

# 論文審査の結果の要旨

氏名 鈴木 建

本論文で、論文提出者は、太陽物理学における主要な問題の1つである静穏太陽コロナの加熱とそれと密接な関係にある遅い太陽風の加速を統一的に説明する新しい理論的提案を行っている。

論文は4部よりなり、第1部は、静穏コロナ加熱機構を波の散逸による加熱と微小フレア(ナノフレア)による直接加熱に分類し、波による加熱の観測的優位性を述べている。また、コロナ加熱と太陽風の加速を同時に解明していくという論文全体の方針が述べられている。この導入部に続き、第2部では、音波(磁場にそった遅いMHD波)によるコロナ加熱の理論が展開されている。光球の乱流による音波はコロナまで伝播しないため、著者は、音波の励起源を彩層やコロナでの磁気リコネクションによる小さい爆発現象に求めた。爆発現象により周期100秒程度の音波が発生すると、音波はコロナ中をノコギリ型の衝撃波面を持つ波として伝播する。波のエネルギーは伝播につれて減衰し、周囲のガスを加熱する。加熱率は、境界条件とコロナの物理量を与えると、弱い衝撃波理論を用いて求めることができる。著者は、音波のエネルギーフラックスとしてコロナの加熱に必要な量である  $(1-20) \times 10^5 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、周期 $\sim 60-300\text{s}$ の波を注入し、上部彩層から1AUよりも外側の領域の広いコロナの構造の決定に成功した。その結果、音波による加熱は下部コロナで有効に働くことが判り、周期が60sより長い波は、 $2 \times 10^5 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以上のエネルギーフラックスを注入すれば、コロナを100万度以上に加熱し得ることが明らかとなった。これは、長い間捨て去られていた音波によるコロナの加熱の可能性を、音波の励起源を彩層より上空に置くことにより復活させたものであり、高く評価できる。

一方、音波の減衰が早いため、コロナの最高温度の場所は、観測よりも太陽表面に近くなり、太陽風速度分布も観測される速度より遅くなった。これは、実際の太陽コロナおよび太陽風を再現するには、音波の他により長い減衰長を持つ加熱・加速源が必要であることを示唆している。

このような考察から、著者は、論文第3部において、アルベン波の減衰しにくい性質に着目し、直線偏光したアルベン波の散逸による外部太陽コロナの加熱・太陽風加速の理論を展開している。線形アルベン波はコロナではほとんど減衰しないが、非線形効果を考慮すれば波頭が突っ立ち、スイッチオン衝撃波を形成する。著者は、この過程による加熱量の見積りを、コロナの構造を与えた上で行うことに成功している。その結果、同じ周期と初期のエ

エネルギーフラックスを持つ音波と比較して、直線偏光したアルベン波はよりゆっくりと減衰し、外部コロナにおいてはこの過程による加熱が音波の散逸による過熱を上回り、音波の補完加熱源となることが明らかとなった。

アルベン波の起源について、小さな磁気リコネクション等により彩層やコロナ内で励起されたアルベン波と、表面对流層の乱流運動により光球付近で発生したアルベン波が、非常に似通った加熱分布を与えることが示されている。これは、アルベン波加熱においては、音波の場合ように励起源として彩層やコロナでの磁気リコネクションによる小さい爆発現象を仮定しなくても、光球で発生しているアルベン波がそのままエネルギー源となることを示している。コロナ加熱と太陽風の加速において、アルベン波の重要性を示した点は高く評価できる。

第4部では、論文のサマリーが述べられている。

以上概観したように、著者は、従来やや分離して論じられて来たきらいのある「コロナ加熱問題」と「遅い太陽風の加速問題」を統一的に説明する新しい理論的提案を行った。さらに、観測データによる理論の定量的検証を行い、その際静穏コロナと遅い太陽風の観測データの両方を駆使して、理論の妥当性の検証を行っている。彩層より上空でリコネクションにより音波が発生していることが観測的に証明できれば、低空静穏コロナの加熱は音波によることになり、今後の観測的研究の方向に大きな刺激を与える内容である。また、光球から発生するアルベン波が外部コロナの加熱を担っているとの指摘も極めて重要である。

論文提出者は、本論文において、音波とアルベン波が補完的に働いて、静穏太陽コロナの加熱と太陽風の加速を行っているという新しい理論的提案を行った。本論文は、コロナの加熱と太陽風の加速問題に基本的かつ重要な貢献をするものであり、審査委員一同高く評価した。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。