

木星探査：木星起源と衛星進化

Exploration of Jupiter: Pursuing the Origin of Jupiter and Evolution of Satellites

佐々木 晶 [1]; 荒川 政彦 [2]; 生駒 大洋 [3]; 小林 直樹 [4]; 山路 敦 [5]; 木村 淳 [6]; 岡田 達明 [7]; 田中 智 [8]; 荒木 博志 [9]; 原田 雄司 [10]; 長沼 毅 [11]; 香内 晃 [12]; 倉本 圭 [13]; 高遠 徳尚 [14]; 杉田 精司 [15]; 飯島 祐一 [8]; 中嶋 悟 [16]; 宮本 英昭 [17]; 松岡 彩子 [7]; 藤本 正樹 [18]; 笠羽 康正 [19]

Sho Sasaki[1]; Masahiko Arakawa[2]; Masahiro Ikoma[3]; Naoki Kobayashi[4]; Atsushi Yamaji[5]; Jun Kimura[6]; Tatsuaki Okada[7]; Satoshi Tanaka[8]; Hiroshi Araki[9]; Yuji Harada[10]; Takeshi Naganuma[11]; Akira Kouchi[12]; Kiyoshi Kuramoto[13]; Naruhisa Takato[14]; Seiji Sugita[15]; Yu-ichi Iijima[8]; Satoru Nakashima[16]; Hideaki Miyamoto[17]; Ayako Matsuoka[7]; Masaki Fujimoto[18]; Yasumasa Kasaba[19]

[1] 国立天文台・水沢; [2] 名大・環境; [3] 東工大・理・地惑; [4] 東工大・地惑; [5] 京大・理・地球惑星; [6] 東大・地震研; [7] 宇宙研; [8] 宇宙研; [9] 国立天文台 RISE; [10] 東大・地震研・流動破壊; [11] 広大・院・生物圏; [12] 北大・低温研; [13] 北大・理・宇宙; [14] 国立天文台; [15] 東大・新領域・複雑理工; [16] 阪大・理・宇宙地球; [17] 東大・総合研究博物館; [18] 宇宙機構・科学本部; [19] 宇宙機構/宇宙研

[1] Mizusawa Obs., Nat'l Astron. Obs. Japan; [2] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.; [3] Earth Planet. Sci. Tokyo Tech.; [4] Earth and Planetary Sci, Tokyo Tech; [5] Div. Earth Planet. Sci., Kyoto Univ.; [6] ERI, Univ. of Tokyo; [7] ISAS/JAXA; [8] ISAS; [9] NAO, RISE; [10] DEM, ERI, Univ. Tokyo; [11] School of Biosphere Sci., Hiroshima Univ.; [12] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ; [13] CosmoSci., Hokkaido Univ.; [14] Subaru Telescope, NAOJ; [15] Dept. of Complexity Sci. & Eng., Univ. of Tokyo; [16] Dept. Earth & Space Sci., Osaka Univ.; [17] The University Museum, Univ. Tokyo; [18] ISAS, JAXA; [19] JAXA/ISAS

2020年代に木星探査を日欧国際ミッションとして立ち上げる機運が高まっており、宇宙科学研究本部にて木星探査のワーキンググループ設立が本年1月に認められた。この探査では、木星の起源、木星の衛星も重要なターゲットである。本稿では、まだ残されている重要な科学を挙げて、木星探査ミッションの探査項目を「潮汐エネルギーの支配する天体」をキーワードにして検討する。潮汐エネルギーの支配する天体は木星の衛星だけではないため、その調査は、太陽系天体全体の進化を論じる上でも重要である。

木星の起源：木星は、太陽系最大の惑星で、太陽系角運動量の大部分を占める。第一次近似的に言えば、太陽系の起源の解明は木星の起源の解明である。また、200を越える系外巨大惑星の発見によって、木星が宇宙一般でも代表的な天体であることが明らかになった。木星の起源の解明は、太陽系のみならず、惑星系一般の形成過程の解明につながる。

木星は、氷・岩石からなるコアを大量の水素・ヘリウムが取り巻く巨大ガス惑星である。形成過程では、コアがある臨界質量に到達したことが引き金となり、原始太陽系円盤ガスを重力的に取り込んだ。木星の質量や位置の起源の解明（さらに系外惑星の多様性の解明）についてはガス集積過程に制約を与える情報が必要である。木星へのガス流入は、周囲に形成された小型のガス円盤（サブ円盤）を通して起こった。ガリレオ衛星は、そのサブ円盤中で形成されたと考えられている。このため、現在の衛星の氷成分や希ガスなどの微量成分の情報から、サブ円盤内の力学的・熱的条件を制約できる。さらに、木星大気の高元素存在度との比較により、木星大気の高元素超過の起源に制約を与えることができ、これは材料物質の特定や円盤ガス獲得時期に関する情報が得られる。

木星の衛星：ガリレオ衛星はサイズからは衛星というよりも惑星と呼ぶ方がふさわしい天体である。密度と慣性率から、内部構造が推定されている。ガニメデには固有磁場があるため、溶融した金属コアがあると考えられている。イオに氷がなぜ無いか、氷・岩石の量比が、エウロパ、ガニメデ、カリストでなぜ違うかといった問題は未解決である。サブ円盤の推定される温度分布は、ガリレオ衛星領域では氷の凝縮温度よりも高くなる可能性がある。イオよりも内側にあるアマルテアに含水鉱物が発見され、木星の衛星が現在の位置よりも遠い場所で形成されたことも示唆する。

地下海：表面地形と推定内部温度分布から、エウロパ、ガニメデの内側には、地下海が存在しているらしい。しかし、その深さ、含まれている塩類の種類/濃度、生命の可能性に重要な有機物の存否といった問題は未解決である。エウロパ表面の断層地形は潮汐力により作られた可能性が指摘されているが、その応力は低温下での氷1hの強度よりはるかに小さい。また、クレータ緩和地形から推定される地殻粘性は氷1hよりはるかに小さく見積もられる。粘性を下げる要因として、硫酸塩の濃度を測定することは重要である。さらに、地下海での有機物の存否や、エウロパ表面でのアモルファス氷と結晶氷の分布など、今後の詳細観測で解明が期待できる項目は多い。また、最近土星の衛星エンセラダスで確認された、氷微粒子とガスの噴出現象が、エウロパでも起きているのかどうか、詳細観測する価値は十分にある。現在でも活動する地域を検出するには、表面温度を調査し、輻射平衡温度より高温の部分を探し出すことが重要である。また、エウロパ周辺の誘導磁場の変化を測定することができれば、地下海の深さや電気伝導度を制約でき、塩分濃度も推定可能である。

イオのモニタリング：太陽系で最も活動的な固体天体であり、潮汐エネルギーを熱源とした火山活動が頻繁に起きている。また、イオから放出される、ガス、エアロゾルは、木星磁気圏の高エネルギー粒子や高速ダストの源ともなっている。

いる。イオの活動の観測は、天体だけではなく、木星環境の研究にも重要である。

イオ周回機では、リモートセンシング観測に加えて、エアロゾル、ガスの分析を直接行うことも可能である。イオへの着陸機やペネトレーターにより、地震などの直接計測から火山活動計測、地殻厚さ計測を行うことも高度な科学目標である。

リソフフェア厚さ：エウロパでもイオでも、リソフフェアの厚さという潮汐進化を考える上で重要な量が正確に見積もられていない。電波レーダーにより、地下 10km 程度の深さまで検知することができ、内部の成層構造を調べられる。エウロパの周期的な潮汐変形を高度計で検知できれば、平均厚さを制約できる。さらに、荷重変形を正確に測定することにより、エウロパ、イオのリソフフェアの厚さを求めることも可能である。