

# 林木位置圖之製作與應用

馮豐隆<sup>1</sup>、李宣德<sup>2</sup>

**【摘要】**有鑑於過去林木位置圖製作既費時、又費工，效率低落，因此本研究旨在於如何更有效率的繪製林木位置圖。對其製作過程有詳細的描述，並且配合地理資訊系統建立永久樣區位置圖及樣區之林木位置圖。極力建議永久樣區之建立，應結合林木位置圖與單株之林木屬性資料，以成單木地理資料庫；結合樣區位置圖與林分屬性資料為林分地理資料庫。本研究以惠蓀實驗林第三林班五個 80m\*50m 杉木試驗地及其樹幹解析木為例，建立單木地理資料庫，藉由空間統計可以處理分析林木的空間格局，導出樹冠投影圖與孔隙分佈圖，利用 Hegyi 競爭指數表林木間競爭的壓力、Schnute 生長模式描述解析林木生長，更藉由參數探討單株林木間的距離與競爭對林木生長的影響，更而應用在疏伐決策上。結果顯示，林木的 Hegyi 競爭指數愈小時，其競爭壓力愈小，則生長潛能愈大，壽命愈長，最多可達 400 年生，直徑約可達 65 cm。所以進行疏伐，以減少各留存林木的競爭壓力，增加其生長潛能，有了林木地理資料庫，可以容易地進行疏伐、情境模擬。本研究依斷面積 20%、40%、60% 疏伐度的疏伐模擬、設計、規劃與疏伐木選擇、試驗。

**【關鍵字】**樣區位置圖、林木位置、競爭指數、疏伐決策、地理資訊系統

## Making and Application of Individual Tree Location Map

Fong-long Feng<sup>1</sup>、Hsuan-Te Lee<sup>2</sup>

**【Abstract】**The objectives of the paper are to make the individual tree location map efficiently and the procedures of making individual tree location map of permanent sampling plots (PSPs) with GIS are described. The attribute data of each tree were integrated with individual tree location map for tree geo-referenced database. To integrate the sampling plots location map with stand characteristics to be stand geo-referenced database. Geo-statistical procedures were used to analyze spatial patterns of the completely mapped tree data. Analyses were used to explore the effect of distance and competition to tree growth, too. The results of spatial analysis could be applied to do thinning design. In the study, there are five 80m\*50m sampling plots of Chain-fir in Hui-Sun Experimental Station were developed to be tree and stand geo-referenced database. Hegyi competition index and

---

<sup>1</sup> 國立中興大學森林學系教授

Professor, Department of Forest, NCHU. Taichung, 402, Taiwan R.O.C.

<sup>2</sup> 國立中興大學森林學研究所研究生

Graduate student, Department of Forest, NCHU. Taichung, 402, Taiwan R.O.C.

Schnute growth model were used to describe the individual tree competition and potential growth of tree. The smaller the Hegyi competition index, the less stresses. The bigger the growth potential of the tree, the longer life span will exist. The maximum of China-fir age will be 400 years old, DBH be 65 cm. So, need to do thinning for decreasing the competition stresses and promoting the growth potential of the surveying tree. For there is geo-referenced database, we could do thinning design early. The scenarios of thinning design and selecting thinned tree will be easily to practice by the tree and stand geo-referenced database.

【key words】 Sampling plot distribution map, Individual tree location, competition index, thinning, Geographical Information System.

## 一、前言

影響單株林木生長之環境因子甚多，森林學家常以調節林分密度及林分結構方法來促進林木生長，而欲有效促進林木生長，則需先判定林木分布的空間格局，才能妥當掌握其空間變化，因此描述與解析林分內單株林木的空間格局為森林研究一個很重要的方向。

森林資源調查為獲取森林經營管理資訊之必要措施，鑑於林業集約經營之趨勢，精確獲知林木生長空間位置以進行相關試驗研究，將日益重要，而林木地理資料庫（包括林木位置圖及林木屬性資料）可提供立木空間分佈情形及掌握時間歷程中單木屬性所發生之變化，為林木資源經營管理及物種保育上的重要資訊。林木位置圖係表示林木在空間上的相對位置，有助於瞭解植物族群的散佈型態，以及植物在時間變化中的擴展趨勢（陳朝圳，1993），而林分地理資料庫（包括樣區位置圖及林分屬性資料），將有助於瞭解林分屬性在時間、空間上變化的情形，並有利於經營者對資源的掌握與監測。然透過地理資訊系統（Geographical Information System, GIS）的空間分析，更可瞭解林木生育地環境（許榮章、馮豐隆，1994），可提供育林經營上的參考。

過去林木位置資料之取得，多用平版儀放射法，實測及計算、繪圖等步驟於外業，一次繪製成圖，成圖未來再繪、出圖不易，修改更是困難，作業效率差，一張圖的完成，往往要花費非常久的時間；將內、外業分開實施，雖可提高作業效率，但若遇到大面積繪製，就感乏力；倘若利用羅盤儀前進法，設定導線以控制樣區面積之精確，標定樣木位置以確定樣木測計之位置無誤，並採內外業分開之作業方式，但此方式效率亦不顯著。而現今科學進步，調查儀器日益精進，可以運用衛星定位系統（馮豐隆、黃志成，1994）和雷射林業座標測量儀，更能將所有野外調查收集的資料加以轉檔、輸入、儲存於地理資訊系統中，經簡單處理，便可將其展示在具座標位置的電子地圖上，既方便又省時。在地理資料庫之建立過程中，如何承先啓後，將過去的調查資料、經營記錄等已有的資料彙整。而針對不足、隨時間變化的資料、尚欠缺的資料，則需進行取樣調查，才可使地理資料庫（或稱空間資料庫），更完整、更充實。

本研究的目的是在於說明如何繪製林木位置圖，且將野外林木調查的資料放至具地

理座標系統的 GIS 中。將具空間位置之林木位置圖與時間歷程之林木屬性資料加以整合，而林分屬性資料與樣區位置圖結合。利用空間分析探討距離，競爭時林木生長的影響，並將其利用於疏伐、規劃、設計上。

## 二、研究材料

### (一) 材料地點

本研究之試驗地有二，皆位於本省中部，屬中興大學實驗林管理處之惠蓀林場第三林班，東經  $120^{\circ}57$  至  $121^{\circ}09$ ，北緯  $24^{\circ}00$  至  $24^{\circ}09$  之間，分述如下：

A 為 1965 年栽植之杉木人工林。位於海拔 770~1000 公尺處。於 1997 年設立為供生態系經營裏，不同疏伐作業試驗之樣區，共有五個試驗試區，分別為 E-01、E-02、E-03、E-04、E-05，試區為 80m×50m 長方形，每區面積為 0.4ha，此五個樣區的地理分布如圖 1，當時各試驗試區調查資料如表 1，並在各試區中挑選不同競爭指數等級的林木 20 株，進行樹幹解析。

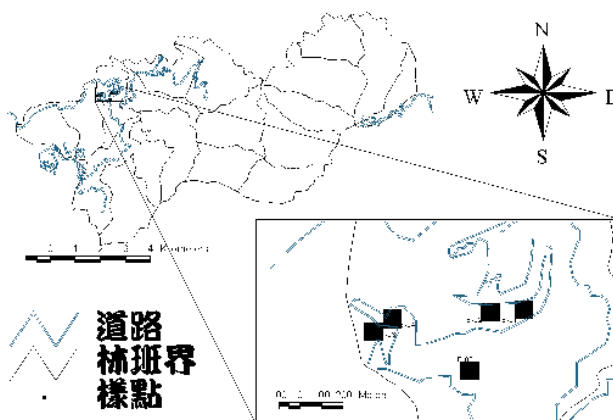


圖 1 惠蓀林場第三林班生態系經營 (EM) 之樣區位置圖

Fig.1 Sampling plots location of ecosystem management in the third compartment of Hui-Sun.

表 1 惠蓀林場生態系經營疏伐試驗 32 年生杉木試驗試區資料表

Table 1 The plot surveyed data of year\_32 life of China fir stand in Hui-Sun

試驗試區	坡度	坡向	株數	株數/ha	平均胸徑(cm)	平均樹高(m)
E-01	R : 33.5 M : 33.5 L : 35.5	R : N12W M : N12W L : N12W	445	1113	Min : 5.8 Mean : 19.56 Max : 38.7	Min : 3.6 Mean : 13.59 Max : 21.9
E-02	R : 39 M : 34.5 L : 36	R : N M : N L : N	418	1045	Min : 4.3 Mean : 17.22 Max : 33.4	Min : 7.9 Mean : 13.69 Max : 20.9
E-03	R : 15.5 M : 21.5 L : 24.5	R : N46.5E M : N46.5E L : N46.5E	269	673	Min : 5.6 Mean : 25.82 Max : 51	Min : 4.04 Mean : 14.39 Max : 25.8
E-04	R : 24 M : 28.5 L : 25.5	R : N47.5E M : N47.5E L : N47.5E	386	965	Min : 5.2 Mean : 19.66 Max : 43.9	Min : 8.25 Mean : 14.9 Max : 24.9
E-05	R : 25 M : 27.5 L : 29	R : N8E M : N8E L : N8E	1294	3235	Min : 2 Mean : 12.49 Max : 40	Min : 4.1 Mean : 13.2 Max : 21.5

註： 1. R、M、L 分別代表長方形樣區的右邊、中線、左邊。

2. E-05 的樹高資料僅有 52 筆，其他樣區之樣木則進行每木胸高直徑、樹高之調查。

B 為惠蓀林場 1964 年 2 月造林之 201 號造林地（造林面積 60.47ha）為範圍之杉木人工造林地，1977 年（即 13 年生）時設立為三種不同疏伐度、四次重複的試驗地（1996 年面積 210ha 的關刀溪 LTER 試驗地成立後，即將該試驗地包括在內）。其海拔分佈在 1,080~1,500m，坡向有東、東北與東南向，坡度 5~35 度。試驗樣區分別位於兩個不同立地條件的試區，一在海拔 1,200m 之山頂，一在海拔 1,000m 之山腰的林地，山頂、山腰試區各 12 樣區為 0.1ha 之圓形樣區，其樣區位置分布圖如圖 2 所示。至於詳細的林地描述，可以參考馮豐隆(1996)之全球變遷關刀溪森林生態系—地理資料庫之建立與林分變遷之探討。

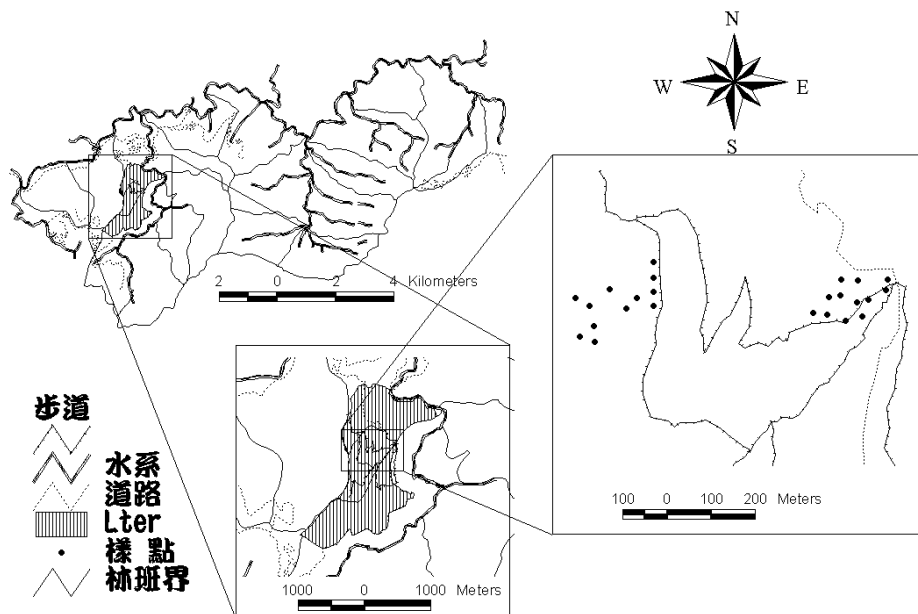


圖 2 關刀溪 LTER 樣區位置圖

Fig.2 The sampling plots location of Guan-Dau-Shi LTER.

## (二) 研究方法

本研究對林木位置之繪製，採用直角座標之方式來標定林木位置，且嘗試利用電子測距儀、皮尺，甚或雷射林業座標測量儀來標定林木位置，利用 GIS 完成林木位置圖，再將其所量測之林木屬性連接，並建立其林木資料庫，以利往後資料之更新及分析，其分述如下：

A、先將欲測樣區之界線確定，並設置界樁，樣區內之所有立木，不管生立木或枯立木，皆予編號、標定位置，且繪製各標號林木位置於圓形或長方形的樣區內的圖層。

### a、利用直角座標法

林木位置標定方法，皆由直角座標  $(X_i, Y_i)$  來標定， $Y$  為樣區線（即穿越樣區中心線至坡下緣）的距離， $X$  為林木到樣區線的距離，如圖 3、圖 4 所示，一般穿越樣區的中心線以測繩放置林中，刻度 0 端為穿越中心線與下坡樣區邊緣相交處， $X$  軸部分則由電子測距儀或皮尺量測之，並記錄樣區之坡度、坡向。

### b.利用雷射林業座標測量儀

外業步驟類似羅盤儀前進法，在一定點放射量測各林木之位置，以導線方式至下一點量測，直到樣區內所有林木皆測量完畢，其步驟簡單明確，以便利調查工作之進行。

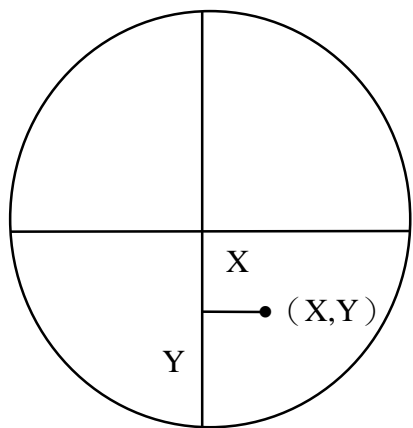


圖 3 圓形樣區林木位置標定  
Fig.3 Marking tree location in circular sampling plot

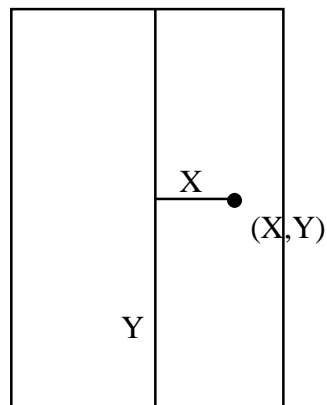


圖 4 長方形樣區林木位置標定  
Fig.4 Marking tree location in rectangular sampling plot

B、利用 GIS 軟體 Arc/View 及以試算表（如 Lotus、Excel 等軟體）建檔的屬性資料，結合圖層（林木位置）與屬性（單株林木資料）之單株林木資料庫，以關連表記錄各個林木測量資料的屬性表，並以林木樹號與林木位置圖之林木關連，也可將每次調查的林木資料加以整合，記錄於單株屬性資料表中，更可以結合包括林分圖層、樣區位置圖及林分屬性資料表的林分地理資料庫，以為雙層級—林木、林分之森林地理（空間）資料庫。

### 三、結果與討論

#### （一）林木位置圖繪製

其林木位置圖繪製結果如圖 5，且建立單株林木屬性資料，需依照所調查之樣區類型加以設計（如表 2），以便結合於林木、林分之地理資料庫中。

林木位置圖及林木屬性資料一但建入 GIS 資料庫，則可方便查詢相鄰林木間之相對距離，透過林木間的距離便可瞭解林木競爭的程度，作為描述林分狀態之基本資料，亦可作為推算林木競爭、樹木疏伐選木之依據；方便查詢單株林木之基本資料，不必去翻閱繁多而厚重的原始調查資料，可節省相當之時間，提高效率，更可用此地理資料庫，進行分析、建檔。

表 2 樣木屬性表

Table 2 The attribute table of individual trees

樣區代號	樣木號碼	樹種中名	樹種代號	樣木距離	樣線距離	DBH-94	H-94	DBH-98	H-98
A1	3	杉木	112	3.20	17.20	20.5	19.0	20.5	21.3
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

## 山腰A1

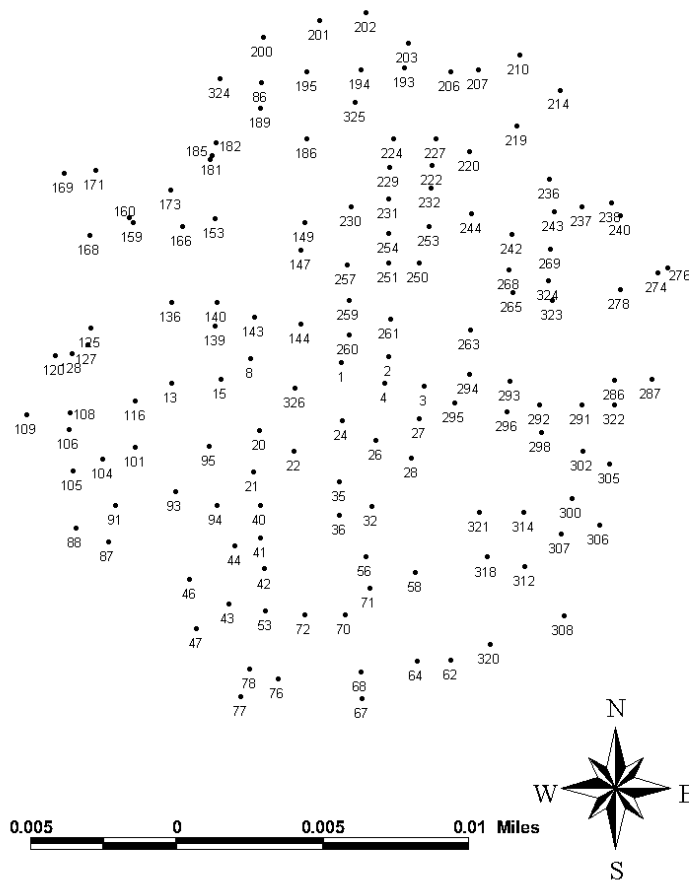


圖 5：林木位置圖 (a) LTER 山腰 A1

Fig5. Individual tree location map in circular plot and rectangular plot.

# E-01

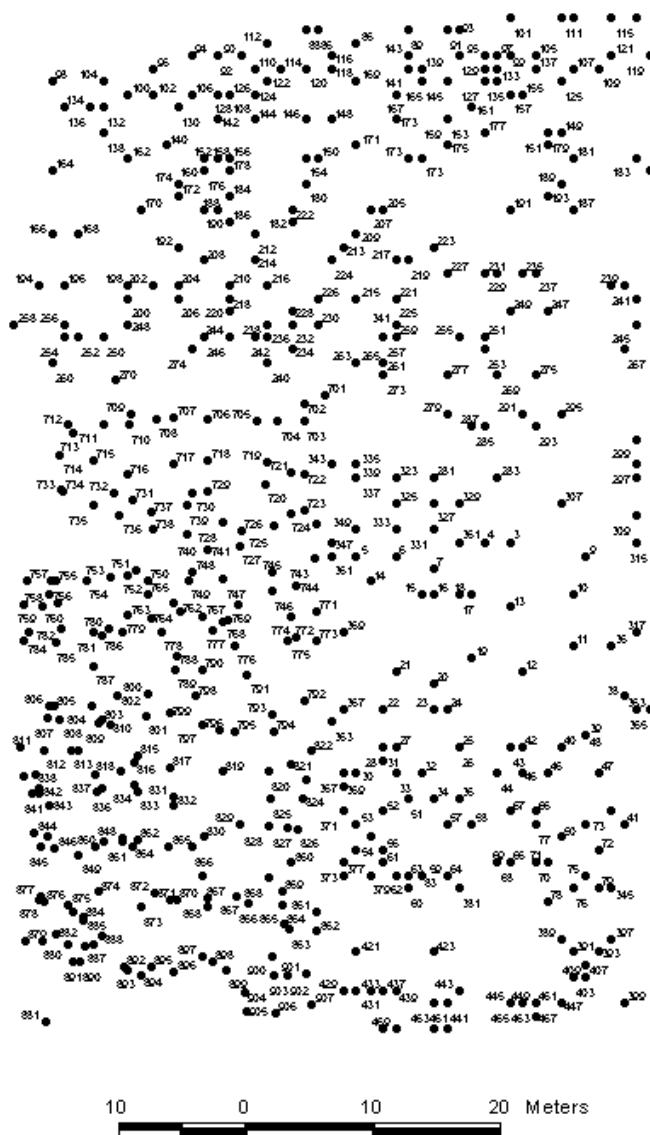


圖 5：林木位置圖 (b) 惠蓀林場 E-01

Fig5. Individual tree location map in circular plot and rectangular plot.

## (二) 林木位置圖之應用－競爭壓力對生長影響之探討

由於林分內之單株林木，每株的胸徑及兩兩的距離都不相同（如圖 6），所以每株林木的競爭壓力必定會有所不同，從樣區各單株林木之樹冠投影圖（圖 7），更可以明顯看出林木間的競爭情形。



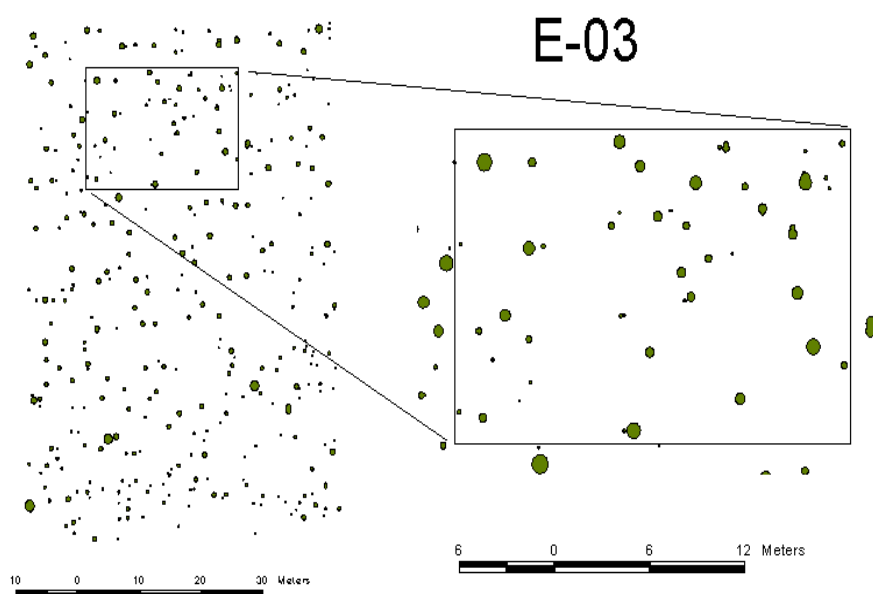


圖 6 E-03 杉木樣區之 DBH 分布圖

●大小表 DBH 的大小

Fig.6 The individual trees map of E-03 plot in different DBH size

● Showed DBH size

### E-03樹冠投影

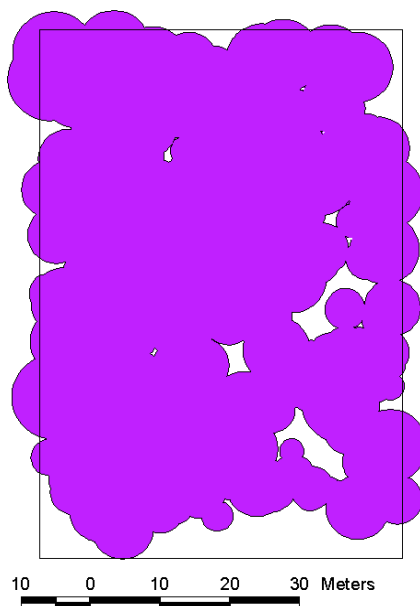


圖 7 杉木樣區(E-03)之樹冠投影圖

Fig.7 The tree crown-projection map of E-03 plot

所以運用林木位置資料，計算相鄰林木之間的距離，以推算各株競爭生長資源的狀況。由於杜加維（1998）研究單株生長模式的競爭指標中發現 Hegyi 的競爭指標整

體表現最良好，所以利用環形影響帶(circular zone of influence)的觀念，求算杉木之影響圈範圍(吳中倫，1984；蔡信峰，1997)，套用 Hegyi 於 1973 所提出的競爭指數計算式(如公式 1)。

$$CI_j = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{D_i}{D_j} \times \frac{1}{L_{ij}} \right] \dots\dots\dots (1)$$

- CI<sub>j</sub>：第 j 株林木的競爭指數
- L<sub>ij</sub>：競爭林木 i 與所測林木 j 間的距離
- D<sub>i</sub>, D<sub>j</sub>：競爭林木 i 與所測林木 j 的胸徑
- n：環形影響帶內競爭木總數

推算各株林木之競爭指數，並建入單木地理資料庫中，再由資料庫中查詢林木之競爭指數，以便進行事先分層取樣，在各級指數中選擇數棵林木，先將之繪圖標出林木編號，以利現場作業，尋找解析木，再進行樹幹解析，以便瞭解各等級指數的林木生長情形。

選取之樣木共 20 株，經樹幹解析所得各樣木年生長量資料及競爭指數顯示如表 3。將各種不同競爭指數之樹幹解析木的 DBH 生長資料，透過 Schnute 生長模式來描述。

Schnute (1981) 利用加速生長(growth acceleration)的生物原則，導出生長模式，所謂加速生長(Z)即以相對生長率(relative growth rate, RGR)的相對生長率  $\left( \frac{1}{z} * \frac{dz}{dt} \right)$  成直線的關係： $(1/z) (dz/dt) = - (a+bz)$ ；配合兩個年齡 (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>) 和其大小 (W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>)，而導出此式稱做 Schnute 一般化模式，其公式如下：

$$W = \left[ W_1^s + (W_2^s - W_1^s) \times \frac{1 - e^{-r(T-T_1)}}{1 - e^{-r(T_2-T_1)}} \right]^{\frac{1}{s}}$$

這個模式代表著八種可能的特徵形狀，主要決定於四條線(1)r 軸(2)s 軸(3)s=1(4)s = -(T<sub>2</sub> - T<sub>1</sub>) / [log(W<sub>2</sub> / W<sub>1</sub>)]r；其範圍區分如圖 8。

表 3 各競爭指數階之杉木樣木的樹幹解析資料

Table 3 The attribute data of China fir of stem analysis in different classes of competition index

No	CI	Age	DBH (cm)	H (m)	BA (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	No	CI	Age	DBH (cm)	H (m)	BA (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
1-007	3.857	27	16.00	12.70	0.020106	0.155033	4-521	14.370	34	11.42	12.70	0.010249	0.066419
1-703	8.319	24	14.60	11.10	0.016742	0.104879	5-126	3.206	33	24.94	15.20	0.048865	0.423119
1-778	7.969	32	13.89	17.10	0.015153	0.141831	5-1304	4.120	32	20.28	14.80	0.032312	0.268197
2-012	6.729	35	17.95	15.20	0.025306	0.222630	5-173	14.860	28	8.93	8.50	0.006268	0.031299
2-042	7.208	34	15.17	15.20	0.018074	0.155537	5-184	46.510	29	7.00	9.70	0.003848	0.027650
2-174	7.643	35	14.67	15.00	0.016895	0.144408	5-246	8.558	34	14.77	13.20	0.014777	0.127469
2-786	6.100	35	15.87	14.80	0.019772	0.171265	5-426	8.881	33	14.60	12.50	0.016742	0.128307
3-143	9.132	48	12.67	15.20	0.012615	0.101892	5-543	2.163	36	31.53	18.60	0.078096	0.714304
3-267	0.689	57	36.70	23.60	0.105784	1.375378	5-793	24.510	12	5.95	7.60	0.002781	0.013374
4-356	4.978	55	22.27	15.50	0.038940	0.308525	5-939	20.550	12	4.53	7.80	0.001614	0.007525

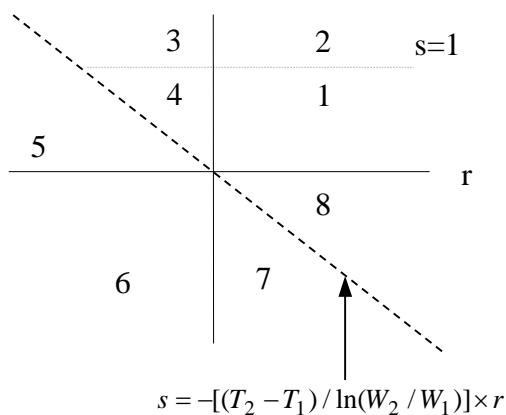


圖 8 在 r、s 座標上由 4 條線區分成 8 區，實線為 r 軸、s 軸，平行 r 軸的虛線為 s=1，斜率為負的對角線為  $s = -\frac{T_2 - T_1}{\ln(W_2 / W_1)} \times r$

Fig.8 Set of 8 regions in the r, s-plane defined by 4 lines (Schnute, 1981 ; Feng, 1997)

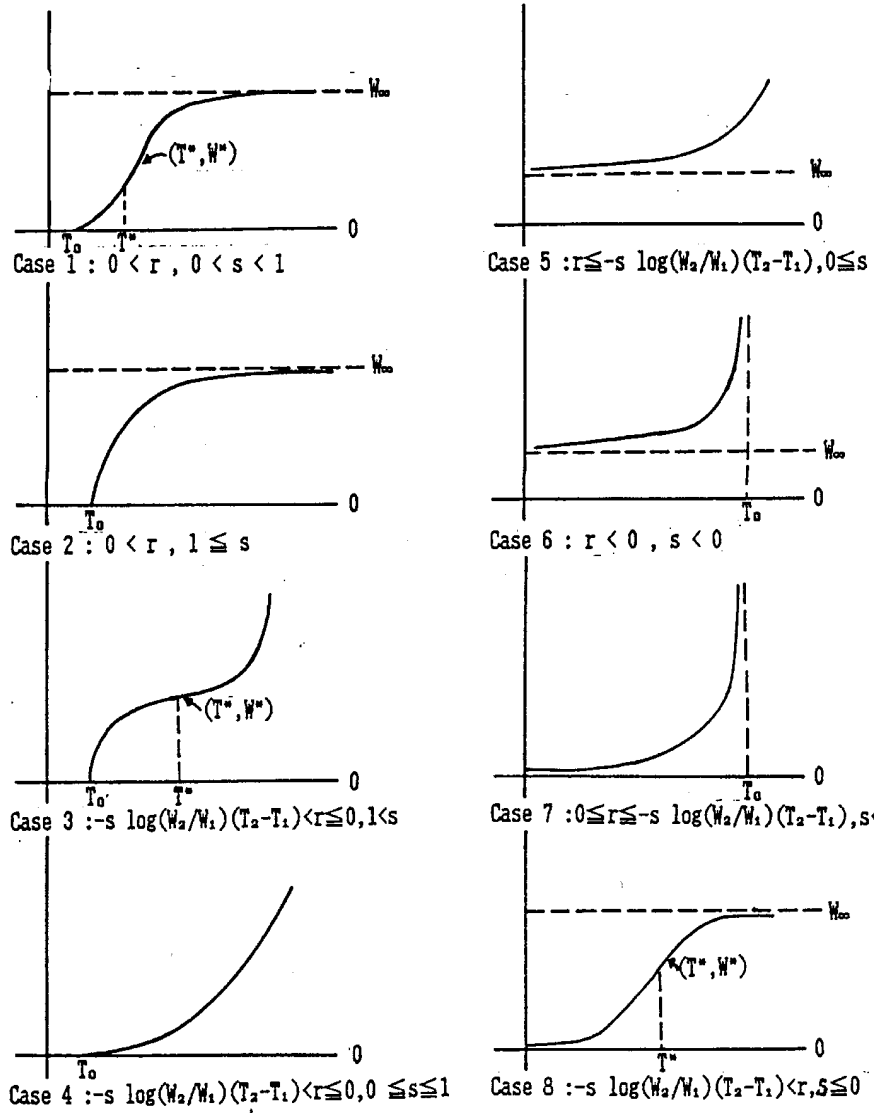


圖 9 8 種特徵生長曲線，縱座標為大小，橫座標為“年齡”。(馮豐隆，1990；Schnute, 1981；Feng, 1997)

Fig.9 Three are 8 shapes of growth curves by Schnute model (馮豐隆，1990；Schnute, 1981；Feng, 1997)

若把這 8 種生長曲線，和其  $r$ 、 $s$  範圍分別予列出如圖 9。

此模式的形狀受制於  $r$ 、 $s$  值，若在  $T_2 > T_1$ ， $W_2 > W_1 > 0$  的設定下，則此生長模式包括了具有漸近、反曲的 S 型曲線，也包括了二次生長式 (quadratic growth equation)、幕次生長式 (power growth equation)、指數生長 (exponential growth equation) 和直線生長 (linear growth)。另外 Schnute 模式的母數如  $W_1$ ， $W_2$  可直接由觀察資料得到，母數相當穩定皆是其優點，在生長模式應用上，甚值推薦 (馮豐隆、楊榮啓 1990、1989)。

就胸高直徑而言，繪製各樣木之 Schnute 生長曲線 (如圖 10)，並計算該生長曲線的反曲點發生時間 ( $T_s$ ) 及其發生時的 DBH 大小 ( $W_s$ )，最大 DBH ( $W_\infty$ ) 與發生的時間 ( $T_\infty$ ) 等導出值 (表 4)，由表 4 可知生態系經營試驗區之杉木，以過去至今的生

長趨勢分析，大約可活到 200 年且達到 40cm 的直徑，而最長壽命可達 400 年生，DBH 65cm。將各樣木之 Schunte 生長曲線加以歸納，則可發現競爭指數與林木生長具有密切的相關性，隨著競爭指數的減小，其總生長量有增加的趨勢，也就是說競爭指數愈大，則競爭壓力愈大，而該林木的生長亦受競爭影響，而導致生長遲慢且壽命也減短。但是當競爭指數達到一定低點時，並無上述之關係，往後可更加深入去作探討。

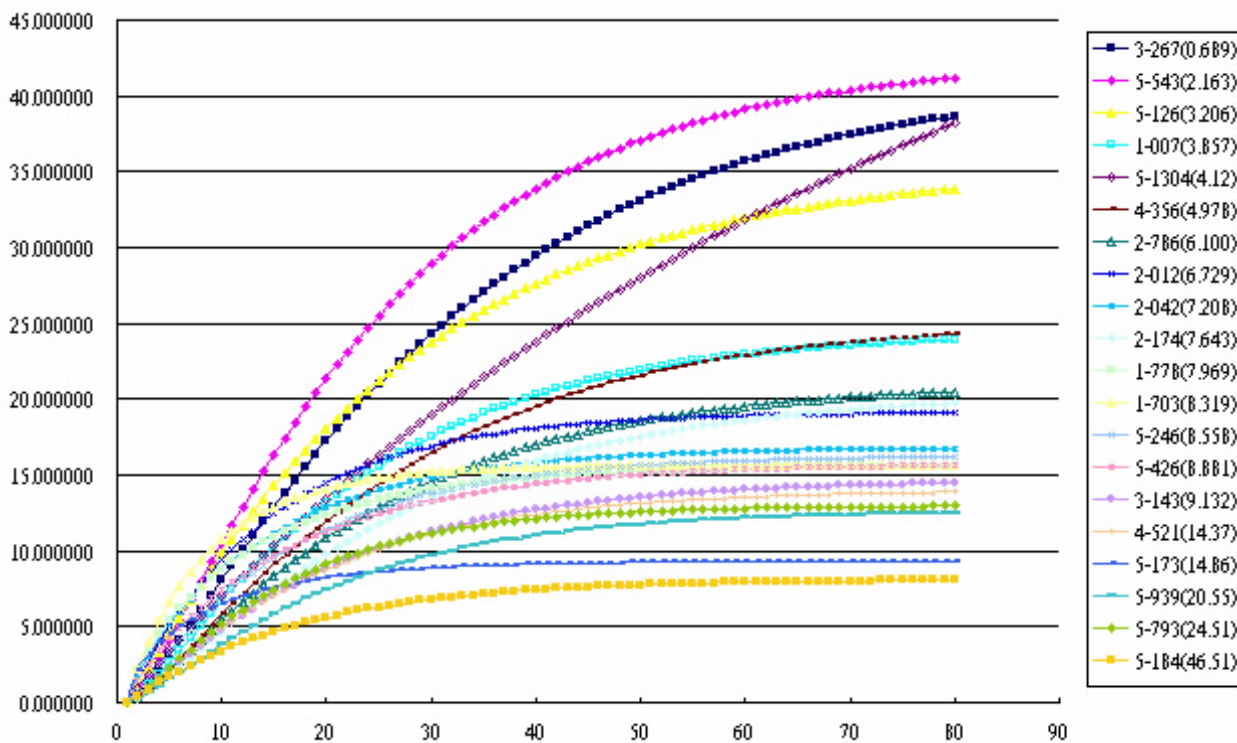


圖 10 不同競爭指數之 Schnute 生長曲線[()內之數字為競爭指數]  
 Fig.10 The Schnute growth curve of trees with different competition index

表 4 32 年生杉木在不同競爭指數之解析木的 Schnute 胸高直徑生長函數導出值

Table 4 The tree growth characteristics derived from Schnute growth model of 32 aged China-fir with different competition index

NO	CI	Ts	Ws	T∞	W∞	Case	NO	CI	Ts	Ws	T∞	W∞	Case
3-267	0.689	18	15.529	233	41.338		1-778	7.969	3	3.378	124	15.632	
5-543	2.163	15	16.342	200	42.466		1-703	8.319	4	5.421	107	15.698	
5-126	3.206	10	9.795	208	35.439		5-246	8.558	8	5.607	115	16.279	
1-007	3.857	14	9.532	192	24.462		5-426	8.881	4	3.386	110	15.793	
5-1304	4.120	9	6.362	436	63.429		3-143	9.132	11	5.264	105	14.685	
4-356	4.978	16	9.711	194	25.256		4-521	14.370	1	0.000	100	14.036	
2-786	6.100	14	7.769	177	21.096		5-173	14.860	2	2.181	80	9.316	
2-012	6.729	6	6.067	173	19.166		5-939	20.550	13	5.073	103	12.681	
2-042	7.208	4	4.187	158	16.850		5-793	24.510	10	5.178	109	12.995	
2-174	7.643	14	6.877	181	20.49		5-184	46.510	7	2.411	98	8.112	

註：No：樹號 CI：競爭指數 Ts：反曲點時間(year) Ws：反曲點生長量(cm)

T∞：達漸近線時間(year) W∞：漸近線生長量(cm) Case：生長曲線類型

### (三)林木位置圖之應用－疏伐模擬試驗

以 DBH 大小及 Hegyi 競爭指數大小為依據，以杉木不同疏伐密度之林分的林木位置圖，進行樹木的空間型態分析。由林木空間型態分析結果可提供解析過去發展過程和競爭交互作用。決定疏伐之準則，加以模擬設計、規劃之疏伐試驗，其方法分述如下：

本試驗設計係以材料 A 在 1997 年設立之杉木人工林，在 5 個 80m\*50m 區內進行規劃，以不同斷面積 (BA) 疏伐度為處理依據，計有三種處理，即 ( I ) 弱度疏伐，即林分疏伐 20%斷面積 ( II ) 中度疏伐，即林分疏伐 40%斷面積及 ( III ) 強度疏伐，林分疏伐 60%斷面積的林木等，另設置一對照組。即各試驗林分係有四種處理 (三個不同疏伐度及一個對照組)，採逢機方式，五個試驗林分共有二十個試區，各試區之相關位置如圖 11，試區呈長方形，每區面積為 25m\*20m = 500 m<sup>2</sup>，即 0.05ha。

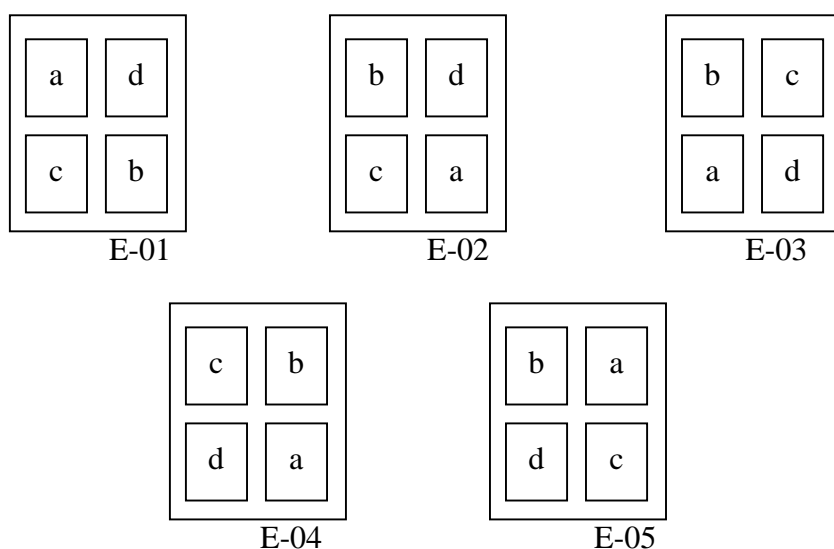


圖 11 森林生態系經營疏伐試驗樣區之配置圖

(a 20%疏伐處理設計、b 40%疏伐處理設計、c 60%疏伐處理設計、d 對照組)

Fig.11 The 3 different thinning treatment subplots and control subplot in 5 sample plots of Ecosystem Management Thinning Design

將林分、林木屬性資料整合數化樣區位置圖與林木位置圖於地理資料庫中，可方便吾人事先在室內以各種假設情境 (Scenario) 做模擬、分析。因此，先決定疏伐準則，再加以模擬、評估、設計與規劃疏伐試驗，可將欲疏伐木選出，利用林木位置圖標出樹號，以方便疏伐作業之進行。本次研究之疏伐木的選擇，乃以競爭指數為準則，從競爭壓力較大的林木開始進行選木，即競爭指數越大，則其被疏伐的序號也越前面，若競爭指數相同，則以胸高直徑為依據，徑級較小的林木較優先被選取。其樣區胸高斷面積變化情形，如表 5 所示，而其疏伐前後的情形，可由數化林木位置圖一覽無遺，如圖 12 所示 (以 E-01-a(弱度疏伐)為例)，其疏伐前後之情形可事先掌握而加以調整，以達理想之狀態。往後可以林木位置圖配合丁寶永等(1986)所提出疏伐原理之方法，建立簡易可行的疏伐準則與模式，以方便全面疏伐撫育作業。實際進行疏伐作業後，再繼續對該林分樣區作長時間的追蹤調查，比較分析其林木生育狀況，將可對本研究作驗證，此頗值得未來繼續研究。

有關結合林木屬性資料及林木位置圖之單木地理資料庫，應用範圍十分廣泛，舉凡取樣、林分結構變遷、林分密度管理、根系競爭、樹冠競爭、疏伐決策等等，均能視需要而適當運用。

表 5 疏伐前後之情形—E-01 樣區狀況

Table 5 The status of plot E-01 before and after thinning

樣區代號	胸高斷面積	疏伐斷面積	保留斷面積	疏伐率
E01-a	1.8592	0.3568	1.5024	19.19
E01-b	1.8037	0.6982	1.1055	38.71
E01-c	2.1298	1.3147	0.8151	61.73
E01-d	1.4065	—	1.4065	0

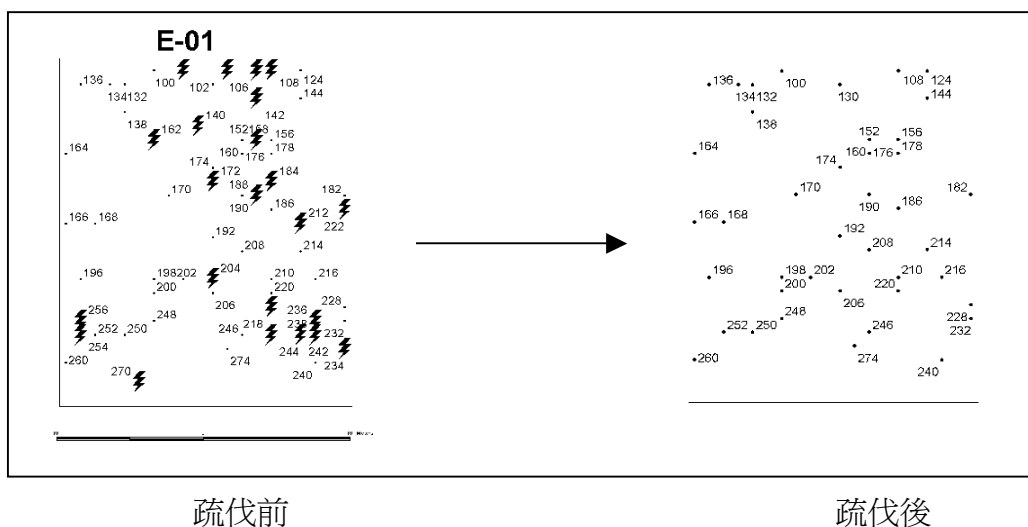


圖 12 E-01 弱度疏伐處理之疏伐林木圖 (⚡表疏伐之林木)

Fig.12 Individual tree location map of before and after for thinning

#### 四、結論與建議

本研究永久樣區之林木位置資料取得所採行之方法，衛星定位系統（GPS）配合雷射林業座標測量儀（Laser Surveyor），將大量外業調查資料記錄在測量儀的記錄器中，調查人員只需簡單草繪其導線路線即可。將 GPS 及 Laser Surveyor 量測資料輸入電腦，便可記錄樣區位置及林木位置的絕對座標，再將位置測量資料與樣區內不同時間的林木屬性調查資料，及樣區分析資料（如林分結構、樹種組成、地位指數、林分生長等），整合成單株林分地理資料庫，將可方便永久樣區資料的單株與林分層級資料的管理與應用分析。利用地理資訊系統來標示樣區位置圖及製作林木位置圖，對於資料的更新、修改與應用將更加便利，空間分析也才成爲可能，在取樣選擇疏伐作業研擬及其他各種假設情境或方案實施上，亦將節省相當之時間。未來依序將過去研究調查計劃與經營調查計劃，所設樣區、樣線、樣點（或樣株）的位置予以定位，結合於地理資訊系統的圖籍中。並將樣區、樣線、樣點之位置圖籍與調查屬性資料、水文與氣象觀測站的資料及遙航測的資料，在相同的時間、空間尺度下予以關連整合，將提



供研究與自然資源經營管理與保育更充分有用的資訊。更可透過網路配合集中式資料庫或分散式資料庫管理系統，以使用權限分等的方式來分享資料。

標定林木位置圖、地面樣區位置圖與土地利用型、林型、群叢等地景分布圖於地理資訊系統中，則可以方便整合林木、林分、生態系、地景等不同尺度層級的空間資料成多層級地理資料庫。有了此地理資料庫，則可方便擷取資料，進行森林各層級的現況、功能與變遷推估與分析。在空間資訊易於獲得下，更可分析探討影響尺度擴大（Scale-up）或尺度縮小（Scale-down）精確度的原因，促進各縱向高低層級間不同尺度資訊、模式的關連與相容模式系統的建立。

過去由於單株生長模式，一般需繪製林木位置且量測其間距離、影響範圍，所以少有人研究，目前由於全球衛星定位、雷射林業座標儀等電子測量儀器與地理資訊系統空間資料貯存、分析、展示方便，所以林木位置圖與距離的量測就相形容易多了，與距離有關的單株林木生長模式的研究，更為可行。

由林木位置圖空間資料庫發現競爭指數與林木生長具有相關性，隨著競爭指數的減少，其總生長量有增加的趨勢，亦即競爭壓力愈大則競爭指數愈大，而該林木的生長所受競爭越大時，林木的成長也越緩慢，壽命也越短。

吾人利用在地理資料庫的林木位置圖，進行，事先假設情境的分析模擬，作各種疏伐方案的評估。因此決定疏伐準則，模擬設計各種疏伐試驗，選擇欲疏伐之林木，利用林木位置圖將其標示出，方便疏伐作業之進行，其疏伐前後的情形，可由數位化的林木位置圖中一覽無遺，因此可事先掌握而加以調整，達到最理想之狀態，此可方便數量化決策系統建立。

因此利用林木位置圖之空間分析，應用於疏伐決策，將更加迅速。未來更期待結合邊緣效應、調適、競爭的空間資訊來改進單株林木的生長發育的預測，並整合其他處理系統，來做更有效率之疏伐試驗與決策。未來尚可結合林木位置圖與樹形、樹冠投影圖、土地利用圖、地景分布圖、碎型（fractal）技巧及 GIS 的 3D 模組，將可更真實地描述探討生物、生態經營狀況及監測結果展示、評估，以利自然資源適應性調整經營。

## 五、參考文獻

- 丁寶永、郎奎健、張世英(1986)落葉松人工林動態間伐系統的研究(I)。東北林業大學學報 14(14):1-12.
- 吳中倫(1984)杉木。中國林業出版社 p20-21.
- 杜加維(1998)應用競爭指標於單木生長模式預測臺灣杉生長量之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文 75pp
- 陳朝圳(1993)地理資訊系統在森林經營管理上之應用—以自然保護區為例。國立中興大學森林學研究所博士論文 234pp
- 許榮章、馮豐隆(1994)地理資訊系統應用於木荷生育地因子上之探討。中興大學實驗

2000 林業研究季刊 22(2):61-72.

林報告 16(1): 133-156

馮豐隆(1990)人工林林分結構與生長量化理論之研究。國立臺灣大學森林學研究所博士論文 181pp

馮豐隆(1996)全球變遷：關刀溪森林生態系研究—地理資料庫之建立與林分變遷之探討。國科會報告 12pp

馮豐隆、林子玉、黃志成(1996)中興大學實驗林地理資訊系統之建立與應用(二)。中興大學森林系研究報告 80pp.

馮豐隆、黃志成(1994)全球衛星定位系統之永久樣區之研究。中華林學季刊 27(2):69-86

馮豐隆、黃志成(1996)整合 GIS 與 GPS 技術於林業製圖。中興大學實驗林研究彙刊 18(1):137-150

馮豐隆、楊榮啓(1990)史納德、柴普曼—理查梓生長函數式在林木各性態值生長上之應用。國立台灣大學農學院研究報告 30(1): : 51-63

楊榮啓、馮豐隆(1989)史納德生長函數式在台灣人工林林分結構分析上的應用。中華林學季刊 22(3): 3-17

蔡信峰(1997)林分密度管理圖與競爭指數在林木疏伐作業上之應用。國立中興大學研究所碩士論文 67pp

Bella, I. E. (1971) A New Competition Model for Individual Trees. Forest Science. 17(3):364-372

Feng, F. L. (1997) Modelling Stand Growth Varies in Response to Different Spacing. Quant. Journ Exp For Nat. Taiwan University. 11(2):111-123

Hegy, F. (1974) A Simulation Model for Management Jack-pine Stand. Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. Res. 30:74-87

Schnute, J. (1981) A Versatile Growth Model with Statistically Stable Parameters. Can. J. Fish Aquat Sci. 38:1128-1140