ブ ロ ッ ク と 層 化 の 重 要 性

九大名誉教授　木 梨 謙 吉

林業試験や森林調査におけるブロックと層化の重要なことはよく云われることである。最近このことに関して２つの知見をえた。簡単なことであるが改めてブロックや層化の森林調査における重要性を認識した。

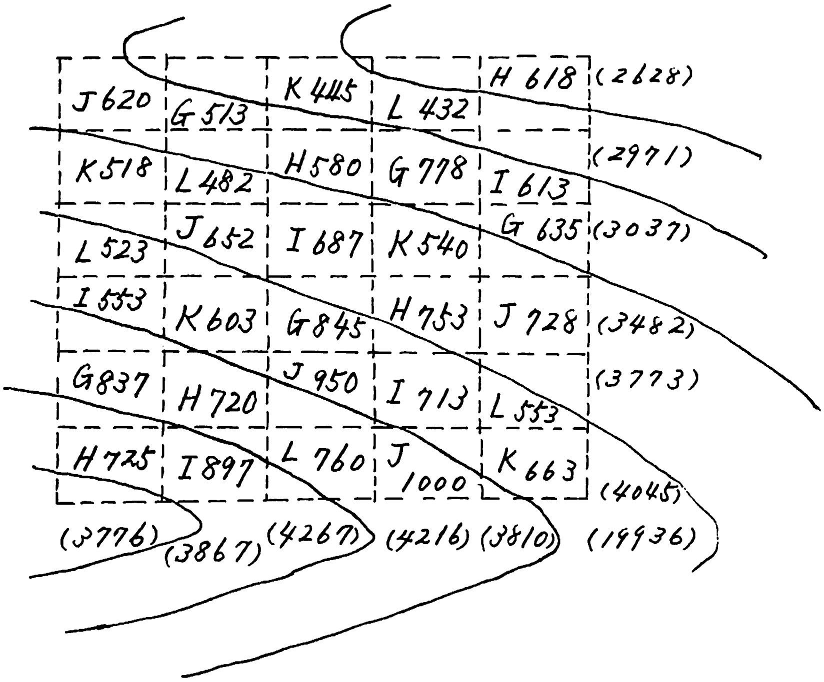
1. 山地試験におけるブロックのとり方

私共は昭和４３年から六つの演習林にスギ品種試験地をそれぞれ５つのブロックを持つ乱塊法として昭和４５年までに第Ⅰ～Ⅳ試験地まで作ってスギ品種の生長の比較をして来た。その際にブロックは等高線に平行にとることを原則とし，殆んどの試験地はそのように配置されているが，山地の地形は複雑であるので，ところによっては，全く逆に等高線に直角になっているのがある。この様な場合結果がどうなるかを検討した。

ある現場で等高線に殆んど直角にブロックが置かれていた。ブロックが急角度で谷に向って降りているのである。図はそのおおよその感じをしめしている。一つのプロットの中の文字はスギの品種で（文献５）数字は平均樹高（cm）である。ちなみに１プロットは３０本植で枯損は２～３本程度，１０年目の測定である。枠外の（ ）の数字は計をあらわしていて，これを見ても明らかに，ブロックの設定が逆であったことがわかる。

まずこのままで分散分析を実施すると，

試験地の図



第1表　乱塊法による分散分析

要　因	平 方 和	自由度	平方平均	F
ブロック	36848.47	4	9212.12	＜1
品　種	226905.47	5	45381.09	2.60 not sig.
誤　差	349265.53	20	17463.28	
計	631019.47	29		

第1表に示すように，ブロックの平方平均は誤差項より小さく，Fの値は1より小となり，全くブロックの効果はなく，誤差項の大きいことが目立つ。従って品種のFは小さくなり有意差がない。態態乱塊法にしたのに，ブロックが何のたしにもならなかったばかりでなく，却って品種の有意差を消してしまっている。

そこで，この配置で，ブロックという概念を捨てて，一元配置の完全乱配置とみたてて分散分析を実施すると次のようになる。

第2表　完全乱配置の分散分析

要　因	平 方 和	自由度	平方平均	F
品　種	226905.47	5	45381.09	2.82*
誤　差	386114.00	24	16088.08	
計	631019.47	29		

ブロックがなくなったため，ブロックの自由度だけ誤差の自由度が増加し，そのために誤差項の平方平均が小さくなり，Fの値が増加して5％で有意になっている。不適当なブロックはない方がましであることがわかる。

ところが等高線に平行方向をブロックとすればどうなるか。この場合丁度各ブロックに1品種が欠けていて，うまい具合に不完全ブロックの均衡型となっている。品種数 $t=6$，ブロック当単位数 $k=5$，繰返数 $r=5$，ブロック数 $b=6$，同じペアのあらわれる数 $\lambda=\dfrac{r(k-1)}{(t-1)}=4$，品種別に計T，平方和 B^* から $Q=kT-B^*$ を計算し，品種修正平方和 $\dfrac{\Sigma Q^2}{kT\lambda}=208881.47$ を求めて分散分析表を作ると，(計算法は文献3による)

第3表　不完全ブロック均衡型分散分析

要　因	平 方 和	自由度	平方平均	F
ブロック	287558.87	5	57511.77	18.34**
品　種(修正)	208881.47	5	41776.29	6.81**
ブロック内誤差	116579.13	19	6135.74	
計	613019.47	29		

不完全ブロックというのは1つのブロックの中に6品種全部入ってないことを云う。たとえ全部揃

ってなくても縦のものを横にしただけで，ブロックは１％で有意となり大巾な誤差項の平方平均を減少させ，さらにその影響を受けて品種も１％で有意となっている点を注目すべきである。山地の試験地でブロックを等高線沿いにとること，簡単にはなるべく水平方向にブロックをとることが如何に大切かがわかるのである。あたり前のことであるが，時にこんな事例が現実にあるのだから敢えて記した。

2. 森林層化のための第Ⅲカテゴリー

かつて我々は筑後川上流域の森林調査に長氏と共に写真濃度を用いて森林率の調査をやった。(文献４) そのとき層化のための二重抽出法を用い濃度レベルを４区分して層とした。その詳細はさておき，大きくは明るい部分と，暗い部分にわけ，その中で森林と非森林にわけた。森林でも明るいものと暗いものがあり，非森林でも明るい部分と暗い部分があった。又明るい部分でも森林か非森林の区別がつかないところがあると同様に暗い部分でもそれがおこった。たとえば若い造林地が草地であったり，暗い森林が深い崖であったり，又その反対の場合もあった。実際問題としては森林と見たところがすでに伐採され又空地がすでに森林化されるときもある。

Frayer は層化のための二重抽出にあたって，森林と非森林とそのどちらともつかない３つの層を作った。このどちらともつかない第Ⅲのカテゴリーの層はきわめて意義深いものといわねばならない。

たとえば上記筑後川上流地域というのはざっと面積A＝１２２,５００haにおよぶ。今当時の空中写真の判読結果から，一次標本３５５２のうち森林２３５７，非森林１１６３，不明３２とする。ついで二次標本(地上調査)を森林２３５７から６０をとりその５９が森林であり，非森林１１６３から３５をとりその内１が森林であり，不明３２のうちから５をとりその内３が森林であったとする。表で示すと，

層	一次標本	二次標本	森　林	非森林	二次標本の森林率－P
森　林	$N_1=2357$	$n_1=60$	59	1	$P_1=\frac{59}{60}=0.9833$
非森林	$N_2=1163$	$n_2=35$	1	34	$P_2=\frac{1}{35}=0.0286$
不　明	$N_3=32$	$n_3=5$	3	2	$P_3=\frac{3}{5}=0.6000$
	$N=3552$	$n=100$	63	37	

森林面積

$$A_F=A\Sigma\frac{Ni}{N}Pi=\left\{\left(\frac{2357}{3552}\right)(0.9833)+\left(\frac{1163}{3552}\right)(0.0286)+\left(\frac{32}{3552}\right)(0.6000)\right\}\times122500$$

$$=\{0.6636\times0.9833+0.3274\times0.0286+0.0090\times0.6000\}\times122500$$

$$=(0.6525+0.0094+0.0054)\times122500$$

$$=0.6673\times122500$$

$$=81744.25$$

Cochranの本(275頁)からPの分散は

$$v(P) = \frac{1}{N^2}\left[\Sigma N_i^2 \frac{P_i(1-P_i)}{n_i-1} + \Sigma N_i(P_i-P)^2\right]$$

ここに

$$P=\Sigma\frac{N_i}{N}P_i = 0.6673$$

$$v(0.6673) = \frac{1}{(3552)^2}\left[\left\{(2357)^2\frac{(0.9833)(0.0167)}{59}+(1163)^2\frac{(0.0286)(0.9714)}{34}+(32)^2\frac{(0.6000)(0.4000)}{4}\right\}\right.$$

$$\left.+\{2357(0.9833-0.6673)^2+1163(0.0286-0.6673)^2+32(0.6000-0.6673)^2\}\right]$$

$$=\frac{1}{12616704}\quad\{5555449\times\frac{0.0164}{59}+1352569\times\frac{0.0278}{34}+1024\times\frac{0.2400}{4}$$

$$+\{2357\times0.0999+1163\times0.4079+32\times0.0045\}$$

$$=\frac{1}{12616704}\{(1544.2265+1105.9241+61.4400)+(235.4643+474.3877$$

$$+0.1440)\}$$

$$=\frac{1}{12616704}(2711.5906+709.9960)$$

$$=\frac{3421.5866}{12616704}$$

$$=0.00027119$$

森林面積の分散は

$$s_F^2 = A^2 v(P)$$

$$=(122500)^2\times0.00027119$$

$$=1.500625\times10^{10}\times0.00027119$$

$$=4069544.938$$

$$s_F = \sqrt{4069544.938} = 2017.3113$$

誤差率は$\frac{2017}{81744} = 2.47\%$ となる。

もし不明の層を作らない場合,

層	一次標本	二次標本	森 林	非森林	二次標本の森林率P
森 林	$N_1=2377$	$n_1=63$	60	3	$P_1=0.9524$
非森林	$N_2=1175$	$n_2=37$	3	34	$P_2=0.0811$
	$N=3552$	$n=100$	63	37	

森 林 面 積

$$A_F = \left\{ \left(\frac{2377}{3552}\right)(0.9524) + \left(\frac{1175}{3552}\right)(0.0811)\right\} \times 122500$$

$$= (0.6692 \times 0.9524 + 0.3308 \times 0.0811) \times 122500$$

$$= (0.6373 + 0.0268) \times 122500$$

$$= 0.6641 \times 122500$$

$$= 81352.25$$

$$v(0.6641) = \frac{1}{(3552)^2}\left[\left\{\frac{(2377)^2(0.9524)(0.0476)}{62} + \frac{(1175)^2(0.0811)(0.9189)}{36}\right\} + \left\{(2377)(0.9524-0.6641)^2 + 1175(0.0811-0.6641)^2\right\}\right]$$

$$= \frac{1}{12616704}\left[\left\{5650129 \times \frac{0.0453}{62} + 1380625 \times \frac{0.0745}{36}\right\} + \left\{2377 \times 0.0831 + 1175 \times 0.3399\right\}\right]$$

$$= \frac{1}{12616704}\left\{(4128.2394 + 2857.1267) + (197.5287 + 399.3825)\right\}$$

$$= \frac{1}{12616704}(6985.3661 + 596.9112)$$

$$= \frac{7582.2773}{12616704} = 0.00060097$$

$$s_F^2 = (122500)^2 \times 0.00060097$$

$$= 9018306.063$$

$$s_F = \sqrt{9018306.063} = 3003.0495$$

誤差率は $\frac{3003}{81352} = 3.69\%$

この誤差の増加は第Ⅲ層をもうけなかったためにおこるもので，小さい第Ⅲ層が大きい誤差を受けとめ，他層の誤差を小さくしてくれているためである。広域の調査になればなる程誤差は減少し，およそ半減するであろう。

濃度をもって層を区切った場合，A層はその半分が森林であったが，明るい層での森林の濃度が適確につかめたら，この層を二分してA_1 とA_2 として，A_2層をB層に入れたらよい。又D層は殆んどが森林であったので，D層はC層に含めてもよいと思われる。しかし濃度測定の場合，濃度だけでは農地と森林の区別がわからなかったので，こんな風になった。しかし判読による場合は確実に森林，非森林と認めるものをそれぞれの層として，あいまいなものは第Ⅲ層を設けていれることは賢明なやり方である。

（文 献）

1. C.C.Li : Introduction to Experimental Statistics. 1964 (365頁)

2. W. E. Frayer : Stratification in Double Sampling …… "The easy way out may sometimes be the best way" Resource Inventory Notes, March 1978
3. W. G. Cochran : Sampling Techniques, 1953
4. 木梨謙吉・長　正道：森林地域保全開発調査（筑後川上流）昭和４９年３月
5. 木梨謙吉：森林調査詳説（1978）（455 , 397 頁）

注） なお濃度測定では一次標本が濃度で，写真判読が二次標本となっている。本例は写真判読が一次標本で，現地調査を二次標本とした二重抽出法と考えた場合である。念のため。

（1980, 11, 27）