



Dust Particle Settling in Protoplanetary Disks around Young Stars in Binary or Multiple Systems

佐藤, 康子

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

1998-03-31

(Date of Publication)

2009-05-12

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲1768

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3141090>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1001768>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	佐藤康子 (兵庫県)
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	博い第92号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与の日付	平成10年3月31日
学位論文題目	Dust Particle Settling in Protoplanetary Disks around Young Stars in Binary or Multiple Systems (連星系・多重星系をなす若い星周辺の原始惑星系円盤 におけるダスト粒子の沈殿)
審査委員	主査 教授 松田 卓也 教授 向井 正 教授 伊東 敬祐 助教授 中川 義次

論文内容の要旨

(1章)

惑星系形成の「標準モデル」は太陽系の形成過程や構造を矛盾なく記述する優れた理論であり、1970年代から1980年代前半にかけて確立されてから、今日でも研究の規範となっている。しかし太陽系外の惑星系が実際に観測によって確認されたのは、1980年代後半になってからであった。「標準モデル」によると、惑星系形成の出発点は、「原始惑星系円盤」と呼ばれるガス・ダスト円盤であるとされている。この円盤内のダスト粒子が中心星からの輻射を吸収して赤外領域に再放射し、これが T Tauri 型星における赤外超過として観測される。最近の観測では単独星のみならず、連星系や多重系をなす若い星の周辺にも円盤候補天体が多数発見されている。このような系における円盤の内部構造や惑星系形成の可能性を調べるのが本論文の目的である。この章では「標準モデル」に基づき、ダスト粒子の沈殿や微惑星の形成といった惑星系形成の諸過程が円盤の放出する輻射スペクトルに与える影響を概観する。

(2章)

観測上、原始惑星系円盤は円盤自体の放出する熱輻射が中心星の輻射よりも多い active disk と円盤の輻射が少ない passive disk とに大別される。通常、active disk では中心星からの加熱のみでなく、円盤内の乱流による質量降着のため、円盤自体が輻射を放出するのに対し、passive disk では既に乱流がおさまり中心星からの照射のみを再放射していると考えられている。乱流が鎮まると、円盤内のダスト粒子は星の重力の鉛直成分により中心面に向かって沈殿し始める。我々はこの passive disk に着目し、「標準モデル」に基づいて円盤の密度分布や温度分布を記述した。次に中心星からの輻射が円盤のどの部分で吸収されるかを示す吸収面の高さがガスのスケールハイトとほぼ同程度になることを確認した。さらにダスト粒子の沈殿に伴い、吸収面の高さが下がることに言及する。本章は Miyake & Nakagawa (1995) のレビューである。

(3章)

2章で記述された passive disk model に基づき、passive disk の放出する輻射スペクトルのモデル計算を行う。円盤内のダスト粒子の沈殿状態をパラメータで表し、観測された個々の円盤にこのモデルを当てはめ、沈殿の進行状況を調べる。Beckwith らによる最近の観測では、おうし座・ぎょしゃ座分子雲内の連星系や多重星系をなす若い星の周辺に円盤候補天体が多数観測されている。連星間の射影距離（多重星の場合には最短のもの）と輻射スペクトルの赤外超過のルミノシティの間には相関のあることが統計的に示されている。即ち連星間距離が長くなれば、単独星に近い状態になり、輻射スペクトルの赤外超過は多くなるが、短くなると perturbation のため、inner gap が形成され、輻射の量は抑えられると考えられる。我々は射影距離と沈殿のパラメータとの相関を調べ、連星間距離が円盤内のダスト粒子の沈殿に与える影響を調べた。この章の内容は今年、国立天文台で開催される「原始惑星系円盤ワークショップ」で発表し、Astrophysical Journal 誌に投稿する予定である。

(4章)

3章の結果をもとに結論と今後の研究課題を述べる。連星間距離が短いほど円盤内のダスト粒子の沈殿が抑えられるという予想に反して、得られた結果からは両者に有意な相関は認められないことが判る。但し、現時点では連星系周辺の円盤の観測が限られていること、連星間距離の誤差などを考え合わせると、両者の相関のなさを結論付けるには不十分である。さらに詳細にこの過程を調べ、inner gap の形成にも言及していくことが今後の研究課題となる。

論文審査の結果の要旨

惑星系の形成は、生まれて間もない若い恒星の周りのガス・ダスト円盤すなわち原始惑星系円盤内でおこなわれる。原始惑星系円盤におけるダスト粒子の沈殿は、一連の惑星系形成過程の中で、惑星集積に先立つ最初の重要な過程と考えられている。本研究は、従来主として研究されてきた単一星の周りでの惑星系形成を、連星系や多重連星系をなす恒星の周りで見られる原始惑星系円盤に適用し、観測データと理論の比較により、そのような恒星の周りの原始惑星系円盤においても現実に惑星系の形成が行われているのか否かを検証し、さらに観測と理論の比較を通して、連星系をなす恒星の周りの原始惑星系円盤の内部構造や進化の特性を明らかにしようと試みるものである。

1970年代から1980年代にかけて、惑星系の形成の理論的研究が世界的に精力的に行われ、我が国の研究を中心にして惑星系形成の「標準モデル」が構築された。しかし、このモデルは惑星系形成に直接つながる観測結果のほとんど無い時期に作られたものであり、観測による検証を受けていない。1980年代後半以降、赤外線や電波による観測によって、若い星（T Tauri 型星）の周りに惑星系の母体と見られる原始惑星系円盤が次々と発見されるようになり、惑星系形成の「標準モデル」の検証は今この研究分野の中心課題になりつつある。本研究は、このような背景のもとで行われた。本論文は、4章からなり、以下その概要を述べる。

(1章)

惑星系形成の「標準モデル」は太陽系の形成過程や構造を矛盾なく記述する優れた理論であり、1970年代から1980年代前半にかけて確立されてから、今日でも研究の規範となっている。しかし太陽系外の惑星系が実際に観測によって確認されたのは、1980年代後半になってからであった。「標準モデ

ル」によると、惑星系形成の出発点は、「原始惑星系円盤」と呼ばれるガス・ダスト円盤であるとされている。この円盤内のダスト粒子が中心星からの輻射を吸収して赤外領域に再放射し、これが T Tauri 型星における赤外超過として観測される。最近の観測では単独星のみならず、連星系や多重星系をなす若い星の周辺にも円盤候補天体が多数発見されている。このような系における円盤の内部構造や惑星系形成の可能性を調べるのが本論文の目的である。この章では「標準モデル」に基づき、ダスト粒子の沈殿や微惑星の形成といった惑星系形成の諸過程が円盤の放出する輻射スペクトルに与える影響を概観する。

(2章)

観測上、原始惑星系円盤は円盤自体の放出する熱輻射が中心星の輻射よりも多い active disk と円盤の輻射が少ない passive disk とに大別される。通常、active disk では中心星からの加熱のみでなく、円盤内の乱流による質量降着のため、円盤自体が輻射を放出するのに対し、passive disk では既に乱流がおさまり中心星からの照射のみを再放射していると考えられている。乱流が鎮まると、円盤内のダスト粒子は星の重力の鉛直成分により中心面に向かって沈殿し始める。我々はこの passive disk に着目し、「標準モデル」に基づいて円盤の密度分布や温度分布を記述した。次に中心星からの輻射が円盤のどの部分で吸収されるかを示す吸収面の高さがガスのスケールハイトとほぼ同程度になることを確認した。さらにダスト粒子の沈殿に伴い、吸収面の高さが下がることに言及する。本章は Miyake & Nakagawa (1995) のレビューである。

(3章)

2章で記述された passive disk model に基づき、passive disk の放出する輻射スペクトルのモデル計算を行う。円盤内のダスト粒子の沈殿状態をパラメータで表し、観測された個々の円盤にこのモデルを当てはめ、沈殿の進行状況を調べる。Beckwith らによる最近の観測では、おうし座・ぎょしゃ座分子雲内の連星系や多重星系をなす若い星の周辺に円盤候補天体が多数観測されている。連星間の射影距離（多重星の場合には最短のもの）と輻射スペクトルの赤外超過のルミノシティの間には相関のあることが統計的に示されている。即ち連星間距離が長くなれば、単独星に近い状態になり、輻射スペクトルの赤外超過は多くなるが、短くなると perturbation のため、inner gap が形成され、輻射の量は抑えられると考えられる。我々は射影距離と沈殿のパラメータとの相関を調べ、連星間距離が円盤内のダスト粒子の沈殿に与える影響を調べた。この章の内容は今年、国立天文台で開催される「原始惑星系円盤ワークショップ」で発表し、Astrophysical Journal 誌に投稿される予定である。

(4章)

3章の結果をもとに結論と今後の研究課題を述べる。連星間距離が短いほど円盤内のダスト粒子の沈殿が抑えられるという予想に反して、得られた結果からは両者に有意な相関は認められないことが判る。但し、現時点では連星系周辺の円盤の観測が限られていること、連星間距離の誤差などを考え合わせると、両者の相関のなさを結論付けるには不十分である。さらに詳細にこの過程を調べ、inner gap の形成にも言及していくことが今後の研究課題となる。

上の通り本研究は、連星系や多重連星系をなす若い星の周辺の原始惑星系円盤における惑星系形成の検証につながる興味深い研究であり、これらの原始惑星系円盤における惑星系形成の可能性について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、本研究者は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。