

可視近赤外線同時カメラHONIRにおける一露出型偏光観測モードの性能評価

長木舞子、川端弘治、中岡竜也、川端美穂 (広島大学)、伊藤亮介 (東京工業大学)、秋田谷洋 (茨城大学)、吉田道利 (国立天文台)

1. 可視近赤外同時カメラHONIR



かなた望遠鏡
 ・主鏡有効径1.5m
 ・駆動速度: 方向軸周り5度/秒、高度軸周り2度/秒
 (このサイズでは世界最高クラス)
 →**突発天体に即座に対応**

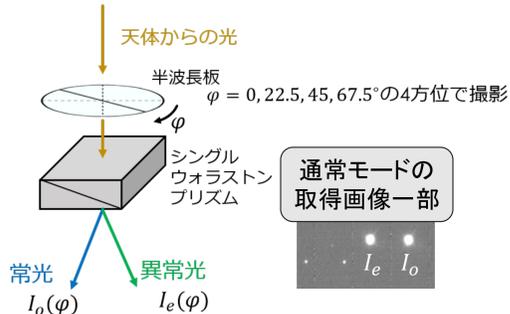
HONIR (カセグレン焦点)
 ・可視光1色、近赤外線2色同時撮像
 (現在は可視光1色、近赤外線1色)
 ・撮像、偏光、分光、偏光分光の多モード
 観測が可能

2. 突発天体の偏光

ガンマ線バーストの残光やレーザーは**シンクロトロン放射**により偏光しており、偏光を調べることで発光領域の磁場構造の推定が可能となる。これらは**数秒から数分のスケールで変動**するため、4回の露出が必要である通常の偏光観測では同時性のある偏光測定は困難である。

5. 偏光観測

通常の偏光観測モード

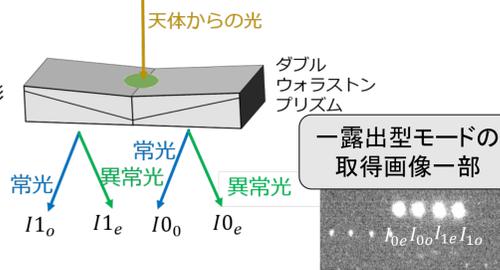


8つの光量から計算

装置の特性に影響されにくく、偏光観測の精度が良い

4回の露出が完了しないと偏光が計算できない

一露出型偏光観測モード



4つの光量と2つの変数から計算

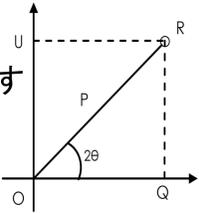
1回の露出で偏光観測ができ、突発天体に対しても同時性のある観測が可能

装置固有の変数があり、キャリブレーションが難しい

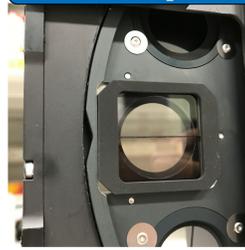
3. ストークスパラメータ

偏光度 P と偏光方位角 θ をストークスパラメータ (I, Q, U) で表す

$$P = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I}, \quad \theta = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{U}{Q}\right)$$



4. LiYF₄ 製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は2つの**複屈折性を持つ**プリズムの光軸を直交する状態で接着しており、入射光線は常光線と異常光線という互いの偏光面が90°異なる光線となって出射する。

ここで言うダブルウオラストンプリズムとは、2つの等価なウオラストンプリズムを、光学軸が互いに45°異なるように横に並べて接合したものを指す (§5の図を参照)。接合部の中心周りに入射瞳像を形成するように光を入射することにより0°、90°、45°、135°の直線偏光成分に分離することが可能。

LiYF₄は可視光全域から近赤外域までほぼ透明であり、一つのウオラストンプリズムでHONIRの全波長域をカバーできること、複屈折性が大きめであることなどから使用した。

6. 目的

HONIRにおいてダブルウオラストンプリズムを用いた偏光観測を行い、その性能を評価し、推奨されるキャリブレーション観測方法を提案する。

7. キャリブレーション項目と観測天体

器械偏光

望遠鏡や装置内部で生成される偏光のこと。偏光の見られない**無偏光標準星** ($Q=U=0$) を用いて評価する。

消偏光効果

装置の偏光能率のこと。波長依存性を確認する。ワイヤーグリッド偏光フィルターを通した光 (**100%偏光の光**) の観測から評価する。

方位角原点

天球座標系に対する望遠鏡の方位角原点を求める。既知の**強偏光標準星** から求める。

8. 観測結果

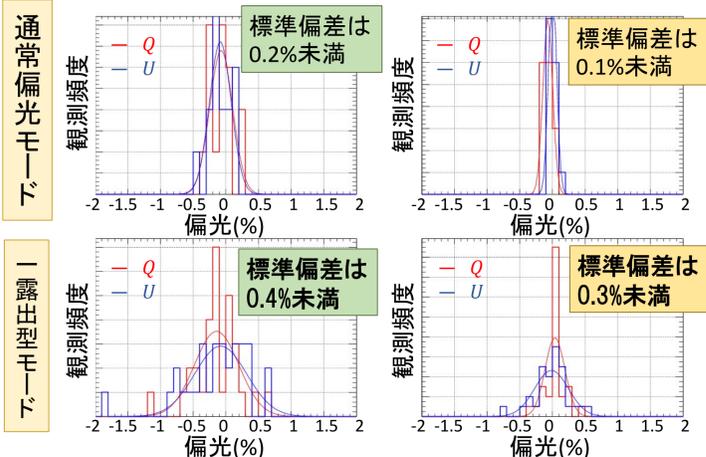
① 器械偏光の安定性

無偏光標準星の観測

各モード・バンドにおいて、多数回の無偏光標準星の観測から導出された Q, U 値のヒストグラムを以下に示す。分布のピークないし平均が系統的な器械偏光が、また分布の幅(標準偏差)から器械偏光の安定性がそれぞれ評価できる。

近赤外線Hバンド

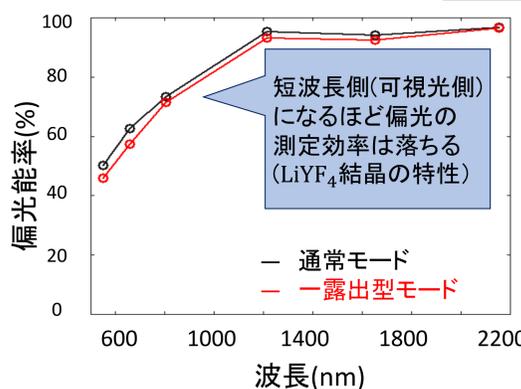
可視光Rバンド



グラフでは、各分布にガウスフィットした結果も示している。これから、統計的な器械偏光はいずれのモード・バンドでもほぼゼロであることがわかる。また、観測毎の器械偏光のばらつきは、一露出型モードでは大きめであるが、Rバンドでの標準偏差は0.3%に留まっており、ガンマ線バーストの残光のように**1%を超える偏光を示す天体には十分な精度での観測が可能**である。

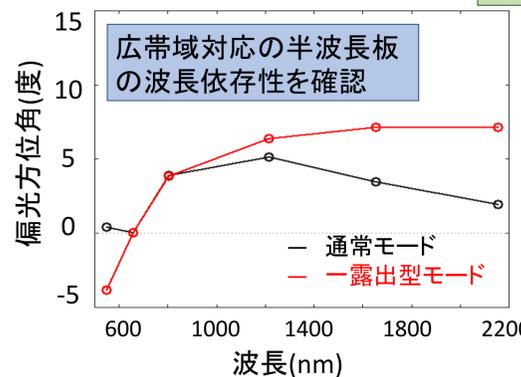
② 偏光能率の波長依存性

100%偏光の光の観測



③ 偏光方位角の波長依存性

100%偏光の光の観測

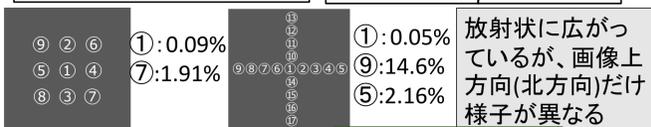
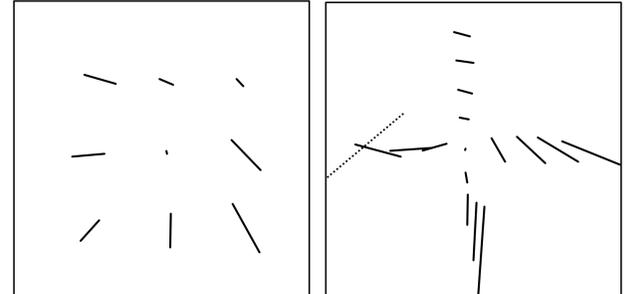


ダブルウオラストンプリズム自身にも短波長側に光学軸の波長依存性を持つことを確認

④ 器械偏光の視野内依存性

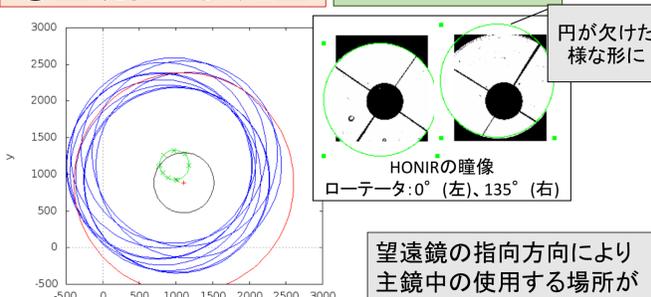
フレーム内で、複数回位置を変えて観測

正方形はHONIRの視野(10分角×10分角)、視野内の各位置における器械偏光ベクトルを、棒の長さt向きで表している。視野端に近いほど大きな器械偏光を持つ。



⑤ 主鏡像の安定性

ローテータを回転させて瞳像の変化を調べる



望遠鏡の指向方向により主鏡中の使用する場所が異なることが、器械偏光のばらつきの一因のつかもかもしれない

ローテータを回転させる毎の変化を示した
 青丸: ローテータを回転させる毎に変化する円
 緑線: 青丸の中心(円でフィット)
 黒丸: 瞳像に写る黒円(固定)
 赤丸: これより外側の光は入ってこない(固定)

9. まとめ

- ・器械偏光の安定性は可視光0.3%、近赤外線0.4%
- ・偏光能率は短波長側になるほど悪くなるものの、LiYF₄の特性と考えられる
- ・広帯域対応の半波長板の波長依存性を確認できた、またダブルウオラストンプリズムにも波長依存性を確認した
- ・器械偏光にやや大きい視野内依存性が見られる。その原因は調査中であるが、ハード的に解決するまでは、器械偏光が小さい視野中心付近のみで観測を行うことが望ましい

10. 今後の予定

現在ナスミス焦点に取り付けられているHOWPolにおいてガンマ線バーストの自動観測を行っているが、今後は自動観測をHONIRに移行し、可視近赤外線同時偏光観測データの取得を目指す。