

相模原から Elba へ –「はやぶさ後継機」に向けて–

吉川 真 YOSHIKAWA Makoto

はじめに

話が急浮上した割にはなかなか進展しないことがある。「はやぶさ 2」もまさにその典型のようになっている。

2005 年秋に「はやぶさ」が小惑星イトカワに到着。リモートセンシングによる科学観測は興奮のうちに終わり、クライマックスのタッチダウン。ところが全く予定外の出来事が起こり、サンプルが採れているかどうかもわからない状況に。それで、確実にサンプルを持ち帰りたいというわけで、「はやぶさ」のレプリカを早急に打ち上げるというアイデアが浮上した。名付けて「はやぶさ 2」である。

実は、「はやぶさ」が打ち上がる数年前から、「はやぶさ」の次のサンプルリターンミッションについての検討は開始されていた。最初は「ポスト MUSES-C」、次に「ポストはやぶさ」と呼ばれた「はやぶさ後継機」は、「はやぶさ 2」の突然の出現により名前を再度変えることを余儀なくされ、「はやぶさ Mk2 (マーク・ツー)」と呼ばれることになった。マーク・ツーとは、型が違う (モデルチェンジをした) ことを意味している。

かくして、「はやぶさ後継機」は、「はやぶさ 2」と「はやぶさ Mk2」の 2 本立てとなった。その Mk2 の方であるが、ヨーロッパの研究者の目にとまって、日欧共同でミッションを検討することになり、さらに名前が変わって「マルコ・ポーロ」となった。ということで、「はやぶさ後継機」は、「はやぶさ 2」と「マルコ・ポーロ」の二大役者に引き継がれることになったのである。ところが、急浮上した割には「はやぶさ 2」が滞ってしまった。

ちょっと前置きが長くなってしまったが、役者がそろっても芝居が面白くないとお客さんは集まらない。このあたりでもう一度、我々が「はやぶさ後継機」に何を求めているか確認をするための研究会をもつことになった。それが、2008 年 8 月 27 日から 29 日に JAXA の相模原キャンパスで行われたシンポジウム「はやぶさ後継機に向けた太陽系小天体の科学」である。ここでは、このシンポジウムについて簡単に紹介したい。

ところで、本稿のタイトルにある Elba とは、イタリアの“ながぐつ”のすぐ西側に浮かぶ小さな島である。ナポレオンが流されたところ、というピンとくる人もいるかもしれない。ここで、2008 年 9 月 8 日から 12 日にかけて、「Future Ground-Based Solar System Research」という研究会が行われた。タイトルからすると地上観測についての研究会かと思うとさにあらず、研究会の副題は「Synergies with Space Probes and Space Telescope」となっている。つまり、惑星探査機や宇宙望遠鏡も関係する。ここで「はやぶさ」の成果を話して欲しいという依頼を受けたので出かけてきた。こちらの研究会についても簡単に紹介したい。

相模原にて

まず「はやぶさ後継機に向けた小天体の科学」シンポジウムであるが、このシンポジウムの話が具体化したのは、アメリカ・ボルチモアで開かれていた ACM (Asteroids, Comets, Meteors:2008 年 7 月 13~18 日、31 ページ参照) のときだった。以前からこのような研究会を行いたいという話はあったのだが話だけで立ち消えていた。いよいよ「はやぶさ後継機」の正念場になってきたこともあって、周知の時間が短いけれども集まってもらえる人だけでも議論をしようということになった。

ただ、いきなりアナウンスを出してもどのくらい集まってもらえるか不安であったので、世話人の方でまず話をしてもらえそうな人(特にこれから活躍する若手を中心)に打診をすることにした。打診を開始したのが 7 月末で、一般にアナウンスを流したのは 8 月に入って何日も過ぎてからになってしまった。それにもかかわらず、35 件ほどの発表が集まった。このようにかなり多くの人に話をしてもらうことができたことは、主催者としては非常に嬉しい限りだった。

ここで発表の内容について細かく触れるには紙面が足りないし、各発表の概要は Web 等で公開(URL [<http://b612.jspec.jaxa.jp/>]) のイベント欄からさかのぼれる) しているので、そちらを見ていただくことにして、全体の感想や概略をまとめてみることにする。

まず、一番強く感じたことは、発表者の皆さんがそれぞれ“小天体の探査をやりたい”と思っているということである。もちろん、探査の目的は多種多様だし、そのために探査対象天体は異なる。しかし、「はやぶさ」で日本が始めた探査を、さらに発展させたいというのはほぼ共通した考えだったのだと思う。

その中でも特に目立ったものが D 型^{注1)}小惑星や涸渇彗星核の探査への期待である。やはり未知の物質を調べてみたいという好奇心が強いのであろう。もちろん、単なる好奇心だけではない。我々の地球が生まれることになった原始太陽系星雲がどのような状況になっていたのかを知りたい。原始太陽系星雲では、大規模な物質輸送があった可能性が指摘されているが、原始太陽系円盤の進化や分子雲から惑星に至る一連の物質進化を知りたいのである。そのためには、より始原的な物質を手にする必要があり、それを D 型小惑星や涸渇彗星核に求めているわけである。これは、まさに「マルコ・ポーロ」で目指しているサイエンスである。「マルコ・ポーロ」への追い風であるが、一方では S 型や C 型には行く必要がないという意見があり、これは「はやぶさ 2」にとっては、“向かい風”となる。もちろん、いろいろな意見を真摯に聞きながら、「はやぶさ 2」は「はやぶさ 2」として、「マルコ・ポーロ」は「マルコ・ポーロ」として、検討作業が粛々と続くことになる。

具体的な探査項目の 1 つとして、内部構造を知りたいという話がいくつかあった。「はやぶさ」の場合では、密度という 1 つのスカラー量のみから、“ラブルパイル構造”(がれきの積み重ねのような、ぎっしりと物質が詰まっていない構造)を提案しているわけであり、やはりちょっと無理がある。小天体の内部構造を調べるためには電波を利用する方法や、地震計(ペネトレーターやミネルバのような着陸機に搭載)の提案があった。ペネトレーターは、LUNAR-A のために開発してきた実績がある。熱流量計なども搭載すれば、さらに内部の情報がわかってくる。

もう 1 つ大きな探査項目として、地球外の有機化合物の探査が議論された。始原天体にどのくら

注 1) S 型小惑星は石質の物質を、また C 型小惑星は炭素質の物質を主成分とすると考えられている。これら 2 つは小惑星帯に多い。一方、D 型小惑星は、小惑星帯の外側に多く見られるもので、まだその成分はよくわかっていないが、より始原的な天体であると考えられている。



図 1 「はやぶさ後継機に向けた小天体の科学」シンポジウムの会場の様子

いの量の有機物があり、どのような多様性があるのか。その光学活性や、起源や生成のメカニズムは？ そして水との関係は？ いろいろと調べるべき項目がある。そもそも、地球上の生命との関係がどうなっているのであろうか。地球上の生命のアミノ酸の光学活性は L 型であるが、宇宙では？ 生命をつくるアミノ酸の起源が分子雲まで遡るのか？ 興味は尽きない。同様に、生命にとって不可欠な水についても、彗星などの始原天体にある水と地球上の水の関係が問題である。

このほかにもシンポジウムでは、いろいろな議論がなされた。例えば、宇宙風化、酸素同位体による原始惑星系星雲や小天体の調査、地上観測や天文衛星からの観測との比較や連携、等々。また、スターダストミッションの結果とその限界についても議論があった。

サイエンスのテーマだけでなく、具体的な装置についての話もかなりあった。例えば、「はやぶさ」に搭載した近赤外線分光器の波長範囲をより長い方に延長して、 $3\mu\text{m}$ 帯のスペクトルも取得することで水や有機物の情報を得ることや、さらに中間赤外カメラ ($8\sim 12\mu\text{m}$) で表面の粒子の状態を知ることについての発表があった。元素分析としては、「はやぶさ」と同様な XRS (蛍光 X 線分光計) 以外に、X 線回折を使った結晶構造の解析や、ガンマ線、さらに LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) による元素組成分析についての話もあった。一方、有機物については、現地で調べるためには紫外励起蛍光分光法で多環式芳香族炭化水素 (PAHs) を検出する話があった。

この他、もちろん、重力計測や、サンプルの採取方法も重要な検討課題として議論されている。サンプルの採取方法としては、層序構造を維持した採取、深いところからの採取、数 cm 程度の大きな塊の採取などについて議論があった。小惑星表面でガスを噴出して物質を巻き上げて採取するような案も提案された。また、Deep Impact ミッションのように、人工的な衝突を行って、その前後での探査が面白いという話があった。

そして、探査するときの究極のテーマである「どこに行きたいか」ということでは、D 型小惑星や涸渇彗星核が注目されたことはすでに述べた。これに関連して「ぜひトロヤ群を」という声があったし、また D 型でも水質変性を受けていないことが重要であるという議論があった。それ以外では、涸渇彗星などと言わず本物の彗星からのサンプルリターンをしたいとか、バイナリ小惑星の探査をしたいという声があった。さらには、始原天体ではなくて分化した天体も面白いという話もあった。分化した小天体の探査によって、地球のように進化した惑星の初期の状況がわかる。また、そもそも小天体は数が多いので、より多くの天体を探査することが重要であるという話もあり、マルチフライバイやマルチのランデブー・サンプルリターンができないのか、という議論もあった。

以上がこのシンポジウムの概略である。非常に活発な議論があったが、議論は収束するどころ



図 2 (上) 「Future Ground-Based Solar System Research」の研究会が行われたエルバ島の Portoferraio。

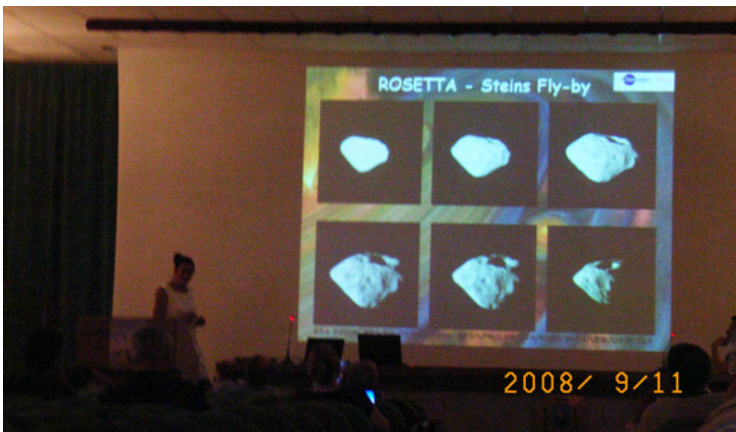


図 3 (左) エルバ島での研究会にて、Antonella Barucci 氏による Rosetta 探査機の小惑星 Steins フライバイについての報告。

か、発散している様子がわかっていただけるであろう。1 つの探査に絞り込めないわけだが、むしろこれでよいのである。皆がいろいろなことを知りたいと思う力が、探査を行う原動力になるわけだから。

現時点での“究極の目標”は、「我々(惑星、生命)はどこから来たのか」であろう。この目標に向かって、参加者が忌憚なく語り合えた。今後の進展が期待できる感触をもったシンポジウムであった。

Elba 島にて

一方、エルバ島で行われた「Future Ground-Based Solar System Research」の研究会でも活発な議論が行われた。太陽系の研究は、探査機の独壇場になったわけではなく、地上観測もまだまだ重要であるということを認識し、新たな手を打っていこうという趣旨の研究会である。ただし、すでに述べた副題にあるように、探査機による探査と相補的に進めようというわけだ。したがって、JWST (The James Webb Space Telescope)、PLANCK、Herschel、Gaia、Kepler、Spitzer のような天文観測ミッションや、New Horizons、Rosetta、TSSM (The Titan Saturn System Mission)、Marco Polo、Deep Impact、EPOXI、Stardust、Stardust-NExT、Cassini というような惑星探査ミッションのプレゼンテーションがあった。そして筆者は、「はやぶさ」や「はやぶさ後継機」の話をしたわけである。

もちろん、この研究会では地上観測の話の方が主である。詳細は省くが、話の中心になっていたのは E-ELT (The European Extremely Large Telescope) である。現在の大型望遠鏡は、すばる望遠鏡のような口径が 8m から 10m クラスのものが主流で、さらに口径 8.2m の望遠鏡を 4 つ並べた

VLT (Very Large Telescope) がある。ここに、口径が 42m もあるような超巨大な望遠鏡を作ろうというのが、E-ELT なのである。もしこのような大きな望遠鏡ができれば、系外惑星探しから宇宙論的観測まで、さまざまなブレークスルーが期待できることになる。この望遠鏡構想に向けて、熱心な議論が行われていた。

ホットな話題としては、直前の 9 月 6 日にあった Rosetta の小惑星 Steins のフライバイの報告があった。残念ながらフライバイの時だけ望遠カメラが動作しなかったということで、拡大写真が撮れなかったようであるが、ダイヤモンドのような形と大きなクレーター、そしてチェーンクレーターがはっきりと撮影されていて面白い。Steins は初めて至近距離で見る E 型の小惑星でもある。小惑星探査については、何人もの人から「はやぶさ後継機」の実現を期待しているという言葉を送った。

今後に向けて

太陽系そして惑星系の研究は、探査も観測も新たな時代を迎えつつある。それは、技術の驚異的な進歩によって可能になってきたものである。このような時代において、日本としても、ぜひ惑星科学の層を広くそして深くして、研究活動を行っていききたいものである。もちろん「はやぶさ後継機」だけに限らず、切磋琢磨して科学の探究を目指したい。もともと惑星科学というのは幅が広い分野である。いろいろな分野の人が知恵を出し合い互いに協力することで、新たなシナジー効果を期待したい。

(JAXA 月惑星探査プログラムグループ・宇宙科学研究本部)

* * * * *

今年の夏は国内外で多くの学会が開催され、惑星科学関連の発表や巡検があり、日本からも多くの関係者が参加しました。今回は参加した方に報告をお願いし、本号を「今夏の学会」特集としました。国際隕石学会と万国地質学会議はそれぞれ 2 人に報告していただきましたが、印象の違いも興味深いものです。

小天体セッション in Asteroid Comet Meteor 2008 と国際隕石学会 (MetSoc)

平田 成 HIRATA Naru

今年の夏は惑星科学、惑星地質に関連する学会、シンポジウムが世界各地で多数開催される「当たり年」であったようだ。万国地質学会議は 4 年に一度、本稿で紹介する Asteroid Comet Meteor 2008 (ACM2008) は 3 年に一度、そして Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution (LMI) は 5 年に一度ということで、単純に考えれば実に 60 年に一度の大当たり、ということになる。幸いにして筆者もこれらの内のいくつかの会議に参加することができた。本稿ではこのうち ACM と (こちらは毎年開催の) 第 71 回国際隕石学会への参加について報告することとしたい。

Asteroid Comet Meteor 2008: アメリカ・ボルチモア

ACM は読んで字のごとく、小惑星・彗星・流星に関する研究者が集まる学会である。このため元来は主に天文分野の研究者が多く参加していたが、小惑星での衝突現象に関する研究などから惑星科学よりの研究者も入ってくるようになり、さらには「はやぶさ」など、最近の小惑星探査の成果を発表する場としても重要になっているようだ(「ようだ」とやや弱気なのは著者にとっては今回が

初参加のため)。1983 年開催の第 1 回から数えて 25 回目となる今回の ACM2008 は Johns-Hopkins 大学 Applied Physics Laboratory (APL) がホストとなって、アメリカ合衆国メリーランド州のボルチモアにて 2008 年 7 月 14 日から 18 日までの会期で開催された。発表の中から主なトピックスを列挙すると下記ようになる。

- ・最近の探査ミッション（スターダスト、「はやぶさ」）などの成果
- ・小天体の内部構造
- ・小天体の連星系
- ・近地球型小惑星

スターダストは開催地のお膝元である NASA のミッションであり、ある意味で ACM という場に最もふさわしいターゲット（彗星の観測とそこからのダスト—すなわち流星—のサンプルリターン）への探査であり、多くの発表がなされていた。「はやぶさ」の成果については、イトカワでの近傍観測、着陸ミッションからすでに 3 年近くが経過しており、種々の発見の報告は一段落しているが、これらの発見を受けての in depth な研究へ進みつつある。ただし、データをコミュニティ向けに公開してしばらく経ったのにも関わらず、あまりデータの利用が広がっていないように見えるのはやや残念である。ただ、初めて確認されたラブルパイル構造をもつ小惑星としてのイトカワの位置づけはかなり強固なものとなったようで、小惑星の内部構造を議論する発表などでは「Hayabusa」、「Itokawa」に言及する例が多かった。

このように、小天体の内部構造に関する研究は「はやぶさ」などの直接探査による知見のほか、最近の計算機シミュレーション手法の発展で大きな進展を見せている。また最近、連星系をなす小天体や、衛星をもつ小天体の発見が相次いでいるが、このような天体の観測からも密度を推定することができるので、次第に議論が深まりつつある。さらに、近地球型小惑星に対するスペースガード的な見地からも、内部構造への興味は高いと言えるだろう。近地球型小惑星については、ハワイ大学が主導する大型の小天体サーベイ計画 Pan-STARRS 関連の発表があった一方で、予算不足で閉鎖が発表されているプエルトリコのアレシボ電波天文台へ言及する発表も目に付いた。Pan-STARRS で発見される小天体の中には将来の探査ミッションのターゲットになり得るものもあるかもしれない。また、アレシボ天文台でのレーダー観測は過去にさまざまな成果を挙げてきただけに、今後が気になるところではある。

最後に紹介したいのは、会場のホテルで行われた懇親会での出来事である。小惑星の研究者が多く参加する学会ということは、小惑星を発見した、すなわち命名権をもつ研究者も多い、ということになる。そこで ACM では毎回、この命名権の一部を使って、この分野で貢献の大きな研究者の名前を小惑星の名称とするという粋な計らいをしているのである。今回も Holsapple など、業界の著名人が何名かその榮譽に浴していた。もう一つ、次回 2011 年の ACM の開催地についても発表があった。次回の ACM2011 は、国立天文台をホストとして日本での開催となる。具体的な開催地や日程などはこれから決まっていくことになるが、いまから楽しみである。

第 71 回国際隕石学会：松江

国際隕石学会、通称 MetSoc は ACM より一足先に日本での開催となった。もちろん国際隕石学会としては初の国内開催で、島根県松江市にて 2008 年 7 月 28 日～8 月 1 日の会期で国内外から多

数の研究者が集まった。MetSoc も単なる隕石研究者の集会という枠組みを超えて、惑星科学の諸分野に大きく広がる規模の学会に成長している。このページの後半から荒井氏が紹介している、月探査機「かぐや」のスペシャルセッションなどもその現れの一つだろう。しかし、隕石の研究のみに絞ってみても、久しぶりに隕石分野の研究集会に参加した筆者の目から見ると、大きな変化と進展があったと感じられた。

その一つは隕石の分析技術の進歩である。10 年ぐらい前のことを思い出してみると、隕石の研究は昔ながらの偏光顕微鏡での観察にプラスして、走査型電子顕微鏡 (SEM) での観察や分析が定番であったように思う。それに加えるならば、当時の新しい技術として二次イオン質量分析計 (SIMS) での同位体のその場分析が登場していた。ところが現在は SIMS もすっかり定番化した上に、多くの研究者が透過型電子顕微鏡 (TEM) を駆使した隕石鉱物の微細構造を武器として、隕石の形成・変成過程に迫ろうとしている。

もう一つの潮流は、個々の隕石の研究から得られる、隕石とその母天体の起源に関する知見が、グローバルな太陽系の形成史の中でどのように位置づけられるのかという議論が非常なスピードで進みつつある、ということである。CAI やコンドリュールの形成原因仮説としての X-wind モデルや衝撃波加熱モデル、光乖離による同位体分別による酸素同位体比異常の発生モデルなど、従来は曖昧なままだった隕石の物質科学的な特徴が、次第に理論的な裏付けをもったイベントとして議論の俎上にのぼるようになってきている。また、外惑星系の形成と軌道進化に関するモデルであるいわゆるニースモデルは、提唱されてまだ数年しか経っていないのにも関わらず、内惑星系の隕石重爆撃期の原因として既に広く受け入れられつつあるほか、太陽系小天体の軌道進化や物質的な進化と結びつけられて、多方面に展開しつつある。これは MetSoc だけではなく先に紹介した ACM でも同様であった。

ACM にしろ、MetSoc にしろ、いままで惑星科学プロパーの比較的狭い範囲で学会に参加してきた筆者にとって、最近の関連分野での研究の進展を、数多くの発表を通して短期間で吸収できたことは得難い経験であった。次回の大当たりまでの 60 年は長過ぎるので、今後は機会を見つけてさまざまな学会へ参加したいと思っている。

(会津大学)

* * * * *

「かぐや」& 月セッション in 国際隕石学会(MetSoc) & 万国地質学会議総会(IGC)

荒井朋子 ARAI Tomoko

昨年 9 月に打ち上げられた「かぐや」は、現在順調に月を周回し、搭載された 15 種類の機器からさまざまな科学データが送られてきている。定常運用は今年の 10 月末まで継続するが、「かぐや」の初期成果はすでに国内外の学会でいち早く発表されている。今年 3 月に米国ヒューストンで開催された第 39 回月惑星科学会議(Lunar and Planetary Science Conference)や 5 月に幕張で開催された地球惑星科学連合大会では、「かぐや」のスペシャルセッションが行われた。ここでは、最近筆者が参加した 2 つの国際学会について紹介する。



IGC の会場エントランスと co-chair の Tim Fagan 氏



隕石学会で発表する筆者

第 71 回国際隕石学会：松江

隕石学会(Meteoritical Society)は、隕石やアポロサンプルなどの地球外試料の物質科学研究から地球に隕石が衝突してできたクレーター研究や惑星探査によるリモートセンシングデータに基づく研究までを含む幅広い惑星科学分野のデータをもとに、太陽系や地球の起源と進化の解明を目指す研究者で構成される国際学会である。

毎年 1 回開かれる年会は、これまで主に米国と欧州で交互に開催されてきたが、第 71 回目の年会にあたる今年は日本が開催国となり、記念すべき初のアジア開催となった。年会は 7 月 28 日から 8 月 1 日まで島根県松江市にある「くにびきメッセ」で開かれ、「かぐや」セッションは初日の午前中に行われた。「かぐや」セッションに先立ち、「かぐや」サイエンスマネジャーの加藤学教授から基調講演が行われた。また、前日には一般向けの加藤教授による「かぐや」探査に関する講演会があった。

「かぐや」セッションでは、地形カメラやレーザー高度計による高精度の月表層地形データ、月面反射スペクトルデータ、ガンマ線検出器による月面元素分布、レーザーサウンダーによる月表層構造や重力場探査の初期データなど、合計 10 件の発表があった。マルチバンドイメージャーとスペクトルプロファイラーにより取得された初の月裏側の反射スペクトルデータが報告され、それらのデータから多様な月地殻組成が明らかになってきた。また、初の月全球の重力場観測により月の表裏クレーターで見られる重力分布が異なることが示された。地形カメラによって空間分解能 10m で撮影された巨大クレーター内部の複雑な地形画像は圧巻で、海外の研究者から賞賛を浴びた。

第 33 回万国地質学会議 (International Geological Congress) 総会：オスロ

この総会は、8 月 6 日から 14 日までノルウェーの首都オスロのコンベンションセンターで開かれた。隕石学会が開かれた松江は連日の猛暑のため、筆者は夏ばて気味であったが、涼しいオスロに移動し、すっかり元気を取り戻すことができた。しかし、日本の 5~6 倍の物価に、食欲も買い物欲

も失せてしまった。

8 月 12 日の月セッション“Origin and evolution of the Moon”では、ミッション概要をはじめ、レーザーサウンダー、反射スペクトルデータに基づく 4 件の「かぐや」の成果発表が行われた。地質分野が主体の学会であるため、惑星科学分野の発表数は多くなかったが、聴衆は「かぐや」データの発表に熱心に耳を傾けていた。「かぐや」以外にも米国の火星探査の最新データが発表されていた。

これまで、月の裏側についての我々の知識は表側に比べて質・量ともに劣っていた。「かぐや」により得られる、月全球高精度の物理・化学データを手にして、我々はようやく月の起源と進化を正しく理解できる準備が整ったことになる。目前に迫った月全球データ取得完了とさらなる解析結果に期待が高まる。その一方で、打ち上げが迫る米国の月探査ミッションに出遅れることなく、迅速に「かぐや」の成果を公表する必要性和責任を痛感した。(引き続いて中村良介氏の同会議参加報告があります。)

(国立極地研究所)

* * * * *

万国地質学会議(IGC)報告

中村良介 NAKAMURA Ryosuke

会議のようす

8 月 6 日から 14 日にかけて、ノルウェー・オスロで第 33 回万国地質学会議(IGC)が開催された。この会議は 4 年に一度、世界中の地質学者が一堂に会する(今回の参加者は 6000 名以上)大きなイベントであり、1992 年には京都でも開催されている(佐々木, 日本惑星科学会誌『遊・星・人』1 巻, 3 号, pp.127-128 : http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AN10446455/ISS0000176327_jp.html)。また、このときには惑星地質講演会も開催された(柳澤正久, 本誌 4 巻 3 号, pp.21-22)。

今回、衝突・惑星科学関係では

PIP-01 General contributions to comparative planetology

PIP-02 The geology of Mars and Venus - recent results

PIP-04 From gas and dust to planets

PIP-06 Origin and evolution of the Moon

PIS-01 General contributions to impact structures

という 5 つのセッションがあり、さらに最終日には

Earth and beyond - a cosmic perspective

というタイトルで、総合セッションが行われた。このセッションでは、火星の極域で氷探査を行っている Phoenix や、30cm/ピクセルという超高空間分解能を誇るカメラ HiRiSe の最新の成果が紹介されて注目を集めていたが、地質学者中心の聴衆のお目当てはなんといっても Walter Alvarez 博士の講演であった。

K-T 境界層に含まれるイリジウムが、小惑星の衝突によってもたらされ、その衝突が恐竜をはじめとする多くの生物の絶滅を引き起こしたという説は、彼と彼の父 Luis Alvarez によって提唱された。その後の生物相や気候に与えた影響についてはともかく、衝突自体の存在はメキシコ・ユカタ

ン半島沖で Chixulub クレーターが発見されたことで確立したといつてよかろう。この説は、天文学や古生物学にも多大な影響を与えたのみならず、地質学／地球科学で支配的になりつつあった齊一説的な見方を大きく揺るがした。通常の学会発表とは異なり、パワーポイントなどは一切使わない純粋な「講演」は、若い世代の参加者にも、この発見の歴史的意味を再認識させたようであった。

今回のホスト国であったノルウェーや、周辺のスカンジナビア諸国には数多くの衝突クレーターが存在する。このため、衝突関連セッションは特に盛況であった。なかでも、バレンツ海の底で発見された Mjøltnir クレーターについては、シミュレーションや物理探査が精力的にすすめられている。Mjøltnir は Chicxulub 同様に浅い海への衝突によって形成されたと考えられており、産油国ノルウェーらしく石油探査用施設を利用した大規模なボーリング等も計画されているようである。

Gardnos! クレーターをめぐる

さて IGC といえば、会議自体よりも一緒に行われる巡検の方がメインと捉える参加者も少なくないと聞く。惑星地質の研究者であれば、ノルウェーの代表的な衝突クレーターである Gardnos への巡検は見逃せない。途中の山々の地質に関する解説を聞きながら、オスロからバスで 3 時間ほど北西に移動すると Gardnos に到着する。

6 億年ほど前に形成された 5km ほどの大きさのこのクレーターは、その後内部に堆積した物質が氷河によって浸食されている。このため、クレーター形成時の底や内壁にあたる部分を歩きながら、衝突時のショックで形成された角礫岩や Suevite をそこかしこに見ることができる。とはいえ、地質学の基本的訓練を受けていない筆者などは、巡検を企画してくれた地元オスロ大学の研究者の解説がなければ、どこに何が見えているのかさっぱりわからない。彼らの地質解説はもちろんのこと、衝突ショックの直接的な証拠となる Planar Deformation Feature をを見つけるために何百枚もの薄片をつくった、というような歴史的逸話も大変興味深かった。一方で「そんな話はあとでもいいから、はやくハンマーを使える場所に連れてって欲しい（一帯は保護区に指定されているため）」という風情の参加者も多かった。



Gardnos クレーターの底に位置する場所で説明を聞く巡検参加者

筆者は、月関連のセッションで「かぐや」のカメラ／分光器で取得されたデータを用いた発表を行った。「かぐや」で撮影された月面には、コペルニクス紀に形成された数 km の大きさのクレーターが無数に写っている。その中には、Gardnos と同時期に、同程度の大きさの小惑星が衝突してできたものもあるだろう。衝突後も地表がダイナミックに変動している地球では、月のようにき

れいな形でクレーターが保存されることは、ごく稀である。

一方で、実際に Gardnos を歩いてみると、クレーターの底がどのようにショックを受けるのか、インパクトメルトがどこでどの程度生成されるのか、角礫化とターゲットの物性がどのように関係しているのか、といった衝突現象の詳細を肌で感じ取ることができる。日本は、衝突実験においては長い伝統をもち、ここ数年で「はやぶさ」「かぐや」といった惑星探査による自前のリモートセンシングデータを取得できるようになった。今後こうしたデータを生かし、惑星地質のベースとなる衝突現象の総合的な理解をおしすすめるには、フィールドに出る経験をもつことが非常に重要であることを実感した。巡検資料については下記のサイトを参照されたい。

<http://www.33igc.org/files/filArkivRoot/coco/FieldGuides/No+102+Gardnos+field+guide%5B1%5D.pdf>

(産業技術総合研究所)

* * * * *

南アフリカ共和国、フレデフォート衝突クレーターをめぐる

出村裕英 DEMURA Hirohide

「Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution IV」(<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lmi2008/>)と一緒に行われた巡検で、世界遺産（自然遺産）にも指定されている Vredefort ドームを見学した。Vredefort ドームとは、アフリカ楕状地にある隆起構造で、衝突クレーター内部の中央丘ならびに多重リング構造に相当する。地形原面はすでに大きく削剥されて平原状になっており、クレーターリムや中央丘といった地形は残っていない。風化浸食に強い箇所だけが環状の起伏として見えている。しかしそれはリムではなく、中央丘を輪切りにした地下構造がドーム構造で、地球衝突クレーター・データベース(Earth Impact Database, 2006. < <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/> >)によれば、20 億年前に生じた直径 300km の衝突クレーターの一部である。現地の R. L. Gibson 博士およびドイツの W. U. Raimold 博士の案内で、大型バスを使って 2 日間走り回った。

なんといっても、圧倒されたのはその巨大さである。写真で示せる自信がないのだが、中央部分

に立っても四方は地平線、何も見えない。とにかく平らである(写真1)。

シャッターコーンが見えるという頁岩の切り通しの露頭(写真2)も案内されたが、その指向する収束点が高度 4km を指しているという話なので、それ以上に削られていることがわかる。また、シュードタキライトのサイズも桁外れで、石切場の露頭では人の両手一杯よりも幅の広い岩脈がゴロゴロしていた(写真3)。

PC 画面上では月惑星上の何十・何百 km のクレーターなどの地形を平



写真1：地質図を見ながら解説する Gibson 博士
とにかく、地平線が見えるくらい平坦で何もない。地面が露頭。



写真2：頁岩に見られたシャッターコーン

写真3 (上)：石切場のシュードタキライト
黒い部分がメルトで、破砕されて角の取れた巨礫が見える。

気で扱っているが、地質調査とは情報量と手間という点で比較にならないギャップがあることをあらためて実感した。もちろん、普段から両者を結びつけようと努力をしているわけだが、文献がメインだったこれまでとだいぶ視点が変わったように思う。なお本巡検でまわった箇所を含むガイドブック『Geology of the Vredefort Impact Structure』が刊行予定である。

(会津大学)

INFORMATION

●第40回月惑星科学会議が変更

40周年となる来年のLPSCの日程と場所が大きく変わることが決まった。増え続ける参加者とセッション数に対応できなくなったためだ。最近では月惑星探査ミッションが増え、ヨーロッパや日本からの参加者や国際セッション提案も増えている背景がある。会期は3月23-27日の年度末になった。場所は従来のヒューストン市の南から、ヒューストン市北部ブッシュ国際空港近くのThe Woodlands Waterway Marriott Hotel and Convention Centerとなった。これまで慣れ親しんできたジョンソン宇宙センター近くの宿では遠過ぎるので、米国の大学関係者の定宿も大きく変わると思われる。宿の予約などは早めにしておいた方がいいだろう。詳細は下記サイトを参照のこと(<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2009/>)

編集後記: 本号は今夏に開催された学会の特集号となりました。私もアイスランドで開催されたIAVCEI (国際火山学会) に参加しました。前後の巡検にも参加しましたが、それぞれ20人程度の参加者の中に6人ずつの惑星地質学者がいるのには驚きました。火星の研究者が多く、火星の水(氷)の相互作用を調べるのにはアイスランドが適しているとのことでした。やはり、本号の執筆者の方々も述べているように、基本は地球のフィールドワークなのでしょう。(S)