

学際科学研究系は何を目指しているのか

2022 年 8 月 9 日

学際科学研究系研究主幹 稲富裕光

学際科学研究系は、(A)宇宙科学の複数の分野にまたがる、または宇宙科学と周辺領域にまたがる学際領域、及び(B)新たな宇宙科学分野の学術研究を推進する。2012 年に ISAS が 13 研究系を 5 つの大研究系に再編するに至るまでに、上記の(A)と(B)は必ずしも同じ理念で説明しにくいのでそれらを分けて 2 つの研究系を定義する、または新たな研究分野を入れる枠組みとして空の組織である研究系を 1 つ留保するのはどうかという案も出された。しかし、旧宇宙環境利用科学、大気球、宇宙科学情報解析研究系に属していたメンバーが(A)と(B)に貢献すべく 1 つのグループとして行動したいという意志を持っていたことを踏まえて、これらのメンバーで構成される「第 5 の研究系」として学際科学研究系が発足した。つまり、宇宙物理学、太陽系科学、宇宙飛行工学、宇宙機応用工学研究系の枠に収まりきらない領域(将来を含む)の発展を担うという野心的な目標を本研究系が抱き、研究主幹がそのリーダーシップを発揮することが求められた。その一方で、本研究系の対象分野として、当初は気球理工学、微小重力利用科学、情報科学、計算科学、科学コミュニケーションを想定した経緯があり、プログラムの取り組みが難しいことが課題であった。

その後、「宇宙と物質」、「宇宙と生命」、「宇宙と情報」をキーワードとして新規分野の取り込みに努める等、本研究系のあり方そして発展の方策を模索する期間を経て、現在は宇宙科学および関連分野の新たな潮流を好機と捉えつつ「新生」学際科学研究系を目指して人材糾合している。本稿では小職が 2017 年 4 月に研究主幹を拝命してからの人材獲得状況を振り返る。

「新生」学際科学研究系がカバーする分野の今後 10 年程度の変化は、ISAS 他研究系/グループ、大学等他組織と協働しつつ、次の 3 段階を経るものとする。現状は萌芽的・横断的学術研究を推進しているが、5 年後にはそのヘリテージを活かしつつ新規分野の芽出し、周辺分野との融合に挑戦し、10 年後には理工研究系での実装・再編、JAXA 内新組織の設立に貢献することを目指す。そのために今後の人事計画では【サイエンス・技術の芽出し、フロントローディング】、【分野横断的な宇宙科学の推進】、【分野横断的な技術統合・革新】の 3 つに重点を置いて策定することにした。

【サイエンス・技術の芽出し、フロントローディング】では、学際分野で芽出しができれば、理工研究系での実装・再編に発展する。新規分野の芽出し機能を強化するために、小型飛行体(大気球、観測ロケット、超小型機体)の実験を単独の実験成果創出に留まらないプログラムの視点で推進する体制を拡充する。小型飛行体実験は、高頻度かつ機動的な成果の創出と最大化を可能にし、宇宙分野の研究・開発におけるリーダーとして活躍できる人材育成にも貢献する。【分野横断的な宇宙科学の推進】では、大学では手を出しづらい新規分野

の芽出し、周辺分野との融合に挑戦する。その一環として、飛翔体をツールとしたアストロバイオロジー（日本語に直訳すると宇宙生物学、あるいは宇宙生命科学）を推進する体制、他国に先んじたミッションの創生をも可能とする惑星保護技術の向上を推進する体制を拡充する。また、2030年代までは第一級の科学成果を出すことが日本の月面活動の柱となることが期待されていることから、国際宇宙探査分野での成果最大化のために、科学の観点から日本の宇宙開発に主要な貢献をする体制を構築する。【分野横断的な技術統合・革新】では、これからの宇宙科学ミッションの実現に不可欠なシステムズエンジニアリング、情報技術、先端加工技術等を学術として体系化し、「技術のフロントローディング」や「挑戦性が高いパイロットプロジェクト」へ参画することを目指す。作業のアウトソーシングでは実現しない「体系化」が教育職集団であることの意義を担保する。いずれも、JAXA 内の他組織（国際宇宙探査センター、宇宙探査イノベーションハブ他）、大学等研究機関との連携を更に強化することは重要である。

以下、2017 年 4 月から 2022 年 8 月の間における学際科学研究系での教育職獲得状況を述べる。

【サイエンス・技術の芽出し、フロントローディング】

高頻度かつ機動的に宇宙科学において最先端の成果創出を可能にし、事前実証プロジェクトや挑戦的ミッションの立案の促進、JAXA 内のみならず大学や産業界の人材育成にもつながる小型の飛翔体・探査体やサブオービタルの利用は学際科学研究系が司令塔の役割を果たす。これらの飛翔機会利用の全体を俯瞰・統括し、先を見越したプラットフォームの構築も含んで、ISAS としての戦略を持って計画を推進する新たな組織の設立を目指す。

大気球

大気球実験は、搭載機器の容積・重量・耐振動強度等に対する制約が観測ロケット実験に比べて緩い。従って、挑戦的・野心的な天文観測、宇宙線観測や高層大気その場観測、また高度 50 km 程度までの高空や希薄大気を実験環境とした工学実証や応用化研究を比較的低コスト・高頻度で実現可能にするために、大気球実験は重要である（図 1）。2019 年 2 月着任の福家英之准教授は、自ら気球等を用いた宇宙科学研究を行い、大気球実験グループに所属し大気球実験の運用業務を担うと同時に、大気球実験についての国際化を含めた長期的なビジョンの構築とその実現を主導する。2019 年 12 月着任の水村好貴助教は、気球を用いた自らの学術研究を行い新たな宇宙科学研究の創造に貢献し、そして大気球実験グループに所属し大気球実験の運用や実験ユーザとの協働に参画して大気球実験により創出される成果の最大化に貢献する。



図1 大気球実験。国内での実施に加え、この写真のようにオーストラリアなど海外での実験も推進されている。

観測ロケット

小型飛翔体の中で、観測ロケットは、微小重力環境・真空または中性ガスとプラズマが共存する環境の提供、宇宙と地球大気が接する空間の探査、超小型機体打ち上げを実現してきた（図2）。2022年8月着任の羽生宏人教授は、観測ロケット実験を通して自身の学術研究を深化すると共に、その実験事業において、科学・技術のさらなるブレークスルーをもたらすこと、国内のみならず国外における飛翔機会獲得や観測ロケットを利用する世界の研究者とのネットワーク形成を行うこと、そして将来より規模の大きな宇宙ミッションを実現出来る人材を育成することを牽引する。



図2 観測ロケットによる宇宙科学へのアプローチ。

超小型探査機

超小型探査機による新しい科学探査の方向性を示し、これらの研究分野において独創的な学術研究を推進するとともに、その学術的成果をもとに超小型探査機による新しい科学ミッションの創出を先導する（図3）。そこには、超小型探査機の研究開発やミッションで得られた成果が、中型・小型計画による深宇宙探査を含む宇宙科学探査ミッションに貢献することへの期待もある。2019年4月着任の船瀬龍教授は、超小型探査機の研究開発を中心メンバーの一人として進めるとともに、将来の超小型探査機による探査戦略と新しいミッションの創出を主体的に立案し推進する。2020年1月着任の中島晋太郎特任助教は、超小型探査機による新しい科学探査の方向性を示すため、小規模プロジェクトに参画し中枢メンバーとして活躍するとともに、これらの研究分野において独創的な学術研究を行い、また、超小型探査機の構築および深宇宙探査ミッションの創出に貢献することを目指す。



図3 「はやぶさ2」と相乗りで打ち上げた世界初の50kg級超小型深宇宙探査機PROCYON（図の中央左）。

【分野横断的な宇宙科学の推進】

飛翔体利用によるアストロバイオロジーは現時点では萌芽的領域であるが、いずれは生命の起源・生存可能性を探求する独立した研究分野（研究系）として育つことを期待している。国際宇宙探査では、ミッション策定、システム概念検討、その場探査システム等の研究開発を宇宙科学・探査の観点で中核的に推進することにより、新たなJAXA部門の設立に貢献する。

アストロバイオロジー、惑星保護

宇宙科学分野と生命科学分野が密に連携するアストロバイオロジーにおいては、宇宙における生命の起源および進化の探究を飛翔体利用により強力に推進する。今後は、生命起源の探査の場が地球からより遠方の、月圏、火星圏、土星圏、さらには系外惑星へと広がることが期待される。従って、今後の我が国における深宇宙探査においては、生命起源探査研究の推進および惑星保護技術の獲得が一層重要となり、それらの遂行において微生物学の知識と経験が必須となる（図4）。2020年11月着任の鈴木志野准教授は、自身の研究としての宇宙における生命起源の探求、そして2020年代後半の開始が想定される国際宇宙探査時代において惑星保護を中心的に推進する。2021年1月着任の木村駿太特任助教は、惑星保護技術の向上のために月圏以遠の太陽系天体を対象とする国内外の探査プロジェクトに参画し中枢メンバーとして活躍するとともに、宇宙での微生物研究において独創的な学術研究を行い深宇宙探査ミッションの創出に貢献することを目指す。2021年4月着任の藤田和央兼務教授は、惑星保護の技術向上および係る研究体制の構築、およびそれらに関連する人材育成とJAXA 部門間交流を推進する。



図4 汚染管理を徹底した生物実験用クリーンルーム。

国際宇宙探査

月面活動を通じた世界をリードする科学成果の創出について責任を持って主導するとともに、国際宇宙探査の機会を活用して宇宙科学の進展および新しい学術分野の開拓等を積極的に担い、大学や他研究機関の研究者とも協力してその実現に貢献することが期待される（図5）。2022年5月着任の佐伯孝尚教授、森治教授は、JAXA 他部門兼務となりかつ今後10年以上にわたる中長期的活動にてリーダーシップを発揮しつつ両名が協力しあうことで、日本の月面活動における第一級の科学成果創出を主導するとともに、国際宇宙探査の機会を活用して、ISAS が2020年代において進める宇宙科学の実現への貢献そして2030年代以降においてさらに活発になることが予想される人類の活動圏拡大を踏まえつつこれまで

の宇宙科学の枠組みに留まらない学術分野の開拓に貢献する。

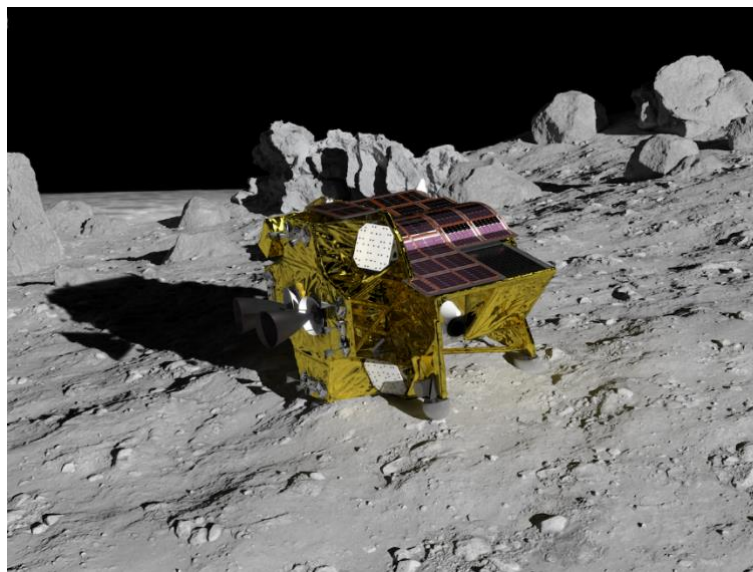


図5 将来の月惑星探査に必要なピンポイント着陸技術を実証する SLIM 計画。

一方、【分野横断的な技術統合・革新】はこれからの取り組みであり、宇宙機の開発・運用に要するコストおよび時間の大幅削減、高度化に貢献することが目標である。しかし、システムズエンジニアリング、情報技術、先端加工技術を専門とする本研究系メンバーが現体制では不足ないし存在しないことが課題である。一方、2018～2019 年度に客員教員としてお迎えした筑波大学計算科学研究センター・重田育照教授と共に宇宙における生命科学の研究について議論した結果を踏まえ、前述のアストロバイオロジーおよび惑星保護技術分野の教育職を獲得するに至った経緯がある。この経験を活かして、本研究系における新たな取り組みについては、まずは関連分野で高い専門性を有する客員教員をお迎えし、ISAS 内での議論・協働を経た後、要すれば新たな教育職を獲得するという戦略を立てることにする。

- システムズエンジニアリング分野では、短期間での宇宙機的设计・開発を可能にするソフトウェア面でのアプローチに取り組む人材を求める。そのため、超小型衛星のような比較的小規模の宇宙ミッションへの参画実績を有する大学・高専等との連携を深めることにより、モデルベースシステムズエンジニアリングを専門とする客員教員を確保する。
- 情報技術分野では、宇宙機の開発・試験・運用の高度化をもたらすデジタルツイン技術の開発に取り組む人材を求める。そのため、探査・観測技術とデータサイエンスの融合を目指す大学等との連携を深めることにより、サイバーフィジカルシステムを専門とする客員教員を確保する。
- 先端加工技術分野では、宇宙ミッションにて鍵となる部品や機器のインハウスでの設計・試作・解析に取り組む人材を求める。そのため、ISAS 先端工作技術グループと大学・高専等による技術者の人脈拡大に係る連携を活用して、宇宙開発の現場に活

用できる三次元造形・微細加工・表面処理・接合等の加工技術とその評価法、また極低温や高温での熱構造解析を専門とする客員教員を確保する。

これらの方策により、将来的にはそれぞれの分野における人的ネットワークの拡大、研究コンソーシアムの発足を狙っていく。