

遙測應用於大肚溪口地區環境變遷分析

陳添水

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

摘要

大肚溪口為臺灣地區沿海重要溼地及水鳥棲地之一，廣受世界研究鳥類遷移及保護學者之重視。1995年公告設立為「大肚溪口水鳥保護區」，面積2,669.73 ha，並於1998年修正為「大肚溪口野生動物保護區」。本研究利用大肚溪口地區SPOT衛星影像，配合航空照片、地圖及地面調查資料進行影像變遷分析，探討大肚溪口地區之變遷情形，俾提供該保護區在經營管理上之參考。

本研究以1987/11/13、1995/10/31與1998/10/08三幅影像採用重疊法及分類後比較法進行影像變遷分析。結果顯示大肚溪口地區之環境變遷以海岸、河口及河岸地區變化最大，沿海工業區之開發及發電廠與鋼鐵廠之興建，圍堤抽砂造地與填土整地，使得1,000 ha左右之魚塢與沙灘等溼地轉變為陸地利用型態，顯見臺灣在解嚴及解除海禁之後，海岸開發之步伐急遽加快，濱海工業區、港灣、發電廠、海域休閒、垃圾掩埋場等多項工程之開發與興建，使海岸環境與溼地受到嚴重衝擊。

關鍵詞：遙測、大肚溪口、變遷、臺灣

收件日期：2001年4月24日

接受日期：2001年9月24日

緒言

大肚溪口坡度平緩，潮差變化大，擁有廣闊的潮間帶和高生產力的河口溼地，為臺灣地區沿海重要溼地之一，孕育豐富的潮汐生物資源，其中遷移性的水鳥尤為眾多，為每年秋冬季候鳥遷徙必經之地，亦為重要的水鳥棲地之一，吸引大批人士至此賞鳥，並廣受世界研究鳥類遷移及保護學者之重視。

有鑑於此，為了保護大肚溪口豐富的鳥類資源，行政院農業委員會於1986年委託東海大學陳炳煌教授進行「大肚溪口鳥類保護區之研究」。1988年12月間農林廳曾邀集行政院農業委員會暨有關單位研商爭取在「彰

濱遊樂區開發計畫」中規劃一處水鳥自然公園，面積270 ha。後又經多年的研究與規劃，以及熱心人士的奔走推動，終於由彰化縣與臺中縣政府於1995年2月28日會銜公告設立「大肚溪口水鳥保護區」，以保護豐富的水鳥資源及其棲息、覓食、繁殖環境。農委會依據野生動物保育法於1998年4月7日公告臺中縣及彰化縣大肚溪下游河口及其向海延伸2 km內之海域部分為野生動物重要棲息環境，面積2,669.73 ha，彰化縣與臺中縣政府並於同年5月22日重新公告修正為「大肚溪口野生動物保護區」。

遙感探測 (remote sensing) 是一門利用裝置，不需要與研究的物體、地區或現象直接接觸便能取得資料，並經由分析獲得該類資

緒言

大肚溪口坡度平緩，潮差變化大，擁有廣闊的潮間帶和高生產力的河口溼地，為臺灣地區沿海重要溼地之一，孕育豐富的潮汐生物資源，其中遷移性的水鳥尤為眾多，為每年秋冬季候鳥遷徙必經之地，亦為重要的水鳥棲地之一，吸引大批人士至此賞鳥，並廣受世界研究鳥類遷移及保護學者之重視。

有鑑於此，為了保護大肚溪口豐富的鳥類資源，行政院農業委員會於1986年委託東海大學陳炳煌教授進行「大肚溪口鳥類保護區之研究」。1988年12月間農林廳曾邀集行政院農業委員會暨有關單位研商爭取在「彰濱遊樂區開發計畫」中規劃一處水鳥自然公園，面積270 ha。後又經多年的研究與規劃，以及熱心人士的奔走推動，終於由彰化縣與臺中縣政府於1995年2月28日會銜公告設立「大肚溪口水鳥保護區」，以保護豐富的水鳥資源及其棲息、覓食、繁殖環境。農委會依據野生動物保育法於1998年4月7日公告臺中縣及彰化縣大肚溪下游河口及其向海延伸2 km內之海域部分為野生動物重要棲息環境，面積2,669.73 ha，彰化縣與臺中縣政府並於同年5月22日重新公告修正為「大肚溪口野生動物保護區」。

遙感探測 (remote sensing) 是一門利用裝置，不需要與研究的物體、地區或現象直接接觸便能取得資料，並經由分析獲得該類資訊的科學及藝術 (Lillesand and Kiefer 1994)。遙測技術可經常且正確提供地球上自然資源、人文資料以及人類在空中、水中以及陸地上活動情況；此項獲得之資料，可供人們作資源開發及土地利用政策上之有效依據 (謝 1992)。遙測資料由空中俯瞰，具有綜觀覽要、多時攝像、大面積涵蓋及快速分析優點，且可與舊有之影像比對，並分析其遞變

過程及根據文獻追蹤變遷因素，進而推衍將來可能發生之事件，做為事先之規劃與防範 (蕭等 1993)。因此，應用遙測資料於觀測大面積、長時間的地貌變遷動態，是一項重要的技術 (周等 1992)。臺灣有關以遙測資料應用於山坡地土地利用及林地變遷分析之研究報告較多 (如周與鄭 1992; 馮等 1993; 蕭等 1994; 陳 1995; 陳等 1996; 黃與張 1997)，而應用在沿海地區變遷分析研究正式發表之報告甚少，相關研究報告如吳等 (1991) 使用 Landsat 及 SPOT 衛星影像資料，以重疊法、相減法、主軸轉換分析法及非監督式分類法分析外傘頂洲的變遷。蕭等 (1993) 亦使用 Landsat 及 SPOT 衛星影像資料，以重疊法分析濁水溪口的環境變遷。李等 (1994) 利用航空照片資料判釋，配合地理資訊系統的分析，研究竹圍紅樹林之景觀變遷。

大肚溪口之相關研究與規劃報告有顏 (1987) 受農業委員會委託提出伸港鄉海埔地鳥類保護區規劃報告；黃 (1988) 曾研究大肚溪口之植物社會，發現草澤植物群落呈現明顯的季節性消長；李 (1989) 曾研究大肚溪口之草澤，指出土壤含鹽度為草澤植群生長之主要限制因子；黃 (1990) 曾研究大肚溪口水域浮游植物社會的結構及基礎生產量；李 (1991) 曾調查保護區所面臨的開發難題，研究未來發展應如何定位，以及擬定出適宜之整體發展構想策略；鍾 (1994) 受彰化縣政府委託提出大肚溪口水鳥自然公園細部規劃；蘇 (1996) 受彰化縣政府委託提出大肚溪口水鳥保護區經營管理計畫；臺中縣自然生態保育協會 (1996) 受臺中縣政府委託進行大肚溪口水鳥保護區鳥類資源調查及環境監測；陳 (1998) 調查大肚溪口主要水鳥族群和底棲生物中螃蟹族群的空間分布和季節性變化。本研究以大肚溪口地區不同時期 SPOT 衛星影像為主，配合航空照片、地圖及地面調查資料進行影像變遷分析，探討其變遷情形，俾提

緒言

大肚溪口坡度平緩，潮差變化大，擁有廣闊的潮間帶和高生產力的河口溼地，為臺灣地區沿海重要溼地之一，孕育豐富的潮汐生物資源，其中遷移性的水鳥尤為眾多，為每年秋冬季候鳥遷徙必經之地，亦為重要的水鳥棲地之一，吸引大批人士至此賞鳥，並廣受世界研究鳥類遷移及保護學者之重視。

有鑑於此，為了保護大肚溪口豐富的鳥類資源，行政院農業委員會於1986年委託東海大學陳炳煌教授進行「大肚溪口鳥類保護區之研究」。1988年12月間農林廳曾邀集行政院農業委員會暨有關單位研商爭取在「彰濱遊樂區開發計畫」中規劃一處水鳥自然公園，面積270 ha。後又經多年的研究與規劃，以及熱心人士的奔走推動，終於由彰化縣與臺中縣政府於1995年2月28日會銜公告設立「大肚溪口水鳥保護區」，以保護豐富的水鳥資源及其棲息、覓食、繁殖環境。農委會依據野生動物保育法於1998年4月7日公告臺中縣及彰化縣大肚溪下游河口及其向海延伸2 km內之海域部分為野生動物重要棲息環境，面積2,669.73 ha，彰化縣與臺中縣政府並於同年5月22日重新公告修正為「大肚溪口野生動物保護區」。

遙感探測 (remote sensing) 是一門利用裝置，不需要與研究的物體、地區或現象直接接觸便能取得資料，並經由分析獲得該類資

訊的科學及藝術 (Lillesand and Kiefer 1994)。遙測技術可經常且正確提供地球上自然資源、人文資料以及人類在空中、水中以及陸地上活動情況；此項獲得之資料，可供人們作資源開發及土地利用政策上之有效依據 (謝 1992)。遙測資料由空中俯瞰，具有綜觀覽要、多時攝像、大面積涵蓋及快速分析優點，且可與舊有之影像比對，並分析其變遷過程及根據文獻追蹤變遷因素，進而推衍將來可能發生之事件，做為事先之規劃與防範 (蕭等 1993)。因此，應用遙測資料於觀測大面積、長時間的地貌變遷動態，是一項重要的技術 (周等 1992)。臺灣有關以遙測資料應用於山坡地土地利用及林地變遷分析之研究報告較多 (如周與鄭 1992; 馮等 1993; 蕭等 1994; 陳 1995; 陳等 1996; 黃與張 1997)，而應用在沿海地區變遷分析研究正式發表之報告甚少，相關研究報告如吳等 (1991) 使用 Landsat 及 SPOT 衛星影像資料，以重疊法、相減法、主軸轉換分析法及非監督式分類法分析外傘頂洲的變遷。蕭等 (1993) 亦使用 Landsat 及 SPOT 衛星影像資料，以重疊法分析濁水溪口的環境變遷。李等 (1994) 利用航空照片資料判釋，配合地理資訊系統的分析，研究竹圍紅樹林之景觀變遷。

大肚溪口之相關研究與規劃報告有顏 (1987) 受農業委員會委託提出伸港鄉海埔地鳥類保護區規劃報告；黃 (1988) 曾研究大肚溪口之植物社會，發現草澤植物群落呈現明顯的季節性消長；李 (1989) 曾研究大肚溪口

表2. 本研究三期SPOT衛星XS影像之屬性資料

Table 2. The sources of the SPOT images for the Tatu Estuary used in this study

Date & time(a.m.)	Image code	Satellite number	Incidence	Azimuth	Elevation
1987/11/13 10:40	I0002489	SPOT1	L 5.6°	159.8°	46.3°
1995/10/31 10:48	I0002432	SPOT2	R 9.7°	160.8°	50.6°
1998/10/08 10:44	I0002529	SPOT1	R 0.5°	152.3°	57.5°

並取得大肚溪口地區相關之地形圖、像片基本圖、航空照片及衛星影像資料，取回之衛星影像資料須先作資料轉檔才可運用及分析。

(二) 現場勘查

攜帶相關地圖、照片及影像至現場勘查比對，以瞭解研究區土地利用及植被分布覆蓋情形，以輔助分類體系之初擬及訓練樣本之選取。

(三) 影像變遷分析

1. 重疊法 (overlapping)

此法為最快速直接的方法，乃將多時影像彼此重疊，由重疊影像中色調之改變，推論地表之變化，即利用兩期影像之紅外光波段對水陸有良好分辨能力，將前期影像之紅外光波段以藍色與綠色顯示，後期影像以紅色顯示，將二期影像三種色調重疊得到重疊影像 (蕭等 1993)。所得之重疊影像，基於顏色相加原理，若地表沒有變化，顏色應呈灰色調 (黑白影像)，變遷地區顏色變化應為後期波譜反射值較強的偏紅色調，或是前期波譜反射值較強的天青色調 (藍色加綠色) (蕭等 1994)。本研究分別利用兩期 SPOT XS 影像之第三波段 (紅外光波段) 作重疊分析，前期影像第三波段以藍色與綠色顯示，後期影像以紅色顯示，三種色調重疊後得到重疊影像，之後再與像片基本圖及航空照片比對分析，判釋地物之變化。

2. 分類後比較法 (post-classification comparison)

此法為常用的定量變遷偵測方法，須對當時現況相當程度之瞭解或參考地面真實資料，才易於進行與分析。必須將每幅影像以影像分類方法各自分類地覆類別，然後比較及探討其變化。本研究僅取 1987/11/13、1995/10/31 及 1998/10/08 三期影像進行分類。此法較

為繁複，其步驟敘述如下：

(1) 初擬分類體系

參考「臺灣沿海地區自然環境保護計畫」土地資源利用分類及 1/5,000 像片基本圖上地物標示，對於不同地覆的反射特性作初步瞭解。本研究先以日期最近影像 (1998/10/08 影像) 將地覆類別細分為 17 類 (海域、溪流、水道、魚池、水池、儲煤場、砂地、旱作地、草地、水稻田、木麻黃、樹林兩類、建物兩類、荒地、運輸地等)。

(2) 選取訓練樣本

在 SPOT XS 3/2/1 波段假色組合影像上比對航空照片與像片基本圖選取訓練樣本，產生各地覆類別訓練樣本之光譜統計值。訓練樣本之選取採小區塊 (本研究以 2×2 區塊為限) 多樣區之原則，並以區塊成長之方式，配合光譜距離門檻值進行選取，以維持樣本之代表性與均質性。

(3) 訓練樣本分離度分析

由各類別訓練樣本計算出其在每一波段之平均值加減兩個標準差之範圍，並分別繪製各類別在每一波段上之光譜圖，如此可分析各組類在每一波段上重疊之大小，對性質相近或選取不適當的組類予以合併或刪除，並可適時調整各類別之上下界限使其分離。

(4) 影像分類

監督式分類法 (supervised classification) 是利用波譜型式識別 (spectral pattern recognition) 及地面真實資料選定所需資訊類屬，然後選定訓練樣區，以代表每一類屬之監督處理，再從訓練區中導出相關統計值作為分類依據 (蕭 1988)。本研究即採用此法進行分類法中常用之高斯最大概似分類法

(Gaussian maximum likelihood classifier) 進行影像分類。然後反覆進行樣本分析、影像分類與評估，將光譜值接近而不易區分之類別合併或刪除，最後僅分為水域、沙灘、草地與旱作地、水稻田與樹林、建地與荒地等5大類，並以1-5代碼表示(表3)。另由於1987及1995年影像海域上有波浪造成的泡沫線，影像分類時易被歸類為建地，須將分類影像該位置改為水域，以提高分類準確度。

(5)分類準確度評估

1998年分類影像以隨機方式選取1000個檢核點，再以此1000個檢核點作為1987及1995年分類影像之檢核點，使用ArcView及數位板配合像片基

本圖、航空照片及未分類影像逐點核對檢核點地物類別，之後以Imagine進行分類準確度評估，求得生產者準確度 (producer's accuracy)、使用者準確度 (user's accuracy)、整體分類準確度 (overall accuracy) 及Kappa係數，換算漏授 (omission error) 與誤授 (commission error) 百分比，並作成誤差矩陣表加以分析比較。

(6)分類後比較

將欲比較之兩期影像類別代號作修改，前期影像類別代號1-5依序改為5, 4, 3, 2及1，後期影像類別代號1-5依序改為6, 11, 16, 21及26，再以後期影像減掉前期影像，如此各類別

表3. 大肚溪口地區SPOT XS影像分類體系

Table 3. The classification system of the SPOT images of the Tatu Estuary

Class	Code	Subclass
Water	1	Sea, streams, canals, fish ponds and ponds
Sandy area	2	Beach and sandy areas
Grassland and dry cropland	3	Grassland, watermelon and vegetable farmland
Paddy and forest land	4	Paddy, windbreak forest, courtyard and shade trees
Built-up and barren land	5	Built-up lands, barren lands, roads and dikes

表4. 分類後比較法兩期影像類別代碼表

Table 4. The codes of two-dates images for the post-classification comparison method for the Tatu Estuary

Earlier stage classified image	Later stage classified image				
	1(6)	2(11)	3(16)	4(21)	5(26)
1(5)	1	6	11	16	21
2(4)	2	7	12	17	22
3(3)	3	8	13	18	23
4(2)	4	9	14	19	24
5(1)	5	10	15	20	25

the number indicate modified code in bracket.

之變化可得唯一值 (1-25)，如表4所示。再將相減影像各類別變化之像元數換算為面積。

結果與討論

一、重疊法分析結果

基於顏色相加原理，在重疊影像中紅色調及天青色調為變遷區域，顏色愈深表示兩期影像波譜反射值之變化愈大。於反射紅外光段水體 (海域、溪流、魚池與水池) 及沙灘波譜反射值較低，若無變化其顏色偏黑色調；屬較高反射值的水稻田若無變化則為白色調。由圖2及圖3可明顯看出在海岸、河口及河岸之變化最大，多呈大區塊狀，內陸變化較小，多呈小區塊或線狀。變遷分析結果分階段敘述如下：

(一)1987/11/13與1995/10/31重疊影像

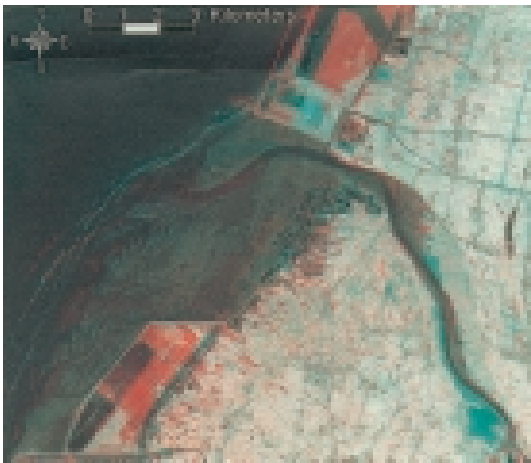


圖2. 1987/11/13與1995/10/31近紅外光段重疊影像。

Fig. 2. The overlapped image of the Tatu Estuary for 1987 and 1995 near infrared bands (gray hues, the areas with environmental change; red and blue hues, areas with environmental changes).

臺中火力發電廠北側原為大片沙灘，已整地、圍堤及造林，波譜反射值劇增，呈現紅色調 (圖2)，東南側一塊天青色區域為污水處理廠之設置。寓埔海埔地已超過一半之養殖魚池遭填土整地，呈現紅色調，而東側開鑿之隔離水道，波譜反射值減弱，呈現天青色調。大肚溪南岸魚池區域新圍築魚池，呈現天青色調，亦可見於南側沙灘圍堤，呈現紅色之框線。大肚溪下游有多處砂石場，經長期採砂結果，促使河道寬度增加，增加區域呈現天青色調。臺1線省道開闢使用沿線農田，波譜反射值遽降，呈現明顯天青色線條。

(二)1995/10/31與1998/10/08重疊影像

因1995年為退潮影像，1998年為漲潮影像，於重疊影像上沙灘區域呈現淡藍色調 (圖3)。寓埔海埔地西側紅色區域為魚池再遭填

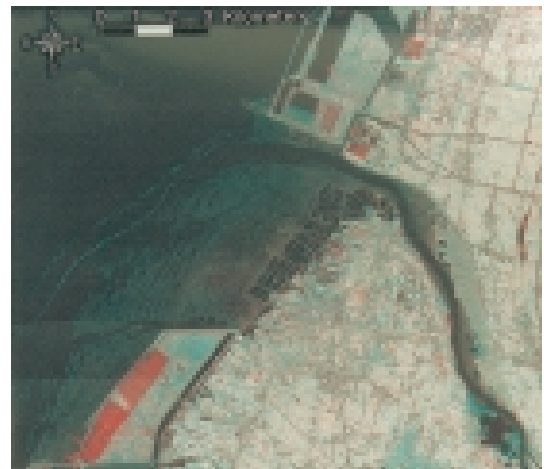


圖3. 1995/10/31與1998/10/08近紅外光段重疊影像。

Fig. 3. The overlapped image of the Tatu Estuary for 1995 and 1998 near infrared bands (gray hues, the areas without environmental change; red and blue hues, areas with environmental changes).

土整地，波譜反射值增加。桂裕鋼鐵廠右側一塊紅色區域原為魚池轉變為荒地及臺中港特定區污水處理廠水池乾涸，部分區域已演替為草澤，反射值增加，呈現紅色調。西濱公路開闢使用沿線農田，波譜反射值遽降，呈現天青色線條。

二、分類後比較法分析結果

本研究原將地覆類別細分為17類(海域、溪流、水道、魚池、水池、儲煤場、砂地、旱作地、草地、水稻田、木麻黃、樹林兩類、建物兩類、荒地、運輸地等)，然後將光譜值接近而不易區分之類別合併或刪除，因為所用影像為冬季拍攝，草地與旱作地植物呈現枯黃，在紅外光波段反射值降低，生長成熟而茂密的水稻田與樹林光譜值範圍重疊，區隔不易，最後僅分為水域、沙灘、草地與旱作地、水稻田與樹林、建地與荒地等5大類。

三期分類影像之分類準確度評估之誤差矩陣表見表5-7，其中三期分類影像第3類之誤授皆大於12%，主要是部分水稻田或道路與旱作地相鄰處產生之混合像元，易造成錯誤分類；第5類之誤授亦皆大於12%，主要是因影像之空間解像力為20m x 20m，而道路寬度大多小於20m，易與鄰近之其它類別產生混淆所造成；而1998年分類影像第2類之誤授皆高達32.3%，主要是因該期影像當時為漲潮，沙灘大部分被海水淹沒，露出面積小，以逢機取樣選取檢核點少，使得魚池被分類為沙灘之比率高。雖然三期分類影像之整體分類準確度皆大於92.0%，Kappa係數大於0.89，而各類別之準確度差異大，1998年分類影像差距更達30%以上，主要是研究區域影像海域面積占1/3左右，以逢機取樣方式選取檢核點，因各類別之檢核點數與面積成正比，所以海域選取之檢核點較多，且海域相當均質，分類準確度高，提高整體之分類準

確度。變遷分析結果分階段敘述如下：

(一)1987/11/13-1995/10/31之變化

大肚溪口北岸沙灘可能由於北側臺中港與發電廠之興建，使得來自北方之沙源供應受阻，導致侵蝕現象，南岸則呈現堆積現象，使得大肚溪出海開口方向改變。另外於彰濱工業區線西區北側沙灘有侵蝕現象，形成一道潮溝(圖5)，此可印證劉等(1993)以海域地形變化數值模式計算所得結果，在NNE波浪長期作用下，線西區北側較靠堤岸的部分有較大之侵蝕區域。大肚溪下游有多處砂石場，經長期採砂結果，促使河道寬度增加，河床上出現許多大坑洞，尤其是1995年分類影像右下方出現之一大塊黑色區域(圖5)。臺中火力發電廠已興建完成，儲煤場、煤輪航道、煤灰池、廢水排放口防波堤、發電機組與設施等明顯可見，發電廠北側原為大片沙灘，已完成整地及造林，周圍雜草叢生。伸港鄉沿岸魚池有向外圍堤擴增現象。寓埔海埔地為圍築蚵寮北堤後形成之海埔新生地，後由經濟部工業局規劃為彰濱工業區



圖4. 1987/11/13分類影像。

Fig. 4. The classified image of the Tatu Estuary for 13 November 1987.

表5. 1987/11/13 影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 5. An error matrix of the classification accuracy for the 13 November 1987 image of the Tatu Estuary

Classification data code	Reference data code					Row total	Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	5								
1	319	19	0	0	0	338	338	338	319	94.4%	94.4%	5.6%	5.6%
2	9	170	0	0	5	184	192	184	170	88.5%	92.4%	11.5%	7.6%
3	1	0	64	7	2	74	75	74	64	85.3%	86.5%	14.7%	13.5%
4	3	0	5	228	1	237	240	237	228	95.0%	96.2%	5.0%	3.8%
5	6	3	6	5	147	167	155	167	147	94.8%	88.0%	5.2%	12.0%
Column total	338	192	75	240	155	1000	1000	1000	928				

Overall accuracy =92.8%, Kappa=0.91.

表6. 1995/10/31 影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 6. An error matrix of the classification accuracy for the 31 October 1995 image of the Tatu Estuary

Classification data code	Reference data code					Row total	Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	5								
1	353	5	0	0	1	359	379	359	353	93.1%	98.3%	6.9%	1.7%
2	12	129	0	0	0	141	138	141	1239	93.5%	91.5%	6.5%	8.5%
3	1	0	38	4	2	45	52	45	38	73.1%	84.4%	26.9%	15.6%
4	2	0	7	232	6	247	254	247	232	91.3%	93.9%	8.7%	6.1%
5	11	4	7	18	168	208	177	208	168	94.9%	80.8%	5.1%	19.2%
Column total	379	138	52	254	177	1000	1000	1000	920				

Overall accuracy =92.0%, Kappa=0.98.

表7. 1998/10/08 影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 7. An error matrix of the classification accuracy for the 8 October 1998 image of the Tatu Estuary

Classification data code	Reference data code					Row total	Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	5								
1	460	2	0	0	2	464	481	464	460	95.6%	99.1%	4.4%	0.9%
2	7	21	0	0	3	31	23	31	21	91.3%	67.7%	8.7%	32.3%
3	0	0	56	1	7	64	67	64	56	83.6%	87.5%	16.4%	12.5%
4	4	0	5	213	14	236	228	236	213	93.4%	90.3%	6.6%	9.7%
5	10	0	6	14	175	205	201	205	175	87.1%	85.4%	12.9%	14.6%
Column total	481	23	67	228	201	1000	1000	1000	925				

Overall accuracy =92.5%, Kappa=0.98.



圖5. 1995/10/31分類影像。

Fig. 5. The classified image of the Tatu Estuary for 31 October 1995.

用地，但因經濟因素暫停開發，任其荒廢，為附近居民開挖為養殖魚池，至1995年已超過一半魚池遭填土整地，開鑿隔離水道，部分區域造林。內陸變遷方面，大肚溪北岸河床旱作地於1987年分類影像上被分類為荒地，乃因作物已收成，為裸露之土壤，而於1995年分類影像上被分類為旱作地，乃因作物未收成，有作物覆蓋。另外全興工業區已開發完成。其餘尚可明顯看出西濱快速公路及其它道路之開闢。至於各類別地覆面積變化詳見表8，較大之變化如第1類有514.98 ha 轉變為第2類，主要是河口沙灘分布位置之轉移，原為海水區域轉變為沙灘。另第1類有273.84 ha 轉變為第5類，主要是寓埔海埔地近內陸之魚池被填土將開發為彰濱工業區及臺中發電廠圍堤。第2類有992.77 ha 轉變為第1類，主要是位於河口南北兩岸彰濱工業區之開發、臺中發電廠與鋼鐵廠之興建，大量抽取海砂，以及位於河床多處砂石場長期採砂結果，促使河道寬度增加，造成沙灘面積大量減少。另第2類有366.50 ha 轉變為第5類，

主要是臺中發電廠與彰濱工業區之填土整地及建築廠房。第3類有638.41 ha 轉變為第4類，殆為內陸農作物輪種或採收與否之變化。另第3類有569.39 ha 轉變為第5類，主要為河床旱作地上之農作物採收後土地裸露，此會隨土地上農作物採收與否形成反覆之變化。第4類有780.86 ha 轉變為第5類，主要是原有植被區域開發為全興工業區、建築屋舍工廠及開闢道路等。第5類有498.17 ha 轉變為第3類，主要是河床地上種植農作物成為旱作地，及臺中發電廠與彰濱工業區之荒地雜草叢生。另第5類有484.16 ha 轉變為第4類，主要是臺中發電廠與彰濱工業區內種植防風林，及內陸裸露土地種樹或水稻。

(二)1995/10/31-1998/10/08之變化

因1995年為退潮影像，1998年為漲潮影像，後期影像沙灘多為海水淹沒，所以兩期影像沙灘面積相差超過2,100 ha，主要是漲退潮造成。臺中火力發電廠北側造林地之白色區域，乃桂裕鋼鐵廠之興建(圖6)。原寓埔海埔地已全部填土整地，雜草漫生，形成大片

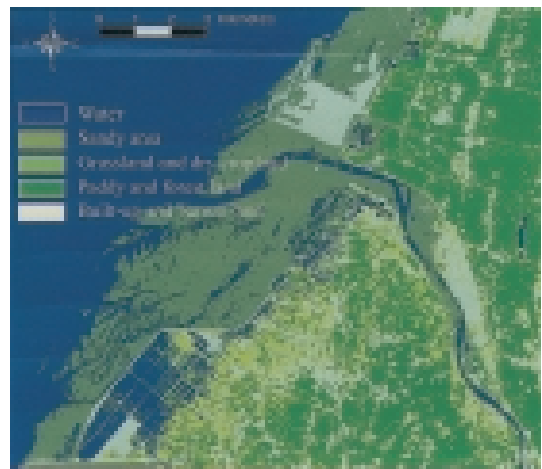


圖6. 1998/10/08分類影像。

Fig. 6. The classified image of the Tatu Estuary for 8 October 1998.

表8. 1987-1995年各地覆類別面積變化矩陣表

Table 8. A change matrix of the land-cover areas of the Tatu Estuary from 1987 to 1995 Units: ha

Nov. 13, 1987 classified image	Oct. 31, 1995 classified image code				
	1	2	3	4	5
1. Water	5,813.23	514.98	23.08	18.28	273.84
2. Sandy area	992.77	2,166.77	198.30	48.63	366.50
3. Grassland and dry cropland	47.70	21.97	189.73	638.41	569.39
4. Paddy and forest land	34.44	13.75	163.84	3,572.14	780.86
5. Built-up and barren land	146.41	110.20	498.17	484.16	1,812.45

表9. 1995-1998年各地覆類別面積變化矩陣表

Table 9. A change matrix of the land-cover areas of the Tatu Estuary from 1995 to 1998 Units: ha

Oct. 31, 1995 classified image	Oct. 8, 1998 classified image code				
	1	2	3	4	5
1. Water	6,695.81	107.55	79.95	3.27	147.97
2. Sandy area	2,197.56	483.94	24.36	0.53	121.28
3. Grassland and dry cropland	11.31	2.50	505.73	116.84	436.73
4. Paddy and forest land	14.22	1.55	238.73	3,825.66	681.45
5. Built-up and barren land	167.28	55.66	722.34	496.86	2,360.91

草地，並增加造林面積與開闢道路。至於內陸之土地利用變化較小。各類別地覆面積變化詳見表9，較大之變化如第1類有147.97 ha 轉變為第5類，主要是寓埔海埔地近海之魚池被填土開發為彰濱工業區。第2類有2,197.56 ha 轉變為第1類，主要是海水漲退潮差異所致。第3類有436.73 ha 轉變為第5類，主要為臺中發電廠北側原為草生地建築為桂裕鋼鐵廠，彰濱工業區與內陸建築屋舍工廠及開闢道路。第4類有681.45 ha 轉變為第5類，主要是原有水稻田建築屋舍工廠及開闢道路。第5類轉變為第3類有722.34 ha，主要是開發中彰濱工業區內荒地上雜草叢生及內陸裸露土地種植農作物。

結 論

以重疊法進行定性的影像變遷分析簡單快速，由任意兩期之重疊影像查出變化區域，再針對此變化區域進行實地勘查或比對相關圖籍資料，即可瞭解整體變化概況，迅速提供變遷資訊。分類後比較法為定量分析，此法頗為繁複，但可獲得各地覆類別之轉變與面積變化，但受限於SPOT XS影像僅有三個波段，光譜解像力不足，並基於準確度之考量，無法細分土地利用型態，且影像之空間解像力為20m x 20m，在相鄰分類類別之邊界處易造成混合像元，尤其是道路寬度大多小於20m，更易與鄰近類別產生混淆，降低分類之準確度。

1987-1998年變遷分析結果顯示，大肚溪口地區之環境變遷以海岸、河口及河岸地區變化最大，沿海工業區之開發及發電廠與鋼鐵廠之興建，圍堤抽砂造地與填土整地，使得1,000 ha 左右之魚塢與沙灘等溼地轉變為陸地利用型態，顯見臺灣在解嚴及解除海禁之後，海岸開發之步伐急遽加快，濱海工業區、港灣、發電廠、海域休閒、垃圾掩埋場等多項工程之開發與興建，使海岸環境與溼地受到嚴重衝擊。

謝 誌

感謝特有生物研究保育中心長官對本研究計畫之支持，研究期間承蒙臺中縣政府、彰化縣政府、中部地區海岸巡防司令部及臺中火力發電廠等單位提供協助，使野外調查得以順利進行，謹申謝忱。

引 用 文 獻

- 吳啓南、彭森祥、蕭國鑫。1991。外傘頂洲的變遷分析。遙感探測 15: 1-13。
- 李寶華。1989。大肚溪口草澤之研究。中興大學植物學研究所碩士論文。
- 李瑞瓊。1991。大肚溪口水鳥保育區整體發展研究。東海大學環境規劃及景觀研究中心。
- 李培芬、林明志、許嘉恩。1994。竹圍紅樹林之景觀變遷。遙感探測 20: 73-88。
- 周天穎、杜昌柏、白金城。1992。地理資訊系統及遙測技術應用於空間分析之研究。遙感探測 17: 50-67。
- 周朝富、鄭祈全。1992。利用 SPOT 衛星資訊探測林地覆蓋變遷之研究。林業試驗所研究報告季刊 7 (4) : 305-317。
- 陳文福。1995。以 Landsat-TM 及 SPOT 影像監測高山土地利用變遷之研究。中華水土保持學報 26 (3) : 183-196。
- 陳朝圳、吳守從、鍾家正。1996。地理資訊系統應用於南化水庫集水區土地利用變遷之研究。中興大學實驗林研究彙刊 18 (2) : 98-112。
- 陳炳煌。1998。大肚溪口水鳥保護區自然資源調查及環境監測計畫。東海大學。
- 馮豐隆、黃志成、陳英彥。1993。地理資訊系統應用於惠蓀實驗林場。遙感探測 19: 71-95。
- 黃朝慶。1988。大肚溪口植物社會之研究。中興大學植物學研究所碩士論文。
- 黃譚冠。1990。大肚溪口地區水域基礎生產量之研究。中興大學植物學研究所碩士論文。
- 黃凱易、張偉顛。1997。SPOT 衛星影像分析應用於林地被覆變遷偵測。中華林學季刊 30 (1) : 55-70。
- 臺中縣自然生態保育協會。1996。大肚溪口水鳥保護區鳥類資源調查及環境監測報告。臺中縣政府。
- 劉景毅、洪逸銘、黃煌輝。1993。彰化濱海地區海域地形變化之研究。中華民國第十五屆海洋工程研討會論文集。701-712 頁。
- 蕭國鑫。1988。航照、衛星影像應用於臺北盆地土地利用分類及變遷分析。航空測量及遙感探測 14: 31-57。
- 蕭國鑫、李元炎、吳啓南、陳仁仲。1993。濁水溪口環境變遷分析。遙感探測 19: 1-24。
- 蕭國鑫、劉治中、李惠容。1994。遙測與GIS 結合應用於德基水庫集水區土地利用／覆蓋監測。遙感探測 21: 81-100。
- 謝仁馨。1992。航照判讀與遙感探測。中華民國航空測量與遙感探測學會出版。
- 顏重威。1987。彰化縣伸港鄉海埔地鳥類保護區規劃報告。國立自然科學博物館 76

年生態研究第001號。

鍾溫清。1994。彰化大肚溪口水鳥自然公園
細部規劃。東海大學景觀研究所。

蘇苗彬。1996。大肚溪口水鳥保護區經營管
理計畫。國立中興大學土木工程研究
所。

Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer. 1994. Remote
sensing and image interpretation. 3rd ed.,
John Wiley and Sons, New York.

A Remote Sensing Image Analysis for the Tatu Estuary

Tien-Shui Chen

Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

Abstract

The Tatu Estuary is one of the important wetlands and waterfowl habitats in Taiwan. Its 2,670-hectare wetlands were designated as the Tatu Rivermouth Waterbird Refuge in 1995 and renamed as the Tatu Rivermouth Wildlife Refuge in 1998. This study collected SPOT satellite images, aerial photographs, maps and field survey data of the estuary for 13 November 1987, 31 October 1995, and 8 October 1998. These data were used with the image overlapping method and the post-classification comparison method to undertake the image change analysis for the estuary. The results showed that great changes in the environments occurred in the areas along the shores of the estuary and its adjacent seacoasts. The development of industrial parks, construction of an electric power generating plant and a steel factory, graveling and sanding, and construction of dams associated with these development activities had converted about 1,000 ha of its wetlands to the dry lands.

Key words: remote sensing, Tatu Estuary, change, Taiwan

Received: April 24 , 2001

Accepted: September 24 , 2001