

DCCA에 의한 鷄龍山과 德裕山の 森林群集과 環境의 相關關係 分析¹

宋 鎬 京²

An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of Mt. Gyeryong and Mt. Deokyu by Detrended Canonical Correspondence Analysis¹

Ho-Kyung Song²

要 約

鷄龍山과 德裕山 森林群集의 種 組成과 立地와의 關係를 究明하기 위하여 TWINSpan(two-way indicator species analysis)과 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 시행하였다.

植生 및 環境 資料로 鷄龍山 128個所, 德裕山 57個所의 data를 使用하여 分析한 結果는 다음과 같다.

鷄龍山과 德裕山の 森林群集과 土壤 環境과의 關係를 살펴보면 *Quercus mongolica*群集은 海拔高가 높고 土壤 養料가 많은 곳에 主로 分布하고 있으며, *Carpinus laxiflora*群集과 *Fraxinus rhynchophylla*群集은 海拔高는 中間이고 養料가 많은 곳에 主로 分布하고 있으며, *Pinus densiflora-Quercus mongolica* 群集과 *Quercus variabilis* 群集은 海拔高, 養料 모두 中間 部分인 곳에 主로 分布하고 있으며, *Styrax japonica* 群集은 海拔高는 낮고 養料가 中間部分인 곳에 主로 分布하고 있으며, *Pinus densiflora* 群集은 海拔高는 낮고 養料가 적은 部分에 主로 分布하고 있다.

群集 分布에 影響을 미치는 第一의 環境 要因은 海拔高(溫度)이다.

ABSTRACT

Vegetational data from Mt. Gyeryong and Deokyu in central Korea were analysed in relation to 15 environmental variables. Two multivariate methods were applied: two-way indicator species analysis (TWINSpan) for classification and detrended canonical correspondence analysis(DCCA), a recent technique which extracts ordination axes that can be related to environmental factors.

The relationship between the distribution of dominant species of forest vegetation and soil condition in Mt. Gyeryong and Deokyu was investigated by analyzing elevation and soil nutrition gradient. *Quercus mongolica* forest was distributed in the high elevation and good nutrition area, *Carpinus laxiflora* and *Fraxinus rhynchophylla* forest in the medium elevation and good nutrition area, *Pinus densiflora-Quercus mongolica* and *Quercus variabilis* forest in the medium elevation and medium nutrition area, *Styrax japonica* forest in the low elevation and medium nutrition area, and *Pinus densiflora* forest in the low elevation and poor nutrition area.

The dominant compositional gradient related to elevation.

Key words : TWINSpan ; DCCA ; Direct gradient analysis.

¹ 接受 1990年 4月 7日 Received on April 7, 1990.

² 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejeon, Korea.

緒 論

Ordination은 植生 標本들을 한개 또는 그 이상의 環境 勾配에 配列하는 過程이라고 하였으며^{3,8,9)} 또한 多變量 data set에서 類型을 찾는 分析 方法이라고 말할 수 있다.

Greig-Smith¹⁰⁾, Ter Braak^{26,28)}는 ordination의 目的은 群集의 構造를 밝히고, 群集에서 植生과 環境과의 相互作用에 대한 假定을 유추해 내는 것이라고 하였다.

Hill^{11,12,13)}, Hill & Gauch¹⁴⁾, Walker & Peet³²⁾, Gibson & Greig-Smith⁷⁾, Hukushima & Kershaw¹⁶⁾, Lahti & Väisänen¹⁹⁾, Whittaker³⁶⁾, Andersson²⁾, Huang & del Moral¹⁵⁾ 등은 polar ordination 보다 개선된 reciprocal averaging과 detrended correspondence analysis를 사용하여 分析하였고, 이 DCA 方法은 거의 最適의 ordination 方法으로 報告되었다.^{6,30)}

Whittaker^{34,35,36)}는 環境의인 ordination 方法에 접근하는데 직접적인 勾配分析 方法을 처음으로 使用하였고, Peet^{21,22)}와 Gauch⁸⁾은 環境因子에 따른 種 分布 傾向을 보여주었다.

(Detrended) canonical correspondence analysis는 weighted averaging ordination 方法의 확장으로 環境變異에 따라 種을 配列하는 方法이다.^{26,28,29)} 그러므로 이 方法은 canonical correspondence analysis 보다 群集構成과 環境變異에 對한 資料를 分析하는데 더 알맞는 方法이다.^{26,28,29)}

(D)CCA는 種과 環境과의 相關關係를 밝히고 環境變異에 따른 種의 反應을 밝히기 위하여 使用되었다.^{1,4,5,20,23,31)}

本 研究은 鷄龍山과 德裕山 森林群集과 環境要因과의 關係를 究明하기 위하여 既往에 發表된(忠南大學校 環境研究報告 3卷1號, 5卷2號) 資料를 使用하여 ordination 分析을 실시하였다.

材料 및 方法

Classification과 ordination에 使用된 植生 및 環境 資料는 “鷄龍山 森林群集型과 그의 構造에

關한 研究”²⁴⁾에서 150個의 plot中 data matrix속의 sample clusters, outliers 등을 除去하는 successive refinement의 過程을 거쳐⁶⁾, 남은 128 個所의 資料와 “分類法과 序列法에 의한 德裕山 森林植生 研究”²⁵⁾의 57個所의 資料를 使用하였으며, 이들의 資料는 Mueller-Dombois & Ellenberg의 relevé method에 의하여 鷄龍山 森林植生은 20m×20m의 方形區를 設置하여 胸高直徑 3 cm以上の 樹木을 대상으로 每木調査를 實施하였고, 德裕山 森林植生은 15m×15m의 方形區를 設置하여 每木調査를 實施하였다. 그리고 土壤 分析은 A層에서 試料를 採取하여 分析하였다.

1. Ordination 分析

植生調査의 資料로부터 各種의 合成值 Xij를 다음과 같이 구하였다.

$$Xij = (dij - Dij) / 2$$

Xij는 j調査區에서 種 i의 合成值이며, dij는 相對密度, Dij는 相對優占度를 나타낸다.

合成值 Xij를 가지고 各 調査區에 따른 種 組成을 나타내는 vegetational data matrix를 作成하였으며, 또한 野外調査와 實驗室 測定 結果 얻어진 環境要因들을 利用하여 environmental data matrix를 作成하였다.

Classification은 Hill¹³⁾의 TWINSpan(Two-way Indicator SPecies ANalysis)을 利用하였으며, 얻어진 資料는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%의 cut level이 使用되었다. 各 調査區에서 20%以上の 重要值는 그 調査區의 優占種으로 간주되었다.

Ordination은 DCA(Detrended Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 使用하였으며^{13,14)} 이 方法은 多變量의 直接勾配分析 方法으로^{26,28,29)} DCCA는 ordination축 위에 植生과 環境과의 相關關係를 가장 잘 보여주며 Ter Braak²⁷⁾의 CANOCO를 使用하여 分析하였다.

結果 및 考察

TWINSpan과 DCCA에 의하여 分析한 結果는 Fig. 1과 Fig. 2와 같다.

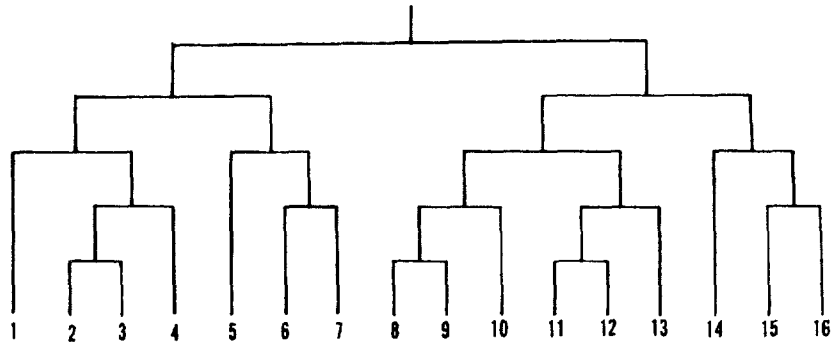


Fig. 1. The pathway of sub-division into 12 groupings of Mt. Gyeryong and Deokyu vegetation using TWINSpan. Dominants : 1 & 2. *Styrax japonica* : 3. *Quercus variabilis* : 4 & 9. *Carpinus laxiflora* : 5. *Pinus densiflora* : 6. 14 & 15. *Quercus mongolica* : 7. *Pinus densiflora-Quercus mongolica* : 8. *Fraxinus rhynchophylla* : 10. *Quercus mongolica-Styrax obassia* : 11. *Quercus mongolica-Linderaobtusiloba* : 12. *Fraxinus mandshurica* : 13. *Betula costata* : 16. *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum*.

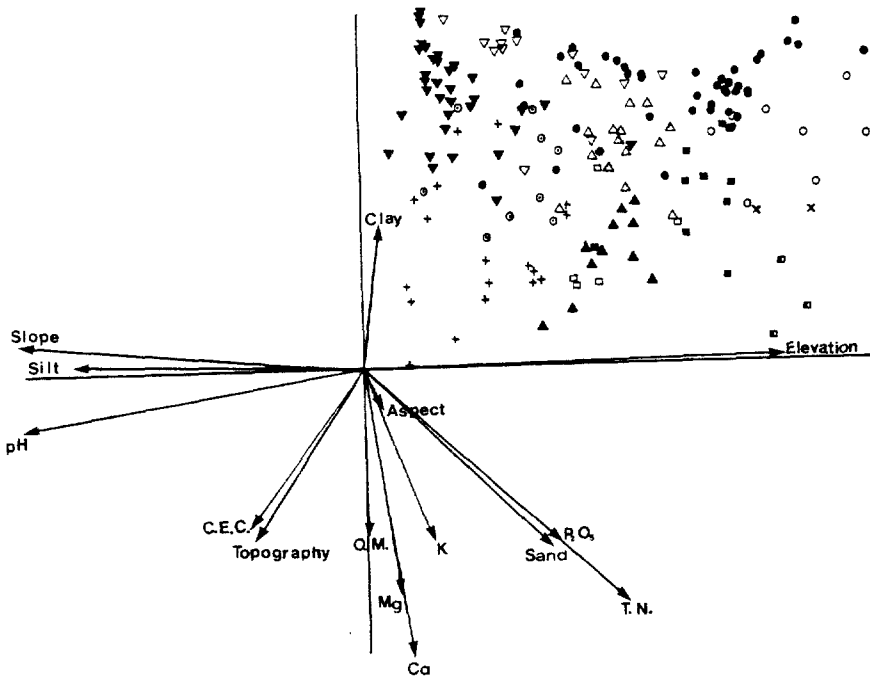


Fig. 2. Mt. Gyeryong and Deokyu vegetation data : DCCA (detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with sites (+, ⊕, ▲, ▼, ●, ▽, □, △, ■, ▣, ×, ○) and environmental variables (arrow). The sites are : + = *Styrax japonica* forest ; ⊕ = *Quercus variabilis* forest ; ▲ = *Carpinus laxiflora* forest ; ▼ = *Pinus densiflora* forest ; ● = *Quercus mongolica* forest ; ▽ = *Pinus densiflora-Quercus mongolica* forest ; □ = *Fraxinus rhynchophylla* forest ; △ = *Quercus mongolica-Styrax obassia* forest ; ■ = *Quercus mongolica-Lindera obtusiloba* forest ; ▣ = *Fraxinus mandshurica* forest ; × = *Betula costata* forest ; ○ = *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum* forest. The environmental variables are : T.N. = total nitrogen concentration ; O.M. = organic matter concentration ; P₂O₅ = available phosphorus concentration ; C.E.C. = cation exchangeable capacity ; K = potassium concentration ; Ca = calcium concentration ; Mg = magnesium concentration.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 鷄籠山과 德裕山の 森林群集은 *Styrax japonica*, *Quercus variabilis*, *Carpinus laxiflora*, *Pinus densiflora*, *Quercus mongolica*, *Pinus densiflora-Quercus mongolica*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Quercus mongolica-Styrax obassia*, *Quercus mongolica-Lindera obtusiloba*, *Fraxinus mandshurica*, *Betula costata*, *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum*의 12group으로 나누어지는 것을 볼 수 있다.

Fig. 2는 Fig. 1에 의하여 選定된 12group의 主要優占種과 15개의 環境要因들을 DCCA ordination 結果 最初 1, 2軸에 의한 I/II 平面上에 나타낸 것이다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 鷄籠山과 德裕山の 森林群集은 15個의 環境要因에 따라 分布하고 있으며, 이들 環境要因들과 DCCA 結果에 의한 第一, 第二軸과 相關關係를 살펴보면 (Table 1), 여러 環境要因들이 群集의 分布와 깊은 相關關係가 있으며, 第一軸에서는 海拔高가, 第二軸에서는 Ca가 가장 높은 相關關係를 보여주고 있다.

群集의 分布에 영향을 미치는 環境要因들中 第一要因은 海拔高(溫度)이며 이 외에 全窒素가 重要한 因子라는 것을 알 수 있으며, 또한 主要群

集들과 環境要因들과의 關係로 보면 *Pinus densiflora*群集은 海拔高가 낮고 全窒素, 有機物含量, P₂O₅, Ca, Mg, K 등의 養料가 적은 部分에 주로 分布하고 있으며, *Quercus mongolica*群集은 海拔高가 높고 全窒素, P₂O₅가 많은 곳에 주로 分布하고 있으며, *Pinus densiflora-Quercus mongolica*群集은 *Pinus densiflora*群集과 *Quercus mongolica*群集의 中間 部分에 分布하고 있다. 그리고 *Styrax japonica*群集은 海拔高가 낮고 全窒素, P₂O₅, Ca, Mg, K 등 養料의 中間 部分에 주로 分布하고 있으며, *Quercus variabilis*群集은 海拔高는 中間 部分에 全窒素, P₂O₅, Ca, K, Mg 有機物含量 등 養料는 中間 部分에 주로 分布하며, *Carpinus laxiflora*群集은 海拔高는 中間 部分에 全窒素, P₂O₅, Ca, K, Mg, 有機物含量 등 養料가 많은 곳에 주로 分布하며, *Fraxinus rhynchophylla*群集은 *Carpinus laxiflora*群集과 비슷한 生態的 niche에 分布하며, *Fraxinus mandshurica*群集과 *Betula costata*群集은 海拔高도 높고 養料도 많은 곳에 分布하고 있으나 標本數가 적어서 正確히 判斷하기 어려우며, 이러한 結果는 兪와 宋³¹⁾의 結果와도 一致한다.

以上에서 살펴 본 바와 같이 *Pinus densiflora*群集에서 *Pinus densiflora-Quercus mongolica*群

Table 1. Mt. Gyeryong and Deokyu vegetation data from Fig. 2: canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of detrended canonical correspondence analysis (DCCA). For a description of variables, see Fig. 2 legend.

Axis Variables	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Total nitrogen	0.01	-0.41	0.522**	-0.434**
Organic matter	0.01	0.14	-0.010	-0.283**
P ₂ O ₅	0.01	-0.03	0.391**	-0.368**
C.E.C.	0.21	0.03	-0.270**	-0.265**
K	0.04	-0.02	0.133	-0.308**
pH	-0.06	-0.15	-0.692**	-0.108
Ca	-0.14	-0.36	0.087	-0.505**
Mg	0.12	0.30	0.065	-0.393**
Elevation	0.67	0.06	0.844**	0.003
Topography	-0.10	-0.05	-0.229**	-0.281**
Sand	0.65	3.19	0.484**	-0.204*
Silt	0.69	2.78	-0.590**	0.023
Clay	0.47	2.12	0.038	0.280**
Aspect	0.10	-0.04	0.038	-0.065
Slope	-0.10	0.09	-0.690**	0.052
Eigenvalue	0.511	0.217		

* p<.05; ** p<.01.

集, *Quercus mongolica*群集으로 갈수록 海拔高가 높고 養料 狀態가 좋아지는 것을 볼 수 있으며, *Quercus mongolica*群集, *Quercus mongolica-Styrax obassia*群集, *Quercus mongolica-Lindera obtusiloba*群集, *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum*群集 相互間의 關係를 살펴보면 海拔高에서는 *Quercus mongolica-Styrax japonica*群集이 낮은 곳에, *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum*群集이 높은 곳에 分布하고 있으며, 養料面에서도 *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum*群集이 養料가 많은 곳에 分布하고 있음을 볼 수 있으며, 이와같은 養料 狀態의 개선은 遷移系列과 깊은 相關關係가 있으며 喬木의 遷移過程이라고 推定된다.^{17,18,24,31)}

群集 分布의 第一 要因인 海拔高(溫度)에서 살펴보면 *Pinus densiflora*群集, *Styrax japonica*群集은 낮은 곳에, *Pinus densiflora-Quercus mongolica*群集, *Quercus variabilis*群集, *Carpinus laxiflora*群集, *Fraxinus rhynchophylla*群集, *Quercus mongolica-Styrax obassia*群集은 中間 部分에, *Quercus mongolica*群集, *Quercus mongolica-Acer pseudo-sieboldianum*群集은 海拔高가 높은 곳에 主로 分布하고 있다.

結 論

鷄龍山과 德裕山 森林群集의 種 組成과 立地와의 關係를 究明하기 위하여 TWINSpan과 DCCA를 使用하여 分析한 結果는 다음과 같다.

鷄龍山과 德裕山の 森林群集과 土壤 環境과의 關係를 살펴보면 *Quercus mongolica*群集은 海拔高가 높고 養料가 많은 곳에 主로 分布하고 있으며, *Carpinus laxiflora*群集과 *Fraxinus rhynchophylla*群集은 海拔高는 中間이고 養料가 많은 곳에 主로 分布하고 있으며, *Pinus densiflora-Quercus mongolica*群集과 *Quercus variabilis*群集은 海拔高, 養料 모두 中間 部分에 主로 分布하고 있으며, *Styrax japonica*群集은 海拔高는 낮고 養料는 中間 部分에 主로 分布하고 있으며, *Pinus densiflora*群集은 海拔高는 낮고 養料는 적은 部分에 主로 分布하고 있다.

群集 分布에 影響을 미치는 第一의 環境 要因은

海拔高(溫度)이다.

引 用 文 獻

1. Allen, Rob. 1988. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. Ph. D. thesis. The University of North Carolina.
2. Andersson, Per-Arne. 1988. Ordination and classification of operational geographic units in southwest Sweden. *Vegetatio* 74: 95-106.
3. Austin, M.P. 1976. On non-linear species response models in ordination. *Vegetatio* 33: 33-41.
4. Cramer, W. & H. Hyttborn. 1987. The separation of fluctuation and long-term change in vegetation dynamic of a rising seashore. *Vegetatio* 69: 157-167.
5. Fångström, I. & E. Willén. 1987. Clustering and canonical correspondence analysis of phytoplankton and environmental variables in Swedish lakes. *Vegetatio* 71: 87-95.
6. Gauch, H.G.Jr. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
7. Gibson, D.J. & P. Greig-Smith. 1986. Community pattern analysis: A method for quantifying community mosaic structure. *Vegetatio* 66: 41-47.
8. Goodall, D.W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Aust. J. Bot.* 2: 304-324.
9. _____. 1963. The continuum and the individualistic association. *Vegetatio* 11: 297-316.
10. Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. 3rd ed. Blackwell, Oxford.
11. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61: 237-249.
12. _____. 1974. Correspondence analysis: A neglected multivariate method. *J.R. Stat. Soc. Ser. C.* 23: 340-354.
13. _____. 1979. DECORANA-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analy-

- sis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
14. _____. & H.G.Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
 15. Huang, C.L. & R. del Moral. 1988. Plant-environmental relationships on the Montlake wildlife area, Seattle, Washington, USA. *Vegetatio* 75: 103-113.
 16. Hukusima, T. & K.A. Kershaw. 1987. The impact on the Senjogahara ecosystem of extreme run-off events from the River Sakasagawa, Nikko, National Park. II. The correlation of vegetation and environmental disturbance using TWINSPAN and DCA ordination techniques. *Ecol. Res.* 2: 85-96.
 17. 張允錫·任良宰. 1985. 智異山 피아골의 植生型과 그 構造. *韓國植物學會誌* 28: 165-175.
 18. Kim, J.U. 1987. Studies on the forest vegetation of Mt. Naejang, Korea by classification and ordination techniques. Ph. D. thesis. Chungang University. p.123.
 19. Lahti, T. & R.A. Väisänen. 1987. Ecological gradients of boreal forests in South Finland: an ordination test of Cajander's forest site type theory. *Vegetatio* 68: 145-156.
 20. Machena, C. 1987. Zonation of submerged macrophyte vegetation in Lake Kariba, Zimbabwe and its ecological interpretation. *Vegetatio* 73: 111-119.
 21. Peet, R.K. 1978. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. *J. Biogeogr.* 5: 275-289.
 22. _____. 1978. Forest vegetation of the Colorado Front Range: patterns of species diversity. *Vegetatio* 37: 65-78.
 23. Skarpe, C. 1986. Plant community structure in relation to grazing and environmental changes along a north-south transect in the western Kalahari. *Vegetatio* 68: 3-18.
 24. 宋鎬京·辛昌男. 1985. 鷄籠山 森林群集型과 그의 構造에 관한 研究. 忠南大學校 環境研究報告 3: 19-58.
 25. 宋鎬京·禹仁植·李壽煜·閔一植·南怡. 1987. 分類法과 序列法에 의한 德裕山 森林植生 研究. 忠南大學校 環境研究報告 5: 59-73.
 26. Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
 27. _____. 1987. CANOCO-a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department Wageningen, The Netherlands.
 28. _____. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77.
 29. _____. 1988. CANOCO-an extension of DECORANA to analyze species-environmental relationships. *Vegetatio* 75: 159-160.
 30. _____. & I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-317.
 31. 俞在殷·宋鎬京. 1989. Classification과 Ordination에 의한 俗離山 森林群集의 分析. 忠南大學校 環境研究報告 7: 1-8.
 32. Walker, J. & R.K. Peet. 1983. Composition and species diversity of pine-wiregrass savannas of the Green Swamp, North Carolina. *Vegetatio* 55: 163-179.
 33. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecology Monogr.* 26: 1-80.
 34. _____. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42: 207-264.
 35. _____. 1978. Direct gradient analysis. P. 7-50. in R.H. Whittaker, ed. *Ordination of Plant Communities*, Handbook of Vegetation Science, No. 5. The Hague: Junk. 2nd ed.
 36. _____. 1987. An application of detrended correspondence analysis and non-metric multidimensional scaling to the identification and analysis of environmental factor complexes and vegetation structures. *J. Ecol.* 75: 363-376.