

国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

太陽彩層加熱機構解明に向けた磁気流体波動伝播と散逸に関する2次元数値研究

河野隼也(東京大学)

利用カテゴリ XC-B

【研究の背景および実施内容】

太陽物理学および天文学における未解決問題の一つとして、太陽彩層・コロナ加熱問題が挙げられる。太陽光球表面上空の彩層およびコロナと呼ばれる太陽大気の温度は、約6000度の光球より高く、彩層中で数万度まで上昇し、さらに彩層上部の遷移層と呼ばれる領域で急激に上昇し、上空コロナでは数100万度まで達することが知られている。この太陽彩層・コロナの加熱機構は完全には理解されていない。太陽大気の加熱機構の一つとして、光球表面の対流運動によって励起される磁気流体(MHD; Magneto-hydro-dynamics)波動によるエネルギーの輸送と散逸の説が提唱されている。近年の観測により太陽大気中で加熱に十分なエネルギーを持った波が上空へ伝播することが確認されているが、加熱問題解決のためには波の散逸過程を理解することが重要となる。特に彩層は太陽光球表面と上層コロナを繋ぐ中間の領域であり、彩層における波の伝播および散逸はコロナに抜けていくエネルギー流束を制限するため、太陽大気の加熱を考える上で、まず波動による彩層の加熱機構を理解することは重要である。本研究では太陽彩層中MHD波動の伝播および散逸過程について、MHD方程式を用いた数値シミュレーションにより調べた。

【1.5次元シミュレーション成果内容】

我々は、光球表面で励起され磁力線に沿って伝わるアルヴェーン波について、対流層からコロナまで及ぶ磁束管における伝播を1.5次元数値シミュレーションにより調べた。これまでの研究では、光球表面より上空の計算領域を設定して波動による加熱を調べていたのに対して、我々は光球表面下の対流層まで計算領域を拡張し、波の透過を考慮に入れた上で、上空コロナへの波の透過率と彩層中における加熱率を定量的に調べた。数値計算の結果、光球表面で励起され上方伝播する初期速度振幅1.0 km/sのアルヴェーン波は、周波数1-10 mHzの範囲で、10%-20%がコロナへ流入することが明らかとなった(図 1)。またアルヴェーン波は彩層中を伝播する間に、非線形効果により圧縮波へのモード変換を生じ、衝撃波を形成することで散逸する。対流層への波の透過を考慮に入れて、彩層中における波の散逸率を求めた結果、光球から彩層に流入する波のエネルギーのうち60%-90%が彩層中で衝撃波形成により散逸することが明らかとなった。このエネルギーは彩層の加熱に十分であると考えられる。

【2.5次元シミュレーション成果内容】

さらに我々はこの数値計算コードを2次元に拡張した。多次元性を考慮に入れることで、彩層中波動の水平方向伝播による波の散逸への寄与を検証できると考えられる。本年度、我々は2.5次元シミュレーションを行う計算コードの開発を実施した。また光球表面における波の励起機構として、アルヴェーン波だけでなく磁気音波の励起機構も実装したことにより、MHD波動による彩層加熱への寄与を検証できると考えられる。

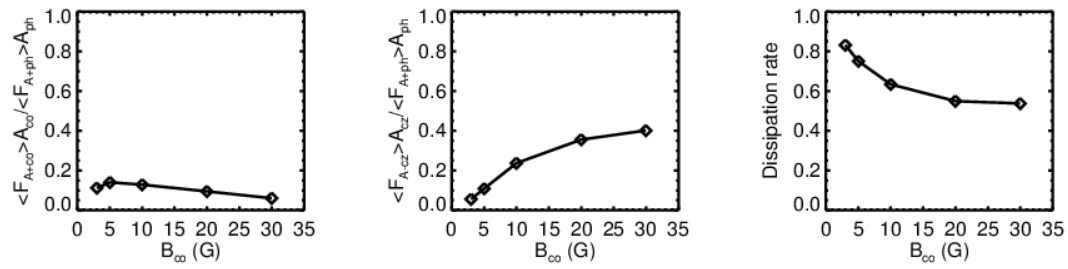


図 1.1.5 次元シミュレーションによる太陽中各領域におけるアルヴェーン波エネルギーの割合。光球表面で励起されるアルヴェーン波エネルギーに対して、左から順に、コロナへ透過するエネルギーの割合、対流層へ透過するエネルギーの割合、彩層中で散逸するエネルギーの割合を示す。