2000年　8月
APA No.76-5
財団法人日本測量調査技術協会

自動追尾 T/S の性能テスト

第三技術部門　畠　山　勝　行

１．はじめに

第三技術部門では、これまでに電子レベルの性能検証、電子平板の利用・効果についての研究等自主研究を行ってきた。今回は自動追尾 T/S（自動追尾・自動視準）について性能テストを実施したので報告する。

自動追尾 T/S は、今までの観測作業は最低二人（観測者とミラーマン）必要であったところを、T/S にモータードライブと通信機能等を持たせる事で一人で観測作業ができるようにして、作業効率の追求と作業時間の短縮を実現すべく開発された器械である。

従来、観測者が行っていた目標の視準、合焦及び望遠鏡の回転等、器械が行うことによる観測性能についての比較等を行い、性能テストを行った。

２．性能テストの概要

⑴性能テストのテーマ

自動視準の性能について（視準精度）
自動追尾の性能について（測定精度）
逆打ちの性能について　（通信機能の利用によるリモートコントロール）

⑵性能テストの目的と方法

１）自動視準と目視視準との観測値による比較
２）自動視準と目視視準との対回観測の比較と観測時間
３）自動追尾中における目標点（ミラー）への遮蔽の影響
４）自動追尾が出来る最短距離テスト
５）逆打ちのテスト
６）障害物が目標点（ミラー）に与える影響
７）視通線上の障害物がおよぼす影響
８）T/S に対し目標点（ミラー）の傾きの影響

３．性能テスト場所

茨城県つくば市　建設省国土地理院構内　「日本列島球体模型」付近

４．テスト日時

平成11年12月９日　　10時から15時

５．性能テスト（機器協力会社）

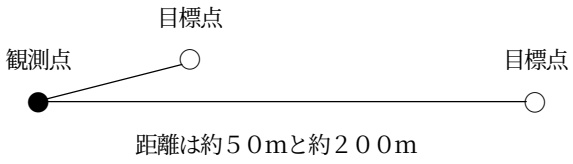
株式会社　トプコン
スペクトラ・プレシジョン株式会社
ライカジオシステムズ株式会社

６．性能テストの結果

１）自動視準と目視視準との観測値による比較

人間の目の視準と器械の視準に差があるかの目的で、観測点から約50mおよび約200m地点に目標点を設け、器械（自動視準）と人間（目視視準）との観測値の比較を行った。

比較の方法は、水平角・鉛直角をそれぞれ自動視準と目視視準を10回の観測を行い比較した。



A社

距離　約５０m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
水平角	０°　７′　8.1″	3.01″	０°　７′14.0″	1.18″
			較　差　　−5.9″	

距離　約２００m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
水平角	１°51′　3.２″	2.48″	１°51′　6.7″	2.15″
			較　差　　−3.3″	

距離　約５０m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
鉛直角	85°55′33.9″	2.66″	89°55′35.9″	2.07″
			較　差　　+2.0″	

距離　約２００m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
鉛直角	89°59′　35.7″	1.19″	89°59′29.1″	2.30″
			較　差　　+6.6″	

B社

距離　約５０m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
水平角	37°38′15.2″	2.09″	37°38′18.5″	1.02″
			較　差　　−3.3″	

距離　約２００m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
水平角	41°36′28.3″	1.55″	41°36′33.3″	1.10″
			較　差　　−5.0″	

距離　約５０m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
鉛直角	90°　1′22.6″	3.83″	90°　1′19.5″	0.92″
			較　差　　+3.1″	

距離　約２００m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
鉛直角	90°00′　16.4″	2.33″	90°00′19.9″	1.14″
			較　差　　−3.5″	

C社

距離　約５０m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
水平角	27 ° 10 ′ 15.4 ″	1.20 ″	27 ° 10 ′ 12.3 ″	3.47 ″
較　差　＋3.1 ″				

距離　約２００m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
水平角	27 ° 34 ′ 59.3 ″	1.55 ″	27 ° 34 ′ 57.3 ″	1.62 ″
較　差　＋2.0 ″				

距離　約５０m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
鉛直角	89 ° 59 ′ 57.2 ″	1.25 ″	90 ° 00 ′ 10.3 ″	2.57 ″
較　差　—13.1 ″				

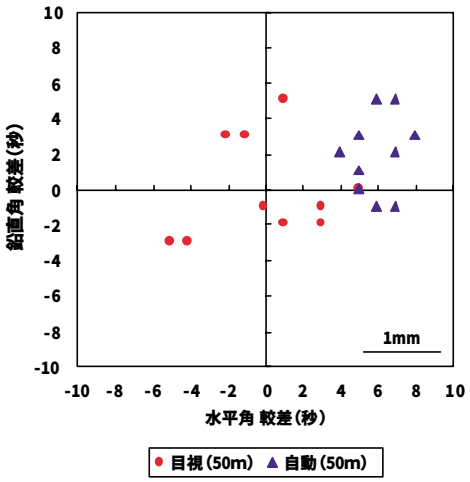
距離　約２００m

	目視視準観測平均	標準偏差	自動視準観測平均	標準偏差
鉛直角	89 ° 53 ′　41.7 ″	3.16 ″	89 ° 53 ′ 54.6 ″	1.91 ″
較　差　—12.9 ″				

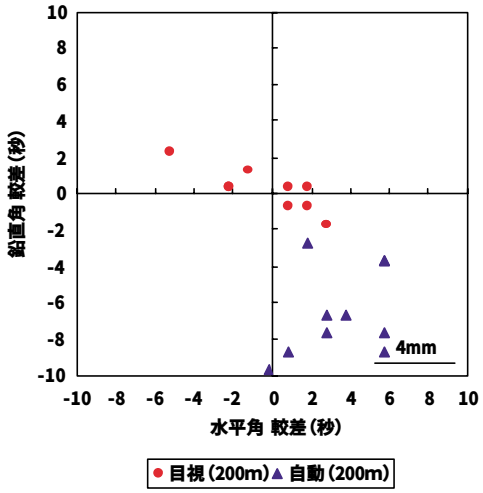
◎まとめ

グループ内でのバラツキは小さいが、観測平均値の差が出ている。各機種共に水平角の平均値で２～６秒の差があり、鉛直角では２～13秒の差がある、特にCは大きい。

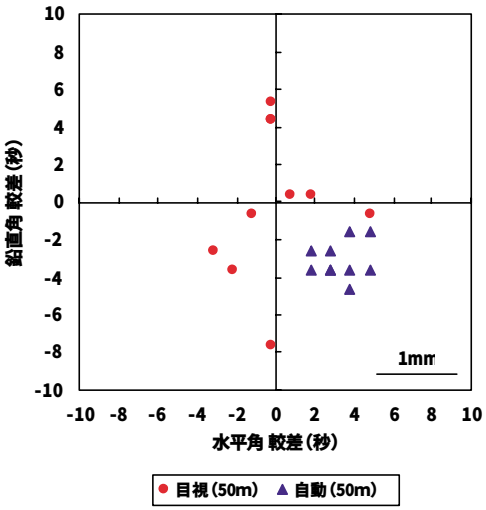
自動視準との比較（A社：50m）



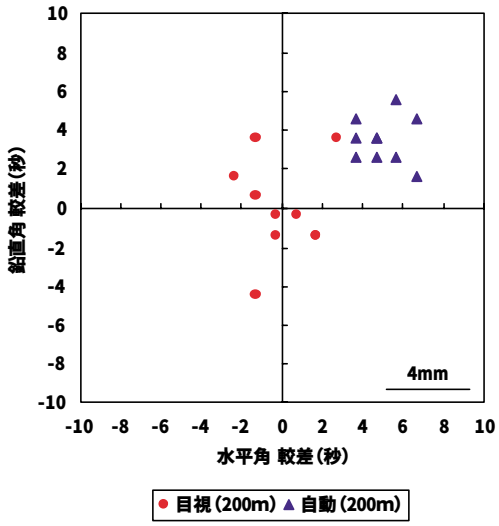
自動視準との比較（A社：200m）



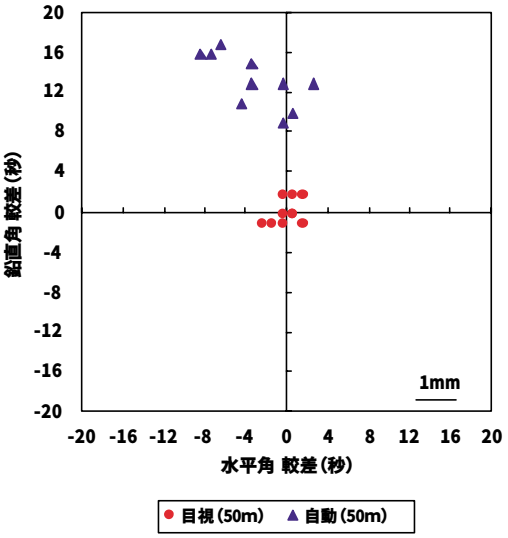
自動視準との比較（B社：50m）



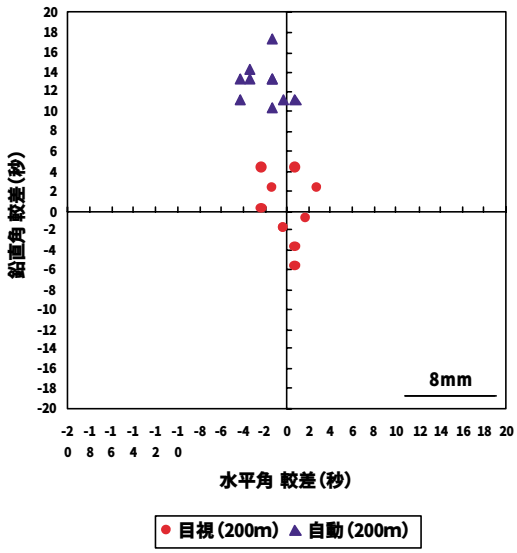
自動視準との比較（B社：200m）



自動視準との比較（C社：50m）



自動視準との比較（C社：200m）

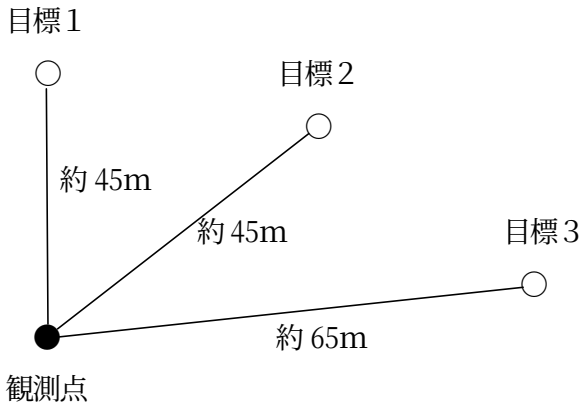


2）自動視準と目視視準との対回観測の比較と観測時間

対回観測を行ったとき、人と器械の差があるかを検証するために、器械（自動視準）の観測値と人（目視視準）が観測した値との比較を行った。また観測に要する時間を比較した。

水平角観測（目視視準　１対回観測、　自動視準　２対回観測）

鉛直角観測（目視視準　１対回観測、　自動視準　１対回観測）



角度	水　平　角					
方法／器種	方向	目視視準平均角 1対回	倍角・観測	自動視準平均角 2対回	倍角 観測	倍角差 観測差
A	目標2	95°42′40″	80±0	95°42′40″	73−1	13−1
					86±0	
	目標3	122°16′44″	88−4	122°16′44″	85−7	6−4
					91−3	
B	目標2	95°42′35″	70−8	95°42′26″	54±0	5−3
					49+3	
	目標3	122°16′32″	63−5	122°16′28″	58−2	−5+3
					53+1	
C	目標2	95°42′39″	78−4	95°42′45″	88+6	4±0
					92+6	
	目標3	122°16′39″	78−2	122°16′46″	85+3	12−2
					97+5	

角度	鉛　直　角						
方法／器種	方向	目視視準平均角 1対回	定数	定数差	自動視準平均角 1対回	倍角 観測	定数差
A	目標1	0°00′28″	32	8″	0°00′29″	38	2″
	目標2	4°01′26″	34		4°01′29″	38	
	目標3	2°16′14″	40		2°16′12″	40	
B	目標1	0°01′18″	14	14″	0°01′11″	53	35″
	目標2	4°02′36″	13		4°02′27″	34	
	目標3	2°18′48″	0		2°18″53″	69	
C	目標1	0°01′38″	11	7″	0°01′35″	59	6″
	目標2	4°02′48″	18		4°02′45″	53	
	目標3	2°17′21″	17		2°17′20″	56	

観測時間

機種	目視視準（水平角１対回） （鉛直角１対回）	自動視準（水平角２対回） （鉛直角１対回）
A	４分間	８分間
B	５分間	５分間
C	４分間	４分間

（注）　目視視準を行った観測者は第三技術部門幹事

◎まとめ

対回観測で比較する水平角では、A は目視視準値と自動視準値とが同じ、B は自動視準値が目視視準値より平均角が小さく、C は自動視準値が目視視準値より平均角が大きい。

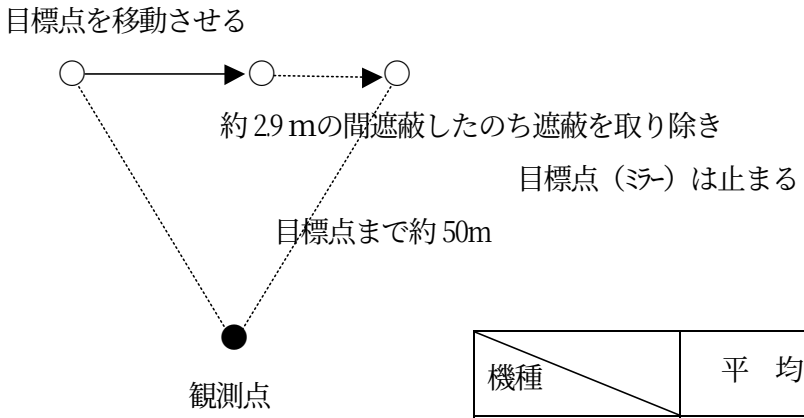
鉛直角の、A、C については自動視準値と目視視準値の平均角の差は小さいが、B については平均角の差が大きく常数差も大である。

３）自動追尾中における目標点（ミラー）への遮蔽の影響

現場において、視準線が車輛、人等の障害物によって遮断される事が度々あることから、自動追尾中に目標点が遮蔽されたとき、再度自動視準を開始するまでに要する時間を知るためにテストを行った。

自動視準がはずれ、再度自動視準が出来るまに要する時間のテスト。

目標点（ミラー）を移動させ、移動途中に目標点（ミラー）を遮蔽して再度目標点を開た場合に、T/S が自動追尾するまでに要する時間をテストした。



機種	平　均　時　間
A	３秒
B	４秒
C	10 秒

（５回観測の平均時間）

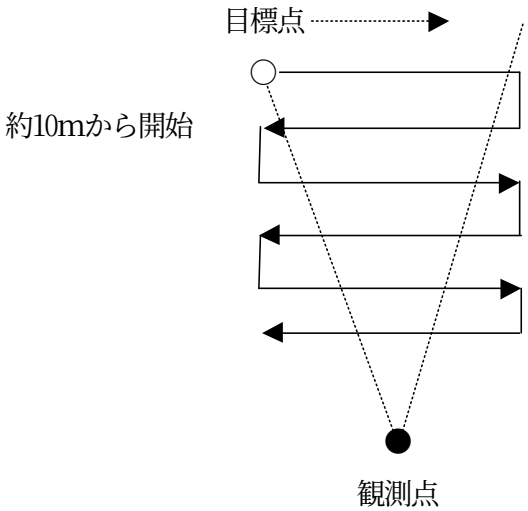
◎まとめ

C＞B＞A の順で C はA の２倍の観測時間となっている。

４）自動追尾ができる最短距離

自動追尾の最短距離を知る目的で、目標点を人が歩く程度のスピードで移動させ、T/Sが目標点を追尾できるかのテスト。

目標点を順次T/Sに近づけて行き、最短距離を調査した。



	自動追尾可能距離	自動追尾不可能距離
A	７．７m	６．４m
B	３．６m	２．３m
C	２．５m	１．９m

（備考）自動追尾可能と不可能の距離は、現地において設定したルートで行ったため厳密に不可能な距離をテストしていない。

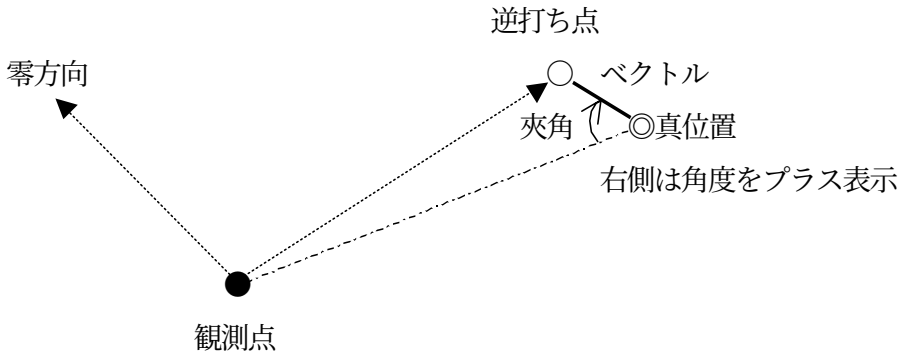
たとえばAの器械は7.7mは可能であるが6.4mでは不可能であって7mではどうであるかは不明である。

◎まとめ

C＞B＞A の順で性能が高く、A が6.4mで追尾できなくなるのに対し、C は1.9m まで追尾できる。

５）逆打ちテスト

通信機能を利用して逆打ちを行ったときの、出会い差を知るために T/S に予め座標値を入力し、逆打ち（測設）を行った。



	第１回観測				第２回観測				第３回観測			
機種	X方向距離	Y方向距離	夾角	ベクトル	X方向距離	Y方向距離	夾角	ベクトル	X方向距離	Y方向距離	夾角	ベクトル
A	3.9mm	0.9mm	-13 °	4mm	2.9mm	0.8mm	16 °	3mm	3.9mm	0.9mm	-13 °	4mm
B	1.9mm	3.5mm	-62 °	4mm	3.1mm	3.9mm	-52 °	5mm	3.3mm	2.3mm	-35 °	4mm
C	5.5mm	2.4mm	24 °	6mm	3.3mm	6.2mm	-62 °	7mm	2.7mm	2.9mm	-47 °	4mm

（注）夾角とは逆打ち点が真位置より観測点を見て左側がマイナス、右側がプラスと表した。

◎まとめ

３回の逆打ちのベクトル量の差は、各機種で大きな差はない、バラツキは C＞B＞A の順で大きい。

６）障害物が目標点（ミラー）に与える影響テスト

自動視準の目標点（ミラー）が部分的に遮蔽された場合に、観測値にどのような影響があらわれるかを知るために目標点（ミラー）の一部を局部的に遮蔽しテストを行った。

T/S と目標点（ミラー）の間隔は約５０ｍとし、遮蔽方法はミラーに紙を貼り付けた。

観測は自動視準で５回観測行った。

方法	遮蔽無		遮蔽 30%a		遮蔽 30%b		遮蔽 50%		遮蔽 50%	
	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角
観測角	14.0 ″	7.2 ″	12.8 ″	7.0 ″	13.6 ″	3.4 ″	不可		12.8 ″	7.4 ″
標準偏差	2.28 ″	0.75 ″	2.56 ″	1.41 ″	3.01 ″	1.36 ″			2.93 ″	2.06 ″

方法	遮蔽 70%		遮蔽間断		遮蔽 a 30%		遮蔽 b 30%		遮蔽 c（2cm）	
	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角	水平角	鉛直角
観測角	不可		11.8 ″	7.6 ″	17.2 ″	8.0 ″	12.4 ″	6.0 ″	15.2 ″	1.6 ″
標準偏差			2.48 ″	1.02 ″	1.94 ″	1.67 ″	1.74 ″	3.79 ″	1.72 ″	2.80 ″

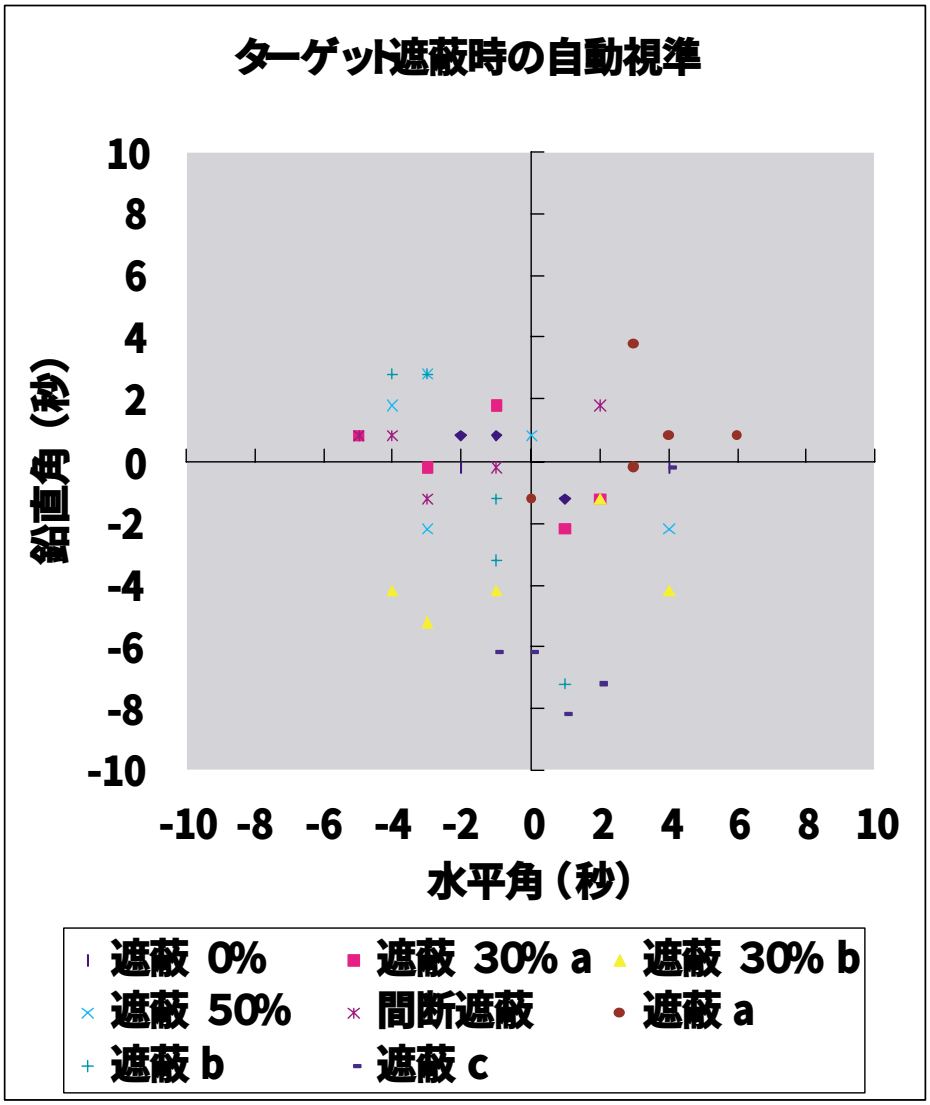
方法	遮蔽無	遮蔽 30%a		遮蔽 30%b		遮蔽 50%		遮蔽 50%	
	観測角	観測角	観測差	観測角	観測差	観測角	観測差	観測角	観測差
水平角	14.0 ″	12.8 ″	1.2 ″	13.6 ″	0.4 ″	不可		12.8 ″	1.2 ″
鉛直角	7.2 ″	7.0 ″	0.2 ″	3.4 ″	3.8 ″			7.4 ″	-0.2 ″

方法	遮蔽 70%	遮蔽間断		遮蔽 a 30%		遮蔽 b 30%		遮蔽 c（2cm）	
	観測角	観測角	観測差	観測角	観測差	観測角	観測差	観測角	観測差
水平角	不可	11.8 ″	2.2 ″	17.2 ″	-3.2 ″	12.4 ″	1.6 ″	15.2 ″	-1.2 ″
鉛直角		7.6 ″	-0.4 ″	8.0 ″	-0.8 ″	6.0 ″	1.2 ″	1.6 ″	5.6 ″

◎まとめ

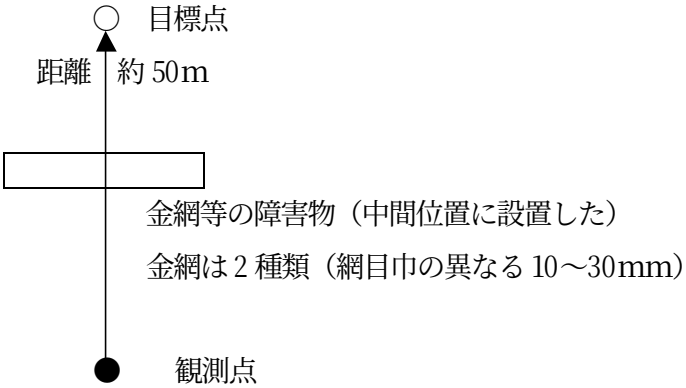
反射の多い部分の中心に引きずられるようである、つまりミラーの中心ではない。

１社の器械が、目標物をミラーとしないため、A、B、C の比較を行わなかった。

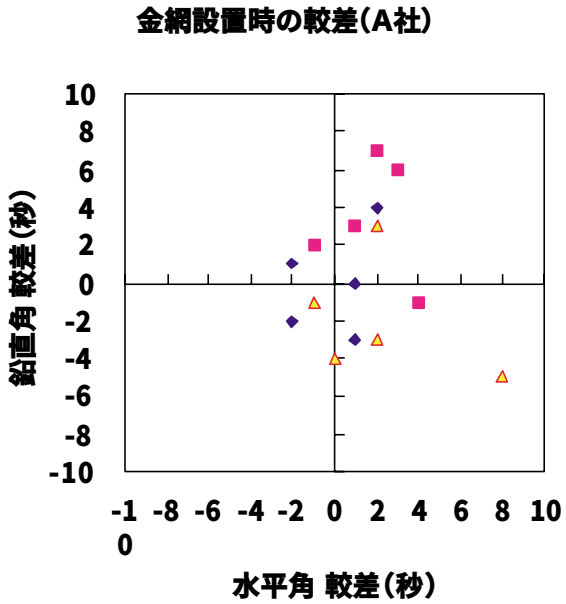


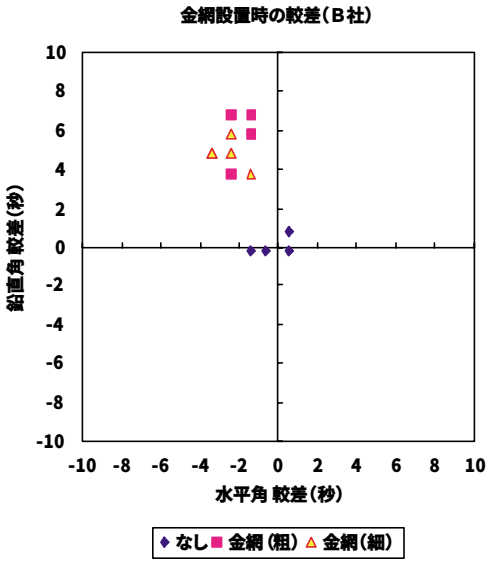
７）視通線上の障害物がおよぼす影響のテスト

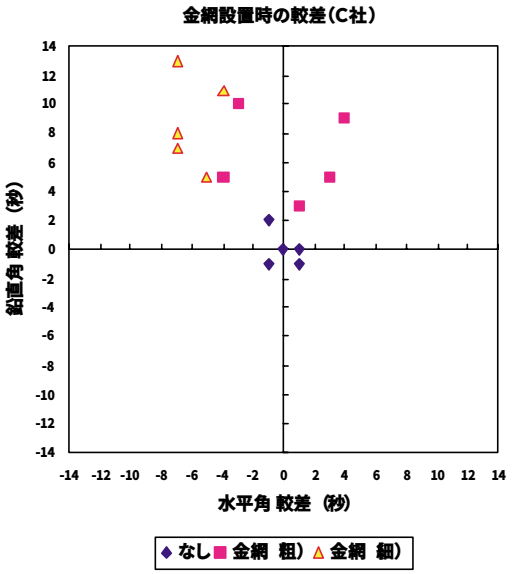
視通線上に障害物があったとき、自動視準と目視視準におよぼす影響を知るためにテストを行った。方法は観測点と目標点との中間地点に金網等の障害物を置きテストを行った。



方法		障害無		障害網(大)		障害網(小)		障害網(大)	障害網(小)
		観測角	標準偏差	観測角	標準偏差	観測角	標準偏差	観測差	観測差
A	水平角	25.0 ″	1.67 ″	26.8 ″	1.72 ″	27.2 ″	3.12 ″	-1.8 ″	-2.2 ″
	鉛直角	23.0 ″	2.45 ″	26.4 ″	2.87 ″	21.0 ″	2.83 ″	-3.4 ″	2.0 ″
B	水平角	60.4 ″	0.80 ″	58.6 ″	0.49 ″	57.8 ″	0.75 ″	1.8 ″	2.6 ″
	鉛直角	14.2 ″	0.40 ″	20.0 ″	1.10 ″	19.0 ″	0.63 ″	-5.8 ″	-1.8 ″
C	水平角	12.0 ″	0.89 ″	12.2 ″	3.19 ″	6.0 ″	1.26 ″	-0.2 ″	6.0 ″
	鉛直角	8.0 ″	1.10 ″	14.4 ″	2.65 ″	16.8 ″	2.86 ″	-6.4 ″	-8.8 ″







◎まとめ

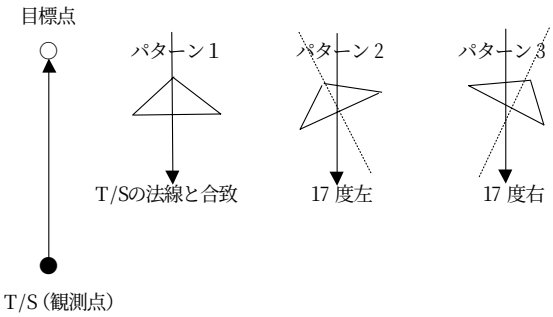
金網の目が細かくなるにつれて水平角では C＞B＞A の順で影響を受けている。鉛直角では金網の粗めでは C＞B＞A の順、細かい目では C＞A＞B の順に影響を受けている。

8）T/S に対し目標点（ミラー）の傾きの影響

目標点（ミラー）が T/S に正対しない状態で、観測を行った場合に観測値に影響がどのようになるかを知るためにテストを行った。

目標点（ミラー）をT/Sに正対とせずに左右に微小角で振った状態のテストを行った。

T/S と目標点との距離を約50mと約200mとして、各５回の観測を行った。

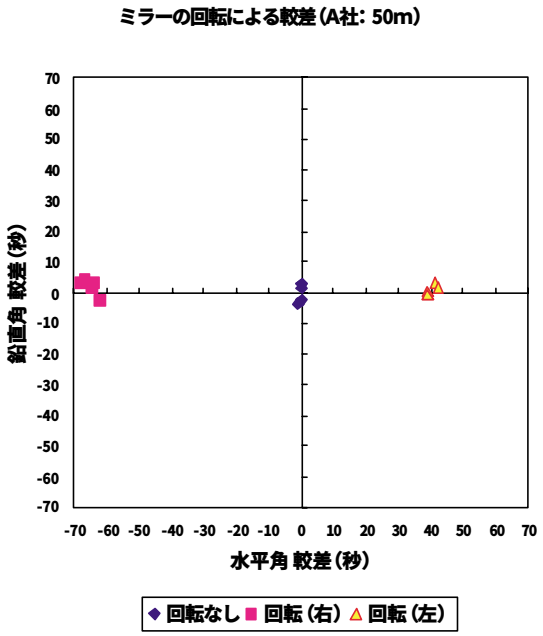


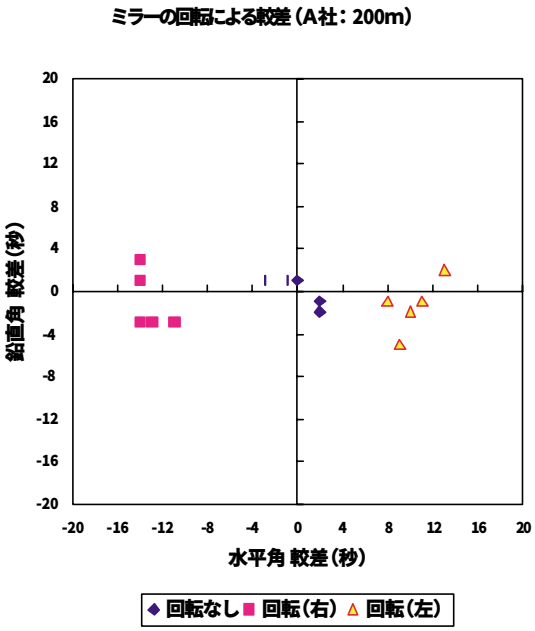
観測距離(約50m)

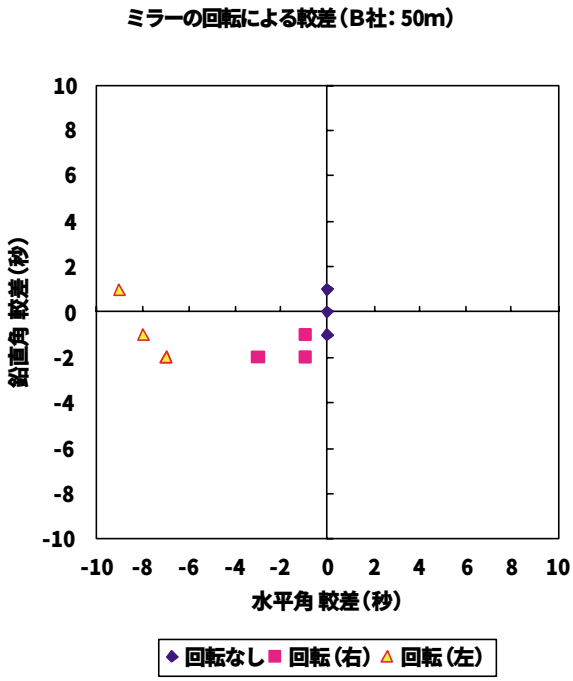
方法		観　測　角						観 測 差	
		ﾊﾟﾀｰﾝ 1	標準偏差	ﾊﾟﾀｰﾝ 2	標準偏差	ﾊﾟﾀｰﾝ 3	標準偏差	ﾊﾟﾀｰﾝ 2	ﾊﾟﾀｰﾝ 3
A	水平角	19.8 ″	0.40 ″	0.0 ″	1.26 ″	14.8 ″	2.14 ″	19.8 ″	5.0 ″
	鉛直角	34.6 ″	2.58 ″	35.4 ″	1.50 ″	36.6 ″	2.50 ″	-0.8 ″	-2.0 ″
B	水平角	25.0 ″	0.00 ″	17.4 ″	0.80 ″	23.6 ″	0.80 ″	7.6 ″	1.4 ″
	鉛直角	20.0 ″	0.89 ″	18.8 ″	1.17 ″	18.4 ″	0.49 ″	1.2 ″	1.6 ″
C	水平角	13.2 ″	1.53 ″	18.2 ″	2.14 ″	13.4 ″	2.15 ″	-5.0 ″	-0.2 ″
	鉛直角	9.8 ″	1.60 ″	8.8 ″	2.56 ″	7.0 ″	2.45 ″	1.0 ″	2.8 ″

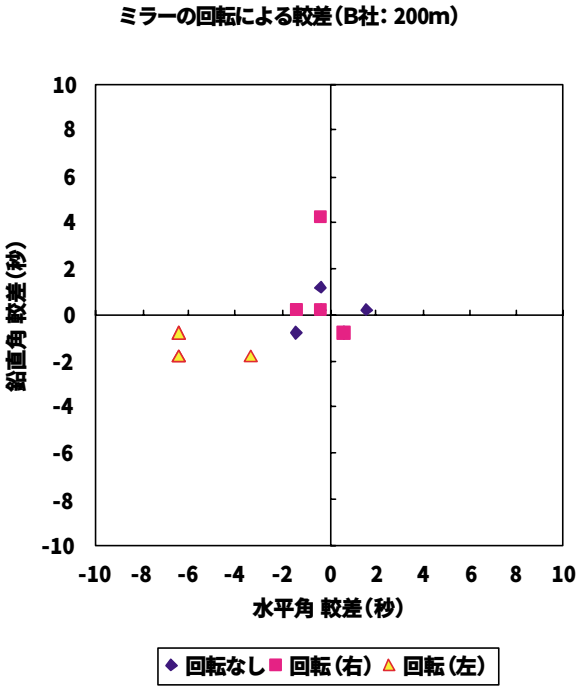
観測距離(約200m)

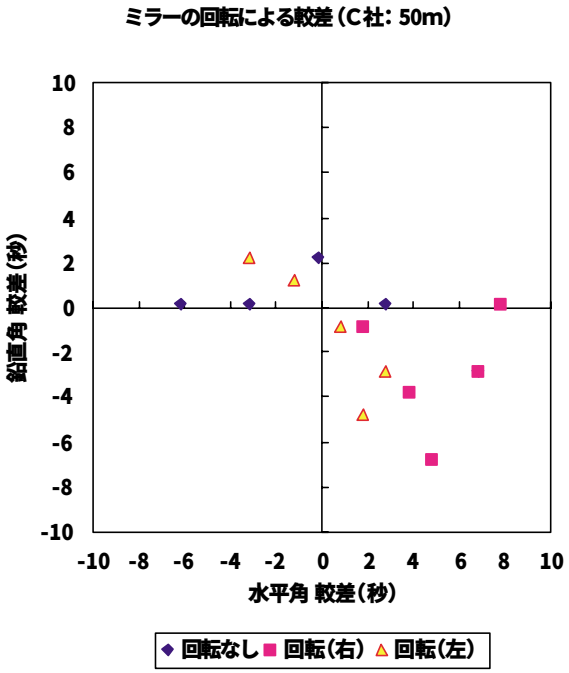
方法		観測角						観測差	
		ﾊﾟﾀｰﾝ 1	標準偏差	ﾊﾟﾀｰﾝ 2	標準偏差	ﾊﾟﾀｰﾝ 3	標準偏差	ﾊﾟﾀｰﾝ 2	ﾊﾟﾀｰﾝ 3
A	水平角	61.0 ″	1.90 ″	71.2 ″	1.72 ″	47.8 ″	1.17 ″	-10.2 ″	13.2 ″
	鉛直角	26.0 ″	1.26 ″	24.6 ″	2.24 ″	25.0 ″	2.53 ″	1.4 ″	1.0 ″
B	水平角	40.4 ″	1.02 ″	34.6 ″	1.20 ″	39.8 ″	0.75 ″	5.8 ″	0.6 ″
	鉛直角	18.8 ″	0.75 ″	17.4 ″	0.49 ″	19.6 ″	1.74 ″	1.4 ″	-0.8 ″
C	水平角	56.0 ″	1.79 ″	58.4 ″	0.80 ″	58.0 ″	1.79 ″	-2.4 ″	-2.0 ″
	鉛直角	58.8 ″	1.94 ″	55.2 ″	0.75 ″	57.8 ″	1.94 ″	3.6 ″	1.0 ″

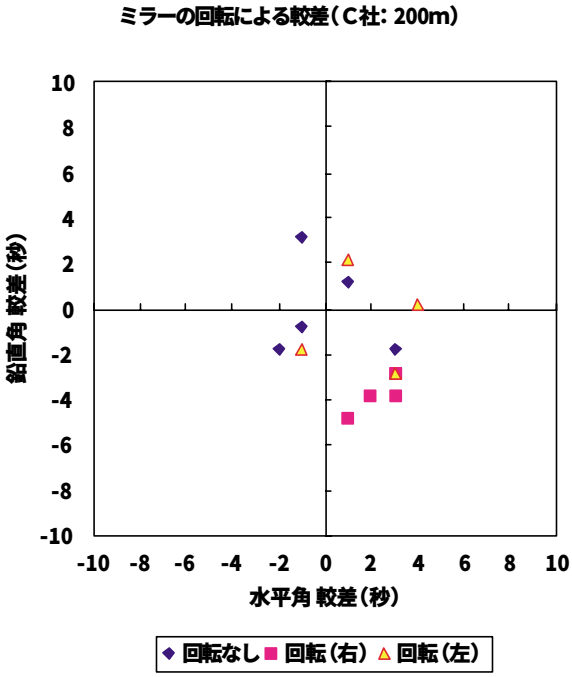












◎まとめ

T/S に対し目標点（ミラー）を傾けると観測値に影響が現れている。

T/S に対し目標点（ミラー）は正対させて使用することが大切である。

７．おわりに

テストは３～４級基準点および応用測量（路線測量、用地測量）を想定して実施した。

しかし、今回のテストは従来行っていた検証のように、日常測量作業で経験豊富に使用している器材において検証項目を選定し、より詳細な結果を求めたときとは異なり、経験の少ない状況でのテストのため、おおむねどれくらいの精度があるか、また時間的にはどうか等一般的なテストにとどめた、今後、今回の結果を考慮して更に詳細なテストを引き続き行う予定である。

このテストを行うにあたり、国土地理院の構内をお借りした事、機器メーカーから器械と操作の援助をいただきましたことにお礼を申し上げます。

（朝日航洋株式会社）