

再飛翔計画CLASP (CLASP2) の開発状況報告

石川遼子, 久保雅仁, 成影典之(国立天文台), 石川真之介(ISAS/JAXA),
吉田正樹(総研大), 鹿野良平, 都築俊宏(国立天文台), 末松芳法(国立天文台)

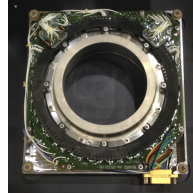
概要

2015年9月、観測ロケット実験CLASPIは、ライマン α 輝線(122nm)の偏光分光観測に世界で初めて成功した。我々は、無事帰還したCLASP観測装置に最小限の改修を施し、電離マグネシウム線(280nm)での偏光分光観測を実現する再飛翔計画(CLASP2, 2016年夏にNASAへ提出した提案書が採択され、2019年春に打ち上げ予定)を推進している。本ポスターでは、我々がこれまで行ったきた、CLASP2で新しく必要となる光学素子等の基礎開発の結果を紹介する。全ての光学素子について、フライト品開発の目処をつけることができ、また回転駆動機構については、フライト品の開発を遂行中である。

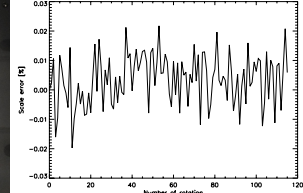
回転駆動機構の回転速度変更^[3]

- 波長板を連続回転させる回転駆動機構は、CLASP1のものを再利用する。ただし、観測波長の変更に伴い増加する光子を有効活用するため、ソフトウェアを改修し、モータの回転速度を12.5 rpmから18.75 rpmに変更する。
- フライトを終えた波長板モータは、一足先に日本へ帰還。打ち上げ前と同等の回転一様性を持つ事を確認し、現在改修作業中。

回転駆動部



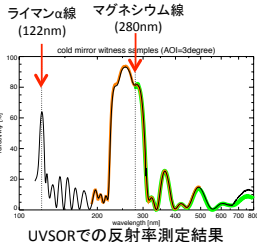
日本へ帰還後に実施した回転一様性確認試験の結果。



回転速度の非一様性で発生した偏光測定誤差を示す。打ち上げ前と同等のレベルで、問題ないことを確認した。

主鏡用UVデュアルバンドコールドミラーコーティングの開発^[1]

- スリットジョー光学系で観測するライマン α 線(122nm)と偏光分光器で観測する電離マグネシウム線(280nm)は反射するが、可視光は透過する多層膜コーティングを試作



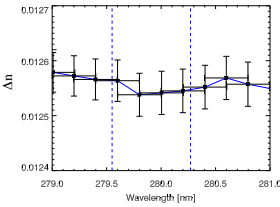
反射率測定結果(左図)

- 65% @ 122 nm
- 80% @ 280 nm
- 平均10% @ 可視光
- 可視光混入量: 0.6%

いずれも、仕様要求(>40% @ 122 nm, >70% @ 280 nm, 可視光混入量<4%)を満たすことを確認し、基礎開発を完了した。

波長板の遅延量測定^[2]

- CLASP1に搭載された波長板の材質であるMgF₂の複屈折率(Δn)を280 nmで測定した。手法は、R. Ishikawa et al. (2013, *Applied Optics*)を用いた。



MgF₂の複屈折率 Δn の測定結果。青色破線が、電離マグネシウム線k線(279.55 nm)とh線(280.27 nm)を示す。

CLASP1の波長板の遅延量が

- 234.5°±1° @ 279.55 nm
- 233.6°±1° @ 280.27 nm

と、直線偏光と円偏光を同等に測定するのに理想の遅延量(127° or 233°)にほぼ一致することがわかった。よって、CLASP1の波長板をそのまま使用することに決定した。

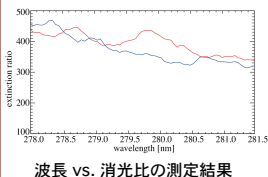
280nm用偏光板開発^[2]

透過型と反射型の2種類を試作した。

- 100以上の消光比(直交する2つの直線偏光に対する透過率(反射率)の比)を持つこと
- 50%以上の透過率(反射率)を持つことがフライト品としての要求性能。UVSORにて、280 nmでの消光比及び、透過率(反射率)を測定した。

透過型

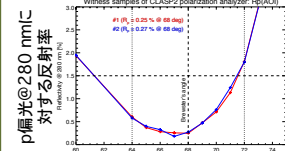
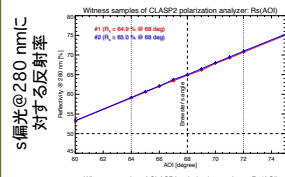
ワイヤグリッド型(基板は1mm厚のSiO₂)の直線偏光板。測定の結果、消光比は300以上、透過率は70%であった。



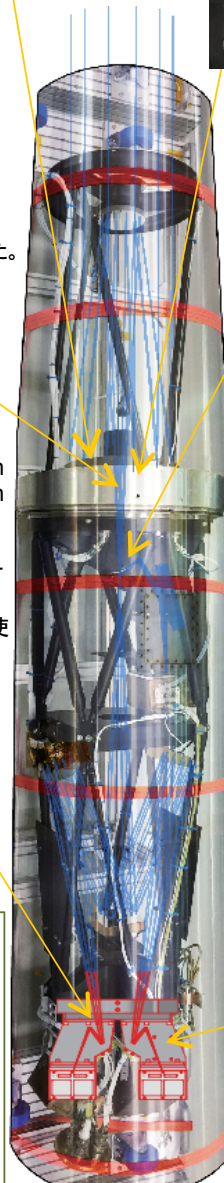
波長 vs. 消光比の測定結果

反射型

多層膜コーティングを施し、プリュースター角を利用したもの(e.g., Narukage+ 2017)。測定の結果、消光比は240、反射率は65%であった。



→どちらも開発目標をクリア。拡大光学系内の光学素子配置がより簡単になる透過型をフライトに使うことに決定。



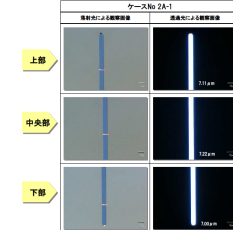
CLASP観測装置
(赤色部分がCLASP2で新しく開発する拡大光学系用カメラブラケット)

スリット鏡開発^{[2], [1]}

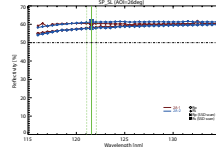
- 観測する波長が121.6 nm → 280 nmと長くなる一方で、0.01 nmというCLASP1と同等の波長分解能を達成するために、CLASP1の約半分の幅(7 μ m)を持つスリット鏡が必要となる。
- [A]蒸着型(SiO₂基板の上に7 μ m × 2.5 mmの穴のあいたコーティングを施したもの)と、[B]機械切り(ステンレス鏡に7 μ m × 2.5 mmの穴をあけたもの)の2つを試作した。7 μ mのスリットをあけられることに加え、スリットジョー光学系で観測するライマン α 線(121.6 nm)での反射率が50%(目標60%)を超えるコーティングを施すことができることを、[A], [B]両方で確認した。

[A]蒸着型

顕微鏡($\times 1000$)によるスリットの観察写真[ジオマテック株式会社提供]

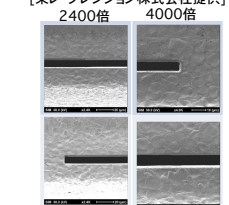


スリット鏡の反射率測定結果(入射角2.6°)

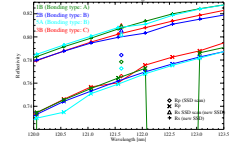


[B]機械切り

顕微鏡によるスリットの観察写真(2.6°傾けて、裏から撮影)[東レ・プレジジョン株式会社提供]

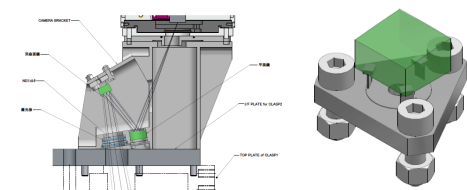


スリット鏡の素材であるステンレス鏡にコーティングを施し、反射率を測定(複数の接着層A-Cを試した)



新カメラブラケット開発^[4]

拡大光学系ユニットをインストールするための新カメラブラケットの構造検討を行った。光学設計へのフィードバックを行うと同時に製造可能であることを確認した。



開発予算

- [1]平成 25~29 年度 科研費・基盤(S) (研究代表者:常田佐久)
- [2]平成27年度 ISAS国際共同ミッション推進経費 (研究代表者:石川遼子)
- [3]平成28年度 国立天文台共同開発研究 (研究代表者:石川真之介)
- [4]平成 28~30 年度 科研費・基盤(B) (研究代表者:石川遼子)