

Studies of equilibrium states with magnetic field and meridional flow in astrophysics

その他のタイトル	天体物理学における磁場や子午面流を伴った平衡状態の研究
学位授与年月日	2014-03-24
URL	http://doi.org/10.15083/00006583

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 藤澤幸太郎

藤澤氏は、磁場が恒星の内部と外部に及ぼす影響を定量的に計算し、恒星内部に強い磁場が存在する幾つかの平衡状態を世界で初めて見出し、かつその強い磁場が存在できる物理的条件を明確に示した。このことの重要性により、本論文は高く評価できる。

天文学における磁場は、様々な現象を引き起こし、その観測を通して恒星やその近傍の理解を可能とさせる重要な物理量である。ところで、磁場を伴う恒星の構造については、1950年代に米国の Chandrasekhar とその共同研究者たちによって定量的な研究が開始された。しかし当時は解析的に扱えることを調べるか、球からの変形が小さいとした摂動的な扱いしかできず、ごく限られた場合しか解明されなかった。

コンピューターの性能の向上により、磁場を伴う恒星（以下、磁場星とよぶ）の数値計算がなされたが、磁場が (i) 子午面内にある場合（ポロイダル磁場）か (ii) 子午面に垂直な場合（トロイダル磁場）の2つの限られた状態しか計算ができなかった。磁場星の力学的安定性の解析からは、ポロイダル磁場とトロイダル磁場が共存している必要があることが示されていたため、一方だけの磁場の計算結果では不十分であった。しかし2005年になりポロイダル磁場とトロイダル磁場が共存している恒星の平衡状態を求めることのできる定式化が提案された。

本論文では、その定式化を駆使して磁場星の磁場構造を求め、平衡状態において磁場がどこまで強くなれるかを検討している。恒星内部の強い磁場の存在は、その磁場のエネルギーが解放されることで高エネルギー天体現象を引き起こす可能性があるため、強い磁場構造の有無を調べるのが重要となる。本論文では、定式化の中に現れる任意関数の形を適切に選択することによって以下の重要な結論に至った。(1) 磁場を生み出す電流の分布が磁軸付近に局在している状況では、恒星内部のポロイダル磁場の大きさが、表面磁場の2-3桁強い状態が可能である(2章)。(2) トロイダル電流と磁場に平行な電流の組み合わせが適切である場合、恒星内部ではトロイダル磁場がポロイダル磁場に卓越した構造が可能である(3章)。(3) トロイダル磁場が卓越するのは、トロイダル電流が逆向きに流れる複数の領域が存在する場合である(3、4章)。(4) トロイダル磁場が卓越する状況は、恒星の形状が扁長になることと対応している(4章)。(5) マグネターという強い磁場を持つ中性子星のモデルとして、コアとクラストと外部磁気圏を同時に求めることに成功している(5章)。(6) 恒星内部に大規模な流れが存在する場合の定式化も同時に行い、内部の流れによって天体の形状が扁長になることを数値的にも解析的にも明らかにした(6、7章)。

藤澤氏が本論文で導いた上記の結論は、すべて世界で初めて見出されたり、世界で初めて解析的に示されたものであり、それぞれが今後の研究をさらに活発化させるきっかけとなり、また磁場星の理解を深めるのに寄与すると判断されることから、極めて高く評価できる。

審査中の議論においては、藤澤氏の得た結論にとどまることなく、本論文を基にしたとき、それらの拡張や現実の天体への応用に関して、審査員からの提案や示唆があった。その議論は、本論文が今後の磁場星研究の発展へと直ちにつながることを審査員の共通の認識となつたために可能になったもので、その点からも本論文が磁場星の研究を刺激するものであることがうかがえ、本論文が高く位置づけられることが明らかとなった。

なお1章では研究の背景が、8章には議論と結論が、補遺には問題の定式化が述べられている。

以上の評価に基づいて、本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。