

# 論文審査の結果の要旨

氏名 飯田 佑輔

太陽表面付近でのエネルギー輸送およびエネルギー供給を理解するためには、主要な磁気エネルギーの生成を担う太陽表面での磁気過程を定量的に研究することが必要であった。本論文は、高空間高時間分解の観測が出来る太陽観測衛星「ひので」を用いて、静穏時の太陽表面における磁束維持のメカニズムを明らかにした。

本論文は 6 章からなる。第 1 章は、太陽磁場に関する一般序論であり、最近の磁場観測によって、太陽表面で広範囲を占める静穏領域での全磁束が、黒点などの活動領域の磁束に比べて無視できないことが分かり、静穏領域のパッチ状の磁束の性質が着目されてきていることが述べられている。特に、磁束の頻度分布が  $10^{17}$  Mx から  $10^{23}$  Mx にわたって冪指数  $-1.85$  の分布になることが 2009 年に Parnell らの先行研究で報告され、また更に静穏領域でも磁束の分裂(splitting)・合体(merging)や、磁束の浮上や沈降等による出現(emergence)・消滅(cancellation)などのダイナミックな現象が観測可能になってきたことが述べられている。これらの研究発展を受けて、本論文では太陽観測衛星「ひので」を用いたデータ解析により、磁束の分布とそれを維持する機構を明らかにしていくことが重要な研究課題として位置付けた。

第 2 章は本論文で用いるデータ解析の方法論について述べられている。今回着目する太陽表面での磁束の分裂・合体・出現・消滅に伴う磁気パッチの複雑な運動を定量的に議論するには、観測画像からパッチの運動を自動追尾できる解析アルゴリズムを新規に開発することが必要であった。論文提出者が主体的に取り組むことにより独自の解析アルゴリズムの開発に成功し、定量的に磁束の分裂・合体・出現・消滅現象や、その時間スケールの解析を可能にした。

第 3 章は、今回用いた二つのデータセット（時間分解能の良いもの（データセット 1）と、時間分解能は悪いが長時間データ（データセット 2）の 2 種類）に対して、磁気パッチの統計的性質が詳細に議論されている。どちらも磁束の分布は、Parnell らの結果と矛盾しない冪分布（冪指数  $-1.79$  と  $-1.93$ ）が得られたこと、そしてこの結果は磁束が太陽光球の下層から来るのではなく、太陽表面での水平方向の物理過程で行われることを支持することが議論されている。またパッチの維持される平均寿命については、データセット 1 では 17 分、データセット 2 では 23 分程度であり、また大きな磁束を持つものは 1 時間程度であることを明らかにした。このことから平均寿命は小さな磁束パッチの寄与から来ることと同時に観測限界に注意する必要があることが指摘された。またダイナミックな現象を支配する磁束パッチの運動に関しては、平均固有速度が約  $1.2$  km/s であり、磁束の大き

さには余り依存しない結果を得た。

第4章は、3章での統計的解析を踏まえて太陽表面での磁束の維持機構について議論・考察が行われている。磁気パッチの合体および分裂過程が、出現および消滅過程に比べて圧倒的に支配的であり、磁束分布は合体および分離過程で決定されていることを明らかにした。

第5章では、まず本論文の理論的解釈の基礎となる Schrijver らによって提案された磁気化学方程式の枠組みが記述されている。これは、磁束パッチの時間発展を、磁束の分裂・合体・出現・消滅の組み合わせとして表現する方程式である。磁気化学方程式の考察により、分裂過程で支配される定常解は冪指数 $-2$ の解を持つことを示し、これが観測と矛盾しないことを示した。一方、消滅に関わる頻度分布は、冪指数 $-2.5$ 程度の急峻な分布を示すことが明らかになり、Thornton and Parnell によって報告された出現分布と同じような性質を示すことから、自動判定アルゴリズムで消滅と分類されたものの多くが再出現していると理解できると推論された。

第6章では、この論文全体のまとめと考察および将来への展望が述べられている。本論文の主要な結論として、光球下あるいは磁気活動領域からの磁束の注入のもと、太陽表面のダイナミックな合体と分裂過程により磁束の頻度分布が維持されることが主張された。

なお、本論文で論述された磁束維持に関する研究は、太陽磁場の起源を理解する上で重要であり、本研究により太陽物理の理解が前進したことが認められる。本論文は、横山央明および H. J. Hagenaar との共同研究であるが、論文提出者が主体となつてデータ解析をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると認められる。

以上により、本審査委員会は、本論文が博士学位論文として十分な内容を含んでいるものと判定し、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。

# 最終試験の結果の要旨

氏名 飯田 佑輔

成績 合格

本委員会は、論文提出者に対して平成 24 年 2 月 2 日、学位論文の内容および関連事項について、口頭試験を行った。

その結果、論文提出者は、地球惑星科学特に宇宙惑星科学について博士（理学）の学位を受けるにふさわしい十分な学識をもつものと認め、審査委員全員により合格と判定した。