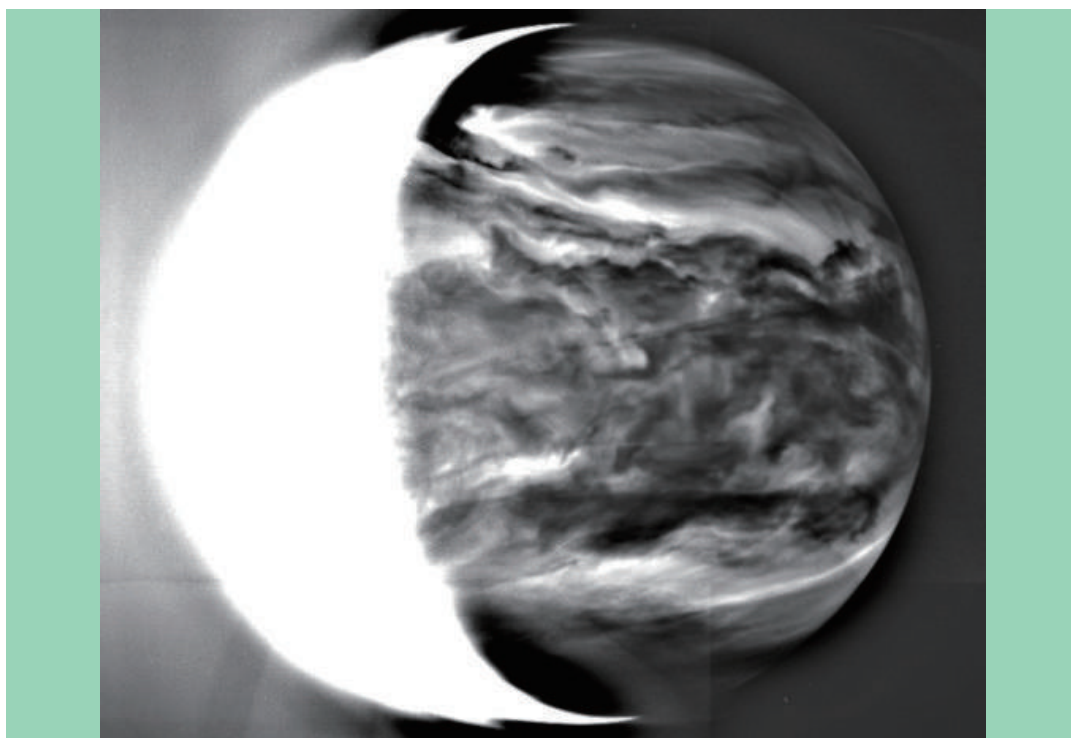




金星探査機「あかつき」のIR2カメラが距離約10万kmの位置から撮影した金星夜面の画像

金星全体を一望する夜面画像として、これまでで最も詳細な様子を捉えた。波長2.26マイクロメートルでは、地面近くの暑い大気からの熱赤外線を背景に、雲の濃淡が「シルエット」として映し出されている。他のカメラ・他の波長のデータと組み合わせ、金星大気の立体的構造や運動を精密に調べてゆく（P4参照）。

宇宙科学最前線

宇宙で使う携帯電話

岡山大学大学院 自然科学研究科 助教

永田 靖典（ながた やすのり）

皆さんご存じの携帯電話。いつでもどこでも通話やインターネットが使える、とても便利なアイテムです。これによって人々の生活は一昔前と比べて大きく変わりました。今回は、携帯電話のようにどこでも使える通信システムをロケットなどの飛行体で使おうというお話です。

携帯電話は基地局（アンテナ）と無線で通信することで持ち運びができ、この基地局を多数設置することでどこでも使えるようになっていきます。しかし、ひとたび人里離れた山奥などに行くと基地局が見あたらず、通信ができなくなってしまいます。これは飛行体の場合も同じです。無線通信は機体の状態を知るために必要不可欠であり、通常、機体との通信は地上アンテナを使って行われますが、通信ができるのはこの地上アンテナから見える範囲に機体がいる時に限られます。飛行体がどこにいても通信を行えるようにするには、携帯電話と同様に、地上アンテナを地球上に多数配置すればよいのですが、コスト的に現実的ではありません。さらに、地球表面の7割は海に覆われており、そこにアンテナを含む施設を建設することも大変困難です。そこで、「地上」ではなく、「宇宙」にアンテナを置くというアイデアが昔から考えられてきました。

衛星通信サービス

気象衛星「ひまわり」のような静止衛星の場合、3機あれば地球全体を見渡すことができます。これを通信に応用した静止通信衛星は1960年代から使用されており、固定の地上局間の通信だけでなく、衛星携帯電話としてのサービスも展開されています。衛星携帯電話であれば、人工衛星を介して通信が行われるため、空が見えていれば地球上のどこでも、山奥や海上でも使用することができます。ただし、静止通信衛星は赤道上空高度約36,000kmにあるため、衛星までの距離が長く、指向アンテナを衛星の方向に向けなければ通信ができません。これに対して、機数は多く必要になるが、より低い高度を飛行する通信衛星を用いたサービスも展開されています。そのようなサービスでは無指向アンテナが使われ、必ずしも衛星の方向にアンテナを向けなくても通信を行うことができます。飛行中の機体のアンテナをある特定の方向に向けるのは難しいため、この無指向という特徴は飛行体で使用する上で重要になります。ここで述べるイリジウム衛星通信はそのようなサービスの一つです。

米国イリジウム社（Iridium Communications Inc.）によるイリジウム衛星通信では、高度780kmに66機の通

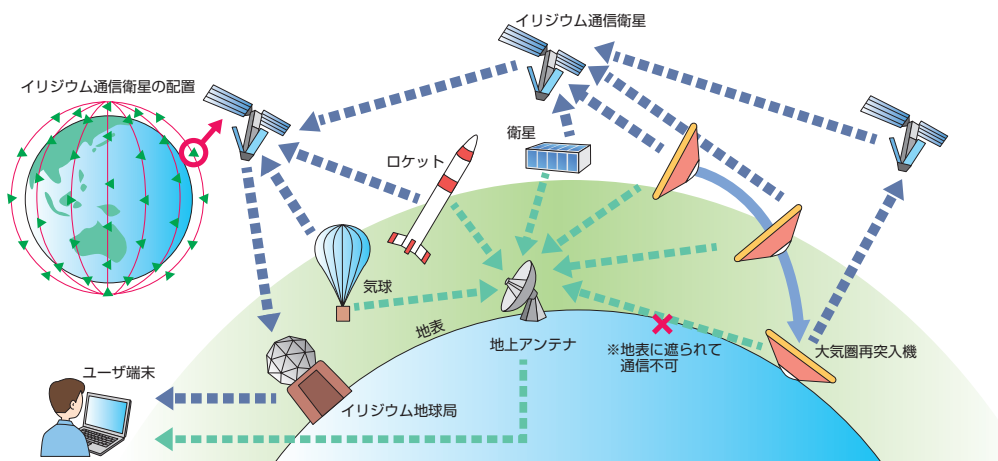


図1 イリジウム衛星通信を用いた飛行体との通信

信衛星群を配置することで、地球上のどこでも通信ができるインフラが構築されています。各衛星は互いに通信できるようになっており、これらの衛星を介して、別の端末と直接通信したり、イリジウム社の地上アンテナ（地球局）に送られた後、そこからさらにインターネットなどを介してユーザの端末と通信したりできます。このサービスは衛星携帯電話として知られていますが、飛行体にはデータ通信用の端末が搭載されます。使用するユーザは、通信衛星や地上アンテナといったインフラを気にすることなく、機体が地上・海上・空中のどこにあっても、手元の端末との間で通信することができます。携帯電話で基地局を意識することがないのと同じ感覚です。必要なのは、衛星と通信するための通信機を機体に取り付け、通信を受け取る端末を用意するだけです。図1は、これを飛行体に用いた場合のイメージ図になります。

搭載装置の開発とこれまでのフライト

このようなイリジウム衛星通信の特徴に着目し、筆者を含むグループでは飛行体に搭載する機器の開発を2009年から進めてきました。GPS受信機と組み合わせることで、測位した位置データをイリジウム衛星通信経由で取得するという装置であり、飛行体の位置などを常にモニタリングすることが可能となっています。図2は、開発したフライト機器の変遷を示しています。

最初に開発した装置は、2009年に北海道の大樹航空宇宙実験場から宇宙研の大気球 B09-04 に載せて飛ばされました。筆者は当時大学院の学生でしたが、自分の携わった装置が高度35kmの上空からデータを送ってきているという事実に感動しつつも、途中で止まってしまうのではという不安が入り混じった状態で見守っていました。もちろん飛行前のテストは行っていたが、なにしろ開発の作業を始めてから1カ月もたらずに飛ばした装置であり、装置内部で動作するプログラムの開発も担当し

ていたのではなさそうです。筆者にとって思い入れのあるこの初回のフライトは、結果として十分な実績を示し、その後の開発の励みになるものとなりました。特に、大気球実験では最終的に観測装置を搭載したゴンドラを海上に着水させて回収しますが、着水後も通信ができ、ゴンドラの位置を追跡で

きたことは大きな成果でした。これは従来の地上アンテナでは、地表に遮られるためできなかったことです。

その後、2回の大気球実験を経て、装置が小型化されましたが、次の大きなステップアップは、2012年に実施された観測ロケット実験でした。鹿児島県の内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられた観測ロケット S-310-41号機では、大気圏再突入実験カプセルを上空で分離しましたが、このカプセル側にイリジウム衛星通信の装置が搭載されました。最高高度は150kmであり、この最高高度付近を含めた飛行中の全体にわたって通信は成功し、観測ロケットおよび大気圏再突入カプセルにおいて通信の実証ができました。2010年に地球に帰還した「はやぶさ」のカプセルでも、着地後、地上の電波方向探査局では電波は受信できず、最終的な位置特定には、ヘリコプターでの電波探査や目視による捜索が必要でしたが、このようなシステムを用いることで素早く回収できるようになるかもしれません。また、この成功を機にこのシステムは大きく注目されるようになり、この後2回の観測ロケット実験を経て、現在は観測ロケットの標準搭載機器としての開発が進められています。

上で述べた大気球でも観測ロケットでも、地上アンテナを用いた直接通信との併用であり、イリジウム衛星通信はバックアップという役割ですが、フライト実験を支

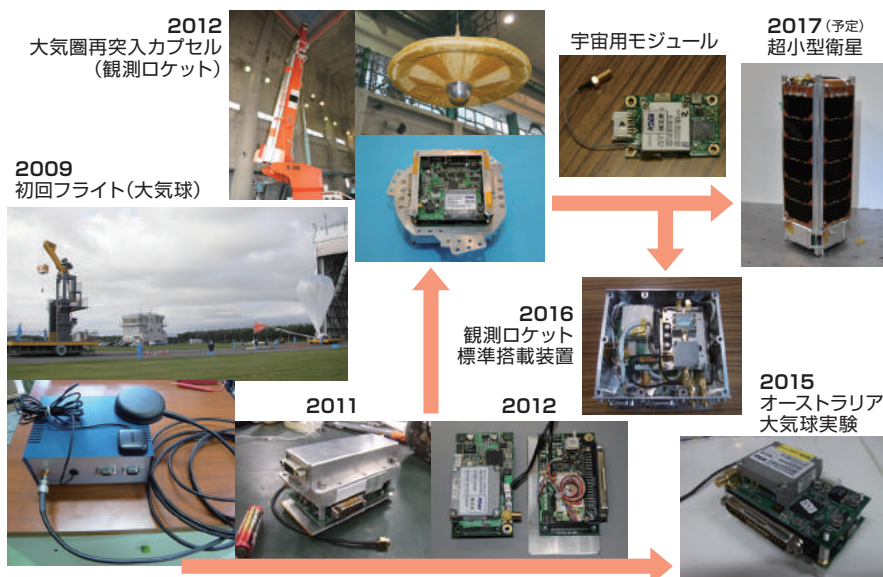


図2 フライト実験用のイリジウム衛星通信装置の変遷

える技術として活用され始めています。2015年にオーストラリアで飛ばされた大気球はそのようなケースの一つになります。この大気球実験では長時間の飛行により、約1,000kmの距離を移動することになります。事前に飛行経路を予測し、その全てを含む空域を地上アンテナでカバーしますが、大気球は風任せということもあり、もしカバー範囲から出てしまった時にはどうするのか？ということが問題となりました。そこで、イリジウム衛星通信を用いることで、この事態に備える体制がとられました。今回、地上アンテナのカバー範囲外に行くことはありませんでしたが、飛行中のモニタリングは正常に行われ、バックアップとしての役割を十分に果たしてくれました。筆者は送られてくるデータを日本で見ていましたが、このシステムが大いに活躍した瞬間でありました。また、イリジウム衛星通信経由で得られたデータをインターネットを介して関係者に配信するシステムも構築しており、これが現場の実験隊の間で情報共有するのに役立ち、好評だったと聞いています。

フライト実験は一発勝負でその瞬間瞬間が重要となり、システムを常時正常に稼働させる必要があるため、通常、インターネットから切り離されたPCを用いてモニタリングが行われます。これは無用な通信などで動作に影響が出るといった不測の事態を避けるためです。一方、イリジウム衛星通信のデータはイリジウム社からインターネットを介して送られてくるため、むしろインターネットに接続されたPCが必要となります。そのため、受け取ったデータを見やすく加工し、再度インターネットを介して配信するというシステムとシームレスにつなげることが可能となります。この点に着目し、筆者は初回のフライトの段階から、関係者にデータを配信するシステムの開発を進めてきました。図3はその構成とデータの流れを示しています。フライト実験には多数の関係者が関わっていますが、打上げの現場に立ち会えない人も少なくなく、この配信システムは好評を博していました。オーストラリアでの大気球実験ではその真価が発揮された瞬間でもありました。

今後の展望

これまで開発を進めてきたイリジウム衛星通信のシステムは、徐々にフライトでの活用が進められています。

その一つとして、データ配信システムとの親和性に着目し、ロケットの予測軌道を通知する試みが行われています。受け取ったデータをそのまま配信するだけでなく、そのデータを用いてシミュレーションを行い、その後の予測値なども含めることで、より役に立つデータを配信することができるようになります。大掛かりなシステムを構築することなく、小規模な実験であっても、遠方の関係者とリアルタイムで様々な情報の共有が容易に実現できます。また、地上設備が不要であるという点から、ロケットに指令を送るシステムとして利用することも検討されています。イプシロンロケットでは、地上での作業や設備の簡素化が図られていますが、このようなシステムを用いて今後さらなる簡素化が進められるかもしれません。

加えて、活用領域の拡大も目指しています。それは宇宙空間での通信です。筆者らのグループでは、超小型人工衛星EGGの開発を進めており、この衛星では通信はイリジウム衛星通信のみとすることを目指しています。これは世界初の試みです。通常、超小型衛星では地上にアンテナを置き、衛星が上空を通過したタイミングで通信を行います。1回に通信できる時間は短く、これを1日に数回程度という状況です。国際宇宙ステーションを肉眼で見たことのある人はわかると思うのですが、見えている時間はせいぜい数分間程度です。そのため、通信可能な時間帯は広くありません。一方、イリジウム衛星経由で通信する場合は、地球の周りを多数飛行しているいずれかのイリジウム衛星と通信できればよいので、頻繁に通信できる可能性があります。もちろん、地上ではなく宇宙空間であるため、地上のように常に通信できるとまではいかないでしょうが、大いに改善されるのではと考えています。また、これにより地上アンテナといった地上設備を気にすることなく、衛星の開発のみに集中することができるようになります。

イリジウム衛星通信は航空機や船舶などではすでに利用が進んでいますが、宇宙科学分野においてもその発展を支える基礎技術として実用化が進められ、今後様々な場面で活躍することが期待されます。さらに、そもそもイリジウム衛星通信のサービスは宇宙飛行体をターゲットにしたものではありませんが、このようなインフラを利用できれば簡単な通信機を1台積みだけで人工衛星

が出来上がってしまいます。我々の活動は、このような衛星通信インフラの有用性を示す一つのデモンストレーションでもあります。将来、地球はもちろんのこと、火星や金星といった惑星探査のために宇宙飛行体用の衛星通信インフラが整うことがあれば、宇宙開発や惑星探査に大きなブレークスルーが起こることでしょう。この活動が、そのきっかけになればと願っています。

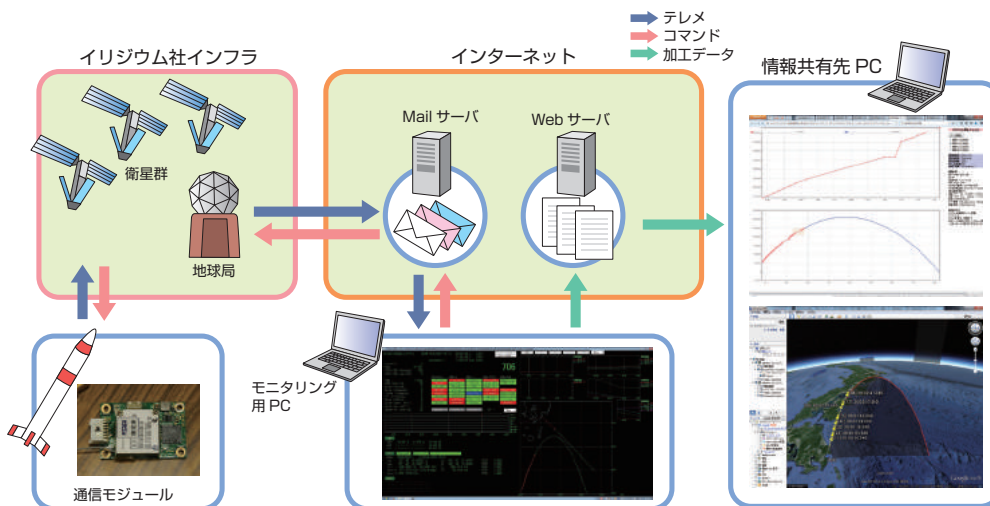


図3 データ配信・情報共有システムの構成とデータの流れ

金星の新しい姿をとらえる「あかつき」IR2、本格始動！



世界中から国際金星科学会議に集まった研究者。翌日の衛星運用担当のため筆者はすでに会場を離れていた。

2015年12月、「あかつき」が金星周回軌道に入ってからすぐに4台のカメラが撮影した金星ファーストライト画像があります。日付を見ると、おや？IR2だけが他より4日遅いんですね。IR2は冷凍機を使い、その「眼」に相当する検出素子を -200°C 以下にまで冷やす「一時間かかる」赤外線カメラです。そのため装置の立ち上げに時間を要したのです。そして周回軌道に入ってから、その熱環境下で必要な冷却を得るのがまた大変。特にカメラ開口部のある面へ日光が当たる探査機姿勢、つまり金星夜面の観測は苦勞の連続でした。最初のまともな金星

夜面画像が得られたのは2016年3月13日、金星周回が始まってすでに3カ月も経過していました。そしてついに！今号表紙を飾る迫力の金星夜面画像（波長2.26マイクロメートル、金星からの距離約10万km）を3月25日に得ることができたのです。「あかつき」到着前にミッションを終了した欧州Venus Expressは極軌道の上この波長の観測画像は画素数 256×256 でしたから、赤道付近からの全球画像（直径約500画素）でこれほど鮮明に、複雑な雲の様相をとらえたのは、まさに史上初なのです。

この画像がサーバ上でアクセス可能になった4月1日の夜、それは英国オックスフォードで開催される国際金星科学会議へと出発する前々日のことでした。4日に始まった会議の3日目には「あかつき」セッションが設けられ、私はIR2の報告で先に述べたような苦勞を語ってゆきます。そして15分講演のいよいよ最後、「この1枚」をドーンと出したところ、まだ講演終了前でしたが満場の拍手となったのです（取材に来ていた「Nature」のニュース記者も、会場のこの反応に驚きを隠しませんでした）。15年以上の苦勞が報われた瞬間ですね。もちろんまだまだ序の口、「あかつき」はこれから何年も、金星の新しい姿をとらえ、世界を驚かせてゆくのです！

（佐藤 毅彦）

「あかつき」プロジェクト ゴールド・メダル賞 特別賞受賞



4月21日 贈賞式の様子

4月21日に読売大手町小ホールにて行われた、読売テクノ・フォーラムによる第22回ゴールド・メダル賞贈賞式において、金星探査機「あかつき」プロジェクトチームが特別賞を頂きました。賞は「探査機あかつきの金星軌道投入成功」に対して贈られたものです。審査をして下さった石井威望東京大学名誉教授はご講評の中で「Nature」のニュースに取り上げられた「あかつき」が撮影した金星画像をご紹介下さり、日本がこのような最初の惑星探査機を成功させたことを評価して下さいました。同賞はかつて「はやぶさ」プロジェクトチームに対しても与えられており、宇宙研としては二度目の特別賞受賞となります。

もともとこの賞は若手の研究者の創造的研究に対して与えられるもので、代表である私の年齢はともかく、地球を飛び立ってまだ5年の「あかつき」が出しつつある、若々しい成果が評価されたものと考えております。また、恐らく5年前の周回軌道投入失敗がなければ受賞はなかったとも考えられ、つまずきつつも、失敗を乗り越えていく宇宙科学の特質が審査員の方々の目に留まったものと思います。

贈賞式に続く祝賀会には多くの方が駆けつけて頂きました。西田篤弘先生、上杉邦憲先生、向井利典先生、小野田淳次郎先生と「あかつき」の立ち上げの頃から見守って下さった先生方において頂けたのは大変な喜びでした。また川口淳一郎「はやぶさ」衛星主任にもお祝い頂きましたし、文部科学省の田中正朗局長にもお祝い頂きました。さらにうれしかったのは、15年前撮像カメラの設計に加わって頂いた光学機器の技術者の方々ははじめ、ミッションの初期に関わって下さった方々が、今「あかつき」を支えている現役と一緒に祝賀の席に加わって下さったことです。多くの人々に支えられた「あかつき」がチームとしてゴールド・メダル賞を受賞できたことをしみじみと感じた一日でした。我々を宇宙研の一員として誇らしい気持ちにして頂いた皆様にプロジェクトチームを代表してお礼を申し上げます。（中村 正人）

SLIMプロジェクト、始動

小型月着陸実証機 SLIM は、2016 年 3 月 8 日に実施されたプロジェクト移行審査とその後の承認プロセスを経て、4 月 1 日より晴れて JAXA プロジェクトとして活動することになりました。

SLIM は、日本として初めての月面軟着陸を、それも、これまでにない高い精度で狙った地点への着陸を行う小型の月着陸機です。これまでの月面軟着陸機がいずれも、数 km ~ 10 数 km 程度の精度で狙った地点に着陸していたのに比べて、SLIM では 100m 精度での「ピンポイント」着陸の実現を目指します。「かぐや」や LRO など近年の月周回機の成果により、飛躍的に高解像度な月面観測データが手に入ったことを受けて、これからの月探査ミッションでは、「あの辺り」ではなく「ここ」に、ピンポイントで着陸することが必要になってくることを見据えたものです。ピンポイント着陸を実現するためには、従来のような地上からのナビゲーションでは不十分で、探査機自体が月面に対する位置・速度を画像等から検出し、自律的に誘導・制御を行って着陸する技術が必要になります。SLIM が実証しようとしている技術の中心は、まさにこのための、ピンポイント着陸技術になります。

SLIM は 10 年以上にわたる研究活動の成果として、2014 年 2 月にイプシロン搭載宇宙科学ミッション公募に対して提案され、2015 年 6 月のプロジェクト準

備審査完了後は、プリプロジェクトチームとして活動してきました。その成果や検討結果を踏まえてプロジェクト化を果たすべく、技術審査であるシステム定義審査や、経営レベル審査であるプロジェクト移行審査に臨んだのですが…率直に言って、なかなか大変でした。「どうしてもここまでは検討・検証してから」という準備が整ったときには、審査プロセスを進めるために残された時間的余裕が少なくなっており、結果として、短期間の間に、多くの技術的な分科会を開催してシステム定義審査に臨み、また必要な確認を経てからプロジェクト移行審査を受審する必要があったためです。無事に予定どおりプロジェクト移行までたどり着けたのは、SLIM チーム員の努力ももちろんですが、丁寧かつ迅速に審査くださった審査員の方々、そしてそれを支援くださった事務局の皆様、多くの方々のご協力があったことですので、心より感謝しています。

おかげさまで無事に節目を迎えることはできましたが、実際の開発はこれから始まるという意味で、まだようやくスタート地点にたどり着いただけです。それでも桜の花の季節、新しいプロジェクトメンバーを迎え、プロジェクト部屋も手に入れて（本館 6 階です！）、いろいろな意味で“始動”の 4 月となりました。気持ちも新たに、開発を進めていきたいと考えています。（坂井 真一郎）

宇宙用冷凍機システム(CC-CTP)チーム発足



2015 年 9 月、フランス側のメンバーとの相談会。共通語は英語です。

CC-CTP は、無冷媒冷凍機でセンサを 50mK まで冷やす宇宙用冷凍機システムの開発を、ESA（欧州宇宙機関）の Core Technology Program (CTP) という開発研究に応募したフランスの CNES（フランス国立宇宙研究センター）および CEA（フランス原子力・代替エネルギー庁民生科学センター）と協力して 3 年間で行うものです。CC とは Cryo-Chain の略で、様々な冷凍機を組み合わせた冷凍機システムを意味します。日本からは、「あかり」、ASTRO-H、SMILES などのこれまでの衛星や ISS 実験で鍛えてきた、2 段スターリング冷凍機¹⁾、4K 級ジュールトムソン冷凍機²⁾、1K 級ジュールトムソン冷凍機を持ち込みます。そしてフランス側も赤外線天文台 Herschel の冷却系の開発経験などを生かし、共同で新たな極低温冷凍機であるクローズドサイクル希釈冷凍機³⁾にも挑みま

す。50mK で動かせる超低雑音センサの需要は様々な波長帯の天文観測に共通であり、我々は少なくとも Athena（X 線天文台）、SPICA（赤外線天文台）、LiteBIRD（マイクロ波背景放射観測）など 2020 年代の様々な宇宙観測衛星を念頭においた、ミッション横断型の研究として開発を行い、3 年後に実験室での実証を目指しています。

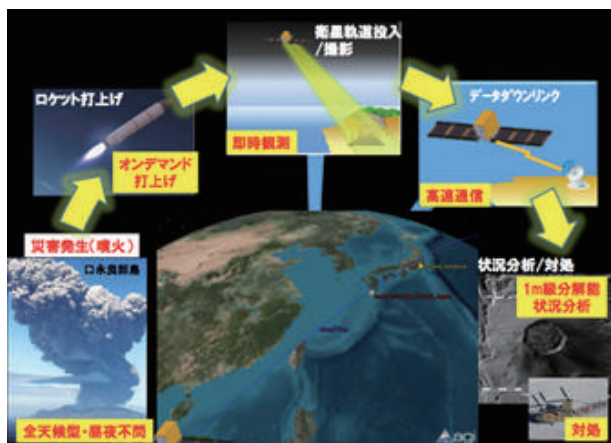
メンバーは、宇宙研では山崎、満田、中川、坂東、さらに JAXA つくばの研究開発部門の超高性能観測チームとも密接な協力をしています。2015 年 12 月に設置、2016 年 1 月の計画審査を経て、実動を開始しました。

2015 年 9 月、2016 年 1 月の 2 度、フランス側の来日、2015 年 10 月は日本側の訪仏などの準備を経て、ESA 側の Kick off meeting も 4 月 4 日に行われ、今年度中には、フランスでの組み込みが予定されるなど、計画は早いピッチで進んでおり、ポスドクなど若手の協力も得つつ活動を行っています。今後ともよろしくお願いします。（山崎 典子）

冷凍機にも使う物理過程によっていろいろな種類があります（詳しくは ISAS ニュース 2015 年 11 月号をご覧ください）。

- 1) スターリングエンジンは、熱を運動に変えますが、スターリング冷凍機はコンプレッサを動かして熱を奪います。絶対温度 20K 程度まで冷やせます。
- 2) ジュールトムソン効果（理想気体では起きない熱力学過程）を使います。絶対温度 4K、1K 程度まで冷やせます。
- 3) ヘリウムの同位体を混合させて潜熱を奪い、冷却します。絶対温度で 0.1K 以下まで冷やせます。

内閣府プログラムImPACT小型合成開口レーダ研究を宇宙研としてサポート



自然災害発生直後に小型レーダ衛星で監視を行うシステム

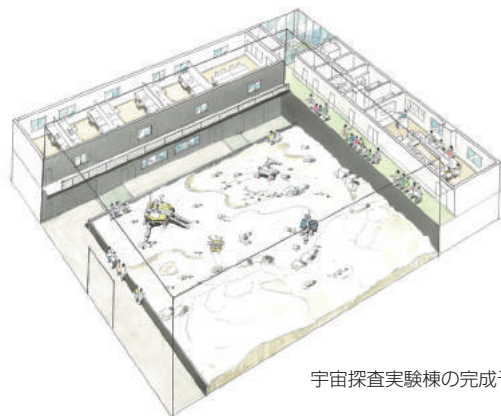
このたび、内閣府の研究開発プログラム（ImPACT）の1つである「オンデマンド即時観測を可能にする小型合成開口レーダシステムによる安心の実現」プログラムに、宇宙工学委員会戦略的研究で進めてきた「小型合成開口レーダの研究」が採択されました。3年強をかけて100kg級の衛星に搭載できるようなX帯の合成開口レーダを開発します。大規模地震などの自然災害が突発的に発生した場合に、悪天候や夜間でも即時に広域な被

災地をレーダ観測できるよう、最適な軌道に小型衛星をオンデマンドで打ち上げて観測し、データを直ちに受信局へ伝送できるようなシステムを開発しようという野心的な試みです。宇宙研は、小型合成開口レーダシステムと観測データの受信局の技術実証を担当します。

宇宙研で行ってきた、小型科学衛星「れいめい」などの実践的な小型衛星開発と、宇宙研電気グループのマイクロ波技術、通信技術が合体し、更には東京大学、慶応大学、東京工業大学、そして合成開口レーダ衛星に豊富な経験を持つ三菱電機が加わり、ユニークな技術開発を行っています。宇宙研職員や教員、修士や博士の学生、招聘職員、外国人のプロジェクト研究員等が自分たちの手と頭で解析や計測を行い、大企業だけではできないような野心的なアンテナやマイクロ波送信機を開発しています。

これらの活動は、宇宙研の所内研究開発プロジェクトとして組織化されることになりました。現在そのプロジェクト移行審査を受けています。所をあげての支援は大変ありがたいことではありますが、その代わりにJAXAのプロジェクト管理のルールが要求されます。不慣れな書類書きの仕事が多くなりますが、それにめげずに、実践的な開発のペースは守っていこうという思いを強くしているところです。（斎藤 宏文）

「宇宙探査実験棟」のご紹介



宇宙探査実験棟の完成予想図

夏の相模原キャンパス特別公開のおりカブトムシ採りを楽しみにしていた子供たちには申し訳ないのですが、平成28年3月中旬よりM-Vロケット実機模型の背後の区画にある樹木伐採が始まりました。次いで建築重機による敷地整備が行われ、キャンパス内の桜が満開となった4月初旬には、広大な空間が現れました（4月号表紙）。この場所には、平成28年度末竣工（予定）の「宇宙探査実験棟」が建設されます。

昨年4月、新しい組織である「宇宙探査イノベーションハブ」が設置されました。本組織は、JAXAの公的研究機関の特性を生かし、企業や研究機関から多くの人材や様々な知識を集めた新しい拠点となり、宇宙開発利用

のための技術研究開発のみならず、地上産業にイノベーションを興すことを目指しています。この活動を効率よく実施するため、人や実験設備を一カ所に集約し相互に連携させる具体的な施設が、宇宙探査実験棟です。

宇宙探査実験棟は、幅27m×奥行き32m×高さ12mの鉄筋2階建てで、飛翔体環境試験棟（C棟）と並ぶように配置されます。最大の特徴は、月惑星表面を模擬した広大な屋内実験場である「宇宙探査フィールド」を持つことです。これは、約400㎡（幅18m×奥行き22.5m、1-2階吹き抜け）の広さで、砂礫や岩等により起伏のある月惑星の表面地形を模擬し、実スケールの探査ロボットや着陸機を用いた探査活動の一連の性能・機能確認や運用試験等を行います。他に、宇宙探査フィールドに隣接して探査ロボット等を操作するためコントロールルームや、月惑星表面の特殊な環境試験装置のための実験室も併せ持ちます。また、この宇宙探査フィールドを見下ろす見学用の通路・窓を2階に備え、一般来訪者を受け入れることができます。宇宙探査実験棟の完成予想図を掲げます。多くの研究開発者が探査ロボット等を用いた研究開発を行う様子や、見学者の様子を描いています。この宇宙探査実験棟により、将来の宇宙探査のための新しい技術研究開発や人材育成・交流が、一層活発になるよう期待します。（片山 保宏）

超小型深宇宙探査機「PROCYON(プロキオン)」のプロジェクト終了審査報告

人が進歩するためには、実現可能な明確なゴールを決めて、そこに向かって計画を立て、この達成度を評価することが重要です。そして、その中で得られた知見を、次につなげていくことで人は、より高い理想に向かうことができます。こうした、試行錯誤による学習は、研究開発活動の根幹となります。一方で計画が大きくなってくると人間の想像力には、どうしても限界があり、大きな計画が大きな失敗とならないように、有識者と一緒に考え、ステップバイステップにより、より良い方向に向かうことが必要です。こうしたプロジェクトの計画や成果について、JAXA ではその終了時点で専門家による審査により評価を行ないます。プロキオンについても同様で、先日合格となり、所内プロジェクトは終了することになりました。今後は、超小型探査機開発拠点（後述）を通じて、軌道上不具合の原因究明・改良を継続し、また米国 SLS 相乗り CubeSat や、母船搭載型子機などの、さらに小型の探査機プロジェクトの実現に向けて、成果やレッスンズラウンドを引き継いでいきます。

プロキオンでは深宇宙探査機を自らの手で開発・運用する貴重な機会をとらえ、日本の宇宙科学の人材育成の場として、大学および ISAS/JAXA の若手を中心に総勢 50 名以上の研究者・技術者・学生が、共同研究により共通の目標に向かってプロジェクトに参加しました。そして、将来の低コスト超小型深宇宙探査ミッションに向けて、最初の道を切り開くことができ、日本はこの分野で優位に立つことができました。2015 年度に東京大学

に設置され活動を開始した超小型探査機開発拠点（ISAS 大学共同利用連携拠点）の実現にもつながり、相互に軌道上成果が展開されるなどの波及効果がありました。

低コスト衛星管制システムや、JAXA 深宇宙局による並行受信実験、山口大学の 32m 電波望遠鏡によるテレメトリ受信実験など、この中に含まれない成果もありますが、ノミナル・アドバンスミッション、サイエンス観測の 3 本の柱を軸に、最終目標として小惑星（2,000 DP107）に到達し、観測を行うことを目的としていました。ノミナルミッションである超小型深宇宙探査機バス技術（電源、通信、姿勢制御、推進系などの超小型深宇宙探査機に必要な基本的な機能）の軌道上実証に成功したものの、搭載イオンスラスターの不調により、小惑星の接近フライバイ観測を断念したので、アドバンスミッションの一部については計画変更を経て、科学観測や地球最接近に向けた地球・月撮像などを関連実験や部分的機能実証の中で行なってきました。そして打上げから 1 年後の地球最接近後の翌日（平成 27〔2015〕年 12 月 3 日の運用終了以降）には、Web サイトにお知らせ掲載したとおり、原因不明の通信不通が発生したため、2016 年 3 月末まで正常運用への復帰を目指し、通信の確保を模索してきたところです。

探査機が復旧した場合には、今後も大きな工学・理学成果が期待されるため、来年 3 月末まで探索・復旧運用を実施予定です。これまで力を合わせて下さった皆さんにこの場を借りてお礼申し上げます。（富木 淳史）

◆ ◆ ◆ ISAS ニュースのリニューアルについて ◆ ◆ ◆

今月号を手にとった、あるいは画面でご覧になったときに「おや？」と思われたことかと思います。ISAS ニュースのデザインを 12 年半ぶりに変えました。

見かけだけではありません。毎号お読みいただいている方はお気づきかもしれませんが（気づいてほしいです）、中身も少しずつ変わってきています。種明かしをすれば、「宇宙科学最前線」の記事については、筆者と専門分野の近い／遠い複数の編集委員でレビューし、筆者の意図・生の言葉を生かしつつも専門外の読者にわかりやすい内容・表現になるよう文章を磨いています。また、当月号の鍵となる言葉を解説する「今月のキーワード」コーナーの新設、ミニ特集・対談など新しい企画の実現などです。一方では、「芋焼酎」「東奔西走」「宇宙・夢・人」などの伝統のコーナーを残しつつ、内容の絞り込みを図っています。3 月には久しぶりの特集号も発行しました。

きっかけは 2 年前、予算削減でした。ページ数を削減しつつも内容の質を維持・向上させるためにどうするか？編集委員会は改めて ISAS ニュースの意義を確認し、（広い意味での）宇宙科学研究コミュニティの活性化を軸として内容の充実、先鋭化を目指してきました。その活動

の節目として、今回のデザインリニューアルがあります。

これで終わりではありません。我々はまだまだ ISAS ニュースには発展の余地があると思っています。ISAS ニュースが、宇宙科学コミュニティの発展のための基盤となるべく、より高いレベルの記事をわかりやすく伝えるよう、また研究者の息づかいが聞こえるような誌面を目指します。そのためには、読者の皆様からの支援が必要です。ご意見・ご提案・ご寄稿をお待ちしております。

最後に、創刊号（1981 年 4 月）に掲載された、平尾邦雄初代編集長の「宇宙科学研究所ニュースの発刊について」から、抜粋してご紹介しましょう。ISAS ニュースの原点はここにあります。

この「ISAS ニュース」ではこの研究所を利用して宇宙科学（今までの分類で言う宇宙理学及び宇宙工学を総称します）の研究を行うすべての方の相互の交流をふかめて宇宙科学の研究をより広範なものにしてゆきたいという希望から、このような方々の交流の場としての役割を強めたいと考えております。さらに又これによって宇宙科学に対する理解を各方面からいただけるようになれば大変しあわせです。

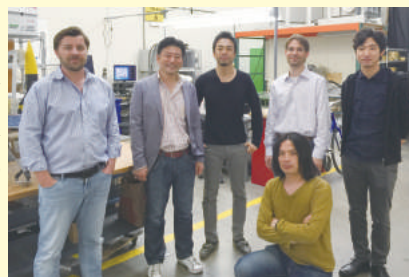
（ISAS ニュース編集委員長 山村 一誠）

キーワードはPassion

太陽系科学研究系 研究主幹

藤本 正樹 (ふじもと まさき)

パサデナのHBR社の作業現場にて。(左からHBR副社長 Kris Zacny氏、筆者、澤田弘崇主任研究開発員、一人置いて吉川健人研究開発員、前列、加藤裕基研究開発員) レンタカーでの移動だったため、同行の3名と話し続けた3日間でもあった。



3月初旬から、バークレー、アリゾナ、パサデナと1カ月で米国出張を3回繰り返した。パサデナから帰国後、40数時間後に羽田発深夜便で欧州へ出発。乗り継ぎ後のフランクフルトからパリへの機中でこれを書き始めた。

バークレーへの出張は、個人研究関連であった。土日に議論という弾丸ツアーとなった理由は、その翌週からの会議前に議論をしておく、かつ、それ以前に時間が取れなかったことである(開始日に帰国し会議そのものには不参加)。内容は、MMSというNASA太陽圏科学分野の旗艦ミッションの初期成果についてである。

宇宙空間現象において最も重要な過程として「磁気リコネクション(MRX)」がある。これは磁場という形で蓄えられていたエネルギーが急激に開放されて宇宙空間ガスがジェットとして噴出する爆発現象であり、宇宙空間ガスの活動性を支えるものだ。このようにMRX現象は大規模な効果を持つものだが、一方で、ジェットの根元のエンジン部ではミクロ物理が作動しており、ミクロ物理との絶妙な連携があつてこそ全体が機能するという興味深い性質がある。MMSは、そのミクロ物理を解像してMRXの本質へと迫ることを目的とするのだが、そして、実際に素晴らしいデータを取得しているのだが、そのデータ解析においては理論的考察の支援が必須である。そのサポートをすべく、第二のホームグラウンドであるUC Berkeleyに行った。MMS以前と比較して一気に2桁も解像度が上がっており、当然、寄って立つ理論枠組も異なる。高品質のデータとともに、宇宙プラズマ研究が新しいステージに入ったことを実感する。毎晩頭痛がするまで頭を使い、結果はGeophys. Res. Lett. 誌特集号に2本の原稿となった。

アリゾナ大学(UofA)とISASは連携協定を締結している。これは、太陽系の形成がどのように始まったのかを知るために始原的小惑星からのサンプル帰還をともに実施する、「はやぶさ2」とOSIRIS-REx(O-REx)との協力関係を契機とする。O-RExの開発が一段落しつつあるので、その先の議論をする機会を持った。印象深かったのは、NASA以外のチャンネルによる機会にUofAが強い興味を持つことである。UofAはNASA New Frontiersという1,000億円ミッションたるO-RExの科学成果の責任機関であり、その資金を投資し

て機器開発用設備と人的リソース(開発チーム構築)を整備した。しかし、O-RExのような大型機会が定期的に訪れると想定することはできない。一方で、設備とチームを最低限継続しUofAの強みとして維持していく意向は強く、小規模であっても「手を動かしてモノを作るチャンス」の頻度を確保したい。このあたりの動きと連動させれば、小型科学衛星シリーズも賑やかなものとなる可能性がある。小型計画はあくまで競争的公募によってドライブされるものだが、その競争の舞台そのものにISASが工夫を加えるべきではないだろうか。

アリゾナ滞在中にASTRO-Hのトラブルの知らせが飛び込み、ワシントンDCに移動して米国科学アカデミーの会合において速報することとなった。トラブルはあったが、ASTRO-HがISASにおける国際協力の戦略モデルであることは間違いのない。トラブルに関する情報がきわめて限られる中、ASTRO-H全否定という勘違いが蔓延することがないよう、意識的に「顔を上げて」プレゼンを行った。

4月初旬には、パサデナのHoney Bee Robotics(HBR)社を訪問した。狙いは、火星の衛星フォボスからのサンプル帰還計画(MMX)におけるサンプル取得機構に関する意見交換である。企業が果たしてタダで議論をしてくれるのかと思いつつ訪問したが、始めてみれば、副社長自らホワイトボードに図を描きながら…という楽しい展開となった。MMXチームの想定するサンプル取得手法に対し、「フォボスへ着陸することに懸命なのだから、着陸した途端にサンプルを入手すべき」という副社長の渋い見識の披露と同時になされたHBR社空気ドリル(pneumatic)技術に関しての売り込みも、友達の自慢話を楽しく聞くという雰囲気だった。また、「これは50年後に使う」と言いつつ木星の氷衛星地下探査用ドリルの試作品を見せてもらった際には、相手が企業だと身構えていたことが馬鹿らしくなった。実際、金額固定でNASAの火星着陸探査計画の機器開発を請け負ったところ、挑戦的要素があったために赤字が出たこともあったとのこと。とにかくpassionがHBR社を支えているのだそう。同行の若者3名は大いに感化されたに違いない。

米国最後の食事はロサンゼルス空港近くのバーガーキング。今回、パリ最初の食事は、鴨のコンフィとカオールの赤ワイン、デザートにガトーバスク。



ISASニュース No.422 2016年5月号
ISSN 0285-2861

発行/国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
発行責任者/宇宙科学広報・普及主幹 稲谷 芳文
編集責任者/ISASニュース編集委員長 山村 一誠

〒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。
デザイン制作協力/株式会社アドマス

編集後記

製作が今月からアドマスさんにバトンタッチです。4月号までお世話になったフォトンクリエイイトさんには長きに渡り、ISASニュースの製作を担って頂きました。本当にありがとうございました。(前田 良知)

*本誌は再生紙(古70%)、
植物油インキを使用しています。

R70
古紙/パルプ配合率70%再生紙使用

VEGETABLE OIL INK