



赤外線天文衛星「あかり」の近・中間赤外線カメラによる
大マゼラン雲サーベイ領域全体の画像(4ページ参照)

宇宙科学最前線

地震計で月・火星の 内部を探る

東京大学 地震研究所 准教授
新谷昌人

天体内部を調べる強力な方法 ～地震観測

地球は表面から地殻・マントル・外核(液体)・内核(固体)の4層に分かれていることが知られています。これは地震の波を観測して分かったことです。大きい地震が起こると地震波は地中を伝わり、時には地球を地震波が何周もしている様子を捉えることができます。地中に層があると境界で反射や屈折が起こり、地表で観測されたいろいろな経路の地震波の時間差から、層がどのようになっているかが推定できます。一方、地震の発生場所(震源)は比較的浅く、世界地図に描いてみると線状に分布していることが分かります。これらのことから、地球の表面付近はいくつかの岩板(プ

レート)に分かれて運動し、それらの境界で地震が発生していると解釈されています。このように地震観測は地球の内部を調べる強力な方法です。

月や火星でも過去に地震観測が行われました。月では、1970年代のアポロ計画で、宇宙飛行士が合計5ヶ所に地震計を置いて地震観測が行われました。その結果、月にも地震(月震)があることが分かりました。月では深い部分まで破壊が起こるような堅い部分があることになります。月の内部についてはいくつかのモデルがあり、現在でもアポロ計画で得られた地震観測データは最新の方法で分析され続けています。

火星については、着陸探査機バイキングに地震計が搭載されました。火星には大気があり地球

より希薄(0.01気圧以下)ですが風は強く(最大風速100m/s以上!), 風による振動のためによい地震観測ができず、明確な地震は捉えられませんでした。近年は欧米の多くの探査機により、詳細な火星表面の画像や着陸機による地質データが得られるようになりました。火山や断層に似た地形が見られることから小さい地震活動があるかもしれませんが、はっきり分かっていません。

月と火星に共通するのは、地球のような大規模な地震がなく内部が不活発なことです。地球はマントルの対流運動が地震活動のエネルギー源ですが、月や火星は内部が冷えていることが示唆されます。地震観測によって地震の活動度が分かれば、内部の状態を推定できます。また地震活動があれば、地震波を利用して冒頭に述べた方法で内部構造を調べることができます。例えば、月や火星の中心にあると考えられている鉄を主体とした核のサイズや状態(液体・固体)が分かれば、天体が生成した状況や現在までの経過が推測できます。月の場合は、裏側(地球と反対側)に地震計が置かれなかったため、裏側の震源の情報が得られませんでした。月は表側と裏側で表面の状態が大きく異なっています(月の二分性)。裏側の月震が観測できれば、内部構造から二分性の原因に迫ることができます。このように太陽系の研究に重要な知見がいくつももたらされると期待されるため、ぜひ月や火星で精密な地震観測を実現したいと考えています。

地震計の性能は?

地球上ではいろいろな地震計が用いられています。小さな揺れを測る「高感度地震計」や、大きな揺れでも振り切れない「強震計」などです。月や火星では大きい地震が起こらないので、微小な

揺れが測れる地震計が必要です。

揺れの周期も重要です。地震が起こるとさまざまな周期の振動が発生します。短い周期の揺れは減衰しやすくあまり遠くには伝わりません。一方、遠くで大きな地震が起こると周期が数秒以上のゆっくりとした揺れを感じる場合があります。震源で発生した長い周期の揺れは減衰しにくく、遠くまで伝わるためです。地下深い構造を調べるためには周期の長い地震波を観測できる「広帯域地震計」を用います。

ところで、震源の位置と深さを決めるためには3ヶ所以上の場所で地震を同時観測します。月や火星では地震計を何ヶ所にも設置するのは至難の業なので、弾頭のような「ペネトレーター」に地震計を組み込み月や火星の数ヶ所に落下させて打ち込む方法や、それぞれの国やプロジェクトで設置した地震計を協力して観測する方法などが検討されています。また、隕石衝突の場所が確認されればそこを震源とした地震波が発生するので、1台の地震計でも地下の情報が得られます。

別の方法として、地震によって生じた「自由振動」を観測する方法があります。大きい地震が起こると地球全体が共鳴振動します。スイカをたたいてその音から熟し具合を判断するのと似ています。この方法では音の高さや音色、地震の場合は振動周期を地震計で測ればよいので、1台の地震計だけでも内部構造を推定できます。図1に地球および火星の自由振動の周期を示しました。地球の場合は大地震の際に最長約54分周期の振動が起こります。火星は地球の約半分の径なので周期は短くなり、図1では中心核のサイズと状態(液体・固体)によって自由振動周期が異なることが示されています。

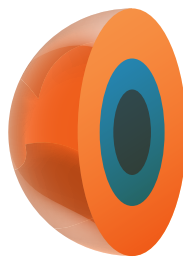
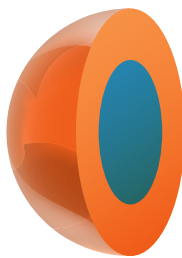
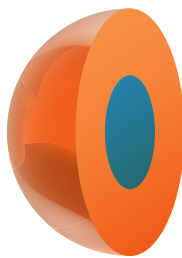
ただし、大きい地震が起こらないと自由振動は観測できません。地球の場合はおよそマグニチュード(M) 8以上です。月や火星の地震では残念ながら自由振動の観測は期待できません。しかし、火星では大気によって天体が常に揺らされる「常時自由振動」が観測できるのではないかと考えています。地球では、この現象が日本人の研究グループにより発見され、研究が進められました。火星の大気は希薄ですが高速で運動し、天体が小さく表面の凹凸も大きいので意外と大気で揺らされやすく、ある試算では地球と同程度の常時自由振動の大きさであるとされています。地上の最高性能の地震計で観測できれば、火星の常時自由振動を捉えられそうです。

試作地震計の性能～一歩ずつ前進

月・惑星探査用の地震計として、火星常時自由

図1 地球と火星の自由振動の周期(分)

火星は中心核のサイズ(半径)と状態(液体・固体)が異なる場合の理論値(西川泰弘氏の計算による)

火星モデル1	火星モデル2	火星モデル3
液体核 1800 km 固体核 650 km	液体核 1800 km	液体核 1700 km
		

振動モード	${}_0S_2$	${}_0S_3$	${}_0S_4$	${}_0S_5$	${}_0S_6$
地球	53.9	35.6	25.8	19.8	16.1
火星モデル1	33.5	20.7	14.5	10.9	8.7
火星モデル2	43.1	26.7	18.9	14.5	11.7
火星モデル3	37.4	23.1	16.3	12.4	10.2

振動を測定できる性能のものを開発目標としました。月や火星で観測するためには、ロケットの打上げや着陸の振動（数十G）、温度環境（マイナス50℃～プラス50℃）、放射線に耐えるものでなければなりません。さらに、大きさ・重量・消費電力の厳しい制約があります。従来の地震計の方式を使うことはできず、条件を満たすものを新たに作り上げる必要があります。図2にこれまでの試作品の写真を示しました。図2(a)は1号機で、周期の長い微小な振動をどこまで測れるかという検出性能重視で設計したものです。広帯域地震計は振り子の動きをセンサーで測り、その動きを打ち消すように振り子に制御を行い、制御した信号から地面の動きを求めるという原理です。長周期の振動を捉えるためには周期の長い振り子が必要です。微小な振り子の動きを測定できて温度変化や放射線に強いレーザー干渉計をセンサーとして用いました。この試作品は、検出性能ではほぼ目標通りにできました。

次の課題は、振動と温度環境です。振り子は摩擦なく柔らかい方法で支持されなければなりません。一方、振動にも耐える頑丈さが必要です。この「柔らかく頑丈」という一見矛盾する条件を満たす方法を見つけ出すために、いろいろなタイプの振り子をロケット打上げの波形で振動させて調べました。最初は、振り子を柔らかく支持する板ばねが振動で曲がったり切れたりしてうまくいきませんでした。その原因を追究して、板ばねが曲がるような押す力や破断するような大きな振動が、板ばねの部分に加わらないようにすればよいことに気がきました。小さな振動の範囲では柔らかく、大きい振動ではストッパーが効いて振動を抑えるのです。これで振り子の振動の問題は、ほぼ解決しました。レーザー光源は熱に弱いので、光ファイバーを使って地震計本体まで光を送ればよさそうです。レーザー干渉計や光ファイバーはマイナス50℃～プラス300℃の温度範囲で使えることが試験の結果、分かりました。「柔らかくて頑丈な振り子」と「光ファイバー式干渉計」を組み合わせたものが図2 (b) の2号機です。これを使って、静穏な地震観測トンネル内で従来の広帯域地震計と比較し、性能を確認できました。また、手作業でやっていた調整作業を自動的にコンピュータでできるようになりました。月・火星探査用地震計に一步近づきました。

今後の開発

現在、実際の探査を想定して図2 (c) の小型サイズ(3号機、約10cm立方)の地震計を製作して試験を行っています。これまでは部分ごとの試験

図2 試作した地震計



(a) 1号機(検出性能重視)

(b) 2号機(耐振振り子+光ファイバー式干渉計)

(c) 3号機(小型実証モデル。約10cm立方)



図3 火星表面を想定した風洞試験

0.1気圧、30m/sの風が写真左上から右下の方向に流れ、中央のカバーに加わる力を測定した。

でしたが、今回は地震計全体に振動や温度変化を与えて問題がないかどうかを調べる予定です。同時に、地震計をどのように設置するか考えなければなりません。月の場合は、温度変化を抑えるための保温カバーの中に設置したり、ペネトレーターに組み込みモグラのように自分で穴を掘って埋設する方法などが検討されています。火星でもペネトレーターなどで埋設するか、地表の場合は風と温度変化の影響を避けるためのカバーが必要です。図3はカバーの形によって風の影響がどのようになるか試験をした際の写真です。0.1気圧の状態では風速30m/s程度の風をカバーに当てて加わる力などを計測し、風圧を受けにくい形状を見つけました。

実際に月・火星の地震探査を行うためには多くの課題をクリアしなければなりません。振動試験・温度試験・風洞試験は宇宙科学研究所のスタッフの協力のもと、施設を使わせていただきました。検出性能は東大地震研究所の観測点で測定しました。レーザー干渉計や地震計の試作は国内メーカーによるものです。常時自由振動の研究やペネトレーター／モグラ方式の技術開発は、日本人研究者によるものです。各分野のエキスパートが連携すれば、国内のチームで目標の地震計をつくり上げ、日本独自の探査計画を策定できると考えています。「極限環境での地震計測技術」は月・火星探査のみならず、地震発生域の地中深く高温環境での地震観測に応用できます。知力と技術を結集して、今後の惑星探査や地震研究の中核になる技術開発をしたいと思っています。

(あらや・あきと)

「あかり」による大マゼラン雲の赤外線天体カタログ公開

大マゼラン雲は、我々の銀河系のお伴の小さな若い銀河です。南天にあるため残念ながら日本からは見えませんが、1987年に出現した超新星のことを覚えていらっしゃる方もいるかもしれません。大マゼラン雲は、約16万光年の距離にあり、我々から見ると銀河をほぼ真上から俯瞰することができるため、一つの銀河の中で星の誕生や進化などの営みがどのように行われているかを研究するには、格好の天体です。

2006年2月に打ち上げられた日本初の赤外線天文衛星「あかり」は、全天をくまなく観測する「全天サーベイ」と並行して、大マゼラン雲領域の集中的な観測を行いました。この大マゼラン雲サーベイプロジェクトの集大成ともいえるべき、赤外線天体カタログとスペクトルデータが、相次いで世界中の研究者に公開され

ました。

「あかり」は、近・中間赤外線カメラを用いて、5つの赤外線波長（3, 7, 11, 15, 24マイクロメートル）で、大マゼラン雲の約10平方度（満月およそ50個分）にも及ぶ領域を観測しましたが、そのデータから入念に測定された66万286天体の位置や明るさをまとめたのが、今回公開される天体カタログです。そのうち1757天体については、波長2～5マイクロメートルの詳細な赤外線スペクトルも公開されました。点光源カタログは世界最大規模、またスペクトルカタログは、この波長では世界初のものでした。データの解析は、宇宙研と東京大学を中心とし、東北大学、国立天文台、神戸大学、名古屋大学、ソウル大学などから成る研究チームによって行われました。

「あかり」のデータは、天体中の分子ガスや氷などの固体微粒子に関する情報を我々に教えてくれます。すでにこのカタログをもとにして、生まれたての星のまわりに存在する氷の性質や、生まれたての星の分類、年老いた星から放出された物質の性質や量を探るなどの研究が進められています。今後「あかり」のカタログがより広く利用され、宇宙の物質進化という重要な天文学的テーマの解明に貢献すると期待されます。

（山村一誠）



大マゼラン雲内の星形成領域 N48 付近にある星のスペクトルの例

生まれたての若い星 (A) では、低温のガスとちりの雲に含まれる水 (H_2O) や二酸化炭素 (CO_2) の氷のスペクトルが観測される。年老いた星 (B, C) では表面のガスに、水や一酸化炭素 (CO)、あるいはアセチレン (C_2H_2) やシアン化水素 (HCN) の分子が含まれることが分かる。

表紙: 「あかり」近・中間赤外線カメラによる大マゼラン雲サーベイ領域全体の画像。3, 7, 15マイクロメートルで得られたデータをそれぞれ青、緑、赤に割り当てて疑似カラー画像を合成している。中央左側の明るい部分が現在活発に星形成活動を行っている領域。画面左下のぼんやり青くなっているところは、星が密集しているバーと呼ばれる領域である。

イプシロンロケット，モーションテーブル試験

現在、イプシロンロケットは、今年の夏期の初号機打ち上げに向けて、各段モータ、フェアリング、各種搭載機器などの開発、製造および試験が進められています。その中で、イプシロンロケットの飛行中の姿勢制御に関わる試験として「モーションテーブル試験」が、2012年12月から2013年2月中旬までの予定で、相模原キャンパスにおいて実施されています。

モーションテーブル試験は、ロケットの姿勢制御系の健全性を確認するための試験で、実際にイプシロンロ

ケットに搭載される、誘導制御機器（姿勢センサや誘導制御計算機など）や各段モータの可動ノズル、姿勢制御用スラストなどのハードウェアを電氣的に結合し、フライトソフトウェアを用いて実機の誘導制御を模擬し、リアルタイムにシミュレーションを行うものです。

試験の名称に使われている「モーションテーブル」は、姿勢センサを3次元で傾けることができる試験装置のことで、ロケットの飛翔中に姿勢センサが傾く状態を模擬することができます。

イプシロンロケットの誘導制御系は、ロケットに搭載された誘導制御計算機で誘導計算を行う慣性誘導方式を採用しています。1段の姿勢制御には、可動ノズルと固体モータサイドジェット装置を用います。また、レートジャイロパッケージと横加速度計測装置を搭載し、1段フェーズの制御安定化と迎角の低減に使用しています。2段の姿勢制御には、可動ノズルとガスジェット装置を用います。

3段は固定ノズル、スピン安定方式を採用し、初号機では4段として小型液体推進系のポスト・ブースト・ステージを搭載したオプション形態を採用しています。また、3段ステージの軌道誤差を

あらかじめ低減する目的で、スラスタ1基によるラムライン制御（スラスタをスピン1回転につき1パルス噴射することによる姿勢制御）を行います。

モーションテーブル試験では、このような実際に搭載される各種機器を用いて、実際のフライトで予想される動作を模擬し、動作確認を行います。（加藤洋一）



モーションテーブル試験装置(左)と2段ノズル

第13回 宇宙科学シンポジウム開催

毎年恒例の宇宙科学シンポジウムが、1月8～9日の2日間にわたって相模原キャンパスで開催されました。宇宙科学のすべての分野の研究者が一堂に集う宇宙研最大のシンポジウムであり、口頭発表27件、ポスター発表302件の講演や研究発表が行われ、最新の科学成果や新規技術について活発な議論と情報の共有がなされました。

本シンポジウムは、宇宙科学プロジェクトの成果や進捗状況の報告の場のみならず、年始恒例の放談会として、また新規ミッション立ち上げ時の登竜門として、重要な役割を担ってきました。しかし今回で13回目となり、マンネリ化の影がちらつき始めたと感じていました。

そこで、今回は思い切って企画中心（放談会重視？）の構成に変えてみました。宇宙科学ミッション創出に向けた将来構想と課題として、大いなる目標やイノベーション創出について語っていただき、さらに宇宙研でも不可避となりつつある（？）大型計画の進め方について課題を整理しました。困難に直面している大型計画の代表者に登壇いただき、また国立天文台における大型プロジェクト推進と体制、内閣府宇宙戦略室や大学の



パネルディスカッションの一幕

立場から見た宇宙研への期待などの基調講演をいただきました。パネルディスカッションでは会場との議論も盛り上がり、有意義な議論ができました。また、大型計画を進める高エネルギー加速器研究機構の機構長より特別講演をいただき、いずれも大変好評でした。

前回までは、現在活躍中の宇宙科学ミッションの最新成

果、開発中の宇宙科学ミッションの現状、ワーキンググループ活動状況、過去のミッションの研究成果、宇宙科学を支えるテクノロジーの開発の5大構成要素（ただし後ろの2つはポスターのみ）に、企画セッションを加えたものでした。今回はワーキンググループ活動状況の口頭発表については宇宙理工学委員会の推薦枠のみとし、むしろ各分野の代表による現状認識と将来ビジョンを語っていただきました（熱弁を振るう予定で準備していたワーキンググループ関係の方には、大変申し訳なく思っています）。

最後に本シンポジウム開催に尽力していただいた宇宙理工学委員長・幹事の皆さん、管理部の皆さん、そのほかお手伝いしてくださった皆さんには、世話人一同感謝致します。（岡田達明）

ASTRO-H システム試験の状況

ASTRO-Hは軌道上で全長14mにも及ぶ巨大なX線天文衛星です。科学衛星は通常、相模原キャンパスで組立て、試験を行うのですが、相模原の既存設備では高さが足りず、ASTRO-Hの組立てすらできません。そこで、ASTRO-Hでは組立て、衛星全機を使ったシステム試験のほぼすべてを筑波宇宙センターの総合環境試験棟（通称SITE）で実施しています。プロトフライトモデル（PFM）構体を用

いた衛星のシステム試験は昨年4月ころから準備が始まり、これまで熱変形試験、熱試験モデル（TTM）を用いた熱平衡試験を終えました。

ASTRO-Hは主要検出器である軟X線分光検出器（SXS）の心臓部のセンサを50mKまで冷却するために、断熱消磁冷凍機と液体ヘリウム、5式の機械式冷凍機、20本以上のヒートパイプ、2枚の大きなラジエータを搭載しています。また、伸展式の光学ベンチ（伸展長6m）には焦点距離12mもの望遠鏡を搭載しているため、指向精度要求も高く、軌道上の熱変形を抑えるため低熱ゆがみ設計が要求されています。極低温部と高発熱機器を搭載しつつ、低熱ゆがみを達成する必要があり、衛星の熱設計には解くべき課題がたくさんありました。



衛星システム試験のひとつ。13mφチャンバーでソーラー光照射チェックを行っているところ。チャンバー内壁に映ったシルエットを見ると、6mφの光束では望遠鏡はみ出ているのが分かる。

熱設計を検証するため、TTM試験として13mφスペースチャンバーを用いたソーラー光照射試験を行いました。写真はソーラー光の照射チェックをしている様子です。手前に写っている人と比べるとチャンバー、衛星の大きさが分かると思います。13mφチャンバーをもってしてもそのソーラー光照射範囲にはASTRO-Hの衛星構体がすべて入り切らないため、TTM試験は望遠鏡周辺部

分と、その他の衛星システムの2回に分けて実施しました。あいにくASTRO-Hの試験の直後に別の衛星の熱試験が計画されていたため、二つのTTM試験は準備、試験実施、撤収を並行して実施し、8月、9月の2ヶ月連続で10昼夜にわたる連続試験という極めて厳しいスケジュールとなりました。昼夜の当番に就いていただいた皆さま、大変お疲れさまでした。

現在は微小擾乱試験の準備をしており、微小擾乱試験、システム機械試験モデル（MTM）試験を終えて、ようやく衛星システムの熱/構造の成立性を確認することができます。そして、これら一連のシステム試験を終えると、その後は一次噛合せ試験、総合試験とフライトモデル（FM）機器を用いた試験に移行します。（夏苺 権）

IKAROS、ギネス世界記録に認定

小型ソーラー電力セイル実証機IKAROSと、セイルを自分撮りするために搭載された2機の分離カメラDCAM1とDCAM2が、このたび次のようにギネス世界記録™に認定されました。①最初の惑星間ソーラーセイル宇宙機「IKAROS」（First interplanetary solar sail spacecraft）、②最小の惑星間子衛星「DCAM1とDCAM2」（Smallest interplanetary subsatellite）。

IKAROSは私にとってプロジェクトの立ち上げから設計、開発、運用すべてに携わってきた実証機ですので、今回のギネス認定は感慨深いものがあります。“世界最初”のソーラーセイルを目指して立ち上げたわけですが、

その道のりは予想以上に険しいものでした。開発期間が短い中、若さとチームワークで乗り切り、惑星間軌道でソーラーセイルを実現することができました。このような形で世界に認めてもらえたことを大変誇りに思い、また、関連メーカーはじめ、学生の皆さん、関わってくださったすべての皆さまには感謝の気持ちでいっぱいです。

「イカロス」本体に関してはさまざまなところで報告があるので、ここでは私が開発を担当した分離カメラについて触れたいと思います。プロジェクト発足当初、私の任務はソーラー電力セイルを展開すること、展開した

セイルを確認することでした。展開後の様子を写真に撮ろうと考えたとき、皆さんも最初に思い付くのは遠くから撮像することですよね？でも、「そんな危ないもの、開発したくないな」というのが正直な気持ちでした。当時、セイル展開機構をゼロから設計し、四苦八苦しているところでしたから。散々悩んだ結果、本体固定のカメラ4台とは別に、分離カメラ2

機を搭載するという、自らの首を絞める提案をしました。無線メーカー、東京理科大学、東京工業大学に協力してもらいながら開発し、皆さんよくご存じの自分撮りに成功！晴れて世界最小の惑星間宇宙衛星となりました。今回、ギネスに認定していただき、分離カメラから送られ



ギネス認定記念撮影と、分離カメラで撮像したイカロス自分撮り！！

てきた画像を初めて見たときの感動をあらためて思い出しました。

実は、開発が進められている「はやぶさ2」でも、IKAROSの分離カメラを踏襲した新型分離カメラを搭載すべく開発が進められています。相変わらず自分の首を絞めています……。 「はやぶさ2」の搭載分離カメラについては別の機会に紹介できればと思っています。

これからも世界初となるような、皆さんにもワクワクしてもらえるようなミッションに挑戦していきますので、ご支援ご協力をよろしくお願い致します。IKAROS、分離カメラの開発にご協力いただいたすべての皆さまに、この場を借りて感謝の意を表します。（澤田弘崇）

「はやぶさ2」報道公開・一次噛合せ試験

「はやぶさ2」報道公開

2012年も押し詰まった12月26日に、「はやぶさ2」の探査機を報道関係者に公開しました。探査機は製作を続けているわけですが、本誌1月号で紹介した機械環境サーベイ試験の合間に、相模原キャンパスの機械環境試験室にて公開を行いました。

構造体と太陽電池パドルはフライトモデル（実機）ですが、ほかは振動試験のためのダミー機器が付いている状態で、探査機としてはまだつくりかけのものです。しかし、「はやぶさ2」としては初めての機体公開ですので、マスコミの関心は非常に高く、テレビ局が6社、新聞9社、その他11社、総勢44人の取材陣にお越しいただきました。特に主要テレビ局が全社集まったのは、JAXAとしては久々とのことです。

最初に、國中均プロジェクトマネージャーと渡邊誠一郎プロジェクトサイエンティストが「はやぶさ2」ミッションについて紹介を行い、その後、2つの班に分かれて探査機の取材をしていただきました。非常に好評で、テレビや新聞などで多く報道していただきました。（吉川 真）

一次噛合せ試験開始

2013年1月末から、「はやぶさ2」は一次噛合せ試験を開始しました。一次噛合せ試験では、フライトモデルの搭載機器を相模原キャンパスのクリーンルームに一堂に集め、探査機として組み上がるかを確認するとともに、総合的な電氣的機能・性能の試験を行います。

一連の試験では、すべての搭載機器を探査機に組み込んだ状態での電気試験を行った後に、姿勢・誘導系総合試験、運用シミュレーション試験、イオンエンジン動作試験、通信系総合試験、質量特性測定などを行っていきます。

「はやぶさ2」は、搭載機器が多い上に、2014年末の打上げに向けてタイトなスケジュールが組まれているため、サブシステム試験とシステム試験がパズルのように入り組んだ作業工程になっています。JAXAと関連メーカーのチームワークで、この複雑な探査機をしっかりと上げていきたいと思っています。引き続き皆さまのご協力をよろしくお願い致します。

（津田雄一）



相模原キャンパス機械環境試験室で報道公開中の「はやぶさ2」

「宇宙学校・ふくい」開催

1月12日、「宇宙学校・ふくい」が福井県立こども歴史文化館で開催されました。県内の小中学校にチラシを配ってから毎日申し込みの電話が鳴り続けました。予約した子どもたちからは「楽しみで眠れない」「どんな質問をしようか考えている」という声が聞こえ、とても注目度の高いイベントとなりました。当日は、宇宙ファンの子どもが大勢集まり、定員を大きく超える約160人が参加しました。

1時限目の授業は塩谷圭吾先生による「赤外線天文衛星で狙う太陽系外惑星」、2時限目の授業は清水幸夫先生による「小惑星探査機『はやぶさ』が目指したもの」でした。

子どもたちは、塩谷先生の授業では、系外惑星やドップラー効果を利用した調査方法についての説明をうなずきながら聞いたり、衛星を熱から守るための素材に目を輝かせて見入ったりしていました。また、清水先生の授業では、「はやぶさ」に取り付けられたカメラの映像を見て大きな歓声を上げたり、小惑星イトカワがラッ



講師の先生に元気よく手を挙げて質問する子ども

コに例えられたことを興味深げにノートに取ったりしていました。

お待ちかねの質問タイムでは、たくさんの子どもたちが一斉に手を挙げ「衛星はどのくらい遠くで仕事をしているのか」「JAXAに入るためにはどうすればいいのか」「宇宙の果てはどうなっているか」「宇宙人はいるか」などの質問が出ました。1ヶ月も前から質

問を考えてきた子どもや、宇宙塵や暗黒物質に関する大人でも分からないような専門的な質問をする子どももありました。休み時間も先生を取り囲んで質問したり、隕石を触らせてもらったり、大人も子どもも、まさに宇宙に夢中になった2時間半でした。阪本成一校長先生をはじめ先生方も、一つ一つの質問に非常に丁寧に答えてくださり、時間が足りないほど最後まで手が挙がり続けました。

JAXAの皆さま、素晴らしい授業と夢の時間を本当にありがとうございました。

(福井県立こども歴史文化館／齊川壽都香)

月惑星探査ローバによる火山地域無人観測のためのフィールド試験

2012年10月28日～11月6日、伊豆大島三原山裏砂漠において、月惑星探査ローバを用いて火山地域無人観測のためのフィールド試験を実施した。この試験は、伊豆大島無人観測ロボットシンポジウムの活動の一環として毎年同時期に行って

おり、今年で3回目の参加となる。試験フィールドとしての裏砂漠は、回避すべき岩石の乱立している地形、スコリアで敷き詰められた見通しが数km取れる平野など、バラエティに富み、さながら火星地表面の様相を呈している。また、GPSの電子基準点が近傍（10km以内）に4つあり、いずれの季節、時間帯でも移動の評価が高精



伊豆大島三原山裏砂漠における月惑星探査ローバのフィールド試験

度にできるため、特にローバの自律航法誘導の試験に適している。宿泊設備に近い、フィールド中心部への車でのアクセスが可能、都心から近いなど、試験場として優れた特徴も有している。

宇宙研の職員ならびに月惑星表面探査技術

(STEPS) ワーキンググループの自律探査技術分科会に所属する各大学メンバーが本試験に参加し、宇宙研が所有するローバをテストベッドとして種々の試験を行った。今年度は、新型環境認識センサの評価、画像による地形認識と自律航法誘導のためのデータ取得、ローバ電力系の性能評価、新型サスペンション機構と走行

路面の評価、ほかの飛行型/小型高速ローバとの連携
 探査の検討、レーザー誘起ブレイクダウン分光計 (LIBS)
 による火山噴出物の岩石表面の組成分析などの試験を
 実施した。

結果として、いずれの工学的な試験も良好に実施す
 ることができ、またLIBSによる科学ミッションの運用上
 の課題を洗い出すことができた。月惑星探査ローバの
 耐環境性のあるセンサやアクチュエータの要素技術、噴

火時の運用方法などについて、このようなフィールド試
 験を通じて洗練し、将来の月惑星表面探査のみならず、
 火山地域である伊豆大島の無人観測に貢献すること
 を目指している。今後、事前シミュレーションとの比較検
 討、自律移動のためのアルゴリズムの選定基準の策定
 などを十分に行い、火山地域でのローバの自律運用に向
 けた要素技術のさらなるロバスト化を目指している。

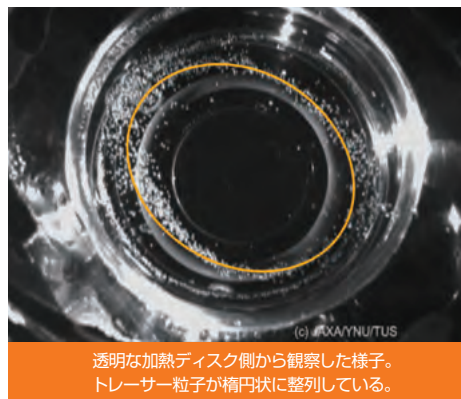
(大槻真嗣)

ISSでの表面張力対流実験

国際宇宙ステーション (ISS)
 での実験が始まってから今年の
 8月で5年になります。若田光
 一宇宙飛行士の長期滞在に向け
 た準備作業が行われる一方、「き
 ぼう」船内実験室では、物質科
 学テーマの実験が行われていま
 す。

日本実験棟「きぼう」の栄え
 ある最初の実験テーマとして開
 始された液柱マランゴニ対流実

験の第1テーマ (Marangoni Experiment In Space : 通
 称MEIS) も、2月の実験をもって終了します。この実験
 では、2枚の円板 (ディスク) の間に液体の柱をつくり、
 ディスクに温度差を与えます。すると液柱側面を引っ張
 る力に差が生じ、これが駆動力となって液柱内に流れが
 発生します。微小重力下では自然対流が抑制されるの
 で、この表面張力対流を研究するのにISSは絶好の場所
 です。これまで足かけ4年の実験により、層流から振動
 流への遷移条件や内部の流れの構造などを体系的に観



測してきました。

2月のシリーズではPAS
 (Particle Accumulation
 Structure : 粒子集合構造) に注
 目した実験も行っています。内
 部の流れを観察するため、実験
 では透明な液体中に粒子 (金コー
 ト樹脂球) を分散させています。
 この粒子は特定の流れの条件に
 になると自発的に集合してパター
 ンを形成することが、地上での

小さな液柱の実験で分かりました。ISSでの大きな液柱
 ではどうなるのか。実は、最初の年からPASの観察を
 目指した実験を行いました。地上実験から予測した条
 件ではPASが観察できませんでした。諦めかけていた
 ところ、2011年秋によく写真のような楕円の構造
 が観察できました。本シリーズでは、PASの発生条件
 を詳しく調べる実験を実施中です。面白い結果がまとま
 りましたら、本誌面を通じて報告させていただきます。

(石川毅彦)

ロケット・衛星・大気球関係の作業スケジュール (2月・3月)

	2月			3月		
ASTRO-H			システム振動試験 (筑波)			
惑星分光観測衛星			フライトモデル総合試験 (相模原)			
BepiColombo			フライトモデル総合試験 (相模原)			
はやぶさ 2			一次噛合せ試験 (相模原)			
イプシロンロケット	モーションテーブル試験 (相模原)					
高頻度再使用 ロケット実験機				第3次地上燃焼試験 (FRV-3) (能代)		

『ISASニュース』の新たな試みとして誌上討論シリーズを企画します。
最初に議論の出発点となる問題を提起し、これについて読者の皆さまから
ご意見をお寄せいただきながら、複数号にわたって議論を深めていきたいと考えています。
なお、企画の性格上、掲載は不定期になります。また、皆さまからのご意見につきましては、
必ずしもそのまますべてを掲載できるわけではないことをご承知おきください。
ご意見の投稿の要領については、次のURLをご参照ください。
<http://www.isas.jaxa.jp/j/isasnews/index.shtml>

成果を挙げ外部に貢献し続けること

徳留真一郎
宇宙飛行工学研究系准教授

筆者は、M-Vロケット用の固体ロケットモータの研究と開発に12年、M-V開発終了後は再使用ロケット用の液体酸素/液体水素推進系の開発と運用に12年携わりました。現在はイプシロンロケットの固体推進系の開発を担当して3年になるところです。それらの背景を踏まえて述べたいのは、持続的に成果を挙げ外部に貢献する組織の仕組みについてです。

大きな組織で仕事が軌道に乗ると、ささやかな成功体験をよりどころに既存形態の維持が優先され、創造の場で活躍するとんがった人材は出番を失っていきます。すると組織は、「食わせるため」に、元手が要らない内向きの管理業務を必要以上に増やしていきます。そこでは、大過なく過ごし部下と業務を増やすことが成果ですから、「外部への貢献」という組織本来の目的とは無関係に人と業務が増えていくことになります。かくして肥大化した業務に大義名分を与えるため、組織の目的を具現化する「創造的な仕事」が餌食となり、管理が強化され仕事の自律性が圧迫されます。JAXAにも共通する問題として提起しますが、皆さんのご見解はいかがでしょう。

解決策は、管理業務の肥大化部分を廃止し、研究者や技術者に外向きの創造的な仕事で成果を上げるよう仕向けることです。どこの部署も人手不足のようですが、全体としては、お互いにつくり合う管理上の手続きが減る分だけ創造的な仕事が相乗的に促進されるはずです。元手不要で戦略的な大転換が可能な方策です。

宇宙研がM計画を立ち上げたころは、統合前の他機関も含め、ユニークで多種多様なタレントが集まったと聞いています。当時以上に革新的なことが求められる現在、私たちに、対応する心構えと体制はできているでしょうか。利害関係の調整に奔走だけでなく、多種多様な才能を受け入れる器と新機軸を打ち出すための仕組みを創ることが、喫緊の課題ではないでしょうか。また、革新的な研究や開発ではリスクが大きくなります。外部機関と手を組む際には、成果を上げることが最優先とし、不慮の事態についてはお互いのリソースを持ち出して引き受ける相互の信頼関係を築いておくことが肝要です。私たちJAXAは、手を組む相手との信頼関係づくりが不十分なまま研究や開発のアウトソーシングを促進するばかりで、組織本来の目的を達成する内部の自律的な創造基盤の強化を重要課題として正面から受け止めていないように、私には感じられるのです。

JAXAのXはExplorationを意味していて、いろいろいっぱい試して新機軸を生み出すことが、私たちの外部への貢献なのです。そのためには、多種多様な広がりを持つ知恵の源泉、すなわちさまざまなタレントとそれらを活かす仕組みが必要なはず。その源泉を基礎とした我々の成果や強みを背景として、手を組む相手と良好な信頼関係を築かない限り、研究や開発のアウトソーシングや共同研究はうまくいきません。開発費だけ出して丸投げすれば、核心的な情報は出てきませんし、そこに起因する不都合が生じた場合、手の打ちようがなくなるかもしれません。そのことを私たちはさまざまな経験から学んでいるはず。

ところで、創造的な成果を挙げ続けるためには、やる気の持続が必要です。経験的に、やる気を持続するには、考えたことを自由に試す機会と環境を持つことが大切です。リアルな世界では、紙と鉛筆やパソコンだけで取り組める課題ばかりではありません。少し手間をかけて、器材を整えて行う実験的試行錯誤も必要になります。例えば、火薬や高圧ガスを用いる燃焼実験や飛行実験を自由に行える機会と環境を整えれば、さまざまな分野での競争優位の条件を獲得できるはず。あとはそれを個人の自己主張のための手段ではなく、外部に貢献する組織として有効に活用するためのマネジメントができるかどうかでしょう。

マネジメントとは「人に成果を挙げさせること」。達成目標のリスク管理は重要ですが、一手段であり目的ではありません。そのマネジメントで大事なことは、人員配置、かじ取り、フィードバックの三つと理解しました。まず、個性豊かな人材それぞれの強みを知り誰をどの機会に活躍させるか決めておくことは、団体競技の監督と同じマネジャーの役割です。また、任された分野のビジョンを持ちかじ取りすることは、今必要なことと将来必要になることの調和を取るリーダーとしての責任です。さらに、行動の結果得られた教訓を迅速にフィードバックしてその先に役立てることは、人のやる気を引き出し目標の達成を確実にするマネジメントの要諦です。

以上三つのポイント、「組織の目的」「成果を挙げ続けること」「マネジメント」について、課題を提起させていただきました。本原稿に対するご意見をお待ちしています。

(とくどめ・しんいちろう)

イプシロンロケットの 安全設計

菅家淳一

イプシロンロケットプロジェクトチーム



イプシロンロケットは3段式固体ロケットです。固体ロケットには火薬（推進薬）を使用した機能がたくさんあります。主推進装置、姿勢制御装置、分離装置などです。また試験機では3段の上段と2段姿勢制御装置に液体推進装置を載せています。このような固体・液体の推進薬（火薬）に誤って火が付いた場合、大きな事故になってしまいます。またロケットの組立てにおいては高所作業などがあり、作業員の落下などの事故も考えられます。

このような事故から人、ものを守るため、イプシロンロケットでは開発の初期段階から安全設計を実施し、事故を未然に防止し、安全な状態で組立て・打上げを行おうとしています。今回はこの安全設計について説明します。

ハザードとは

安全の世界では、事故をもたらす状態が顕在または潜在していることを「ハザード」と呼びます。例えば「点火電流誤入力によるロケットの不期（意図せぬ）発火ハザード」などです。ちょっと長いハザード名となっていますが、ハザードをよく理解するためには要因とプロセスで考えるとよいとされているため、このような表現になります。

ハザードの識別

安全設計ではまずハザードの識別を行います。対象とするロケットシステムや運用（組立て）をよく理解して、漏れなくハザードを識別することが重要です。フォルトツリー解析や故障モード影響解析といった解析手法を活用してハザードを識別し、さらにハザードの原因を識別します。最後にハザードの被害の度合いを識別します。被害の度合いを以下に示します。この被害の度合い（レベル）に応じて制御方法を考えていきます。

レベルⅠ（破局 カタストロフィック）：死亡

レベルⅡ（重大 クリティカル）：重度のけが

レベルⅢ（限界・局所的 マージナル）：軽度のけが

ハザードの除去・制御

識別したハザードは許容可能な被害レベルとなるよう除去または制御します。基本的には除去できることが望ましいのですが、ミッションに必要な機能のため除去できないものもあり、その場合にはリスクが十分小さくなるように制御を行います。具体的には以下の優先順位で制御を考えていきます。

- ①ハザードを除去する
- ②故障許容設計をする（冗長設計、インヒビット*設計）
- ③リスク最小化設計をする
- ④運用によるハザード制御を行う

*インヒビット：ハザード源となる機能とそれに対するエネルギー源（電源）の間に設ける遮断装置のこと

各ハザード制御は最終的に試験、解析、検査、デモンストレー

ションにより正しく機能することを確認します。ここまで述べた安全設計の流れを図1に示します。

ロケット不期発火に対するハザード制御例

「点火電流誤入力によるロケットの不期発火ハザード」の例を示します。

固体ロケットはイグナイタと呼ばれる点火装置で点火しますが、この点火装置に誤って電流が流れた場合、ロケットに着火して事故となります。この場合の要因はイグナイタ上流の電源であり、プロセスは「誤ってまたは故障して電流を流す」ということとなります。誤発火は要員の死亡につながるため、被害度合いはレベルⅠのカタストロフィックハザードとなります。

ハザード源である電源の除去はできないため、故障許容設計（インヒビット設計）を行います。被害度合いがレベルⅠのため、2故障許容設計を行います。2故障許容設計とは、2個の故障が起きてもハザードを生じないように設計することです。点火回路の概念図を図2に示します。インヒビットであるスイッチを3つ置くことにより、誤操作またはスイッチの故障が2個同時に起きても、残りのインヒビットにより回路に点火電流が流れるのを防ぐようにしているのが分かると思います。

ロケットの安全な打上げのために

ここまで述べてきた安全設計（システム安全活動）を概念設計の段階から実施し、ロケットの設計に取り込むことにより、ロケットのすべての要素、すべてのフェーズにおいて安全な状態を維持するよう取り組んでいます。現在イプシロンロケットは打上げに向けて大詰めを迎えていますが、それに合わせて安全設計も最後の安全制御の検証を行っているところです。（かんけ・じゅんいち）

図1 安全設計の流れ

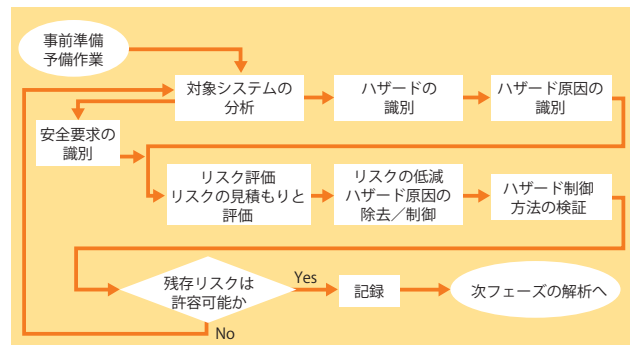
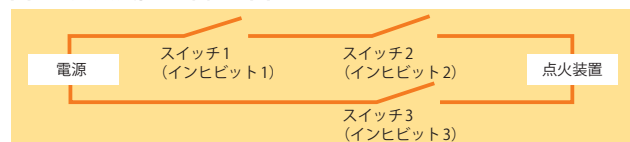


図2 点火装置回路概念図



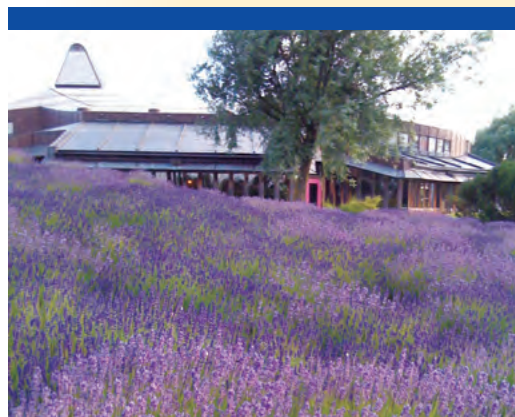
ESA/ESTEC 紀行

太陽系科学研究系 教授 藤本正樹

初めてオランダにあるESAのESTEC（欧州宇宙研究技術センター）を訪問したのは、2005年の4月、まだ東京工業大学に所属していたころです。早川基さん（BepiColombo MMO [水星磁気圏探査機] プロジェクト・マネージャー）に行き方を聞いていたのですが、宿泊地Noordwijkの読み方が分からず呆然とし、空港から列車に乗ってバスに乗って……というややこしさにやれやれとなり、バスの運転の荒さにうんざりし、しかも、スーツケースが翌日夕方まで届かないという情けない気分で、ESTEC訪問は始まりました。

それ以来、2006年に宇宙研に移籍して水星探査計画BepiColomboなどの複数の国際協力案件に関わったので、ESTECは何度も訪れています。初回には、ESLABというCosmic Vision 2015-25の枠組みが固まりつつある段階での将来構想会議に参加。思い出すと、そのころは議論の進め方など何も分かっていなかったと実感します（今でも、海外での議論機会は毎日が進化のチャンス）。また、そのころにヨチヨチ歩きで立ち上げた「木星探査に日本から参加する形をつくる」という構想が、今、ある形で結実しつつあることに感慨を覚えます。実際には、この先の方が長いのですが。

慣れてきた今、私はライデンにある17世紀の建物を使ったホテルに宿泊します。古いれんが造りの建物群に街散歩へといざなわれ、旧処刑場前のこれまた古い建物にある、れんがの床面がすり減ったカフェの木製ベンチで休む時間はいいものです。大学街なので若者が多く、夏の夜は外でビールを飲んで騒ぐ声がホテルの部屋に届き、時々、ビール瓶が割れる音が聞こえます。（瓶を割るのはいかかとしても）夏に外で飲みたくなる気分は、夜11時まで明るく心地よく過ごせること、そして、冬は



夏のESTEC。こういう雰囲気の中、屋外のテーブルに座って議論していると、もっと議論がうまくなって楽しめるようになりたいと、本気で思うのだ。

寒くて暗くて雨が多いことを知れば、よく理解できます。

夏。ESTECの食堂はラヴェンダーの花で囲まれます（写真）。そして、その食堂の充実ぶりは大したもの。メインは、ステーキや魚のソテーやらに、ブロッコリーのゆでたものやフレンチフライを添えたもので、ヴォリュームです。それ以外にも、パテなどの前菜、スープ、キッシュやパイ、サラダ取り放題、ヴェジタリアン・メニューもあります。そして、デザート。海外の方は、いい齢のおっさんも含めてほとんどの人が必ず食べますね。一方、私の一番のお気に入り、オレンジを丸ごとぎゅううと絞るマシン（セルフサービス）でつくる、たっぷりのオレンジジュース。しかも、全部が安い。食後のエスプレッソは1杯20円程度。なので、会議前にカフェ・スペースでオレンジジュースをグイッとやった後にエスプレッソをクイッとやって目を覚ますことが、朝の日課になります。

昨年6月のESTEC出張ではEURO2012を無時差観戦しました。特に、Bepi仲間のヨハネス（MPO [水星表面探査機] プロジェクト・サイエンティスト）に誘われてドイツ・イタリア戦をハーグのドイツ大使館で観戦したのは、ちょっとした経験でした。試合前、集まったドイツ人コミュニティの面々が中庭でソーセージとビールでワイワイ。子どもはレプリカのユニフォームを着てPK戦。会議室の大画面にはドイツ局による中継が映され、相手の下馬評は高くなく、余裕の雰囲気です。司会者が「次の試合もここにきてね」なんて言いながら観戦がスタート。しかし、この試合まで眠っていたイタリアFW・パロテッリが爆発し、コーナーとカウンターで前半に二発。一方、ドイツはギアが入っていない感じで、ハーフタイムの観戦会場には早くも諦めムードが。おや、ゲルマン魂はどこに？ 一方、「右サイドがヨタヨタ」とハーフタイムでは冷静に意見交換できていたヨハネスは、後半にはドイツ語でぶつぶつ言ったり棒を外したシュートに嘆いたり冷静ではなくなりつつも、最後まで諦めずに応援していました。重い雰囲気への帰りのトラムの中でゲルマン魂のことを聞いてみると、「近ごろの若者は……」。

冬。ライデンのホテルの前の運河が凍結します。朝8時過ぎでも暗い中を、サムイさむい寒いと言いつつ駅まで歩いてバスに乗ります。その途中、夏と変わらず自転車でかっ飛んでいる地元の人たちと擦れ違います。昔、日本では豆腐屋さんが自転車で巡回販売していました。あの感じの、シンプルで地味ともいえる黒塗りの自転車が、若い女子も含めた多くのオランダ市民の足です。それらが、この国が個人主義の国であることを証明するかのように、乱暴運転（あるいは、効率徹底重視）のバスや車と路上で競り合いながらびゅんびゅん走ります。

この冬のESTEC出張で、羽田深夜便を初利用。機体の787はとっても良いのでお勧め、と書くつもりでした。が、今は運航禁止の段階。機内気圧が高めなのでよく休め、仕事地に当日到着陸でも問題なし、との好印象なのですが。（ふじもと・まさき）



糸川英夫像制作を振り返る

本郷 寛

東京藝術大学 美術学部
教授

2012年1月17日、鹿児島空港に到着。迎えに来ていただいた肝付町役場の車に乗って内之浦へ向かう。延々と続く道。「遠い」と感じた。と同時に、糸川英夫像設置が計画されている内之浦への不思議な期待感があつた。車中から見える高い空と山並み。すぐそこに太平洋が広がっているのだろうと思いながら大隅半島を感じ取っていた。やがて、突然に山の頂上に真っ白で巨大な丸みを帯びたアンテナが一つ現れ、また一つと現れる。次は道路脇にメタリックで無機質な造形物が次々と見えてくる。内之浦で打ち上げられたさまざまな人工衛星のオブジェだ。大隅半島の大自然の景色が不思議な空気に包まれた。これは私が内之浦を初めて訪ねた日の印象である。

日本画家の鳥山玲さんからの電話で、糸川先生の銅像をつくる計画があるので協力してほしいとの依頼があつたのは、一昨年の秋であつた。それからの川泰宣先生が東京藝術大学の私の研究室にお越しになり、その後、年末に再びの川先生が永野和行肝付町長や役場の方々と共に訪ねてこられ、糸川像建立計画の詳しいお話を聞いた。彫刻家としての最大の課題は、すでに決められている記念式典と除幕式の日時に間に合うように完成できるか、そして彫刻家として納得のいく作品ができるか、ということであつた。従来の制作よりかなり短期間であることに間違いはなかった。

縁あって制作の依頼を受け、意を決めて制作に入り、最初に行ったことが、糸川英夫博士の人間像についてのイメージをつくることであつた。彫像としてのイメージをつくり出すためには、そのための資料と時間が必要となる。的川先生からは多くの資料をご提供いただいた。彫刻は、かたちを生み出す仕事である。粘土でこつこつと形との対話を繰り返す中で生まれてくるかたち。そのことで純粋な塑造制作の完成体となる。また、肖像を制作することは、その

人が生きた人生の総体としての、もう一つの人間像をつくり出すことでもある。そして、その像の完成を見るときに、その人を知る多くの方々が抱いてきたイメージや思いが像に結ばれる。そのことが、彫刻として存在できる証しとなるのである。

今回の制作では、糸川先生をイメージしながら形とイメージとのやりとりをこつこつと積み重ね、そこに望まれている「糸川英夫」を重ね合わせながら、もう一つの糸川英夫をつくり出すことになった。

今回の制作を通して、内之浦の多くの方々との出会いがあつた。お酒を酌み交わし、多くのご指導をいただいた。出会った方々からは、糸川先生に対する感謝の気持ちと、町への愛、町の将来を担う子どもたちへの期待や、今ある自分たちがやるべきことに対する強い信念が伝わってきた。糸

川博士と町の人たちとの強い絆が感じられた。近年、地域振興の取り組みがさまざまに行われている中で、これほどまで結束し、一体となって強い意志を持ち得ている町はまれであると思われる。糸川像制作の過程では建立が頓挫しかねないような事態もあったが、銅像をつくること、銅像を設置することに私を突き動かし、支えとなったのは、内之浦で出会った人々から感じられた、強く、熱い思いであつた。

糸川博士がなし得た大きな功績は、日本のロケット開発や宇宙開発における功績もさることながら、発射場の最前線の現場を支え、またプロジェクトを維持・発展させる基盤を内之浦の地に根付かせたということでもある。

像の設置場所については、現地を訪れいくつかの具体的な候補を挙げて、最終的に内之浦宇宙空間観測所の敷地内に決定した。観測所は、多くの専門分野の方々が、共に一つの思いと、理想、願いを持って結集している、まさに現場である。その現場のただ中に、今も働く人々と共に腕まくりをして立ち、水平線から遠く広がる地球と宇宙を見つめる糸川先生の姿。

私たちの文化の創造は、常に人間が生きていくことの上に成り立つことが必要である。最先端のイプシロンロケットの開発と打上げとともに、内之浦にある糸川先生が残した創設の精神は、近代科学の進化とともに技術やシステムが変わったとしても、人間が介在する宇宙開発、宇宙科学の基本的理念として位置付けることの大切さを教えてくれた。

糸川先生は、日本初の人工衛星打上げの成功を内之浦で見ることはなかった。そのニュースを海外で聞き、大変喜ばれたという。我が国初の人工衛星「おおすみ」が打ち上げられた13時25分。その時刻を糸川像の腕時計に刻むことにした。

(ほんごう・ひろし)



糸川英夫像と筆者

失敗に学び、乗り越え、次の惑星探査を

太陽系科学研究系 教授

中村正人

—— 金星探査機「あかつき」のプロジェク
トマネージャー（プロマネ）を務めてい
ます。「あかつき」の現状は？

中村：「あかつき」は、2010年5月に打ち
上げられましたが、12月に金星周回軌道へ
の投入に失敗しました。2011年10月に姿
勢制御用の小エンジンによって軌道変更を
行い、現在は2015年末に金星周回軌道へ
の投入に再挑戦できる軌道を飛行中です。

「あかつき」は太陽に0.7天文単位（au：1auは太陽―地球間
の距離で約1億5000万km）まで近づくことを想定して設計さ
れています。しかし、現在の軌道は200日に一度、太陽に0.6
auまで接近してしまいます。衛星の許容温度を超えてしまうと
機器が故障してしまうため、姿勢制御を行って危険な部位の温
度上昇を抑える必要があります。これまでに4回を終えました。
あと5回、その危機を乗り越えなければなりません。

—— プロマネとして気が休まらない日が続きますね。

中村：プロマネとしてやることは、ほとんどありません。衛
星の運用はプロジェクト・エンジニアである石井信明さん、科
学についてはプロジェクト・サイエンティストの今村剛さんが
中心に行っており、私は彼らに全幅の信頼を置いて任せていま
すから。「あかつき」ミッションの場合プロマネ最大の仕事は、
プロジェクトが始まるときに、何を目指しどういう衛星をつくる
かを決めることです。

—— 「あかつき」が目指すこととは？

中村：地球と金星は大きさなどがとても似ていますが、気象学
的にはまったく違う姿をしています。金星は、高温の二酸化炭
素の大気に包まれ、硫酸の雲が浮かび、上空では時速400km
の暴風が吹いています。「あかつき」は、地球と金星が異なっ
た姿をしている理由を探ります。

—— 中村教授はプラズマ物理学が専門で、地球磁気圏の研
究をされていました。金星にも興味があったのですか。

中村：大学生のとき、学生の控え室に金星の地図が貼ってあり
ました。アメリカの学会に行く先生に、私が頼んで買ってきて
もらったものです。厚い雲に覆われた金星にミステリアスな魅
力を感じていたのでしょう。でも、自分が金星探査の仕事をする
ようになるとは思っていませんでした。

大学院時代は、元宇宙研所長の鶴田浩一郎先生の研究室で、



なかむら・まさと。1959年、神奈川県生まれ。理学博士。
東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程修
了。ドイツ・マックスプランク研究所研究員、宇宙科学
研究所助手、東京大学助教授を経て、2002年より現職。

観測ロケットを使って宇宙空間の電場を測
る研究をしていました。電場の計測は難し
く、なかなか成果が出ませんでした。“こ
んなまどろっこしいことはやめて、地球か
ら離れたところから磁気圏の写真を撮りま
しょうよ”と鶴田先生に言い、あきらめられ

てしまいました。しかし数年後、実は磁気圏のプラズマを撮像で
きることが分かったのです。火星探査機「のぞみ」に極端紫外
線の撮像装置を搭載し、世界で初めて地球磁気圏のプラズマ
の撮像に成功しました。

—— 「あかつき」に関わるようになったのは？

中村：鶴田先生に「金星探査機に載せる赤外線カメラの開発
をしないか」と声を掛けられたのですが、気が付いたらプロマ
ネに。だまされましたね。「あかつき」には可視光から近赤外
線まで5台のカメラを搭載しています。カメラは設計から関わ
りました。カメラが趣味なので、とても楽しかったです。

—— ピアノも趣味だそうですね。

中村：はい。今でも半年に一度、発表会に出ています。「あ
かつき」が無事、金星の周回軌道投入に成功したら、ピアノの先
生にでもなろうかな。

—— 軌道投入再挑戦を応援する声が世界中から寄せられて
います。

中村：2010年の軌道投入失敗のとき、ありがたいことに、社
会から大きな批判を受けることはありませんでした。私たちが
ベストを尽くしていることを理解していただけたのだと思いま
す。だから、私たちは今こうして再挑戦を目指して頑張ること
ができます。軌道投入のときには、「あかつき」は満身創痍で
しょう。それでも私たちは、最大の結果を得られるように最大
の努力をします。

日本の惑星探査は、失敗から学ぶという姿勢でやってきまし
た。小惑星探査機「はやぶさ」は「のぞみ」の失敗箇所をす
べて直し、「あかつき」では「はやぶさ」の失敗箇所をすべて
直しました。しかし、「はやぶさ」にはなかったメインエンジン
でトラブルが起きて軌道投入に失敗してしまいました。この失
敗は、必ず次の惑星探査に活かされるでしょう。

ISAS ニュース No.383 2013.2 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

このところ広報普及活動だけでなく、地元を中心とした中
小企業との産業連携にも力を入れています。宇宙に関わるブ
レーヤーの数を増やす取り組みの成果が見え始めており、とても励みにな
ります。

(阪本成一)

* 本誌は再生紙（古紙100%）、
植物油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

