

空中写真濃度計測による大面積森林の蓄積推定 (I)

九州大学農学部 長 正 道
木 梨 謙 吉

1. はじめに

大面積森林の蓄積推定を行なう場合、空中写真の利用はきわめて効率的である。しかしその推定をInterpretation による場合は判読要因に対する各種の誤差の問題とあわせ、労力的にも多大のエネルギーを要する。本研究は空中写真の濃度を計測することにより測定精度の安定と自動計測化を志向したものであるが、とくに大面積森林を対象にその計測システムの確立および実際の蓄積推定を試みた。

2. 計測システムの概要

空中写真の濃度計測にもとづく森林蓄積の推定は基本的には Double sampling の手法によった。すなわち空中写真に対し ① Large sample として10本の Densit-meter-strip (DMS) をとり、これにより森林率の推定を行ない、② この中から Small sample として5本の DMS を抽出し材積回帰式を計算し、③ この両者から全体の蓄積推定を行なうというシステムとステップをとった。

3. 資 料

山-456, C9-No.6, f = 209.16mm, H = 5000m, S = 1 : 19675 密着印面空中写真 (宮崎県えびの営林署管内作鹿倉 (59~61林班), 黒鹿 (66~69), 川添 (70~72) 各国有林を包括) を対象にW-E方向に等間隔に10本の DMS をとり、D250-1型写真濃度測定装置 (反射式) を用い10Vフルスケールにより濃度を計測しその波形グラフを記録紙上にえがかせた。そしてこの濃度波形を

区 分	濃度レベル	分 類
A	0 ~ 50	明るい非森林部分
B	50 ~ 70	明るい森林部分
C	70 ~ 85	暗い 森林部分
D	85 ~100	暗い 非森林部分

の4レベルに区分した。

4. 大面積森林蓄積の推定

(1) 森林率の推定

1-DMS=111単位 (1単位は1cm), 計10-DMS=1110単位についてA, B, C, D各区分別単位の頻度の読みとりを行なった。これより各区分別比率は

- A : $\omega_1 = 220/1110 = 0.1982$
- B : $\omega_2 = 695/1110 = 0.6261$
- C : $\omega_3 = 186/1110 = 0.1676$
- D : $\omega_4 = 9/1110 = 0.0081$

となった。

いまこの中の森林率 p_h の推定を $p_h = \frac{n_{hi}}{n_h}$ により試みると次のとおりとなる。

- A : $p_1 = 53/220 = 0.2409$
- B : $p_2 = 580/695 = 0.8345$
- C : $p_3 = 177/186 = 0.9516$
- D : $p_4 = 8/9 = 0.8889$

これより全体の森林率 p_{st} は

$$p_{st} = \sum \omega p = 0.1982 \times 0.2409 + 0.6261 \times 0.8345 + \dots + 0.0081 \times 0.8889 = 0.7369$$

をえ、その標準誤差 SE は

$$V(p_{st}) = \sum \frac{\omega_h^2 p_h q_h}{n_h - 1} = \frac{(0.1982)^2 (0.2409)(1-0.2409)}{220-1} + \dots + \frac{(0.0081)^2 (0.8889)(1-0.8889)}{9-1} = 0.0001186$$

$$\therefore SE = \sqrt{V(p_{st})} = \sqrt{0.0001186} = 0.0109$$

すなわち全体の森林率は

$$100 \times [0.7369 \pm 0.0109] = 73.69 \pm 1.09 (\%)$$

となった。

(2) 材積回帰式の計算

材積回帰式は Large sample 10本の DMS から Small sample 5本の DMS をランダムに抽出し、これによりタイムユニット10Sec による計測濃度波形側断面積を独立変数 x とし、対応する ha 当り材積を従属変数 y として全樹種ごみによる重みつき材積回帰式を下記のとおり求めた。なお ha 当り材積は森林調査簿の

データによった。また1-DMSにおけるタイムユニットは10Secにセットした場合、計54ユニットとなった。

$$Y = 349.6758 - 16.5454x \\ = 186.2289 - 16.5454(\bar{x}_L - 9.8787)$$

いま濃度波形側断面積の全平均値 \bar{x}_L を10本のDMSのデータから

$$\bar{x}_L = \frac{\sum(x)}{\sum(n)} = \frac{5983.23}{540} = 11.0801$$

これを上記材積回帰式に代入して

$$Y = 186.2289 - 16.5454(11.0801 - 9.8787) \\ = 166.3513$$

をうる。すなわちこれが全樹種とみによるha当り材積である。

なおその分散 $V(Y)$ 、標準誤差 SE および誤差率 e は次のとおりとなる。

$$V(Y) = V(\bar{y}) + b^2 V(\bar{x}_L) + V(b)(\bar{x}_L - \bar{x}_S)^2 \\ = 178.401684 + 273.749599 \times 0.031566 + \\ 40.085531 \times 1.443239 = 244.896001$$

$$SE = \sqrt{V(Y)} = \sqrt{244.896001} = 15.6492$$

$$e(\%) = \frac{SE}{Y} \times 100 = \frac{15.6492}{166.3513} \times 100 = 9.41(\%)$$

(3) 全体蓄積の推定

全体蓄積の推定に先だち、空中写真C9-No.6の面積を

$$L = l \times S \\ = 0.18 \times 19675 = 3541.5m$$

ただし l : 密着写真の1辺長

S : 写真スケール

L : 写真1辺の現地対応長

より写真1枚当りの面積 A を

$$A = L \times L \\ = 3541.5 \times 3541.5 = 1254.22(ha)$$

とうる。

これより森林面積 A_f は

$$A_f = A \times p_{st} \\ = 1254.22 \times 0.7369 = 924.2347(ha)$$

全体の蓄積 M は

$$M = A_f \times Y \\ = 924.23 \times 166.3513 = 153746.8620(m^3)$$

分散 $V(M)$ 、標準誤差 SE および推定誤差率 e はそれぞれ

$$V(M) = A_f^2 V(Y) + Y^2 V(A_f) \\ = (924.2347)^2 \times 244.8960 + (166.3513)^2 \times \\ 186.5658 = 214355350.145660$$

$$SE = \sqrt{V(M)} \\ = \sqrt{214355350.145660} = 14640.8794$$

$$e(\%) = \frac{SE}{M} \times 100 \\ = \frac{14640.8794}{153746.8620} \times 100 = 9.52(\%)$$

となった。したがって全体に対する推定蓄積は

$$M \pm SE \\ = 153746.8620 \pm 14640.8794(m^3)$$

となる。

すなわち対象とする森林面積924.23haに対する蓄積は139105.9826 m^3 ~168387.7414 m^3 の推定範囲となり、その推定誤差率は9.52%を示した。

5. むすび

1枚の空中写真をもって大面積森林とみなして試みた本研究の結果、写真面積1254.22ha、うち森林面積924.23haに対する蓄積推定誤差率9.52%となり、かなりよい成果がえられたといえる。なお対象面積を広げることによりその精度はさらに上げることができるものと思ふ。

なお蓄積推定の手法としては Double sampling によったが、そのベースをなすものは空中写真濃度の計測にある。すなわち空中写真を対象に第1ステップとして10本のDMS (Large sample) をとり、これから森林面積率の推定を行ない、第2ステップで5本のDMS (Small sample) を抽出し材積回帰式を求め、そして第3ステップで全体蓄積の推定を行なうという基本的手法によったものである。その中でDMSの計測をデジタルタイマーおよびデジタルレコーダーの組合せにもとづくタイムユニットによったことは本研究における一つの特色をなしている。そしてこのことは空中写真濃度の計測とあわせ森林蓄積の自動計測システム化の可能性を示すものであるといえよう。