

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	--------------------------

氏 名 藤 井 悠 里

論 文 題 目

Ionization Dynamics and Magnetorotational Instability in Protoplanetary and Circumplanetary Disks

(原始惑星系円盤及び周惑星円盤における電離度のダイナミクスと磁気回転不安定性)

論文審査担当者

主査 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 犬塚修一郎

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 渡邊智彦

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 金田英宏

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 鈴木建

委員 名古屋大学基礎理論研究センター 准教授 博士(理学) 野中千穂

論文審査の結果の要旨

惑星と衛星の起源を解明することは天文学の重要な課題の一つである。恒星が形成される際には、星の周りにガス円盤が形成される。この円盤は惑星形成の舞台と考えられ、原始惑星系円盤と呼ばれる。また、巨大ガス惑星の周りには周惑星円盤が形成され、衛星形成の舞台となる。このような原始惑星系円盤族の進化を明らかにすることは、惑星・衛星系の起源を理解する上で不可欠である。形成当初の円盤は主に水素分子ガスとなり、微量の固体微粒子を含む。ガスは磁気流体力学的な乱流状態にあると考えられ、この状態が惑星形成の初期条件・境界条件を与える。その際、ガスは宇宙線等によってわずかに電離され、電磁場と動力的に結合している。従って、円盤の電離度分布を正確に求めることが、惑星・衛星形成過程の理解には極めて重要である。

申請者はまず、原始惑星系円盤の電離度分布について詳細な解析を行った。原始惑星系円盤のガスを電離させる要因は、宇宙線、中心星からの紫外線とX線、また放射性核種の崩壊などである。これらの電離源によって円盤ガスが電離され、様々な二次粒子が生成される。また、電離によって生成された電子は固体微粒子に吸着されるため、電離度は固体微粒子の存在量に依存する。申請者は、これらの化学反応の詳細なプロセスを定式化し、電離度の進化を十分な精度で高速に計算する手法を開発した。

次に申請者は、この手法を周惑星円盤に適用した。過去の研究では、周惑星円盤でも磁気流体力学的な乱流が効いていると想定されていた。しかし、電離度の詳細な計算によると、周惑星円盤では磁気流体力学的な乱流状態は実現されないことが明らかとなった。この結果から申請者は、周惑星円盤の内部状態は非乱流的であり、「静かな」円盤の中で衛星が長時間かけて形成されるというシナリオを提案した。

さらに申請者は、磁気流体力学的数値シミュレーション・コード Athena に電離度計算法を実装し、原始惑星系円盤の電離状態の非平衡進化の3次元シミュレーションを行った。これまでの研究とは異なり、申請者は円盤内のガスの動的進化と同時に電離状態の非平衡進化を計算した。その結果、まず円盤内のガスが円盤の上下に散逸することを示した。さらに、固体微粒子が大きな固体粒子に成長した進化段階においては、円盤上下の電離度は平衡解よりも小さくなることを見出した。申請者は、以上の振る舞いの原因として、乱流駆動された円盤内部から表面へのガス流(円盤風)によって、電離度の低い円盤内部のガスが化学平衡になる前に円盤の表面まで輸送されるためであることを示した。

以上のように申請者は、原始惑星系円盤において重要となる電離度の進化を記述する理論的手法を構築し、それを周惑星円盤に用いて衛星形成の描像を修正する必要性を示した。さらに、原始惑星系円盤における電離度の詳細を数値計算し、円盤風により電離度分布が変更をうけるという進化の道筋を初めて示した。これらの結果は、惑星・衛星の形成過程に関する理論的研究の進展に寄与するものであり、申請者は博士(理学)を授与されるに相応しいと認められる。