理技術之自動化水線特徵萃取雖可有效的在海岸影像中萃取人工海岸線及水線特徵，但對自然海岸線而言，水線特徵並非真正定義之海岸線，因此，利用影像判釋並配合人工方式數化海岸線，仍是目前建立正確之海岸線資料較為可靠的方法。

岸線向量資料萃取 (現場測繪與調查)

- 施測方法：**利用地面測量儀器，如全站儀(Total Station)、GPS測量定位儀(RTK GPS、VR8)逕測定之現場，獲引陸地平面及高程控制點，施測並繪製海岸線。
- 由岸邊施測所得之正負值高程點，推求其零米等高線，該線即為以平均海面定義之海岸線。
- 由現場環境及植被狀況觀察，選定最高潮位點進行定位施測，該邊界線即為以最高潮位定義之海岸線。



高解析多光譜影像於岸線萃取之適用性

高(超)解析遙測影像之特點：

- (1) 影像色彩豐富、內容清晰，可判釋及解釋性高
- (2) 可變化岸線特徵自動化萃取演算法

為提高岸線特徵萃取精度之關鍵因素

多光譜遙測影像於岸線偵測之適用性：

- (1) 人工海岸：近紅外波段 (NIR)
- (2) 基岩海岸：近紅外波段 (NIR)
- (3) 砂質海岸：紅色波段 (Red)
- (4) 粉砂淤泥質海岸：藍、綠波段 (Blue, Green)

6. 岸線之潮汐影響修正

針對淤泥質海岸而言，由於岸灘面積較大，影像中水陸位置明顯的受到潮汐的影響，必須對萃取之水陸位置進行修正。

本研究提出之修正方法：

C_1, C_2 ：為二不同時間影像萃取之水線

h_1, h_2 ：為二不同時間水線之距離($h_2 > h_1$)

則岸灘坡度 θ 為：

$$\theta = \tan^{-1}((h_2 - h_1) / \Delta L)$$

故修正 C_2 水線之距離 L 為：

$$L = (H - h_2) / \tan \theta$$

四種不同岸線型式與萃取結果(1)

原影像

岸線萃取

影像與岸線重疊

人工海岸

基岩海岸

四種不同岸線型式與萃取結果(2)

砂質海岸

基岩海岸

粉砂淤泥質海岸

人工海岸

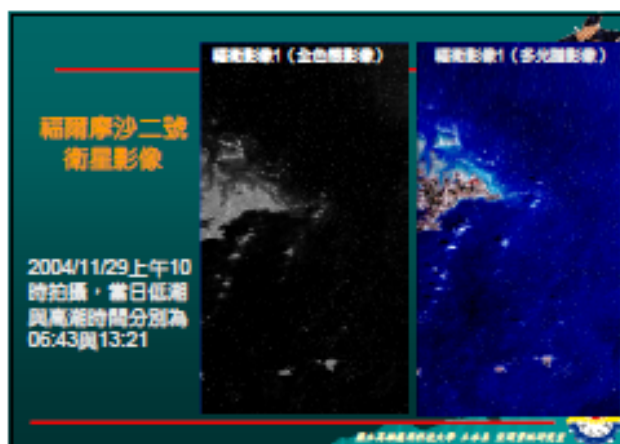
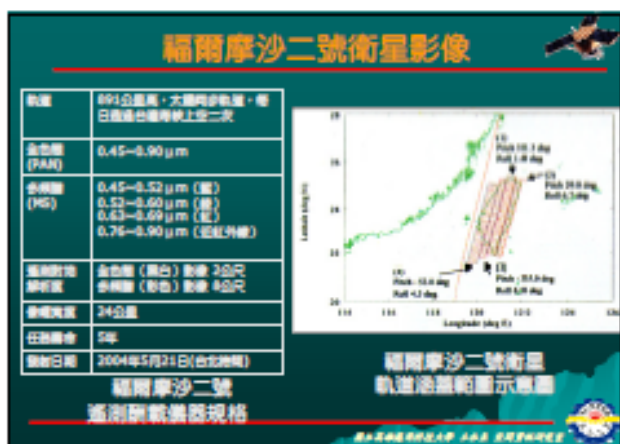
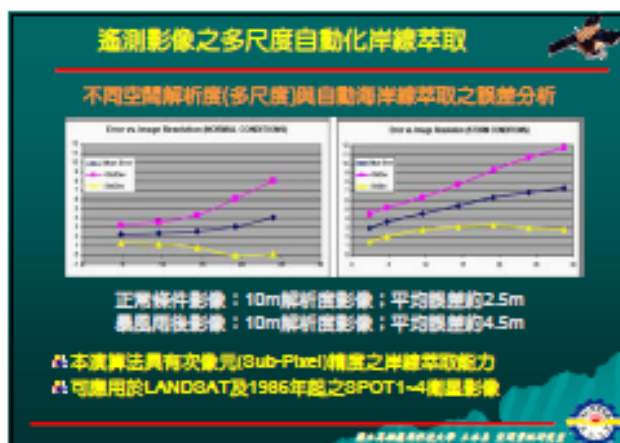
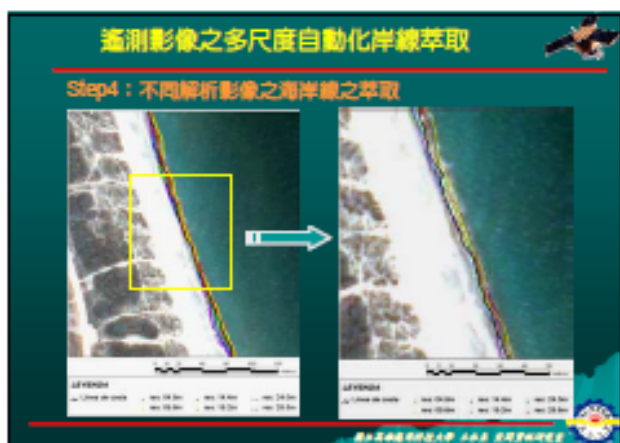
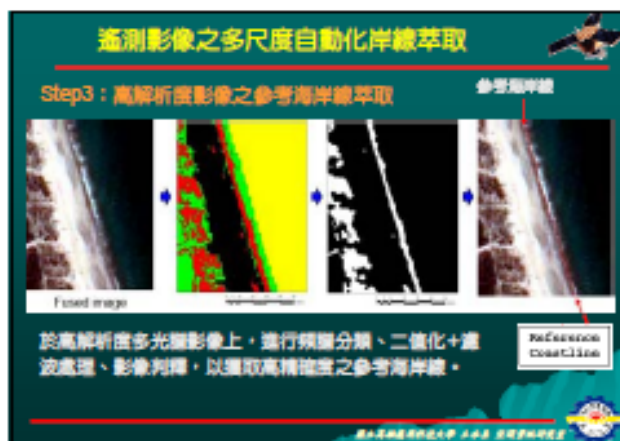
遙測影像「多尺度」自動化岸線之萃取

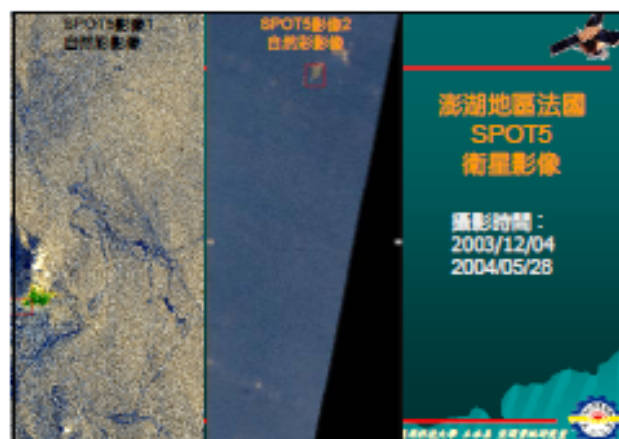
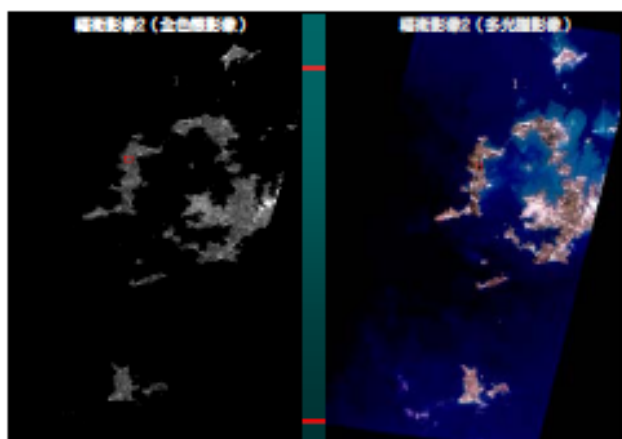
Step1: 初始近似海岸線之萃取 (針對中、低解析度影像)

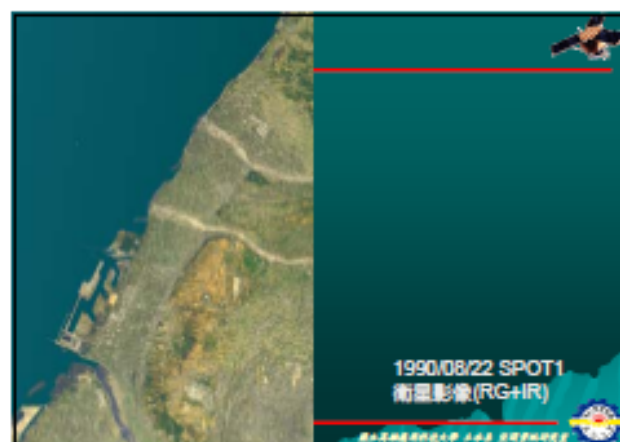
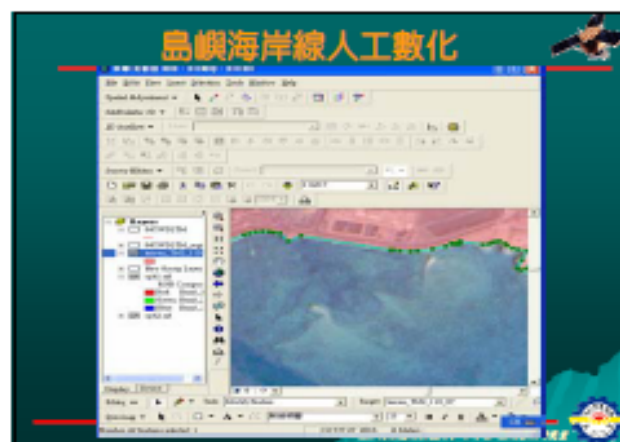
自動界定值(Threshold)偵測

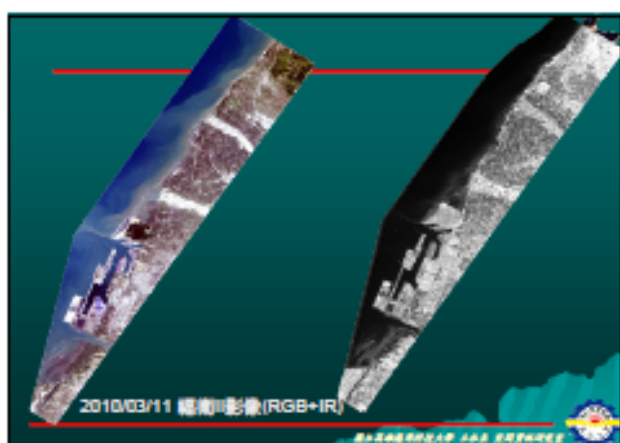
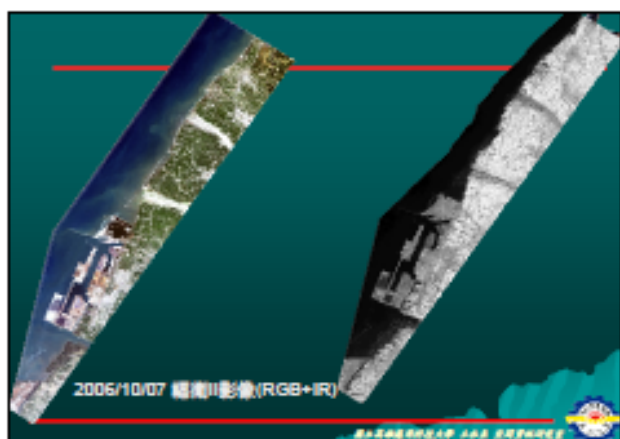
二值化-真值

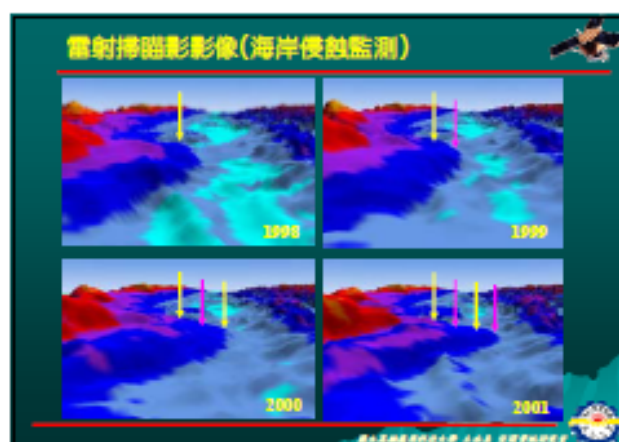
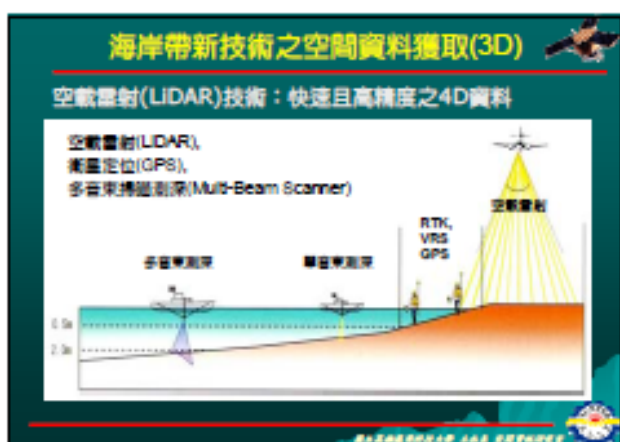
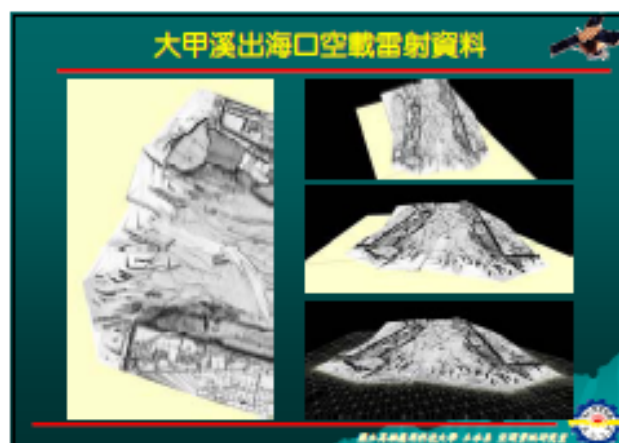
影像相減

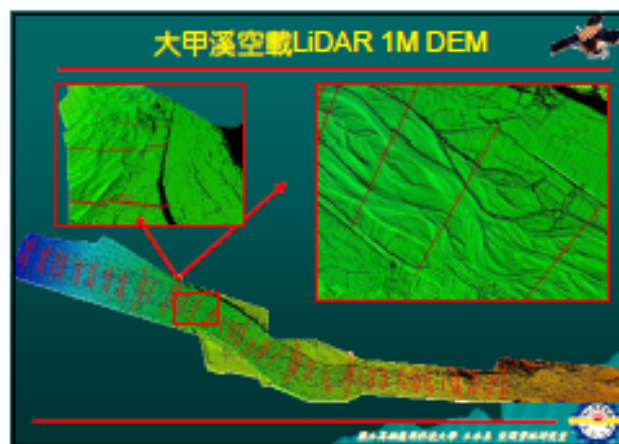
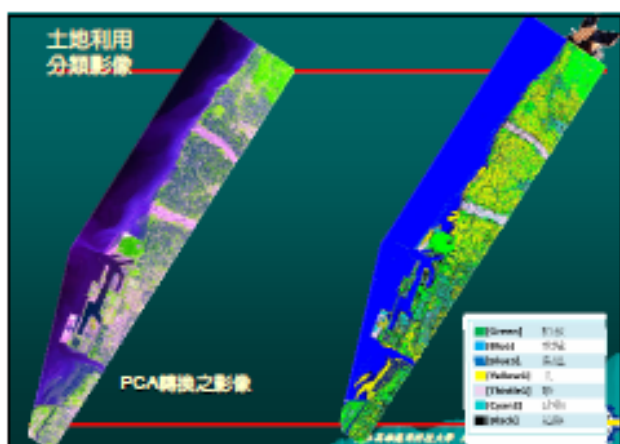
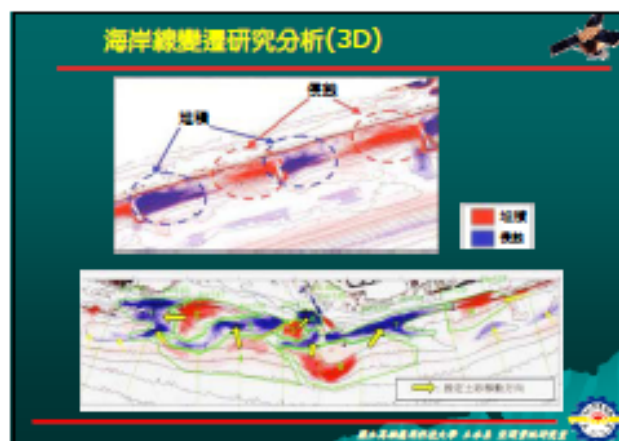


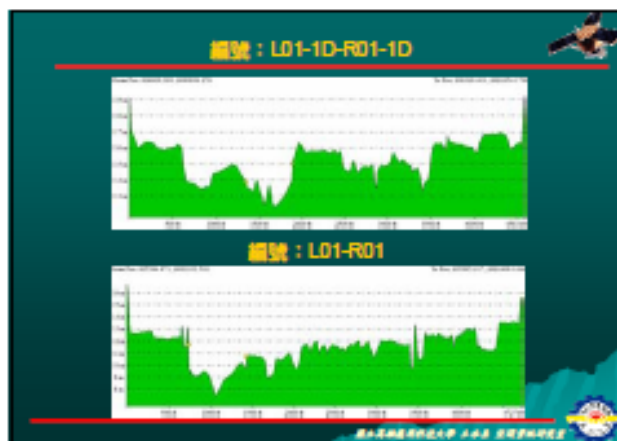












六、結語

- 空間資料獲取技術已有跳躍性的發展與改變，由硬體替代軟體處理之趨勢明顯改變作業方式及資料處理之速度。
- 成熟的數位航拍影像其超高分辨率及快速處理模式(GPS+IMU+POS)，將有效替代傳統衛星影像之應用。
- 空載雷射掃描(Airborne LIDAR)資料之可用與實用性已明顯超越傳統航測所產製之DEM資料。
- 提出具體可行之演算法則，提升影像岸線資料自動化萃取之精度，特徵萃取精度受影像解析度及影像糾正之精度影響，數位航拍+空載雷射掃描將是最佳的選擇。
- GIS資料將逐步由3D提升至4D(氣象或時序列)之處理與顯示。

國立高雄科技大學 水資源 空間資訊研究室