

メッシュ方式による森林情報の作成と解析法

メッシュ方式による森林情報の作成と解析法

I 試験担当者

経営部経営第2科長	中 島 巖
経営部経営第2科測定研究室長	栗 屋 仁 志
室員	椎 林 俊 昭
航測研究室長	大 貫 仁 人
室員	沢 田 治 雄
調査部海外林業調査科	
技術情報室長	西 川 匡 英
調査部資料科資料室長	川 端 幸 蔵

II 試験目的

森林計画に必要な情報は従来林小班単位で行なわれてきたが、森林に対する要請の多様化に伴い、計画編成に必要な情報の種類も多くなり、さらに他分野における情報も有効に利用していく必要性が急速に増大してきている。林小班単位の情報には森林を木材生産の場としてのみ把握された場合には、生産管理情報としての長所を持っているが、位置情報が欠けているため、情報処理には森林簿と経営図との二元処理が必要となり、経営管理部門に最近導入がはかられている電算機による多種類の情報の同時的処理には適切でない。位置情報を含む情報単位として最近多くの分野でメッシュが用いられ、林業分野でも森林機能評価や地域開発計画などに用いられ、また一部の県では森林経営計画に利用している。国有林においても、従来から行なってきた林小班単位による森林情報の電算機処理システムをさらに効率的なものにするための情報単位の検討が必要となってきた。このため、上記の如くかなり一般化されているメッシュ方式の特性を検討し、森林計画へ導入する場合の問題点を解明することを目的として、この試験が行なわれることとなった。

この報告では試験期間中行なったいくつかの検討項目の中、ある程度の成果が得られた次の3点について述べることにする。

〔1〕メッシュ方式の総括的検討

〔2〕メッシュ収集情報上の問題点

〔3〕標高データのメッシュ化

この報告で〔1〕～〔2〕は西川匡英、〔3〕は沢田治雄が主としてとりまとめ、〔1〕～〔2〕の電算機による計算とマッピングは川端幸蔵、椎林俊昭が担当し中島巖、栗屋仁志は全体を調整し加筆した。

Ⅱ 試験の経過と得られた成果

〔1〕メッシュ方式の総括的検討

1. 森林計画とメッシュサイズ

一般にメッシュサイズを決定する因子として次のことが考えられる。

- (1) メッシュデータを収集しようとする地域の規模
- (2) メッシュデータの利用目的および分野
- (3) 他機関で作成されるメッシュデータとの接合性
- (4) メッシュデータの均質性
- (5) メッシュデータ収集労力の経済性

メッシュサイズは、これらの因子を総合的に判断して決める必要がある。例えば、全国森林計画、経営基本計画など全国規模の計画では、(1)、(3)の観点から経緯度法（行政管理庁によるメッシュ系で、5万分の1地形図の図郭を縦横20等分した一辺約1kmのメッシュを基準メッシュとしたもの）を用い、地域施策計画など都道府県規模以下の計画には17座標系による方法（北海道のスケア方式など）が適切と思われる。同時にその互換手法も検討する必要がある。また(2)の観点からは北海道庁で行なわれているように、目的に応じて気象調査用に1kmメッシュ、森林資源調査用に200mメッシュ、山地荒廃調査用に100mメッシュ、林道管理用に50mメッシュ、人工林成績調査用に25mメッシュがとれる可変メッシュ方式が適切と考えられる。

三島⁽²⁾は対象面積とメッシュサイズの関係、観光計画、地域開発計画などの利用目的とメッシュサイズの関係、作業能率との関係などの解析結果から表-1に示す適用分野別のメッシュサイズを提案している。

ここで、地域施策計画に必要なメッシュ情報とそのサイズについて、やや詳しく検討を行なった。

地域施策計画に必要な情報の主要部分を占める林況は小班の大きさ、特にその最小のものによって規制される。小班面積は保安林、自然公園等による施策制限地や風致的伐区、保護樹帯などでは小さくなる場合が多い。これらの小班の林況情報を表わすにはその取扱上、25ないし50m

表-1 メッシュサイズとその使用分野

メッシュサイズ		使用対象分野			
辺長	面積	全国計画	ブロック別計画	県計画	地域施策計画
① 10 Km	1 万 ha	○			
② 2 Km	4 0 0 ha	○	○		
③ 1 Km	1 0 0 ha		○	○	
④ 5 0 0 m	2 5 ha			○	
⑤ 2 0 0 m	4 ha			○	○
⑥ 1 0 0 m	1 ha				○
⑦ 5 0 m	0.2 5 ha				○
⑧ 2 5 m	0.0 6 2 5 ha				○

メッシュが適当と考えられる。

またいくつかの関係因子の測定、調査からスコア表などを用いて求められる地位指数、地利級、森林の公益的機能などでは、地形因子が大きな影響力を持っている。しかも地形因子は一旦入力すると変らない不変因子となる特色を持っている。地形因子の項目としては標高、平均標高、谷密度、切斜面、傾斜方位、起伏量、局所地形、微起伏、谷積、尾根線などが一般に用いられているが、起伏量、谷密度は200～500mメッシュ、それ以外は50～100mメッシュが適当であるという提案がなされている⁽²⁾。三田⁽¹⁾らは、地形因子とメッシュサイズとの関係を表-2のようにまとめている。また森林の個別機能調査に適したメッシュサイズとして表-3に示すような結果が提案されている⁽²⁾。

メッシュの特性の表わし方としては、次のような方法がある。

- (1) メッシュ内で優勢を占める特性で代表させるもの（卓越判断）
- (2) メッシュの境線上にみられる特性で代表させるもの（メッシュの辺を切る等高線の数で判断する谷密度など）

表一 2 地形因子ごとのメッシュサイズ

		25	50	10 ²	25×10 ²	5×10 ²	10 ³	5×10 ³	10 ⁴	2×10 ⁴	M
地形	標高				△		△				
	傾斜度		●	●	●	●	●	●			
	傾斜方向				●	●		●			
	起伏量					△	△	△			
	谷密度		●	●							
	地況 (凸凹)						●				
	地形環境		●								
	地盤						△				
	土地条件						△				

●は観光計画

△は都市・地域計画

表一 3 森林の個別機能調査とメッシュサイズ

森林の各種機能	メッシュサイズ
木材生産機能	50 ~ 100 m
地利級調査	50 ~ 100 m
森林被害等の解析	500 ~ 1,000 m以上,
森林資源調査	50 ~ 200 m
国土保全機能	50 ~ 100, 500 m
水源涵養機能	500 m, 1 Km, 2 Km ~
森林レクリエーション	1 Km, 10 Km (50 m, 100 m特にスキー適地等)

(3) メッシュ内の一点の特性で代表させるもの(交点読み取り)

これらの方法の選択は、先に述べたメッシュサイズの決定に関係する因子と関連させて行なうことが必要である。なお卓越判断と交点読み取りの2方法の比較について、メッシュ数によっておおよその使い分けをする方法が発表されている⁽¹⁾。

2. メッシュデータの加工方法

メッシュデータの加工方法としては現況解析には図形表示、各種の予測には、シミュレーション、適地選定には検索、オーバーレイなどの手法がある。各手法の内容については紙幅の関係で省略するが、諸外国での事例については末尾に示した文献^{(3), (4)}を参照されたい。

[2] メッシュ情報収集上の問題点

1. メッシュ情報入力自動化の試み

メッシュデータを入力する方法としては次のような手法がある。

(1) 手作業による方法

(2) 図形解析装置などにより地図から直接メッシュデータを作成し入力する方法

(3) 既成のデータを用いる方法

これらの手法のうち作業の能率化のためにも、(2)の手法の開発利用が望ましいので、次章で(2)のうち色彩画像解析装置(ドラムスキャナー)によるメッシュ情報入力自動化とその問題点について述べることにする。

地域施業計画におけるメッシュ情報利用の中心は森林の現況把握であり、そのため経営図などに示されている森林情報をメッシュ情報化する際の面積誤差を一定に保つ必要がある。表一 1によると地域施業計画では、25 m, 50 m, 100 m, 200 mメッシュが適当であると提案されているので、本報告では25 mメッシュの代りに10メッシュを採り上げたほかは、同じメッシュサイズを採用して各種の解析を進めることとした。

モデル地域として、各種の天然林、人工林が含まれ、比較的狭い地域で林相変化に富んでいる地域として前橋営林局沼田営林署月夜野事業区の25, 28, 40, 41, 45, 46, 47林班を選んだ。これらの林班が示されている第2次計画の事業図(縮尺2万分の1)を用いて樹種(スギなど6通り)、齢級(14通り)、標高(8通り)について3種類の区分図を作成した。

メッシュデータの入力にはM電気の色画像解析装置(ドラムスキャナー)を用いた。

これと同型のもは国土院で土地利用図の入力等に使用されている。この3種の区分図を、それぞれマイラー上に移写し、色鉛筆で各区分の色分けを行なった。ドラムスキャナー

で識別できるのは15色に限定され、しかも同系統の色の中には識別できないものもあるため、区分を表わす色の選択にあたっては、専門家に委嘱すると共に、アナライザーコントローラで色の組合せの調整を行なった。その結果を表-4に示す。

読み取り間隔は0.1mm～1.9mmの範囲で可能であるが、この報告では標準的な0.5mm間隔を採用した。色鉛筆によるカラー情報の場合、塗り方の強弱のため濃淡を生じ、他の色と判定するおそれがあるため、カラーディスプレイ装置で修正する操作を行なったが、時間的制約のため十分な修正ができず、色を誤判定した個所が小数であるが生じた。その大部分は色の境目で起っていた。この結果を表-5に示す。この修正は困難であったので、未修正のまま解析を進めた。

表-4 オーバレイのための色わけ

樹 種			標 高			令 級		
	マップ 記号	色番号		マップ 記号	色番号		マップ 記号	色番号
スギ	2	緑 6	1300～	D	ピンク 13	I (1～5)	9	紫 12
ヒノキ	C	赤 16	1200～	1	青 9	II (6～10)	C	赤 16
アカマツ	8	コゲ茶 22	1100～	8	コゲ茶 22	III (11～15)	2	緑 6
カラマツ	E	黄 3	1000～	E	黄 3	IV (16～20)	3	水色 8
天～99	3	水色 8	900～	3	水色 8	V (21～25)	E	黄 3
天100～	9	紫 12	800～	2	緑 6	VI (26～30)	8	コゲ茶 22
			700～	C	赤 16	VII (31～35)	1	青 9
			600～	9	紫 12	VIII (36～40)	D	ピンク 13
						IX (41～45)	4	赤茶 20
						X (46～50)	7	ネズミ 23
						XI (51～55)	A	草色 5
						XII (56～60)	B	黄土 19
						XIII (61～)	6	ダイダイ 4
						天 ()	5	オレンジ 17
						伐		無色

※ 三菱色鉛筆を使用

表-5 判別を誤ったカラーとその個所数

	正		誤		個 所 数
樹 種	黄	→	緑		28
	水 色	→	緑		10
	コ ゲ 茶	→	緑		3
	無 色	→	緑		1
	緑	→	コ ゲ 茶		3
	紫	→	緑		1
	コ ゲ 茶	→	水 色		1
	小 計				47
令 級	紫	→	青		22
	草 色	→	黄		3
	赤	→	ダ イ ダ イ		2
	青	→	紫		3
	赤 茶	→	黄 土		2
	ダ イ ダ イ	→	オ レ ン ジ		1
	赤	→	コ ゲ 茶		1
	小 計				34
標 高	赤	→	コ ゲ 茶		13
	黄	→	緑		36
	赤	→	無 色		6
	緑	→	無 色		14
	紫	→	コ ゲ 茶		6
	緑	→	コ ゲ 茶		8
	コ ゲ 茶	→	緑		3
	赤	→	ビ ン ク		14
	コ ゲ 茶	→	紫		16
	小 計				116

この操作により、樹種、齢級、標高別に縦542、横600ドットのオリジナル画素マップ（全体で325,200画素）が得られた。一画素の大きさは読み取り間隔0.5mm、縮尺2万分の1であるから10mメッシュとなる。

この画素マップを縦横5画素、10画素、20画素ずつ正方形に区切ると各区画は、それぞれ、50mメッシュ、100mメッシュ、200mメッシュとなる。各メッシュサイズごとに最も数の多い画素でメッシュの特性を代表させ（卓越判断）、樹種、齢級、標高について3種のメッシュサイズによるメッシュ図を作ったものを図-1～図-9に示す。また各分類ごとのメッシュ数と画素数で表わした面積を表-6～表-8に示す。

1	33	
21	883333	
41	8888E33	9
61	38883333339993	
81	9883333333222	
101	988833333323C29333	
121	988333333323C93333333	
141	9983333EEC233333333	
161	9992383EEC333333333	
181	E9999888EC9EE2333333	
201	E3399393C399323333333	
221	EE3333339339EEE93333333	
241	333333333333EEE88833E333	
261	332CCCC9339E	88E323333
281	E29C C 33E	2E3233
301	C9923	2E322233
321	9 E99229	EEEEEE 332233
341	EEEE333	2223333333
361	EEEE3333	22ECCC33333
381	EEEE333332	EEE3CCCCC333
401	EEEE333 89	93222333332
421	8833 89	2 28888CC23
441	8EE3	2222 C22
461	EEEE	222 3322
481	8E	222223
501		

樹	種
ス	ギ (2)
ヒ	ノキ (C)
アカ	マツ (8)
カラ	マツ (E)
天	〜99 (3)
天	100〜 (9)

図-3 20×20画素の卓越判断による樹種マップ

1	555	I (9)
11	555555	II (C)
21	95555555	III (2)
31	59999999995555	IV (3)
41	59999999999555	V (E)
51	99999999995555 55555	VI (8)
61	999999955555555 55555555	VII (1)
71	59999995555555555555555555	VIII (D)
81	55999995555555555555 55555	IX (4)
91	599599555555555555 999	X (7)
101	5599999CC5555555555 59999 55555	XI (A)
111	59999CC55555555555 5AAA9555555555555	XII (B)
121	5599CCC55555555555 55AA9554555555555555	XIII (D)
131	55555CC55555555555 5AA95555555555555555	天 (5)
141	5555CCC55555555555555555555555555555555	
151	55555CC55555555555555555555555555555555	
161	5C555555C55CC555CC5A295 55555555555555555	
171	C5555555C5CCCC25CCAA29 5 555585555	
181	5C5555555CCCCC22CAAA2 22 55585555	
191	5CC55555555C5CCA222555 222999 55555555	
201	CC5555555555555C A2525555222999 5555555	
211	CCC55555555555555DD555555225595595 77555555	
221	CCCC55555555555555DD55555222255555555775555555	
231	5C5555555555555555555555552222C5559955555555555	
241	55555555555555555555555555552222299999955555555555	
251	555555555555575555555555552222 99999555955555555	
261	552555555777555555555222 9992295 5555555555	
271	522544577777755555D522 992955 EE555555555	
281	225545777 77 555522 EEE55515555	
291	272C25777 55552 5 5DE555115885	
301	27C522522 5 5 552 59995995555DD11555555	
311	27555522555 59 9995557771155555	
321	555 555555CC5 5 5CC9 9999 555777115555	
331	CCCCCCCC555 5CCC 9999 555577755555	
341	2CCCCC1C55555 5 2275555255557555555	
351	CCCCCCCC555 55 7777772255D55555555555	
361	CCCCCCCC55555556 7777772265555555555555	
371	CCCCCCCC5555555555 7 22A3666666A5555555	
381	CCCCCCCC5555555555 5 922222253666666AA555555	
391	CCCCCCCC555555 555556 5929935A669 AA55555555	
401	CCCCCCCCD775555 5CC556 555553AA9999 5555555555	
411	CCCCC5577 CC5 55523A99999999955555555555	
421	C 5599 C55 53 999999559944488555	
431	99C2 C5 999C959999994488555	
441	9CC22 C55 99999999999 488855	
451	CCC222 9999999999 488855	
461	CC222222 2 333399 5254888	
471	2222222 33333 55548	
481	22C22 33353333333555	
491	CC21 3 3	
501	C 2	
511		
521		

図-5 10×10画素の卓越判断による令級マップ

図-5 10×10画素の卓越判断による令級マップ

1	55	
21	995555	
41	9999955	5
61	9999555555555	
81	5995555555	59
101	599C55555	5A95555
121	5CC55555	5A55555555
141	55C5555CCA955555555	
161	5555C5C5CCA5	555555
181	C5555CC2255229	5555
201	C555555CA5555999	5555
221	C555555555552255555555	
241	5555555555522299955555	
261	555777755522	9995E5555
281	2457	552 EE5155
301	75525	95571155
321	CC5C55	C 99 557555
341	CCCC555	7775555555
361	CCCC5555	77266655555
381	CCCC555555	2225666 A555
401	CCC575	C5 553999555555
421	9C	C5 3 9995944B5
441	C22	9999 4Bb
461	222	333 55bB
481	C2	333 5
501		

令	級
I (9)	VIII (D)
II (C)	IX (4)
III (2)	X (7)
IV (3)	XI (A)
V (E)	XII (B)
VI (8)	XIII (D)
VII (1)	天 (5)

図-6 20×20画素の卓越判断による令級マップ

標	高
600	~ (9)
700	~ (O)
800	~ (2)
900	~ (3)
1000	~ (E)
1100	~ (8)
1200	~ (1)
1300	~ (D)

1 1000000
6 1110000
11 8888111000
16 8888111000
21 8888111000
26 8888111000
31 8888111000
36 8888111000
41 8888111000
46 8888111000
51 8888111000
56 8888111000
61 8888111000
66 8888111000
71 8888111000
76 8888111000
81 8888111000
86 8888111000
91 8888111000
96 8888111000
101 8888111000
106 8888111000
111 8888111000
116 8888111000
121 8888111000
126 8888111000
131 8888111000
136 8888111000
141 8888111000
146 8888111000
151 8888111000
156 8888111000
161 8888111000
166 8888111000
171 8888111000
176 8888111000
181 8888111000
186 8888111000
191 8888111000
196 8888111000
201 8888111000
206 8888111000
211 8888111000
216 8888111000
221 8888111000
226 8888111000
231 8888111000
236 8888111000
241 8888111000
246 8888111000
251 8888111000
256 8888111000
261 8888111000
266 8888111000
271 8888111000
276 8888111000
281 8888111000
286 8888111000
291 8888111000
296 8888111000
301 8888111000
306 8888111000
311 8888111000
316 8888111000
321 8888111000
326 8888111000
331 8888111000
336 8888111000
341 8888111000
346 8888111000
351 8888111000
356 8888111000
361 8888111000
366 8888111000
371 8888111000
376 8888111000
381 8888111000
386 8888111000
391 8888111000
396 8888111000
401 8888111000
406 8888111000
411 8888111000
416 8888111000
421 8888111000
426 8888111000
431 8888111000
436 8888111000
441 8888111000
446 8888111000
451 8888111000
456 8888111000
461 8888111000
466 8888111000
471 8888111000
476 8888111000
481 8888111000
486 8888111000
491 8888111000
496 8888111000
501 8888111000
506 8888111000
511 8888111000
516 8888111000
521 8888111000
526 8888111000
531 8888111000

図一7 5×5 画面の卓越判断による標高マップ

		標 高
1	DDD	600 ⁷ (9)
11	8811DD	700 ~ (C)
21	EEE8881DD	800 ~ (2)
31	C22333EEF811DD	900 ~ (3)
41	CC22333FE811DD	1000 ~ (E)
51	CC22223EE811DD) 1188	1100 ~ (8)
61	CC22233EE8811DD) D118EE	1200 ~ (1)
71	CCC22233EE8811DD) D118EE333	1300 ~ (D)
81	CCC22233EE88111DD) D118EE33222	
91	CC22233EEE888111188EE332222	
101	CC223333EE881188EEE322222 3EE	
111	CC222233E881118EE333222CC22223EE88	
121	CCC22223EE88118E333222C2223333EEE8111	
131	9CCCC2223EE8888EE32222CC2233333EEE88811	
141	99CCC22233E88EE33222CCC22333EEE3E888811	
151	9999CCC2233E8EE3222CCC22333EEEEEEEE8881	
161	CCCC99CCC223EEE3322CCCC22233EEEEEEEEEE88	
171	C2CC999CCC223E3322CCCC222233EEFEFEFEFE8	
181	CC222CC99CC22233222CCCC22333EEFEFEFE33F88	
191	CC22222C999CC223322CCCC22333333EEE33EEE8	
201	C22233322C999CC2222CC4CCC2222233333333EE8	
211	2222233322C999CCC22C99C22C2222223333EEFE8	
221	32223333322CCC99CCCC9CC222C2222222333EEFEFE	
231	33333333322CCC99CCC99C222222222223333EEFEFE	
241	E333E3333333222C999CC99C222222222223333E333E	
251	EEEELE3223222222C999C99CCC2222222222233333E	
261	EEE3322222222CC999C99CC2 22CC22222333333EE	
271	3332222222CCCC999999CC CCCC22222223233FE	
281	22222C22C CCCC 99999C C 2 2222222333	
291	2222CCCCCC 9999C C CC22222223333	
301	22CCCCCCCC 9999C 9CCCCCCCCC2222223333E	
311	CCCCC999999 9 9CCCCCCCCCCCCC222223333E	
321	CCC999C999CC99 9CCCCC2222222C222333EEE	
331	CCCCCCCC999 9CCCC22222222222333EEE	
341	CCC2CCCCCCCC9 999 2222332222222333EE	
351	CCC222C22CC9999 CCC22223222222333EE	
361	2222222222CC999 CCCC223333233323333EE	
371	322222233322CC999 CCCC223323233333E3EEE8	
381	322223333323222C999 CCCCC2222222222333EEE881	
391	3333223322222 2CC989 C22222222222333EE881	
401	EE3333222222 2C99 9 C22222CCC2223333EE8811	
411	EEE3332222 C988 C22CCCCC223333EEEEEE8811	
421	EEEEF3222 948 CCCC CC22223EEF888811	
431	33222 98 CC CC222233FEFE88881	
441	32222 98 CCC2222333EEE888881	
451	E33322 CCCC222333EEEE88883	
461	EE3322CC CC2222333EEE888	
471	3222222 CCC2222333EEEE8	
481	32222 CCCCCC2222333EEF	
491	2222 2222 EE	
501	2	
511		
521		

図-8 10×10画素の卓越判断による標高マップ

1	1D
21	EE81D
41	C22381D 8
61	C223E81DD18E3
81	C223E81D18332
101	C223E818E322C22E8
121	CC23E88E322C233E881
141	99C23EE322C23EEEE81
161	CC99C23E32CC23EEEE8
181	C22C9C232CCC23EEE3E8
201	2233299C2C9CC222333EE
221	323332CC9CCC2222233EEE
241	EEE323222999C222222333E
261	33222CC999CC 2C2222333
281	22CCCC 99C C 222233
301	CCCC9 99 CCCCCC22233
321	C CCCC99 CCC2222233E
341	CC2CC999 222322233E
361	222222C9 CCC333333E
381	3323322299 CC2222223EE8
401	E33222 C9 222C2233EE8
421	32 98 C C223EE881
441	322 C223EE888
461	322C C2223EE8
481	22 CC2233E
501	

標 高
600 ^m (9)
700 ~ (C)
800 ~ (2)
900 ~ (3)
1000 ~ (E)
1100 ~ (8)
1200 ~ (1)
1300 ~ (D)

図-9 20×20画素の卓越判断による標高マップ

表-6 分類ごとのメッシュ数と面積

樹 種	(A) 画素数	50mメッシュ (5×5画素)		100mメッシュ (10×10画素)		200mメッシュ (20×20画素)	
		(B) メッシュ数	(B)' 画素換算面積	(C) メッシュ数	(C)' 画素換算面積	(D) メッシュ数	(D)' 画素換算面積
スギ (2)	22,599	887	21,275	219	21,900	53	21,200
ヒノキ (C)	9,301	376	9,400	88	8,800	24	9,600
アカマツ (8)	14,259	573	14,325	146	14,600	37	14,800
カラマツ (E)	22,529	926	23,150	229	22,900	58	23,200
天~99 (3)	71,438	2,853	71,325	717	71,700	182	72,800
天100~ (9)	18,104	734	18,350	182	18,200	39	15,600

備考：面積は画素数

表一 7 分類ごとのメッシュ数と面積

令 級	50 mメッシュ (5×5要素)		100 mメッシュ (10×10要素)		200 mメッシュ (20×20要素)		
	(A) 画素数	(B) メッシュ数	(B)' 画素換算面積	(C) メッシュ数	(C)' 画素換算面積	(D) メッシュ数	(D)' 画素換算面積
I (9)	17,490	698	17,450	187	18,700	43	17,200
II (C)	15,051	609	15,225	156	15,600	40	16,000
III (2)	11,126	444	11,100	114	11,400	24	9,600
IV (3)	2,575	102	2,550	24	2,400	8	3,200
V (E)	781	29	725	6	600	3	1,200
VI (8)	351	13	325	4	400	0	
VII (1)	1,588	56	1,400	11	1,100	3	1,200
VIII (D)	1,411	48	1,200	9	900	0	
IX (4)	1,352	54	1,350	13	1,300	4	1,600
X (7)	5,457	220	5,500	55	5,500	14	5,600
XI (A)	3,108	125	3,125	30	3,000	6	2,400
XII (B)	2,275	92	2,300	21	2,100	5	2,000
XIII (6)	1,918	77	1,925	18	1,800	6	2,400
天 (5)	86,630	3,487	87,175	855	85,500	219	87,600

備考：面積は要素数

表一 8 分類ごとのメッシュ数と面積

標 高	50mメッシュ (5×5要素)		100mメッシュ (10×10要素)		200mメッシュ (20×20要素)		
	(A) 要素数	(B) メッシュ数	(B)' 要素換算面積	(C) メッシュ数	(C)' 要素換算面積	(D) メッシュ数	(D)' 要素換算面積
600 ~ (9)	11,666	458	11,450	116	11,600	30	12,000
700 ~ (C)	31,007	1,248	31,200	305	30,500	79	31,600
800 ~ (2)	49,538	1,978	49,450	501	50,100	125	50,000
900 ~ (3)	30,052	1,191	29,775	295	29,500	75	30,000
1000 ~ (E)	20,914	851	21,275	210	21,000	51	24,400
1100 ~ (8)	10,628	419	10,475	99	9,900	26	10,400
1200 ~ (1)	4,865	203	5,075	53	5,300	11	4,400
1300 ~ (D)	2,258	84	2,100	24	2,400	6	2,400

備考：面積は要素数

2. メッシュ図の分類別面積とメッシュサイズ

ここでは特に面積誤差を一定限度内におさえるために必要なメッシュサイズについて検討した。

文献(5)に述べられている最大許容誤差とメッシュ数との関係を、参考のため簡単に説明する。

対象面積 M における特定の土地利用種 ℓ_1 の面積比率が P_0 (S_1/M :未知)であり、 M 上にユニット数 n 個のメッシュをかけた時、 ℓ_1 とみなされるユニットが r 個あったとする。この時の信頼度は n と最大許容誤差(ϵ)より求まる。

一般に n が大きくなると、帰無仮説が $P=P_0$ の場合

$$U = \left(\frac{r}{n} - P_0 \right) / \sqrt{\frac{P_0 (1-P_0)}{n}}$$

は平均値0, 分散1の正規分布に従う。したがって最大許容誤差を ϵ とすると

$$Pr \left\{ \left| \frac{r}{n} - P_0 \right| < \epsilon \right\} = 1 - \alpha$$

$$U_0^2(\alpha) \cdot P_0 (1-P_0) / \epsilon^2 < n$$

となる n をとれば、推定値の誤差が ϵ を越えない確率(信頼度)は $1-\alpha$ である。ここで

$U_0(\alpha)$ は危険率 α の正規分布の値である。

P_0 は一般に未知なことが多く、このような場合には求めようとする土地利用種の面積を想定して n を求めねばならないが、想定が困難な時には、 $P_0 (1-P_0)$ は $P_0 = 0.5$ のとき最大となるから、 P_0 を50%として n を求めれば十分である。

これまで述べたことは、誤差の絶対値を一定の限度以下にするのに必要なユニット数 n を求める方法であるが、土地利用種 ℓ_1 の面積比(P_0)に対する相対誤差を一定限度内に抑えることが要求される場合が多い。

この場合、分散は

$$V \left(\frac{r}{n} / P_0 \right) = (1-P_0) / n P_0$$

であるから

$$U = \left(\frac{r}{n} / P_0 - 1 \right) / \sqrt{(1-P_0) / n P_0}$$

は平均値0, 分散1の正規分布に従う。したがって、絶対誤差の場合と同様に

$$Pr \left\{ \left| \frac{r}{n} / P_0 - 1 \right| < \epsilon \right\} = 1 - \alpha$$

$$U_0^2(\alpha) \cdot (1-P_0) / \epsilon^2 P_0 < n$$

となる n をとれば、推定値の相対誤差が ϵ を越えない確率は $1-\alpha$ となる。

この理論を用いて三田⁽¹⁾は、面積比率(P_0)、許容誤差(ϵ)、メッシュ数(n)の関係を表-9のように示している。例えば $P_0 = 0.10$ (対象とするものの全面積に対する割合が10%)の場合、信頼度95%で最大許容誤差10%の推定面積を求めるに必要なメッシュ数は3,457個以上となる。

表-9 許容誤差・信頼度とメッシュ個数

② 信頼度 95% $U_0(0.05) = 1.95996$

$P_0 \backslash \epsilon$	1 %	2 %	5 %	10 %	15 %
5 %	729,872 [1,825]	182,469 [456]	29,195 [73]	7,299 [18]	3,244 [8]
10 %	345,729 [3,457]	86,432 [864]	13,829 [138]	3,457 [35]	1,537 [15]
20 %	153,658 [6,146]	38,414 [1,537]	6,146 [246]	1,537 [61]	683 [27]
50 %	38,414 [9,604]	9,604 [2,401]	1,537 [384]	384 [96]	171 [43]

下段の〔〕は絶対誤差の場合

地域施業計画へのメッシュ情報の利用体系には、部分的な一定個所で各種の検討を行なう場合と計画区全体について検討する場合とがある。

前者の場合には、解析の目的によっては、25m, 50mメッシュを使用することになる。しかし、後者の場合このような小サイズのメッシュ情報をすべて格納し、検索・加工することは、目的によっては、必ずしも効率的とはいえない。とくに分類別面積を求めようとする場合、精度に限界があることを念頭におく必要がある。

モデル地域で樹種(6樹種)、齢級(14齢級)別面積を求めようとする場合、分類の個数は最大 $6 \times 14 = 84$ となる。したがって樹種、齢級別面積歩合は $1/84 = 0.012$ すなわち1%以上の面積歩合を占める分類を対象にすれば充分であろう。この場合信頼度95%で最大許容誤差10%の推定値を得るに必要なメッシュ数は前述の公式より

$$(1.95996)^2 \times (1 - 0.01) / (0.10)^2 \times 0.01 \div 38,000$$

となる。月夜野事業区の面積は13,400haであるから、1メッシュあたりの面積は

$$13,400 / 38,000 \div 0.35 \text{ ha}$$

となり、これは1辺59mの正方形に相当するから、50mメッシュを採用すれば良いこととなる。

もっと一般的な例として保続計算の場合を考えてみる。その最小単位は施業団別樹種別齢級別面積であり、主要な保続計算単位では、最小単位的面積歩合は0.1%以上と考えることができる。したがって $P_0 = 0.001$ として前述と同じ条件で必要なメッシュ数を求めると約400,000となる。地域施業計画区的面積は5~20万haであるので1メッシュあたりの面積は0.125~0.5haとなり、25mメッシュ、50mメッシュが適当であることがわかる。1%以上を占める分類については、同様の計算により100m、200mメッシュが適当ということになる。

3. メッシュ情報の加工方法

前項では地域施業計画に適当な標準的なメッシュサイズは目的によって変るが、25m、50m、100m、200mであることを面積推定誤差の面から示した。次にこれらのメッシュ情報の加工方法の面から検討を加えることにする。加工方法としてはオーバーレイ、シミュレーション、ポテンシャル分析などの手法があるが、この報告ではオーバーレイ方式について問題点の検討を行なった。

モデル地域内で50m、100m、200mメッシュをとった場合の面積誤差の傾向をみるため、樹種、齢級、標高について、メッシュサイズごとの画素換算面積と画素面積と比で表わした指数を求め、図に示すと図-10のようになる。この場合画素集計、面積(画素数)を真値とみなせば、この指数は誤差の程度を示すものと考えることができる。

図から、分類数が6、9、14と多くなるにつれ、またメッシュサイズが大きくなるにつれ指数の幅が大きくなることが認められる。このようなメッシュ情報はオーバーレイ(情報の重ね合せ)によりさらに誤差が大きくなる可能性が考えられる。例えば図-11に示すようにある地点のメッシュの特性を卓越判断により行なったとする。このメッシュはスギのI齢級で、標高800~900mの地点と判断されるが、実際には斜線の部分がこの範囲に属するのみで、このような小面積を占める特性がメッシュを代表していることになる。これはメッシュサイズとオーバーレイの個数と関係があると考えられ、このような誤差を防ぐには、基本的には

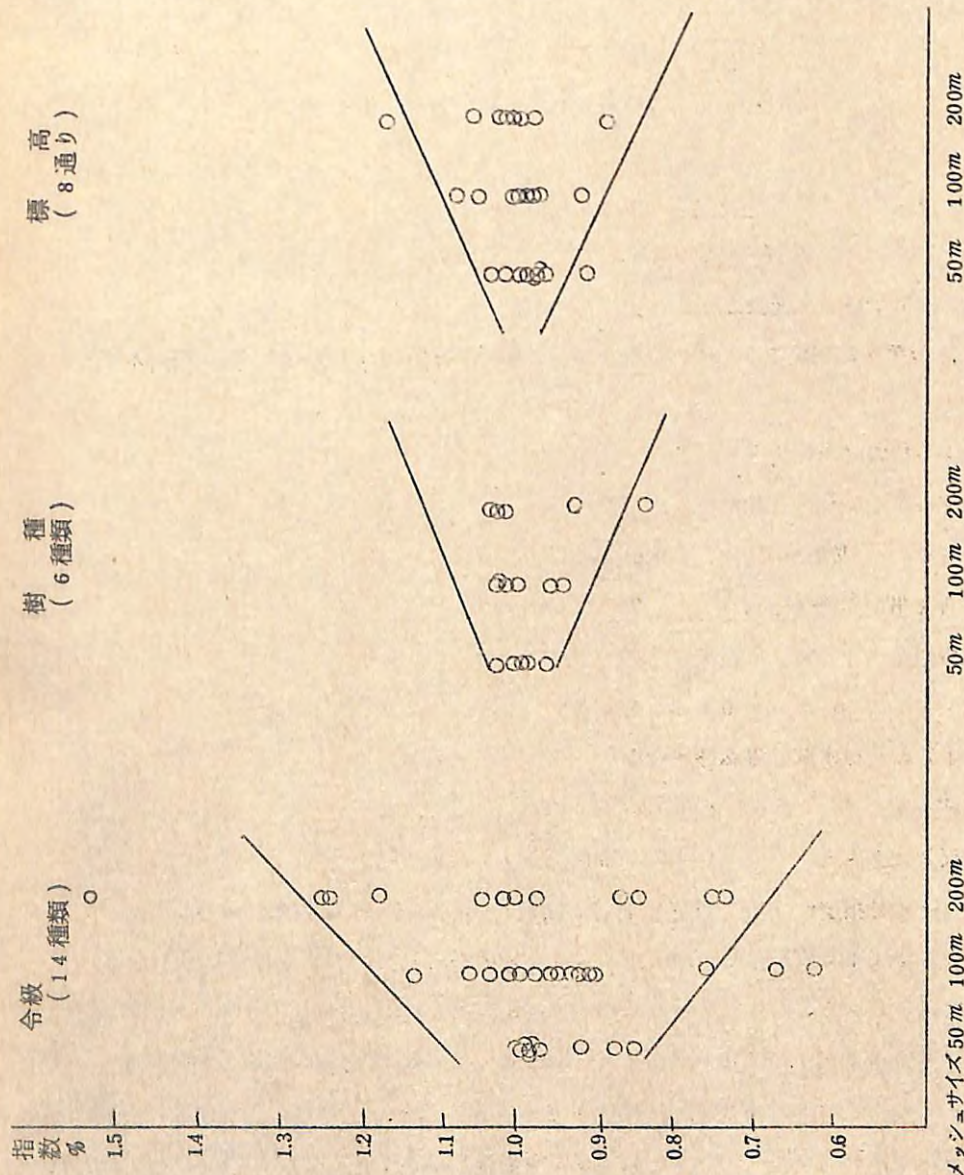


図-10 モデル地でのメッシュサイズと面積推定精度

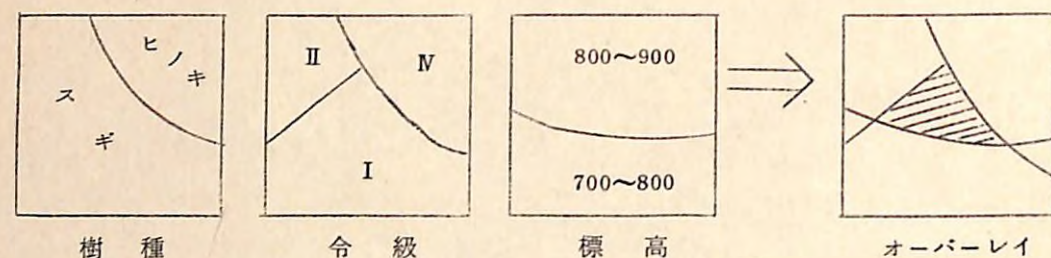


図-1 1 メッシュオーバーレイの原理

(1) メッシュサイズを充分小さくする。

(2) オーバーレイの数を少なくする。

以外に方法はないようである。

ここで、モデル地域での3種の簡単なオーバーレイを行なった結果について検討を加えてみる。

ケースⅠ（伐期林分指定）

樹種 齢級 標高
スギ Ⅸ 1,000m以下

ケースⅡ（間伐林分指定）

樹種 齢級 標高
スギ Ⅳ 1,000m以下

ケースⅢ（天然林水源涵養林分指定）

樹種 標高
天然林（～99） 1,100m以上

オーバーレイで指定個所の判定を行なう場合、個所指定とその面積が問題になる。ケースごとにメッシュサイズ別に指定個所数、メッシュ数の合計とその画素単位に換算した面積が表-10に示してある。またケースⅠのオーバーレイの結果の一部を図-12に示す。

表-10に示すように、メッシュサイズが大きくなるに従って、指定個所数が減少している。これは比較的小面積の対象地がカウントされない場合と、近接した対象地が統合される場合の2通りの原因が考えられる。したがって面積はともかく個所選定が主目的の場合にはメッシュサイズへの配慮が必要である。

表-10 ケースごととのオーバーレイの結果

	画素10mメッシュ	5×5画素 (50mメッシュ)		10×10画素 (100mメッシュ)		20×20画素 (200mメッシュ)	
	指定された 個所数	面 素 数	指定された 個所数	メッシュ数 (画素数)	指定された 個所数	メッシュ数 (画素数)	指定された 個所数
ケースⅠ (伐期林分指定)	3	422	3	20 (500)	2	4 (400)	1 (400)
ケースⅡ (間伐林分指定)	5	2,363	3	93 (2,325)	3	22 (2,200)	2 (2,800)
ケースⅢ (天然林水源涵養林分指定)	8	12,060	5	465 (11,625)	4	108 (10,800)	3 (12,000)

3
 3
 33
 333
 33
 33
 3
 33
 33
 3333
 3333333333
 3333333333
 33 3333333333
 333333 3 3333333333
 3333 3333333333
 333 3333333333
 3

図-12 ケースIのオーバーレイの結果
 (スギ、令級K、標高1,000m以下の
 林地：50m×50mメッシュ)

指定対象地全体の面積推定値は、この範囲のメッシュサイズであれば、ほぼ同様の結果が得られるようである。なおこの例での樹種区分は齢級区分とほぼ一致しており、実質的には2つの項目についてのオーバーレイとなっている。また林小班区画は、尾根、沢などの地形因子と一致する場合が多く、この例と同様のことが起る可能性は充分あるように思われる。

最後に、地図の縮尺とメッシュサイズとの関係について、文献(2)から引用したものを載せておく。

手作業で行なう場合、1/20万、1/5万の地図では、50m、100mメッシュはそ

れぞれ0.25mm、0.5mmおよび1mm、2mmとなり、交点読み取り以外は困難であるが、1/2万以上の大縮尺では、目的に応じて交点読み取り、卓越判断のいずれでも採用できる。

引用文献

- 1) 三田育雄ら：メッシュアナリシス，1～86，ラック計画研究所，1971
- 2) 三島征一：森林情報の整備とメッシュ方式の導入について（未発表），1975
- 3) 西川匡英：アメリカの森林資源情報システム，1～52，林政総合調査研究所，1976
- 4) 西川匡英：諸外国における森林資源情報システム（I），93～94，第88回日林講，1977
- 5) 日本科学技術研修所：メッシュデータによる地域計画等の計量化に関する調査，1970

(3) 標高データのメッシュ化

1. はじめに

地域情報の解析には地形情報を重ね合わせる必要がある場合が多い。通常地形情報は、地形図として提供されており、これはアナログ的な線形模様で表わされている。これをメッシュごとのデータとする為には、作業者が地形図上に重ねたメッシュに合わせて標高などを直接読み取る方法が従来から行われてきた。この方法は図-13のような作業手順となり「標高読み取り」と「カードにパンチする」作業に多くの時間を必要とする。そこで、その作業を効率化する為に「グラフペン（図-14）」を用いて、等高線にそってデータを紙テープに出力し、そのテープをミニコンピューター（NEAC-MS50）に入力し、各メッシュの標高、傾斜角、傾斜方位を算出してファイル化する方法について検討した。（図-15）

本報告では、その中から、各メッシュの境界線の交点（以後メッシュ交点と呼ぶ）の標高値をデータとして求める方法について報告する。このメッシュ交点部の標高値が求まれば、各メッシュの地形代表値とする標高、傾斜角、傾斜方位等は容易に求められる。なお、本報告では「グラフペン」を利用したが、コンピュータープログラムは、ディジタイザー及びドラムスキャーによる地形図情報の入力の際にも、容易に利用できるようなものを作成した。

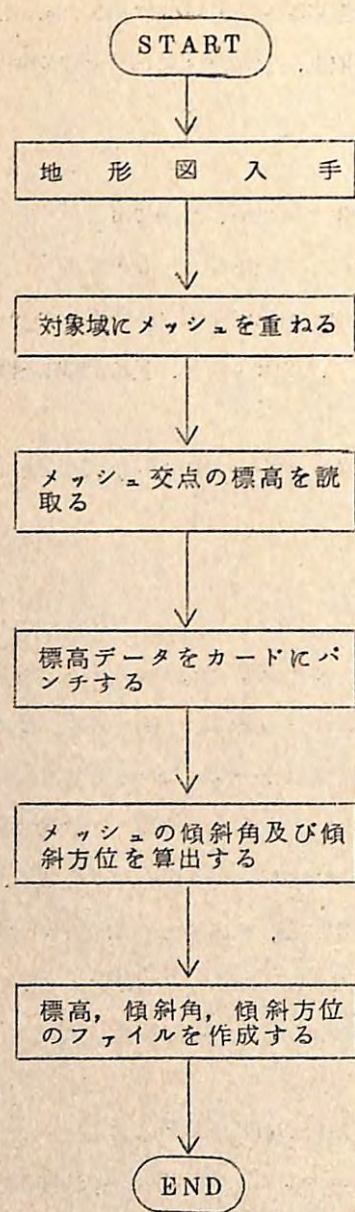


図 13
地形図から直接標高を読み取る場合
のフロー

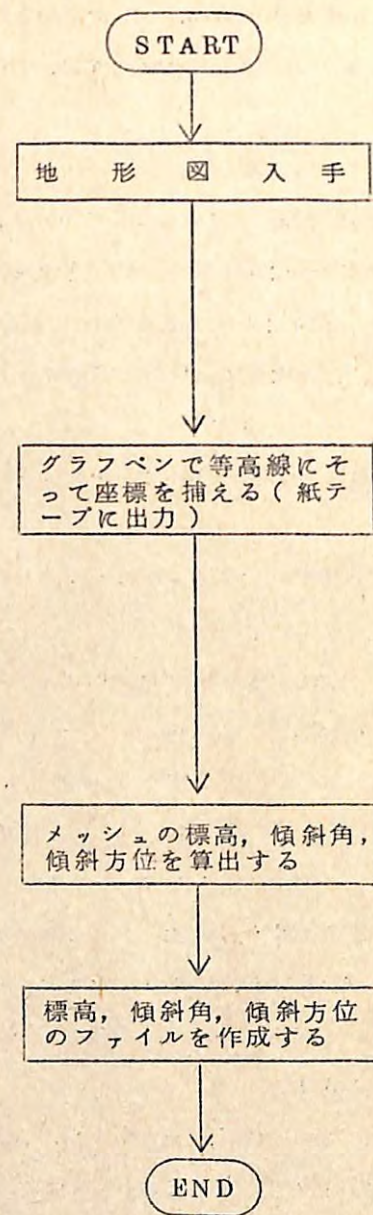


図 15
グラフペンを用いて標高を算出する
場合のフロー

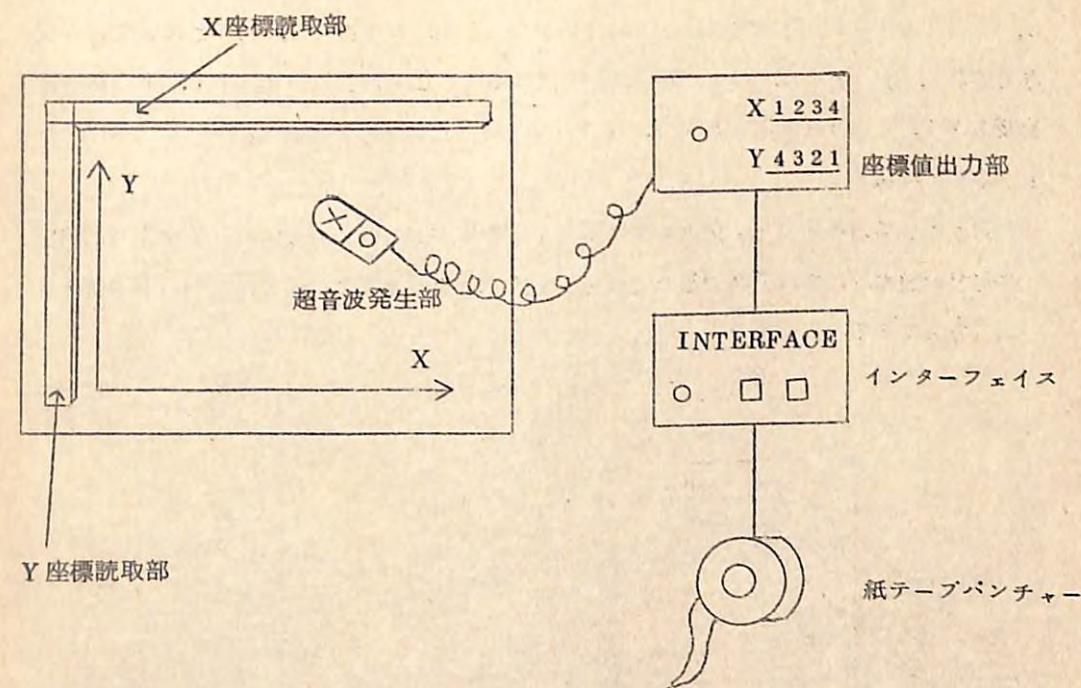


図-14 グラフペンシステム

2. グラフペンシステムを用いた標高算出法

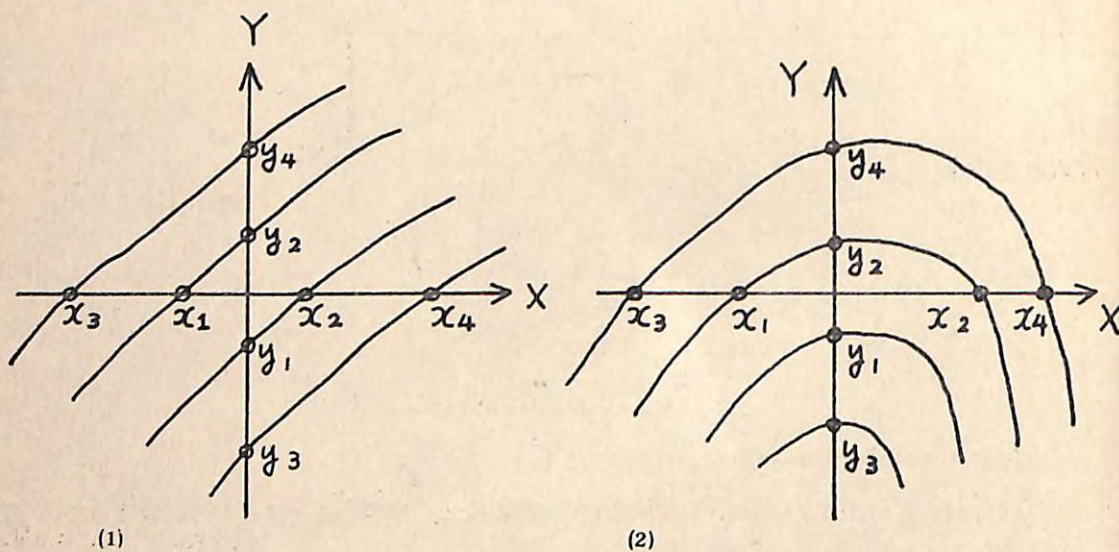
標高の算出法はメッシュの境界線と等高線の交点の座標をデータとして記憶させて行う方法について検討した。なお、メッシュは長方形のメッシュとし、境界線は、X軸、Y軸に平行な直線(それぞれ XY_i , YX_j と表わす)を想定した。この方法は、使用する計算機のメモリ使用量が少なくて済む特色がある。例えば、メッシュ数が横100個、縦100個の計10,000個であり、1本のメッシュ境界線と交わる等高線が100本である地形の場合に、グラフペンで入力するポイント数は一般的に約50,000ポイントとなるが、この入力に必要とするメモリは、約40Kワードですみ、ミニコンピューター(NEAC-MS50, 128kW)でも他作業と同時に処理できる。

ドラムスキャーで入力された等高線のデータも同様にして必要なメッシュラインとの交点のみのデータに編集すれば、全く同じ省メモリ量で処理ができる。しかも、この方法でも大容量を要するドラムスキャナデータの生入力に比べ精度への影響がなく、計算が効率化される。

このメッシュ境界線と等高線との交点座標を用いた入力によるメッシュ標高の算出方法には、下記にあげる5通りの方法がまず考えられる。なお、本報告では、対象となっている交点座標 (i, j) を $(0, 0)$ に座標変換しているものとした。同時に、 (i, j) を通る直線 XY_i , YX_j もそれぞれ Y 軸, X 軸に変換されているものとした。

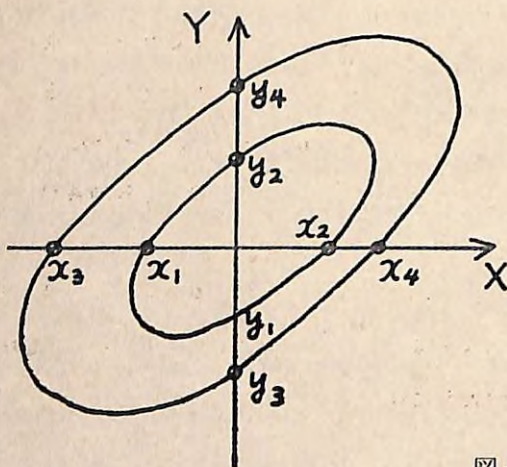
(1) 単純平均法

対象としているメッシュ交点（今は原点）から X 軸上の正負両方向及び Y 軸上の正負両方向で最短距離にある等高線との交点座標を求め、その4点に対応する標高の平均値を求める方法である。



(1)

(2)



(3)

図-16 メッシュ交点と等高線との関係の代表例

図16-(1)の場合 標高 $h = (h_1 + h_2) / 2$

図16-(2)の場合 $h = (3h_1 + h_2) / 4$

図16-(3)の場合 $h = h_1$

ただしこの方法では、利用する等高線の間隔は、あらかじめ、求める精度に応じた間隔である必要がある。

(2) 内分点法（一次式近似法）

用いる点は(1)の方法と同じ点であるが、原点を内分点として、座標軸方向別に標高を計算し、平均する方法で標高 h は次式で求められる。

図16-(1)の場合

$$h = \left(\frac{|x_2| \times h_1 + |x_1| \times h_2}{|x_1| + |x_2|} + \frac{|y_2| \times h_2 + |y_1| \times h_1}{|y_1| + |y_2|} \right) / 2$$

図16-(2)の場合

$$h = \frac{|y_1| \times h_1 + |y_2| \times h_2}{|y_1| + |y_2|}$$

図16-(3)

$$h = h_1$$

(3) 多項式近似法

まず、(1), (2)で用いた4点に加えて、同じ4方向で次に近い距離にある等高線との交点4点を用いて、 X 軸と Y 軸の両方向で別々に3次式 $H = ax^3 + bx^2 + cx + d$ を決定する。

次に、原点の標高を求め（つまり d の値） X 軸上と Y 軸上で求められた値を平均する方法である。

図16-(1)の場合、

X 軸方向、 (x_3, h_3) , (x_1, h_1) , (x_2, h_2) , (x_4, h_4)

で決定される3次式

$$h_x = a_x x^3 + b_x x^2 + c_x x + d_x$$

標高 $h'_x = d_x$

Y 軸方向、 (y_3, h_4) , (y_1, h_2) , (y_2, h_1) , (y_4, h_3)

で決定される3次式

$$h_y = a_y y^3 + b_y y^2 + c_y y + d_y$$

標高 $h'_y = d_y$

原点の標高 $h = (h'_x + h'_y) / 2$

図 16—(2), (3)の場合も同様に 3 次式を決定して標高を求める。

(4) 平面近似法

用いる点は(1)と(2)と同じ4点である。投影平面上で図17に示すような三角形APDを想定する。次にPと原点を通る直線を引き、2本の直線近似した等高線との交点の x 座標、 a 、 b を求めて、次式により標高を算出する。

図5で、標高 $h = \frac{|b| \times h_2 + |a| \times h_1}{|a| + |b|}$

以上は図一 1 6 一(1)に相当する場合で、図 1 6 一(2)及び(3)に相当する場合は、内分点法と同じ方法で標高を計算する。

また、この方法では傾斜角及び傾斜方位を同時に求めることができる。簡単に示せば、傾斜角 θ は図 17 の場合、次のようにして求める。

$$\theta = \arctan \left\{ \frac{|h_1 - h_2|}{(|a| + |b|)} \times (\text{資料の縮尺}) \right\}$$

傾斜方位 ϕ は図-17の場合、原点とPを通る直線の傾きから容易に求められる。

ただし、ここで求まる傾斜角及び傾斜方位は、ある点での値であって、メッシュを代表する値とならない場合もあるので利用する際には、その適否を検討する必要がある。

(5) 平面及び多項式近似併用法

図一 17で示したような条件が満足され、平面が想定できる場合には平面近似法で標高を求め、図 16-②及び③に該当するような場合には、多項式近似法で標高を求める方法。

本報告では、これらのうち3と4について検討しF $\overline{\text{O}}$ RTRANプログラムを作成した。
そのフローを図18, 19に示す。

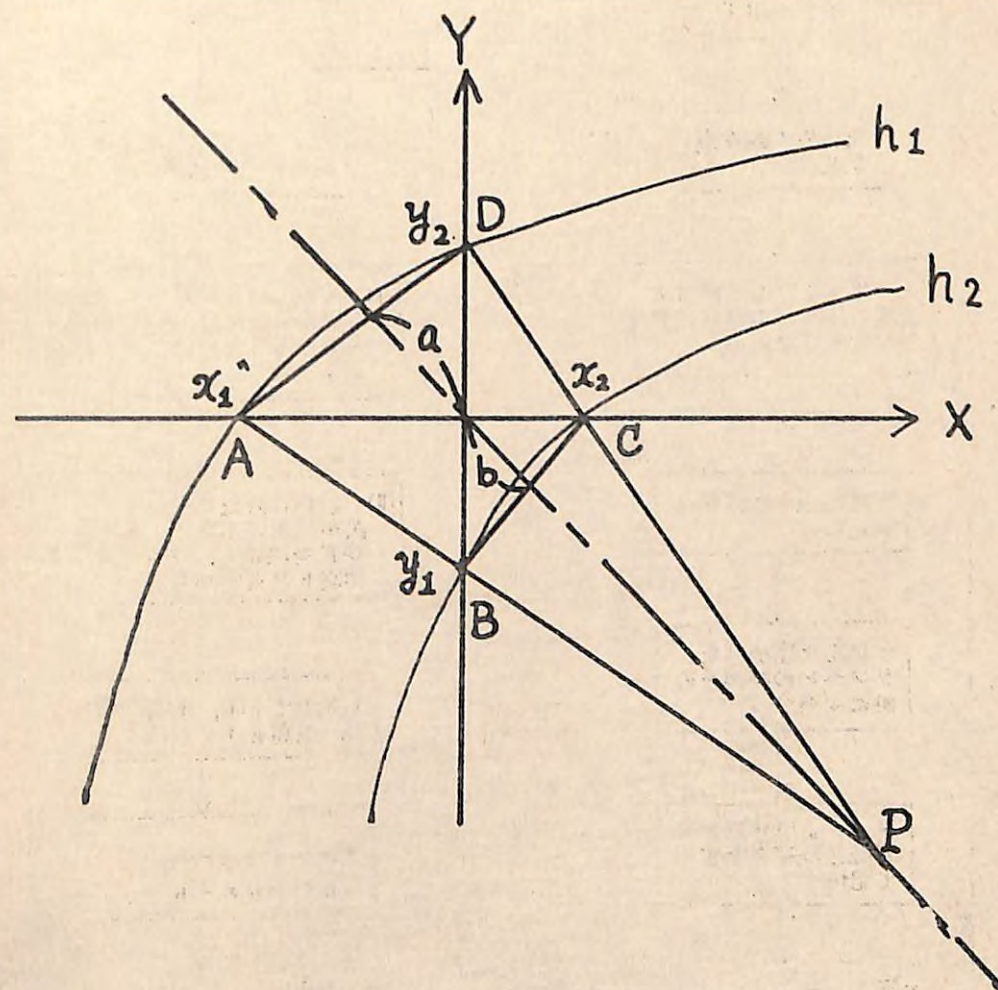


図-17 平面近似法(図4-(1)の場合)
 $\triangle PAD$ を想定し、図中の a, b の長さを求め、

$$h = (bh_1 + ah_2) / (a + b)$$
 によってメッシュ交点の標高を求める。

図 18 多項式近似法のフロー

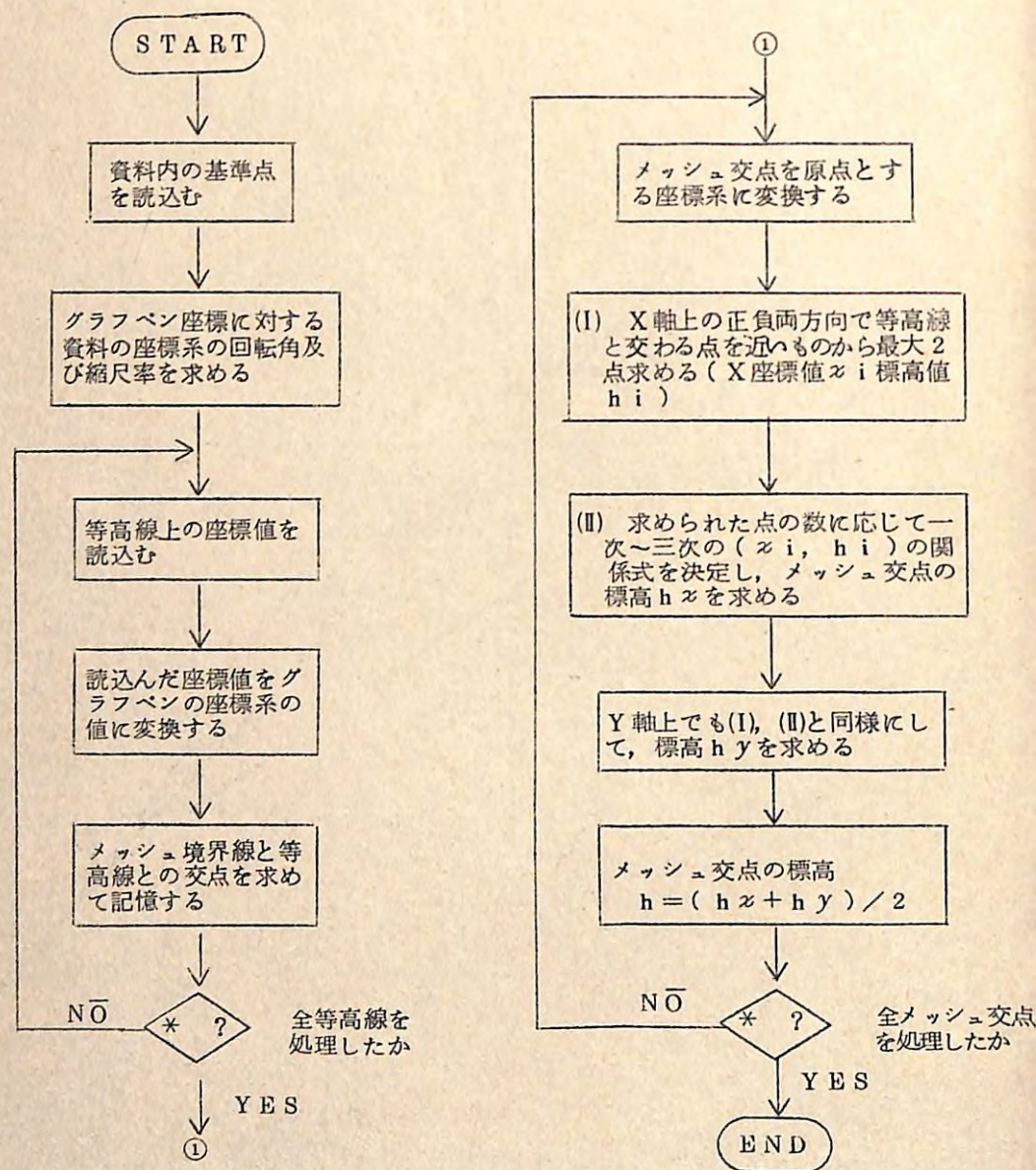
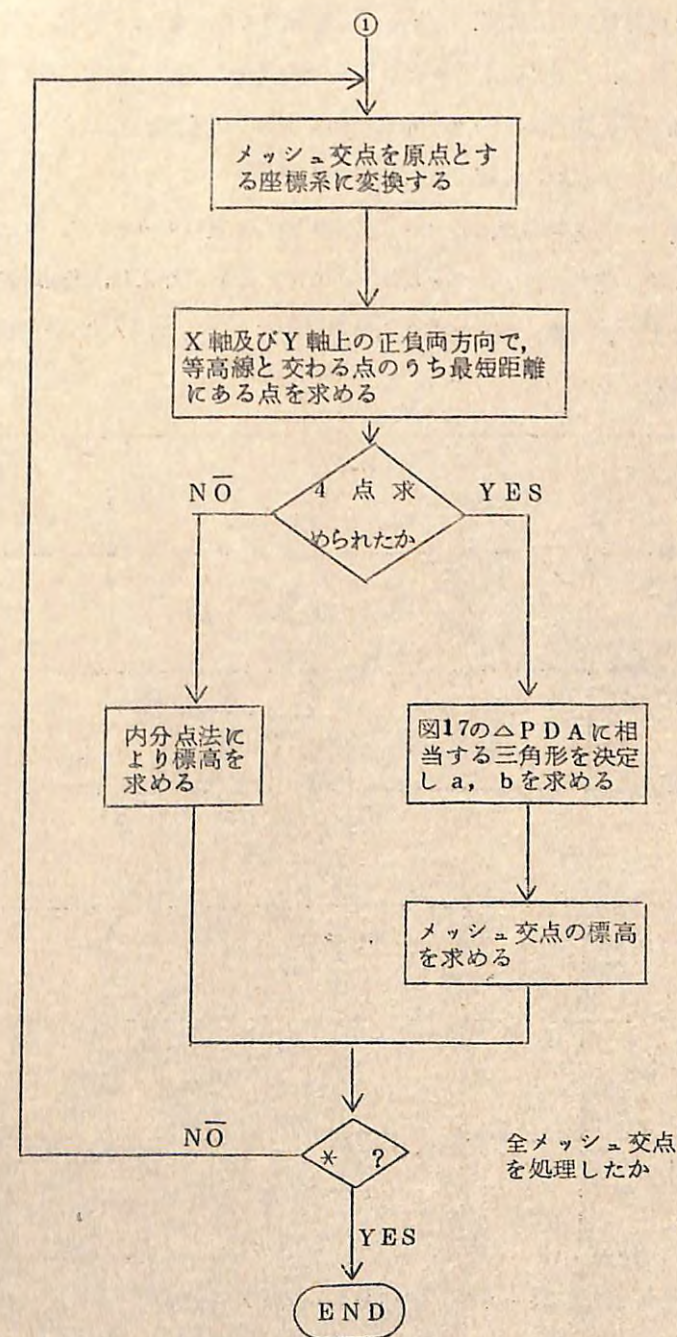


図 19 平面近似法のフロー

(①までは図18と同じ)



3. 得られた標高値の比較

人間の目で地形図から標高を直接読み取る場合は、全ての等高線の形、間隔などを読みとっている。しかし、グラフペンを用いて行い場合は、すべての情報を入力して、人間が行うのと同じように標高を求めるのは、ほとんど不可能である。また、そのようなプログラムが作成されたとしても、データの入力のために直接読み取りの場合以上の労力を必要とすることになる。そこで、入力するデータの量について検討してみた。入力するデータの量は、等高線の数及び入力する座標の間隔によって定まる。

1本の等高線上で与える点は、各メッシュ境界線との交点のみを入力すればよいのである。作業上メッシュ境界線をはさむ2点を入力することになる。ただし、各点間の等高線は直線で近似しているの、実際に直線と考えられる部分については、入力点を減らすことができる。その例を図-20に示す。

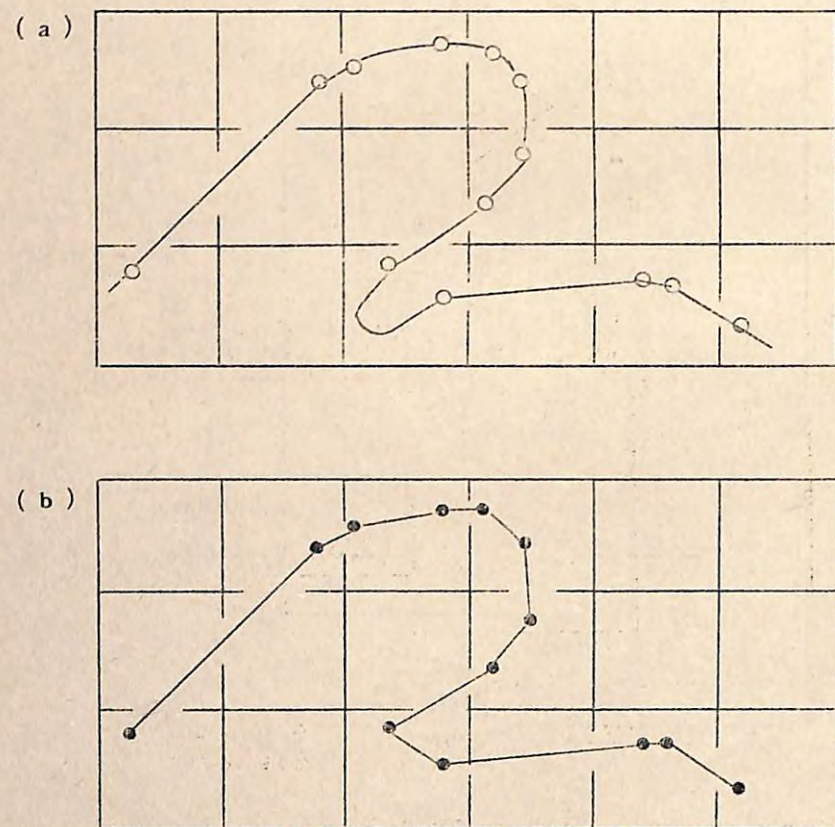


図-20 等高線上の座標入力点(a)
とコンピュータ内の仮想等高線(b)

次に、利用する等高線の本数について検討を行った。等高線の本数を増やせば、それだけ正確な標高が求まると予想できる。しかし、その分だけ、入力する座標値が多くなり、労力も必要となる。そこで、1メッシュ当たりの等高線の平均本数と、求められた標高の精度とを比較した。対象とした地形図を図-21に示す。検討した等高線の本数は1メッシュ当た

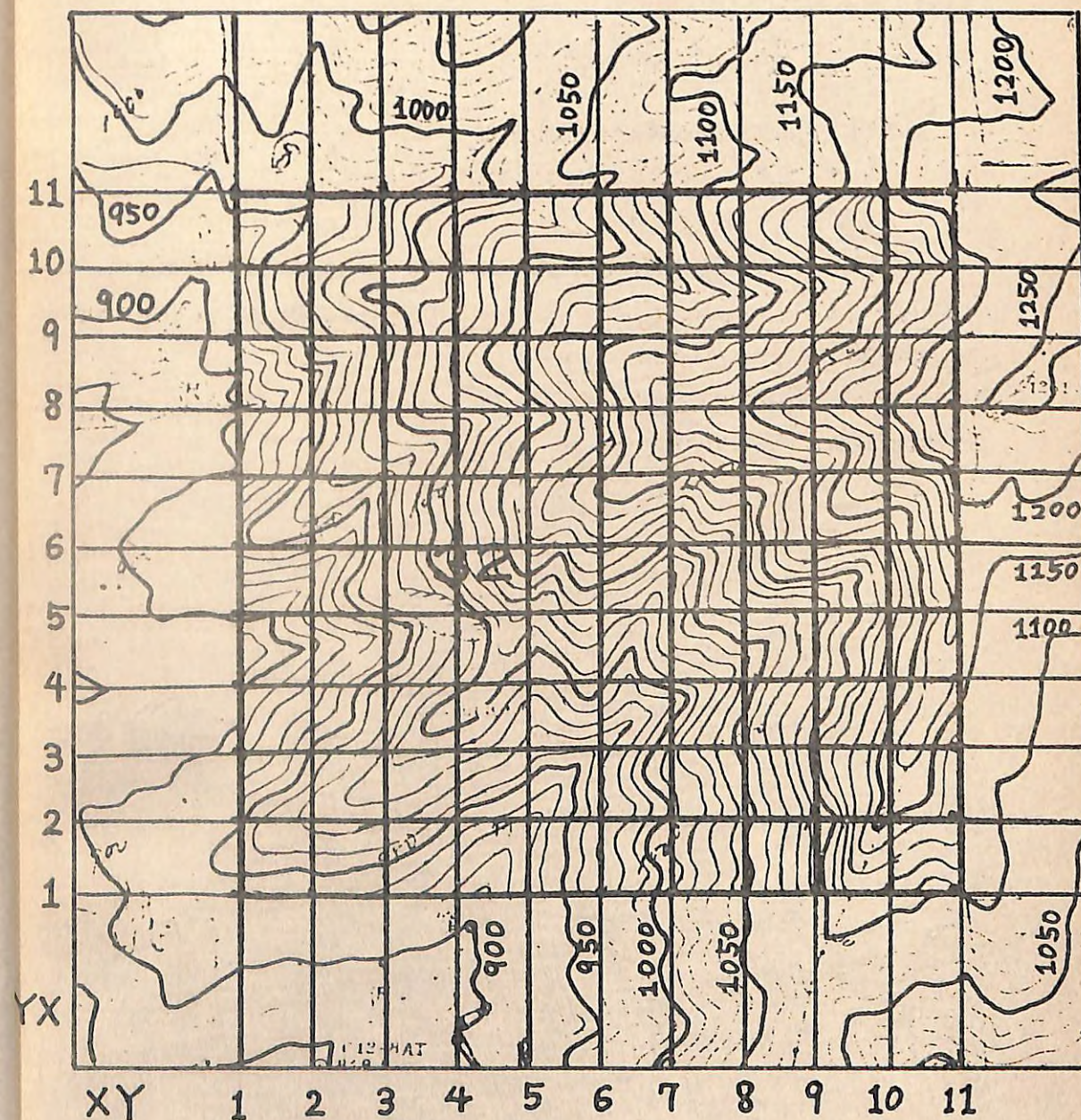


図-21 対象とした地形図 (原 $1/5,000$)

り平均0.5本, 0.9本, 1.8本の3種でそれぞれ100m間隔, 50m間隔, 25m間隔に相当している。1メッシュの間隔は50mである。2-(3)の多項式近似法及び(4)の平面近似法で求められた結果と, 地形図から直接読み取った標高をファイルして利用した。入力した等高線と計算された標高値とを重ねて出した例を図-22に示す。また次式により, 標準誤差Eを計算した。

$$E^2 = \sum_{i=1}^n (H_i - h_i)^2 / n$$

ここで H_i , 地形図から直接読み取った標高

h_i , コンピュータで算出された標高

n , メッシュ交点数

その結果を図-23に示す。この図から, 用いる等高線の本数と計算された標高精度は比例関係にないことがわかる。そして, 1メッシュ当たり1本程度の等高線があれば, それ以上有意に精度を上げるためには多くの労力を必要とすることが予想できる。

このことは, 標準誤差を等高線間隔で除した「誤差割合」にも表われており, 用いる等高線間隔を狭めても誤差割合が増加してしまっている。

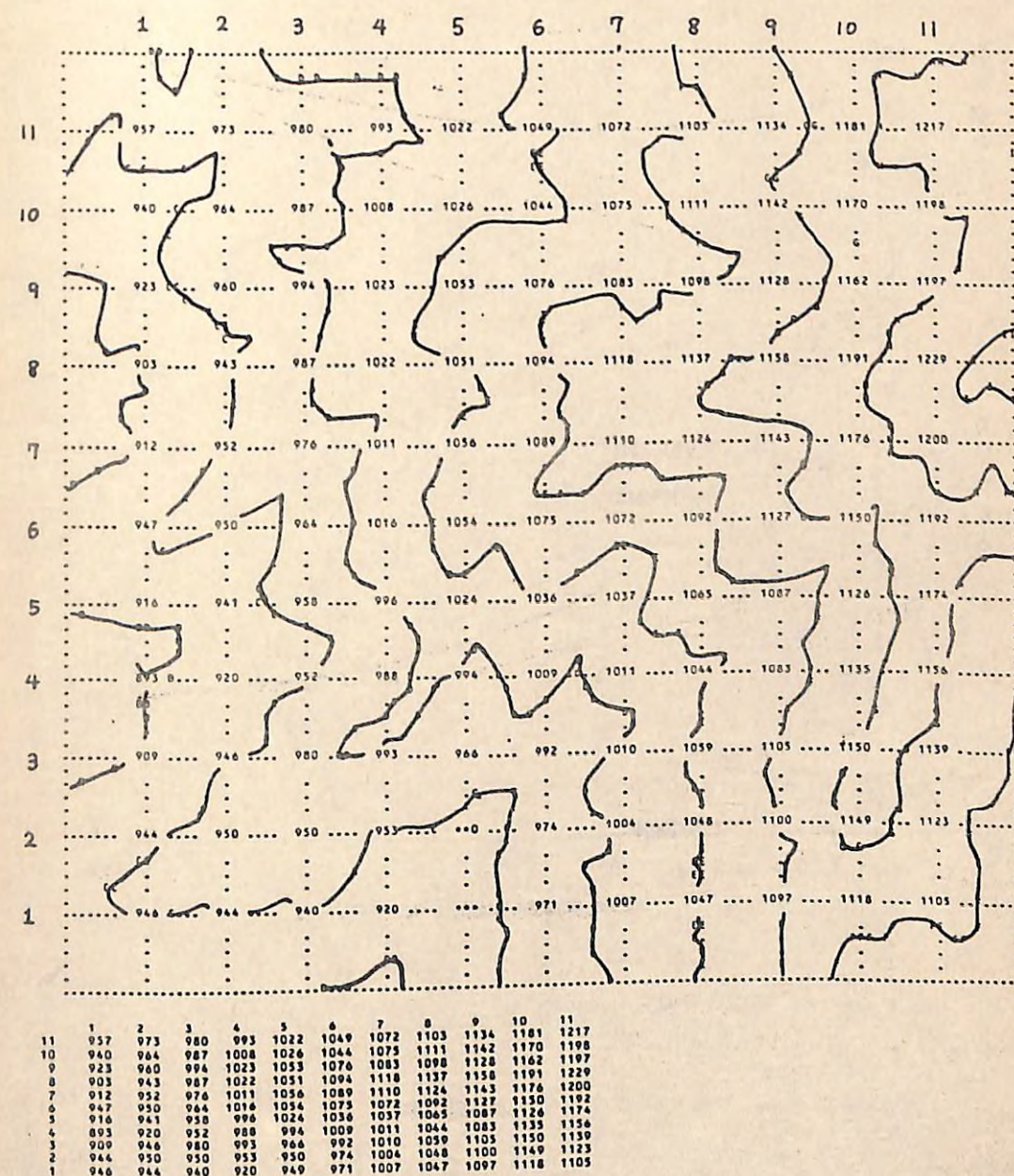
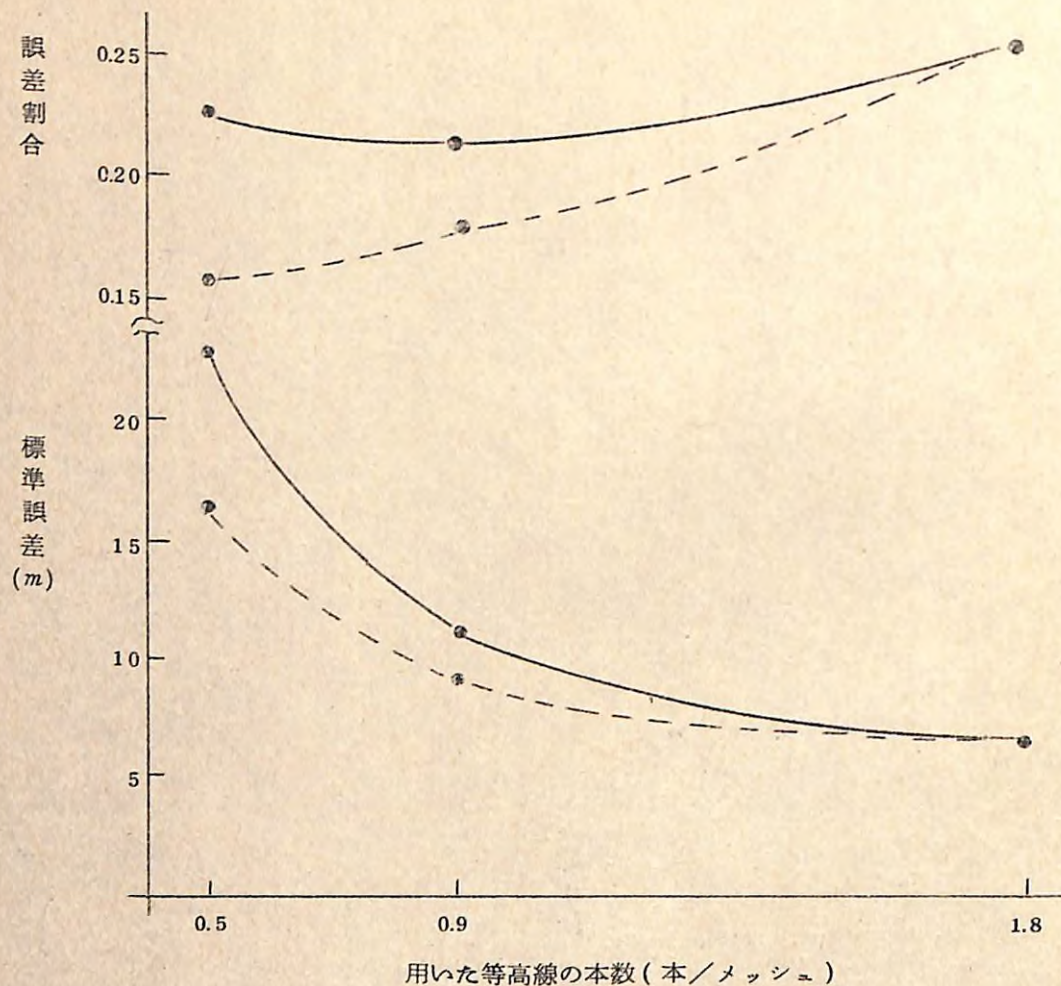


図-22 出力結果の例
(メッシュ幅: 50m, 等高線間隔: 50m, 平面近似法)



図—23 直接読取りで得た標高とコンピュータで算出した標高の比較

4. 考 察

以上のような方法で、アナログ的な地形データがメッシュ単位のデジタルデータとして使用できるようになる。これに要する労力は、従来の方法では、121点のメッシュ交点を対象とした場合、標高読取りに15分程度、パンチカードにパンチをするのに5分程度が必要であった。

一方、グラフペンを使用した場合、1メッシュ当たり平均1本の等高線で標高を求める場合には約450ポイントの等高線上の点をおさえる必要があるが、15分程度で紙テープにパンチされたものができあがる。カードにパンチする場合にはパンチミスのチェックなどを別に行う必要もあり、時間的にはグラフペンを用いた方が速い。また、ディジタイザの使用により、等高線上を連続的になぞることが出来れば、あらかじめ設定したメッシュ境界線との交点の座標のみをデータとして入力できる。そうすれば、データ収集は非常に短時間で済み、すべての等高線を使用してもデータ量はあまり増えないし、カセット磁気テープに出力することで媒体の取扱いも容易となる。そのようなデータを取扱う場合にも、今回作成したプログラムを用いて途中のサブプログラムを飛ばすことで、全く同じように標高値が求まるようになっている。メインプログラムはデータ入力とサブプログラムの呼び出しのみである。さらにドラムスキャナで地形図情報を自動的に入力した場合は、地形図全体が面的にフェイルされるので、スキャンラインの選択によって、1つのデータフェイルから自由な大きさのメッシュを何通りも取扱うことができる。ただし、この場合にも、入力された等高線の表わす標高を別途データとして与える必要はある。この部分のプログラムも今後、サブプログラムとして用意する予定である。

本報告で取上げた平面近似法及び多項式近似法は、メッシュ交点を囲む等高線の形状によってそれぞれ長所と短所がある。今後、両方法を併用した方法についても検討する必要がある。しかし、本報告で検討した様に、メッシュ交点の標高値がこの実施例で、標準誤差6m程度の場合でも、以後、メッシュの代表とする標高を求め、傾斜角や方位角をある範囲を持たせてメッシュデータとする場合(例えば、傾斜角ランク:Ⅱ(10°~20°),方位:NEなどと表わす場合など)には、目的に充分応じられることが多いと思われる。

なお、本報告で述べている標高算出法の名称には、独断的なものも含まれているので、正しい名称について、御教示いただければ幸いである。