

林分材積調査の時間分析

大 隅 真 一

SHINICHI OSUMI: An application of time analysis to timber cruise.

摘 要 林分材積調査の功程を調査するため、Snap-reading 法による時間分析の応用を試みた。適用せられた林分材積調査法は次の3種である。

(1) 毎木調査法, (2) 円形プロットによる標本調査法, (3) W. Z. P. による標本調査法。

調査は面積 2.6ha, 本数1982本, 44年生のスギ人工林で行われた。作業人員は全ての作業に対し3名であった。

毎木調査法。上り法は下り法に比べて僅かに多くの時間を要するが、測り落とし本数ははるかに少なく、全体として優れている。Blume-Leiss による樹高測定は、移動時間も含めて1本当たり約2分を必要とする。

円形プロット法。プロットの大きさは 100 m² で

ある。プロット間の距離測定、円形プロットの作成および樹高測定に Spiegel-relaskop が用いられたが、非常に有効であった。1プロット当たり所要時間は11分51秒であった。

W. Z. P. による標本調査法。標本点の決定、断面積測定および形状高の測定に Spiegel-relaskop が用いられた。本作業は非常に能率的で、1標本点当たり5本の標本木につき形状高の測定がなされたにもかかわらず、所要時間は1標本点当たり21分11秒であった。形状高の測定には1本当たり2分を必要とする。林分材積調査に対する Snap-reading 法の適用は充分有効である。

緒 言

功程調査の手段として時間分析は有効な方法であるが、林分材積調査に應用されたことは今までないようである。これは林分材積調査が、その性質上種々雑多な作業の集合であり、要素作業に分類組織化され難い点に一つの理由がある。

筆者はここに普通に行われる材積調査方法を、最も能率的と思われる方向において、幾つかの要素作業の組合せとして組織化し、これに時間分析を適用してみた。

調査に当って協力された石川昌徳、稲富 洋、田中宜之 3 君に感謝する。なお一部は第70回日本林学会大会(1960)の席上発表した。

1. 方法の概要

(1) 時間分析の方法

時間分析には次のような方法がある。

- (i) ストップウォッチ法。
- (ii) 比率時間法 (Snap-reading method)。
- (iii) メモーション法 (Memo motion method)。
- (iv) 標準数値法。

林分材積調査のように、比較的短かい要素作業が長

時間にわたって繰り返され、しかも一つの作業から他の作業への転換が速やかなものにあつては、記録の正確さと敏速さが要求せられる。このような理由からここでは比率時間法が採用せられた。

本法は L. H. TIPPET によるもので、一定の観測時間内におけるN個の観測時点を無作為にえらぶ。えらばれた観測時点において行われていた要素作業を瞬間的に観察記録し、総観測回数Nに対する各要素作業の出現百分率を求め、これから各要素作業の所用時間を推定するものである。

各要素作業における観測回数の分布は一般に二項分布に従うとみなされる。

N_i : ある要素作業の出現回数,

P_i : 同じく百分率,

とすると,

$$P_i = \frac{N_i}{N} \times 100,$$

標準偏差を s_i とすると,

$$s_i = \sqrt{\frac{P_i(1-P_i)}{N}}$$

時間分析の調査では、総観測回数は一般に充分多いから、百分率の分布は實際上正規分布とみなされ、したがって信頼度95%における百分率の信頼限界は近似的

に 1.96s とみなされる。

観測回数は観測の精度と関連して定めらるべきであるが、これには経験を必要とする。ここでは初めての試みであるので、Nはできるだけ大きくとった。

観測時点の抽出単位は短か過ぎると観測記入が困難となり、長過ぎると観測時点間隔、したがって亦総観測時間も長くなって観測者の注意が散漫となり易く、さらに観測間隔が作業周期と一致して偏りを生ずる恐れがある。予備調査の結果、抽出単位は5秒、抽出率は20%、すなわち1時間144回と定められた。したがって、Nを大きくするには観測時間を増さねばならない。観測用紙としてはB列4番の上質紙を選び、これに5秒間隔の目盛を施し、一列5分、24列として1枚の用紙で2時間観測できるようにした。

観測者はそれぞれ1名ずつの作業員を担当する。あらかじめ乱数表等を用いて観測時点をN個任意抽出しておき、ストップウォッチで時間を測りながら、選ばれた観測時刻が来た瞬間、作業員の行いつつある作業をみて、これを所定の記号で記入していく。記号については次項で示す。この場合作業開始および終了時刻を正確に記入することを忘れてはならない。

(2) 調査の対象となった林分材積調査法

林分材積調査の方法としては、毎木調査法、円形プロットによる標本調査法、Winkelzählprobe (W.Z.P.) による標本調査法を選んだ。作業人員を3名として、最も能率的と考えられる方向において作業を組織化し、各作業員の分担を定めた。本調査における作業員3名は共に本学林学科4年生である。なお各調査法に含まれている基本作業、例えば毎木調査法における樹高測定、W.Z.P.における形状高測定等を、調査後必要に応じて独立にとり出し得るように配慮した。以下作業員をA、B、Cとして各調査法の実行方法を述べる。

(i) 毎木調査法

本法にあつては毎木調査によって得られた直径階別本数分布表と樹高曲線とに、材積表を適用する場合が多い。したがってここでは毎木調査と標本木の樹高測定との2つの作業を、毎木調査法なる呼称の下に、時間観測の対象として選んだ。

毎木調査は山麓から山頂に向かって測定していく場合(上り法)と山頂から山麓へ向って進む場合(下り法)の2つに分け、括約単位は2cmとした。作業分担としては、Aが記帳を、B、Cが測定を担当した。要素作業は第1表のように定められた。

胸高直径測定は輪尺を幹に当て、直径を読みとり、印附を終るまでの作業を意味し、毎木間移動は測定木間の移動を意味する。記帳は毎木調査に限り観測の対

第1表 毎木調査における要素作業の分類

番号	要素作業名	記号
1	胸高直径測定	dm
2	毎木間移動	wt
3	記帳	n
4	作業待	} 職場余裕
5	打合せ	
6	道具修理—作業余裕	ir
7	汗ふき	sw
8	水飲み	} 用達余裕
9	用便	

第2表 Blume-Leiss による樹高測定における要素作業の分類

番号	要素作業名	記号	A	B	C
1	距離測定	mh	○		
2	樹高測定	上方測定	h ₁	○	
3		下方測定	h ₂	○	
4		傾斜角測定	h ₃	○	
5	記帳	n			○
6	測定用補助板とりつけ	pl			○
7	毎木間移動	wt	○	○	○
8	伐開	b			○

象としなかった。4以下は何れの作業にも不可避免的に伴うものであるが、本来の作業とは区別されねばならない。以下これらは一々示されないこともある。

樹高測定は任意抽出された標本木100本について、毎木調査終了後に独立して行われた。測定には Blume-Leiss 測高器が用いられ、A、B、C 3名がそれぞれ次のように作業を分担した。

A：樹高測定、B：記帳、C：距離測定用補助板のとりつけ、および伐開。

この場合の要素作業はA、B、Cの各々につき第2表のようになる。

(ii) 円形プロットによる標本調査法

プロットの形としては面積100m²の円形を選び、抽出法は系統的抽出によつた。

作業を簡単にするため、Spiegel-relaskop を最大限に活用することを試みた。作業方法ならびに順序は次のようである。

- (a) ポケットコンパスによる方位の決定
 - (b) Spiegel-relaskop によるプロット間距離の決定
 - (c) Spiegel-relaskop による円形プロットの設定
 - (d) 輪尺による胸高直径の測定
 - (e) Spiegel-relaskop による標本木の樹高測定
- Spiegel-relaskop と長さ2mのポールとを併用す

るときは、30, 25, 20, 15m の距離を定めることができ、一般にポールの長さを変えれば、任意の距離を定め得る筈である。ここではプロット間隔を 20 m として、2 m ポールを併用した。ポールは地上に垂直に立てるのが原則であるが、傾斜地で下木の多い場合には、ポールマンをして、ポールを頭上で横にし、林地の傾斜角だけ傾けて保持せしめるのが能率的である。このようにすれば、Spiegel-relaskop の距離目盛を傾斜に合せて一々固定し、器械を横にする必要はなく、常に縦位置に保つたまま傾斜の変化に追随することができる。

円形プロットを設定するには、上と同様にして、2 m ポールの代りに、所要半径に対応する長さの棒を作り、これをプロットの中心に保持せしめて、視準しながら一周すればよい。本研究におけるようにプロット面積を 100 m² とすれば、半径は 5.6 m、したがって若し 20 m 用の距離目盛を使用するとすれば、棒の長さは 56 cm となる。この場合にも、棒は傾斜に応じて傾けて保持さるべきであるが、実際には境界木だけについて注意すれば充分である。

標本木の樹高測定にも Spiegel-relaskop を用いた。同器による標本木の樹高測定は、原則としてはまず距離目盛によつて一定の距離を定め、それに対応する樹高目盛を用いるのであるが、実際には形状高測定に準じて次のようにするのが能率的である。長さ a m の棒を作つておき、これを測定木の樹幹上任意の高さに水平に固定する。断面積常数 4 のバンドでこれを正確に被う位置を定め、この点から 25 m の樹高目盛を用いてみかけの樹高を測定し、これを a 倍すればよい。a=0.5 m とすれば、みかけの樹高を 1/2 倍すればよい。この方法の精度は Blume-Leiss のそれとほぼ等

第3表 円形プロット法における要素作業の分類

番号	要素作業名	記号	A	B	C
1	標本点決定	距離測定	m	○	
2		方位決定およびポールマン誘導	c ₁ , c ₂		○
3		ポール保持	p		○
4		伐開	b	○	○
5	プロット間移動	wp	○	○	○
6	プロット作成	B	○	○	
7	記帳	n		○	
8	毎調木査	胸高直径測定	dm		○
9		毎木間移動	wt		○
10	樹高測定	距離測定	mh	○	○
11		上方測定	h ₁	○	
12		下方測定	h ₂	○	
13		標本木間移動	wt	○	○

第4表 W. Z. P. による標本調査法における要素作業の分類

番号	要素作業名	記号	A	B	C
1	標本点決定	距離測定	m	○	
2		方位決定, 誘導	c ₁ , c ₂		○
3		ポール保持	p		○
4		伐開	b		○
5	標本点間移動	wp	○	○	○
6	断面積測定	g	○		
7	記帳	n		○	
8	形状高測定	距離測定	f ₁	○	
5		上方測定	f ₂	○	
10		下方測定	f ₃	○	
11		標本木間移動	wt	○	○
12	直径測定	dm		○	

しい。

作業分担および要素作業の分類は第3表のようである。

(iii) W. Z. P. による標本調査法

円形プロット抽出と同様に系統的抽出法により、標本点間の距離は Spiegel-relaskop により定めた。

作業順序は次の通りである。

- (a) コンパスによる方位の決定
- (b) Spiegel-relaskop による標本点間の距離の決定
- (c) Spiegel-relaskop による ha 当り胸高断面積の決定
- (d) Spiegel-relaskop による標本木の形状高の測定

作業分担および要素作業の分類は第4表の通りである。

2. 調査の実施とその結果

調査は本学大野演習林第26林班内に設けられた測定試験地において行われた。面積 2.6ha, 林令44年, 平均胸高直径 28cm, 本数1982本のスギ人工林である。東西にのびた浅い谷を中心に横たわり、傾斜は 10°~35° で中央部では緩であるが周辺部ではかなり急である。下木は中央部では少ないが、周辺部ではかなり多い。

第5表 各法における観測時間

調査法	観測時間	測定数
毎木調査法 上り	533分05秒	1453本
毎木調査法 下り	492分10秒	1397本
Blume-Leiss による樹高測定	120分	60本
円形プロット法	403分	34プロット
W. Z. P.	360分	17点

第6表 毎木調査の時間分析結果

要素作業	観測回数	%	s (%)	1.96s (%)	信頼限界 (%)	
上 り	直径測定	494	38.8	1.3	2.6	38.8±2.6
	毎木間移動	712	55.8	1.4	2.7	55.8±2.7
	職場余裕	9	0.7	0.2	0.4	0.7±0.4
	用達余裕	60	4.7	0.6	1.2	4.7±1.2
	計	1275	100			
下 り	直径測定	395	34.5	1.4	2.7	34.5±2.7
	毎木間移動	702	61.2	1.4	2.7	61.2±2.7
	職場余裕	16	1.4	0.3	0.6	1.4±0.6
	用達余裕	33	2.9	0.4	0.8	2.9±0.8
	計	1146	100			

調査は、毎木調査法、円形プロットによる標本調査法、W.Z.P.による標本調査法の順序に行われた。時間観測は各作業の全体を通じては行われず、充分と思われる時間で打切られた。各作業についての観測時間およびその間の測定本数、測定プロット数、測定標本点数は第5表の通りである。

(1) 毎木調査法の時間分析結果

(i) 毎木調査

毎木調査についての時間観測結果は第6表のようになる。但しこれは測者2名についての観測結果を合計したものである。

第5表より1本当りの所要時間を求めると、上り法22.0秒、下り法21.1秒となる。これを第6表の結果に

第7表 毎木調査の1本当り要素作業別所要時間

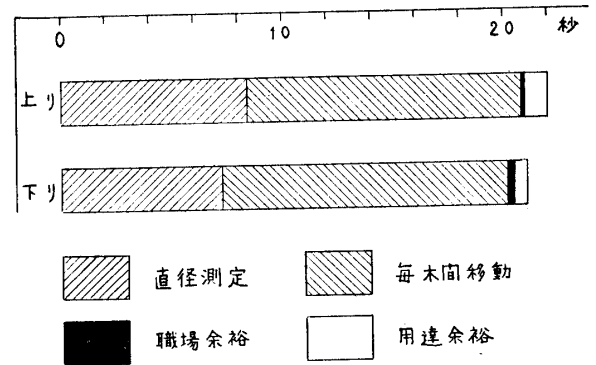
要素作業	上り法	下り法	差 (上り-下り)
直径測定	8.5 ± 0.6秒	7.3 ± 0.6秒	1.2秒*
毎木間移動	12.3 ± 0.6	12.9 ± 0.6	-0.7
職場余裕	0.15 ± 0.09	0.30 ± 0.13	-0.15 *
用達余裕	1.05 ± 0.26	0.60 ± 0.17	0.45 *
計	22.0	21.1	0.9

よつて要素作業別に分けると第7表のようになる。

差の分散は、例えば直径測定については、 $0.013^2 \times 22.0^2 + 0.014^2 \times 21.1^2$ とすることができるから、これを利用して上表での差の有意性を検定すると、移動を除いて、何れも危険率5%で差があるといえる(第1図)。

(ii) Blume-Leiss による樹高測定

この作業はA(測定者)、B(記帳者)、C(測定補



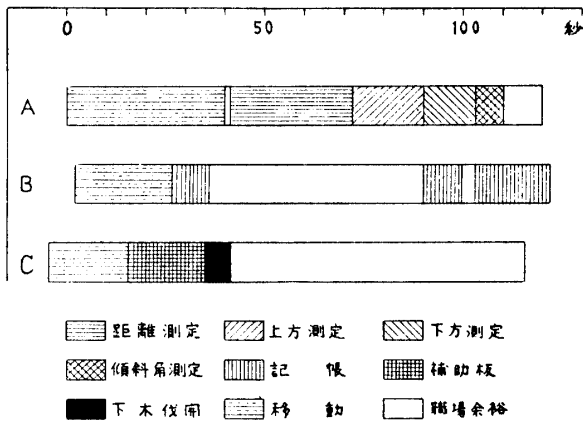
第1図 毎木調査の時間分析、1本当り所要時間

第8表 Blume-Leiss による樹高測定の時間分析結果

要素作業	観測回数	%	s (%)	1.96s (%)	信頼限界 (%)		
A 測 定 者	樹高測定	距離測定	74	25.5	2.6	5.1	25.5±5.1
		上方測定	45	15.5	2.1	4.1	15.5±4.1
		下方測定	31	10.7	1.8	3.5	10.7±3.5
		傾斜角測定	17	5.9	1.4	2.7	5.9±2.7
	小計	187	57.6	2.9	5.7	57.6±5.7	
	毎木間移動	96	33.1	2.8	5.5	33.1±5.5	
	職場余裕	27	9.3	1.7	3.3	9.3±3.3	
計	290	100					
B 記 帳 者	記帳	108	32.1	2.8	5.4	32.1±5.4	
	毎木間移動	69	20.6	2.2	4.2	20.6±4.2	
	職場余裕	159	47.3	3.0	5.8	47.3±5.8	
	計	336	100				
C 測 定 補 助 者	測定補助板とりつけ	46	16.0	2.2	4.3	16.0±4.3	
	毎木間移動	49	17.1	2.2	4.4	17.1±4.4	
	伐開	15	5.2	1.3	2.6	5.2±2.6	
	職場余裕	177	61.7	2.9	5.7	61.7±5.7	
	計	287	100				

第9表 Blume-Leiss による樹高測定の本1本当り要素作業別所要時間

要素作業	A 測定者	B 記帳者	C 測定補助者
樹高測定	距離測定	30.6±6.1 秒	— 秒
	上方測定	18.6±4.9	—
	下方測定	12.8±4.2	—
	傾斜角測定	7.1±3.2	—
	小計	69.1±6.8	—
記帳	—	38.5±6.5	—
測定補助板とりつけ	—	—	19.2±4.9
伐開	—	—	6.2±3.1
毎木間移動	39.7±6.6	24.7±5.0	20.5±5.3
職場余裕	11.2±4.0	56.8±7.0	74.1±6.8
計	120	120	120



第2図 Blume-Leiss による樹高測定の時
間分析, 1本当り所要時間

助者)の3名によって行われた(第8表)。

1本当り所要時間2分を要素作業別に分けると第9表のようになる。

この作業は、先ず3者の測定木への移動によって始まり、Cが標本木を選んでそれに測距用補助板をとりつけ、次いでAが測定を行い、結果をBに伝えることによって1本の測定を終る。作業の進行順序に従って各要素作業別所要時間を図示すると第2図のようになる。これは測定者Aを基準にして画いたものであるが、Snap-reading methodでは作業順序を正確に再現することは困難であるから、この図は幾分推測的である。図に現れていないものに、Cにおける補助板のとり外しがあるが、これは殆ど瞬間的作業で、職場余裕もしくは移動中に含まれているとみなされる。又この試験地では全樹木に番号が附してあり、標本木の直径はこの番号を照合することによって知り得るため、この調査では標本木の直

径測定は行われず、その代りに樹木番号が読みとられた。したがって実際には直径測定作業がCによって分担されるものと考えられねばならない。

(2) 円形プロットによる標本調査法

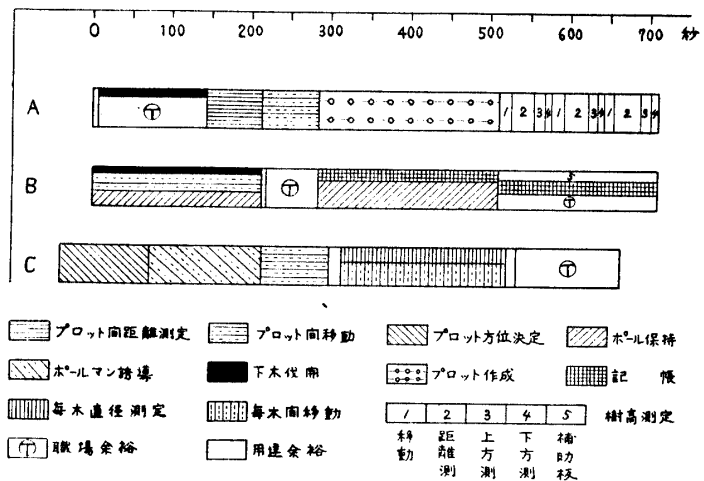
本調査も同様に3名によって行われた(第10表)。

1プロット当り所要時間11分15秒を、3名の作業員の各々について要素作業別に表示すると第11表のようになる。

この作業はかなり複雑で、種々の要素作業が、種々の順序で繰り返されるが、大別してプロット設定、プロット内毎木調査、標本木樹高測定の本3基本作業に分けられよう。第3図は第11表に基き、1個のプロットの抽出過程を模式的に示したものである。これによってプロット抽出における各種要素作業の結合状態が明かになる。

(3) W.Z.P. による標本調査法

作業員3名のそれぞれの時間分析結果は第12表のようになる。観測時間360分内に調査せられた標本点数



第3図 円形プロットによる標本調査の時
間分析, 1プロット当り所要時間

第10表 円形プロットによる標本調査の時間分析結果

要素作業	観測回数	%	s (%)	1.96 s (%)	信頼限界 (%)		
プロット間距離測定	93	10.1	1.0	2.0	10.1±2.0		
プロット間移動	94	10.1	1.0	2.0	10.1±2.0		
伐開	22	2.3	0.4	0.8	2.3±0.8		
A プロット作成	292	31.5	1.5	2.9	31.5±2.9		
測定者	樹高測定	距離測定	117	12.6	1.1	12.6±2.2	
		上方測定	49	5.3	0.7	5.3±1.4	
		下方測定	35	3.8	0.6	3.8±1.2	
		標本木間移動	61	6.5	0.8	6.5±1.6	
		小計	262	28.2	1.4	28.2±2.7	
職場余裕	155	16.7	1.2	2.4	16.7±2.4		
用達余裕	10	1.1	0.3	0.6	1.1±0.6		
計	928	100					
B 記帳者	ポール保持	303	32.8	1.5	2.9	32.8±2.9	
	プロット間移動	142	15.4	1.2	2.4	15.4±2.4	
	下木伐開	47	5.1	0.7	1.4	5.1±1.4	
	記帳	181	19.6	1.3	2.5	19.6±2.5	
	測高補助板保持	58	6.3	0.8	1.6	6.3±1.6	
	職場余裕	184	19.9	1.3	2.5	19.9±2.5	
	用達余裕	8	0.9	0.3	0.6	0.9±0.6	
計	923	100					
C コンパスマン	方位決定	147	16.0	1.2	2.4	16.0±2.4	
	ポールマン誘導	184	20.0	1.3	2.5	20.0±2.5	
	プロット間移動	111	12.1	1.0	2.0	12.1±2.0	
	毎木調査	胸高直径測定	71	7.7	0.9	1.8	7.7±1.8
		毎木間移動	197	21.4	1.3	2.5	21.4±2.5
		小計	268	29.1	1.5	2.9	29.1±2.9
	職場余裕*	174	18.9	1.3	2.5	18.9±2.5	
用達余裕	36	3.9	0.6	1.2	3.9±1.2		
計	920	100					

* 本来作業余裕に属する道具修理 (1.4%) を便宜上これに入れた。又作業の初に出発点を決めるに当って観測された“場所確認” (1.1%) は、特別なものとして職場余裕に加えた。

は17であるから、1点当たり21分11秒*となり、これを各要素作業別に割り当てると第13表のようになる。図示すると第4図のようになる。

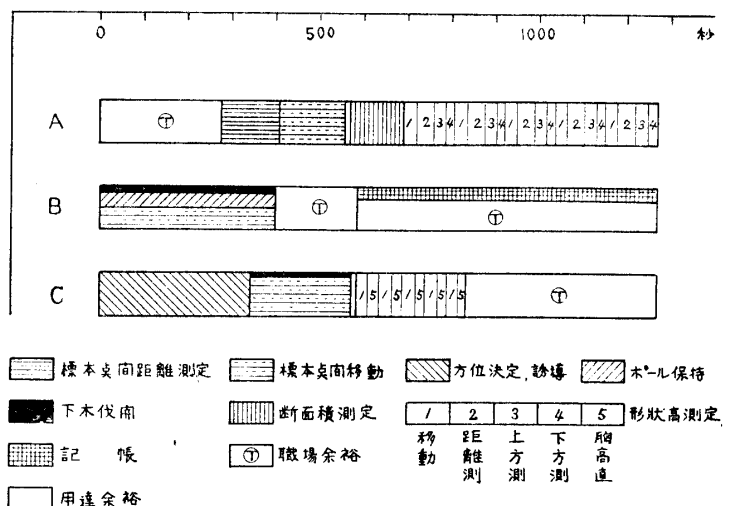
3. 考 察

(1) 毎木調査法

(i) 毎木調査

上り法と下り法とを比較してみると、上り法は下り法よりも直径測定の占める比率が大きく、毎木間移動の占める割合が小さい (第6表)。これを1本当りの

* 前報における21分28秒は誤である。



第4図 W.Z.Pによる標本調査の時間分析, 1点当たり所要時間

第11表 円形プロットによる標本調査の1プロット当り要素作業別所要時間

要素作業	A 測定者	B 記帳者	C コンパスマン
プロット間距離測定	71.8±14.2 秒	— 秒	— 秒
プロット間移動	71.8±14.2	109.5±17.1	86.0±14.2
下木伐開	16.4±5.7	36.3±10.0	—
プロット作成	224.0±20.6	—	—
樹高測定	距離測定	—	—
	上方測定	37.7±10.0	—
	下方測定	27.0±8.5	—
	標本木間移動	46.2±11.4	—
小計	200.5±19.2	—	—
ポール保持	—	233.2±20.6	—
記帳	—	139.4±17.8	—
測高補助板保持	—	44.8±11.4	—
方位決定	—	—	113.8±17.1
ポールマン誘導	—	—	142.2±17.8
毎木調査	胸高直径測定	—	54.7±12.8
	毎木間移動	—	152.2±17.8
	小計	—	206.9±20.6
職場余裕	118.7±17.1	141.4±17.8	134.4±17.8
用達余裕	7.8±4.3	6.4±4.3	27.7±8.5
計	711	711	711

所要時間についてみると(第7表, 第1図), 結局両者での毎木間移動時間には大差はないが, 上り法は下り法よりも直径測定作業に多くの時間を要することがわかる。われわれの最初の予想では, 上り法は下り法よりも毎木間移動に多くの時間を要し, 直径測定には時間差はないものと考えていたが, 調査の結果は予想とは異った。直径測定において, 下り法が上り法よりも速いのは, 上り法では1本毎に輪尺を開閉するのに対し, 下り法では地形の許す場合には, 輪尺を開いたまま移動を行い, 上方から測定木にもたれかかるような動作で測定を繰り返すことがかなり多いためであろう。毎木間移動時間には有意差はないが, 何れかといえば下り法の方が多いいえる。これは下木類の多い急斜面では下ることが必ずしも上ることよりも速くないことを示すと同時に, 下り法にあっては, 測定されたか否か疑わしい木を確めるために, 無駄足を運ぶことが多いことに原因であろう。何れにしても下り法は上り法よりも却って多くの移動時間を要することは注目されてよい。

職場余裕は明かに下り法の方が多いい。これは測定木の確認等についての記帳者と測者との連絡等が, 上り法に比べて頻繁に行われることを意味するものと考えられる。用達余裕は上り法の方が多いい。これは測者の疲労度が下り法に比べて大きいことを示すものではあ

るまいか。全体として下り法は上り法に比べて僅かに速いが, その差は1000本の測定に対して15分程度に過ぎない。これ位の差異ならば, 測り落しの少ない上り法が採用さるべきであろう。ちなみに本調査における測り落とし本数は, 総本数1982本に対し, 上り法82本(3.96%), 下り法138本(6.96%), 二重測りは上下両法共に9本(0.45%)であった。以上の所要時間, 測り落とし本数, および二重測り本数は, 一般人工林における毎木調査に対して一つの基準を与えるであろう。ここには精度については詳細に触れないが, 測り落としのみをみても明かに上り法が優れているといえる。

(ii) Blume-Leiss による樹高測定

3名の作業員による1本当り平均所要時間は2分である。作業員Aでは, 移動を別として距離決定に最も多くの時間を要している。これはこの器械の操作からいって当然のことである。B, Cでは職場余裕が非常に多く, Bでは全所要時間の47.3%, 1本当り56.8秒, Cでは実に61.7%, 1本当り74.1秒に及んでいる(第8, 9表, 第2図)。これは作業組織の不備を示しており, 第2図よりも明かなように, Bは記帳, Cは測距補助板のとりつけ以外は殆ど作業待ちとなっている。それらの要素作業の出現順序から考えて, B, Cの何れか一方を減員し, 2名1組で調査を行うとしても, 所要時間は殆ど増加しないであろう。すな

第12表 W. Z. P. による標本調査の時間分析結果

要素作業		観測回数	%	s (%)	1.96 s (%)	信頼限界 (%)		
A 測 定 者	標本点決定	距離測定	85	10.2	1.0	2.0	10.2±2.0	
		標本点間移動	96	11.5	1.1	2.2	11.5±2.2	
		小計	181	21.7	1.4	2.8	21.7±2.8	
	断面積測定	80	9.6	1.0	2.0	9.6±2.0		
	形状高測定	距離測定	132	15.8	1.3	2.5	15.8±2.5	
		上方測定	94	11.2	1.1	2.0	11.2±2.0	
		下方測定	63	7.5	0.9	1.8	7.5±1.8	
		標本木間移動	93	11.1	1.1	2.1	11.1±2.1	
	小計	382	45.6	1.7	3.4	45.6±3.4		
	職場余裕	182	21.8	1.4	2.8	21.8±2.8		
	用達余裕	11	1.3	0.4	0.8	1.3±0.8		
	計	836	100					
	B 記 帳 者	標本点決定	ポール保持	96	11.9	1.1	2.2	11.9±2.2
			下木伐開	42	5.2	0.8	1.5	5.2±1.5
標本点間移動			116	14.3	1.2	2.4	14.3±2.4	
小計			254	31.4	1.6	3.2	31.4±3.2	
記帳		134	16.6	1.3	2.6	16.6±2.6		
職場余裕		420	52.0	1.7	3.4	52.0±3.4		
計	808	100						
C 測 定 補 助 者	標本点決定	方位決定	224	27.0	1.5	3.0	27.0±3.0	
		標本点間移動	132	15.9	1.3	2.5	15.9±2.5	
		下木伐開	19	2.3	0.5	1.0	2.3±1.0	
		小計	375	45.2	1.7	3.4	45.2±3.4	
	形状高測定	胸高直径測定	67	8.0	0.9	1.8	8.0±1.8	
		標本木間移動	97	11.7	1.1	2.0	11.7±2.0	
		小計	164	19.7	1.4	2.7	19.7±2.7	
	職場余裕*	286	34.4	1.6	3.2	34.4±3.2		
	用達余裕	6	0.7	0.3	0.6	0.7±0.6		
	計	831	100					

* 道具修理（作業余裕）0.6%を含む。

わち本作業は測定者1名、記帳兼補助者1名で充分である。

(2) 円形プロット法による標本調査

本作業はプロット設定、プロット内毎木調査、および標本木の樹高測定の3つの主要作業より成る。プロット設定はA、B、C3者の共同作業であり、毎木調査はCによって行われ、樹高測定はA、Bによって担当せられた。

プロットの位置決定に必要な時間は、Cによる方位決定とポールマン誘導のための所要時間の合計とみなされ得る。すなわち1プロット当り4分16秒である。Spiegel-relaskopによる距離測定は傾斜補正を必要とせず、下木の多い林内において米縄を用いる煩雑さに比べて、ポールマンの移動ははるかに容易であり、結

果も正確である。プロット作成は、全所要時間の31.5%、1点当り3分44秒と時間的に大きなウェイトを占めている。この場合にもSpiegel-relaskopが用いられたが、傾斜補正の必要がないのでテープによる方法よりも能率的である。本調査におけるプロット半径は5.6mであるが、より大きい半径のプロットに対しても本法は応用可能であるばかりか、テープに対する優位は半径が大きくなる程、又傾斜が急になる程大きくなると期待せられる。

プロット内毎木調査は、プロット作成と平行して、Cによって行われた。1プロット当り平均3分17秒を要している。1プロット当りの平均本数は8.1本であったから、1本当り所要時間は25.8秒となり、前述の毎木調査における上り法の、1本当り22.0秒と比較し

第13表 W. Z. P. による標本調査の1点当り要素作業別所要時間

要素作業	A 測定者	B 記帳者	C 測定補助者
標本点決定	距離測定	129.6±25.4秒	— 秒
	方位決定, 誘導	—	343.2±38.1
	ボール保持	—	151.2±28.0
	下木伐開	—	66.1±19.1
	標本点間移動	146.2±28.0	181.8±30.5
小計	275.8±35.6	399.1±40.7	574.5±43.2
断面積測定	122.0±25.4	—	—
形状高測定	距離測定	200.8±31.8	—
	上方測定	142.4±25.4	—
	下方測定	95.3±22.9	—
	標本木間移動	141.1±26.7	—
	直径測定	—	—
小計	579.6±43.2	—	250.4±34.3
記帳	—	211.0±33.0	—
職場余裕	277.1±35.6	660.9±43.2	437.2±40.7
用達余裕	16.5±10.2	—	8.9±7.6
計	1271	1271	1271

てはるかに多い。細分すると測定に平均6.8秒、移動に19.0秒となり、前の場合よりも測定時間は短いにもかかわらず、移動時間が大巾に増加していることを示す。これはプロット内毎木調査は、プロット作成によって先行されねばならぬという制約下におかれており、さらに作業員Cにとっては、他の2名が樹高測定を終了するまでに直径測定を終ればよいという心理的余裕があるからであろう。したがって毎木調査に対する制限因子はプロット作成であって、それがより速かに行われても、毎木調査は充分それに順応し得るだけの余裕を有することがわかる。

樹高測定は1プロット当り3本の標本木について、Spiegel-relaskopにより行われた。測高所要時間は1プロット当り200.5秒、1本当り約1分07秒である。これはBlume-Leissの所要時間2分と比べて、53秒も短い。しかしBlume-Leissの場合は標本木間の移動距離が異なるので、移動時間を除いた実質測定時間で比較すると、Blume-Leissで69.1秒、Spiegel-relaskopで51.5秒となり、後者は前者よりも約18秒(26%)少ない。第11表より樹高測定における1本当り要素作業別所要時間を算出し、第9表の結果と比較してみると第14表のようになる。

Spiegel-relaskopでは傾斜角測定を必要としない点で、Blume-Leissに比して有利であることはいうまでもないが、測高操作そのものがBlume-Leissよりも容易であることが、所要時間短縮に役立っていることは見逃せない。これはSpiegel-relaskopにあって

第14表 樹高測定に対する Spiegel-relaskop と Blume-Leiss の所要時間の比較

要素作業	Spiegel-relaskop	Blume-Leiss
距離測定	29.9秒	30.6秒
上方測定	12.6	18.6
下方測定	9.0	12.8
傾斜角測定	—	7.1
計	51.5	69.1

は目盛を直接見ながらその振動を調整し、そのまま目盛を読みとることができるのに対し、Blume-Leissでは錘針の静止を待ってそれを固定し、一度器械を眼からはなして目盛を読みとらねばならぬからであろう。精度は殆ど同等であるから、本調査における測高方式は一つの優れた方法として推奨できる。

第4図より明かなように、各作業員における職場余裕はそれぞれに特有なものであって、これ以上作業分担変更の余地は認められない。

全体としてプロット作成および樹高測定が本作業の所要時間を左右するものであって、Aに熟練者を配すると共に、測高標準木本数は最小限に止めるように留意しなければならない。

(3) W. Z. P. による標本調査法

本作業は標本点の決定、Spiegel-relaskopによる断面積測定、および形状高の測定の3つの主作業に分けられる(第12, 13表, 第4図)。

標本点の決定は円形プロット法の場合と全く同様で

ある。移動時間をも含めて、円形プロットの中心決定に要する所要時間約5分に対し、W.Z.P.では標本点決定に約9分を要しているのは後者における標本点間隔が前者の場合の2倍になっているからである。

断面積測定は断面積常数2を用いて行われたが、その所要時間は全所要時間の9.6%、1標本点当たり2分02秒に過ぎない。精度の問題を考慮するとき、これをそのまま前項のプロット内毎木調査と比較することはできないが、円形プロットの毎木調査所要時間3分17秒と比べて、はるかに速いことがわかる。

形状高測定は全所要時間の45.6%を占め、1標本点当たり9分40秒に達する。1標本点につき5本の形状高が測定されたから、1本当りの所要時間は約2分である。なお、形状高測定はこの他に胸高直径の測定を伴う。これはCによって行われるが、Aの測定時間内に行われる簡単な附帯作業であるから、一応これを除外して考える。同様の方法による前項の樹高測定と比較して形状高の測定には2倍近い時間が必要であることがわかる。これは形状高測定にあつては、望点を見出すことにより多くの時間を必要とするからである。これは距離測定および上方測定に最も多くの時間が費されているのをみても明かである。

以上を要するに本作業の工期を支配するのはAの工期であり、殊に形状高測定のそれであるといえる。この意味から、形状高標本の大きさの決定および形状高測定技術の習熟は極めて重要でなければならない。

3者の職場余裕(作業待)の分布状態は、器具の数、人員を変えない限りは、作業方法改善の余地がないことを示している。但しAがコンパスマンを兼ねると2人で行い得る可能性がある。Aの職場余裕が、Cの方位決定、および誘導時間にほぼ対応するからである。形状高標本木の直径測定はBが行う。この場合、第4図において、Aの職場余裕と、Cの方位決定および誘導時間との差約1分だけ1標本点当たり所要時間が増加することになる。しかしこの場合におけるAの負担増加はかなり大きいから、実際の所要時間はさらに

増大するであろう。1人が何種類もの器具をもち、異種の仕事を行うことは一般に非能率的であり、誤差の原因ともなる。従つて2人の作業は必ずしも適当とはいえない。

結 言

林分材積調査は、適切な作業分担の下で組織的に行われることが、能率を高め過誤を防止する上から望ましいことである。この意味において、本調査では使用器具の種類をなるべく制限し、作業分担を厳密に定め、系統的抽出法を採用したが、これはほぼ成功したといえる。毎木調査を除いて、各作業員はあまり疲労や倦怠を感じることはなかったようである。ただ実際にあつて不便を感じたのはポケットコンパスによる方位決定および誘導であつた。この点に関する改善が望ましい。

工期調査の方法としてのSnap-reading法による時間分析は、林分材積調査にも充分有効である。この方法の長所は、他の方法ではキャッチされ難い短時間の動作をもよく観測し得る点にある。他面作業方法と作業分担とを厳密に規定しなければ適用し難く、又観測回数をかなり多くし、従つて観測時間をかなり長くしないと、信頼し得る結果が得られないという欠点を有する。本調査で採用された抽出単位5秒は結果的に妥当と考えられるが、抽出率20%はもう少し大きくすることができよう。

本調査における要素作業の分類はほぼ妥当であるといえるが、標本点又はプロットの中心決定における“ポール保持”は単なる移動と区別され難い場合があり、これは、区別せずに移動に含める方がよいであろう。

参 考 文 献

辻 隆道(1958): 時間研究のやり方, 林業技術叢書, 第21輯.

Summary

1. In order to study the efficiencies of the following methods of timber cruise, the author applied the time analysis by the snap-reading method to them :

- (1) One hundred per cent cruise,
- (2) Sampling method with circular plots,
- (3) Sampling by Winkelzähl method.

All the methods were practised by a three-men

crew in an evenaged stand of *Cryptomeria japonica* 44 years old, covering 2.6 ha. and containing 1,982 trees.

2. In the one hundred per cent cruise, two methods were compared : one consists in ascending the slope measuring the diameters at breast height of the trees, and the other in descending the slope. The first required slightly more time than the

second, while the calipering of 82 trees was omitted in the first method whereas in the second method these were 138.

The height measurements with the Blume-Leiss hypsometer for 100 sample trees gave about 2 minutes as the average time for a tree, including the time for walking between trees.

3. In the sampling method with circular plots, 21 100 square meter plots were distributed in a systematic manner through the stand, and the height measurement was practised on 3 trees chosen at random in each plot. The "Spiegel-relaskop" of Bitterlich was available for the determination of distance between plots, for setting up the circular plots and for the height measurement. On the average, 11' 58" were needed for the inventory of one plot, including the time for

walking between plots and for the height measurement.

4. In the sampling by the Winkelzähl method, the Spiegel-relaskop was more widely used than the former: for locating sample points, for the estimation of basal area per hectare and for the form-height measurement of 5 sample trees which were assigned in each plot. This method was highly efficient and required merely 21' 11" per sample point, including the time of walking between sample plots and the time expended for the form-height measurement of the sample trees. The form-height measurement needs about two minutes per tree.

5. The snap-reading method is satisfactorily useful for the time study of the forest inventory.