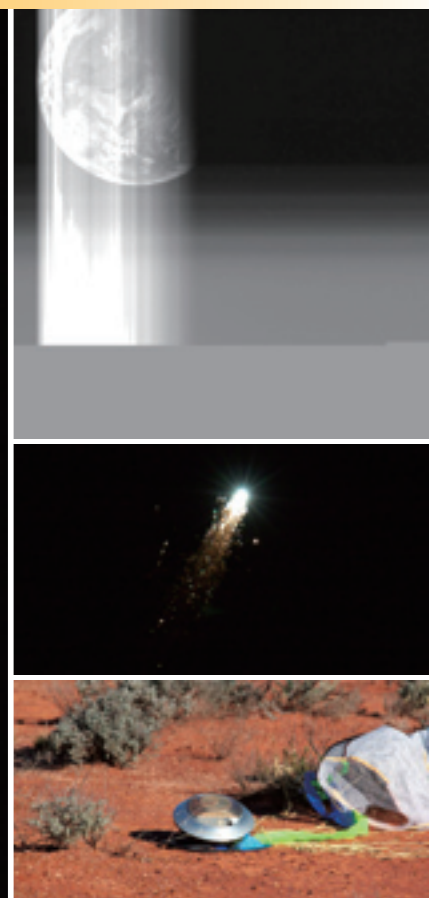




宇宙科学最前線

GEOTAIL衛星で探る オーロラ発生の謎

左：「はやぶさ」大気圏再突入時の光跡と満天の星空
右上：「はやぶさ」が最後に撮った地球
右中：大気圏に突入する「はやぶさ」本体とカプセル
右下：着地したカプセルとパラシュート

宮下幸長

名古屋大学 太陽地球環境研究所 研究員

爆発的なオーロラ～サブストームとは

夜空を美しく彩る神秘的なオーロラは、北極や南極の超高層大気中で発生する現象です。オーロラは、しばしば、真夜中付近で突然明るくなり、激しく動きながら爆発的に広がる場合があります。この激しいオーロラの活動は、オーロラブレイクアップ（オーロラ爆発）と呼ばれています。このとき、超高層大気中に数十万から数百万アンペアもの非常に大きな電流が流れるため、地上では地磁気の乱れが生じます。また、磁気圏と呼ばれる地球の持つ磁気の勢力範囲（図1）でも、電磁気や、電気を帯びた気体であるプラズマの激しい変動が起こります。

これらの変動のもとになるエネルギーは太陽に

あり、太陽風というプラズマの流れによって、地球周辺の宇宙空間まで運ばれてきます。太陽風が運んできたエネルギーの一部は、磁気圏の中に入り込んでいきます。このエネルギーは、磁気圏尾部と呼ばれる、磁気圏がしっぽのように長く引き伸ばされた夜側（太陽と反対側）の領域に、いったん蓄えられます。ある程度たまり、磁気圏尾部内で何らかの現象が引き起こされると、たまっていたエネルギーは爆発的に解放されます。その結果、磁気圏内で激しい変動が起き、また一部のエネルギーは地球の方にもやって来て、オーロラ爆発を引き起こします。この一連のエネルギー解放の現象をサブストーム（オーロラ嵐）といい、平均して1日に数回発生します。オーロラ爆発は、サブストームが発生したことを知る重要な手掛かりにな

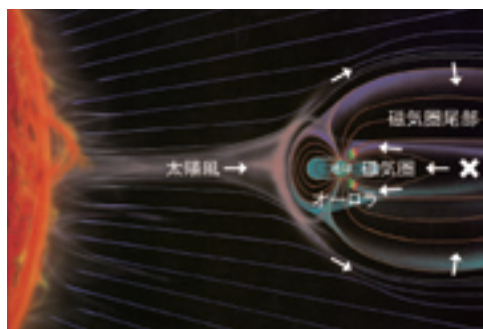


図1 地球磁気圏を太陽側から見た子午面断面図。矢印はエネルギーの流れを示している。(上出洋介氏より提供)

ります。何がサブストームのエネルギー解放のきっかけとなるかについては、いまだはっきりした決着はついておらず、磁気圏研究の大問題になっています。

地球周辺の宇宙空間で見られる激しい変動

はほかにもありますが、サブストームはその代表的なものです。ここで、サブストームの研究の意義について述べておきたいと思います。現代社会では、人類の宇宙空間の利用が不可欠になっています。ところが、太陽活動の影響による激しい変動が生じると、宇宙空間に滞在する人工衛星の損壊、宇宙飛行士の被ばく、通信障害、送電システムの損傷や停電が起きることがあります。このような被害は、人類の活動にも経済的にも大きな打撃です。この打撃を最小限にとどめるために、宇宙空間の変動である宇宙天気的基础研究と、その変動を予報する宇宙天気予報の研究が重要になってきます。

また、サブストームは、宇宙空間で起きる爆発現象の典型例であるといえます。地球と環境が異なりますが、水星、木星、土星などの惑星の磁気圏、太陽フレア、宇宙にあるほかの天体でも、サブストームと似た電磁気やプラズマの激しい変動が普遍的に見られます。サブストームの解明は、宇宙で起きる同様の爆発現象の解明や普遍的な宇宙プラズマ現象の理解にもつながります。このように、宇宙天気と宇宙プラズマ物理の観点から、サブストームの研究は重要です。

次に、サブストームを引き起こすきっかけだと

考えられている現象について説明し、その後、私たちの最近の研究成果を紹介します。

サブストームのきっかけ

サブストームは磁気圏尾部のどのような現象がきっかけで起こるのかについて、今まで多くの説が提唱されてきました。それぞれの説で、きっかけとなる現象の種類とそれが起こる場所、周囲への影響の伝わり方が異なります。どの説が正しいのか、ここ数十年の間、研究が盛んに行われ、現在も激しい論争が続いています。ここでは、数ある中で最も有力視されている説の一つである「磁気再結合モデル」について説明します。

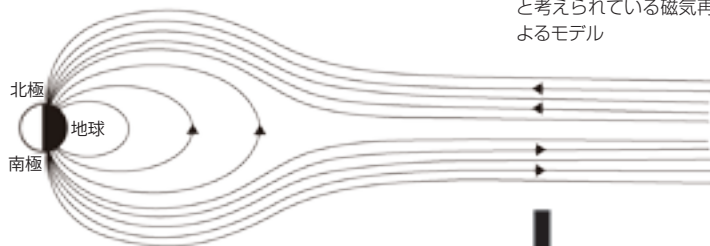
サブストームが始まる前、磁気圏尾部にエネルギーがたまっていく間、磁気圏尾部の磁力線(磁力の働く向きを示した線)は図2上段のように極端に引き伸ばされ、南側と北側の磁力線が平行で向きが異なる反平行の状態になります。あるとき、何らかの物理過程(詳細は未解明)により、南北の反平行の磁力線がつなぎ替わって、磁力線の形状を大きく変えます。これが磁気再結合です(図2下段の①)。磁気再結合は、地球から太陽と反対側に地球半径(約6400km)の約20倍の距離だけ離れた領域(以下、 $X \sim -20R_E$ と表します)で発生します(ちなみに月の軌道は、地球から地球半径の約60倍の距離だけ離れたところにあります)。

磁気再結合が起きると、磁気圏尾部にたまっていたエネルギーが解放され、サブストームが引き起こされます。磁気再結合領域の地球と反対側には、プラズモイドと呼ばれるプラズマの塊が形成され、毎秒数百から数千kmもの高速で地球から遠くへ放出されます。プラズモイドは、磁気再結合によってつくられた南向きの磁場と解放されたエネルギーの一部を運び去ります。また、磁気再結合領域の地球側では、プラズモイドとは逆に、北向きの磁場を持った、地球に向かう速いプラズマの流れができます。これが $X \sim -10R_E$ に到達すると、磁場双極子化と呼ばれる、引き伸ばされた状態の磁力線が元の形状に近づいていく現象が起きます(図2下段の②)。このとき、解放されたエネルギーの一部とともに粒子が地球の方に降り込んできて、激しいオーロラ活動が始まります。このように、磁気再結合モデルは、磁気再結合が発端となって一連のサブストーム現象が引き起こされるという説です。

GEOTAIL衛星のデータの解析

何がサブストームを引き起こすかを解明する

サブストーム開始前



サブストーム開始直後

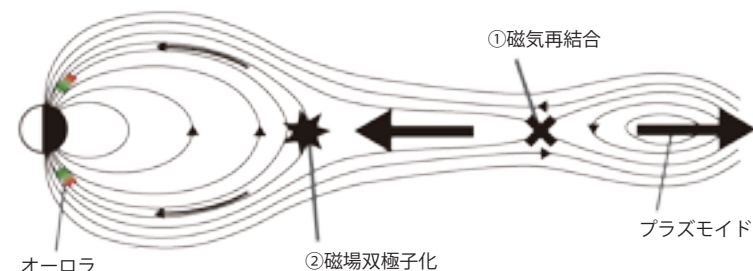


図2 サブストームのきっかけと考えられている磁気再結合によるモデル

ために、私たちは、サブストームが始まる直前から直後の磁気圏尾部の変化、つまり、いつどこで何が起こるかの全容を明らかにしたいと思いました。現在、磁気圏尾部を観測している人工衛星は、せいぜい5~6機なので、ある一つのサブストームについて磁気圏尾部全体の変化の様子を知ることは非常に困難です。そこで、4000例近くのサブストームの事例をオーロラの観測により集め、そのときの主にGEOTAIL衛星のデータをサブストームの開始時刻をそろえて重ね合わせ、統計処理をするという手法を用いました。そうすることで、磁気圏尾部全体を網羅することができます。

GEOTAILは、初めて本格的に磁気圏尾部を観測した衛星です。日本の宇宙科学研究所がアメリカと協力して、1992年7月24日に打ち上げました。打上げから18年になりますが、現在でも観測を続けています。現象が起きているその場での直接観測は、太陽地球系物理学の特徴でもあり、私たちに興味深いデータを提供してくれます。今回の統計解析は、GEOTAILがサブストームの解明にとって重要な磁気圏尾部の広範囲を長期間観測し続けたからこそ、成し得たものです。

図3は、解析結果です。いろいろな物理量を調べましたが、ここではサブストームの現象を調べるのに特に重要な、プラズマの流れの速さと磁場の南北成分だけを示しました。図3右列は、そのときの磁気圏尾部の様子のも式図です。

まず、図3左列のプラズマの流れの速さを示した図で、右側の黒い四角で囲まれた $X \sim -20R_E$ から $-30R_E$ の領域を見ると、サブストーム開始2分前から開始時にかけて濃い青色になり始め、その後、どんどん増えていきます。これは、地球から遠ざかる速いプラズマの流れが発達していることを示しています。また、図3中列の磁場南北成分の変化を示した図で同じ領域を見ると、サブストーム開始2分前から濃い青色になっていきます。これは、磁場が南向きに発達していくことを示しています。これらのことから、サブストーム開始2分前に、上で説明した磁気再結合が $X \sim -20R_E$ で起こり、その地球よりも遠い側でプラズモイドが形成し発達していく、ということがいえます。さらに、図3中列の図で左側の四角で囲まれた $X \sim -7R_E$ から $-10R_E$ の領域を見ると、プラズモイドの形成とほぼ同時に赤色の部分が現れ、広がっていくのが分かります。これは、磁場が北向きに発達、つまり磁場双極子化が起きていることを示しています。ただし、磁気再結合領域の地球側（図3左列の図で左側の四角で囲まれた領域）では、磁気圏尾部の構造を反映して

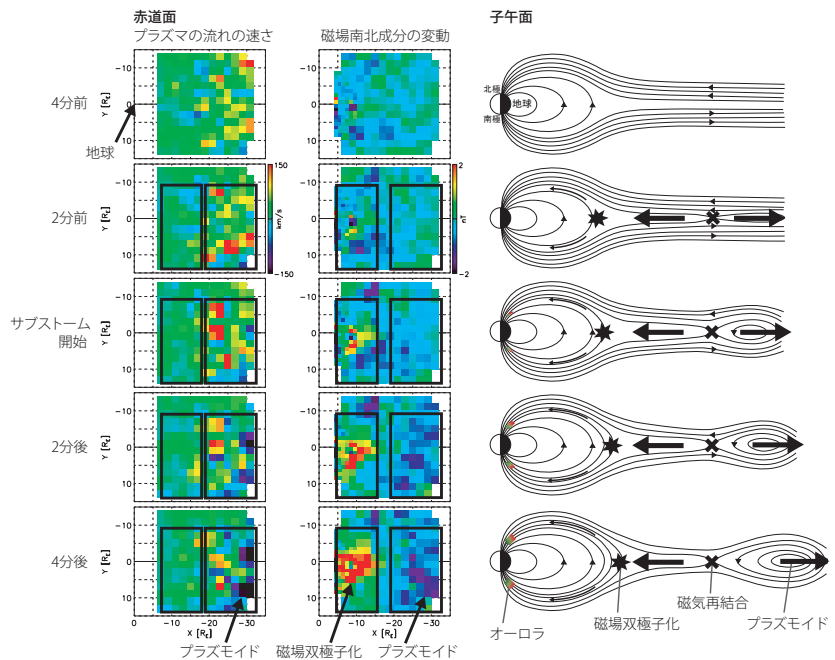


図3 GEOTAIL衛星データの解析結果
サブストーム開始4分前から4分後までの、地球に向かう方向（黄色から赤色）と遠ざかる方向（青色）のプラズマの流れの速さ（左列）と、サブストーム開始10分前付近の値を基準にした、磁場の北向き（黄色から赤色）と南向き（青色）の変化の量（中列）を、北から見た赤道面に示した。座標原点は地球中心で、X軸の右方向は太陽と地球から遠ざかる方向、Y軸の下方向は地球の夕方側に向かう方向にとってある。座標の値は、地球から地球半径（ R_E ）の何倍の距離かを表している。右列は、各時刻における磁気圏尾部の様子の子午面断面の模式図。

か、地球に向かう速いプラズマの流れ（黄色から赤色）が少ししか見られません。この詳しい理由の解明は今後の課題になっています。

このように、解析によって得られたプラズマの流れと磁場の变化は、まさに磁気再結合モデルで予想された変化とよく一致していることが分かります。ここでは示しませんでした、エネルギーの変化やその流れなど、ほかの物理量についての詳細な解析結果も合わせると、サブストーム開始前後の磁気圏尾部の構造の時間空間変化と、エネルギーの流れの様子が分かってきました。そして、磁気再結合は、磁気圏尾部にたまったエネルギーを解放し、磁気圏尾部の構造の変化を起こすのに重要な役割を果たしていることが明らかになりました。

今後の研究

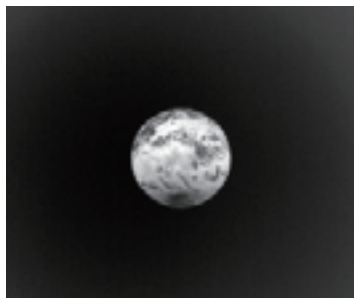
サブストーム開始時の磁気圏尾部全体の変化の様子は明らかになってきましたが、残された問題はまだまだたくさんあります。例えば、磁気再結合から激しいオーロラ活動までの間に起こる各現象の詳細な物理過程と因果関係です。現在、国内外で今後の磁気圏観測計画が進められています。日本では、磁気圏でも地球に近い領域を観測するERG計画や、数機が編隊飛行して磁気圏尾部を観測するSCOPE計画があります。サブストームと似た現象が起きる惑星の磁気圏については、日本では、BepiColomboという水星探査計画や、木星探査計画が進められています。衛星数の増加や計測機器の性能の向上、ほかの惑星との比較により、サブストームの解明と普遍的な宇宙プラズマの理解が進むと期待されます。

（みやした・ゆきなが）

「あかつき」が去り行く地球を撮影

2010年5月21日早朝、金星探査機「あかつき」は種子島宇宙センターからの打上げに成功し、現在は探査機にかかわったすべての人の夢と希望を乗せて金星に向かって航行中です。

「あかつき」は打上げ後、一晩で月より遠くに行ってしまいました。観測カメラ開発チームは、打上げ後の一瞬のチャンスを逃さずに「去り行く地球」を撮影し、機器の機能確認を行う計画を立てました。しかし、打上げ直後は探査機の生死にかかわる運用が優先されるため、地球撮影はあくまでオプションです。打上げ時はみなかたずをのんで推移を見守っていましたが、H-II A ロケットの軌道投入精度は素晴らしく、打上げ直後の軌道修正



「あかつき」に搭載された中間赤外カメラ(LIR)が25万kmの距離から撮影した夜側の地球。中央にオーストラリア大陸、下には冷たい(黒く写っている)南極大陸が見える。日本は上端部に位置している。

精度は素晴らしく、打上げ直後の軌道修正

が不要になりました。その結果、観測カメラの機能確認試験が前倒しされ、打上げ当日に地球を撮影して画像を届けるという偉業を達成することができました。打上げ前には観測カメラを用いた撮像試験がさまざまな条件下で何度も繰り返され、ロケットが射点に運ばれた際も最終確認としてフェアリング内を撮る徹底ぶりでしたが、このような周到な準備が実を結んだ瞬間でもありました。

2010年6月25日現在、「あかつき」は地球から約1350万kmの位置にいます。これまでに深刻なトラブルは一度も発生しておらず、観測カメラは恒星や深宇宙を撮影して性能評価用のデータを取得しています。これまでの試験の積み重ねのおかげでQL(クイックルック)のテレメトリ画面から観測カメラの機嫌が手に取るように分かり、1350万kmの彼方にあってもまるで自分の手元にあるような錯覚に陥ります。逆にいうと、自分が1350万km彼方に行った気になることができます。これから金星に到着するまでの約半年間は、「行った気」になって恒星や深宇宙の撮像を継続し、画像評価を着実にいきなり金星到着後には速やかに観測を開始できるよう準備を進めていきたいと思っています。

(北海道大学大学院 福原哲哉)

「IKAROS」航宇日誌

5月21日に金星探査機「あかつき」とともに地球から出航した小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」。現在も順調に航海を続けています。メディアで「順光満帆」という言葉が使われていましたが、今の「IKAROS」を表現する本当によい言葉だと思います。

第1可視で、無事に臼田局で「IKAROS」を捕捉し、第2可視よりバス機器のチェックアウト、スピンレートの変更、姿勢変更などを実施しました。「IKAROS」に搭載されている推進系は、代替フロンを用いた気液平衡型です。探査機で使われるのは初めてなので不安もありましたが、期待通りの性能を示してくれました。

打上げから約1週間後、セイル展開の初めの一步である先端マス分離の日がやって来ました。セイルの四隅に取り付けられている先端マス。これが機体から外れないことには、セイルの展開は何も始められません。何より、応援キャンペーンで集まった名前とメッセージが刻印されたプレートが収納されている先端マスを機体に固定したままにはできません。機構が正常に動き、先端マスが機体から外れたことを示すテレメトリが返ってきたときには、ほっと胸をなで下ろしました。

次は一次展開です。11シーケンスに分け、とにかく慎重に行いました。地上で試験と検証を十分にやっても、宇宙では何が起こるか分かりません。モニタカメラなどで確認しながら着実に進

めていきました。

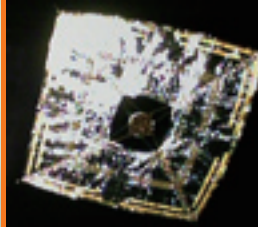
6月9日、ついに二次展開実行の日がやって来ました。「IKAROS」最大のイベントです。駆動コマンドを送ったときには地球からの距離は約740万km。テレメトリが返ってくるまでの約50秒、非常に長く感じました。機体のスピンレートと姿勢を示すジャイロの値が大きく変動しました。緊張の一瞬です。予測より早くスピンレートの振動が落ち着いたことを示すグラフ。それは世界で初めてソーラー電力セイルの展開を成功させたことを示すものでした！モニタカメラの画像からもセイルが展開していることを確認でき、運用室では大歓声が上がりました。

いよいよ大きく広がったセイルにいっぱいの太陽光を受け、ソーラー電力セイル探査機としての航海が始まりました。地球から出航した初めての宇宙ヨットです。その後、セイル上に搭載されている薄膜太陽電池の発電性能も確認することができ、ミニマムサクセスを達成しました。

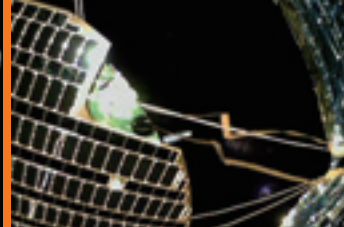
世界初のセイル展開成功を喜んでいるのもつかの間、「IKAROS」ではもう一つユニークな世界初のミッションが控えていました。「IKAROS」の全景を撮影するために超小型のカメラを本体から分離し、遠ざかりながら撮像した画像を本体まで無線伝送する分離カメラ実験です。分離されるカメラは6cm程度と超小型ですが、れっきとした宇宙機です。正常に分離されたことを



展開成功確認時の運用室の様子



分離カメラ2実験で撮像された「IKAROS」全景写真



分離カメラ1実験で撮像された「IKAROS」近傍写真

示すテレメトリ。1枚目の画像に「IKAROS」の本体と広がったセイルが写っていることを確認できたときには、セイルの展開成功時に負けない大歓声があがりました。宇宙空間で広がったセイルがどのような様子であるかは、数値シミュレーションでしか知るすべはありません。我々も実際に広がった姿を目で見るのは初めてのことだったのです。太陽光を受け輝かしく光るセイルは、神々しくもありました。ここまでセイルの展開、分離カメラによる撮像と、機構関連は本当にパーフェクトに動いてくれました。私の肩の荷もようやく下りた気がします。

6月25日現在、すでに打上げから1ヶ月以上たちますが、順光満帆で航海を続けており、地球から1300万km以上離れまし

た。現在はオプションミッションである薄膜姿勢制御デバイス(液晶デバイス)、大面積宇宙塵検出器(ALDN)、ガンマ線バースト偏光検出器(GAP)、VLBI軌道決定の実験が実施されていて、すべての機器が問題なく動作しています。その後はスピンレートの調整、太陽角制御を行いながら長い時間をかけて光圧による推進、軌道制御技術について評価していくことになります。また次の「航宇日誌」で良い報告ができればと思います。(澤田弘崇)

「IKAROS」の最新情報や運用報告については「IKAROS」専門チャンネルで見ることができます。また、ツイッターでは「イカロス君」が分かりやすく宇宙の様子や実験の状況を教えてください。子どもも楽しめるので好評です。ぜひフォローを!「はやぶさ君」や「あかつきくん」との会話も必見です。

<http://twitter.com/ikaroskun/>

大盛況、「はやぶさ」帰還運用のパブリックビューイング

小惑星探査機「はやぶさ」の地球帰還が間近になり、管制室のライブ中継を決めたところ、各方面から相模原キャンパスでのパブリックビューイング(PV)についての問い合わせを受けるようになりました。開催を決意したものの、キャンパス内には大人数を収容できる部屋がありません。しかも、一番広い研究・管理棟2階大会議場は100名を超えるメディア関係者のために提供する必要があり、できるのは1階の共用スペースをすべて開放するぐらいです。コンテンツも管制室の無音声の中継画像だけではつらいので、展示室から実況する宇宙教育テレビの映像も流すことにしましたが、どちらもインターネット経由で見られるものです。日曜深夜のPVへのニーズがつかみ切れない中で、当日を迎えました。

当日は念のために早出しましたが、朝から展示室が活況を見せています。管制室のライブ中継は18時から、PVは19時半からの開始を予定していましたが、17時ごろには開場待ちの行列が長く伸び、慌てていすを追加して開場することとなりました。間を持たせるために、すばる望遠鏡がとらえた突入前



空調もまるで役に立たない熱気あふれる場内で、「はやぶさ」帰還の時を待つ。

の「はやぶさ」の飛跡や、管制室にいる人の役割の解説などを試みましたが、私もプレス対応で大わらわ。代わりに若手スタッフが盛り上げてくれたおかげで何とか間が持ち、情報が入るたびに拍手と大歓声が起き大変盛り上がりました。

集計によると、PV終了時点での参加者数は、入札室に約160人、1階会議室に約110人、展示室に約200人。メディア関係者を加えると600名近かったようです。特に入札室と会議室は身動きが取れないほどの混雑で、空調が効かなかったこともあって大変不快な思いをさせていただきました。また、当日の来場者1536名のうちの大多数は、混雑のために断念してお帰りのようになったようです。この場を借りてお詫びします。

「はやぶさ」効果で、相模原キャンパス展示室の見学者は6月だけで7894名、隣接する相模原市立博物館でもプラネタリウム番組『HAYABUSA - BACK TO THE EARTH』の有料入場者数が4357名を記録したそうです。カプセルが初公開される7月30日(金)・31日(土)の特別公開がどのような状態になるのか、今から戦々恐々としています。(阪本成一)

特別公開のお知らせ

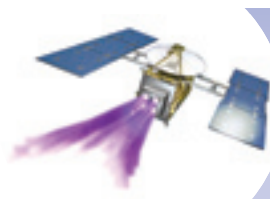
日時：2010年7月30日(金)・31日(土) 両日ともに10:00~16:30

会場：宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス

詳しくは http://www.isas.ac.jp/j/topics/event/2010/0730_open/index.shtml をご覧ください。

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(7月・8月)

	7月	8月
S-520-25号機		フライトオペレーション(内之浦)



はやぶさ近況

小惑星探査機「はやぶさ」は2010年6月13日、小惑星イトカワへの旅から地球に帰還した。
2003年5月9日の打上げから7年。
「はやぶさ」ミッション最終章の舞台は、日本とオーストラリア（豪州）である。



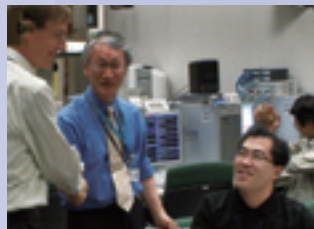
ウーメラへの狙いは定まった

「はやぶさ」は、2010年5月23日から5月27日の間にTCM-2（第2回軌道修正）を行った。これはTCM-0からTCM-4までの全5回の軌道修正の中で最長となる93時間のイオンエンジン噴射を要するもので、前後の姿勢変更運用も含めて8時間交代の人員配置を15編成組んで連続運用に当たった。続いて、6月3日から5日にかけて50時間のTCM-3を実施した。これはカプセル着地点の豪州への“入国”を意味する重要な軌道修正である。豪州政府担当官立ち会いのもと、東海岸から西方向への進入に際して承認を得た上で軌道修正を続行し、最終的には地球外縁部から着地想定地域のウーメラ立ち入り制限区域（Woomera Prohibited Area: WPA）への誘導目標変更が完了した。さらに6月9日12時30分から15時までの2時間半、最後の軌道修正TCM-4を実施し、WPA内の着地想定地域への精密誘導を完了した。

これら一連の軌道修正は、NASAのジェット推進研究所（JPL）の軌道決定グループとの緊密な協力関係のもとで実施された。イオンエンジン噴射中はNASA深宇宙ネットワークとJAXAの臼田局・内之浦局を順次切り替えて「はやぶさ」を常時追跡して、毎秒1mmに迫る精度で探査機の色度を調節した。イオンエンジン停止後の弾

道飛行中は各局が断続的に測距・ドップラーデータを取得、軌道決定値を更新して次の軌道修正計画を練り直した。こうした作業を繰り返すことにより、精密な誘導制御結果を得ることができた。

劣化が懸念されたイオンエンジンは、スラスターAの中和器の補助のもとでスラスターBのイオン源・中和器が動作する状態が安定的に継続し、TCM-2、3、4を無事完了することができたため、唯一の予備スラスターCの出番はなかった。以上でイオンエンジンによる軌道修正はすべて終了し、2万5590時間という世界最長の宇宙動力航行（powered spaceflight）の記録を樹立した。4台のスラスターの合計作動時間は3万9640時間である。最も長時間使用したスラスターDの累積作動は1万4830時間で、スラスター単体の記録としては惜しくも世界2位であった。（西山和孝）



TCM-3完了時、川口プロジェクトマネージャ（中央）とオーストラリア政府のEdgarさん（左）。



TCM-4完了時、イオンエンジン開発担当のNEC堀内さん（左）と西山。



砂漠の奥地でカプセル回収の準備が進む

カプセル回収の豪州オペレーションでは、東西500km、南北400kmに広がるWPAにJAXA関係者約60人を散開させる大ロジスティクス（兵站）を展開した。

5トンに及ぶ専用機材を、川原君の主導のもと梱包と輸出などの手続きを行って5月初めに発送し、5月末に先発隊が現地で受け取った。本隊が到着する前に、水野先生が指揮する測量班がWPA内に配する5ヶ所の電波方向探査アンテナ設置点をそれぞれ回って精密測量するとともに、冬の夜間作業に備え、雨露をしのぎ仮眠を取るためのキャランカーを設置した。

班員の日本～WPA間の往復に関しても、空路・陸路の手配は膨大である。本隊を迎え入れるやいなや、現地調達した消耗品と輸出機材を合わせて各班に分配し、電波方向探査4班と地上光学観測4班をWPAの奥地へと送り出した。砂漠域深くに分け入るため四輪駆動車20台以上を調達し、走行距離は1台当たり平均2000kmに及んだ。着地したカプセルの発見・回収は、ヘリコプター2機の機動力なしには成し得なかった。これとて、賃借りのため豪州空軍との調整には多くの時間と労力を費やした。

ルール型携帯電話を全班員に所持させたことは、確実な意思疎通・情報伝達を実現するだけでなく、広域に散らばる班員の安否確認に有効であり、本部としては大いに安心感があった。しかし、カプセル回収作業を行う砂漠の奥地では、携帯電話は無効だ。衛星電話が生命線となり、電波方向探査やカプセル発見・回収のための情報伝達に威力を発揮した。また各班の居住拠点の宿泊設備は杉浦さんによって事前に確保されていたが、彼女のコミュニケーション力によってホテル側

と懇意となり、作業進捗に伴う部屋数増減にも柔軟に対応してもらえた。

さらに、回収作業に付随する情報連絡、映像記録、広報、ネットワーク技術などの関連部門がよく機能した。豪州における作業展開と並行し、NASAの航空機観測に参加する丹野氏からは、米国からハワイ経由で豪州に飛来する道すがら、準備状況が衛星電話で逐一連絡があった。また、回収されたカプセルを日本に輸送するための、“日本出発、宇宙経由、豪州から再輸入”という難しい手続きは、山崎君の猪突猛進の省庁巡りと怒濤の契約処理・業者調整により実現された。

回収班員が全員無事に帰国し、「帰りがけまでが、はやぶさのミッション」を探査機とともに達成できたことは、豪州空軍を筆頭に日豪米の多くの関係者の努力のたまものであり、感謝申し上げる。最後に、「我らの船」に敬礼。（國中 均）



「はやぶさ」試料回収カプセル着地点

「はやぶさ」、カプセルを分離せよ

カプセル分離時の探査機の姿勢の乱れを最小限にすべく、唯一残っているリアクションホイールの回転数を毎分1600回転から3000回転に増加させるためのキセノンガスジェット噴射を、6月13日午前中から開始した。ジェット噴射による探査機の数値変化を打ち消すために、180度異なる姿勢を取って2回に分け、5時間以上の噴射を行った。これがイオンエンジン系の最後の仕事となった。

カプセル分離は、打上げ後7年たつての本番になる。数ヶ月前からのさまざまな状態確認の結果、機能は正常に動作すると考えられていた。しかし樂觀は許されないことから、仮にセンサー系や内部電池電圧低下などの不具合があっても確実に開傘するよう万全を期して、開傘トリガーのパラメータ設定を行うことにした。結果、加速度センサーが反応する限り、高度10～4kmで必ず開傘するはずであった。正常作動時の開傘高度は5kmで、緩降下時間が12分程度と6割程度に短縮されるが、電波方向探査班の職人技を信じた。

カプセル分離に至るまでの探査機側の手順は、分離後のヒーター制御の安全化処置やスタートラッカ（星姿勢計）によるカプセル撮影の設定を含め、極めて順調に進んだ。分離の瞬間には、その反動による探査機の数値変化が電波航法で用いるドップラー監視装置で観測された。さらに、その後の姿勢や探査機電波の地上受信レベルの大きな乱れ、スタートラッカの視野がまばゆい光で飽和したことなど、すべてが分離成功であることを示しており、管制室には喜びの声があふれた。（西山和孝・山田哲哉）

最後の地球撮像、そして……



「はやぶさ」の運用をすべて終了し、運用支援者へ花束贈呈。

カプセルを分離して役目を終えた「はやぶさ」は、大気圏へ突入して消滅するまでのわずかな時間に、地球の撮影を試みた。大きな姿勢の乱れを抑え、カメラを地球方向に向かせるためには、非力なりアクションホイール1台では1時間以上を要したが、6月13日22時02分に撮影し、続いてデータの地上への伝送を開始した。表紙写真のように、データを最後まで送信することはできなかったが、地球の部分の伝送は間に合った。

「はやぶさ」は、最終追跡局である内之浦34mアンテナ西方の山の下に隠れたため、22時26分35秒のデータ受信を最後に、22時28分ごろまでに完全に追跡不能となった。ここに、約7年、2592日間にわたるミッションを終了した。その間の追跡時間は少なくとも1万4000時間以上であり、23万個のコマンドを送信し、184万4000個のハウスキープテレメトリデータを受信した。運用終了のアナウンスの後、地上試験時を含めて8年間にわたり「はやぶさ」との対話を続けてこられた運用支援の方々に、謝意を込めて花束贈呈を行った。（西山和孝・橋本樹明）

光の矢となった「はやぶさ」



天翔る光の矢となった「はやぶさ」。長い矢がカプセル、その上方の短い矢が母船。2回の大きな爆発も見て取れる。（撮影：国立天文台・石原吉明氏）

JAXA職員に加え大学研究者やアマチュア天文家など個性の強い15名からなる地上光学観測班は、WPA内外の4つの地上局へ展開して「はやぶさ」の帰りを待っていた。前日まで3日間重い雲が垂れ込め、2003年に行われたUSERS（次世代型無人宇宙実験システム）のカプセル回収の地上観測で雨にたたられた嫌な記憶が蘇った。しかし、雷神さまも散りゆく「はやぶさ」を哀れに思ったか、当夜は4局すべてで晴れ上がり、光の矢となって天空を翔る「はやぶさ」を見守ることができた。

地上観測の第一目的は、カプセルに不具合が生じてビーコンが発信されない場合に備え、光学計測によりカプセルの軌道を決定し着地点を予測することであったが、カプセルがウルトラCを決めたおかげで、直接の出番はなかった。しかし、貴重な画像や映像を取得できたことに加え、カプセル表面や後部ガスの発光分光計測、超低周波音波や地震波のステレオ計測に成功しており、今後の解析が楽しみである。これらの成果は、今後の大気突入ミッションの開発や流星研究に大いに貢献すると期待される。（藤田和央）

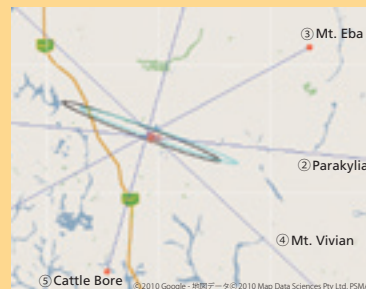
カプセル着地点にロックオン

6月13日深夜、WPA内の建物の1室で、電波方向探査局（方探局）がとらえたビーコン受信方位角からカプセルの落下位置を特定するために、砂漠の4ヶ所に展開している方探班員からの連絡を待っていた。

再突入予定時刻からしばらくして、方探班員から興奮気味に火球確認の連絡が入る。現場が興奮に包まれる中、火球の美しさの余韻に浸る間もなく、「はやぶさ」の最期を想う涙をこらえながら、ついの方探班の運用が始まる。

火球観測の後、静寂が数分間続く。途方もなく長く感じる時間が過ぎる中……、全方探局からほぼ同時に入感の連絡、そして、ロックオン!! 4つの方探局からの受信方向を示す線が、モニタ上の着地点予測楕円の中で交わる。

これまでの準備、何度も繰り返した訓練、そして、方探班のみんなで養ってきたチームワークが結実した瞬間であった。約15分後、すべての局が消感。「はやぶさ」にかかわるすべての人の努力と夢が詰まった2つの数字、着地予測地点の緯度・経度をヘリコプター探索のスタッフに託し、わずか15分間の方探班の運用は終了した。（山田和彦）



各方探局からのビーコン受信方向を示す線（青）が、着地点予測楕円（黒）の中で一致した。水色楕円はパラシュート展開予測位置。

500文字(4ツイート分)で振り返る 「はやぶさ」特設広報

「はやぶさ」の特設広報は、周東さん、的川先生、吉川先生、寺園先生による試行錯誤と不断の努力によって血路を拓いてきた。我々はこの資産を生かしつつ、(1)「はやぶさ」の活動紹介を通して宇宙理工学の普及・教育・啓発をサポートする、(2)運用を支え続ける人たちの声・ドラマを外部に発信する、特に普段表に出てこない人たちにスポットを当てる、という2つを主目的に据えて、「はやぶさ」プロジェクトという人間ドラマの「語り部」の役割を担った。

これを実現する道具として、ツイッター、ブログ、特設WEBという速報性と情報密度の異なる3つのチャンネルを用意した。そして、専門の異なる書き手3人に「はやぶさ君」を加えた4人から、それぞれのチャンネルで、時に軽妙に、時に重厚に情報発信し、専門情報への誘導を行った。特に「はやぶさ君」と「イカロス君」「あかつきくん」との掛け合いは好評で、幅広い層を取り込んだ。良質な情報を誠意をもって発信し続けた結果、ファン層が情報を精力的にまとめ、無償の「優れた宣伝マン」としてボトムアップの広報に貢献してくれた。表立って謝意を示せなかったが、大変心強かった。

「はやぶさ」広報を通して、人々の心に「興味」や「元気」という名の火を灯せたのなら、これに勝る効果はない。

(細田聡史)

カプセルが日本へ。そして分析が始まった。

6月14日午後に着地点から無事回収されたカプセルは、本部のある建物にいったん運び込まれ、カプセル内の火工品やバッテリーを除去する安全化処理に1日、カプセルに付着した汚染物の除去と専用の輸送箱への梱包作業に1日を費やし、17日午後本部に最も近いウーメラ空港より直行便にて羽田に空輸された。

18日未明に相模原キャンパスにある惑星物質試料の受け入れ・処理・保管を行う施設「キュレーションセンター」のクリーンルームに到着した後も、24時間連続作業で、開梱、外観チェック、内部のCT撮像、アブレータ取り外し、サンブラコンテナ清掃、チャンバー搬入準備が行われ、20日午後キュレーションセンター内のクリーンチャンバーに搬入された。搬入後は、サンブラコンテナの開封、コンテナ内部の光学観察、サンプルの取り出し、分配、保管作業を順次実施する。これらのキュレーション作業は、サンプル1次分析チームから選抜された研究者とともに数ヶ月程度実施される。その後1次分析が行われ、回収したカプセル(サンブラコンテナ)内に小惑星イトカワのサンプルがあったかどうかを判断する予定である。

(安部正真)



羽田空港に到着した航空機からカプセルが入った専用の輸送箱を搬出

カプセルは静かに横たわっていた



ヒートシールドの回収作業

6月14日午前零時過ぎ。再突入から約1時間後、緩降下着地後も途絶えることなくビーコンを発信し続けたカプセルを、ヘリコプターから目視確認したという無線連絡が入った。明けて朝、GPSマークされた場所に行くと、確かにカプセルがそこに静かに横たわっていた。これが、ずっと待ち望んでいた感動的な瞬間なのだと思いが詰まった。地上風によって引きずられるのを防止するため、着地後にパラシュートを分離したが、無風であったためにパラシュートもすぐ傍らにとどまっていた。仮に火工品が未作動で機構内部が高圧であると危険なので、比較的重装備の安全化作業着を装着して接近して、バッテリーからの電力供給回路の切断など、安全化作業を行った。折しもその直前、2つのヒートシールドの発見が衛星電話により報告された。頭上を飛行する搜索ヘリコプターに向かって、最高の感謝の意を込めて手を振った。すべてのコンポーネントが予測点から700m程度の範囲内で初日に見つかり、翌日までにはすべて回収された。(山田哲哉)

再突入と再会に想う

最後のテレメトリが受信され、ひたひたと時が進むのが無情だった。情報連絡室のプロジェクト前に座ったものの、万感の想いに耐えて最期を正視する自信はとうになく、自室のパソコンの前に身を置き、その時を迎えた。わずか30分前まで交信していた「はやぶさ」、定められた、いや定めた運命に乘せられて最期を迎えんとする「はやぶさ」に、何を語り掛ければよいのか。気持ちを整理する余裕もなく、「ありがとう、よく頑張った」とつぶやく。ストリーミングに、空が輝き、一筋の赤い尾を掃いて飛ぶカプセルが見え、「はやぶさ」が託した“子”の姿がそこにあった。運命とは何と無情であるのか。

18日未明、キュレーションセンターでカプセルと再会を果たした。あまりにきれいでまばゆいほど。「おかえり」とつぶやくと、見ると、関係者が2003年3月18日に記念に貼り付けた名前が。「やってくるね」。まさか裏に手書きがあるんじゃないかと嫉妬じゃ済まないぞ……。この玉手箱を開けると、7年間の飛行で収められた微粒子の白煙で、50億年のいにしえが現在によみがえるかもしれないのだ。

この成功は、何よりも、諸先輩方が築かれた成果であり、先輩方へこそ「おめでとう」と述べられるべきである。独自に培い育んだ結果の発信であることが何よりも喜びで、その担い手としてこのプロジェクトに携われたことは、誠にもって光栄そのものである。こうして我が国の宇宙開発に自信と希望が生まれ、将来への元氣となれば何より。単に宇宙や探査ということではなく、将来への投資、人材育成という点で、我が国の科学技術全体への取り組み方を考えるきっかけになればと思う。

(川口淳一郎)

金星探査機「あかつき」の挑戦 第4回



探査機構体の成り立ち

宇宙構造・材料工学研究系 助教
奥泉信克

金星探査機「あかつき」の構体は、図1に示すように、軌道制御エンジンを搭載する炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 製のスラストチューブを中心とし、観測機器や太陽電池パドル、アンテナなどを搭載する6枚のアルミハニカムサンドイッチパネルをその周囲に結合した、直方体の構造です。スラストチューブ下端がロケット結合リングとなっていて、探査機とロケットがここで結合・分離されます。構体の大きさは約1.4×1.45×1.0mで、探査機の最終的な重量は517kgでした。

「あかつき」の構体開発には、特に大きな問題はないはずでした。「はやぶさ」などの探査機や衛星で実績のある構造設計を踏襲し、搭載機器を保持して打上げ時の振動や加速度に耐えるために必要な強度と剛性を持つように開発すればよかったからです。金星に向かうといっても、適切な熱設計のおかげで構体は特に高温にはなりません。しかし、打上げロケットが当初想定していたM-VロケットからH-II Aロケットに変更されたことに伴って、探査機の搭載方法や振動環境について、いくつか新たな課題が生まれました。

「あかつき」は、M-V搭載の基本設計を維持したため、通常H-II Aで打ち上げられる大型衛星と比べると非常に小型軽量です。「あかつき」のロケット結合リングの直径は過去の探査機に倣って900mmとしたため、H-II Aの衛星搭載アダプタとして、既存のラインアップになかった直径900mmのPAF-900Mが新規開発されました。PAF-900Mは、下端がH-II A側の直径約2.2mの支持構造に結合できるよう、高さ約1.1mの円錐台形状の大きなものとなりました。

また、「あかつき」が軽量であることに起因して、打上げ中の正弦波振動が従来よりも厳しくなることが、ロケット側の解析により明らかになりました。構造モデルの設計がほぼ終了した時点でのことでした。「あかつき」のほかに800kgの質量を搭載して振動を緩和するという検討が始まりましたが、暫定的に「あかつき」の振動条件が厳しめに変更されたため、構体の強度を解析で確認した上で、構造モデル試験ではその条件で振動試験を行いました。

振動緩和のための800kgの質量は、その後、小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」とその搭載アダプタ、PAF-900Mのかさ上げアダプタ、4機の小型衛星になって搭載されました。図2のように、「IKAROS」はPAF-900Mとかさ上げアダプタでつくられる内部の空間に収納されました。振動対策につい

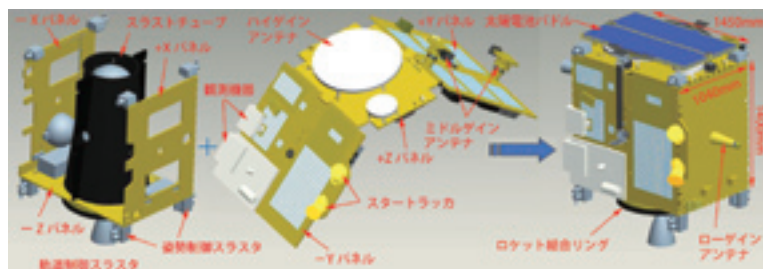


図1 「あかつき」構体の組み立て図

下部構造と推進系の組み付け、主機器搭載パネルの組み付けを行い、両者を組み合わせた後、太陽電池パドルやローゲインアンテナなどを組み付けた。

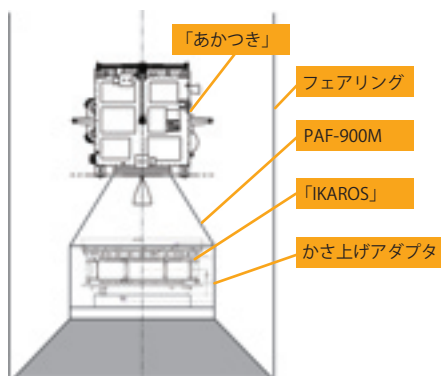


図2 「あかつき」の搭載形態

「IKAROS」がかさ上げアダプタ内部に収納され、「あかつき」を載せたPAF-900Mがその上に結合された。ロケットからの分離は、「あかつき」、PAF-900M、「IKAROS」の順である。

て、H-II A、「IKAROS」、「あかつき」の三者で（個人的には「あかつき」と「IKAROS」の両方の立場で）何度も協議を重ねた結果、「IKAROS」搭載構造の剛性を調整して動吸振効果を持たせることにより、最終的な「あかつき」の振動条件はほぼ通常通りに収まりました。

さらに、FM（フライトモデル）総合試験を音響試験設備のない相模原キャンパスで実施するため、従来の科学衛星と同様に音響試験の代替としてランダム振動試験を行う必要がありました。しかし、H-II Aにはランダム振動条件の規定がありません。そこで、構造モデル試験時に音響試験とランダム振動試験の両方を行い、結果を比較しながら合理的なランダム振動条件の決定法を検討しました。その方法を使ってFM振動試験を問題なく実施することができました。

こうして開発を終えた「あかつき」は種子島に輸送され、打上げオペレーションを迎えました。PAF-900Mとの結合から、フェアリングへ収納され、H-II Aロケット17号機が組み上げられるまでの一連の作業は、とても順調に行われました。打上げは天候の影響で3日遅れとなりましたが、「あかつき」は「IKAROS」とともに無事に金星へ向かう軌道に投入され、その後の運用も特に問題なく進められています。この先、「あかつき」構造系がクローズアップされることはないはずです。（おくいずみ・のぶかつ）

ヨーロッパ出張記 料理とワインのハイブリッド

ゴールデンウィークの時期の約2週間、大学教授や企業の研究者など数名と一緒に、イタリア、スペイン、フランスへ行ってきました。

現在、低コストで安全性、信頼性の高い宇宙輸送手段を確立するために、世界中でハイブリッドロケット（HR）推進の研究開発が活発に行われています。国内でも2008年4月より、大学とJAXAの研究者によるハイブリッドロケット研究ワーキンググループ（HRrWG）において、技術革新を目指した研究活動が行われています。同様にイタリアのASI（Agenzia Spaziale Italiana：イタリア宇宙機関）でもHR推進に関心を寄せており、HR推進に関する研究におけるJAXA-ASIの国際協力に向けての調整が

進められています。その活動の一環として、今回、イタリアのパドヴァ大学のDaniele Pavarin先生とローマ大学のFulvio Stella教授の研究室を訪れました。

パドヴァは、ヴェネチアの西40kmに位置し、石畳と城壁に囲まれた非常に美しい町でした。パドヴァ大学はイタリアで2番目に古い大学で、ガリ

レオ・ガリレイが教授を務めたことで知られる由緒正しい大学です。ガリレオが使っていた机がいまだに残っているらしい。Pavarin先生の研究室では、基礎研究から開発まで一貫して行っており、HR推進に関しても、要素試験、数値解析、エンジン燃焼試験、ラボスケールロケットの打上げまで手広く行っています。実践的な人材を育成する、教育という意味でも非常に興味深い研究室でした。

ローマ大学は、いわずと知れた永遠の都ローマの中心にあり、コロッセオが目と鼻の先という最高のロケーションにありました。Stella教授の研究室では、固体モータの内部流れについて数値解析による研究を行っており、その経験を活かして新しいHR推進技術の研究を開始しようとしていました。その新しいアイデアについて議論を交わしてきました。

イタリアの次は、スペインのサン・セバスチャンで開催されたSpace Propulsion 2010に参加してきました。参加者は500名余りでした。宇宙機系と宇宙輸送機系が共同で開催されるようになって2回目ですが、クレタで開催された前回より倍増したそうです。セッションは、固体推進、液体推進、HR推進、電気推進、燃焼技術、数値解析、宇宙探査計画、打上げ計画など非常に多岐にわたっていました。嶋田徹教授が固体ロケットモータの燃焼振動の数値モデル化に関する発表を行い、熱い議論が交わされていました。

さて、会場のあったサン・セバスチャンは、バスク地方と呼ばれるスペインとフランスの国境近くに位置する町です。山に囲まれていたため、ローマ帝国の支配を受けることなく、独自の文化を発展させていったようです。バスク人は民族学的にも謎の多い民族で、言葉もスペイン語やフランス語とまったく異なるバスク語を話します。料理に関しても独自の文化を築いており、最近日本でも見掛けるピンチョスという肉や魚の一品を串（ピンチョ）でパンに刺してある料理は、バスクが発祥の地だそうです。学会のランチでもミシュランの星付きシェフのバスク料理と地元のワインを味わうことができ、おいしい思い出をさせていただきました。さらに、ホテルのレストランで食した「フォアグラ・リゾット」は絶品でした。半生のフォアグラとクリーミーな米と肉の絶妙な組み合わせ。ワインとの相性も抜群で、ただただうなるばかりでした。

最後の目的地のフランスでは、フランス国営企業であるSNPEという固体推進薬製造メーカーを訪ねてきました。ボルドー、トゥーロン、トゥールーズの3ヶ所の工場を見学し、ロケットの火工品や推進薬の製造過程をじっくり見ることができました。M51というロケットモータが推進薬充填用ピットに入っている様子も見せていただきました。SNPEでは、不要となった固体推進薬をバクテリアの力で分解・無毒化する設備の本格的な運用を目指しており、古くなった兵器の廃棄問題および環境問題への関心が高いことがうかがえました。

イタリア・スペイン・フランスは総じて料理とワインに当たりが多く、出張中に体重が1割程度増加してしまいました。この蓄えられたハイブリッドエネルギー、何とかHRの研究で消費しようと思ひる今日このごろです。（きたがわ・こうき）



Space Propulsion 2010のレセプションでピンチョスとワインを楽しむ筆者（左端）と嶋田教授（右端）

北川幸樹
宇宙輸送工学研究系助教



太陽系探査の先にあるのは

藤原 顕

元「はやぶさ」プロジェクトサイエンティスト
関西大学 講師

「はやぶさ」の最後を見届けに、オーストラリアのウーメラ砂漠へ行ってきました。行けども行けども地平線の見えるところを進み、満天の星空の中、花火のように明るく輝いて大気圏に再突入し燃え尽きる「はやぶさ」の最後の様子を、感動的に見ることができました。その様子は『ISASニュース』でも、これからほかの方々によって書かれることでしょう。カプセルの調査などまだまだ重要な作業は続くと思いますが、大きな難関は越えました。このミッションが単発で終わらず、これを土台に「はやぶさ2」をはじめとして、次々と将来のミッションにつなげていけるようになることを期待しています。

「はやぶさ」が飛んだ7年という期間は、人間のタイムスケールでは長いものです。運用期間だけでなく開発期間も含めると、いっそう長く感じられます。ミッションの前半でかわった私たちは、すでにリタイアしています。しかし、太陽系大航海時代が本格化するにつれて、さらに長期間にわたるミッションが増えていくことでしょう。主要惑星やその衛星への航行のほかにも、彗星や最近続々と見つかったエッジワース・カイパーベルト天体などへのミッションでは、さらに長い期間を要します。例えば、ESAによって2004年に打ち上げられたロゼッタ探査機は10年後の2014年にチュリモフ・ゲラシメンコ彗星に着陸予定となっていますし、NASAが2006年に打ち上げたニューホライズンは9年かけて冥王星にたどり着き、さらにその後、外縁の小天体を観測することになっています。NASAが打ち上げたミッションには、これらをはるかに超える長期間のものがすでにあります。ボイジャー1号と2号です。これらは、ともに1977年に打ち上げられ、外惑星やその衛星などを次々にフライバイ探査しました。ヘリオシースに到着後もまだ生きていて、完全に稼働停止するのが1号は2020年以降、2号は2030年以降といわれています。実に43年以上と53年以上も飛び続けるわけです。それらで使われている技術はすでに時代がかったも

のとなっていますが、それらとの長期間の運用のお付き合いが必要となります。

太陽系大航海時代の後はどうでしょう。少し話が飛躍しますが、そう遠くない先に、オールトの雲や、さらには隣の恒星への飛行が実現する時代がきっと来るのではないかと思います。最も近くの恒星はケンタウルスαで、我が太陽から4.3光年の距離にあります。今回のオーストラリアでも、南十字星と並んで、南天の空にひときわ明るく輝いていました。太陽と同じ程度の天体で、伴星があるとされています。もし光速の10%の速度で向かうことができれば（これがなかなか難しいのですが、現在の物理の範囲で原理的に可能です）43年で、光速の5%では86年で到達できます。この程度の期間のミッションなら、何とか飛ばした人たちが結果を見ることができそうです。誰だったか、「自分の飛ばした探査機は自分の目で結果を見届けたい」と言っていたのを思い出します（次世代にわたって一つの探査機を送り出すといった気になるほど、人間のおおらかさは進化しないでしょうから）。ちなみに2番目に近い

星は北天に見えるバーナード星（M5型）で、5.9光年の距離があります。これらの天体を回る惑星（どちらの星のまわりにもこれまでのところ惑星はまだ発見されていませんが、もしあるとすれば）の探査や、あるかもしれない生命との遭遇は、我が生命の存在についての考え方に大変革を起こすことになるでしょう。その実現には、超強力な非重力推進機関の開発はもちろんのこと、超遠距離通信、超耐久性、超小型化技術などといった、「超」と付く技術がいくつも必要です。まだ道のりは遠いですが、現在の技術は確実にこの方向に向かっていっているように見えます。

一方で、近年、宇宙生命の研究や系外惑星の探索の高度化など、学問的なポテンシャルが上がってきています。それらの行き着く先として、隣の恒星への飛行という、かつてはSFの世界であった話がそれほど遠くない先にまじめなターゲットとして、きっととりあげられると思っています。1970年代に出されたダイダロス計画を大幅に書き換えて現実的なものとして提出できるようになるのは、いつごろのことでしょうか。技術面での発展とともに、こうしたプロジェクトをあえて推進しようという機運が生まれるような社会のレベルになっているかどうか、大きなファクターとなるでしょう。

私が生きている間に隣の星のワールドを見られないのは大変残念ですが、遠い将来に視点を据えて考えてみることも必要かと思っています。取りあえずは長生きして現行の、あるいは近未来のミッションの成果を見守りたいと思っています。（ふじわら・あきら）



「はやぶさ」を出迎えに……。 「はやぶさ」の向こうにはどんな宇宙探査が広がっているのだろうかという思いをはせながら。オーストラリア・グレンダンボ近くで、2010年6月13日。

小さなものを積み上げて

宇宙構造・材料工学研究系 准教授

石村康生

—— 天文衛星など科学衛星の開発に携わっているそうですね。

石村：はい。いくつかの開発に携わっていますが、どの衛星も宇宙で大きく広がるものです。例えば、電波天文衛星ASTRO-Gは、宇宙で直径約10メートルのパラボラアンテナを広げます。その鏡面の形状誤差はミリメートル以下の精度が求められています。微小重力の宇宙空間でパラボラアンテナを展開して、形状を維持する必要があります。それが実現できるかどうか、重力のある地上試験で評価しなければならないのですが、それが難しいんです。何が重要で、何が重要でないかが分からなければ、評価の指標を決められません。評価には、ものの見方や考え方、論理の組み立て方が問われます。

—— 子どものころから宇宙や工学に興味があったのですか。

石村：星が好きで、小学校高学年のとき、近所の児童センターの天文サークルに入りました。宇宙工学へ進んだのは、そこで熱心に指導してくださった山本先生の影響です。時々遠くまで泊まりがけで星を見に連れていってもらえるのが、とても楽しみでした。あるとき、望遠鏡の架台を自分で金属加工して調整する先生の姿を見て、“ものは買ってくるだけでなく、自分で改良したり新しくつくり出したりできるんだ”と気付きました。やがて自分の本当にやりたいことを自問したとき、自分で星を見て研究するよりも、ものづくりで人の役に立ちたいと思いました。そして京都大学工学部の航空工学科へ進んだのです。

—— 大学時代は人力飛行機の「鳥人間コンテスト」に出場したそうですね。

石村：鳥人間コンテストに参加するサークルに入りました。7月の大会前の数ヶ月間は、寝ているとき以外はずっとサークルで活動していました。忘れられない場面が二つあります。最初は2年生のときの大会。私たちの飛行機がうまく飛ばずに落ちてしまったのです。泣くまいと思っても、どうしても涙があふれてきました。どれほど情熱や労力を注ぎ込んでも失敗することがある。そのことを初めて経験しました。二つ目の場面は翌年の大会。それまで私たちは滑空機部門に出ていましたが、その年から人力プロペラ機部門に挑戦しました。



いしむら・こうせい。1974年、山口県生まれ。工学博士。1996年、京都大学工学部航空工学科卒業。2001年、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻博士課程修了。北海道大学助教を経て、2008年4月より現職。専門は宇宙構造システム。

自分たちのつくった飛行機が飛び立った瞬間、自然と涙が出てきました。人生で初めてのうれし涙でした。

—— 大学ではどのような研究室に入ったのですか。

石村：希薄流体の研究室です。サイエンスに厳しく向き合うところで、輪読では1ページに1週間かけることもありました。学問に対する姿勢やものの見方、考え方を学びました。

大学院のときは宇宙研で学びました。そして北海道大学でロボットなどの研究をした後、2008年に宇宙研へ戻ってきました。宇宙研ではユーザーである理学の研究者が隣にいます。彼らは少しでも上のサイエンスを目指したいと、純粋な気持ちで、私たちに厳しい要求を突き付けてきます。そして理学と工学が一緒になって科学衛星をつくり上げていくところが、宇宙研の大きな魅力です。

—— 今後の夢は？

石村：小さく単純なものを積み上げて、大きく複雑な構造物をつくりたい。それがずっと私の目指してきたことです。そして構造物が自分の状態を把握しつつ、環境適応的に形状を維持するシステムを実現したいと考えています。形状を維持するためには、宇宙空間で働く微小重力や遠心力、あるいは太陽輻射圧や熱変形なども利用できると思います。地上でいえば、石を積み上げたアーチ形の石橋は、地上の重力を利用して安定な構造をつくり出しています。宇宙空間ならではの構造物の形や仕組みを創出していきたいと思っています。

—— 具体的にはどのような宇宙構造物をつくらたいですか。

石村：具体的にというとなかなか難しいですが、漠然と中学生のころからスペースコロニーを実現したいと夢見てきました。私は「ガンダム世代」なんです。国境や歴史のしがらみのない宇宙で、みんなが平和に仲良く暮らせる場所をつくりたいのです。

ISAS ニュース No.352 2010.7 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

「はやぶさ」の大気圏突入、カプセル回収の大成功、「IKAROS」のセイル展開と、イベント盛りだくさんでした。関係者の皆さま、おめでとうございました。相模原キャンパスの見学の方が桁違いに増え、インパクトの大きさを実感しています。(小川博之)

* 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

