

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	微衛星の形成における困難とカ `リレオ衛星の起源についての新しいシナリオ
Title(English)	Difficulties in Formation of Satellitesimals and a New Scenario for the Origin of the Galilean Satellites
著者(和文)	芝池諭人
Author(English)	Yuhito Shibaïke
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11055号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井田 茂,綱川 秀夫,関根 康人,奥住 聡,玄田 英典
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11055号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	芝池 論人		
		氏名	職名	氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	井田 茂	教授	審査員	玄田 英典	准教授
		綱川 秀夫	教授			
	審査員	関根 康人	教授			
		奥住 聡	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Difficulties in Formation of Satellitesimals and a New Scenario for the Origin of the Galilean Satellites」というタイトルであり、全4章から成っている。

第1章「Introduction」では、ガス惑星周囲の衛星の形成過程についてのこれまでの知見をまとめている。まず、衛星の特徴と惑星がガス集積時に副次的に形成する周惑星円盤が説明されている。そして、従来の周惑星円盤内での衛星の形成過程についてまとめている。また、これらの問題点である、材料物質の不足と、統一的・整合的な木星のガリレオ衛星の特徴の再現の困難を指摘し、本論文の目的としてこれらの克服を挙げている。

第2章「Satellitesimal Formation by Collisional Dust Growth」では、従来の衛星形成シナリオにおける衛星の構成要素である多数の微衛星の形成過程について調べている。従来は、周惑星円盤に流入したダストの合体成長により微衛星が形成されると仮定されていたが、原始惑星系円盤での微惑星形成と同様に、ダストがcm-mサイズ(ペブルと呼ぶ)まで成長した段階で円盤ガスからの抵抗を受けて角運動量を失い、中心惑星に落下してしまう可能性がある。本論文では、周惑星円盤に流入するダスト/ガス質量フラックス比が微衛星の形成過程を決定づけ、微衛星が形成される条件はこの比が1以上であることが示され、周惑星円盤の周囲に形成されるガスのギャップ構造を考えれば、このダスト/ガス流入比が1以上になることは難しいことが示された。また、周恒星円盤における微惑星形成においてはダストの落下回避に有効であった、空隙率の高いダスト構造や円盤内のペブル流でおこる不安定(ストリーミング不安定)を考慮しても、微衛星の形成条件は変わらず、従来のシナリオで仮定されていた微衛星の形成は、実際は非常に困難であると示された。

第3章「The Galilean Satellites Formation by Pebble Accretion」では、前章で困難とわかった従来の微衛星集積による衛星形成シナリオに代わり、新たな「ゆっくりペブル集積」シナリオを構築した。このシナリオでは、周惑星円盤に捕獲された少数の微惑星が、微衛星になれず落下していくペブルを集積して、衛星が形成される。そして、パラメータを調整すれば、ガリレオ衛星(イオ・エウロパ・ガニメデ・カリスト)の四つの特徴、すなわち、質量、軌道、組成(氷/岩石比)、そして内部の分化/未分化、を再現できることが示された。衛星の質量は、流入するダスト/ガス比により決まり、その値はおおよそ0.003で微衛星形成に必要な値よりはるかに小さく現実的である。軌道は、木星の磁場によるガス円盤の空隙構造による最も内側の衛星イオの落下の停止と、後から落下してくる衛星が次々に2:1の平均運動共鳴に捕獲されることで再現される。ただし、カリストもガニメデとの共鳴軌道に入ってしまう、実際の系とは矛盾するという問題が示された。また、全ての衛星の組成、特にエウロパの少量の氷は、スノーラインの移動によって再現され、ガリレオ衛星のうちカリストのみ未分化な内部構造は微惑星の捕獲年代と<sup>26</sup>Alによる内部の加熱で説明できることが示された。

第4章「Conclusions」では本論文の内容がまとめられるとともに、従来の微衛星集積による衛星形成シナリオと第3章で提案された「ゆっくりペブル集積」シナリオの比較が示された。第2章において微衛星形成の困難が示されたが、実際には、局所的・一時的に微衛星が形成され、ペブル集積とのハイブリッドな衛星形成が起きた可能性がある。また、ESAの木星探査計画(JUICE)によるガリレオ衛星のD/H比観測により、どちらのシナリオが正しいか検証可能かもしれないことが示された。そして、今後は土星系や系外衛星系まで対象を拡大した、一般衛星形成理論に取り組むことが示された。

以上の通り、本博士論文の成果は、巨大ガス惑星の衛星形成の新たなシナリオを提案する、重要な研究である。よって、博士(理学)の学位を与えるにふさわしいものと認める。