

91-33-719

MOTC-IOT-IHMT-CA9005

台灣港灣及海岸數位圖像資料庫 建立之研究（II）



交通部運輸研究所

中華民國九十一年四月

91-33-719

MOTC-IOT-IHMT-CA9005

台灣港灣及海岸數位圖像資料庫 建立之研究（II）

著者：邱永芳、林奕翔、蔡金吉、張富東

交通部運輸研究所

中華民國九十一年四月

台灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立之研究 (II)

著 者：邱永芳、林奕翔、蔡金吉、張富東

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十一年四月

印 刷 者：良機數位網路印刷中心

版(刷)次冊數：初版一刷 200 冊

工 本 費：300

展 售 處：

交通部運輸研究所港灣技術研究中心 電話：(04)26564216

三民書局：台北市重慶南路一段 61 號 2 樓 電話：(02)23617511

五南文化廣場：台中市中山路 2 號地下 1F 電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號 電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 電話：(07)3324910

GPN：1009100810

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：台灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立之研究(II)			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 1009100810	運輸研究所出版品編號 91-33-719	
主辦單位： 港灣研究中心 單位主管： 邱永芳 計畫主持人： 邱永芳 研究人員： 林奕翔、蔡金吉、張富東 聯絡電話： 04-26579319 傳真號碼： 04-26571329			研究期間 自 90 年 01 月 至 90 年 12 月
關鍵詞： 遙測、影像、地理資訊系統			
<p>摘要：海岸地帶為海陸交互作用地區，對一個海洋國家而言，具有相當之重要性，在兼顧土地開發與資源保育之原則下，須就海岸生態特性與開發利用等方面，作整體之規劃及評估，以提供最佳及永續之保護、經營與利用。為瞭解海岸資源，首先須先掌握海岸潮灘之相關資訊，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相關資訊。本研究即嘗試引入高解析度衛星遙測影像來建構台灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，同時建置地理資訊系統(GIS)管理模式，進行圖像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、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。</p> <p>本研究為延續八十九年度『台灣港灣及海岸數位圖像資料之建構』計畫所完成台灣地區八個主要港口之高解析IKONOS衛星圖像系統為主軸，持續建置由臺中大甲溪以南至臺南七股以北之海岸圖像資料及其資料庫系統；同時並以多光譜遙測影像研究其於淺海水深遙測、海岸帶資源調查與水體調查之應用；除精進原有系統外亦擴增虛擬實境技術於3D圖像顯示之應用。研究之成果包括製作海岸高解析數位影像之幾何糾正及鑲嵌圖像；淺海水深遙測為選擇南灣海域之IKONOS多光譜影像，配合現場量測水深資料之比對，初步研究顯示於10公尺內之清澈水域可達30公分左右之量測精度；虛擬實境之3D圖像顯示則以基隆港為例，以高解析衛星圖像配合DTM資料完成。</p>			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
91 年 4 月	152	300	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中心免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
機密等級： 限閱 密 機密 極機密 絕對機密 （解密【限】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: Building the High Resolution Satellite Images Database for Taiwan's Harbor and Coastal Areas			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009100810	IOT SERIAL NUMBER 91-33-719	
DIVISION :CENTER OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY DIVISION CHIEF : Yung-Fang Chiu PROJECT STAFF : Lin Yig-Shyang, Tsai Chin-Chi, Chung Fu-Tung PHONE : 04-26579319 FAX : 04-26571329		PROJECT PERIOD FROM 01/2001 TO 12/2001	
KEY WORDS : Remote, Image, GIS			
ABSTRACT: <p>Coastal area is the interface of the sea and land, which is vital for both land development and natural resource conservation. Overall planning and assessment for coastal area can provide optimal and sustainable development, management and utilization. Tidal area survey is important for coastal area management; it should be done before planning. However, traditional ground survey is not feasible and is too expensive for large area reconnaissance. This study tries to introduce high-resolution satellite images to build the database for Taiwan harbor and coast. Geographic Information Systems (GIS) will also be built at the same time for storing, managing, analyzing, and applying of satellite images. This can serve as useful tools for harbor planning, management and coastal change information accordingly.</p> <p>In 2000, we built eight major harbors' IKONOS images database in the project "building an Images Database for Taiwan Harbors and Coast". This year we continue to build a database for coastal images from Taichung Da-Chia River to Tainan Chi-Ku. Modeling of the shallow water depth by multispectral images, coastal area resource and characteristics of water body survey are also performed in this research. A 3D visualization function using virtual reality technology was added to the previous image database system.</p> <p>This research provides the coastal orthophotos from Taichung to Tainan County. IKONOS multispectral images of Nan Wan, Ping-Tung County were selected together with field bathymetric survey, the statistic model of high-resolution satellite image showed 30 cm accuracy can be obtained above 10 m water depth. Keelung harbor 3D virtual reality system has been designed by integrating satellite images and a Digital Terrain Model (DTM).</p>			
DATE OF PUBLICATION Apr. 2002	NUMBER OF PAGES 152	PRICE 300	CLASSIFICATION SECRET CONFIDENTIAL UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	
英文摘要.....	
目錄	
圖目錄	
表目錄	
第一章 前言.....	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 工作項目與內容	1-2
1.3 年度進度.....	1-5
第二章 遙測技術之發展與高解像度影像	2-1
2.1 基本原理.....	2-1
2.2 衛星影像.....	2-3
2.3 遙測衛星之發展	2-5
2.4 IKONOS衛星影像簡介.....	2-7
2.4.1 三線式立體影像之成像原理.....	2-7
2.4.2 IKONOS衛星影像之成像性質	2-8
2.4.3 IKONOS與SPOT衛星影像之比較.....	2-9
2.5 QuickBird高解像度影像簡介	2-12
第三章 遙測技術於水體探測之應用.....	3-1
3.1 水體資源遙測.....	3-1

3.2 洪水災害遙測監測	3-4
3.3 遙測技術於海圖測繪應用	3-13
3.4 海洋水深遙感測定	3-16
第四章 數值圖像之幾何糾正與處理	4-1
4.1 前言	4-1
4.2 平坦地形之幾何校正	4-1
4.3 起伏地形之幾何校正	4-2
4.4 正射糾正程序	4-3
4.5 海岸影像之糾正	4-5
4.6 圖像管理及查詢系統	4-10
第五章 海岸帶地形虛擬實境技術應用	5-1
5.1 前言	5-1
5.2 數值地形模型	5-1
5.3 數值高程資料簡化與數值模型製作	5-4
5.4 衛星影像貼圖	5-8
第六章 遙測多光譜影像於近岸水深量測之應用	6-1
6.1 前言	6-1
6.2 海洋水深遙感測定理論基礎與方法	6-2
6.2.1 物理模式	6-3
6.2.2 統計模式—比率演算法	6-4
6.2.3 清澈海域輻射量與底質反射係數的關係	6-7
6.3 Daubechies D4 小波轉換	6-8

6.4 實例分析.....	6-14
6.4.1 實驗資料說明.....	6-15
6.4.2 IKONOS衛星影像多解析度分析比較.....	6-18
6.4.3 IKONOS衛星影像底質分類.....	6-21
6.4.4 研究水深解算模式.....	6-24
第七章 結論.....	7-1
參考文獻.....	8-1
摘要報告.....	附錄1-1
簡報內容.....	附錄2-1
審查意見.....	附錄3-1

圖目錄

圖 1-1	臺灣西海岸範圍(紅色線條)	1-6
圖 1-2	臺灣南端龍坑地區範圍	1-7
圖 1-3	澎湖海域範圍.....	1-8
圖 2-1	三線式掃瞄器立體成像原理.....	2-8
圖 2-2	Quick Bird 衛星之 0.61 米解像度影像例.....	2-12
圖 4-1	正射化糾正流程.....	4-4
圖 4-2	大甲溪口至新崙海堤之原始影像及選取糾正用控制點 之位置	4-5
圖 4-3	大甲溪口至伸港.....	4-6
圖 4-4	伸港至福興	4-6
圖 4-5	福興至大城	4-7
圖 4-6	大城至臺西	4-7
圖 4-7	臺西至口湖	4-8
圖 4-8	水湖至北門	4-8
圖 4-9	北門至七股	4-9
圖 4-10	外傘頂洲	4-9
圖 4-11	屏東墾丁 IKONOS 衛星多光譜影像	4-10
圖 4-12	澎湖海域 IKONOS 衛星多光譜影像	4-10
圖 4-13	海岸數位圖像管理系統主畫面	4-12
圖 4-14	圖像管理操作.....	4-12
圖 4-15	圖像顯示操作 (一)	4-13
圖 4-16	圖像顯示操作(二)	4-13

圖 4-17	圖像量距應用操作	4-14
圖 4-18	圖像量面積應用操作	4-14
圖 5-1	數值高程資料簡化的方法(VIP 法)	5-5
圖 5-2	Arc View 3D 進行地形資料簡化的詳細製作流程	5-5
圖 5-3	NFF 地形檔頂點順序及 NFF 檔地形頂點範例	5-6
圖 5-4	NFF 三角形頂點順序定義及 NFF 檔內容範例	5-7
圖 5-5	「數值地形模型」製作流程	5-8
圖 5-6	多解析度衛星影像分割計畫表	5-9
圖 5-7	衛星影像切割與格式轉換作業流程	5-10
圖 5-8	貼材質的方法	5-10
圖 5-9	運用台灣地區陸地的 DEM, 貼上 SPOT 全彩衛星影像	5-12
圖 5-10	局部地形 3D 虛擬顯像	5-12
圖 5-11	基隆港 3D 虛擬實境(一)	5-13
圖 5-12	基隆港 3D 虛擬實境(二)	5-13
圖 6-1	多光譜衛星影像資料之小波轉換流程	6-12
圖 6-2	影像資料之過濾與重組流程	6-13
圖 6-3	遙測多光譜影像進行水深推估流程	6-14
圖 6-4	平面仿射轉換所採用之平面控制點分佈示意圖	6-16
圖 6-5	分區與水深實測資料分佈圖	6-17
圖 6-6	多解析度分析比較流程圖	6-18
圖 6-7	為無小波過濾時之 X1-X2 分佈圖	6-21

圖 6-8	區 D4 3 級轉後之 X1-X2 分佈，與其平面位置分佈圖.....	6-22
圖 6-9	區 D4 3 級轉後之 X1-X2 分佈，與其平面位置分佈圖.....	6-23
圖 6-10	區無經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈.....	6-25
圖 6-11	區無經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖.....	6-25
圖 6-12	區無經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖.....	6-26
圖 6-13	區經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖.....	6-26
圖 6-14	區經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖.....	6-27
圖 6-15	區經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖.....	6-27
圖 6-16	區水深與誤差分佈圖.....	6-32
圖 6-17	區水深與誤差分佈圖.....	6-32
圖 6-18	區水深與誤差分佈圖.....	6-33
圖 6-19	區等深線分佈圖.....	6-34
圖 6-20	區等深線分佈圖.....	6-35
圖 6-21	區等深線分佈圖.....	6-36

表 目 錄

表 2-1	現有的遙測製圖衛星	2-6
表 2-2	計畫中的光學遙測衛星系統.....	2-6
表 2-3.	IKONOS 衛星與 SPOT 衛星在成像特性方面的比較.....	2-9
表 3.1	電磁光譜對水體的衰減因數.....	3-1
表 6-1	第 區 IKONOS 衛星影像波段 1~3，比率演算法計算 結果.....	6-19
表 6-2	第 區 IKONOS 衛星影像波段 1~3，比率演算法計算 結果.....	6-20
表 6-3	區控制點與檢核點各水層之誤差	6-29
表 6-4	區控制點與檢核點各水層之誤差	6-30
表 6-5	區控制點與檢核點各水層之誤差	6-31

第一章 前言

1.1 計畫緣起

海岸地帶為海陸交互作用地區，對於國家而言，具有下列之重要性：

- 1.海運成本低廉，易於引入海水、排放廢水，故為港埠、工業、能源等土地利用之重心。
- 2.具有富於變化之海蝕、海積及珊瑚礁地形景觀，故深具觀光旅遊及學術研究之價值。
- 3.由於陸地河川夾帶之營養鹽，充分陽光照射提供之能源，及海水作用激起之海底沉積營養物質之循環利用，可形成海洋牧場、從事天然養殖，故具有極大之經濟效能。
- 4.日愈擴增之海埔新生地，提供可資利用之廣大土地。

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。在兼顧土地開發與資源保育之原則下，須就海岸生態特性與開發利用等方面，對濱海陸地及近海水域之水土資源，作整體之規劃及評估，依使用分區特性作妥善之管理，才能對海岸地區之土地及資源，有最佳及永續之保護、經營與利用。

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。

過去一年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高至一公尺以內，使得其實用性亦隨之大幅提升，顯然在調查工作上扮演極為重要的工具。本研究中心於八十九年度即首先嘗試引入高解析度衛星遙測影像來建構台灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，同時建置地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)管理模式，進行圖像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、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。由執行之成果顯示，遙測技術的確為一有效之海岸帶調查工具，具有相當之應用潛力。

本年度將延續八十九年度『台灣港灣及海岸數位圖像資料之建構』計畫所完成之台灣地區主要港口(基隆港、淡水港、蘇澳港、台中港、高雄港、花蓮港、安平港與左營港)高解析 IKONOS 衛星圖像系統為主軸，採特定區域 - 臺灣西部海岸(臺中大甲溪以南與臺南七股以北)高解析衛星圖像之資料建置，逐漸充實並建置更完整之海岸帶圖像資料庫系統，同時並以多光譜遙測影像研究其於淺海水深遙測與海岸帶資源或污染調查之應用；除精進原有系統外亦擴增虛擬實境技術於 3D 圖像顯示之應用。

1.2 工作項目與內容

1.海岸帶高解析度衛星一米融合彩色影像購置：

延續第一年所購置之八大港口 IKONOS 高解析衛星影像為主軸。本年度工作區域為臺中大甲溪以南與臺南七股以北之海岸帶，購置之影像仍以美國 IKONOS 1 米融合彩色影像為主，圖像應包括內陸及海域範圍，像幅寬度至少為 5km(含)以上，其中外傘頂洲應含蓋全部範圍，長度則為 120km 以上或影像總面積至少為 670 平方公里，影像範圍內含雲量不得高於 20%。各圖幅範圍如圖 1-1 至圖 1-3 所示。

2.多光譜衛星影像購置：

本年度為進行高解析遙測影像於海岸帶之應用研究，選定以『淺海水深遙感測量』與『海岸帶資源或污染調查』二個應用研究主題，其中『淺海水深遙感測量』將以水質清澈之澎湖海域為研究對象，並必須配合蒐集本年度現地實測水深資料作研究之模式建立與成果分析；『海岸帶資源及污染調查』將以屏東墾丁海域 - 龍坑及南灣海域為主。分別購置二區域(澎湖海域及龍坑 - 南灣海域)之紅外、紅、綠、藍四個波段之多光譜高解析衛星影像，範圍為 11Km×11Km 之近岸海域，含雲量不得高於 20%，其中龍坑海域另增遙控飛機空拍彩色影像及 VCR 錄影帶。各影像均應完成必要之幾何校正。

3.潮汐資料蒐集：

蒐集前述衛星影像攝像時間之逐時潮汐資料，資料必須包含攝像時間前後各 24 小時。

4.地面控制點獲取：

影像範圍內糾正所需地面控制點，每 100 平方公里至少使用 10 個以上控制點，且點位必須於影像範圍內均勻分佈，每個點位之精度要求至少 20 公分以內，坐標系統採用 GRS67 二度分帶投影象統，獲取方法可採用下列之規範：

(1)GPS 衛星定位測量：

可採用靜態測量或快速靜態測量動態測量或即時動態測量(RTK)方式，點位之精度要求為不得大於 20 公分，且各點位之誤差橢圓亦不得大於 20 公分，高程精度不得低於 20 公分。

(2)大比例尺地圖測

由 1/1,000 以上比例尺地圖數化量測，精度不得低於 25 公分。影像正射糾正：

5.影像正射糾正：

各原始購置影像，利用地面控制點，配合數值地形模型(DTM) 進行影像之數值正射糾正，糾正後影像檢核之精度(標準誤差)應在 1.5 個像元以內。

6.影像錶段：

糾正影像鑲嵌，將每幅影像資料作成連續性圖像資料並消除相鄰影像之色差。

7.向量資料粹取：

港灣設施及岸線之向量資料粹取，描繪之向量資料以 AutoCAD DXF 或 GIS 圖檔儲存。資料應包括岸線、重要設施、主要道路、重要建物、河川、鐵路、重要路名及燈標等。

8.潮灘地質屬性資料之調查。

9.彩色圖像輸出：

製作像片品質之彩色圖像三幅，圖像中應包括圖名、GRS67 方格線坐標及圖例說明等內容，圖幅寬度採 A0 大小為原則，長度則依比例調整或切割(2 米長度為原則)。

10.動態立體(3D)圖像之虛擬實境模擬

以基隆港之彩色影像配合 DTM 資料，使用虛擬實境(Virtual Reality)之技術進行三維動態立體地形之視覺模擬，開發工具可採用 VEGA 或 WTK(World Up Toolkit)虛擬實境軟體工具進行，高密度 DTM 資料則以航照影像作自動化產生。

11.圖像管理及查詢之地理資訊系統之精進與持續圖像建置：

將本年度執行之成果建置並結合於上一年度開發完成之應用系統，資料包括：

- (1)數值影像原始與幾何糾正後資料。
- (2)主要設施及岸線向量資料。

- (3)潮汐資料。
- (4)控制點資料及糾正計算精度資料。
- (5)潮灘地質屬性資料。
- (6)查詢功能。
- (7)動態立體圖像。

1.3 年度進度：

本計畫分五年持續進行，本年度為第二年計畫，預計年度進度分述如下：

第一年：本年度主要以研究衛星影像處理技術，包括影像幾何糾正、影像鑲嵌、GPS 校正、地理資訊系統(圖像管理及查詢)之建立。

第二年：建立影像基本資料，除第一年八大港口影像外，本年度係由安平港以北至台中港等區域影像基本圖配合地理資訊系統建立，並開發 3D 動態圖像之虛擬實境模擬。

第三年 第五年：圖像繼續完成全島包括離島的影像基本圖外，並增加其附屬效益，如 3D 虛擬實境之導覽、3D 助導航系統建立、影像電子海圖建立、操船模擬訓練系統建立、近岸海域防救災系統之建立等。

第二章 遙測技術之發展與高解像度影像

遙測，廣義言之，是對某物體不作直接接觸而搜集所需之資料。飛機、人造衛星均是遙測觀察的載台。遙測之名詞，嚴格而言，只限於以電磁能量之方法來探測和度量目標之性質。所謂電磁能量則包括光、熱、及無線電波。遙測之此項定義，不包括電測、磁測、及重力測量，此等測量係度量力場，而非電磁輻射測量。磁測與電測，通常係在飛機上所進行，但是此種測量認係空中地球物理測量，而非遙測。

空中照相，是遙測最原始之型式，對地形圖之製作，工程與環境研究，油礦與其他礦藏之開發，已廣為應用。此等成功之應用，只是應用電磁波譜之可見部份，建議應用其他波長部份以得更有價值之資料。在 1960 年代，由於技術之發展，使能在其他波長，包括熱紅外線與微波，而得到影像。此項發展，以及 1960 年代有人和無人地球衛星之發展，而提供一個軌道優越點，以取得地球之影像。

2.1 基本原理

遙感探測攝取影像的原理是基於發覺與記錄地面物體反射及放射的電磁輻射能量。影像上形成的圖像是受著物體與輻射能量交互作用的控制。這些作用涉及電磁光波在空間的反射、放射及穿透等行為。現代遙測器作業的性能可擴及電磁光譜的不同部份。一般使用底片的攝影僅能涵蓋電磁光譜中的可見光以及緊鄰的紫外光和紅外光（0.3 至 1.2 微米）。熱紅外光掃描器作業的光譜範圍包括 1.0 至 20 微米的輻射電磁波能。雷達作業的光譜範圍則多在毫米至數米的波長部份。

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。

遙測中常用之電磁光譜可歸納如下：

1. 紫外線 (Ultra-Violet) : $0.3\ \mu\text{m} \sim 0.4\ \mu\text{m}$

2. 可見光 (Visible)

藍(Blue) : $0.4\ \mu\text{m} \sim 0.5\ \mu\text{m}$

綠(Green) : $0.5\ \mu\text{m} \sim 0.6\ \mu\text{m}$

紅(Red) : $0.6\ \mu\text{m} \sim 0.7\ \mu\text{m}$

3. 紅外線 (Infrared)

反射紅外線 (Reflective IR)

近紅外線 (Near IR) : $0.7\ \mu\text{m} \sim 2.0\ \mu\text{m}$

中紅外線 (Mid IR) : $1.5\ \mu\text{m} \sim 3.0\ \mu\text{m}$

放射紅外線 (Emitted IR)

熱紅外線 (Thermal IR) : $3\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$;

$8\ \mu\text{m} \sim 14\ \mu\text{m}$

4. 微波 (Microwave) - 雷達波 (Radar)

X 波段 (X Band) : 3 cm

C 波段 (C Band) : 6 cm

L 波段 (L Band) : 24 cm

2.2 衛星影像之發展

遙感探測技術能由空中像片判釋延伸到目前的發展，多依賴掃描攝像的科技，使攝像由可見光的照像技術擴大到包括可見光、紅外熱線及微波的掃描攝像。此等感測器(Sensor)可利用太空船為載台，亦可利用飛機為載台，進行資料搜集攝成影像。

世界上第一枚地球資源技術衛星，由美國於 1972 年發射成功，命名為陸地衛星一號以來，太空遙測及其可行性逐漸為科技人員所認識，引起研究熱潮，促進迅速的發展與應用。其後繼續發射的 LANDSAT-2、LANDSAT-3、LANDSAT-4/5 以及 NOAA、GMS(Geostationary Meteorological Satellite)、SEASAT、SPOT、RADARSAT ..。至於，由太空觀測地球及其周圍的大氣，對海洋、農業、林業、土地利用、地下資源、水體資源、氣象、防災以及環境等資源調查與監視，肩負起重要的任務。

至目前為止，地球資源技術衛星依其解析度之高低可區分為：

(1)第一代衛星：(光學攝像，1972~1978)：

美國 LANDSAT-1,2,3 (1972/7，1975/1，1978/3)

RBV 電視攝影機；MSS 多光譜掃描器，四個波段，解析度 79m

(2)第二代衛星：(光學攝像，1982~1984)：

美國 LANDSAT-4,5,6,7 (1982/7，1984/3，1993/10，1999/4)

MSS(79m)；TM/ETM 主題製圖器，七個波段，解析度 30/15m；6
號發射失敗

(3)第三代衛星：(光學攝像，1986~2000)：

法國 SPOT-1,2,3,4 (1986/2，1990/1，1993/10，1998/03)

HRV-1,2 線性陣列感測器，傾斜攝像，解析度 XS 20m(三個波段)，
PAN(全色片) 10m；

印度 IRS；解析度 5m

(4)第四代衛星：(雷達攝像，1991~2000)：

歐州 ERS-1,2(1991,1994)，日本 JERS-1(1992)，加拿大
RADARSAT(1995/12)

雷達感測器，解析度 9~28m，雷達干涉量測(InSAR)

(5)第五代衛星：(光學攝像，1997~2005)：

高解析度影像(1~3m) - EROS A,B，Earlybird，Quickbird，
IKONOS-2，ObrView

超光譜影像(224~384波段) - Lewis，EO-1，HRST，ARIES，ObrView
適用於海岸調查分析之遙測影像資料包括航空照片及資源衛星數位影像。空照像片之方式由於解析度高、機動性強之特性，的確提供了調查之方便性與實用性，惟照相作業之繁瑣及成本之高昂則是不爭之缺點。衛星遙測多年來由於受限於影像解析度之不足，至目前為止，使用最為普遍應屬法國所發射之SPOT系列衛星影像，其解析度亦僅有十公尺，因此一直未能在細部調查上辦演實用之角色，但是，這一年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，美國已於1999年9月24日首先成功發射IKONOS-2衛星，其攝像解析度高達0.82公尺，使得衛星影像之實用性大幅提升，顯然在未來將在調查工作上辦演極為重要的工具。

2.3 遙測衛星之發展

1999 年 9 月 24 日，在美國丹佛市范登堡空軍基地（Vandenberg Air Force Base），太空圖像公司（Space Imaging, Inc.）首次成功發射了全球第一顆高解析度商業衛星 IKONOS-2，並於同年 10 月 12 日公布第一張由太空攝得的照片，其最高 0.82 公尺之解析度可媲美美國軍方間諜衛星的水準。由此，解決了以往遙測影像低解析度之問題，加上明年初即將陸續發射之若干具有 1m 解析度之衛星，如 QuickBird，EarthWatch 等，已可肯定高解析度遙測時代已然來臨。依其所公佈之模擬測試資料顯示，IKONOS-2 衛星在無地面控制點，僅利用載具方位參數的情況下，可獲得平面 12 m 高程 10 m 之定位精度，若使用地面控制點資料則有平面 2 m 高程 3 m 以上之定位精度，可製作約 1/5000 比例尺之地圖，由此看來，IKONOS 衛星影像在製圖之應用潛力上，較之目前最常用之 SPOT 衛星影像已獲得具體的提升。而衛星遙測技術應用之最大之特點在於能在短時間週期內快速且重覆的獲取所需之影像資料，較之航空攝影方式其成本則可大幅度的降低，這在諸多的大範圍的應用上將成為一個重要且即時之工具。表 2-1 為現有的遙測製圖衛星，表 2-2 則為計畫中的高解析光學遙測衛星系統。

表 2-1 現有的遙測製圖衛星

系統	國家或組織	發射時間	掃描寬度	解析度	立體模式
SPOT1-4	SpotImage	1986/90/98	60	10 (Pan)	異軌
IRS 1C/D	ISRO	1995/1997	70	5.8(Pan)	異軌
KFA-1000	RKK	Resours-F1	66~105	5.0	單像 / 立體
KVR-1000	RKK	太空站	22	5.0	單像/立體
KVR-3000	RKK	太空站	5	0.5	單像/立體
MOMS02-P	DLK	1996	37	6.0	同軌
ADEOS	NASDA	1997	80	8(Pan)	異軌
IKONOS/2	Space Image	1999	11.3	0.82	同軌

表 2-2 計畫中的光學遙測衛星系統

系統	公司	發射時間	掃描寬度	解析度	立體模式
Quickbird	EarthWatch	2001	22	0.61	同軌
Orbview 3	Orbimage	2001	8	1.0	同軌
Orbview 4	Orbimage	2001	8	0.82	同軌
Eros B	West Indian Space	2001	13.5	1.3	同軌
Spot 5	Spotimage	2001	60	5	同軌

2.4 IKONOS 衛星影像簡介

IKONOS 一詞導源於希臘文字之“image”，其發音為“Eye-KOH-nos”，係 Space Imaging 公司為滿足高解析度及高精確度之空間資訊需求所研發設計。IKONOS-1 於 1999 年 4 月 27 日由雅典娜二型火箭自范登堡空軍基地發射，但未能成功地將所衛星置入軌道而宣告失敗。同年 9 月 24 日，IKONOS-2 發射成功，緊接著於 10 月 12 日成功接收第一張影像，其掃描方式與 SPOT 同樣為推掃式(Push-broom)，但最大特點為採用三線式掃描(Three-line Scanner)技術，此技術同時也是未來遙測成像方式之新主流。

2.4.1 三線式立體影像之成像原理

如圖 2-1，IKONOS 衛星應用了與 SPOT 衛星類似之推掃式(Push-broom)成像系統。SPOT 為利用一排 CCD 線性陣列感測器(Linear Array Sensor)，沿著航帶方向推掃成像。而 IKONOS 衛星採用三線式立體成像系統，擁有 3 排 CCD 陣列感測器(fore-, nadir- and aft-looking)，分別可向前(fore)、向下(nadir)及向後(aft)掃描成像。當衛星在軌道上行進時，如圖 2，前視(fore-looking)、底視(nadir-looking)及後視(aft-looking)之掃描器分別對地面掃描成像，由此類似航帶攝影之方式，可獲得前後重疊之影像以組成立體模型，以提供後續之應用。依此組成之立體對可以有三種組合，而其基線/航高比(Base/Height Ratio)可達 1.0 至 2.0，理論上，此成像特性對高度資訊獲取之精度大有助益。與 SPOT 衛星最大不同的是，IKONOS 衛星由類似航空攝影之前後重疊方式組成立體模型，而 SPOT 則以不同時間及不同軌道以傾斜攝影來獲得類似左右重疊之立體對影像，當時間間隔長時，因地物及大氣狀況之改變，造成兩幅圖像灰度差異大或雲層覆蓋等現象，從而增加後續資料處理之困難度，IKONOS 影像則無此顧慮。

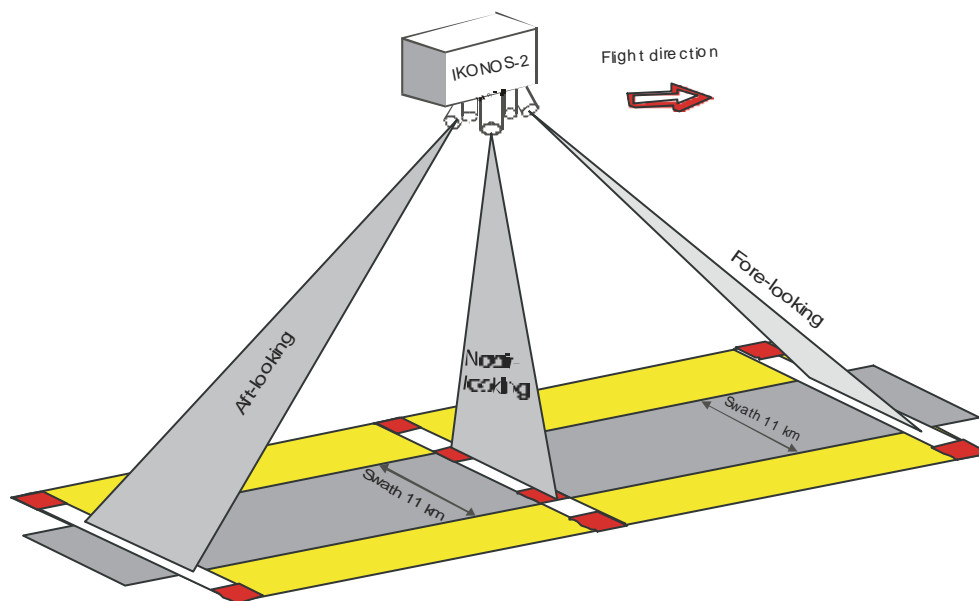


圖 2-1 三線式掃瞄器立體成像原理

2.4.2 IKONOS 衛星影像之成像性質

1. 軌道幾何

IKONOS 衛星為一太陽同步(Sun-Synchronous)衛星，通過赤道時間為當地上午 10 時 30 分，衛星軌道與赤道之傾角為 98.1 度，平均飛行高度約為 681 km，飛行速度每秒 6.79 km，每 98.3 分鐘繞地球一圈。

2. 空間解析力(Spatial Resolution)：

IKONOS 可同時收集全色態(Panchromatic)及多光譜態(Multispectral)之波段，其中全色態由 13816 個電荷耦合裝置(Charge Couple Device, CCD)以線性陣列(Linear Array)排成，每個 CCD 大小為 $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ ；多光譜態由 3454 個 CCD 分四組排成，每個 CCD 大小為 $48\text{mm} \times 48\text{mm}$ ，全色態及多光譜感應器的視野角(Field of View)皆為 0.931 度，瞬間視角(IFOV)則各為 1.2 及 4.8 μradian 。衛星平均飛行高度約為 681 km，焦距為 10 m，故當衛星在目標正上方時，地面解析力可達 0.82 m，多光譜態可達

3.27 m，此時掃瞄寬度約為 11 km，當感應器傾斜至約 26 度時，地面解析力降為 1m，此時掃瞄寬度約為 13 km。

3.時間解析力(Time Resolution)

因軌道設計關係，IKONOS 衛星可根據不同使用者的要求而拍攝不同時間解析力的影像。以緯度 40 度時為例，每 2.9 天可重覆通過同一個地區之正上方，並攝得 1 m 解析度之影像，但衛星上之感測器也可分別向左右旋轉，故最快只要 1.5 天即可重覆攝像，但解析度僅有 1.5 m，當緯度越高時，衛星重覆觀測的頻率將越高，反之，越接近赤道則越低。

4.輻射解析力(Radiometric Resolution)

IKONOS 衛星可感測之波段如下：

全色態(Panchromatic)：0.45-0.90 **nm**

多光譜態(Multispectral)：

0.45-0.52 **nm** (Blue)

0.52-0.60 **nm** (Green)

0.63-0.69 **nm** (Red)

0.76-0.90 **nm** (Near IR)

(多光譜態與 Landsat 4&5 TM 波段相同)

2.4.3 IKONOS 與 SPOT 衛星影像之比較

表 2-3. IKONOS 衛星與國內常用的 SPOT 衛星在成像特性方面的比較

	IKONOS	SPOT
焦距/m	10	1.082
衛星高度/km	681	832
成像方式	推掃式(push-broom)	推掃式(push-broom)

獲得立體對方式	同軌道或跨軌道 (IN & Cross Track)	跨軌道 (Cross Track)
線性陣列感測器(CCD)/line	3	1
每排 CCD 之像元數/pixel	XS : 3454 PAN : 13816	XS : 3000 PAN : 6000
感測器間最大夾角/deg	同軌道 : ? 跨軌道 : ?	跨軌道 : 54
每張影像掃描時間/sec	未公佈	9.012
掃描寬度/km	13	60
像元大小/ μm	XS : 48 PAN : 12	XS : 26 PAN : 13
空間解析力 1/m (Space Resolution)	XS : 4 PAN : 1	XS : 20 PAN : 10
時間解析力/day (Time Resolution)	1m:2.9 1.5m:1.5	2.5
輻射解析力/ μm (Radiometric Resolution)	PAN:0.45-0.90 XS: 0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90	PAN:0.51-0.73 XS: 0.51-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89
衛星軌道種類	太陽同步 (Sun-Synchronous)	太陽同步 (Sun-Synchronous)
衛星軌道與赤道交角	98.1 °	98.77 °
衛星通過赤道時間	10:30 a.m.	10:30 a.m.
衛星軌道參數	目前不提供	提供
衛星軌道週期/min	98	101.46
飛行速度 km/sec	6.79	6.67

1 根據之前所述，已知焦距 10 m、航高 681 km 及像元大小分別為 12 μm (PAN)、48 μm (XS)，依相似三角形原理可知最佳之空間解析力應可達到 0.82 m 及 3.27 m。

Space Image 公司公布目前可獲取之影像規格有下列幾種:

- 1.CARTERRA Geo Pan and Multispectral 11 bit
- 2.CARTERRA Reference Pan 11 bit
- 3.CARTERRA Precision Pan 11 bit
- 4.CARTERRA Precision Plus Pan 11 bit, only as a non-standard quote with customer supplied

不論 Pan 或 Multispectral 的影像，甚至 Pan Sharpened(融合 1m)的影像產品皆是以 11-bit 來儲存，因此每個像元有 2048 階灰度值，相較於傳統以 8-bit 儲存之衛星影像，只有 256 階的變化，IKONOS 影像提供使用者更豐富的色彩資訊，對影像增顯及陰影區細節辨別甚有幫助。使用者可選擇以 GeoTIFF 或 NITF 2.0 的格式儲存檔案，投影方式有多種，包括台灣適用的 UTM。大地基準及參考橢球體則有 WGS84、GRS1980 等等。

1.CARTERRA Geo

Space Imaging 於 2000 年 1 月 3 日公開發表，以軌道參數及投影方法將影像糾正至橢球上，約有 50 公尺的誤差(CE 90)。為了提高時間解析力，在 elevation angle<50 度內皆可接受，但也因此使高差移位更明顯。此類影像為目前所能得到最原始的影像，八大港口影像即是。

2.CARTERRA Reference

同樣以軌道參數及投影方法將影像糾正至橢球上，但加上 DEM 資料，因此可使誤差縮小至 25 公尺(CE 90)，在 elevation angle<50 度內皆可接受。

3.CARTERRA Precision and CARTERRA Precision Plus

利用 DTM 資料、控制點資料及軌道參數來糾正影像，即一般所謂之正射影像，平面精度最高可達到 2 公尺(CE 90)，而高程可達到 3 公尺(CE 90)，但需政府製圖單位才能購得。

本研究獲取的影像是屬於 Geo-Product 等級的影像，已經過標準幾何改正(Standard Geometrically Corrected)，也就是利用軌道參數(Ephemeris Data) 及投影方法將原始影像糾正至 WGS84 橢球面上，以 WGS84 之 UTM 的平面座標表示，誤差範圍約在 50 公尺以內(CE 90)。因此要精確套合到台灣慣用的 TWD67 TM2 座標系，必須先進行座標轉換。

2.5 QuickBird 高解像度影像簡介

QuickBird 高解像度對地觀測衛星係由美國 Earth Watch 公司所研發設計。QuickBird-1 於 2000 年中發射失敗。於 2001 年 10 月 18 日，QuickBird-2 正式宣佈發射成功，其掃描方式與 IKONOS 衛星同樣為三線式掃描之推掃 (Push-broom)方式，惟其高達 0.61 米之地面解像度，更將對地觀測之遙測技術推向另一個之境界，目前影像正進行測試中，預計從 2001 年正式提供商業市場使用。圖 2-2 為 QuickBird 衛星之 0.61 米解像度影像例。



圖 2-2 QuickBird 衛星之 0.61 米解像度影像例

第三章 遙測技術於水體探測之應用

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 3-1)，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 $0.48\ \mu$ 的電磁波探測大洋水體最有利，而 $0.53\ \mu$ 則探測沿岸水體最有利。

表 3.1 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

3.1 水體資源遙測

水體資源遙測是以動態遙測為主，結合定量分析，以及遙測、遙控的綜合應用為特點的。歷史動態遙測必須使用多時段的重複圖像，而即時動態遙測必須對遙測資訊進行即時處理，要求遙測圖像地面分辨率更高，即時處理的時段更短。

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

徵在遙測圖像上是易於識別的。對水文物理現象的描述也可利用遙測圖像，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圖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圖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、枯水期的圖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圖像上的湖水面積，從曲線上查出湖水位。若從短波長(如藍色與綠色波段)圖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，可利用紅外波段圖像描出水系網路，由可見光圖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，所以利用遙測圖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。

水域面積和流域形狀測量的精度與遙測圖像的地面分辨率有關。地面分辨率低，則精度差；地面分辨率高，則精度亦高。

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、綠波段圖像上的平靜、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圖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，依不同波段圖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，主要是依賴它在遙測圖像上所遺留下來的“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，仍有不少特徵通過地表水份條件、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。徵遙測圖像上，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。人們通過尋找這些圖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，在遙測圖像上圖斑清晰，資訊豐富，較易辨別。正因為遙測圖像上詳細地記錄了水域的分佈形態，而且方位準確，形象逼真，所以有利於水域演變的定位定量研究，可以起到在宏觀上“再現”演變模式的作用，因此為水域的動態研究提供了新手段和新途徑。

水域之即時變遷係指短週期之改變，此項改變多因天氣之變化而影響，如洪水、土石流及地震外力因素造成之改變，這種變遷通常可透過即時監測手段來了解變化之進程與影響，在防災與救災上提供相關之重要資訊。

3.2 洪水災害遙測監測

1. 洪水光譜特性分析

水的電磁光譜曲線的最明顯特徵是在 $1.00\sim1.06\mu$ 處有一個強烈的吸收峰，在 0.80μ 和 0.90μ 處有兩個較弱的吸收峰，在 $0.54\sim0.70\mu$ 段反射率最高，並隨著波長的增加光譜反射率呈下降之趨勢。只在 1.08μ 處略有上升。這種光譜特徵是任何水體所共有的，只是由於它們的狀態不一樣，總體反射率有較大的差別而已。在自然環境（即使水深很淺時）中，水體在近紅外和中紅外波段內幾乎能吸收全部的入射能量，因此其反射率很小。所以利用水在整個反射紅外波段相對於植物或土壤來說所具有的低反射特性，很容易把水體識別出來，包括水體邊界線的圈定和面積計算。

洪水性狀及其光譜反映在不同條件下有較大的差異，最重要的影響因素是含沙量。隨著河水中含沙量的增加，其反射率呈整體上升趨勢，而光譜曲線的形狀並無大的變化。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，水體在遙測圖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。在遙測圖像上，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，利用多波段遙測圖像合成方法。可以得到更具有解譯能力的合成圖像。例如在標準假彩色圖像上，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。而且衛星圖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。

2.不同遙測資料對水體的敏感度

對於洪水監測而言，高時相分辨率的 NOAA 資訊。雖然地面解像力較差但具有晝夜獲取資訊的能力。能夠記錄洪水發生、發展的過程，是洪水動態監測的理想資料。TM 圖像或 SPOT 圖像具有多波段多時相的特性，分辨率適中，可有效地獲取地面覆蓋與洪水資訊，是洪水淹沒損失估算、模擬分析、洪水線迴歸分析的有效資料。機載側視雷達可全天候獲取洪水動態資訊，是洪峰追蹤、即時監測的最佳資訊。航空像片幾何性能好，分辨率高，可提供最詳盡的地面資訊。同時，TM 和 SPOT, IKONOS 圖像幾何與光譜特性均佳，可提供僅次於航空像片的地面資訊。而其多時相、多光譜、低費用，又具有航空像片所沒有的特徵，在洪水監測中必然扮演極為重要的角色。如果對不同來源，遙測的和非遙測的資訊進行融合分析，使融合資訊具備各單一資訊之優點，則可以大大提高洪水監測精度。

氣象衛星是唯一的超短期衛星遙測資料，用於洪水監測是極有潛力的。暴雨洪水時，天空多為雲層覆蓋，遙測飛機監測有一定的困難，用光學攝像之陸地衛星監測也因周期過長，雲層覆蓋而不可能。但是應用氣象衛星加雷達網是完全可以監測的。然而另一方面，氣象衛星的空間分辨率很低，地面分辨率為 1 km，因而像元所反映的資訊具有較大的地類混合和鄰域效應，不能提供洪水災情的定量數據，僅能定性區分水體、高灘面、中灘面。TM 資料的觀測周期為 16 天，可得到某時刻的洪水資訊，儘管這樣的周期不足以反映洪水動態，但較氣象衛星而言，SPOT 圖像的地面分辨率較高，達 20m，一幅圖像覆蓋 60km × 60km 的範圍，可以獲得較大範圍的同步資訊，提供一定精度的洪水災情監測預報數據。如果能對 SPOT 和 NOAA 圖像進行資訊融合，以利用 SPOT 的空間分辨率和 NOAA 圖像的時間分辨率，則可以提高 NOAA 圖像作為動態資訊的使用價值。

國內外許多研究早已證明，近紅外波段的遙測資訊是確定水體的一種可信的和有效的技術。我們知道，水體的輻射主要來源於水 - 氣界面的反射，水體中懸浮物的反射和水底地面的反射。除此之外，從水面到衛星感

測器之間還有一定的天空散射辐射。但就其数量而言，远远弱于太阳的直接辐射，尤其在近红外波段和晴朗之日，更是如此。在考虑水体悬浮物和水底底面的反射时，还必须考虑水体本身的吸收，在近红外波段，穿过水-气界面的太阳辐射大部分被水体所吸收，吸收的多少随波长和水深而定。

近红外波段的波长不同，对水体的反映效果也不同。如大气窗口为 $2.0\sim 2.6\mu$ 的波段，由于太阳辐射量的减少，并非最佳。值得考虑的是，大部分地物相对水体来说都是强漫射反射体，随着足够的太阳照度，将与黑色水面形成强烈反差。根据国外学者的测试，理想的识别水体的波长应在 $1.5\sim 1.8\mu$ 之间。在该波段，足够的太阳照度既能照亮背景物体，也能对被水生植物所封闭的水体增加许多识别条件。

3.洪水灾害遥测资讯融合分析

资讯融合是指同一区域内遥测资讯与遥测资讯之间或遥测资讯与非遥测资讯之目的匹配融合。它包括空间配准和内容融合两个方面，而在统一地理坐标系统下，构成一组新的空间资讯，一种新的合成图像。资讯融合的目的是突出有用的专题资讯，以改善目标识别的图像环境。

资讯融合的资讯来源可以是遥测的，也可以是其他手段获得的资讯。它们的融合并非几种资讯的简单相加，而往往可以得到原来几种单一资讯所不能提供的新资讯。因此，资讯融合方法具有广泛的实用意义，也是目前遥测应用的前沿。根据资讯来源的不同，可将资讯融合分为遥测资讯之间的融合和遥测资讯与非遥测资讯之间的融合两大类，其中遥测资讯之间的融合又包括多波段遥测资讯间的融合、多时相遥测资讯间的融合和多平台遥测资讯间的融合。

资讯融合的技术关键在于：(1)充分认识研究对象的地学规律；(2)充分了解每种融合数据的特点和适用性；(3)充分考虑到不同遥测数据

之間的光譜資訊之相關性引起的有用資訊增加以及雜訊誤差的增加,因此對多種遙測數據做出合理的選擇;(4)幾何配準,即解決遙測圖像的幾何畸變以及以幾何糾正為基礎的空間配準問題。只有對地學規律、影像特徵、成像幾何這三者有深刻的認識,並把它們有機地結合起來,資訊融合才可能達到更好的效果。

4.多波段遙測資訊的融合

波段間的融合是針對同一種感測器所獲得的多波段遙測資訊而言。它是圖像處理中最常用的方法。為了得到某一專題要素,利用物體在不同波段中反映的差異性來選擇最適合反映這種要素的波段進行融合,以突出這一要素,獲得最佳效果。例如為了突出高泥沙主河道洪水資訊,可選擇對水體反射最強的陸地衛星 MSS4 與 MSS5 波段進行融合。即用同時相的 MSS4 與 MSS5 波段圖像,根據它們的反射特徵。選擇同一地物在兩個波段上的公共區域,作為融合分類的樣區,輸入計算機,提取與該樣區特徵相近的像元作為該類別的資訊。同樣,可以用 LANDSAT/MSS4 個波段、LANDSAT/TM7 個波段、NOAA/AVHRR5 個波段、SPOT4 個波段等進行不同的融合分類。

在多波段融合中,波段的增加不僅造成數據量的增加,使計算複雜化,而且使波段資訊間的相關性增加,結果導致有用資訊和雜訊誤差的同步增加。所以並非波段選擇得越多越好,關鍵在於選擇最佳的波段合成方案。以 LANDSAT TM 影像為例,據研究,在 TM7 個光譜圖像中,一般以第 5 波段包含的地物資訊量豐富;3 個可見光波段(即第 1、2、3 波段)之間、兩個中紅外波段(即第 5、7 波段)之間相關性很高,表明這些波段的資訊中有相當大的"重複性"或"多餘性";第 4、6 波段則頗特殊,尤其是第 4 波段與各波段的相關性都很低,表明這個波段的資訊有很大的獨立性。目前投入使用的圖像數值處理系統與光學合成儀都採取三色合成原理,即在 3 個頻道上安置 3 個波段圖像,然後分別賦以紅、

綠、藍或其補色黃、洋紅、青，疊合在一起而得到彩色圖像。對於 TM 的 7 個波段，考慮到第 6 波段分辨率比其他幾個波段低 4 倍，且受大氣干擾嚴重，一般不參與合成。這樣，從 6 個波段中任選 3 個進行合成，可產生出 20 種合成方案。評價各種合成方案優劣有多種的方法。研究証明，由一個可見光波段，一個中紅外波段及第四波段合成的彩色圖像，一般具有最豐富的地物資訊，其中又常以 4、5、3 或 4、5、1 波段的合成為最佳。也可以運用數字技術，如利用最佳指數因子(Optimum Index Factor, OIF)這樣一個參數和通過主成份分析來選擇主要成分等途徑獲得最佳波段組合。除這些方法以外，散布模式分析和一階差分分析也被用於遙測資料的資訊量分析。OIF 值依賴於不同波段間的相關性和方差。單波段的方差用標準差來表示，波段間的相關性用相關係數表示。針對每一個波段組合，OIF 等於標準差總和除以相關係數絕對值之和。具有最大 OIF 值的三波段組合被選作彩色合成，因為它具有最大資訊量，具有很小的資訊重疊。

5. 多時相遙測資訊的融合

多時相資訊融合是洪水災害損失評估研究中的重要方法。基於地物光譜特徵的時間效應，進行多時相遙測資訊匹配融合，一般有兩個目標。一個目標是，考慮要識別的地面目標在不同時間的光譜與空間特徵的變化規律來選擇必要的遙測資訊，進行融合處理。提高識別能力和分類的精度；另一個目標是。利用不同時相的遙測資訊匹配融合，獲得地面目標 (災害與環境)變化的影像資訊，以進行動態分析。如研究森林、土地、草地資源的變化，氣候、水庫、湖泊、河流的演變規律，城市的擴展狀況等，都可獲得過較好效果。

遙測圖像多時相分析一般有兩種方法。一種方法是將不同時間獲得的圖像都集中到一起，將它們看作是多特徵的圖像，利用各種分析方法進行分析；另一種方法是首先對不同時間的遙測圖像單獨進行分類，然

後再將各個時間的遙測圖像分類結果進行比較，從中導出有意義的地物動態資訊。通常，如果要從光譜特性的動態情況來識別地物或是進行一些定量分析，可採用第一種多時間分析方法，將不同時間圖像集中起來，經過有目的的特徵處理來突出需要了解的資訊；如果要從不同時間的圖像上了解各類地物的動態變遷，這種情況下較多採用後一種多時相分析方法。

多時相資訊數據的融合一般要解決以下幾個問題，即比例尺統一、投影轉換、同名地物點配準、相同圖斑界線的製圖綜合等。

6. 多平台遙測資訊的融合

無論是衛星還是航空遙測，也無論是衛星遙測中的氣象衛星、陸地衛星、海洋衛星或太空梭等，由於它們位於不同的高度，攜帶著不同類型的感測器，因而所獲得的遙測資訊的時相分辨率、光譜分辨率和幾何分辨率都有較大差異，這些便決定了它們在洪災監測中的不同作用。

(1) 時相分辨率。

遙測資訊中，氣象衛星圖像每天可兩次獲得同一地區的觀測資料，有用資訊量極為豐富；LANDSAT 和 SPOT, IKONOS 衛星影像觀測周期分別為 26 天和 2~4 天，可以得到某時刻的洪水資訊，它們得到的平水期圖像，可為災情估算提供數據；雷達是一種主動遙測工具，如 ERS-1/2, RADARSAT 等雷達衛星，透過建立地面控制網，對圖像進行實時配準、圖像分類和資訊粹取，可具體實現對洪水的近即時監測。儘管這些資訊單獨觀測的頻率有限，但它們的融合資訊，則可大大縮短觀測周期，提高觀測頻率。

(2) 幾何分辨率。

LANDSAT TM 圖像的地面分辨率為 30m，一幅圖像覆蓋 185 km × 185 km 的範圍，可以獲得較大範圍的同步資訊，提供一定精度的洪

水災情估算資訊，如土地利用、作物長勢等；SPOT 衛星圖像的地面分辨率，單色波段為 20m，全色波段為 10m，而新一代高解像度衛星 IKONOS，單色波段為 3.2m，全色波段為 0.8m，可提供更精確的洪水界線、植被、建物和水系等資訊；至於側視雷達圖像的地面分辨率，RADARSAT 為 9m，能清晰地反映大堤、水渠、道路、決口和洪水；氣象衛星像底點分辨率為 1km，是分辨率最低的資訊，因而像元所反映的資訊具有較大的地類混合和臨域效應，不能提供洪水災情的定量數據，只能定性地區分水體、灘地。

(3)光譜分辨率。

LANDSAT TM 從可見光到熱紅外，具備了捕捉和突出洪水資訊的能力，可準確地反映洪水和植被資訊，能很好地區分水體；SPOT 與 IKONOS 衛星的 CCD 陣列感測器既有單色波段，又有全色波段，且波段範圍較窄，使得在資訊獲取中，更能突出某些要素；側視雷達的微波波段，是洪水動態監測和線性地物獲取的理想工具；氣象衛星的波段跨度大，是這種粗分辨率資訊監測洪水動態的基礎。值得注意的是，新一代衛星將進一步提供超過 200 個波段之超光譜影像，如即將於 2001 年後發射之 OrbView-4 衛星即擁有 200 個波段，將可提供豐富之多光譜影像資訊。

在洪水災害專題研究中，綜合考慮多種遙測平台所獲取資訊的特點，進行不同平台遙測資訊的融合處理將是有益的。通常空間分辨率差異較大的遙測資訊的融合，主要用於局部區域，在宏觀性研究的基礎上，選擇重點區域利用空間分辨率較高的遙測資訊的特點，進行融合處理，以進行細節性研究。多台遙測資訊融合的目標就是充分利用不同平台遙測資訊的優勢，快速準確地粹取資訊。為了能提高圖像的分辨率，可從高分辨率的波段上提取高頻資訊，然後將它疊加到低分辨率波段上的方法來重建圖像。例如透過 SPOT 全色和多光譜圖像的配準融合來增強圖像的清晰度。多平台遙測資訊的融合還包括陸地衛星 TM 圖像與航空側視雷達圖像的

融合、SPOT 與雷達圖像的融合，甚至於更高分辨率影像之融合等。研究結果證明融合圖像可以綜合各圖像的特性，得到更豐富的資訊。

7. 遙測資訊與非遙測資訊(地理資訊系統)之間的融合

隨著遙測資訊源的不斷增加，應用水準的提高，人們越來越感到由於遙測本身及其在應用中的局限性，要真正認識事物，並非遙測資料獨力所能完成。它需要其他學科的支持。只有遙測與非遙測資訊的融合，進行綜合分析，才能更好地發揮作用。遙測資訊與非遙測資訊的融合，包括遙測圖像與地理資訊系統的融合，數字地形模型 DTM 與遙測資料的融合，遙測與地球物理、地球化學資料的融合等，特別是遙測資訊與地理資訊系統的融合應用很廣，潛力很大。

8. 洪水災害遙測資訊和地理資訊系統的融合分析

過去多年來遙測技術被看作一門提供最終產品，用以製圖、統計和(或)報告的科學。然而今天，這些最終產品正被大量地以數字格式產生並用於地理資訊系統中。加速這一趨勢的幾個因素包括 1.地理資訊系統的軟硬體近來有很大發展；2.數值格式的高分辨率衛星資料，如 IKONOS，SPOT 高分辨率可見光資料和 LANDSAT TM 資料可以被有效利用；3.自動化資訊粹取技術的進步，特別是圖像匹配技術在數字地形模型 DTM 自動產生中的應用。圖像資料特別是 IKONOS 和 SPOT 資料很適合於一定比例尺基本圖的製作與修測，而這種比例尺在以前被認為不可能由遙測獲得。

另一方面，如果同地理資訊系統結合起來，遙測資料的潛能可以得到最充分的發揮。地理資訊系統是“設計用以接收大量由不同數據源包括感測器獲得的空間數據，並按用戶定義的規格對這些數據進行有效的存儲、檢索、操作、分析和顯示處理”。因而，如果地理資訊系統與遙測系統獲得的更新資料結合起來時，可以大大改善解譯自動化、變遷偵

測、圖形編輯和修改功能。地理資訊系統的一重要部分是具有對不同空間參考資料進行多層疊合的能力，使用戶可以透過圖形和分析來研究結構和目標之間的相互作用。

此外，地物是一個動態變化的實體。例如，河流在改道，森林在減少，道路與房屋建築在增加。如此，儲存於地理資訊系統中的資訊僅僅是現實世界的一種暫態，必須不斷地更改。衛星提供重復性和全球覆蓋資料，可為地理資訊系統提供監測動態變化的可能性。

為了準確地進行遙測與地理資訊系統融合，還必須克服幾個技術難題。這些問題中最直接表現的就是網格/向量。主要問題是在獲取和存儲資料時數據結構的不同。遙測系統幾乎統一用網格或"像元"格式。在這種格式下，所有資訊都以像元集的形式存儲，每個像元資訊都有特定的空間坐標。另一方面，地理資訊系統則使用典型的向量或"線"格式。這種格式是以線和多邊形集合來組織數據，每一個結構的資訊是圖像的一個特定區域。兩個系統都有其優越性，但都不理想。可將各種地理數據，按一定的數學模式和地面網格系統進行編碼，並將每一格網單元的編碼數據進行量化，使其與遙測數據兼容，完成地理數據的影像化，通過這種方式，將地理資訊加到遙測光譜資訊當中，在保留了反映地面宏觀自然狀況的地物光譜資訊的基礎上，加入了能較精確反映地面實況的地理資訊。

遙測與地理資訊系統融合可提供地表因子(DTM 資料)，地表逕流與淹水區範圍之改變與界定等分析，這對營建工地所造成之地貌改變、營建廢土及工程設施對環境影響之評估提供有利之分析工具。

3.3 遙測技術於海圖測繪應用

在海圖測繪中所需之資訊主要包括岸線、水深、底質、海流、障礙物及註記等，製圖之首要目的在於提供船艦等載具安全之航行。近年來各個海洋國家為實施特定經濟海域及宣示國家領土主權之界定，海圖本身所賦

予之意義將超越其原有保證航行安全之範疇，大部份的海洋國家均有重測海圖之議並積極實施中。在近岸之部份，更需施測大比例尺之海圖，以配合海岸工程、海岸管理維護及經營之應用。就海圖之使用目的而言，其最首要表達之資訊當屬水深資料，水深量測方法近年來亦有重大的進展，諸如 GPS 衛星定位儀的使用，及由過去單音束(Single Beam)至目前及多音束(Multi-Beam)測深儀的使用，均使海底地形之測量更為快速、可靠與精確，但其由於測量船隻於極近岸航行安全之顧慮，無法進行極近岸水深量測之工作則是其難以克服之問題。目前雖有最新的空載雷射掃瞄儀(Airborne Laser Scanner)提供更為便捷之近岸淺水之水深測量，近岸水質不佳可能限制了該技術之實用性，但其成本之高才是使技術難以普及使用之主因。

事實上，遙測影像在海圖之測繪上，可以提供若干實用之資訊，例如多光譜影像在水質良好之區域可提供極為經濟且快速之近岸水深值量測，高解析之全色影像及紅外影像之融合則可提供極為明確之岸線資訊，全色影像及可見光影像之融合則可提供豐富之近岸陸域地形資訊，同時使海圖與陸圖採用同一之基準而完成二種圖籍之接軌與整合。

1. 遙測影像之幾何校正

不論何種遙測影像均有其特定之成像幾何，而原始的影像由於透視成像、傾斜攝影及地形起伏之影響，均呈現不同程度之畸變，必須先實施幾何校正(正射糾正)才能作為地圖使用。幾何校正可視地形起伏之狀況而採用適當的方法為之，例如平坦地形可直接使用二維平面轉換，一般採用仿射轉換(Affine Transformation)即可獲得良好之結果；但若地形起伏較大之地區則必須以精密之校正方法為之，如數值攝影測量中之光束平差法(Bundle Adjustment Method)配合 DTM 資料，才有可能獲得精確之結果。

2. 遙測影像岸線特徵之自動提取

前曾述及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。利用該特性配合影像處理之相關技術，可進行自動化之岸線特徵提取。由於朝夕之影響及海岸帶地形之特性可能造成岸線位置之改變，同時海圖與陸圖因使用目的之差異對岸線有不同之定義，海圖為確保航行之安全故採用最低潮位線，而陸圖則採用平均潮位線，遙測影像在攝影時通常是無法配合特定之朝夕狀態。為進行岸線位置之修正，則必須有潮間帶(潮灘)之三維地形資料及相應之潮汐資料配合。欲獲得潮間帶之三維地形資料基本上有多種不同的方法，若有配合最低潮位時拍攝之遙測影像，可藉立體測圖之方法以獲取完整之潮間帶 DTM 資料；否則可藉多張多時相之遙測影像，配合潮汐數據來建立潮間帶 DTM 資料，當然不同潮時之影像資料愈多，所建立之資料將更為可靠與準確。

3. 遙測影像之水深值推估

利用遙測影像來推估淺水之水深值基本上是可行的。在水質相對清澈之區域，可採用可見光之多光譜影像，其基本理論是建構於不同波長之電磁波對清澈水體之穿透能力，經由影像灰度值之大小配合底質、海浪等相關資訊來反演水體之水深值。所使用方法可以分成二種主要的模式，其一為物理模式，另一則為統計模式，將另文論述。圖 2 為南灣海域利用 IKONOS 多光譜圖像提取水深之部份成果。

事實上，以目前臺灣地區沿海大部份海水均屬混濁，限制了使用多光譜影像及雷射測深等先進技術之使用，但是採用雷達影像卻是可能之方法，雖然雷達波穿透水體之深度不超過一厘米，因此，雷達對海底不可能直接成像，可是潮流流過海灘和海峽，所產生的表面應變率狀況卻與海底地形密切相關，海面風產生的表面短波與該應變率強烈的交互作用，這些表面波形粗糙度的差異，造成了雷達圖像上灰度的變化，這種

從波浪折射及波浪功率譜著手，以雷達圖像進行淺海水深測量經實驗是可行的。

3.4 海洋水深遙感測定

利用遙測影像來推估淺水之水深值基本上是可行的。在水質相對清澈之區域，可採用可見光之多光譜影像，其基本理論是建構於不同波長之電磁波對清澈水體之穿透能力，經由影像灰度值之大小配合底質、海浪等相關資訊來反演水體之水深值。所使用方法可以分成二種主要的模式，其一為物理模式，另一則為統計模式。

第四章 數值圖像之幾何糾正與處理

4.1 前言

遙測影像中各點間不同程度之幾何變形主要是在成像過程中，受到透視投影、攝影軸傾斜、大氣折光、地球曲率及地形起伏等因素的影響產生像點移位，致使像幅中各像點間之比例尺不一。因此，有必要實施幾何糾正處理，否則無法作為地圖使用。由於造成幾何變形之諸多因素中，透視投影、攝影軸傾斜屬攝影幾何誤差，可利用明確的方位參數描述，而大氣折光、地球曲率屬系統誤差，可利用數學模式作整體性的修正，唯有地形起伏因素不僅造成的像點移位最為主要而顯著，而且具有隨機性質，難以有效利用整體性的數學函數來處理。就製圖的觀點而言，幾何糾正後之像片，如同垂直攝影產生之像片，故稱之為正射化像片(Orthophoto)；而該幾何糾正稱之為正射化糾正(Ortho Rectification)，國內所使用之像片基本圖即屬此種。

數值影像之幾何校正方式可視地形之平坦度而選擇適當的糾正方法，例如對平坦地而言，可以採用簡易橡皮伸張法(Rubber Stretch)，在像幅內選擇適當的控制點及選擇映像函數(Mapping Function)，以全區方式或以方格，三角形分區方式進行糾正，又稱為區塊糾正法(Anchor Points Rectification Method)。雖然該法計算簡單，但未考慮各像點不規則之像點移位，不適合高差起伏之地形。另一種較為嚴密的糾正方式，需配合DTM資料對影像中每個像元依其相應之高程值，以逐點方式進行修正，故又稱為逐點糾正法(Pixel by Pixel Rectification Method)，是最為精確的糾正方法。

4.2 平坦地形之幾何校正

對平坦地形而言，影像之變形主要因為傾斜攝像所造成之線性變形，而無因地形起伏所產生之非線性高差移位，因此，校正之方式可採取平面轉換之關係即可。此方法一般又稱之為橡皮伸張法或區塊糾正法，是在像幅內選擇適當數量之控制點及選擇單一之映像函數，在求取轉換參數後，以全區方式或以方格，三角形分區方式進行糾正。

就本研究獲取的 Ikonos 衛星影像是屬於 Geo-Product 等級的影像，已經過標準幾何改正，也就是利用軌道參數及投影方法將原始影像糾正至 WGS84 橢球面上，並以 UTM 的平面投影座標表示。因港口地屬平坦，故進行與台灣慣用的 TWD67 TM2 座標系統套合，可直接採用平面坐標系之轉換即可。平面座標系之轉換，考慮到兩個座標系之間平移、旋轉及伸縮等因素，可採用線性一階多項式來描述，也就是仿射轉換(Affine Transformation)，轉換關係式如下：

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \quad 4-1$$

逆轉換

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{1}{a_1 b_2 - b_1 a_2} \begin{pmatrix} b_2 & -b_1 \\ -a_2 & a_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \quad 4-2$$

式中 x, y ：TWD67 之 TM2 控制點座標

u, v ：WGS84 之 UTM 控制點座標

$a_1 \sim c_2$ ：轉換參數

4.3 起伏地形之幾何校正

地形起伏因素僅造成的像點移位最為主要而顯著，而且具有隨機性質，難以有效利用整體性的數學函數來處理。必須考慮採取嚴密之正射糾正程序來處理。

由於遙測影像是屬於數值型式，基本上嚴密之正射化糾正為採用純數值方式，以計算程序來進行影像糾正。以航照影像為例，是以透視投影方式成像，影像上一個像元大小，相對應於地面上一塊正方形區域，該區域之高度則以影像之灰度值表之。因此，要完成幾何糾正，必需建立影像座標系與地面座標系間之點位對應關係，然後再根據此關係和影像之灰度值重新取樣，換言之，主要在確定像空間與物空間之轉換關係。該轉換關係主要有兩種型式：一為直接法(Direct Method)，即由影像座標系來直接求定其地面座標系之相應位置。直接法一般是利用光線追蹤法(Ray Tracing Method)，再重新取樣而得，該法適合於兩座標系間不存在有明確之正逆轉換關係時使用，而計算耗時為其最大缺點。另一種型式則為間接法(Indirect Method)，是先確定地面座標點後，再以逆轉換推求其相應之原影像座標，並重新取樣而得。計算省時為其最大優點，該法適合於兩座標系間存在有明確之正逆轉換關係時使用。

4.4 正射糾正程序

1. 影像座標系與像片座標系之轉換

兩座標系間之轉換關係是採用仿射轉換式來加以描述。

2. 像片座標系與物間座標系之轉換

利用嚴密共線條件來描述像間與物間座標系之對應關係，其關係式之建立並利用最小二乘法(Least Squares Method)求解，稱之為附加參數光束法平差模式。

3. 重新取樣處理

整體處理流程如圖 4-1 所示。

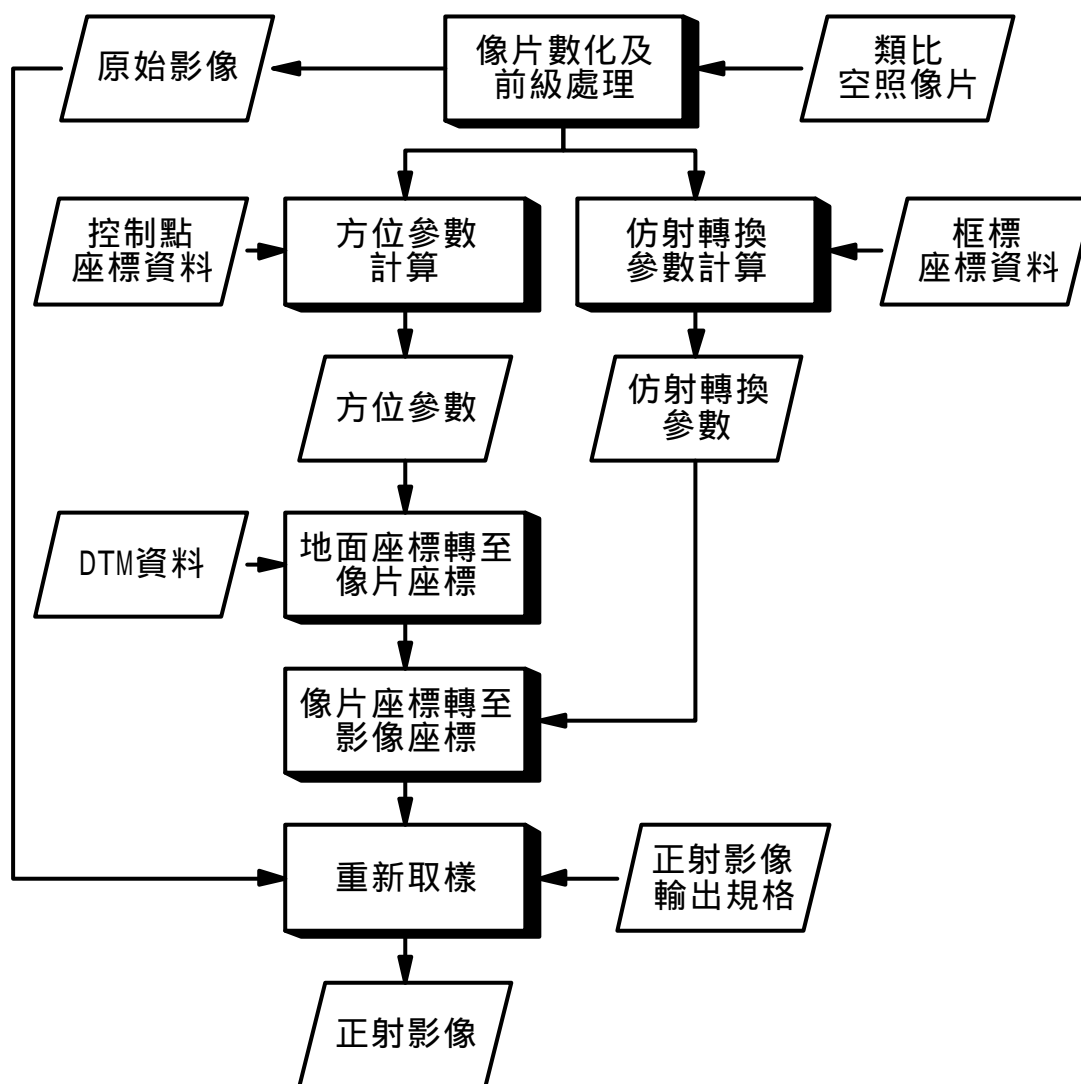


圖 4-1 正射化糾正流程

4.5 海岸影像之糾正

本年度購置海岸影像之範圍為由臺中大甲溪以南至臺南七股工業區以北，其中包括外傘頂州全部，由於影像為岸線長度達 150 公里以上之狹長區域，故予以分割為八段(區)分別處理後接合。圖 4-2 為第一段(大甲溪口至新崙海堤)之原始影像及選取糾正用控制點之位置。圖 4-3 至圖 4-12 為各段影像之糾正結果。

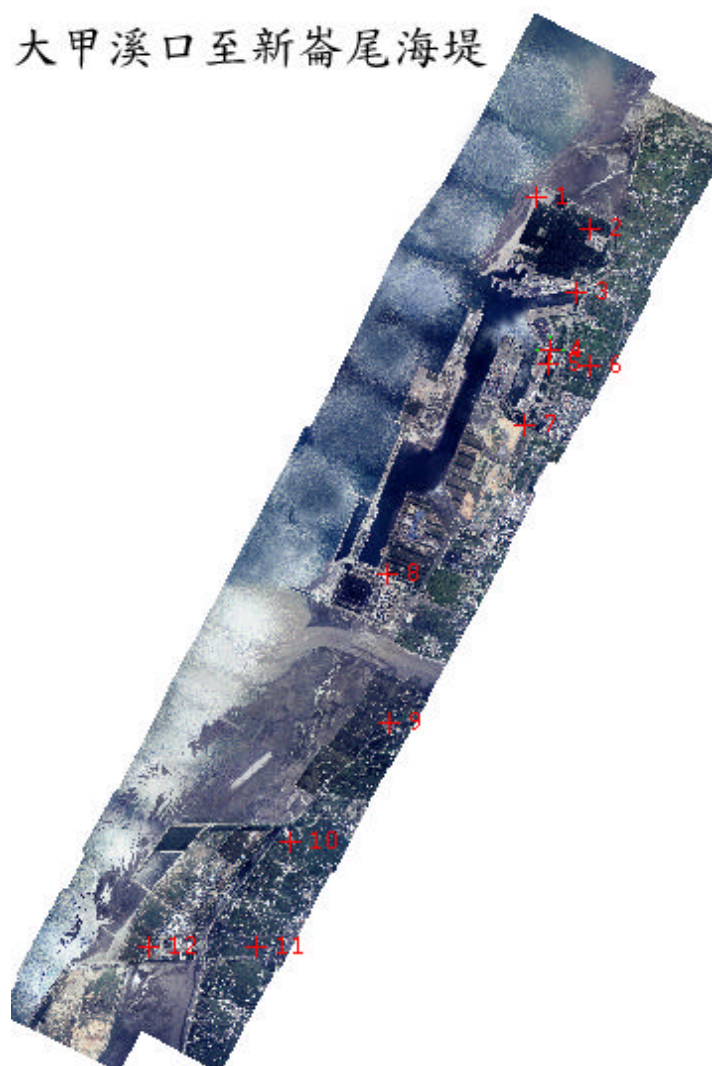


圖 4-2 大甲溪口至新崙海堤之原始影像及選取糾正用控制點之位置

大甲溪口至伸港 3 頁 00 N 0 的衛星影像圖

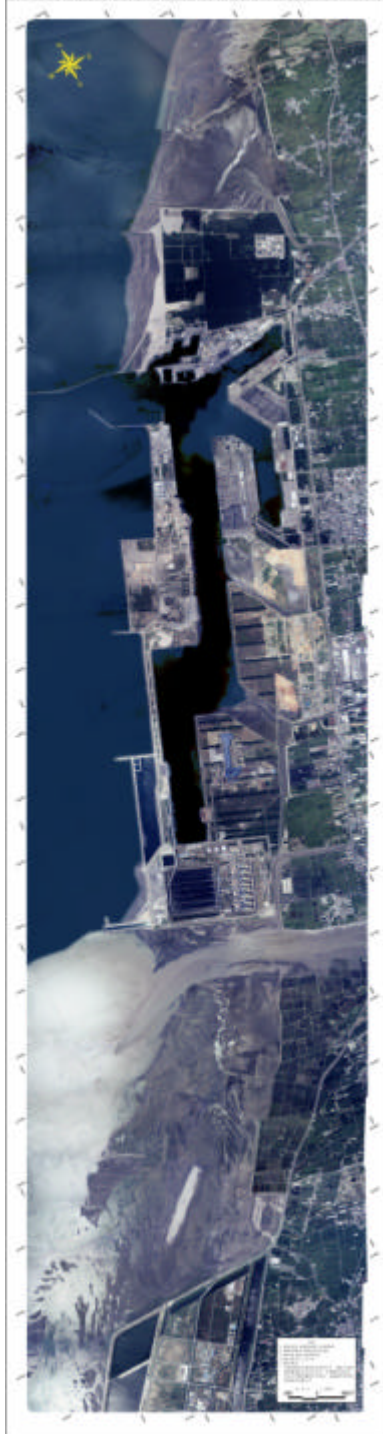


圖 4-3 大甲溪口至伸港

伸港至福興 3 頁 00 N 0 的衛星影像



圖 4-4 伸港至福興

福興至大城0.5km的衛星影像圖

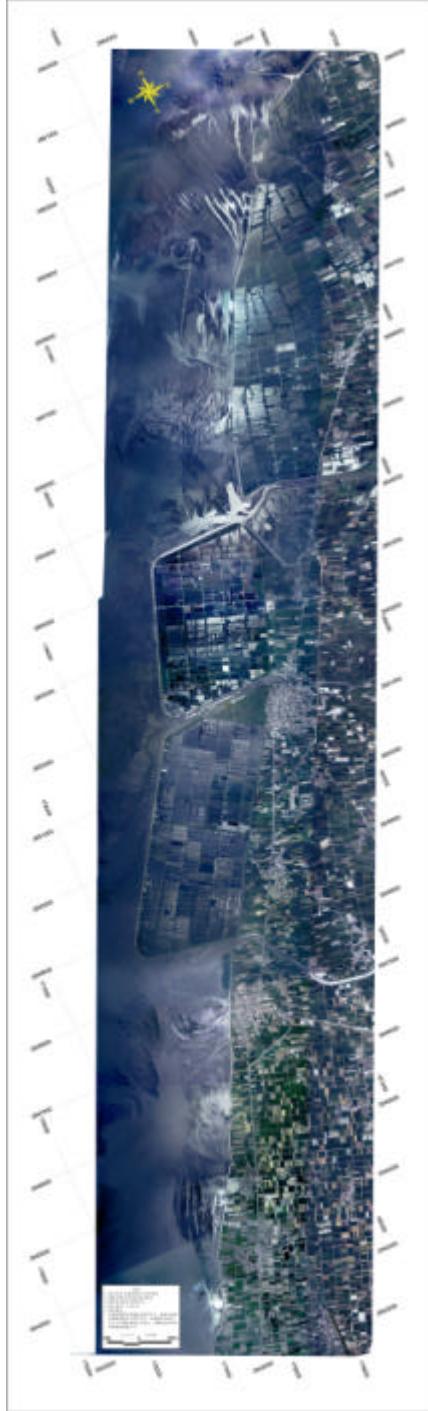


圖 4-5 福興至大城

大城至台西0.5km的衛星影像圖



圖 4-6 大城至臺西

台西至口湖3張0.5N的衛星影像圖

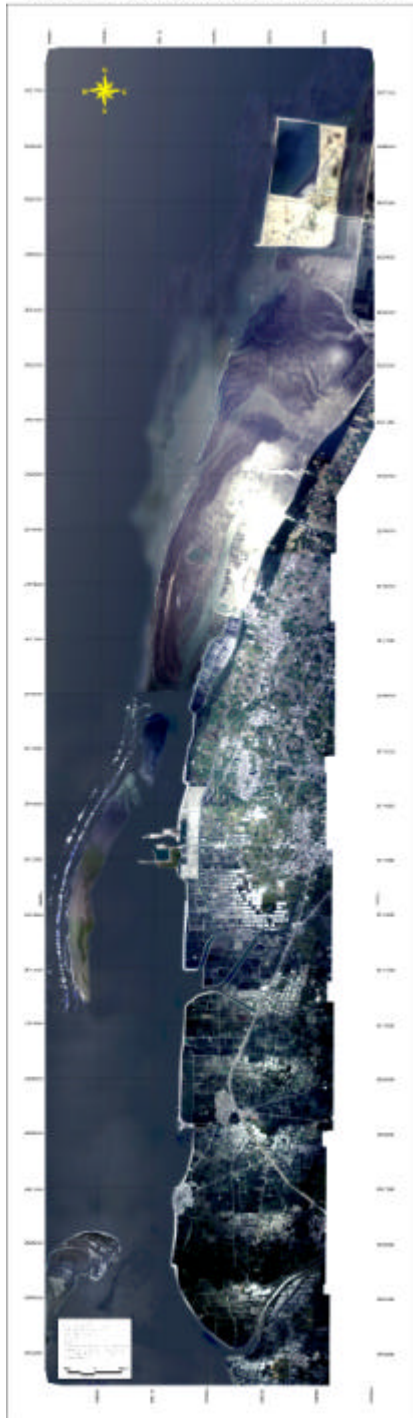


圖 4-7 臺西至口湖

口湖至北門3張0.5N的衛星影像圖

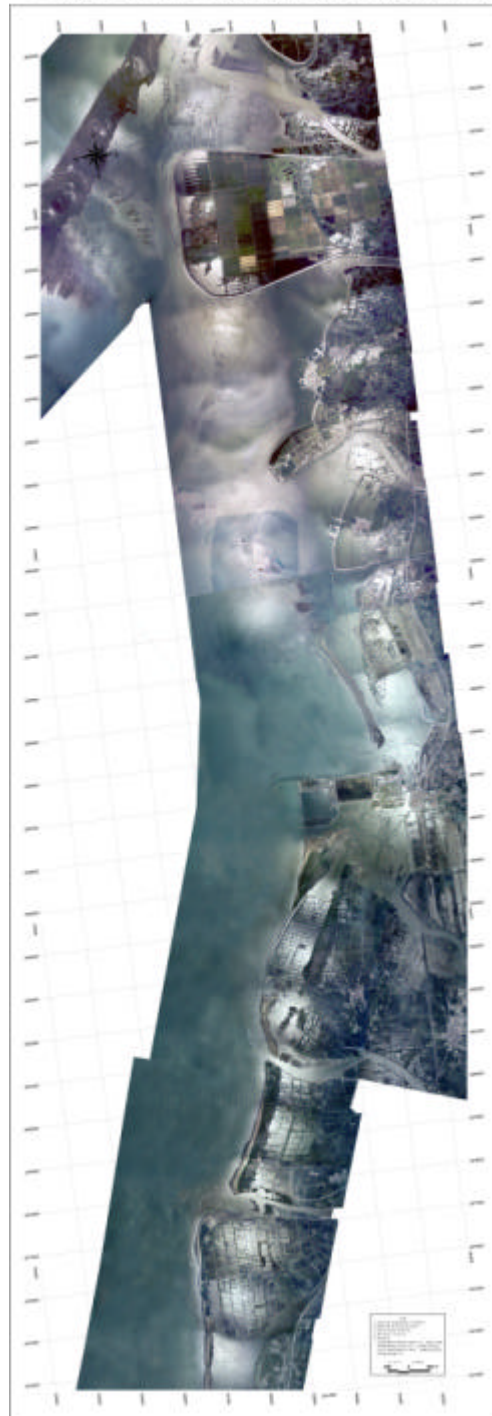


圖 4-8 水湖至北門

北門至七股濕地的衛星影像圖

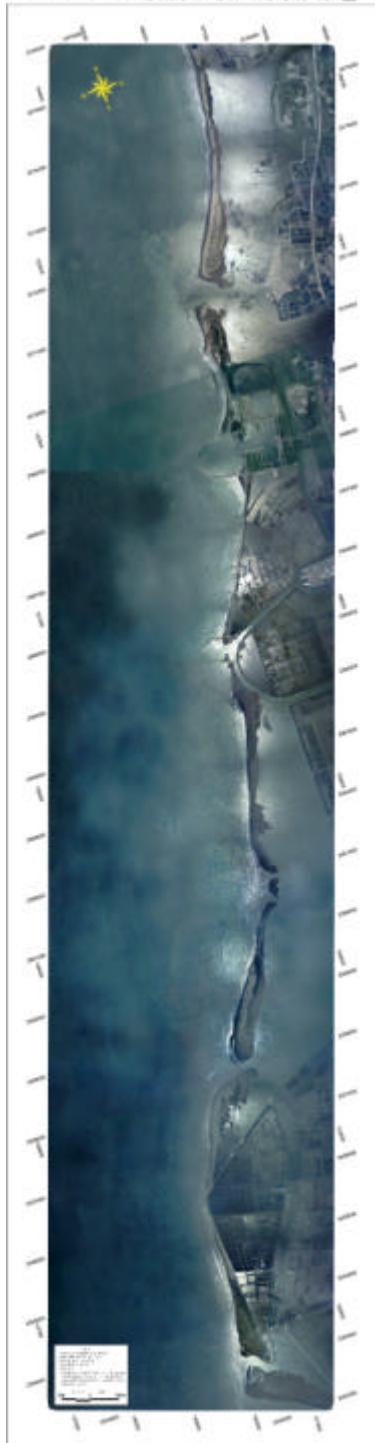


圖 4-9 北門至七股

外傘頂洲濕地的衛星影像圖



圖 4-10 外傘頂洲

4.6 圖像管理及查詢系統

圖像管理及查詢之地理資訊系統之精進與建置為結合於上一年度開發完成之應用系統，為採用地理資訊系統之軟體開發工具設計完成，無須 GIS 之平臺系統而可獨立於個人型電腦之 Windows 98 以上系統使用，所建置之資料及功能包括：

- (1) 數值影像原始與幾何糾正後資料。
- (2) 主要設施及岸線向量資料。
- (3) 潮汐資料。
- (4) 控制點資料及糾正計算精度資料。
- (5) 潮灘地質屬性資料。
- (6) 資料查詢功能。
- (7) 動態立體圖像。

圖 4-13 至圖 4-18 為系統之顯示及操作範例。



圖 4-13 海岸數位圖像管理系統主畫面

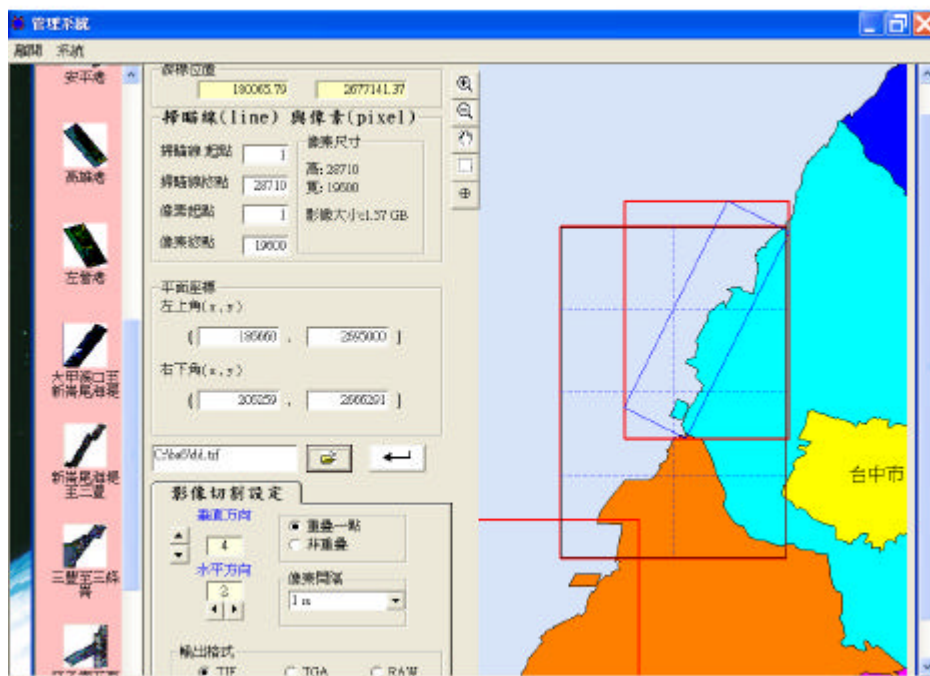


圖 4-14 圖像管理操作



圖 4-15 圖像顯示操作 (一)

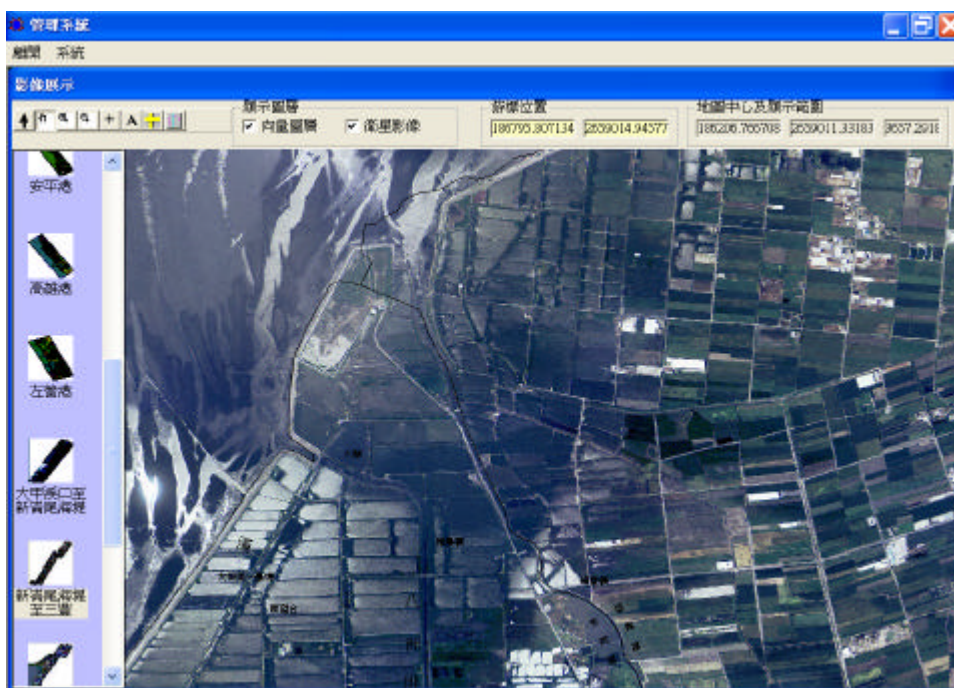


圖 4-16 圖像顯示操作(二)



圖 4-17 圖像量距應用操作



圖 4-18 圖像量面積應用操作

第五章 海岸帶地形虛擬實境技術應用

5.1 前言

近年來電腦繪圖，影像處理及多媒體技術在軟、硬上均呈現快速的發展，使得對於物空間三維景像之展現有了多元的顯示方式，這種利用數值地形模型(DTM)資料處理及顯示之虛擬實境景觀視覺模擬技術，使得對於展現三維地形曲面之方式有了重大的變革，大幅提升了人類在所處周遭環境之判釋與理解能力，也滿足了視覺上之真實感覺。事實上，該技術之使用除了陸域之地形模擬應用之外，當然也適合於海域及海底地形之模擬。

本研究主要目的在運用虛擬實境技術，結合數值高程模型(Digital Elevation Models, DEM)與遙測衛星影像，進行三維之虛擬地形模擬，以期善用高解析之遙測影像作更視覺化之地形地物之展現。因此首先介紹「數值地形模型」(Digital Terrain Models, DTM)的基本概念，及製作DTM時有關數值高程資料簡化與模型建置等方法，同時說明利用資料量龐大之遙測衛星影像與DEM結合時必須考量的影像切割、管理與影像貼圖技術等問題。

5.2 數值地形模型

所謂的「數值地形模型」(DTM)，是指以影像處理技術或其他方法所製作模擬真實地表高度的電腦模型，通常這個模型因為資料量非常龐大，都會加以適當的簡化，並且用影像貼圖技術(Texture)讓數值地形模型看起來比較具有真實感。數值地形模型所要表現的重點包括地形的起伏與地表景觀兩項因素，其中地形的起伏是以等間距的網格，將真實地表高程，以規則網格(Grid)方式儲存，這高程資料通稱為數值高程模型(DEM)。DEM可視為數值地形基礎模型，因為透過視覺投影的原理，配合電腦繪圖技術從不同的角度，就可以在平面的紙張或電腦螢幕上看到立體的影

像。地表景觀則通常以航照影像或衛星影像披覆(Drap)在這個高程模型所形成的立體影像上，即則可產生非常逼真的「數值地形模型」。

在個人電腦(Personal Computer)興起的十幾年前，就已開始研究如何以電腦繪圖技術來產生三維空間之圖像，近年來市面上已有許多商用軟體可以製作 3D 之立體影像，如 3D Studio Max、Bryce ..等，甚至可以後綴繪圖(Post Rendering)的方式，依據一條預先設定的路線、高度、觀測方向所得一系列靜態影像，製作成電腦動畫圖像。這種電腦動畫製作方式，為屬於預作之型態，基本上並沒有人機互動式操作的功能。欲進行人機互動式操作的應用則必須以虛擬實境(Virtual Reality, VR)或即時動態模擬(Real Time Simulation)之技術完成，而本研究主要為以虛擬實境之「數值地形模型」互動式功能為討論之重點。

一般受限於電腦硬體速度的限制，虛擬實境或即時動態模擬系統所使用的電腦模型都不能太大，但是陸域的 DEM 與遙測衛星影像之資料量相對的都非常龐大，因此如何製作這個作為電腦模擬中場景模型的「數值地形模型」，不論在軟體開發技術與硬體顯示的實務上都會面臨實質的困難與挑戰，市面上目前雖然已經有專業的「數值地形模型」製作軟體，如 MultiGen Pro 或 Terra Vista Pro 等軟體，但其售價皆在百萬元以上，並非一般使用者可以普及購買與使用。然而，為了在個人電腦上實現虛擬實境技術於地形模擬之應用，本研究將討論如何依據某些特定的檔案格式，自行開發製作這個場景模型，以作為日後支援使用專業軟體所需。這種場景模型其實只是一種特殊格式的檔案，如 Open Flight(.flt)與 Sense8 公司的中性檔案格式(NFF) ..等，其中 NFF 檔是一種標準文字格式檔案，易於解說與製作。本文將以此格式為討論之對象。

支援 NFF 格式的虛擬實境發展環境為美國 Sense 8 公司的 WTK(虛擬世界工具程式集；World ToolKit)與 World UP 軟體，這兩種軟體並非虛擬實境發展環境唯一的選擇，但是因為 WTK 是一套 C 語言函式庫，用它所發展的程式可在不同的平臺上執行，因此發展初期可用大家所熟悉的個人

電腦上來進行，必要的時候可移植到如 SGI 等大型高速主機上執行，目前幾乎大部份的軟體都具備此一特色，而且 WTK 能支援的虛擬實境周邊裝置非常多，且不需很高的配備也可以執行，唯一的缺點是所有的功能都必須自己寫，系統維護不易，如果不想花費太多的時間設計程式，則可以選擇另一種視窗軟體 WorldUP。

WorldUP 是美國 Sense 8 虛擬實境公司一般化的即時視覺模擬、虛擬實境及發展一般視覺應用程式的軟體發展環境，它不但提供快速且容易建構與編輯的多功能應用程式，而且還內建類似 Visual Basic(VB)容易使用且具高階發展功能程式的發展環境。包括從個人電腦到高階 SGI 工作站均是可執行 World Up 的電腦平台，使得系統轉移也具有相當的彈性，因此軟體後續維護即可變得更容易。

由於 World Up 包含了一個視覺化點選圖形介面，World Up 可為程式設計師與不喜歡撰寫程式者同時使用，在視覺化點選圖形介面發展環境中，使用者可以不寫任何一行程式碼，就能對要發展應用程式的功能作必要的修改，如視點、觀察者、特效、晨昏明暗調整、模型、資料庫等。事實上，World Up 功能強大到可在幾分鐘內完成一個即時模擬(Real-Time Simulation)的應用程式，使用應用程式預覽功能可以一邊修改參數後就立刻看到這些參數對一個模擬應用程式的改變。

World Up 同時也包含了完整的批次語言發展環境，以便讓進階設計者將 World Up 的軟體控制及彈性發揮到極致。它之所以獲得即時模擬應用程式軟體發展者的青睞，是因為它提供了一個完整的、相容的及容易使用的介面，使得他們的發展、支援及維護工作變得快速而容易，如此一來他們可以專心致力於本身特定的問題，而減少花費在重複、毫無生產力的繪圖問題上。

相對於其他的即時模擬系統，World Up 的瀏覽器是完全免費的，應用程式使用者可以不需要再支付昂貴的執行使用執照(Run Time License)

費用。如此一來用這套系統開發的應用程式可順利移轉至各臺電腦上使用，較適合技術移轉。

在製作數值地形模型之前，首先必須考量效率的問題，因為在電腦即時模擬或虛擬實境應用系統，不論電腦模型會不會運動，如果模型太複雜，會造成顯示畫面遲滯或停格之現象，造成模擬效果失真。例如一幢房屋，可能只用幾片多邊形，再貼上房屋外表的照片(或稱為貼圖：texture)，看起來就很接近真實的房屋。因此，就地形模擬而言，最重要的是必須考量的數值高程資料簡化問題，否則將嚴重影響執行之效率。

5.3 數值高程資料簡化與數值模型製作

以目前台灣地區 40 公尺間距之 DEM 資料為例，整個 DEM 資料大小為 9555*5022。一般在製作三度空間模型時，為考量確保三點共面限制，多以三角形為最小幾何單元，因此若以此 DEM 資料直接轉換成三角形，其總數量超過九千五百萬個三角形幾何單元，因此製作數值地形模型的首要課題就是必須先將這個龐大的 DEM 資料加以簡化。

最早被提出的地形資料簡化方式為 VIP 法，其原理為萃取重要的地形特徵點，再將地形特徵點組成三角網，以達簡化地形模型之目的，ArcView 3D 模組即採用此法將影像網格轉換成三角網。如圖 5-1 所示。

使用 ArcView 3D 進行地形資料簡化的詳細製作流程請參閱圖 5-2。目前，也已經有學者使用小波(Wavelet)函數，以影像壓縮概念，進行地形簡化(賴伯倫，2000 年)，亦可獲得不錯的成果。地形簡化所產生的結果包括三角網的節點與三角網結構，如圖 5-1 所示。

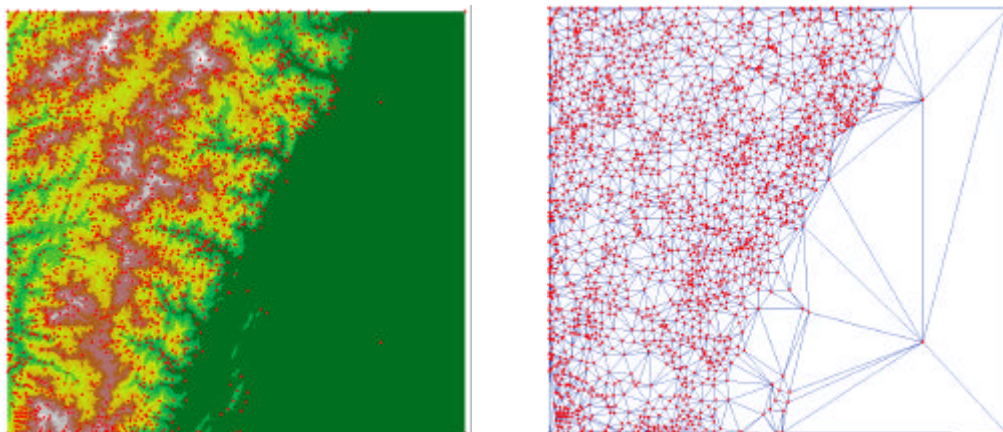


圖 5-1 數值高程資料簡化的方法(VIP 法)。左圖顯示運用 VIP 法萃取重要的地形特徵點的情形，右圖顯示運用地形特徵點所組成的 Delauney 三角網

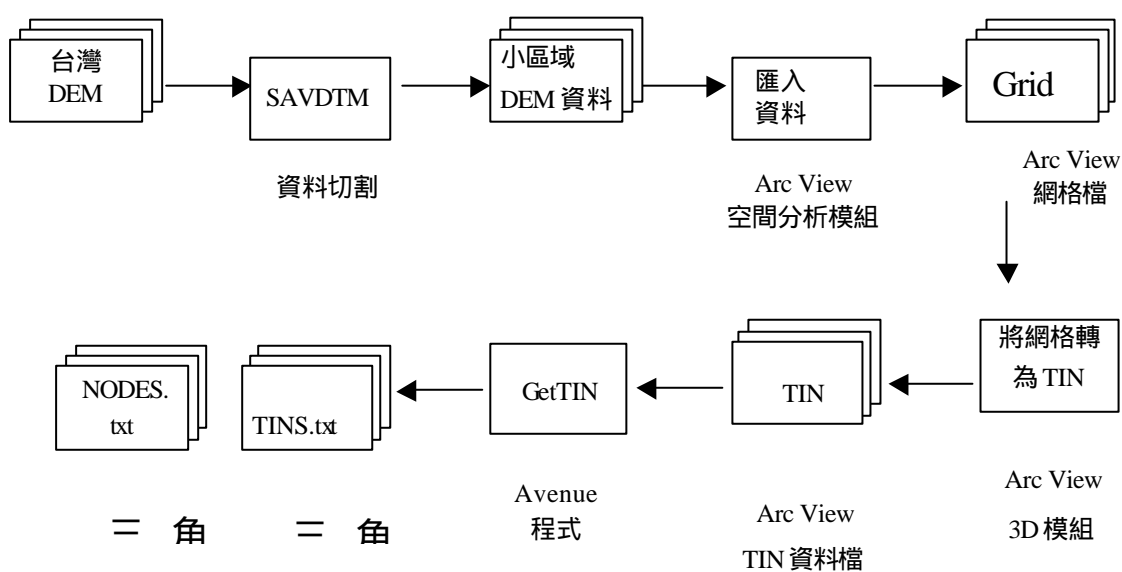


圖 5-2 ArcView 3D 進行地形資料簡化的詳細製作流程

由圖 5-1 可以看到整個數值地形模型的骨架，接著必須考量如何將這個經過簡化的三角網地形資料，轉換成數值地形模型檔案(如前述的 NFF 格式)，NFF 格式檔是中性檔案格式(Neutral File Format)的簡稱，它是一種標準文字檔，可以用任何的文書編輯程式編輯或程式語言產生，其主要結構包含三大部分：檔頭(Header) 地形網格頂點(Vertices)及多邊形(Polygon)定義等三個資料區塊，茲分述如後。

每一個 NFF 檔都有一個檔頭，主要在說明 NFF 檔的版次、起始視點位置與方向(可有可無)與物件名稱，不同的版本有不同的格式，目前常用的有 2.0 及 3.0 版兩種，3.0 版除前述各項資訊外，還多了一個 Material Table 檔名，這個檔案內存有多種顏色定義及代號，因此在每一個多邊形定義之後的顏色定義 2.0 版直接賦予 R、G、B 值，3.0 版則採用這個檔案內的顏色代號。4

12	13	14	15	
8	9	10	11	16
				0,10,0
4	5	6	7	10,12,0,N
				20,11,0,N
0	1	2	3	30,14,0,N

圖 5-3 NFF 地形檔頂點順序及 NFF 檔地形頂點範例

地形網格頂點區塊內依序存放所有的網格頂點座標，假設有一個 4*4 的地形檔，共有 16 個頂點，頂點排列順序如圖 5-3 中編號所示:從左下角起算，由左至右、由下而上，每個頂點的順序是 X, Y, Z(詳如圖 5-3 右)，這是因為 WTK 的 Y 軸方向為上下而 Z 軸方向為前後，至於三個座標值之後的 N 表示我們不用自己計算每個頂點的法向量(Normal Vector)，而是

由 NFF 檔的載入程式(如 WTK 或 World UP)在載入這個 NFF 檔的時候自動計算其法向量，需注意的是若頂點順序排列錯誤，則法向量會是顛倒的。

由圖 5-3 可知，這個 4*4 的地形事實上是 3*3 塊方格所組成。由於 WTK 是支援 OpenGL，而大部份的 OpenGL 加速卡都針對三角形作最佳化，因此，NFF 檔在此要把這 9 塊方塊切成 18 塊三角形(如圖 5-4)。

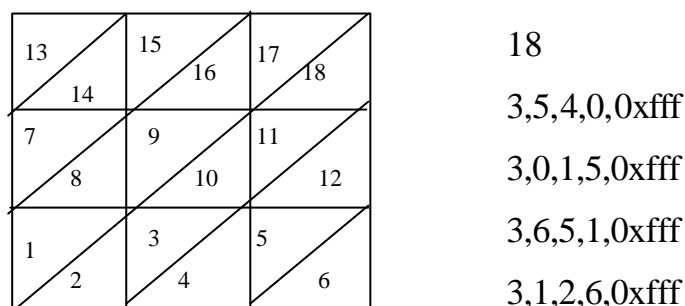


圖 5-4 NFF 三角形頂點順序定義及 NFF 檔內容範例

三角形定義的方式是由 NFF 檔案第二部份中的頂點順序來組成，例如第一塊三角形是由第 5、4、0 個頂點所組成，第二塊三角形是由第 0、1、5 個頂點所組成...，以此類推，只要用心對照圖 5-3 與圖 5-4 就可以看出端倪。

每個多邊形的後面就是這個多邊形的顏色定義。2.0 版的定義比較單純直接用 16 進位方式定義每個 RGB 值，3.0 版則採間接定義的方式，matid#是指在檔頭中所指定的色表中的顏色號碼，這部份稍後再詳細說明，雖然這種方式比較有彈性，但若地形是要貼材質的話，反而用 2.0 版的方式較簡潔，全部定義成單一顏色(如白色)後，再貼上材質即可。有關貼材質的方法將在下一章說明。

不論採用何種方式，在實際製作過程中，都必須先將整個 DEM 分成若干小區域分別進行地形簡化，再將分區的三角網合併成一個大型的模型。此外，在建構三角網時，必須注意三角形的正反面問題，亦即所有三角形的法向量必須一致，否則在進行貼圖時，會看不到背面或產生錯誤。

綜合上述說明，所謂製作數值地形模型，是將經過高程資料簡化程序後所產生的頂點資料與三角網定義資料檔，依據 NFF 檔案格式定義，用程式產生 NFF 檔案即可，作業流程如圖 5-5。

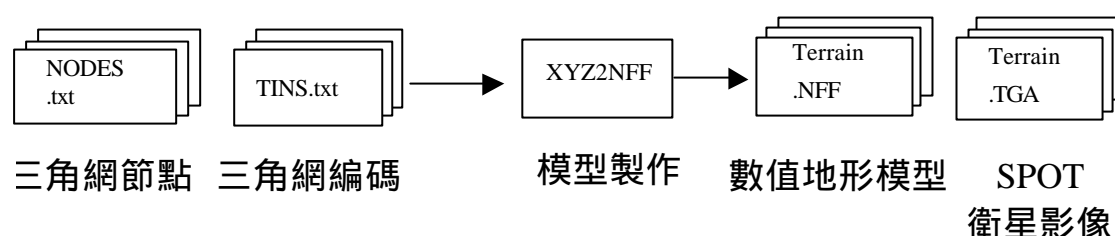


圖 5-5 「數值地形模型」製作流程

5.4 衛星影像貼圖

完成地形簡化與模型製作之後，就等於已經完成整個地形模型的骨架，其次就必須考量地貌景觀的問題，一般是以遙測衛星影像或航照相片作為貼材質(Texture)的影像來源，因此必須將衛星影像切割成與地形相同的範圍，由於遙測衛星影像與地形解析度並不相同，因此，必須預先進行整體規劃，以 SPOT 衛星影像為例，必須與 DEM 資料相同區域進行資料切割(請參閱圖 5-6)。

解析度	取樣頻	每張影像大小（容量）	影像數量	資料容量
	1	1280*1280(4.8MB)	48*26(1248)	5990
12.5	2	1280*1280(4.8MB)	24*13(312)	1498
25	4	1280*1664(6.24MB)	23*5(60)	374
50	8	960*832(2.3MB)	8*5(40)	92
100	16	960*1040(2.85MB)	4*2(8)	22.8
		合計	1662	8GB

圖 5-6 多解析度衛星影像分割計畫表

將整個台灣地區 SPOT 全彩衛星影像共分為四區，每一區各以紅、藍、綠三種不同的色頻分開儲存在 12 個單獨的檔案中，因此，切割程式必須考量跨越檔案的合併問題，原始影像在切割前可先進行合成後再進行切割，合成後每個色頻檔案大小超過 2GB，必須在 NT 系統上才能執行。三個色頻單獨切割完畢後，還必須依據各種不同的數值模型所需，儲存為不同的圖檔格式，NFF 檔案格式為 TARGA 檔，切割作業流程如圖 5-7。有些特殊格式的數值模型如 Open Flight，其貼圖尺寸大小必須為 2 的乘方如 512 或 1024。另外有些數值模型如 Sense 8 的 NFF 格式，其貼圖影像也有容量大小的限制。

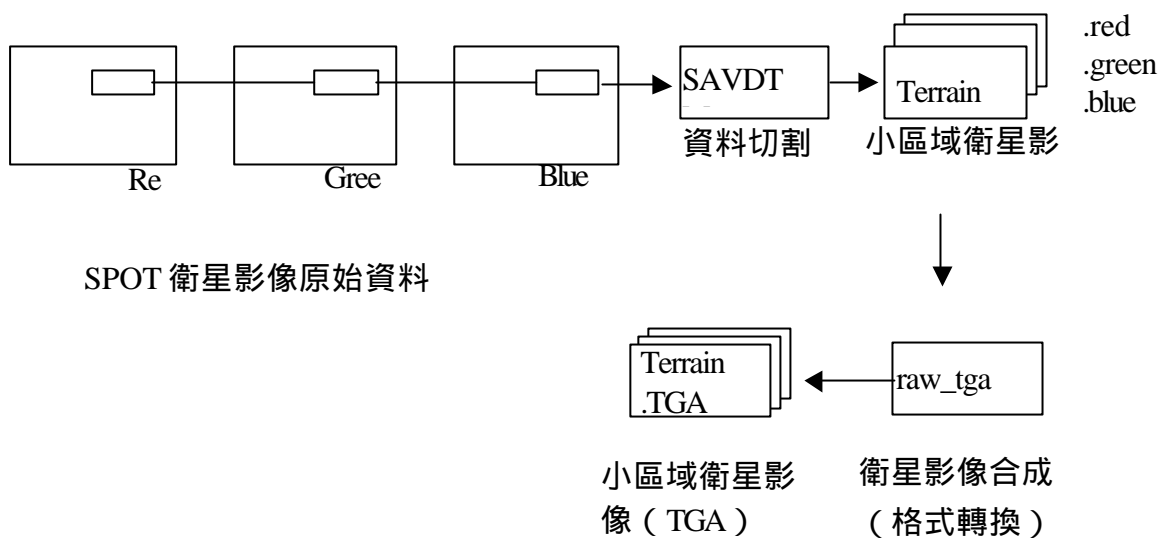


圖 5-7 衛星影像切割與格式轉換作業流程

一般而言，由於地形因為經過簡化，貼圖影像並非貼在一個規則的骨架上，因此必須計算每個地形頂點在貼材質影像的影像座標(通常以 UV 座標系表示)。其計算原理如圖 5-8 說明。

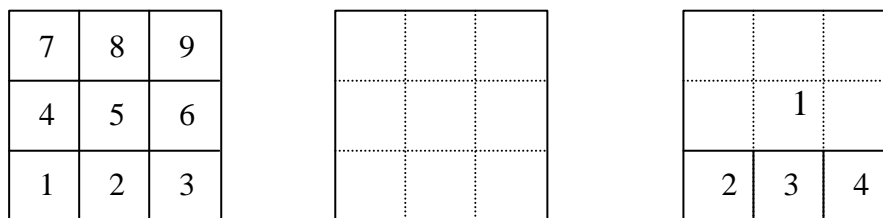


圖 5-8 貼材質的方法：(A)每一個多邊形貼一個影像檔
(B)所有多邊形貼一個影像檔
(C)混合型態

所謂貼材質是指把一個影像檔貼在多邊形的表面，而貼材質的方法有下列三種，圖 5-8A 是每一個多邊形貼一個影像檔，這種方式適用於不同的材質，以海底地形而言，沙泥及岩石的海底需貼不同的影像檔。圖 5-8B

是 9 塊多邊形都貼上同一塊材質，如地形的衛星照片即屬此例。圖 5-8C 則是 A、B 的混合型態，上方 6 塊多邊形貼 1 號材質，下面 3 塊則各貼 2-4 號材質檔。

NFF 檔是在第二部分多邊形頂點資料區塊說明貼材質的方法，而在第三部分多邊形定義資料區塊說明使用哪一個材質(影像)檔。所謂貼材質的方法是用影像座標 u 、 v 值來指明材質的哪一部份，最左緣 u 值以 0.0 表示，最右緣 u 值以 1.0 表示。若以圖 4-3 方法 A 為例，第 0 個頂點是材質的左下角，因此， u 、 v 均為 0，第 1 個頂點 u 值為 1， v 值為 0。若以方法 B 為例，最左側的頂點其 u 值均為 0，最右側的頂點 u 值為 1，中間各點則由 1~0 均等分，此例分別為 0.6667、0.3333...。材質檔名的設定方式為 $_V_filename$ ，其中 V 表示用 Plouin Vanilla 方法貼材質，其他的選項可為 $_S_暈渲法(Shading)$ 及 $_T_透明法(Transparent)$ ，filename 則為影像檔名，在 PC 上這個影像檔必須為 TARGA 檔(*.TAG)，SGI 工作站上則可為 JPEG 檔(*.JPG)。

一般而言，數值地形模型大多不需顯示三角形背面的貼圖(不考慮穿過地表)，以提升顯示效能。受限於每個貼圖材質檔案大小的限制，因此整個台灣地區的立體圖台切割為若干個小模型，再使用 World Up 等虛擬實境或電腦模擬軟體整合起來。以圖 5-1 中 100 公尺解析度的衛星影像為例，整個台灣地區分為八大塊製作，在載入這八個預先製作好的模型到 World Up 虛擬實境系統中時，系統內定將每一個模型安放在(0,0,0)位置，因此每個模型必須移動到正確的位置，才能看到完整的數值地形全貌，如圖 5-9 所示。圖 5-10 則顯示細部影像例。圖 5-11 及圖 5-12 為基隆港立體圖像。



圖 5-9 運用台灣地區陸地的 DEM，貼上 SPOT 全彩衛星影像

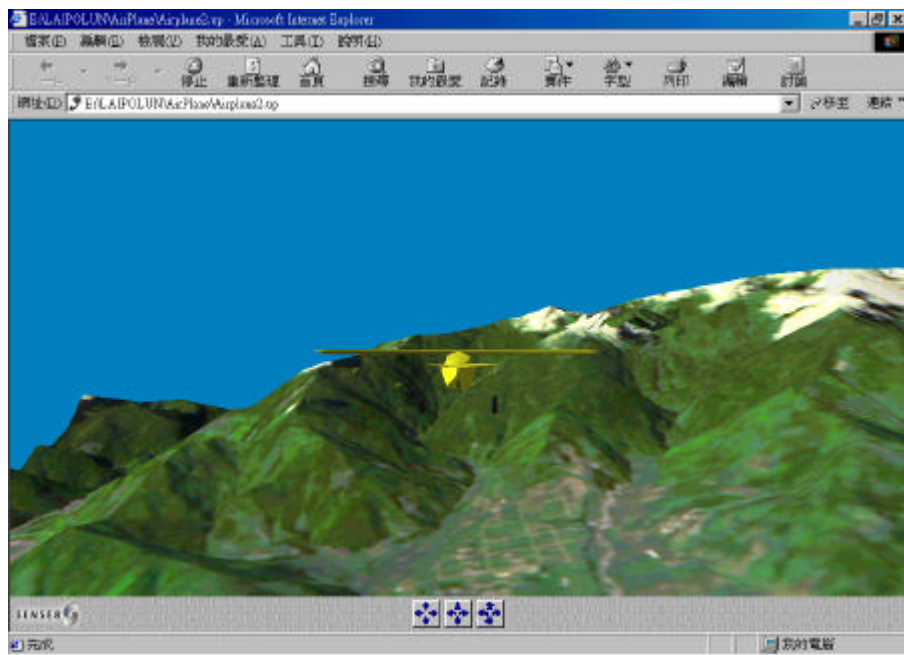


圖 5-10 局部地形 3D 虛擬顯像

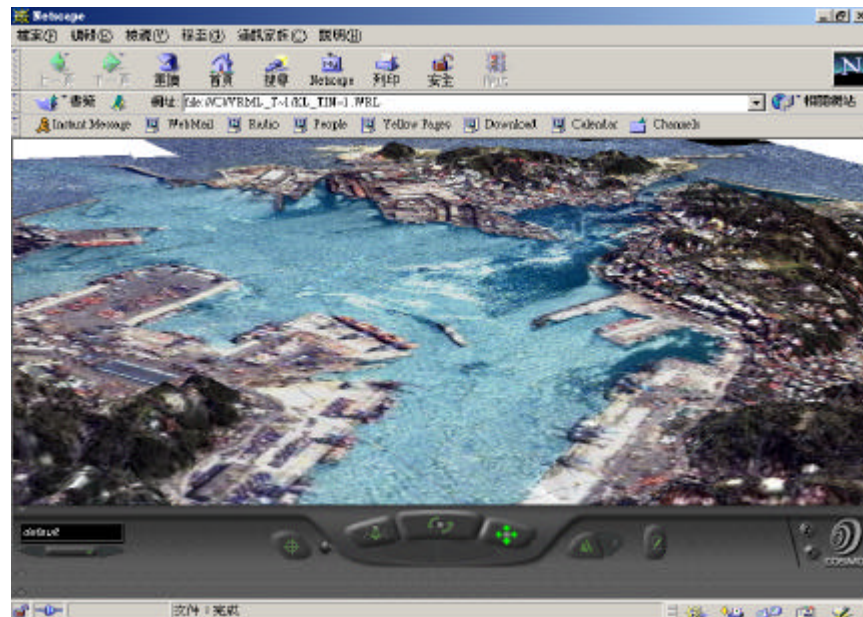


圖 5-11 基隆港 3D 虛擬實境(一)

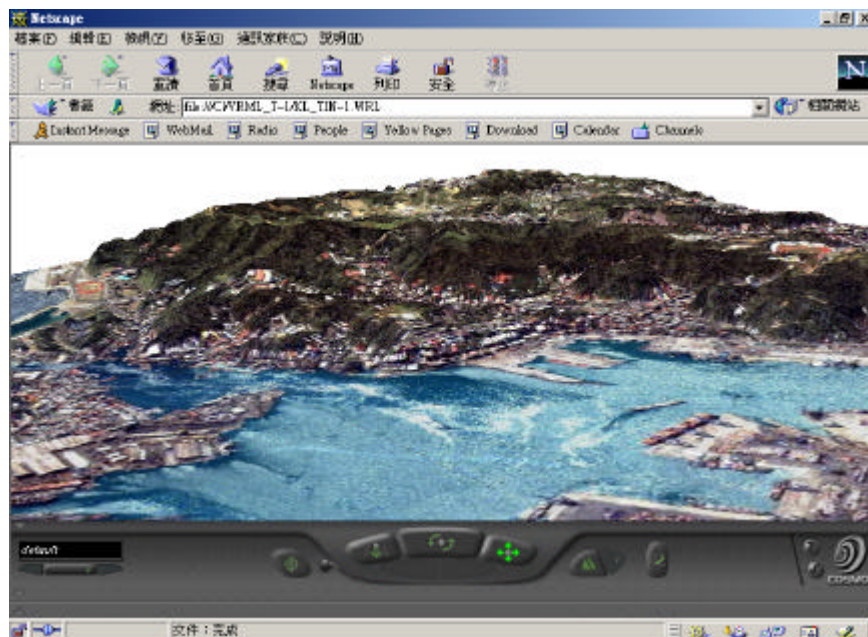


圖 5-12 基隆港 3D 虛擬實境(二)

第六章 遙測多光譜影像於近岸水深量測之應用

6.1 前言

在海圖測繪中所需之資訊主要包括岸線、水深、底質、海流、障礙物及註記等，製圖之首要目的在於提供船艦等載具安全之航行。近年來各個海洋國家為實施特定經濟海域及宣示國家領土主權之界定，海圖本身所賦予之意義將超越其原有保證航行安全之範疇，大部份的海洋國家均有重測海圖之議並積極實施中。在近岸之部份，更需施測大比例尺之海圖，以配合海岸工程、海岸管理維護及經營之應用。就海圖之使用目的而言，其最首要表達之資訊當屬水深資料，水深量測方法近年來亦有重大的進展，諸如 GPS 衛星定位儀的使用，及由過去單音束(Single Beam)至目前及多音束(Multi-Beam)測深儀的使用，均使海底地形之測量更為快速、可靠與精確，但其由於測量船隻於極近岸航行安全之顧慮，無法進行極近岸水深量測之工作則是其難以克服之問題。目前已有最新的空載雷射掃瞄儀(Airborne Laser Scanner)提供更為便捷之近岸淺水之水深測量，近岸水質不佳可能限制了該技術之實用性，但對該項新科技之發展及使用，仍值得吾人注意和探討。

另外，遙測影像在海圖之測繪上，可以提供若干實用之資訊，例如多光譜影像在水質良好之區域可提供極為經濟且快速之近岸水深值量測，高解析之全色影像及紅外影像之融合則可提供極為明確之岸線資訊，全色影像及可見光影像之融合則可提供豐富之近岸陸域地形資訊，同時使海圖與陸圖採用同一之基準而完成二種圖籍之接軌與整合。

遙測技術之發展已超過二十年，利用空照之方式的確提供了調查之方便性與實用性，惟照相作業之繁瑣及成本之高昂則是不爭之缺點。衛星遙測多年來由於受限於影像解析度之不足，一直未能在細部調查上扮演實用之角色，但是，這一年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅

提高至一公尺以內，使得其實用性亦隨之大幅提升，顯然在未來將在調查工作上辦演極為重要的工具。

本章即嘗試引入多光譜遙測影像技術於海圖測繪之水深量測之應用，選取南灣地區之高解析 IKONOS 衛星多光譜影像為實驗對象，配合現場傳統方式量測之水深資料，進行相關之分析與探討。

6.2 海洋水深遙感測定理論基礎與方法

在遙測技術中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，海水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，海水還具有一定的透射能力。其與電磁波之交互作用已如第三章所述。

利用遙測影像來推估淺水之水深值基本上是可行的。在水質相對清澈之區域，可採用可見光之多光譜影像，其基本理論是建構於不同波長之電磁波對清澈水體之穿透能力，經由影像灰度值之大小配合底質、海浪等相關資訊來反演水體之水深值。所使用方法可以分成二種主要的模式，其一為物理模式，另一則為統計模式。

從衛星或航照影像來做海洋測量製圖之可行性，已被數名學者證明。這是利用攝影判讀與攝影測量學等技術，且使用電腦分析多光譜衛星影像 (Lyzena, D. R., 1981)。當水質清澈、底質反射與大氣效應是完全不變的環境，多波段模式是十分成功的 (Polcyn, F. C. etc., 1973; Weidmark, W. C. etc., 1981)。在這情況下甚至可以辨別底質的型態 (Lyzena, D. R. etc., 1978; Lyxenga, D. It., 1979)。在本研究中是假設水質相對的清澈且水體的濁度變化不大之基礎下來進行研究。

從光線傳輸的路徑來看，輻射到達底質前需通過兩個介質（大氣與水），然後再一次通過相同介質才到達衛星感測器。在大氣中，輻射往返

之散射(scatter)與水表的反射等因素也應該加入訊號中。故我們必須處理複雜的光學參數，其因素包含：

- (1) 大氣散射。
- (2) 波浪效應。
- (3) 底質的反射。
- (4) 水深效應。
- (5) 水的濁度。

許多研究試圖求出水深推估物理模式中個別的參數且不含水深以外其他因素之作用。然而這只發生在特定的環境，且不實際的(Bierwirth, N., etc. ,1993)。因為在自然界中，個別的參數難以獲得，因此將所有其他因子合併，而只獨立留下所關心之水深因子，然後以統計學迴歸的方式求出合併後之參數。但若只使用單一波段來推估水深，會因底質形態的變動使所推估之水深值誤差變大。在 1970 年 Plocyn 等學者提出比率演算法(Ratio Algorithms)，利用多波段來解決此問題。

6.2.1 物理模式

根據不同深度的海水在衛星影像上反映的色調差異，利用多波段遙感圖像，通過反差增強，進行光密度測量和電子密度計算，可以用來估算水深。根據研究，各個波段(不同波長)進入衛星的入射光量 $r_{z(\Delta I)}$ ，為

$$r_{z(\Delta I)} = \int_{\Delta I} [r_{(I)} \cdot e^{-(\sec \theta + \sec \theta') \cdot a_{(I)} \cdot z} + r_{a(I)}] L_i dI + r_{sc(I)} \quad (6-1)$$

式中

$r_{(I)}$ —海底反射率；

$a_{(I)}$ —海水散射因數；

$r_{a(I)}$ —海面反射率；

L_i —進入衛星探測器的大陽光和天空光；

$r_{sc(I)}$ —進入衛星探測器的水中散射光和大氣傲射光；

q —光線由水至空氣的入射角；

j —光線由空氣至水的折射角。

假定太陽高度、天氣狀況、海水的散射因數、水中和大氣中的散射光條件都相同，而且，如果海水很深($z \rightarrow \infty$)，則入射光顯量 $r_{\infty(\Delta I)}$ 為

$$r_{\infty(\Delta I)} = \sum_{\Delta I} r_{a(I)} \cdot L_i dI + r_{sc(\Delta I)} \quad (6-2)$$

將(1)與(2)式相減，可得到

$$\Delta r_{z(\Delta I)} = \sum_{\Delta I} r_{(I)} \cdot L_i \cdot e^{-(\sec q + \sec j) a_{(I)} \cdot z} dI$$

如此可將海面反射光和水中的、大氣中的散射光消去，剩下的 $\Delta r_{z(\Delta I)}$ ，可以由入射光引起的「電壓」換算得到； L_i 由安裝在衛星上的太陽光與天空光探測器測定； $a_{(I)}$ 與 $r_{(I)}$ 由兩個以上波段的資料計算而得，最後即可以得到水深值 z 。

6.2.2 統計模式 - 比率演算法(Ratio Algorithms)

比率演算法是基於單一水質的反射模式，多光譜感測器在清澈淺水上收到信號的主要部分所導致的，但忽略水中散射的效應與水表面的反射 (Polcyn, F. C., W. L. Brown, and I. J. Sattinger, 1970; Wezernak, C. T. and D. R. Lyzenga, 1975; Jerlov, N. G., 1976)。依照此模式，這輻射在波段 (i) 可以寫成:

$$L_i = L_{i\infty} + k_i r_{Bi} \exp(-k_i fZ) \quad (6-3)$$

L_i : 為 i 波段的輻射值

L_i : 為在深水所觀測得之輻射(由於水表與大氣散射的外界反射)

k_i : 是常數, 是包含太陽光, 大氣與水表的傳輸, 和由於水表反射等之輻射修正。

r_{Bi} : 是底質的反射。

μ_i : 是水的衰減係數。

f : 是幾何因子來說明穿過水的路徑長度 (約為 2)。

Z : 是水深。

解 Z , 獲得函數

$$Z = \ln \left(\frac{L_i - L_{\infty}}{r_{Bi} \cdot g(k_i \cdot f)} \right) \quad (6-4)$$

其中假設 $X_i = \ln(L_i - L_{\infty})$ 。上述之單一波段反射模式(single-band reflectance model)是假設在該影像所包含區域內之大氣、波浪與水質條件相同, 且海床底質均勻, 亦即海床底質反射在此影像中為常數, 故水深之決定與底質特性無關。此模式是從多光譜資料推估水深資訊最簡單的模式。

但當底質形態(bottom type)超過一種以上時, 必須以兩種或更多波段來推估水深。以下說明多波段反射模式。

這水深的演算法是 Polcyn et al. (1970)所發展, 其假設光譜中各種底質形態在各波段之反射比率應相同。對於底質型態 A,B,, 這假設可以寫成:

$$r_{A1} / r_{A2} = r_{B1} / r_{B2} = \dots \quad (6-5)$$

或

$$r_{A1}(r_{A2})^{-1} = r_{B1}(r_{B2})^{-1} = \dots \quad (6-6)$$

其中下標 1、2 是代表光譜波段。

(6)式亦可以寫成

$$r_{A1}(r_{A2})^{c1} = r_{B1}(r_{B2})^{c2} = \dots = \mathbf{a} \quad (6-7)$$

其中 $c1$, $c2$ 與 \mathbf{a} 是固定值。

兩波段比率模式(Two-Band Ratio Method)是設計來使因底質反射變動所導致的誤差變小(Polcyn, F. C. etc.,1970; Brown, W. L. etc., 1971; Lyzenga, D.R, 1978)。在這演算法，深度是以下列方程式代表：

$$Z = \left[\frac{1}{2} \cdot (\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2) \right] \cdot [\ln(k_1 \cdot r_{B1} / k_2 \cdot r_{B2}) + X_1 - X_2] \quad (6-8)$$

其中 Z 為水深，下標 1 與 2 是代表光譜波段。這模式是假設當底質反射改變時，必須符合 $(k_1 \cdot r_{B1} / k_2 \cdot r_{B2})$ 為常數的條件。

另一個模式，我們稱為線性多波段模式，深度是被給以下列方程式表示：

$$Z = \sum \mathbf{w}_i \cdot \left(\frac{1}{2} \mathbf{k}_i \right) \cdot [\ln(k_i \cdot r_{Bi}) - X_i] \quad (6-9)$$

上式中設衛星感測器之波段為 i ，則給予各波段之權重 \mathbf{w}_i ，需滿足 $\sum \mathbf{w}_i = 1$ 的條件。Paredes 與 Spero, (1983)歸納這比率 $k_1 \cdot r_{B1} / k_2 \cdot r_{B2}$ 保持常數的假設，認為有常數 \mathbf{x}_1 和 \mathbf{x}_2 ，且與底質型態無關，即

$$(k_1 \cdot r_{B1})\mathbf{x}_1 \cdot (k_2 \cdot r_{B2})\mathbf{x}_2 \cdot (k_3 \cdot r_{B3})\mathbf{x}_3 \dots = \mathbf{a} \quad (6-10)$$

在這假設下，當使用線性多波段水深方程式，將(6-10)式代入(6-9)式，再整理成(6-11)式。發現(6-12)式中並無底質型態因子，即該做法不受底質影響。

$$Z = (\frac{1}{2} \cdot \sum \mathbf{x}_i \cdot \mathbf{k}_i) \cdot (1 - \mathbf{x}_1 \cdot X_1 - \mathbf{x}_2 \cdot X_2 \dots) \quad (6-11)$$

上式可以改寫成：

$$Z = A_0 + A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + \dots + A_n \cdot X_n \quad (6-12)$$

其中係數 $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ 是常數，不受底質型態的支配且水深是可以被計算的(Paredes, J. M. and R.E. Spero, 1983)。這方法已經被應用在航空感測器多波段光譜資料的兩個波段(Lyzenga, D. R. 1985)，Landsat 4 TM 的兩個波段(Kent Clark R., etc., 1987)。但方程式(6-12)是假設 n 個光譜波段對 n 個底質型態才成立。但若是光譜波段數小於底質型態將無法成立。

6.2.3 清澈海域輻射量與底質反射係數的關係

比率方程式線性化的另一個表示方法為(Philpot, W. D., 1989)：

$$\ln[(L_1 - L_{1\infty}) / (L_2 - L_{2\infty})] = \ln[(k_1 \cdot r_{B1}) / (k_2 \cdot r_{B2})] - [\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2]fZ \quad (6-13)$$

若此 k_1, k_2 波段分別在底質類型 A、B，則上式可改寫成

$$X_1 = X_2 + \ln[(k_1 \cdot r_{A1}) / (k_2 \cdot r_{A2})] - [\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2]fZ \quad (6-14a)$$

$$X_1 = X_2 + \ln[(k_1 \cdot r_{B1}) / (k_2 \cdot r_{B2})] - [\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2]fZ \quad (6-14b)$$

其中

$$X_1 = \ln(L_1 - L_{1\infty})$$

$$X_2 = \ln(L_2 - L_{2\infty})$$

如果底質的類型是除了水深之外的變數，則由方程式(6-14a)、(6-14b)中，可知 X_1 相對於 X_2 之圖中為兩平行線。故因此若在多種底質時，則

每一底質的類型在 X_1 相對於 X_2 空間分佈圖中會呈現平行的群落 (Dominique,DJ.,2000)。

6.3 Daubechies D_4 小波轉換

本研究中援引小波理論(Wavelet Theory)作為濾波的工具，試圖將衛星影像中波浪因子的影響減至最低。衛星影像乃是離散訊號，最有效率的計算是以矩陣形式來進行運算。小波轉換具有多種不同之型式及方法，本文中僅就 Daubechies 的 D_4 離散轉換做一簡要說明。

D_4 轉換濾波向量之長度則為 8，其各元素之常數值如下所示：

$$[h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7] = [-0.0106, 0.0329, 0.0308, -0.1870, -0.0280, 0.6309, 0.7148, 0.2304] \quad (6-15a)$$

$$[g_0, g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6, g_7] = [-0.2304, 0.7148, -0.6309, -0.0280, 0.1870, 0.0308, -0.0329, -0.0106] \quad (6-15b)$$

其對偶向量(Dual Vector)是用以進行逆轉換其分別為：

$$[\bar{h}_0, \bar{h}_1, \bar{h}_2, \bar{h}_3, \bar{h}_4, \bar{h}_5, \bar{h}_6, \bar{h}_7] = [0.2304, 0.7148, 0.6309, -0.0280, -0.1870, 0.0308, 0.0329, -0.0106] \quad (6-16a)$$

$$[\bar{g}_0, \bar{g}_1, \bar{g}_2, \bar{g}_3, \bar{g}_4, \bar{g}_5, \bar{g}_6, \bar{g}_7] = [-0.0106, -0.0329, 0.0308, 0.1870, -0.0280, -0.6309, 0.7148, -0.2304] \quad (6-16b)$$

其中(6-15a)式為低通濾波向量(亦稱為尺度向量 Scaling Vector)，(6-15b)式為高通濾波向量(亦稱為小波向量 Wavelet Vector)，則 D_4 的轉換矩陣為：

$$D = \begin{bmatrix} h_0 & h_1 & h_2 & h_3 & h_4 & h_5 & h_6 & h_7 & 0 & 0 & \cdots \\ g_0 & g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 & g_6 & g_7 & 0 & 0 & \cdots \\ 0 & 0 & h_0 & h_1 & h_2 & h_3 & h_4 & h_5 & h_6 & h_7 & \cdots \\ 0 & 0 & g_0 & g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 & g_6 & g_7 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & & & \ddots \end{bmatrix}_{2n \times 2n} \quad (6-17)$$

每一對尺度向量與小波向量組成一區塊，第一個區塊向左對齊，之後的區塊循序向右平移兩個位置，最後一個區塊則僅包含二向量之前二個元素。這樣的 D 矩陣具有如下性質：

$$DD^T = \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & 1 & & \\ & & & & 1 & \\ & & & & & \ddots \end{bmatrix}_{2n \times 2n} \quad (6-18)$$

對一給定訊號 x ，計算一新的訊號 y ：

$$y = Dx \quad (6-19)$$

$$x \cong D^T y \quad (6-20)$$

其中 \cong 表示等式僅對前 2^{n-2} 個元素值成立。

對於右下角的四個元素所引起轉換係數值不連續的問題，目前已有許多方式解決，如週期性或偶數延伸（Periodic or Even Extension），嵌入零值（Zero Padding）等。

D4 轉換所定義之多重解析度分析與 Haar 轉換相仿。首先將原訊號與 D4 矩陣相乘，分離奇、偶元素為二向量 y_1 與 y_2 ，然後對 y_1 重複上述操作。在每一階段的轉換過程皆可簡單的進行逆向操作—將 y_1 與 y_2 的元素交錯排列為一個 y_1 （或 y_2 ）2 倍長度的向量，再乘上 D^T 即可。

前面提到的矩陣式小波，在本實驗中僅用到 D4 轉換，且對低通濾波 (Low-Pass-Filtered) 有興趣，因波浪變化比地形變化更為高頻，在此關心的是地形變化。對於一般一維的訊號轉換之操作程序如圖 6-1 之流程，但應用於多光譜衛星影像資料分析時，因影像為二維資料，需先對其中一個方向進行轉換，將高通波輸出與低通輸出分離後，再分別對此二輸出訊號進行另一方向的轉換，操作流程如圖 6-2。

在此實驗中著重在濾波的功能，故經過多次小波轉換後，其低通濾波需經多次逆轉換至原資料相同大小，才來作資料分析。轉換過程中，轉換係數皆需經過次取樣 (Subsampling) 之程序以使樣本減半，亦即把奇數欄（或列）與偶數欄（或列）加以分離，故在進行原訊號之重建時，低通濾波需逆向進行上取樣 (Upsampling) 以使樣本數加倍。上取樣最簡單的方

法為嵌入零值，藉以將高通濾波忽略，即在任相鄰二欄（或列）中插入一全為 0 之欄（或列）。以一 $m \times n$ 之轉換係數矩陣為例，列之上取樣即交錯插入 0 值於偶數列，如下所示：

$$C_i = \begin{bmatrix} c_{1,1}^i & c_{1,2}^i \\ c_{2,1}^i & c_{2,2}^i \\ \vdots & \vdots \\ c_{m,n}^i \end{bmatrix}_{m,n} \quad \begin{matrix} \text{上} \\ \text{取} \\ \text{樣} \end{matrix} \quad \begin{bmatrix} c_{1,1}^i & c_{1,2}^i & \dots & c_{1,n}^i \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_{2,1}^i & c_{2,2}^i & \dots & c_{2,n}^i \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}_{2m,n}$$

其整個流程如圖 6-2 為影像資料經二階過濾與重組之流程示意圖。

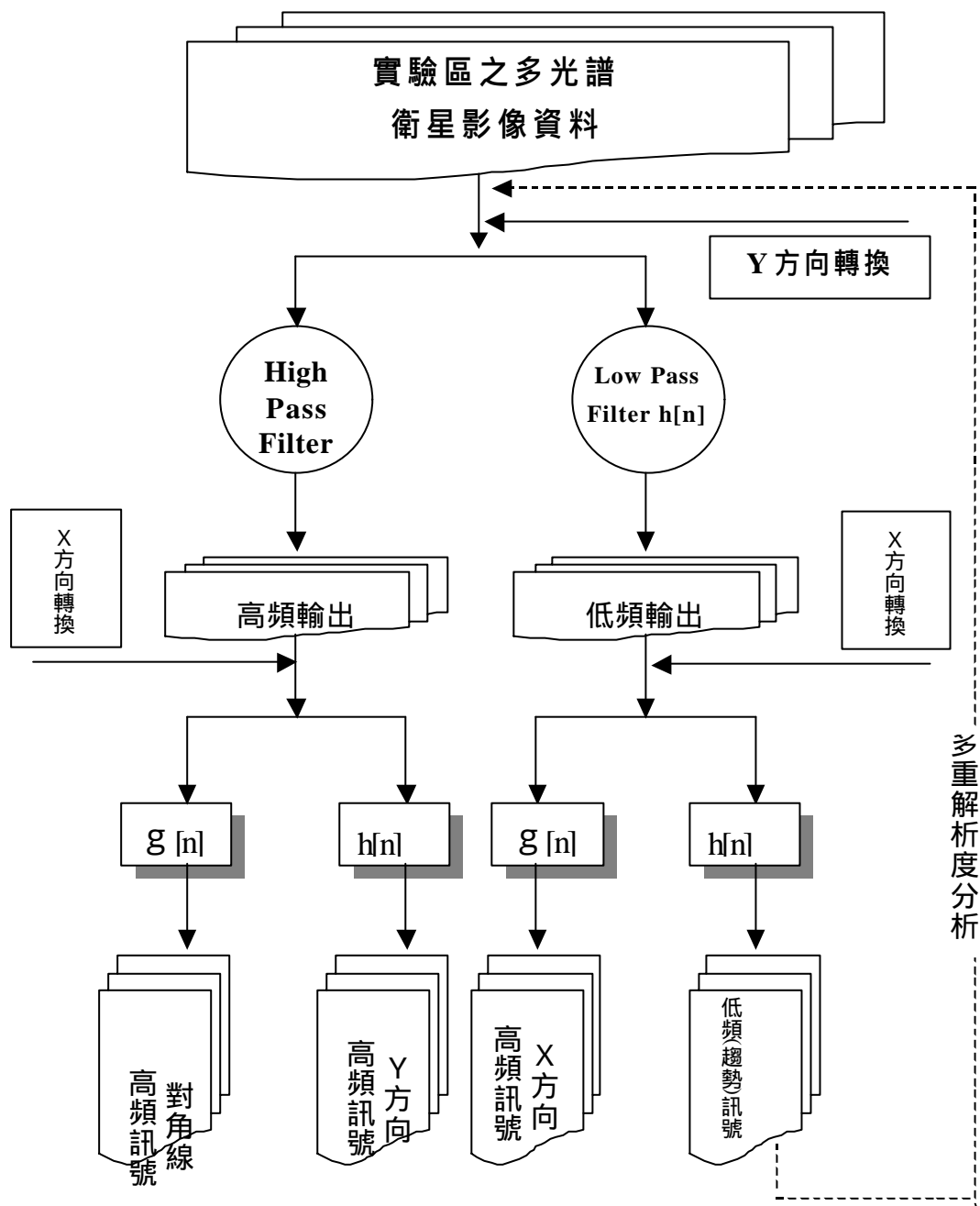
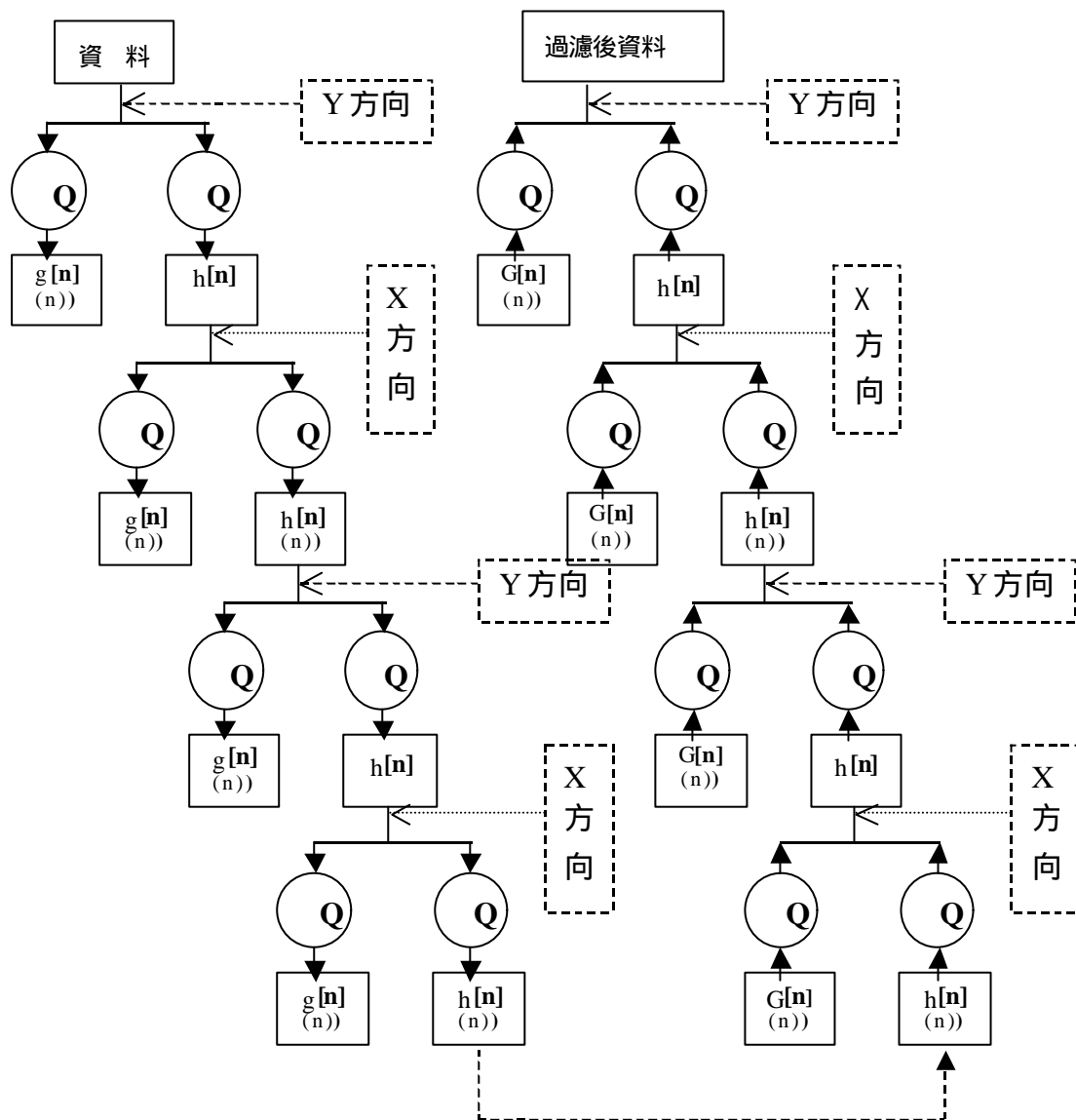


圖 6-1 多光譜衛星影像資料之小波轉換流程



註：G [n]為同一位階之 g[n]大小之零矩陣

圖 6-2 影像資料之過濾與重組流程

6.4 實例分析

本研究的重點是利用 IKONOS 衛星多光譜影像，在淺水區來推估水深。當影像之平面解析度提高，波浪影響也更加嚴重，本研究是利用小波多解析度分析的原理，將波浪資訊分離，而後對底質分類做初步探討，進而利用高解析度衛星多光譜影像來做淺水區水深推估，提出精度評估與新的思考方向，其流程圖如圖 6-3 所示。

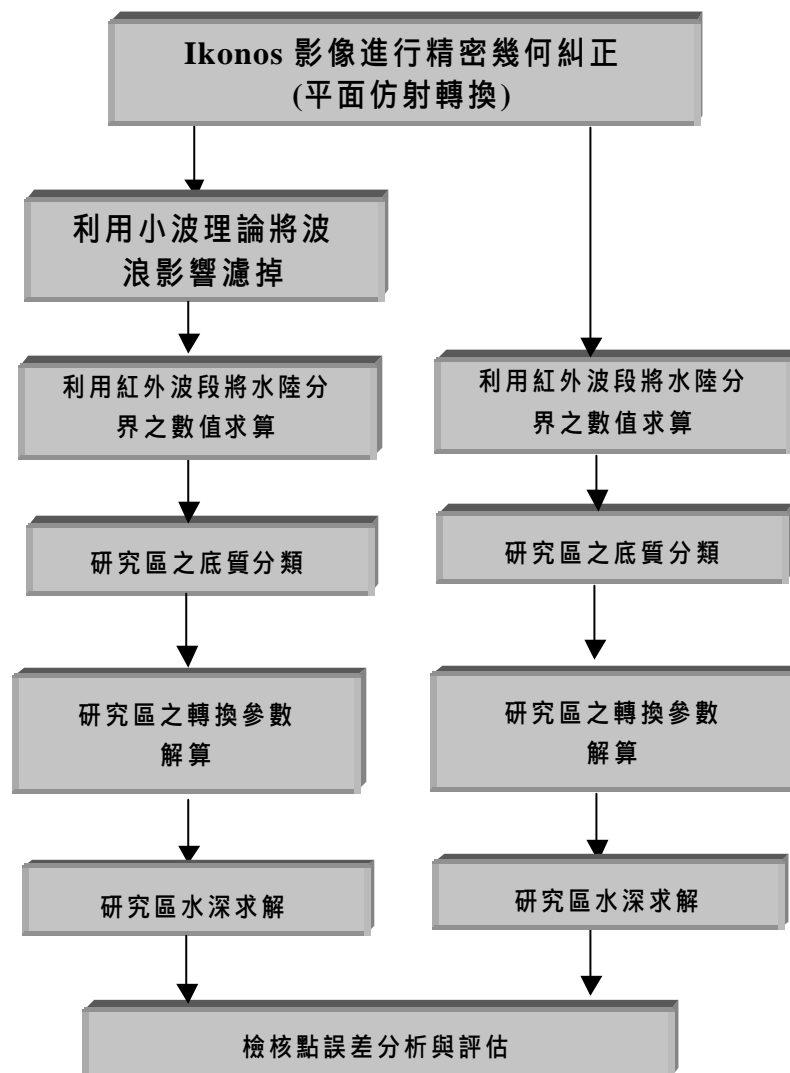


圖 6-3 遙測多光譜影像進行水深推估流程

6.4.1 實驗資料說明

水深推估實驗是選擇水質清澈的墾丁南灣地區，墾丁南灣地區之多光譜影像係由本中心所購置，IKONOS 衛星影像拍攝時間為 2001 年 2 月 18 日上午 10:32，潮汐高度為 0.86 m，影像左上角之 TWD67 TM 二度分帶座標約為 (E, N) = (221970, 2430390)，影像大小為 2753×1554 (Line, Sample)，其海岸線高程平坦分佈 0~15 公尺，故以平面仿射轉換(Affine Transformation)來進行幾何糾正，就能符合精度要求，且最為簡單快速，其控制點之分佈如圖 6-4 所示。於完成幾何糾正後之多光譜影像中選取 1、2、3 (如圖 6-5) 作為實驗區域。其中第 1、2 區為坡度平緩的白沙區，區域內只有少數幾塊礁岩，深度分佈分別約為 0~20m 與 0~10m；第 3 區之地形起伏與底質分佈即較為複雜，因此波浪效應也因地形與岸線而更為複雜，其底質也因多種生物覆蓋（多種藻類與珊瑚）使得底質反射更為複雜。因此分此三區來進行相關之研究與探討。另外，當天波浪與潮汐儀器 AWCP 安裝位置於 21° 54.2579' N 120° 50.2056' E 約在鵝鑾鼻西南方水深 21.5 公尺處。當天上午 10:10 平均波高為 0.95 公尺，波長為 11.11 公尺，而上午 10:40 之平均波高為 0.8 公尺，波長為 8.33 公尺。

實測水深資料是 2001 年 5 月 3 日利用單音束測深儀 (Simard EA300) 進行現場量測，配合差分式衛星定位 DGPS 平面精度約 1 m、與潮汐修正、CTD 資料之聲速修正等，其點位(測線)分佈如圖 6-5 所示。經交錯水深量測點檢查水深測量內精度約為 20 cm。



圖 6-4 平面仿射轉換所採用之平面控制點分佈示意圖

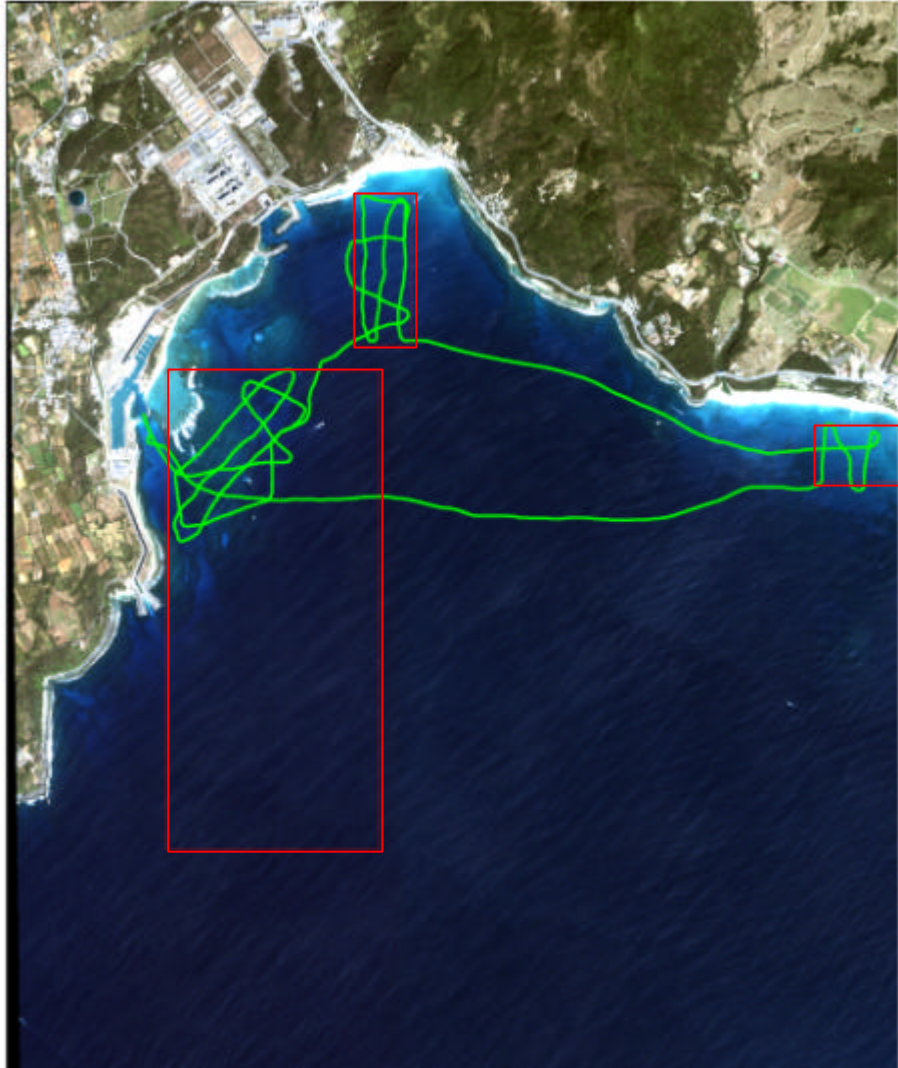


圖 6-5 分區與水深實測資料分佈圖

6.4.2 IKONOS 衛星影像多解析度分析比較

本節之目的是在找出最合適之小波級數，其工作流程如圖 6-6 所示。進行幾何糾正後之多光譜影像選擇 Daubechies D4 小波轉換 1~6 級，其小波轉換流程圖如圖 6-6 所示，轉換後的資料依不同波段 1~3，分別利用比率演算法公式(6-12)計算水深 3 ~ 9m 範圍，且只對底質單純的 I、II 區來探討，因一個波段能適用一種底質。當天其成果如表 6-1、表 6-2。

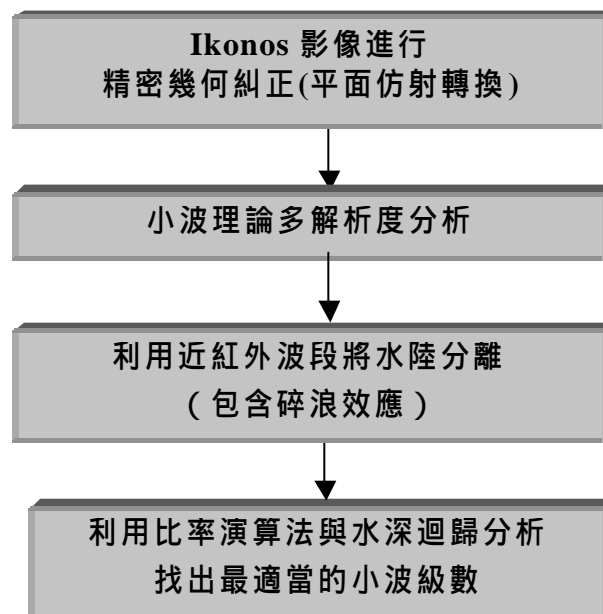


圖 6-6 多解析度分析比較流程圖

由表 6-1、表 6-2 可得歸納下列幾點：

1. 小波轉換會改善水深推估精度。
2. I 區在不同波段，3 級 D4 小波轉換最好，而 II 區在不同波段，4 級 D4 小波轉換最好。若兩區只能選一種級數的話，應該選擇 3 級 D4 小波轉換最有利。
3. 若以各波段間來看與水深的相關性的好壞，依序為 2(Green)，1(Blue)，3(Red)。

表 6-1 第 區 IKONOS 衛星影像波段 1~3，比率演算法計算結果

波段	D4 小波轉換等級	相關係數	標準差 (公尺)
藍色波段 0.45-0.52 μm	無小波轉換	0.913967	0.70
	1	0.942217	0.58
	2	0.953581	0.52
	3	0.964473	0.46
	4	0.853716	0.90
	5	0.702805	1.24
	6	0.118921	1.73
綠色波段 0.52-0.60 μm	無小波轉換	0.964614	0.46
	1	0.973279	0.40
	2	0.978337	0.36
	3	0.982428	0.32
	4	0.928702	0.64
	5	0.774017	1.10
	6	0.067657	1.73
紅色波段 0.63-0.69 μm	無小波轉換	0.561629	1.44
	1	0.670046	1.30
	2	0.734160	1.18
	3	0.823011	0.99
	4	0.261825	1.68
	5	0.609971	1.38
	6	0.521332	1.48
註：1.水深範圍 3m ~ 9m 2.實測點數 349 點。			

表 6-2 第 區 IKONOS 衛星影像波段 1~3，比率演算法計算結果

波段	D4 小波轉換等級	相關係數	標準差 (公尺)
藍色波段 0.45-0.52 μm	無小波轉換	0.912486	0.62
	1	0.930753	0.55
	2	0.948363	0.48
	3	0.958514	0.43
	4	0.961626	0.42
	5	0.884993	0.7
	6	0.883795	0.71
綠色波段 0.52-0.60 μm	無小波轉換	0.943520	0.5
	1	0.956081	0.44
	2	0.967240	0.38
	3	0.972310	0.35
	4	0.975492	0.33
	5	0.896074	0.67
	6	0.903245	0.65
紅色波段 0.63-0.69 μm	無小波轉換	0.523979	1.3
	1	0.619734	1.19
	2	0.682551	1.1
	3	0.786581	0.93
	4	0.825079	0.85
	5	0.146829	1.5
	6	0.772480	0.96
註：1.水深範圍 3m ~ 9m 2.實測點數 456 點。			

6.4.3 IKONOS 衛星影像底質分類

依前所述，不同底質在 X_1 與 X_2 空間分佈於分散的平行線，其中 X_1 為藍色波段 $X_1 = \ln(L_1 - L_{1\infty})$ ， X_2 為綠色波段 $X_2 = \ln(L_2 - L_{2\infty})$ 。在此選定單純、區來探討，以實測水深測點之空間分佈於影像上的 X_1 值與 X_2 值繪製分佈圖，如圖 5-29 為無小波過濾時之 X_1 - X_2 分佈圖。如圖 6-7，圖 6-8 分別為、區 3 級 D4 小波轉後之 X_1 - X_2 分佈，與其平面位置分佈圖。

由圖 6-7 圖 6-8 圖 6-9 來看，在未使用小波轉換時， X_1 - X_2 分佈無明顯分離的平行線，小波處理後才有分離的平行線，且分佈與底質有關，故在、區小波轉換有助於底質分類。在第區可能因地形複雜，或底質太複雜，其 X_1 - X_2 分佈不論有無小波處理皆無明顯分離的平行線而不列圖表。

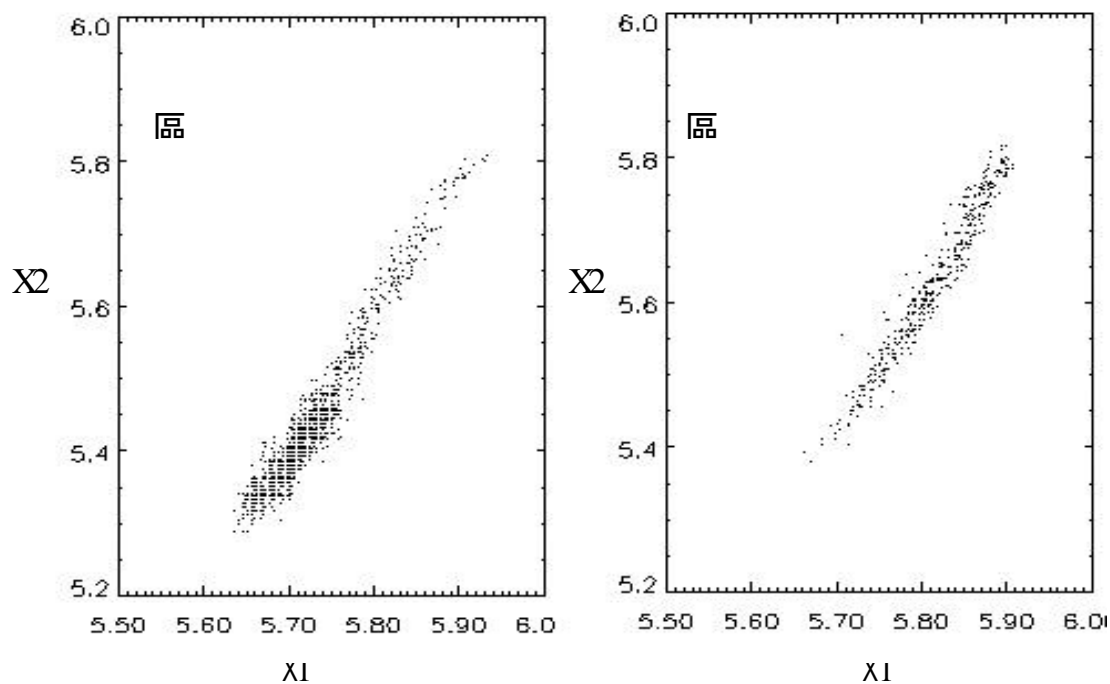


圖 6-7 為無小波過濾時之 X_1 - X_2 分佈圖

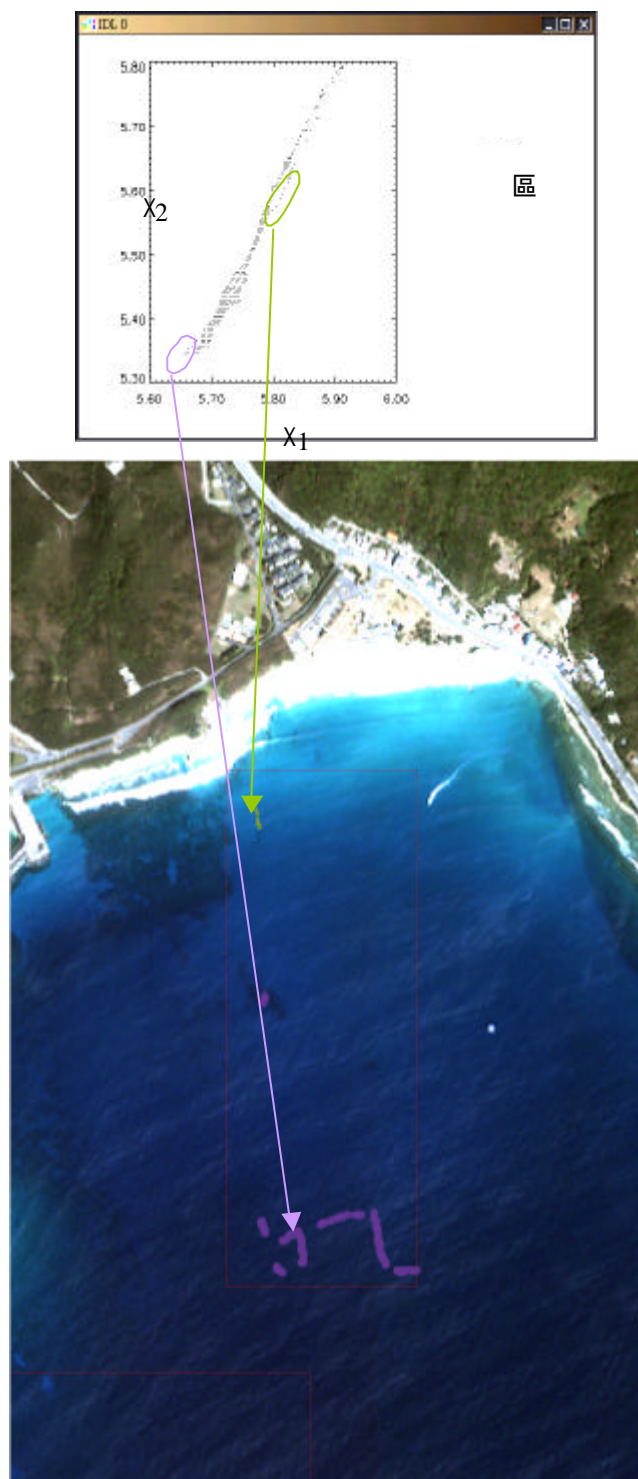


圖 6-8 區 D4 3 級轉後之 X_1 - X_2 分佈，與其平面位置分佈圖

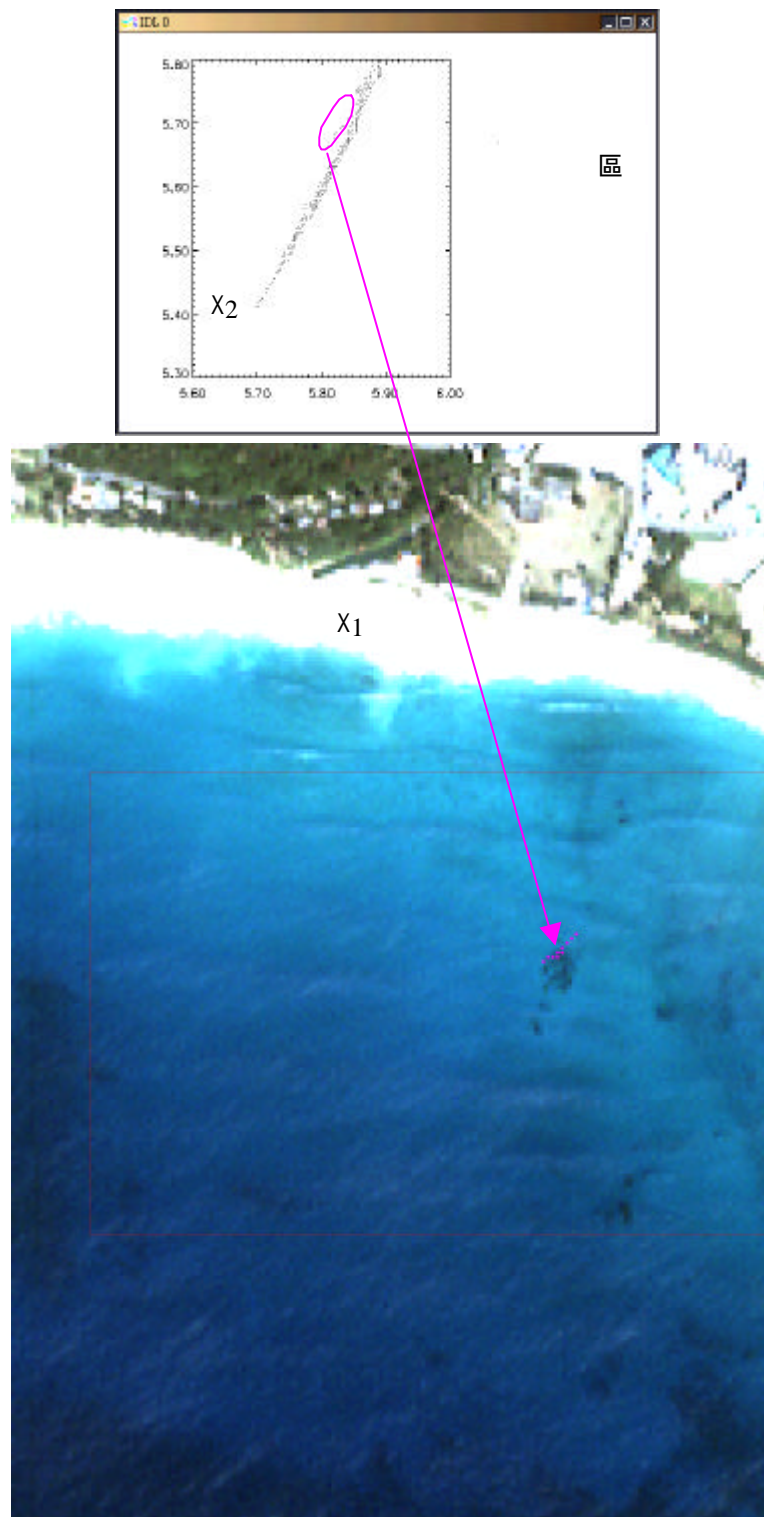


圖 6-9 區 D4 3 級轉後之 X_1 - X_2 分佈，與其平面位置分佈圖

6.4.4 研究水深解算模式

本實驗將十分之九的實測水深點當作已知水深的控制點，其餘的當作檢核點用以研究推估水深之精度。依照模擬實驗的結果，先試著找出 X_i 與水深分佈之轉折點，再以此點水深為界線，利用比率演算法公式(6-12)計算，分別求出兩段之轉換係數。模式確立後再以淺水段轉換係數計算檢核點之水深，深度超過轉折點水深時再依第二段之轉換係數計算水深以做為修正，最後再進行精度評估。

圖 6-10、圖 6-11、圖 6-12 為無經過小轉換之多光譜衛星影像分別在 、 、 區 X_i 與水深分佈圖，圖 6-13、圖 6-14、圖 6-15 為衛星影像經過 D4 3 級小轉換後分別在 、 、 區 X_i 與水深分佈圖。由圖可看出有無小波轉換，1、2 波段轉折點約在 9 公尺，且小波轉換後線段更加集中。在測深方面由 、 區可看藍、綠波段約可測深至 20 公尺，而紅色波段只能在小波轉換後，看出水深超過 9 公尺後線性不明顯，因此只能測深 9 公尺。故水深推估模式轉折點設為 9 公尺，因此在轉折點前的水深(9 公尺以內)以 1、2、3 波段(分別為藍、綠、紅波段)計算轉換係數，大於轉折點水深(9 公尺以上)以 1、2 波段(分別為藍、綠波段)計算轉換係數。

、 、 區計算結果分別如表 6-3、表 6-4、表 6-5，其檢核點水深與誤差分佈圖如圖 6-16、圖 6-17、圖 6-18，等深線分佈圖如圖 6-19、圖 6-20、圖 6-20。在小波轉換後水深誤差均降低，尤其是 0~9 公尺，只有少數之水層例外。而小波修正在 區，複雜之波浪效應改善效果最佳，但由於沒有足夠多的波段可配合該區底質的類別數，使得整體誤差變大。

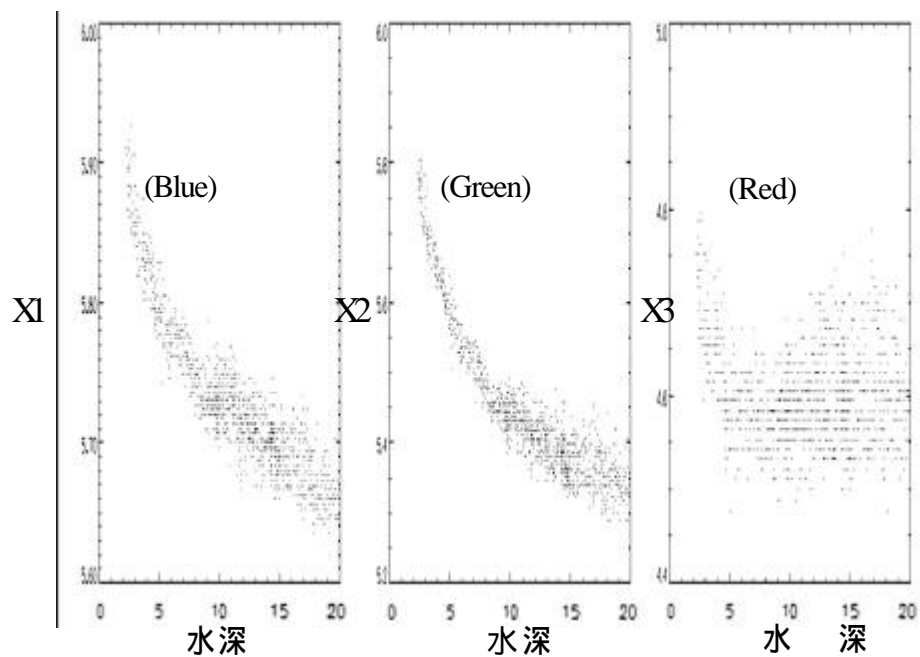


圖 6-10 區無經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈

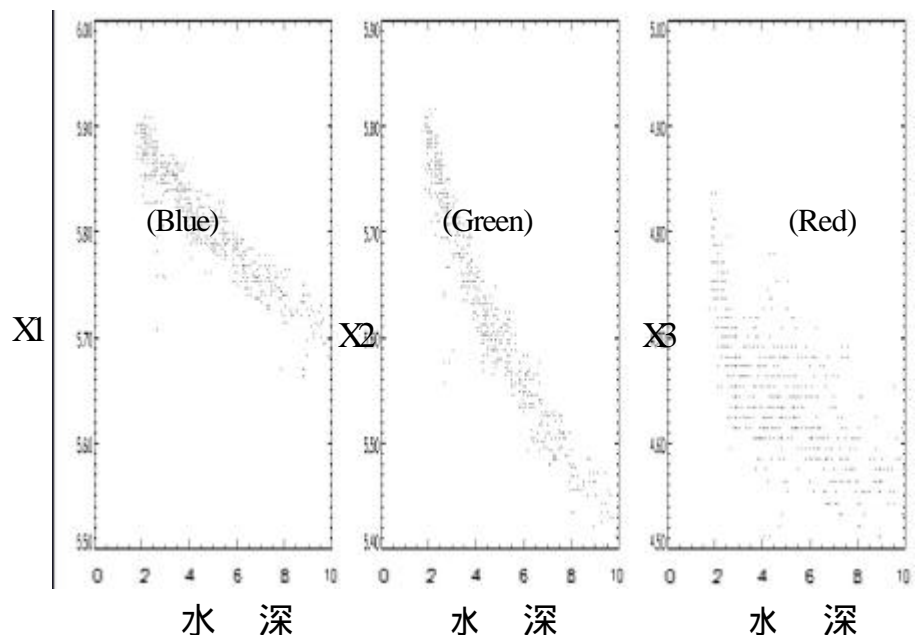


圖 6-11 區無經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖

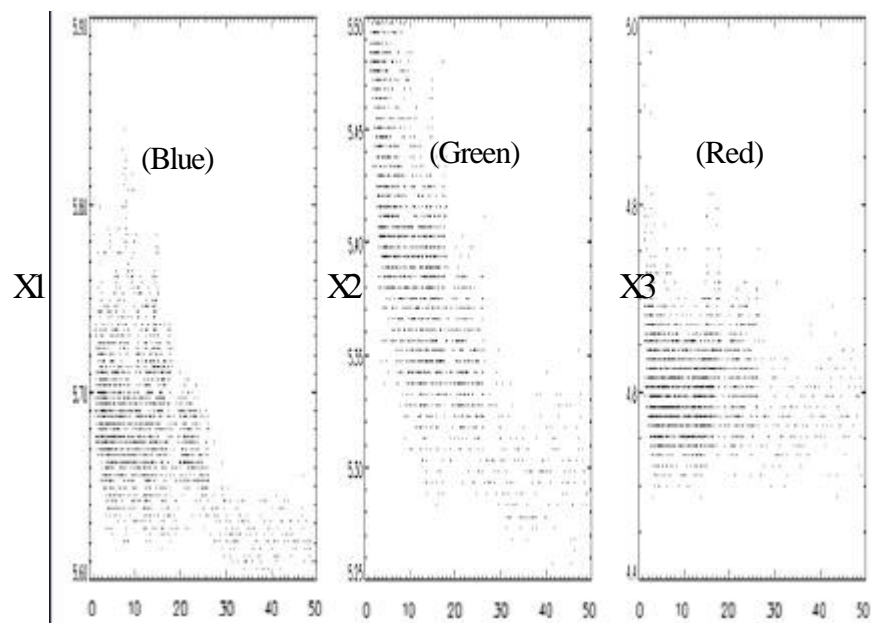


圖 6-12 區無水深經過水深小水深波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖

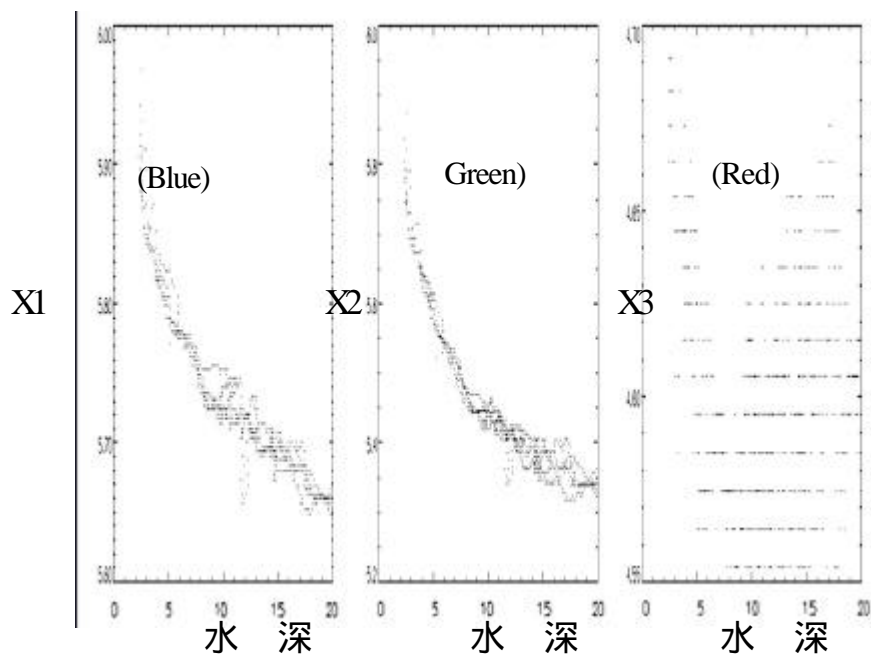


圖 6-13 區經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖

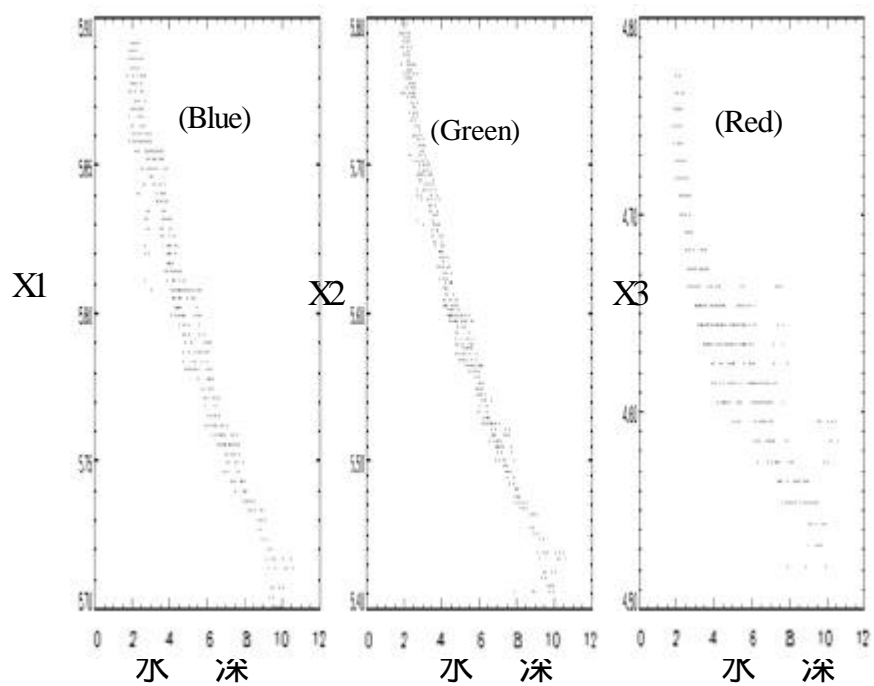


圖 6-14 區經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖

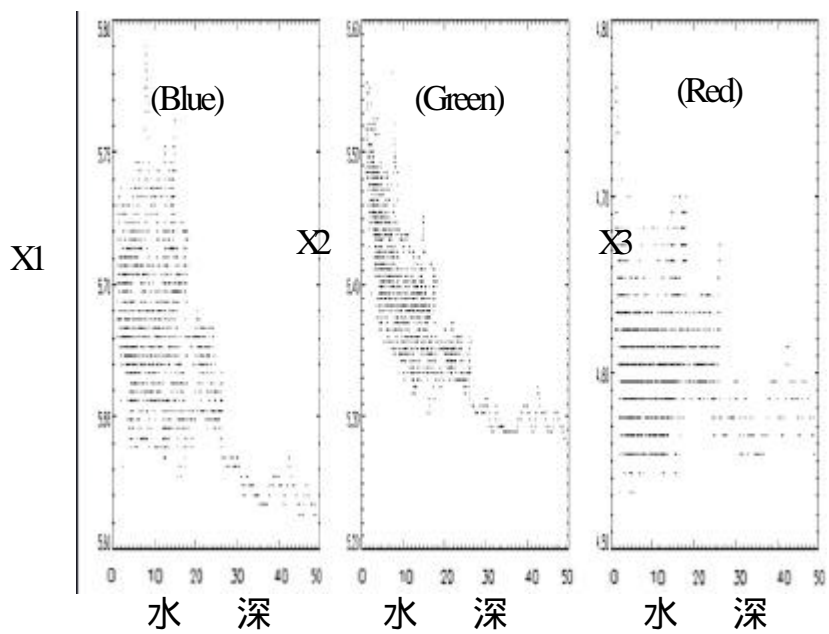


圖 6-15 區經過小波轉換之衛星影像 X_i 與水深分佈圖

由上述可綜合歸納下列幾點：

- (1) 有沒有經過小波處理的衛星影像皆有轉折點，在底質簡單的地方最為明顯，與之前模擬數據結果互相呼應。
- (2) 小波能將波浪效應的高頻訊號分離，而波浪效應所產生的低頻訊號與水深對影像灰度值之影響同屬低頻而難以分離。故在小波轉換後的訊號仍保有轉折點，且更為明顯。
- (3) 小波轉換能明顯的改善水深推估的誤差值，尤其在轉折點之前的水深，而波浪效應複雜的 區改善效果最大。
- (4) 轉折點具有其物理意義。

表 6-3 區控制點與檢核點各水層之誤差

單位：公尺

水深範圍	無經過小波轉換		經過小波轉換 D4 3 級轉換	
	控制點誤差	檢核點誤差	控制點誤差	檢核點誤差
2-9	0.5	0.47	0.32	0.31
2-3	0.396	0.6	0.42	0.48
3-4	0.27	0.35	0.176	0.163
4-5	0.445	0.42	0.28	0.213
5-6	0.47	0.51	0.243	0.257
6-7	0.57	0.53	0.38	0.35
7-8	0.61	0.53	0.27	0.213
8-9	0.374	0.46	0.4	0.55
9-20	1.33	1.57	1.35	1.36
9-10	1.04	1.7	1.26	1.46
10-11	0.88	0.96	1.1	1.24
11-12	1.38	1.36	1.3	1.44
12-13	1.5	1.72	1.21	1.25
13-14	1.27	1.26	1.52	1.6
14-15	1.26	1.37	1.15	1.3
15-16	1.48	1.83	1.26	1.13
16-17	1.7	2.05	1.68	2.2
17-18	1.27	1.88	1.75	1.23
18-19	0.84	0.45	1.57	1.27
19-20	0.67	0.77	1.2	1.33

表 6-4 區控制點與檢核點各水層之誤差

單位：公尺

水深範圍	無經過小波轉換		經過小波轉換 D4 3級轉換	
	控制點誤差	檢核點誤差	控制點誤差	檢核點誤差
1-9	0.55	0.46	0.38	0.38
1-2	0.53	0.65	0.34	0.4
2-3	0.3	0.29	0.23	0.236
3-4	0.31	0.42	0.184	0.2
4-5	0.53	0.39	0.385	0.38
5-6	0.74	0.55	0.425	0.43
6-7	0.53	0.46	0.36	0.35
7-8	0.82	0.88	0.71	0.72
8-9	0.264	0.56	0.74	0.76

表 6-5 區控制點與檢核點各水層之誤差

單位：公尺

水深範圍	無經過小波轉換		經過小波轉換 D4 3 級轉換	
	控制點誤差	檢核點誤差	控制點誤差	檢核點誤差
0-9	1.16	1.2	0.67	0.63
0-1	1.25	1.47	0.65	0.32
1-2	0.97	1.14	0.41	0.294
2-3	0.76	0.85	0.48	0.435
3-4	1	1.1	0.57	0.62
4-5	1.25	1.2	0.66	0.45
5-6	1.35	1.5	0.67	0.77
6-7	1.34	1.2	0.85	0.83
7-8	1	1.2	0.86	0.75
8-9	0.65	0.66	0.54	0.56
9-20	2.27	2.25	1.4	1.35
9-10	0.55	1.96	0.96	1.75
10-11	1.7	1.8	1.12	0.74
11-12	2.4	2.16	1.33	1.5
12-13	2.2	2	1.32	1.4
13-14	2.2	2.36	1.22	1.45
14-15	2.34	2.26	1.64	1.7
15-16	2.6	3	1.48	0.88
16-17	1.5	1.15	1.53	1.66
17-18	3.3	3.4	1.26	1.2
18-19	No Data	No Data	No Data	No Data
19-20	No Data	No Data	No Data	No Data

區水深與誤差分佈圖

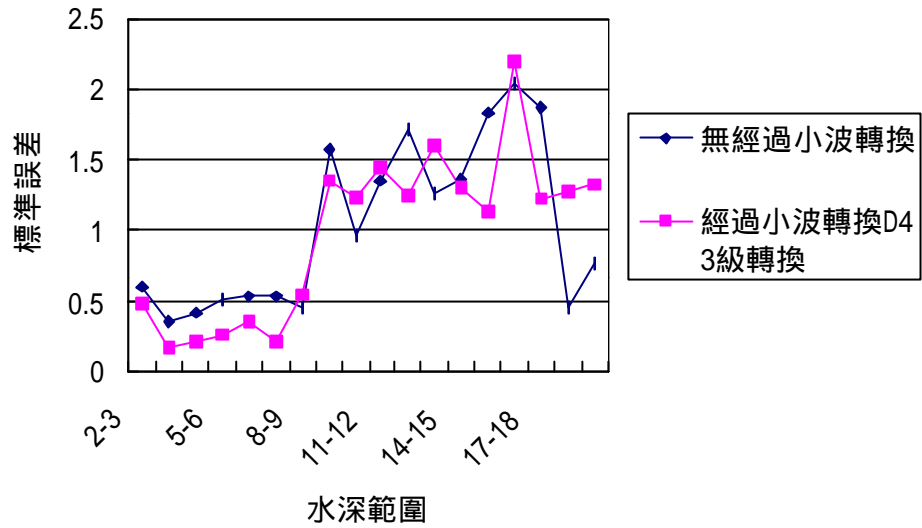


圖 6-16 區水深與誤差分佈圖

區水深與誤差分佈圖

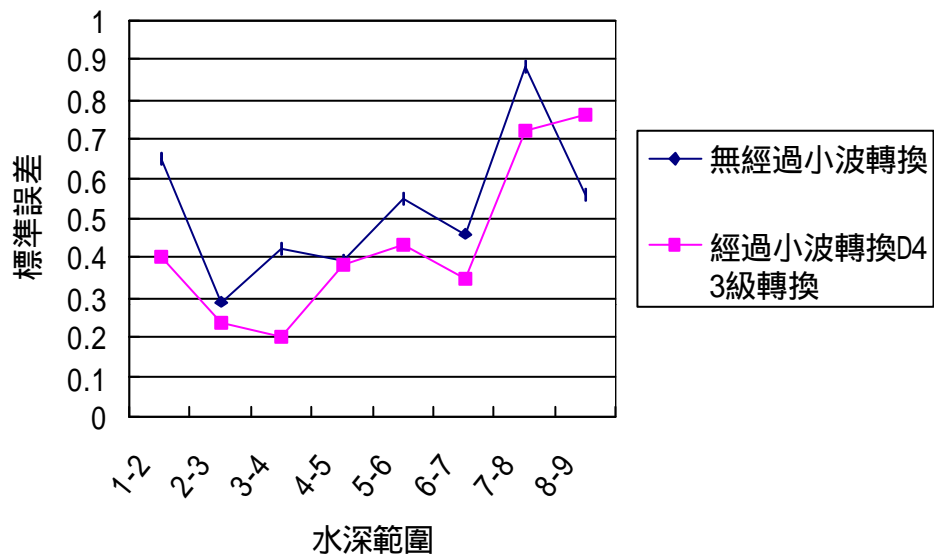


圖 6-17 區水深與誤差分佈圖

區水深與誤差分佈圖

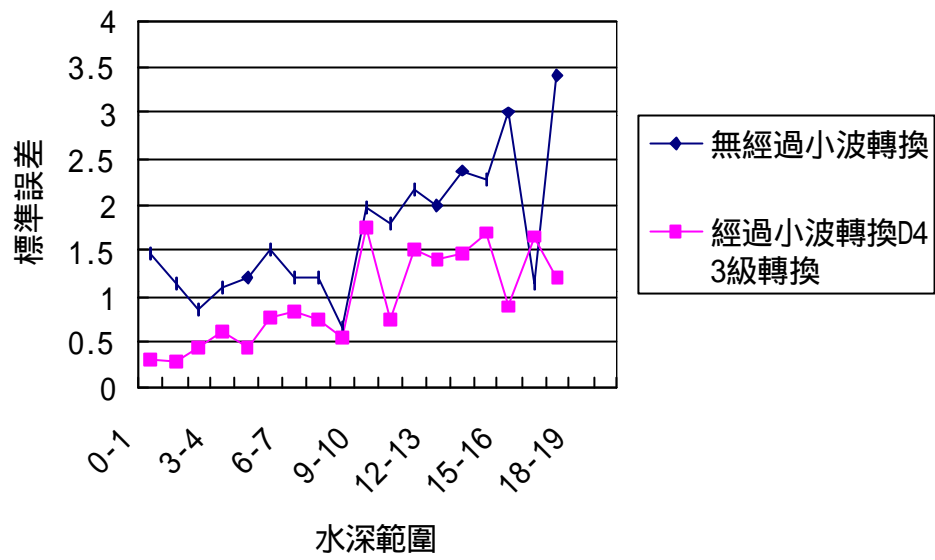


圖 6-18 區水深與誤差分佈圖

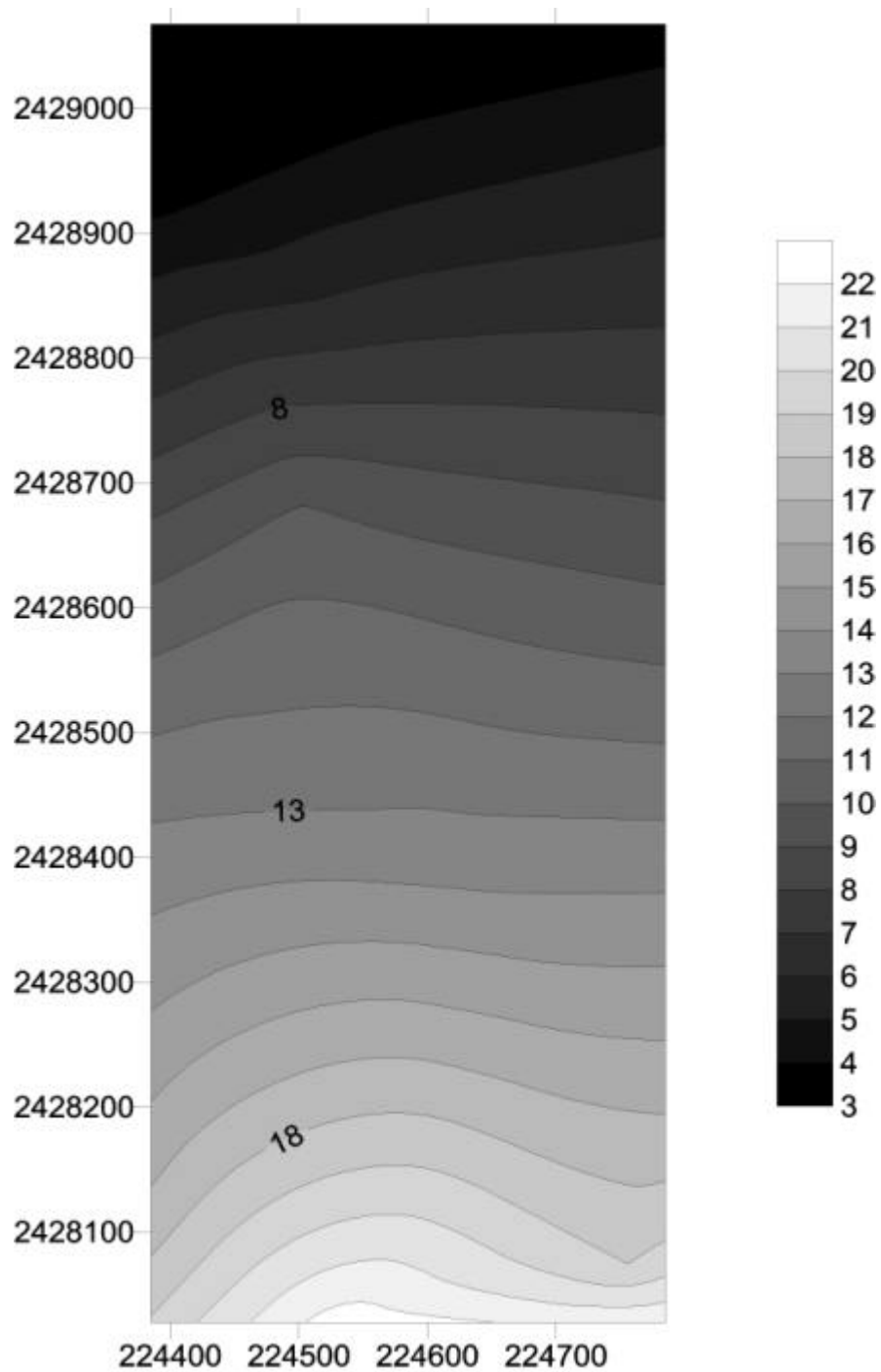


圖 6-19 區等深線分佈圖

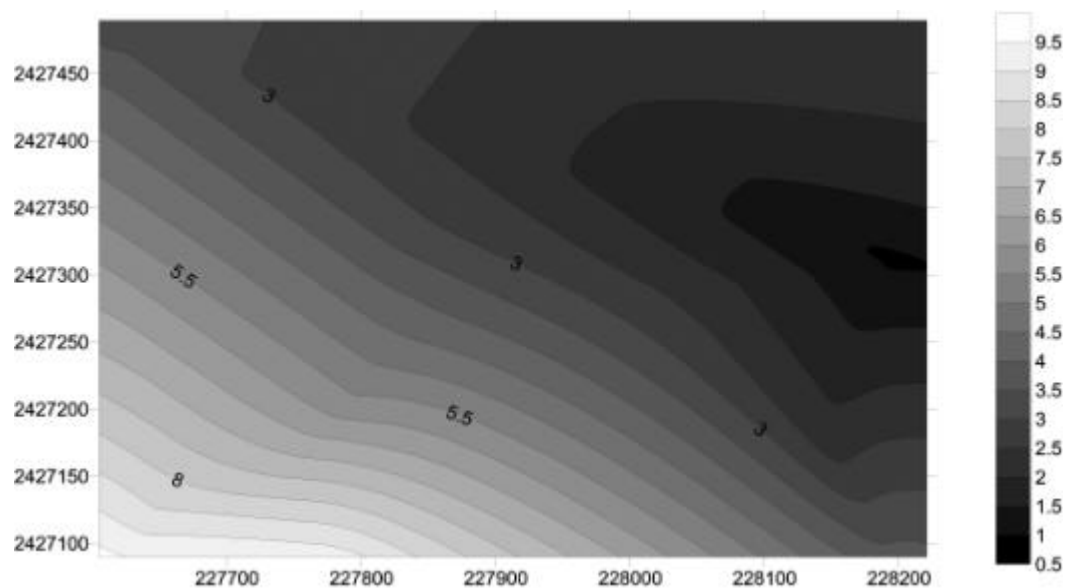


圖 6-20 區等深線分佈圖

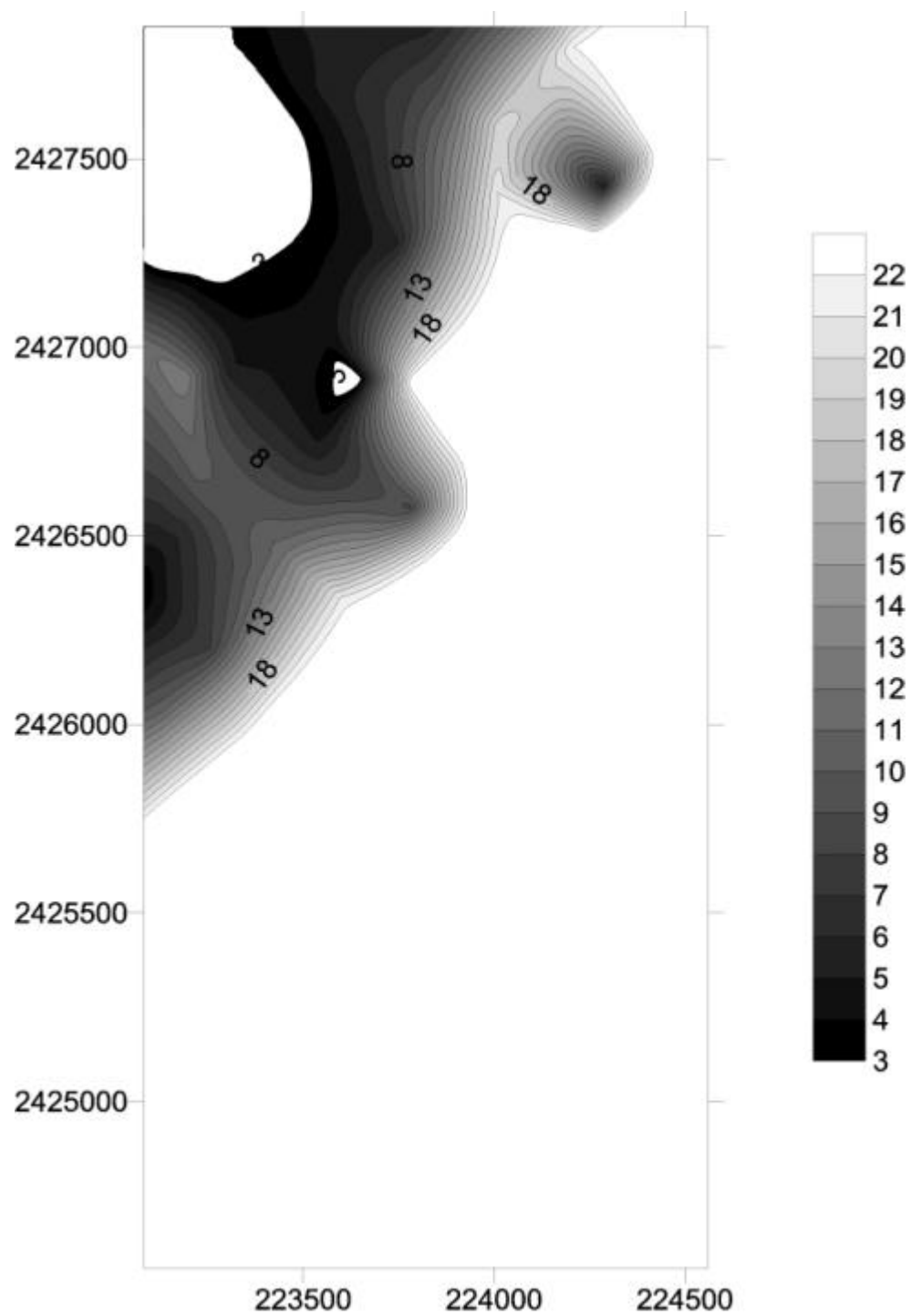


圖 6-21 區等深線分佈圖

第七章 結論

1. 利用高解析遙測影像，建構台灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，替代傳統人工或航照之海岸調查方式，可即時或快速的掌握大範圍之動態變化，除可滿足精度之需求外，並具有較佳經濟之效益。
2. 建置地理資訊系統管理模式，進行圖像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、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分析工具。
3. 系統功能未來可持續擴增其加值應用，配合資料庫系統之持續建置，逐漸形成一有關海岸帶岸灘動態監測、潮灘高程、影像判讀製圖之研究系統工具。
4. 遙測多光譜影像於近岸水深量測之應用上，目前對水質含高懸浮質之水體尚未有進一步的研究，留待下一年度再進行模式修正或改進，但對於水質較好之墾丁南灣海域在淺水域經由小波理論過濾後的訊號推算水深其精度可達 0.5 公尺左右，在水深較深區域其精度約在 1.5 公尺以內。目前的解析能力已令人滿意。
5. 利用三角網格的 DTM 網格，GPS 之定位和衛星遙測影像已可制成高程精度在 5 公尺以內之 3D 影像虛擬實境的應用技術。

參考文獻

1. Ackleson, S. G., and V. Klemas.(1986), “Two-flow simulation of the natural light field within a canopy of submerged aquatic vegetation”, Appl. Opt. 25: pp.1129-1136.
2. Bierwirth, N., Lee, T., and Burne, R.(1993), “Shallow sea-floor reflectance and water depth derived by unmixing multispectral imagery”, Photogramm. Eng. Remote Sens., Vol. 59, No. 3, pp.331-338.
3. Brown J., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D., and Wright J.(1989), “Waves, tides and shallow-water processes”, Walton Hall, Milton Keynes, MK7 6AA and Pergamon Press plc, pp.7-42.
4. Daubechies, I.(1991), “Ten Lectures on Wavelets”, CBMS-NSF Series Appl. Math., SIAM
5. Gordon, H. R., and O. B. Brawn(1974), “Influence of bottom depth and albedo on the diffuse reflectance of a flat homogeneous ocean”, Appl. Opt. 13: 2153-2159.
6. Japan Space Imaging Corporation (2001), “**IKONOS衛星像利用** 紹 - 解像度 1m 新 世界
<http://www.stnet.co.jp/ikonos/pdf/ikonos-hp.pdf>
7. Kent Clark R., Temple H. Fay, and Charles L. Walker(1987), “Barhymetry calculatiobs with Landsat 4 TM imagery under a generalized ratio

assumption”, Appl. Opt., Vol 26, No.19, pp.4036-4038.

8. Lyxenga, D. It.(1979), “Shallow-Water Reflectance Modelling with Applications to Remote Sensing of the Ocean Floor,” in Proceedings, Thirteenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment (Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor.
9. Lyzenga, D. R. (1985), "Shallow-Water Bathymetry Using Combined Lidar and Passive Multispectral Scanner Data", Int. J. Remote Sensing 6,115.
10. Maritorena, S., Morel, A., and Gentili, B. (1994), “Diffuse reflectance of oceanic shallow-waters: Influence of water depth and bottom albedo”, Limnol. Oceanogr. 39(7): 1689 – 1703.
11. Massel, S.R.(1996), “Ocean Surface Waves: Their Physics and Prediction”, World Scientific Publications, Singapore, New York.
12. Philpot, W. D. (1989), “Bathymetric mapping with passive multispectral imagery”, Appl. Opt. 28(8):1569 – 1578.
13. Stanislaw R. Massel(2001), “Wavelet analysis for processing of ocean surface wave records”, Ocean Engineering 28 , 957 – 987.
14. T. Thierry ,and C. Philip (2000), “Demystification of IKONOS”, Earth Observation Magazine, pp.17-21.
15. Tuteur, F.B.(1989), “Wavelet transformations in signal detection In: Combes, J.M., Grossman, A., Ycham-itchian, P. (Eds.), Wavelets. The Time-Frequency Methods and Phase Space. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 132 – 138.

摘要報告

第一章 前言

海岸地帶為海陸交互作用地區，對一個海洋國家而言，具有相當之重要性，在兼顧土地開發與資源保育之原則下，須就海岸生態特性與開發利用等方面，作整體之規劃及評估，以提供最佳及永續之保護、經營與利用。為瞭解海岸資源，首先須先掌握海岸潮灘之相關資訊，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相關資訊。本研究即嘗試引入高解析度衛星遙測影像來建構台灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，同時建置地理資訊系統(GIS)管理模式，進行圖像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、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。

本研究為延續八十九年度『台灣港灣及海岸數位圖像資料之建構』計畫所完成台灣地區八個主要港口之高解析 IKONOS 衛星圖像系統為主軸，持續建置由臺中大甲溪以南至臺南七股以北之海岸圖像資料及其資料庫系統；同時並以多光譜遙測影像研究其於淺海水深遙測、海岸帶資源調查與水體調查之應用；除精進原有系統外亦擴增虛擬實境技術於 3D 圖像顯示之應用。研究之成果包括製作海岸高解析數位影像之幾何糾正及鑲嵌圖像；淺海水深遙測為選擇南灣海域之 IKONOS 多光譜影像，配合現場量測水深資料之比對，初步研究顯示於 10 公尺內之清澈水域可達 30 公分左右之量測精度；虛擬實境之 3D 圖像顯示則以基隆港為例，以高解析衛星圖像配合 DTM 資料完成。

1.1 計畫緣起

海岸資源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、造成社會學在兼顧土地開發與資源保育之原則下，須就海岸生態特性與開發利用方面，對濱海陸地及近海水域之水土資源，作整體之規劃及評估，依使計區特性作妥善之管理，才能對海岸地區之土地及資源，有最佳及永續長護、經學與利用。

過去一年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大悟提高至一公尺以內，使得其實用性亦隨之大幅提升，顯然在調查工作上扮演極為重要的工具。本研究中心於八十九年度即首先嘗試引入高解析度衛星遙測影像來建構台灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，同時建置地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)管理模式，進行圖像資料之儲存、管瑟分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、規劃管理及 RF 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象統工其。由執行之成果顯示，遙測技術的確為一有效之海岸帶調查工具，具有相當之應用潛力。

本年度將延續八十九年度『台灣港灣及海岸數位圖像資料之建橋計畫所完成之台灣地區主要港口(基隆冷淡水港、蘇澳垮台中海高雄冷花蓮冷安平港與左營港)高解析 IKONOS 衛星圖像系統為主軸，採特定區域一臺灣西部海岸(臺中大甲溪以南與臺南七股以北)高解析衛星圖像之資料建置，逐漸充實並建置更完整之海岸帶圖像資料庫系統，同時並以多光譜遙測影像研究其於淺海水深遙測與海岸帶資源或污染調查之應用;除精進原有系統外亦擴增虛擬實境技術於 3D 圖像顯示之應用。

1.2 工作項目與內容

- 1.海岸帶高解析度衛星一米融合彩色彩像購置:
- 2.多光譜衛星影像購置:
- 3.潮汐資料蒐集：
- 4.地面控制點獲取：

- 5.影像正射糾正：
- 6.影像錶段：
- 7.向量資料粹取：
- 8.潮灘地質屬性資料之調查。
- 9.彩色圖像輸出:
- 10.動態立體(3D)圖像之虛擬實境模擬
- 11.圖像管理及查詢之地理資訊系統之精進與持續圖像建置:

第二章 遙測技術之發展與高解像度影像

遙測，廣義言之，是對某物體不作直接接觸而搜集所需之資料。飛機、人造衛星均是遙測觀察的載台。遙測之名詞，嚴格而言，只限於以電磁能量之方法來探測和度量目標之性質。所謂電磁能量則包括光、熱、及無線電波。遙測之此項定義，不包括電測、磁測、及重力測量，此等測量係度量力場，而非電磁輻射測量。磁測與電測，通常係在飛機上所進行，但是此種測量認係空中地球物理測量，而非遙測。

1999年9月24日，在美國丹佛市范登堡空軍基地(Vandenberg Air Force Base)，太空圖像公司(Space Imaging, Inc.)首次成功發射了全球第一顆高解析度商業衛星IKONOS-2，並於同年10月12日公布第一張由太空攝得的照片，其最高0.82公尺之解析度可媲美美國軍方間諜衛星的水準。由此，解決了以往遙測影像低解析度之問題，加上明年年初即將陸續發射之若干具有1m解析度之衛星，如QuickBird，EarthWatch等，已可肯定高解析度遙測時代已然來臨。依其所公佈之模擬測試資料顯示，IKONOS-2衛星在無地面控制點，僅利用載具方位參數的情況下，可獲得平面12 m、高程10 m之定位精度，若使用地面控制點資料則有平面2 m、高程3 m以上之定位精度，可製作約1/5000比例尺之地圖，由此看來，IKONOS衛星影像在製圖之應用潛力上，較之目前最常用之SPOT衛星影像已獲得具體的提升。而衛星遙測技術應用之最大之特點在於能在短時間週期內快速且重覆的獲

取所需之影像資料，較之航空攝影方式其成本則可大幅度的降低，這在諸多的大範圍的應用上將成為一個重要且即時之工具。

第三章 遙測技術於水體探測之應用

3.1 水體資源遙測

- 1.水體面積量測
- 2.水位 - 面積關係
- 3.流域與集水區形狀
- 4.水體的深度與含沙量
- 5.水域之歷史與即時變遷

3.2 洪水災害遙測監測

- 1.洪水光譜特性分析
- 2.不同遙測資料對水體的敏感度
- 3.洪水災害遙測資訊融合分析
- 4.多波段遙測資訊的融合
- 5.多時相遙測資訊的融合
- 6.多平台遙測資訊的融合
7. 遙測資訊與非遙測資訊(地理資訊系統)之間的融合
8. 洪水災害遙測資訊和地理資訊系統的融合分析

3.3 遙測技術於海圖測繪應用

- 1.遙測影像之幾何校正

2.遙測影像岸線特徵之自動提取

3.遙測影像之水深值推估

第四章 數值圖像之幾何糾正與處理

遙測影像中各點間不同程度之幾何變形主要是在成像過程中，受到透視投影、攝影軸傾斜、大氣折光、地球曲率及地形起伏等因素的影響產生像點移位，致使像幅中各像點間之比例尺不一。因此，有必要實施幾何糾正處理，否則無法作為地圖使用。由於造成幾何變形之諸多因素中，透視投影、攝影軸傾斜屬攝影幾何誤差，可利用明確的方位參數描述，而大氣折光、地球曲率屬系統誤差，可利用數學模式作整體性的修正，唯有地形起伏因素不僅造成的像點移位最為主要而顯著，而且具有隨機性質，難以有效利用整體性的數學函數來處理。就製圖的觀點而言，幾何糾正後之像片，如同垂直攝影產生之像片，故稱之為正射化像片(Orthophoto)；而該幾何糾正稱之為正射化糾正(Ortho Rectification)，國內所使用之像片基本圖即屬此種。

數值影像之幾何校正方式可視地形之平坦度而選擇適當的糾正方法，例如對平坦地而言，可以採用簡易橡皮伸張法(Rubber Stretch)，在像幅內選擇適當的控制點及選擇映像函數(Mapping Function)，以全區方式或以方格，三角形分區方式進行糾正，又稱為區塊糾正法(Anchor Points Rectification Method)。雖然該法計算簡單，但未考慮各像點不規則之像點移位，不適合高差起伏之地形。另一種較為嚴密的糾正方式，需配合 DTM 資料對影像中每個像元依其相應之高程值，以逐點方式進行修正，故又稱為逐點糾正法(Pixel by Pixel Rectification Method)，是最為精確的糾正方法。

第五章 海岸帶地形虛擬實境技術應用

近年來電腦繪圖，影像處理及多媒體技術在軟、硬上均呈現快速的發展，使得對於物空間三維景像之展現有了多元的顯示方式，這種

利用數值地形模型(DTM)資料處理及顯示之虛擬實境景觀視覺模擬技術，使得對於展現三維地形曲面之方式有了重大的變革，大幅提升了人類在所處周遭環境之判釋與理解能力，也滿足了視覺上之真實感覺。事實上，該技術之使用除了陸域之地形模擬應用之外，當然也適合於海域及海底地形之模擬。

本研究主要目的在運用虛擬實境技術，結合數值高程模型(Digital Elevation Models, DEM) 與遙測衛星影像，進行三維之虛擬地形模擬，以期善用高解析之遙測影像作更視覺化之地形地物之展現。因此首先介紹「數值地形模型」(Digital Terrain Models, DTM)的基本概念，及製作 DTM 時有關數值高程資料簡化與模型建置等方法，同時說明利用資料量龐大之遙測衛星影像與 DEM 結合時必須考量的影像切割、管理與影像貼圖技術等問題。

第六章 遙測多光譜影像於近岸水深量測之應用

在海圖測繪中所需之資訊主要包括岸線、水深、底質、海流、障礙物及註記等，製圖之首要目的在於提供船艦等載具安全之航行。近年來各個海洋國家為實施特定經濟海域及宣示國家領土主權之界定，海圖本身所賦予之意義將超越其原有保證航行安全之範疇，大部份的海洋國家均有重測海圖之議並積極實施中。在近岸之部份，更需施測大比例尺之海圖，以配合海岸工程、海岸管理維護及經營之應用。就海圖之使用目的而言，其最首要表達之資訊當屬水深資料，水深量測方法近年來亦有重大的進展，諸如 GPS 衛星定位儀的使用，及由過去單音束(Single Beam)至目前及多音束(Multi-Beam)測深儀的使用，均使海底地形之測量更為快速、可靠與精確，但其由於測量船隻於極近岸航行安全之顧慮，無法進行極近岸水深量測之工作則是其難以克服之問題。目前已有最新的空載雷射掃瞄儀(Airborne Laser Scanner)提供更為便捷之近岸淺水之水深測量，近岸水質不佳可能限制了該技術之實用性，但對該項新科技之發展及使用，仍值得吾人注意和探討。本章即嘗試引入多光譜遙測影像技術於海圖測繪之水深量

測之應用，選取南灣地區之高解析 IKONOS 衛星多光譜影像為實驗對象，配合現場傳統方式量測之水深資料，進行相關之分析與探討。

本章可綜合歸納下列幾點：

有沒有經過小波處理的衛星影像皆有轉折點，在底質簡單的地方最為明顯，與之前模擬數據結果互相呼應。

小波能將波浪效應的高頻訊號分離，而波浪效應所產生的低頻訊號與水深對影像灰度值之影響同屬低頻而難以分離。故在小波轉換後的訊號仍保有轉折點，且更為明顯。

小波轉換能明顯的改善水深推估的誤差值，尤其在轉折點之前的水深，而波浪效應複雜的 區改善效果最大。


轉折點具有其物理意義。

第七章 結論

1. 利用高解析遙測影像，建構台灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，替代傳統人工或航照之海岸調查方式，可即時或快速的掌握大範圍之動態變化，除可滿足精度之需求外，並具有較佳經濟之效益。
2. 建置地理資訊系統管理模式，進行圖像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、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分析工具。
3. 系統功能未來可持續擴增其加值應用，配合資料庫系統之持續建置，逐漸形成一有關海岸帶岸灘動態監測、潮灘高程、影像判讀製圖之研究系統工具。
4. 遙測多光譜影像於近岸水深量測之應用上，目前對水質含高懸浮質之水體尚未有進一步的研究，留待下一年度再進行模式修正或改進，但對於水質較好之墾丁南灣海域在淺水域經由小波理論過濾後

的訊號推算水深其精度可達 0.5 公尺左右，在水深較深區域其精度約在 1.5 公尺以內。目前的解析能力已令人滿意。

5. 利用三角網格的 DTM 網格，GPS 之定位和衛星遙測影像已可制成高程精度在 5 公尺以內之 3D 影像虛擬實境的應用技術。



交通部運輸研究所
臺灣技術研究中心

主任 邱永芳

交通部運輸研究所 臺灣技術研究中心

度數值影像購置：

解析度數值彩色影像：臺中大甲溪以南與臺南七股以北
海岸帶

光譜影像：墾丁海域及澎湖海域

空海域：空拍彩色像片及VCR錄影帶

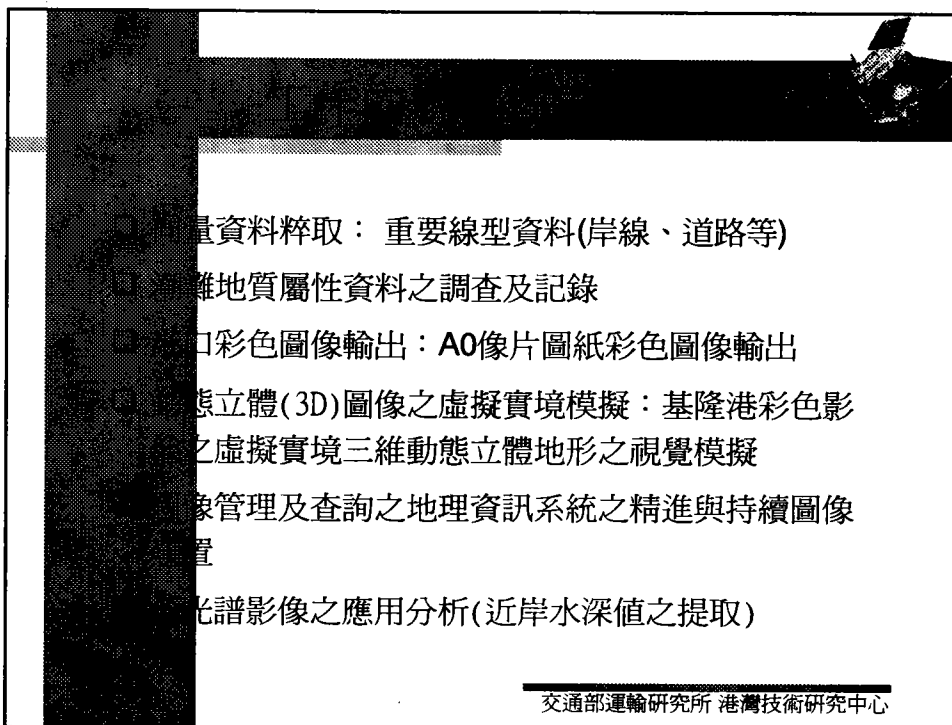
料蒐集：攝像時間前後各24小時

制點測量：GPS衛星定位測量，每幅圖至少十個點

射化糾正：地圖坐標校正與套合，精度為一個像元

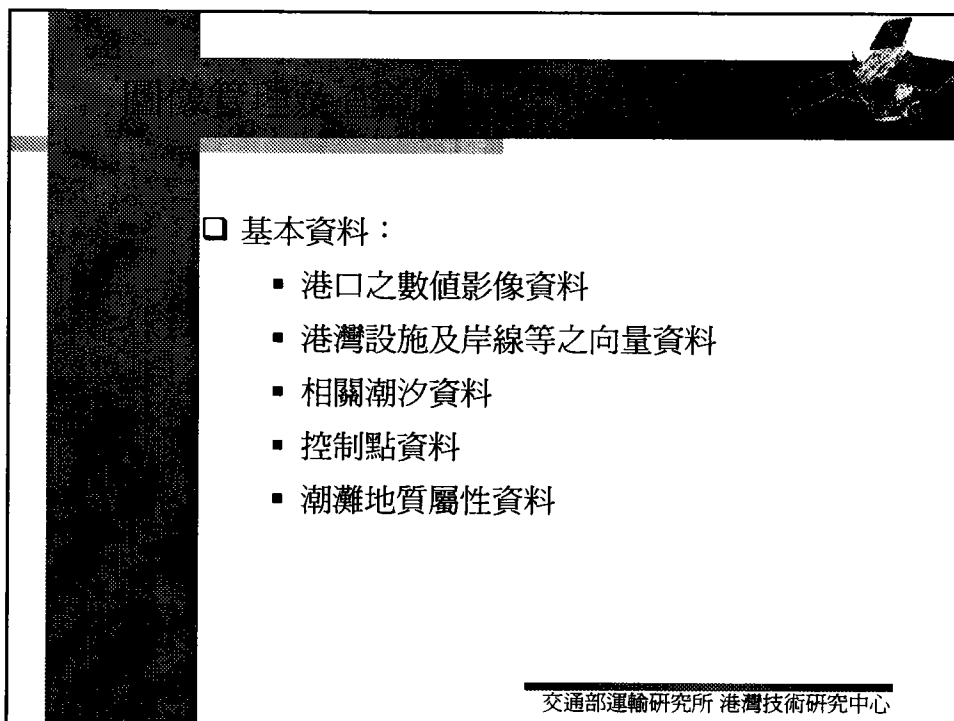
嵌：相鄰圖像接合，消除相鄰色差

交通部運輸研究所 臺灣技術研究中心




- 測量資料粹取：重要線型資料(岸線、道路等)
- 潮灘地質屬性資料之調查及記錄
- 港口彩色圖像輸出：A0像片圖紙彩色圖像輸出
- 三維動態立體(3D)圖像之虛擬實境模擬：基隆港彩色影像之虛擬實境三維動態立體地形之視覺模擬
- 圖像管理及查詢之地理資訊系統之精進與持續圖像建置
- 遙測光譜影像之應用分析(近岸水深值之提取)

交通部運輸研究所 港灣技術研究中心



- 基本資料：
 - 港口之數值影像資料
 - 港灣設施及岸線等之向量資料
 - 相關潮汐資料
 - 控制點資料
 - 潮灘地質屬性資料


交通部運輸研究所 港灣技術研究中心



系統功能：

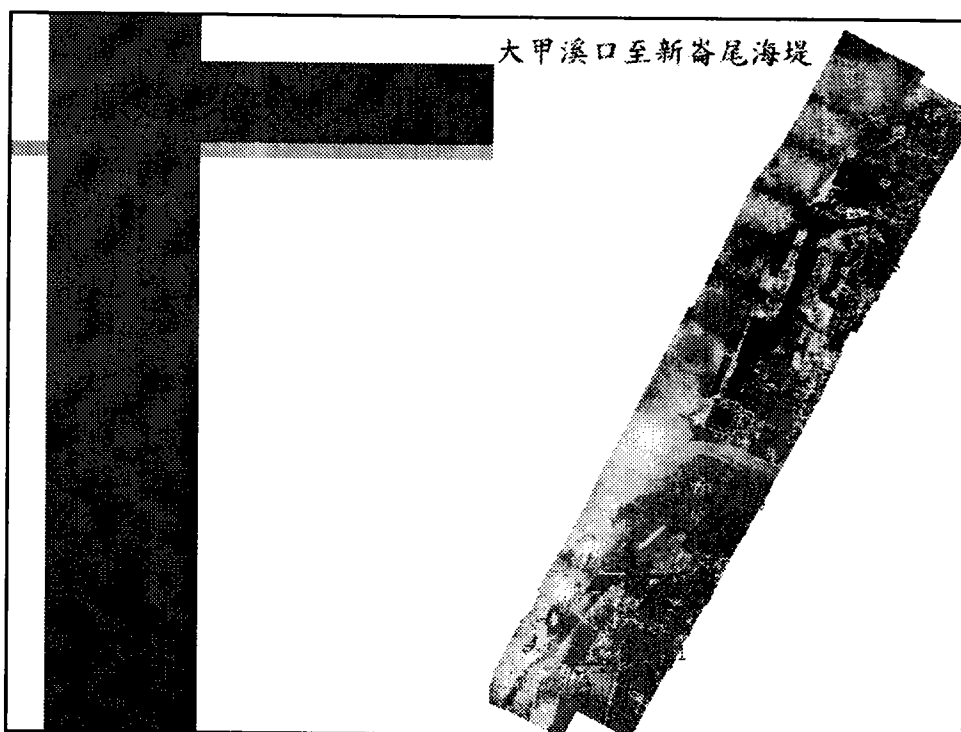
- 圖像資料管理模組
- 圖像資料查詢模組
- 影像及向量圖形之套疊模組
- 圖像之三維顯示、旋轉、縮放功能模組
- 潮灘高程資料之計算
- 潮灘面積之計算
- 岸線長度之量測與計算
- 變遷分析功能（有同一地區不同時段影像時）

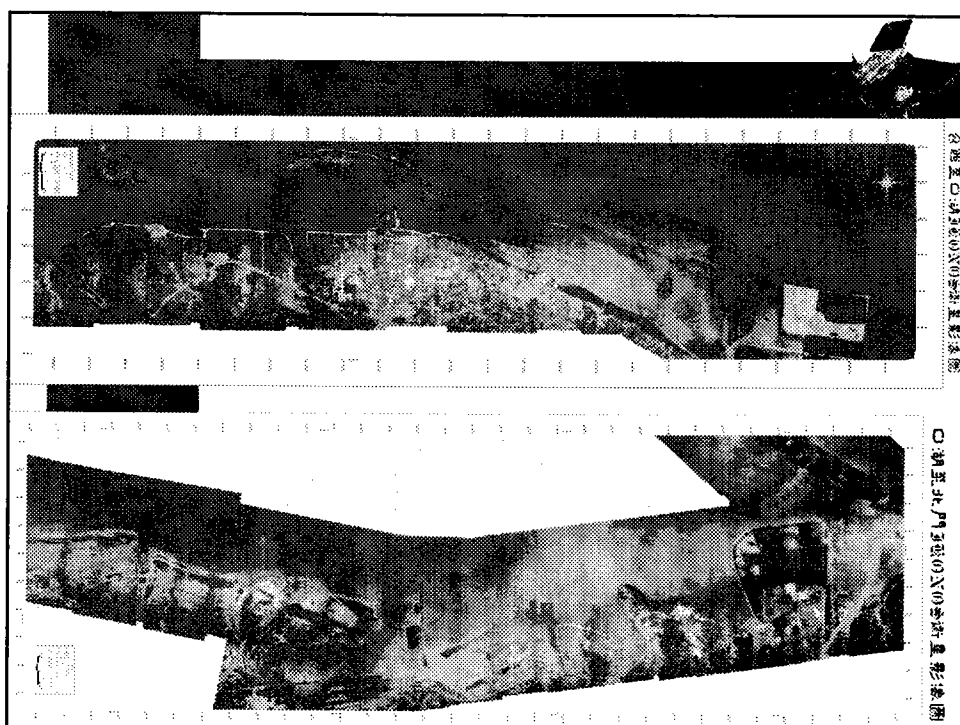
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心

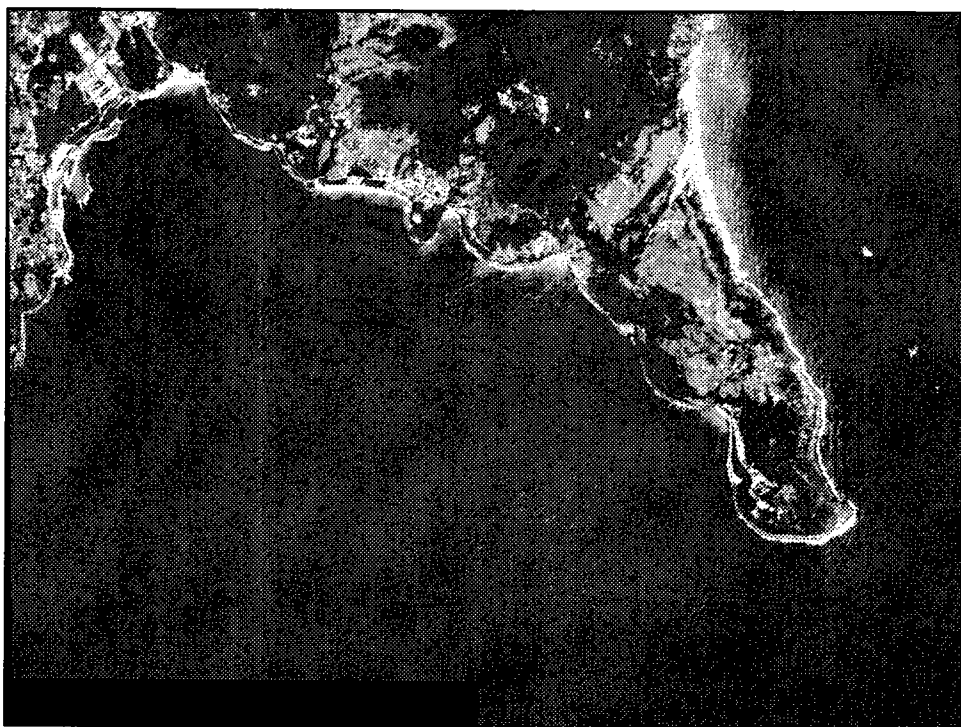
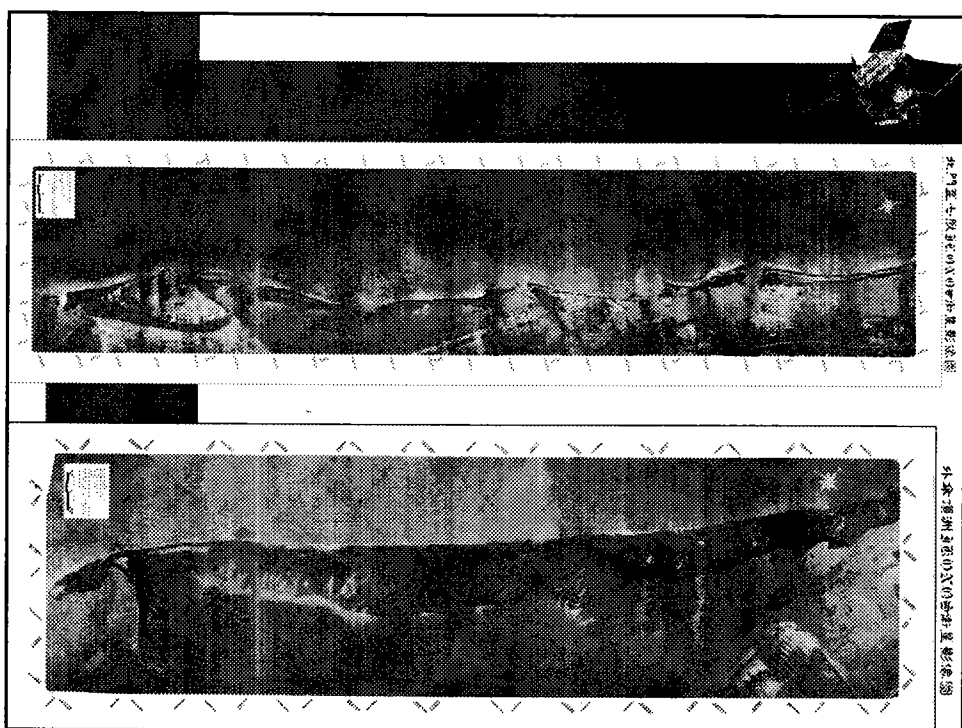


台影像幾何糾正與圖像管理系統

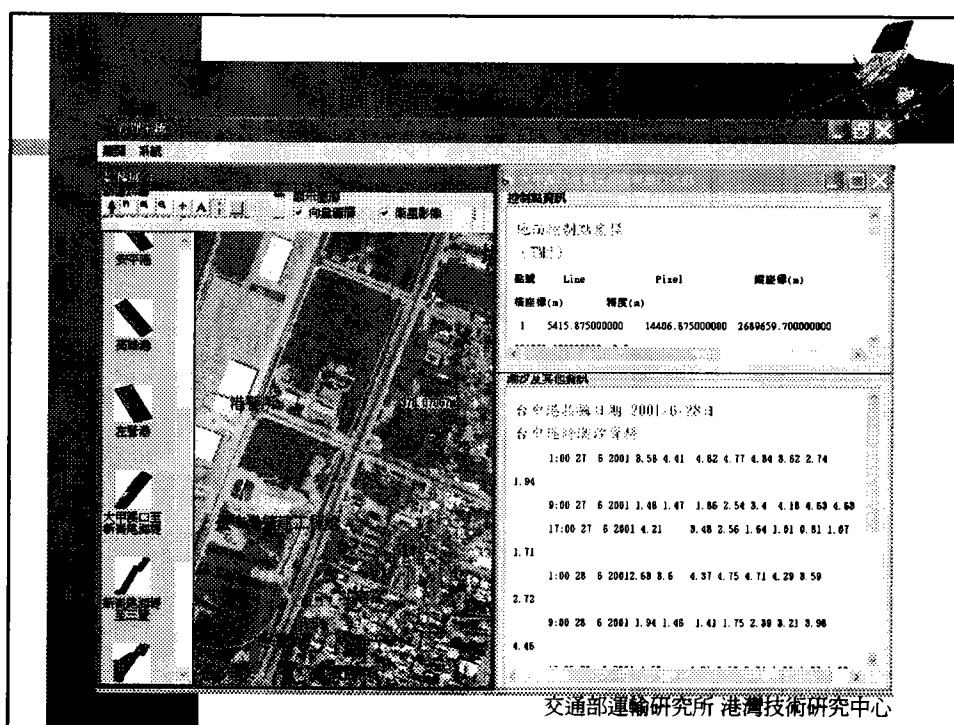
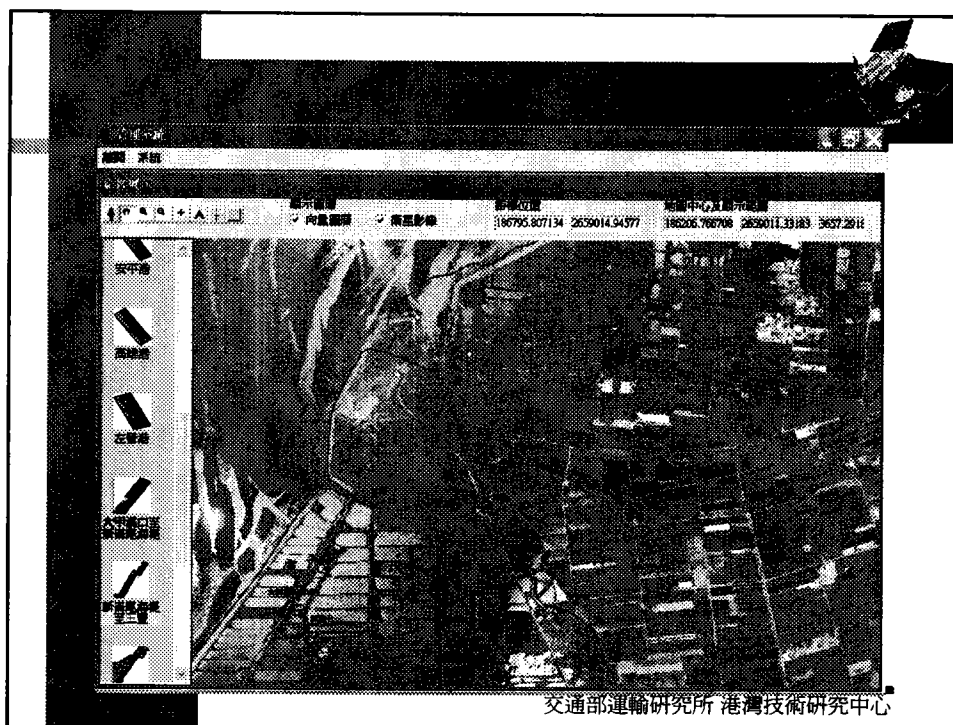
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心

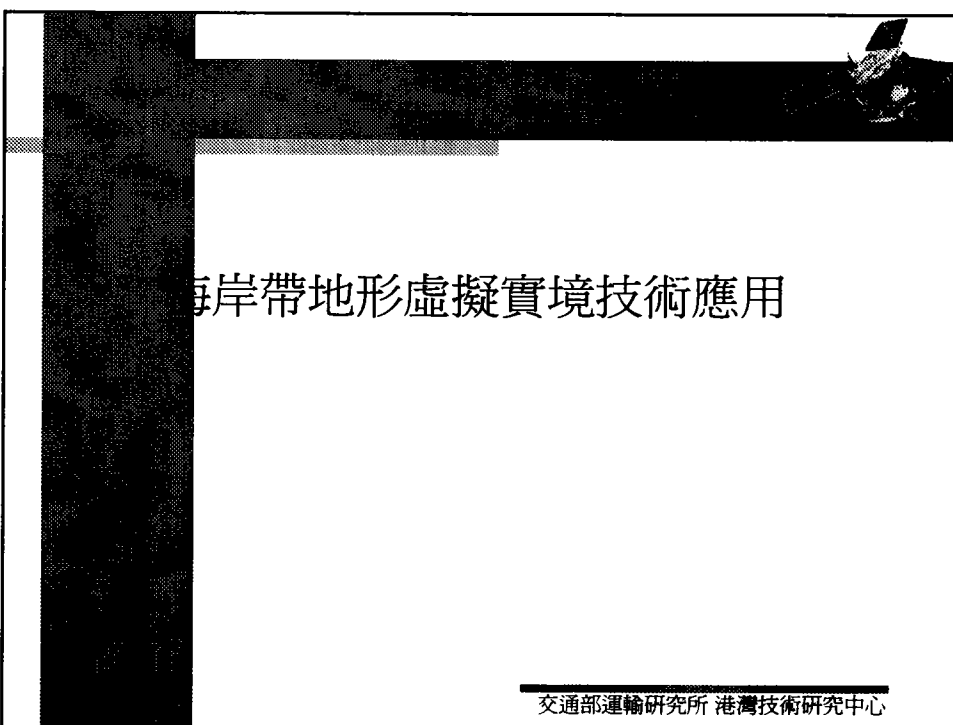
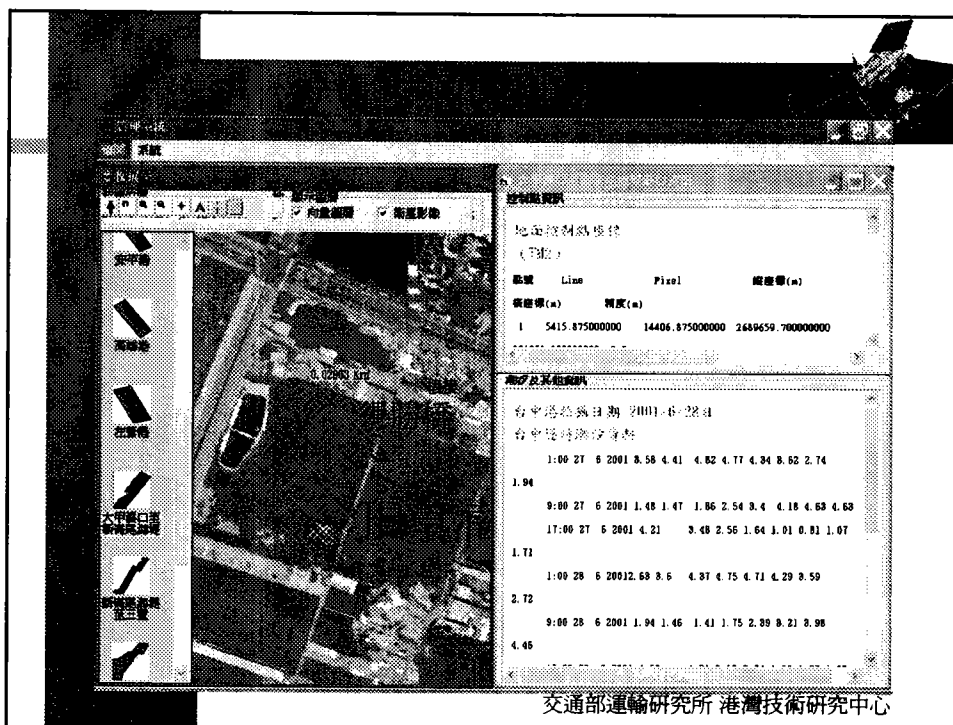


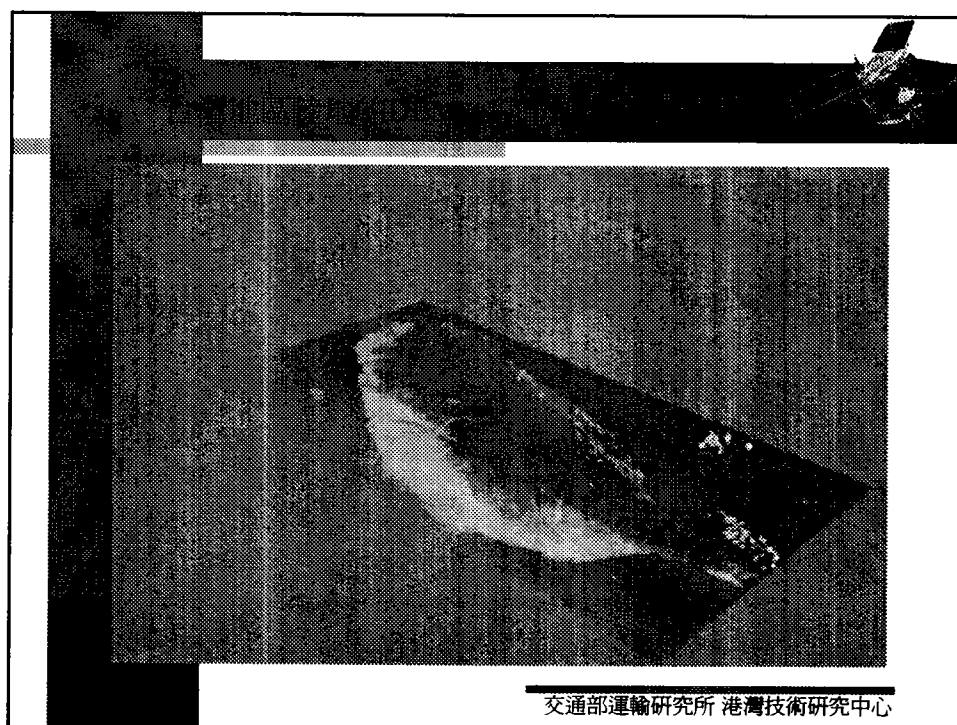
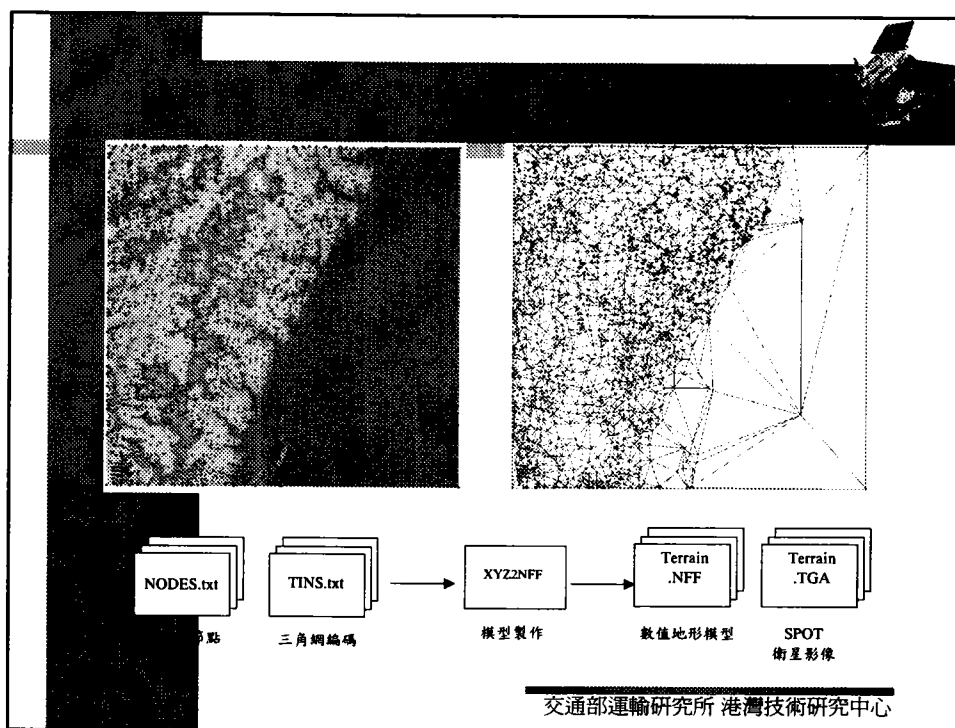


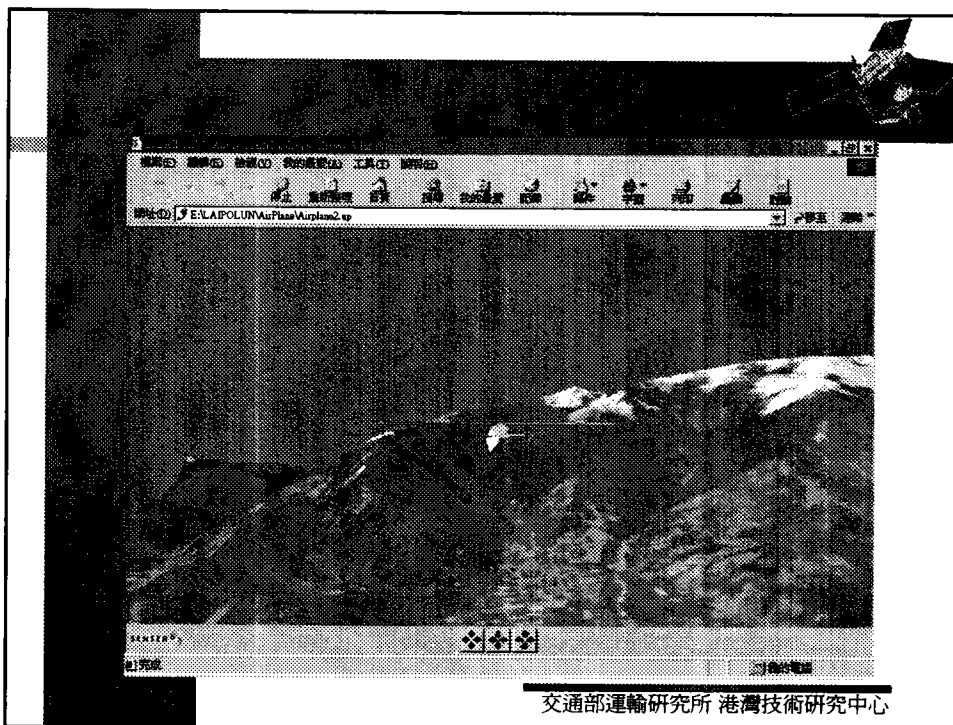


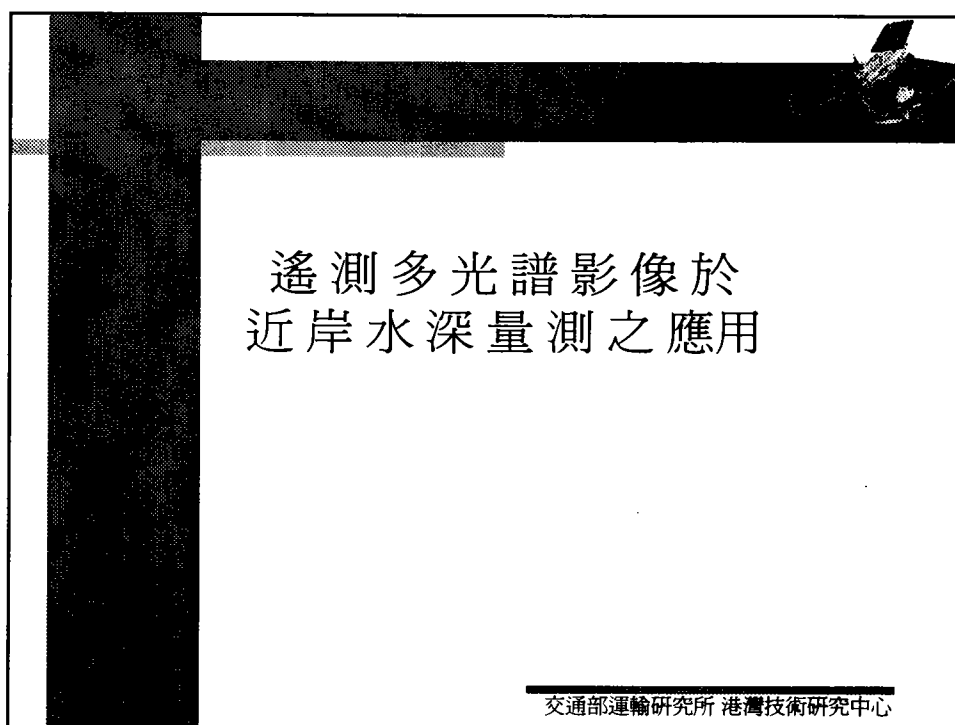
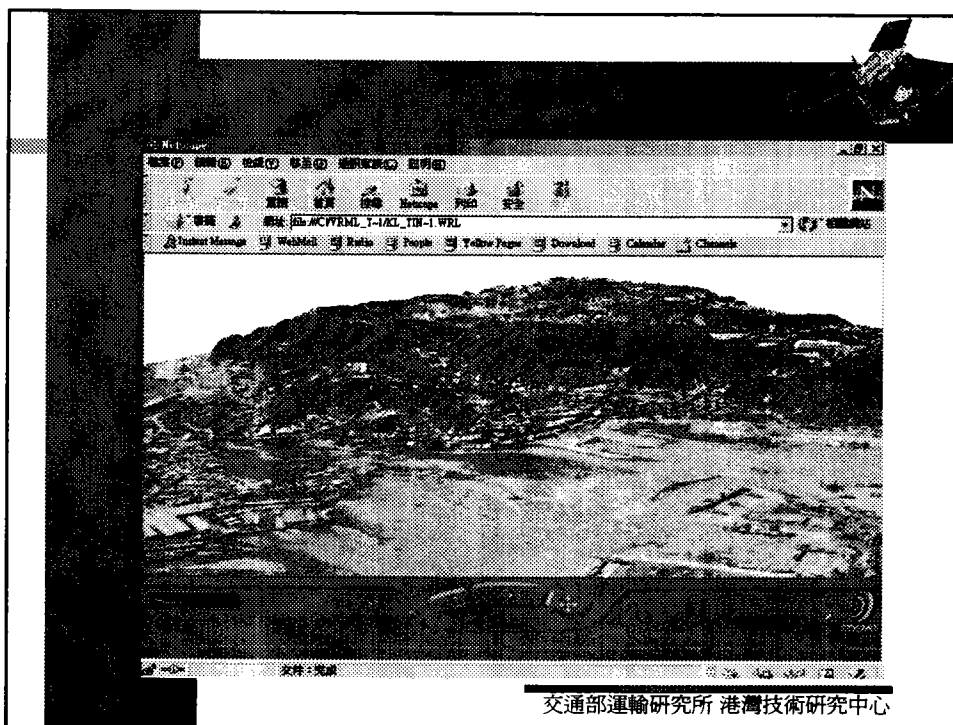


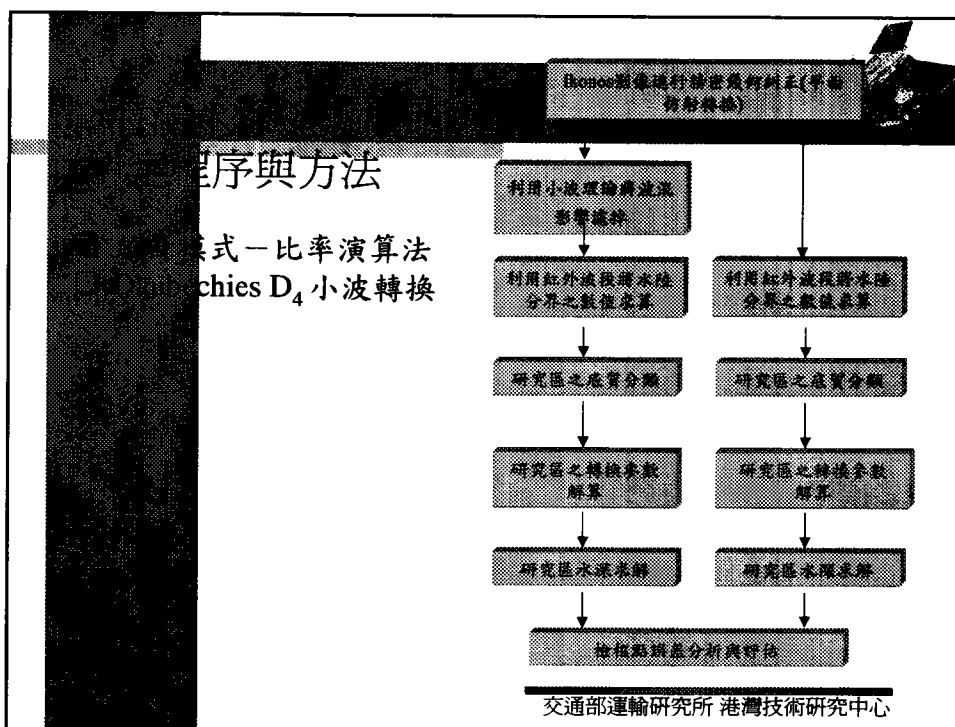


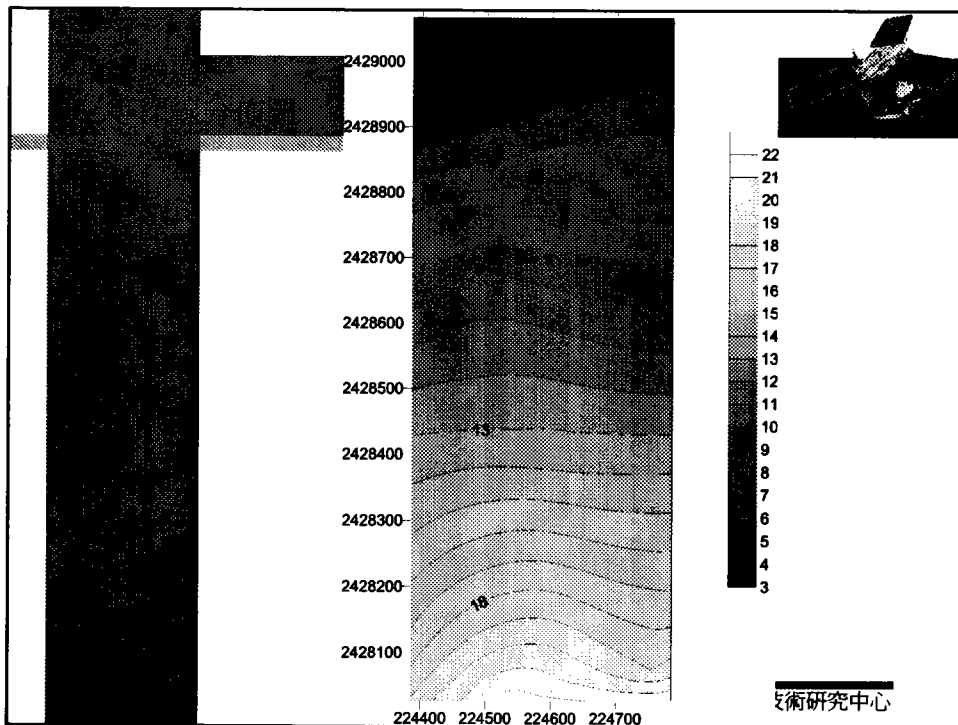
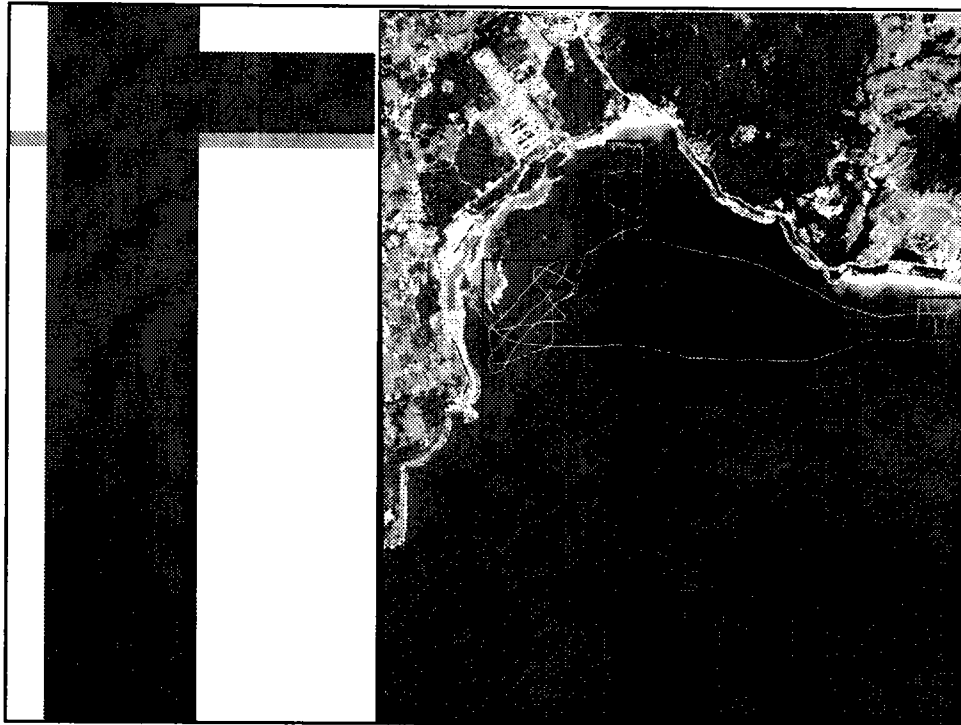


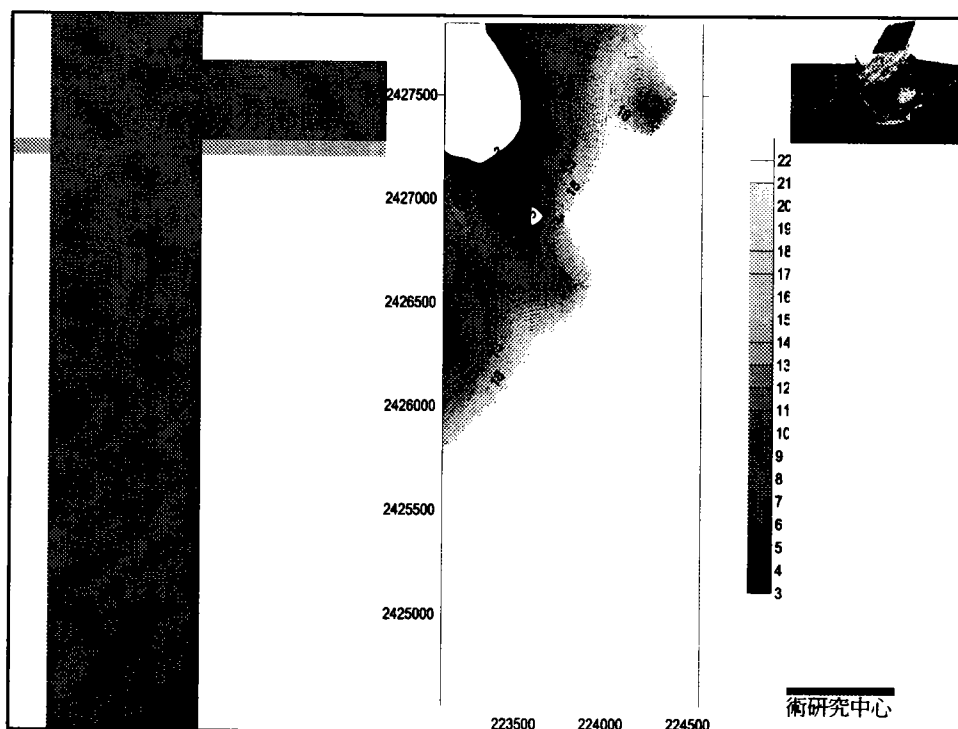
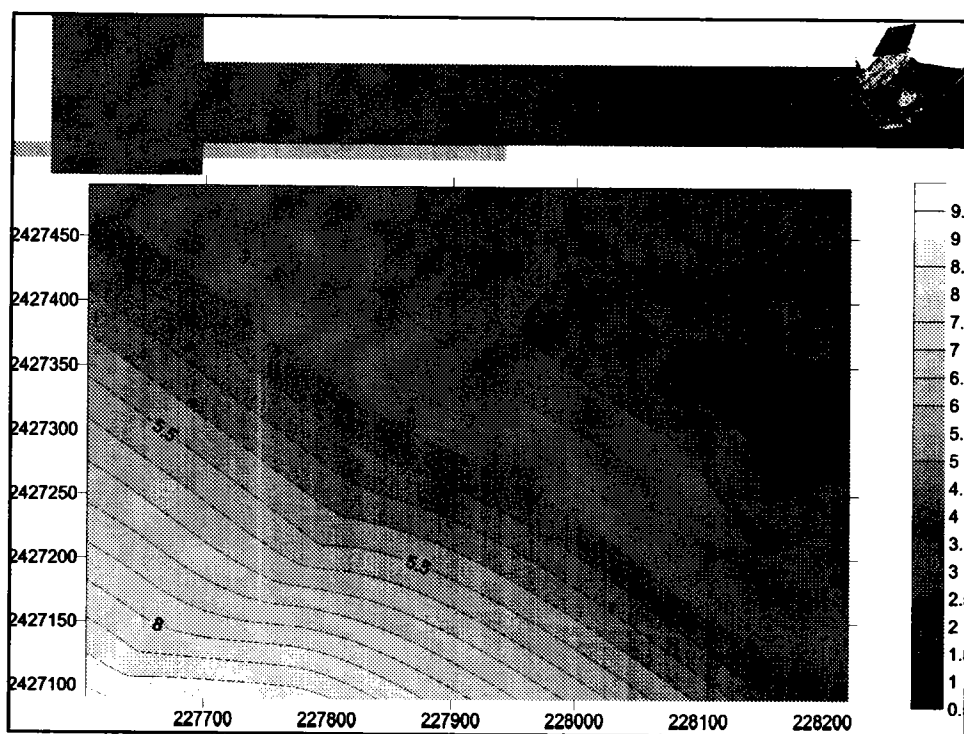


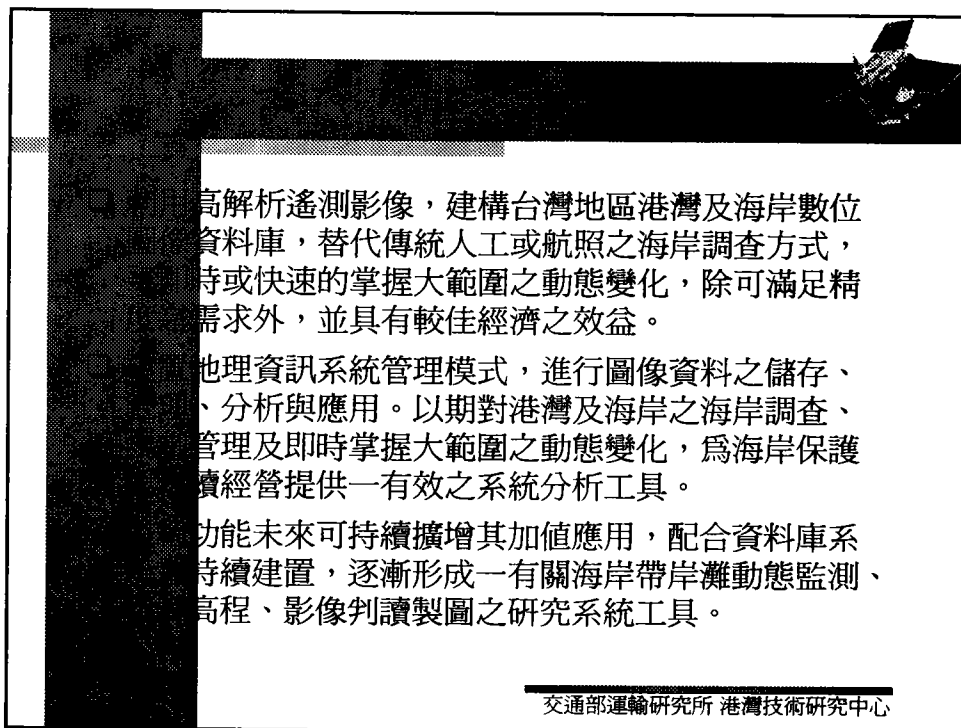












交通部運輸研究所九十年度 海洋領域自辦研究計畫期末審查會紀錄

一、時間：九十年十二月廿五日(星期二)上午九時卅分

二、地點：港灣技術研究中心簡報室

三、主席：邱主任永芳

紀錄：張惠華

四、審查委員：(如附件)

五、列席者：(如附件)

六、審查內容及答詢：(如附件)

七、主席裁示：

參照委員之意見修正。

交通部運輸研究所港灣技術研究中心辦理九十年度自辦研究計畫期末審查分配表

會議日期：12月25日(星期二)

場次	時間	編號	研究計劃名稱	會議主持人	計畫主持人	審查委員	備考
第一場次 簡報室	09:30-10:15	CA9004	台灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(1/4)	邱主任永芳	曾相茂	外聘委員 輔英技術學院 莊教授甲子 中興大學 蔡教授清標 成功大學 李教授兆芳	
	10:15-11:00	CA9005	台灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立之研究		邱永芳	內聘委員 何科長良勝、張研究員金機	
	11:15-12:00	CA9008	台北港海域波浪標準頻譜之研究		洪憲忠		
	13:15-14:00	CA9007	花蓮港共震強度估算模式研究		徐進華	外聘委員 台灣大學 林教授銘崇	
	14:00-14:45	HA9009	波浪調變現象研究		李勇榮	交通大學 張教授憲國	
	15:00-15:45	NA9017	台灣四周海域海流數值模擬研究 2/5		莊文傑	海洋大學 蕭教授松山	
	15:45-16:30	NA9018	波群特性及其在瘋狗浪之應用研究		陳冠宇	內聘委員 簡科長仲璟、張研究員金機	
第二場次 一樓會議室	09:30-10:15	DA9002	碼頭結構物耐震設計之研究	黃副主任清和	賴瑞應	外聘委員 成功大學 呂教授錦山	
	10:15-11:00	DA9003	碼頭出租專用制度對航商選擇海運轉運中心之影響研究		謝幼屏	成功大學 許教授泰文 逢甲大學 林教授朝福	
	11:15-12:00	HA9010	港口突堤效應保護對策之研究(1)		黃清和	內聘委員 朱科長金元、王研究員慶福	
	13:15-14:00	MA9011	碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究		饒正	外聘委員 交通部科技顧問室 許技正書王	
	14:00-14:45	GA9013	港灣地區地震監測與土壤液化潛能評估之研究		賴聖耀	中山大學 李教授賢華 海洋大學 張教授建智	
	15:00-15:45	GA9014	五大港區三維查詢系統建置研究		謝明志	內聘委員 朱科長金元、李研究員豐博	
	15:45-16:30	GA9015	利用荷式錐調查台灣港區土壤工程性質之研究 2/2		陳圭璋		

交通部運輸研究所臺灣技術研究中心九十年度自辦研究計畫期末審查會

時間：中華民國九十年十二月廿五日上午九時卅分(星期二)

地點：港研中心二樓簡報室

主持人：邱主任永芳

機關單位名稱	姓 名	簽 名
輔英技術學院	莊甲子教授	莊甲子
國立中興大學	蔡清標教授	蔡清標
國立成功大學	李兆芳教授	李兆芳
國立台灣大學	林銘崇教授	林銘崇
國立交通大學	張憲國教授	張憲國
國立海洋大學	蕭松山教授	蕭松山
臺灣技術研究中心	何良勝科長	何良勝
臺灣技術研究中心	張金機研究員	張金機
臺灣技術研究中心	簡仲環科長	簡仲環
臺灣技術研究中心		許三平
臺灣技術研究中心		曾相宜
臺灣技術研究中心		王冠宇
臺灣技術研究中心		林妙坤
臺灣技術研究中心		徐仁志
臺灣技術研究中心		莊文雄
臺灣技術研究中心		李永芳
臺灣技術研究中心		

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

九十年度自辦研究計畫期末審查意見回覆表

審查委員及審查意見	意見回覆
<p>台灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立之研究</p> <p>輔英技術學院莊甲子教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.港灣及海岸數位圖像資料庫之建立對未來國內港灣海岸之規畫應用甚具價值，本研究本年度工作成果亦甚具體可予肯定。 2.第一章計畫緣起應補充上年度的初步成果，另建議文中之預期成果在研究報告中應予移除。 3.文章中部份專有名詞(如 p.3-1 的衰減因數)應予補充定義數字單位亦應予標明。 4.所示影像的特性分析說明或代表意義應加補充。 5.第四章中部份衛星影像的校正特點或校正內容何在，建請加以標明。 6.第五、六章之具體應用成果建請能補充於總結論中。 <p>國立中興大學蔡清標教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.本計劃建立港灣及海岸數位圖像資料庫，對港灣整體計劃、經費利用及海岸防災提供重要資訊，內容豐富，成果可觀。 2.針對海岸防災，建議未來可建立沿岸易淹水區之數位地形 	<p>感謝鼓勵。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>影像僅為處理成果，現象展現無所謂特性可言，如言特性應表明其精度(0.82m)，文中有說明。</p> <p>影像校正為 GPS，校正文中有說明其方式。</p> <p>第五、六章僅初步成果，不足以列入總結論下年度明確結論時再列入。</p> <p>感謝肯定。</p> <p>DTM 採精度 5m，網格皆為 1m x 1m 高程 5m。</p>

<p>資料庫，並朝較高精度網格(如小於 40m×40m)建立之。</p> <p>3.未來之成果，尤其數位資料是否可供申請，研究使用？</p> <p>國立成功大學李兆芳教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.研究主題、動機及進行之方法相當有創意，建立完成之資料庫確實有很大的實用性。然而以目前之精度而言，仍然位於展性功能，因此，研究對於未來之遠景或需更詳細規劃，以確實能提供研究發展為主要目標。 2.報告之內容仍然限於結果之呈現，因此，研究成果提供出來，如何使用、利用應為另一重要重點。 <p>港研中心張金機研究員：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 遙測多光譜影像應用於水深量測建議加入地面環境(濁度與水深)校驗。 2.港區 3D 導覽，利用 GIS 配合數值圖像亦可達成，因此，必需注意功能區隔。 3.建議加強應用功能，例如配合交通部水深圖資結合近岸地形水深圖。 <p>港研中心何良勝科長：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.未來加強說明：依 p.6.4 之比率演算法公式，其計算水深是否先要率定？又若有底質混雜時，如何處理？ 2.未來加強說明：依公式(6-2) 	<p>同意研究使用。</p> <p>本研究主要目標為立基本圖資料庫，其運用為影像電子海圖 VTMS 行船控制、導航、操船模擬、導覽等。</p> <p>本計畫第一年及第二年著重在影像處理技術研發與處理，資料庫建立，下年度再進入應用使用。</p> <p>遙測多光譜影像應用於水深測量僅為初步探討，因此僅測試在水質情況最好的地點，墾丁南灣水質清澈符合要求，未來再針對數複雜條件來處理。</p> <p>本計畫之 3D 導覽為虛擬實境，目的非僅導覽且具船舶航行控制之使用。</p> <p>建立影像電子海圖亦為本計畫之目標之一，會將交通部科技顧問室的海圖成果，加入製成影像海圖。</p> <p>本研究比率演算法係依據水質對輻射的衰減因素來處理，係屬加權之觀念，濁度尚無法列入考慮係未來目標。</p> <p>小波理論僅用來做濾波用與水深因</p>
---	--

<p>之假設為水深$\rightarrow\infty$之情況， 若水深有限時如何處理？</p> <p>3.p.6.15 之波長值是否正確？</p> <p>4. 未來補充說明何謂小波理論？</p>	<p>素尚無關。</p> <p>波長係影像反應值，經查無誤，因其可短週期局部性。</p> <p>遵照辦理。</p>
---	---