

Ly α 線 (121.6 nm) の偏光分光計 CLASP に 搭載する 1/2 回転波長板の開発

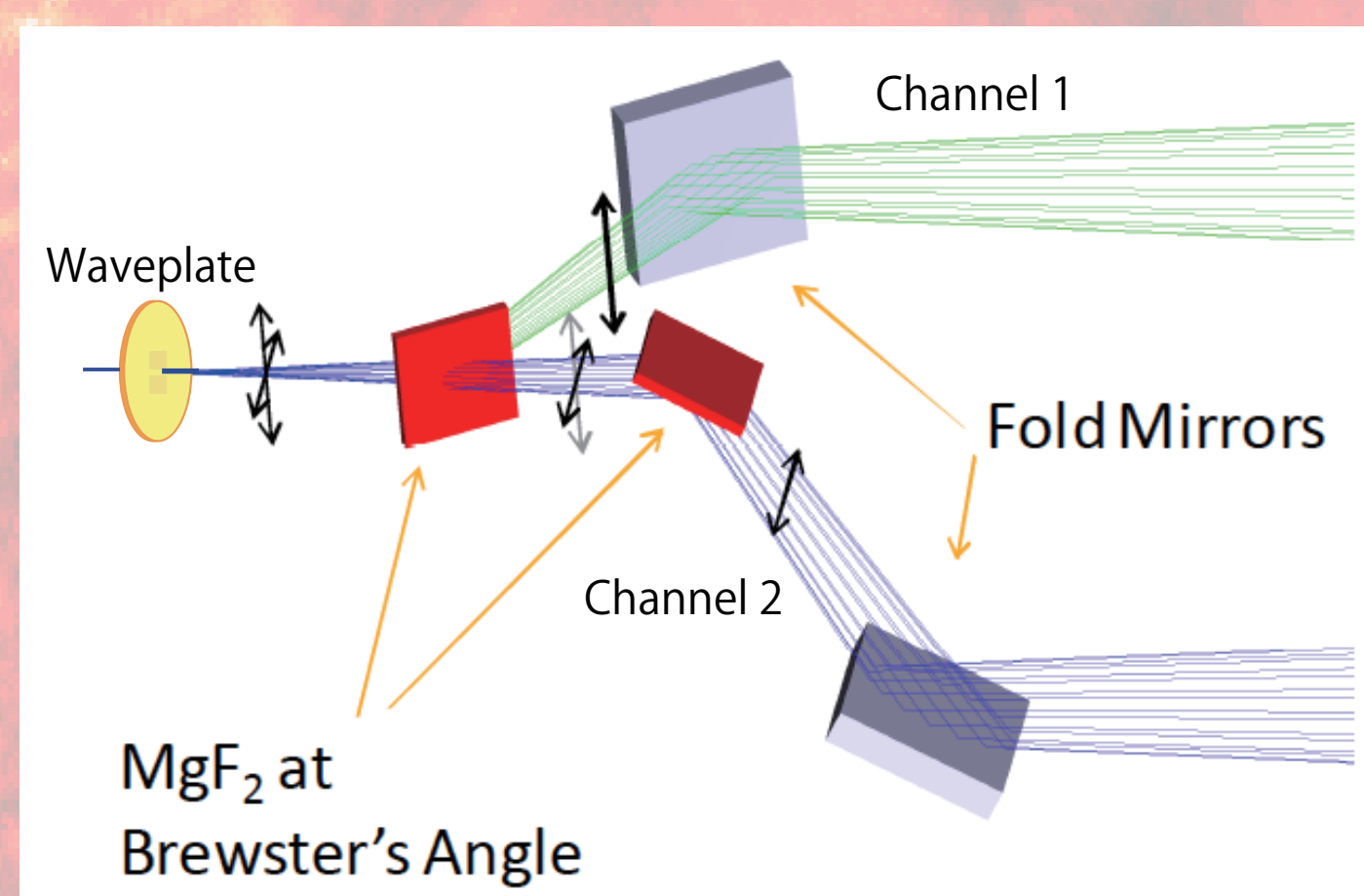
< 代理講演 >

渡邊皓子 watanabe@kwasan.kyoto-u.ac.jp (京都大学)、藤村大介、上田航平、成影典之、石川遼子、坂東貴政、鹿野良平、木挽俊彦、常田佐久 (国立天文台 / 東京大)

① CLASP 偏光分光計とは

CLASP とは、太陽の彩層からコロナ下部にかけてのベクトル磁場情報を紫外輝線 Ly α (121.6nm) で検出する、世界初のロケット実験である (ポスター W12b 参照)。高精度 (0.1-0.3%) で量子力学的 Hanle 効果による直線偏光の発生・減少を測定する必要がある、搭載する偏光解析装置は 1/2 波長板と直線偏光アナライザーよりなる。1/2 波長板は、入射直線偏光の方向を回転させる働きを持ち、波長板を 22.5° 間隔で回転した各データをモジュレーションすることによって磁場の強度と向きを決定する。

CLASP 偏光器部分拡大図



② MgF₂ の貼り合わせ波長板

我々は、Ly α 用の 1/2 波長板を製作する材料として Magnesium Fluoride (MgF₂) を選んだ。MgF₂ は

- ・紫外領域で高い透過率を持つ。121.6 nm での透過率は 1mm 厚で 80%。
- ・複屈折性があり、常光屈折率 (n_o) < 異常光屈折率 (n_e) という特徴をもつ。この MgF₂ を用いて、2 枚の僅かに厚みの違う板を異常光軸を直交させて貼り合わせることで、水平方向と鉛直方向の偏光成分の間に遅延量を発生させることができる。遅延量 δ は、2 枚の貼り合わせ板の板厚差 ($d_2 - d_1$) と屈折率の差 ($n_e - n_o$) の関数で $2\pi(d_2 - d_1)(n_e - n_o)/\lambda$ と表される。ただし、 $n_e - n_o$ の値を示す信頼性の高い文献がなく、我々は分子科学研究所・極端紫外光研究施設 (UVSOR) において Ly α 線での遅延量の測定実験を行なった。

③ 波長板の遅延量測定と精度評価

偏光クリーナーの働き

UVSOR のシンクロトロン放射光は、Ly α 線での遅延量の測定に必要な“方向の確定した完全な直線偏光”という条件を満たしていない (我々の測定では水平方向に 89% の直線偏光)。そこで、MgF₂ の Brewster 角での反射 (右図の PL2) を利用し、完全に水平方向に直線偏光している入射光を作り出した。

遅延量 (δ) の測定法

- ① Config.1,2 のそれぞれで波長板を 1 回転させ、回転角 Φ における信号を測定
- ② Config.2 の信号を (Config.1 の信号) $\times$ (Polarizer 3 の反射率) で規格化する
- ③ 規格化されたシグナルを $(1 - \frac{1 - \cos 4(\phi + \phi_0)}{2} \sin^2 \frac{\delta}{2})$ という式でフィッティングする

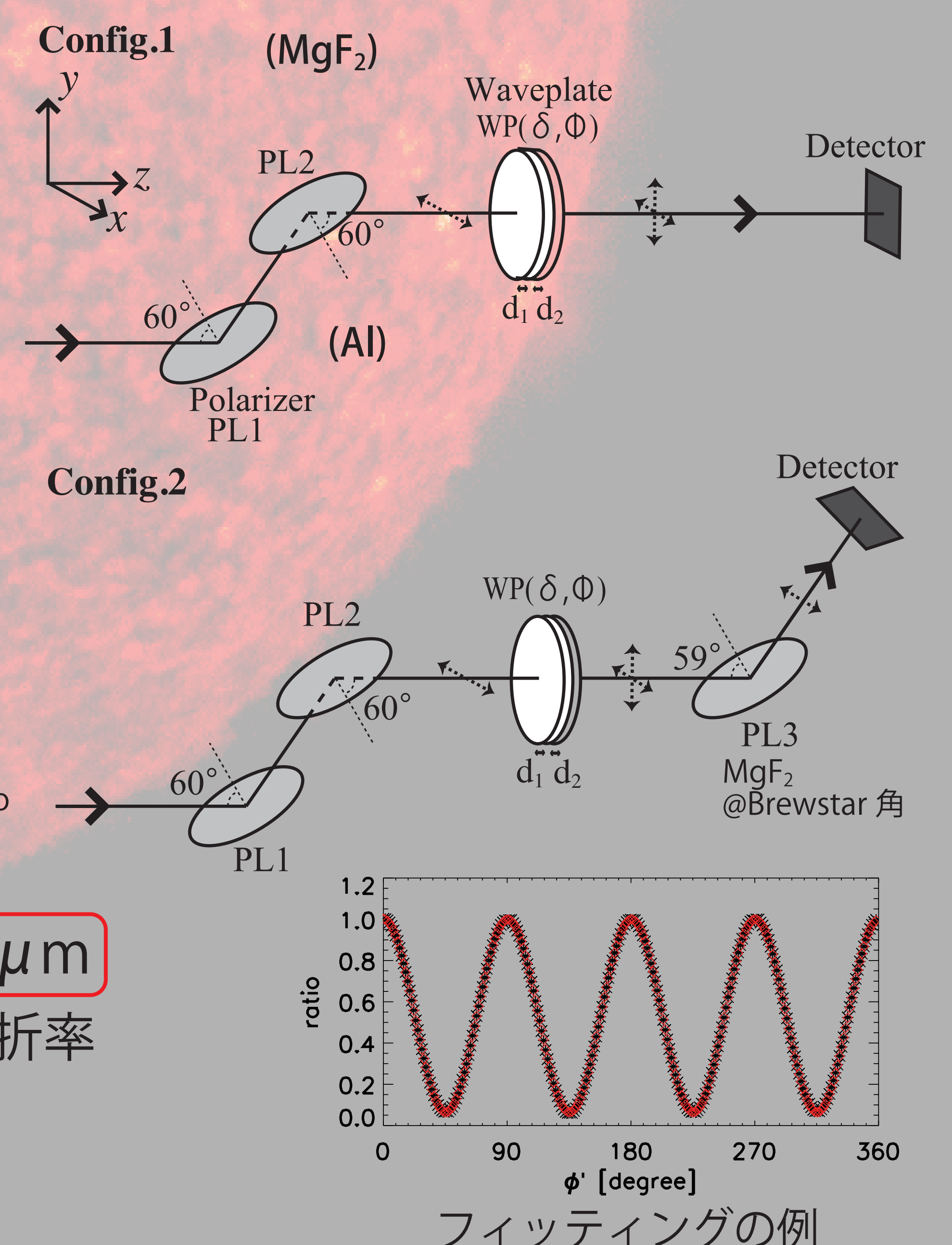
結果

板厚差 8.46 μm での遅延量は 89.8°, 14.04 μm では 141.2°, 22.46 μm では 236.2°
これらの結果に重みづけをして計算した結果、以下の値が得られた。

常光屈折率と異常光屈折率の差 = 0.00354, 1/2 波長板の板厚差 = 17.18 μm

さらに、Ly α 中心 +2.6 nm (124.4nm) でも測定した所、常光屈折率と異常光屈折率の差は 0.0076 となり、波長に依存して大きく変わることが明らかとなった。

現在 (株) 光学技研に板厚差 17.18 $\pm$ 0.1 μm の波長板を製作依頼している。



精度評価

遅延量に誤差を生じる主要因として、板厚差と貼り合わせ角度誤差の 2 つが挙げられる。0.1% という偏光測定精度を達成するためには、板厚差の許容範囲は 0.06 μm 、貼り合わせ角度誤差の許容範囲は 0.6° と計算できる。製作可能な公差である 0.1 μm でも、0.2% 以内の精度を達成できる。

CLASP は日米西共同ミッションであり、2013 年の打ち上げを目指しています。ポスター講演 W12b, W14b も参照ください。
本発表は、2009 年秋季天文学会 M12a から発展したものです。

④ 参考資料

日米共同・国際観測ロケット実験 CLASP ミッション提案書

Watanabe et al., "Optical Constant of MgF₂ Plate at Ly α Wavelength for CLASP Experiment", J. Opt. Soc. Am., in preparation

Laporte et al., "Vacuum-ultraviolet refractive index of LiF and MgF₂ in the temperature range 80-300 K", J. Opt. Soc. Am. 73, 1477, (1983)

Trujillo Bueno & Asensio Ramos, "Influence of Atomic Polarization and Horizontal Illumination on the Stokes Profiles of the He I 10830 Å Multiplet", ApJ 655, 642, (2007)