

電算機による生産力調査法

I 試験担当者

経営部経営第2科測定研究室

栗屋仁志, 神戸喜久, 西川匡英, 椎林俊昭, 天野正博

II 試験目的

経営システムからみて、収穫規整は、経営目的を達成するうえで必要な合理的な齡級配置を得るという条件の基に、各林分に最適の施業法を配分するために用いられる手段であると考えることができる。このためには、色々な林分の伐期までの収穫量が、各種の施業方法によってどのように変化するかを予測する方法の確立が重要な課題となる。

この研究は、用材生産林の主要部分を占める単純同齡林について、無間伐を含めて各種の強度の間伐を施した場合の収穫予想を行なうための方法の開発と電算機によるプログラムの作製を目的として行なったものである。

III 試験の経過と得られた成果

1. 概 説

従来国有林で採用されている間伐方法は、主として定性的間伐方法であり、間伐強度も対象林分の総本数や総材積に対する間伐木の値の比率で示されることが多かった。したがって、残存木の密度が同じであっても間伐強度が異なる場合が多く、このような間伐強度の表示方法は、残存木の生長過程の解析に基礎を置く収穫予想には不適当であると考えられる。

最近では、密度管理図の収量比数による本数管理の方法が広く用いられるようになっているが、これは、残存木の林分密度によって間伐の程度を示すものであり、この収量比数による管理方式別の収穫予想を検討することも考えられる。しかし、ここでは、収量比数と同じように残存木の密度を表わす指標として平均幹距と林分高の比すなわち相対幹距比で本数管理を行なう場合の収穫予想方法を検討することとした。

林冠が閉鎖されている状態での単純同齡林の林分構成因子の生長過程は、林分高を林齡と地位の関数として推定し、平均直径、haあたり断面積、材積を林分高、林分密度、などの関数として推定する、いわゆる二段法によって、かなり満足のいく推定のできることが知られている。しかし、間伐によって林冠が破られた場合には、残存木の生長過程は、林冠の閉鎖状態が回復するまでは、自然推移の場合とは異なるので、どのような過程を経て、自然推移の状態に回復するかを解明しないと、管理方式別の収穫予想を行なうことができない。

このため、名古屋営林局新城営林署管内で、自然推移に近いか、間伐後かなりの年数が経過し、被圧による枯損が生じているヒノキ林分について、表-1に示すとおり、自然推移を含めて、残存木の密度が3種類の相対幹距比になるように間伐を行なった4試験区を1組とし、各齢級にわたって5組の試験地を設定すると共に、20年生から80年生にわたって、36個の標準地を調査し、自然推移の場合の生長過程解析の資料とした。

表-1 間伐試験地の間伐前後の林分構成

試験地	鰐沢1号				鰐沢2号				鰐沢3号	
	林齢				22				78	
密度水準(%)	自然	21	17	13	自然	21	17	13	自然	21
林分高(m)	8.4	8.4	9.4	8.7	18.4	21.3	21.4	21.0	16.2	18.1
間伐前										
平均直径(cm)	11.6	11.5	12.7	13.0	29.9	32.4	30.1	30.1	22.1	21.8
相対幹距比(%)	(16.7)	(17.3)	(16.8)	(17.4)	(17.6)	(17.2)	(16.1)	(14.4)	(14.8)	(13.0)
断面積/ha (m ²)	21.2	21.7	19.9	21.3	19.4	18.0	17.1	15.9	16.3	13.9
材積/ha (m ³)	34.7	32.9	38.2	41.1	56.1	57.1	59.3	65.2	56.0	60.4
平均直径(cm)	15.1	13.9	17.7	18.0	500	586	622	663	462	550
間伐後										
平均直径(cm)		12.2	13.1		33.4	30.3			23.2	
相対幹距比(%)		(18.9)	(17.8)		(20.0)	(17.1)			(15.4)	
断面積/ha (m ²)		23.7	21.1		21.0	18.1			16.5	
材積/ha (m ³)		30.6	35.6		44.0	53.9			48.1	
試験地	鰐沢4号				裏谷					
林齢					31				44	
密度水準(%)	17	13	自然	21	17	13	自然	21	17	13
林分高(m)	18.9	18.2	11.9	12.9	13.6	13.1	13.0	14.8	13.6	14.9
間伐前										
平均直径(cm)	23.2	21.6	13.9	16.3	14.1	13.5	16.8	19.0	17.6	18.2
相対幹距比(%)	(14.2)	(12.6)	(11.2)	(14.6)	(11.3)	(12.1)	(12.9)	(12.4)	(14.4)	(13.2)
断面積/ha (m ²)	15.4	13.9	14.5	16.2	12.7	13.3	15.5	14.6	16.5	14.4
材積/ha (m ³)	52.0	60.7	53.9	49.8	55.2	49.4	56.3	63.6	50.4	58.2
平均直径(cm)	49.4	55.4	32.9	31.9	36.9	32.8	37.2	45.8	34.2	43.5

間伐後									
平均直径(cm)	25.2	22.3			17.3	15.6	14.1		
相対幹距比(%)	(16.9)	(13.4)			(16.8)	(13.8)	(13.2)		
断面積/ha (m ²)	18.3	14.8			18.6	15.4	14.6		
材積/ha (m ³)	41.7	55.5			42.0	44.4	44.8		
					27.2	30.3	29.8		
								21.6	18.7
								(16.8)	(13.4)
								19.8	14.7
								43.5	57.0
								31.8	42.6

注 () は上層高から算出したものである。

2. 林分高の生長過程

林分高の生長過程は、その地域に適用できる地位指數曲線群があれば、林齢と地位指數の関数として推定できるが、この研究では、地位指數曲線群を新たに作製するために必要な資料の収集ができなかったので、調査対象地域の林分高の平均的生長傾向を求め、現在の林分高との関係から、その林分の将来の林分高を推定することとした。

調査地域として選んだ段戸国有林の高齢級のヒノキ林分内で名古屋営林局が樹幹解析によつて求めた林齢別の林分高に、修正指數曲線式をあてはめて、次式が得られた。

$$H(t) = 5.6.51 - (4.7.32) (0.9716) \exp \{ (t - 30) / 10 \} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここでtは林齢である。

この式によれば、高齢になっても樹高生長は衰えず、木曾地方ヒノキ林分収穫表の1等地および名古屋営林局作製の高齢級ヒノキ林分収穫予想表の2等地の樹高生長曲線にあてはめた修正指數曲線の到達可能と考えられる最高林分高の値に比して、著しく大となっている。

$$\text{木曾ヒノキ1等地} \quad H(t) = 3.8.86 - (2.8.22) (0.9424) \exp \{ (t - 30) / 10 \} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{高齢級ヒノキ2等地} \quad H(t) = 3.0.91 - (2.0.58) (0.9225) \exp \{ (t - 30) / 10 \} \quad \dots \dots \dots (3)$$

したがつて、後者の値を参考にして、70年生以上の値を修正した、表-2に示す値を用いて求めた次式で、平均的生長傾向を表わすこととした。

$$H(t) = 3.5.28 - 2.9.21 (0.893) \exp \{ (t - 20) / 10 \} \quad \dots \dots \dots (4)$$

林分収穫表や収穫予想表の地位別の樹高生長傾向は、通常平均的生長傾向に対する比例的な関係を用いて求められている。最もよく用いられるのは、齢級別に求めた標準偏差の定数倍した値を、平均的生長傾向(中心線またはガイドカーブ)に加減する方法である。愛知、岐阜南部ヒノキ林分収穫表の地位級区分に用いられた標準偏差の2倍の幅を、(4式)で求めた中心線の

上下にそれぞれとると、調査地域の林分高の大部分が、含まれることがわかった。したがって、この齢級別標準偏差から求めた次式で、この地域の値を求ることとした。

$$S(t) = 1.84 - 0.814 (0.854) \exp \{ (t - 20) / 5 \} \dots \dots \dots (5)$$

ここで t は林齢, $S(t)$ は t 年における標準偏差である。

t 年生の林分の x 年後の林分高は次式で推定する。

$$h(t+x) = H(t+x) + (h(t) - H(t)) \cdot S(t+x) / S(t) \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 h は林分高、 H は中心線の値で、 $H(t+x)$ 、 $S(t+x)$ は(4式)、(5式)の t の代りに $(t+x)$ を入れて求めたものである。

なお、(4)式、(5)式を用いて地位指数曲線を作り、林分ごとの地位指数が決められている場合には、次式で x 年後の林分高を推定することができる。

$$h(t+x) = H(t+x) + (S1 - 1.20) \cdot S(t+x) / 1.41 \dots \dots \dots (7)$$

ここで、SI は地位指數である。

3. 相対幹距比の経年変化

平均幹距と林分高の比で表わされる相対幹距比は、わが国で多く用いられている正方形植えの場合には、次式で求められる。

ここで、 $SR(t)$ は相対幹距比、 $n(t)$ は ha あたり本数である。

相対幹距比などの林分密度は自然推移の場合、次第にある限界密度に近づく。この地域で調査した自然推移に近い林分で最小の相対幹距比（最大密度）は 11 % であったので、この値を限界密度とし、林齢の逆数に比例して変化すると仮定して、次式で相対幹距比の経年変化を推定することとした。

$$\log SR(t+x) = 1.0414 - \{ 1.0414 - \log SR(t) \} \{ t / (t+x) \} \dots \dots (9)$$

表-1に示す間伐試験地は、1回目の調査が終了したばかりであるので、東京営林局の大代収穫試験地の32年生から52年生までの定期調査結果を用いて、(9)式の適合性を検討した結果、表-3に示すとおり、間伐林では間伐後10年、無間伐林では20年経過してもかなり満足のいく推定ができると考えられる。なお、林齢の高い程、相対幹距比が大、すなわち本数が少なく推定されているが、枯損木に枯死寸前のものまで含めれば、推定精度は向上すると思われる。

4. 林分材積の生長過程

林分材積の生長過程を推定するためには、収穫表などの作製に用いられているように地位別に林齢の関数として表わす方法、林分材積式から導びいた微分方程式を解く方法、あるいは、各種の林分構成因子の生長量を連立微分方程式で表わして、その解を求める方法、直接材積生長量を林分構成因子の関数として表わす方法など多くの方法が発表されている。

これらの生長過程の解析方法の大部分は、材積生長量に基づくものであるが、生長量の測定は研究期間の関係で実行できなかつたので、林分材積式の各変量の生長過程を推定し、材積の生長過程を推定する方法を採用することとした。

林分材積式には各種の提案があるが、立木材積表が主として対数式で作製されている関係から、次式を採用した。

ここでVはhaあたり材積, hは林分高, Gはhaあたり断面積である。

10式を収穫表標準地の主林木、および主副林木についてあてはめた結果表-4に示すとおり、いずれも良好な結果が得られた。

表-2 林分高の平均的生長傾向

林 齡	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	1 0 0
樹 幹 解 析(m)	6.1 2	9.1 8	11.8 9	14.3 6	16.6 9	18.9 5	21.0 7		
想 定 値(m)	6.1 2	9.1 8	11.8 9	14.3 6	16.6 9	18.7 9	20.5 3	22.0 4	23.3 8
(4)式の推定値(m)	6.1	9.2	12.0	14.5	16.7	18.7	20.4	22.0	23.4

表-3 相対幹距比の実測値と推定値の比較

期 間		年生 3 2→3 7	年生 3 7→4 2	4 2→4 7	4 7→5 2	3 2→4 2	3 7→4 7	4 2→5 2
間 伐 林	実測値	1 8.6 1	1 7.0 1	1 8.5 6	1 6.8 8	1 7.0 1		1 6.8 8
	推定値	1 8.4 6	1 7.5 0	1 8.6 1	1 7.6 5	1 7.3 6		1 7.6 9
無間伐林	実測値	1 7.4 6	1 6.4 4	1 5.2 2	1 4.2 9	1 6.4 4	1 5.2 2	1 4.2 9
	推定値	1 7.4 9	1 6.5 3	1 5.7 5	1 4.7 5	1 6.5 4	1 5.8 3	1 5.2 1
期 間		年生 3 2→4 7	年生 3 7→5 2	3 2→5 2				
	実測値	1 5.2 2	1 4.2 9	1 4.2 9				
	推定値	1 5.8 4	1 5.2 8	1 5.3 0				

表-4 林分材積式(10)の適合性

収穫表	主林木		主副林木	
	重相関係数	標準偏差	重相関係数	標準偏差
北関東阿武隈スギ	0.930	m^3 3.955	0.999	m^3 1.027
関東ヒノキ	0.988	1.257	0.999	6.46
信州カラマツ	0.998	5.67	0.998	6.22
関東アカマツ	0.998	6.99	0.999	7.45

3. 6 個の標準地および 5 組の間伐比較試験地の間伐前の測定値に(10)式をあてはめた結果、次式が得られた。

重相関係数は 0.998 標準偏差 $1.2.3.4 \text{ m}^3$ と良好な結果を与えることがわかった。

なお、林分高については、間伐や枯損のため測定本数が変わるという欠点があるので、伐期までの測定本数を一定にするため、林分内の最高樹高の木から ha あたり一定数の林木の平均樹高すなわち上層高を林分高の代りに用いるべきであるという提案がなされている。この研究で調査した標準地は 0.01 ha ごとに区割してあるので、各区割ごとに最高樹高から 2 本の木の樹高を全区割について平均して求めた上層高を(10)式の林分高の代りに用いて、(12)式に示す林分材積式を求めた。

重相関係数は 0.997, 標準偏差は 14.05m^3 で、林分高を用いた場合と同様に良好な結果が得られた。

林分高の生長過程も上層高を用いるほうが推定精度が良くなると考えられるが、上層高の生長過程と林分高の生長過程との関係については十分に解明されていないので、この研究では、林分高を用いた、(1)式を林分材積式として使用することとした。

(11)式に含まれる林分高は、2.で述べた方法によって生長過程を推定することとした。haあたり断面積の生長過程は、材積の場合と同様に、生長量が測定されていないので、次式で、断面積平均直径を推定し、林分高と相対幹距比の経年変化に対応させて、その生長過程を推定することとした。

ここで、 \bar{b}_g は断面積平均直径である。

標準地の資料にあてはめた結果、次式が得られた。

$$\log \bar{d}g(t) = -0.7716 + 1.2001 \log h(t) + 0.5447 \log SR(t) \dots \dots \dots (14)$$

重相関係数は 0.976, 標準偏差は 1.17 cm であった。

林分高の代りに上層高を用いると、

$$\log \bar{d}g(t) = -1.0297 + 1.3141 \log H(t) + 0.6171 \log SR(t) \dots \dots \dots (15)$$

となり、重相関係数は 0.975、標準偏差は 1.17 cm となった。

haあたり断面積は、次式で求める。

x 年後の断面積は、(7)式および(9)式で求めた $h(t+x)$, $SR(t+x)$ を (14)式の $h(t)$, $SR(t)$ の代りに用いて $\bar{dg}(t+x)$ を計算し, $SR(t+x)$ および $h(t+x)$ から (17)式によって求めた $n(t+x)$ と共に (16)式に代入することで求められる。

$$n(t+x) \equiv \{ 1.0^4 / (SB(t+x) \cdot h(t+x) \}^2 \quad \dots \dots \dots (17)$$

このようにして求めた $h(t+x)$ および $G(t+x)$ を、(11)式に入れて、 x 年後の林分材積を推定する。

x 年後の林分材積は、現段階では未知であるので、この方法のおおよその推定精度を検討するため、標準地の林分高と ha あたり本数を用いて、(14)式、(16)式で推定した ha あたり断面積を(11)式に入れて推定した林分材積と実測値とを比較した。

平均偏差は、 -6.24 m^3 、標準偏差は 3.224 m^3 であるが、 t の値は 1.41 で偏りは認められなかった。

ある地域全体を予想する場合には、この方法で、かなり満足のいく結果が得られるが、個々の林分について予想する場合には、現在 t 年における平均直径あるいは ha あたり材積と推定値の比による修正係数を x 年後の推定値に乗ずることで、この方法の適合性を高めることができる。

5. 断面積平均直従と平均直従との関係

前項で述べたように、平均直径で修正係数を求める場合、平均直径を断面積平均直径に換算する必要があり、また後述する直径分布曲線を求める場合には、(14式)で算出した断面積平均直径を平均直径に直さなければならない。両者の間には、密接な直線関係が成立するといわれてゐる。標準地について、一次式をあてはめた結果、(18式)、(19式)を得、いずれも良好な結果を示

プログラムには、文関数(Statement function)でPROB(Z)=.....と定義している。

```

graph TD
    A["Z = (x - \bar{x}) / \sigma"] --> B["P(Z) = ....."]
    B --> C{Z : 0}
    C --> D["P(Z) \leftarrow 1 - P(Z)"]
    C --> E["<0"]
    D --> E
    E --> F["P(Z) \leftarrow 1 - P(Z)"]
    F --> D
  
```

なお、 $P(Z)$ は $Z \geqq 0$ の制約があるため、その右辺には Z の絶対値を代入して計算し、 $Z < 0$ の場合には $1 - P(Z)$ として求める。

なお、直径階別本数分布の直径の幅は、経験的に 1 cm または 2 cm とした。

7. 電算機による林分構成因子の予測

前項までに述べてきた林分構成因子の生長過程の推定方法を用いて、自然推移における将来の構成因子の値を予測するプログラムを作製した。なお、間伐林についても、表-3に示すとおり相対幹距比が比較的良く推定されているので、林冠閉鎖後は自然推移の場合と同じ方法が適用できるのではなかろうか。

計算手順は、次のとおりである。

- ① 対象林分の林齢、林分高から、(5)式、(6)式で x 年後の林分高を推定する。
 - ② 林分高と ha あたり本数から(8)式で相対幹距比を求め、(9)式で x 年後の値を予測する。

本数の代りに ha あたり断面積と平均直径が与えられている場合には、(19)式で求めた断面積平均直径を用いて、次式で ha あたり本数を推定し、相対幹距比を計算する。

- ③ x 年後の林分高、相対幹距比を用い(14)式から求めた断面積平均直径と(17)式で算出した ha あたり本数から、(16)式で x 年後の ha あたり断面積を予測する。この時現在の平均直径が既知であれば、算出断面積平均直径に対する修正係数を求めて、 x 年後の値を修正する。

④ x 年後の林分高, ha あたり断面積の予測値を(11)式に入れて, 林分材積を予測する。
現在の ha あたり材積が既知であれば算出材積に対する修正係数を求め, x 年後の値を修正する。

- ⑤ (2)式で直徑の標準偏差を求め、直徑階別本数分布を予測する。

このプログラムでは、 t 年生後自然推移の状態における林分構成因子の生長過程を示すものであるから、間伐実行の可否あるいは枯損もしくは枯死に近い林木を除いた間伐量、間伐強度などの試算に利用できるであろう。

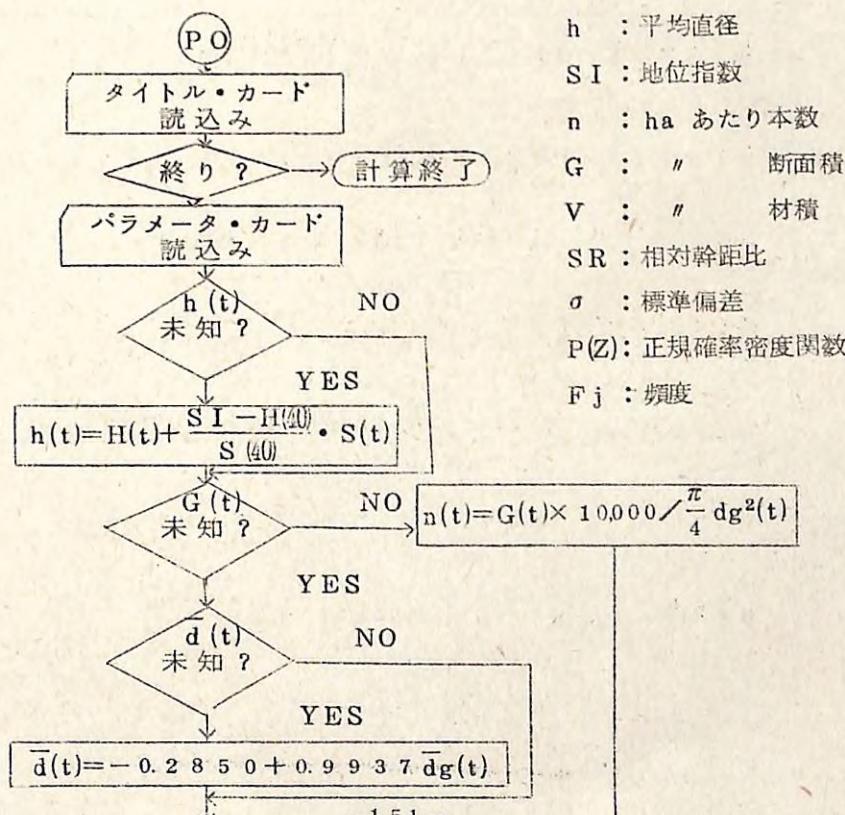
したがって、プログラムは、次に示す初期条件に応じて、予測ができるように、組み立ててある。

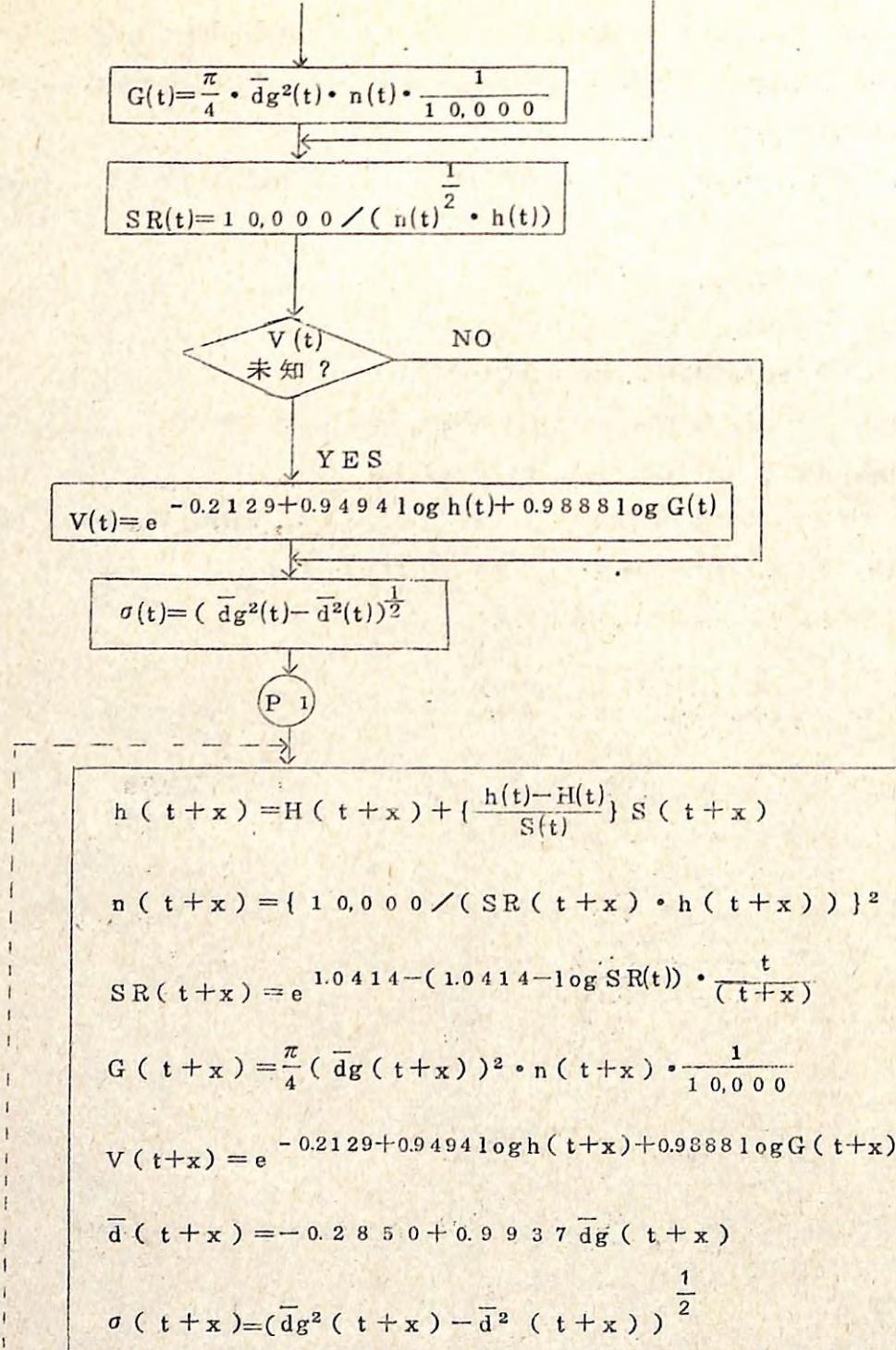
- ① 林齢, 林分高, ha あたり本数
 - ② 林齢, 平均直径, 林分高, ha あたり本数
 - ③ 林齢, 平均直径, 林分高, ha あたり断面積
 - ④ 林齢, 平均直径, 林分高, ha あたり断面積, ha あたり材積
 - ⑤ 林齢, 林分高, ha あたり本数, ha あたり材積

このプログラムの計算手順のフロー・チャートを図-1に、計算例を図-2～図-5に示す。
計算結果の見方およびデータ・シートの書き方を次項以下に示す。

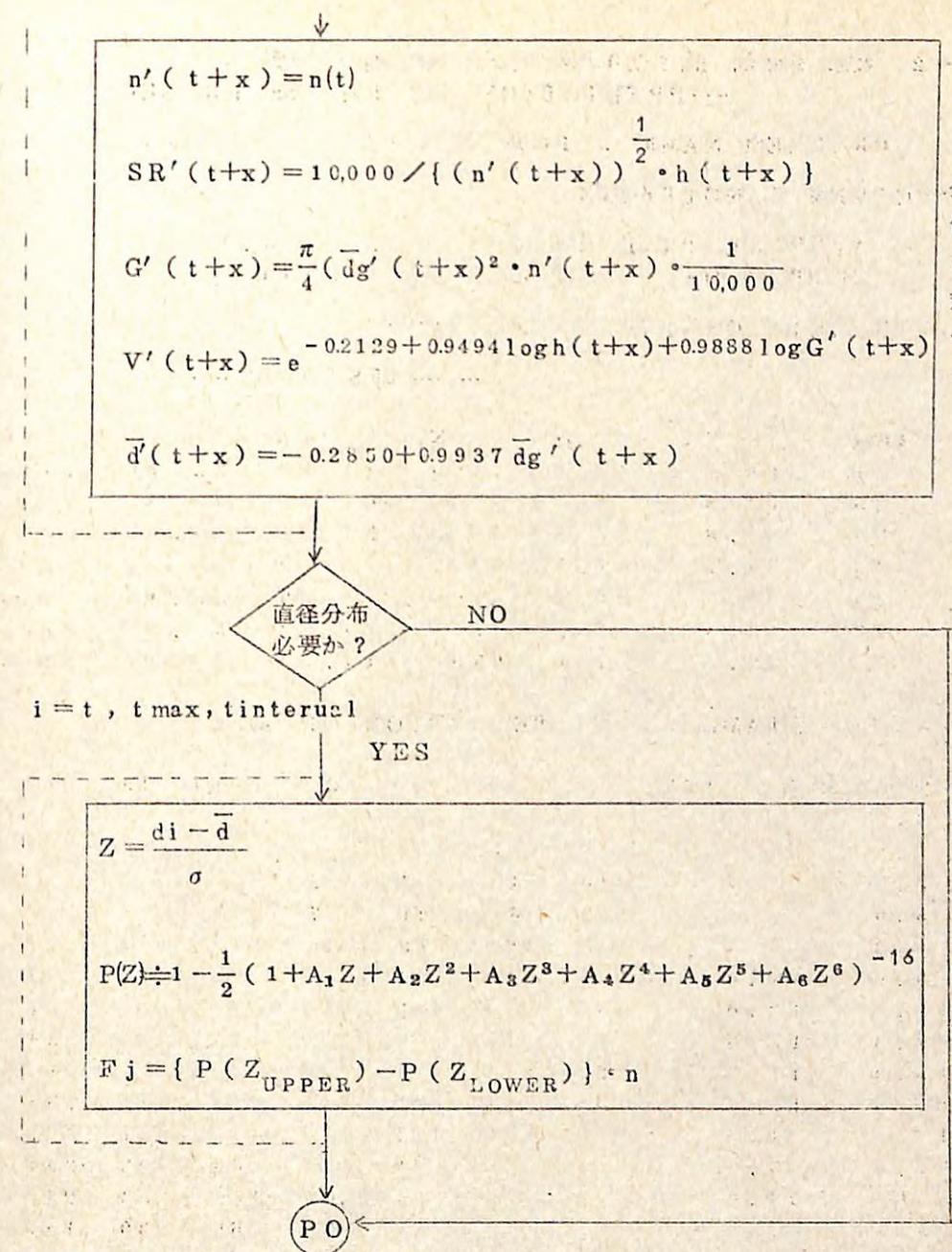
なお附表として、プログラムが示してある。

図-1 プログラムの計算手順のフロー・チャート





残存木に対する…



全体に対する…

林齢ごとの直径分布
(理論分布として正規分布を用いる)

図-2 林齢, 林分高, haあたり本数が与えられた場合の計算例

..... PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY

PROBLEM NAME : 160-- 1 (A)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4

NUMBER OF STEMS PER HA : 3090

*** TRANSITION TABLE OF STAND

..... RESIDUAL

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
21	11.2	8.4	3090	21.39	32.41	144.17
25	12.8	9.9	2777	19.23	38.07	196.71
30	14.8	11.6	2429	17.52	44.17	265.29
35	16.7	13.2	2141	16.39	49.42	335.18
40	18.6	14.7	1907	15.60	53.97	405.07
45	20.3	16.1	1717	15.00	57.99	474.23
50	22.0	17.4	1562	14.54	61.59	542.25

..... TOTAL

-	D	N	SR	G	VOL
12.5	3090	18.23	39.96	206.40	
14.3	2777	16.39	46.95	281.78	
16.2	2429	15.39	52.35	354.82	
18.0	2141	14.72	56.91	426.86	
19.7	1907	14.24	60.85	497.33	
21.4	1717	13.87	64.30	565.89	

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0	1.0							
1.0	3.0	7	3	1				
3.0	5.0	40	14	4	2			
5.0	7.0	172	67	21	7	1	2	
7.0	9.0	463	216	78	28	11	4	3
9.0	11.0	778	468	209	87	36	15	7
11.0	13.0	815	678	401	202	96	45	21
13.0	15.0	533	657	548	350	197	104	54
15.0	17.0	217	426	533	453	312	192	112
17.0	19.0	55	184	369	437	382	281	188
19.0	21.0	9	53	182	314	362	327	257
21.0	23.0	1	10	64	169	265	303	284
23.0	25.0		1	16	67	150	223	255
25.0	27.0			3	20	66	130	187
27.0	29.0				4	22	60	111
29.0	31.0					1	6	22
31.0	33.0						7	21
33.0	35.0						2	7
35.0	37.0							2
37.0	39.0							
39.0	41.0							
41.0	43.0							
43.0	45.0							

図-3 林齢, 林分高, 平均直径, haあたり本数が与えられた場合の計算例

..... PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY

PROBLEM NAME : 160-- 1 (B)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE DIAMETER : 12.4
 AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
 NUMBER OF STEMS PER HA : 3090

*** TRANSITION TABLE OF STAND

..... RESIDUAL

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
2.1	12.4	8.4	3090	21.39	39.81	176.67
2.5	14.3	9.9	2777	19.23	46.76	241.06
3.0	16.5	11.6	2429	17.52	54.26	325.11
3.5	18.6	13.2	2141	16.39	60.70	410.75
4.0	20.6	14.7	1907	15.60	66.30	496.41
4.5	22.6	16.1	1717	15.00	71.23	581.16
5.0	24.4	17.4	1562	14.54	75.65	664.52

..... TOTAL

-	D	N	SR	G	VOL
	13.8	3090	18.23	49.09	252.94
	15.9	2777	16.39	57.67	345.31
	18.0	2429	15.39	64.30	434.83
	20.0	2141	14.72	69.90	523.10
	21.9	1907	14.24	74.74	609.47
	23.8	1717	13.87	78.98	693.49

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	2.1	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0.0 -	1.0							
1.0 -	3.0		3	2				
3.0 -	5.0	21	6	1				
5.0 -	7.0	97	32	9	4	2		
7.0 -	9.0	290	115	36	12	4	2	2
9.0 -	11.0	582	294	111	40	15	6	2
11.0 -	13.0	777	526	251	107	44	19	8
13.0 -	15.0	693	659	422	220	105	49	23
15.0 -	17.0	412	578	525	349	198	104	54
17.0 -	19.0	163	355	486	428	298	182	105
19.0 -	21.0	43	153	333	407	357	261	171
21.0 -	23.0	8	46	169	298	343	305	233
23.0 -	25.0	1	10	64	169	262	291	264
25.0 -	27.0		1	18	74	160	228	250
27.0 -	29.0			4	25	78	146	197
29.0 -	31.0				7	30	76	130
31.0 -	33.0				1	9	33	71
33.0 -	35.0					2	11	33
35.0 -	37.0						3	13
37.0 -	39.0						1	4
39.0 -	41.0							2
41.0 -	43.0							
43.0 -	45.0							
45.0 -	47.0							
47.0 -	49.0							

図-4 林齢, 林分高, 平均直径, haあたり断面積が与えられた場合の計算例
.....PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY.....

PROBLEM NAME : 160-- 1 (C)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE DIAMETER : 12.4
AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
BASAL AREA PER HA : 40.07

*** TRANSITION TABLE OF STAND

.....RESIDUAL.....

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
21	12.4	8.4	3110	21.32	40.07	177.82
25	14.3	9.9	2792	19.18	47.03	242.48
30	16.5	11.6	2440	17.48	54.56	326.91
35	18.6	13.2	2149	16.36	61.01	412.84
40	20.6	14.7	1914	15.57	66.65	499.03
45	22.6	16.1	1723	14.98	71.62	584.25
50	24.4	17.4	1566	14.53	76.00	667.54

.....TOTAL.....

AGE	D	N	SR	G	VOL
21	13.8	3110	18.17	49.40	254.56
25	15.9	2792	16.34	58.02	347.36
30	18.0	2440	15.36	64.66	437.23
35	20.0	2149	14.70	70.27	525.81
40	21.9	1914	14.21	75.13	612.60
45	23.8	1723	13.85	79.39	697.00

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0 - 1.0								
1.0 - 3.0		3	1					
3.0 - 5.0		22	6	2				
5.0 - 7.0		97	32	9	3	1		
7.0 - 9.0		292	116	36	12	4	2	1
9.0 - 11.0		586	296	111	40	15	6	2
11.0 - 13.0		783	528	251	107	44	19	8
13.0 - 15.0		697	662	423	220	105	49	23
15.0 - 17.0		414	581	527	349	198	104	54
17.0 - 19.0		164	358	488	430	298	182	105
19.0 - 21.0		43	154	335	408	358	261	171
21.0 - 23.0		8	47	171	300	344	305	233
23.0 - 25.0		1	10	64	171	264	293	265
25.0 - 27.0			1	18	75	161	229	251
27.0 - 29.0				4	26	79	147	199
29.0 - 31.0					1	7	77	131
31.0 - 33.0						10	33	72
33.0 - 35.0						2	12	33
35.0 - 37.0							3	13
37.0 - 39.0							1	4
39.0 - 41.0								1
41.0 - 43.0								
43.0 - 45.0								
45.0 - 47.0								
47.0 - 49.0								

図-5 林齢, 林分高, 平均直径, haあたり断面積, 材積が与えられた場合の計算例
 PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY

PROBLEM NAME : 160--= 1 (D)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE DIAMETER : 12.4
 AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
 BASAL AREA PER HA : 40.07
 VOLUME PER HA : 176.24

*** TRANSITION TABLE OF STAND

..... RESIDUAL

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
21	12.4	8.4	3110	21.32	40.07	176.24
25	14.3	9.9	2792	19.18	47.03	240.33
30	16.5	11.6	2440	17.48	54.56	324.01
35	18.6	13.2	2149	16.36	61.01	409.18
40	20.6	14.7	1914	15.57	66.65	494.61
45	22.6	16.1	1723	14.98	71.62	579.08
50	24.4	17.4	1566	14.53	76.00	661.63

..... TOTAL

-	D	N	SR	G	VOL
	13.8	3110	18.17	49.40	252.30
	15.9	2792	16.34	58.02	344.28
	18.0	2440	15.36	64.66	433.35
	20.0	2149	14.70	70.27	521.15
	21.9	1914	14.21	75.13	607.17
	23.8	1723	13.85	79.39	690.82

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0	1.0							
1.0	3.0	3	1					
3.0	5.0	22	6	2				
5.0	7.0	97	32	9	3	1		
7.0	9.0	292	116	36	12	4	2	1
9.0	11.0	586	296	111	40	15	6	2
11.0	13.0	783	528	251	107	44	19	8
13.0	15.0	697	662	423	220	105	49	23
15.0	17.0	414	581	527	349	198	104	54
17.0	19.0	164	358	488	430	298	182	105
19.0	21.0	43	154	335	408	358	261	171
21.0	23.0	8	47	171	300	344	305	233
23.0	25.0	1	10	64	171	264	293	265
25.0	27.0		1	18	75	161	229	251
27.0	29.0			4	26	79	147	199
29.0	31.0			1	7	31	77	131
31.0	33.0				1	10	33	72
33.0	35.0					2	12	33
35.0	37.0						3	13
37.0	39.0						1	4
39.0	41.0							1
41.0	43.0							
43.0	45.0							
45.0	47.0							
47.0	49.0							

附表 計算プログラム

OKITAC 4500 FORTRAN

LINE-NO

STATEMENT

```

0 0 0 1      C      PREDICTION NETHOD OF PROD
0 0 0 2      C
0 0 0 3      DIMENSION NI(50), SD(50), DI
0 0 0 4      1      , FMT(27), OBJ(35),
0 0 0 5      INTEGER AS, AE, AINV, DINT, Q
0 0 0 6      EQUIVALENCE (OBJ(1), IAGE)
0 0 0 7      DATA APROB/4HPROB/, BLNK/
0 0 0 8      DATA FMT/4H(6X, , 4HF5.1, 4H,
0 0 0 9      PROB(Z)=1.D0-(1.D0+0.49867
0 0 1 0      1      D-2*Z**3+0.380036D
0 0 1 1      2      )**(-16)/2.D0
0 0 1 2      C      .....
0 0 1 3      1 0 1  FORMAT(A4, 6X, 35A2)
0 0 1 4      1 0 2  FORMAT(6I5, 5F10.0)
0 0 1 5      2 0 0  FORMAT(1H1, 20X, 45H) .....
0 0 1 6      1      //11X, 15H PROBLEM NA
0 0 1 7      2 0 1  FORMAT(6X, 20H *** GIVEN CO
0 0 1 8      2 0 2  FORMAT(//6X, 29H *** TRANSIT
0 0 1 9      1      /30X, 16H... RESIDUA
0 0 2 0      2 8X, 1HD, 8X, 1HH, 7X, 1HN, 7X, 2H
0 0 2 1      3 7X, 2HSR, 8X, 1HG, 6X, 3HVOL)
0 0 2 2      2 0 3  FORMAT(6X, I5, 2F9.1, 3X, I5,
0 0 2 3      2 0 4  FORMAT(//6X, 37H STEM DI
0 0 2 4      2 0 5  FORMAT(//8X, 13HD-CLASS # AG
0 0 2 5      2 2 2  FORMAT(///91X, 34H<<< COMPL
0 0 2 6      3 0 1  FORMAT(12X, 24HAVERAGE DIAM
0 0 2 7      3 0 2  FORMAT(12X, 24HAVERAGE TREE
0 0 2 8      3 0 3  FORMAT(12X, 24HSITE INDEX
0 0 2 9      3 0 4  FORMAT(12X, 24HNUMBER OF ST
0 0 3 0      3 0 5  FORMAT(12X, 24HBASAL AREA P
0 0 3 1      3 0 6  FORMAT(12X, 24HVOLUME PER H
0 0 3 2      C      .....
0 0 3 3      1 1 1 1 READ(5, 101) HPROB, (OBJ(1),
0 0 3 4      IF(APROB.NE.HPROB) GO TO 2
0 0 3 5      READ(5, 102) AS, AE, AINV, IFR
0 0 3 6      C
0 0 3 7      WRITE(6, 200) (OBJ(I), I=1, 3
0 0 3 8      WRITE(6, 201)
0 0 3 9      IF(D0.NE.0.) WRITE(6, 301)
0 0 4 0      IF(H0.NE.0.) WRITE(6, 302)
0 0 4 1      IF(SI.NE.0.) WRITE(6, 303)
0 0 4 2      IF(N0.NE.0.) WRITE(6, 304)
0 0 4 3      IF(G0.NE.0.) WRITE(6, 305)
0 0 4 4      IF(V0.NE.0.) WRITE(6, 306)
0 0 4 5      A20=AS-20
0 0 4 6      HC0=35.28-29.21*0.893** (A2
0 0 4 7      S0=1.84-0.814*0.854** (A20/
0 0 4 8      IF(H0.NE.0.) GO TO 2
0 0 4 9      H40=35.28-29.21*0.893** 2
0 0 5 0      S40=1.84-0.814*0.854** 4

```

-162-

SOURCE PROGRAM LIST

PAGE 0001

UCTIVITY BY USE OF ELECTRIC COMPUTER

(50), NF(51, 15), DCLS(50, 2)
IAGE(15)

(1))
4H /, HI 4/3H, I 5/, HA 4/3H, A 5/
2H , 4H-, F 5, 4H.1, 3, 1HX, 20*4H,
3470D-1*Z+0.211410061D-1*Z**2+0.32776263
-4*Z**4+0.488906D-4*Z**5+0.53830D-5*Z**6

EDITION METHOD OF PRODUCTIVITY,

ME : , 35A2//)

NDITIONS//)

ION TABLE OF STAND//

L . . . , 37X, 13H... TOTAL . . . //8X, 3HAGE,
SR, 8X, 1HG, 6X, 3HVOL, 3X, 1H-, 3X, 1HD, 7X, 1HN,

3F9.2, F9.1, 3X, I5, 3F9.2)

AMETER DISTRIBUTION OF AGE)

E, 20I5)

ETED THIS CALCULATION >>>/)

ETER : , F7.1)

HEIGHT : , F7.1)

: , F8.2)

EMS PER HA : , I5)

ER HA : , F8.2)

A : , F8.2)

I=1, 35)

222

Q, DINT, N0, H0, SI, D0, G0, V0

5)

D0

H0

SI

N0

G0

V0

0/10.)

5.)

LINE-NO

STATEMENT

```

0051      C=(S1-H40)/S40
0052      H0=HC0+C*S0
0053      GO TO 3
0054      2 C=(H0-HC0)/S0
0055      3 IF(N0.EQ.0) GO TO 6
0056      FN=N0
0057      SR0=10000./SQRT(FN)*H0
0058      DG=EXP(2.302585*(-0.
0059      IF(D0.NE.0.) GO TO 4
0060      G0=(0.785398*DG**2*FN)
0061      D0=-0.285+0.9937*DG
0062      C1=1.
0063      GO TO 8
0064      4 WS=0.328+1.004*D0
0065      G0=(0.785398*WS**2*FN)
0066      C1=WS/DG
0067      DG=WS
0068      GO TO 8
0069      6 WS=0.328+1.004*D0
0070      N0=(G0/(0.785398*WS**2
0071      FN=N0
0072      SR0=10000./SQRT(FN)*H0
0073      DG=EXP(2.302585*(-0.
0074      C1=WS/DG
0075      DG=WS
0076      8 VL=EXP(2.302585*(-0.
0077      C2=1.
0078      IF(V0.NE.0.) GO TO 10
0079      V0=VL
0080      GO TO 11
0081      10 C2=V0/VL
0082      11 WRITE(6,202)
0083      WRITE(6,203) AS,D0,H0,
0084      .....
0085      K=1
0086      FI=0.
0087      N2=N0
0088      IAGE(K)=AS
0089      NI(K)=N0
0090      DI(K)=D0
0091      SD(K)=SQRT(DG**2-D0**2)
0092      IS=(AS/AINV+1)*AINV
0093      DO 12 I=IS,AE,AINV
0094      K=K+1
0095      IAGE(K)=I
0096      F0=AINV
0097      IF(I.EQ.IS) F0=IS-AS
0098      FI=FI+F0
0099      HC1=35.28-29.21*0.893**(
0100      S1=1.84-0.814*0.854**(

```

```

H0)
7716+1.2001* ALOG10(H0)+0.5447* ALOG10(SR0)))
/10000.

/10000.

)) * 10000.

H0)
7716+1.2001* ALOG10(H0)+0.5447* ALOG10(SR0))

2129+0.9494* ALOG10(H0)+0.9888* ALOG10(G0))

N0, SR0, G0, V0

((A20+FI)/10.)
A20+FI)/5.)

```

LINE-NO

OKITAC 4500 FOR

STATEMENT

```

0 1 0 1
0 1 0 2
0 1 0 3
0 1 0 4
0 1 0 5
0 1 0 6
0 1 0 7
0 1 0 8
0 1 0 9
0 1 1 0
0 1 1 1
0 1 1 2
0 1 1 3
0 1 1 4
0 1 1 5
0 1 1 6
0 1 1 7
0 1 1 8
0 1 1 9
0 1 2 0
0 1 2 1
0 1 2 2
0 1 2 3
0 1 2 4
0 1 2 5
0 1 2 6
0 1 2 7
0 1 2 8
0 1 2 9
0 1 3 0
0 1 3 1
0 1 3 2
0 1 3 3
0 1 3 4
0 1 3 5
0 1 3 6
0 1 3 7
0 1 3 8
0 1 3 9
0 1 4 0
0 1 4 1
0 1 4 2
0 1 4 3
0 1 4 4
0 1 4 5
0 1 4 6
0 1 4 7
0 1 4 8
0 1 4 9
0 1 5 0

          C
          .
          .
          .
          SR 2=10000./SQRT(FLOA
          DG 2=C 1*EXP(2.302585*(
          1
          ) )
          D 2=-0.285+0.9937*D G 2
          G 2=(0.785398*D G 2**2*F
          V 2=C 2*EXP(2.302585*(-
          WRITE(6,203) I ,DI(K),
          N 2=N 1
          1 2 CONTINUE
          IF(IFRQ.EQ.0) GO TO
          .
          .
          .
          NCLAS=AINT(DI(K))
          IF(DINT.EQ.1) GO TO
          IF(MOD(NCLAS,2).EQ.0)
          NCLAS=NCLAS+2
          Q=3
          GO TO 1 4
          1 3 NCLAS=NCLAS*2+1
          Q=1
          1 4 DO 2 0 J=1,K
          FNJ=N I (J)
          NF(NCLAS+1,J)=0
          DO 1 8 I=1,NCLAS
          DL=DINT*I-Q
          DU=DL+FLOAT(DINT)
          IF(I.NE.1) GO TO 1 5
          DL=0.
          DU=1.0
          1 5 IF(J.NE.1) GO TO 1 6
          DCLS(I,1)=DL
          DCLS(I,2)=DU
          1 6 DL=(DL-DI(J))/SD(J)
          DU=(DU-DI(J))/SD(J)
          PL=PROB(ABS(DL))
          PU=PROB(ABS(DU))
          IF(DL.LT.0.) PL=1.-PL
          IF(DU.LT.0.) PU=1.-PU
          NF(I,J)=(PU-PL)*FNJ+

```

TRAN SOURCE PROGRAM LIST

PAGE 0003

```

4 1 4-(1.0414-ALOG10(SR0))*(FLOAT(AS)/(FLOAT(AS
0.7716+1.2001*ALOG10(H1)+0.5447*ALOG10(SR1))
G 1
(K)**2)
))**2
LOAT(NI(K))/10000.
0.2129+0.9494*ALOG10(H1)+0.9888*ALOG10(G 1)))
T(N2)*H1)
(-0.7716+1.2001*ALOG10(H1)+0.5447*ALOG10(SR2))
LOAT(N2))/10000.
0.2129+0.9494*ALOG10(H1)+0.9888*ALOG10(G 2)))
H1,N1,SR1,G1,V1,D2,N2,SR,G2,V2
1 1 1 1
1 3
NCLAS=NCLAS-1

```

LINE-NO

STATEMENT

```

0151
0152
0153
0154
0155
0156
0157
0158
0159
0160
0161
0162
0163
0164
0165
0166
0167
0168
0169
0170
0171
0172
0173
0174
0175
0176
0177
0178
0179
0180
0181
0182
0183
0184
0185
0186
0187
0188
0189
0190
0191
0192
0193
0194
0195
0196
0197
0198
0199
0200

C      . . .
      18 CONTINUE
      20 CONTINUE
      . . .
      DO 22 J=1, K
      DO 22 I=1, NCLAS
      NF(NCLAS+1, J)=NF(NCLA
      22 CONTINUE
      DO 32 J=1, K
      NDIF=NF(NCLAS+1, J)-NI
      IF(NDIF.EQ.0) GO TO
      L=1
      IF(NDIF.GT.0) L=-1
      NDIF=IABS(NDIF)
      KK=1
      K1=1
      K0=0
      DO 30 I=1, NCLAS
      IF(MOD(KK, 2).EQ.0) GO
      IF(NF(K1, J).EQ.0) GO
      NF(K1, J)=NF(K1, J)+L
      KK=KK+1
      IF(NDIF.EQ.KK-1) GO
      24 K1=K1+1
      GO TO 30
      26 JJ=NCLAS-K0
      IF(NF(JJ, J).EQ.0) GO
      NF(JJ, J)=NF(JJ, J)+L
      KK=KK+1
      IF(NDIF.EQ.KK-1) GO
      28 K0=K0+1
      30 CONTINUE
      32 CONTINUE
      . . .
      WRITE(6, 204)
      WRITE(6, 205) (IAGE(I)
      DO 44 I=1, NCLAS
      DO 42 J=1, K
      IF(NF(I, J).EQ.0) GO
      FMT(J+6)=HI4
      GO TO 42
      40 FMT(J+6)=HA4
      NF(I, J)=BLNK
      42 CONTINUE
      WRITE(6, FMT)(DCLS(I,
      44 CONTINUE
      GO TO 1111
C      . . .
      2222 WRITE(6, 222)
      STOP
      END

```

S+1, J)+NF(I, J)

(J)

32

TO 26

TO 24

TO 32

TO 28

TO 32

, I=1, K)

TO 40

JJ), JJ=1, 2), (NF(I, JJ), JJ=1, K)

8. 計算結果の見方

- ① PROBLEM NAME 利用者が任意に与えた標題。
- ② GIVEN CONDITIONS 林齢ごとの林分構成因子を予測するために与えられる初期条件。
- ③ TRANSITION TABLE OF STAND 林齢ごとの林分構成因子の推定値。

ここで、

AGE : 林齢
D : 平均直径
H : 林分高
N : haあたり本数
SR : 相対幹距比
G : haあたり断面積
VOL : haあたり材積

なお、RESIDUALは残存木、TOTALは全林木を表わす。

- ④ STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE 正規分布関数をあてはめて得られた林齢ごとの直径階別本数分布の推移

制限事項と注意事項

① 制限事項

- i) 階級数 ≤ 50
- ii) 林齢の個数 ≤ 15

② 注意事項

- i) 階級の幅は 1 又は 2 とする。
- ii) 林分高が未知のときは、必ず地位指数を初期条件に与えなければならない。
- iii) このプログラムを実行するために必要なメモリー。サイズは 13696 語(ワード)である。
- iv) このプログラムは、FORTRAN JIS 規格 7000 レベルで書いたものである。

9. データ・シートの書き方

このプログラムを使って、将来の林分構成因子および直径階別本数分布の推移を予想する場合、そのデータ・シートの書き方は次に示す形式に従っていなければならない。なお()内はフォーマットの形式である。

① タイトル・カード(A4, 6X, 35A2)

1 ~ 4 カラム PROB と必ず書く。

5 ~ 10 // 空白

11 ~ 80 // 標題、データの名称などを FORTRAN で使用できる文字で書く。

② パラメータ・カード(6I5, 5F10.0) 注

1 ~ 5 カラム 現在の林齢

6 ~ 10 // 最終林齢

11 ~ 15 // 林齢の間隔

16 ~ 20 // 直径階別本数分布が必要のときは 1。不要のときは空白。

21 ~ 25 // 上で使う直径階の幅。ただし、1 又は 2 とする。

26 ~ 30 // haあたり本数。未知のときは空白。

31 ~ 40 // 林分高。未知のときは空白。

41 ~ 50 // 地位指数。未知のときは空白。なお、このプログラムでは、林分高、地位指数のいずれも未知の場合には計算不能となる。

51 ~ 60 // 平均直径。未知のときは空白。

61 ~ 70 // haあたり断面積。未知のときは空白。

71 ~ 80 // haあたり材積。未知のときは空白。

データが幾組もあるときは、①, ②を繰り返す。最終データの②の後に、プランク・カードを 1 枚付けておくと、"COMPLETED THIS CALCULATION" と印字され、計算は終了する。

注)

I, F は数値を処理する欄記述子である。データが整数(小数点を含まない)のときは I 型を使う。この場合、データは指定されたカラムの右づめに書く。実数(小数点を含む)のときは F 型を使い、指定されたカラムの範囲内であればどこに書いても良い。

10. 今後の問題点

この研究では、各種の施業を行なった場合の生産予測を行なう基礎として、林冠閉鎖後自然推移にまかせた場合の林分構成因子の予測方法とそれに基づく電算機プログラムの作成を行つ

たが、この予測方法では、間伐直後の値は、その林分が過去において残存密度と同じ密度水準にあつたものとして計算しているため、間伐後については、表-5に示すとおり過大な推定値を与える。しかし、残存木の平均直径と推定直径の比で算出材積を修正することによりかなり満足のいく結果が得られる。

もっとも、将来の値が、この方法で精度良く予測できるか、あるいは、自然推移の状態にどのように接近していくかは固定試験地の今後の観測結果にまたなければならない。

また、このような結果が得られれば、密度管理水準ごとの収穫予想の方法も一層正確なものになるであろう。

さらに、資料に用いた林分は、いずれもヒノキの単純林であるが、現実の林分の多くは、広葉樹が多少なりとも混交しており、また林冠が破壊されて空地も生じている。この研究で用いたような予測方法を、このような林分へも適用する方法について今後検討する必要があろう。

表-5 間伐試験地の実材積と推定材積の比

密度水準	自 然	21%		17%		13%	
		間 伐 前	間 伐 後	間 伐 前	間 伐 後	間 伐 前	間 伐 後
巖沢 1号	1.030	1.041	1.024	1.035	1.032	0.935	
〃 2号	0.969	1.017	1.158	1.007	1.053	0.999	
〃 3号	0.979	1.042	1.114	1.080	1.118	1.043	1.046
〃 4号	0.996	1.031	1.067	1.114	1.170	1.109	1.124
裏 谷	0.969	0.998	1.087	1.019	1.028	1.014	1.016