

## 特集「21世紀へ向けての惑星科学」

## パネルディスカッション・レポート

パネルディスカッションの雰囲気、内容を伝えるために、世代や専門の異なる4人の方々に感想、報告を書いていただきました（50音順）。

1. 荒川 政彦<sup>1</sup>

惑星探査が惑星科学の進展には是非とも必要であることは、この分野に関わる人ならば誰でも思うのではないのでしょうか？今回のシンポジウムはこの惑星探査に対する“夢”の部分の議論は少なく、探査実現のための予算や制度、そして政治的な方策等のことが多く議論されたように思えます。

奇しくもパネリストの川口氏が最後に言ったように今回のシンポジウムは惑星探査に対するnegativeな発言が多かったようです。その結果この学会全体として探査に対して及び腰であるという印象を強く持ちました。松井氏や磯部氏などが言っていた惑星科学会・宇宙研等の科学者集団と社会とのつながりは確かに大事であると思われま。そして国策としての宇宙開発・惑星探査という視点で自分達の研究を客観的に見て行くことの必要性も感じました。

しかしながら私の様な若輩者は、Science以外のそんな難しいことは考える力がありません。なるべく社会的な問題は学会や研究所の偉い人にお任せしたいと思います。我々若い研究者は、惑星科学を進展させる手段として惑星探査をどのように使っていくかだけ考えて行きたいと思。学会として社会と迎合することなく科学者が本当にやりたい探査を計画し実行していくという姿勢は大事なのではないのでしょうか？

探査内容について磯部氏は“博物学的惑星探査”の必要性を強調していました。また松井氏は惑星

科学の探査ミッションの必要規模について言及し、これまでの日本流の“Small is beautiful”では不十分であると主張していました。両者とも現在の宇宙研を中心にした惑星探査だけでは規模的に足りないであろうと考えていたようです。一方、限られたミッションや少ない試料でも充分飛躍的な研究ができるはずであるという話もありました。両方の皆さんの言っていることはそれなりに理解できるのですが、もしも全体の予算枠は考えずにコストパフォーマンス（探査が惑星科学に与える貢献度を予算で割った値）で両者を比較するならどうなるでしょうか？

これを実際に行うには科学的価値や現在の技術レベルそして予算の見積りが複雑に絡み合っているので難しいことだと思います。しかし1つの考え方としてこのようなコストパフォーマンスの高い探査を目指して計画を練るとい道もあると思います。現在の惑星科学の研究の状態を見ると、まだまだ理論や実験で推し進めることのできる領域があるように思えます。これらの領域における研究の充実と発展の中でこそターゲットを絞ったコストパフォーマンスの高い惑星探査が立案できると思います。

今回のシンポジウムでは小惑星探査や彗星探査などが具体的に提案されていました。その探査計画の説明の中で計画の立案者の意図が参加者に伝わりにくいということがありました。立案者の研究分野で小惑星や彗星の研究が十分にされているとしても、他の分野の人達が違う角度から見ると研究不十分であると感。じられて探査の目的そのものも焦点がぼやけて見えてしまうようです。惑星科学はまだ寄せ集まりの科学で研究手法が違。うと

<sup>1</sup>北海道大学低温科学研究所

(例えば理論, 実験, 観測, 分析など) 研究対象が同じでもその間で議論が不十分なことが多いという実態があるのでしょう。

この学会はまさしくそのような問題をなくすために発足したのですから遠からずこの手の行き違いは解決できると思います(?)。

日本における本格的な惑星探査は今まさに始まろうとしていて, 火星・月の探査はここ数年で実現するようです。そして次の小惑星や彗星の探査計画も着々と進んでいるようです。去年発足したこの惑星科学会が今後の惑星探査のプロジェクトにどのように関わってゆけばよいかというのは組織や制度を考えると大変難しいことになってしまいそうです。しかし学会の会員が惑星探査のプロジェクトを進める限り, 学会内でしっかりした学問の議論がなされて各研究分野の研究者のコミュニケーションができていれば自然と学会共通の問題意識やその探査の必然性という世論ができあがるのではないのでしょうか。

様々な探査プロジェクトの優先順位というものも学会内での学問の流れの中でおのずと決まってくるのが理想的な状態であると思います。すなわち学会活動の活発化が探査の活力になるわけです。この活発化の方策の1つとして学会が会員の自主的な研究会をサポートして行くことや学会内での世論を問うという意味でのシンポジウムが挙げられると思います。様々な分野の人と, 常に密な議論を行っていかなければ, 実のある成果や意見は生まれてこないと思います。また会員が学会内の様々な意見を知り, 時として学会全体の意見をまとめ挙げるためには, 今回のような公開シンポジウムは有効であると思います。

## 2. 磯部 瑠三<sup>2</sup>

私は天文学者である。そのため, 惑星科学というと, 遙かかなたにある天体を望遠鏡を通して観測して, それらの位置やスペクトルのデータを得て解析を進めるものであると考える傾向がある。

一方, 隕石の研究は惑星間空間を漂っていた物質が地上に落下したもので, その物体自体を実験室内で測定できる。このような研究の手法は地球の表面現象の研究で通常使われるものである。

惑星探査機が飛び, 太陽系の各天体に達するようになると, 惑星などの物質を実験室と同じような環境で調べられるようになる。唯一の天体・地球だけを調べていたのでは判らない比較惑星学という分野での研究が進められる。

シンポジウムに出席して, 月, 金星, 火星が一昔前の地球のレベルまで研究が進んでいることに驚かされた。そればかりでなく, 元素の起源などでは超新星爆発などの効果を入れた銀河系全体の枠組の中で論じられようとしている事が判った。

惑星科学は今や総合科学である。物理, 化学ばかりでなく, 天文学, 鉱物学, 地質学, 地形学, それに生物学まであらゆる分野によって研究が進められている。そして, かなりの部分が物理的手法によって, 疑問点をストレートに解き明かされてきている。

上記の学問分野の内の多くは戦前の博物学に属し, 現在の高校の学科では地学に属すものである。博物学での手法は, あらゆるデータを並べて, その中から法則性を見つけようとするものである。私の専門の天文学で例をあげると, 数十万個の星のスペクトル観測から, 現在の天文学では欠かせないヘルツスプルング・ラッセル (HR) 図が描かれた事である。

博物学で得られた法則に一般性を持たせるには, それらの現象に物理的に筋の通った解釈を与えなければならない。HR 図の場合, エディントンによる恒星内部構造論と原子核融合反応の理論がこの役目をはたした。現在では, 惑星科学を支えるかなりの分野で物理的手法が有効な働きをしていることを再確認させてもらった。

シンポジウムのタイトルは, 「21世紀に向けて…」である。この学問分野の進展状況からみて, スペースからの観測が不可欠のものであることは

<sup>2</sup>国立天文台

はっきりしている。多くの人がそう感じていることはパネルディスカッションのパネリストの顔ぶれからも想像できた。

多くの人が、月ミッション、金星ミッション、火星ミッション、それに、小惑星ミッションと彗星ミッションについて語られた。その内容は、これまでの米欧ソの探査をもとにして大きく発展されたものであった。しかし、私が聞いていて残念だった事は、それぞれの人の研究寿命の範囲しかターゲットに入れていないことであった。

現在、惑星科学に関するスペースミッションは宇宙科学研究所で計画されている。すでに1997年までは実行に向けて具体的な作業が始まっており、2010年位までの計画案が提出されている。一方、宇宙開発事業団でも、月惑星ミッション検討会が持たれ、議論が進められている。ここでも2010年位までに第一ステップを完了する事が目標とされている。しかし、予算的、人的制限によって各天体に1機送れば良い方であろう。

各天体へのミッションが成功すれば、今回のシンポジウムでも話されたようにその科学的側面において大きな進展を得ることは確かである。しかし、その事はすでに検討が始まっている2010年までに完了する可能性の強いものである。

惑星科学は総合科学として出発した新しい分野であり、まだまだ博物学的側面から脱しきれないであろう。火星ミッションでも1ヶ所だけの観測ではその本質を明らかにすることはできない。例えばバイキング号の実験のような生命体の存在（過去であっても）の可能性を問う時、火星表面上の1ヶ所や2ヶ所のデータで結論づけることはできない。

惑星科学が総合科学としての十分な成果を得るためには、それぞれの天体に何十機もの探査機を送る必要があることは明らかである。その結果、現象の物理的側面が見えてくるのである。これを実現するためには21世紀を通じての計画、又は戦略が不可欠である。このシンポジウムでそこまで

見据えた議論がされなかったのは、将来計画と銘打った手前残念であった。

惑星科学がここでその一部を示した事柄や地球環境科学の側面での役割を考慮すればいかに不可欠なものであり、そのような議論を十分重ねる事により21世紀に向っての展望が開けると信じている。今回のシンポジウムがそのような方向の引き金になればと願っている。

### 3. 土山 明<sup>3</sup>

日本惑星科学会が発足してはじめてのシンポジウムが、1月19-20日に東工大で開催された。シンポジウムIIは「惑星探査の将来」というタイトルで、国内外の惑星探査計画の簡単な紹介の後、日本の惑星探査についてパネルディスカッションが行なわれた。ここ1年位の間に、惑星物質科学を専門分野とする私（もっと普通に言えば隕石屋・鉱物屋あるいは地質屋）にも、惑星探査がかなり身近なものになってきた。これは、惑星科学会の発足とおおいに関係がある。惑星探査に関心を持ち自ら積極的にその実現に向かって行動している「惑星探査屋」とそうでない「非惑星探査屋」とに分けるとすると、自分自身後者であったものが、両者に片足づつをつっこんでいる人となり、現在は「惑星探査屋」になりつつあるのではないかという気もしてくる。これは、サンプルリターンという言葉がある程度現実味を帯びてきたためである。ここでは、パネルディスカッションで問題となった話題について、サンプルリターンにも触れつつ、シンポジウムの感想を述べたいと思う。

#### 3.1. 何をやるのか？-天文少年 vs. 昆虫少年

多分天文の森本雅樹先生だと思うが、「少年には天文少年と昆虫少年の二種類がある」とおっしゃったと、ある人から聞いたことがある（少年は少女であっても良いのだが）。私は直接お話を聞いたわけではないので、そのとき先生がどのような意味で天文少年・昆虫少年についてお話しされたかは知らないが、自分なりの解釈をしている。惑星

<sup>3</sup>大阪大学・教養部

探査で何をやるのかということについての議論は、この天文少年 vs. 昆虫少年の議論であったと思う。天文少年は望遠鏡で手にはとれない星を観測して、星がどうなっているのか、どうしてできたのかということに興味を持っている。一方、昆虫少年は虫を自分の手でつかまえて解体する、あるいは標本にして集めることに興味を持っている。サンプルリターンの主張者は、この昆虫少年のなれの果てと言えるだろう（もっとも、天文少年と昆虫少年のなれの果ては、望遠鏡を地上に向けて…と下着を集めて…という私の持論(?)もあるが)。“必死になってサンプルをひとつだけとってきて、科学にとってどんな breakthrough があるのか”というのが、天文少年のサンプルリターンに対する批判だと思う。NEA からのサンプルリターンが精一杯という現状で、それが普通コンドライトである可能性もあり、先の批判に明快に答えるのは難しいと思う（但し、NEA が彗星の残渣であれば、確実にサイエンスとしての breakthrough がある）。しかし、昆虫少年にとってみれば、地球一月系でない惑星へ行って人類として初めてサンプルをとってくることで自分が breakthrough なのではないだろうか。美保関隕石が落ちたときの対応をみても、世の中に昆虫少年は多いのだと思う。またサンプルリターンに限らず、惑星探査自身が組織でおこなう冒険あるいは探検であると思う。サンプルリターンができるか否かは、昆虫少年がどこまでこのような冒険に情熱を注ぐかにある。これまでのサンプルリターンの提案は、どちらかというと実際に隕石などのモノを扱っている者と少し違う研究者から提案されてきたと思う。モノ屋がもっともっと真剣にならないといけない。またパネルディスカッションの時にも指摘されていたが、サンプルリターンが仮に実現したとして、その後のサンプルの curation の問題(美保関隕石と国立博物館の問題や、南極隕石と極地研との関係なども含めて)、日本でできる分析技術がある部分で足りない問題（例えば、隕石の分類で最も重

要なもののひとつとなった、酸素3同位体の分析は、今のところアメリカでしかできない)、などサンプルリターン後の問題もある。

### 3.2. 社会的意義について

パネルディスカッションでのもうひとつの大きな論点は、惑星探査そのものの社会的意義（巨額の費用をかけてまで惑星探査を行なう必要があるのか?あるいはそういった必要性が社会的に認められているのか?)にあった。これに関して、このシンポジウムの後、阪大教養の学生の意見を集めてみた。あらかじめ簡単に事情を説明して、私の授業の試験の答案に感想と一緒に書いてもらった。理科系(62名)、文科系(89名)を問わず、約3/4の学生が惑星探査に肯定的であり、残り1/4が否定的な感想を書いた。肯定的な意見では、惑星探査の波及効果に触れられていたり、またある種の国際貢献ではないかという意見もあった。また、無駄なことをやるのが文化なのであるから経済的原理を持ち込む必要はないという学生もいた。但しこれは「地球科学」という授業を受けた国立大学の学生の試験中の感想であり、また一部の学生は惑星探査と宇宙開発とを混同して感想を書いていた。これらの事情を差引くと、社会一般の意見は結構厳しいように思われる。余談であるが、文化系では惑星探査肯定派が女子学生に多く(8割)男子学生に少なかった(6割)(理科系では男女に差はなかった)。否定的な意見としては、そんな無駄なことはやめた方が良いという常識的なものから、惑星探査や宇宙開発より地球環境問題を優先すべきであるという意見もあった。将来の日本の官僚候補者の多くは文科系の男子学生であることを考えると、現実派の彼らを説得することが最も必要なのではないかと思う。(サンプルリターンについての意見は聞かなかったので、次の機会にでも聞いてみたいと思う。)

### 3.3. 惑星科学会の役割

最後に日本惑星科学会の惑星探査における役割についての意見交換があった。私は、science の観

点からの学会の役割が勿論大切だと思うが、広報活動もそれに劣らず重要なことだと思う。その対象は3つ、(1)プロ、(2)若い学生、(3)社会である。(1)のプロについては、私の関連分野についていうと、2つの問題点がある。ひとつは、地球科学の研究者のほとんどの人が惑星科学についての認識がうすく、日本でのサンプルリターンは夢物語だと思っていることである。もうひとつは、地球物質・地球外物質をとわず、このようなモノ屋がひとつになって議論できるような学会が日本にはないことである。(2)については改めて言うまでもないが、惑星探査には10年以上の単位で物事を考えねばならないので、将来の担い手=若い学生へのアピールが大切であるということである。隕石関係の若い研究者不足は、サンプルリターンで解決できると思う。(3)についても、とくに将来をみすえて、小学生～高校生へのアピールが重要だと思う。昔、鉱物学のある偉い先生は、大学退官後に水晶の結晶をもって小学校を講演してまわったという話を聞いたことがある。現在、偏った受験教育の弊害を受けている子供達に伝えることはいくらかもあるだろう。できることなら、隕石をもって学校をまわり、昆虫少年・少女たちあるいはその予備軍に、サンプルリターンの夢を語り、刺激を与える。そこで蒔いた種は必ず芽を出して実を結ぶはずである。

#### 4. 中川 弘之<sup>4</sup>

ディスカッションを聞いていて、また、後からメモを読み直してみてもいくつか感じたことがありますので思ったとおりに書かせてもらいます。

全体的に言って、何のためのディスカッションかよくわかりませんでした。話題がコロコロかわり、討論にあまりまとまりというものが感じられませんでした。多分司会団は、ディスカッションの方向を決めるところから始めて、状況に応じて進める方針だったのでしょう。もちろんそのようなディスカッションにも十分意味はあると思いま

す。しかし、裏を返せばいきあたりばったりということです。一つの話題について議論を深める前に話題がかわってしまい、結局何の結論も出なかったように感じました。このような進め方は大人数の「パネルディスカッション」という形式にはなじまないように思われます。時間の割りに印象が薄いディスカッションでした。

そのうえ、ディスカッションそのものもあまり活発だとは思えませんでした。私は初め、パネリストにいろいろな立場、いろいろな価値観をもつ人が集まっているのだから、さぞや激しい議論が展開されるだろうと期待していました。しかし始めてみると、特に前半ですが、それぞれの発言が自分の考えの発表だけで終わってしまい、相互のやり取りがなかったように思います。確かに何人かからは先の発言に対してのかなり激しい質問や批判の言葉が（本当に建設的な内容だったかは多少疑問がありますが）出ました。

ですが、私には質問や批判された人がしっかりと反論して自分の主張を擁護していた記憶はありません。うやむやのうちに話が進んでいって次の話題に移っていたというような気がします。なにか、仕方なく形だけディスカッションをしているが、実は最初となにもかわらないというような印象がありました。このようなディスカッションではいくらか長時間やっても物事は進まないでしょう。

それにしても、パネリスト個人個人は優秀な学者であるはずなのですが、どうしてこうなるのでしょうか。ディスカッションの成果というのは批判と反論を繰り返す中で得られるものだと思います。このパネルディスカッションを聞いて満足した人が何人かいるのでしょうか。少なくとも私にとってはあまり有意義ではありませんでした。

惑星探査についてのシンポジウムの感想ですが、敢えてその内容についての感想は言いません。聞いた感じでは、日本の惑星探査はまだ何も方針が立っていないようです。どういう方針でやるかが決まってから内容についていろいろ議論するので

<sup>4</sup>東京大学理学部地球惑星物理学教室

なければ意味があるとは思えません。個人の希望にとにかく言っても仕方ありませんし、方針についての論議なら別ですが。

ディスカッションを聞いていて、同じ惑星科学者といってもその価値観、考え方や興味の対象はバラバラである、ということを実感しました。学会は何をすところかという位置づけがなければ、学会としてのどんな活動について話し合うにしても議論がかみ合わず、学会は結局なにも進まなくなるように思います。データの取得、分析にかかる費用と設備を考えると研究者個人でできることには限度があります。ですから惑星科学会が動かなければ、日本の惑星科学は確実に世界から取り残されていくでしょう。今、惑星科学会として一番必要なのは、とにかく学会を動けるようにする

こと、惑星探査などの具体的な内容の前に、学会の位置付け、役割についての議論を十分に尽くすことが必要だと思います。ディスカッションの後半はそのような内容で、前半に比べれば議論も活発になってきていました。それはこの問題についての関心の高さを表しているのでしょう。もっと学会員の間で意見を交換する場を持つべきです。ディスカッションの場で全く発言をしなかったの、「では、お前がなにをした、お前になにがわかる」と言われると全くなにも言えません。ですが、敢えて自分のことは棚に上げ好き勝手に生意気なことを書かせてもらいました。私たち大学院生も遠慮せずにもっと発言していかななくてはいけないと、反省を込めて思っています。

