

将来計画専門委員会 定山溪シンポジウム報告

山本哲生¹ 香内晃² 荒川政彦²

1. シンポジウム開催に至った経緯

将来計画専門委員会では、会長の諮問を受けて、惑星科学の将来計画策定のための中間報告書(1995年10月付)を会員各位に配布し、ご意見・ご批判を求めている。それと相前後して、学会主催の1995年秋期講演会で月惑星探査シンポジウムが行われた。秋期講演会のシンポジウムでは、十分な議論の時間がとれなかったため、秋期講演会北大LOCの香内、荒川から、将来計画専門委員会の公開ヒアリングを兼ねて、月惑星探査の将来像について十分な議論をする場をつくることが提案された。これを受けて、北大LOCが引き続き活動し、1996年1月19日から21日にわたって定山溪のホテルでの泊まり込みのシンポジウムの開催に至った。

将来計画専門委員会では、このシンポジウムを拡大将来計画専門委員会として位置づけ、将来計画専門委員会委員に加えて、北大LOCを通じて多数の方に講演をお願いした。また本学会の電子メール・ネットワークomlやWWW等で会員に参加を呼びかけた。その結果、計25名の参加が得られた。わが国の惑星科学においてアクティブに研究を進められている研究者が多数参加された。講演とともに、自由なディスカッションが重要と考え、議論の時間を充分とるように配慮した。予定時間を大幅に超過する長時間に及んだにもかかわらず、自由闊達な議論が展開された。この場をお借りして参加者の皆様にお礼申し上げたい。議論は月惑

星探査に直接関係する事柄からその背景に至る広範囲にわたった。シンポジウムの雰囲気まで含め、その報告をまとめることは、実際には不可能に近い。しかし、シンポジウムで述べられた貴重なご意見や議論をより多くの会員の方々にご報告する責務があると考え、以下にその報告を行う。当然ながら、内容についての不正確な記述がある場合の責任は、参加者にではなく、著者にあることをお断りしておく。

プログラムを表1に示す。講演はほぼこの順に行われた(以下、文中敬称敬語略)。

2. 月惑星探査計画の現状

初日の夕方には、田中(宇宙研)と中村(宇宙研)がそれぞれ、現在進行中の月探査計画LUNAR-Aおよび小惑星探査計画MUSES-Cの進め方や、どのように機器開発が行われてきたかについて説明し、今後の月惑星探査の機器開発体制についての意見を述べた。

田中は、1)LUNAR-Aの現状、2)搭載機器と新規技術、3)ペネトレーターの開発組織と基盤、および4)機器開発の心得について述べた。とくに、人的・資金的サポートが必要なこと、メーカーとのつきあい方、時間制限やスケジュール管理についてコメントした。開発体制の基盤については、今後、嘱託やCOE研究員等の活用が検討されるべきであること；メーカーとの関係については、相互協力が必要なこと、何をメーカーに求めるのかに

¹北海道大学理学部 ²北海道大学低温科学研究所

将来計画専門委員会中間報告に対する公開ヒアリング

表1. プログラム

「日本の月惑星探査を考える」

—— 探査を可能にする基盤整備とシステム作りに関する提案 ——

1996年1月19日～21日、定山溪観光ホテル山溪苑

1月19日（金）

経過説明と本シンポジウムの目的 山本哲生（北大）

セッション1 日本の惑星探査

宇宙研LUNAR-Aの例から 田中智（宇宙研）

宇宙研MUSES-Cの例から 中村昭子（宇宙研）

1月20日（土） 午前9：00

セッション2 探査を支える基盤

探査のための人的資源 林祥介（東大）

探査に必要な技術的サポート 加藤工（東北大）

セッション3 探査のための組織

相互協力と競争原理 渡邊誠一郎（名大）

実験家と観測機器 交久瀬五雄（阪大）

分析家の関わり方1 中村栄三（岡山大）

分析家の関わり方2 塚本尚義（東工大）

理論家の関わり方 佐々木晶（東大）

若手研究者からの提言 矢野創（宇宙研）

1月21日（日） 午前9：00

セッション4 探査先進国アメリカ

アメリカの探査システム 並木則行（九州大）

ディスカバリーミッション 海老原充（都立大）

セッション5 探査へのアクションプラン

理想的探査の形態--10年後を目指して 香内晃（北大）

学会の惑星探査に対する支援 山本哲生（北大）

総合討論 司会 山本哲生（北大）

15：30 閉会

ついて論じた。また、開発の日程が設定されていることは、通常の研究とは異なりスケジュールがタイトで、デッドラインをシビアに守らなければならないことなどの理由から、オーバーワークになっていることを述べた。しかし現状で問題はいろいろあるものの、現状の問題にのみに気を取られることなく、自分自身の大きな目標を大切にすることが重要であることを述べた。また今後予定されている月惑星探査は、マンパワーの面から

見て無理があると言うものの、惑星科学発展のために又とないチャンスであり、積極的な参加を望むことを強調した。

中村は宇宙研での経験がまだ浅いことを断ったうえで、MUSES-C計画の体制や検討中の搭載機器の紹介を行い、MUSES-C計画への会員をはじめとする広い範囲の人々の参加を求めた。その中で、従来からの実験、観測、分析、理論等の手法と比較して、探査という新しい手法の特徴についても触

れた。探査においては、1)一発勝負的な要素があり、システムとしてなりたない時は没になるリスクを伴うこと、2)スケジュール管理がきついこと、3)これまでの慣れ親しんだ学問とは違う、縦社会的な大組織の一員として「作業」を分担すること等、従来の個人ベースの研究とは異なる性格について述べた。2)については、これまでの学問に付随していただきたいいわゆる「遊び心」を発揮していただける余裕がとりにくいこと、また3)、1)に関連して、従来の論文だけの業績では評価されにくいこと述べた。これについては何らかのかたちで学会のサポートが必要であることを求めた。現状のまとめとして、「心に錦を！」の精神で第一級のデータがとれることをめざしてがんばっていることを述べた。

これらの講演に関連して、1)探査計画の策定から搭載機器の決定、実行までの種々の段階で、宇宙研がどこまで開かれた組織なのか？、2)大学や宇宙研以外での研究機関での機器開発において資金が不足していることが議論された。2)については、現状では宇宙研の基礎開発費などに限られている。基礎開発費の使い方に対しては、現状より厳しいセレクションを行うべきと言う意見と、まず裾野を拡げることが大事であるとの意見が戦わされた。一方、1)については、惑星科学のコミュニティーで独自のミッション計画をもつべきという意見が出された。しかし、手段まで含めてそれをどう具体化するかについての案は出されなかった。1)に関連して、宇宙研と大学や他の機関との人事交流が大切であることが指摘された。中長期的な問題として、なぜ探査をやりたいという人が多く育っていないのか、育てるためにはどうすべきかという問題提起がなされた。また、現状では宇宙研の定員と予算が少なすぎるということが指摘された。

3. 月惑星探査を支える基盤

翌20日午前から月惑星探査の基盤についての講演と議論が行われた。

まず人的資源の育成について、林（東大）は「自力更生・国産科学は可能か？」のテーマで、独特のターミノロジーを駆使して、探査のインフラ・ストラクチャーについて独自の論理を展開した。明治時代からの日本の科学の展開、科学投資・科学産業政策の歴史のなかで現在の惑星探査を位置づけ、この中で大学の役割と今後、研究者組織について論じた。探査に関しては、1)一極集中・巨大事業でありつづけることは時代にあっておらず、分散独立自立したたくさんの「頭」（ベンチャー）が必要なこと、2)個人レベルのネットワークが基本であること、3)このためには文科・理科系間の壁まで含め、既存分野間の壁を壊し、自由人を増やすこと、4)楽しくなければやめるくらいの気で進めるべきであること等を述べた。当面の探査計画については、無理のない目標を立てること、行くだけで楽しむこと、積極的に2番煎じを行うこと、「科学的」成果のあるふりをしないことなどを述べた。また現状で多数を占める、What's newを追求するいわゆる「サイエンスな人」＝「研究労働者」は、探査に伴うロジスティックスを行う「研究企業家」としての仕事を好まない習癖があることを指摘した。「研究企業家」の少なさやロジスティックス部門(例えば「情報屋」や「実務屋」)が欠けていることは、草野球状態を招いていることを日米の計算機ネットワークを例にとって説明した。大学に関しては、評価の多様化、サポートの多様化が図られるべきであること、および技術蓄積で生きてゆける雰囲気をつくってゆく必要があることを述べた。

これに対して、教官に大幅な自由度を与えらるとともに、競争や評価が必要であること、および受託・産学共同研究とこれを行う上での現状の障害、納税者に対する還元の必要性などが指摘された。

引き続き、大学における搭載機器開発と企業からの技術的サポートについて加藤（東北大）が講演した。まず大学において月惑星探査を支援するうえでの障害について論じた。大学の教室では、探査のための機器開発は現状ではオーソライズされておらず、機器開発に伴う技官の支援等、旧来の教室運営形態では教室内での理解を得にくいことを述べた。また技官が研究室所属の場合、所属講座の教授の考え方にも依存する。大学院生についても意欲しだいであるが、同様な問題が存在する。技官の待遇改善、研修制度、評価等を含め、現在の技官体制の改革が必要である。一方、企業との協力については、景気に左右されるため、企業の規模に応じて企業側にも宣伝等を含めた広い意味での利益を還元する方法を考えるべきであることを述べた。さらに、現在、探査支援の可能性を持つ組織は現在の大学と企業には存在せず、探査を目的として設立された研究所、または教室が探査を目的として設立した分野が将来必要であることを述べた。

これに対する議論において、1)付置研や工学部との協力をうまくできないか、2)探査のための技術は特殊技術なのか、3)パーマナント・スタッフで冒険ができないか等の意見が出された。3)については、教授と助手とでは大きな差があること、教授は雑用が多く、研究企業家としての役割が期待できない等が述べられた。一方、技官がとれないことに関して、ある種の技術について法人の設立や技術者の外注の可能性などが指摘された。

4. 探査のための組織

午後には探査計画の進め方についての理念、実験家・分析家・理論家の関わり方について議論が行われた。

渡邊（名大）は現状のいくつかの探査計画を空から降ってくる巨大隕石に例え、巨大隕石は個人

レベルからの積み上げと競争によって生まれるべき本来の探査の芽を破壊すると主張した。目先の探査に振り回されず、5年に1度程度の率で連鎖的に探査を進められる体制づくりが今最も重要である。実現ミッションは、広範な研究者がまず個人として育てる「種」から出発し、個人・小グループ規模のプロジェクトを経て、これらを総合し実現可能性まで評価できるレベルの複数のミッション案となり、それらの競争によって決まるものとした。そして、探査を身近なものにする方策（仮想探査等）、宇宙研外にもミッション案育成の中核となる機器開発拠点を複数築くこと、次世代を担う学生の探査教育のやり方について論じた。

これに議論において、大型月探査計画におけるSTP研究者の参加状況が報告され、国際協力のやり方（極端に表現すると、保護主義 vs 促成栽培）、探査に関わる宇宙研の院生の重要性、宇宙研と大学との人事交流等について種々の意見が出された。また、プロジェクトからミッション案にいたる段階での開発資金の少なさが指摘された。現状では、すでに走っているミッションに予算が流れすぎ、芽を育てる研究費が少なすぎることに問題がある。予算の適切な配分と結果の厳正な評価を行う機構が必要となることが指摘された。

実験における機器開発の例として、交久瀬（阪大）はご自身の研究室で行っている質量分析計の開発について紹介した。予算の額に応じて、種々のメニューを用意してあることや、自前の装置を組み立てることによって多くのノウハウを蓄積できることを紹介した。性能10割を狙わず8割を目指すことが実現を可能にする秘訣であることを述べた。順次ステップを踏むことによって性能を向上させて行く。人的な面では、小グループであることから、アイデアを重視したゲリラ戦方式でやっている。また企業との関わり方では、意欲のある町工場の経営者などとの個人的なつながりが開発

を進めるうえで大きな助けになっていることを述べた。議論において、実験家を育てるうえで腕の良い学生は自主的に育つこと、継ぎ目なしで継続的に指導をすることが重要であることを、ご自身の経験から述べた。

中村（岡山大）は岡山大学固体地球研究センターで開発しつつある分析システムについて紹介した。共同利用研として発足した同センターでは、各種の分析計だけでなくクリーンルームまで含めた地球および惑星物質の総合解析システムとしての体制が整備されつつあること、Muses Cを初めとする世界中で持ち帰られたサンプルの分析では積極的に関与したい旨を述べた。またセンターの運用体制として、ネットワーク型COEや流動的客員部門等主体性をもった共同利用研をめざしていることを述べた。最高水準の施設が短期間に整備・完成しつつある状況とともに、そのアクティビティに対して、一同大きな感銘を受けた。

塚本（東工大）は惑星形成論は実験的な実証過程に入ったとし、地球外物質のサンプルリターンはこれを遂行するうえでキーになることを強調した。このため、少なくとも現在の能力をもつ質量分析計を小型化し、2015年までに探査機に搭載できる「パームトップ質量分析計」を開発したいことを述べた。そのためにはサンプルリターンによる太陽系の起源と進化の研究体制を早急に整備する必要があること、AI分析装置の開発や従来の実験室実験や理学分野にとどまらない新しいタイプの分析研究者の養成と、研究者の意識改革の必要性を指摘した。

議論において、パームトップ質量分析計の開発はもっと早くできないか、新しい分析装置の開発において、実験家と分析家との壁は取り払う必要がある、サンプルリターンは、そこから得られる科学的な成果はにおいても世界初であるため、やるだけでも意義がある、等の意見が出された。また

一般に今後の月惑星探査を進めるうえで、コミュニケーション意識は障害になる、良い腕前をもった工学、企業、文科系の人材まで個人レベルで巻き込む必要がある、等がの意見が出された。

夕食後、「理論家の関わり方」について佐々木（東大）が話題を提供した。氏は惑星科学の定義からなぜ探査を行うかに話を進め、理論研究を行ってきた氏が、現在の火星探査機Plenet B搭載のダストカウンターに関わるようになった経緯を説明した。これをもとに、「理論家にとって探査とは？」について論じた。また自分の研究にとって必要なデータがないときの関わり方を議論した。これを受けて、探査に対して理論家はどうか対処すべきかについて議論が戦わされ、いろいろな意見が出された：理論家は身軽さが身上なので探査には関わりたくない、あるいは深く関わるのがむづかしい；探査の題目が「起源と進化」では乗りにくい；単発の探査ではこの題目ではうそになる；実験家が理論家のスノップに負けず緊張関係を保つことが必要。関わり方にはいろいろなやり方がある（立案への参加、計画に対する批判・チェック、結果の予測、feasibility study、データの解析手法の開発と利用）等。

予定の時間が大きく超過したため、矢野の「若手研究者からの提言」は21日午前を持ち越された。ポストクの立場から、矢野は大学院を過ぎたカンタベリーにおけるLDEF(Long-Duration Exposure Facility)ミッションの経験をもとに、将来の月惑星探査のあり方について論じた。まず、稀少な探査機会、限られたマンパワー、多額の税金支出、長期にわたるコミットメントが必要な月惑星探査では、国際性、学際性、公共性、世代際性(intergenerational cooperation)が重要であることを述べた。特に世代際性では、世代間のバランスのとれたタスクチームを組むこと、次の研究者であ

る学生の絶えざる育成の必要性を説いた。また公共性においては、子供達の夢を育むこと、小中高の教育現場と連携した裾野の拡大、情報公開などによって納税者の理解を得ること、そしてこれらを通じて資金とマンパワー（省庁間協力、企業からのインプット）を新たに獲得してゆく必要があることを述べた。一方、研究の効率を上げるためには、3C (Centralisation, Communication, Collaboration)が有効であることを論じた。特に、惑星科学の各分野で中核となるセンターの確立、研究者、施設、データベースのネットワーク化と頻繁なコミュニケーション、相補的な相互協力の必要性を説いた。

5. アメリカの探査システム

これまでの月惑星探査において中心的な役割を果たしてきたアメリカの探査計画の実行に至る過程とデータの公開方法、次世代の研究者の育成、実験的研究や搭載機器開発に携わる研究者の評価について、並木（九大）が紹介した。研究者の科学的な要求をNASAはどのように汲み上げるのか、探査計画の中心的役割を担う研究者(PI)はどのようにして選ばれるのか、およびデータ公開の原則について紹介した。基本的には日本のシステムと類似しているが、個々のPIがNASAと契約を結び研究費の配分を受けていること、従って各PIに応分の責任負担があることに大きな差がある。また携わる研究者の層の厚さ、理学系研究者への技術的サポートや広報等まで含めた支援スタッフの数など、彼我に大きな差がある。次世代研究者となる院生の教育では、NASA Graduate Fellowship ProgramやLPI Summer Intern Programがあることが紹介された。しかし日本と同様に、多くの院生は大学において忙しい合間を縫ってPIの指導を受けているに過ぎない。また搭載機開発に携わる研究者の評価では、アメリカでも同様の問題がある。

しかし実際にはNASAが搭載機器開発の研究費サポートを行なう点で両国間で問題が質的に異なっていることが述べられた。

海老原はご自身が参加しているDiscoveryミッションについて、計画の各段階における予算やプロポーザルの審査の方法について紹介した。分析装置としてご自身が関わっている中性子放射化分析(NAA)の国内における開発についての問題点を述べた。

香内は1)大型ミッションへの関わり方、2)機器開発拠点をどこに整備すべきか等の疑問を投げかけ、それをクリアした後に、早急に次のミッション案の議論を議論を始めるべきであること等を提案した。議論において、1)については、大型ミッションの方が小型よりむしろ楽であること、2)については工作室の機能の充実や人事交流の重要性があらためて指摘された。

6. 討論

21日午後のセッションでは予定を変更して、山本が将来計画専門委員会中間報告に対する宇宙研・鶴田教授のコメントを紹介した後、それについての議論が行われた。氏のコメントは次のように要約できる。

1)宇宙研(ISAS)の科学衛星計画は研究者グループによる自発的な発案に出発点がある。宇宙研は共同利用研として、研究者の総意を代表する形で計画を実行する責任を負っている。ここで「研究者グループ」とは計画の実行に責任をもつ研究者グループのことであり、学会のような研究者組織ではない。

2) 中間報告において、H-IIを用いた大型月探査に関する項で提案されている3者協議機関 = ISAS + NASDA + 研究者組織代表については、実行を伴い高度に技術的な課題について、責任を伴わないかたちでの協議は有益ではない。学会あるいは

特定の研究者組織が、計画の実施に関与する考えはとっていない。学会等の意見は計画に参加している研究者あるいは評価委員会のメンバーを通して反映されると考える。

3)中間報告は技術的な問題を軽く扱っている。探査機の製作・運用において技術的な裏付けはきわめて重要である。

4)「月惑星探査連絡協議会」で、技術問題を抜きに、探査計画の調整や関係機関への提言を行うことには無理がある。

著者からの補足として、実行に至る過程を以下に記す：a) 研究者グループは、宇宙研の理学（または工学）委員会にワーキンググループの認定を申請する。理学（または工学）委員会は宇宙研内外から半数ずつの研究者から構成されている。理学（または工学）委員会の外部委員は各分野の研究班員名簿から、2年ごとに選挙（互選）によって決められる。宇宙科学研究者は宇宙研の関係教官に申し出ることによって、名簿改訂時に班員に加わることができる。実際には、宇宙研の関係教官のボランティア作業によってかなりの人が本人の知らないうちに入っており、改選時に投票用紙が送られてきていると思われる。b) ここで認められると、実施計画作成のための活動の必要経費がつく。実施計画は、理学（または工学）委員会の下につくられる評価委員会にかけられる。c) ここで計画が認められると、総理府に設置された宇宙開発委員会に諮られる。d) 宇宙開発委で了承が得られ予算化が実現すると、ワーキンググループは解散し、**研究班が結成され、実行に移される。ここで**は例えばLUNAR-A, PLANET-B等である。研究班のメンバーは、ほぼワーキンググループのメンバーと一致している。

上記のコメントについて、種々の意見が出された：2)についてISAS + NASDAだけで、「研究者グループによる自発的な発案」が保持できるのか？；

ISASの風通しを良くすることが必要で、ものごとの決定機構を外に向かってクリアーにすべきである；ISASはネガティブな意見にも耳を傾けるべきである；将来には研究者はISAS, NASDAの両方に関係してゆく可能性がある；複数の選択がありうることは、一般の研究者にとっては望ましい；宇宙研の研究者についても、一般の大学の研究者と同程度の自由度を保証すべきである、等々。

議論において、大学の一般研究者と宇宙研との相互理解がまだまだ不十分であり、今後さらにこれを深めて行く必要があるとの印象をもった。特に、惑星科学研究者の多くが宇宙研のプロジェクトとの関係をもつようになってからの歴史が浅いため、従来の宇宙研のやり方を十分理解していない点がある。一方、大型月探査に典型的に見られるように、従来とは異なる状況が生まれつつあることから、宇宙研の方も従来の方法の良い点を保持しつつも、一方ではそれにこだわらない柔軟な対応を模索する積極的努力ように要望したい。

7. 出席者および謝辞

秋山演亮（西松建設）、阿部豊（東大理）、荒川政彦（北大低温研）、飯島祐一（宇宙研）、海老原充（都立大理）、大島孝文（北大理）、交久瀬五雄（阪大理）、加藤工（東北大）、香内晃（北大低温研）、齋藤潤（西松建設）、佐々木晶（東大理）、杉紀夫（北大低温研）、関口朋彦（北大理）、田中智（宇宙研）、中村昭子（宇宙研）、中村栄三（岡山大固体地球センター）、並木則行（九大理）、橋元明彦（北大理）、林祥介（東大数理）、比嘉道也（北大低温研）、前野紀一（北大低温研）、矢野創（宇宙研）、山本哲生（北大理）、塚本尚義（東工大理）、渡邊誠一郎（名大理）。

シンポジウムの運営に御協力いただいた北大低温研および理学研究科の大学院生諸氏に感謝する。