

# 光波測距儀CUBITAPE DM-60による実験

磯 巳 代 次・橋 本 知 昌 (技術部地形課)

## はじめに

光波や電波を用いた測距儀は 電子工学的に距離を測定する装置で これらは広く電磁波測距儀とよばれている。このうち光波を用いる測距儀は その使用法が簡単な上 精度が高く 作業能率がいちじるしく向上するといった利点が注目され 距離測量一般に使用されている。

特に最近では 活断層・地すべり等の定期観測など迅速かつ 精密を要する計測に使われているほか 今後はその計測に困難を伴う火山関係の諸観測など 広い分野に発展するものと思われる。

昭和50年度新たに CUBITAPE DM-60 (米国・CUBIC 社製) が整備され今回その実験を行なった 測定実験には たまたま 地質調査所が活断層微変動観測のため設置し 観測を継続中の 三浦半島野比の菱形基線場を利用し 各観測点間の辺長測定を行なうとともに 菱形基線測量もかねて行なった。その結果 本機の精度 迅速性および使用上の簡易性など 当初の目標が十分に達せられ 今後各種の地殻変動 海域 公・鉾害等の調査研究を初めとして 種々の分野で大いに活用され

ることが期待される。

## 光波測距儀

光波測距儀の測定原理は 本機から赤外線またはレーザーを光源として 位相の異なる2つの光を周期的に連続発射し 光が反射鏡までの距離を往復する微小時間から 本機に内蔵する電子回路により 距離が表示されるものである。

光波測距儀は 国産機 輸入機を合わせると 10数機種が発表されている。それらの性能は 測定距離が数m~2,000mの短距離用と 10数m~50kmの長距離用とにわけられているが いずれも公称精度  $\pm 3 \sim 5 \text{mm} + \sqrt{\frac{\text{測定距離}}{10^6}}$  であるといわれ 高い精度をもっている。

光波測距儀が開発された当時 (20数年前) のものは 重量 150kg 測定時間45分 (1回の測定) で 精度はすぐれていたが 機動性に欠けていたので 特定の距離測定に限られた傾向にあった。近年 小型・軽量化が急速にすすみ 測距儀の重量が3~10kg程度になり 測距読取方式が 系数式から数値表示式 (デジタル) に改良され かつ 気象補正も簡便になったので 機動性が向

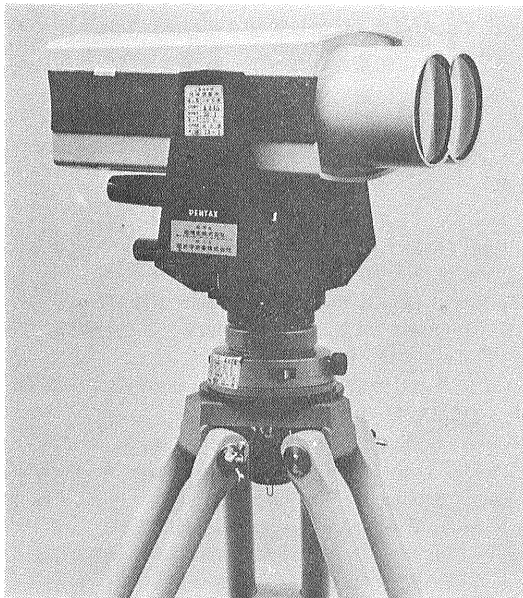


写真1  
光波測距儀 DM-60

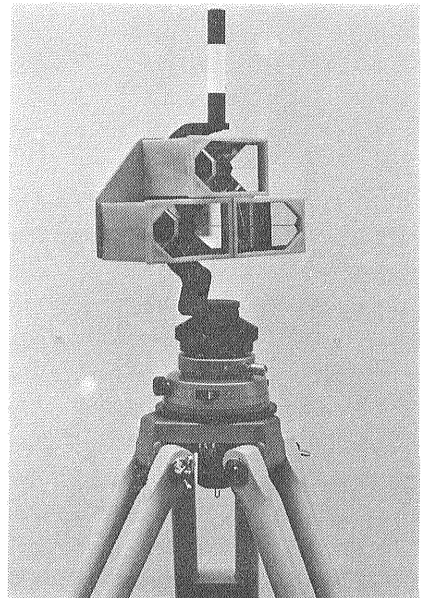


写真2  
3素子プリズム反射鏡

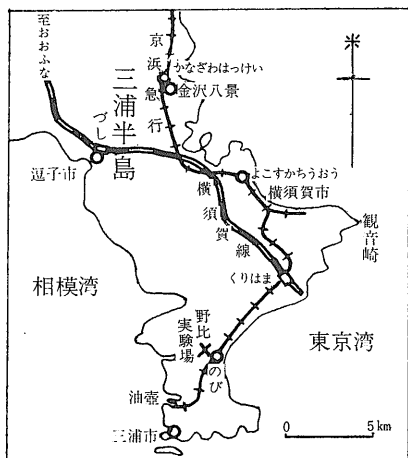


図1 位置図

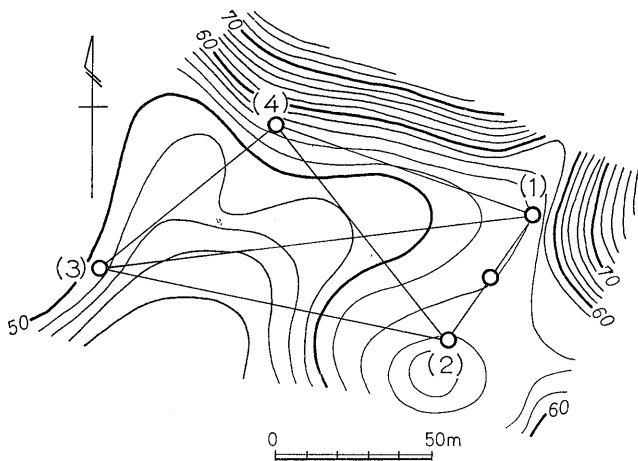


図2 野比菱形基線場

上し操作がまことに容易となって 各分野へ急速に普及してきた。

光波測距儀は 電波測距儀に比べると 精度が高く 地形に左右される度合が少ないほか 光波測距儀の取扱資格には 免許(電波測距儀は無線局・無線技士資格が必要)を必要としないなどの長所がある。一方短所としては 1m~2,000mの短い距離には支障はないが 長距離では 夜間の測定が要求され また 大気の見透しが悪い時には 測定する距離を 短くとらねばならないなどの点があげられる。

### CUBITAPE DM-60

今回 整備したDM-60(写真1)は 中距離用として開発されたもので 測定距離1m~2,000m 測距儀の重量 6.8kg 電圧12Vで 操作は自動化され わずかな調整で測定値がデジタル表示される。

測定される距離は 2地点の斜距離であるから 両地点の比高 あるいは光線の傾斜角度を知るとともに 測定時の気温・気圧による補正を厳密にほどこさねばならない。

また 本機は1素子または 3素子の反射鏡(写真2)を使用するが 通常的气象条件下では 1素子の反射鏡で1,000m 3素子の反射鏡で2,000mまでの距離測定が可能である。

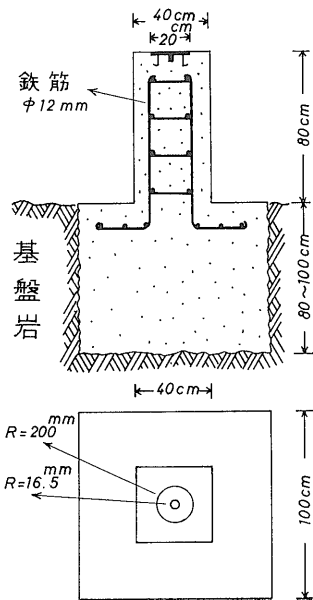


図3 観測台設計図



写真3 観測台

表1

光波測距儀による標準測定回数の中等誤差(標準変差)算出表

測距回	測距方向	インバー系精密辺長	DM-60 光波系辺長						備考
			測定者(A)			測定者(B)			
			測定中数	$\delta$	$\delta\delta$	測定中数	$\delta$	$\delta\delta$	
1	No.1 ~ No.2	m 49,857	m ,854	mm - 3	mm 9	m ,850	mm - 7	49	往
2	1 → 4	89,304	,303	- 1	1	,303	- 1	1	"
3	2 → 3	114,532	,526	- 6	36	,529	- 3	9	"
4	2 → 4	87,371	,368	- 3	9	,367	- 4	16	"
5	1 → 3	142,748	,743	- 5	25	,745	- 3	9	"
6	3 → 4	72,027	,024	- 3	9	,026	- 1	1	"
7	No.2 → No.1	48,857	,852	- 5	25	,854	- 3	9	復
8	4 → 1	89,304	,301	- 3	9	,304	- 0	0	"
9	3 → 2	114,532	,528	- 4	16	,529	- 3	9	"
10	4 → 2	87,371	,365	- 6	36	,365	- 6	36	"
11	3 → 1	142,748	,747	- 1	1	,745	- 3	9	"
12	4 → 3	72,027	,024	- 3	9	,024	- 3	9	"
185						157			
$m = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{185}{12-1}} = \pm 4.10\text{mm}$						$m = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{157}{12-1}} = \pm 3.78\text{mm}$			

m : 中等誤差値  
n : 測距の回数

$\delta$  : インバー系と光波系の差  
 $\delta\delta$  :  $\delta$  の2乗

測定実験場

三浦半島野比(図1)には地質調査所が昭和45年に活断層微変動観測のために設置した菱形基線場(図2)があり定期的に菱形基線測定が実施されている。この菱形基線場については当所の岩崎(1974)により詳しく発表されているがここで簡単にその一部を紹介する。

この菱形基線場には観測台No.1~No.4が埋設されそれらの観測台(写真3)(図3)は地下の基盤岩が風化していない部分に1m<sup>2</sup>×0.8mの基礎コンクリートを密着させ0.4m×0.4m×高さ0.8mの鉄筋コンクリートできわめて堅固に構築されている。観測台上面中央に径200mm厚12mmの真鍮板が水平に埋め込まれその中央に径16.5mm深さ30mmの穴があげられている。これは観測機標尺などを0.1mm以内の精度で中心合致が簡便に行なえるための精密な装置である。

観測台No.1↔No.2の間はインバー基線尺で精密測定を行ないその精度は $\frac{1}{100万}$ 以上である。両観測点間を基線としてNo.3・No.4観測台間はウイルドT<sub>3</sub>経緯儀による精密角観測値から辺長を求めこれを精密平均計算処理を行なって辺長が決定されており全点にわたり±0.5mmの精度で収められている。DM-60光波測距儀の実験を行なうにはこれらの観測台を利用しうること野比菱形基線場は最も適した場所であるといえる。

測定実験

DM-60による測定実験は昭和50年6月27日11時~15時晴天気温25℃~27℃気圧745mmHg~747mmHg微風下の天候のもとで実施された。本機には常に直射日光をさけるよう日覆傘を用い測定方法はA・B2名がそれぞれ1セット(3回測定)を受持って全点相互の往復距離測定を行なってその中数値を求め精密比較値とした。インバー系精密辺長値(岩崎1975)とDM-60による測距値(気温気圧傾斜の各補正を行ない求めた水平距離)との対比を表1に示した。

DM-60の公称精度は $\pm 5\text{mm} \sqrt{\frac{\text{測定距離}}{10^{-6}}}$ と示されているがその使用に当っては測距儀個々の精度を測定しておく必要がある。今回の実験の結果表1のようにm値(中等誤差)としてそれぞれ $\pm 4.1\text{mm} \pm 3.8\text{mm}$ が得られたので本機個々の精度として $\pm 4\text{mm} + \sqrt{\frac{\text{測定距離}}{10^{-6}}}$ が確認された。

測距儀のm値は距離の長短に関係なく加用されるものである。

菱形基線測量(三辺測量)

辺長を測定するにはインバー基線尺鋼巻尺などにより直接に測定を行なうか三角法を応用する角観測の媒介によって距離が求められていたが光波測距儀などにより瞬時に長距離でも高い精度で測定が可能となったので測量方法が大きく改変されつつある現状で

ある。

上記の実験により本機個有の精度が得られたので 本機によって菱形基線測量を三辺測量方法により実施した。

三辺測量とは 三角形の三辺を与条件として3つの内角を求める測量方法で 地震予知のための精密変歪測量などで実施されている方法である。

野比菱形基線場において 三辺測量を実施するために DM-60によって 各観測台点間の往復距離測定を 前述の方法により行なった。 各測定距離に気温・気圧・傾斜の補正をほどこした数値を用いて 三辺三角法によ

野比基線網図

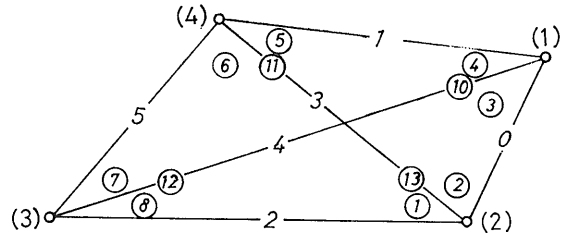


表2 野比基線網測定結果

辺番	インパー系		DM-60 光波系		測定者 (A)		
	精密測定値 比較原値 (S <sub>0</sub> )	往復測定中数 (s)	辺長条件方程式 (s <sub>2</sub> )	(S <sub>0</sub> ), (s), (s <sub>2</sub> )の差			
				(S <sub>0</sub> ), (s)	(S <sub>0</sub> ), (s <sub>2</sub> )	(s), (s <sub>2</sub> )	
0	m 49.8570	m 49.857	m 49.8570	mm 0.0	mm 0.0	mm 0.0	
1	89.3043	89.306	89.3060	1.7	1.7	0.0	
2	114.5318	114.531	114.5310	0.8	0.8	0.0	
3	87.3707	87.370	87.3700	0.7	0.7	0.0	
4	142.7476	142.749	142.7491	1.4	1.5	0.1	
5	72.0269	72.028	72.0280	1.1	1.1	0.0	

角番	精密角観測 厳密平均値 (A <sub>0</sub> )	往復測定中数 (s) より算出夹角 (a)	延長条件方程式 (a <sub>2</sub> )	(A <sub>0</sub> ), (a), (a <sub>2</sub> )の差		
				(A <sub>0</sub> ), (a)	(a), (a <sub>2</sub> )	
	①	38 57 17.344	38 57 21.1	21.108	3.756	0.01
②	75 45 10.155	75 45 19.9	19.669	9.745	0.23	
③	46 47 35.132	46 47 25.2	24.748	4.932	0.45	
④	24 41 41.180	24 41 43.4	43.145	2.220	0.26	
⑤	32 45 33.532	32 45 32.6	32.561	0.932	0.04	
⑥	91 20 51.823	91 20 48.2	48.048	3.623	0.15	
⑦	31 11 53.464	31 11 56.8	56.441	3.336	0.36	
⑧	18 29 57.368	18 29 54.6	54.447	2.768	0.15	
⑩	71 29 16.312	71 29 7.5	7.770	8.812	0.22	
⑪	124 6 25.356	124 6 19.8	20.414	5.556	0.61	
⑫	69 41 50.833	69 41 50.7	50.844	0.133	0.14	
⑬	114 42 27.500	114 42 40.2	40.805	12.700	0.60	

往復測定中数 (s) には常数補正值 -4mm を加用してある

表3 野比基線網測定結果

辺番	インパー系		DM-69 光波系		測定者 (B)		
	精密測定値 比較原値 (S <sub>0</sub> )	往復測定中数 (s)	辺長条件方程式 (s <sub>2</sub> )	(S <sub>0</sub> ), (s), (s <sub>2</sub> )の差			
				(S <sub>0</sub> ), (s)	(S <sub>0</sub> ), (s <sub>2</sub> )	(s), (s <sub>2</sub> )	
0	m 49.8570	m 49.856	m 49.8555	mm 1.0	mm 1.5	mm 0.5	
1	89.3043	89.308	89.3072	3.7	2.9	0.8	
2	114.5318	114.533	114.5322	1.2	0.4	0.8	
3	87.3707	87.370	87.3707	0.7	0.0	0.0	
4	142.7476	142.749	142.0285	1.4	1.5	0.9	

角 番	5	72.0269	72.029	72.0285	2.1	1.6	0.5
	精密角観測 厳密平均値 ( $A_0$ )	往復測定中数 (s) より算出夾角 (a)		辺長条件方程式 ( $a_2$ )	( $A_0$ ), (a), ( $a_2$ ) の差		
					( $A_0$ ), (a)	(a), ( $a_2$ )	
①	38 57 17.344	38 57 20.4		20.499	3.056	0.10	
②	75 45 10.155	75 45 30.0		24.423	19.845	5.58	
③	46 47 35.132	46 47 32.0		22.940	3.132	9.06	
④	24 41 41.180	24 41 49.3		44.086	8.120	5.21	
⑤	32 45 33.532	32 45 28.6		27.654	4.932	0.95	
⑥	91 20 51.823	91 20 53.2		49.468	1.377	3.73	
⑦	31 11 53.464	31 11 65.6		58.345	12.136	7.26	
⑧	18 29 57.368	18 29 55.2		52.132	2.168	3.07	
⑩	71 29 16.312	71 29 1.4		7.923	14.912	6.52	
⑪	124 6 25.356	124 6 5.1		17.569	20.256	12.47	
⑫	69 41 50.833	69 41 46.4		50.034	4.432	3.63	
⑬	114 42 27.500	114 42 32.8		44.928	5.300	12.13	

往復測定中数 (s) には常数補正值 -4mm を加用してある

って各夾角を算出し それらの夾角に角度調整を行なって 各辺の平均辺長を計算した。これらの計算結果と菱形基線精密平均計算結果 (岩崎 1975) との対比を表 2・3 に示した。

### 光波測距儀の応用

光波測距儀は 機種のパフォーマンスにより 長距離用と 中距離用とに大別されることは前述のとおりである。長距離用は 国土地理院により広域の地殻の変動量測定などに用いられ その成果は既に新聞 ニュースなどで報道され 光波測距儀の偉力が紹介されている。中距離用は 測定辺長1,000~2,000mの規模の地殻変動調査 測

定辺長300~2,000m程度の地すべり変動量測定などに使用されているが 今後ますます それらの面で活躍するものと期待される。光波測距儀の使用にあたっては 使用する測距儀個々の精度と測定距離との均衡上から 機能の制約があるので この点を事前に充分検討する必要がある。

地質調査に必要な地形図作成のための空中写真図化の基準点測量などにおいては その能率的な機能が十分に発揮できる。その一例としては 地震 地すべり 公・鉱害調査研究 または 鉱床の調査研究などのために 空中写真から大縮尺の地形図を作成する場合 撮影写真の画面内に基準点が不足していることが多い。このような場合 従来は 三角測量 多角測量と気圧計による高低測量などによって 基準点との結合を求め 図化標定点 図化縮尺を決定していたが それら諸点の測定に光波測距儀とセオドライト1秒級 (写真4) をもって代行すれば 精度の向上のほか とくに能率が著しく高められる。このほか浅海域調査研究におけるセキスタント観測用の陸上視準目標となる高層建物 特徴ある地物の測定 あるいは また干汐時に露出する岩礁 干潟などの位置測定 さらに 鉱床調査研究で多数の図根点を必要とする採掘現場 鉱床露頭地帯などの地形実測における図根点設置など 光波測距儀によりそれらを簡単に測定・測設できるので 後続の作業を円滑に推進させることができる。また 他方では交通頻繁な地域での測量 河川測量などあらゆる分野に応用が可能であり 測量の精度向上と能率増進が大いに期待できる。

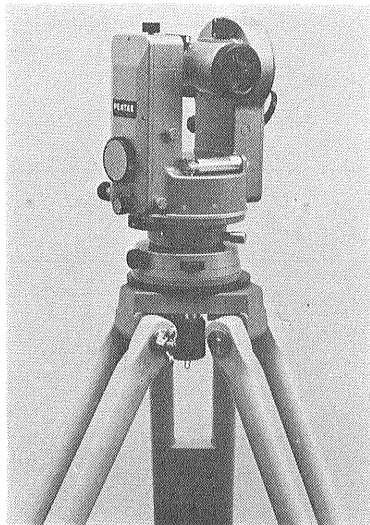


写真4  
セオドライト TH  
—01 1秒級(国産)