

# 北海道の天然林におけるエゾマツ，トドマツ 単木の胸高断面積生長量について

高田和彦\* 小林正吾\*\* 阿部信行\*

## は し が き

1968年8月5日～11日の間，林業統計研究会のメンバーによって，未開発林調査法の研究を目的に，北海道有林北見経営区のチミケツブ湖周辺の天然林の調査が行なわれた。この調査では，対象区域の森林にあらかじめ空中写真上で幾つかの林相区分をほどこし，このうち最も面積比の大きい区分に属する針広混交林の1森林(158林班)中に1ha(100×100m)のブロックを設定し，ブロック内の森林構成諸因子の測定が行なわれた。この調査をに参加した筆者らは，とくにこの資料を用いて天然林の生長法則の解明と生長量の推定法の研究をとりあげることにした。

天然林は，森林構造が多様で一般的な生長法則の解明は極めて難しい問題である。しかし，一見複雑で多様な天然林も，その構成単位である単木の集合体に外ならず，単木の組合せの様態によって，さまざまな林型が構成されているものである。したがって，単木の生長と，それに影響をおよぼしている範囲の立木群との法則的關係が明らかにできれば，任意の林型の天然林の生長過程は，単木の生長法則を組合せることによって再現できる筈である。以上のような考え方にたつて，まず単木の生長法則の解明を試みることにしたが，測定上の制約と生長錐片の年輪幅の読みとりなどの関係から，エゾマツ・トドマツの胸高断面積生長量の解析に限定せざるをえなかった。他の樹種，生長量については，今後，再測の資料がえられる機会にゆずり，ここでは，本調査でえられた両樹種の胸高断面積生長量の解析結果について報告を行なうものである。

本調査に参加した林業統計研究会のメンバーは下記の諸氏である(アイウエオ順)

### 全期間調査に従事したメンバー

阿部信行(新潟大)	小林正吾(道立林試)	堀田雄次(教育大)
石田正次(統数研)	近藤正己(宇都宮大)	堀内正(東京大)
岩崎 迪(アジア航測)	高田和彦(新潟大)	前崎武人(道林務部)
上野洋二郎(農工大)	中島道子(統数研)	箕輪光博(東京大)

### 一部期間従事したメンバー

今田盛生(九大北演)	武居 猛(札幌局)	樋渡幸雄(林試)
大貫仁人(林試)	長正道(九州大)	真辺昭(林試北支)
柿原道喜(九大北演)	中島 巖(林試)	油津雄夫(道林務部)
木梨謙吉(九州大)	西沢正久(林試)	渡辺宏(日林協)

\* 新潟大学農学部

\*\* 北海道立林業試験場

以上の外に、北海道林務部道有林一，二課および北見林務署の職員の方々多数の御助力も頂いた。ここに厚く御礼を申し上げます。

調査期間中，調査員全員で種々討論し，調査法を逐時決めていったもので筆者らは調査員全員の総意による調査の結果をとりまとめたにすぎないことを明らかにし，調査員各位に改めて謝意を表したい。

なお，とりまとめに用いた電子計算機は新潟大学電子計算機室の HIPAC103 で立木位置図作製のプログラムについては石垣健一氏の助言をうけ(このプログラムのシステムは新潟大学電子計算機室で開発したものである)，小林敏子，斎藤ハツミ両嬢には大量のデータのパンチなど大変お世話になった。厚く御礼申し上げたい。

## ．現地調査

### (i) プロット設定

空中写真上で決定された原点を地上で確認し，その原点から N，E 方向に 100×100m のブロックをコンパス測量で設定した。ブロック内は同じく N，E 方向に測線を入れ 100 個の 10×10m プロットに分割した。

### (ii) 立木位置

立木位置の測定法としては大別して，極座標表示と直角座標表示の 2 法があり，極座標表示はプロットの四隅のある 1 つから立木までの方位角と水平距離を測定して立木位置を示す方法であり，直角座標表示は立木位置の x 座標，y 座標がプロットの周辺のどの位置に相当するかを測定する方法である。

この両者のいずれを本調査で用いるかについてはかなりの討論がなされた。その概略はつぎのとおりである。

もしも測定のもとになる 10×10m のプロットの測量に誤差がなければいずれの方法も問題はないが，一般にはブロックをプロットに区切る際に多かれ少なかれ誤差をともなうのが普通である。しかし製図上は測量誤差がないものとしてとり扱うのでプロット内の立木位置図は誤差を含むことになる。

直角座標法は図面上の位置と実際の位置とは異なるが，プロット内の相対的位置関係は正しい。換言すればもしもプロットが正しくなければ，すべての立木位置も正しくない。これに反し，極座標法はプロット杭からの測量は距離が短いので正しいと仮定すると，1 つのプロット杭から測量した点の位置は正しいが，プロット杭間の誤差がそのまま図面上に表われる。つまり，現地では明らかにあるプロットに入る立木が図面上では隣りのプロットに入るといことが生じる。

このように相対的な誤差を認めるか，幾つかの集団内での位置関係は正しいが，集団間では異なることを認めるかの見解をとるわけである。両者の得失を明らかにすることは困難であるが，本調査では幾分でも正しいものが含まれる極座標法をとり，測量した結果はすべて正しいとの仮定の上にとち，以後の操作を行なうことにした。したがって，2，3 本の立木は 100×100m ブロックより外側にはみだしたが，これは問題にせず，立木位置図の立木位置が研究対象として用いられることになる。

### (iii) 胸高直径

直径テープを用い 0.1cm 単位で測定した。

### (iv) 樹高

原則としてブルーメライスとデンドロメーターを用いて 0.5m 単位で実測することにしたが，一部比較目測したものもある。

以上の立木位置，胸高直径，樹高はブロック内全立木について行なったが，以下の諸項目はブロックの中央部の 60×60m の精密調査区の立木に限定して調査を行なった。

### (v) 胸高直径生長量

胸高直径 6 cm 以上のエゾマツ、トドマツについて生長錐を挿入し、過去 10 年と 5 年の半径生長量を測定した。

### (vi) 樹冠直径

N・E・S・W の 4 方向の樹冠半径を測定し、この 4 方向の平均値を 2 倍して樹冠直径とした。

### (vii) 枝下高

力枝までの高さを目測推定した。

### (viii) 被圧度

樹冠の垂直的な相対位置を下記の基準で表わした。

- + 他の立木から被圧されず、しかも他の立木を被圧しているもの。
  - 0 他の立木から被圧されず、また他の立木を被圧しないもの。
  - 1 他の 1 本の立木の樹冠がその立木の樹冠の上部に接しているもの。
  - 2 他の 2 本の立木の樹冠がその立木の樹冠の上部に接しているもの。
  - 3 他の 3 本の立木の樹冠がその立木の樹冠の上部に接しているもの。
- $\frac{1}{2}$  2 本の立木の優劣の差がなく並列しているもの。

これらの基準を図 1 に示す。

### (ix) 閉鎖度

樹冠の水平的位置を下記の基準で表わした。

- $\frac{4}{4}$  完全に全周が閉鎖されている場合。
- $\frac{3}{4}$  測定木の全周のほぼ  $\frac{3}{4}$  が閉鎖されている場合。
- $\frac{1}{4}$  測定木の全周のほぼ  $\frac{1}{4}$  が閉鎖されている場合。

### 0 測定木の全周が開放されている場合

これらの基準を図 2 に示す。

### (x) 生長級

樹肌(色, 着生植物), 樹冠(形状, 着葉量, 側枝), 被害程度などによって生長級をつぎのように判定した。

優良木: 樹皮が薄く平滑, 淡色で着生植物がなく, 樹冠は円錐形で枝が連続し着葉量の多いもの。

劣等木: 樹皮が厚く, 亀裂, 条裂があり, 暗色で着生植物が多く, 梢端は円型を呈し, 被は断続し着葉量が少ないもの。

普通木: 上記以外のもの。

### (xi) 林床植生

林床植生の種ごとの占有面積を調査し, 表 1 の基準で被度を表示した。

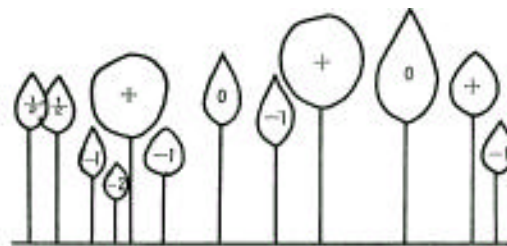


図 1 被圧度模式

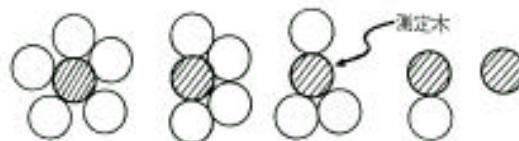


図 2 閉鎖度の模式

表-1 林床拙生の被度

被度	5	4	3	2	1	+
占有面積	1~3/4	3/4~1/2	1/2~1/4	1/4~1/20	1/20~	稀 小

以上の測定項目の外に、立木の外観が胸高断面積生長量にどのように関係するかを検討するために(x)の生長級をさらに詳しくのべたつぎの項目をも調査した。なおこの測定は前崎・小林・阿部の3調査員が話し合いながら行なった。

- a) 樹肌 1: 平滑でつやがあり病斑のないもの, 2: 1, 3以外のもの, 3: 不正常的な亀裂, 条裂のあるもの。
- b) 着生植物(フル, コケ, サルオガセ) 1: あり, 2: なし。
- c) 樹冠の先端 1: 円錐状, 2: 円状。
- d) 着枝状態 1: 正常, 2: 不正常。
- e) 着葉量 1: 多い, 2: 少ない。
- f) 葉色 1: 鮮明, 2: 不鮮明。
- g) 被害(先折, 幹曲, 二叉, コブ, ヤニツボなど) 1: あり, 2: なし。

### ・林分構造

調査ブロックの林分構造は表 2 に示すとおりである。

表-2 調査ブロックの林分構造

樹種	本数/h	胸高直径(cm)			胸高(m)		
		平	均 範	困	平	均 範	困
エゾマツ	131	23.5	2.9~56.8		12.8	2.0~26.5	
トドマツ	200	18.2	2.7~52.4		10.6	1.5~25.5	
シナノキ	346	9.3	2.7~100.8		6.6	2.0~26.0	
コブシ	79	9.6	2.7~43.0		7.0	2.5~21.2	
イタヤ類	72	11.3	3.0~59.6		7.1	2.0~25.0	
ヤチダモ	55	12.1	2.3~67.9		9.2	3.0~27.0	
シウリザクラ	44	11.6	3.8~32.5		8.4	2.0~20.0	
キハダ	39	8.2	3.2~43.1		6.4	2.0~23.0	
ハリギリ	24	7.6	3.4~19.8		7.8	4.5~12.0	
オヒョウ	23	21.9	5.2~47.9		13.9	4.5~22.0	
タラノキ	20	5.3	3.1~11.2		4.1	2.5~6.0	
ヤマグワ	19	8.7	3.6~23.8		6.2	3.5~10.0	
イチイ	16	46.5	3.0~81.5		10.9	2.5~19.5	
カツラ	11	28.5	3.5~92.0		13.2	4.0~27.0	
ナカマド	10	6.1	3.9~13.1		5.8	4.5~11.0	
オニグルミ	9	9.8	4.2~34.0		7.3	5.0~16.0	
ホウノキ	8	6.6	4.4~9.0		6.9	5.5~7.5	
エゾヤマザクラ	6	9.8	4.9~31.8		6.2	4.0~11.0	

樹	種	本数/h	胸高直径 (cm)			樹高 (m)		
			平	均 範	困	平	均 範	困
ミ	ズ	キ	4	5.2	4.2~5.6	5.5	5.0~6.0	
ア	ズ	キ	4	8.2	4.6~13.5	7.0	3.5~12.0	
ツ	リ	バ	3	10.8	8.5~32.5	6.3	4.5~7.5	
バ	ッ	コ	3	5.7	4.1~8.2	5.8	5.0~6.5	
ハ	シ	ド	2	12.7	8.4~17.1	8.0	6.0~10.0	
そ	の	他	4	7.5	4.1~9.8	3.9	3.0~4.5	
	計		1132					

#### IV . 研究方法および結果

##### (i) 密度の表わし方の検討

林木の生長量に関係のある因子として立木密度や樹冠については従来かなり研究が行なわれ、生長量と樹冠量または樹冠表面積などの樹冠に関係する因子とは正の、また立木密度とは負の相関関係が認められるという報告は多々ある。しかし、立木密度の表わし方に種々のものが提案されているので、まず始めに過去 10 年間の断面積生長量  $\Delta G$  を従属変数とし、胸高直径  $D$  と密度  $N$  を独立変数とする重回帰を想定し、密度としては最も一般的なものである (1) 単位面積当りの本数 (ここでは生長量測定木を中心とする 0.01ha 円型内本数を用いた)、(2) Angle Summation I (中心木を含む場合)、(3) Angle Summation (中心木を含まない場合) (Angle Summation の測定本数としては値が安定する 10 本を用いた)、(4) OPIE 法<sup>1)</sup> (ここでは断面積乗数 4 の測定器を用いた) の 4 種を選びどの密度の表示法が最も有効であるかを調べることにした。

用いた資料はエゾマツ 45 本、トドマツ 59 本であり、密度は立木位置図を電子計算機に記憶させ、電子計算機により測定させた。

資料を

$$\Delta G = a + bD + cN$$

にあてはめ、 $\Delta G$  と  $D$ 、 $N$  との間の重相関係数と、 $\Delta G$  の  $D$  および  $N$  に関する偏相関係数を求めると表 3 のようになる。

表 - 3 種々の密度の表わし方の比較

樹	種	エ		ゾ		マ		ツ		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	
重	相	0.9194	0.9190	0.9187	0.9178	0.7794	0.7783	0.7790	0.7779	
偏	相	D	0.9194	0.9166	0.9167	0.9178	0.7776	0.7628	0.7612	0.7573
		N	0.1696	0.2226	0.2073	0.0808	0.0708	0.0905	0.0863	-0.1317

表 3 から、4 種の密度の胸高断面積生長量に対するきき方はわずかで、方法による差も殆んど認められない。したがって操作の最も面倒な OPIE 法、ついで複雑な Angle Summation 法は密度の表示法として理論的には興味をひくが、実際の効果は最も単純な単位面積当り本数となんら変わらないということになる。

## (ii) 重回帰式による生長量推定

胸高断面積生長量を推定するための重回帰式の独立変量として(i)で検討を加えた胸高直径  $D$  と立木密度  $N$  (0.01ha 当り本数)の外に、樹冠体積(単木の樹冠を円錐型と仮定し、樹冠直径から底面積を算出し、枝下高以上の樹高を高さとして求めた)を  $D$  との 1 次回帰で示し、実測値と推定値の偏差  $K$  を加えた次式

$$\Delta G = a + bD + cN + dK$$

をあてはめた。この際用いた資料数はエゾマツ 39 本、トドマツ 57 本計 96 本で、(i)に用いたものと資料数が異なるが、後でのべる数量化法と本法の結果を対比するために数量化法の資料と一致させたためである。このように節によって資料数が異なるのは各分析法により必要な項目の測定もれなどがあり、計算実行の都合上全部をチェックせずに分析法ごとに資料が整い次第、計算機に入れていったためである。上の重回帰式の  $\Delta G$  と  $D$ 、 $N$ 、 $K$  との間の重相関係数および  $\Delta G$  の各独立変数に関する偏相関係数の計算結果を表 4 に示す。

表 4 重回帰式の精度  
(エゾマツ、トドマツこみ)

重 相 関 係 数	0.8603
偏 相 関 係 数	$D$ 0.8591
	$N$ 0.0513
	$K$ 0.0929

この結果で明らかのように、3 因子を用いた重回帰によって、胸高断面積生長量の変動の 74% が説明された。しかし、その大部分は胸高直径によるものであり、他の樹冠量と密度は殆んど寄与していないことがわかる。

## (iii) 数量化法による生長量推定

の現地測定した因子をみると (ii) でのべた連続変量として表わされるものの外に、アイテムのカテゴリー反応で測定される質的なものがある。このような因子と胸高断面積生長量とを関係づけるために数量化法<sup>12)</sup> (外的基準が数量で表わされている場合)を用いることにした。すなわち、過去 10 年の胸高断面積生長量を外的基準とし、これを単木自身の胸高直径、質的形質、その周囲の立木の立体的配置および林内の局所環境などの要因と結びつけ、推定しようとするのである。

用いたアイテムとそれらのカテゴリー表現は以下に示すものである。

### a) 胸高直径

胸高直径はつぎに示す 5 カテゴリーにわけた。

	1	2	3	4	5
カテゴリー (cm)	0~9.9	10~19.9	20~29.9	30~39.9	40 以上

(ii) の結果から胸高直径は胸高断面積生長量に強く影響する因子であるので、カテゴリー数を増やす方が明らかに精度はよくなるものと思われるが、余り増やすと各カテゴリーへの資料数の配分のバランスがくずれ、また煩雑になるので 5 カテゴリーと決めた。

### b) 密度

密度は (i) でも明らかになったように、単位面積当りの本数が操作上有利であるが、この場合は理論的興味から Angle Summation II (中心木を含まない場合) の 10 本の平均値を用いることにし、カテゴリーはつぎに示す 4 つにわけた。

	1	2	3	4
カテゴリー	0~29	30~59	60~89	90以上

この場合は(ii)で明らかになったように胸高直径と異なり、密度は外的基準に余りきかないのでカテゴリー数は少なくともたいした精度の低下はないものと考え4カテゴリーにした。しかし、後で明らかにするように密度は胸高直径を除いたアイテムの中では比較的きくので、1カテゴリー増やして5カテゴリーにするのも精度向上の一方法かもしれない。

c) 樹冠量

樹冠量をそのまま用いると、胸高直径と樹冠量との間に正の相関が認められるので、アイテム間の独立性が失われ好ましくない。そこで(ii)と同じように樹冠量と胸高直径  $D$  との1次回帰式

$$\hat{K} = a + bD$$

を作り、この回帰式からの偏差を樹冠量として用いることにした。カテゴリーはつきに示す。

	1	2	3
カテゴリー (3m <sup>3</sup> )	-100以下	-100~+100	+100以上

d) 林床植生

IIでのべた方法で調査した林床植生は表5にまとめたとおりで、植生型はオシダを優占種とした型とみられる。現在はオシダよりもクマイザサが優占しているが、各プロットの被度曲線を書いてみると図3に示すように、オシダがクマイザサに比して安定している。また、オシダ対クマイザサの被度間に負の相関性が認められる。これは上木のうっ閉が疎開することによって、クマイザサの侵入が2次的に行なわれたことを示す。すなわち樹冠の疎開は林床により多くの日射量を導き、その結果他の微気象に作用し、また土壤の水分条件にも変化をもたらす。このような林内の局所的環境の変化に適応して優占種であるオシダが衰退し、これにかわってクマイザサが侵入したものと考えられる。以上のように考え

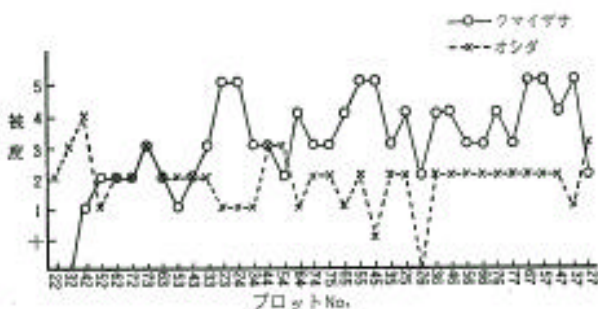


図3 優先種の被度曲線

表5 林床植生構成

種	被度	頻度
クマイザサ	3	E
オシダ	2	E
フッキソウ	2	E
マタタビ	1	E
オガラバナ	1	E
シラネウラボ	1	E
ヤマブドウ	1	E
イラクサ	+	D
アカミノルイショウマ	+	D
ヨブスマソウ	+	D
クルマムグラ	+	C
マイズルソウ	+	B
ヒロハスゲ	+	B
スゲ	+	B
エゾイチゴ	+	B

れば林内における局所的な環境の相違は、クマイザサの侵大量と優占度により間接的に指標される筈である。このような見解から、プロットごとに植生型をつぎのように分類した。

植 生 型 の 分 類					
被 度 の 順 位	ク	マ	イ	ザ	サ の 被 度
	4	以	上	3	2 以 下
クマイザサ > オシダ		A1		B1	C1
クマイザサ オシダ		A2		B2	C2

上の分類では6カテゴリーになるが、本資料にはA2がなかったのでつぎの5カテゴリーにした。

	1	2	3	4	5
カテゴリー	A1	B1	B2	C1	C2

以上の外に生長級、閉鎖度、被圧度および樹種をアイテムとしてとりあげ、そのカテゴリーをそれぞれつぎのように定めた。

e) 生長級				f) 閉鎖度			
	1	2	3		1	2	3
カテゴリー	優勢木	普通木	劣勢木	カテゴリー	0	1/4と2/4	3/4と4/4

g) 被圧度				h) 樹種		
	1	2	3	4	1	2
カテゴリー	+ 0と1/2	-1	2と3		カテゴリー	エゾマツ トドマツ

以上のように表現したアイテム、カテゴリーに対して数量化法Iによって外的基準との重相関係数を最大にするような数量、すなわちスコアを求めた。この結果は表 6 に示したとおりである。さらに、えられたスコアを用いて外的基準の実測値と推定値の重相関係数および外的基準の実測値と各アイテム間の偏相関係数を求めた。なおこの計算の過程で各アイテム間の内部相関行列を計算し、これらの結果を表 7 に示した。

表 - 6 胸高断面積生長量に対する要因スコア

カテゴリー	ア		イ			テ		ム
	樹冠量	生長級	閉鎖度	被圧度	胸高直径	林圧植生密度	樹種	
1	185.227	0	0	0	0	0	0	
2	144.187	25.155	28.189	55.517	17.531	5.978	1.849	
3	174.289	54.314	1.094	46.234	80.348	22.356	29.360	
4				62.389	119.166	72.866	50.421	
5					204.274	21.035		



表 - 7 アイテム間の内部相関係数および外的基準と  
アイテム間の偏相関係数

	樹冠量	生長級	閉鎖度	被圧度	胸高直径	林床植生	密度	樹種
樹冠量								
生長級	0.1785							
閉鎖度	0.3647	0.2493						
被圧度	0.1643	0.4518	0.1930					
胸高直径	0.5672	0.4496	0.3552	0.5847				
林床植生	0.0767	0.2973	0.0847	0.1459	0.0480			
密度	0.0042	0.3683	0.2620	0.2680	0.2304	0.3602		
樹種	0.0015	0.1760	0.0001	0.1127	0.2629	0.0226	0.1599	
外的基準	0.4789	0.5274	0.2541	0.6220	0.8237	0.0047	0.3301	0.2142
偏相関係数	0.2441	0.2947	0.2061	0.2942	0.5639	0.3232	0.3087	0.0159
重層相関係数					0.8799			

以上のように、過去 10 年間の胸高断面積生長量の要因としてとりあげた樹冠量以下 7 アイテムによる表現力は、その一致度を測る尺度である重相関係数で表わされ、その値は 0.8799 となった。これは、重回帰式を用いた場合の表 4 に示した値 0.8603 よりわずかに高い程度にすぎない。この原因として、まず考えられることは、アイテム間の内部相関の存在である。これを表 7 で検討してみると、胸高直径と樹冠量、胸高直径と被圧度の間にそれぞれ 0.6 に近い相関係数の値が認められる。前者については、胸高直径が大になると樹高も高くなり、したがって被圧度は + かまたは 1/2 となる可能生が大となる。これとは逆に胸高直径が小さいと樹高も低く、したがって被圧度も - 1 や - 3 となる傾向をもつ。そのため胸高直径対樹高の関係の変動が小さいような林分では被圧度をアイテムからおとすか、あるいは両者を祇合せて 1 つのアイテムとして数量化する必要がある。

後者の内部相関の高い理由は、実際の樹冠量と胸高直径との 1 次回帰式が十分なあてはまりを示さなかったためと考えられる。この場合 2 次回帰式

$$\hat{K} = a + bD + cD^2$$

または、1 次回帰式であっても、 $D^2$  を用いた

$$\hat{K} = a + bD^2$$

がよくあてはまり、これからの偏差で樹冠量を表わすアイテムとすれば、内部相関が低くなるものと思われる。

ここで用いることができた資料木は 96 木にすぎず、付表にかかげたクロス表からもうかがわれるように、すべての行列要素に資料がおちず、したがって安定した数量がえられなかったことも重相関係数を高めることができなかった原因と思われる。このことは、表 6 のスコアにも表われ、胸高直径、生長級、林床植生、樹種以外のアイテムのスコアに林業常識と異なった値がみられる結果となった。以上の諸点を再検討すれば、本法によってより高い精度の推定値をえることが期待される。

一方、外的基準すなわち 10 年間の胸高断面積生長量に対する要因の寄与の大きさを測る尺度としての偏相関係数をみると、単木自身の胸高直径が 0.5639 で一番高い値を示し、ついで林床植生の 0.3232、以下立木密度、生長級、被圧度、樹冠量、閉鎖度、樹種の順に低くなる。これらの偏相関係数の値は、上述したように資料数の

不足から、十分な精度をもつものではないが、傾向としてつぎのようなことが考察される。すなわち、一森林中に成立するエゾマツ、トドマツの成木の断面積生長量は、周囲の立木の配置状態や局所的環境差よりも、単木自体の生長法則に強くしたが、樹種による差は認められない。表 - 6 の胸高直径のスコアから、ここでとりあげた 8 次元の要因空間では、胸高断面積は胸高直径に対して S 状の生長を示す。

胸高直径以外のアイテムの胸高断面積生長量への寄与力は、0.3~0.2 程度の偏相関係数で示されるにすぎない。このことは、エゾマツ、トドマツの単木胸高断面積生長の法則性を見出し、ひいてはこれからシミュレーションにより生長追跡を目差す筆者にとってあまり好ましくない。というのは胸高断面積生長量にきく因子が余り多過ぎると、シミュレーションの実行が困難となり、できれば有効な 2, 3 の因子を見出したかったからである。シミュレーションにおける生長追跡のモデルに林床植生は導入しにくいのでこれを除くと、今回の結果からは用いられそうな因子は胸高直径、密度、被圧度ぐらいであり、さらに樹冠量を加えるといったところであろう。

(iv) 樹本の外観による推定法

でのべた、樹肌、着生植物の有無、樹の形状、着枝状態、着葉量、葉色、被害の有無により、エゾマツ、トドマツの胸高断面積生長量の推定が可能であることをみるために、以上のアイテムの外に胸高直径と樹種の 2 アイテムを加え、計 9 アイテムで (iii) と同様な数量化を行なった。用いたアイテムとカテゴリー表現はつぎのとおりである。なお、この場合資料数は測定もれのため (iii) の場合よりも 4 本少ない 92 本である。

a) 樹 肌			
	1	2	3
カテゴリー	平 滑	1, 3 以外	亀裂, 糸裂

b) 着 生 植 物		
	1	2
カテゴリー	あ り	な し

c) 樹冠の形状			
	1	2	
カテゴリー	円 錐 状	円 状	状

d) 着 枝 状 態		
	1	2
カテゴリー	正 不 正	

e) 着 葉 量		
	1	2
カテゴリー	多	少

f) 葉 色			
	1	2	
カテゴリー	鮮 明	不 鮮 明	

g) 被 害		
	1	2
カテゴリー	あ り	な し

胸高直径と樹種のカテゴリーのわけかたは(iii)の場合と同じである。

以上のアイテム、カテゴリーを用いて(iii)と同様な外的基準に対してスコアを算出し、各アイテム間の内部相関係数を求めると表 8 のようになる。

表 8 より，樹冠の形状と着枝状態との間に 0.5274，葉色と着葉量との間に 0.6127 の相関係数が認められ，これらの間の独立性は疑わしい。そこでこれらの中から樹冠の形状と葉色の 2 アイテムを除くことにした。この 2 つを選んだ理由は他の 2 つよりも胸高断面積生長量に対する偏相関係数が低かったからである。

残された 7 アイテムを用いて各アイテム，カテゴリーに与える数量を求めると表 9 のようになる。また各アイテム間の内部相関係数および外的基準と各アイテム間の偏相関係数を求めこれを表 10 に示す。

表 8 アイテム間の内部相関係数

	樹 肌	着生植物	樹 冠	着 枝	着 葉 量	葉 色	被 害	胸高直径	樹 種
樹 肌									
着生植物	0.1441								
樹 冠	0.1570	0.0259							
着 枝	0.2938	0.1361	0.5274						
着 葉 量	0.1531	0.0942	0.2234	0.3814					
葉 色	0.0175	0.0701	0.1745	0.2601	0.6127				
被 害	0.0338	0.0334	0.0377	0.1053	0.0790	0.1355			
胸高直径	0.0594	0.3235	0.2222	0.0016	0.2463	0.2173	0.0925		
樹 種	0.2208	0.2282	0.1354	0.2044	0.2879	0.1287	0.1188	0.3499	
外的基準	0.1620	0.2740	0.0647	0.1527	0.3568	0.2570	0.0578	0.8288	0.2989

表 9 胸高断面積生長量に対する樹木外観要因スコア

アイテム	樹 肌	着生植物	着枝状態	着 葉 量	被 害	胸高直径	樹 種
カ	1	24.268	0	0	0	0	0
テ	2	21.973	7.980	20.327	26.227	27.657	46.100
ゴ	3	5.367					139.450
リ	4						186.580
	5						315.104

表 -10 アイテム間の内部相関係数および外的基準と

各アイテム間の偏相関係数

	樹 肌	着生植物	着枝状態	着 葉 量	被 害	胸高直径	樹 種
樹 肌							
着生植物	0.1722						
着枝状態	0.3259	0.1362					
着 葉 量	0.1782	0.0942	0.3814				
被 害	0.0287	0.0334	0.1053	0.0790			
胸高直径	0.0616	0.3257	0.0012	0.2444	0.0928		
樹 種	0.2235	0.2282	0.2044	0.2879	0.1188	0.3501	
外的基準	0.1696	0.2740	0.1527	0.3551	0.0578	0.8266	0.2989
偏相関係数	0.1502	0.0590	0.1450	0.1870	0.1969	0.8129	0.0823
重相関係数			0.8589				

表 9 より、スコアは着生植物のある方がない方よりも大きくでている点を除けば、ほぼ常識にかなった数量であると認められる。

表 10 より、重相関係数は 0.8589 であり、資料数は前述のように 4 本少なくなっているが、重回帰式の場合の 0.8603、(iii) の場合の 0.8799 よりも幾分低い。偏相関係数をみると胸高直径が 1 番高く 0.8129 を示し、ついで被害、着葉量、樹肌、着枝状態とつづき、樹種、着生植物の有無は殆んど無関係であることを示している。2 番目に高い偏相関係数を示した被害のアイテムは 0.1969 で胸高直径に比べて著しく低いことから、樹木の外観による各アイテムは胸高断面積生長量に余り影響しないものと思われる。このことは(iii)でのべた生長級のアイテムは、ここで表わした樹木の外観の総合的な表現であり、そのような生長級と胸高断面積生長量との偏相関係数は 0.2947 しか示さなかったことから予想されたことである。したがって、樹木の外観から胸高断面積生長量を推定することは有効な方法とは言えないであろう。

## V. お わ り に

従来、生長量の推定およびその要因分析は、IV・(ii)で試みた重回帰法が主として用いられていた。天然林のような複雑な構造要因をとらえるためには、質的な表現項目を加えなければ十分ではない。したがって、説明変数が数量に限られる重回帰法は、その推定能力、解析能力におのずと限界があるわけである。そこで本稿ではこのような場合にも適用できる数量化法による(iii)の胸高断面積生長量の推定法と、その要因分析に研究の重点をおいた。しかし、資料数の不足もあって十分満足できる結果をえることはできなかった。今後研究結果で考察したような諸点の検討、さらには、立地学、生態学的知見から導かれる新しい測定項目を見だし、要因に加えるなどを行えば、数量化法によって複雑な天然林の生長解析を果しえるものと思われ、引続き研究をかさねてゆきたい。

なお本稿では、現時点の要因から、過去の生長量の推定とその記述にとどまったが、数量化法を生長量の予測にまで発展させるには、予測点における要因を用いなければならない。(iii)で用いた要因のうち、樹種以外はそれ自身も外的基準とともに変化し、時点のずれをもつものである。この影響がどの程度か、つまり、予測法としての必須条件である恒常性の検討が必要である。このためには、固定した標本地の再測資料のつみあげを図らなければならないと思う。

本稿ではふれなかったが、調査ブロック内で、プロットごとに更新稚樹の発生本数、樹高 30cm 以上で胸高直径 6 cm 以下の幼樹の位置なども調査されており、今後再測の際には更新関係についても分析を加える予定である。

## 摘 要

北海道東部の北見地域に分布する天然林のうち、典型的な針広混交林中のエゾマツ、トドマツの過去 10 年間の胸高断面積生長量の推定法とその生長法則性について検討した。

推定法は、つぎの 3 法を用いそれぞれの概略はつぎのとおりである。

(iii) 重回帰式 推定対象の単木の胸高直径  $D$ 、樹冠量  $K$  およびその周囲の立木密度  $N$  を独立変数、単木の過去 10 年間の胸高断面積生長量  $\Delta G$  を従属変数として線形式

$$\Delta G = a + bD + cN + dK$$

を資料木 96 本にあてはめた。その結果、重相関係数は 0.8603 をえた。

(iii) 数量化法  $\triangleleft G$  を外的基準とし，単木自身の胸高直径，質的形質，その周囲の立木の配置状態および林内の局所環境など 8 アイテムを要因として数量化を行なった。その結果重相関係数 0.8799 をえた。各アイテムの偏相関係数の値は，単木の胸高直径が最も高く，エゾマツ，トドマツ両樹種の差は殆んどなく，他の 5 アイテムの値は 0.3 ~ 0.2 の範囲を示した。

(iii) 樹木の外観を要因とする数量化法 単木自身の樹肌，着枝状態など 5 アイテムを要因として数量化を行ない  $\triangleleft G$  に対する寄与力をみたが，いずれも 0.2 以下の偏相関を示すにとどまった。

#### 引用文献

- 1) OPIE, J. E. 1968. Predictability of individual tree growth using various definitions of competing basal area. For. sci. 14 (3): 314-323.
- 2) HAYASHI, C. 1961. Sample survey and theory of quantification. Bull., Internat. Statist. Inst. 38 (4): 505-514

附 表 (iii) 法 の ク ロ ス 表

ア イ テ ム	樹 冠 量			生 長 級			閉 鎖 度			被 圧 度				胸 高 直 径					林 床 植 生				密 度				樹 種		胸高断面積 生長量合計			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1		2		
樹 冠 量	1	23		4	13	6	0	14	9	3	7	8	5	0	1	14	6	2	16	4	0	0	3	9	9	3	2	7	16	3964.73		
	2		66	12	26	28	6	11	49	8	7	24	27	19	30	11	4	2	19	15	1	4	27	27	25	10	4	26	40	5103.01		
	3			5	2	0	6	0	1	6	1	0	0	0	0	1	1	5	4	0	0	1	2	4	3	0	0	6	1	2179.85		
生 長 級	1			21			6	8	7	10	4	5	2	3	3	6	3	6	13	2	0	4	2	17	4	0	0	12	9	4274.12		
	2				41		6	13	22	7	8	13	13	3	14	14	8	2	16	8	1	0	16	15	21	4	1	16	25	5401.71		
	3					34	0	4	30	0	3	14	17	13	14	6	0	1	10	9	0	1	14	8	12	9	5	11	23	1571.76		
閉 鎖 度	1						12			10	1	1	0	1	1	2	2	6	6	1	0	2	3	9	2	1	0	9	3	3115.00		
	2							25		7	7	7	4	1	3	11	7	3	14	6	1	1	3	16	8	1	0	10	15	4059.70		
	3								59	0	7	24	28	17	27	13	2	0	19	12	0	2	26	15	27	11	6	20	39	4072.89		
被 圧 度	1									17				0	1	5	4	7	10	4	0	1	2	12	4	1	0	10	7	4514.37		
	2										15			0	5	5	4	1	8	1	1	0	5	7	6	1	1	9	6	2074.34		
	3											32		11	14	6	1	0	6	7	0	4	15	12	13	4	3	7	25	2935.14		
	4												32	8	11	10	2	1	15	7	0	0	10	9	14	7	2	13	19	1723.74		
胸 高 直 径	1													19					7	3	0	3	6	5	9	5	0	6	13	312.92		
	2														31				7	7	0	1	16	12	11	4	4	9	22	1787.21		
	3															26			13	6	1	0	6	10	10	4	2	13	13	3920.70		
	4																11		6	3	0	0	2	6	5	0	0	4	7	2260.88		
	5																	9		6	0	0	1	2	7	2	0	0	7	2	2965.88	
林 床 植 生	1																		39					21	12	5	1	19	20	5862.42		
	2																			19					7	9	1	2	5	14	1831.41	
	3																				1				1	0	0	0	1	0	138.03	
	4																						5					2	3	348.81		
	5																								6	16	7	3	12	20	3066.92	
密 度	1																							40							6526.31	
	2																									37					3475.90	
	3																										13				898.33	
	4																											6			347.05	
樹 種	1																													39		5703.12