

○川手 朋子¹、清水 敏文¹、今田 晋亮²、都築 俊宏³、勝川 行雄³、原 弘久³、末松 芳法³、一本 潔^{3,4}、Warren, Harry⁵、Teriaca, Luca⁶、Korendyke, Clarence M.⁵、Brown, Charles⁵
¹宇宙研、²名古屋大、³国立天文台、⁴京都大、⁵U.S. Naval Research Laboratory、⁶Max Planck Institute for Solar System Research

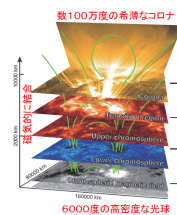
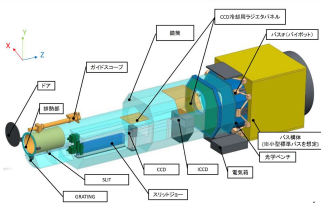
kawate@solar.isas.jaxa.jp

概要

本研究の目的は、提案された高感度太陽紫外線望遠鏡Solar-C EUVSTの0次案となる光学系について、観測量・物理量の誤差を把握することである。昨年度の講演ではSolar-C EUVST光学系の0次案とその結像性能および公差解析結果を報告した。我々は提案された光学系について、スリット幅毎の波長分解能の調査を行った。また推定される有効面積を用いて、観測対象となる輝線において観測領域毎に予想される光子数を導出した。観測時に予想される光子数および輝線形状を元にモンテカルロシミュレーションを行い、強度・ドップラー速度・非熱速度の誤差を導出した。この結果により、速度診断に適した輝線の特定、および誤差が大きい輝線の特定ができた。これにより、今後光学系および観測シーケンスの最適化を行う際に、波長領域ごとに必要となる波長分解能、および高精度観測時に最適な露出時間の把握が可能となった。

Solar-C EUVST

- 小型衛星として提案された
- ▶ 高空間分解(0.4")
 - ▶ 高時間分解(最高0.5秒)
 - ▶ 広い温度範囲($2 \times 10^4 - 2 \times 10^7$ K)
 - ▶ 輝線分光によるプラズマ診断により太陽を観測する紫外線望遠鏡

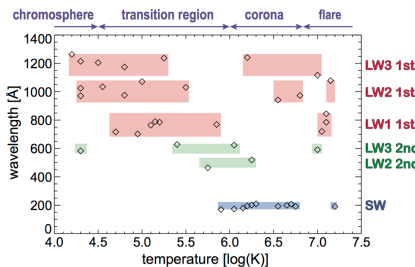


スリット分光による広帯域観測を行い、太陽の多温度構造におけるプラズマの動力学を理解し物理量を導出することにより、
 ✓ 太陽大気の形成・不安定化
 ✓ プラズマ中のエネルギー変換過程の理解を目指す。

観測波長

彩層から高温コロナ・フレアプラズマまで、シームレスな温度感度を実現するため、以下の波長帯域を観測する。

- SW: 170 - 215 Å
- LW1: 690 - 850 Å (1次光)
463 - 542 Å (2次光)
- LW2: 925 - 1085 Å (1次光)
463 - 542 Å (2次光)
- LW3: 1115 - 1275 Å (1次光)
557 - 637 Å (2次光)



すべての波長帯域について、空間分解能0.4"、波長分解能 $\lambda/d\lambda > 5000$ が必要

提案された光学系

幾何光学上で

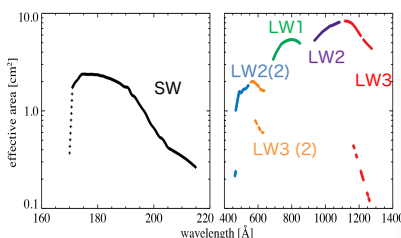
- 高スループロット
 - 0.4"の角度分解
 - 活動領域(~300")の同時観測可能な視野
- を実現する光学パラメータを決定。

また光線追跡により、スポット径が最小となるような各素子の位置とグレーティングパラメータを決定し、4台の検出器を用いた科学要求を満たす光学系を決定し、0次案として提案した。

| | SW | LW |
|------------|-----------------------------------|--|
| 検出器 | CCD, 4096 x 2048 pix, 13.5 um/pix | Intensified APS x3, 3840 x 2048 pix, 20 um/pix |
| 分散 | 4200 grooves/mm, 20 mA/pix | 2000 grooves/mm, 37 mA/pix |
| 空間サンプリング | 0.184"/13.5 um pix | 0.184"/20um pix |
| グレーティング拡大率 | 5.5 | 8.0 |

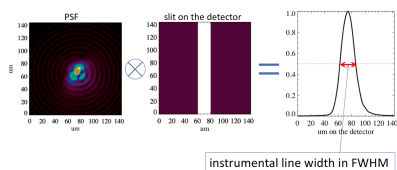
この光学系の有効面積は、

- 主鏡・グレーティングの多層膜コーティングの反射率
 - グレーティングの反射効率
 - 検出器の量子効率
- から得られ、**Hinode/EISの約10倍**と見積もられる。



スリット幅と波長分解能

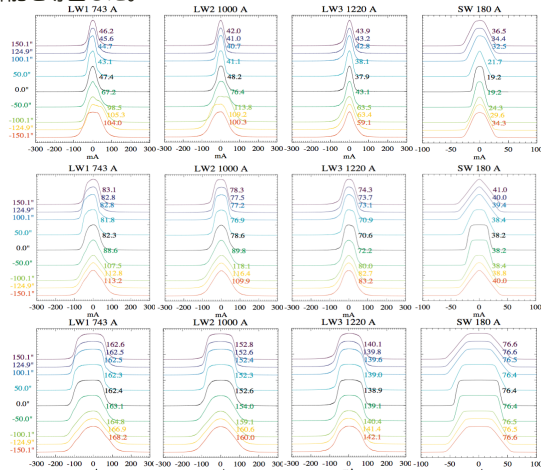
広がった構造を観測する際、波長分解能はスリット幅に依存する。時間分解能(光子数)が優先される観測において、幅の広いスリットを用いる。それぞれのスリットにおける波長分解能を導出した。



スリット幅 0.184" (1pix)

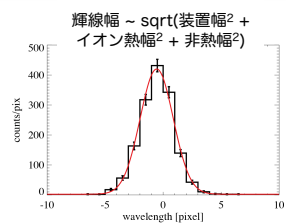
スリット幅 0.37" (2pix)

スリット幅 0.74" (4pix)



輝線強度・速度の誤差

得られた波長分解能(輝線の装置幅)を元に、各温度帯・波長バンドで代表的な輝線について、典型的な輝線形状と強度を想定。モンテカルロシミュレーションにより、実際の観測を想定した露出時間における輝線強度(I)・ドップラー速度(Vd)・非熱速度(Vnt)の誤差を求めた。



観測領域・観測輝線毎に強度・速度の精度を評価

露出時間: 静穏領域(QS) 15秒、活動領域(AR) 5秒、フレア(Flare) 0.5秒
 非熱幅20km/s、0.37"スリット使用時

| ion | wave-length [Å] | log T [K] | Channel | radiance [erg/s cm ² sr] | | | I error [%] | | | Vd error [km/s] | | | Vnt error [km/s] | | |
|----------|-----------------|-----------|----------|-------------------------------------|------|--------|-------------|------|-------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | | | | QS | AR | Flare | QS | AR | Flare | QS | AR | Flare | QS | AR | Flare |
| He I | 584.3 | 4.3 | LW-3 (2) | 580 | 5080 | 140000 | 2.2 | 1.26 | 0.8 | 0.96 | 0.56 | 0.33 | 5.97 | 3.30 | 1.93 |
| O II | 718.5 | 4.7 | LW-1 | 9.8 | 40 | 2229 | 15.5 | 12.6 | 4.6 | 3.25 | 2.68 | 1.01 | 21.65 | 16.77 | 4.88 |
| S IV | 1073.0 | 5 | LW-2 | 5.5 | 26 | 434 | 12.0 | 9.0 | 6.6 | 1.87 | 1.43 | 1.07 | 9.30 | 6.54 | 4.54 |
| N V | 1238.8 | 5.25 | LW-3 | 61 | 549 | 1130 | 3.6 | 2.0 | 4.8 | 0.70 | 0.39 | 0.91 | 3.47 | 1.74 | 4.80 |
| Ne VII | 465.2 | 5.75 | LW-2 (2) | 120 | 989 | 4760 | 7.1 | 4.0 | 6.0 | 4.30 | 2.49 | 3.69 | 43.10 | 20.28 | 34.35 |
| Fe X | 174.5 | 6.05 | SW | 406 | 5320 | 16300 | 5.4 | 2.5 | 4.6 | 2.32 | 1.067 | 1.98 | 18.17 | 7.11 | 14.85 |
| Fe XII | 1242.0 | 6.2 | LW-3 | 3.7 | 79 | 247 | 70.7 | 9.1 | 13.6 | 5.05 | 1.42 | 2.90 | 120.62 | 11.27 | 33.60 |
| Fe XVIII | 974.9 | 6.8 | LW-2 | — | 88 | 2500 | — | 6.0 | 3.2 | — | 2.65 | 1.46 | — | nan | 26.30 |

議論

彩層上部における音速は数十km/s程度であり、彩層〜コロナ下部のエネルギー輸送を観測可能な精度としてドップラー速度で**2km/s**、非熱速度で**5km/s**が必要となる。本研究により、速度診断に適した輝線の特定、および誤差が大きい輝線の特定ができた。また今後光学系および観測シーケンスの最適化を行う際に、波長領域ごとに必要となる波長分解能、および高精度観測時に最適な露出時間の把握が可能となった。