

報告：「第3回深宇宙探査学シンポジウム ～小惑星・小天体の世界への招待状～」

関根 康人¹

2012年5月14日、東京大学柏キャンパスにて第3回深宇宙探査学シンポジウムが開かれた。本シンポジウムは「理学と工学の融合による新しい深宇宙探査の実現」を目標として掲げ、過去2回では理学と工学の多くのトップランナーにご講演いただいている。簡単にいえば、大学機関の理学と工学の間にある高い垣根を取っ払って風通しを良くしよう、そして第1線の研究成果をお互いに紹介することで、いつもは刺激されない脳みその部位を刺激し合おう、ということがこのシンポジウムの趣旨である。それによって、深宇宙探査という共通のゴールに対し、惑星科学や宇宙工学など異分野の研究者同士が、お互いの知りたいこと・できそうなことを肌で理解しながら、ボトムアップ型の探査の提案や実現を行えるようになることを目指している。「学融合」という言葉は、東大柏キャンパスのキーワードであり、ここでは深宇宙探査に限らず、脳科学、サステナビリティ、数物連携宇宙研究など、従来の学問領域を超えた多くの分野横断型「学融合」が個人レベルから研究科レベルまでの間で進められている。

さて、シンポジウムに話を戻す。第3回となる今回はテーマを「小天体、小惑星、彗星」として、国内だけでなく海外からもゲストを迎えた。我が国の小惑星探査HayabusaやHayabusa-2はもちろん、MarcoPolo-R, Cassini, Rosetta, StarDust, Trojan's Odyssey, IKAROSなど、日欧米のミッションや将来計画の主要研究者を一堂に集め、それぞれのミッションやそのために必要となる技術に関する白熱した議論が繰り広げられた・・・という、いかにもこのシンポジウムのために海外からゲストに来てもらったようであるが

(そのような方も1名いたが)、その実は、2012年5月に新潟で行われたACM(Asteroids, Comets, and Meteors)会議に出席する研究者に1日早く来日してもらい、こちらのシンポジウムにも参加してもらったのである。ただそうはいつでも、これだけ多様なミッションの話が聞けて、小惑星探査の過去と未来が1日で“まる分かり”になるような内容は、多くの参加者にも好評であり、忙しい時間を割いて参加して下さった講演者の方々にもご満足いただけたようである。

表1にシンポジウムのプログラムを示す。かなり豪華な講演者の顔ぶれであり、このような特色あるラインナップが実現するのも、日本広しといえども東大柏ならではのなかろうかと、主催者一同密かに自負しているが、そのなかに「理学 vs 工学」そして「日本 vs 欧米」という構図があることにお気づきいただけるだろう。海外からの講演者はACM会議の参加者がほとんどのため、「理学 vs 工学」という構図では理学側の講演である。一方、理学側の講演では、海外からの研究者に対抗して、日本からはエース中村智樹氏にご登場いただき存分に語っていただいた。ここでは、いくつかの講演に焦点を絞ってご紹介する。

午前中のシンポジウムは、彗星や水衛星といった外側太陽系に存在する小天体の探査の話から始まった。特に、Cassini探査機の質量分析計チームのリーダーであるHunter Waite氏は、彗星だけでなく、エンセラダスやタイタンなどの水衛星も探査することで、太陽系形成論や地球の水の起源、地球外生命生存可能性にも迫れる可能性を示してくれた。これら探査の科学的意義について、ここで改めて本誌の読者諸兄に述べることはしないが、科学的側面以外で1つ印象に残る課題の提起があった。それは、外側太陽系探査の低

1. 東京大学 大学院新領域創成科学研究科
sekine@k.u-tokyo.ac.jp

表1：第3回深宇宙探査学シンポジウムのプログラム。

講演者(所属)	講演タイトル
(午前)	
Olivier Mouis (Universite de Franche-Comte, France)	Constraints on the formation of comets in the primitive nebula from deuterium measurements
J. Hunter Waite (Southwest Research Institute, USA)	Exploration of primitive bodies and the outer solar system: comets, icy satellites, and astrobiology
小泉宏之(東京大学工学系研究科)	深宇宙探査における電気推進の適用と今後の展望
(午後)	
Philippe Lamy (Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, France)	The Trojans' Odyssey Space Mission
森 治(JAXA)	IKAROSによる世界初のソーラー電力セイルの実証
船瀬 龍(JAXA)	ソーラー電力セイルを用いた木星・トロヤ群小惑星探査計画
吉川 真(JAXA)	小惑星サンプルリターンミッション「はやぶさ2」の現状について
中村智樹(東北大学理学研究科)	最近のサンプルリターンミッションで明らかになった新しい初期太陽系進化プロセス
Patrick Michel (Observatoire de la Cote d'Azur, France)	MarcoPolo-R: sample return to a primitive binary asteroid in assessment study at ESA
吉光徹雄(JAXA)	小天体表面探査ロボット：MINERVAの経験とその後
上西幸司(東京大学工学系研究科)	衝撃工学からみた「地」震動

予算化と高精度化の必要性である。昨今の先進国の経済状況に加え、NASAのフラッグシップミッションが火星サンプルリターンを最優先としている状況では、今度数十年間はエンセラダスやタイタンなど土星系以遠の氷天体の探査をディスカバリークラス程度の低予算で行わなくてはならない。すなわち、小型の探査機を土星系以遠にもっていくためには、推進システムに大きな重量を割かざるを得なくなり、搭載される観測機器のペイロードはかなり制限される。一方、科学的には揮発性分子や希ガスの精密な同位体比の測定など、得られる観測量の質を過去の探査のものより1段階高めることが、原始太陽系の進化や氷衛星のハビタビリティの理解には必要不可欠である。この一見アンチテーゼに思える課題(低予算化かつ高精度化)を克服しなければ、様々なレベルでの予算獲得競争に打ち勝って探査を実現することは難しい。理学側の我々に求められるのは、上記のように観測項目の焦点を絞った、得られる情報の限られた“ピンポイント”探査において、どんな物理・化学量を知ることが、太陽系、地球、生命の起源・進化に迫ることができる最も有効な“急所”であるのか、それを示すことであろう。さらに、その“急所”が色々な天体で共通しているのであれば、そこ

をぶすりと突くための“独自の武器”を作ることも肝要である。

続く小泉宏之氏、午後の講演となった森治氏、船瀬龍氏による話はこの課題に対する工学側からの1つの回答となるような内容であった。それは、日本が世界をリードする電気推進と探査機のミニチュア化技術、ソーラー電力セイルに関する開発現状と将来ロードマップについてであり、単純にそのような驚くべき技術にわくわくするだけでなく、欧米に対する日本のアドバンテージを大変心強く思ったかぎりである。

詩人をいじめると詩がうまれるように、
 科学者をいじめると、
 いろいろな発明や発見がうまれるのである
 (寺田寅彦「柿の種」)

日本では色々なものが限られたからこそ、工夫を重ねて新しい技術開発をすることができたのだろうか。効率がいよ電気推進方式であれば、観測機器に割けるペイロードを増やすことができ、低予算でも複合的な探査を行うことができる。探査の低予算化・高精度化の必要性は、何も外側太陽系に限った話ではなく、月や

火星など内側太陽系探査を進める上でも、我が国の惑星探査が直面する問題である。日本は予算的にNASAのフラッグシップクラスやESAのLクラスのような大型探査を行うことは難しい。しかしサイエンス的には、これに負けないような成果が求められる。工学側としては、斬新なアイデアで低予算化・小型化を実現しようとしている。はたして、我々理学側は工学にどのようなロードマップを提示できているのだろうか。

午後には、話の中心が太陽系の外側から内側に移り、これまでの小惑星探査の成果や将来の探査計画が次々と紹介された。我が国の小惑星探査Hayabusaによるサンプルリターン探査以降、日欧米では競って小惑星探査ミッションが計画され、かつてない小惑星ブームが起きようとしている。紙面の関係上、それぞれの探査についての詳細に触れることはしないが、いずれも魅力的な探査計画ばかりである。その中でも、船瀬龍氏とPhilippe Lamy氏の講演が、日欧それぞれの木星トロヤ群小惑星の探査計画についてであったことは興味深い。近年のニースモデルの登場により、木星トロヤ群の重要性は飛躍的に増している。かつて太陽系には本当にニースモデルで提唱されるような惑星大移動が起きたのか、それを実証できる可能性があるのが木星トロヤ群であるからだ。過去の探査結果や理論モデルに基づいて、科学的に最重要かつ波及効果の大きい探査天体や着陸地点を精査してこれを調べるのが探査

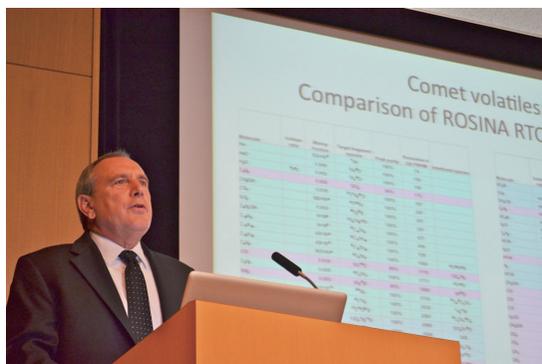


図1：講演を行う Hunter Waite 氏。

の王道とすれば、木星トロヤ群の探査はまちがいなく「小天体、小惑星の探査」における王道になるであろう。今後、木星トロヤ群探査が、我が国の太陽系形成論や天体力学などの理論研究を巻き込み、日本の特色を活かした探査計画として大きなうねりとなって成長していくことを期待したい。

「学融合」を目指すにあたって、いくつか大きな障壁も存在する。その1つが言葉の問題である。専門の垣根の向こう側で交わされている用語の意味するところが分からず、せっかくのセミナーが消化不良になってしまった経験を皆さんもお持ちではないだろうか。これを克服するためには、とにかく耳学問を続けるしかないわけであるが、ただでさえ消化不良になってしまいがちな話が英語で行われたら絶望的である。今回



図2：会場の様子。

のシンポジウムでは、異分野の研究者や一般の方にも多くご参加いただいたため、日英同時通訳サービスを提供して、英語の講演をその場でプロの通訳者に日本語で訳してもらった。これは非常に好評かつ効果的であったが、反面、主催側としてはその準備作業が大変であった。プロの通訳者とはいえ、専門用語については馴染みのない場合もある。例えば「solar nebula」は「原始太陽系星雲」と訳されるわけだが、これが「太陽の雲」では意味が通じない。さらに、「solar sail(ソーラーセイル)」と「solar cell(太陽電池)」など、その講演ごとに間違えやすい用語もあり、事前と当日における通訳者との綿密な打ち合わせが必須である。このため今回は、講演者の方々には事前にスライドをお送りいただくようお願いしたり、当日も講演会場の外で我々がスライドの内容や用語を通訳者の方に説明したりという作業が必要であった。1人でこれに対応すると、その人は常に会場外で通訳者に用語や発表試料を説明していることになってしまう。そうなると、ほとんどの講演を聞くことができなくなり、主催者自身が十分シンポジウムを楽しめなくなってしまう。今後、同時通訳サービスを使うことを検討されている方がいれば、研究員や博士課程の学生など、数名は通訳者への用語説明のためにスタンバイしておくことをお勧めしたい。

いずれにせよ、今回のシンポジウムには100名を超える方にご参加いただき、大盛況のうちに終えることができた。さて、20年後、30年後にはどんな探査が実現していて、まだ見ぬ世界でどんな発見があるのだろうか。

大事なのは、
まだ誰も見ていないものを見ることではなく、
誰もが見ていることについて、
誰も考えたことのないことを考えることだ
(エルヴィーン・シュレーディンガー)