

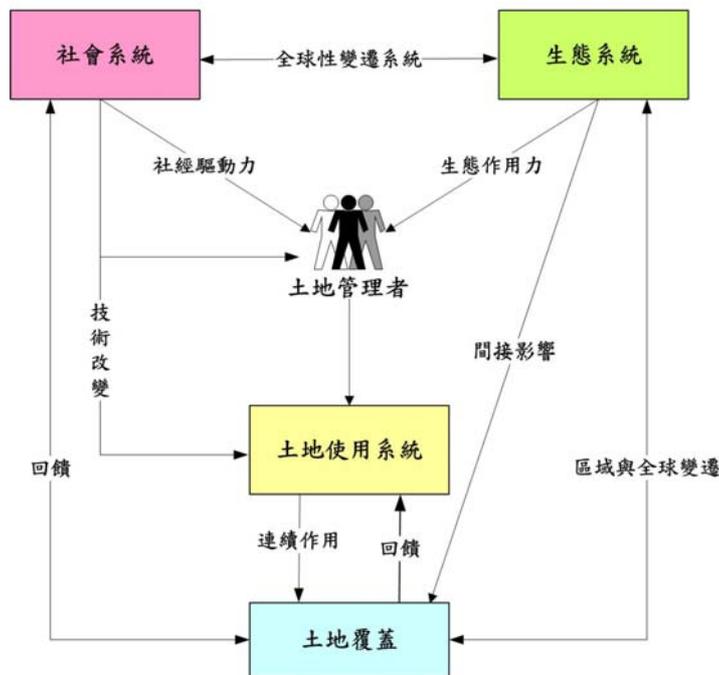
## 第二章 文獻回顧

在設計模式前必須要先定義土地使用變遷項目，釐清土地使用變遷模式種類及多主體系統的主要架構，以此當依據才能建立土地使用變遷模式，因此本章將針對各種土地使用變遷模式與以整理，及檢視目前多主體系統在土地使用上的發展情況，最後歸納出土地使用變遷模式的準則。

### 2.1 土地使用變遷模式

#### 2.1.1 土地使用定義

土地一詞根據秦明周(1998)定義可以包含所有人類生存活動的空間，並提供人們活動、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。而土地使用即為人類利用此空間及當中的資源的方式，土地覆蓋指地表覆蓋物的種類與狀態，不一定直接與人類的利用決策相關，土地使用與土地覆蓋變遷的架構如圖 2.1 所示。土地使用主要受到社會經濟驅動力與生態自然環境作用力的影響，土地使用的變遷會不斷導致土地覆蓋的快速變化，而土地覆蓋的變遷會影響到區域或全球生態系統的變化。生態系統的變遷也會影響到自然環境的變化，當然也會影響居住其中的人類，使得社會系統產生反應構成一個動態的循環系統。



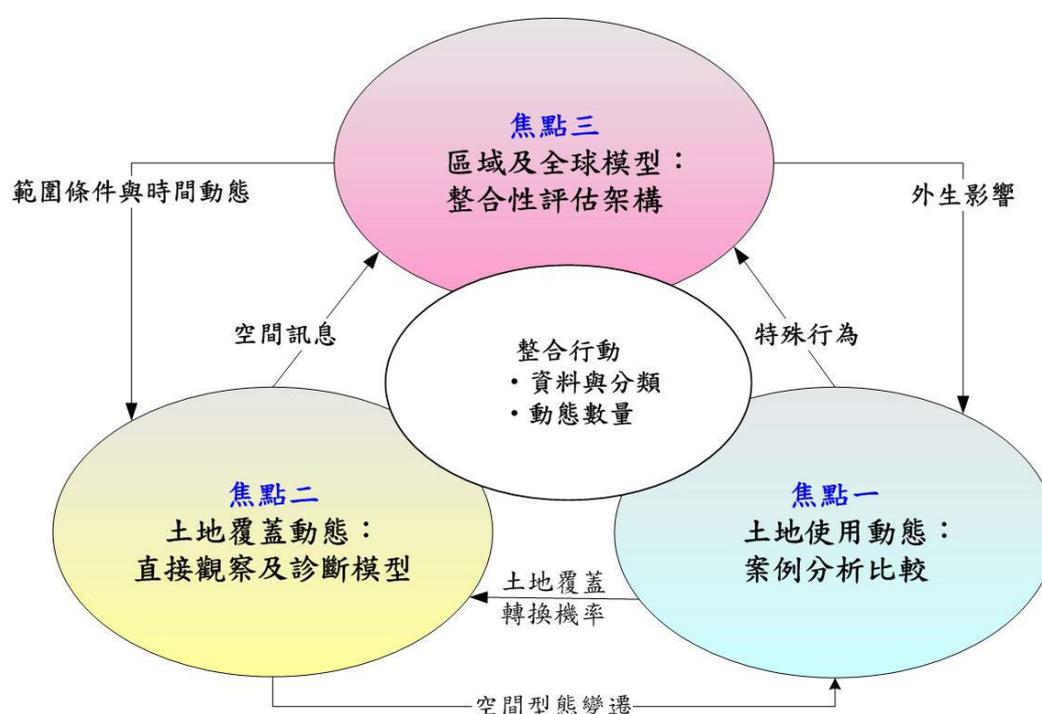
資料來源：Turner II et al. (1995)

圖 2.1 土地變遷系統

### 2.1.2 土地使用變遷趨勢

1996 年「國際地理圈與生物圈研究計畫(The International Geosphere-Biosphere Programme,IGBP)」和「人文面的全球環境改變研究計畫(The Human Dimensions of Global Environmental Change Programme,HDP)」在西班牙成立全球「土地使用與土地覆蓋變遷(Land-Use and Land-Cover Change,LUCC)」的研究辦公室，希望透過跨科學的研究來了解土地使用以及因子作用力的變遷，比較不同時間與地理區位內土地使用與土地覆蓋的變化情況，進而可以建立全球尺度的土地使用變遷模式(Turner II et al.,1995)。

土地使用與覆蓋變遷的研究所涉略的範圍很廣，土地使用與覆蓋變遷研究計畫將其研究內容歸納為三個主要研究焦點與二個整合計畫，如圖 2.2 所示。



資料來源：Turner II et al. (1995)

圖 2.2 土地使用與土地變遷研究計畫架構

#### 一、焦點一：土地使用動態(案例分析比較)

透過案例分析方法去了解土地使用與土地覆蓋種類或類型的動態變遷過程，前提假設是透過土地管理者了解大量的動態過程，土地管理者就是可以直接改變土地使用與土地覆蓋的行為者(agent)，行為者會反應在這些使用上的情況與過程。因此焦點一將研究全世界各地區不同的案例，透過個案的比較研究，嘗試在全球不同尺度規模下分析土地使用變遷的複雜過程。因此主要流程為：

- 1.了解人們所作的土地使用決定；
- 2.從過程到型態：連結地區土地使用決策至區域與全球過程；
- 3.未來：永續性與破壞性情境分析。

## 二、焦點二：土地覆蓋動態(直接觀察及診斷模式)

藉由直接對地表覆蓋狀態的觀察及對相關因子的度量，研發出一套地表覆蓋變遷的經驗特殊模式。主要的流程為：

- 1.土地覆蓋變遷：熱點(hot spots)及關鍵地區；
- 2.社會元素(Socialising the pixel)；
- 3.從型態到過程。

## 三、焦點三：區域及全球模式(整合性評估架構)

藉由焦點一與焦點二的分析結果，嘗試發展出一套從各個不同地區的研究結果，整合得到區域及全球尺度模式，以用來預測未來土地使用與覆蓋情況。主要流程為：

- 1.檢視及比較過去與現在的地區性模式；
- 2.討論區域土地使用/覆蓋變遷模式的方法論；
- 3.土地使用/覆蓋變遷與其他相關系統的關係。

## 四、整合行動一：資料與分類

分析資料的準確性及品質，及設計一套適合上述三個研究焦點所需的資料分類結構，必要的話將發展土地使用與覆蓋變遷研究合適的量測方法或資料層。

## 五、整合行動二：動態數量

瞭解不同尺度下土地使用與土地覆蓋的形塑過程，而廣泛地了解土地使用與土地覆蓋變遷的作用機制。此一整合行動是要辨明主要的法則，藉以引導土地使用研究的進行，以便統合上述三個主要研究焦點。

### 2.1.3 土地使用變遷模式

近年來土地使用變遷研究學者都在致力於土地使用變遷模式的發展，特別對於動態空間系統模式的建構，研究一地區土地使用變遷機制，進而去預測土地使用未來的變遷情況與分佈情形。因此本小節主要對近年來的土地使用變遷模式作探討回顧。

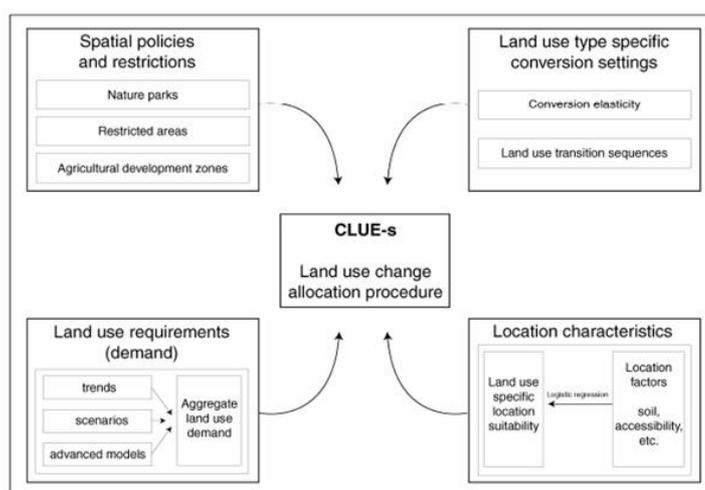
#### 一、CLUE 模式 (Conversion of Land Use and Its Effects)

Veldkamp and Fresco 於 1996 年利用一套土地使用與土地覆蓋模式去模擬哥斯大黎加，由地方、區域到國家的土地使用與覆蓋變遷，並用哥斯大黎加(Costa Rica)模式模擬人口統計學與土地使用變遷情況。

Verburg 與 Veldkamp 於 2004 年利用 CLUE-s 模擬菲律賓的土地使用，他使用空間精確模式於土地使用變遷上，利用了兩種尺度：

1. 使用較粗的解析度於國家層級
2. 使用較為精確的解析度於其中的一個小島。

主要目的是希望透過生態的評估連結到土地使用的預測，並且進一步描繪出空間上可能的土地使用情況，並且討論在不同的資料尺度之下模擬結果的差異。CLUE-s 的架構包含空間政策與限制、土地使用類型的特殊轉換設定、土地使用需求與區域特性等因子去組成土地使用變遷的分配過程，如圖 2.3 所示。



資料來源：Verburg and Veldkamp (2004)

圖 2.3 CLUE-s 的基本架構圖

接著使用三種情境進行模擬：情境 1 是基本情況，依照近幾年的發展情境作設定；情境 2 是空間政策，在情境一中加入了幾個空間政策，但是在緩衝區中雖

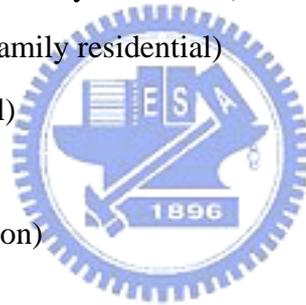
然官方規定不可以有農業行為存在，但是仍然假定在緩衝區內仍有去森林化的現象發生；情境3是永續農業發展，這個模擬情境考慮到了成功的保護環境以及家戶的生存，必須要永續的利用森林的資源在保護區外的農業收入。

根據 CLUE 模式的發展我們知道透過較為精細的尺度可以看到在國家層級所看不到的一些細節，更進一步來說，分析必須依照各地不同的地域特性以及尺度大小來選擇；但是此研究也有提出對空間資料進行分析時，會受限於原始資料的解析度，更精細的資料所能夠做進一步的分析更多。

## 二、加州都市未來(California Urban Futures, CUF)模式

Landis 在 1994 年發展出一套模擬舊金山海灣都市地區的土地使用變遷模式，這模式將研究區域劃分為 $100m \times 100m$ 的方格，將土地使用類型分成：

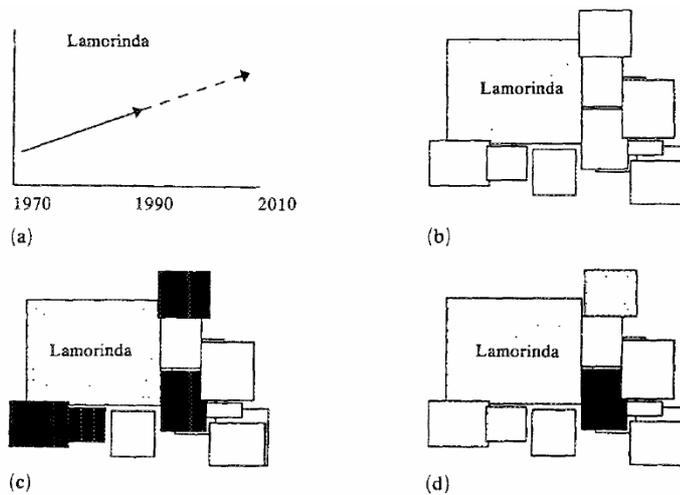
1. 未發展 (undeveloped)
2. 單戶住宅使用 (single-family residential)
3. 多戶住宅使用 (multifamily residential)
4. 商業使用 (commercial)
5. 工業使用 (Industrial)
6. 交通使用 (transportation)
7. 公共設施 (public)



而土地使用在這七種使用組合下進行轉變，轉變類型分為由未發展變成其他六種發展使用，或再發展型(如由住宅使用變為商業使用)。

而在預測未來土地使用方面，CUF 羅吉特未來預測模式包含了四個子模式，如圖 2.4 所示：

- (1) 由下而上的人口成長子系統(the bottom-up population growth submodel)
- (2) 空間資料庫子模式(the spatial database)
- (3) 空間分配子模式(the spatial allocation submodel)
- (4) 合併整合子模式(the annexation-incorporation submodel)



資料來源：Landis (1994)

圖 2.4 CUF 四大子模式

Landis 與 Zhang 於 1998 年提出 CUF-2 羅吉特模式，先預測目標年解釋變數的數值大小，再推估各種土地使用的數量，接著以多元羅吉特模式(multinomial logit model)所計算出的各種土地使用的轉變機率當成競爭分數(bid score)，引入競爭模式，即以競爭分數越高的方格，越優先轉變為其所欲轉變的土地使用種類，一旦達到目標年所預測的使用量，則以次高的競爭分數取而代之，依此類推。其產生的多元羅吉特模式如下所示：

$$P[i|l] = \frac{\exp(\beta_0^l + \beta_1^l x_{i1} + \beta_2^l x_{i2} + \dots + \beta_m^l x_{im})}{\sum_{l=1}^L \exp(\beta_0^l + \beta_1^l x_{i1} + \beta_2^l x_{i2} + \dots + \beta_m^l x_{im})}$$

其中：

$P[i|l]$  為每個地點  $i$  發展或再發展為土地使用  $l$  的機率；

$x_{im}$  為每個地點  $i$  的解釋或獨立變數；

$\beta_m$  為在土地使用  $l$  與變數  $x_m$  下的效用函數；

$L$  為所有土地使用改變的集合。

### 三、 土地使用變遷分析系統模式

Berry 等人於 1996 年發展一套土地使用變遷分析系統(Land Use Change and Analysis System, LUCAS)。LUCAS 模式將研究區劃分成 90m×90m 的方格，將土地使用類型分成森林、草地或灌木林、非植生土地三種，其選定之影響土地使用的屬性有以下七項：

1. 私人擁有 (Privately owned)。
2. 森林覆蓋 (Forest cover)
3. 海拔高度 (Elevation)
4. 坡度 (Slope)
5. 人口密度 (Population density)
6. 鄰近道路距離 (Distance to nearest road)
7. 鄰近鄉鎮距離 (Distance to nearest town)。

LUCAS 模式利用多元羅吉特模式，推估每個方格土地利用轉變的機率，公式如下：

$$p[i \rightarrow j] = \frac{\exp(\alpha_{i,j} + z^T \beta_j)}{\sum_{j=1}^n \exp(\alpha_{i,j} + z^T \beta_j)}$$

其中：

$z$  為  $5 \times 1$  矩陣，包含的五個變數為影響土地使用屬性的 3~7 項；

$\alpha_{i,j}$  為羅吉特係數，從歷史資料去加以校估出來；

$n$  為植物種類的定義，有  $n$  種類型；

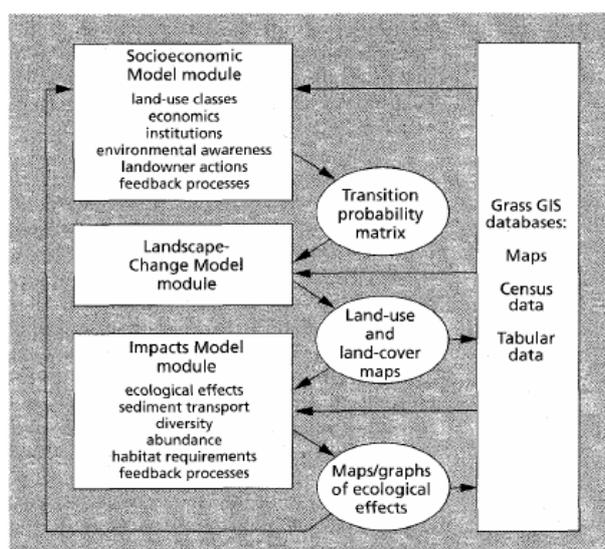
$p[i \rightarrow j]$  為土地使用覆蓋網格的轉換機率。

而在預測未來土地利用的部分，LUCAS 模式以五年為一次推演的時間單位，為每一方格，從 0 到 1 中，隨機求得一數，計算此數位於那一個機率區間內，決定此方格的土地使用方式，再重新利用多元羅吉特求取每個方格的土地使用轉變機率，依此類推，求至目標年。

LUCAS 被使用在評估位於北卡羅來納 (North Carolina) 西邊的 Little Tennessee 河河谷內，土地所有權對土地使用類型的影響。利用兩個時期的土地利用資料 (分別為 1975—1986 年和 1986—1991 年) 來產生轉變機率以模擬 100 年的土地覆蓋變遷的情形。這些機率可以反應在不同社經屬性和生態背景下的各種土地覆蓋的轉變情形。

LUCAS 模式首先須具配一個地理資訊的資料庫系統，包含有圖形資料、人口調查資料與表格計算資料。模式主要由三個元件組成，包括社經模式元件、地景變遷模式元件與影響模式元件，經由社經模式來產生轉換機率矩陣，透過地景變遷模式產生土地使用與土地覆蓋圖，最後經由影響模式來了解生態影響關係，

如圖 2.5 所示。



資料來源：Berry et al. (1996)

圖 2.5 LUCAS 模式架構圖

#### 四、羅吉斯特回歸加上羅吉特模式(Logistic regression and Logit model)

Verburg 等人在 2004 年利用荷蘭的土地使用資料庫去分析荷蘭土地使用變遷的決定因素，利用這個分析去了解荷蘭土地使用變遷過程的交互作用，提供屬於荷蘭本身特殊的土地使用模式建立。其中具體的說明如何利用這些理論去建立一個經驗模式，接下來運用羅吉斯特回歸(Logistic regression)分析荷蘭過去到 1989 年間長期的土地使用變遷，繼而討論 1989~1996 近年來的變遷。

##### (一) 土地使用資料

資料方面利用比例尺 1:18000 的航空照片區別出 33 種土地使用，然後將這些地圖委託國家公共衛生與環境組織來確認是否有不一致發生，最後網格為 25m×25m (Raziei and Evers,2001)且整合 LGN (Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland)的資料庫，再將這些地圖結合成 500m×500m 公尺的影像。根據當地環境背景特性將土地使用適切地分成 10 種類別去分析，分為牧草地、耕地、溫室、其他建築、居住地區、工業/商業、森林/自然、休閒用地、航空站以及水源區。

##### (二) 影響因素

首先他釐清影響土地使用的因素，包括有：

##### 1. 生物上的潛能與限制

每個地區有特殊的土壤特性與氣候條件，這些條件會決定自然與農業植被的

可能性，說明生態環境對土地使用類型是重要的。在這研究中假設在土壤變數中有共線性存在，對每個係數進行測試檢定( $R^2$ )，例如將高關聯性的下層土鈣質度、表土地壤土度與下層土地黏土度省略掉。

## 2. 社經因素

許多的土地使用變遷案例建立在經濟理論上，也說明在一個均衡下，土地會被使用去產生一個高潛在的利潤，利潤係反應在地租上(Chomitz and Gray, 1996)。說明市場與區位之間的關係，最著名的為 Alonso(1964)土地市場理論與模式。在這邊區位因素對工業與商業混合的分配的決定是相當重要的，在這案例中接近機場(阿姆斯特丹機場)與港口(鹿特丹港口)是重要的因素，以及說明緊鄰高速公路對公司而言是重要因素，所以利用對高速公路交流道的可及性來衡量。

## 3. 鄰近特性

鄰近地區的土地使用狀態對於決定土地使用變遷是重要的。鄰近地區的特性係利用豐富因素(enrichment factor)加以量化(Verburg et al, 2004)，計算方式如下：

$$F_{ikd} = \frac{n_{kdi}}{n_{di}} \frac{N_k}{N}$$



其中：

$F_{ikd}$ ：為在地區  $i$  的土地使用類型  $k$  鄰近地區  $d$  的特性， $d$  可定義為從網

格  $i$  到鄰近地區的特性與距離；

$n_{kdi}$ ：為網格  $i$  鄰近地區的土地使用類型  $k$  的數量；

$n_{di}$ ：為網格  $i$  在鄰近地區的總數量

$N_k$ ：為所有的土地使用類型。

$N$ ：為所有的網格數量。

舉例來說，某個網格的鄰近地區有 50% 的牧草，在這國家中牧草佔有全部土地的 25%，則鄰近地區對於牧草地的特性的豐富因素為 2。在這研究中將鄰近地區定義為正方形環繞。

## 4. 空間政策

荷蘭提出二個對於土地使用的重要空間政策，包括有：

(1) Green Centre

在 1970 與 1980 年代為了避免郊區化與主要都市過於擁擠，而提出所謂的成長中心與成長鄉鎮政策，指提供大部份的新住宅建築於郊區；

(2) Green Heart

這政策包含將九個自治市與二個城鎮附近的海改變成土地。

(三)研究方法

定義偏好方面允許包含廣泛的因素去解釋合理行為的誤差，偏好被計算如下：

$$R_{ik} = A_k G_i + B_k D_i + \dots,$$

其中：

$R_{ik}$  為網格  $i$  對土地使用類型  $k$  的偏好；

$G_i$  為網格  $i$  的生物物理學特性；

$A_k$  為土地使用  $k$  對於生物物理學的相對影響；

$D_i$  表示網格  $i$  到市場的距離；

$B_k$  為土地使用  $k$  作落於靠近市場的相對重要性。

若還有其他的因素，應依據土地使用類型與地區位置來考量納入，最終的模式應依照研究地區特性來重新檢視。

統計模式發使用二項羅吉特模式：地區  $i$  是否有轉換為  $k$  種土地使用類型。

假設  $R_{ik}$  代表轉換的偏好，則列示如下：

$$R_{ik} = \beta_k x_i + u_i$$

其中：

$x_i$  為偏好  $R_{ik}$  的外生(解釋)變數；

$\beta_k$  為估計係數；

$u_i$  為隨機誤差。

實際上，一個地區的偏好不能直接的觀察或衡量，所以  $R_{ik}$  實際上沒有辦法觀察。所以用一個虛擬變數來表示：

$$y = \begin{cases} 1, & \text{if } R_{ik} > R_{ij} \text{ for all uses } j \neq k \\ 0, & \text{for all others} \end{cases}$$

其中，假如對土地使用  $k$  的偏好高於其他的土地使用類型，則區位  $i$  轉變為土地使用  $k$ ，否則土地使用  $k$  將不轉變。假設  $u_i$  為羅吉斯特分配，那麼二項羅吉特的形式如下：

$$P[y = 1] = \frac{\exp(\beta x)}{1 + \exp(\beta x)}$$

這個研究中我們用二個不同的時間尺度，用上述的公式來校估參數。繼而使用多元羅吉特模式去取代二項羅吉特模式，來表現不同土地使用項目相對間的關係。在這個研究中關心的是在某些地區相對於其他地區土地使用選擇變遷的可能性，因此分成二個選擇，關於分析不同的解釋因素對不同類型土地使用變遷的影響。

逐步羅吉斯特回歸(stepwise logistic regression)被用來校估模式的參數。相依變數是一個二元存在或缺乏的事件，在這研究中 1=存在(發生土地使用變遷)及 0=其他。可能率(odds ratios)指過去用來幫助模式的解釋，可能率  $[\exp(\beta)]$  可以說明增加相對因素的一個單位後，土地使用改變的可能性。

所有的分析使用圖像  $500m \times 500m$  的單位去觀察，相依變數與獨立變數轉換到基礎網格形式(raster-based format)。空間相依度可以在模式中以相對區位狀況(relative location matters)被預測。迴歸建立展現空間自我相關(autocorrelation)的相依變數，其受到空間結構的影響(Anselin,1988)。在這研究中，隨機分散地觀察大約 10% 的樣本來取代所有的資料，用這些資料去最小化空間自我相關的影響。在模式中有包含鄰近地區的特性，這些特性將滿足在明確土地使用項目自我相關的問題。

羅吉斯特迴歸模式的最適度檢定利用 ROC 去衡量[relative operation characteristic(Pontius and Schneider,2001)]。ROC 是建立在可能分類 cutoff 值的 range 中有關不偏正確的比例(true-positive proportion)與錯誤的比例(false-positive proportion)的相關曲線。ROC 衡量這個地區在曲線下與變數介於 0.5(完全隨機)~1 之間(理想區別辨識)。

在這個分析中最重要的結論是單從一個理論不足以處理複雜的系統，再探討土地使用變遷時，可以利用方法的結合使模式的預測能力更佳。

## 五、網格模式(Cellular automata model)

### (一)網格模式發展

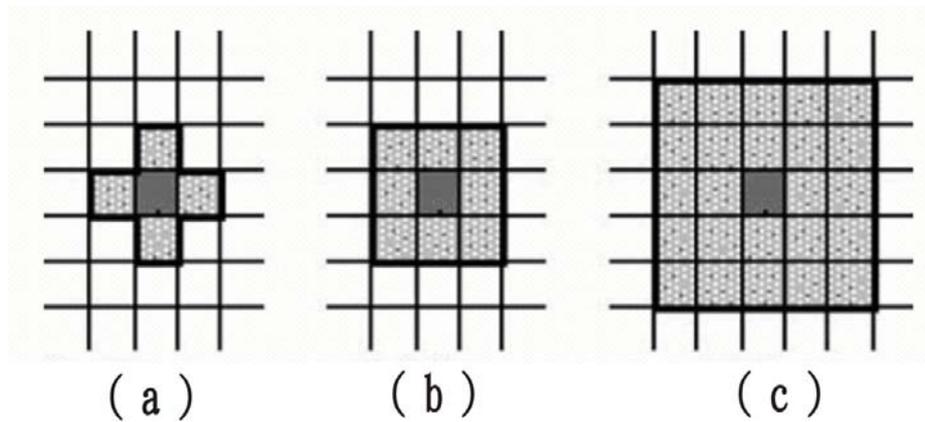
網格模式理論源自於計算機科學的發展，本身也是「複雜科學(Complexity)」之一部份。其理論的發展最早可以追溯到 1940 年代，VonNeumann 尋求發展一種可以自我組織、架構且繁衍的電腦軟體，雖然 Von Neumann 在 1954 年死去時，都還未完成他心中的電腦軟體與 CA 理論，但是他的構想卻觸發了後來的學者對於 CA 理論的應用與發展。

其中最為大家所熟知的典型即是 1970 年代，劍橋的 John Conway 將 VonNeumann 的 CA 進一步發展成電腦上的生命遊戲(Game of Life)(簡文謙,2003)，它就是網格模式的基礎形式，並且已經成為網格模式中最具代表性的模範。

### (二)網格模式與組成要素

網格模式(Cellular Automata)是探討複雜系統中局部與整體互動關係的最簡單模式，為一種連結小尺度與大尺度(Micro to Macro)的離散性分析工具，藉由網格模式轉變規則的建立，產生多樣性的型態。其基本概念十分簡單，它可以解釋成為「最基本的組成單元依循著簡單且相同的演化規則相互作用的整個巨觀集合」。假設每個最小的空間單元皆存在某一狀態，並與附近其他的空間單元互動，在所設定的互動影響規則下持續地轉變或保持其本身的狀態，而在較大尺度上會產生多樣性與複雜性(林士弘,2002)。根據上述，網格模式(CA)之組成要素如下：

- a. **網格空間**：明確定義出網格的空間結構。
- b. **網格狀態**：須定義在整體系統中每個網格可供選擇的狀態，並且其狀態為互相獨立，亦即同一時刻每一網格只能有一個狀態。
- c. **鄰近關係**：每一個網格狀態的演變是決定於相鄰網格的狀態。而其相鄰網格之定義需要設計者加以定義其鄰近區之大小，如以網格式空間結構來看，鄰近區可以是中心網格上下左右四個網格所構成(Von Neumann Neighborhood)，也可以是其周遭八個網格所構成(Morre Neighborhood)，甚至是更遠更多的網格。如圖2.6所示(Verburg et al,2004)。



資料來源：Verburg et al. (2004)

圖 2.6 (a) Von Neumann 型的 4 鄰近、(b) Moore 型的 8 鄰近與 (c) 擴充型

d. 轉變規則：CA 應具有所謂的「轉變規則」以供網格狀態改變時所能依循，且其規則應為系統中所有個體空間均相同且遵循。根據 R. White 與 G. Engelen 在 2000 年發表有包含交通因素的 CA 轉換規則可以表示如下：  
每個細胞潛在的轉換規則如下：

$$P_j = vA_jS_jZ_jN_j + H_j$$

其中：

$P_j$  = 在土地使用  $j$  下的網格潛在可能狀態；

$v$  = 隨機的擾亂項目 (a scalable random perturbation term)；

$A_j$  = 網格到路網的可及性；

$S_j$  = 在土地使用  $j$  下的網格本身最適合狀態；

$Z_j$  = 在土地使用  $j$  下網格的分區 (zoning) 狀況；

$H_j$  = 一個慣性的影響，假如現行的狀態為  $j$  則  $H_j > 0$ ，否則  $H_j = 0$ 。

網格的鄰近關係定義為環繞中心網格的八個網格半徑，根據他們的土地使用與網格距離，鄰近的權重計算如下：

$$N_j = \sum_x \sum_d w_{kxd} I_{xd}$$

其中：

$w_{kxd}$  = 土地使用  $k$  在  $x$  位置上距離鄰近地區  $d$  距離的權重參數；

$I_{xd}$  = Dirac delata 函數，假如網格已經為土地使用  $k$  則  $I_{xd} = 1$ ，否則  $I_{xd} = 0$ 。

主要幹道的路網被呈現在網格中心向量與顯現重疊在網格上面，可及性的計算是從網格到路網鄰近點的距離函數，表示如下：

$$A_j = (1 + D/a_j)^{-1}$$

其中：

$D$  = 從網格到鄰近網格透過路網的穿越距離(歐幾里德幾何學距離)；

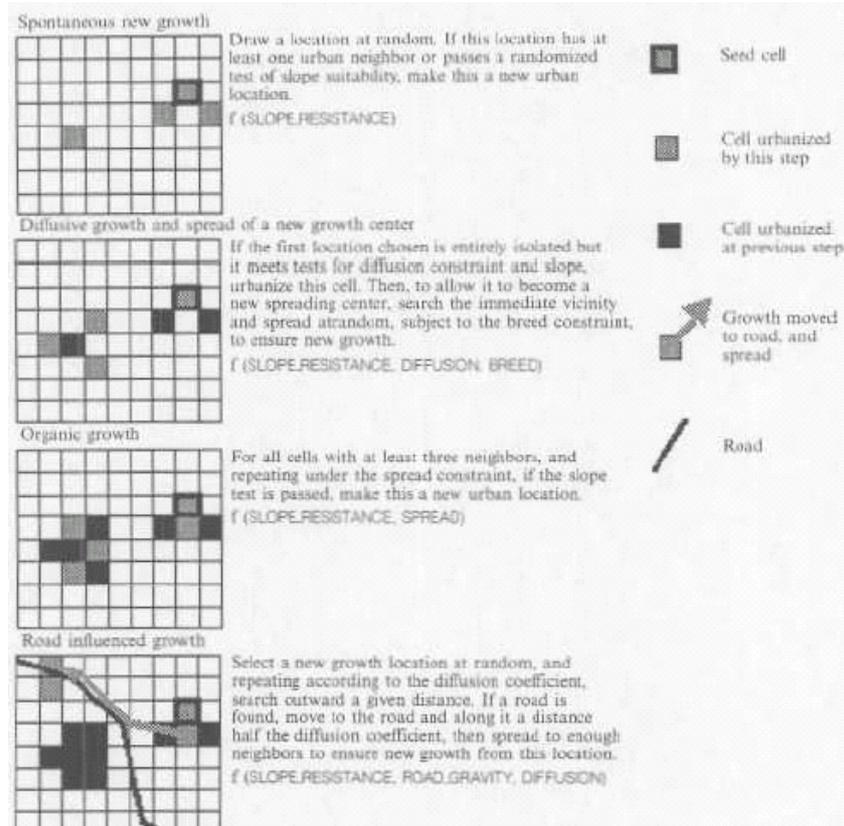
$a_j$  = 對土地使用  $j$  的重要路網可及性係數。

### (三)網格模式的應用

在包含交通因素的 CA 模式中，1997 年 Clarke、Hoppen 與 Gaydos 創造一個可自我修改(self-modifying)的 CA 模式，此模式呈現舊金山海灣地區都市化過程所帶來的地區衝擊。這個都市成長模式輸入四個資料圖層，包括環境的坡度圖層(Slope layer)、禁止開發地區圖層(Excluded areas layer)、道路圖層(Roads layer)以及最初都市發展地點圖層(Seed layer)。而都市成長方式有四種型式，如圖 2.7 所示，分為：

1. 新的自發性成長(spontaneous new growth)
2. 新成長中心的蔓延成長(diffusive growth and spread of a new center)
3. 組織成長(organic growth)
4. 道路影響成長(road influenced growth)

此模式最重要的貢獻是加入自我修改的規則，即在模擬進行過程中會設定臨界值使得影響因素會進行改變，都市就不會產生傳統的線性或指數成長，而是具有成長飽和的都市成長過程。而這篇文獻在影響因素中加入吸引新成長點的道路引力因素(road\_gravity factor)與決定一地區是否能成為成長中心的類型係數(breed coefficient)，對本研究中的交通因素與捷運車站 TOD 發展導向的因素校估提供良好示範。



資料來源：Clarke et al. (1997)

圖 2.7 模擬舊金山海灣都市成長的四種型式

綜合以上說明，可歸納出網格模式的幾點特性(林士弘,2002):

1. 由宮格可組成不連續且均質的宮格空間；
2. 時間狀態是不連續的；
3. 宮格狀態是不連續的；
4. 轉移函數是鄰近宮格狀態的函數；
5. 由  $t$  時間到  $t+1$  時間宮格狀態的轉換是同步的。

### 2.1.4 模式比較分析

土地使用變遷模式近年來產生許多方法加以探討，其理論基礎的比較分析如表 2.1 所示。

表 2.1 土地使用變遷模式比較分析表

土地使用變遷模式	研究地區 / 時間	理論基礎	輸入資料需求	輸出資料內容
CLUE-s 模式	菲律賓 (2004)	透過生態評估連結到土地使用預測，來描繪空間上可能的土地使用情況。	1. 空間政策限制 2. 土地使用類型轉換設定 3. 土地使用需求 4. 區域特性	三種情境呈現： 1. 基本情況 2. 空間政策 3. 永續農業發展
CUF-2 模式	舊金山 (1998)	預測目標年的解釋變數值，再推估各種土地用量，以多元羅吉特算出各土地使用轉換機率。	須包含四個子模式： 1. 人口成長 2. 空間資料庫 3. 空間分配 4. 合併整合系統	呈現目標年的土地使用分配情形。
土地使用變遷分析系統	北卡羅來納 (1996)	利用二個時期的土地利用資料，以多項羅吉特推估每個方格轉換機率。	模式須包含有： 1. 地理資訊系統資料庫 2. 社經模式元件 3. 地景變遷模式元件 4. 影響模式元件	模擬 100 年的土地使用覆蓋變遷，可以了解影響關係。
羅吉斯特模式	荷蘭 (2004)	用偏好去衡量土地使用變遷機率，羅吉斯特迴歸校估參數，產生二元羅吉特模式。	模式包含有： 1. 荷蘭土地使用資料庫 2. 生物因素限制 3. 社經因素 4. 鄰近特性 5. 空間政策	以荷蘭過去 1989 年間的變遷為基礎，呈現 1989~1996 近年來的變遷情況。
網格模式	舊金山 (1997)	自我修正網格模式	1. 環境的坡度圖層 2. 禁止開發地區圖層 3. 道路圖層 4. 最初都市發展地點圖層	模擬四種都市成長方式下的都市變遷情況。

資料來源：整理自本研究文獻回顧

## 2.2 多主體系統(Multi-agents System, MAS)

多主體系統結合行為者之間的交互作用來加以設計，每個行為者在共同的環境中擁有他們的能力與目標。這個交互作用主要透過溝通的過程，例如透過一個行為者或是環境傳遞訊息給其他的行為者的過程。(Singh,2003)

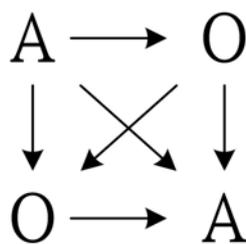
因此 MAS 系統具有下列吸引的人特性：(White et al.,2000)

1. 提供明確的方法去呈現空間實體與行為者之間的複雜屬性與行為；
2. 提供從階層到子階層屬性的繼承，以便可以在自然的方法中呈現階級系統；
3. 不但可以直接得到許多自然屬性與人類系統的交互作用，而且能從複雜的系統中浮現出行為動作。

### 2.2.1 多主體系統組成元素

多主體系統中行為者(A)與環境(O)之間會產生交互作用，這些交互行為可以用四種形式來認定，概念如圖 2.8 所示(Ligtenberg et al.,2001)：

1. 在空間環境與行為者之間的交互作用 ( $O \rightarrow A$ )；
2. 空間目標間的交互作用 ( $O \rightarrow O$ )；
3. 行為者和空間目標間的交互作用 ( $A \rightarrow O$ )；
4. 行為者和行為者間的交互作用 ( $A \rightarrow A$ )。



資料來源：Ligtenberg et al. (2001)

圖 2.8 空間組織與行為者之間交互作用類型圖

基本上多主體系統包含二個本質：第一是空間組織，空間組織本身儲存與保留環境的狀況與過程；第二為行為者的特質與過程。這邊Ligtenberg等人運用一些項目來描述這些特性。

#### 一、空間組織

環境可由土地使用種類(S)構成，這些土地使用種類用基本網格(BasicCell)來描述。形式上基本網格描述如下：

$$\text{基本網格} = \{s, i, f\}$$

其中， $s$  代表環境狀態( $s \in S$ )， $i$  為在環境中基本網格的幾何位置， $f$  為網格的狀態。所有的基本網格為物件的集合(collection object)，這些物件的集合賦予基本網格的空間關聯與產生基本網格的構成方法。

這邊的網格允許行為者去加以定義、儲存與保留他們擁有的環境，在模式中每個行為者保留他們自己對環境的特有描述，儲存在行為者網格(AgentCell)物件中。行為者網格繼承了基本網格的特性，但是增加一些行為者必要的特殊屬性，可表示如下：

$$\text{行為者網格} = \{BasicCell, x, y, p\}$$

其中， $BasicCell$  為基本網格， $x, y$  表示行為者在環境中的幾何位置， $p$  是排序指標(ranking indicator)。行為者網格和基本網格都擁有可以從系統中正確地反應行為者的要求。

## 二、行為者

行為者以行為者網格特殊的集合對他們的空間進行評估。行為者以他們特殊的行為認知為基礎，對空間標的、所有權及土地特性等進行評估決定，像是投票權的行為。

我們可以利用距離和權重關係表示行為者的空間偏好，從距離檢視目前位置和行為者間關係，因此空間偏好需要對每個土地使用種類加以描述。每個行為者會傳達與保留他們擁有的空間偏好集合及使用它們去衡量他們自身的行為者網格集合，因此行為者可以表示如下：

$$\text{行為者} = \{C_a, E_{rw}, E_{aw}, F_a, B_i, B_e\}$$

其中：

$C_a$  = 行為者特殊屬性的集合，包含行為者名稱、投票權、土地使用權；

$E_{rw}$  = 空間組織；

$E_{rw}$  = {基本網格}；

$E_{aw}$  = 行為者空間組織特殊情況；

$E_{aw}$  = {行為者網格}；

$F_a$  = 行為者特殊空間偏好函數集合；

$B_i$  = 完成內部工作方法集合；

$B_e$  = 完成外部工作方法集合。

每個行為者都有內外部處理工作。內部工作定義為實執行為者特殊事件，有關保留、評估與更新他的特殊空間組織描述，確認他的健全及更新他的認知與外部任務的先期過程。外部工作為延續上面  $A \rightarrow A$  與  $A \rightarrow O$  的交互行為(圖 2.7)以及快速處理外部工作的訊息。

### 三、個別行為者決策

個別行為者決策除考量行為者本身的偏好外，還需考慮鄰近地區的狀況，決策函數表示如下：

$$f = f\left(\text{AgentCell}_{Sxy}^t, \Omega_{\text{AgentCell}_{xy}}\right)$$

$\text{AgentCell}_{Sxy}^t$  為行為者網格在  $t$  時於  $x$ 、 $y$  區位上的狀況， $\Omega_{\text{AgentCell}_{xy}}$  為在行為者網格  $x$ 、 $y$  的鄰近地區。

網格模式(CA)規則的轉換排序指標如下：

$$R_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s P_{jzd} J_{ij} F_{if}$$

其中：

$S$  = 所有土地使用分類  $s$  的集合；

$n$  = 在鄰近地區  $\Omega_{\text{AgentCell}_{xy}}$  的行為者網格的數量；

$R_z$  = 最適的土地使用類別總排序指標；

$P_{jzd}$  = 為屬性狀態  $j$  對土地使用類別  $z$  在行為者網格距離  $d$  下的個人土地使用類別排序指標；

$J_{ij}$  = 當行為者網格  $i$  具有狀態屬性  $j$  時則  $J_{ij} = 1$ ，否則  $J_{ij} = 0$ ；

$F_{ij}$  = 假如行為者網格  $i$  的屬性集合  $f$  是錯的，則  $F_{ij} = 1$ ，否則  $F_{ij} = 0$ 。

總合的排序指標儲存在行為者網格的物件中，每個行為者因此擁有個人的排序指標集合。

行為者在一個事先定義的土地所有權及目前的行為者網格物件排序指標下去分配建立新的土地使用；土地使用的分配是將土地分類所有權  $n$  分配到具有高等級指標的行為者網格中，而其他網格將不會改變，因此每個行為者會定義下一期( $t+1$ )的空間組織。

### 四、共同決策

最後每個行為者會組織他的結構去描述未來空間組織，分配新的土地使用決

策過程會增加行為者去詢問其他行為者意見的能力。最後的指派透過投票去完成，表示如下：

$$P_{vote} = V_w i$$

其中：

$P_{vote}$  = 行為者投票的加權結果；

$V_w$  = 行為者投票權；

$i$  = 網格。

如果行為者的土地使用與根據情境做出的土地使用分派相同，則  $i=1$ 。

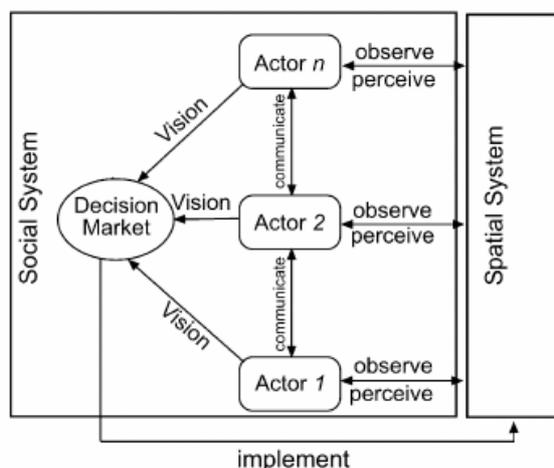


## 2.2.2 多主體空間規劃

### 一、多主體空間規劃架構

Ligtenberg et al.(2004)提到空間規劃包含心理學、物流、經濟、社會中個體以及群體的決策過程，行為者在決策中被視為一個組織或利害團體，利害團體在規劃過程中有共同的利害關係而去參予規劃。這些組織或團體可以是「農夫」、「環境保護家」或「地主」等。利益團體和許多一般管理組織透過合作過程來做出決策，管理組織如地區機關組織。我們假設組織和利益團體提供一個一致、可靠且充分證據的行為在空間規劃過程，尤其關於在規劃的空間地區內什麼是應該去作的。行為者的意見是假設個別行為者透過協商及諮詢產生的結果。

此外，行為者在規劃過程中有共同的目標，就是去產生一個讓所有行為者接受的空間規劃。空間規劃是行為者在可能的空間環境情境上，透過和不同行為者的協商和溝通的結果。溝通與協商在最後意見一致時停止，這時所有複雜的行為者會接受所選擇的方案(空間情境)，但不一定選到最理想的方案。空間規劃是較偏向規劃導向的行為，滿意的目標遠比最適化更重要。多主體空間規劃的概念如圖 2.9 所示，其中空間系統(Spatial System)指的就是環境，行為者(Actor)有地主、環境保護家或農夫等，他們透過本身對環境的觀察會產生理想的土地使用，而行為者之間可以彼此溝通，提出他們認為最適、最滿意的土地使用到決策市場(Decision Market)做出決策，最後達成的決策會影響空間系統，因此多主體空間規劃主要分為二大系統，主要有空間系統，也就是環境；還有社會系統，包含行為者與行為者之間的決策行為。



資料來源：Ligtenberg et al. (2004)

圖 2.9 多主體空間規劃概念圖

根據多主體空間規劃概念可以歸納出多主體規劃特性如下：

1. 行為者能觀察且意識到空間環境；
2. 這些觀察和看法是行為者對渴望的空間情境產生一個偏好；
3. 行為者彼此之間透過互動來溝通與協商他們的偏好；
4. 行為者的偏好會提供最終決策的輸入(決策市場)；
5. 在空間系統中最後決策會被影響。

決策過程中，行為者會去觀察和察覺所處的空間系統環境，行為者之間會透過溝通和協商，最後反應他們的期望與全部目標到決策市場，之後決策市場會決定空間系統，如圖 2.9 所示。

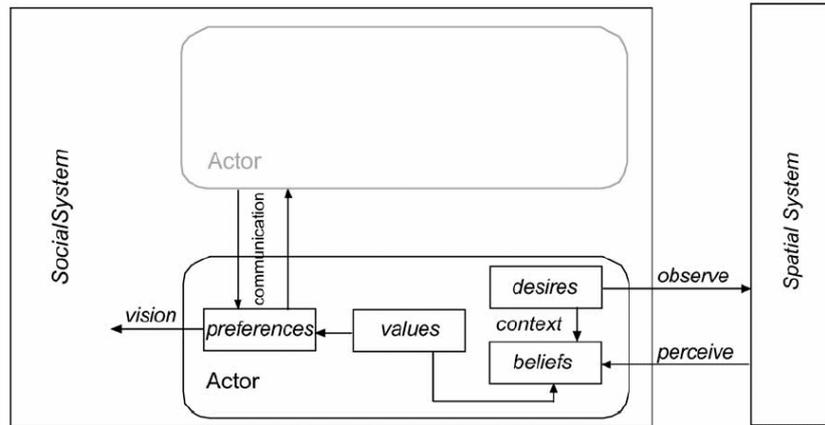
## 二、多主體決策目的模式

行為者的決策概念如圖 2.9 所示，考慮個別行為者和空間系統關係的決策模式，而圖 2.10 呈現一個簡單行為者關係模式，這是建立在 Kleefmann 與 Simon 的決策理論上(Ligtenberg et al.,2004)。行為者有如決策制定者去結合空間系統，他們對空間系統去行動與作出反應。每個行為者假設有希望的目標(Desires)，希望的目標是行為者對空間環境的實現，包括在位置、區位、面積與型態的空間作用。空間作用舉例來說如農業、森林、自然或都市化。這些作用的定義依賴幾個因素，包括空間規劃規模(國家、區域、地區)、規劃類型(如策略或營運)以及行為者類型。

因此個人行為者決策假設可以表示如下：

1. 每個行為者有充分關於環境的資訊。這表示每個行為者可以得到相同的訊息；
2. 每個行為者可以清楚定義希望與價值；
3. 每個行為者和上面所描述的多行為規劃過程一致；
4. 每個行為者迫使去履行他的主要任務，即分配新的土地使用。

有關行為者基礎決策關係如圖 2.10 所示，說明行為者會透過對環境的觀察產生期望的土地使用，以及環境會訊息，透過這些產生行為者對土地使用的價值，經由對土地使用的價值以及行為者之間的溝通會對土地使用產生憧憬。但這些假設在真實世界中對多主體規劃過程與個人決策而言是抽象的，因為行為者並非總是遵守關於社會空間系統的資訊。



資料來源：Ligtenberg et al. (2004)

圖 2.10 行為者基礎決策關係模式

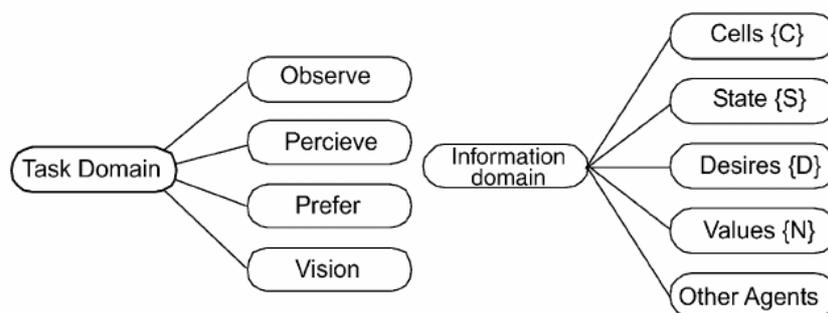


### 2.3.3 多主體系統架構

多主體系統可以去定義行為者在共同環境上與其他行為者的交互影響，並且能去修正本身與他們的環境。他們有能力在多主體系統中去解決他們的問題，且能夠互相影響而達成所有的目標。互相影響可以發生在行為者之間(行為者與行為者的交互影響)，以及環境與行為者之間。行為者在多主體模式中可以是自利或是合作。行為者本身具有下面屬性：

1. 有目的的(Goal-directed)：行為者試著去履行一部分目標，在複雜的動態環境中；
2. 自主的(Autonomy)：行為者沒有其他人或行為者介入，也應該可以自己  
去運作，然而行為者需要去控制他們本身所擁有的本質狀態；
3. 社會能力(Social abilities)：行為者會影響其他行為者；
4. 反應(Reactivity)：行為者需要有能力去察覺他們的環境以及對他們做反應；
5. 支持活動行為(Pro-activeness)：行為者不只是簡單對他們環境做反應，而且應能顯示一些有目的的行為；
6. 處在一些環境中(Situated in some environment)：行為者所處的環境不可能一直改變。

每個行為者需要去完成他們的任務，透過觀察、察覺、選擇與產生一個願景(如圖 2.11)。行為者使用這些訊息去完成任務，這些訊息是在環境中的物件，這些物件狀態包含他們的期望、價值與從其他行為者得到的資訊。



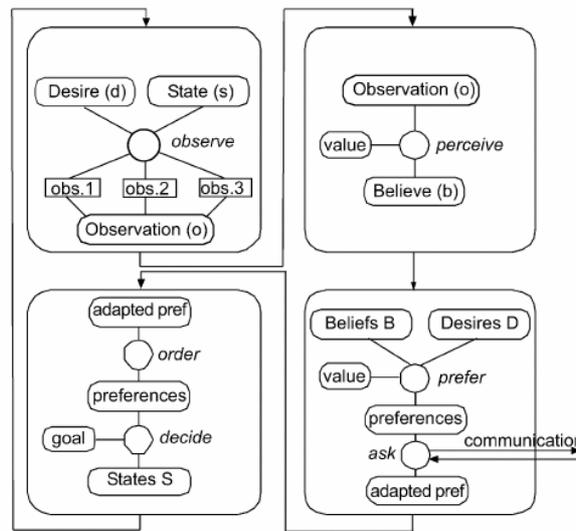
資料來源：Ligtenberg et al. (2004)

圖 2.11 行為者的訊息與任務範圍

環境是由網格所構成  $C = \{c_{ij}, c_{i+1,j}, c_{i+1,j+1}, \dots, c_{i+n,j+m}\}$ ，其中， $i, j$  為決定網格位置的指標。每個網格保留關於環境狀態的訊息，環境狀態可以用向量呈現

$s_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}, O, P, B, pr_k\}$ ，其中， $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$  為對每個行為者共同空間環境可用訊息(如土地使用、土壤以及土地所有權)， $O$ 與 $P$ 是行為者做的觀察與察覺， $B$ 是根據所有的要求產生的看法， $pr_k$ 是在土地使用 $k$ 上每個網格的偏好 (preference)。

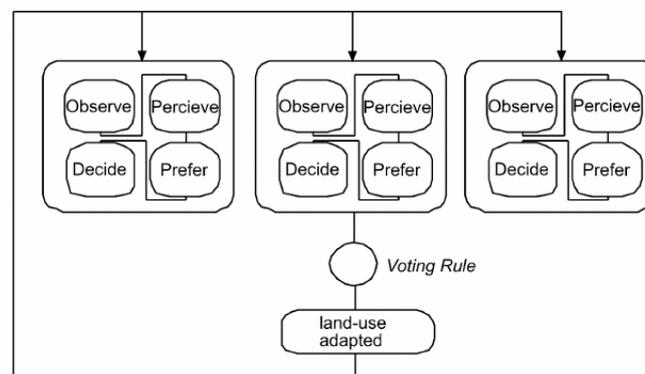
透過任務與訊息的過程，圖 2.12 呈現一個詳細的行為者連續狀態與內部行為者資訊的流程圖。



資料來源：Ligtenberg et al. (2004)

圖 2.12 個別行為者任務與資訊流動

要完成多主體系統的任務去模擬土地使用變遷，聯合決策的產生是必要的。表示決策的建構是在個人行為者階段，但在模擬過程中，最終的結果需要個別行為者和其他行為者比較，透過投票的規則產生最終適合的土地使用，如圖 2.13 所示。



資料來源：Ligtenberg et al. (2004)

圖 2.13 群體行為者的決策

### 2.3.4 多主體模式在土地使用變遷上的應用

#### 一、模擬 Maastricht(Ligtenberg et al,2004)

Maastricht 位於荷蘭東南部，這地區的構成約有 66%的牧地與 26%的農地。將複雜的行為者分配到 200 公頃的土地上。旁邊主要都市為 Nijmegen，其所作的假設如下：

- (一)現行的都市化地區是經過完善的規劃；
- (二)道路、鐵路和水土不能被轉換為都市地區；
- (三)所有複雜的行為者對於這地區有相同的訊息。

其利用多主體模式模擬三個情境去展現不同的空間規劃風格：

1. 一起決定(Co-deciding)：所有複雜的行為者有相同的決定權，這是有點幻想的情境，不像真實世界中地區規劃會遭遇到的；
2. 和有權利的行為者一起決定(Co-deciding with a powerplayer)：每個行為者有不同的決定權，但其中一個行為者相對其他行為者有非常大的權利，這代表在地區階層由下而上的規劃，這些行為者聯合提供一個規劃，但仍有一個行為者可以否決其他行為者；
3. 諮詢(Consultaion)：這在荷蘭是大多數共同規劃的類型，存在一個決策者(decision-maker)，多數為國家或地方機構；其它行為者對這個主要行為者給予忠告及他們希望的決策。

這三個不同的行為者展現三種不同的角色：地區機構當局、農人組織與環境組織。每個行為者對於新都市地區有很大的期待，這些期待呈現以下三種不同的特徵，其中：

- (1)地區機構當局：
  - a、盡可能集中在現行的都市附近；
  - b、靠近可能的主要道路；
  - c、距離休閒地區的範圍內；
  - d、最好位於地區有農地與牧地。
- (2)農人組織：
  - a、盡可能保留牧地與農地；
  - b、附近有大都市；
  - c、保持現行的小村莊型態。
- (3)環境保護者：
  - a、在大開放地區沒有都市化地區；
  - b、保留現存的果數林；

c、附近存在都市化。

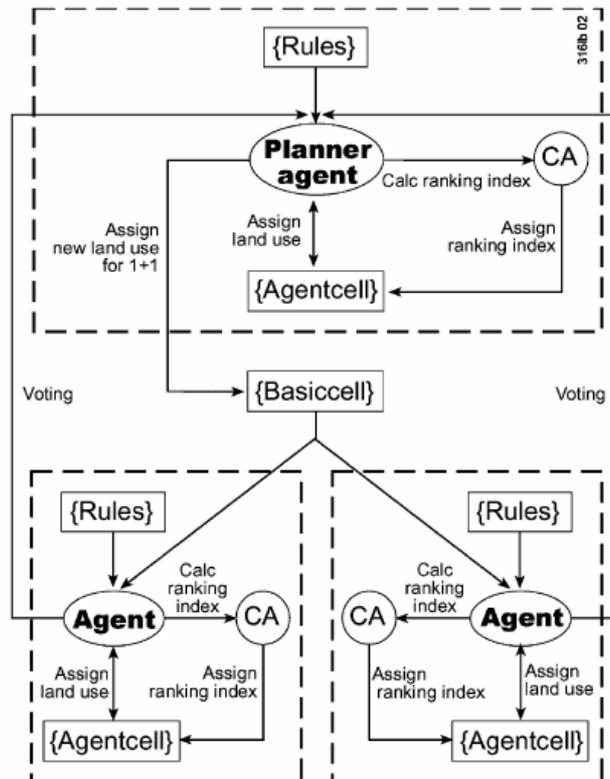
## 二、模擬 Nijmegen(Ligtenberg et al,2001)

Nijmegen 位於荷蘭東南方，這個模擬時間設定為 30 年，每個時點(time setup)為一年，模擬 300 公頃的土地，分二個情境去模擬：

情境 1：在 Nijmegen 這個城市的行為者具有高度的決定權，而其他地方的決定權是平等的；

情境 2：所有行為者的決定權是相等的。

這個研究中每個行為者會根據自己的規則(rules)產生希望的土地使用，而每個行為者之間不能溝通交換訊息，他們透過投票過程傳遞訊息給規劃行為者，規劃行為者會根據投票結果去決定下一期的土地使用類型，模擬的架構如圖 2.14 所示：



資料來源：Ligtenberg et al. (2004)

圖 2.14 多主體系統模擬架構圖

### 2.3.5 多主體系統模式案例分析

多主體系統應用於土地使用除了須考慮到行為者的行為外，還需要考慮到跟環境的關係，其案例分析如表 2.2 所示。

表 2.2 多主體系統案例分析表

研究地區/ 時間	行為者假設	模擬範圍	輸入資料需求	輸出資料內容
荷蘭 Maastricht (2004)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對空間有充分資訊</li> <li>2. 可以定義空間期望與價值</li> <li>3. 會遵照多行為規劃過程</li> <li>4. 被迫去完成新的土地使用分配</li> </ol>	200 公頃	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 行為者的屬性，包含資訊、任務</li> <li>2. 個人偏好衡量指標</li> <li>3. 決策市場</li> <li>4. 環境屬性</li> </ol>	利用多主體系統去模擬三種空間規劃風格情境，了解不同行為者期待的情境是不相同的。
荷蘭 Nijmegen (2001)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可以定義與觀察環境</li> <li>2. 可以對環境進行比較</li> <li>3. 可將未來的期望進行排序</li> <li>4. 與其他行為者共同決策</li> </ol>	300 公頃	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 基本環境屬性</li> <li>2. 行為者屬性</li> <li>3. 行為者規則</li> <li>4. CA 規則</li> <li>5. 指派順序指標</li> </ol>	模擬 30 年的土地使用變化情形，以土地使用的決策權不同，來進行情境的模擬。

資料來源：整理自本研究文獻回顧

## 2.3 綜合評述

近幾年的土地使用變遷的模式著重於動態的過程呈現，尤其是在網格模式的應用上，靜態分析已經不適合去描述土地使用的改變。根據文獻回顧也了解到複雜系統的解釋，單從一個理論已經不足處理，土地使用變遷不但需要考慮行為者的決策行為，更需要考慮土地之間的作用力與許多外在因素，因此後來衍伸出多主體模式，他和 CA 模式最大不同的是，MAS 是以物件導向的方法，將位於不同宮格中的物件視為作用者，再透過排程機制，使各作用者不停和鄰近作用者傳遞與接收訊息，並據以做出反應動作，改變宮格狀態。MAS 模式和 CA 模式一樣具有 bottom-up 的特性，是由每個作用者和鄰近作用者局部的互動而演化成巨觀的全體，這使我們能考慮到每個個體的需求，因此以下針對文獻回顧了解這些模式對本研究的影响。

### 2.3.1 過去土地使用變遷模式評析

#### 一、土地使用變遷模式

過去土地使用變遷模式的研究地區大部分著重在非都市土地上，非都市土地的開發幾乎經由政府或開發商進行，在開發主體明確下只需掌握政策面與經濟價值面，因此由上而下的規劃方式可預測的相當準確。後來土地使用變遷涵蓋範圍包括了都市土地使用，因此需要考慮的因素也更多，重大的都市建設是造成都市土地改變的推力，許多土地使用的改變也說明都市以聚集效應的產生，聚集效應更會反應在土地價值上，而要了解這些聚集效應的產生需要去考慮到每個行為者的行為，因此過去土地使用模式的缺點在於沒有考慮到每個行為者，CA 模式雖然考慮到每個網格，並試著去解釋網格之間的交互作用，但沒有考慮到網格上可能具有決策者，其變遷過程並非只有網格之間的自動作用。

#### 二、多行者系統

近年發展的多行者系統解決了以前土地使用變遷系統的缺點，但在土地使用模擬方面著重在於決策權的不同，藉由決策權的不同去瞭解不同行為者對於未來土地使用期待是不相同的，因此目前為止多主體系統應用在土地使用的研究，是以決策權的導向去預測未來的土地使用。但是對於政府、土地開發商或地主他們考慮的往往不是這個，因為他們已經擁有土地使用決策權，而他們想知道一項重大建設對土地變遷有何影響，因此本研究著重在於重大交通建設對土地使用的影

響，可以讓擁有決策權的人了解交通建設對未來發展的影響，未來也可以推廣到任何交通建設。

### 2.3.2 過去土地使用變遷模式的重大影響

經由過去土地使用變遷模式了解好的模式整合各種理論與工具，雖使模式相對的變的更複雜，但也更能解釋真實世界的情況。根據過去土地使用變遷模式，重要影響有：

#### 一、土地使用變遷各因素之間關連性

在了解土地使用變遷模式前，要去了解影響土地使用改變的因素有哪些，需要全面的了解可能影響土地使用改變的因素，再根據研究地區的特性去校估出影響的因素，才能確保模式的完整性。

#### 二、土地使用變遷因素的理論基礎

土地使用變遷規則是土地變遷模式的核心理論，只有正確的變遷規則才能提供模式的預測準確度，因此參考每個模式的理論基礎，根據以前的理論基礎找出最符合本研究的方法。

#### 三、多主體系統的理論基礎

文獻回顧提供本研究清楚了解多主體系統的特性與理論基礎，透過特性與理論的認識，可以更清楚的建構研究設計與模式架構。

以上透過模式文獻回顧，了解在探討土地使用變遷模式時需要考慮到各層面之間的問題，與如何整合個理論之間的優點，才能使模式的建構更加完善。