論文紹介

Schreuder 氏の「Count Sampling in Forestry」(Tree — Count Method)について

東大農　箕輪光博

1. はじめに

最近，「Count Sampling in Forestry」と題する論文が，Hans T. Schreuder 氏によってForest Science 紙上(Vol. 24, Nr. 2, 1978)に発表された。本法は，推定する量(立木本数N，胸高断面積合計G，胸高直径和D)との関連から言えば増山法に近いが，考え方の点において増山法と異なる。後述するように，むしろ本法は，プロットサンプリング(円形プロット)とプロットレスサンプリング(Bitterlich法)とを合わせたものと考えた方が適切と思われる。著者の言を借りれば，本法は実用的な方法として提示されたわけでなく，我々読者の検討課題として発表されたものである。筆者自身未だ十分理解していると言い難いが，原論文の一部(基本的考え方)を紹介することにしたい。

2. 考え方

林内の各立木を中心として，二つの拡大同心円を林面に描く。小円の半径はKd／2，大円の半径はK(d／2+C)である。(注1)小円の半径をKCとしても以下の議論は同じであるが，ここではKd／2としておく。

ただし，

$$\begin{cases} K = \mathrm{cosec}\ \alpha/2, & \alpha = \text{一定視角} \\ C = \text{定数(KC=固定円形プロットの半径)} & \\ d = \text{立木の直径} & \end{cases}$$

この拡大大円の半径は，立木の直径に比例する部分(Kd／2)と一定部分(KC)との和より成る。

次に，面積Lの林にランダムポイントを落とした時，直径d_jの立木がカウントされる確率を考える。これは例によって

$$p_j = \pi K^2 (d_j/2+C)^2/L$$

として与えられる。したがってカウント数Zの期待値は，林内のすべての立木を考慮して，

$$E(Z) = \sum_{j=1}^{N} p_j$$

$$= (\pi K^2 C^2 \cdot N + K^2 \cdot \sum \frac{\pi}{4} d_j^{\,2} + \pi K^2 C \cdot \sum d_j)/L$$

$$=E(X)+E(Y)+\frac{\pi K^2 C}{L}\cdot\sum^{N} d_j$$

となり，これより直径和は

$$D=\sum^{N} d_j=\frac{L}{\pi K^2 C}(E(Z)-E(X)-E(Y))$$

となる。ただし，変量X，Yは

X＝ランダムポイントを中心とした半径KCの円内に含まれる立木本数

Y＝ランダムポイントでのBitterlich法によるカウント数

なる確率変数。したがって，立木本数N，断面積合計G（いずれも面積L内の）と変量X，Yの間には，

$$N=\frac{L}{\pi K^2 C^2}\ E(X)=k_N E(X)$$

（固定円形プロット法）

$$G=\frac{L}{K^2}\ E(Y)=kE(Y)$$

なる関係がある（証明は略）。

以上より各変量X，Y，Zの標本平均を$\overline{X}$，$\overline{Y}$，$\overline{Z}$とすれば，各特性値N，G，Dは

$$\widehat{N}=k_N\overline{X}$$

$$\widehat{G}=k\,\overline{Y}$$

$$\widehat{D}=k_D(\overline{Z}-\overline{X}-\overline{Y})$$

として推定される。ただし

$k_N=L/\pi K^2C^2$，　$k_D=L/\pi K^2 C$

$k=L/K^2$（断面積定数）

3. 本法の実施手順

1）サンプルポイントを中心とする半径KCの円プロット内に含まれる立木本数を求める。これより標本平均$\overline{X}$が求まる。

2）同じポイントでBitterlich法を実施しカウント数を求める。これより$\overline{Y}$を得る。

3）次いで，レラスコープをポイントから立木方向に半径KCだけ移動させ，2）のBitterlich法でカウントされなかった立木が新たにカウントされるかどうかを判定する。

これより（$\overline{Z}-\overline{Y}$）が得られる。

（注2）この作業はやや煩雑であるが，たとえば，長さKCのヒモの一端をポイントに固定しておき，他端にレラスコープを結びつけて立木を視準しながらポイントのまわりを一周するというようにすれ

ば良い。その際KCの値は小さくとることが望ましいが，反面NやDの推定精度が低下するのでその点に注意する必要がある。

(注3）もし，2）の Bitterlich 法とは独立に，つまりすでに当該立木がポイントにおいてカウントされた否かとは独立に（無関係に），レラスコープを立木方向にKCだけ移動した場合のカウント数を求めれば，それは$\bar{Z}$を得たことになる。この中には，すでにポイントでのBitterlich 法でカウントされるはずの立木が含まれている。

4. 若干のコメント

1）原著者のSchreuder氏は，FenderとBlockの「Point Center Extention(1963）」にヒントを得て，本法の考案に及んだと述べている。

（注4）

Point Center Extension:A Technique for Measuring Current Economic Growth and Yield of Merchantable Forest Stands

Darwin E. Fender and Gerald A. Brock

(Jour. of For., 109～114, 1963）

本法の発端となったFenderらの方法とは次のようなものである。彼らは，胸高断面積合計の生長量$\triangle G$を推定するために

a）まず各ポイントでBitterlich法を実施し現在の断面積合計Gを求め，

b）次いで，ポイント付近の標本木5本から過去5年間の平均成長量$\overline{\triangle d}$を推定し，今後5年間にポイント付近の立木がすべて$\overline{\triangle d}$だけ成長するという仮定を設ける。

c）続いて，5年後の断面積合計G_{+}を求めるために，a）でカウントされなかった立木に対してプリズムレラスコープをその立木方向に距離$K\overline{\triangle d}/2$だけ移動させ，その立木が新たにカウントされるかどうかを調べる。このようにして得られた〝新カウント数〟の平均は，断面積成長量$\triangle G$に対応している。

以上の説明から容易に分るように，彼らの方法の致命的欠陥は，$\triangle G$を推定するためにポイント付近の直径成長量の平均$\overline{\triangle d}$を必要とすることである。ここには，求めようとしているものを先に前提しているという形式の矛盾がある。これに対して，Schreuder氏は移動距離$K\overline{\triangle d}/2$をKCと固定した。ここに氏のアイデアがあると言えよう（Fenderらの場合は，いまだBitterlich法から抜け出ていない）。

2）ここで，本法と他の定角測定法との関連について考えてみたい。すでに指摘したように，本法は論理的には定径の円と可変の円を同一ポイントに結びつけたところにその新しさがあるわけである。その点からすればまさしくプロットサンプリングとポイントサンプリングを合併したものであり，推定する量との関係で言えば，プロット，ポイント，ラインサンプリングのすべてを含むと言うこ

ともできよう。すなわち，上記の三つの方法を独立に実施すれば，所期の$\hat{N}$，$\hat{G}$，$\hat{D}$は簡単に求まるしかし，この場合三つのサンプリングは結合しているわけではない。これに対して，本法の場合は三者が一つに結合している。この点に本法の一つの特徴がある。

3 ）最後に本法の応用について一言。他の二次元定角測定法（ 平田法　等 ）に適用すれば同じく，$\hat{N}$ Σh^2 ，Σh が推定され，これから σ_h，C_h（変動係数）が得られることは自明である。さらに本法は，樹幹に対し一定の高さごとに適用すれば，新たな林分区分求積が可能である。また，北村の一致高和法に本法のアイデアを適用すれば，$\hat{N}$，V，S（樹幹縦断面の面積）が推定可能であり，近似的には表面積の推定も可能である。