

写真濃度のサンプリングによる森林環境モニターリングの研究 (Ⅲ)

— SPR の場合 —

九州大学農学部 木 梨 謙 吉
長 正 道

1. はじめに

異なった時点で撮影された空中写真の濃度の変化から大面積森林の変化の状態を推定することは森林環境モニターリングの適切な方法の一つと考える。時間の経過によってサンプリングを行なうことを継時事象サンプリング (1) といい、①独立継時標本、②各継時事象で同一標本、③1 事象における副次標本、④部分置換標本の4つの方法がある。このうち①、②、③については検討を行ってきた (2~6) ので、今回は④の方法 (SPR) について測定し検討を加えた。

2. 資 料

対象地は鹿児島県始良郡および宮崎県小林市に隣接する、宮崎県えびの営林署管内固有林で、東西12.5km、南北7.0kmの範囲、面積8750haである。

空中写真は山-107 (1958年10月撮影) の30枚を1st occasion、山-616 (1971年5月撮影) の28枚を2nd occasion として用いた。

写真濃度の計測は D250-1 型写真濃度測定装置の反射式により18mmV フルスケールで行なった。各写真上の濃度計測線は 1st occasion の写真をNo. 1、2nd occasion の写真をNo. 2とし、各ペアーの写真の重なり部分を利用し、密着写真上の6cm区2コからなる計測線においてNo. 1とNo. 2の重なりをつくり、そこを重複 (matched: m) 区間とし、互にはみ出す他の6cm区をそれぞれ非重複 (unmatched: u) 区とした。濃度計測にあたっては、No. 1のuとm、No. 2のmとuの中で10単位 (記録上1cmが1単位) を抽出1単位とし、1単位を各写真からとり出す方法をとったが、mについては互に同一場所でよく対応し、かつ属性自体の変化のないところに止めるようにした。

以上により計測された濃度の結果を表-1に示す。表中xはNo. 1、yはNo. 2を、uはNo. 1の非重複部、mは重複部、nはNo. 2の非重複部の各標本サイズである。

表-1 写真濃度測定結果一覧

No.	x		y	
	u	m	m	n
1	65.9	99.0	95.0	76.7
2	79.4	62.1	74.6	118.9
3	96.0	52.3	66.9	127.6
4	86.1	143.0	141.4	89.5
5	119.0	88.6	87.5	132.7
6	139.8	101.7	126.1	139.9
7	80.5	124.3	112.7	129.4
8	93.8	119.0	122.2	122.7
9	134.5	125.5	133.1	126.9
10	121.4	116.4	129.5	129.0
11	115.6	111.0	104.3	75.6
12	100.2	100.2	120.5	116.4
13	127.3	106.6	126.5	46.0
14	124.0	99.1	102.7	141.1
15	63.0	31.2	38.6	110.6
計	1546.5	1480.0	1581.6	1683.0
平均値	103.10	98.67	105.44	112.20
標準偏差	24.782	29.806	28.550	27.681

3. 計算の方法

No. 1、No. 2の各平均値の推定 \hat{x} 、 \hat{y} は次式による。

$$\hat{x} = \bar{x}_u + a_x (\bar{x}_u - \bar{x}_m) + c_x (\bar{y}_n - \bar{y}_m)$$

$$\hat{y} = \bar{y}_n + a_y (\bar{x}_u - \bar{x}_m) + c_y (\bar{y}_n - \bar{y}_m)$$

ここに \bar{x}_u は u の、 \bar{y}_n は n の各年平均値を示す。 a 、 c は、 $a_x = -mn_2/K$ 、 $a_y = umb_{y,x}/K$ 、 $c_x = mn \times b_{x,y}/K$ 、 $c_y = -mn_1/K$ で計算される係数である。なお $n_1 = u + m$ 、 $n_2 = m + n$ でそれぞれ No. 1、No. 2の標本サイズを示す。2つの b は $y \rightarrow x$ 、 $x \rightarrow y$ の場合の回帰係数を示す。 K は両事象に共通で、 $K = n_1 n_2 - unr_2$ で示される。 r は x と y の重複部の相関係数である。

両事象の差 \hat{d} は次式による。

$$\hat{d} = \hat{y} - \hat{x} = \bar{y}_m - \bar{x}_u + a_d (\bar{x}_u - \bar{x}_m) + c_d (\bar{y}_n - \bar{y}_m)$$

ここで $a_d = (mn_2 + umb_{yx})/K$, $c_d = -(mn_1 + mn \times b_{xy})/K$, また, \hat{x} , \hat{y} , \hat{d} の分散は, $s_{\hat{x}}^2 = (1+a_x)s_x^2/u$, $s_{\hat{y}}^2 = (1+c_y)s_y^2/n$, $s_{\hat{d}}^2 = (1-a_p)s_x^2/u + (1+r_d)s_y^2/n$, なお s_x^2 , s_y^2 はそれぞれ x , y の分散とする。

以上の分散式で示されるように, 重複部による分散の減少率が乗ぜられることによって単独の分散が相関係数の高いほど少なくなることがわかる。

4. 本例における計算結果

上記の計算式に数値を与え, かつ共通項については予め計算を行なっておく。本例の場合, $u=n=15$, $n_1=n_2=30$, $r^2=(0.934)^2=0.872$, $b_{x-y}=0.895$, $b_{x-y}=0.975$ より, $\bar{x}_u-\bar{x}_m=4.43$, $\bar{y}_n-\bar{y}_m=6.76$, $K=703.8$, $a_x=-0.6394$, $c_x=0.3117$, $\hat{x}=102.3476$, $a_y=0.2861$, $c_y=-0.6394$, $\hat{y}=109.1451$, $\hat{y}-\hat{x}=6.7705$, $a_d=0.9255$, $c_d=-0.9511$, $\hat{d}=6.7706$ とする。

これより分散および標準誤差は $s_x^2=(24.782)^2$, $s_y^2=(27.682)^2$ から

$$s_{\hat{x}}^2 = (1-0.6394) \times s_x^2/15 = 14.7641$$

$$SE = 3.8424$$

$$s_{\hat{y}}^2 = (1-0.6394) \times s_y^2/15 = 18.4204$$

$$SE = 4.2919$$

$$s_{\hat{d}}^2 = (1-0.9255) \times s_x^2/15 + (1-0.9511) \times s_y^2/15 = 5.5482$$

$$SE = 2.3555$$

となった。以上をまとめると

No. 1 の平均値 \hat{x} : 102.375 ± 3.842

No. 2 の平均値 \hat{y} : 109.145 ± 4.292

差の推定値 \hat{d} : 6.770 ± 2.356

となり, 写真濃度の変化は6.77の増加を示している。

5. 2事象の独立標本とみたてた場合

No. 1 の平均値 $\bar{x}_{n1}=100.88$, その分散 $s^2_{\bar{x}_{n1}}=(26.8077)^2$, No. 2 では $\bar{y}_{n2}=108.82$, $s^2_{\bar{y}_{n2}}=(27.3750)^2$ となる。また $\bar{y}_{n2}-\bar{y}_{n1}=7.94$ となる。この分散を平

均値の差の分散として計算すると, プールした分散を $s^2 = [(27.266)^2 + (27.843)^2] \times 29/30 + 30 - 2 = 759.3337$ とし, $s^2(1/n_1 + 1/n_2) = 50.6222$, その平方根は, 7.1149 となる。いま, SPR の場合と独立標本の場合の分散を比較すると

	SPR	独立	SPR/独立
x 平均値	14.7641	26.8077	0.5507
y 平均値	18.4204	27.3750	0.6729
平均値の差	5.5482	50.6222	0.1096

となる。すなわち差の分散では独立標本の場合の10%の精度を示し SPR の効果が認められる。

6. 濃度値から森林率の推定

No. 1, No. 2 による各15のデータからえられた濃度値 z と森林率 P の帰属式

$$P = 54.00 + 1.0517(z - 99.94)$$

を用い, SPR で推定した \hat{x} , \hat{y} を代入して $P_1=56.56\%$, $P_2=63.69\%$, その分散 $V(P_1)=21.6595$, $SE=4.65$, $V(P_2)=26.2088$, $SE=5.12$, 差の分散 $V(P_2-P_1)=6.4311$, $SE=2.54$ をえた。これより森林率の推定は

1st occasion : 56.56 ± 4.65 (%)

2nd occasion : 63.69 ± 5.12 (%)

差 : 7.13 ± 2.54 (%)

となった。すなわち森林率の変化(増加)は, その差 7.13 ± 2.54 (%) によって示される。

引用文献

- (1) CUNIA, T. : Monitoring Forest Environment through Successive Sampling. 1~18, Proceedings, IUFRO, 1974
- (2) 長・木梨 : 日林九支研論27. 11~12, 1974
- (3) 長・木梨 : 85回日林講. 297~299, 1974
- (4) 木梨・長 : 日林九支研論28. 19~20, 1975
- (5) 長・木梨 : 86回日林講. 460~461, 1975
- (6) KINASHI & CHYO : Reports of Kyushu Univ. Forests, No.25. 1~7, 1974