

特集「新・惑星形成論」の紹介

奥住 聡¹

2010年代は惑星形成に関わる多くの発見に恵まれた10年であった。系外惑星探査からは地球ないし海王星サイズの短周期惑星が宇宙にありふれて存在することが明らかになり、原始惑星系円盤の観測からは惑星の形成や存在を想起させる円盤の豊かな詳細構造が続々と検出された。隕石の高精度同位体分析からは同位体組成の二分性が発見され、太陽系形成解明の新しい鍵として注目を集めている。

このような天文学・隕石学上の発見に加えて、惑星形成の理論研究にも過去10年で大きな進展があった。ペブル(小石)集積と呼ばれる固体天体成長の新機構が理論的に発見されたほか、多様な素過程を考慮した流体シミュレーションによって原始惑星系円盤の形成と進化の描像が大きく刷新された。円盤の詳細構造に関する理論研究が爆発的に進み、円盤観測と系外惑星探査を繋げるような議論も行われるようになってきている。太陽系形成に関しては、太陽系天体の軌道・組成分布や同位体二分性を説明しようとするモデルが次々と提案されている。

本特集の目的は、上述のように新たな展開を迎えた惑星形成論の現状を整理することにある。2019年の遊星人特集「ALMAで迫る惑星科学」では原始惑星系円盤の観測がテーマであったが、今回の特集は惑星形成の理論的な話題に重心を置いている。また、系外惑星研究の重要性を認識しつつ、太陽系形成により焦点を当てたのも本特集の特徴である。執

筆者の方々には、惑星形成論を専門としない読者に向けて、惑星形成の最新の話題をわかりやすく紹介することを心がけていただいた。さらに招待執筆者の方々には、事前に執筆予定内容について情報共有していただき、各論文の位置付けと関連を意識していただいた。分野外の研究者の方々はもちろんのこと、惑星形成に興味を持つ学生の皆さんにも本特集論文を活用してもらえることを心から願っている。

以下では本号に掲載されている特集論文を簡単に紹介する。塚本裕介氏(鹿児島大学)は、惑星形成の初期条件を規定する原始惑星系円盤の形成と初期進化について、磁場の重要性に焦点を当てながら解説している。星・円盤形成の研究は理論・観測の両面から大きく進展しており、星・円盤・惑星の形成を継ぎ目なく理解できるようになるまであと一歩のところ

に到達していることがわかるだろう。脇田茂氏(マサチューセッツ工科大学)は、太陽系形成期における固体の進化を理解する上で重要となる、コンドリュール形成と微惑星熱進化という2つの加熱現象について解説している。コンドリュール形成の新説として近年注目を集める、微惑星衝突形成モデルについても詳しく紹介している。

荻原正博氏(東京工業大学地球生命研究所)は、太陽系地球型惑星形成の最新モデルについて解説している。近年大きな注目を集めるグランドタックモデルの特徴と問題点を詳しく議論し、さらに荻原氏らの提唱する磁気円盤風を考慮した形成モデルについても紹介している。

1. 東京工業大学 地球惑星科学系
okuzumi@eps.sci.titech.ac.jp

堀安範氏(アストロバイオロジーセンター)は、探査機Cassini およびJuno の観測などによって理解の進展した太陽系巨大ガス惑星の組成・内部構造と、これらの惑星の形成シナリオについて解説している。グランドタックモデルやペブル集積についても言及しており、関連する萩原氏と小林氏の特集論文を併せて読むことをお勧めしたい。

荒川創太氏(国立天文台)、深井稜汰(JAXA)、本間和明氏(東京工業大学)は、隕石の分析から明らかになった原始太陽系星雲の同位体不均質性・二分性と、その理論的解釈について解説している。同位体二分性については深井氏の2020年の遊星人論文でも紹介されているが、今回の論文はその起源により焦点を当てた内容となっている。

植田高啓氏(国立天文台)は、ALMA 望遠鏡による原始惑星系円盤の詳細構造の発見に端を発する惑星形成研究の進展を解説している。2030年代の大型電波干渉計による地球型惑星形成領域の観測可能性についても紹介がある。

樋口あや氏(東京電機大学)は、原始惑星系円盤の残骸であると考えられているデブリ円盤におけるガス成分の観測的発見とその理論的解釈を紹介している。このガスは微惑星や彗星によって供給された可能性があり、今後この観測が太陽系研究とどのように繋がっていくのか楽しみである。

本特集は次号以降も継続する。小林浩氏(名古屋大学)がペブル集積理論について、大野和正氏(カリフォルニア大学サンタクルーズ校)が木星の大気組成と形成過程を結びつける試みについて、道越秀吾氏(京都女子大学)が低密度ダストの層の重力不安定を通じた微惑星形成に関する研究についてそれぞれ解説記事を執筆中である。次号以降もぜひご期待いただきたい。

本特集は、三浦均・遊星人編集長から依頼を受けた奥住がゲストエディターを担当した。三浦編集長から本特集企画の依頼をいただいたとき、まず初めに思ったことは「この特集をProtostars and Planets のレビュー論文集の日本版のようなものにしたかった」ということであった。Protostars and Planets とは、星・惑星形成の研究分野における最

も権威のある国際会議であり、第7回大会が2023年内に京都で開催される予定である¹。この国際会議シリーズでは、大会開催のたびに第一線の研究者らがレビュー論文を執筆し、その論文をまとめた本が出版される。このレビュー論文集は星・惑星形成分野において、過去数年の研究の進展を整理する極めて重要な役割を果たしている。遊星人において同様の趣旨の日本語論文集を掲載することは、日本における惑星科学の発展、特に若手の育成のために大きな意義があると信じている。このような貴重な機会を与えてくださった三浦編集長に厚くお礼を申し上げる。

三浦編集長からは当初、2021年12月号への特集掲載を打診していただいたが、奥住の個人的な都合により2022年3月号での掲載とさせていただいた。これにより、原稿投稿・査読・原稿改訂の時期が年末年始の大変忙しい時期に重なる事態となってしまった。このような厳しいスケジュールのなか論文執筆に取り組んでくださった執筆者各位と、正月休み直前の査読依頼に快く応じてくださった査読者各位に心から感謝したい。

¹当初は2021年4月に開催される予定であったが、コロナ禍のため延期された。