

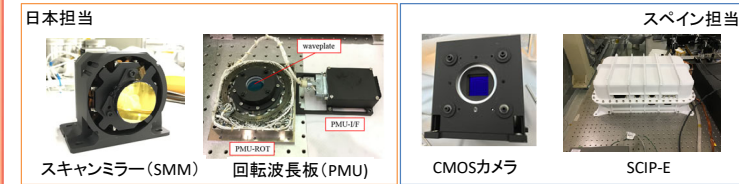
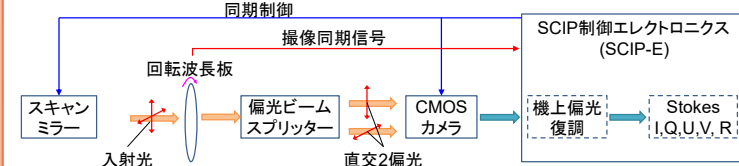


SUNRISE-3 大気球太陽観測実験： 近赤外線偏光分光装置SCIPの 偏光変調・偏光復調の検証試験

久保雅仁¹, 勝川行雄¹, 篠田一也¹, 大場崇義², 清水敏文², 日本-スペインSCIPチーム
1: 国立天文台 (NAOJ), 2: ISAS/JAXA

【近赤外線偏光分光装置SCIPの同期制御】

大気球太陽観測実験SUNRISE-3に搭載される赤外線偏光分光観測装置SCIPでは、高精度の偏光分光観測により、太陽光球・彩層の3次元な磁場構造の理解を目指す。これを実現するカギとなるのが、回転波長板-カメラ-SCIP制御エレクトロニクスの同期制御による偏光変調・偏光復調である。回転波長板駆動機構 (PMU) から出力される撮像同期信号を用いて、SCIP制御エレクトロニクスがCMOSカメラを同期制御する。

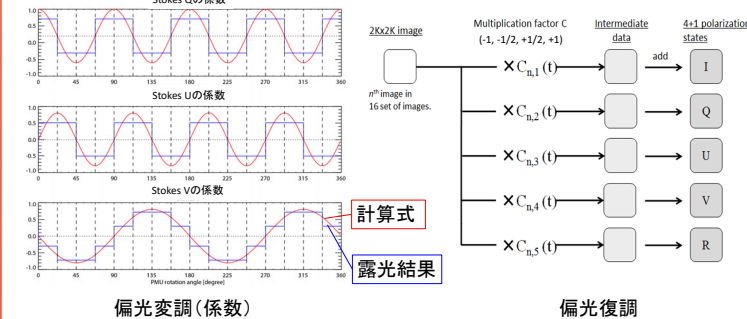


【偏光変調 & 偏光復調】

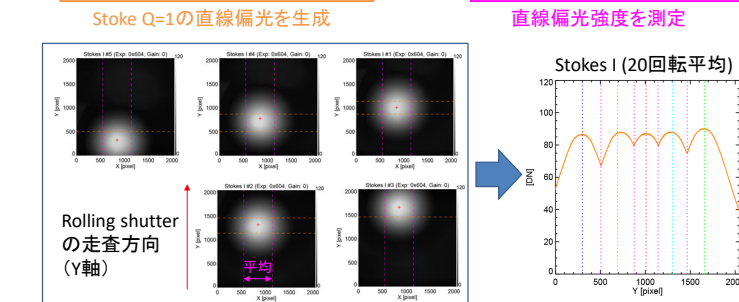
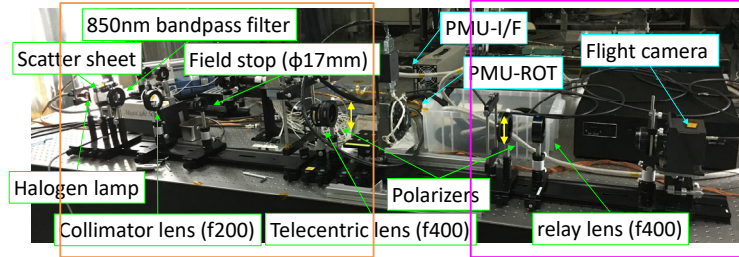
- 波長板 (遅延量: 125度) を一定回転させることで偏光変調を実施。波長板が、0.512秒で一回転する間に22.5度おきに16回の撮像を行う。
- 機上で、取得した16枚の撮像データに偏光変調に応じた係数かけて積算 (偏光復調) することでFull Stokesベクトルを取得。

$$I_{ideal} = I + (C_2^2 + S_2^2 \cos \delta) Q + C_2 S_2 (1 - \cos \delta) U - S_2 \sin \delta V$$

$$C_2 = \cos 2\theta, S_2 = \sin 2\theta$$



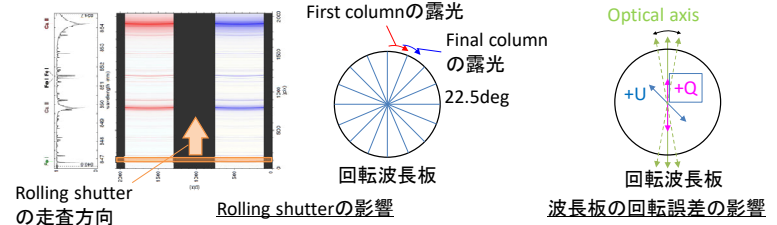
【回転波長板-カメラ同期精度検証試験系】



- 回転波長板の20回転分を測定。機上偏光復調をdisableで全データを取得。
- 異なる照射領域の個々のデータセットから、1次元 (Y軸) × 20回転分のデータを生成。

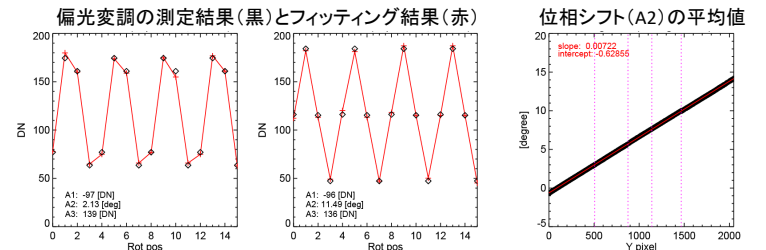
【偏光変調・復調の位相差を生む主要因】

- 偏光変調と偏光復調で回転位相差があると、疑似偏光が生じる。
- 回転波長板の一定回転からのずれ。
- カメラのRolling shutterによる露光開始タイミングのシフト (最大15度)。



【測定結果】

カメラのRolling shutterによる偏光変調の位相シフトとその補正



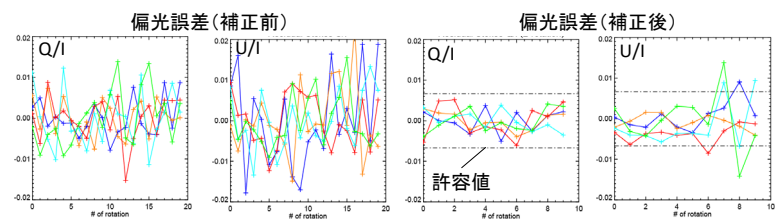
$$I = A_1 \left(\frac{1 + \cos \delta}{2} + \frac{1 - \cos \delta}{8\phi} (\sin(4(\theta + \phi + A_2)) - \sin(4(\theta + A_2))) \right) + A_3$$

A1, A2, A3: free parameters
 $\delta = 125$ [度], $\phi = 22.3$ [度] (露光時間31.75msに相当), θ : 22.5度ステップ

- 測定された位相シフト (0.00722度/pixel) は、カメラのクロックから想定される値と1μs以下の精度で一致。
- Rolling shutterによる位相シフトは、飛翔観測後の後処理で補正可能。

回転波長板の回転誤差による疑似偏光とその補正

- 偏光変調の測定から見積もった波長板の回転角度誤差 (青線) と回転駆動機構から出力される角度誤差のHousekeepingステータス (HK、黒線) が良く一致する。
- 回転誤差のHKステータスを一回転分を平均した値で補正すると、測定された偏光誤差は、許容値以下になる。
- 許容値を超える一部の点は測定系の影響と考えている。最終的にはSCIP全体でのEnd-to-end偏光較正試験で確認する。



【まとめ】

回転波長板、カメラ、SCIP制御エレクトロニクスの同期制御が正常に動作し、目指す偏光精度に必要な同期精度を実現した。