

主要樹種の天然分布と気候要因との関係 についての数量化理論による解析

——東北地方における数樹種について——

小 島 忠 三 郎⁽¹⁾

Chusaburo KOJIMA: Analysis on the Relation between
Natural Distribution of Principal Tree Species and
Climatic Elements by Quantification —Some Species
in Tohoku District—

要 旨: 林木樹種の天然分布は気候要因により大きく左右されるが、文化庁発行の県別植生分布図から適当な間隔をおいて森林植生型をよみとり、その場所の気候要素を気候分布図から推定してカテゴリー区分し、数量化(Ⅱ類)による判別分析を用いて解析した。とりあげた森林植生型はスギ・ブナ林、ヒバーブナ林、アカマツ・落葉広葉樹林の針葉樹を含む3森林植生型と、ブナ林、ミズナラ林、コナラ・クリ林のブナ科3森林植生型で、これらを分けて解析した。気候要素は、暖候期と冬の気温、春と夏の雨、春、夏および冬の湿度、最深積雪、根雪期間で、ほかに標高をもとりあげた。

解析の結果針葉樹を含む3森林植生型では、第1判別成分でスギ・ブナ林と他の2森林植生型が判別でき、これにともに寄与している要素は夏の雨で、ついで最深積雪、冬の湿度、標高であった。第2判別成分はヒバーブナ林とアカマツ・落葉広葉樹林を判別する成分で、これにともに寄与している要素は暖候期の気温で、ついで標高、冬の気温、根雪期間、春の湿度であった。判別の誤差は全体で7.6%で、かなり良いといえる。

ブナ科3森林植生型では、第1判別成分だけでは判別でき、寄与している要素は標高で、ついで暖候期の気温と根雪期間であった。第2判別成分は標高と夏の雨がやや寄与している程度であった。

全体の誤差は同じ科の樹種であることと、ここにとりあげた以外の要素が関係しているためか、22.1%と大きかった。

以上の結果から各樹種の気候的適応を推定した。

ま え が き

樹種の天然分布を左右する要因としては、気候、土壌、地形などの自然環境のほか、人為的な影響も受けていると考えられる。なかでも気候要因はもっとも重要で、これまで主として気温や降水量を中心に論じられてきた。しかし、年平均気温とか年降水量といった、マクロ的な見方をしたものが多い。

吉良¹⁾は気温を暖候期と寒候期に分け、温量指数および寒さの指数を提案し樹種の分布を論じた。また河田²⁾は降水量について、年間の配布状態とスギ、ヒノキの分布との関係を論じた。しかし樹種の分布には、これらのほか湿度や風などにも大きく左右され、とくに東北地方では雪の影響を無視することはできない。そしてこれらの要因は、単独に作用しているものではなく、相関連して作用してその樹種に適したところに生育しているものと思われる。さらに要因相互間には何らかの相関があるばあいが多いので、それらをひとつひとつとりあげて検討しても、正しい判断がえられるとは限らない。

筆者⁴⁾はさきに判別関数法を用いて、東北地方における針葉樹3樹種(スギ、ヒノキ・アスナロ、アカマツ)およびブナ科3樹種(ブナ、ミズナラ、コナラ)の天然分布と気候要因との関係を解析した。今回同

資料を数量化 (Ⅱ類)⁶⁾を用いて解析した結果、さらに気候要因との関係を明らかにすることができたので報告する。

なお数量化による判別の計算プログラムは筆者が作成し、計算は農林研究計算センターで行なったものである。ここに、同センターの指導員各位ならびに係員に対し深甚の謝意を表する。また、樹種の天然分布に関しては、林業試験場東北支場研究顧問村井三郎博士、同場育林部長山谷孝一博士および同育林第二研究室長加藤亮助氏らのご助言をうけた。これらの各位に対して、厚くお礼申し上げる。

解析の方法および資料

1. 数量化による判別法

判別関数法による判別は要因が計量値として与えられておらねばならず、また、その数値が判別値と線型的な関係にあることを仮定している。すなわち、判別値は要因の数値（あるいは変換した数値）と係数の積和（常数を含む）として示される。

しかしながら、要因は必ずしも比例して判別に影響を与えるとは限らず、ある限界点で不連続的に変わることもある。さらに斜面方位や土壌型、土質など、数量としてあらわしにくい要因もある。数量化による判別法は、このようなばあいにもっとも適している。

数群に分類されている個々の標本データは、各要因に対してアイテム、カテゴリーへの反応パターンとして与えられているものとする。すなわち j アイテムのなかで、範ちゅう化された k カテゴリーのいずれかに反応している ($j=1\sim P$, $k=c_j$, P は要因アイテム数, c_j は j アイテムのカテゴリー数)。これらのアイテム、カテゴリーに x_{jk} なる数値 (スコア) を与え、個々の判別値として反応しているアイテム、カテゴリーの数値の総和を考えて、これにより判別を行なうことにする。

なお範ちゅう化された各カテゴリー間には、単位尺度や比尺度で示される数量のように、等間隔、単調といった関係は必要ないし、大小関係の順序も全く自由である。ただし、同じカテゴリーに属すものは皆同等で、他のカテゴリーと区別されればよい。しかし実際には、連続的な数量を区切って範ちゅう化するばあいも少なくない。

さて、各アイテム、カテゴリーに与うべき数値 (スコア) x_{jk} は、判別がもっともうまくゆくよう定められなければならない。

$$\delta_i(jk) \begin{cases} =1 & i \text{ なるものが } j \text{ アイテム } k \text{ カテゴリーに反応したとき} \\ =0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

ただし $i = 1 \sim n$ (n は総データ数)

とすると、 i なるものの判別値すなわちスコア y_i は

$$y_i = \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^{c_j} x_{jk} \delta_i(jk) \dots\dots\dots (1)$$

となり、また総平均 $\bar{y}$ は

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^{c_j} x_{jk} \delta_i(jk) \dots\dots\dots (2)$$

となる。したがって全体の分散 δ^2 は

$$\delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \dots \dots \dots (3)$$

であり、一方群間の分散 δ_b^2 は

$$\delta_b^2 = \sum_{t=1}^g (\bar{y}_t - \bar{y})^2 \frac{n_t}{n} \dots \dots \dots (4)$$

ただし、

$$\bar{y}_t = \frac{1}{n_t} \sum_{i(t)=1}^{n_t} \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^{C_j} x_{jk} \delta_{i(t)}(jk) \dots \dots \dots (5)$$

n_t : t 群のデータ数, $i(t)$: t 群の中の i なるもの

となる。ところで、全体の分散に対する群間の分散の比 η^2 (相関比)

$$\eta^2 = \frac{\delta_b^2}{\delta^2} \dots \dots \dots (6)$$

を最大にするような数値を x_{jk} に与えれば、もっとも効果的に判別が行われることになる。そこで η^2 を最大にするため、これを x_{jk} で偏微分して 0 とおく。すなわち

$$\frac{\partial \eta^2}{\partial x_{jk}} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

$$\therefore \frac{\partial \delta_b^2}{\partial x_{jk}} = \eta^2 \cdot \frac{\partial \delta^2}{\partial x_{jk}} \dots \dots \dots (8)$$

これに(1)~(5)式を代入して整理すると次式をうる。

$$\sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^{C_j} H(lm, jk) x_{jk} = \eta^2 \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^{C_j} \left\{ F(lm, jk) - \frac{1}{n} n_{jk} \cdot n_{lm} \right\} x_{jk} \dots \dots \dots (9)$$

ただし、

$$H(lm, jk) = \sum_{t=1}^g \left\{ \frac{1}{n_t} G_t(jk) G_t(lm) \right\} - \frac{1}{n} n_{jk} \cdot n_{lm} \dots \dots \dots (10)$$

$$F(lm, jk) = \sum_{i=1}^n \delta_i(lm) \delta_i(jk) \dots \dots \dots (11) \quad l \text{ アイテム } m \text{ カテゴリ}$$

リーと j アイテム k カテゴリーの反応数で、これをクロス表と呼ぶ。

$$n_{jk} = \sum_{i=1}^n \delta_i(jk) \dots \dots \dots (12) \quad j \text{ アイテム } k \text{ カテゴリ}$$

リーの総反応個数 (クロス表の主対角要素の値)

$$G_t(jk) = \sum_{i(t)=1}^{n_t} \delta_{i(t)}(jk) \dots \dots \dots (13) \quad \text{同じく群別の反応個数}$$

これをマトリックス表示すると

$$Hx = \eta^2 Fx \dots \dots \dots (14)$$

となり、これをたとえば $x_{j1} = 0$ の下に解き、 $\eta^2 = 1$ でない最大固有値に対する固有ベクトルが求められ、 x_{jk} である。この 1 次元の数値で不十分ならば、順次大きい固有値に対する固有ベクトルを求め、多次元

的な数値を与える。すなわち、判別値として 2 個以上の成分を与えることになる。実際には x_{jk} は各成分の判別に寄与する重みをつけ、さらに各アイテムごとに平均が 0 になるよう変換した値とする。

なお x_{jk} をクロス表に代入し偏相関係数を求めれば、各要因の判別に寄与する目安とすることができる。

つぎにサンプルデータに x_{jk} をあてはめ判別値を計算し、各群の重心（判別値の平均スコアを座標とする空間上の点）からの距離を次式により求める。

$$D_t^2 = \sum_{s=1}^q (y_{ti(s)} - \bar{y}_{t(s)})^2 \dots\dots\dots (15)$$

ここに D_t : T 群の重心からの距離

$y_{ti(s)}$: i なるものの s 成分 ($s = 1 \sim q$, q は成分数) のスコア

$\bar{y}_{t(s)}$: t 群の s 成分の平均スコア

サンプルデータは、 D_t の最小の群に属すると判定される。

2. 天然分布の資料

樹種の天然分布の資料は、文化庁発行の県別植生図から拾いあげた。すなわち、この図上に緯度、経度 5 分ごとに線を引き、この線上から適当な間隔をおいて、その森林植生型をよみとった。しかしこれだけでは、分布のせまいところが除かれるおそれがあるので、これ以外のところからもなるべく拾いあげた。とくに点在する分布は、人為的な影響で範囲がせばめられたと考えられるからである。

とりあげた森林植生型は、分布のとくにせまいものや、局地的なものを除いた下記の 6 種である（このほかブナミズナラ林もとりあげたが、中間的な植生型であるため解析には用いなかった）。

(1) スギ—ブナ林	46か所
(2) ヒノキ—スナロー—ブナ林	51 "
(3) アカマツ—落葉広葉樹林	74 "
(4) ブナ林	227 "
(5) ミズナラ林	141 "
(6) コナラ—クリ林	204 "

これらの植生型の分布から、各樹種の気候的適応を解析しようとするものである。すなわち(1)～(3)の植生型からスギ、ヒノキ—スナロ（以下ヒバと称する）、アカマツの 3 樹種、(4)～(6)からブナ、ミズナラ、コナラの 3 樹種の特徴を知ろうというわけである。したがって解析は、これら針葉樹を含む植生型とブナ科の 3 植生型の 2 組に分けて行なった。これは、6 植生型をいっしょに解析すると、判別成分の数が多くなり直観的な判断が下しにくいという理由による。

なおこの植生図は、20 万分の 1 の縮尺であるため、かなりマクロ的な分布を示したものであるが、これはその付近の優勢な植生型ということになり、解析にはかえって都合がよいことになる。

3. 気 候 資 料

とりあげた気候要素は、気温、雨量、湿度、最深積雪および根雪期間である。このほか風や日照時間なども重要な要因であるが、資料をうるのが困難で、この解析には取りあげることができなかった。

気候資料のうち積雪関係については、積雪分布図⁶⁾、他の要素については、最近筆者が主として森林植生や農林業を対象として作成した、東北地方の気候分布図（未発表）を用いた。この分布図は、植物に与

える影響が時期によっても違うので、気温については暖候期(5~10月)と寒候期(12~3月)に分け、雨量も春(4~6月)、夏(7~9月)、湿度(日最小湿度の平均)は春と夏のほかに寒候期(12~3月)に分けてある。

以上のうち、気温についてはそのままではなく、暖候期の指標として吉良と同じく温量指数を用い、寒候期の指標としては加藤⁷⁾と同じく0°Cを基準とした方がよいと考え、積算寒度(月平均気温でマイナスを示す月の合計の絶対値)を用いた。これらはさきに筆者⁸⁾が報告した方法により、5~10月平均気温および12~3月平均気温より算出できる。そして、これらを5°間隔に区切り範ちゅう化した。

気温以外の要素については、分布図が適当な間隔の等値線で示してあるので、これに挟まれた部分を同等とみなして範ちゅう化した。ただし、データ数の少ないところは、2つ以上をいっしょにして範ちゅう化したものもある。

以上の気候要素のほか、要因として標高をもとりあげた。これはある程度風の要素を含んでいると考えたからである。しかしこの要因には、人為的な影響や土壌条件など、多くの要因が総合されているものと考えなければならない。なお標高は20万分の1縮尺の地図上から拾うため、100m単位でしかよみとれない。

なお気候資料のうち、積雪関係や雨および湿度の分布は、主として人間の常住する平坦部をもとにしてある関係上、その地点の絶対的な値ではなく、相対的な意味と解釈すべきである。しかし温量指数および積算寒度は、標高を補正した、その地点の値である。したがって標高要素のなかには、気温の影響は含まれていないことになる。

解析の結果および考察

数量化による判別の計算は、総カテゴリー数から要因数を差し引いた大きな元の行列の固有値問題を取りあつかうため、大型の計算機を必要とする。したがって、総カテゴリー数はあまり多くできない。そこで試行錯誤をくりかえし、判別に対する反応の仕方やデータ数などを考慮しながら、カテゴリー区分をきめた。たとえば標高については、200mごととしたなどである。

以下述べる結果は、このように数回の計算を行なってもっとも妥当と思われたものである。要因のあるものを除いてもそれほど判別の効果は下がらないばあいもあるが、因果関係を明らかにするためには、なるべく多くの要因をとりあげた方がよい。これはとりあげなかった要因との関係が密であるため、見かけ上その要因に肩代りしてあらわれるばあいがあるからである。もちろん、単に判別の効果だけを問題にするばあいは、なるべく要因の数は少ない方がよい。

つぎに、解析はまえに述べたように、2つのグループに分けて行なったので、別々に述べることにする。

1. 針葉樹3樹種について

スギ、ヒバ、アカマツ3樹種については、単独の植生型としては分類されておらず、スギとヒバはブナ、アカマツは落葉広葉樹を含めた植生型として分類されている。

Table 1は、各植生型別および合計の要因カテゴリーへの反応個数と百分率を示したもので、要因ごとにそれぞれの植生型が特徴的な分布を示していることがわかる。すなわち、温量指数ではアカマツ-落葉広葉樹林が他の植生型に比べて高いところに分布し、春の雨についてはスギ-ブナ林が雨の多いところに

Table 1. 要因カテゴリー反応個数 (針葉樹を含む 3 森林植生型)

Reactionary number of each item and category (Three forest vegetation types including conifer)

要 因 項 目 Item of factors	カテゴリー Category	スギ・ブナ林 <i>Cryptomeria japonica</i> - <i>Fagus crenata</i> forest		ヒバ・ブナ林 <i>Thuopsis dolabrata</i> var. <i>hondai</i> - <i>Fagus crenata</i> forest		アカマツ・ 落葉広葉樹林 <i>Pinus densiflora</i> -deciduous broad-leaved forest		合 計 Total	
		データ数 No. of data	百分率 Percentage	データ数 No. of data	百分率 Percentage	データ数 No. of data	百分率 Percentage	データ数 No. of data	百分率 Percentage
標 高 (×100m) Altitude	1~2	7	15.2	17	33.3	26	35.1	50	29.2
	3~4	20	43.5	17	33.3	24	32.4	61	35.7
	5~6	16	34.8	4	7.8	18	24.3	38	22.2
	7~8	2	4.3	4	7.8	6	8.2	12	7.0
	9<	1	2.2	9	17.6	—	—	10	5.8
温 量 指 数 (°) Index of warmth	60>	1	2.2	12	23.5	1	1.4	14	8.2
	60~65	2	4.3	10	19.6	1	1.4	13	7.6
	65~70	15	32.6	16	31.4	9	12.2	40	23.4
	70~75	17	37.0	9	17.6	14	18.9	40	24.4
	75~80	6	13.0	3	5.9	14	18.9	23	13.5
	80<	5	10.9	1	2.0	35	47.3	41	24.0
積 算 寒 度 (°) Accumulated coldness	0~	—	—	—	—	9	12.2	9	5.3
	0~5	4	8.7	6	11.8	31	41.9	41	24.0
	5~10	22	47.8	28	54.9	25	33.8	75	43.9
	10~15	18	39.1	8	15.7	7	9.5	33	19.3
	15<	2	4.3	9	17.6	2	2.7	13	7.6
4~6 月 雨 量 (mm) Precipitation, Apr.~June	250>	—	—	4	7.8	13	17.6	17	9.9
	250~300	1	2.2	23	45.1	24	32.4	48	28.1
	300~350	9	19.6	17	33.3	25	33.8	51	29.8
	350~400	18	39.1	5	9.8	9	12.2	32	18.7
	400>	18	39.1	2	3.9	3	4.1	23	13.5
7~9 月 雨 量 (mm) Precipitation, July~Sep.	450<	—	—	4	7.8	24	32.4	28	16.4
	450~500	—	—	22	43.1	28	37.8	50	29.2
	500~550	1	2.2	19	37.3	13	17.6	33	19.3
	550~600	7	15.2	4	7.8	5	6.8	16	9.4
	600<	38	82.6	2	3.9	4	5.4	44	25.7
4~6 月 湿 度 (%) Humidity, Apr.~June	45>	1	2.2	7	13.7	20	27.0	28	16.4
	45~50	37	80.4	9	17.6	32	43.2	78	45.6
	50~55	7	15.2	21	41.2	19	25.7	47	27.5
	55<	1	2.2	14	27.5	3	4.1	18	10.5
7~9 月 湿 度 (%) Humidity, July~Sep.	55>	9	19.6	4	7.8	7	9.5	20	11.7
	55~60	22	47.8	9	17.6	32	43.2	63	36.8
	60~65	14	30.4	27	52.9	24	32.4	65	38.0
	65<	1	2.2	11	21.6	11	14.9	23	13.5
12~3 月 湿 度 (%) Humidity, Dec.~Mar.	45>	—	—	1	2.0	5	6.8	6	3.5
	45~50	—	—	9	17.6	17	23.0	26	15.2
	50~55	8	17.4	28	54.9	35	47.3	71	41.5
	55~60	26	56.5	13	25.5	16	21.6	55	32.2
	60<	12	26.1	—	—	1	1.4	13	7.6
最 深 積 雪 (cm) Maximum depth of snow cover	50>	—	—	1	2.0	23	31.1	24	14.0
	50~100	2	4.3	18	35.5	27	36.5	47	27.5
	100~150	12	26.1	19	37.3	14	18.9	45	26.3
	150~200	21	45.7	10	19.6	9	12.2	40	23.4
	200<	11	23.9	3	5.9	1	1.4	15	8.8
根 雪 期 間 (日) Duration of continuous snow cover	40>	—	—	1	2.0	11	14.9	12	7.0
	40~80	—	—	1	2.0	14	18.9	15	8.8
	80~100	—	—	5	9.8	22	29.7	27	15.8
	100~120	22	47.8	29	56.9	18	24.3	69	40.4
	120~140	18	39.1	14	27.5	9	12.2	41	24.0
	140<	6	13.0	1	2.0	—	—	7	4.1

分布している。また標高、最深積雪については、スギ・ブナ林、ヒバ・ブナ林、アカマツ・落葉広葉樹林の順に分布していることなどが特徴といえる。しかし、各要因単独では重複する部分が多く、それほどはっきり分離できないので、ひとつの要因だけで判別することは無理であることがわかる。

Table 2 は、各アイテム、カテゴリーへの反応クロス表を示したものである。まえに述べたように、数量化による判別法の計算は、このクロス表と Table 1 の植生型別の反応個数をもとに行なわれる。なお Table 1 に示した合計反応個数は、各カテゴリーに平均に分布していることが望ましいが、実際にはかなりムラのあることがわかる。

Table 3 は解析の結果を集約したもので、各アイテム、カテゴリーに与うべきスコアは、要因ごとに Fig. 1 に示した。判別成分数は群 (このばあい植生型) の数が 3 つあるので、2 つえられる。

まず Table 3 のスコアのレンジは、各要因のスコアの最大値と最小値の差で、この値が大きいほど判別値に与える影響が大きいといえる。また偏相関係数は、各要因と判別値とのほかの要因の影響を除いた相関係数であるから、当然値の大きい要因は判別に大きく寄与していることになる。

これをみると第 1 判別成分では、7～9 月雨量がとくに判別に大きく寄与し、ついで最深積雪、12～3 月湿度、標高の各要因もかなり寄与している。また第 2 判別成分では、温量指数がとくに重要な要因で、標高、積算寒度、根雪期間がこれにつぐことを示す。

各判別成分の寄与率 (これは相関比の百分率である) は、第 1 成分が 53.8%，第 2 成分が 46.2% で、それほど大きな差はない。このことは、第 1 成分だけではうまく判別できないことを物語っている。

つぎに各植生型の平均スコアをみると、第 1 判別成分ではスギ・ブナ林がプラスで絶対値も大きく、他の 2 植生型はマイナスであるが両者間の差は小さい。また第 2 判別成分ではヒバ・ブナ林がプラス、アカマツ・落葉広葉樹林がマイナスでその差が大きく、スギ・ブナ林はこれらの中間的な値を示している。これらのことから、第 1 成分は主としてスギ・ブナ林と他の 2 植生型を判別するものであり、第 2 成分は主としてヒバ・ブナ林とアカマツ・落葉広葉樹林を判別するものであることがわかる。

以下 Fig. 1 により、各要因ごとにそのスコアを検討してみる。

標高 第 1 判別成分は 600～700 m のところで急変し、それ以下のところがプラス、それ以上のところがマイナスである。すなわち、600～700 m 以上のところは、スギ・ブナ林よりヒバ・ブナ林あるいはアカマツ・落葉広葉樹林になりやすいことを示す。

第 2 判別成分は 500～800 m のところがマイナスで、それ以下と以上のところがプラスとなっている。これは低いところと 900 m 以上のところがヒバ・ブナ林になりやすく、中間がアカマツ・落葉広葉樹林になりやすいことを示す。

以上を総合すると、スギ・ブナ林は 700 m 以上のところは不適で、アカマツ・落葉広葉樹林は 500～800 m のところ、ヒバ・ブナ林は低いところと 900 m 以上の高いところが適しているということになる。しかしヒバ・ブナ林は、実際には青森県のそれほど高くはないところと、岩手県の標高 900～1,000 m の早池峰山付近および福島県の標高 1,200 m 付近会津地方のデータが主で、中間のデータがないためこうなったものと思われる。またアカマツ・落葉広葉樹林についても、北上山地のデータが多いためこのようになったもので、適不適ということは当たらないだろう。

いずれにしても標高要因のなかには、ここでとりあげなかった気候要素や他の条件が含まれているので、簡単な解釈はできない。しかし、ヒバ・ブナ林とアカマツ・落葉広葉樹林がかなり高いところにも存

Table 2. 反 応 ク ロ ス 表
Cross table of frequency (Three forest

		標 高 X_1 Altitude	温 量 指 数 X_2 Index of warmth	積 算 寒 度 X_3 Accumulated coldness	4~6 月 雨 量 X_4 Precipitation, Apr.~June	7~9 月 雨 量 X_5 Precipitation, July~Sep.
		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
X_1	1	50	0 2 10 8 4 26	8 24 18 0 0	5 14 18 13 0	11 19 10 2 8
	2	61	1 8 6 23 12 11	1 12 38 10 0	7 17 15 10 12	9 18 8 5 21
	3	38	0 3 20 4 7 4	0 5 10 21 2	3 8 11 8 8	6 4 9 6 13
	4	12	5 0 2 5 0 0	0 0 8 1 3	2 4 9 1 2	2 4 2 3 1
	5	10	8 0 2 0 0 0	0 0 1 1 8	0 5 4 0 1	0 5 4 0 1
X_2	1		14	0 0 2 1 11	1 6 3 1 3	1 7 4 1 1
	2		13	0 0 9 2 2	2 6 3 1 1	2 5 4 0 2
	3		40	0 2 14 24 0	4 11 12 7 6	5 7 11 5 12
	4		40	0 5 29 6 0	3 12 10 7 8	3 13 4 5 15
	5		23	0 8 15 0 0	2 3 9 5 4	5 4 4 2 8
	6		41	9 26 6 0 0	5 10 14 11 1	12 14 6 3 6
X_3	1			9	0 1 4 4 0	5 1 3 0 0
	2			41	6 9 18 6 2	9 18 6 3 5
	3			75	5 28 19 11 12	10 23 15 5 22
	4			33	4 4 8 9 8	2 3 6 7 15
	5			13	2 6 2 1 1	2 5 3 1 2
X_4	1				17	14 2 1 0 0
	2				48	7 30 10 1 0
	3				51	6 15 17 6 4
	4				32	1 1 3 6 2
	5				23	0 2 2 0 19
X_5	1					28
	2					50
	3					33
	4					16
	5					44
X_6	1					
	2					
	3					
	4					
X_7	1					
	2					
	3					
	4					
X_8	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
X_9	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
X_{10}	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

(針葉樹を含む3植生型)
vegetation types including conifer)

4~6 月湿度 X_6 Humidity, Apr.~June				7~9 月湿度 X_7 Humidity, July~Sep.				12~3 月湿度 X_8 Humidity, Dec.~Mar.					最 深 積 雪 X_9 Maximum depth of snow cover					根 雪 期 間 X_{10} Duration of continuous snow cover					
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
3	11	25	11	0	13	21	16	4	8	22	15	1	14	17	13	4	2	9	6	9	18	8	0
6	34	14	7	6	24	24	7	0	9	27	18	7	6	17	14	20	4	1	5	11	24	19	1
7	26	5	0	8	14	16	0	1	4	13	16	4	3	9	8	14	4	1	3	5	15	11	3
5	4	3	0	2	6	4	0	1	2	6	2	1	1	3	5	0	3	1	1	2	6	0	2
7	3	0	0	4	6	0	0	0	3	3	4	0	0	1	5	2	2	0	0	0	6	3	1
8	2	3	1	5	4	4	1	1	5	4	4	0	1	3	5	2	3	1	1	1	6	3	2
1	2	3	7	1	1	5	6	0	3	7	2	1	0	4	5	3	1	0	0	3	7	3	0
3	20	9	8	4	15	14	7	0	4	21	12	3	3	12	12	9	4	0	2	5	22	9	2
4	22	12	2	5	18	16	1	0	3	12	18	7	2	8	12	16	2	0	1	6	17	15	1
2	15	6	0	1	4	16	2	1	3	11	7	1	3	9	4	6	1	1	4	3	9	5	1
10	17	14	0	4	21	10	6	4	8	16	12	1	15	11	7	4	4	10	7	9	8	6	1
1	1	7	0	0	2	1	6	3	5	1	0	0	9	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
7	18	12	4	1	17	19	4	2	5	23	11	0	9	17	8	4	3	2	11	10	12	6	0
7	33	22	13	6	23	34	12	1	7	34	25	8	3	24	22	21	5	1	4	12	35	20	3
4	24	4	1	7	16	9	1	0	4	10	14	5	3	3	11	12	4	0	0	3	16	12	2
9	2	2	0	6	5	2	0	0	5	3	5	0	0	3	4	3	3	0	0	2	3	3	2
11	1	5	0	2	10	5	0	0	4	8	5	0	2	10	2	3	0	0	0	9	5	3	0
14	15	11	8	8	17	15	8	0	8	25	14	1	5	14	15	9	5	1	3	14	13	15	2
2	24	15	10	3	14	23	11	1	10	29	11	0	10	15	17	5	4	5	10	1	29	5	1
0	22	10	0	4	13	11	4	3	2	6	17	4	5	6	9	10	2	4	1	2	16	8	1
1	16	6	0	3	9	11	0	2	2	3	8	8	2	2	2	13	4	2	1	1	6	10	3
11	6	10	1	3	11	10	4	0	10	10	8	0	8	15	3	2	0	5	4	12	5	2	0
10	17	17	6	3	18	23	6	1	12	26	10	1	11	16	13	8	2	2	11	10	17	10	0
6	10	6	11	3	9	9	12	5	4	21	3	0	5	6	14	6	2	5	0	3	16	8	1
1	10	5	0	5	4	6	1	0	0	6	9	1	0	6	7	1	2	0	0	1	12	1	2
0	39	9	0	6	21	17	0	0	0	8	25	11	0	4	8	23	9	0	0	1	19	20	4
28	78	47	18	10	17	1	0	0	9	10	8	1	3	8	11	4	2	1	0	10	11	5	1
				10	45	23	0	1	7	31	31	8	8	19	16	25	10	2	9	8	32	22	5
				0	1	37	9	5	10	13	15	4	13	12	8	11	3	9	5	5	13	14	1
				0	0	4	14	0	0	17	1	0	0	8	10	0	0	0	1	4	13	0	0
				20	63	65	23	0	2	2	16	0	0	2	7	6	5	0	0	5	5	6	4
								1	10	26	21	5	10	15	15	16	7	3	4	10	29	15	2
								1	10	29	17	8	6	22	16	18	3	2	9	9	24	20	1
								4	4	14	1	0	8	8	7	0	0	7	2	3	11	0	0
								6	26	71	55	13	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
													11	10	2	2	1	5	6	7	5	3	0
													7	26	24	10	4	1	8	12	40	9	1
													0	10	16	19	10	0	1	8	17	23	6
													0	1	3	9	0	0	0	0	7	6	0
													24	47	45	40	15	12	9	3	0	0	0
																		0	6	19	22	0	0
																		0	0	5	35	5	0
																		0	0	0	11	29	0
																		0	0	0	1	7	7
																		12	15	27	69	41	7

Table 3. 解析の結果（針葉樹を含む 3 森林植生型）
Result of analysis (Three forest vegetation types including conifer)

要因項目または森林植生型 Item of factor or forest vegetation type	第 1 判別成分 The 1st component		第 2 判別成分 The 2nd component	
	スコアの レンジ Range of scores	偏相関係数 Partial correlation coefficient	スコアの レンジ Range of scores	偏相関係数 Partial correlation coefficient
標 高 Altitude	0.249	* 0.378	0.171	* 0.467
温 量 指 数 Index of warmth	0.185	0.317	0.431	** 0.704
積 算 寒 度 Accumulated coldness	0.200	0.209	0.192	* 0.390
4～6 月雨量 Precipitation, Apr.～June	0.100	0.236	0.067	0.211
7～9 月雨量 Precipitation, July～Sep.	0.522	** 0.776	0.077	0.259
4～6 月湿度 Humidity, Apr.～June	0.111	0.249	0.094	0.323
7～9 月湿度 Humidity, July～Sep.	0.068	0.185	0.120	0.316
12～3 月湿度 Humidity, Dec.～Mar.	0.213	* 0.380	0.086	0.138
最 深 積 雪 Maximum depth of snow cover	0.273	* 0.450	0.084	0.237
根 雪 期 間 Duration of continuous snow cover	0.166	0.277	0.142	* 0.388
相 関 比 Correlation ratio	0.804		0.691	
寄 与 率 Contributory rate	53.8%		46.2%	
	平均 ス コ ア Mean scores		平均 ス コ ア Mean scores	
スギーブナ林 <i>Cryptomeria japonica</i> - <i>Fagus crenata</i> forest	0.403		0.014	
ヒバーブナ林 <i>Thuopsis dolabrata</i> var. <i>hondai</i> - <i>Fagus crenata</i> forest	-0.175		0.153	
アカマツ— <i>Pinus densiflora</i> -deciduous broad-leaved forest	-0.129		-0.114	

*: 判別にかかなり寄与しているもの。 Value contributes moderately to discrimination.

**: 判別にとくに寄与しているもの。 Value contributes especially to discrimination.

在しているのは、土壤条件のよくないところにも適応しうることを意味しているものであろう。

温量指数 第 1 判別成分は 65° 以下を除けば高いところほど値が小さく、暖候期の気温の高いほど、スギーブナ林よりは他の 2 植生型になりやすいことを示す。しかし、スギーブナ林が低温に有利 といっても、実際には 65° 以下のところのデータは少なく、このようなところでは必ずしも有利とはいえない。

第 2 判別成分はほとんど温量指数と反比例し、低温のところほどプラスの値が大、高温のところほどマイナスの値が大きい。すなわち、ヒバーブナ林は暖候期の低温に適し、アカマツ—落葉広葉樹林は高温に適していることになる。そして、偏相関係数も第 2 判別成分中最大であるので、暖候期の気温は、ヒバーブナ林とアカマツ—落葉広葉樹林を判別する重要な要因であるということになる。

なおスギーブナ林は、第 2 成分では中間的な傾向を示し、第 1 成分とも合わせ考えると、気温の高いところではアカマツ—落葉広葉樹林より不利、低温ではヒバーブナ林より不利ということになる。

積算寒度 第 1 判別成分は 0°、すなわち 冬期間月平均気温がマイナスに下がらないところがプラスで値も大きいので、スギーブナ林に有利ということになるが、実際のデータはないので何ともいえない。しかし、10° 以上のところはマイナスであるので、冬の限界を越えた低温はスギーブナ林には適さないようである。もっとも偏相関係数はそれほど大きくはなく、あまり重要とはいえない。

第 2 判別成分は 15° 以上のところがマイナスの値がとくに大きく、限度を越えた冬の低温はヒバーブナ

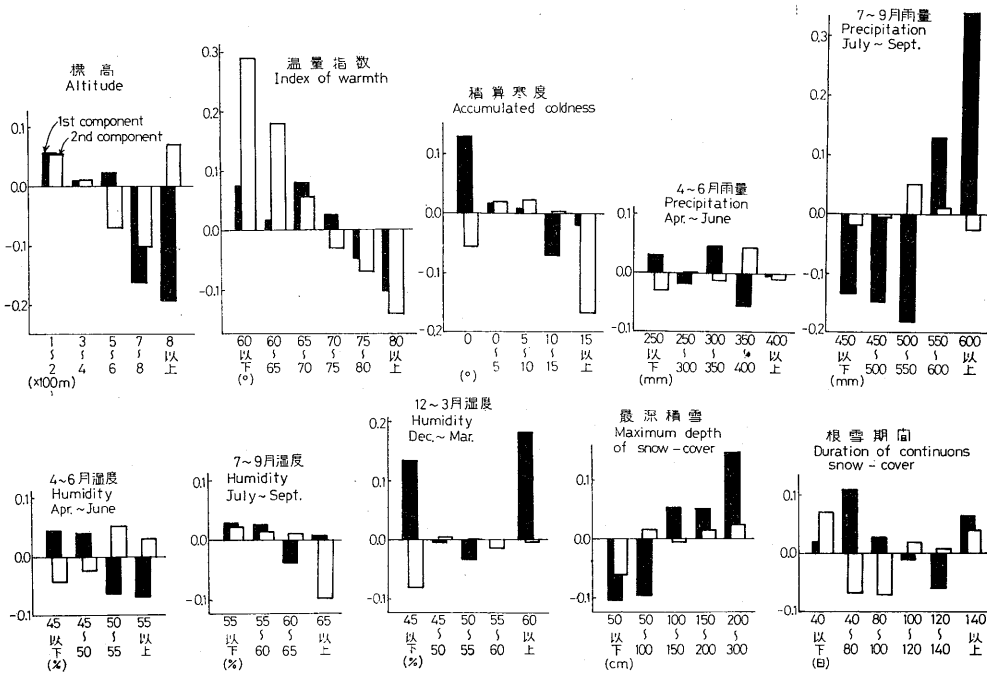


Fig. 1 各要因カテゴリーのスコア (針葉樹を含む3森林植生型)
Scores of each item and category (Three forest vegetation types including conifer)

林にとって不利であることを意味する。これはまたアカマツ—落葉広葉樹林にとって有利ということであるが、実際のデータは少なく何ともいえない。また 0° のところもマイナスで、多少アカマツ—落葉広葉樹林に有利のようであるが、第1判別成分と考え合わせると、 10° 以下ではそれほどはっきりした差はないといえよう。

4～6月雨量 第1、第2判別成分ともはっきりした傾向を示さず、絶対値もあまり大きな値ではない。また偏相関係数も小さいので、あまり重要な要因ではないように思える。しかし、実際には Table 1 に示すように、スギ—ブナ林は雨の多いところ、他の2植生は少ないところに分布している。これは春の雨が夏の雨とかなり高い相関があるためと、あとで述べるように東北地方では春の雨不足は、積雪で補われるからであろう。

7～9月雨量 第1判別成分は550 mm 以下がマイナス、以上がプラスとこの間で急変し、その開きも非常に大きい。とくに600 mm のところの値は大で、夏の雨の多いところはスギ—ブナ林に適していることを示す。そして偏相関係数も第1判別成分中最大であるので、スギ—ブナ林と他の2植生型とを判別するもっとも重要な要因である。

第2判別成分はそれほどはっきりした特徴を示さず、偏相関係数も大きくはないが、500 mm 以上だけを考えれば、アカマツ—落葉広葉樹林の方がヒバ—ブナ林よりやや多雨に適しているようである。この傾向は第1成分にもあらわれている (アカマツ—落葉広葉樹林のスコアはヒバ—ブナ林のスコアより値が大きいから)。

4～6月湿度 第1判別成分は50%を境に急変し、それ以下がプラス、以上がマイナスである。すな

わちスギブナ林は、春の湿度の高いところは不適ということになる。

第 2 判別成分も第 1 判別成分同様、50% を境に差が大きくなっているが、符号は反対となっている。それは、湿度が高いほどヒバーブナ林に有利ということを示す。このことは第 1 判別成分からもいえる。

7～9 月湿度 第 1 判別成分は偏相関係数も小さく、それほど重要ではないようであるが、65% 以上（スギブナ林のデータは 1 つしかない）を除けば、やはりスギブナ林は湿度の低い方が適しているようである。

第 2 判別成分は 65% 以上がマイナスで、ヒバーブナ林よりアカマツ—落葉広葉樹林の方が有利ということになるが、それ以下は特別な傾向を示さずはっきりした意味づけができない。

12～3 月湿度 第 1 判別成分は、45% 以下と 60% 以上がプラスで値もとくに大きい。50% 以下にはスギブナ林のデータはない。したがって冬の湿度は高い方が、スギブナ林に適していると解釈すべきであろう。

第 2 判別成分は、45% 以下がやや大きいマイナスの値を示すが、そのほかは大差はない。これは第 1 判別成分の 45% 以下がプラスの値の大きいことと相まって、あまり冬の乾燥するところはヒバーブナ林よりアカマツ—落葉広葉樹の方が有利なことを示す。

最深積雪 第 1 判別成分は 100 cm 以下はマイナスで、これ以上はプラスとなり急変する。とくに 200～300 cm のカテゴリーは大きな値を示す。また偏相関係数もかなり大きいので、重要な要因といえる。すなわちスギブナ林は、100 cm 以下のところには適さないということになる。これは東北地方では、春の雨不足を積雪でカバーしていることを意味する。しかし積雪は多い方がよいといっても、平坦部の積雪が 300 cm 地帯までのことであって、それ以上の豪雪地帯には分布していないので、むしろ不利と考えた方がよい。

第 2 判別成分も大体において積雪が多いほど値が大きく、ヒバーブナ林はアカマツ—落葉広葉樹林と比較すれば、やや多雪に適すといえる。しかし、偏相関係数はそれほど大きくはない。

根雪期間 第 1 判別成分は複雑のようであるが、40 日以下と 140 日以上を除けば大体日数が多いほど値が小さい。これは根雪期間の短い方がスギブナ林に有利なことを意味するが、スギブナ林のデータは 100 日以下にはないので、アカマツ—落葉広葉樹林がヒバーブナ林より根雪期間の短いところに適していることを意味しているものであろう。むしろスギブナ林にとっては、140 日以上のところの値が大きいことから、かえって積雪のおそくまで残るところは、春の雨不足に役だっていることを示している。

第 2 判別成分は 40 日以下（ヒバーブナ林のデータは 1 つだけである）を除けば、100 日以下がマイナス、以上がプラスで、第 1 判別成分からと同様ヒバーブナ林は根雪期間の長いところにも適しアカマツ—落葉広葉樹林は 100 日以下のところが適していることになる。

さて、はじめに述べたように、個々のデータの判別値すなわちスコアは、各要因項目の反応したカテゴリーのスコアの合計で示されるが、このばあいは判別成分の数が 2 つであるので、横軸を第 1 成分、縦軸を第 2 成分とする平面上に、これらの散布状況を示すことができる。

Fig. 2 はこれを示したものである。これをみると、3 つの植生型はそれぞれかたまって散布し、かなりはっきり区別できる。すなわちスギブナ林は、主として第 1 判別成分の軸を中心に第 1、第 4 象限に、ヒバーブナ林は主として第 2 象限に、アカマツ—落葉広葉樹林は主として第 3 象限に分布していることがわかる。とくにスギブナ林は他の 2 つととびはなれている。なお、これらの重心（平均位置）は図には

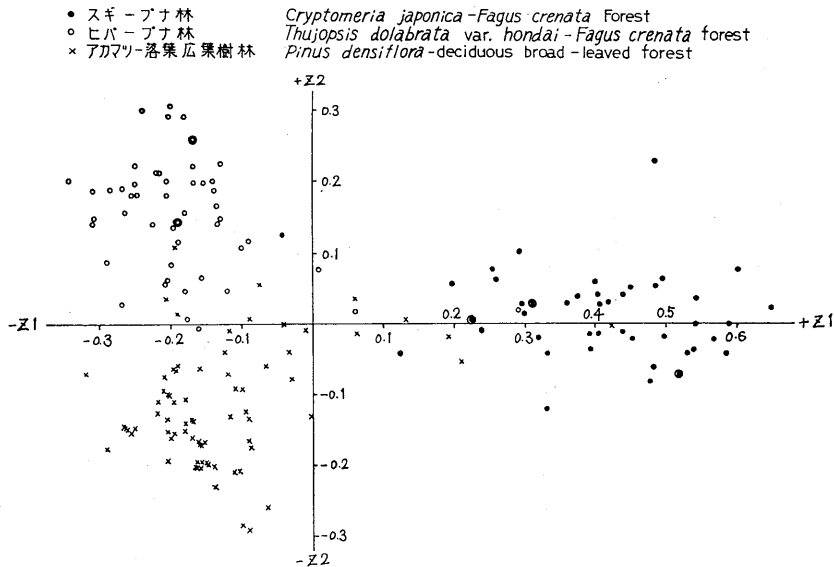


Fig. 2 スコアの散布 (針葉樹を含む3森林植生型)
Distribution of scores (Three forest vegetation types including conifer).

省略したが、Table 3 に示した平均スコアを座標とする位置である。そして個々のデータは、これらの重心までの距離がもっとも近い植生型に属すと判別される。

このようにして判別した結果、他の植生型として誤って判別されたサンプルデータの百分率は、スギ-ブナ林では2.2%ときわめて少なく、他の植生型は図からも想像されるように、ヒバーブナ林が9.8%、アカマツ-落葉広葉樹林が9.5%とやや多い。また全体では7.6%となる。ちなみにこのデータを次元の減少を伴う判別関数法で解析した結果では、ヒバーブナ林は5.9%とやや小さいが、スギ-ブナ林6.5%、アカマツ-落葉広葉樹林16.2%、また全体では10.5%であった。この結果からみて、数量化による判別方法がすぐれていることがわかる。

以上のように針葉樹3種を含む3つの植生型は、ここでとりあげた10要因により、かなりよく判別できることがわかった。そして各要因を単独にとりあげたばあいは、要因間のからみ合いが複雑なので解釈はむずかしいが、多くの要因を同時的にとりあげた数量化による判別法により、かなり正しい判断がえられたものと信ずる。ただし、標高要因のなかには気温関係を除いても、高いところほど雪が多く根雪期間も長く、雨も多くなり、また風も強くなるといった数多くの気候要因のほか、土壌も悪くなり、人里から離れているといった人為的な影響までも含まれていると考えなければならない。

つぎに、解析の結果えられた3つの植生型の各要因に対する反応の仕方をもとに、スギ、ヒバ、アカマツ3樹種の気候の適応を考えてみる。もちろん、各要因に対する反応の仕方は、あくまで相対的なものであって、これ以外の植生との競合をも考えに入れなければならないし、またここで分類されたカテゴリー以外の範囲のことについては、何もいうことができないので、これからだけでその樹種単独での気候に対する適不適をいうのは無理である。しかし、相対的な意味での適不適ということではできるはずである。

スギ 標高は700 m以上のところは適さない。これはおそらく土壌条件が悪くなることや、風が強く

なることなどに関係あるものと思われる。とくに冬期の強風には耐えないことを意味しているものであろう。

暖候期の低温にはかなり耐えるが、ヒバほどではない。温量指数は 65° 以上が望ましい。高温はかえって不利のようであるがヒバほどではなく、実際には他の条件が有利なら、暖候期の気温の高いのはあまり関係ないとみてよい。冬の限界（積算寒度 10° ）を越えた低温は不利のようである。

夏の雨は多い方がよく、7～9月雨量が 550 mm 以下のところは適さない。そして、これはきわめて重要な条件である。春の雨も多い方がよいと思われるが、東北地方では一般に春の雨が少なく、あとで述べるように積雪でカバーされているので、あまり関係ない。

湿度については、暖候期には高いのはかえって不利である。スギは土壤中の水分が十分であれば、空中湿度の高いのは好まないのかもしれない。しかし冬の湿度は高い方がよく、乾燥するところには適さない。おそらく冬の乾燥害のうけやすいことを示しているものであろう。

積雪はむしろ多い方がよく、100 cm 以下の少雪地帯には適さない。これは東北地方では春の雨が少なく、これを積雪で補っているからで、春の雨の多いところでは無関係である。しかし豪雪地帯には分布していないので、限度を越えた積雪は雪害をうけ不適である。根雪期間もやはり長い方がよく、雪のおそくまで残る方が有利といえる。高橋⁹⁾は植物分布と積雪の関係について論じ、スギは生活型からも多雪に適応した樹種であるとしている。

ヒバ 標高はあまり関係ないようで、かなりの高いところにも分布しているので、土壤の悪条件にかなり耐えることを示しているようである。

暖候期の低温には3樹種中もっとも適しており、温量指数で 45° くらいのところにも分布している。しかし、冬の気温は限度（積算寒度で 15° ）を越えたところは不適である。すなわち、暖候期は低温でも冬は暖かい、海洋性気候のところに適していることになる。

春の雨はそれほど関係ないが、夏の雨は少ない方が適している。春の雨の関係のないのは、東北地方はもともと雨が少ないからで、暖候期全体を通じて雨の少ない方が良いといえよう。

湿度については、夏はそれほど関係ないようであるが、春の湿度は高い方が適している。すなわち東北地方では、三方海に囲まれた青森県と、ヤマセの影響を受ける岩手県の大平洋沿岸地方が、春の湿度が高いので適地ということになる。また高山の霧のかかるところも、他の条件がよければ適地といえる。

夏の湿度も実際には高い方がよいのだろうが、東北地方では夏は春と違ってもともと湿度が高いので、はっきりした傾向が出なかったものと思われる。なお冬のあまり乾燥するところは不適のようである。

積雪はアカマツに比べれば多くともよいが、あまり多いのは好まぬようである。実際にはスギの分布する多雪地帯にも点在するが地形的には尾根筋の積雪の少ないところに多い。しかし根雪期間の長いのは一向かまわぬようで、これは高橋⁹⁾の述べた耐菌性と関係あるものと思われる。

山谷¹⁰⁾¹¹⁾はヒバ林とポドゾル土壌の関係について論じ、ポドゾル土壌は冷湿気候下の針葉樹林下に生成するとしてくわしく分析しているが、上に述べた条件とほとんど一致している。

アカマツ 標高については 900m 以上には分布しないが、それ以下ではヒバよりもむしろ高いところに適応できる。これはおそらく土壌条件の悪いところにも適応できることを意味しているものであろう。もちろん他の条件がよければの話である。

暖候期の気温は高い方がよく、温量指数は 70° 以上が望ましい。これは気温を考慮に入れば、あまり

Table 4. 植生別要因カテゴリー反応データ数 (2)
Reactionary number of each item and category (Three forest vegetation types of Fagaceae)

要 因 項 目 Item of factors	カテゴリー Category	ブ ナ 林 <i>Fagus crenata</i> forest		ミズナラ林 <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest		コナラークリ林 <i>Quercus serrata</i> - <i>Castanea crenata</i> forest		合 計 Total	
		データ数 No. of data	百分率 Percentage	データ数 No. of data	百分率 Percentage	データ数 No. of data	百分率 Percentage	データ数 No. of data	百分率 Percentage
標 高 (×100m) Altitude	1~2	3	1.3	28	17.3	89	43.6	120	20.2
	3~4	20	8.8	33	20.4	81	39.7	134	22.6
	5~6	58	25.6	36	22.2	32	15.7	126	21.2
	7~8	78	34.4	46	28.4	2	1.0	126	21.2
	9~10	42	18.5	18	11.1	—	—	60	10.1
	11<	26	11.5	1	0.6	—	—	27	4.6
温 量 指 数 (°C) Index of warmth	55>	63	27.8	9	5.6	—	—	72	12.1
	55~60	44	19.4	12	7.4	1	0.5	57	9.6
	60~65	49	21.6	18	11.1	8	3.9	75	12.6
	65~70	32	14.1	43	26.5	10	4.9	85	14.3
	70~75	25	11.0	37	22.8	28	13.7	90	15.2
	75<	14	6.2	43	26.5	157	77.0	214	36.1
積 算 寒 度 (°C) Accumulated coldness	0~5	10	4.4	32	19.8	130	63.7	172	29.0
	5~10	43	18.9	73	45.1	65	31.9	181	30.5
	10~15	79	34.8	41	25.3	6	2.9	126	21.2
	15~20	58	25.6	11	6.8	3	1.5	72	12.1
	20<	37	16.3	5	3.1	—	—	42	7.1
4~6月雨量 (mm) Precipitation, Apr.~June	250>	4	1.8	21	13.0	26	12.7	51	8.6
	250~300	41	18.1	63	38.9	32	15.7	136	22.9
	300~350	60	26.4	47	29.0	67	32.8	174	29.3
	350~400	74	32.6	22	13.6	48	23.5	144	24.3
	400<	48	21.1	9	5.6	31	15.2	88	14.8
7~9月雨量 (mm) Precipitation, July~Sep.	450>	7	3.1	27	16.7	53	26.0	87	14.7
	450~500	32	14.1	51	31.5	34	16.7	117	19.7
	500~550	46	20.3	51	31.5	37	18.1	134	22.6
	550~600	33	14.5	14	8.6	31	15.2	78	13.2
	600<	109	48.0	19	11.7	49	24.0	177	29.8
4~6月湿度 (%) Humidity, Apr.~June	45>	27	11.9	31	19.1	32	15.7	90	15.2
	45~50	119	52.4	80	49.4	108	52.9	307	51.8
	50~55	69	30.4	39	24.1	61	29.9	169	28.5
	55<	12	5.3	12	7.4	3	1.5	27	4.6
7~9月湿度 (%) Humidity, July~Sep.	55>	17	7.5	25	15.4	14	6.9	56	9.4
	55~60	87	38.3	57	35.2	74	36.3	218	36.8
	60~65	110	48.5	67	41.4	99	48.5	276	46.5
	65<	13	5.7	13	8.0	17	8.3	43	7.3
12~3月湿度 (%) Humidity, Dec.~Mar.	45>	3	1.3	8	4.9	25	12.3	36	6.1
	45~50	19	8.4	30	18.5	51	25.0	100	16.9
	50~55	99	43.6	71	43.8	66	32.4	236	39.8
	55~60	58	25.6	40	24.7	45	22.1	143	24.1
	60<	48	21.1	13	8.0	17	8.3	78	13.2
最 深 積 雪 (cm) Maximum depth of snow cover	50>	7	3.1	11	6.8	54	26.5	72	12.1
	50~100	23	10.1	43	25.9	71	34.8	136	22.9
	100~150	27	11.9	36	22.2	36	17.6	99	16.7
	150~200	49	21.6	39	24.1	25	12.3	113	19.1
	200<	121	53.6	34	21.0	18	8.8	173	29.2
根 雪 期 間 (日) Duration of continuous snow cover	60>	5	2.2	10	6.2	49	24.0	64	10.8
	60~100	13	5.7	29	17.9	65	31.9	107	18.0
	100~120	35	15.4	48	29.6	50	24.5	133	22.4
	120~140	72	31.7	52	32.1	36	17.6	160	27.0
	140<	102	44.9	23	14.2	4	2.0	129	21.8

Table 5. 反 応 ク ロ ス 表
Cross table of frequency (Three forest

	標 高 X_1 Altitude	温 量 指 数 X_2 Index of warmth	積 算 寒 度 X_3 Accumulated coldness	4～6月雨量 X_4 Precipitation, Apr.~June	7～9月雨量 X_5 Precipitation, July~Sep.
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
X_1	1 120 2 134 3 126 4 126 5 60 6 27	0 0 1 11 11 97 0 3 6 17 31 77 3 5 30 29 28 31 21 33 26 18 19 9 29 11 9 10 1 0 19 5 3 0 0 0	90 30 0 0 0 53 66 15 0 0 26 45 47 8 0 3 39 40 30 14 0 1 21 21 17 0 0 3 13 11	12 32 38 22 16 17 27 42 30 18 9 25 38 37 17 10 29 34 30 23 3 16 11 21 9 0 7 11 4 5	28 26 22 15 29 22 22 33 17 40 18 24 29 18 37 16 25 28 12 45 3 14 12 12 19 0 6 10 4 7
X_2	1 2 3 4 5 6	72 57 75 85 90 214	0 0 6 26 40 0 3 18 34 2 1 12 51 11 0 7 37 40 1 0 18 61 11 0 0 46 68 0 0 0	8 9 20 20 15 6 14 8 14 15 5 14 18 28 10 6 34 27 12 6 11 23 29 20 7 15 42 72 50 35	9 11 16 10 26 7 10 12 7 21 7 9 18 12 29 10 28 26 3 18 13 27 16 13 21 41 32 46 33 62
X_3	1 2 3 4 5		172 181 126 72 42	11 31 57 43 30 19 49 59 36 18 8 34 32 33 19 7 17 14 23 11 6 5 12 9 10	41 38 34 21 38 21 48 35 24 53 10 17 35 19 45 9 9 20 11 23 6 5 10 3 18
X_4	1 2 3 4 5			51 136 174 144 88	44 6 1 0 0 16 64 48 7 1 21 26 63 39 25 5 14 11 30 84 1 7 11 2 67
X_5	1 2 3 4 5				87 117 134 78 177
X_6	1 2 3 4				
X_7	1 2 3 4				
X_8	1 2 3 4 5				
X_9	1 2 3 4 5				
X_{10}	1 2 3 4 5				

(ブナ科3植生型)

vegetation types of Fagaceae)

4～6月湿度 X_6 Humidity, Apr.~June					7～9月湿度 X_7 Humidity, July~Sep.					12～3月湿度 X_8 Humidity, Dec.~Mar.					最深積雪 X_9 Maximum depth of snow cover					根雪期間 X_{10} Duration of continuous snow cover				
1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	49	52	13		2	33	65	20		9	29	47	29	6	28	46	26	13	7	23	42	36	17	2
22	61	44	7		9	45	63	17		7	22	59	33	13	16	35	26	31	26	15	28	33	45	13
17	70	34	5		12	47	64	3		13	17	51	24	21	20	21	20	27	38	18	17	26	43	22
29	71	24	2		20	54	49	3		5	23	46	33	19	8	24	17	29	48	6	19	24	35	42
10	37	13	0		8	25	27	0		1	6	23	14	16	0	7	5	9	39	2	1	9	13	35
6	19	2	0		5	14	8	0		1	3	10	10	3	0	3	5	4	15	0	0	5	7	15
13	38	17	4		5	24	39	4		4	18	20	12	18	1	14	10	9	38	3	7	12	14	36
7	29	18	3		7	25	22	3		1	8	25	18	5	1	11	8	12	25	1	3	14	16	23
8	47	18	2		10	24	40	1		7	6	33	17	12	5	11	12	24	23	4	8	16	25	22
14	38	22	11		9	32	33	11		3	12	39	21	10	5	21	18	17	24	4	15	21	33	12
16	42	27	5		11	32	41	6		7	14	39	24	6	9	23	21	14	23	9	19	26	18	18
32	113	67	2		14	81	101	18		14	42	80	51	27	51	56	30	37	40	43	55	44	54	18
18	84	61	9		3	56	92	21		21	43	72	29	7	59	55	21	16	21	52	55	35	27	3
28	96	47	10		20	69	55	17		7	24	77	52	21	12	42	43	40	44	9	33	55	51	33
19	66	35	6		17	43	64	2		4	9	55	34	24	1	16	23	33	53	1	11	22	52	40
13	42	16	1		12	36	23	1		3	10	24	22	13	0	14	4	20	34	2	4	11	22	33
12	19	10	1		4	14	8	2		1	14	8	6	13	0	9	8	4	21	0	4	10	8	20
21	22	7	1		7	22	19	3		10	25	10	6	0	1	36	5	8	1	3	25	15	8	0
40	44	41	11		32	43	45	16		3	18	46	46	23	6	24	42	40	24	5	18	41	54	18
13	108	44	9		4	76	78	16		8	24	89	39	14	29	34	24	30	57	24	28	40	43	39
9	82	48	5		8	49	81	6		4	21	71	24	24	18	37	14	22	53	13	31	27	28	45
7	51	29	1		5	28	53	2		11	12	20	28	17	18	5	14	13	38	19	5	10	27	27
28	41	17	1		11	39	32	5		18	41	15	13	0	27	45	8	5	2	26	36	19	6	0
25	56	27	9		18	35	50	14		8	32	48	25	4	22	34	31	18	12	19	29	36	23	10
25	67	31	11		18	58	43	15		10	20	58	25	21	20	26	27	34	27	18	16	35	41	24
2	45	31	0		2	25	45	6		0	3	45	21	9	1	17	4	20	36	0	5	10	26	27
10	98	63	6		7	61	106	3		0	4	70	59	44	2	14	29	36	96	1	11	33	64	68
90					49	37	2	2		8	31	18	19	14	9	34	14	13	20	5	28	21	24	12
307					7	164	135	1		20	51	136	66	34	42	53	53	58	101	41	39	66	75	81
169					0	17	129	23		8	18	60	57	26	20	40	20	38	51	18	32	32	56	31
27					0	0	10	17		0	0	22	1	4	1	9	12	4	1	0	8	14	5	0
					56					3	10	10	22	11	0	20	10	12	14	0	14	15	15	12
					218					14	42	90	48	24	34	35	33	37	79	27	33	40	55	63
					276					12	43	114	65	42	28	67	45	61	75	29	48	63	82	54
					43					7	5	22	8	1	10	14	11	3	5	8	12	15	8	0
										36					23	10	0	0	1	25	9	1	0	1
										100					36	44	12	4	4	32	37	20	9	2
										236					13	64	44	38	77	7	51	72	47	59
										143					0	15	30	45	53	0	10	32	68	33
										78					0	1	13	26	38	0	0	8	36	34
															72					58	14	0	0	0
															136					6	84	45	1	0
															99					0	9	69	20	1
															113					0	0	15	88	10
															173					0	0	4	51	118
																				64				
																				107				
																				133				
																				160				
																				129				

標高の高いところには適さないことを示す。一方、冬の気温は、ある程度低いところでもかまわないようである。すなわち夏は高く、冬は低い内陸性気候のところに適する樹種といえる。

雨はスギに比べればもちろん少ない方がよいが、夏の雨はヒバよりは多くともよいといった程度である。

春の湿度はスギよりやや高くともよいが、ヒバに比べれば低い方がよい。夏の湿度はあまり関係ないようである。また冬の乾燥にはもっとも耐える。

積雪はスギよりはもちろんヒバよりも少ない方がよく、根雪期間も 100 日以下が望ましい。3 樹種中もっとも雪に弱い樹種といえる。

ところで東北地方の北部 3 県は、それぞれ青森のヒバ、秋田のスギ、岩手の南部アカマツとして昔から有名な森林県である。これはこれら 3 県の気候的特質が、それぞれこれまで述べてきた 3 樹種の気候的適応とマッチしているからである。すなわち青森県の海洋性気候と冷涼多湿がヒバに、秋田県の裏日本型の多雪多雨がスギに、岩手県（沿岸地方を除く）の内陸性気候と寡雪寡雨がアカマツに有利な条件となっているわけである。

2. ブナ科 3 樹種について

森林植生型としては、まえに述べた 3 つのほかブナ・ミズナラ林として分類されたものもあり、このデータもよみとったが解析からは除いた。これはブナ林とミズナラ林の中間的な植生型で、両樹種の気候的適応のちがいが出ないからである。

Table 4 は、各植生型別および合計の要因カテゴリーへの反応個数と百分率を示したものである。これをみると、要因によっては各植生型別の分布状況にかなりの差のあるものもあるが、単独で判別できるほどのものはない。ただし、表中やや目だつのは、標高についてはコナラ・クリ林が低地に多いことと、温量指数、最深積雪、根雪期間などが、ブナ林、ミズナラ林、コナラ・クリ林と順序よく分布していることである。

Table 5 はアイテム、カテゴリーへの反応クロス表で、これと Table 4 の各植生型別の反応個数とにより計算した結果の要約を Table 6 に示した。また Fig. 3 は要因ごとに、各カテゴリーの 2 つの判別成分のスコアを図示したものである。

まず Table 6 をみると、第 1 判別成分でもっとも偏相関係数の大きいものは標高である。しかしその値は、まえの針葉樹 3 樹種を含む植生型のばあいと比べて、かなり小さい。そして他の要因については、ほとんど問題とならない値を示す。これは単独の要因だけでは判別が無理なことを意味している。しかし、全要因を総合すると相関比は 0.683 となって、ある程度の判別が可能になることがわかる。

第 2 判別成分は偏相関係数の大きい要因もなく、相関比も 0.245 と小さい。そして寄与率も第 1 成分の 3 分の 1 程度で、判別にはあまり寄与していないことがわかる。

各植生型の平均スコアは、第 1 判別成分はブナ林、ミズナラ林、コナラ・クリ林と順序よく並び、その開きも大きい。しかし、第 2 判別成分はブナ林とコナラ・クリ林がほぼ等しく、ミズナラ林だけが離れているが、その開きはあまり大きくはない。

このようにブナ科の 3 植生型は、まえの針葉樹を含む 3 植生型とかなり違った結果がえられ、判別の効率も悪い。これはおそらく、同じ科に属す樹種であるため共通点が多く、ここでとりあげた以外の気候要因、あるいは人為的な要因などがからんでいるためと思われる。

Table 6. 解析の結果(2) (ブナ科の3森林植生型)
Result of analysis (Three forest vegetation types of Fagaceae)

要因項目または森林植生型 Item of factors or forest vegetation type	第1判別成分 The 1st component		第2判別成分 The 2nd component	
	スコアの レンジ Range of scores	偏相関係数 Partial correlation coefficient	スコアの レンジ Range of scores	偏相関係数 Partial correlation coefficient
標 高 Altitude	0.291	* 0.335	0.161	0.259
温 量 指 数 Index of warmth	0.288	0.254	0.114	0.143
積 算 寒 度 Accumulated coldness	0.138	0.113	0.113	0.137
4～6月雨量 Precipitation, Apr.～June	0.121	0.138	0.056	0.079
7～9月雨量 Precipitation, July～Sep.	0.095	0.127	0.120	0.233
4～6月湿度 Humidity, Apr.～June	0.156	0.165	0.157	0.140
7～9月湿度 Humidity, July～Sep.	0.175	0.146	0.113	0.108
12～3月湿度 Humidity, Dec.～Mar.	0.181	0.196	0.098	0.125
最 深 積 雪 Maximum depth of snow cover	0.083	0.109	0.052	0.074
根 雪 期 間 Duration of continuous snow cover	0.241	0.245	0.135	0.171
相 関 比 Correlation ratio	0.683		0.245	
寄 与 率 Contributory rate	73.6%		26.4%	
ブ ナ 林 <i>Fagus crenata</i> forest ミズナラ林 <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest コナラークリ林 <i>Quercus serrata</i> - <i>Castanea crenata</i> forest	平 均 ス コ ア Mean scores		平 均 ス コ ア Mean scores	
	0.284		-0.032	
	0.007		0.082	
	-0.322		-0.030	

*: 判別にかかなり寄与している値。 Value contributes moderately to discrimination.

つぎに Fig. 3 により、各要因別にスコアを検討してみる。

標高 第1判別成分は400 m 以下がマイナス、500 m 以上がプラスではっきりした差がある。すなわちコナラークリ林は低地に、ブナ林は高地に、ミズナラ林は中間に分布しやすいことを示す。

第2判別成分は1,100 m 以上がほぼ0であるが、700 m 以上がプラス、600 m 以下がマイナスである。これはコナラークリ林が低地に分布しやすいことと、ミズナラ林がやや高いところにも分布しやすいことを示す。しかし、1,100 m 以上では断然ブナ林に有利ということになる。

このようにコナラークリ林が低地に分布しやすいのは、土壌条件ではなく、人為的な影響のあらわれと思われる。すなわち、薪炭の利用という伐採のくりかえしに対して萌芽性の強いことと陽樹であることが、他の樹種に比べて有利だからであろう。

温量指数 第1判別成分は大体温量指数と反比例し、気温が高いほど値が小さい。すなわち、温度の高いところはコナラークリ林になりやすく、ブナ林は低温に適し、ミズナラ林はその中間ということになる。

第2判別成分は65°以下がマイナス、以上がプラスで、コナラークリ林はやや低温でもさしかえないことになるが、偏相関係数は第1判別成分より小さくあまり重要とは思われない。

積算寒度 10°以上はプラスで、冬の低温にもブナ林が適していることを示している。10°以下はほぼ寒度に比例し、寒さのきびしいところはコナラークリ林に不利で、ミズナラ林はその中間ということになる。

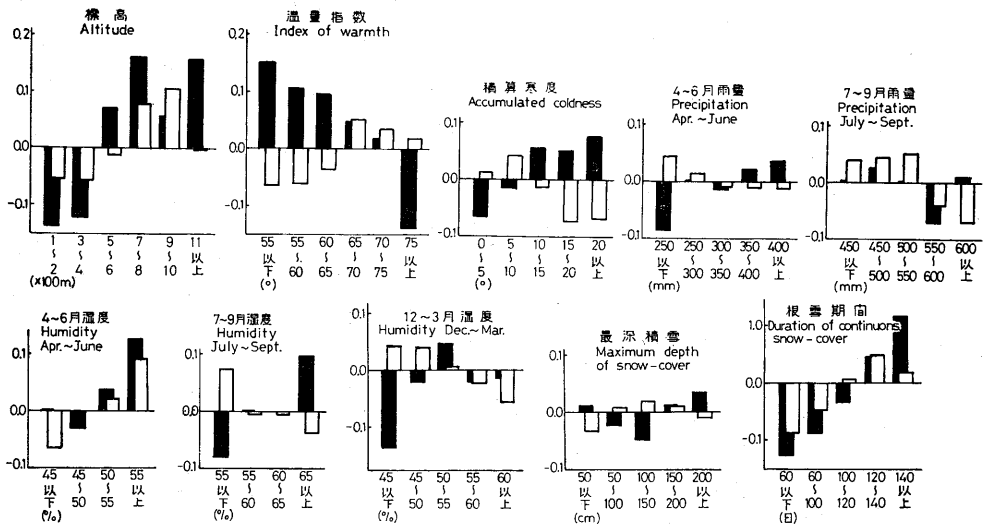


Fig. 3 各要因カテゴリーのスコア (ブナ科3森林植生型)
Scores of each item and category (Three forest
vegetation types of Fagaceae)

る。

第2判別成分からは、冬の低温はコナラークリ林にとってミズナラ林より有利ということになるが、実際のデータは少なく、この成分はブナ林とミズナラ林の比較で出てきたものであろう。

4~6月雨量 第1判別成分は大体雨が多いほど値も大きく、ブナ林は雨の多いところ、コナラークリ林は少ないところに適していることを示す。第2判別成分からは、ミズナラ林は雨が少なくともよいことになる。しかし偏相関係数は小さく、あまり問題とはならない。

7~9月雨量 第1判別成分はあまりはっきりした傾向を示さない。550~600 mm のカテゴリーの値がマイナスで、ブナ林に不適ということになるが、ここにとりあげなかった特別な要因の影響でもあるのか、よくわからない。

第2判別成分は550 mm を境に不連続的に変わり、それ以上がマイナスであまり雨の多いのはミズナラ林に不適ということになる。これは偏相関係数も第1成分より大で、かなり重要な意味をもっているように思われる。

4~6月湿度 第1判別成分は45%以下を除けば大体比例して値が大きく、ブナ林は湿度の高いところ、コナラークリ林は低いところに適していることを示す。

第2判別成分も大体比例して値が大きく、ミズナラ林もある程度湿度が高い方がよいことになり、結局コナラークリ林はもっとも乾燥地帯に適していることを示す。しかし、実際の分布はTable 3に示すように、3植生型間の違いはあまりはっきりせず、単独の要因だけでは正しい判断ができないことがわかる。

7~9月湿度 第1判別成分は65%以上がプラスの値が大、55%以下がマイナスの値が大で、ブナ林は湿度の高いところ、コナラークリ林は低いところが適していることを示す。しかし第2判別成分は値が逆で、これからはミズナラ林も湿度が低い方がよいということになり、4~6月とはやや違った結果がでている。

12～3月湿度 第1判別成分は55%以下はほぼ比例し、湿度が低いほど値が小さい。また45%以下はとくにマイナスの値が大で、ブナ林は冬のとくに乾燥するところでは不利、コナラ・クリ林はこのようなところにも適することを示す。

第2判別成分は湿度の低いほど値が大きく、ミズナラ林もやや冬の乾燥に耐えるようであるが、偏相関係数は小さい。

最深積雪 第1, 第2成分ともあまり偏相関係数は大きくはない。ブナ林がやや多雪に有利といった程度である。

根雪期間 第1判別成分はほとんど日数と比例し、偏相関係数もかなり大きい。すなわち、ブナ林は根雪期間の長いところに適し、コナラ・クリ林は短いところに適することを示し、かなり重要な要因といえる。

第2判別成分も大体日数の多いほど値が大で、ミズナラ林も根雪期間の長いのはかまわないが、コナラ・クリ林はもっとも根雪期間の短いところに適することを示す。

つぎにまへの針葉樹を含む3植生型と同じく、個々のデータのスコアの散布状況を示したのが Fig. 4 である。

これをみるとまず気をつくことは、各植生型の分布がかなり重なっており、まへの3植生型の分布のようにはっきりかたまっていないことである。すなわち、あまりよく判別ができない。これはまえに述べた Table 6 の相関比が小さい値であることと関連している。また第2成分の相関比の小さいことは、Fig. 4 で第1成分の横のレンジに比べて、第2成分の縦のレンジが小さいことにもあらわれている。

なお、まへの3植生型のばあいのように、第1成分がある植生型と他の2植生型を判別し、第2成分がこの2植生型を判別するといった傾向はみられない。すなわち今回の解析では、第1成分で大体3植生型を判別し、第2成分はミズナラ林と他の2植生型との判別に、やや寄与しているといった程度である。

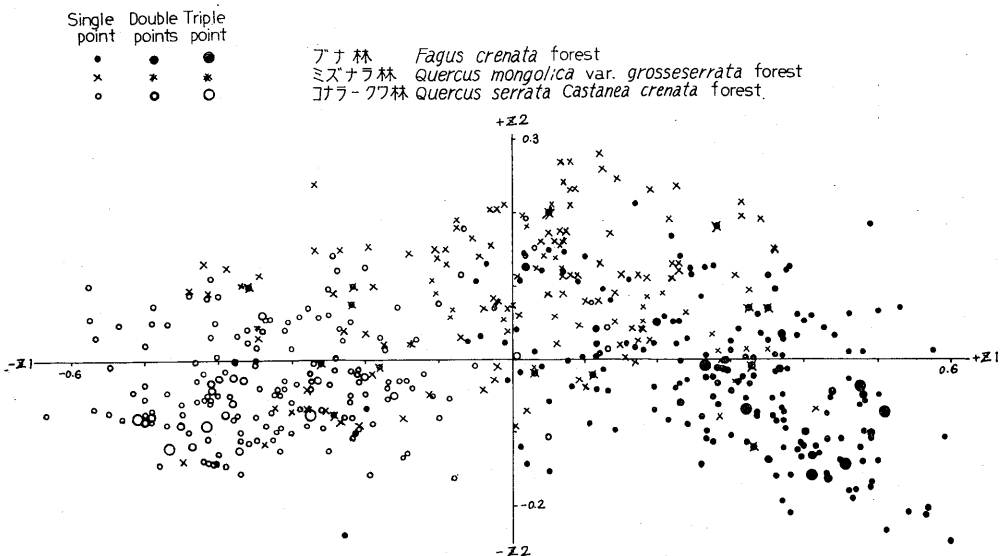


Fig. 4 スコアの散布 (ブナ科3森林植生型)
Distribution of scores (Three forest vegetation types
of Fagaceae)

誤判率はかなり大きく、ブナ林が 21.1%，ミズナラ林が 38.9%，コナラ・クリ林が 9.8% である。また全体では 22.1% とまゑの 3 植生型のばあいの 3 倍近い値となっている。しかし、判別関数法の第 2 法で行なった 25.0% の誤判率よりはよい結果をえた。

つぎに、以上の解析結果をもとに、ブナ、ミズナラ、コナラ 3 樹種の気候的適応を考察してみる。

ブナ 標高はもっとも高いところに適応しうる。これは低地が不適ということではなく、現在高地に残っているということである。

暖候期の気温は温量指数 55° 以下の低いところにも適す。渡辺¹²⁾の本邦ブナ林分布一覧表から東北地方の分布を採りだし、筆者⁸⁾の方法により最高限界の温量指数を算出した結果 $35\sim 40^{\circ}$ で、北の青森県でも南の福島県でも大差なかった。また最低限界の温量指数は多少地方により差があり $60\sim 85^{\circ}$ である。すなわち、高温にもかなり耐えることを示す。

冬の気温についても 3 樹種中もっとも低いところに適し、積算寒度 20° 以上でもよい。温量指数のばあいと同様、渡辺の表から最高限界の積算寒度を算出すると、 $20\sim 35^{\circ}$ でかなりの幅がある。このように幅があるのは、冬の気温は北と南あるいは沿岸と内陸とではかなりの差があり、限界を越す山がないところもあるからとも考えられるが、むしろ単一の要因で限界を決めるのは無理なことを物語っている。いずれにしても、積算寒度 35° の低温 ($12\sim 3$ 月平均気温約 -8.0°C) にも耐えることがわかる。

春の雨は多い方がよい。とくに積雪の少ないところでは絶対条件といえよう。夏の雨はあまり関係ないようであるが、東北地方はもともと夏は春の 2 倍近くの降雨があるからで、やはり雨の多い方が適していると思われる。

湿度については、春夏とも高いところが適している。冬の湿度についてもとくに乾燥するところは不適のようである。

積雪については、深さそのものにはあまり関係なく、多雪でもよいといった程度である。しかし根雪期間は長い方がよく、積雪が多いといっても、深さよりはおそくまで残ることが重要なことを示す。すなわち、春の雨不足を補っていることを物語っている。もちろん、春の雨の多いところではこの必要はない。

このようにブナはスギ同様、多雪多雨の気候に適していることになる。この条件はブナにとってきわめて重要で、ブナが北海道では渡島半島から北に存在しない理由の一つであろう。しかし、気温についてはスギよりさらに低温でもかまわない。

林¹³⁾はブナをオオバブナとコハブナとに分けたが、前者は春の雨不足を残雪で補う裏日本の多雪型、後者は春の雨そのものが多い表日本の多雨型で、成長期間の短い多雪型の葉が大きく薄いものなずける。

ミズナラ 標高はブナとコナラの間接地帯に適している。東北地方では 900m くらいのところまでである。このようにミズナラ林がブナ林の下部にあるのは、吉良¹⁴⁾のいうように二次林的な要素をもっているからで、ブナ林が人為的に伐採されたあとに陽樹であるミズナラが優占したものといえる。したがって、標高に関しては適不適ということばは当たらないかもしれない。

暖候期の気温もやはりブナとコナラの中間的なところで、良好な林としては温量指数 55° 以上が必要である。冬の気温はブナより高い方がやや有利といえるが、かなりの低温 (積算寒度 20° 以上) まで適応できるようである。

雨は 3 樹種中もっとも少ないところに適している。とくに夏の雨の多いのは不適のようである。この条件はミズナラにとってかなり重要で、吉良¹⁴⁾もこのことを述べている。これはミズナラが、水平的にはブ

ナより寒冷な北方まで存在している理由でもあろう。

湿度はかえって高くてもさしつかえなく、とくに春の湿度は高い方が適している。また冬の湿度はあまりはっきりしないが、乾燥にはかなり耐えるようである。

積雪深についてはあまりはっきりしないが、根雪期間の長いのは有利なようで、ブナ同様春の雨不足をある程度補っているのかもしれない。

コナラ 標高は3樹種中もっとも低いところに適している。これは適しているというより、人為的な影響もあって低地に分布しているのかもしれない。すなわち、薪炭の利用という伐採のくりかえしに対し、陽樹であることと萌芽性の強いことも人里近くに分布している原因の一つであろう。

暖候期の気温も高い方がよく、温量指数は70°以上が望ましい。また冬の気温も高い方がよく、積算寒度は10°以下が良好な林として必要のようである。

雨は少ない方がよいようであるが、多くともさしつかえなく、適応範囲はかなり広いようである。しかし、湿度とくに春の湿度は低い方がよく、3樹種中もっとも乾燥に耐える。冬の湿度についても同様である。

積雪は少ない方がよいが、あまり重要な条件ではない。しかし根雪期間の長いのは不適で、この条件はかなり重要である。これは成長期間の短いのは不利なことを物語っているようである。

最後に、これまで述べてきた解析結果は、まえに報告した植生型を2つずつ比較した判別関数法の結果⁴⁾と多少違った点もある。これは判別関数法では、判別に関与する各要因が線型的に作用すると仮定したため平均化されるからで、どちらがよいとは必ずしもいえないが、誤判別率や適不適の限界をある程度解明できたことなどから、この数量化の方法がすぐれているように思われる。

む す び

主要樹種の天然分布と気候要因との関係を、数量化による判別法を用いて解析した結果、数樹種の気候的適応をかなり把握することができた。しかし、ここに用いた資料は東北地方という限られた地域からえられたものであり、あくまでも東北地方の気候の変動範囲についてしかいえない。

また適不適といっても、他の条件も加味した他の植生との競合の結果である。たとえば、その樹種が低温に適しているといっても、必ずしも高温に適さないとはいわれない。ただ低温に対する抵抗性や、水の要求度の違いなどは、ある程度解明できたものと思われる。とくに雪に対する反応の仕方には、かなり差のあることがわかった。そして積雪もその深さと、根雪期間とでは違った反応を示すこともわかった。

なお、ここで採りあげたのは、20万分の1の植生図にあらわれたマクロ的な分布で、これにあらわれない局地的な分布については、あらためて資料をあつめて検討し、さらにくわしく各樹種の気候的適応を明らかにしたい。

文 献

- 1) 吉良竜夫：温量指数による垂直的な気候のわかちかたについて，寒地農業，2，2，143～173，(1948)
- 2) 吉良竜夫：日本の森林帯，林業解説シリーズ，17，日本林業技術協会，36pp.，(1949)
- 3) 河田 杰：四季を通ずる降水量がスギ・ヒノキの分布におよぼす影響，興林会，95pp.，(1940)
- 4) 小島忠三郎：東北地方における樹木の天然分布と気候要因(I)，林試東北支場年報，14，129～137，

(1973)

- 5) 林 知己夫・植松俊夫・高倉節子：市場調査のための統計的数量化の理論と実際，文部省統計数理研究所，90pp., (1963)
- 6) 積雪分布図：農林省農業総合研究所，(1955)
- 7) 加藤亮助：トドマツ，エゾマツの分布南限と生態学的研究，東大演習林報告，**41**，33～41，(1951)
- 8) 小島忠三郎：東北地方における任意地点の平均気温の推定と温量指数および積算寒度，森林立地，**12**，2，16～24，(1971)
- 9) 高橋啓二：植物分布と積雪，森林立地，**2**，1，19～24，(1960)
- 10) 山谷孝一：ヒバ天然林下のポドゾル土じょうについて，森林立地，**2**，2，50～54，(1960)
- 11) 山谷孝一：ヒバ林地帯における土壌と森林生育との関係，林野土壌調査報告，**12**，1～174，(1962)
- 12) 渡辺福寿：ブナ林の研究，興林会，447pp., (1938)
- 13) 林 弥栄：有用樹木図説（林木編），誠文堂新光社，472pp., (1969)
- 14) 吉良竜夫：ふたつの積算温度論，北方林業，**36**，17～19，(1952)

**Analysis on the Relation between Natural Distribution of Principal
Tree Species and Climatic Elements by Quantification
—Some Species in Tohoku District—**

Chusaburo KOJIMA⁽¹⁾

Summary

The relation between natural distribution of some tree species and climatic elements in Tohoku district is described by discriminant analysis of quantification (Dr. HAYASHI's method).

Data of natural distribution of species are derived from vegetation maps of each prefecture, published by the Cultural Agency (Ministry of Education). 171 points of three forest vegetation types including conifer and 572 points of three forest vegetation types of Fagaceae are picked up from those maps, and those two groups are analyzed separately.

Forest vegetation types studied are as follows :

- 1) *Cryptomeria japonica*-*Fagus crenata* forest
- 2) *Thujaopsis dolabrata* var. *hondai*-*Fagus crenata* forest
- 3) *Pinus densiflora*-deciduous broad-leaved forest
- 4) *Fagus crenata* forest
- 5) *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* forest
- 6) *Quercus serrata*-*Castanea crenata* forest

Data of climatic elements are presumed from climatic maps made by the reporter, and those elements are as follows :

- 1) Index of warmth
- 2) Accumulated coldness (sum of absolute value of negative monthly mean temperature)
- 3) Precipitation, Apr.~June

Received July 31, 1974

(1) Yamagata Sub-Branch Station, Tohoku Branch Station.

- 4) Precipitation, July~Sep.
- 5) Humidity, Apr.~June
- 6) Humidity, July~Sep.
- 7) Humidity, Dec.~Mar.
- 8) Maximum depth of snow cover
- 9) Duration of continuous snow cover

Of these elements, index of warmth and accumulated coldness are value of each computed from monthly mean temperature at sea level and altitude, but the others are based on data of level places.

It is possible that altitude has an effect on wind velocity, precipitation, snow cover and others, besides temperature, so altitude is broken down into elements.

These elements are divided into some categories.

Outline of analytical results is as follows :

1. Three vegetation types including conifer

Table 1 shows reactionary number of each item and category at every forest vegetation type and total, and Table 2 shows the cross table of frequency. The analysis is calculated from these tables, and the summary of analytical result is shown in Table 3.

Elements of the 1st component which contribute especially or slightly to discrimination are summer precipitation, maximum depth of snow cover, winter humidity and altitude, and those of the 2nd component are index of warmth, altitude, accumulated coldness and duration of continuous snow cover.

On mean scores of each forest vegetation type, the value of *Cryptomeria japonica*-*Fagus crenata* forest is plus and those of the others are minus in the 1st component, and the value of *Thujopsis dolabrata* var. *hondai*-*Fagus crenata* forest is plus and that of *Pinus densiflora*-deciduous broad-leaved forest is minus, but that of *Cryptomeria japonica*-*Fagus crenata* forest is nearly a zero in the 2nd component.

From these data, it is seen that the 1st component discriminates mainly *Cryptomeria japonica*-*Fagus crenata* forest from the others, and the 2nd component discriminates mainly *Thujopsis dolabrata* var. *hondai*-*Fagus crenata* forest from *Pinus densiflora*-deciduous broad-leaved forest.

Scores of each item and category are shown in Fig. 1, and synthesized scores of each data by which we can estimate the forest vegetation type are given as the sum of scores of each item and category, for every component.

Fig. 2 shows the distribution of scores for sample data. In this figure, Z_1 is the 1st component and Z_2 is the 2nd component, and it is seen that scores of each forest vegetation type gather together respectively. That is scores of *Cryptomeria japonica*-*Fagus crenata* forest distribute near the axis Z_1 in the 1st and 4th quadrants, those of *Thujopsis dolabrata* var. *hondai*-*Fagus crenata* forest distribute mainly in the 2nd quadrant, and those of *Pinus densiflora*-deciduous broad-leaved forest distribute mainly in the 3rd quadrant. The error of discrimination is merely 7.6%.

The climatic environmental adaptations of *Cryptomeria japonica*, *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* and *Pinus densiflora* may be estimated from these distributions of each forest vegetation type.

2. Three forest vegetation types of Fagaceae

Table 4 and 5 show reactionary number of each item and category and the cross table, and Table 6 shows the summary of analytical result.

The element which contributes moderately to discrimination is only altitude in the 1st component, and none in the 2nd component. The contributory rate of the latter component is limited.

On mean scores of the 1st component, the value of *Fagus crenata* forest is plus, that of *Quercus serrata*-*Castanea crenata* forest is minus, and that of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* forest is nearly a zero. But on scores of the 2nd component, there is no difference between values of these three types. Therefore these forest vegetation types can be discriminated mainly by 1st component.

Scores of each item and category are shown in Fig. 3, and Fig. 4 shows irregular and mixed distribution of scores for sample data. The error of discrimination is as high as 22.1 %, and this value is nearly threefold larger than that of the above conifer forests, because trees in these broad-leaved forest vegetation types are of the same family.

These data may prove that other environmental factors have influenced the distribution of these forest vegetation types, although the climatic environmental adaptations of *Fagus crenata*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* and *Quercus serrata* may be estimated to a certain extent.