

- 【1. 日本側拠点機関名】東京大学
- 【2. 日本側コーディネーター氏名】教授・杉田 精司
- 【3. 日本側協力機関名】宇宙航空研究開発機構、国立天文台、名古屋大学、北海道大学、東北大学、大阪大学、会津大学、千葉工業大学、神戸大学、九州大学、立教大学、東京工業大学、総合研究大学院大学
- 【4. 研究課題名】惑星科学国際研究ネットワークの構築
- 【5. 研究分野】惑星科学。太陽系内外の惑星の起源と進化を、惑星探査、天文観測、および理論計算によって明らかにする研究分野である。
- 【6. 実施期間】平成28(2016)年4月～令和4(2022)年3月(6年間)
- 【7. 交流相手国との中核的な国際研究交流拠点形成】
各国の拠点機関の具体的なプロジェクトを立てて、実効性のある強固な二国間関係を持ち、全体として太陽系内・系外の惑星科学の全体を総覧する国際的ネットワークを形成した。

■アリゾナ大学(米国拠点)とは、日米の探査機が取得した小惑星リュウグウとベヌーの試料分析において両国の連携を主導する予定である。両探査機の得た試料を交換すると共に試料初期記載に双方の研究者を派遣して双方の知見を持ち寄ることを決めた。さらに、日本の拠点機関がJAXAと共同開発した小惑星試料用の光学計測装置をアリゾナ大学に提供することが決まった。これはリュウグウ試料の初期記載にも用いられたので、ベヌー試料の初期記載にも用いられれば、人類が持つC型小惑星の全試料の計測に用いられることになる。

■ドイツ宇宙局DLR(ドイツ拠点)とは、日本の火星衛星探査機MMXに搭載する着陸子機の共同開発が開始された。当初は子機への日本からのハードウェア提供は予定されていなかったが、本事業を中心とする共同研究の結果、日本の若手研究者が代表となって光学装置を提供することが決まった。この取組みは、2028年の火星圏到着まで、観測運用やデータ解析を通じて日独の共同研究を産み出し続けるものであり、日独の共同探査の人材育成の核となることが期待される。

■ニース天文台(フランス拠点)のコーディネーターは、ESAの次期旗艦探査機Heraの責任者(PI)に就任した。また、彼は日本のMMXへ搭載するESAの着陸子機の代表者として参加している。さらに、Hera探査には日本から5人(全て本事業参画者)がCo-Iとして招かれ、同探査の科学観測立案および解析の中核を担うこととなった。さらに、本事業の代表者は、同探査のSteering committeeに投票権を持った委員として参加することが決まった。

■PlanetS(スイス拠点)は、ESAの系外惑星観測衛星ARIELの中核機関である。PlanetSとの関係を軸にESAと共同研究を進めた結果、本事業の中核参画者がARIEL計画の共同代表(co-PI)に招聘されることが決まった。これは、日本が欧州の各国と同様にCo-PI国のステータスを持って参加できることを意味し、日本人研究者が最先端の系外惑星観測衛星の生データにアクセスできる機会を得ることになる。



本事業による国際交流が中核的な役割を果たした6つの探査・衛星計画

【8. 次世代の中核を担う若手研究者の育成】

若手研究者の育成のため、長期海外渡航の予算は主に大学院生や PD に使った。若手を対象とする公募を毎年行い、学会などで広く周知した。また、観測装置や理論計算の根幹となる基盤研究を重視して選考した。これにより、申請当初に予見できなかった新人が発掘できた。その結果、日米、日独の共同研究で双方の若手が筆頭著者となる Nature Astronomy と Nature Communications 誌に 2 組の姉妹論文が出版されるなどの成果を得た。さらに、本事業で育った若手は次世代を担うポストに就いている。例えば、上記の日米の姉妹論文の米側の筆頭著者は NASA の OSIRIS-REx 拡張ミッションの責任者(PI)に選ばれ、日独共同研究の日本側の筆頭著者は JAXA の助教に採用された。

【9. 研究の背景・目的等】

惑星科学は、惑星形成理論と系内惑星探査とに分かれて独自に発展してきた。だが、1995 年に太陽系外に惑星が発見され、さらに太陽系内の相次ぐサンプルリターン探査の成功を受けて、この状況は一変した。これらは、我々の宇宙観の根底に関わる歴史的な大成果であるのみならず、宇宙史という文脈における太陽系の起源とその普遍性、さらには生物の誕生と起源という、人類にとっての究極の問いに答え得る歴史的な瞬間が到来していることを意味する。それらに答えるには、旧来の研究分野の壁を取り払い、理論、観測、シミュレーションを総動員して系外と系内を統一的に解き明かす新たな惑星科学を立ち上げることが不可欠である。これは世界的にも未だ例を見ないものの、太陽系形成の京都モデル、すばる望遠鏡による系外惑星直接撮像、はやぶさ探査、などで実証済みの日本の豊富な実績と優れた人材を最大限に活用し、さらに東京大学理学部の天文学、地球惑星科学、物理学の研究者が結集することで、惑星科学の新たな国際的研究拠点形成を目指す。

【10. 成果・今後の抱負等】

学術成果：はやぶさ 2 の観測と試料初期分析から、小惑星リュウグウの母天体、元素組成、隕石学的特徴が明らかになった。その結果は、TESS などの系外惑星観測衛星および国際電波望遠鏡 ALMA が描き出しつつある大惑星の長距離移動と中心星から離れた低温環境から温暖な環境への揮発性物質の長距離輸送を伴う動的な惑星系の描像に対する物証を与える内容であった。具体的には、リュウグウの母天体は 100km 級の大きな母天体に由来すること、物質的には炭素質隕石グループの一つで太陽系の元素存在度の標準物質である CI 隕石に一致すること、母天体は CO₂ の凝縮温度より低い遠方（恐らく木星以遠）で形成したこと、リュウグウは従来の CI 隕石の元素組成より水を中心として揮発性物質が少ない、などが分かった。これらの結果は、惑星系進化に関する以下のような大きな波及効果を持つ。(1)木星以遠で形成した微惑星が、軌道力学進化で現在の小惑星帯に移動した可能性が高い。(2)地球型惑星の形成後期に、小惑星の衝突によって水・有機物などの生命の材料物質が大量にもたらされた可能性が高い。(3)太陽系の元素存在度の推定値が変更される可能性が高い。

強みと今後の展望：日本側拠点機関は、太陽系探査の装置開発やサンプル分析から系外惑星観測衛星の高度解析や惑星大気進化の理論計算までカバーしている。このように太陽系探査と系外惑星をシームレスに繋いだ研究能力は世界のどこにもないユニークな存在である。本拠点機関は、系内・系外の惑星科学の境界領域研究を推進する世界的な中核拠点として機能することが期待される。



はやぶさ 2 特集号の雑誌表紙。左から Science, Nature, Nature Astronomy, Sky&Telescope 誌。