

地理資訊系統應用於台灣穗花杉 族群變化之研究

Using GIS Technique to Study the Changes
of *Amentotaxus formosana* Population

葉慶龍 陳朝圳 鍾玉龍 范貴珠

Ching-Long Yeh Chaur-Tzuhn Chen Yuh-Lurng Chung Gueih-Ju Fahn

委託單位：台灣省林務局台東林區管理處

研究單位：國立屏東技術學院森林資源技術系



中華民國八十年七月

目 錄

摘要 (Abstract)-----	1
英文摘要 (English Abstract)-----	2
一、前言 (Introduction)-----	3
二、前人研究 (Past Study)-----	5
三、材料與方法 (Materials and Methods)-----	7
四、結果與討論 (Results and Discussion)-----	15
五、結論 (Conclusion)-----	44
六、謝誌 (Acknowledgments)-----	45
七、參考文獻 (Reference)-----	46

圖目錄

圖一：台灣穗花杉自然保留區之地理位置	8
圖二：永久樣區分布圖	10
圖三：整體地勢單元製圖法	13
圖四：環境層級系統觀念示意圖	16
圖五：自然保留區植物族群變化研究資料需求之樹狀結構	17
圖六：空間資料及屬性資料地理關係索引示意圖	19
圖七：台灣穗花杉自然保留區坡度分級分布圖	22
圖八：台灣穗花杉自然保留區坡向分級分布圖	23
圖九：台灣穗花杉自然保留區立體展示圖	23
圖十：根據方位表示之水分梯度級	24
圖十一：台灣穗花杉自然保留區水分梯度分布圖	25
圖十二：以數位地型計算全天光空域之程式流程	26
圖十三：台灣穗花杉自然保留區全天光空域分布圖	28
圖十四：台灣穗花杉自然保留區植被圖	29

圖十五：台灣穗花杉自然保留區樹冠密度圖	-----29
圖十六：立木空間位相資料庫建立之程式流程	-----30
圖十七：台灣穗花杉自然保留區地勢單元圖	-----32
圖十八：立木生育地環境資料庫之建立程式	-----34
圖十九：台灣穗花杉立木空間分布型	-----38
圖二十：台灣穗花杉立木分布之時間變化	-----39
圖二十一：台灣穗花杉之族群結構	-----41
圖二十二：台灣穗花杉族群之生態最適區域	-----43

表目錄

表一：坡度分級統計表	-----	20
表二：坡向分級統計表	-----	21
表三：海拔高分級統計表	-----	21
表四：台灣穗花杉自然保留區環境因子屬性資料	-----	31
表五：台灣穗花杉生育地環境資料庫結構	-----	35
表六：台灣穗花杉生育地環境因子之生態幅度	-----	36
表七：胸徑與胸徑年平均生長量之迴歸式	-----	40
表八：台灣穗花杉胸徑與樹齡關係式	-----	41
表九：台灣穗花杉族群之生態最適界	-----	42

<摘要>(Abstract)

本研究以台灣穗花杉自然保留區為研究範圍，應用地理資訊系統技術，建立以珍貴稀有植物為保護對象之生態環境資料庫，其資料庫設計係以自然資源生態之環境層級系統中之地形因子配合GIS中之數位地型資料推導合成環境指數；資料庫建立係以整體地勢單元製圖法整合各類主題圖資料，並以ARC/INFO建立全區及立木之空間及屬性資料，該資料庫可應用於台灣穗花杉族群之生育地分析、立木空間分布及生長分析，並可推導台灣穗花杉族群於該保留區之生態最適界範圍。

Using GIS Technique to Study the Changes of *Amentotaxus formosana* Population

Ching-Long Yeh Chaur-Tzuhn Chen Yuh-Lurng Chung Gueih-Ju Fahn

Abstract

This paper use natural reserve of *Amentotaxus formosana* as study materials, using GIS technique to set up the site environmental data base for delicacies rare plants as protegee.

We integrated the natural reserve terrain factor of environment hierarchical system and the digital terrain data of GIS to produce the synthetic environment index. The data base of natural reseve use the integrated unit mapping method to reorganize all kinds of base map with ARC/INFO, which should be able to process the habitant analysis, spatial analysis, developmental analysis of *Amentotaxus formosana* population and to estimate the probability of ecological optimum region of *Amentotaxus formosana* population in this natural reserve.

一、前言 (Introduction)

近年來，隨著經濟發展及高度工業化，造成環境急速惡化，加上往後資源開發將有增無減，其結果不但影響人類之生存環境，甚至造成生態系原有龐雜物種之逐漸消失，進而破壞生態系之正常運作。因此藉著自然資源保護區之設置，以保存特殊地形、地質、生態系及珍貴稀有動植物之繁衍，為國內外積極進行之工作。

自然保護區之管理，除消極的維護保護區資源不遭受破壞外，更應積極的掌握保護區生態系的各項資訊，以提供研究、教育之場所。保護區無論是消極的管理措施或是積極的經營策略，皆需先掌握保護區的基本資料。

傳統上林業資料之處理係以一般數學及統計方式計算，然此靜態性的數字，卻無法提供動態且多樣化的資訊與圖形資料，而地理資訊系統 (GIS) 是一種整合性的資訊管理系統，它結合了地理資料、電腦繪圖、資料庫等技術，在林業經營上可提供即時性的資訊，且可滿足不同使用與分析目的之資訊需求，為森林經營決策最佳之資訊整合工具。

本研究係以台灣穗花杉自然保留區為例，探討如何應用地理資訊系統技術，整合區域性之生態環境及立木個體之空間及屬性資料，並嘗試利用所建立之資訊系統，分析地理空間因子與台灣穗花杉族群變化之關係，其研究結果可供為保護區珍稀物種資訊系統建立之參考，並提供保護區環境監測及經營管理決策之應用模式。

二、前人研究 (Past Study)

(一)、台灣穗花杉之研究

台灣穗花杉 (*Amentotaxus formosana*) 屬紅豆杉科，穗花杉屬，特產於台灣大武山海拔1200-1300m處，為本省特有種，除生育於本自然保留區及鄰近區域外，另於屏東縣里龍山亦曾發現(柳等，1987)，估計其族群僅一千餘株。因瀕臨絕種，行政院農委會及經濟部於75年公告本樹種主要生育地區之大武事業區第39林班為自然保留區，而於77年指定台灣穗花杉為珍貴稀有植物，林務局遂於1989年著手規劃並擬定該自然保留區之經營管理計畫(農委會，1989)。而針對該自然保留區進行研究者僅有植被調查研究(林、邱，1989)，而林務局則著手進行該樹種之每木調查及懸掛號碼牌，以利未來之管理。因自然保留區之經營管理著重於監測，因此自然保留區內之林木個體資訊、地理資訊應加以建立，才能提供最佳的研究環境及有效的經營管理。

(二)、地理資訊系統在自然資源經營上之應用

地理資訊系統 (Geographic information system) 為處理地理空間繁雜資料而設計的一套資訊管理系統，在自然資源經營管理上可提供強有力的資料管理及分析

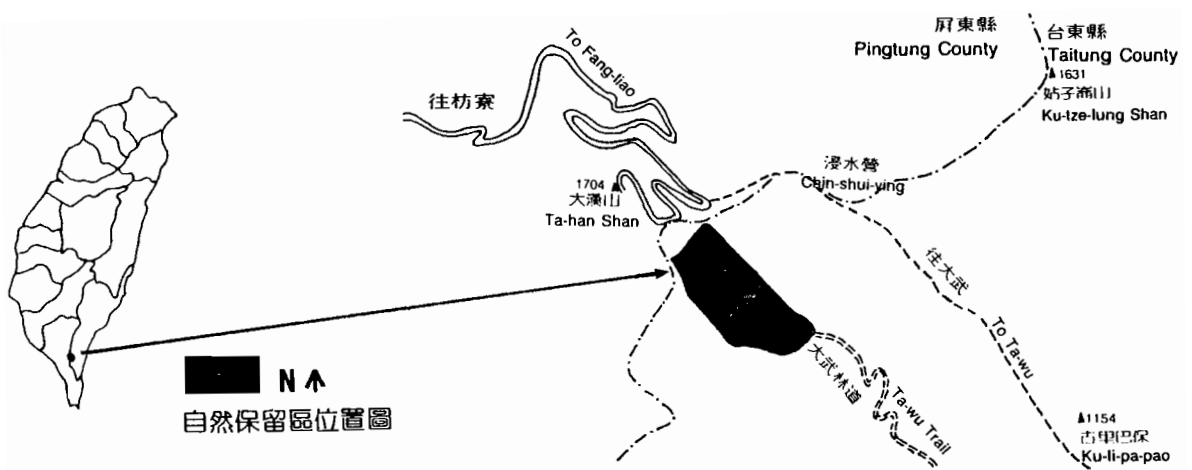
能力，為當前極具潛力的資源經營管理工具 (Covington et al. 1990; Joseph & John. 1981; David, 1988) 。而不管GIS 在營運上之複雜性如何，其主要構成因素應包括資料輸入子系統 (Data input subsystem)、資料儲存與查尋子系統 (Data storage and retrieval subsystem)、資料處理分析子系統 (Data manipulation and analysis subsystem)及資料展示子系統 (Data reporting subsystem) (Duame, 1984)，其中資料處理分析功能中之空間資料處理，如向量及網格資料轉換 (Vector/ Raster conversion)、座標轉換 (Transformation)、面積、週長計算 (Area/ Perimeter calculation)等；空間資料分析如多邊形套疊 (Polygon overlay)及數值地型分析如等高線繪製 (Contouring)、坡度、坡向計算 (Slope/ Aspect calculation)等，為GIS應用於自然資源經營管理分析時最常用之功能 (Dangermond & Derrenbacher, 1982)。國內在近五年來，GIS之發展已由推動期漸漸轉型為實用期，而在技術上則已由資料庫建立期逐漸轉為資料庫應用期 (朱，1990)，而在自然資源經營管理方面之應用已日趨廣泛，包括水庫淤砂量模擬、崩場地之測計與模擬 (廖、伍，1989)、自然景觀資源經營管理 (鄒、張，1990)、坡地資源管理 (廖、伍，1989)及林地分類之應用 (鄒、周，1990)等，但在林木資源方面之應用則甚為缺乏。

三、材料與方法 (Materials and Medthods)

(一)、材料

1. 研究區概況

本研究以台灣穗花杉自然保留區為範圍，地理位置圖如圖一。本區屬大武事業區第39林班，位於台東市西南方90公里處，海拔高度在900~1500公尺之間，面積約86.40公頃，屬茶茶牙賴溪之上游集水區，坡度起伏大；其地質由中新世之砂岩與頁岩所組成，土壤屬棕色森林土；因本區位於本省東南區，氣候上屬夏雨集中型氣候(蘇，1985)，年平均溫度約16℃，一月份平均溫度為10℃，七月平均溫度為20℃，雨季為每年五月~九月，乾季為十月至翌年四月，年降雨量約為2500~3000公厘。區內係以天然闊葉樹為主，其植物社會依海拔高度之不同大略分為三型，包括豬脚楠-長尾栲-昆欄樹型植物社會，黃杞-瓊楠-小西氏楠型植物社會及台灣檜木-假赤楊-日本楨楠型植物社會；台灣穗花杉則集中混生於黃杞-瓊楠-小西氏楠型植物社會(林、邱，1989)。



圖一：台灣穗花杉自然保留區之地理位置

Fig.1: Location of the natural reserve of *Amentotaxus formosana*

2. 軟硬體設備

- (1) 80386-33個人電腦 (80387浮點運算器)
- (2) 數位板
- (3) 繪圖機
- (4) 噴墨式印表機

(5)立體轉繪儀

(6)輻射平面轉繪儀

(7)AUTOCAD

(8)Quick Basic

(9)ARC/INFO(PC)

(10)SPSS/PC⁺

(二)、研究方法

1.生態資料庫之建立

(1)資料庫設計

以自然資源生態之環境層級系統(Hierarchical system of environment)觀念,配合地理資訊系統建立之限制條件,研擬資料庫之樹狀架構(Tree structure),並討論空間資料及屬性資料之連接方式。

(2)資料收集及整理

a.基本圖之選定

以1/10000像片基本圖為基圖

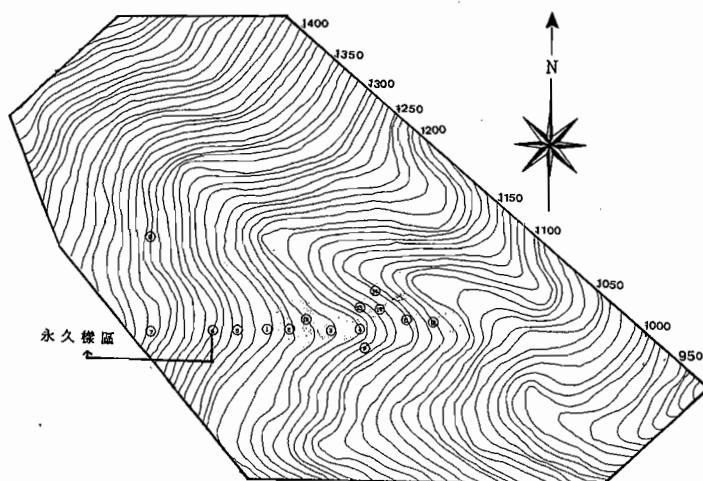
b. 數位地型及局部氣候屬性資料之建立

以自行設計之電腦程式進行數位地型資料庫之建立，資料庫內容包括高程、坡向、坡度。坡向以相對水分指標值轉換為水分梯度值；海拔高及坡度資料應用網格數位地型資料，以自行設計程式計算自然保留區隨機樣點位置之全天光空域值。

c. 地面調查

(a) 永久樣區設定及每木調查

於研究區內依海拔高之不同設置0.01ha之永久樣區15個，樣區分布示如圖二。



圖二：永久樣區分布圖

Fig.2: Location of permanent sample plots

永久樣區設定後，進行每木調查，記錄各株立木之樹種名稱、胸徑、樹高、樹冠幅，並進行地被植生調查。

(b)立木位置測定

以羅盤儀測定自然保留區內所有台灣穗花杉之立木位置，並行編號掛牌及測定各立木之胸徑、樹高及樹冠幅，並以內插法配合數位地型資料，產生立木空間屬性資料庫。

(c)航空照片判釋

利用地面樣區配合航空照片判釋，繪製植群及樹冠密度分布圖。

(3)主題圖轉繪

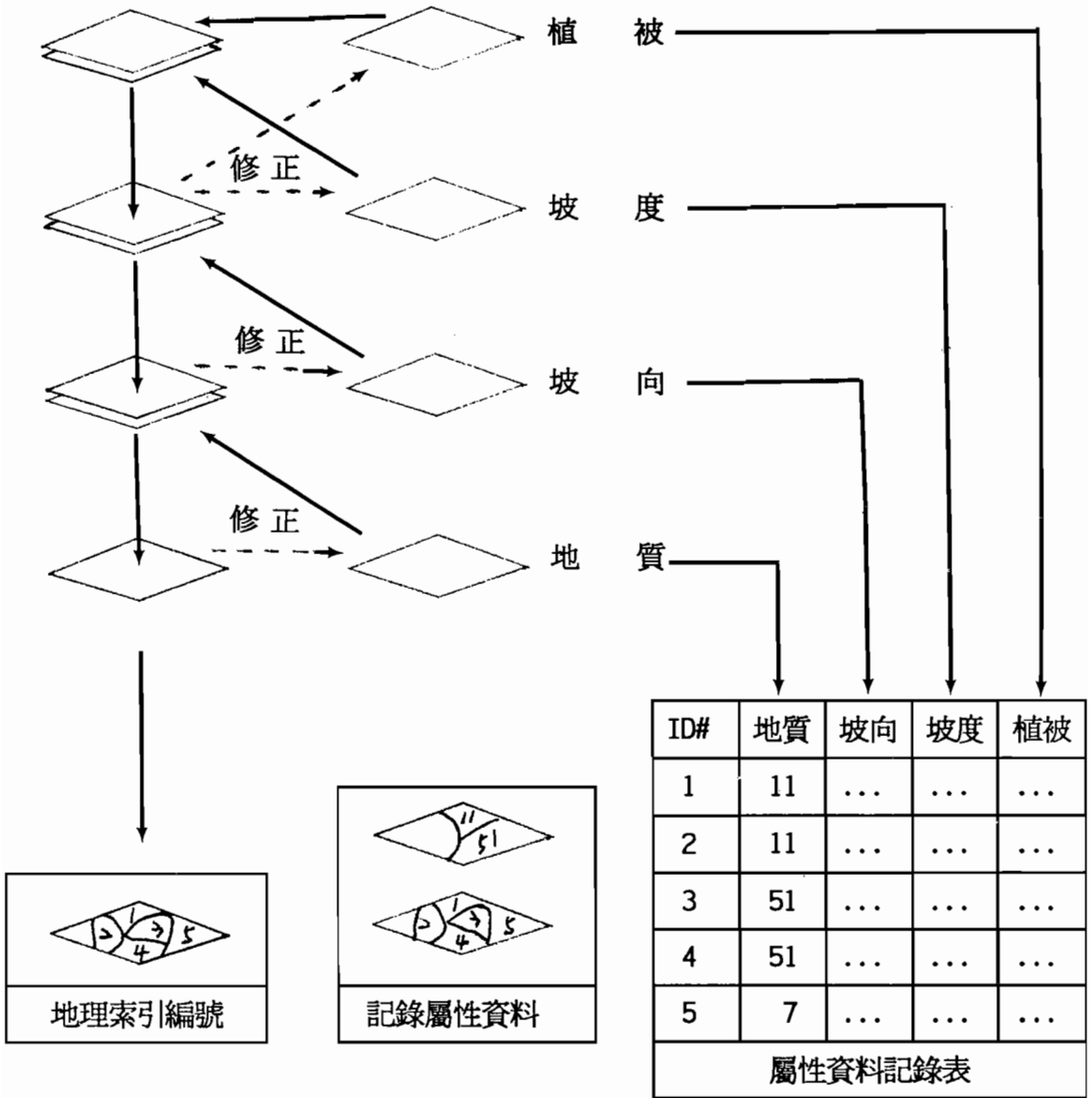
以立體轉繪儀及輻射平面轉繪儀進行各主題圖轉繪與修正，再以數位板配合ARC/INFO數化各類主題圖，並進行座標系轉換使不同來源、比例尺、投影方式之主題圖資料皆以同比例、同座標系儲存。

(4)資料整合及數化

以整體地勢單元製圖法如圖三。利用各類主題圖，

將生態環境上屬於均質之區域劃出，並編列地理索引編號以 ITUM法 (Integrated terrain unit mapping) 記錄地勢單元之屬性資料。整體地勢單元圖以數位板配合 ARC/INFO 進行數化而得空間資料，並加入不同地理索引編號之各類屬性資料，各單元之屬性資料透過地理資料索引編號連接地勢單元之空間資料。

主題圖



圖三：整體地勢單元製圖法 (Dangermond et al., 1982)

Fig.3: Integrated terrain unit mapping (ITUM)
(Dangermond et al., 1982)

2. 地理資訊系統應用於台灣穗花杉之族群變化分析

(1) 生育地分析

將立木空間屬性資料庫配合自然保留區之數位地型資料庫、坡向、坡度網格資料，以自行設計之程式，建立立木生育地環境資料庫，以立木生育地環境資料庫探討台灣穗花杉生育環境之生態幅度。

(2) 立木空間分布變化

利用立木空間位相資料，以胸徑大小表示樹齡之高低，繪製立木位置圖，探討台灣穗花杉族群隨時間不同之變化情形。

(3) 立木生長族群結構分析

利用立木空間屬性資料庫中之兩次不同時間所調查之胸徑資料，計算立木不同胸徑階之平均年生長量並推導其間之關係式。以年平均胸徑生長量與胸徑之關係，計算各直徑階並推導樹齡與胸徑階之關係式，由此關係式求得各株立木之樹齡，並進行族群結構分析。

(4) 族群消長分析

綜合生育地分析與族群結構分析，配合整體地勢單元資料庫，求得族群最適界區域。

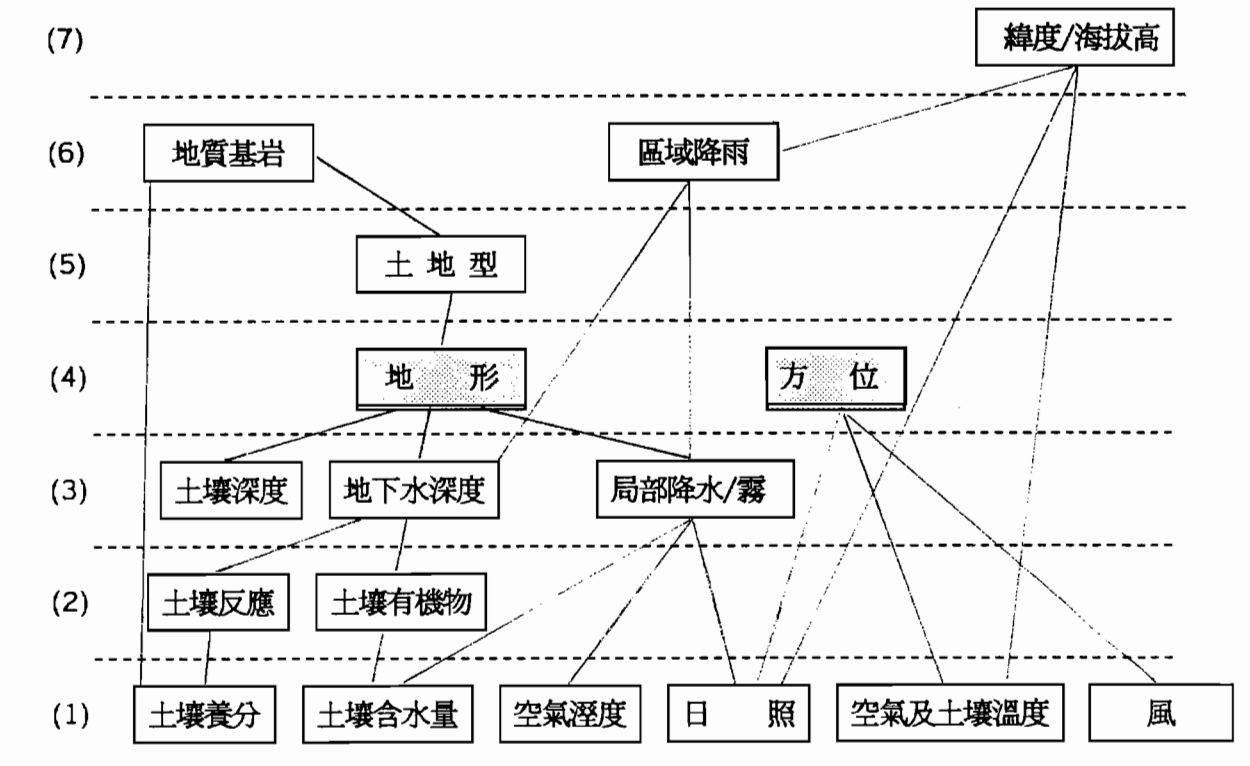
四、結果與討論 (Results and Discussion)

(一)、生態資料庫之建立

1. 資料庫設計

資料庫設計為地理資訊系統最重要的基礎工作，其設計原則必須考慮使用者之需要，配合現有可取得的資料以及現有人力、物力。(孫、朱，1989)。自然保留區中以特殊物種為保護對象時，管理者必須對該物種進行長期的監測，以瞭解該物種族群之變化情形，為達成此目的，管理者所必須間接掌握之資訊應包括族群個體間的結構變化，以及族群與其生態系環境間之關係。

由於環境因子係由許多獨立因子所組成，但各因子間常具有顯著之相關性，且具有系統性的層級觀念 (Hierarchical system of environment)，Kellman 於1982年即綜合若干生態學之研究實例，提出如圖四之陸域生態系之環境層級系統觀念。

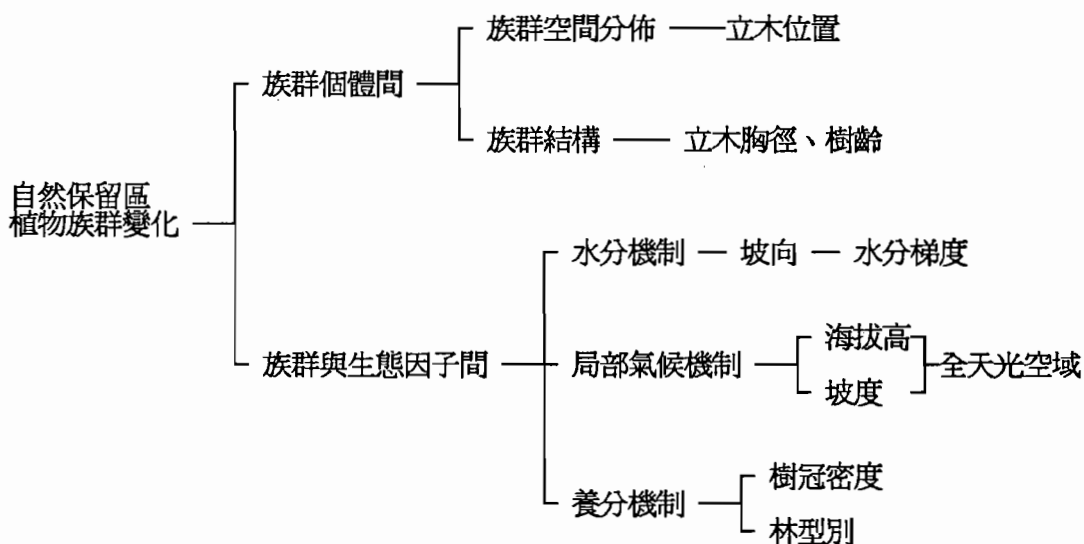


圖四：環境層級系統觀念示意圖 (Kellman, 1982)

Fig.4: Concepts of hierarchical system of environment (Kellman, 1982)

圖四中，地形及方位居於重要的中央層次，可解釋大部分植物分布之地方性變化。因台灣穗花杉保留區屬天然植群，是一群經常共同出現的植物所組成的集團，在相同或相似的生育地一再出現，故吾人對此種植物社會加以分類或辨識，即可尋求植群與環境之關係，而環境因子因具有因子補償 (Factor compensation) 及因子

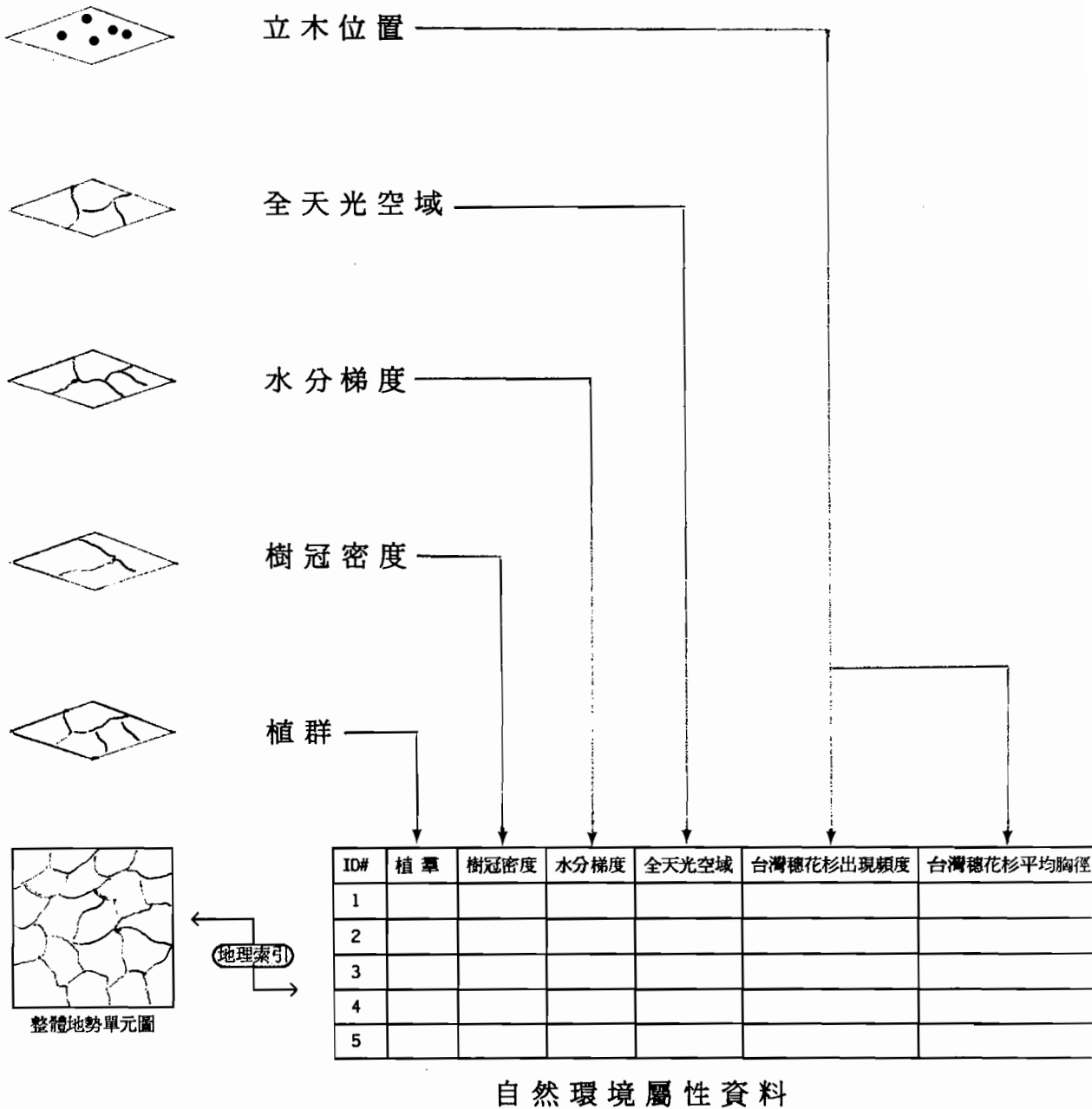
相關 (Factor correlation) 等作用，故 Loucks 於 1962 年即認為應可將環境因子間加以組合，求出代表之指數，此即所謂環境因子之合成效應，其所求之指數即為合成環境指數 (Synthetic environment index)。本研究基於系統性的層級觀念及環境因子之合成效應，再配合 GIS 概念研擬資料庫之樹狀結構 (Tree structure) 如圖五。



圖五：自然保留區植物族群變化研究資料需求之樹狀結構

Fig.5: The tree structure of required for data on the plant population changes in natural reserve

圖五中之資料需求尚需考慮現行資料所能提供之程度。本研究所討論之台灣穗花杉族群，因其目前所存的數量在本保留區僅約四百餘株，其面積僅86.4公頃，地理資訊系統建立時所需資料在精密度考慮原則下，很難應用現行各種主題圖進行資料收集。因此地面永久樣區之設置，並定時收集如圖五所列之各項資料有其必要。而資料庫結構應採用向量式點線(Arc/Node)，藉由電腦軟體來自動建立位相(Topology)資料，並以分層方式儲存。各層資料中之空間資料(點、線、面)及屬性資料應以關聯式透過地理索引(Geographic ID)來連接如圖六。



圖六：空間資料及屬性資料地理關係索引示意圖

Fig.6 : The concept of geographic ID between the spatial data and the attribute data

2. 資料收集及整理

(1) 數位地型 (DTM) 之建立

以 1/1000 像片基本圖為基圖，以自行設計之電腦程式，建立 10×10m 之數位地型資料庫。其結果經統計分析可得不同地勢變化之面積統計表如表一～三。

表一：坡度分級統計表

Tab.1: The statistic table for slope class

坡 度	分 級	百分率	面 積
10%	1	2.5	2.16
10 - 40%	2	24.0	20.74
40 - 70%	3	42.0	36.28
70 -100%	4	28.9	24.97
100 -140%	5	2.5	2.16
140%以上	6	0.1	0.09
合 計		100	86.4公頃

表二：坡向分級統計表

Tab.2: The statistic table for aspect class

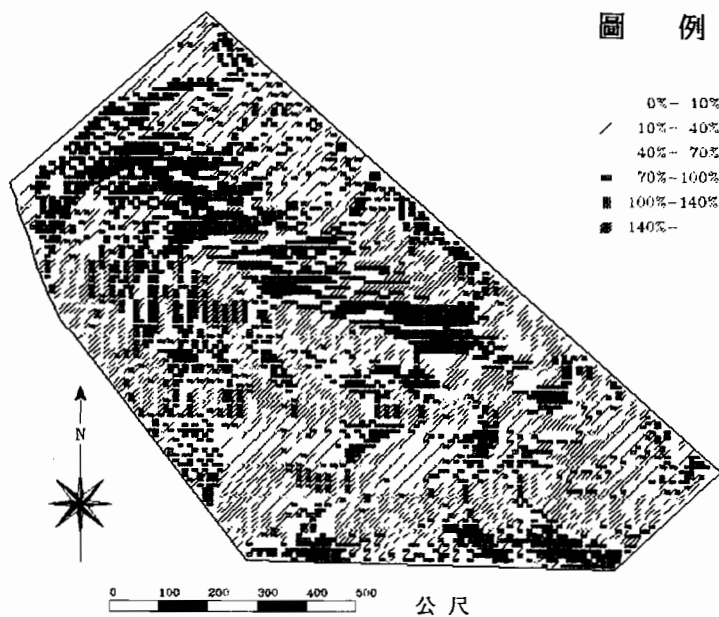
坡 向	分 級	百分率	面 積
東 向	1	22.0	19.01
東 北 向	2	16.5	14.25
北 向	3	2.5	2.16
西 北 向	4	0.2	0.17
西 向	5	0.8	0.69
西 南 向	6	0.9	0.78
南 向	7	18.1	15.64
東 南 向	8	39.0	33.70
合 計		100	86.4公頃

表三：海拔高分級統計表

Tab.3: The statistic table for elevation class

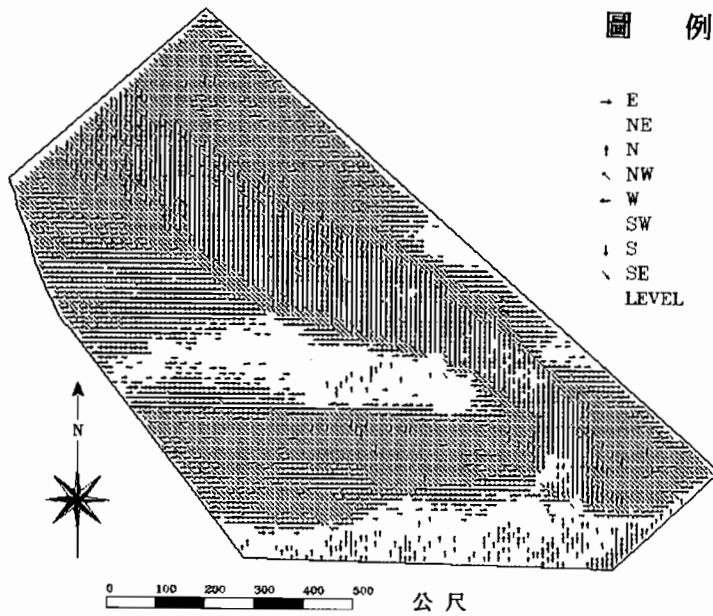
海 拔 高	分 級	百分率	面 積
900-1000	1	6.8	5.88
1000-1100	2	15.0	12.96
1100-1200	3	21.3	18.40
1200-1300	4	22.6	19.53
1300-	5	34.3	29.63
合 計		100	86.4公頃

自然保留區之地形變化可利用數位地型資料庫繪製之，其結果如圖七～九。

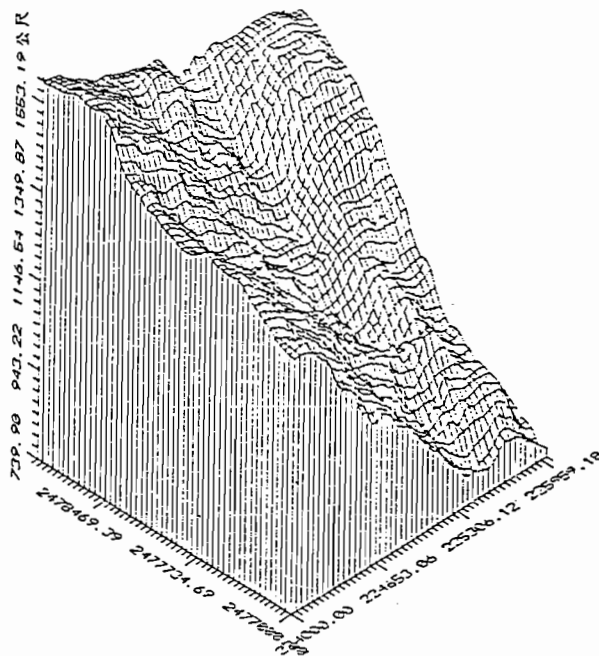


圖七：台灣穗花杉自然保留區坡度分級分布圖

Fig.7: The distribution map of slope class for the natural reserve of *Amentotaxus formosana*

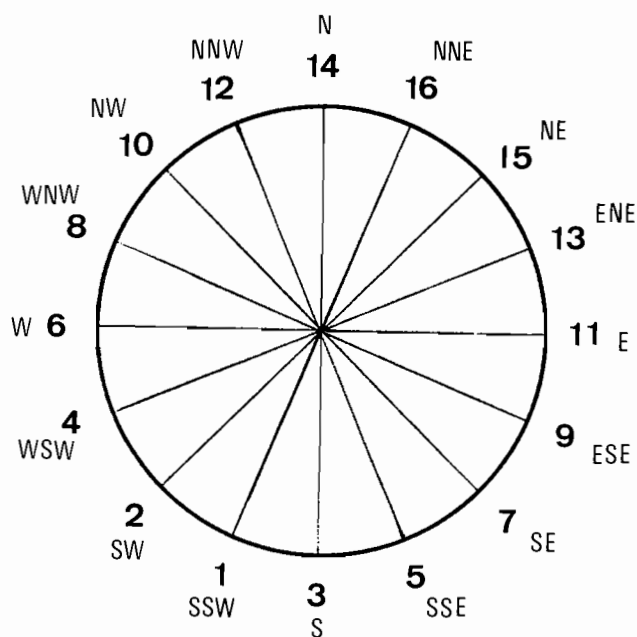


圖八：台灣穗花杉自然保留區坡向分級分布圖
 Fig 8 : The distrubution map of aspect class
 for the natural reserve of
Amentotaxus formosana



圖九：台灣穗花杉自然保留區立體展示圖
 Fig 9 : The 3DV for the natural reserve of
Amentotaxus formosana

數位地型資料中之坡向參數可用來計算水分梯度級 (Moisture gradient class)。而海拔高、坡度參數則可計算全天光空域值，此兩種合成環境指數，可用來表示局部氣候影響因子。水分梯度級係根據方位之相對水分梯度值表示之，如圖十 (Day & Monk, 1974)。



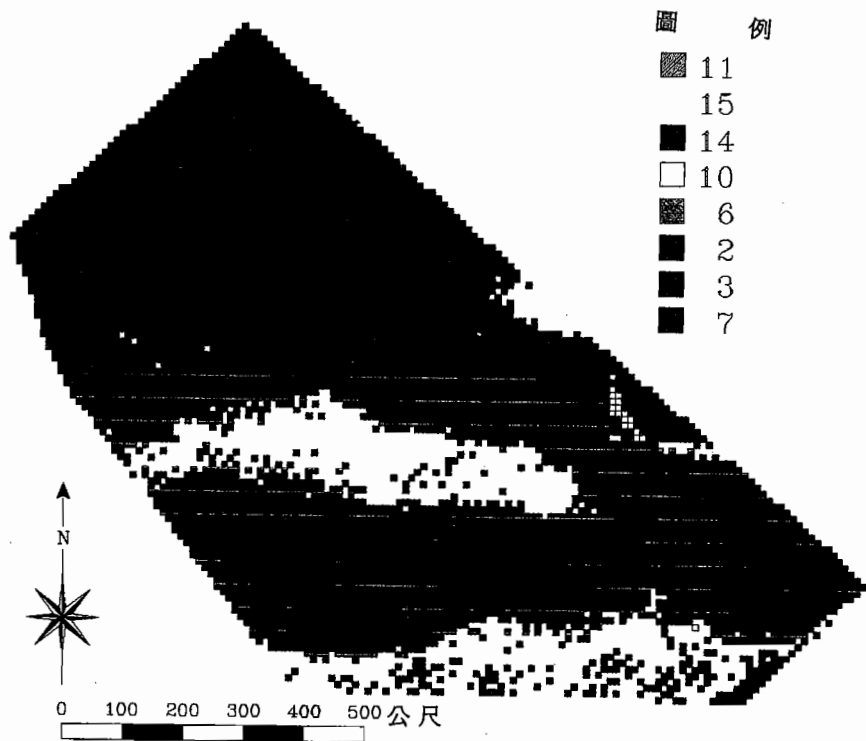
圖十：根據方位表示之水分梯度級 (Day & Monk, 1974)

Fig.10 : The moisture gradient class by aspect (Day & Monk, 1974)

圖十將角度值轉換為效應之相對值，表示不同方位將導致溫度、日照、濕度與土壤水分差異之理念。以北

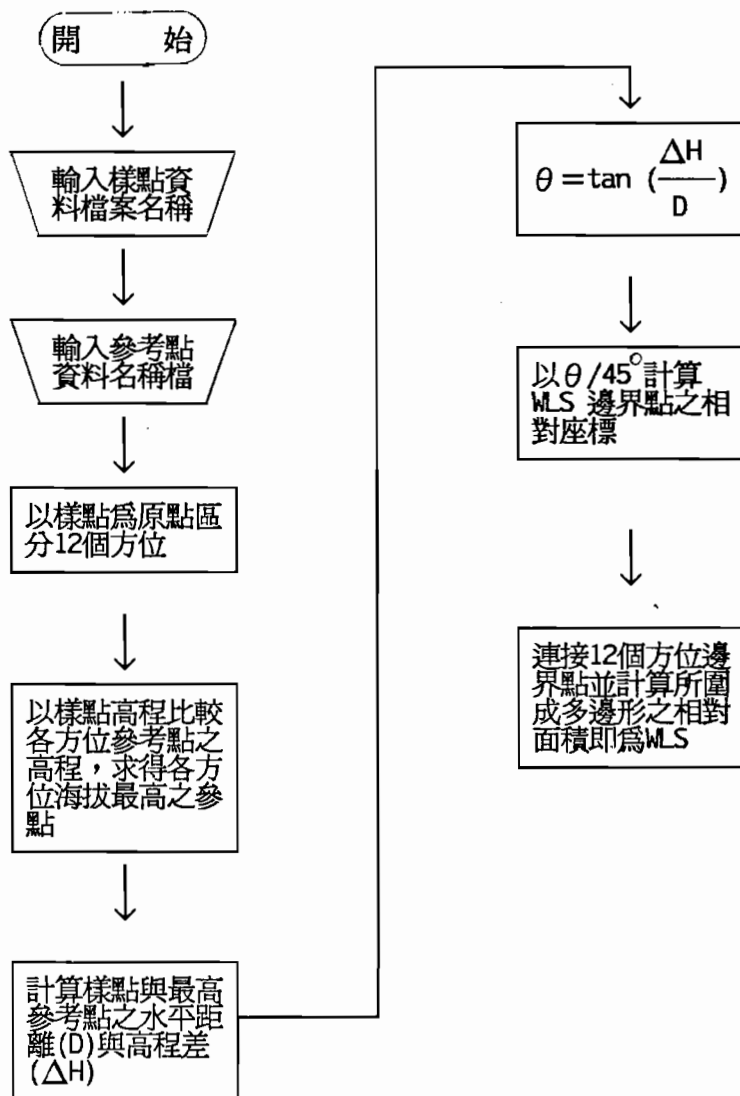
半球而言，西南向最乾燥，東北向最陰濕，故可給予1 (最乾)至16(最濕)之相對值(Day & Monk, 1971)，其水分梯度常以水分機制稱之，實際上水分機制包含了多數局部氣候變數，故其可謂之為局部氣候之合成效應指數。

本研究將坡向資料轉換為水分梯度相對值後，全區之水分梯度分布圖如圖十一。



圖十一：台灣穗花杉自然保留區水分梯度分布圖
Fig.11: The distribution map of moisture gradient class for the natural reserve of *Amentotaxus formosana*

全天光空域 (Whole light sky space, WLS) 之計算係以數位地型資料庫之海拔高資料，配合數位地型之網格資料庫以圖十二之程式求算之。



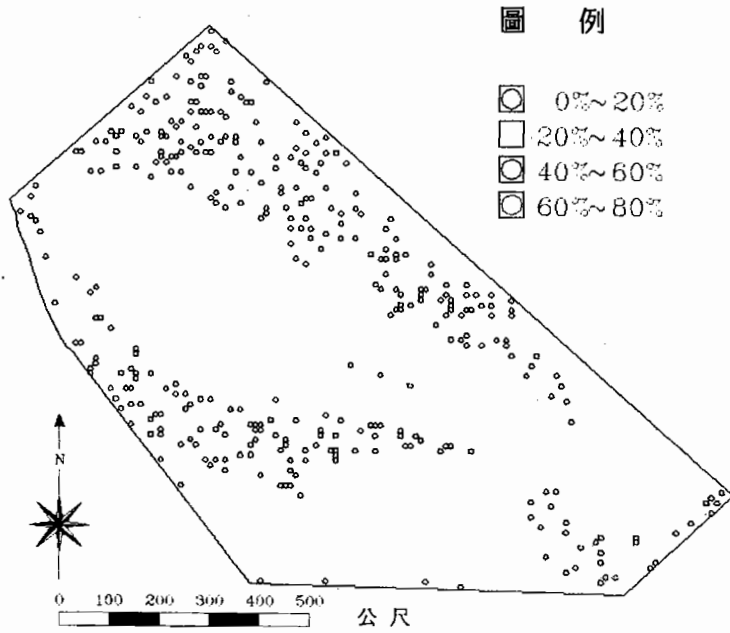
圖十二：以數位地型計算全天光空域之程式流程

Fig.12 : The programming flow chart for computing the whole light sky space (WLS) by DTM

圖十二所計算之全天光空域為太陽輻射量大小之指標，因太陽輻射量為一切生物能量之來源，且控制生育地之大氣候及局部氣候，因此常為生態學者所重視。太陽輻射量大小受緯度、方位及坡度影響，但如研究區涵蓋之緯度差異不大時，區內生育地間之輻射量變化，則可用附近地形、地物之遮蔽率作為長期累積效應之評估。鈴木(1952)曾建議觀察樣區四周之十二個固定方位角，測出遮蔽物之高度角(Altitude angle)，然後以製圖方式求出未受遮蔽之天空範圍大小，以表示輻射量之估值。

以往對於全天光空域之估算必須利用羅盤儀或傾斜儀於林內進行地形觀測，並且僅能以樣區方式估測之，不但效率不高，且準確度亦受林木之遮蔽及測定當時之天氣狀況而有所影響。由於全天光空域之計算過程所用之參數涉及樣點附近各項地形因子，因此，如研究區已建立數位地型資料，則任何地點皆可應用DTM資料以圖十二之程式，迅速且正確的估算所在位置之輻射量大小。

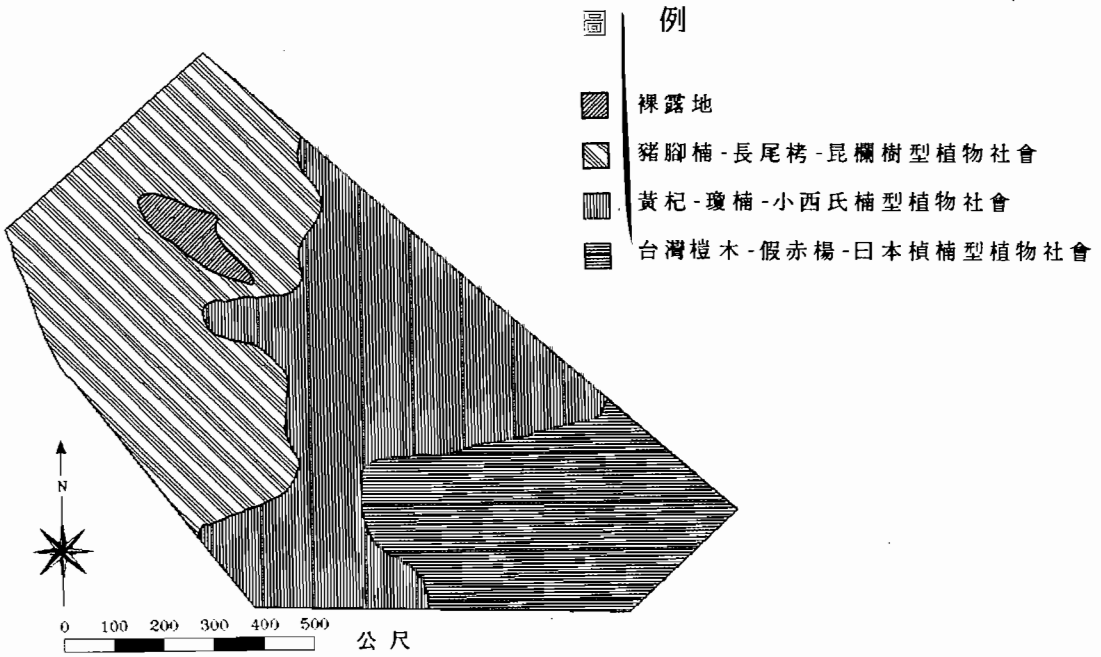
本研究隨機取出保留區內之高程參考點，以圖十二之程式進行全天光空域之比值計算，其結果示如圖十三。



圖十三：台灣穗花杉自然保留區全天光空域分布圖
 Fig.13: The WLS map of the natural reserve of *Amentotaxus formosana*

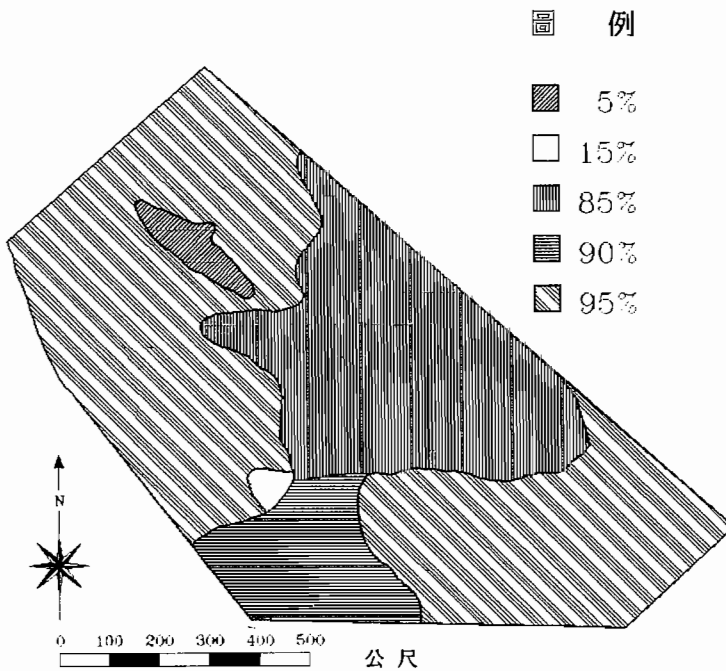
(2) 植被圖與樹冠密度圖製作

植被圖及樹冠密度圖係根據(林、邱)於1989年所設定之60個小樣區之調查分析結果及本研究所設15個永久樣區之分析，並配合79年航測所拍攝之航空照片判釋後，以立體轉繪儀轉繪於1/10000之像片基本圖上，其結果如圖十四、十五。



圖十四：台灣穗花杉自然保留區植被圖

Fig.14: The vegetation map of the natural reserve of *Amentotaxus formosana*

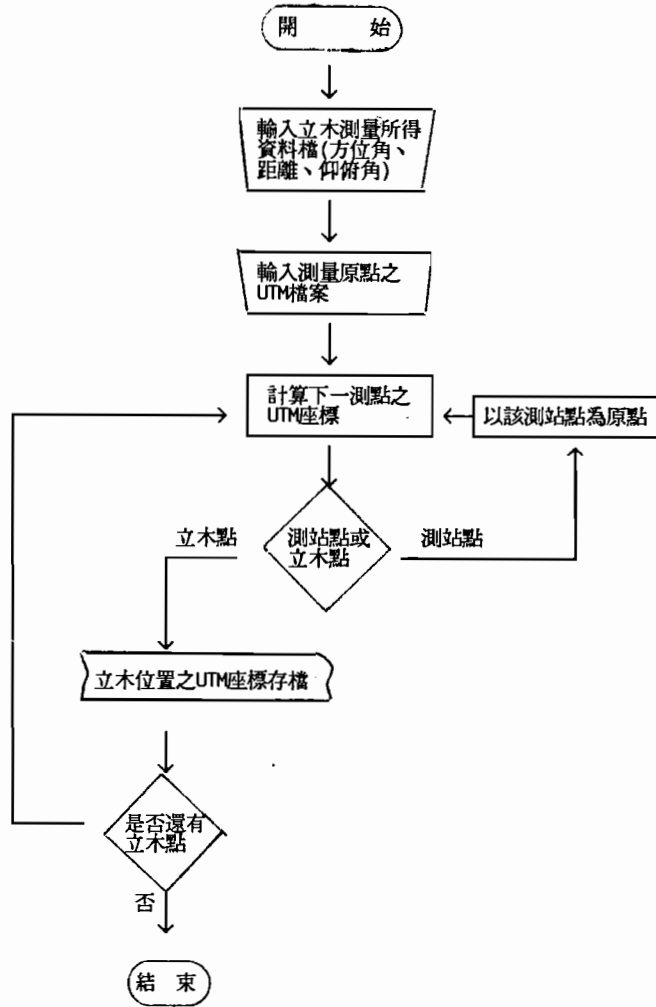


圖十五：台灣穗花杉自然保留區樹冠密度圖

Fig.15: The map of crown density for the natural reserve of *Amentotaxus formosana*

(3) 台灣穗花杉立木空間位相資料庫建立

地面測量所得立木相關位置以圖十六之程式流程，配合數位地形網格資料可得表四之立木空間位相資料庫。



圖十六：立木空間位相資料庫建立之程式流程

Fig.16: The programming flow chart of establishing the topographic data base for tree location

表四：台灣穗花杉自然保留區環境因子屬性資料

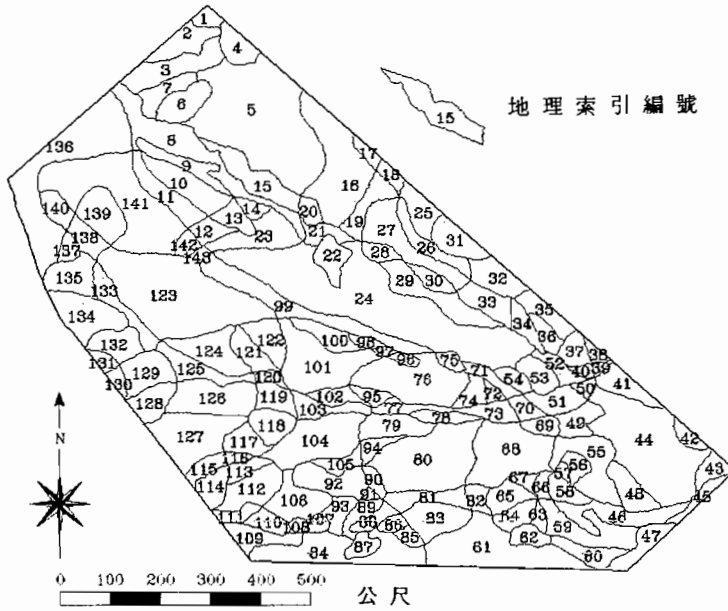
Tab.4: Attribute data of environmental factor for natural reserve of *Amentotaxus formosana*

地理索引號碼	全天光空域	水分梯度	植群類別	樹冠密度	台灣穗花杉 出現頻度	台灣穗花杉 平均胸徑
1	4	11	1	5	0	0
2	4	7	1	5	0	0
3	3	7	1	5	0	0
4	3	11	1	5	0	0
5	3	7	1	5	0	0
6	3	7	1	5	0	0
.
.
.
.
.
.

(4)資料整合及數化

以整體單元製圖法，將水分梯度分布圖、植群分布圖、全天光空域分布圖、樹冠密度分布圖套合而求得均質環境之地勢單元區劃圖如圖十七。

圖例



圖十七：台灣穗花杉自然保留區地勢單元圖

Fig.17: The integrated terrain unit map for natural reserve of *Amentotaxus formonsana*

圖十七之地勢單元區劃圖以人工方式判識每一地勢單元內之屬性資料，包括水分梯度、全天光空域、植群類別、樹冠密度、台灣穗花杉出現頻率、台灣穗花杉平均胸徑等六種屬性資料如表四，並以人工方式由電腦終端機輸入資料庫中。

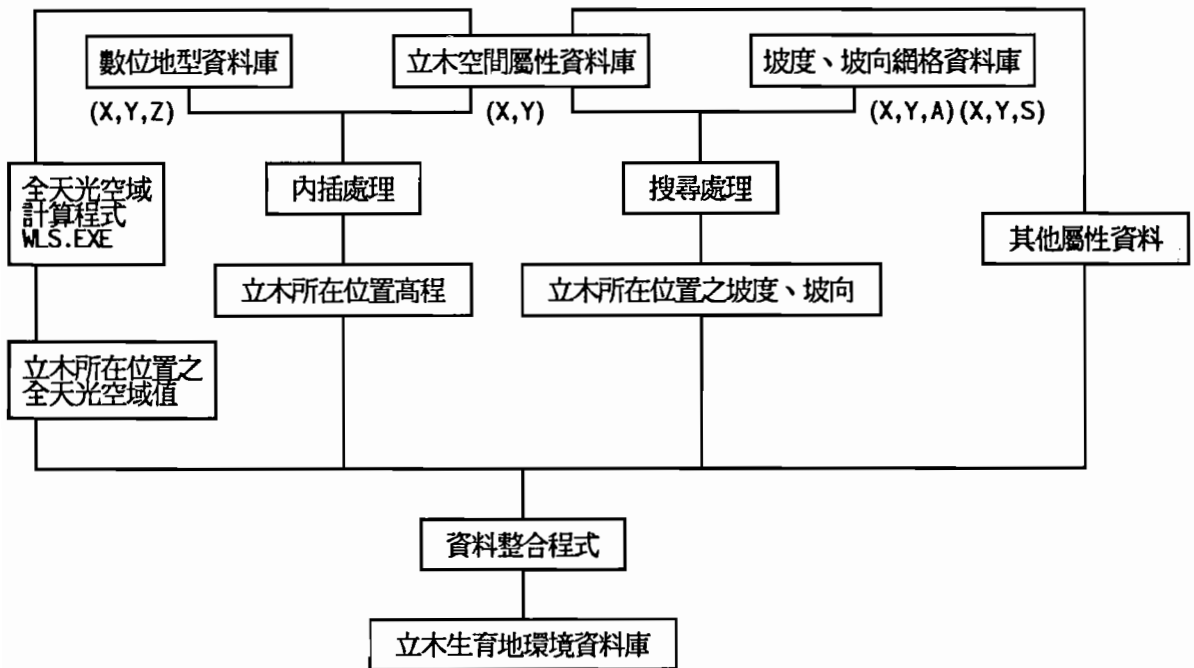
表四中之各項屬性資料整合傳統上有兩種方法，分別為地勢單元製圖法及疊圖法，其因各主題圖常具有高

度的關聯性，且因其各圖之精確度不一致，如用疊圖法常造成細長多邊形誤差，而增加圖形處理的困難性。而地勢單元法是利用航空照片及地形圖，將自然環境均質的區域劃出，此項方法必須依賴判讀者豐富的背景知識，因此其結果常因人而異，美國環境系統研究所為解決上述兩種資料整合法之缺點，發展出來整體地勢單元製圖法 (ITUM)，該法經過數十個計畫採用的結果，被証實是現階段整合自然環境資料的一個理想方法 (孫、朱，1988)。

2. 地理資訊系統應用於台灣穗花杉族群變化研究

(1) 台灣穗花杉族群生育地分析

立木空間屬性資料庫配合自然保留區之數位地型資料庫、坡度、坡向網格資料，以圖十八之資料處理程序，可得如表五之立木生育地環境資料庫。



圖十八：立木生育地環境資料庫之建立程式

Fig.18: The programming flow chart of site environmental data base for tree

表五：台灣穗花杉生育地環境資料庫結構

Tab.5: The structure of site environmental data base for *Amentotaxus formosama*

立木號碼	X-UTM	Y-UTM	海拔高	坡度級	坡向級	水分梯度	全天光空域	胸徑cm	樹高m	樹冠幅m
98	224557.7	2477868	1240.126	2	8	7	.4302938	4.0	3.2	2.0
96	224576.2	2477867	1232.276	3	8	7	.4286609	4.5	6.1	3.5
97	224575.8	2477869	1232.700	3	8	7	.4288940	5.0	7.3	3.0
99	224579.3	2477878	1231.641	4	1	11	.4272140	10.0	8.6	3.0
100	224579.4	2477878	1231.618	4	1	11	.4272719	11.0	4.3	3.5
215	224576.1	2477884	1234.482	4	1	11	.4271576	2.0	1.8	1.2
216	224581.7	2477881	1231.041	2	1	11	.4272238	1.2	1.5	0.6
.
.
.

表五之生育地環境資料以頻度分析討論台灣穗花杉族群目前於本自然保留區內之生態幅度 (Realized ecological amplitude)。其結果示如表六。

表六：台灣穗花杉生育地環境因子之生態幅度

Tab.6: Realized ecological amplitude of site environmental factor for *Amentotaxus formosana*

海拔高		水分梯度		坡度		全天光空域		坡向	
分級(m)	出現頻度(%)	指數	出現頻度	分級(%)	出現頻度	分級(%)	出現頻度	分級	出現頻度
1000-1050	0.2	2	0.0	10以下	2.5	0-20	0.4	東	23.1
1050-1110	0	3	0.0	10-14	34.9	20-40	56.6	東北	68.0
1110-1150	29.5	6	0.0	40-70	36.6	40-60	43.0	北	2.3
1150-1200	18.1	7	6.6	70-100	24.8	60-80	0.0	西北	0.0
1200-1250	48.7	10	0.0	100-140	1.2			西	0.0
1250-1300	2.7	11	23.1					西南	0.0
		14	2.3					南	0.0
		15	68.0					東南	6.6

由表六可知臺灣穗花杉在保留區內，其生態最適界受海拔高、水份梯度及全天光空域影響，而坡度影響較小，其中海拔高最適範圍為1110-1250公尺，而在水分機制及太陽幅射量需求方面，其最適範圍為東北坡之高

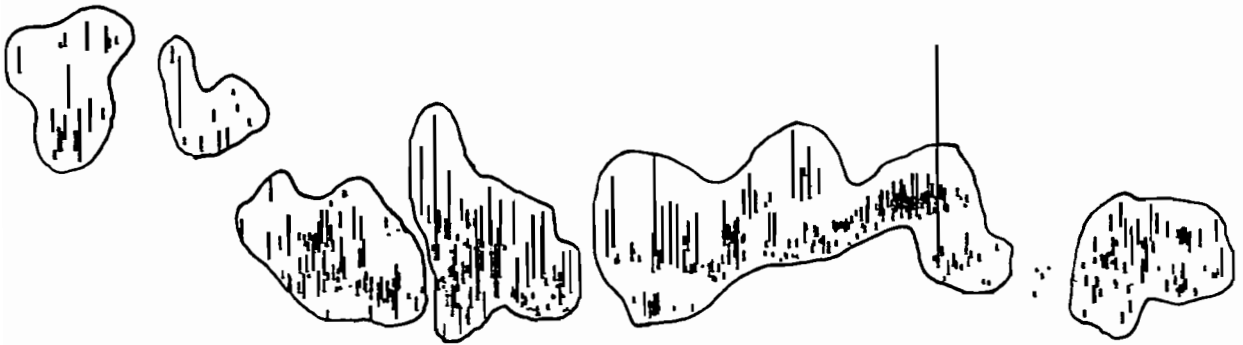
溼度及全天光空域20-60%之光量環境下爲其族群生育之最適環境，其最適範圍顯然甚爲狹小。

物種於某一生育地之能否生存，端視當地環境之天擇作用而定，植物在一系列生育地所構成之環境梯度上，其生存機會與生長活力之反應可歸納爲若干基本觀念，即耐性極限(Limit of tolerance)、生態最適界(Ecological optimum)及生態幅度(Ecological amplitude)等，而植物之耐性範圍則受環境梯度之綜合影響(蘇,1987)。當影響植物耐性範圍之環境因子，相互間之因子補償及相關性較少時，則將縮減植物耐性範圍，而造成該物種競爭能力減低，臺灣穗花杉因其生育最適環境同時受到海拔、水份及微氣候等因子交集影響故縮減了其最適環境之範圍。

(2) 臺灣穗花杉立木空間分布變化

植物個體在空間上之分布情形，稱之為散佈型 (Distribution pattern)，一般植物散佈型大略可分為規則分布 (Uniform)、隨機分布 (Random) 及集落分布 (Clumps, with groups random)，而在單一植物社會中，集落分布極為常見，此可能為種子落在母樹附近所造成，或為微生育區分化之結果 (蘇，1983)。

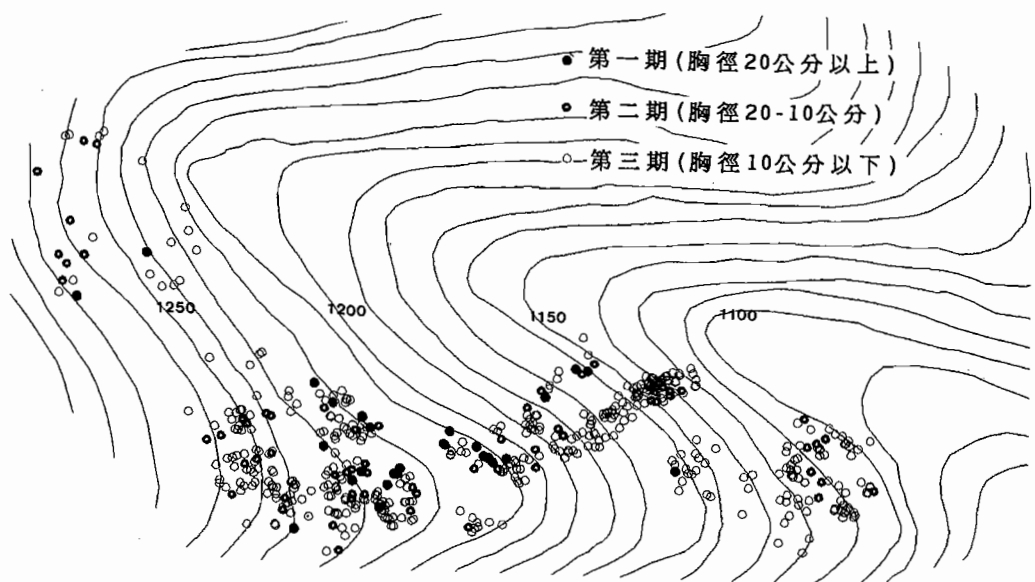
本研究以胸徑大小表示年齡之高低，利用立木空間位相資料庫，以立木之 X、Y UTM 座標為平面，以立木胸徑大小為 Z 軸 (長度表胸徑大小)，繪出臺灣穗花杉立木空間分布型，如圖十九。



圖十九：台灣穗花杉立木空間分布型

Fig.19: The distribution pattern of *Amentotaxus formosana* population

由圖十九可知台灣穗花杉於本保留區內，呈集落分布。其主要原因可能是台灣穗花杉果實較大，若無大型動物幫助傳播則散佈不遠，而集中於母樹附近之下坡處，亦即台灣穗花杉族群開始以母樹為中心，往外逐漸擴展其分布，而尚未達達機分布。本研究以胸徑大小表示樹齡之大小變化，以胸徑0 - 10公分，10 - 20公分，20 - 40公分三個不同胸徑級加以分級後，可得台灣穗花杉立木於保留區內空間位置之時間性變化如圖二十。



圖二十：台灣穗花杉立木分布之時間變化

Fig.20: Time mobility of the distribution pattern for *Amentaxus formosana* population

由圖二十可知台灣穗花杉母樹最初階段主要分布於海拔1130 - 1200公尺之東北向山坡，而隨著時間之變化有向東北擴展之趨勢，其主要原因仍受水分梯度之影響。

(3)台灣穗花杉立木生長與林分結構分析

利用立木屬性資料庫中兩次不同時間(76年、80年)調查之資料，求得各株立木之年平均生長量，以胸徑年平均生長量為因變數，胸徑為獨立變數，推導兩變數之關係式如表七。

表七：胸徑與胸徑年平均生長量之迴歸式

Tab.7: Regression equation between DBH and mean annual increment of DBH

迴 歸 式	自由度	相關係數
$\ln(\text{MAI}) = -2.83264 + 0.87029 \ln D$ t值 (12.059)**	232	0.62156

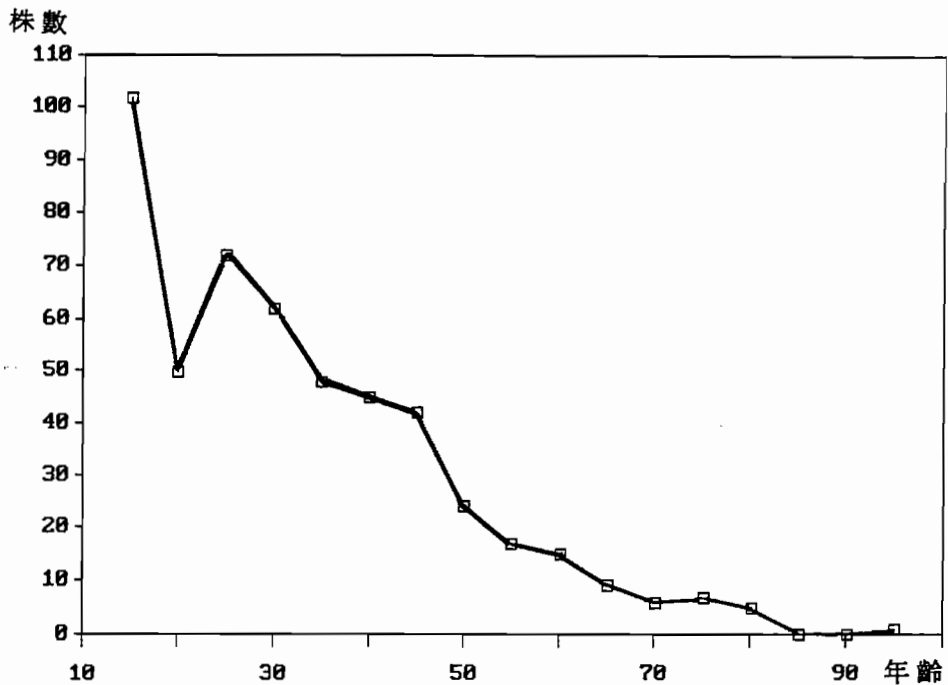
利用表七之胸徑與胸徑年平均生長關係式，計算2cm胸徑階之樹齡，並以胸徑階為獨立變數，樹齡為因變數推導胸徑與樹齡之關係，其結果示如表八。

表八：台灣穗花杉胸徑與樹齡關係式

Fig.8: Regression equation between DBH and age for *Amentotaxus formosana*

迴 歸 式	自由度	相關係數
$\ln Y = 2.701374 + 0.4703204 \ln D$	16	0.9946
t值 (38.36775)**		

以表八之胸徑與樹齡關係式推估全保留區之台灣穗花杉立木之樹齡，其樹齡分布示如圖二十一。



圖二十一：台灣穗花杉之族群結構

Fig.21: The population structure of *Amentotaxus formosana*

由圖二十一可知台灣穗花杉之族群結構圖呈反 J 型模式，顯示台灣穗花杉族群可經由天然更新而自行持續 (Self-maintaining)，此種耐陰性樹種其幼苗可在林下生長，以便將來逐漸取代老齡級立木，故幼苗及稚樹多，而老齡木較少，齡級分布曲線即呈反 J 型。

(4) 台灣穗花杉族群之擴展分析

依據台灣穗花杉之生育地分析及立木生長與族群結構可歸納出其生態最適界如表九。

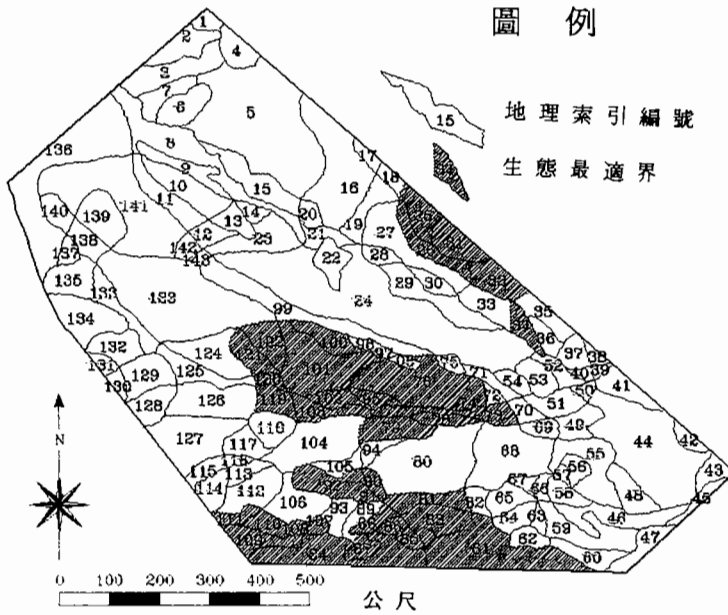
表九：台灣穗花杉族群之生態最適界

Tab.9: The ecological optimum of *Amentotaxus formosana*

項目	生態最適界
海拔高 (m)	1110 - 1250
水分梯度	11 - 15
全天光空域(%)	20 - 60

以表九之生態最適界為條件，利用整體地勢單元資料庫找出台灣穗花杉族群於保留區內之生態最適區域。其結果示如圖二十二。

圖 例



圖二十二：台灣穗花杉族群之生態最適區域

Fig.22: The ecological optimum area of *Amentotaxus formosana* population

圖二十二之生態最適區域為台灣穗花杉可能侵入地區，管理者應對此區域加強監測與管理，以期台灣穗花杉族群個體數量之增加及其生長面積之擴大。

五、結論 (Conclusion)

地理資訊系統為一種整合性的資訊管理系統，對於自然資源經營管理之應用可提供動態且多樣化之資訊與圖形資料，為自然保護區生態環境監測與管理之良好工具。本文以 ARC/INFO 地理資訊系統配合自行設計之電腦程式，完成台灣穗花杉自然保留區之生態資料庫建立，並嘗試利用此資料庫分析台灣穗花杉族群之變化，以提供管理機關之參考。其結果分述如下：

- (一)、以特殊物種為保護對象之自然保留區，在生態資料庫建立時為考慮資料所能提供之程度，可配合環境層級系統之理念，利用 GIS 之數位地型資訊建立生態之合成環境指數，包括水分梯度、全天光空域。
- (二)、資料庫建立時，各類主題圖以整體地勢單元製圖法整合各類主題圖，並以地理索引編號連接地勢單元之空間及屬性資料，可達成圖形與其相關文數字屬性之雙向多元化查詢。
- (三)、以地理資訊系統所建立之生態環境資料庫，可提供立木空間位置及相對應之生態因子資料，因此可應用在族群生育地分析、立木空間分布及生長分析，並可供為推測族群生態之最適界區域。

六、謝誌 (Acknowledgments)

本研究蒙林務局台東林管處經費補助，行政院農業委員會遙測小組軟、硬體支援；研究期間承台東林管處劉肯學處長，育樂課何麒芳課長，陳守發股長，蕭祺暉小姐提供有關資料；本系廖錦偉、洪寶林、吳信德、吳建賢、王濟民、顏維祈、張道明、許輔仁等同學協助野外調查及內業工作；楊高元、劉建宏等同學負責程式設計、電腦繪圖等作業，使得本研究得以順利完成，特申謝忱。

七、參考文獻(Reference)

- 1、朱子豪 1990 地理資訊系統在國內之發展策略 1990年ARC/INFO User Meeting 論文集 p27。
- 2、林則桐、邱文良 1989 公告自然保護區之植被調查(Ⅱ) 農委會78年生態研究報告 第21號 p1-15。
- 3、柳楮、楊遠波、呂勝由、林則桐、邱文良 1987 台灣稀有植物群落生態調查(Ⅱ) 農委會76年生態研究報告第13號 p1-83。
- 4、孫志鴻、朱子豪 1989 基隆河流域環境資訊系統建立之研究－自然環境建立之研究 遙感探測(10):1-25。
- 5、農委會 1989 大武事業區台灣穗花杉自然保護區經營管理計畫 農委會研究報告 p1-11。
- 6、鄒克萬、張蓓琪、張學聖 1990 地理資訊系統應用於自然景觀資源經營管理之研究 1990年ARC/INFO User Meeting 論文集 p27。
- 7、廖大牛、伍木林 1989 遙感探測、地理資訊系統及數位地形技術之應用 農委會研究報告 p112-124。

- 8、廖大牛、伍木林 1989 低價位地理資訊系統應用於
山坡地土地利用管理 農委會研究報告 p12。
- 9、劉棠瑞、蘇鴻傑 1983 森林植物生態學 台灣商務印
書館 p115-117。
- 10、鄭祈全、周朝富 1990 地理資訊系統在森林經營規
畫之研究 中華林學季刊 23(1):105-116。
- 11、蘇鴻傑 1987 森林生育地因子及其定量評估 中華
林學季刊20(1):1-14。
- 12、蘇鴻傑 1985 台灣天然林氣候與植群型之研究(Ⅲ)
中華林學季刊18(3):33-44。
- 13、鈴木時夫 1952 東亞の森林植生 古今書院 p137
。
- 14、Covington W.W.,Young D.L., Dykstra D.P.& L.
D.Garrett 1990 A Decision Support System for
Multiresource Management Journal of Forestry
86(8):25-33.
- 15、Dangermond J.B.Derrenbacher & E.Harnder 1982
Description of Techniques for Automation of

Regional Natural Resource Inventories
Environmental Systems Research Institute, Inc
. Redlands, California Ecology p12.

16 \ Day, F.P. & C.D. Monkx 1974 Vegetation Patterns
on a Southern Appalachian Watershed Ecology
55:1064-1074.

17 \ Duane F.M. 1984 Geographic Information
system :An overview Pecera 9 Proceeding
Spatial Information Technologies for Remote
Sensing Today and Tomorrow, October 2-4,
Sioux Falls, SD. p18-24.

18 \ Joseph K.B. & John K.S. 1981 A Spatial
Analysis of Timber Supply Proceedings of the
In-Place Resource Inventories:Principles and
Practices, University of Maine, August 9-14,
1981 p828-833.

19 \ Kellman, M.C. 1980 Plant Geography Methuen &
Co. Ltd. London p181.

20 \ Loucks, O.L. 1962 Ordinating Forest

Communities by Means of Environmental Scalars
and Phytosociological Indices Ecol. Monogr.
32:137-166.

21、 Stephen J.W. 1985 Geographic Information
System for Natural Resource Management
Journal of Soil and Water Conservation 40(2)
:202-205.