

# 大縮尺空中写真の利用

林業試験場 沢田 治 雄

## はじめに

空中写真上の森林像には、

- 1) 樹種、樹高、樹冠の広がりや樹形等に記録される個々の立木の特性
- 2) 樹種群と混交型、立木本数、樹冠層の構成、樹冠疎密度、配置等の林としての特性
- 3) 立地条件や面積、分布など森林生育環境、地理的条件および人為的条件としての関連性

などが含まれている。<sup>(1)</sup>そして、空中写真を利用した調査項目は、写真上で観測して誤りが少なく、かつ効率よく求められるものであることがその重要な条件となる。これはまた、写真縮尺によっても異なるものである。そこで、近年、空中写真を利用した多段サンプリング法の発展と共に注目され始めた大縮尺空中写真を用いて、森林調査への応用を考察した。ここで言う大縮尺空中写真とは、縮尺500分の1から5000分の1程度の写真のことである。

調査項目は、重要度および利用面から、立木材積、立木密度、競合度を対象とし、その経済面からの考察を加えた。

## 立 木 材 積

樹高、樹冠面積を測定して立木の胸高直径や材積を推定することができる。これは従来から20000分の1程度の中縮尺空中写真でも行われてきたことであるが、中縮尺空中写真では林分材積推定にその主眼が起かれていた。大縮尺空中写真を利用すると樹冠面積、樹高を始めとしてその測定精度が高上することから、単木的に材積を求めることも高い精度でできる。また、サンプリングエリアも樹高樹冠面積、近接木との関係（距離、生長可能な空間、大きさの関係）などを十分考慮して選定できることから、林分材積の推定精度も高上すると言えよう。

大縮尺空中写真を用いた材積および直径の推定式は、下記の式が自然林、人工林のいずれを対象としても最も有効であることが知られている。<sup>(2)</sup>

$$\hat{Y} = a + b[H] + c[H\sqrt{CA}] + d[\sqrt{CA}]$$

ここで

Y ; 材積（または直径）

H ; 樹高（視差測定幹使用）

CA ; 樹冠面積 ( 平均 17 ドット / 樹冠となるドットグリッド板使用 )

a, b, c, d ; 最小自乗法で求める係数

また, Balsam fir, White spruce, Red pine などを主林木とする林で, 前記のことを考慮して設定したサンプリングエリア内で, この推定式を用いて 1 ha 当たりの材積を推定したところ標準誤差は 15 % 以内であったと報告されている。(2)

## 立 木 密 度

人工林で, その立木密度の変遷が既知の場合には, 空中写真を用いてその測定を行なう必要はあまりない。しかし, 一般に自然林における立木密度 ( Stand Density \* ) と樹冠密度 ( Tree Stocking \*\* ) および樹冠率 ( Crown Ratio ) の研究は, 森林の生物学的構成を解明し, それによって生長予測を行なうことを可能にするので森林の育成全般に渡っても重要なことである。

そして, 樹冠の測定からの立木密度の推定は, 従来の中縮尺空中写真を用いた場合には, その誤差が大きい場合が多い。そこで, 中縮尺空中写真では ( 樹高 ) / ( 樹冠幅 ) を樹冠密度や立木密度の推定の重要な因子としている(3)。しかし, 大縮尺空中写真を用いた場合には, それらを直接的に観測することができる。

( \* The degree of crowding within the area occupied by trees )

( \*\* The proportion of an area occupied by tree crowns )

## 競 合 度

立木密度と樹冠密度を明確に知り, 樹冠率を詳査することによって生物学的な構成 ( 競合状態 ) を知ることができ, それを生長予測に応用できると先に述べた。ここで紹介する方法は, Bitterlich 法を応用して競合状態を直接的に観測する方法である。

Bitterlich 法は, かつて Grosenbauch ( 1952 ) がアメリカへ導入して以来, まず水平方向でのサンプリング法や競合度の測定に使われてきた。後に平田ら ( 1956 ) は, Bitterlich 法を垂直方向で応用させたが, その方法が使用されたのはサンプリング法においてであると言ってよいだろう。

競合度の研究では, 1969 年に Gerard が競合係数 ( Competition quotient ) という言葉を作って評価法を発表している。その方法は, 立木のまわりに胸高直径に比例した円を想定して, その円の重なり の総面積を林分の面積で除したものであった。その後, R. P. Latham は垂直方向での Bitterlich 法を競合度の研究に応用した。(4) これは, 立木の根元から一定の角度で周囲を見渡し, それを越える立木の数を競合度合の指標とするもので, 現在では最適な指標のひとつとされている。

大縮尺空中写真を利用して, これを行なうと非常によくその状態がわかる。それには, 空中写真測量で使用される傾斜測定板に類似したもの ( 図 1 ) を用意し, その中心を立木の根元にあてて立体視

すればよいのである。すると、逆さ向きの円錐が見え、その仮想円錐を横切る立木の本数が容易に数えられる。(図2)



図-1 競合度測定板の1部  
(実物は透明板)

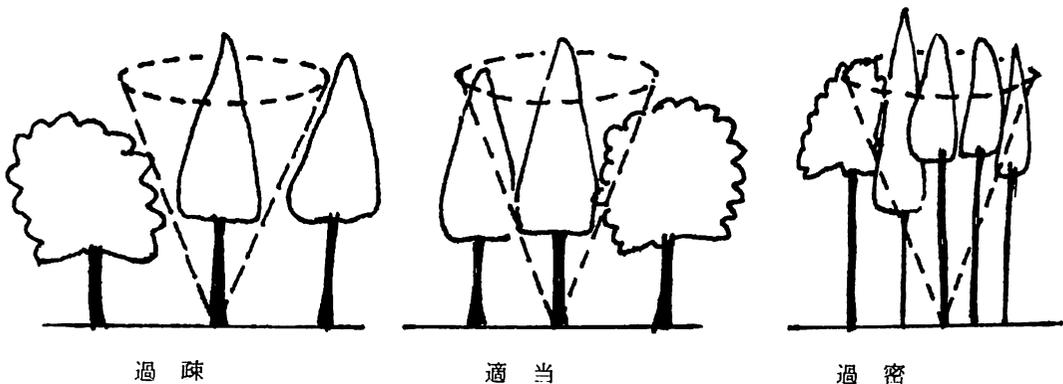


図-2 逆さの円錐が立体視でき、1本の立木のまわりの木がその円錐と触れているか否かがよくわかる。(図は立体視の時の状態をわかりやすく横方向から見たもの)

## 経 済 性

大縮尺空中写真を用いることによって、従来から一般に使用されてきた中縮尺空中写真を用いた場合より、樹高、樹冠面積、材積推定などの精度をあげることができるといっても、それは ground work に完全にとって換わるものではない。精度の面、経済性の面で、問題が残っている。特に、単目的の為に航空機を飛ばせて空中写真を撮るということは、採算が合うことかどうか疑わざるを得ない。

ここに、大縮尺空中写真を利用した材積推定での経済性についての報告<sup>(5)</sup>があるので触れておこう。その比較は大縮尺空中写真(縮尺約1000分の1)を用いる方法と中縮尺空中写真(縮尺約20000分の1)を用いる方法で行われ、両者を用いて同一精度の結果を得ることを条件としている。その様子を表に示す。

対象面積は3200 acreで最後の項の合計金額はどちらもほとんど同じであることがわかる。ground work が少ないだけ、今後好都合と言えようか。ただし、この比較は材積推定に関して行われたもので、調査目的によっては、大縮尺空中写真を使うことが、かえってマイナスとなるものも

多々あろう。

従来の空中写真を用いた調査と大縮尺空中写真を用いた調査の経費の比較（林分材積調査）

共通費	従来の方法		大縮尺空中写真を用いる方法
	間接費 計画費 小縮尺空中写真費 層化及び地図化費 計算処理費 調査報告費		
費用の異なるもの	設備の減価償却費	(無視できる)	\$ 2,000
	大縮尺空中写真		
	航空機レンタル料(5日分)	—	\$ 2,000
	撮影装置の取付け及び試験	—	\$ 327
	パイロット手当	—	\$ 300
	フィルム(70mm 3本)	—	\$ 36
	現像及び焼付け	—	\$ 220
	注釈付け	—	\$ 142
	写真判読(63プロット)	—	\$ 286
	上記プロットデータの計算機処理	—	\$ 163
地上調査(60プロット)	\$ 6,000	\$ 368	
合計	\$ 6,000	\$ 6,042	

おわりに

調査の目的によっては、現地調査で補ったり確認したりすることが必要な項目が多々ある。そのような調査の補足や確認のための地上作業設計も空中写真利用上の重要な課題である。

今日、造林面における空中写真の利用では、「林地林産力調査」(適地判定)のみが事業的に実行されているにすぎない。しかし、林業白書によれば、今後10年間の要間伐面積は約400万haに及ぶという。林業従事者の老齢化、賃金上昇及び組合などによる小規模林分の管理代行の進んでいることなどを考え合わせると、間伐の問題においても地上作業設計の段階での空中写真利用を考慮すべきであろう。その際に最も有効な空中写真は、今まで述べてきた大縮尺空中写真であろう。

また、将来における森林資源情報を考えたとき、より人力を要せず、利用範囲の広い情報を得るには、大縮尺空中写真から人工衛星の情報まで、多段に渡るサンプリングの積み重ねが不可欠なものとなるであろう。国土地理院ではすでに縮尺約8000分の1のカラー写真を撮影し続けている。林野で同程度の縮尺の写真が撮影されるようになるのはいつのことであろうか。

以上、ほとんど思いつくままに取りあげ、自らの実証性のないものでありますが、御意見や御助言をいただければ幸いに思います。

引用文献

1) 中島 巖

空中写真利用による森林調査法の研究

第86回日林講(1975)

- 2 ) L. Sayne-Wittgenstein & A. H. Aldred  
Tree Size from Large-Scale Photos  
Photogrammetric Engineering Vol.38, No. 10 ( 1972 )
- 3 ) J. H. G. Smith & Y. C. Chiam  
Tree Stand Density  
Photogrammetric Engineering Vol.36, No.10 ( 1970 )
- 4 ) Robert P. Latham  
Competition Estimator for Forest Trees  
Photogrammetric Engineering Vol.38, No. 1 ( 1972 )
- 5 ) A. H. Aldred & J. K. Hall  
Apprication of Large Scale Photography to a Forest Inventory  
The Forest chronicle , Vol.51, No. 2 ( 1975 )