

土地開發過程中自我組織特性之探討：經濟財產權、賽局理論 及電腦模擬分析

賴世剛¹、陳志閣²、柯博晟³

摘要

在過去以複雜科學為基礎的都市研究上，已注意到都市空間結構的複雜性以及不同層次複雜系統的規律與其間的互動關係，如冪次定律、自我組織、小世界網絡等，本研究便聚焦於探討個體的土地開發行為到總體都市空間結構之自我組織特性，首先在個體層次的探討階段，本文將空間型態中的兩種個體（土地所有權人與開發者）進行土地交易時會有經濟財產權（economic property rights）操弄的行為模式，以經濟學中賽局的方式呈現，其次在個體與總體之間互動的探討階段，本研究嘗試以電腦模擬實驗進行分析，來觀察眾多的個體在空間中不斷互動及影響擴散的過程中，是否會產生一個趨向動態平衡的狀態。模擬結果發現空間中土地交易結束後的經濟財產權的釋出經個體互動後會突現一固定比例的型態，類似混沌系統的吸子，因此我們認為土地開發具有一定且獨特的自我組織特性，並進而提出都市規劃原則的建議。

關鍵字：自我組織、經濟財產權、土地開發、複雜科學、賽局分析

¹廣州南方學院公共管理學院教授，Email: sklai@zju.edu.cn

²國立臺北大學都市計畫研究所碩士、國家發展委會簡任視察

³通訊作者，國立臺北大學都市計畫研究所碩士、國立政治大學傳播學院 EMA 碩士生，Email: d.david.mackereel@gmail.com

投稿日期：2021 年 06 月 17 日；第一次修正：2022 年 03 月 07 日；接受日期：2022 年 03 月 19 日

致謝：作者感謝國科會專題計畫研究經費補助(計畫編號為 NSC91-2415-H-305-011)

Exploration of Self-Organization Characteristics in Land Development Process: An Analysis of Economic Property Rights, Game Theory, and Computer Simulations

Shih-Kung Lai

Professor, School of Public Administration, Nanfang College · Guangzhou.

Mark Chen

Master, Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University; Senior Executive Officer, Bilingual Nation Policy, National Development Council.

Po-Chen Ko

Master, Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University; EMA student, College of Communication, National Chengchi University, corresponding author.

Abstract

In the past, urban research based on complexity science has noticed the complexity of urban spatial structure and the interaction between the laws and relationships at different levels of hierarchies in complex systems, such as power law, self-organization, small world network, etc. This study focuses on the self-organization characteristics of individual land development behaviors in relation to the overall urban spatial structure. Firstly, at the level of individual agents, this research presents the behavioral patterns based on game theory that manipulate economic property rights when two types of agents in space (landowners and developers) conduct land transactions. Secondly, focusing on the interaction between the individual agents and the overall system, this research attempts to analyze it with computer simulation experiments to observe whether a large number of agents will produce a state of dynamic equilibrium derived from the process of continuous interaction and propagation in space. The simulation results show that the dissipation of different economic property rights after land transactions in the space will emerge into a fixed proportion caused by agents' interaction, similar to the attractor of chaotic systems. Therefore, we believe that land development has a definite and unique self-organization characteristic, and then put forward the implications for urban planning.

Keywords: Self-organization, Economic property rights, Land development, Complexity science, Game theory

一、前言

都市是一動態的自我組織複雜過程－而都市空間結構及型態正是由無數個體在空間決策互動所突現出來的結果 (Lai, 2021)。這裡強調出了一個重點，個體互動以及個體與整體互動，也由於每個個體是如此的不同，會有不同的決策準則，彼此的互動，影響決策，而這些決策也同時受到整體環境的影響，城市的發展也是因此形成。如果個體間的互動才是影響城市發展的主因，那麼若要觀察城市發展的狀態要從觀察個體互動開始。這符合近代複雜理論 (complexity theory) 的基本論點，系統會如何隨著時間，藉著組成分子間的流動及互動，而改變演化 (邱詩純, 2002; Batty, 2012; Diana T. and Carmen C., 2013; 黃國慶等, 2021)。此一觀點亦與生物有機體論者主張都市是歷史結果的體現 (黃仲由、賴世剛, 2015) 不謀而合，換言之，都市的增長是透過逐日、局部、零碎片段處理的決策與整體規劃，加上各種複雜需求，持續累積而成的結果，其中，土地所有權人 (地主) 與開發者不斷進行土地開發行為與決策的過程，更是直接影響都市發展的主要因子，而且土地開發的兩個主要決策變數是資訊及權利 (Schaeffer and Hopkins, 1987)，是故，本文特別聚焦於探討土地開發決策者 (個體) 互動過程中經濟財產權的操弄及其在空間擴散分布 (總體) 的現象。

傳統的土地經濟理論，傾向於尋求在土地供需市場中的某個均衡狀態，在這個均衡點下，土地的價格是被土地所有權人 (土地供給者) 及開發者 (土地需求者) 在土地供給需求的過程中互動的結果，然後彼此進行一定數量的交易。但是土地價格常常會受到干預而有所變動，例如管制政策的土地釋出會使供給增加，土地價格下跌，或是土地附近型態改變對土地價格的影響，以及都市成長邊界的劃定對土地市場的影響等等，這說明土地是一種財產，擁有土地可以說擁有附著於土地的財產權利。Barzel (1989; 1997) 便進一步將財產權化分成法律財產權 (legal property rights) 及經濟財產權 (economic property rights)，在進行土地交易時，由於買賣方對交易土地資訊掌握的不充足，會形成財產權流入公共領域的現象 (Lai, 2021)，同時誘使土地所有權人釋放經濟財產權且開發者掠奪這些經濟財產權的行為便會出現 (賴世剛, 2010; 2021)。例如，當土地價格受到一定的價格上的管制時，這個時候，土地所有權人便因土地價格的限制，有部分財產權流入公共領域被開發者掠奪，進而改變了開發者的行為，而這些行為可以藉由有限理性的概念來描述 (Mohamed, 2006)。

另一方面，由於電腦科技的進步，運用電腦模擬的技術去瞭解都市發展過程及型態已變成一種學問及趨勢，研究的成果不斷的產生，早期如 Chapin 模擬土地開發的過程，其土地使用的改變即以其受到周圍土地使用變動的函數所影響 (Chapin and Kaiser, 1979)。Webster and Wu (1999a; 1999b) 不但運用 CA (cellular automata) 模擬了開發者和當地居民的互動情況，其中還融入了外部性的經濟概念，以及在土地使用上做了自由市場與管制市場的比較，從文中的交易成本及利益圖可以得到在管制市場中可減少社會成本的相關結論。近十多年的發展更已將 ABM (agent-based modeling) 結合地理資訊系統及遙測技術等，如林峰田 (2006)、楊昆等 (2008)、Guo 等 (2008)、Wang 等 (2010)，而整合規劃行為與規劃環境兩個面向的模擬實驗近來也已受到學界的重視 (Lai, 2021)。

如表一所示，科學問題由解決簡單問題，過渡到探索無組織複雜問題，進而嘗試解決有組織複雜問題，其中都市問題屬於有組織的複雜問題（Jacob，1961）。由於類似的電腦模擬是採用由下而上（bottom-up）運用個體間的互動去觀察空間型態的變化，符合本文探索都市複雜系統的需求（即表一的第三種類型），且台灣學者近期雖偶有應用複雜科學及電腦模擬方法之都市研究，如顧嘉安（2020），但仍相對較少，多是從質性或歸納法來分析，如張雅惠（2007）、汪明生等（2017）、黃國慶等（2021）。再者，過往雖有部分研究結合賽局理論來探討都市發展，如羅浚杰（2008）、林榆芝（2010）、連玉霞（2011）、張雁涵（2014）等，但同時應用電腦模擬方法論更是稀缺。有鑑於此，本研究採用 Agent-based modeling 電腦模擬，透過模擬來探索在給定個體某種的行為模式下，空間型態的分布因為個體間的互動會有如何的規律產生，而個體互動的行為模式則以賽局方式來建構土地交易過程財產權的操作。研究共分為下列三個階段：（一）理論回顧及評析：在本文中，我們會先透過 Barzel 及 Lai 等文章的觀點，對財產權的理論做說明；之後是在有限理性及借鑒性的背景下，探討土地所有權人及開發者的行為模式；而後會說明個體互動會造成總體自我組織的現象；（二）研究設計及模擬結果；（三）最後會透過模擬的結果做分析及討論，而模擬結果將作為未來相關都市規劃的參考依據。

表一 不同型態問題與可運用的分析方法

問題本質	處理所需能力	適合的方法論
簡單現象：如兩個變數之相互關係	簡化問題的能力	數學模式、數學演繹法等
無組織的複雜現象 (特定因素)	處理無組織的複雜性問題的能力	數學歸納法、統計學、機率理論等
有組織的複雜現象 (整體系統的動態演化)	處理有組織的複雜性問題的能力	AI 電腦模擬、數學歸納法 (針對複雜系統及過程找尋某些特定規律)

資料來源：本研究彙整。概念整理自 Jacobs，1961/吳鄭重譯，2007、Longton，1995、Batty，2005、賴世剛與柯博晟，2014、Kanigel，2017/林心如譯，2019。

二、理論回顧及評析

（一）經濟財產權（economic property rights）

首先必須先對財產權的觀念加以整理，一般就財產的權利而言，是說針對某種財產，我們可以去使用、收益且排除他人使用的權利。而 Barzel 在 1989 年對財產權描述的書中，將財產權再細分成兩種類型：第一種是法律財產權（legal property rights），這是‘擁有’的概念，是說這財產的權屬是誰；而第二種是經濟財產權（economic property rights），是‘可交易’的概念，個體透過財產的某種或某些屬性因為交易可以獲得某種利益價值。以土地而言，土地的法律財產權代表的是一種受政府所保護的權利，例如：土地所有權狀的涵義；而土地的經濟財產權則是一種會影響土地價值的屬性，例如：與交通運輸網路的可及性（Lai，2021）、容積獎勵所創造之容積（賴世剛，2010；李得全、謝一鋒，2019）。

人們在物品上所擁有的經濟財產權並非不變的，而是一個函數並會受到某些因素或自變數的影響，如物品本身優劣的因素，他人為獲得這物品經濟財產權的企圖，政府政策的影響等等

(Barzel, 1989)。這說明了在物品上所呈現的經濟財產權是有價值的，而且這個價值是會因為某些因素的影響而變動。但這價值是如何產生的？我們可以從交易中可以得知，因為當買賣方在進行產品的交易時，尤其是買方，會希望去了解出售產品的所有相關資訊以了解這產品真正的價值，但這些資訊通常為賣方所擁有且不會輕易釋出，當這個資訊的價值極高時，買方會犧牲相對的成本去獲得，這交易成本也是擁有這產品經濟財產權的價值。高斯定理 (Coase Theory) 中提到，當權利已被完全的瞭解時，及資訊充分的時候，交易成本是零。反之，當交易成本是正，財產的權利因資訊的不完全並未被完全的描述 (Barzel, 1989)。

如上所述，土地所有權人及開發者在土地的交易過程也是如此，兩者對於土地可能都擁有了一些有價值的經濟財產權 (例如可及性、地質特性及犯罪率)，雖然土地所有人的經濟財產權可能是會降低其所有土地的價值，例如土地所有權人自己知道這土地的土質可能有些鬆動，但這屬性相對於開發者而言，開發者需透過調查，花費成本才可能知道，所以交易成本為正，表示這經濟財產權仍是有價值的。而通常在經濟不景氣，開發者開發土地意願低弱時，土地所有權人更容易會主動的釋出經濟財產權供開發者獲得，例如讓開發者參觀土地，並主動提出土地相關資訊等。此外，經濟財產權的釋出有可能會減低土地所有權人的財富。開發者能不能接受觀看取決於是否熟悉土地交易過程，能否從使土地所有權人手中得到高價值經濟財產權或是其土地需求的急迫性，使得低價值經濟財產權也能接受。買賣雙方兩者的互動，是土地是否能開發的因素，所以為了知道這結果，我們必須瞭解他們的行為模式⁴。

(二) 賽局理論及有限理性 (bounded rationality)

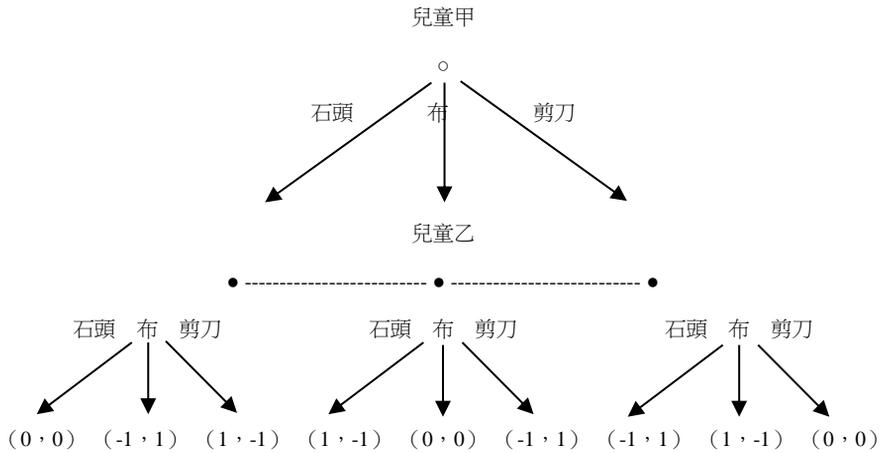
賽局理論為所有社會科學提供了一種基本觀點，即理解群體行動唯一正確的途徑是理解組成群體的個人，怎樣為了實現既定的目標而作出各自的策略選擇 (Kreps, 1990/ 鄧方譯, 1996; Axelrod, 1997; Dixit and Nalebuff, 2010/ 董志強等譯, 2016)。這與複雜科學所強調的由下而上組織有異曲同工之妙，而在非合作賽局中又可分為兩個主要的模型，第一個是策略型賽局模型 (strategic form games) (圖一)，另一個是展開型賽局模型 (extensive form games) (圖二)。

		兒童乙		
		石頭	剪刀	布
兒童甲	石頭	0, 0	1, -1	-1, 1
	剪刀	-1, 1	0, 0	1, -1
	布	1, -1	-1, 1	0, 0

圖一 策略型賽局模型

資料來源：賽局理論與經濟模型 (Kreps, 1990/ 鄧方譯, 1996)

⁴有關於經濟財產權之公平公益性可參考 Barzel (1997)、賴世剛 (2010: p.75)



圖二 展開式賽局模型

資料來源：賽局理論與經濟模型（Kreps，1990/ 鄧方譯，1996）

透過圖一及圖二，我們可依邏輯推理出所有參與者的每一種可能決策以及計算可得的報酬，然後取得最佳點（優勢或均衡的決策選擇），但這種分析基礎是建立在參與者具有完全理性及完全資訊的假設上（有關傳統經濟學完全理性人之分析可參考黃仲由與賴世剛（2015）），現實中，當個體面對複雜的實質環境與社會條件狀況時，個體實難以有能力進行如此完美的邏輯推理分析，而有限理性之假設便指出了這一點：

1. 當複雜程度超過某種階層後，人類的邏輯能力會停止繼續下去——也就是人類的理性是受到限制的（Arthur，1994）。
2. 在互動的複雜過程中，個體無法知道對手是否會進行理性的行為，個體必須被迫猜測對手的行為。（Arthur，1994；Briassoulis，2007）。

以都市土地開發市場來說，廠商（個體）除了可依其市場力量的大小來影響市場價格的決定，同時亦會受其他廠商的決策行為而需不斷推測、調整自己的決策，而這即是個體有限理性及非線性的呈現，賴世剛與高宏軒（2001）便將有限理性的行為模式限制放入個體在決定興建土地為住宅或是商業區的空間型態中，而從模擬的結果中發現了一種規律，即是空間型態會形成幕次的碎型分布。Lai and Ko（2019）亦應用廠商有限理性的特性提出一個台灣區域發展的模擬設計。

（三）個體互動形成的整體自我組織

所謂的自我組織，包含幾個重要元素：（一）大量的個體、（二）互動、（三）自我組織臨界值、（四）突現，自我組織的系統整體會大於組成分子的加總，而整體型態所呈現的結構與秩序是在組成分子互動之下產生的。將都市視為由下而上自我組織的複雜系統，明顯有別於傳統經濟學理論為基礎的觀點，近十年來逐漸有較多國內學者應用自我組織概念探討各類社會系統，如蔡進雄（2011），王美雅與吳思華（2011）等，本文試圖整理不同理論觀點下有關自我組織概念之異同，如下表二：

表二 不同理論觀點之比較

	經濟學觀點	複雜科學觀點	生物有機觀	耗散結構觀點
理論基礎	傳統經濟學	複雜科學	生機論 (Vitalism) 都市生態學 芝加哥社會學派	物理學、熱力學
顯著特性	穩定及均衡狀態 還原論 由整體型態剖析或推敲出局部 (次系統) 的組成	非線性動態 突現論 整體與局部的互動	互相關聯成為一個生物有機體之整體 異構部件之間有條件地互相關聯或影響	開放且遠離均衡的系統 有序結構 和外部環境持續交換能量、物質和熵
現象與條件	由上而下控制刻劃 遞減報酬/收斂 完全理性個體及經濟誘因 (追求最優化利益動機)	由下而上自我組織 遞增報酬 整體系統的演化 (局部->整體) 複雜現象源自簡單機制 碎片結構 網絡科學	自我組織/不可逆 半格子狀結構原則 有機生長 集體進化的實體 能獨立存在的有機形式 回復力	渾沌 (無序) 到有序 動態的穩定均衡 需存在能夠交換能量、物質和熵的外部環境 熵趨向最小化

資料來源：本研究彙整。概念綜整自汪禮國與賴世剛 (2008)；柯博晟與賴世剛 (2013)；黃仲由與賴世剛 (2015)。

由表二中顯示，複雜系統與生物有機體的思維皆主張系統的自我組織特性。兩者除了出發點不同外，對於系統的觀點實具有異曲同工之妙，其中耗散結構觀點則較著重在個體互動後產生的熵最小化，亦即系統如何由無序邁向有序結構的過程，而這實際上也是一種自我組織的現象，換言之，此二者雖並非完全相同，但卻有所關聯。不過在過去的研究中 (如 Briassoulis, 2007；黃仲由與賴世剛, 2015) 也曾分析驗證並認為經濟學觀點仍有其不可取代之重要性。未來最合適、最有潛力的取徑應是藉由經濟學觀點的經濟理論結合複雜系統的動態模式來進行研究，而本文的研究設計正是此結論之體現。

三、研究設計

(一) 模擬工具

本研究所運用的電腦軟體名稱為 starlogo，屬於一種多主體為基礎模式 (ABM) 之研究方法論，此類型軟體可提供使用者進行細分系統 (decentralized systems) 及大量個體行為模式互動的模擬，並可針對都市中各種特定主題及不同層次的複雜系統進行建模。在國內都市研究領域中應用 ABM 者包括如邱詩純 (2002)、賴世剛等 (2012) 及顧嘉安 (2020) 等，其研究主題截然不同，間接顯示 ABM 的應用性相當多元且不受時間影響。

(二) 模擬目的

本研究採用 starlogo 軟體進行個體在空間中互動的電腦模擬，並將 Barzel (1989；1997) 經濟財產權的基本概念應用於個體交易過程中，研究重點在於觀察土地開發過程中存在的兩種關鍵個體，土地所有權人與開發者—土地所有權人擁有未開發的土地，而開發者會尋找未開發土地進行開發的行為。

交易開始時，土地所有權人會釋出不同價值的經濟財產權流入公共領域中供開發者獲得。由於空間中存在著土地開發行為的差異性，因此開發者所能夠接受經濟財產權價值高低也不同。在

交易的過程中，土地所有權人總是希望只釋出低價值的經濟財產權，但是釋出高價值經濟財產權達到交易成功的機率卻較大。由於面對的每個開發者是不同的，開發者可能會接受低價值經濟財產權，也可能不接受，導致最後土地開發的結果也因而有異，或許一次就交易成功，但也可能交易失敗，而必須釋出更高價值的經濟財產權來獲得開發者的開發的意願來使此次交易成功（即釋出的低價值經濟財產權於公共領域中後必須再釋出高價值經濟財產權供開發者獲得，例如就實際情況來看，不但已讓開發者進入土地所有權人為開發土地進行調查且土地所由權人還必須進一步提供相關土地的資訊予開發者。）。

表三 影響經濟財產權高低之因素

整體環境	經濟景氣、社會背景、市場供需（土地總量或存量）、區位、地價、犯罪率等
基地條件	景觀、環境生態、地質特性、容積、可及性、基礎設施狀況等

資料來源：本研究彙整。

表三例舉了影響經濟財產權高或低的常見因素，其中經濟因素的影響最為關鍵，包括區位、地價，然誠如 Barzel 所說，經濟權在任何現實的交易中皆難以清楚被描繪出來（汪禮國、賴世剛，2019），因此才會有資訊不對等及交易成本的發生。

基於上述設定，土地所有權人在出售土地而選擇釋出何種價值的經濟財產權之際，會先在心中建構屬於自己的一個決策準則，此決策準則正是一具有有限理性與借鑒性的賽局，土地所有權人會依據過去與開發者交易的經驗或是比鄰土地出售的經驗去選擇最適合的決策。

透過土地所有權人與開發者每一次互動的過程，空間中未開發土地在作出售時，土地所有權人會釋出不同價值的經濟財產權來完成土地的交易，而導致整體空間結構型態發生變化。而此模擬的目的即是希望從最後模擬開發完成的空間型態中，去了解土地所有權人或開發者釋出或獲得不同經濟財產權價值的多寡及其在空間分布的型態，是否具某種規律性／秩序，亦即自我組織現象。

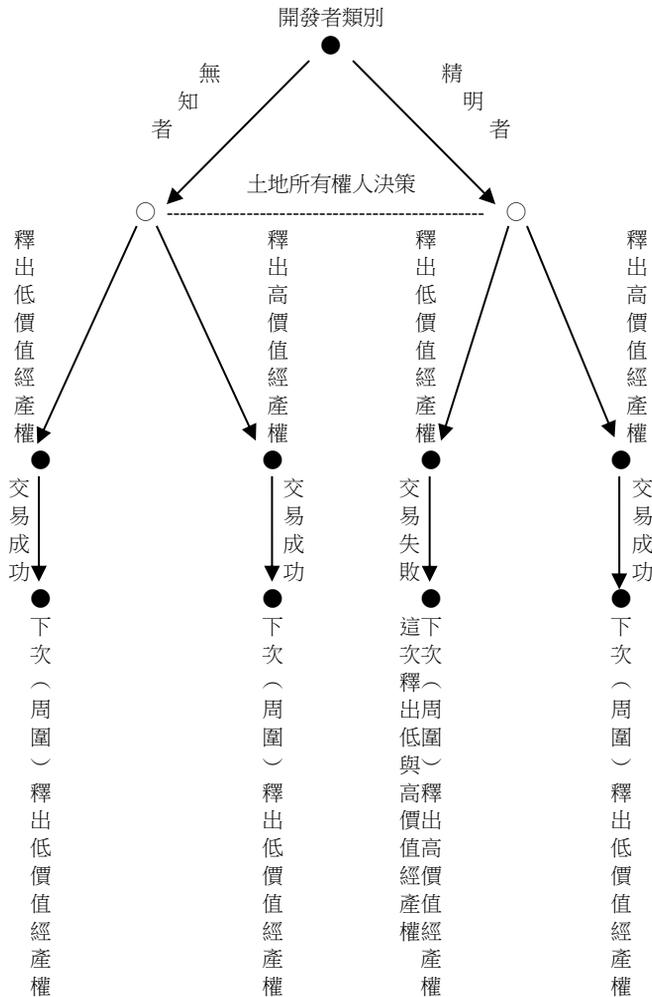
（三）模擬假設

在系統模擬的假想平面網格空間中，一開始會隨機分布著一定數量的方格，每一個方格是代表者一塊未開發的土地（patch），由土地所有權人所擁有；一開始也會隨機分布者一定數量的開發者，為求模型簡化，假設開發者的類型僅分成兩種，一種為熟稔土地交易型態的開發者（簡稱：精明開發者），僅接受高價值以上的經濟財產權，而不接受低價值的經濟財產權；另一種為開發土地經驗上略顯不足，為了開發土地，對於經濟財產權的價值，高低均可以接受的開發者（簡稱：無知開發者）。

土地所有權人在這土地上交易的策略也僅分成三種，第一種為釋出低價值經濟財產權，第二種為釋出高價值經濟財產權，第三種為同時釋出高價值與低價值的經濟財產權。土地所有權人選擇釋出何種經濟財產權與其之前是否有交易過或受到鄰近土地開發行為的影響作為決策的依據，譬如當周遭皆已開發完善的基礎設施，便可能增加土地所有權人企圖操弄財產權的空間，將低價值土地也釋出到市場上。

土地所有權人土地（patch）的呈現採用的是隨機分布的方式，每一次交易過程是以一塊土地

(patch) 為單位，交易的結果會影響周圍的土地。一塊土地四周最多可圍繞著八塊土地，並假設為其影響的最大範圍。這八塊土地可以代表同一土地所有權人所擁有或是為不同所有權人所擁有，所以影響決策準則的因素可以解釋為土地所有權人受之前交易結果的影響或是受到鄰里效果的影響。我們將土地所有權人之行為模式以下圖三展開式賽局來表示。



圖三 土地所有權人釋出經濟財產權展開式賽局

資料來源：本研究彙整。

白色圓圈為起始點，表示土地所有權人在土地未受任何情況影響下，可以選擇虛線連結的任一白色圓圈開始做決策。最初土地所有權人有任意兩種策略，釋出低價值經濟財產權或是釋出高價值經濟財產權。交易能否成功則取決於其所交易的對象是精明的或是無知的開發者，而土地交易的成功或是失敗將會影響下次或是鄰近未交易成功土地的土地所有權人的決策方式，而會再遇到精明的或是無知的開發者。此時在白圈的土地所有權人其決策則已是受先前或鄰里交易結果影響而做好了決策而產生交易結果。綜合以上所述，本研究模式基本的假設為：

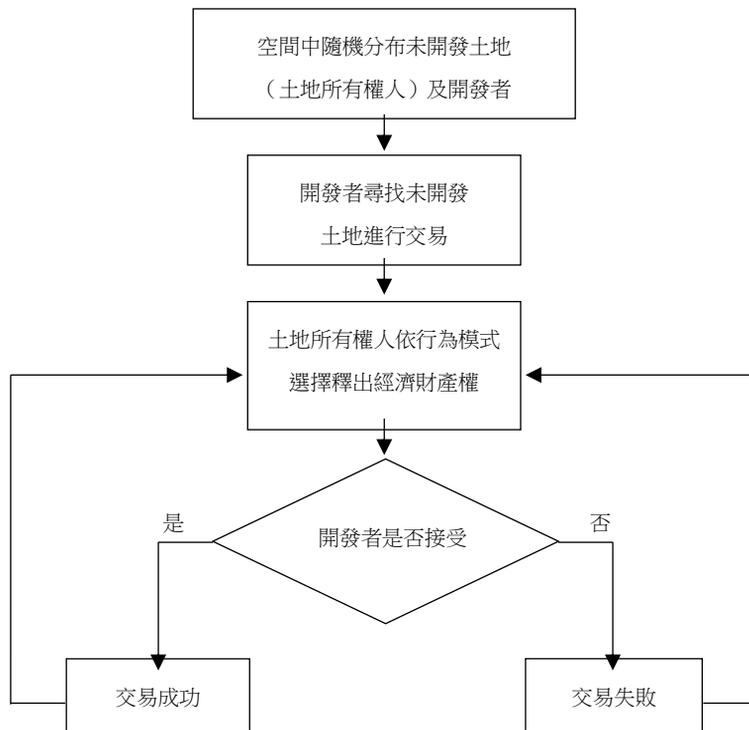
1. 本研究的空間型態為一個二維均質平面，土地擁有為隨機分布方式，捨去過多影響土

地所有權人與開發者做決策的因素，僅做基本現象的觀察。

2. 假設每個土地所有權人行為模式是既定且相同的，即釋出經濟財產權的方式如圖三所示，而不考慮土地所有權人個別因素，例如提出高價值經濟財產權為出於自願或與開發者有特殊關係。
3. 對每個開發者而言，經濟財產權的價值是人際間可比較的，亦即經濟財產權的價值不會因為對某個開發者產生較高的價值或較低的價值，此外每個開發者取得同一種類的經濟財產權所需要的成本是相等的。

四、模擬流程與結果分析

(一) 模擬流程



圖四 動態模擬流程圖

資料來源：本研究彙整。

本研究的模擬流程圖主要如上圖四所示，在此電腦模擬過程中，所有土地的狀態會隨著各個時間點、所有土地所有權人及開發者的互動（賽局）而改變，導致整體的空間分布秩序亦會隨之產生變化。

其中我們對於整體空間秩序的判斷，係根據土地所有權人釋出經濟財產權的形式（高價值、高價值加低價值、低價值）之分布情形計算，藉以觀察整體開發演變型態是否會趨向某一規律性。

(二) 單次模擬過程

依照前述的基本設定與模擬流程安排，本研究建構空間演變模式，並進行單次之模擬實驗，步驟如下：

1. 基本模擬介面設計：空間中各圖像的代表意義如下表四所示。

表四 空間中各圖像解釋

空間個體與區塊 (patch) 類別	解釋
D	精明開發者，不接受低價值經濟財產權開發土地。
D	無知開發者，接受任何一個價值經濟財產權開發土地。
■YELLOW	土地所有權人擁有之未開發土地
■ORANGE	土地所有權人選擇釋出低價值經濟財產權於公共領域中供開發者獲得去進行土地交易。
■RED	土地所有權人選擇釋出高價值經濟財產權於公共領域中供開發者獲得去進行土地交易。
■MAGENTA	土地所有權人釋出低價值經濟財產權加上高價值經濟財產權於公共領域中供開發者獲得以進行土地交易。
■GREEN + 3	土地所有權人釋出低價值經濟財產權於公共領域中而開發者獲得接受且達成交易之土地。
■GREEN	土地所有權人釋出低價值經濟財產權於公共領域中而開發者獲得接受且達成交易之土地。
■GREEN - 3	土地所有權人釋出低價值與高價值經濟財產權於公共領域中而開發者獲得接受且達成交易之土地。

資料來源：本研究彙整。

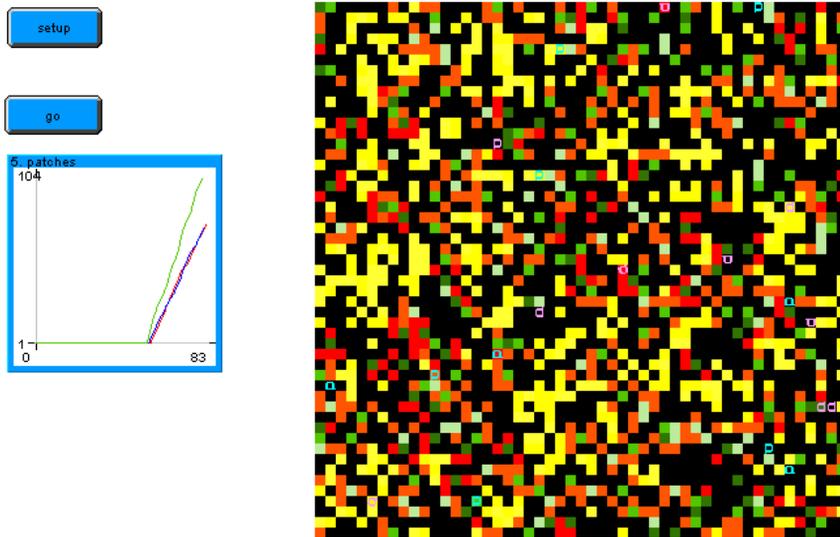
初始狀態：圖五顯示空間中隨機分配有未開發土地由土地所有權人擁有（即表四第三列之YELLOW），而空間中同時隨機分配有開發者，其中淺色為無知開發者（即表四第二列之D），而深色為精明開發者（即表三第一列之D）。



圖五 模擬初始狀態

資料來源：本研究彙整。

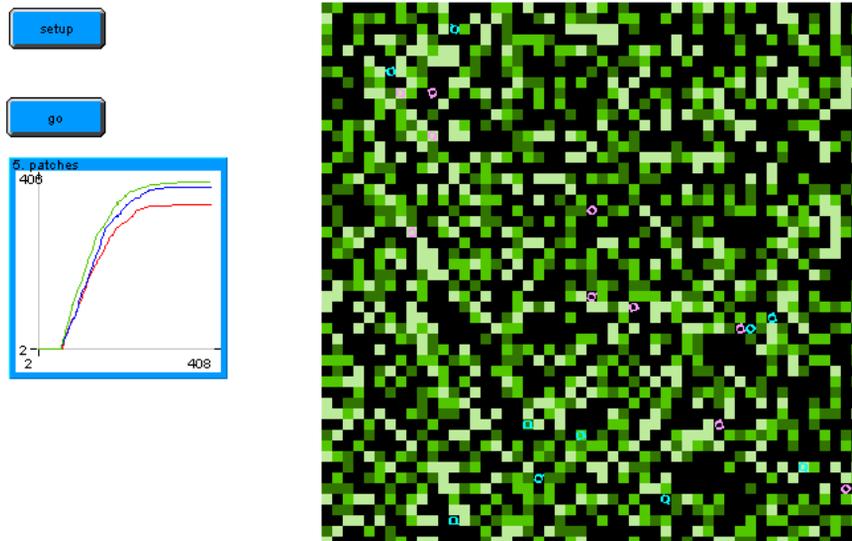
2. 交易開始：土地所有權人之不同經濟財產權流入公共領域供開發者獲得且進行交易，以及周圍土地受到過去交易或鄰里效果的影響所作的決策。



圖六 模擬中間過程狀態

資料來源：本研究彙整。

3. 交易結束：空間中之未開發土地全部透過土地所有權人與開發者的交易行為後，空間型態的呈現反映出三種深淺不一的區塊，即代表表四第七列到第九列不同經濟財產權價值的土地。



圖七 模擬結束狀態

資料來源：本研究彙整。

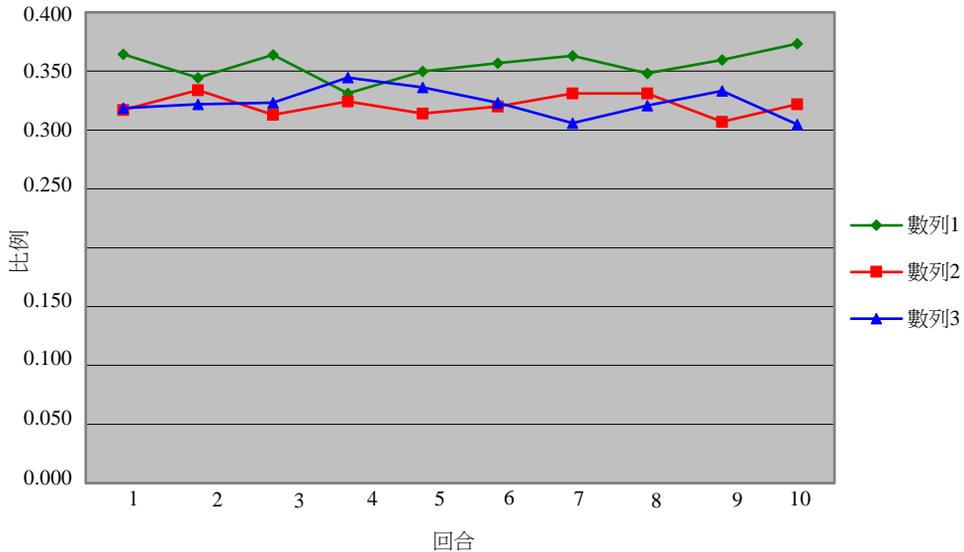
(三) 模擬結果 (十次模擬)

十次電腦模擬的空間未開發土地完成全部交易，其象徵都市持續成長並達到開發幾乎飽和的動態演化過程，而過程中釋出不同經濟財產權的土地數量統計（一塊土地 (patch) 當作單位 1)，及其在空間中所佔的比例，統計如下表五，而分佈比例的變化情形則如圖八所示。

表五 十次空間三種土地型態統計資料

次數	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
經產權										
釋出高價值數列一	414 0.364	398 0.344	428 0.364	394 0.331	410 0.350	426 0.357	432 0.363	408 0.348	410 0.360	436 0.373
釋出高價值加低價值數列二	360 0.317	386 0.334	368 0.313	386 0.324	368 0.314	382 0.331	394 0.331	388 0.331	350 0.307	376 0.322
釋出低價值數列三	360 0.319	372 0.312	380 0.323	410 0.345	394 0.336	386 0.306	364 0.306	376 0.321	380 0.333	356 0.305
總數	1134 1.000	1156 0.990	1176 1.000	1190 1.000	1172 1.000	1194 0.994	1190 1.000	1172 1.000	1140 1.000	1168 1.000

空間釋出經濟財產權比例表



圖八 十個回合 (次數) 空間三種土地型態比例圖

資料來源：本研究彙整。

(四) 結果分析與討論

1. 單次模擬結果

在起始狀態圖五中隨機分布著未開發土地及二十個開發者，十個為精明的開發者，另十個為無知的開發者（本研究進行其它對照實驗結果可知，開發者總數量大小對結果並無太大影響），在給定個體行為模式後進行模擬，過程可由圖六中看出，區塊顏色的變化，分別可代表其互動過程狀態及分布的呈現，其意義可由表四中得知。

在模擬的最初階段，土地交易的成功是由土地所有權人先釋出高價值經濟財產權於公共領域中且不同開發者皆能接受的情形下次數增加最快，而以低經濟財產權價值交易成功的土地也開始增加。而後，土地所有權人會透過每一次過去交易經驗或鄰地交易經驗去修正其決策。由圖六中發現雖然低價值經濟財產權釋出達到交易成功的次數開始增加，但是由於釋出低價值經濟財產權必須面對精明開發者的拒絕交易而必須面對付出高價值加上低價值經濟財產權的代價，導致以更高代價達成交易的土地次數也會一併增加。經過一段開發的過程如圖六所示，以三種不同方式釋出經濟財產權達成交易的土地次數比例差異變動開始縮小，近似一比例關係（以高價值經濟財產權釋出達成土地交易次數佔全部交易成功土地次數接近而大於三分之一，其餘二者各佔全部交易成功土地接近而小於三分之一），而最後達成土地完全交易結束如圖七。由以上分析可知透過互動的過程，其結果正在呈現一個自我組織的動態均衡，並與賴世剛及高宏軒（2001）、賴世剛及陳增隆（2002）進行的都市空間模擬以及 Arthur（1994）進行酒吧人數模擬的結果相類似。

因為本模擬將個體行為模式定為有限理性，個體會進行歸納的方法修正決策，所以推斷個體本身的歸納行為會使空間達到一動態均衡。從圖七便可以發現以不同型態交易成功土地次數以土地所有權人釋出高價值經濟財產權的方式為最多，其次為釋出低價值經濟財產權，最後是釋出更高價值的經濟財產權。換言之，結果中可以顯示，雖然土地所有權人希望只釋出低價值經濟財產權於公共領域中，但礙於開發者也具有接受或不接受的權利，交易過程中仍以釋出高價值經濟財產權可以完成交易成功次數為最多。

2. 十次（十回合）模擬結果

表五為將此模擬重複進行十次模擬後之統計資料，圖八則為十次模擬資料的折線圖，從中我們可以找到兩種結果，（1）除了第四次模擬外，其它九次模擬，土地交易成功次數以土地所有權人釋出高價值經濟財產權而達到交易的次數最多。（2）土地所有權人以三種決策去完成土地交易成功的比例皆集中在一個區段中，比例近似 3：3：3（以高價值經濟財產權釋出達到土地交易成功次數佔全部交易成功土地次數接近而大於三分之一，其餘二者各佔全部交易成功土地接近而小於三分之一）。而這比例代表了若空間中兩種不同的開發者其比例是對等的，土地所有權人是無法從財產權的操弄中獲得太多淨利益。

由上結果我們可以推論，雖然起始狀態是隨機的，表示現實世界開發空間的多樣性，但是由於土地所有權人與開發者本身的既有行為模式下，透過互動之後會產生一定的財產權釋出型態出現，我們可以說空間中的個體透過互動是會達到自我組織的狀態，在這個狀態下，空間的變化是一個趨於穩定的狀態，也可以說這個比例達到了一個均衡。而個體的決策準則會形成空間發展型態的規律性，因為個體的行為模式是有限理性，會透過過去經驗或鄰里效果去進行歸納，我們可

以說具這種性質的行為模式可能是空間達到規律性的因素。

五、結論及建議

空間型態的呈現是取決於個體的互動，所以本研究選擇運用模擬的方法企圖去觀察個體間採用賽局方式的行為模式進行財產權操弄的過程與結果。研究結果發現：

- (一) 在單次與多次（十回合）的模擬實驗中，土地所有權人在三種釋出經濟財產權的決策下，以最不投機的釋出高價值經濟財產權能夠使土地完成成功交易的次數最多，因為高價值經濟財產權為能被不同開發者所接受最基本程度。
- (二) 若空間中兩種不同的開發者其比例是對等的，土地所有權人以三種決策去完成土地交易成功的比例皆集中在一個區段中，土地所有權人是無法從財產權的操弄中獲得太多淨利益。

這也驗證時間變化下個體本身的歸納行為仍會使空間達到一動態均衡，自我組織是通過一定的過程及時間演化而成的固有（robust）現象。倘若自我組織現象普遍存在於都市各種不同的次系統與個體互動中，則說明規劃者應當關注並適應其過程與個體（包括土地所有權人、開發商），適時介入並滾動調整，正如同於湍急的河流中不斷地調整方向，而不適嘗試控制河川（Lai, 2021）。以下分從不同面向提出土地開發過程中，都市規劃原則之建議：

- (一) 應透過規劃技術與手段介入降低交易成本，包括讓土地的經濟財產權價值公開化、透明化、更有利於量測，以持續降低土地開發過程的不確定性及操弄空間，特別是在大數據科技進步下，更有必要消弭不同個體間的資訊不對等情形。
- (二) 透過制度設計與改革降低個體的尋租套利誘因，包括宣導及建立買賣雙方的信任及共識、土地交易稅制改革等，特別當社會經濟環境充斥著投機氛圍。
- (三) 健全土地開發管理制度：包括土地存量的管控與調節機制設計。

本研究無意也不可能模擬土地開發與都市發展的真實演變過程，而是以電腦模擬的演算法嘗試提出對於都市發展的精簡詮釋與理解（Arthur, 2021）。雖然本研究將空間土地同質化，且將土地所有權人的決策簡化成僅為三個及將開發者僅分為兩類，而後仍可擴充此模型的其他相關影響因素，例如擴充土地所有權人釋出經濟財產權的種類至四到五種，空間中土地的異質性（土地價格不同）會影響土地所有權人及開發者的決策、以及開發者與土地所有權人數量比例的變化對整體空間秩序的影響等。使其更符合社會實際狀況。

另外，本研究的結果也顯示，就如同 Krugman（1996）提及自我組織現象時講述到，個體是會透過互動（reaction）及擴散（diffusion）的方式使其所存在的不穩定環境漸趨達到一有序狀態（order from instability）。本研究的模擬結果也遵循這樣一個原則，即個體在經過互動後會產生回饋效果而影響土地開發的型態，而個體行為模式受到有限理性的限制而會產生有借鑒性或鄰里效果使個體運用歸納的方式去作決策，似乎是空間呈現規律性演變的主要因素之一，唯有關於土地的經濟財產權之價值函數如何模擬計算，未來應可進一步探討。

參考文獻

- 王美雅、吳思華，2011，從複雜理論觀點探索創新擴散的動態過程：一個新概念擴散實驗，「科技管理期刊」，16(2)：81-119。
- 李得全、謝一鋒，2019，臺灣都市計劃實施的問題與對策，「都市與計劃」，46(2)：119-146。
- 汪明生、潘昭榮、賴奕志，2017，城市管理複雜系統的治理結構，「都市與計劃」，44(2)：149-169。
- 汪禮國、賴世剛，2008，複雜科學與都市發展理論：回顧與展望，「臺灣公共工程學刊」，4(4)：1-11。
- 林峰田，2006，「國土規劃與土地利用模擬之研究--以台北都會區為例—子計畫二：台北都會區都市發展模式之研究（III）」，臺北：臺灣大學全球變遷研究中心。
- 林榆芝，2010，地主特質對申請都市更新事業計畫影響之賽局分析-以台北市為例，國立臺灣大學建築與城鄉研究所碩士學位論文。
- 邱詩純，2002，百貨公司廣場行人移動自我組織現象之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士學位論文。
- 柯博晟、賴世剛，2013，基於耗散結構觀點的都市發展之探索：模擬、實證及實驗設計，「都市計畫學會聯合年會暨論文研討會（論文摘要集）」，臺南：長榮大學，101-102。
- 張雁涵，2014，都市更新中私地主與實施者協商過程之賽局分析，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士學位論文。
- 張雅惠，2007，高雄市住宅產業自我組織之研究，國立成功大學都市計畫學系碩士學位論文。
- 連玉霞，2011，以賽局理論探討土地合作開發之研究，國立高雄應用科技大學商務經營研究所碩士學位論文。
- 黃仲由、賴世剛，2015，都市發展理論之傳統與過渡趨向生物有機增長的思考方式，「地理學報」，79：31-64。
- 黃國慶、詹士樑、蘇冠臻、王恣懿，2021，臺灣都市階層體系變動趨勢之探討，「都市與計劃」，48(1)：1-26。
- 楊昆、李江榮、崔慶雄、陳秀景，2008，愛滋病傳播的智能體與 GIS 的集成模型研究，「雲南師範大學學報（哲學社會科學版）」，40(4)：14-20。
- 蔡進雄，2011，自我組織、混沌邊緣與新世紀的校長領導，「學校行政」，71：117-131。
- 賴世剛，2010，「透視複雜-臺灣都市社會事件簿」，臺北：詹氏書局。
- 賴世剛，2021，「都市建設邊界對於開發者態度有何影響？」，都市數據派」，https://m.sohu.com/a/444620781_650480/?pvid=000115_3w_a，2021年6月14日下載。
- 賴世剛、王昱智、韓昊英，2012，都市自我組織：制度與空間演變的模擬比較，「地理學報」，67：49-71。
- 賴世剛、汪禮國，2019，城市增長邊界能有效控制都市蔓延嗎？理論解釋與實證分析，「國際城市規劃」，33(1)：56-62。

- 賴世剛、柯博晟，2014，「五都新制與區域發展變遷鎖定效果之研究」，行政院國家科學委員會研究報告，NSC101-2420-H305-004-MY2。
- 賴世剛、高宏軒，2001，都市複雜空間系統自我組織臨界性之初探，「國立臺灣大學建築與城鄉研究學報」，10：31-43。
- 賴世剛、陳增隆，2002，廠商聚集的區域鎖定效果—遞增報酬的模擬觀察，「地理學報」，31：17-34。
- 羅浚杰，2008，以賽局理論探討民間土地整合開發之地主拿翹行為，國立臺北大學不動產與城鄉環境學系碩士學位論文。
- 顧嘉安，2020，以 agent-based model 模擬都市發展複雜時空動態之初探，「都市與計劃」，47(2)：149-172。
- Arthur, W. B., 1994, "Complexity in Economic Theory : Inductive Reasoning and Bounded Rationality", *The American Economic Review*, 84(2): 406-411.
- Arthur, W. B., 2021, "Economics in Nouns and Verbs", *Economics, Cornell University*, 2104.01868.
- Axelrod, R., 1997, "The complexity of cooperation—Agent-Based Models of Competition and Collaboration", New Jersey: Princeton University Press Princeton.
- Barzel, Y., 1989, *Economic analysis of property rights*, Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Barzel, Y., 1997, *Economic Analysis of Property Rights*, 2nd ed, Cambridge: Cambridge University Press.
- Batty, M., 2005, *Cities and complexity: Understanding cities through cellular automata, agent-based models, and fractals*, USA: The MIT Press.
- Batty, M., 2012, "Building a science of cities", *Cities*, 29(Supplement 1): 9-16.
- Briassoulis, H., 2007, "Land-use policy and planning, theorizing, and modeling: lost in translation, found in complexity", *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 35(1): 16-33.
- Chapin F. S., and Kaiser E. J., 1979, "Urban Land Use Planning", St. Champaign: University of Illinois.
- Cristelli M., Batty. M., and Pietronero, L., 2012, "There is More than a Power Law in Zipf", *Scientific Reports*, 2(1): 812.
- Diana T., and Carmen C., 2013, "Why society is a complex problem? A review of Philip Ball's book – Meeting Twenty-first Century Challenges with a New Kind of Science", *Journal of Economic Development, Environment and People*, 2(1): 85-94.
- Dixit A., and Nalebuff B. J., 2010/ 董志強、王爾山、李文霞譯，2016，「思辨賽局：看穿局勢、創造優勢的策略智慧」，臺北：城邦文化。
- Guo D., Ren B., and Wang C., 2008, "Integrated Agent-Based Modeling with GIS for Large Scale Emergency Simulation", *Lecture Notes in Computer Science*, 5370: 618-625.
- Jacobs J., 1961/ 吳鄭重譯，2007，「偉大城市的誕生與衰亡-美國都市街道生活的啟發」，臺北：聯經。
- Kanigel R., 2017/ 林心如譯，2019，「凝視珍·雅各：城市的傾聽者、堅毅的改革力量，影響 20

世紀城市風貌最深遠的人物」，臺北：聯經。

Kreps D. M., 1990/ 鄧方譯，1996，「賽局理論與經濟模型」，臺北：五南出版社。

Krugman, P., 1996, *The Self-organizing Economy*, UK: Blackwell Publishers.

Lai S.K., and Ko, P.C., 2019, "A simulation design for the regional lock-in effect of urbanisation in Taiwan", *Urban Complexity*, 11(1): 1-15.

Lai, S. K., 2021, *Planning within Complex Urban Systems*, London: Routledge.

Longton C.G., 1995, *Artificial Life: An OVERVIEW*, USA: The MIT Press.

Mohamed, R., 2006, "The psychology of residential developers: lessons from behavioral economics and additional explanations for satisficing", *Journal of Planning Education and Research*, 26(1): 28-37.

Schaeffer, P. V., and Hopkins L. D., 1987, "Behavior of land developers: planning and the economics of information", *Environment and Planning A: Economy and Space*, 19(9): 1221-1232.

Wang J.S., Xiong J.H., Yang K., Peng S.Y. and Xu Q., 2010, "Use of GIS and agent-based modeling to simulate the spread of influenza", 2010 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing: IEEE.

Webster, C. J., and Wu F., 1999a, "Regulation, land-use mix, and urban performance. Part 1 : theory", *Environment and Planning A*, 31(8): 1433-1442.

Webster, C. J., and Wu F., 1999b, "Regulation, land-use mix, and urban performance. Part 2 : simulation", *Environment and Planning A*, 31(9): 1529-1545.