

有無空間規劃對變遷中的地景自然保育的影響

Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning

文：Forman, R. T. T. & S. K. Collinge 原著、薛怡珍 譯 / 台灣大學森林學研究所博士生

本文章譯自任教於美國哈佛大學的地景生態學大師Forman教授及其目前任教於美國科羅拉多大學的弟子Collinge博士於1997年發表於《Landscape and Urban Planning》學術期刊的一篇論著〈Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning〉，本文內容以地景生態觀點探討在土地開發過程中，如何掌握地景空間中的三個重要格局來達到對環境保育的目的。這三個重要格局分別是不可或缺的格局（indispensable patterns）、從基質分離出來的聚集格局（aggregate-with-outliers pattern）以及空間格局中的策略點（strategic points）。有關地景生態學的區塊（patch）、廊道（corridor）、基質（matrix）之定義、類型與功能詳見譯者與台灣大學李國忠教授共同發表在《台灣林業》第27卷第4期有關「森林地景生態結構與功能」一文。

「地」係指人類萬物棲息生存的場所，或地面的區域，也就是土地；「景」係指可供玩賞的形色，或係指情況、境遇；「觀」係指意識、看法或景象。若將「landscape」翻譯成「地景」，從字面上看，就是土地的情況、現況，這樣的解釋比較偏向所謂的土地利用（land use）；若翻譯成「景觀」，也就是對於土地的一種看法，而這種看法往往是

個人的主觀性加上專業的客觀性。但不論「landscape」譯為「地景」或「景觀」，它均指土地的外觀，可分為自然地景（或稱為自然景觀）及人文地景（或稱為人文景觀），或介於二者間無數次漸變漸移型的地景；自然地景未受人為改變而改變，人文地景受人為改變而改變。本文並不嘗試於將「landscape」一詞刻意譯為地景或景觀，文中所提及或引用到的「landscape」譯詞，不論是將其翻譯成「地景」或「景觀」，均以被引用者原本之用詞為主。本文雖為譯文，但也加入譯者對地景生態學方法與概念的詮釋及意見。

作者認為人類應該為未來創造一些東西，而不是等著與未來同進。更準確地說，未來是由自然的演替過程和人為干擾所形成的。空間方案的論點由Forman（1995a, b）及Forman and Collinge（1996）所提出，其特點包括不可或缺的格局、從基質分離出來的聚集格局、策略點等三個重要的空間格局：

1)「不可或缺的格局」是為了未得知或為了完成生態利益（ecological benefits）所提供的可行性替選方案的安排或空間格局；這樣的空間格局是無可替代的，如圖1(a)的4種空間格局。



圖1：空間方案主要論點
(引自Forman (1995a)、Forman and Collinge (1996))

1. 圖(a)：不可或缺的格局

4個不可或缺的空間格局，包括：1) 少許大的自然植被區域(近似圖形的深綠色部份)；2) 區域間的連接度；3) 沿著主要河流的植物生長廊道(vegetated corridor)；4) 和透過生態上較低生態價值品質的小區段自然地散布

2. 圖(b)：從基質分離出來的聚集格局

大的大寫字母代表大的區域或地區，如N代表大的自然植被區域、P代表大的放牧地區、C代表大的農耕地區域，小的大寫字母代表小的區域或地區，如n代表小的自然植被區域、c代表小的農耕地區域、p代表小的放牧地區。放牧地間的距離隨著一個大的放牧地區(P)的距離而增加，農耕地(C)的距離也類似放牧地的距離原則，廊道連接大的自然植被區域。

3. 圖(c)：策略點

二個維長地區解釋基地特質是稀有的，這樣的情況僅有在地景中的時候才會出現(如圖(a))，圖形代表為了保護、控制、及/或鄰近的關鍵地位(key positions)，它的功能及作用與地景大小及形狀有關。例如：就外部地區而言，中部的圖形是具有最佳保護作用的關鍵地位和控制該地區的地景，反之任一角落的圖形對接近周邊的地區而言，是具優勢的地位。

2) 相對地，「從基質分離出來的聚集格局」是一個不同土地使用特別有效的空間安排格局，這種空間格局聚集土地使用，還保有自然的廊道及小區域的地景生態元素，透過已開發的地區及因人類活動而從基質分離出來的空間區域，是沿著主要的邊界而分離出來的(如圖1(b))。

3) 最後，「策略點」是生態上重要區位的坐落點(如圖1(c))。雖然空間方案主要格局的這3個概念是明確的，但它的理論還在持續發展中。

空間方案的2個關鍵優點是：1) 可應用於任何地景，從沙漠到森林、農耕地到郊區、靜態的穩定到動態的變遷(Dunn et al.,

1991; Li et al., 1993; Zonneveld and Forman, 1991)；2) 空間方案是直接針對土地規劃及保育的一種方法，特別適用在那些生態調查資料不足的地區。

對廣泛的地景格局及過程而言，空間規劃模式(the spatial-planning model)需要一個簡單的普查(Forman and Collinge, 1996; Forman and Hersperger, 1996)，這可能包括地下水位、主要河流、大型稀有生境(「habitat」用在植物學上，係指生育地；用在動物學上，係指棲息地、棲地、生境)、外觀具高生態多樣性地區、大的物種(以棲息地活動範圍為主的物種或活動範圍更廣的物種)、遷移或流動的主要中心，以及不同人為土地使用的主要地區等之分佈。對局部小範圍的土地使用及小塊自然地的細部調查，如小型稀有生境、水體特質或小範圍的稀有物種及土壤，是很有價值的調查資料；然而，比起等待細部調查結果的漫長時間，人類能夠藉由使用空間方案而採取比較有效率及有效益的行動。

因此，這篇文章所要闡述的目的包括二點：

1) 以圖示說明：如何使用空間方案，去處理從全部是自然植被的地景空間格局轉

換成全部沒有自然植被的土地使用格局。

2) 依據空間規劃開始時，比較自然轉換的總量及質值，看看規劃的手法是否能達到最大作用。

作者利用圖示說明空間方案的規劃方法，使用一個從最初全部是自然植被的地景空間格局到最後轉換成全部沒有自然植被的地景空間格局遽變的案例 (Franklin and Forman, 1987; Wallin et al., 1994)。在這個模式中，農耕地及放牧地取代了原有的自然植被，但格局及結果適用於任何的土地使用類型。作者作了三個假設：

1) 這個地景是由基地中具備較低的生態性價值的地景或區塊所包圍住；

2) 大約30%的土地面積被當作是高生態性的重要區位，例如藉由保護地下水位、稀有生境、主要河流及內部的物種而決定是否具有高生態價值區位；

3) 在一般性普查過程中，界定了高重要性生態區位的六個大的及五個中尺度的地區 (如圖2(a))。重要性極高地區的比例以及大、中區塊確切的數量是用來說明及關聯不重要的部份到模式中。同樣地，詳盡的細部調查在空間方案這個模式中是不需要的。

界定「初次移除 (first removals)」及「最終林分 (last stands)」在地景變遷的每一個階段都是一個關鍵性的進階過程 (Forman and Collinge, 1996)。也就是說，社會大眾至少應該知道生態上重要特徵，最初被移除的自然植被地區，其生態價值為何？是高或低？除此之外，最具價值的生態地區應該被

永久的保護 (Noss and Harris, 1986)。由一般性普查中，儘管某些廊道及小塊自然地也可能被視作是最後林分的部份，最終林分如大區塊及主要河流 (如圖2(a)) 都應該調查到也應該受到保護。當土地轉變開始 (如圖2(b))，大面積的農地 (農耕地及放牧地) 最先被開發當作維持尺度較粗的地景【註1】 (如圖1(b))。而最先移除的部份應該避免是最終林分 (last stand) 的部份 (如圖2(b))，如大區塊及主要河流 (如圖1(a))，和中尺度 (?medium-sized) 的區塊。在農業地區沿著主要河流，以植被為主的廊道被保留著。主要的植被廊道在最大的最終林分之間，基於連接度的功能而被保留著，且小區塊及狹窄的廊道透過農耕地及放牧地被散佈其中 (如圖2(b)及圖2(a))。

圖2(c)說明農用地持續擴張到土地面積的50%，某些自然植被中尺度區塊被轉換到農用地上。但是河流廊道、野生動物廊道和小區塊在農業用地上仍持續保留著。圖2(d)說明從自然植被75%移除過程中，中尺度區塊是必須被去除的 (Forman, 1995a; Forman and Collinge, 1996)。某些大區塊也被移動，僅留下少許的一部分 (如圖1(a)及圖2(d)大圓圈深綠色的部份)。植被廊道連接圖2(d)中的4個大區塊，也維繫著二級河到四級河的濱水帶植被。圖2(e)說明持續移除90%的自然植被意味著最終林分的移除，而大區塊在面積大小上，並不是同時地減少 (Forman, 1995a)。當然，在右邊較低的大區塊是最初被移除的部份，此時應當多加強與野生動物

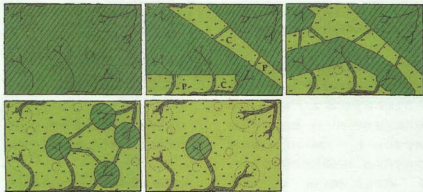
廊道的聯繫。因此，中間的大區塊可被當作一個策略點的功能，它維繫著運輸生態利益到許多地景上。成對的大區塊起初維持著提供足夠的生境給以生境範圍活動更廣的物種，像在區塊間移動的熊及狼，然後這二個區塊會依序地消失，90%到100%的自然植被被移除，在最後被移除的階段中去界定初次移除的階段是比較不清楚的，作者建議初次小塊自然地應該依據河流廊道和最後大區塊而消失。

在這個模式中，所有自然植被從75%到100%被移除時，若所被移除的部份是具高生態價值的區位時（如圖2(a)），那麼我們將不

中，已經有75~90%的自然植被隨意地被移除，轉換成其它用地。因此，以生態觀點考量決定土地轉變的最適序列（Forman, 1995a; Forman and Collinge, 1996）是很重要的！特別是在土地轉變的最後一個階段（如圖2(d)及2(e)）。最後，這樣轉變極大的地景（如圖2）藉由利用空間方案的規劃及保育來說明有無空間方案對空間格局變遷的差異性（圖1）。結果是空間解決將可適用於任何一種地景。

依上述研究內容及概念，作者對空間方案提出三個問題：

1) 空間方案在保育生態多樣性及自然



1. 從圖2(a)全部為自然植被（深綠色的部份）轉變到圖2(c)僅剩10%的自然植被，以及轉變90%的農用地（農耕地及放牧地／淺綠色的部份）。
2. 農業用地的圓圈點表示小的自然植被區塊。為了圖面的清晰，作者省略了小的牧地及耕地（如圖1(b)）。範圍狹窄的廊道如圖1(a)的醒顯和圖1(c)的策略點。
3. 圖2(a)全部為自然植被；圖2(b)有25%的自然植被被移除（如圖1(b)）；圖2(c)50%的自然植被被移除；圖2(d)75%的自然植被被移除；以及圖2(e)90%的自然植被被移除。

圖2：(a)~(e)所有階段土地轉變，以空間方案的方式規劃

會移除最後的高生態價值的區位。在真實世界大部分的地景當中，包括農業及密佈灌叢

的過程中，造成多少生態的差異？

2) 因為規劃常不考慮地景或或區域規模的問題，當空間規劃隨著土地轉變梯度（land transformation gradient）的不同觀點上開始，進行空間規劃能夠決定多少差異？

3) 當空間方案規劃（spatial solution planning）相當重要時，是否有出現轉變梯度的現象？

為了回答這些問題，作者比較了地景變遷的隨機格局（如圖2(a)~圖2(e)）。當然，格局的分佈是無法達到真正的隨機，但這對在整體地景尺度中缺乏規劃，是一個很有用的替代方法。為了維持在隨機及被規劃的假設情境（scenarios）中模擬一地景【註1】，作者計算土地轉變的每一個階段的面積變化，計算農地及放牧地擴張的平均面積（如圖2(b)~圖2(d)），平均的面積成了一個細胞大小（cell size）的網格【註2】。每一個



細胞大小（係指原來的自然植被）都隨機地被選取為轉變的土地使用類型，例如：從原來的自然植被類型轉變為農業使用的土地類型。

當75%的自然植被類型依循隨機變化而轉變為農地及放牧地時，四個大的區塊出現在高生態價值地區的區位（如圖3(a)）。在這個特別的隨機序列中，每一個自然植被連接度的機率是一樣的，同時，河流當中僅有絕少部分被保護，且在農耕地基質中沒有任何自然植被的存在（如圖1(a)）。而且不論土地是隨機變化（如圖2(d)）或藉由空間規劃（如圖3(a)）而轉變，它都會造成地景的連變。與完全隨機序列的土地轉變作一比較，在歷經五次的土地轉變階段後，許多高生態價值地區（大區塊、中區塊、主要河流）因利用空間方案的規劃而被保留下來。

為了解決第二個問題（使用空間規劃會

造成多少差異？），作者使用不同時期的隨機變化來測量格局，並比較4個導致75%的本地植被被移除的地景模擬。這四個模擬的方案分別說明如下：

- 1) 沒有隨機變化（如圖2(d)）；
- 2) 全部隨機變化（如圖3(a)）；
- 3) 初期的50%變化是隨機變化的，之後的依據空間規劃而改變（如圖3(b)）；



1. 圖2(a)表示土地初期75%的轉變，以隨機變化的方式，從6×4網格中18個細胞已被隨機地選擇用來當作植被被隨機移除的格局位置。
2. 圖2(b)土地初期50%的轉變，以隨機變化的方式，接下來的25%土地轉變，以空間方案的方式，在經由隨機選取12個細胞用來當作植被被隨機移除的格局位置之後，使用空間方案另外將最初植被的25%移除。
3. 圖2(c)土地初期25%的轉變，以隨機變化的方式，接下來的50%土地轉變，以空間方案的方式（見圖2的標題）。

圖2：施行空間規劃之前的土地隨機變化的轉變結果（參考圖2(d)描述75%的植被被移除的狀況）

- 4) 初期的25%變化是隨機變化的，之後的依據空間規劃的安排而改變（如圖3(c)）。

高生態價值地區的總量保護在75%轉變的那個階段，加強保護大區塊、連接度、河流廊道，以及小塊自然地的總值，用這樣的方式來比較格局的陣列。

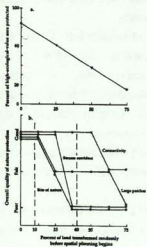
當開始施行空間規劃之前，樣區的土地轉變是以隨機的方式變化，此時，高生態價值保護的總面積是線性的下降（如圖4(a)）。緊接著再開始採用空間規劃，也就是意味著

土地轉變的比例	高生態價值受保護的面積比	自然受保護的總品質			
		連接度	河流廊道	大區塊	小塊自然地
0%	85%	好	好	好	好
25%	60%	好	好	普通	普通
50%	40%	好	差	普通	差
75%	20%	普通	差	差	差

表1：比較土地轉變、高生態價值受保護的面積以及自然受保護的總品質

更多高價值的土地被保護著。無論如何，當空間格局及影響土地保護的質值被考慮時，一個重要的結果出現。在最初0~12.5%隨機

變化的過程中，有無保護土地質值並沒有顯著影響土地的轉變及生態的價值（如圖4(b)）。對大區域、連接度、河流廊道、小塊自然地的四個獨立事件而言，最初低量的隨機變化是為了維持一個好的保護格局（如圖4(b)）。相對地，若最初的隨機變化在25~37.5%之間變化，主要的減少對自然保育而言，是空間格局的質值。大區塊、小塊自然地及河流廊道（在隨機序列中加強連接度）顯著地減少（如圖4(b)）。當隨機變化是50~75%之間的變化，這將會導致土地持續的退化（degradation）。然而，從頭到尾的變化是減少的，對河流廊道、小塊自然地而言，自然保護的格局已經是無用的。因此，作者建議第三個問題的答案如下：依據上述，顯示空間規劃是非常重要的，也就是說，當大約



1. 土地轉變從0%、25%、50%及75%的關鍵點已分別從圖4(d)、圖4(c)、圖4(b)及圖4(a)個別地說明之。比較土地轉變、高生態價值受保護的面積以及自然受保護的總品質說明如表1。
2. 圖4(a)說明保護高生態價值區位的總面積（參見圖2：(a)~(e)所有階段土地轉變，以空間方案的方式規劃）。當土地完全沒有轉變時，約85%的高生態價值區位面積被保護；當土地轉變25%時，約60%的高生態價值區位面積被保護；當土地轉變50%時，約40%的高生態價值區位面積被保護；當土地轉變75%時，約20%的高生態價值區位面積被保護。
3. 圖4(b)說明自然保護全部的質值：好的、普通的、差的保護相對於圖4(d)的內容。曲線反應特別的隨機序列，通常由線應該掉的更快、更低。當土地完全沒有轉變時，連接度、河流廊道、小塊自然地受保護的品質是好的；當土地轉變25%時，連接度及河流廊道受保護的品質是好的，但大區塊及小塊自然地受保護品質是普通的；當土地轉變50%時，連接度受保護的品質仍然是好的，大區塊受保護的品質是普通的，但河流廊道及小塊自然地受保護的品質變差了；當土地轉變75%時，連接度受保護的品質仍然是好的，河流廊道及小塊自然地受保護的品質變差，大區塊受保護的品質也變差了。

圖：自然保育的關鍵與隨機轉變的土地總量有關，結果描述從0%、25%、50%及75%已被移除的植被情況

10~40%的自然植被已經被移除時，空間規劃對自然保育有著極大的影響（圖4(b)）；換言之，此時有無空間規劃的引入，對之後的土地轉變及生態價值的維繫有一定的影響程度。

當然，這是在特殊陳述的假設及限制上模擬的初步分析，舉例來說，參數的增加，如邊緣寬度、有效的廊道寬度、小區塊的分佈和生境質值在一個特別的地景中，能夠適合於物種的需求（Noss and Harris, 1986；Chen et al., 1992；Hansen et al., 1992；Lindenmayer and Nix, 1993；Collinge, 1996）。例如：美國西北太平洋的政府森林用地伐木業已考量空間因子模擬之，並用來評估地景寬度的生態影響（Franklin and Forman, 1987；Hansen et al., 1992；Li et al., 1993；Wallin et al., 1994）。森林變化的速率以6個生態變數研究計算，如風倒木、起火點、火災擴散、物種豐富度、老齡木、狩獵物種的族群等。當變化速率在地景伐木百分比的主軸上，幾乎全部高速率的出現是在最初伐木40%的伐木地上，且沒有任何一個高速率的出現是在最後40%的伐木上（Forman,

1995a）。生態變數在輪伐期中，是遞減的。在輪伐期時，變數嚴重地減退，只有變化甚微。因此，作者建議在砍伐0~40%的森林中，考量空間因子的規劃則變得非常重要。這個案例也界定了以自然保護為目的的大區塊在土地轉變的前15%初期，是特別重要的！

結論是大量研究先驅針對空間方案及使

用的存在進行研究，然而，社會不需在採取有效的行動之前，再必須花太多時間等待群盡調查資料；取而代之的是採用一些簡單格局、原則的空間方案，再結合地景中一般性的簡單調查，對保育自然方面，是具有極高的效率。特別在一個地景中，自然植被初期被移除的40%時，空間方案是特別重要的。在土地規劃、保育、設計、經營管理及政策上，空間方案應該被列為優先考慮的策略/方案。同時在空間方案的落實過程中，應當考慮三個重要的空間格局，包括不可或缺的格局、從基質分離出來的聚集格局以及空間格局中的策略點。

【註1】在此篇文章中，作者將一網格大小的範圍視為一地景的規模大小；網格（grain，或稱粒子、顆粒）：在一組已知的資料中，最小層級的空間解析度；例如對網格資料而言，最細的的粒徑單元就是一個象元的大小（Turner et al., 1989）。

【註2】作者將研究區劃分為 6×4 個細胞大小的網格，這樣的大小相當於該地區地景的規模。

【註3】本文參考文獻詳見Forman, R. T. T. & S. K. Collinge 1997. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. *Landscape and Urban Planning* 37: 129-135. 一文。▲