

面積測定におけるドットグリッド法 とプラニメータ法について

樋 渡 ミ ヨ 子⁽¹⁾

ま え が き

近年、面積測定の方法として、林野関係の多くの分野でドットグリッド板が使用されるようになってきた。その理由として、ドットグリッド法は作業をするための準備が簡単であること、製図板を使わなくても、普通の机ですむこと、またプラニメータのように器械の故障による誤差が生じる危険性がない。さらにプラニメータよりも作業そのものが簡単であるなどが考えられる。そのようなことから、今後もドットグリッド法による測定がなされる機会が多くなると思われる。

そこで、常識的には予測できることではあるが、おもに従来用いられてきたプラニメータ法と、ドットグリッド法による精度および工期の両方から比較検討を加えた。さらに使用するドットグリッド板の点間隔の選定に関する精度についても行なってみた。

これをまとめるにあたって、ご指導をいただいた経営第二科長大友栄松氏、測定研究室長西沢正久氏にお礼を申し上げる。

試 験 の 方 法

面積測定の方法として、通常用いられているのに、ドットグリッド法、プラニメータ法がある。このほかトランセクト法とか、重量法などの方法もある。

ここでは、面積の測定方法として比較的多く用いられているドットグリッドとプラニメータの方法について若干のテストを試みた。まず、ドットグリッド法とプラニメータ法による面積測定の概略を示す。

ドットグリッド法は、格子線の交点に点を配列した透明な板を測ろうとする地図や図形の上に重ねて、境界内におちた点の数をかぞえ、それに一定の係数をかけて面積を求める方法である。

たとえば、点の数が N 個おちる面積 A の中で、 n 個の点がおちる割合は $\frac{n}{N}=P$ である。そのとき P の分散は、

$$V(P)=P(1-P)/N$$

で与えられる。したがって、比率 P の推定値は

$$P \pm t \sqrt{P(1-P)/N}$$

である。ここで、 n 個の点がおちる面積の推定値は

$$A \{P \pm t \sqrt{P(1-P)/N}\}$$

の範囲で与えられる。

逆に、許容誤差をおさえて所要点数を定めることもできる。

(1) 経営部経営第二科測定研究室

またドットグリッド板には点間隔が 5 mm, 3 mm, 1 mm などの種類があり, 点間隔と縮尺によって, 1 点の表わす面積が異なってくる。したがって 1 点あたり面積がわかれば, 求める区画の点をかぞえ, それに 1 点あたり面積をかければ, その区画の面積を求めることができる。次に 1 点の表わす面積を示す。

点間隔 mm \ 縮尺	5	4	3	2	1
1/10,000	0.25	0.16	0.09	0.04	0.01
1/5,000	0.0625	0.04	0.0225	0.01	0.0025

(単位 ha)

ドットグリッド法の操作は, 点の数をかぞえるだけなので簡単である。ただ, 境界線上におちた点の処理の仕方は, 少しでも線にかかっていれば 0.5 とするか, また線の真上の点は 0.5 として, 境界にかかっていてもどちらかにずれていれば, ずれている側を 1 とかぞえるというように, 定めておかねばならない。

プランニメータによる方法は, 境界線上を器械の一端にあるメスマークを走らせ, 測輪の回転数を読んで, その図形の面積を求めるものである。測輪から読みとった数値に, ある係数をかけて面積を算出するが, 係数がわからないとき, または不確実なときは, わかっている面積を何回かくり返しまわして平均値をとり, その平均値と面積との比を係数として用いる。プランニメータはフリーハンドで境界線を走らせるが, 熟練者が慎重に扱えば十分な精度が得られるはずである。係数が正確に決められていれば, プランニメータの測定値に含まれる誤差は, おもに測定者が正しく図形に沿ってメスマークを走らせていないことによって生ずるものだと考えられる。

一般に, 精度は小面積で 1 % 以内, かなり大きな面積では 0.1~0.2% ぐらいが期待できるといわれている。

つぎに, 今回行なった測定の方法を示す。図形をなるべく同じ状態に保っておくために, 伸縮の少ないマイラーに作図した。用いた図形は

イ) 約 1~400cm² の間の正方形を 10 個

ロ) 約 0.5~40cm² の間の矩形を 5 個

これは矩形として特徴をつかむために細長い形状とした。

ハ) 約 0.5~10cm の半径の円を 5 個

ニ) 任意に描いた凹凸のあるものを 1 個, 別に任意の大, 中, 小の 3 個

である。作図はできるだけ正確を期するよう心がけたが, 全く正確とはいかなかったようである。

測定方法は,

イ) については, 個人差をみるために, 測定者を A, B, C の 3 名とし, それぞれが 5 mm 間隔のドットグリッド板とプランニメータによる測定を 10 回ずつくり返して行なった。同時に測定に要した時間を測った。

ロ), ハ) は, ドットグリッド法とプランニメータ法の間の差をみることを主として, A のみが測定を行なった。イ) と同様 5 mm 間隔のドットグリッド板とプランニメータにより 10 回の反復を行なった。

ニ) は, 任意の形状で, ドットグリッド板の点間隔を変え, その精度と所要時間の比較を行なった。同時にプランニメータについても行なった。任意の 3 個は, ドットグリッド板の点間隔の精度についてテスト

を試みるためのものである。

ドットグリッド板の置き方は任意とし、境界線上に点が少しでもかかれば0.5としてかぞえた。またプラニメータでは、図形を測定する条件が変われば、測定する前に定められた100cm²の円盤（テスター板）を用いて、係数を算出する作業を行なった。所要時間には、この時間も含めた。

なお、プラニメータは、メーカでテストした新しいものを用いた。

試 験 の 結 果

まず測定結果のとりまとめたのを第1表に示す。

1. 平均値の差の検定

ドットグリッド法とプラニメータ法の間に差があるかどうかを調べるために、それぞれの大きさについて、処理間の分散の均一性ならびに平均値間の差の検定を行なった。ドットグリッド法とプラニメータ法の2組の測定値が、任意にわりあてられているという前提にたって検定を行なうが、まず分散が等しいときと、異なるときとは統計処理が若干ちがうので、平均値の差の検定を行なう前に、2組の測定値の分散が等しいかどうかを調べてみた。これらの結果をまとめると第2表のとおりである。

表の中の F の値は、2組の分散比を示しており、 t の値は平均値の差の検定のための値を示している。

正方形では、Aの分散比が、最も小さな面積をもつ1番目を除いて、残り全部に有意な差があり、平均値では、大きな面積の2個にだけ差が認められた。Bでは、分散、平均値とも4個ずつ、Cでは分散が7個、平均値で3個、いずれも面積の大小に関係なく有意な差が現われている。

矩形では、細長さには関係なく、分散は5個のうち4個に差があり、平均値は最も細長く描かれた2番目（約0.5×20cm）に差がないほかは、みな有意であり、 F の値もまちまちである。また円形では、分散は全部に有意な差があり、平均値は、点の数が300個程度おちる半径約5cm以下の面積では、差が認められない。そして、 F の値も面積が大きくなるほど大きくなっているのがわかる。全体的にみてこの処理間の差が、面積の大小に関係があるかどうか、形状に影響があるかどうかということは、これからだけでは結論づけられないと思う。

2. 個人差について

個人差を検討するために、3名によって測定した正方形について分析をしてみた。その結果は第3表のとおりである。

ドットグリッド法では、有意差のあるのは1つもなく、プラニメータ法では半分以上の6個に差が認められた。この理由として、ドットグリッド法の作業は、境界内におちた点を数えるという単純なもので、境界線上におちた点の判定も、点がいえるかはいらないか、あるいは線上にかかっているかないかということだけなのに対して、プラニメータ法では、境界線上をプラニメータを走らせるということ自体が、馴れないと非常にむずかしい。さらに個人によって線の内側を走らせたり、外側を走らせたりするクセがあり、また手ぶれをおこしたりするので、このような結果になったのではないかと考えられる。

つぎに、個人の処理（ドットグリッド法とプラニメータ法）を込みにした個人差（これは、処理間に有意差のないのについてだけ行なった）、処理ごとに個人を込みにした処理間の差（これは、個人間に有意差のなかったものについて）の検定を行なった。なお、個人の処理間の分散分析も行なったので、参考のために、その結果を示しておく。これは、第2表の平均値の均一性で、差のあるものは処理間の分散分析

第1表 測定 の
Table 1. Results of

i) 正方形 Square

個 人 Individual		A				
大きさ Size		ドットグリッド Dot-grid		プ ラ ニ メ ー タ Planimeter		ド ッ ト Dot-
		平 均 Mean value	C. V.	平 均 Mean value	C. V.	平 均 Mean value
	(1 辺約 Side about)cm	cm ²	%	cm ²	%	cm ²
1	1	0.975	10.11	0.975	0.17	1.0125
2	2	3.975	2.48	3.936	0.75	4.025
3	3	8.9375	1.27	8.9205	0.27	8.9125
4	4	16.050	2.02	15.8550	0.21	15.925
5	5	24.900	0.57	24.8930	0.16	24.8875
6	8	63.8375	0.44	63.8710	0.06	63.8875
7	10	99.575	0.30	99.5995	0.04	99.6525
8	13	168.5325	0.24	168.3172	0.06	168.1625
9	15	224.7625	0.11	224.5055	0.04	224.655
10	20	398.900	0.12	398.4290	0.03	399.2375
所 要 時 間 (分) Time (minute)		158		184		
比 率 (%) Ratio		100		100		
プ ラ ニ メ ー タ / ドットグリッド Planimeter/Dot-grid		1		1.16		

ii) 短 形 Rectangle

大きさ Size		ドットグリッド Dot-grid		プ ラ ニ メ ー タ Planimeter	
		平 均 Mean value	C. V.	平 均 Mean value	C. V.
	(約 About)cm	cm ²	%	cm ²	%
1	0.5×10	4.7875	2.48	4.9569	0.93
2	0.5×20	9.950	4.15	9.8385	0.69
3	1×10	9.8125	1.83	10.0417	0.44
4	1×20	19.750	0.73	19.963	0.39
5	2×20	39.725	0.55	39.9687	0.18
所 要 時 間 (分) Time (minute)		32		68	
比 率 (%) Ratio		100		212	

と り ま と め

the measurement

B			C			
グリッド grid	プ ラ ニ メ ー タ Planimeter		ド ッ ト グ リ ッ ド Dot-grid		プ ラ ニ メ ー タ Planimeter	
C. V.	平 均 Mean value	C. V.	平 均 Mean value	C. V.	平 均 Mean value	C. V.
%	cm ²	%	cm ²	%	cm ²	%
7.01	0.9875	9.46	1.025	11.21	0.9700	12.39
1.96	3.8798	2.98	4.100	3.75	3.9239	3.18
1.49	8.9974	0.90	8.950	1.50	9.0475	1.19
0.84	16.0000	0.68	15.825	1.13	16.086	0.60
1.41	24.9799	0.38	24.900	1.08	24.9509	0.38
0.28	64.0305	0.36	63.6875	0.62	64.3088	0.15
0.44	99.7600	0.30	99.8625	0.33	99.6433	0.14
0.35	169.2785	0.09	168.125	0.50	167.9519	0.05
0.16	225.2965	0.05	224.5625	0.40	224.7185	0.03
0.04	398.2582	0.05	398.9875	0.40	399.0605	0.08
168	524		191		676	
106	285		121		367	
1	3.12		1		3.54	

iii) 円 形 Circle

大きさ Size		ド ッ ト グ リ ッ ド Dot-grid		プ ラ ニ メ ー タ Planimeter	
		平 均 Mean value	C. V.	平 均 Mean value	C. V.
	(半 径, 約) (Radius, about) cm	cm ²	%	cm ²	%
1	0.5	0.7875	10.71	0.8027	1.47
2	1	3.2375	4.97	3.1984	1.06
3	3	28.2250	1.00	28.3140	0.14
4	5	78.0375	0.73	78.3870	0.07
5	10	312.8750	0.23	314.2103	0.02
所 要 時 間 (分) Time (minute)		64		88	
比 率 (%) Ratio		100		138	

第 2 表 2 組の分散の均一性ならびに平均値の差の検定
Table 2. Test of uniformity variance and significant
difference of means with 2 sets

種 類 Kind			1	2	3	4	5	6	7
Size									
正方形 Square	A	F	0	11.29**	20.06**	94.38**	12.95**	48.02**	62.69**
		t	0	0.89	0.49	1.89	0.15	0.38	0.08
	B	F	2.73	2.14	2.66	1.53	13.92**	1.66	2.25
		t	0.58	3.28**	1.73	1.37	0.80	1.53	0.64
	C	F	3.61*	1.15	1.64	3.48*	8.24**	17.39**	5.71
		t	1.34	2.81*	1.61	3.97**	0.51	4.60**	2.15
矩 形 Rectangle	F		6.62**	37.25**	16.35**	3.40	9.76**		
	t		4.21**	0.84	3.93	4.10**	3.35**		
円 形 Circles	F		50.84**	22.46**	51.26**	111.10**	144.20**		
	t		0.56	0.75	0.99	1.94	5.68		

第 3 表 個人差の分散分析結果 (F の値)
Table 3. Results of the test of significant difference
between individuals (F value)

種 類 Kind		1	2	3	4	5	6	7
Size								
ドットグリッド法		0.57	3.35	0.27	3.25	0.00	0.94	1.83
プラニメータ法		0.18	0.78	7.06**	21.00**	3.42	20.45**	2.30
個人の処理を込み にした個人間		0.43		2.37		0.17		2.84
個人を込みにした 処理間		2.20	17.29**			0.83		0.23

第 4 表 個人内処理間の分散分析結果 (F の値)
Table 4. Results of the analysis of variance for
between transactions (F value)

種 類 Kind		1	2	3	4	5	6	7
Size								
正方形 Square	A	0.59	1.70	0.27	3.76	0.02	0.11	0.05
	B	0.52	10.90**	2.55	1.43	0.89	3.41	0.73
	C	1.85	7.53**	3.09	8.29**	0.27	19.09**	4.55
矩 形 Rectangle		21.63**	0.64	13.86**	150.46**	11.04**		
円 形 Circles		0.40	0.61	0.99	3.47	33.24**		

8	9	10
19.29**	9.48**	20.41**
1.63	3.14*	3.00*
13.22**	8.63**	4.26*
5.83**	5.43*	70.95**
84.35**	134.42**	24.02**
0.65	0.55	0.14

8	9	10
1.71	0.30	0.30
349.32**	180.38**	30.33**

8	9	10
2.26	8.91**	9.71**
29.17**	31.55**	34.29**
0.42	0.34	0.02

でも差があるというように、結果は同じになっている。

第3表の、個人の処理を込みにした個人差の検定は、第4表の上から3行のA, B, Cのどれにも処理間の差がなかったものについて行なった。ここでは、検定を行なった4個全部に有意な差はみられない。また最後の行は、第3表で個人差のなかった4個について、個人を込みにした場合の処理間の有意性を調べたものである。

3. 変動係数と所要時間

つぎに、相対的標準偏差である変動係数についてふれよう。変動係数は第1表に示してある。

ここで、正方形についてだけ標準偏差と変動係数の間の関係を第1図に示してみたが、全体的にみて標準偏差の変動は大きく、プラニメータ法よりドットグリッド法の方が一段と顕著である。図と表をみればわかるように、変動係数はごく小さい。正方形では、点の数が4個程度おちる1番小さな面積をもつ1番目が、Aのプラニメータを除いて10%前後と大きいのが、2番目から急に小さくなっている。点の数が16個程度おちる2番目では急減して、0.7~3.7%の間となり、6番目以降ではコンマ以下となり、当然のことながら、面積が大きくなるにしたがって小さくなる傾向を示している。矩形、円形では、全部プラニメータの方が精度がよくなっている。矩形のドットグリッド法で、2番目が1番目より面積が大きいのに変動係数も大きくなっているのは、2番目の形を極端に細長くしたために、このような結果になったのではないかと想像される。

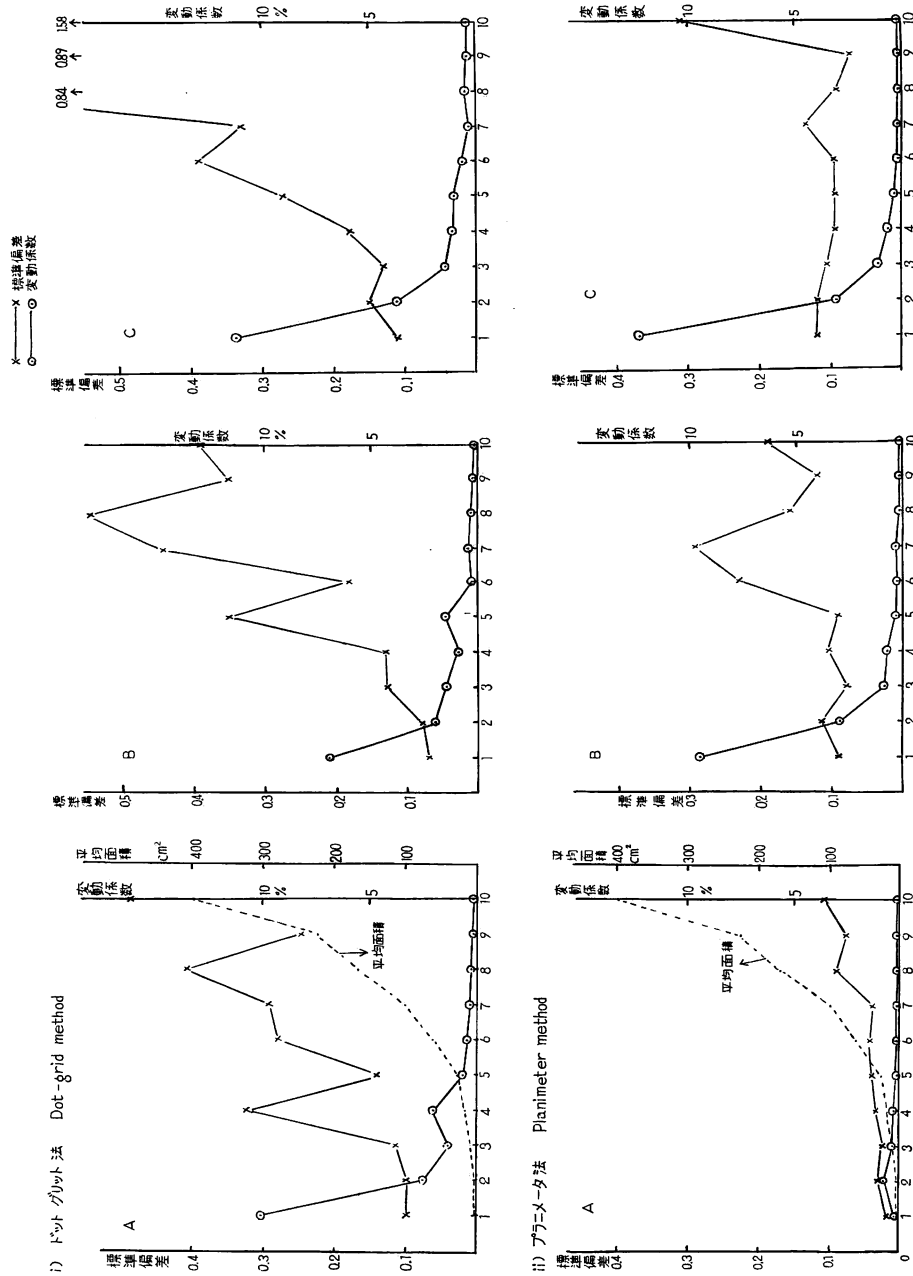
所要時間は、形状ごとに加えあわせた時間で、正方形のAが約1.16倍、Bが約3倍、Cが約3.5倍といずれもプラニメータの方が多くかかっている。矩形も約2倍、円形が約1.4倍とこれもプラニメータが多い。

4. 回帰係数の比較

正方形だけについて行なったが、Xに理論値、Yに10回の反復の平均値をとり、10個の面積について回帰係数を計算し、個人あるいは処理によって、面積の大きい方では多く測る傾向があるか、またはその逆の傾向があるかを調べてみた。その結果は第5表のとおりである。

第5表 回 帰 係 数
Table 5. Regression coefficient

	A	B	C
ドットグリッド法	0.99757	0.99689	0.99743
プラニメータ法	0.99647	0.99703	0.99734



第 1 図 個人別標準偏差と変動係数 (正方形)
Fig. 1 Standard deviation and coefficient of variation for individuals.

作図、測定がともに正確であれば、1になるはずだが、両方に誤差が含まれているために、このようになっている。表の値はみな非常に似ており、計算するまでもなく、3名とも処理による傾向はみられない。

5. 同一の図形に対して若干の異なる点間隔を用いた場合のドットグリッド法と プラニメータ法の比較

凹凸のある任意の図形（面積約 2.5cm^2 ）に対して、ドットグリッド板の点間隔を1 mm, 2 mm, 5 mmの3種類と、それにプラニメータを加えた4種類について測定を行なった。測定回数はそれぞれ10回ずつである。結果を次に示す。

第6表 同一形に対する比較
Table 6. Comparisons for the same figure

処 理 Treatment		平 均 Mean value	C. V.	所 要 時 間 Time	(C.V.) ² ×time
ドットグリッド法 Dot-grid method	1 mm	cm^2 2.2735	% 0.79	分 秒 20 25	12.74
	2	2.2700	1.62	6. 30	17.06
	5	2.2700	6.82	2. 10	100.78
プ ラ ニ メ ー タ 法 Planimeter method		2.3054	0.80	6. 30	4.16

分散分析を行なった結果は、

ドットグリッド法の3種類では、 $F=0.00$

プラニメータ法も含めた4種類では、 $F=0.41$

で、両方とも処理間の有意差はない。

測定に要した時間は、第6表をみればわかるように、いちばん多くかかったのは、ドットグリッド法の1 mm 間隔で、最短の5 mm 間隔の約10倍となっている。また、ドットグリッド板の2 mm 間隔とプラニメータが同時間となっている。

処理間に有意な差が認められないということから、所要時間の少ないのを用いるのが有効だと考えられる。一方、変動係数をみると、プラニメータはドットグリッド板の3種類のうち時間が最も多くかかっている1 mm 間隔とほぼ同じで、同じ時間かかっている2 mm 間隔の約半分となっている。この程度の比較的小さな面積では、5 mm 間隔を用いると変動が大きくなるのは、前の方形の例からも明らかである。精度をもっとよくするには、測定回数をふやすか、5 mm 間隔より小さな適当な間隔のものをを用いる必要があり、したがって、時間も多くなる結果となる。また1 mm 間隔では小さ過ぎて非常に点がかぞえにくいので適当ではなく、もっと小面積の場合に使った方が賢明のようである。

6. ドットグリッド板の点間隔と精度について

ドットグリッド板の異なる点間隔と精度との関係を明らかにするために、つまり逆にいえば、測定しようとする異なる面積に応じて、精度を一定にした場合、ドットグリッドのどの点間隔を用いるべきかのテストを行なった。テストの方法を次に示す。

任意の面積をもつ図形を3個描き（測定結果面積は約 1.7cm^2 , 5.7cm^2 , 24.7cm^2 となった）、それぞれの図形が、約10, 40, 150の点の数がはいるような点間隔のドットグリッド板を選び、10回の反復に

第7表 ドットグリッド板の点間隔と精度との関係

Table 7. Relationship of point-interval of dot-grid plate to precision

i)

大 き さ Size	点 間 隔 Point interval	平 均 Mean value	C. V.
イ 約 1.7cm ²	4 mm	1.680cm ²	6.35%
	2	1.668	2.41
	1	1.663	0.65
ロ 約 5.7cm ²	8	5.792	6.08
	4	5.672	2.61
	2	5.698	0.96
ハ 約24.7cm ²	15	24.750	11.34
	8	24.672	2.16
	4	24.704	1.10
ニ 約35.2cm ²	5	35.188	1.27
ホ 約153.4cm ²	10	153.35	0.86

ii)

点 の 数 Number of point	大 き さ と 平 均 面 積 Size and mean area		C. V.
約 10 個	イ	1.680cm ²	6.35%
	ロ	5.792	6.08
	ハ	24.750	11.34
約 40 個	イ	1.668	2.41
	ロ	5.672	2.61
	ハ	24.672	2.16
約 150 個	イ	1.663	0.65
	ロ	5.698	0.96
	ハ	24.708	1.10
	ニ	35.188	1.27
	ホ	153.35	0.86

よる面積の測定を行なった。その結果は第7表のとおりである。

第7表のうち、i) は面積によってまとめ、ii) は面積に含まれる点の数によってまとめた。第7表 ii) からわかるように、測定する面積の大小に応じて、点の数が同じくらいになるような点間隔を用いると、その変動係数は非常に似かよった値になっている。いいかえると、精度は、含まれる点の数によってきまってくると考えられる。ただし、点間隔 15mm を用いた場合の精度が、11.34% となっているのを見ればわかるように、点の数に比べてあまり大き過ぎる点間隔を用いると、変動係数も大きくなることを示している。点の数が約 150 個の面積についてだけ、さらに 2 個追加して調べてみた。この 2 個の点間隔は、5 mm と 10mm で、面積は約 35.2cm²、153.4cm² と大きくなっているが、変動係数は 1% 前後で、他の 3 つと同じになっている。

7. 測 定 の 精 度

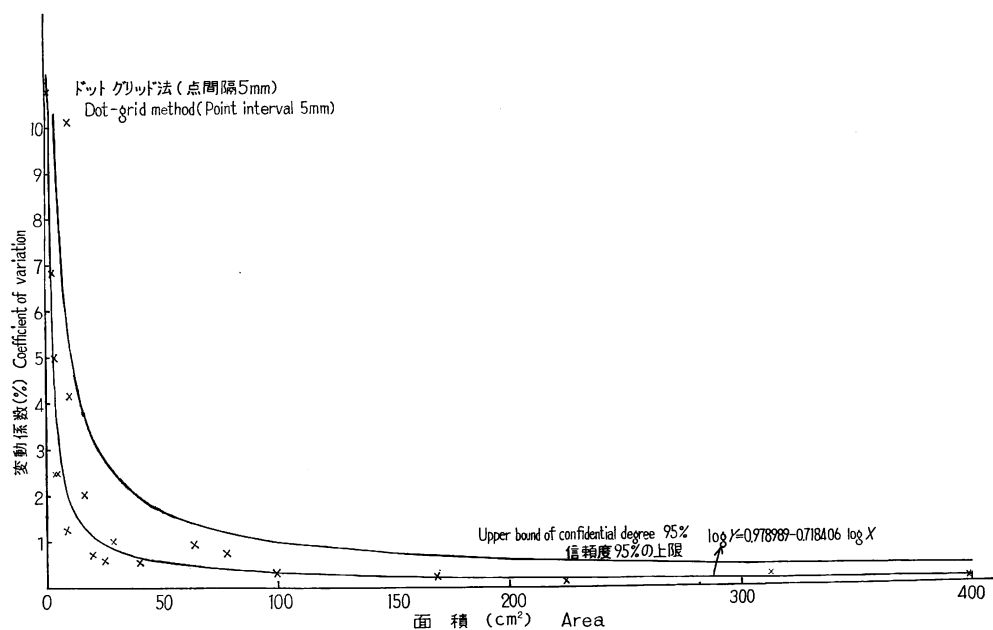
ここで今度のテストに用いた資料のなかから、測定者 A が測定したドットグリッド板の 0.5mm 間隔とプラニメータの測定値について、 X に面積、 Y に変動係数をとってグラフに描いた。それを第 2 図に示す。グラフから、面積と変動係数の関係は、 $Y = aX^b$ で表わされることがわかる。今この式を一次式に変換するために、両辺の対数をとると

$$\log Y = \log a + b \log X$$

で表わされる。最小二乗法で直線をあてはめると

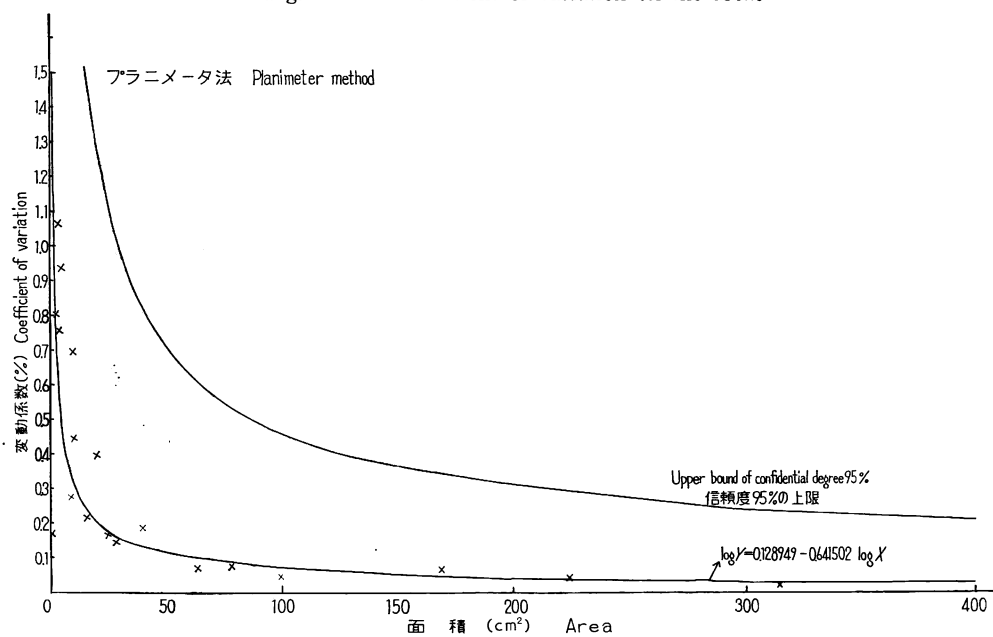
	回 帰 式	標 準 誤 差
ドットグリッド法	$\log Y = 0.978989 - 0.718406 X$	0.15699
プラニメータ法	$\log Y = 0.128949 - 0.641502 X$	0.27476

となる。



第 2-i 図 面積に対する変動係数

Fig. 2-i Coefficient of variation on the area.



第 2-ii 図 面積に対する変動係数

Fig. 2-ii Coefficient of variation on the area.

まず計算された式の回帰が有意に存在するかどうかを検定するために、回帰母集団 $\beta = 0$ とおいたときの有意性の検定を試みた。その結果、

ドットグリッド法 $t = 11.76$

プラニメータ法 $t = 8.31$

で、いずれも t 表の値より大きく、回帰が存在していることを示している。

つぎに、個々の推定値に対して、信頼度 99% と 95% の信頼区間を設け、面積に対応する変動係数の値として信頼限界の上限の値を用いて、次式によって測定回数を求めた。測定値は無限母集団からのものと仮定できるので、有限補正を行わず

$$n = t^2 c^2 / p^2$$

で求められる。ここで、 c は変動係数、 t は危険率 α の t 表の値で、ここでは 5% とし、 $t \approx 2$ で、 p は目標精度で 5% とした。

上の前提にたつて求めた値は第 8 表のとおりである。

表をみると、目標精度 5%、危険率 5% とした場合でも、測定回数が相当多くなっており、 1cm^2 では、ドットグリッド法では 75 回と、実際的には実行できないような数字がでてゐる。しかし、これはさきの n を求める式の中の c の値に、面積に対する変動係数として、10 回の測定値による変動係数を入れて回帰を計算し、信頼限界を設けて上限の値をとったために、非常に高い安全度のある値となったからである。たとえば、10 回を 100 回測ったとすれば、変動係数はもっと小さくなり、所要測定回数も少なくなるはずである。したがって、この表の 95% をみても十分に安全だといえる。

ドットグリッド法とプラニメータ法を比べるとけた違いに後者の方が少なくなっている。ドットグリッド法について、点間隔と精度との関係でテストしたのと考えあわせて、小面積の 1cm^2 を測るのに精度を 5% におさえるために 75 回も測定するのは不可能であるから、もっと点間隔の小さなドットグリッド板を使い、点の数をふやして回数を少なくすべきであろう。

第 8 表 目標精度を 5% にした場合の測定回数 (危険率 5%)
Table 8. The frequency of measurement in case of expected
precision of 5% (critical value 5%)

面 積 Area	ドットグリッド法 Dot-grid		プラニメータ法 Planimeter	
	信 頼 度 95% Confidence coefficient	信 頼 度 99% Confidence coefficient	信 頼 度 95% Confidence coefficient	信 頼 度 99% Confidence coefficient
1cm^2				
1	75	138	6	15
2	27	49	2	6
3	15	27	2	4
4	10	18	1	3
5	7	13	1	2
6	6	10	1	2
7	5	8	1	1
8	4	7	1	1
9	3	6	1	1
10	3	5	1	1
15	2	3	1	1
20	1	2	1	1
30	1	1	1	1
50	1	1	1	1
100	1	1	1	1
200	1	1	1	1
300	1	1	1	1
400	1	1	1	1

要 約

以上をふりかえってみると、当初の計画と結果の分析が不十分だったことが感じられる。実験者に、今回の作業のようなことをはじめて行なった人を含めたために、ことにプラニメータを操作する上で、テストを意識して、慎重になりすぎたようである。そのため、はじめ予定していた測定所要時間についての分析が失敗に終わってしまった。不馴れな人が行なったためにプラニメータ法の時間が予想以上に多くなったということは、今後、人手不足などからそのような人が面積測定を行なわなければならなくなった場合、所要時間も含めて、今までの結果を考えあわせると、プラニメータよりドットグリッド板を使った方がよいように思われる。もちろんある程度熟練していれば別である。

分散分析の結果は、ドットグリッド法とプラニメータ法の間の面積の大小、および形状には特に傾向は見いだされなかった。個人差については、ドットグリッド法では1つも認められなかったが、プラニメータ法では10個のうち6個に差があったことから考えて、ドットグリッド法の方がだれにでも偏りなく測定できることを、このテストでは示している。

変動係数をみると、全般にプラニメータ法の方がドットグリッド法より精度がよく、想像されるとおり面積が大きいほど精度がよくなっている。矩形で極端に細長い面積でのドットグリッド法で、変動係数が大きくなっているのは、矩形の幅が5mmで、点間隔と同じ幅となっているために、ドットグリッド板を無作為に重ねても変動が大きく現われたのではないかと考えられる。したがって、細長い形の面積を測るときは、点間隔が形の幅より小さいのを用いる必要がある。

同一形に対する考察では、ドットグリッド板の点間隔をかえた3処理間、それにプラニメータを含めた4処理間とも差は認められなかった。比較的精度がよく時間が早かったのは、ドットグリッド板の2mm間隔とプラニメータで、5mm間隔では時間は早いですが精度が悪く、1mm間隔ではその逆である。

点間隔と精度の関係では、精度は面積におちる点の数によってきまるようである。つまり、精度を1%前後にしたいならば、点の数が150個程度になるような点間隔のものを使い、2%前後におさえたいならば、点の数が約50個になるような点間隔のものをを用いるようにすればよい。

最後に、測定の精度について、非常に高い安全度のもとで、目標精度を5%におさえたときの面積に応じた測定回数を計算した。その結果、ドットグリッド法では、5mm間隔を用いたときは20cm²以上の面積からは1回の測定でよく、それより面積が小さくなるにしたがって、回数も多くなっている。プラニメータ法では4cm²の面積から1回の測定で済み、1cm²も6回測ればよいという値になっている。

文 献

- 1) 橋本英明・山本洲也：ドットグリッドによる面積の測定について，第75回日本林学会大会講演集，pp. 104~106, (1964)
- 2) 丸安隆和：測量（上），オーム社，pp. 205~210, (1965)
- 3) 中島 巖：森林航測概要，地球出版，pp. 137~141, (1961)
- 4) スネデカー：統計的方法，岩波書店，pp. 220, (1963)

A Study on the Comparison between the Efficiency of Dot-grid Method and Planimeter Method in the Area Measurement

Miyoko HIWATASHI

(Résumé)

As a method calculate the area, the planimeter method has been used chiefly so far, but recently, the dot-grid plate is gradually coming into more frequent use because of its simple handling and other factors.

The writer investigated the precision and efficiency of both methods.

Graphs used as a means of test were 10 squares, 5 rectangles and 5 circles, and the measurement was made by 10 repetitions for one graph. For the square only, 3 persons participated in the measurement to test the individual difference. The point-interval of dot-grid plate was 5 mm and the points on the boundary line were counted as 0.5. In addition, with one optional figure, the comparison of precision and required time was made when the point-interval of dot-grid plate was changed. Further, in order to determine the relationship of the point-interval precisely, when the point-interval of dot-grid plate was changed, 5 graphs were used so as to be able to provide nearly the same number of dots.

Result of the test

1) The test of significant difference of mean value was made to determine whether there is a difference between the dot-grid method and the planimeter method for each graph or not. The value F in Table 2 shows 2 sets of variance ratio, and the value t shows the value for test of difference of mean value. From this fact, it is hard to conclude whether it exerts an influence upon the size or form of the area or not.

2) As seen in Table 3, which shows the result of the test of significant difference between individuals, there is not even one significant difference in the dot-grid method, but in the planimeter method, an appreciable difference was observed in 6 of 10.

3) As shown in Table 1, the coefficient of variation is less in the planimeter method than in the dot-grid method as a whole. More time was spent in the former method. In order to investigate the relationship between area and coefficient of variation, the writer used the empirical equation $Y = aX^b$, where Y is the coefficient of variation and X is the area. This equation was transformed into a linear equation, to which a straight line was determined by method of least squares. And the confidential interval of 99% and 95% was set and, then, the value of the upper bound of the confidential interval was used as the value of coefficient of variation corresponding to area. The frequency of measurement was obtained with the equation of $n = t^2 c^2 / p^2$, where c is the coefficient of variation, t is the value of t table, and p is the expected precision of 5%. The value obtained under this condition is shown in Table 8. This value is of the highest reliability because the solution of regressive equation was obtained by the coefficient of variation determined with measured values ten times, and the value of the upper bound of the confidential interval was taken.

4) As regards the figure of optional form of 2.3cm² of area, when point interval of dot-grid plate has 3 types, the difference between treatments is $F=0.00$ and in 4 types adding planimeter, $F=0.42$ and no difference is observed in both. In the 2 mm interval of dot-grid

plate and the planimeter, the precision was comparatively high and the time was short ; in the 5 mm interval, the time was short but the precision was low, whereas in the 1 mm interval it was the reverse.

5) In the relationship of the point-interval to the precision, it seems that the precision is dependent upon the number of points falling on the figure. In other words, using this test as a criterion, if the precision wanted is to be more or less 1 %, the plate with point intervals which provides about 150 points or so is to be used, and if more or less 2 % is desired, the plate with point intervals which provides nearly 50 points is to be used.