

特集「将来木星圏・土星圏探査計画へのサイエンス：その1」

「将来木星圏・土星圏探査計画へのサイエンス」 特集にあたって

木村 淳^{1,2}, 佐々木 晶³, 藤本 正樹⁴, 笠羽 康正⁵

木星などの巨大惑星は、太陽系起源論や宇宙プラズマ物理、大気物理学等にとって興味深い対象であり続いているだけでなく、近年の系外惑星発見ラッシュやカッシーニ/ホイヘンスのデータがもたらす新鮮な驚きは、太陽系科学と天文学を融合させた新分野を生み出す駆動力となり得る。パイオニア、ボイジャーから近年のガリレオ、カッシーニに至る探査計画や地上観測等を通じて巨大惑星(系)の知識体系は大きな広がりを見せ、それは新たな視点での木星圏・土星圏再探査を国際的に検討する活動へと繋がっていると同時に、系外惑星や高エネルギー天体の諸問題へも重要な示唆を与えている。

パイオニア10号、11号は強力な木星磁気圏の存在を明らかにし、また高性能の撮像機器を搭載したボイジャー1号、2号の探査を通して木星とガリレオ衛星の多様な姿が見えてきた。ところが木星系の詳細観測を目指したガリレオは、延期された打ち上げの後、高利得アンテナやデータレコーダ、さらには一部観測機器の故障により十分な観測データを取ることができなかった。2016年に観測を開始するJUNOは木星を極軌道から観測するが、衛星の詳細観測は行われない。カッシーニがほとんど大きなトラブルなく観測を継続している土星系と比較すると、木星系の観測データは少ないのが現状である。

日本でも木星を目指すという提案は1970年代に東北大グループから出され、また2003年には太陽電力

セールミッション(太陽放射圧とともに大面積薄膜太陽電池で発電してイオンエンジンを使う)として宇宙科学研究所の工学グループから提案がなされたがミッションにはならなかった。そして2006年、これまで十分な探査が行われていなかった木星系をターゲットとして、BepiColombo水星探査の枠組みで日欧共同ミッションを行う計画検討がはじまり、Laplaceと名付けられた。日本の磁気圏探査衛星(JMO=Jupiter Magnetospheric Orbiter)がヨーロッパ打ち上げの主探査機によって運ばれ、木星磁気圏を複数衛星で観測することになる。これは欧州宇宙機関(ESA)のコスミックビジョン計画に申請され、日本では2007年に宇宙科学研究所に国際共同木星圏総合探査計画ワーキンググループが作られてミッション検討が始まった。

翌年にはアメリカが加わり、LaplaceはEJSM(Europa-Jupiter-System-Mission)という計画に広がるとともに、日本のJMOは独自打ち上げを要請されることになった。アメリカがJEO(Jupiter Europa Orbiter)、ヨーロッパがJGO(Jupiter Ganymede Orbiter)を担当することになり、2020年打ち上げを目指してミッション検討が開始された。また2009年2月には将来外惑星系探査計画について木星系探査を土星系探査に優先させて行う決定がなされた。しかし、2011年3月に発表されたアメリカの惑星科学Decadal SurveyにおいてJEOはFlagship Missionの1位にならなかったため、当初予定していた計画の実行は困難になった。現在は、ESA単独のミッション計画JUICE(JUPiter ICy moon Explorer)としてガニメデ周回観測およびエウロパのフライバイ観測を含む形で検討が進められている。今後、ESAコスミックビジョンのLクラスミッションとして認められれば、2012年には

1. 惑星科学研究センター

2. 北海道大学

3. 国立天文台

4. 宇宙航空研究開発機構

5. 東北大学

junkim@ep.sci.hokudai.ac.jp

観測装置公募(AO)が開始され、2022-24年打ち上げを目指して探査機・観測機器製作が始まる予定である。

日本では太陽セールミッションIKAROSの成功を受けて、太陽電力セールを使った木星到達探査機にJMOを搭載し、木星フライバイ時に木星周回軌道に投入する可能性について検討を行っている。親機はその後トロヤ群小惑星を目指す予定である。またカリストのフライバイを使ってJMOの軌道傾斜角を上げ、木星の極域を撮像すること（本特集の江副らによる論文[7]を参照）も検討している。このように、これまで夢のひとつに過ぎなかった巨大惑星の探査が少し手に届くところに来ているのである。

こうした経緯を受けて、本特集「将来木星圏・土星圏探査計画へのサイエンス」では巨大惑星系・惑星本体・衛星の形成、構造・材料物質、大気、電磁圏・高エネルギー過程にまつわるトピックを広く募集し、本号と次号の2つに分けて現状での知見を俯瞰し総合的な科学検討を行うとともに、将来にどのような探査・観測が期待されるか、理論・実験的に追求すべきテーマについて展望することとした。

佐々木ら[1]は、巨大ガス惑星系の衛星系形成について、木星と土星の衛星形成段階において木星の円盤には内縁の存在し土星に存在しないと仮定することで、木星・土星の衛星系の特徴(個数、組成、内部構造)が良く再現可能であることを示している。谷川ら[2]は、衛星形成を理解する上で極めて重要となる周惑星円盤の形成過程について、高解像をシミュレーションの結果に基づき概観し問題点の整理を行っている。平田ら[3]は、土星系の小型衛星についてカッシーニの探査により明らかになった表面構造の概略と個々の小氷衛星の表面構造の成因に関してレビューするとともに、小惑星や彗星と比較することによる研究の拡がりについて議論している。庄司ら[4]は、氷衛星の内部構造の理解において大きな問題である氷層厚さの決定に対しニュートリノ起因の電波を用いた新たな観測手法を提示している。木星衛星エウロパにターゲットを置き、先行研究や観測による氷層厚さの理解をまとめつつ新手法の重要性と有用性を評価し、土星衛星エンセラダスへの適用も視野に入れた議論が行われている。戸叶[5]は、土星衛星タイタン大気のスーパーローテーションが持つ特徴や生成メカニズムについて、カッシーニ・ホイヘンス計画による観測結果や数値シミュ

レーションによる研究などを踏まえて金星大気と比較しつつレビューを行っている。加藤ら[6]は、木星放射線帯の形成過程においてホイッスラーモード・コーラス放射と高エネルギー電子との相互作用が果たす役割について、地球放射線帯の形成過程に関する研究もレビューしつつ概観するとともに、木星衛星イオからガニメデ軌道の領域において将来探査を行うことの重要性を提示している。江副ら[7]は、将来木星探査での磁気圏プラズマ多波長観測に関する有効性について、特にX線観測の有利な点や意義を明確に解説している。またX線観測特有の課題や機器開発の予定についてもわかりやすく報告されている。木星オーロラや熱圏、大気対流構造、衛星の内部構造や進化、トロヤ群小惑星等に関するトピックは次号で掲載を予定している。

最後に、本特集を企画する機会を与えて下さった「遊星人」編集部と編集委員会各位に感謝するとともに、非常に厳しい編集日程の中で査読を行っていただいた査読者の皆様にも深く御礼を申し上げたい。また本特集号をまとめるきっかけとなったJapan Geoscience Union Meeting 2011 国際セッション「Future explorations of Jupiter and Saturn system」の世話人や有意義な討論をして頂いた参加者一同にも感謝する。

参考文献

- [1] 佐々木貴教 ほか, 2011, 遊星人(本特集号).
- [2] 谷川享行 ほか, 2011, 遊星人(本特集号).
- [3] 平田直之, 宮本英昭, 2011, 遊星人(本特集号).
- [4] 庄司大悟 ほか, 2011, 遊星人(本特集号).
- [5] 戸叶哲也, 2011, 遊星人(本特集号).
- [6] 加藤雄人 ほか, 2011, 遊星人(本特集号).
- [7] 江副祐一郎 ほか, 2011, 遊星人(本特集号).