



BepiColombo MMO（水星磁気圏探査機）衛星上部・下部結合作業風景

宇宙科学最前線

BepiColombo MMO の 熱制御系

小川博之

宇宙航行システム研究系 准教授

はじめに

BepiColombo——多くの方には耳慣れない言葉だと思いますが、これはESA（欧州宇宙機関）とJAXAが協同で進めている水星探査ミッションの名前です。太陽に一番近い惑星である水星はいくつか特異な性質を持っており、自転と公転周期が2：3の関係になっていることもその一つです。それを最初に指摘したのがイタリアの応用数学者Giuseppe Colombo（1920～1984年）でした。太陽に最も近い惑星であるために、水星は地球からの観測が難しく、また探査機による観測も米国のマリナー10号（1974～1975年）とMESSENGER（2011年～）によるものがあるだけです。マリナー10号は金星スイングバイを利用して水星に3回近づきましたが、この方策をNASAに提案したのが、

このColombo博士でした。

彼の名前にちなんで名付けられた「BepiColombo」（BepiはGiuseppeの愛称）は、2000年10月にESAの5番目の大型計画（コーナーストーンミッション）として正式に認められました。BepiColomboはESAの計画ではありますが、筆者が入所した1998年以前から宇宙科学研究所の水星探査ワーキンググループでも独自の水星探査計画が検討されていた関係で、1999年秋に行われたESA-ISAS会議においてESA側から協力の打診があり、共同ミッションとするための協議が行われました。その結果、宇宙研が水星磁気圏探査機（Mercury Magnetospheric Orbiter：MMO）のシステム設計・製作・運用を担当し、サイエンス面ではESA側の水星表面探査機（Mercury Planetary Orbiter：MPO）も含めて日欧を中心とする国際協力で計画を推進する体制が整

いました。

ESAはMMO以外の、①BepiColomboミッション全体の設計、②MPO、電気推進モジュール (Mercury Transfer Module : MTM)、MMO サンシールド (MMO Sunshield and Interface structure : MOSIF) の設計・製作・運用、③複合モジュール (Mercury Composite Spacecraft : MCS) の組み立て・試験および打上げを担当します。

BepiColomboは、MMO、MPOという2つの衛星でもって、水星の固体内部から表面、磁気圏に至るまで、さまざまな謎に一気に迫ろうとするミッションです。その主な目的は、

- ・恒星に近い惑星の起源と進化を調べる
- ・惑星としての水星を調べる：その形態、内部構造、地質学、組成、クレーター
- ・水星の外気圏大気を調べる：その構造とダイナミクス
- ・水星の磁気圏を調べる：その構造とダイナミクス
- ・水星の磁場の起源を調べる
- ・水星の極の物質を調べる：その組成と起源
- ・アインシュタインの一般相対性理論の実証

です。MMOには電場・磁場を計測する装置や、プラズマ粒子や中性粒子を観測する装置、大気カメラ、ダスト観測装置が搭載され、主として水星磁気圏を調べることを目的としています。

MMOは、水星までMPOとともに複合モジュール (MCS) という形で運ばれます (図1)。MCSは、電気推進モジュール (MTM)、MPO、MMO サンシールド (MOSIF)、MMO から構成されています。MCSは3軸安定姿勢で運用されます。一方、MMOは後述するようにスピニング衛星でスピニングを前提に設計されているために、太陽に近づいたときスピニングしない3軸安定姿勢では高温に耐えられません。そのため、MMOは、水星到着までMOSIFにより太陽光から防護されます。

MCSは2014年にアリアン5ロケットによりフランス領ギアナから打ち上げられ、電気推進と地球スイングバイ、金星スイングバイ、水星スイングバイを経て、6年後の2020年に水星に到着します。到着後まずMTMが切り離され、その後MPOの2液式の化学推進により水星周回軌道に投入されます。MMOの周回軌道 (極軌

道、近水点400km、遠水点1万1824km) でMMOを分離、その後、MOSIFを分離したMPOは遠水点高度を下げて周回軌道 (極軌道、近水点400km、遠水点1508km)に入ります。MMOは打上げから分離直前まで、打上げ直後と年数回のチェックの期間を除いて休眠状態 (Dormant mode) で運用されます。

MMOの熱環境と熱設計

水星と太陽との距離は、近日点で0.3AU (1AU [天文単位] は地球と太陽の平均距離で約1.5億km)、遠日点で0.47AUです。水星が近日点にあるときには太陽光強度が地球近傍の11倍近くになります。また、水星自体も太陽光に加熱されることによって、水星の太陽直下点では最高430℃に達します。水星には大気がなく自転周期も長いので、地球の月と同様、表面の温度が一樣ではなく、太陽直下点から離れるに従って太陽と地面の角度の関係で表面温度が下がっていき、日陰ではマイナス180℃以下となります。水星探査機は、このような強い太陽光と水星からの強い赤外放射による厳しい環境下でも耐えられるように設計されています。

MMOは、スピニング軸が太陽光に対してほぼ90度のスピニング安定衛星であることが、搭載される観測機器から要求されています。これにより衛星の形状は軸対称と決まります。側面パネルに太陽電池を搭載し、高利得アンテナをスピニング軸にデスパン機構 (アンテナをスピニング方向とは逆に回転させ常に地球方向に向ける機構) を付けて搭載、放熱面は太陽光が直射しない南北面とするなど、衛星の概念も決まってきます。この概念に基づき、いろいろな形状や熱制御方針のトレードオフスタディを行い、衛星の形状が詳細化されていきました。

図2にMMOの水星周回軌道上の予想図を示します。水星探査機の最も望ましい形状は、熱的には太陽光受光面積が最小限で放熱面を最大限取ることができる、平べったい円柱です。MMOも当初は円柱だったのですが、宇宙研の磁気圏観測衛星 GEOTAIL の製造上の苦い経験 (円柱側面に太陽電池を施工するのが非常に困難) により、側面パネルは平面とされ、八角柱形状となりました。大きさは、電力と重量との兼ね合いで直径1.8mとなりました。

図1 BepiColombo 複合モジュール (MCS) の展開図
左から、水星磁気圏探査機 (MMO)、MMO サンシールド (MOSIF)、水星表面探査機 (MPO)、電気推進モジュール (MTM)。(提供：ESA)

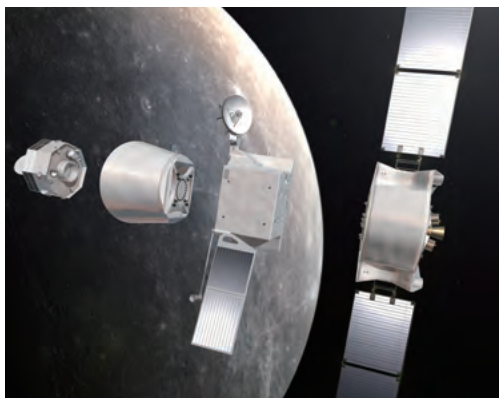


図2 BepiColombo 水星磁気圏探査機 (MMO) の想像図

側面パネルは太陽光を直接受けるので、なるべく太陽光を吸収せず、かつ放熱効率の高いガラス製の鏡 (Optical Solar Reflector : OSR) で覆いますが、それでも高温 (160℃以上) になります。そのため、側面パネルから断熱した南北面の構造 (デッキと呼ばれている) にバス機器や観測機器が搭載され、観測機器センサは側面パネルから顔を出す形式になりました。多層断熱材 (Multi Layer Insulation : MLI) やセンサ曝露部に設けたサンシールドにより、側面パネルおよび観測機器センサから太陽光エネルギーを極力デッキに入れないような工夫がされています。

側面パネルには太陽電池が搭載されますが、太陽電池は太陽光エネルギーを吸収して高温になります。そのため、太陽電池の列の中にOSRを適度にちりばめて単位面積当たりの太陽光吸収率を下げるほか、高利得アンテナが搭載される北面方向に側面パネルを延長し、延長部分に太陽電池を貼ることで、側面パネルの裏面 (スピン軸側) から宇宙空間へ放熱して太陽電池の温度を下げています。しかし、それでも230℃に達します。

北面デッキには、高利得アンテナからの太陽光の反射光や赤外放射、太陽電池裏面からの赤外放射が入射するために、搭載機器の放熱面として適当ではありません。したがって北面デッキ外表面はMLIで覆い、これらの熱入力を遮断しました。搭載機器の放熱面は南面デッキのみです。南面デッキに太陽光が直射しないように、側面パネルを延長しています。また、暑い側面パネルの赤外放射を南面デッキの放熱面に入れないよう、側面パネルの裏側 (スピン軸側) は表側と断熱し、かつ赤外放射率の小さい特性を表面に持たせています。南面デッキ外表面はOSRで覆われています。

高利得アンテナは、従来のパラボラ型だとしても集光部分が生じるということで、MMOでは平面型のアンテナを採用しています。アンテナ表面にヘリカルアレイと呼ばれるものが並んでいるため、アンテナ表面にOSRを施工できません。また高利得アンテナはスピンしないため、場合によっては太陽を直視し非常に高温 (350℃以上) になり得ます。そのため、高温に耐える導電性白色塗料を特別に開発しました。外表面に電位分布が極力生じないように外表面は導電性の材料を用いることがMMOの観測機器から要求されているので、観測機器用のサンシールドなどアンテナ以外にもこの白色塗料が用いられています。OSRおよび太陽電池のカバーガラスに関しては導電性コーティングがなされており、北面デッキ外表面のMLIの最外層には導電性のあるゲルマニウム蒸着ブラックポリイミドフィルムを使用しています。

MMOの熱設計検証

外部に露出する観測機器やバス機器、熱制御材料の開発・試験・検証のために、MMO開発の初期段階で



図3 内惑星熱真空環境シミュレーター

「内惑星熱真空環境シミュレーター」(図3)を整備しました。内惑星熱真空環境シミュレーターは内径1m、奥行き1mの液体窒素冷却シュラウドを備えた真空容器に、模擬太陽光を直径250mmで入射できる設備で、模擬太陽光は地球環境から水星環境までの強度を模擬できます。これを用いて材料レベル、コンポーネントレベルの試験検証を行いました。

システムレベルの熱設計検証は、①筑波13mφスペースチャンバ(2009年11月)、②相模原4mφスペースチャンバ(2010年2月)、③ESAのESTEC(欧州宇宙研究技術センター) Large Space Simulator (LSS, 2010年10月)を用いて行いました。水星環境では太陽光熱入力の影響を正確に把握する必要があり、試験に用いた熱モデルはフライトモデルと熱的に同等のもの(特に形状)を使用しました。①では、地球近傍の強度ではあるもののきれいな平行の太陽光が模擬できるため、太陽光の影響を評価し、②では、温度レベルが模擬できて境界条件をきれいに与えることができるため、温度を予測するための熱数学モデル検証のためのデータを取得しました。③では、集束光ではあるものの水星における太陽光強度を模擬できるため、MMOの高温耐性を評価しました。

材料・コンポーネントレベルの試験とシステムレベルの試験①②③を併せることで、熱設計と熱数学モデルの検証を行いました。2010年11月にはMOSIFとMMOを組み合わせた熱試験をESTECのLSSでESAと共同で行い、水星到着までの形態での熱設計・熱数学モデル検証を行っています。

おわりに

試験によって検証された熱設計・熱数学モデルによりフライト予測をすると、水星周回軌道上で太陽に近い期間での許容範囲内の運用制限はやむを得ないものの、熱的に成立する(衛星が運用可能)ことが示されています。

MMOはフライトモデルの総合試験を経て2014年に打ち上げられますが、熱設計が正しかったことを実証できるのはMMOが水星で分離される2020年です。

(おがわ・ひろゆき)

参考：
<http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=30>

<http://www.stp.isas.jaxa.jp/mercury/index-j.html>

BepiColombo MMO 一次噛合せ試験を実施中

BepiColombo (ベピコロombo) は、JAXAとESA (欧州宇宙機関) が共同で進めている水星探査ミッションです。探査機は、JAXAが製作しているMMO (水星磁気圏探査機) とESAが製作しているモジュール群 (MPO [水星表面探査機], MTM [電気推進モジュール], MOSIF [MMO サンシールド]) によって構成されており、2014年打上げ、2020年水星到着を予定しています。

2011年7月から、MMOのフライトモデルを用いた一次噛合せ試験が進められています。試験は大きく分類すると、電気系と機械系の2種類があります。電気系試験では、まずクリーンルーム内の机上でバス系機器と各機器をケーブルで接続して動作を一つ一つ確認していきます。さらに11月にSI (科学観測機器) ファンクション試験を実施しています。これは、バス系の機器とすべての科学観測機器を机上で接続させた状態で、コマンド送信やデータ出力なども含めて実運用を模擬した動作確認を行う試験です (写真)。



MMOのSIファンクション試験の様子

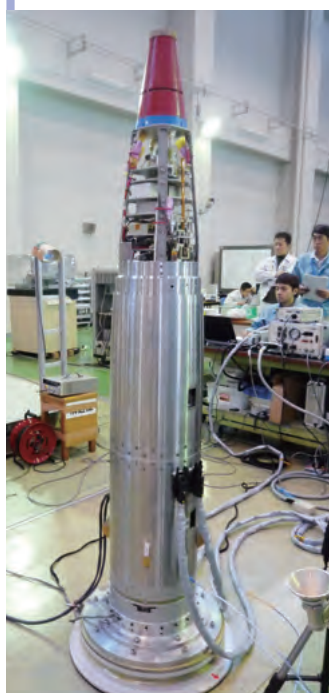
机上での電気系試験の終了後、フライトモデルを衛星構体に組み込む機械系試験を開始しました。衛星本体の上下や側面のパネルを組み上げ、そこに各機器を取り付けていきます。12月に入って徐々に衛星らしい外観になっていき、ついに12月4日には上部と下部の結合が行われました (表紙)。今後、衛星が組み上がった状態での電気系試験を実施した後に衛星を分解し、2012年1月

下旬に一連の一次噛合せ試験が終了する予定です。

一次噛合せ試験の後には、各機器の単体での環境試験などを実施します。来年度にはMMO全体の総合試験 (宇宙研での最終試験) を行い、問題がなければMMOをESAへ輸送してESA側のモジュール群と組み合わせます。なお、10月に宇宙研で振動試験を行ったMMO構造モデルは、11月にESAのESTEC (欧州宇宙研究技術センター) へ輸送し、現在はESA側の構造モデルと組み合わせて行う振動試験の準備を進めています。しばらくは日本でもESAでも重要な試験が続きます。

(西野真木)

観測ロケットS-310-40号機 噛合せ



S-310-40号機の頭胴部。先端部の赤烏帽子が電波受信用アンテナの具。帽子が電波受信用アンテナの具。

夜になると、それまで聞こえなかった遠くのラジオ放送局の音声が聞こえるようになることを、経験された方は多いと思います。これは、AMラジオ放送に使用される中波帯電波が、昼間は電離圏のD層 (高度約60～100km) で吸収されて遠距離には伝搬できないのに対し、夜間はD層が衰退してより高高度に達した電波がE層で反射され遠距離伝搬が可能になるという理由によるものです。しかし、夜間に聞こえていた遠くからの放送が途切れ、しばらく受信できない状況に陥ることがありますが、最近の観測により分かってきました。このような現象は、夜

間に電離圏下部に電波の散乱や吸収を引き起こす異常な密度構造が発生して遠距離伝搬が妨げられたためと考えられています。

この現象も含めて電離圏下部では、滑らかな電子密度構造が崩れたり、微小スケールの擾乱が出現したり、さまざまな現象が発生することが知られています。このような不思議な電子密度構造を観測するために、観測ロケットS-310-40号機実験が計画されました。今回の実験の特徴は、地上の4地点から発信された中波帯・長波帯電波を観測ロケット上で受信して電子密度分布を推定し、ロケット搭載のプロブや磁力計のデータと組み合わせて立体的な電子密度構造を探ろうというものです。

この観測ロケットの噛合せが、11月に相模原キャンパスの構造機能試験棟を中心に行われました。写真は、振動試験前に撮影したひとこまです。通常、観測ロケット頭胴部は銀色や黒色の四角い箱など、飾り気のないものが多いのですが、今号機には赤と青の三角帽子のようなものが取り付けられました。これは12月の打上げに合わせてクリスマスを意識した

ものではなく、電波の受信に必要なコイルの巻き付け用具です。みんなで赤がよいだの、緑だのと言いつたのですが、最終的に赤と青に落ち着きました（色は観測には関係ないので、あしからず）。残念ながら、打上げ時はノーズコーンをか

ぶるため華やかな先端部をお見せすることはできませんが、はるか上空に達した後に勇姿を現すことでしょう。見栄えに負けない立派なデータが取得されるものと期待しています。

（阿部琢美）

「あかつき」の新たな旅立ち

2011年11月、金星探査機「あかつき」は新たなスタートを切りました。姿勢制御用の4基の小さなエンジン（RCS）を3回にわたって長期連続噴射して約240m/sの速度変更を行い、2015年に金星に会合する軌道に入ったのです。

2010年12月に実施した金星周回軌道投入運用では主エンジン（OME）が途中で停止し、「あかつき」は金星の横を素通りしてしまいました。このときは燃料を押し出すための高圧ガスのバルブの動作不良が引き金となり、主エンジンが異常な高温を経て破損したと推定されています。「あかつき」はその後太陽のまわりを周回しており、燃料の大半が残っているため、OMEに再度点火して金星を目指すことが検討されました。問題はOMEが使用に耐える状態かどうかです。かくして2011年9月に試験噴射を行いました。もはや必要な推進力は得られないことが分かりました。

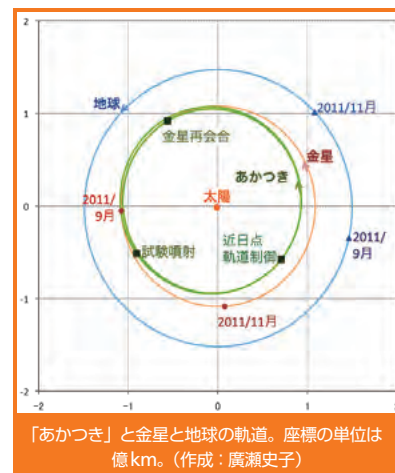
残された手段はRCSによる軌道制御です。OMEが燃料と酸化剤を混合燃焼させて推力を得る2液式エンジンであるのに対し、RCSは燃料を触媒反応で分解させて推力を得る1液式エンジンです。RCSしか使わないとすると酸化剤は無駄な重量であり、酸化剤を抱えたままでは金星で条件の良い軌道に投入することが難しいことが分かりました。そこで10月にもとも

と予定になかった酸化剤排出を行い、65kgの軽量化に成功しました。

11月1日、いよいよRCSによる第1回目の軌道制御が始まりました。10分間に及ぶ長期連続噴射は初めてのことです。予期せぬ事態に備えて緊張して臨みましたが、計画通りの安定した加速が得られました。続いて11月10日と21日にも計画通りに軌道制御を行いました。

2015年に金星周回軌道に入るのか、2015年には金星でフライバイして時間を置いてからあらためて周回軌道に入るのか、今後検討していくことになります。ともあれ、予定よりずいぶん遅くはなりましたが、「あかつき」が金星に到達するめどが立ちました。あらためてスタートラインに立った気持ちで、観測計画の再構築に取り掛かっています。

（今村 剛）



「あかつき」と金星と地球の軌道。座標の単位は億km。（作成：廣瀬史子）

宇宙学校・とうきょう開催

毎年恒例で東京大学駒場キャンパスで行っている「宇宙学校・とうきょう」を、今年も11月3日（文化の日）に開催しました。最近に限られた予算と人員でできるだけ多くの会場を回るために、1回当たりに派遣する講師の数を少し削っていますが、「宇宙学校・とうきょう」では今年も4名の講師と校長役の私の5名での開催としました。

1時間目は羽生宏人さんの「ロケット開発と最新事情」と大森克徳さんの「“きぼう”が拓く新たな世界」で、映画上映を挟んで2時間目は矢野創さんの「はやぶさとイカロスの先へ：太陽系の未踏領域を目指して」と田村隆幸さんの「世界の最先端を切り開く日本のX線天文学―『すざく』からASTRO-Hへ』と、ほぼ4時間にわたるじっくりとしたプログラムになりました。会場となった1323教室は2階席まで満席で、参加者は550名。

質問は子ども優先で1人1回ずつとしましたが、それでも時間内にすべて指名することができず、残り

は休み時間と終了後にじっくり対応させていただきました。宇宙学校の開催機会を増やすようにしていますので、ぜひまたどこかの会場にお越しください。

なお、来年度の宇宙学校の共催団体を公募中（2012年2月29日締め切り）です。共催団体は科学館や博物館が多いですが、それにとらわれる必要はありません。わが町にも宇宙学校を、という方は、ぜひこの機会にご応募ください。

（阪本成一）



2階席までである会場が満席に

宇宙学校・くまもと 開催

11月19日に、熊本博物館で「宇宙学校・くまもと」を開催しました。熊本博物館での小惑星探査機「はやぶさ」帰還カプセル公開（11月23～27日）を前に、宇宙科学や惑星探査について理解を深めてもらうことが目的でした。当日は、子どもから大人まで、定員を大きく超える227名の参加がありました。



授業の後にも質問は続く

阪本成一校長先生の進行で、1時間目が佐藤毅彦先生による『「地球に近い」兄弟星たちの探査』、2時間目が吉川真先生による「小惑星探査機『はやぶさ』—その7年間の物語—」と題した授業でした。まずは先生方から15分程度のお話をいただき、その後が質問の時間でした。子どもたちからの質問をいくつかご紹介します。

まず1時間目。「衛星に付いている線（ケーブル）は何本ありますか？」「金星に空気はありますか？」「衛星の重さはどのくらいですか？」「衛星は、どうやって名前を付けるのです

か？」

そして2時間目。「小学6年生ですが、『はやぶさ2』プロジェクトに関わるにはどうすればよいですか？」「『はやぶさ』と『はやぶさ2』の違いは何ですか？」「なぜ、『はやぶさ』はこのようなミッションをやることになったのですか？」

自分で調べてきたノートを片手にメモを取りながらの質問や、先

生の答えに聞き入ってまた次の質問が出るなど、小・中学生とは思えない中身の濃い質疑応答が続きました。

会場の特別展示室は、終始熱気に帯びていました。最後に、講師の先生方から、宇宙に興味を持ったきっかけ、この道に進むことになったきっかけをお話いただきました。子どもたちにとっては、わくわくした刺激的な時間になったようです。県内では初めての宇宙学校でしたが、熊本での宇宙への関心の高さを感じる半日でした。

（熊本市立熊本博物館／原 秀夫）

宇宙学校・にいがた 開催

11月23日、新潟県立自然科学館で「宇宙学校・にいがた」が開催されました。新潟で最先端の宇宙科学の話が聴くことができるめったにない機会とあって、会場には宇宙が好きな子どもたちが大勢集まりました。

校長の阪本成一先生から開校のあいさつがあった後、吉崎泉先生による国際宇宙ステーションのお話、「きぼう」が拓く新たな世界」が始まりました。そしてお話の後は、いよいよ質問タイム。この日のために質問を考えてきた子どもも多く、「宇宙で生活する上での必需品は？」「宇宙飛行士になるにはどうしたらいい？」「引退したスペースシャトルに代わる宇宙船はあるの？」などなど、たくさんの質問が飛び交い、大人も子どもも大興奮です。時間いっぱいまで質問が途切れることはありませんでした。

2時限目は、西塚直人先生による太陽観測のお話、「宇宙から見た太陽～『ひので』衛星による太陽観測～」です。ここで



「質問ある人いるかな？」「はい！」「はい！」

も、「太陽がなくなったら地球はどうになってしまうの？」といった素朴な質問から、「太陽フレアの規模はどのくらい？」「太陽電池以外のエネルギーを使っている人工衛星はないの？」など、大人顔負けの質問も飛び出し、会場は大いに盛り上がりました。途中、太陽観測衛星の軌道を、「まるでEXILEのように……」と人気ユニットのダンスに例えて体で表現してくれた阪本先生。会場中が笑いに包ま

れました。

あっという間に過ぎてしまった2時間半の宇宙学校。参加者の皆さんはこの宇宙学校で好奇心がさらに大きく膨らんだようで、アンケートでは「またやってほしい」という声が多く寄せられました。親しみやすく楽しいトークで進行役を務めてくださいました阪本先生と、先端の宇宙科学を分かりやすく説明してくださいました吉崎先生、西塚先生、本当にありがとうございました。

（新潟県立自然科学館／福世健吾）

Alloy Semiconductor 実験の準備状況

国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」の第2期利用実験テーマの一つである「微小重力環境下における混晶半導体結晶成長」（略称：Alloy Semiconductor）は、2012年の軌道上実験実施を目指し、JAXA および静岡大学、静岡理科大学、大阪大学、兵庫県立大学の共同研究チームを中心に準備が進められている。



座学訓練中の宇宙飛行士、Donald Pettitさんと
星出彰彦さん。右奥は筆者。

る。本実験の目的は、長時間の微小重力環境下において混晶半導体であるInGaSb（インジウム・ガリウム・アンチモン）の結晶成長実験を行い、対流や結晶の面方位がその結晶成長に及ぼす影響を明らかにすることで、混晶半導体バルク結晶育成技術の発展に資することである。InGaSb結晶は、熱光発電デバイスや各種ガスセンサーなどを作製する上で重要な材料である。本実験の詳細は「きぼう」での科学利用に関するwebサイト (<http://kibo.jaxa.jp/experiment/field/scientific/>) をご参照い

ただきたい。

研究チームが準備する試料は計5本の供試体カートリッジであり、それらの中に結晶成長用アンプルがそれぞれ封入されている。そして、「きぼう」船内実験室に設置された温度勾配炉を用いて各カートリッジを約100時間連続加熱処理し、地上に持ち帰って解析を行う。

供試体カートリッジの開発はすでに終了し、フライト用カートリッジをソユーズで打ち上げるためにロシアへ輸送済みである。9月27日にJAXA筑波宇宙センターで実施された宇宙飛行士の訓練では、代表研究者から宇宙実験の概要および軌道運用上の留意点などが説明され、宇宙飛行士からも実験内容などについて活発な質疑があった。この訓練を経て、研究チームは宇宙実験の実施がごく間近になったことをあらためて実感した次第である。

（稲富裕光）

「あかり」の運用終了

赤外線天文衛星「あかり」は、2011年11月24日をもって、軌道上での運用を終了しました。「あかり」は、液体ヘリウムと冷凍機によって極低温に冷却された望遠鏡を使って、宇宙からのかすかな赤外線を捉えるための衛星で、2006年2月22日に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられました。液体ヘリウムでの冷却中に全天サーベイに成功し、ヘリウムが蒸発してなくなった後も冷凍機だけを使って一部の観測を続けました。「あかり」の観測期間は計4年以上にわたりましたが、2010年には設計寿命を超えて働いた冷凍機に劣化が見られ、観測を中断して冷却性能回復を目指しました。しかし2011年5月に電源に異常が発生し、観測再開を断念することとなりました。そして11月24日を最後に地上との通信を停止し、5年9ヶ月間に及ぶ運用を終えました。「あかり」は今、地球大気へ突入して生涯を終える日を静かに待っています。

観測運用中の「あかり」は、膨大なデータを地上に届けてく

れました。そこからは130万個の天体情報を収めた赤外線天体カタログがつくられ、世界の研究者に公開されています。また100億年前までさかのぼる宇宙の星形成活動の歴史、惑星の原料ともなる宇宙の塵が終末期の星のまわりでつくられる様子、さらには小惑星や彗星など太陽系内天体の情報など、「あかり」のデータは赤外線で見えないさまざまな宇宙の姿を捉えていました。軌道運用が終了した後もデータの解析と、それを用いた研究は続いています。赤外線天体カタログの増補や、宇宙の赤外線画像の新たな公開なども、2012年に予定されています。全天の赤外線画像はプラネタリウムでも投影できるようにする予定なので、見ていただく機会があるかもしれません。「あかり」が送ってくれたデータを、研究者だけでなく私たちみんなの宝として遺しておきたいと思います。私たちにデータを渡して仕事を終えた「あかり」は、地球を回りながら今も一人で星空を見つめているのでしょうか。

（村上 浩）

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(12月・1月)

	12月	1月
S-310-40 号機	フライトオペレーション（内之浦）	
S-520-26 号機	フライトオペレーション（内之浦）	

小惑星探査機「はやぶさ」を題材とした映画が3作、
JAXA協力のもと製作されている。同じ題材の映画が
3作もほぼ同時期に製作・公開されることは、とても珍しいという。
なぜ「はやぶさ」の映画をつくろうと思ったのか。
映画プロデューサーの目に宇宙研の研究者や技術者がどう映ったのか。
そして、今だからこそ言えるエピソード……。
プロデューサー3人が、「はやぶさ」を語る。

映画3作品のプロデューサー、 「はやぶさ」を語る

20世紀フォックス『はやぶさ／HAYABUSA』プロデューサー 井上 潔

東映『はやぶさ 遥かなる帰還』プロデューサー 菊池淳夫

松竹『おかえり、はやぶさ』プロデューサー 田村健一

ISASニュース編集委員 久保田 孝・橋本樹明

「君はなぜそれを先に言わないんだ」

橋本：皆さんは、どのようなきっかけで「はやぶさ」の映画をつくろうと思ったのでしょうか。

井上（20世紀フォックス、以下FOX）：私が「はやぶさ」を知ったのは、地球帰還の半年くらい前でした。友人が、「日本がすごいことをやっている」と教えてくれたのです。そしてプラネタリウムで角川映画『はやぶさ HAYABUSA BACK TO THE EARTH』を上映していると聞き、見に行きました。人はいっさい出てこない、宇宙だけの映画。とても感動しました。でも、それで終わっていたのです。

何ヶ月かたったころ、20世紀フォックスから日本で映画をつくりたいから良い企画はないか、と声が掛かりました。私もいくつか企画を持っていきました。実は、その中に「はやぶさ」は入っていませんでした。一通りプレゼンテーションが終わったところで、ふと思い出し、『はやぶさ』という小惑星探査機の話もあります」と付け加えたのです。すると、通訳の方が「はやぶさ」に詳しく、私が知らないことも紹介してくれたのです。それを聞いた20世紀フォックスの担当者が「そんなにすごい話があるのに、君はなぜそれを先に言わないんだ」と。

私としては、『はやぶさ HAYABUSA BACK TO THE EARTH』という映画がすでにあるのだから、それで十分だろうと思っていたのです。一方で、あの映画では語られていない地球にいる人々を描くのであれば、そのことはま

だ伝えられていない、その意味で映画化の意義がある。というよりも伝えられなければならない……。そう考えたのが、始まりです。

菊池（東映）：私の場合、実は「はやぶさ」の帰還が話題になっていたことすら知りませんでした。南アフリカで開催されていたサッカー・ワールドカップ予選リーグのことで頭がいっぱいで……。『はやぶさ』の映画を企画したのは、高倉健さんの作品など東映のヒット作を多数手掛けた坂上順プロデューサーです。私は最初、無理だろうと思いました。実際の出来事を扱う場合、ある程度年月がたたないと客観的に見ることができず、映画をつくりづらいのです。でも一応調べておくかと情報を集めていくうちに、「こんなにすごいことを日本がやっていたのか」と感動してしまったのです。そして、「はやぶさ」プロジェクトマネージャである川口淳一郎先生の著書やインタビュー記事などを読むにつれ、「映画をなりわいとしている者が、これを映画にしなければ駄目だろう」と思うようになったのです。

田村（松竹）：私は2010年6月13日の深夜に「はやぶさ」が帰還したというニュースを見るまで、「はやぶさ」の存在をまったく知りませんでした。大気圏突入のときの映像を、とてもきれいだなあ、と思いながら見ていました。そして翌日のワイドショーで、井上さんの話にもあった『はやぶさ HAYABUSA BACK TO THE EARTH』を見た小学生くらいの女の子が感動して泣いているシーンが流れたので



7年間の挑戦の日々をリアルに再現、感動の追体験にいざなう

3月7日 DVD 発売



「はやぶさ」チームの人間力・創造力を描いた作品

2月11日公開



大迫力の 3D で体験する、「はやぶさ」と人々の冒険の旅！

3月10日公開

す。そのとき、「これは多くのお客さんが見てくれる映画ができるのではないか」と思いました。

「不思議なことに、切り口がまったく違う」

橋本：JAXAには多くの会社から映画製作の問い合わせがあり、最終的に3社が製作することになりました。他社も製作すると知り、どう思われましたか。

菊池（東映）：2010年9月、映画製作を企画している会社は来てくださいと連絡があり、JAXAの相模原キャンパスに伺いました。すると、驚くほどたくさんの会社が来ていました。「こんなにライバルがいるのか」とショックを受けたのと同時に、「これは映画にして間違いはない」と確信し、逆にやる気が出ました。

田村（松竹）：そのときのプレゼンテーションをもとにJAXAが1社に絞り、当選・落選の通知が来るのだらうと思っていたのですが、1ヶ月たっても3ヶ月たっても連絡が来ない。その間は身動きができず、不安でしたね。

久保田：JAXAとしては、製作会社を1社に選ぶつもりはなかったのです。

井上（FOX）：しかし、何社もあつたら協力の度合いが違ってくるだろうな、後れを取ってはいけない、とは思っていましたね。

橋本：私たちは、ドキュメンタリー以外の映画の製作協力は初めてでした。最初は、何をすればよいのか、どのくらい大変なのかも想像がつかず、身構えていました。苦労して対応しても、まわりから何で本来の仕事以外のことをやっているのかと言われたのでは困りますし。理事会で「業務に支障のない限り協力する」という決定が出たことで、対応もしやすくなりました。実は、3社とも同じようなことを聞いてくるだろうから、1社目は大変でも、2社目、

3社目は楽だろうと思っていたのです。そうしたら、それぞれ聞いてくるものがまったく違う。参りました……。

菊池（東映）：同じことを題材にしていながら、不思議なことに、切り口がまったく違う。「はやぶさ」プロジェクト自体が多面的な魅力、素晴らしさを持っているからではないでしょうか。

「宇宙研は、まるで生き物みたい」

橋本：たくさんの取材をされたと思いますが、取材する前と後で宇宙研や、研究者、技術者の印象は変わりましたか。

井上（FOX）：大きく変わりました。大学のようなところをイメージしていたのですが、相模原キャンパスに来てみると、皆さんが作業着で何やら作業をしている。まるで工場。

菊池（東映）：プロジェクトと名前が付いているからには、担当が細分化され、縦割りの組織になっていると思っていました。ところが実際は、一人がいくつもの役割を担っていて、必要と思うこと、やるべきことを、自分で見つけてやる。組織がとても柔軟なことに驚きました。

久保田：当時は、「はやぶさ」プロジェクト担当を命ずる、といった辞令はありませんでした。基本的には「このプロジェクトをやりたい」と、自発的に集まってきた人たちが動いています。

菊池（東映）：仕事として強制されたのではなく、志と興味と意欲でやっている。そして、人と人がつながって、大きなプロジェクトへと成長していく。これは、すごいことですよね。『はやぶさ／HAYABUSA』で竹内結子さん演じる研究者が、「宇宙の研究をやるのは、人のためではなく自分が好きでやりたいから」と語っています。宇宙の研究に限らず、それが一番の原動力ではないでしょうか。好きなことができる環境をつくること。それが、大きなことを成



左から、松竹『おかえり、はやぶさ』の田村健一プロデューサー、東映『はやぶさ 遥かなる帰還』の菊池淳夫プロデューサー、20世紀フォックス『はやぶさ／HAYABUSA』の井上潔プロデューサー。

し遂げるためには重要なのだと、今回の取材を通して心に刻みました。

田村（松竹）：宇宙研は、まるで生き物みたいだと思いました。いろいろなところで細胞分裂を起こし、成長し、ときには結合したり、分かれたり……。最初は、“白い巨塔”をイメージしていたのです。川口先生を先頭にプロジェクトに関わる人たちが階段を降りてくる、川口先生の発言は絶対、というような。ところが、実際はそんなことはまったくなく、自由闊達な雰囲気でした。だから、宇宙研からいろいろなものが生まれてくるのでしょうね。

それは、映画製作でも同じです。監督が「こうしろ」と言っているだけでは、映画はできません。ジャズセッションのように、いろいろな人の力が合わさることで、一つの大きなものになっていく。宇宙研はライブ感のある組織ですね。

「数値を見ただけで、探査機の姿勢も分かるのですね」

井上（FOX）：皆さんは、私たちではとうてい理解できないような計算をして、はるか遠くの宇宙を飛行している探査機の位置を把握し、制御しています。数値を見ただけで探査機の姿勢も分かるのですね。私は文系で、数学や物理学の感性を持っていない。今回、そのことがとても残念に思えました。

橋本：衛星や探査機の仕事をしていると、最後に頼るものは数学と物理学だけなのです。「はやぶさ」が制御不能になったときも、普通の感覚だと絶望的だと思うでしょう。でも、そういう感覚は捨てて、物理現象として考える。角運動量が保存されるなら、1年以内に通信できる確率は何%、と計算するのです。知識を詰め込むことも必要ですが、根本は数学と物理学。それが理系、技術系の本質です。その点を感じ取ってくださって、光栄です。

田村（松竹）：頭の中で数字を探査機の映像に置き換えて

いるのですか。驚くほどの空間把握能力ですね。

橋本：できている人もいるかもしれませんが、私は空間を把握するのが苦手なんです。数字だけでは間違えることがあるので、模型をつくって手元に置いておいたり、自作のソフトに数値を打ち込んで簡単なCGを動かしたりして確認しています。

菊池（東映）：本物の管制室のモニターの表示はすべて数字です。でも、それでは映画を見ている人には分かりづらいので、探査機の姿勢やイオンエンジンの稼働状況を図解にしたCG映像をモニターにはめ込みました。

橋本：撮影セットを見学させていただいた際に見ました。実は、管制室にああいうソフトがあったらいいなあ、思っていたんですよ（笑）。

「IKAROSの映画にしたらいかがですか」

橋本：撮影中のエピソードや印象に残った出来事を教えてください。

井上（FOX）：宇宙研の皆さんは、一度話し始めたら、もういいですと止めるまで話し続けてくれます。久保田先生も2〜3分しか時間がないとおっしゃりながら、何十分も話してくださいましたね。西山和孝先生にスイングバイのときの管制のせりふを教えてくださいませんかと相談したら、「今忙しいから4時間後にメールを送ります」と。4時間後に届いたメールは、プリント10ページ分ありました。最初の3ページはスイングバイとは何かの説明、その後は1週間にわたって管制が行われた様子が詳細に書かれていました。せっかく書いていただいたのに申し訳ありませんが、全部は使えませんが、とおわびしました。

久保田：正確に伝えたい、という思いからですね。

菊池（東映）：私が一番印象に残っているのは、撮影の最終日です。打上げシーンの撮影だったのですが、川口先生が内之浦まで内緒で来てくださったのです。クランクアップして川口先生にご登場いただいたときの、渡辺謙さんの驚きようはすごかったですね。

渡辺さんは、川口先生が撮影現場にいらっしやると長時間話し込まれるほど、川口先生という役が好きで、入り込んでいました。撮影が終わりに近づくと、「次に川口先生に会えるのはいつかな」とおっしゃっていたほどです。川口先生の突然の登場に、渡辺さんは「こんな感動的な映画の終わり方はなかった」と、その晩は遅くまで二人でお酒を酌み交わしていらっしやいました。

田村（松竹）：私の場合は、窓口となっていた広報・普及担当の高木俊暢さんに初めてお電話をしたときです。

すでにあった台本の第1稿を封印して、もう一度話をつくり直したいと相談すると、高木さんの第一声は『「はやぶさ」ではなく、IKAROSの映画にしたらいかがですか』。参りました。もう「はやぶさ」の映画をつくるということで会社の了解も得ているので、いまさらIKAROSというわけにはいきません。

数日後、高木さんと打ち合わせをしていると、たまたまIKAROSを担当されている方が通り掛かりました。「せっかくだから、IKAROSの話を聞いてみませんか」と高木さん。参ったなと思ったのですが、いざ話を聞くと、とても面白かったのです。IKAROSの話を絶対入れなければ、と考えを変えました。今では、高木さんにとても感謝しています。

久保田：小型ソーラー電力セイル実証機IKAROSも“川口プロデュース”ですからね。

橋本：撮影中、苦労されたことはありませんか。

井上 (FOX)：映画製作ではとても珍しいことなのですが、まるで一緒になって製作をしているようなJAXAさんの対応に、苦労という感覚はほとんどないまま進んでいきました。

菊池 (東映)：私たちもです。撮影が延びて夜中になってしまった場合でも、とても柔軟に対応していただきました。今まで多くの企業や公共施設で撮影をしてきましたが、宇宙研の関連施設ほど映画撮影を理解して適切に協力してくださったところはありません。

田村 (松竹)：私たちも何もありませんでした。先行していた2社の対応を経験されているからだろうと思っていたのですが、そうではなかったのですね。宇宙研の現場対応力は、すごいですね。

橋本：複数の衛星が同時に動いていますから、試験装置の取り扱いにもなりますし、トラブルで予定が変更になることもよくあります。スケジュール管理やトラブル対応は、我々の得意とするところでもあるのです。

久保田：あらかじめ手順書はつくりますが、その場その場で対応していかないと物事が動きません。映画づくりと衛星づくり、通じるところがあるのですかね。

「夜空の星が立体的に見えるようになりました」

久保田：「はやぶさ」の映画製作を通して、宇宙に対する感じ方などは変わりましたか。

田村 (松竹)：子どものころは宇宙にとても興味がありました。宇宙の果てはどうなっているだろう。ブラックホールの中はどうなっているだろう。それを考え始めると、急に足元が心もとなくなり、悲しい気分になってくる。でも知



座談会は相模原キャンパスの「はやぶさ」運用室で行われた。ホワイトボードは「はやぶさ」が地球に帰還した2010年6月13日のままだ。右から、ISASニュース編集委員の久保田孝、橋本樹明。

りたかった。しかし、そういう繊細な感覚は成長とともになくなり、久しく忘れていました。今回の映画製作を通して、宇宙にはロマンがあふれていることをあらためて感じ、それを子どもたちに伝えていかなければと考えるようになりました。私は文系でしたが、息子にはぜひ理系に進んで宇宙に関わる仕事をしてほしいなあ。

菊池 (東映)：夜空の星が立体的に見えるようになりました。私は登山をするのですが、山の上で満天の星を見ても、以前はきれいだなと思う程度でした。この映画を撮ってから、あの星はどのくらい離れているのだろう、通信するとしたらどのくらいかかるのかな、などと考えていたら、星が立体的に見えだしたのです。星を目で見るというのではなく、体全体で宇宙を感じている。宇宙に対する感じ方が、まるっきり変わりました。

井上 (FOX)：中学生のころに天体望遠鏡を買ってもらったほど、宇宙は好きでした。宇宙があって、地球があって、私たちがいる。それだけではなく、私たちのまわりにあるものがすべてつながっていて、しかも時間の流れの中をそれぞれの命として流れている。そんな感覚が生まれました。

久保田：これからも宇宙関係の映画を撮りたいと思われましたが、それとも、もうこりごりですか。

井上 (FOX)：実は、もう次の作品の企画を始めています。

菊池 (東映)：今回たくさん取材した中で、私が一番好きなのは、ミネルバの話です。日本初の惑星探査ローバーとして「はやぶさ」から放出されながら、イトカワに着地しなかったミネルバ。あまりにも話題があり過ぎて、今回は描き切ることができないと判断し、いっさい登場しません。続編やスピンオフをつくることになったら、ぜひミネルバの話をやりたいですね。

田村 (松竹)：日本のロケットの父、糸川英夫先生の映画をつくることができないかなと考えています。

久保田・橋本：楽しみにしています。本日は、ありがとうございました。

南半球2ヶ国の

たまたま南半球の2ヶ国に出張が続き、10月初旬には南アフリカ・ケープタウンで開催の国際宇宙会議（IAC 2011）、10月中旬にはインドネシア・バリ島で開催された「宇宙航行と測位の国際会議」（ICSANE 2011）に出席して、衛星の軌道上故障の統計データ分析と信頼性に関する研究発表と討議を行ってきた。

ICSANE 2011は、バリのリゾート地から離れた州都デンパサールにある国立ユタヤナ大学で行われた。電子情報通信学会の宇宙航行エレクトロニクス研究会（SANE）は、電子電気関係で宇宙分野を扱う研究会として、私も積極的に支援しているものである。特にアジアとの研究連携を深めようという意図で、毎年1回アジア各国で国際会議を開催して、開催国の研究者との交流を深めている。インドネシアでは国土のリモートセンシングに大きな関心を示しており、ドイツとの

協力で小型衛星の開発にも積極的であった。

バリらしい経験をしたのは、放送大学の仁科エミ先生の研究のおかげであった。先生は、バリ島伝統のガムランという青銅製の打楽器の演奏に含まれる100kHz以上の可聴音域を超えた超音波成分が人間に及ぼす影響を研究されている。この興味深い特別講演を会議冒頭に伺った後、先生だからこそ特別にアレンジできたバリの農村を訪れるテクニカルツアーに参加した。農民の楽団が演奏するガムランの超音波の全身照射と、農村の踊り子によるバリダンス

を組み合わせ、いわば複合効果試験が会議参加者に施され、可聴域以上の超音波から力強い躍動感覚が与えられることを実際に見事に体験できた。

行き帰りの車中では、バリの水田風景も堪能でき、日本の稲作文化は南方から渡来し、私の先祖もここから流れてきたのだと感じた。ただ、帰国後には、「バリっ腹」とガイドブックに書かれている症状を経験してしまった。日本に流れ着いた子孫は、近代化でひ弱になっていた。

IAC 2011が開催された南アフリカのケープタウンは、17世紀ごろからオランダの東方貿易や奴隷売買、イギリスの植民地として栄えたヨーロッパ的ともいえる港町である。最近アフリカへは、人道的

な支援活動や、資源や新しい市場獲得を意図して、さまざまな国々からのアプローチが盛んである。旧宗主国であったヨーロッパは、真水を探すリモートセンシングのデータ利用などにおいて、アフリカの国々と協力している状況を知ることができた。日本は政府ODAと宇宙産業が一体となったビジネス活動を行っており、その状況を南アフリカの通産省翼下の宇宙機関の方々から伺って興味深かった。

帰国便の関係で空き時間ができたので、ケープタウンの沖合に浮かぶロベン島を訪れるツアーに参加してみた。かつてこの島には、アパルトヘイトの体制下で黒人政治犯を収容していた刑務所があった。この刑務所で服役していた方が、刑務所内を案内し説明をする。集合房では、服役者の間で政治状況の学習や教育が秘密裏に行われていたという。

アパルトヘイトの廃止に努力してノーベル平和賞を受賞したネルソン・マンデラ元大統領も、十数年間この刑務所に幽閉されており、その独房も公開されていた。マンデラ氏は1990年にこの刑務所から開放され、アパルトヘイト廃止に向けて反政府活動の先頭に立った。大統領に就任後は、白人への復讐ではなく融和をその政策に掲げた。帰路の機中では、民主化された直後に南アフリカで開催されたラグビー・ワールドカップを通した、黒人と白人の融和の姿を描いたクリント・イーストウッド監督作の映画『負けざるものたち』を鑑賞することができ、現地を訪れたこともあり感銘を受けた。

ロベン島からケープタウンに戻る船を待つ間、わずかな時間があった。船着場の壁には、奴隷さながらに足かせでつながれた黒人政治犯が船から上陸させられている写真が掲げられていた。アパルトヘイトは、1910年から1990年にかけて行われていた黒人の権利を制限する差別政策であった。その当時の南アフリカの白人政治家たちは、南アフリカでのヨーロッパのような高い生活水準を守るために、政策を必死で正当化した。「アパルトヘイトは差別政策といわれるが、そうではない。各民族、人種ごとにおのおの固有の文化習慣があり、アパルトヘイトはこれを「区別」してそれらの特徴を“活かす”政策である」と国際社会に向かって弁明する、当時の南アフリカの白人指導者の苦しい演説の録音が流されていた。聞きながら、やはり、このような人間でいるのはやめようと思った。

やがて波止場に到着した船は、映画『負けざるものたち』にも登場していた「DIAS号」であった。（さいとう・ひろぶみ）



マンデラ元大統領が収容されていた鉄格子の独居房

齋藤宏文

宇宙情報・エネルギー工学研究系教授



最小のチームで最大の効果

藤井良一

名古屋大学 理事・副総長

私が宇宙研に初めてお世話になったのは、今から40年近くも前のことになります。確か1972年の東京大学五月祭で宇宙関係の講演会を企画し、大林辰蔵先生と小田稔先生に講演をお願いしました。大林先生にお願いしたのは、その2年前に出版された大著『宇宙空間物理学』の影響が大きかったと思います。

依頼のために駒場の宇宙航空研究所に大林先生を訪ねたとき最初に言われたのは、大学の付置研究所が単独でこれだけ大規模な研究や開発を行っている国は世界でも例がない、「最小のチームで最大の効果」を挙げている、ということでした。1970年に日本初の人工衛星「おおすみ」が上がるまで4機続けて失敗し、まだ批判があった時代でしたが、先生はこう反論されていました。「我々の身の回りにあるものは鉄でもアルミでも原価は1円/gのオーダーであり、幾段階もの加工過程を経て最終的には50円/gくらいになる。科学衛星計画では、それが最終的には4000円/gになる。このように高くなるのは、衛星の計画から完成までの何年かの間、多くの優秀な人材・頭脳を専念させ、開発や製作を行うためである。ロケット打上げが失敗すると、新聞などは『何億円を海に捨てた』と言い、日本独自で開発しなくとも先進アメリカから買えばよいといった批判を加えるが、本当に損をしたのは原料の1円/g分で、残りの大部分は国内に分配されて日本の技術の開発・進歩に大きく貢献している」。この損得勘定に妙に納得したのを覚えています。また先生は、人工衛星やロケットの開発は、さまざまな組織・人やプロセスを一つの有機的システムとして扱うことが重要で、人的資源しかない日本の将来の産業モデルである、とも言われました。

その後、大学院は東大地球物理研究施設の所属となりましたが、どういうきっかけか、大林・西田研の週1回のセミナーに参加させてもらいました。内容は高度で、熱く激しいアカデ

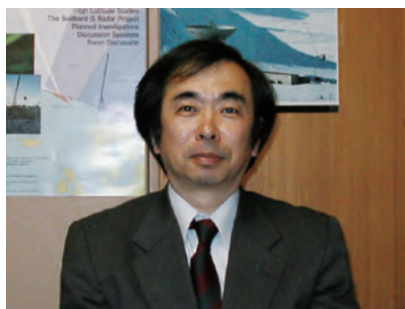
ミックな議論と雰囲気を楽しむことができました。等松隆夫先生から内之浦での人工衛星のトラッキング要員の募集があり、興味を示したところ、次の週には内之浦に行くよう言われました。確か鹿屋バスセンターから内之浦宇宙空間観測所へ向かいましたが、タクシーのメーターがどんどん上がり、自分で払うことになったら大変だなととても不安になったことを思い出します。2時間ごとに来る超高層大気観測衛星「たいよう」のトラッキングと夜の焼酎、大変楽しい経験でした。

大学院の途中で国立極地研究所の助手となりましたが、23次(1981~83年)、32次(1990~92年)南極地域観測隊が昭和基地で実施した大気球実験では、宇宙研に大変お世話になりました。出発前に三陸の大気球実験場で放球訓練を受けましたが、西村純先生や山上隆正先生をはじめとした気球班のチームワークは素晴らしいものでした。23次隊のときは放球の専門家がなかったので、B5という小さな気球でしたが、フィルムの伸展から放球まですべて担当しました。実際のバルーンのフィルム

に触れ、ランチャーから放球した研究者は少ないのでは、と自負しています。32次隊での南極周回気球はそれまでの気球とは比べものにならないほど大型でしたので、宇宙研から大気球グループの秋山弘光さんに参加・指揮してもらいました。昭和基地で真っ青な空を背景に80mほど立ち上がった放球前の大気球はまさに圧巻でした。宇宙研からの南極地域観測隊への参加はこのときが初めてと聞いています。

人工衛星では、1989年打上げで今でも稼働している磁気圏観測衛星「あけぼの」に搭載されたフラックスゲート磁力計の班員として、國分征先生、福西浩先生のもとで働きました。地上の磁力計の開発から始め、10年近くの準備期間をかけました。鶴田浩一郎先生、大家寛先生、向井利典先生というそうそうたる先生方がプロジェクトマネージャや実験主任としてプロジェクトを引っ張っておられ、その高い専門性と総合的な能力、細心の注意と実現への責任感に、ただただ感心しました。今まで数多くの人工衛星が成功しているのも指導者と現場との息の合った協働があったからだと思います。まさに研究と衛星プロジェクトは一体であることを実感しました。

その点、独立行政法人への改組後に、仕事が「研究」と「業務」に分かれ、衛星製作・打上げの仕事が「業務」に分類されたのには違和感を覚えます。JAXA全体が共同で一つのプログラムに参加し合いやすくなるための工夫と思いますが、私は衛星をつくることは研究そのものであると考えています。皆さまは、どう思われるでしょうか？日本の経済状態が思わしくなく予算が十分でない中、宇宙研も大変な時期を迎えていると思いますが、宇宙研の良き伝統は保ちながら、衛星の大型・高度化、多様化に理工のチームワーク、大学共同利用、産学の強い連携で「(最小(にならざるを得ない)予算で?)最大の効果」を挙げることを期待しています。(ふじい・りょういち)



研究室にて

「はやぶさ2」で小惑星に穴を掘る

宇宙航行システム研究系／月・惑星探査プログラムグループ 助教

佐伯孝尚

—— 小惑星探査機「はやぶさ2」の開発をされているそうですね。初代「はやぶさ」との違いは？

佐伯：大きく違うところは、まさに私が担当している衝突装置です。2kgほどの銅の弾丸を小惑星に打ち込んで穴を掘り、クレーターをつくります。そのクレータを観察したり、可能であれば、そこから試料を採ってくるという野心的な計画を進めています。銅の弾丸は大量の爆薬を使って一気に秒速2kmに加速します。その爆薬は探査機自体を粉々にする威力があります。ですから、まず小惑星の上空で衝突装置を分離し、探査機を安全な場所に避難させます。そして爆薬を爆発させて銅の弾丸を小惑星に衝突させるというアクロバティックな運用を行います。精度よく衝突させるためには、衝突装置を小惑星に向けて精度よく分離する必要があります。そこが難しい点です。

—— なぜ穴を掘る必要があるのですか。

佐伯：小惑星の表面は、風化により変成していたり、ほかの天体からの物質で汚染されていたりする可能性があります。穴を掘って風化や汚染の影響のない地下の物質を観察することで、太陽系の起源に迫る知見が得られると期待されています。また、「はやぶさ2」が目指す小惑星1999JU3は水や有機物を含んでいると考えられるので、生命誕生の謎にも迫ることができるかもしれません。

—— 子どものころから宇宙に興味があったのですか。

佐伯：幼稚園のときの文集を見ると、“宇宙飛行士になりたい”と書いてあります。ちょうどそのころスペースシャトルの初飛行があったので、影響を受けたのでしょう。また、父が農機具などを器用に整備したりする姿を身近に見て育ち、ものづくりに興味を持ちました。父を見ると今でもすごいと感じます。

—— 具体的に宇宙工学を志したのはいつごろですか。

佐伯：小・中学生のとき、理科は好きでしたが、宇宙に特に興味があったわけではありません。しかし高校で進路を考えると、小さいころ宇宙に憧れていたことを思い出し、宇宙工学に携わりたいと思うようになりました。そこで宇宙工学を学ぶことができる東京大学へ進学し、大学院の修士課程から宇宙研にある川口淳一郎先生の研究室で学びました。



さいき・たかなお。1976年、広島県生まれ。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。2005年、JAXA 深宇宙探査センター 宇宙航空プロジェクト 研究員。三菱重工業株式会社古巣誘導推進システム製作所を経て、2009年7月より現職。専門は宇宙航空力学、宇宙システム工学。

—— 川口研究室の教育方針は？

佐伯：手を動かしてものをつくるが多かったですね。そのとき、「いきなり文献を見るのではなく、まず自分で考えてごらん。文献を読むと、その考えから離

れられなくなる」と、川口先生によく言われました。

—— 将来、探査機づくりを目指す中・高校生にアドバイスをください。

佐伯：探査機づくりには、幅広い知識が求められます。私は今、衝突装置をシステムとしてまとめ上げることが仕事です。これまで爆薬などを扱った経験はありませんが、専門外のことも大まかな判断を瞬時にできる知識が求められます。私も中・高校生のころ、“この勉強をやって将来、何の役に立つのだろう”と疑問に思ったことがあります。しかし、さまざまな分野を幅広く学ぶことは絶対に損にはなりません。

—— 将来の夢は何ですか？

佐伯：探査機で誰も行ったことのないところを目指したいですね。それが宇宙探査の原点ですから。しかし今は、「はやぶさ2」のことで頭がいっぱいです。

—— 多くの人たちに感動を与えた「はやぶさ」の後継機として、注目度が高いですね。

佐伯：大きなプレッシャーを感じています。「はやぶさ」はとても難しいミッションを成し遂げました。「はやぶさ」にできたことは、「はやぶさ2」にできて当たり前と思われるかもしれませんが、決してそんなことはありません。宇宙探査では、目指す場所がどのような状況か不明で、何が起きるか分かりません。だからこそ行く価値があります。

—— 衝突装置を作動させるのはいつごろですか。

佐伯：「はやぶさ2」は2014年に打ち上げられ、2018年6月に小惑星1999JU3に到着します。そして、地球へ帰還する直前の2019年秋に衝突装置を作動させます。文字通り一発勝負。小惑星に穴を掘る前に、私の胃に穴が開くかもしれませんが、とにかく頑張ります！

ISAS ニュース No.369 2011.12 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

激動の1年がようやく終わろうとしています。3月の大地震および津波で被災された方にあたたためてお見舞い申し上げます。来年は、穏やかな年でありますように。(石川毅彦)

* 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

