

## 應用 SPOT 影像進行金門島土地覆蓋變遷監測— 1995 年、2000 年、2001 年

楊婉如<sup>1, 2</sup>

(收稿日期：2005 年 3 月 8 日；接受日期：2005 年 6 月 27 日)

### 摘 要

土地覆蓋變遷是國際全球變遷研究中的重要議題，而人類的土地利用決策是今日直接或間接影響土地覆蓋轉變的主要原因。小型島嶼因面積有限，各種不同的利用方式彼此的競爭較其他地區更為尖銳，為決定島嶼環境能否永續發展的關鍵因子。金門島自 1992 年開放以來，產業與制度的轉變導致的開發與環境衝擊，一直是眾所關注的議題，但在基本資料缺乏的限制下，無法具體了解土地利用型態如何回應各種時/空尺度上人文因子的轉變，而土地利用轉變引致的環境衝擊也無從評估，因此本研究嘗試以台灣地區有長期拍攝的 SPOT 衛星影像進行土地覆蓋變遷的判釋，並輔以社會、經濟、政策、人口等因子的變遷資料，探討在 1995-2001 年間，金門島在區域尺度上的土地利用變遷狀態，並可了解 SPOT 影像在此地區之土地資源管理上的適用性。

**關鍵詞：**土地覆蓋變遷，遙測，金門島，SPOT

### 一、緒 論

土地一詞的內涵隨著文明發展與時空的轉換而有所更迭，廣義的定義可以包含所有人類活動、生存和生產的場所與資源，是人類社會賴以生存發展的基礎（秦明周，1998），土地利用（land-use）是人類在特定的土地範圍裡從事的活動，例如都市邊緣的土地作為住宅用途；土地覆蓋（land-cover）則是地表上呈現的特徵，例如稻田、湖泊、樹林、道路（Lillesand & Kiefer, 2000）。土地覆蓋的變化決定於自然因子的作用和人類土地利用形態的改變，不同層面的驅動力（driving force）構成了因子互依，並與許多不同時—空層次的現象交互影響的複雜系統（Bürgi, 2004; e.g., Blaikie, 1985），而其中人類活動是當代影響土地變遷最主要的因子（Turner et al., 1990）。

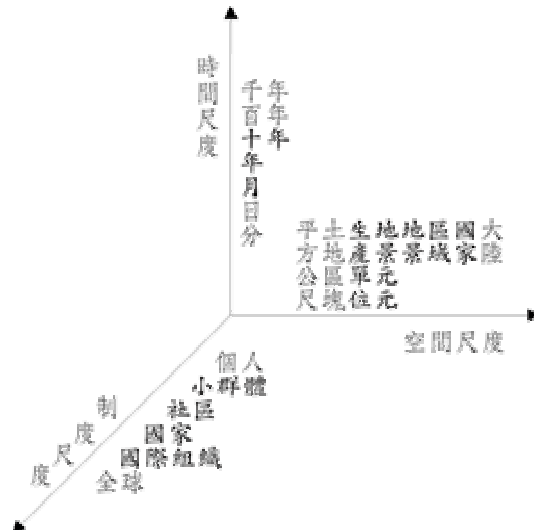
若以全球尺度來看，人類土地利用造成的土地覆蓋變遷已足以影響整個地球系統的運作：破壞生物多樣性（Sala et al., 2000）、導致地方與區域性的氣候變遷（Chase et al., 1999）及全球

---

1. 台灣大學地理環境資源學系。

2. 通訊作者。

暖化 (Houghton et al., 1999)、加遽土壤侵蝕 (Tolba et al., 1992)；而生態系統服務特性的變化，更進而衝擊了人類賴以生存的資源，影響人類對於氣候、經濟，以及社會—政治系統波動的耐受力 (Lambin et al., 2001)。因此，對土地利用 / 土地覆蓋變遷的趨勢與相關人類決策驅動力的探討，亦為今日全球變遷與環境管理相關研究的重要議題。



圖一. 土地變遷研究的尺度 (粗體字部分為目前主要的研究範疇) 資料來源: Bürgi, 2004

土地利用 / 覆蓋變遷分析的尺度因研究目的而異，可以是國家、區域，乃至個別的土地利用者 (Rindfuss et al., 2004)。在不同的調查尺度上採用的研究方法及探討的因子層面不盡相同，例如透過衛星影像可以不需土地管理者同意，而能觀察不同空間尺度上的地表組成單元，而個別地塊的土地使用決策因子則必須透過訪問及調查才能獲知 (Bürgi, 2004)。土地利用資料可經由歷史記載、論著、地圖、地面實測、航空照片與衛星影像判釋等各種方式獲得，通常需依據使用者所需資料的詳細程度及取得的可能性來決定 (李建堂，張長義，1983)，本研究僅以了解及解釋區域尺度可觀察到的變遷狀態為目的，故不細究個別使用者的決策驅動力。

金門島自 1992 年解除戒嚴以來，隨著社會-經濟漸趨開放和產業轉型，許多研究者認為，社會組織與人-地關係的轉變，將促進觀光投資與開發，進而導致林地砍伐、農田廢耕、建地擴張等現象，對島嶼生態環境造成衝擊 (湯文昊，1991；吳培暉，1992；王鑫，1994；金以蕾，1994；蔡慧敏，1999)，但目前的研究成果偏重於聚落內部空間利用形態的轉變，以及特定物種的監測等，尚缺乏可以做為環境認識與環境管理決策參考的大尺度土地覆蓋與變遷資料。

金門島因為長期軍事管制，基本地圖與土地調查資料闕如 (黎明儀 2004；台大地理系，1998)，為了解土地利用的變遷狀態與相關的影響因子，本研究將以衛星影像判釋建置土地覆蓋的基本資料，並配合前人研究與地景變遷相關文獻的回顧以建立背景知識，探討影響影像判釋成果的因素，以及在區域尺度上地表覆蓋變遷的狀態。研究之時—空尺度受限於資料取得，以目前可向中央大學太空及遙測研究中心購得之不同年度同季影像，包含 1995 年、2000 年、2001 年 SPOT 三個時期的 SPOT 衛星影像進行分析。

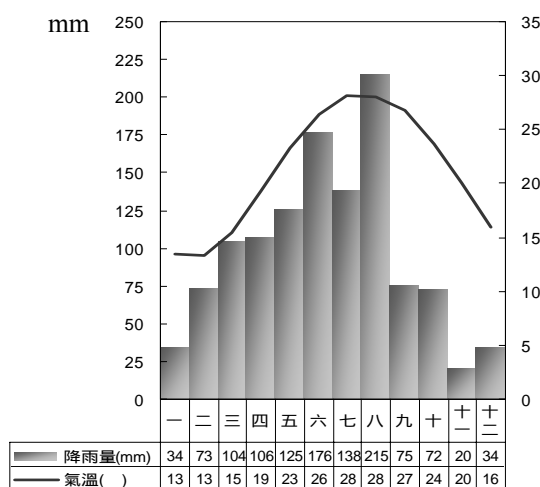
## 二、研究區環境概述

金門島位於廈門灣內，與廈門島相距約 10 公里，島群包含 12 個大、小島嶼，主要為金門、小金門（烈嶼）、大膽、二膽，面積約 150.5 平方公里（內政部，1995），其中以金門島面積最大，約 134 平方公里。以下分別就自然環境、開發歷史，與近代地景發展脈絡加以說明：

### （一）自然環境特徵

廈門灣具有谷灣海岸特徵，海岸線曲折且多小島分佈，根據地層垂直結構與水平分佈判斷，金門島曾歷經多次的海面升降，冰期造成的回春現象使得基磐上覆多層不同年代的沖積層，但各層出露的位置與厚度則因地質構造因素、原生植被與人類開發等諸多因素的影響而分佈不一，金門的基底岩層以花崗片麻岩為主，局部地區則有混合岩及花崗岩出露（王鑫，1994）。

氣候型態屬於熱帶半乾性氣候（呂金誠，1994），年平均氣溫為 21℃，最暖月月均溫約為 28℃，最冷月月均溫約 13℃（資料年度：1991—2002；金門農試所，2004）。每年自九月中旬起盛行東北季風，風力強勁，至翌年四月風力始減弱。年雨量平均約 1000 公釐，在亞洲熱帶季風氣候區雨量偏低。雨量主要分佈於 4—9 月間，年蒸發量高達 1700 公釐，約為年雨量的 1.7 倍，年平均相對濕度為 80%，故經年乾旱，夏、秋兩季偶有颱風侵襲，帶來較多雨量，但也經常釀成災害（呂金誠，1994）。



圖二. 金門氣候圖（1991—2002）資料來源：金門農試所網站，2004

金門島的林相在最近一次冰期過後逐漸穩定，著根於厚實而多腐植質的土壤之上，成為保護、維繫土壤品質的重要因素，並改良了金門地表的微氣候環境（王鑫，1994）。郭城孟（2002）以抽樣方式進行土壤調查，發現金門島的土壤 pH 值偏酸，土壤之分佈與地質分佈相當一致，此現象顯示金門地區土壤之化育過程受到母質極大之影響，有機質含量偏低，以耕作利用而言土壤相當貧瘠（郭城孟，2002）。水分是限制金門植群分佈最重要的因子，農業生產也受限於水量，僅適宜旱作雜糧及部分蔬菜的種植。另外，居民選擇性的伐除與利用也是改變植被狀態的主因（呂金誠，1994）。目前金門之林地大多為人工造林地或是造林植株衍生的後代，且多

屬於先鋒型植被，現生植被可區分為水域植群、草地、灌叢、疏林、森林等形相，少數原生種混生其中（郭城孟，2002）。

## （二）人文歷史背景

在中國西晉末年以迄元代，金門島經常成為戰亂中避難的邊疆，由中國大陸遷入的居民歷經唐、宋、元各朝的經營，逐漸開始向大陸輸出漁獲與農產，以交換本身生產不足的資源（謝重光等，1999）。歷代掠奪式的資源開發使得金門島原生的熱帶季風林在元代就已砍伐殆盡，因而導致土地沙化，依農維生的傳統生活方式受到衝擊（蔡慧敏，1999），至清末民初，更因為天災、戰亂等因素，促使金門居民大量移居南洋謀生（謝重光等，1999）。1949年國民政府遷台，金門成為台海軍事防禦的前哨，至1992年軍管時期結束為止，配合軍事策略而進行的造林、海岸防禦工事，以及1963年之後以建設三民主義模範縣為目標所實施的農地重劃和水利建設大幅改變了金門島的地景（金門縣立社會教育館，1992），也因為軍方管制限制了土地開發，生態環境獲得休養生息的機會，海岸與丘陵地帶野生動植物逐漸復育（蔡慧敏，1999）。

軍管期間經濟發展相對緩慢，使得金門島出現人口外流的現象，經濟上亦依賴大量之國軍士兵駐防所衍生之服務業需求，除傳統農業之外，服務業在產業結構中佔有重要的比例。於1992年解除戰地政務後，各項制度漸次修改為與台灣地區一致，又因為國軍駐防減少造成地方型服務業蕭條，於是政府單位轉而積極推動觀光業以求振興經濟（台大城鄉所，2004）。

金門傳統上是以農漁經濟結構的社會，經濟產業以第一級產業為主，在物候條件的限制下，能栽植的作物以高粱、地瓜、小麥、大麥、花生等旱作及少量的蔬菜為主；此外，金門四面環海、四周海域是大陸棚漁場之一，小型的沿海捕撈在從前頗為發達，小農之家平時也畜養一些豬、牛、雞、鴨等家畜。除少數傳統手工業之外，工業與服務業多在軍管時期出現，諸如酒廠、陶磁廠、花崗石廠、發電廠等（中華民國國家公園學會，2003）。

今日金門產業結構的主體包含公部門、觀光服務業，和以服務觀光客為主的食品加工業。農業則由於土地重劃、耕作技術改良，以及外來農產品的競爭之下，實際從業的人口比例逐漸降低（阮冠穎，2003）。由1996年工商及服務業普查中得知金門縣人口中受雇人員佔全縣總人口數的44.01%，其中又有接近28%是受雇於政府部門，整體的產業結構以第一、三級產業從業人數為主，而製造業與觀光服務業的收入較農業為佳，因此隨著駐軍減少與大陸農產透過小三通及走私等管道大量輸入，觀光業以及相關的特產加工等行業逐漸成為金門島的產業特色（阮冠穎，2003）。

金門島在國土開發計畫中具有「離島振興區」、「軍事重地」與「國家公園」三重定位（台大城鄉所，2002），隨著解除戒嚴與減少駐軍等規劃，獨特的戰地風光和保存良好的閩南聚落成為發展觀光產業的最佳賣點和經濟發展的契機（李國忠，1991）。在國土規劃體系下的「金門特定區計畫」（1995），以及「金門國家公園計畫」（1995）在地方政府的角度均視為觀光投資（金門縣政府網站，2005），觀光業的發展不僅是政府的既定政策，在駐軍漸次撤離後，更是金門居民振興經濟的寄託所在，而發展觀光業對於土地利用、土地覆蓋的影響，以及對生態環境的衝擊，是金門觀光產業能否永續發展的重要課題。

### 三、研究材料與方法

金門島因長期的軍事管制使得地圖資料不易取得，亦無航空照片可供詳細的土地覆蓋辨識之用。本研究在考慮資料取得難易度、精度、品質，及價格等因素之後，決定以 1995 年、2000 年、與 2001 年冬季，共三個時期的 SPOT 衛星影像進行變遷偵測，並以行政區域圖等資料和現地對照的方式進行判釋正確度的評估依據。根據黎明儀（2004）針對 SPOT 影像判釋成效的評估，SPOT 可應用於在表一中各類別的判釋。本研究參考上述的資料，依據人為介入的程度與生態特性，將土地利用類別設定為 —林地、—農田 草生地、—建地、—水體、—裸露地五類，其中農田/草生地一類之人工經營程度有異，但受限於兩項地物之光譜值難以分辨，故視為同一類別。

表一. SPOT 影像自動分類判釋效果

分類層級	土地覆蓋類別					
	植被		非植被			水體
1						
2	木本	草本	建成地	道路	裸露地	內陸水體
能否判釋	✓	✓	✓	✗	✓	✓

資料來源：黎明儀, 2004

應用衛星影像進行地表覆蓋變遷偵測時，多半只考慮地物的反射光譜變化，常用的方法包含了影像差異法、以各種統計檢定探測地物光譜反射值的變遷，以及分類後比較等方式。SPOT 為一太陽同步衛星，可生產多光譜態（XS）和全色態（Pan）兩種影像，其中多光譜態的三個波段分別為綠光段（XS1：0.5 $\mu$ m 0.9 $\mu$ m）、紅光段（XS2：0.61 $\mu$ m 0.68 $\mu$ m），與近紅外光段（0.79 $\mu$ m~0.89 $\mu$ m）。本研究取得之三個時期的影像中，以目視判斷可見不同時期間同類地物所呈現之色調不一，故經過初步的幾何校正與輻射校正處理後，先以光譜分佈圖分析主要判釋類別的各波段光譜值，發現直接以光譜反射值的變化代表變遷偵測不易界定可靠的閾值，乃採用分類後比較法進行變遷偵測，此法除可了解變遷狀態，尚可根據各時期的分類結果評估 SPOT 影像在此地應用的可行性，影像分類與變遷分析流程請見圖三。

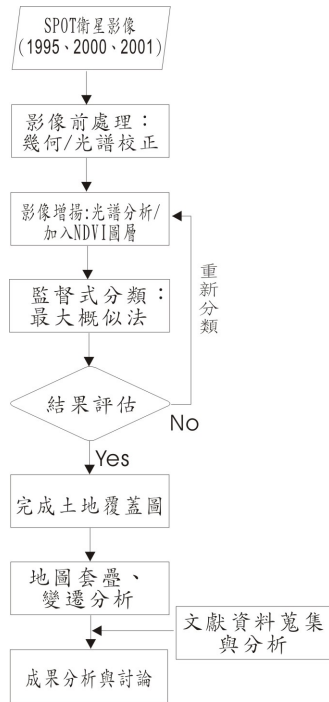
本研究應用 ERDAS IMAGINE8.6 軟體進行兩個時期主題地圖之套疊，並以「交叉分析法」（cross analysis）處理資料。操作方式為將兩個時期的影像套疊後逐一比對各個像元，並依據地物類別將資料製成變遷分析表（change table），通常以縱向（column）呈現時期在前的資料，以橫列（row）呈現時期在後的資料，以呈現各類別在兩個時期中的轉變。

設有  $k \times k$  的方形矩陣，有  $n$  個樣本或像元數， $k$  種類別，縱向  $j$  年代較早的資料，橫向  $i$  為年代較晚的資料，則變遷前各類別樣本數為：

$$n_{j+} = \sum_{i=1}^k n_{ij} \dots \dots \dots \text{公式 (1)}$$

變遷後各類別樣本數為：

$$n_{i+} = \sum_{j=1}^k n_{ij} \dots \dots \dots \text{公式 (2)}$$



圖三．影像分析流程

而兩個時期間土地覆蓋類型的變遷狀態可以用比例方式呈現，不變率 (unchanged rate) 代表兩個時間土地覆蓋未曾變化區域的面積佔總面積的比例；變遷率則為轉變為其他類別比例(吳麗娟，1999)：

$$\text{不變率} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ij}}{n} \dots \dots \dots \text{公式 ( 3 )}$$

$$\text{變遷率} = 1 - \text{不變率} \dots \dots \dots \text{公式 ( 4 )}$$

保留率 (retainable rate) 代表前期的某類型 (j) 至後期末轉為其他類別的比例；轉出率則為轉變為其他類別的比例。

$$\text{保留率}_j = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \dots \dots \dots \text{公式 ( 5 )}$$

$$\text{轉出率}_j = 1 - \text{保留率}_j \dots \dots \dots \text{公式 ( 6 )}$$

繼承率代表後期的某類型 (i) 是由前期的同類型繼承而來的比例；轉入率則為後期某類型是由前期其他類型轉入的比例。

$$\text{繼承率}_i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \dots \dots \dots \text{公式 ( 7 )}$$

$$\text{轉入率}_i = 1 - \text{繼承率}_i \dots \dots \dots \text{公式 ( 8 )}$$

### 四、成果分析與討論

金門島面積約 134 平方公里（金門縣政府，2003），而本研究根據 SPOT 衛星影像判釋所得兩期之各土地覆蓋類型的面積分別為 13,378.56 公頃、13,441.4 公頃、與 13,517.36 公頃，且由於漲退潮的因素，海岸輪廓與總面積略有出入。另受限於 SPOT 影像的空間解析度（20 公尺×20 公尺），無法判釋覆蓋面積小於 400 平方公尺以下的地物變遷。

以誤差矩陣進行分類準確度評估之結果如表二所示，三個時期的整體分類準確度均達到 90 % 以上，其中分類結果出現較多誤授（特定像元被判釋為錯誤類別）或漏授（屬於特定類別的像元未被判釋出來）情形的部分為第 類的建成地、第 類的裸露地，主要是海岸地帶部分的人工建物和裸露地判釋混淆，而農地在休耕時期的光譜反射值則可能判釋為裸露地或建成地，故這兩類不容易完全區隔。

一般土地利用調查類別的設計標準必須具有以下特點：(1)各類別必須完全獨立，且僅能列於一種分類內；(2)必須符合使用者之需要，且容易了解與應用；(3)在調查時間、調查方法，以及調查人員改變時，仍可重複使用此分類標準以利比較（張長義等，1984）。故以衛星影像的光譜反射值監測土地覆蓋變遷，必須小心處理不同時期間同類地物反射值的變異，才能對資料作出合理的解釋。

表二. 衛星影像分類準確度評估

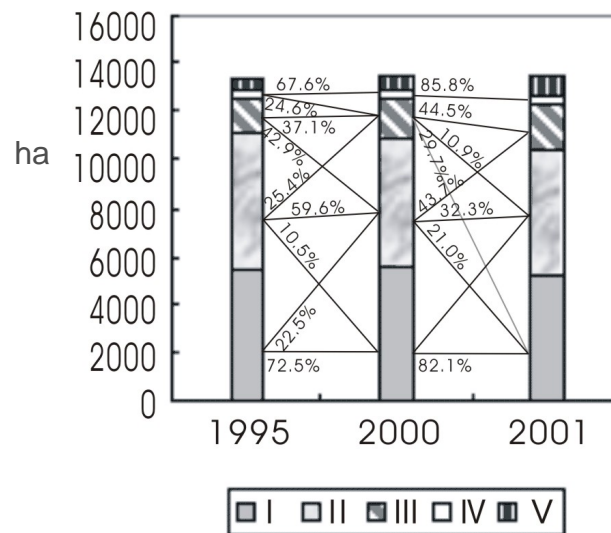
類 別	1995			2000			2001		
	PA	UA	Kappa	PA	UA	Kappa	PA	UA	Kappa
	100.0%	100.0%	1.00	100.0%	90.0%	0.88	100.0%	100.0%	1.00
	100.0%	100.0%	1.00	87.5%	82.4%	0.80	100.0%	84.6%	0.83
	100.0%	37.5%	0.34	85.7%	85.7%	0.84	100.0%	71.4%	0.69
	93.8%	100.0%	1.00	100.0%	100.0%	1.00	100.0%	100.0%	1.00
	58.3%	93.3%	0.92	69.2%	90.0%	0.89	62.5%	100.0%	1.00
	OA = 90.76% Overall Kappa = 0.8863			OA = 93.80% Overall Kappa = 0.9193			OA = 94.92% Overall Kappa = 0.9318		

- ⊕ -林地， -農田與草地， -建成地， -水體， -裸露地
- ⊕ PA=生產者準確度/UA=使用者準確度/OA=整體分類準確度

表三. 各時期土地覆蓋面積變遷量

	各類別的土地利用面積			變遷面積(ha)		變遷比例(%)	
	1995	2000	2001	1995-2000	2000-2001	1995-2000	2000-2001
林地	5396.76	5495.92	5227.32	99.16	-268.6	1.84%	-4.89%
農田/草地	5719.2	5389.64	5124.52	-329.56	-265.12	-5.76%	-4.92%
建成地	1400.24	1678.44	1886.88	278.2	208.44	19.87%	12.42%
水體	341.72	305.28	368.96	-36.44	63.68	-10.66%	20.86%
裸露地	520.64	572.12	909.68	51.48	337.56	9.89%	59.00%
總和	13517.36	13441.4	13378.56				

1995-2000年間，林地、建成地，與裸露地三類土地覆蓋面積增加，而農地、草地面積則減少；而2000-2001年之間，各類別的面積變動幅度均較前述間隔五年週期的變化為高，林地、農田、草生地的面積都減少了近300公頃。



圖四. 保留率與轉出率與分析圖 (圖中數值為各類別保留率與轉出率百分比，僅記錄類別保留率大於10%的部分)

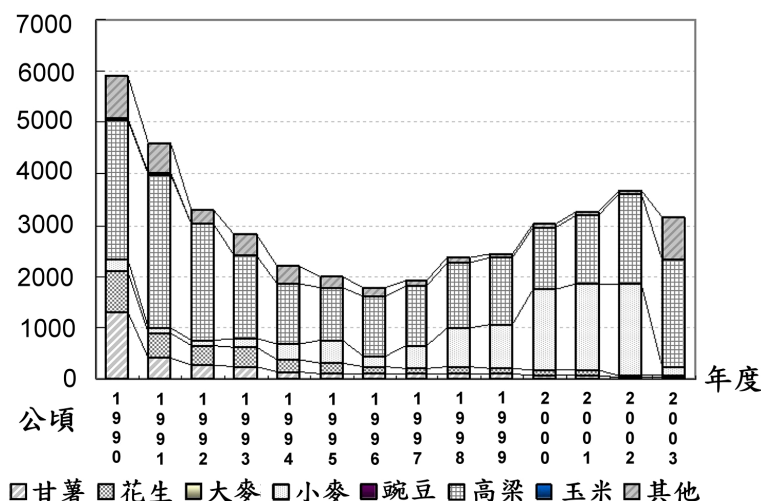
表四. 轉出率與轉入率分析結果

轉出率	林地	農田/草地	建成地	水體	裸露地
1995-2000	27.6%	40.4%	60.6%	31.1%	70.8%
2000-2001	30.2%	40.6%	61.4%	14.0%	65.0%
繼承率	林地	農田/草地	建成地	水體	裸露地
1995-2000	28.8%	36.6%	65.6%	22.6%	75.2%
2000-2001	26.6%	37.5%	65.6%	28.7%	76.2%



由各時期分類成果的套疊分析發現，各種土地覆蓋類型的空間分佈範圍在土地使用分區管制的限制下，沒有大規模的變更，而由保留率與繼承率的分析中發現，1995-2000 年除了 1999 年丹恩颱風之外造成部分林地（主要是由 SPOT 影像中不易判釋的行道樹）損毀外，林野火災為導致林地轉變為其他土地覆蓋類型的主因，而 2000-2001 年之間則由於人為的林相更新作業和火災使得林地面積有較大規模的減少，而林地的空間分佈主要在太武山區、聚落之間，與大型公園，空間位置沒有明顯的變異。

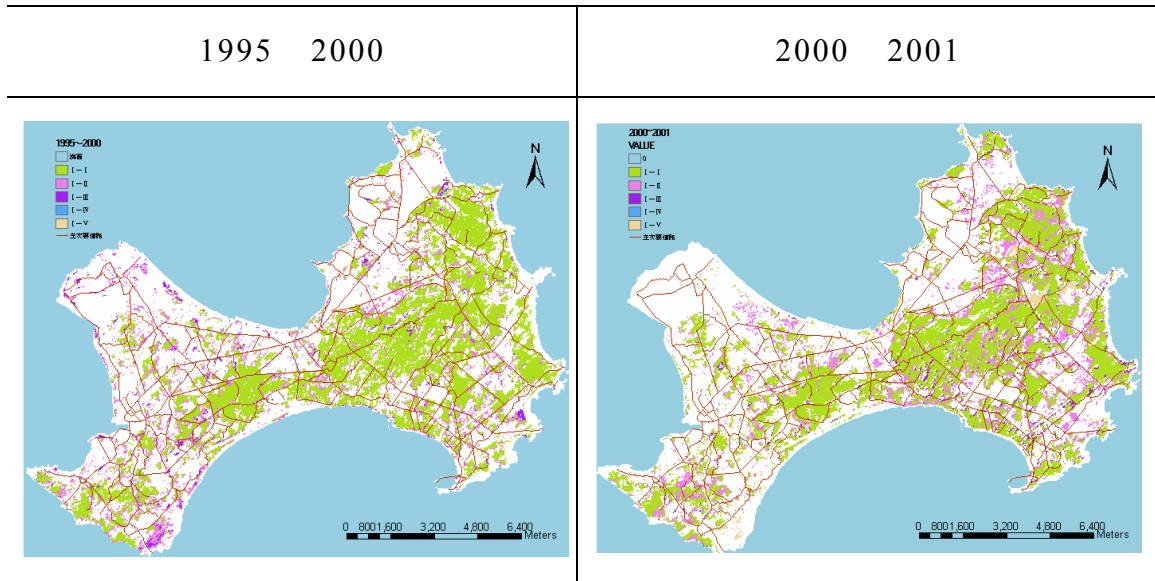
在都市計畫法規的管理之下，金門島的土地使用不易有大規模的變更，故 1995-2001 年間農地耕作總面積雖有波動，但從圖面與相關統計資料判斷，登記為農業使用的土地範圍不變，且其中有部分廢耕地又轉變為農業使用（圖六），而前後期影像拍攝時間差距月餘，休耕地多判釋為裸露地，故 2001 年的分類成果中裸露地面積大增。



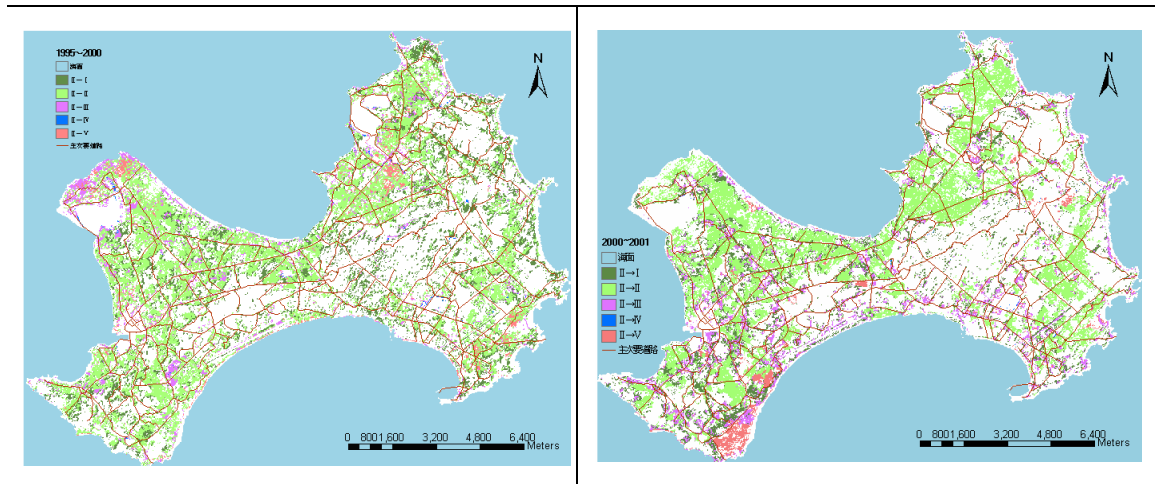
圖五. 金門縣農作物耕作面積變化（資料來源：金門縣政府，2003）

建地與裸露地的變遷部分，除因農地的休耕造成的變化，在圖面上可觀察到的新增建地包含 2000 年進行中的金沙水庫改善工程，新酒廠興建工程等大型公共建設，而民間的開發案則集中在現有的聚落內部及周邊，少有大規模的開發（蔡慧敏，1999）。

水資源是金門縣產業發展的主要限制因素，而人工湖庫為主要的水源（台大城鄉所，2004），水體的變化在 1995-2001 年間因有水庫整治工程而面積縮減，但 2000-2001 年之間隨著工程竣工，湖泊水域面積。另在整體而言是增加的。此外，在田野調查中發現，多數村莊與農地的池塘已無供水功能，且出現優氧化的現象，影像判釋面積沒有明顯的變化，但對生態環境的影響仍待觀察。

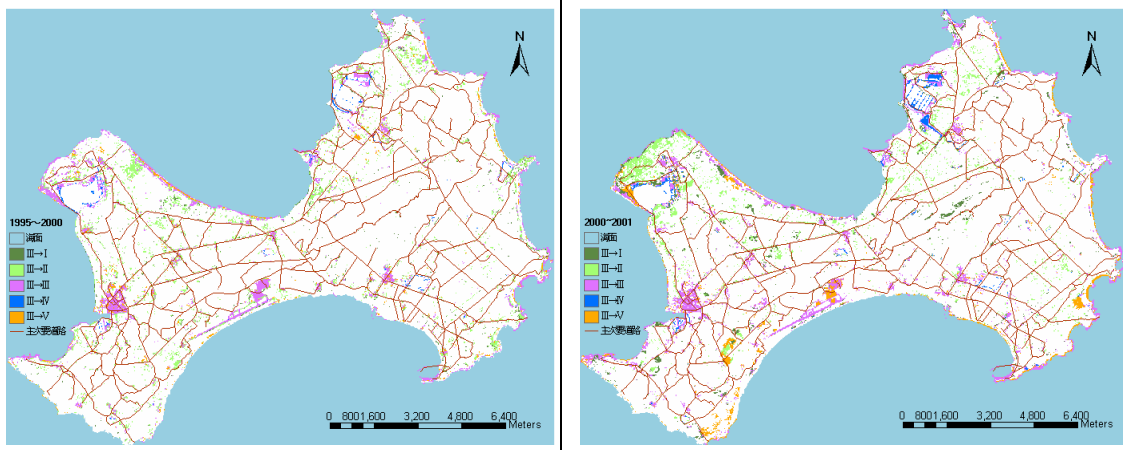


林地→其他類別

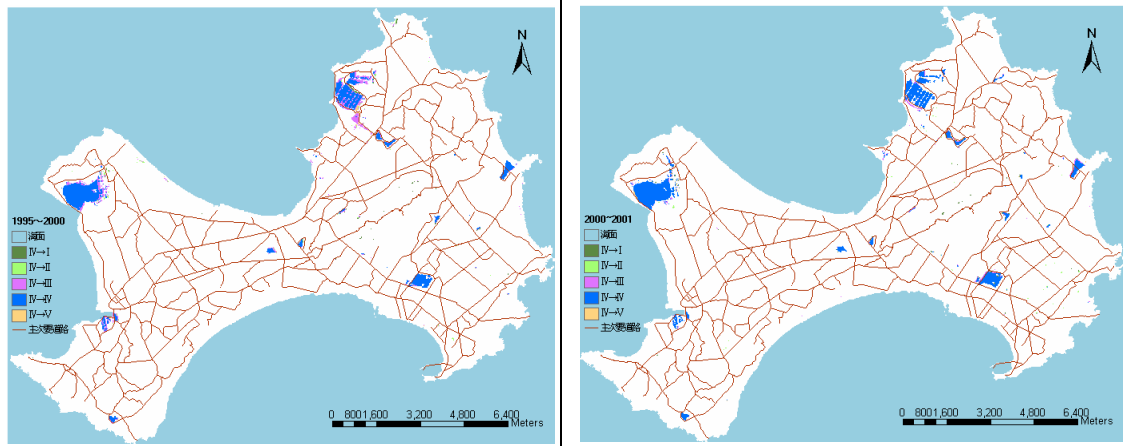


農田/草生地→其他類別

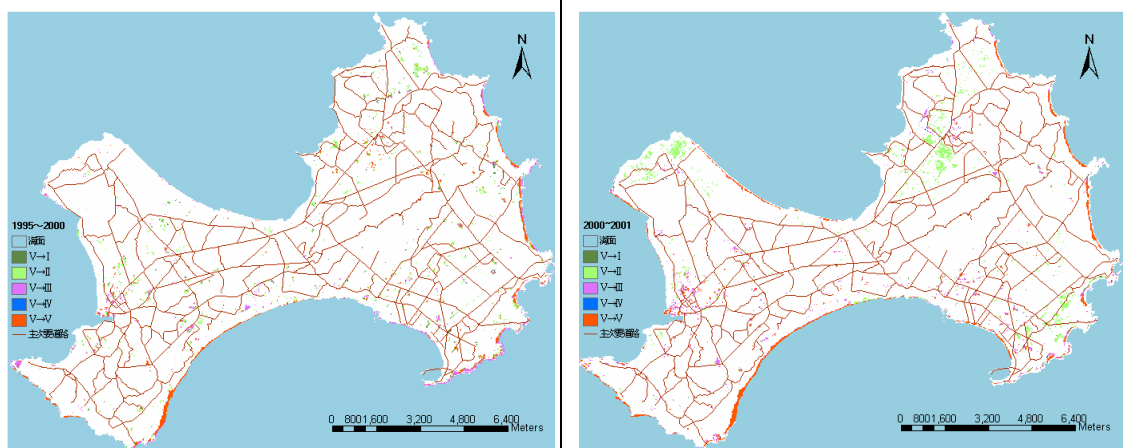
圖六. 各類別土地覆蓋變遷圖



建成地→其他類別



水體→其他類別



裸露地→其他類別

圖六(續). 各類別土地覆蓋變遷圖

## 五、結 論

根據衛星影像判釋與文獻資料的回顧，發現在土地管制規定下，金門島並未有大規模的農地或林地轉為其他用途的現象，大型的建設則以政府部門的投資，包含交通等公共設施的興建為主，民間的投資案並未在原有的聚落之外形成大規模的新開發區。

本研究分析對象為區域尺度上之各種土地利用類別彼此之間的消長，與空間分佈的變化，根據影像與文獻資料比對，此時期林地面積增減的原因可歸納為三類：（1）林火；（2）自然災害，如颱風；（3）行政部門之林業經營與開發，在空間上以海岸地區，林地與農地的交錯帶變化較明顯。農地部分則反映了區域發展政策與產業的影響，因為農業收益偏低，以及酒廠的補助等因素而有增減，但由於影像時距的限制，無法看出明顯的空間變化趨勢。然而透過文獻分析發現，居民對於開放觀光、駐軍撤減，與兩岸小額貿易的因應，主要是隨著產業由供應駐軍消費轉為觀光服務，聚落內部空間利用型態轉變，但以衛星影像無法監測這部分的變遷。

除自然因子與區域規劃政策、產業結構的改變外，居民的用火習慣亦為影響金門島土地覆蓋的重要因素，林火發生的原因可能為蓄意縱火，或者與焚燒雜草不慎有關，黃文華（2003）針對金門島居民環境意識所進行之問卷調查發現，在環境知識部分以生態問題的認知比較生疏，且對自然災害的概念不具體，對垃圾污染、外來種問題意識較清楚，支持保育但觀念不足（黃文華，2003），居民對於環境保育具有相當高的熱誠，但對於發展觀光產業與相關建設也相當支持（黃世明，2003），因此永續的土地管理政策必須以經濟需求的滿足為基礎，並透過教育來提昇居民的環境素養。

在 SPOT 衛星的適用性上，本研究發現此影像在此地的應用難以避免結果混淆的情形發生，因此在保育規劃上的應用可行性不高，未來或可應用時間、空間解析度較高的「福衛二號」影像進行變遷偵測資料庫的建置，以作為環境監測的基礎。

## 六、致 謝

本研究感謝金門國家公園管理處 93 年度補助研究生計畫給予經費支持。金門國家公園在研究過程中給予的協助，王鑫教授、李建堂教授、邱祺榮教授在研究方法與影像分析技術上的指導，在此一併致謝。

## 七、引用文獻

- 王 鑫、李玲玲、呂金誠，1994。金門地區自然資源基礎調查與保育方針之研究，台北：內政部營建署公園組，共 167 頁。
- 內政部，2000。「離島建設條例施行細則」研究，內政部營建署，共 297 頁。
- 吳培暉，1992。金門聚落的變遷與空間意義的再界定，淡江大學建築學研究所碩士論文，共 215 頁。
- 吳麗娟，1999。霧社水庫集水區土地覆蓋及變遷與地文因子關係之研究，中興大學碩士論文，共 106 頁。

- 阮冠穎，2002。跨界地下經濟：「金門小貿易」之社會分析，國立臺灣大學/建築與城鄉研究所，共 100 頁
- 金以蕃，1994。金門開放觀光的社會變遷研究，中興大學都市計畫研究所碩士論文，共 213 頁。
- 金門縣立社會教育館 編，1992。金門縣志上、中、下冊。
- 金門縣政府，2003。金門縣統計要覽。
- 李建堂、張長義，1983。桃園縣大園鄉土地利用類型變遷之研究，中國地理學會會刊，11: 72-86。
- 秦明周，1998。土地利用及持續開發理論與實踐。西安：西安地圖出版社，共 125 頁。
- 郭城孟，2002。金門國家公園土壤調查分析及植生適應性研究，金門國家公園管理處委託研究報告，共 106 頁。
- 國立台灣大學建築與城鄉研究所，2002。修訂金門縣綜合發展計畫暨金門縣離島綜合建設實施方案（民國 92-95 年度），金門縣政府委託研究報告。
- 國立台灣大學地理學系，1998。金門、馬祖區環境敏感地區之調查研究與環境基本資料庫之建立，台北，行政院環境保護署委託研究報告。
- 湯文昊，1991。金門地景變遷之歷史社會分析，淡江大學建築學研究所碩士論文，共 199 頁。
- 黃文華，2003。金門島居民環境意識之探討，國立台灣師範大學環境教育研究所碩士論文。
- 黎明儀，2004。應用衛星影像於金門島土地覆蓋圖繪製，台灣大學森林學研究所碩士論文，共 64 頁。
- 蔡慧敏，1999。島嶼環境變遷研究—金門島地景型塑與轉化分析，國立台灣大學地理環境資源研究所博士論文，共 193 頁。
- 謝重光、楊彥杰、汪毅夫，1999。金門史稿，廈門：鷺江出版社，共 314 頁。
- 黃世明，2003。金門永續發展客觀因素分析建議。金門國家公園管理處委託研究報告，共 243 頁。
- Bartel, A. 2000. Analysis of landscape pattern: towards a 'top - down' indicator for evaluation of landuse. *Ecological Modelling*, 130 :87-94.
- Bürgi, M., A. M. Hersperger and N. Schneeberger, 2004. "Driving forces of landscape change – current and new directions." *Landscape Ecology* 19: 857-868.
- Chase, T.N., Pielke, R.A., Kittel, T.G.F., Nemani, R.R., Running, S.W., 1999. Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climate Dynamics* 16, 93-105.
- Chien, Hung-Ta, 2004. "Cultural landscape in the island with the status of borderland: a case of Kinmen." *Islands of the World International Conference-Changing Island Changing World*: 379-400.
- Congalton R. G. & Green K. 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Lewis publishers, 137pp.
- Houghton, R.A., Hackler, J.L., Lawrence, K.T., 1999. The U.S. carbon budget: contribution from land-use change. *Science* 285,574-578.

- Lambin, E.F. et al., 2001. "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths." *Global Environmental Change*, 11: 261-269.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. 2000. *Remote sensing and image interpretation*. New York, Wiley, 724pp.
- Pete, R., 1998. *Modern Geographical Thought*, Oxford, Blackwell Publish. pp342.
- Rindfuss, R.R., S. J. Walsh, B.L. Turner, J. Fox, and V. Mishra, 2004. "Developing a science of land change: Challenges and methodological issues." *Pnas*, 101(39): 13976-13981.
- Sala, O.E. et al., 2000. Biodiversity: global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770-1774.
- Tolba, M.K., El-Kholy, O.A. (Eds.), 1992. *The World Environment 1972-1992: Two Decades of Challenge*. Chapman & Hall, London.

## **Applying SPOT image to monitor land cover change on Kinmen Island: 1995, 2000, and 2001**

Wan-Ru Yang<sup>1, 2</sup>

( Manuscript received 8 March 2005 ; accepted 27 June 2005 )

**ABSTRACT :** This study used SPOT image to analyze land cover change on Kinmen Island during 1995, 2000, and 2001. Kinmen Island is a small island located in the Shamen Bay, southeast costal of Mainland China. This island has provided a long term development experience due to its location and unique historical situation. Some scholars announced that the tourism industries would conduct the transformation of landscape and lead to impact on both social structure and natural environment on Kinmen Island since it ceased from military management in 1992, but there was no concrete data to assess this phenomenon. The result of this investigation can be used as a reference material of land use management.

**KEYWORDS:** land cover change, remote sensing, Kinmen Island

---

1. Department of Geography, National Taiwan University.  
2. Corresponding author.