

得苗調査における経済的標本抽出単位の型について

安井 鈞 (森林経理学研究室)

藤田直四郎 (島根県林業試験場)

Hitoshi YASUI and Naoshiro FUJITA

On the Economical Unit Type of Sampling Survey for
Seedlings in Nurseries.

I. 緒 言

苗木生産において床替前に予め播種床の樹苗本数を知る必要があるが、例えば、苗畑が非常に小面積である場合などの特殊なときは別としても、得苗数を知る手段としては一般に標本調査法を採用し、効率的に偏りのない推定をなすべきであろう。

与えられた費用で最大の精度を得るという考え方が標本調査の基本的立場と思われるが、得苗調査においてはその場合最も根本となる抽出単位について十分な検討がなされていないようである。調査において相対的に小さい単位を採用すれば標本数を多くする必要があり、従て単位間の移動に多くの時間を必要とし、一方大きな型の抽出単位ではその標本内の測定により多くの時間を費やすと考えられる。費用(時間)の見地から最も経済性の高い抽出単位が決定されて初めて調査方法が具体的となり、その実施も可能となるであろう。

Johnson¹⁾²⁾が White pine の苗床で抽出単位について優れた研究をしているが、この手法を基として1959年1960年の9月に島根県林業試験場のスギ・クロマツ苗圃での調査資料を用い、抽出単位の型について考察した。

なお、時間の都合でアカマツ・ヒノキの苗畑では調査出来なかったが、特にヒノキは他に比してかなり苗木の形状を異にし、相対的に抽出操作が困難と思われるが(photo. 5 参照)こゝで得たマツ・スギ苗床での研究結果が応用できよう。

クロマツの調査結果については、その概要を既に発表³⁾している。

II. 調 査 資 料

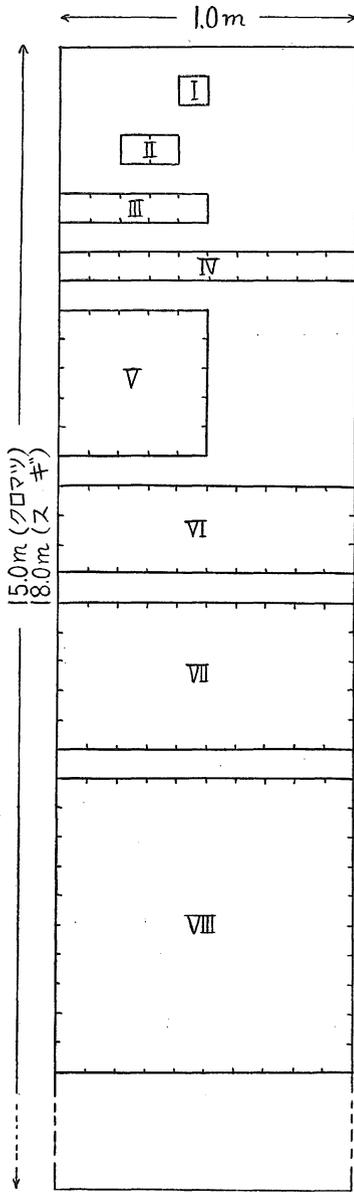
この実験を行った苗床はすべて1m幅で、クロマツは15m床8本(120m²)、スギは18m床9本(162m²)である。そしてこれらの苗床は4月末、1m²当りクロマツは12g(発芽率95%)、スギは55g(平均発芽率30%)の種子を全面同量となるように播種し、7月・8月の2回間引きを行ったものである。

苗床の切り方により種々の抽出単位を得るわけだが、この実験では0.1m×0.1mを最小単位(標準)として、抽出・計算などの操作を考慮し第1表に示すように比較的簡単な8種の型で検討することにした。

そして苗床の各単位の分割方法を第1図に示す。

Table 1. Division for eight types of Sampling unit
第1表 抽出単位の型の区分

単位の型	大 き さ	単 位 総 数		単位の型	大 き さ	単 位 の 総 数	
		クロマツ	ス ギ			クロマツ	ス ギ
I	$\frac{m}{0.1} \times \frac{m}{0.1}$ (0.01m ²)	12,000	16,200	V	$\frac{m}{0.5} \times \frac{m}{0.5}$ (0.25m ²)	480	648
II	0.1×0.2 (0.02m ²)	6,000	8,100	VI	0.3×1.0 (0.30m ²)	400	540
III	0.1×0.5 (0.05m ²)	2,400	3,240	VII	0.5×1.0 (0.50m ²)	240	324
IV	0.1×1.0 (0.10m ²)	1,200	1,620	VIII	1.0×1.0 (1.00m ²)	120	162

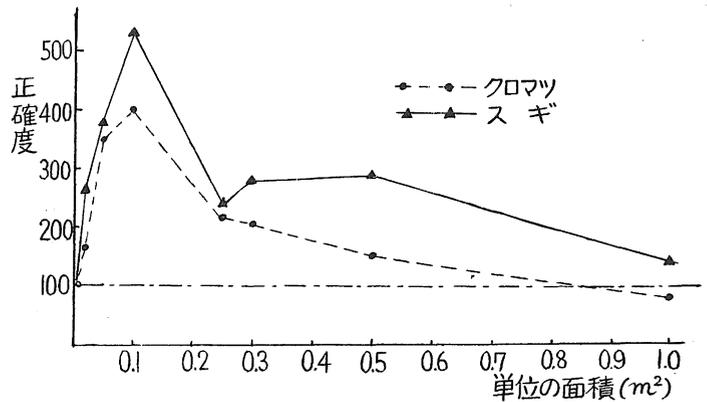


第1図 抽出単位の様

先づ photo. 1 に示すように、1.0m×1.0m の木枠の内側に正しく 0.1m の方眼となるよう針金を張りわたした調査用具を作って、I 型を単位として各苗床の悉皆調査を行った。それを集計した結果、クロマツは総数28,758本、スギは72,013本であることを確めた。更に I 型を集めるような仕方、各単位型における度数分布を求め、そして各単位当りの母分散を計算した。度数分布について一部の型における数値を示すと第2表のとおりで

第2表 各型の標本の度数分布 (一部のみ)

ク ロ マ ツ						ス					
I 型		IV 型		VIII 型		I 型		IV 型		VIII 型	
x	f	x	f	x	f	x	f	x	f	x	f
0	329	11-15	6	184-208	17	0	756	18-22	11	226-275	2
1	1,979	16-19	84	209-232	37	1	1,040	23-27	38	276-325	7
2	4,266	20-23	362	233-256	36	2	1,518	28-32	157	326-375	34
3	3,841	24-27	480	257-280	21	3	2,225	33-37	276	376-425	28
4	1,271	28-31	191	281-304	3	4	2,847	38-42	245	426-475	29
5	252	32-35	44	305-328	2	5	2,746	43-47	261	476-525	23
6	54	36-39	26	329-352	3	6	2,107	48-52	252	526-575	31
7	8	40-43	6	353-376	1	7	1,429	53-57	190	576-625	5
		44-47	3			8	810	58-62	123	626-675	3
						9	400	63-67	41		
						10	198	68-72	16		
						11	71	73-77	6		
						12	38	78-82	4		
						13	10				
						14	3				
						15	2				
	12,000		1,200		120		16,200		1,620		162



第2図 相対的正確度の比較

ある。

次に費用 (こゝでは時間) について検討するため、クロマツでは各型に対して 280・200・128・40・24・16・12・8 個、スギについては 405・325・108・81・72・54・27・9 個をそれぞれ単純任意抽出し、各々の場合に要する総時間を記録した。この調査は photo. 2 に示すように、3人1組として、苗床をはさんで互に調査枠の両端を支えながら抽出作業を行う2人と抽出個所の指示や

野帖の記録をする1人の組合せとして行っている。時間の取扱いは極く簡単に、測定に要した総時間から逆に一定時間(15分)内に各標本を何個測定できるかを各型毎に計算した。勿論、各型毎に大きさを異にするから、I 型を標準にして換算した数値で表わすべきである。この作業で、小さい単位は簡単だが大きい単位は単位内の苗木数が多くなって抽出が困難となり、又 IV・VI・VII・VIII

の各型の場合では苗床の両側から標本を2分して2人で算えることが出来るから、1個当りの抽出は比較的能率のよいことが解った。Sukhatime⁴⁾は小麦・米の収穫調査で、小さい単位は偏倚(過大推定)のあることを指摘しているが、苗畑の場合単位枠の設定に充分注意すればその不安は除かれよう。

以上の調査結果を一括して第3表、第4表に示す。

Table 3. Data for eight types of sampling unit (Kuromatsu)

第3表 クロマツ苗床の調査資料

単位の型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
単位の相対的大きさ M_i	1	2	5	10	25	30	50	100
母集団での単位数 N_i	12,000	6,000	2,400	1,200	480	400	240	120
単位当り母分散 S_i^2	1.138	2.473	6.979	18.302	89.196	119.575	289.213	1,086.542
15分間で算え得る数 n_i	47.2	82.4	200.0	300.0	370.0	378.0	390.0	400.0
平均値	2.40	4.79	11.98	23.96	59.91	71.90	119.77	239.65
変動係数	0.445	0.328	0.221	0.179	0.158	0.152	0.142	0.138

Table 4. Data for eight types of sampling unit (Sugi)

第4表 スギ苗床の調査資料

単位の型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
単位の相対的大きさ M_i	1	2	5	10	25	30	50	100
母集団での単位数 N_i	16,200	8,100	3,240	1,620	648	540	324	162
単位当り母分散 S_i^2	5.428	15.845	38.143	109.684	729.293	817.628	2,241.383	9,965.407
15分間で算え得る数 n_i	48.7	108.3	124.6	253.1	278.4	339.6	562.5	613.6
平均値	4.45	8.89	22.23	44.45	111.13	133.36	221.58	444.53
変動係数	0.524	0.368	0.278	0.236	0.243	0.214	0.214	0.225

III. 最適抽出単位型の考察

母集団での総単位数 N から n 個を抽出して、その拡大で得た総計の不偏推定値の精度は

$$C_{x'} = \sqrt{\frac{N-n}{n-1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{n}{x}}} \cdot \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

として表わされるが、第3表・第4表に示すように $\frac{\sigma}{\bar{x}} = c$ は苗床のきり方によって変化する。精度を与える c は単位型が大きくなるに従って、最初急激にそして次第に緩慢に減少するからもし抽出数を同じくするならば大きい単位型ほどよいことが解る。

W. G. Cochran¹⁾²⁾ は、有限母集団修正を無視して同じ正確度に対する相対的費用、或は一定費用に対する推

定母集団の分散は、

$$\frac{C_i S_i^2}{M_i^2}$$

に比例することを示している。ここに C_i は単位当り相対的費用、 S_i^2 は各単位における item の総計間分散、 M_i は単位の相対的大きさである。

得苗調査の目的は母集団総計の推定であり、その分散は、

$$V(x') = \left(\frac{N}{n}\right)^2 \cdot \frac{N-n}{N-1} \cdot n\sigma^2$$

で表わされることが知られている。従って I 型を基準として、すべての単位に対し同じ分散値を与える n_i の値は、 fpc を無視して

$$\frac{Ni^2 S_1^2}{n_1} = \frac{Ni^2 Si^2}{ni}$$

$$\therefore ni = n_1 \left(\frac{Ni}{N_1} \right)^2 \frac{Si^2}{S_1^2}$$

として計算される。この値は同一精度で推定するに要する各単位の相対的抽出数であるが、各単位は大きさを異にするから ni Mi として I 型を基準とした比較が可能となる。

又ある正確度を得るには基準単位 I 型で n_1 だけ抽出する必要がある必要がある場合、15 分単位で必要とされる時間 c_1 はクロマツの場合次のように表わされる。

$$C_1 = \frac{n_1}{47.2}$$

この C_1 を基準とし、すべての型に対して相対的費用の計算をした結果、クロマツおよびスギの何れの場合も IV 型が最も小さい値を示し、クロマツでは標準単位 I 型の略 1/4、スギでは 1/5 以下の費用（所要時間）で同一精度が得られることを示した。標準単位を 100 とした場合の費用の逆数——相対的正確度——を求めて図示すると、第 2 図のようになる。もし費用を一定として比較すると、この数値は推定母集団総計の相対的分散に逆比例するから相対的正確度を計る尺度と考えられる。

以上の精細を一括して第 5 表、第 6 表に示すが、この結果比較された 8 種の抽出単位のうちではクロマツ・スギ苗畑のどちらも IV 型 (0.1m×1.0m) の単位が最も効率のよい最適抽出単位と判定された。

Table 5. Comparable sample sizes and costs
第 5 表 標本の大きさと費用の比較 (クロマツ)

単位の型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ni の比較値	n_1	0.543	0.245	0.161	0.143	0.133	0.116	0.109
比較された標本の大きさ	n_1	1.086	1.226	1.607	3.568	3.978	5.785	10.865
比較された費用	c_1	0.622	0.289	0.253	0.455	0.497	0.700	1.282
相対的正確度	100.0	160.8	345.7	395.5	219.7	201.3	142.8	78.0

Table 6. Comparable sample sizes and costs
第 6 表 標本の大きさと費用の比較 (スギ)

単位の型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ni の比較値	n_1	0.355	0.137	0.098	0.105	0.082	0.080	0.089
比較された標本の大きさ	n_1	0.711	0.684	0.984	2.618	2.453	4.023	8.941
比較された費用	c_1	0.371	0.265	0.187	0.453	0.348	0.345	0.702
相対的正確度	100.0	269.4	377.7	533.5	220.6	287.2	290.1	142.4

なお、苗床の播種は全面同量となるよう行っているが、どうしても床の周辺部はその量が少なくなり易く、特に I 型・II 型の単位をとるときは両端部に度数 0 の頻度が高くなる傾向が現われる。そこで両端部と中心部との列間の差を検定した結果有意性が認められ、この点からも I 型・II 型は適当な抽出単位型でないことが明らかとなった。

又苗床の度数分布についても検討した。播種のしかたから考えて常識的には正規分布が予想されるが、クロマツの場合は特に非対称左傾の分布 (IV・VIII など) をなすので、Pearson 系度数曲線を適合させたところ、IV 型分布に最もよく近似し、スギでは略正規曲線に近いことが解

った。そして I 型・II 型の度数分布をみると、天然更新などの場合に類似して稀有現象型分布が適合するように考えられたので、二項分布、Polya-Eggenberger 分布、Poisson 分布、Charlier の B 型分布、Neyman 分布などの適合計算を行ったが、これら度数曲線の精細については紙数の都合で割愛することにした。

III. 摘要

一般に標本抽出単位の型は標本調査における正確さと費用の両方に影響する。それ故、苗畑での得苗調査における最適抽出単位を見つけたことは重要な問題である。

筆者らは経済的な抽出単位の型について 島根県林業試験場の苗圃でクロマツとスギの苗床を調査し、その資料で研究を行った。実験に用いた苗床はクロマツ床は長さ 15m 床8本、スギ床は 18m 床9本で床の幅はどれも 1m である。この場合 8種の単位の型を採り上げ正確度と経済性の両面から比較したが、その型の区分は第 1 表・第 1 図に示した。

先づ各床は悉皆調査して母集団総計と各単位型ごとの母分散を正確に求めた。次に標本調査に要する費用は各単位型ごとの調査に必要とされる総時間として、実際に抽出作業を行いそれぞれの所要時間を測定し、15分間に何個調査できるかを求めた。この調査結果の概要は第 3 表、第 4 表に示してある。

この抽出単位の型についての研究で、推定される項目は母集団総計であるが、有限母集団修正を無視すると、その推定の分散は

$$\frac{N_u^2 S_u^2}{n_u}$$

として表わされ、そして又この値はすべての単位で同じ値を与える筈であるから、最小単位 I 型を基準として上の式から I 型と同じ正確さを得るに必要とする標本数を各単位ごとに計算した。そしてそれぞれの単位は大きさを異にしているから、それに応じて I 型を基準として再計算した。

ある正確度を得るため I 型で n_1 だけ抽出する必要のあるとき、15分単位で要求される時間 c_1 は例えばクロマツでは

$$C_1 = \frac{n_1}{47.2}$$

であり、これを基準として他の単位型における C_u の値を両樹種について求め費用の面から比較された。

この結果、クロマツ・スギのいずれの苗畑においても IV 型 (0.1m×1.0m) を採用した場合が最善で、効率の高い抽出単位型であることが解った。

標準単位 I 型を 100 として各単位における費用の逆数を相対的正確度としてこれを第 2 図に示した。これらの精細な結果は第 5 表・第 6 表に示してある。

なお、苗床にける樹苗の度数分布についても研究したが、稿を改めて報告することにした。仮りに正規分布をなすものとして I 型・II 型について列間の分布の平均差を検定した結果、苗床の周辺部は中心部に比して苗木の生育数が少ないことが明らかとなり、I 型・II 型とも抽出単位としては不適当な型であることが解った。

V. 参 考 文 献

1. W. G. Cochran : Sampling Techniques 1953.
2. 西沢 : 標本調査法 1955.
3. 安井・藤田 : 苗畑調査における抽出単位の型 1960.
4. 農林省 : インドにおける農業抽出調査の発展 1952.
5. Ker, J. W. : Distribution series arising in Quadrat Sampling of reproduction. 1954.
6. 北川 : ポアソン分布表 1951.
7. 中山 : 統計学辞典 1957.
8. 北川・増山 : 新編統計数値表 1952.

Summary

The type of unit affects usually both the accuracy and the cost of a sampling survey. therefore, it may be very important to find the optimum type of unit in the sampling survey of seed-bed.

To find the economical unit type, the authors made some reserch works in the nursery of Simane Forest Experiment Station by the survey of Kuromatsu and Sugi seedlings.

For a comparative study, we prepared eight type of unit, as shown in Table 1 and Fig. 1. Following the accurate population total number of seedlings was as certained in the areas by a census, we could get the variance of population per unit due to each types. Next were estimated the cost of sampling works by a time study (last row of Table 3 and 4).

In studes of this type the item to be estimated is population total number of seedlings. If finite population correction is ignored, the variance of the estimated population total is

$$\frac{N_u^2 S_u^2}{n_u}$$

Since this variance is to be the same for all units, the smallest unit (Type 1) was chosen as a standard. Then the values of the other n that give the same precision as the type I are obtained from above equation, as shown in the first lines of Table 7 and 8.

Next step is to find the comparable sample size in term of type I. (second line of same Tables).

The cost of taking n of the type I may be expressed as (Kuromatsu)

$$c_1 = \frac{n_1}{47.2}$$

the values of the other c that compared with the type I are shown on the third lines of same Table.

The type IV unit appears the best to be used for Kuromatsu and Sugi seedlings. The last lines of Table 7 and 8 shows the reciprocals of the costs compared with the Type I ($0.1 \times 0.1m$) taken as 100. In the tables these figures have been called relative net precision.

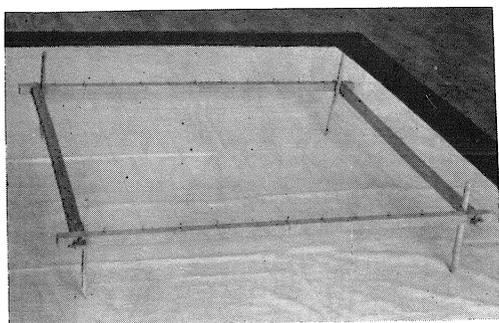


photo 1. 調査枠

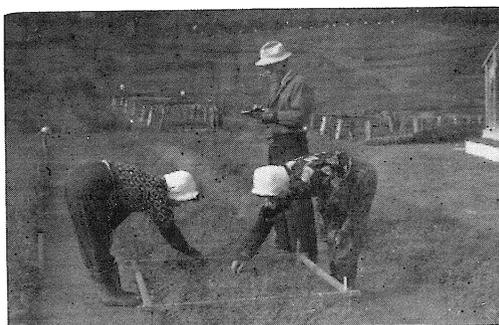


photo 2. 抽出調査

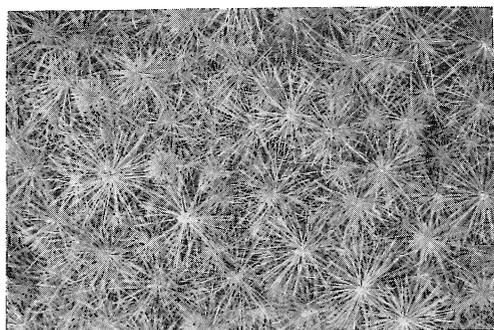


photo 3. クロマツ苗床 (1:5)

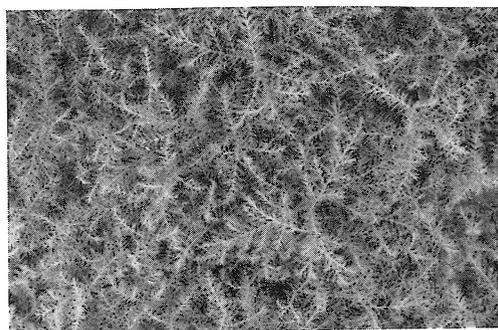


photo 4. スギ苗床 (1:5)

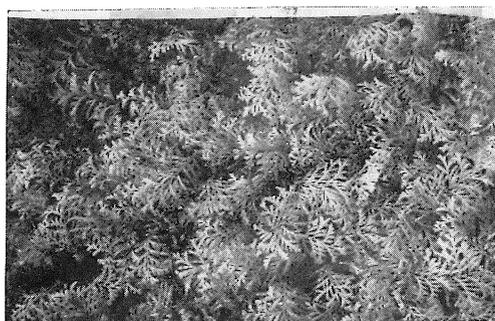


photo 5. ヒノキ苗床 (1:5)

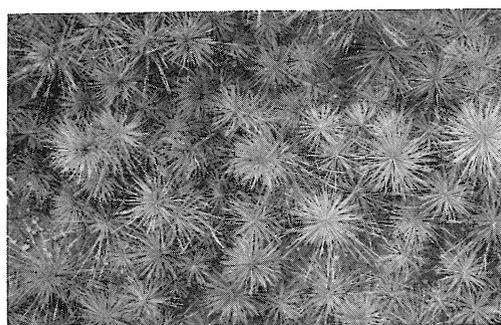


photo 6. アカマツ苗床 (1:5)