

99-74-7483
MOTC-IOT-98-H2DB006

海岸帶及近海衛星遙測技術之 整合應用研究(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

99-74-7483
MOTC-IOT-98-H2DB006

海岸帶及近海衛星遙測技術之 整合應用研究(1/4)

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 99 年 5 月

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究
(1/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1009901782

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目資料

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究. (1/4) / 邱永芳等著. -- 出版.-- 臺北市：交通部運輸研究所, 民 99. 05

面； 公分

參考書目：面

ISBN 978-986-02-3699-6 (平裝)

1. 海岸 2. 遙感探測 3. 衛星觀測 4. 地理資訊系統

351.915

99009925

海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(1/4)

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 99 年 5 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：200 元

元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：1009901782

ISBN：978-986-02-3699-6(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(1/4)			
國際標準書號或叢刊號) ISBN978-986-02-3699-6(平裝)	政府出版品統一編號 1009901782	運輸研究所出版品編號 99-74-7483	計畫編號 98-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：高雄市三民區建工路 415 號 聯絡電話：07-3814526 轉 5256		研究期間 自 98 年 03 月 至 98 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： 近年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高，如 2008 年中發射的 GeoEye I 衛星影像解析度已達 41cm，國內引入新型數位相機及製圖技術，攝影解析度可達 10cm 以內，顯示在對地觀測技術已具有多來源及高解析度之特色。近年來無人載具(UAV)技術快速發展，具有低成本、高機動即時攝像的特性，可補足一般遙測影像攝像時間解析度及天候條件之不足；新的空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)技術可獲取高精度海岸帶地形資料；另外差分雷達干涉技術(D-InSAR)可用以偵測大範圍、高精度的地面高程變化；同時建置網路基礎三維地理資訊系統(Web-3D GIS)管理模式，進行影像資料之儲存、管理、分析，可提供海岸調查、規劃、管理及監測等應用。 本研究將以遙測之多源影像為主軸，以四個年度分設不同的主題，進行遙測技術對近岸及海岸帶之整合應用研究。本年度之主題為近岸及海岸帶遙測圖像資料之獲取、系統建置與資料局部更新。 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。 4. 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
99 年 5 月	162	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 (1/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-3699-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901782	IOT SERIAL NUMBER 99-74-7483	PROJECT NUMBER 98-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 2009 TO November 2009
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 In recent years, due to the satellite remote sensing technique developing quickly, the image resolution of GeoEye I Satellite that launched in 2008 has already reached 41 cm. Our country led to the new digital camera and mapping technique and the resolution can reach 10 cm, this has indicated the special features that the remote sensing technique already had multi-source and high resolution. The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technique has the low cost and mobile characteristics that have developed fast in recent years. It can make up the deficiency of the general remotely sensed image due to the time resolution and the weather conditions. Lately, the Airborne LiDAR technique can obtain high accuracy geographic data in the coastal zone, and the differential interferometric SAR (D-InSAR) technique can accurately detect elevation variety in the ground of a wide area. Establishing the Geography Information System (GIS) based on Web-3D can provide an application for image data management, planning, storage, analyzing and environmental monitoring, etc.. This research will take multi-source remotely sensed images as the principal axis, establishing different topic over four years and carrying on the integrated application study of the near-shore and the coastal zone. The topic of this year focused to image data acquisition, the management system establishment and the data renewal partial area. This research benefits and applications include: 1. The remotely sensed image data of the coastal zone in Taiwan rebuilding and renewal. 2. The 3 D system platform established for huge image management, query and visualized display. 3. The image processing system design that is suitable for the acquired images with the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) 4. The strategy of local map revision and quickly using multi-source images.			
DATE OF PUBLICATION May 2010	NUMBER OF PAGES 162	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 計畫目的	1-1
1.2 工作項目與範圍	1-2
1.3 研究工作時程與進度	1-6
第二章 海岸帶遙測影像之基礎與應用	2-1
2.1 遙測影像資料蒐集及建置	2-1
2.1.1 影像特性	2-1
2.1.2 高解析度衛星影像現況	2-1
2.1.3 航攝影像	2-5
2.1.4 新一代高解析影像	2-6
2.2 遙測影像之基本處理	2-10
2.2.1 遙測影像之前級處理	2-10
2.2.2 影像之色彩融合處理	2-10
2.2.3 影像之幾何糾正	2-13
2.2.4 影像之正射化糾正處理	2-14
2.3 遙測影像判釋及實地勘測成果比較	2-15
2.3.1 海岸線變化影響因子	2-15
2.3.2 遙測影像之判釋	2-20
2.3.3 現場實地調查及勘測	2-24
2.4 水線圖資萃取與建置	2-25
2.4.1 自動化水線特徵萃取	2-25

2.4.2 人工數化海岸線·····	2-26
2.5 局部地區海岸線變遷探討·····	2-26
2.5.1 多時相遙測影像調查·····	2-26
2.5.2 基於多時相地圖資料的對比分析·····	2-27
2.5.3 海岸線變化「基線測量法」·····	2-27
2.6 遙測技術應用於海岸線變遷判釋準則·····	2-29
第三章 研究方法與進行步驟·····	3-1
3.1 Web 基礎之大型圖像管理系統·····	3-1
3.2 大型影像資料庫的資料管理需求和系統設計原則·····	3-1
3.3 影像空間資料庫之設計·····	3-3
3.4 設計及應用實例·····	3-6
第四章 UAV 攝像及影像處理技術之設計與開發·····	4-1
4.1 建置 UAV 拍攝系統(含自動導航功能)·····	4-3
4.2.相機參數率定模式·····	4-4
4.3.影像幾何、輻射處理及自動鑲嵌理論·····	4-7
4.3.1 基於 SIFT 演算法之特徵點偵測·····	4-7
4.3.2 特徵點匹配·····	4-11
4.3.3 RANSAC 除錯與映射轉換·····	4-11
4.3.4 基於薄板樣條函數之影像校齊·····	4-14
4.3.5 修正 Retinex 演算法於輻射校正、除薄雲處理·····	4-16
4.3.6 無縫鑲嵌及色彩平衡·····	4-21
4.4 多源圖像局部快速修測及更新之策略·····	4-24
4.4.1 圖像的預處理·····	4-24
4.4.2 控制點的特徵提取·····	4-25
4.4.3 影像匹配·····	4-25
4.4.4 影像局部自動更新及色調調整·····	4-25
第五章 影像相關處理實例·····	5-1
5.1 UAV 攝像系統建置·····	5-1
5.2 數位相機之率定 ·····	5-3

5.2.1 率定參數·····	5-3
5.2.2 率定標拍攝·····	5-4
5.2.3 相機率定成果與分析·····	5-5
5.3 基於 Retinex 影像色彩加強處理·····	5-8
5.3.1 影像清晰度之測試·····	5-8
5.3.2 Retinex 技術之影像增強·····	5-10
5.4 SIFT 特徵演算法之應用·····	5-14
5.4.1 寬基線近景攝影量測應用·····	5-14
5.4.2 SIFT 演算法於空中三角測量之應用·····	5-18
5.5 特徵點影像快速拼接·····	5-36
第六章 結論·····	6-1
6.1 結論·····	6-1
6.2 建議·····	6-2
6.3 效益與應用情形·····	6-2
參考文獻·····	R-1
附錄一：期中報告審查意見處理情形·····	A1-1
附錄二：期末報告審查意見處理情形·····	A2-1
附錄三：期末報告審查簡報資料 ·····	A3-1

圖目錄

圖 2.1 SPOT-1 衛星影像(解像度 10m)	2-6
圖 2.2 SPOT-5 衛星影像(解像度 2.5m)	2-6
圖 2.3 福衛二號衛星影像(解像度 2m)	2-7
圖 2.4 Ikonos 衛星影像(解像度 82mm)	2-7
圖 2.5 Quickbird 衛星影像(解像度 61mm)	2-7
圖 2.6 World View 衛星影像(解像度 50cm)	2-8
圖 2.7 GeoEye 衛星影像(解像度 41cm)	2-8
圖 2.8 DMC 航空數位相機影像(淡水河口，解像度 15cm)	2-9
圖 2.9 影像融合處理之一般程序	2-11
圖 2.10 全色態影像	2-11
圖 2.11 多光譜影像	2-11
圖 2.12 色彩融合影像	2-11
圖 2.13 福衛影像直接融合	2-12
圖 2.14 福衛影像新方法糾正及融合	2-12
圖 2.15 基線測量法	2-27
圖 3.1 空間資料庫伺服器架構	3-4
圖 3.2 網際網路地圖伺服器	3-5
圖 3.3 大圖像瀏覽	3-7
圖 3.4 大圖像管理系統	3-7
圖 3.5 一萬分一比例尺之海岸圖像	3-7
圖 3.6 海岸帶圖像之三維(3D)瀏覽	3-10
圖 3.7 更新圖像之鑲嵌及勻光處理	3-11
圖 4.1 新型四槳無人飛行載具(UAV)	4-1
圖 4.2 因透鏡畸變所產生之影像變形示意圖	4-6
圖 4.3 DoG 運算元	4-9
圖 4.4 局部極值的位置	4-9
圖 4.5 SIFT 演算法特徵點描述圖	4-11

圖 4.6 SIFT 演算法之尺度不變性·····	4-12
圖 4.7 SIFT 演算法之光照不變性·····	4-12
圖 4.8 SIFT 演算法之旋轉不變性·····	4-12
圖 4.9 SIFT 演算法之圖像檢索·····	4-12
圖 4.10 SIFT 演算法於立體對共軛點匹配·····	4-13
圖 4.11 視網膜(Retinex)技術之影像增強處理結果·····	4-21
圖 4.12 影像鑲嵌·····	4-23
圖 5.1 攝像系統硬體設備·····	5-1
圖 5.2 測試攝影(一) ·····	5-1
圖 5.3 測試攝影(二) ·····	5-2
圖 5.4 PI-3000 率定標示意圖·····	5-3
圖 5.5 率定標圖像拍攝方式·····	5-4
圖 5.6 清晰度測試影像·····	5-9
圖 5.7 測試影像一及處理結果·····	5-11
圖 5.8 測試影像二及處理結果·····	5-12
圖 5.9 遠距離寬基線實驗影像(基線長 24.17m) ·····	5-14
圖 5.10 匹配結果(SIFT+RANSAC)，共得 26 點·····	5-14
圖 5.11 匹配點位精度統計圖·····	5-15
圖 5.12 匹配結果(SIFT+核線+RANSAC)，共得 29 點·····	5-16
圖 5.13 以 iWitness 系統進行驗證點位分布圖·····	5-16
圖 5.14 SIFT 核線+RANSAC 與 SIFT+RANSAC 匹配品質統計	5-17
圖 5.15 實驗流程圖·····	5-19
圖 5.16 待匹配區塊影像檢索定位示意圖·····	5-21
圖 5.17 六重點快速檢索成功示意圖·····	5-23
圖 5.18 檢索影像對應目標影像之區塊示意圖·····	5-24
圖 5.19 全圖縮小四倍運算(約略 5000 點) ·····	5-25
圖 5.20 多航帶特徵點匹配示意圖·····	5-26
圖 5.21 航帶特徵點匹配示意圖·····	5-27
圖 5.22 航帶編號圖·····	5-28

圖 5.23 區域匹配之像點殘差值分佈統計圖·····	5-29
圖 5.24 SIFT 匹配之像點殘差值分佈統計圖·····	5-29
圖 5.25 旋轉不變性測試影像圖·····	5-32
圖 5.26 旋轉不變測試之像點殘差值統計圖·····	5-33
圖 5.27 尺度不變性測試影像·····	5-34
圖 5.28 尺度不變測試之像點殘差值分佈統計圖·····	5-35
圖 5.29 尺度變化曲線圖·····	5-35
圖 5.30 三張拼接成果圖·····	5-36
圖 5.31 六張拼接成果圖·····	5-37
圖 5.32 高雄港三十一張影像拼接成果圖·····	5-38

表目錄

表 2.1 IKONOS 衛星影像資訊.....	2-2
表 2.2 QuickBird 衛星資訊.....	2-2
表 2.3 福衛二號衛星資訊.....	2-3
表 2.4 SPOT5 衛星資訊.....	2-4
表 2.5.電磁光譜對水體的衰減因數.....	2-21
表 5.1 NiKon D40X	5-5
表 5.2 Sony Alpha DSLR.A100	5-6
表 5.3 Nikon AF.S Nikkor 18.55mm F3.5D.....	5-7
表 5.4 Sony SAL.1870.....	5-7
表 5.5 各相機率定之成果.....	5-8
表 5.6 測試影像品質指標.....	5-10
表 5.7 測試影像一之品質指標.....	5-11
表 5.8 測試影像二之品質指標.....	5-13
表 5.9 匹配精度統計表(SIFT+RANSAC).....	5-15
表 5.10 匹配品質統計表.....	5-17
表 5.11 航空數位攝影相機相關資訊.....	5-20
表 5.12 航空數位影像攝影站坐標.....	5-20
表 5.13 影像重點數.....	5-30
表 5.14 整體精度評估比較表.....	5-30
表 5.15 影像重點數.....	5-31
表 5.16 像點殘差統計表 (SIFT+RANSAC)	5-31
表 5.17 旋轉不變性整體精度評估比較表.....	5-33
表 5.18 影像重點數.....	5-34
表 5.19 尺度不變性精度評估比較表.....	5-35

第一章 前言

1.1 計畫目的

臺灣四面環海，海岸線狹長，海岸地形演變過程複雜，整體環境在海洋與陸地的交互作用下，受到河川流路、流域內人為活動（如採砂）、潮汐、波浪、沿岸流等營造力的共同影響，衍生出多變性的地形系統。海岸地帶為海陸交互作用地區，對於國家而言，具有多重重要性，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。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。

近年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高，如2008年中發射的GeoEye I衛星影像解析度已達41cm，預計將發射的GeoEye II衛星影像解析度更高達25cm；國內農航所已引入新型數位相機及製圖技術，攝影解析度可達10cm以內，顯示在對地觀測技術已具有多來源及高解析度之特色，可在製圖及調查工作上扮演極為重要的資料來源。近年來無人載具(UAV)技術快速發展，具有低成本、高機動即時攝像的特性，可補足一般遙測影像攝像時間解析度及天候條件之不足；新的空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)技術可獲取高精度海岸帶地形資料；另外差分雷達干涉技術(D-InSAR)可用以偵測大範圍、高精度的地面高程變化；同時建置網路基礎三維地理資訊系統(Web-3DGIS)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。

對地觀測之影像目前已經發展成熟為多來源及多解析度之階

段，如主動(雷達)或被動式(光學)之衛星遙測，結合全球定位系統(Global Position System, GPS)及慣性量測系統(Inertial Measurement System, IMU)之 POS(Position and Orientation)系統，配合新的數位航空相機(Digital Aerial Camera)，已可普遍獲得品質良好之影像，也已成熟的廣泛被應用。但是該類影像仍然受到拍攝時間周期、影像價格成本等因素，無法達到即時性及機動性的要求。

近年來無人飛行載具(UAV)發展快速，加上自動導航及數位影像自動傳輸技術的結合，其可用性及實用性已大幅提高，正好彌補目前攝像之盲點，其低空、高分辨率地表影像攝影，若能發展成熟，將凸顯其機動及低成本之優點而達到相當實用之目標。由於UAV之低空攝影，所拍攝影像將具有更大的後處理挑戰，有必要發展新的影像處理程序與方法，使UAV影像能達到應用之目的。本研究即將針對UAV影像發展必要及新的處理模式。

1.2 工作項目與範圍

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：近岸及海岸帶遙測圖像資料之獲取、系統建置與資料局部更新。

第二年：主題：近岸及海岸帶遙測圖像製圖及土地利用調查。

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。

全案預期完成的工作項目及效益分析分年列述如下：

第一年：主題—近岸及海岸帶遙測圖像資料之獲取、系統建置與資料局部更新。

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(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 應用於即時海岸帶攝影實務及影像處理系統開發，包括：
 - (1) UAV 定位與導航方法規劃與設計。
 - (2) 影像資料即時傳輸。
 - (3) 影像資料幾何(Geometric)校正、輻射(Radiometric)處理及快速拼接(Stitching)。
 - (4) 圖像鑲嵌(Mosaic)
4. 多源圖像局部快速修測及更新之策略。

效益及其應用：

1. 重整舊有資料並改用新的資料平臺，可提升系統的使用效率及完善功能設計之需求。
2. 無人飛行載具(UAV)配合自動導航的使用，可有效應用於即時快速資料之獲取。
3. 快速修測及更新之策略可有效縮短圖資更新與建置時程。

第二年：主題一近岸及海岸帶遙測圖像製圖及土地利用調查。

1. 多源圖像海岸帶影像製圖的方法與程序。
2. 海岸帶空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)資料之處理與應用。
3. 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。
4. 影像與海岸地籍資料套合及製圖資料品質的評估。

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製圖工作。

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萃取適用於不同時間與解析度之遙測影像。

第三年：主題一整合遙測(可見光及雷達)技術之海岸帶特徵調查。

1. 島礁調查、淺海水深及地形遙測技術。
2. 高解析合成孔徑雷達(SAR)在海洋及海岸帶的應用，包括：
 - (1)淺海水深反演。
 - (2)目標偵測(內波、特定目標、汙染監測)。
3. 利用差分雷達干涉(D-InSAR)量測技術偵測海岸高程變形量(陸沉)。
4. 海岸帶土地利用、覆蓋調查及水產養殖之調查。

效益及其應用：

1. 利用高解析影像之特性可有效加速完成相關之調查與統計之工作。
2. 援引雷達影像技術，可應用於海洋或海岸帶特定目標或特徵之萃取。
3. 差分雷達干涉技術可以有效偵測大範圍、高精度海岸帶高程變化資料。

第四年：主題一整合海岸帶地理資訊系統之建置與應用。

1. 序列影像重建處理。
2. 多來源圖像資料融合(Data Fusion)方法與處理。
3. 多來源圖像色彩融合(Color Fusion)方法與處理，包括：
 - (1)色彩平衡(Color Balance)。
 - (2)色彩遷移(Color Transfer)。

4. Web-3DGIS 資訊系統應用系統開發。

效益及其應用：

1. 序列影像重建可獲得更高解析度之影像品質。
2. 圖像資料及色彩融合技術可有效整合不同或多來源影像資料及色彩品質。
3. Web-3DGIS 資訊系統可有效進行海岸帶管理。

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								
臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與局部更新								
3D 管理查詢及顯示系統平臺與功能之重置								
UAV 應用於即時海岸帶攝影資料處理系統開發								
多源圖像局部快速修測及更新之策略								
影像管理系統資料建置								
資料整理與分析報告撰寫								
技術與資料移轉								

第二章 海岸帶遙測影像之基礎與應用

2.1 遙測影像資料蒐集及建置

2.1.1 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。

2.1.2 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，飛行高度為 681 公里，傾角 98.1

度的太陽同步衛星，飛行速度約每秒 6.79 公里，一天繞行地球 14.6 圈。IKONOS 衛星採本體旋轉(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 2.1)

表 2.1、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 2.5)。(表 2.2)

表 2.2QuickBird 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 2.3)。(表 2.3)

表 2.3 福衛二號衛星資訊

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

4. SPOT5 衛星影像

為了確保遙測影像服務的連續性，法國於第二代 SPOT 計畫中發射了 SPOT 5 號衛星，它是 SPOT 衛星家族的一顆最耀眼的明星，已於 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 2.1，圖 2.2)

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 2.4 所示。

表 2.4 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

SPOT 衛星搭載有兩個高解析度幾何裝置，如同以前的衛星一樣，每個感測器都能偏轉一定的角度，使得 SPOT5 號衛星能在每 5 天內重訪同一地點。增強後的衛星上處理能力使得 SPOT5 號衛星能同時獲取 120 公里寬的全色和多光譜影像，而 4 號衛星相應的只有 60 公里。傑出的衛星上存儲能力使得資料的存儲、記錄、重播等等都得到了最佳化處理。獲取圖像的程式也進一步增加了功能，可結合長期和短期的天氣預報參數，提升影像之品質。

高解析度立體成像裝置用兩個相機沿飛行(軌道)方向成像，一個向前，一個向後，即時獲取立體圖像。較之 SPOT 系統前幾顆衛星的異軌立體成像模式而言，SPOT5 號衛幾乎能在同一時刻以同一輻射條件獲取立體像對，避免了像對間由於獲取時間不同而存在的輻射差異，大幅的提高了獲取的成功率。在製圖、虛擬實境等許多領域能得到更廣泛的應用。

大地光線經成像裝置前下端的鏡頭蒐集後，經過 CCD 感測器轉化成電子信號。SPOT5 號衛星上的每個感測器只有一個線性陣

列，而 SPOT1-4 號則有 4 個，這個革新大幅簡化了聚焦平面的設計，使得未來可更容易地增加攝像波段。B1、B2、B3 波段使用包含 12000 個微型檢波器(Detector)的感測器，全色圖像則是用兩個含 12000 微型檢波器的感測器來獲取的。

SPOT5 的高解析圖像要求在資料傳輸速率上需有明顯的提高，SPOT5 設計的資料傳輸速率是每秒 128 百萬位元，為 SPOT 4 的每秒 32 百萬位元之四倍。主要在控制資料流程時使用了一種新的演算法，能在不影響資料品質的前提下，實現三倍的資料壓縮率，這種演算法可以內嵌到晶片中，從而以 10 每秒一兆圖元級別的處理速度運行。

基於高能固態記憶體和大型積體電路的發展，SPOT5 衛星設計了 90 千兆的半導體星載記憶體，它整合了 352 個 320 兆的存儲單元，每個單元又由 IBM 公司提供的 20 個 16 兆的存儲晶片組成。較之 SPOT 前幾顆衛星，它在資料存儲的綜合能力表現方面有顯著的提高。SPOT5 能同時向衛星地面接收站傳送兩幅影像。

2.1.3 航攝影像

目前航攝影像的來源，包括官方的農林航測所與群立科技股份有限公司所製作的航攝影像，兩者的影像來源相似。農林航測所的航攝影像的影像特質規格說明如後：

1. 涵蓋面積：依航高而定，以製作 1/5,000 像片基本圖之標準航照像片（23cm×23cm）為例，涵蓋面積為 1150m×1150m。
2. 空間解析度：依像片比例尺而定，以 1/5000 像片基本圖，像片比例尺約為 1/15000，掃瞄解析度 21μm 來說，空間解析度約為 30cm。
3. 影像判釋力：空載飛機距離地表較近，航空攝影機拍攝的地面影像較清晰，解析度也較高，航測影像應可判釋地面細緻地物。

2-1-4 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 2.6)。

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。這些圖像文件先由數據處理裝置加以壓縮，儲存在一個 1 兆兆位元的固態驅動器上。(圖 2.7)



圖 2.1 SPOT-1 衛星影像
(解像度 10m)



圖 2.2 SPOT-5 衛星影像
(解像度 2.5m)



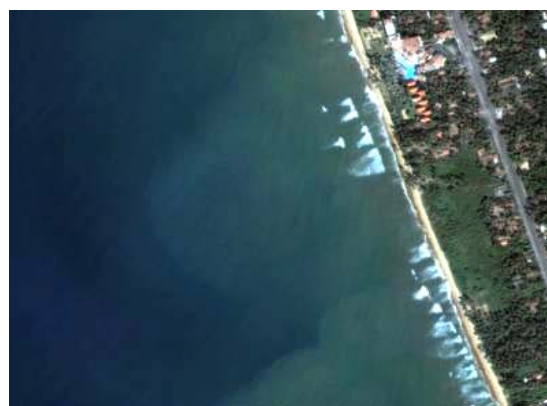
圖 2.3 福衛二號衛星影像
(解像度 2m)



圖 2.4 Ikonos 衛星影像
(解像度 82mm)



圖 2.5 Quickbird 衛星影像(解像度 61mm)



2009 年 10 月 8 日成功發射商用對地觀測衛星 World View-2，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。



圖 2.6 World View 衛星影像(解像度 50cm)



圖 2.7 GeoEye 衛星影像(解像度 41cm)

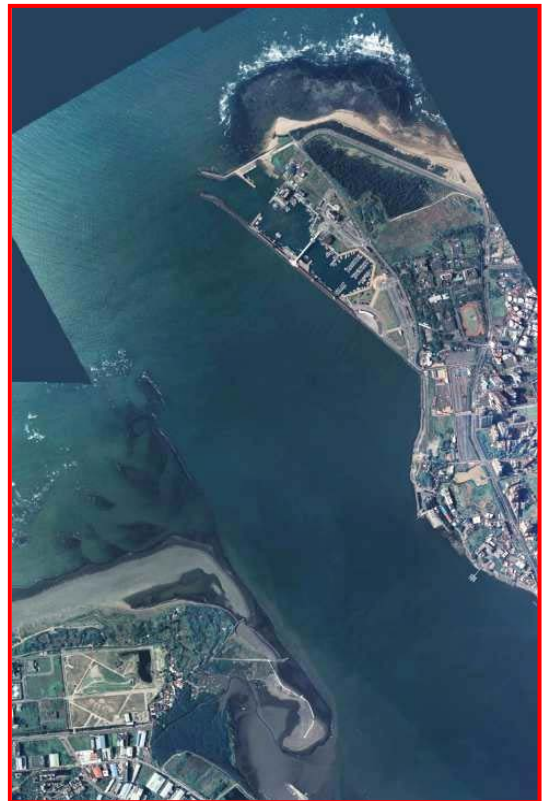
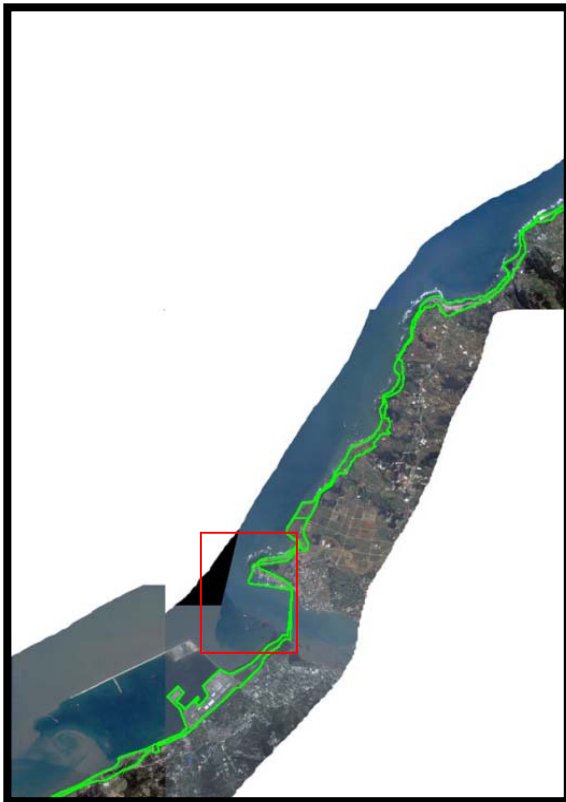
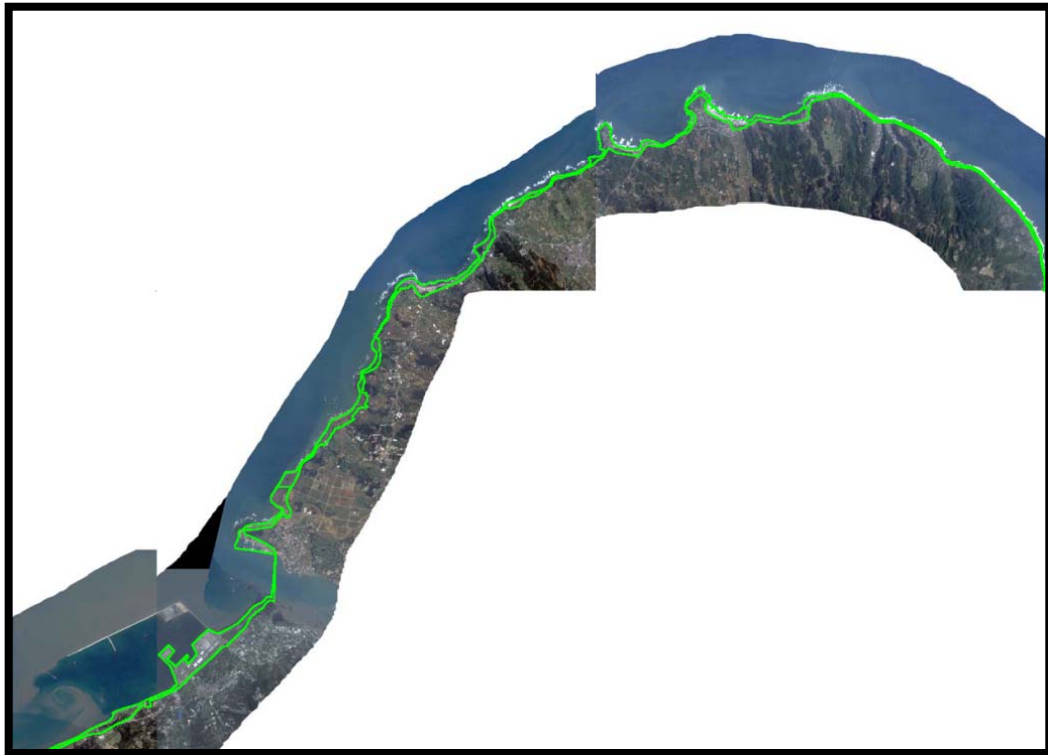


圖 2.8 DMC 航空數位相機影像(淡水河口，解像度 15cm)

2.2 遙測影像之基本處理

2.2.1 遙測影像之前級處理

衛星遙測所攝取影像之處理，基本上可分成兩個層面，其一為輻射性處理(Radiometric Processing)，係針對影像灰度值(Gray Value)進行相關之運算，如影像加強(Image Enhancement)、色彩融合(color Fusion)等。另一則為幾何處理(Geometric Processing)，係以不同的演算法則完成其在攝像時諸多因素對影像造成之幾何變形(Geometric Distortion)改正或進行特徵萃取(Feature Extraction)，如影像之正射化糾正(Ortho-Rectified)、地形高程資料(DTM)之產生等。一般而言，就資料之使用目的而言，利用影像融合(Image Fusion)技術來提升影像色彩之品質；利用正射糾正方法來提升影像之幾何正確性，此二項工作一直是遙測影像製圖應用中核心的工作。

針對影像色彩的問題，由於光學式衛星對地觀測之攝影，其特色為分別拍攝多光譜態影像及全色態影像，其中全色態影像具有較高的地面解析度，但僅有一個波段，換言之，僅能呈現黑白色調；而多光譜態影像雖具有紅、綠、藍可見光及紅外線波段，但其地面解析度較差(約為全色態影像之4倍)，福衛二號即屬於此種攝像型態。由於人眼視覺對於色彩之分辨能力遠超過黑白之灰階(Gray scale)層次，亦即彩色影像較之黑白影像更能提供人眼視覺與判譯之效果，這對諸多遙測影像的應用具有極為重要之意義及目的。因此，利用影像融合技術來製作高解析度之彩色影像成為遙測影像處理中之必要工作，可藉此獲取更佳品質之遙測影像。

2.2.2 影像之色彩融合處理

欲執行不同類型遙測影像融合，其先決條件為兩種影像必

須具有完全相同之幾何性質及影像尺寸(大小)，必要時需進行前級處理，包括必要之幾何糾正或影像放大處理等。影像融合處理之一般程序如圖 2.9 所示：

- 將低解析度多光譜影像(圖 2.10)之大小調整至與高解析度全色態影像 Pan(圖 2.11)相同，調整後之多光譜影像分別為 R、G、B 波段。
- 將 R、G、B 波段影像選擇某一種色彩模型進行轉換計算。
- 利用轉換後之亮度影像，將欲融合之全色態影像(Pan)予以灰度值正規化。
- 以正規化後的全色態影像(Pan)取代色彩模型轉換後之亮度影像(如 HIS 色彩模型之 I、YIQ 色彩模型之 Y 及 PKL 色彩模型之 PKL1 等)，並執行逆轉換成 RGB 顏色系統，各波段分別為 R'、G'、B'，此即為融合後之影像(圖 2.12)。

以 RGB-HIS 色彩模型轉換為例，其一般流程如下列流程所示：

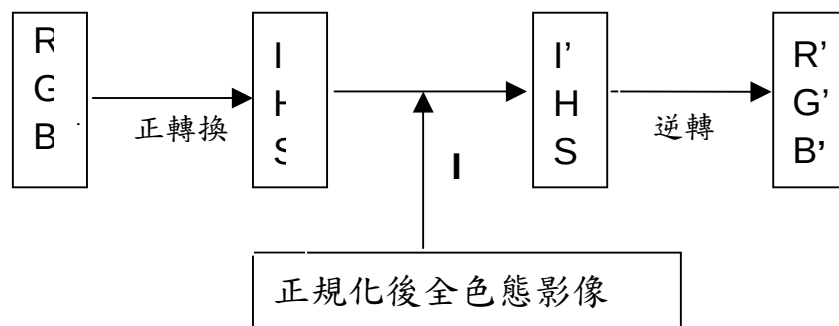


圖 2.9 影像融合處理之一般程序



圖 2.10 全色態影像



圖 2.11 多光譜影像



圖 2.12 色彩融合影像

由於福衛二號衛星影像全色片之輻射能量亦含蓋紅外波段，依能量守恆的觀點來看，全色態波段能量要等於多光譜態波段總能量，影像灰值(Digital Number, DN)是可以轉成物理輻射單位(mW/cm²-sr)，能量守恆式將寫成：

$$\frac{Pan}{CalCoef_{Pan}} = \frac{R}{CalCoef_R} + \frac{G}{CalCoef_G} + \frac{B}{CalCoef_B} + \frac{IR}{CalCoef_{IR}}$$

這裡 Pan、R、G、B 分別為各波段的 DN 值

依方程式將可倒出新的融合方法為：

$$\begin{bmatrix} R_{new} \\ G_{new} \\ B_{new} \\ IR_{new} \end{bmatrix} = (E_{new} / E_0) \begin{bmatrix} R_0 \\ G_0 \\ B_0 \\ IR_0 \end{bmatrix}$$

式中

$$E_{new} = \frac{Pan}{CalCoef_{Pan}},$$

$$E_0 = \frac{R}{CalCoef_R} + \frac{G}{CalCoef_G} + \frac{B}{CalCoef_B} + \frac{IR}{CalCoef_{IR}}$$

圖 2.13 為福衛二號影像直接融合結果，可以明顯看出因各波段間存在有非線性之幾何形變，造成套合後彩色影像有色彩疊影；圖 2.14 為新方法糾正及融合結果，其品質相對明顯改善。

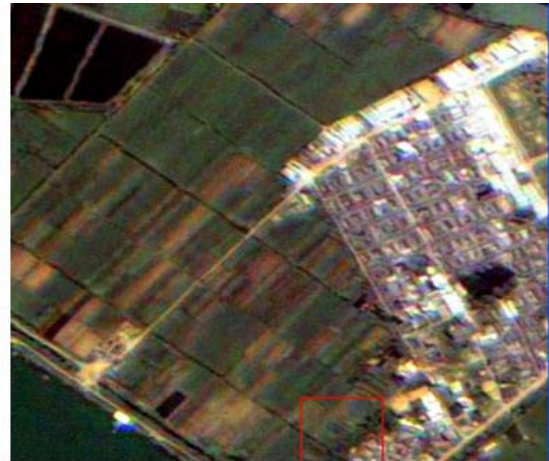
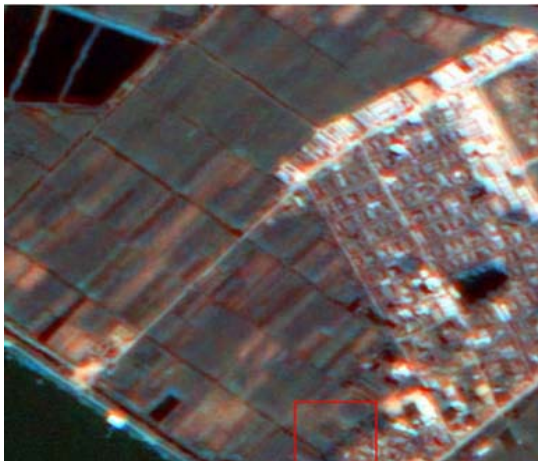


圖 2.13 福衛影像直接融合

圖 2.14 福衛影像新方法糾正及融合

2.2.3 影像之幾何糾正

欲使用高解析度衛星影像進行製圖工作，必要的工作當先解決影像之幾何校正問題，否則因受到傾斜攝影與地形起伏影響將造成原始攝影影像之幾何變形，因而無法作為地圖之量測目的使用。處理影像幾何變形的程序在製圖工作上稱之為正射影像糾正(Ortho Image Rectification)，而進行影像正射化糾正程序則有賴數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)資料之配合，以逐點方式修正因地形起伏所產生之像點移位。

針對福衛二號衛星影像而言，其影像幾何特性不同於目前所熟知之高解析度衛星影像，如 Ikonos 與 QuickBird 衛星影像，其所拍攝之全色態(Panchromatic)與多光譜(Multi-Spectral)影像，各波段間存在有非線性之幾何形變，造成套合後彩色影像有色彩疊影、影像之空間解像度降低及色彩融合影像品質不佳之特殊現象，該問題使用一般方法難以有效克服，因此必須針對此一問題尋求解決的方法，其關鍵為必須先解決原始拍攝各波段間影像之幾何校齊(Image Registration)問題。

由於福衛二號衛星影像各波段間存在有非線性之幾何形變，使用一般常用之轉換函數包括仿射(Affine)、多項式(Polynomial)及有理函數(Rational Function)等均難以解決此一問題。另外，福衛二號衛星影像之輻射特性，在全色片之輻射能量亦含蓋紅外波段(Infrared)，若如傳統上僅考慮可見光(紅、綠、藍)波段進行色彩融合(Color Fusion)處理，融合後影像將明顯呈現色偏(Color Distortion)之品質不佳問題。

針對福衛二號衛星影像之前述問題，本研究團隊提出一新的解決方法，獲致良好的成果：

- (1).在影像間使用大量的控制點(Control Points) ，以全區方式進行幾何糾正，有效改善幾何對位問題。
- (2).利用薄板樣條函數 (Thin Plate Splines, TPS)來進行影像之糾正，提升影像幾何糾正之品質。
- (3).以『能量守衡原理』方法，有效改善以色彩模型為基礎之影像融合所造成之色偏現象，提升融合影像之品質，同時提升影像之空間解析度(Spatial Resolution)。

2.2.4 影像之正射化糾正處理

影像之幾何校正又稱為影像之正射化糾正處理，其目的在消除原始攝影之影像受到傾斜攝影與地形起伏影響所造成之幾何變形，糾正後影像才可作為量測應用之處理，如面積之計算等。校正之方法得視精度之需求可採取簡易糾正及嚴密之糾正方式。

1. 簡易影像幾何校正模式

簡易之數學模式來進行影像之幾何校正，其中包括多項式模式(Polynomial Model)轉換，有理函數模式(Rational Function Model, RFM)等，這些方法均是選擇均勻分佈及適當數目之控制點，藉以推求轉換模式之係數後，以重新取樣方式完成影像之幾何校正。

使用多項式模式，進行影像糾正之基本原理為選擇適當階數之多項式來調和(Fitting)所攝取之影像，基本上並不考慮高程之問題，為屬於平面對平面之轉換，因此採用平面控制點，來推求所選用多項式之係數，並藉以完成全區影像之轉換，該糾正方法之特點為計算簡易而快速。

有理函數模式(Rational Function Model, RFM)，則是為改善多項式中未考慮高程的因素所提出。在多項式中加入控制點高程因子，且增加多項式之係數，並以有理多項式型式(即分子、分母均為多項式)，

亦即以兩個多項式的比值關係構成地面坐標和影像坐標的函數，使模式能更適合於曲面(Surface)之糾正處理，其中一階為消除光學投影所產生的扭曲誤差，二階為消除地球曲率、大氣折射及透鏡扭曲，三階為其他未知因素所產生的幾何變形，目前經常使用的有一、二、三階模式，一階 RFM 至少需要 7 個地控點，二階 RFM 至少需要 19 個地控點，三階 RFM 至少需要 39 個地控點。

2. 嚴密附加參數光束法平差函數模式

光束法平差是利用成像原理，地面點、相機焦距位置(投影中心位置)、成像位置三點共線。透過座標轉換可整理成影像座標、投影中心之地面座標、與地面座標之關係式，亦即以中心透視投影的共線方程式(Collinearity Equations)。

2.3 海岸帶遙測影像判釋及實地勘測成果比較

2.3.1 海岸線變化影響因子

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。

(一)、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表明，在海平面上升和岸線變化率之間存在 1:150 的關係。

1. 氣候變化引起海平面變化

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表明，在過去 2000 年內地球海平面的變化幅度大概只有數十公厘。2000 年的數十公厘對一個世紀的 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。

(1)海水的熱脹冷縮

海平面隨海水體積的脹縮而升降。如果質量不變，海水體積將隨其密度的變化而變化，而左右海水密度的是海水的鹽度與溫度。海水鹽度的顯著變化在短時間內可能對某一地區海平面的升降有一定的影響，但對世界平均海平面的升降的貢獻是很小的。而熱脹冷縮才是海平面升降的重要影響原素。根據熱擴散、海水垂直混合和大洋環流等原理。

(2)地表冰量的變化

地球表面的冰超過 90%位於南極冰層，9%位於格陵蘭冰層，兩極以外的陸上小冰川只佔不到 1%，而且主要位於北美和中亞。世界許多主要的陸上冰川從世紀中葉就開始縮小變薄。Merier(1984 年)對 25 個主要陸上小冰川在一年間的質量平衡進行研究，認為全球氣溫在 1900-1961 年間上升了 0.5°C 。

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。

(二)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于從前量地被再造，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。

(三)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。

(四)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。Lee 指出連續的風暴對海灘的作用比單個特大風暴的作用還要強。Cox 和 Pirrello 利用聯合機率和累積效應對連續幾個風暴造成的侵蝕和岸線後退進行了研究，也證明了這一點。儘管上述研究分析表明颶風的影響只是暫時的，它在一個時期內的累積影響仍可能給海岸線位置帶來

持續的影響。

(五)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因素，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。

2.3.2 遙測影像之判釋

(一) 遙測探測基本原理

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 2.5)，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 2.5. 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。

(二)水體資源遙測

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。

水域面積和流域形狀測量的精度與遙測影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。人們通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，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。

2.3.3 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。

2.4 水線圖資萃取與建置

2.4.1 自動化水線特徵萃取

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制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。此時海岸線的萃取既是瞬時水位岸線的萃取。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，因此萃取海岸線時可以充分利用色彩資訊來取得滿意的效果。

2.4.2 人工數化海岸線

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。本研究中仍將以人工數化方法來萃取自然海岸線。以提供後續的變遷分析。

2.5 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。

2.5.1 多時相遙測影像調查

隨著遙測技術的發展，遙測影像的獲取越來越容易，利用不同時間不同遙測器獲取的多時相遙測影像來進行變化檢測已經很方便。影像變化檢測技術旨在檢測同一地點不同時間的影像之間發生的變化。變化檢測技術在環境監測、土地利用農作物生長狀況監測、森林採伐監測、災情估計等方面有著非常廣泛的應用。通常用於變化檢測的方法分為兩類：

- 1.對不同時間的數據在像元級進行分析；
- 2.對不同時間的數據相互獨立的分類，然後對分類結果進行比較性研究。

前一種方法根據像元值，萃取有關變化性質的資訊以找出我們感興趣的變化，但要求精確的時域標準化和影像校準。後一種變化檢測方法直接給出了有關地物性質的資訊，因而受配對及時域標準化結果的影響小，但是所使用的分類器的準確度對它們的影響很大。

2.5.2 基於多時相地圖資料的對比分析

相對於野外抽樣調查的費時費力、基於影像變化檢測的複雜繁瑣，利用地圖資料研究變化是很簡單的事。多時相的地圖資料既可以讓我們很輕鬆的獲取高精度的數據，又不需要花費太多的時間。直接在不同時間的地圖上，量取同一地點的坐標，然後利用得到的數據按野外數據的方法進行處理，即可得到比較準確的變化率。但是，由於地圖成圖週期比較長，所以從地圖上得到海岸線的變化情況，只是代表過去的變化情況，不能得到當前的變化。因此，一般都是利用多時相地圖資料與遙測影像相結合，來進行變化檢測。常用的方法是將影像上萃取的海岸線與地圖上獲取的海岸線統一規劃到一個坐標系統下，然後對其進行變化統計分析，得到需要的結果。

2.5.3 海岸線變化「基線測量法」

「基線測量法」是沿著許多條垂直於基線(baseline)的橫斷線(transect line)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（圖 2.15）。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之變化率的精確度(Dolan *et al.*, 1992)。Dolan *et al.* (1991) 認為基於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。

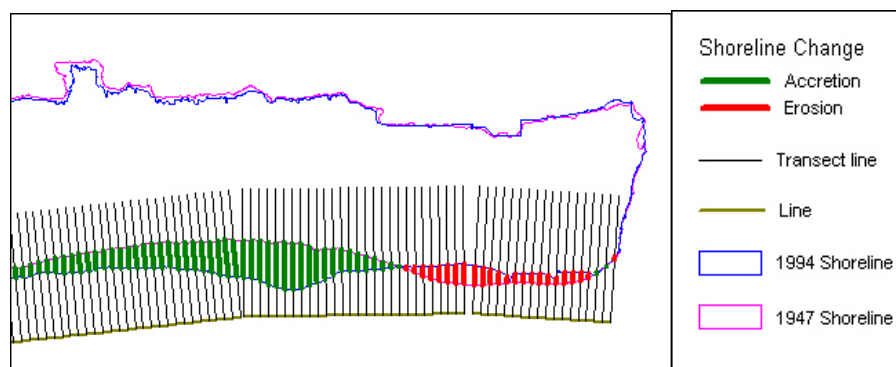


圖 2.15 基線測量法

(一)海岸線變化率分析

海岸線變化率分析的目的，是綜合海岸線在過去長時間所累積的各種變化機制對海岸線所產生的影響（Fenster *et al.*, 1993），包括海平面上升、波浪、海流、季節性的暴風雨、和漂沙。其他人類活動，如沙灘填補、河口浚深、攔砂壩(jetty)和凸堤(groin)建設，也會在海岸線的變化上面產生重要的作用。目前，海岸線變化率分析最普遍的線性統計方法，包括端點變化率(End-Point-Rate)，平均變化率(Average of Rates)，線性回歸分析(Linear Regression)，及傑克剃刀(Jackknifing)（Dolan *et al.*, 1991; Thieler and Danforth, 1994）。此外，Kao(2000)曾應用類神經網路技術，分析及預測美國紐約州長堤島(Long Beach Island)海岸線變化，獲得優於前述統計方法的結果。

(二) 海岸線變遷預測

1.線性統計方法

此方法係採用前述線性統計方法計算出歷史海岸線的變化率之後，以線性外插方式預估未來海岸線的變化，如下：

$$\text{未來海岸線變位置} = \text{目前海岸線位置} + \text{變化率} * \text{時間間隔}$$

2.類神經網路(Neural Network)

類神經網路（Artificial Neural Networks, ANN）係模仿人類思維模式所歸納出的學習演算法則，經由學習的過程可有效解決大量非線性資料預測、分類與辨識等問題。類神經網路的基本組成元素是人工神經元(artificial neuron)又稱為處理單元，每個處理單元間的路徑稱為連結，且各自連結一個加權值；輸出值是輸入值的加權乘積和，再經轉換函數轉換的結果。

在運用「倒傳遞類神經網路」預測海岸線之前，我們需要先將歷史海岸線的變化量輸入類神經網路的前端輸入神經元，經過適當的訓練循環後，獲得較佳的預測神經網路，再設定所需預測的時間間隔，

再讓類神經網路自動計算未來的海岸線變化量。

2.6 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，衛星遙測探測技術在海洋研究中的應用潛力就顯得更加重要了。

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。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。由於海水對不同電磁波具有不同的衰減因數(表 1)，因此，不同波長的電磁波穿透海水的深度也不同。由表中可見，波長為 $0.48\mu\text{m}$ 的電磁波探測大洋海水最有利，而 $0.53\mu\text{m}$ 則探測沿岸海水最有利；遠紅外波段在陸地上主要用於尋找地下水，而在海洋上則主要用於探測海冰；在微波波段，陸地具有一定的透射能力，而海洋則主要是吸收和反射。因此，利用衛星和航空遙測技術，根據海水、陸地反射和放射電磁波特性的不同可以有效地獲取海洋溫度、海洋邊界、海冰分佈、海岸帶資源分佈及其演變狀況和海洋污染狀況等資訊，並可進行魚群之監測等。

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，沉積物較鈕。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。

第三章 Web 基礎之大型圖像管理系統

3.1 前言

自從 1960 年代加拿大地理資訊系統 (CGIS) 開始運作至今已有 40 年歷史，在 GIS 應用仍繼續發展推動的同時，GIS 和計算機的領域受到相當程度的重視。此架構模式改變了 GIS 處理圖形資料的方式，稱為 DGIS(分散式地理資訊系統)。而 DGIS 並將傳統桌上型單機作業之 GIS 概念延伸至網際網路(WEB)，以能符合現行系統圖資處理之需求。而此種以分散式概念延伸至網際網路的架構稱之為網際網路地理資訊系統 (WebGIS 或 Internet GIS)。

所謂 WebGIS，從字面上看來，即表示不再是用紙張來傳遞，而是利用電子訊號，因此有著許多絕對的優勢是以往使用傳統地圖無法完到的，例如：查詢圖層分析、路徑規劃、及時訊息傳遞...等。WebGIS 是結合 Internet 來擴展地理資訊系統功能的新技術。人們透過 WebGIS 所提供的基本概念、設計原理、功能特點...等，滿足使用者本身不同的應用需求，進行與地理資訊系統相關方面的處理及分析，如今地理資訊系統已可輕易地在個人電腦上，因此，地理資訊系統是因運電腦系統而生。但由於網際網路的蓬勃發展，各 GIS 產品製造商也致力於開發 Web Base 的相關性產品，電子地圖才能走向大眾化普及化。目前已有許多 GIS 廠商推出 Internet 上 GIS 的方案，如 ESRI 公司的 ArcView IMS、MapObjects IMS 及 ArcIMS、AutoDesk 公司的 MapGuide、MapInfo 公司的 Mapxsite、Mapxtreme、Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map 等。使用者只要透過網際網路瀏覽軟體，就能獲得許多豐富的地圖資訊。至目前為止，Google Map 與 Google Earth 為最主要之代表。

3.2 大型影像資料庫的資料管理需求和系統設計原則

影像資料作為空間資料的一種載體,在地理資訊領域中的地位變

得越來越重要。近年來，影像空間資訊技術朝向多感測器、高空間解析度、高光譜解析度與高時間解析度之發展，影像資料已成為地理資料中之『巨量資料』，因此如何有效地管理這些大型的影像資料，使之能夠為我國的空間資料基礎設施，是一個值得深入研究的問題。有關巨量影像資料庫的研究從 20 世紀 80 年代末開始初見端倪，到 21 世紀初，已有若干初步成果，也推出了一些巨量影像資料庫管理系統，如國外 ERDAS 公司的 Image Catalog、ERSI 公司的 ArcSDE 網格資料管理模組，而 ERSI 公司的 ArcGIS Server 為其中主要的代表。然就實際應用觀點而言，目前市場的地理資訊系統與空間資料庫仍無法有效儲存、管理、展示大型且巨量的影像資料，不易在網路上展示巨量的影像資料，也難以在網路上以有限的頻寬展示大型三維立體化影像。

隨著目前影像空間資料獲取快速成長，如何設計滿足「在網路上可展現或即時瀏覽大型的三維影像資料」之需求，為目前對影像空間資料管理系統所面臨的一項挑戰。

作為一個以影像資料管理為核心內容的大型巨量無縫影像資料庫管理系統，應該滿足以下一些需求：必須滿足多解析度的特性，即支援多解析度影像金字塔的結構，必須具有高效的空間索引和空間查詢特性，能夠整合化地管理多種資料源，同時高效地管理影像資料的詮釋資料，必須考慮商用資料庫的支援，所能管理的影像資料量必須是巨量的，應該達到TB (1TB =106M) 級，採用有效的壓縮演算法對資料進行壓縮，從資料視覺化的角度上講，應該以零延遲作為系統追求的目標。

針對以上的資料管理要求，系統設計應該採用以下的原則。

(1)資料的獨立性和共用原則。資料的獨立性是指要管理的資料與應用

程式之間是分離的，這樣就使得同樣的資料可以被不同的應用程式使用。共用原則是指對資料的存儲和管理不依賴於某個特定的軟體系統，從而提高資料存儲和管理的可操作性和延續性。

(2)開放性原則。開放性原則主要包括資料的開放性和系統的開放性。

資料的開放性原則是指系統可以讀取多種影像資料格式。系統的開放性是考慮到系統的統一性和實施的可操作性，要使各級系統既相互聯繫又相對獨立，保證系統具有良好的開放性。

(3)資料庫的可擴展性原則。由於影像資料生產的週期一般來說比較長，隨著新資料源的出現和用戶需求的增加，資料庫中所包含的資料種類可能還會增加，因此就要求系統具有一定的可擴充性。當增加新種類的資料時，系統只要在原來的基礎上增加一個對新資料的管理模組和若干資料庫表後，就可實現對新資料的存儲和管理。

(4)資料檢索和管理的高效性原則。資料管理和檢索是影像資料管理的核心，因此如何高效地實現“知道有什麼資料、在什麼地方、迅速提取資料並加工成用戶所要求的資料”是設計系統時考慮的一個主要因素。

3.3 影像空間資料庫之設計

(1) 空間資料庫伺服器(Spatial Database Server)

所謂空間資料庫伺服器是指在一般關聯式資料庫上實作空間資料庫，可儲存向量、影像、高程或 network 等資料格式，且具有符合 OGC 規範的 Web Feature Service 的伺服功能，且須提供空間資料庫管理程式，可建立、管理、移除空間資料庫或其內之圖層，另外須提供程式庫(如 COM 元件或 SDK)供使用者開發應用系統。

空間索引是空間資料庫查詢空間資料的關鍵技術，常見的空間索

引如 MBB(Minimum Boundary Box)(ESRI Personal GeoDatabase 實作此方法)、GRID(ESRI ArcSDE 實作此方法)與 Z-Ordering Tree(目前僅 Oracle 空間資料庫實作此方法)等。如果，使用者不希望使用空間資料庫，空間資料庫可被視為一中介軟體，僅用底層資料庫空間索引功能。

一般而言，相應於空間資料庫的 GIS 系統，可透過地圖專案管理地圖資料，一個地圖專案除可指定 GIS 圖檔外，也可接受其他提供 Web Feature Service 的伺服器所提供的圖資。亦可透過空間資料庫伺服器存取儲存於不同關聯式資料庫內的空間資料，且一個地圖專案可以連結一個以上的空間資料庫伺服器。(圖 3.1)

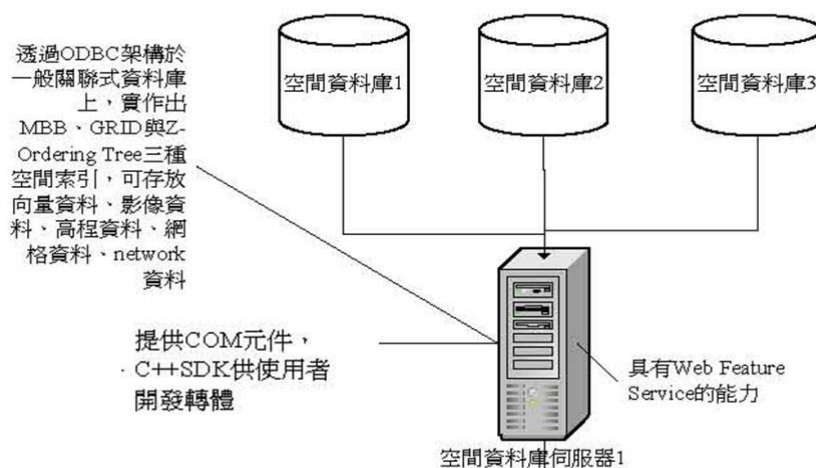


圖 3.1 空間資料庫伺服器架構

(2) 網際網路地圖伺服器(Internet Map Server)

網際網路地圖伺服器最大特色，運用特殊的影像壓縮與網路傳輸技術，在不降低解析度、不切割影像的前提下，可在網際網路上提供大型影像的快速流覽。並配合特殊的地形資料結構，提供使用者在網際網路作 3D 流覽，能在網路上以數百 GB 地形資料為圖台做模擬飛行。

地圖伺服器提供 Web Map Service 的能力，提供使用者 COM 元件，可於網頁中以 VBScript 開發客戶端程式，而伺服器端使用者可

以 VBA 撰寫功能供客戶端使用。(圖 3.2)

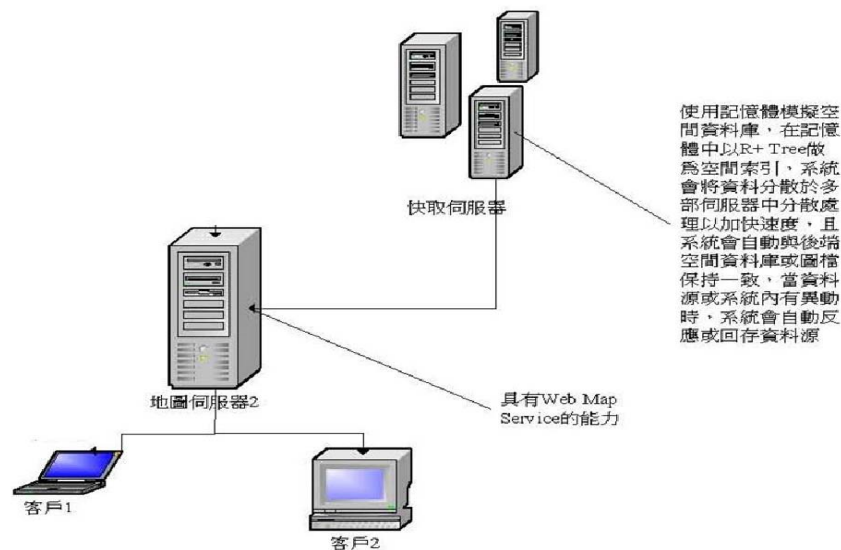


圖 3.2 網際網路地圖伺服器

(3) 資料快取伺服器(Data Cache Server)

當網際網路地圖伺服器提供大型空間資料服務時，可以透過資料快取資料快取伺服器加速資料存取與查詢，以提供高速即時異動的空間資料服務。由於目前電腦硬體設備進步速度很快，因此電腦硬體價格相對便宜，企業級使用者可以依據需求，購買相當數量的電腦，將空間資料庫內的資料從空間資料庫中，載入快取伺服器的記憶體內，配合地圖伺服器的運作，加速空間資料的存取。

這種空間資料加速概念是使用記憶體模擬空間資料庫，在記憶體中以 R+ Tree 做為空間索引，地圖伺服器系統會將資料分散於多部快取伺服器中分散處理以加快速度，且系統會自動與後端空間資料庫或圖檔保持一致，當資料源或系統內有異動時，系統會自動反應或回存於資料源。

地圖伺服器若使用資料快取時，必須在一般的地圖專案之上增加一虛擬專案供地圖伺服器使用，每一個虛擬專案可以包裝不同數量的專案，並可指定顯示或載入各專案內所指定的圖層。

影像空間資訊技術的發展，“數字地球”概念的提出顯得越來越備受重視，而其應用領域也不斷擴展到更加廣闊的領域。在這些不斷增加的應用中對動態性和即時性提出了具體要求，為了滿足這些相關性需求，影像空間資訊技術必須與通信技術相結合。因此，採用以 WEB GIS 為主題架構並適當利用資料庫軟體建置一個互動式動態網站，除了讓網站具備與使用者作即時性「互動」的特性外，對網站管理人員而言，透過 Web 的管理維護介面，更可從遠端以 IE 等瀏覽器進行網站內容的更新維護作業，使得網站內容的管理不受時間與空間的限制。

隨著目前影像空間資料獲取快速成長，如何滿足「在網路上可展現或即時瀏覽大型的三維影像資料」之需求，為目前對影像空間資料管理系統所須面對及克服的問題。

3.4 設計及應用實例

所建置之資料及系統功能包括：

- (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。

本中心，於民國 93 年以 INetIMS 系統為平臺之『臺灣地區海岸圖像資料庫之建置』設計範例，含圖像管理操作 (圖 3.3)及 大圖像瀏覽(圖 3.4)。當時所建構之圖像資料包含了民國 91~93 年之臺灣本島及各離島之 Ikonos 衛星影像資料及部份之航拍影像，解析度為一公尺。同時也製作了一萬分一比例尺之海岸圖像，如圖 3.5 所示。



圖 3.3 大圖像瀏覽

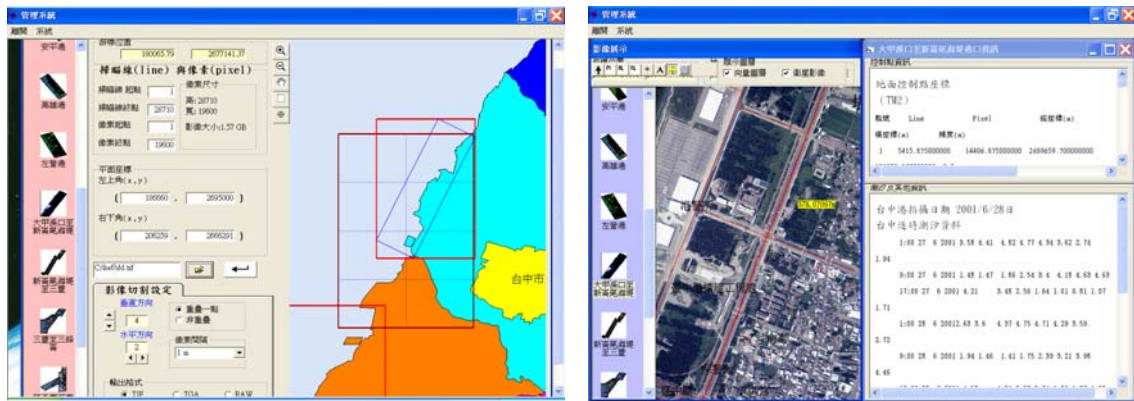


圖 3.4 大圖像管理系統



圖 3.5 一萬分一比例尺之海岸圖像

當時所建置之圖像為 91~93 年間，局部地區有待更新，加上科技

之進步，新發展的系統平臺效能已明顯的提昇，本研究首先對主要港口影像予以局部更新，同時改用新的系統平臺—PilotGaea IMS Server：INET 4DWise，配合數值高程模型(DTM)進行三維(3D)圖像之瀏覽，以加速系統效能並維持影像資料之時效性。(圖 3.6 及圖 3.7)

INET 4DWise 系統平臺具有下列之功能與特性：

1. 配合影像與高程資料，使用者端可直接於瀏覽器內執行程式，並於網際網路上瀏覽 3D 地形模型，無需另外安裝程式，且資料量可達 1TB 以上。
2. 使用者可於瀏覽器內透過 VBScript 等方式與系統溝通，達到客製化目的。
3. 可於 3D 地形中建置建築物與標誌牌，且建置建築物與標誌牌可由一般 GIS 圖層之圖資自動建立，以減少人工作業。
4. 在場景中有 GIS 圖層的觀念，且至少包含點、線、面三類的圖層，並可顯示於 3D 模型上，可由使用者在瀏覽器內自由的開關圖層。
5. 系統需提供一般 GIS 分析功能，如屬性查詢、以屬性找物件、以環域分析與套疊分析找出資料及最短路徑等。
6. 所有圖層(包含點、線、面)、建築物與標誌牌皆可選取，並支援直接於螢幕點選與框選兩種操作方式。
7. 建物可以是 2D 裡的 Polygon，而高度是某個屬性的值，以符合 GIS 中常用的建物資料，並可利用屬性來指定貼圖，更可對每面指定不同的貼圖。
8. 提供至少十種以上飛行模式的元件，如定點飛行、環繞指定點旋轉、使用搖桿、使用滑鼠、追隨模型、直接以座標控制視點等等...
9. 對於大量的向量資料，當同一條線或同一個面，每個節點簡約化的程度可依與視點距離不同而不同，越遠者，點與點之間格越遠，反之越近，並可隨視點的移動而快速的變化

- 10.可加入霧的效果，以增加真實性，也可以用設定天空的貼圖來使場景看起來有晴天、陰天或雨天的感覺。
- 11.可以在場景中放入用 3D 建模工具做出來的橋、房子等等，並可讓模形依指定路徑自動的在場景中移動，如移動的車子或飛行的飛機，也可透過 API 控制這些模型的移動路徑。
- 12.Logo、控制面版等元件，可由使用者自行設計出來置換，讓使用者擁有最大的彈性，決定Web 3D GIS 的外觀。
- 13.能臨時在場景中加入想要的物件，才不會失去 GIS 功能使用上的彈性（如車輛監控等...）可以在臨時的圖層加入臨時的物件，這些物件可以是點、線、面、文字、標示，甚至是模型，臨時加入的物件可以即時的改變其座標、顏色等屬性，透過這些物件，就可以做到標示重要的地點位置、在重要地點標註文字等。
- 14.透過內建的元件，可將網頁放置在場景中，放在場景中的網頁會是個放在地表的標示牌，也會隨這視透過內建的元件，點的移動而移動，放在場景中的網頁亦能操作。
- 15.透過內建的元件，可將遠端的攝影機的動畫放到 Universe 的場景中。
- 16.在 3D 場景中的物件仍保有 2D 時的結構，可以透過 API 控制圖層的開關來展現選擇的物件，隱藏多餘的資訊，而每個圖層也可透過事先設定的顯示比例尺來自動開關，透過這些功能讓同一時間場景中出現的物件數量達到最協調的狀態。
- 17.自動影像精細度調整，依距離的遠近自動調整最佳影像精細度；自動高程調整，依距離遠近漸進式的調整地形與自動建物貼圖調整，依距離遠近漸進式的調整影像精細度。
- 18.API 支援直接讀取 KML、SHP、DWG、GeoTif 等等 GIS 常用的向量。

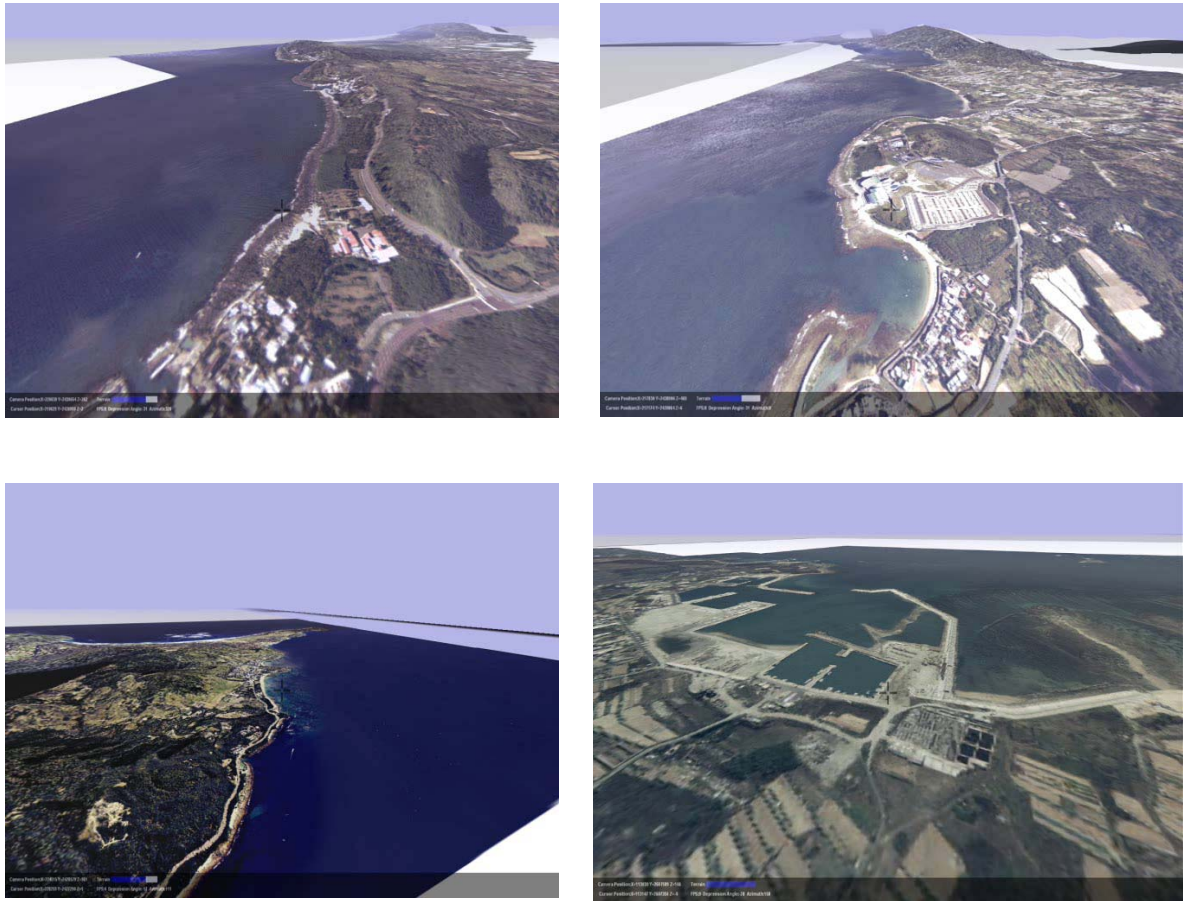


圖 3.6 海岸帶圖像之三維(3D)瀏覽



(a) 勻光處理前



(b) 勻光處理後

圖 3.7 更新圖像之鑲嵌及勻光處理

第四章 UAV 攝像及影像處理技術之設計與開發

對地觀測之影像目前已經發展成熟為多來源及多解析度之階段，如主動(雷達)或被動式(光學)之衛星遙測，結合全球定位系統(Global Position System, GPS)及慣性量測系統(Inertial Measurement System, IMU)之 POS(Position and Orientation)系統，配合新的數位航空相機(Digital Aerial Camera)，已可普遍獲得品質良好之影像，也已成熟的廣泛被應用。但是該類影像仍然受到拍攝時間周期、影像價格成本等因素，無法達到即時性及機動性的要求。(圖 4.1)



圖 4.1 新型四槳無人飛行載具(UAV)

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

應用無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)遙測進行震後災情的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，與衛星、載人航空等現代遙測平臺相比，也擁有得天獨厚的優勢。UAV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。它操作簡單可靠，智慧化程度高，能實現遙控、半自主飛行和按預編航線全自動航行功能。通常以自主導航飛行為

主，遙控飛行為輔，非常適合高危地區的探測。地震或水災災區的交通和通訊設施通常會受到嚴重破壞，救援人員無法抵達，無法及時、客觀地瞭解災情。但借助無人機能夠快速飛抵災區現場，獲取災區影像資料。

UAV 一般在雲下低空平穩飛行，彌補了衛星光學遙測和普通航空攝影經常受雲層遮擋獲取不到影像的缺點。它生存力強，對氣候條件要求低，對地形適應性強，同時它擺脫了重訪週期的限制。UAV 的製作和運營成本與其他遙測平臺相比較低，整套飛行系統，包括飛機及操作平臺，價格低廉。並且操作員的訓練時間短，還可免去調機和停機的費用。

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

由於 UAV 之低空攝影，所拍攝影像將具有更大的後處理挑戰，使 UAV 影像能達到應用之目的。本研究即針對 UAV 影像發展必要及

新的影像處理模式。

4.1 建置 UAV 拍攝系統(含自動導航功能)

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

1. 感測器系統：

指UAV搭載的各種遙測設備。根據攝影任務的不同，可整合CCD數位相機、紅外掃描器、陀螺儀(IMU)、全球衛星定位系統戰(GPS)等，以獲取不同類型的遙測影像。目前，災情監測系統多採用感光度和色彩深度好、載片量大的CCD數位相機，廣角鏡頭對焦至無窮遠處，以獲取高解析度的全色影像。

2. 遙測空中控制系統：

主要對感測器系統進行穩定和拍攝任務的控制。它能根據UAV的速度、高度、航線、姿態角以及設定的航攝比例尺和重疊度等資料，自動計算並控制相機的拍攝方式。同時將影像資料和拍攝時的方位、姿態等輔助參數傳遞給UAV飛行平臺。航跡規劃系統是在航飛前按照應用要求、飛行作業區特點、飛行器和感測器性能參數，規劃出飛行區域與航線、拍攝點，預先載入到UAV地面控制子系統和遙測空中控制子系統，用於控制UAV的飛行和遙測拍攝。

3. UAV飛行平臺和地面控制系統：

透過無線電遙測遙控技術進行資訊的獲取、處理與傳輸。一方面，

將獲取的遙測資料和設備的狀態參數、位置坐標等輔助資料傳送給地面控制系統。另一方面，將地面操縱人員的指令傳輸給飛行器。透過GPS導航定位裝置、姿態陀螺、飛控電腦等裝置，實現對飛行狀態的精確控制，完成對目標區域的覆蓋。

4. 資料壓縮和解壓縮系統：

主要為實現資料的即時傳輸。機載CCD獲取圖像後進行壓縮，傳遞給地面進行解壓縮處理，然後傳送給地面控制站的即時顯示系統，便於地面作業人員對飛行和航攝過程進行直即時監控和粗略評估。

5. 資料後處理系統：

針對拍攝影像資料進行加工，以提取有效資訊。UAV的不穩定性導致UAV的影像須經特殊的處理步驟，其中包括正射投影、地理定位、幾何精糾正、鑲嵌勻光合成和分類提取等。針對UAV遙測影像開發的專用資料處理系統，能夠實現資料的快速處理，可以滿足災情監測的需要。例如可以透過快速計算災損狀況統計及評估，透過標註道路的阻塞範圍推斷救援路線的最佳選取等。地面操作員可透過隨身攜帶的BGAN系統（即新型移動寬頻局域網系統），將資料及時發送到救災指揮中心指揮，為實施應急救助提供決策依據。

4.2 相機參數率定模式

攝影測量領域中，相機率定(Camera Calibration)一直是個關鍵議題，不論是使用傳統量測性相機或是現今高解析度之數位相機。如今，隨著相關演算法及影像處理技術的成熟，相機率定已不再是一項

繁雜的程序。本研究計劃以近景軟體 PI-3000 對於本實驗現有之數位相機進行率定程序，以探討不同數位相機間之透鏡畸變程度。

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

當相機按下快門的那一瞬間，物間景色將經由透視中心投影至 CCD 成像面，形成數位影像，而相機鏡頭本身為一非平面結構之凸鏡，因此會使得投影光線產生折射現象而無法將光線正確投射至成像面，除了使影像產生變形，也造成了影像坐標之偏移(Shift)，如圖 4.2 所示。在這樣的情形之下，相機投影中心、影像點位及相應地面點位將無法達到三點共線之條件，因此需以相機率定程序求得相機之內方位參數，恢復攝影光束於相機內部之行進方向，進而獲取正確之影像點位坐標。除了內方位參數外，尚需對於造成影像變形之各項鏡頭畸

變因素進行率定，主要包含了輻射畸變差(Radial Lens Distortion)、離心畸變差(De-centric Lens Distortion)、大氣折射差(Atmospheric Refraction)及仿射畸變差(Affinity Deformation)等。



(a)正確影像



(b)變形影像

圖 4.2 因透鏡畸變所產生之影像變形示意圖

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

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

式中

x, y : 影像坐標

$\Delta x, \Delta y$: 透鏡畸變差改正量

f, x_0, y_0 : 內方位參數

X, Y, Z : 點位之地面坐標

X^0, Y^0, Z^0 : 攝影站之空間坐標

$a_{11} \sim a_{33}$: 旋轉矩陣之係數

4.3 影像幾何、輻射處理及自動鑲嵌理論

獲取解像度(分辨率)愈高、品質更好的影像，提高其分析。處理。量測、定位能力並加以有效利用，是長期以來所追求之目標，但受感測器固有像元幾何尺寸及陣列排列密度的限制，圖像的解像度不可能無限提高，而且在極限解像度情況想透過增加感測器陣列取樣密度和減少像元尺寸來提高影像解像度，其技術難度大且代價高。針對該問題一個有效的解決方案就是透過影像超高解像度重建技術來提高影像的空間解像度，由於該重建技術容易受到影像間子像素位移資訊粹取可靠性的影響。固在現有的硬體基礎上，由合理排列 CCD 陣列影像進行錯位，就能對影像間的子像素位移量進行控制，從而消除運動參數估計這一制約影像超高解像度重建的瓶頸問題。

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

4.3.1 基於SIFT演算法之特徵點偵測

SIFT演算法主要可分為四個步驟：

- (1) 尺度空間極值偵測；
- (2) 特徵點位置最佳化；
- (3) 計算特徵點方向性；
- (4) 特徵點描述。

分別簡述各步驟的內容：

(1) 尺度空間極值偵測

由Koenderink[4] 以及Lindeberg[6]所提出的論文中，該方法假設，一張影像經過高斯模糊後，最接近尺度空間(Scale-Space)。也就是說，將一張影像做了多次的高斯模糊後，接近於做縮放(Scaling)的動作。為了達到尺度不變的目標，採取了以上的理論，利用高斯模糊與影像金字塔(Image-Pyramid)，將尺度空間中，所有可能出現的特徵點找出。基本上，不可能將所有的尺度空間中所有的特徵點找出，因為這必須要將影像縮放到各種比例中，而且一個不漏的找出。所以SIFT方法中是採取類似取樣的方式，搜尋出各個尺度空間的特徵點，以達到尺度不變的目的。

先將原始影像以標準差 s (在此設為2)值作高斯模糊，做了四次後，到另一個Octave 中，將影像縮小一半，並將高斯模糊的標準差乘以 $2(2s)$ ，也是一樣做了四次高斯模糊。總共要做四個Octave。求出四個Octave後，將每個Octave中的影像，兩兩相減，也就是做Difference-of-Gaussian (DoG)，如圖4.3所示。

找出DoG後，即可進行極值的偵測。所謂的極值(Extrema)就是，每個octave中，若在某個尺度的點 (x, y) ，為26鄰居像素(上、下尺度各九個鄰居與本身尺度的八個鄰居)中的區域極大值(Local Maximum)或區域極小值(Local Minimum)，則稱此點為極值點，就是該方法要找的特徵點候選，如圖4.4所示。

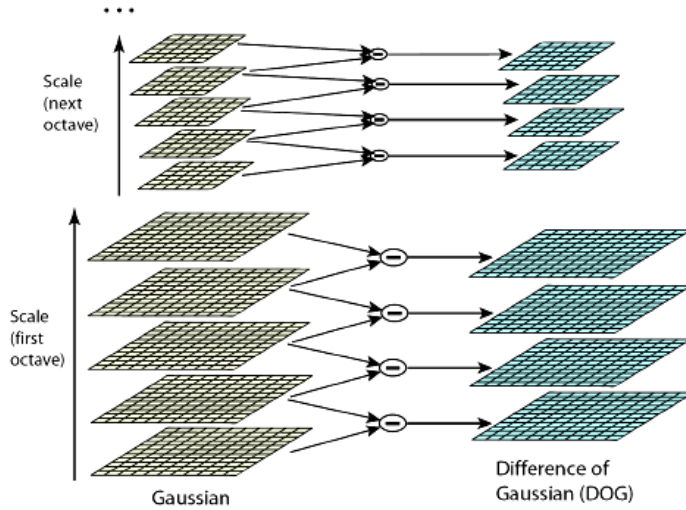


圖4.3 DoG 運算元

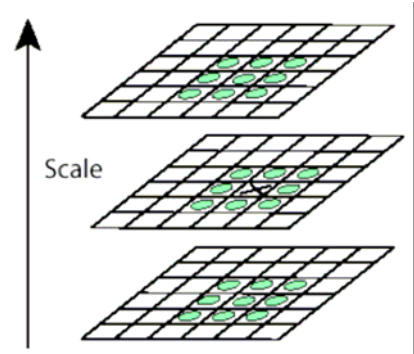


圖4.4 局部極值的位置

(2) 特徵點位置最佳化

在前一個步驟中找出的候選特徵點，並非全部都是穩定的，所以要刪去一些不穩定的候選特徵點，包低對比及可能是邊緣的點位。首先，在刪除低對比的點上，

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

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

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

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

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

在候選特徵點位置上求 H (Hessian Matrix) ，並算出它的 Tr (Trace) 和 Det (Determinant)，其中 r (在此為10)為一個門檻值，若式不成立，

表示此點有可能是邊緣，並將其刪除。

(3) 計算特徵點方向性

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

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

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

(4) 特徵點描述

求出每個特徵點的方向後，接下來就是特徵點的描述。首先，以特徵點的方向為基準，將以特徵點為中心的區塊旋轉到以特徵點方向為北，因此，特徵點就可以達到旋轉不變性。另外，在此區塊內，將 16×16 的範圍切割為 4×4 的子區塊(Sub-Block)，分別統計每個子區塊內的方向直方圖，如圖4.5所示，區塊大小為 8×8 ，實際實作時是取 16×16 。所以， 4×4 的子區塊，每個子區塊統計八個方向，總共特徵點的向量維度為 $4 \times 4 \times 8 = 128$ 。

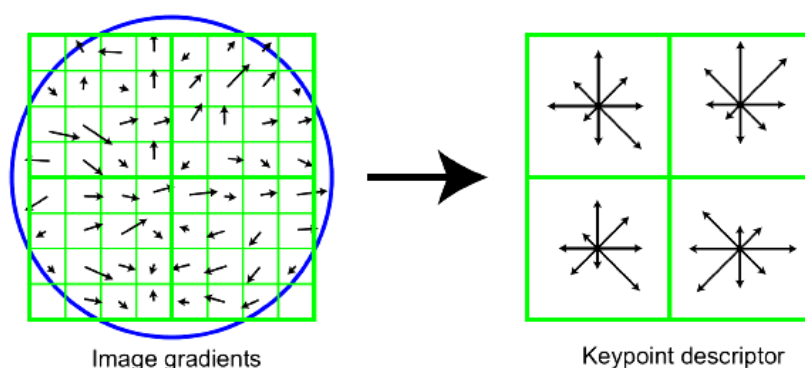


圖 4.5 SIFT 演算法特徵點描述圖

4.3.2 特徵點匹配

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

4.3.3 RANSAC除錯與映射轉換

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

- (1) 隨機取出四對相對應的特徵對，代入映像函數，求出其參數 $\{m_0, ..., m_7\}$
- (2) 將影像一中的各特徵點利用上個步驟所求的映像參數代入映像函數，求得在影像二上的坐標，計算此坐標與影像二上特徵匹配點之歐式距離。

- (3) 當此距離值小於 $d=2$ 時，稱此點為內點(Inliers)，估計內點的數目。若 N 取樣中(在此我們將 N 取 30)，某次的內點數最多，就取此映像參數為影像校齊所用。

圖 4.6 至圖 4.10 為 SIFT 演算法之特性與應用。

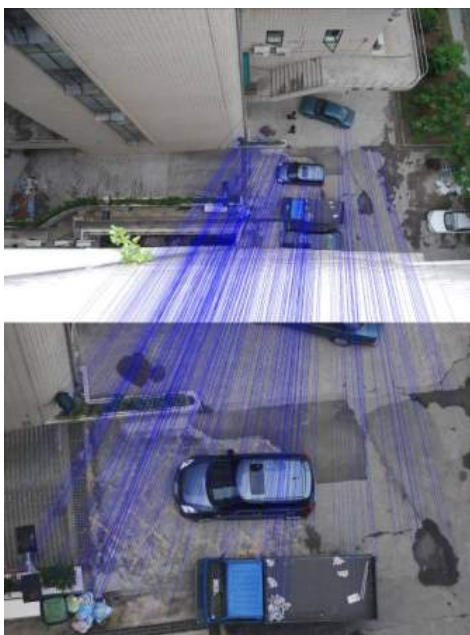


圖 4.6 SIFT 演算法之尺度不變性



圖 4.7 SIFT 演算法之光照不變性

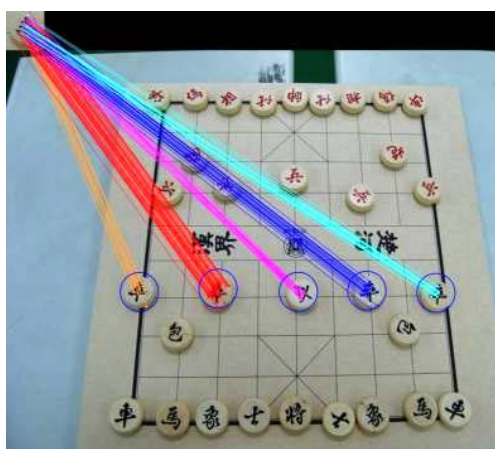


圖 4.8 SIFT 演算法之旋轉不變性



圖 4.9 SIFT 演算法之圖像檢索

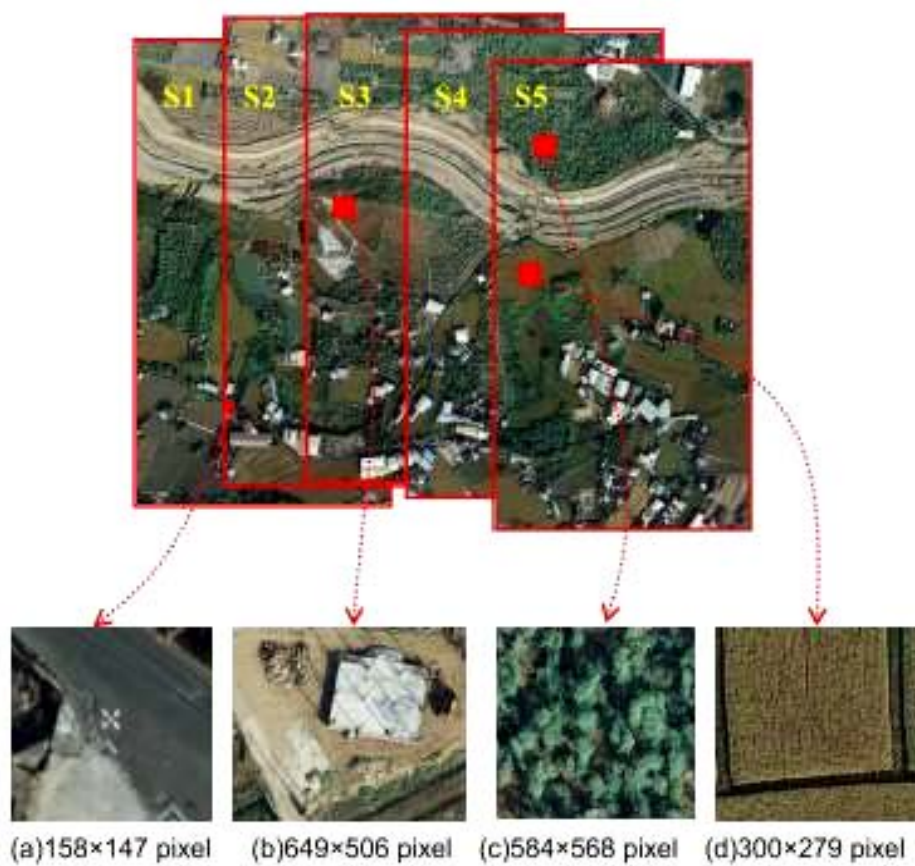


圖 4.10 SIFT 演算法於立體對共軛點匹配

4.3.4 基於薄板樣條函數之影像校齊

一般而言，最常使用的影像套合方法是仿射轉換，但是仿射轉換無法校齊區域內非線性變化、或是地形起伏的區域（如山區）。而薄板樣條法（Thin-Plate Splines, TPS）是一種最常用來克服區域性幾何變化問題的方法，諸多研究均顯示 TPS 法可獲得良好之影像對位結果。因此研究將藉由 SIFT 演算法或人工校正獲得的共軛點對，利用仿射轉換求出基本轉換函式後，再利用特徵匹配與區域匹配結合的方式找出更多的共軛點對，最後將所有的共軛點對結合並使用 TPS 法建立二影像間之校齊關係。

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

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

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

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

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

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

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

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

求出仿射轉換係數後，接著利用仿射轉換後的坐標殘差值，求解 $K(\lambda)$ 的權重 $\mathbf{P}$ ：

$$\begin{bmatrix} x_1 - a_1X_1 - a_2Y_1 - a_3 \\ x_2 - a_1X_2 - a_2Y_2 - a_3 \\ \vdots \\ x_n - a_1X_n - a_2Y_n - a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K(\lambda_{12}) & \cdots & K(\lambda_{1n}) \\ K(\lambda_{21}) & 0 & \cdots & K(\lambda_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(\lambda_{n1}) & K(\lambda_{n2}) & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{x_1} \\ P_{x_2} \\ \vdots \\ P_{x_n} \end{bmatrix} \quad (4-9)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 - b_1X_1 - b_2Y_1 - b_3 \\ y_2 - b_1X_2 - b_2Y_2 - b_3 \\ \vdots \\ y_n - b_1X_n - b_2Y_n - b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K(\lambda_{12}) & \cdots & K(\lambda_{1n}) \\ K(\lambda_{21}) & 0 & \cdots & K(\lambda_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(\lambda_{n1}) & K(\lambda_{n2}) & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{y_1} \\ P_{y_2} \\ \vdots \\ P_{y_n} \end{bmatrix}$$

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

彎曲能量：

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

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

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

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

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

4.3.5 修正 Retinex 演算法於輻射校正、除薄雲及去霾處理

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

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

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

$I(x_i)$ 為輸入測試影像的每一個像點

$\log(\rho^{x_i})$ 為待測像點的照明參數

$\log(\rho^{x_i})$ 為待測像點周圍的照明參數

基於Retinex的基本理論，本研究提出修正其演算法之處理程序。在RGB彩色空間中透過比較同一波段內，一個目標像元與其他像元間的明暗關係，來估計出該像元的真實色彩。它主要包括四個步驟：前級處理、選擇路徑、明亮度計算和後級處理。

1. 前級處理

圖像前級處理部分主要完成輸入圖像的格式轉換，它主要包括三個部分：

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

2. 金字塔影像資料結構

在選擇路徑方面，將多解析度金字塔結構引入到計算中，輸入的圖像透過分塊平均降取樣(Down Sampling)來構造多分辨金字塔結

構，這種分層模式與小波處理十分相近。金字塔的頂端對應最低的解析度，即最大的平均程度；最底端對應最高的解析度。

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

3. 明亮度比較計算

本步驟是整個演算法的核心，它可計算出每個像元的明亮度，即不受照明環境變化影響的量值。它可總結為四個步驟：相比、相乘、復位和平均。採用將原始圖像轉換到對數域的預處理之後，相比、相乘就簡化為相減與相加。相比是兩個像元間亮度的比，在金字塔中的每一層，降取樣圖像中的每個像元沿順時針方向與周圍的八個像元通過求差值進行相比；相乘是與上一層延續下來的圖像進行相加；當相乘的累積結果超過原始圖像的最大亮度值時，則進行復位將其置為原始圖像的最大亮度值；最後將本次比較產生的圖像與上次的結果進行平均，從而將不同路徑對一個像元明亮度的估計結合起來。這些操作可以總結為：

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

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

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

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

4. 後級處理

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

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

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

這種分通道單獨處理的方法，作為一種最基本和常用的彩色圖像處理手段，其優點是簡單、直接，但是缺乏色度約束機制，容易出現顏色畸變。因此我們根據遙測影像的特點又對其進行了改進。航空影像的成像尺度較大，成像的物件是某個空間範圍內的地形，而地表不同反射特性的物體分佈雜亂，相互影響，這樣就可以把地面看作一個近似的漫反射表面[11]，因而認為其滿足“灰度世界”假設，“灰度世界”

假設是由Bushsbaum提出來的[12]，這個理論認為，某個場景的平均反射率總是被視為中等灰度，即：

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

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

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

三個線性變換係數可以通過下式計算

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

式中， μ 是整個圖像的亮度均值， R_s, G_s, B_s 為三個波段各自的均值。這樣經過「灰度世界」方法處理後的圖像色彩真實自然，沒有色偏和畸變，而且基於圖像整體色調的調整，為後續的相鄰圖像的顏色匹配和鑲嵌打下了基礎。

5. Retinex 處理影像之後處理

上述演算法前半部分是傳統 Multi-Scale Retinex 處理方法，得到 Retinex 處理結果後，再將該處理結果與原始影像做加權平均，加權平均的結果作為最終結果輸出。W 值取 0.4-0.6，可滿足對不同影像的正確處理；同時保證了輸出影像的視覺自然性，與人眼實際觀察到的景物更加接近。(圖 4.11)

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



圖 4.11. 視網膜(Retinex)技術之影像增強處理結果

通用性品質指標定義為：

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

結構相似性品質指標 (SSIM) 定義如下：

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

4.3.6 無縫鑲嵌及色彩平衡

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

● 準備工作

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

● 預處理工作

預處理工作主要包括輻射校正、去條紋與斑點和幾何校正。

- 確定鑲嵌之演算法則

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

- 重疊區確定

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

- 色調調整

色調調整是遙感影像數值鑲嵌技術中的一個關鍵環節。影像色調的差異，將影響整體影像之視覺效果。因此必須進行色調調整這一工作。

- 影像鑲嵌

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

- 色彩平衡

最後進行整體影像之色彩平衡及勻光處理。



(a) 勻光前



(b) 勻光後

圖 4.12 影像鑲嵌

4.4 多源圖像局部快速修測及更新之策略

對地觀測的遙測攝影技術發展相當快速，從衛星、航拍，低空 UAV 為載臺至地面之近景(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。

4.4.1 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。

4.4.2 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。本文 4-3-1 節所述之 SIFT 演算法將是一個有效的解決方法。

4.4.3 影像匹配

影像匹配之目的是在新、舊影像中分別萃取所得的特徵點間進行配對，用以獲取正確配對之控制點坐標。傳統上以區域為基礎之影像匹配方式，如最小二乘匹配法(Least Squares Matching, LSM)為影像匹配之主流方法，然而就以區域為基礎之影像匹配方式而言仍然有許多無法克服之困難處，例如影像中具有均調區(Homogeneous Regions)或紋理重複區時即無法匹配成功。該匹配法無法克服當影像具有不同尺度變化、旋轉時匹配失敗之缺點。同樣的，本文 4-3-1 節所述之 SIFT 演算法，改用以特徵為基礎匹配(Feature Based Matching)將是一個有效的解決方法，同時可獲得次像元精度之結果。

4.4.4 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。如本文4-3-4節所述之TPS演算法。本研究中使用TPS方法進行影像對位，更進一步使用其彎曲能量(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。(專利技術申請中)

影像之色調調整使用前述之視網膜(Retinex)及白平衡(White Balance)為之。

第五章 影像相關處理實例

5.1 UAV 攝像系統建置

攝像系統硬體設備包括：(圖 5.1)

- 1.空拍裝置組件：遙控直昇機、空拍腳架、避震內架。
- 2.電動直升機電源模組：鋰電池。
- 3.無線影音傳輸模組。
- 4.影像擷取暨後端即時儲存處理模組：Sony SR35 數位相機、GPS

軌跡紀錄器、影像擷取器、即時影像後端儲存處理系統
測試攝影如圖 5.2 及圖 5.3。



圖 5.1 攝像系統硬體設備



圖 5.2 測試攝影(一)

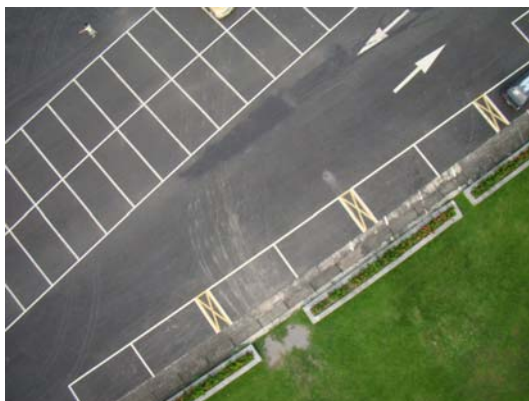
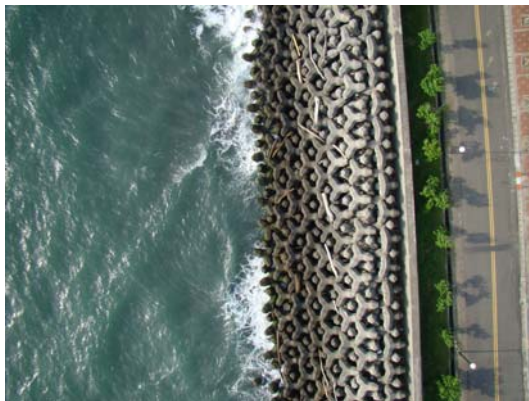


圖 5.3 測試攝影(二)

5.2 數位相機之率定

傳統率定檢驗場中，率定標均以三維型式進行布設，且率定過程較為繁雜，直至近幾年來，相機率定方式有了突破性之進展，且由於相關演算法之成熟，市面上亦出現各式商用軟體可供使用，因此相機率定不再是一項繁雜之程序，僅需針對以二維型式布設之率定標進行不同角度之拍攝，在完成點位量測及自動影像匹配後，以附加參數自率光束法平差進行參數求解後即完成相機率定程序，附圖 5.4 為本實驗用於近景軟體 PI-3000 之率定標型。

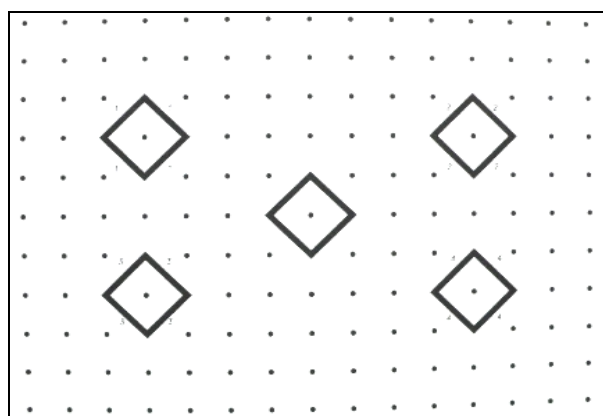


圖 5.4 PI-3000 率定標示意圖

5.2.1 率定參數

除了內方位參數之外，近景軟體 PI-3000 主要使用了四個附加參數來描述鏡頭畸變所產生的影像變形行為，所率定之參數分別如下所示：

- 內方位參數(Interior Orientation)： c, x_p, y_p
- 輻射畸變差參數(Radial Lens Distortion)： K_1, K_2
- 離心畸變差參數(Decentric Lens Distortion)： P_1, P_2

下式即為所使用之數學模式：

$$\begin{aligned}x &= x_{meas} - x_p \\y &= y_{meas} - y_p\end{aligned}\tag{5-1}$$

$$r^2 = x^2 + y^2$$

$$dr = K_1 \times r^3 + K_2 \times r^5 \quad (5-2)$$

$$\Delta x = x + x \cdot dr/r + P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2 \times x \times y$$

$$\Delta y = y + y \cdot dr/r + P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1 \times x \times y \quad (5-3)$$

式中 r : 像點之輻射距離

x, y : 以像主點為中心之影像坐標

x_{meas}, y_{meas} : 於影像上量測之原始影像坐標

x_p, y_p : 像主點位置

$\Delta x, \Delta y$: 經改正後之影像坐標

5.2.2 率定標拍攝

率定標拍攝為相機率定之首要步驟，率定標紙張大小隨相機焦距各異，且率定標需攤平貼附於平整牆面上，以增加影像匹配之準確度。率定標拍攝主要分成正面、右側、左側、上側及下側拍攝：

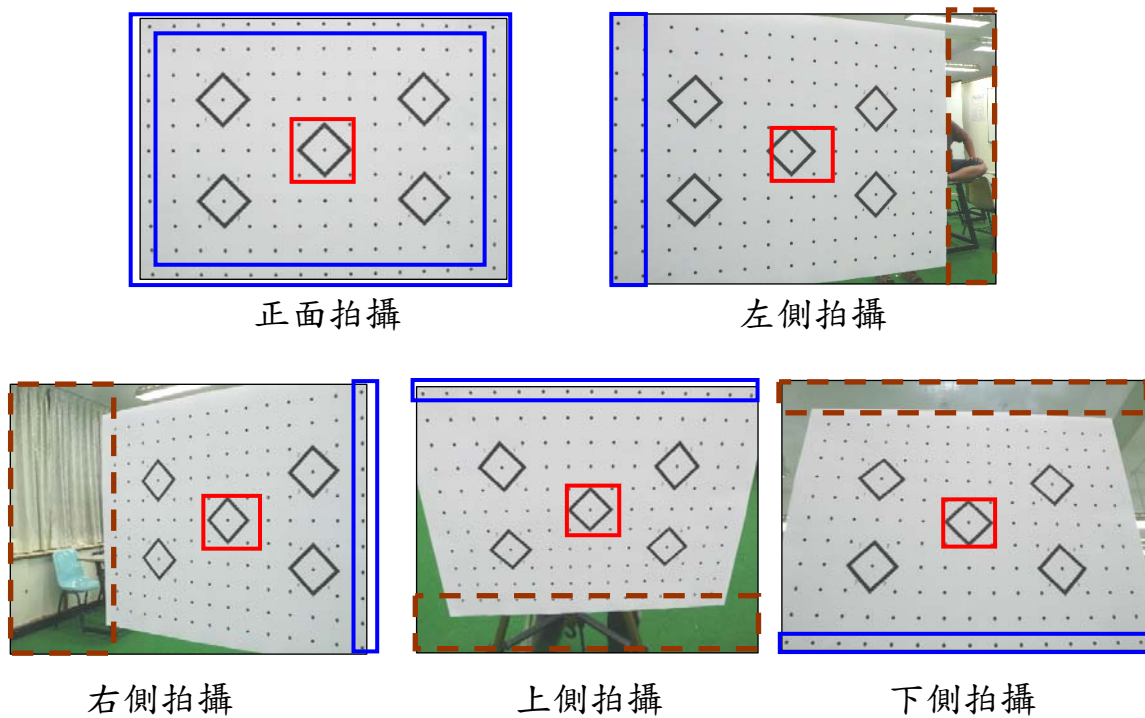


圖 5.5 率定標圖像拍攝方式

5.2.3 相機率定成果與分析

使用 Nikon D40X 與 Sony Alpha DSLR-A100 數位單眼相機(表 5.1 及表 5.2)

表 5.1 NiKon D40X (資料來源：Nikon 官方網站)

單眼數位相機 (Nikon D40X)		
感光元件說明	有效 1020 萬像素 原色 CCD (DX Sensor)	
感光元件尺寸	23.6 x 15.8 mm	
影像大小	3872x2592	
ISO 感光度	Auto, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200	
儲存系統	NEF (RAW):12-bit,JPEG	
檔案系統	EXIF 2.21	
儲存媒體	SD 存儲卡, 相容 SDHC	
傳輸介面	USB 2.0	
對焦模式	手動 & 自動對焦	
鏡頭 (Nikon AF Nikkor 20mm F2.8D)		
焦距	20mm	
最小光圈	F22	
拍攝距離	20cm ~ ∞	

表 5.2 Sony Alpha DSLR-A100 (資料來源：Sony 官方網站)

單眼數位相機 (Sony Alpha DSLR-A100)		
感光元件說明	有效 1003 萬像素 原色 CCD (DX Sensor)	
感光元件尺寸	23.6 x 15.8 mm	
影像大小	3872x2592	
ISO 感光度	Auto, 100, 200, 400, 800, 1600	
儲存系統	NEF (RAW):12-bit,JPEG	
檔案系統	EXIF 2.21	
儲存媒體	Compact Flash	
傳輸介面	USB 2.0	
對焦模式	手動 & 自動對焦	

鏡頭 (Sony SAL-1870)		
焦距	18 ~ 70mm	
最小光圈	F22	
拍攝距離	38cm ~ ∞	

表 5.3 至表 5.4 為二種位相機及鏡頭畸變之率定成果，將其整理於下列表格內，表格內容包含了相機之率定焦距(Focal length, f)、像主點位置(x_p , y_p)、輻射畸變差參數(K_1 , K_2)、離心畸變差參數(P_1 , P_2)、率定改正前之影像最大變形量及鏡頭畸變程度之示意圖(紅線為率定改正前；黑線為率定改正後)。

表 5.3 Nikon AF-S Nikkor 18-55mm F3.5D

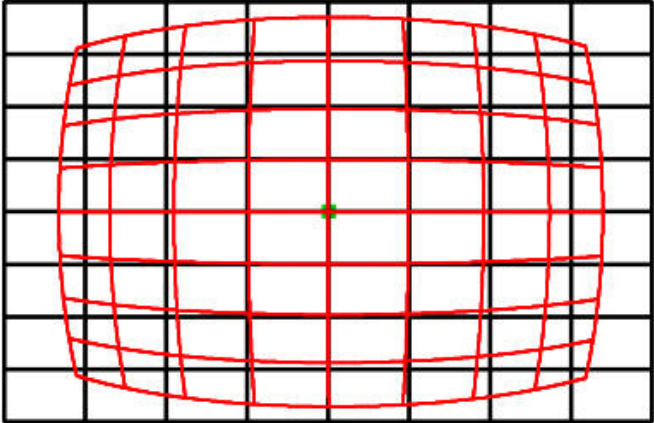
	內方位參數	
	f (mm)	17.849098
	x_0 (mm)	11.432618
	y_0 (mm)	7.414378
	輻射畸變差	
	K_1	3.462748e-004
	K_2	-3.056595e-007
	離心畸變差	
	P_1	-5.830947e-005
	P_2	8.270214e-006
Max of Before Correction : 92.935 Pixel		

表 5.4 Sony SAL-1870

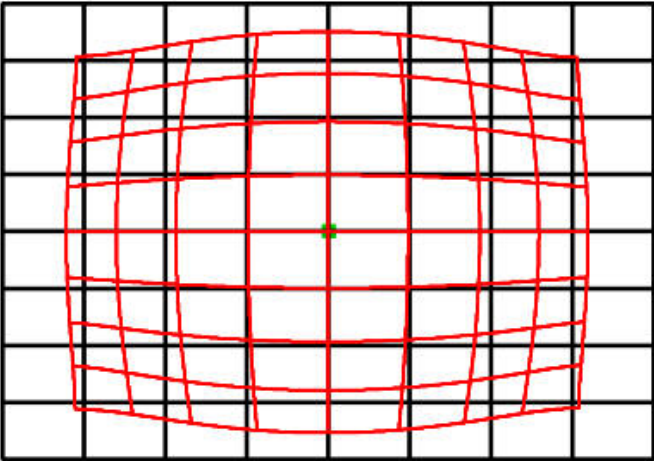
	內方位參數	
	f (mm)	17.929557
	x_0 (mm)	11.333366
	y_0 (mm)	7.896016
	輻射畸變差	
	K_1	5.676481e-004
	K_2	-1.401128e-006
	離心畸變差	
	P_1	2.448856e-005
	P_2	3.453242e-005
Max of Before Correction : 95.962 Pixel		

表 5.5 為前述二種相機率定成果之整彙，於成果分析後可得知，由於現今之數位相機並非專為攝影測量用途而製，其內方位參數皆較傳統量測性相機不穩定，影像畸變程度亦較明顯，因此若以該些相機進行近景攝影測量相關影像重建時，必定需經由適當之率定程序以求解各項透鏡畸變改正參數。

表 5.5 各相機率定之成果

相機型號	鏡頭型式	名義焦距 (mm)	率定焦距 (mm)	最大改正 誤差(Pixel)
Nikon D40X	Nikon AF-S Nikkor	18-55	17.8491	92.935
Sony A100	Sony SAL	18-70	17.9296	95.962

5.3 基於 Retinex 影像色彩加強處理

相關影像處理結果展示中包括：基於 Retinex 影像色彩加強處理、SIFT 特徵演算法於特徵點選取、影像匹配、三維量測(自動空中三角)及快速拼接之應用等。

5.3.1 影像清晰度之測試

為了驗證影像評估指標之代表性，本研究先以一幅清晰之影像經由人工方式模糊後進行模擬實驗，採取熵值(Entropy)、標準差(Standard Deviation, Std)、清晰度(Definition)等三種絕對影像指標，另選擇通用性影像品質指標UQI(Universal Quality Index)及結構相似性品質指標SSIM(Structural SIMilarity)二種相對性指標進行測試與分析；同時引入全區點銳度演算法作為影像清晰度評估的依據。

為尋求一項兼具符合人類視覺特性、色彩恆常性及清晰易遍辨識的客觀指標，本文以前述三種絕對影像指標(熵值、標準差、清晰度)之值，各取權值1/3運算，經以下測試影像證明，確實有其參考之依

據。

模擬影像使用花蓮吉安於 2008 年中所拍攝之影像為例，分別取高斯模糊半徑為 10pixel、20pixel、30pixel 以 RLE 模糊方式將測試影像劣質化後，分別計算其熵值、標準差及清晰度。圖 5.6 為清晰度測試影像，表 5.6 計算所得之品質指標。

圖 5.6 清晰度測試影像

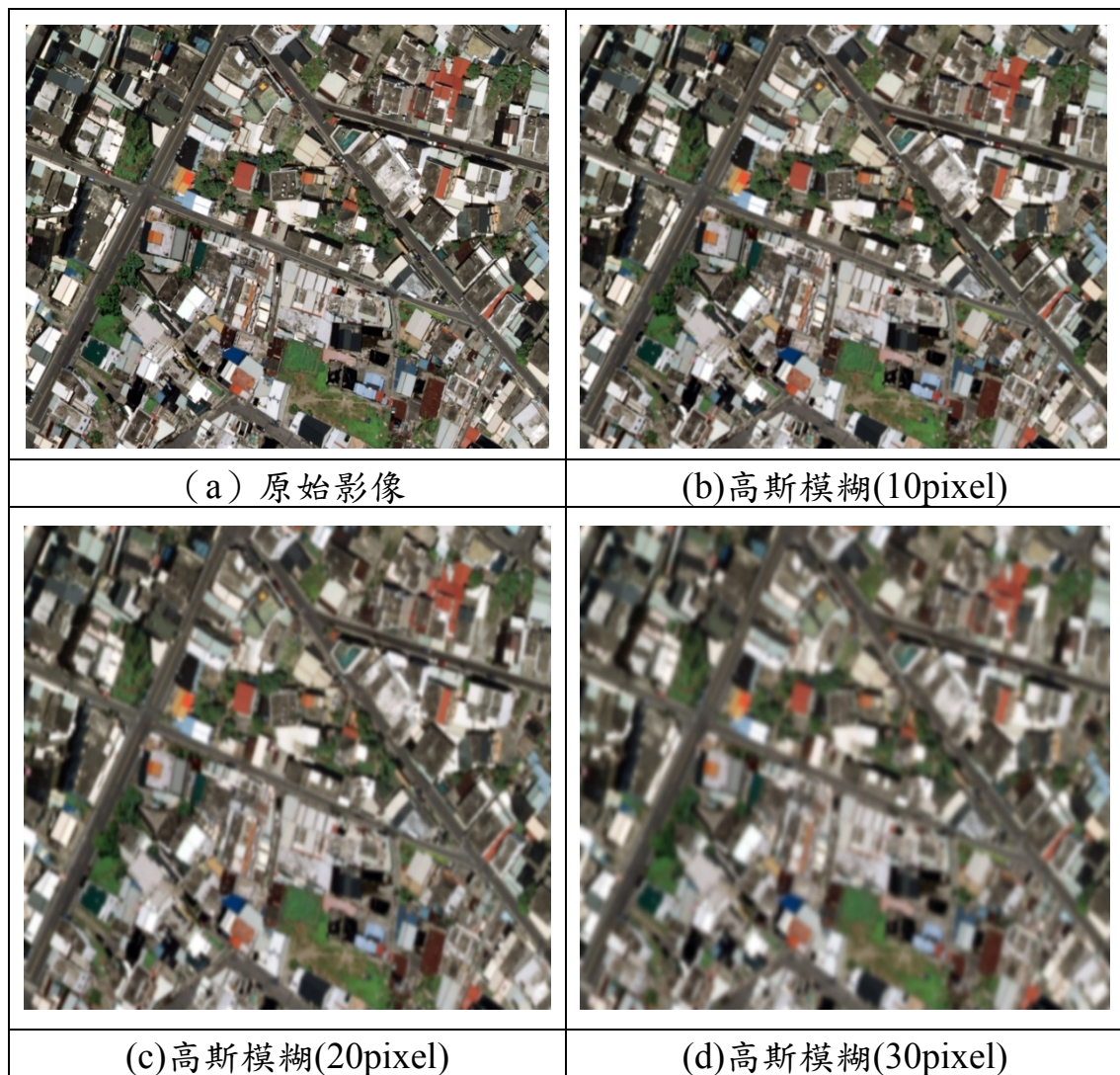


表 5.6 測試影像品質指標

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

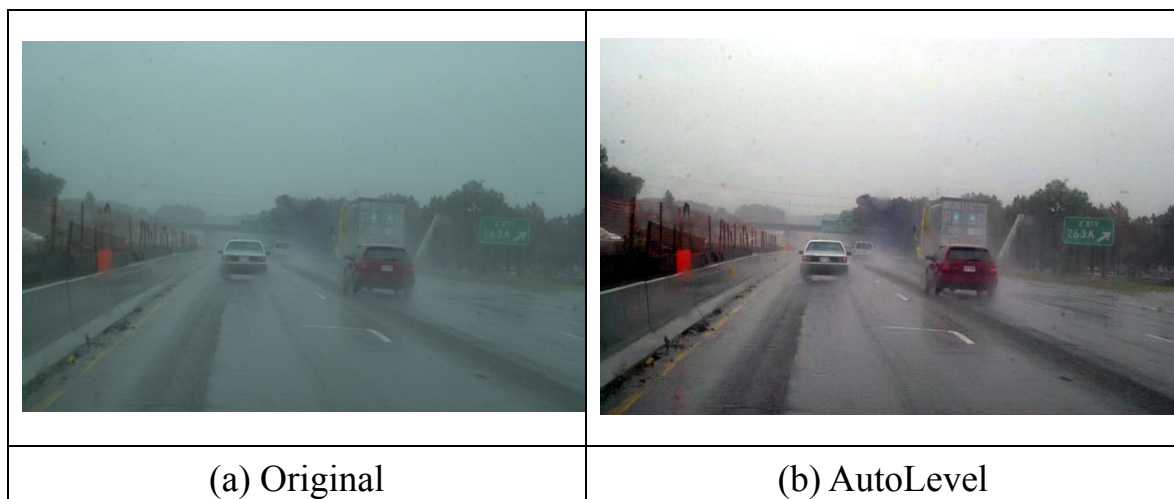
由表 5.6-之模擬測試結果顯示，所有指標均有共同的趨勢，原始影像的所有指標值均最高，但在三種指標中以清晰度指標之差異度最大，亦即敏感度最佳。

5.3.2 Retinex 技術之影像增強

測試影像一：NASA 範例影像

本影像源自於 NASA 網頁上介紹有關 Retinex 算法應用之實例，作為實驗的樣本。

圖 5.7 (a)為原始影像、圖 5.7 (b)為經 AutoLevel 處理後之影像、圖 5.7 (c)為使用 Histogram-Equalization 算法處理後之影像，(d)為使用 MSRCR+本研究色彩修正處理後之影像。



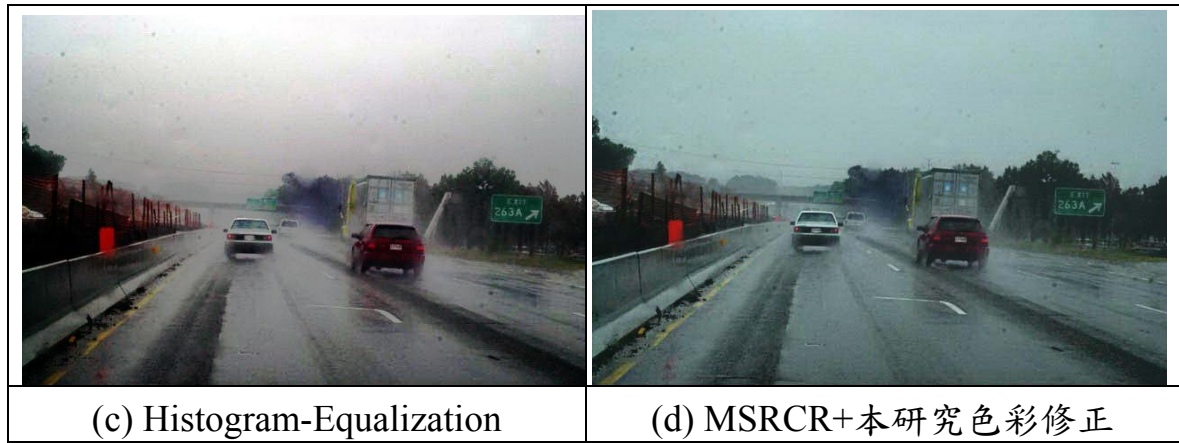


圖 5.7 測試影像一及處理結果

表 5.7 測試影像一之品質指標

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

測試影像二：IKONOS 遙測影像(因霾與部份薄雲之退化影像)

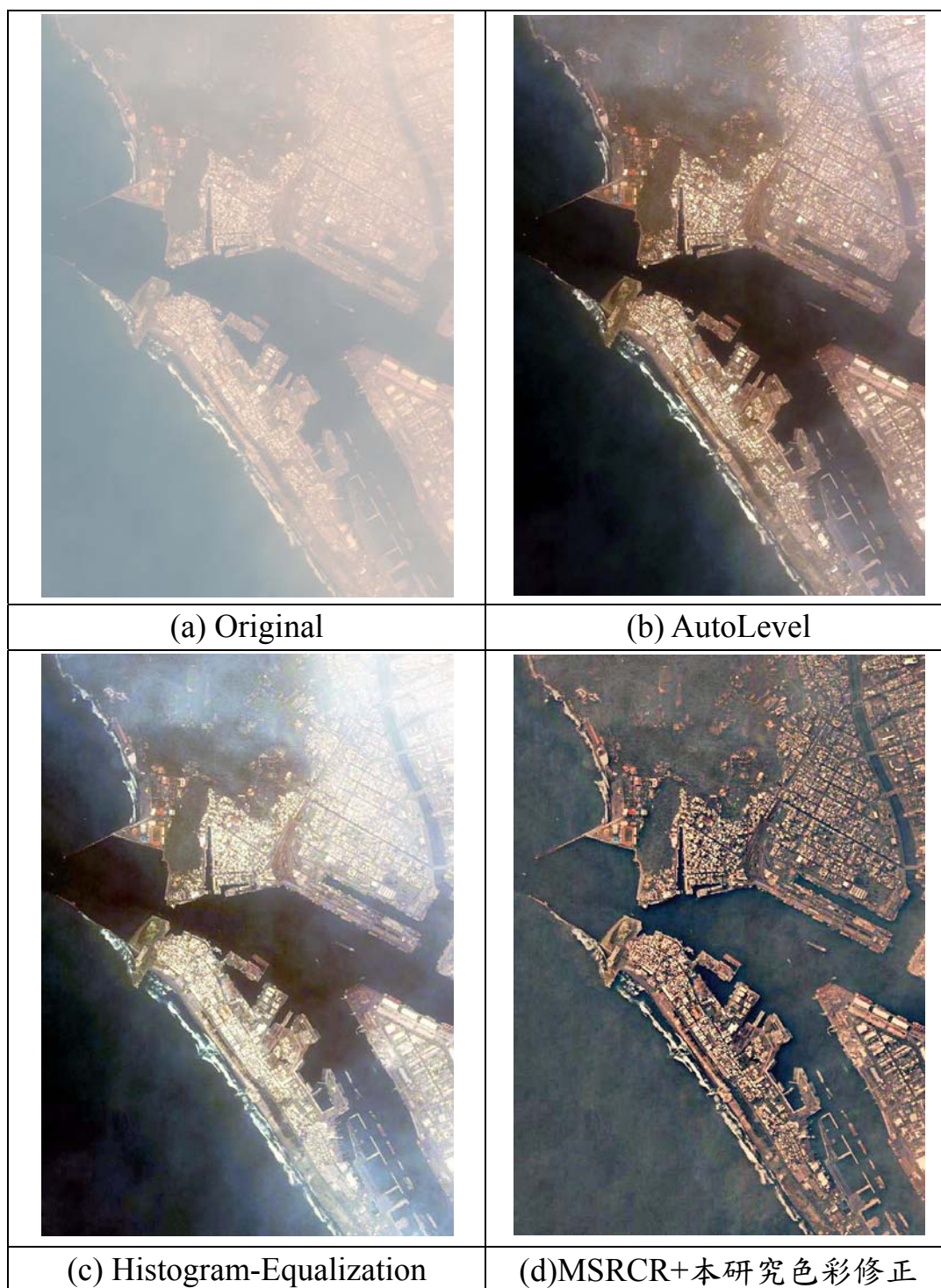


圖 5.8 測試影像二及處理結果

表 5.8 測試影像二之品質指標

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

5.4 SIFT 特徵演算法之應用

5.4.1 寬基線近景攝影量測應用(攝影距離 24.17m)

本實驗目的為將 SIFT 特徵演算法應用於近景攝影之立體對三維量測應用。實驗對象為高雄市舊火車站，採寬基線攝影方式。本實驗以 SIFT 演算法先進行立體對影像之特徵點萃取，經影像匹配後，以 RANSAC 方法完成偵錯，再利用 iWitness 軟體系統作人工量測之點位精度驗證。

1. SIFT+RANSAC

本實驗立體對影像如圖 5.9 所示。經 SIFT 演算法配合 RANSAC 除錯後成功匹配點數為 26 點，其結果如圖 5.10 所示，並利用所有點位進行精度驗證。圖 5.11 及表 5.9 為其計算結果與之統計分析。



圖 5.9 遠距離寬基線實驗影像(基線長 24.17m)。



圖 5.10 匹配結果(SIFT+RANSAC)，共得 26 點。

表 5.9 匹配精度統計表 (SIFT+RANSAC)

區間（像素）	數量	百分比	
0~0.09	11	42.31%	100.00%
0.1~0.19	8	30.77%	
0.2~0.29	1	3.85%	
0.3~0.39	2	7.69%	
0.4~0.49	1	3.85%	
0.5~0.59	2	7.69%	
0.6~0.59	0	0.00%	
0.7~0.79	0	0.00%	
0.8~0.89	1	3.85%	
0.9~0.99	0	0.00%	
1~1.99	0	0.00%	0.00%
2~2.99	0	0.00%	
3 以上	0	0.00%	
總點數	26	100%	
R.M.S	0.23 Pixels		
MAX	0.83 Pixel		
基線長	24.17 m		

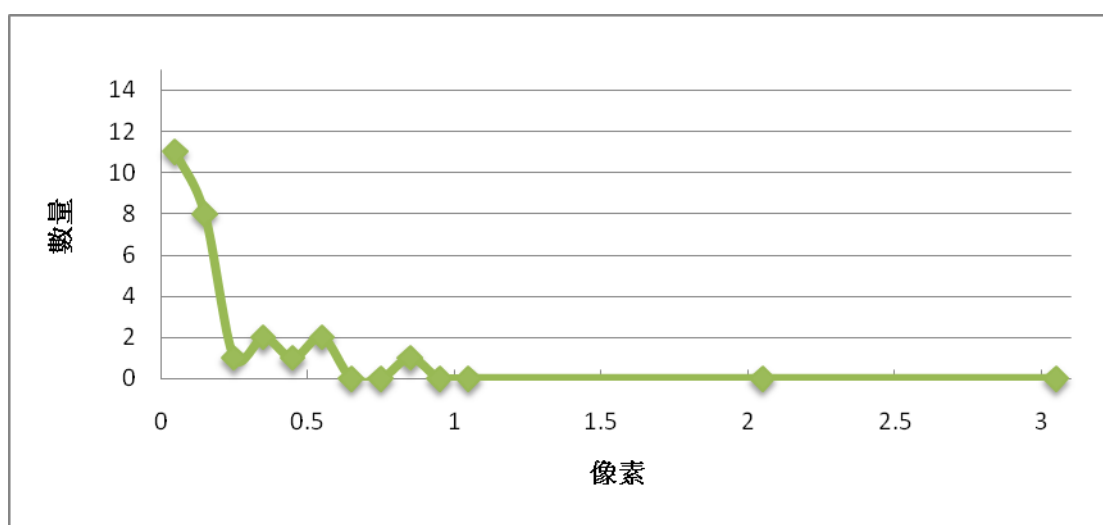


圖 5.11 匹配點位精度統計圖

將匹配結果共 26 個定位點全數予以統計，其均方根誤差為 0.23 像素。因匹配點數較少，本次匹配品質均小於 1 個像素，實驗結果證明 SIFT 演算法對於遠距離寬基線匹配上仍可有較佳之匹配品質。

2. SIFT+核線+RANSAC

使用改進之 SIFT 演算法，進行核線約制匹配，再搭配 RANSAC 除錯，得匹配結果共 29 點，如圖 5.12 所示，再以 iWitness 系統進行驗證精度驗證，其特徵點位分佈如圖 5.13 所示。匹配結果之統計如圖 5.14 及表 5.10 所示。本實驗組求解之基本矩陣如下：

$$f = \begin{bmatrix} -7.232097e-007 & -1.507485e-005 & 3.311877e-002 \\ 5.526799e-006 & 2.528588e-007 & 3.907526e-002 \\ -1.333397e-002 & -3.809373e-002 & 1.000000e+000 \end{bmatrix}$$



圖 5.12 匹配結果(SIFT+核線+RANSAC)，共得 29 點。



圖 5.13 以 iWitness 系統進行驗證點位分布圖(SIFT 核線+RANSAC)

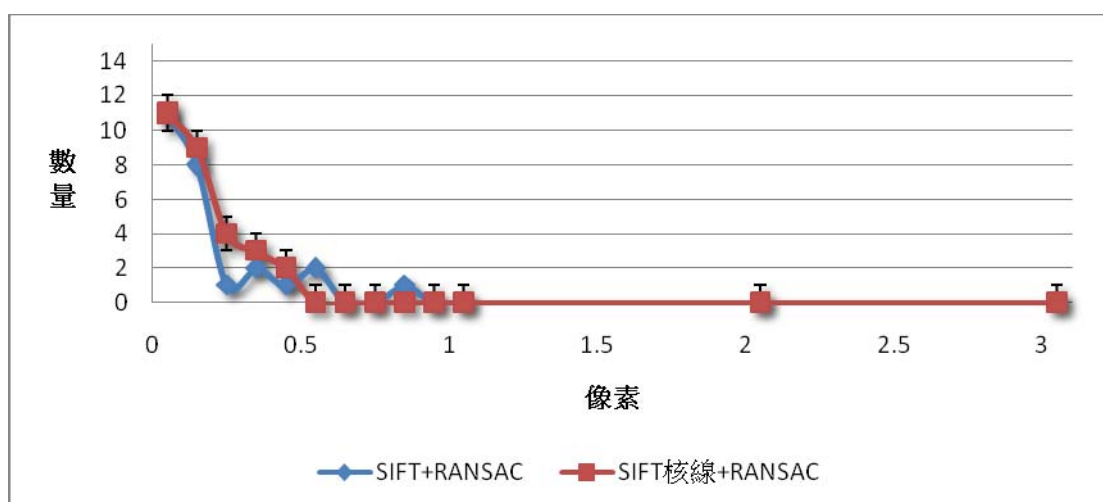


圖 5.14 SIFT 核線 + RANSAC 與 SIFT+RANSAC 匹配品質統計

表 5.10 匹配品質統計表 (SIFT 使用核線約制 + RANSAC)

區間（像素）	數量	百分比	
0~0.09	11	37.93%	100.00%
0.1~0.19	9	31.03%	
0.2~0.29	4	13.79%	
0.3~0.39	3	10.34%	
0.4~0.49	2	6.90%	
0.5~0.59	0	0.00%	
0.6~0.59	0	0.00%	
0.7~0.79	0	0.00%	
0.8~0.89	0	0.00%	
0.9~0.99	0	0.00%	
1~1.99	0	0.00%	0.00%
2~2.99	0	0.00%	
3 以上	0	0.00%	
總點數	29	100.00%	
基線長	24.17 m		
數據比較			
項目	SIFT+RANSAC		SIFT 核線+RANSAC
總點數	26		29
R.M.S	0.23 Pixels		0.17 Pixels
MAX	0.83 Pixel		0.45 Pixel

本實驗組結果顯示，加入核線約制不但可獲得更多的匹配點位，且精度亦相對有所提升。

5.4.2 SIFT 演算法於空中三角測量之應用

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

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

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

1. 實驗流程

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

另外，為瞭解 SIFT 演算法在不理想攝影情況之適用性，將原正常航拍影進行尺度、旋轉及光照不均等情況之模擬，進行相同之程序及分析。最後，直接將 SIFT 演算法匹配所得特徵點，匯入 Hugin 全景拼接軟體進行快速影像拼接。完整之實驗流程如圖 5.15 所示。

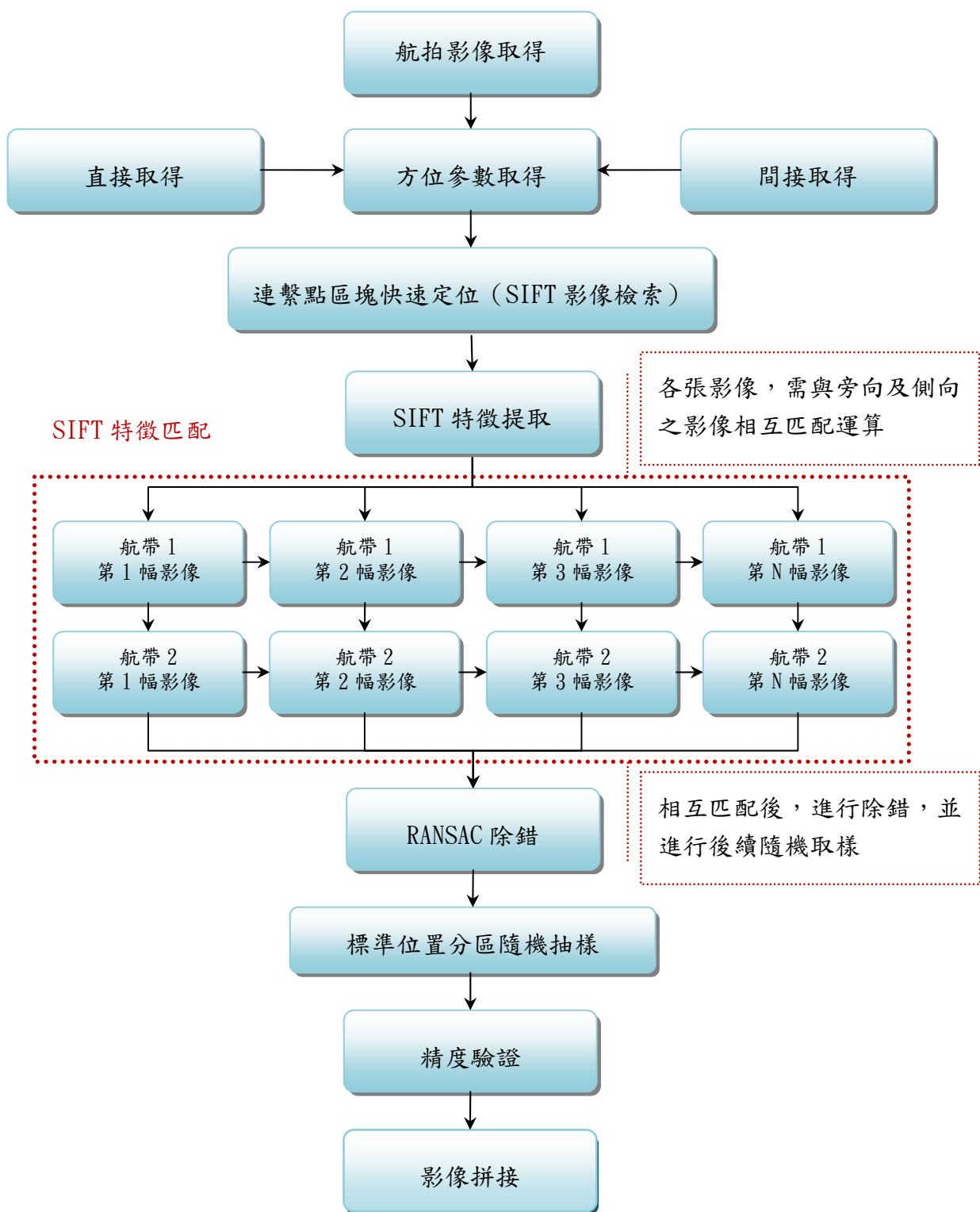


圖 5.15 實驗流程圖

2. 實驗影像基本資料

本實驗為 DMC 航空數位相機於屏東縣潮州鎮所拍攝，航線為南北方向來回攝影，影像之前後重疊率為 60%、側向重疊率為 30%，相機焦距 120 mm，CCD 像元大小為 12 μm ，航高約 1000 公尺，影像解析度約 10 cm，像片比例尺約 1/8300 ~ 1/8400，作為 1/1000 數值航測地形圖測製使用。詳細之相機及飛航相關資訊，如下表 5.11 所示，表 5.12 為實驗影像之攝影站坐標，可提供空三計算之近似值資料。

表 5.11 航空數位攝影相機相關資訊

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

表 5.12 航空數位影像攝影站坐標

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

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

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

3. 特徵點匹配影像區塊(Patch)之快速定位程序

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

如圖 5.16 所示，首先利用單一影像(或欲進行匹配之點位)九個標準區內之中心位置為基準，切取 2048*2048 之大小範圍作為索引影像(Index Image)，再利用 SIFT 演算法對相鄰具有重疊區域之影像進行搜索及定位動作，若於六張影像中均有找到此區塊，即所謂的六重點分佈區塊；若只有三張影像中有包含，即所謂三重點分佈區塊。

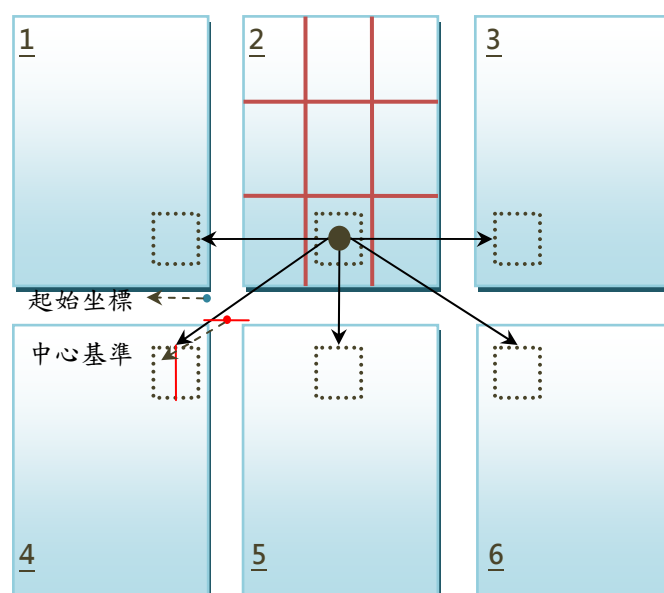


圖 5.16 待匹配區塊影像檢索定位示意圖

實驗結果如圖 5.17 所示；以六重點為例，先以某區塊為索引影像 (2048*2048)，對數張目標影像（原大小為 7680×13824，先將其縮小十倍）進行檢索。經運算後，SIFT 演算法可快速檢索到影像中所對應的區塊，縱使目標影像與索引影像因相鄰航帶飛行方向不同(圖 5.17 之 4~6)，仍可有效且成功的檢索到所對應區塊。該結果顯示，利用 SIFT 演算法進行影像之快速檢索及定位，可替代傳統上常用的需藉已知控制點來建立影像間之轉換關係，或使用既知的影像外方位參數來預估匹配區塊近似位置的方法。該法為自動空中三角提供更佳的自動化程序，對不具已知或導航訊息之航空攝影，如無人航空載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)影像處理之應用，提供一個突破性的方法。

如圖 5.16 (4)，在順利檢索到所對應之影響到區塊後，即可將所匹配的點位中心求出，並以中心為基準，重新切取 2048×2048 區域，並將此區塊之原始影像之起始坐標進行記錄，進行後續 SIFT 特徵點選取與匹配，程序中僅針對此區塊內進行運算即可。如圖 5.18 為索引影像與目標影像所對應之區塊。

4. 特徵點位匹配程序

為獲得每張影像所選取待匹配影像區內之特徵點(連繫點)，使用自行設計之 SIFT 演算法程式來進行特徵點萃取及影像匹配之工作，SIFT 演算法特徵萃取之門檻值(Threshold)定為 0.49[1]，再使用 RANSAC 完成錯誤點偵測，可獲得相當數量之特徵點。圖 5.19 為將整張影像縮小四倍後，特徵點萃取之結果，可獲得約 5000 個點。其中圖 5.19(b)為 SIFT 演算法匹配結果，紅色線段代表匹配特徵點之對應連線，圖 5.19(c)為 SIFT+RANSAC 除錯後所得較穩定之特徵點，藍色線段代表匹配特徵點之對應連線，在此以視覺化方式展現，圖 5.19(a)為最後特徵點位之分佈圖。

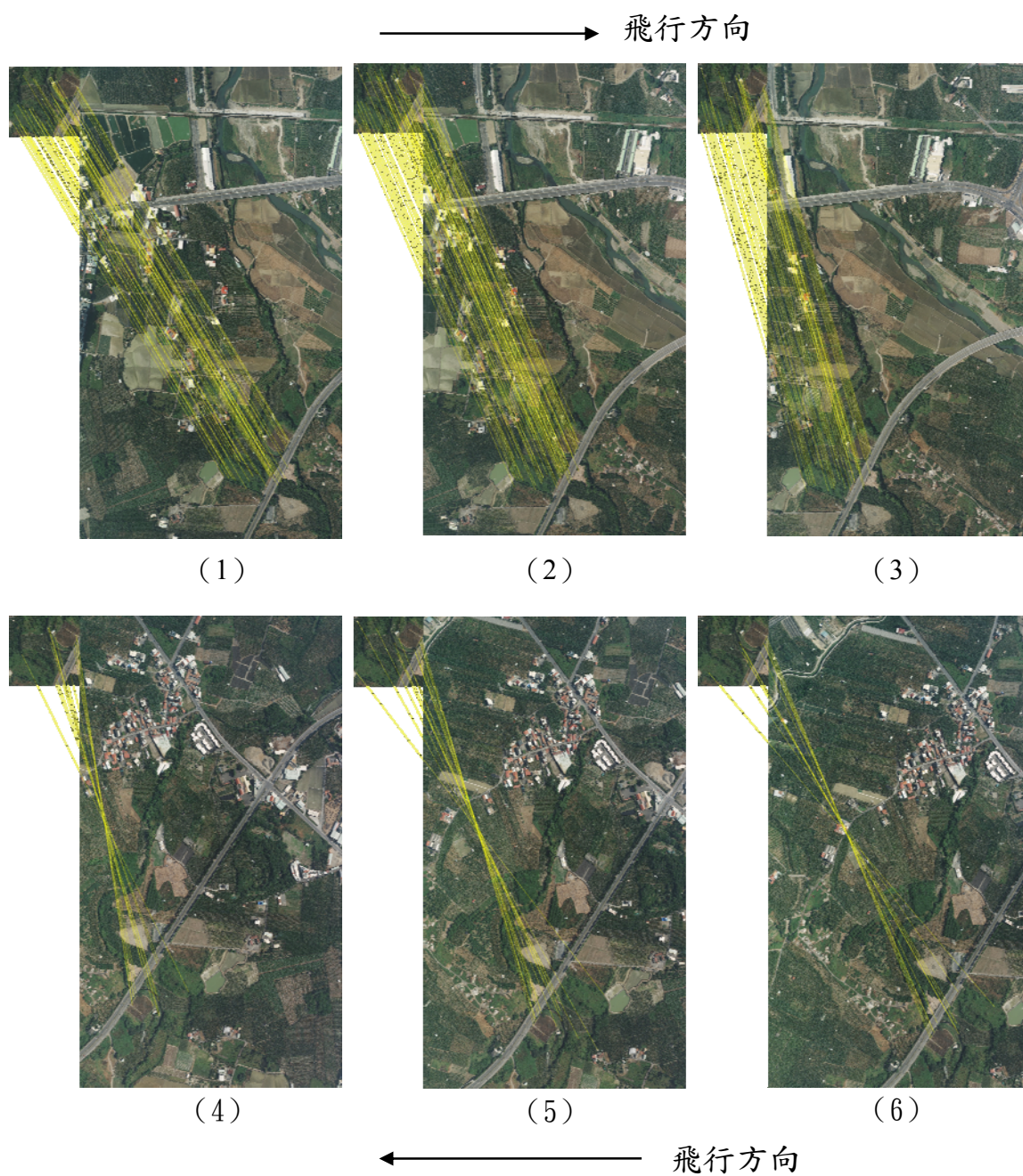


圖 5.17 六重點快速檢索成功示意圖

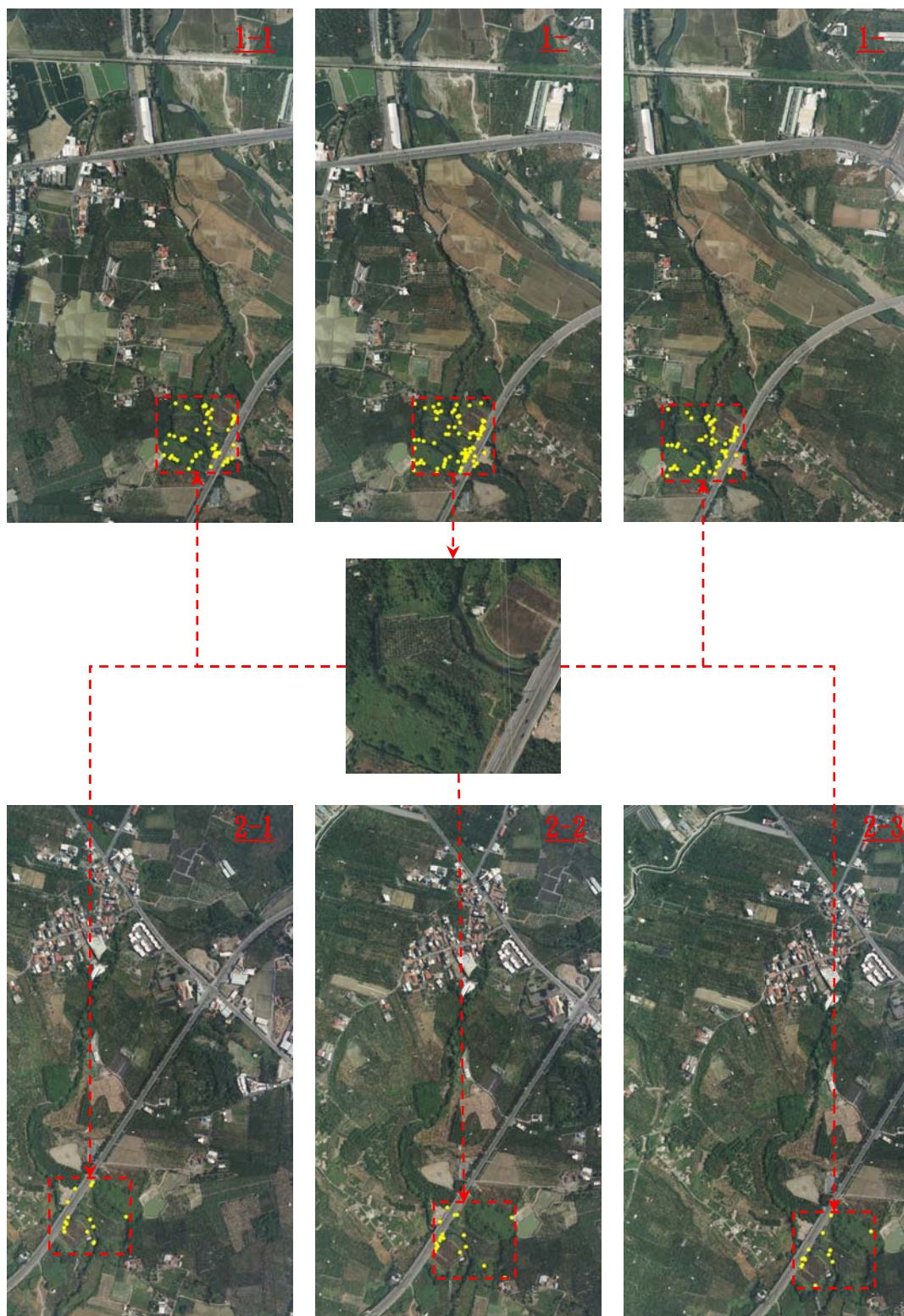


圖 5.18 檢索影像對應目標影像之區塊示意圖

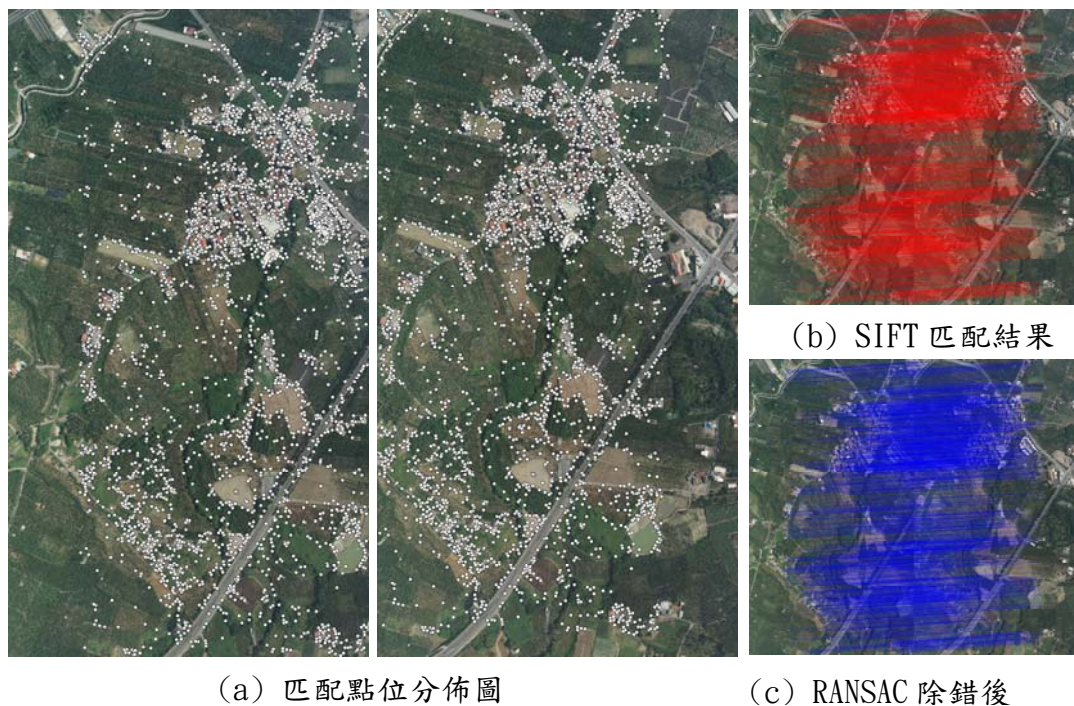


圖 5.19 全圖縮小四倍運算（約略 5000 點）

當每個區塊均完成快速檢索及定位後，可將所有區塊點位資料轉換至原始影像坐標，進行待匹配區塊之重新切取及該區塊內之精細特徵點萃取與匹配。

針對航帶間之匹配運算方法，由於航空攝影不論其飛行採用來回往返式或同一方向式均有其規則性。如圖 5.20 之同一方向航線之二條航帶為例，以1-1的第 1 區塊與1-2的第 1 區塊進行匹配，1-2的第 1 區塊與1-3的第 1 區塊進行相互匹配，1-1第 3 區塊與2-1的第 3 區塊需進行跨航帶之連結匹配，若特徵點位於三（N）張影像中均有出現，即所謂的三（N）重點，則優先保留此特徵點位，如此一來，區域間即可完整的連接，再進行後續之隨機取樣，其他匹配區塊之作法依此程序完成。【1-1：意指第 1 條航帶之第 1 張影像】。淺綠色及藍色處為二重點分佈區、紅色為三重點分佈區、深綠色為四重點分佈區、黃色為六重點分佈區。

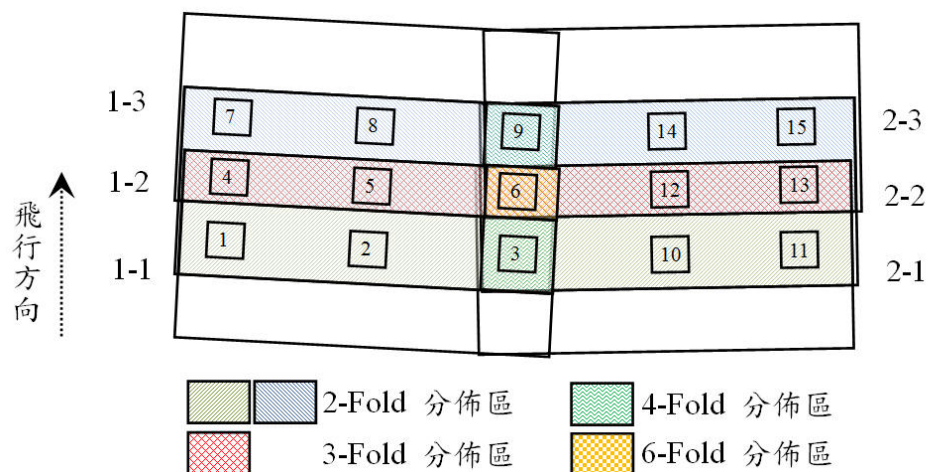


圖 5.20 多航帶特徵點匹配示意圖

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

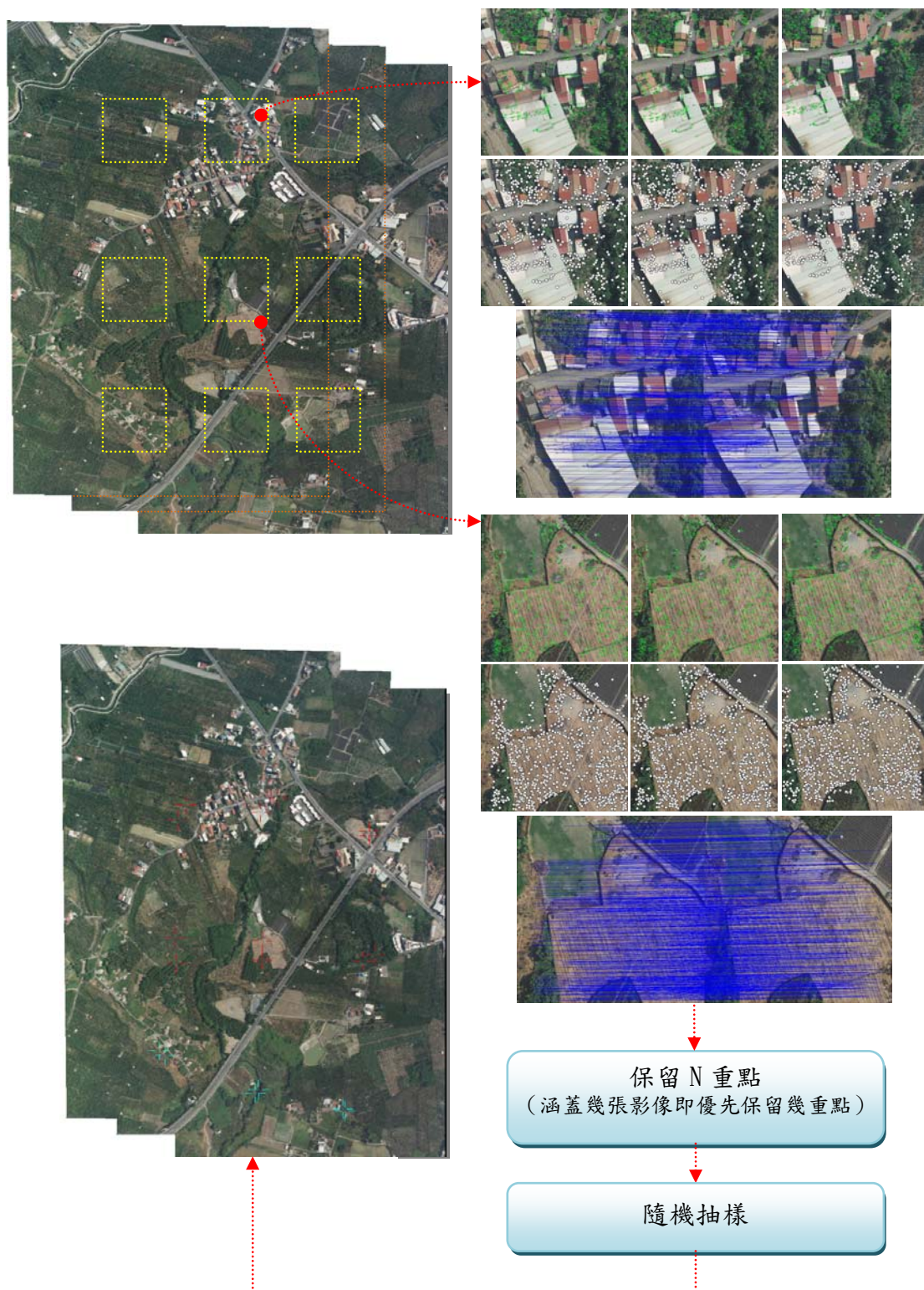


圖 5.21 航帶特徵點匹配示意圖

5.空中三角平差計算與精度分析

根據前述 SIFT 演算法特徵點位匹配程序後，利用專業自動空三軟體 ISAT (Image Station Automatic Triangulation)，進行最後之整體平差計算及精度分析。

實驗 1：進行正常(原始)航空攝影之匹配測試及精度分析。

使用兩條航帶共 6 張航拍影像，如圖 5.22 所示，分別針對區域匹配及 SIFT 特徵匹配演算法進行比較。由於 SIFT 演算法匹配後點數眾多，因此各匹配區塊完成匹配後採隨機選取 5, 10, 15, 20 個點的方式，作為匯入 ISAT 空中三角平差計算之觀測量。

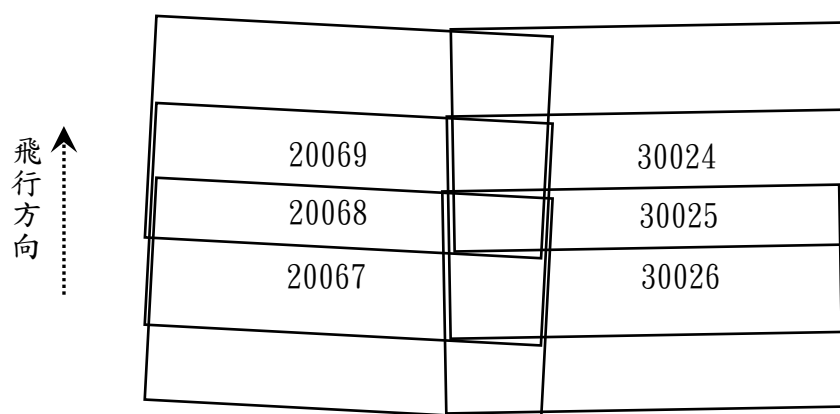


圖 5.22 航帶編號圖

計算結果之點位殘差量如圖 5.23、24 所示。在良好的航拍影像中，區域匹配及 SIFT 演算法均可順利匹配出特徵點位。由圖中結果顯示，區域匹配所得點位約有 85% 均小於 $3\mu m$ ；SIFT 演算法匹配點位亦有約 64% 小於 $3\mu m$ 。兩者較大的差異在於 $3\mu m \sim 8\mu m$ ，SIFT 匹配高達 36%，約為區域匹配之兩倍。

表 5.13 為影像重點數之統計，表 5.14 為計算後整體精度評估比較表。區域匹配之均方根誤差(RMS)落於 $2.2 \sim 2.3\mu m$ ；SIFT 演算法約為 $3.1 \sim 3.7\mu m$ ，其中有 36% 的點位位於 $3 \sim 8\mu m$ ，因此些微降低了整體

精度，但其整體仍達到精度要求，可供使用。

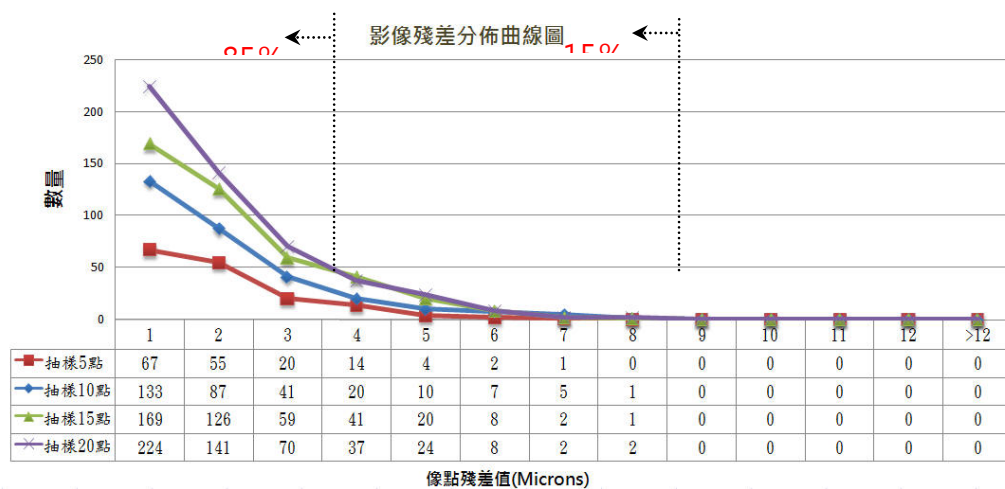


圖 5.23 區域匹配之像點殘差值分佈統計圖

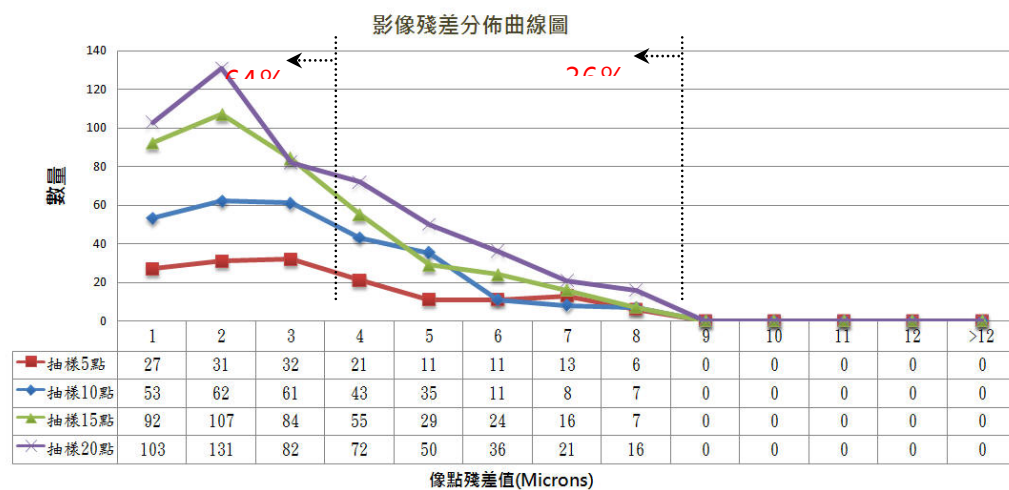


圖 5.24 SIFT 匹配之像點殘差值分佈統計圖

表 5.13 影像重點數

比較項目		區域匹配				SIFT 演算法			
使用影像數 (張)		6				6			
點位資訊	隨機抽樣點數	<u>5 點</u>	<u>10 點</u>	<u>15 點</u>	<u>20 點</u>	<u>5 點</u>	<u>10 點</u>	<u>15 點</u>	<u>20 點</u>
	6 重點	4	11	7	16	3	6	8	8
	5 重點	6	4	11	9	1	2	0	1
	4 重點	2	5	9	10	8	8	22	23
	3 重點	23	48	73	81	19	40	52	70
	2 重點	16	27	37	42	20	41	61	78
	1 重點	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	163	304	426	508	152	280	414	511

表 5.14 整體精度評估比較表

比較項目		區域匹配				SIFT 演算法			
精度評估 (μm)	隨機抽樣點數	<u>5 點</u>	<u>10 點</u>	<u>15 點</u>	<u>20 點</u>	<u>5 點</u>	<u>10 點</u>	<u>15 點</u>	<u>20 點</u>
	R.M.S.X	1.7	1.8	2.0	1.7	2.8	2.5	2.5	2.6
	R.M.S.Y	1.4	1.4	1.2	1.5	2.3	2.3	2.1	2.5
	Total R.M.S	2.3	2.3	2.2	2.2	3.7	3.2	3.1	3.2

備註：相對精度

實驗 2：進行旋轉不變性之匹配測試及精度分析。

使用兩條航帶共 6 張航拍影像。先將航拍影像模擬各種旋轉角度測試，驗證是否可改善區域匹配無法於航偏角過大匹配出特徵點之特性。現今航空攝影時的航偏角若大於 10 度會造成區域匹配上的困難，因此，利用旋轉 10 度做為代表性測試分析，如圖 5.25 所示。

表 5.15 為旋轉不變性測試之影像重點數。表中顯示區域匹配於旋轉 10 度之航拍影像無法匹配出有效之特徵點，但 SIFT 演算法能有效匹配出點位。圖 5.26 為旋轉不變測試之像點殘差值統計圖。圖中

顯示，SIFT 特徵匹配，各像點之殘差量約有 69.99% 小於 $3\mu m$ ，30.01% 介於 $3\sim 8\mu m$ 之間。相較於區域匹配，SIFT 能有效匹配點位，且達到良好之精度要求。

表 5.17 為整體精度評估比較。其均方根誤差(R.M.S)為 $3\mu m$ ；X 方向為 $1.8\mu m$ 、Y 方向為 $2.7\mu m$ 。

表 5.15 影像重點數

比較項目		區域匹配	SIFT 演算法
使用影像數（張）		6	6
點位資訊	6 重點	Matching Failed	4
	5 重點		0
	4 重點		2
	3 重點		16
	2 重點		20
	1 重點		0
	合計		120

表 5.16 像點殘差統計表（SIFT+RANSAC）

像點殘差 (μm)	數量	百分比			
0~1	34	28.33%	69.99%	100%	
1~2	30	25.00%			
2~3	20	16.66%			
3~4	16	13.33%	30.01%		
4~5	4	3.33%			
5~6	5	4.16%			
6~7	8	6.66%			
7~8	3	2.53%			
8~9	0	0%	0%		
9~10	0	0%			
10~11	0	0%			
11~12	0	0%			
>12 以上	0	0%	0%		
總點數	120	100%			
MAX	9.2 μm 【0.77pixel】				

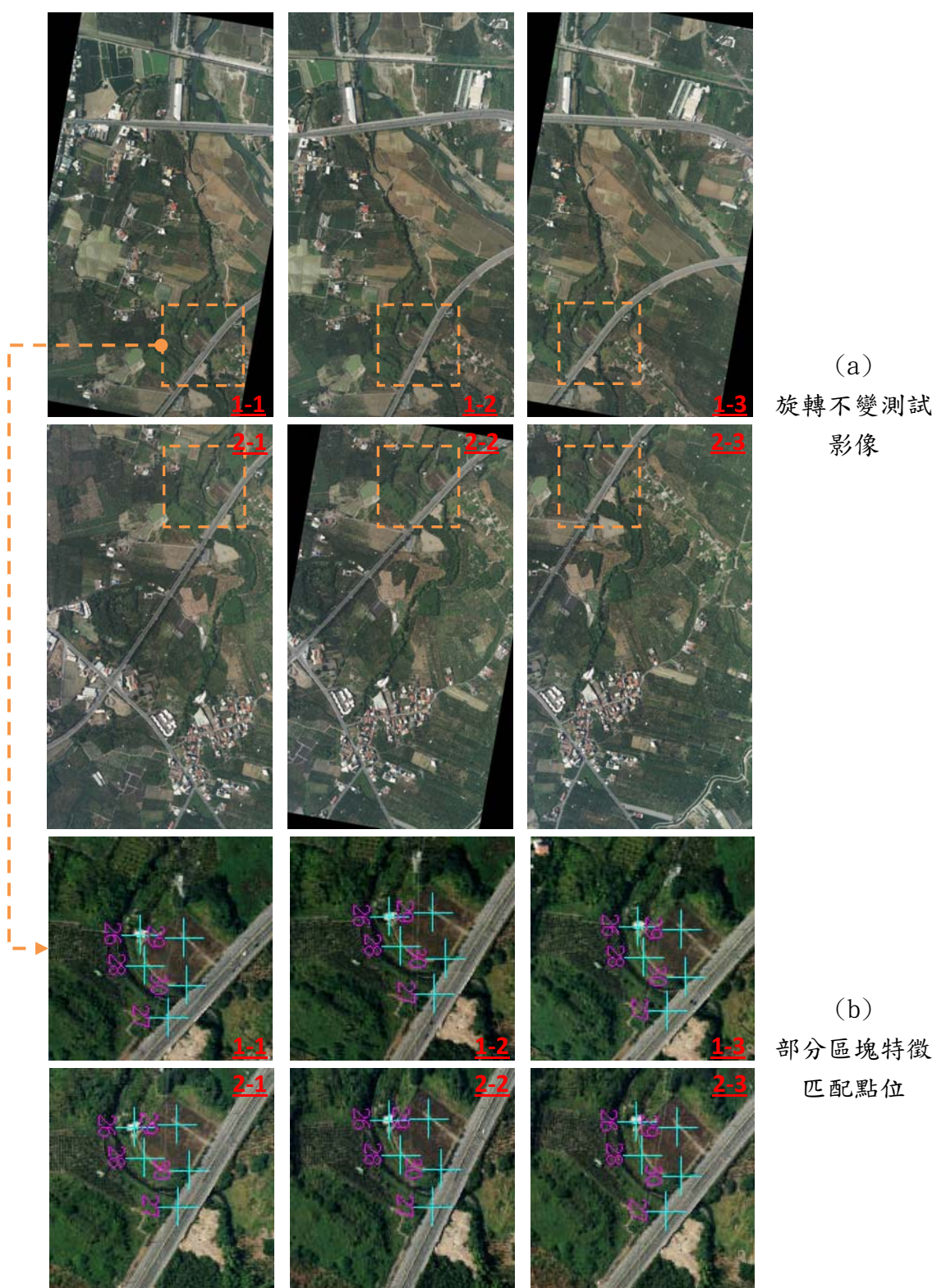


圖 5.25 旋轉不變性測試影像圖

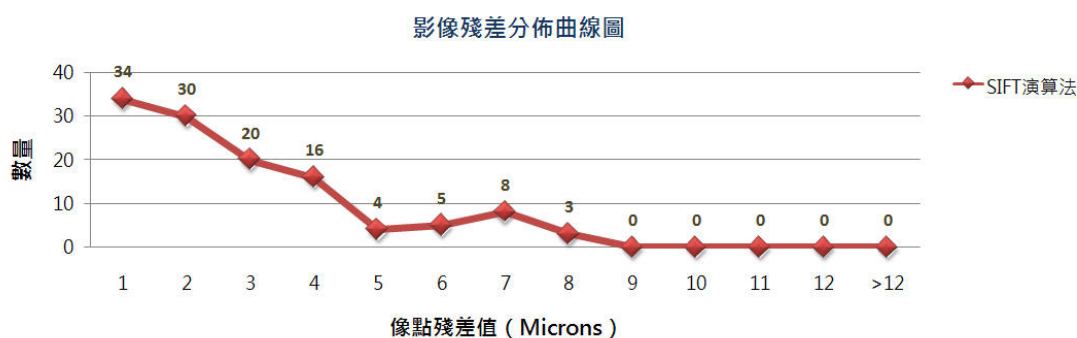


圖 5.26 旋轉不變測試之像點殘差值統計圖

表 5.17 旋轉不變性整體精度評估比較表

比較項目		區域匹配	SIFT 演算法
精度評估 (μm)	R.M.S.X	Matching Failed	1.8 μm
	R.M.S.Y		2.7 μm
	Total R.M.S		3.0 μm

備註：相對精度

實驗 3：尺度不變性之匹配測試及精度分析。

使用單條航帶共 3 張航拍影像，如圖 5.27 所示。先將航拍影像模擬各種尺度測試，驗證可否改善區域匹配無法在過大及過小尺度中匹配出特徵點之特性。先將三張影像中其中一張，改變其尺度，首先放大 140% 做為代表性測試分析。圖 5.27 (b) 很明顯的看出尺度差異性，但仍然順利匹配出有效特徵點。

表 5.18 為尺度不變性測試之影像重點數。區域匹配無法順利匹配，SIFT 演算法可有效匹配出點位。進一步模擬尺度 1.0x、1.2x、1.4x 之放大倍率來做測試，圖 5.28 為殘差分佈統計圖，約有 67% 的點位殘差量小於 3 μm ，33% 的點位介於 3~8 μm 間。從圖 5.29 中 1.4 倍的變化曲線中，得知尺度變化越大精度越降低，尺度差異越小，其精度越好。

表 5.19 為整體精度評估比較。1.2x 之均方根誤差 (R.M.S) 為 2.9 μm ；X 方向為 1.3 μm 、Y 方向為 2.6 μm ；1.4x 之均方根誤差 (R.M.S)

為 $3.5\mu m$ ；X 方向為 $2.5\mu m$ 、Y 方向為 $2.4\mu m$ 。



(a) 尺度不變性測試影像



(b) 特徵點匹配

圖 5.27 尺度不變性測試影像

表 5.18 影像重點數

比較項目		區域匹配	SIFT 演算法	
使用影像數（張）		3	3	
點位資訊	6 重點	Matching Failed	1.2X	1.4X
	5 重點		0	0
	4 重點		0	0
	3 重點		0	0
	2 重點		8	7
	1 重點		17	22
	合計		0	0
影像點位使用數			58	65

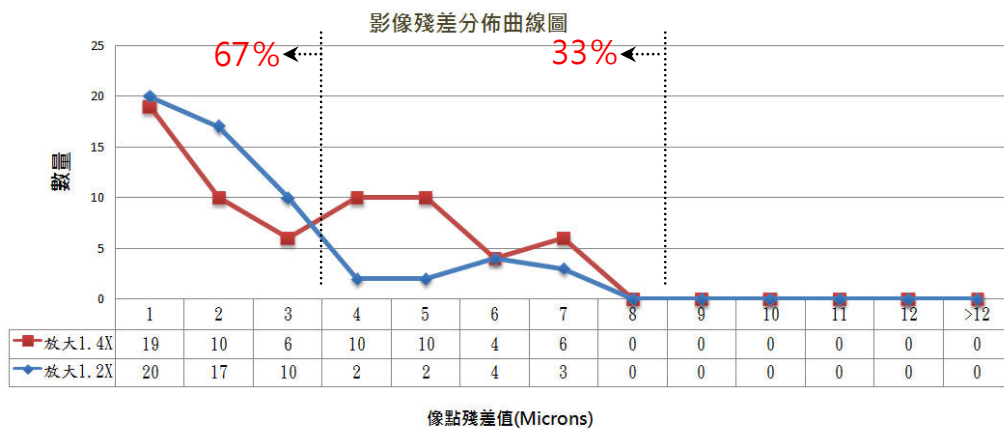


圖 5.28 尺度不變測試之像點殘差值分佈統計圖

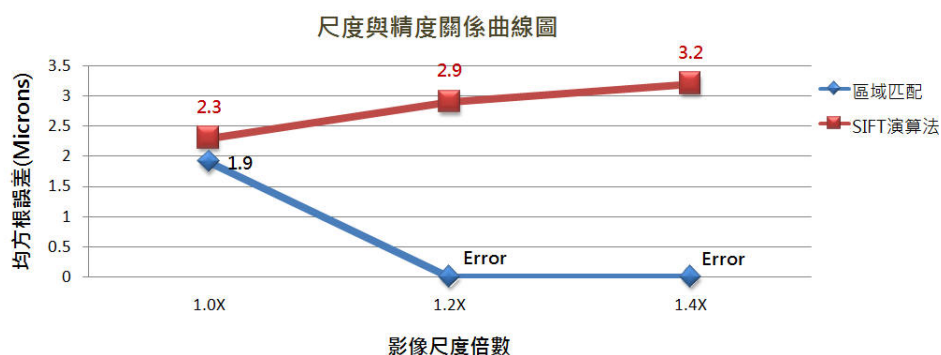


圖 5.29 尺度變化曲線圖

表 5.19 尺度不變性精度評估比較表

比較項目		區域匹配	SIFT 演算法	
精度評估 (μm)	尺度倍率	Matching Failed	1.2X	1.4X
	R.M.S.X		1.3 μm	2.5 μm
	R.M.S.Y		2.6 μm	2.4 μm
	Total R.M.S		2.9 μm	3.5 μm

備註：相對精度

5.5 特徵點影像快速拼接-Hugin

Hugin，是一套由Pablo d'sAngelo為主開發的跨平台[開放式全景攝影影像拼接](#)軟體。它允許幾張在同一地點拍攝且互有重疊的影像使用，利用特徵點來拼接照片，以混合輸出一張更大幅面的影像。Hugin和一般拼接軟體不同的是它可匯入使用者既有的特徵點位加以進行快速拼接，亦可直接由Hugin匹配特徵點直接拼接。本研究將既有所匹配出的特徵點位匯入Hugin中使用，以達到後續快速拼接之應用。

1. 首先利用 SIFT 演算法所匹配出的特徵點位，使其匯入 Hugin 當控制點使用。將所需拼接之影像匯入，並輸入相機焦距，接著將 SIFT 所匹配出的特徵點檔案匯入，即完成了前置作業。
2. Hugin 特徵點匯入之標準格式為.pto 檔之檔頭；設定需影像拼接之路徑，可顯示各影像間之共軛點相對坐標。匯入特徵點位後即能順利將特徵點位展示於畫面中。
3. 匯入完成後，即可選擇輸出拼接影像之大小。
4. 輸入預輸出影像之尺寸大小後，即可進行拼接預覽並輸出。(圖 5.30~圖 5.32)



圖 5.30 三張拼接成果圖



圖 5.31 六張拼接成果圖

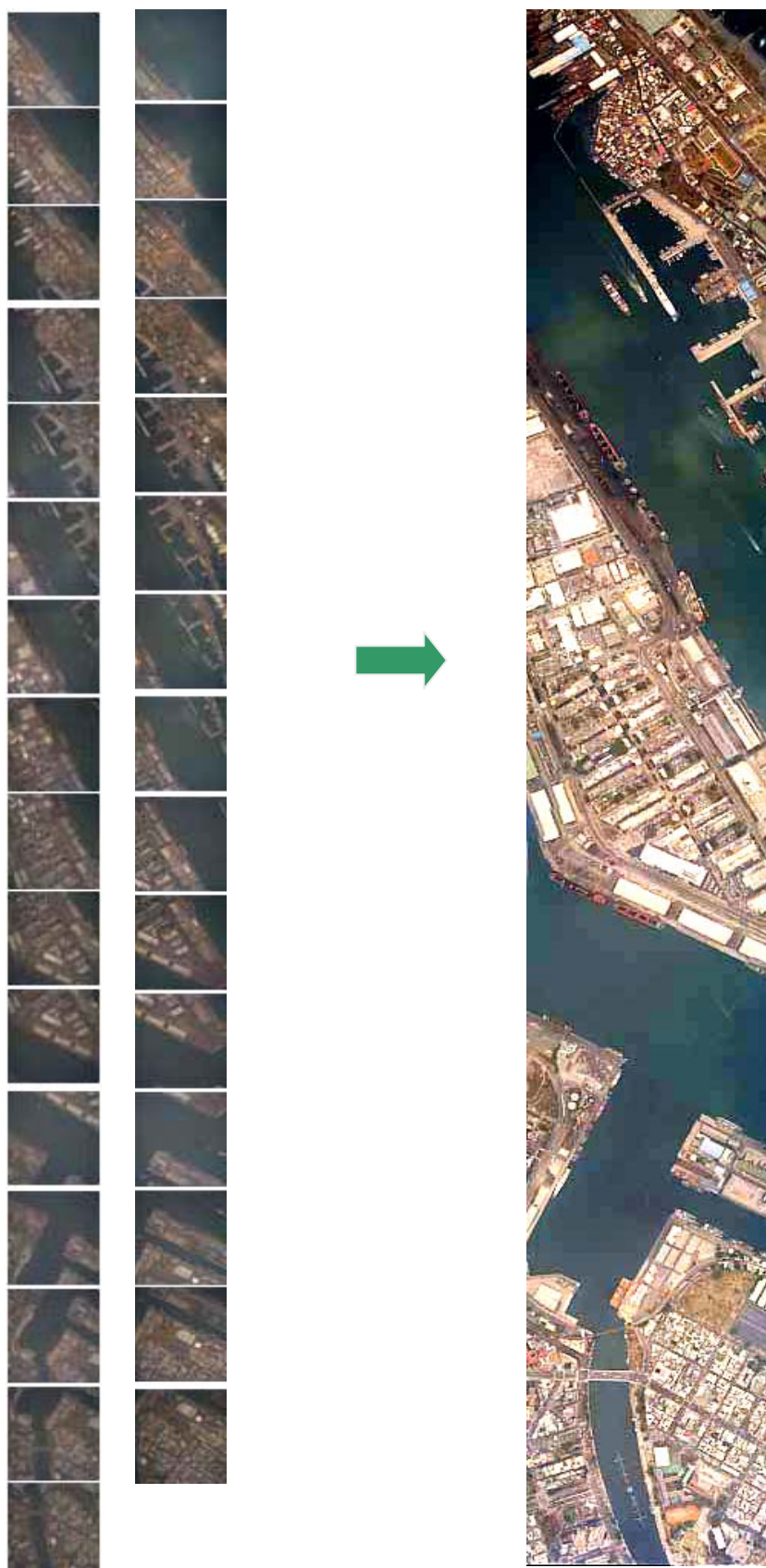


圖 5.32 高雄港三十一張影像拼接成果圖

第六章 結論與建議

近年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高，如 2008 年中發射的 GeoEye I 衛星影像解析度已達 41cm，國內引入新型數位相機及製圖技術，攝影解析度可達 10cm 以內，顯示在對地觀測技術已具有多來源及高解析度之特色。

本研究的目的是以新的空載雷射掃瞄(Airborne LiDAR)技術可獲取高精度海岸帶地形資料；另外差分雷達干涉技術(D-InSAR)可用以偵測大範圍、高精度的地面高程變化；同時建置網路基礎三維地理資訊系統(Web-3D GIS)管理模式，進行影像資料之儲存、管理、分析，可提供海岸調查、規劃、管理及監測等應用。

近年來無人飛行載具(UAV)技術快速發展，具有低成本、高機動即時攝像的特性，可補足一般遙測影像攝像時間解析度及天候條件之不足。本研究以多源影像為主軸，針對影像之成像特性，提出若干新的處理方法，以適合各種不同類型的影像處理，其中以 SIFT 演算法之基於特徵的影像匹配來替代傳統以區域為基礎之影像匹配最具特色。實驗證明，該法可以有效克服傳統方法對尺度不同、旋轉差異及影像均調區特徵點選取與影像匹配處理上的困難，同時還可獲取次像元之精度。

6.1 結論

本研究所獲得之結論與成果有：

1. 完成臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與局部更新。
2. 完成大型圖像之 3D 管理查詢及顯示系統平臺與功能之重置。
3. 完成無人飛行載具(UAV) 應用於即時海岸帶攝影實務及影像處理系統開發。
4. 完成多源圖像局部快速修測及更新之策略。

6.2 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。

6.3 效益與應用情形

本研究之成果效益，以及可以提供本所或政府機關之後續應用情形有：

1. 提供各港務局設計規劃港灣工程運用，內政部國土規劃之參考，環保署有關海岸保育之參考。
2. 應用作為臺灣周邊海域及島嶼遙測影像的資料平臺，使得國土測繪更為精確。
3. 應用結合無人載具(UAV)及自動導航的相關技術，即時收集及擷取海岸資料。
4. 應用於海岸線變遷之調查，避免海岸開發錯誤所發生之機率。

參考文獻

- 1.張永生，遙感圖像資訊系統，科學出版社，2003。
- 2.朱述龍等，遙感圖像處理與應用，科學出版社，2006。
- 3.藏識科技，PilotGaea：INET 4DWise User's Manual, 2009。
- 4.Canada Centre for Remote Sensing，Remote Sensing Tutorials.
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials>.
5. Huang, M. J., S. W. Shyue, L. H. Lee, and K.C. Kao (2006) ArcSME: Synthetic METOC Environment Tools for ArcGIS. *Asia GIS 2006 International Conference*, Malaysia
6. Liu, C. S., S. Y. Liu, S. E. Lallemand, N. Lundberg, D. Reed Digital Elevation Model Offshore Taiwan and Its Tectonic Implications., Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, TAO, Vol. 9, No.4, pp.705-738, 1998.
7. Chui, H., Non-Rigid Point Matching:Algorithm, Extensions and Applications, Phd. Dissertation, Yale University, 2001.
8. Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Digital Image Processing, New Jersey, Prentice Hall, Inc., 2002.
- 9.. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W., Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth Edition, New York, John Wiely & Sons, Inc., 2004.
10. Bentoutou, Y., Taleb, N., Kpalma, K. and Ronsin, J., An Automatic Image Registration for Applications in Remote Sensing, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 9, pp. 2127-2737, 2005.
11. Chon, J., Fuse, T., Shimizu, E. and Shibasaki, R., Three-Dimensional Image Mosaicking Using Multiple Projection Planes for 3-D Visualization, IEEE Transactions ON Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics, Vol. 37, No. 4, pp. 771-783, 2007.
12. DelMarco, S. P., Tom, V. and Webb, H. F., A Theory of Automatic Parameter Selection for Feature Extraction With Application to Feature-Based Multisensor Image Registration, IEEE Transactions on

Image Processing, Vol. 16, No. 11, pp. 2733-2742, 2007.

13. Falco, I. D., Cioppa, A. D., Maisto, D. and Tarantino, E., Differential Evolution as a viable tool for satellite image registration, *Applied Soft Computing*, No. 8, pp 1453–1462, 2008.
14. He ,Y. and Chung,R., Image Mosaicking for Polyhedral Scene and in Particular Singly Visible Surfaces, *Pattern Recognition*, No. 41, pp. 1200 – 1213, 2008.
15. Kern, J. P. and Pattichis, M. S., Robust Multispectral Image Registration Using Mutual-Information Models, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No. 5, pp. 1494-1505, 2007.
16. Wen, G. J., Lv,J.J. and Yu, W. X., A High-Performance Feature-Matching Method for Image Registration by Combining Spatial and Similarity Information, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 46, No. 4, pp. 1266-1276, 2008.
17. 張庭榮，”SIFT演算法於立體對影像匹配與影像檢索應用之研究”，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文，2008年7月
18. 楊朝輝、陳鷹、邵永社、張紹明，”基於SIFT特徵的合成孔徑雷達景象匹配方法”，*計算機應用*，第28卷第9期，2008年9月

附錄一、期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(1/4)

執行單位：國立高雄應用科技大學土木工程學系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
歐善惠 校長： 1. 本計畫擬利用先進的衛星遙測及無人載具技術建置海岸帶及近海之圖像資料，提供海岸調查、規劃管理及監測之參考，具有實用價值。本年度為四年計畫之第一年，著重在台灣周邊海岸影像資料之取得、重整及局部更新，同時進行無人飛行載具之系統開發，工作進度正常。	1. 感謝委員肯定。	已審查合格
張順雄 教授： 1.期中已完成工作進度 1)海岸帶遙測影像之基礎與應用(含文獻及技術調查部份)。 2)、已發展影像強化之演算法並有一些影像成果。 3)多目標檢索之應用亦出現在報告中。 4)台灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與局部更新部份已有初步成果。 5)3D 管理查詢及顯示系統平台與功能重量以高雄港為例已完成。	1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員肯定。	1.已審查合格

2.預定工作時程與進度宜與計劃時間調整一致。 3.圖像鑲嵌與色彩平衡宜在紙本上彩色列印加以說明。 4.期中報告可加以描述 UAV 之工作準備及遭遇之困難。 5.文字宜再檢查例如 P49 座標等及符號誤打部份。P51.DoG(有部份為 DOG)。	3. 謹遵委員意見，圖像將改用彩色列印。 4. 期末報告將予以說明。 5. 謹遵委員意見，將加強校稿。	2. 已審查合格 3. 已修正 4. 期末報告追蹤 5. 已修正
錢紀銘 教授： 1.請將原甄選評審意見之處理情形彙整補正。 2.請補充 P62 之 4-1 計算預定進度及實際工作進度。 3.請補充 P63 說明已完成之工作成果。	1. 謹遵委員意見辦理。 2. 謹遵委員意見辦理。 3. 謹遵委員意見進行修正。	1. 已修正 2. 已修正 3. 已修正
劉景毅 組長： 1.期中報告內容與服務建議書內容相差不大，應增加相關資料蒐集分析，臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與更新以及 3D 管理查詢及系統平台之內容，需說明更新那些圖像來源為何？是否使用 IKONOS 影像？管理查詢系統做了那些重置？ 2.海岸帶影像資料的整合應用應進行岸線變遷案例分析，以落實衛星遙測技術在海岸帶之應用。 3.UAV 是否可以運行，再據供相關實務及影像處理系統之開發，宜說明清楚。 4.多源影像之局部快速修測及更新宜在報告內說明清楚再以案例為之。	1. 因工作仍在進行中，本案主要以抽換新的 3D 平臺為主，原則上原有系統功能及資料並不更動。 2. 岸線變遷案例分析，因需購置實驗區多時期影像，原規劃為第二年之主要工作項目，第一年度僅作新構想之說明。 3. UAV 需依任務需求訂購零件並組裝測試，本案主要為開發 UAV 影像之處理技術。 4. 局部快速修測為配合開發之影像處理技術為之，將於期末報告中詳述之。	1. 期末報告追蹤 2. 納入第二年研究主題與重點 3. 已說明 4. 期末報告追蹤

邱永芳 主任： 1.視網膜技術之即時處理性為何? 2.福衛資料應用在 Google 上之可行性? AIS 系統上之替代性為何?替代方便性? 3.模組化之設計可行性? 4.海岸資料應用之可行性?如引用福衛二號。 5.二張圖像(衛照)之差異性比較之可行性。	1. 視網膜技術演算法有一定的複雜度，加上影像的大小會影像處理之速度，即時處理有些難度，但若演算法發展成熟，可藉嵌入式處理方式達到即時處理。 2. 福衛影像解析度為 2m，目前 Google Map 或 Google Earth 使用 QuickBird 影像，其解析度較高，就時效性而言有其替代性，但品質較差。 3. 若演算法發展成熟，可予以模組化兼商業化。 4. 福衛影像解析度為 2m，可作 1/10,000 製圖應用，就某些應用而言，如岸線之萃取，土地利用判釋，有其應用之價值。 5. 差異性比較(變遷分析)有其使用之條件，亦即不同時期或類型之影像應具有相同之幾何，對小比例尺較易實現，大比例尺難度較高。	1. 已說明 2. 已說明 3. 已說明 4. 已說明 5. 已說明

附錄二、期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

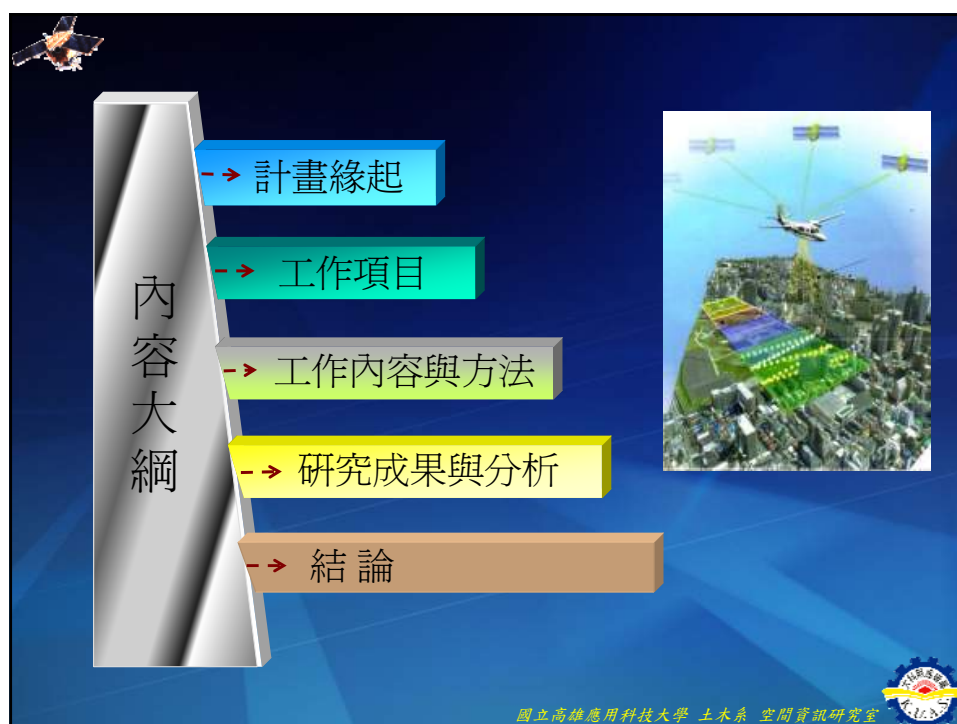
☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：海岸帶及近海衛星遙測技術之整合應用研究(1/4)

執行單位：國立高雄應用科技大學土木工程學系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
蔡進發 教授： 1.依預期進度完成工作項目。 2.UAV 的航拍是一新的嘗試。 3.請針對每個工作項目做結論(研究工作的結論)。 4.UAV 與福衛資料的整合。	1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員肯定。 3. 謹遵委員意見，修正報告結論之內容。 4. 參考委員意見考慮，但因二種影像解析度相差太大，資料整合難度高。	1. 已審查通過 2. 已審查通過 3. 已修正 4. 已說明
張淑淨 教授： 1.第一年研究報告於背景與基礎技術資訊之提供與初步測試已有充份之彙整分析。 2.平台系統也已重置備便。 3.第 55 頁「本研究…提出…新方法，SIFT，的部份宜明述屬出本研究的研究成果內容。 4.第 58 頁，$q(x,y)$,L 各代表之意義請再確認。 5.工作項目中 UAV 影像資料即時傳輸部份請補充說明，另預期從拍攝到整合入系統可	1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員肯定。 3. 謹遵委員意見進行修正。 4. 謹遵委員意見進行修正。 5. 謹遵委員意見補充說明，資料即時傳輸部份已完成，但僅提供飛行中攝影的監測，真正使用影像為記錄於相機本體內者。	1. 已審查通過 2. 已審查通過 3. 已修正 4. 已修正 5. 已補充說明

用之目標(預期)時間差?		
邱永芳 主任： 1.符合原規劃需求。 2.應再強調應用性。 3.技術移轉應規劃與探討可行性。 4.應用在海岸管理上之可行性應探討。	1. 感謝委員肯定。。 2. 謹遵委員意見修正，強調其在實務應用之潛力。 3. 本研究所提出之演算法將予以發展模組化並規定技術移轉。 4. 本研究成果已規劃利用現有其已建置完成之海岸管理系統，整合應用是可行的。	1. 已審查通過 2. 已改進 3. 已說明 4. 已說明





一、計畫緣起

- 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，甚難恢復，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。目前獨缺UAV影像。
- 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。
- 自然災害之減救災應用

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



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；

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





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—近岸及海岸帶遙測圖像資料之獲取、系統建置與資料局部更新。

第二年：主題—近岸及海岸帶遙測圖像製圖及土地利用調查。

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。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



第一年：主題與工作項目

近岸及海岸帶遙測圖像資料之獲取、系統建置與影像資料之局部更新。

- 臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整與局部更新。
- 大型圖像之3D管理查詢及顯示系統平臺與功能之重置。
- 無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 應用於即時海岸帶攝影實務及影像處理系統開發，包括：
 - ◆ UAV定位與導航方法規劃與設計。
 - ◆ 影像資料即時傳輸。
 - ◆ 影像資料幾何(Geometric)校正、輻射(Radiometric)處理及快速拼接(Stitching)。
 - ◆ 圖像鑲嵌(Mosaic)
- 多源圖像局部快速修測及更新之策略。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





三、研究方法與進行步驟

- Web基礎之大型圖像管理系統
- 大型影像資料庫的資料管理系統設計
- 影像空間資料庫之設計
- 適合UAV影像之處理技術開發
 - ◆ 新的影像特徵點提取方法-SIFT演算法
 - ◆ 基於薄板樣條函數之影像校齊
 - ◆ 輻射校正、除薄雲、去霾處理及陰影淡化處理
 - ◆ 無縫鑲嵌及色彩平衡
- 影像快速更新與修測策略

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



既有衛星遙測影像

SPOT1-6.25m (1980)



SPOT5-2.5m (2005)

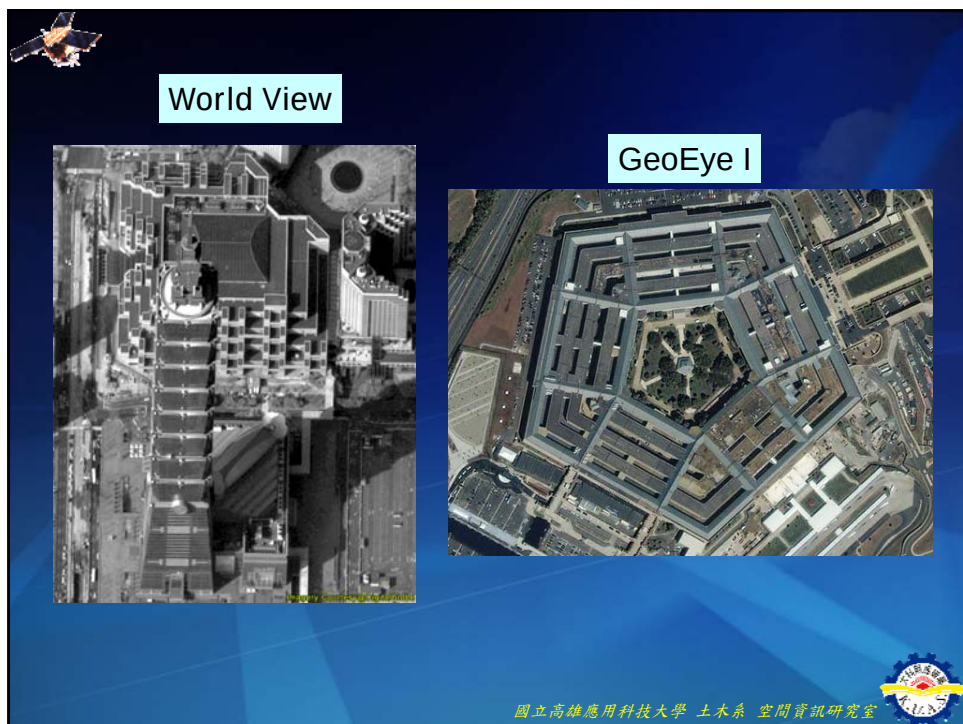


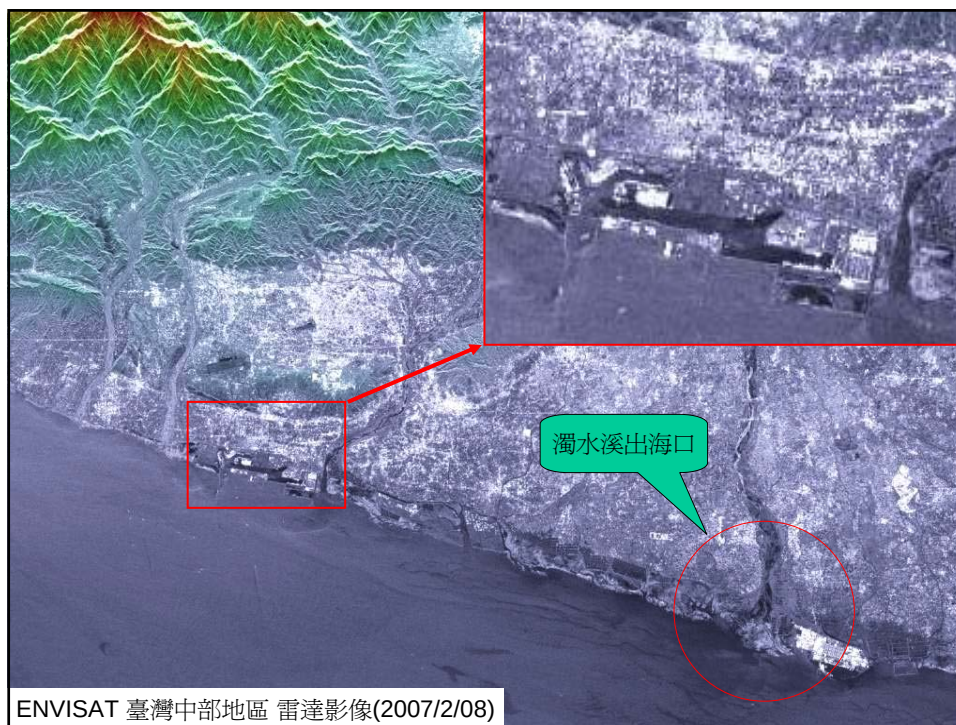
福衛二號影像



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室







航空數位相機 (Digital Camera) 影像

數位相機之主要特點：

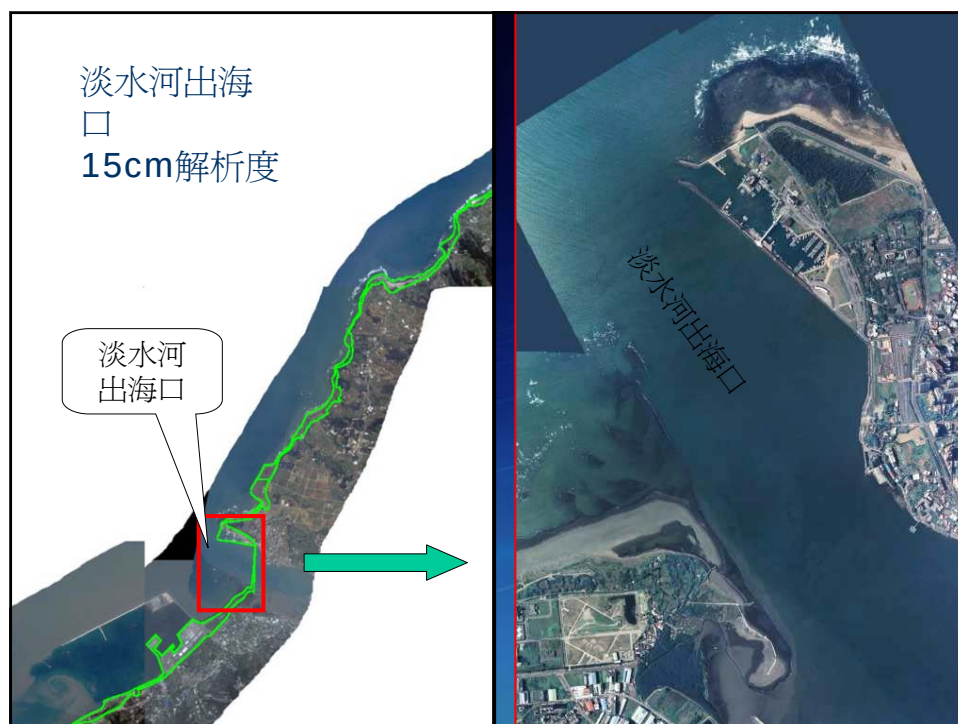
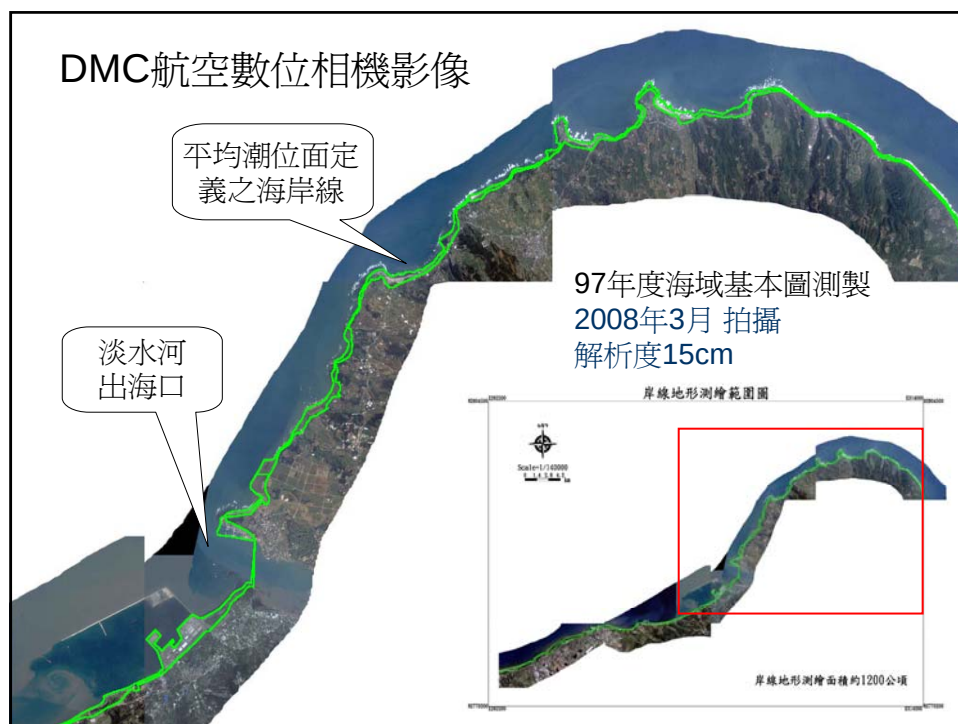
1. 高解析度數值影像(10~15cm)。
2. 採多光譜(Multi-Spectral) 攝像，含紅外(IR)波段，可替代衛星影像。

DMC

DMC™

ADS40

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



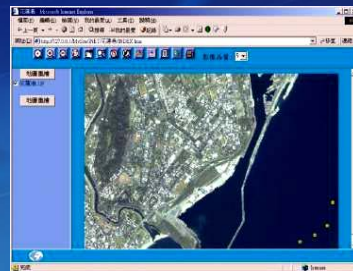
四、研究成果

(1) 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：

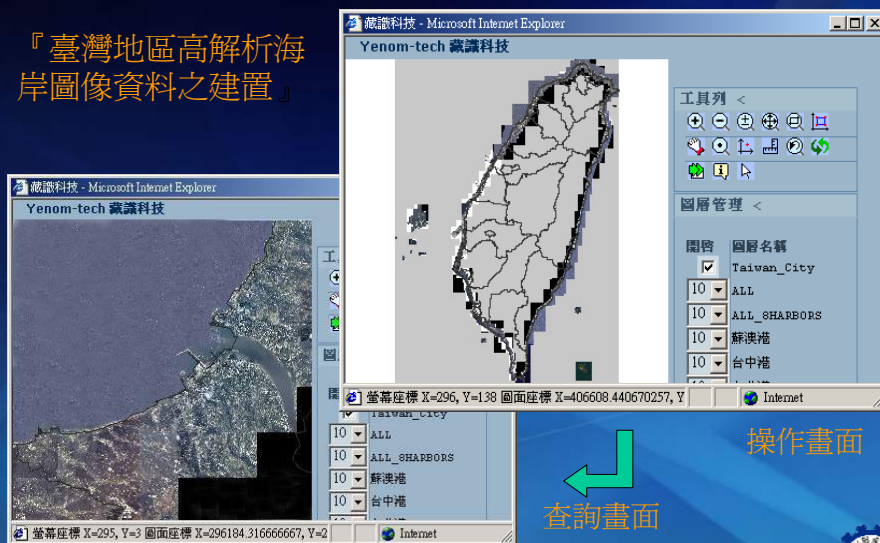
- ◆ 數值影像原始與幾何糾正後資料
- ◆ 主要設施及岸線向量資料
- ◆ 潮汐資料
- ◆ 控制點資料及糾正計算精度資料
- ◆ 潮灘地質屬性資料
- ◆ 資料查詢功能
- ◆ 動態立體圖像



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

(2) 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圖像資料之建置』



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



(3) 遙測影像(UAV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)、除霾(Dehazed)、色彩平衡(Color Balance)、淡化陰影，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 土木系 空間資訊研究室



視網膜(Retinex)技術之影像強化



(a) Original



(b) AutoLevel



(c) Histogram Equalization



(d) MSRCR+本研究色彩修正
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



(a) Original



(b) AutoLevel



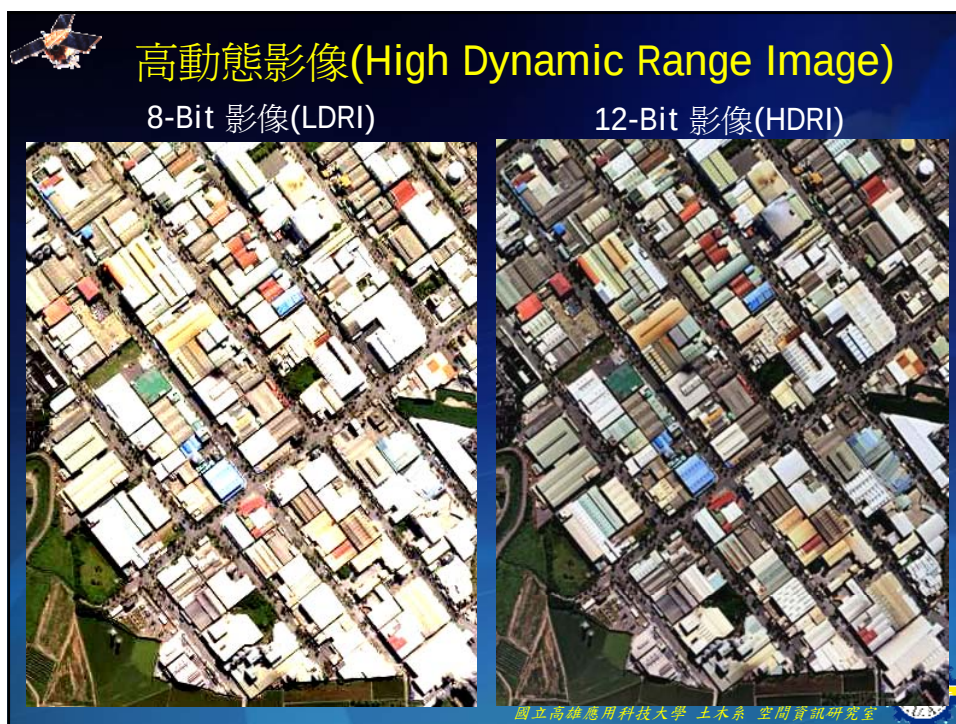
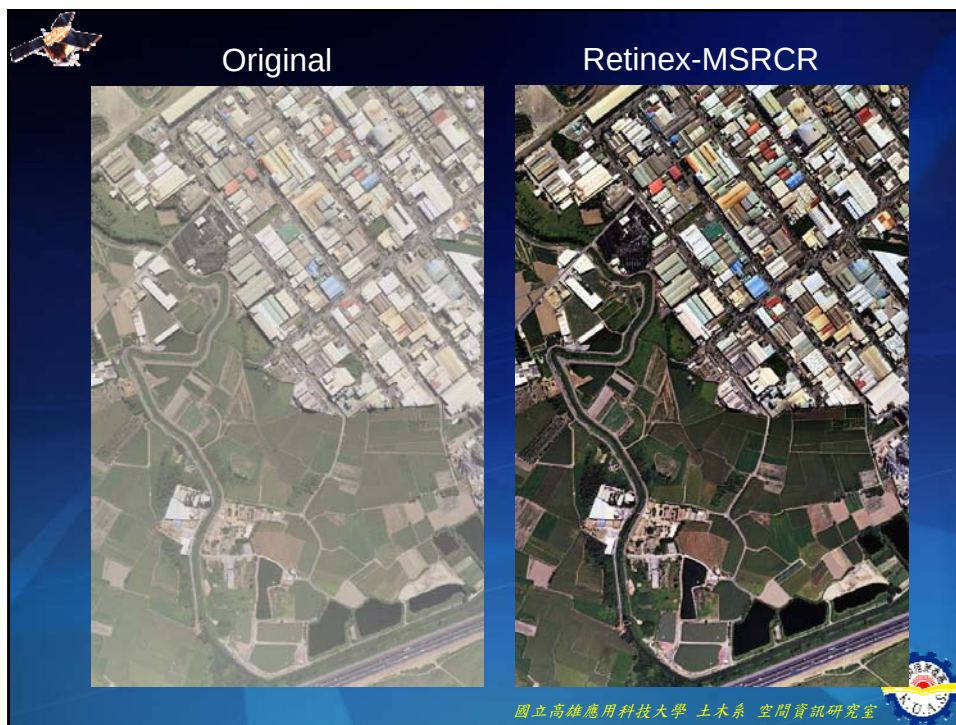
(c) Histogram-
Equalization

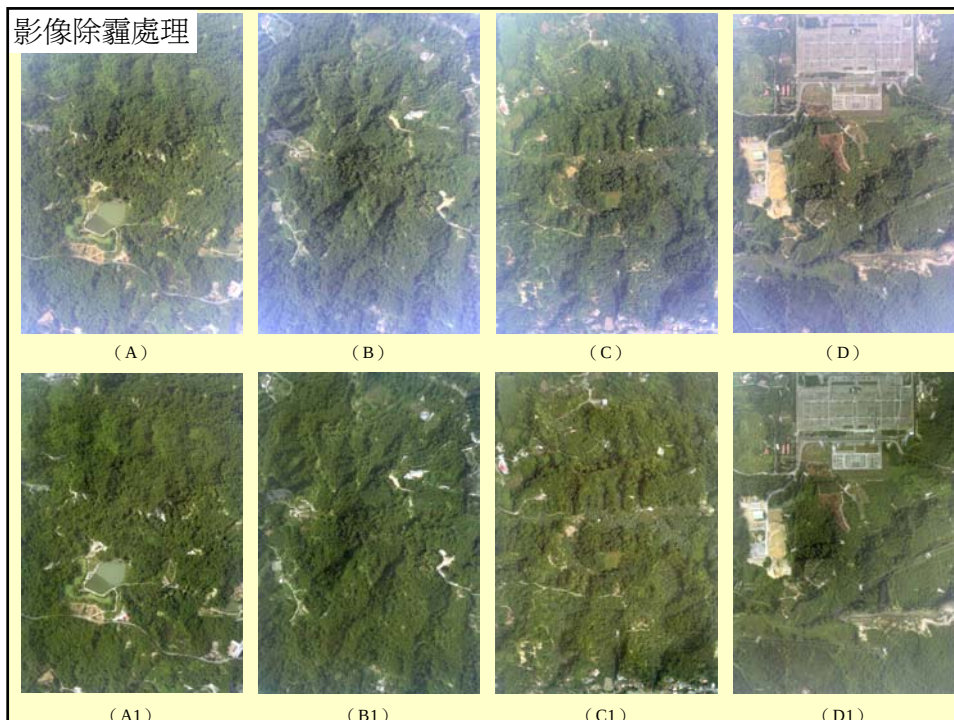


(d) MSRCR+本
研究色彩修正

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室







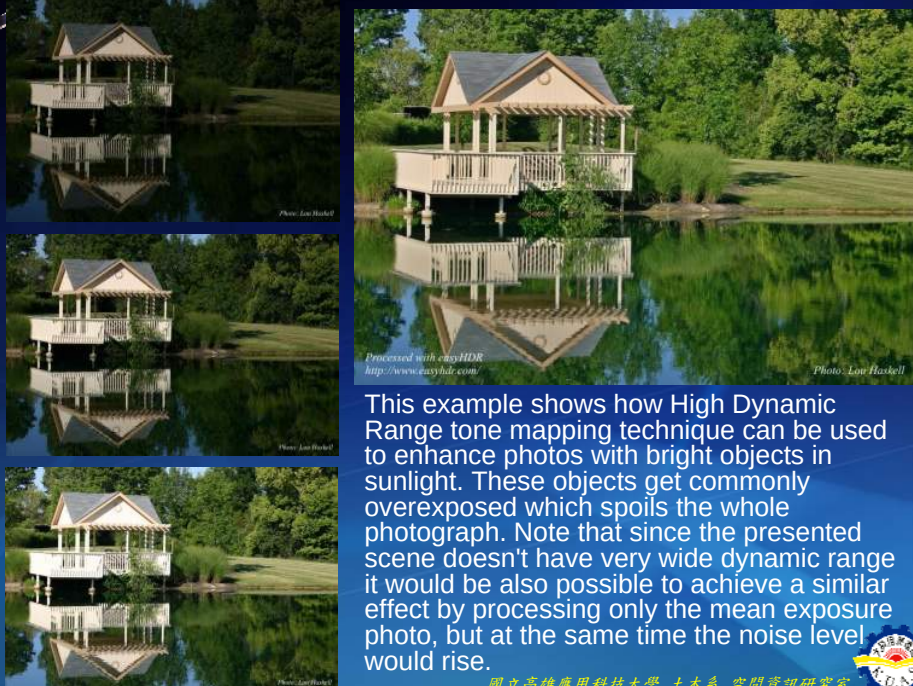


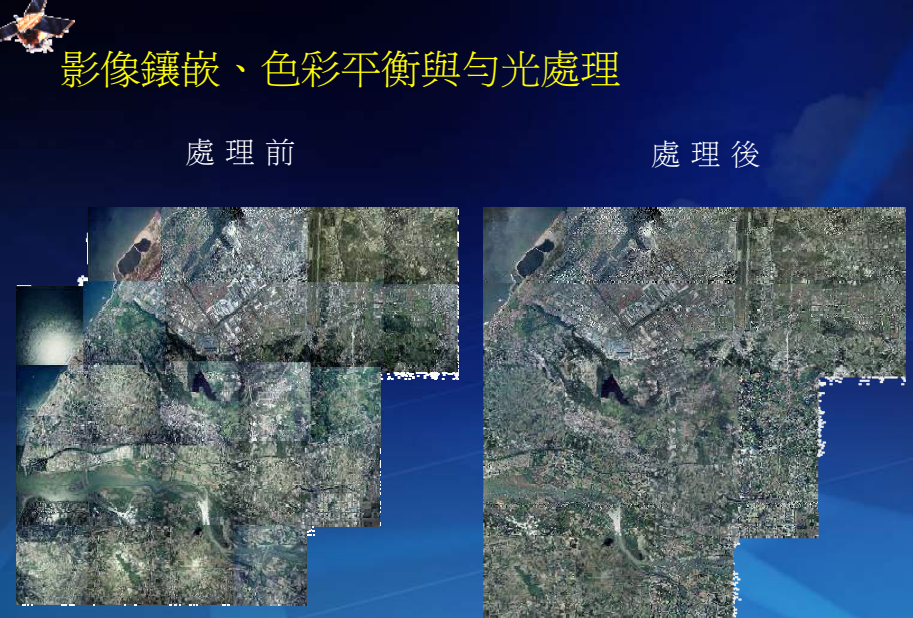
Photo: Lou Hashell

Processed with easyHDR
<http://www.easyhdr.com/>
 Photo: Lou Hashell

Photo: Lou Hashell

This example shows how High Dynamic Range tone mapping technique can be used to enhance photos with bright objects in sunlight. These objects get commonly overexposed which spoils the whole photograph. Note that since the presented scene doesn't have very wide dynamic range it would be also possible to achieve a similar effect by processing only the mean exposure photo, but at the same time the noise level would rise.

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



影像鑲嵌、色彩平衡與勻光處理

處理前

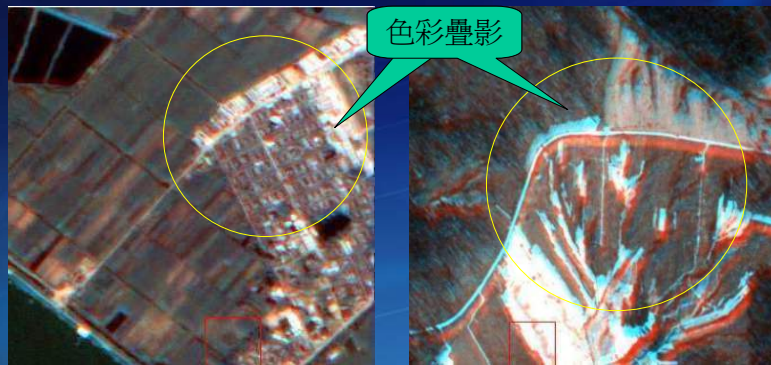
處理後

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



福衛二號影像的問題

福衛二號之多光譜影像，各波段間存有非線性之幾何形變，造成套合影像有色彩疊影、空間解析度降低及融合後影像品質不佳之現象，該問題目前難以有效克服。



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



福衛二號影像處理

本研究團隊已針對前述問題提出有效解決之方法



糾正前(原始影像)



糾正後(融合影像)

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





影像幾何糾正的方法

(1) 幾何模式

不管其物理意義，直接以地面控制點對影像進行數學多項式轉換

1. 多項式糾正(Polynomial Rectification)
2. 有理函數模式(Rational Function Model, RFM)
3. 薄板樣條函數(Thin Plate Splines, TPS)

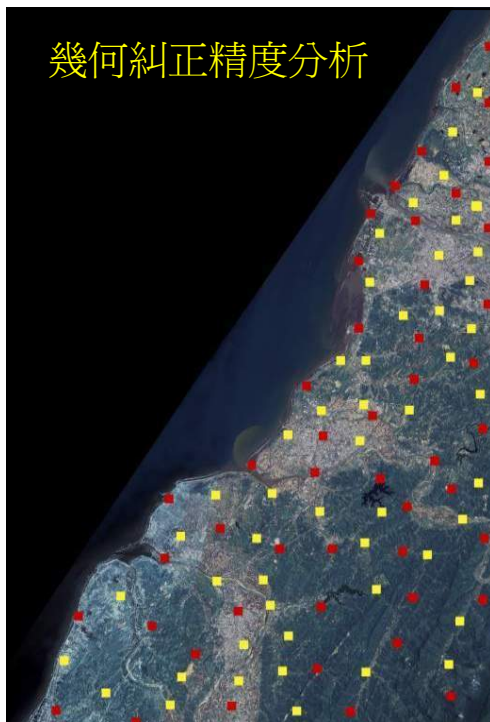
(2) 物理模式

考慮成像造成造成變形之物理意義
共線條件之逐點糾正

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



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 土木系 空間資訊研究室





無人航空載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



Microdrone UAV

Unmanned Aerial Vehicle for Inspection, Surveying, Mapping



23:34



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





建置UAV拍攝系統(含自動導航功能)

1. 感測器系統
2. 遙測空中控制系統
3. UAV飛行平臺和地面控制系統
4. 資料壓縮和解壓縮系統
5. 資料後處理系統



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





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 土木系 空間資訊研究室



相機率定

Camera Calibration

鏡頭畸變差(Lens Distortion)

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

相機率定

相機率定的方法
鏡頭畸變差 (Lens Distortion)

率定立體標

率定平面標

率定前

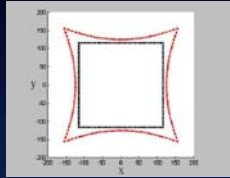
率定後

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



透鏡畸變

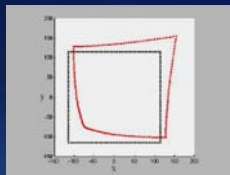
鏡頭畸變差 (Lens Distortion)



輻射畸變(Radial Lens Distortion, RLD)

$$\Delta x_{RLD} = K_1(r^2 - 1)x + K_2(r^4 - 1)x + K_3(r^6 - 1)x + \dots$$

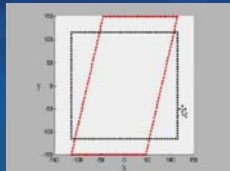
$$\Delta y_{RLD} = K_1(r^2 - 1)y + K_2(r^4 - 1)y + K_3(r^6 - 1)y + \dots$$



離心畸變(De-centric Lens Distortion, DLD)

$$\Delta x_{DLD} = P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy$$

$$\Delta y_{DLD} = P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1xy$$



仿射畸變(Affinity Deformation, AD)

$$\Delta x_{AD} = -B_1x + B_2y$$

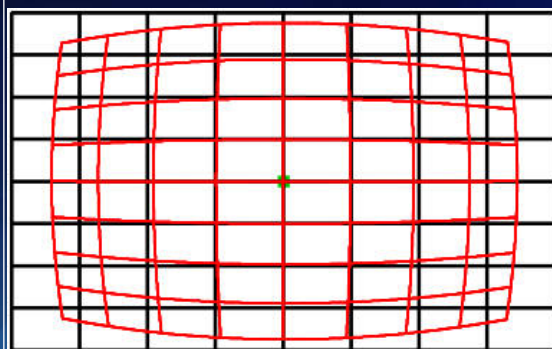
$$\Delta y_{AD} = B_1y$$

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



相機率定成果

Panasonic Lumix LX2



Max of Before Correction : 71.123 Pixel

內方位參數

f (mm)	6.163694
x_0 (mm)	3.458365
y_0 (mm)	2.143671

輻射畸變差

K_1	3.654513e-003
K_2	-5.564247e-005

離心畸變差

P_1	-1.054308e-004
P_2	-9.677860e-005





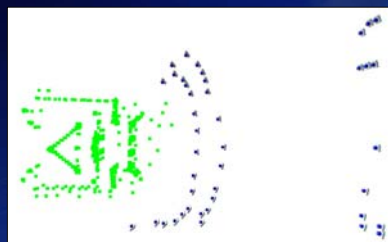
各類型相機率定成果

相機型號	鏡頭型式	名義焦距 (mm)	率定焦距 (mm)	最大改正 誤差(Pixel)
Nikon D40X	Nikon AF-S Nikkor	18-55	17.8491	92.935
	Nikon AF Nikkor	20	19.8384	67.634
	Nikon AF Nikkor	50	49.9445	19.015
Sony A100	Sony SAL	18-70	17.9296	95.962
	Sony SAL	75-300	74.5520	5.506
Panasonic LX2	Leica	5.8-17.4	6.1637	71.123
Leica D-LUX3	Leica	5.8-17.4	6.1630	68.265

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

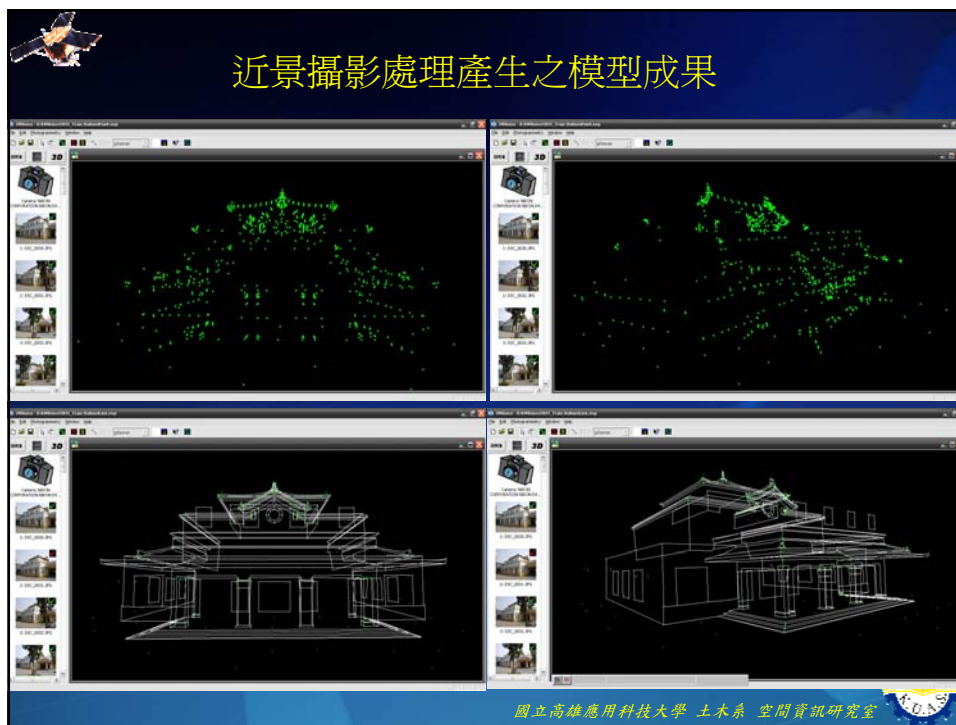


近景目標物之攝影



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室







新的特徵點提取方法 — SIFT演算法

SIFT(Scale Invariant Feature Transformation)演算法

- 尺度空間極值求取
- 特徵點位置確定

特徵提取

- 特徵點方向確定
- 特徵點描述

特徵描述

- 特徵匹配
- 除錯機制

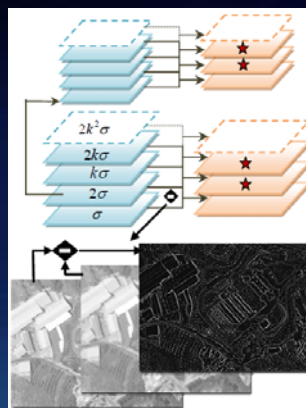
特徵匹配

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

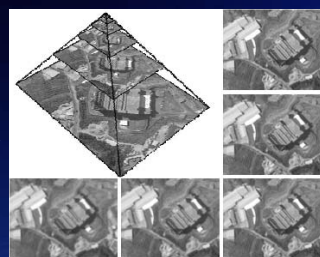


SIFT演算法

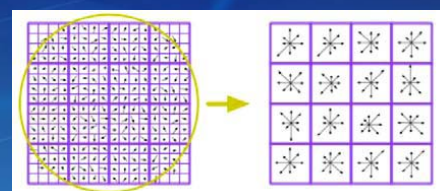
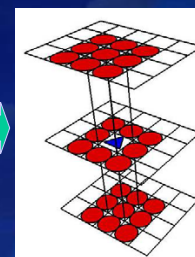
局部極值提取



DoG 運算元



影像金字塔



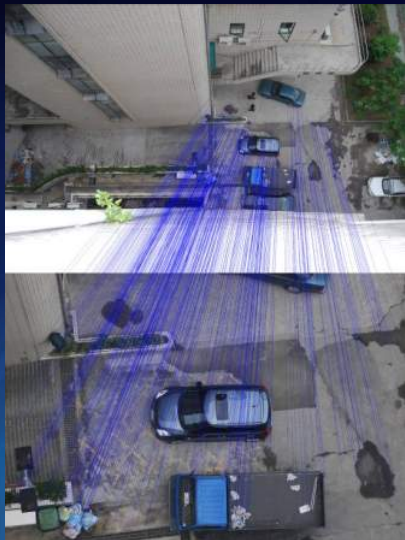
特徵點描述

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





尺度不變性



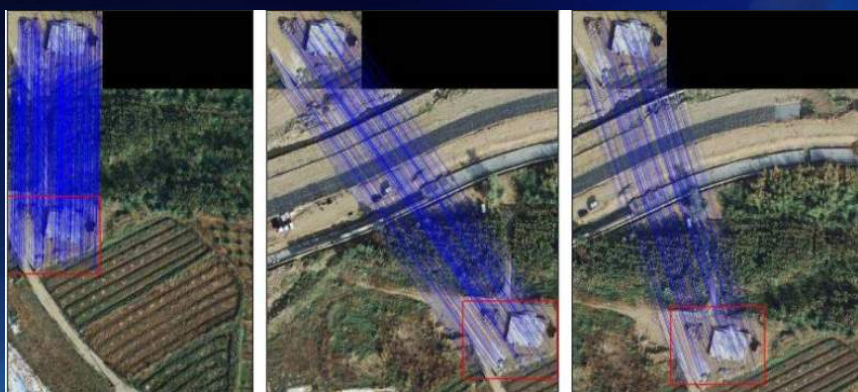
光照不變性



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



影像檢索及快速定位



一般特徵物不同位置檢索成功

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





影像檢索及快速定位

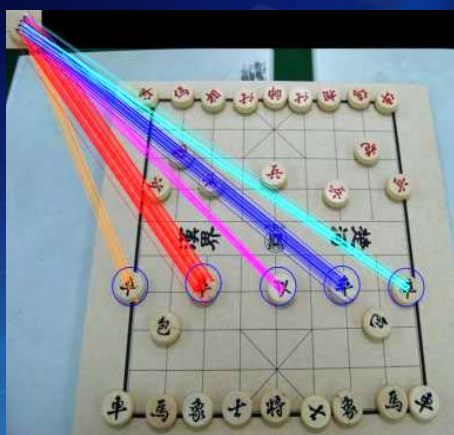


影像均調區不同位置檢索成功

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



多目標檢索之應用



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



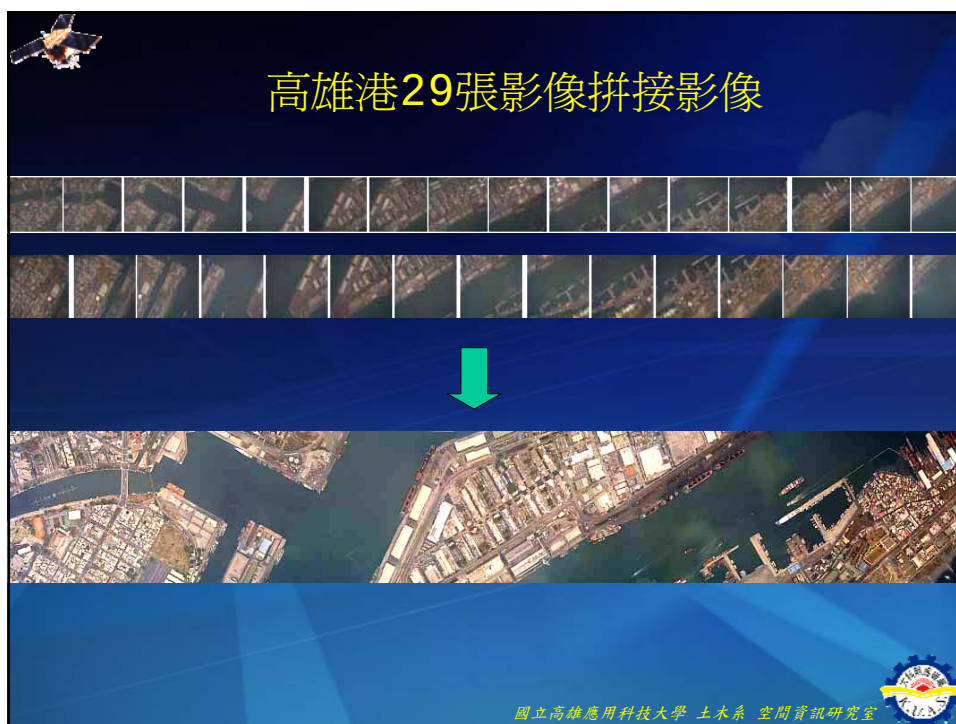
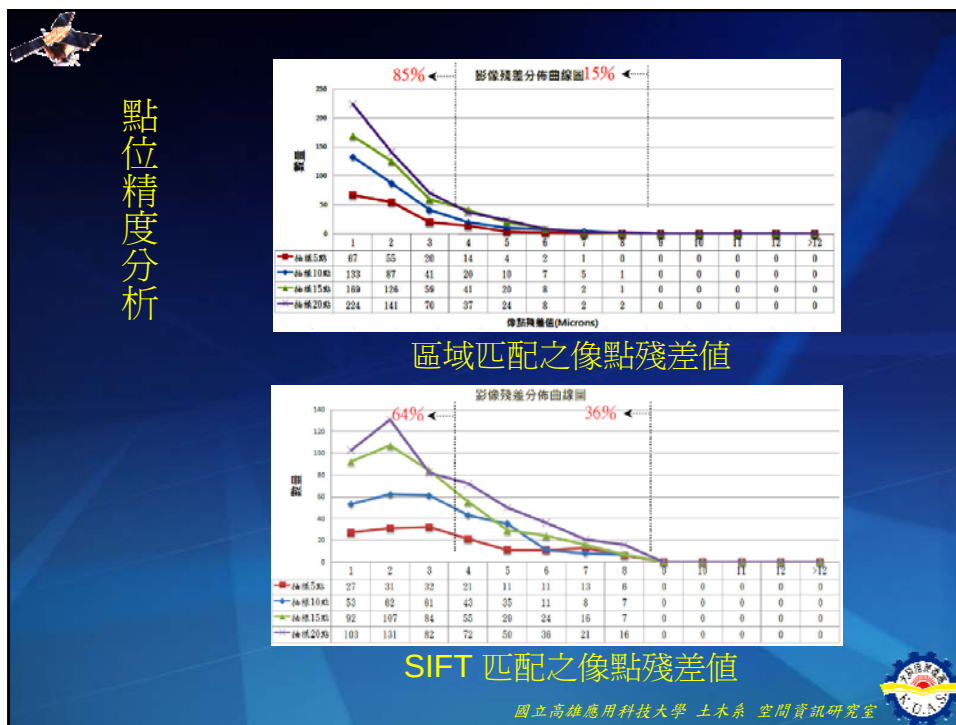
共軛點檢索與選取

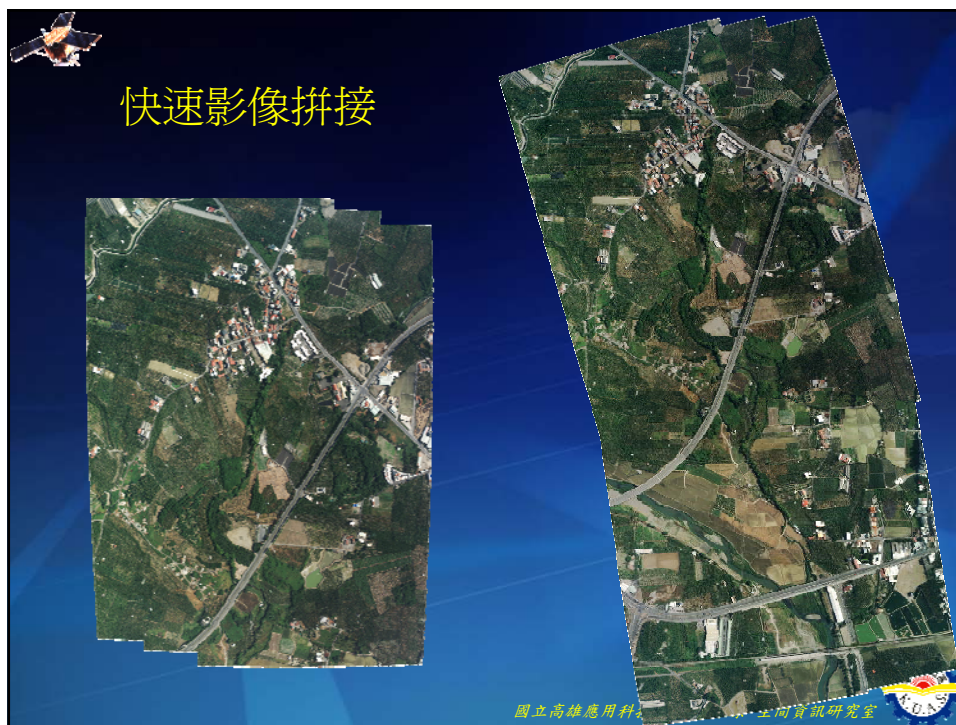
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

特徵點選取

影像匹配

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





快速影像拼接

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



五、結論

- 整合『航、遙測影像製圖』、『海洋測量』及『網路地理資訊系統(Web-GIS)』技術，提供本研究案之理論基礎。
- 效益及其應用：
 - 重整舊有資料並改用新的資料平臺，可提升系統的使用效率及完善功能設計之需求。
 - 無人飛行載具(UAV)配合自動導航的使用，可有效應用於即時快速資料之獲取。
 - 快速修測及更新之策略可有效縮短圖資更新與建置時程。

感謝
贊助
單位



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室