

課題名 (タイトル) :

三次元磁気流体シミュレーションで探る太陽コロナ加熱機構・フレア開始機構の研究

利用者氏名 : ○塩田 大幸

所属 : 和光研究所 基幹研究所 戎崎計算宇宙物理研究室

## 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

太陽大気では、約 6000 度の光球の上空に、100 万度以上の高温にまで加熱されたコロナが存在している。コロナが如何に加熱されているかの問題は、太陽物理だけでなく天体物理学上の未だ解明に至らない謎の一つである。

加熱過程には、磁場を介したエネルギー輸送過程が重要な役割を果たしていると考えられている。光球より下層では、対流運動によって常に波動が生じている。磁気音波として伝搬すると強く減衰を受けるため上空に到達することが難しい。一方で磁力線に沿って伝搬する非圧縮性の Alfvén 波の場合は、散逸を受けにくくコロナまで伝搬可能な反面、熱への変換が容易ではない。本研究では、複雑な磁場構造の中の成層した非均質なプラズマ中をどのようなスペクトルの Alfvén 波が伝搬し、どのような物理過程を経て熱として散逸されるかについて明らかにすることを旨とする。

本研究では最終的に、高解像度の三次元磁気流体(MHD)シミュレーションを用いて、電離度、温度、密度が鉛直方向に急激に変化する成層大気中の波の散逸による加熱過程を解明することを目指している。今年度はその準備研究として、2次元の平衡大気・磁場を求める計算を行った。

申請者は、太陽観測衛星「ひので」可視光磁場望遠鏡によって観測された太陽光球の詳細な磁場分布の解析も行っている。ひのでによる観測では、光球における磁場構造は、局所的に収束した状態で比較的長時間維持されていることが観測されている。

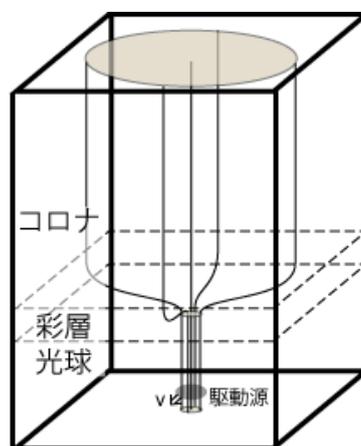


図 1 概略図

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

再現する大気構造の概念図を図 1 に示す。太陽大気では、図のように光球で局所的に収束し、上空で膨張する磁場構造が形成されていることが知られている。この構造の 2次元で再現し、底部境界から波動を入射した。

重力を入れた磁気流体方程式を時間発展させている。まず初期条件に適切な磁場・成層大気を配置し、平衡状態に近づくまで緩和させる。その後、磁気流体方程式とともに、コロナにおける熱収支を支配する非等方熱伝導および放射冷却を含むエネルギー方程式をとき、下層大気に波動を入射するための駆動源を入れ、時間発展をさせた。

## 3. 結果

大気を貫く磁束量をパラメータとして図 1 に示す磁場を含む成層大気を求めた。

テスト計算として、下層の大気に彩層で最もよく観測される単一周波数(周期 3 分)の音波(縦波)を入射した結果、彩層出の衝撃波は形成されるが、コロナを十分に加熱できず初期条件に置いたコロナは冷却されていく様子を確認した。

4. まとめ

光球よりも下層から、コロナまでを同時に解くことで波動伝搬をとく磁気流体シミュレーションが 2 次元で可能になった。波動の伝搬と散逸は、大気温度構造に強く依存するため、エネルギー収支を正確に取り扱うことが、波動の伝搬・散逸過程を明らかにする上で重要となる。そのため今後もエネルギー方程式の改良を加えていく予定である。

5. 今後の計画・展望

現在、コロナプラズマを解くための 1 流体完全電離の近似をした磁気流体方程式を解いているが、光球・彩層では、温度が低く電離度が低くなっている。この効果により、状態方程式、粘性率、電気伝導度が変わる効果を加えることで、波の伝搬・散逸過程の変化をまず 2 次元で調べる予定である。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）や、継続して利用する際に行う具体的な内容

上記のように、初期条件としての大気構造を求め、波動を入射する計算をできる段階まで開発を行ったが、磁場構造・波動のパラメータを変化させて計算することがまだできていない。今後、波動・磁場構造の違いによって上空へのエネルギー輸送がどのように変化するかを 2 次元で詳細に調べる。また、電離度の違いを加えた場合の変化も 2 次元で調べた上で、3 次元に拡張する予定である。

7. 利用研究成果が無かった場合の理由

磁気流体コードの欠陥を見つける際に手間取った。他の研究プロジェクトでの遅延のため、本研究の進捗も十分ではなかった。