

林木位置圖應用於香杉之疏伐業務

李宣德¹ 馮豐隆² 林明進³

【摘要】林分的蓄積與生長是經營木材生產的核心，亦是森林經營計畫擬定的重要依據。在一定的生育地條件下，林分密度是決定木材收穫的數量與品質之最重要因子之一，所以在森林的撫育作業中，疏伐作業的實施更顯得格外迫切，因為疏伐作業是控制林分密度的一項重要環節和技術手段。而在整個疏伐施業計劃中，需考量的幾個問題：何時疏伐、疏伐數量、疏伐木的選擇、主伐時間等，以往遭遇到此類問題時，大都以經驗為憑來作決策，缺乏一套簡易而有系統的量化模式。本研究係利用 GIS 配合林木位置圖，以惠蓀林場之 150 m × 30 m 香杉採穗園為研究材料，以生產大徑材為目的的考量下，針對疏伐木之選擇，利用隨機法、寺崎渡氏法、胸徑級法、樹冠競爭指數法等四種方法加以模擬、評估、探討。各種疏伐方法的準則皆有其目的，利用 GIS 工具配合林木位置圖及單株林木資料庫，可相當方便地提供做決策的具體量化、圖形化的模擬結果。

【關鍵字】疏伐、量化模式、林木位置圖、地理資訊系統

Application of Individual Tree Location Map in the Thinning Operation of Luanta-fir

Hsuan-Te Lee¹ Fong-long Feng² Ming-Jing Lin³

【Abstract】The information of growing stock and stand growth is the core of timber production, there are the important clues to forest management, too. In the same site quality of forest land, stand density is the key factor of affecting the quantity and quality of timber harvest. Thinning is the key point of density controlling in the forest tending operation. In the process of thinning, there are few questions we have to face. Those questions are: the amount of thinning, the time intervals between thinning, how to select the thinned trees, and deciding rotation age. In dealing with these questions, we used to make decisions by our experiences generally. It's necessary to have a simple and systematic digital model in thinning decision-making. In the paper, the tree location map of 150 m×30 m Luanta-fir in Hui-Sun Forest Experimental Station were digitized in GIS and thinning simulation by random, Telathaki-Wadali-Chi, DBH class and crown competition index method. Alternative methods could be evaluated with thinning criteria, the database of individual tree map and tree attributes table with GIS tool under different purpose of timber

1. 國立中興大學森林系碩士
Master, Department of Forestry, NCHU.
2. 國立中興大學森林系教授，通訊作者
Professor, Department of Forestry, NCHU, Correspondent author.
3. 國立中興大學實驗林管理處惠蓀林場場長
Chief of Hui-Sun Experimental Forests, Experimental Forest office, NCHU.

production. GIS could be used efficiently to support the simulation results of digital map and information for decision- making.

【Key words】 thinning, digital model, individual tree map, geographic information system.

一、前言

森林為一個複雜的生物社會，林木的生長過程中常受各項環境因子及其因子間的交感作用影響，而使得林木的生長趨於複雜。其中林分密度是影響林木生長的主要因素之一。森林自建造以至成熟的過程中，隨著林齡的增加，林木可利用的生長空間相對的由大變小，因而枝葉交錯、樹冠相接、競爭激烈，每株林木的生長空間會逐漸感到不足，自然疏伐使林分密度得到一定程度的調節，但其速度緩慢，將要被淘汰的林木在未枯死前留置林地，仍對留存木有不利的影響。若能適時地施以撫育作業——疏伐，有效地控制各不同林齡階段合理的林分密度，調節生長空間，方能促進林木健全的發展。

本研究係以惠蓀林場之香杉採穗園為研究材料，將其量測後，繪製林木位置圖、數化建檔貯存於 GIS 中，以利各種不同疏伐方法在疏伐木之選擇上的模擬與探討。

二、前人研究

(一) 疏伐的意義

經營森林的經濟目的，在於生產多量的有用木材。本省人工林甚多，在造林之初，通常都施以密植，若未經疏伐撫育，則林木稠密纖細、發育不良、造成材質低劣。劉慎孝(1976)指密度 100% 為最佳立木度，而密度 100% 所示之密度指數無論其為立木株數、斷面積或材積均可視為完整立木林分 (Fully stocked stand)，亦即最佳立木度 (Best stocking)，或理想立木度，通常當林分密度介於 80%~120% 範圍內，均可視為最佳立木度或適中立木度 (Optimum stocking)。而適中立木度可為林分

健全生長之重要條件。因此欲保持林分之適中立木度，則有賴於撫育，而最有效之撫育方法則為疏伐。

刺激林木生長，維持並增進其林分有用材料之總產量，而伐採未成熟之林木，即稱疏伐 (Thinning)，通常過密的林分，伐去超額的林木，調節其鬱閉至適當狀態，則被選擇保留下來之林木，不僅能有優良的材質，且能充分發揮其生長潛力。於是單位面積上木材的產量不但可以增加，亦可得早期之收穫。

而疏伐之目的可歸納為以下五項：1. 促進保留木的生長及緩和林木生長競爭；2. 提高木材形質及改良木材品質，促使材質優良；3. 縮短成材期，充分發揮土地潛能，增加地租價值；4. 增加中間收益，減少資源的無償浪費；5. 降低林木枯死率 (蔡信峰, 1997)。

(二) 疏伐選木

疏伐木之選擇可依以下七條件加以斟酌：1. 樹冠之位置、鬱閉度、形狀及其與鄰接木之關係；2. 林木健康狀態；3. 樹種種類；4. 樹幹發育情形；5. 木材利用，經濟價值；6. 疏伐之實施純係撫育為目的；7. 林地之交通情形 (林明進, 1995)。

因此，疏伐木之選擇除考慮以上條件，並需配合疏伐方法選定疏伐木，其次序如下：1. 枯損木、瀕死木；2. 病蟲害或其他傷害木、被壓木；3. 形質不良木或其他無利用價值之林木但如維持地力與防止危害有必要者仍予以保留；4. 樹冠過度擴展壓迫鄰接優良木之生長者；5. 過密之中庸木或優勢木 (林明進, 1995)。

三、研究材料與方法

(一) 材料地點

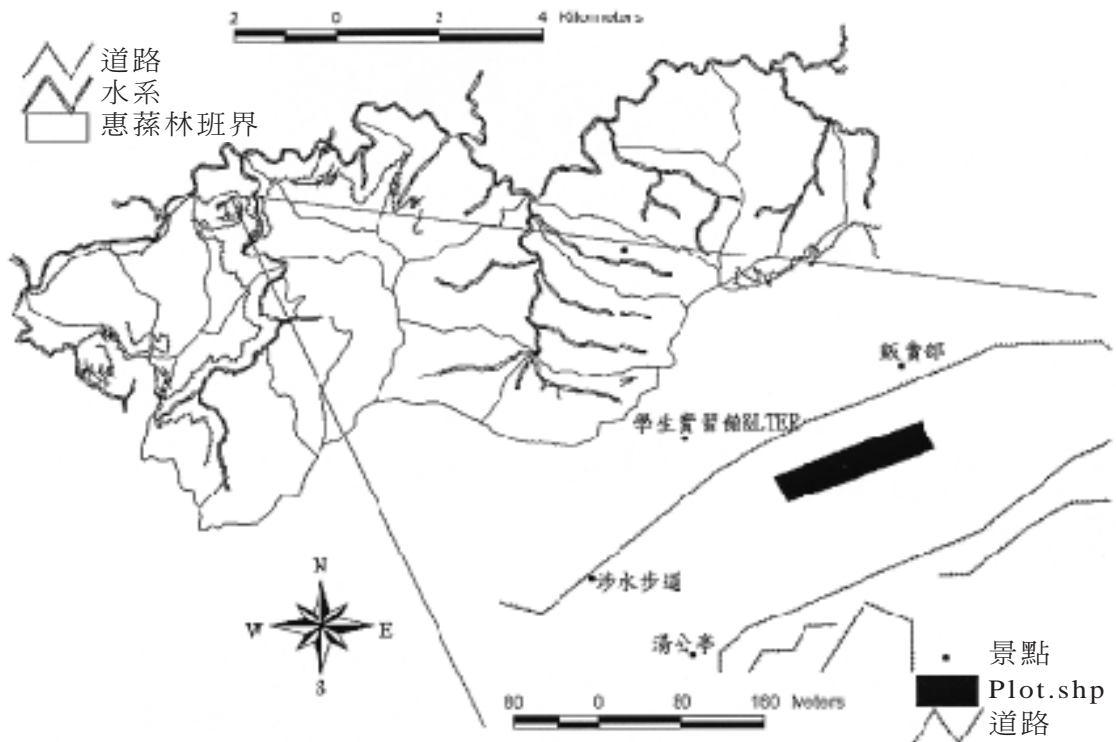


圖.1 惠蓀林場香杉採穗園之樣區位置圖

Fig. 1. The sampling plots location of Luanta-fir in Hui-Sun.

本研究之試驗地為香杉採穗園，位於台灣島的中部，屬中興大學林區管理處惠蓀實驗林場第三林班，海拔 670 m 左右，位於舊實習館前，其樣區位置圖如圖 1，於 1969 年（民國五十八年）3 月 14 日至 18 日造林，其穗株來源為林務局埔里林區管理處大楠工作站二年生香杉苗圃中，選取最壯健苗木 6720 株，分別將莖幹截短為 10 cm、20 cm，栽植距離分 1.0 m × 1.0 m 及 1.0 m × 0.5 m 兩種（劉業經，1972）。

(二) 研究方法

1. 每木調查

為瞭解林木之樹種組成、林分結構和生長情形，進行林木調查，調查項目包括胸徑、樹高及林木位置。

2. 林木位置圖之製作、建立單株林木資料

所有立木，不管生林或枯立木，皆予編號、標定位置，且繪製各標號林木位置於 150 m × 30 m 長方形的樣區內的圖層。

記錄各個林木量測資料的屬性表，亦以林木樹號關連，其量測過程如下：各株林木皆予油漆編號，並記錄樣木號碼，標示林木在樣區線左右之記錄類型、樣區線距離、樣區線至樣區的距離、樹種別、胸高直徑、樹高、枝下高等資料。判釋至種之樹種別，不以雜木代之，胸高直徑以直徑尺量測，單位以 cm 計至小數點一位。樹高係利用 tangent 三角原理的牛氏測高器量測之，單位以 m 計至小數點二位。

3. 單株資料庫

利用 GIS 軟體 ARC/VIEW 及資料表，建立鏈結圖層（林木位置）與屬性（單株林

木資料)之單株林木資料庫。

4. 疏伐方法之準則訂定及模擬

強度疏伐之林分，其單株材積生長優於其他疏伐度(林明進，1995)，故用 60% 之胸高斷面積疏伐度進行模擬。

(1)隨機法—隨機選取

(2)寺崎渡氏樹冠分類法—級數越大越先砍伐。

方榮坤、廖天賜(1993)中曾提到寺崎渡氏將萬國林業試驗場聯合會議協定之分類法，加以改訂，常以未滿 30 年生之針葉樹單層林為對象。

a. 優勢木—構成上層林冠，亦林分構成之主要要素。

(a)第 1 級木：樹高最大，鄰接木不妨礙其樹冠發育，生長稍偏斜，有適當之空間供其發展，且樹冠型態亦無不良，能受充分上方光線，側方亦能陽光直射。

(b)第 2 級木：樹高較前者稍小，樹冠發育受鄰接木妨礙，無供其擴張之適當空間，或樹幹型態不良，僅上方光線充分，側方光線微弱。

b. 劣勢木—非構成林分之主要要素，較優勢木樹高小，構成下層林冠。

(a)第 3 級木：生長雖遲滯，生長力尚未完全衰退，將來如其周圍之生長空間擴張，可能成為良木，樹冠亦未被壓閉，尚能稍受上方光線，惟不能受側方光線。

(b)第 4 級木：完全屬於被壓狀況，無論上方或側方均不能受直射光線，樹高甚低，雖在繼續生活，然生長力以衰減，樹冠小而發育不良，但對林分之撫育，林地之保護，尚有功效。

(c)第 5 級木：凡生長衰弱、枯死木、倒仆木等屬之，對於林木及林地之撫育，已早無關係。

(3)以胸徑為準則之疏伐(以後簡稱胸徑級

法)—先將枯立、病死木伐除，再從 DBH 最小的開始砍伐。

(4)競爭指數法—運用環形影響帶(circular zone of influence)的觀念，分別以杉木的根幅與樹冠因子作為環形影響帶的基礎，利用 Hegyi(1973)提出的樹冠競爭指數式計算每木之競爭指數，來推算各株林木之根系及樹冠競爭指數。競爭指數愈大，則受競爭力壓力愈大，宜為下層疏伐的保留木。模擬時，先將枯立、病死木伐除，再從競爭指數最大的林木開始疏伐，直到達到預定之疏伐量。

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

CI_j：第j株林木的競爭指數

D_i, D_j：競爭林木 i 與所測林木 j 的胸徑

L_{ij}：競爭林木 i 與所測林木 j 間的距離

n：以所測林木 j 為中心，用係數為 10 的斷面積稜鏡繞測一周所得的競爭木總數

而環形影響帶是利用林齡與根幅資料各取對數後作直線迴歸，得到下述之迴歸式(蔡信峰，1997)：

$$R = 3.96828A^{0.25802}$$

R：根幅 A：林齡

而杉木冠幅約為根幅的一半左右(吳中倫，1984)。

5. 本研究之流程圖，如圖 2 所示。

四、結果與討論

(一) 林木位置圖之製作

依馮豐隆、李宣德(2000)利用全球衛星定位配合羅盤儀，進行林木定位，並將之數化建檔於 GIS 中，結果如圖 3 所示。

(二) 各種疏伐方法之模擬

1. 隨機法—利用 Excel 軟體之亂數表功能，運用二次分佈法，其 P 值訂為 0.6，決定疏伐與否，所以 0 為保留木，1 為疏伐木。其疏

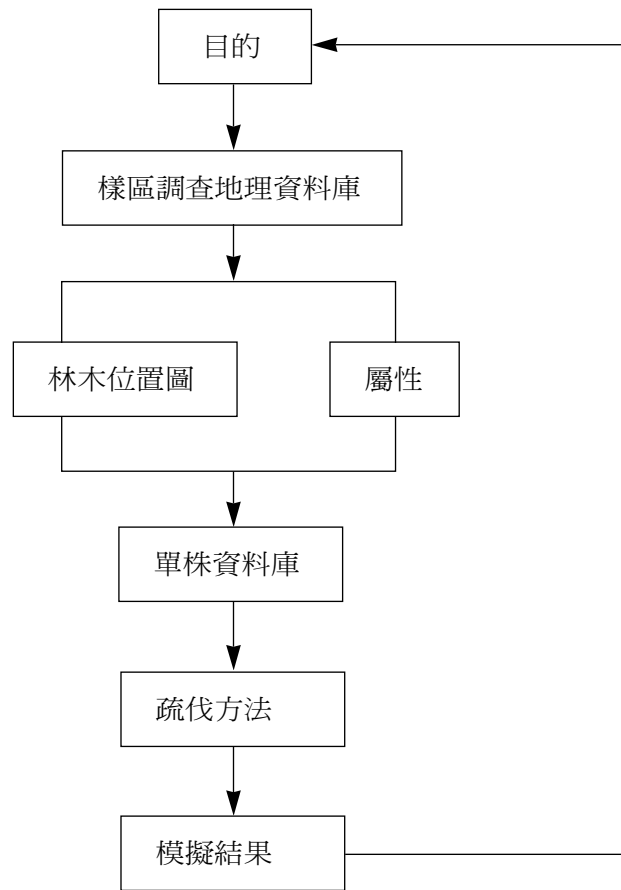


圖 2. 研究流程圖

Fig. 2. The flow-chart of the study.

伐前後如圖 4。

2. 寺崎渡氏法—先將林木用寺崎渡氏幹級分級法，將林木分為五級，其疏伐順序從最高級（即林木狀態最差）開始依序疏伐，其疏伐前後如圖 5。
3. 胸徑級法—利用胸徑大小為準則，從 DBH 最小之林木開始選取，依序疏伐，直到所欲疏伐之疏伐量為止，其疏伐前後如圖 6。
4. 樹冠競爭指數法—利用樹冠因子作為環形影響帶的基礎，用 Hegyi (1973) 提出的競爭指數，來推算各株林木之樹冠競爭指數，再依序其指數大小，進行疏伐，其疏伐前後如圖 7。

(三) 各種疏伐方法之林分結構要素比較探討

不同之疏伐方法對於林木的各組成成分之生物量有顯著的不同，就胸高直徑而言，由表 1 可知其平均值經疏伐後，除隨機法外，均大幅增加，尤其以胸徑法增加最多；其現存量以 DBH 疏伐法最大，其後依次為寺崎渡氏法、樹冠競爭指數法，而隨機法則呈現最差之情形，如圖 8；其所疏伐之林木大多為小徑木，但隨機法所疏伐之林木分佈較均等。

疏伐目的為求保留木材積生長成大徑材，所以除用 DBH 外，亦以材積加以比較。四種不同疏伐之保留木，其材積保留量（以

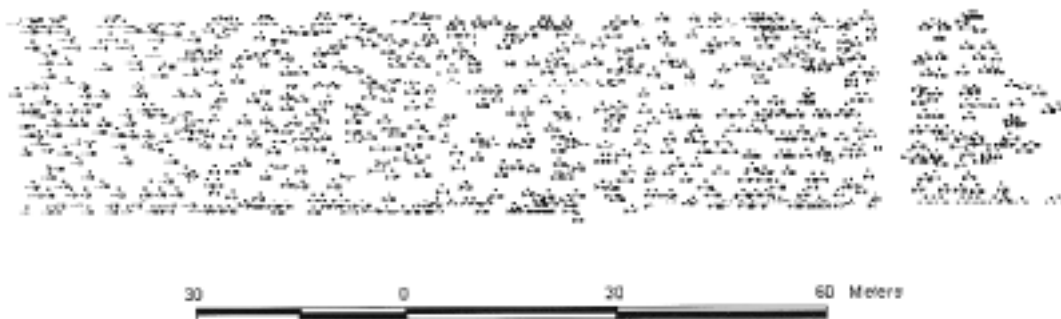


圖 3. 香杉採穗園之林木位置圖

Fig. 3. Individual tree location map in Luanta-fir plot.



(a)疏伐前



(b)疏伐後



圖 4. 隨機法之疏伐前後

Fig. 4. Individual tree location map by random method which before and after for thinning.

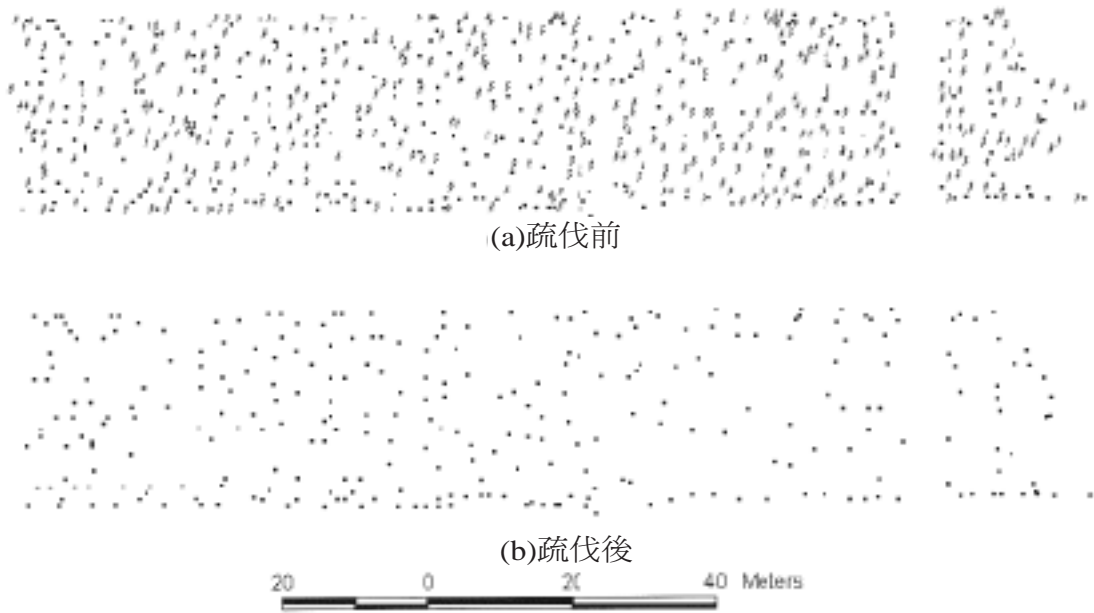


圖 5. 寺崎渡氏法之疏伐前後

Fig. 5. Individual tree location map by Telathaki Wadali Chi method which before and after for thinning.

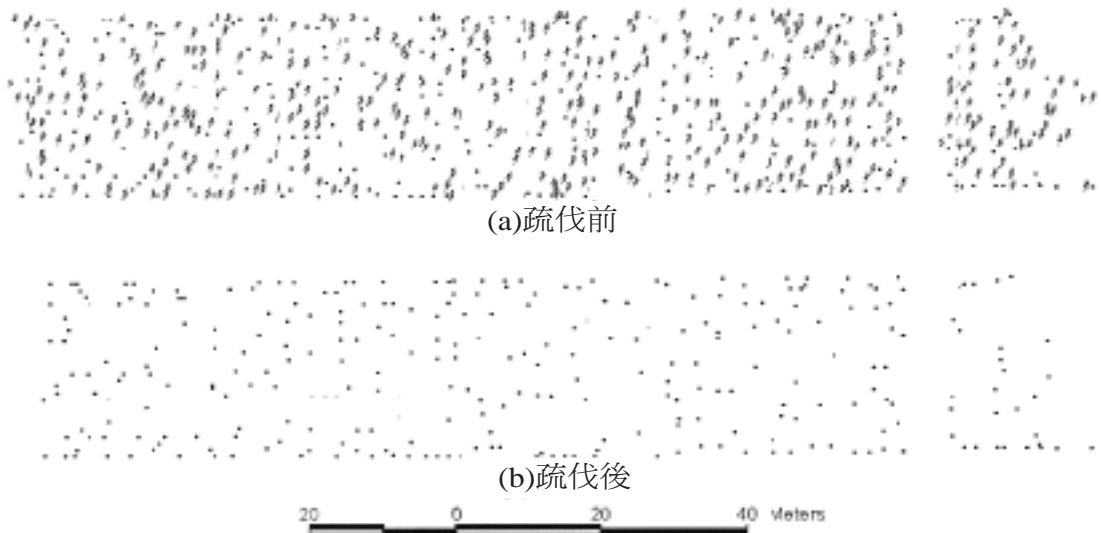


圖 6. 胸徑級法之疏伐前後

Fig. 6. Individual tree location map by DBH class which before and after for thinning.

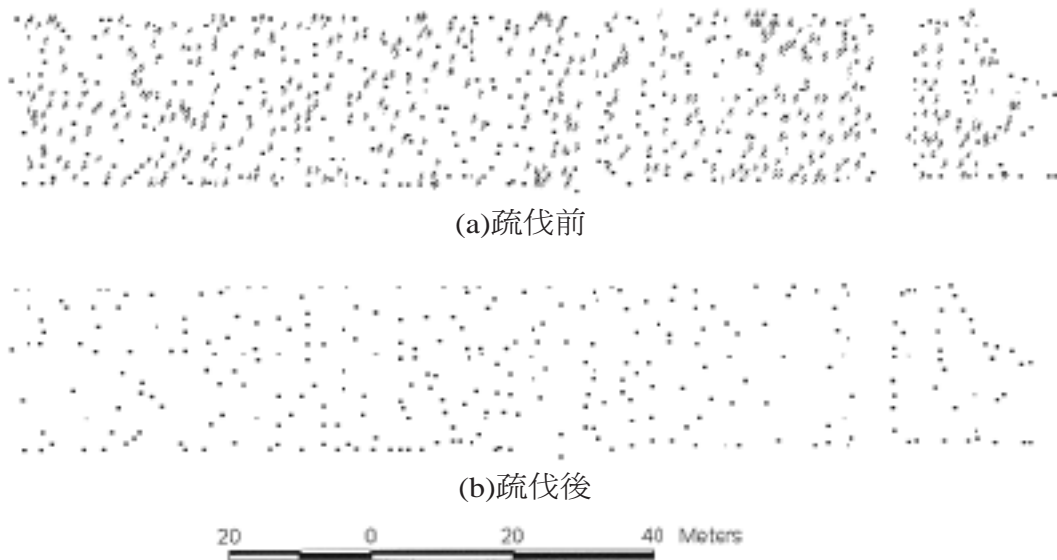


圖 7. 樹冠競爭指數法之疏伐前後

Fig. 7. Individual tree location map by crown competition index method which before and after for thinning.

表 1. DBH分配狀況表

Table 1. The DBH distribute table.

	疏伐前	隨機法	寺崎渡氏法	胸徑級法	競爭指數法
Mean(cm)	21.10	21.27	30.93	32.00	28.43
眾數(cm)	20.00	20.00	31.10	31.00	28.35
標準偏差	6.82	6.96	4.89	4.08	6.20
偏斜度	0.73	0.87	0.68	1.47	0.25

表 2. 不同疏伐方法之蓄積一覽表 (m³/ha)

Table 2. The growing stock of different thinning method.

疏伐前	隨機法	寺崎渡氏法	DBH法	樹冠競爭指數法
587.4531	236.8127	257.2302	256.2338	254.4987
疏伐率%	59.69	56.21	56.38	56.68

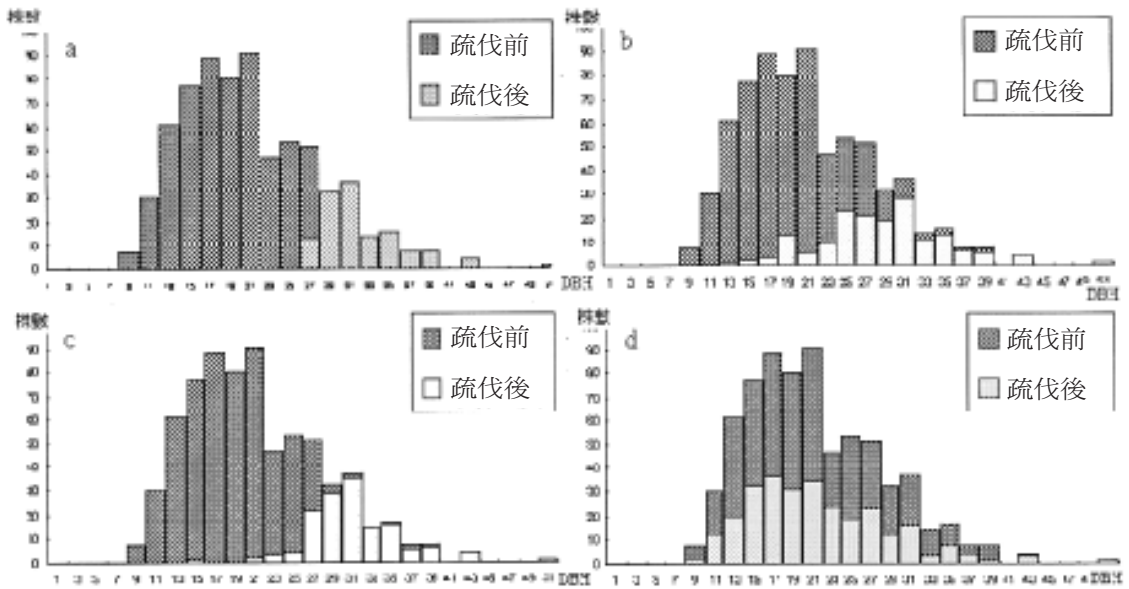


圖 8. 四種不同疏伐方法疏伐前後之直徑分配

(a. 胸徑級法 b. 競爭指數法 c. 寺崎渡氏法 d. 隨機法)

Fig. 8. The DBH distribute of different thinning method which before and after for thinning.

(a. DBH class method b. crown competition index method c. Telathaki Wadali Chi method d. random method)

表 3. 疏伐前後材積階級之株數分配表

Table 3. The volume class of tree quantity distribute table which before and after for thinning.

材積階		ALL		指數		寺崎		DBH		隨機	
下限	上限	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%
0.0	0.2	180	28.00	0	0.00	1	0.71	5	3.05	90	32.49
0.2	0.4	229	35.60	0	0.00	4	2.84	25	15.24	94	33.94
0.4	0.6	112	17.40	8	6.11	23	16.31	42	25.61	45	16.25
0.6	0.8	61	9.47	61	46.56	55	39.01	40	24.39	24	8.66
0.8	1.0	29	4.50	29	22.14	29	20.57	24	14.63	9	3.25
1.0	1.2	17	2.64	17	12.98	16	11.35	15	9.15	9	3.25
1.2	1.4	9	1.40	9	6.87	6	4.26	7	4.27	2	0.72
1.4	1.6	2	0.31	2	1.53	2	1.42	1	0.61	0	0.00
1.6	1.8	4	0.62	4	3.05	4	2.84	4	2.44	3	1.08
2.4	2.6	1	0.16	1	0.76	1	0.71	1	0.61	1	0.36

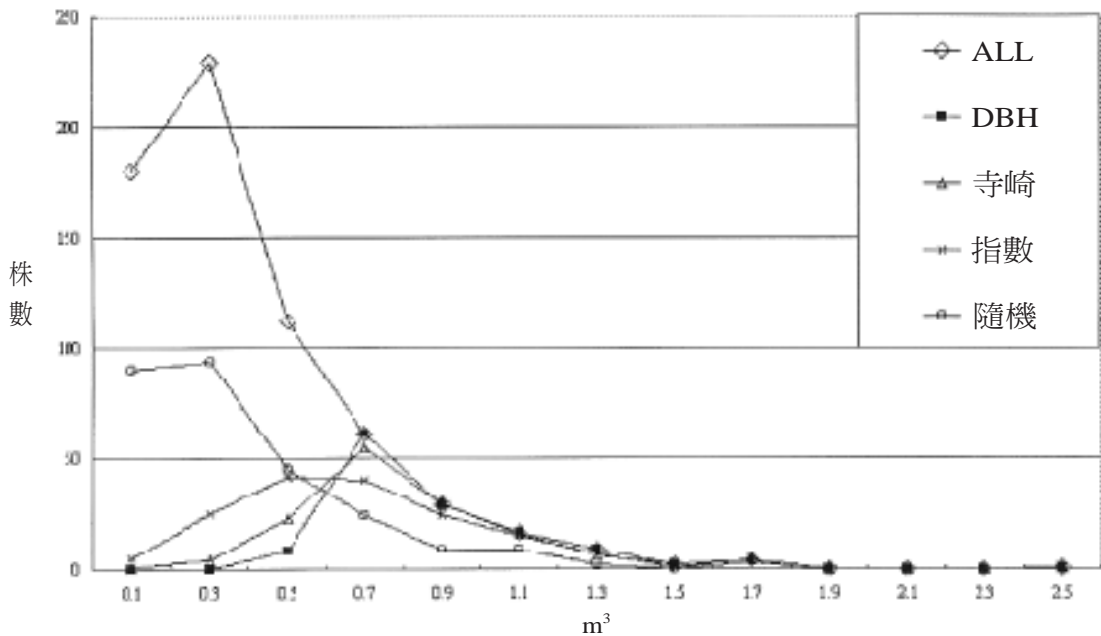


圖 9. 疏伐前後之材積階級分佈圖

Fig. 9. The volume class of distribute which before and after for thinning.

表 4. 不同疏伐方法之鬱閉度

Table 4. The crown closure of different thinning method.

	疏伐前	胸徑級法	寺崎渡氏法	競爭指數法	隨機法
樹冠投影(ha)	0.4400	0.3598	0.3683	0.3904	0.4092
樣區孔隙(ha)	0.0100	0.0902	0.0817	0.0596	0.0408
鬱閉度(%)	97.7800	79.9600	81.8400	86.7600	90.9300

註：樣區面積為 0.45 ha

惠蓀林場杉木材積式： $\log V = -3.620459 + 2.361074 \log D$ （林子玉，1963）材積式求算林分每公頃之材積，結果如表 2 所示。其所保留之材積各階級之株數如表 3，圖 9 為其分佈圖，由此二表可看出 DBH 法所保留的林木，其材積較大者所佔之比例較高。

就其樹冠鬱閉度而言，胸徑級法對於增加林內光度而言，較有助益，如表 4。而利用地理資訊系統所繪製而成的樣區孔隙變化結

果，如下圖 10 所示。

五、結論與建議

由於疏伐方法的準則不同，其所疏伐的林木亦有所不同，利用胸徑級法所疏伐的株數較多，而所保留之單株林木多為大徑木，且對增加林內光度較有幫助，但所保留下來的林木，不一定通直圓滿；而利用寺崎渡氏分類法，由於事先有做林木分級，雖然材積

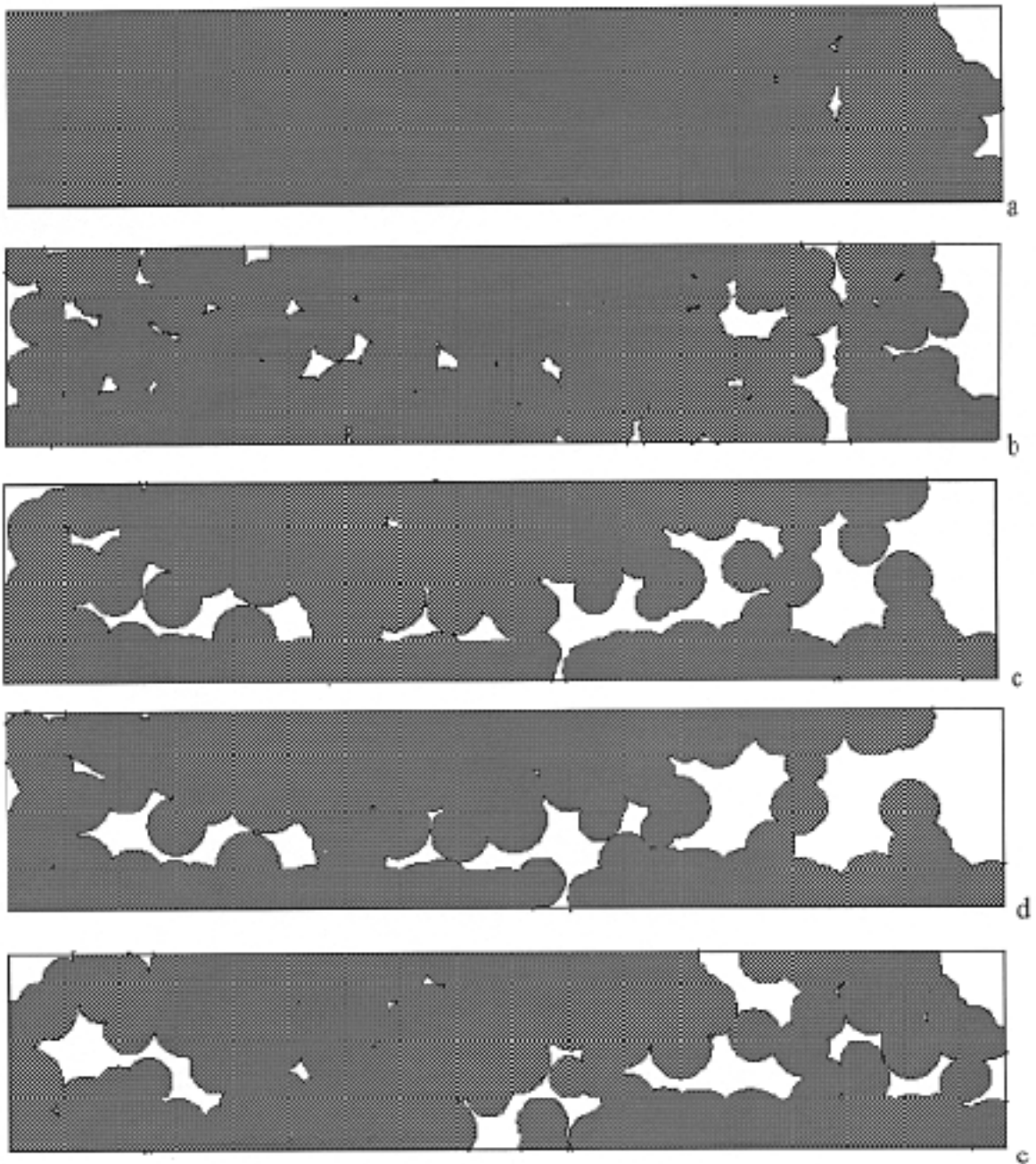


圖 10. 不同疏伐方法之樹冠投影圖 (a. 疏伐前 b. 隨機法 c. 寺崎渡氏法 d. 胸徑級法 e. 競爭指數法)
Fig. 10. The crown projection map of different thinning method. (a. before thinning b. random method
c. Telathaki Wadali Chi method d. DBH class method e. crown competition index method)

保留量並不是最好，但其保留下來的樹形皆較優良；至於利用樹冠競爭指數法，由於其所受的壓力越大，其指數越高，所以此法可減輕林分內的總體競爭壓力，惟計算競爭指數時要內縮環形影響帶半徑的距離，故林分中的外圍林木，所計算出來的競爭指數會比實際的小。

以往一般的疏伐方法，大多都以經驗為憑來做疏伐木的選擇，缺乏一套量化的系統，可以將這些方法相結合，截長補短，將疏伐木選擇方法具體量化，並配合林木位置圖，且運用單株林木資料庫，來進行疏伐試驗規畫，疏伐規畫之擬定內容包括，疏伐量強度的計算、疏伐木的選擇等，皆可由林木位置來加以模擬規劃，並可以用來分析模擬疏伐後之林分狀況為何，惟林分難以全面實施林木位置圖之繪製，所以必須配合疏伐原理，建立簡易可行的疏伐準則與模式（如丁寶永等於 1986 所提出之方法，即將林木分為 A~E 五級，利用周圍最近的 6 株林木來決定本身的分級，並決定疏伐準則，即培育 A 級木、間伐 B 級木、解放 C 級木、清除 D、E 級木），使原本選擇疏伐木時的形象化概念，將之具體的量化，在應用上便有較明確的依據，以方便全面疏伐撫育作業，在實際進行疏伐作業後，若能繼續對該林分作長時間的追蹤調查，加以比較分析其入侵孔隙之樹種，更而調查其侵入機制及其存留林木生育狀況，並朝向以距離因子為基礎，對林木生長的空間型態再加以探討，使之更具實用性。將可提供對森林生態系物種歧異度變遷，林分生長結構變遷等重要信息，此乃為未來繼續研究之方向。

六、引用文獻

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)。

方榮坤、廖天賜(1993)育林學。國立中興大學教材 170-171頁。

吳中倫(1984)杉木。中國林業出版社 20-21頁。

林子玉(1963)林分生長量表簡易編製法及預測方法比較之研究。農林學報12輯 49-68頁。

林明進(1995)不同疏伐度與立地影響杉木之調查研究。國立中興大學森林學研究所碩士論文 18-19頁。

馮豐隆(1997)森林生態系經營之多尺度空間資料庫管理系統的建立。中華地理資訊系統學會年會1997年1月23-24日逢甲大學 30頁。

馮豐隆、李宣德(2000)林木位置圖之製作與應用。林業研究季刊 22(2):61-72.

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頁。

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頁。

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 67頁。

劉業經(1972)香杉採穗園經營及控制受粉之研究。中華林學季刊 5(1):1-13頁。

鄭進練(1981)疏伐對於柳杉林木生物影響。國立台灣大學森林學研究所經營組碩士論文 63頁。

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

Hegy, F. (1993) A simulation model for management Jack-pine stand. Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. Res.NO.30:74-87.