

【基盤研究(S)】

大区分B



研究課題名 気球太陽望遠鏡による精密偏光観測：恒星大気における磁気エネルギー変換の現場に迫る

自然科学研究機構・国立天文台・ かつかわ ゆきお
太陽観測科学プロジェクト・准教授 勝川 行雄

研究課題番号：18H05234 研究者番号：00399289

キーワード：宇宙・天体プラズマ、太陽物理学、光赤外線天文学、気球搭載装置、国際協力

【研究の背景・目的】

6千度の光球と100万度超のコロナの間に位置する『彩層』は、磁気エネルギーが通過する単なる中間大気層ではなく、通過する過程で強く非線形化し、乱流・衝撃波・ジェットなど時間変化の激しい現象を引き起こす。彩層の動的現象は、さらに、コロナや太陽風への非熱的エネルギー(運動エネルギーと磁気エネルギー)注入を担っている可能性も高いことから、現在の太陽恒星研究において最重要ターゲットとなっている。動的現象が担う磁気エネルギーの輸送・散逸プロセスを理解するためには、光球の乱流と上空へつながる磁場との相互作用による磁気流体的エネルギー発生、彩層における伝播そして散逸を、観測から定量的に決定することが必要である。従来の撮像観測に基づく定性的解釈を脱却するため、口径1mの大気球太陽望遠鏡SUNRISEで質の高い3次元磁場・速度場を世界に先駆けて取得する。「ひので」衛星等で培った飛翔体偏光分光観測技術を発展させることで、SUNRISEに搭載する高精度偏光分光装置をドイツ・スペインと共同開発する。さらに、電磁流体数値シミュレーションにより光球・彩層の動的現象をモデリングし、SUNRISE気球観測がもたらす磁場データとの直接比較から、天体プラズマにおける磁気エネルギー輸送・散逸プロセスを解明する。

【研究の方法】

以下の2つのアプローチにより、本研究を進める。

(1) 大気球太陽望遠鏡SUNRISEによる高解像度かつ精密な偏光測定: SUNRISEは口径1mの大型光学望遠鏡を搭載した国際共同気球プロジェクトである。スウェーデンから大西洋上空をカナダまで飛翔し、高度35kmからシーイングの影響の無い高解像度観測と1週間の連続観測を行うことができる。光球・彩層の磁場に感度のある近赤外線域のスペクトル線を高精度に偏光分光観測する装置SCIP(スキップ; SUNRISE Chromospheric Infrared spectro-Polarimeter)を新たに開発し、SUNRISE気球に搭載する。SUNRISEの飛翔観測を2021年に実施し、光球と彩層で3次元的な磁場・速度構造とその時間発展を同時に観測する。磁気流体波、中でも磁力線に沿って伝わる横波のAlfvén波による磁気エネルギー輸送と、衝撃波や磁気リコネクションに伴う温度・速度・磁場の時間変化をとらえる。

(2) 電磁流体数値シミュレーションによる太陽光球・彩層のモデリング: 彩層は密度変化が激しく非熱平衡であり、様々な時間・空間スケールの現象が混在する。そのため、大規模数値シミュレーションにより、磁気エネルギー輸送・散逸の鍵を担うプロセス、例えば、磁気流体波の伝播と非線形モード変換、磁気リコネクションによるジェットの駆動を再現する。彩層では加熱・冷却に伴う原子の電離・再結合が動的現象にも影響を及ぼす可能性があり、この効果を数値シミュレーションに取り込む。さらに、非熱平衡輻射輸送計算を行うことで、彩層の動的現象から放射される偏光スペクトルを再現する。モデリングと比較できる良質な観測データをSUNRISE気球観測で手にすることで、彩層研究を確実に進展させることができる。

【期待される成果と意義】

SUNRISE気球観測とモデリングの両面から、(1)磁気流体波の伝播と非線形モード変換、さらに、衝撃波形成の一連のプロセスを実証する。また、(2)磁気リコネクションを示唆する磁場の不連続構造をとらえ、ジェットとの関係を明らかにする。空間分解した観測から物理量を決定できる唯一の恒星である太陽において磁気エネルギー変換過程を理解することで、共通の過程が働く恒星風や降着円盤風など広範な天体プラズマの加熱研究へ発展させることができる。2020年代に計画されている飛翔体偏光分光観測はSUNRISEのみであり、本研究によって飛翔体彩層磁場観測の優位性を示すことで、将来のより大型の衛星計画へと発展させる足がかりとなる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・“Penumbra Microjets in Sunspot Chromospheres: Evidence of Magnetic Reconnection”, Katsukawa, Y., Astrophysics and Space Science Library, 449, 201 (2018).
- ・“SUNRISE: Instrument, Mission, Data, First Results”, Solanki, S., ApJL, 723, L127 (2010).

【研究期間と研究経費】

平成30年度～34年度
109,100千円

【ホームページ等】

<https://hinode.nao.ac.jp/SUNRISE/yukio.katsukawa@nao.ac.jp>