

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 台灣環境變遷與氣候變遷衝擊之評析 -土地利用變遷

計畫編號：NSC 89-2621-Z-002-017

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

計畫主持人：賴進貴

研究人員：王韋力 紀明德 賴逸書

處理方式：可立即對外提供參考  
一年後可對外提供參考  
兩年後可對外提供參考  
(必要時，本會得展延發表時限)

執行單位：台灣大學地理環境資源學系

中華民國89年10月15日

## 摘 要

關鍵詞：全球變遷、土地利用、細胞自動機

土地利用是承載著人類和環境的一座蹺蹺板，環境變遷會牽動土地利用的改變，而人類的活動又往往是引發環境改變的重要推手。由於這種雙向互動的關係，土地利用變遷是環境變遷研究的一環。IGBP 及 IHDP 等國際學術組織積極規畫和推動土地利用變遷之研究，並規畫出三個核心課題：境況評估、模擬與預測、規模概念。本研究參考這套研究架構，並配合整合型計畫「台灣環境變遷與氣候變遷衝擊之評析」之需要，進行台灣地區土地利用變遷研究，預計以三年時間逐步進行資料整理、變遷分析、與模擬及預測等工作。限於時間和人力資源，研究範圍鎖定在淡水河流域，針對流域內 100 公尺以下的平地地區進行研究。第一年工作清查數種土地利用資料，資料類型包括：文字記錄、紙張地圖、航空照片、遙測衛星影像、數值資料等，細部資料的時間尺度涵蓋過去 100 年。本研究利用地理資訊系統完成 1971 及 1977 兩個年度的數值土地利用資料彙整，並進一步本研究分析土地利用變遷的種類、面積與位置。研究發現農地變建地是最主要的變遷，6 年之間增加約 1200 公頃。本研究並採取細胞自動機的概念，從空間組織演化觀點探討土地利用變遷與周遭地區的關連，以作為模擬與預測的基礎。後續研究將進一步充實流域內的數值土地利用資料，長期目標希望能建立一個涵蓋過去 100 年、每 20 年為一期的土地利用資料。這些資料不僅可以用來建立土地利用變遷的預測模式，並得以增進其他環境變遷模式的完整性和可信度。

## ABSTRACT

Keywords : global change, land use, cellular automata

Land use is like a seesaw carrying human activities and environment on two opposite ends. Land use patterns are often affected by environment while land use activity is often a primary driving force for environment changes. Envisioning the consequent effects of land use changes, IGBP (International Geosphere and Biosphere Programme) and IHDP (International Human Dimension Programme) actively promote study on land use and land cover change (LUCC). They suggested three core subjects of research: situation assessment, modeling and projecting, and conceptual scaling. Following the research scheme set by IGBP/IHDP and agenda of the integrated research of environmental change, this research proposes a three years agenda for organizing land use data, identifying land use change, modeling and predicting land use change. Due to times and resource constraints, research area is limited to the plain areas of Tansui Watershed. We have collected land use data for the research area with various formats, such as: documents, paper maps, remotely sensed imagery, and digital data. Using GIS for change detection, this study identifies the land change between 1971 and 1977. The dominant change is the conversion from farmland to built-up area with an increase of nearly 1,200 hectares in 6 years. This research also adopted the concept of cellular automata to study the spatial configuration of land use change. Finding from such research will contribute to the modeling and predicting of land use change in the future. Following research will concentrate on the construction of a more comprehensive data set, extending to 100 years ago with a 20-year interval. These data are the fundamental blocks for the modeling and predicting of land use changes. Furthermore, it will help enhance the completeness and validation of relevant environmental models being constructed by team members of the integrated research.

# 目 錄

## 第一章 研究介紹

1.1 計畫背景.....	1
1.2 研究問題.....	2
1.3 研究目標.....	4
1.4 研究方法及步驟.....	5
1.5 成果效益.....	5

## 第二章 文獻回顧

2.1 相關研究.....	7
2.2 人爲趨動力.....	8
2.3 土地利用變遷對自然環境影響.....	11
2.4 土地利用變遷研究.....	16
2.5 細胞自動機介紹.....	16

## 第三章 土地利用資料

3.1 資料種類與與來源.....	21
3.2 資料特色.....	29
3.3 數值資料彙整.....	32
3.4 台灣堡圖數化.....	34

第四章 變遷分析與模式	
4.1 變遷統計分析.....	38
4.2 土地利用變遷模式.....	39
4.3 變遷空間結構分析.....	40
4.4 網格解析度的影響.....	46
4.5 討論.....	51
第五章 結論	
5.1 成果.....	55
5.2 後續工作.....	55
參考文獻.....	57

## 表格目錄

表 2-1 每增加一人時土地利用的改變.....	8
表 2-2 二氧化碳排放與平衡統計.....	12
表 2-3 大氣化學的重要氣體.....	12
表 2-4 全世界年水平衡表.....	14
表 3-1 各類土地利用資料資源屬性.....	24
表 3-2 台灣堡圖地理資料表.....	30
表 3-3 各類土地利用資料的特色比較.....	32
表 3-4 重新分類後與原始類別代碼對應表.....	33
表 3-5 台灣堡圖土地利用資料與農委會土地利用資料的整合.....	36
表 4-1 研究區不同年度土地利用資料.....	38
表 4-2 研究區土地利用變遷分析表.....	39
表 4-3 建地變遷的鄰近狀態統計.....	40
表 4-4 農地變遷的鄰近狀態統計.....	41
表 4-5 建地變遷鄰近型態分析.....	42
表 4-6 農地變遷鄰近型態分析.....	44
表 4-7 由農地轉變各類土地利用鄰近網格狀況佔此類分析統計... ..	45
表 4-8 農地變建地的鄰近狀態統計.....	46
表 4-9 不同網格大小的資料.....	46

表 4-10 不同網格大小的變遷面積.....	47
表 4-11 不同單位網格中，變遷面積佔全部面積的百分比例.....	48
表 4-12 原農地的網格，在不同單位網格中，變遷面積佔全部面積的百分比例.....	48
表 4-13 不同初始土地利用在不同單位網格下的鄰近狀態數量.....	49
表 4-14 不同初始土地利用大於總鄰近狀態數量 1%的數量.....	50
表 4-15 不同單位網格下，農地變建地的網格數.....	50
表 4-16 不同單位網格下，農地變建地的面積.....	50
表 4-17 社子島和南港地區由農地轉變成各類，其鄰近皆為農地的統計.....	53

## 插圖目錄

圖 2-1 開放式系統的土壤模式示意圖.....	13
圖 2-2 加拿大安大略省都市化前後水文改變示意圖.....	15
圖 2-3 生命遊戲範例圖.....	18
圖 3-1 台灣土地利用圖.....	22
圖 3-2 台灣土地利用演進圖.....	22
圖 3-3 1895 年北台灣農產分佈圖.....	23
圖 3-4 台灣堡圖.....	25
圖 3-5 台灣地形圖.....	26
圖 3-6 衛星影像圖.....	27
圖 3-7 經建版相片基圖.....	27
圖 3-8 內政部經建版 2 萬五千之分一地圖.....	28
圖 3-9 農委會出版的 1971 年土地利用數值資料.....	29
圖 3-10 台灣堡圖圖例.....	31
圖 3-11 台灣堡圖建地的數化.....	35
圖 3-12 1904-1971 社子及蘆洲建地擴張圖.....	37
圖 3-13 1904~1971 年間社子、三重、士林一帶建地的擴散範圍.....	37
圖 4-1 記錄鄰近狀況方式示意圖.....	40
圖 4-2 建地鄰近農田數影響建地變遷.....	43

圖 4-3 農地鄰近農田數影響建地變遷.....	44
圖 4-4 不同單位網格下，農地變建地的面積 立體折線圖.....	51
圖 4-5 松樹腳衛星影像資料與”農地”資料套疊圖.....	52
圖 4-6 社子島和南港地區農地變建地變遷點分佈圖.....	53



# 第一章 研究介紹

## 1.1 計畫背景

本研究是整合型計畫「台灣環境變遷以及全球氣候變遷對台灣衝擊評析」之子計畫。一九九七年國科會將「國科會環境保護研究發展委員會」改組為「國科會永續發展研究推動委員會」，簡稱「永續會」，其目的是要整合國內有關永續發展研究的議題。經多次的討論，於八十六年十二月達成共識，提出永續會未來研究的方向、架構及內涵。總議題為「永續台灣的願景與策略研究」，分別就「永續台灣 2011」、「永續台灣評量系統」及「永續發展資訊系統」三個主軸議題，邀請學者專家提出研究計畫以進行為期三至五年之研究。在這三個主軸議題下又分三大研究小組為：全球變遷組、環境保護組及人文經社組等三組。這三組研究結果再轉送上述主軸議題之研究群以達成研究總目標。在全球變遷組下有二個邀請主題計畫，本整合型計畫即為其中之一，探討臺灣環境變遷與全球氣候變遷之衝擊評析。

環境衝擊及評析的工作不是單一學科可以完成的，必須結合不同領域的學者組成研究群。是以本整合型計畫邀請氣候、水資源、海岸、森林生態、漁業及海域生態、農業生態及土壤環境、公共衛生、土地利用等領域之學者專家組成，針對臺灣百年來迄今的環境變遷進行文獻之收集、整理、分析及評估並提出未來臺灣環境變化的趨勢或模式，最後對「永續臺灣 2011」提供可行性的政策性建言。

土地覆蓋 (land cover) 的特徵是影響氣候、生態、水文、生物種類和繁雜度的重要因子 (IGBP, 1993)，而地面覆蓋的改變常常是由人類使用土地的方式所驅動，諸如：森林面積減少、都市擴張、天然海岸消失、濕地生態系統破壞等，都是受人為土地利用 (land use) 的形式所引發的土地覆蓋改變，土地覆蓋的改變往往引發自然環境的改變，而環境的改變也會迫使人類採取調整、適應措施，產生不同的土地利用形式。土地利用是人類和自然環境之間的橋樑，兩者之間存在著交互作用，而其型態也反映了特定環境和文化之下，人類和環境的依存關係。

從環境變遷的觀點而言，不同的土地利用由於其類別或強度 (intensity) 的差異，對環境所產生的衝擊並不相同。從資源經理的觀點而言，自然環境的變

遷也會影響土地利用的形式，不同區位或利用型態的土地，其承受環境改變的脆弱性(vulnerability)不同，受環境變遷的衝擊程度也有所不同。例如，「土地利用」對於農林漁業，以及海岸環境的影響更是十分明顯；另一方面，海平面上升也將對海岸地區的土地利用型態產生衝擊。這種雙向的關連性，在環境科學和社會經濟等不同面向之下，都有許多值得研究探討的課題，亟待學術研究工作者進行觀察、分析與評估。土地利用變遷被列為「台灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊評析」研究中的重要因子之一。本研究計畫乃是此一整合型計畫的子計畫，負責土地利用及其變遷研究，針對台灣地區在全球環境變遷尺度下的土地利用變遷問題進行調查、分析與評估模擬與分析。

## 1.2 研究問題

有鑑於土地利用/土地覆蓋對環境變遷的重要性，國際地圈和生物圈研究計畫（IGBP, International Geosphere and Biosphere Programme）及國際社會科學委員會下的人文面向研究計畫（IHDP, International Human Dimension Programme），特別合組一個探討土地利用/土地覆蓋變遷（LUCC, Land Use and land Cover Changes）的工作群，積極規畫和推動土地利用變遷研究之進行。這個工作群並擬出土地利用變遷研究的三個核心課題，包括(IGBP, 1933)：

- 境況評估 (situational assessment)：針對不同的時間規模和空間規模，瞭解土地利用和土地覆蓋的變化情形。空間規模涵蓋地區性到全球之間的不同範圍，時間規模包括近二十年到近四百年之間的不同時期規模。
- 模擬與預測 (modeling and projecting)：建立土地利用和土地覆蓋的變遷模式，以預測未來可能的變化趨勢，進而預測整體環境的變遷。
- 規模概念 (conceptual scaling)：不同規模下的環境變遷型式和影響層面不盡相同，研究工作必須思考各種不同規模下的環境變遷問題並加以整合，以瞭解不同規模的土地利用變遷現象，彼此之間的關連性和影響。

這個研究架構對於全球變遷研究中的土地利用課題，提供一個宣示性的架構，讓世界各國的學者得以有共同努力的方向。1998年3月，IGBP/IHDP在西班牙巴塞隆納 (Barcelona, Spain) 所舉行的 GCTE (Global Changes and Terrestrial Ecosystems) 與 LUCC 的聯合研討會，吸引了來自全球 50 個國家的 800 位學者。會議主題包括土地利用的驅動力及其對於生態影響，希望能進一步找出環境變遷

趨勢中，人類和環境共處之道，並且加強基礎研究與決策和資源經營管理層面的關連。這些發展趨勢顯示了國際間對於土地利用變遷研究的重視和關懷面向。

IGBP 的研究架構非常廣泛，除了個個領域的研究主題之外，另外也有跨領域的整合及服務型計畫，包括：IGBP-DIS(Data and Information System)、IGBP-GAIM(Global Analysis, Interpretation and Modelling)及 START (Global Change System for Analysis, Research and Training)。DIS 計畫的目標是透過各國及國際間的組織，協助各個主題研究計畫發展其所需要的資料和資訊系統。GAIM 偏重在模式的建立與整合，希望能強化各個主題之間的系統整合，例如：從區域尺度來探討全球的碳循環 (carbon cycle)、氣候、及陸域生態系統之間的關連。START 計畫的主要目的在於強化地區性的研究組織及彼此間的合作關係，特別是開發中國家的研究發展能力。這三個層面的輔助計畫更明確地闡述 IGBP 計畫在執行上的具體方向。

本研究針對台灣地區的土地利用變遷問題進行探討。依據 IGBP 的研究架構，土地利用變遷的研究規模可以涵蓋過去 400 年的資料。本研究所關心的課題包括下列數項：

- 1、資料與資訊：土地利用研究需要什麼資料？台灣地區的土地利用/地面覆蓋有什麼資料可資使用？包括：資料種類、時間和空間規模、資料內容、資料品質等。
- 2、變遷分析：經由不同年代的資料整合，可否偵測出土地利用變遷的數量、類型和空間分佈，進而找出變遷的原因和機制？
- 3、變遷模式：根據變遷的分析，進而建立土地利用變遷的模式，以作為預測的基礎。

本研究針對上述問題逐一加以探討。完整的資料庫是所有研究工作的基礎。然而，資料庫建置工作本身即是一件龐大的計畫，非國科會的研究型計畫所能支援，因此本研究的角色定位在分析方法與模式的建立上，至於實質資料庫的建立則希望將來能由相關政府單位（如內政部營建署、農委會、環保署等）負責建立。基於此一分工定位，本研究選擇台灣北部的淡水河流域為研究區，針對此一區域的土地利用變遷進行研究。淡水河流域範圍橫跨台北縣市、新竹、桃園、基隆以及部分的宜蘭山區。根據資料內容觀之，山區及保留地部份因為變動較少且分類過細，所以將研究範圍鎖定在淡水河流域的平地部份。

### 1.3 研究目標

整合型計畫的目標為針對環境變遷的趨勢提供明確的科學基礎，作為在氣候變遷及國際公約管制壓力下我國永續發展藍圖之規劃參考。由於中長期的衝擊評估需要自然環境及社經預測資料，因此必須發展自然環境及社經變遷預測模式，初期將以分析台灣環境變遷紀錄、明確界定衝擊評估模式的資料需求，分析變遷紀錄與社經衝擊、災害的關係，以及特定部門包括氣候、水資源、海岸、森林生態、農業生態及土壤環境、漁業及海域生態、公共衛生、土地利用的衝擊評估為研究重點。最終目標為配合永續會「永續台灣的願景與策略研究」及其他相關研究，綜合考量氣候變遷對台灣自然環境、社經發展、制度變革的衝擊，提出因應全球變遷的適應策略之政策建議及未來研究建議。其具體計畫目標包括：

1. 收集並分析各部門的長期環境變遷資料，了解台灣環境變遷的特色，及其與全球氣候變遷的關係。
2. 掌握國際學界在環境變遷預測模式的發展現況，引進現有的預測模式加以應用，如有必要將發展本土的區域模式，以了解未來氣候及環境之可能變化趨勢。
3. 各子計畫選擇可能發生明顯變化，並對台灣的自然環境及社經發展產生明顯衝擊的研究項目進行個案探討，提出自然環境的衝擊評估，如有充分的資料及模式可茲應用，則直接進行社經衝擊評估。
4. 與社經學者共同討論提出社經衝擊評估之資訊需求，以及研究構想。
5. 發展社經衝擊評估模式以進行社經衝擊評估，並盡可能評估氣候變遷衝擊所增加之經濟成本，作為因應政策研擬之依據。
6. 配合其它計畫之研究及決策部門的參與，提出氣候變遷中長期因應策略與未來研究建議。
7. 建立資訊網站，廣泛分享研究成果。

配合整合計畫的總目標，本子計畫研究的研究目標如下：

- 1、配合 IGBP/ IHDP 等國際性學術組織的規畫，進行台灣地區土地利用資料庫建立和變遷分析等基本工作，並且將這些成果介紹給國際學術社團，以善盡台灣做為國際一份子的學術責任，共同參與國際環境保育與永續發展理念的落實。

- 2、配合台灣環境變遷的本土性研究工作需求，進行台灣地區土地利用變遷研究，提供未來國家政策訂定之需。
- 3、因應本整合型計畫團隊的需求，提供其他子計畫有關土地利用變遷及基本環境資訊方面的需求。這些研究工作的推動將以地理資訊系統的技術來進行資料整合與分析、模擬工作。

#### 1.4 研究方法及步驟

本年工作重點在於資料收集整理與建構。資料庫的內容與格式會影響到其利用價值，是以必須先探討資料庫設計工作並設計其整體性架構。研究工作內容包括：

- 1、文獻回顧：針對土地利用相關文獻進行收集與整理。並收集各種可能的土地利用資料來源。
- 2、資料彙整：由相關政府單位和研究機構，取得現有的數值土地利用資料。另外，由國土資訊系統的管道，取得其他相關的數值地圖資料。參考 IGBP 架構，探討土地利用變遷所要涵蓋的資料。本部分工作包括遙測衛星影像處理，將細部地區的遙測衛星影像取得之後，進行影像處理與分析，以取得地面覆蓋類別資料。
- 3、變遷分析：利用所收集的土地利用資料進行比對，探討土地利用變遷的數量、位置、類別等。
- 4、模式建立：發展土地利用變遷模式，圖檔整理：建立位相關係，賦予屬性資料，並且將個別圖檔整合。

#### 1.5 成果效益

本研究屬於國際性全球變遷研究之一環，土地利用變遷分析完成之後將可以提昇我國在國際舞臺的學術地位，亦可擴展全球環境變遷研究的廣度和深度。目前的全球環境變遷研究，大都側重在自然環境因子的分析，忽略了人文層面因素的影響。事實上，人為活動才是引發環境變遷的主因。此一研究的推動引進人文因素進入全球變遷中，得以瞭解人類活動對於環境改變的影響，進而做為環境政策之依據。

本研究的分期成果分別包括：土地利用資料庫建立、變遷分析、衝擊評估與決策支援。本研究將收集、整合台灣地區的土地利用資料，並建立測試地區的詳

細土地利用資料。土地利用資料庫的建檔工作，是 IGBP/IHDP 國際學術組織所關切的基本資料，也是國土基本資料調查的一環。目前的國土綜合開發計畫書剛重新檢討修正完成，此上位的綱要計畫將作為區域計畫和縣市綜合開發計畫的依據。土地利用資料庫的完成，可以提供各地的環境及人文狀況變化歷史，增進規畫者對於各該地區發展背景的瞭解，以做為規畫工作參考。研究初期工作以資料彙整為主，並逐漸推展到土地利用變遷分析與模式建立，希望研究所得能提供實務規畫和政策訂定的參考，對於「永續台灣」理念的落實和推動將有直接的貢獻。

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 相關研究

土地利用的相關研究涵蓋面向廣泛，從地理、生態、地政、區域都市計畫、農業經濟等，都有許多值得探討的課題，每一項課題的複雜度和面向都非常多元。這些研究非單一研究計畫或少數人所能獨立完成。歷年來國內政府單位和學術單位已經推動多項相關的基礎資料建置和研究工作，主要的研究工作包括下列三大類：

- 1、資料庫建立：包括台灣沿海地帶土地利用調查與環境資料庫建立。這些工作乃是基於海岸環境地帶的維護與管理工作之所需，分年分區建立海岸地帶的土地利用資料庫。
- 2、資料分析：進行資料格式轉換的工作，如賴進貴及孫志鴻（1994）將農委會在民國 70 年代所建立的兩個土地利用資料庫，由 DG 格式檔轉換成 Arc/Info 格式。此類工作屬於資料處理，並未實質生產新的資料。
- 3、土地利用變遷模式：利用地理資訊系統分析現有的土地利用資料，探討土地利用變遷的模式。

此外，這三年來國科會所支持的研究計畫中，和土地利用課題相關的題目非常多，這些研究大都由資源經營管理的面向著眼，在時間和空間尺度上，並非因應全球變遷研究之所需，和本研究計畫題目有顯著區隔。本研究團隊將針對相關研究的資料和理論加以回顧與整理，以吸取相關研究的珍貴經驗。

在國際參與方面，1994 年設立的東南亞區域委員會（Southeast Asia Regional Committee for START, SARCS），我國是其正式委員，其學術代表團曾於 1996 年 3 月參加曼谷協調會時主導議事。璇於 1997 年 11 月在台灣中壢市召開 SARCS 第一次研究發表會，發現該組織在美澳日出資並進行模式研究與東南亞國家提供資料之下進展迅速，東南亞許多國家如印度近年來的進展反而受到肯定與矚目，值得我國參考借鏡，相對而言台灣的研究進展並不顯著。其實，台灣地區在土地利用相關研究起步甚早，多屬於特定地區的個案研究（case studies），相關政府機關亦進行多項全國性土地利用及資源調查，提供詳細基本資料。但同時結合理論研究及資訊整合的全國性土地利用及土地覆蓋研究，則並未全面展開。是以本

研究計畫的執行，應特別強調其整合性與全面性，研究小組將密切注意台灣學術界的研究進展，並參酌 IGBP/HDP 的研究架構，訂定研究方向與目標，藉由不同研究學者之間的參與，共同推動台灣地區的土地利用變遷研究，以呼應全球變遷研究所關心的問題面向與研究規模。

## 2.2 人為驅動力

有關於土地利用變遷的人為驅動力，一直是學術研究的重要課題，探討的因子包括：人口與收入 (Sage, 1994)、科技發展 (Glubler, 1994)、政治與經濟 (Sanderson, 1994)、文化與文化變遷 (Rockwell, 1994)。

### (1) 人口

人口的增加對於土地利用型式的改變有直接的影響。根據統計資料(Meyer and Turner, 1992)，每增加一個人所對於耕地和林地面積的減少，有直接的關連，如表 2-1 所示。

表 2-1 每增加一人時土地利用的改變 (公頃)

	1700-1800	1800-1850	1850-1920	1920-1950	1950-1980	1700-1980
歐洲						
林地	-0.28	-0.16	-0.05	-0.01	+0.14	-0.05
耕地	+0.57	+0.56	+0.14	+0.06	-0.16	+0.18
草地+耕地	+0.28	+0.16	+0.04	+0.03	-0.14	+0.05
北美						
林地	-2.00	-1.95	-0.30	-0.10	+0.04	-0.30
耕地	+2.00	+2.05	+1.45	+0.52	-0.04	+0.81
草地+耕地	+2.00	+2.00	+0.29	+0.10	-0.02	+0.30
蘇俄及大洋洲						
林地	-1.53	-1.40	-1.39	-0.76	-0.24	-0.85
耕地	+1.42	+1.17	+1.56	+0.94	+0.49	+0.99
草地+耕地	+1.53	+1.40	+1.37	+0.76	+0.26	+0.85
非洲及中東						

林地	-11.00	-3.75	-1.70	-1.37	-0.47	-0.85
耕地	+11.00	+2.25	+1.20	+1.01	+0.51	+0.73
草地+耕地	+11.00	+3.50	+1.80	+1.36	+0.47	+0.85
拉丁美洲						
林地	-0.67	-1.27	-0.76	-1.52	-0.61	-0.83
耕地	+0.44	+0.53	+0.40	+0.66	+0.27	+0.38
草地+耕地	+0.67	+1.27	+0.78	+1.52	+0.61	+0.83
亞洲						
林地	-0.19	-0.12	-0.23	-0.14	-0.07	-0.12
耕地	+0.19	+0.17	+0.28	+0.17	+0.10	+0.15
草地+耕地	+0.19	+0.12	+0.23	+0.14	+0.07	+0.12
全世界						
林地	-0.38	-0.24	-0.50	-0.42	-0.18	-0.31
耕地	+0.42	+0.26	+0.65	+0.37	+0.17	+0.33
草地+耕地	+0.37	+0.24	+0.50	+0.42	+0.18	+0.31

（註：草地+耕地意指所有農業用地，含畜牧草地。注意，1800年前非洲的數據還不是很確定）

## (2)經濟和政治

土地、政治和經濟三者之間的關係為何？美國地理學家 David Harvey 提出了他的見解：資本的流通與累積必須建造一個實質與社會空間以利於生產、流通、交換、消費過程與這個過程中社會關係的再生產；因此，土地是政府、勞動生產過程與歷史遺留的具體表現。研究土地利用變遷同時也是省察當地的政治、經濟和意識形態實踐的關係。意識形態的實踐是指對社會關係的想像，做為人類政治及經濟的維持基礎。細部的社會構造過程可以用經濟實踐、政治實踐與意識形態實踐三者的關係。

另外，站在辯證的立場，土地利用也是社會中支配者與被支配者互動的過程（陳志悟, 1998）。上層社會以政治力量或下層社會以供需互動的趨力交錯改變了土地利用的結果。這個結果是隨著社會的功能改變而變化。

金錢和權力可以說直接影響台灣土地利用。台大社會系教授陳東升在民國 80-84 年調查台北縣地區土地利用變遷時，從政治、經濟的角度解析土地利用背

後的機制。以民國七十六年聯邦建設公司在汐止購買的林地為例，林地在變更爲建地後，從每坪的二千至三千元可以飆漲到每坪十五萬元，總土地所獲取的利益超過數十億元。

地方政府對建商是否合乎開發規定的審查並不完備，且易受到政治力量的干預。目前的法規上，內政部對於土地變更的審查是以只審查文件爲主，相對的地方政府可以自行決定土地的地目變更、建照核發、使用執照。以台北縣土地利用變遷為例，前兩位縣長任內一共變更了 200 多餘公頃的土地，土地變更的監督單位是地方縣市政府，政府的首長可以自行裁定巨額的開發利益。商人可以透過不少管道或方法，達到改變土地利用的目的。而土地利用變遷的關鍵就在於最後財團或地主從取得變更許可到出售土地的那一個階段，政經因素在土地變遷中的影響可以從圖一分析說明。財團從自營的金融機構，地方政治派系及民意代表也可從有關係的信合社、農漁會取得大筆的資金，然後購買大宗的土地，至此爲止，土地本身可以說表面上都是維持在保持不變，但從政府都市計劃通盤檢討，市地重劃及變更地目時，受到財團、地方派系、民意代表等利益團體與最後決策高層——縣市長的共同討論運作之下，原本屬於限制開發的山坡地、保留地或保護區等私有地及農、林地開始准許變更其使用標地，低使用強度的土地變成可以直接供應社會需求的工、商及住宅用地。

土地的價值，嚴格來說應是市場對土地可利用性的評價，在土地利用變遷後，土地可以做更彈性的運用，不同社會階層的人各自從土地中得到了一定的滿足。上自財團、建商、土地開發業者，下自一般市民的生活需求，無形中創造了地價的成長空間。

### (3)政策與土地利用

台大城鄉所教授王鴻楷在一篇「宜蘭經驗衝擊台灣空間發展」(中國時報 時論廣場 1998.03.10) 文章中認爲，政府長期對於土地利益的縱容管理已使地主及土地開發者視土地利用權爲不可侵犯的既得利益。大部份的人雖與土地變遷決策無任何的影響力，但在開發者視土地爲商品的同時，也一併改觀了當地居民的活動範圍及限制。若要維護地方高生活品質的土地使用，地方政府的見識、堅持與勇氣是必備的條件。

政策是管理土地的依據，也是政府行政的藍圖。例如，宜蘭縣政府曾以強硬的手段限制工商業的發展，使宜蘭的土地利用並未像台北縣那樣的密集成

長。相對的，台北縣土城市早年在實施新的容積率政策時，因時效、政經因素的干擾，反而使居住品質退化，這兩個案例說明了政策在主導土地利用的趨力中扮演了什麼樣的角色。

#### (4)空間結構的探討

將土地利用以明確的界線劃分出來是空間結構研究最大的特徵。也可以說是土地利用研究的理論根據。1970年代，Johann Heinrich von Thunen、Alfred Webber、Walter Christaller等學者相繼以空間“區塊”的概念來切割土地利用的界線研究土地利用在空間上的分工及相互關係(陳志悟, 1998)。這樣以多邊形劃分土地利用單元可以使土地利用研究產生有效的空間概念，但封閉自足的空間體系卻無法圓滿的解釋土地利用的整體政治及經濟因素。因此這類的學說及研究只能觸及到土地利用的形式變遷，而土地利用相對的主體：社會，也是應該考慮的重要因子之一。

社會面向的土地利用理論主要有上述的空間區位理論及德國的演化—功能社會理論這兩個研究傳統。地理學上的「芝加哥」學派起源於二次大戰後，當時美國新移民對都市生產、發展造成影響，引發學者對土地利用研究的關注。將土地本身當成一個可以自我調適的「有機體」，這類的理論不僅融合中立客觀的土地特性也一併加入了有目的、主觀的動態社會需求。意即都市形式轉化與社會結構變遷之間是一體的問題(陳志悟, 1998)。

從政治、經濟及社會價值的角度可以看出土地利用變遷內部的改變趨力，土地本身會受到不同集團控制而改變利用型態。回到地理學的觀點，自然環境的因素也正提醒土地開發當局正視土地利用的週密考量。回顧歷次真實的天然災害，如南投山區的土石流，汐止的順向坡災變及水患，九二一全台灣斷層帶上的地震災害等，大自然提示了土地不只是「商品」，它更是與我們每日息息相關的生活空間。

### 2.3 土地利用變遷對自然環境影響

在IGBP的研究架構中，全球環境變遷有7個核心計畫(Core Projects)，涵蓋古代和現代的環境，也包括大氣化學、土壤、水資源、海陸作用、土地利用等。土地利用和環境品質的關係，特別反映在大氣組成、土壤、水資源等面向。茲就

這三個面向的互動關係說明如下。

### (1)大氣

大氣環境的變遷，可以反應在溫室氣體的效應上。二氧化碳濃度與排放量的增加，是影響全球環境變遷的一項重要因子。依據統計數字推估，1850 年到 1985 年之間，全球大氣中二氧化碳的增加量，有 35%是由土地利用變遷所引起，特別是和林地面積的減少有關。由表 2-2 的統計數字顯示，森林面積減少所造成的二氧化碳減少高達  $1.6 \pm 1.0(\text{Gt C/yr})$ 。因此，在土地利用變遷研究上，林地面積改變的數量即可以作為一項指標。

表 2-2 二氧化碳排放與平衡統計

收支因子	排放		累積
化石燃料來源	$5.7 \pm 0.5$		
清除林地後的土地	$1.6 \pm 1.0$		
大氣中的累積			$3.4 \pm 0.2$
海洋中的堆積			$2.0 \pm 0.8$
遺漏的沈降		$1.6 \pm 1.4$	

(Penner *et al.*, 1994)

二氧化碳只是和環境品質相關的氣體之一種，其他還有許多氣體也是影響環境品質的氣體。表 2-3 所列是這些氣體的類別和影響。

表 2-3 大氣化學的重要氣體

氣體種類	重要性
CH <sub>4</sub>	溫室效應氣體；影響對流層的臭氣和氮氧化合物；影響平流層的臭氧
CO	都市污染；影響對流層的臭氣和氮氧化合物循環。
CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> Br CH <sub>3</sub> Cl	溫室效應氣體；排放氯和溴破壞平流層的臭氧。
NMHCs	都市污染；在高氮氮化合物區增加對流層的臭氧；在對流層的氮氧化合物中沈降。

DMS	產生硫酸浮質，造成酸雨及反射太陽光；形成雲核，影響雲的性質
H <sub>2</sub> S	降低氣溫。
SO <sub>2</sub>	

(Penner *et al.*, 1993)

## (2) 土壤

將土壤視為一個開放的系統，土地利用和土壤的關係呈現在三個面向上：能量、生物、水 (Buol *et al.*, 1989)。地表是吸收能量的一種機制，地表土地覆蓋類型的不同，將會影響到太陽光的吸收與反射，間接影響到地球所吸收到的能量和大氣的溫度。地表也是動物和植物的棲息環境，不同的地面覆蓋影響到動植物的數量與分佈，進而影響到土壤的物理化學性質。在一個互動良好的環境中，來自於土壤中的資源可能回歸到土地中，然而在一個運作不良的環境，土壤養分被抽取之後，同時也被抽離原來的環境，長期以往勢必造成土地資源的耗竭。

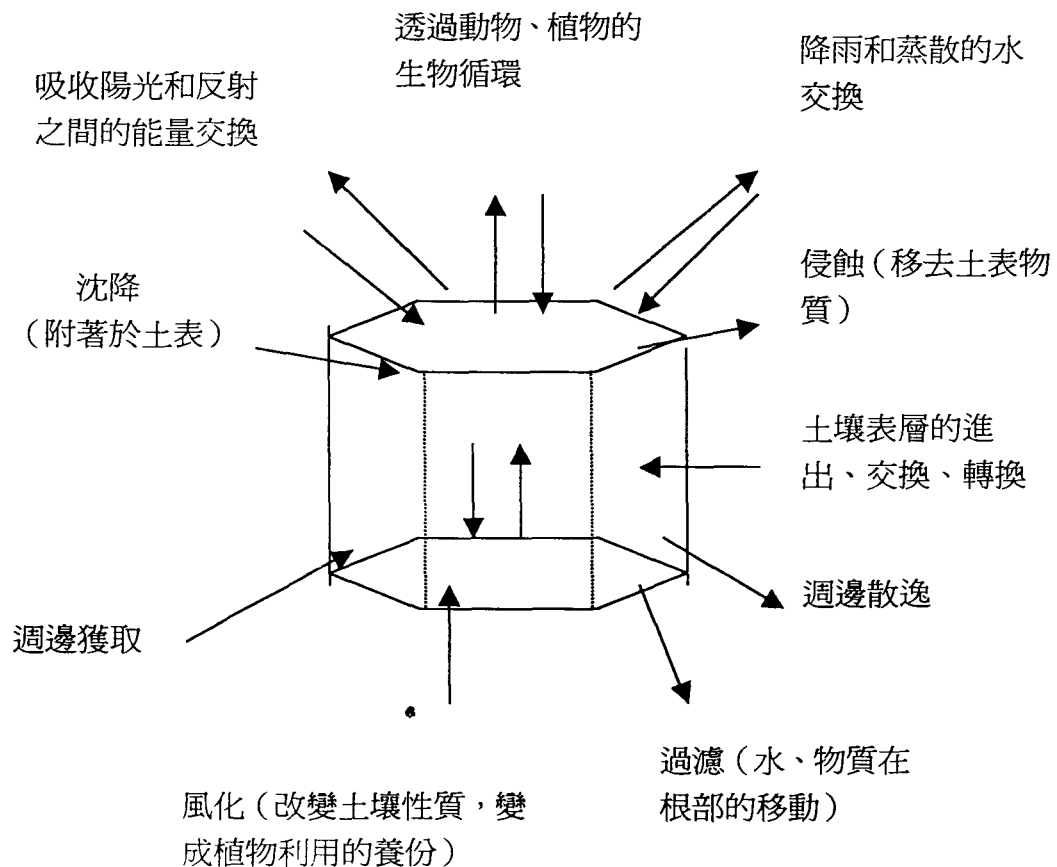


圖 2-1 開放式系統的土壤模式示意圖 (Buol *et al.*, 1989)

土壤資源也受到許多作用力的影響，包括：水侵蝕、風力的物理作用力侵蝕，也包括化學污染，如重金屬的污染即造成大片農地的破壞，減少農業生產資源。土壤的破壞，輕度者在經過管理後，地力可以恢復。但是，也有可能因為破壞太大而無法恢復。

### (3)水資源

水，是民生基本資源，也是產業發展的重要資源。從全球的尺度，地球上的水資源有一定的數量和分佈，如表 2-4 所示。

表 2-4 全世界年水平衡表 (L'vovich,1979)

水平衡的要素	體積 (立方公里)	深度 (公釐)
自地表流向海洋的水 (116.8 百萬平方公里)		
降水	106000	910
逕流	41000	350
蒸發散	65000	560
不流向海洋的地表 (32.1 百萬平方公里)		
降水	7500	238
蒸發散	7500	238
海洋 (361.1 百萬平方公里)		
降水	411600	1140
河水灌入	41000	114
蒸發	452600	1254
全世界 (510 百萬平方公里)		
降水	525100	1030
蒸發散	525100	1030

然而在一個小的區域中，水的分佈和使用則受到土地利用的影響。以加拿大

安大略省的個案研究報告顯示，該地區在都市化後水文循環有明顯改變，如圖 2-2 所示。

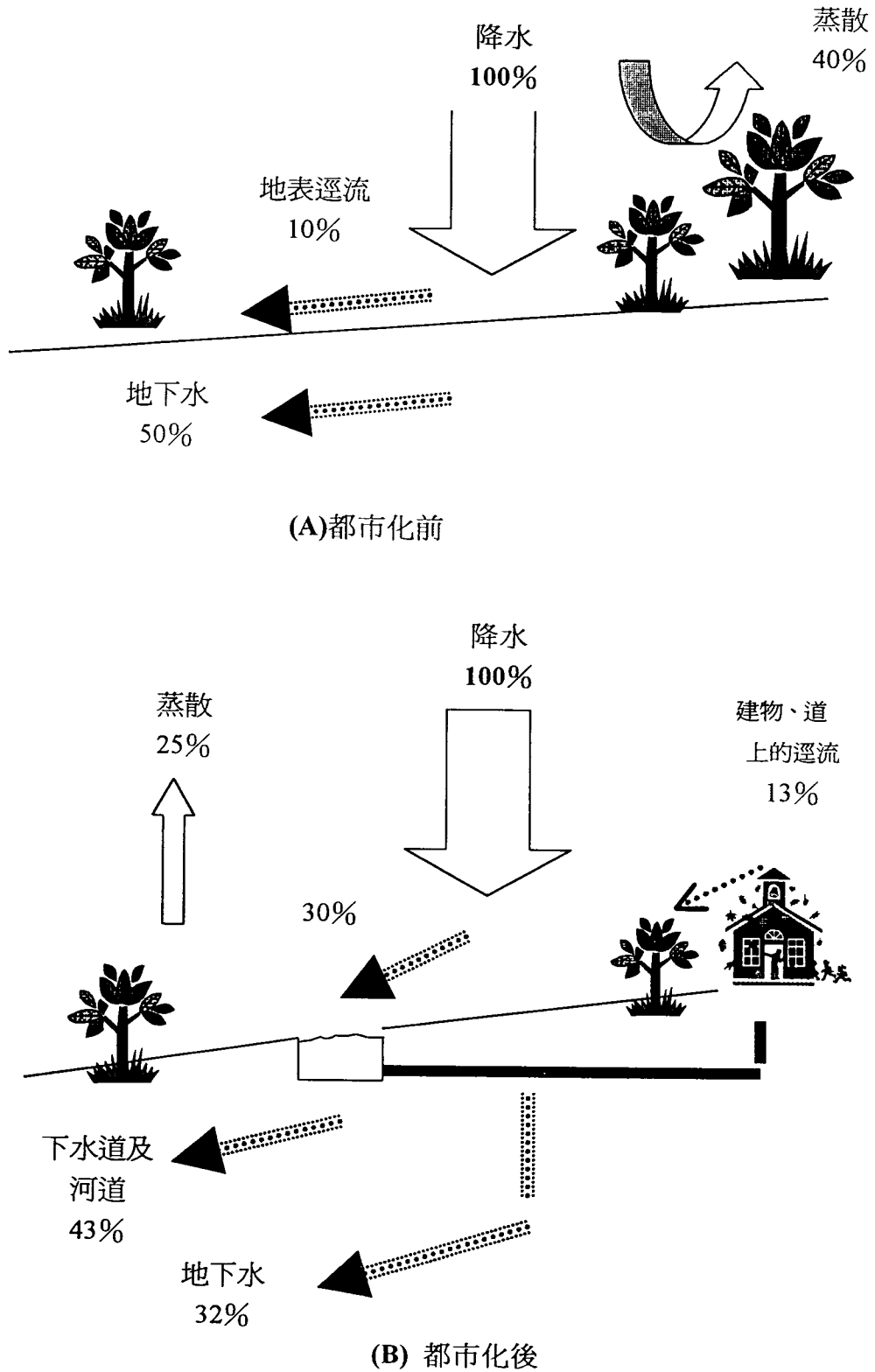


圖 2-2 加拿大安大略省都市化前後水文改變示意圖。

(OECD, 1986)

## 2.4 土地利用變遷研究

近十多年來國內對於應用資訊技術在土地利用變遷研究的成果已十分成熟，從早期的將土地利用資料繪製成透明片的方式到現今以電腦處理數位土地利用資料，並結合相關學科的技術和理論，使得土地利用變遷研究的面向更加多元。

早期應用圖層概念，以不同土地利用面積的變化來做為研究的出發點，但仍以著重現地調查和歷史資料的文獻回顧來分析土地利用變遷問題（李建堂，1988）。還尚未有建立變遷模型的概念。到了1990年代資訊技術的發達加速了研究工具的準確性，土地利用資料可以用數位的方式儲存在電腦裡，累積一定的年代後可以做為土地利用變遷研究的大型資料庫（李淑賢，1992）。隨著遙測影像技術的成熟，引發了不少利用遙測技術和地理資訊系統以解析土地利用的演變方式，如：台中市土地利用空間發展之研究（施明元，1995）。當然數值資料品質的研究也不容忽視，因為資訊處理分析的內容大部份受到資料品質的影響（賴進貴，1995）。由於土地利用變遷是多面向的綜合地理現象，早期單純的土地利用變遷僅就單一個案加以解析陳述其變遷現象。但從近期的土地利用變遷研究中可以發現土地利用變遷研究結合了景觀生態學的理論、數學演化模式等新的研究取向來嘗試解釋不同地區不同時段的土地利用變遷。例如，運用馬可夫鍊（Markov Chain）度量土地利用變遷研究，基於機率的假設，配合群集分析來瞭解變遷趨勢（丁志堅，1997），運用同樣的研究概念，再配合多變數分析，將土地利用變遷研究的變遷原因分析的更完備（蔡靜如，1998）。近幾年來，細胞自動機（Cellular Automata，簡稱CA）逐漸被引用到土地利用研究中，CA是從空間演化的觀點來解釋土地利用變遷的現象，提供另外一種模式建立的觀點，因此，本研究也針對CA的本質和應用可能加以探討。茲針對CA進行進一步的介紹。

## 2.5 細胞自動機介紹

細胞自動機的理論源自於計算機科學的發展。1950年代，John Von Neumann 尋求發展具有自我複製能力（self-replicating）的電腦，促成 self-replicating automata 的發展。這種機器的發展雖然沒有成功，卻觸動 Los Alamos 研究室的數學家 Stanislaw Ulman 之興趣，並提出他所構思中的「抽象生命」，一種能自我複製與成長的機器，埋下日後發展出 Cellular Automata 的種子。1970年，John Conway 將 Von Neumann 的 CA 進一步發展成電腦上的生命遊戲（Game of Life），

從此 CA 的概念逐漸普及到相關領域 (Firebaugh, 1988, pp. 320-321)。

CA 的組成要素包括：網格、網格型態、鄰近空間、演化規則等四項 (Batty *et al.*, 1997)。茲分別說明如下。

- 1、網格 (cells)：CA 是由一個個的網格 (或稱細胞) 所構成。理論上這些網格可以是任何幾何形狀，甚至可以立體的空間，不過目前大部分的 CA 研究都是以規則排列的方格為主，其空間結構和網格式地理資訊系統的結構相同。
- 2、網格型態 (states)：每一個網格的內容是由一組有限的型態來顯示，這些型態可以是二元的，如：活的、死的；空的、已經被佔據的。也可以是多元的，例如：建地、空地、商業用地、住宅用地等土地利用類型。在任一時間，每一個網格都將呈現這一組型態中的某一類，也能只以一類來顯示。
- 3、鄰近區 (neighborhood)：CA 中每一個網格的型態，會隨著其鄰近地區內的網格型態來進行變化。設計一個 CA 時需要界定鄰近區的大小。以網格式的資料結構而言，鄰近區可以是中心網格上下左右四個網格所構成的 Von Neumann Neighborhood，也可以是其周遭的八個網格所構成的 Morre Neighborhood (Batty *et al.*, 1997)。有些研究則將鄰近區的範圍擴大到數個網格半徑，例如 White 和 Engelen(1997)的研究即以 8 個網格為半徑，總數達 196 個網格作為鄰近區。
- 4、演化規則：每一個網格在下一個時間點的型態，是由其目前的型態及其鄰近區內網格型態的組合而決定。由一條條明確的規則決定下一時間點型態的演變。

具備上述這些要素之後，CA 的演化循環將在一個離散的 (discrete) 時間序列下 ( $\dots, t-1, t, t+1, \dots$ )，所有網格依據演化規則進行同步更新。如此的演化方式便是 CA 的基本原理。以 Conway 所設計的生命遊戲 (Game of Life) 為例，由一個個方正的網格所組成的空間，每一個網格的可能狀態有兩種：活的或死的。鄰近區是由中心網格本身及其周圍 8 個網格所構成。演化過程依下列兩條規則進行：

- 1、當中心網格為死的狀態，若四周有三個活的狀態，則下一個階段，此網格將轉換成活的；

2、若此網格為活的狀態，則唯有在四周僅有兩個或三個活的網格的情形下，在下一階段才可能倖存；

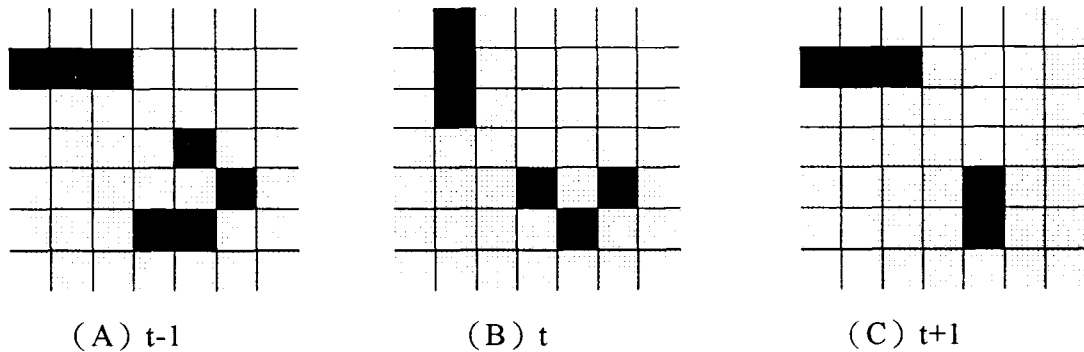


圖 2-3 生命遊戲範例圖 (3 個時間的型態)

生命遊戲一則是因為發展甚早，屬於 CA 研究早期的經典之作，一則是因為它的組成非常簡單易懂，所以常被用來說明 CA 的意義和架構。也正由於它非常簡化，所以在實際應用價值不高。然而這並不代表 CA 都是如此簡單，目前許多 CA 應用不管在網格型態上或演化規則上都已經非常複雜。希望讀者們不要受到這個簡單範例誤導。

從本質和功能觀之，CA 的發展分別呈現了一種新的機制 (mechanism)、觀點 (perspective)、模式(model)及工具(tool)。就機制面而言，CA 的演化源自於 1950 年代的人工生命構想，這種人工生命具有動態、自我複製的特性，實際演化是發生在局部性鄰近區內的微觀尺度，演化過程本身呈現的是一種 if - then 的機制。if-then 機制所帶動的演化，本身是一種決定性 (deterministic) 的演化，就微觀層面而言代表著一種由下而上的運作機制，有別於利用數學概念 (如馬可夫鏈的機率概念) 的演化模式。

CA 的演化是由各個網格依據鄰近區特性進行全面性的同步演化與更新，其結果呈現了宏觀尺度的整體型態，這種整體型態通常是未能預知的，唯有演化規則是已知。這種演化機制反映了「Thinking globally, Acting locally!」的觀點 (Batty *et al.*, 1997)，藉由局部地區內微觀層面的演化來解釋、預測全面性的特性。在探討一個地理現象變遷的原因或本質時，引導我們去思考最基本的作用力演化特質。

CA 提出一種空間型態的演化模式，這種模式可以模擬真實世界的狀況，如：土地利用變遷、生態環境的演變，研究者得以用來模擬、預測地理現象的演變，所以它具有模式的功能。在另外一方面，CA 也逐漸發展成一種規劃的工具，將 CA 的演化規則轉換成一種發展條件的規範或限制，例如：「一個農地網格其周圍如果有若干的網格是屬於住宅區或商業區，則下一階段它可能發展成商業區。」這樣的條件可以設定為規劃土地利用時的準則，利用這樣的規則來指定每一個網格的可能發展型態或發展潛力，作為規劃設計的決策依據。從規劃工具的層面來看，CA 的運作方式和一般網格式 GIS 所強調的地圖算術 (Map Algebra) 非常類似，同樣是以一個圖層內各個網格鄰近區的特性來進行計算並產生發展潛力。

目前大部分的 CA 都是二維的空間，這種空間結構和網格式 GIS 相同，而網格式 GIS 本來在空間模擬上即有許多功能和應用面向，對於從事模式建構的研究者而言，CA 是一個深具潛力的工具。Tobler (1979) 是地理學界從事 CA 研究的先驅，嘗試將 CA 的理論引入地理學研究中，後續的 Couclelis (1988, 1991, 1997) 也陸續探討 CA 的理論與哲學層面，然而在實際上的應用與技術發展的探索較少，所引起的回應也不多。近年來，由於碎形 (fractal)、混沌 (chaos)、類神經網路 (neural networks)、複雜科學 (complexity) 等相關理論與技術的發展，CA 的應用逐漸受到重視。過去 5、6 年來，相關應用已經出現在生態模擬 (Bahr and Bekoff 1999; Dunkerly, 1999)、土地利用 (Wu and Webster, 1998; White, Engelen and I Uljee., 1997)、都市 (Batty and Xie, 1994; Batty, 1998) 等研究課題上。

位於荷蘭的知識系統研究中心 (Research Institute of Knowledge System, RIKS) 是 CA 應用研究的重要據點，該中心將 CA 模式廣泛應用在土地利用規劃上。White and Engelen (1993) 即建構一套 CA 模式來模擬美國的都市發展，這套模式依土地利用強度將都市的土地利用分成空地、住宅、工業、商業等四個層級，當一個網格的周遭到達某一定的強度之後，即可以演變為更高一級強度的使用。這套系統採取發展型的理念來建構，亦即只可以由低密度發展成高密度，不能反向發展。他們進一步將 CA 發展成為規畫與設計的工具。在聯合國委託的研究案中，他們針對加勒比海的 St Lucia 島進行土地利用規畫 (White and Engelen, 1997)。這個規畫案建立了一套結合了宏觀 (macro) 和微觀 (micro) 兩種層次的決策支援系統。宏觀層次是從經濟、人口、政策層面來預測整個研究區內的土地利用需求，並且將這些需求分配到各個區域單元。各個區域單元所分派到的土

地利用變遷數量，則是另行利用微觀層次的模式來分派。微觀層次的工作即由 CA 來進行。針對每一種土地利用需求，CA 模式被用來計算每一個網格的土地利用潛力，再利用這分派土地利用變遷應該發生在哪些網格中。Clarke 等 (1997) 在美國地質調查署的一項全球環境變遷的研究中，嘗試利用 CA 來預測未來的土地利用變化趨勢。他們的分析模式整合了地面覆蓋 (land cover)、坡度、交通網路、保護區等四種資料，利用過去 100 年的資料來建立 CA 的變遷法則，並利用過去 100 年間數個不同年度的土地利用資料來校正法則，再利用所產生的 CA 系統來預測未來的土地利用變遷。他們的模式比較特殊的一點是，納入了自我修正的功能，用來調整急速擴張或衰退等不同階段的都市成長，增加了 CA 模式的彈性。Michael Batty 是地理學界近年來積極參與 CA 研究的另一位學者，早年他的論述比較偏重理論層面的探索，近年來也有類似的實際模擬研究，利用現成的 CA 軟體 (StarLogo) 來測試都市的變遷(Batty, 1998)。

國內有關於 CA 方面的研究尚非普遍。已經發表的論著主要在出現在都市計畫方面的研究。汪禮國 (1997) 探討了 CA 和都市發展上的結合，並且利用離散數學中的 finite states automata 概念，來測試 CA 的可能演變型態，這個研究比較偏重 CA 演化可能的理論層面，尚未將 CA 和都市研究或地理資訊系統具體結合。陳宥任等 (2000) 也探討了 CA，然而也是偏重在都市發展和交通層面的探討，並且利用現成的 CA 軟體做了測試，未實際應用 CA 來進行模擬或預測。

整體而言，地理和空間科學界目前有關於 CA 的研究已經有不少成果，這些研究分成兩大類：一、利用 CA 來做為實務規畫或預測的工具；二、利用 CA 來探討都市演變的結構或機制。然而，除了這兩個面向之外，其實 CA 的研究還可以從地理資訊科學的面向切入。CA 在地理學相關的問題探討和模式建構上存有發展的潛力，和 GIS 的應用發展也有高度相關。從 CA 的模式本質而言，它和 GIS 的有許多可能的結合方式。就資料結構觀之，CA 的資料結構和 GIS 的網格式結構相同，都是以規則化的網格結構儲存、表現空間。就 CA 的應用範圍而言，它可以用在空間分佈型態的模擬，和現有的地理資訊系統可以密切結合，然而目前兩者間的結合並不密切，大多數使用 CA 進行研究的人，都是自行開發新的軟體，或利用現成的 CA 程式來進行測試，並沒有真正結合 GIS，並且直接使用 GIS 內的資料庫。唯有 CA 和套裝 GIS 軟體真正的結合，CA 在地理問題的解決上才能扮演真正的功能。而這個使命與需求正是本研究所嘗試的工作。

## 第三章 土地利用資料

### 3.1 資料種類與來源

土地利用是一種人文活動，土地利用變遷的歷史正如同人類歷史一樣的久遠。因此，有關土地利用的資料也散見於各種歷史文件中，包括書籍、檔案、地圖，都有可能記錄著土地利用資料。一般研究使用的土地利用資料，大部份是由一個個單一土地利用類型單元所組成的地圖。但也有不以圖像分析、展示土地利用變遷的研究。局部鄉土的土地利用研究可以藉由考查地方的地籍、地契等文獻史料來推敲出土地利用的變遷。這些史料都可能轉譯成土地利用的圖像地理資訊，提供土地利用變遷的線索。在另一方面，近數十年來的太空科技及遙測衛星發展，讓科學家得以週期性地進行土地覆蓋調查，並用以作為土地利用分析調查的工具，而資訊科技的進步更精簡了資料處理與分析的工作，讓研究者得以利用更多樣的資料來進行分析。茲將本研究所收集及使用的土地利用資料說明如下。

#### 一、早期歷史文獻資料

從文獻記載中也可以推敲出台灣早期的土地利用型態。但大部份對台灣地理的描述多屬概括局部性的記載，無法推論求得全島完整的土地利用分布型態。茲將早期的文獻中，有關台灣土地利用情形的資料摘錄說明如下：

- 1、西元 1333 年 元順帝年間，汪大淵在〈島夷誌略〉中有提到對台灣土地的特徵：「...琉球地勢盤穹，林木合抱，土潤田沃，宜稼穡...」
- 2、西元 607 年 隋煬帝大業三年，〈隋書〉 81 卷，流求國一章：「...流求國，居海島之中，當建安郡東，水行五日而至，土多山洞。所居日波羅檀洞，塹柵三重，環以流水，樹棘爲藩...俗無文字，望月虧盈，以紀時節，候草藥枯以爲年歲...有熊豺狼，尤多豬雞，無牛羊驢馬，厥田良沃，先以火燒，而引水灌之...土宜稻、梁、黍、麻...木有楓、栝、梓、松、榿、枋、竹、藤、果藥...風土氣候與嶺南相類。」
- 3、西元 280 年 三國吳臨海郡太守著〈臨海水土志〉：「...夷洲在臨海（浙江臨海）東南，去郡二千里，土地無雪霜，草木不死，四面是山，作室居種，荆爲蕃藿，土地饒沃，即生五穀，又多魚肉，其地亦出銅鐵。」

4、西元 230 年 三國志吳書吳主傳：「二年春正月，遣將軍衛溫、諸葛直將甲士萬人浮海求夷洲及亶洲。...但得夷洲數千人還。」

回顧有關台灣土地開發的歷史文獻可知，時間愈往回推，史書上對台灣土地描述的部份愈稀少，尤其到了三國志吳書那一段，僅記載台灣曾派人去考查，台灣當時的耕地、聚落分佈無從得知。在中國其他歷史朝代的記錄中留下部份台灣印象的記錄，內容也不脫蕃族異俗考查和風土民情記錄。倒是在荷蘭人、鄭成功、清末及日治時期的其他台灣史文獻或地方的地誌上記錄了許多漢人來台開墾的資料，如：鹿皮的交易、漢人屯墾區的增減及政治當局對台灣土地的經營管理記錄等，都可以做為土地利用資料的參考。

## 二、調查報告

不同年代所做出來的土地利用研究的成果也是台灣土地利用資料的來源。如民國 47 年陳正祥在台灣地誌中發表小比例尺的台灣土地利用圖，記錄全台灣的耕地、都市、魚塢、鹽場、林地等土地利用，是台灣光復後較早期的全台土地利用資料。此圖是由個人研究所繪出全台土地利用圖，僅能做土地利用概略說明之用，由於是小比例尺的關係，圖上各類土地利用邊界並不是非常精準(圖 3-1 及圖 3-2)。

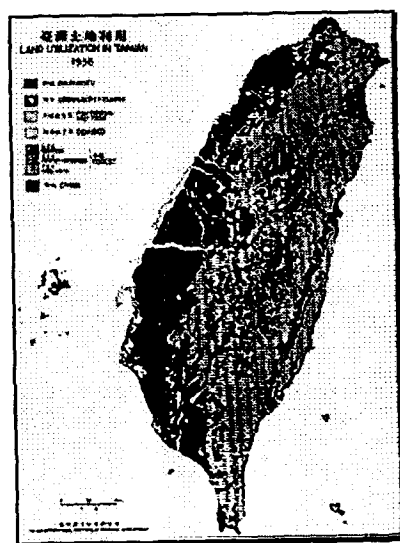


圖 3-1 台灣土地利用圖(陳正祥, 1958)

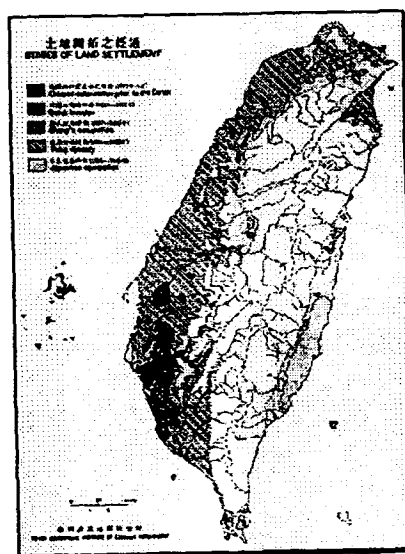


圖 3-2 台灣土地利用演進圖(陳正祥, 1958)

三百多年前的台灣土地利用仍是以打獵和農耕為主，鹿脯和鹿皮成為對外貿

易的主要出口貨物，可以想見，在荷治時期的台灣土地利用整體來說尚未有大規模的墾植活動，土地利用的結構在平地部份可能是以林地，草地，荒地，及部份耕地為主，山地丘陵地部份保持原始狀態。這類推演台灣土地利用變遷的研究成果可填補土地利用資料的時間序列，是極重要的參考資料。

### 三、清朝台灣古地圖

另一種土地利用資料型式是古台灣地圖。西元 1554 年葡萄牙人 Lopo Homen 首度將台灣畫在世界地圖上，是台灣開始有圖像資料的原始紀錄。之後在清光緒年間外國繪製的「Botanical Map of North Formosa」地圖(圖 3-3)更清楚的顯示出當時台灣土地上各地區農產、礦業的分布情形，雖然是小比例尺的地圖，就土地利用資料的年代來說，極具參考價值。

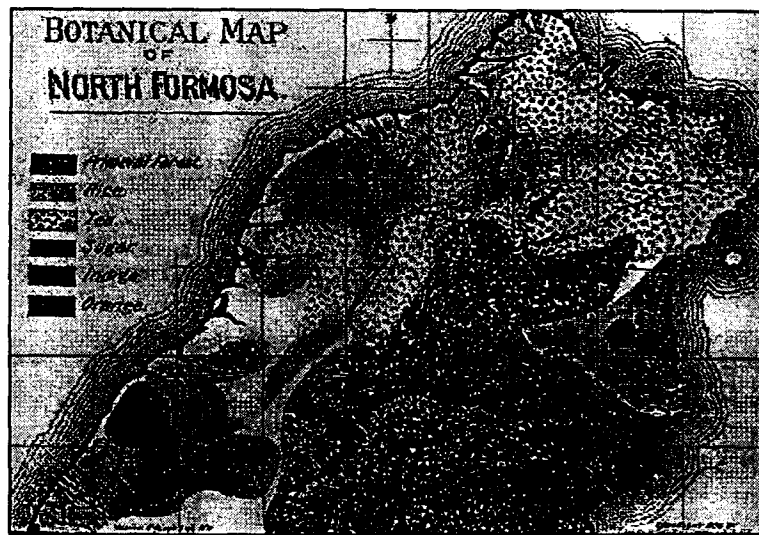


圖 3-3 1895 年北台灣農產分佈圖

從上面的分析我們可以知道，土地利用資料可能是完整的一張主題圖，或是古書上的一段地理描述，也有可能是以前製作的古地圖，下表是就各類土地利用資料依名稱、時間、比例尺、內容、土地類別及資料生產單位製表 3-1：

表 3-1 各類土地利用資料資源屬性表(本研究整理)

資料名稱	資料時間 (西元紀年)	比例尺或 解析度	資料內容	圖例分類類別	資料生產單位
台灣堡圖	1904	二萬分之一	地形、聚落、 交通、植被、 農作、水文	14 類人文、自 然地理資料	台灣總督府臨時 台灣土地測量局
台灣地形 圖	1928	二萬五千 分之一	地形、聚落、 交通、植被、 農作、水文	21 類人文、自 然地理資料	陸軍省參謀本部 陸地測量部
1971 年土 地利用圖	1971	二萬五千 分之一	林種、水稻 田、建地、水 文	農作植被 56 種, 人文自然資 料 5 種	行政院農委會
1977 年土 地利用圖	1977	二萬五千 分之一	林種、水稻 田、建地、工 業用地、水文	農作植被 56 種, 人文自然資 料 6 種	行政院農委會
1995 年土 地利用圖	1995	二萬五千 分之一	農業、交通、 水體、建地、 工業用地	人文、自然資料 10 大類	內政部地政司
衛星遙測 影像圖	1993~	二萬五千 分之一	地表現象及地 物	視研究個案而 定	中央大學太空遙 測中心 成大太空遙測中 心
相片基本 圖	1954~	二萬五千 分之一	地表現象及地 物	視研究個案而 定	行政院農委會 農林航空測量所
地理方 誌、歷史文 獻、古地圖	三國、 隋、南 宋、元、 明、荷蘭 人、清	無	概述	無	史料、地圖

#### 四、日治時代地圖

日治時代，1904 年的台灣堡圖(圖 3-4)和 1928 年的台灣地形圖(圖 3-5)是日治時期台灣土地利用資訊最完整、豐富的資料，台灣平地及丘陵地區的聚落、農作範圍、水文及交通等地理資料，以這兩套地圖做為研究日治台灣土地利用的基本資料是相當適合的，但以台灣堡圖來說，每張圖的比例尺為二萬分之一，若要數化全台灣的土地利用資料，每張圖要去判識畫分七大類土地利用，最後又要接合全調查區域 465 張地圖，這確實是一件相當繁重的工作，需要時間和人力的配合才得以完成。



圖 3-4 台灣堡圖

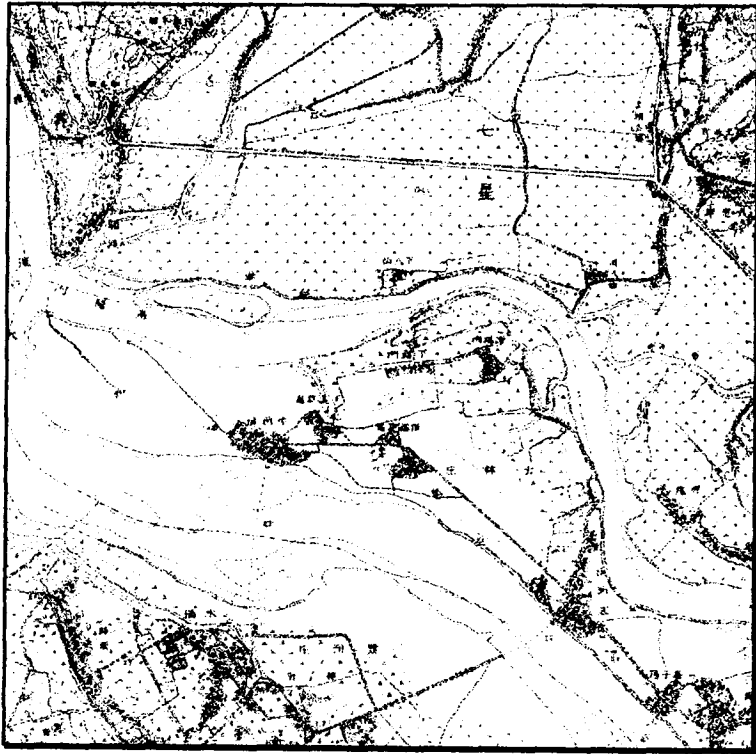


圖 3-5 台灣地形圖

記錄台灣日治初期的土地利用型態，圖為社子島，耕地、聚落、河道、道路等資料清晰可見與「台灣堡圖」出版時間相隔 24 年，土地利用資料更完整。

#### 五、遙測衛星影像及航空照片圖

現代的遙測和地理資訊技術使得土地利用資料變得彈性、精確、詳實，衛星影像圖是土地利用資料最常用的資料來源，圖 3-6 為淡水河流域 SPOT 衛星影像圖。另外，近年來內政部與農委會農林航測所合作出版的相片基本圖，清楚地拍攝台灣土地的原貌，也是一種重要的土地利用資料來源（圖 3-7）。使用遙測衛星影像圖或航空照片圖研究土地利用變遷時第一步都是要先分類。因為這類資料記載的訊息是完全與地表覆面對應的資訊，將影像上的色彩或圖案分類成土地利用類別，劃分成均質的多邊形區塊，逐一完成土地利用資料的建立。

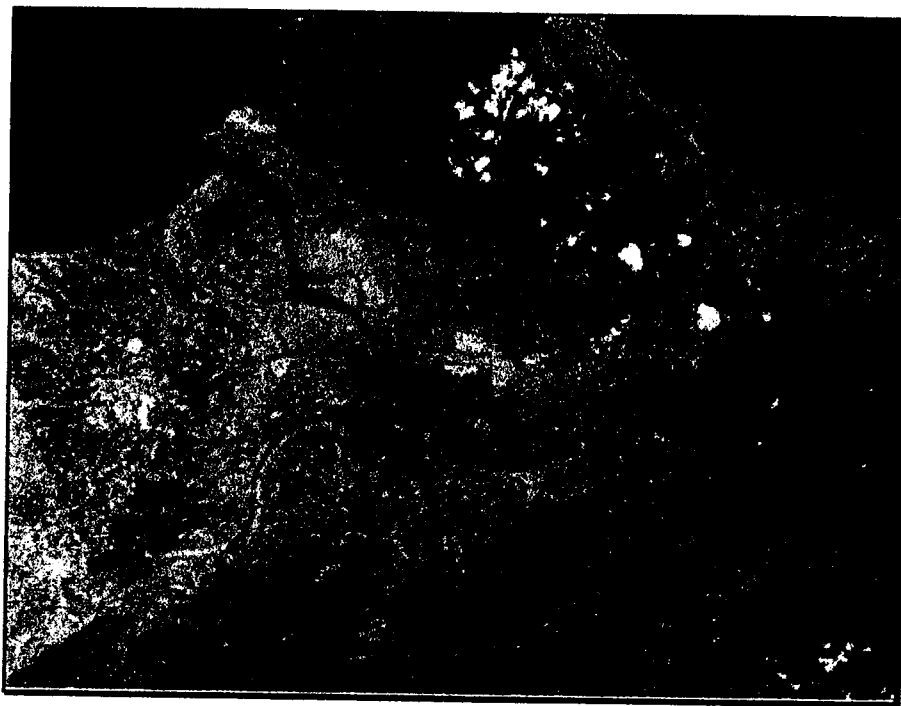


圖 3-6 衛星影像圖

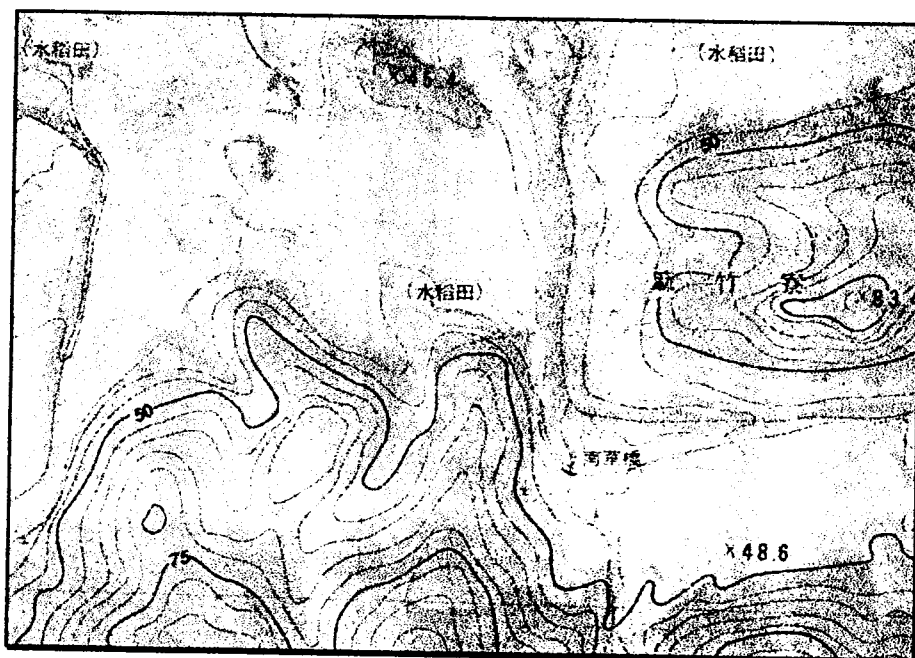


圖 3-7 經建版相片基圖 (民國 81 年)

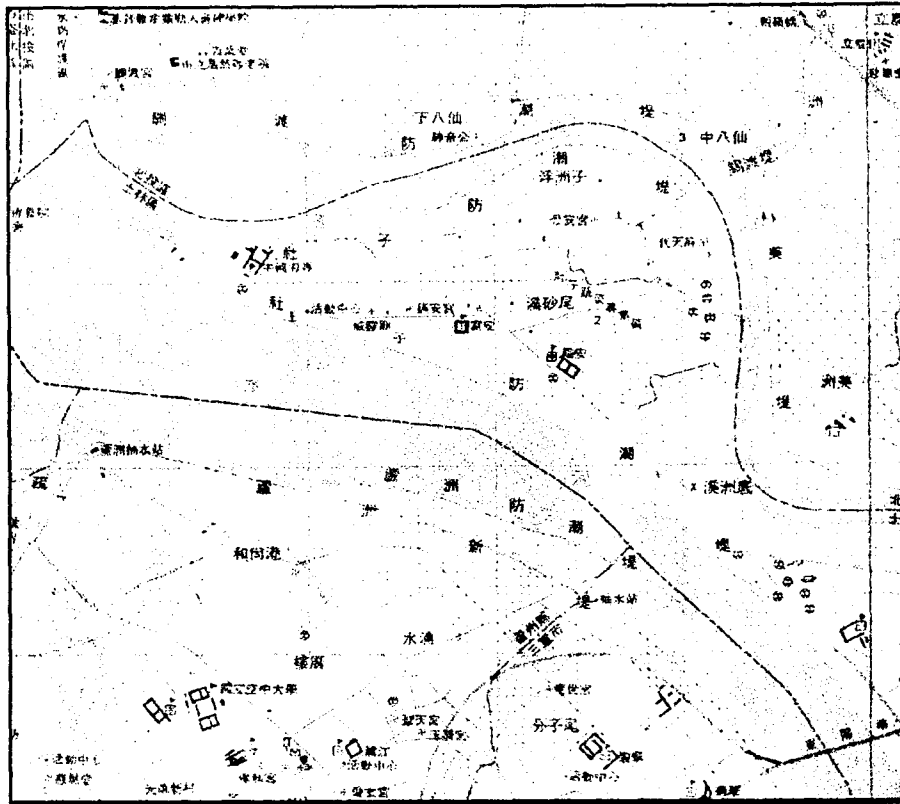


圖 3-8 內政部經建版 2 萬五千之一地圖

## 六、內政部經建版地形圖

現況土地利用資料也可以在內政部出版的經建地圖上可以利用，請見圖 3-8。內政部出版的官方地形圖—經建版地圖中，稻田、林地、草地都用綠色的網紋貼上，建地是紅色，上面標著明顯的地標，如學校、寺廟等，資料上記載的都是較新的地理資訊，通常也只是用來輔助判識航照圖或衛星影像圖，較少拿來研究土地利用變遷研究。

## 七、數值資料

農委會生產的 1971、1977 年的土地利用資料是利用 GIS 研究土地利用變遷時最常用的數化資料(圖 3-9)。資料生產過程以農林航測所拍攝的地面照片經判識後分類繪製、類化、現地調查而完成。唯農、林地部份地目分類過細，若研究主題不是在農林業土地利用變遷，則必須先預做重新分類概括化處理，以符合研究需求。民國八十四年內政部營建署為建立國土資訊系統也自行生產繪製了全台灣的土地利用資料，但不包含北、高兩市，此筆資料在研究上被使用的次數不像農委會的多，這是因為若要研究近期的土地利用資料可以直接向中央大學購買衛

星影像圖判識或向農林航測所購入相片基本圖自行針對研究取向調繪土地利用圖。農委會這兩筆數化的土地利用資料重要性在於它數化資料並紀錄台灣 1971、1977（民國 60、66）兩年的土地利用型態，變遷研究的時間間距夠且資料的品質也較可靠。

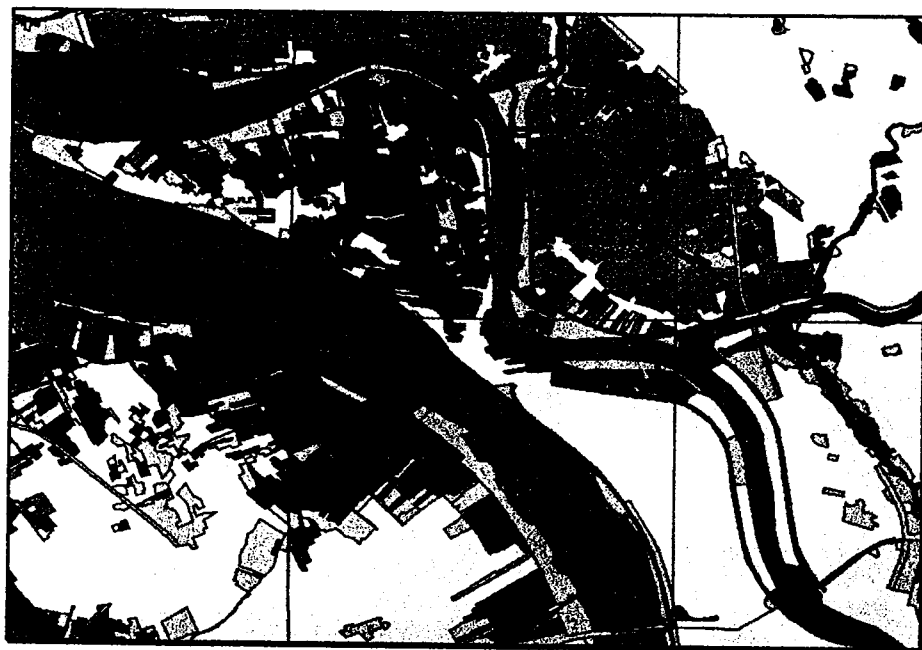


圖 3-9 農委會出版的 1971 年土地利用數值資料  
Arc/Info 圖層，圖為社子、二重地區

### 3.2 資料特色

早期文件資料提供的是一種背景資料，沒有辦法得知確切的土地利用的空間位置或數量，然而顯示的是人類活動初期的未開發狀態。真正能進行土地利用變遷分析，必須要有精確的地圖，足以顯示土地利用的類型及位置，唯有大比例尺的地圖才足以提供這樣的資料。對於台灣地區而言，這類的資料出現在約 100 年前。日本佔領台灣之後，爲了能掌握土地資源，進行大比例尺地圖的繪製，先後在 1905 年及 1925 製作台灣堡圖及台灣地形圖，這兩套圖使得我們的分析得以上溯到 100 年前。

台灣堡圖是由日本臨時台灣土地調查局配合陸軍測量部自 1898 年（昭和 31 年）起耗時六年在全台灣各地以三角測量法所繪製的大型地形圖，於 1904 年正式由台灣日日新報社對外公開出版。堡圖共計有 465 張分區地圖，資料涵蓋範圍

18846.906 平方公里，佔全島面積 52%。日本政府繪製台灣堡圖的目的在於管理土地地權、區分地目及測量地形。每張堡圖的比例尺為二萬分之一，詳細記載 1900 年代日治初期台灣土地利用的空間分佈及地貌特徵，建地、農地、林地等土地利用的精確範圍都可以在圖上讀取。若將台灣堡圖的資訊數化成地理資訊系統格式，則它可能台灣最完整的，而且是資料年代最早的數值土地利用資料。

台灣堡圖記錄的資料可分為 13 類(表 3-2 及圖 3-10)，人文地理資料有市街、社庄等聚落建地，建地內的「副記號」標示地面上明顯特立建物或特殊點，如神祠、寺院、學校等。天然地及耕地為農田及其他自然植被的土地，農地分田地(水稻田)、茶園、旱田(果樹)等，有些地區會夾雜部份墓地。自然地理資料主要是以等高線表示地形的起伏高低，山區細部的天然變化地如崩場地、裸露岩頭用小圖案標示。天然植被則分為草地、樹林(林地)、竹林、荒地等。至於河道及沙洲也按真實比例記載，細流、土堤、石堤、乾河道也繪製上去。

表 3-2 台灣堡圖地理資料表

資料類別	細部項目	備註
市街		面資料
社庄		面資料
副記號	神祠、寺院、西教堂、陸軍基地及軍營、海軍基地及軍營、廳、公署、監獄、學校醫院、派出所、郵便電信局等 24 項。	點資料
小物體	石燈、基地、紀念碑、獨立樹、竹子、探礦地、井、三角點等 12 項	點資料
構圍	城郭、土圍	線資料
道路	一至三等道路、不明路、電線等 8 項	線資料
境界	廳界、堡里鄉界、街庄界、地域、蕃地界等	線資料
鐵道	車站、鐵道、交會處、建構中鐵道	線資料
耕地及天然地	旱田、水稻田、茶園、草地、樹林、竹林荒地、墓地等 8 項	面資料
起伏地及變形地	崩場地、裸露硬岩、散碎地、下陷地	面資料

埤圳	堰、小溝、河上及道路上	線資料
河川地	沙地、細流等 14 項	面資料
海岸地	鹽田、投錨所、沙洲、堤防等 6 項	點資料
固定水體	湖、沼地、濕地、泥地	面資料

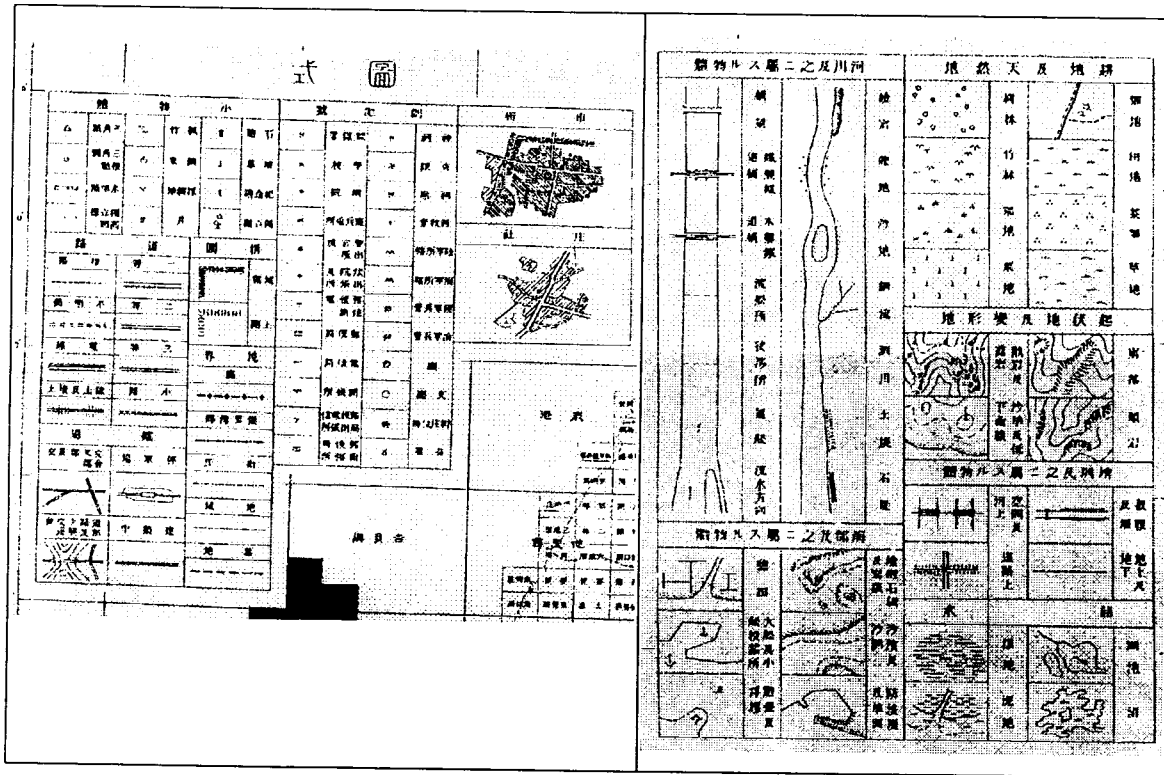


圖 3-10 台灣堡圖圖例

國民政府播遷來台後，為發展台灣農業，特委由行政院農委會農林航測所利用中型飛機拍攝台灣平地及山區農業及林地土地利用現況，航空照片記錄拍攝當時的土地覆蓋狀況，是土地利用資料中最即時的一類資料。此外，中央大學太空遙測中心每天自環境資源衛星接收影像資料，資料中所記錄的是反射自地表的光譜值，地面的衛星接收站收到衛星傳送的資料後儲存，以利於後續的人工或電腦做判讀分類處理。航空照片及衛星影像資料都不是實際從地面調查得知的土地利用資料，土地覆蓋並不一定能夠代表土地利用。例如資料中某塊草地可能是荒地，校園內的草坪或大規模的牧場，分類判識出來的土地利用便可能為荒地，建地或農地。因此土地覆蓋不能告訴我們這是那一類型的土地利用，航照圖及衛星影像圖在本質上只能算是間接的土地利用資料。照片和影像必須經過人工判識加上實地調查才能轉變為真正的土地利用資料。儘管資料的時效性高，但土地利用

的判識及調查的過程相當耗時耗力，而原資料的使用費也高，這正是該資料的特色。

農委會及內政部出版的土地利用資料都是經過實地調查所得來的資料，因此不須做人工判讀的工作，只要將原有的土地利用代碼重新分類後即可使用。農委會的資料是注重農地及林地的地目分類，建地部份僅歸為一類。內政部則較注重都市土地利用分類，學校，工廠，寺廟都有分類出來，如要整合這兩筆資料應先做好土地重分類的工作。

茲將上述各土地利用資料依時效性及資料限制、後續處理等特色列於表 3-3 以供比較：

表 3-3 各類土地利用資料的特色比較(本研究整理)

資料名稱	時效性	資料限制	後續處理	備註
台灣堡圖及台灣地形圖	台灣最早的土地利用資料	無山區及禁圖資料	以 GIS 數化、地目重分類	地圖
農航所航照圖	即時性	資料量龐大，影像複雜	人工判識、數化、現地調查	照片
衛星影像圖	即時性	資料量龐大，影像複雜	人工判識、數化、現地調查	電子影像
農委會土地利用資料	1971 年及 1977 年	建地分類不夠精細	接邊、地目重分類	GIS 圖層
內政部土地利用資料	1994 年	無台北市及高雄市	接邊、地目重分類	GIS 圖層

### 3.3 數值資料彙整

本研究由農委會取得的土地利用數值資料檔計有 1971, 1977 年資料。P1 版為 1971 年，P2 版為 1977 年。

#### 一、接邊處理

經過圖檔清查之後，發現研究區範圍內平地部份的土地利用圖涵蓋 84 個圖檔（比例尺為五千分之一），總面積 525 平方公里。原始圖檔是以一張張的地圖而獨立儲存成圖檔。基於後續資料分析的需要，本研究將所有的個別圖檔連接成

全區的檔案。接邊工作上原是以 PC 電腦上的 Arc/Info 相關指令來操作，但作業過程相當繁瑣。後來即改用 ArcView 下的 Geoprocessing 中的 Merge Themes Together 功能，完成圖檔的接合。

## 二、結構轉換

原始資料是以向量格式儲存。根據先前研究經驗顯示，以向量資料進行土地利用變遷分析將會面臨資料不吻合所產生的誤差（賴進貴，1996），所以本研究先將向量式資料轉檔成網格式的 Grid 檔，分別產生兩個年度的網格資料，解析度是 10\*10 平方公尺。原資料有邊界不整合及細小碎形多邊形產生，但轉成網格式資料後可以消除原向量資料的邊界，細小多邊形也因網格化後一一的被消除。這部分工作使用的指令是 ArcView 的 Convert to GRID 指令。

## 三、重新分類

原土地利用資料分類過細，不利於本變遷分析研究，故需要重新分類。根據農委會的出版說明，現有土地利用資料可以包括：平地部份的農業用地就有 56 種，其他類別只有建地，道路，水體，墓地，軍事用地等 5 種，佔不到全部類別的 10%。本研究依據環境變遷研究的需求，將原有的類別重新分類如表 3-4 所示。

表 3-4 重新分類後與原始類別代碼對應表（本研究整理）

新的編號：類別名稱	原土地類別（原來代碼）
1：建地	工業區(32)、建地(33)、軍事地(37)、河川地建地(94)、保安林建地(102)、堤防(40)
2：農地	雙期作水田(1)、果作地(6)、雙期作水田旱作(7)、雙期作水田果樹(42)、雙期作水田林木(44)、雙期作水田草地(45)、雙期作水田荒地(46)、保安林田水稻(77)、保安林田旱作(78)、河川地水田(89)、河川地旱田(90)、河川地果樹(91)、保安林田果樹(95)
3：林地	林地(22)、旱作地林木(84)、河川地林木(92)、保安林田林木(98)
4：固定水體	河川地(36)、水庫(28)

5：其他水體	水圳(24)、魚池(25)、沼澤地(29)、河川地魚池(93)、保安林田魚池(35)
6：交通	水圳道路併計地(87)、道路水圳併計地(88)
7：荒地	草地(23)、荒地(30)、墓地(34)、早作地草地(85)、早作地荒地(86)、保安林田草地(99)、保安林田荒地(101)、保安林田墓地(103)
96：範圍外土地	範圍外土地(96)

### 3.4 台灣堡圖數化

基於延伸土地利用資料的時間序列尺度，有必要再利用古地圖中具有土地利用的地圖資料予以數化應用。做為將來土地利用研究最完整豐富的參考資料。

#### 一、CA 研究的圖例與原台灣堡圖的資料對比問題

經比對之後，所幸台灣堡圖的地理資料遠多於之前 CA 研究的七大分類。唯其土地利用的標示並非以土地利用研究為導向，堡圖的標示法是以點資料訴求面的資料，例如農地是以有底線的小草代表，而 1971/1977/1984 年的土地利用資料是以多邊形的方式表現土地利用資料。因此，數化台灣堡圖土地利用的第一步，是要將點的土地利用分佈圈點成以面為主的土地利用資料。由於零星散佈的點表示法難以界定出精確的各類土地利用範圍，但是為了統整各年度的土地利用資料，確有必要將整張圖幅中的每項土地利用予以數化出來，其理由有二：

1.除建成地（街、庄）之外，林地，荒地、水體等資訊可以作用研究台灣環境變遷問題之用。

2.1971/1977 年的土地利用資料已經完成七大分類土地利用資料建構，若要以時間進程來觀察土地利用變遷，土地類別必須有其延伸性。

堡圖的資訊提供過去人文，自然環境的記錄，土地利用只是其一，為有利於日後其他相關研究，建議全面將資料數化，唯不做七大分類土地利用之研究亦有可參考之處。

#### 二、數化工作的細部問題

1.相嵌型的土地利用問題：田地中嵌入街、庄的土地利用位相關係的建立有

待研究。

2.各多邊形的“面積”應加在主題「themes」裡，否則無法做完整的量化變遷分析。

經試驗研究之後，同樣的土地利用主題必需放在同一個主題下面，內部的自定的多邊形面積也可以利用公式轉換設在屬性的表格裡面。所利用的回傳值是：

[Shape].ReturnArea 會在欄位上回傳數化後的多邊形面積。

先數化大範圍的農地，再數化小範圍庄、街，再用『Subtract themes』，就不會發生屬性位置重疊的現象，利用數化的 Union themes 也可以將兩多邊形合成一個多邊形。

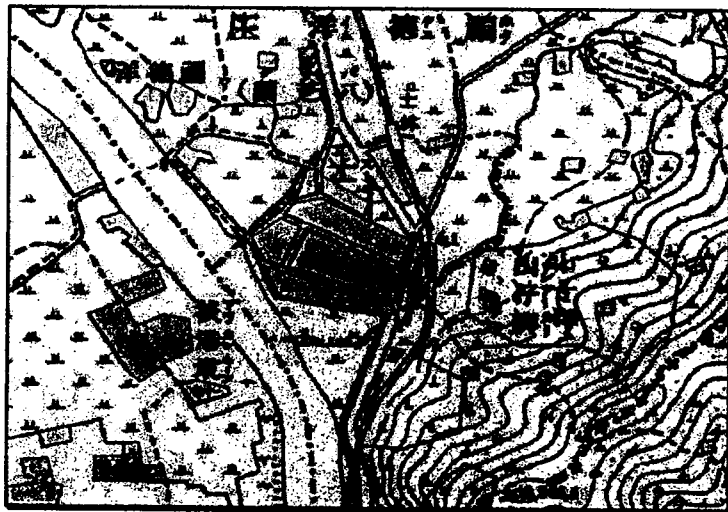


圖 3-11 台灣堡圖建地的數化

圖為士林，當時四週均為稻田，還有鐵路經過。

### 三、台灣堡圖資料整合

為與前面 1971-1977 年土地利用資料整合研究，必須將堡圖的資料重新概化分類。建地是指人群、建物集中的地方，堡圖中的市街、社庄均屬此類。農地是指以生產農作為目的事業的土地利用，包括田地、果園（堡圖中的「火田」地），茶園。其他的土地利用分類在對比上沒有任何困難，但由點資料符號表示的土地利用轉換成面資料的土地利用資料是應探討的部份，在下一節會繼續討論。

表 3-5 台灣堡圖土地利用資料與農委會土地利用資料的整合

土地類別名稱	台灣堡圖土地利用分類
1：建地	市街、社庄
2：農地	田地、旱田、茶園
3：林地	樹林、竹林
4：固定水體	河川、湖池
5：其他水體	沼地、濕地、泥地
6：交通	鐵道、道路
7：荒地	荒地、墓地、草地
96：範圍外土地	無此類土地利用

#### 四、台灣堡圖的數化技術問題

台灣堡圖的土地利用資料中，除了建地是以「多邊形」表示之外，其他的土地利用資料均用「點」符號標示(圖 3-11)。林地、獨立樹、旱田、田地、荒地、草地、竹林、茶園等均有獨自的「點」符號標示其空間分佈。在一般的土地利用變遷研究中，任何的土地利用資料，不論來源是衛星影像圖或是航照圖，都應轉為個別單一均質的土地區塊以便分析研究。因此，田地中若夾雜林地、竹林等混合用地，在數化資料時必須用肉眼小心判識，土地利用區塊的邊界也可能會因判識的差異而不一致。如欲數化全部的土地利用資料應考慮此一問題，本研究初期先以數化建地資料為主，探討古地圖土地利用資料在研究應用上的成果。

#### 五、台灣堡圖疊測分析

將 1971 年數位土地利用資料經 Arc/Info 轉換座標系統後與 1904 年的土地利用資料套疊比對，1904~1971 年間該區的建地變化如圖 3-12 所示。黑色部份為 1904 年建地，紅色為 1971 年建地。

可以看得出來 67 年間建地擴張的範圍及分佈特徵，士林一帶由建地由點變成面的型態，蘆洲一帶也由小型聚落變成大型的城鎮分佈。

利用 ArcView 的 Select Features 的功能，將建地擴張的土地選取，另成一張圖層可得圖 3-13，此即 1904~1971 年間社子、三重、士林一帶建地的擴散範圍。由圖上分析該區建地擴散的結果是：1904 年舊聚落：蘆洲、三重、士林、社子擴大到 1971 年的蘆洲、三重與社子、士林地區，建地向外大幅擴增。由上面的

個案向量疊圖過程可知，台灣堡圖數化後的資料經過座標校正之後可以和其他向量式的土地利用資料做套疊，但原圖為經緯度座標，而農委會和內政部的資料是 TM2 度座標，在 ArcView 螢幕數化後為 Shapefile 圖層，轉成 Coverage 再換成 TM2 座標的操作過程會造成資料的不完整，以致 Arc/Info 會讀不出來，或許再深入研究可以解決此問題，但由其他的 Coverage 轉為經緯度座標則可以輕易的套疊在一起，不過要轉換的圖層太多，得花費相當的時間才能完成。

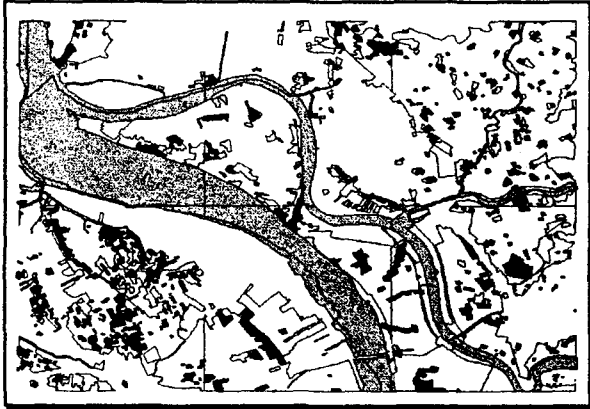


圖 3-12 1904-1971 社子及蘆洲建地擴張圖



圖 3-13 1904~1971 年間社子、三重、士林一帶建地的擴散範圍

## 第四章 變遷分析與模式

### 4.1 變遷統計分析

本研究整合研究區的土地利用資料，目前已經完成 1971、1977 兩個年度的全區數值土地利用資料，並且將它們轉換成網格結構。這些網格資料進一步藉由 GIS 系統來進行分析。疊圖分析 (Overlay Analysis) 是 GIS 中研究土地利用變遷最有效，也是最直接的分析方法。利用疊圖分析可以分析出變遷土地的空間分佈及面積變化。本研究利用 ArcView 的 Tabulate Area 計算功能，找出土地利用變遷的類型和面積。根據 GIS 處理結果顯示，研究地區全區從 1971 到 1977 年的七種土地利用變化情形如表 4-1 及表 4-2。其中每一格代表由 1971 年的某類土地利用轉變成 1977 年某類土地利用的變遷面積佔全部面積的百分比例(以左上角第一格 46.92 為例，表示 1971 為建地，到了 1977 年仍為建地的面積佔全面積的 46.92%)。

由表 4-1 中，建地增加了總面積 4%，而農地減少了總面積的 4%，而由表 4-2 可看出，1977 年的建地主要是由原先 1971 年佔總面積 46.92% 的建地、3.58% 的農地和 1.56% 的荒地等土地利用所轉變。

表 4-1 研究區不同年度土地利用資料

	建地	農地	林地	河川水 庫	其他水 體	道路	荒地
1971 面積(公頃)	16328.97	7842.66	782.65	4194.23	827.37	590.34	1904.20
1977 面積(公頃)	17583.53	6554.05	917.52	3532.54	733.33	800.20	2349.24
1971 佔全區的百分比例	50.29	24.15	2.41	12.92	2.55	1.82	5.86
1977 佔全區的百分比例	54.15	20.18	2.83	10.88	2.26	2.46	7.24

表 4-2：研究區土地利用變遷分析表(%)

1977 1971	建地	農地	林地	河川水庫	其他水體	道路	荒地
建地	46.92	1.36	0.29	0.12	0.13	0.42	1.05
農地	3.58	17.13	0.49	0.34	0.64	0.66	1.33
林地	0.30	0.22	1.48	0.05	0.01	0.04	0.31
河川水庫	0.83	0.20	0.15	9.75	0.28	0.11	1.59
其他水體	0.49	0.37	0.05	0.17	0.98	0.07	0.42
道路	0.47	0.14	0.02	0.04	0.06	1.04	0.05
荒地	1.56	0.76	0.34	0.42	0.16	0.13	2.49

#### 4.2 土地利用變遷模式

針對上述的變遷中，本研究鎖定 1977 年的所有農地網格及從農地變建地兩類網格，利用 CA 的原理進行空間組織結構分析。空間組織分析部分是由本研究自行開發的程式來進行。所謂的空間組織型態是由程式記錄目標網格周圍八個網格的土地利用狀態情形。這個程式所可以查詢與統計的類型包括五種，分別說明如下：

- (1)一對多：分析從 A 類土地利用變成各類的鄰近狀態統計。
- (2)多對一：分析從各類土地利用變成 B 類的鄰近狀態統計。
- (3)一對一：分析從 A 類土地利用變成 B 類的鄰近狀態統計。
- (4)一對多鄰近區分析：輸入一特定鄰近狀態，查詢此一狀態在 A 類變成各類的情形。
- (5)多對一鄰近區分析：輸入一特定的結果，查詢此一結果的變遷來源之鄰近組成。

鄰近狀態的記錄方式考慮該網格鄰近八格的狀態，且僅記錄數量而不考慮方向性。以下方的示意圖為例，將記錄成從第一年度土地利用為農地，轉變成第二年度為建地，其鄰近狀況為 1 個建地 6 個農地 1 個林地。

## 二、全區農地變遷主要網格型態分析

資料顯示研究區有約 20%的土地為農地，這些農地有 70.87%在 1977 年仍維持農地，14.83%變為建地，2.72%變為道路地，2.04%變為林地。相對於建地而言，土地利用為農地的區域，維持農地的比例略低，有約 30%轉變為其他土地利用，而影響農地變遷的因素值得進一步考量。

針對 1971 年的農地網格，查詢其鄰近網格的空間組織型態狀態。由表 4-4 可看出在農地變遷的主要鄰近型態中，有變成農地、建地、荒地不同類型的土地利用，而且同樣四周皆為農地，顯示即使同樣的鄰近狀態也可能會有不同的土地利用變遷，本研究將嘗試由現有的資料得到變遷比例。

另外，和建地變遷不同的是，在不同單位網格大小時，主要鄰近狀態產生的變遷情形有所差異，在 10\*10 平方公尺網格中，有不同的變遷後土地利用，而在 20\*20、40\*40、80\*80 單位網格大小在主要鄰近型態中，變遷後的土地利用則集中在農地和建地兩種類型。因此，由不同單位網格大小的資料得到的變遷比例，不能套用到另一個網格使用。而另一方面，其不同的原因可能有兩個，一是在轉換網格資料中概括化產生的誤差，二是不同單位網格大小，其鄰近網格所涵蓋的範圍就不一樣，而哪一種單位網格大小和它鄰近的狀態可做出最佳的 CA 模擬，是值得在後續研究詳盡地探討。

表 4-4：農地變遷的鄰近狀態統計（所佔比例大於 1%，10\*10 平方公尺）

1	轉變	鄰近網格狀態							所佔格數	比例 %
		建	農	林	河川	其它水體	道路	荒地		
農地	農地	0	8	0	0	0	0	0	451584	58.0
農地	建地	0	8	0	0	0	0	0	69116	8.9
農地	荒地	0	8	0	0	0	0	0	26662	3.4
農地	道路	0	8	0	0	0	0	0	14687	1.9
農地	農地	1	7	0	0	0	0	0	13478	1.7
農地	其水	0	8	0	0	0	0	0	12925	1.7
農地	農地	2	6	0	0	0	0	0	10917	1.4
農地	農地	3	5	0	0	0	0	0	9482	1.2

### 三、全區變遷鄰近狀態分析

進行空間結構分析時，對於單一網格所關切的變數有以下幾個：

◎網格的初始狀態（第一年度的土地利用）

◎網格的變遷後狀態（第二年度的土地利用）

◎網格的鄰近狀態（四周的土地利用狀態，如：鄰近八網格是 5 農 3 建地）

由於同樣的初始土地利用和同樣的鄰近狀態有可能演變出不同的土地利用，找出某一土地利用變遷的鄰近型態後，分析同樣鄰近型態會變遷成不同土地利用的比例，當運用規則進行演化變遷，利用此一比例以機率方式去決定變遷後的土地利用型態。

表 4-5 建地變遷鄰近型態分析(10\*10 平方公尺網格)

	建地	農地	林地	河川水庫	其他水體	道路	荒地
8000000	95.5	1.78	0.321	0.0752	0.131	0.57	1.6
7100000	84.5	9.8	1.33	0.249	0.24	1.02	2.86
6200000	79.8	13.4	1.27	0.427	0.37	1.33	3.37
5300000	73.3	18.8	1.69	0.735	0.499	1.51	3.42
4400000	63.9	27.5	1.87	0.377	0.711	1.57	4.11
3500000	58.9	33	1.85	0.64	0.809	1.99	2.83
2600000	49.5	41.9	1.61	0.293	0.878	1.9	3.95
1700000	41.5	48.8	4.88	0	0	4.88	0
0800000	0	100	0	0	0	0	0

鄰近型態變遷數量分析表格中直行為鄰近狀態，橫列為變遷後土地利用，格子中表示此一項目出現的數量。以表 4-5 左上第一格為例，表示建地變遷，在鄰近狀態為全部都是建地時，變遷成建地的佔所有的 95.5%。

由表 4-5 中第二欄可以看出：若一建地的週圍全是建地（8000000），則該建地維持建地的比例有 95.5%；一建地的週圍有一格是農地（7100000），則該建地維持建地的比例則降為 84.5%；2 格是農地（6200000），維持建地的比例更下降至 79.8%。建地隨著週圍農地的增加，建地維持建地的機率會逐漸下降，從

95.5%，84.5%...49.5%，41.5%，0%。

另一種情形是建地變成農地，當然在現實上此類變遷是比較不可能發生，一般土地利用在建地之後極少再變回農地使用。但在分析時我們也發現到這樣的情形，請見表 4-5 的第三欄：建地週圍都沒有農地，也是有 1.78% 的比例會變成農地，但隨著週圍農地的增加，從 1 格、2 格、到 8 格，建地變成農地的比例會逐漸上昇，從 1.78%、9.8%、13.4%、18.8%、27.5%...48.8%、100%，足見鄰近網格土地利用的效應，這一點可以由圖 4-2 看得更清楚：

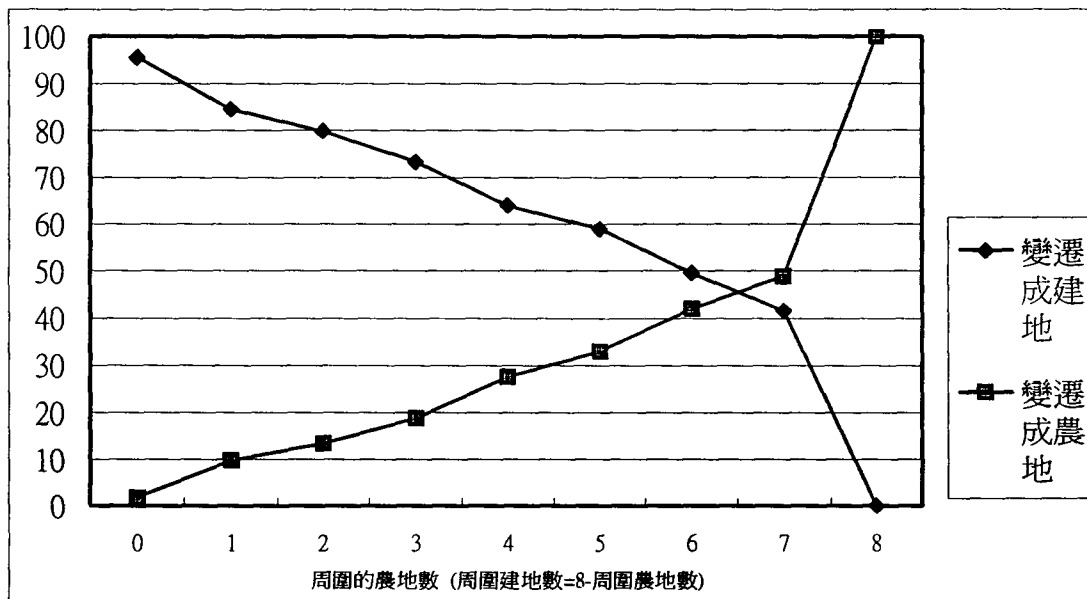


圖 4-2 建地鄰近農田數影響建地變遷

圖 4-2 中可以看出建地維持建地的比例會受到周圍農地格數的增加而遞減，而建地變農地的比例也因周圍農地格數的增加而遞增。

從農地變遷的觀點來看也是有類似的現象：農地維持原狀（第二欄）中，農地周圍的農地格數愈多（相對的建地格數愈少），維持原農地土地利用的比例就會愈高，從 0%、15.7%、27.3%、32.4%...到 76.5%；再看第三欄，農地變成建地中，農地周圍的農地格數愈多，變為建地的比例也就愈小，從周圍有一格農地的 82.4%，到有二格的 64.1%...一路下降至周圍全是農地的 11.7%。

表 4-6 農地變遷鄰近型態分析(10\*10 平方公尺網格)

	農地	建地	林地	河川水庫	其他水體	道路	荒地
8000000	0	0	0	0	0	0	0
7100000	15.7	82.4	0	0	1.96	0	0
6200000	27.3	64.1	2.48	0	0.583	0.729	4.81
5300000	32.4	57.4	1.98	0.625	0.919	1.32	5.4
4400000	41.3	48.8	2.16	0.339	0.933	1.4	4.99
3500000	48.4	40.7	2.07	0.802	1.09	1.6	5.37
2600000	56.9	32.7	2.27	0.474	1.15	1.32	5.19
1700000	61.8	27.7	2.36	0.353	1.15	1.32	5.31
0800000	76.5	11.7	1.4	1.21	2.49	2.19	4.52

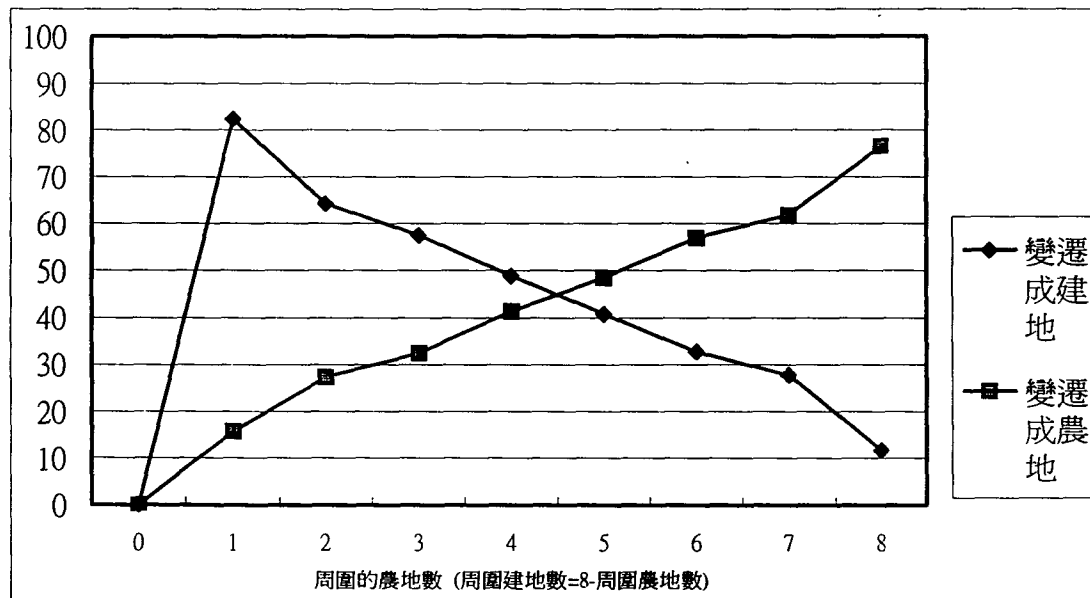


圖 4-3 農地鄰近農田數影響建地變遷

#### 四、 地區差異比較

由於全區的網格數量高達 750 萬個 (10\*10 平方公尺解析度)，有資料範圍區網格數為 324 萬個。為了便於研究的進行，本分析先從研究區中選取兩試驗區做細部的 CA 分析，再鎖定農地與建地變遷做更細部的討論。社子島和南港，每個試驗區有 253\*278 個網格。針對這兩個地區，本研究進行下列的測試與統計分析。

## 1、社子試驗區農地變遷分析

1971 年資料顯示社子島有大批農地，統計分析顯示這些農地有 86.32% 在 1977 年仍維持農地，8.1% 變為荒地，2.19% 變為建地，1.74% 變為其它水體。顯示對於社子島試驗區而言，農業土地利用的區域，轉變成低密度使用地(農地、荒地)的比率相當地高。

針對 1971 年的農地網格，本研究查詢其鄰近網格的空間組織型態狀態。由表 4-7 可看出農地的分佈非常集中，原農地網格其鄰近八格網格都是農地佔了絕大多數，農地維持為農地的比率非常高，共有 81.64%。農地維持農地的網格中，其周圍八個網格鄰居都是農地者佔 76.1% 的比率。

表 4-7：由農地轉變各類土地利用鄰近網格狀況佔此類分析統計(佔大於 0.5%)

由 (代 碼)	轉變 (代碼)	建	農	林	河川	其它 水體	道路	荒地	所佔格 數	比例 %
農地	農地	0	8	0	0	0	0	0	11143	76.10
農地	荒地	0	8	0	0	0	0	0	624	4.26
農地	農地	0	5	0	0	3	0	0	247	1.69
農地	農地	0	5	0	0	0	3	0	207	1.41
農地	農地	0	5	0	0	0	0	3	135	0.92
農地	農地	0	7	0	0	1	0	0	123	0.84
農地	荒地	0	5	0	0	0	0	3	98	0.67
農地	道路	0	5	0	0	0	3	0	95	0.65
農地	農地	0	6	0	0	2	0	0	94	0.64
農地	其水	0	8	0	0	0	0	0	90	0.61
農地	建地	0	8	0	0	0	0	0	75	0.51

## 2、社子島試驗區-農地變成建地

農地變成建地是一種主要的變遷型態。本研究針對這類的變化進行空間結構組織分析。對於所有農地變成建地的網格，將其鄰近網格型態佔所有型態比率超

過 5%者，一一列出如表 4-8。由表 4-8 顯示，以鄰近皆低度開發地者，例如：全為農地、5 個農地 3 個荒地或是 7 個農地 1 個建地，這樣的情形佔農地變建地的 40.9%。另外兩項可視為鄰近為農地和建地比例相近，如：4 個農地 4 個建地或 3 個建地 5 個農地。顯示出鄰近皆為低度開發用地和農地建地各佔一半這兩大類的鄰近網格狀態是值得進一步分析。

表 4-8：農地變建地的鄰近狀態統計（大於 5%）

由 (代 碼)	轉變 (代碼)	建	農	林	河 川	其它 水體	道路	荒地	所佔 格數	比例 %
農地	建地	0	8	0	0	0	0	0	75	23.96
農地	建地	0	5	0	0	0	0	3	33	10.54
農地	建地	3	5	0	0	0	0	0	33	10.54
農地	建地	1	7	0	0	0	0	0	20	6.39
農地	建地	4	4	0	0	0	0	0	20	6.39

#### 4.4 網格解析度的影響

上述的所有分析是利用網格資料來進行，為了瞭解網格解析度對於分析結果的影響，本研究另行探討網格解析度對於土地利用面積、變遷、空間組織結構分析的影響。

##### 一、面積

希望藉以下分析了解當單位網格大小變化時，資料中數據的變化。

表 4-9 不同網格大小的資料

單位網格大小 (平方公尺)	行數	列數	所有網格面積 (研究範圍內+範圍 外，公頃)	實際有資料的面積 (公頃)
10*10	4512	3328	150159.36	32465.80
20*20	2256	1664	150159.36	32462.80
40*40	1128	832	150159.36	32458.88
80*80	564	416	150159.36	32414.72

160*160	282	208	150159.36	32412.16
320*320	141	104	150159.36	32348.16

進一步，檢查不同網格大小的變遷面積，以農變建、建變建和農變農三類為代表，看看不同解析度產生的影響，做出表 4-10。由表 4-10 可看出，當單位網格面積增大時，三類變化的面積皆變小，推測其原因可能因為不同的單位網格使得資料概括化，許多邊緣的網格會被刪去使得面積縮小，需要比較此類變遷佔總面積的百分比，才能進一步比較不同解析度的影響。

表 4-10 不同網格大小的變遷面積(公頃)

單位網格 \ 變遷類型	農變建的面積	建變建的面積	農變農的面積
10*10	1158.91	15236.37	5559.57
20*20	1163.52	15268.36	5597.16
40*40	1170.40	15431.36	5818.40
80*80	1176.32	15742.08	6118.40
160*160	1223.68	16184.32	6223.36
320*320	1228.80	16578.56	6338.56

表 4-11 做出了佔全部面積的百分比例，可看見隨著這三類顯著土地利用變遷隨著單位網格變大，所佔的比例變大。

在這裡不禁又有疑問，在百分比例中，有一項變大，勢必代表相對有另一項變小，問題是哪些項變小？在表 4-12 可看出由農地變遷，在不同單位網格中的變化，農變建和農變農是相對多數的變遷型態，隨著單位網格變大，所佔的比例變大；而相對少數的變遷型態，隨著單位網格變大，所佔的比例將變小。

表 4-11 不同單位網格中，變遷面積佔全部面積的百分比例(%)

單位網格 \ 變遷類型	農變建	建變建	農變農
10*10	3.57	46.93	17.13
20*20	3.58	47.02	17.24
40*40	3.61	47.57	17.94
80*80	3.64	48.65	18.91

160*160	3.81	50.44	19.40
320*320	3.91	52.80	20.19

表 4-12 原農地的網格，在不同單位網格中，變遷面積佔全部面積的百分比(%)

單位網格 \ 變遷類 型	建地	農地	林地	河川水庫	其他水體	道路	荒地
10*10	3.57	17.13	0.49	0.34	0.64	0.66	1.33
20*20	3.58	17.24	0.49	0.34	0.63	0.66	1.32
40*40	3.61	17.94	0.47	0.36	0.57	0.50	1.32
80*80	3.64	18.91	0.36	0.33	0.46	0.42	1.20
160*160	3.81	19.40	0.29	0.30	0.46	0.29	1.09
320*320	3.91	20.19	0.20	0.59	0.46	0.23	0.75

## 二、鄰近網格狀態種類

另外，就鄰近網格的狀態而言。只考慮數量，不考慮鄰近網格的位置(如 4 農 4 建的狀態，不管農地建地是如何排列的，都只算“4 農 4 建”一種)，範圍是周圍八格。

表 4-13 的目的在於顯示出在不同初始土地利用在不同單位網格下的鄰近狀態數量，可以發現一個趨勢，在 20\*20 的單位網格時，鄰近狀態數量最多，最為豐富。這樣是否透露出當 10\*10 時，因網格太小造成鄰近的網格皆為同性質的土地利用，使得透過鄰近網格變遷的規則多半是鄰近同性質的又轉變同一性質的土地利用，其他的變化反而不明顯；另外，是否顯示大於 20\*20 的網格，單一網格合併了不同的土地利用，無法顯示出原始資料的土地利用特性？

表 4-13 不同初始土地利用在不同單位網格下的鄰近狀態數量

單位網格 \ 變遷類型	建地	農地	林地	河川水庫	其他水體	道路	荒地
10*10	1595	1592	1128	1322	1356	1973	1566
20*20	1780	1944	1299	1508	1415	1727	1980
40*40	1357	1673	920	1125	892	619	1608
80*80	760	1037	486	642	438	185	930

160*160	340	476	156	371	160	30	331
320*320	138	202	30	160	40	0	68

有了所有鄰近狀態種類的數量外，還有每一種鄰近狀態的網格數，亦即是有多少網格的鄰近狀態是一樣的，將這樣的資料大於佔同樣初始土地利用總網格數的 1% 的鄰近狀態列出來，做成表 4-14。這張表的資料看起來沒有什麼規率性，可能是選擇大於 1% 的問題，因為有些鄰近網格狀態只有一兩筆記錄卻因為總網格數不多，就大於 1%，這個情形在 320\*320 的網格相當明顯。突顯出單位網格太大，造成資料網格少的情形，在 320\*320 中道路已被概括化不見了。

表 4-14 不同初始土地利用大於總鄰近狀態數量 1% 的數量

單位網格 \ 變遷類型	建地	農地	林地	河川水庫	其他水體	道路	荒地
10*10	5	10	15	4	16	17	17
20*20	6	16	16	6	12	13	19
40*40	7	17	15	12	17	10	22
80*80	7	13	10	11	10	17	10
160*160	9	14	16	15	21	30	8
320*320	10	17	30	22	40	0	68

### 三、鄰近網格狀態

原始土地利用資料轉換成網格資料時，需選擇適當的單位網格大小和鄰近範圍，以利於呈現資料的正確性。

農地和建地是研究區中兩大顯著的土地利用型態，而農地轉為建地使用為主要變遷型態之一。七種不同的土地利用在鄰近狀況的排列組合可能有數萬種，為了簡化分析過程，僅先考慮農地和建地佔鄰近狀況的數目做出表 4-15，以表 4-15 左上第一格為例表示符合鄰近狀況為都是建地且單位網格為 10\*10 平方公尺，農地變建地的網格數量。

由第一行可看出，當單位網格為 10\*10 平方公尺，會變成建地，其鄰近狀況主要為 8 個農地，這樣的情形好像是農地會在四周皆農地的情形下，無中生有變遷成建地，似乎是不太尋常的情況。對照 10\*10 的所有農地變遷，有 452,039

網格在四周皆為農地時維持農地，有 69,158 格變成建地，有 6 倍多的差距，其無中生有的情形值得進一步思考。

表 4-15 不同單位網格下，農地變建地的網格數

鄰近狀態 \ 單位 網格大小	10*10	20*20	40*40	80*80	160*160	320*320
8 建	0	0	13	27	11	0
7 建 1 農	38	62	101	39	14	0
6 建 2 農	325	282	200	62	16	9
5 建 3 農	1490	858	375	116	19	9
4 建 4 農	5786	1966	601	172	34	9
3 建 5 農	9130	2757	738	157	44	8
2 建 6 農	5366	1929	616	139	30	2
1 建 7 農	6023	1929	580	113	23	2
8 農	69138	11136	1571	195	26	3
行總合網格數	97296	20919	4795	1020	217	42

單純以網格數量做不同單位網格資料的比較會因格數不一樣而有所偏頗，以下利用變遷面積和變遷百分比例做進一步的分析。

將表 4-15 的網格數乘上單位網格面積，就成了表 4-16 農地變建地的變遷面積，並做立體折線圖如圖 4-4。由圖 4-4 可看出，在 10\*10、20\*20、40\*40 的單位網格大小中，折線的起伏大致上相同，最大的差別則是在全部都是農地的情形下，由 10\*10 到 20\*20 到 40\*40 變遷面積變小，和其他鄰近狀況的差異縮小。圖形顯示，320\*320 的單位網格已經和其他折線不一致，進行分析時便不宜採用此種解析度，因為已無法呈現原始資料的特性。

表 4-16 不同單位網格下，農地變建地的面積(公頃)

鄰近狀態 \ 單位網 格大小(平方公尺)	10*10	20*20	40*40	80*80	160*160	320*320

8建	0.00	0.00	2.08	17.28	25.60	0.00
7建1農	0.38	2.48	16.16	24.96	33.28	0.00
6建2農	3.25	11.24	31.84	39.68	40.96	92.16
5建3農	14.90	34.28	60.00	74.24	48.64	81.92
4建4農	57.85	78.60	96.00	109.44	87.04	81.92
3建5農	91.29	110.28	118.08	99.84	110.08	71.68
2建6農	53.65	77.16	98.40	88.96	74.24	10.24
1建7農	60.23	77.12	92.64	71.68	58.88	10.24
8農	691.38	445.44	251.20	124.80	66.56	30.72

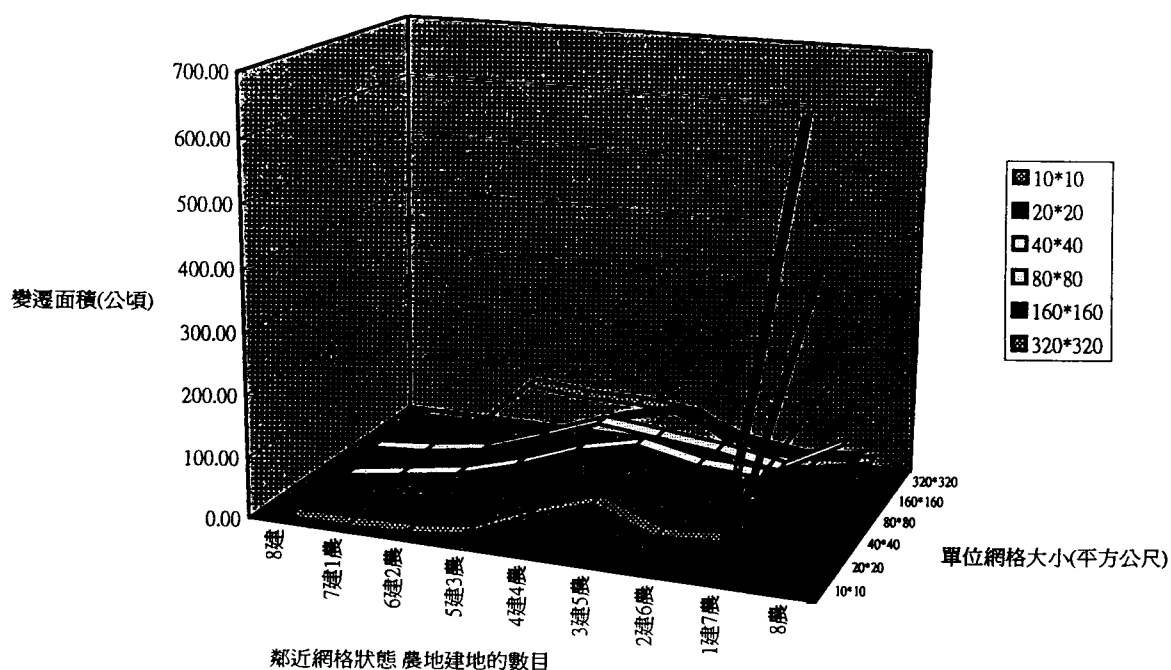


圖 4-4 不同單位網格下，農地變建地的面積 立體折線圖(平方公尺)

## 4.5 討論

本研究歷經資料處理、變遷分析、空間組織分析等過程。研究工作進行中在各個階段分別發現一些值得注意與討論的問題，分別說明如下。

### 一、資料品質問題

從邏輯觀點，大部分土地利用變遷應該都是由低強度的型態轉換成高強度的型態，例如：由農地、荒地、林地等類型轉變成建地、道路等等。然而，研究中

卻也發現不合乎這種邏輯的土地利用變遷型態。針對這些問題，我們進一步探討其可能的原因。茲以三個範例討論。

1. 建地轉變成農地：在桃園的松樹腳，我們發現 1971 年是建地而 1977 年變成農地的情形。利用 1995 年 SPOT 衛星影像圖來加以檢核我們發現這塊土地是建地(如圖 4-5)。這麼大片的農地不可能從 1977 年的農地又變成 1995 年的建地。顯示 1977 年所登錄的土地利用類別可能有誤。

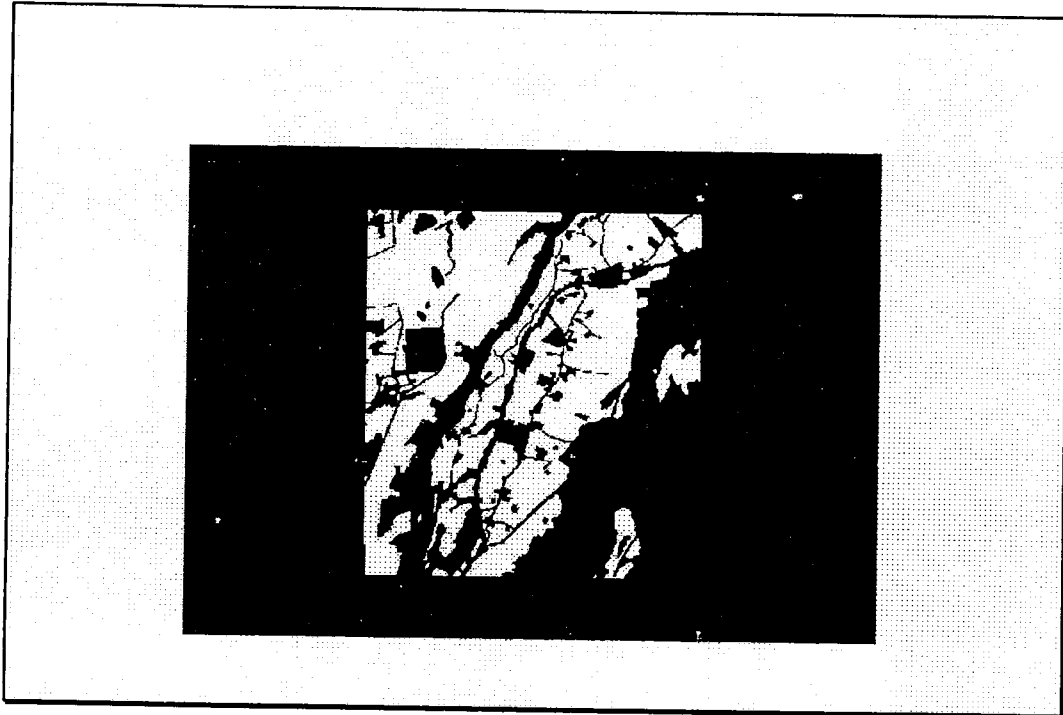


圖 4-5：松樹腳衛星影像資料與“農地”資料套疊圖

2. 水體轉變成建地：1971 年是水體而 1977 是建地的情形，主要在五股工業區。照時間來看民國 66 年還沒有五股工業區的設立才對。雖然原土地利用資料標示地圖是 1977 年版，然而我們發現有些資料的調查時間從 1977-1989 年都有。這種時間上的不一致問題，對於變遷分析的可靠性造成干擾，影響結果的可信度。
3. 道路轉變成建地：本研究發現許多道路變建地的情形，究其原因可能有兩種：第一種可能是二線道的寬度約有六公尺，在轉成網格式圖檔（每一個網格式大小為 100 平方公尺）後，產生的概括化誤差。第二種是比對原圖發現在 1977 年的南港地區並未將道路資料數化，形成南港地區有明顯的道路變建地問題。

## 二、空間組織結構的地區性差異

透過網格空間結構分析結果顯示，同樣的鄰近網格組成可能演變出不同的土地利用。針對這種可能情形，我們特別選擇社子島和南港的資料進行比對，其結果顯示在表 4-17。如表 4-17 所示，在社子島試驗區，若一網格為農地且其鄰近網格皆為農地，則在下一個年度轉變成農地有 93.22%，轉變成荒地有 5.22%。同樣的網格南港試驗區，則在下一個階段轉變成農地有 48.65%，轉變成建地有 29.97%，轉變成荒地有 12.87%。顯示出不同地區的土地利用變遷型態並不一致。這種差異反映在空間組織結構的分析上，可能表示不同地區之間存有不同的演化規則，也可能顯示不同發展階段的土地利用存有不同的演化規則。如何處理這樣的差異，值得我們進一步思考。

表 4-17：社子島和南港地區由農地轉變成各類，其鄰近皆為農地的統計

原社子島 土地利用	變遷後 土地利用	所佔 格數	所佔比例%	原南港 土地利用	變遷後 土地利用	所佔 格數	所佔比例 %
農地	農地	11143	93.2	農地	農地	3394	48.7
農地	荒地	624	5.22	農地	建地	2091	30
農地	其它水體	90	0.75	農地	荒地	898	12.9
農地	建地	75	0.63	農地	林地	359	5.15
農地	林地	12	0.1	農地	其它水體	170	2.44
農地	道路	10	0.08	農地	道路	4	0.06

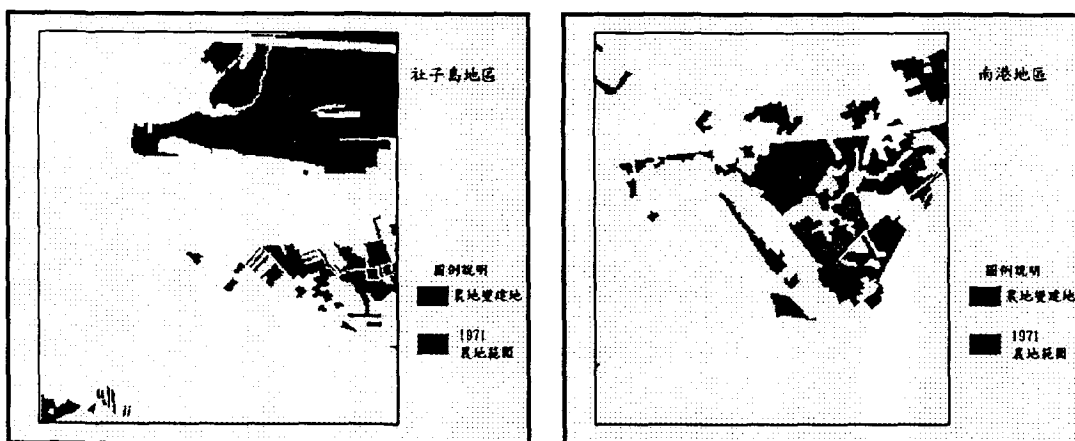


圖 4-6：社子島和南港地區農地變建地變遷點分佈圖

### 三、網格解析度影響

在討論空間結構組織時，網格大小是一項影響組織結構的一項重要因子。同樣的土地利用類型在不同的結構之下，勢必會衍生出不同的空間組織型態。這種可能的差異進一步會影響吾人所得到的統計分析結果，賴進貴（2000）的研究也初步證實這項因子的影響。本研究在空間結構分析部分，加入不同網格解析度的比較，分別使用 10\*10 平方公尺到 320\*320 平方公尺等數種不同大小的網格，研究成果顯示不同解析度的大小網格對於土地利用面積和變遷比例並沒有明顯差異，然而對於空間組織結構分析過程中的網格種類則有顯著影響。網格太小或網格太大都將影響到變遷類型的分析，如果我們使用這些網格型態作為建立變遷規則的依據，則所產生的規則勢必有顯著的差別。如何在這些不同解析度之間取得平衡是一項重要的工作，目前的研究成果尚未觸及此一課題，將留待後續研究來加以探討。

## 第五章、結論

### 5.1 成果

本研究報告說明第一年的研究工作成果。依據研究設計，本研究工作分別涵蓋：資料整理、變遷分析、模式建立等三個面向的工作。目前所完成的進度分別在這三個面向上有具體成果。

在資料生產部分，本研究整合兩個年度的淡水河流域土地用資料，另外，同時也收集整理遙測衛星影像資料、1994 年數值土地利用資料，並且開始著手進行台灣堡圖的數化工作，預期可以將土地利用變遷上溯到 100 年前，為將來的模擬工作建立更多樣性的資料來源。在土地利用變遷的境況分析部分，本研究使用大比例尺的土地利用資料進行變遷分析，得到淡水河流域平地部分的土地利用變遷，具體分析出變遷的類型、面積和位置。這些資料將可以作為進一步模式探討的基礎。

本研究除了使用現成的 GIS 軟體系統之外，也自行發展電腦程式來進行空間演化分析，探討土地利用變遷的結構與組織，利用這種統計因素來檢討土地利用變遷的空間結構關係。從地理資訊的層面，本研究同時考慮到資料網格解析度大小的問題，並且使用實際資料來驗證解析度大小的關係。從變遷的面積、類型組合等因子，研究成果皆發現了具體的變化，值得後續研究進一步加以探討。就土地利用變遷與模擬工作的研究而言，CA 的演化模式提供許多可能的研究方法，同時也潛藏許多問題，本團隊在第二年的研究中將持續此一發展方向，繼續進行相關的研究並以建立可信的模式為最終目標。

### 5.2 後續工作

接續第一年的研究工作成果，本研究在第二年度的工作中，研究重點包括下列三項：

1. 資料庫建置：希望能將進行台灣堡圖及台灣地形圖數化工作，將資料的時間尺度上溯到 100 年前，並且大致上每隔 20 年能有一次完整的資料。
2. 變遷分析：利用過去 100 年來五個年度的資料，建立淡水河流域土地利用變遷

的分析，包括變遷的類型、面積、位置。並且能進一步以動畫的方式來呈現這些變遷。進而探討引發變遷的驅動力。

3.預測模式建立與校正：受限於資料的不足，本研究第一年提出土地利用變遷演化的模式，以細胞自動機的理念來進行。第二年度將具體建立變遷模型，並且使用資料來進行校正。

除了本研究內部工作的進一步發展之外，基於整合計畫的理念，本研究團隊也積極思考如何來落實整合的理念，特別是在資料的分享上與模式的整合上。由於第一年的土地利用資料整理已經有具體成果，本研究願意將這些資料提供給其他相關的團隊，如：陸域生態、海岸河口、大氣化學等，希望藉由資料的分享可以充實其模式的完整性，進一步促進整合模式的發展。

## 參考文獻

- 1、丁志堅（1997）運用馬可夫鍊模式度量土地利用變遷之研究，台灣大學地理學研究所碩士論文。
- 2、李淑賢（1992）台灣地區土地利用資料庫之研究——以基隆市為例，中國文化大學地學研究所碩士論文。
- 3、李建堂（1988）山地保留地土地利用變遷之研究，台灣大學地理學研究所碩士論文。
- 4、汪禮國（1997）細胞自動體模式與都市空間演化，中興大學都市計畫研究所碩士論文。
- 5、施明元（1995）台中市土地利用空間發展之研究，逢甲大學土地管理學研究所碩士論文。
- 6、陳宥任，賴世剛（2000）都市土地使用與運輸網路動態關係——以細胞自動體為基礎之探索，中華民國區域科學學會 89 年度年會論文集，pp. D2—II—1—19。
- 7、陳志悟（1988），空間變遷的社會歷史分析——以日本殖民時期的宜蘭地景為個案，台大土木工程研究所博士論文。
- 8、陳東升（1995），金權城市，巨流出版公司，台北。
- 9、陳正祥（1993），台灣地誌，南天書局，台北。
- 10、蔡靜如（1998），台北盆地土地利用變遷趨勢之研究，中興大學都市計畫研究所碩士論文。
- 11、賴進貴（1995），數值土地利用資料準確性之研究，地理學報第十九期。
- 12、賴進貴、孫志鴻（1994），台灣地區數值土地利用資料庫建立之研究，國立台灣大學地理系研究報告，行政院農業委員會。
- 13、賴進貴（1995），數值土地利用資料準確性之研究，國立台灣大學地理系地理學報，第十九期，93—106 頁。

- 14、賴進貴、王慧勳 (1995), 疊圖誤差之模擬分析, 地圖, 第六期。
- 15、Bahr, David B., and Marc Bekoff(1999), "Predicting flock vigilance from simple passerine interactions: modelling with cellular automata", *Animal Behaviour*, 58:831-839.
- 16、Batty, M., H. Couclelis, and M. Eichen (1997), "Editorial", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24: 159-164.
- 17、Batty, M. (1997), "Cellular automata and urban form: a primer", *APA Journal*, pp266-274.
- 18、Batty, M. and Xie Y (1994), "From cells to cities", *Environment and Planning B*, 21, pp.31-48
- 19、Batty, M., H. Couclelis, and M. Eichen (1997), "Editorial", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24: 159-164.
- 20、Batty, M. (1997), "Cellular automata and urban form: a primer", *APA Journal*, pp266-274.
- 21、Batty, M. (1998), "Urban evolution on the desktop: simulation with the use of extended cellular automata", *Environment and Planning A*, 30: 1943-1967.
- 22、Buol, S. W., F. D. Hole, and R. J. McCracken (1989), "Soil Genesis and Classification, 3<sup>rd</sup> edn, Iowa State University Press, Ames, Iowa
- 23、Clarke, K.C., S. Hoppen, and L. Gaydos (1997) "A self-modifying cellular automata model of historical urbanization in the San Francisco Bay area", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24: 247-261.
- 24、Couclelis, H (1988), "Of mice and men: what rodent populations can teach us about complex spatial dynamics", *Environment and Planning A*, 20, pp. 99-109
- 25、Firebaugh, W.M. (1988), "Artificial Intelligence", Boyd & Fraser: Boston, p. 740.
- 26、Hite, R., G. Engelen, and I Uljee (1997) "The use of constrained cellular automata for high-resolution modeling of urban land use dynamics", *Environment and Planning B*, 24, pp.323-343.
- 27、L'vovich, M. I. (1979), "World Water Resources and Their Future" (R.L. Nace, ed.), English translation, American Geophysical Society, Washington, D.C.,56.

- 28 · Meyer, W.B. and Turner, B.L.,II. (1992). Human population growth and global land-use/land-cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23:39-61.
- 29 · OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1986) "Control of Water Pollution from Urban Runoff, OECD, Paris, France, 43.
- 30 · Penner, J. E., H. Eddleman, and T. Novakov. (1993) "Toward the development of a global inventory of black carbon emissions", *Atmospheric Environment* 27A, 1277-1295
- 31 · Tobler, W. (1979), "Cellular geography", in: Gale S. and Olsson G. (eds.) *Philosophy in Geography*, pp379-386.
- 32 · White, R., and G. Engelen (1993), "Cellular automata and fractal urban form: a cellular modeling approach to the evolution of urban land use patterns", *Environment and Planning A*, 25, pp.1175-1199.
- 33 · White R., and G.Engelen (1997) "Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling", *Environment and Planning B*, 24, pp.235-246.
- 34 · Wu, F. and C. J. Webster (1998), "Simulation of land development through the integration of cellular automata and multicriteria evaluation", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25: 103-126.