

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

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目指す。

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行い、小規模な電流・乱流構造を直接再現し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が、今年度はその準備研究として磁力線に沿った 1 次元空間の波動伝搬についての研究を行った。

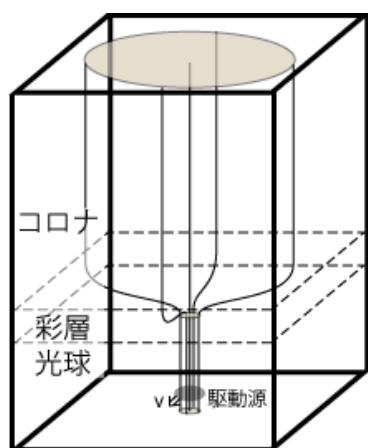


図 1 概略図

2. 具体的な利用内容、計算方法

コロナにおいて波動のエネルギーを熱に変換するために、コロナで振幅を増幅し非線形性を強めるメカニズムが存在する可能性がある。そこで図 1 のような太陽大気を鉛直に貫き、光球からコロナにかけて水平方向に膨張する磁束管を想定する。(図 2 参照)。この磁場構造は、対流の沈み込む領域に磁場が掃き寄せられることで形成されるため太陽に普遍的に存在する。太陽観測衛星「ひので」によってもこの磁束管構造を作り得る磁場構造が観測されている。この磁束管の中のある磁力線に沿った Alfvén 波の伝搬・反射・増幅について解析を行った。

3. 結果

重力成層による密度変化、磁束管膨張による磁場強度の変化、入射する Alfvén 波の振動数の関係に応じて反射・増幅が生じる。入射する振動数を変えたケースの計算を行い、特定の条件を満たしたときに Alfvén 波の振幅が増大した(図 3)。低い周波数の波は、比較的反射の影響を受けやすいと考えられる。これらの特徴を決める上で磁場構造が重要な効果を持つことが示唆されるが、詳細な過程について及び、エネルギーの定量的な評価について、現在考察中である。

4. まとめ

三次元 MHD シミュレーションを行うための準備研究として、磁力線に沿った一次元の Alfvén 波伝搬シミュレーションを実行した。磁場構造・Alfvén 波の違いによる伝搬過程の違いが見られ、その詳細について考察中である。

5. 今後の計画・展望

一次元シミュレーションで得られた最も効率よく伝搬できる磁場構造および Alfvén 波の振動

数スペクトルの組み合わせを用いて、二次元・三次元 MHD シミュレーション実行する。他次元効果、非線形効果による伝搬過程の詳細について考察する。また、平行して、有限振幅の波動同士の相互作用について理論的に考察する予定である。

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

上記の準備研究の結果に基づいて加熱の起きやすい磁場構造および必要な解像度を把握した上で、二次元・三次元の MHD シミュレーションを実行する予定であったが、申請当初の予定よりも進行が遅れ、二次元・三次元の MHD シミュレーションを実行することができなかった。そのため、計算時間をほとんど消費できていない。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由、利用研究成果が無かった場合の理由

当初より予定が遅れ、他次元 MHD シミュレーションにこれから着手するため。

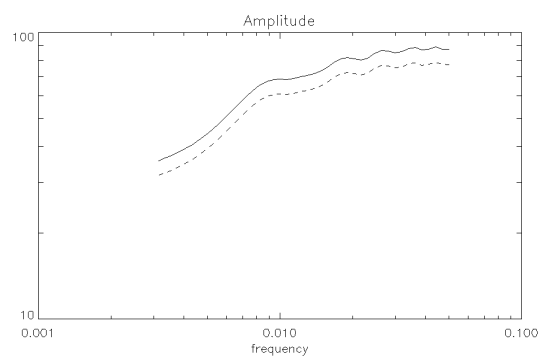


図 3. 光球の振幅とコロナの振幅の最大値の比。実線は上空に向かう Alfvén 波、破線は下層大気に向かう Alfvén 波。

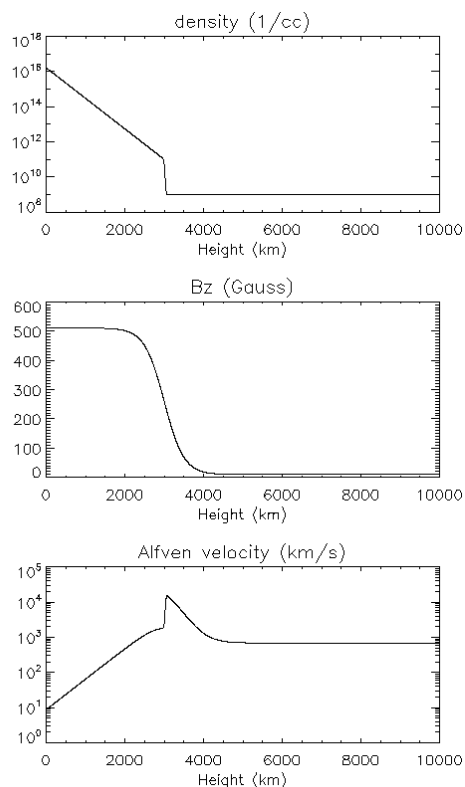


図 2. 磁力線に沿った背景場の分布。