

多變量解析法을 利用한 林分材積表調製*1

金 東 春*2

Preparation of Stand Volume Table by the Multivariate Statistical Analysis Method*1

Kim, Dong-Chun*2

Surveys of stock volume on steep and vast expanse of mountains, involves various difficulties. And it is extremely uneconomical in forest management point of view, to spend lots of time and man power for surveying such tree volume as the value is much cheaper in comparison with volume and weight.

Therefore, a stand volume table estimate easily stock volume per hectare basis from aerial photographs was prepared and correlations to stand volume among factors affecting tree volumentation, were studied.

Data were 114 places selected from planted Korean white pine, *Pinus koreiensis* Sieb. et Zucc. stands in Kwangnung Experiment Forest and were computed and analysed by the means of the quantification in the multi-variate statistical analysis. Electronic Data Processing System was applied for data processing at Korean Institute of Science and Technology.

Coefficients of multiple correlations of stand volume table was ranged 0.85~0.88.

面積이 廣大하며 地形은 險峻한 山林에서 그의 蓄積을 調査하기에는 여러 難點이 많다.

重量과 容積에 比하여 그 價格이 低廉한 林木의 蓄積을 調査하는데 많은 時間과 勞力を 消費함은 山林經營上 아주 非經濟的이다.

그러므로 航空寫眞만을 가지고 容易하게 適當 林分材積을 推定할 수 있도록 林分材積表를 作成하고 林分材積과 關聯있는 因子의 材積推定에의 關與性을 究明하였다.

材料는 林業試驗場 光陵試驗林內에 植栽한 잣나무林 114個所이며 近來에 發達한 統計學의 一種인 多變量解析과 數量化的 理論을 應用하였으며 計算은 韓國科學技術研究所(K.I.S.T.)의 電子計算機研究室에서 行하였다. 調製된 林分材積表의 重相關係數는 0.85~0.88 로 相當히 높은 正確度를 갖고 있다.

緒 論

全國土의 67%를 차지하는 山林을 集約的으로 經營하여 이의 生産力을 向上시키고 林業의 經濟性을 提高시키는 우리 나라로서 큰 課題中의 하나이다. 山林을 集約的으로 經營하자면 우선 먼저 山林資源等 그 實態를 正確하게 把握하지 않으면 안된다. 山林이란 廣大

한 地域에 걸쳐있고 또 地形的 條件은 複雜하므로 이의 實態를 調査하기에는 大端히 困難하다. 따라서 過去와 같은 山林調査方法으로서는 多大한 經費와 時間이 所要될뿐 그의 正確度를 期待하기는 어려웠다. 一般的으로 木材價格은 그의 重量 容積에 比하여 他商品보다 低廉하므로 山林資源調査에 많은 時間과 經費를 드린다는 것은 山林經營上 不可한 일이다. 그러므로

*1 : Received for publication in July 18, 1973

*2 : 林業試驗場 經營調查科長, Chief of Forest Management Division, Forest Research Institute, Seoul

山林資源調查를 적은 費用과 勞力으로서 最大의 成果를 올릴 수 있도록 하기 위하여 여러 測樹學者들에 의하여 研究가 꾸준히 이루어져 왔었다.

近間 統計學의 發達로 因하여 이를 測樹學에 導入하므로써 過去의 主觀的이었던 標準地調査法에서 脫皮하고 客觀的으로 山林資源을 調査하는 標本調査法이 登場 適用하게 되었고 航測技術의 發展과 航空寫眞의 利用은 이 標本調査를 容易하게 또 效果의으로 遂行할 수 있게 하는데 큰 役割을 하게 되었다. 航空寫眞을 利用한 山林調査法에는 地上併用法과 直接法의 두 가지가 있다. 前者는 寫眞上에서는 標本點만 抽出하고 抽出된 標本點에 對해서는 地上調査로써 充當하는 方法이고 後者는 미리 作成된 寫眞材積表를 利用하여 二重抽出法을 適用 比推定으로 計算하는 方法이다. 그런데 前者는 山林이 갖고 있는 地域의 廣大性과 地形의 險峻性 때문에 여러 難點이 많다. 後者는 寫眞材積表의 變數로 採用된 要因의 寫眞測定値가 推定의 目的에 適合하도록 높은 相關을 가지고 있어야 하며 또 測定 精度가 充分할 때에만 可能한 것이다. 이러한 點을 勘案하여 本人은 航空寫眞上에서 山林構造와 性質을 容易하게 把握하는 한 方法으로서 調査容易한 環境要因을 寫眞上에서 測定한 後 이로서 ha當 林分材積을 推定할 수 있도록 하기 위한 林分材積表를 最近에 發達된 多變量解析法을 應用하여 作成해 보았다.

一般의으로 寫眞像의 觀察値를 主體로 하여 山林의 構造와 性質을 把握하고자 할 때에는 個個의 立木, 또는 林分을 單位로 해야함은 當然하나 그와 同時에 이들의 相互間 또는 生育環境과의 關聯性도 밝혀야 한다. 그러므로 山林은 여러 要因에 依하여 變動하는 總合된 하나의 現象이라고 생각할 수 있어 所謂 多變量解析의 方法을 導入할 수 있게 된다.

이 小稿를 契機로 하여 앞으로 우리 나라에서도 林學에 多變量解析의 理論이 導入 發達되어 林業各部分에 應用되기를 바라는 마음 간절하다.

研究史

多變量解析法이란 한 個의 data가 2種類 以上の 變量으로 組合되어 있을 때 多次元分布法則이란 統計的 推理法에 依하여 問題를 總合的으로 評價하는 統計的手法이다.⁽⁵⁾ 多變量解析法의 理論은 相當히 오래前부터 研究되어 왔었으나 1928年 J. Wishart가 多次元 正規

母集團의 任意標本에서 2次積率의 同時分布인 Wishart 分布를 發見한 以來 劃期的으로 發展할 수 있었다. 其後 1958年에 T.W. Anderson에 依하여 一應 系統的으로 整理되었고⁽¹⁾ 繼續하여 몇 사람에게 依하여 文獻이 發行되었다.^(2,3,4,10,14,17,18,10,20,21,22)

그러나 이들이 取扱한 內容은 1變量統計解析法에 있어서의 推定 檢定理論이며 主로 多變量分散分析法과 多變量回歸分析法를 다루고 있었다. 이 部分은 數學的 理論으로 볼 때에는 큰 成果이긴하나 實地 應用面에서 볼 때에는 그다지 큰 成果라고는 할 수 없었다.

그러나 最近 電子計算機의 發達에 따라 이 多變量解析은 數量化理論과 함께 生物學, 農學, 氣象學, 計量經濟學, 心理學, 醫學, 政治學, 市場調査 財務分析等의 各分野에 걸쳐 널리 活用되고 있다. 數量化理論은 日本 統計數理研究所의 林知己夫에 依하여 開發되었으며⁽⁷⁻⁹⁾ 林學分野에서는 小林가 地位指數를 豫測하는데 처음으로 이 數量化理論을 導入하여 開發하였다.⁽¹¹⁾ 그後 西澤⁽¹²⁾ 眞下^(12,13) 등이 環境因子를 數量化시켜 林地의 生産力인 地位指數를 推定하는 方法을 研究開發하였고 그 結果는 日本의 國有林에 對한 立地級區分에 利用되었다. 그後 1967年부리는 各 營林局에서 이 方法에 依하여 地位指數調査를 하고 있다. 이 調査要領을 渡邊等⁽²⁴⁾이 解析書를 發行하여 널리 活用하고 있다.

그後 日本에서는 한거를 더 나가 森林의 公益의 機能의 計量化方法⁽¹⁶⁾ 航空寫眞을 利用한 治山調査에⁽²³⁾ 이 理論을 利用하고 있다. 우리 나라에서는 江原大學의 尹鍾和⁽²⁵⁾가 林木의 生長量推定에 이 理論을 導入한 것이 始初이며 林業試驗場 山林土壤科에서는 造林適地判定에 있어서 環境因子를 伐期收穫量으로 數量化시켜 伐期材積이 많은 樹種을 造林樹種으로 選定하는데 이 理論을 導入研究하였다.⁽¹⁶⁾

材料 및 方法

1. 材 料

本研究는 京畿道 抱川郡과 楊州郡에 걸쳐있는 林業試驗場 光陵試驗林內에 植栽된 잣나무林分 114箇所에서의 測定値를 材料로 삼았다.

調査된 標準地의 環境因子의 category別 林地數는 表1과 같으며 林齡 20年을 基準으로 한 地位指數別 標準地數는 表2와 같다.

表 1. 環境因子的 category 別 標準地數
Table 1. Number of plots by category of each factors.

林 齡 Aeg	標準地數 No. of plots	樹 高 Height	標準地數 No. of plots	直 徑 D.B.H.	標準地數 No. of plots	ha當本數 No. of trees per ha	標準地數 No. of plots	標 高 Altitude height
1~30	18	~14	40	~18	42	~500	27	~200
1~40	49	~18	61	~22	50	~800	49	~400
1~50	39	18~	13	22~	22	800~	38	~600
1~60	8							

標準地數 No. of plots	方 位 Azumith	標準地數 No. of plots	傾斜位置 Location of tilt	標準地數 No. of plots	局所地形 Partial topography	標準地數 No. of plots	土壤型 Soil type	標準地數 No. of plots
77	N	28	山 頂 upper	17	凸	36	B _B	21
26	E	41	山 腹 middle	80	凹	36	B _{Dd}	49
11	S	15	山 麓 under	17	平 行 plain	42	B _D	31
	W	30					B _E	13

表 2. 地位指數別 標準地數
Table 2. Number of plots on each site index

地 位 指 數 Site index	8	10	12	計 Total
標 準 地 數 No. of plots	16	64	34	114

2. 計算過程

標準地 114個所에서의 測定因子中 林分材積構成에 關與度가 높다고 생각되는 林齡, 樹高, 平均胸高直徑, ha當立木本數, 樹高, 方位, 傾斜, 局所地形, 土壤型의 9個 因子를 選定 測定한 後 category 別로 反應 pattern 表를 作成하고 이 pattern 表에서 category와 category 間의 交互關係를 調査하여 cross 表를 作成하였다. cross 表를 가지고 category의 總數에 該當하는 30×30의 行列表를 作成하여 30元 1次連立方程式을 電子計算機에 依하여 行列別로 計算, category 別로 score 表를 얻었다. 計算은 韓國科學技術研究所의 電子計算機研究室에서 하였다.

다음에 cross 集計表와 category 別 score 表를 가지고 內部相關을 計算하고 이 內部相關表를 逆行列로 計算하여 determinant를 얻은 後 重相關係數와 偏相關係數를 算出하였다. 이 過程은 모두 電子計算機에 依하여 있으며 이 過程을 順序대로 記述하면 다음과 같다.

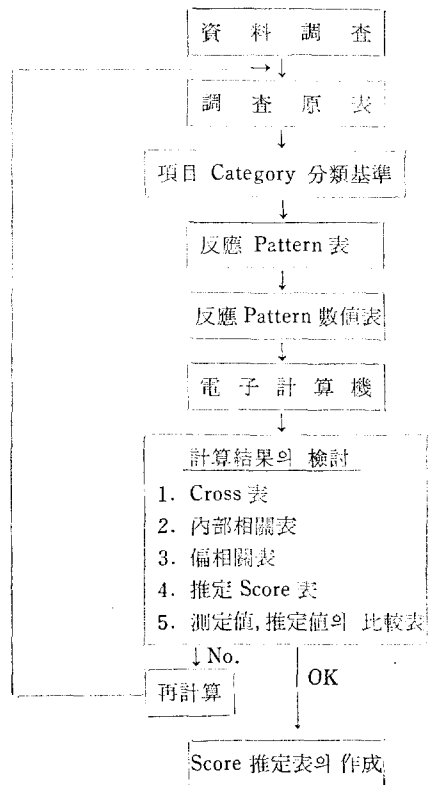


그림 1. 資料處理過程

結果 및 考察

1. 因子別 材積推定에의 關與性

ha 當 林木材積을 外的基準으로 한 때 各因子 相互間

林 3. 林分材積을 外的基準으로 한 各因子別 內部相關表

Table 3. Inner correlation coefficient for each forest based on the stand volume of outsider

因 子 Factor	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
林 齡(X ₁) Age	1.000								
樹 高(X ₂) Height	0.606	1.000							
直 徑(X ₃) DBH	0.559	0.671	1.000						
ha當本數(X ₄) No. of trees per ha	0.354	-0.422	-0.520	1.000					
標 高(X ₅) Altitude height	-0.200	0.050	0.138	-0.125	1.000				
方 位(X ₆) Azimuth	0.075	0.073	0.007	-0.026	-0.356	1.000			
傾斜位置(X ₇) Location of tilt	0.276	-0.056	-0.128	-0.088	-0.491	0.055	1.000		
局所地形(X ₈) Partial topography	-0.002	-0.346	-0.102	-0.068	0.003	0.229	0.150	1.000	
土 壤 型(X ₉) Soil typ ^a	-0.021	0.394	0.448	-0.252	0.118	0.227	-0.428	-0.422	1.000

表 4. 單相關, 重相關, 偏相關係數

Table 4. Simple, multiple and partial correlation coefficient

因 子 Factor	單 相 關 係 數 Simple correlation coefficient	重 相 關 係 數 Multiple correlation coefficient	偏 相 關 係 數 Partial correlation coefficient
林 齡 Age (X ₁)	0.233	0.3989	0.529
樹 高 Height (X ₂)	0.631	0.6989	0.651
直 徑 D.B.H. (X ₃)	0.595	0.7997	0.652
ha當本數 No. of tree per ha(X ₄)	0.029	0.8129	0.542
標 高 Altitude height (X ₅)	0.009	0.8176	0.254
方 位 Azimuth (X ₆)	0.127	0.8499	0.001
傾斜位置 Location of tilt (X ₇)	0.043	0.8525	0.282
局所地形 Partial topography(X ₈)	0.003	0.8534	0.157
土 壤 型 Soil type (X ₉)	0.284	0.8829	0.167

表 3 에 依하면 林齡은 樹高(內部相關值 0.606)와 直徑(0.559)의 兩者와 關聯性이 높으나 地況因子와는 關聯性이 없다. 樹高와 直徑사이의 關聯性도 0.671 로서 相當히 높다. 이는 光陵試驗林內에 植栽한 잣나무立木은 樹幹形에 變化가 그다지 甚하지 않기 때문이다.

表 4 에 依하면 林齡만을 가지고 材積을 推定하는데 關聯하는 比重은 重相關係數가 0.3989 로서 아주 낮다. 即 植栽年도를 가지고 材積을 推定함은 不可能하다는 것을 알 수 있다.

그러나 樹高 또는 直徑, ha 當本數等の 因子를 添加하면 重相關係數는 漸次 높아져서 0.8829의 높은 正確度를 가지고 林分材積을 推定할 수 있게 된다.

또 材積推定에의 關與性은 林齡(偏相關係數 0.529) 樹高(0.651) 直徑(0.652) ha當立木本數(0.542)等 林況

의 關連性을 알고 또 이들 要因이 材積推定에 關與하는 比重을 究明하기 위하여 內部相關, 重相關, 偏相關 值를 計算한 結果는 表 3,4와 같다.

因子는 相當히 높으나 地況因子로서는 標高(偏相關值 0.254)와 傾斜位置(0.282)만이 어느程度 關與性이 있는 因子이고 그 外는 이를 認定할 수 있다.

특히 方位(0.001)같은 것은 材積과 全然關聯性이 없다고 볼 수 있다.

樹高, 直徑은 偏相關係數가 各各 0.651 0.652로써 材積推定에의 關與率이 특히 높아 1變數에 依한 材積推定도 可能하다고 볼 수 있다.

2. 調製된 林分材積表

表 4 에서 重相關係數가 0.85 以上이 되는 方位以上의 因子를 가지고 計算된 score 數值를 整理 表示하면 表 5 와 같으며 이 表를 使用하여 ha 當 林分材積을 推定할 수 있는 表가 된다.

表 5. 잣나무의 林分材積表
Table 5. Stand Volume Table of Korean white pine

環境因子 Environmental factors	Category	X_6	X_7	X_8	X_9
林齡(X_1) Age	~30	264.88	273.89	263.80	270.70
	~40	305.75	310.85	305.72	323.42
	~50	308.71	313.93	308.30	326.60
	~60	362.09	363.80	357.89	377.78
樹高(X_2) Height	~14	-78.77	-79.51	-76.85	-71.15
	-18	-43.01	-44.19	-42.49	-38.27
	18~	0	0	0	0
直徑(X_3) DBH	~18	-79.13	-83.33	-81.71	-66.30
	~22	-49.82	-52.30	-52.11	-47.50
	22~	0	0	0	0
ha當本數(X_4) No. of trees per ha	~600	-80.98	-82.01	-81.66	-80.97
	~800	-43.45	-43.20	-43.80	-41.46
	800~	0	0	0	0
標高(X_5) Altitude height	~200	20.08	21.94	26.32	30.38
	~400	8.43	8.81	14.05	16.68
	~600	0	0	0	0
方位(X_6) Azimuth	N	-5.91	-5.73	-6.25	-9.37
	E	-20.84	-21.97	-22.21	-21.57
	S	-18.55	-20.00	-19.96	-17.67
	W	0	0	0	0
傾斜位置(X_7) Location of tilt	山頂 upper		-11.90	-13.28	-20.58
	山腹 middle		-1.24	-5.23	-10.34
	山麓 under		0	0	0
局所地形(X_8) Partial topography	凸			-1.42	-14.09
	凹			10.42	5.65
	平行 plain			0	0
土壤型(X_9) Soil type	B_B				-40.20
	B_{OD}				-26.45
	B_D				-13.30
	B_E				0
重相關係數 Multiple correlation coefficient		0.8499	0.8525	0.8534	0.8829

表 5를 가지고 ha當 林分材積을 推定하자면 다음과 같다. 即 航空寫眞上에서 林齡 平均樹高, 直徑, ha當 本數, 標高, 方位(傾斜位置)(局所地形)(土壤型)을 調査 測定하여 該當 category의 點數를 表 5에서 찾아 이 點數를 合計하면 即時 그 林地의 ha當 林分材積이 된다
例컨데 林齡 35年, 樹高 16m, 直徑 20cm, ha當 本數 750本 標高 450m, 方位 東向, 傾斜位置 山腹, 局所地形 平行, 土壤型 B_D 인 때의 ha當 林分材積은 表 6과

같이 方位까지만 測定한 때 是 148.63m³ 傾斜位置까지 測定하면 147.95m³가 되며 各因子 全部를 測定한 때에 是 150.98m³가 된다.

結 論

光陵試驗林內에 植栽된 잣나무 114個所를 材料로 하여 航空寫眞을 利用, ha當 林分의 材積을 容易하게 推定한 수 있는 材積表를 多變量解析法에 依하여 作成하

表 6. 表 5 를 使用한 通用例
Table 6. An illustration of applying prepared Stand Volume Table on Tab. 5

因 子 Factor	Category	ha 當 材 積 Volume per ha.			
		X_6	X_7	X_8	X_9
林 齡 Age	35年	305.75	310.85	305.72	323.42
樹 高 Height	16m	-43.01	-44.19	-42.49	-38.27
直 徑 D.B.H	20cm	-49.82	-52.30	-52.11	-47.50
ha當本數 No. of trees per ha	750W	-43.45	-43.20	-43.80	-41.46
標 高 Altitude height	450m	0	0	0	0
方 位 Azimuth	X_E	-20.84	-21.97	-22.21	-21.57
傾斜位置 Location of tilt	山腹 Hill side		- 1.24	- 5.23	-10.34
局所地形 Partial topography	平行 Plain				0
土 壤 型 Soil type	B_D				-13.30
合 計 Total		148.63	147.95	139.88	150.98

고 各因子的 材積推定에의 關聯性을 檢討하였다.

1. 本林分材積表는 重相關係數가 0.85~0.88로써 相當히 높은 正確度를 갖고 있다.

2. 植栽年度만 가지고 林分材積을 推定할 수는 없다. 그러나 直徑과 樹高는 關聯率이 아주 높아 이로부터 1變數材積表를 作成하여도 可하다.

3. 地況因子는 材積推定에 별 關聯性이 없다. 그러나 標高와 傾斜位置만은 어느程度的 關聯性을 갖고 있다.

4. 各 因子相互間의 關聯性은 林齡과 樹高 및 直徑 사이뿐이고 地況因子와는 거의 없다.

이 小稿를 契機로 하여 앞으로 우리 나라에서도 多變數解析과 數理化理論이 林學에 導入研究되어 林學의 發展과 林業의 科學化가 이루어 지기를 바라는 바이다.

引用 文 獻

- Anderson, T.W. 1958. "Introduction to multivariate statistical analysis."
- Cooley, W.W. 1962. Multivariate procedures for the behavioral sciences."
- Dewpster A.P. 1969. "Elements of continuous multivariate analysis."
- 伊藤孝一, 1969. "多變數解析理論"
- 非日晴弘, 1972. "多變數解析ト コンピュータ 프로그램" p.1
- 林業試驗場, 1972. 임업시험장 연보(1972) p.195-214.
- 林知己夫, 1959. 數量化ト 豫測ニ 關スル 根本概念 統計數理研究所彙報 Vol.7 No.1.
- 林知己夫, 1963. 市場調査ノ計劃ト實際
- 林知己夫, 1966. 多變數解析ト數量化, 林業統計講座 テキスト
- Kendall, M.G. 1957. A curse in multivariate

analysis.

- 小林正吾, 1963. 數量化ニ 依ル 地位豫測法 山林立地 IV, No.2, p.21~26.
- 眞下育久, 1966. 土壤環境要因ノ 數量化ニヨル 杉林 地位指數ノ 推定——要因 Score 表ノ 資料ト 適用—— 日林講 No.77.
- 眞下育久, 1966. 地位指數ニ ヨル 林地生産力ノ 測り方
- 森口繁一, 1957. "統計解析" 岩波講座「現代應用數學」3.
- 西澤正久, 眞下育久, 1965. 數量化ニ 依ル 地位指數推定法, 日林試研報 No.176.
- 岡和夫, 1971. 森林ノ 公益의 機能ノ 計量化方法. 林業技術 No.355 p.8-13.
- 奥野忠一, 1965. 主成分分析ノ 應用研究ヘノ 利用トソノ 解釋. 日本科學技術連盟
- 奥野忠一, 1966. "多變數解析法" (1)(2)(3)
- 奥野忠一, 1967. 多變數解析ノ 進歩. 第5回品質管理심포지움報文, 日本科學技術連盟
- 奥野忠一, 久米均, 芳賀敏郎, 吉澤正. 1972. "多變數解釋法" p.4, p.29-30, p.311-313.
- Seal, H. 1964. "Multivariate statistical analysis for biologists."
- 鹽谷實, 淺野長一郎, 1966. 多變數解析論情報科學講座. A3-5.
- 白井彰, 1971. 空中寫眞ヲ利用シテ 治山調査·林業技術. No.356, p.19-23.
- 渡邊定夫, 田中正則, 若月勇. 1966. 地位指數調査ノ 實際 ——數量化ニ ヨル 地位指數ノ 推定法ニツイテ——
- 尹鍾和, 1972. 多變數解析에 依한 林木生長量에 關한 研究. 江原大學演習林報告 No.1, p.3-55.