

林分成長量測定報告(第3回)：林分成長量予測式

木梨, 謙吉

<https://doi.org/10.15017/14969>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 26, pp.43-69, 1955-09-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：



林分成長量測定報告(第3回)

(林分成長量予測式)

木 梨 謙 吉

Kenkichi KINASHI: The Report of Observation
on Stand Increment (3)

(Prediction Formurae of Stand Increment)

目 次

前 承	Ⅳ 重回帰式による固定
Ⅰ 回帰標本による成長量推定計算例	総 括
Ⅱ 断面積回帰による成長式の固定	附 表
Ⅲ 拋物線式による固定	

前 承

1949年より1954年まで年1回あて胸高及樹高を毎木につき測定した6ヶの永久標準地については2回に亘つて九大演習林報告に発表した。*5年間の成長量が一応明らかになつたから此等の資料を用いて成長量の固定を試みたものである。

永久標準地は九大粕屋演習林に点在し観測結果は第1表に示す通りである。

第1表 永 久 標 準 地 一 覧 表

林分	団地	樹種	面積 ha	1949年			1954年		枯死量 m ³	5年間		連年 成長量 ha当
				年令	本数	断面積 m ²	本数	生 成 量 m ³		成長量 m ³	ha当	
B	上ノ山	スギ	0.04	18	103	1.1209	102	5.008	— 0.029	4.979	124.48	24.90
D	新 建	〃	0.06	27	66	2.0897	66	7.848	0	7.848	130.80	26.16
E	新 建	〃	0.10	65	66	6.5373	65	17.155	— 1.546	15.609	156.09	31.22
G	飯 盛	ヒノキ	0.05	24	106	1.4140	105	5.323	— 0.035	5.288	105.76	21.15
H	新 建	〃	0.06	35	109	2.4993	106	7.103	— 0.300	6.803	113.38	22.68
I	荒 平	〃	0.06	50	60	2.6520	60	8.316	0	8.316	138.60	27.72
					510	16.3132	504	50.753	— 1.910	48.843		

第1表は観測結果に若干の修正をほどこしてある。その理由は第2回報告でなしたように前の測定値が後の測定値を上廻るような例がいくつか認められたからである。其他誤謬とみとめられるものを除いてある。その内訳は第2表の通りである。

各林分毎に1954年の材積から1949年の材積を差引いたものを定期5ヶ年間の成長量とした。

* 林分成長量測定報告(第1回) 木梨, 西沢, 宮島, 九大演習林報告第18号
同 (第2回) 木梨, 九大演習林報告第25号

第 2 表 誤測並びに伐倒木（樹幹析解）

林 分	B	D	E	G	H	I	計
1949 年 測定 開始時の 実際の本数	105	71	70	109	113	62	530
前回測定値が後回測定 値より高いもの	0	1	3	1	2	0	7
樹幹析解其の他の供試 木としたもの	2	4	1	2	2	2	13
差 引	103	66	66	106	109	60	510

（Ⅲ以後の取扱では、これからさらに E 林分において成長量の甚しく不審と思われる資料を 6 本ぬいて 504 本とする）

そして 1949 年以降枯死したものを負の成長量とみなし前の正の成長量からこの負の成長量を差引いたものを実質成長とみとめた。枯死量は 1949 年或は枯死当時の材積をもつて示す。第 3 表がそれである。

第 3 表 枯 死 量 表

林 分	樹番号	1 9 4 9 年 当 時			枯死時材積	履 歴
		直 径	断面積	材 積		
B	86	cm	m ²	m ³	m ³	
D		8.6	0.0058	0.029	0.029	1950 年 枯死確認
E	54	ナ	シ			1952 年 1/2 樹高折損なれ ど全部枯死とす
G	65	41.4	0.1346	1.546	1.546	1949 年 迄測定
H	12	10.9	0.0093	0.035	0.035	1952 年 枯死確認
	29	15.4	0.0186	0.117	0.113	1950 年 確認
	49	13.4	0.0141	0.102	0.114	〃
I		13.4	0.0141	0.081	0.095	〃
計		ナ	シ			
				1.910	1.932	

以下の計算において枯死量に僅かの差があるのは 1949 年時のもの及 1949 年以降のものをもちいたための差であり、又 1949 年時の材積も計算途上で誤謬を修正したためである。（枯死量には断面積回帰の場合は 1.910 を、其他では 1.932 を用いたが便宜的なもので大した理由はない）

内成長量（Ingrowth）に関する考慮は各林分共測定当初から 6 cm 以上であつたため取扱われておらない。因みに内成長量とは測定開始時、測定最小限界直径以下であつて後、測定期間中に測定対象にまで成長したものを指すがこゝではそれに該当するものはない。

I 回帰標本の計算例

上述の各林分は個樹の成長量が既知の成長量母集団とみなされるから、各林分から夫々 20 個の無作意標本をぬきそれを 1 組として 5 組宛計 30 組の無作意標本を抽出した場合の計算実例を示す次の通りとなる。

回帰としては断面積と成長量を用いた。こゝでは 1954 年の断面積と生木のみの生長量をとつている。母数の計算数値として第 4 表に相関係数、回帰係数がかいげられている。

第 4 表 母相関係数 (ρ), 母回帰係数 (B)

林 分	B	D	E	G	H	I	全 体
ρ	93.90	92.20	85.97	92.83	72.10	79.96	90.59
B	3.83	3.27	2.89	3.66	2.23	2.51	2.51
平均単木当成長量 m^3	0.049	0.119	0.264	0.051	0.067	0.139	0.1007

各林分から無作為に抽出した場合の実例は第5表に示す通りである。尙母集団として用いた各林分の1949年における直径、樹高、及5ヶ年間材積成長量（1949年～1954年）は附表の通りである。

第 5 表 20 本からなる回帰標本の成長量推定値
B 林分 スギ (真の成長量 $0.0491 m^3$)

No.	標 本			平均断面積 m^2	成長量の 推 定 値 m^3	成長量の 誤 差 m^3	誤差率 %
	平均断面積	平均成長量	回 帰 係 数				
1	0.0144	0.0489	3.53		0.0491	0	0
2	0.0159	0.0530	3.70		0.0478	-0.0013	-2.65
3	0.0136	0.0475	4.25	0.01449	0.0511	0.0020	4.07
4	0.0166	0.0590	3.48		0.0517	0.0026	5.30
5	0.0161	0.0543	3.70		0.0482	-0.0009	-1.83

D 林分 スギ (真の成長量 $0.1189 m^3$)

No.	標 本			母 平 均 断 面 積 m^2	成長量の 推 定 値 m^3	成長量の 誤 差 m^3	誤差率 %
	平均断面積	平均成長量	回 帰 係 数				
1	0.0423	0.1244	2.99		0.1188	-0.0001	-0.08
2	0.0440	0.1216	1.53		0.1163	-0.0026	-2.19
3	0.0381	0.1121	3.59	0.04048	0.1205	0.0016	1.35
4	0.0386	0.1113	3.38		0.1176	-0.0013	-1.09
5	0.0422	0.1122	3.07		0.1068	-0.0121	-10.18

E 林分 スギ (真の成長量 $0.2639 m^3$)

No.	標 本			母 平 均 断 面 積 m^2	成長量の 推 定 値 m^3	成長量の 誤 差 m^3	誤差率 %
	平均断面積	平均成長量	回 帰 係 数				
1	0.1006	0.1895	2.31		0.2161	-0.0478	-18.11
2	0.1115	0.2362	2.56		0.2380	-0.0259	-9.81
3	0.1179	0.2625	2.72	0.11216	0.2466	-0.0173	-6.56
4	0.1099	0.2553	2.66		0.2614	-0.0025	-0.95
5	0.1213	0.2916	2.86		0.2654	0.0015	0.57

G 林分 ヒノキ (真の成長量 0.0507 m³)

No.	標 本			母 平 均 断 面 積	成長量の 推 定 値	成長量の 誤 差	誤差率
	平均断面積	平均成長量	回 帰 係 数				
	m ²	m ³		m ²	m ³	m ³	%
1	0.0163	0.0458	3.88		0.0478	— 0.0029	— 5.72
2	0.0165	0.0502	3.90		0.0517	0.0010	1.97
3	0.0151	0.0432	3.38	0.01684	0.0492	— 0.0015	— 2.96
4	0.0175	0.0538	3.48		0.0517	0.0010	1.97
5	0.0172	0.0561	3.97		0.0546	0.0039	7.69

H 林分 ヒノキ (真の成長量 0.0670 m³)

No.	標 本			母 平 均 断 面 積	成長量の 推 定 値	成長量の 誤 差	誤差率
	平均断面積	平均成長量	回 帰 係 数				
	m ²	m ³		m ²	m ³	m ³	%
1	0.0317	0.0782	3.26		0.0698	0.0028	4.18
2	0.0293	0.0613	1.78		0.0608	— 0.0062	— 9.25
3	0.0292	0.0704	2.66	0.02533	0.0791	0.0031	4.63
4	0.0286	0.0722	3.03		0.0737	0.0067	10.00
5	0.0313	0.0686	2.15		0.0639	— 0.0031	— 4.62

I 林分 ヒノキ (真の成長量 0.1386 m³)

No.	標 本			母 平 均 断 面 積	成長量の 推 定 値	成長量の 誤 差	誤差率
	平均断面積	平均成長量	回 帰 係 数				
	m ²	m ³		m ²	m ³	m ³	%
1	0.0531	0.1389	2.98		0.1446	0.0060	4.33
2	0.0490	0.1174	1.47		0.1261	— 0.0125	— 9.02
3	0.0559	0.1510	2.67	0.05497	0.1485	0.0099	7.14
4	0.0557	0.1378	2.42		0.1361	— 0.0025	— 1.80
5	0.0541	0.1340	2.70		0.1364	— 0.0022	— 1.59

各林分の回帰標本 (No. 1) を図示すると第 1 図の通りである。

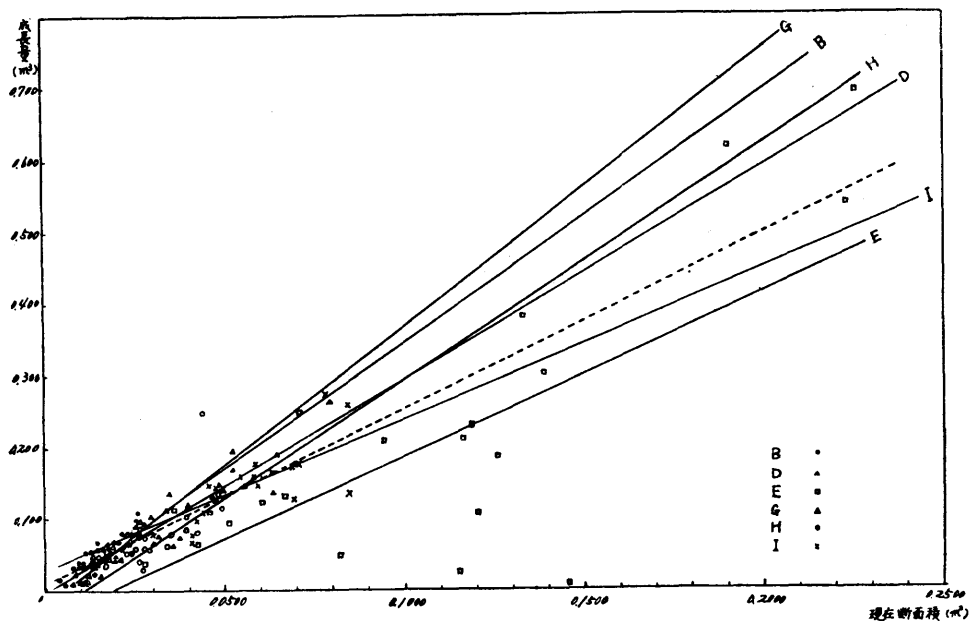
回帰による誤差を

$$V(\bar{z}_{ly}) = \frac{N-n}{Nn} s_z^2 (1-\rho)$$

を用いて各林分毎に計算すると第 6 表の通りである。ここに $\bar{z}_{ly}$ は回帰より求めた成長量の平均値、 s_z^2 は成長量の不偏分散、 ρ は相関係数、 N はその林分の全本数、 n は標本数でここでは 20 本である。

第 6 表で示されるように林分の低い方が概して s_z^2 は小さく且 ρ が高い。従つて推定誤差は林分の低い方が小さいが、平均成長量も小さいので誤差率はかなり高い。標本回帰の実際の計算から得られる値もほぼこの誤差率に近い。E 林分は s_z^2 が最大で又 H 林分は ρ が最小であるため他林分に比し夫々誤差が大きい。成長量の推定において成長量の分散と相関係数の大きさに着目することが必要である。

第1図 NO.1 回帰標本図



第6表 回帰による誤差

林 分	s_z^2	ρ	$1-\rho^2$	N	n	$V(z_{lr})$	$SE(z_{lr})$	誤差率
G(21)	0.000630	0.9283	0.139259	105	20	0.00000355	0.0019	3.75
B(18)	0.000737	0.9390	0.118279	102	20	0.00000350	0.0019	3.87
H(35)	0.001143	0.7210	0.480159	106	20	0.00002226	0.0047	7.01
D(27)	0.003378	0.9220	0.149916	66	20	0.00001765	0.0042	3.53
I(50)	0.003445	0.7996	0.360640	60	20	0.00004142	0.0064	4.62
E(65)	0.049799	0.8597	0.260916	65	20	0.00044977	0.0212	8.03

() 林令

成長量の頻度分布は第7表に示す通りである。

図示すると第2図のようになる。左偏性の右に長い裾を引いた頻度曲線となる。平均値も σ も林令と共に増加の傾向を示しEをのぞいては変異係数はほぼ50%附近にある。分布の中は林令が高くなるにつれて大きくなり且つ右に移動する傾向がある。従つて平たい分布曲線に変つてゆく。

成長量標準偏差, 平均値, 及変異係数を示すと第8表の通りである。

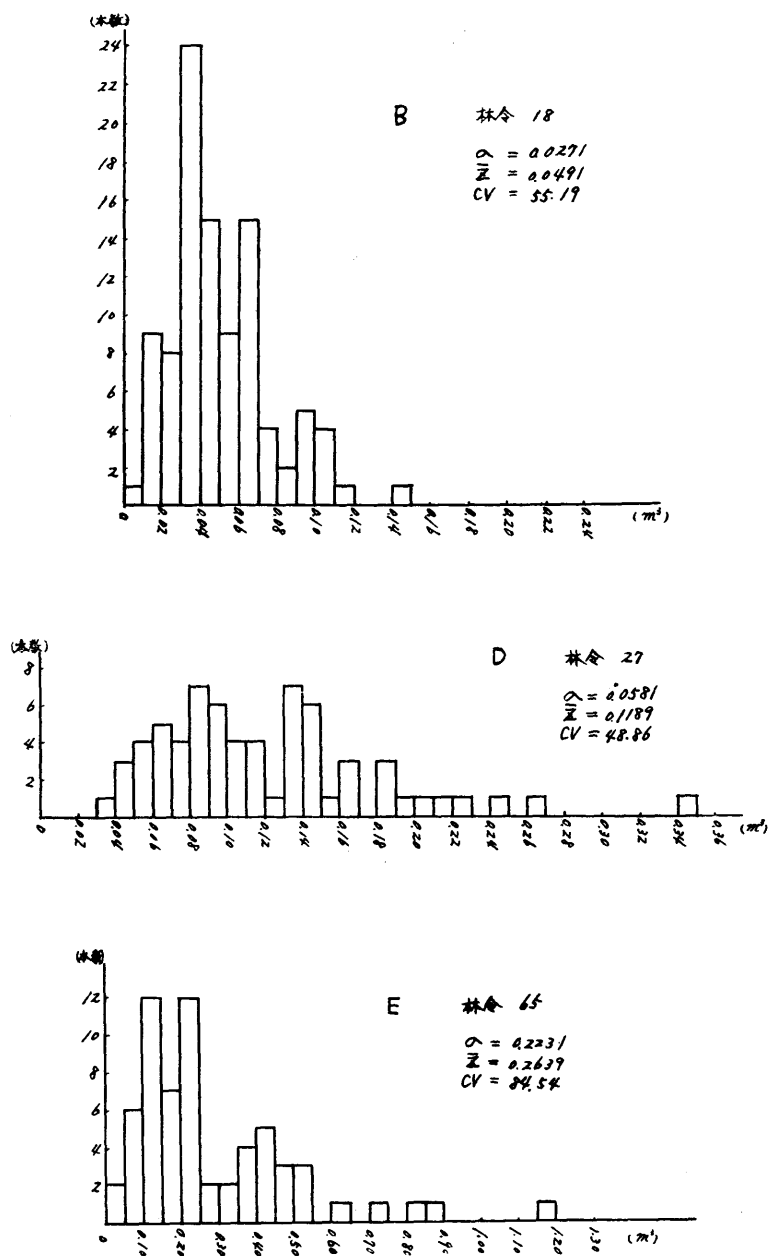
断面積と成長量との回帰係数の有意差検定を行うと第9表の通りである。

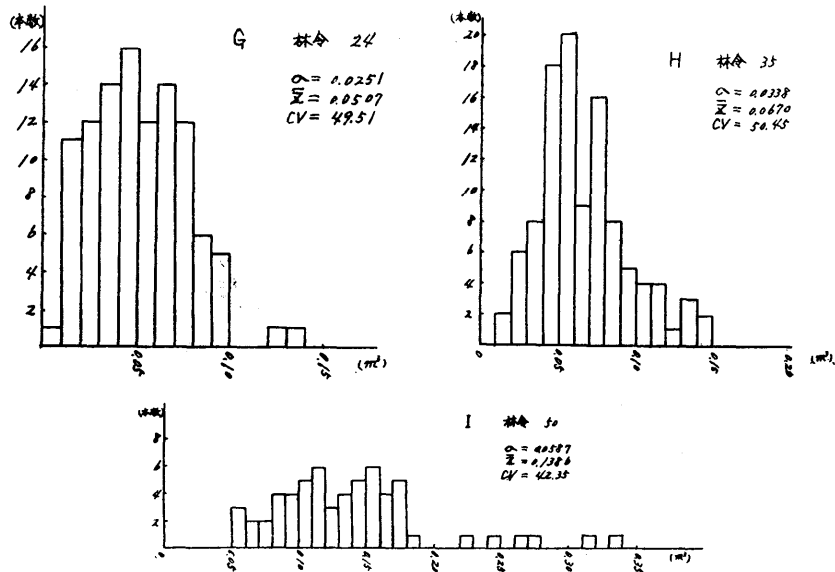
第9表で示すようにE林分はB, G, H林分と著しい差をあらわしている。従つて夫々の林分毎に成長量式を計算すべきであるが, こゝでは一応6ヶの林分を総括して計算を試みた。

第 7 表 成 長 量 の 頻 度 分 布

成長量(m ³)	B	D	E	G	H	I
0.01 以下	4			1		
0.01	9			11	2	
0.02	8			12	6	
0.03	24	1	2	14	8	
0.04	15	3	0	16	18	
0.05	9	4	0	12	20	3
0.06	15	5	2	14	9	2
0.07	4	4	1	12	16	2
0.08	2	7	1	6	8	4
0.09	6	6	2	5	5	4
0.10	4	4	1	0	4	5
0.11	1	4	4	0	4	6
0.12	0	1	1	1	1	3
0.13	0	7	1	1	3	4
0.14	1	6	2		2	5
0.15		1	3			6
0.16		3	0			4
0.17		0	0			5
0.18		3	2			1
0.19		1	2			0
0.20		1	2			0
0.21		1	4			0
0.22		1	2			1
0.23		0	2			0
0.24		1	2			1
0.25		0	1			0
0.26		1	0			1
0.27		0	1			1
0.28		0	0			0
0.29		0	0			0
0.30		0	1			0
0.31		0	0			1
0.32		0	0			0
0.33		0	1			1
0.34		1	0			
0.35			0			
0.36			0			
0.37			2			
0.38			2			
0.39			0			
0.40			0			
0.41			1			
0.42			3			
0.43			0			
0.44			0			
0.45			0			
0.46			1			
0.47			0			
0.48			1			
0.49			1			
0.50			1			
0.52			1			
0.53			1			
0.61			1			
0.71			1			
0.81			1			
0.85			1			
1.16			1			
計	102	66	59	105	106	60

第2図 成長量頻度分布





第 8 表 成長量標準偏差, 平均値, 変異係数表

	標準偏差 (σ)	平均値 ($\bar{x}$)	変異係数 (CV)	
B	0.0271 m ³	0.0491 m ³	55.19 %	平均 47.82 %
D	0.0581	0.1189	48.86	
E	0.2231	0.2639	84.54	
G	0.0251	0.0507	49.51	
H	0.0338	0.0670	50.45	
I	0.0587	0.1386	42.35	

第 9 表 回帰係数の t 検定

	B	D	E	G	H	I
b	3.8295	3.2665	2.8884	3.6637	2.2310	2.5103
$V(b)$	0.01969637	0.29906087	0.04672880	0.02034489	0.00442171	0.61299278
B		0.9973	3.6521**	0.8285	1.0293	1.6585
D			0.6430	0.7029	1.8799	0.7917
E				2.9937**	2.9062**	0.4654
G					0.9103	1.4494
H						0.3555
I						

Ⅱ 断面積回帰による成長式の固定

断面積のみによる林分成長量の固定は十分精確とはいえないけれども、取扱いが簡単であり断面積の推定も簡易になされるから一応この立場から上述の 6 永久標準地の資料を

固定してみた。

今 g を断面積, z を成長量とすると単木につき

$$z = a + bg$$

これを全本数について集加すると

$$\Sigma(z) = aN + b\Sigma(g)$$

$\Sigma(z)=Z$, $\Sigma(g)=G$, N , を夫々全林分について成長量, 断面積合計, 総本数とすると

$$Z = aN + bG$$

この場合 Z は5年間の定期成長量であり a , b は常数となる。

成長量 Z は5年間の生木成長量 S からこの間の枯死量 M を引いたものであるから

$$Z = S - M$$

とし S 及 $-M$ を同様の回帰式として

$$S = a_1 N + b_1 G$$

$$-M = a_2 N + b_2 G$$

とにおいて各林分の, S , $-M$, Z を表示すると第10表の通りである。

第10表 生木成長量, 枯死量, 成長量一覧表 (m³)

	B	D	E	G	H	I	計
$S=$	5.008	7.848	17.155	5.323	7.103	8.316	50.753
$-M=$	-0.029	0	-1.546	-0.035	-0.300	0	-1.910
$Z=S-M=$	4.979	7.848	15.609	5.288	6.803	8.316	48.843

生木についての最小自乗解は

	a_1	b_1	$= 1$	c_1	c_2	計
I	510	16.3132	50.753	1	0	578.0662
2		1.1374 5002	3.3223 086	0	1	21.7729 5862
3			11.4750 59	0	0	65.5503 676
4	I $\times -0.0319$ 8666 66	-0.5218 0488	-1.6234 1929	-0.0319 8667	0	-18.4904 1081
II	2 + 4		1.6988 8931	-0.0319 8667	1	3.2825 4781
5	I $\times -0.0995$ 1568 62		-5.0507 1962	-0.0995 1569	0	-57.5266 5456
6	II $\times -2.7595$ 2687		-4.6881 3070	$+0.0882$ 6808	-2.7595 2687	-9.0582 7888
III	3 + 5 + 6		1.7362 0868	-0.0112 4761	-2.7595 2687	-1.0345 6584
8	I より	$a_1 = 0.0112$		$c_{11} = 0.0036$	$c_{21} = -0.0520$	
7	II より	$b_1 = 2.7595$ 2687		$c_{12} = -0.0520$	$c_{22} = 1.6243$	

$$s^2 = \frac{1.7362\ 0868}{510-2} = 0.0034\ 1773 \quad s = 0.058$$

これから導かれる式は

$$S = 0.0112 N + 2.7595 G \quad (1)$$

同様の計算を枯死量について行くと

$$-M = 0.0042 N - 0.2473 G \quad (2)$$

(1)+(2) より

$$Z = 0.0154 N + 2.5122 G \quad (3)$$

(3) 式を 5 で除すと 1 年当りの成長量となる.

$$Z' = 0.0031 N + 0.5024 G$$

推定式と実測値を比較すると第 11 表に示す通りである.

第 11 表 推定式と実際の値との対比

	推 定 式			実 測 値			誤 差	
	生 木 成長量	枯死量	林 分 成長量	生 木 成長量	枯死量	林 分 成長量	誤 差	%
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	
B	4.2455	0.1554	4.4009	5.008	-0.029	4.979	-0.5781	-11.61
D	6.5413	-0.2428	6.2985	7.848	0	7.848	-1.5495	-19.74
E	18.2059	-1.2841	16.9218	17.155	-1.546	15.609	+1.3128	+ 8.41
G	5.0202	0.1017	5.1219	5.323	-0.035	5.288	-0.1661	- 3.41
H	8.1718	-0.1632	8.0086	7.103	-0.300	6.803	+1.2056	+17.72
I	7.9681	-0.6539	7.3142	8.316	0	8.316	-1.0018	-12.05
計	50.1528	-2.0869	48.0659	50.753	-1.910	48.843	-0.7771	- 1.59

上表で示すように個々の林分への適合は必ずしもよくない. 枯死量が此の場合一定の法則性を示しておらないためによる. しかし全体としてはほぼ妥当な予測がなされていると思われる. 本式における単木当り推定量を第 12 表にかゝげる. 林分の直径階別本数が既知の場合の計算例を第 13 表にかゝげた.

断面積 G の代りに直径の二乗と樹高の積による D^2H を独立変数として回帰式と考えた所謂 Combined-variable を用いた場合を示すと次の通りとなる.

$$Z = a + bD^2H \quad \text{において}$$

$$\Sigma(Z) = 0.038254 N + 0.00009118 \Sigma(D^2H)$$

$$s = 0.051 \quad \text{min}S = 1.3167$$

で断面積の場合より僅かに良好となる.

Ⅲ 拋物線式による推定

資料のうち特に E 林分中の成長量の異常なもの (測定上の誤りと思われる) をさらに 6 本すべて全資料 504 本について

$$Z = aN + bD + cD^2$$

の形において計算をこゝろみた. 式中 Z は成長量, N は本数, D は直径, a, b, c は常数とする. 前と同様に S を生木成長量, $-M$ を枯死量とする.

$$S = a_1 N + b_1 D + c_1 D^2 \quad (1)$$

$$-M = a_2 N + b_2 D + c_2 D^2 \quad (2)$$

(1)+(2) より

$$Z = aN + bD + cD^2$$

となる. 最小自乗法により

$$S = 0.03057 N - 0.00208 D + 0.000276 D^2$$

$$-M = -0.003345 N + 0.000718 D - 0.000034 D^2$$

第 12 表 断面積回帰より成長量推定表 (5 ケ年)

断面積式		$N = 1$		$N = 1$		
直径	断面積 (G)	A 2.7595 G	S 0.0112 N + A	B 0.2473 G	-M 0.0042 N-B	S-M 計
cm	m ²		m ³		m ³	m ³
6	0.0028	0.0077 2660	0.0189 2660	0.0006 9244	0.0035 0756	0.0224
7	0.0039	0.0107 6205	0.0219 6205	0.0009 6447	0.0032 3553	0.0252
8	0.0050	0.0137 9750	0.0249 9750	0.0012 3650	0.0029 6350	0.0280
9	0.0064	0.0176 6080	0.0288 6080	0.0015 8272	0.0026 1728	0.0315
10	0.0079	0.0218 0005	0.0330 0005	0.0019 5367	0.0022 4633	0.0352
11	0.0095	0.0262 1525	0.0374 1525	0.0023 4935	0.0018 5065	0.0393
12	0.0113	0.0311 8235	0.0423 8235	0.0027 9449	0.0014 0551	0.0438
13	0.0133	0.0367 0135	0.0479 0135	0.0032 8909	0.0009 1091	0.0488
14	0.0154	0.0424 9630	0.0536 9630	0.0038 0842	0.0003 9158	0.0540
15	0.0177	0.0488 4315	0.0600 4315	0.0043 7721	-0.0001 7721	0.0598
16	0.0201	0.0554 6595	0.0666 6595	0.0049 7073	-0.0007 7073	0.0659
17	0.0227	0.0626 4065	0.0738 4065	0.0056 1371	-0.0014 1371	0.0724
18	0.0255	0.0703 6725	0.0815 6725	0.0063 0615	-0.0021 0615	0.0795
19	0.0284	0.0783 6980	0.0895 6980	0.0070 2332	-0.0028 2332	0.0826
20	0.0314	0.0866 4830	0.0978 4830	0.0077 6522	-0.0035 6522	0.0942
21	0.0346	0.0954 7870	0.1066 7870	0.0085 5658	-0.0043 5658	0.1023
22	0.0380	0.1048 6100	0.1160 6100	0.0093 9740	-0.0051 9740	0.1108
23	0.0416	0.1147 9520	0.1259 9520	0.0102 8768	-0.0060 8768	0.1199
24	0.0452	0.1247 2940	0.1359 2940	0.0111 7796	-0.0069 7796	0.1289
25	0.0491	0.1354 9145	0.1466 9145	0.0121 4243	-0.0079 4243	0.1388
26	0.0531	0.1465 2945	0.1577 2945	0.0131 3163	-0.0089 3163	0.1478
27	0.0573	0.1581 1935	0.1693 1935	0.0141 7029	-0.0099 7029	0.1593
28	0.0616	0.1699 8520	0.1811 8520	0.0152 3368	-0.0110 3368	0.1701
29	0.0661	0.1824 0295	0.1936 0295	0.0163 4653	-0.0121 4653	0.1815
30	0.0707	0.1950 9665	0.2062 9665	0.0174 8411	-0.0132 8411	0.1930
31	0.0755	0.2083 4225	0.2195 4225	0.0186 7115	-0.0144 7115	0.2050
32	0.0804	0.2218 6380	0.2330 6380	0.0198 8292	-0.0156 8292	0.2174
33	0.0855	0.2359 3725	0.2471 3725	0.0211 4415	-0.0169 4415	0.2302
34	0.0908	0.2505 6260	0.2617 6260	0.0224 5484	-0.0182 5484	0.2435
35	0.0962	0.2654 6390	0.2766 6390	0.0237 9026	-0.0195 9026	0.2571
36	0.1018	0.2809 1710	0.2921 1710	0.0251 7514	-0.0209 7514	0.2712
37	0.1075	0.2966 4625	0.3078 4625	0.0265 8475	-0.0223 8475	0.2854
38	0.1134	0.3129 2730	0.3241 2730	0.0280 4382	-0.0238 4382	0.3003
39	0.1195	0.3297 6025	0.3409 6025	0.0295 5235	-0.0253 5235	0.3156
40	0.1257	0.3468 6915	0.3580 6915	0.0310 8561	-0.0268 8561	0.3312
41	0.1320	0.3642 5400	0.3754 5400	0.0326 4360	-0.0284 4360	0.3471
42	0.1385	0.3821 9075	0.3933 9075	0.0342 5105	-0.0300 5105	0.3633
43	0.1452	0.4006 7940	0.4118 7940	0.0359 0796	-0.0317 0796	0.3802
44	0.1521	0.4197 1995	0.4309 1995	0.0376 1433	-0.0334 1433	0.3975
45	0.1590	0.4387 6050	0.4499 6050	0.0393 2070	-0.0351 2070	0.4149
46	0.1662	0.4586 2890	0.4698 2890	0.0411 0126	-0.0369 0126	0.4329
47	0.1735	0.4787 7325	0.4899 7325	0.0429 0655	-0.0387 0655	0.4513
48	0.1810	0.4994 6950	0.5106 6950	0.0447 6130	-0.0405 6130	0.4701
49	0.1886	0.5204 4170	0.5316 4170	0.0466 4078	-0.0424 4078	0.4892
50	0.1964	0.5419 6580	0.5531 6580	0.0485 6972	-0.0443 6972	0.5088
51	0.2043	0.5637 6585	0.5749 6585	0.0505 2339	-0.0463 2339	0.5287
52	0.2124	0.5861 1780	0.5973 1780	0.0525 2652	-0.0483 2652	0.5490
53	0.2206	0.6087 4570	0.6199 4570	0.0545 5438	-0.0503 5438	0.5695
54	0.2290	0.6319 2550	0.6431 2550	0.0566 3170	-0.0524 3170	0.5907
55	0.2376	0.6556 5720	0.6668 5720	0.0587 5848	-0.0545 5848	0.6123
56	0.2463	0.6796 6485	0.6908 6485	0.0609 0999	-0.0567 0999	0.6342
57	0.2552	0.7042 2440	0.7154 2440	0.0631 1096	-0.0589 1096	0.6565
58	0.2642	0.7290 5990	0.7402 5990	0.0653 3666	-0.0611 3666	0.6792
59	0.2734	0.7544 4730	0.7656 4730	0.0676 1182	-0.0634 1182	0.7022
60	0.2827	0.7801 1065	0.7913 1065	0.0699 1171	-0.0657 1171	0.7256

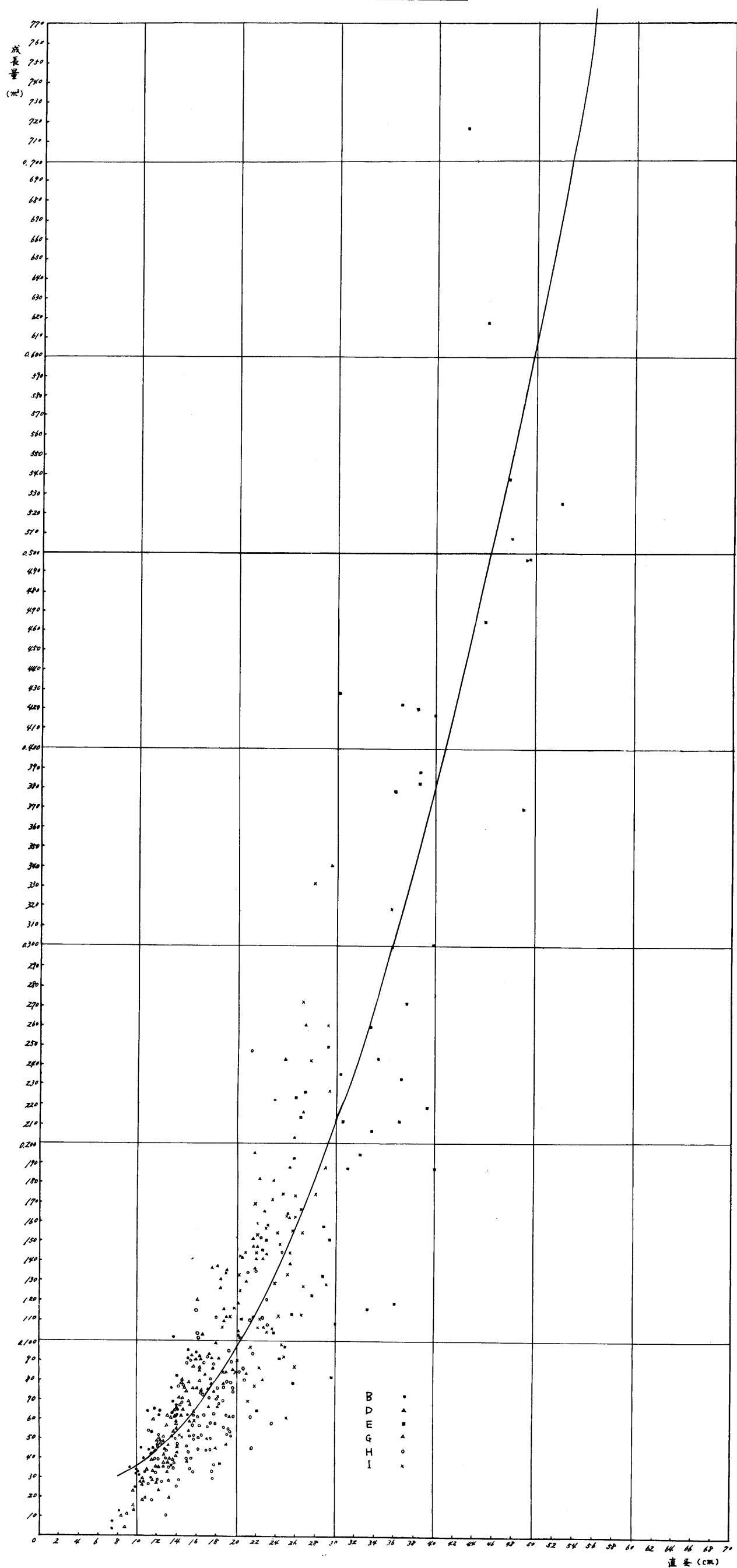
第 13 表 G 林分に適用した計算例

G 飯盛 檜

直径	断面積 g	本数 N	断面積 $\times$ 本数 $G=g \times N$	$0.0112N$	$2.7595G$	S	$0.0042N$	$-0.2473G$	$-M$	計 $S-M$	実際の 林 分
cm	m^2					m^3			m^3	m^3	m^3
7	0.0039	1	0.0039	0.0112	0.0108	0.0220	0.0042	-0.0010	0.0032	0.0252	
8	0.0050	2	0.0100	0.0224	0.0276	0.0500	0.0084	-0.0025	0.0059	0.0559	0.057
9	0.0064	6	0.0384	0.0672	0.1060	0.1732	0.0252	-0.0095	0.0157	0.1889	0.081
10	0.0079	10	0.0790	0.1120	0.2180	0.3300	0.0420	-0.0195	0.0225	0.3525	0.328
11	0.0095	14	0.1330	0.1568	0.3670	0.5238	0.0588	-0.0329	0.0259	0.5497	0.583
12	0.0113	14	0.1582	0.1568	0.4366	0.5934	0.0588	-0.0391	0.0197	0.6131	0.684
13	0.0133	18	0.2394	0.2016	0.6606	0.8622	0.0756	-0.0592	0.0164	0.8786	1.049
14	0.0154	19	0.2926	0.2128	0.8074	1.0202	0.0798	-0.0724	0.0074	1.0276	1.027
15	0.0177	10	0.1770	0.1120	0.4884	0.6004	0.0420	-0.0438	-0.0018	0.5986	0.973
16	0.0201	9	0.1809	0.1008	0.4992	0.6000	0.0378	-0.0447	-0.0069	0.5931	0.332
17	0.0227	1	0.0227	0.0112	0.0626	0.0738	0.0042	-0.0056	-0.0014	0.0724	
18	0.0255	1	0.0255	0.0112	0.0704	0.0816	0.0042	-0.0063	-0.0021	0.0795	0.209
19	0.0284	1	0.0284	0.0112	0.0784	0.0896	0.0042	-0.0070	-0.0028	0.0868	
		106	1.3890	1.1872	3.8330	5.0202	0.4452	-0.3435	+0.1017	5.1219	5.323

第 14 表 Combined variable method による推定値

林 分	本 数 N	$\Sigma D^2 H$	$0.038254 N$	$0.000009 118 \Sigma D^2 H$	S
B	103	150 850.340	3.940 162	1.37 545 340	m^3 5.3156
D	66	451 207.563	2.524 764	4.11 411 056	6.6389
E	60	1844 003.510	2.285 240	16.81 362 400	19.1089
G	106	175 498.225	4.054 924	1.60 019 282	20.0568
H	109	367 217.830	4.169 686	3.34 829 217	7.5180
I	60	441 112.760	2.295 240	4.02 206 615	6.3173
計	504	3429 890.228			44.8987



$$Z = S - M = 0.027225 N - 0.001490 D + 0.000242 D^2$$

となる。生木の場合の $\min S = 1.211438$ となり断面積及 Combined variable の場合より小さい。上式を図示すると第3図のようになる。直径の小さい所では曲線の性質上そり上つて適合が悪いことがみられる。

拋物線の公式によつた場合の推定値と実測値の対比は第15表に示す通りである。

第15表 推定式と実際の値との対比

	推 定 式			実 測 値			誤 差	
	生 木 成長量	枯死量	林 分 成長量	生 木 成長量	枯死量	林 分 成長量	誤 差	%
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	
B	4.4664	+0.0221	4.4885	5.008	-0.029	4.979	0.490	9.8
D	6.4788	-0.1887	6.2901	7.848	0	7.848	1.558	19.85
E	18.2157	-1.3015	16.9142	17.112	-1.546	15.566	-1.348	8.66
G	5.1996	+0.0115	5.2111	5.323	-0.035	5.288	0.077	1.46
H	8.1425	-0.1369	8.0056	6.947	-0.322	6.625	-1.381	20.84
I	8.0510	-0.3402	7.7108	8.316	0	8.316	0.605	7.28

断面積回帰の場合より僅かに誤差率が減少する。

単木について夫々の成長量を計算すると第16表のようになる。

第17表 G 林分にあてはめた場合

D.B.H	本 N 数	S - M	N × (S - M)
		m ³	m ³
7	1	0.028 653	0.028 653
8	2	0.032 800	0.065 600
9	6	0.033 417	0.200 502
10	10	0.036 525	0.365 250
11	14	0.040 117	0.561 638
12	14	0.044 193	0.618 702
13	18	0.048 753	0.877 554
14	19	0.053 797	0.537 970
15	10	0.059 325	0.593 250
16	9	0.065 337	0.588 033
17	1	0.071 833	0.071 833
18	1	0.078 813	0.078 813
19	1	0.086 277	0.086 277
計	106		

第 16 表 拋 物 線 式 に よ

(拋物線式)

 $N = 1$

D	D^2	A 0.002 208 D	B 0.030 570 $N - A$	0.000 276 D^2	S $B + 0.000 276 D^2$
cm					m ³
6	36	0.013 248	0.017 322	0.009 936	0.027 258
7	49	0.015 456	0.015 114	0.013 524	0.028 638
8	64	0.017 664	0.012 906	0.017 664	0.030 570
9	81	0.019 872	0.010 698	0.022 356	0.033 054
10	100	0.022 080	0.008 490	0.027 600	0.036 090
11	121	0.024 288	0.006 282	0.033 396	0.039 678
12	144	0.026 496	0.004 074	0.039 744	0.043 818
13	169	0.028 704	0.001 866	0.046 644	0.048 510
14	196	0.030 912	-0.000 342	0.054 096	0.053 754
15	225	0.033 120	-0.002 550	0.062 100	0.059 550
16	256	0.035 328	-0.004 758	0.070 656	0.065 898
17	289	0.037 536	-0.006 966	0.079 764	0.072 798
18	324	0.039 744	-0.009 174	0.089 424	0.080 250
19	361	0.041 952	-0.011 382	0.099 636	0.088 254
20	400	0.044 160	-0.013 590	0.110 400	0.096 810
21	441	0.046 368	-0.015 798	0.121 716	0.105 918
22	484	0.048 576	-0.018 006	0.133 584	0.115 578
23	529	0.050 784	-0.020 214	0.146 004	0.125 790
24	576	0.052 992	-0.022 422	0.158 976	0.136 554
25	625	0.055 200	-0.024 630	0.172 500	0.147 870
26	676	0.057 408	-0.026 838	0.186 576	0.159 738
27	729	0.059 616	-0.029 046	0.201 204	0.172 158
28	784	0.061 824	-0.031 254	0.216 384	0.185 130
29	841	0.064 032	-0.033 462	0.232 116	0.198 654
30	900	0.066 240	-0.035 670	0.248 400	0.212 730
31	961	0.068 448	-0.037 878	0.265 236	0.227 358
32	1024	0.070 656	-0.040 086	0.282 624	0.242 538
33	1089	0.072 864	-0.042 294	0.300 564	0.258 270
34	1156	0.075 072	-0.044 502	0.319 056	0.274 554
35	1225	0.077 280	-0.046 710	0.338 100	0.291 390
36	1296	0.079 488	-0.048 918	0.357 696	0.308 778
37	1369	0.081 696	-0.051 126	0.377 844	0.326 718
38	1444	0.083 904	-0.053 334	0.398 544	0.345 210
39	1521	0.086 112	-0.055 542	0.419 796	0.364 254
40	1600	0.088 320	-0.057 750	0.441 600	0.383 850
41	1681	0.090 528	-0.059 958	0.463 956	0.403 998
42	1764	0.092 736	-0.062 166	0.486 864	0.424 698
43	1849	0.094 944	-0.064 374	0.510 324	0.445 950
44	1936	0.097 152	-0.066 582	0.534 336	0.467 754
45	2025	0.099 360	-0.068 790	0.558 900	0.490 110
46	2116	0.101 568	-0.070 998	0.584 016	0.513 018
47	2209	0.103 776	-0.073 206	0.609 684	0.536 478
48	2304	0.105 984	-0.075 414	0.635 904	0.560 490
49	2401	0.108 192	-0.077 622	0.662 676	0.585 054
50	2500	0.110 400	-0.079 830	0.690 000	0.610 170
51	2601	0.112 608	-0.082 038	0.717 876	0.635 838
52	2704	0.114 816	-0.084 246	0.746 304	0.662 058
53	2809	0.117 024	-0.086 454	0.775 284	0.688 830
54	2916	0.119 232	-0.088 662	0.804 816	0.716 154
55	3025	0.121 440	-0.090 870	0.834 900	0.744 030
56	3136	0.123 648	-0.093 078	0.865 536	0.772 458
57	3249	0.125 856	-0.095 286	0.896 724	0.801 438
58	3364	0.128 064	-0.097 494	0.928 464	0.830 970
59	3481	0.130 272	-0.099 702	0.960 756	0.861 054
60	3600	0.132 480	-0.101 910	0.993 600	0.891 690

る 単 木 の 成 長 量 表

$$N = 1$$

a 0.000 718 D	b $-0.003\ 345\ N + a$	0.000 034 D^2	$-M$ $b - 0.000\ 034\ D^2$	$S - M$
			m^3	m^3
0.004 308	0.000 963	0.001 224	-0.000 261	0.026 997
0.005 026	0.001 681	0.001 666	+0.000 015	0.028 653
0.005 744	0.002 399	0.002 176	+0.000 223	0.030 793
0.006 462	0.003 117	0.002 754	+0.000 363	0.033 417
0.007 180	0.003 835	0.003 400	+0.000 435	0.036 525
0.007 898	0.004 553	0.004 114	+0.000 439	0.040 117
0.008 616	0.005 271	0.004 896	+0.000 375	0.044 193
0.009 334	0.005 989	0.005 746	+0.000 243	0.048 753
0.010 052	0.006 707	0.006 664	+0.000 043	0.053 797
0.010 770	0.007 425	0.007 650	-0.000 225	0.059 325
0.011 488	0.008 143	0.008 704	-0.000 561	0.065 337
0.012 206	0.008 861	0.009 826	-0.000 965	0.071 833
0.012 924	0.009 579	0.011 016	-0.001 437	0.078 813
0.013 642	0.010 297	0.012 274	-0.001 977	0.086 277
0.014 360	0.011 015	0.013 600	-0.002 585	0.094 225
0.015 078	0.011 733	0.014 994	-0.003 261	0.102 657
0.015 796	0.012 451	0.016 456	-0.004 005	0.111 573
0.016 514	0.013 169	0.017 986	-0.004 817	0.120 973
0.017 232	0.013 887	0.019 584	-0.005 697	0.130 857
0.017 950	0.014 605	0.021 250	-0.006 645	0.141 225
0.018 668	0.015 323	0.022 984	-0.007 661	0.152 077
0.019 386	0.016 041	0.024 786	-0.008 745	0.163 413
0.020 104	0.016 759	0.026 656	-0.009 897	0.175 233
0.020 822	0.017 477	0.028 594	-0.011 117	0.187 537
0.021 540	0.018 195	0.030 600	-0.012 405	0.200 325
0.022 258	0.018 913	0.032 674	-0.013 761	0.213 597
0.022 976	0.019 631	0.034 816	-0.015 185	0.227 353
0.023 694	0.020 349	0.037 026	-0.016 677	0.241 593
0.024 412	0.021 067	0.039 304	-0.018 237	0.256 317
0.025 130	0.021 785	0.041 650	-0.019 865	0.271 525
0.025 848	0.022 503	0.044 064	-0.021 561	0.287 217
0.026 566	0.023 221	0.046 546	-0.023 325	0.303 393
0.027 284	0.023 939	0.049 096	-0.025 157	0.320 053
0.028 002	0.024 657	0.051 714	-0.027 057	0.337 197
0.028 720	0.025 375	0.054 400	-0.029 025	0.354 825
0.029 438	0.026 093	0.057 154	-0.031 061	0.372 937
0.030 156	0.026 811	0.059 976	-0.033 165	0.391 533
0.030 874	0.027 529	0.062 866	-0.035 337	0.410 613
0.031 592	0.028 247	0.065 824	-0.037 577	0.430 177
0.032 310	0.028 965	0.068 850	-0.039 885	0.450 225
0.033 028	0.029 683	0.071 944	-0.042 261	0.470 757
0.033 746	0.030 401	0.075 106	-0.044 705	0.491 773
0.034 464	0.031 119	0.078 336	-0.047 217	0.513 273
0.035 182	0.031 837	0.081 634	-0.049 797	0.535 257
0.035 900	0.032 555	0.085 000	-0.052 445	0.557 725
0.036 618	0.033 273	0.088 434	-0.055 161	0.580 677
0.037 336	0.033 991	0.091 936	-0.057 945	0.604 113
0.038 054	0.034 709	0.095 506	-0.060 797	0.628 033
0.038 772	0.035 427	0.099 144	-0.063 717	0.652 437
0.039 490	0.036 145	0.102 850	-0.066 705	0.677 325
0.040 208	0.036 863	0.106 624	-0.069 761	0.702 697
0.040 926	0.037 581	0.110 466	-0.072 885	0.728 553
0.041 644	0.038 299	0.114 376	-0.076 077	0.754 893
0.042 362	0.039 017	0.118 354	-0.079 337	0.781 717
0.043 080	0.039 735	0.122 400	-0.082 665	0.809 025

Ⅳ 重回帰による推定

重回帰の計算のため次の6変数について相関係数及平方和を計算する。(第18表)

	独立変数	相関係数
直径 D	X_1	r_{Y1}
樹高 H	X_2	r_{Y2}
年令 A	X_3	r_{Y3}
直径 D^2	X_4	r_{Y4}
(直径2乗)×樹高 D^2H	X_5	r_{Y5}
成長量 $Z=Y$		

第18表 林分成長量に対する平方和、積和の計算

$n=504$	直径 X_1	樹高 X_2	年令 X_3	(直径) ² 、 X_4	(直径) ² ×(樹高) X_5	成長量 Y
和	9152.5	6560.2	16895	20 0563.63	342 9890.228	50.554
平均値	18.16	13.02	33.52	397.94	6805.338	0.1003
X_1	1	20 0563.63	13 5627.84	35 7527.1	537 0600.071	1 0500 8279.5636
	2	16 6206.86	11 9131.41	30 6808.5	364 2179.809	6228 6052.2589
	3	3 4356.77	1 6496.43	5 0718.6	172 8420.262	4272 2227.3047
	4	185.36	1 9646.25	6 2369.2	179 6142.274	4672 8738.6602
	5		$r_{12}=0.8397$	$r_{13}=0.8132$	$r_{14}=0.9622$	$r_{15}=0.9143$
X_2	1		9 6623.14	24 5241.4	342 9890.228	6657 6687.2616
	2		8 5389.33	21 9909.9	261 0590.328	4464 4376.7206
	3		1 1233.81	2 5331.5	81 9299.900	2193 2310.5410
	4		105.9897	3 5663.0	102 7042.408	2671 9707.5527
	5		$r_{23}=0.7103$	$r_{24}=0.7977$	$r_{25}=0.8208$	$r_{Y2}=0.6780$
X_3	1			679567	876 8126.79	1 7387 8357.921
	2			566351	672 3258.99	1 1497 6181.353
	3			113216	204 4867.80	5890 2176.563
	4			336.4759	326 0458.50	8482 4635.286
	5			$r_{34}=0.6272$	$r_{35}=0.6944$	$r_{Y3}=0.5937$
X_4	1				1 7370 9540.8575	37 5836 6399.2801 2
	2				7981 3035.0769	13 6490 3263.1531 9
	3				9389 6505.7806	23 9346 3136.1269 3
	4				9690.0209	24 4282 7224.0416 7
	5				$r_{45}=0.9798$	$r_{Y4}=0.8997$
X_5	1					868 9456 4671.6865 04
	2					233 4156 1460.5751 83
	3					635 5300 3211.1113 21
	4					25 2097.2090
	5					$r_{Y5}=0.8768$
X_6	1					11.4964 16
	2					5.0708 47
	3					6.4255 69
	4					$\sqrt{S_y^2}=2.5349$
	5					$s_y=0.1130$

(註 1: 平方和, 2: 補正項, 3: 残差平方和及び積和, 4: 3の平方根, 5: 相関係数)

(1) 4変数重回帰の場合

直径の2乗 D^2 , 樹高 H , 年令 A 及成長量 Z を4変数とした場合の重回帰推定式を計算する。

第18表より相関係数表を作る. この場合 D^2 を X_1 , H を X_2 , A を X_3 , Z を Y とする.

	X_1	X_2	X_3	Y
X_1		0.7977	0.6272	0.8997
X_2			0.7103	0.6780
X_3				0.5937

回帰式を

$$\hat{y} = b'_{y1.23} x'_1 + b'_{y2.13} x'_2 + b'_{y3.12} x'_3$$

とおくと正規方程式は

	X_1	X_2	X_3	Y
X_1	$b'_{y1.23}$	$+ r_{12} b'_{y2.13}$	$+ r_{13} b'_{y3.12}$	$= r_{y1}$
X_2	$r_{12} b'_{y1.23}$	$+ b'_{y2.13}$	$+ r_{23} b'_{y3.12}$	$= r_{y2}$
X_3	$r_{13} b'_{y1.23}$	$+ r_{23} b'_{y2.13}$	$+ b'_{y3.12}$	$= r_{y3}$

より

$$b'_{y1.23} + 0.7977 b'_{y2.13} + 0.6272 b'_{y3.12} = 0.8997 \quad (1)$$

$$0.7977 b'_{y1.23} + b'_{y2.13} + 0.7103 b'_{y3.12} = 0.6780 \quad (2)$$

$$0.6272 b'_{y1.23} + 0.7103 b'_{y2.13} + b'_{y3.12} = 0.5937 \quad (3)$$

(1), (2) 式を夫々 $b'_{y3.12}$ の係数で除し, それ等と (4) 式から $b'_{y3.12}$ を消去し, ついで $b'_{y2.13}$ を消去して,

$$b'_{y1.23} = 0.9688$$

$$b'_{y2.13} = -0.1714$$

$$b'_{y3.12} = 0.1078$$

を求めて

Y	X_1	X_2	X_3
Y の X に関する相関	0.8997	0.6780	0.5937
Y の X に関する標準回帰	0.9688	-0.1714	0.1078

従つて回帰式は

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 0.1003 + 0.9688 \frac{2.5349}{9690.0209} (X_1 - 397.94) \\ & - 0.1714 \frac{2.5349}{105.9897} (X_2 - 13.02) \\ & + 0.1078 \frac{2.5349}{336.4759} (X_3 - 33.52) \end{aligned}$$

$$\hat{Y} = 0.01559612 + 0.00025344 X_1 - 0.00409928 X_2 + 0.00081213 X_3$$

を得る. 此の場合の重相関係数は上表から

$$\begin{aligned} R^2 = & (0.8997)(0.9688) + (0.6780)(-0.1714) + (0.5937)(0.1078) \\ = & 0.8716 - 0.1162 + 0.0640 = 0.8194 \end{aligned}$$

$$R = 0.905$$

残差平方和の代りに

変動因	自由度	平 方 和	平均平方
1 次回帰	3	$R^2 s_y^2$ 5.2652	1.755
回帰偏差	501	$(1-R^2)s_y^2$ 1.1604	0.0023
合 計	504	s_y^2 6.4256	

$$F = 1.755/0.0023 = 763.0 \quad df = 3 \text{ と } 501$$

成長量予測式として

$$\Sigma(Z) = 0.0156N + 0.0003\Sigma(D^2) - 0.0041\Sigma(H) + 0.008\Sigma(A)$$

を得るが各林分について計算すると第19表の通りである。

第19表 重回帰式による推定値 (1)

林分	N	$0.01559612 N$	$\Sigma(D^2)$	$\frac{0.00025344}{\Sigma(D^2)} \Sigma(H)$	$\frac{-0.00409928}{\Sigma(H)} \Sigma(A)$	$\Sigma(A)$	$\frac{0.00081213}{\Sigma(A)}$	計	
B	103	1.6064	1 4261.47	3.6144	1054.0	— 4.3206	1854	1.5057	2.4059
D	66	1.0293	2 6597.64	6.7409	1095.7	— 4.4916	1782	1.4472	4.7258
E	60	0.9358	7 5806.24	19.2123	1393.0	— 5.7103	3900	3.1673	17.6051
G	106	1.6532	1 7994.40	4.5605	1009.5	— 4.1382	2544	2.0661	4.1416
H	109	1.7000	3 2143.33	8.1464	1232.5	— 5.0524	3815	3.0983	7.8923
I	60	0.9358	3 3760.55	8.5563	775.5	— 3.1790	3000	2.4364	8.7495
計	504	7.8604	20 0563.63	50.8308	6560.2	—26.8921	16895	13.7209	45.5200

(2) 6変数の場合

直径、樹高、年令、(直径)² 及 (直径)²×樹高と成長量との6変数よりなる重回帰式を最小2乗解によつて求めた結果は

$$\begin{aligned} \Sigma(Z) = & 0.07532 N + 0.010137 \Sigma(D) - 0.0162886 \Sigma(H) - 0.00040021 \Sigma(A) \\ & + 0.00009713 \Sigma(D^2) + 0.0000040665 \Sigma(D^2 H) \end{aligned}$$

となる。此の場合の重相関係数

$$\begin{aligned} R^2 = & (0.3290)(0.8538) - (0.1873)(0.6780) - (0.0539)(0.5939) + (0.3676)(0.8997) \\ & + (0.4069)(0.8768) \\ = & 0.8094 \end{aligned}$$

から $R=0.8997$ となり4変数の場合と殆んど等しい。この式から推定される成長量は第20表のようになる。

総 括

成長量(5ヶ年定期成長量)の既知の永久標準地測定値に対し

$$\Sigma(Z) = aN + \Sigma(G) \quad \text{I}$$

$$\Sigma(Z) = aN + \Sigma(D^2 H) \quad \text{II}$$

$$\Sigma(Z) = aN + b \Sigma(D) + c \Sigma(D^2) \quad \text{III}$$

$$\Sigma(Z) = aN + b \Sigma(D^2) + c \Sigma(H) + d \Sigma(A) \quad \text{IV}$$

$$\Sigma(Z) = aN + b \Sigma(D) + c \Sigma(H) + d \Sigma(A) + e \Sigma(D^2) + f \Sigma(D^2 H) \quad \text{V}$$

なる5つの回帰式を用いて推定した結果は夫々次のような数値を得た。但しこゝでは枯死

第 20 表 重回帰式による推定法 (2)

b	N	$\Sigma(D)$	$\Sigma(H)$	$\Sigma(A)$	$\Sigma(D^2)$	$\Sigma(D^2H)$	計 m ³
B b × B	103 7.725	1185.9 11.978	1054.0 — 17.170	1854 — 0.742	14 261.47 1.385	150 850.340 0.614	(5.008) 3.790
D b × D	66 4.950	1304.2 13.172	1095.7 — 17.849	1782 — 0.713	26 597.64 2.583	451 207.563 1.836	(7.848) 3.979
E b × E	60 4.500	2056.6 20.772	1393.0 — 22.692	3900 — 1.560	75 806.24 7.361	1 844 003.510 7.505	(17.112) 15.886
G b × G	106 7.950	1362.0 13.756	1009.5 — 16.445	2544 — 1.018	17 994.40 △1.747	175 498.225 0.714	(5.323) 6.704
H b × H	109 8.175	1839.3 18.577	1232.5 — 20.077	3815 — 1.526	32 143.33 3.121	367 217.830 1.495	(6.947) 9.765
I b × I	60 4.500	1404.5 14.185	775.5 — 12.633	3000 — 1.200	33 760.55 3.278	441 112.760 1.795	(8.316) 9.925
S b × S	504 37.800	9152.5 92.440	6560.2 — 106.866	16895 — 6.758	200 563.63 19.475	3 429 890.228 13.960	(50.554) 50.051

量については考えない。

$$\text{I} \quad \Sigma(Z) = 0.0112N + 2.7595\Sigma(G)$$

$$\text{II} \quad \Sigma(Z) = 0.038254N + 0.00009118\Sigma(D^2H)$$

$$\text{III} \quad \Sigma(Z) = 0.03057N - 0.00208\Sigma(D) + 0.000276\Sigma(D^2)$$

$$\text{IV} \quad \Sigma(Z) = 0.01559612N + 0.00025344\Sigma(D^2) - 0.00409928\Sigma(H) \\ + 0.00081213\Sigma(A)$$

$$\text{V} \quad \Sigma(Z) = 0.07532N + 0.010137\Sigma(D) - 0.0162886\Sigma(H) - 0.00040021\Sigma(A) \\ + 0.00009713\Sigma(D^2) + 0.0000040665\Sigma(D^2H)$$

となつたが、その推定の誤差を最小 2 乗解における *Min S* より表示すると次の通りである。

	<i>Min S</i>	自由度	標準偏差
I	1.7362	508	0.058
II	1.3167	502	0.051
III	1.2114	520	0.049
IV	1.1604	501	0.048
V	1.2237	98	0.050

から IV が最小であるがその差は極めて僅かである。計算の煩雑さは IV, V であつて I は計算自体は簡単でも断面積になおすこと又 III でも同様 D^2H を作ることにめんどうさがある。

樹高の測定の不完全さを考え且つ一度この様な式が決定された地域において使用が可能になれば III が最も好ましいことになる。それは樹高を使用せず且つ直径或は平均直径を知れば林分の成長量がおさえられるからである。

重回帰の因子としてこゝには直径樹高のみに限定されているがこれは将来、より本質的

因子に結合されねばならぬ。この様な推定予測式が作られるためには、対象地域に対し適当な永久標準地の設定と合理的な測定継続が望まれる。

枯死量は実際人工生育林では天然に生じるものは特殊の場合を除いて極めてすくないようであるし又本例においても一定の傾向を認め難い。人為的な減少も此の様な形で考えて見ることが出来るであろう。これを要するに断面積による回帰より樹高と直径2乗の積がやゝすぐれさらに直径の曲線回帰は更らに有効である。重相関の形式としては更らに地力因子及気象因子の導入が望ましいことになる。

本報告の計算に従事された奥野敦子嬢並びに大学院学生林重佐君の助力に謝意を表する。

参 考 文 献

- | | |
|---|------|
| Ezekiel : Methods of Correlation Analysis | 1950 |
| Goulden : Methods of Statistical Analysis | 1950 |
| Snedecor : Statistical Methods | 1953 |
| Cochran : Sampling Techniques | 1953 |
| Bruce and Schumacher : Forest Mensuration | 1950 |
| Spurr : Forest Inventory | 1952 |

附表 永久標準地資料表 (直径 cm, 樹高 m, 材積成長量 m^3)B 上ノ山 スギ 林令 18 $n=103$ (中 枯死木 1)

樹番号	1949 年		1949 年~1954 年	樹番号	1949 年		1949 年~1954 年
	直 径	樹 高	材積成長量		直 径	樹 高	材積成長量
	cm	m	m^3		cm	m	m^3
60	6.1	8.0	0.008	9	11.5	11.5	0.045
95	6.8	8.5	0.015	37	11.6	10.5	0.048
31	7.4	8.5	0.004	16	11.7	9.5	0.065
25	7.4	8.5	0.007	68	11.7	10.0	0.049
99	7.7	8.5	0.016	54	11.7	10.5	0.033
97	7.7	9.0	0.026	44	11.7	10.5	0.036
5	8.1	9.0	0.013	34	11.7	10.5	0.044
62	8.2	8.0	0.031	70	11.8	10.5	0.041
47	8.2	10.0	0.015	105	11.9	9.0	0.057
82	8.3	8.0	0.009	18	12.1	8.5	0.062
58	8.5	9.0	0.016	52	12.1	11.0	0.039
56	8.5	9.0	0.019	80	12.2	12.0	0.038
86	8.6	9.5	0.029	33	12.3	10.5	0.064
49	8.8	9.5	0.032	90	12.7	11.0	0.053
84	8.9	8.0	0.015	104	12.8	11.0	0.052
102	9.1	8.5	0.023	64	12.8	11.0	0.069
78	9.2	8.0	0.016	55	12.9	11.0	0.042
89	9.2	9.0	0.032	81	12.9	11.0	0.065
32	9.2	9.5	0.035	61	13.2	11.0	0.039
65	9.3	10.0	0.022	83	13.2	11.5	0.061
73	9.4	10.0	0.028	87	13.3	10.0	0.057
93	9.5	7.0	0.030	51	13.3	11.0	0.056
63	9.6	10.0	0.021	10	13.3	12.5	0.076
66	9.7	10.0	0.033	1	13.4	12.5	0.063
14	9.7	11.5	0.025	8	13.5	12.0	0.069
19	9.8	8.5	0.034	7	13.7	9.5	0.102
28	9.8	10.0	0.032	17	13.9	10.0	0.082
77	9.8	10.0	0.043	79	13.9	11.5	0.079
42	9.9	10.0	0.032	29	13.9	12.0	0.066
38	9.9	10.0	0.037	15	13.9	12.5	0.067
21	10.0	10.0	0.033	13	14.0	12.0	0.065
71	10.1	10.0	0.014	98	14.3	11.0	0.074
30	10.1	10.0	0.031	59	14.3	11.5	0.072
24	10.3	9.5	0.045	53	14.6	11.5	0.083
57	10.3	10.0	0.022	72	14.7	11.5	0.067
46	10.3	10.0	0.051	100	14.9	10.5	0.092
74	10.4	9.0	0.037	39	15.0	10.0	0.065
43	10.4	10.0	0.042	20	15.0	11.5	0.062
4	10.5	9.0	0.044	22	15.1	9.0	0.091
6	10.6	9.5	0.040	3	15.1	14.0	0.095
103	10.6	10.0	0.035	12	15.5	10.0	0.142
67	10.6	10.0	0.039	40	15.5	12.0	0.094
41	10.6	10.0	0.051	45	15.6	12.0	0.090
96	10.7	10.0	0.039	50	15.7	11.5	0.108
91	10.7	10.5	0.030	94	15.7	12.5	0.117
26	10.7	10.5	0.033	23	15.9	12.5	0.094
75	10.9	9.0	0.029	88	16.8	10.0	0.101
27	11.0	10.5	0.064	36	17.3	10.5	0.107
69	11.2	10.0	0.049				
101	11.2	12.0	0.044				
92	11.3	10.0	0.059				
85	11.3	10.5	0.041				
2	11.3	11.0	0.030				
35	11.4	10.5	0.053				
76	11.5	10.5	0.046				

D 新建 スギ 林令 27 $n=66$ (中 枯死木なし)

樹番号	1949 年		1949 年～1954 年	樹番号	1949 年		1949 年～1954 年
	直 径	樹 高	材積成長量		直 径	樹 高	材積成長量
	cm	m	m ³		cm	m	m ³
62	13.8	14.0	0.062	12	19.0	18.5	0.047
31	13.8	14.5	0.059	16	19.2	18.0	0.061
66	13.9	13.0	0.055	51	20.0	16.0	0.103
30	13.9	13.5	0.062	70	20.0	17.5	0.119
8	14.0	13.5	0.043	39	20.0	18.0	0.105
19	15.0	15.0	0.038	71	20.5	17.5	0.142
58	15.1	15.0	0.054	44	20.9	15.5	0.130
67	16.2	13.0	0.085	38	21.0	18.0	0.083
46	16.2	15.5	0.092	34	21.6	17.0	0.148
47	16.3	15.0	0.091	29	21.6	18.0	0.152
6	16.5	18.0	0.103	68	21.7	16.0	0.195
32	16.8	15.0	0.083	28	21.8	17.0	0.137
5	17.0	17.0	0.050	57	21.9	17.5	0.141
13	17.1	16.5	0.066	40	21.9	17.5	0.148
59	17.2	14.0	0.075	21	22.2	17.0	0.182
55	17.2	14.5	0.093	3	22.6	18.0	0.142
63	17.4	15.0	0.078	14	22.6	18.5	0.080
65	17.5	17.5	0.137	2	22.6	19.0	0.107
17	17.5	18.0	0.091	26	22.7	15.0	0.166
36	17.6	17.0	0.086	18	22.9	20.0	0.144
52	17.7	15.5	0.074	54	23.6	17.5	0.181
53	17.9	15.0	0.045	41	23.7	17.5	0.222
64	17.9	16.5	0.099	61	24.7	16.0	0.243
48	18.0	16.0	0.138	4	25.1	18.5	0.165
33	18.0	16.5	0.066	25	25.2	17.5	0.163
50	18.2	15.0	0.091	1	25.2	18.0	0.188
56	18.4	15.5	0.131	7	25.4	20.0	0.139
43	18.4	16.0	0.127	11	25.7	17.5	0.203
23	18.7	16.5	0.116	60	26.6	17.5	0.216
37	18.7	17.5	0.078	24	26.8	17.0	0.260
45	18.7	19.2	0.110	10	29.3	18.5	0.341
49	18.8	16.0	0.085				
20	18.9	17.5	0.084				
15	18.9	17.5	0.112				
27	19.0	16.0	0.136				

E 新建 スギ 林 65 n=60 (中 枯死木 1)

樹番号	1949 年		1949 年～1954 年	樹番号	1949 年		1949 年～1954 年
	直 径	樹 高	材積成長量		直 径	樹 高	材積成長量
	cm	m	m ³		cm	m	m ³
69	13.5	8.0	0.036	64	33.6	23.0	0.206
52	18.4	13.0	0.037	42	33.8	24.0	0.338
24	20.6	24.0	0.111	44	34.2	25.5	0.243
65	22.1	22.5	0.064	27	35.9	25.0	0.379
10	22.6	20.0	0.146	68	36.0	25.0	0.119
16	22.9	15.0	0.060	63	36.1	24.0	0.144
14	23.0	19.0	0.151	38	36.4	27.5	0.211
31	23.8	20.0	0.104	23	36.5	23.0	0.423
5	24.9	17.5	0.097	41	36.6	28.0	0.233
66	24.5	22.5	0.091	26	37.1	27.5	0.271
34	25.6	23.0	0.113	46	38.1	24.0	0.421
61	25.8	22.5	0.192	22	38.2	22.5	0.389
39	25.8	25.0	0.078	4	38.3	24.0	0.383
57	25.9	21.0	0.223	1	39.3	25.0	0.218
30	26.4	21.0	0.213	36	39.9	28.0	0.301
29	27.6	23.5	0.123	15	40.0	24.0	0.187
32	27.8	19.5	0.226	8	40.0	24.0	0.418
59	28.7	25.0	0.133	7	43.0	24.0	0.716
43	28.8	24.0	0.158	3	41.3	25.5	0.487
33	29.1	19.5	0.249	54	41.4	25.5	-1.546
2	29.4	25.0	0.151	40	45.0	28.0	0.464
48	29.6	16.5	0.081	58	45.1	26.0	0.617
12	30.0	22.0	0.429	28	47.2	28.0	0.538
37	30.4	26.5	0.235	53	47.6	25.5	0.508
50	30.7	22.0	0.211	49	48.7	22.5	0.370
45	31.1	24.0	0.187	55	49.3	26.0	0.497
17	32.4	22.5	0.194	35	51.8	28.0	0.814
56	33.2	28.5	0.116	6	52.6	24.0	0.525
11	33.4	21.5	0.259	62	55.9	25.5	0.856
21	33.6	22.5	0.208	18	56.1	24.0	1.160

G 飯盛 ヒノキ 林令 24 $n=106$ (中 枯死木 1)

樹番号	1949 年		1949 年～1954 年	樹番号	1949 年		1949 年～1954 年
	直 径	樹 高	材積成長量		直 径	樹 高	材積成長量
	cm	m	m ³		cm	m	m ³
19	8.3	9.5	0.011	76	13.0	9.0	0.059
108	8.5	7.0	0.013	103	13.1	7.5	0.067
72	8.7	9.5	0.005	33	13.1	10.5	0.040
78	8.8	8.0	0.016	2	13.1	11.0	0.029
61	8.9	7.0	0.012	36	13.1	11.5	0.020
87	9.4	8.0	0.012	109	13.3	7.5	0.067
71	9.5	8.5	0.024	22	13.4	10.5	0.040
51	9.5	9.0	0.016	11	13.4	10.5	0.061
62	9.6	7.5	0.014	15	13.4	12.0	0.051
100	9.7	7.0	0.015	89	13.5	10.0	0.070
102	10.0	8.0	0.034	60	13.6	9.0	0.054
85	10.2	8.5	0.042	29	13.7	10.0	0.064
90	10.3	7.0	0.033	25	13.7	12.5	0.041
45	10.4	7.5	0.027	97	13.8	6.5	0.060
73	10.4	9.5	0.028	53	13.8	11.0	0.059
6	10.4	10.5	0.030	34	13.9	10.0	0.062
17	10.5	8.5	0.019	9	13.9	10.5	0.046
24	10.5	10.0	0.028	82	13.9	10.5	0.056
3	10.6	9.5	0.020	94	14.0	9.0	0.066
96	10.8	7.5	0.033	10	14.1	10.5	0.071
50	10.8	8.0	0.034	81	14.1	10.5	0.072
65	10.9	7.0	-0.065	104	14.2	8.0	0.081
75	11.0	8.5	0.019	27	14.3	11.0	0.062
79	11.1	9.5	0.036	106	14.4	8.5	0.052
107	11.2	7.0	0.011	46	14.4	9.0	0.079
70	11.3	8.5	0.040	84	14.4	10.0	0.083
40	11.3	9.0	0.043	18	14.4	17.0	0.080
31	11.3	9.5	0.029	43	14.5	9.5	0.071
86	11.4	8.5	0.044	66	14.5	10.5	0.065
49	11.5	8.5	0.060	63	14.7	11.0	0.076
80	11.5	9.0	0.023	99	14.9	8.5	0.094
77	11.5	9.0	0.037	74	14.9	10.0	0.075
41	11.5	9.5	0.034	26	15.1	11.0	0.069
92	11.6	8.5	0.052	12	15.1	11.0	0.079
16	11.8	11.0	0.036	5	15.1	12.0	0.059
55	11.9	6.5	0.049	13	15.2	10.5	0.068
54	11.9	10.5	0.028	39	15.3	11.0	0.042
57	12.0	9.0	0.048	23	15.4	11.0	0.093
67	12.0	10.0	0.036	4	15.5	12.5	0.064
48	12.1	7.5	0.048	101	15.6	8.0	0.090
38	12.1	10.5	0.024	52	15.6	10.5	0.087
37	12.1	10.5	0.048	56	15.6	11.0	0.076
59	12.3	8.5	0.038	47	15.9	9.0	0.121
91	12.4	8.5	0.050	69	15.9	10.5	0.091
14	12.5	9.5	0.051	32	15.9	11.0	0.076
64	12.5	11.0	0.046	8	16.2	12.0	0.086
28	12.5	11.5	0.036	1	16.3	12.0	0.080
68	12.6	9.5	0.042	7	16.4	12.0	0.075
83	12.8	8.5	0.027	95	16.6	10.0	0.091
35	12.8	10.5	0.038	98	18.0	7.0	0.073
21	12.9	9.0	0.057	93	18.9	9.0	0.136
44	12.9	9.0	0.062				
30	12.9	10.0	0.033				
20	13.0	8.0	0.047				
88	13.0	9.0	0.056				

H 新建 ヒノキ 林令 35 $n=109$ (中 枯死木 3)

樹番号	1949 年		1949 年～1954 年	樹番号	1949 年		1949 年～1954 年
	直 径	樹 高	材積成長量		直 径	樹 高	材積成長量
	cm	m	m ³		cm	m	m ³
35	11.1	12.5	0.027	44	16.8	12.5	0.073
25	11.3	10.0	0.054	98	17.1	11.0	0.044
41	11.4	8.0	0.019	80	17.2	11.0	0.056
65	11.6	11.0	0.027	87	17.2	11.5	0.092
37	11.7	10.0	0.044	27	17.3	11.0	0.076
46	11.8	13.0	0.040	20	17.4	9.5	0.080
103	11.9	10.0	0.028	58	17.4	11.5	0.071
94	12.0	9.0	0.040	3	17.4	13.0	0.050
93	12.2	10.5	0.046	64	17.5	13.5	0.034
39	12.2	11.0	0.052	106	17.6	10.5	0.058
31	12.3	9.0	0.046	97	17.8	10.0	0.088
70	12.6	9.0	0.028	76	17.8	11.5	0.037
95	12.9	7.5	0.044	79	17.8	13.5	0.030
96	12.9	9.0	0.011	35	17.8	13.5	0.063
26	12.9	11.5	0.040	77	17.9	12.0	0.058
34	13.2	13.0	0.036	40	18.1	11.0	0.076
29	13.4	9.0	-0.114	88	18.1	11.5	0.071
55	13.4	10.0	0.048	101	18.2	11.0	0.112
49	13.4	12.0	-0.095	69	18.3	12.0	0.068
111	13.7	10.0	0.035	66	18.4	12.5	0.070
1	13.7	10.0	0.038	85	18.7	12.5	0.079
15	13.8	11.5	0.041	67	18.8	12.0	0.076
7	13.9	13.0	0.050	78	18.8	13.0	0.046
14	14.0	13.5	0.026	9	18.9	13.0	0.056
42	14.1	12.0	0.138	59	19.1	11.0	0.062
45	14.1	13.0	0.047	50	19.2	11.5	0.079
109	14.2	10.5	0.077	63	19.2	12.0	0.052
43	14.2	13.0	0.029	108	19.3	12.5	0.055
22	14.3	13.0	0.067	100	19.4	10.0	0.095
28	14.5	10.0	0.078	4	19.4	14.5	0.054
72	15.0	12.0	0.046	53	19.5	10.5	0.079
74	15.1	11.5	0.089	73	19.5	10.5	0.089
52	15.2	9.0	0.040	6	19.5	13.0	0.052
5	15.2	13.5	0.043	36	19.7	11.5	0.061
90	15.4	9.5	0.035	13	19.7	14.0	0.076
57	15.4	10.0	0.052	71	19.8	11.0	0.074
33	15.4	10.0	0.090	19	20.1	10.5	0.102
12	15.4	12.5	-0.113	112	20.1	12.0	0.084
75	15.5	11.0	0.057	68	20.8	11.0	0.086
47	15.5	14.0	0.040	17	20.9	12.0	0.079
89	15.6	12.5	0.034	83	20.9	12.5	0.080
113	15.7	10.0	0.062	38	21.3	10.5	0.135
18	15.7	12.0	0.050	60	21.5	9.5	0.045
82	15.7	12.0	0.052	86	21.5	11.5	0.111
2	16.0	9.5	0.116	30	21.5	12.5	0.061
24	16.1	13.0	0.061	105	21.7	11.0	0.091
102	16.2	10.0	0.104	21	21.8	12.0	0.094
54	16.2	11.5	0.051	61	22.0	9.0	0.149
48	16.2	12.0	0.045	62	22.0	12.0	0.136
51	16.3	8.0	0.102	99	22.4	11.5	0.111
110	16.3	10.0	0.057	23	23.1	12.0	0.108
56	16.5	11.5	0.074	91	23.2	10.0	0.121
92	16.6	10.0	0.052	8	23.5	13.0	0.058
104	16.8	10.5	0.089	11	24.9	12.0	0.145
81	16.8	12.0	0.062				

I 荒平 ヒノキ 林合 50 $n=60$ (中 枯死木 なし)

樹番号	1949 年		1949 年～1954 年	樹番号	1949 年		1949 年～1954 年
	直 径	樹 高	材積成長量		直 径	樹 高	材積成長量
	cm	m	m ³		cm	m	m ³
47	14.2	10.5	0.052	9	23.5	15.5	0.106
57	14.4	10.0	0.051	17	23.8	11.5	0.130
40	15.7	12.5	0.059	30	24.0	13.0	0.155
35	18.1	13.0	0.072	25	24.1	13.5	0.113
55	18.5	11.5	0.107	2	24.3	13.0	0.149
45	18.6	11.5	0.084	53	24.5	14.0	0.098
24	18.9	12.0	0.135	6	24.6	13.0	0.175
46	19.3	12.0	0.116	34	24.7	14.5	0.092
19	19.9	12.5	0.084	18	25.0	12.5	0.164
7	20.0	15.0	0.117	39	25.0	13.0	0.134
22	20.1	12.5	0.090	38	25.0	14.0	0.061
26	20.2	12.5	0.134	33	25.3	12.5	0.145
60	20.3	12.0	0.143	11	25.5	13.0	0.156
15	20.3	13.0	0.126	48	25.6	12.5	0.163
51	20.8	13.0	0.145	32	25.8	13.0	0.174
3	21.1	13.0	0.069	10	25.8	14.0	0.087
13	21.4	13.0	0.097	54	26.4	13.0	0.113
62	21.6	11.5	0.112	61	26.4	14.0	0.167
37	21.8	12.5	0.077	56	26.5	14.0	0.155
1	21.8	13.0	0.170	50	26.6	12.5	0.272
5	21.9	12.5	0.145	12	26.7	15.0	0.128
8	22.0	11.5	0.160	14	27.3	12.0	0.242
52	22.0	12.5	0.154	16	27.6	11.5	0.332
49	22.0	13.0	0.107	27	27.8	12.0	0.175
58	22.2	12.5	0.086	28	28.7	13.5	0.188
42	22.2	12.5	0.112	31	28.9	14.0	0.129
36	22.9	15.0	0.158	4	29.0	13.0	0.260
41	23.0	13.5	0.105	21	29.3	12.0	0.227
29	23.0	15.5	0.159	20	29.8	13.5	0.109
23	23.5	13.5	0.172	44	35.3	14.5	0.319

REPORT OF OBSERVATION ON STAND INCREMENT (3)

Prediction Formulae of Stand Increment

Kenkichi KINASHI

(R é s u m é)

With six permanent sample plots for measuring stand increment, five methods of regression estimation are studied. First, the regression based on the basal area is tried; second, the combined variable method; third, the curvilinear regression of diameter; fourth, the multiple regression based on squared diameter, height and age; and fifth, the multiple regression of 6 variables (D^2 , D , H , A and D^2H) are computed with 504 sample trees of the permanent sample plots.

These permanent sample plots were established in the Kyushu University Forests in 1949.

The growth period is five years, and the species are Sugi and Hinoki. The above-mentioned five regressions are solved by the method of least squares and their accuracies are compared.

The most accurate method is the multiple regression method and the least accurate one is the simple regression method based on the basal area. But the basal area method is simpler than the others and the difference in accuracy between the most accurate method and the least accurate one is not big. The combined variable method is a useful method and the curvilinear regression of diameters is more useful and should be recommended. The multiple regression method is not applicable unless there are many other factors.

Numerical results are presented in the present report.