

# HOWPolを用いたナスミス焦点における器械偏光の評価

○小松智之、田中祐行、千代延真吾、永江修、川端弘治(広島大学)、  
中屋秀彦、鎌田有紀子(国立天文台)、大杉節、植村誠、山中雅之、宮本久嗣、  
笹田真人、新井彰、池尻祐輝、先本清志、伊藤亮介(広島大学)

## ☆かなた



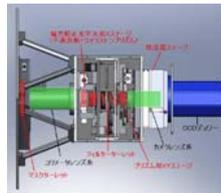
国立天文台の「赤外シュミレータ」を  
広島大学が譲り受け、東広島天文台  
に設置されたもの。  
口径1.5mクラスの望遠鏡としては  
世界最高水準の駆動性能。

カセグレン焦点: TRISPEC, HONIR (開発中)  
ナスミス焦点: HOWPol (第1焦点)、高速分光器 (第2焦点)

光学系	リッチー・クレチアン光学系
主鏡	有効径1540mm/主鏡のF比=2.0
焦点モード	カセグレン焦点(F/12.0)・ナスミス焦点(F/12.0)
焦点面スケール	カセグレン11.15"/mm・ナスミス11.15"/mm
焦点距離	18,300mm
分解能	1" FWHM
視野	15' φ
最大駆動速度	5°/sec以上(方位角)・3°/sec以上(高度軸)

突発現象、  
主にガンマ線バースト  
の偏光観測を行い、  
ジェット構造や運動  
を調べる

## ☆HOWPol



ガンマ線バーストの初期残光等の時間変化が激しく  
且つ位置誤差の大きい天体を観測するために、開  
発されている装置。

このHOWPolは広視野で、ウェッジ付きダブル・ウオ  
ラストン・プリズムをつかうことで1回の露出で4方位  
の直線偏光像を取り出すことができる。

波長域	可視450nm - 1100nm
観測モード と視野	撮像: 15分φ 広視野偏光撮像: 7分×7分 狭視野偏光撮像: 15分×1分 分光: 2.3秒×15分 偏光分光: 2.3秒×1分
フィルター	B,V,R,I,z'+Y, 偏光フィルター(青/赤), 減光フィルター
グリズム	低分散(474/mm, R=610), 高分散(1579/mm, R=2300)
ウオラストン・プリズム	広視野用ウェッジ付きダブルウオラストンプリズム 狭視野用ウェッジ付きダブルウオラストンプリズム シングルウオラストンプリズム
CCD	完全空乏型CCD 2k-4k × 2ヶ(浜松ホトニクス、国立天文台), 空乏層の厚さ200 μm
限界等級	撮像: R=19.2mag(10分露出, 測光精度0.02mag) 偏光撮像: R=16.0mag(10分露出)

遅滞なく観測データを処理するためには  
器械偏光を見積もり補正することが重要！！

## ☆器械偏光

無偏光の光でも望遠鏡や観測装置を通ると、光学系の不完全性によって器械偏光が起こる。

カセグレン焦点では光軸に対称に光を集めるので通常0.1%以下であるが、ナスミス焦点では第3鏡での90°反射によって数%の器械偏光が起こる。

よって0.1%オーダーでの偏光度を求めるために器械偏光を補正する必要がある。

今後の大口径望遠鏡においてはナスミス焦点のみ実装される例も多いと予想されることから、どの程度の偏光測定精度が達成できるか、どういった補正方法が可能かをテーマに研究を行っている。

## ☆HOWPolによる偏光観測

### ①半波長板(φ=0,22.5,45,67.5)を使用した場合

ひとつのウオラストンプリズムから得られた光の強度 $I_{10}(\theta), I_{1e}(\theta)$ から $Q/U$ それぞれが求まる  
得られた光の強度には、通常プリズムの効率 $k_q, k_e$ と天候による係数 $\xi$ がかかっているの  
それを打ち消すように計算し $Q/U$ を求める

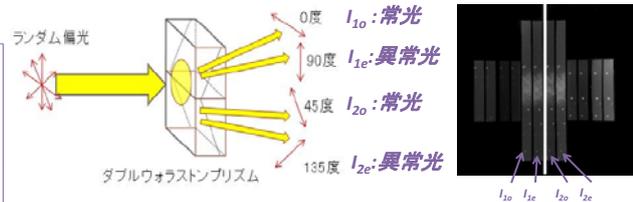
$$a_1^2 = \{I_{1e}(0) / I_{10}(0)\} / \{I_{1e}(45) / I_{10}(45)\} \quad Q/U = (1 - a_1) / (1 + a_1)$$

$$b_1^2 = \{I_{1e}(22.5) / I_{10}(22.5)\} / \{I_{1e}(67.5) / I_{10}(67.5)\} \quad U/I = (1 - b_1) / (1 + b_1)$$

同様に $I_{20}, I_{2e}$ からも求まるので4枚の画像から2組の $Q/U$ が求まる  
さらに、 $k_{10}$ と $k_{1e}, k_{20}$ と $k_{2e}$ の比も以下のようにしてそれぞれ求めることができる

$$k_{1e}/k_{10} = \{I_{1e}(0) + I_{1e}(22.5) + I_{1e}(45) + I_{1e}(67.5)\} / \{I_{10}(0) + I_{10}(22.5) + I_{10}(45) + I_{10}(67.5)\}$$

$$k_{2e}/k_{20} = \{I_{2e}(0) + I_{2e}(22.5) + I_{2e}(45) + I_{2e}(67.5)\} / \{I_{20}(0) + I_{20}(22.5) + I_{20}(45) + I_{20}(67.5)\}$$



### ②1露出モードを使用した場合

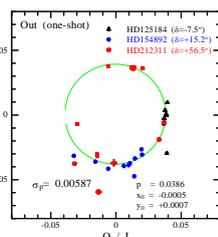
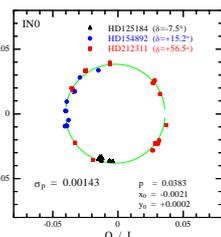
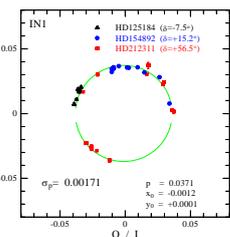
①で求めた $k_{1e}/k_{10}$ と $k_{2e}/k_{20}$ を使って、  
一枚の画像から $Q/U$ それぞれを求めることができる

$$Q/U = (I_{10} \times K_{1e}/k_{10} - I_{1e}) / (I_{10} \times K_{1e}/k_{10} + I_{1e})$$

$$U/I = (I_{20} \times K_{2e}/k_{20} - I_{2e}) / (I_{20} \times K_{2e}/k_{20} + I_{2e})$$

## ☆試験観測結果 (無偏光標準星、狭視野偏光観測モード)

名前	赤経	赤緯	V等級	観測期間	フィルタ
HD125184	14 18 00.7	-07 32 32.6	6.5等	2009.727~8/24	R
HD154892	17 07 41.3	+15 12 37.6	7.8等	2009.727~8/24	B,V,R,I,z
HD212311	22 21 58.6	+56 31 53.0	8.1等	2009.727~8/24	R



### 半波長板使用: $I_{10}, I_{1e}$ から

$$P = 0.03710 \pm 0.00004$$

$$Q_0 = -0.00115 \pm 0.00004$$

$$U_0 = 0.0001 \pm 0.00009$$

$$\sigma_p = 0.171\%$$

$$Q_0, U_0 \text{ から求めた偏光度} = 0.155\%$$

### 半波長板使用: $I_{20}, I_{2e}$ から

$$P = 0.03839 \pm 0.00004$$

$$Q_0 = -0.00104 \pm 0.00006$$

$$U_0 = 0.00055 \pm 0.00006$$

$$\sigma_p = 0.143\%$$

$$Q_0, U_0 \text{ から求めた偏光度} = 0.176\%$$

### 1露出モード

$$P = 0.0387 \pm 0.0001$$

$$Q_0 = -0.0005 \pm 0.0002$$

$$U_0 = 0.0007 \pm 0.0001$$

$$\sigma_p = 0.587\%$$

$$Q_0, U_0 \text{ から求めた偏光度} = 0.0876\%$$

前任者の調査(田中修論)によって、半波長板使用時の別の方法(Q, Uの時角H依存性のグラフフィット)から求めた $P, Q_0, U_0$ はそれぞれ  
4.3%, 0.94%, 0.69%, 0.6%であり、この $Q_0, U_0$ から求めた偏光度は1.17%だった。  
今回の観測によって求めた器械偏光は3.8%程度で、 $\sigma$ は半波長板使用で  
0.17%, 0.14%, 1露出モードでは0.59%であった。半波長板使用時のばらつきは、  
前回の測定に比べ1/3と良くなっている。前回から器械偏光(第3鏡起源、装置  
固有起源の両方)が小さくなった理由、およびばらつきが1/3になった理由には、  
ウオラストンプリズムステージの制御系更新により位置再現性が格段に向上した  
ほか、主鏡の再蒸着などが考えられるが、現時点ではよくわからない。また、  
1露出モードでは精度が下がる理由も今後詰める必要がある。  
また、 $\sigma$ のより正確な評価のためには、Q, Uの時角(hour angle)依存性も出  
す必要がある。

## ☆今後

今回の結果はRバンドのみ、3天体すべてのQ, Uの値から器械偏光を求めさ  
らにそのパラッキ $\sigma$ を導出した。しかし、上記のようにQ, Uの時角依存性から  
精度よく器械偏光を求める必要がある。

また、観測データは1天体は5つのバンドでとっており、今後つい観測を行うこ  
とで、波長依存性など、下記のようなことを調査できると考えられる。

1. 器械偏光度の波長依存性
2. 器械偏光度のHA(時角)依存性
3. 器械偏光度の赤緯依存性
4. 器械偏光度の再現性
5. 器械偏光度の長期安定性
6. 器械偏光度の視野内位置依存性