

広葉樹二次林の施業に関する研究(Ⅱ)

—主成分分析による総合的考察—

九州大学農学部 野上啓一郎

1. はじめに

第1報では広葉樹二次林の調査結果のなかで林分調査にもとづく結果を報告した。ひき続き第2報として林分調査・地形調査・林床植生調査の結果を総合的に検討するために主成分分析によって現況解析を行ったのでこの結果を報告する。

2. 主成分分析

緻密な数学的説明は専門書にゆずることにして、主成分分析とはどんなものかを簡単に説明する。これは多数の変量によって表現されている情報を少数の成分の変量によって代表させようとする多変量解析手法の1つである。つまり、もとのデータがもつ内容をなるべく損わずしかも簡潔に表わすことを目的に縮約する方法といえる。すなわちP個の標本データにつき各特性値 X_1, X_2, \dots, X_n が測定されているとき、次式のような総合特性値

$$Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

を $\sum_{j=1}^n C_j^2 = 1$ の条件のもとで決定することである。ここで、 C_1, C_2, \dots, C_n を決める基準としてデータをZの式に代入したときのZの分散が最大になるようにする。要約すると、データに対する総合指数をm個決定するにはデータ行列 $X^T X$ (X^T はXの転置)の固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ のうち大きいほうからm個の $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ をとり、その固有ベクトル C_1, C_2, \dots, C_m を係数としてZを決定すればよい。このような総合指標化を第m主成分までとった主成分分析とよぶ。

3. 分析結果とその考察

調査区域内48個のプロットについて13個の特性が測られた。それらは上層木の平均直径 X_1 、上層木のha当り断面積 X_2 、上層木のha当り本数 X_3 、下層木のha当り本数 X_4 、幼稚樹のha当り本数 X_5 、ササの被度 X_6 、ササの平均高 X_7 、方位 X_8 、傾斜度 X_9 、斜面型 X_{10} 、堆積様式 X_{11} 、海拔高 X_{12} 、種の多様性 X_{13} である。分析結果にはいる前に種の多様性ということについて若干の説明をしておく。森林は複雑な有機社会の1つであり、

その複雑さの程度を一定の生育量に達した森林について量的に定義しようというのが種の多様性の意義である。この種の多様性を測る尺度は今日まで数多くのもものが提案されているが、ここではブリルアン関数というものを用いる。これは次式で表わされる。

$$B = \frac{1}{N} \cdot \log \{ N! / (N_1! N_2! \dots N_s!) \}$$

ここにN:プロット内全個体数, N_s :種Sの個体数! :階乗である。

さて前述の13個の特性はさまざまな単位(メートル及本数など)で測定されているので、主成分の計算は相関行列から出発することになる。相関行列を表-1に示す。これから全体として相関があるものが多数存在しているので13次元のデータは主成分分析によって少数の次元に簡約化できるものと思われる。計算結果を表-2に示す。なおこの計算は市販のBASICプログラムを使用したものである。

表-2から次のようなことが考えられよう。

(1) 13次元のデータは6次元まで簡約化でき、その情報量は約81%である。

(2) 固有ベクトル、因子負荷量の数値から第1主成分は幼稚樹の本数 X_5 、ササの被度 X_6 、傾斜度 X_9 、海拔高 X_{12} となんらかの関係をもっていることを示しており、第2主成分においては上層木のha当り断面積 X_2 とha当り本数 X_3 が海拔高 X_{12} と関連しているようだ。

また第3主成分は上層木の平均直径 X_1 が堆積様式 X_{11} と、第4主成分では下層木の本数 X_4 が方位 X_8 と斜面型 X_{10} とに関連しているようである。さらに第5,6主成分では傾向は顕著でないが、それぞれ多様性指数 X_{13} が堆積様式 X_{11} 、斜面型 X_{10} という地形要因ならびに上層木の平均直径 X_1 とに関係しており、ササの平均高 X_7 が斜面型 X_{10} 、堆積様式 X_{11} といった地形要因に関係ありそうである。

(3) 表の右隅の6主成分の寄与率の数値から方位 X_8 、傾斜度 X_9 、種の多様性 X_{13} の3つの特性を除いた10個の特性について、その情報の約80%以上が6主成分で説明されている。

以上が大よその結果であるが、次に各主成分ごとにプロットの種類を行い、分類されたプロットの特性をさらに具体的に考察してみよう。これには各主成分の値

が大きいはうから6個, 小さいはうから6個のプロットを抽出しその内容を吟味すればよい。この結果, 次のようなことが認められた。

- (1) 幼稚樹の本数の増加は傾斜度に比例しササの被度に反比例する傾向がある。前者の事実は今田¹⁾のいう種子散布の有効距離が地床の傾斜と比列して増加することを考えれば当然のことと思われる。また後者については一般の常識と一致する。
- (2) 上層木のha当り本数, ha当り断面積はともに比例関係にあり, かつこの両者は海拔高に反比例する傾向をもつ。
- (3) 概して, 匍行土上に成立する林分の上層木平均直径は, 残積土・崩積土上のそれよりも小さい。
- (4) 下層木の本数は直型斜面上では, ほとんどの方位に対しても少ない。ただし, 南向き斜面とやや西向き斜面上に斜面型を問わず, 多く成立している感がある。
- (5) 種の多様性の低い傾向は匍行土斜面で見られ, 残積土では一般に高い。このことは尾根付近(小尾根

も含む)にいろいろな樹種が分布していることになる。斜面型, 上層木の平均直径との関係については顕著な傾向は見い出せないが, 概して凹型斜面, 比較的小さい平均直径をもつ林分が種の多様性が高くなるようである。

林地の上に成立する林木と地形要因, 林床植生要因との総合的分析を主成分分析手法を用いて試みた。しかし, まだ土壌要因をも含めた解析が残っている。さらに広葉樹二次林施業にとって最大のポイントである天然更新と種の多様性のコントロールをいかに行うかという問題も残っている。これらについても, 数量化Ⅰ, Ⅱ類の手法で分析中である。このことについては順次報告する予定である。

引用文献

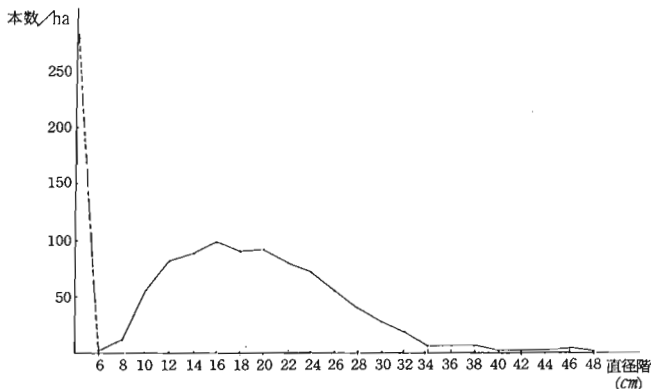
- (1) 今田盛生：九州大演報, 第45号, 81~225, 1972

表一 相関行列

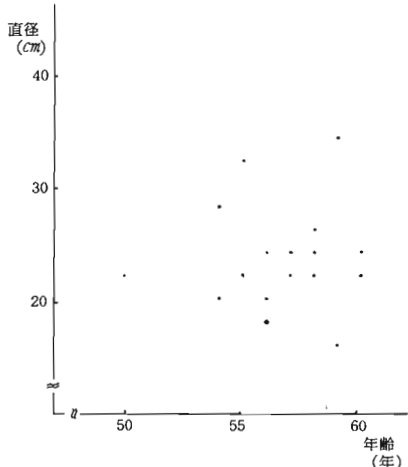
平均直径 X1	ha当り本数 X2	ha当り断面積 X3	下層木本数 X4	空層木本数 X5	ササ断面積 X6	ササ本数 X7	方位 X8	傾斜度 X9	崩積土 X10	冠積土 X11	海拔高 X12	種の多様性 X13	
X1	1.000												
X2	-0.547	1.000											
X3	-0.265	0.387	1.000										
X4	-0.143	0.116	0.750	1.000									
X5	0.248	-0.281	-0.439	-0.780	1.000								
X6	-0.053	-0.284	0.019	-0.264	0.801	1.000							
X7	-0.220	0.175	-0.962	0.210	-0.200	-0.331	1.000						
X8	-0.243	0.286	0.116	0.466	-0.212	-0.284	0.223	1.000					
X9	0.345	-0.085	-0.265	-0.295	0.303	0.223	0.173	-0.085	1.000				
X10	0.181	-0.150	0.386	0.041	-0.036	0.028	-0.025	0.031	-0.029	1.000			
X11	0.030	0.161	-0.214	-0.018	0.029	0.097	-0.276	-0.261	-0.668	-0.341	1.000		
X12	0.355	0.046	0.061	-0.036	0.027	-0.211	-0.014	0.195	0.163	-0.045	0.274	1.000	
X13	-0.036	-0.027	-0.112	-0.112	0.216	0.069	-0.258	-0.118	0.295	-0.286	0.134	-0.029	1.000

表二 主成分分析の計算結果

変数	主成分係数(1) 固有ベクトル						固有値											累積%			
	第1	第2	第3	第4	第5	第6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	13	
平均直径	-0.192	-0.912	0.553	0.122	0.199	-0.090	0.200	0.277	0.266	-0.157	0.581	0.003	0.091								
ha当り本数	0.050	0.505	0.224	-0.000	0.261	0.254	0.093	0.768	0.284	-0.197	0.251	0.213	0.365								
ha当り断面積	0.231	0.014	0.282	0.000	-0.099	0.271	0.473	0.719	-0.269	0.095	-0.094	0.264	0.421								
下層木本数	0.387	0.071	-0.180	-0.273	0.073	0.239	0.095	-0.103	-0.129	0.082	0.013	0.262	0.118								
空層木本数	0.447	-0.196	0.021	-0.166	0.228	-0.070	0.026	-0.280	0.027	-0.239	0.299	-0.191	0.569								
ササ断面積	-0.043	0.111	-0.033	0.000	-0.156	0.139	-0.044	0.159	0.020	-0.065	-0.316	0.113	0.761								
ササ本数	-0.218	0.020	0.020	-0.270	0.114	-0.070	0.170	-0.035	-0.482	-0.347	-0.444	-0.038	0.481	0.201							
方位	0.175	-0.010	-0.074	0.002	0.049	-0.040	0.232	-0.011	-0.056	0.773	0.059	-0.196	0.295								
傾斜度	0.243	0.047	-0.110	-0.290	0.156	0.134	0.099	0.094	-0.181	-0.121	0.154	0.201	0.599								
崩積土	0.118	-0.263	-0.130	0.002	0.068	0.299	-0.272	-0.242	-0.170	0.025	0.269	0.000	0.545								
冠積土	0.074	-0.177	0.473	0.017	-0.028	0.093	0.140	-0.254	0.000	0.272	-0.171	0.000	0.614								
海拔高	-0.225	-0.115	0.010	0.114	0.070	0.111	0.001	-0.060	0.250	-0.180	-0.070	0.001	0.200								
種の多様性	-0.196	-0.224	-0.149	0.256	0.234	-0.074	-0.171	-0.240	-0.152	-0.195	0.194	-0.072	0.697								
固有値	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672	6.672
累積%	27.684	55.368	83.052	110.736	138.420	166.104	193.788	221.472	249.156	276.840	304.524	332.208	359.892	387.576	415.260	442.944	470.628	498.312	526.000	553.684	581.368



図一 広葉樹二次林(九州大学北海道演習林)のha当り直径階別本数



図二 胸高直径と年齢との関係(九州大学北海道演習林)