

SUNRISE-3気球実験: 近赤外線偏光分光観測装置SCIP

勝川行雄, 久保雅仁, 原弘久, 末松芳法, 石川遼子, 鹿野良平 (国立天文台)

Carlos Quintero Noda, 大場崇義, 石川真之介, 清水敏文 (ISAS/JAXA), 阿南徹, 永田伸一, 一本潔(京都大学)

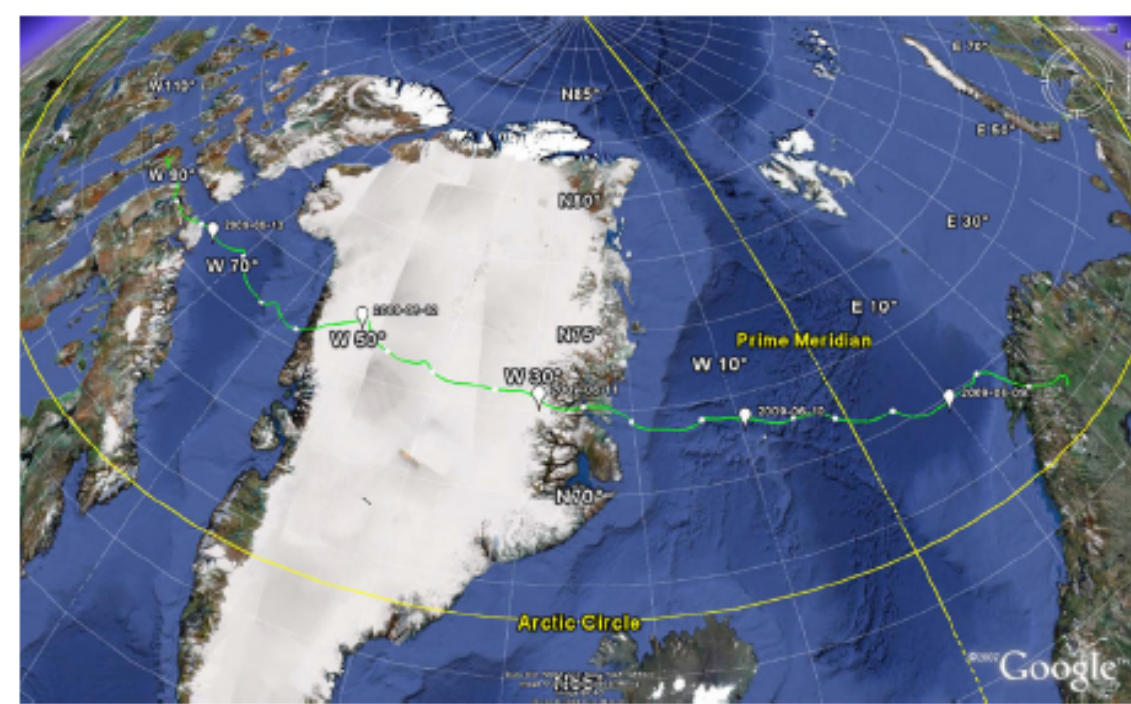
Sami Solanki (MPS), Jose Carlos del Toro Iniesta (IAA-CSIC), SUNRISE-3 team

The SUNRISE-3 balloon project

SUNRISEは、口径1mの光学望遠鏡で太陽観測を行う気球実験である。これまでドイツ・スペインを中心に行われ、紫外線 (200 – 400 nm)の観測と可視域における高解像度観測など高高度観測を活かして大きな成果を上げてきた。

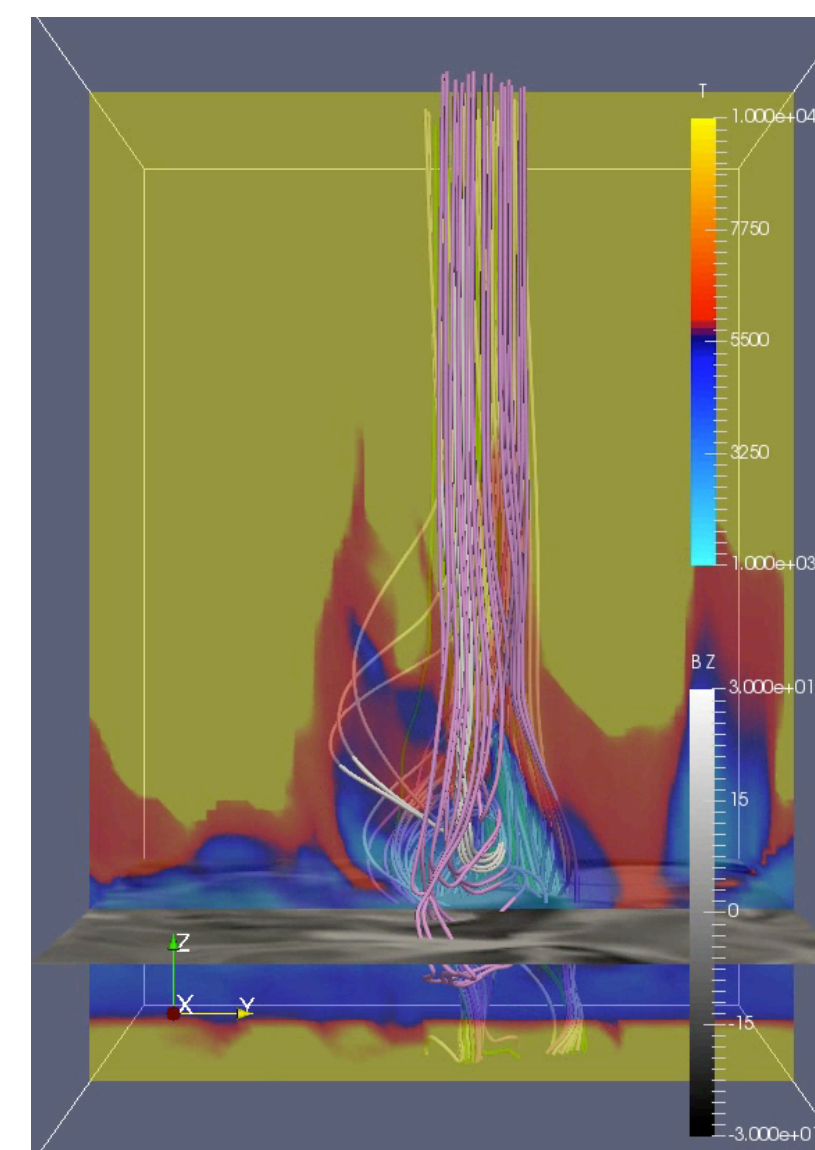
- NASA Long Duration Balloon (LDB)
- 搭載望遠鏡: 口径1 m
- 重量, 寸法: ~2 t, 5.5 m x 5.5 m x 6.4 m
- 飛翔高度: 35 km
- 軌道: キルナからカナダまで、約1週間観測
- これまでの飛翔実績: 2009年, 2012年

過去のフライトでは撮像観測、しかも太陽表面の観測が主体であった。「ひので」・IRIS衛星等により彩層における活動現象の重要性が認識されたことを受け、彩層の磁場診断ができる偏光分光装置を新たに搭載する3度目の飛翔実験を、2020年に実施する提案を行っている。



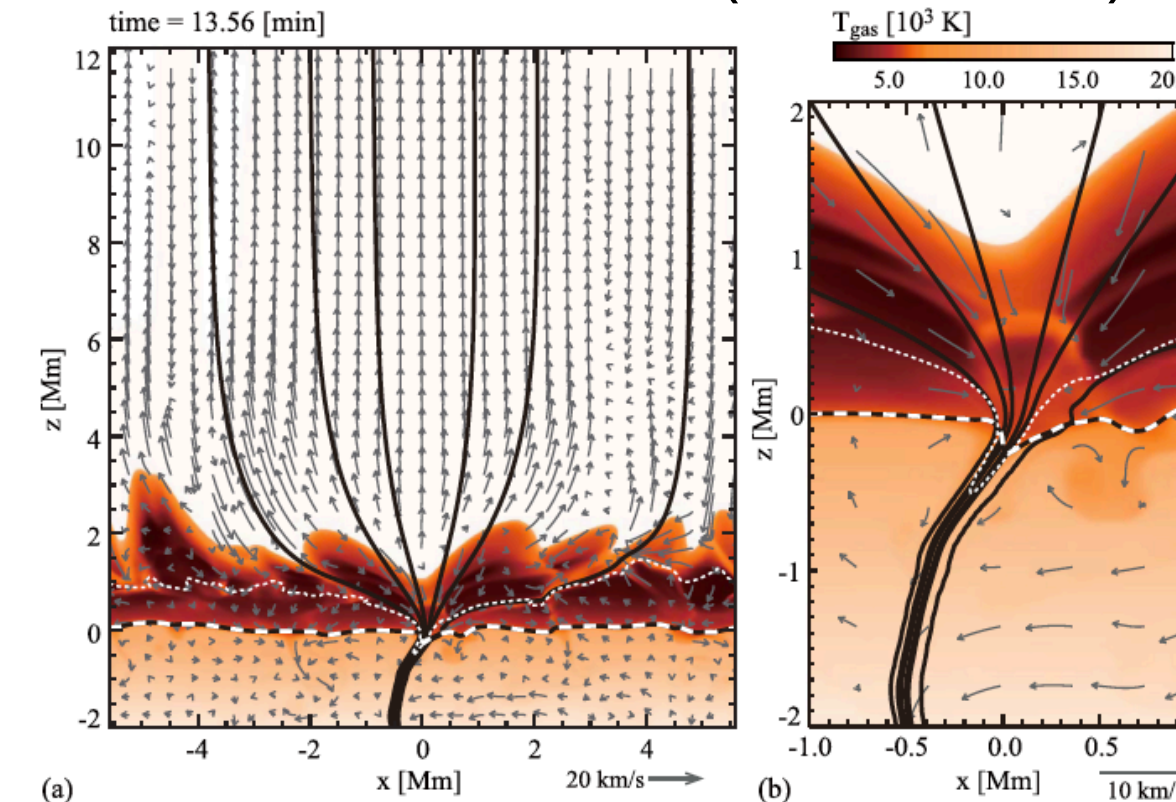
彩層において磁気エネルギーの輸送・散逸プロセスに寄与する活動現象を観測するには、ガス圧が支配的(すなわち、プラズマ $\beta > 1$)の光球と、磁気圧が支配的(プラズマ $\beta < 1$)の彩層を同時に観測することが必須である。特に、以下の現象に着目して観測を実施する。

1. 彩層ジェットの駆動メカニズム
2. MHD波動の非線形伝播と、彩層加熱への影響



←ねじれた磁場によって駆動される彩層ジェット (Iijima+2016).

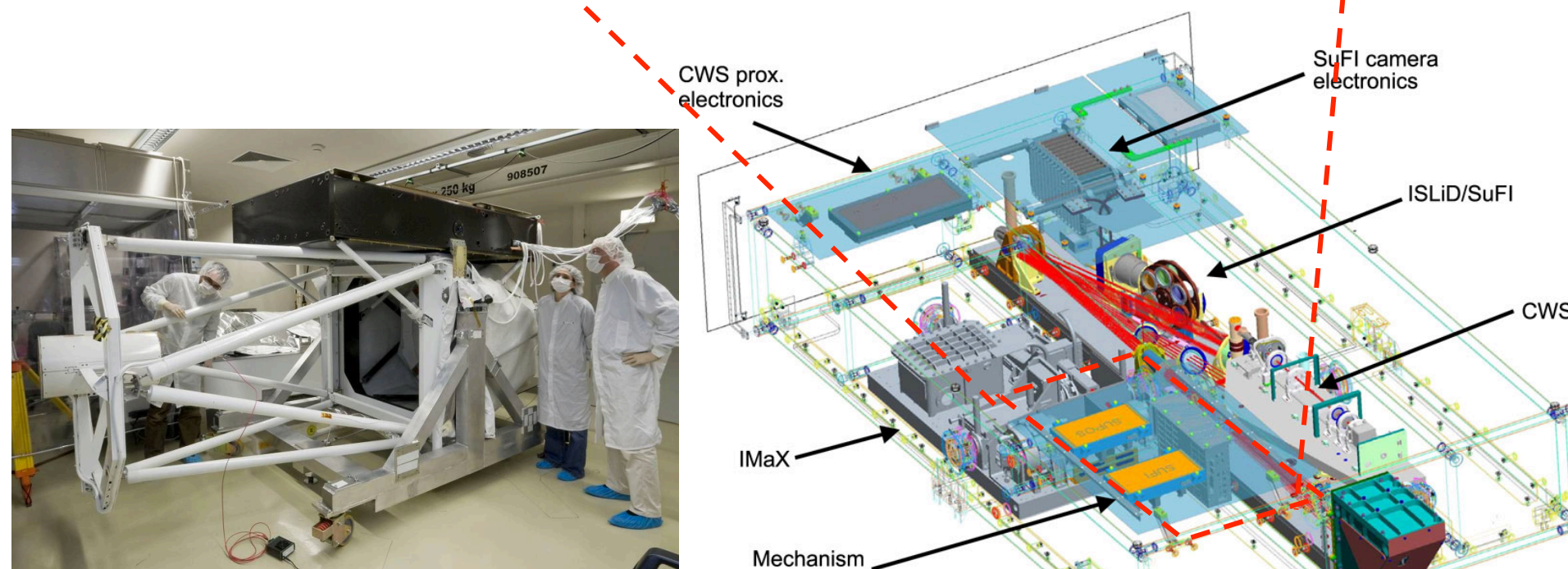
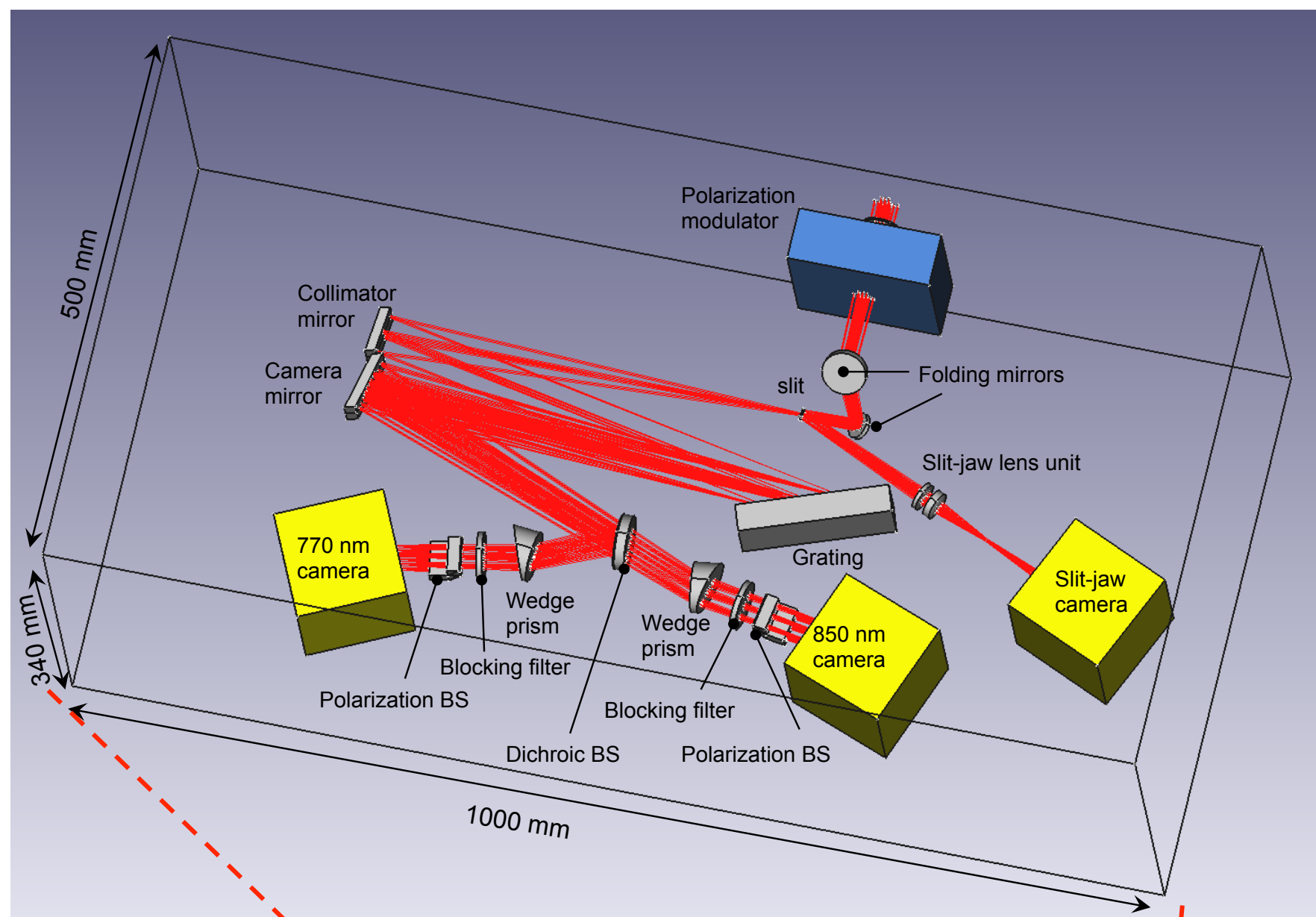
↓磁束管と対流の相互作用によって発生する磁気音波 (Kato+2016).



SCIP: Sunrise Chromospheric Infrared spectroPolarimeter

日本が主導的に開発する近赤外線偏光分光装置 SCIPに対する要求を以下にまとめる。

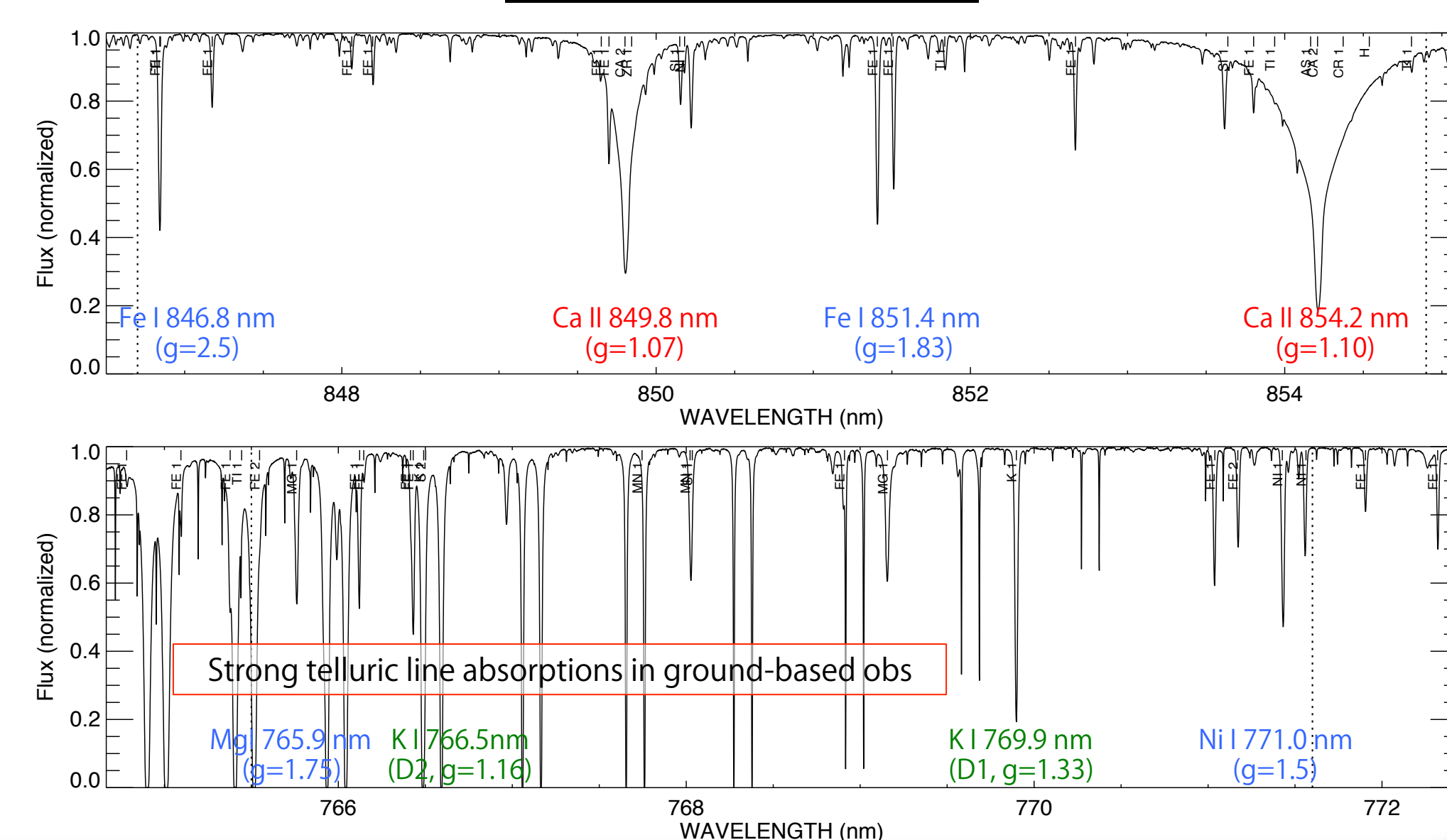
- 光球と彩層を切れ目なく磁場診断し、3次元磁場構造を観測すること。
 - 光球と彩層の磁場に感度のあるスペクトル線を含む波長域として、①Ca II 線850 nm帯と②K I線770 nm帯の2波長帯を同時に偏光分光観測する。
- 彩層磁場観測に必要な偏光精度・波長分解能
 - 偏光精度: 0.03% (Ca II 854 nm線で5Gの視線磁場を測定)
 - 波長分解能: $\lambda / \Delta \lambda = 2 \times 10^5$
- 彩層の動的な磁気流体現象を分解できる空間・時間分解能・視野
 - 「ひので」と同じ0.2秒角分解能: 口径1mの回折限界
 - 時間分解能10秒: 0.2秒角を彩層の音速10km/sが横切る時間
 - 視野50秒角: 超粒状斑をカバーできる



SCIPはエッセル回折格子を用いた高分散分光器と偏光変調解析装置から構成される。近赤外線Ca II 線850nmとK I線770nmの2波長帯を2台のカメラ(2kx2kピクセル)で、回転波長板による偏光変調と同期して撮像する。観測する太陽構造に対してスリット位置をモニターするスリットモニター光学系も搭載する。

SOLAR-C衛星を目指して研究開発してきた光学素子・偏光素子・可動機構等の技術的ヘリテージを活用するとともに、高高度気球球環境での飛翔実証を狙う。

SCIPの観測波長範囲



SCIP: 偏光分光観測による磁場診断能力

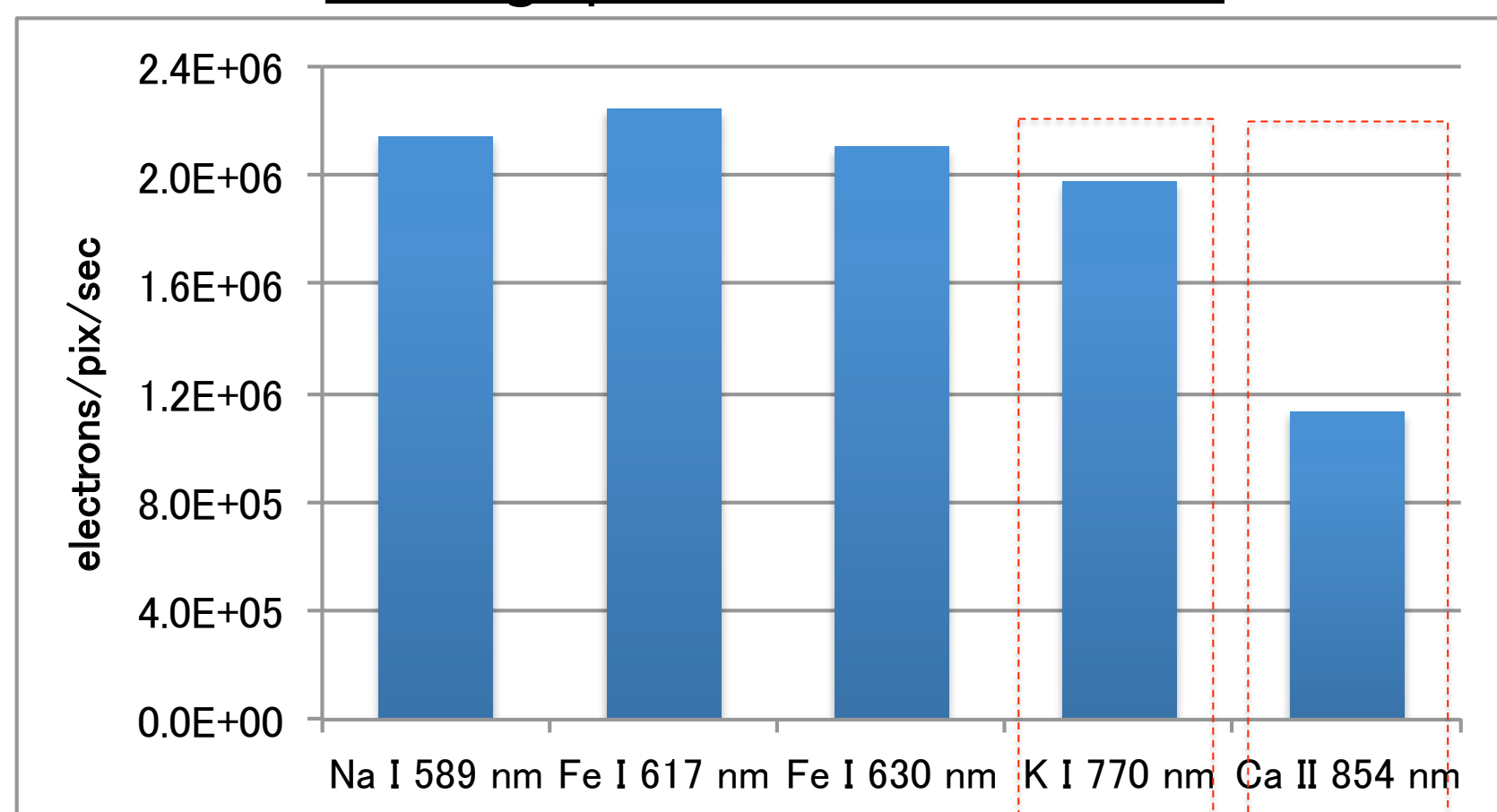
彩層スペクトル線で有意な偏光信号を観測するため、 3×10^{-4} の偏光測定感度が必要である。

- Ca II 854.2 nmで視線磁場感度 5 Gauss
- K I 766.4 nmで視線磁場感度 1 Gauss

装置のスループットから各波長帯で以下の積算時間で、必要なS/Nを達成することができる。

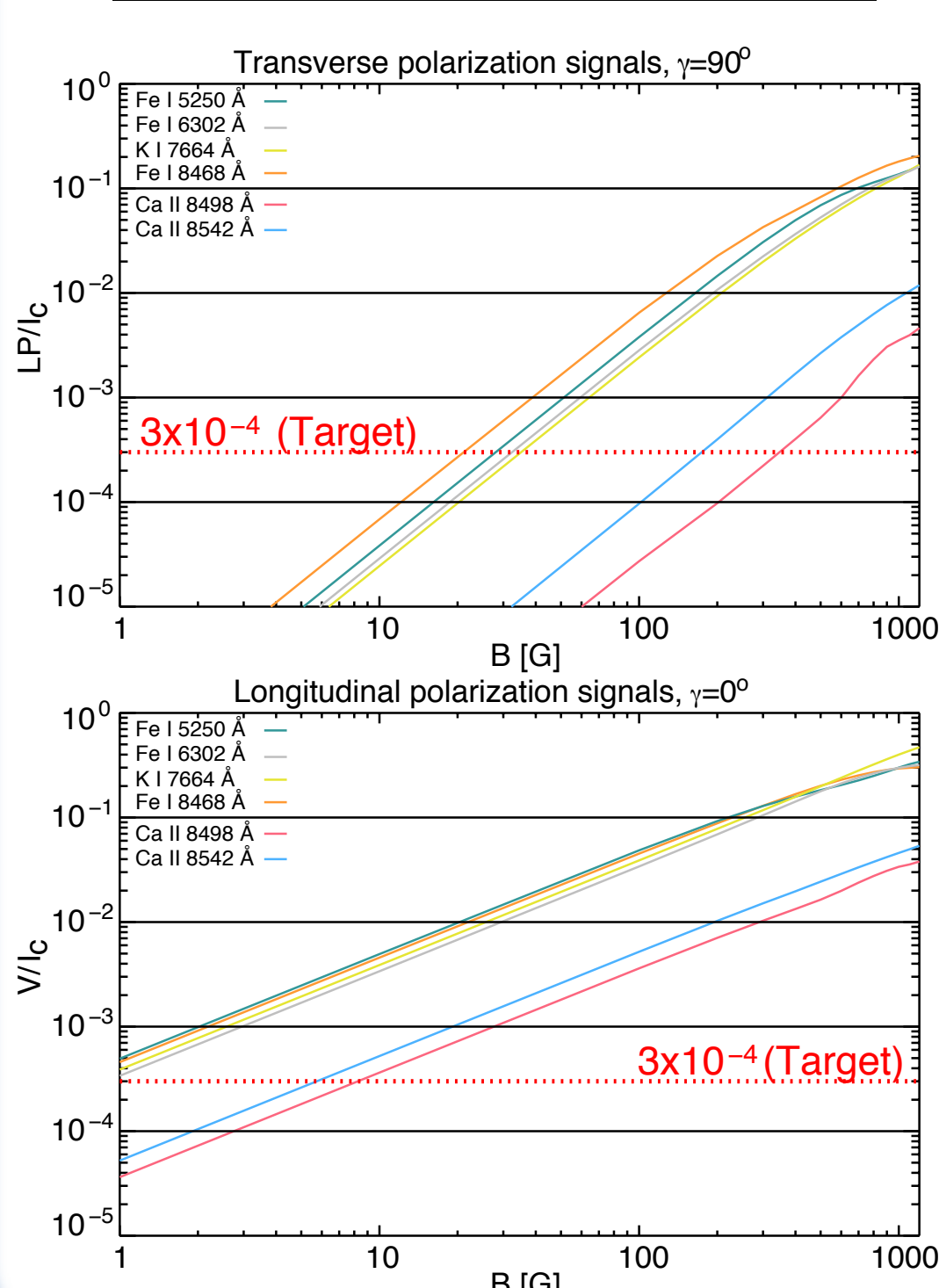
- K I 770 nm帯: 6 sec integ. + no sum (0.094")
- Ca II 850 nm帯: 10 sec integ. + no sum (0.094")

Throughput of the instrument

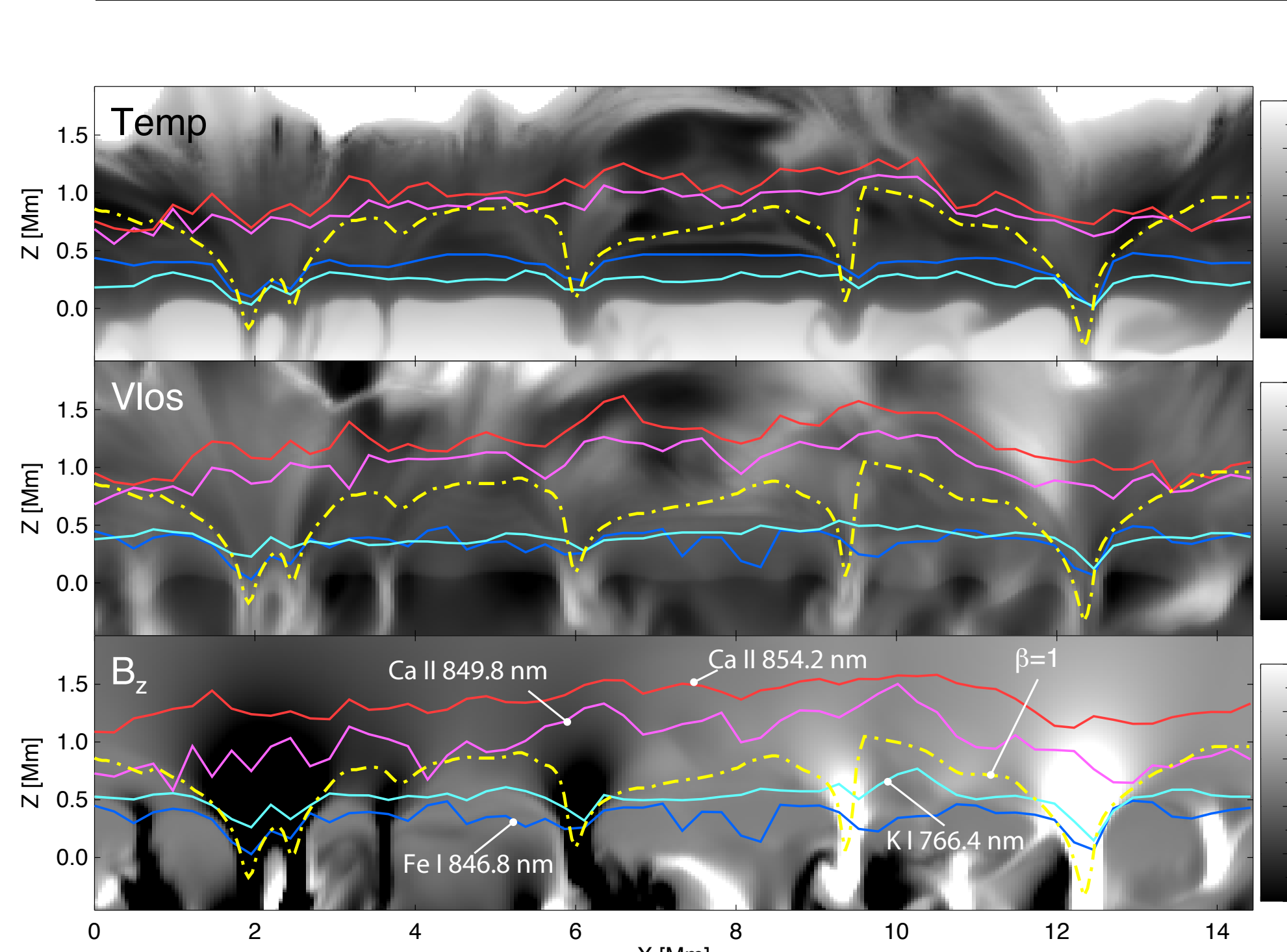


SCIPで観測する2波長帯には、彩層に感度のあるCa II線、光球上部に感度のあるK I線以外に、光球に感度のあるFe I線が複数存在する。ゼーマン効果に高い感度をもつスペクトル線の組み合わせにより、光球と彩層を切れ目なく連続的にカバーする。特にK I線は気球搭載のSCIPにより世界で初めて高精度偏光観測を実現できる。

Zeeman効果に対する感度



MHD+non-LTE輻射輸送数値計算によるライン形成高さ



MHD数値計算(Iijima+2016)から予想されるSCIP観測ラインにおける偏光度

