

天然林施業における樹形グラフの利用*

山本博一**

I. はじめに

本来、天然林施業の収穫規整は、その林分構造の複雑さのために人工林よりも複雑でなければならぬ。ところが現実にはそれとは逆で、天然林施業の収穫規整の方が単純なものとなっている。その理由として、天然林の成長現象があまりにも複雑で、これを記述することができなかったこと、仮に成長現象を記述できたとしても、計算が複雑になり過ぎること、膨大な計算量の割に、経済的な見返りが少なく割に合わなかったこと、などが考えられる。しかし、天然林の重要性が高まり、天然林の成長現象に関する新たな知見が得られ、計算処理速度の向上した今日では、天然林を取りまく環境は著しく変化している。その結果、より精密な天然林施業の収穫規整が可能になってきている。

例えば、東京大学北海道演習林では30年間以上にわたり、林分施業法という一貫した施業方針のもとに天然林施業がなされてきている。そして、その間には膨大な測定記録が残されている。すなわち、106箇所の固定試験地における成長測定記録があり、事業実行に伴う各林分の林況調査と収穫調査の記録がある。しかし、これらの情報はその時々々の収穫事業に利用されるだけで、いわば使い捨ての情報となっていた。本来、天然林を施業するに当たっては、これらの過去の情報をも総合的に勘案して伐採許容量が決定されるべきである。従来の天然林施業においても、これらの情報を全く使用していなかったわけではなく、それぞれの施業担当者がその経験に基づき判断を下していたわけである。しかし、その判断にはかなりの知識と経験が要求され、同時に個人差もかなりあった。このことが、天然林施業の普通化を阻む大きな要因の一つになっていたと考えられる。そこで、これまでに得られた情報を統合して、複数の施業担当者が共有できるデータベースを築き上げることが必要である。このデータベースはできるだけ定量的に表現され、施業実施に当たりいくつかの選択肢を提示するための基礎となるような形で用意されなければならない。

天然林施業においては伐採許容量を決定する上で、成長量をどのように把握するかが大きな問題となる。一般に、林分構造は天然林の成長量を予測するための手がかりとなると考えられている。このため、柴田ら^{4,5)}は林分構造により林型を区分し、同一林型の林分は同じ成長パターンを

*Use of Tree-form Graph for Natural Forest Management System

**Hirokazu YAMAMOTO, Faculty of Agr., Univ. of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113 東京大学農学部

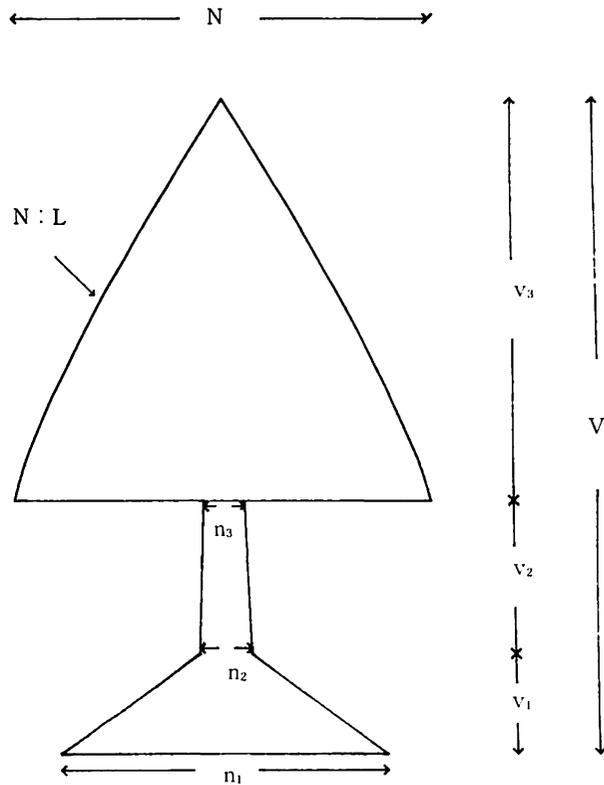
示すという前提のもとに、直径遷移確率を用いて成長量を予測し、林型ごとに施業方法を提示した。また、石橋¹⁾²⁾は天然林を構成する18の要素をチャノフの顔形グラフを用いて視覚化し、クラスター分析による林型区分に利用した。しかし、柴田らの林型区分では、同じ林型の中でも蓄積や立木本数にかなりの幅が認められた。石橋の顔形グラフでは、変数が多すぎて全体的なイメージをつかむのが困難に感じられた。また、林型区分を目的としたため、全体の材積や立木本数が表現されていない。そこで、筆者はよりわかりやすくかつ施業上実用的な林分構造の表現方法として、新たに樹形グラフを考案したのでその結果を報告する。

II. 樹形グラフについて

樹形グラフとは、林木の集合である林分を一本の樹木の形に表したものである。この樹形グラフは天然林を管理して行く上で、林分構造を視覚化するための道具として利用することができる。例えば、林分構造の時間的変化を表現したり、類似した林分構造を持つ林分を見つけ出したり、目標林との対比をしたりすることができる。

柴田はその林型区分の指標として、①択伐・補植・皆伐・再生林択伐などの林分区分、②針葉樹対広葉樹の材積比、③大・中・小径木(大：胸高直径45.0 cm以上，中：25.0~44.9 cm，小：5.0~24.9 cm)の材積比、④材積と本数の関係から導かれる林分疎密度、⑤優占樹種のNL別の5項目の情報を用いて216の林型に区分した。東京大学北海道演習林では、天然林施業を行うにあたり、林分構造を示す最小限の因子として林分ごとに単位面積当りの大・中・小径木別の材積および本数の6項目の情報を収集している。そこで、筆者はこれらの情報を用いて、柴田らの林型区分より精密なレベルで、石橋の顔形グラフよりシンプルに林分構造を視覚的に表現することを試みた。

図-1に示したように、樹形グラフは林分構造を示す6項目($n_1 \sim n_3, v_1 \sim v_3$)に、これから得られる単位面積当りの材積(V)および立木本数(N)、針葉樹対広葉樹の材積比($N:L$)の3項目を加え、合計9項目を用いて林分構造を表現する。すなわち、樹高が総材積 V を、クローネ直径が総本数 N を示している。この縦横のバランスから林分疎密度を把握することができる。樹高に対してクローネ直径が相対的に大きければ密度の高い林分を意味し、逆にクローネ直径に対して樹高が相対的に大きければ比較的疎な林分を意味する。次に、クローネ長が大径木の材積 v_3 を、幹の長さが中径木の材積 v_2 を、根張りの高さが小径木の材積 v_1 を示している。この3つのバランスから大・中・小径木の材積比を知ることができる。クローネが相対的に長ければ大径木の割合が多く、根張りが高ければ小径木の割合が多い林分を意味する。また、各部の横方向の長さが大・中・小径木の本数を示している。幹上部の幅は大径木の本数 n_3 、幹下部の幅は中径木の本数 n_2 、根張りの幅は小径木の本数 n_1 となる。クローネ直径に対するこの3つ横幅のバランスから大・中・小径木の本数比を知ることができる。さらに、クローネの形が針葉樹対広葉樹の材積比を示している。ここではクローネの頂点と底辺の両端を結ぶ線を $y = a x^p$ という式で表し、 p = 針葉樹材



$N = 969$ $V = 369$
 $n_1 = 752$ $v_1 = 56$
 $n_2 = 121$ $v_2 = 86$
 $n_3 = 96$ $v_3 = 227$

$N : L = 45 : 55$

ただし、

N : 立木本数/ha	V : 林積/ha
n_1 : 小径木本数	v_1 : 小径木材積
n_2 : 中径木材数	v_2 : 中径木材積
n_3 : 大径木本数	v_3 : 大径木材積

図-1 樹形グラフの構成

積/広葉樹材積という関係を与えている。したがって、広葉樹材積=針葉樹材積の時には $P = 1$ となり、 $y = a x^P$ は直線となる。広葉樹材積 > 針葉樹材積の時には $P < 1$ となり、 $y = a x^P$ は上に凸な曲線となる。広葉樹材積 < 針葉樹材積の時には $P > 1$ となり、 $y = a x^P$ は下に凸な曲線となる。この結果、樹形グラフがいかににも広葉樹らしくクローネが丸みをおびた形をしているときは広葉樹の材積比が大きい林分を意味し、針葉樹らしくクローネが尖った形をしているときは針葉樹の材積比の大きい林分を意味する。

次に、林型によってどのように樹形グラフが変化するかを見てみることにする。図-2は東京

大学北海道演習林の固定標準地資料の中から、いくつかの林型を代表する林分の樹形グラフを示したものである。先に述べたように、疎密度の高い林分ではクローネの幅が大きくなり傘を開いたような樹形になっており、広葉樹主体の林分では丸みを帯びたクローネが描かれている。択伐林分のうち里山林の場合、更新が旺盛で小径木の本数・材積が比較的多く、樹形グラフはどっしりとした安定感のある形をしている。これに対して、奥地林の場合は蓄積が高く、本数の少ないスマートな樹形をしているが、大径木の割合が多く更新があまり旺盛でないため、やや足元の不安定な感じを与えている。再生林択伐林分では広葉樹の割合が多く、小径木の材積比が大きい。大径木がほとんどなく、材積に対して本数が多いため、樹木の形と云うよりもワイングラスを伏せたような形になってしまっている。補植林分では更新が不良で中・小径木の蓄積割合が小さい。このままでは林分として将来の発展が期待できないので、不良木を整理して、その跡地に補植したり、下種更新の促進作業を行っている。風害林分は昭和56年に発生した風害を受けた林分であるが、樹形グラフで表してみると、風害を受けていない林分に比べて本数・材積がともに少なくなっている様子がよくわかる。ここでも、補植林分と同様に積極的な下木の育成が図られている。

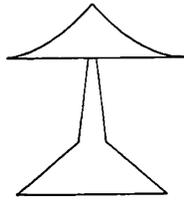
以下に、このような樹形グラフを用いて、いろいろな角度から林分構造の比較を行った結果を示す。

Ⅲ. 林分構造の時系列変化の把握

東京大学北海道演習林の固定標準地資料の中から代表的な林分を選び、林分構造の時間的変化を見てみることにする(図-3)。一番目の例は、疎密度の高い針葉樹主体の里山択伐林分の4年間の成長を捉えたものである。この間に $38 \text{ m}^3/\text{ha}$ の蓄積増加がみられている。しかし、小径木には大きな変化はなく、針葉樹の中・大径木で成長量を稼いでいる。その結果、針葉樹の割合が増加している。こうしたことは、二つの樹形グラフを重ねてみるとその様子がよくわかる。二番目の例は、疎密度中の針葉樹主体の奥山択伐林分の5年間の成長を捉えたものである。この間に蓄積は $34 \text{ m}^3/\text{ha}$ 増加しているが、その内訳は里山林分の例よりも大径木における蓄積増加が顕著である。三番目の例は、伐採の前後で林分構造がどのように変化するかを比較したものである。これは疎密度中の広葉樹主体の里山択伐林分を14%の択伐率で伐採したものであるが、針葉樹の大径木を主体に伐った結果、広葉樹の割合が増し、大径木の蓄積と小径木の本数が著しく減っている。このように樹形グラフを重ねてみると、同一の林分の時系列変化や伐採による変化を視覚的に捉えることができる。

Ⅳ. 目標林との対比

大面積にわたって天然林施業を実施しようとする場合、複数の施業担当者が森林を管理することになるので、具体的な目標林の姿を描いておく必要がある。そのため、南雲³⁾は択伐林の施業方法が明確に規定され、それに基づいて施業が実施されている場合には、森林は蓄積とか生長量の

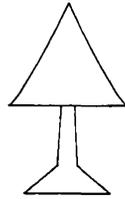


択伐 I

$N = 1136$ $V = 276$
 $n_1 = 992$ $v_1 = 77$
 $n_2 = 167$ $v_2 = 120$
 $n_3 = 47$ $v_3 = 79$

$N : L = 66 : 34$

針葉樹主体の里山択伐林分
 疎密度密



択伐 I

$N = 723$ $V = 275$
 $n_1 = 523$ $v_1 = 41$
 $n_2 = 119$ $v_2 = 85$
 $n_3 = 80$ $v_3 = 149$

$N : L = 55 : 45$

針葉樹主体の里山択伐林分
 疎密度中

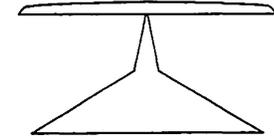


択伐 II

$N = 488$ $V = 349$
 $n_1 = 309$ $v_1 = 25$
 $n_2 = 76$ $v_2 = 54$
 $n_3 = 103$ $v_3 = 270$

$N : L = 63 : 37$

針葉樹主体の奥山択伐林分
 疎密度疎

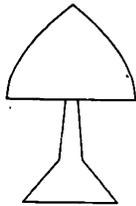


再択 I

$N = 1573$ $V = 190$
 $n_1 = 1416$ $v_1 = 91$
 $n_2 = 146$ $v_2 = 80$
 $n_3 = 11$ $v_3 = 19$

$N : L = 15 : 85$

里山再生林択伐林分

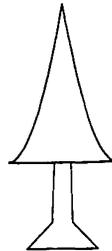


択伐 I

$N = 790$ $V = 290$
 $n_1 = 578$ $v_1 = 63$
 $n_2 = 139$ $v_2 = 87$
 $n_3 = 73$ $v_3 = 140$

$N : L = 35 : 65$

広葉樹主体の里山択伐林分
 疎密度中



択伐 II

$N = 648$ $V = 353$
 $n_1 = 426$ $v_1 = 38$
 $n_2 = 122$ $v_2 = 85$
 $n_3 = 100$ $v_3 = 230$

$N : L = 66 : 34$

針葉樹主体の奥山択伐林分
 疎密度中



複植 I

$N = 387$ $V = 181$
 $n_1 = 286$ $v_1 = 28$
 $n_2 = 53$ $v_2 = 36$
 $n_3 = 48$ $v_3 = 117$

$N : L = 56 : 44$

里山補植林分：疎密度疎



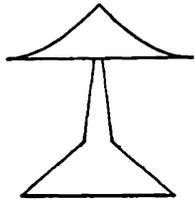
風害 II

$N = 311$ $V = 125$
 $n_1 = 229$ $v_1 = 23$
 $n_2 = 44$ $v_2 = 30$
 $n_3 = 38$ $v_3 = 73$

$N : L = 53 : 47$

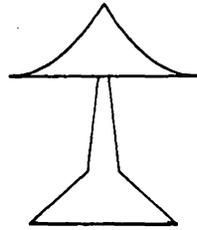
奥山風害林分

図-2 代表的林分の樹形グラフ



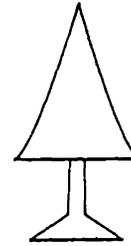
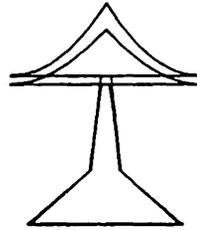
択伐 I 1970

$N = 1136$ $V = 276$
 $n_1 = 922$ $v_1 = 77$
 $n_2 = 167$ $v_2 = 120$
 $n_3 = 47$ $v_3 = 79$
 $N : L = 66 : 34$



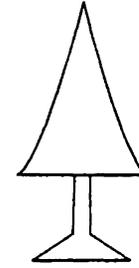
択伐 I 1974

$N = 1139$ $V = 314$
 $n_1 = 889$ $v_1 = 74$
 $n_2 = 189$ $v_2 = 135$
 $n_3 = 61$ $v_3 = 105$
 $N : L = 68 : 32$



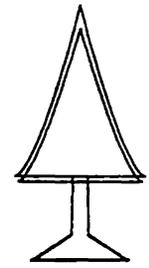
択伐 II 1974

$N = 740$ $V = 337$
 $n_1 = 548$ $v_1 = 36$
 $n_2 = 104$ $v_2 = 77$
 $n_3 = 88$ $v_3 = 223$
 $N : L = 58 : 42$

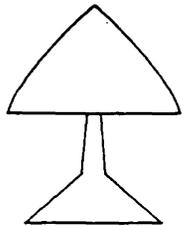


択伐 II 1979

$N = 776$ $V = 371$
 $n_1 = 580$ $v_1 = 38$
 $n_2 = 104$ $v_2 = 83$
 $n_3 = 92$ $v_3 = 250$
 $N : L = 59 : 41$

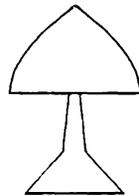


(1) 針葉樹主体の里山択伐林分
疎密度密



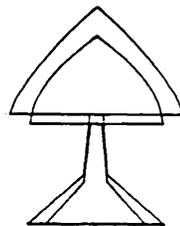
択伐 I 1970

$N = 1039$ $V = 310$
 $n_1 = 820$ $v_1 = 71$
 $n_2 = 139$ $v_2 = 86$
 $n_3 = 80$ $v_3 = 153$
 $N : L = 42 : 58$



択伐 I 1970

$N = 795$ $V = 267$
 $n_1 = 595$ $v_1 = 61$
 $n_2 = 134$ $v_2 = 83$
 $n_3 = 66$ $v_3 = 124$
 $N : L = 35 : 65$



(2) 針葉樹主体の奥山択伐林分
疎密度中

(3) 広葉樹主体の里山択伐林分
疎密度中

図-3 林分構造の時間的变化

面で何らかの限界に達した状態があり、森林をこの状態の近傍にとどめておくことは可能であると考え、その状態を択伐林の法正状態と定義した。そして、法正状態とは①生長量が恒常的に高いこと。②森林を任意の状態からその状態の近傍に誘導することが可能であること。③その状態の近傍に安定的に維持することが可能であることの3条件が満足されるものでなければならないとしている。そこでまず、①の条件を満たす林分の構造に何か特徴があるかどうかを調べてみることにする。

図-4は、東京大学北海道演習林の固定標準地資料の中からha当りの材積が250 m³以上で成長率のよい林分を選び、その樹形グラフを描いたものである。ここには実に様々な構造の林分が登場するが、これを見る限り針葉樹の割合が高いこと、大径木または中径木の割合の大きいことが成長のよい林分の特徴とされるであろう。このような資料を集めることによって、どのような樹形グラフを示す林分が望ましい林分であるかを知ることができる。

図-5の上段は、一般に択伐林施業の目標とされている林分構造を樹形グラフに表したものである。すなわち、蓄積300 m³/ha、針葉樹の蓄積割合70%、立木本数1000本/ha、大・中・小径木の材積比を5:3:2としたものである。図-5の下段は、東京大学北海道演習林の林況調査資料から蓄積300 m³/ha、立木本数1000本/haに近い択伐林分を選び、その樹形グラフ描いたものである。この中から目標林に最も近い林分がどれであるかを選ぶことにする。このようなとき、図-6のように樹形グラフを重ね合わせてその林分構造を比較すると、数値だけを眺めるより容易にその違いを知ることができる。まず、1番目の03a01と3番目の35d06の林分は大径木の割合が低すぎるのがわかる。これとは逆に、2番目の35d05と5番目の51A1と6番目の104c1の林分は大径木の割合が高すぎて、中・小径木の割合が低い。こうしてみると、4番目の35b23の林分が最も目標林に近い林分であるということがわかる。そして、南雲の条件②に従って、法正状態を想定するならば、これらの林分は速やかに目標林の林分構造に誘導されなければならない。そのためには、大径木の割合が低い林分では大径木の伐採を抑制するような施業が必要であり、逆に大径木の割合が高い林分では積極的に大径木の伐採を進め、中・小径木の成長を促すような施業が必要である。また、最も目標林に近い林分では条件③に従い、その状態を安定的に維持することを図らなければならない。そこで、直径遷移確率などを用いて将来の林分構造を予測し、これを樹形グラフに描いて現在の状態と重ねてみれば、いまだのような施業をしなければならぬかということが見えてくるであろう。

V. おわりに

林分の構造は連続的に変化しており、あるところできれいに線が引けるわけではない。したがって、いくつかの林型に区分して成長を捉えようとしても、どうしてもうまく捉えられない林分が生じる。このようなときに、よく似た林分構造の林分を選び出し成長パターンを比較することが考えられる。このような選び出し作業に当たって樹形グラフは有効である。しかし、天然林は様々

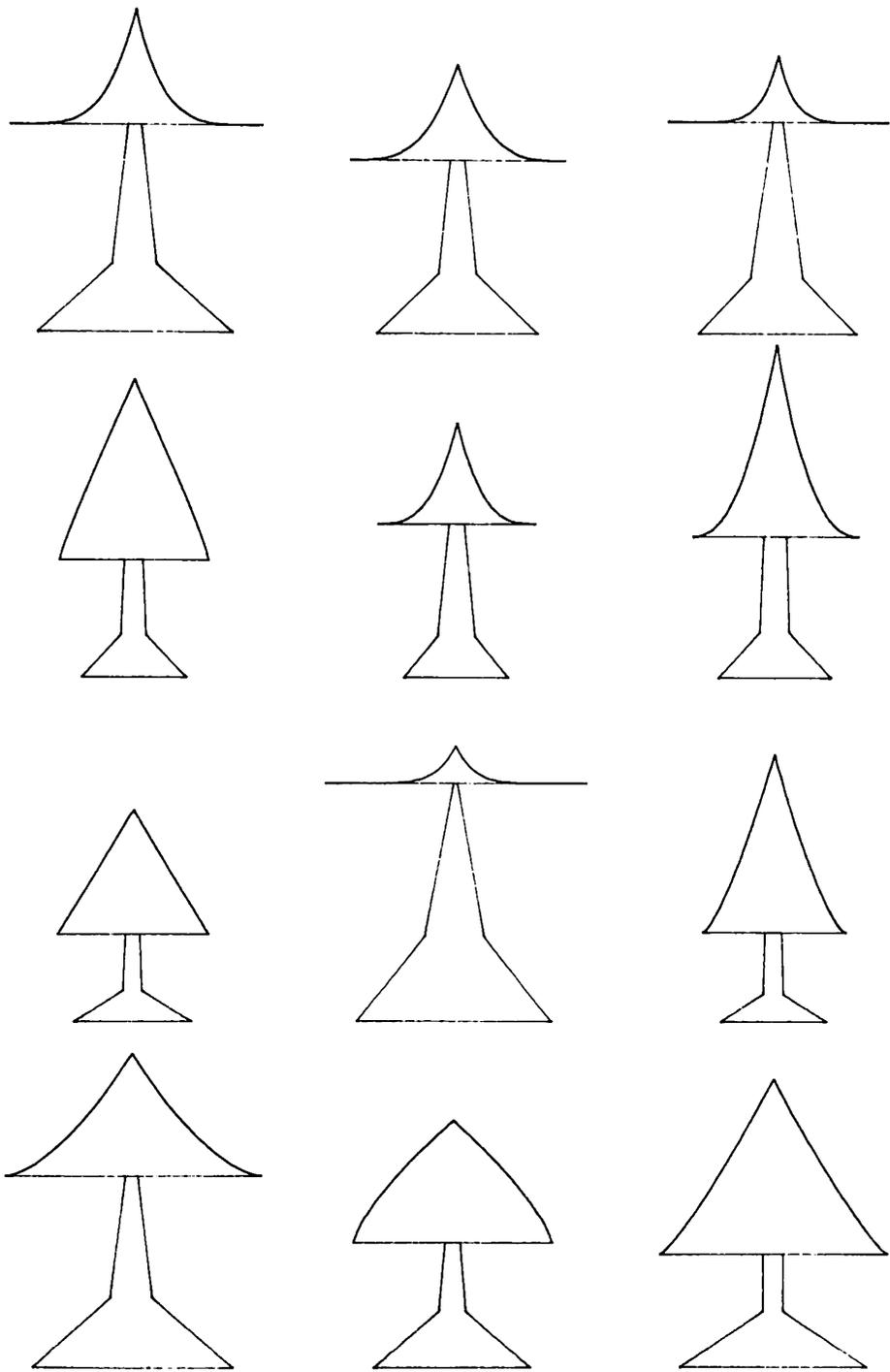
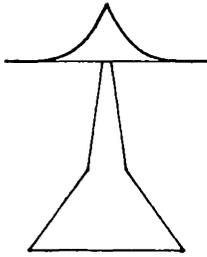
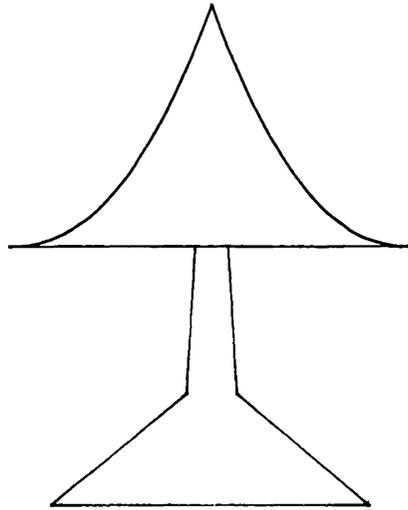
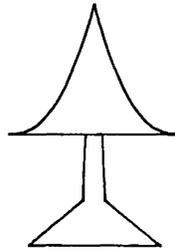


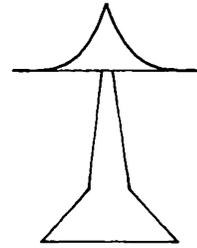
図-4 成長のよい林分の樹形グラフ



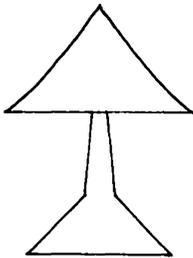
03 a 01 1988 B 択伐 I



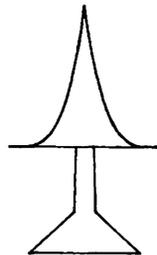
35 d 05 1988 A 択伐 I



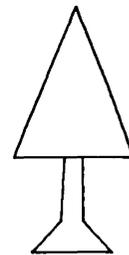
35 d 06 1988 A 択伐 I



35 b 23 1988 A 択伐 I

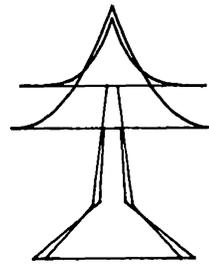
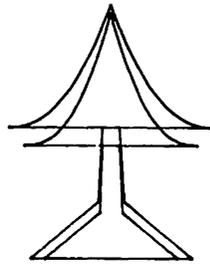
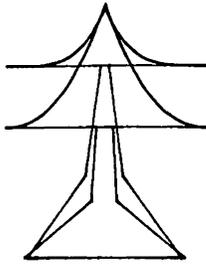


51 A 1 1988 A 択伐 I

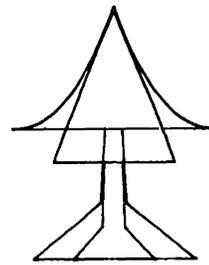
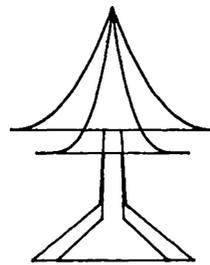
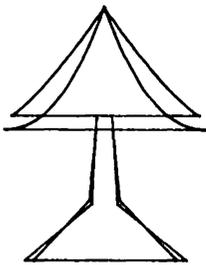


104 c 1 1988 C 択伐 I

図-5 目標林との対比



(1) 03 a 01 1988 B 択伐 I (2) 35 d 05 1988 A 択伐 I (3) 35 d 06 1988 A 択伐 I



(4) 35 b 24 1988 A 択伐 I (5) 51 A 1 1988 A 択伐 I (6) 104 c 1 1988 C 択伐 I

図-6 目標林との重ねあわせ

な要素が有機的に関係しており、この樹形グラフの要素だけで全てを判断することは不可能である。天然林施業では、最終的な施業方法については実行担当者に委ねられる部分が多いが、その際にできるだけ多くの客観的な情報が提供されることが望ましい。樹形グラフは、実行担当者が樹木の形での視覚的表現から林分構造を速やかに把握することを可能にするので、第一段階の判断基準として役立つ。したがって、樹形グラフは天然林施業のための意志決定支援システムの中で有効な表現手段の一つであるといえる。

参考文献

- 1) 石橋整司：林型区分における顔形グラフ表示の利用，林統研誌 12：77-99，1987
- 2) ——：林型区分における顔形グラフ表示の利用 (II)，林統研誌 13：118-124，1988
- 3) 南雲秀次郎：天然林施業計画序説——東京大学北海道演習林における林分施業法——，森林文化研究 2 (1)：25-35，1981
- 4) 柴田前・石橋整司・河原漢・田中和博：林分施業法に関する研究 (I)，95 回日林論，1984
- 5) ——・河原漢・石橋整司・南雲秀次郎：林分施業法に関する研究 (IV)，96 回日林論，1985