

## 德裕山 地衣植物 分布에 對한 正準分析法的 適用研究

朴 勝 太

(全北大學校 師範大學 生物教育科)

### **An Application of Canonical Analysis on the Distribution of Lichens in Mt. Duckyuoo**

**Park, Seung Tai**

*(Dept. of Biology Educ., Jeonbug National University)*

#### ABSTRACT

The simplification and the searching trends of complex data which assumed relationship between predictor variables and object variables are one of primary objectives of ecological research. This study was aimed to apply canonical analysis consisting of canonical correlation analysis and canonical variate analysis related to lichen vegetation and several environmental variables which are elevation, height on ground, exposure side and cover values.

Data collected from the Duckyoo National Park in August 1985. Lichen species was ranked by equivocation information theory with cover values. Canonical correlation analysis was applied to one data set both environmental variables and lichen family. In order to make two sets of data matrix the scale of position vector ordination was calculated from the vector scalar product for lichen species. Canonical variate analysis was applied to rearranged data which was made by interval class code for environmental variables. The sharpness values was calculated in frequency of contingency tables and the dispersion profiles of each species in classes of environmental variables was designed to extract component values based on the decomposition of expected frequencies in contingency table.

The results of canonical correlation analysis revealed canonical first correlation value 0.815(89%), and second correlation value 0.083(11%). Significance test showed that the hypothesis of joint mutuallity of canonical correlation is accepted ( $P > 0.05$ ). The relation between canonical score of vegetation variables and that of environmental variables indicated linear tendency.

---

\* 이 論文은 峨山社會福祉事業財團의 1984年度 研究費 支援에 의한 것임.

Also, canonical variate analysis with contingency tables which were rearranged frequencies of four environmental variables revealed that the sharpness was high, first and second variate were over 75% and species dispersion profiles by first component gave the internal trends well and this becomes completely evident in first component profiles, where monotonic trends was detected in spite of the vagueness in internal structure in observed data profiles.

## 緒 論

生態學에서 植被資料(vegetation data)를 分析할 때 生態學者들의 關心은 크게 두가지로 大別할 수 있다. 첫째는 複雜한 資料(multidimensional data)를 줄여서 單純한 關係(simplification)로 나타내는 것이며 둘째는 資料의 變數가 나타내는 어떤 傾向(trend)을 찾기 위한 것이다. 最近 20여년간 수리분석법의 발전과 computer의 이용으로 資料의 定量的 分析은 크게 發展됐다.

方法論中的 하나인 正準分析法(canonical analysis)은 多重回歸式(multiple regression)에서 獨立變數와 從屬變數간의 한쌍의 行列式的 關係를 固有分析法(eigenanalysis)을 代入하여 變量에 따라 正準相關을 算出하는 方法으로 生物學에 이용하기는 1960년대 이후부터였다(Harberd, 1962; Seal, 1964; Kendall and Stuart, 1966; Austin and Greig-Smith, 1968; Pielou, 1969).

固有分析法을 이용하여 資料간의 線相關을 變量에 따라 主成分(component)을 算出하는 主素分析法(PCA)과는 달리 正準分析法은 資料의 構造에 따른 加重值(weighting value)를 獨立變數(環境變數)와 從屬變數(植被變數)의 두 行列에서 計算하고 正準值(canonical score)를 算出하여 이를 對比하는 것이다(Gauch and Wentworth, 1976; Aart and Smeenk-Enserink, 1975; Gittins, 1979).

그후 Feoli와 Orloci(1979)는 正準分析法을 변형하여 環境變數와 植被變數를 集落法(clustering)을 이용하여 類集( $t \times q$ )을 區分하고  $t \times q$  行列式에서  $x^2$ 값이 正準相關值의 自乘( $R^2$ )과 比例함을 이용하여 線相關 關係를 檢證하고 集中度分析法(analysis of concentration)을 개발 하였다.

本 研究는 正準相關法을 植被와 環境과의 資料에서 植被資料를 변형시켜 한쌍의 行列式으로 만들고 正準相關 및 正準值를 算出하여 對比해서 解析하고 集中度法으로 資料의 環境變數를 級間에 따라 區分하여 植被變數와 環境變數의 分割表(contingency table)를 만들어 分散에 對한 傾向을 比較할 수 있게 했다. 또한 生態學的인 適用을 위하여 德裕山에 分布된 地衣植物과 環境要因으로 高度附着面 높이, 노출방향을 주로 分析하여 그 例를 제시한 것이다.

## 方 法

### 資料標集

德裕山の 東北斜面과 南西斜面 및 南德裕山 일대의 高度 800m 이상에서 40個 採集

地所를 정하고 10×20cm 크기의 方形區 275 個를 設置하여 地衣植物을 調査했다.

地衣植物은 미리 同定하여 標本種을 이용하여 現地에서 同定 分類했으며 各種의 被度, 高度, 地上높이, 노출면方向을 記錄했다. 同定한 27 種의 地衣植物은 equivocation information 으로 rank 를 정해서 12 種을 擇하여 分析하였다.

資料分析을 위하여 12 種에 따른 環境變數는 平均値를 이용했고(Table 1) 環境의 級間 區分은 임의로 分割表를 만들었다(Table 5).

資料分析

正準相關과 正準値: 環境 行列,  $X(q \times n)$ , 과 植被 行列,  $Y(p \times n)$ , 의 關係에서 다음과 같은 eigenstructure 의 正準相關을 計算하였다.

$$(R_{qq}^{-1}R_{qp}R_{pp}^{-1}R_{pq} - \lambda_j I)b_j = 0 \dots\dots\dots(1)$$

이때 正準相關( $R = \sqrt{\lambda_j}$ )과 固有벡터( $b_j =$ 環境 加重値)를 이용하여 植被 加重値를 計算한다.

$$a_j = R_{pp}^{-1}R_{pq}b_j / \sqrt{\lambda_j} \dots\dots\dots(2)$$

또한 正準値(canonical score)는 植被 正準値( $U_i$ )와 環境 正準値( $V_i$ )는 加重値를 이용하여 計算했다.

$$U_i = a'_j Y \dots\dots\dots(3)$$

$$V_i = b'_j X \dots\dots\dots(4)$$

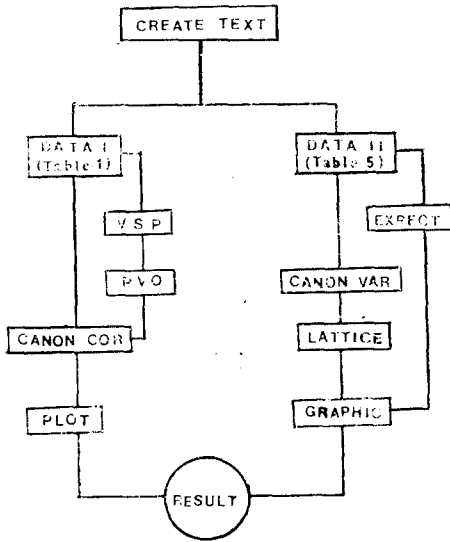


Fig. 1. Flowchart of canonical analysis. VSP =vector scalar product; PVO=position vector ordination; CAN COR=canonical correlation analysis; PLOT =plotting program; CAN VAR=canonical variate analysis; LATTICE=lattice information; EXPECT=expected profiles; GRAPHIC=graphic program.

正準相關의 有意性과 Redundancy : 正準構造(canonical structure)에서 Gittins(1979)의 理論을 이용하여 行列의 相關에서 環境과 植被의 安靜値( $Z_j$ 와  $W_j$ )를 計算하였다.

$$W_j = R_{pp}a_j \dots\dots\dots(5)$$

$$Z_j = R_{qq}b_j \dots\dots\dots(6)$$

또한 Stewart 와 Love(1968)의 redundancy 計算式으로 環境에 대한 植被의 redundancy ( $H_p | V_i$ )와 植被에 대한 環境의 redundancy ( $H_q | U_i$ )를 計算했다.

$$H_p | V_i = \lambda_j \left[ \left( \frac{1}{p} \right) \sum W_j^2 \right] \dots\dots\dots(7)$$

$$H_q | U_i = \lambda_j \left[ \left( \frac{1}{q} \right) \sum Z_j^2 \right] \dots\dots\dots(8)$$

有意性 檢證은 Wilk's lambda( $A$ )를 이용하였다.

$$A = \prod (1 - \lambda_j); j=1, \dots, m \dots\dots\dots(9)$$

$$(m \leq \inf(p, q))$$

$\chi^2$ 분포는 自由度( $df = p \times q$ )가 일정할 때의 값을 정하여 正準相關 次元을 정하였다(Orloci, 1981).

$$x^2 = -(n-1) - \frac{1}{2}(p+q+1) \ln A \dots\dots\dots(10)$$

種의 關係와 位置값 : 植被資料에서 種相互關係는 出現種의 科(Family)의 類似度( $S_{jk}$ )를 計算하여 다음 式으로 거리를 算出하였다.

$$d^2(j, k) = 2(1 - S_{jk}) \dots\dots\dots(11)$$

種의 거리 行列式에서 各 種의 位置값은 PVO(position vector ordination)으로 算出하여 植被變數로 이용하였다(Orloci, 1966).

正準變量과 勾配 : 資料의 傾向性은 다음과 같이 計算하였다(Park, 1984).

$$C = x^2 / F.. \inf(p-1, t-1) \dots\dots\dots(12)$$

이때  $C$ 는 集中度 값이며  $t$ 는 環境의 級間數를 말하며  $F..$ 는 頻度の 總數이다. 또한  $x^2$  값은 다음과 같이 計算된다.

$$x^2 = R_2^1 F.. + \dots\dots\dots + R_m^2 F.. \dots\dots\dots(13)$$

$$(m \leq \inf(p-1, t-1))$$

이때  $m$ 은 變量數이며  $R_m^2$ 은 正準相關值의 自乘값이다. 또한 正準相關과 正準值를 計算하기 위하여 product scalar 는 다음 式으로 計算한다.

$$S_{hh} = UU' ; h = \inf(p, t) \dots\dots\dots(14)$$

이때  $U$ 의 要素는 아래와 같이 계산했다.

$$U_{ij} = F_{ij} / (F_i \cdot F \cdot j)^{1/2} - (F_i \cdot F \cdot j)^{1/2} / F.. \dots\dots\dots(15)$$

$S_{hh}$ 에서 固有值 分析으로 正準變量과 正準值를 式(1)(2)(3)(4)와 같이 計算하였다.

分散 그래프 :  $S_{hh}$  行列에서 正準值( $m \times p, m \times t$ )를 이용하여 主成分( $C_i = \inf(p-1, t-1)$ )을 分析하고 期待分散 頻度( $F_{pt}$ )는 다음 式으로 計算하였다.

$$F_{pt} = F_{ij} - F_i \cdot F \cdot j / F.. \dots\dots\dots(16)$$

**Table 1.** The lichen species and mean values of environmental factors for cover(cov.), elevation(ele.), height from ground(hei.), directional exposure(dir.), and vegetation types of lichen(veg.)

Species	cov.	ele.	hei.	dir.	veg.
1. <i>Anaptychia palmulata</i> (Michx.) Vain.	15.5	950	150	225	PHY
2. <i>Anzia colpota</i> Vain.	48.5	1351	128	189	ANZ
3. <i>Cetraria asahinae</i> Sato	34.8	1565	117	225	PAR
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trev.	32.1	1156	130	243	PHY
5. <i>Heterodermia speciosa</i> (Wulf.) Trev.	43.4	1200	90	270	PHY
6. <i>Parmelia entotheiochroa</i> Hue	76.5	1400	80	90	PAR
7. <i>Parmelia subaurulenta</i> Nyl.	43.9	1172	137	234	PAR
8. <i>Peltigera pruinosa</i> (Gyeln.) Inum.	65.4	1540	40	180	PEL
9. <i>Physcia hirtuosa</i> Kremp.	45.1	1540	150	360	PHY
10. <i>Physcia orbicularia</i> (Neck.) Poetsch	14.5	1565	95	315	PHY
11. <i>Pyxine endochrysin</i> Nyl.	5.6	1400	80	120	PHY
12. <i>Usnea diffracta</i> Vain.	28.1	1380	100	110	USN

Table 2. The vegetation types. A; Anziaceae, B; Parmeliaceae, C; Physciaceae, D; Peltigeraceae, and E; Usneaceae

Species	A	B	C	D	E
1. <i>Anaptychia palmulata</i> (Michx.) Vain.	0	0	1	0	0
2. <i>Anzia colpota</i> Vain.	1	0	0	0	0
3. <i>Cetraria asahinae</i> Sato	0	1	0	0	0
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trev.	0	0	1	0	0
5. <i>Heterodermia speciosa</i> (Wulf.) Trev.	0	0	1	0	0
6. <i>Parmelia entotheiochroa</i> Hue	0	1	0	0	0
7. <i>Parmelia subaurulenta</i> Nyl.	0	1	0	0	0
8. <i>Peltigera pruinosa</i>	0	0	0	1	0
9. <i>Physcia hirtuosa</i> Kremp.	0	0	1	0	0
10. <i>Physcia orbicularia</i> (Neck.) Poetsch	0	0	1	0	0
11. <i>Pyxine endochrysinia</i> Nyl.	0	0	1	0	0
12. <i>Usnea diffracta</i> Vain.	0	0	0	0	1

Table 3. The lichen species and axis value by position vectors ordination method

Species	axis I	axis II
1. <i>Anaptychia palmulata</i> (Michx.) Vain.	0.577	0.000
2. <i>Anzia colpota</i> Vain.	-0.433	-0.559
3. <i>Cetraria asahinae</i> Sato	-0.722	0.559
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trev.	0.577	0.000
5. <i>Heterodermia speciosa</i> (Wulf.) Trev.	0.577	0.000
6. <i>Parmelia entotheiochroa</i> Hue	-0.722	0.559
7. <i>Parmelia subaurulenta</i> Nyl.	-0.722	0.559
8. <i>Peltigera pruinosa</i> (Gyeln.) Inum.	-0.433	-0.559
9. <i>Physcia hirtuosa</i> Kremp.	0.577	0.000
10. <i>Physcia orbicularia</i> (Neck.) Poetsch	0.577	0.000
11. <i>Pyxine endochrysinia</i> Nyl.	0.577	0.000
12. <i>Usnea diffracta</i> Vain.	-0.433	-0.559

이때의 効率은 固有値의 百分率을 이용하였다.

Computer program: 모든 計算은 APPLE II+(64K) BASIC 으로 했으며 Fig. 1 과 같이 計劃하여 Table I 과 Table 5 를 分析 計算했다.

植被資料는 5 個科의 地衣植物을 VSP(vector scalar product) 프로그램과 PVO(position vector ordination) 프로그램으로 種의 位置를 정하여 從屬變數로 環境變數와 對比시켰다.

CCA(canonical correlation analysis)와 CVA(canonical variate analysis)는 本研究者

의 제작 프로그램이며 그래프는 PLOT/OK 와 X-Y PLOTTER(DXY-880)을 이용하여 그렸다.

## 結 果

### 正準相關分析

Table 1은 equivocation information 값으로 rank 를 정하여 12種의 地衣植物을 擇하여 被度, 高度, 地上附着面 높이, 노출방향과 5個科 地衣植物을 區分하고 平均値를 算出하였다.

植被資料로는 種間의 關係를 類似値에 따라 거리를 計算하여 行列로 나타내고 (Table 2) 種의 位置값을 算出하여 (Table 3) 環境과 植被의 正準相關을 計算하였다.

第一變量에서 正準相關値는 0.815(89%)였으며 第二變量에서 0.081(11%)로 나타났으며 Wilks' lambda 값이 0.308 이고  $x^2$  값은 8.84 로  $x^2_{0.05,8}=15.507$  이므로 有意性은 인정되지 않았다( $P>0.05$ ).

이때 有意性이 인정되면 第一變量값을 제하고 第二變量값으로 해석해야 된다. 本 研究 結果는 第一變量으로 解析할 때 89%의 分析의미를 나타내며 植被變數( $U$ ; 軸)와 環境變數( $V$ ; 軸)를 對比하여 二次元 그래프를 그리면 Fig. 2와 같다.

*Physcia*(10,9), *Anaptychia*(1), *Heterodermia*(4,5), *Pyxine*(11)는 *Anzia*(2), *Cetraria*(3), *Parmelia*(6,7), *Peltigera*(8), *Usnea*(12)와는 環境이용에 있어서 다른 樣相을

**Table 4.** Canonical analysis between environmental factors and positions vectors ordination in the twelve selected lichen species: Correlations between the original variables and canonical variates

Canonical variate	Vegetation variable		Environmental variable	
	$U_1$	$U_2$	$V_1$	$V_2$
Species	Canonical score			
1. <i>Anaptychia palmulata</i> (Michx.) Vain.	.288	-.017	.334	-.233
2. <i>Anzia colpota</i> Vain.	-.264	.425	-.263	-.244
3. <i>Cetraria asahinae</i> Sato	-.313	-.390	-.128	-.068
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trev.	.288	-.017	.179	-.168
5. <i>Heterodermia speciosa</i> (Wulf.) Trev.	.288	-.017	.305	.114
6. <i>Parmelia entotheiochroa</i> Hue	-.313	-.390	-.636	-.037
7. <i>Parmelia subaurulent</i> Nyl.	-.313	-.390	-.001	-.306
8. <i>Peltigera pruinosa</i> (Gyeln.) Inum.	-.264	.425	-.181	.445
9. <i>Physcia hirtuosa</i> Kremp.	.288	-.017	.046	-.473
10. <i>Physcia orbicularia</i> (Neck.) Poetsch	.288	-.017	.430	.239
11. <i>Pyxine endochrysin</i> Nyl.	.288	-.017	.115	.491
12. <i>Usnea diffracta</i> Vain.	-.264	.425	-.201	.166
Redundancy	.329	.042	.190	.025
Canonical correlation	First 0.815(89%)		Second 0.287(11%)	

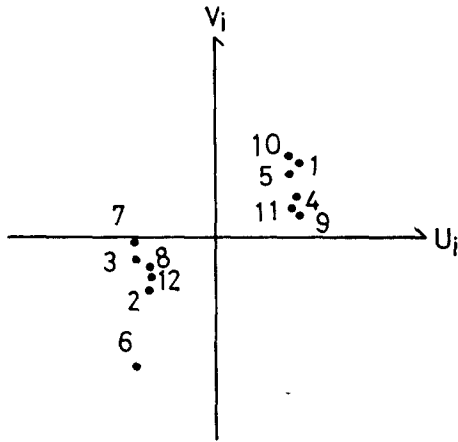


Fig. 2. Joint scatter of the two canonical score of first canonical variate from vegetation variable set ( $U_i$ ) and environmental variable set ( $V_i$ ). Numbers mean lichen species in Table 1.

나타냈다. 즉 Physciaceae는 Anziaceae, Peltigeraceae, Usneaceae와는 다른 分布樣相을 나타냈다.

環境變數에 대한 redundancy( $H_q|U_i$ )는 0.214(21%)였으며 植被變數에 대한 redundancy( $H^q|V_i$ )는 0.371(37%)였다 (Table 4).

正準變量分析

環境變數인 高度, 地上附着높이, 노출방향, 被度에 대하여 Table 6과 같이 級間(1, 2, ..., t)을 정하여 Table 5와 같은 分割表를 만들었다.

Table 7에서와 같이 正準變量分析結果는 被度の 경우 集中度가 11%, 第一變量 水準이 43.83(64%), 第二變量 水準이 12.64(18%)였으며 두 變量을 대비할 때

全變量の 82%까지 解析되며 被도에 따른 12種의 地衣植物 關係는 Fig. 3(D)와 같다.

被도가 75cm<sup>2</sup> 이상(級間 4와 5)은 *P. entotheiochroa*(6), *P. hirtuosa*(9)와 *H. speciosa*(5)였으며 被도가 25cm<sup>2</sup> 이하(級間 1)는 *A. palmulata*(1), *P. orbicularia*(10), *H.*

Table 5. Average frequencies of quadrat in the specified intervals of ecological variables Refer the interval code to Table 6

Species	Cover					Elevation				Height				Exposure			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. <i>Anaptychia palmulata</i>	5	2	0	2	0	4	2	1	0	0	1	4	3	0	2	1	0
2. <i>Anzia colpota</i>	7	6	5	2	1	0	6	7	5	1	3	5	9	7	5	2	3
3. <i>Cetraria asahinae</i>	0	5	2	2	0	0	1	2	5	0	3	0	4	2	0	4	1
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i>	10	6	2	1	0	8	6	3	1	2	4	1	9	4	5	1	7
5. <i>Heterodermia speciosa</i>	0	7	2	5	1	0	2	1	2	1	2	1	0	1	0	2	0
6. <i>Parmelia entotheiochroa</i>	0	2	1	5	2	1	6	3	1	1	3	0	0	3	1	2	0
7. <i>Parmelia subaurulenta</i>	11	9	6	4	3	8	7	10	3	2	3	9	8	5	9	8	7
8. <i>Peltigera pruinosa</i>	0	5	4	2	1	0	2	1	2	2	1	0	0	4	2	1	0
9. <i>Physcia hirtuosa</i>	0	5	0	4	1	0	0	2	3	0	2	1	5	0	2	5	1
10. <i>Physcia orbicularia</i>	4	2	0	1	0	0	2	2	4	0	2	1	0	0	1	2	3
11. <i>Pyxine endochrysin</i>	6	1	4	2	0	0	1	2	1	2	3	1	0	2	5	1	0
12. <i>Usnea diffracta</i>	0	2	1	2	0	0	0	1	3	2	1	3	0	1	4	0	0

Table 6. Explanation of intervals code for the ecological variables

Variable	Interval code				
	1(㉠)	2(㉡)	3(㉢)	4(㉣)	5(㉤)
Cover, cm <sup>2</sup>	<25	25~50	50~75	75~100	100 over
Elevation, m	<1000	1000~1250	1250~1500	1500 over	
Height, cm	<50	50~100	100~150	150 over	
Exposure, deg.	<90	90~180	180~270	270~360	

Table 7. Canonical variate analysis by four environmental factors

Environmental variables	COVER	ELEVATION	HEIGHT	EXPOSURE
Grand total(F..)	163	121	105	116
Rank	4	3	3	3
Level of canonical variate	1 43.82(64%)	44.00(75%)	29.74(55%)	22.58(43%)
	2 12.64(18%)	10.44(18%)	17.16(31%)	17.77(34%)
	3 8.54(12%)	4.32(7%)	7.55(14%)	12.56(23%)
	4 3.78(6%)	—	—	—
Chi square	68.77	58.77	54.44	52.92
Degrees of freedom	44	33	33	33
Sharpness(C)	11%	16%	17%	15%

*hypoleuca*(4)와 *P. endochrysis*(11) 이었으며 나머지 5종의 被도가 25~75 cm<sup>2</sup>에 속하였다.

高度의 경우 集中度가 16%였으며 第一變量 水準이 44.00(75%), 第二變量 水準이 10.44(18%)로 두 變量을 對比하면 93% 全變量の 解析이 가능하다(Fig. 3(A)).

高度 1000 m 이상은 線相關 關係를 나타내며 1000 m 이하와는 區分이 되었다. 高度 1000 m 이하(級間 1)는 *A. palmulata*(1), *H. hypoleuca*(4)와 *P. subaurulenta*(7)였으며 1500 m 이상(級間 4)에는 *P. orbicularia*(10) *P. hirtuosa*(9), *C. ashinae*(3)와 *U. diffracta*(12)가 속하였고 중간 高度(級間 2,3)에는 *P. entotheiochroa*(6), *A. colpota*(2), *P. endochrysis*(11), *P. pruinosa*(8), *H. speciosa*(5)가 이에 속했다.

地上附着面 높이의 경우는 集中度가 17%였으며 第一變量 水準이 29.74(55%), 第二變量 水準이 17.16(31%)였으며 두 變量을 對比할 때 全變量の 86%를 해석할 수 있다(Fig. 3(B)).

地上附着面 높이에 따른 12種 地衣植物을 區分하며 地上 1m 이하 높이(級間 1,2)에는 *P. entotheiochroa*(6), *P. endochrysis*(11), *P. pruinosa*(8), *P. orbicularia*(10)와 *H. speciosa*(5)가 이에 속했고 地上 1m 이상 높이(級間 3,4)에는 *C. ashinae*(3), *H. hypoleuca*(4), *P. hirtuosa*(9), *A. colpota*(2), *P. subaurulenta*(7)와 *A. palmulata*(1)가 속하였다.

노출면의 경우는 集中度가 15%였으며 第一變量 水準이 22.58(43%), 第二變量 水準이 17.77(34%)로 두 變量을 對比했을 때 全變量の 77%를 해석할 수 있다(Fig. 3(C)).



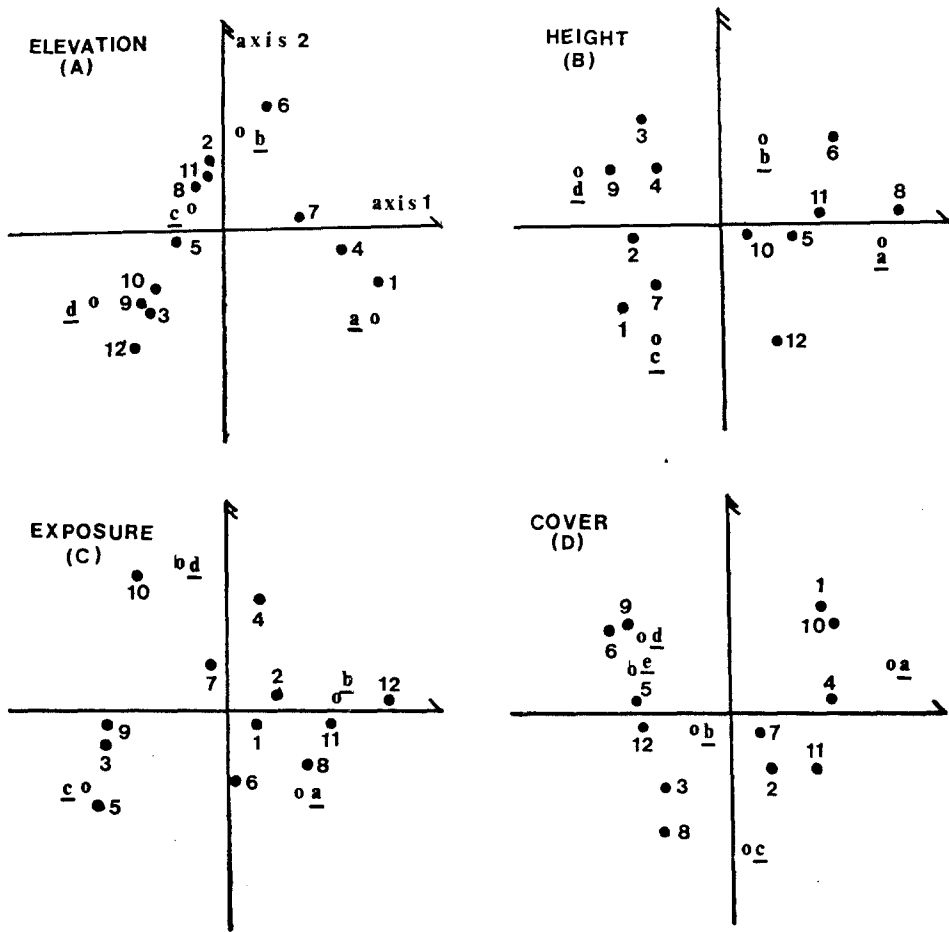


Fig. 3. Joint scatter of the comparison of first and second canonical variate (axis 1 and 2). Environmental factors are elevation(A), height on ground(B), exposure side(C) and cover(D). Circle a, b, c, d, e indicates interval code in Table 6.

노출면에 따른 地衣植物 種의 分布는 東南쪽과 北西쪽으로 大別할 수 있으며 北西 노출면에는 *P. endochrycina*(10), *H. hypoleuca*(4), *P. tubaurulenta*(7), *P. hirtuosa*(9), *C. asahinae*(3)와 *H. speciosa*(5)가 속했으며 東南 노출면에는 *U. diffracta*(12), *P. endochrycina*(11), *A. colpota*(2), *A. palmulata*(1), *P. pruinosa*(8)와 *P. entothetiochroa*(6)가 속하였다.

地衣植物 分散 그래프

Table 5의 地衣植物 種과 環境變數에 따른 각각의 頻度에 대한 分割表를 正準變量 分析으로 變量에 對하여 固有值( $\lambda_i = R_i^2$ )에 의한 Lattice 값을 變量數대로 區分해서 主成分값(component)을 算出하였다(Table 8).

Table 8. CI dispersion profiles of species to cover, elevation, height of ground, and exposure

Species	Cover				Elevation				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1. <i>Anaptychia palmulata</i> (Michx.) Vain.	1.989	-0.696	0.005	-0.992	-0.309	2.228	0.608	-0.416	-2.422
2. <i>Anzia colpota</i> Vain.	2.070	-0.724	0.006	-1.033	-0.322	-1.905	-0.521	0.355	2.069
3. <i>Cetraria asahinae</i> Sato	-1.791	0.625	-0.006	0.892	0.277	-2.042	-0.558	0.380	2.218
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trev.	4.907	-1.716	0.014	-2.447	-0.762	4.168	1.138	-0.778	-4.530
5. <i>Heterodermia spectosa</i> (Wulf.) Trev.	-3.939	1.376	-0.012	1.962	0.610	-0.690	-0.189	0.128	0.749
6. <i>Parmelia entothoichroa</i> Hue.	-3.488	1.218	-0.011	1.738	0.540	0.468	0.128	-0.088	-0.510
7. <i>Parmelia subaurulenta</i> Nyl.	2.274	-0.795	0.006	-1.134	-0.353	3.036	0.829	-0.567	-3.301
8. <i>Peltigera pruinosa</i> (Gyeln.) Inum.	-2.263	0.790	-0.007	1.127	0.350	-0.690	-0.189	0.128	0.749
9. <i>Physcia hirtuosa</i> Kremp.	-3.140	1.097	-0.010	1.564	0.486	-1.325	-0.362	0.246	1.438
10. <i>Physcia orbicularia</i> (Neck.) Poetsch	1.775	-0.621	0.005	-0.886	-0.276	-1.554	-0.425	0.289	1.687
11. <i>Pyxine endochrysis</i> Nyl.	2.833	-0.991	0.008	-1.413	-0.440	-0.434	-0.119	0.080	0.471
12. <i>Usnea diffracta</i> Vain.	-1.235	0.431	-0.004	0.615	0.191	-1.266	-0.346	0.235	1.374

Species	Height				Exposure			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1. <i>Anaptychia palmulata</i> (Michx.) Vain.	-0.787	-0.687	0.215	1.258	0.074	0.143	-0.177	-0.043
2. <i>Anzia colpota</i> Vain.	-1.497	-1.308	0.409	2.394	0.781	1.505	-1.844	-0.444
3. <i>Cetraria asahinae</i> Sato	-0.430	-0.375	0.117	0.686	-0.821	-1.580	1.934	0.465
4. <i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trev.	-0.636	-0.556	0.173	1.016	0.417	0.803	-0.984	-0.237
5. <i>Heterodermia spectosa</i> (Wulf.) Trev.	0.738	0.644	-0.202	-1.182	-0.373	-0.718	0.878	0.211
6. <i>Parmelia entothoichroa</i> Hue	0.977	0.853	-0.268	-1.565	-0.017	-0.032	0.038	0.009
7. <i>Parmelia subaurulenta</i> Nyl.	-1.056	-0.922	0.288	1.688	-0.516	-0.993	1.215	0.292
8. <i>Peltigera pruinosa</i> (Gyeln.) Inum.	1.060	0.926	-0.291	-1.698	0.475	0.916	-1.122	-0.271
9. <i>Physcia hirtuosa</i> Kremp.	-0.910	-0.795	0.248	1.455	-0.947	-1.823	2.231	0.537
10. <i>Physcia orbicularia</i> (Neck.) Poetsch	0.297	0.259	-0.082	-0.476	-0.543	-1.045	1.279	0.308
11. <i>Pyxine endochrysis</i> Nyl.	1.358	1.186	-0.372	-2.174	0.741	1.428	-1.750	-0.422
12. <i>Usnea diffracta</i> Vain.	0.880	0.768	-0.241	-1.409	0.722	1.391	-1.704	-0.411

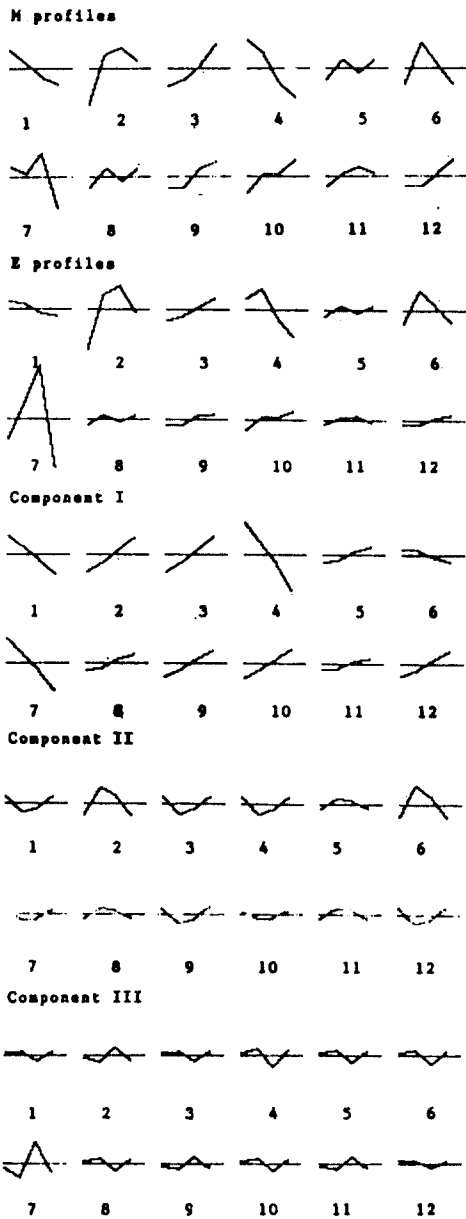


Fig. 4. Dispersion profiles of 12 lichen species for elevation based on frequency. *M* profiles mean deviations from average frequency. *E* profiles indicate deviations from random expectation, C-I, C-II, C-III represent component profiles. Numbers indicate lichen species in Table 1.

主成分은 正準値와 頻度を 이용하여 計算된 期待値이며 이때 主成分 行列數( $m$ )는  $m = \inf(p-1, t-1)$ 의 數만큼 算出되고 期待 分散値를 Lattice 化한 것이다.

Table 8는 環境變數에 대한 第一主成分値를 計算한 것이며 Fig. 4는 高度에 의하여 主成分 I, II, III의 期待分散을 그래프化한 것이다. 이때 12種의 地衣植物에 대한 第一主成分(component I)은 全變量의 75%, 第二主成分(component II)은 18%, 第三主成分(component III)은 7%의 해석이 가능하다.

高度에 따른 分割表(Table 5)를 실제 平均에 대한 分散(*M*)과 一般的으로 計算할수 있는 期待値에 대한 分散(*E*)을 主成分에 따른 分散(component I, II, III)과 對比하였다(Fig. 4).

分散 그래프에서 高度가 높아짐에 따라 *P. entotheiochroa*(6), *A. palmulata*(1), *H. hypoleuca*(4)와 *P. subaurulenta*(7)은 출현빈도가 감소했으나 *A. colpota*(2)와 *C. ashahinae*(3) 등의 種은 출현빈도가 增加되었다.

다시 말하면 *A. palmulata*(1)는 2.228, 0.608, -0.416와 -2.422로 고도가 높아짐에 따라 감소했으나 *H. speciosa*(5)는 -0.690, -0.189, 0.128와 0.749로 증가되는 경향을 나타냈다.

### 論 議

正準分析法은 한쌍의 行列關係 資料에서 正準相關과 正準變量을 計算하는 方法論(methodology) 중의 하나로서 Hotelling (1933)은 統計 變數의 복잡한 分析에서 반복적인 解法(iterative solution)을 이용하여 多變數資料의 變量을 計算하는 主成分 分析法(主素分析法)을 研究하면서 多重回歸式의 獨立變數 行列(*X*)과 從屬變數 行列(*Y*)과의 關係를 固有分析法(eigen-

analysis)에 代入하여 解決했다.

正準分析法를 生物學에 利用하기는 1960년대 初부터이며(Harberd, 1962; Seal, 1964) 行列式에서 latent root 와 vector 의 計算을 computer 로 計算하면서 이 方法의 利用이 가능해졌다(Austin and Greig-Smith, 1968; Pielou, 1977). 또한 ordination 方法으로 正準相關을 生物資料에 적용하여 環境의 影響을 解析하기 쉽게 한 것은 Aart 와 Smeenk-Enserink(1975)이며 이들은 15 가지 環境要因과 12 種의 거미와의 關係를 分析하였고, Gauch 와 Wentworth(1976)은 PCA 法의 일종인 reciprocal analysis 와 正準分析法과 比較 分析하였다.

Feoli 와 Orloci(1979)는 正準分析法을 변형하여 植被와 環境 變數를 몇개의 集落으로 區分하여 ( $p \times t$ ) 集中度를 算出하고 主要原因을 解析할 수 있도록 分割度를 利用하여 正準變量 分析을 하였다.

Gittins(1979)은 生態學에 正準分析法의 適用에서 여러가지 例를 제시하고 正準相關의 有意性和 redundancy 를 간단히 算出하기 위하여 Stewart 와 Love(1968)의 理論을 利用하였다.

本 研究에서는 正準相關 分析과 正準變量 分析을 Fig. 1 과 같이 체계화해서 한쌍의 行列關係 또는 한개의 行列에서 植被와 環境과의 關係를 分析할 수 있도록 Orloci(1966)의 理論을 利用하여 各種의 位置값을 算出하고 거리자승으로 PVO(position vector ordination)값을 정하고 正準相關을 計算하였다.

正準相關 分析에서 第一變量의 正準相關값이 0.815(89%)였으며 第二變量에서는 0.083(11%)로 나타났으며 第一變量에 대하여 地衣植物 種과 環境과의 關係(Fig. 2)를 그래프로 나타낼때 Physciaceae 는 다른 科의 地衣植物과는 環境이용이 다르게 나타났다. 環境變數에 대한 redundancy( $H_q|U_i$ )는 0.214(21%), 植被變數에 대한 redundancy( $H_p|V_i$ )는 0.371(37%)로 비교적 낮게 나타났다.

正準變量 分析은 集中度를 算出하고 環境變數인 高度, 地上附着 높이, 노출면 被度를 각각 分析하였다. 集中度는 15% 이상이었으며 高度, 地上附着 높이, 노출면의 變數를 4개의 級間으로 區分했을때 第一, 二變量 水準이 高度에서는 93% 地上附着 높이에서는 86%, 노출면은 77%를 나타냈으며 主成分에 의한 期待分散그래프는 高度를 例示했다. 第一主成分은 全變量의 75%를 解析하며 第二主成分은 18%, 第三主成分은 7%를 해석할 수 있다. 實際資料의 분산 그래프( $M$ )와 이에 대한 期待빈도의 그래프( $E$ )를 對比할때 主成分 分散 그래프(component I)가 地衣植物의 分布 경향을 쉽게 豫見할 수 있다. 이는 從來의 다른 方法과는 다르게 環境의 이용에 대한 解析을 용이하게 할 수 있으며 생태학 이외의 학문에도 이를 적용할 수 있다.

## 摘 要

生態學에 대한 正準分析法의 適用은 植被와 環境變數의 關係가 線相關 關係일때 가능하므로 本 研究에서는 德裕山 一帶에서 흔히 出現되는 12 種의 地衣植物에 대하여 分布에 影響하는 高度, 地上附着 높이, 노출면 등에 대한 正準相關 分析法과 正準變量 分析法을 適用한 것이다.

正準相關 分析은 地衣植物 各種의 位置값을 計算하여 環境變數와 對比하여 正準相關

을 算出하였다. 그 結果에서 第一變量은 0.815(89%), 第二變量은 0.083(11%)의 正準 相關을 나타냈으며 各種의 環境이용은 科에 따라 다른 樣相을 나타냈다.

正準變量 分析은 集中度를 計算하였고 各種과 環境과의 關係를 變量水準으로 算出 하여 第一變量과 第二變量を 對比하였다. 그 結果 高度에서는 93%, 地上附着 높이에 서는 86%, 노출면은 77%의 높은 關係를 나타냈다.

또한 12種의 分布樣相에 對한 分散을 그래프化 하기 위하여 環境變數를 級間에 따 라 區分한 分割表에서 主成分에 대한 期待分散을 算出하였다. 高度에 따른 各種의 期 待分散을 第一主成分으로 나타낼때 全變量の 75%를 解析할 수 있으며 高度에 따라 種 의 出現頻度가 增加 또는 減少하는 뚜렷한 傾向을 나타냈다.

## 引 用 文 獻

- Aart, P.J.M. and N. Smeenk-Enserink. (1975). Correlations between distributions of hunting spiders and environmental characteristics in a dune area. *Neth. J. Zool.*, **25** : 1~45.
- Austin, M.P. and P. Greig-Smith. (1968). The application of quantitative methods to vegetation survey. *J. Ecol.*, **56** : 827~844.
- Blackith, R.E. and R.A. Reyment. (1971). Multivariate morphometrics. A-P, London. 412pp.
- Feoli, E. and L. Orloci. (1979). Analysis of concentration and detection of underlying factors in structured tables. *Vegetatio*, **40** : 49~54.
- Feoli, E. and L. Orloci. (1985). Species dispersion profiles of anthropogenic grassland in Italian Eastern Pre-Alps. *Vegetatio*, **60** : 113~118.
- Gauch, H.G. Jr. and T.R. Wentworth. (1976). Canonical correlation analysis as an ordination technique. *Vegetatio*, **33** : 17~22.
- Gittins, R. (1979). Ecological applications of canonical analysis. *Statistical Ecology*, **7** : 309~535.
- Harbert, D.J. (1962). Application of multivariate technique to ecological survey. *J. Ecol.*, **50** : 1~17.
- Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *J. Ed. Psych.*, **24** : 417~441, 498~520.
- Kendall, M.G. and A. Stuart. (1966). The advanced theory of statistics. Hafner, New York. 552pp.
- Orloci, L. (1966). Geometric model in ecology I. The theory and application of some ordination method. *J. Ecol.*, **54** : 193~215.
- Orloci, L. (1981). Probing time series vegetation data for evidence of succession. *Vegetatio*, **46** : 31~35.
- Park, S.T. (1984). An application of analysis of concentration for ecological study of foliose lichens. *Kor. J. Bot.*, **27** : 223~231.
- Pielou, E.C. (1977). *Mathematical ecology*. John Wiley, New York. 385pp.
- Seal, H.L. (1964). *Multivariate statistical analysis for biologists*. Spottiswoode, London. 207pp.
- Stewart, D.K. and W.A. Love. (1968). A general canonical correlation index. *Psych. Bull.*, **70** : 160~163.