

可視同時偏光撮像装置の開発

藤田 健太, 伊藤 洋一, 向井 正 (神戸大学大学院自然科学研究科)

平成16年8月25日 光天連シポ

はじめに

現在、我々のグループでは、小惑星の直線偏光を観測誤差0.1%以下の精度で測定することを目指し、可視偏光撮像装置の開発を進めている。本装置では、既存偏光装置で問題となっている望遠鏡のトラッキング誤差等による偏光度誤差への影響を防ぐため、新たに、ストークスパラメータQ,U成分の同時観測を可能とする光学系を採用した。

我々は、開発した装置を、2003年12月及び2004年1月に美星天文台101cm望遠鏡に取り付け、試験観測を行った。試験観測では、主に無偏光標準星を観測し、装置を望遠鏡に取り付けた際に装置内部で発生する直線偏光度と、観測精度の測定を行った。この試験観測から、装置内部で発生する直線偏光は約5.06%であること、また観測精度は約±0.18%である、という結果が得られた。

1. イントロダクション

可視偏光観測で得られる小惑星表面の情報

偏光度と位相角の関係

観測値 P_{min} より“アルベド”を推定

観測値 P_{max} とアルベドにより“ダストサイズ”を推定

小惑星は一般的に1%程度の直線偏光を示す。従って、0.1%以下の観測精度が必要。

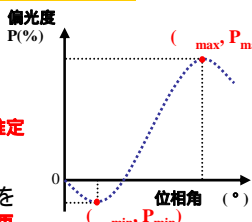


図1. 偏光度と位相角の関係

既存偏光装置の一般的構成

>ウォラストンプリズムと1/2板を用いた偏光装置直交する2つの直線偏光成分の同時観測が可能。これにより、ストークスパラメータQ,U成分それぞれを高精度に測定

>しかし、望遠鏡のトラッキング誤差や大気変動により、10等級より暗い天体に対しては、偏光度誤差0.1%以下の精度は達成困難

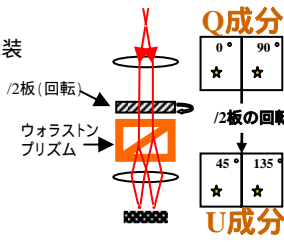


図2. 偏光装置

高精度直線偏光観測を目指し、0°、45°、90°、135°直線偏光成分の同時観測を可能とする可視偏光撮像装置を開発

2. 光学系の構成

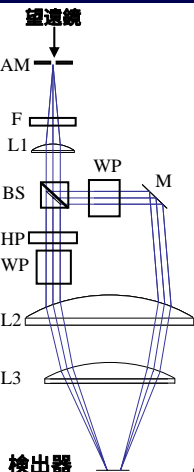


図3. 同時偏光撮像装置の概念図

AM: アパーチャマスク
F: Bessel R1ドンドフィルター
L1: コリメーターレンズ
BS: 無偏光ビームスプリッター
HP: 雲母 1/2板
WP: 方解石ウォラストンプリズム
M: 反射鏡
L2, L3: カメラレンズ

ウォラストンプリズムにおいて、直交する2つの直線偏光成分は紙面に垂直方向に分離される。

CCDカメラ: Apogee, Ap7p
Pixel数: 512 × 512 pixels
Pixelスケール: 0.13 / pixel
視野: 1.13 × 1.13 / 直線偏光成分
サイズ: 200 × 500 × 225 mm
重量: ~3 kg

>稼働部無しで、ストークスパラメータQ,Uの同時観測が可能
>天文衛星搭載に適していると考えられる

3. 試験観測・結果

試験観測

- 観測日: 2003年12月12日, 2004年1月10, 24日
- 取り付け望遠鏡: 美星天文台101cm望遠鏡
- シーイングサイズ: ~3"
- 観測方法: 9ポジションディザリング



図4. 望遠鏡取り付け時の偏光装置

結果

(1) 取得画像

>4つの直線偏光成分の同時観測を確認

>45°及び135°直線偏光成分にゴーストを確認(図5参照)

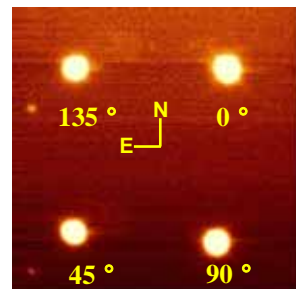


図5. 無偏光標準星 Umaの画像。

(2) 無偏光標準星

天体	V等級 (等級)	P_{obs} (%) (観測値)	θ_{obs} (°) (観測値)	露出時間 (秒)
HD21447	5.10	5.03(±0.16)	6.51(±0.99)	10 × 9
HD94851	9.10	5.08(±0.18)	7.31(±1.21)	60 × 9
Uma	3.18	5.04(±0.17)	6.12(±0.69)	1 × 9
Uma	2.37	5.09(±0.20)	6.63(±0.68)	0.5 × 9

表1. 無偏光標準星の観測結果

- > 装置偏光: $P_{inst} \sim 5.06$ (%), $\theta_{inst} \sim 6.6^\circ$
- > 観測精度: ±0.18 (%)

(3) 偏光標準星

天体	V等級 (等級)	P (%) ^a (論文値)	θ (°) ^a (論文値)	P_{obs} (%) (観測値)	θ_{obs} (°) (観測値)	露出時間 (秒)
HD21291	4.21	3.49 (±0.02)	116.6	3.13 (±0.40)	113.4 (±1.8)	5 × 9
HD19820	7.11	4.81 (±0.05)	114.9	4.44 (±0.37)	110.4 (±3.7)	20 × 9
HD25443	6.78	5.13 (±0.06)	134.2	4.63 (±0.28)	131.2 (±1.5)	20 × 9
HD43384	6.27	2.94 (±0.04)	169.8	2.83 (±0.27)	164.9 (±1.0)	30 × 9
HD251204	10.28	4.06 (±0.07)	147	4.09 (±0.65)	137.0 (±1.0)	60 × 9
BD25+727	9.5	4.27 (±0.01)	33.8	5.76 (±0.40)	28.7 (±1.2)	60 × 9

表2. 偏光標準星の観測結果

a: Turnshek et al. (1990), Hsu & Berger (1982)

論文値と観測結果の違いの原因

- > 1/2板とウォラストンプリズムの基準角のずれ
- > フィルター波長範囲と1/2板の波長範囲のミスマッチ

4. まとめ

小惑星の高精度偏光観測を目指し、同時偏光撮像装置の開発を行った。今回我々は、美星天文台101cm望遠鏡に取り付け試験観測を行い、装置偏光及び観測精度の測定を行った。主な結果を以下に示す。

- 試験観測により、4つの直線偏光成分の同時観測が可能であることが確認された。
- 望遠鏡に装置を取り付けた際の装置偏光は5.06%程度であることが確認された。また、観測精度は±0.18%であることが確認された。