

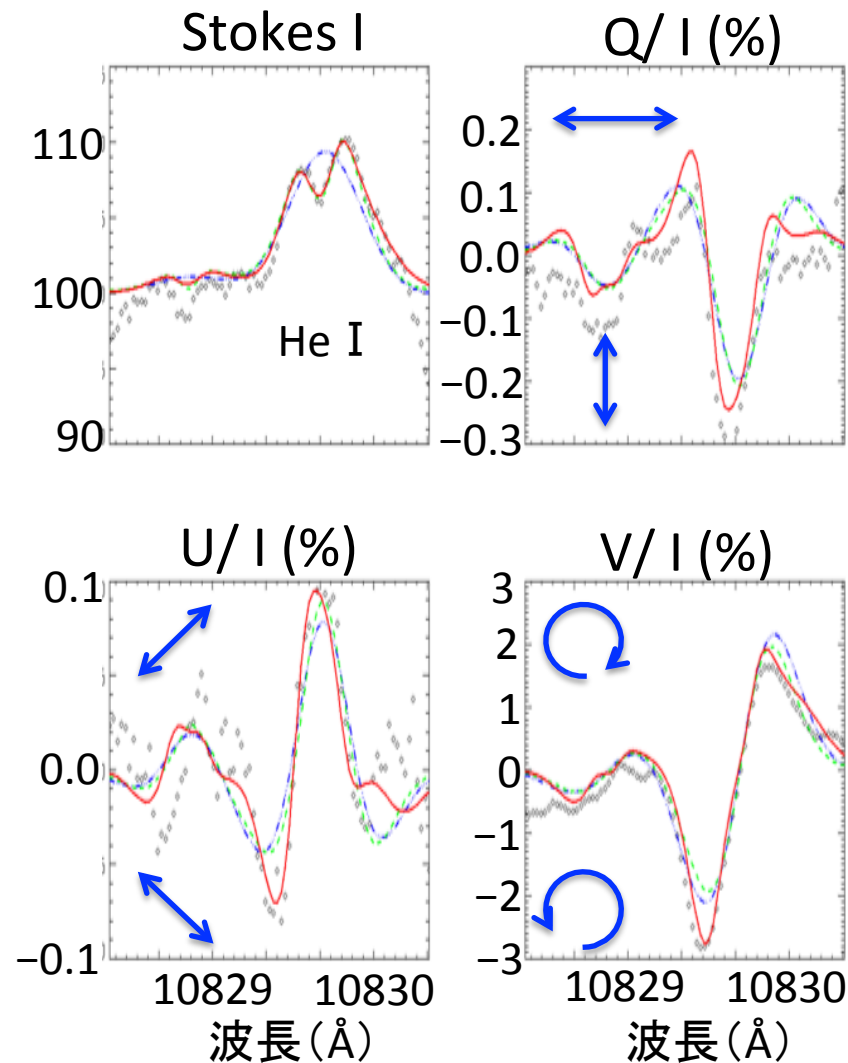
M05a

# 多波長帯同時偏光分光観測装置の開発

2017年3月16日 天文学会春季年会@九州大学

阿南 徹、黄 于蔚、仲谷 善一、一本 潔、  
上野 悟、木村 剛一、二宮 翔太(京都大学)

# 偏光プラズマ診断



観測、**フィッティング**

- スペクトル線の偏光が含む情報
  - 磁場、電場、輻射場、粒子速度の異方性
- 異なるスペクトル線は大気の異なる場所をサンプル
- ∴ 複数スペクトル線の偏光分光観測
  - 不定性の解消
  - 大気の3次元構造導出
  - 空間分解能以下の情報の抽出

# 世界の複数波長帯同時偏光分光観測

- THEMIS/Multi Raies spectropolarimeter
  - López Ariste et al. 2000
  - 500 – 900 nm、6波長帯、同時偏光分光観測
  - 最も彩層磁場測定しやすいHe 1083nmの観測ができない
  - 2011年以降、同時多波長観測の論文出ていない
- DST(米国)/SPINOR
  - Socas-Navarro et al. 2006
  - 430 – 1600 nm、4波長帯、同時偏光分光観測
  - 近赤外(He1083nm、Fe1565nm)の観測研究は装置論文だけ
  - 2008年以降、同時多波長観測の論文出ていない

主に、Fe 630 nm、Ca 849 nm、Ca 854 nm、Ca 866 nmの同時偏光分光観測が行われてきた

# 開発目的と目標

- 目的

- 500 – 1100 nmにおける複数の波長帯を同時に偏光分光観測できる装置を開発する

- 要求誤差

$$\text{誤差} = \Delta_S \times \text{偏光度} + \Delta_B$$

- 光球 (最大直線偏光度: 15%、円偏光度: 20%)

- $\Delta_S < 5\%$   $\Delta_B < 0.1\%$  (ひので/SPと同じ)

- 彩層 (最大直線偏光度: 1%、円偏光度: 1%)

- $\Delta_S < 5\%$   $\Delta_B < 0.03\%$  (Solar-C/SUVITと同じ)

=> 様々な性能の要求値の導出 (Ichimoto et al. 2008)



# ドームレス太陽望遠鏡 (DST) マグネトグラフ開発

Anan et al. 2012

**偏光校正装置**

2010~



Nakai & Hattori 1985

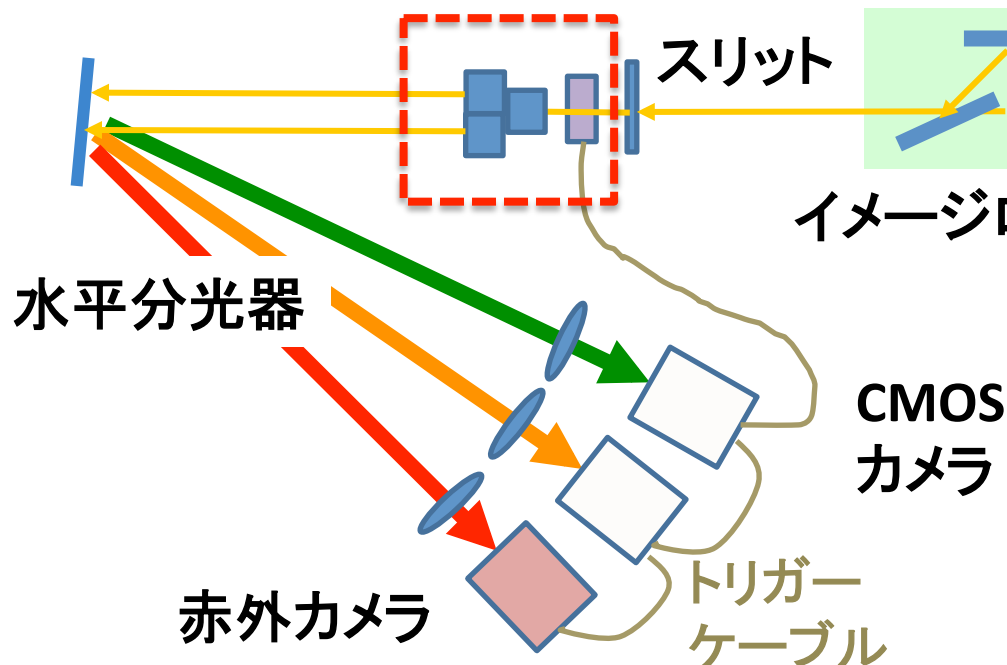


# 複数の波長帯を同時に 偏光分光観測できる装置

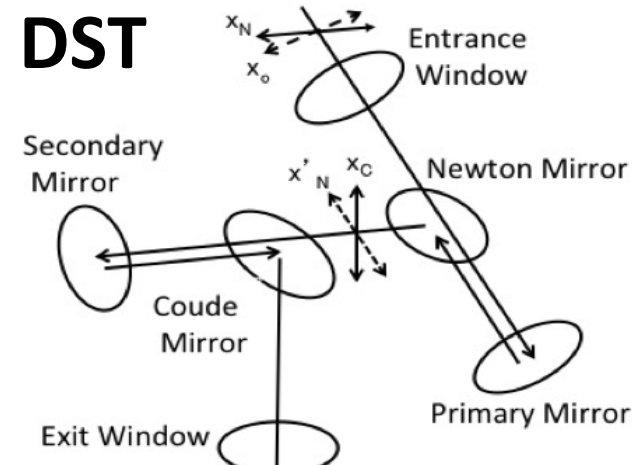
## 開発項目

- 偏光解析装置(回転波長板)の製作(仲谷)
- カメラ-波長板同期システムの製作(阿南)
- イメージローテータのキャリブレーション(黄)
- システム全体のキャリブレーション(阿南)

## 偏光解析装置



## イメージローテータ

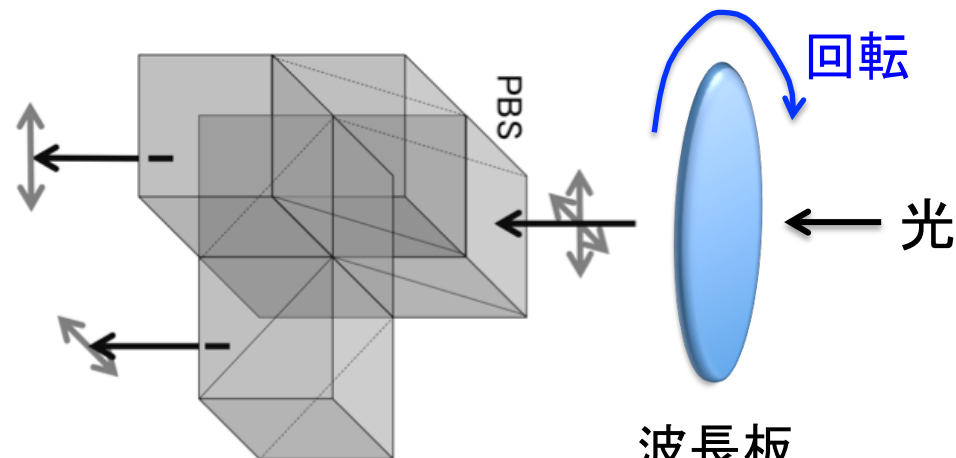
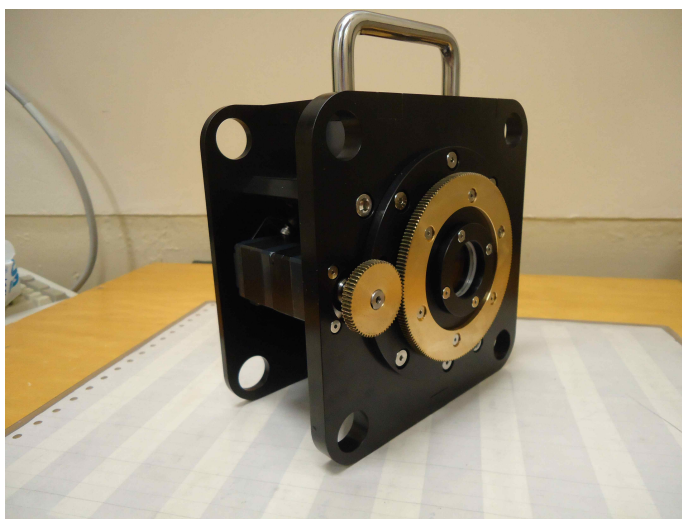


補償光学  
装置

組み込む予定

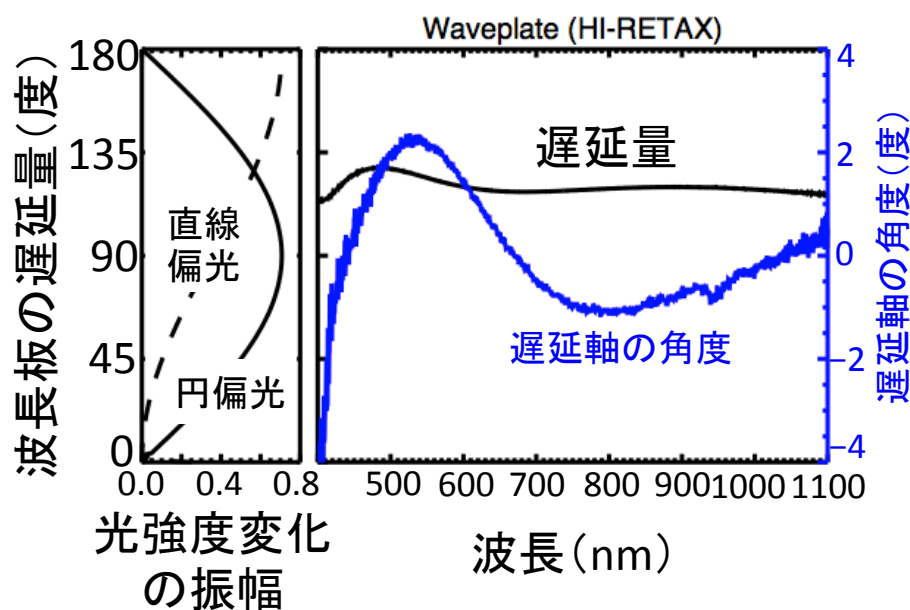
# 回転波長板偏光解析装置

偏光情報 => 回転角度に対する光強度の変化



偏光ビームスプリッター  
(シグマ光機)

波長板  
HI-RETAX  
(ルケオ)



カメラと波長板の回転との同期

- 要求値  $\sim 0.3^\circ$
- CMOSカメラ :  $0.01^\circ$  < 要求値
- 赤外カメラ :  $0.3^\circ$   $\sim$  要求値

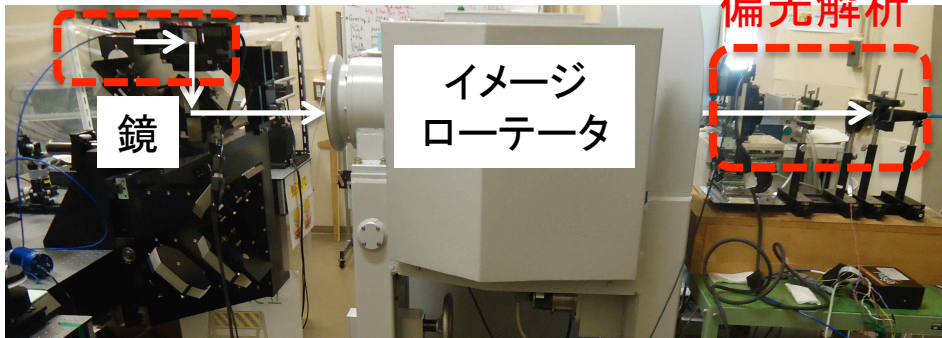
# イメージローテータの偏光特性

- ミュラー行列

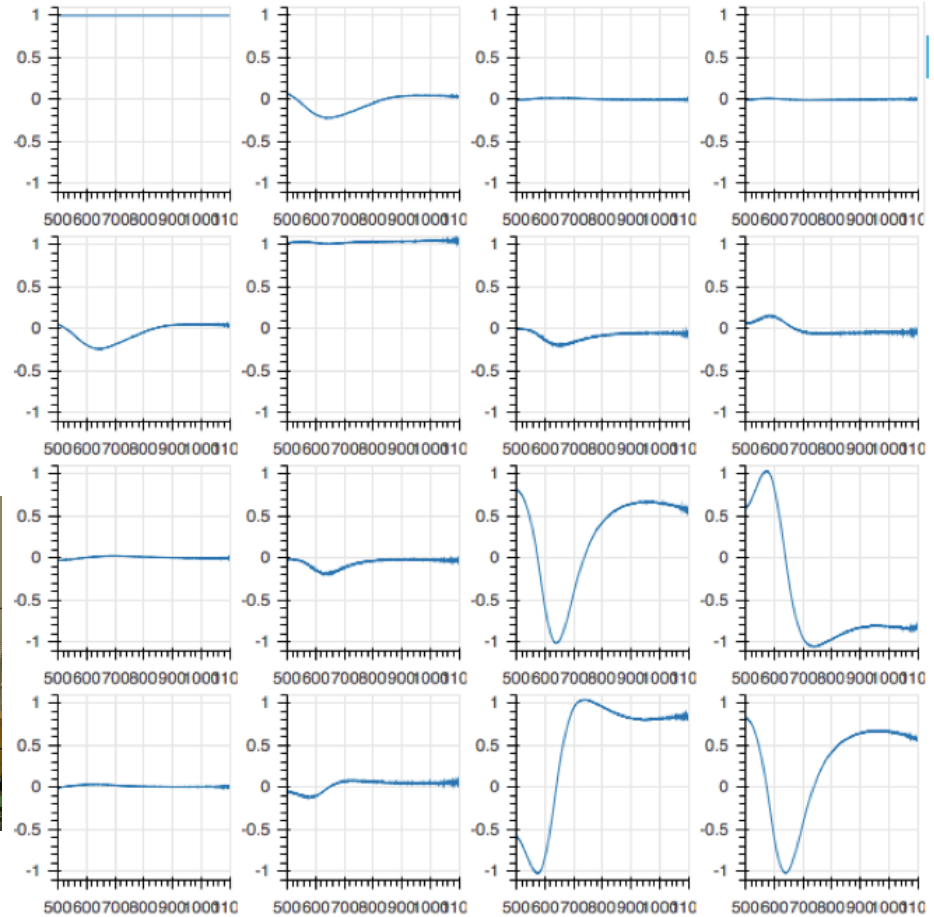
$$\begin{pmatrix} I' \\ Q' \\ U' \\ V' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{pmatrix}$$

- ミュラー行列測定装置  
(手法 Ichimoto et al. 2006)

偏光  
生成



- 鏡、イメージローテータ、  
鏡+イメージローテータを測定
- イメージローテータの角度は2度毎



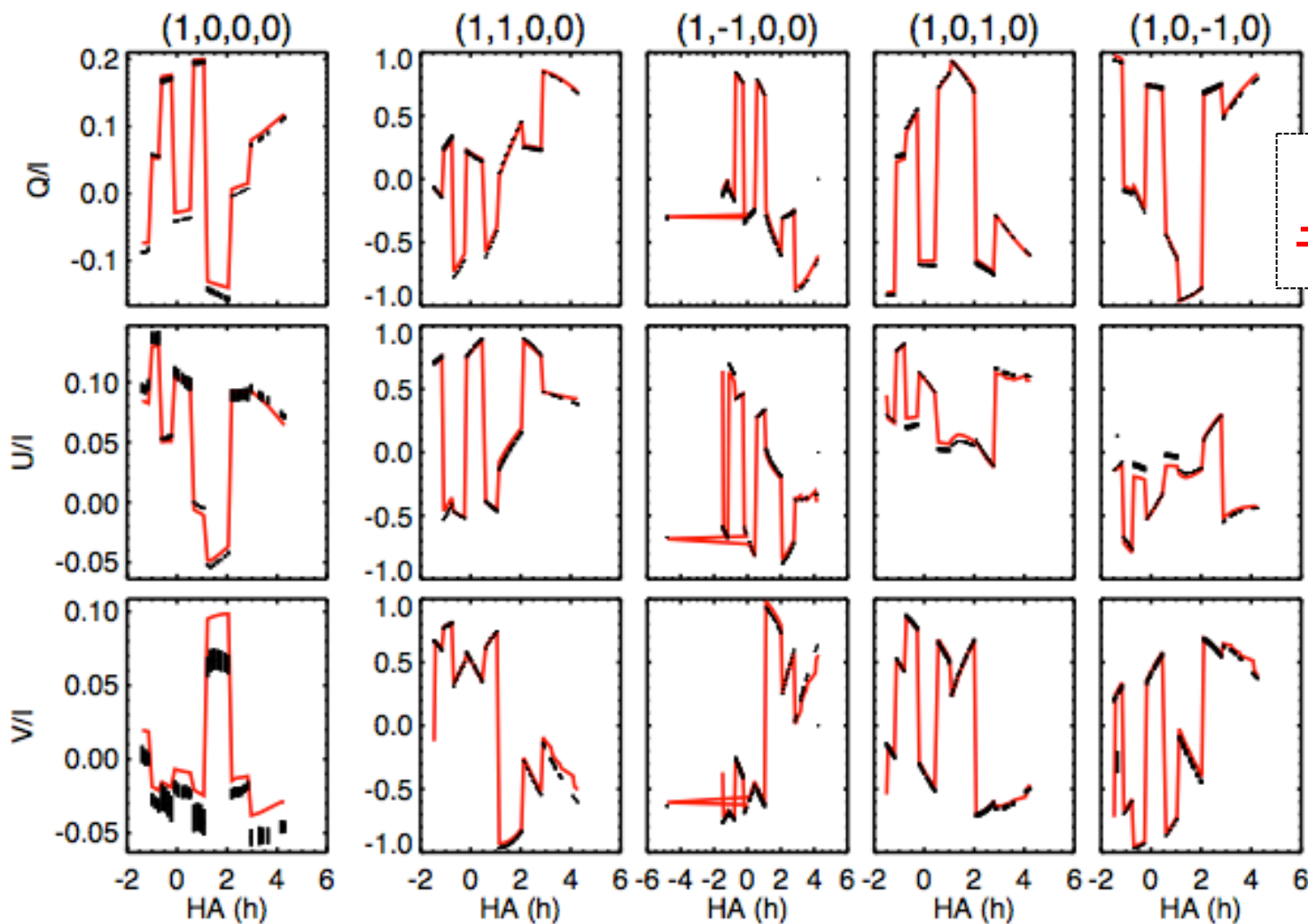
縦軸: ミュラー行列の要素 -1.0 - 1.0  
横軸: 波長 500 - 1100 nm

# システム全体キャリブレーション

589 nm

望遠鏡に入射させた光の偏光状態 (I, Q, U, V)

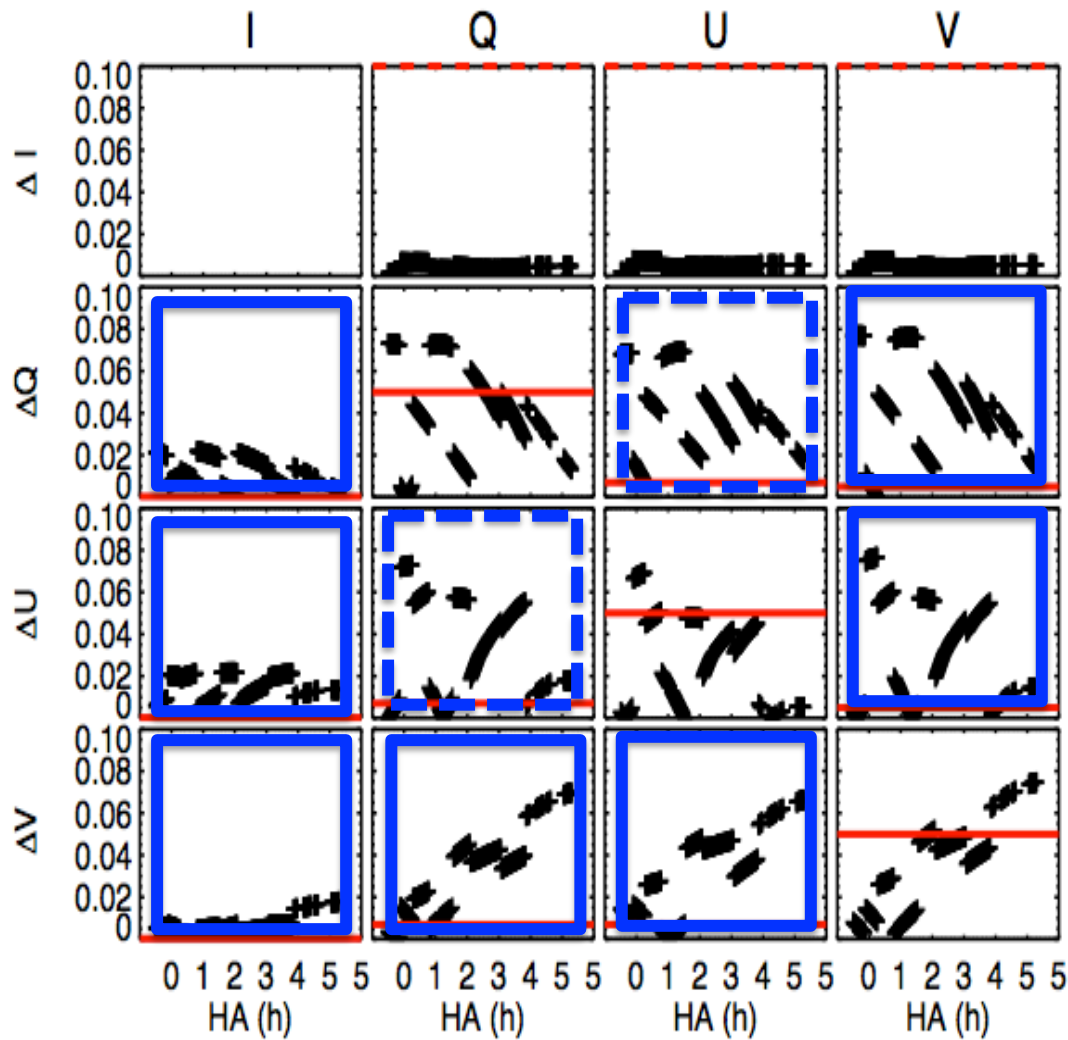
焦点面で測定された偏光度



時角(時) \* 太陽の位置を表す角度



# システム全体誤差



## 結果

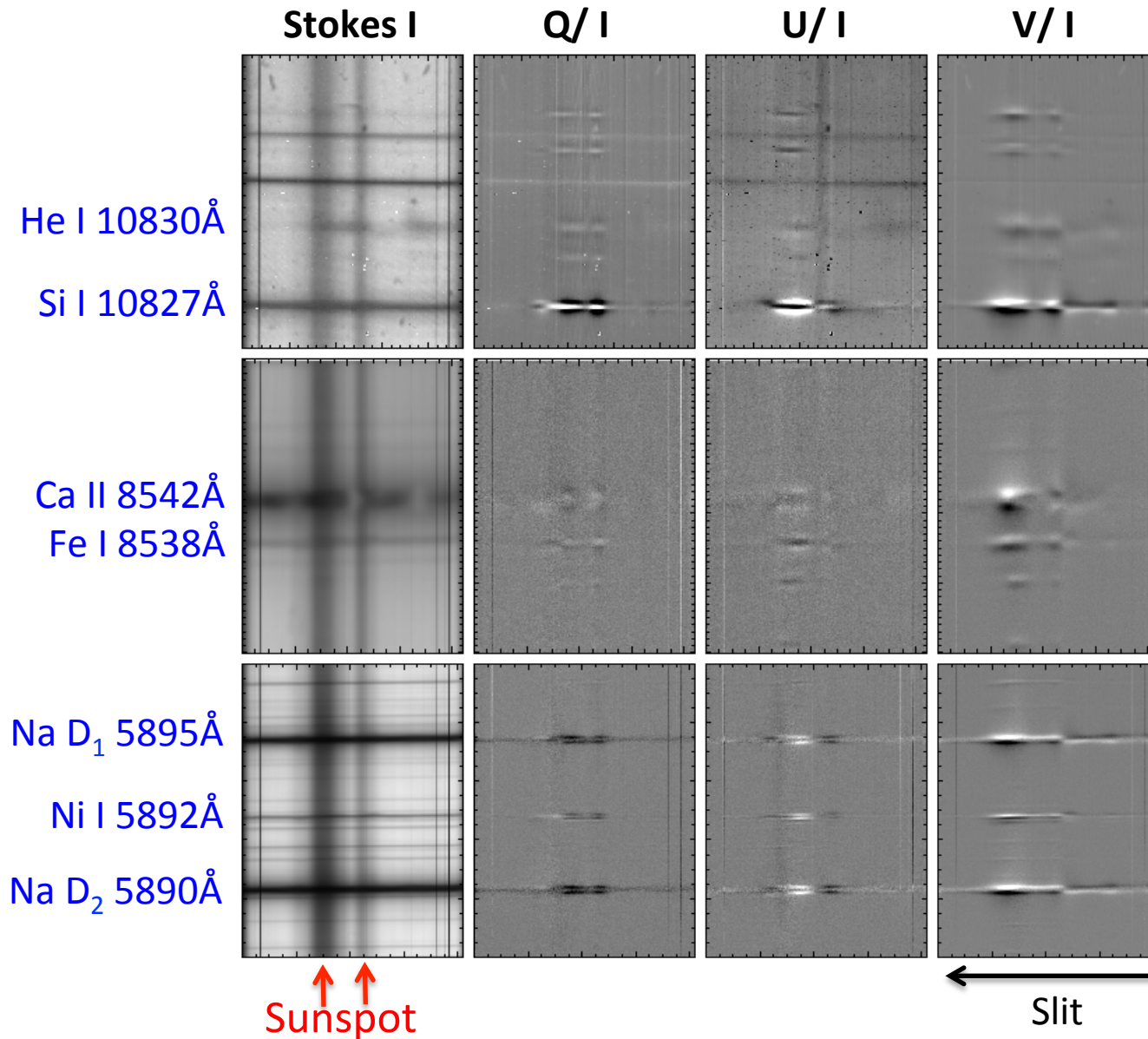
- $\Delta_S \sim 8\%$  (要求値5%)
- $\Delta_B \sim 1.6\%$  (光球)
- $\Delta_B \sim 0.08\%$  (彩層)

\* ひのでの手法を元に左図から導出  
偏光度: 20% (光球)、1% (彩層)

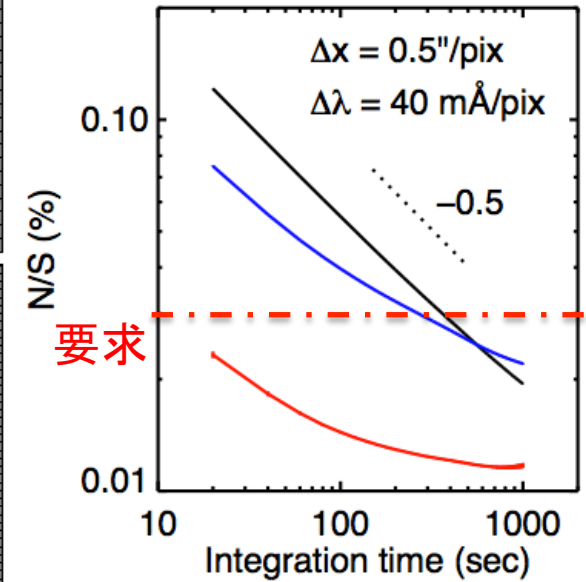
さらに...

- 科学観測データを用いた処理  
=> 「 $\Delta_B \sim$ ランダムノイズ」に低減
  - 連続光の偏光度を0に
  - ゼーマン効果の  
プロファイルを対称に
  - (光球の直線偏光の  
方向を揃える)

# 観測例



ランダムノイズ  
実測値



589 nm

854 nm

10830 nm

# まとめ

- 500 – 1100 nmにおける複数の波長帯を同時に偏光分光観測できる装置を開発した
- 装置キャリブレーション＋観測データを用いた処理
  - スケール誤差 $\Delta_S \sim 8\%$  (要求値5%)
  - バイアス誤差 $\Delta_B \sim$ ランダムノイズ
- 黒点の多波長帯同時偏光分光観測を行った
  - 彩層 He 1083nm、Ca 854nm  
温度最低層 Na 590nm、Na 589nm  
光球 Si 1083nm、Fe 854nm、Ni 589nm
  - $\Delta x = 0.5''/\text{pix}$ 、 $\Delta \lambda = 40 \text{ m}\text{\AA}/\text{pix}$ 、積算時間を上げればランダムノイズ( $\sim$ バイアス誤差)は要求値( $3 \times 10^{-4}$ )を達成



ご清聴ありがとうございました

本研究はJSPS科研費JP15K17609,  
JP16H01177の助成を受けたものです