

共同研究報告書

平成24年6月29日

国立天文台長 殿

所属・職名 近畿大学 総合社会学部・講師

氏 名 Patryk Sofia Lykawka



研究期間	平成23年4月1日 ～ 平成24年3月31日
研究場所	国立天文台三鷹地区
共同研究者 氏名・所属等	伊藤 孝士・国立天文台天文シミュレーションプロジェクト
研究テーマ	地球型惑星形成と小天体軌道進化による地球と月の起源の解明
研究概要	地球型惑星形成は惑星系における微少な原始天体群(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。今回の研究では、新たな理論モデル構築し、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。
研究成果	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擾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期間で力学的に不安定になって、太陽系から散乱されたり、あるいは太陽がある惑星に衝突したこと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。
その他参考 となる事項 (希望事項も含む)	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。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などにも参加予定である。また、国立天文台三鷹地区への訪問し、惑星科学を専門とする伊藤助教との共同研究により本研究の議論を深めることが出来たという。