

三瓶自然館 60cm 反射望遠鏡の性能検査

1. 追尾精度

福岡 孝*・竹内 幹 蔵*・太田 哲 朗*

Ability tests of 60cm reflector in Sanbe Shizenkan Nature Museum. 1. Driving accuracy

Takashi Fukuoka, Mikimasa Takeuchi, Tetsuaki Ohta

はじめに

2002年4月の当館の再整備により60cm フォーク式反射望遠鏡が納入され、天体観察会等で運用されているが、今後、本格的な天体観測などではその望遠鏡の精度が問われる。大口径の望遠鏡の星像はシーイングやシンチレーションそして望遠鏡の精度に左右される。眼視観察も含めてその望遠鏡の性能を発揮するためには、光学系、制御系、駆動系、機械系、極軸の設

定等で仕様どおりに納入されているかのチェックが必要である。

一般に、大口径の望遠鏡は設置してから、長期間の調整と調整後においてはその性能の維持が求められる。そのためには定期的にユーザーサイドにおいて、望遠鏡の性能検査を行う必要がある。当館の反射望遠鏡については、実際に現地での眼視観測や一部の性能検査で、精度の劣る部分のあることが分かった。今回は、追尾精度における現状の把握を行ったもので、不具合箇所の改善にはメーカーと協力して取り組む必要

赤道儀の型: <input checked="" type="radio"/> フォーク式 <input type="radio"/> ドイツ式		データ消去
Index error in RA :	-94.45	赤経座標原点ずれ
Index error in Dec :	419.69	赤緯座標原点ずれ
Nonperpendicularity of RA and Dec axes :	20.34	赤経軸と赤緯軸の直交度
Nonperpendicularity of Dec and pointing axes :	129.07	赤緯軸と光軸の直交度
Polar axis elevation error :	-357.52	極軸の高度方向ずれ
Polar axis error east-west :	241.66	極軸の方位方向ずれ
Fork flexure :	27.18	フォークのたわみ
Flexure of cantilevered Dec axis :	0.00	ドイツ式の赤緯軸のたわみ(本機は設定不用)
RA centering error (sin component) :	0.00	赤経ウォームの偏芯(sin要素)
RA centering error (cos component) :	0.00	赤経ウォームの偏芯(cos要素)
Dec centering error (sin component) :	0.00	赤緯ウォームの偏芯(sin要素)
Dec centering error (cos component) :	0.00	赤緯ウォームの偏芯(cos要素)
Dynamic nonperpendicularity :	0.00	動的な直交度の変化
Tube flexure - sin law :	0.00	鏡筒のたわみ(sin要素)
Tube flexure - tan law :	0.00	鏡筒のたわみ(cos要素)
OK		キャンセル

第1表 60cm 反射望遠鏡の補正係数の設定項目

* 島根県立三瓶自然館, 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根 1121-8

Sanbe Shizenkan Nature Museum, 1121-8, Tane, Sanbe-cho, Ohda-shi, Shimane Prefecture

があるだろう。また、今回の検査は駆動系のみに限った予備的なものであり、今後、総合的にまた定期的に検査をおこなう必要がある。

制御・駆動系の仕様

60cm 反射望遠鏡の制御・駆動系の製作仕様は以下のとおりである。

駆動精度：バックラッシュやギヤの誤差を最小分解能

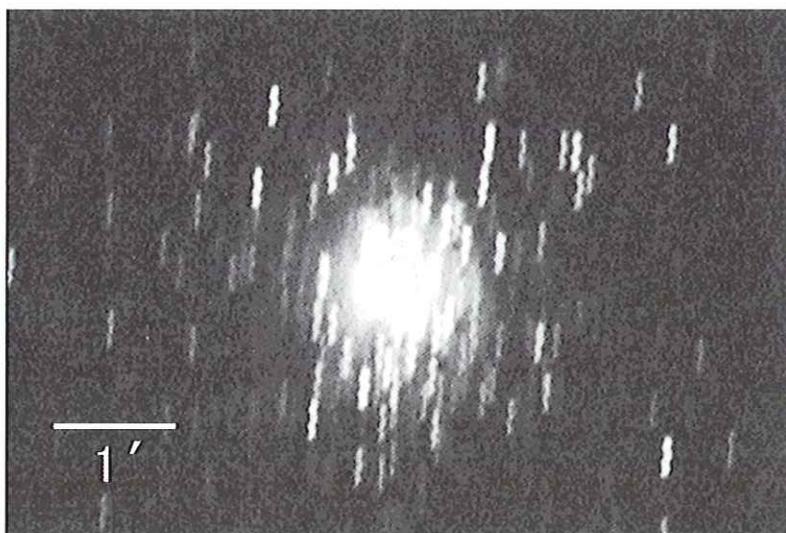
1" 角以内

導入速度：2.0' / s

追尾精度：1.5" / 15m 以内

指向精度：高度 30° 以上の天体で 20" 角以内

なお、補正係数の設定として第 1 表のような補正が可能である。また、メーカーによると、座標系の補正として、歳差、章動、年周光行差、日周光行差、大気差を制御ソフトで考慮している。



第 1 図 M15 の 35mm カメラによる直接焦点撮影（データは第 2 表参照）
上が N，左が E 方向である。10 分の露出時間の中に赤緯方向の移動のほか、赤経方向に約 4 分周期の periodic motion が認められる。

鏡筒方向	年月日	時間	星名	等級(v)	高度(°)	モード	備考	図番号
天頂	'02.9.11	23h54m	M15	6.4	58	直接焦点撮影	SUPERIA400	1
	'02.11.10	19h27m	1 Lac	4.1	85	fast		2-1
	'02.11.10	19h32m	1 Lac	4.1	85	slow		3-1
	'03.02.06	21h07m	ε Aur	2.7	76	slow	星がジャンプ	3-2
	'03.02.06	21h07m	ε Aur	2.7	76	slow		3-9
南	'02.11.10	19h49m	δ Aqr	3.3	39	fast		2-2
	'02.11.10	19h55m	δ Aqr	3.3	39	slow		3-3
	'03.02.06	21h42m	ο2 CMa	3.0	31	slow		3-4
西	'02.11.10	20h14m	ε Aql	4.0	28	fast		2-3
	'02.11.10	20h18m	ε Aql	4.0	28	slow		3-5
	'03.02.06	21h58m	γ Cet	3.5	24	slow		3-6
東	'02.11.10	20h35m	λ Tau	3.4	29	fast		2-4
	'02.11.10	20h41m	λ Tau	3.4	29	slow		3-7
	'03.02.06	22h37m	β Leo	2.1	27	slow		3-8

第 2 表 観測データ

追尾精度テスト

(1) 観測と測定方法

35mmカメラの直接焦点による写真を第1図に、60cm反射望遠鏡に装着しているSBIG社製のCCDカメラ・STVによる2回の観測データを第2表に示す。天頂のほか南、西、東方向の高度20-40°の2-4等の天体を対象とした。

STVには赤道儀の両軸の追尾精度をグラフに表示するドライブモードがあるので、これにより測定を行った。測定開始から基準星の中心部の位置をfastモードは0.1秒おきに、slowモードは4秒おきに表示する。(STVのマニュアルではfastモードは0.2秒おきに、slowモードは2秒おきとなっているが、録画画像の計測からは上記の時間となる)

fastモードは高周波のドライブ性能や振動などによるerrorの検出に用いられる。slowモードはギアなどが原因のperiodic motionなどを検出するのに適している。

グラフの2つの軸が時間とともに変化する赤経方向、赤緯方向の星の動きを示すようにカメラアングルをセットした。fastモードは星を2-3分間、slowモードは10分間前後、デジタルビデオで録画し、観測後に解析に最良の画像を抽出した。なお、画像のスケールは二重星の撮像、座標測定とカタログでの座標との比較により求めた。

(2) 測定結果

fastモードの測定結果を第2-1図～第2-4図に、slowモードの測定結果を第3-1図～第3-9図に示す。

a) fastモード

fastモードは75秒間の位置の変動を示したものであるが、赤経、赤緯とも常時、1-2秒角の不規則な揺らぎが見られる。これとは別に、第2-2図の赤経の測定開始から60秒前後で、数秒～十数秒間に1-2秒

角サイズのW方向の偏りが、また第2-4図の赤経の15秒前後でE方向に、47秒前後でW方向に同様の偏りが認められる。

b) slowモード

fastモード、slowモードともに概ね類似の移動傾向を示す。slowモードでは赤経、赤緯とも1方向への階段状の移動パターンのほか、数秒間に数秒角の不規則で小さなふらつきが認められる。赤緯方向については、東方向以外での星の移動が大きく、赤経方向については南、西方向での移動が大きい。この傾向は、異なる日時の測定においても同様の結果が得られた。以下に鏡筒を各方向に向けた場合の測定結果を記す。

・天頂方向 (第3-1,2図)

星はW方向に約0.8"/mの割合で、S方向に約1.7"/mの割合で逃げる。

・南方向 (第3-3,4図)

星はE方向に約1.2"/mの割合で、S方向に約1.0"/mの割合で逃げる。

・西方向 (第3-5,6図)

星はE方向に約2.0"/mの割合で、S方向に約1.0"/mの割合で逃げる。

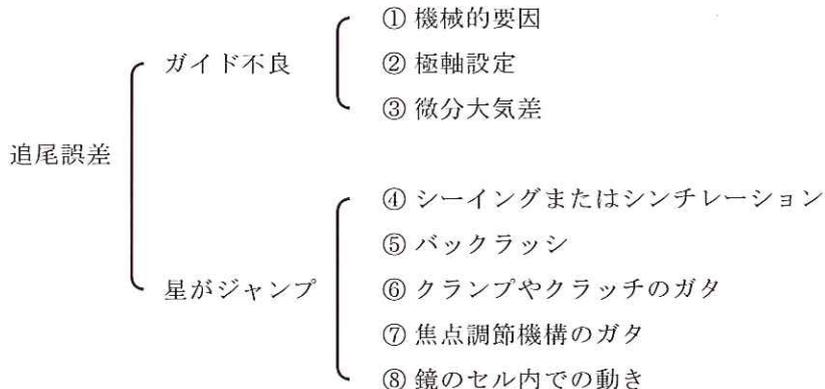
・東方向 (第3-7,8図)

星はE方向に約0.1"/mの割合で、N方向に約0.9"/mの割合で逃げる。

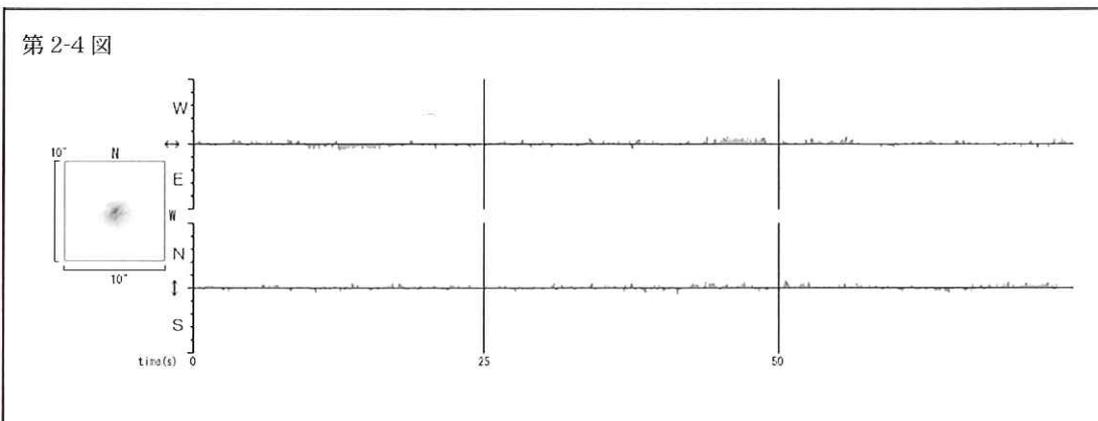
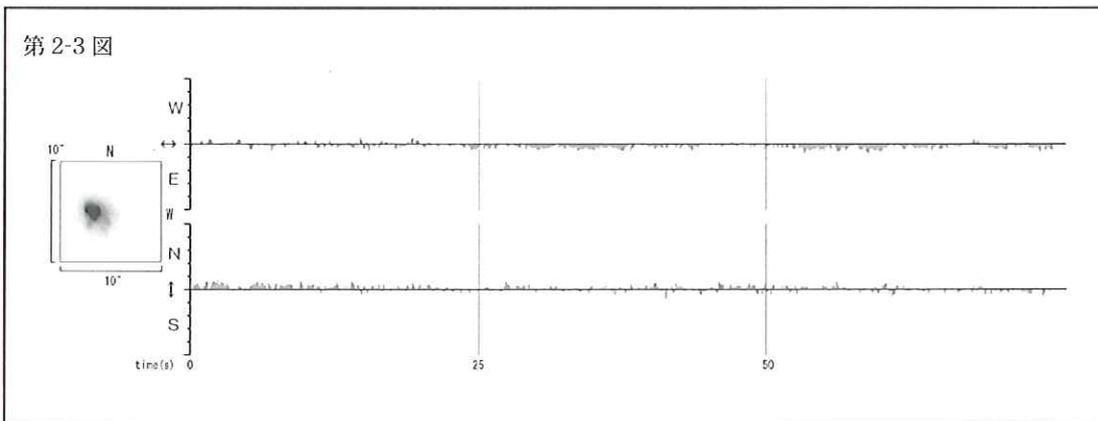
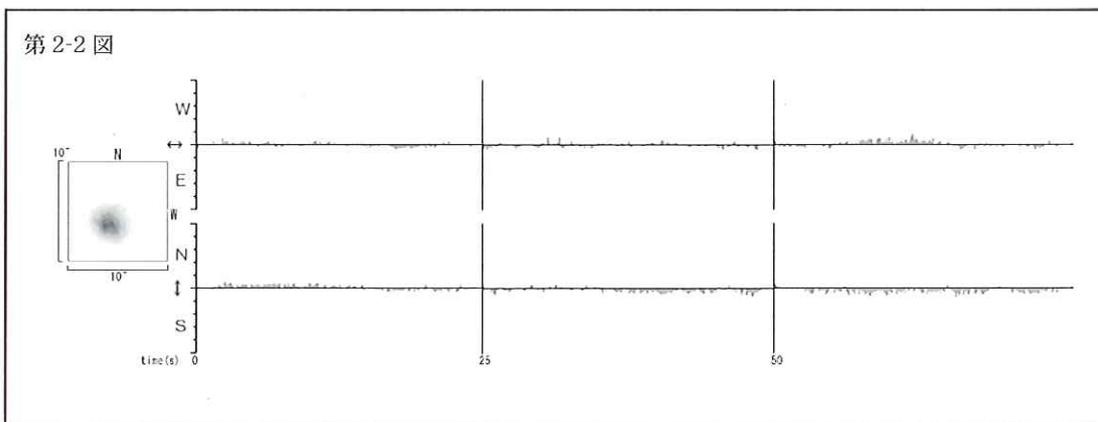
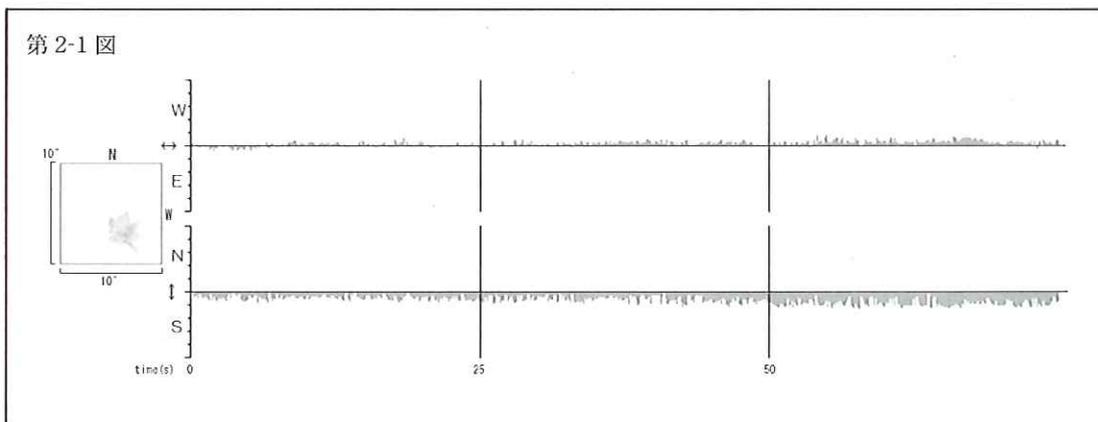
これらとは別に、第3-9図に示したように、天頂方向で星が急に赤経で約10秒角、赤緯で25秒角以上ジャンプする現象も認められた。

考 察

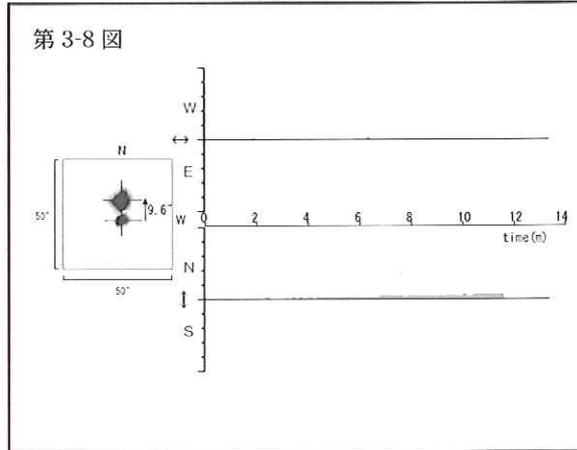
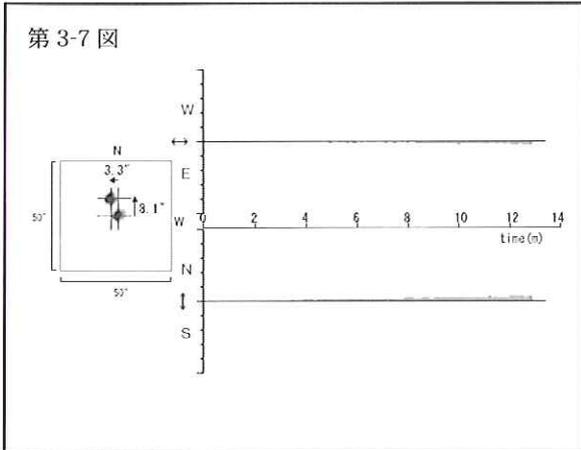
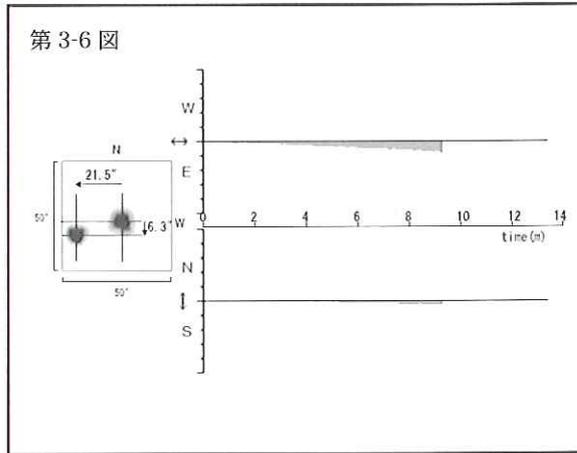
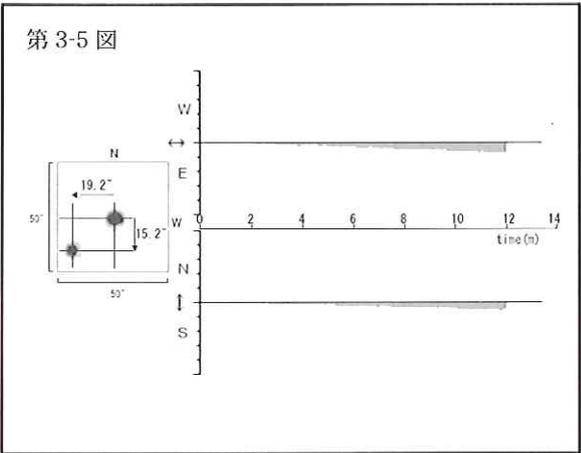
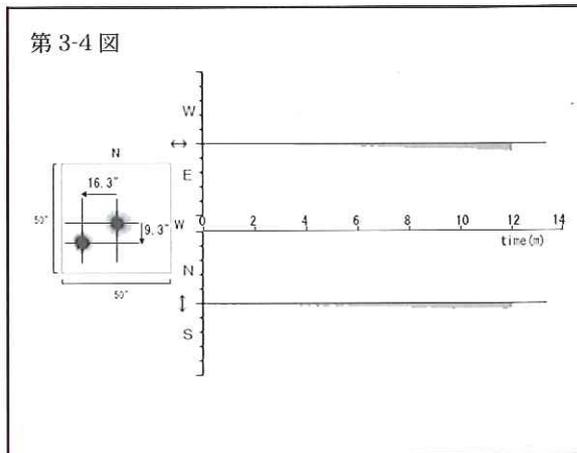
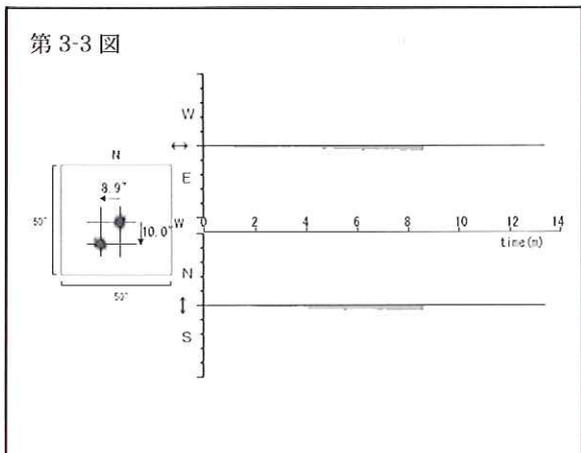
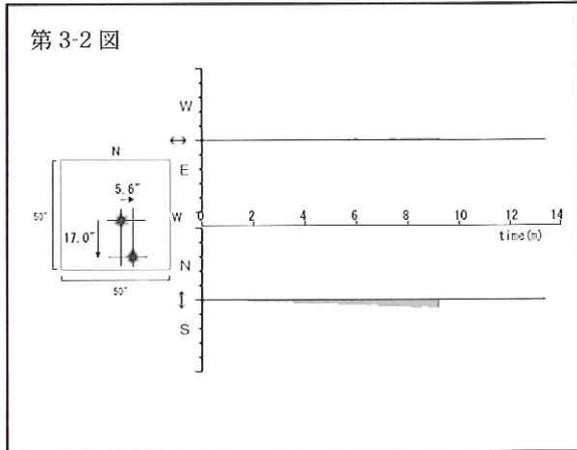
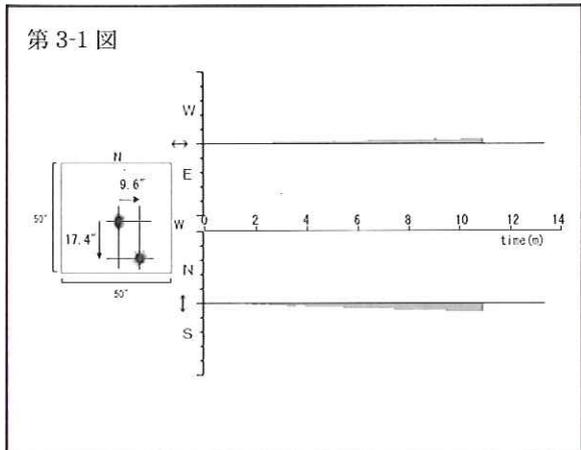
追尾誤差の原因を清水(1992)をもとに整理すると第3表のようになる。今回の測定ではこれ以外に、⑨STVのハード&ソフトに依存する分解能や⑩望遠

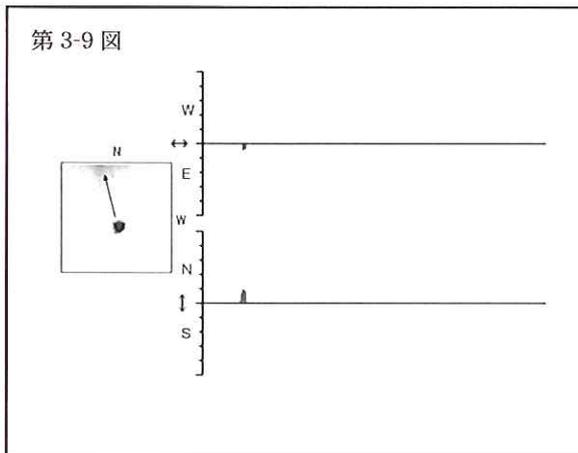


第3表 追尾誤差の原因(清水(1992)をもとに作表)



第 2 図 STV の fast モードによる星の移動 (第 2 表参照)
 左側の表示ボックスは測定開始時に中央にあった星の 75 秒後の位置を示す。星はシーイングにより歪んでいる。右側のグラフは上が赤経、下が赤緯で、ともに測定開始から 0.1 秒毎の星の位置を示す。鏡筒の方向は上から天頂、南、西、東である。





第3図 STVのslowモードによる星の移動(第2表参照) 左側の表示ボックスは測定開始時の星の位置(中央付近)と測定終了時の星の位置を示す。右側のグラフは上が赤経、下が赤緯で、測定開始から測定終了までの4秒毎の星の位置の変位を示す。鏡筒方向は上から天頂、南、西、東、第3-9図は天頂である。

鏡の制御ソフトに起因するものなどが考えられる。

fastモードで常時認められる短周期の1-2秒角サイズの小さな変動は主に④に起因する。fastモードとslowモードの感度は異なるので、直接の比較は困難であるが、slowモードの数秒間に数秒角の不規則で小さなふらつきは、⑨の影響がなければ、fastモードの数秒～十数秒間に1-2秒角サイズのゆらぎの偏りを反映している可能性が高い。第2-4図の赤緯の測定開始から40秒くらいまでは最も小さいゆらぎを示し、このゆらぎの主たる原因が④によるものとする。前述のゆらぎの偏りは、④のみでは説明できない微妙な変動を示しているのかもしれない。

fastモード、slowモードとも、赤経方向で星像が常に一方向へ逃げていく原因としては①や③、⑩が考えられるが、天頂付近や南方向における星の移動に③は無関係である。鏡筒が東方向以外で見られる赤経方向の漸移は、①や⑩に起因することが考えられる。①については第1表のうち、軸の直交度、フォーク等のたわみ、ウォーム偏芯などの検討が必要であろう。

メーカーの説明によると、⑤に起因する赤経方向のperiodic motionとしては4分周期が想定されるという。periodic motionの存在は第1図で明らかである。CCDの観測では、slowモードで赤経方向に4分弱の階段状パターンが微かに認められる(第3-1,3図など)が、⑨の影響も考えられる。

赤緯方向での星の移動は②が考えられる。鏡筒が南方向で星はSへ、西方向でSへ、東方向でNへ逃げていくことから、極軸が東上にずれている可能性があるが、極軸の設定の検査は別の機会にあらためて実施

する予定である。

赤緯方向の階段状のパターンについては⑤、⑥、⑨などが原因として考えられるが、原因の特定には、赤経方向と赤緯方向で段差の時間が一致していないことを考慮する必要がある。また、突発的な星のジャンプについては、⑤～⑧のチェックが必要であろう。

謝辞：西村製作所にはいろいろな質問に丁寧に回答をいただいたことに御礼申し上げます。

参考文献

- 清水 実 (1992) 第1回全国の天体観測施設の会
 Santa Barbara Instrument Group (2000) Operating Manual STV