

インバー基線尺の経年変化および基線長と主要尺長の信頼度

勝目 一泰* 松田 栄蔵* 宮沢 芳紀*

Secular Length Change of Invar Baseline Tape and Wire and
Reliability of Baseline Distances

Kazuyasu KATSUME, Eizo MATSUDA and Yoshinori MIYAZAWA

Abstract

In the case of direct measurements of distance for detecting a small amount of earth movements caused by such as landcreep, fault displacement, Secular or seismic crustal deformation etc., it is necessary to estimate correctly the accuracies of tape or wire length used for those works. From this point of view, a baseline wire (W-416) and a baseline tape (NS-1) kept in Geological Survey of Japan, which are made of invar alloy and 25 m in length, have been calibrated every year during 1966~1973, as compared with the Guillaume's scale.

As the results, total length change during seven years is -10.75 mm for W-416 and -2.81 mm for NS-1, and the length change for the last one year is -0.20 mm for W-416 and -0.02 mm for NS-1 respectively. The length of both measures became stable with time, as shown in Fig. 1, the constant of scales in Jan., 1973 is 25 m -11.87 mm for W-416 and 25 m -9.44 mm for NS-1.

Distances of the old and new 25 m baseline fields established on the grounds of Geological Survey were annually measured with W-416 and NS-1. In addition, influences of temperature and humidity were also examined. The ratio of distance change of the old baseline was between 0.556×10^{-5} and 0.913×10^{-5} (temperatures at the measuring time were $9^{\circ}\text{C} \sim 29^{\circ}\text{C}$) during four years of 1967~1971, and that of the new baseline for two years, 1970~1972, was $0.155 \sim 0.203 \times 10^{-5}$ (temperature, $10^{\circ}\text{C} \sim 33^{\circ}\text{C}$). The difference of these values is inferred to be depended mainly on the stability of the foundations of each station.

From above those tests, the writers emphasize that special attention should be paid to the foundation of station to prevent moving and/or tilting which are the dominant source of error for shorter lines, and weather conditions such as temperature, humidity, etc. must be constant as possible in observation times.

要 旨

地すべり、断層変位、永年または地震時の地殻変形などによる地盤変動を検出するための距離の直接測定を行う場合には、これに用いられる尺（テープまたはワイヤー）の精度を正確に見きわめることが必要である。この観点から、地質調査所に保管されている25mインバー基線尺W.416(ワイヤー)とNS.1(テープ)について、ギョーム測桿との比較検定を1966年から1973年の間、毎年行った。その結果次のことがわかった。

* 技 術 部

7年間の総変化量は、W.416の場合-10.75 mm、NS.1は-2.81 mm、最後の1年間の変化量は、W.416の場合-0.20 mm、NS.1は-0.02 mmである。

第1図に示されているように両尺とも長さは時とともに安定してきている。

1973年初頭における両尺の定数値は、W.416において、25m-11.87 mm、NS.1では、25m-9.44 mmである。

地質調査所構内に設けられた新・旧の25m基線場の距離を、W.416およびNS.1で毎年くり返し測定した。この検定とあわせて、温度や湿度の影響を調べた結果、旧基線の1967年~1971年の4年間の距離変化の比較は温度

1℃当たりにつき、 $0.556 \sim 0.913 \times 10^{-5}$ である(測定時温度は、9~29℃)。

新基線の1970年から1972年までの2年間では、 $0.155 \sim 0.203 \times 10^{-5}$ (温度巾は10~33℃)である。これらの数値の違いは、主として各測台の基礎の安定性によるものと推定される。

これらの検定の経験から、筆者らは以下のことを強調したい。

測台の基礎が動いたり傾いたりすることは、短かい測線については誤差の主要な原因となるので、基礎にはとくに注意すべきである。

また温度・湿度などの気象条件は、できるだけ一定の条件下で測定する必要がある。

ま え が き

近年地震予知の解明などに関連して地盤の微変動量を知るために尺による直接精密測定を行う分野が多くなってきている。

地質調査所においても、三浦半島野比の北武断層を挟む菱形基線(昭和45年3月~47年3月)の測定を初めとして、房総半島延命寺地震断層地区(昭和46年3月~47年3月)・新潟県栃尾の地すべり地区などにおいて変動量を求めるために、それぞれ現地に設置した基線長について精密測定が行われてきた。

これらの精密測定のためには、基線尺について常に正しい値を保持することが必要であることから、昭和41年~48年にかけて施設の完備されている検定室(国土地理院)において基線尺25mインバーワイヤー(W.416)・インバーテープ(NS.1)について、毎年初頭、基準尺(ギョーム基準測桿)と比較することにより尺常数值を明らかにしてきた。また、上述の検定基線尺を基にして、地質調査所構内に新・旧の両基線場を設置し、検定尺以外の当所における主要な尺、すなわち、インバーワイヤー(GW.1)および平鋼尺(No.1)・(No.2)について、昭和42年~47年の間比較測定を繰返し行って、常に尺の正確な値を保持し、精密測定を行う場合の信頼度の基礎となるようつとめた。

今回、これらインバー尺の検定と基線場および鋼尺など測定試験によって得た成果のとりまとめを行ったので、その概要について報告する。

1. 測定の経過と結果

1.1 インバー基線尺の厳密検定値

昭和41年末~48年初頭まで9回行ったインバーワイヤー(W.416)およびインバーテープ(NS.1)の各回の

検定値を第1表および第1図に示した。

インバー基線尺の比較検定値を得るための測定方法は、空気調節設備の完備した地下基線場において、メートル副原器と厳密に比較検定したギョーム基準測桿により基線場長を決定し、この基線長と検定目的の基線尺とを厳密比較測定することにより尺値を求める。

このための検定条件は、1)標準温度:15℃、2)張力:10kg重垂によるカタナリーの状態、3)比較検定尺長の算出式(日本測量協会、1954): $L_{15} = D + d - \{\alpha(t - 15^\circ) + \beta(t - 15^\circ)\} - c$ 。D=25m+ δ mm; 比較基線の既知長。 $L_{15} = 25m + \delta$ mm; 比較した基線尺の標準温度15℃における長さ。d;(後端尺分画-前端尺分画)+{(分画読定値-指標読定値)後端-(分画読定値-指標読定値)前端}。 α, β ; 伸張係数。t; 測定時の温度。c; 傾斜補正。

1.2 旧25m基線場の測定長ならびにこれより求めた鋼尺などの測定値

本基線場は昭和41年10月設置したもので、翌42年3月より46年初頭にかけて厳密検定尺を基(第2表)にして各年5~7回繰返し基線長の測定試験を行った。旧基線場の規模は、指標檣および掛張り檣(両端10kgバランス掛け)鉄骨高さ60cm、基礎土台(コンクリート)縦巾40cm×横巾50cm×深さ40cm(80cm鉄管2本宛打込み)、指標部は基礎土台上にあって測定時に檣台上指標部に投影する。なお表層の地質は、第4図(新基線場)に示す場合と、ほぼ同様である。この結果得られた基線場の測定長および関連事項を第3表と第2図に示した。また、第2図には、比較のため新基線場測定長についても併記した。

さらに、旧基線場長(W.416尺とNS.1尺の中数值)を基にして平鋼尺ST.1・ST.2およびインバーワイヤーGW.1尺について測定試験を行った結果を第4表と第3図に示した。

1.3 新25m基線場の測定長ならびにこれより求めた鋼尺などの測定値

前述の旧基線場の場合、第3表・第2図からわかるように冬期と夏期においては大きな動き巾がみられる。これはおそらく基線場基礎が浅いため、気象の変化その他の影響(詳細は2.3.1の項に記載)を直接うけて動いたものと考えられた。このため、昭和44年5月庁舎周辺の地質柱状図にもとづいて新たに第4図に示すような比較的深い基礎の基線場を設置し、同年11月より47年初頭まで11回測定を行い旧基線場における場合と比較検討を行った。

この場合、新基線場測定長は第5表の各回の基本値に

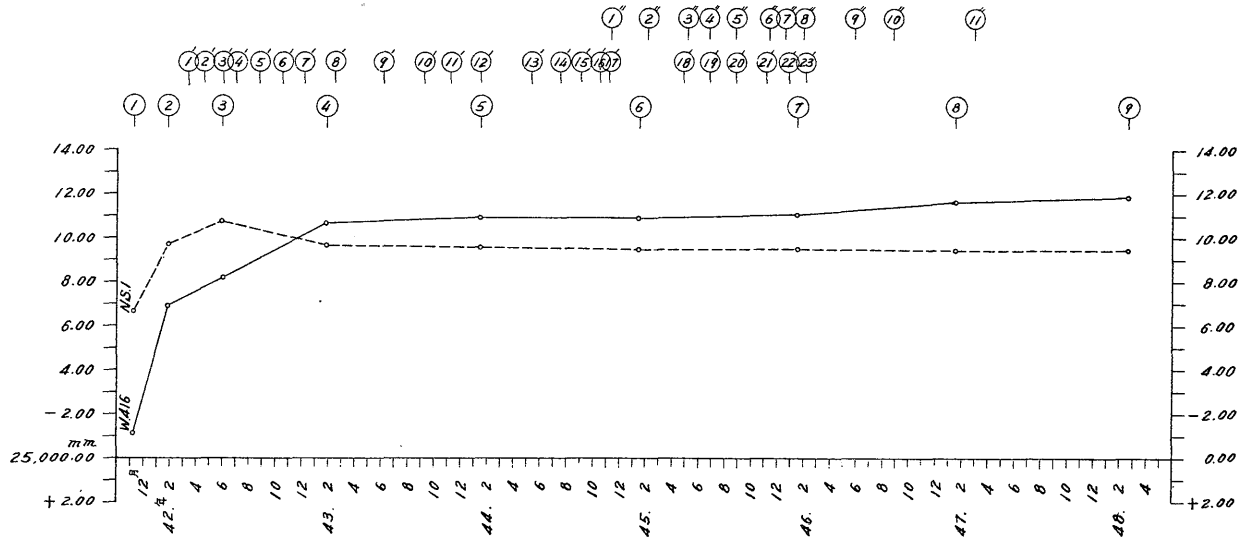
第1表 インバー基線尺の厳密検定値

第 回	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
年月日	41.11.7	42.1.24	42.5.28	43.1.26	44.1.17	45.1.17	46.1.17	47.1.17	48.2.20
尺名									
W. 416	25m-1.12mm	-6.92	-8.19	-10.66	-10.91	-10.91	-11.28	-11.67	-11.87
N S. 1	25m-6.63mm	-9.77	-10.72	-9.62	-9.57	-9.50	-9.52	-9.42	-9.44

表中 (一) 符号尺常数值は真の25mより、それぞれの値だけ短いことを示している。

尺の形状および膨張係数 { W. 416尺は長さ25m, 直径1.7mmのワイヤー状, $\alpha=0.9 \times 10^{-6}$
 { N S. 1尺は長さ25m, 幅 7.5mm, 厚さ0.5mmの平状, $\alpha=0.5 \times 10^{-6}$

尺の経歴 { W. 416尺は昭和41年10月購入した。材料は西独製。
 { N S. 1尺は昭和41年10月購入した。東芝製 (昭和39年10月東京オリンピックに使用)。ただし両尺の作成年度不明



第1図 インバー基線尺の厳密検定値 (経年変化) および新旧基線長測定基本値

- : 厳密検定値および検定日時 (第1表)
- ' : 旧基線長測定基本値および測定日時 (第2表)
- '' : 新基線長測定基本値および測定日時 (第5表)

第2表 旧基線場長測定に際し用いた基本値 (第1図に測定時点を示してある)

第 回	①'	②'	③'	④'	⑤'	⑥'	⑦'	⑧'	⑨'	⑩'	⑪'
年月日	42. 3. 10	42. 4. 18	42. 6. 14	42. 6. 30	42. 8. 23	42. 10. 17	42. 12. 6	43. 2. 14	43. 6. 5	43. 9. 7	43. 11. 7
尺名											
W. 416	25m—7.38mm	—7.75	—8.23	—8.53	—9.07	—9.63	—10.14	—10.68	—10.75	—10.82	—10.86
N.S. 1	25m—10.04mm	—10.33	—10.70	—10.57	—10.33	—10.08	—9.85	—9.62	—9.61	—9.59	—9.58

第 回	⑫'	⑬'	⑭'	⑮'	⑯'	⑰'	⑱'	⑲'	⑳'	㉑'	㉒'	㉓'
年月日	44. 1. 13	44. 5. 9	44. 7. 16	44. 9. 2	44. 10. 16	44. 11. 6	45. 4. 27	45. 6. 26	45. 8. 25	45. 11. 4	45. 12. 15	46. 2. 3
尺名												
W. 416	—10.91	—10.91	—10.91	—10.91	—10.91	—10.91	—11.01	—11.07	—11.13	—11.21	—11.25	—11.30
N.S. 1	—9.57	—9.55	—9.54	—9.53	—9.52	—9.52	—9.51	—9.51	—9.52	—9.52	—9.52	—9.52

W.416およびN.S.1尺の基本値(尺常数值)は、前年度検定値+ $\frac{\text{次年度厳密検定値}-\text{前年度厳密検定値}}{\text{前年度より次年度までの経過日数}} \times \text{測定時と経過日数}$ により求めた。

第3表 旧基線場長測定試験値 (測定試験日は第2表に同じ)

第 回	①'	②'	③'	④'	⑤'	⑥'	⑦'	⑧'	⑨'	⑩'	⑪'	⑫'	⑬'
平均温度	+10.4°C	16.7	26.4	24.9	31.0	17.0	13.1	9.2	24.0	25.7	16.9	4.9	28.2
旧基長													
W. 416尺による	25m mm —7.50	—7.48	—5.48	—5.02	—4.60	—6.72	—8.89	—6.50	—3.21	—2.29	—2.87	—5.63	—3.54
N.S. 1尺による	25m mm —8.12	—7.52	—5.69	—4.71	—3.10	—5.44	—6.89	—6.90	—2.51	—1.74	—2.36	—6.12	—3.22
中 数 値	25m mm —7.81	—7.50	—5.58	—4.86	—3.85	—6.08	—7.89	—6.70	—2.86	—2.02	—2.62	—5.88	—3.38

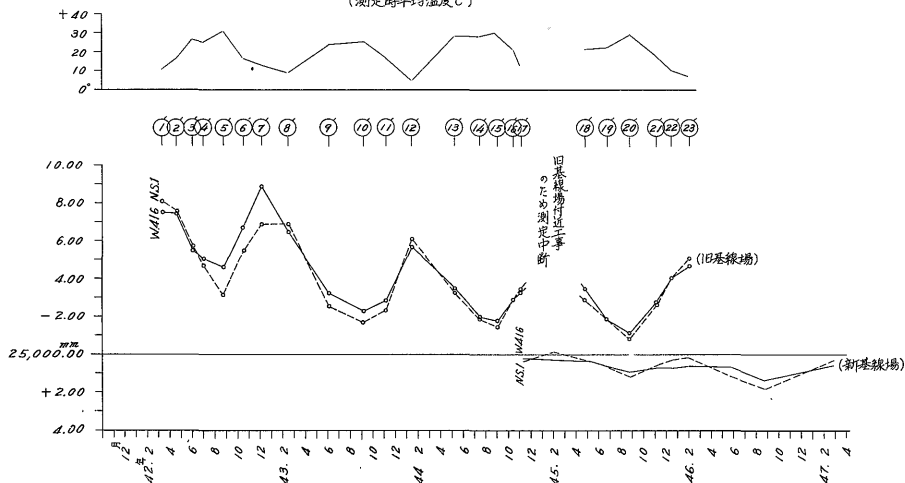
第 回	⑭'	⑮'	⑯'	⑰'	⑱'	⑳'	㉑'	㉒'	㉓'	中数值	中誤差	等確率	率差誤差
平均温度	28.2	30.1	21.5	12.4	21.8	22.6	29.6	18.0	10.2	7.1	x ₀	M	R
旧基長													
W. 146尺による	—2.00	—1.79	—2.90	—3.24	—3.48	—1.87	—1.11	—2.78	—4.03	—4.64			
N.S. 1尺による	—1.86	—1.47	—2.92	—3.46	—2.89	—1.85	—0.80	—2.66	—4.02	—5.09			
中 数 値	—1.93	—1.63	—2.91	—3.35	—3.18	—1.86	—0.96	—2.72	—4.02	—4.86	4.11	±0.43	±0.29

①'~⑳'まで毎測定時の確率誤差 W416尺による場合 R=±0.001~0.052 N.S.1尺による場合 R=±0.001~0.084
基線場長(表記は毎測定試験時常数值)は次式により求めた。

$$D = S + \frac{\Delta l}{l} \cdot S + S \cdot \alpha (t - t_0) - C_i$$

D: 正しい地面上の距離(この場合基線長) S: 測定長 $l + \Delta l$ = 測尺の常数 α = 測尺の膨張係数
t: 測定時の尺温 t_0 : 標準温度(15°C) C_i : $h^2/2S$ 傾斜補正值 h: 両端指標間の比高

(測定時平均温度°C)



第2図 旧基線場長測定試験値

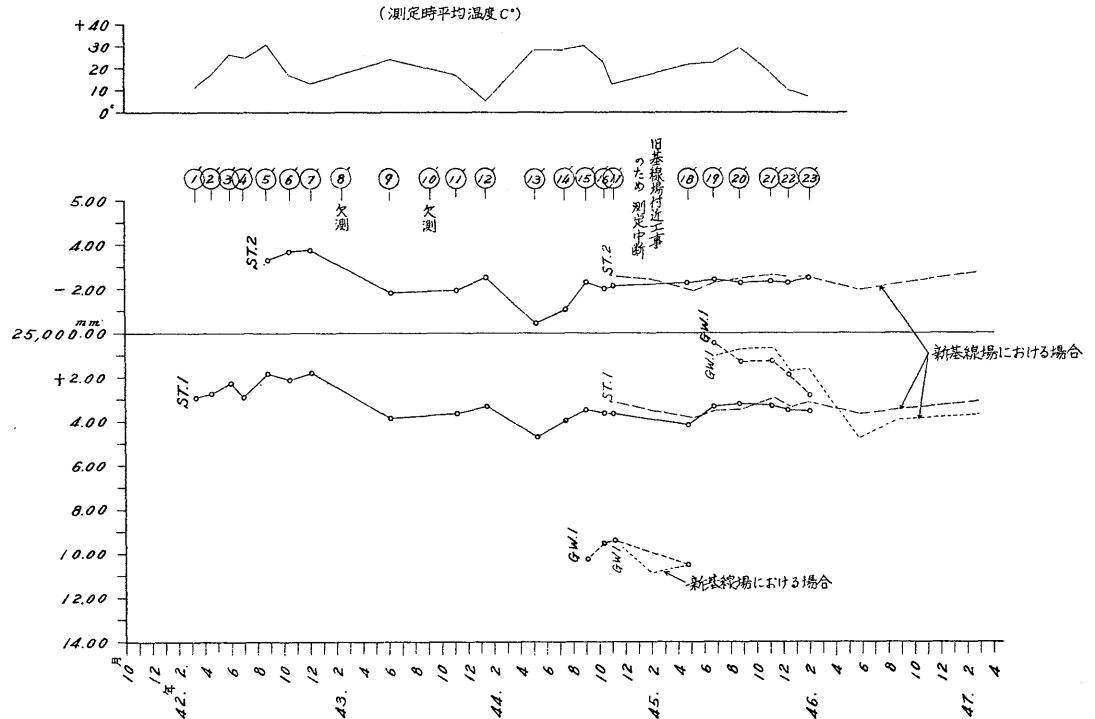
第4表 「旧基線場」鋼尺等精密尺測定試験値 (第3表の測定試験時ごとにおける旧基線長中数値より求めた)

第 回	①'	②'	③'	④'	⑤'	⑥'	⑦'	⑧'	⑨'	⑩'	⑪'	⑫'	⑬'	
平均温度	℃+10.4	16.7	26.4	24.9	31.0	17.0	13.1	欠測	24.0	欠測	16.9	4.9	28.2	
尺名称														
鋼平尺 S.T. 1	25m mm +2.88	+2.78	+2.22	+2.87	+1.81	+2.12	+1.80	欠測	+3.86	欠測	+3.62	+3.32	+4.68	
" S.T. 2					25m mm -3.33	-3.69	-3.77	欠測	-1.84	欠測	-1.94	-2.52	-0.44	
インバー ワイヤー GW. 1														
第 回	⑭'	⑮'	⑯'	⑰'	⑱'	⑲'	⑳'	㉑'	㉒'	㉓'	中数値	中誤	等差	率差
平均温度	28.2	30.1	21.5	12.4	21.8	22.6	29.6	18.0	10.2	7.1	x ₀	M	R	
尺名称														
鋼平尺 S.T. 1	+3.97	+3.44	+3.64	+3.67	+4.16	+3.29	+3.18	+3.23	+3.42	+3.56	25m mm +3.22	±0.14	±0.11	
鋼平尺 S.T. 2	-1.07	-2.31	-2.08	-2.13	-2.24	-2.41	-2.26	-2.37	-2.27	-2.50	25m mm -2.30	±0.19	±0.13	
インバー ワイヤー GW. 1		25m mm +10.20	+9.55	+9.44	+10.50	+0.47	+1.34	+1.24	1.88	+2.84	不確実			

GW.1尺につき、この時点で10mm縮めなおしたが、なお尺目盛部継手のゆるみあることに気づいた。

①'~⑳'まで毎測定時の率差誤差 S.T. 1尺の場合 R=±0.001mm~0.084mm S.T. 2尺はR=±0.001~0.044
毎測定試験時尺常数: Δl=D-S・α(t-t₀)+Ci による。

尺の形状および膨張係数
 { S.T. 1: 長さ25m 幅 6.0mm 厚さ 0.6mm α=0.116×10⁻⁶
 S.T. 2: 長さ25m 幅 5.0mm 厚さ 0.5mm α=0.116×10⁻⁶
 GW. 1: 長さ25m 直径 1.7mmのワイヤー状 α=0.9×10⁻⁶



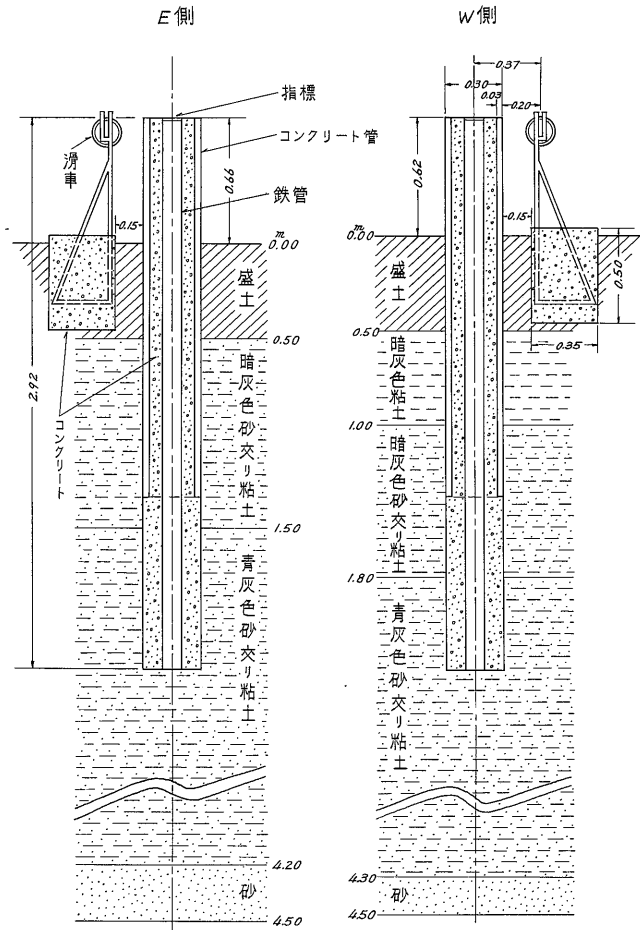
第3図 旧基線場における鋼尺等精密尺測定試験値

より求めた値で、これを第6表および第5図に示した。

なお、鋼尺などの尺長は第6表における W.416 尺と N.S.1 尺の各回の中数値を基にし求め、これを第7表・第6図に示した。

1.4 新基線場における尺の一昼夜測定試験結果

本測定試験は、基線場表土および測定尺が、温度の変化などにより、どの程度の影響を受けるかを観察するため、とくに温度差の大きい夏期の昼夜を通し行ったもの



第 4 図 庁内表側 (新基線場) 25m 基線尺試験台施工側面図

第 5 表 新基線場長測定に際し用いた基本値 (第 1 図に測定時点を示してある)

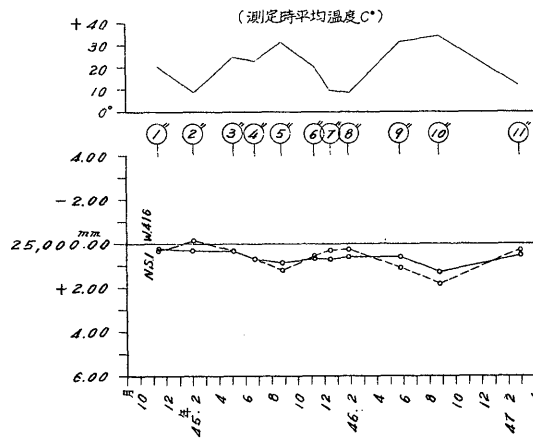
第 回	①"	②"	③"	④"	⑤"	⑥"	⑦"	⑧"	⑨"	⑩"	⑪"
年月日	44. 11. 10	45. 2. 3	45. 5. 4	45. 6. 23	45. 8. 26	45. 11. 9	45. 12. 17	46. 1. 29	46. 5. 26	47. 8. 23	47. 2. 28
尺名称											
W. 416	25m -10.91mm	-10.93	-11.02	-11.07	-11.14	-11.22	-11.26	-11.29	-11.42	-11.51	-11.67
NS. 1	25m -9.50mm	-9.50	-9.51	-9.51	-9.51	-9.52	-9.52	-9.52	-9.84	-9.46	-9.42

W. 416・NS. 1 尺基本値 (尺数値) は、前年度尺検定値 + $\left(\frac{\text{次年度厳密検定値} - \text{前年度厳密検定値}}{\text{前年度より次年度までの経過日数}} \times \text{測定時ごと経過日数} \right)$ により求めた。

第 6 表 新基線場長測定試験値 (測定試験日は第 5 表に同じ)

第 回	①"	②"	③"	④"	⑤"	⑥"	⑦"	⑧"	⑨"	⑩"	⑪"	中数値	中誤	等確率	率差	
平均温度	℃+20.0	8.3	24.6	22.4	31.3	20.1	9.5	8.6	31.6	34.0	11.7	x_0	M	R		
新基長																
W. 416尺による	25m mm +0.21	+0.32	+0.36	+0.63	+0.92	+0.64	+0.70	+0.60	+0.66	+1.31	+0.58					
NS. 1 尺による	25m mm +0.39	-0.15	+0.38	+0.68	+1.22	+0.59	+0.32	+0.15	+1.17	+1.81	+0.31					
中 数 値	+0.30	+0.08	+0.37	+0.66	+1.07	+0.62	+0.46	+0.32	+0.91	+1.5 ^a	+0.44	+0.62	±0.13	±0.09		

①"~⑪"まで毎測定時の確率誤差 W. 416による場合 R = ±0.001~0.024 NS. 1 尺による場合 R = ±0.001~0.034
基線場長は第 3 表に示した場合と同じ方式により求めた。



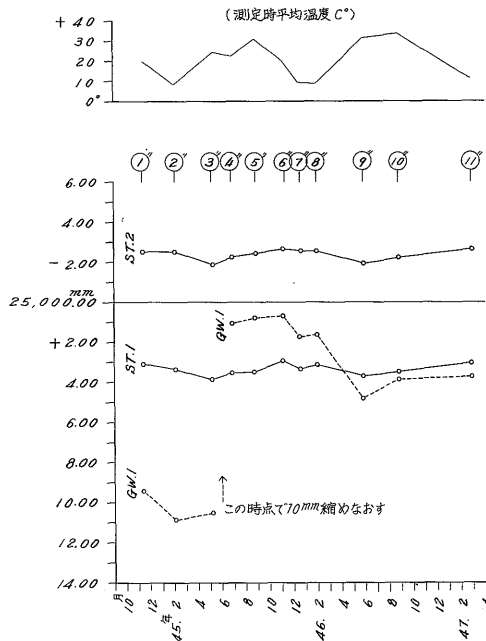
第5図 新基線長測定試験値

第7表 「於新基線場」鋼尺等精密尺測定試験値 (第6表の測定試験時ごとにおける新基線場長中数値から求めた)

第 回	①"	②"	③"	④"	⑤"	⑥"	⑦"	⑧"	⑨"	⑩"	⑪"	中数値	中誤差	等差	確率
平均温度	°C+20.0	8.3	24.6	22.4	31.3	20.1	9.5	8.6	31.6	34.0	11.7	x_0	M	R	
鋼平尺 S.T. 1	25m mm +3.14	+3.38	+3.84	+3.54	+3.49	+2.94	+3.30	+3.16	+3.69	+3.48	+3.08	25m mm + 3.37	±0.08	±0.06	
鋼平尺 S.T. 2	25m -2.53	-2.56	-1.87	-2.31	-2.42	-2.66	-2.58	-2.59	-1.96	-2.22	-2.66	25m -2.40	±0.08	±0.06	
インバー ワイヤー	GW. 1 25m +9.42	+10.87	+10.54	+1.06	+0.77	+0.72	+1.70	+1.61	+4.80	+3.96	+3.69	不确实			

GW. 1につきこの時点で10mm縮めなおしたが、なお最後の測定時に尺目盛部継手にゆるみのあることに気づいた。

①"~⑩"まで毎測定時の確率誤差 S.T. 1尺の場合 $R = \pm 0.001\text{mm} \sim 0.076\text{mm}$ S.T. 2尺は $R = \pm 0.001 \sim 0.044$ 尺常数を求める式は第4表と同じ。



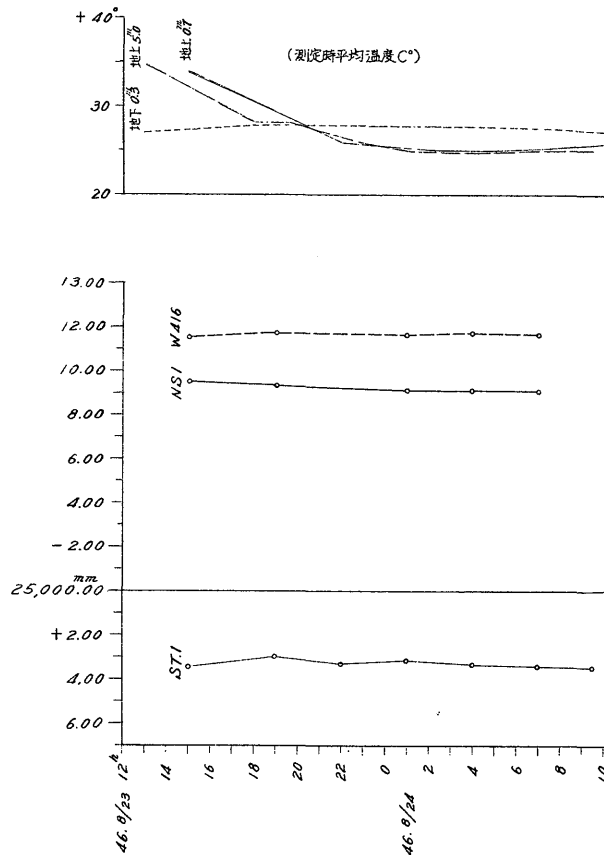
第6図 新基線場における鋼尺等精密尺の測定試験値

第 8 表 新基線場における精密尺の一昼夜測定試験値

年 月 日 時	46. 8. 23 15 h. 00 m	46. 8. 23 19. 00	46. 8. 23 22. 00	46. 8. 24 1. 00	46. 8. 24 4. 00	46. 8. 24 7. 00	46. 8. 24 9. 30	中数值 x_0	最大値 と最小 値の差	中等誤差 M	確率誤差 R
平均温度	℃+34.0	19.0	22.0	1.0	4.0	7.0	9.5				
尺名称											
W. 416	25m mm -11.51	-11.71		-11.64	-11.71	-11.64		25m mm -11.64	0.20	±0.04	±0.02
N S. 1	25m - 9.46	- 9.32		- 9.12	- 9.10	- 9.60		25m - 9.21	0.50	±0.08	±0.05
鋼平尺 S T. 1	25m + 3.48	+ 3.00	+ 3.29	+ 3.18	+ 3.36	+ 3.41	+ 3.48	25m mm + 3.31	0.48	±0.07	±0.04
鋼平尺 S T. 2	25m - 2.22										
GW. 1	25m + 3.96										

各尺常数を求めるための基本値は、46年8月23日の新基線場測定試験値を用いた(第6表⑩より)。

各回測定時の確率誤差は W.416尺: R=±0.001~±0.027 N S. 1尺: R=±0.001~0.028 S T. 1尺: R=±0.001~0.027



第 7 図 新基線場における精密尺の一昼夜測定試験値

で、この試験結果を第 8 表・第 7 図に示した。ただし表中の W.416 および N S.1 の尺常数値は、第 6 表 ⑩ に示す個々の基線場常数値より、また S T.1 尺以外の欄の鋼尺などの尺についてはインバー両基線尺中数值を基にして、筆者らの考案した尺読定記録装置(地質ニュース第 212 号掲載)を用いることにより測定長を求めた。

なお、第 7 図には測定結果と気温との関連性を検討するために測定時ごとの、地中 0.3 m・地上 0.7 m (尺読定記録の位置) および地上 5 m の位置の温度を測定しこれを併記した。

2. 測定結果についての考察

2.1 インバー尺 W.416・NS.1 の場合

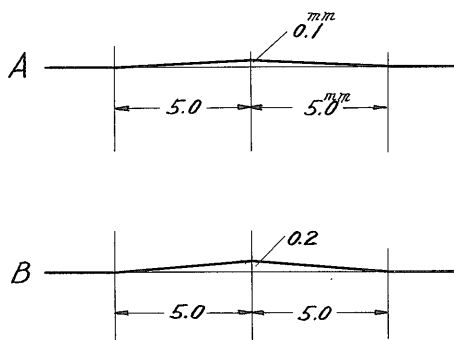
前記第1表、さらに第9表より、W.416尺およびNS.1尺について経年変化の状態を見ると、W.416尺は5回・NS.1尺では3回まで、ともに比較的顕著な縮みをみせ、それ以降両尺は微量ながら相反した伸縮の傾向を示した。なお、1回より9回まで両尺の総体的変化量は、W.416尺の場合-10.75 mm、NS.1尺では-2.81 mmの縮み量となっている。また両尺の変化量は8回時よりきわめて微量となっていることから、およそ安定してきた状態がうかがえる。

なお、W.416・NS.1両尺の尺歴は第1表の摘要欄に記載した。

計量研究所の専門家によると、インバー尺値は、尺製作後およそ4,000日を経過しないと安定しないといわれているが、今回の検定結果においても、これを裏づけるような変化の傾向が示されている。

合金尺の伸縮変化は、材質そのものによるとされている(M. A. HUNTER, 1948)。また、藤田(1972)によると、金属の膨張係数の変化について、同じ成分で同じ時期に作られたものでも、実際にはわずかながら変化するといわれる。なお、渡辺ほか(1958)のなかで、基線尺を巻きこみ運搬した際に100 μ に達する突然の変化が起ったという旧陸地測量部の記録のあること、ほか外国文献のうちの2, 3を示し、微妙な尺変化のあることについて記されている。このような不明な尺変化があるが、今回の尺測定試験を通し、これ以外に人為的な縮み変化の加わるであろうことにつき推察される点がみられたので、以下これについて述べる。

基線尺はとくに慎重に扱うが、それでもときによって



第8図 インバーワイヤーの曲りの例

「曲り」ができることがある。この曲りは尺の形状からテープ尺よりワイヤー尺にでき易く、張力(両端10kgがけ)によっても除き難いものである。第8図のA・Bに示す2種は、ワイヤー尺における顕著な曲り部を測り示したものであるが、Aの場合は1箇の曲り-0.001 mm、Bの場合は-0.008 mmとなる。このように微量ではあるが、曲り量の増加により縮み量が大きくなっていく。ただしこの曲りも、これ以上はできない状態になったとき、尺値は安定してくるものと推察される。通常、尺歴の古いものが安定性が高いといわれているが、おそらく以上のこともその一因であろう。

2.2 W.416尺とNS.1尺による場合の測定値比較

W.416尺およびNS.1尺によって、新・旧両基線場長を測定した結果は、それぞれ第3表・第2図と第6表・第5図に示した。

この図表より両尺の各回における測定値の傾向をみると、温度の低いとき、また高いとき、すなわち冬期と夏期に互いに上下入れ違った状態を示しており、およそ10~20 $^{\circ}$ Cの間、つまり基線尺検定時標準温度15 $^{\circ}$ C付近の位置で交叉している。したがって、この位置の基線測定長は一応信頼のおけるものと推察することができる。

また、この交叉位置を境として、測定値がそれぞれ差異を生じている原因については、両尺の形状の違いによる影響(尺自体のもつ線膨張と体膨張の関連性)、すなわち、W.416はワイヤー尺、NS.1はテープ尺(第1表、備考欄)で、両者は表面積において、かなりの違いがあり、外気温に対する感受性は平尺の方が強い。この傾向は、第2図および第5図から判断できる。このように尺個有の物理的特性によって測定値はそれぞれ微量な差異を生ずるものと推察される。

したがって、通常、野外測地測量においては、確実な測定長を求めるために基線尺5本程度を使用し、その中数値を採用することになっている。

2.3 旧・新両基線場の安定性について

2.3.1 旧基線場の場合

旧基線場長の測定結果はすでに前述1.2の項および第3表・第2図に、また信頼性については、1.3項に述べた。

なお、昭和42年初頭~46年初頭におけるおよそ1年ごとの冬期および夏期についての基線場左右測台間の距離の変動巾をみると、温度1 $^{\circ}$ C当たりの動き巾は、

第9表 両尺の変化量(①を基とした)

尺名称	②-①	③-①	④-①	⑤-①	⑥-①	⑦-①	⑧-①	⑨-①
W.416尺	- 5.80	- 7.07	- 9.54	- 9.79	- 9.79	- 10.16	- 10.55	- 10.75
NS.1尺	- 3.14	- 4.09	- 2.99	- 2.94	- 2.87	- 2.89	- 2.79	- 2.81

昭和42年初頭~43年初頭	0.643×10 ⁻⁵
" 43 " ~44 "	0.913×10 ⁻⁵
" 44 " ~45 "	0.556×10 ⁻⁵
" 45 " ~46 "	0.634×10 ⁻⁵

である。これらはW.416尺とN.S.1尺の中数値によって求めており、なお、この場合、本測定試験4年間の高温時平均29℃と低温時平均約9℃との差20℃間の温度帯における25m間、1℃当たりの動き巾を示すものである(第3表に、1年ごとについて、●印を記してある)。

以上より、25m間において3~4mm強という大きな動きの量がみられ、この量は、鋼尺の膨張係数 1.16×10^{-5} の場合の0.5~0.8倍に相当する。

このように基線場の表土は、季節ごとの温度の差、また、乾・湿の度合(飯田, 1973)により、あるいは、近くの研究機器稼働の影響、加えて道路が至近な位置にあるための振動などが作用し合って変動しているものと考えられる。

さらに、本基線場長は総体的に延びの傾向が示された。これは基線場設置のとき、指標部投影方式をとることにより測台の倒れを防ぐことに留意したつもりであったが、これにもかかわらず、なお、左右測柱いずれかの基礎台下部において微細な外側倒れの影響があったものと推定でき、本基線場の基礎が浅かったことによって、このような不安定な状態を示すことになったものと考察される。

2.3.2 新基線場の場合

1.3項に述べたように庁舎前に基礎部が深く、かつ堅固な基線場(第4図参照)を設置し、その基線長を測定した結果を第6表・第5図に示したが、これから年ごとの冬期と夏期における基線場表土間の動きの巾をみると

昭和45年初頭~46年初頭	0.155×10 ⁻⁵
" 46 " ~47 "	0.203×10 ⁻⁵

で、10℃~33℃の差、23℃間において0.89mm~1.17mmである。

この動き巾は、前述旧基線場の場合の約4分の1にとどまり(第2図に新基線場の場合も図示してある)比較的安定している。なお、少量ながら、まだ残存する動きの原因として、

- 1) 表土の乾・湿ならびに温度差による膨縮
- 2) 基線尺それ自体の膨張係数の微妙な差異による動きが考えられ、旧基線の場合の項でも述べたように、やはり1)による影響が強いものと思われる。また、2)については、温度調節施設などを具備し厳密測定を行ったものでないのを確言しがたいが、第2図のW.416尺・N.S.1尺の傾向から、これも併せ包含するであろうと推察される。

2.3.3 新基線場で一昼夜測定試験を行ったときの基線長および尺の信頼性

本測定試験結果、第8図より、測定時温度のうち地表下0.3mの位置の温度をみると、一昼夜では、さしたる変化を示していない。したがって本基線場表土間は一昼夜間の温度差による影響は受けていないものといえる。また、基線尺長および主要尺長について、第8表・第7図からわかるように、測定結果における各尺長の最大値と最小値の差は微量である。この差を示す原因は、外温測定時温度地上0.7mにおいて多少温度差のみられることより微細な影響を蒙るであろうことは否定できないが、これまでの測定試験の経験をとおり、これより、むしろ2.3.2の2項に述べた影響によるものと、不定誤差によるものであろうと推察することができる。

これらのことから本基線場は本測定条件下において安定しており、なお各試験尺値についても一応信頼性の高いものであったと考察した。

2.3.4 主要尺、鋼尺 No.1・No.2などについての信頼性

鋼尺長は、旧基線場における測定試験結果として第4表・第3図に示したものと、新基線場で求めた第7表・第6図とがあり、それぞれの尺常数值(中数値)を比較すると、S.T.1は-0.15mm、S.T.2では+0.10mmでその差は小さい。また新基線場で一昼夜測定を行った第8表・第7図からも、S.T.1(ただしS.T.2は欠測)は、これと近似を示す結果となっている。なお、新・旧両基線場における各回測定試験尺値から両尺は同じような傾向を示しており、とくに一昼夜測定から鋼尺がインバー尺に比べ、さしたる遜色のない傾向が観察できる。

したがって測定装置を完全にし、とくに日射の強い炎天下の測定をさけるなどの注意を払うことにより、200~300mの比較的短い基線長測定においては、インバー尺に準ずる測長精度が得られるものと判断される。

なお、今回の試験では、測尺近傍の気温を測定し、これを尺温として用いたが、鋼尺の伸縮は、地上1mの位置のものより、地上位置の測定温度の方がよく追従されるという実験成果(井沢, 1970)があり、また、尺温は、温度計の感熱部を尺と地表面の間にさしこんで測定する方法が最良という結果も得られている(杉原ほか3, 1971)。鋼尺の精度については、これらの方法を用いることにより、さらによい成果を挙げ得たものと考えられる。

ま と め

当所地形課保有の基線尺および主要尺の尺値について正確を期しておくこと、また測地測量における基線長の

信頼度を確かめることを目的として、インバー基線尺・地質調査所構内に設置した新・旧基線場・主要鋼尺などについて厳密検定ならびに精密測定試験を行った結果次のようなことが明らかにされた。

1. インバー基線尺 W. 416・NS. 1 の厳密検定結果
 - (i) 第1回, 昭和41年初頭より第9回, 48年初頭まで7年間の総変化量は,

W. 416 25m尺の場合 -10.75 mm
 NS. 1 " " -2.81 mm

のように両尺とも縮み変化を示した (毎年の変化量は第1表参照)。

- (ii) 両尺の安定性 (第1表) について, 第8回と第9回の検定値の差は

W. 416 25m尺は-0.20 mm の差
 NS. 1 " " -0.02 mm "

で, NS. 1尺は, とくに安定の度合が高くなっている。

- (iii) 本試験の終了時の昭和48年初頭第9回における尺常数値は,

W. 416尺は 25m-11.87 mm
 NS. 1 " 25m-9.44 mm である。

2. 検定尺を基にして求めた庁内新・旧基線場
 - (i) 25m旧基線場の場合: 昭和42~46年の4年間に於ける毎年の動き巾は 1°C 当たり, $0.556\sim 0.913\times 10^{-5}$ (ただし測定時温度は $9\sim 29^{\circ}\text{C}$ 間) である。
 - (ii) 25m新基線場の場合: 昭和45~47年の2年間に於ける毎年の動き巾は 1°C 当たり, $0.155\sim 0.203\times 10^{-5}$ (ただし測定時温度 $10\sim 33^{\circ}\text{C}$ 間) である。

- (iii) 新基線場常数値は
 25m+0.62 mm $R=\pm 0.09$ mm である。
 なお, 旧基線場については不安定なため記載を省いた。

3. 鋼尺の測定試験結果
 - (i) 新基線場より求めた両鋼尺 ST. 1・ST. 2 の尺常数値は (第7表)

ST. 1尺25m+3.37 mm $R=\pm 0.06$
 ST. 2尺25m-2.40 mm $R=\pm 0.06$ である。

なお, これら試験を行った結果

- (i) 測る側の尺は当然正確を期さねばならないが, とくに測られる側の測点基礎などに入念な配慮を払う必要のあること。
 - (ii) 地盤などの経年変動量を測りとする場合, 測定条件のうちとくに気象条件を揃えること。

に留意することが必要である。

試験の実施に当たっては, 精密測定に関し経験豊富な

当所地形課岩崎一雄技官から種々ご教示をいただき, また庁内基線場の精密施設の製作ならびに設置について, 特技課青木市太郎・和田義一郎両技官から, さらに新基線場基礎部の設置にあたって試験課小林竹雄技官ほかの方々から多大なご助力をいただいた。なお, また, 本稿のとりまとめに当たっては, 技術部長大和栄次郎技官ならびに, 地震予知研究グループ長垣見俊弘技官から終始ご助言をいただいた。ここに深甚なる感謝の意を表する次第である。

文 献

- 地理調査所 (1958) : 25m基線尺検定報告. 昭和23~29年.
- 藤田尚美 (1972) : 三鷹菱形基線の変形. 測地学会誌, vol. 18, no. 1, p. 8~16.
- 飯田汲事 (1973) : 土地の収縮に関する二, 三の実験. 地震研究所集報, vol. 15, no. 15, p. 544~558.
- 井沢信雄 (1970) : スチールテープと温度計. 測量, vol. 20, no. 12, p. 4~10.
- 岩崎一雄・佐藤 優・勝目一泰 (1966) : 大湧谷における地表変動量の精密測定について. 防災科学技術総合研究報告, no. 9, p. 21~23.
- 岩崎一雄・勝目一泰・宮沢芳紀・松田栄造 (1974) : 三浦北武・房総延命寺断層の測地観測による変動結果. 地質調査所月報, vol. 25, no. 2, p. 45~74.
- 勝目一泰・松田栄蔵 (1972) : 基線尺の読定記録装置について. 地質ニュース, no. 212, p. 15~17.
- 菅野和平・須田教明 (1964) : 測地用インバール尺の国際測定. 地理院時報, vol. 28, p. 17~18.
- M. A. HUNTER (1948) : *Low-Expansion Alloys*. Metals Handbook, p. 601~605, American Society for Metals.
- 杉原栄蔵・江口忠夫・阿川有一・藤田昇一 (1971) : 一定距離を地上に設定する一つの方法. 測量, vol. 21, no. 2, p. 22~27.
- 日本測量協会 (1954) : 基線測量. 測量技術便覧, p. 93~110.
- 渡辺 襄・村岡一男・北田一雄 (1958) : 光波干渉による野外における25m基線尺の検定について. 測地学会誌, vol. 4, p. 76~86.