

# 大涌谷における地表変動量の精密測定について

岩崎 一雄・佐藤 優・勝目 一泰  
地質調査所技術部地形課

## Precise Measurement of Ground Fluctuation at Owakudani

By Kazuo Iwasaki, Yu Sato and Kazuyasu Katsume

Geological Survey of Japan, Tokyo

### Abstract

Measurement of ground fluctuations was carried out by precise triangulation as one of the studies of landslides in volcanic altered areas. In the present paper, examination is made on the equipment and method of the observation, especially on the method of taking away the influence of meteorological anomalies. The observation was carried out five times in a period from September 1964 to November 1965. Relatively precise results of ground fluctuations are obtained.

### 1. 概説

火山性地すべり研究の一環として、精密三角測量による地表変動量の測定を実施し、同時に、このような地帯における基準点、変動点などの設置法およびその観測法を検討した。地表移動量の絶対値を求めるには、変動目標点と不動の基準点間の空間的位置関係を測定することが必要であるが、直接測定法によることは、大涌谷の試験地のような地形では技術的に困難であるため、間接測定法によらなければならない。近時開発された光波距離測定機を用いればかなり能率的であるが、高い精度を得ることは現在の器械の性能では望みがたい。このような種々の条件から、座標位置の決定には、一等三角測量方式による三角測量を実施した。

まず地域内に最も移動観測に良好と認める地点9箇所を選び、不動の基準点から精密角観測で±2mmの確率値をもって、地表の移動現象が測地学的に絶対量を把握できるように、移動目標点(変動点)を設定し、各々の目標点には観測基準点標柱6箇(写真一1)と変動目標点標柱9箇(写真一2)を構築した。コンクリート柱の頂部には、0.1mmの精度で観測機械の中心を合致させるため、機械と標的が密着して取付けられる穴を精密加工したステンレス製の金具を埋定し、観測精度の確保を期した。

標的は、夜間観測の精度を高めるために、特種電灯照明装置のもの数種類を考案試作して用いた。

角観測にはカールパンベルヒー等経緯儀(写真一3)とウイルドT3経緯儀(写真一4)を用い、一方向に対して24回視準に相当する角観測法を採用し、まず基準網を決定して、基準点の三方向から6対回の方向観測法で変動点を測観し、角辺同次平均計算の条件方程式により距離を求めて、座標位置を決定した。

垂直方向の測定は、基準点については原則として一等水準測量で水準仮原点から結測して求めることにしたが、調査日数と天候の状況により、ウイルドT3経緯儀による天頂角観測の間接測定法を併用し、また変動点に対しては、ウイルドT3による三方向からの間接測定をもって決定した。また観測は満1ヶ年で5回の記録を収めた。観測に対する経過日数を表一に示す。

表一 観測回数および経過日数

39年			40年											
9/10	11	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			158日			124日			107日					
18日	2				9					11				26
I回	II				III					IV				V

それぞれの項目は下記人員によって分担実施された。

- 1) 地表変動測定計画取まとめ、岩崎一雄

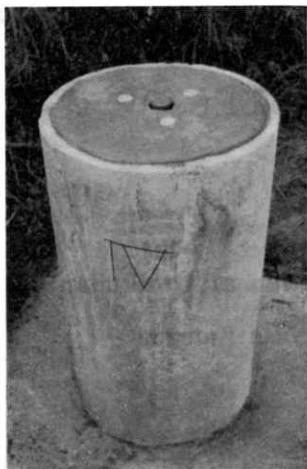


写真-1



写真-4



写真-2



写真-5



写真-3



写真-6

- 2) 観測法実験, 岩崎一雄, 勝目一泰, 岡重文, 磯  
巳代次, 市川賢一, 榎島茂, 池田四昭
- 3) 観測値処理・表現・解析, 岩崎一雄
- 4) 数値計算まとめ, 佐藤優
- 5) 成果表現解析, 勝目一泰
- 6) 観測装置試作実験, 和田義一郎, 青木市太郎, 小  
川銀三, 竹内三郎

## 2. 観測基準点の設定とその安定度

地すべり地内に設置したコンクリート柱標の心の空間における位置を比較するには, 不動固定である基準観測点からの絶対変位を求めなければならない。基準観測点は変動点の標的が視準できる地点で, しかも不動と見なされる岩盤に設置することが望ましい。神山を含めた大涌谷地区に対する理想的な信頼度の高い不動点としては, 箱根外輪山系から誘導することも考えられるが, 変動地区までの連繫測量に必要な精度を保つことは, 器械的に困難であること, 測地的に完全な不動点, とにかく文字どおりの不動点は存在するはずがないから, とくに局地的な不動点ということ, は, なかなか難しい問題であり, 調査目的に応じた実用精度を決定することで一応満足しなければならないことを考慮し, 不動点を周囲の状況から最も安定しているとみなされる神山山頂の露岩上に選定し, ここに(1)号点を置いた。ついで神山から東北に延びる大涌谷と早雲山分水嶺の上に(2)号点を設けて, (1)(2)号点を結び, 方向を不動方向と定め, これをもとにして同次数の一連の三角網により誘導した6点の基準観測点を, 計画基線の精度および使用測角機の精度と, 観測精度限界とによる制限に基いて計画し, 選点図型の重量を考慮のうえ, 図-1, 図-2に示すような図型を選定した。

しかし, 標高1,400mの神山は芦の湖を控え, 夜間とはくに強風などによる気象状態がわるく, 短い観測期間中では曇霧に視通しを障害される夜が多く, 全基準網の観測が困難であり, 欠測などを生じて終始統一できなかった関係から, とりあえず(4)号基準点を仮不動原点として比較量を算出した。

(4)号点の安定度の問題について検討すると, 観測時毎における(5)―(6)の測定基線長が, 地表変動のため伸縮していても, 点検基線である(4)―(6)の長さに対し, 微変量を示すのみであることが, 基線網観測の結果から検証され, 仮不動方向の相対関係に基づく, 内角の変動に合理的な裏付けを得られる(表-2, 表-3参照)。

なお(4)号点コンクリート台の精密中心合致式の中心金

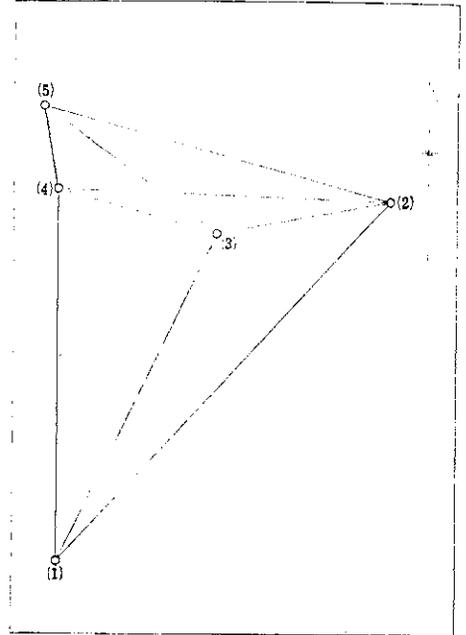


図-1 基準点三角網図

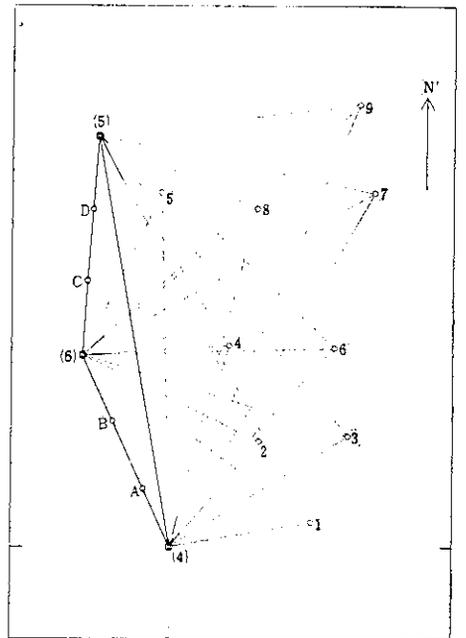


図-2 変動点三角網図

表-2 基線網計算精度表

回	点	観測夾角	A	$\frac{1}{A}$	$R \frac{1}{A}$	補正角	Log Sin	測定長 $S_1 (c)-(s)$ 比率精度
I	B <sub>1</sub>	13° 59' 5.20	84.5	0.0118	+ 0.42	5.62		
	B <sub>2</sub>	151 34 34.17	38.9	0.0257	+ 0.93	35.10		
	B <sub>3</sub>	14 26 18.84	81.8	0.0122	+ 0.44	19.28		
	Σ W	179 59 58.21	205.2	0.0497	+ 1.79	0.00		
		R = $-\frac{1.79}{0.0497} = -36.016$						
II	B <sub>1</sub>	13 59 2.82	84.5	0.0118	- 0.37	2.45	9.383 1889	$\frac{1}{3677.000}$
	B <sub>2</sub>	151 34 36.54	38.9	0.0257	- 0.81	35.73	9.677 5919	
	B <sub>3</sub>	14 26 22.20	81.7	0.0122	- 0.38	21.82	9.396 8195	
	Σ W	180 0 1.56	205.1	0.0497	- 1.56	0.00	S <sub>1</sub> 1.871 6287 S <sub>2</sub> 1.857 9981 S <sub>3</sub> 2.152 4011	
		R = $+\frac{1.56}{0.0497} = 31.388$						
III	B <sub>1</sub>	13 58 57.883	84.6	0.0118	+ 0.049	57.932	9.383 1507	$\frac{1}{4591.000}$
	B <sub>2</sub>	151 34 36.042	38.9	0.0257	+ 0.108	36.150	9.677 5903	
	B <sub>3</sub>	14 26 25.867	81.7	0.0122	+ 0.051	25.918	9.396 8530	
	Σ W	179 59 59.792	205.2	0.0497	+ 0.208	0.00	S <sub>1</sub> 1.871 7042 S <sub>2</sub> 1.858 0019 S <sub>3</sub> 2.152 4415	
		R = $-\frac{0.208}{0.0497} = 4.185$						
IV	B <sub>1</sub>	13 58 53.058	84.6	0.0118	+ 0.137	53.195	9.383 1106	$\frac{1}{551.400}$
	B <sub>2</sub>	151 34 33.642	38.9	0.0257	+ 0.297	33.939	9.677 5989	
	B <sub>3</sub>	14 26 32.725	81.8	0.0122	+ 0.141	32.866	9.396 9097	
	Σ W	179 59 59.425	205.3	0.0497	+ 0.575	0.000	S <sub>1</sub> 1.871 8225 S <sub>2</sub> 1.858 0234 S <sub>3</sub> 2.152 5117	
		R = $-\frac{0.575}{0.0497} = 11.569$						
V	B <sub>1</sub>	13 58 56.235	84.6	0.0118	- 0.137	56.098	9.383 1352	$\frac{1}{778.600}$
	B <sub>2</sub>	151 34 40.142	38.9	0.0257	- 0.298	23.844	9.677 6381	
	B <sub>3</sub>	14 26 40.200	81.7	0.0122	- 0.142	40.058	9.396 9686	
	Σ W	180 0 0.577	205.2	0.0497	- 0.577	0.000	S <sub>1</sub> 1.871 8355 S <sub>2</sub> 1.858 0021 S <sub>3</sub> 2.152 5051	
		R = $+\frac{0.577}{0.0497} = 11.6097$						

回	変動量			増大辺 (4) (5)
	基線長 (c) (s)	検基線 (c) (4)	増大辺 (4) (5)	
II	+ 12.94	+ 0.64	+ 13.24	
III	+ 20.27	+ 3.56	+ 22.95	
IV	+ 2.23	- 3.53	- 3.20	
V				

表—3 基準網成果抜萃

点番	(4)				(6)				(5)			
	視	平均方向	S	視	平均方向	S	視	平均方向	S			
I	m x 0.0000 y 0.0000 h				x y h				x y h			
	(6)	335° 35' 58.12	2	(6)	155° 35' 58.12	1	(4)	170° 2' 17.40	3			
	(5)	350 2 17.40	3	(4)	4 1 23.02	2	(6)	184 1 23.02	1			
II	m x 0.0000 y 0.0000 h 1071.428				x + 65.6695 y - 29.7897 h 1051.800				x + 139.8957 y - 24.5695 h 1051.373			
	(6)	335 35 58.12	2	(6)	155 35 58.12	1	(4)	170 2 19.94	3			
	(5)	350 2 19.94	3	(4)	4 1 22.39	2	(6)	184 1 22.39	1			
III	m x 0.0000 y 0.0000 h 1071.436				x + 65.6701 y - 29.7900 h 1051.800				x + 139.9092 y - 24.5691 h 1051.375			
	(6)	335 35 58.12	2	(5)	155 35 58.12	1	(4)	170 2 24.04	3			
	(5)	350 2 24.04	3	(4)	4 1 21.97	2	(6)	184 1 21.97	1			
IV	m x 0.0000 y 0.0000 h 1071.436				x + 65.6733 y - 29.7915 h 1051.803				x + 139.9327 y - 24.5683 h 1051.372			
	(6)	335 35 58.12	2	(6)	155 35 58.12	1	(4)	170 2 30.99	3			
	(5)	350 2 30.99	3	(4)	4 1 24.18	2	(6)	184 1 24.18	1			
V	m x 0.0000 y 0.0000 h 1071.431				x + 65.6701 y - 29.7900 h 1051.803				x + 139.9314 y - 24.5630 h 1051.364			
	(6)	335 35 58.12	2	(5)	155 35 58.12	1	(4)	170 2 38.18	3			
	(5)	350 2 38.18	3	(4)	4 1 34.28	2	(6)	184 1 34.28	1			
VI	(1) x - 637.4639 y + 0.0127 h 1406.848				(3) x - 20.7205 y + 563.7055 h 1241.156				(3) x - 78.5909 y + 267.6320 h 1190.317			

具に装着した傾斜計の測定値から大きな変動のないことが推定され、かりに未知量の微変動があったとしても、その観測時における変動点相互の関係はその精度に基づく状態で固定していると認められるので、観測時点毎の比較移動性から推定して、(4)号の仮不動点は変動標柱の移動量に比較し大きな変動のないものとしてよい(図—3参照)。

神山不動点と一連の基準網の第IV回観測値を(4)号点から逆に算出した成果は表—3に示す。

### 3. 基線長の測定

基線は動かない平坦な場所に設定することが望ましいがこの実験地ではそれが困難であったため、傾斜地に折基線を選定した。測定のために基線の両端点の変動していても、不動点と不動方向に連繋する観測基準点の相対関係は前項で述べたように固定しているので精密観測にはこれでさしつかえない。基線長の測定には25mインパー線、基線尺を使用し、「カウンターウイト」の張力で懸吊して実測し、使用の前には厳密な比較検定を行なって、その性質を明らかにし、検定時と同じ条件同じ状態で実地に測定を行ない、精度に影響する補正を

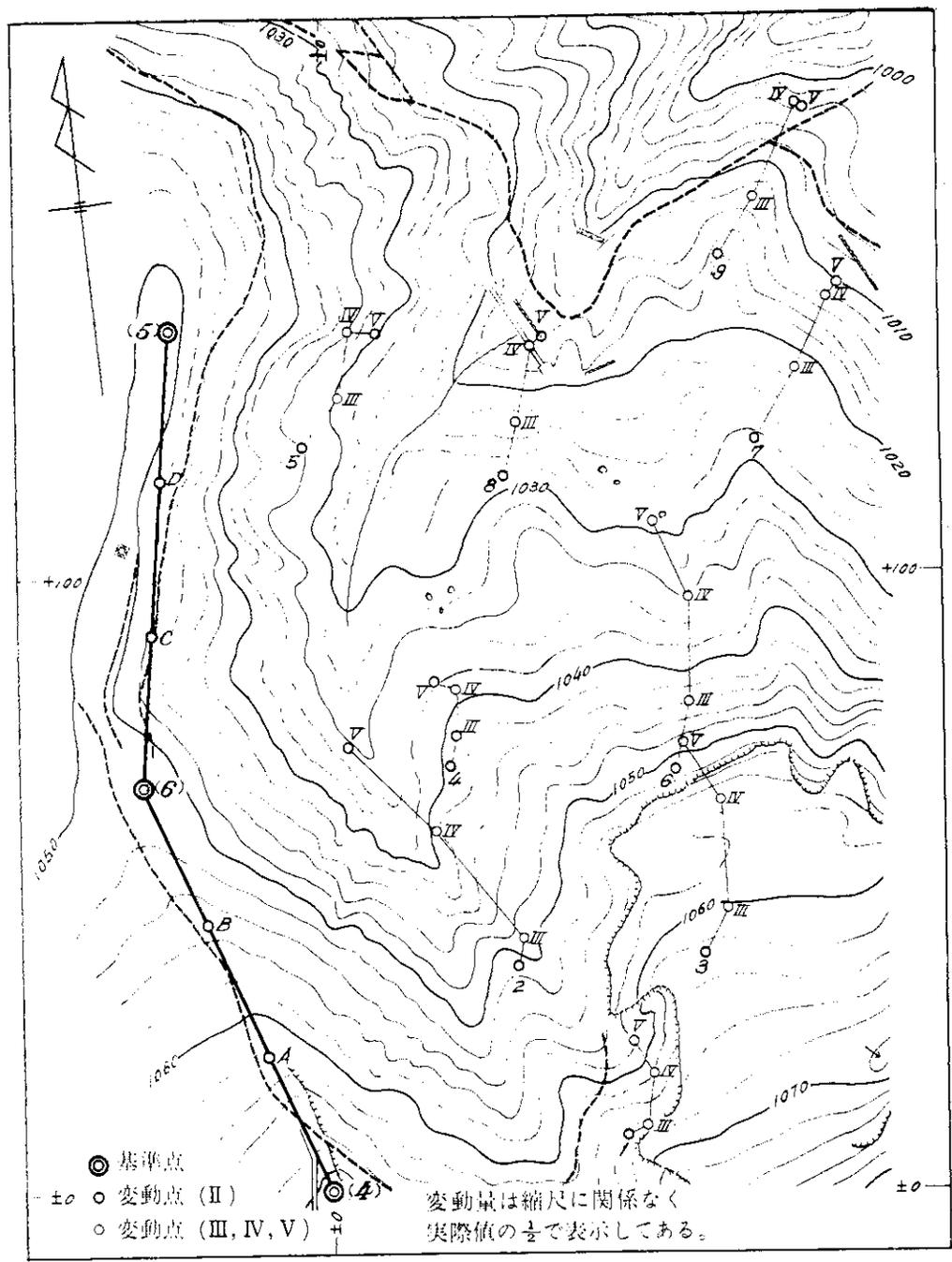


図-3 大涌谷地表変動量表示図

表—4 基線長測定手簿

INVAR NOW 315 昭和39年11月2日		自 (6) 点		至 (4) 点		測定長	中 数	温度	備 考	
時分	部 点	前 端	後 端	天 候	雲 霧					観 測 者
16. 0	C (6) 往	20.7	36.0	15.3	7.5	10 kg				
		31.5	46.8							15.3
		42.1	57.5							15.4
		30.2	45.6							15.4
		41.8	57.2							15.4
		30.1	45.5							15.4
		33.5	48.8							15.3
		23.6	39.0							15.4
		29.3	44.6							15.3
		15.3	31.2							15.4 + 15.36
										153.6
17	(6) 復 C	12.0	27.3	15.3	7.5					
		22.9	38.2							15.3
		32.4	47.7							15.3
		34.6	49.9							15.3
		25.6	40.9							15.3
		26.4	41.8							15.4
		42.9	58.2							15.3
		28.5	43.9							15.4
		36.5	51.8							15.3
		14.5	29.9							15.4 + 15.33
										153.3

満した(写真—5, 写真—6, 表—4 参照)。

また、測定に当っては基線節点間で5回行なった測定の較差制限を0.3 mm以内として、往復測定の基線比率精度を70万分の1以上となるようにつとめた。第一回の観測は、神山で風速60 mを記録した台風による天候で測定装置が故障したため観測を中断せざるを得なかった。

第II回, III回, VI回およびV回の観測した基線長測定の1例を表—4に、またその結果を表—2に示す。

#### 4. 水平方向の変位測定

##### 4.1 基線網の観測

基準網の観測時点毎の変動点を不動点から結合する重要なものであり、一連の三角網で測地的に不動の状態を誘導固定して、絶対測量法の成果を発揮するのであるから、その観測結果の処理はとくに慎重に取扱い、観測資料に対する最も確かな成果を求めるためと、能率的に計算するために、基準網に対する完全観測の場合における同次平均の条件式と計算方式(表—8上)、および天候の不順などによって完全観測が不可能の場合に対処するために対角四辺形図型同次平均の条件式と計算式(表—8下)を考案した(表—5, 6参照)。

基準網の観測は1 mm単位の変動量を求めるために、一等三角測量方式に準じて実施した。(1)号と(2)号点の間は基準網の中で、もっとも長い860 mの距離であり、三角形の閉合誤差と図型重量から、観測の制限、求める精度の限界が定まってくる。このための改良案として基準網の図型選定の(2)号を不動点とした。(2), (3), (4), (5)の四辺形と変更することも考慮し、この場合不動方向になるべく遠い(6)号以北の低地に不動方向点を設けることが望ましいと考えたが、今回は諸般の事情により最初に述べた(1)―(2)方向を不動方向として計算処理を実施した。

##### 4.2 変動点の交会観測

地すべり地内の9基の変動点の移動量は基準点からの交会観測をもって求めるようにし、変動点の相互観測は行なわなかった。したがって変動点是不観測点となる。これらの測標点の水平観測結果の自乗平均精度は変動点の配置、図型、三角形基準線の遠近度、視測回数、観測制限、気象条件等の函数である。それぞれの変動点に対する確かなる値を観測値から求める同次平均計算処理については、次のように取扱った。すなわち不観測点の取扱いについては、条件式において、0.5の重量を課すことにしたが、図型による重量は網の大きさから入っていない。その条件式および計算式は、表—9に示したように最少自乗法の「ガウス」移通係数法で方程式の答解を求めるが、それぞれの変動点に対する基準点および図型は同一であり、したがって未定係数 $K_1 \sim K_6$ の乗数は係数化するので、あらかじめ計算用紙に印刷することができる。なお角規約条件式の $W_1 \sim W_6$ の数值は各変動点とも等しいので、未定係数 $K_1 \sim K_6$ における $W_1 \sim W_6$ の答解値は初回の算出値を他の変動点平均計算に適用できる。 $K_7$ の乗数と点検数値は辺条件式を組成する角の $\text{Log Sin}$ の1秒差が基礎になるので、計算用紙上に算出欄として単純化されているが、これは最少自乗法解式を近似値的に簡易化したものではなく、厳密な計算の結果と変りはない。基準網同次計算方式も規を一にするが、条件式が増えるので多少の複雑化はまぬがれない。

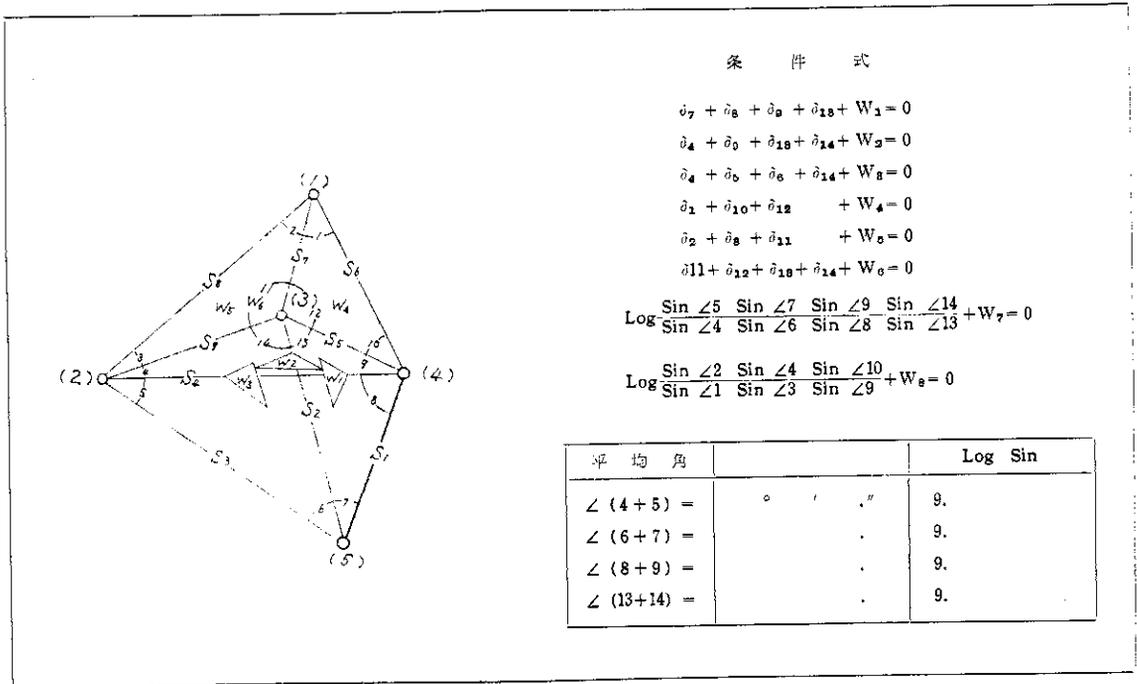
観測値のまま算出した三角辺長の照合差および平均結果を表—10に示したが、その精度はほぼ $\pm 1$  mmから2 mmの間に含まれている。変動点の第II回, 第III回, 第IV回, 第V回の観測結果は表—11により、ほぼ目標精度に近い結果を得たが、その比較値に対しては、測定時に仮不動原点と基準点の安定度に微変動があるものとすれば、同一目標点の観測時の独立変数から求めた絶対変位の精度は、不正確さが含まれるものと見なければ

表-5 精密角鏡測手簿

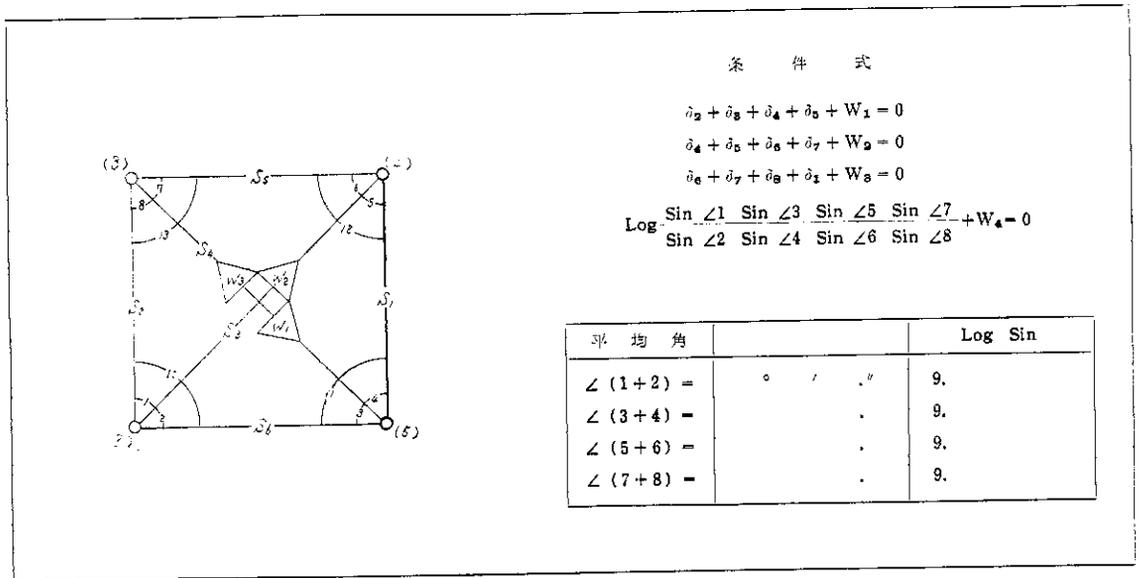
(6) 測点 昭和39年9月18日 天候 曇霧 風区分 強 風方向 南西 温度 19.0 測器 WILD T3 41264 観測者 岩崎 一雄 記簿者 勝田 一泰																			
時分	輪郭	眼鏡	番号	視準点		測 微 鏡		車 数	番 号	結 果	倍 角	測 差							
				名	標	A	B												
20.55	0	r	1	1	+	0	0	32.8	32.9	0	0	65.7	1	0	0	0.0	67.3	+	4.3
			2	2	⊙	151	34	50.8	50.7	151	35	41.5	2	151	34	35.8			
		l	2		331	34	47.9	47.8	331	35	35.7	2	151	34	31.5				
			1		180	0	32.1	32.1	180	0	64.2	1	0	0	0.0				
標的照明不良 観測差大再測 S.P.2																			
	15	l	1	(5)		15°	0'	15.7	15.6	15°	0'	31.3	1	0°	0'	0.0	66.7	-	0.3
			2	(4)	166	34	32.4	32.4	166	34	64.8	2	151	34	33.5				
		r	2		346	34	34.9	34.6	346	34	69.5	2	151	34	33.2				
			1		195	0	18.1	18.2	195	0	36.3	1	0	0	0.0				
	30	r	1			30	0	21.8	21.8	30	0	43.6	1	0	0	0.0	69.9	+	0.5
			2		181	34	39.3	39.5	181	34	78.8	2	151	34	35.2				
		l	2		1	34	36.8	36.8	1	34	73.6	2	151	34	34.7				
			1		210	0	19.5	19.4	210	0	38.9	1	0	0	0.0				
	45	l	1			45	0	20.5	20.6	45	0	41.1	1	0	0	0.0	68.7	-	0.7
			2		196	34	38.0	37.8	196	34	75.8	2	151	34	34.7				
		r	2		16	34	39.3	39.6	16	34	78.9	2	151	34	34.0				
			1		225	0	22.5	22.4	225	0	44.9	1	0	0	0.0				
(4) 号点 電球切れ																			
	60	r	1			60	0	23.7	23.7	60	0	47.4	1	0	0	0.0	69.3	+	1.5
			2		211	34	41.4	41.4	211	34	82.8	2	151	34	35.4				
		l	2		31	34	39.1	39.0	31	34	78.1	2	151	34	33.9				
			1		240	0	22.3	21.9	240	0	44.2	1	0	0	0.0				
(4) 号点 電球切れ																			
	75	l	1			75	0	22.2	22.2	75	0	44.4	1	0	0	0.0	68.0	-	0.6
			2		226	34	39.4	39.3	226	34	78.7	2	151	34	34.3				
		r	2		46	34	40.6	40.6	46	34	81.2	2	151	34	33.7				
			1		255	0	23.7	23.8	255	0	47.5	1	0	0	0.0				
	90	r	1			90	0	23.0	23.1	90	0	46.1	1	0	0	0.0	64.8	+	0.2
			2		241	34	39.3	39.3	241	34	78.6	2	151	34	32.5				
		l	2		61	34	37.5	37.5	61	34	75.0	2	151	34	32.3				
			1		270	0	21.3	21.4	270	0	42.7	1	0	0	0.0				
	105	l	1			105	0	18.3	18.2	105	0	36.5	1	0	0	0.0	67.9	+	2.3
			2		256	34	34.6	34.7	256	34	69.3	2	151	34	32.8				
		r	2		76	34	37.8	37.9	76	34	75.7	2	151	34	35.1				
			1		285	0	20.3	20.3	285	0	40.6	1	0	0	0.0				
(4) 号点 電球切れ																			



表-8 その1 基準点三角網平均計算簿



その2 基準点網平均計算簿



表—9 その1 変動点平均計算簿

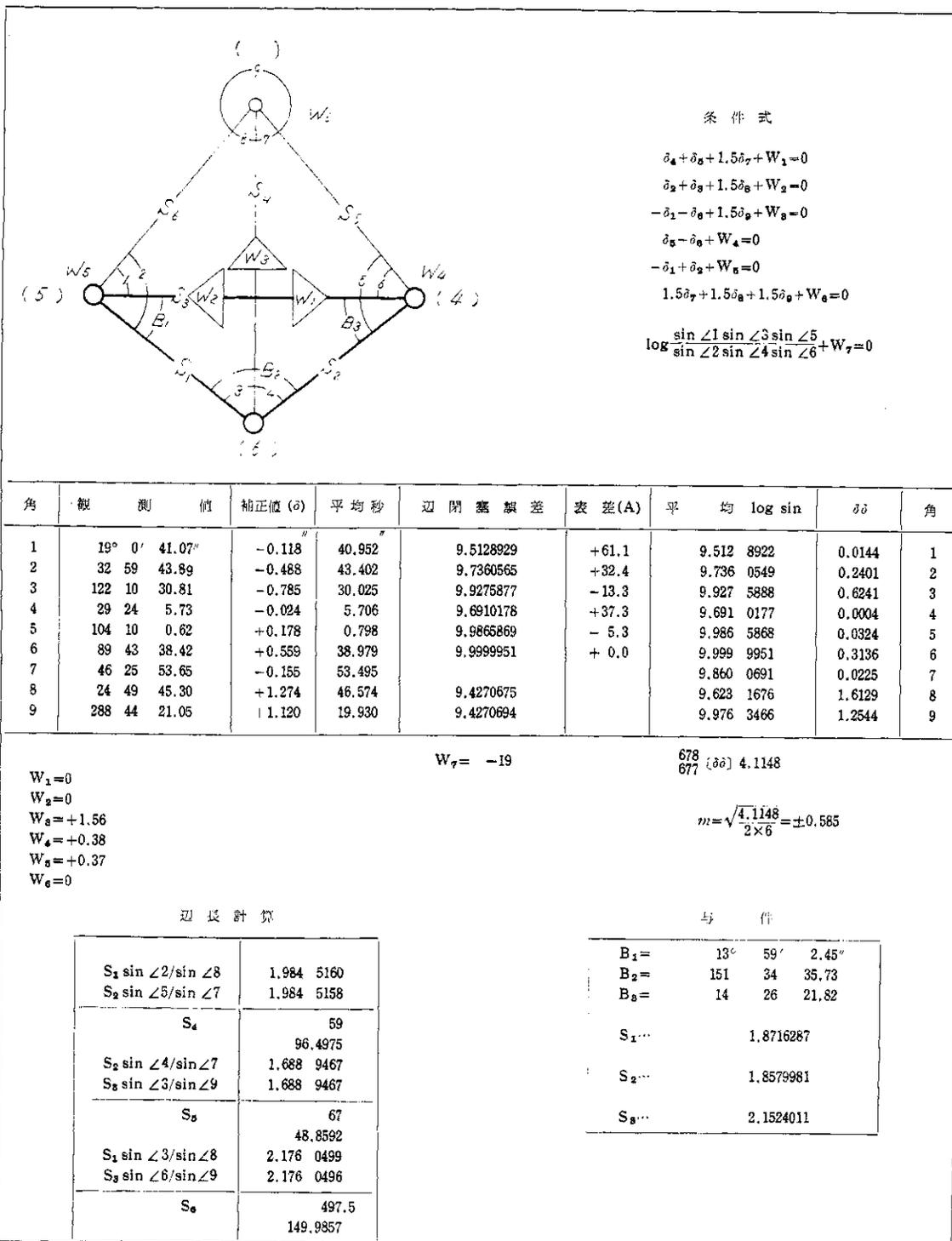


表-9 その2 変動点平均計算簿 (Kの計算)

K 番号	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	W	点換項
(1)	+4.25	0	0	+1	0	+2.25	-42.6	0	-35.1
(2)		+4.25	0	0	+1	+2.25	-45.7	0	-38.2
(3)			+4.25	+1	-1	+2.25	-61.1	+1.56	-52.6
(4)				+2	0	0	-5.3	+0.38	-1.3
	+0.23529		-)	+0.23529	0	+0.52940	-10.02335	0	-8.25868
				+1.76471	0	-0.52940	+4.72335	+0.38	+6.95868
	+0.23529		-)	+0.23529	+0.23529	+0.52940	-14.37622	+0.36705	-12.37625
				+1.52942	-0.23529	-1.05880	+19.09957	+0.01295	+19.33493
(5)					+2	0	-93.5	+0.37	-89.5
	+0.23529		-)	+0.23529	+0.52940	-10.75275	0	0	-8.98808
				+1.76471	-0.52940	-82.74725	+0.37	0	-80.51192
	+0.23529		-)	+0.23529	+0.52940	-14.37622	+0.36705	0	-12.37625
				+1.52942	-1.05880	-68.37103	+0.00295	0	-68.13567
	+0.15384		-)	+0.03620	+0.16289	-2.93828	-0.00199	0	-2.97449
				+1.49322	-1.22169	-65.43275	+0.00494	0	-65.16118
(6)						+6.75	0	0	+13.5
	+0.52941		-)	+1.19117	-22.55287	0	0	0	-18.58229
				+5.55883	+22.55287	0	0	0	+32.08229
	+0.52941		-)	+1.19117	-24.19404	0	0	0	-20.22346
				+4.36766	+46.74691	0	0	0	+52.30575
	+0.52941		-)	+1.19117	-32.34695	+0.82588	0	0	-27.84697
				+3.17649	+79.09386	-0.82588	0	0	+80.15272
	-0.69229		-)	-0.73300	-13.22244	-0.00897	0	0	-13.38538
				+2.44343	+92.31630	-0.81691	0	0	+93.53810
	-0.81816		-)	+0.99954	+53.53446	-0.00404	0	0	+53.31227
				+1.44389	+38.78184	-0.81287	0	0	+40.22583
(7)						+6379.24	-19	0	+6131.04
	-10.02353		-)	+427.00238	0	0	0	0	+351.82590
				+5952.23762	-19	0	0	0	+5779.21410
	-10.75284		-)	+491.40936	0	0	0	0	+410.76231
				-5460.82826	-19	0	0	0	+5368.45179
	-14.37647		-)	+878.40232	-22.42729	0	0	0	+756.20232
				+4582.42594	+3.42729	0	0	0	+4612.24947
	+12.48811		-)	+238.51753	+0.16172	0	0	0	+241.45673
				+4343.90841	+3.26557	0	0	0	+4370.79274
	-43.81990		-)	+2987.25656	-0.21847	0	0	0	+2855.35639
				+1476.65185	+3.48204	0	0	0	+1515.43635
	+26.85928		-)	+1041.65230	-21.83310	0	0	0	+1080.43663
				+434.99955	+25.31514	0	0	0	+434.99953
									K <sub>7</sub> = -0.05820

表—9 その3 変動点平均計算簿 (Kの計算)

K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	W	( )
					+1.44389 K <sub>6</sub> =	-2.25710 +2.12618	-0.81287	-3.06997
				+1.49322 K <sub>5</sub> =	-2.59753 -0.81408	+3.80819	+0.60494	+1.21560
			+1.52942 K <sub>4</sub> =	+0.19154 +2.06530	-2.25120	-1.11159	+0.01295	-3.15830
		+4.25 K <sub>3</sub> =	+2.06503 -2.62373	-0.81408	+4.78390	+3.55602	+1.56	+11.15087
	+4.25 K <sub>2</sub> =	0 -1.55990	0	-0.81408	+4.78390	+2.65974	0	+6.62956
+4.25 K <sub>1</sub> =	0 -2.19488	0	+2.06503	-0	+4.78390	+2.47932	0	+9.32825

補正値 (δ) の計算 (K<sub>7</sub> の乗数は表差 A<sub>1</sub>~A<sub>6</sub>)

-1 K <sub>3</sub>	+2.62373	+1 K <sub>2</sub>	+1.55990					+1 K <sub>1</sub>	-2.19488
-1 K <sub>5</sub>	+0.81408	+1 K <sub>5</sub>	-0.81408	+1 K <sub>7</sub>	-1.55990	+1 K <sub>1</sub>	-2.19488	+1 K <sub>4</sub>	+2.06503
+61.1K <sub>7</sub>	-3.55602	-32.4K <sub>7</sub>	+1.82568	-13.1K <sub>7</sub>	+0.77406	-37.3K <sub>7</sub>	+2.17086	-5.3K <sub>7</sub>	+0.30846
δ <sub>1</sub>	-0.11821	δ <sub>2</sub>	-0.48830	δ <sub>3</sub>	-0.78584	δ <sub>4</sub>	-0.02402	δ <sub>5</sub>	+0.17861
-1 K <sub>3</sub>	+2.62373	+1.5K <sub>1</sub>	-3.29232	+1.5K <sub>2</sub>	-2.33985	+1.5K <sub>3</sub>	-3.93560		
-1 K <sub>4</sub>	-2.06503	+1.5K <sub>5</sub>	+3.18927	+1.5K <sub>6</sub>	+3.18927	+1.5K <sub>6</sub>	+3.18927		
- K <sub>7</sub>									
δ <sub>6</sub>	+0.55870	δ <sub>7</sub>	-0.10305	δ <sub>8</sub>	+0.84942	δ <sub>9</sub>	-0.74633		
		1.5 δ <sub>7</sub>	-0.15458	1.5 δ <sub>8</sub>	+1.27413	1.5 δ <sub>9</sub>	-1.11950		

補正値 (δ) の換算 W<sub>7</sub> 算出の (δ<sub>1</sub>~δ<sub>9</sub>) の乗数は表差 (A<sub>1</sub>~A<sub>6</sub>)

+ δ <sub>4</sub>	-0.02402	+ δ <sub>2</sub>	-0.48830	- δ <sub>1</sub>	+0.11821				
+ δ <sub>5</sub>	-0.17861	+ δ <sub>3</sub>	-0.78584	- δ <sub>6</sub>	-0.55870				
+1.5δ <sub>7</sub>	-0.15458	+1.5δ <sub>8</sub>	+1.27413	+1.5δ <sub>9</sub>	+1.5δ <sub>9</sub>				
W <sub>1</sub> '	+0.00001	W <sub>2</sub> '	-0.00001	W <sub>3</sub> '	-1.55999	+61.1δ <sub>1</sub>	-7.22262		
W <sub>1</sub>	0	W <sub>2</sub>	0	W <sub>3</sub>	+1.56000	-32.4δ <sub>2</sub>	+10.45167		-15.82092
						+13.3δ <sub>3</sub>			
						-37.3δ <sub>4</sub>			-0.89595
+ δ <sub>5</sub>	+0.17861	- δ <sub>1</sub>	+0.11821	+1.5δ <sub>8</sub>	-0.15458	+5.3δ <sub>5</sub>	-0.94663		
- δ <sub>6</sub>	-0.55870	+ δ <sub>2</sub>	-0.48830	+1.5δ <sub>9</sub>	+1.27413	- δ <sub>6</sub>			
W <sub>4</sub> '	-0.38009	W <sub>4</sub> '	-0.37009	W <sub>6</sub> '	+0.00004	Σ	+2.28242		-16.71987
W <sub>4</sub>	-0.38000	W <sub>5</sub>	+0.37000	W <sub>6</sub>	0	W <sub>7</sub> '	+18.999		
						W <sub>7</sub>	-19.000		

表-10 観測角三角形点検簿

点 名 称	観 測 夾 角			改正角	辺 長 計 算					
					log		log			
1	a	24°	49'	45"30	補	cosin a	0.376 8382	cosin a		
(5)	b	32	59	43 89		bc	1.871 6287	bc	2.248 4669	
(6)	c	122	10	30 81		sin b	9.736 0565	sin c	9.927 5887	
Σ						ac	1.984 5234	ab	2.176 0546	
ε W					(1)	(6)	96.4991	(1)	(5)	149.9873
1	a	46	25	53 65	補	cosin a	0.139 9306	cosin a		
(6)	b	29	24	5 73		bc	1.857 9981	bc	1.997 9287	
(4)	c	104	10	0 62		sin b	9.691 0178	sin c	9.986 5869	
Σ						ac	1.688 9465	ab	1.984 5156	
ε W					(1)	(4)	48.8592	(1)	(6)	96.4974
1	a	288	44	21 05	補	cosin a	0.023 6542	cosin a		
(5)	b	19	0	41 07		bc	2.152 4011	bc	2.176 0553	
(4)	c	89	43	38 42		sin b	9.512 8929	sin c	9.999 9951	
Σ						ac	1.688 9482	ab	2.176 0504	
ε W					(1)	(4)	48.8594	(1)	(5)	149.9859
2	a	35	55	58 22	補	cosin a	0.231 4829	cosin a		
(5)	b	32	0	19 45		bc	1.871 6287	bc	2.103 1116	
(6)	c	112	3	42 33		sin b	9.724 2752	sin c	9.966 9764	
Σ						ac	1.827 3868	ab	2.070 0880	
ε W					(2)	(6)	67.2027	(2)	(5)	117.5136
2	a	75	50	43 15	補	cosin a	0.013 3899	cosin a		
(6)	b	39	30	54 21		bc	1.857 9981	bc	1.871 3880	
(4)	c	64	38	22 64		sin b	9.803 6489	sin c	9.955 9914	
Σ						ac	1.675 0369	ab	1.827 3794	
ε W					(2)	(4)	47.3191	(2)	(6)	67.2024
2	a	248	13	18 63	補	cosin a	0.032 1586	cosin a		
(5)	b	18	1	16 63		bc	2.152 4011	bc	2.184 5597	
(4)	c	50	12	0 44		sin b	9.490 4786	sin c	9.885 5223	
Σ						ac	1.675 0383	ab	2.070 0820	
ε W					(2)	(4)	47.3193	(2)	(5)	117.5119
3	a	33	5	42 05	補	cosin a	0.262 7843	cosin a		
(5)	b	43	59	43 41		bc	1.871 6287	bc	2.134 4130	
(6)	c	102	54	34 54		sin b	9.841 7351	sin c	9.988 8816	
Σ						ac	1.976 1481	ab	2.123 2946	
ε W					(3)	(6)	94.6560	(3)	(5)	132.8295
3	a	49	1	27 79	補	cosin a	0.122 0595	cosin a		
(6)	b	48	40	2 00		bc	1.857 9981	bc	1.980 0576	
(4)	c	82	18	30 21		sin b	9.875 5743	sin c	9.996 0749	
Σ						ac	1.855 6319	ab	1.976 1325	
ε W					(3)	(4)	71.7186	(3)	(6)	94.6526
3	a	277	52	50 16	補	cosin a	0.004 1209	cosin a		
(5)	b	30	0	40 59		bc	2.152 4011	bc	2.156 5220	
(4)	c	67	52	8 01		sin b	9.699 1180	sin c	9.966 7630	
Σ						ac	1.855 6400	ab	2.123 2850	
ε W					(3)	(4)	71.7200	(3)	(5)	132.8266

備 考

表-11 その1

39年10月

第II回 変動点観測角三角形点検と平均計算後の比較および各成果の出合い一覧表

$W_1=0, W_2=0, W_3=+1."56, W_4=0."38, W_5=+0."37, W_6=0$  (各点同じ)

三 角 形 点 検				辺の閉塞	平 均 計 算		座 標 計 算			高 低 値	S の 真 数
変 動 点	辺	S の 較 差		$W_7$	夾 角 の 中 差 等 誤 差	S の 較 差 対 数 未 位	方 向	Y	X		
		対 数	真 数								
1	$S_4$	78	mm 1.7	- 19	"	2	(6)-1	mm .99	mm .43	mm 9	m 96.4975
	$S_5$	17	0.2			0	(4)-1	.97	.45	8	48.8592
	$S_6$	42	1.4			3	(5)-1	.98	.43	6	149.9857
2	$S_4$	74	0.3	0	"	2	(6)-2	.22	.25	5	67.2017
	$S_5$	14	0.2			0	(4)-2	.21	.26	4	47.3191
	$S_6$	60	1.7			2	(5)-2	.22	.23	2	117.5126
3	$S_4$	156	3.4	+ 21	"	1	(6)-3	.32	.96	9	94.6532
	$S_5$	81	1.4			3	(4)-3	.31	.96	7	71.7193
	$S_6$	96	2.9			1	(5)-3	.30	.93	9	132.8268
4	$S_4$	43	0.5	+ 18	"	1	(6)-4	.82	.91	91	49.8117
	$S_5$	8	0.1			2	(4)-4	.81	.90	91	71.5304
	$S_6$	69	1.3			2	(5)-4	.81	.92	88	83.9602
5	$S_4$	48	0.7	+142	"	0	(6)-5	.62	.58	10	60.8686
	$S_5$	7	0.2			0	(4)-5	.61	.58	11	120.5968
	$S_6$	183	1.2			2	(5)-5	.61	.57	07	28.6346
6	$S_4$	10	0.2	- 9	"	1	(6)-6	.65	.14	70	85.9859
	$S_5$	30	0.6			2	(4)-6	.62	.12	71	88.1655
	$S_6$	11	0.3			1	(5)-6	.63	.12	67	108.1337
7	$S_4$	54	1.3	+ 24	"	3	(6)-7	.37	.81	7	113.6680
	$S_5$	20	0.7			1	(4)-7	.34	.80	7	139.4751
	$S_6$	58	1.3			3	(5)-7	.36	.82	7	96.0336
8	$S_4$	87	1.6	+ 58	"	0	(6)-8	.26	.19	7	77.1568
	$S_5$	37	1.0			1	(4)-8	.27	.19	8	119.0781
	$S_6$	108	1.4			2	(5)-8	.26	.19	5	59.0255
9	$S_4$	159	4.7	+ 58	"	5	(6)-9	.57	5.06	18	127.0332
	$S_5$	78	2.9			4	(4)-9	.59	5.03	20	164.1469
	$S_6$	139	2.9			2	(5)-9	.52	4.96	17	89.5506

表-11 その2

40年4月

第三回 変動点観測角三角形点検と平均計算後の比較及び各成果の出合い一覧表

$W_1=0, W_2=0, W_3=-0."208, W_4=-0."051, W_5=-0."049, W_6=0$  (各点同じ)

変動点	三角形点検		辺の閉塞 $W_p$	平均計算		座標計算			高低値 mm	Sの真数 m		
	辺	Sの較差		夾角の 計算差	Sの較差 対数末位	方向	Y	X				
	対数	整数										
1	$S_4$	1	0.0	+ 12	"	2	(6)-1	.47	.86	1	96.5004	
	$S_5$	21	0.2			$\pm 0.11$	0	(4)-1	.46	.86	1	48.8653
	$S_6$	8	0.2			3	(5)-1	.48	.83	0	149.9968	
2	$S_4$	96	1.5	- 43	$\pm 0.79$	1	(6)-2	.15	.70	4	67.1997	
	$S_5$	81	0.9			1	(4)-2	.14	.69	3	47.3276	
	$S_6$	58	1.6			1	(5)-2	.17	.69	3	117.5168	
3	$S_4$	62	1.4	- 16	$\pm 0.57$	7	(6)-3	.55	.24	9	94.6565	
	$S_5$	44	0.7			4	(4)-3	.59	.20	8	71.7330	
	$S_6$	34	1.0			4	(5)-3	.60	.17	7	132.8306	
4	$S_4$	104	1.2	- 60	$\pm 1.05$	2	(6)-4	.84	.67	3	49.8146	
	$S_5$	81	1.3			1	(4)-4	.84	.65	1	71.5402	
	$S_6$	83	1.6			2	(5)-4	.85	.64	0	83.9642	
5	$S_4$	144	2.0	-162	$\pm 0.88$	0	(6)-5	.06	.18	4	60.8872	
	$S_5$	95	2.6			1	(4)-5	.08	.14	1	120.6134	
	$S_6$	211	1.4			1	(5)-5	.05	.13	0	28.6414	
6	$S_4$	67	1.3	- 17	$\pm 0.66$	1	(6)-6	.69	.56	2	85.9918	
	$S_5$	41	0.8			1	(4)-6	.69	.54	1	88.1853	
	$S_6$	43	1.1			0	(5)-6	.69	.55	0	108.1318	
7	$S_4$	177	4.6	- 36	$\pm 1.33$	6	(6)-7	.35	.92	1	113.6905	
	$S_5$	97	3.1			3	(4)-7	.27	.88	0	139.5016	
	$S_6$	116	2.6			3	(5)-7	.33	.93	0	96.0439	
8	$S_4$	10	0.2	- 7	$\pm 0.10$	1	(6)-8	.50	.59	9	77.1710	
	$S_5$	4	0.1			0	(4)-8	.48	.57	6	119.0960	
	$S_6$	13	0.2			0	(5)-8	.48	.57	6	59.0173	
9	$S_4$	26	0.8	- 6	$\pm 0.09$	3	(6)-9	.78	.26	5	127.0535	
	$S_5$	8	0.3			1	(4)-9	.74	.21	2	164.1681	
	$S_6$	24	0.5			2	(5)-9	.78	.23	0	89.5618	

大涌谷における地表変動量の精密測定について—岩崎・佐藤・勝目

表—11 その3

40年8月

第IV回 変動点観測角三角形点検と平均計算後の比較及び各成果の出合い一覧表

$W_1=0, W_2=0, W_3=-0.''575, W_4=-0.''141, W_5=-0.''137, W_6=0$  (各点同じ)

変動点	三 角 形 点 検			辺の開塞 $W_T$	平 均 計 算		座 標 計 算			高低値	S の 真 数
	辺	S の 較 差			夾角の中 等誤差	Sの較差 対数末位	方 向	Y	X		
		対 数	真 数	mm							
1	S <sub>a</sub>	19	0.5	+ 24	"	1	(6)-1	mm .50	mm .67	mm 93	m 96.4961
	S <sub>b</sub>	35	0.4			3	(4)-1	.50	.68	91	48.8712
	S <sub>c</sub>	8	0.2			0	(5)-1	.52	.65	91	150.0038
2	S <sub>a</sub>	10	0.2	+ 17	±0.14	2	(6)-2	.62	.51	25	67.1624
	S <sub>b</sub>	28	0.3			3	(4)-2	.62	.53	23	47.3364
	S <sub>c</sub>	1	0.0			1	(5)-2	.63	.54	23	117.4935
3	S <sub>a</sub>	69	1.5	+ 26	±0.57	2	(6)-3	.90	.79	298	94.6468
	S <sub>b</sub>	61	1.0			1	(4)-3	.91	.81	298	71.7505
	S <sub>c</sub>	34	1.1			1	(5)-3	.91	.81	301	132.8191
4	S <sub>a</sub>	63	0.7	+ 39	±0.65	0	(6)-4	.12	.44	92	49.8170
	S <sub>b</sub>	68	1.1			1	(4)-4	.13	.46	89	71.5546
	S <sub>c</sub>	34	0.7			0	(5)-4	.11	.47	90	83.9713
5	S <sub>a</sub>	77	1.1	-115	±0.50	0	(6)-5	.54	.21	11	60.9055
	S <sub>b</sub>	44	1.1			1	(4)-5	.53	.28	10	120.6345
	S <sub>c</sub>	148	1.0			0	(5)-5	.54	.25	10	28.6450
6	S <sub>a</sub>	53	1.1	+ 17	±0.56	2	(6)-6	.72	.49	69	85.9941
	S <sub>b</sub>	54	0.9			1	(4)-6	.76	.50	68	88.2115
	S <sub>c</sub>	53	1.1			1	(5)-6	.73	.50	67	108.1243
7	S <sub>a</sub>	129	3.3	+ 22	±1.06	8	(6)-7	.91	.83	37	113.7156
	S <sub>b</sub>	76	2.5			5	(4)-7	.97	.81	35	139.5268
	S <sub>c</sub>	75	1.6			4	(5)-7	.86	.85	36	96.0537
8	S <sub>a</sub>	63	1.1	+ 13	±0.55	1	(6)-8	.68	.16	65	77.1899
	S <sub>b</sub>	43	1.2			2	(4)-8	.67	.19	63	119.1211
	S <sub>c</sub>	33	0.5			0	(5)-8	.68	.19	62	59.0308
9	S <sub>a</sub>	200	5.9	+ 31	±1.08	2	(6)-9	.63	.14	09	127.0828
	S <sub>b</sub>	104	4.0			0	(4)-9	.63	.10	06	164.2010
	S <sub>c</sub>	126	2.6			0	(5)-9	.63	.15	07	89.5757

表-11 その4

40年11月

第V回 変動点観測角三角形点検と平均計算後の比較および各成果の出合い一覧表

$W_1=0, W_2=0, W_3=+0.''577, W_4=+0.''142, W_5=+0.''137, W_6=0$  (各点同じ)

三 角 形 点 検				辺の閉塞 $W_7$	平均計算		座 標 計 算			高低値	S の 真 数
変動点	辺	S の 較 差			夾角の中等誤差	Sの較差対数未位	方 向	Y	X		
		対 数	真 数								
1	S <sub>a</sub>	227	mm 5.1	- 7	±0.22	1	(6)-1	mm .79	mm .59	mm 2	m 96.4803
	S <sub>b</sub>	206	2.4			1	(4)-1	.79	.58	2	48.8653
	S <sub>c</sub>	14	0.4			0	(5)-1	.80	.56	3	149.9869
2	S <sub>a</sub>	189	2.9	+ 82	±1.58	2	(6)-2	.55	.49	5	67.1213
	S <sub>b</sub>	150	1.6			3	(4)-2	.54	.49	5	47.3390
	S <sub>c</sub>	121	3.2			0	(5)-2	.53	.46	5	117.4516
3	S <sub>a</sub>	149	1.3	+ 31	±1.18	7	(6)-3	.11	.43	2	94.6278
	S <sub>b</sub>	87	1.4			5	(4)-3	.04	.48	1	71.7504
	S <sub>c</sub>	84	2.5			3	(5)-3	.11	.47	1	132.7994
4	S <sub>a</sub>	229	2.6	+130	±2.29	2	(6)-4	.67	.35	3	49.8085
	S <sub>b</sub>	173	1.9			1	(4)-4	.66	.36	6	71.5553
	S <sub>c</sub>	186	3.6			1	(5)-4	.65	.35	4	83.9610
5	S <sub>a</sub>	72	1.0	+108	±0.49	1	(6)-5	.73	.72	5	60.9098
	S <sub>b</sub>	40	1.1			1	(4)-5	.73	.72	6	120.6327
	S <sub>c</sub>	140	0.9			0	(5)-5	.73	.74	3	28.6470
6	S <sub>a</sub>	164	3.3	+ 41	±1.60	3	(6)-6	.99	.17	4	85.9817
	S <sub>b</sub>	100	2.0			1	(4)-6	.95	.20	6	88.2230
	S <sub>c</sub>	105	2.6			2	(5)-6	.97	.18	4	108.0944
7	S <sub>a</sub>	183	4.8	+ 43	±1.47	6	(6)-7	.13	.14	1	113.7158
	S <sub>b</sub>	89	2.8			3	(4)-7	.15	.11	1	139.5321
	S <sub>c</sub>	137	3.0			2	(5)-7	.08	.09	1	96.0506
8	S <sub>a</sub>	164	3.0	+ 68	±1.39	6	(6)-8	.99	.06	6	77.1952
	S <sub>b</sub>	92	2.5			3	(4)-8	.97	.06	7	119.1247
	S <sub>c</sub>	140	1.9			4	(5)-8	.01	.10	6	59.0273
9	S <sub>a</sub>	188	5.5	+ 47	±1.17	1	(6)-9	.10	.78	4	127.0848
	S <sub>b</sub>	95	3.6			0	(4)-9	.06	.74	1	164.2007
	S <sub>c</sub>	140	2.9			2	(5)-9	.09	.76	3	89.5729

大涌谷における地表変動量の精密測定について—岩崎・佐藤・勝目

表-12 その1 変動点標的心座標値表

変動点	第 I, II 回		第 III 回		第 IV 回		第 V 回	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1	+ 8.6804	+ 48.0820	+ 8.6838	+ 48.0875	+ 8.7007	+ 48.0905	+ 8.7116	+ 48.0828
2	+ 36.1212	+ 30.5672	+ 36.1307	+ 30.5692	+ 36.1655	+ 30.5416	+ 36.1935	+ 30.5125
3	+ 38.1030	+ 60.7603	+ 38.1172	+ 60.7676	+ 38.1528	+ 60.7659	+ 38.1715	+ 60.7541
4	+ 68.6979	+ 19.9298	+ 68.7077	+ 19.9318	+ 68.7225	+ 19.9321	+ 68.7254	+ 19.9247
5	+ 120.5486	- 3.4596	+ 120.5642	- 3.4481	+ 120.5852	- 3.4445	+ 120.5837	- 3.4367
6	+ 67.9601	+ 69.5644	+ 67.9816	+ 69.5673	+ 68.0155	+ 69.5707	+ 68.0402	+ 69.5619
7	+ 120.8888	+ 56.1656	+ 120.9119	+ 56.1773	+ 120.9348	+ 56.1879	+ 120.9391	+ 56.1911
8	+ 115.4532	+ 29.1573	+ 115.4706	+ 29.1615	+ 115.4952	+ 29.1667	+ 115.4981	+ 29.1700
9	+ 151.0350	+ 64.2856	+ 151.0532	+ 64.2968	+ 151.0831	+ 64.3106	+ 151.0818	+ 64.3131

その2 変動量表

変動点	I, II-III	III-IV	IV-V	I, II-V
	δ	δ	δ	δ
	mm	mm	mm	mm
1	6.5	17.2	13.3	31.2
2	9.7	44.4	40.4	90.7
3	16.0	35.6	82.1	68.8
4	10.0	14.8	7.9	28.0
5	19.4	21.3	7.9	41.9
6	22.1	33.9	27.3	80.4
7	26.5	25.2	5.4	57.0
8	17.9	25.1	4.4	46.6
9	21.4	32.9	2.8	54.3

その3 変動点標高および較差表

第 I, II 回	第 III 回	第 IV 回	第 V 回	I, II-III	III-IV	IV-V
				Δh	Δh	Δh
h	h	h	h	Δh	Δh	Δh
m	m	m	m	mm	mm	mm
1,067.888	1,067.891	1,067.892	1,067.882	+ 3	+ 1	+ 10
1,052.033	1,052.023	1,052.024	1,052.015	- 10	+ 9	- 9
1,064.308	1,064.308	1,064.299	1,064.291	0	- 9	- 8
1,041.090	1,041.091	1,041.090	1,041.094	+ 1	- 1	+ 4
1,037.108	1,037.112	1,037.110	1,037.105	+ 4	- 2	- 5
1,052.070	1,052.072	1,052.068	1,052.055	+ 2	- 4	- 13
1,030.447	1,030.440	1,030.436	1,030.431	- 7	- 4	- 5
1,030.966	1,030.967	1,030.963	1,030.956	+ 1	- 4	- 7
1,019.718	1,019.712	1,019.707	1,019.703	- 6	- 5	- 4

表-13 精密角観測手簿

(6) 測点 昭和39年10月29日 天候 曇小雨 風区分 和風 風方向 北東 温度 8°  
 測器 観測者 岩崎一雄 記録者 勝目一泰

時分	輪郭	鏡眼	番号	視線点		測微鏡		中数	番号	結果	倍角	測差	
				名	標	A	B						
20. 0	r	I	7	+	84° 36'	22.°3	22.°3	84° 36'	44.°6	84° 36'	44.°0	- 9.4	+ 4.7
	95 22				21. 7	21. 6	95 23	43. 3	95 23	6. 6			
	I	4	+	96 12	29. 2	28. 9	96 12	58. 1	96 12	58. 2	- 6.0	+ 3.0	
				83 46	28. 6	27. 8	83 46	56. 4	179 59	54. 0			
	r	I	6	⊙	89 58	55. 2	55. 7	89 59	50. 9	89 59	51. 2	- 8.8	+ 4.4
	90 0				0. 0	0. 0	90 0	0. 0	179 59	51. 2			
22. 42	r	I	3	⊙	73 40	26. 6	26. 7	93 40	53. 3	93 40	53. 0	- 7.8	+ 3.9
	86 18				26. 4	26. 2	86 18	52. 6	179 59	52. 2			
	I	2	+	90 0	35. 9	36. 0	90 1	11. 9	90 1	11. 6	- 7.3	+ 3.65	
				89 58	35. 9	35. 4	89 58	11. 3	179 59	52. 7			
	r	I	1	+	94 38	34. 7	34. 4	94 39	9. 1	94 39	8. 6	- 7.8	+ 3.9
	85 20				34. 1	33. 9	85 20	8. 0	85 20	43. 6			
	I				21. 6	21. 9	85 20	43. 5	179 59	52. 2			
	I				21. 8	22. 0		43. 8	85 20	47. 5			

表-14 変動点標の柱傾斜角測定手簿および底部軸座標計算簿

	(1)	(2)	(3)
与点 (標的心座標) (1)	4 (1)	4 (2)	4 (3)
求点 (底部心座標) (2)	(1')	(2')	(3')
$\tan y'/x' = \varphi =$	306° 11' 10" 21 57 40	296° 3' 40" 26 12 40	286° 54' 10" 45 42 30
$t =$	284° 13' 30"	142° 16' 20"	152° 36' 40"
$x' =$	6.2	6.5	12.0
$y' =$	2.5	3.2	12.3
$y'/x' =$	0.40322	0.49231	1.025
$\text{Sec } \varphi =$	1.078239	1.114613	1.432026
$\text{Sec } \varphi \cdot x = s =$	6.686	7.245	17.18
$s/200 =$	0.03343	0.036225	0.0859
$\tan s/200 = a =$	1° 54' 50"	2' 4' 30"	4° 54' 30"
$\cos a =$	0.999442	0.999344	0.996333
$\sin a =$	0.033397	0.036208	0.085562
$2047 \text{ mm } \cos a \cdot \sin a = S =$	69.15	74.06	174.51
$S =$	69.15	74.06	174.51
$\sin t =$	0.969338	0.612141	0.460028
$\cos t =$	0.245730	0.790749	0.887905
$y_2 - y_1 =$	67.03		
$x_2 - x_1 =$	16.99		
$y_2 =$	48,090.51		
$y_2 - y_1 =$	67.03		
$y_2 =$	+ 48,023.48	+ 30,586.96	+ 60,846.19
$x_1 =$	+ 8,700.67	+ 36,165.54	+ 38,152.80
$x_2 - x_1 =$	+ 16.99	- 58.56	- 154.95
$x_2 =$	+ 8,717.66	+ 36,106.98	+ 37,997.85
備 考	測器象限による方向角の算出	第1象限 $t' + \varphi \pm 180^\circ$ 第2 " $t' - \varphi$	第3象限 $t' + \varphi$ 第4 " $t' - \varphi \pm 180^\circ$

表-15 底部軸座標値表

変動点	第 IV 回時		第 V 回時		地上に 64.5 cm 突出している変動点測標心座標を、地表面座標に誘導転換し、初回の垂直座標および底部軸座標と比較計算すれば、移動方向、移動量を知ることが出来るし、尚断面図において底部移動軸点と地表移動点を結ぶ直線が、垂直測標線との交点(交点を作らない場合もある)をPとすれば、このP点の算出のみならずP点に与える上庄についても、今後数理的に検討したい。
	x	y	x	y	
1	+ 8.7177	+ 48.0235	+ 8.6930	+ 48.0141	
2	+ 36.1070	+ 30.5870	+ 36.1349	+ 30.5579	
3	+ 37.9978	+ 60.8462	+ 38.0062	+ 60.8261	
4	+ 68.6652	+ 19.8660	+ 68.6621	+ 19.8620	
5	+ 120.5107	- 3.4474	+ 120.5072	- 3.4451	
6	+ 68.0506	+ 56.0727	+ 68.0635	+ 56.0766	
7	+ 120.8856	+ 69.5942	+ 120.8847	+ 69.5921	
8	+ 115.4499	+ 29.1542	+ 115.4477	+ 29.1658	
9	+ 151.0475	+ 64.3292	+ 151.0401	+ 64.3371	

ばならない。しかし前の安定度の項で推定したように実質上の精度は信頼性のあるものと判定される。

## 5. 垂直方向の変位測定

### 5.1 基準点と仮設水準原点の連繫

大涌谷頂部に設けられている花崗岩造りの案内盤上部中心を仮設水準点とし、一等水準測量に準じて基準点の(6)、(5)、(4)に結測した。この地区は解氷期が遅く、冬期における基準点の浮上が問題とされるが、すべりの水平移動に重点を置いた調査研究であるので、局地的な測定として取扱った基準点(1)、(2)および(3)の標高は、(4)および(5)からのウイルド T3 による間接水準測定で求めた。また、強風下の観測には、(4)および(5)の基準点の標高を(6)からの間接水準によって求めた。その直接水準および間接観測の成果は表—7、表—12に示した。

### 5.2 変動点の間接水準観測

9箇の変動点は、急傾斜地内に設置してあるため、これを直接水準で求めることは能率的でないので、基準点(4)、(5)、(6)の三方向から天頂角観測による間接測定で決定した。その較差は、最大4mm以内であり、中等誤差は±1mmである。その観測例および成果は表—13、表—12に示す。その成果の信頼度は、後述する大気の変状屈折によるものが、含まれているものと見なければならぬ。観測基準点と変動点相互の間の同精度の同時観測は設備上困難である。異状気象による屈折が数mm含まれるものとしても、その精度は5mm以内にあり、実用にはさしつかえないものとみなされる。

## 6. 変動標柱の傾斜測定

地盤の変動に起因して、変動点測標柱の傾斜が明らかになったので、第IV回の変動観測からその傾斜度を測定し、長さ2m、径25cmのコンクリート柱を地下1.2mに埋設した基底部の座標を算出して、地表面の動きと地表下1.2mの動きの差を求める資料とした。コンクリート柱の頭部はすでに構築当時、工事用の気泡水準器で水平点検しながら、堅固に埋設したのでその頂部に測定器を基準方向に照準して整置し、傾斜の方向と量を測定(表—14参照)、計算によって標の柱底部軸の座標を算出することができた(表—15)。第II回の垂直標の心座標と比較計算し、底部軸の変動量として、図—4に示した。なお変動点の標的心は地上に64.7cm突出し、底部軸は地下140cmの地点まで埋設してあるが、変動点の底部軸は同一水平面を移動したものとみなす。

## 7. 変動点の移動量測定結果とその検討

三座標と比較移動量の計算は次の順序にしたがって行

なった。

1) 同次平均計算で角度および Log Sin を補正して算出した平均方向角、平均辺長により、(4)、(5)および(6)の基準点から変動点座標をmm以下2位まで算出し(表—16)、その中数値のmm以下1位を成果表(表—20)の値とした。

2) 変動点の高低計算は間接測定による折光差を考慮してmm位まで算出したが、その平均方法は、高低角度が生そのままであるという見地から、各辺長に反比例した最少自乗法で計算し(表—17)、これを成果表に収録した。なお、毎回の較差は(表—12)を参照されたい。

3) 変動点間の方向および距離の計算値(表—18)は、方向角秒以下2位、辺長対数7桁で成果表に記録した。

4) 変動点の変動量は秒位を算出し、これを表—19に示し、変動方向については図—3、図—4に示した。

この変動量測定は、部分的な細かい変位量を求め、これを継続して記録する自記伸縮計や傾斜計のような利点は発揮できないが、ある広さを持つ地区内の地すべりの変位量を求めるには精度の高い有利な測定方法である。その観測ごとの一連に結測された相対的な絶対成果は表—12に示した。±1.5mmの確率度をもっている。そうして、観測時期ごとの比較成果は前述したような不動点の問題があるが、假不動点、假不動方向間の変化資料から考察して少なくとも、±5mm内外の信頼度があるものと考えられる。なおこの点については今後の観測で立証できるようにしたい。

## 8. 地形断面および等移動量曲線による変位考察

変動量表示図(図—3)に示した如く、調査地区のもっとも高い位置にある1号変動点(図—5)は水平の変位量は少なく、地すべりの1号点から(3)、(6)、(7)号点と低地に向かうにしたがって、その変位量も多少増加し、また(1)から分岐出線と見られる(2)、(4)、(8)号点の断面についても、低地に向かうにしたがって多少づつ移動が大きく表われている。谷を挟む(5)号点でも傾斜方向の低部に向って変位している(図—6参照)。観測における第II回と第III回の経過日数は158日であり、その間で(1)、(2)、(4)、(8)、(9)号点を結ぶ折線断面では低地に向かうにしたがって、順次その水平移動量が増加し、相互の距離は伸びてきている。また、(1)、(3)、(6)、(7)、(9)号点を結ぶ折線断面でも(7)号点までは同じような傾向を示し、(9)号点で移動量が減少している。これは(7)号点と8号点はほぼ同じ標高であるのに対し、(9)号点にいたる距離が短かいための現象であり、両断面の全標高差に対しての変

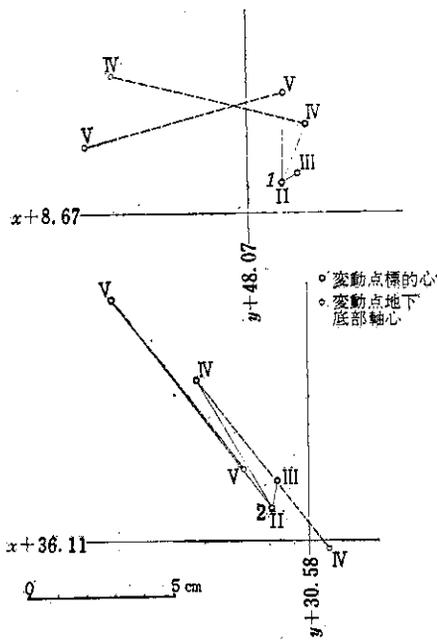


図-4.1 変動点平面位置図

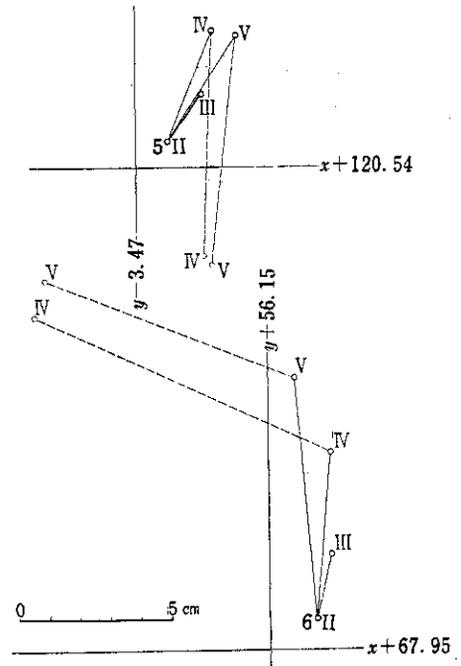


図-4.2 変動点平面位置図

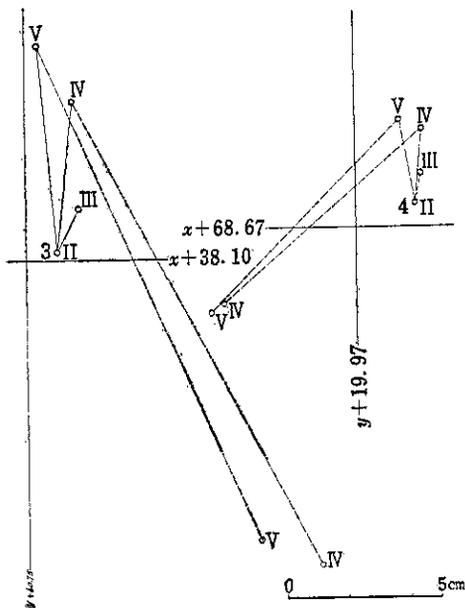


図-4.3 変動点平面位置図

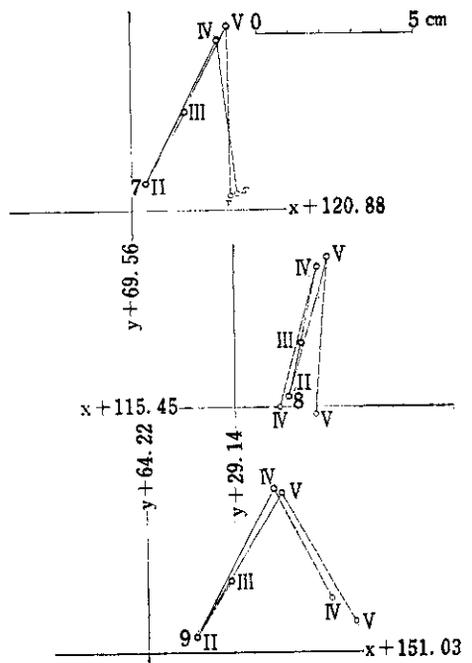


図-4.4 変動点平面位置図

表—16 変動点座標計算簿

与点 (1)	(4)	(5)	(6)
求点 (2)	(1)		
方向角 $t =$	79° 45' 58.918"	151° 1' 38.988"	126° 11' 52.415"
$\sin t$ ...	1.688 9467	2.176 0497.5	1.984 5159
$\cos t$ ...	9.993 0355	9.685 1950	9.906 8639
	9.249 5956	9.941 9347	9.771 2758
$y_2 - y_1$ ...	1.681 9822	1.861 2447.5	1.891 3798
$x_2 - x_1$ ...	0.938 5423	2.117 9844.5	1.755 7917
$y_1 =$	-	0.00000m	-
$y_2 - y_1 =$	+	48.08197	+
$y_2' =$	+	48.08197m	+
平均 $y_2 =$	+48.0820		
$x_1 =$	-	0.00000	-
$x_2 - x_1 =$	+	8.68045	+
$x_2' =$	+	8.68045	+
平均 $x_2 =$	+ 8.68044		

表—17 変動点高低計算簿

与点 (1)	(4)	(5)	(6)
求点 (2)	(1)		
高低角 $a_1 =$	- 2° 13' 56.0"	+ 3° 15' 43.2"	+ 4° 39' 12.5"
$a =$	- 4 27 52.0	+ 6 11 26.4	+ 9 18 25.0
$\tan a$ ...	1.688 9467	2.176 0498	1.984 5159
	8.892 5250	9.035 3094	9.314 5279
真高標高	$h$ ...	0.581 4717	1.211 3592
低地的	$H_1 =$		1051.373m
高さ高差	$h$ ...	-	3.814
	$h_1 =$	+	.319
	$f_2 =$	-	.045
	$K =$	+	.000
	$H_2 =$		1067.888
平均 $H_2 =$	1.067.888	1067.886	
$m =$	$\sqrt{\frac{0.0370}{2 \times 0.0376}} = \pm 0.70$	1067.889	
		$S$	$P$
		$H$	$PH$
		$\delta$	$P\delta$
		(4) 48.86	0.0205
		(5) 149.99	0.0067
		(6) 96.50	0.0104
		$\Sigma$	0.0376
		8	0.1640
		6	0.0402
		9	0.0936
			0.2978
			0.1
			1.9
			1.1
			0.0002
			0.0242
			0.0126
			0.0370

$H = 1067.8879$

位量の和は同量に出てきている。このことは同期間中では(1)号点からの平頂凸線に働いた力が、高地から低地に向かって一様に加わったものであろうことが、等移動曲線から推定できる。高低変動では(1)号点が3mmの隆起を示しているが、兩期の観測精度は±1mm以内であるため、気象状況によるものではないかと考察されるので、これに検討を加える。第三回と第四回の観測期間124日には兩期をはさんでいたので、前期に比べ大きな運動が起っているが、ほぼ前期と同じ傾向を示して傾斜方向に進んでいる。とくに(2)号地点は谷方向に大きな移動を示

しているが、高さに対する変動が表われていない。このことは、この次に調査を行なって検討を加えたい。第四回と第五回の観測期間107日では低地帯の変動が少なく、逆に高い地区で前期と同じような移動を示している。このことは次期の観測結果で検討したい。第二回から第五回までの満一年におよぶ観測期間では、もっとも大きな移動量を示した(2)号点は90mmに達している。この地点は急斜面からなる谷の頂部に当り、その脚部が崩落したことによるものと推定される。移動の詳細は変動量現寸位置図—4、表—12に示した状況であるが、その点

表-18 変動点間の方向および距離の計算

点 (1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)			
点 (2)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5)			
$y_2 =$	+	30.5672m	+	60.7603m	+	19.9298m	-	3.4596m
$y_1 =$	+	48.0820	+	48.0820	+	48.0820	+	48.0820
$Jy =$	-	17.5148	+	12.6783	-	28.1522	-	51.5416
$x_2 =$	+	36.1212	+	38.1030	+	68.6979	+	120.5486
$x_1 =$	+	8.6804	+	8.6804	+	8.6804	+	8.6804
$Jx =$	+	27.4408	+	29.4226	+	60.0175	+	111.8682
$Jy \dots$		1.243 4051		1.103 0610		1.449 5124		1.712 1579
$Jx \dots$		1.438 3967		1.468 6811		1.778 2779		2.048 7066
$\tan \theta \dots$		9.805 0084		9.634 3799		9.671 2345		9.663 4513
$\theta =$		32° 32'		23° 18'		25° 7'		24° 44'
(1)~(2) $t =$		56 79		40 95		46 93		13 86
(2)~(1) $t =$		327 27		40 95		334 52		335 15
$Jy$ or $Jx \dots$		147 27		203 18		154 52		155 15
$\sin \theta$ or $\cos \theta \dots$		3 21		40 95		13 07		46 14
$Jy$ or $Jx \dots$		1.438 3967		1.468 6811		1.778 2779		2.048 7066
$\sin \theta$ or $\cos \theta \dots$		9.925 7918		9.963 0166		9.956 8159		9.958 1991
$S \dots$		1.512 6049		1.505 6645		1.821 4620		2.090 5075
$S =$		32.5540		32.0379		66.2921		123.1707

表-19 変動量の計算

点 (1)	II (1)	(2)	(3)	(4)				
点 (2)	III (1)	(2)	(3)	(4)				
$y_2 =$	+	48.0875m	+	30.5692m	+	60.7676m	+	19.9318m
$y_1 =$	+	48.0820	+	30.5672	+	60.7603	+	19.9298
$Jy =$	+	.0055	+	.0020	+	.0073	+	.0020
$x_2 =$	+	8.6838	+	36.1307	+	38.1172	+	68.7077
$x_1 =$	+	8.6804	+	36.1212	+	38.1030	+	68.6979
$Jx =$	+	.0034	+	.0095	+	.0142	+	.0098
$Jy \dots$		7.740363		7.301030		7.863323		7.301030
$Jx \dots$		7.531479		7.977724		8.152288		7.991226
$\tan \theta \dots$		0.208884		9.323306		9.711035		9.309804
$\theta =$		58° 16'		11° 53'		27° 12' 15"		11° 32' 5"
(1)~(2) $t =$								
(2)~(1) $t =$								
$Jy$ or $Jx \dots$		7.740363		7.977724		8.152288		7.991226
$\sin \theta$ or $\cos \theta \dots$		9.929725		9.990583		9.949078		9.991139
$S \dots$		7.810638		7.987141		8.203210		8.000087
$S =$		0.0065m		0.00971m		0.01597m		0.01000m

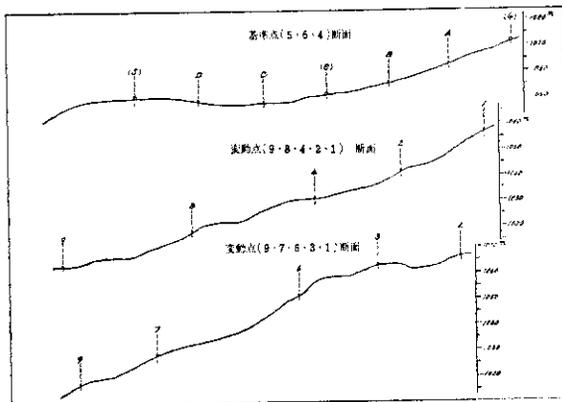


図-5 地形断面図

の脚部の高低差が大きい地点で目立って動いている。隣接変動点の伸びと縮みの関係は、図-7、図-8に示したように、ほぼ伸びの傾向を示している。これは谷方向に押されている変位活動を続けていることを示すものであろう。

### 9. 地表面変動と地下変動値による変位の考察

第IV回と第V回の観測では変動点の傾斜測定を実施した。コンクリート標柱の上端と下端の座標値から傾斜の形状が明らかになり、変動点現寸平面位置から地表面の動きと地下1.4mの動きが明らかに相違していることがわかった(図-4)。2回の観測資料によると、数mmから100mmにおよび、その2回の比較傾斜の支点も明らかになった。今後は継続測定によって観測資料を蓄積し、

表-20 その1 変動点水平角観測記簿

		(6) 測 点					
方 向	(5)	(7)	(4)	(6)	(3)		
視 測	中標心角 方標方向角	0° 0' 0" 00	56° 54' 46" 08	82° 29' 30" 11	84° 27' 2" 48	102° 54' 34" 54	
	log S	m	m	m	m	m	
平 均	中標心角 方標方向角	0 4 0 1 0 2 00 390	56 4 54 1 45 22 251 390	89 4 29 1 29 625 390	84 4 27 1 22 167 390	102 4 54 1 33 006 390	
	log S	1.8716287 74.40956m 基線長	2.0556381.5 113.6680m	1.6973314 49.8117m	1.9344272 85.9859m	1.9761354 94.6532m	

その2 成 果 表

原 点・基 準 点 (4)	変 動 点 (1)	標 石
B=	x=+	8.6804m
L=	y=+	48.0820m
		A=1,067.888m

視 準 点	平 均 方 向 角	観 測 秒	距 離 の 対 数	距 離 の 真 数	備 考
真北方向角					
基 準 点 (4)	259° 45' 58"	92	1.688 9467	48.8592	
" " (6)	306 11 52	42	1.984 5159	96.4975	
" " (5)	331 1 38	99	2.176 0498	149.9857	
変 動 点 (9)	6 29 37	60	2.156 1668	143.2738	
" " (6)	7 45 54	61	1.776 9068	59.8283	
" " (7)	10 50 17	45	2.057 8422	114.2455	
" " (3)	23 18 40	95	1.505 6645	32.0379	
" " (2)	327 27 3	21	1.512 6049	32.5540	
" " (4)	334 52 13	07	1.821 4620	66.2921	
" " (5)	335 15 46	14	2.090 5075	123.1707	
" " (8)	349 56 56	84	2.035 1773	108.4362	

これと変動点の局所大縮尺地形図、あるいは試錐、地質資料と併せて、解析することにより運動の様相を究明したい。なお、許されれば地下3mか5mの堅固な測定用標柱を建設したいと思う。

10. 今後の研究課題について

満一年にわたる5回の観測結果から、前述の精度に基づく比較変動成果を得ることができた。点における移動量は最少28mmより最大91mmに達し、年間の平均は55mmとなり、降斜面の方向性を示している。なお移動観測を行なった地域内には一部の変動点とほぼ同じ位置に傾斜計伸縮計が設置された。これらの資料も併せての運動の解析が望まれる。

角測量の精度は、観測者の熟練度、使用機械の性能、反復測定の回数、測定位置の設備、視準目標点の適正設備および気象の状態に関係する。とくに異状地帯における噴気ガスの流れ、地熱、風向、風力、気温、湿度、気

圧変化およびコンクリート柱と接する地肌にも照る太陽熱などの影響により、照準線が通過する空気の状態は、測定精度に大きな影響をおよぼす、鉛直方向の大きな屈折と共に異状屈折を起こさせやすい。この影響をできるだけ除くためにとくに夜間観測を実施したが、現地は気象変化のはげしい標高1,000mの山地であり、毎回の限られた日数では晴夜に恵まれることが少なかった。このような異状地帯でこれらの屈折補正を求めるには、観測時点における気象記録をもとにして、条件の違う日時の観測資料を解析し、併せて異高度測定時の機械変化も検討し、精度向上への多くの研究課題が残されている。

この方法による局地的な地盤変動の測定を、地すべりに応用した実験は始めてであり、大地的な地殻変動、あるいは人工建築物の変位精密測定とは条件を異にするので、今回の観測結果をなお十分に検討して、適切な地盤変動測定技術の確立と、運動機構を究明したい。

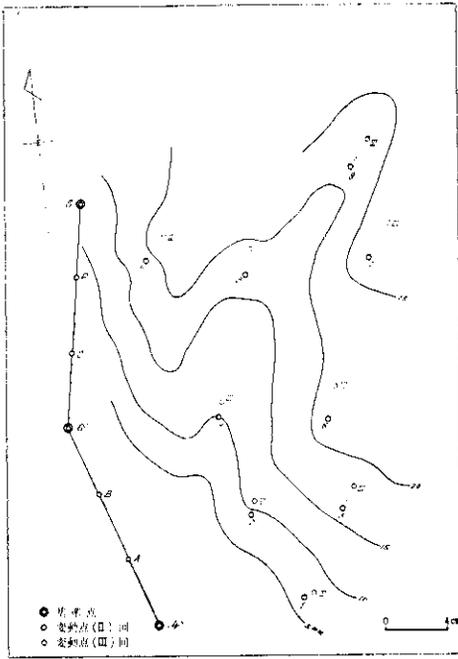


図-6.1 等移動量曲線図 (II : III)

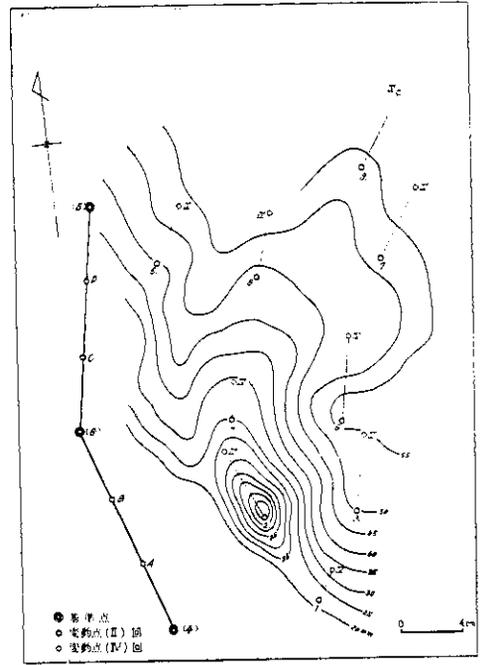


図-6.2 等移動量曲線図 (II : IV)

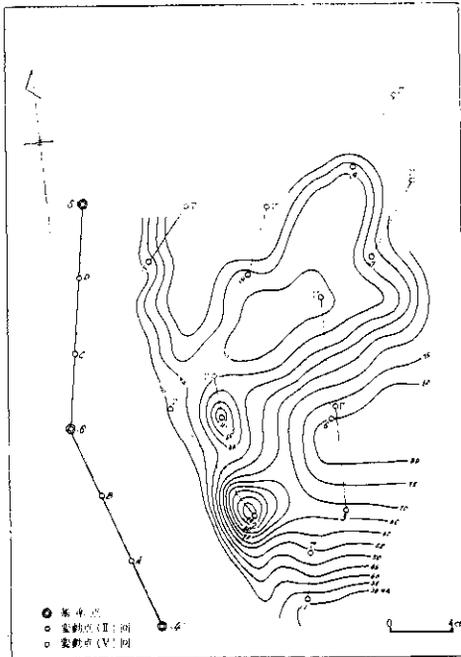


図-6.3 等移動量曲線図 (II : V)

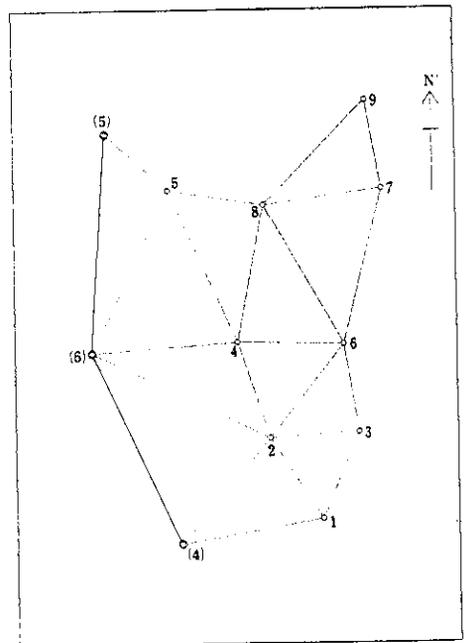
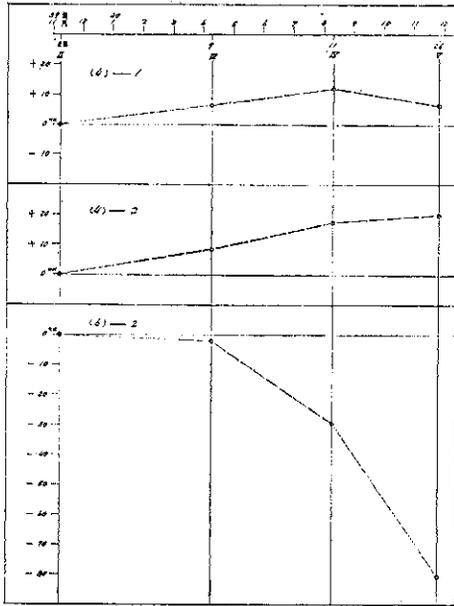
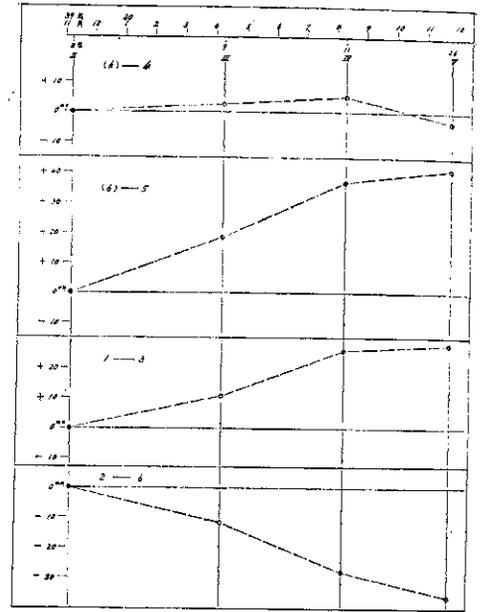


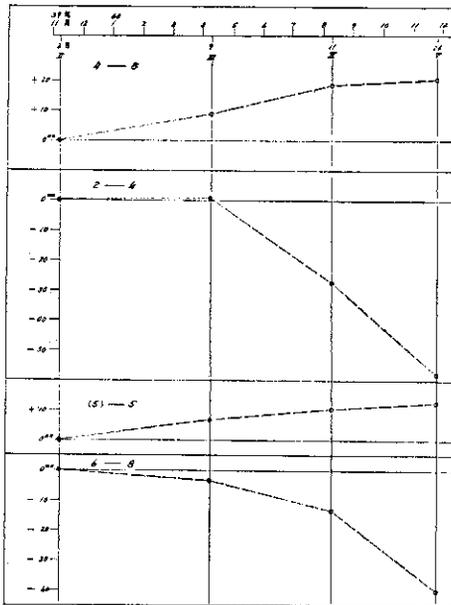
図-7 点間距離伸縮算出網図



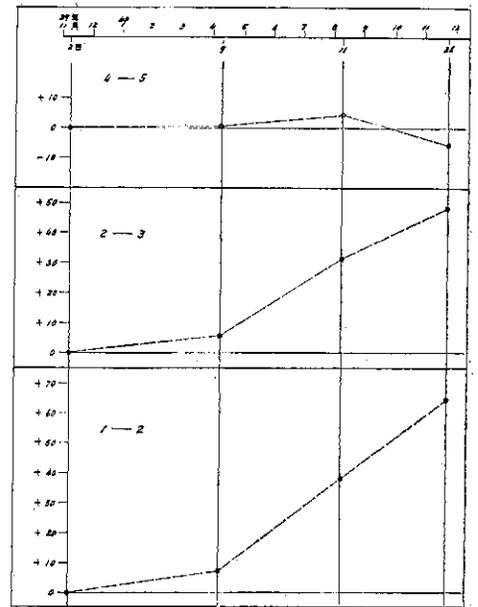
図—8.1 点間距離伸縮図 (平面投影値)



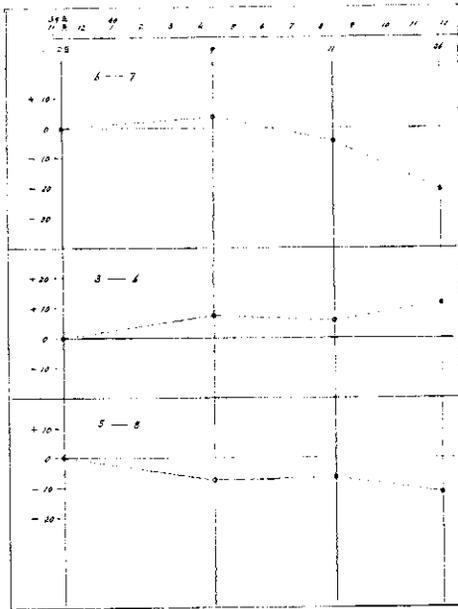
図—8.2 点間距離伸縮図 (平面投影値)



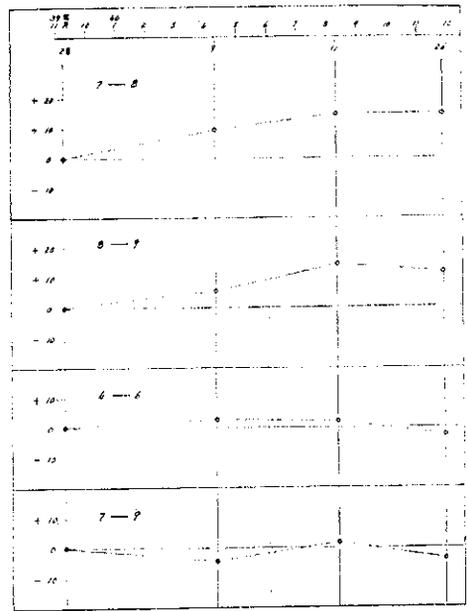
図—8.3 点間距離伸縮図 (平面投影値)



図—8.4 点間距離伸縮図 (平面投影値)



図—8.5 点間距離伸縮図 (平面投影値)



図—8.6 点間距離伸縮図 (平面投影値)