

天然生スギ集団における針葉形質の変異

武 藤 惇⁽¹⁾

Atsushi Murô: Needle Variation in Natural
Population of *Cryptomeria japonica* D. Don

要 旨：東北地方のスギ天然林22林分について針葉形質をしらべ、集団間の違いを検討した。林分によって調査個体数は異なるが、合計1,555個体から枝葉標本を採取し、枝葉長・枝葉幅・針葉長・針葉の岐出角度・針葉の曲がりなど19形質を測定し、主成分分析を行なった。主成分のうち、第1主成分は枝葉の形の大きさ、第2主成分は曲がりの大きさ、第3主成分は針葉の幅の大きさ、第4主成分は針葉数の多少などをあらわすものであり、第2主成分までの固有値の累積寄与率は58%、第4主成分までは75%であった。第1主成分と第2主成分のスコアから、集団ごとの散布図をつくると、個体のちらばりの程度、偏り、散布方向に違いが認められた。一般に隣接集団間では散布傾向が類似するが、大鰐、碓氷川、および阿仁の地域などでは異なった散布を示した。石巻（牧ノ崎）は東北地方では太平洋岸にある唯一の天然生集団であるが、散布はほとんど第4象限に集中しており、他の集団には見られない特徴を示した。また、主成分分析の結果と従来から試みられている針葉型区分を対比させ、両者がよく一致することを確認した。この針葉型の出現頻度から求めた葉型指数を用いて、調査した22集団を地図上でくくると、8地域に分かれた。さらに林分内における針葉型の分布を調べ、同じ型のものが群状に生立している例が多いことを確かめた。

I ま え が き

スギ天然林は、南は屋久島から北は青森県鮎ヶ沢まで分布し、長年月にわたってそれぞれの自然環境に適応して生育し続けてきたものである。森林としての存在価値はもちろんのことであるが、林業上とくに林木育種の面では、遺伝子源としての価値がきわめて高い。しかし、これら天然林についての集団ごとの特性や集団間の変異については、まだ十分明らかでない。

これまで、スギ天然林を対象とした研究や調査例は数多くあるが、その大部分は集団内の個体の形態から品種分類を試みたものであった。種子産地試験もいくつか計画されてきたが、ほとんど植栽初期の成績を報告したのみに終わっている。それらの中で村井（1947）は、種子産地による針葉形態の違いからスギをスギ（オモテスギ）とウラスギの2亜種に分類することを提案した。遠山（1960, 1961）は天然スギの葉角はクラインを示すことを指摘し、村井の葉角を主体にした2分説も実際は連続的なちがいであるから、クラインに含まれると述べている。四手井（1959）らは大阪営林局管内の天然スギを調査し、針葉を4型に区分し、集団によってタイプごとの出現率が異なること、葉角のせまい針葉型の比率が高い地域は降水量が多いことを報告している。

この報告は、東北地方の天然生スギ集団を対象に針葉形質を調べ、多数形質の変異を総合特性値であらわす主成分分析によって、形質間の関連性、集団内の針葉形質の変異と変異のあらわれ方が集団間で違つかどうかを検討したものである。また、多数形質であらわした場合と観察による針葉型区分（4タイプ）を対比させ、それらの適合性を確認し、集団間における針葉型の出現率の違いと集団内における針葉型の

分布状況も検討した。

この研究の調査と試料採取にあたっては、秋田宮林局計画課試験係長日下尚語技官、青森宮林局造林課種苗係長菊谷謙三技官、同係棟方啓爾技官、東北林木育種場原種課長渡辺 操技官、同原種課員、林業試験場山形分場多雪地帯林業第 1 研究室長井沼正之技官（現東北支場育林第 2 研究室長）、同研究室員、関係宮林署経営課長、同課員のご協力をいただいた。まとめにあたっては林業試験場造林部遺伝育種科長戸田良吉博士、遺伝育種第 4 研究室長三上 進技官、遺伝育種第 1 研究室明石孝輝技官、電子計算機室川端幸蔵技官および椎林俊昭技官の指導と助言をいただいた。これらの方々に厚くお礼申し上げる。

また、本研究の主成分分析に関する計算は、農林計算センターの HITAC-8450 で行なったものであり、プログラムは同センターのプログラムライブラリー登録番号 3-5 (105)-石間紀男：主成分分析²⁾を使用した。同センターの指導員各位に対してお礼申し上げる。

II 調査林分と試料採取

東北地方のスギの主要天然分布地帯を対象として、青森・秋田両宮林局管内の国有林からそれぞれ 11 林分ずつ、計 22 林分を選び調査した。調査林分の所在地は Table 1 のとおりで、青森県下で 8 か所、秋田県下で 10 か所、岩手県下で 1 か所、宮城県下で 2 か所、山形県下で 1 か所であった。

試料は、クローネ下部の 1 次枝の先端約 50 cm 部分の枝から、標準的な小枝葉 1 本を標本とした。個体を代表する上で誤差も考えられるが、集団内の標本として考えることは許されてよいものと思われた。採取本数は、できるだけ林分を形成している場所で、100 本以上の個体から採取することを計画した。しかし、大径木のため木登り作業が困難なこともあって、40 本程度に終わった林分もある。能代（濁川、田

Table 1. 調査林分の所在地と調査本数
Locality and number of sampled trees of the investigated stands

番号 No.	地 域 Region	林分の略称 Abbreviated name of stand	調査本数 Number of sampled trees	所 在 地 Locality
1	鱒ヶ沢 Ajigasawa	矢倉山・り Yakurayama-Ri	70	青森県西津軽郡鱒ヶ沢町深谷字矢倉山国有林 45・り Aomori-ken, Nishitsugaru-gun, Ajigasawa-chô, Fukaya, Yakurayama state forest 45-Ri
2	鱒ヶ沢 Ajigasawa	矢倉山・わ Yakurayama-Wa	75	青森県西津軽郡鱒ヶ沢町深谷字矢倉山国有林 45・わ Aomori-ken, Nishitsugaru-gun, Ajigasawa-chô, Fukaya, Yakurayama state forest 45-Wa
3	弘 前 Hirosaki	川原平・か Kawaradai-Ka	70	青森県中津軽郡西目屋村川原平字大沢国有林 126・か Aomori-ken, Nakatsugaru-gun, Nishimeya- mura, Kawaradai, Ôsawa state forest 126-Ka
4	弘 前 Hirosaki	川原平・と Kawaradai-To	54	青森県中津軽郡西目屋村川原平字大沢国有林 126・と Aomori-ken, Nakatsugaru-gun, Nishimeya- mura, Kawaradai, Ôsawa state forest 126-To
5	大 鰯 Ôwani	早瀬野 Hayaseno	67	青森県南津軽郡大鰯町早瀬野字西虹貝山国有林 72 Aomori-ken, Minamitsugaru-gun, Ôwani-chô, Hayaseno, Nishinijikai state forest 72
6	大 鰯 Ôwani	西 虹 貝 Nishinijikai	60	青森県南津軽郡大鰯町早瀬野字西虹貝山国有林 63 Aomori-ken, Minamitsugaru-gun, Ôwani-chô, Hayaseno, Nishinijikai state forest 63

番号 No.	地 域 Region	林分の略称 Abbreviated name of stand	調査本数 Number of sampled trees	所 在 地 Locality
7	碓ヶ関 Ikarigaseki	大落前 Ôrakumae	45	青森県南津軽郡碓ヶ関村字大落前国有林79 Aomori-ken, Minamitsugaru-gun, Ikarigaseki-mura, Ôrakumae state forest 79
8	碓ヶ関 Ikarigaseki	西碓ヶ関 Nishiikarigaseki	80	青森県南津軽郡碓ヶ関村字西碓ヶ関国有林28 Aomori-ken, Minamitsugaru-gun, Ikarigaseki-mura, Nishiikarigaseki state forest 28
9	大館 Ôdate	長木沢 Nagakizawa	46	秋田県大館市雪沢字長沢(長木沢林道)国有林 Akita-ken, Ôdate-shi, Yukizawa, Nagasawa state forest (Nagakizawa-Rindô)
10	大館 Ôdate	長沢-44 Nagasawa-44	43	秋田県大館市雪沢字長沢国有林44 Akita-ken, Ôdate-shi, Yukizawa, Nagasawa state forest 44
11	大館 Ôdate	長沢-36 Nagasawa-36	79	秋田県大館市雪沢字長沢国有林36 Akita-ken, Ôdate-shi, Yukizawa, Nagasawa state forest 36
12	能代 Noshiro	濁川 Nigorikawa	72	秋田県山本郡二ツ井町仁鮎字濁川山国有林39 Akita-ken, Yamamoto-gun, Futatsui-chô, Nibuna, Nigorikawayama state forest 39
13	能代 Noshiro	田代 Tashiro	63	秋田県山本郡二ツ井町仁鮎字田代沢国有林10 Akita-ken, Yamamoto-gun, Futatsui-chô, Nibuna, Tashirozawa state forest 10
14	阿仁 Ani	桃洞 Tôdô	106	秋田県北秋田郡阿仁町字打当沢国有林18 Akita-ken, Kitaakita-gun, Ani-chô, Datôzawa state forest 18
15	阿仁 Ani	佐渡 Sado	94	秋田県北秋田郡阿仁町字打当沢国有林25 Akita-ken, Kitaakita-gun, Ani-chô, Datôzawa state forest 25
16	秋田 Akita	男鹿 Oga	40	秋田県男鹿市安全寺字男鹿山国有林89 Akita-ken, Oga-shi, Anzenji, Ogayama state forest 89
17	秋田 Akita	仁別 Nibetsu	41	秋田県秋田市仁別字仁別沢国有林42 Akita-ken, Akita-shi, Nibetsu, Nibetsuzawa state forest 42
18	矢島 Yashima	鳥海 Chôkai	121	秋田県由利郡矢島町城内字木境鳥海国有林 Akita-ken, Yuri-gun, Yashima-chô, Jônai, Kizakai-chôkai state forest 74
19	雫石 Shizukuishi	鷺宿 Ôshuku	113	岩手県岩手郡雫石町鷺宿字男助山国有林76 Iwate-ken, Iwate-gun, Shizukuishi-chô, Ôshuku, Osukeyama state forest 76
20	古川 Furukawa	自生山 Jishôzan	90	宮城県玉造郡鳴子町字須金岳国有林125 Miyagi-ken, Tamazukuri-gun, Naruko-chô, Sukanedake state forest 125
21	石巻 Ishinomaki	牧ノ崎 Makinosaki	48	宮城県牡鹿郡牡鹿町大原字牧ノ崎国有林32 Miyagi-ken, Ojika-gun, Ojika-chô, Ôhara, Makinosaki state forest 32
22	古口 Furuguchi	山ノ内 Yamanouchi	78	山形県最上郡戸沢村古口字土湯湯巻国有林33 Yamagata-ken, Mogami-gun, Tozawa-mura, Furuguchi, Tsuchiyu-agemaki state forest 33

代) および大館の一部(長沢 44, 長沢 36)では皆伐地の伐倒木から採取した。また, 大館(長木沢)は林道沿いに細長い場所で採取した。大部分の林分はすべて大径木から試料を採取したが, 雫石(鶯宿)・古川(自生山)では小径木(直径 10 cm 以下は含まれていない)からも一部採取した。この 2 つの林分ではそれぞれ 3 つの小集団(500~700m 離れた場所)から採取した。

III 針葉形質の測定

採取した枝の先端部に近い側枝から, 分枝のない 2 年生枝葉部分を取り, 測定標本とした。測定は Fig. 1 ならびに Table 2 に示した 19 形質について行なった。

方法は, 測定標本を左右いずれかの方向にねじって針葉の縦方向の並びを 5 列にし, 対称に並ぶ 2 列を残して他の列は針葉数を数えながら除き, 平面状にした標本をガラス板にはさみ, 写真用引伸ばし機で 10 倍に拡大した投影図で各形質を測定した。針葉先端型は, とがっている型と, まるみのある 2 型にし, 両面の辺が直線状か曲線状かによってさらに 2 分し, 全体を 4 型に分け, 1~4 までの点数を与えた。針葉の厚さはマイクロメーターで測定した。測定単位は, 長さ, 幅, 厚さについては mm, 角度については 0.5° とした。枝葉長, 枝葉幅, および針葉数を除く他のすべての形質は, 1 個体あたり 4 本の最大針葉について測定し平均した。また, 19 形質の中には形質の重複をさけるため, 一般に用いられている針葉の湾

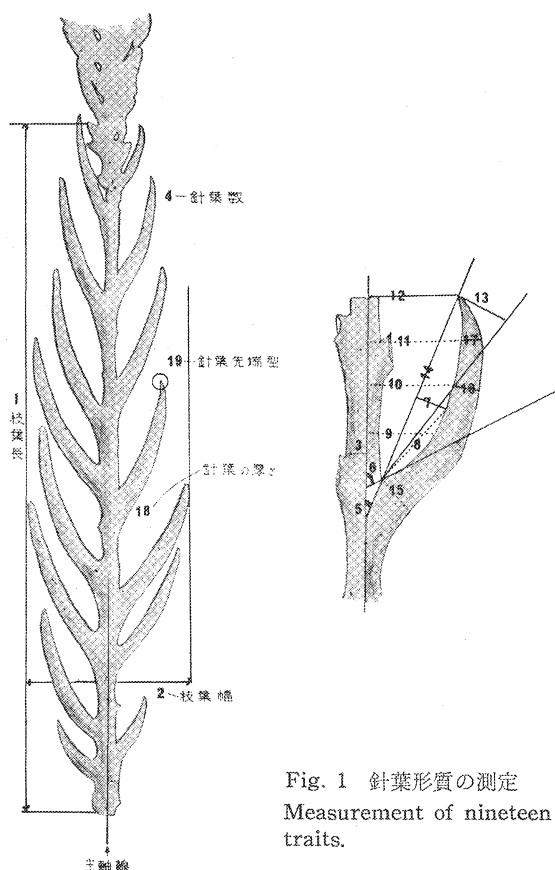


Fig. 1 針葉形質の測定
Measurement of nineteen needle traits.

Table 2. 針 葉 形 質

Description of needle traits

No.	形 質 Trait	記 載 Description
1	枝 葉 長 Shoot length	2年生枝葉の長さ Length of annual growth of leafy twigs in the second growing season.
2	枝 葉 幅 Width of leafy twig	2年生枝葉の最大幅 Distance of the two tangential lines touching the most exterior needles and being parallel to the twig axis.
3	主 軸 半 径 Thickness of twig axis	中央主軸線から針葉着生基部までの径 Radius, or half the diameter, of the twig axis cross section excluding the parts of needle tissues.
4	針 葉 数 Number of needles	2年生枝葉に着生する針葉数 Number of needles counted on the examined annual shoots.
5	針 葉 角 度 Needle angle	針葉基部と先端を結んだ線と主軸線との角度 An angle made between the twig axis and a line connecting inner basic point and the tip point of the needle.
6	針 葉 岐 出 角 Angle of needle exsertion	針葉岐出部分の内辺の弧に沿った延長線と主軸線との角度 An angle made at the inner basic point of the needle between the twig axis and the tangential line touching the inside curve of the needle.
7	矢 高 Height of arc	針葉基部と先端を結んだ線上から最深湾曲点までの垂線長 Maximum height of the inside curve of the needle from the line connecting the base and tip of the needle.
8	針葉基部から矢高までの長さ Distance to the maximum arc height	針葉基部から最深湾曲点までの長さ Length of the chord line connecting the inner basic point and the arc height point of the inside curve of the needle.
9	針葉下部の広がり Needle breadth at the proximal part	主軸線から針葉長 1/4 内辺までの水平距離 Distance of the inside curve of the needle from the twig axis measured at the proximal one fourth point.
10	針葉中央部の広がり Needle breadth at the medial part	主軸線から針葉長 2/4 内辺までの水平距離 Similar distance at the middle point.
11	針葉上部の広がり Needle breadth at the distal part	主軸線から針葉長 3/4 内辺までの水平距離 Similar distance at the point three fourth length from the base.
12	針葉先端部の広がり Needle breadth at the tip	主軸線から針葉先端までの水平距離 Similar distance at the tip point of the needle.
13	針葉上半部の曲がり Needle curvature at the distal part	針葉長の 1/2 内辺接点を通る針葉基部からの延長線と針葉先端を結ぶ最短距離 Distance of the needle tip from a line connecting the basal point and middle point of the inside curve of the needle.
14	針 葉 長 Needle length	針葉基部と先端を結んだ直線距離 Length of the chord line connecting the basal and tip point of the inside curve.
15	針 葉 基 部 の 幅 Needle width at the base	針葉基部の幅 Minimum distance to the outside curve of the needle from the inside basal point.
16	針 葉 中 央 部 の 幅 Needle width at the middle part	針葉長の 2/4 部分の幅 Similar distance at the middle point of the needle.

Table 2. (つづき) (Continued)

No.	形 質 Trait	記 載 Description
17	針 葉 上 部 の 幅 Needle width at the distal part	針葉長の3/4部分の幅 Similar distance at a point of three fourth length.
18	針 葉 の 厚 さ Needle thickness	針葉基部の厚さ Thickness measured at the basal point of the needle.
19	針 葉 先 端 型 Shapes of needle tips	Type a 先端型が鋭く内面直線・外面が曲線型 (評点 1.0) Acute and less curved; inside curve being almost straight……score 1.0
		Type b 先端型が鋭く内面・外面とも曲線型 (評点 2.0) Acute and deeply curved……score 2.0
		Type c 先端型が鈍で内面が直線・外面が曲線型 (評点 3.0) Obtuse and less curved……score 3.0
		Type d 先端型が鈍で内面・外面とも曲線型 (評点 4.0) Obtuse and deeply curved……score 4.0

曲度 (矢高/針葉長) は、矢高や針葉上半部の曲がり (形質 No. 13) などて代用させた。

IV 針葉形質の主成分分析

針葉の部分形質の多くは、集団内では連続変異を示す。従来の針葉型区分のよりどころとなっている針葉角度や、湾曲度についても同様である。これら連続変異を示す1～2の形質を取り上げ区分する試みは、極端に異なったものの間でなければ誤った判断を下す危険が大きい。ここでは多数の形質についての変異の総合評価にもとづき、より客観的に集団の針葉特性を調べるために主成分分析²⁴⁾を適用した。この方法は2変量 X_1 , X_2 が平面上に斜楕円型に分布する相関図のような場合、長楕円方向に Z_1 軸をとると、ばらつきの大部分は Z_1 軸上での変動としてとらえることができ、これに直角に交わる Z_2 軸上での変動はほとんど無視し得る程度に小さくなり、相互の相関もなくなる。このような形で主成分分析は、多数の形質のもつ情報量の損失を少なくしながら、次元数を減らしてあらかず手法である。 Z_1 , Z_2 , Z_3 ……はそれぞれ主成分とよばれるものである²⁵⁾。

1. 形質間相関

主成分分析を行なう場合、目的に沿った形質をある程度選択することが行なわれる。たとえば、形質ごとの分散分析で有意性の高い形質を選び、次に形質相関が非常に高い形質を1群として、その中から代表する1形質を選ぶなどの方法¹²⁾がとられている。しかし、ここでは測定形質がそれほど多くなかったことから、測定した19形質をすべて取り上げた。また針葉の部分形質間の関連性については、これまでに十分検討された例がなかったので、その点からも測定形質のすべてを取り上げ相互の関係を検討した。

測定した19形質間の相関表を Table 3 に示した。相関係数の範囲は0.96から-0.51までで、モードは0.49～0.40である。類似した形質を測定したこともあり一部の形質群では高い相関を示した。形質群で0.6以上の高い相関を示したものを考察すると、次のような傾向をみることができた。

- 1) 枝葉長が大きくなると針葉数や針葉長の値が大きくなる傾向を示す。
- 2) 枝葉幅が広いことは針葉の岐出角や広がり一般在に大きくなり、針葉長も長くなる。

Table 3. 形質間の相関行列
Correlation matrix of 19 traits of needle

[illegible]

- 3) 針葉角度と岐出角は関連性が高く、また針葉先端部の曲がりとの関係も強くあらわされる。
- 4) 針葉岐出角が大きい場合、針葉の湾曲が強くなる。
- 5) 矢高の大きいものは針葉上半部の曲がり強い。同時に針葉も長い。
- 6) 針葉の広がり示す主軸線から針葉内辺までの距離は相互に関連性が高く、針葉長との関係も大きい。
- 7) 針葉幅は測定した基部、中央部、上部の相互間では高い相関を示すが、他の形質との関連性は低い。

2. 主成分の抽出

Table 4 には各主成分に対応する固有ベクトル (l_{ki})、固有値 (λ_k) および固有値の累積寄与率 ($(\sum_{m=1}^k \lambda_m)/p$) の一部を示した。 p は形質の数で、この場合19である。固有値は、その主成分によって全体的変異の何%が説明されるかを示すものである。また固有ベクトル ($l_{k1}, l_{k2}, \dots, l_{kp}$) は主成分 (z_k)

Table 4. 固有ベクトル、固有値と累積固有値の寄与率
Eigen vector, eigen value and contribution (%) of cumulative eigen value obtained from principal component analysis of the 19 × 19 correlation matrix

No.	形 質 x_i Trait	主 成 分 Principal component					
		z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_{19}
1	枝 葉 長	0.201	0.293	0.099	0.347	—	0.002
2	枝 葉 幅	0.330	-0.144	-0.064	0.054	—	0.024
3	主 軸 半 径	0.001	0.053	0.167	0.391	—	0.004
4	針 葉 数	0.114	0.193	0.138	0.623	—	0.006
5	針 葉 角 度	0.121	-0.486	-0.043	0.111	—	0.006
6	針 葉 岐 出 角	0.202	-0.293	-0.183	-0.164	—	-0.027
7	矢 高	0.177	0.399	-0.130	-0.179	—	0.017
8	針葉基部から矢高までの長さ	0.198	0.198	-0.084	-0.048	—	0.003
9	針葉下部の広がり……………a)	0.335	0.002	-0.125	0.017	—	0.107
10	針葉中央部の広がり ……b)	0.340	-0.077	-0.132	0.045	—	-0.348
11	針葉上部の広がり……………c)	0.329	-0.164	-0.093	0.076	—	-0.501
12	針葉先端部の広がり ……d)	0.292	-0.279	-0.073	0.114	—	0.740
13	針葉上半部の曲がり	0.179	0.400	-0.137	-0.182	—	0.242
14	針 葉 長	0.304	0.204	-0.061	-0.039	—	-0.055
15	針 葉 基 部 の 幅	0.206	-0.060	0.439	-0.106	—	-0.014
16	針 葉 中 央 部 の 幅	0.213	-0.003	0.516	-0.246	—	0.035
17	針 葉 上 部 の 幅	0.235	0.008	0.439	-0.259	—	-0.031
18	針 葉 の 厚 さ	-0.112	-0.040	0.353	0.260	—	0.008
19	針 葉 先 端 型	-0.080	-0.112	0.174	-0.140	—	0.002
固 有 値 λ_k Eigen value		7.728	3.367	1.596	1.330	—	0.008
累 積 固 有 値 $\sum_{m=1}^k \lambda_m$ Cumulative eigen value		7.728	11.095	12.691	14.021	—	19.000
同 上 寄 与 率 $(\sum_{m=1}^k \lambda_m)/p$ (%) Contribution of cumulative eigen value		40.6	58.3	66.7	73.9	—	100.0

を構成する各形質の重み係数である³⁾⁴⁾。したがって、各主成分は固有ベクトルを用いて、つぎのようにあらわされる。

$$\begin{aligned} z_1 &= 0.201x_1 + 0.330x_2 + \cdots - 0.112x_{18} - 0.080x_{19} \\ z_2 &= 0.293x_1 - 0.144x_2 + \cdots - 0.040x_{18} - 0.112x_{19} \\ &\vdots \\ z_{19} &= 0.002x_1 + 0.024x_2 + \cdots + 0.008x_{18} + 0.002x_{19} \end{aligned}$$

ここで、 $\sum_{i=1}^p l_{ki} = 1$ になるように決められており、また、この係数は主成分への各形質の貢献度を示すものである。

また、各主成分の特性をまとめると次のようになる。第1主成分では枝葉幅、針葉の広がり、針葉長などの形質の値が大きく、この主成分は枝葉の幅に示される形の大きさをあらわしている。第1主成分の固有値が40%以上であり、全体の変異の半数近くを占めている。第2主成分では矢高、針葉上半部の曲がり、針葉角度、針葉岐出角がマイナスで大きい。したがって、この主成分は曲がりを主体にした形状をあらわしており、第1、第2主成分によって針葉形質のもっとも重要な変異が示されている。さらに第3主成分では針葉の幅や厚さが、第4主成分では針葉数、主軸半径、枝葉長などの値が大きい。第4主成分までに全体の変動の約75%があらわされている。

Table 5 には、主成分と各形質との相関を示した。この係数は固有ベクトルの値と比例する関係にあ

Table 5. 形質と主成分の相関係数
Correlation coefficient between trait and principal component and cumulative contribution of trait up to the first four principal components

No.	形 質 Trait	主 成 分 Principal component				累積寄与率 Cumulative contribution
		z_1	z_2	z_3	z_4	
1	枝 葉 長	0.560	0.538	0.125	0.400	0.779
2	枝 葉 幅	0.919	-0.264	-0.081	0.062	0.924
3	主 軸 半 径	0.001	0.097	0.211	0.451	0.257
4	針 葉 数	0.318	0.354	0.175	0.719	0.774
5	針 葉 角 度	0.336	-0.892	-0.055	0.128	0.928
6	針 葉 岐 出 角	0.563	-0.537	-0.231	-0.073	0.664
7	矢 高	0.492	0.733	-0.164	-0.207	0.849
8	針葉基部から矢高までの長さ	0.552	0.363	-0.106	-0.055	0.451
9	針葉下部の広がり……………a)	0.931	0.003	-0.158	0.020	0.892
10	針葉中央部の広がり ……b)	0.946	-0.143	-0.167	0.053	0.946
11	針葉上部の広がり……………c)	0.915	-0.302	-0.118	0.088	0.950
12	針葉先端部の広がり ……d)	0.813	-0.513	-0.092	0.131	0.950
13	針葉上半部の曲がり	0.499	0.734	-0.173	-0.211	0.862
14	針 葉 長	0.846	0.375	-0.078	-0.045	0.864
15	針 葉 基 部 の 幅	0.573	-0.110	0.555	-0.123	0.664
16	針 葉 中 央 部 の 幅	0.593	-0.006	0.652	-0.284	0.857
17	針 葉 上 部 の 幅	0.655	0.014	0.554	-0.299	0.825
18	針 葉 の 厚 さ	-0.311	-0.073	0.447	0.300	0.392
19	針 葉 先 端 型	-0.223	-0.205	0.220	-0.161	0.166

1%有意水準……0.08 Significant value at 1% level……0.08

る。主成分に対する形質の寄与率では針葉先端型、主軸半径、針葉の厚さ、針葉基部から矢高までの長さの4形質が低い値を示しているが、他の15形質はいずれも60%以上であった。

3. 主成分スコアによる集団特性

主成分は理論的に直交しているので第4主成分までとると、全個体は主成分を座標軸とする4次元空間に散布することになる。しかし4次元空間のままでは直観的に理解できないので、ここでは第1、第2主

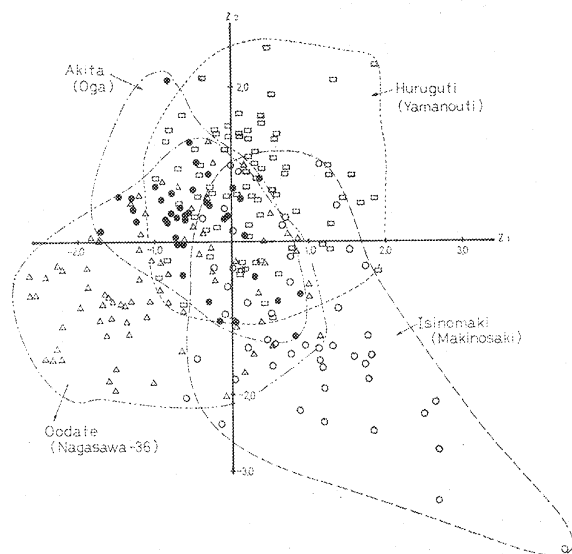


Fig. 2 4林分の個体散布図
Scatter diagram of four stands according to the score given by the first and second principal components.

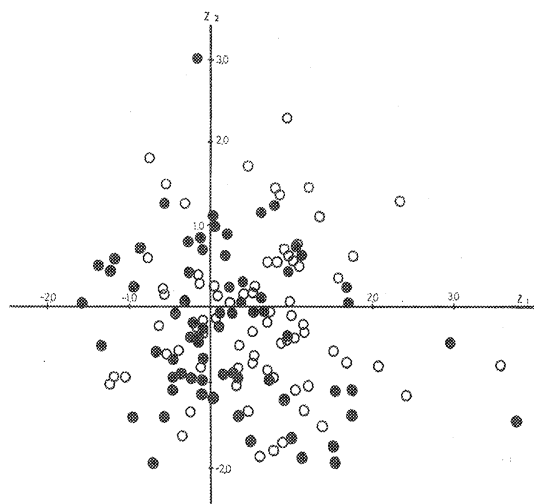


Fig. 3 散布図, 鯉ヶ沢 (矢倉山 り●)
(矢倉山 わ○)
Scatter diagram of Ajigasawa (Yakurayama-Ri) and Ajigasawa (Yakurayama-Wa) according to the score given by the first and second principal components.

成分のスコアによって散布図をつくり、集団ごとの特性をみた。

全集団を1つの図で表わすのは、個体数が多いためにできないので、Fig. 2に大館(長沢-36)、秋田(男鹿)、古口(山ノ内)、石巻(牧ノ崎)の4集団の散布図を示した。他の集団については、地域ごとにFig. 3~12に示した。散布図から集団の特徴をみると次のようである。古口(山ノ内)は第1、第2象限に集中し、曲がりの強い個体を主体にした散布であり、大館(長沢36)は第3象限に多く全般に小型である。秋田(男鹿)は第2象限を主体に、第4象限方向に散布し、枝葉幅がせまく曲がりの強い個体の割合が高い。石巻(牧ノ崎)は第4象限

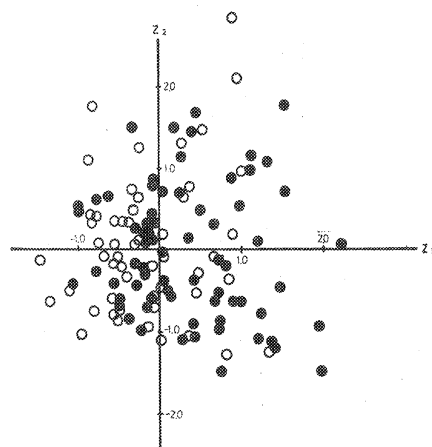


Fig. 4 散布図, 弘前 (川原平 か●)
(川原平 と○)
Scatter diagram of Hiroasaki (Kawaradai-Ka) and Hiroasaki (Kawaradai-To) according to the score given by the first and second principal components.

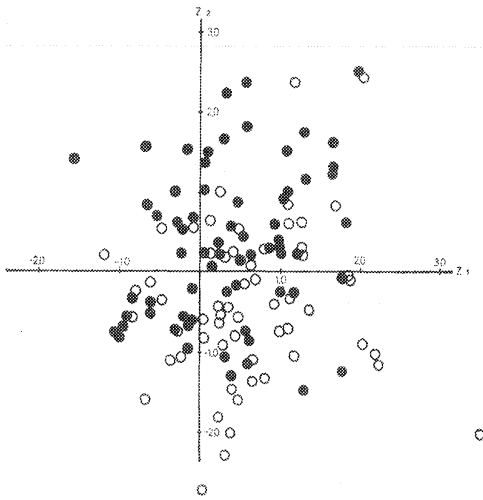


Fig. 5 散布図，大鰐（早瀬野●）
（西虹貝○）

Scatter diagram of Ōwani (Hayaseno) and Ōwani (Nishinijikai) according to the score given by the first and second principal components.

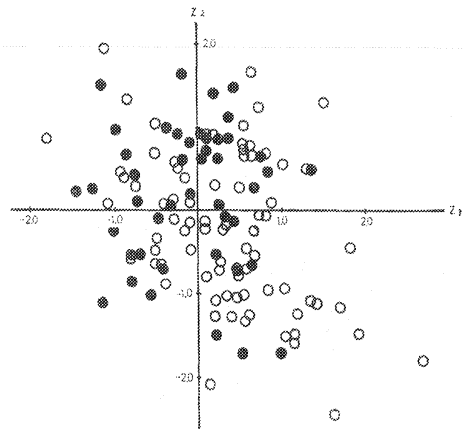


Fig. 6 散布図，碓ヶ関（大落前●）
（西碓ヶ関○）

Scatter diagram of Ikarigaseki (Ōrakumae) and Ikarigaseki (Nishiikarigaseki) according to the score given by the first and second principal components.

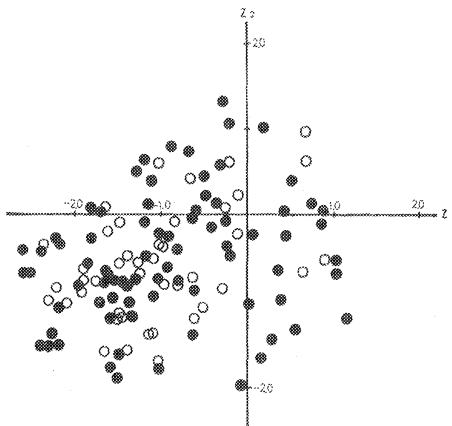


Fig. 7 散布図，大館（長沢 36●）
（長沢 44○）

Scatter diagram of Ōdate (Nagasawa-36) and Ōdate (Nagasawa-44) according to the score given by the first and second principal components.

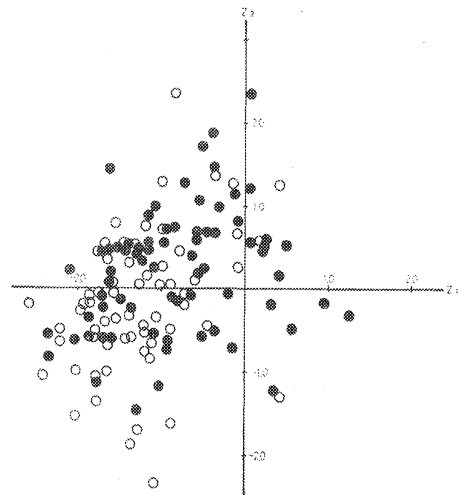


Fig. 8 散布図，能代（濁川●）（田代○）
Scatter diagram of Noshiro (Nigorikawa) and Noshiro (Tashiro) according to the score given by the first and second principal components.

に多く散布し，曲がり方が少なく形の大きい個体が多い。

4つの集団は，それぞれ違った象限を主体に散布し，集団間の違いが特徴的にあらわれているが，集団ごとにくった場合，相互に重複する部分が多い。集団内における針葉構成は同図にみられるように，ばらつきを示すのが一般的であり，集団特性は散布図のちらばりの程度や，かたよりの大きさによってあらわされる。

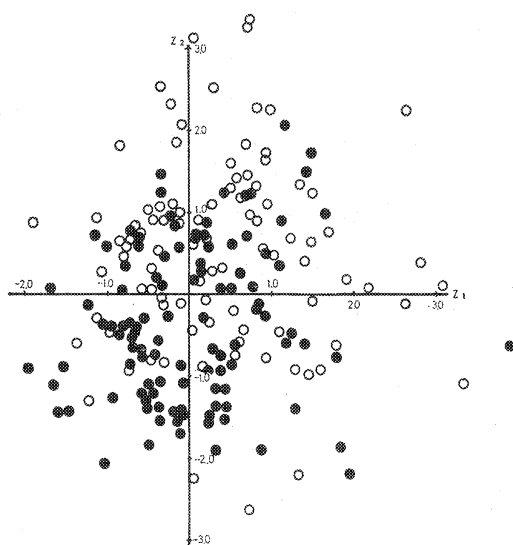


Fig. 9 散布図, 阿仁 (桃洞●) (佐渡○)
Scatter diagram of Ani (Tôdô) and Ani (Sado)
according to the score given by the first and
second principal components.

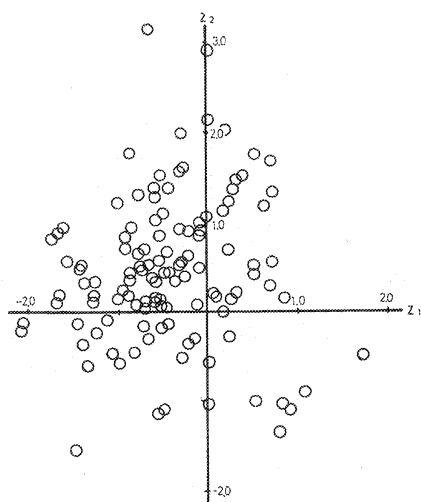


Fig. 10 個体散布図, 矢島 (鳥海)
Trees scattered according to the score
given by the first and second principal
components in Yashima (Chôkai) stand.

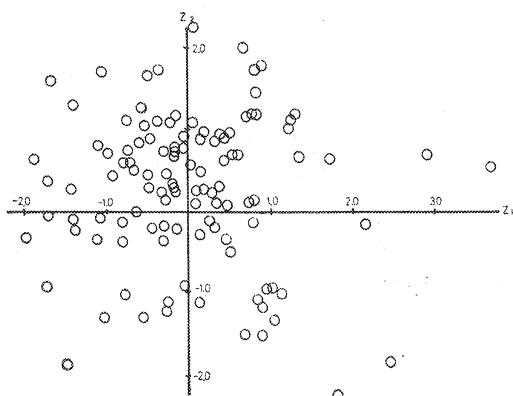


Fig. 11 個体散布図, 雫石 (鶯宿)
Trees scattered according to the score
given by the first and second principal components in
Sizukuishi (Ôshuku) stand.

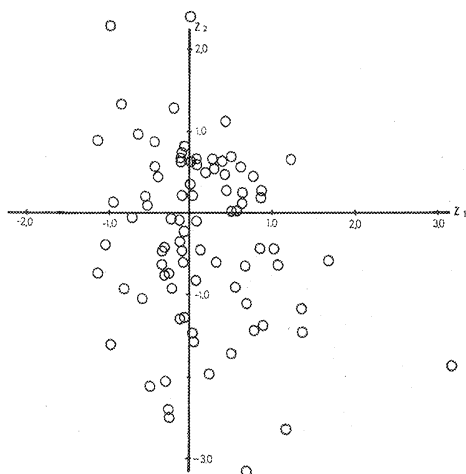


Fig. 12 個体散布図, 古川 (自生山)
Trees scattered according to the score
given by the first and second principal
components in Furukawa (Jishôzan)
stand.

Fig. 3 の鰯ヶ沢 (矢倉山 45り・矢倉山 45わ) の 2 集団は同一林班内の隣接した位置にあり、両者とも形の大きさや曲がりについて個体間変異の大きい集団である。Fig. 4 の弘前 (川原平 126か・川原平 126と) の 2 集団も隣接しており、散布図では第 2, 第 3 象限で集中し、第 1, 第 4 象限で拡散する傾向を示している。隣接した集団の類似性の程度は散布状態によって判断されるが、さらに各象限に出現する個体数を用いて、カイ平方による検定を試み確認の 1 つの方法とした。鰯ヶ沢、弘前のそれぞれの 2 集団間は散布図上でも類似した集団とみられるが、検定によっても有意差が認められなかった。Fig. 5 の大

鱒(早瀬野, 西虹貝)の両集団は一般に大型であり, 特に早瀬野は枝葉幅が広く曲がりの大きい傾向を示し, 散布図では第1象限に出現する個体の比率が高い。西虹貝は早瀬野よりも曲がりがやや少なく, 第4象限に出現する個体の割合が多くなる。Fig. 6の碇ヶ関(大落前, 西碇ヶ関)の両集団のうち大落前は著しいかたよりはみられないが, 西碇ヶ関は第2象限から第4象限方向に散布し, 枝葉幅がせまく湾曲の強い形の個体から曲がりの少ない大型のものまで含まれている。大鱒, 碇ヶ関のそれぞれの集団間も位置的に近いが, 散布図での個体のちらばりには違いがみられ, 検定の結果でも大鱒が1%で, 碇ヶ関が5%水準で有意差が認められた。Fig. 7の大館(長沢 36・長沢 44)は両集団とも小型の針葉で, 第3象限を主体に類似した散布傾向を示し, 違いが認められなかった。同じ大館の(長木沢)は, 林道沿いに細長い場所で採取したので図示しなかったが, 第1主成分でばらつき, 針葉の形の大きさについて変異が大きくあらわれた。Fig. 8の能代(濁川, 田代)は第2, 第3象限方向に散布しており, 濁川は葉角がせまく曲がりの大きい個体の割合が高く, 田代は小型の針葉個体の比率が高い。検定の結果では5%で有意差が認められた。Fig. 9の阿仁(桃洞, 佐渡)は両集団とも拡散型の散布で, 佐渡はより広くばらつき角度のせまい個体の割合が高いが, 桃洞は第3, 第4象限に出現する個体の割合が高く, 両集団間には1%で有意差が認められた。秋田(仁別)は図示していないが, 第1象限でばらつきが大きく, 他の象限で狭い範囲に散布していた。Fig. 10の矢島(鳥海)は, 第2象限を主体にした散布で一般にばらつきが少なく, 角度のせまい曲がりの大きい集団特性を示している。Fig. 11の雫石(鶯宿)は第1, 第2象限を主体にした散布で, 角度がせまく曲がりの強い個体の比率が高いが, 形の大きさのばらつきが大きい。Fig. 12の古川(自生山)は形の大きさについての変異が少なく, 第2主成分の軸に沿って散布している。

この調査では, こまかな環境条件を調べていないので, 集団間の針葉形質の違いが, 環境の影響を受けた結果によるものかどうかについては検討することができなかったが, マクロな環境条件と集団間変異とは一致しない例が多かったことから, おそらく他の要因によるものと考えられる。

V スギ天然生集団の針葉型構成

1. 針葉形質の主成分分析結果と針葉型区分との関係

多数の形質による総合値を用いて個体の針葉特性をあらわした場合と, 従来から試みられている針葉型区分であらわした場合とを比較し, 針葉型区分の妥当性を検討した。

針葉型は四手井ら⁶⁾の区分にしたがって次の4型とした。

- 1) 直型 (S)
- 2) 曲鈍型 (Bo)
- 3) 曲鋭型 (Ba)
- 4) 鎖型 (C)

Fig. 13には, 前項の第1主成分と第2主成分のスコアによる散布図に, 針葉型で区分した結果をあてはめたものである。供試集団は, すべての針葉型が含まれるように, 矢島(鳥海), 阿仁(佐渡), 古川(自生山), 石巻(牧ノ崎)の4集団とし, 合計353本の個体をプロットした。前述したように, 第1主成分は枝葉幅や針葉長で示されるような形の大きさをあらわす成分であり, 第2主成分は矢高で示されるような曲がりをあらわす成分である。

したがって, S型の針葉は通直で曲がりのないものであるから, 第1主成分では大きく第2主成分では

小さくあられ、散布図では、ほとんど第 4 象限にのみ散布している。Bo 型は同じく第 4 象限に散布するが、やや曲がりがあるので、S 型よりも第 2 主成分について高い位置を占めている。Ba 型はさらに曲がりが強くなり、必然的に枝葉幅もせまくなるので、第 1 主成分では小さく、第 2 主成分では中間付近にあられ、散布図では第 2 と第 3 象限に多く散布している。C 型は、形の大きさは Ba 型とかわりはないが、曲がりが極端になるので、第 2 主成分について、もっとも高い位置に散布している。

これら主成分分析による散布を針葉型でくくると、個体群は比較的きれいに分割される。このことは、観察による針葉型区分が、多数形質を用いた主成分分析とよく一致することを示しており、針葉型区分の妥当性が確認された。散布図の中では分割線からややみだしている個体もあるが、

これは第 1 主成分や第 2 主成分で表現されない部分、あるいは測定されない形質などのほか、針葉を平面にして測定しているため、特にねじれの強い個体などの影響が原因と考えられる。

2. 集団の針葉型構成と葉型指数

集団ごとの針葉型構成を Table 6 に示した。各集団とも Ba 型と C 型を主体とした構成で、とくに男鹿、佐渡、鳥海、山ノ内、早瀬野などは C 型の比率が高い。表日本の牧ノ崎は C 型が少なく S 型や Bo 型の比率が高く、他の集団とは違った構成を示している。また、一般的に同じ地域の集団は類似した針葉型構成を示す例が多いが、大鰐、碓ヶ関、阿仁など一部の地域では、隣接集団でも Bo 型と C 型の出現率に大きな差が認められた。

針葉型のうち、C 型の出現率は北へ移行するにつれて高くなる傾向が認められているので⁹⁾、C 型の出現率を基準にして集団間の比較をするために、次の指数（葉型指数）を用いた。

$$\text{葉型指数} = (C/S + Bo + Ba) \times 100$$

Table 7 は、地域ブロック別の針葉型出現数を文献¹⁰⁾から拾いあげ、葉型指数を用いたものである。表日本のブロックでは山陽から南海へと指数が低くなり、裏日本での地域ブロックでは山陰、北陸と高くなり、牧ノ崎を除いた東北ブロックではさらに高くなり地理的傾斜を示している。

Table 8 には、東北ブロック内の指数を集団ごとに示した。秋田（男鹿）、阿仁（佐渡）、矢島（鳥海）、大鰐（早瀬野）、古口（山ノ内）などの集団が著しく高い値を示したのに対し、表日本の石巻（牧ノ崎）は全集団中もっとも低い値を示している。また、隣接する同一地域内の集団は指数の値も近い例が多いが、針葉型構成の異なる大鰐、碓ヶ関、阿仁などの地域内集団は違いが大きかった。

Fig. 14 には指数階による地域区分を示した。

青森県北西部の鰺ヶ沢、弘前、および青森県南部の大鰐（西虹貝）と碓ヶ関（西碓ヶ関）の一部、なら

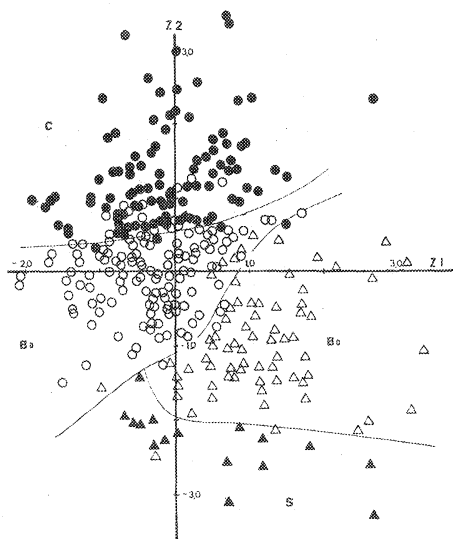


Fig. 13 針葉型分割線による区分
Relationship between needle type and the needle scattered according to the score given by the first and second principal components.

Table 6. 林分別の針葉型構成
Frequency of occurrence of needle type in each stand

No.	林 分 Stand	針 葉 型 Needle type				Total
		S*1	Bo*2	Ba*3	C*4	
1	鱸ヶ沢・矢倉山・り	1(1.4)%	24(34.3)%	32(45.7)%	13(18.6)%	70(100)%
2	" 矢倉山・わ	1(1.3)	28(37.3)	32(42.7)	14(18.7)	75(100)
3	弘 前・川原平・か	0	12(17.1)	42(60.0)	16(22.9)	70(100)
4	" 川原平・と	0	6(11.1)	37(68.5)	11(20.4)	54(100)
5	大 鰐・早瀬野	0	12(17.9)	29(43.3)	26(38.8)	67(100)
6	" 西虹貝	4(6.7)	17(28.3)	28(46.7)	11(18.3)	60(100)
7	碓ヶ関・大落前	0	5(11.1)	26(57.8)	14(31.1)	45(100)
8	" 西碓ヶ関	0	25(31.3)	43(53.8)	12(15.0)	80(100)
9	大 館・長木沢	1(2.2)	10(21.7)	30(65.2)	5(10.9)	46(100)
10	" 長沢-44	0	2(4.7)	36(83.7)	5(11.6)	43(100)
11	" 長沢-36	1(1.3)	8(10.1)	60(76.0)	10(12.7)	79(100)
12	能 代・濁 川	0	4(5.6)	47(65.9)	21(29.2)	72(100)
13	" 田 代	0	3(4.8)	45(71.4)	15(23.8)	63(100)
14	阿 仁・桃 洞	4(3.8)	17(16.0)	67(63.2)	18(17.0)	106(100)
15	" 佐 渡	3(3.2)	13(13.8)	34(36.2)	44(46.8)	94(100)
16	秋 田・男 鹿	0	5(12.5)	15(37.5)	20(50.0)	40(100)
17	" 仁 別	0	7(17.1)	21(51.2)	13(31.7)	41(100)
18	矢 島・鳥 海	0	8(6.6)	65(53.7)	48(39.7)	121(100)
19	雫 石・鷺 宿	1(0.9)	18(15.9)	60(53.1)	34(30.1)	113(100)
20	古 川・自生山	7(7.8)	22(24.4)	45(50.0)	16(17.3)	90(100)
21	石 巻・牧ノ崎	10(20.8)	25(52.1)	10(20.8)	3(6.3)	48(100)
22	古 口・山ノ内	0	7(9.0)	41(52.6)	30(38.5)	78(100)

*1 S: Straight type, *2 Bo: Obtuse bending type,

*3 Ba: Acute bending type, *4 C: Chain type.

Table 7. 地域別の葉型指数
Needle-type indices representing different areas of Japan's main island

地 域 Area	調査本数 Number of sample trees	葉型指数 Needle-type index*	調査地 Sampling places
山 陽 Western part along the Inland Sea	261	5.7	山崎, 神戸, 広島, 山口, 日原
南 海 Central part of the Pacific Ocean side	167	1.2	田辺, 新宮, 亀山, 尾鷲
山 陰 Western part of the Japan Sea side	262	9.2	松江, 倉吉, 鳥取, 新見, 津山, 川本
北 陸 Central part of the Japan Sea side	77	14.9	敦賀, 金沢
北 " 陸	195	21.1	富山(立山スギ)
東 北 Northern part	1,507	35.6	鱸ヶ沢, 他12

* Needle-type index = (C type/S + Bo + Ba types) × 100

Table 8. 集団別の葉型指数
Needle-type index of the stand

No.	林 分 Stand	調 査 本 数 Number of sample trees	葉 型 指 数*1 Needle-type index
1	鱒ヶ沢, 矢倉山・り Ajigasawa, Yakurayama-Ri	70	22.8
2	鱒ヶ沢, 矢倉山・わ Ajigasawa, Yakurayama-Wa	75	2.30
3	弘 前, 川原平・か Hirosaki, Kawaradai-Ka	70	29.6
4	弘 前, 川原平・と Hirosaki, Kawaradai-To	54	25.6
5	大 鱒, 早瀬野 Owani, Hayaseno	67	63.4
6	大 鱒, 西虹貝 Owani, Nishinijikai	60	22.5
7	碓ヶ関, 大落前 Ikarigaseki, Ōrakumae	45	45.2
8	碓ヶ関, 西碓ヶ関 Ikarigaseki, Nishiikarigaseki	80	17.7
9	大 館, 長木沢 Odate, Nagakizawa	46	12.2
10	大 館, 長 沢-44 Odate, Nagasawa-44	43	13.2
11	大 館, 長 沢-36 Odate, Nagasawa-36	79	14.5
12	能 代, 濁 川 Noshiro, Nigorikawa	72	41.2
13	能 代, 田 代 Noshiro, Tashiro	63	31.3
14	阿 仁, 桃 洞 Ani, Tōdō	106	20.5
15	阿 仁, 佐 渡 Ani, Sado	94	88.0
16	秋 田, 男 鹿 Akita, Oga	40	100.0
17	秋 田, 仁 別 Akita, Nibetsu	41	46.4
18	矢 島, 鳥 海 Yashima, Chōkai	121	65.8
19	雫 石, 鷺 宿 Shizukuishi, Ōshuku	113	43.0
20	古 川, 自生山 Furukawa, Jishōzan	90	21.6
21	石 巻, 牧ノ崎 Ishinomaki, Makinosaki	48	6.7
22	古 口, 山ノ内 Furuguchi, Yamanouchi	78	62.5

*1 Needle-type index = (C type/S + Bo + Ba types) × 100

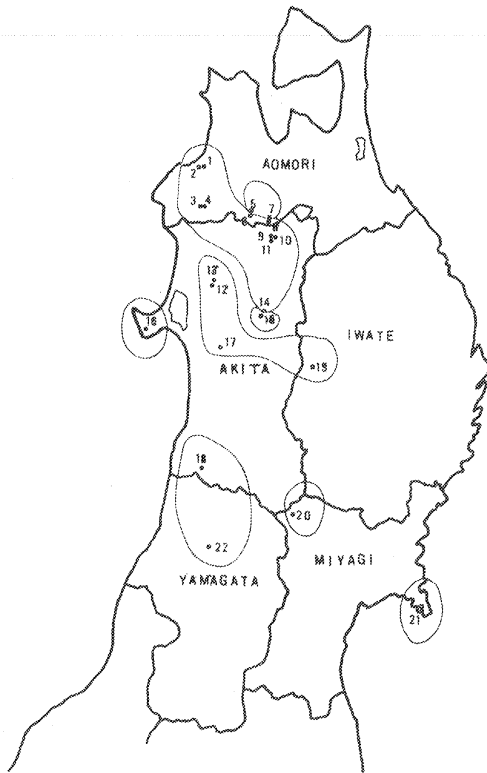


Fig. 14 葉型指数による地域区分
Regional groups classified by needle-type indices.

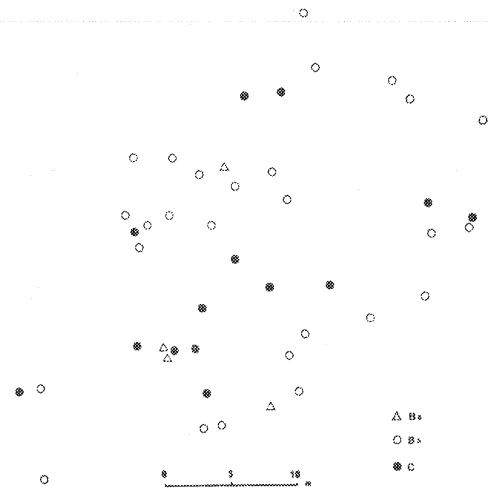


Fig. 16 集団内の針葉型分布, 雫石 (鶯宿)
(B-プロット)
Distribution of needle type in Shizukuishi
(Ōshuku) stand. (B-plot)

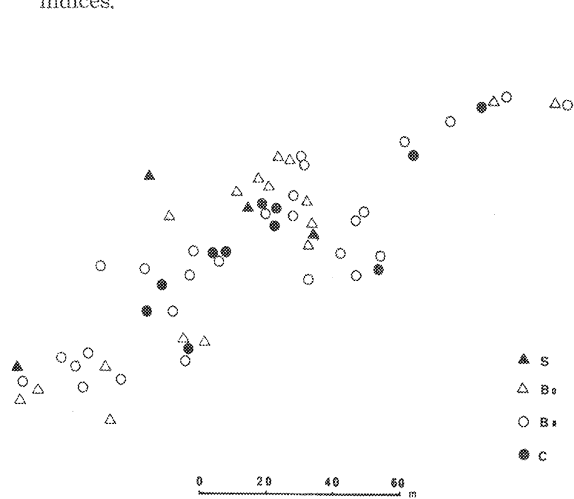


Fig. 15 集団内の針葉型分布, 大鰐・西虹貝
(Nishinijikai) stand.

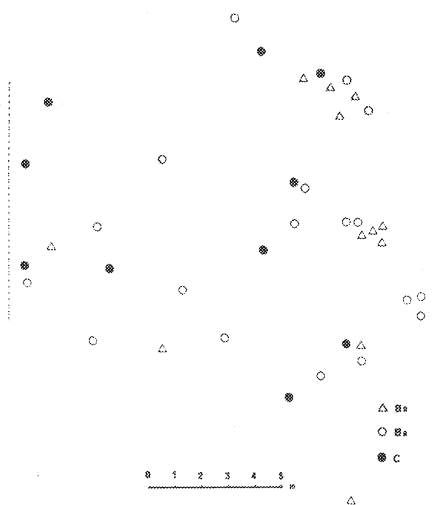


Fig. 17 集団内の針葉型分布, 古川 (自
生山) (A-プロット)
Distribution of needle type in Furu-
kawa (Jishōzan) stand. (B-plot)

びに秋田県北部の大館、さらに阿仁の1集団(桃洞)を含む地域が指数階で30.0未満であり、1つの地域としてくることができた。大鱒(早瀬野)と碇ヶ関(大落前)の集団は指数階で開きがあるが(63.4~45.2)、地域的に近く、隣接する大鱒(西虹貝)や碇ヶ関(西碇ヶ関)および鱒ヶ沢~弘前群とは違った値を示しており、1群とした。阿仁(佐渡)は指数が88.0と高く、隣接する桃洞とは違った集団とみられ区分した。能代(濁川、田代)、秋田(仁別)および奥羽山脈の東側に位置する雫石(鶯宿)を含む地域は、指数階で31.3~46.0の範囲にあり、1群としてくられる。秋田(男鹿)は全集団中もっとも高い指数を示し、他の地域群とは異なった値を示した。矢島(鳥海)、古口(山ノ内)は類似した指数(65.8~62.5)で1群とみられる。秋田県境に接した宮城県北西部の古川(自生山)の指数は21.6で、奥羽山脈の西側にあたる古口(山ノ内)や矢島(鳥海)の群とは異なっていた。さらに石巻(牧ノ崎)は、調査した集団の中では著しく小さい指数(6.7)であった。

3. 集団内における針葉型分布

集団内の立木位置と針葉型との関係を Fig. 15~17 に示した。集団内の直径階分布は一般に大径木が多いが、一部では小中径木の混在する林分があった。それらについては、林齢による針葉形態の変化¹¹⁾を考慮し、直径10 cm 以下の個体を除いた。

各集団とも、同型のものが小群状に点在して、林分を構成している。調査した集団の成因については現存林分の状況、あるいは小径木の立木配置などから、実生繁殖によるものが多いと考えられる。少なくとも図に示した集団については、無性繁殖の形跡は認められなかった。天然林における集団内個体間の遺伝的関連性を同位酵素によって調べたヒバの例¹²⁾では、遺伝的に近縁な個体が群を形成しているようである。スギにおいても、同じ群内の個体は類似した針葉型を示すので、それら相互間の遺伝的関連性の高いことが推測される。

VI ま と め

東北地方のスギ天然生集団22林分を調査し、針葉形質の変異と変異のあらわれ方が集団間で違うかどうかを検討した。1,555本の個体から枝葉標本1本ずつ採取し、個体ごとに19の形質を用いて主成分分析を行った。

19形質間の相関から、一般的に大型の枝葉長のものは針葉数が多く、針葉長も大きくなる傾向を示し、枝葉幅が広い形状のものは針葉の岐出角や針葉長が大きく、曲がりの少ない形態のものであることが知られた。針葉の厚さや幅、あるいは針葉先端型などは他の形質との関連性が少なかった。

また、固有ベクトルによってあらわされる主成分の特性は、第1主成分が枝葉幅や針葉長で示される形の大きさを、第2主成分では矢高(プラス)や針葉角度、針葉岐出角(マイナス)で示される曲がりの大きさが成分であり、第1、第2主成分によって全体の変動の50%以上が説明されている。

第1主成分と第2主成分のスコアの散布図によって各集団の特性をみると、個体のちらばりや、かたよりの度合、散布方向などに違いが認められた。同じ地域内の隣接する集団でも散布の類似性が高いものと、低いものとがみられた。鱒ヶ沢、弘前、大館の地域では類似性が高かったが、大鱒、阿仁などの地域では違った散布傾向がみられた。形の大きさや曲がりの大きさについて個体間変異が大きく、全象限にばらついた集団は鱒ヶ沢(矢倉山 45り、矢倉山 45わ)や阿仁(桃洞)でみられたが、多くの集団では散布傾向に方向性(第1から第3、または第2から第4など)がみられた。その中で特に、秋田(男鹿)は第

2 象限を主体に、石巻（牧ノ崎）は第 4 象限に多く散布し、ともに顕著な特徴を示した。また曲がりの強い個体の割合が特に高かった集団は、秋田（男鹿）、矢島（鳥海）、古口（山ノ内）、阿仁（佐渡）、大鰐（早瀬野）などであった。

多数の形質による総合値であらわした散布図に、従来から試みられている 4 型に区分した針葉型をあてはめると、個体群は比較的きれいに分割される。このことは、観察による針葉型区分が多数の形質を用いた主成分分析とよく一致することを示しており、針葉型区分の妥当性が確認された。

集団は一般に Ba 型と C 型の針葉型を主体にした構成であったが、数集団は特に C 型の比率が高かった。表日本の石巻（牧ノ崎）は C 型が少なく、S 型や Bo 型の比率が高く他の集団とは違った構成を示した。また同じ地域内の集団は類似した針葉型構成を示す場合と Bo 型と C 型の出現率に大きな違いを示す例とがみられた。

C 型を基準にした葉型指数を用いて東北地方の集団を地図上でくると、1 つの集団を 1 群としたものを含めて 8 グループに分かれた。

集団内での針葉型分布を立木位置と関係させた結果、各集団とも同型の針葉型が小群状に点在する傾向がみられた。これらの関係は、ヒバの例にみられるように遺伝的関連性の高いことが推測された。

文 献

- 1) 有田 学・富田浩二・林 寛：タテヤマスギの品種的特性とその育種事業への利用に関する調査報告，名古屋営林局，65 pp., (1962)
- 2) 石間紀男：主成分分析，農林研究計算センター報告，A 第 5 号，農林水産技術会議事務局，75～92, (1969)
- 3) 奥野忠一：多変量解析法，品質管理，17, 805～810, 1439～1448, (1966)
- 4) 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉澤 正：多変量解析法，159～257，日科技連出版社，(1974)
- 5) 酒井寛一・宮崎安貞：家系分析法によるヒバ天然林の遺伝的研究，81回日林講，150～152, (1970)
- 6) 四手井綱英：天然生スギの系統究明と優良品種選抜に関する調査報告（第 1 報）大阪営林局，96 pp., (1959)
- 7) 遠山富太郎：オモテスギとウラスギ，鳥根農科大学研究報告 8 A, 144～149, (1960)
- 8) 遠山富太郎：本州西部の天然生スギ林の葉型調査から……日本の天然生スギは 1 つである……，山林，930, 1～8, (1961)
- 9) 武藤 惇：天然生スギ集団の葉型指数，82回日林講，129～131, (1971)
- 10) 村井三郎：東北地方の主要造林樹種と其の変種問題，国土再造林技術講演集，青森林友協会，132～150, (1947)
- 11) 村井三郎：杉針葉形態の樹齡変化に就て，日林誌，31, 1・2 合併号，1～6, (1949)
- 12) 望月 昇：主成分分析によるトウモロコシの品種分類と育種材料探索に関する研究，農業技術研究報告，D～19, 85～149, (1968)

**Needle Variation in Natural Populations
of *Cryptomeria japonica* D. DON**

Atsushi Murô⁽¹⁾

Summary

Principal component analysis was applied to elucidate the diversity based on needle traits between natural populations of *Cryptomeria* in the northern part of Japan's main island. A total of 1,555 trees belonging to 22 natural stands of the species were observed for 19 needle traits.

The biological meaning of the first principal component appeared to correspond to the general size of needle and branchlet. In the case of the second principal component, the traits concerned with the bending of needle, such as needle angles, distance from the center of the chord to the arc of a bending needle and needle length, contributed greatly to the principal component. By a similar consideration of biological meaning, the third and fourth principal components appeared to correspond to the dimension of cross section of needle and the needle number per unit length of a branchlet respectively.

Principal component analysis indicated that 58 per cent of total variation of 19 traits was accounted for by the first two principal components and 75 per cent by first four principal components. The scatter diagrams, in which all sampled trees in a stand plotted according to the score given by first and second principal components, differed very greatly among stands concerning with an extent, a bias and a direction of the scattering.

Applying the needle types classified into four types by needle angles to the scatter diagrams, the types were clearly demarcated on the diagrams. The needle-type indices based on the frequency of the types in a stand indicated that the natural stands of *Cryptomeria* in the northern part of Japan's main island might be classified into eight regional groups. The needle type also indicated that the trees with same needle type in natural stand occur in a cluster.