

研究種目	<input checked="" type="checkbox"/> 奨励研究助成金	<input type="checkbox"/> 研究成果刊行助成金
	<input type="checkbox"/> 21 世紀研究開発奨励金 (共同研究助成金)	<input type="checkbox"/> 21 世紀教育開発奨励金 (教育推進研究助成金)
研究課題名	地球創生メカニズムの解明：地球型惑星形成と小天体軌道進化の研究	
研究者所属・氏名	研究代表者：総合社会学部 総合社会学科 講師・パトリックソフィアカフィカ 共同研究者：	

1. 研究目的・内容

地球型惑星形成は惑星系における微小な原始天体群（微惑星）の相互衝突により形成されたと考えられている。この形成過程の解明により地球の形成や、小惑星帯の軌道構造、木星と土星の軌道進化などに関する重要な手がかりを得られと考えられる。本研究では、地球型惑星の創成のメカニズムを解明し、惑星系の太陽に近い領域に存在する天体の起源及び力学的／化学的進化を包括的に理解することを目指している。

2. 研究経過及び成果

今回の研究では、研究目的に説明した主要なテーマを精密に結合し、現段階も未解決課題を克服する理論モデルを構築し、地球型惑星の創成のメカニズムを包括的に理解できるように、現実的な初期条件で力学的に太陽系惑星と小天体を包含する（多体）N 体・数値シミュレーション（数値計算）を実施した。研究の遂行に当たっては国立天文台天文シミュレーションプロジェクトの共同利用計算機システム、特に汎用 PC システムを大いに活用した。小天体の軌道進化、ならびに地球型惑星及び巨大惑星の長期的な進化を初めて詳細に分析した。つまり、今回の研究は、1 年間にわたり地球型惑星形成の研究背景を全体的に位置づけ、新たな理論モデルを数値計算で実践し、分析中の得られたデータに基づき下記の主な成果を挙げることでできた（H24.6 の時点で。他の成果は H24.6 以降発表する予定）。

地球型惑星となる材料として多数の微惑星と embryos 及びコンパクトな軌道構成での巨大惑星といった原始システムの衝突進化・軌道進化を長期間にわたり（10 億年）数値計算で調べた。主に、木星/土星の移動速度（速い・遅い）及びシステムの不安定に引き起こす木星と土星の相互 1:2 平均運動共鳴 crossing のタイミングといった 2 つのパラメータを検証した。まず、上記のメカニズムを再現した惑星系では、特に一時的に不安定な状態になっても 1~2 億年間程度経過すると惑星の軌道と質量という基準に基づき、水星、金星、地球のような惑星が一般的に形成される状況が見られた。それらの結果は上記のパラメータが異なってもあまり変わらないということが分かった。また、惑星系円盤における微惑星/embryos の軌道進化について、木星/土星の重力と共鳴の摂動を受けて円盤の外側にある 1.5~2.0AU の領域より遠くにある天体が短時間で力学的に不安定になって、太陽系から散乱されたり、あるいは太陽かある惑星に衝突したことが経験したことが分かった。円盤の外側領域は空間的に枯渇状態になったが、同じ領域に存在する火星のような軽い惑星の形成は見られなかった。全体的な結果は木星/土星の移動速度にあまり依存しなかった。一方、数値計算により得られたシステムの中で形成された地球型惑星の主な特徴（平均質量や、軌道構成など）には、相互 1:2 平均運動共鳴 crossing のタイミングによって、巨大惑星の移動と離心率と密接な関連が見つかった。つまり、crossing のタイミングの期間と離心率が高ければ高いほど、円盤の外側領域はもっとも枯渇状態になって、より軽い火星が形成されたということがわかった。しかし、金星と地球のような惑星がまだ力学的に過度に励起された状態で残ってしまうことが問題である。要するに、巨大惑星の進化は地球型惑星形成に複雑に影響するという重要な役割を果たしたことが今回の計算から言えた。今後 4 つの地球型惑星の現在の軌道及び質量をよりもっと正確に再現できるように、モデルを改善し、他のパラメータも検証したい。

今回の研究について主な成果を纏め、学術論文（作成中）に発表とする。今年中に査読つき専門誌に投稿する予定である。また、少なくとも 1 回学会で発表することも考えている。さらに、今後その他のデータを分析し、追加成果を別の論文で来年明け以降に発表したいと考えている。また、国立天文台の天文シミュレーションプロジェクトのユーザーズミーティングや、その他国内外の学会・研究会にも積極的に参加し、本研究の成果を幅広く公開し普及に取り組みたい。

3. 本研究と関連した今後の研究計画

本研究の専門内容と関連した研究打ち合わせのため、国立天文台まで滞在したことで、同機関の研究者と深い協同作業の進捗を得ることで、H24年からはさらに地球型惑星形成や、関連した研究課題（例：小惑星帯の形成）についても定期的に共同研究（協力）を行う方針である。

また、今回の研究成果によって理論モデルを改善し、他のパラメタの検証をすることと、関連した研究課題を調べるため、国立天文台天文シミュレーションプロジェクトの共同利用計算機システムを利用し、現在新たな数値計算を準備中（一部は実施中）である。

つまり、本研究と関連した今後の研究において、地球型惑星形成やその他惑星科学の課題など、太陽系の歴史に関する新たな知見の発見・集積・手掛かりになる最先端成果であると期待される。国立天文台と近畿大学の両機関にとって有意義であることも考えられる。

4. 成果の発表等

発表機関名	種類（著書・雑誌・口頭）	発表年月日（予定を含む）
日本惑星科学会	口頭	10月下旬