



相模原キャンパス一般公開の様子（2008年8月9日）

宇宙科学最前線

小惑星イトカワを探る その後の進展

吉川 真

宇宙情報・エネルギー工学研究系 准教授
「はやぶさ」プロジェクトサイエンティスト

時間の過ぎるのは早いもので、「はやぶさ」が小惑星イトカワに到着してからすでに3年がたちました。この間、「はやぶさ」は、イトカワの観測、タッチダウンの挑戦、音信不通、復旧と、まさに“波瀾万丈”という言葉がぴったりな経過をたどってきています。そして現在（2008年9月）、「はやぶさ」は順調に運用されており、いよいよ2010年6月の地球帰還に向けた各種作業が本格化してきているところです。

一方、「はやぶさ」が取得したデータの解析も着々と進んでいます。初期解析のときほどの強烈な驚きはないものの、ようやく取得データ全体が見渡せるようになり、イトカワに対する理解が深まってきました。ここでは、初期のデータ解析以降の進展について簡単に報告します。

可視画像の解析

「はやぶさ」によるイトカワの観測で最も目立つ成果は、1500枚にも上る写真です。これはAMICA^{アミカ}と呼ばれる可視光分光撮像カメラで撮影されたもので、可視光の7つの波長領域で撮像が行われました。異なる波長のデータを比較するためには、使われたフィルタの特性を正確に把握したり、装置内で発生してしまう余分な光（散乱光）を取り除いたりする必要があります。このような作業をキャリブレーション（較正）と呼びますが、非常に神経を使う作業です。この作業が石黒正晃氏・齋藤潤氏を中心に行われ、キャリブレーションされ整理された画像は1400枚ほどになりました。

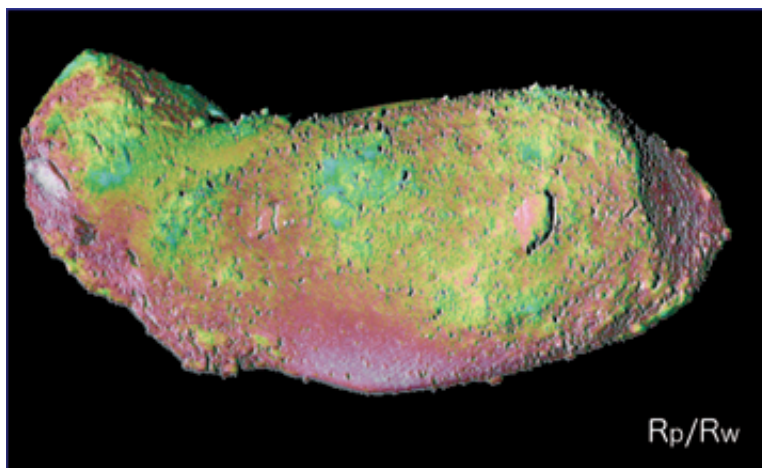


図1 pバンド(960nm付近)とwバンド(700nm付近)の反射率の比を示した図
この図で、赤っぽい部分はpバンドの反射率が高く、青っぽい部分はwバンドの反射率が高いことを示す。いろいろな波長での光の強さを比較することで、表面物質が変性しているかどうかの手掛かりを得ることができる。

キャリブレーションされた画像を使って、イトカワ全面にわたるアルベド(albedo: 反射率)の分布が分かりました。またその平均値は 0.25 ± 0.03 になり、これは、地上からの観測で得られた値とほぼ一致することも確認されました。さらに、当初から分かっていたイトカワ表面の色の場所ごとの違いについてもより正確な解析がなされ、色の違いは宇宙風化と呼ばれる現象と密接に関係していることがはっきりしたのです。宇宙風化とは、太陽風や微小隕石が小天体の表面に衝突することで表面物質の見目の色や明るさが変化する現象のことです。

近赤外線データの解析

「はやぶさ」は、NIRSと呼ばれる近赤外線分光器も持っています。この装置を使うと波長が $0.8 \sim 2.1 \mu\text{m}$ の近赤外線の波長ごとの強度の違い(スペクトル)を観測することができます。「はやぶさ」がイトカワ周辺にいたときに、8万以上のスペクトルデータが得られましたが、その解析は北里宏平氏・安部正真氏を中心に行われました。

NIRSの場合にも波長ごとのキャリブレーションが重要ですが、さらにイトカワ表面のどの場所のスペクトルを撮影したのかも重要です。装置の視野角は 0.1 度四方で、これはイトカワ表面上の 6m から 90m 四方の領域に対応することになります(タッチダウンのときを除く)。手間のかかる作業の結果、イトカワのほぼ全面にわたってデータが

解析され、近赤外線でのアルベドの地図がつくられています。近赤外線のデータからは、表面の鉱物組成が推定できますが、イトカワ表面は地球に落ちてきている「普通コンドライト」と呼ばれる隕石の組成に近いことが確認されました。やはりイトカワは、隕石のふるさとの一つだったのです。

X線データの解析

イトカワの表面物質については、蛍光X線分光計(XRS)が取得したデータの解析も進んでいます。太陽からのX線がイトカワ表面に当たると、表面物質からX線が放射されます。これを蛍光X線と呼びます。このX線のスペクトルを調べることで、表面物質の元素組成を推定することができます。

XRSのさらなるデータ解析は、荒井武彦氏・岡田達明氏を中心に行われました。XRSの視野は 3.5 度ほどあるのでNIRSに比べるとかなり広いのですが、「はやぶさ」がイトカワに十分接近すれば、イトカワ表面の一部分だけを見ていることになります。XRSのデータの詳細な解析により、イトカワの表面物質の元素組成はほぼ一様ですが、揮発性元素である硫黄については場所によって存在量が異なる可能性もあることが分かりました。このXRSのデータからも、イトカワの表面物質が普通コンドライトである可能性が高いことが確認されました。

距離・軌道データの解析

「はやぶさ」が持っているもう一つの科学観測機器は、LIDARと呼ばれるレーザー高度計です。これは、「はやぶさ」とイトカワの間の距離を、レーザー光線によって精密に計測する装置で、カメラによる画像などと組み合わせると相対位置を精密に知ることができます。LIDARは、ミッション期間中に約167万点のデータを取得しています。このデータの解析は、阿部新助氏やOlivier S. Barnouin-Jha氏によって進められました。その結果、イトカワの質量や表面の起伏が精密に求めら

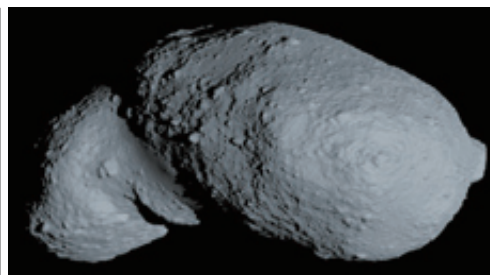
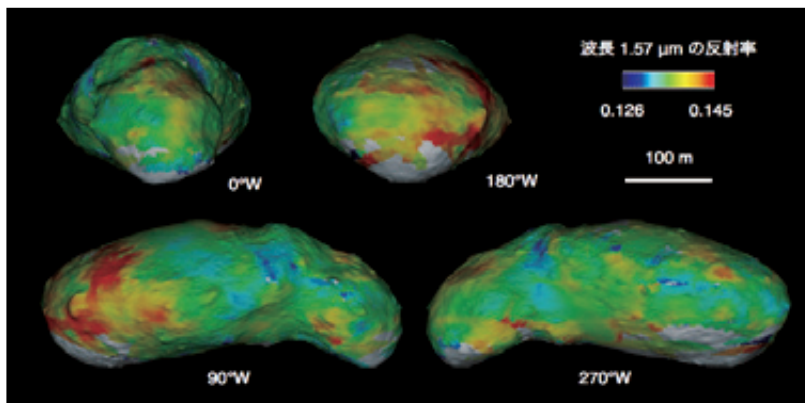


図2 $1.57 \mu\text{m}$ 近赤外線における反射率
濃い青色が反射率 0.126 、赤色が 0.145 である。
図3 イトカワの最も精密な形状モデル
形状のデジタルデータによって、コンピュータの画面上に3次元モデルとして表示できる。

れました。

なお、イトカワの質量については、軌道工学の立場から、池田氏が検討を進めています。質量そのものの値に加えて、イトカワ内部に密度の違いがあるかどうかの検討も行われていますが、今のところ密度の不均一性を示す証拠はありません。

密度を得るためにはイトカワの体積を求める必要がありますが、イトカワの形状モデルはRobert W. Gaskell氏によって継続的に精密化されました。精密なモデルの体積を使って計算した密度の値は、最初に算出された 1.9g/cm^3 とほぼ同じです。普通コンドライトの密度は 3.2g/cm^3 くらいですから、イトカワが内部まで普通コンドライトでできていると仮定すると、内部の空隙率は40%ほどになります。

その後の地上からの観測

「はやぶさ」によるイトカワ探査が終わってから約1年後の2006年末から2007年半ばにかけて、イトカワが地上の望遠鏡で観測されました。このときに特に注目されたのが、イトカワの自転運動です。小惑星のような小天体の自転運動については、YORP効果というものが知られています。小天体は太陽の光で暖まりますが、その熱が赤外線として宇宙空間に非等方的に放射される結果、小天体の自転が変化するという効果です。非常に小さな力なのですが、長い時間にわたって積み重なっていくと、小天体の自転速度が変わってしまいます。

イトカワについては、「はやぶさ」によってその形状や表面の様子が詳細に分かりましたから、このYORP効果がどのくらい現れるのか計算することができます。理論的な予想ではイトカワの自転が遅くなっているはずだったのですが、観測ではイトカワの自転に変化は見られませんでした。理論との食い違いの理由は分かっていませんが、例えば、イトカワ内部の密度に不均一性があることで重心の位置が想定されているものと異なれば説明できる、という説もあります。YORP効果については、北里宏平氏・Daniel J. Scheeres氏・J. Āurech氏などが研究を進めています。

赤外線天文衛星「あかり」からの観測

日本が2006年に打ち上げた赤外線天文衛星「あかり」は、全天のサーベイ観測や多くの赤外線天体を観測して成果を挙げていますが、2007年7月には、小惑星イトカワの観測にも成功しました。小惑星の大きさは、赤外線の観測で推定することができます。正確に大きさや形が分かっているイトカワのような小惑星をあらためて観測す

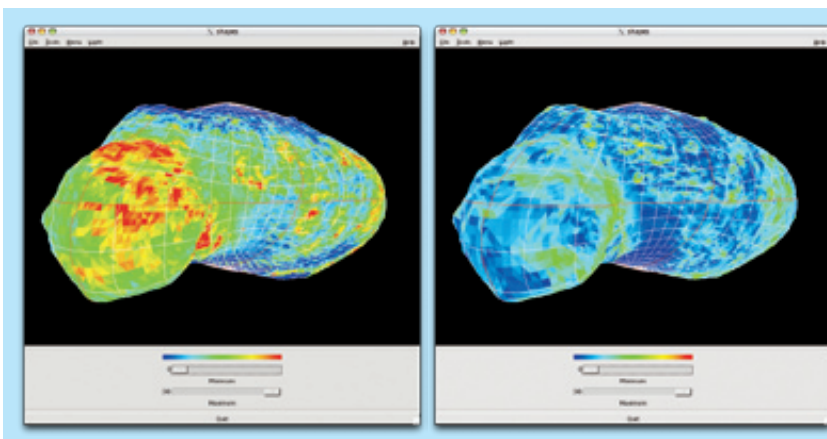


図4 3次元GISによる斜度マップ（左）とAMICA v1バンドの輝度マップ（右）
図の下部のカラーバーは、斜度や輝度それぞれの大小を表す。青が最も値が小さく（傾斜が緩い/輝度が低い）、赤が最も大きい（傾斜が急/輝度が高い）。

ることで、赤外線観測による小惑星の大きさ推定の精度を上げることができるのです。この「あかり」での観測には、「あかり」のチームに協力していたほか、長谷川直氏やThomas Müller氏がデータの解析を進めています。

そのほかの進展

イトカワ表面にある岩石や石の分布や配置、その存在形態などから、宮本英昭氏らによってイトカワ表面での物質の流れが研究されました。その結果、イトカワ表面上の粒子はイトカワ自身がつくる重力場に沿って動いていくと解釈するのがよいことが分かりました。例えば、隕石がイトカワに衝突したときにイトカワ全体が揺すられて、表面の物質が動いていくのではないかと考えられます。

このように、イトカワについてはさまざまな解析がなされていますが、解析結果をパソコンの画面に立体的に表示するソフトも開発されました。3次元のGIS（地図情報システム）を応用したもので、平田成氏・出村裕英氏らによって開発されています。このソフトを用いると、イトカワの形状を画面に表示して、その表面にアルベドや重力、表面の傾きなどのデータを描いたり、緯度経度の線を描いたりできます。

まとめ

「はやぶさ」がイトカワ周辺で取得してきたデータは、「だいち」などの地球観測衛星や月周回衛星「かぐや」に比べれば、その量は非常に少ないです。それは、データが送られてきたときの距離がまったく違うからです。はるか3億kmの彼方から送られてきたデータをきちんと処理して、今後の惑星科学の発展のために寄与することが、「はやぶさ」チームやイトカワのデータを扱う科学者の使命です。これは、これまでの解析作業でかなりの部分が達成されました。ただし、まだやり残していることも多く、「はやぶさ」がイトカワの表面物質を届けてくれれば、また新たなサイエンスが始まります。まだまだイトカワの探求は続きます。

（よしかわ・まこと）

相模原キャンパス一般公開と夏休み土日公開

夏休みは研究教育関連施設の広報関係者にとっては最も忙しい時期ですが、JAXAも例外ではありません。宇宙科学研究本部でも普段にも増して広報活動に力が入ります。

中でもやはり中心的な位置付けとなるのは、毎年恒例の相模原キャンパス一般公開です。例年は7月下旬に実施していますが、今年はその時期に2年に一度開催されるCOSPAR（宇宙空間研究委員会：宇宙科学関係の世界最大の総合的な国際学会）の科学総会や観測ロケット実験が重なったため、変則的に8月9日に移して実施しました（表紙参照）。

午前中の出足は鋭かったものの、昼過ぎに雷雨があり、水ロケット工作教室や月惑星探査ローバの実演などの屋外イベントが中断となり、各会場での足止めなどもありました。途中まで来られたのに断念して帰ったという方も少なからずいらしたようで、今回のメイン会場の入場者数は6872名でした。今年から集計方法を変えたことや、ダブルカウントを避けるために水ロケット会場・相模原市立博物館会場をのみの参加者を集計に含めていないことから、昨年までの数字と直接の比較はできませんが、来場者が有意に減ったのは確かです。メールマガジンなどを通じて理由を伺ったところ、お盆にかかる時期に開催したことと、当日午前中から近隣地域を襲った雷雨の影響だろうという結論になりました。雨男が実行委員長を務める限り雷雨は避けられないかもしれませんが、開催時期については今年の実省を踏まえて再検討したいと思います。

残念ながら来場者数は減ってしまいましたが、実行委員長として初めてのかじ取りをした今年、これまでの来場者からのアンケートや昨年の自分自身の参加経験を参考に、いくつかの試みをしました。その一部をご紹介します。

一つ目が、混雑の解消に向けた徹底的な取り組みです。

まず、会場そのものを拡大するために、人気の水ロケット工作は共和小学校の校庭をお借りし、また向かいの相模原市立博物館の地下の会議室では「かぐや」のハイビジョンビデオの上映や講演会を行いました。博物館の特設エリアは、午前中の強い日差しや午後の雷雨を避けて、ゆったりと腰掛けて楽しむには大変よいスペースとなったと思っています。

また、混雑感をなくすための動線の確保にも本腰を入れて取り組み、大勢の人出を思い描きながら前日に各会場の準備状況を見て回り、こまごまとした指示も出しました。それでも、水ロケット工作や人工オーロラなどの人気ブースでは行列ができてしまいます。これらのブースの担当者には、待ち時間を短縮することと、想定以上に長く待たされることのないよう待ち時間を表示すること、待ち時間にも楽しんでいただける工夫をすること、の3点をお願いしました。どれもうまく実践してもらえたのではないかと思います。

もう一つの取り組みは、配布資料の充実です。最先端の研究開発の成果を示した展示は、ややもすると専門的になり、一般見学者には素通りされてしまいます。また、特別な興味と背景知識をお持ちの方にも、限られた時間と混雑した会場でじっくりご理解いただくのは難しいものです。展示はエッセンスにとどめ、配布物に詳しい情報を載せることで、一般見学者と、もっと専門的な知識を求める方の要求に、共に応えることができます。こちらからの急なお願いに対応し切れなかったブースもあるかと思いますが、これらの取り組みが来年以降も定着することを願っています。

昨年からはじめた相模原キャンパスの夏の土日公開も、今年は開始時期を7月下旬に繰り上げました。一般公開の終了後にも展示室の原状復帰作業に直に取り掛かり、翌10

日も公開を行いました。その後も連日、大勢の来場があり、平日を含めた8月の自由見学者は2890名とのことです。向かいの博物館を見学した帰りに、展示室などを公開していることを知り、初めて立ち寄ったという地元の方が多数を占めますので、新しい層を開拓できているのではないかと喜んでいます。休日を振り替えてもらって職員を動員するのはそれなりに大変ですが、来年以降も継続したい取り組みです。

10月にはM-Vロケット実機模型のお披露目があります。研究以外の広報面でもますますご期待ください。（阪本成一）



中庭で行われた月惑星探査ローバの実演

観測ロケットS-520-24号機の打上げ成功

先月号では観測ロケットS-520-24号機の噛合せ試験までの経緯を紹介しました。今回は、その後の打上げに至るまでの経緯と小型飛翔体を使った今後の微小重力(μ G)実験について簡単に述べます。

内之浦では、実験主任という柄にもない大役を仰せ付けられました。内之浦での作業は7月23日の開梱に始まり、各部分ごとの組み立て、導通・動作チェックの後、全段結合、全機導通チェック、電波テストを経て、7月29日に報道公開となりました。その後、打上げ前の動作確認で一部のPI搭載機器からのテレメータデータに異常が見られたのでそのトラブルシューティングがあったものの、8月2日、ついにフライトオペレーションを迎えました。PI班メンバーはおのおの、コントロールセンター、テレメータセンター、そして第2リードと呼ばれるランチャー近くの半地下の部屋で作業を行いました。私が見たS-520ロケットの打上げは、コントロールセンターの窓から見えたほんの一瞬の出来事であり、その後は消感するまでロケットの飛行経路モニターを見ながらテレメータデータの確認作業を続けました。ロケット実験が成功裏に終了したと実感したのは、スタッフの拍手が沸き起こり、祝福の握手をされたときでした。

得られたテレメータのデータは現在解析中ですが、PI部での加速度データを見る限り、ヨーヨー展開後には μ G状態になり、その持続時間は約7分でした。当初から期待していたことではありますが、S-520ロケットは比較的長時間の μ G環境を提供できる有効なツールであることが実証されました。相模原での準備から内之浦での打上げに至る一連の作業では、実験班のみならず関係各位が一丸となって何とか実験を円滑に進め、かつ成功させたいという雰囲気になっていました。ISAS伝統の観測ロケット実験を肌で感じることはできたのは、私自身にとって大きな収穫の一つでした。

今回実施されたファセット結晶成長実験(FCT)およびダイヤモンド合成実験(DIA)はそれぞれ、JAXA支援の μ G科学研究ワーキンググループ(WG)である「バルク結晶成長機構WG」、「高機能炭素系薄膜微粒子WG」の活動の一環として計画、推進されました。それらのWGのメンバーは、JAXA、帝

京科学大学、そしてほかの研究機関や大学から参加しています。今回実施された二つの実験は、PI部の回収がなくても成果を出せる“その場観察”実験でしたが、実はほかの μ G科学研究WGからの宇宙実験提案の多くが試料回収、そして繰り返し利用を前提としています。 μ G科学研究コミュニティにとっての望ましい“観測ロケット”とは、すでに実施され認知度の高いTR-1A、TEXUSなどに代表されるように、 μ G環境の提供、PI部の回収、高速テレサイエンスをセットとして μ G実験に供せられる小型飛翔体です。もちろんそのような小型飛翔体の利用は、国際宇宙ステーション(ISS)の今後の展開と併せて、宇宙環境利用科学分野の実験ツール全体を今後どうしていくのかというスコープの中で考えるべきでしょう。小型飛翔体の利用が実現する高頻度でかつ継続した μ G実験機会は、従来の落下施設や航空機、衛星、ISSの利用に比べて、飛躍的な研究の活性化、コミュニティの拡大、そして数多くの成果創出をもたらすことが期待されます。したがって、 μ G環境の実現は言うまでもなく、複数のPI部の搭載と回収、高速テレサイエンス(画像データのリアルタイム送信、テレコマンドなど)の機能を積極的に付加した観測ロケットの開発を、 μ G科学研究コミュニティは強く待ち望んでいます。そして私も、S-310、S-520、SS-520に代表される使い切りロケットと、現在ISASで開発中の再使用ロケットを併せて戦略的に用いることで、将来 μ G実験が当該分野の研究者にとってより身近になっていくものと信じています。

最後に、本ロケット実験の成功にあたり、関係各位に深く感謝します。
(稲富裕光)



観測ロケットS-520-24号機の打上げ。2008年8月2日17時30分、トンボの群れ舞う内之浦宇宙空間観測所にて。

平成20年度第2次気球実験

平成20年度第2次気球実験は、8月20日から9月9日まで、連携協力拠点大樹航空宇宙実験場において実施されました。

5月の第1次気球実験において放球準備中に搭載機器に不具合が発生したため、その後の放球を見送り、原因究明にあたってきました。相模原での機器試験および7月5日に実施された大樹航空宇宙実験場における放球模擬地上試験を経て、再発防止の対策を講じて第2次気球実験に臨みました。

第2次気球実験では、大樹町での大気球実験を安全に実施していく礎を固めることを目的とした大気球2機による実験システム実証試験と、「小型インフレーター柔構造飛翔体の展開および飛行実験」と「ソーラー電力セイルの展開総合実験」の2機の宇宙工学実験を実施する予定でした。しかし、本州で「平成20年8月末豪雨」によって大きな被害が生じた同じ時期、北海道でも天候に恵まれず、またジェット気流が日本付近で蛇行して風速、風向ともに不安定で、気球実験の実施が困難な状況が続きました。

8月23日に満膨張体積10万立方メートルの大型気球を高度35km程度で飛翔させ、大重量機器を搭載した気球の放球、管制、回収を行うB08-01大気球実験システム実証試験（その1）を、また9月5日には満膨張体積30万立方メートルの超大型気球を放球し、高度42km程度を飛翔させるB08-02大気球実験システム実証試験（その2）を実施しました。これら2機の大気球実験の成功によって、大樹航空宇宙実験場における大気球の放球、管制、回収という大気球実験システム



B08-02 実験での大型気球（全長128m）の放球

の健全性を検証することができ、同実験場における大気球実験運用が確立しました。2機目を放球した9月5日は好天に恵まれ、釧路から広尾にかけての広い地域で、直径90mを超える飛翔中の気球を地上から目視できたそうです。北海道での気球実験初年度ということもあって、多くの方から警察、海上保安庁、新聞社などにご連絡、ご質問をいただいたと伺いました。

一方、宇宙工学の2実験の準備は順調に進み、飛翔に適した気象条件を待つのみとなりましたが、地上悪天候とジェット気流の状態が実験実施を阻んだまま9月第2週に入り、それぞれの実験の気球飛翔高度での高層

風が不安定となってきました。地上気象は回復の兆しがあったのですが、高層風は回復の見込みが立たず、残念ながらこれら2実験の実施を見送り、9月9日に第2次気球実験を終了しました。

多くの研究者や大学院生の方が準備を続けてきた2つの宇宙工学実験を実施できなかったことは非常に残念ですが、大樹航空宇宙実験場での大気球実験運用を確立できたことは大きな一歩であったと思います。今年度第1次および第2次気球実験の実施にあたっては、地元の皆さまや関係諸機関から大変貴重なご助言、ご助力を頂きました。大樹町、大樹漁協をはじめ、ご協力を頂いた皆さまに心より感謝申し上げます。より多くの優れた飛翔機会を実験グループに提供していけるように、今年度の気球実験で得られた知見を検討し、来年度以降の実験実施に向けてさらに準備を進めていきたいと考えています。（吉田哲也）

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(9月・10月)

	9月	10月
相模原	PLANET-C 第1次噛合せ試験	
	ASTRO-G 設計確認会その1	
大樹町	平成20年度第2次気球実験	

第2回

きぼうの科学

日本実験棟 「きぼう」での宇宙実験が 順調にスタート

ISS 科学プロジェクト室 主任研究員

松本 聡

新たな扉が開かれました。国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟「きぼう」における宇宙実験が始まりました。記念すべき第1番目の研究テーマは「マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程」であり、微小重力環境下での表面張力差による対流 (マランゴニ対流) を観察し、流れの遷移現象を解明する研究です。

2008年8月22日6時53分に筑波宇宙センターより送信された液注形成のコマンドにより実験がスタートし、順調に液柱 (円柱形状の液体) がつくられ、マランゴニ対流を観察することに成功しました。上空400km、90分で地球を周回している国際宇宙ステーションからリアルタイムでダウンリンクされている画像やテレメトリデータから、マランゴニ対流の様子を瞬時に判断しながら次々とコマンドを送信し実験を進めていきます。あたかも隣の実験室で実験をしているのでは? と錯覚するくらい質の高い画像、短い遅延時間で、感動的ですらあります。

さて、ここからはマランゴニ対流について簡単に説明したいと思います。マランゴニ対流は、名前からしてなじみがないので内容を聞く前から拒絶する方もいるようですが、実は身の回りでもごく当たり前のように見られるマランゴニ効果により発生する流れです。例えば、水面に油を1滴落としてみましょう。油が水の表面で素早く広がり虹色の薄膜になる

様子は、誰でも見た経験があると思います。ワインの好きな方は「ワインの涙 (tears of wine)」をご存じかと思いますが、これもマランゴニ効果による現象の一例です。ワインをグラスに注ぐと、グラスとの接触面で毛管力によりせり上がるメニスカスが形成されます。アルコールの蒸発により、メニスカス先端部分は水の濃度がより高くなり、局所的に表面張力が大きくなります。表面張力の大きい先端部分が、周りの液体をグラス内面に沿ってよりいっそう上に引き上げ、液滴状になります。地上では重力がありますから、液滴が大きくなると下にしたたてきます。それが涙のように見えるというのが、ワインの涙と呼ばれるゆえんです。表面張力は温度や濃度によって異なります。一般的に温度が低いほど強く、高いほど弱くなる性質を持っていて、その力の不均衡によって駆動され生じるのがマランゴニ対流です。

「きぼう」で行われている実験は、直径30mmの液柱に発生するマランゴニ対流を観察・計測するものです。シリコンオイルの液柱は、円形のディスク間に挟まれ、長さを最大60mmまで変えることができます。ディスクの一方を加熱、他方を冷却することにより液柱の表面に温度分布がつき、表面張力差により加熱側から冷却側に引っ張られ、それが液体全体の流れとなります。温度差を大きくすると速い流れとなり、ある条件で突然流れの様子が変わります。遅い流れでは定常的な運動であるのに対し、速くなると時間的に変動する振動流に遷移します。振動流にもさまざまなパターンが存在し、最終的には非常に乱れた流れ (乱流) の状態になります。今回の宇宙実験では、振動流に遷移するときの温度差や液柱形状の影響を調べるとともに、乱流に至る過程を明らかにします。

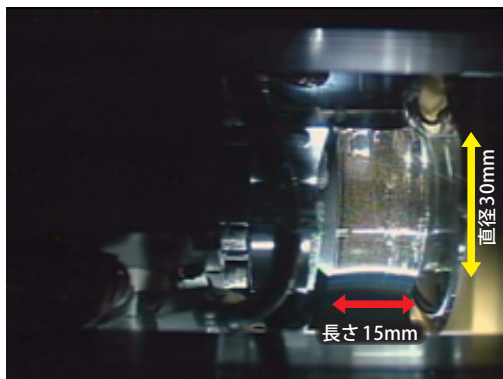
マランゴニ対流に関する宇宙実験は、2011年ごろまで継続的に行うことが計画されており、その実験を通じてマランゴニ対流についての体系的理解を完結させようと考えています。今回の宇宙実験を皮切りに世界に先駆けたデータを取得し、この研究分野で日本は主導的な役割を担っていけると確信しています。これらの研究の成果は、流体物理の進展に貢献するのはもちろんのこと、基礎的知見の獲得を通じて半導体や酸化物などの結晶成長プロセスの高度化、高性能熱交換器開発、マイクロ流体ハンドリングなどの技術分野に応用されることが期待されます。

「きぼう」での実験は、研究者や学生だけで成り立つものではなく、実験装置の開発、実験運用計画、実運用に至るまで、宇宙飛行士を含め国内外の多くの関係者の尽力があってこそ、成果として実ります。その一員として宇宙実験を担っていることに責任を感じるとともに、充実感を味わっているところです。

今回は、宇宙実験のさらに内側に関する報告ができると思います。ご期待ください。

(まつもと・さとし)

「きぼう」内で形成した液柱の側面観察画像。シリコンオイルの液柱で、直径30mm、長さ15mm。



食事にご用心

アボカドと鉄の串

このところ、欧州宇宙機構 (ESA) との共同ミッションである水星磁気圏探査衛星 BepiColombo/MMO に搭載する観測装置の打ち合わせや、月周回衛星「かぐや」に搭載した観測装置の観測結果を発表するために、海外への出張が増えています。今回はこれらの出張の様子を紹介させていただきます。

最近の海外出張では、たとえ主な目的が学会や研究会での観測成果の発表であっても、ついでに観測装置の開発を一緒に進めている海外の研究者と会って打ち合わせを行うことが増えています。その結果、打ち合わせの準備やまとめを行う時間が必要で、出張先で自由な時間が取れない

場合が多くなってきているのは悲しいことです。そんな中でも、どうしても避けることができない時間が1日3度の食事です。せっかくの機会ですので、特に初めて行くところでは、同じレストランにはできるだけ行かないことに決めています。

最近、AOGS (Asia Oceania Geosciences Society) というアジア・オセアニア地域の地球科学に関する学会出席のため、

韓国の釜山に行きました。韓国語はまったく分からず、ハングル文字ももちろん読めません。ホテルで日本語が通じたのをいいことに、チャガルチ魚市場付近の小さな食堂に入ったのですが、あるはずのアルファベットは一つも見つからず、さっきまで通じていた日本語も役に立たず、食堂のおばさんが韓国語で話し掛けてきました。文字が読めないとここまで訳が分からないのかと痛感したのですが、何とかその場は注文を終え、料理が出てきました。

ところが今度は、はしもフォークもスプーンも見当たりません。どうしたものかとあたりを見回すと、何やら鉄の棒が置いてあります。串かと思い、仕方がないのでそれを1本取り、料理をつついて食べることにしました。とても食べにくかったのですが、変な習慣もあるもののだと思いながら何とか食べることはできました。そうこうする

うちに、隣の席に韓国人らしいカップルがやって来て、食事を食べ始めました。驚いたことに、鉄の棒2本をはしにしているではありませんか……。ということで、ようやくその鉄の棒がはしであることに気付いたのでした。何とも情けない話ではありますが、韓国が近くて遠いことを実感することになりました。

この原稿を書いている現在も、実は出張中で、今回は米国のテキサス州サンアントニオです。メキシコに近い場所でもあり、メキシカンレストランがたくさんあります。メキシコ料理はとてもおいしいのですが、私にとっては非常に危険でもあります。最近では日本でもアボカドをよく見掛けますが、どうやらこれに対してアレルギーがあるらしく、食べると数時間後には気分が悪くなり、その状態が何時間続きます。まだアレルギーがあると分からなかったときに、これを食べて入院するはめになったこともありました。

具合の悪いことに、メキシコ料理ではアボカドがすりつぶされて料理に入っていることもあるので、特に緑色のものは要注意です。以前に一度、このすりつぶされたものを気付かずに食べてしまい、ひどい目に遭ったことがあります。毎回食事を注文する際に「アボカドは入っていますか」と聞くのですが、運よく入っていない料理の場合にも「何、そんなにアボカドが欲しいのか？ 特別につけてやろう」という返事が返ってきたことが、数回ありました。米国には有名なカリフォルニアロールと呼ばれるアボカド入り巻きずしがありますが、私にとっては信じられない邪道です。

このように出張先では、食事にも気を付けないといけないことがいろいろあります。米国出張に続いて、来週はスウェーデンのストックホルムに行きます。今年の冬に行われるノルウェーの観測ロケット実験に日本の観測装置も搭載するため、ロケットと観測装置の噛み合わせ試験に参加するのが目的です。ヨーロッパでは、英語とフランス語と少しのドイツ語が分かればだいたい問題なく食事にありつけますし、めったにアボカドを見ることもないので安心です。ただ油断は禁物。このところユーロをはじめ欧州の通貨が非常に高く、食事の値段は日本の2倍以上の感覚で、普通に夕食を食べているつもりでも信じられないくらい高くついてしまうのです。

(さいとう・よしふみ)



米国テキサス州サンアントニオの名所、夜の「アラモの砦」と、アボカド。



宇宙プラズマ研究系 准教授

齋藤義文



第37回 COSPAR に出席して

この7月、カナダのモントリオールで、第37回の国際学会 COSPAR (Committee on Space Research: 宇宙空間研究委員会) が開かれた。今年は COSPAR が始まって50年目に当たるので、記念として、宇宙科学発展の歴史的意義を議論するセッションも開かれた。COSPAR が始まった1950年代には、経済状態も悪く、日本からは永田(武)、畑中(武夫)、前田(憲一)など数名の先生方だけが参加されたことを思い出す。その後、数十年の間に COSPAR 全体の規模も大きくなって、今年は2000人を超す出席者とのことであった。日本からもかなりの数の方が参加されていた。

最近、この会議は隔年で開かれている。前回は北京であったが、出席できなかったので、4年おいて参加したことになる。ちょうど出掛けたころから、東京は連日の猛暑。大変な様子であったが、モントリオールは日本の秋を思わせる過ごしやすい気候であった。

数十年にわたる友人も4歳分年をとったせいか、前々回の会議に比べて同年代の出席者は急に減り、そのためかお互いに親しく話をする機会も多くなった。何人かの友人と夕食を共にし、ワインを傾けた。遠方からの友と語り合うのは、いにしえの人が言ったように人生の楽しみの一つであるに違いない。

何年も宇宙関係に携わってきた人たちがあって、日本の宇宙の体制などに詳しいのには驚かされた。ただ、日本の体制には分からないことが多いと、いろいろなことを聞かれた。まとめると次のようなものである。

- 日本は JAXA 統合前も、実用と科学がおのおの特徴を生かして、効率的にうまく調整してやっていたように見えたが、統合の必要があったのか。
- ISAS は独自性を持って、国際的にもリードしてきた理想的な研究所だと思ってい

西村 純

宇宙科学研究所名誉教授

だが、聞くとところによると、日本語では「研究所」という名前が消えたそうだが。

- M-Vとその技術は素晴らしいものであったのに、なぜやめてしまったのか。
- 組織が大きくなると、現場とのつながりが難しくなり、官僚化して、独創的な研究の基盤が失われやすいが、その点はどうのように解決しているのか。
- 日本では「宇宙基本法」が新たにつくられたと聞くと、目的の違う組織をひとまとめにするのは難しい。この点をどのように解決するのか。
- 「かぐや」「ひので」「あかり」「すざく」「はやぶさ」と相変わらず素晴らしい成果を挙げているのは、統合の成果であるのか。などなどである。

私も、統合前の宇宙の体制は日本の独自性を生かした効率的な良い組織であった、と思っている一人であるので、特に反論もしなかった。しかし、最近の優れた成果は主に統合前に準備されたもので、統合の成

果が問われるのは、これからである。また、「宇宙基本法」に関連して、JAXAの体制の見直し、「宇宙科学発展のためにはボトムアップが大切である」ことなども議論されていると答えておいた。

「宇宙科学発展のためにはボトムアップが大切である」という話に、相手は「研究者は皆そう思っているけど、日本では政治家がその重要性を指摘しているのは素晴らしい」と感心していた。それが、言葉だけでなく、どのような形で体制上具体化していくかはこれからの問題である。それが一番重要で、一番難しい問題である。

目的の違う組織をまとめるのに同じ形で運用するのは、一見すっきりして見えるが、おのおの組織の持つ特徴が生きてこない。実際は効率が悪くなるだけである。いろいろな国が長年の経験を踏まえてやっているように、統合してそのメリットを生かすには、各組織には目的を果たすためにある種の独立性を持たせて、最も効率的な運用ができるようにする体制上の工夫が必要である。

体制と予算の話はどこの国でも関心事らしく、話は尽きないが、ほろ酔い加減でしゃべりをしているうちに時がたっていく。日暮れの遅いカナダでも、帰路をたどる路には街灯がともし、古いヨーロッパの趣をたたえた建物と石畳の街路に囲まれたモントリオールの旧市街地は素晴らしい雰囲気であった。(にしむら・じゅん)



数十年來の友人と夕食とワインを共にする機会が増えていた。

宇宙で起きていることを感じたい

宇宙プラズマ研究系 准教授

松岡彩子

——なぜ宇宙のプラズマを研究テーマに選んだのですか。

松岡：学生のときに読んだ教科書（ダークマターの量が見積もられる前）に、宇宙の物質の99%はプラズマだと書かれていたのです。そして人工衛星を使えば、宇宙の大部分を構成しているプラズマを直接観測できることも知りました。子どものころから宇宙が好きで、宇宙はどうやってできているか知りたかったので、「それって面白い」と思ったのです。

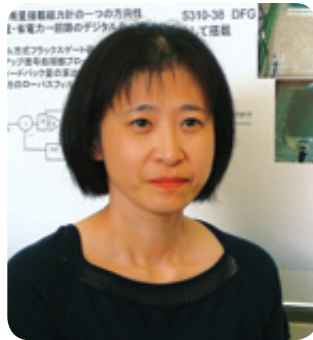
——そもそもプラズマとは何ですか。

松岡：原子や分子から電子がはぎ取られ、電子と正イオンが飛び交っている状態がプラズマです。例えば、太陽の表面からは水素イオン（陽子）と電子が噴き出しています。そのプラズマは「太陽風」と呼ばれ、地球にも吹いてきています。ただし地球には強い磁場があるので、それがバリアとなって地球半径の10倍のところで太陽風は止められ、地球の大気に直接当たることを防いでいます。一方、火星にはほとんど磁場がないので、太陽風が直接当たってしまうため、大気が宇宙空間に逃げ出していると考えられています。火星探査機「のぞみ」は、太陽風と火星大気の間接関係を調べるのが主な目的でした。

今年、アメリカの火星探査機フェニックスが火星の地表で水を発見したとNASAが発表しましたが、かつての火星には海があったという説があります。火星には地球と同じような強い磁場があり、それが太陽風を防ぐバリアとなり、大気や海が守られていたのかもしれない。現在の火星の地表に残されたわずかな磁場を詳細に観測すれば、かつての火星の磁場を推定できます。磁場やプラズマの観測は、惑星の環境の歴史を探る研究の足掛かりとなります。残念ながら「のぞみ」は火星周回軌道へ投入できませんでしたが、私たちは今、新しい火星探査計画を検討しています。

——水星探査計画BepiColomboも、磁場やプラズマの観測が主目的の一つだそうですね。

松岡：磁場を生み出すには、惑星内部に溶けた鉄が必要です。水星は小さいので、内部はすべて冷えて固まっています。磁場はないと考えられていました。ところが1974年から1975年にかけて、アメリカの探査機マリナー10号が水星の磁場を発見して、みんなびっくりしたのです。BepiColomboにより水星の



まつおか・あやこ。1965年、静岡県生まれ。理学博士。1994年、東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程単位満了。同年、宇宙科学研究所助手。2005年より現職。水星探査計画BepiColombo/MMO 磁力計の副主任研究員（Co-PI）、実験責任者を務めている。

周りのプラズマや磁場を詳細に観測することで、水星内部や表面の様子を詳しく調べることができます。

——今後、研究をどのように進展させて

いくつもりですか。

松岡：いま私たちが人工衛星を使って調べることができるのは太陽系の中に限られていますが、太陽系の中で起こっているいろいろな現象が宇宙ではありふれたものなのか、それとも奇跡のような幸運が重なり地球のような環境も生まれたのか、そのような謎の解明につながる研究をしていきたいと考えています。

——宇宙学校などの広報活動にも積極的に参加されていますね。最近の子どもの印象は？

松岡：情報が過多になっている中で、身近な自然の不思議に感動する経験が十分にあるのか、少し心配ですね。私は理科の実験が大好きでした。例えば、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜる実験で、できたものをなめてみると、しょっぱかった。どちらも危険な物質なのに、ちょうど中性になるように混ぜると無害な食塩水になってしまう。もちろんそれは教科書に書いてあることです。しかし、実際に自分で実験してみても感動しました。自分の体で自然法則を理解した気分になったのです。そういう感動体験がないと、宇宙で起きている現象に対する感動も小さいと思います。本を読んで自然や宇宙のことを分かった気分になるだけでは、面白くありません。

——感動体験は、研究者にとっても大切ですか。

松岡：もちろんです。自分でつくった観測装置が宇宙へ行き、きちんと観測してくれるだけでうれしいんです。とても感激します。

大学院のとき、先生から「これまでの研究結果を頭から信じるな。そうしないと新しい研究はできない」と言われました。その意味が今になってよく分かります。教科書や論文を読んで宇宙を理解するだけでなく、自分で観測して、宇宙で起きていることを体で感じて理解すること。それが新しい研究を進展させるためには大切です。

ISAS ニュース No.330 2008.9 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所本部
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台 3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースは、インターネット (<http://www.isas.jaxa.jp/>) でもご覧になれます。

デザイン／株式会社デザインコンビニア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

講演会や各種のイベントで全国を転々とする日々ですが、場所場所でいろいろな世代の方との新たな出会いがあり、自分にとっても大変よい刺激になっています。子どもたちのエネルギーには圧倒されます。（阪本成一）

* 本誌は再生紙（古紙100%）、大豆インキを使用しています。

100
古紙配合率100%再生紙を使用しています

PRINTED WITH
SOYINK
Trademark of American Soybean Association