

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 富永 遼佑

論 文 題 目 Dust-Gas Instabilities in Protoplanetary Disks:
Toward Understanding Planetesimal Formation

(原始惑星系円盤におけるダスト-ガス不安定性：微惑星形成過程の解明に
向けて)

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	准教授	博士(理学)	井 上 剛 志
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	松 尾 太 郎

論文審査の結果の要旨

地球をはじめとする惑星は宇宙を構成する基本要素の1つであり、これまで4000個以上の惑星候補天体が太陽系外に発見されてきた。宇宙に普遍的に存在する惑星の形成過程の解明は、太陽系の歴史の理解だけでなく生命の起源を探る上でも不可欠であり、天文学・宇宙物理学研究の基本課題の1つである。

惑星形成は、星の形成に付随してその周りにできる円盤構造（原始惑星系円盤）の中で起こると考えられている。円盤内の微量の固体微粒子（ダスト）が成長し、キロメートルサイズの微惑星の形成を経て惑星が形成されると考えられている。しかし近年の研究では、微惑星形成が種々の要因で困難であるとされており、宇宙物理学の重要課題として多くの研究が現在行われている。

微惑星形成過程を紐解く鍵として、近年の高解像度電波観測が明らかにしたダストのリング状分布が注目されている。ダストリングの起源は未解明であるが、その候補の1つとして永年重力不安定性が考えられている。永年重力不安定性はダストが受けるガス抵抗で駆動される不安定性であり、微惑星形成機構の有力な候補としても重視されている。申請者は永年重力不安定性に伴う円盤進化と微惑星形成への発展過程を調べた。まず永年重力不安定性を安定化するダスト拡散を平均場近似に基づいて再定式化した。その方程式を用いて線形解析を行い、拡散で過安定化すると考えられていた永年重力不安定性は指数関数的に単調成長するモードであることを示した。これにより不安定性の物理的な理解をモード分類に基づき整備することに成功した。

次に申請者は、ラグランジュ・セル法とシンプレクティック法に基づいて誤差を抑えた計算法を定式化し、永年重力不安定性の長時間発展を数値的に調べた。その結果、非線形成長によってダストを十倍程度濃集できることがわかった。また濃集後のダストリングでは自己重力的な分裂を経由して微惑星形成に発展する可能性が示唆された。一方、非線形段階に達しない場合には、ダストリングは安定領域まで移動し消失してしまうことがわかった。

さらに、初期のダスト成長と永年重力不安定性による微惑星形成を繋げる過程を調べた。永年重力不安定性はミリメートル程度のダストがガスの数パーセント以上の質量を持つ場合に起こるが、初期の付着合体に伴ってダストは中心星に落下して枯渇するため、ダストの再集積が必要である。そこで申請者は、再集積機構としてダスト成長が駆動する新しい不安定性を提唱した。線形解析の結果、ダスト成長駆動の不安定性はケプラー周期の数十倍程度の時間で効率的にダストを再集積し、永年重力不安定性の発展に繋がることを示した。

申請者はこれらの成果に基づき、複数のダスト-ガス不安定性を経由する微惑星形成シナリオという独自の理論を提唱した。新たなダスト-ガス不安定性の発見やその詳細な理論的・数値的解析は高く評価され、今後の発展も期待される。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。