

長焦点カメラ および フォールスカラー
フィルム等の活用による林分構造の解明

I 試験担当者

経営部航測研究室長

中 島 巖

◇ 室員

長谷川 訓 子

◇

橋 渡 幸 男

◇

大 貫 仁 人

II 試験目的

近年急速な進歩をとげつゝある写真技術および情報解析理論等の積極的な森林調査への応用により、林分構造の解明を計り、その現況と推移の予測を効果的に把握する調査法の解明を目的とした。

III 試験の経過

1. 43年度

帯広営林局 新得営林署管内、トムラウシ天然林約8,000haを対象とし、赤外カラーフィルムによる縮尺1/10,000、および一部1/5,000による二段撮影を実施、(R.M.K. $f=150mm$)。層化比例抽出を基準とする現地標本調査、ステレオグラムの作成をおこない、それにもとづき

- 1) 経営案編成資料を目的とする全域の森林資源調査
 - 2) 写真判読の数量解析による林分構成要因の検討と推定法の研究
 - 3) 上記調査地内の約1,500haを対象とする精密調査
- を取りまとめた。

2. 44年度

同営林局 本別営林署管内、芽登天然林約10,000haを対象とする赤外カラーフィルムによる縮尺1/10,000、長焦点カメラ(R.M.K. $f=300mm$)撮影、現地標本調査、ステレオグラムの作成をおこない前年度の成果をもとにして

- 1) トムラウシ、本別両天然林の材積、枯損量、生長量推定を目的とする写真判読要因による数値表の作成
- 2) 上記数値表の適用、ならびに写真と現地作業との結合を計る数値写真図の作成を実施

3. 45年度

- 1) 数値写真図の方眼区画毎に対する数値表適用による材積、枯損、成長量の推定

なお森林における主要な発色例を「表1」に示す。

2. 長焦点カメラ

長焦点カメラは普通角、広角カメラに比べ同一撮影高度によつてより大縮尺写真をうることができる。またその画像は地物、地形の高低による位置ズレが少ない。

高空より大縮尺写真撮影の効果は特に低空飛行が危険を伴う山地において極めて有効であり、また特に空中散光を除去しうる赤外カラー写真の場合に効果的である。

これは縮尺のみならず同一画面内におけるレンズ集光効果による光量分布差をいちじるしく少なくし、画面内の色調の変化を少なくする。

広角写真赤外カラーフィルムの画面内の光量分布差を濃度測定により求めたものを「図4」に示す。長焦点カメラの像は、この周辺部分を切り去つたものと見ることができる。

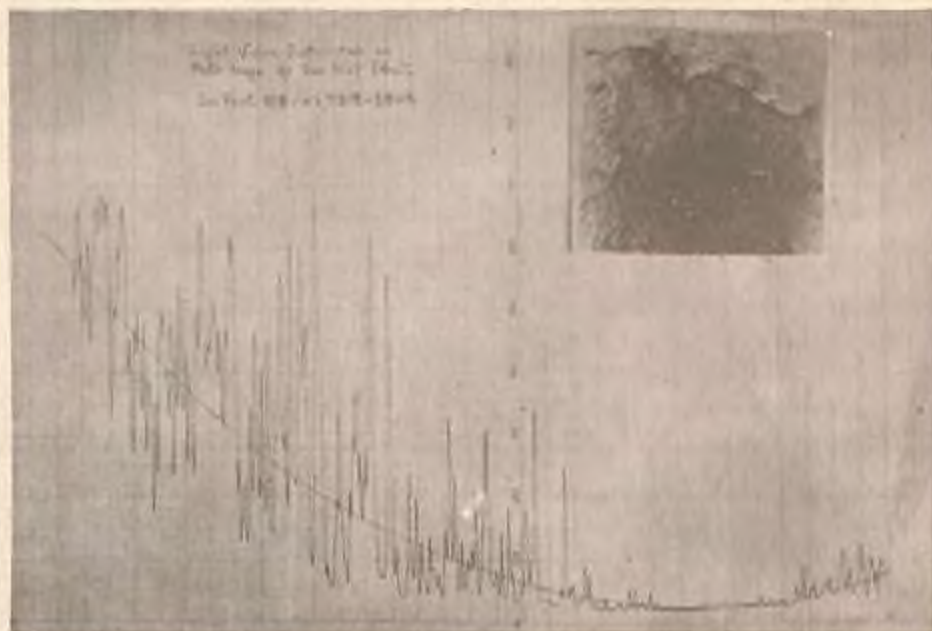


図4. サンポイントを中心とする広角カメラ写真画像の光量分布濃度測定図
(赤外カラー写真ネガフィルムより増巾作成)

3. 写真情報による林分析

森林の現況と推移を予測するには、林木自体や生育する環境、人為条件など多くの関連する要因を解明する必要がある。空中写真の持つ豊富な情報を利用し、数量解析の手法をそれに導入することは、調査の能率と科学性を高める明らかに有効な方法である。

そのためには従来肉眼観察を基準として行なわれていた森林の測定を、肉眼とは全く異なる視野に立つた空中写真の視野での観測要因に置きかえねばならない。

写真像を中介としたとき、森林観察の要因は上空より見た林分の構造とそれを取りまく環境立地の状態である。

この観察要因が林分構造のなかで、どの様に相互に関連し、また現在森林計画立案に要求される材積量、成長量、枯損量等の推定にどのように関与するかを多変量解析によつて求め、またそれから上記のものを所要の精度をもつて推定するための数値表の作成を前記北海道天然林について実施した結果は写真像の科学的利用と写真情報解析システム開発の足掛りである。

3-1 写真情報利用の原則

森林は、生育する個々の立木が集合して形成する一つの生物社会である。林木は互に密接な関連を保ちながら、それらを取りまく環境との有機的な結びつきの中に盛衰を繰り返している。

過去より現在に至るまで、森林は木材生産の場として開発され管理されて来ているが、近代社会の高度な経済発展は、更に同じく生物体である人間社会の生活環境の調和と保全に対する機能をも森林の上に要求してきている。

元来、森林は、鉱物資源などとは異なり、現在から将来につながる再生産性を重視すると共に、自然と人為の操作が刻々と変動を与える動的な現象として、一時点の状態、推移の原因や過程、社会経済の中での生産価値等が求められる情報と、それに基いた計画的な経営と利用がおこなわれる必要がある。

森林は昔から人間の肉眼による観察と、頭脳による判断の尺度によつて評価され計画が立てられてきた。

それは、いわば「山にある木を人が使う」立地からの資源面を主体とした考察であつて、静止した森林の一断面をとらえる努力であるといえる。

これを有機的な生物集団として動的に見ようとすれば、従来の人間の肉体的、また頭脳的な能力限界をさらに拡張したより広い視野と判断力が必要となる。

それは肉眼で見られるよりもより小さな空間と同時に、より大きな空間、すなわち「目的物を取りまく外界との有機的な関連を追求させる空間」の系統的な観察と総合的な判断力の要求である。

いわば空間を縮小、拡大し、時間を延長し短縮もする目が、そしてその目には科学的

な説得力をもつ客観的表現を可能とする手だてがなければならない。

写真は人間の観察眼の縮尺を自在にえらびうることを可能とした。また写真を仲介とすることによつて写された被写体のすべては数値判定の手法へと持ち込まれるに至つた。

従来より空中写真は林業の分野においても基本図や林型区分図の作成其他、多くの効果をあげてきている。だがそれは従来の肉眼の補助としての利用に止まつている。

今日の写真の有する効果をより活用するためにはその豊富な情報を順序よくとり出すと共に、それらの関連をとき、調査目的に向つて編集する情報解析システムの適切な活用が期待されなければならない。

それによつてようやく人間の観察力と判断力は増大するといえる。

3-2 林分の写真観察要因

森林経営にとつて、従来より最も基本的に要求されてきたものは、それぞれの時点における立木材積、成長量、枯損、更新、等の情報である。それに基づいて撫育や伐採の計画が立てられ評価がおこなわれてきた。

これらは社会的な森林の見方の推移いかんにかゝらず重要なものである。

森林の現況のこれらの情報と、条件によつて変化するであろう予測の値がえられるとき、始めて具体的な諸計画が立てられる。

これらは従来、地上調査によつて求められていた。

対象地域が広大な場合には主に標本調査法が用いられ、空中写真はこのとき調査準備の林型区分図や現地調査点への誘導、確認等に用いられ、前記各主目的情報のデータは地上測定による標準地の立木の樹高、直径、本数、年輪巾、等々が用いられた。

今、写真像の観察を主体として前記の各情報を求めようとすれば、調査測定の要因はこのような肉眼観察法に準拠するものとは多くの異なつたものが主体となつてくるはずである。それは写真条件によつても異なるものではあるが、根本的には視界とする空間の相異である。

そこでは個々の立木の値よりも、それら相互の関係や、森林としての総体的な値、また生育地域の地形、環境が有力な観察要因である。地上調査でも森林測定の要因は情報を引き出すための一次要素であるので常であるとき、従来しばしば試みられたことではあるが写真利用でそれと同じものを推定しようと努力することは不得策である。

空中写真像として森林が記録されているものは上空より見た森林の構造と生育地の状態であることからそれらから直接目的とする情報を引き出す関連を求めることが写真

利用を効果的にしうるものである。

写真により森林を整理分類する要因については、従来より林型区分を対象として行なわれてきたが、更にそれを有機的に見ようとする時には多くの人為と自然による立地条件の要因が加わる。

これらのうち社会経済的なものを除いて森林自体と立地条件のみを取り上げた場合、写真上の観察要因は本調査の例において「表2」の要因の如くなる。この表においての区分(カテゴリー)は約1/20,000空中写真による場合である。

このような区分は写真観測によつて何等高度な機械や技術を用いず、全く基礎的な技術でおこなわれることができ、かつ判定の誤りをもつとも少なくすむような粗さを考慮したものである。第1の樹種群から、4の径級構成までは天然林において特に複雑に出現するものであり、樹種群は地域によつて異なる。

なお樹冠直径、又は樹冠面積は写真上、上層木については測定可能であるが、一斉林形、或いは熱帯林地方等の如くに上層木が比較的均一な状態にあるときは適正な要因であり、測定の難易さを考えて、また他の要因との相関を検討した上で採用すべきである。

要因5~7までは従来の林型区分基準と同じである。8の疎密度型は特に森林被害や表土荒廃に関連して明らかな表れ方をとる。

9~13はいずれも林木の生長に直接間接に影響をもつ立地条件であり、微気象、降水量、土性等もこれらと密接な関連をもつ、14の地床は主に天然林の更新、造林、撫育に大きな関連をもつが、多くの場合に問題となるのはササの被覆である。

樹冠が地上を完全におおっている場合は、赤外カラー写真でもその局地の地床判定は不能であるのでこの要因は推定しうる場合に限られる。

3-3 写真情報解析

写真観測要因の値が標本地の資料や系統的に編集されたステレオグラムによつて求められれば、それらは各要因間の相互の関連性と、各種の推定目的に対してそれらがどの様な重要さで関与しているかを多変量解析の手法を応用して求めることができる。

それは推定すべき目的の基準値に対して夫々の要因の各区分を変数として推定の誤差を最小にするような多次元の逆方程式を解くことである。

この場合、外的基準と呼ばれる推定目的の基準値は数量で表わされたものであるが、各カテゴリーの表現には、写真測定により直接数量として求めうるものもあるが、質的な表現で表わされるものもある。この試験において実施した写真観測の場合ではその観

Items and Category for Forest Type Classification of Natural Forest in Hokkaido
写真林型区分要因 (北海道天然林判読基準) photo scale 1/2 0000

要 因 (Item)	区 分 (Category)
1 樹 種 群 (tree sp.)	N, N ₁ , N ₂ , N ₃ , N ₄ , L (5)
2 混 交 割合 (mix %)	N, N ₁ , N ₂ , N ₃ , N ₄ , L (5)
3 混 交 形 (mix type)	均等 (U), 塊状 (G), 団状 (H) (3)
4 混 交 構成 (mix Type Composition)	小径木 (Y), 中径木 (B), 大径木 (O) およびその割合 (9)
5 上層木平均樹高階 (Av. Hight of Dominant T.)	~10m (H ₁), 11~15 (H ₂), 16~25 (H ₃) (4)
6 上層木本数 (No. of Dominant T.)	小 (few), 中 (med), 大 (many) (3)
7 樹冠疎密度 (Crown Density)	散 (Vo), 疎 (D), 中 (M), 密 (D) (4)
8 疎 密 度 形 (Density Type)	均等 (U), 群状 (G), 団状 (H) (3)
9 標 高 (Altitude)	0~99, 100~199, 200~299, 300~ (4)
10 方 位 (Azimuth)	0, N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (9)
11 傾 斜 (Tilt)	0~9°, 10~19°, 20~29°, 30~ (4)
12 地 形 (Land type)	山頂 (Top), 台地 (Terres), 平野 (Smoth), 凸, 凹, 浸蝕 (Erosion), 堆積 (Piled) (7)
13 位 置 (Position)	地根 (Ridge), 中腹 (上) (Side U), 中腹 (下) (Side L), 沢 (Bottom) (4)
14 地 床 (Ground flora)	ササ (Sasa), 雑草 (Bush), 無 (Non) (3)
Total	(67)

表 2. 北海道天然林写真観測要因

Ordering and Partial-Correlation Coefficient of Photo-Observation
Factors for Some Estimation on Natural Forest in Hokkaido
写真判読要因の推定に因する順位と偏相関

順位 (Order)	A. トムラウシ原生林 (Tomuraushi Virgin Forest)				B. 本別天然林 (Honbetu Natural Forest)			
	要 因 Items	偏相関 Per. Coe.	要 因 Items	偏相関 Per. Coe.	要 因 Items	偏相関 Per. Coe.	要 因 Items	偏相関 Per. Coe.
1	大径木本数 (4) (No. of Dominant)	0.568	傾 斜 (5) (Tilt)	0.506	混 交 形 (5) (Mix Type)	0.748	大径木本数 (4) (No. of D.)	0.738
2	局所地形 (6) (Land Type)	0.492	傾 斜 (4) (Tilt)	0.410	局所地形 (6) (Land Type)	0.503	樹高構成 (8) (Composition)	0.651
3	混交構成 (6) (Stand Composition)	0.385	方 位 (9) (Azimuth)	0.426	樹冠疎密度 (3) (Crown Density)	0.489	樹高構成 (8) (Composition)	0.636
4	樹冠疎密度 (3) (Crown Density)	0.602	位 置 (4) (Position)	0.211	位 置 (4) (Position)	0.382	混 交 形 (7) (Mix Type)	0.311
5	標 高 (5) (Altitude)	0.332	混 交 形 (5) (Mix Type)	0.104	大径木本数 (3) (No. of D.)	0.297	方 位 (9) (Azimuth)	0.304
6	位 置 (4) (Position)	0.294	樹高階 (3) (Height class)	0.129	方 位 (9) (Azimuth)	0.287	標 高 (6) (Altitude)	0.236
7	樹高階 (3) (Height Class)	0.364	混交構成 (5) (Stand Comp.)	0.292	傾 斜 (4) (Tilt)	0.379	位 置 (4) (Position)	0.193
8	混 交 形 (5) (Mix Type)	0.314	傾 斜 (5) (Tilt)	0.175	局所地形 (5) (Land Type)	0.171	位 置 (4) (Position)	0.127
N	168		168		167		167	
要 因 Items	8	(26)	7	(26)	10	(26)	8	(16)
カテゴリー Category	33	(83)	35	(89)	47	(89)	46	(81)
重相関 R	0.894	(0.948)	0.648	(0.784)	0.899	(0.974)	0.930	(0.974)

表 3. トムラウシ, 本別, 要因別偏相関表

表 4 トムラウシ要因内部相関
Inner Correlation Matrix for Volume Estimation
(トムラウシ) エゾト天然林 Tomuraushi Natural forest

Item	要 因 間 の 単 相 関 Simple Correlation Coefficient								単相関 (材積) Y Simple Corr. Coe.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	
大径木本数 X ₁ No. of Dominant	1.000								0.711
局所地形 X ₂ Land Type	0.042	1.000							0.268
混交構成 X ₃ Stand Composition	0.145	-0.087	1.000						0.220
樹冠疎密度 X ₄ Crown Density	0.452	0.052	0.009	1.000					0.603
標 高 X ₅ Altitude	-0.003	-0.137	-0.241	0.073	1.000				0.093
位 置 X ₆ Position	-0.054	-0.249	0.034	-0.107	0.046	1.000			0.029
樹高階 X ₇ Height Class	0.381	0.050	0.280	0.055	-0.120	-0.007	1.000		0.467
針広混交割合と状況 X ₈ Mixture Type	0.323	0.139	0.110	0.133	-0.062	0.018	0.377	1.000	0.453

表 5. 本別要因内部相関

要 因 間 の 単 相 関 Simple Correlation Coefficient	Honbetu Natural Forest					Volume (材積) Y Simple Corr. Coe.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	
樹冠疎密度 (X ₁) Crown Density	1.000					0.419
樹高階 (X ₂) Height Class	-0.096	1.000				0.606
大径木本数 (X ₃) No. of Dominant T.	0.235	0.436	1.000			0.757
傾 斜 (X ₄) Tilt	0.095	-0.089	0.090	1.000		0.106
植生状況 (X ₅) Ground Flor	0.173	0.141	0.040	0.038	1.000	0.292

測値を推定目的に妥当なように中に類型化し区分したのである。

この多変量解析の手法は、各要因を一度に計算過程に加えるのではなく、一つずつ加重しては推定計算を繰り返してゆくことによつて各要因相互の関連は内部相関係数として表わされると同時に、夫々の要因の外的基準への関与性は個々の偏相関係数として、また夫々の場合の全体推定の精度は重相関係数または推定値の標準偏差によつて求められる。「表3」は要因が調査の一時点の材積、成長量、枯損量の推定目的に対してどのような重要さで関与しているかを上記の偏相関係数の値を参考に上位より順に、トムラウシ本別について示した。

両者ともにエゾマツ、トドマツを主林木とする天然林であるが、トムラウシは全くの原始林であり、本別はかつて択伐によつて人為作業の加わつた林であり、両者の要因の関与性は全く異なる様子が現れる。

例えばトムラウシは本別に比べ、すべての調査目的にはるかに自然環境要因の関与する点が大きく、材積推定のためには第一の大径木の木数の多小の次には局所地形の観察が大切であり、従来考えられていた樹高階の重要度ははるかに下位となる。

一方本別の林においては樹高階は樹冠の疎密度に次ぐ大切な観察要因である。

これらの差はそれぞれの森林の成立過程による構造の差によつて特長づけられる特性であり調査に当つてはその森林では何をしらべることが効果的であることを示すものである。「表4」「表5」は各要因間相互の内部相関係数を示す。

トムラウシ森林においては、各要因は大径木本数 (X_1) と樹冠疎密度 (X_4) 樹高階 (X_7) の間に当然ながら関係が見られる以外はほとんど数値的に独立である。

3-4 推定と数値表の作成

解析によつて求められた要因の関与性と相互の関連は、それが不偏性のあるものである限りそれぞれの森林の構成の特性を示すものである。

それらは推定目的として与えられた外的基準を最も誤差が少なく予測出来るように各カテゴリーに数値を与えた場合の結果である。したがつてこの値は外的基準が変つた場合に偏相関係数が異なるのは当然であるが、内部相関係数の値も異なつてくるものである。

またこの計算手法においては、同一外的基準に対しても、計算に加える要因の順、カテゴリー区分の違いによつて偏相関係数の値自体が変化するものである。

この内部相関係数、偏相関係数は相対的な参照数値として有効に用いられる。

したがつて内部相関係の高い値をもつ要因については測定の難易、精度等を参照にいづ

れか一方をえらぶべきであろうし、また外的基準を異にした場合、他との関連が著しく異なる不安定な要因は不偏性について疑問が生じる。なお同一外的基準に対しても演算に加える要因の順序を変えたとき、偏相関係数が大きく変動するものについても、計算上の仮定を満しえないものともいえよう。しかし、このようなことがあつても一時点で森林の材積の推定する場合、写真上からどのような要因を測れば最もよい推定値がえられるかが大切なことである。

したがつて、たとえ写真像に現われる森林観測の要因が常識的に森林の生成過程や環境要因との間に相互関係があるものであつてもこれらの相互関連が明らかに数値上認められない場合にはこの両者を要因として用いてもよいであろう。事実上、写真上に記録された森林像の要因と環境要因の間には数値的な関連性が極めて少ないことは内部相関係数によつて知られる。

写真像を仲介としたとき、森林要因と環境要因はいづれも同等な観察要因として検討されうるものである。

なお外的基準に対して関与性の少ない要因は測定の能率と、それを加えることによつて生ずる効果との検討により取捨選択されねばならない。

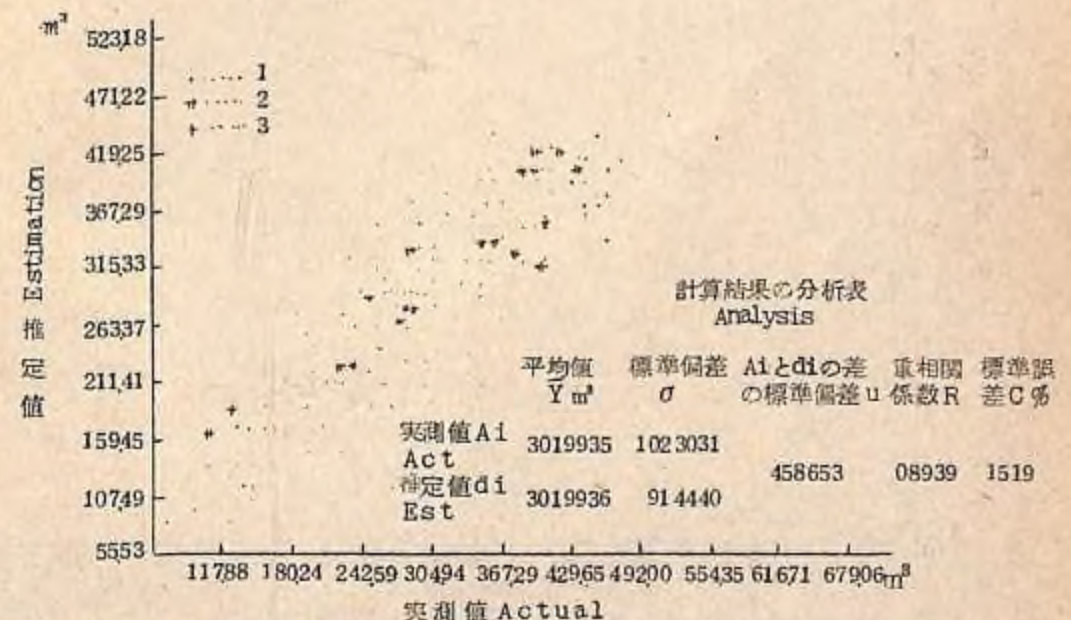


図5-1. 第2次要因による実測値と推定値の比較図 (材積)

Actual and estimated stand volume by selected items.

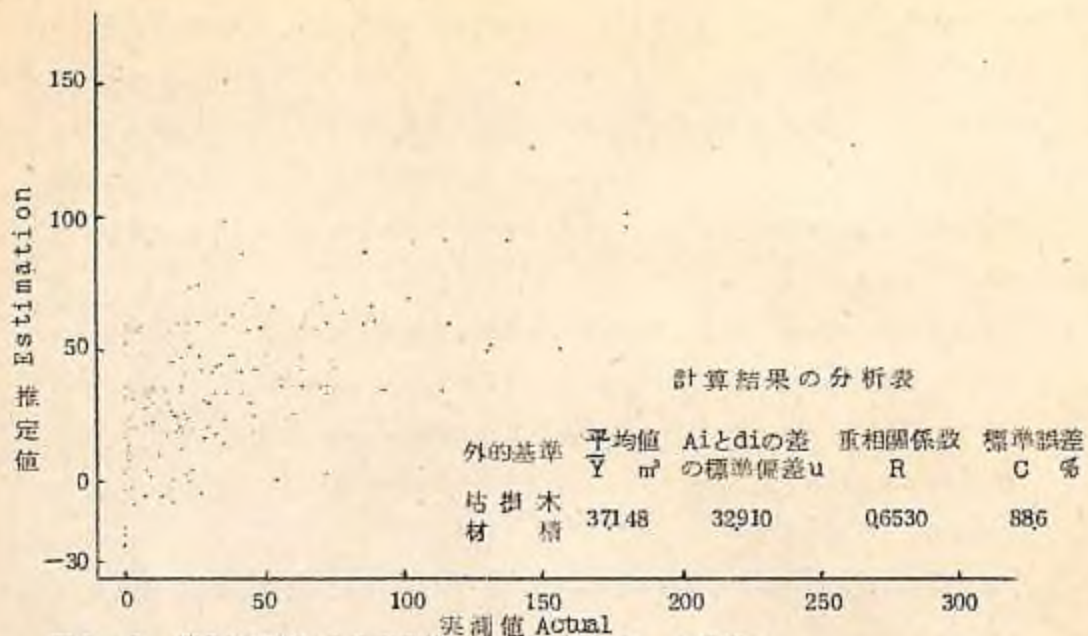


図5-2. 第2次要因による実測値と推定値の比較図 (枯損)

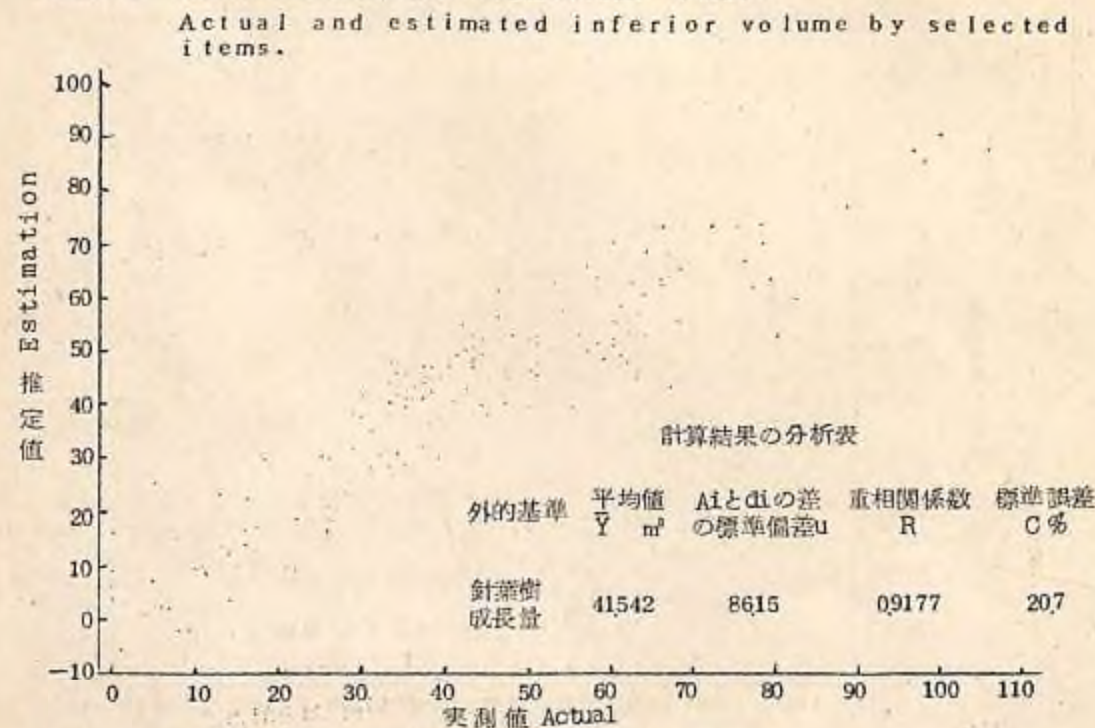


図5-3. 第2次要因による実測値と推定値の比較図 (成長量)

Actual and estimated increment volume by selected items.

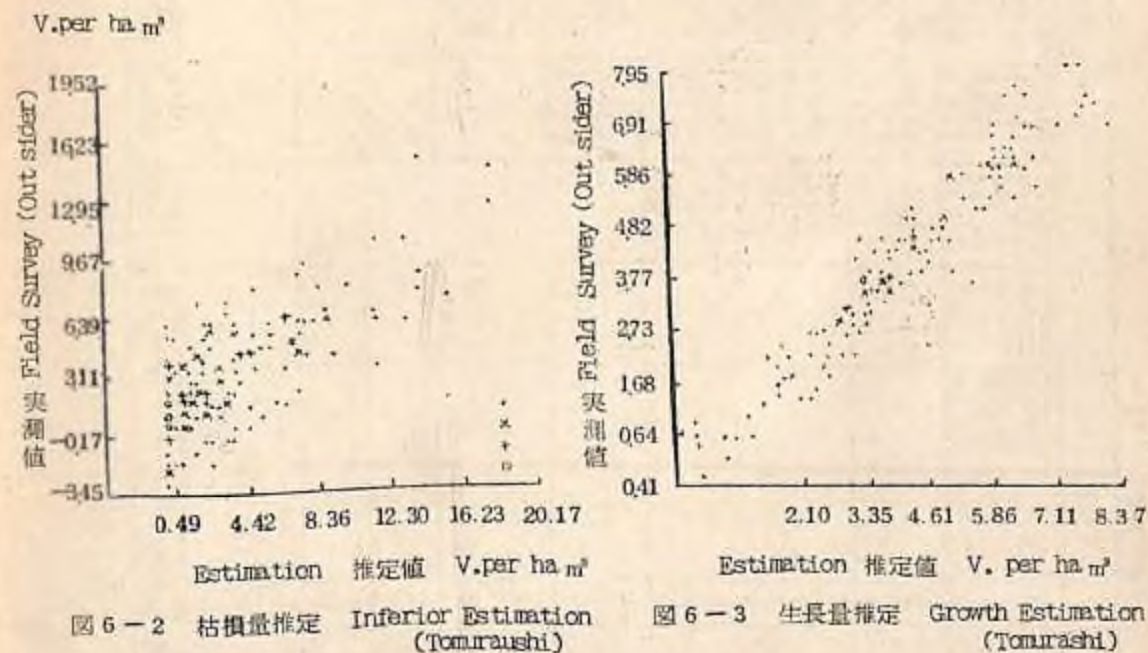
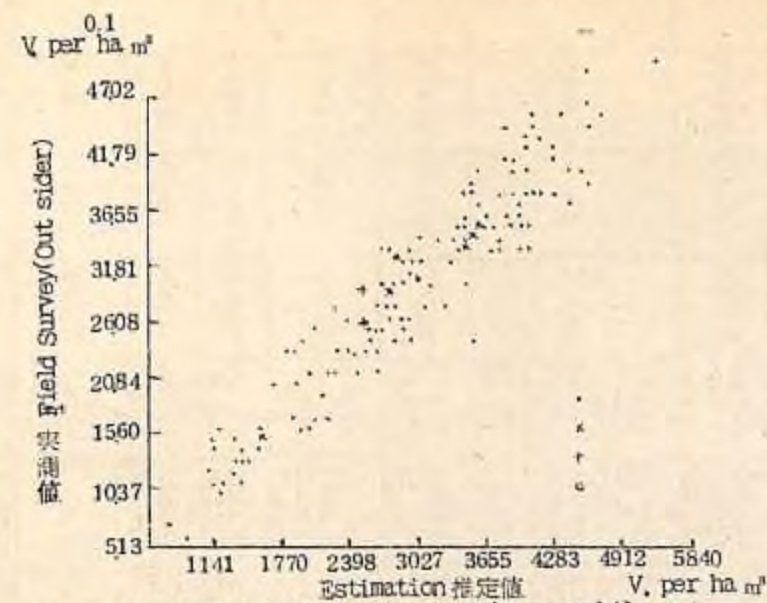


図6. 本別 林分推定値と実測値比較

表6-2. トムラウシ枯損数値表

要因項目	要因カテゴリー	反応個数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	レンジ	信頼係数	平均値	偏差	
標高	～599	1	13429	10347	2179	-20180	-20788	-20205	25654	42326					
	～699	2	22316	22633	12349	-11164	-12650	-12066	38465	40244					
	～799	3	26326	26436	22892	1057	0762	1460	48655	57995	83977	0506	67274		
	～899	4	38672	43392	36356	15915	15717	16354	63176	71583					
	900～	5	69120	72917	77811	71354	67654	68516	114896	124221					
傾斜	平	1		0	0	0	0	0	0	0					
	緩	2	-15643	-59457	-56405	-64561	-64597	-58761	-66799	0					
	中	3	-2471	-39660	-35488	-43147	-43134	-38332	-47568	0	66799	0410	-37306		
	急	4	4314	-31822	-29113	-34549	-34690	-27412	-34857	0					
方位	無	1			0	0	0	0	0	0					
	N	2			20653	17500	24063	23969	13822	19333					
	NE	3			22775	14698	23168	22389	18662	23462					
	E	4			22967	22841	32225	32055	18943	26817					
	SE	5			69560	66772	71893	71949	66341	74187	74187	0426	34996		
	S	6			64970	58164	63250	63296	51031	55696					
	SW	7			28177	23439	29126	29240	17058	20254					
	W	8			51560	47146	51256	51355	43546	49633					
	NW	9			47651	46386	51461	51551	39796	45578					
位置	峰	1				0	0	0	0	0					
	下	2				30076	31331	31240	18501	23250	23250	0211	16623		
	谷	3				21806	25343	25309	17672	20852					
	N	4				24778	25889	25857	19877	22390					
針広堤文	N	1					0	0	0	0					
	LN	2				-9400	-9400	-9542	-10394	-12765					
	L	3				13964	13772	13772	1883	2766	28385	0194	-0356		
	Lb	4				17768	17616	12855	12855	15620					
	L	5				-7956	-8330	-8330	-7977	-7401					
樹高	～18	1						0	0	0					
	～21	2						-0809	-2352	-12320	12320	0129	-6280		
	22～	3						-0332	3270	-6520					
疎密度	疎	1							0	0					
	中	2							-46932	-48080	48080	0292	-26830		
	密	3							-33399	-32409					
浸水	O	1								0					
	B	2								3569					
	O	3								-3362	32524	0212	-11116		
	O	4								-28955					
	O	5								-26833					
要因項目	要因カテゴリー	反応個数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	レンジ	信頼係数	平均値	偏差	
	標高	～599	1	13429	10347	2179	-20180	-20788	-20205	25654	42326				
	傾斜	平	1		0	0	0	0	0	0	0				

表 6-3 トムラフシ (牛 糞)

表 6-3 トムラツシ (生 長)																
項目	要因	因子	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	レンジ	偏相関係数	平均値	偏差
1	針交	N	53415	67483	46542	38960	39312	34278	33156	27678	35135	44900				
2	店割	Nlg	34385	49870	31309	23011	23037	18923	17977	11692	17712	26139				
3	店割	Nlu	23875	42617	27385	22810	23143	20805	18025	13062	19220	28727	38863	0.749	27630	
4	混合	Nlb	32200	48992	31891	25370	25789	22759	21317	15982	22325	32349				
5		L	10280	26133	8555	2052	2322	-1168	-4199	-8998	-4161	5037				
1	山頂			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	山頂			-12629	-10072	-13754	-13939	-15951	-19321	-18168	-16823	-18247				
3	山頂			-14369	-13129	-17543	-17578	-20511	-24327	-23324	-22171	-23428				
4	山頂			-18001	-14976	-17961	-17859	-19212	-23678	-22823	-21828	-23553				
5	山頂			-19364	-17560	-22338	-22420	-23287	-17640	-20961	-22661	-24745				
6	山頂			-18575	-14568	-17579	-17895	-20265	-18695	-17168	-17423	-17749				
1	散			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	散			6949	14126	14059	17555	16282	15020	13172	12512	12512	23922	0.489	12145	
3	散			22908	29687	29218	32620	31479	27420	25545	23922	23922				
1	位置			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	位置			12764	12570	13128	12630	10772	10519	9506	12495	9506	12495	0.382	1757	
3	位置			1164	1248	0494	-1711	-1617	-1870	-2889	-1870	-2889				
4	位置			4664	4502	3738	1528	1755	1524	0310	1524	0310				
1	方位			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	方位			-0484	-0463	1129	6547	8458	8458	12228	12228	12268	12268	0.297	6884	
3	方位			1118	2192	3000	10084	0.	0.	0.	0.	0.				
1	方位				-6310	-16251	-7277	-5704	-2577	-5704	-2577	-5704				
2	方位				0040	-12759	-4339	-1579	0763	-1579	0763	0763				
3	方位				6364	-4848	0967	2827	5459	2827	5459	5459				
4	方位				2858	-5750	0809	3510	4977	3510	4977	4977	9477	0.287	3605	
5	方位				6266	-4872	2942	5002	6900	5002	6900	6900				
6	方位				6230	-6225	2643	4700	5980	4700	5980	5980				
7	方位				4091	-6516	1439	3459	5079	3459	5079	5079				
8	方位				4337	-4998	1786	3711	5866	3711	5866	5866				
9	方位				0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
1	傾斜				11915	5595	2931	1114	1114	2931	1114	1114	8239	0.279	3268	
2	傾斜				14796	8586	5171	3719	3719	5171	3719	3719				
3	傾斜				21375	14069	9982	8239	8239	9982	8239	8239				
1	経交	O.O			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	経交	O.B			4083	2536	2655	2655	2655	2536	2655	2655				
3	経交	O.Y			5833	3722	1464	1464	1464	3722	1464	1464	19854	0.270	5121	
4	経交	O.B.Y			6722	3507	1634	1634	1634	3507	1634	1634				
5	経交	B.Y			21851	19208	19854	19854	19854	19208	19854	19854				
1	樹高	0~18m			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	樹高	19~21			-6277	-5927	-7133	-7133	-7133	-6277	-5927	-7133	7133	0.175	-4353	
3	樹高	22~			-7493	-7493	-7493	-7493	-7493	-7493	-7493	-7493				
1	標高	0~599			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
2	標高	600~699			-6669	-6669	-6669	-6669	-6669	-6669	-6669	-6669	-6669			
3	標高	700~799			-6712	-6712	-6712	-6712	-6712	-6712	-6712	-6712	9747	0.172	-5970	
4	標高	800~899			-9747	-9747	-9747	-9747	-9747	-9747	-9747	-9747				
5	標高	900~			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.				
1	重相関係数		0.736	0.764	0.842	0.861	0.862	0.877	0.886	0.895	0.898	0.899				
2	重相関係数		0.303	0.549	0.333	0.082	0.319	0.262	0.273	0.164	0.164	0.096				

表7-1. 本 別 (材 積) 数 値 表

要因項目	要因カテゴリー	反応個数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	レンジ	偏相関係数	平均値	偏 差
大径木数	0~50	1	131.357	706.67	-55.857	17.356	6.703	-6.305	-14.849	-27.957	-27.886	198.368	0.738	57.697	
	51~100	2	211.918	1233.78	-20.767	52.719	42.021	28.764	19.446	7.942	7.974				
	101~150	3	311.943	218.956	55.206	123.842	112.971	101.988	93.443	81.607	80.219				
	151~	4	425.154	324.467	148.884	209.944	200.821	186.522	181.831	173.740	170.482				
樹高	1	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	243.622	0.651	116.333	
	1.2(2.1)(1.3)	2		18.444	23.425	8.259	0.339	9.141	16.619	19.754	23.609				
	2	3		81.483	105.334	90.806	82.975	95.873	103.957	108.427	113.775				
	23	4		68.809	105.072	93.714	86.732	98.246	103.996	106.925	110.845				
	2.4(4.2)	5		228.763	252.919	227.679	226.863	238.278	243.884	242.048	243.622				
	3.2	6		72.628	109.589	89.721	82.662	96.093	103.342	108.173	112.572				
	3	7		95.349	134.177	106.049	96.853	109.806	116.861	119.837	122.971				
	3.4(4.3)(4)	8		164.123	228.575	184.006	176.996	185.497	192.558	200.409	203.273				
疎密度	散	1			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	144.284	0.636	70.522	
	疎中	2			64.760	57.039	62.164	55.763	58.176	53.182	55.963				
	密	3			82.841	76.977	85.638	80.558	81.230	77.937	81.842				
		4			148.364	139.970	150.464	143.053	143.054	140.375	144.284				
針広混交割合	Nエ	1				0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.573	0.311	-32.593	
	Nエト	2				-39.078	-34.688	-31.719	-28.260	-22.663	-24.775				
	Nト	3				-52.219	-44.249	-40.547	-39.065	-32.168	-33.799				
	NL	4				-40.779	-32.638	-28.842	-23.965	-16.172	-17.566				
	NL	5				-69.164	-63.389	-60.866	-58.324	-47.845	-50.511				
	LN	6				-60.627	-52.395	-50.783	-45.372	-34.669	-35.930				
	L	7				-78.104	-76.702	-71.633	-69.447	-62.704	-65.573				
方位	無	1				0.	0.	0.	0.	0.	0.	45.926	0.304	73.10	
	N	2				25.498		28.308	31.355	32.509	30.116				
	N E	3				-15.275		-18.725	-14.330	-10.251	-15.810				
	E	4				11.530		7.328	14.120	15.950	9.329				
	S E	5				23.491		22.611	26.817	32.213	26.196				
	S	6				10.697		7.754	8.286	11.470	7.721				
	S W	7				-20.162		-13.813	-9.557	6.287	-11.873				
	W	8				1.033		45.23	7.593	15.305	10.624				
	N W	9				-3.527		-0.931	4.158	14.200	9.492				
標高	0~599m	1						0.	0.	0.	0.	45.484	0.236	3.739	
	600~699	2						7.121	11.610	14.016	14.808				
	700~799	3						-7.036	-3.905	-5.403	-3.490				
	800~899	4						7.312	13.034	14.938	14.779				
	900~999	5						17.766	18.648	20.887	20.911				
	1000~	6						-21.296	-21.377	-23.133	-24.573				
位置	峰	1						0.	0.	0.	0.	25.983	0.193	-14.433	
	上下	2						-17.612	-19.811	-21.095					
	下	3						-16.891	-20.538	-25.983					
	谷	4						-2.822	-3.618	-10.654					
局所地形	山頂	1								0.	0.	19.169	0.171	3.877	
	山腹	2								7.617	11.923				
	山腹	3								-9.729	-7.246				
	山腹	4								8.389	8.686				
	低平地	5								43.11	6.024				
傾斜	緩	1								0.	0.	11.151	0.104	0.796	
	中	2								4.388					
	急	3								4.974					
	急	4								-6.177					
重相関係数			0.784	0.836	0.893	0.905	0.913	0.916	0.918	0.920	0.920				
要因群偏相関係数				0.468	0.572	0.326	0.283	0.182	0.151	0.153	0.				

表 7-2 本別 (枯損級) 数值表

項目	変因カテゴリー	反比例係数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	レンジ	偏相関係数	平均値	偏差	
標高	0~599m	1	32957	45384	-1070	26015	39563	44112	38608	28084					
	600~699	2	22864	41231	-3106	25789	36708	38514	33889	22629					
	700~799	3	21531	38501	-7788	19000	29034	30123	26552	16379	64225	0368	40979		
	800~899	4	45379	67891	20763	49339	59517	60163	48548	60163	48548				
	900~999	5	43667	64545	20420	45554	55858	56553	54021	49532					
	1000~	6	57667	86252	43359	72330	78819	84076	82588	80504					
方位	無	1		0	0	0	0	0	0	0					
	N	2		-7054	-4006	-7787	-38540	-35328	-23118	-22395					
	N E	3		-15142	-15573	-22725	-55771	-52500	-43009	-43608					
	E	4		-40464	-37130	-41113	-71031	-67406	-57956	-58875					
	S E	5		-1985	-0735	-13635	-44958	-47169	-36102	-34283	58875	0326	-39438		
	S	6		-28742	-30776	-39527	-70325	-70834	-58188	-53144					
	S W	7		-25633	-18472	-26089	-54672	-54267	-44288	-43888					
	W	8		-31382	-28382	-36109	-65898	-65227	-54993	-54570					
	N W	9		-22199	-22352	-27822	-56558	-55321	-44571	-44183					
樹高	1			0	0	0	0	0	0	0					
	12(21X13)	2		44673	43042	54324	50320	54112	51666						
	23	3		36798	35735	48105	47215	51329	45820						
	24(4.2)	4		40464	43571	59429	53875	57528	52093						
針広葉交割合	32	5	108435	98173108430	109639	111821	105037	105037	105037	105037	0.274	49.344			
	33	6	45123	38334	52140	50868	53295	46917	51199						
	34	7	54871	43011	58351	57854	58817	51199	42421						
	34(43)(4)	8	54331	36724	47056	46353	47387	42421	0						
	N E	1		0	0	0	0	0	0	0					
	N { N E	2		-9446	-10557	-12083	-12313	-12083	-12313	-10762					
	N { N E	3		-17629	-18984	-20898	-20898	-20898	-20898	-19238					
	N L	4		-23487	-22926	-24783	-24236	-24783	-24236	-24289	34554	0262	-18499		
局所地形	N L	5		-34109	-32610	-34863	-35491	-34863	-35491	-34554					
	N L	6		-17444	-16023	-21487	-20571	-21487	-20571	-22320					
	L	7		-21879	-20104	-19398	-19398	-19398	-19450	-18328					
	山	1		0	0	0	0	0	0	0					
	山腹	2		17764	16904	16904	19185	16557	16557						
	山腹	3		2185	3513	3513	4597	2875	2875						
	低平地	4		5840	5740	5740	5841	4255	4255						
疎密度	放牧地	5		-32849	-32880	-31752	-32011	-32880	-31752	-32011					
	1			0	0	0	0	0	0	0					
	2			17939	16659	16659	19659	16659	19659	23414	23414	0186	7.18		
	3			-5719	-5719	-5719	-3291	-5719	-3291	1154					
	4			-1199	-1199	-1199	0	-1199	0	5502					
傾斜	1														
	2														
	3														
	4														
位置	1														
	2														
	3														
	4														
重相関係数	1														
	2														
	3														
	4														
重相関係数	1														
	2														
	3														
	4														

表 7-3. 本別 (生長量) 数值表

要因項目	要因カテゴリー	反応個数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	レンジ	係数	平均値	偏差	
草広混合割合	N { Nエ Nト Nト Nト Nト Nト Nト	1	7184	4460	2930	2513	2617	2693	2289	5796	0704	-0288		
		2	6188	3041	1081	1159	1420	1517	1108					1139
		3	5935	2960	1060	1122	1630	1732	1329					0167
		4	4770	1818	0087	0032	0443	0505	-1378					-1731
		5	2788	0279	-1695	-1863	-1481	-1378	-1508					-1872
		6	1587	-0220	-1842	-1834	-1508	-1289	-3334					-3507
		7	0622	-2443	-3507	-3490	-3499	-3334	-3507					0
疎密度	散 疎 中 密	1		0	0	0	0	0	0	3913	0545	1948		
		2		1089	1418	1824	1915	1721	1566					2314
		3		2091	2187	2356	2640	2408	2314					3913
		4		3846	4170	3996	4323	4070	3913					0
樹高	1.2(21)(13) 2 23 24(42) 32 3 34(43)(4)	1			0	0	0	0	0	4709	0497	1250		
		2			0.413	0.481	0.027	0.126	0.434					0.434
		3			2118	2067	1575	1535	2093					2093
		4			1716	1352	0884	0982	1375					1375
		5			4676	4133	3914	4093	4483					4483
		6			1559	0735	0221	0333	0821					0821
		7			0876	-0158	-0756	-0578	-0226					-0226
大木 伐木数	0~50 51~100 101~150 151~	1				0	0	0	0	2204	0414	0963		
		2				0060	0089	0068	0110					0110
		3				1459	1440	1462	1538					1538
		4				2043	2187	2276	2204					2204
方位	N N N S S S W W W	1					0	0	0	1812	0329	-0910		
		2					0.270	-0.701	-0.659					0
		3					-0.632	-1.532	-1.622					-1.622
		4					-0.108	-1.090	-1.237					-1.237
		5					0.919	-0.033	-0.024					-0.024
		6					-0.002	-0.918	-0.931					-0.931
		7					-1.224	-2.124	-1.812					-1.812
		8					0.158	-0.763	-0.594					-0.594
		9					-0.472	-1.373	-1.309					-1.309
傾斜	平 緩 中 高	1						0	0	1133	0202	0693		
		2					0.558	0.625	0.625					0.625
		3					1.115	1.133	1.133					1.133
		4					0.971	1.015	1.015					1.015
標高	0~599m 600~699 700~799 800~899 900~999 1000~	1							0	1717	0213	-0173		
		2							0.033					0.033
		3							-0.243					-0.243
		4							0.032					0.032
		5							0.430					0.430
		6							-1.287					-1.287
要因関係数		0678	0772	0808	0828	0846	0848	0854						
要因関係係数		0502	0375	0307	0310	0109	0191	0191						



图 7 数值写真图例
(本别 62 林班 40 m 方眼)

本別 (材 積)

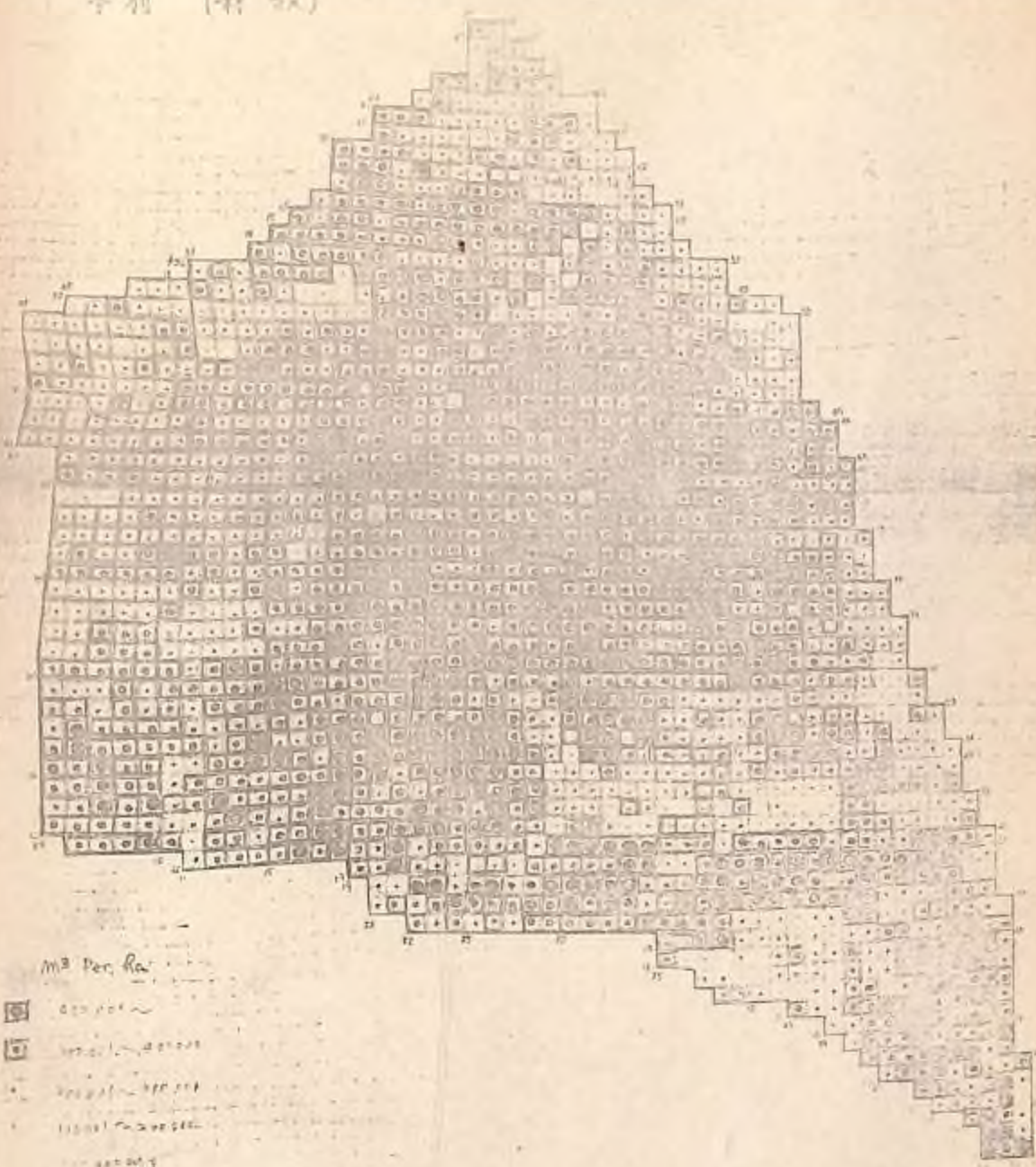


图 8-1 本別 62 之林班 材積分布地図

ホノベツ (杉林)

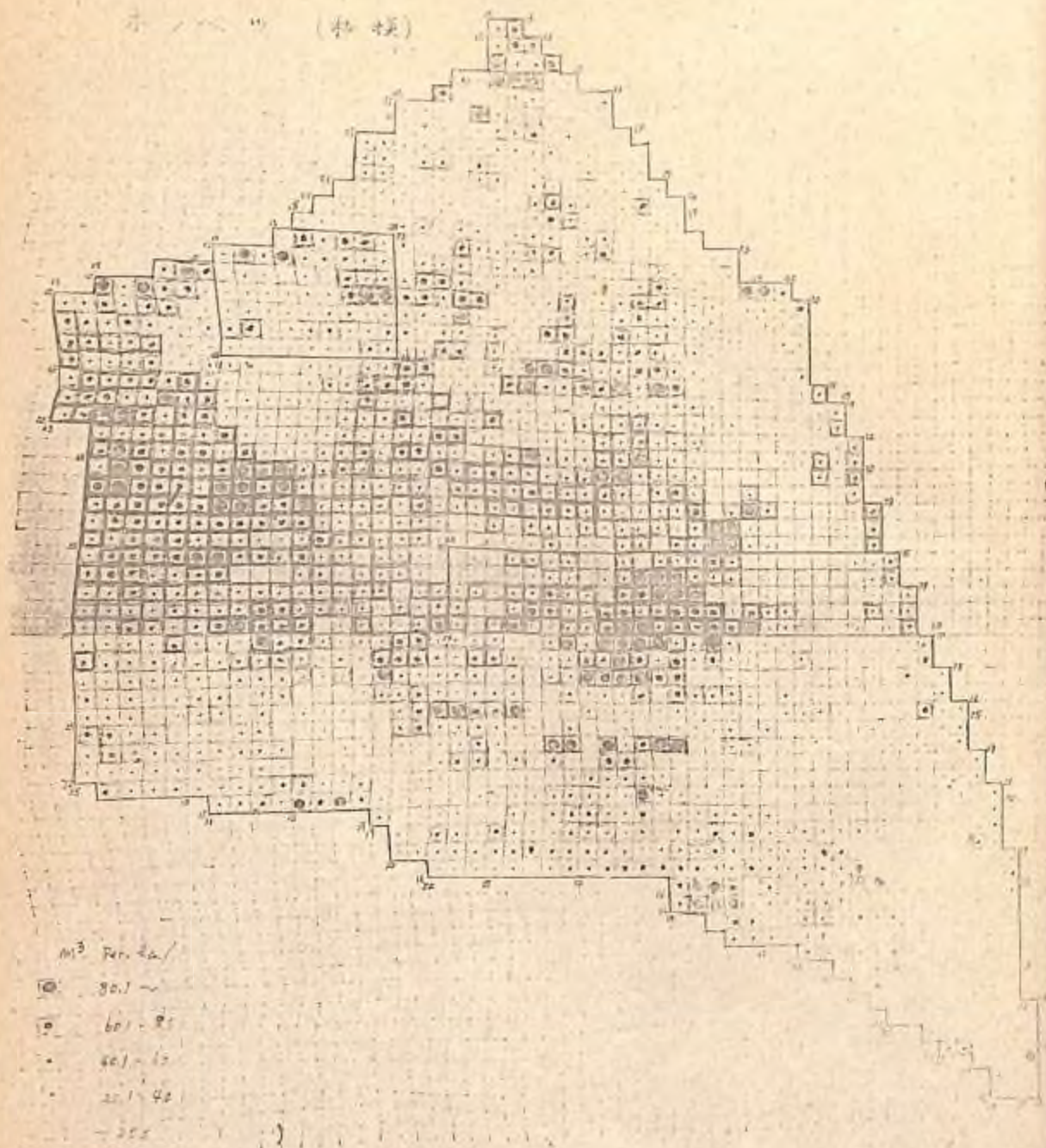


図 8-2 本別 62 林班 杉林 (杉林班 2)

ホノベツ (杉林)

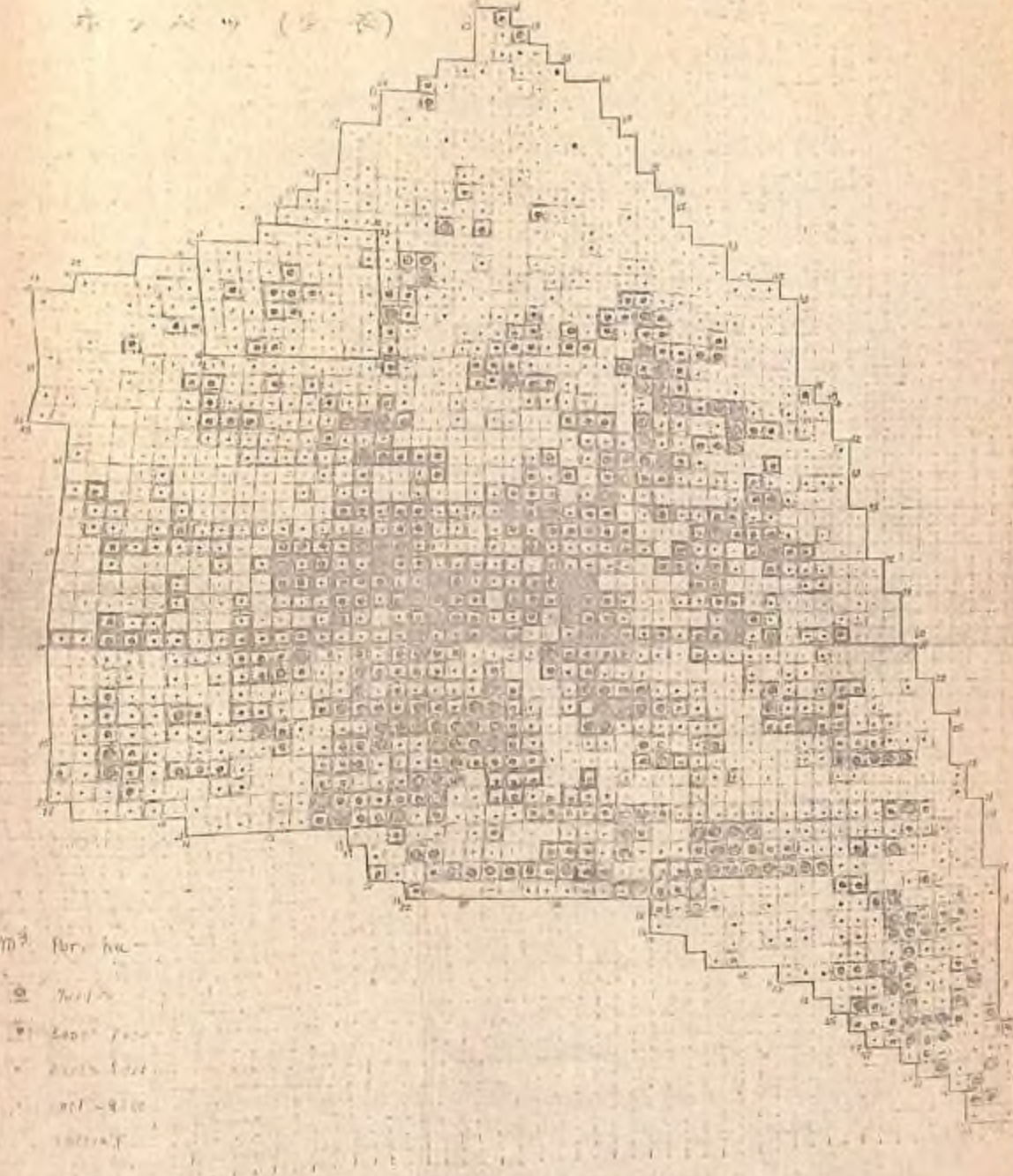


図 8-3 本別 62 林班 杉林 (杉林班 2)

それぞれの推定目的に対して適切な要因と順序が求められた場合、各カテゴリー毎に最も適切な点数が与えられ、その集計によつて予測値が得られる。

トムラウシ森林、本別森林での材積、枯損、成長量についての実測値（外的基準）と推定値との比較図を「図5. 図6」に示す。

この推定は材積、成長量については所要の精度が得られているが、枯損量の推定精度は十分でないのは「図5. 6」に見られるように天然林においては少なくとも7m³/ha程度の枯損は観測要因に関係なく全面的に過去より累積、また自然発生している結果であり、推定の対象にならない存在があつたと思われる。

なお全要因を用いた推定の結果は前記、解析の段階において既に算出される。更に要因の選択と順位を改めた場合は新しい点数表が作成されなければならない。

選ばれた要因とその順序で最もよい予測値を得るために各カテゴリーに与えられた点数（スコア）を要因の加算順に表示したものが予測点数表である「表6」「表7」。

この表は写真により区分された林型区画、またはクオドラート区画内の森林の各観測要因、カテゴリーに該当する点数を集計すれば目的とする予測値がえられるものである。

この際、用いた要因が多い程精度のよくなることは、下行の重相関が増加することによつて知られるので必要な精度と観測の能率によつて、いくつの要因までをとるかを定めうる。

要因群間相関係数は上行の要因を加えることによつて高めうる効果であり、また予測の精度は推定値の残差分散の値によつて知られる。

このような点数表は写真観察のみから個々の林分ごとの現況の推定を可能とする。また要因のパターンが変化した場合の林分の状況の変化が数値的に予測することが可能となる。

3-5 数値写真図（写真コードラート）

現地と写真像、またその測定値の完全な結合を計るために、平面図上に方眼網を形成する数値図の方眼点を写真像上に設定したものを「数値写真図」と名付けた。すなわちこの写真対は立体視すれば立体模像の上に方眼網をかぶせた状態があらわれ、またその各方眼点はX, Y, Zの値が求められているものであり、同時に各コードラートは最大傾斜角、傾斜方位、平均標高が算出されている。（図7）

この作成は、1. 当概地域の数値地図の作成 2. その方眼座標（X, Y, Z）をそれぞれの写真座標（x, y）に変換、透明フィルム上に展開 3. ひずみ修正を行なつた

写真上にこの透明フィルム展開図を重ね焼、の過程によつて完成する。

本試験において作成したコードラートはトムラウシ計627個 本別1826個で各40×40mメッシュ、前者は5本のベルト状に、後者は62林班全枝について作成した。

3-6. 数値表の適用と現地検討

数値写真図により作成された各コードラートの写真像の観測、および地況要因の数値により、夫々の区画毎に数値表を適用、材積、枯損、成長量の推定を行なつた。この作業は電子計算機によつて行なわれ、結果は一覧表としてタイプアウトされる。例「表」。またこれは階層区分された分布として表わすことが出来る「図8」。

この推定の結果を現地検討し地上測定値との比較を行つた結果を「図9」に示す。この検討はトムラウシ18個、本別12個のコードラートについて実施した。

この結果は推定は従来の標本調査値の局地適用結果に比べ著しく満足すべき値を示している。

特に材積値は実測と推定の間に高い相関を示した。これを本別、トムラウシを混みとして見た計算では次の如くである。

N=31			
$\sum X^2$	3826936.802556	α^2	711.080581
$\sum X$	10658.525	$S_{\bar{y}x}$	4.7869372
$\sum Y^2$	3693843.043445	S_e	0.66194
$\sum Y$	10534.727	誤差率	13.93%
$\sum XY$	3745074.057942		
b	0.757848		
a	79.264012		
r	0.904896		

これは元来地上測定法が材積測定には適確さをもち、枯損、成長量測定等はそれに比べはるかに変動の多い測定法であることを示しているものである。

3-7. 空中写真利用による森林調査の体系

森林調査には総合的な計画立案を目的とする情報収集と同時に、個々の林地での施業に必要な資料収集の目的を満さねばならぬものもある。森林調査にとつてこの両者では調査必要事項も、また要求される情報の詳細性も大きく異なるのが通常である。

Fig. 9-1. 標準地 現地調査, 予測値 トムラウシ

Field survey and Estimation of Sample plot.

(Tomuraushi)

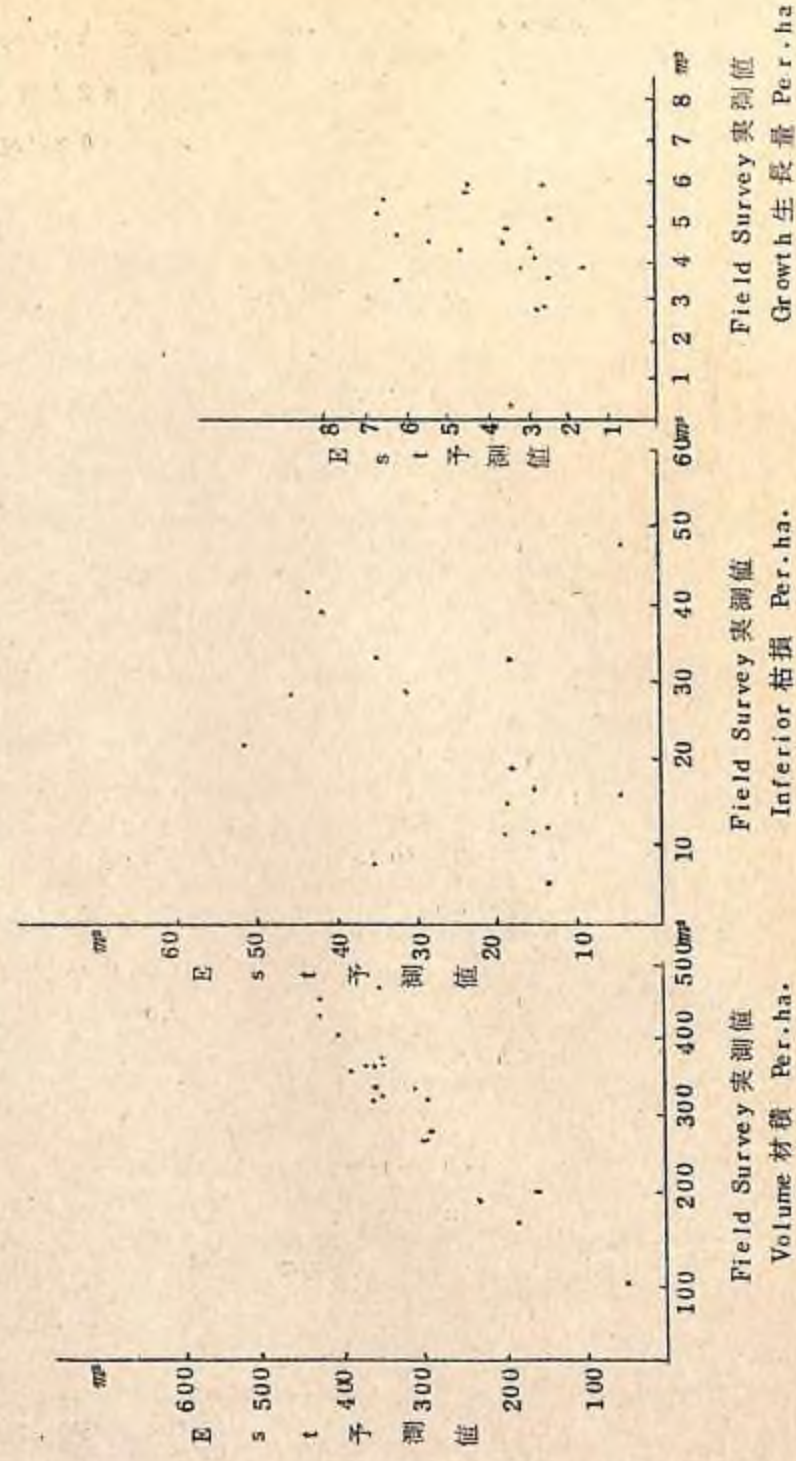


図 9-2. Field survey and Estimation of Sample plot

(Honbetu)

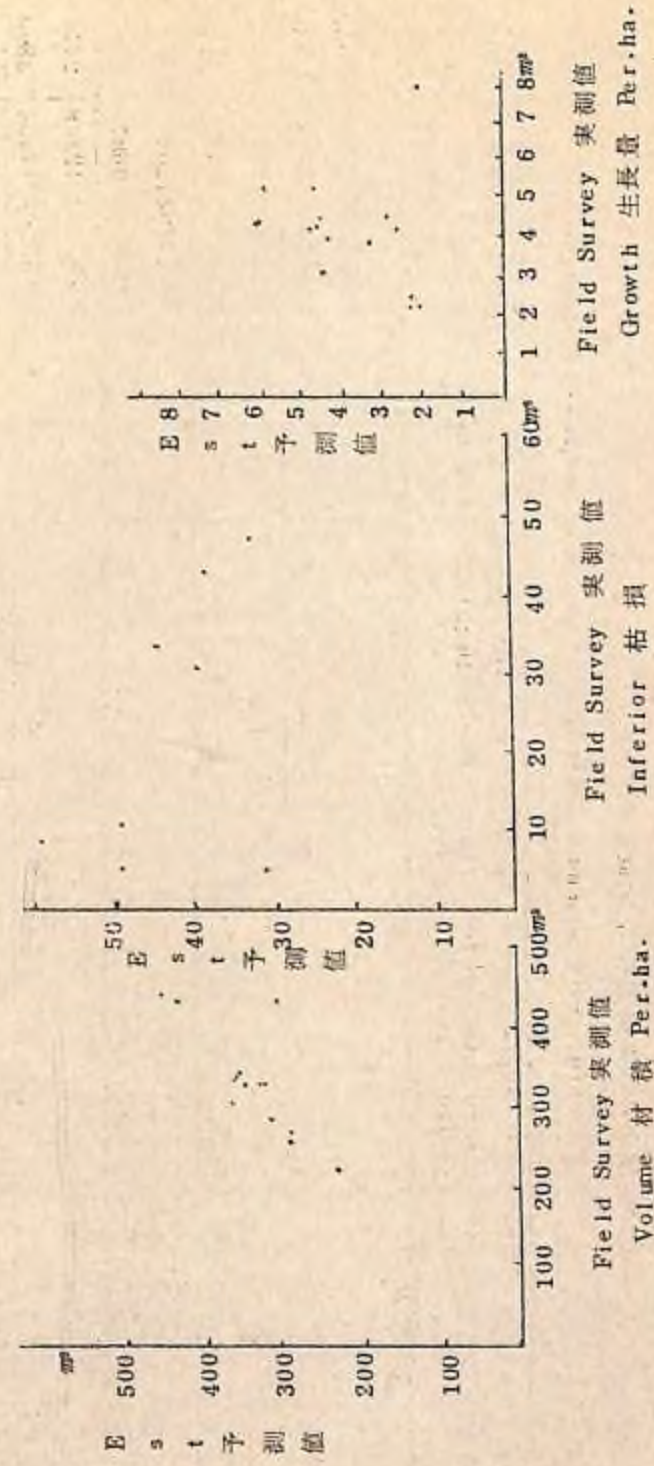


表8 標準地 現地調査，予測値比較表

Field survey and Estimation of sample plots (40x40m)

Plot No.	Item	本数 No. of Tree	地形 Land Type	徑級構成 Compo- siti-	疎密度 Den- sity	標高 Alti- tude	位置 Posi- tion	樹高階 Height C.	混交型 Mix- ture	方位 Azim- th	傾斜 Tilt	立木材積 Volume	枯損量 Infe- rior	生長量 Grow- th	Per ha.
1 (30-21)	予測 Field Est.	2	3	4	2	5	2	3	4	4	3	280744	64438	3889	
2 (30-22)	Field Est.	2	3	2	3	4	2	3	3	7	2	461681	16375	5700	
3 (30-23)	Field Est.	2	2	4	1	5	1	3	1	6	3	329794	20250	3866	
4 (30-24)	Field Est.	1	2	2	2	4	2	2	2	6	2	203044	12188	2710	
5 (30-25)	Field Est.	2	4	2	2	4	1	2	1	5	2	283525	31938	4397	
6 (30-26)	Field Est.	1	3	4	2	4	2	1	2	5	2	191744	30625	2860	
7 (30-27)	Field Est.	2	2	2	2	4	2	2	4	6	2	478319	5119	5822	
8 (30-28)	Field Est.	2	3	2	3	4	2	3	3	7	2	443531	12056	5729	
												433381	15692	4716	

1/20

9 (30-29)	Field Est.	3	2	2	3	4	1	1	2	6	2	328113	12056	4374	
10 (31-27)	Field Est.	2	2	2	2	5	1	3	1	6	2	363743	18875	4802	
11 (31-28)	Field Est.	2	2	2	2	5	1	3	2	7	2	390650	29344	4629	
12 (31-29)	Field Est.	2	1	5	3	5	1	1	2	1	1	348609	46136	3750	
13	Field Est.	2	1	1	3	4	1	1	2	6	2	291094	40000	3641	
14	Field Est.	3	2	2	2	5	1	3	2	7	2	292653	42265	2594	
15 (34-29)	Field Est.	3	3	4	2	5	2	2	4	4	2	378025	21988	5508	
16 (35-29)	Field Est.	2	1	2	2	5	1	3	1	6	2	360396	52210	6855	
17 (35-30)	Field Est.	2	1	3	3	4	2	3	2	4	3	319741	18375	3534	位置ズレ ダメ判読
18 (33-29)	Field Est.	3	3	4	2	5	2	2	4	4	2	307563	15306	6360	
19 (32-29)	Field Est.	2	1	5	3	5	1	3	2	7	2	381656	42063	4804	◆
												375437	42265	2594	
												376375	0750	4346	
												392546	24023	3050	
												338738	40688	4557	
												354875	46135	5574	
												382469	19125	5291	
												354443	19196	6872	
												414519	7152	4889	
												404907	35754	3731	
												347513	16119	4583	
												360296	4650	6484	

1/20

表 8

(本 別 Honbetu)

Plot No.	Item	本 数 No. of Tree	地 形 Land Type	樹 高 Tree Height	疎密度 Density	標 高 Altitude	位 置 Position	混交型 Mixture	方位 Azimuth	傾 斜 Tilt	Volum	Inferior	Growth	Per ha. m ³
1	Field (42-35) Est.	2	4	8	3	4	4	2	5	3	296519	43375	4428	
2	Field (41-36) Est.	2	2	8	3	4	4	3	5	3	319504	38224	4753	
3	Field (37-37) Est.	3	4	8	4	4	4	2	3	3	265450	31731	4702	
4	Field (37-36) Est.	2	4	8	3	4	4	3	5	2	287973	52419	2392	
5	Field (36-36) Est.	2	3	8	2	4	3	3	5	3	223119	92125	2428	
6	Field (36-37) Est.	2	3	8	4	4	3	3	5	3	331038	5875	3385	
7	Field (35-37) Est.	2	2	8	4	4	4	3	2	2	339606	53313	3990	
8	Field (35-36) Est.	2	3	8	4	4	4	2	9	2	347000	71563	4405	
											348724	55752	4554	

たとえ同一対象地域について調べるものであつても、異なる目的への調査を同時に、また両者を平等に消しうる方法は、それぞれの効率より見て、また実際の作業上からも極めて困難であるといえよう。

それは、この両者が対象とする空間を異にする拡がりにあるからである。

従来より総合的調査のためには主として標本調査法が適用されているが、この調査結果を同時に局地的に適用できるまでにしようとする時には多くの不合理が生じてくる。

それは標本調査法そのものが限られた労力、経費の範囲内で対象とする母集団について効率よく物を調べ、その答の信頼できる程度を明らかにしておく調査法であるからで、母集団、すなわち調査対象の拡がりの大小にかかわらず、精度は基本的には標本の数、すなわち経費、労力に帰因するものであり、写真による層化や二重抽出、あるいはプロット抽出法等のいろいろの適用手段があるとしてもそれはそのなかで実施上の能率化を計っているにすぎない。

調査結果の上に局地的な詳細性を更に高めようとするれば、必然的に工程と経費の面からこの調査法適用の原則を破ることになることが多い。

従つて、母集団、すなわち空間を異にする調査にはそれぞれの設計が必要となる。

ただ、ここで気付かねばならぬことは、この結論をもたらした従来の調査法が、肉眼によつて森林を観察し測定する空間視野を基準として設計され検討されたものであることである。

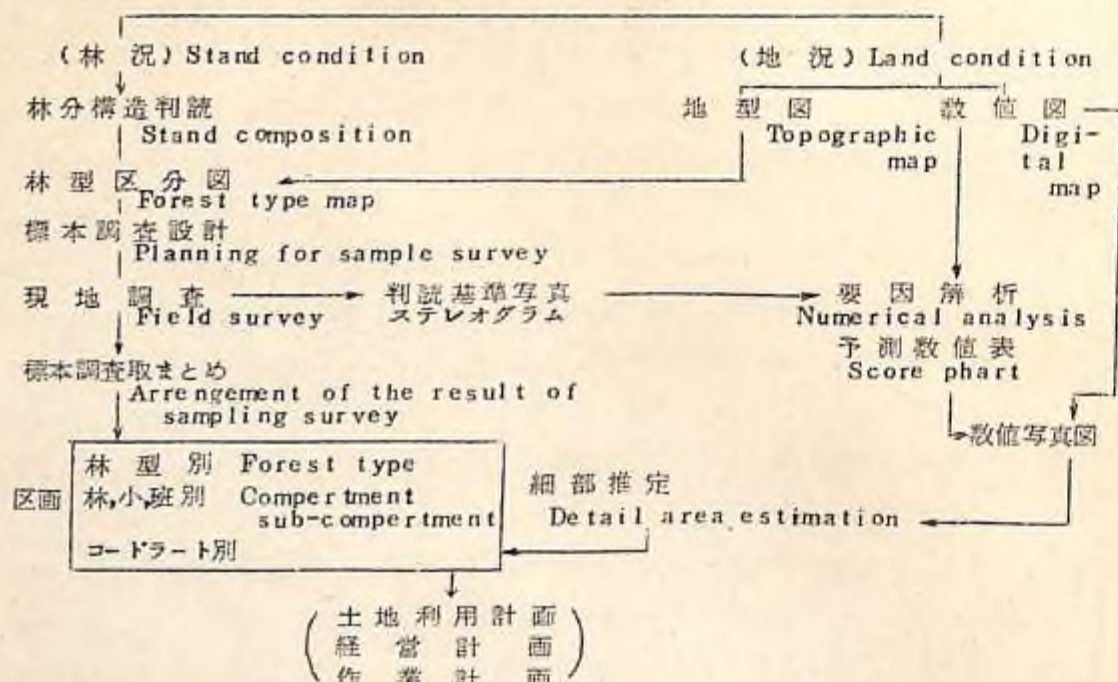
現在要望されている森林調査への空中写真の利用は、まず、写真の持つ自在な空間、それを仲介とすることによつて被写体の客観的な数値の求められることを十分に活用することを基本として設計し従来の調査法における障害を除くことを計つた体系で組立てる必要がある。

写真が森林調査の上で発掘しうる効果を要約すれば、まず森林の整理分類であり、次には写真像の効果的活用による森林の数量的取扱いである。

これらによる森林の資源調査、経営案編成等を目的とする最も一般的な調査の体系は現状にあつては次の如くである。

- 1) 写真観測による林分構造を主体とした林型区分
- 2) 林型の基準写真(ステレオグラム)資料の整備、および標本調査資料のための現地調査
- 3) 標本調査による総括取まとめ

表10. 森林調査体系模式図 Forest survey system
空中写真撮影



4) 林況要因と地況要因の写真観測値による林分構造の解析

5) 要因解析結果に基づく材積, 成長量, 枯損, 更新 等調査目的項目の予測数値表の作成

6) ステレオグラム数値表による森林生産力の現況と推移の細部推定

この区画単位には林小班等の管理区画, 林型区画の他に, コードラートの適用が考えられる。これを模式図に示すと「図10」の如くである。

V 試験の効果

空中写真利用技術の開発によつて, 我々は地物の観測の目盛, 対象とする空間を目的に応じて荒くも細かくもえらぶことができ, また映像として捕える光線を肉眼で見える範囲だけでなく, 最適なものを用いて記録することができ, なお写真像を仲介とすることによつて撮されたものすべてを客観的な数値にかえて情報解析が可能となる手法を明らかにした。

これらは森林調査のみならず, 他のあらゆる分野における観測方法を著しく近代化し, 効率を高めるものであると共に, 今後における遠隔捜査の基礎研究をなすものである。

なお森林調査の細目についてはなお更新条件の予測, あるいは時間函数の導入, 映像機械判定の実用化等への多くの問題を残している。