

数量化法による森林蓄積調査功程の変動要因分析

II プロット設定と樹木測定をこみにした場合

岩 神 正 朗

(農学部森林計測学研究室)

The Factorial Analysis on the Variation of the Progress of Forest Inventory Works by Quantification Method

II. Including Plot Establishment and Every Tree Measurement Works

Seiro IWAGAMI*

Laboratory of Forest Bio-and Econo-metrics, Faculty of Agriculture

Abstract: We have continuously studied in the same way and data as the preceding report, except that the Bitterlich method (WZ) was newly added to the item of survey method, that factors contribute, in what extent, to the progress of plot establishment and every trees measurement works.

The results of this survey are shown in Table 1 and 2. And the results of the analysis by quantification are as follows. (Table 3, 4, 5)

1. In the survey method, the SP is the most high value, the next is the CP and the WZ. We may conclude that the SP take many time for the plot establishment works.

2. Looking at partial correlation coefficients, we find out that the intensity of these factors to the progress of the works were in order of X_2 , X_6 , X_1 , X_7 , X_5 , X_3 and X_4 . And comparing with preceding report, the item of team was significant at this time, but land feature no significance. the factor of the quantity of underplant was the same result as preceding report.

緒 言

前報に引き続き、森林蓄積調査の要素作業のうち、先のプロット設定作業に加えて毎木測定作業を込みにした作業功程を外的基準にして、各要因の功程への影響を見ようとした。この両作業を一緒したのは、第1に前報の要因の功程への影響の仕方が今回のとでは、どのように影響度が異なるか、第2に、測定方法の要因にビッタリッヒ法を加え他の2つの方法と比較してどうなるのか、を検証したいためである。

なお、供試材料は若干異なるが、方法は同じであるので重複を避けるために極力省略する。

本論文は、前報よりの一連の研究であるが、今回とくに論文の取りまとめに、高知大学農学部坂本格助教授に有益な助言を賜ったことに対して謝意を表します。

資 料 及 び 方 法

数量化を行なうのに用いたプロットは、全調査プロット55個のうち、人工林地におちたプロットなど除き、49のプロットであった。49のプロットの功程および取り上げた要因の反応パターンは表一2に示されている。

調査の方式、調査方法、調査の実行方法、作業順序などすでに前報¹⁾で述べた。ただ今回は、調査方法で、ビッタリッヒ法(WZと省略する)を新に加え分析したのでその実行方法および作業内

容について述べる。

標本点をあらかじめ航空写真に指針しておき、現地と写真を対比しながら標本点を求めておき、ついでシルバースコープを用いて断面積および形状高の測定を行なう。この際SP法、CP法と対応させるための断面積定数は次式より計算した。

$$k=n^2 \quad \text{但し} \quad n=\frac{\alpha}{2a}$$

k : 断面積定数, n : レラスコープ単位の数, d : 材木の直径, a : 対象木までの距離

この場合、林分の平均直径は22cmと考え、その拡大円の半径を11.28にすれば、上式から断面積定数は1となる。ただしカウント木は調査目的から10cm以上を対象とした。形状高の測定のための胸高直径は、カウント木すべてを輪尺にて測定し、望高は10本に1本の割合でシルバースコープを用いて測定した。

数量化に用いた外的基準ならびに取り上げた要因の項目およびカテゴリーは次のとおり。

外的基準 (Y): プロット当たりのプロット設定と毎木調査に要した時間, 単位分。但し, WZ法は、この両作業に区別なく同時に行なわれているものと解する。

調査法 (X₁): (1) SP法 (2) CP法 (3) WZ法

立木本数 (X₂): (1) 20本以下 (2) 21~30本 (3) 31~40本 (4) 41本以上

下層植生量 (X₃): (1) 少 (2) 中 (3) 多 (4) すこぶる多

地表の凹凸 (X₄): (1) 単一斜面 (2) 凹斜面 (3) 凸斜面

(X₅): (1) 17°以下 (2) 18°~27° (3) 28°~37° (4) 38°以上

調査日 (X₆): (1) 第1日~第3日 (2) 第4日~第6日 (3) 第7日・第8日

班 (X₇): (1) 第1班 (2) 第2班 (3) 第3班

以上のように要因の項目とカテゴリーに分類し、49個のプロットについて各項目のカテゴリーに反応したものをチェックし反応パターン表を作った。以下数量化の手順に従って集計し計算した。

結 果

プロット設定と毎木測定を一緒にした作業時間が、前報¹⁾ならびに前節で述べた作業方法の違いでどうなるか比較してみた。第1表にそれぞれ平均値、標準偏差それに変動係数で表わしたが、WZ法が調査時間が一番短かくついでSP法、CP法となっている。このうちSP法とCP法が前報のものと同値をとっている。しかし、これも変動係数に見られるように、その値が27.5から56.1%と非常に大きい。すなわち変動が大きいので、平均値から速断することはできない。これはまた、第2表の反応パターン表の外的基準として表わしてある作業時間からも伺える。すなわち、プロット番号15では所要作業時間は僅かに7.8分であるのに対し、プロット番号28は52.5分も要し、約7倍である。

表-1. 各作業方法における時間測定結果

Table 1. Results of the time measurement in each survey methods

	プロット設定および毎木測定作業 Plot establishment and every tree measurement works		
	平均時間 (分) Ave. time (min)	SD	CV %
SP	21.9	12.3	56.1
CP	23.2	11.5	49.6
WZ	17.8	4.9	27.5

数量化を行なうために、時間測定ばかりでなく、いろいろな要因の測定を行ない、それらについてそれぞれいくつかのカテゴリーに分けた。それを反応パターン表に表わしているのであるが、今回の調査地では、とり上げた要因が一樣まんべんなく各カテゴリーに属しているようである。僅かに少ないと思われるのは、立木本数の第4番目のカテゴリーの41本以上、それに斜面傾斜の第1カテゴリーの17°以下に属するものが5個と4個だけであった。このパターン表よりクロス集計（たとえば、X₁の2カテゴリーに反応し、X₃の1カテゴリーに反応した数は、パターン表より集計すると5プロットあり、それを5とする）したものが第3表である。パターン表より Y_i が最もよく表現されるように x_{jk} に数量を与えるために次の連立方程式を解けばよい^{2,3)}。

表-3. クロ ス 表

Table 3. Cross table

	X ₁			X ₂				X ₃				X ₄				X ₅				X ₆			X ₇			反応した作業 功程の計 Sum of the progress of work	
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3		
X ₁	15			11	1	2	1	4	3	3	5	12	2	1		2	1	8	4	3	5	7	8	3	4	X _{1.1}	328.4
		18		8	3	3	4	5	5	5	3	11	4	3		1	5	6	6	4	6	8	4	8	6	X _{1.2}	417.9
			16	8	5	3	0	3	4	5	4	9	2	5		1	4	9	3	6	5	5	4	3	9	X _{1.3}	284.1
X ₂				27				7	7	5	8	18	6	3		3	6	12	6	5	10	12	12	2	13	X _{2.1}	455.6
					9			1	1	5	2	7	1	1		0	1	4	4	3	2	4	3	1	5	X _{2.2}	190.9
						8		3	3	2	0	5	0	3		1	0	7	0	3	3	2	1	6	1	X _{2.3}	171.5
							5	1	1	1	2	2	1	2		0	2	0	4	2	1	2	0	5	0	X _{2.4}	212.4
X ₃								12				8	3	1		0	2	7	3	1	3	8	4	5	3	X _{3.1}	244.3
									12			5	3	4		1	1	7	3	5	5	2	7	3	2	X _{3.2}	265.7
										13		8	2	3		0	3	6	4	7	3	3	2	3	8	X _{3.3}	290.7
											12	11	0	1		3	3	3	3	0	5	7	3	3	6	X _{3.4}	229.7
X ₄												32				3	8	16	5	4	11	17	10	9	13	X _{4.1}	619.9
													8			0	1	3	4	4	3	1	5	1	2	X _{4.2}	195.9
														9		1	0	4	4	5	2	2	1	4	4	X _{4.3}	214.6
X ₅																4				1	3	0	0	2	2	X _{5.1}	60.8
																	9			0	4	5	1	2	6	X _{5.2}	204.5
																		23		6	6	11	10	7	6	X _{5.3}	429.6
																				6	3	4	5	3	5	X _{5.4}	335.5
X ₆																				13			5	3	5	X _{6.1}	353.2
																					16		4	6	6	X _{6.2}	307.5
																						20	7	5	8	X _{6.3}	369.7
X ₇																							16			X _{7.1}	298.9
																								14		X _{7.2}	392.2
																									19	X _{7.3}	339.3

$$x_{lm} n_{lm} + \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{r_j} x_{jk} f_{lm}(j, k) = \sum_{l=1}^n Y_l \delta_l(l, m)$$

$$(l=1, 2, \dots, M \quad m=1, 2, \dots, r_M)$$

この式の係数はクロス表で求め、上記連立方程式(18元)の解を九大電子計算機OKITAC-5090Hで求めたのが第4表のスコアである。このスコアは1項目内のカテゴリー間の相対的な功程の大小を示すものである。要因内のカテゴリーのスコアに変動があればあるほど、その要因は功程にも大きな影響を及ぼす。すなわち、表中レンジとして表わしているのがそれである。それによると、立木本数、斜面傾斜、調査日、班、作業方法、下層植生量、地表の凹凸の順である。さらに詳しく要因内のスコアをみると、作業方法では、SP法が一番多く時間を要している。この分析に組み入れたWZ法が一番少ない時間であった。要因中功程への影響が一番大きいと思われる立木

表-4. スコア表

Table 4. Score of factors

項目 Item of factors	カテゴリー Category of factors	反応個数 Frequency	スコア Score of factors	偏相関係数 Partial corr. coeff.	レンジ Range	順位 Rank
作業方法 Survey method (X ₁)	1. SP	15	35.695	0.495	7.565	3
	2. CP	18	29.843			
	3. WZ	16	28.130			
立木本数 No. of measured trees (X ₂)	1. ~20	27	-17.063	0.625	17.063	1
	2. 21~30	9	-11.145			
	3. 31~40	8	-15.521			
	4. 41~	5	0			
下層植生量 Quantity of under-plants (X ₃)	1. A little	12	0.002	0.269	4.177	6
	2. Medium	12	1.201			
	3. Much	13	-2.976			
	4. Vary much	12	0			
地表の状況 Land feature (X ₄)	1. Flat	32	0.519	0.179	3.070	7
	2. Concave	8	3.070			
	3. Convex	9	0			
傾斜 Inclination (X ₅)	1. ~17°	4	-7.664	0.409	11.477	5
	2. 18°~27°	9	3.813			
	3. 28°~37°	23	-0.874			
	4. 38°~	13	0			
調査日 Investigated day (X ₆)	1. 1st 3rd	13	10.399	0.582	10.399	2
	2. 4th 6th	16	1.930			
	3. 7 and 8th	20	0			
班 Team (X ₇)	1. Party 1	16	-2.664	0.413	7.593	4
	2. Party 2	14	4.929			
	3. Party 3	19	0			
重相関係数 Multiple correlation coefficient		0.857				

本数は、第4カテゴリーの本数の一番多いものが一番時間を要している。これは毎木調査に時間を要したものである。下層植生量の大小には、スコアはあまり敏感に出てない。地形の変化にも同じことがいえる。傾斜は第2のカテゴリーに多くの時間がかかっている。調査日は、第1日~第3日までに非常に多くの時間を要している。班については第2班が大きな値を示した結果になっている。先に述べたレンジは計算のもとになるスコアそのものが全項目に対して合理的に決められたものであるため、ある特定の項目が工程にいかの影響しているか測るには相対的にしか判断できない。そこで、他の項目をすべて一定にしておいて当該項目が工程とどれ位の関係にあるかを知るのに一般に偏相関係数を用いる。これは、レンジと思想的には全く同じもので、レンジの大きさと同じ傾向をもつのであるが、今回の結果では、その順位に若干の違いがみられる。その様子は第1図に示されている通りである。このように偏相関係数とレンジが同じ傾向を示さないが、もっと標本を多くすれば解消される。このような場合、相対的変動しか示さないレンジよりも、偏相関係数による工程への影響の程度は、第4表の順位のとおりである。推定精度を表わす重相関係数は0.857で前報の0.788に比べ大分よくなっている。これは資料の増加と工程自身の変動がプロット設定のみの場合より小さいことにより推定の精度がよくなったものと思われる。

第5表に内部相関行列を示したが、これは数量化した値に各要因カテゴリーに反応した個数で重みづけしたものである。この内部相関においても立木本数(X₂)と外的基準(Y)との相関は高い。

考 察

この報告では、林分材積調査の主要作業の中で、プロット設定と毎木測定作業を敢て一緒にこみにした工程と作業方法ほか6要因との関係を明らかにしようとした。しかし、調査法プロット数が余りにも少なかったため、与えた数量にもかなり異常値が出たものと思われる。例えば、立木本数のカテゴリーに与えた数値は、一般的な変異を示していない。いずれにしても、工程に対する諸要因の相対的な寄与の程度は明らかにすることはできた。

特に注目していた作業方法の工程への影響度は、第3番目で高い。これは、CP法とWZ法とは余り差はないが、SP法が他の2つの方法に比べてくに時間を要している。この内容を検討してみると、SP法とCP法のこの差は、プロット設定の差によるものと推察される。一方WZ法は、プロット設定をやらないにも拘らずCP法とほとんど変らない。これは形状高を出すため、毎木に胸高直径測定を行ない、しかも、望点を求めるのに多くの時間を要し、全体として差がなくなったと思われる。この結果からみると、精度の問題もからんできて、この3方法のうちCP法が一番よい方法であると考えられる。立木本数や斜面傾斜におけるスコアは一般的傾向があらわれず、凹凸があるのは、すでにすこしふれたが、クロス表にみられるように、その頻度が偏った現われ方をしているためと考えられる。

ここで、前報のプロット設定のみの作業工程とプロット設定を含む測樹作業工程が、それぞれの要因にいかほど寄与しているか比較検討してみる。まず偏相関係数によれば、今回では、立木本数、調査日、作業方法、班、傾斜、下層植生量、地表の凹凸の順であるのに対し、前報の結果では調査日、傾斜、立木本数、作業方法、地表の凹凸、下層植生量、班の順であった。前回、今回とも外的基準にプロット設定作業という共通な要素を含んでいるから、極端な違いは見られない。ただ、地表の凹凸が前回、順位が5番目で、偏相関係数0.453であったものが、今回、第7位で偏相関係数0.179となり順位が後退した。これに反し、班の要因は、前回最下位の偏相関係数0.040であったものが、今回第4位で偏相関係数0.413と工程に寄与する結果になった。この原因は当然毎木作業による影響がこれらの結果を逆転させたものと思われる。即ち班による差の生じるのは、直径測定、樹高測定などの作業要領のじょうず、へたによるものである。その他の要因では前回と今回の分析で大きな変化はなかった。下層植生量は、今回も工程への寄与度は極めて低い結果になった。データ不足も考えられるが、この要因は測定者の心理的影響と立木本数の要因との交互作用の影響によるものと推察される。交互作用の問題は、両方の因子を一緒にしてカテゴリーの分類を行なえばよいことが立証されている。また、別に要因として測定者の心の動きを捉える因子を加える必要がある。

わたくしは、数量化理論を用いて森林蓄積調査工程とそれに関与する要因の影響度を考察してきたが、これがそのまま蓄積調査の予測を可能にするものであると思う。即ち、最近の航空写真の発達から、非常に精度の高い地形図ができていし、感度のよい拡大写真とによって、きめの細かい地形計測が可能となるので、地形判読から簡単に工程予測も可能となると考える。

要 約

前報に引き続いて、同じ材料を用いて森林蓄積調査のプロット設定作業と毎木測定作業をこみにした工程に諸要因が、どのように寄与しているか数量化法により検討した。用いた要因は、作業方法(X_1)、立木本数(X_2)、下層植生量(X_3)、地表の凹凸(X_4)、斜面傾斜(X_5)、調査日(X_6)、班(X_7)の7要因で、全体を24個のカテゴリーに分類した。前報と異なるのは、作業方法にWZ法(ビッターリッヒ法)を新たに加えた。

数量化の結果、作業方法では、SP法（方形プロット法）が最も高いスコアで、多くの時間を要した。CP法（円形プロット法）、WZ法とは大差なかった。偏相関係数でみてみると、立木本数、調査日、作業方法、班、傾斜、下層植生量、地表の凹凸の順で功程へ寄与していた。前報と比較すると、地表の凹凸の偏相関係数が前回有意であったのに、今回は有意でなくなった。また班（X₇）は丁度その逆となった。これは樹木測定作業によるものと推察された。下層植生量は、前報と同様功程への影響はなかった。数量化法により森林蓄積調査功程とそれに寄与する要因との関係を知ることにより、航空写真と地形図にもとずいて地形解析をすれば、簡単に功程の予測が可能となる。

文 献

- 1) 岩神正朗・坂本格, 数量化法による森林蓄積調査功程の要因分析 I, 高大学術報告, 21, 51-60 (1973).
- 2) 林知己夫・村山孝喜, 市場調査の計画と実際, 295-323, 日刊工業新聞社, 東京 (1965).
- 3) 西沢正久・真下育久・川端幸蔵, 数量化による地位指数の推定法, 林試研報, 176, 1-54 (1965).

(昭和47年9月29日受理)