

生物多樣性製圖之探討

邱祈榮¹、張至善²、邱顯立³

1. 台大森林系助理教授

2. 台大森林系研究助理

3. 台大森林系研究生

【摘要】長久以來，為表現某特定主題在空間上分佈的特性，多應用圖籍製作的方式表達，本文即在探討生物多樣性製圖之相關問題。文中除探討不同多樣性指標與不同空間尺度之關係，並討論生物多樣性製圖時考量之重要項目，如圖籍座標系統、比例尺、主題分類系統、最小製圖單元之考慮項目。最後並提出生物多樣性製圖時應注意事項，做為研擬適當生物多樣性製圖體系之參考。如此，不但能符合日後推動生物多樣性工作之需求，更能符合永續經營利用的要求。

一、前言

長期以來，因人類對環境的破壞與資源的濫用，造成世界性物種的快速滅絕，這不但使現代人類必需面臨生物資源日益劣化與匱乏的窘境，更對未來子孫的生存造成更大的威脅。然而，由於物種種類的龐雜與精確資料的缺乏，此種全球性物種滅絕現象的速率及數量很難加以精確的估計，但根據過去幾十年的研究資料，卻明確顯示局部地區的滅絕率是相當驚人的(金恆鏞等, 1998; Reid, 1992; Wilson, 1992; Trexler, 1991; Jaenike, 1991)。據粗略估計，倘若此種惡化的趨勢再不改善，到了 2050 年，世界上將有四分之一以上的物種消失(林曜松、趙榮台, 1998)，可是物種消失速度之快，委實超乎想像之外。追根究底探討此種生物多樣性消失的原因，可歸為棲息地的切割、劣化與喪失；資源過度利用；土壤、水和大氣污染；全球氣候變化；工業化農業與林業；引進外來種等六項(林曜松、趙榮台, 1998)。若從生物多樣性的內涵來看，基本上可分為遺傳多樣性(genetic diversity)、物種多樣性(species diversity)、生態系多樣性(ecosystem diversity)。其中遺傳與物種多樣性乃為地球之生命演化與適應之所繫，若要遺傳與物種多樣性能持續下去，則非要保育他們所賴以生存的棲地環境不可。因此，維持此種棲地環境的完整與多樣，正是生態系多樣性所著重的方向。所以總括而言，棲地環境或生態系或地景系統(Landscape)多樣性之維持，成為自然保育策略之基本概念或生物多樣性策略之核心概念(金恆鏞等, 1998; WRI *et al.*, 1992)。此種概念反映在實際層面上，直接相關的包括有前述生物多樣性消失原因中棲息地的切割、劣化與喪失與全球氣候變化等原因的相關議題，及就地保護中保護區系統的建立與移地保護的評估等，在在均應從生態系多樣性的角度來探討。

從科學觀點而言，系統論是科學描述構成生物多樣性基本單元的方法，以生物體的分類而言，即是其中用以表示彼此間的自然關係(Scott and Jennings, 1998)。而此種系統的方法論表現在分類體系中，最淺顯且最常用的方式即是階層式的組織(hierarchical organization)。例如，從生物分類的觀點來看，我們透過界、門、綱、目、

科、屬、種的系統構建所謂的分類階層系統 (taxonomic hierarchy)，正是最佳的例證。如果從生物多樣性的角度來看，前述的遺傳、物種、生態系多樣性，不正是另一種階層式組織的概念嗎？事實上，生物無法脫離環境而存在，所以當我們討論生物性的議題時，必須要同時顧及到時間與空間尺度 (Scale) 上的考量，因為生物多樣性受時間與空間尺度的影響演變而來 (周昌弘, 1998)。Levin (1981) 曾表示若想要讓物種多樣性的量測有意義的話，就必須要說明於特定空間尺度下，其對應的生物地理單元 (Biogeographic unit)。

從前面的論述中，我們可以得知我們在討論生物多樣性議題時，我們絕對無法僅僅侷限於生物的範圍打轉而已，相反地，更要擴大考慮到棲地環境的議題，也要顧及在不同時間與空間尺度的影響。長久以來，我們大都透過製圖 (mapping) 的方式來表現空間的資訊 (Miller, 1994 ; Muehrcke and Muehrcke, 1992)。若從圖的用途來說，大致可分為兩大類：參考圖 (Reference Map) 與主題圖 (Thematic Map) (Muehrcke and Muehrcke, 1992)。參考圖為僅僅透過線或符號，儘可能精確地來表現地形地物而已，各物件具有相同重要性，並無特別被強調的。如傳統的航空照片即為最佳實例，照片僅僅忠實地記錄地面上的各項事務，而並未特別地強調某一特定物件。相反地，主題圖則強調某特定主題，表現出該主題在空間上分佈的特性。如林相圖，其主題即在於表達森林在空間分佈的狀況，讓人能瞭解到森林在空間變化的情形。另在生物多樣性方面，某特定種的分佈圖即為主題圖的一種，可讓人很快地瞭解到何處有該種的分佈。事實上，圖除了能表達現有狀態的情形之外，尚可透過多主題或多時期的圖，來進行分析或監測生物多樣性或棲地環境的改變。因此，在『生物多樣性公約』中，第 7 條『查明與監測 (Identification and Monitoring)』中所要求之事項，絕對有賴於主題圖的製作，方能有效地達成要求。在製圖上，同樣地面臨尺度上的問題，在不同尺度的情況下，其所考量的資料精度、製作成本在在均有所不同。本文即嘗試由生物多樣性為主題的製圖觀點切入，探討於大面積區域的情況下，我們應考量的因素有那些，以做為我們日後在生物多樣性議題上的參考。

二、生物多樣性與空間尺度

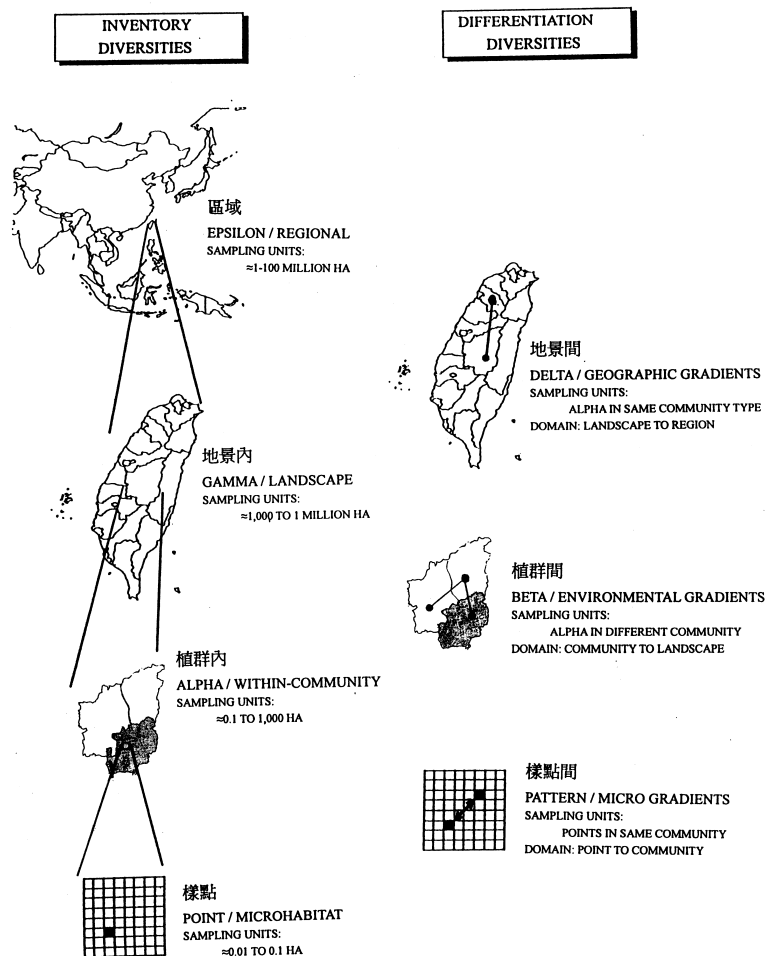
在生物多樣性探討上， H' 、 H'' 與 多樣性指標常被用來探討棲地內、棲地間與地區內的物種多樣性的探討 (Whittaker, 1960; Whittaker, 1977)。事實上，這些多樣性指標可以從空間的觀點來加以區隔 (表一)。

表一、不同多樣性指標與空間之關係 (Stoms and Estes, 1993)

Inventory diversities	Differentiation diversities
1. Point diversity A small, or microhabitat, sample of species diversities from within an alpha unit. Generally 10 to 100 m ² .	
	2. Pattern diversity The change in species diversity between points within a community.
3. Alpha diversity A single within-habitat measure of internal pattern. Generally 0.1 to 1,000 ha.	
	4. Beta diversity The change in species diversity among different communities of a landscape; an index of between-habitat diversity.

<p>5. Gamma diversity The species diversity of a landscape made up of more than one kind of nature community. Generally, 1,000 to 1,000,000 ha.</p>	
	<p>6. Delta diversity The change in species diversity between landscapes along major climatic or physiographic gradients.</p>
<p>7. Epsilon diversity The species diversity of a broad region of differing landscape. Generally 1,000,000 to 1000,000,000 ha.</p>	

從表一中，我們可明確地瞭解到，不同的多樣性指標解釋不同空間尺度的多樣性特性。由最基本的樣區多樣性直到大區域的多樣性，各個空間尺度上均有不同的多樣性指標來加以說明。另外，就多樣性指標來說，有些是屬於直接應用調查所得分析出來的的多樣性指標，稱為調查性多樣性指標 (inventory diversity)，有的則比較同空間尺度的資料得出的多樣性指標，稱為分化性多樣性指標 (differentiation diversity)。台灣為例，此種對應的情形可如圖一所示。從圖一我們可以明確地看出，在台灣在亞洲區域內、台灣本島內地景間、地景內、植群間、植群內、樣點間與樣點所對應的各式多樣性指標。經由此種表達，可讓我們對日後在探討不同層級的多樣性指標時，能有較清晰的概念。

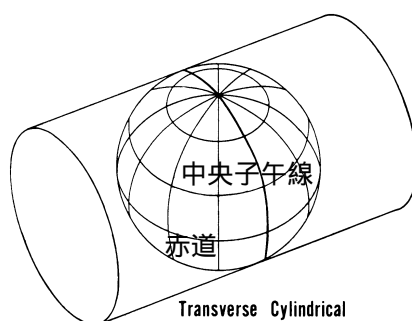


圖一、多樣性指標與空間關係 (修改自 Stoms and Estes, 1993)

三、製圖作業考量要點

(一) 投影系統

由於地球係橢圓球體形，對於最適用於全球來描述地表單點位置的應算是利用球面座標概念的經緯度系統，但由各點構成面，而且又要展繪於平面圖紙上時，則必須進行適當的投影系統轉換。因此對於相當面積範圍的製圖作業首需考慮所採行的投影系統，以決定其圖平面與地球曲面的相對位置。例如，以全球或亞洲為考量範圍時，與以台灣為考量範圍所使用的投影系統必定不同。因此在製圖時應先依製圖範圍選擇適當的投影系統，做為日後作業的主要依據。一般說來，投影系統的目的即在於將原本屬位三度空間的資訊，儘可能不失真地轉換至二度空間上。其投影轉換誤差上的考慮有角度、距離、形狀、方向、面積與連續性的考量 (Snyder, 1987)。目前台灣地區製圖所使用的主要為經差二度分帶的橫麥卡脫投影系統 (Transverse Mercator Projection, TM)，使用該系統之圖籍系統計有內政部出版的二萬五千分之一的經建版地形圖、五千至一萬分之一的相片基本圖及農委會出版之各項主題圖等。所謂 TM 二度分帶的投影方式，係以約略通過台灣中部山區的東經 121° 線為中央子午線，加上左右各再跨一度。即將介於東經 120° 至 122° 範圍內的地區，依 Transverse Mercator 投影原理，投影至平面上。所謂的橫麥卡脫 (TM) 投影，屬圓柱體 (Cylinder) 投影方式之一種，係以中空圓柱體沿所選的中央子午線在赤道與地球相切 (圖二) (Snyder, 1987)。



圖二、橫麥卡脫 (Transverse Mercator) 投影原理

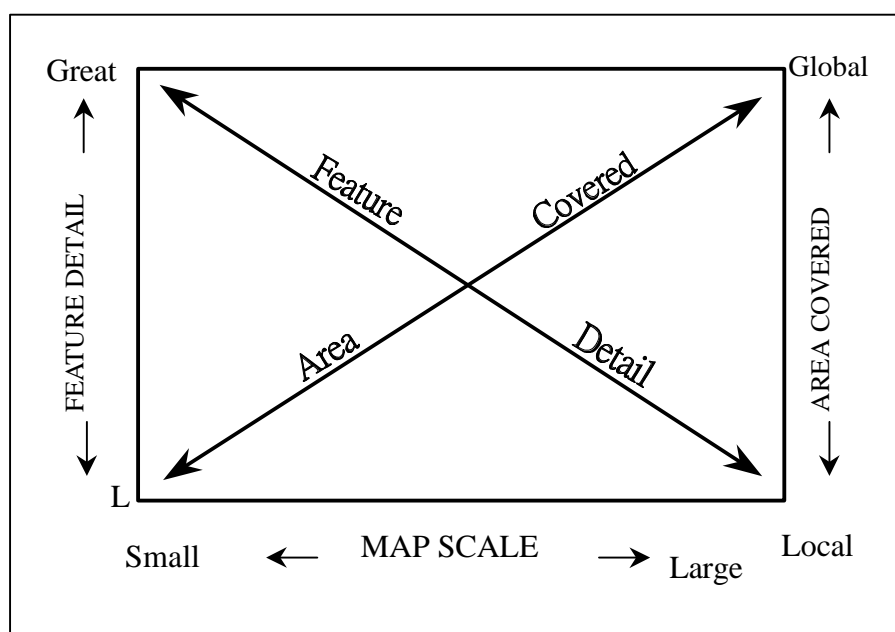
所以，整個投影架構的原點中心在於中央子午線與赤道的交叉點。因此，其 Y 座標於北緯屬正值，於南緯屬負值。至於 X 座標值則為避免負值產生，特將原點中心向西平移若干公尺，以達到 X 座標均為正值之目的。此種投影系統，係以南北向的中央子午線為軸進行投影，較適用於沿南北方向擴展的地區使用，可得較佳的精確度。事實上，橫麥卡脫投影方式，以中央子午線為核心，可向左右跨出不同的經度，形成不同分帶的座標系統。例如，以往常用的軍用小比例尺地圖，其投影即為六度分帶的座標系統。當然，不同的分帶所形成的投影範圍大小不同，而且投影時的曲面與平面的近似差異亦有所不同。一般說來，分帶窄時，所能涵概的範圍小，但其投影的曲面至平面變形差亦會變小，能精確地進行投影，較適用於小區域的製圖，以製圖作業的精確度。這也是為什麼台灣目前在基本圖相關的製圖作業採行橫麥卡脫二度分帶的投影方式，而不採行橫麥卡脫六度分帶的原因之所在。

(二) 比例尺

決定投影系統之後，緊接著要依據製圖作業的目的決定比例尺。比例尺最原始的定義，為圖上距離與地面實際距離的比例關係，但經衍生成包含表現製圖精度、物件

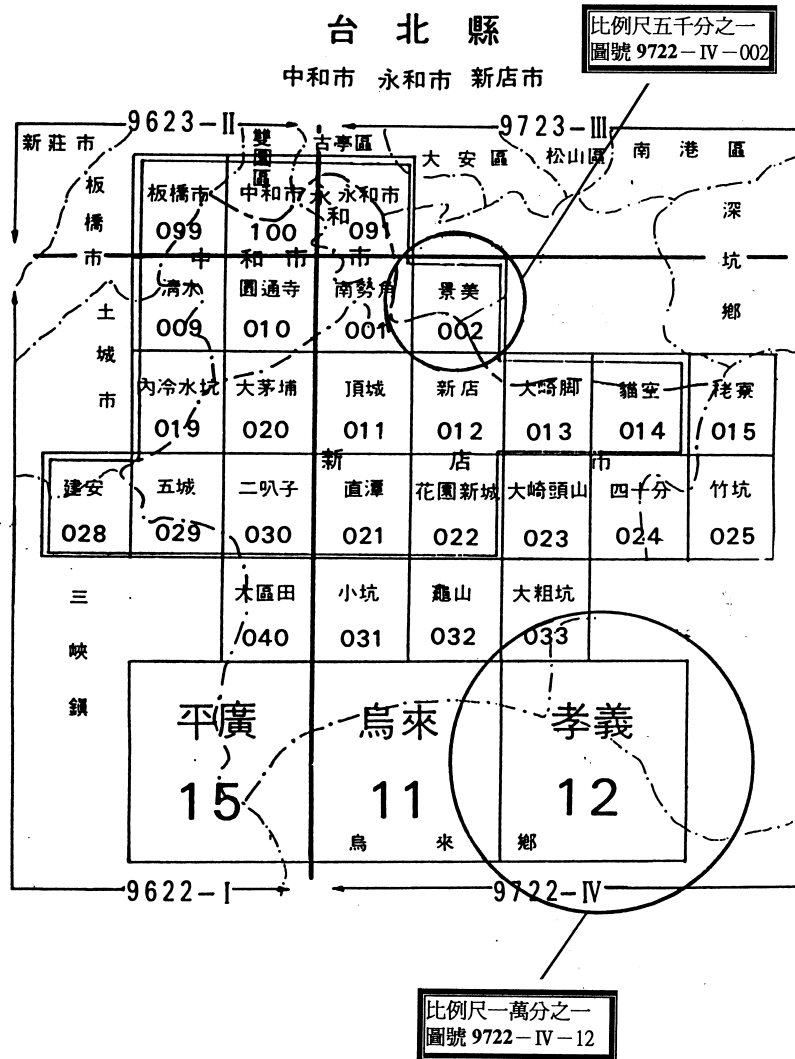
描述程度及圖幅涵蓋範圍的延伸意義。在正常製圖作業上，其作業精度規範係隨比例尺而定，以美國 USGS 製圖局的國家製圖標準為例，其水平精度的要求為比例尺大於 1:20,000 容許誤差為 1/30 英吋，小於 1:20,000 容許誤差為 1/50 英吋。以比例尺 1:24,000 而言，其精度為 40 英呎（約 12.2 公尺）；以比例尺 1:240,000 而言，其精度為 400 英呎（約 122 公尺）。若依臺灣地區基本圖測製管理規則之規定，目前臺灣地區所使用的基本圖系統，其控制點平面移位誤差應小於 0.2 公厘；碎部地物平面移位誤差應小於 0.5 公厘（內政部, 1997）。亦即 1:5000 的基本圖其誤差碎部地物平面移位誤差應小於 2.5 公尺；1:25,000 的地形圖其誤差碎部地物平面移位誤差應小於 12.5 公尺。由此可知，其製圖精度係以圖面固定距離為準，當比例尺變動時，其所對應的精度值當然隨之變動。

至於比例尺與物件描述程度及圖幅涵蓋範圍間的關係，可利用下圖加以說明：



圖三、圖比例尺與物件描述程度及圖幅涵蓋範圍關係 (Muehrcke and Muehrcke, 1992)

上圖中比例尺大指的是其圖上距離與地面實際距離的比值大，亦即其圖上距離所代表的地面實際距離較小；比例尺小指的是其圖上距離與地面實際距離的比值小，亦即其圖上距離所代表的地面實際距離較大。舉例來說，一千分之一圖屬大比例尺，二十五萬分之一圖屬小比例尺。當比例尺增大時，其所表達的物件要比較詳細，惟其單幅圖的涵蓋範圍將趨小(如圖左側部份)；若比例尺趨小時，其所表達的物件可較簡略，惟其單幅圖的涵蓋範圍將擴大(如圖右側部份)。當然，當比例尺增大，圖幅涵蓋範圍縮小時，相對地，同樣面積範圍其所分割的圖幅數目必然增加。以台灣地區目前所使用的 TM 二度分帶像片基本圖系統為例(圖四)，其圖號編碼即依據不同的比例尺來表示(陳念軍, 1995)。



圖四、台灣地區像片基本圖例圖 (林務局農林航空測量所, 1994)

舉例來說，9722-IV-002 係五千分之一的圖號，其前四碼表其十萬分之一的部份，IV為五萬分之一的部份，002 則指五千分之一的部份，所以整個圖號可明確地讓人知道該圖應屬於何處。換言之，在台灣實際製圖作業上，當決定比例尺的同時，其所相對的圖號系統亦可確立，構成整個像片基本圖系統的基本架構。

(三) 主題分類系統

主題資訊為繪製主題圖最主要想表達的資訊，因為透過圖籍表現的方式，不但能凸顯出主題資訊，更能透過圖籍繪製將此資訊與其他資訊進行關聯分析。因此，如何以最有效的方式將所欲表達的主題資訊展現出來，自然成為製圖作業上重要的考量項目之一。

一般而言，在考量主題資訊的表達時，大致可分為主題資訊分類與圖面展示兩部份。主題資訊分類係指主題資訊本身的分類系統，亦即如何來區分不同程度或等級的主題資訊。而此種分類系統就如前所述，常常是以階層式結構來組成。例如，以最常見的土地利用/土地覆蓋的分類系統為例，Anderson 等人 (1975) 曾提出以資料收集工具之不同，配合比例尺的考量，提出適用於遙測資訊的階層式結構的分類系統 (附表一)。另國內內政部對非都市土地利用的區分，共分成 10 大類 (附表二) (內政部，

1997)，其結構亦屬階層式。雖然仍有一些分類系統採用平頭列舉方式或近階層式的方式，但其使用上歸究有其限制，而越來越少被使用。如林務局於第三次台灣森林資源及土地利用調查所用的土地利用型分類系統（附表三）（林務局，1995），即屬近階層式的方式，其編排方式並未有明確的層級概念，但編碼方式卻有近似層級的概念。例如，代碼在 50 以內者屬天然林型、60 至 69 屬竹林、111 至 190 屬人工造林地等等，乍看之下或許可將某些相鄰代碼合併成更高一層的組類，但又有些組類很難歸併，但又比平頭列舉方式好些，因此以近階層式看待之。事實上，一如比例尺隱含空間解析力（Resolution）般，分類層級的粗細直接影響到製圖的主題資訊解析力。以前述的 Anderson 等人的土地利用/土地覆蓋分類系統為例，若僅僅欲區分到分類層級較粗放的層級一（level I），其主題資訊解析力較差，但調查資料或可考慮利用衛星影像資料，以降低製圖成本。反之，若想區分到分類層級較精細的層級三（level III），雖其主題資訊解析力較佳，但若僅利用衛星影像資料的調查方法，精度恐無法達到要求，或許得仰仗於花費較高的航空照片判釋。所以，配合不同的資料收集方式、比例尺所能表現的主題資訊層級其關係如下表所示：（Anderson *et al.*, 1975）

表二、不同分類層級與資料來源關係表（修改自 Anderson *et al.*, 1975）

分類層級	資料來源	製圖比例尺
I	衛星影像資料，如 LANDSAT 資料	分類影像
II	航高 40,000 英尺以上的高空航照	小於 1：80,000
III	航高 10,000 至 40,000 英尺的中空航照	1：20,000 至 1：80,000
IV	航高 10,000 英尺以下的低空航照	大於 20,000

從上表得知，分類層級與製圖比例尺的決定到實際調查的配合，彼此間有密不可分的關係，且在在都與其製圖目標、預算等息息相關。因此，針對各種不同的製圖目的，在製圖之前應已有或規劃其主題資訊分類系統，以減低調查時的茫然與費用。

相對於主題資訊分類系統資料粗細的層級概念，圖面展示部份則著重於讀者對圖籍展示的吸收效果。由於，人類閱圖時，對於所含資訊的判讀有其侷限性，對於過於複雜的圖籍，往往並不能有效地吸收其所欲傳遞的訊息。所以，當同時展示的主題組類過多時，不但造成圖面過於複雜讓人無法有效閱讀，而且對於各組類間邊界界定的問題，存有較大的模糊地帶，很難讓人能明確區分相鄰組類的邊界。反之，當同時展示的主題組類過少時，往往失去原有資料的主題資訊精度，但對於各組類間邊界界定卻能獲得改善。

（四）最小製圖單元（minimum mapping unit）

相較於製圖作業時對空間精度（平面與高程誤差）的明確規範，主題資訊除前述的層級區別外，亦有其空間精度的要求。此種主題資訊空間精度的展現即在於製圖過程中，對最小製圖單元的規範。最小製圖單元為主題圖製作過程中，針對該主題之表達所訂定的最小單元面積大小。若某小區域，其面積小於最小單元面積，則不應成為獨立單元，而應與鄰近的主題單元合併。例如，在集水區邊界劃定時，若要求最小集水區面積應大於 5 平方公里時。最後所產生的所有集水區，其面積均應大於 5 平方公里。事實上，在實際作業時，應對不同主題有不同之要求，可能在同一張圖上，針對不同主題情況而有不同的最小製圖單元，形成多個最小製圖單元的情形。例如，第三次台灣森林資源與土地利用調查時，其對林型圖之描繪過程中，對不同土地利用型之

區分與描繪，其最小描繪面積定為森林地 16 公頃，非森林地為 4 公頃(林務局, 1995)。此種最小描繪面積亦即所謂的最小製圖單元，所以在其土地利用型圖上至少有此兩種最小製圖單元。另隨著製圖資料來源的多元化，有些圖籍可能利用衛星影像或其他網格式的資料來製作。因此，對於最小製圖單元的規範，可能直接以該資料的空間解析力為準。例如，美國 GAP (Gap Analysis Program) 計畫 (Scott and Jennings, 1997)，若以 LANDSAT TM 資料為主時，直接以 30 公尺見方的區域為其最小製圖單元。

四、生物多樣性製圖要點

依前述在製圖考量的各種說明，以下僅針對未來於生物多樣性製圖時，應注意事項提出數點建言以供參考：

(一) 確定圖籍座標系統

如前所述，在台灣地區區域使用的圖籍，若依 TM 二度分帶投影方式，其整個製圖作業體系已經建立完成。所以，近年來在台灣地區區域性使用的座標系統已逐漸趨於一致。但若所製之圖要與其他地區（如東亞地區）使用時，則其座標系統自應有不同的考量。所以，在生物多樣性相關製圖作業時，應針對該項圖籍使用目標之不同，選用適當的座標系統，做為製圖作業的依據。當然，現在的製圖作業已進入數位化時代，不同座標系統彼此間可相互轉換，但為避免對作業造成困擾，仍應在製圖作業之初即應確定圖籍使用的座標系統。

(二) 針對主題確定比例尺

圖籍比例尺不但影響製圖時精度的要求，更影響到日後使用的價值。當然，在圖籍的使用要求上，每個人都希望圖的比例尺越大越好，因為大比例尺的圖可概化或簡化至小比例尺，而不致喪失太多精度；反之，若從小比例尺的圖放大至大比例尺的圖，其精度則很難達到要求。但從製圖成本的觀點來看，小比例尺圖空間及主題精度要求均較低，其製圖成本較低。反之，大比例尺圖成本相對較高。因此，如何針對使用的目標，衡量合理的預算成本，擬定出適當的圖籍比例尺，是製圖作業的重要先決條件。

(三) 建立整合式地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS)

前述已提到現代製圖作業已進入數位式製圖的時代，所有製圖產生的相關圖層均能透過電腦以數位式的儲取、套疊，來進行圖籍繪製及圖層套疊。而目前處理此種圖籍作業及相關資料庫的技術，以地理資訊系統為架構的處理技術最為成熟，不但能有效地進行空間資訊的圖籍管理，並能處理其相關的空間屬性資料。因此，未來在生物多樣性的製圖作業上，應以地理資訊系統方式建立其製圖圖層資料庫，不但可以有效處理製圖相關作業，並可於未來進行進一步分析時使用。

(四) 加強空間分析技術應用

當圖籍資料利用地理資訊系統建成圖籍資料庫時，除可運用地理資訊系統的圖形處理能力來管理圖籍，更可透過地理資訊系統具有的空間分析能力進行相關的分析應用。衡諸以往對於所繪製的各式圖籍，在應用上除供作參考之外，大都缺乏更進一步的應用，而現在，透過此種地理資訊系統空間分析能力的應用，不但可以充分運用繪製的圖籍，更可以提昇圖籍的附加價值，也可以提供我們在探討生物多樣性時更寬廣的視野。

(五) 確定圖籍更新時程

就圖的使用角度來說，它是有壽命的，有時間性的。因此，當製圖作業完成之後，亦即代表成圖時其資訊已是過去式，尤其對大面積的調查工作而言，前後可能歷時好幾載，更增加了圖籍資訊的時效性。所以在一個完整的製圖作業的規劃時。即應考量成圖之後，圖籍更新的時程。在更新方式有日常性的更新及定期性的更新。以往由於製圖作業的限制，幾乎讓日常性的更新很難做到，所以幾乎很少有進行日常性的更新。至於定期性的更新。則是以某個特定時間間隔（如 5 年、10 年）進行更新，例如台灣地區基本圖的修測計畫即屬於此種更新。古語有云「創業惟艱，守成不易」，當圖籍辛辛苦苦完成後，如何持續維繫最新及最正確的資訊呈現在圖籍上，則是我們在生物多樣性製圖上所應面對的。另外，值得一提的是，以往因技術的限制及更新成本的高昂，讓圖籍更新的工作顯得困難重重。如今因地理資訊系統技術的引進及運用，不但可減輕製圖作業的負荷，更能增加圖籍更新的可行性。

五、結論

生物多樣性的工作千頭萬緒，但有其階段性的，有些工作屬於基礎性的工作，有些則屬於較後階段的工作。因此在生物多樣性的工作推展而言，初期的工作項目除基礎的遺傳、物種與生態系調查研究之外，對於其相關的空間資訊的調查與分析工作，亦是應予重視的。事實上，空間資訊與非空間資訊兩者間相輔而成，應互相配合，所以對於展現空間資訊的圖籍製作上，如何針對生物多樣性的特殊應用目的，研擬出適當的製圖體系，不但能更符合日後生物多樣性工作的需求，更能符合永續經營利用的要求。

六、參考文獻

- 內政部 (1997) 地政法令彙編。內政部員工福利委員會。2860頁。
- 金恆鑣、王瑞香、夏禹九 (1998) 生命多樣性與保育政策 - 保留全球的共同資源。生物多樣性前瞻研討會論文集，第34 - 50頁。行政院農業委員會。140 頁。
- 林務局 (1995) 第三次台灣森林資源及土地利用調查。台灣省農林廳林務局。 258頁。
- 林務局農林航空測量所 (1994) 台灣地區相片基本圖出版通報。林務局農林航空測量所。148頁。
- 林曜松、趙榮台 (1998) 維護生物多樣性與促進資源永續利用。生物多樣性 前瞻研討會論文集，第14 - 23頁。行政院農業委員會。140頁。
- 周昌弘 (1998) 生物歧異度之簡介。生物多樣性前瞻研討會論文集， 第55 - 72頁。行政院農業委員會。140頁。
- 陳念軍 (1995) 航照林區圖與基本圖的地理數值特性及其在實務上之應用 (上)。台灣林業 21(4):20-34。
- Anderson, J. R., E. E. Hardy, J. T. Roach and R. E. Witmer (1975) A land use and a land cover classification system for use with remote sensor data. The USGS Professional Paper,

964pp.

- Jaenike, J. (1991) Mass extinction of European fungi. *Trends in Ecology and Evolutionary Biology* 6(6):174-175.
- Levin, S. A. (1981) The problem of pattern and scale in Ecology. *Ecology* 73: 1942-1968.
- Miller, R. I. (1994) Setting the Scene. P.3-15 In R. I. Miller eds. *Mapping the Diversity of Nature*. Chapman & Hall, London. 218pp.
- Muehrcke, P. C. and J. O. Muehrcke (1992) *Map Use - Reading, Analysis, and Interpretation*. JP Publication, Madison. 631pp.
- Reid, W. V. (1992) How many species will there be? In T. Whitmore and J. Sayer, eds. *Tropical Deforestation and Species Extinction*. Chapman and Hall, London.
- Scott, J. M. and M. D. Jennings (1997) A description of the National GAP Analysis Program. The USGS Official Description. 20pp.
- Scott, J. M. and M. D. Jennings (1998) Large-area mapping of biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* Vol. 85, No. 1: 34-47.
- Snyder, J. P. (1987) *Map Projections - A Working Manual*. U.S. Geological Survey Profession Paper; 1395, 383pp.
- Stoms, D. M. and J. E. Estes. (1993) A remote sensing research agenda for mapping and monitoring biodiversity. *Intern. J. of Remote Sensing* 14:1839-1860.
- Trexler, M. C. (1991) *Minding the Carbon Store: Weighing U.S. Forestry Strategies to Slow Global Warming*. World Resources Institute, Washington D. C., USA.
- Wilson, E.O. (1992) *The diversity of life*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Whittaker, R. H. (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30:279-338.
- Whittaker, R. H. (1977) Species diversity in land communities. *Evol. Biol.* 10:1-67.
- WRI, IUCN and UNEP (1992) *Global Biodiversity Strategy: A Policy-maker's Guide*. A report produced in consultation with FAO and UNESCO, 35pp.

附表一、美國地質調查土地利用/土地覆蓋應用遙測資料之分類系統

U.S. Geological Survey Land Use / Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data (Source: Anderson *et al.*, 1976)

Level I	Level II
1 Urban or built-up land	11 Residential
	12 Commercial and services
	13 Industrial
	14 Transportation, communications, and services
	15 Industrial and commercial complexes
	16 Mixed urban or built-up land
	17 Other urban or built-up land
2 Agricultural land	21 Cropland and pasture
	22 Orchards, groves, vineyards, nurseries, and ornamental horticultural areas
	23 Confined feeding operations
	24 Other agricultural land
3 Rangeland	31 Herbaceous rangeland
	32 Shrub and brush rangeland
	33 Mixed rangeland
4 Forest land	41 Deciduous forest land
	42 Evergreen forest land
	43 Mixed forest land
5 Water	51 Streams and canals
	52 Lakes
	53 Reservoirs
	54 Bays and estuaries
6 Wetland	61 Forested wetland
	62 Nonforested wetland
7 Barren land	71 Dry salt flats
	72 Beaches
	73 Sandy areas other than beaches
	74 Bare exposed rocks
	75 Strip mines, quarries, and gravel pits
	76 Transitional areas
	77 Mixed barren land
8 Tundra	81 Shrub and brush tundra
	82 Herbaceous tundra
	83 Bare ground
	84 Mixed tundra
9 Perennial snow and ice	91 Perennial snowfields
	92 Glaciers

附表二、內政部非都市土地利用現況分類代碼表

第I級		第II級		第III級			
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼		
農業用地	0	農作	001	稻作	0011		
				旱作	0012		
				廢耕地	0013		
		林業	002	林業	002	林業	0020
						養殖	0030
						畜牧	0041
						牧場	0042
		農業附帶設施	005	農業附帶設施	0050		
		交通用地	1	機場	101	民用機場	1010
						鐵路	102
專用鐵路線	1022						
捷運鐵路線	1023						
鐵路車站	1024						
鐵路相關設施	1025						
公路	103			國道	1031		
				省道	1032		
				縣道	1033		
				鄉道	1034		
				市區道路	1035		
				其他道路	1036		
				公路車站	1037		
				停車場	1038		
公路相關設施	1039						
港口	104			商港	1041		
				漁港	1042		
				專用港	1043		
水利用地	2			河道	201	河川	2011
		減河	2012				
		運河	2013				
		堤防	2014				
		溝渠	202	溝渠	2020		
		蓄水池	203	水庫	2031		
				湖泊	2032		
				其他蓄水	2033		
		禦潮地	204	禦潮地	2040		

建築用地	3	商業	301	零售批發	3011
				服務業	3012
		住宅	302	一層住宅	3021
				低層住宅	3022
				中層住宅	3023
				高層住宅	3024
		機關團體	303	機關團體	3031
				機關	3032
				團體	3033
		學校	304	托兒所、幼稚園	3041
				小學	3042
				中學	3043
				大專院校	3044
				特種學校	3045
		文教藝術	305	文教藝術館	3050
		衛生醫療	306	醫療院所	3060
		宗教	308	寺廟	3081
				教堂	3082
				宗祠	3083
				其他宗教建築	3084
		公用事業	309	郵政電信	3091
				氣象	3092
				電力	3093
				瓦斯	3094
				自來水	3095
				加油站	3096
				雨水抽水站	3097
				其他公用事業	3098
		環保設施	310	環保設施	3100
		喪葬設施	311	墳墓	3111
				殯儀館、火葬場	3112
		消防安全設施	312	消防安全設施	3120
		興建中	313	興建中	3130
		古蹟	314	古蹟	3140
工業用地	4	工業	401	製造	4010
		工業相關設施	402	工業相關設施	4020
		倉儲	403	倉儲	4030
遊憩用地	5	陸上遊憩設施	501	公園綠地廣場	5011

				體育場所	5012
				動、植物園	5013
				戶外遊樂場	5014
		水岸遊憩設施	502	水域活動場所	5020
		遊憩服務設施	503	遊憩服務設施	5030
鹽業用地	6	鹽田	601	鹽田	6010
		鹽業設施	602	鹽業設施	6020
礦業及土石用地	7	礦業	701	礦場	7011
				礦業設施	7012
		土石	702	土石採取場	7021
				土石設施	7022
軍事用地	8	軍事用地	800	軍事用地	8000
其他用地	9	濕地	901	濕地	9010
		草生地	902	草生地	9020
		裸露地	903	裸露地	9030
		灌木荒地	904	灌木荒地	9040
		災害地	905	災害地	9050
		棄土地	906	棄土地	9060
		空置地	907	未使用地	9071
				人工改變中土地	9072
				測量標	9073

附表三、第三次森林資源調查土地利用型代號對照表

代號	土地利用型	代號	土地利用型
011	冷杉天針	600	灌木林
012	鐵杉天針	611	天然草生地
013	檜木天針	612	箭竹地
014	松類天針	613	牧草地
015	雲杉天針	620	茶園
019	其他天針	621	甘蔗地
030	天針闊混	622	蔬菜地
040	天闊純	629	其他旱作地
050	天闊混	631	香蕉園
061	桂竹林	632	鳳梨園
062	孟宗竹林	633	柑橘園
063	麻竹林	634	桃李梅園
064	蔴竹林	635	蘋果梨水蜜桃園
065	綠竹林	636	檳榔園
069	其他竹林	639	其他果園
070	天竹針混	640	其他墾地
080	天竹闊混	650	伐木跡地
090	天竹針闊混	700	道路
111	檜木造林	710	建築用地
112	松類造林	720	苗圃用地
113	杉木類造林	730	水田
114	台灣杉造林	740	防火線
115	柳杉造林	750	工礦用地
116	肖楠造林	760	土場用地
119	其他針造林	770	墓地
120	人針混	780	鹽田
130	人針闊混	790	魚塭
141	相思樹造林	800	其他
142	楓香造林	900	裸露地
143	樟樹造林	930	水面
145	台灣欏造林		
146	桐類造林		
149	其他闊造林		
150	人闊混		
161	桂竹造林		
162	孟宗竹造林		
163	麻竹造林		
164	蔴竹造林		
165	綠竹造林		
169	其他竹林		
170	人竹針混		
180	人竹闊混		
190	人竹闊針混		