

國立政治大學地政學系
私立中國地政研究所

碩士論文

論文題目：

多源遙測影像於海岸變遷之研究

Coastal Changes Detection Using
Multi-source Remote Sensing Images

研究生：梁平

指導教授：詹進發

中華民國 101 年 七 月

國立政治大學地政學系
私立中國地政研究所

梁平

君所撰之碩士學位論文

多源遙測影像於海岸變遷之研究

業經本委員會審議通過

論文考試委員會主席

黃金雅

委員

黃濬雄

莊永忠

指導教授

詹進發

政治大學地政系系主任

陳五夫

中國地政研究所所長

中華民國 101 年 7 月 4 日

謝誌

時光飛逝，暮然回首，在政大也待了六年，這段期間發生了許多各式各樣的事也遭遇了五花八門的狀況，所幸有同時在政大與我相遇的諸位大俠替小弟披荊斬棘，屢屢度過難關，不勝感謝。在這漫長的求學生涯中，首先要感謝我的家人對我的支持，讓我無後顧之憂的拿到學位。接著也要謝謝在政大教導過我的所有老師，包括我的老闆詹進發老師、還有何維信老師、黃灝雄老師、林老生老師、邱式鴻老師、林士淵老師及其他管資班的老師，有了老師的協助以及建議，讓我可以明確的找到研究方向，進而一步步的完成目標、準時畢業。也特別感謝擔任我口試委員的黃灝雄老師、黃金聰老師、莊永忠老師和老闆詹進發老師，在口試後給予我肯定，讓我覺得這兩年的研究生涯不是白白度過，而是滿載而歸。

但在我研究過程中，也曾經遇到棘手的問題，當時讓我非常不知所措，所幸有當時在中研院的學長們—莊永忠學長(現在是老師了)、吳治達學長以及林立青學長，提供我解決辦法以及幫我收集有關宜蘭的資料，讓我能順利完成論文，由衷感謝。也謝謝研究室裡的學長姐當了我的典範，如總是能讓我頓悟的宗達、在我還沒入學就教會我 ERDAS 的郁晴、每天都早出晚歸的幸宜、游泳比賽被我拖累的清智、常常提出犀利意見的奧莉薇及一直幫我們擋子彈的安勤；還有同屆同班 6 年號稱都一樣強的同學，如現在變大哥的承一、有說有笑的冠雄、在 GIS 與我相依為命的思睿、跟我同老闆的夥伴山姆和能及時鼓勵我的阿庭馬；最後當然也要謝謝學弟妹一路相伴及鼓勵，如幫我報帳讓我拿\$的同門繁恩、讓我玩很多桌遊的小黑、跟我討論棒球的 TSM、還有研究室活力泉源敏瑜、怡君、汝晏及家翎學妹四人組。其他要感謝的人還很多，就在這邊再謝謝大家對小弟的幫忙。

最後還要謝謝我最忠誠的伙伴—GIS 教室的 Work08 電腦，謝謝妳這一年多來一直盡忠職守，很少當機，讓我可以順利完成研究，也謝謝灌在妳裡面的那些軟體，如 ERDAS、ArcGIS、Office、L4D2、AOEII、SanX 等等，妳們都是我做研究不可或缺的伙伴，期待有緣再相見。

摘要

本研究以不同時期之航遙測影像偵測宜蘭海岸濱線變遷，影像來源包含 1947 年之舊航照影像、1971 年的美國 Corona 衛星影像、1985 年的像片基本圖、2003 年的 SPOT-5 衛星影像及 2009 年以 Z/I DMC(Digital Mapping Camera)航空數位相機所拍攝之高解像力航照影像。

由於影像獲取的時間與感測器皆有所差異，故本研究透過不同的方式處理資料，將影像地理對位，並利用地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)軟體數化濱線及沙灘(丘)，且以套疊分析觀察不同時期濱線與沙灘變遷之情形，最後收集宜蘭地區的自然或人文資料如潮汐、降雨量與輸沙量等，分析宜蘭海岸變遷的原因。而在濱線萃取方面，由於以人工數化方式太耗時間與人力，故嘗試以半自動化方式如影像分類或影像分割萃取濱線，並與人工數化結果比較。研究結果顯示，利用多時期之遙測影像，並結合 GIS 之空間分析功能，確可有效掌握濱線與沙灘(丘)的歷史變化概況。

關鍵字：多源遙測影像、地理對位、地理資訊系統、套疊分析、變遷偵測。

Abstract

This study used multi-temporal remote sensing images to detect shoreline changes along the Yilan coast. Various types of remote sensing images were used in this study, including old aerial images taken in 1947, Corona satellite images acquired in 1971, photo base map produced in 1985, SPOT-5 satellite images obtained in 2003, and high-resolution aerial images taken in 2009 by using Z/I DMC (Digital Mapping Camera).

Because these images were taken in different time using different sensors, different procedures were applied to process the data and georeference the images to a common coordinate system. GIS (Geographic information Systems) software was used to digitize shoreline and the beach area, and overlay analysis was applied to find the shoreline changes in different time periods. Then various ancillary data such as tides, precipitation, and sediment load was collected to analyze the causes of coastal changes in Yilan. For shoreline extraction, manual digitization required a lot of time and manpower. Therefore, semi-automatic method such as image classification and image segmentation was applied to extract shoreline. The results show that, by using multi-temporal remote sensing images and spatial analysis functionalities of GIS, the historical changes of shoreline and beach area can be detected effectively.

Keywords: multi-source remote sensing images, georeferencing, GIS, overlay analysis, change detection.

目錄

第一章	緒論	1
第一節	研究動機	1
第二節	研究目的	3
第二章	文獻回顧	5
第一節	遙測資料於海岸變遷之研究	5
第二節	濱線指標選取與判釋之相關研究	10
第三節	半自動化方式萃取濱線指標之研究	14
第三章	材料與方法	17
第一節	研究地區	17
第二節	研究材料	18
一、	舊航空影像	18
二、	Corona 衛星影像	19
三、	像片基本圖	20
四、	SPOT-5 衛星影像	21
五、	DMC 航空影像	22
第三節	研究方法	23
一、	遙測影像處理方式	24
(一)	舊航空影像	24
(二)	SPOT-5 衛星影像	37
(三)	DMC 航空影像	38
(四)	本研究使用遙測影像比較	39
二、	半自動化萃取濱線	41
(一)	監督式分類	41
(二)	二元分類	42
(三)	影像分割	43
第四章	結果與分析	45
第一節	濱線指標的變化	45
一、	頭城北邊至竹安溪河口	45
二、	竹安溪河口至蘭陽溪河口	46
三、	蘭陽溪河口至蘇澳北邊	47
四、	小結：濱線指標的變化	48
第二節	沙灘(丘)在各年度的變化	49
一、	1947 年至 1971 年的變化	49

二、	1971 年至 1985 年的變化.....	50
三、	1985 年至 2003 年的變化.....	51
四、	2003 年至 2009 年的變化.....	52
五、	小結：1947 至 2009 年沙灘總面積變化量.....	54
第三節	宜蘭海岸變遷原因探討.....	55
一、	潮汐.....	55
二、	降雨量.....	57
三、	輸沙量.....	58
四、	小結：宜蘭海岸變遷原因.....	60
第四節	半自動化萃取濱線之成果.....	61
一、	SPOT-5 衛星影像以監督式分類方式萃取濱線指標之成果.....	61
二、	DMC 航空影像以監督式分類方式萃取濱線指標之成果.....	62
三、	二元分類法萃取濱線(SPOT-5 衛星影像).....	62
四、	二元分類法萃取濱線(DMC 航空影像).....	65
五、	影像分割萃取濱線(DMC 航空影像).....	68
六、	小結：SPOT-5 衛星影像與 DMC 航空影像半自動化萃取濱線比較....	71
第五章	結論與建議	73
第一節	結論.....	73
第二節	建議.....	75
參考文獻		77

圖目錄

圖 2-1	本研究與各文獻之宜蘭海岸變遷研究年份區間比較.....	9
圖 2-2	國內外研究常使用的濱線指標.....	11
圖 2-3	濱線指標在現實影像的例子.....	12
圖 3-1	研究地區圖.....	17
圖 3-2	舊航照影像.....	19
圖 3-3	實驗區 1971 年 CORONA 衛星影像.....	20
圖 3-4	1985 年之像片基本圖.....	21
圖 3-5	研究流程圖.....	24
圖 3-6	以道路交點做為對位點示意圖.....	25
圖 3-7	將確定沒有控制點的區域切除示意圖.....	26
圖 3-8	影像對位點分佈(影像編號: 47-M7012-004).....	26
圖 3-9	實驗區之 1947 年航照拼接圖.....	27
圖 3-10	舊航照(影像編號: 47-M7012-004)之檢核點位置.....	28
圖 3-11	舊航照(影像編號: 47-M7012-005)之檢核點位置.....	29
圖 3-12	舊航照(影像編號: 47-M7012-006)之檢核點位置.....	30
圖 3-13	舊航照(影像編號: 47-M7012-007)之檢核點位置.....	31
圖 3-14	舊航照(影像編號: 47-M7012-008)之檢核點位置.....	32
圖 3-15	舊航照(影像編號: 47-M7012-009)之檢核點位置.....	33
圖 3-16	舊航照(影像編號: 47-M7012-010)之檢核點位置.....	34
圖 3-17	舊航照(影像編號: 47-M7012-011)之檢核點位置.....	35
圖 3-18	舊航照(影像編號: 47-M7044-044)之檢核點位置.....	36
圖 3-19	2003 年研究區的 SPOT-5 衛星影像.....	38
圖 3-20	DMC 原始影像(單張).....	39
圖 3-21	DMC 影像正射後鑲嵌成果.....	39
圖 3-22	常見地物的光譜反射曲線.....	42
圖 3-23	以監督式分類方式萃取濱線的成果.....	42
圖 3-24	二元分類流程圖.....	43

圖 3-25	二元影像(水域與沙灘)	43
圖 3-26	二元影像(沙灘與植被)	43
圖 3-27	設定影像分割參數	44
圖 4-1	頭城北邊至竹安溪河口各年度水線與植物線的位置	46
圖 4-2	突堤效應示意圖	46
圖 4-3	竹安溪河口至蘭陽溪河口各年度水線與植物線的位置	47
圖 4-4	蘭陽溪河口至蘇澳北邊各年度水線與植物線的位置	48
圖 4-5	1947 年至 1971 年沙灘增減概況	49
圖 4-6	1947 年至 1985 年沙灘增減概況	51
圖 4-7	1947 年至 2003 年沙灘增減概況	52
圖 4-8	1947 年至 2009 年沙灘增減概況	53
圖 4-9	1947 年至 2009 年沙灘(丘)總面積變化趨勢	54
圖 4-10	烏石潮汐站位置	56
圖 4-11	經潮汐調正後的濱線	57
圖 4-12	經潮汐調正後的濱線	57
圖 4-13	宜蘭地區降雨量	58
圖 4-14	宜蘭地區輸沙站(2560H001)之輸沙資料	59
圖 4-15	宜蘭地區輸沙站(2560H006)之輸沙資料	59
圖 4-16	宜蘭地區輸沙站(2560H017)之輸沙資料	60
圖 4-17	宜蘭地區輸沙站(2560H019)之輸沙資料	60
圖 4-18	利用監督式分類自動萃取水線與植物線的成果	61
圖 4-19	DMC 影像經監督式分類的結果	62
圖 4-20	SPOT-5 衛星影像之短波近紅外波段影像	64
圖 4-21	海水與沙灘二元影像	64
圖 4-22	植物與沙灘二元影像	64
圖 4-23	萃取水線結果	65
圖 4-24	萃取植物線結果	65
圖 4-25	DMC 航空影像近紅外波段	67
圖 4-26	海水與沙灘二元影像	67

圖 4-27	植物與沙灘二元影像.....	67
圖 4-28	萃取水線結果.....	68
圖 4-29	萃取植物線結果.....	68
圖 4-30	DMC 影像影像分割實驗區.....	69
圖 4-31	初步切割影像結果.....	69
圖 4-32	重新編碼後之影像.....	70
圖 4-33	影像分割萃取水線結果.....	70
圖 4-34	影像分割萃取植物線結果.....	71



表目錄

表 2-1 衛星影像與航空照片的比較	6
表 2-2 宜蘭海岸變遷研究相關文獻	8
表 2-3 濱線指標類型、定義與特性	13
表 3-1 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-004)	28
表 3-2 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-005)	29
表 3-3 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-006)	30
表 3-4 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-007)	31
表 3-5 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-008)	32
表 3-6 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-009)	33
表 3-7 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-010)	34
表 3-8 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7012-011)	35
表 3-9 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(影像編號: 47-M7044-044)	36
表 3-10 本研究各種遙測影像資料比較	40
表 4-1 1971 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位: 平方公尺).....	50
表 4-2 1985 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位: 平方公尺).....	50
表 4-3 2003 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位: 平方公尺).....	52
表 4-4 2009 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位: 平方公尺).....	53
表 4-5 1947 至 2009 年沙灘(丘)總面積變化(單位: 平方公尺).....	54
表 4-6 影像拍攝時間潮汐表(單位: 公分)	56
表 4-7 SPOT-5 衛星影像沙灘隨機點亮度值	63
表 4-8 SPOT-5 衛星影像水體隨機點亮度值	63
表 4-9 SPOT-5 衛星影像植被隨機點亮度值	63
表 4-10 DMC 航空影像沙灘隨機點亮度值	66
表 4-11 DMC 航空影像水體隨機點亮度值	66
表 4-12 DMC 航空影像植被隨機點亮度值	66
表 4-13 SPOT-5 衛星影像萃取濱線與人為數化差距(單位: 公尺).....	72
表 4-14 DMC 航空影像萃取濱線與人為數化差距(單位: 公尺)	72

第一章 緒論

第一節 研究動機

海岸為地球上特殊的自然環境，與大地圈、水圈、岩石圈皆有密切的關係，由於氣候、季風、人文等因素的影響，世界各地的海岸皆有不同的特色(Alesheikh et al., 2007)。儘管不同地區的海岸有不同的生態環境或特質，但其海岸提供的自然資源皆為各國寶貴的資產。然而近年由於溫室效應、人為過度開發、各式各樣的汙染等原因，使得海岸資源急遽減少，也讓各國開始重視海岸保育的問題，對於海岸資源也積極修法管理，如美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)便指出海岸侵蝕為美國長期性的問題，需要分析綜合性的海岸變化，並制定適當的管理方法(Morton et al., 2004)。

台灣為一四面環海的海島，豐富的海岸自然資源提供民眾休閒遊憩、漁業、養殖、工業等多樣化的功能，沿海濕地與海岸林為許多野生動物的棲息地，同時也具有防風、定沙、淨化水質、防止地層下陷、調節氣候、減緩全球暖化等功能。然而，由於人口成長、工業開發、養殖業過度擴張，以及不當的土地利用等因素，使得海岸環境急遽劣化，導致海岸的生態功能降低、環境汙染、漁業資源減少、沿海民眾生活困難等問題。因此，如何保育台灣的天然海岸，以達到海岸自然資源永續發展之目標，乃刻不容緩之課題。謝孟霖(2005)指出須找出符合台灣海岸管理的方法，才能使台灣海岸環境能歷久不衰、永續經營，然而現今(2012)台灣並無海岸沙丘的保護政策，內政部營建署於2008年所提出的海岸法草案仍尚未在立法院通過，僅有一些相關的法規散佈於各法之中，對台灣海岸資源的管理不利。

掌握海岸沙灘的侵淤變化，是海岸經營管理的首要步驟，遙測影像如航空照片與衛星影像保存地表豐富、直接且真實的覆蓋與使用概況，對於

海岸地形的變遷觀察，有極為顯著的幫助(洪佩鈺等，2006)。為了找出台灣海岸的長期變化，本研究以宜蘭地區為例，利用中央研究院提供之 1947 年舊航照，經過地理對位與判釋濱線後，數化濱線的資訊，並與 1971 年之 Corona 衛星影像、1985 年的像片基本圖、2003 年 SPOT-5 衛星影像與 2009 年 Z/IDMC 航空影像偵測變遷與分析，分析過去六十餘年來宜蘭濱線與沙灘(丘)的變化，並嘗試找出海岸濱線變化原因。



第二節 研究目的

近年針對宜蘭海岸變遷的研究琳瑯滿目，但對其研究之變遷狀況多半是近年來的變化，較少針對 1980 年以前的情況做討論，且多未描述如何處理資料或遙測影像。本研究利用多時期且時間相距多達六十年的遙測資料，最早有 1947 年的舊航空影像，最新為 2009 年 DMC 的航空影像。此外亦針對各不同遙測影像的特性處理並數化濱線及沙灘(丘)，利用套疊分析 (overlay analysis) 比較過去六十年來宜蘭海岸的變遷情形。綜上所述，本研究目的大致分為三項：

- 一、收集多來源、多時期、宜蘭海岸地區의 影像資料，藉此了解宜蘭海岸的侵淤。
- 二、判釋各時期遙測影像的濱線指標，並設定各影像有一樣的濱線指標，使之在套疊分析時有一樣的基準。最後收集宜蘭近年的自然或人文方面的資料，分析宜蘭海岸變遷的原因。
- 三、以影像分類與影像分割等半自動化的方法，萃取濱線指標。



第二章 文獻回顧

第一節 遙測資料於海岸變遷之研究

常見用於海岸變遷的遙測資料有航空影像、衛星影像、雷達影像與空載光達(LiDAR, Light Detection And Ranging)等。其中航空影像與衛星影像對於探究過去的地貌實況、地形、地物與社會文化的互動變遷演化等，提供了最直接的證據(廖法銘等, 2011)。航空影像是由飛機攜帶精密「照相機」，自空中向下拍照，地面上地物、地貌將永久真實記錄，其影像特性為中心投影，而飛行時航高不同故無固定比例尺，因此不能直接當地圖使用。早期的航空照片資料通常收藏在溫度與濕度被控管的儲藏室中，但是隨著保存的時間愈久，損壞的機率也越高。為了讓傳統老舊航照能夠永續保存並保留其空間資訊的價值，透過數位化的技術將老舊航照掃描並永久儲存於電子計算機中，已成為近年來空間資訊保存之趨勢。臺灣自 2002 年開始至今，分別執行兩期的數位典藏國家型科技計畫，針對傳統的地理資訊數位典藏，已經累積非常豐碩的成果(廖法銘等, 2011)。

近年來隨著遙測技術的普及化，衛星影像由於具有低成本，但能提供完整地理資訊之優點，已成為大尺度地形監測時，不可或缺之重要材料。衛星影像為裝載於人造衛星上之感測儀器收集之資料，衛星高度固定，涵蓋範圍及解析度也固定，以台灣資源衛星接收站所接收之法國 SPOT 系列衛星為例，衛星高度為 822~832 公里，多光譜影像解析度 10~20 公尺。除此之外，衛星繞行地球有固定的重複週期，如 SPOT-5 衛星每隔 26 天在早上約 10:45 會經過台灣上空一次。關於衛星影像與航空影像的比較如表 2-1 所示：

表 2-1 衛星影像與航空照片的比較

衛星影像		航空照片	
優點	缺點	優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> • 衛星影像為數值資料，電腦可判讀。 • 較航空攝影節省時間、人力與經費。 • 穩定的獲取資料，即時性佳，如福爾摩沙衛星每天都可以獲取台灣的圖資。 	<ul style="list-style-type: none"> • 攝影比例尺固定。 • 涵蓋範圍與解析度皆固定。 • 空間解析度較低。 • 應用範圍受限。 	<ul style="list-style-type: none"> • 機動性高，天候許可隨時可起飛執行任務。 • 比例尺可依高度改變。 • 涵蓋範圍可依高度改變。 • 解析度可依高度改變。大部分的航照空間解析度較衛星影像高。 	<ul style="list-style-type: none"> • 易受天候影響。 • 涵蓋範圍較小，無法掌控全面。

美國在 1972 年 7 月 23 日發射第一顆地球觀測衛星 Landsat 1，後來陸續發射 Landsat 2~7 衛星，近四十年來獲取數量十分龐大的地表影像，為從太空觀察地球表面最長久的記錄，對於環境變遷分析與許多研究領域而言，均是極佳的研究材料，Landsat 影像由美國地質調查所(United States Geological Survey, USGS)管理，並透過 Internet 免費提供各界使用(USGS, 2011)。惟 Landsat 影像之空間解像力為 15~30 公尺，對於需要較高解像力之應用而言略有不足，近年來許多國家陸續發射衛星遙測系統，例如：日本的 ALOS (Advanced Land Observing Satellite)衛星之空間解析度為 2.5 公尺，我國所擁有的 Formosat-2 衛星影像具有地面 2 公尺的空間解析度，DigitalGlobe 公司的 WorldView-2 衛星影像更提昇至約 0.46 公尺的空間解析度，且由於目前有眾多高解像力的衛星遙測系統在運轉中，資料取得極為便利，使得遙測技術對不同地物之辨識能力大為增加，更大幅提昇遙測

技術之實用性。

除了航空與衛星影像外，光達掃描技術在海洋、河道與海岸沙洲等方面之應用亦有許多研究，例如：徐偉城等人(2005)以空載光達，建立外傘頂洲的數值高程模型；許海龍等(2005)以空載光達，調查台灣西部外傘頂洲沙洲地形變遷；蕭國鑫等(2005)利用光達偵測河道地形變遷；Babichenko 等人(2001)以 LIDAR 研究海洋中有機體之三度空間分布；Cracknell(1999)指出遙測技術包括高光譜影像、SAR、LIDAR 均可有效監測河口及濱海區域；Woolard and Colby(2002)利用空載 LIDAR 偵測在海邊沙丘的空間特徵、解析度、體積變化。

對於海岸地形變遷的研究，以往受限於可採用的技術和經費、人力等，往往欠缺歷史資料，除了地面調查的資料之外，航空影像與衛星遙測影像忠實記錄長時期地表的狀況，為海岸地形變遷分析不可或缺的資料。近年以遙測資料針對海岸地形變遷的研究，大部分皆以航照影像、衛星影像、空載光達點雲資料、雷達影像分析(Boak and Turner, 2005)，例如：洪佩鈺等(2006)以 1976~1999 年期間的像片基本圖、海岸地形圖、彩色正射影像分析臺東海岸的濱線變化；何俊緯(2011)以 1978~2008 年期間的像片基本圖、彩色正射影像、Formosat-2 衛星影像分析宜蘭海岸濱線變遷；王秀雯等(2007)利用衛星雷達影像分析臺灣西部水線變遷；林景騰(2007)以時間序列雷達影像針對台灣西海岸沙洲萃取水線；陳映璇(2009)等以淡水河口南岸八里海岸為樣區，探討光達資料在監測海岸地形變遷上的應用。自美國於 1972 年啟動 Landsat 地球觀測衛星計畫之後，有許多商業用衛星遙測系統陸續加入地球環境觀測之行列，提供了多樣化的遙測影像、雷達影像資料，但若要研究較早期的海岸地形，則仍有賴航照影像，或早期美國間諜衛星所拍攝的影像。此外，近年來國內陸續引進高效能的新式航攝數位相機，不僅改進航空攝影測量之作業效率，在影像的空間解像力與光譜解像力也均有所提升，對於數值地形模型產製、地形變遷偵測、災害之防救等方面均有很大

的應用潛力(葉堃生等, 2010)。

而位於台灣東北部的宜蘭地區，近年常因其海岸後退的問題，成為被探討海岸變遷的對象，有關宜蘭海岸變遷的研究，諸如：郭金棟等(1995)利用歷年測得之地圖與航測圖觀察宜蘭海岸 1919~1987 年間變遷的情形；李友平等(2005)觀察宜蘭海岸地區之波浪、潮流、潮位等因素，推論宜蘭海岸漂沙機制，進而探討宜蘭海岸被侵蝕的情形；徐郁晴(2010)使用 2003、2006 與 2009 年的 SPOT-5 衛星影像利用階層式分類與透過土地覆蓋分類之結果，比較三個時期土地覆蓋型面積的變化，並比較宜蘭沙丘之增減；何俊緯(2011)以 1978~2008 年期間的像片基本圖、彩色正射影像、Formosat-2 衛星影像等遙測資料分析宜蘭海岸濱線變遷。宜蘭海岸變遷的相關文獻經整理如表 2-2 所示。

表 2-2 宜蘭海岸變遷研究相關文獻

篇名	作者	研究材料與區間	研究內容與成果
宜蘭海岸線變遷之分析研究	郭金棟、 陳文俊、 游慶豐 (1995)	歷年所繪製的宜蘭地圖，其年份包括 1919、1956、1979、1985 與 1987。	將歷年地圖之海岸線數化解析，並分區討論。長期而言，外澳至金面溪段呈侵蝕現象、金面溪至蘭陽溪與蘭陽溪至港口溪段呈堆積現象。
宜蘭海岸變遷調查之研究	李友平、 賴鴻成、 孫培基、 林家祺、 林璟翔、 韓光恩、 蔡萬宮 (2005)	波浪、潮流、潮位以及颱風資訊或海底地形測量等資料。研究區間為 2002~2004 年。	長期觀測潮汐、海流、海底地形測量及海岸沙灘侵淤情形，研究成果其 2002~2004 年宜蘭海岸之海岸線遭侵蝕後退。

應用衛星影像於宜蘭平原沿海地區之監測	徐郁晴 (2010)	2003、2006 及 2009 年的 SPOT-5 衛星影像。	以影像分類與地景變遷分析，並用 Logit 迴歸推論沙丘之變遷情形。研究結果指出蘭陽地區的沙質海岸有逐期遞減的趨勢。
應用多期遙測圖資分析濱線變遷：以宜蘭海岸為例	何俊緯 (2011)	1978~2008 年期間的像片基本圖、彩色正射影像、Formosat-2 衛星影像。	利用各式圖資判釋與數化濱線，並將各期濱線以 GIS 軟體套疊分析。研究成果指出 1978 年至 2004 年水線於河口有較大的變化。

然而過去利用遙測資料如衛星影像與航空影像在宜蘭海岸地區的變遷研究，大部分都只使用 1970 年代之後的資料，對於 1970 年代之前的海岸變遷較少做探討。故本研究利用中央研究院提供之 1947 年舊航照，將其地理對位與數化濱線後，跟 1971 年之 Corona 衛星影像、1985 年的像片基本圖、2003 年 SPOT-5 衛星影像與 2009 年 Z/I DMC 航空影像偵測變遷與分析，找出過去六十餘年來宜蘭濱線與沙灘(丘)面積的變化，補足早期宜蘭海岸的濱線資訊。本研究與各文獻之宜蘭海岸變遷研究年份區間比較如圖 2-1 所示。

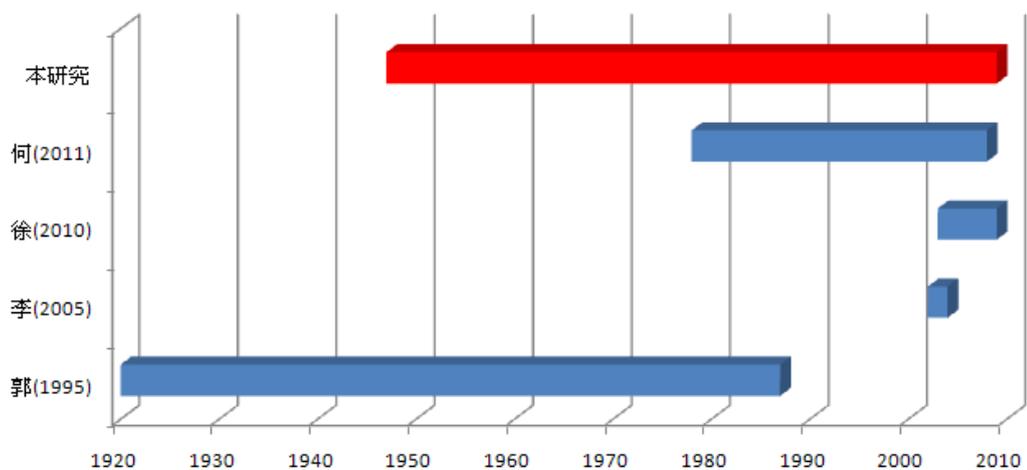


圖 2-1 本研究與各文獻之宜蘭海岸變遷研究年份區間比較

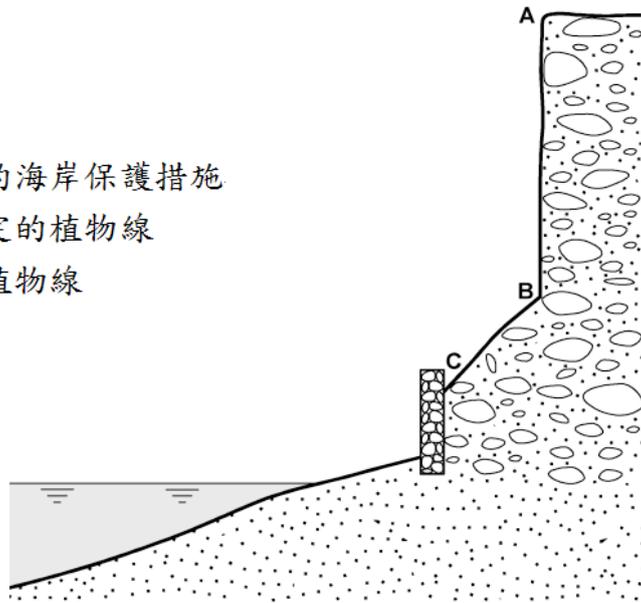
第二節 濱線指標選取與判釋之相關研究

濱線的廣義定義為「海水與陸地的交界」，其位置隨著諸多不同時空尺度海象和氣象因子的影響，在空間上具有高度變動性(洪佩鈺等，2006)。實際上濱線的位置隨著時間一直在變化，這是因為沉積物在沿著海灘與垂直於海灘的方向不斷變動，沿岸的水位也因為波浪、潮汐、地下水、風浪等因素的影響而有動態變化(Boak and Turner, 2005)。因此若要以不同時期的遙測資料觀察濱線變化時，必須確立以不同圖資選取濱線時採取相同定義，否則其比較將失去意義，分析的結果也不盡然正確(何俊緯，2011)。

衡量濱線的自然特徵稱為濱線指標 (shoreline indicators)，其特徵分為海平面(sea level)與地形指標物(indicators)兩大類。海平面的指標包含高水位線(high water line)、平均高水位線(mean high water line)、濕邊界(wetted bound)、濕界線(wetted boundary)、乾濕界線(wet/dry boundary)、濕沙線(wet sand line)、水線(water line)等。地形指標物是海水面以上受到海水或海風作用形成的地形特徵，又可分為沙岸及岩岸兩類，本研究之試區的海岸主要為沙丘地形，沙岸地形的衡量指標包含：濱堤頂(灘台頂, berm crest)、小崖邊緣(scrap edge)、植物線(vegetation line)、沙丘趾部(dune toe)、沙丘頂部(dune crest)等(洪佩鈺等，2006；何俊緯，2011)。國內外常見的濱線指標可參考圖 2-2，其濱線指標在現實影像可參考圖 2-3(圖中各英文字母如圖 2-2 之註解)。

常見的海岸線指標

- A. 崖頂部/崖頂
- B. 基地崖/懸崖
- C. 位於浪潮邊緣的海岸保護措施
- D. 沙丘向海測穩定的植物線
- E. 沙丘向海測的植物線
- F. 侵蝕小崖



- G. 風暴/垃圾線
- H. 老高潮水位線
- I. 前次高潮水位線
- J. 平均高水位線
- K. 乾溼線
- L. 地下水出口
- M. 瞬時水位線
- N. 最常浪烈帶
- O. 平均低水位線
- P. 海灘趾部

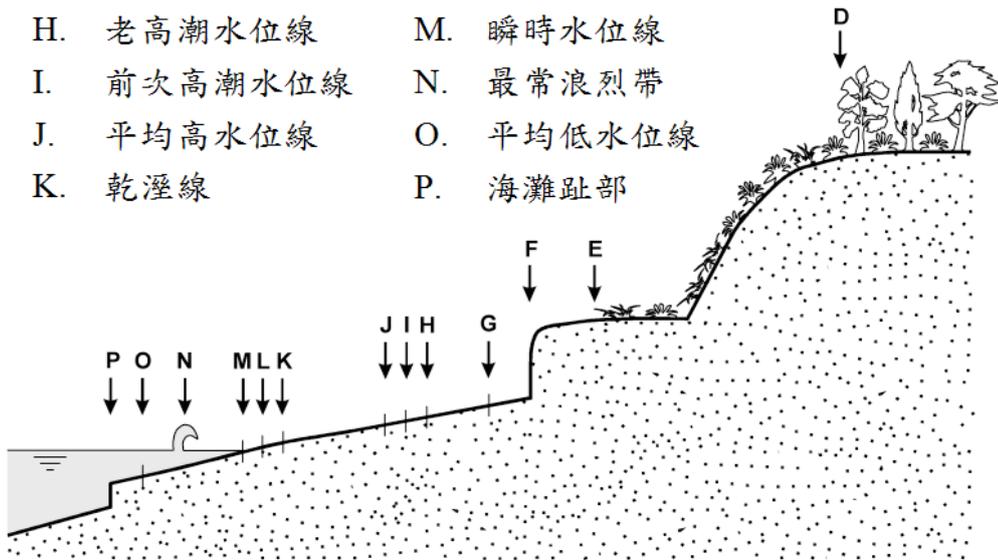


圖 2-2 國內外研究常使用的濱線指標(Boak and Turner, 2005；

洪佩鈺等，2006；陳映旋，2009；何俊緯，2011)



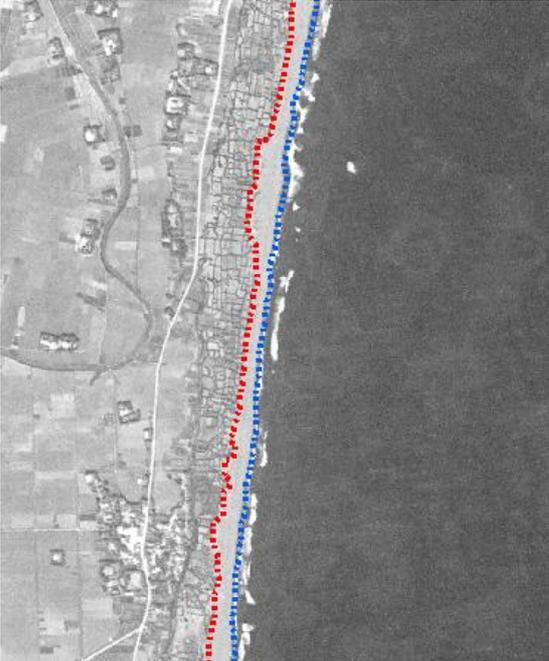
圖 2-3 濱線指標在現實影像的例子(Boak and Turner, 2005)

選取濱線指標的基本原則是該指標要能反映自然環境的變化，且不會對海岸局部波動過於敏感，而良好的濱線指標必須具有較高的連續性、穩定度和辨識度(Morton and Speed,1998; Pajak and Leatherman, 2002)。連續性指的是評估某種濱線指標在空間上是否連續出現，若沒有特殊情況，海平面指標的連續性會較地形指標物高；穩定性是評估濱線指標在不同時間的位移程度，位移越小、穩定性愈高也愈有代表性。海平面指標在評估穩定性時，要考慮資料獲取時的天氣變化，若天氣不佳則其濱線的位移會有較大的差距，而陸地指標物的位移較不會受到氣象的影響；辨識度是不同判釋者在現場或圖資上判定(數化)濱線之位置的一致性(洪佩鈺等，2006)。根據本研究所使用的遙測資料與以上三種選擇濱線指標物的因子，本研究最後選取連續性、穩定度和辨識度都高的瞬時水位線(以下稱為水線)與植物線為本次實驗的濱線指標，做為沙灘向外擴張堆積或向內收縮侵蝕的依據。

水線為海水面與陸地的交界，位置略在白色浪花的前緣處，天氣良好

時，因為其亮度與黑沙呈現高對比，所以容易判釋。若天氣不佳，則海浪沖積狀況較不穩定，此時便須選擇沖濺帶(swash zone)的地方做為水線。而水線除了會受天氣影響外，潮汐、海岸地形等也會使水線的位置略有差異，使得其穩定性較低。植物線則是指海濱多年生的灌木或喬木分布的最外緣，一般會以判釋當地的植物特性來數化植物線。植物地帶在地圖的顏色和海灘的色調差異大，不管在黑白或是彩色的影像上皆容易判釋(洪佩鈺等，2006)。關於本研究所選擇的濱線指標—水線與植物線的比較可以參照表 2-3。

表 2-3 濱線指標類型、定義與特性(修改自洪佩鈺等，2006)

濱線指標	水線	植物線
定義	海水面與陸地交接處	海岸地帶多年生的灌木或喬木分佈的最外緣
判別依據	白色浪花前緣，圖資黑白反差最大處	灌叢(非草本生植物前緣，色調較深)
連續性	高	普通
穩定性	低	高
辨識度	容易	容易
參考圖片	 <p>如圖，紅色線為植物線，藍色線為水線，而兩線之間即為沙灘(丘)的區域(底圖為 1971 年 Corona 衛星影像)。</p>	

第三節 半自動化方式萃取濱線指標之研究

過去研究海岸之變遷，常數化地圖、圖資、數位影像等資料，再取得濱線資訊。然而相同的圖資若由不同人數化，數化者的主觀判斷不同或對濱線的定義不同，將會造成不同的數化結果，因此對於環境變遷的研究將會失準。另外，同一人在不同時間數化相同圖資，由於其人為的數化誤差，亦會造成數化的差異。故若能利用自動化或半自動化的方式萃取濱線資訊，將使海岸變遷的研究更為簡易，且精確度也能大大提升。

台灣關於自動化萃取濱線的研究也有一些成果，例如陳良健、徐啟崇(1999)，利用影像分割的方式，將影像區分為水陸二元圖，再經由邊界資訊萃取出濱線的位置，並與人工數化的成果與實際野外 GPS(Global Positioning System)測量的結果做比對；林唐煌等(2003)，則利用水體和陸地反射光譜的差異，建立由衛星觀測資料快速萃取水線位置的模式，利用 SPOT 衛星在不同待測區域觀測，配合 GPS 實測水線位置，並利用梯度法 (gradient method) 萃取影像中水線的位置；何俊緯(2011)，則使用區域成長法，萃取出福衛二號攝於宜蘭海岸影像之濱線如水線、乾溼線與灘內緣線，並指出衛星影像因解析度不高使自動萃取濱線有所限制。

多光譜影像具有多波段，利用各波段的特性，可以萃取出各式不同的地物如崩塌地、植被、河川等，前人文獻在多波段影像萃取地物的相關研究亦可參考於萃取濱線之用。如壽克堅等人(2010)利用 SPOT 衛星，計算植生指數(NDVI)，並設定 NDVI 與坡度的門檻值來判釋崩塌地。林添財等人(2010)則利用監督式與非監督式之混合式分類法(Hybrid classification)，將 SPOT 衛星分類，以獲取變遷偵測所需之土地覆蓋圖(Land cover map)。雷祖強等人(2009)以區塊化物件分類(Regional Object Classification)萃取出完整度極高的水稻坵塊田。

綜上所述，本研究使用之 SPOT-5 衛星影像與 DMC 航空影像為具有近

紅外光波段之遙測影像，在影像上自動萃取植被或水域有很大的幫助。以植被為例，由於植被反射近紅外波段強烈，因此以近紅外波段感測植被時，其植被的亮度會比其他的地物要高出許多，在影像上便能更清楚的掌握植被生長的區域。若以影像分類或影像切割的方法，於萃取濱線之指標會較人工數化精確，數化效率提高，人為因素的誤差影響減少。故本研究嘗試以影像分類與分割方法，萃取出濱線資訊，並與人工數化結果比較。





第三章 材料與方法

第一節 研究地區

本研究地區位於台灣東北部宜蘭地區，宜蘭縣北部與西部為雪山山脈，南方為中央山脈，東面濱臨太平洋，蘭陽溪流經雪山山脈與中央山脈之間，在牛鬥附近流出山谷，與許多小河流共同沖積造成形狀近似三角形的蘭陽平原。沖積扇海岸之範圍北起頭城鎮外澳里，南至蘇澳鎮港邊里，南北長約 30 公里，研究地區的範圍如圖 3-1 所示。由於宜蘭三面環山，地勢高聳、河流流路短且坡度陡降，所以造成河流侵蝕劇烈，再加上雨量豐富、輸沙量顯著，使得河口泥沙堆積旺盛，易形成沙洲地形，突出於海岸(許民陽、張政亮，2002)。

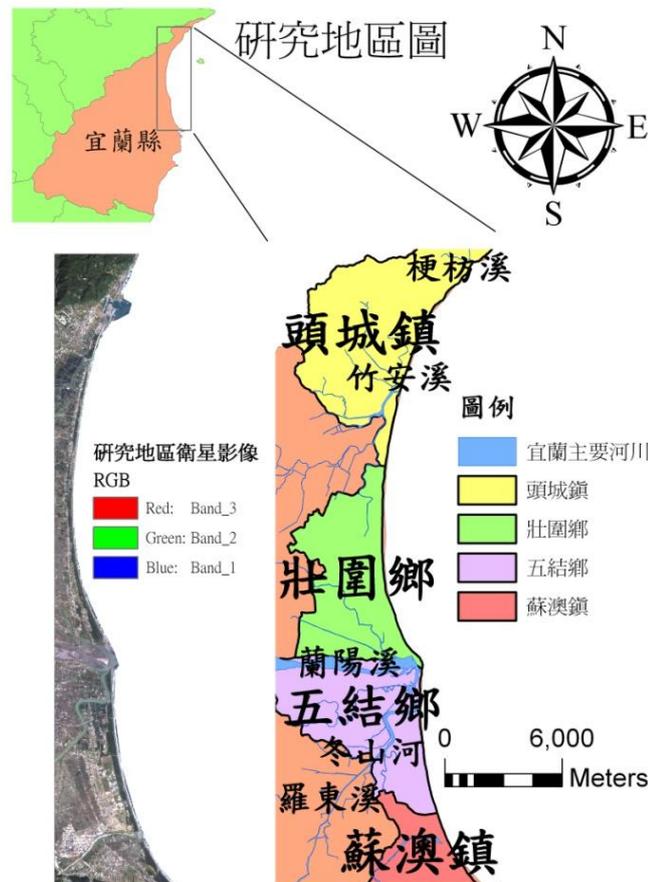


圖 3-1 研究地區圖

第二節 研究材料

本研究使用的多時期遙測影像包含 1947 年的舊航空影像、1971 年的 Corona 美國間諜衛星影像、1985 年的像片基本圖、2003 年的 SPOT-5 衛星影像，以及 2009 年使用 DMC 所拍攝的航空影像。其中 1947 年的航空影像為工研院綠能與環境研究所(前身為能源與資源研究所，簡稱能資所)收藏具有臺灣本島最早的一批完整空照影像，為記錄當時台灣地面環境的寶貴資料；而 1971 年的 Corona 衛星影像原為美國為了軍事偵查所拍攝之影像，現在雖然已經沒有軍事上的功用，但對於環境監測有相當大的效益；1985 年的像片基本圖為黑白航空影像，再加繪等高線及地物如道路、水系等註記而成；SPOT-5 衛星影像則是具有多波段特性的遙測影像，常用於植被或是其他地物的分類與監測；DMC 航空影像則是具有高空間解像力(平地約 25~30 公分)，且亦具有近紅外波段的影像，可以用來做細部的分類與環境監測。本研究使用的遙測資料之特性說明如下：

一、舊航空影像

工研院綠能與環境研究所收藏的照片是 1947~1952 年代臺灣光復初期，美軍利用飛機拍攝臺灣地區之航空照片，數量達 3,379 張，原始航照底片目前保存在美國國家檔案館(National Archives and Records Administrator, NARA)。在工研院綠能所與中央研究院通力合作下，已經把這些舊航照數位化，並利用網際地理資訊系統(Web-based GIS)建立查詢系統，提供研究人員或大眾查詢(廖泮銘等，2011)。1947 年拍攝之舊航照(原始掃描影像如圖 3-2)的儲存格式為 TIFF (Tagged Image File Format)，並沒有儲存坐標資料，故要與其他空間資料套疊分析時，須將舊航照地理對位方能使用。



圖 3-2 舊航照影像

二、Corona 衛星影像

Corona 衛星為美國在冷戰時期為了軍事偵察目的所發展的人造衛星，在運行期間拍攝大量包含全球的影像，而空間解析度達到 2 公尺，在 1970 年代期間已相當精密的資料。而這批影像在冷戰過後已不具軍事價值，卻已成為環境變遷偵測的重要資料。在 Corona 衛星運作後期，突破了傳統單一拍攝角度的攝影系統，以兩組鏡頭跟不同的角度，同時拍攝往前(Forward)與往後(Afterward)的影像，產生地表的立體像對，更可進一步製作數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)，為當時最進步的遙測技術。在 1995 年 2 月後，美國將 Corona 衛星影像解密，開放於一般社會大眾及機構使用，目前大部分影像則由美國地質調查所(USGS) 典藏與販售(台灣文史資源海外徵集與國際合作計畫，2008)。

Corona 衛星有 24 次拍攝任務攝像範圍涵蓋到台灣地區，共計有 738

幅影像，本研究使用其中三張涵蓋整個研究區域範圍的影像(如圖 3-3)，影像於 1971 年拍攝，由中央研究院提供。由於影像已由中研院定位完成，與台灣 TWD67 圖層套疊後可以重合，故不須再糾正影像。

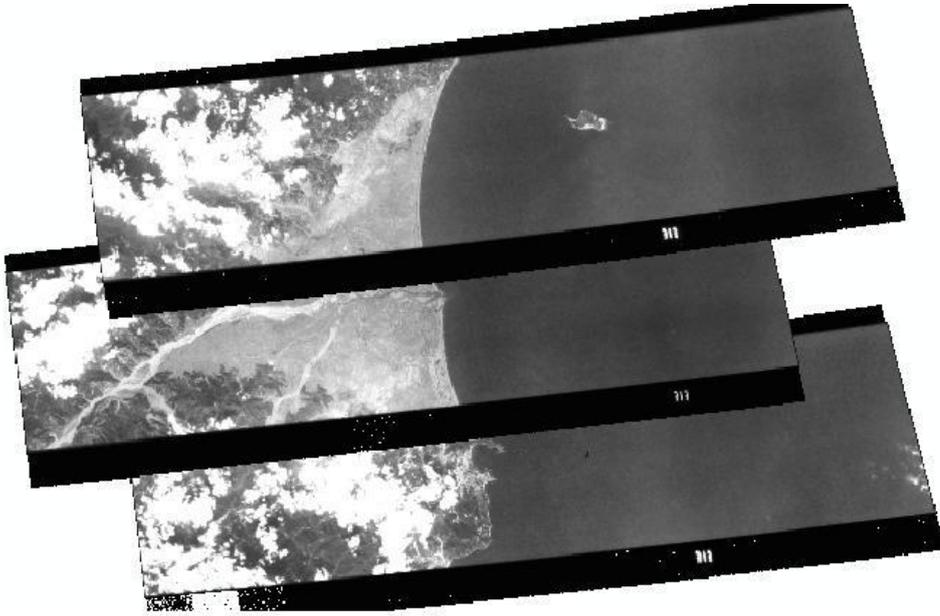


圖 3-3 實驗區 1971 年 Corona 衛星影像

三、像片基本圖

像片基本圖系因政府為因應國家經濟建設之需要，經由農林航空測量所或其它民間單位測製，其本質是地形圖的其中一種，主要是利用黑白之航空正射像片作為底圖，再加繪等高線及地物如道路、水系等註記而成，可分為 1/5000（平地坡地）及 1/10000（高山地區）二種比例尺(行政院農委會農林航空測量所，1983)。其用途包括：

- (一) 評估農、林、工業等各項土地利用之情形。如計算農作物生產量。
- (二) 各項經濟建設之初步規劃可在基本圖上作業，不必臨時測量，節省時間與人力經費。
- (三) 供縣市地方政府等行政單位在行政管理上之應用更有效率。
- (四) 區域規劃、土地稅收、都市發展、人口調查等工作，均需基本圖作為基本資料。

(五) 村里、鄉鎮、縣市等轄區的界線可由基本圖來界定。

本研究使用的像片基本圖為 1985 年由農航所生產之五千分之一之像片基本圖，其空間解析度為約為 0.63 公尺。由於獲取圖資時已經有正確的地理坐標，與台灣 TWD67 圖層套疊後可以重合，故不再對圖資做地理對位與糾正等處理，其影像如圖 3-4 所示。另外由於套色版地圖已將水域部分切除，而比對原始航照影像發現其切除的標準與本研究判釋水線的標準一致，故直接以套色版的圖資數化濱線。



圖 3-4 1985 年之像片基本圖

四、SPOT-5 衛星影像

SPOT 系列衛星為太陽同步衛星，平均航高為 832 公里，軌道與赤道傾斜角 98.77° ，繞地球一圈週期約 101.4 分，一天可轉 14.2 圈，每隔 26 天通過同一區域。其中 SPOT-5 號衛星於 2002 年 5 月 4 日發射升空，擁有 3 種光學儀器分別為兩個 HRG(High Resolution Visible)感測器、地表植被分析研究的儀器 VI(Vegetation Instrument)、以及 HRS(High Resolution Stereo)感測器。每一個 HRG 儀器分別可獲取兩個全光譜影像、一個多光譜影像、

以及一個短波紅外線波段影像，全光譜影像有空間解析度為 5 公尺，多光譜影像空間解析度為 10 公尺，而短波紅外線波段影像則有空間解析度為 20 公尺。在定位精度方面，過去 SPOT-1~4 衛星利用載體軌道參數所得到之絕對定位誤差約為 1000 公尺，而 SPOT-5 衛星利用 Star Tracker 與 DORIS 系統紀錄姿態與軌道位置之定位，在未使用地面控制點且為平坦地形之絕對定位精度已可提高到 50 公尺（國立中央大學太空及遙測研究中心，2011），而本研究所使用之 SPOT-5 衛星影像經中央大學太空及遙測研究中心處理後其影像等級為 level 3，其定位精度據產品報告為 X 方向 5.4 公尺；Y 方向 3.4 公尺。

五、DMC 航空影像

隨著遙測科技的進步，航測製圖已由人工類比模式提升為數位化，2006 年林務局農林航空測量所購置最新精密空照數位相機 Z/I DMC 以取代傳統底片式航測相機，以及 POS(Position and Orientation System)機載慣性定位定向系統，內含 GPS 與慣性量測裝置(Inertial Measurement Unit, IMU)，於執行航攝任務之際快速獲取航空影像外方位資料，簡化空中三角測量平差程序，應用數值影像配合電腦編修製圖，大幅節省人力與時間。目前國內應用 DMC 拍攝台灣全區(含離島)，提升了影像解析度及品質，且配合各項航空攝影計畫規劃平地地面解析度為公分級之多光譜影像作為製圖、國土監測及規劃、森林資源調查、樹種判別、偵察農林天然災情，協助稻作面積調查及林木病蟲等學術研究發展之用(農林航空測量所，2011)。利用 DMC 所拍攝之影像不需經過傳統底片沖洗及掃描等流程，航空攝影作業完畢後透過影像後處理軟體的操作即可得到 12bit 及具有 4 個光譜波段(紅、綠、藍、近紅外)之影像，大幅提升影像之輻射解析度及光譜解析度。其中由於拍攝時同時能取得近紅外波段的影像，較傳統須獨立拍攝近紅外波段影像的作業方式，能節省許多作業成本（葉堃生等，2010）。

第三節 研究方法

本研究使用了五個時期的遙測影像，各時期影像來源不同，影像資料的特性也各異，因此所需的處理方式各不相同，如 1947 年的舊航照以橡皮伸張法(rubber sheeting)地理對位(陳良健、張智安，2003；邱永芳，2005)；2003 年的 SPOT-5 影像須將原始四個波段的資料(*.bsq 檔)轉為 ERDAS 之 img 檔，再將四個 img 檔疊合成影像；而 2009 年 DMC (Digital Mapping Camera)影像則需要輸入內外方位參數完成空中三角測量，再將每張影像自動匹配連接點，輸入參考的數值高程模型(DEM, Digital Elevation Model)後製作正射影像並鑲嵌(葉堃生等，2010)。完成資料的處理後，每份影像均有正確的坐標，便可用 GIS 軟體將所有影像載入與套疊分析(overlay analysis)，並數化濱線與沙灘(丘)，便可直觀看出各年度濱線的變化及計算沙灘(丘)增減的面積與變化量。

除此之外，為了簡化數化濱線的過程與時間，本研究亦嘗試使用各種自動化萃取濱線的方法。如利用 SPOT-5 和 DMC 影像具有近紅外光譜的特性，使用影像分割、監督式分類法，界定出沙灘(丘)、水體與植被的覆蓋範圍，再以 ArcGIS 軟體提供的網格計算與資料管理等各式工具處理，萃取出濱線，並分析與比較萃取之濱線跟人工數化結果的差異。本研究的流程如圖 3-5 所示。

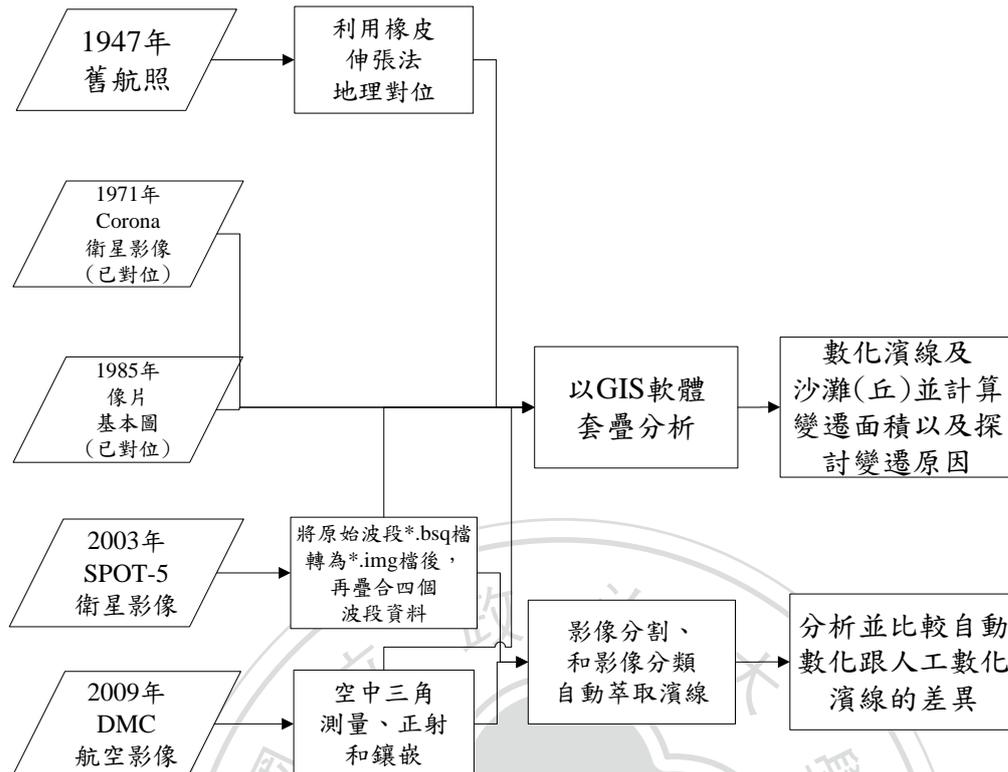


圖 3-5 研究流程圖

一、遙測影像處理方式

(一) 舊航空影像

1. 舊航照影像對位方法

由於掃描下載後的舊航照影像並沒有坐標資料，故須將舊航照先地理對位方能與其他空間資料套疊。由於缺乏早期控制點的資料，因而只能選擇使用日期較近且已定位影像之相同地物點對位，若對位影像與基準影像日期差距過大，便只能選取明顯不變的地物點作為定位點。本研究所獲取之 1971 年美國 Corona 衛星影像已完成定位，故以 1971 年的影像作為對位基準。在比較兩影像時，雖然河口、農田與建物因改變幅度過大，不適合做為定位點，然而其道路的形狀與分佈確有相當高的雷同度(如圖 3-6)，因此選擇道路之轉折或路口之中心做為定位點，便能選取足夠的控制點將影像對位到正確的位置上。

數值影像幾何矯正的方式可視地形平坦度選擇要採取何種糾正方法，如對海岸或平原等平坦地區，則可以使用橡皮伸張法(邱永芳，2005)。故本研究舊航照對位的方法採用 ArcGIS 內建的 spline 轉換(spline transformation)，spline 轉換即是用橡皮伸張法的原理，透過拉伸、收縮或調整點與點相互連接的關係，在坐標改正時，利用所有的控制點來做更準確的匹配。以橡皮伸張法對位時，精度是以局部的區域來計算，而非整張影像，其數學函式為一個分段的多項式，可以保持鄰近多向式的平滑程度與連續性。在有控制點或定位點的位置其對位的準確性高，離控制點有距離的區域對位的準確性較低，所以橡皮伸張法適合在確定控制點是絕對正確的情況下使用。使用橡皮伸張法至少需要十個控制點且若增加對位的控制點，可以使對位的整體精度提高。

本研究為了使對位精度提高，於對位之前先切除確定無控制點的部分如海洋與山地，再開始對位(如圖 3-7)，便可以減少沒有控制點地區對位精度較低的問題。整個研究區域中一共包含了九張航空影像(每張影像控制點個數皆在 40 以上，其控制點分佈以影像編號: 47-m7012-004 為例，如圖 3-8 所示)，將九張航空影像對位並套疊後如圖 3-9 所示。



圖 3-6 左圖為 1971 年 Corona 衛星影像，右圖為 1947 年的舊航照影像。兩張影像比較可以發現在道路交點或轉折點幾乎一樣(圖上紅圈 A~F 點)。



圖 3-7 左圖為原始舊航照影像，為了提高對位精度，首先將確定沒有控制點的區域切除如右圖所示，再開始地理對位。

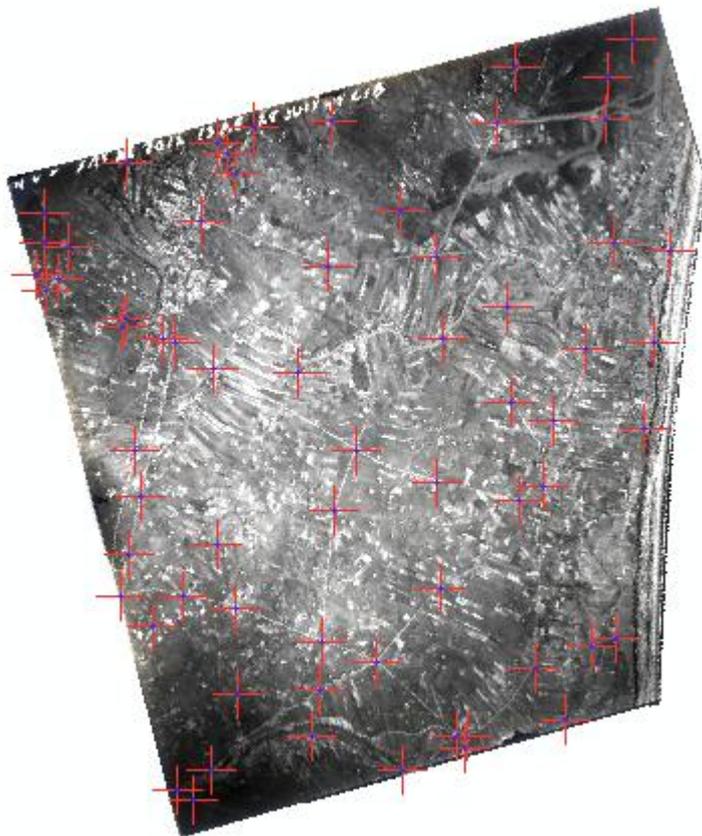


圖 3-8 影像對位點分佈 (影像編號: 47-m7012-004, 紅十字中的藍點即為對位點位置)



圖 3-9 實驗區之 1947 年航照拼接圖

2. 舊航照影像對位檢合

為檢核舊航照影像的對位精度，將對位完成之影像選取 15 個檢核點檢核(各檢核點跟原始定位點不同，檢核點位置如圖 3-10 至 3-18)，計算各影像所有檢核點的均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)，公式如式 (1)(Longley et al., 2011)，比較 ArcGIS 中提供的各項對位方法之精度。各個方法如多項式擬合(包含一階、二階及三階)、平差計算後的結果和橡皮伸張法，精度檢核結果如表 3-1 至表 3-9，結果顯示以橡皮伸張法對位，其檢核點均方根誤差約為 5~10 公尺，與其他對位方法比較，橡皮伸張法的整體誤差最少且影像不會變形，故最適合用來對位舊航照，惟在其控制點較遠的地方，誤差仍會超過 10 公尺以上。

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta X^2}{n}} \quad (1)$$

式中，n 為檢核點個數。

δX 為觀測值與真值的偏差。

σ 為均方根誤差。

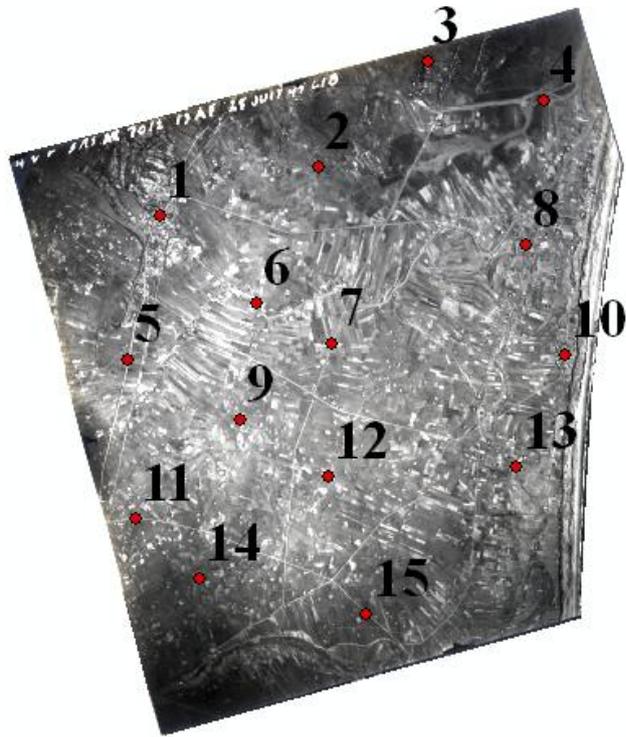


圖 3-10 舊航照(影像編號: 47-m7012-004)之檢核點位置

表 3-1 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位：公尺；
影像編號: 47-m7012-004)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	12.12	6.76	5.07	17.02	5.06
2	2.59	2.66	7.99	5.06	1.54
3	5.25	4.38	5.31	32.10	5.64
4	1.48	10.41	13.34	60.09	2.54
5	4.35	3.96	5.28	15.81	6.85
6	3.80	7.81	9.03	7.79	5.03
7	2.65	7.12	6.24	19.74	6.27
8	1.70	3.65	5.12	16.51	2.25
9	4.64	3.02	3.55	12.40	3.66
10	5.17	6.01	4.70	23.33	6.86
11	4.44	3.69	4.76	9.92	5.34
12	5.27	8.11	3.93	10.51	4.25
13	5.81	10.56	7.24	26.54	7.29
14	2.65	6.01	9.58	10.40	2.65
15	1.91	6.64	10.94	15.74	5.03
RMSE	5.12	6.75	7.59	23.75	5.18

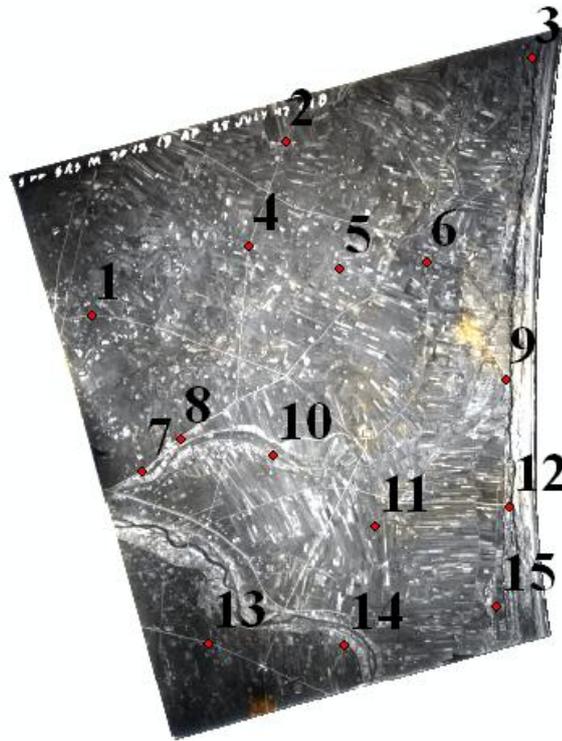


圖 3-11 舊航照(影像編號: 47-m7012-005)之檢核點位置

表 3-2 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位: 公尺;
影像編號: 47-m7012-005)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	3.22	2.15	1.89	16.61	5.14
2	2.52	12.00	7.38	7.48	2.67
3	9.66	12.55	7.82	5.65	10.57
4	4.66	10.59	11.10	5.12	7.35
5	3.39	11.80	10.30	6.70	4.94
6	3.60	3.90	3.98	12.46	2.83
7	6.69	9.22	7.44	14.58	8.17
8	4.09	8.48	6.66	12.07	6.58
9	6.03	17.88	19.80	20.98	18.03
10	1.42	5.84	3.51	21.96	3.69
11	6.33	8.52	11.06	3.47	5.90
12	5.19	11.34	13.35	20.64	7.65
13	3.71	3.40	3.27	12.39	4.37
14	2.39	4.24	1.56	1.30	2.52
15	11.12	11.69	12.84	27.74	14.58
RMSE	5.77	10.18	9.81	15.20	8.50

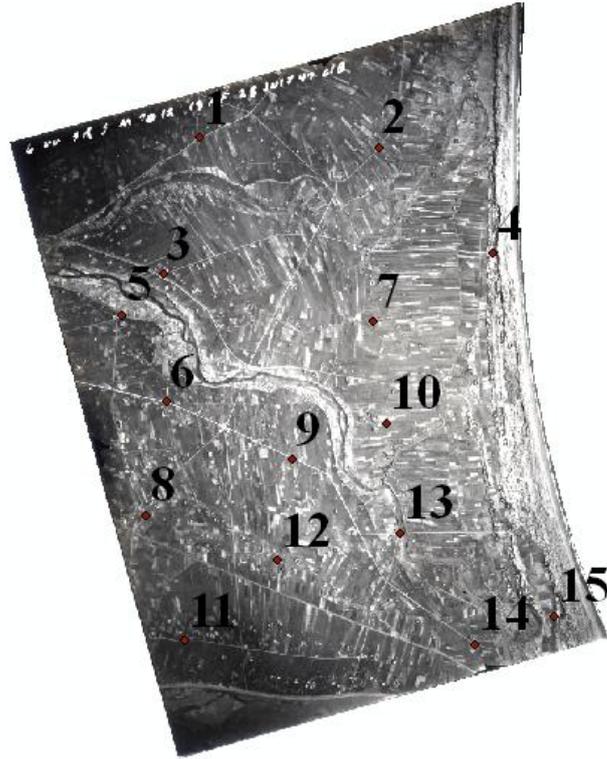


圖 3-12 舊航照(影像編號: 47-m7012-006)之檢核點位置

表 3-3 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位：公尺；
影像編號: 47-m7012-006)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	3.07	3.28	3.44	8.91	3.65
2	4.41	3.22	3.76	9.35	3.78
3	1.79	2.98	2.44	2.61	2.30
4	3.66	6.49	13.08	23.69	4.08
5	2.17	2.92	2.99	6.37	2.14
6	4.85	3.11	7.23	2.89	5.04
7	5.88	7.00	6.20	3.32	5.32
8	4.87	6.32	8.84	4.68	5.36
9	2.51	3.60	5.62	7.07	2.77
10	8.72	6.57	5.77	4.52	8.77
11	1.65	2.20	9.39	9.06	1.67
12	7.69	9.53	10.22	14.20	9.32
13	9.33	8.37	7.93	9.21	8.99
14	2.57	5.66	3.31	10.71	2.94
15	2.62	2.59	5.14	16.04	2.15
RMSE	5.19	5.60	7.26	10.78	5.37

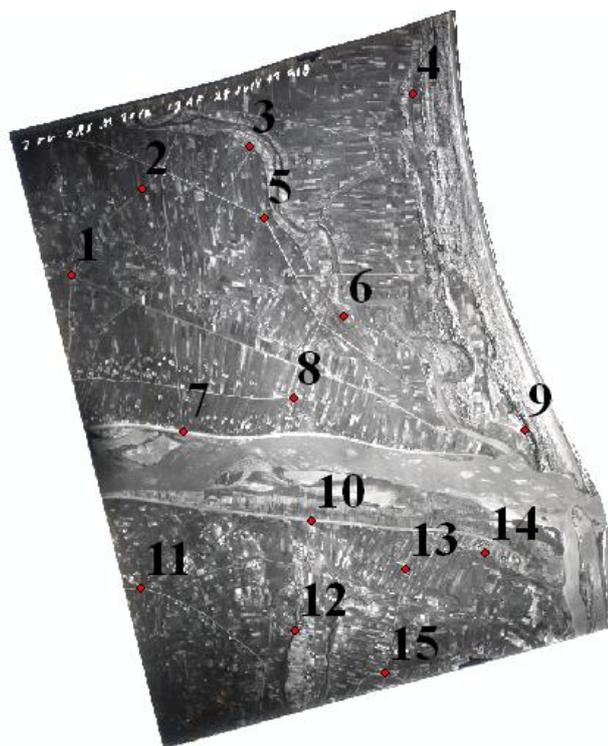


圖 3-13 舊航照(影像編號: 47-m7012-007)之檢核點位置

表 3-4 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位: 公尺;
影像編號: 47-m7012-007)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	3.88	4.18	8.02	15.24	4.06
2	1.58	4.21	2.62	2.87	1.84
3	23.94	9.55	14.69	18.77	19.46
4	7.78	31.76	28.67	29.38	18.37
5	4.23	15.56	8.94	3.54	8.09
6	3.35	4.86	4.39	2.22	2.41
7	6.98	12.56	3.49	2.61	9.95
8	1.88	4.96	11.39	7.16	2.05
9	4.90	7.93	10.28	2.93	9.53
10	18.27	21.83	7.42	10.49	19.18
11	5.33	11.48	6.85	11.72	13.19
12	2.08	6.29	3.82	4.07	1.95
13	3.57	5.51	6.41	3.76	5.07
14	14.92	16.17	19.81	21.73	17.56
15	4.88	6.48	4.44	6.23	4.19
RMSE	9.94	13.70	12.03	12.90	11.64

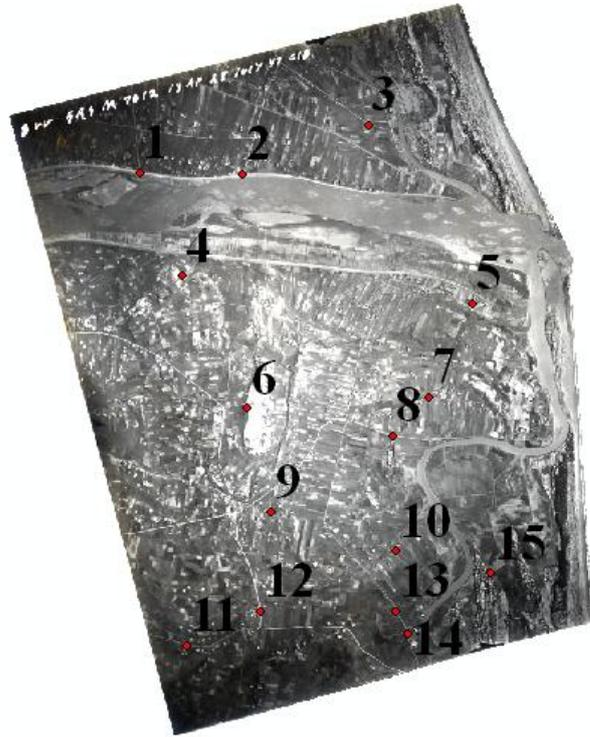


圖 3-14 舊航照(影像編號: 47-m7012-008)之檢核點位置

表 3-5 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位：公尺；
影像編號: 47-m7012-008)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	5.56	8.41	8.81	7.90	8.20
2	3.20	1.91	2.60	7.60	2.84
3	4.39	2.44	3.44	3.77	3.31
4	5.09	5.06	5.90	6.13	7.37
5	3.31	4.69	7.69	4.50	3.95
6	4.02	4.47	4.38	11.78	4.58
7	6.18	6.07	6.27	9.09	7.44
8	2.93	5.56	7.77	1.88	4.13
9	1.54	4.00	5.38	13.44	2.14
10	8.28	1.04	1.86	5.10	2.80
11	8.34	3.38	3.37	15.09	3.77
12	1.38	3.36	4.24	4.92	2.99
13	2.58	8.98	8.04	12.91	8.20
14	2.91	3.25	5.16	11.90	1.94
15	8.87	9.88	9.60	10.77	8.75
RMSE	5.32	5.63	6.29	9.36	5.55

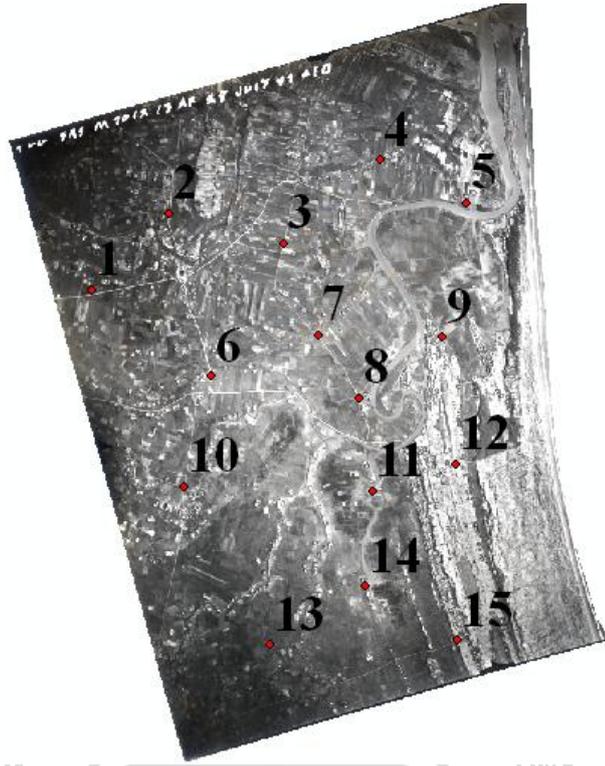


圖 3-15 舊航照(影像編號: 47-m7012-009)之檢核點位置

表 3-6 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位: 公尺;
影像編號: 47-m7012-009)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	2.67	4.27	9.87	7.35	2.82
2	1.71	1.68	2.71	2.94	1.81
3	1.38	4.95	3.52	7.15	2.09
4	6.28	6.37	5.65	14.18	4.44
5	1.98	12.82	14.05	7.45	20.19
6	3.08	3.28	2.81	3.27	3.54
7	4.11	3.13	5.84	1.83	2.47
8	4.97	8.26	9.38	2.87	6.80
9	14.51	10.68	29.33	32.49	18.35
10	2.74	5.86	16.20	16.87	2.17
11	3.20	8.11	3.15	10.68	3.06
12	2.41	33.86	15.53	20.38	31.49
13	6.57	40.76	39.73	27.32	8.24
14	7.56	10.99	7.64	14.53	7.57
15	13.16	15.20	13.11	37.15	16.63
RMSE	6.62	16.29	16.17	18.13	12.68

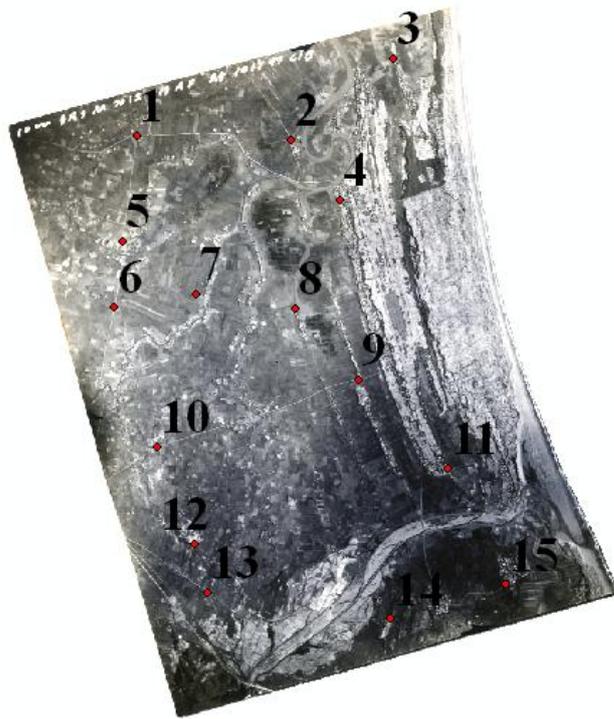


圖 3-16 舊航照(影像編號: 47-m7012-010)之檢核點位置

表 3-7 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位：公尺；
影像編號: 47-m7012-010)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	2.12	3.44	3.22	20.51	2.35
2	3.74	4.15	3.16	12.82	3.20
3	6.15	7.92	6.40	17.17	4.15
4	3.23	4.26	8.05	5.36	3.38
5	4.75	4.81	9.47	5.84	6.92
6	4.88	3.86	6.07	4.92	3.53
7	9.81	7.04	13.37	14.88	6.16
8	5.05	8.77	10.39	7.88	7.28
9	5.17	7.25	10.95	32.37	6.18
10	4.16	6.89	5.65	8.75	5.68
11	7.97	14.84	24.99	40.06	7.98
12	1.81	24.09	24.65	27.72	5.52
13	3.45	13.35	12.96	26.29	5.96
14	6.88	7.79	7.20	25.91	7.58
15	3.97	2.52	6.70	11.62	2.54
RMSE	5.48	10.07	12.50	21.12	5.73

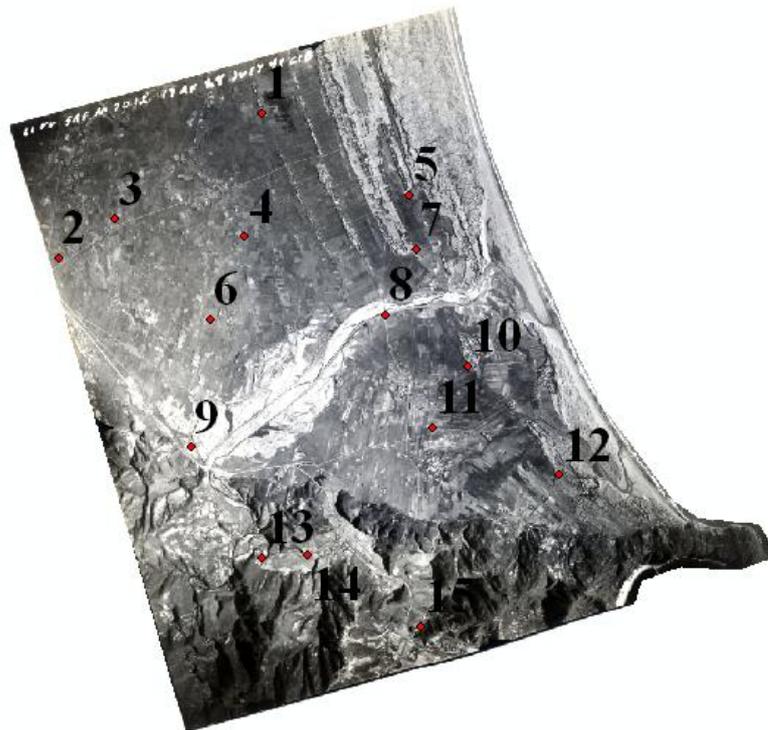


圖 3-17 舊航照(影像編號: 47-m7012-011)之檢核點位置

表 3-8 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位: 公尺;
影像編號: 47-m7012-011)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	5.25	13.04	9.06	7.05	4.84
2	5.96	6.45	24.65	4.13	7.20
3	21.34	38.67	40.80	23.09	28.61
4	3.24	41.59	34.12	39.16	6.65
5	23.96	35.77	42.82	59.50	36.30
6	1.86	18.86	10.55	19.55	4.09
7	2.45	18.44	24.37	39.27	8.09
8	7.55	10.15	13.69	33.78	8.69
9	8.21	18.83	18.78	2.85	9.04
10	2.38	3.87	12.28	28.27	2.89
11	2.97	6.10	1.70	18.21	2.78
12	5.43	10.33	16.70	17.42	8.26
13	14.25	9.68	16.46	4.87	15.15
14	6.86	9.74	4.08	3.75	10.00
15	7.71	13.87	10.75	10.20	20.65
RMSE	10.66	21.40	23.04	27.15	15.44

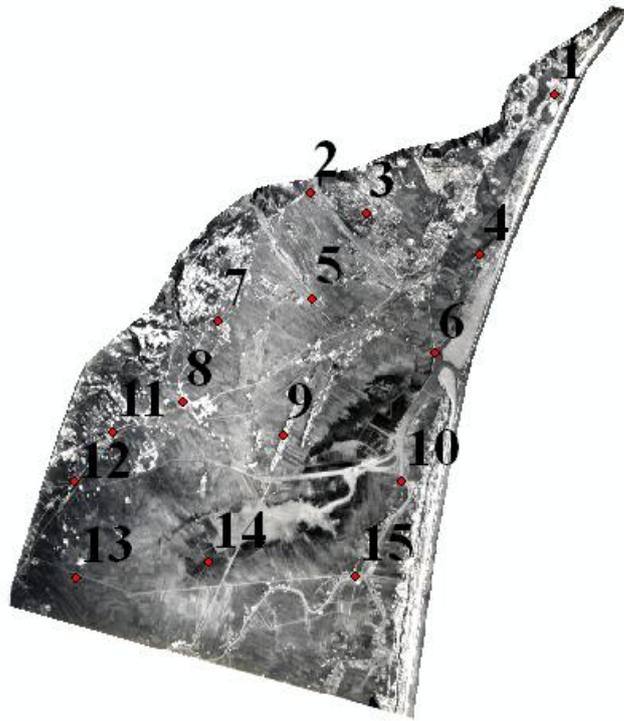


圖 3-18 舊航照(影像編號: 47-m7044-044)之檢核點位置

表 3-9 各對位方法之檢核點誤差與 RMSE(單位：公尺；
影像編號: 47-m7044-044)

	橡皮 伸張法	三階 多項式轉換	二階 多項式轉換	一階 多項式轉換	平差計算
1	3.73	7.23	4.52	35.94	5.21
2	16.09	47.17	82.67	18.24	13.46
3	7.43	15.28	16.69	7.47	8.87
4	5.36	10.21	22.66	10.65	6.92
5	23.13	4.54	28.47	28.99	16.15
6	13.35	37.27	6.75	35.95	17.92
7	4.73	35.51	63.91	32.70	15.05
8	11.89	13.87	22.48	25.07	14.42
9	4.42	16.62	14.73	17.86	4.12
10	4.18	7.46	24.55	30.02	4.67
11	4.40	42.61	49.40	50.92	11.61
12	6.05	32.93	42.39	54.24	11.83
13	4.50	17.18	12.79	39.18	3.71
14	3.79	11.54	35.10	8.93	6.84
15	4.94	13.86	12.72	44.04	3.72
RMSE	9.95	25.82	37.52	33.74	11.15

(二) SPOT-5 衛星影像

本研究所使用的 SPOT-5 影像是從中央大學太空及遙測研究中心所購得，於 2003 年 6 月 1 日拍攝，影像等級為 level 3，屬於精密幾何改正之正射影像，包含綠光(Green)、紅光(Red)、近紅外光(Near Infrared, NIR)三個波段之 10 公尺空間解析度之原始影像，另外也包含短波紅外光(Short-Wave Infrared, SWIR)，原始空間解析度為 20 公尺，由中央大學太空及遙測研究中心處理成為 10 公尺解析度(徐郁晴，2010)。原始影像產品檔案包含影像(*.bsq)、影像說明(*.ers)、控制點說明(*.gcp)、校正成果說明(*.qc)、相關之影像產品報告(*.rpt)及影像使用規約文件等。其中影像產品報告記錄了該影像之像元解析度(Pixel Spacing)、坐標系統(Map System)、影像之四角坐標(Corner Parameters)、影像尺寸(Image Size)等資訊(劉進金等，2008)。若要使用影像，則必須先處理資料。本研究利用 EADRS IMAGINE 先將各波段無檔頭資訊的二進位影像檔(*.bsq)轉檔成 ERDAS 影像檔(*.img)後，再以 Interpreter 模組中的 Layer Stack 工具將四個波段的*.img 檔疊合成一幅具有四個波段的衛星影像，最後根據影像報告檔取得地理坐標資訊，輸入左上角坐標、空間解析度、坐標單位及投影方式等參數完成資料處理的工作，完成後的影像如圖 3-19 所示。



圖 3-19 2003 年研究區的 SPOT-5 衛星影像

(三) DMC 航空影像

自農航所購得的原始影像(如圖 3-20, 為其中一張原始影像)拍攝於 2009 年 5 月 22 日, 而空中三角測量需要輸入內外方位參數, 並製作正射影像及影像鑲嵌。跟傳統數位底片不同的是 DMC 航空影像並沒有框標點, 亦即解算內方位時不需要點選框標點, 只需輸入 DMC 相機的參數便可求得內方位。而解算外方位時, 由於在拍照時便有記錄各張影像外方位的六個參數, 故只需匯入資料即可, 不須如傳統航照影像解算外方位時還必須點選控制點, 節省了大量資料處理作業時間, 也可減少人為的誤差。本研究使用的 DMC 影像共 73 幅, 以 LPS (Leica Photogrammetry Suite) 軟體輸入影像內外方位後, 讓每張影像自行匹配連接點, 再匯入 DEM 及可製作正射影像與鑲嵌影像, 完成後的影像如圖 3-21 所示。



圖 3-20 DMC 原始影像(單張)



圖 3-21 DMC 影像正射後鑲嵌成果

(四) 本研究使用遙測影像比較

比較五個時期的影像，其中以 SPOT-5 衛星影像的空間解析度最低，但具有多光譜波段的特性；而早期 1947 年舊航照、1971 年 Corona 衛星影像與 1985 年像片基本圖則是黑白影像，但整體而言空間解析度高，皆能清楚辨識濱線；DMC 航空影像同時具有高空間解析度與近紅外波段，但是在細部分類時較容易出現雜訊。由於數化影像時，其誤差跟影像的空間解析度有關，故選擇研究圖資時應選用空間解析度較高的影像。關於本研究所使用的 5 種遙測資料的比較如表 3-10 所述。

表 3-10 本研究各種遙測影像資料比較

拍攝時間	1947	1971	1985	2003	2009
影像類型	航空影像	Corona 衛星影像	像片 基本圖	SPOT-5 衛星影像	DMC 航空影像
空間解析度 (m)	約 1.25	2	約 0.63	10	約 0.15
光譜範圍	黑白	黑白	黑白	綠光： 0.50 -0.59 μ m 紅光： 0.61-0.68 μ m 近紅外光： 0.78 -0.89 μ m 短波紅外光： 1.58 -1.78 μ m	藍光： 0.40-0.58 μ m 綠光： 0.50-0.65 μ m 紅光： 0.59-0.675 μ m 近紅外光： 0.675-0.850 μ m
影像處理或對位方法	橡皮伸張法對位	無	無	轉檔與輸入坐標資料	輸入內、外方位參數後正射與鑲嵌影像
對位檢合	每張影像選取 15 個控制點計算 RMSE	與台灣 TWD67 圖層套疊	與台灣 TWD67 圖層套疊	產品報告說明	拍照時已記錄外方位資訊

二、半自動化萃取濱線

由於人工數化濱線需要耗費人力與時間，且數化的一致性會因不同人或不同時間而有所差異。故若能利用影像之特性，自動萃取出濱線，便可對濱線之研究帶來不小的利益。本研究中所使用的遙測影像如 SPOT-5 衛星影像與 DMC 航空影像皆具有多個波段，於自動萃取濱線指標有很大的幫助。故本研究利用各種不同影像分類或分割的方法，嘗試自動化的萃取濱線，並經由人工修補完成半自動化萃取，並與完全由人工數化濱線比較。

(一) 監督式分類

各類地物對於太陽輻射能量的反射，在不同波長的情況下，其反射的強度會有所不同，因此各類地物皆有其特殊的光譜反射曲線(Jensen, 2007)，如植被的部分在近紅外波段的地方反射強烈，一般在利用多光譜影像偵測地表時，便經常利用近紅外波段觀察植被的位置與預防植物的病蟲害。相反的在水體的部分，由於水體會吸收大部份的近紅外光，所以在分析時也可找出無反射近紅外波段的地方，來偵測水體的位置。常見地物的光譜反射曲線可參見圖 3-22。

影像的分類方法主要有監督式分類(supervised classification)與非監督式分類(unsupervised classification)兩種，本研究嘗試以監督式分類方式，利用 2003 年的 SPOT-5 衛星影像與 2009 年 DMC 航空影像，選取真實地面資料作為訓練樣區，並決定訓練樣區之類別，再依不同類別所選取訓練樣區之像元光譜值，計算各個類別的平均值與標準差，最後依計算結果分類其他像元，方法則採用最大概似法(maximum likelihood)計算分類。其中將水體、沙灘和植被各分為不同類，將植物線(植被與沙灘交界)、水線(沙灘與水體交界)的位置萃取出來，如此可省略人工數化的工作與避免人為的判釋錯誤，其初步分類的結果如圖 3-23 所示。

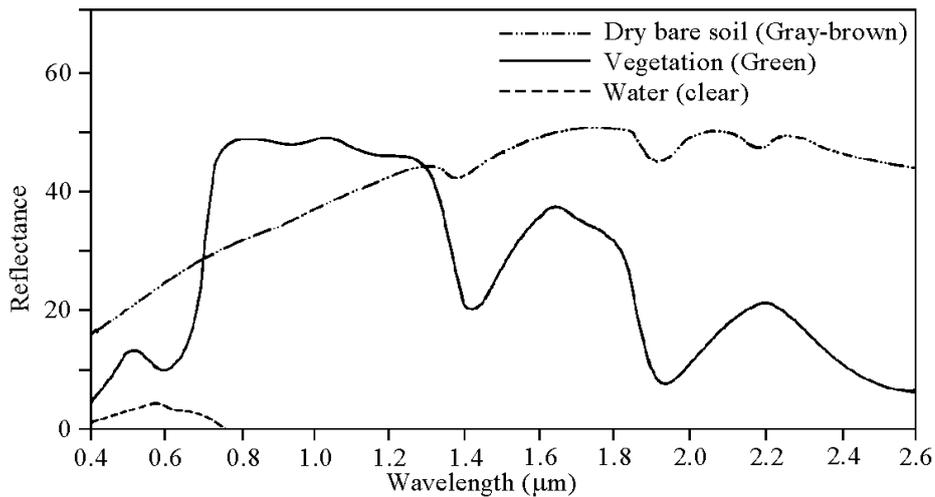


圖 3-22 常見地物的光譜反射曲線(Jensen, 2007)

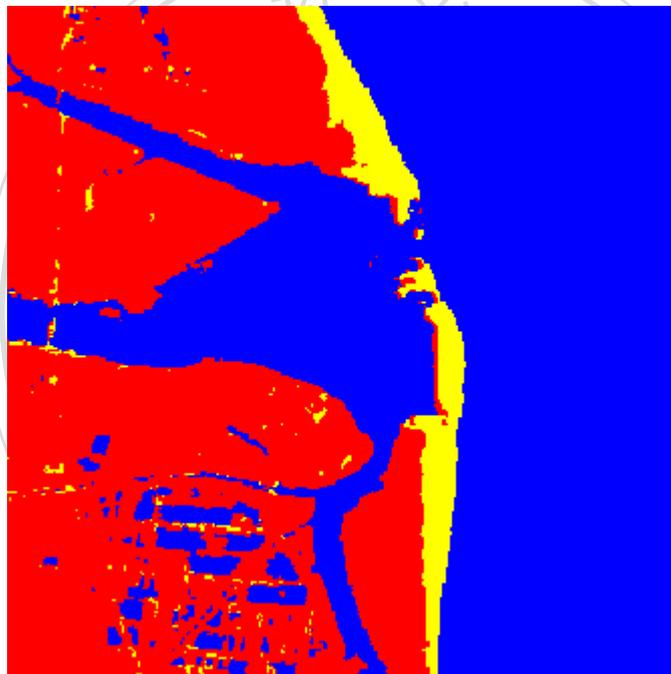


圖 3-23 以監督式分類方式萃取濱線的成果，藍色為水體、紅色為植被而黃色為沙灘的部分，於圖中可以看出濱線如植物線(植被與沙灘交界)、水線(沙灘與水體交界)的交界。

(二) 二元分類

相較於監督式分類，二元分類的概念比較單純，只需要找出單一波段影像像元的門檻值，再利用門檻值將影像分為黑白的兩色影像，找出水域、沙灘與植被(或是灘內緣)的界線。本研究先在待分類的影像中隨機選取數點並量測影像的亮度值，藉以找出並統計最適合用來二元分類的波段並推估

門檻值(流程如圖 3-24)，再利用該波段水域與沙灘、沙灘與植被的門檻值分類成二元影像(以 DMC 影像為例如圖 3-25 與 3-26)，再經由 GIS 軟體處理後萃取出水線與植物線。

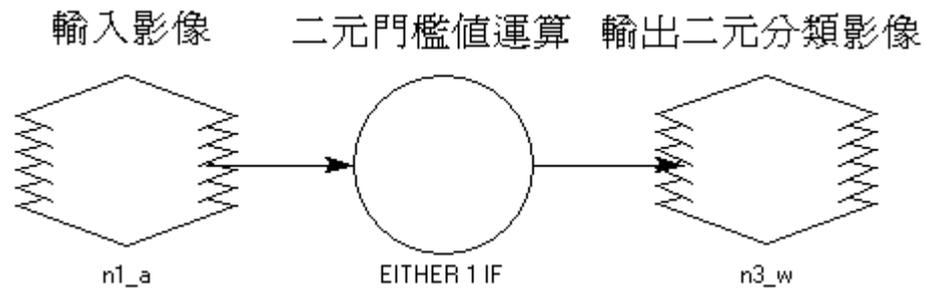


圖 3-24 二元分類流程圖

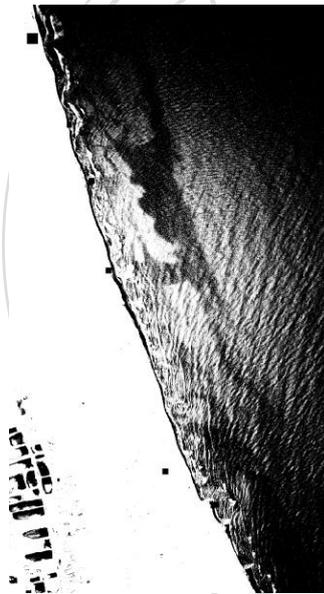


圖 3-25 二元影像(水域與沙灘)



圖 3-26 二元影像(沙灘與植被)

(三) 影像分割

影像分割(Image Segmentation)為利用物件導向的概念，利用演算法找出最適合的臨界值(Threshold Value)將影像依據像元值的差異切成許多小塊的物件，再判別各個區塊的內容。由於 DMC 影像於其他分類的結果中，因為高空間解析度的關係，使分類結果有許多雜訊。故以 ERDAS 軟體的 Image Segmentation 工具，利用影像分割的演算，先將雜訊與待分類地物分

為數個物件，再重新編碼(Recode)去除雜訊。其中需輸入重要的參數為區塊的臨界值以及最小區塊的最小像元數，在本研究中選取 DMC 影像的小區域實驗，經反覆測試，設定臨界值為 200(亮度差異超過 200 便可分出沙灘與水域以及沙灘與植被地區)，最小分割區塊為 2000 個像元(如圖 3-27)，以避免區塊太細碎不易分類之情形。

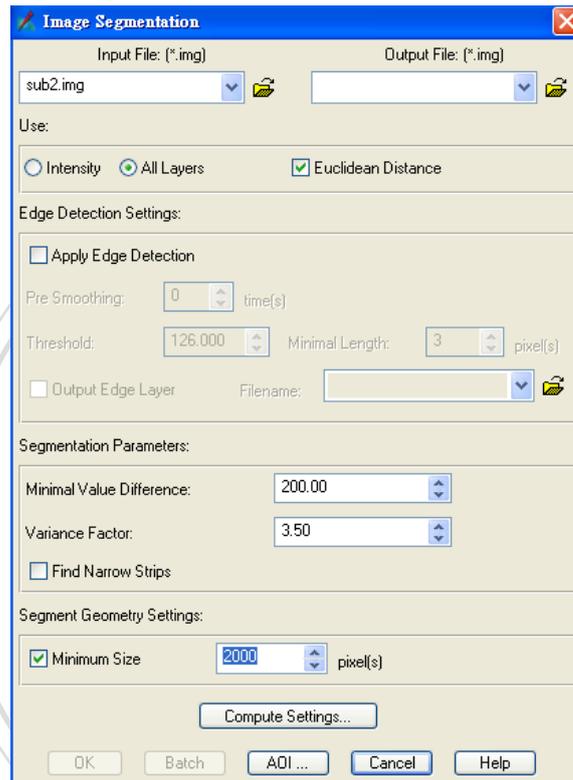


圖 3-27 設定影像分割參數

第四章 結果與分析

第一節 濱線指標的變化

將各期的遙測影像對位後，數化其濱線指標，並利用 GIS 軟體分析套疊情形，可清楚找出宜蘭海岸濱線的變化。以下將研究地區總區分成頭城北邊至竹安溪河口、竹安溪河口至蘭陽溪河口與蘭陽溪河口至蘇澳北邊三個部分探討各時期濱線的變化(以下圖 4-1、4-3、4-4 底圖皆為 1971 年 Corona 衛星影像，比例尺皆為 1:40,000)。

一、頭城北邊至竹安溪河口

頭城北邊至竹安溪河口水線與植物線的變化情況可參考圖 4-1。在水線的部分，1971 年的水線有較 1947 年的水線往外移的趨勢，但到了 1985 年又退回到 1947 年的水準；而 2003 年與 2009 年的水線則因烏石港的興建(1991 年開始興建，2001 年正式啟用)，水線在烏石港南北方有不同的變化。觀察 2003 年與 2009 年水線，在烏石港北方有往外擴張的情形，而南方則較 1971 年的水線退後。由此可以推測，由於烏石港的興建，產生了突堤效應(如圖 4-2)，順著海流的北邊因為突堤效應導致烏石港北方有沙灘堆積且另一邊南方有侵蝕的現象。另外在竹安溪河口(圖中被圈起的部分)各年度的水線位置有很大的差異，這是因為河口泥沙堆積與侵蝕在各年度都有很大的不同。另外在植物線的部分差異較水線小，惟有 1947 年的植物線在竹安溪河口北部有較後縮的情形。

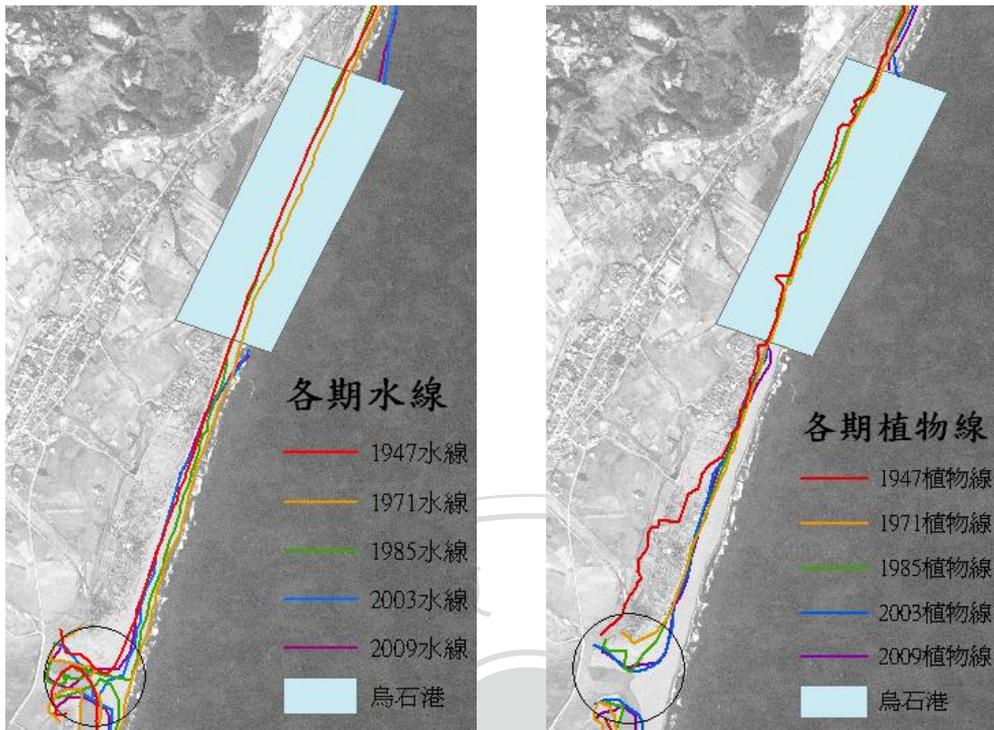


圖 4-1 頭城北邊至竹安溪河口各年度水線與植物線的位置(左半部為水線；右半部為植物線)

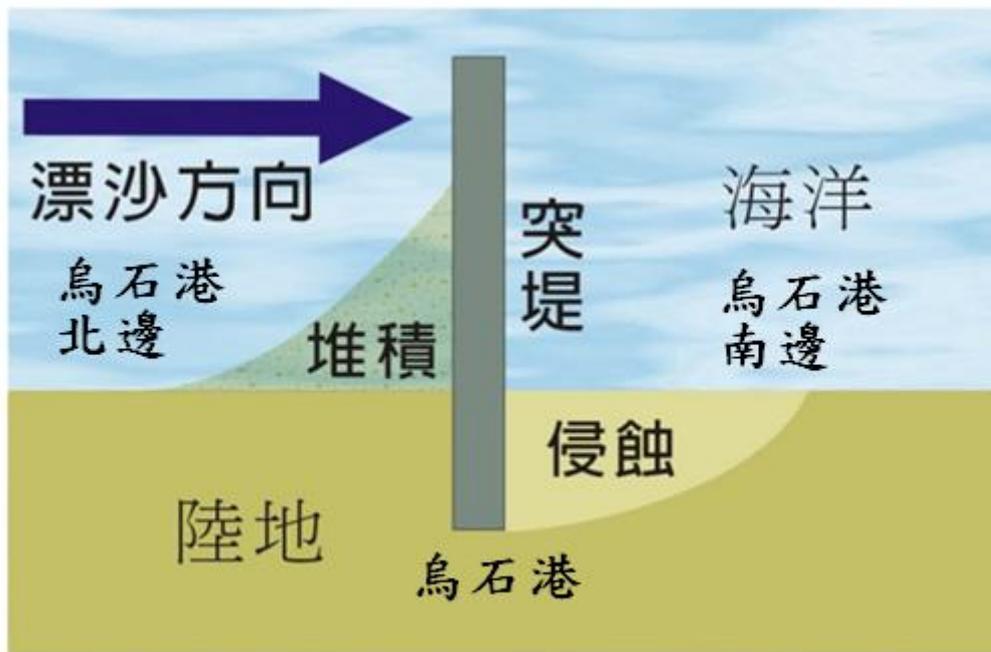


圖 4-2 突堤效應示意圖(修改自全人教育百保箱網站)

二、竹安溪河口至蘭陽溪河口

在竹安溪河口至蘭陽溪河口濱線指標變化情形，可參考圖 4-3。竹安溪

河口至蘭陽溪河口，其水線有逐年向外移的趨勢，不過 2009 年的水線較 2003 年後退，可得知其水線往外移的情形有趨緩的趨勢。

在蘭陽溪河口的部分，則有沙丘的堆積，而堆積的位置在各年度則有不同的情形，從 1947 年至 1971 年，其沙丘有往東部移動的現象，可推知蘭陽溪口的輸沙量穩定，泥沙堆積造成濱線外移的現象。在植物線的部分，1947 年與 1971 年的植物線差異不大，但是在 2003 年植物線有往東移的情形。

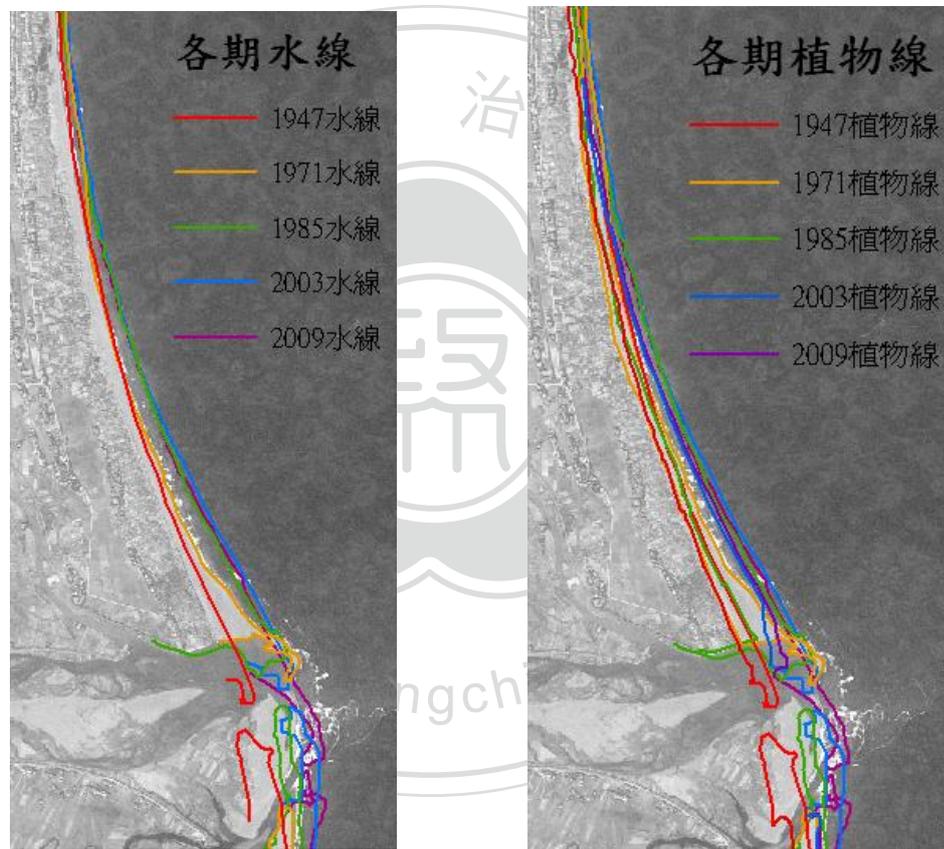


圖 4-3 竹安溪河口至蘭陽溪河口各年度水線與植物線的位置(左半部為水線；右半部為植物線)

三、蘭陽溪河口至蘇澳北邊

水線與植物線在蘭陽溪河口至蘇澳北邊的變動幅度相對較小(如圖 4-4)，1947 年至 1971 年的變動幅度不大，而 1971 年至 1985 年水線與植物線都往

太平洋方向推移，而 1985 年至 2003、2009 年則沒有明顯的變動。整體而言，在蘭陽溪河口至蘇澳北邊的部分，其變化的情形跟竹安溪河口至蘭陽溪河口的部分大致相同，但是沒有河口等特殊地形會使水線與植物線產生較劇烈的變化。

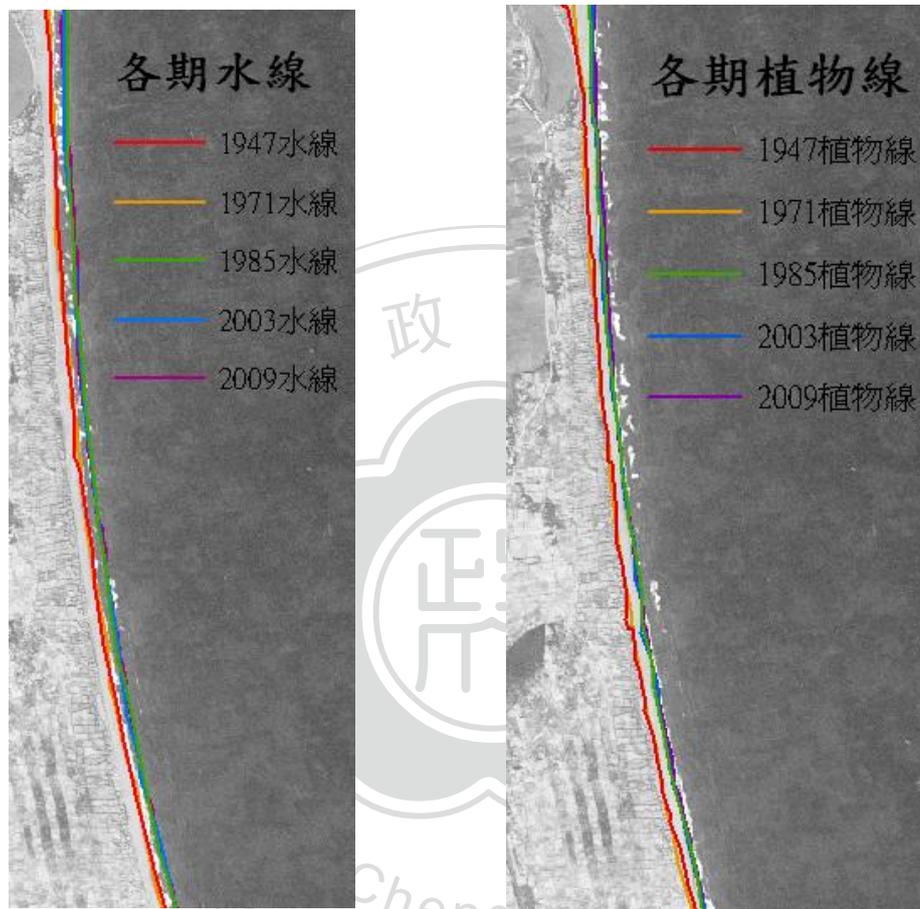


圖 4-4 蘭陽溪河口至蘇澳北邊各年度水線與植物線的位置(左半部為水線；右半部為植物線)

四、小結：濱線指標的變化

觀察各年度濱線指標，研究結果顯示，各年度的濱線皆有變遷，在地域方面，河口區域如竹安溪河口與蘭陽溪河口，沙丘有明顯的變化；在時間方面，烏石港興建之後，北方的泥沙堆積量增加但南方卻侵蝕嚴重，與烏石港興建之前有很大的不同，證明其突堤效應存在。

第二節 沙灘(丘)在各年度的變化

數化濱線指標後，接著數化兩條指標線中間的沙丘或沙灘區域，並計算沙灘(丘)的面積，可直接瞭解宜蘭海岸泥沙堆積或侵蝕的現象，並得知其變化程度的概況。以下以最早的 1947 年的數化結果為基準，比較各年度與 1947 年的變化情況，並分別列出沙灘(丘)增加與減少的面積(以下圖 4-5 至 4-8 底圖為 1971 年 Corona 衛星影像，比例尺皆為 1:40,000)。

一、1947 年至 1971 年的變化

1947 年至 1971 年沙灘面積的變化如圖 4-5，在頭城北邊至竹安溪河口與竹安溪河口至蘭陽溪河口的部分，1947 年沙灘在靠近植物線的地方於 1971 年被植被覆蓋，而在接近海洋的地方有堆積的現象，表示其沙灘的位置有整體向東部移動的情形，且河口推積之沙丘被侵蝕。在蘭陽溪河口至蘇澳北邊的變化不大，只在接近蘇澳的地方沙灘有被侵蝕的情形。而各區域面積的變化大小，可參考表 4-1。

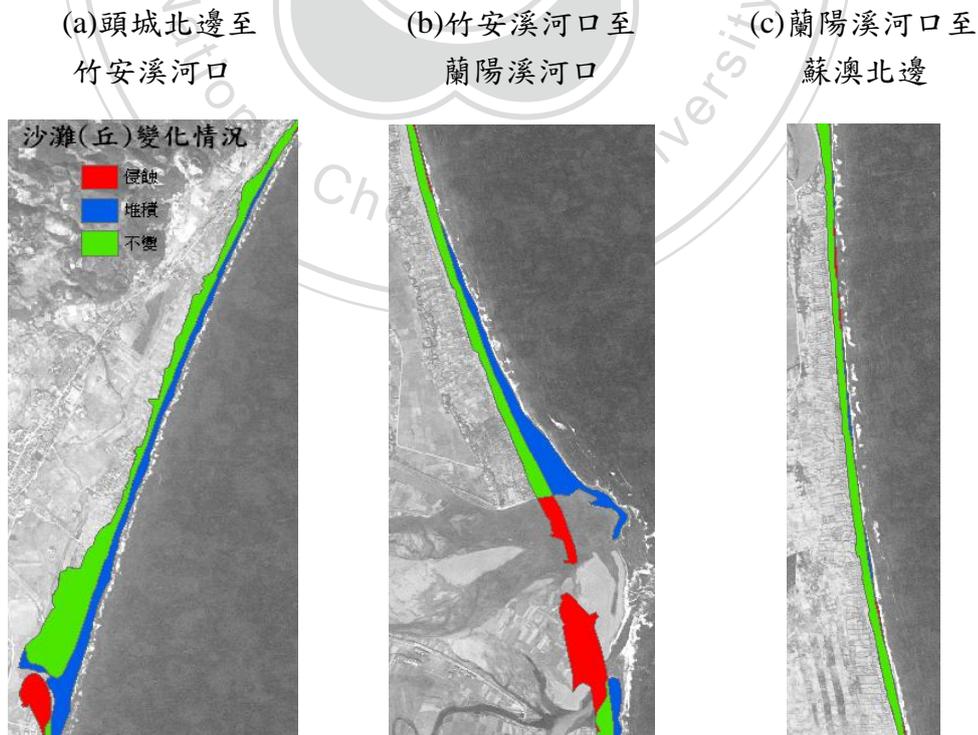


圖 4-5 1947 年至 1971 年沙灘增減概況

表 4-1 1971 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位：平方公尺)

	頭城北邊至 竹安溪河口	竹安溪河口 至蘭陽溪河口	蘭陽溪河口 至蘇澳北邊
面積減少量 (侵蝕現象)	2951	179,099	374,410
面積增加量 (堆積現象)	311,502	398,121	200,082
不變量	532,895	777,406	840,152
總變化量	308,551	219,022	-174328

二、1971 年至 1985 年的變化

1985 年的變化情況跟 1971 年的情況類似，頭城北邊至竹安溪河口與竹安溪河口至蘭陽溪河口的部分沙灘堆積量增加，而蘭陽溪河口至蘇澳北邊則有侵蝕現象。但不同的是 1985 年的沙灘堆積情形要比 1971 年要來的劇烈許多，而侵蝕現象也減弱。1971 至 1985 也才短短 14 年期間，海岸變化卻非常激烈，故這段時期為宜蘭海岸近年變遷概況的關鍵。各區面積變化量如表 4-2，圖如 4-6 所示。

表 4-2 1985 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位：平方公尺)

	頭城北邊至 竹安溪河口	竹安溪河口至 蘭陽溪河口	蘭陽溪河口至 蘇澳北邊
面積減少量 (侵蝕現象)	38,387	165,334	189,223
面積增加量 (堆積現象)	766,992	882,960	126,822
不變量	497,458	809,171	998329
總變化量	728,605	717,626	-65,401
與 1971 年 比較	420,054	498,604	108,927

(a)頭城北邊至
竹安溪河口

(b)竹安溪河口至
蘭陽溪河口

(c)蘭陽溪河口至
蘇澳北邊

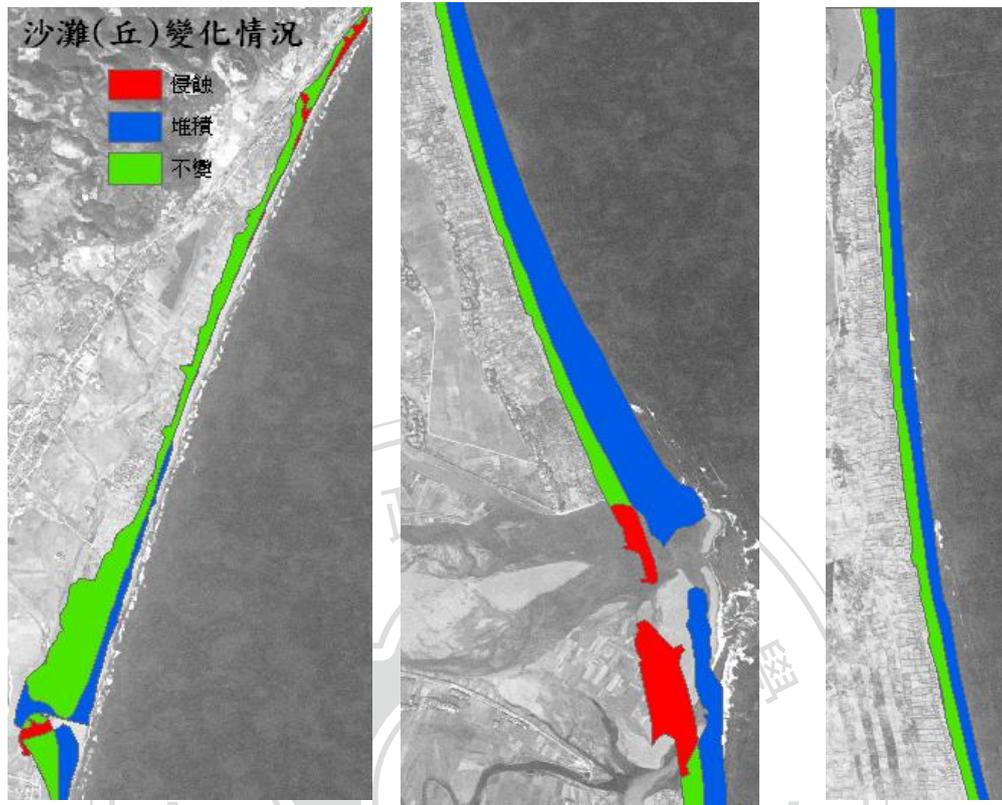


圖 4-6 1947 年至 1985 年沙灘增減概況

三、1985 年至 2003 年的變化

2003 年的沙灘有明顯的變化，原因除了頭城北邊烏石港的興建，導致烏石港北部有沙灘堆積，而南方卻有很嚴重的侵蝕情形(如圖 4-7 (a)，其中烏石港區域不列入計算面積的範圍)。而在竹安溪河口至蘭陽溪河口與蘭陽溪河口至蘇澳北邊則是出現旺盛的堆積現象，(如圖 4-7 (b)、(c))，沙灘皆有往外移動的情形，且沙灘變化位置相當大，在竹安溪河口至蘭陽溪河口的情況跟 1947 年比較，沙灘共堆積了 1,074,656 平方公尺。而蘇澳北邊的部分則由 1985 年侵蝕的情形轉變為堆積，沙灘面積共增加了 657,146 平方公尺(參見表 4-3)。

(a)頭城北邊至
竹安溪河口

(b)竹安溪河口至
蘭陽溪河口

(c)蘭陽溪河口至
蘇澳北邊

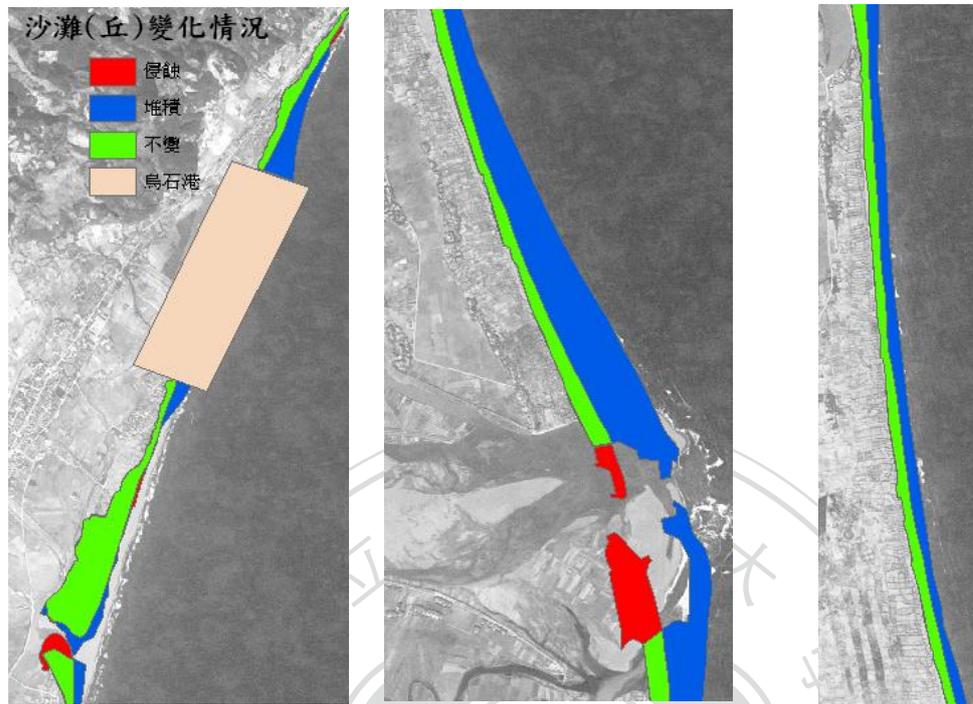


圖 4-7 1947 年至 2003 年沙灘增減概況

表 4-3 2003 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位：平方公尺)

	頭城北邊至 竹安溪河口	竹安溪河口至 蘭陽溪河口	蘭陽溪河口至 蘇澳北邊
面積減少量 (侵蝕現象)	124,303	82,304	175,598
面積增加量 (堆積現象)	162,484	1,156,960	832,744
不變量	411,662	892,082	1,011,963
總變化量	38,181	1,074,656	657,146
與 1985 年 比較	-690,424	357,030	722,547

四、2003 年至 2009 年的變化

在 2003 年至 2009 年的時間間隔較小，故其沙灘增減的情況較不明顯，其增減情況可參考圖 4-8 所示。在頭城北邊至竹安溪河口仍有突堤效應的情形，烏石港南方的沙灘明顯被持續侵蝕，另外在竹安溪河口沙丘則往陸

地方向移動，在蘭陽溪河口則是往海洋方向移動。在竹安溪河口至蘭陽溪河口沙灘的部分大部分區域皆有侵蝕現象，整體面積增加量較 2003 年少(面積變化如表 4-4 所示)。

(a)頭城北邊至
竹安溪河口

(b)竹安溪河口至
蘭陽溪河口

(c)蘭陽溪河口
至蘇澳北邊

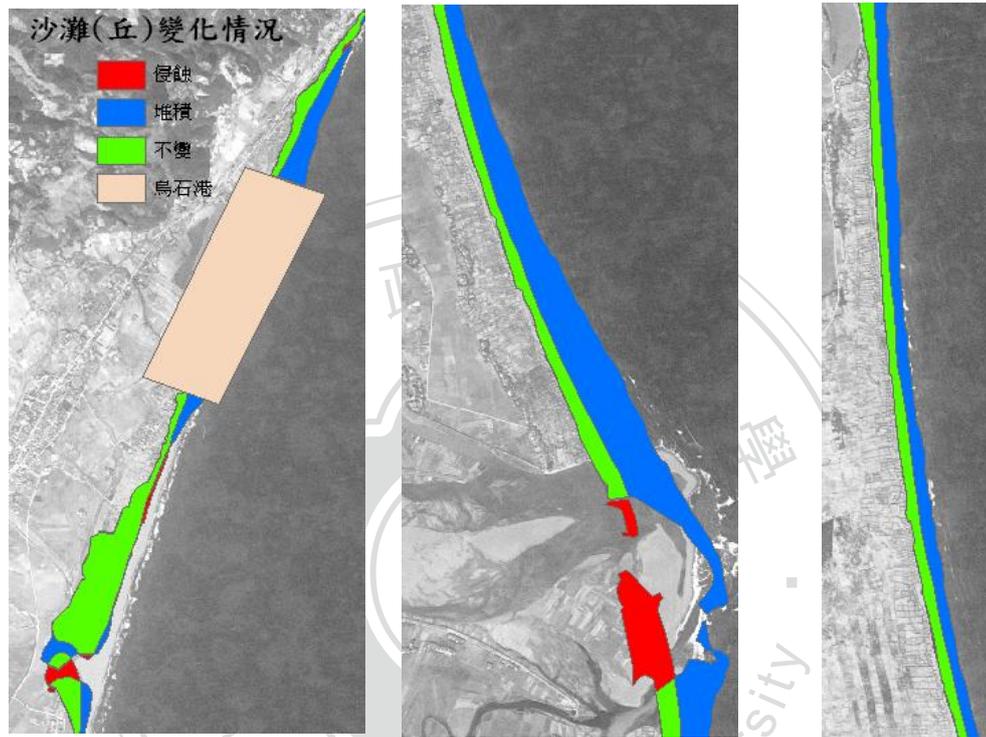


圖 4-8 1947 年至 2009 年沙灘增減概況

表 4-4 2009 年各區域沙灘(丘)面積變化大小(單位：平方公尺)

	頭城北邊至 竹安溪河口	竹安溪河口至 蘭陽溪河口	蘭陽溪河口至 蘇澳北邊
面積減少量 (侵蝕現象)	124,209	70,916	175,450
面積增加量 (堆積現象)	163,464	1,043,300	711,411
不變量	422,163	893,071	987,111
總變化量	39,255	972,384	535,961
與 2003 年 比較	1,074	-102,272	-121,185

五、小結：1947 至 2009 年沙灘總面積變化量

經由數化成果，宜蘭海岸變遷情況在各年度與各區域都略有不同，在總面積方面，1947 年的沙灘(丘)的面積最少，而 1971、1985、2003 年都較前一期的資料增加，其中 1971 至 1985 年的增加率最大，2003 年沙灘總面積量則達到最多，但在 2003 至 2009 年期間，沙灘總面積則略有下滑的現象。以侵蝕現象為例，在 1985 年以前蘭陽溪至蘇澳北邊侵蝕狀況較嚴重；但在烏石港開始興建時，侵蝕最嚴重的地方轉為烏石港的南部。以堆積現象為例，竹安溪河口至蘭陽溪河口一直以來堆積旺盛，沙灘不斷往東邊擴充，直到近年(2009)才有緩和的趨勢。關於 1947 至 2009 年沙灘總面積變化量可參考表 4-5(2003 年以後計算不列入烏石港範圍，且於表中列出烏石港南北之變化)，趨勢如圖 4-9 所示。

表 4-5 1947 至 2009 年沙灘(丘)總面積變化(單位：平方公尺)

地點\年份	1947	1971	1985	2003	2009
竹安溪以北(全區)	535,846	854,775	617,735	574,146	585,619
(烏石港以北)				185,484	198,828
(烏石港以南)				388,662	386,791
竹安溪-蘭陽溪	974,505	1,156,150	1,684,910	2,049,040	1,936,370
蘭陽溪-新城溪	914,674	843,347	1,482,370	1,484,670	1,449,050
新城溪以南(蘇澳北邊)	272,887	196,886	282,951	360,033	249,467
總面積	2,697,912	3,051,158	4,067,966	4,467,889	4,220,506

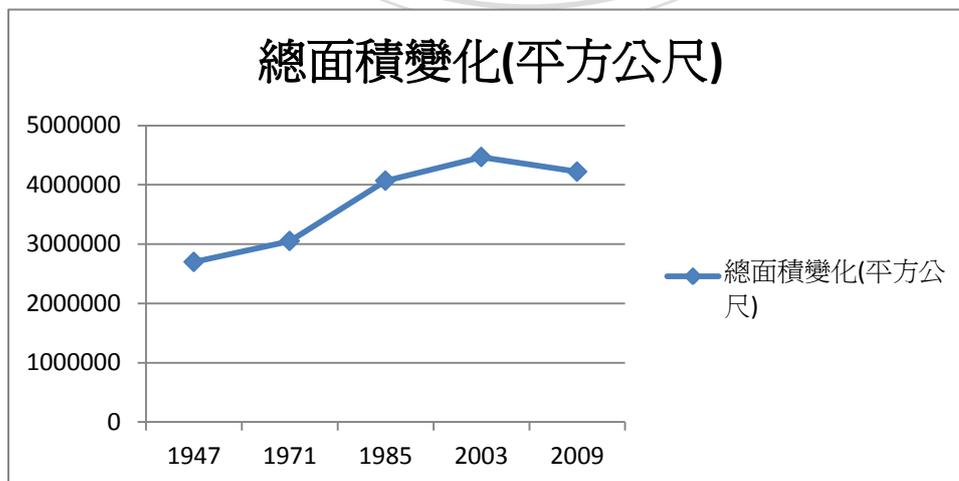


圖 4-9 1947 年至 2009 年沙灘(丘)總面積變化趨勢

第三節 宜蘭海岸變遷原因探討

本節討論宜蘭海岸變遷，並收集相關人文或氣候資料，主要是要了解海岸變遷的因素為何以及探討潮汐是否對實驗結果有重大的影響。以下共探討潮汐、降雨量以及輸沙量的影響。

一、潮汐

本研究使用五個時期之不同遙測影像數化濱線，不同時期由於其潮汐有所不同，故數化濱線的潮汐基準也不同，故潮汐對濱線的影響是否會影響相關研究的成果，一直以來都是個重要的課題。故本研究蒐集了宜蘭地區潮汐資料(宜蘭潮汐屬半日潮)，包括 2009 年潮汐預報表及 2003 年與 2009 年港灣海氣地象觀測資料年報等潮汐資料(蘇青和，2004；交通部中央氣象局，2008；蘇青和等人，2011)，並針對遙測影像拍攝時間因應潮汐，調整水線，比較經潮汐改正後的差異，使用的潮汐站名為烏石(位置如圖 4-10)，位於宜蘭烏石港，精確經緯度為(24°52'7.00"N, 121°50'17.00"E)，距離海的最近距離約為 20 公尺。由於早期的影像並無記錄拍攝的確切時間，也沒有相關的潮汐報表，無法調整潮汐，故只探討 2003 年 SPOT 影像以及 2009 年 DMC 航空影像經潮汐調整的結果。

SPOT 衛星約略在台灣 10:45 經過台灣上空，故設定期拍攝時間為 10:45(獲取日期為 2003 年 6 月 1 號)；而 DMC 航空影像(已知拍攝時間)每張影像拍攝時間不同(約差 4~5 分鐘)，計算平均後，拍攝時間為 11:42(獲取日期為 2009 年 5 月 22 號)。經查詢港灣海氣地象觀測資料年報，2003 年 6 月 1 號 10 點與 11 點與 2009 年 6 月 1 號 11 點與 12 點的潮汐資料如表 4-6，並內差獲取拍攝影像時間的潮汐，計算出需要調整的潮汐改正量。



圖 4-10 烏石潮汐站位置

表 4-6 影像拍攝時間潮汐表(單位：公分)

	10 點	11 點	12 點	拍攝影像確切潮汐 (經內插計算而得)
2003 年 6 月 1 號	93	80		83.25
2009 年 5 月 22 號		-61	-46	-50.5
潮汐改正量				133.75

由表 5-6 計算出潮汐改正需要的濱線位移量為 133.75 公分(1.3375 公尺)，以 2003 年 SPOT-5 衛星所描繪的濱線為基準，將 2009 年 DMC 航空影像將濱線往海岸位移 1.3375 公尺，如圖 4-11，由於調整距離不大，將圖放大才能看出調整(如圖 4-12)。最後計算濱線移動後的沙灘變化面積。如在竹安溪至蘭陽河流域，須改正的沙灘面積為 19,559 平方公尺，約占其總面積 1,936,370 的 1%，顯示經過潮汐調整後沙灘面積量並無明顯增減，故本研究證實有無調整潮汐，對整體實驗結果沒有太大的影響。



圖 4-11 經潮汐調正後的濱線，圖的比例尺為 1:20000，圖中紅色的線為調整後的濱線，藍色為原始數化的濱線，於圖中看不出兩者的差異。

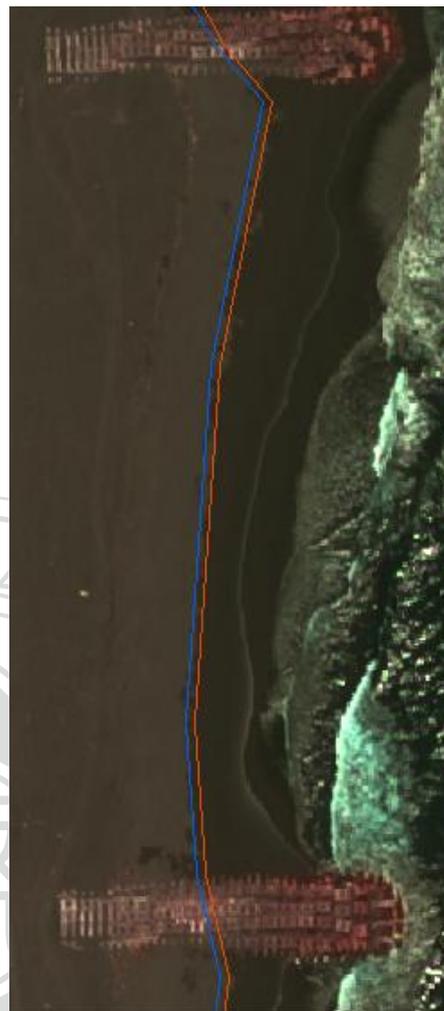


圖 4-12 經潮汐調正後的濱線，圖的比例尺為 1:1000，圖中紅色的線為調整後的濱線，藍色為原始數化的濱線。

二、降雨量

陳翰霖、張瑞津(2007)指出豪大雨事件(單日雨量 $\geq 50\text{mm}$)會造成河道改變或為地形變遷的主要原因，豪大雨造成下游水流量暴增，影響輸沙量的堆積。故本研究蒐集了宜蘭地區自 1936 年至 2010 年的降雨量，繪製圖表如圖 4-13 上半部，於圖中可看出宜蘭地區降雨量並無明顯變化，與海岸變遷看似沒有關連，但若統計單日降雨量超過 50(mm)的次數(如圖 4-13 下半部)，可發現 1970 年以後降雨量超過 50(mm)的次數增加許多，而單日降

雨量大的情況下，將造成上游土壤被沖刷的情形劇烈，使下游泥沙的堆積量增加。而前一節指出宜蘭海岸在 1971 年之後至 2003 年的沙灘面積增加許多，與單日降雨量超過 50(mm)的次數分佈相當接近，故可推論單日降雨量超過 50(mm)的次數增加，使得上游泥沙被沖刷到下游海岸堆積，是宜蘭海岸往外擴張的原因之一。

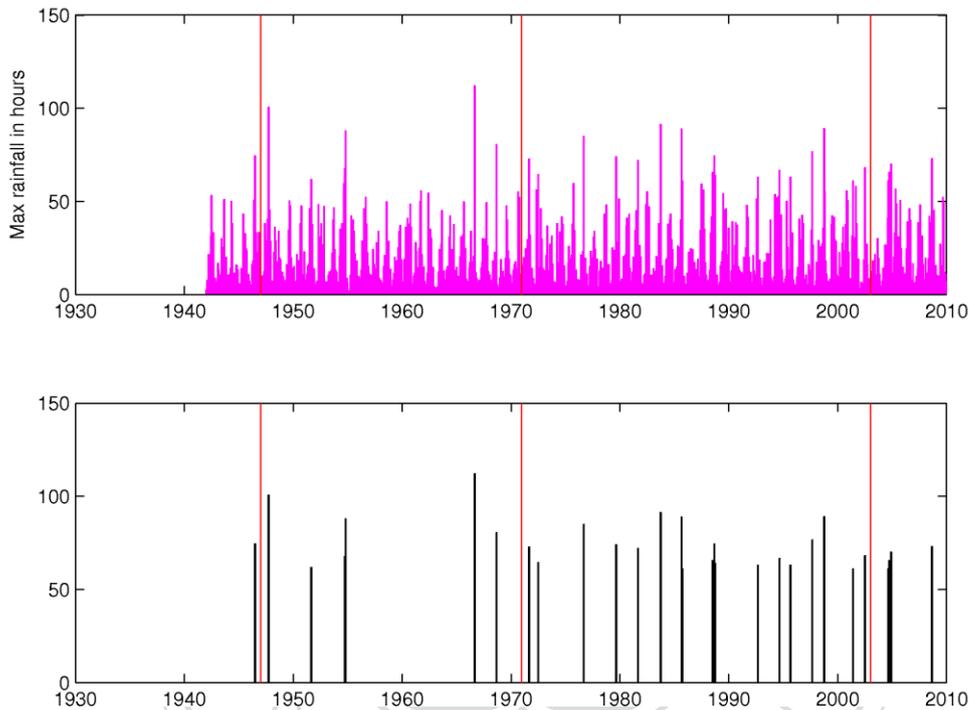


圖 4-13 宜蘭地區降雨量，上半部為 1936 年至 2010 年的降雨量；下半部為降雨量超過 50(mm)的次數分佈。

三、輸沙量

本研究統計宜蘭地區四個輸沙量測站(編號分別為 2560H001、2560H006、2560H017 以及 2560H019)的輸沙資料，如圖 4-14 至 4-17(單位：噸)。於輸沙資料可以推知各輸沙站的輸沙量有逐漸增加的情形，且都有一個增加量爆增的時期，如測站 2560H001 約在 1985 年輸沙量突然增加數倍、測站 2560H019 在 1988 及 1994 年也有明顯的增加，對照宜蘭海岸 1970 年之後海岸堆積旺盛，不斷補充的輸沙量為其密不可分因素。而輸沙量增

加的原因可推估為政府在 1970 年代之後的建設開發如中橫公路的建設，使得上游植被固沙力減弱，一遇大雨便沖蝕至下游海岸堆積。而可以注意的是，上結研究結果 1985 年至 2003 年是海岸沙灘堆積最旺盛的時期，而輸沙的增加量亦是在這段期間最多，顯見輸沙量的增加，為海岸沙灘堆積一大重要原因。

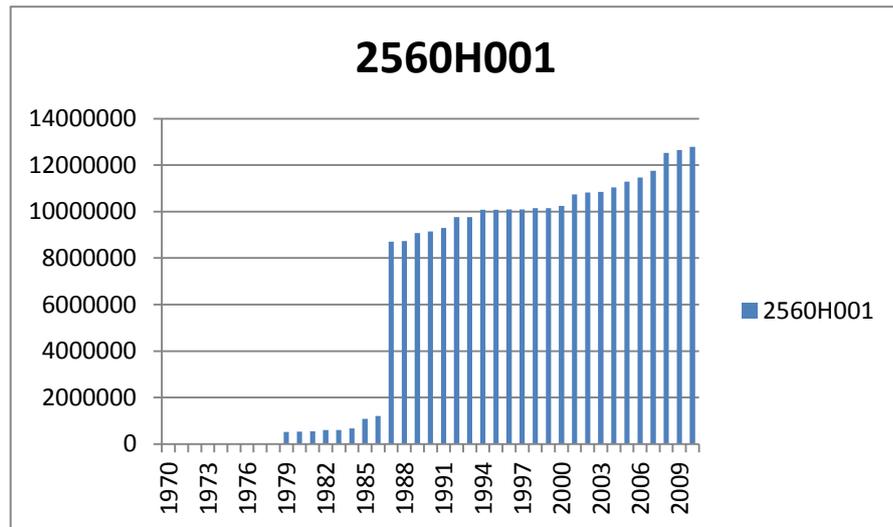


圖 4-14 宜蘭地區輸沙站(2560H001)之輸沙資料

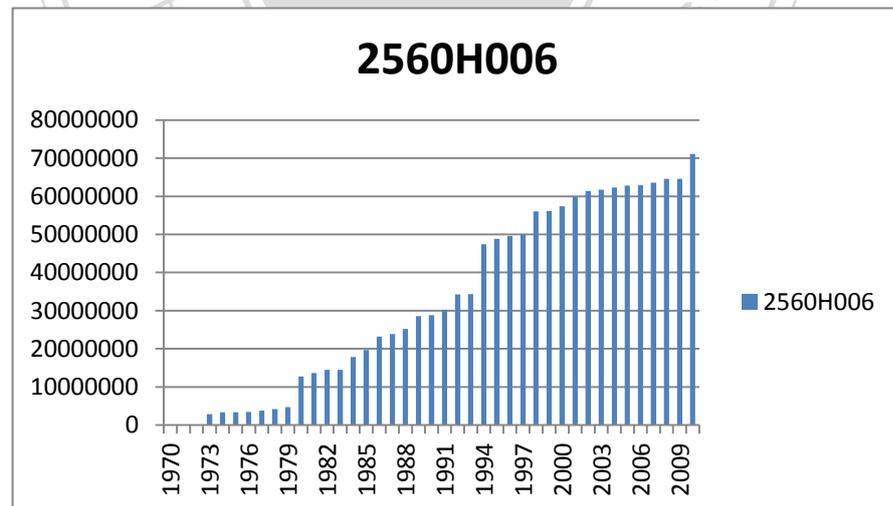


圖 4-15 宜蘭地區輸沙站(2560H006)之輸沙資料

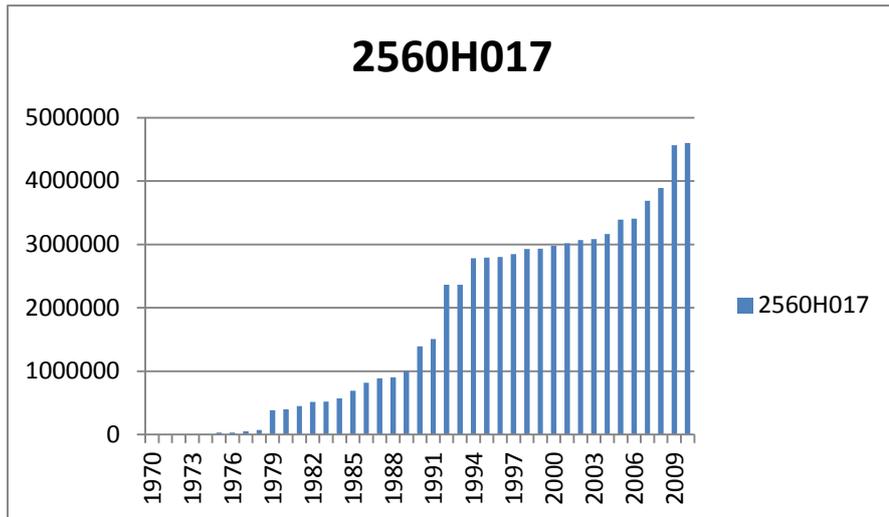


圖 4-16 宜蘭地區輸沙站(2560H017)之輸沙資料

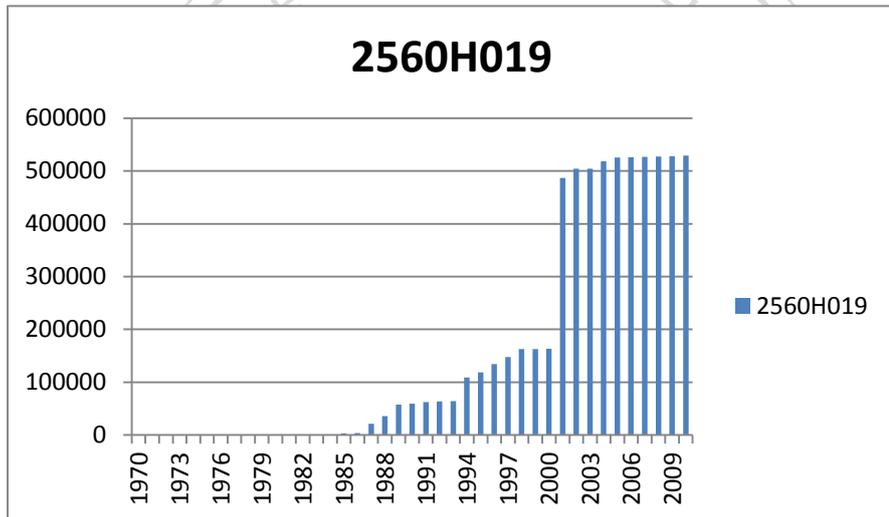


圖 4-17 宜蘭地區輸沙站(2560H019)之輸沙資料

四、小結：宜蘭海岸變遷原因

上一節數化結果顯示在 1947 年至 2003 年宜蘭沙灘(丘)堆積的較明顯，但 2003 至 2009 年則是侵蝕較為旺盛。根據本研究收集資料推論，此與 1970 年後單日降雨量超過 50(mm)的次數增加與輸沙量的增減有正比的關係。另外比較不同時間之潮汐基準對整體實驗的影響，結果顯示有無改正潮汐對本研究整體實驗的結果變動不大。而本研究成果與過去宜蘭海岸變遷相關研究結果雷同，顯示本研究成果可與前人文獻呼應。

第四節 半自動化萃取濱線之成果

由於完全人工數化耗費太多時間與人力，且人為數化的穩定度不高，人為數化的誤差亦會影響實驗結果。而本研究的 SPOT-5 衛星影像與 DMC 航空影像具有多波段，對於自動化辨識地物有相當高的效益，故本研究利用影像分類與切割的方法，找出濱線的界線，並加以萃取出來，並與完全由人工數化的結果比較，找出可以取代人工數化的方法。

一、SPOT-5 衛星影像以監督式分類方式萃取濱線指標之成果

利用監督式分類配合 GIS 軟體萃取濱線指標的成果如圖 4-18 所示(以蘭陽溪為例)，萃取出水線的資訊與植物線。實驗結果發現以監督式分類自動萃取水線，其水線會比實際情況還要後退，意即分類的結果中，部分靠海的濕沙被分為水體，與人工數化的水線產生了誤差，其誤差的平均約為 10~15 公尺。而在植物線方面，由於植被與沙地的光譜差異相當明顯，故萃取出植物線與人工數化成果吻合度高，誤差亦比萃取水線少，約為 5~10 公尺。

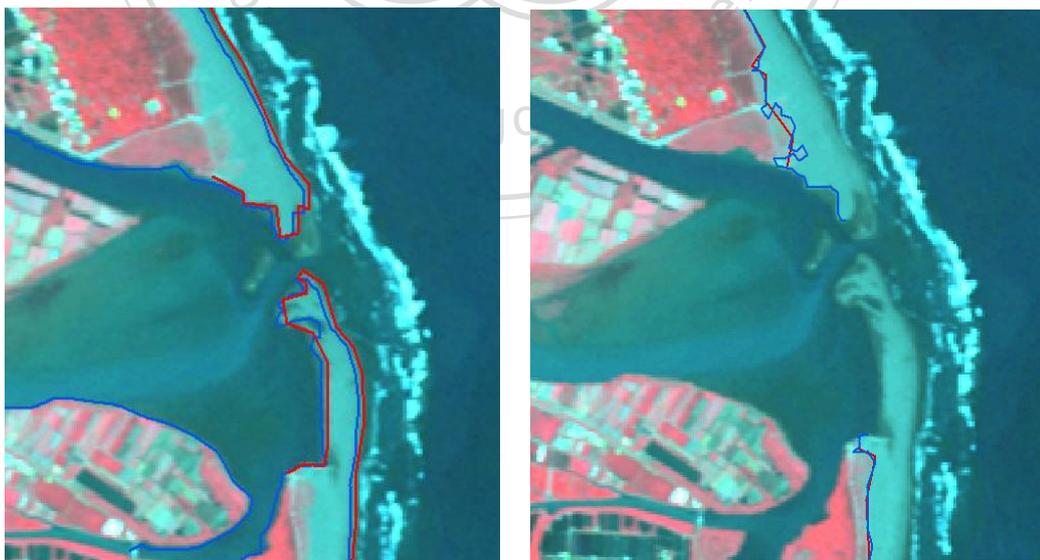


圖 4-18 利用監督式分類自動萃取水線與植物線的成果，圖中左半邊為萃取水線的結果；右半邊為植物線。其中紅線為人工數化的水線；藍線則是自動萃取的成果。

二、DMC 航空影像以監督式分類方式萃取濱線指標之成果

DMC 航空影像由於空間解析度相當高，若只是藉由一般監督式分類，則分類的精度會受到雜訊影響。如圖 4-19，左圖為 DMC 經過正射化處理後的影像；右圖為監督式分類後的影像(分為三類，藍色為水體；黃色為沙灘；紅色為植被)。於右圖中可發現植被與沙灘的交界被誤分為水體，且水體中有部分區域意被分為沙灘，分類結果不精確，故並沒有再萃取濱線。

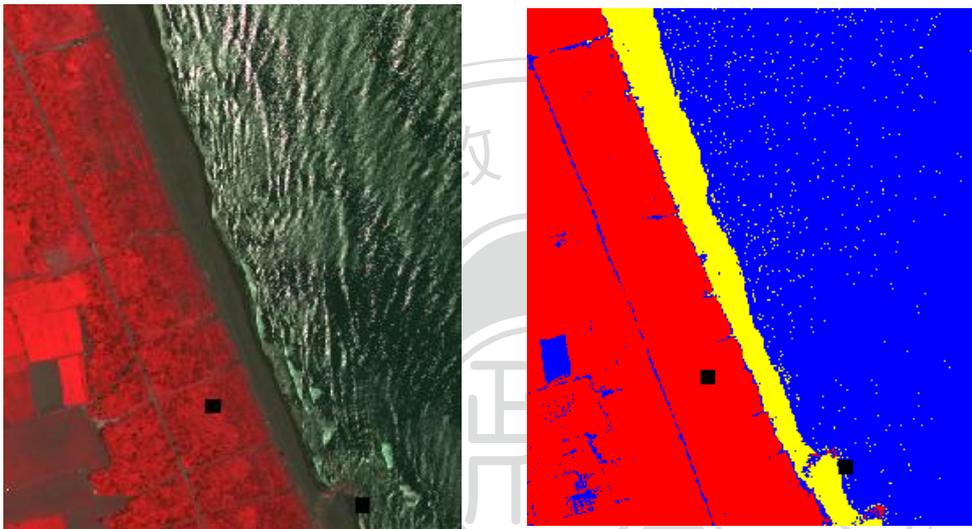


圖 4-19 DMC 影像經監督式分類的結果

三、二元分類法萃取濱線(SPOT-5 衛星影像)

二元分類法相較於監督式分類單純，首先須量出濱線界線的像元亮度值，並找出最適合、差異最大的波段已實行二元分類來獲取濱線資訊。表 4-7 至 4-9 分別為 SPOT-5 衛星影像隨機選取 9 個點(以蘭陽溪為例)，量測待分類地物沙灘、水體與植被亮度值之結果，並統計亮度值區間，找出門檻值。而量測結果得知以 SPOT-5 衛星影像為例，各地物的短波進紅外波段的差異最大，故將其取出最為二元分類之用(如圖 4-20)。最後以門檻值將其分類為水沙二元影像(萃取水線，如圖 4-21)及植沙二元影像(萃取植物線，如圖 4-22)，再由 GIS 軟體萃取出濱線資訊，萃取水線結果如圖 4-23；植物線為 4-24。

表 4-7 SPOT-5 衛星影像沙灘隨機點亮度值

沙灘	綠	紅	近紅外	短波近紅外
1	60	50	33	68
2	64	53	33	70
3	61	52	34	69
4	59	50	31	59
5	60	51	31	60
6	55	45	28	39
7	59	49	32	62
8	57	48	31	53
9	59	49	31	58
區間	55-64	45-53	28-34	39-70

表 4-8 SPOT-5 衛星影像水體隨機點亮度值

水體	綠	紅	近紅外	短波近紅外
1	40	27	14	19
2	47	35	21	26
3	40	25	12	16
4	42	31	18	26
5	40	33	19	19
6	44	32	19	24
7	42	31	17	24
8	45	34	21	24
9	45	35	23	30
區間	40-47	25-35	14-23	16-30

表 4-9 SPOT-5 衛星影像植被隨機點亮度值

植被	綠	紅	近紅外	短波近紅外
1	44	32	58	81
2	57	45	64	100
3	41	27	49	78
4	45	29	78	86
5	42	27	82	80
6	54	41	66	83
7	53	41	60	92
8	53	39	62	82
9	53	41	60	85
區間	41-57	27-45	58-82	78-100



圖 4-20 SPOT-5 衛星影像之短波近紅外波段影像



圖 4-21 海水與沙灘二元影像



圖 4-22 植物與沙灘二元影像



圖 4-23 萃取水線結果(紅線為人工數化結果，藍線為自動萃取結果)

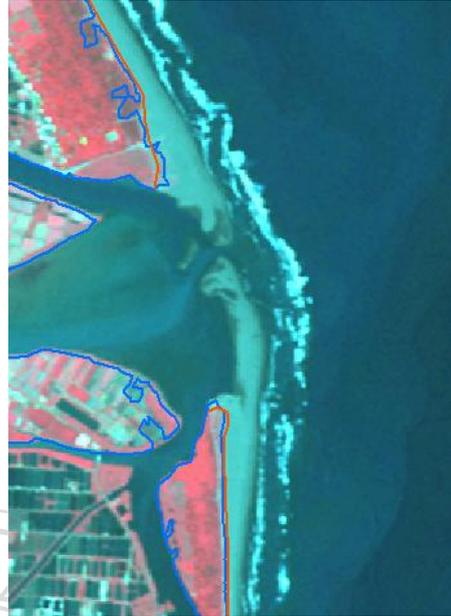


圖 4-24 萃取植物線結果(紅線為人工數化結果，藍線為自動萃取結果)

SPOT-5 衛星影像以二元分類粹取濱線與完全數化比較，植物線的差異最大約為 15 至 20 公尺，較監督式分類差，但水線約在 10 公尺以內，其結果較監督式分類接近人工數化的水線。

四、二元分類法萃取濱線(DMC 航空影像)

與 SPOT-5 影像相同，DMC 影像在利用二元分類時也必須要量測隨機的地物之亮度值，而不同的是，DMC 航空影像的輻射解析度要比 SPOT-5 影像高，故亮度值分佈較不易掌控，在選取隨機點時應審慎。表 4-10 至 4-12 分別為 DMC 航空影像隨機選取 9 個點，量測待分類地物沙灘、水體與植被亮度值之結果，結果顯示已近紅外波段做為二元分類最有效果，近紅外波段圖如圖 4-25 所示。分類成水沙二元影像(萃取水線，如圖 4-26)及植沙二元影像(萃取植物線，如圖 4-27)，萃取水線結果如圖 4-28；植物線為 4-29。與人工數化結果比較，自動萃取水線的誤差約為 10~30 公尺；而植物線的誤差更大，達到 40 公尺以上，以上結果顯示 DMC 航空影像以二元分類萃取濱線的精確度與人工數化結果有所差異。

表 4-10 DMC 航空影像沙灘隨機點亮度值

沙灘	藍	綠	紅	近紅外
1	473	612	821	506
2	500	652	859	575
3	467	592	806	492
4	437	618	834	483
5	458	579	787	448
6	523	632	851	540
7	457	588	814	495
8	481	619	826	515
9	382	529	728	429
區間	382-523	529-652	728-859	429-575

表 4-11 DMC 航空影像水體隨機點亮度值

水體	藍	綠	紅	近紅外
1	304	393	594	306
2	285	383	580	294
3	290	396	579	308
4	301	398	595	330
5	321	439	629	344
6	378	455	633	386
7	332	430	618	360
8	311	416	610	359
9	223	322	485	255
區間	223-378	322-455	485-633	255-386

表 4-12 DMC 航空影像植被隨機點亮度值

植被	藍	綠	紅	近紅外
1	266	522	542	1158
2	240	398	458	1063
3	420	551	613	1054
4	360	446	523	884
5	267	446	491	1199
6	483	627	734	906
7	383	566	641	976
8	278	394	470	835
9	324	567	595	1246
區間	240-483	394-627	458-734	835-1246



圖 4-25 DMC 航空影像近紅外波段

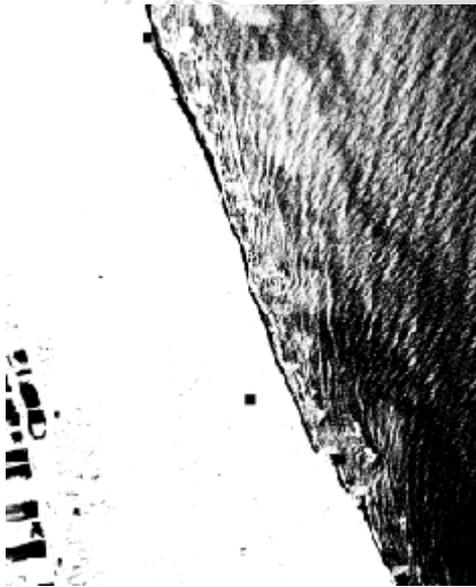


圖 4-26 海水與沙灘二元影像



圖 4-27 植物與沙灘二元影像



圖 4-28 萃取水線結果(紅線為人工數
化結果，藍線為自動萃取結果)

圖 4-29 萃取植物線結果(紅線為人
工數化結果，藍線為自動萃取結果)

五、影像分割萃取濱線(DMC 航空影像)

影像分割的原理在於將亮度值相近的鄰近像元分為一個區塊，以減少太陽光或其他因素引起的雜訊，增加分類的精確度。於前章結曾說明影像分割的關鍵在於區塊間亮度值的差異以及最小區塊的像元數。由於 ERDAS 軟體在使用影像分割工具時，若區域太大則無法跑出結果。故本研究以 DMC 影像中的一小區域(約略 2000*1000 平方公尺，如圖 4-30)做為實驗區，設定臨界值為 200，最小分割區塊為 2000 個像元，以避免分割區塊太細碎不易分類之情形。經測試後，初步分割結果如圖 4-31 所示。



圖 4-30 DMC 影像影像分割實驗區

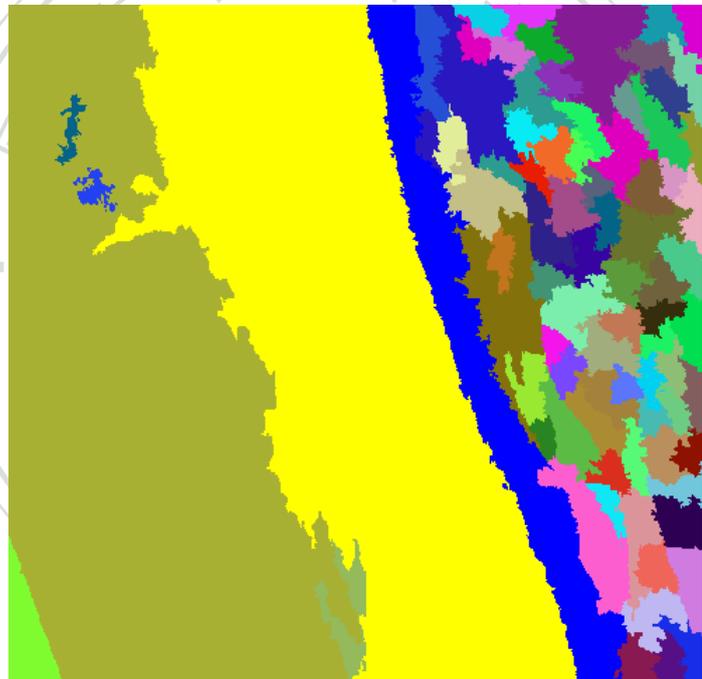


圖 4-31 初步切割影像結果(圖中植被與沙灘都被分到一個大物件，但水域部分因雜訊太多，故被切的細碎)

下一步為將圖 4-31 之結果重新編碼，把水域區域的地區分為一類，植被與沙灘也融進周圍的小區塊，重新編碼後結果如圖 4-32，最後再將重新編碼之影像萃取出濱線。萃取水線結果如圖 4-33；植物線結果如圖 4-34。



圖 4-32 重新編碼後之影像



圖 4-33 影像分割萃取水線結果(紅線為人工數化結果，藍線為自動萃取)

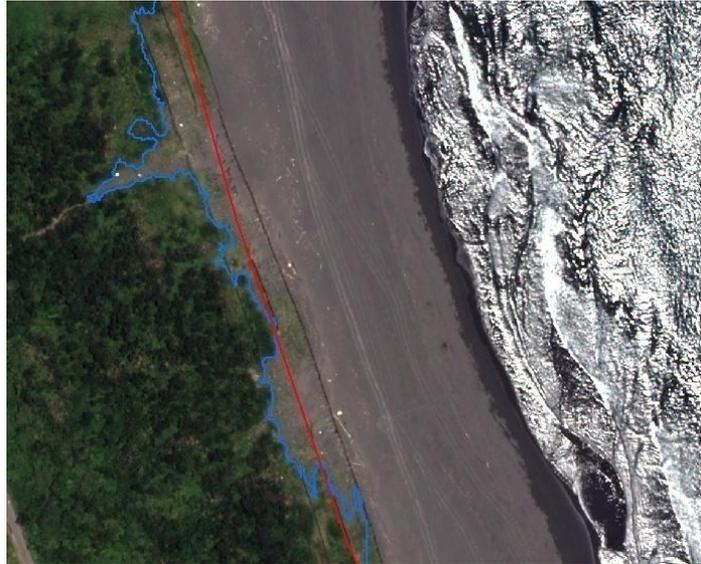


圖 4-34 影像分割萃取植物線結果(紅線為人工數化結果，藍線為自動萃取)

萃取的結果水線與完全人工數化的水線誤差僅有 2~5 公尺，而植物線誤差在 5~10 公尺，顯見利用影像分割的概念，萃取 DMC 航空影像的濱線會與人工數化結果類似，惟其軟硬體限制使其運作之影像範圍僅限於小範圍地區。

六、小結：SPOT-5 衛星影像與 DMC 航空影像半自動化萃取濱線比較

本研究嘗試以影像分類(包含監督式分類與二元分類)與影像分割等半自動化方式，分別萃取 2003 年 SPOT-5 衛星影像與 2009 年 DMC 多光譜影像中之濱線，研究結果顯示 SPOT-5 衛星影像以監督式分類或二元分類皆可以萃取出接近人為數化濱線(水線與植物線)之結果，與人為數化結果差距比較如表 4-13。以監督式分類萃取水線與植物線的誤差分別為 10~15 公尺與 5~10 公尺；以二元分類萃取水線與植物線的誤差分別為 10 公尺與 15~20 公尺。而 DMC 航空影像以監督式分類萃取濱線位置差異過大；以二元分類萃取水線與植物線之誤差分別為 10~30 公尺及 40 公尺以上。但若應用影像分割的方法萃取 DMC 航空影像濱線，其精度較監督式分類與二元分類好，萃取水線誤差為 2~5 公尺；植物線誤差為 5~10 公尺。DMC 影像半自動化萃取濱線與人為數化結果差距比較如表 4-14。

表 4-13 SPOT-5 衛星影像萃取濱線與人為數化差距(單位：公尺)

	水線	植物線
監督式分類	10~15	5~10
二元分類	10 以內	15~20

表 4-14 DMC 航空影像萃取濱線與人為數化差距(單位：公尺)

	水線	植物線
監督式分類	差距過大	差距過大
二元分類	10~30	超過 40
影像分割	2~5	5~10



第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究與過去宜蘭海岸變遷相關研究最大不同的地方為使用的資料類型包含不同來源、多時期的遙測影像，其影像的時間區間多達 60 年。根據研究結果，得到以下幾點結論：

1. 本研究蒐集了 1947 年之舊航照影像、1971 年的美國 Corona 衛星影像、1985 年的像片基本圖、2003 年的 SPOT-5 衛星影像及 2009 年 DMC 航照影像分析宜蘭海岸濱線與沙灘。而為了使不同的遙測資料具有相同的坐標系，便於數化與套疊分析，本研究以不同的方式處理各類影像。如以橡皮伸張法糾正 1947 年的舊航照；2003 年 DMC 影像則需轉檔與輸入坐標資料；2009 年 DMC 航空影像，則採用 LPS 軟體空中三角測量、正射與鑲嵌。
2. 濱線判釋部分，實驗顯示，影像中之水線與植物線較容易判釋，故選擇為濱線的指標作為 GIS 數化濱線的基準。
3. 比較各年度數化之濱線指標，研究結果顯示，各年度皆有變遷，在地域方面，接近竹安溪河口與蘭陽溪河口，沙灘(丘)有明顯的變化；在時間方面，烏石港興建之後，其北方的泥沙堆積量增加但南方卻侵蝕嚴重，證明其突堤效應。
4. 宜蘭海岸沙灘面積變遷情況如下所述：1947 年的沙灘(丘)的面積最少，而 1971、1985、2003 年都較前一期的資料增加，其中 1971 至 1985 年的增加率最大，2003 年沙灘總面積量則達到最多，但在 2003 至 2009 年期間，沙灘總面積則略有下滑的現象。以侵蝕現象為例，在 1985 年以前蘭陽溪至蘇澳北

邊侵蝕狀況較嚴重；但在烏石港開始興建時，侵蝕最嚴重的地方轉為烏石港的南部。以堆積現象為例，竹安溪河口至蘭陽溪河口一直以來堆積旺盛，沙灘不斷往東邊擴充，直到近年(2009)才有緩和的趨勢。

5. 宜蘭海岸濱線與沙灘的變化原因，經本研究蒐集資料與探討，此與 1970 年後單日降雨量超過 50(mm)的次數增加與輸沙量的增加量呈正比的關係；而不同時間潮汐基準對本研究整體結果並無明顯影響，如竹安溪河口至蘭陽溪河口經潮汐改正，面積約只改正 1%，對整體統計量並無重大變化。
6. 過去宜蘭海岸變研究大多都只針對短時期的變化討論，而本研究所使用的資料豐富，探討宜蘭海岸濱線與沙灘的變遷概況涵蓋長達 60 年，跟文獻比較，可以補足早期(1970 年以前)未探討的變遷概況。
7. 最後由於人工數化濱線需要耗費人力與時間，且數化結果的不一致性會影響實驗成果。故本研究以影像分類(包含監督式分類與二元分類)與影像分割方式，分別萃取 2003 年 SPOT-5 衛星影像與 2009 年 DMC 多光譜影像中之濱線。研究結果顯示 SPOT-5 衛星影像以監督式分類或二元分類皆可已萃取出接近人為數化濱線之結果，以監督式分類萃取水線與植物線的誤差分別為 10~15 公尺與 5~10 公尺；以二元分類萃取水線與植物線的誤差分別為 10 公尺與 15~20 公尺。而 DMC 航空影像以監督式分類萃取濱線位置差異過大；以二元分類萃取水線與植物線之誤差分別為 10~30 公尺及 40 公尺以上。而若以影像分割的方法萃取 DMC 影像的濱線，其精度較監督式分類與二元分類好，萃取水線誤差為 2~5 公尺；植物線誤差為 5~10 公尺。

第二節 建議

根據本研究之結論，針對宜蘭海岸變遷研究，有以下幾點建議：

1. 以遙測影像監測環境，所使用的影像若能有較高的空間及光譜解像度，則能萃取出更多的資訊。如航空照片雖然因為飛行高度有所限制，無法如衛星遙測影像獲得較大範圍海岸的觀測資料，但是航空照片具有較高的空間解像力，DMC 影像更具有紅外光波段影像，於辨識濱線時有較高的辨識度。且航空飛機較衛星有較高的機動性，只要天氣許可便能執行航拍任務獲取影像。以宜蘭地區為例，由於季風與地形的影響，導致雲量多、降雨量豐富，以固定週期之衛星拍攝影像不一定能得到雲覆蓋率低的影像。若使用航空飛機則可選在天氣良好的情況下拍攝，其影像的品質會比較高。再者近年數位航測工作站的軟硬體均大幅進步，使得處理航照或是空中三角測量的效率提高，故以航空照片對大範圍海岸變遷偵測研究，應能提供豐富的資訊。
2. 航空影像與衛星影像為保存地形、地物、社會人文活動相關資訊的有力工具，然而對於早期(1970 以前)航照與衛星影像尚未普及時，鮮有資料顯示當時的海岸變化，以往在宜蘭地區的海岸地形研究雖不在少數，但因受限於歷史資料欠缺或資料精度不佳的問題，而無法對早期的地形研究。工研院所收藏的 1947~1952 時期的舊航照影像，以及美國 Corona 間諜衛星於 1970 年代所拍攝的影像，其空間解析度達到 2 公尺，恰可彌補資料不足之缺憾，目前已成為了寶貴的研究資料。
3. 使用不同時期的遙測影像偵測變遷時，需注意不同的資料有不同的處理程序，且要確定其坐標系統與研究區域是否一致。
4. 濱線指標物選取的部分，在不同的地區所需考慮的選取因素也有

所不同，在判釋時也有不同的判別依據。如沙岸和岩岸判別濱線時應有不同的判釋依據，而在不同地區之海岸亦有不同的植被或其他地物，在萃取濱線的過程中都應詳加注意各種不同的情形，才能使萃取之濱線在正確的位置上。

5. 本研究分別選取潮汐、單日降雨量以及輸沙量做為探討宜蘭海岸變遷的因子，但未納入其他因子如潮汐、颱風事件、地形變遷等因素探討。若能加入其他多項因子探討海岸變遷，可使整體研究更為完整，並提出更精確的變遷原因。
6. 半自動化萃取濱線部分，在監督式分類選取訓練區時，應挑選具有代表性的區域，且訓練區的像元數、形狀都應多加考量，才能使分類結果正確。另外在二元分類的部分，選取隨機點計算分類門檻值時，可考慮使用一區域計算平均值而非只使用單一像元做統計以獲得更準確的結果。
7. DMC 航空影像在空中三角測量時，較傳統航空像片節省了許多人為步驟。且其具有高空間解析力與包含近紅外波段的特性，於影像判釋可以獲得許多細部資料，惟在分類時應選取適當的方法。如監督式分類選取訓練區時，可採用物件式導向方法或區域成長法選取訓練區。

參考文獻

一、中文參考文獻

- 王秀雯、王志添、陳錕山、林延郎，2007，「利用衛星雷達影像分析臺灣西部水線變遷」，『航測及遙測學刊』，12(2)：107-119。
- 行政院農業發展委員會、農林航空測量所，1983，「台灣地區大比例尺像片基本圖之應用」，『農發會林業特刊』，5：1-28。
- 交通部中央氣象局，2008，『潮汐表』，台北市，交通部中央氣象局。
- 李友平、賴鴻成、孫培基、林家祺、林璟翔、韓光恩、蔡萬宮，2005，「宜蘭海岸變遷調查之研究」。論文發表於〈第二十七屆海洋工程研討會〉，國立中興大學：台中，民國94年12月。
- 何俊緯，2011，「應用多期航遙測圖資分析濱線變遷：以宜蘭海岸為例」，國立臺灣師範大學地理學系碩士論文：台北。
- 邱永芳，2005，『臺灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立知研究』，台北市，交通部運輸研究所。
- 林才添、鄭祈全、王素芬，2010，「遙測技術於台北市土地覆蓋變遷之研究」，『航測及遙測學刊』，15(2)：141-153。
- 林唐煌、劉振榮、陳哲俊、郭宗華，2003，「應用衛星資料推求水線位置之研究」，『航測及遙測學刊』，8(1)：57-66。
- 林景騰，2007，「應用時間序列雷達影像於水線萃取之研究」，國立中央大學太空科學研究所碩士論文：桃園。
- 洪佩鈺、沈淑敏、陳浦淮，2006，「應用大比例尺正射影像地圖辨識砂礫值海灘的濱線：以臺東海岸為例」，『地理研究』，44：89-105。
- 徐郁晴，2010，「應用衛星影像於宜蘭平原沿海地區之監測」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。
- 徐偉城、陳大科、劉進金、史天元、王成機、陳思仁，2005，「以空載光達建立外傘頂洲數值高程模型」。論文發表於〈第二十四屆測量學術及應用研討會〉，國立政治大學：台北，民國94年9月8日至9日。
- 許民陽、張政亮，2002，「蘭陽平原海岸後退之研究」，『中國地理學會會刊』，30：57-76。

- 許海龍、林襟江、張坤樹、陳威翔，2005，「台灣西部外傘頂洲沙洲地形變遷調查研究」。論文發表於〈內政部『辦理 LIDAR 測區之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作案』成果發表暨應用研討會〉，內政部：台北，民國 94 年 12 月 20 日至 21 日。
- 郭金棟、陳文俊、游慶豐，1995，「宜蘭海岸線變遷之分析研究」。論文發表於〈第十七屆海洋工程研討會〉，國立成功大學：台南，民國 84 年 11 月 9 日至 10 日。
- 陳映璇、沈淑敏、詹瑜璋、謝有忠，2009，「光達資料在臺灣海岸地形變遷上的應用」，『航測及遙測學刊』，14(2)：157-170。
- 陳良健、徐啟崇，1999，「多波段影像分析於灘線萃取之研究」，『航測及遙測學刊』，4(3)：17-30。
- 陳良健、張智安，2003，「高解析力衛星影像之幾何處理」，『國土資訊系統通訊第 45 期 - 遙測與地理資訊系統之結合』。
- 雷祖強、李哲源、葉惠中、萬絢，2009，「以區塊物件分類法萃取 ADS-40 影像中水稻田丘塊資訊之研究」，『航測及遙測學刊』，14(2)：127-140。
- 葉堃生、李茂園、王韻皓，2010，「航攝數位影像於防救災工作上之應用」，『航測及遙測學刊』，15(1)：123-140。
- 壽克堅、吳秋靜、許惠瑛，2010，「以 SPOT 衛星影像探討 1999 集集地震後之崩塌行為」，『航測及遙測學刊』，15(1)：17-18。
- 廖玄銘、江正雄、范毅軍，2011，「臺灣航照影像數位典藏成果與應用」，『國土資訊系統通訊』，78：57-72。
- 劉進金、徐偉城、鄭鼎耀、李珮珊、史天元，2008，「利用 MODIS 與 SPOT 衛星影像於分析台灣海域海水透視度」。文章發表於〈第十屆水下技術研討會暨國科會成果發表會〉，中華民國海洋及水下技術協會、國立中山大學海洋科學學院、海下科技暨應用海洋物理研究所、交通部高雄港務局：高雄，民國 97 年 4 月 25 日。
- 蕭國鑫、劉進金、曾義星、游明芳，2005，「三維雷射掃描應用於河道地形變化偵測」。論文發表於〈第二十四屆測量學術及應用研討會〉，國立政治大學：台北，民國 94 年 9 月 8 日至 9 日。
- 謝孟霖，2005，「台灣海岸沙丘保護策略之研究」，海洋環境及工程學系研究所論文，基隆。

蘇青和，2004，『2003年臺灣海氣地象觀測資料年報(潮汐部分)』，台北市，交通部運輸研究所。

蘇青和、廖慶堂、徐如娟，2011，『2009年臺灣海氣地象觀測資料年報(潮汐部分)』，台北市，交通部運輸研究所。

二、外文參考文獻

Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A., and Nouri, N., 2007, “Coastline Change Detection Using Remote Sensing”, *Journal of Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4(1): 61-66.

Babichenko, S.M., Poryvkina L., Dudelzak, A.E., and Wassmann, P., 2001, “Spectroscopic lidar sensing in three-dimensional profiling of marine organics”, *International Journal of Remote Sensing*, 22:385-402.

Boak, E.H., and Turner, I.L., 2005, “Shoreline Definition and Detection: A Review”, *Journal of Coastal Research*, 21(4):688-703.

Cracknell, A.P., 1999, “Remote sensing techniques in estuaries and coastal zones—an update”, *International Journal of Remote Sensing*, 19:485-496.

Jensen, J.R., 2007, *Remote Sensing of the Environment (2nd)*, Prentice Hall.

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W., 2011, *Geographic Information Systems & Science (3rd)*, Wiley.

Morton, R.A., Miller, T.L. and Moore, J., 2004, Historical Shoreline Changes And Associated Coastal Land Loss Along The U.S. Gulf of Mexico, Open-File Report, USGS.

Morton, R.A., and Speed, F.M., 1998, “Evaluation of Shorelines and Legal Boundaries Controlled by Water Levels on Sandy Beaches”, *Journal of Coastal Research*, 18(1):1373-1384.

Pajak, M.J., and Leatherman, S.P., 2002, “The High Water Line as Shoreline Indicator”, *Journal of Coastal Research*, 18(2): 329-337.

Woolard, J.W., and Colby, J.D., 2002, "Spatial characterization, resolution, and volumetric change of coastal dunes using airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina", *Geomorphology*, 48:269-287.

三、網頁參考文獻

中央研究院網站，2008，台灣文史資源海外徵集與國際合作計畫。

http://thcts.ascc.net/aerialphoto_ch.htm，取用日期：2011年07月31日。

全人教育百寶箱網站，2012，<http://hep.ccic.ntnu.edu.tw/browse2.php?s=233>，

取用日期：2012年6月4日。

林務局農林航空測量所網站，2011，<http://www.afasi.gov.tw/>，取用日期：

2011年07月20日。

國立中央大學太空及遙測研究中心網站，2011，<http://www.csrnr.ncu.edu.tw/>，

取用日期：2011年07月18日。

USGS (2011, November 10). *Landsat Missions Project Descriptions*. Retrieved

November 25, 2010 from USGS on the World Wide Web:

http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php