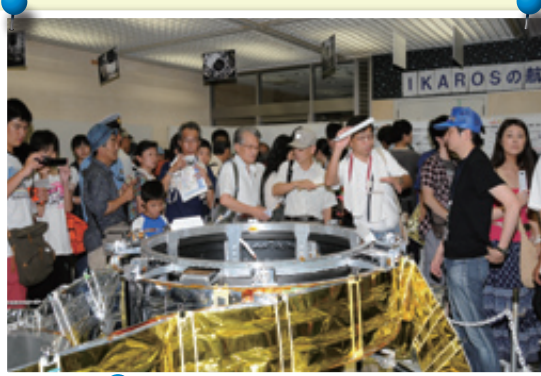




ミニミニ宇宙学校



「IKAROS」ミッション部
地上試験モデル



探査ロボット



「はやぶさ」カプセル世界初公開！



「はやぶさ」実物大模型



水ロケット発射！

相模原キャンパス特別公開の様子

宇宙科学最前線

「かぐや」探査機が発見した 月の内部物質

山本 聡

国立環境研究所 地球環境研究センター
NIES ポスドクフェロー

松永恒雄

国立環境研究所 地球環境研究センター 室長

月の内部を知る手掛かり：カンラン石

太陽系探査の大きな目的の一つに、月や、地球・水星・金星・火星といった固体惑星がどのように形成・進化してきたのかを明らかにする、ということが挙げられます。その中で月は、ほかの惑星に比べてサイズが小さいため、形成後の比較的早い時期に冷えてしまったことで、その初期進化過程の情報をよりよく保存していると考えられています。そのため、月を知ること、我々の住む地球や、ほかの地球型惑星の形成進化を知る上で重要といえます。

月探査機によるリモートセンシングや地球からの観測、月の石・月隕石の研究結果をもとにして、これまで月の形成進化についてさまざまなモデルが提唱されてきました。その代表的なものとして、月マグマオー

シャン説があります。これは、月の初期進化において表層岩石がドロドロに溶けた状態になっており、マグマの海に覆われていたというモデルです。このモデルによると、マグマの海が冷却するにしたがって、マグマ中に存在するケイ酸塩鉱物の一種である「カンラン石」がマグマ深部に沈んで月のマントルを構成する主な鉱物になり、同じくケイ酸塩鉱物の一種である「斜長石」が表層に浮き月の地殻を形成した、と考えられます。

一方で、月のマントルと地殻が具体的にどのような時間変化を経て現在の姿になったかについては、よく分かっていません。その大きな理由としては、上記で述べたようにマントルを構成すると考えられるカンラン石は、通常では月の深部にあり、月の表面には現れないからです。一方、巨大天体衝突によるクレーター

形成の際に地下深部にあるマントル物質が月表面にもたらされると考えられており、そのため月内部の手掛かりを得るという目的で、地上観測や探査機によってカンラン石の探査が行われてきました。しかし、過去の研究ではカンラン石に富む領域は月面の数ヶ所について報告されていたにすぎず、そもそもそれがマントルに由来するのか、それともより浅い地殻下部のマグマに由来するのか、はっきりしませんでした。

「かぐや」搭載スペクトルプロファイラによる月全球分光観測

ここで登場するのが、2007年に打ち上げられた月周回衛星「かぐや」搭載のスペクトルプロファイラ (SP) です (図1)。SPは、月表面で反射された太陽光を0.5~2.6 μm の波長範囲で連続分光観測する測定器で、得られた反射スペクトルの吸収帯について、さまざまな鉱物を持つ固有の吸収帯と照合することで、月表層の鉱物分布 (鉱物の種類や量比、化学組成) を調べることができます。月表面に存在する主要な鉱物は、輝石、カンラン石、斜長石、イルメナイトの四つで、例えばカンラン石は0.85、1.05、1.25 μm に固有の吸収帯があることが知られています。SPはこのような吸収帯を識別するのに十分な波長分解能と広い波長帯域を持っています。また、SPは約1年半に及ぶ周回観測を行った結果、月全球にわたって7000万点にも及ぶ反射スペクトルデータを得ることに成功しました。

我々は、SPデータの中に必ずば純粋なカンラン石のスペクトルを持つものがあるはずだと考え、得られた全データについて、カンラン石が持つ中心波長1.05 μm の吸収帯に着目して解析しました。すると、7000万点のデータのうち、そのような吸収帯を持つものが250程度検出されました (図2)。7000万点中250点は、割合でいうとわずか0.0004%程度です。これは、カンラン石は月面上の極めて限られた場所にしか存在しないことを意味します。

さらに解析を進めると、250点観測されたもののほ

とんどが直径1~10kmの小さなクレーターなどの特定地形に集中していることが分かりました。その特定地形ごとに分類を行うと、カンラン石が見つかる場所は月面上で34ヶ所になり、そのうちの3ヶ所は従来の観測でカンラン石が見つかったと報告されていたものでした (つまり、SPによって新たに31ヶ所見つかった)。一方、米国の月探査機クレメンタインにより6個のクレーターの中央丘にカンラン石を見つけたとの報告がありましたが、その観測ではカンラン石を同定する上で重要な波長帯である1.05 μm から長波長側を使用できなかったため、そのうち5個が間違っていることが今回のSPによって確認されました。

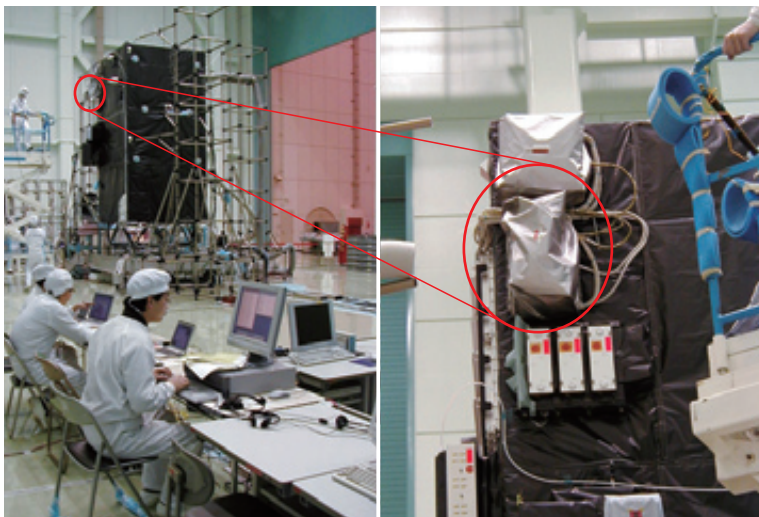
以前から報告されていた3ヶ所を含むカンラン石に富む34ヶ所の領域は、いずれも、図2中の青~紫の領域 (地殻厚が相対的に薄い) の近傍にのみ分布しています。これらの地殻厚が薄い部分は、今から40億~38億年程前に巨大隕石の衝突で形成された巨大衝突盆地 (「月の海」とも呼ばれる) に相当しています。一方、月の裏側の高地と呼ばれる地殻の厚い部分に、カンラン石は見つかりませんでした。

さらに巨大衝突盆地の周辺を詳しく見ると、カンラン石に富む領域は巨大衝突盆地を囲むように分布していることが分かりました (図3)。例えば、「危難の海」では、カンラン石に富む領域がこの海をぐるりと取り囲むように分布していることが分かります。一方、海の中央部分や、巨大衝突盆地の縁から離れたところには見つかりませんでした。このような特徴はほかの巨大衝突盆地のまわりでも同様に観測されました。また過去にカンラン石があると報告されていた場所 (例えば図3 (b) のコペルニクスおよびアリストアルコスクレーター) についても、同様に「雨の海」と呼ばれる巨大衝突盆地を取り囲む場所に位置することが分かりました。

また、直径が2600kmもある南極一エイトケン盆地は、その大きさから中央付近に月マントル起源のカンラン石が分布すると期待されてきましたが、過去の探査ではカンラン石は見つかりませんでした。今回SPは、南極一エイトケン盆地の縁領域にカンラン石に富む領域を見つけました。さらにSPを利用した研究により、南極一エイトケン盆地中央部分の地下には衝突盆地形成時の衝突溶融物起源と考えられる輝石 (ケイ酸塩鉱物の一種) の層があることが分かっています。この溶融物形成過程において、マントル起源のカンラン石は密度が高いため深部に沈む一方、軽い輝石が上部に層を成したため、南極一エイトケン盆地の中央部ではカンラン石が見つからなかったと考えられます。

このように、月面上のカンラン石に富む領域は、地殻厚の薄い巨大衝突盆地の縁部分にのみ分布するということが明らかにされました。では、このような偏った分布がどのようにして形成されたのでしょうか？

図1 月周回衛星「かぐや」に搭載されたスペクトルプロファイラ (SP) 赤の囲み、銀色のカバーが掛けられている。



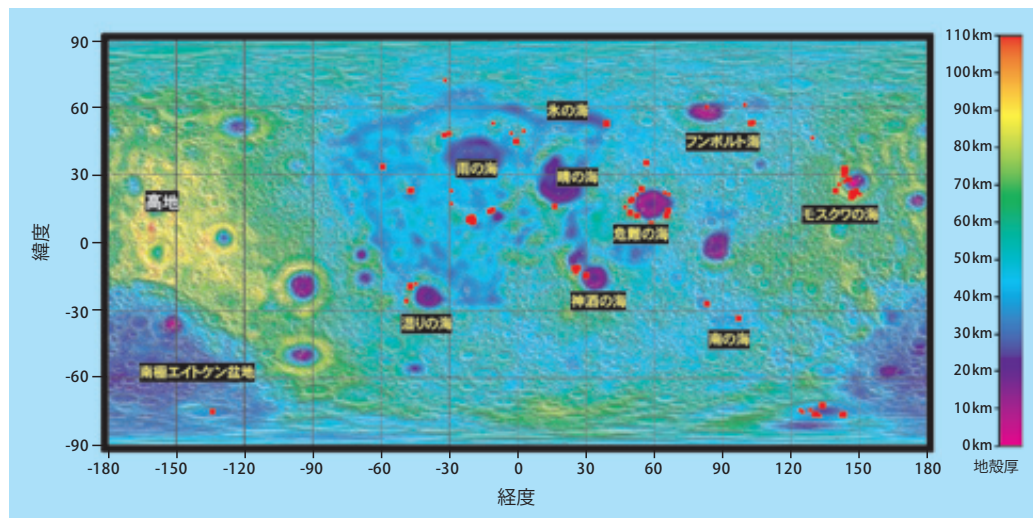


図2 スペクトルプロファイル (SP) が見つけたカンラン石に富む領域の月面上での分布図 (赤点)
背景図は、「かぐや」に搭載されたレーザー高度計による月高度モデルと、子衛星を利用した4ウェイドップラー観測によって得られた月の重力場モデルとに基づいて推定された地殻厚データ。紫から水色が地殻の薄いところ、黄色や赤が地殻の厚いところに相当する。

巨大天体衝突による月マントル物質の掘削

過去の研究では、従来見つかったカンラン石がどのようにして地表に現れたかの説明として、プレート仮説が提唱されています。これは、月の下部地殻にはマグマが貫入してできたトロクトル岩 (トロクトライト) があり、中程度の大きさの衝突クレーターが形成されたことにより、表層に曝露されたというものです。つまり、過去の研究では、月面上のカンラン石はマントル起源ではなく下部地殻のマグマ起源であると考えられていました。一方、今回SPで見つけたものはいずれも、地殻厚の薄い領域にある直径数百～1000kmにもなる巨大な衝突クレーターの周辺であり、過去に考えられてきた中程度のクレーターの中央丘にはほとんど見いだされませんでした。

このことから我々は、月の表面に分布するカンラン石は、かなり深いところにある物質、すなわち月のマントルが、巨大天体の衝突によって掘り起こされたものと考えました。今回見つかったカンラン石に富む領域の地殻はいずれも相対的に薄く、衝突前の地殻厚も現在の月裏側地殻の最大厚 (～100km) よりも薄かったと考えられます。このため直径数百～1000kmを超える巨大衝突盆地の形成時 (掘削される深さは最大100km程度にもなる) には、地殻の下にあるマントルまで掘削されたと考えられます。巨大衝突盆地の中央部分で発見されなかった理由としては、海の形成に伴い表面が玄武岩質の溶岩で埋め尽くされたことが考えられます。

さらに、今回見つかったカンラン石に富む領域の反射スペクトルを詳細に解析したところ、このスペクトルが、カンラン石に富む岩石の中でも、マントル起源と考えられるダカンラン岩 (ダナイト) に非常に近く、月の下部地殻にあると考えられているトロクトル岩とは一致しないことも分かりました。これも、月表面で検出されたカンラン石がマントル起源であることを裏付けます。以上のことから、SPが発見したものは巨大天体の衝突によって掘り起こされた月深部のマントル物質である可能性が極めて高いと考えられるわけです。

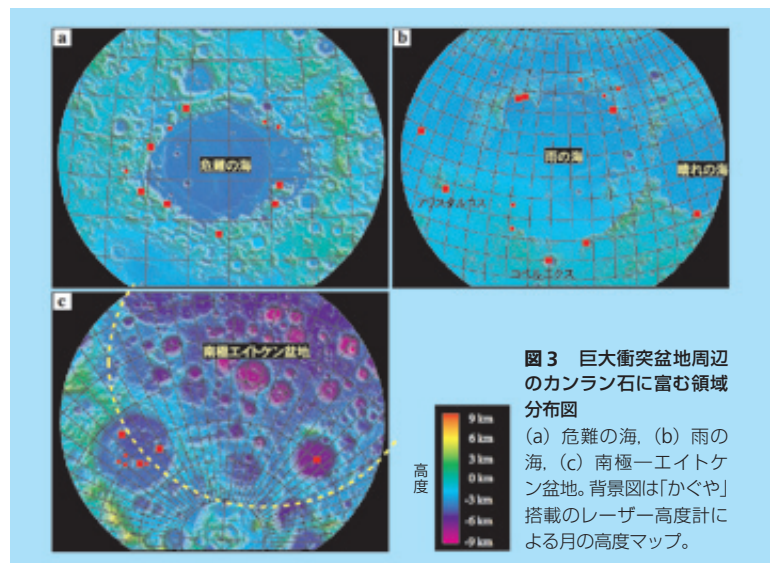


図3 巨大衝突盆地周辺のカンラン石に富む領域分布図
(a) 危険の海、(b) 雨の海、(c) 南極-アイトケン盆地。背景図は「かぐや」搭載のレーザー高度計による月の高度マップ。

今回の発見の意味するもの

SPの今回の発見は、月マントルの形成とその進化の研究において、大変重要な情報や制約を与えてくれるものです。例えば、月マグマオーシャンモデルでは、地殻と上部マントルの間には「クリープ」と呼ばれる、マグマから最後に固化した放射性元素に富む岩石の層があったと考えられています。そのため、上部マントルのカンラン石を掘り起こすような巨大衝突があれば、クリープも表面に現れると考えられます。しかし、過去の探査によれば、クリープは月表側中央の巨大盆地地形 (「雨の海」「嵐の大洋」など) に濃集しているものの、同じようにカンラン石が大量に見つかった「モスクワの海」や「危険の海」では濃集は見つかりません。これは、カンラン石が掘り起こされた巨大衝突盆地の形成が起きたときよりも前に、このような物質が月の表側の一部またはマントル深部に濃集し、それ以外の領域には存在しなかったことを意味します。このように、カンラン石の分布をもとにして、大昔の月内部物質の分布について具体的な情報が得られるようになります。そのため、今回の発見は、今後の月の内部進化、さらにいえば地球など他の天体の進化の詳細な理解につながる大変重要なものであると期待されます。(やまもと・さとる／まつなが・つねお)

相模原キャンパス特別公開開催

5月に「あかつき」と「IKAROS」の打上げに成功し、6月には「はやぶさ」の地球帰還が実現して社会現象化した中で、7月30日(金)と31日(土)に毎夏恒例のJAXA相模原キャンパスの公開を迎えました。昨年から相模原キャンパスの常時公開を始めたことを踏まえて、名称を「特別公開」と改めてのお目見えです。「はやぶさ」の再突入カプセルの世界初公開のおまけつきですから、実行委員長としては収容不能ほどの来場者で大混乱となるのではないかと戦々恐々としていました。

相模原キャンパス内では、例年並みの約50の出展がありました。隣接する相模原市立博物館では、「はやぶさ」カプセル展示を中心に、「はやぶさ」の川口淳一郎プロジェクトマネージャと「IKAROS」の森治チーム長による宇宙科学セミナー、ミニミニ宇宙学校、そして全天周映像『HAYABUSA BACK TO THE EARTH』の上映を実施、相模原市立共和小学校では恒例の水ロケット教室を開催しました。相模原キャンパスだけで、初日1万4216人、2日目1万9645人と、昨年度の2倍以上となる合計3万3861人の来場がありました。

市立博物館では早朝から「はやぶさ」カプセル展示待ちの長蛇の列(最大4時間待ち)が発生し、2日目には開場を9時に繰り上げましたが、一時は列が伸びて相模原キャンパスの建物の出入り口をふさぐほどになりました。待ち行列の受け付けを一時中断するなどして対処し、事故もなく無事に終了することができました。市立博物館の入場者は、初日

が約1万3000人、2日目約1万7000人と聞いています。待ち行列のあまりの長さ故、一方だけをご覧になった方もかなり多かったようで、大ざっぱに見積もって相模原キャンパスと博物館2日間で合計5万人程度の人出と思われます。

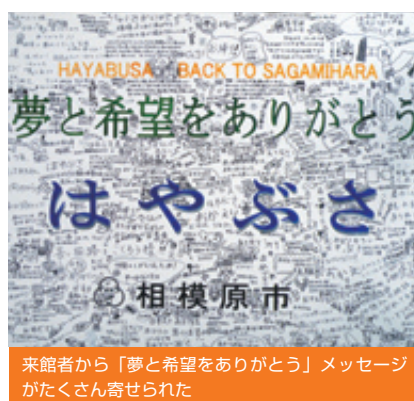
当初はキャンパス内でカプセル展示をする案もありましたが、特別公開と両立できる会場がないこと、待ち行列を含めたすべての来場者をキャンパス内に収容できないこと、展示に慣れている人に対応を任せる方が良いことなどから、市立博物館の特別展示室をお借りすることにしました。学芸員のアドバイスのもとに動線づくりなどを立案することができ、当日も相模原市役所の各部署から多くの職員がご支援くださいました。おかげで大きな混乱もなく、この規模のイベントとしては比較的スムーズな運営ができたのではないかと考えています。

2日間の開催を試行した昨年に比べると、1日目の状況を見て2日目の「混雑感」を緩和するように自律的に考えて動くなど、現場も2日間開催に慣れてきているようです。しかし、研究開発活動を中断して公開をしていますので、これ以上の延長は難しいと考えています。また、来場者からの希望が多い土日開催は、私自身が目指していたゴールですが、大部分の職員を2週間連続で働かせることになり、労務管理的にかなり厳しいことが分かりました。とはいえ、頂いたご意見は、常時公開や来年度以降の特別公開に可能な範囲で反映させるつもりです。当日は来場できなかった方も、改善のためのご意見をお寄せください。(阪本成一)

「はやぶさ」の暑い夏

小惑星探査機「はやぶさ」の地球帰還の話題がメディアで取り上げられてから、相模原市立博物館の暑い夏が始まりました。今年1月から上映している『HAYABUSA BACK TO THE EARTH』は、1回当たりの平均観覧者数(定員210人)が帰還前の50人から帰還後には180人と急増し(8月31日までの統計)、平日を含めて10日間連続で満席となるなど、過去に類を見ない人気の高まり、「はやぶさ」熱の急上昇にうれしい悲鳴を上げることになりました。

「はやぶさ」猛暑日となったのは、7月30日、31日の2日間です。JAXA相模原キャンパス特別公開の超目玉企画「は



やぶさ」カプセルの世界初公開とあって、観覧を待つ人は早朝から長蛇の列となり、炎天下にもかかわらず終始途切れることもなく最大で約4時間待ちとなりました。

今回のイベントでは、展示の打診を受けてから公開まで、極めて短期間で展示手法や導線計画などの準備をしなければならず、学芸員の持てるノウハウを十分に発揮できるたぐいまれな機会となりました。また、市役所

の他部署の人的・物的な協力も不可欠であり、各種のイベントを担当する観光部署ならではの提案による屋外用大型扇風機(ミストマシン)の設置や商店街の方たちによる飲料水

の売り歩きなどは、熱中症対策として大いに効果を発揮したものだと思います。

それぞれの部署のノウハウを活かした対応により、(想定以上のにぎわいに受水槽の水がなくなり、一時、全館のトイレの水が流れなくなるというアクシデントもありましたが) 相模原市立博物館開館以来、最大規模のイベントを大過なく終えることができ、関係者一同ほっと胸をなで下ろしたところです。

気象庁によると、6～8月の平均気温が平年比プラス1.64℃で観測史上最高気温となるなど、今夏は記録的な猛暑とのことですが、この猛暑は、きっと「はやぶさ」熱がその一因だったのではないのでしょうか？

夢と希望と感動を与えてくれた“はやぶさの暑い夏”，まだまだ続きそうな“はやぶさの残暑”。この熱気が「はやぶさ2」の成功へと続くことを願ってやみません。

(相模原市立博物館 有本雅之)

平成22年度第二次気球実験

平成22年度第二次気球実験が、8月16日から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。

まず8月22日に、成層圏大気中の温室効果ガスなどさまざまな大気成分の濃度や同位体比の測定を目的とした成層圏大気クライオサンプリングを実施しました。午前5時12分に放球された満

膨張体積10万 m^3 の気球は成層圏大気を採取しながら高度34.5kmまで上昇しました。上昇中、水平浮遊高度および気球がゆっくり降下している間に、高度別に大気を採取できました。

8月27日には、飛翔経路を制御可能な空気抵抗が小さな気球開発の一環として、俵型気球の飛翔試験を実施しました。午前5時41分に放球された満膨張体積5000 m^3 の俵型圧力気球は、高度25.2kmにおいて気球が完全に展開し、気球内圧が外部大気圧より高い与圧状態になりました。その後内圧が上昇していく途上で気球下部のフィルムが裂けましたが、成層圏環境での気球の膨張過程と圧力気球用の気球破壊機構の動作を確認できました。

9月1日には、将来のスペースプレーン技術を習得する研究の一環である、気球を利用した超音速飛翔体の飛行実験



成層圏大気クライオサンプリング実験で放球台上に観測装置をセットする様子

を実施しました。午前4時48分に放球された満膨張体積30万 m^3 の気球から高度37.6kmで分離された超音速飛翔体を用いて低毒性補助推進系とスペースプレーン用ジェットエンジン燃焼実験を実施しましたが、飛翔体の姿勢運動が計画の範囲を超えたため、安全に配慮して実験を中断し飛翔体を降下させました。

そしてようやく朝晩秋めいてきた9月8日午前5時48分に、高高度薄膜気球飛翔性能試験と成層圏オゾン・大気重力波観測を目的として、満膨張体積3万 m^3 、膜厚3.4 μm の高高度薄膜気球を放球しました。高度46.8kmに達するまで、光学式・電気化学式2種類のオゾン観測器によりオゾン、風速などの精密観測を行い、地表付近から上部成層圏までのオゾン高度分布と大気重力波などによるその微細構造の観測に成功し、同時に幅広フィルムを用いた高高度薄膜気球の飛翔実証および気球引裂き機構の動作確認という所期の目的を達成しました。

今年度第一次気球実験では、気象条件が実験に適さず放球機会を得られませんでした。第二次実験では予定した実験をすべて実施することができました。関係者各位のご協力に深く感謝いたします。(吉田哲也)

丸の内での「はやぶさ」関連イベント

JAXA iサマーウィーク「おかえり、はやぶさ～君が私たちに残してくれたもの～」特別イベントが、8月15日から

19日にかけて東京・丸の内で開催されました。これは毎年恒例の子ども向けイベントに加え、6月13日に地球への帰

還を果たした小惑星探査機「はやぶさ」の再突入カプセルの展示と、関係者によるトークショーを行うというものです。

トークショーは初日である15日に丸善・丸の内本店3階の日経セミナールームをお借りしての実施となりました。総入れ替えでの3部構成でしたが、各回120人の定員に対して6倍強もの応募があったそうです。第1部の「その時、何を考えた? 〜イオンエンジンの秘策〜」では、大学の研究室の先輩後輩でもある國中均教授とNECの堀内康男さんを迎えてのイオンエンジン談話。第2部は「その時、何を考えた? 〜最後の運用室とカプセル回収最前線〜」で、7年間の運用に当たったNEC Netzエスアイの中村陽介さんと、気球実験の装置回収のスペシャリスト(回収率100%)としてカプセル回収班に参加した並木道義さん、カプセルの開発と回収作業に当たった山田哲哉准教授の3人によるリレートークがあり



カプセル回収の際に使用したプロテクター姿での登場に大喝采

が、「はやぶさ」後継機の必要性について訴えました。

一方の再突入カプセル公開は、階下にある丸の内オアゾの「〇〇広場(おおひろば)」で会期中毎日8時から20時まで開催され、大きな混乱もなく終了しました。5日間の合計来場者数は4万2874人とこのことで、相模原キャンパス特別公開から始まった「はやぶさ」カプセル一般公開の来場者総数も10万人を超えました。近隣の店舗でも「はやぶさ」ランチなど特別メニューが登場し、街全体が「はやぶさ」一色となりました。(阪本成一)

第9回「君が作る宇宙ミッション」開催

夏の恒例行事となった高校生体験プログラム「君が作る宇宙ミッション」(通称:きみっしょん)が、7月26日から30日に相模原キャンパスで開催されました。今回は特別公開と日程が重なってしまったため、会議室を渡り歩いたり、運営の主体である大学院生スタッフに大きな負担がかかったりと、大変なこともありました。が、とにかくも無事に4泊5日の日程を終えることができました。

今年も、24名の高校生が4つの班に分かれ、各自が持ち寄ったアイデアをもとに議論と検討を重ね、宇宙ミッションを作成しました。例年個性豊かな提案がある「きみっしょん」の中でも、今年のミッションは、さらに輪をかけてユニークなものでした。A班は宇宙最初の星の光をとらえるための月面天文台構想、B班は月面に老人ホームをつくらうという提案、C班は宇宙に慣れ親しむための観光施設、D班は世界中の人が自由に通信できる宇宙通信網の敷設。どれも高校生たちの独創的なアイデアと、それを皆で一つの形にしていた努力のたまものです。



将来、宇宙科学の研究者として再会することを願いつつ記念撮影

最終日に書かれた高校生のアンケートから、感想をいくつか紹介しましょう。
●「きみっしょん」で何を一番学びましたか? ——
『「研究する」という言葉の意味が以前よりよく分かるようになった』『何をするにも『何のためにしているのか』を考えること、型にと

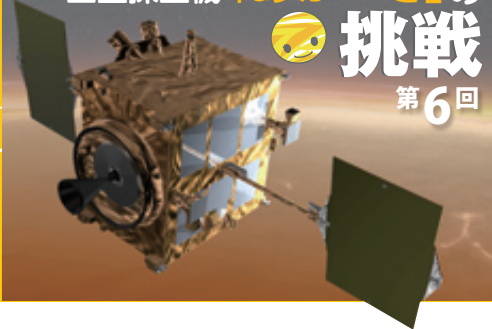
られないこと、熱中することの楽しさ』

●自分に必要だと思ったのは? —— 「論理的思考力」「妥協してはいけないところで妥協しない根気」

一方で、ほとんどの人が「きみっしょん」での活動を「物足りない、やり足りない」と答えています。これから、来年の春の日本天文学会ジュニアセッションでの発表に向けて、さらにミッションを磨き上げていく気合が満々です。みんな、頑張ってください。さらに将来、ぜひ宇宙科学の研究者として再会しましょう。

主催(共催)者である宇宙研大学院生スタッフと教育センターの皆さん、お疲れさまでした。そしてご支援・ご協力いただきました宇宙科学振興財団、ハーベスト、宇宙研生協、職員の皆さまに心より感謝申し上げます。(山村一誠)

金星探査機「あかつき」の挑戦 第6回



深宇宙探査を支える通信システム

宇宙情報・エネルギー工学研究系 准教授
戸田知朗

「あかつき」は、「はやぶさ」までの得難い経験を形あるものに変えて長年の深宇宙探査技術を継承する使命も担っています。しかし、「守成は難し」。成功の内にも潜む問題点を見逃さず、緻密に補ってより高い完成度へ変成する継承者の仕事はいぶし銀の味わいです。

「あかつき」が新調した通信装備を図1に並べました。トランスポンダ (X-TRP) から高出力増幅器 (TWTA, SSPA), アンテナ (HGA, MGA, LGA) まで、耳目に当たる通信装置は新しく生まれ変わっています。小型化, 軽量化, 低消費電力化を果たすと同時に, 早々に色あせないために独自の工夫を加えてなっています。成果がなるべく多くのプロジェクトに役立つことを願うならば, 使いやすさを損なわない程度に斬新であるべきです。機器開発だけではありません。図1は, 送信経路 (左向き矢印) も受信経路 (右向き矢印) も常に2経路確保できることが見て取れると思います。完全冗長といえるこの構成は, 新規開発に支えられる「あかつき」に必要なものであると同時に, 今後のプロジェクトにとっても採用しやすいものです。「あかつき」は, 今後の深宇宙探査に必要となる通信系の標準構成を提示したのでした。

「あかつき」からの最初の便りは, NASAの深宇宙ネットワーク (DSN) に所属する34m地球局へ届く手はずになっていました。そのため, 新規開発のトランスポンダとNASA地球局通信装置との噛み合わせ試験など, 入念に準備してきました。打上げ時には, 上述の冗長構成で2つの低利得アンテナへ経路選択することにより, 「あかつき」は全天に聞き耳を立てることができます。とにかく, 通信装置が機能してデータの送受信を開始しない前には「あかつき」の安否も何も分からないわけですから, 技術の継承もあったものではありません。果たして, 「あかつき」は予定通りの信号をDSNへ向けて送信してきました。その後もいくつか思いがけないことは起きましたが, すべては人間の側の思い込みやうっかりなどが原因なので, 「あかつき」の通信系は正常なものでした。図2は, 内之浦34m局で最初に送受信した信号レベルの推移です。運用中のイベントもいくつか記されています。私たちはまずこれにより「あかつき」が期待通りに応答していることを知のです。期待値と計測受信レベルがよく一致しています。

私たちはこの後, 1ヶ月をかけて図1の進行波管増幅器 (TWTA) を除くすべての機器が健全であることを確認しました。例えば, 高利得アンテナ (HGA) は「あかつき」構体に対し0.2度以下の傾きで設置されていて設計通りに35.7dBi (送信), 23.4dBi (受信) の性能を発揮している

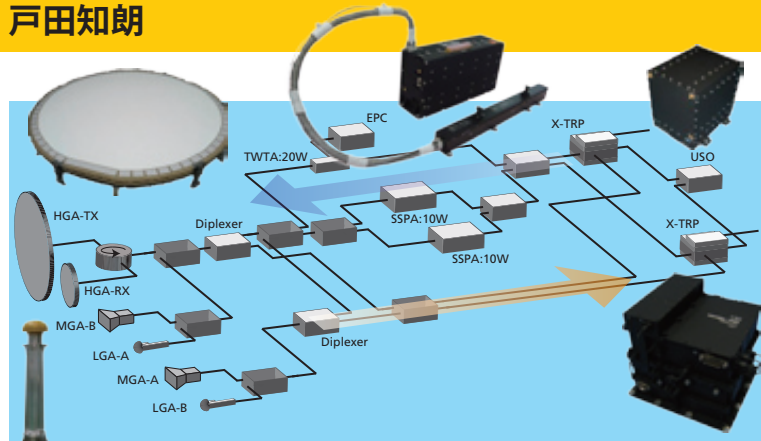


図1 「あかつき」の通信系の構成と新しい搭載通信機器

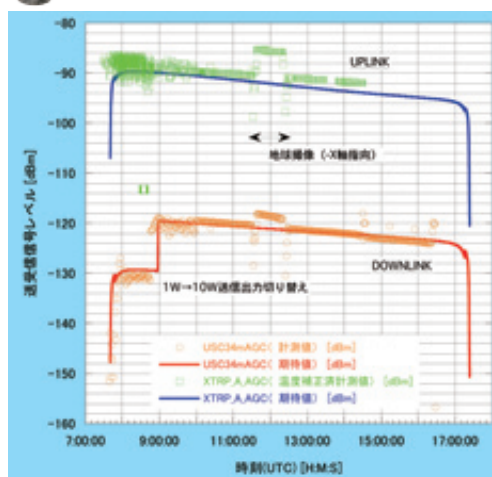


図2 「あかつき」内之浦34m局第1可視における搭載 (UPLINK) /地上 (DOWNLINK) 受信信号レベルの推移

ことも確認できましたし, トランスポンダ (X-TRP) は超高安定発振器 (USO) から十分に安定な信号を生成できて電波観測実験に十分なことも証明されました。なお, 今は固体増幅器 (SSPA) を使っていて, TWTAはずっと遅く金星到着直前に試験予定です。7月から8月にかけてX-TRPと地上局の測距装置を結んで, これも「あかつき」が導入した再生型測距方式の評価試験を実施しています。本稿執筆時点で, 再生型測距方式は従来型に比べて測距結果の回線条件への依存性が少なく, 遠距離においても劣化のない安定な測距性能を確認できました。

これら「あかつき」の通信技術の方向性の確かなことは, それらが早くも続くプロジェクトに採用されている事実から読み取ることができます。同時打上げの「IKAROS」をはじめ, 水星探査機「BepiColombo MMO」, 「はやぶさ2」など, 今後10年以内に打上げを目指す深宇宙ミッションのすべてが, 通信技術においては「あかつき」にならうこととなるでしょう。「あかつき」の旅はまだ緒に就いたばかり, 通信技術の試練もしかりです。「あかつき」の技術を信頼する後続のミッションのためにも失敗の許されぬ旅は続きます。

(とだ・ともあき)

祝い祝われ

ニューヨーク

7月20日から22日まで、ニューヨークにて International Symposium on Solar Sailing (ISSS 2010) が開催されました。ニューヨーク市立工科大学が主催する、まさにソーラーセイルのための学会で、今回は9ヶ国が参加して各機関の進めるソーラーセイルの研究開発動向について報告されました。

JAXAもソーラーセイルの研究を進めていて、今年5月に小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」を打ち上げています。「IKAROS」は世界初のソーラーセイルとして、6月には20m級の膜面展開、分離カメラによる展開膜の全景画像の取得、光子加速の確認など数々の成功を収めてきました。

この数々の成功を祝う席で、「この成果、7月の学会で大いに公表すべきだね」という話が進んだ結果、急きょねじ込まれたのが、今回の私の学会出張です。実は申込締め切りを1ヶ月近く過ぎていたのですが、主催者側にも「IKAROS」の成果を発表してほしいという希望があったようで、快く受け入れてもらえました。日本からは、学生2人を含む6名が参加し、発表してきました。

「IKAROS」では、設計から打上げ・運用まで、学生が非常に多くの場面でかかわっています。私も学生としてチームに加わり、研究テーマになるようなことにもならないようなことにも、多岐にわたってかかわらせていただきました(今回の「東奔西走」の執筆もその一つ?)。中でも大きな力を注いだのがセイル膜面の展開運動解析で、今回の発表は、この内容とフライトデータを比較した結果についてのものです。私にとって今回のような世界初のソーラーセイルという重要な成果を抱えての発表は初めてのことで、なかなか得難い経験です。とにもかくにも急いでデータをまとめて、学会に乗り込みました。

実際に学会に参加してみたところ、「IKAROS」チームに対する注目度は予想以上のものでした。何しろ構想から100年、これまでなかなか実現し

なかった推進方式です。例えば米国惑星協会などでは、幾度もチャレンジしてきたのに、打上げ失敗の不運に見舞われて成功できなかった経緯もあります。自分が同じ立場だったら、きっと悔しい表情になってしまうだろうな……と思っていたのですが、みんな自分のことのようにソーラーセイルの実現を喜んでくれていました。各チームとも周囲の理解を得てソーラーセイルプロジェクトを進めること自体に苦心しているようで、「ソーラーセイルはもはやSFや夢物語ではない」ということを示したのが、「IKAROS」の大きな成果だと受け止められているようです。多くの人があちこちで「Congratulations!」と祝福してくれるたびに、こそばゆい気分になりました。

海外のチームの発表も力が入ったもので、「次は我々が……」という強い意気込みが感じられます。直近の米国惑星協会の「Lightsail-1」をはじめとして大小多くのプロジェクトが進んでおり、早くも来年から続々と新たなソーラーセイル出航のニュースが飛び交いそうな様相です。

実のところ、「IKAROS」のようなスピンの遠心力を利用してセイルを広げるタイプのソーラーセイルの研究を進めているところは皆無でした。海外ではマストがあるタイプのセイルの研究が主流で、私たちとは展開方法や姿勢制御方法など根本的に発想が異なっており、ここに起因する初歩的な質問も多いです。より大型のセイルを扱うには、軽量なスピンタイプがよいはずなのですが、どのタイプが主流になっていくのかまだまだ分かりません。

さて、学会の合間には、せっかくですのでニューヨークの街をぶらついてきました。おのぼりさんよろしく自由の女神を見たりエンパイアステートビルに登ったりタイムズスクエアを練り歩いたり、有名なところばかりなのでガイドブック以上の情報を提供できませんが、何よりお勧めとしてニューヨークチーズケーキを挙げておきます。「IKAROS」チーム内外では、打上げ成功祝いでチーズケーキが登場して以降、いつの間にか「お祝い=チーズケーキ」の図式が出来上がっています。その宿命が偶然か、最後の夜にステーキでお祝いをした後デザートとして食したところ、本当においしいものでした。米国のデザートにははなから期待していないのですが、なぜチーズケーキだけがこうも口に合うのか……。あらためて米国の食文化は不思議なものだと感じました。(しらさわ・ようじ)



最後の夜に無事発表成功を祝ったロックフェラーセンターのパーとニューヨークチーズケーキ

白澤洋次

東京大学大学院工学系研究科
航空宇宙工学専攻 川口研究室 博士課程3年



我が国の宇宙開発・利用促進について

折井 武

日本ロケット協会 会長

小惑星探査機「はやぶさ」の帰還、カプセル回収は、私にとっても特別な感動を味わった出来事でした。オーストラリアで回収されたカプセルが、生まれた相模原の宇宙科学研究所に戻ってきた6月18日のその日に、(財)日本宇宙フォーラム(JSF)を退職しました。NEC在職時、「はやぶさ」プロジェクトを立ち上げる時期にその一端を担ったこともあり、6月18日は一生忘れることができない記念日となりました。「はやぶさ」は、当時の日本の技術力を総動員し、知恵と工夫で武装し、宇宙に関係している業界はもとより、宇宙とはなじみのない企業が民需目的で研究・開発した部材や部品も使用し、匠的なものづくりで構築された人工知能的要素を盛り込んだ「探査機」でした。本プロジェクトを推進された上杉邦憲先生や川口淳一郎先生をはじめ関係された諸先生の卓越した指導力と、日本産業界の総合力のたまものと思っています。

縁あってJSFで働く機会があり、企業とは違った職場での体験も含めて、今後の我が国の宇宙開発・利用促進について、コメントしてみたいと思います。

最初のコメントとして、JSF在職時にいろいろな方々とお会いし話を伺う機会があった中で強く共感を覚えた、西岡喬 元三菱重工業(株)会長の言葉を紹介させていただきます。

それは、「我が国の宇宙開発・利用促進をさらに推し進めるには、大学の研究者が使命感を持って、自分のやりたい研究を発信し、実行できるように行政に働き掛けるべく、不屈の行動が今まさに求められている。企業人がいくら国の将来を考えて発言・行動しても、その裏に、自分の会社にメリットが出るように言っているのではないか、と思ってもいいことを勘繰られて

しまう」という言葉です。

私なりに解釈すれば、大学の研究者は、研究の仲間内で小さくまとまっていたはいけない。思い描く研究を企画・提案し、行政と予算の獲得実現まで行動する、いわゆる研究と行政との「橋渡し」を国民にも見える形で実行することではないかと思えます。

もう一つは、長年現場でものづくりに携わってきたことからのコメントです。今後ロケットや人工衛星をつくり上げるには、日本の総産業力を維持・向上させることが大変重要です。なぜならば、ロケットや人工衛星は、日本の民需産業力の集大成そのものだからです。そして民需産業の総合力の維持・向上に必要なことは、途切れることなく常に、仕事作り手の現場に流れていることです。そこで初めて製造・試験設備の維持ができ、それを安定に動かせる技術力の維持・向上や人材の維持・育成が可能となります。

残念ながら仕様書や設計図(図面)だけでは、高品質のロケットや人工衛星はつく

れません。なぜなら、ロケットや人工衛星に搭載する特殊な素材や部品、匠的な加工や組み立ての技術、製造技術、試験・評価技術と秀でた技術者・技能者がいて、初めてなし得ることだからです。

現在、国の財政が大変厳しい状況にある中でも、我が国の宇宙開発・利用の将来を定め、それに向かって時間と資金を明らかにして推進し、そして進捗状況を評価し、ときには見直しを行って、知的財産を守りながらオープンに進めることができればよいのではないのでしょうか。

また、さらに縁あって、糸川英夫先生が初代代表幹事を務められた日本ロケット協会(JRS)の会長を担うことになりました。JRSは1956年に、「梓にとらわれない自由な発想で宇宙科学・技術の進歩、普及および発展に寄与する」との理念を持って設立された日本で最も古い宇宙関係の学術団体です。

この理念に基づいて、JRSでは1993年に世界に先駆けて宇宙観光産業プランを発表して以来、我が国による宇宙旅行の実現に必要な輸送系や地上インフラ整備、そしてビジネスモデルの構想について議論を積み重ねています。先進的なアイデアをさまざまな専門家の手で具体的な構想に仕上げる活動を推進し、これらの活動を通じて、日本の宇宙開発・利用の促進に貢献したいと考えています。(おりい・たけし)



お世話になった、どこか似ている諸先輩とともに。左から井上浩三郎さん、八坂哲雄先生(九州大学)、筆者。

再び宇宙を廻る航海へ

はやぶさプロジェクトマネージャ

川口淳一郎

—— 小惑星探査機「はやぶさ」の帰還には、世界中の人が注目しました。

川口：自分たちのやっていることが多くの人に理解され、関心を持ってもらえるのは、何よりうれしいことです。小惑星イトカワまで行って表面のサンプルを採取して地球に戻ってくる——「はやぶさ」はとても分かりやすいミッションであることも、関心を集めた大きな理由でしょう。逆に、失敗すれば、それもはっきり分かっけてしまいます。大きなプレッシャーも感じていました。

—— 月以外の天体に着陸し、地球に戻ってきた探査機は、「はやぶさ」が世界初です。その快挙を、NASAやESAではなく、日本が成し遂げました。

川口：「はやぶさ」には、主な目的が5つありました。新しい推進機関であるイオンエンジンによる惑星間飛行、自律誘導航法、小惑星のサンプル採取、イオンエンジンと組み合わせた地球の重力を利用して加速する地球スイングバイ、サンプルを積んだカプセルを大気圏に再突入させて地球に持ち帰る。こんな初めてのことばかりのミッション、怖くてどこでもできないですよ。でも1995年、日本は「はやぶさ」ミッションにGOを出した。たとえハイリスクでも新しい技術に挑戦しなければいけないと、理解を示してくれる人たちがいたのです。

—— 難しいミッションを成功させたポイントは何？

川口：幸運です。そして日本の技術力。ハレー彗星探査機「さきがけ」「すいせい」や工学実験衛星「ひてん」で軌道制御技術を学び、火星探査機「のぞみ」で運用技術を学び、日本の惑星探査技術は着実にステップアップしてきました。「はやぶさ」は、その技術を受け継いでいます。

—— 7年の間には、探査機の姿勢を安定させるリアクションホイールの故障、燃料漏れ、通信途絶など、多くの困難に直面しました。もう駄目だ、と思った瞬間はありませんでしたか。

川口：「はやぶさ」のミッションは「航海」なんです。「航（わたる）」には「戻る」という意味も込められています。地球を出発し、地球に戻ってこなければ、航海にはなりません。だから、あきらめたことは一度もありませんでした。

イオンエンジンを使ってイトカワに行っただけでも十分大きな成果です。しかし「はやぶさ」が戻ってこなかったら、日本では



かわぐち・じゅんいちろう。1955年、青森県生まれ。工学博士。京都大学工学部機械工学科卒業。東京大学大学院工学系研究科航空学専攻博士課程修了。1983年、宇宙科学研究所に入所。2008年より、宇宙航行システム研究系教授・研究主幹、月・惑星探査プログラムグループプログラムディレクタ。専門は姿勢・軌道制御工学。

サンプルリターン探査は二度とできないかもしれません。日本の惑星探査を次につなげていくためにも、航海を成し遂げなければならぬ。その思いが強かったですね。

—— 「はやぶさ」の成功が追い風となり、「はやぶさ2」が本格的に動きだしました。

川口：「はやぶさ」は、傷ついてよろめきながら地球に戻ってきました。「はやぶさ2」には、この「運」を「実力」に変えて定着させる目標があるのです。きっと確実に帰還し、科学的にもより多くの成果を挙げることができるでしょう。

しかし、私はこの状況を手放しで喜んではいません。現在の日本の宇宙開発は閉塞感に満ちています。「はやぶさ」のようなハイリスクでチャレンジングなプロジェクトに、今の日本の状況でGOが出るか、大いに疑問です。この状況を変えるためにはどうすべきか、本気で考えなければいけない時期に来ていると思います。

—— この道に進んだきっかけは？

川口：NASAの「パイオニア」や「バイキング」です。「パイオニア」は、木星や土星に接近してその重力を使って軌道を変え、太陽系の外へと旅立っていきました。「バイキング」は火星に軟着陸し高度な表面探査をやったのけました。高校生、大学生だった私は、その精密な飛行に感動し、自分のやりたいことが見えてきました。私の興味はその天体まで探査機をいかに精密に飛ばすか、また帰還させるかです。それは、今でも変わっていません。

—— 次はどのような探査機を飛ばしますか。

川口：私たちは今、「IKAROS」を金星に向けて飛行させています。「IKAROS」には、その先の計画があります。「はやぶさ」で実証したイオンエンジンと、「IKAROS」で初めて成功させたソーラーセイルや薄膜太陽電池を組み合わせたソーラー電力セイル探査機として、木星とトロヤ群小惑星を探索することを目指しているのです。その計画はまだ片道飛行ですが、さらにその先、ソーラー電力セイルで再び宇宙を廻る航海をしたいものですね。

ISAS ニュース No.354 2010.9 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

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 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

車検のディーラーと人間ドックの病院で、記入した勤務先を見ながら「『はやぶさ』が無事に帰ってきてよかったですね」と声を掛けられ、「はやぶさ」の知名度の高さを再認識しました。(松岡彩子)

* 本誌は再生紙(古紙100%)、大豆インキを使用しています。

R100
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