

北海道大学ピリカ望遠鏡・MSI検出器における 可視偏光データ解析実習



広島大学

修士1年 志岐 健成

特任助教 田中 康之

研究員 伊藤 亮介

目次

- 実習の目的
- 実習内容
- 北海道大学 1.6m ピリカ望遠鏡・MSI
- 観測方法
- 偏光解析と解析結果
- まとめと今後

実習の目的

① 偏光観測・解析への理解を深める

MSIの偏光較正を通して偏光解析の勉強

過去の結果と比較し、偏光較正の長期安定性を確認

② V404 Cygの静穏期のデータの取得

6月にアウトバーストしたBH・X線連星

増光時と静穏時の偏光度に変化があるかどうかを調べる

実習内容

- ・北大大学院理学研究院附属天文台の観測室にて実習
- ・ 計5日間の滞在
- ・ 18時～翌日5時半までの観測
- ・ 晴れれば観測、曇れば解析



日付	主に行ったこと
9/25	望遠鏡・観測装置についての説明を受けた。また(市立天文台の)観望会に参加した
9/26	雲が多かったので観測待機。偏光解析用スクリプトの作成着手
9/27	よく晴れたので、実際に偏光観測を行った(V404 Cyg)
9/28	主に偏光解析用のスクリプトの作成・改良
9/29	偏光標準星のデータを解析し、求めた偏光度を文献値と比較した

実習中の様子



観測中の様子



市立天文台のお月見観望会に参加

北海道大学 1.6m ピリカ望遠鏡・MSI

ピリカ望遠鏡

- リッチー・クレチアン式望遠鏡
- 主鏡の有効径 1.6m
- カセグレン×1、ナスミス×2

MSI (multi-spectral imager)

- カセグレン焦点に設置
- 3.3×3.3 分角 の視野(0.39秒角/pixel)
- 5つのフィルター(U, B, V, Rc, Ic)と液晶可変フィルター

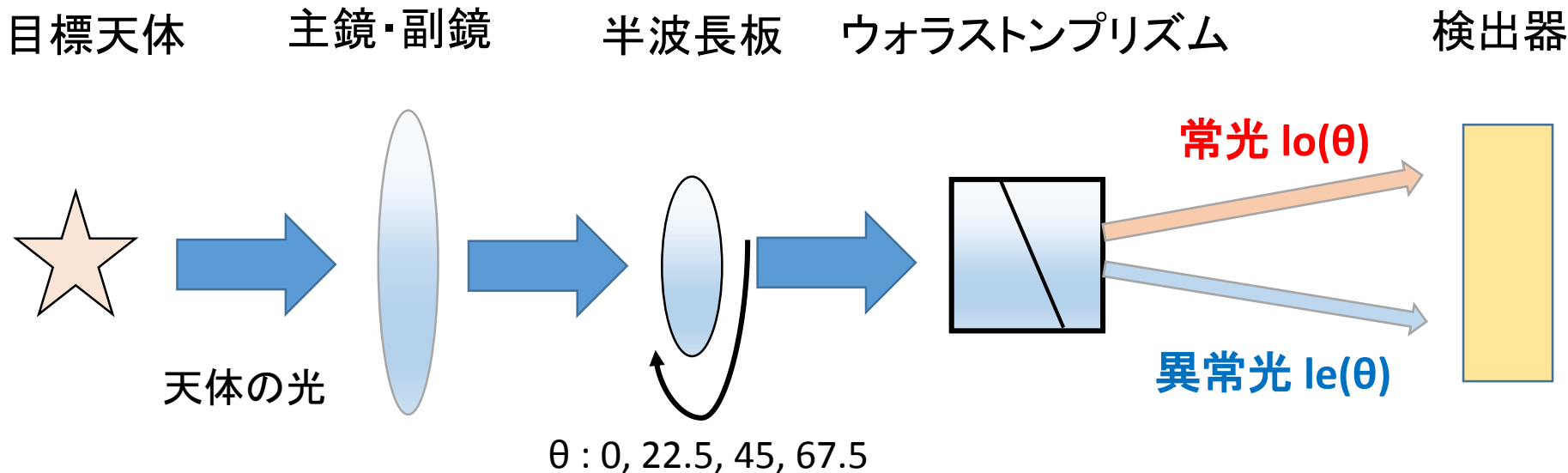


1.6mピリカ望遠鏡

(参照) 北海道大学附属天文台HPより
<http://sana.ep.sci.hokudai.ac.jp/nayoro/>

半波長板回轉型観測法

概念図



偏光度・偏光方位角

$$R_q = \sqrt{\frac{I_e(0)}{I_o(0)} / \frac{I_e(45)}{I_o(45)}}$$

$$q = \frac{R_q - 1}{R_q + 1}$$

$$PD = \sqrt{q^2 + u^2}$$

$$R_u = \sqrt{\frac{I_e(22.5)}{I_o(22.5)} / \frac{I_e(67.5)}{I_o(67.5)}}$$

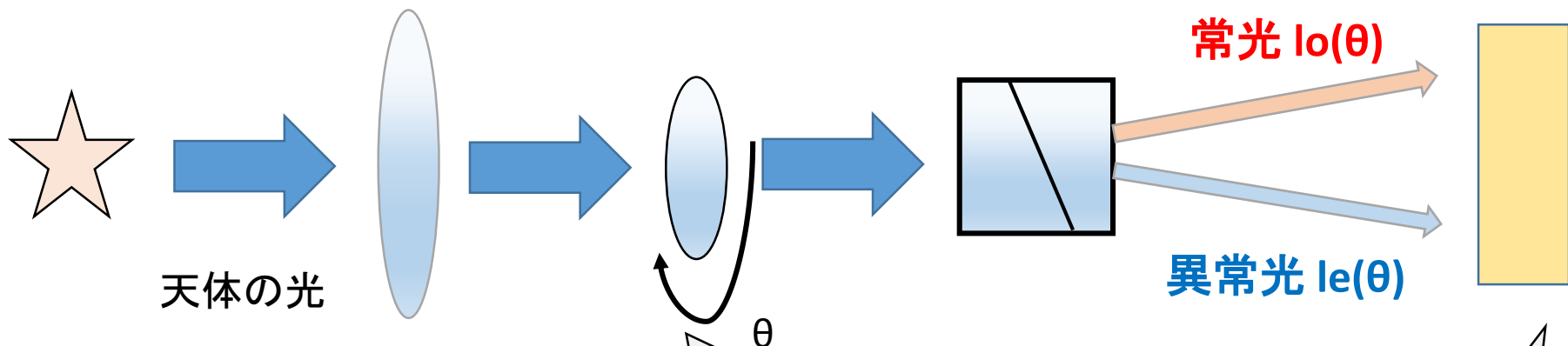
$$u = \frac{R_u - 1}{R_u + 1}$$

$$PA = \frac{1}{2} \text{atan}\left(\frac{u}{q}\right)$$

半波長板回轉型観測法

概念図

目標天体 主鏡・副鏡 半波長板 ウォラストンプリズム 検出器



② 鏡の非対称性による偏光
装置偏光の補正

① 半波長板の位相差のずれ
波長によって効率が異なる
偏光効率の補正

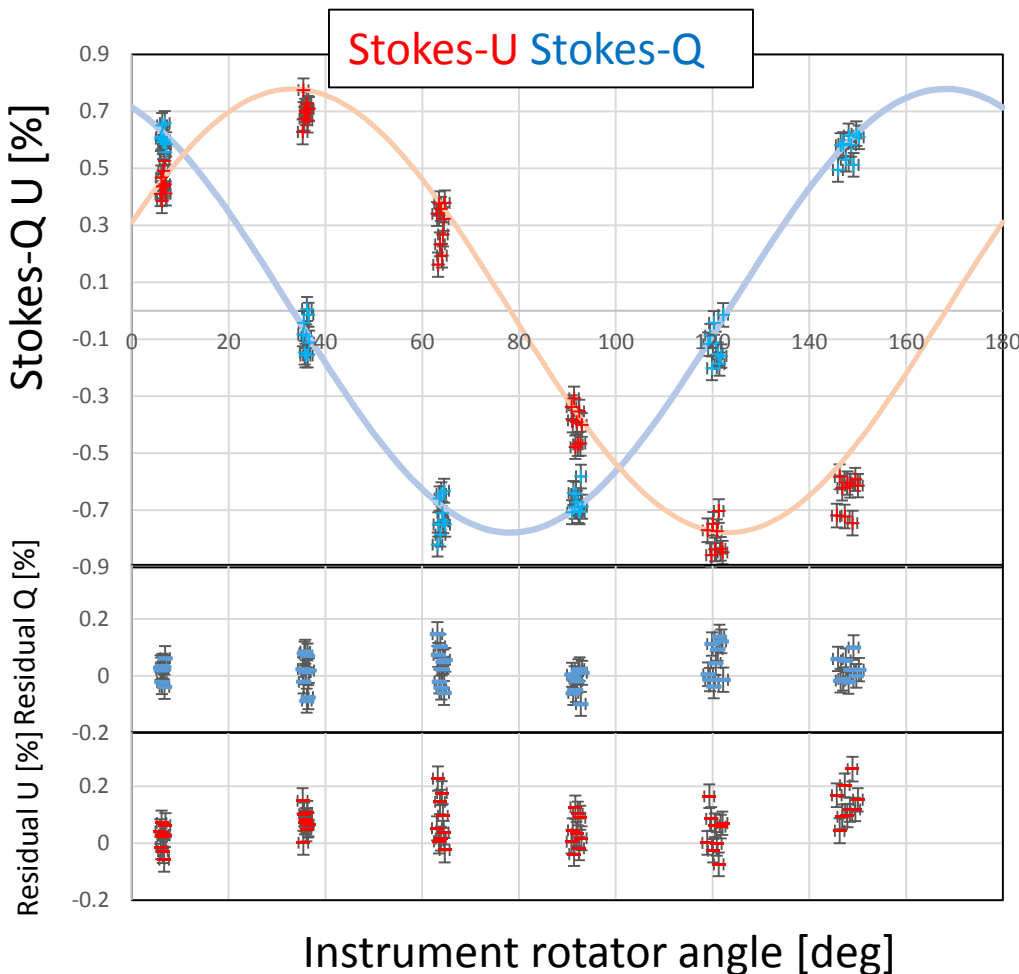
③ 装置系と天球の方位角の原点のずれ
方位角原点の補正

偏光解析と解析結果①

無偏光標準星 (HD212311) のデータを解析し、装置偏光を求めた。

装置偏光の補正式

$$q' = q - [q_{inst} * \cos(2 * inr_q) - u_{inst} * \sin(2 * inr_q)]$$
$$u' = u - [q_{inst} * \sin(2 * inr_u) + u_{inst} * \cos(2 * inr_u)]$$



q_{inst}, u_{inst} : 装置偏光
 inr_q, inr_u : ローテータの角度

表1: Rバンドの装置偏光の比較

バンド	R	
	qinst	uinst
2015/05測定	0.703 ± 0.033%	0.337 ± 0.020%
今回の解析 (9/25)	0.716 ± 0.039%	0.309 ± 0.063%

今回の解析結果と過去に測定された値が各バンドで誤差の範囲で一致した
⇒装置偏光は**長期間安定**している

偏光解析と解析結果②

強偏光標準星 (HD155197, HD204827) のデータを解析し、偏光度と偏光方位角を求め、文献値を比較した

・ (例) HD155197, rバンドの偏光解析

q, u: 装置系のストークスパラメータ

$$q = -0.034563$$

$$u = -0.016548$$

① 偏光効率補正

$$q' = q / (\text{偏光効率}) \quad q' = -0.034664$$

$$u' = u / (\text{偏光効率}) \quad u' = -0.016596$$

偏光効率 : 99.71 % (R band)

② 装置偏光補正

$$q_{\text{inst}} = 0.716 \quad q'' = -0.036953$$

$$u_{\text{inst}} = 0.309 \quad u'' = -0.024055$$

③ 天球座標系への変換

$$q''' = -0.039829$$

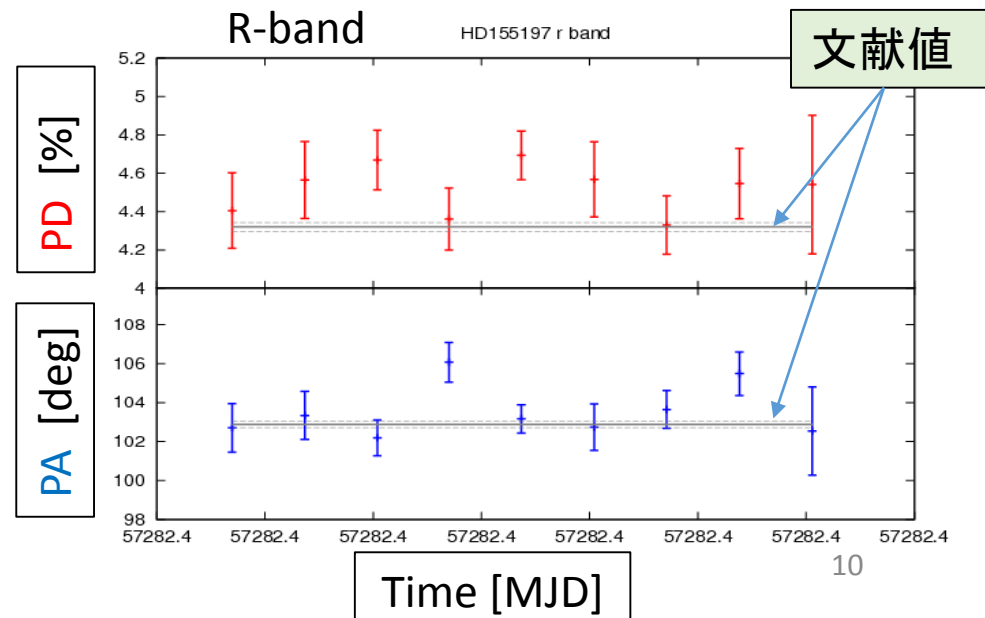
$$u''' = -0.018914$$

オフセット : 3.38 [deg] (R band)

$$q''' = q'' * \cos(2*\theta) + u'' * \sin(2*\theta)$$

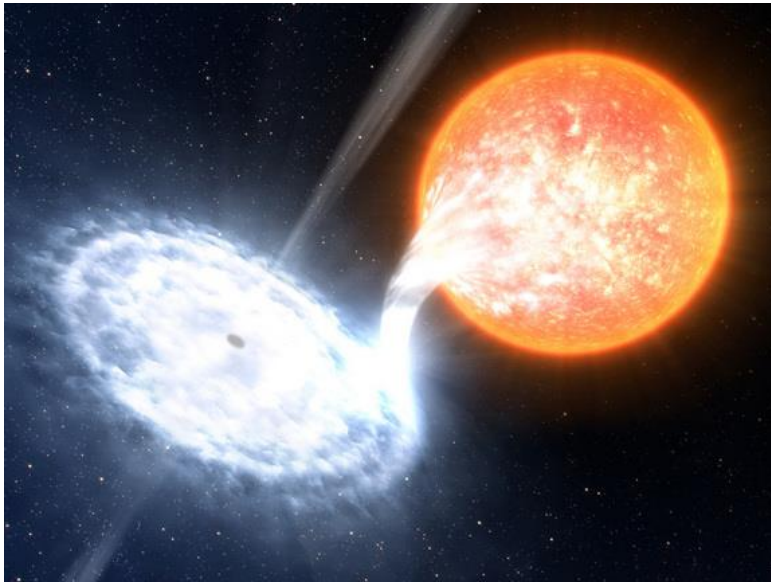
$$u''' = -q'' * \cos(2*\theta) + u'' * \sin(2*\theta)$$

(θ = オフセット - 装置の位置角)



- 結果と文献値がおおよそ誤差の範囲内で一致したため、正しく偏光解析を行えたはず
- きちんと偏光解析に取り組んだのは初めて
- 他の研究機関の望遠鏡・検出機に関わる貴重な機会
- 偏光解析に時間をかけ過ぎた
観測にもう少し比重をおけたらなお良かった

非常に有意義な経験になりました



- 銀河系内ジェット天体候補
- 26年ぶりの大增光
- 6/17~ 大学間連携ToO観測 (P.I. Tanaka)

北大Pirka/MSI + 広大Kanata/HONIR
による連続偏光観測

PD = 8%の偏光@R-band
短時間での偏光変動は検出されず
論文投稿準備中 (Y. T. Tanaka)

<http://www.space.com/19029-a-binary-black-hole.html>

V404 Cygの偏光起源; ジェット or 星間偏光?

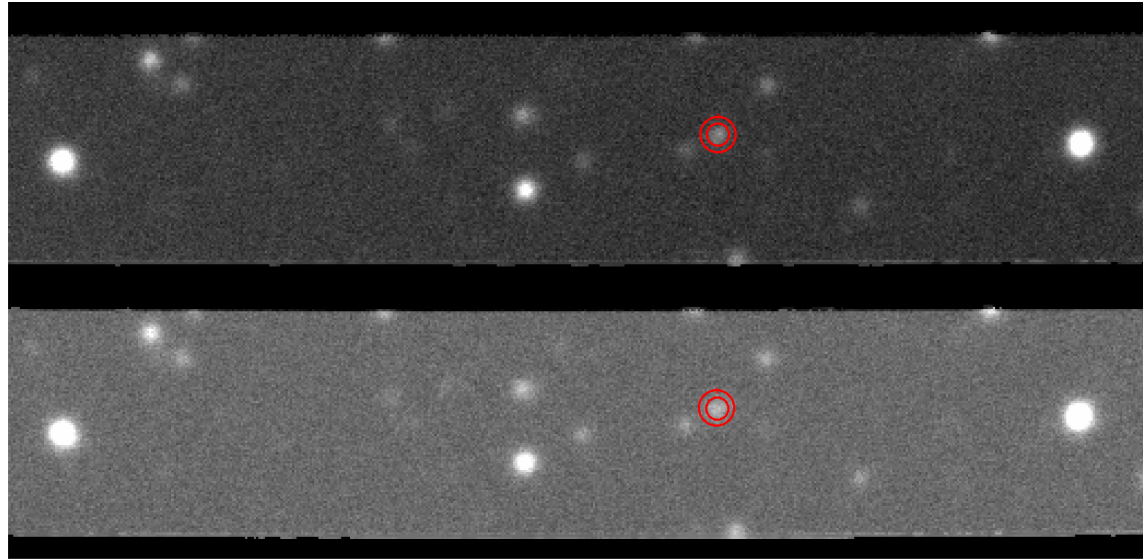
1. 周辺星の偏光との比較 (星間偏光であれば近傍星の偏光と揃う)
2. **時間変動**の有無 (星間偏光起源であれば時間変動は無い)

本実習によりアウトバースト期/静穏期の偏光変動の有無を調べる

北大Pirkaによる観測の意義:

アウトバースト時と同じ検出器での偏光観測 (装置間の不定性小)

Pirka/MSIで得られたV404Cygの画像



	2015-06-23	2015-09-27
光度	~ 11 mag	16.6 ± 0.1 mag.
偏光度	7.9 ± 0.1 %	8.3 ± 2.6 %
偏光方位角	5.3 ± 0.7 deg.	3.6 ± 5.7 deg.

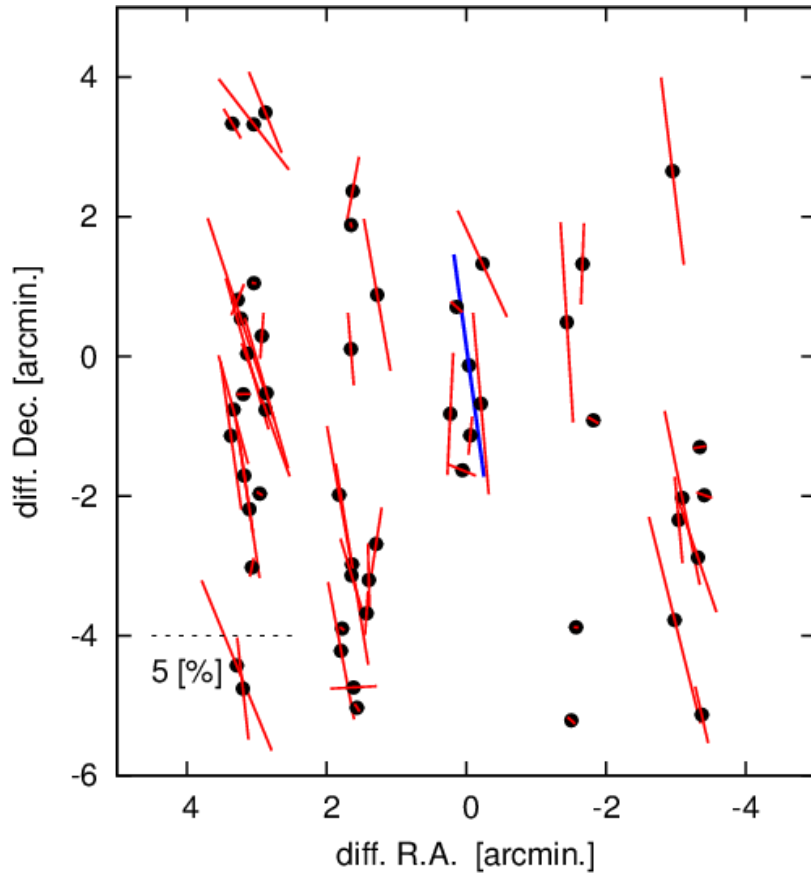
アウトバースト終了後の静穏期偏光度は、
バースト時と誤差の範囲で一致
--> 星間偏光起源を支持する結果

まとめと今後

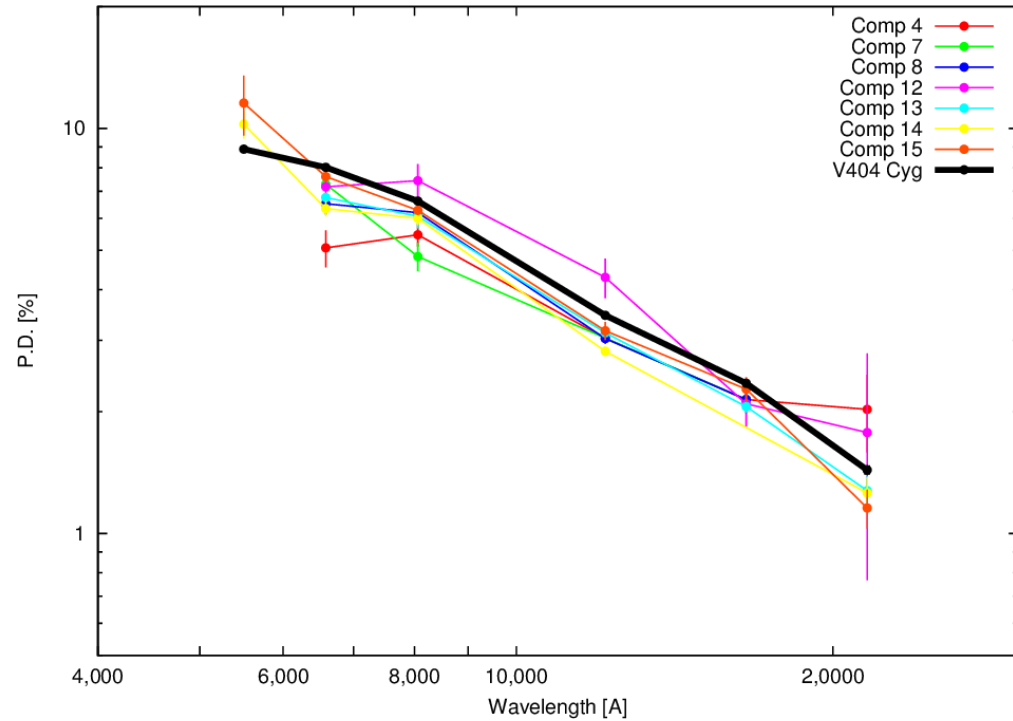
- 偏光解析の解析手順を学び、実際に強偏光標準星の解析を行った
- 解析結果と文献値の比較を行い、今回の解析結果がおおよそ正しいことを確認した
- V404 Cyg の静穏期の偏光データを取得した結果、星間偏光起源の可能性が高いことが分かった
- 今回得た知識をかなた望遠鏡の偏光解析へ応用したい

Back up slide

近傍星(~5分角) の星間偏光(R-band)



偏光度の波長依存性 (V-Ks band)



青: V404 Cyg, 赤: 近傍星偏光

バーの大きさが偏光度、傾きが偏光方位角を示す

各フィルターごとの装置偏光の比較

バンド	B		V		R		I	
パラメータ	qinst	uinst	qinst	uinst	qinst	uinst	qinst	uinst
2014/9	0.656 ± 0.007 %	0.381 ± 0.007%	0.613 ± 0.006%	0.365 ± 0.006%	0.478 ± 0.006%	0.283 ± 0.006%	0.282 ± 0.006%	0.174 ± 0.007%
2015/5	1.151 ± 0.013 %	0.451 ± 0.009 %	0.963 ± 0.029 %	0.453 ± 0.043%	0.703 ± 0.033%	0.337 ± 0.020%	0.416 ± 0.040%	0.153 ± 0.040%
今回 9/25	1.112 ± 0.006%	0.440 ± 0.006%	0.956 ± 0.006%	0.410 ± 0.006%	0.716 ± 0.006%	0.309 ± 0.006%	0.408 ± 0.006%	0.168 ± 0.006%

HD212311にて測定

偏光解析と解析結果①

無偏光標準星 (HD212311) のデータを解析し、装置偏光を求めた。

Rバンドにおける装置偏光

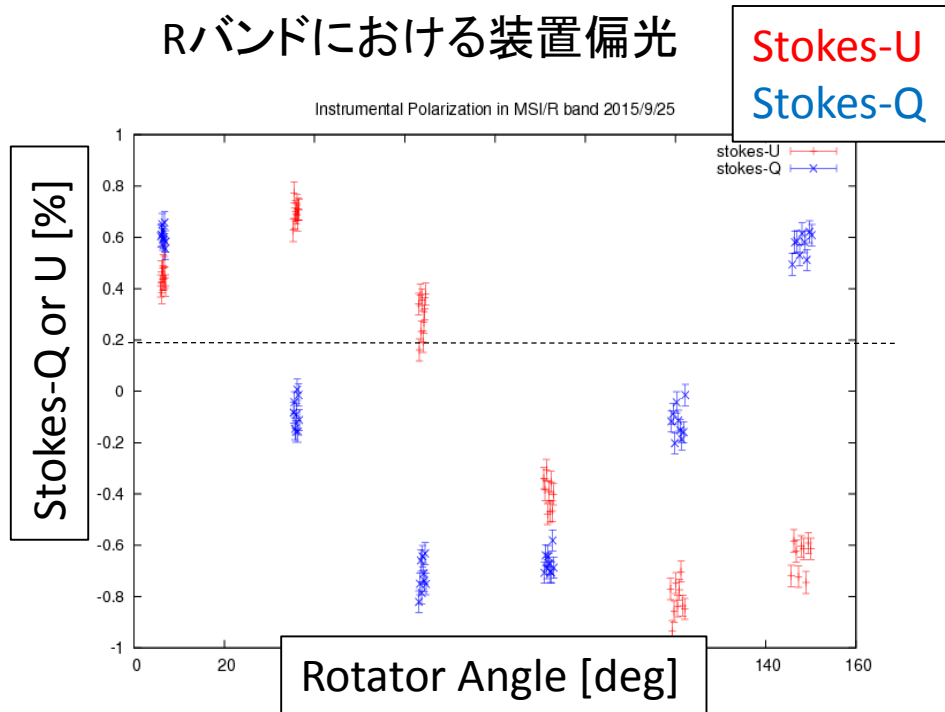


表1: Rバンドの装置偏光の比較

バンド	R	
	qinst	uinst
パラメータ		
2015/05測定	0.703 ± 0.033%	0.337 ± 0.020%
今回の測定 (9/25)	0.716 ± 0.006%	0.309 ± 0.006%

今回の解析結果と過去に測定された値が各バンドで誤差の範囲で一致した
⇒装置偏光は**長期間安定**している

装置偏光の補正式

$$q' = q - [q_{\text{inst}} * \cos(2 * \text{inr_q}) - u_{\text{inst}} * \sin(2 * \text{inr_q})]$$

$$u' = u - [q_{\text{inst}} * \sin(2 * \text{inr_u}) + u_{\text{inst}} * \cos(2 * \text{inr_u})]$$

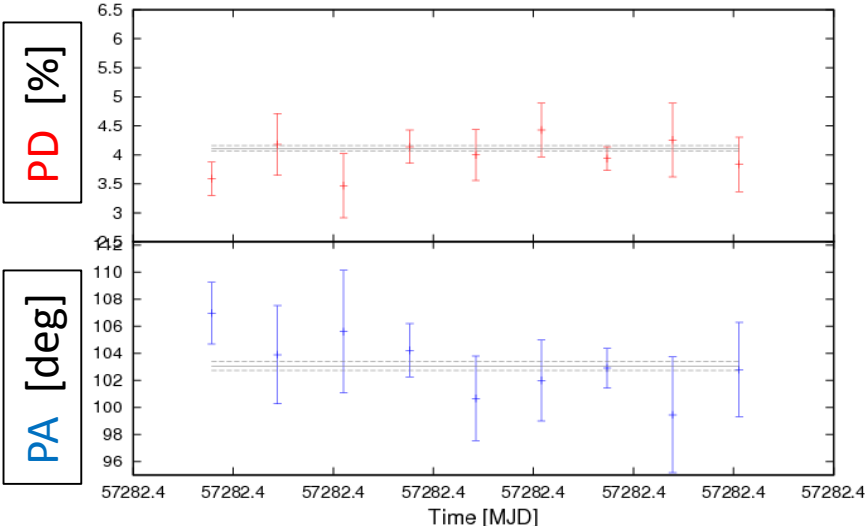
qinst, uinst : 装置偏光

Inr_q, inr_u : ローテータの角度

解析結果 (HD155197)

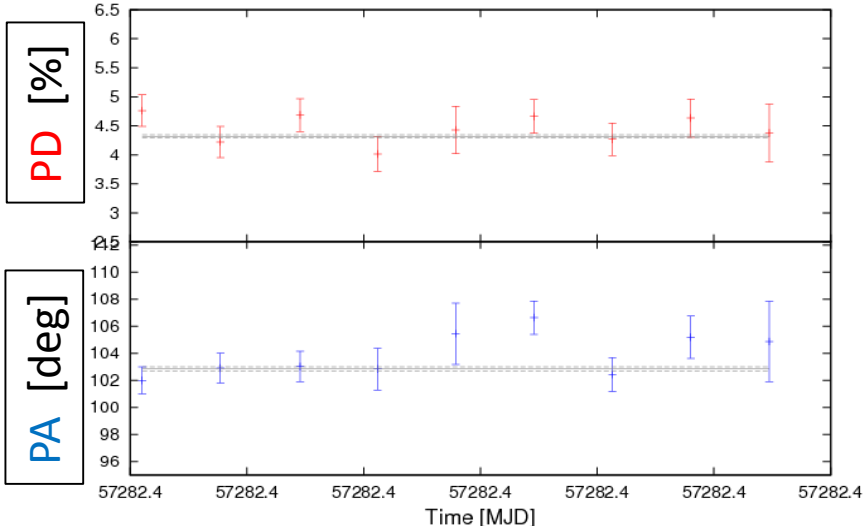
B-band

HD155197 b band



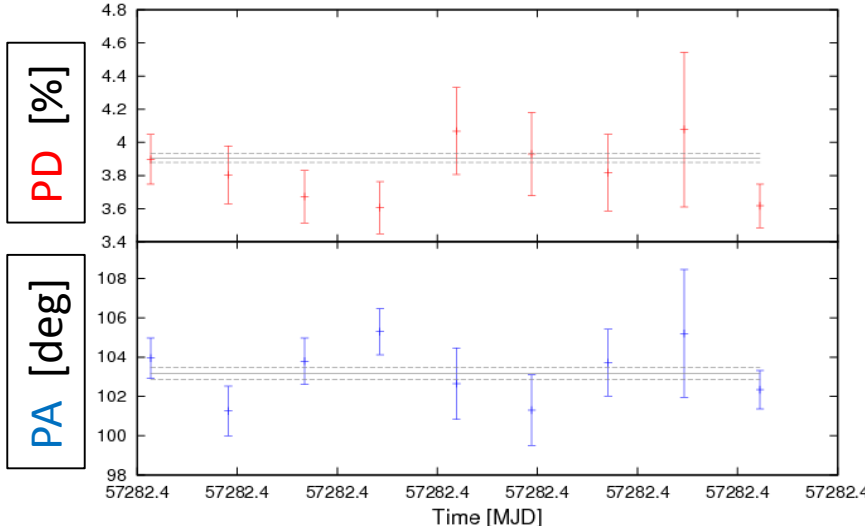
V-band

HD155197 v band



I-band

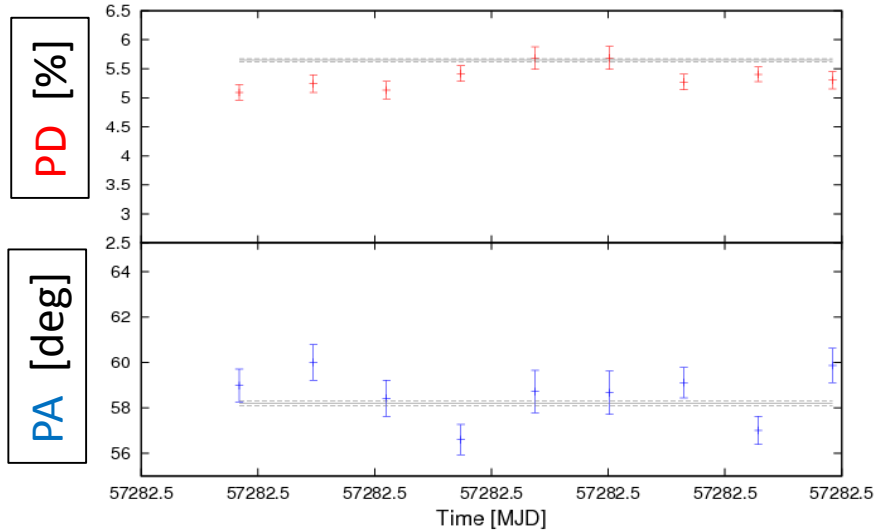
HD155197 i band



解析結果 (HD204827)

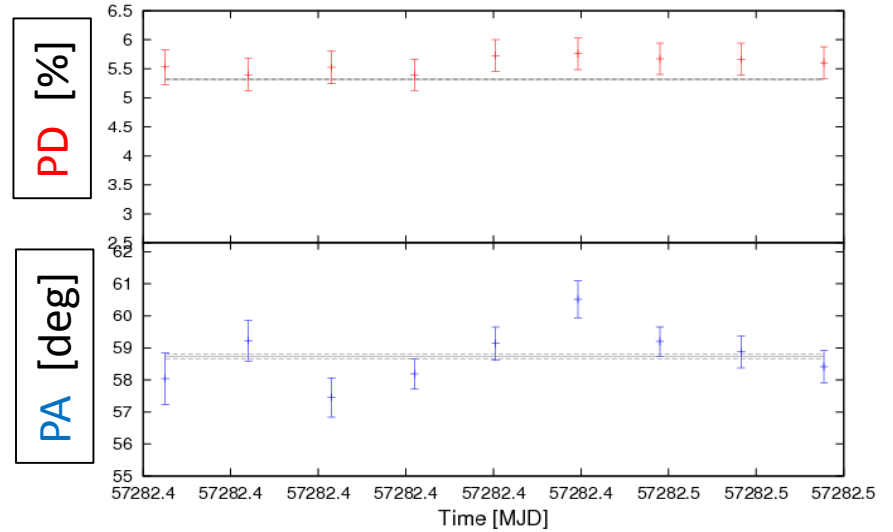
B-band

HD204827 b band



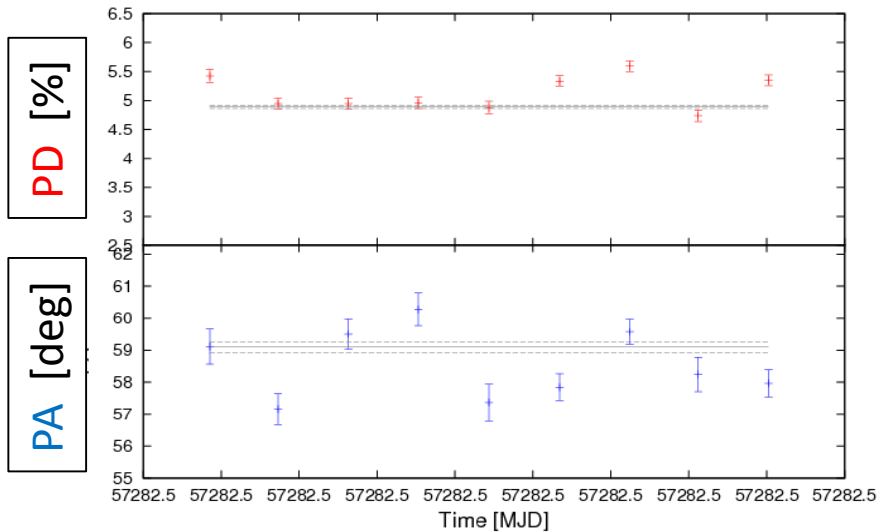
V-band

HD204827 v band



R-band

HD204827 r band



I-band

HD204827 i band

