

すばる望遠鏡の AZ/EL 有効エンコーダ数による天体追尾精度の測定報告

佐藤立博

(国立天文台 ハワイ観測所)

概要

すばる望遠鏡は、追尾精度である 1arcsec を達成するため、方位高度軸(AZ/EL)の角度検出に相対角エンコーダと絶対角エンコーダを複数個利用している。すでに角度読込みが出来ずに使用していないエンコーダがある一方、有効なエンコーダの数と望遠鏡の追尾精度については、これまで議論されていない。今回、それらの試験をする機会を得た。本稿では、有効エンコーダ数と追尾精度測定を目的とした夜間試験を実施したので報告する。

1. はじめに

近年、すばる望遠鏡の老朽化に伴い改修や更新が計画・実施されている。方位高度軸の角度検出エンコーダについても更新が検討されている。すばる望遠鏡は、追尾精度である 1arcsec を達成するための一つとして、方位(以下 AZ)高度(以下 EL)軸の角度検出に相対角(INC)エンコーダ 8 個と絶対角(ABS)エンコーダ 8 個を利用している。すでに角度読込みが出来ずに使用していないエンコーダがある一方、有効なエンコーダの数と望遠鏡の追尾精度については、これまで議論されていない。今回、絶対角と総対角の有効エンコーダと望遠鏡の追尾精度に与える影響について試験観測をする機会を得た。結果として、追加の調査は必要であるが AZ の ABS エンコーダは、1 つのエンコーダが欠損することで観測に与える影響が大きいことがわかった。一方で、AZ/EL INC エンコーダと EL ABS エンコーダは最小有効数でも観測に影響を与えない可能性があることがわかった。本稿では、2023 年 6 月 25 日に実施した有効エンコーダ数と追尾精度測定を目的とした夜間試験を実施したので報告する。

2. 測定の概要

2.1 現在のエンコーダ Default 定義

2023 年現在、読み込みができず使用していない AZ/EL エンコーダを表 1 に示す。この Channel は試験では有効にせず、表 1 の状態を本稿では Default と定義する。

表 1 使用していないエンコーダ

Axis	Encoder	Channel
EL	INC	CH7
		CH8
	ABS	CH6
		CH8

(注)AZ は全 Channel 使用中

2.2 測定データ

本測定は、望遠鏡制御のマンマシン I/F である TWS1 または TWS2 の Single PA Window を用いて天体を追尾する。取得データは、望遠鏡データ取得用計算機の TWS4 にて時刻と AG 画像の x, y 重心位置情報、観測用計算機である OCS の AG VGW 画像および TCMCU (Telescope Control Mount Control Unit: 望遠鏡課題駆動制御装置、以下 MCU) にて AZ/EL の追尾エラーと AG エラーを取得する。測定項目と条件

測定は、AZ 45deg (南西側)・EL45deg 付近にて実施する。INC エンコーダは、最低必要 Channel 数は、AZ/EL それぞれ 2CH である。また、ABS エンコーダの最低必要 Channel は、AZ/EL それぞれ 1ch である。その Channel 数を下回るとソフトウェアによるインターロックで駆動することができない。

各項目の測定時間は、10 分とした。夜間観測時間の制限からエンコーダが Default 状態と最低状態の測定を行う。各 CH 単体の測定は、時間の都合上実施しない。測定項目を表 2 に示す。

表 2 試験項目

No.	試験内容
1	Default 状態の測定 1
2	Default 状態の測定 2 (再現性確認)
3	EL INC 有効エンコーダ数最小
4	AZ INC 有効エンコーダ数最小
5	AZ/EL INC 有効エンコーダ数最小
6	AZ/EL INC ABS 有効エンコーダ数最小
7	AZ/EL ABS 有効エンコーダ数最小
8	AZ ABS 有効エンコーダ数最小 1
9	AZ ABS 有効エンコーダ数最小 2
10	AZ ABS 有効エンコーダ CH1 のみ Disable
11	Default 状態の測定 3 (復旧後確認)

2.3 測定日

2023 年 6 月 25 日 22:00～25:30 (1:30) および 28:00 (4:00)～29:00 (5:00)

2.4 測定環境

風速：約 6～12m/s (Gust)

外気温度：約 2.5℃

Seeing：0.54 ～ 0.83 arcsec

3. 結果

3.1 INC エンコーダ試験

表 3 に INC エンコーダ結果結果を示す。この試験では、ABS エンコーダは Default としている。試験 No.1 と No.2 で Default 試験を実施し再現性の確認を実施している。Default としている No2 がデータとしては悪い結果となったが、誤差の範囲と考えられる。全体的に INC エンコーダの有効数による精度の劣化はみられなかった。

表 3 有効 INC エンコーダ数試験結果

No.	Used AZ INC total number	Used EL INC total number	Enable AZ INC CH	Enable EL INC CH	AZ Error σ [arcsec]	EL Error σ [arcsec]	AZ AG Error σ [arcsec]	EL AG Error σ [arcsec]	AG CCD Image x σ [pix:0.1"/pix]	AG CCD Image y σ [pix:0.1"/pix]	Remarks
1	8	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	0.117	0.031	0.199	0.162	1.601	1.640	Default 1
2	8	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	0.116	0.031	0.212	0.185	1.821	1.893	Default 2
3	8	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 5	0.117	0.039	0.169	0.133	1.446	1.265	
4	2	7	1, 5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	0.130	0.034	0.171	0.133	1.464	1.243	
5	2	2	1, 5	1, 5	0.122	0.036	0.187	0.145	1.491	1.450	

3.2 ABS エンコーダ有効数試験

ABS の有効エンコーダ試験の結果を表 4 に示す。試験 7 と 10 では、誤差が大きく AG を起動することができなかったため、AZ/EL の追尾誤差のみを測定した。試験 No. 9 では、AG が機能したが、誤差が大きく実観測では利用できない。試験 7, 9, 10 とともに、天体を複数回変更して AG が機能するよう試みている。ABS エンコーダの数は、観測の精度に影響する結果となった。

表 4 有効 ABS エンコーダ試験結果

No.	Used AZ ABS total number	Used EL ABS total number	Enable AZ CH	Enable EL ABS CH	Star t AZ angl e [deg]	AZ Error σ [arcsec]	EL Error σ [arcsec]	AZ AG Error σ [arcsec]	EL AG Error σ [arcsec]	AG CCD Image x σ [pix:0.1"/pix]	AG CCD Image y σ [pix:0.1"/pix]	Remark s
1	8	6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	45	0.117	0.031	0.199	0.162	1.601	1.640	Default t 1
2	8	6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	51	0.116	0.031	0.212	0.185	1.821	1.893	Default t 2
7	1	1	1	1	45	0.331	0.080	-	-	-	-	AG Unable
9	1	6	1	1, 2, 3, 4, 5, 7	51	0.262	0.263	Over Range	Over Range	17.33	29.902	
10	7	6	2, 3, 4, 5, 6, 7	1, 2, 3, 4, 5, 7	51	0.183	0.020	-	-	-	-	AG Unable

4. 考察・まとめ

本試験結果から、AZ/EL INC エンコーダにおいては有効エンコーダが最小数となっても Position Error および AG のデータには影響が見られなかった。一方で、ABS エンコーダにおいては、有効エンコーダが最小数の場合、AZ は Position Error の数値が大きく悪化し AG データもばらつきが大きくなるか、あるいは AG を起動することができなかった。AZ ABS CH1 のみを Disable としても誤差が大きくなり AG を起動することができなかったが、AZ ABS CH1 のみを Enable とした場合、AG は起動したが誤差が大きく、AG の視野から外れるため天体追尾が可能ではないと考えられる。

また、ABS エンコーダ最小数の EL 軸は、Position Error の数値からは顕著な悪化は見られないため、今回 EL ABS エンコーダの最小数試験を実施していない。

本試験では、AZ45deg・EL45deg 付近での試験であり INC/ABS とともに、これらの結果が AZ/EL の角度に依存している可能性がある。

AZ ABS エンコーダの有効数と追尾精度については、今回の取得データからは、誤差が大きくなる要因が有効数であるのか個体に不具合があるのか不明であるため、今後、有効エンコーダ数ごとのデータや各エンコーダの読み取り値を取得するなど取得データを検討し、必要に応じて再調査・試験を実施する。