

封入作業を終えてチャンバからの搬出を待つFFTC（施設間輸送コンテナ：Phase 2 キュレーション高知チームとの共同開発）。容器上面は石英ガラスの窓となっており、容器を開けることなく試料観察が可能。ガラス窓の中にある黒い粒子がリュウグウ試料。試料は窒素雰囲気内に保たれたクリーンチャンバ内においてFFTCに封入され、大気から遮断された状態で輸送が可能。クリーンチャンバ第4-2室にて。2021年6月1日撮影。（4P参照）



The Forefront of Space Science

宇宙
科学
最前線

宇宙研の半導体デバイス研究 — 深宇宙探査船団を実現するために —

宇宙機応用工学研究系特任教授 廣瀬 和之（ひろせ かずゆき）

宇宙研は、太陽系46億年および宇宙138億年の歴史の解明を目指して、水星から木星の惑星間に複数の衛星・探査機を配置する“深宇宙探査船団”構想の実現に向かっていきます。複数の衛星・探査機を機動的に打ち上げるミッションを成功させれば、「はやぶさ」の成功に始まる我が国の独創的な惑星探査をさらに発展させることとなります。宇宙科学ミッションを遂行するうえで、姿勢制御をはじめデータ処理、通信、太陽電池など衛星／探査機に搭載するエレクトロニクスの構成部品として重要となるのが半導体デバイスです。深宇宙を機動的に探査するためには、これまでのミッションで半導体デバイスに要求されてきた宇宙放射線耐性に加えて超低消費電力性や小型軽量性が強く求められています。

そのような宇宙用半導体デバイスは世界にも類を見ないため自ら開発する必要があるものの、宇宙開発戦略本部が決定した宇宙基本計画工程表のもと10年で8機ほど開発する衛星・探査機に搭載する少量の半導体デバイスを、宇宙研が独力で開発・製造することは予算的にも困難です。

そこで、民生との共用を目指した「民生用先端技術を用いた自主開発」と、民生用先端半導体デバイスの「宇宙適用を目指した精緻な評価技術」という戦略が重要と考えています。本稿では、私たちが最先端の民生技術を用いて研究開発している“マイクロプロセッサ”と、宇宙適用を目指して精緻な

評価をしている“スピントロニクスデバイス”および“ペロブスカイト太陽電池”についてご紹介いたします。

マイクロプロセッサ

コンピュータの中で数値計算や条件判断などを司る半導体デバイスはマイクロプロセッサ（MPU）という超高集積回路です。これまで私たちはSOI（Silicon on Insulator）という民生の先端半導体技術をベースにして、スペースワイヤーという先進的な高速インターフェースを内蔵した宇宙用MPUの研究開発に成功しており、それは過酷な放射線環境を飛翔してジオスペースの観測を続けている「あらせ」のミッション用オンボードコンピュータに搭載されています。

現在開発しているMPUは図1に示すように、そのMPUを機能と性能で大きく凌駕するために、大容量のメモリと外部機器に対するスペースワイヤーを含む多彩な高速インターフェースとセキュリティ機能をシステムオンチップ化して内蔵したもので、小型化と拡張性を図ったことにより超小型衛星から大型衛星を使った様々なミッションに利用できるものとなります。放射線耐性は世界標準を目指し、処理速度は現在のJAXA認定MPUの10倍以上、消費電力は太陽電池発生電力が家庭電力程度と厳しかった「はやぶさ」にも搭載可能だったMPUと同じ1W以下としました。

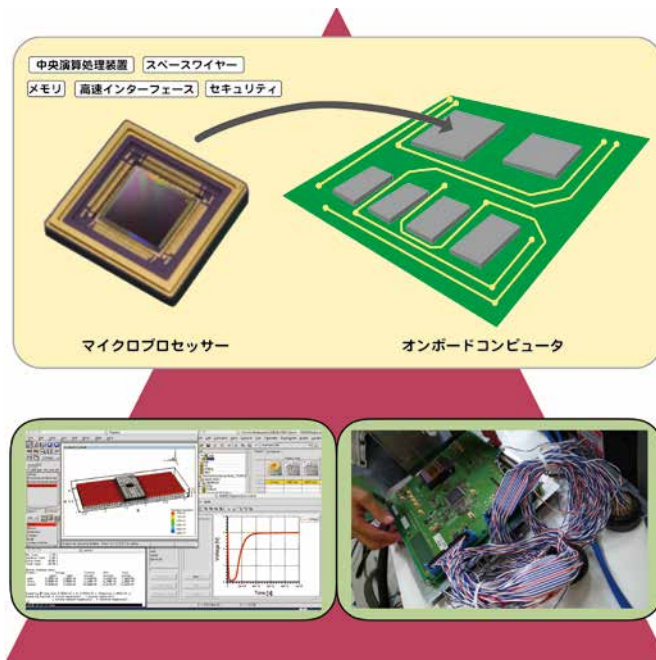


図1：マイクロプロセッサ。大容量のメモリと外部機器に対するスペースワイヤーを含む多彩な高速インターフェースとセキュリティ機能をシステムオンチップ化して内蔵。

研究開発では、まず最先端の超低消費電力SOI民生技術をベースに重イオン照射施設およびガンマ線照射施設での放射線試験とコンピュータを使った3次元デバイス回路混合シミュレーションにより放射線耐性を強化する技術を確認しました。その後放射線耐性強化策を施した記憶セルと論理セルをセル・ライブラリとして整備し、それらを使って民生用の最先端組み込みMPUの設計図をもとに設計しました。このセル・ライブラリを民生ユーザーに提供すれば地上でも必要とされる高信頼民生機器向けの高い放射線耐性を持つ超高集積回路の設計にも利用できます。

民生との協調路線をとり易くなる結果、共用の効果で安価に宇宙用超高集積回路を入手できることを狙っています。現在は製造したエンジニアリングモデルの詳細な電気的試験と放射線試験の結果を踏まえてフライトモデルの設計が終わり、私たちの深宇宙探査に必要な世界一の超低消費電力性能を達成できることを確認したところです。いよいよフライト品の製造に着手します。なお平行して、エンジニアリングモデルは、革新的衛星技術実証3号機で宇宙実証を行うことになっています。

スピントロニクスデバイス

現在の私たちの生活を支えているエレクトロニクスは半導体中の正孔と電子のプラスとマイナスという“電荷”の状態を利用した電子回路で構成されていますが、スピントロニクスは電子のアップ・ダウンという“スピン”の状態を利用した電子回路で構成されるもので、超低消費電力性と不揮発性という特徴からエレクトロニクスを超える次世代の技術として注目を浴びています。大規模災害時の停電時にもスピン状態が保持されるため災害からの復興を支えるものとして期待されて、2012年からは東北大学大野英男教授（現総長）が代表となり「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発」という文部科学省の大型プロジェクトが3.11の震災を受けて5年間実施されました。

私たちは民生利用を見据えた本プロジェクトに参加して、

地上に降り注いでいる宇宙線由来の中性子線がスピントロニクスデバイスのデータ保持素子に与える影響を評価しました。同時に、民生利用のために研究開発が進むスピントロニクスデバイスが将来宇宙でもそのまま共用できれば、高性能・小型軽量・低価格の半導体デバイスを利用できることになると期待して、スピントロニクスデバイスの宇宙放射線環境での耐性と故障モードを解明しなければならないと考えて研究を進めました。

本プロジェクトでは、20ナノメートル以下の微細加工プロセスで実現された世界最小のスピントロニクスデータ保持素子に宇宙線由来の中性子が与える効果を“未知の影響”および“発生頻度”の観点で評価しました。

図2に示すように、MgOという厚さ1ナノメートル程度の薄い絶縁体を挟んで同じく1ナノメートル程度のCoFeB層という薄い磁性体がスピン状態を保持することで、停電時にも1と0のデータを保持しています。本研究では潜在的リスクとして、(1)宇宙線由来の中性子がデータ保持層を貫通したとき素子の特性が劣化するか？(2)中性子との核反応でスピントロニクスデバイス内に生成される重イオン（宇宙放射線と同じ）がデータ保持層を貫通したときスピン状態は反転するか？を考慮して、核反応シミュレーションと中性子および重イオンの照射実験を実施しました。

その結果、世界最小サイズにまで微細化したスピントロニクスデバイスのデータ保持素子では、(1)の過程を通じた影響は現れないものの、(2)の過程を通じてスピン反転という影響がこれまでの常識に反して起こること、しかしその“発生頻度”は先端SRAMのデータ保持素子と比べて極めて小さいため、高い信頼性を有することを世界に先駆けて明らかにしました。本プロジェクトの目標を達成するとともに、将来の宇宙応用へ期待できることを確認したのです。

ペロブスカイト太陽電池

ペロブスカイト太陽電池は、2009年に桐蔭横浜大学の宮坂力教授が色素増感太陽電池の光吸収層に使われる色素液体の代わりに、半導体である有機無機ペロブスカイト結晶を用

いることで発電できることを発見したことにより誕生しました。その後、2012年に変換効率が10%を超えると世界では爆発的に研究が盛んになり、現在は単結晶シリコン太陽電池に迫る高い変換効率を持つ軽量薄膜な太陽電池を低コストで実現できる期待から次世代太陽電池として世界的に大きく注目されているものです。軽量薄膜化を実現できる理由はフィルム上に低温製法にて成膜できるからで、低コスト化を実現できる理由は簡易な塗布プロセス製造やRoll-to-Roll製造が可能であるからです。私たちはペロブスカイト太陽電池の変換効率が15%を超えて急成長中であった2014年にこれらの優れた特徴に着目して宮坂教授等と共同で宇宙応用に向けた研究開発を開始し、ペロブスカイト太陽電池が宇宙用太陽電池として現在の主流である3接合化合物太陽電池に比べて高エネルギーの電子やプロトンなどの宇宙放射線に対して極めて高い耐性を有することを世界で初めて明らかにしました。

表1に、ペロブスカイト太陽電池、宇宙用のシリコン太陽電池および3接合化合物太陽電池にミッション期間の軌道上での放射線被曝量を想定して1MeV電子線を $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-1}$ 照射した際の、最大出力Pmaxの保存率(照射前を1としたときの照射後の割合)と照射前および照射後の変換効率を示します。シリコン太陽電池や3接合化合物太陽電池と比べてペロブスカイト太陽電池の保存率が高く、放射線耐性が高いことが明らかになりました。

ペロブスカイト太陽電池の照射前の変換効率を今後の実用化時に期待される20%と仮定して、宇宙機の太陽電池搭載量を定める指標となる照射後の変換効率を推定すると、照射前の変換効率ではペロブスカイト太陽電池は宇宙用3接合化合物太陽電池の28.5%に及びませんが、照射後の変換効率では宇宙用3接合化合物太陽電池が17.7%にまで劣化するのに対してペロブスカイトは20%と一定のため、その優劣が逆転することになります。

この結果、太陽電池搭載量を削減でき軽量・低コスト化に繋がります。また放射線を遮蔽するためのカバーガラスの厚みを削減できるため、フレキシブル性を利用した宇宙機設計の自由度が高まります。このような優れたメリットがあるため、ペロブスカイト太陽電池は民生用としてだけでなく宇宙用としても非常に有望と考えています。

研究戦略

打上げおよび宇宙の過酷な環境のもとで極めて高い信頼性が求められる衛星・探査機に搭載される半導体デバイスの研究は、宇宙科学研究所の前身の東京大学宇宙航空研究所が採用した“共用性”という戦略のもとに始まりました。1964年当時、6年後の我が国初の人工衛星「おおすみ」の打上げを目指して、極めて高い信頼性が求められていた通信機用電子部品の中から、技術が成熟して安定的に供給される最良品種と製造メーカーを選定し、宇宙放射線を含む各種の環境試験による評価を加えて採用可否を判断することにしました。その戦略のもと、世界で4番目に人工衛星を地球周回軌道に投入することに成功し、その後も毎年1機ずつ衛星・探査機を

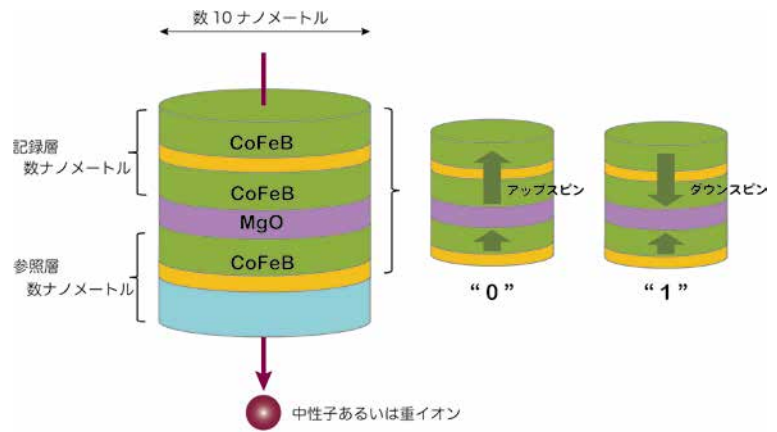


図2：スピントロニクスデバイス。電子の電荷ではなくアップ・ダウンという“スピン”の状態を利用したスピントロニクスデバイスのデータ保持素子部。直径数十ナノメートル、膜厚数ナノメートルという世界最小のスピントロニクスデータ保持素子に宇宙線由来の中性子が与える効果を“未知の影響”および“発生頻度”の観点で評価。

表1：ペロブスカイト太陽電池

1MeV 電子線照射 $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 照射	シリコン 太陽電池 Si	3接合化合物 太陽電池 InGaP/GaAs/ Ge	ペロブスカイト 太陽電池 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$
Pmax 保存率	0.60	0.62	1.0
照射前変換効率	17.0%	28.5%	20.0% (仮定)
照射後変換効率	10.2%	17.7%	20.0%

打ち上げ様々な科学的観測に成功してきました。しかしながら、その後、大型化・高機能化した衛星・探査機を実現するために海外の宇宙用半導体集積回路等の高機能デバイスも採用しなくてはならなくなり、これまでと同じ戦略をとることはできなくなったことから「民生用先端技術を用いた自主開発」および民生用先端半導体デバイスの「宇宙適用を目指した精緻な評価技術」という戦略が重要となったのです。

宇宙科学のさらなる発展のためには、今後もこのように常に半導体デバイス民生技術の流れを見据えて研究戦略の見直しを続ける必要があると考えます。世界は宇宙を利用したビジネスの展開を目指す「ニュースペース」の時代を迎えています。これからは、衛星を地上のIoT (Internet of Things) ネットワークのセンサーノードおよびリレーノードとして利用して、私たちの生活の真の豊かさや安全性を高めていくことが期待されているのです。そこでは、多数の超小型衛星や民生半導体デバイスの利用も必要になっています。

宇宙科学のために進めている「民生用先端技術を用いた自主開発」および民生用先端半導体デバイスの「宇宙適用を目指した精緻な評価技術」という取り組みが、高性能で放射線耐性が高くしかも低消費電力・小型・安価な半導体デバイスを生み出し、それらが我が国のニュースペースの発展にも貢献し、その結果、相乗効果として宇宙科学のさらなる展開に繋がることを期待しています。

謝辞

本研究は、研究開発部門内プロジェクト・次世代MPU研究開発チーム、小林 大輔准教授、宮澤 優研究開発員を始めとするJAXAメンバーとともに、東北大学 大野 英男教授・遠藤 哲郎教授、桐蔭横浜大学 宮坂 力教授等の研究室の皆様と行ったものです。この場をお借りして、心より御礼を申し上げます。

リュウグウ試料が試料分析チームへ配布されました

2021年6月17日に、相模原キャンパスにおいて、はやぶさ2初期分析チームおよび国内外の研究機関による高次の分析を行うPhase 2キュレーションチームへの、小惑星リュウグウの試料の引き渡し式*が行われました。今回は、採取されたリュウグウ試料(総量:約5.4g)から、各チームの研究目的に合わせた試料(合計:約0.5g)が配分されました。

リュウグウの試料は昨年12月6日にオーストラリアのウーメラ砂漠においてカプセル回収作業が行われたのち、2日後の12月8日には相模原キャンパスにある地球外試料キュレーションセンター内のクリーンルームに運搬され、キュレーション作業が開始されました。キュレーション活動は、サンプルの科学的価値を損なうことなくカタログ化し、その後のより詳細な科学分析に資する情報を提供することを目的としています。そこで、地球環境からの汚染を避けるため、クリーンルーム内に設置された、はやぶさ2専用のクリーンチャンバからリュウグウ試料を出すことなく、試料の初期記載およびカタログ作りが行われました。

リュウグウ試料の受入れからの6ヶ月間において、重量測定や光学顕微鏡による高精細な写真撮影に加え、試料にダメージのない分析として、赤外分光計・赤外分光顕微鏡による観察が行われました。試料をクリーンチャンバから出すことができないという制約があるにもかかわらず、これら初期記載作業において、リュウグウ母天体における有機物や水の存在を示唆するようなデータが得ら



サンプル引き渡し式の様子。左より、はやぶさ2プロジェクトマネージャ津田 雄一、筆者、Phase 2 三朝(みささ)チームリーダー中村 栄三氏、初期分析チーム統括 橋 省吾氏、Phase 2 高知チームリーダー 伊藤 元雄氏。

れました。これらの試料は分析チームにお渡ししているので、具体的にどのような有機物(アミノ酸?糖?)や水(酸性?アルカリ性?塩分濃度は?)の情報が得られるのか、とても楽しみにしています。

「はやぶさ2」ミッションでは、当初の想定(>0.1g)を桁で上回る量の試料が回収され、一部、キュレーション作業工程の見直しを迫られました。にもかかわらず、このたび、スケジュール通りに試料配分が行えたのは、地球外物質研究グループのスタッフ、はやぶさ2サンプラチームおよびカプセル回収チーム、そして関係者の皆様の献身的かつ柔軟な対応の結果です。この場を借りて感謝申し上げます。(白井 寛裕)

* 引き渡し式では、配分予定試料の一部が配分されました。残りの試料に関しては、実際の作業の進展を踏まえ、5月31日から6月28日にかけて、個別に配分されました。

NASA観測ロケット実験CIBER-2の打上げ成功

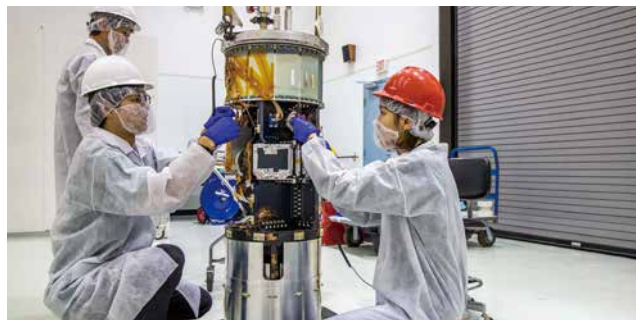
宇宙赤外線背景放射の観測を目的とするNASA観測ロケットを用いた国際共同実験CIBER-2(Cosmic Infrared Background Experiment 2)は、2021年6月7日0時25分(MDT)米国ニューメキシコ州のホワイトサンズ実験場(WSMR)にて打ち上げられました。最高高度は325kmに達し、装置は飛行中正常に動作しました。装置のパラシュート回収に成功し、搭載メモリに記録した観測データも無事に回収されました。

私たちは前駆実験のCIBERにより近赤外域(波長0.8-2 μm)の宇宙背景放射の強度と空間的なゆらぎが、系外銀河の積算光による予測値より大きいことを見つけました。この原因として宇宙初期のブラックホールや暗すぎて見つからない近傍天体の寄与などが考えられます。CIBER-2ではCIBERより10倍高い感度の観測を行い、その起源の解明に挑みます。

CIBER-2は筆者がISASIに所属していた2012年頃に構想し、順調にいけばとうの昔に打ち上げていたはずでした。日本は光学系の開発を担当しましたが、設計・製作に長時間を要したり振動試験で不具合が発生したりと多くの課題に直面し、米国担当の検出器や韓国担当のデータ取得系を組み合わせた装置が完成したのは2018年でした。そこからカリフォルニア工科大学、ロチェスター工科大学やNASA/Wallops Flight Facility(WFF)での組立や試験を、関西学院大学の学生ら若い人たちが次々と渡米して現地メンバーと協力して進めた結果、一旦は2020年3月に打ち上げる目処が立ちました。ところが装置をWSMRへ輸送し

たところでCOVID-19の流行により基地は閉鎖、私たちはどうすることもできず装置は基地の片隅に取り残されました。米国の状況が好転し打上げが再設定されても日本チームの渡米はかなわず、担当するはずだった打上げ前の装置校正に参加できませんでしたが、ネットワーク越しに徹夜で現地メンバーに実験を指示することで乗り切り、後は打上げ成功を祈りました。

計画の開始から打上げまで長期間を要し関係された方々にご心配をおかけしました。計画当初から支援いただいた皆さんへ打上げ成功をお知らせするとともに深く感謝をいたします。これから始まるデータ解析による、今後の科学成果にもご期待ください。(関西学院大学 理学部 教授 松浦 周二)



NASA/WFFでの装置組立てや試験でも日本の大学院生らが活躍した。(NSROC III/NASA)

連載

超小型探査機

EQUULEUS と OMOTENASHI

世界最大のロケットで
打ち上げる世界最小の探査機

第 8 回

OMOTENASHI / EQUULEUSの通信システム

超小型深宇宙通信機

OMOTENASHI (以下 OMT)、EQUULEUS (同 EQU) の通信システムを紹介します。そもそも、月及び月以遠でのミッションを抱えた6Uサイズ(1U:10cm×10cm×10cm)、総重量14kg以下の月圏宇宙機の打上げ機会はSLSが初となります。開発期間・費用及び打上げ機会の面から、宇宙機は多くの観測機器及び技術実証機器を搭載することが多く、今後の小型探査機の活躍を見据えると、バス機器(電源・通信・推進などの基本機器)の小型・軽量・省電力化は必須です。今回開発した通信機はおおよそ0.4Uサイズ(8cm×8cm×6cm)、総重量は通信システム全体で700g以下と非常にコンパクトに深宇宙探査に必要な機能を実現しています(図1)。2014年に当時の超小型技術実証機として打ち上げられたPROCYONの通信システムの総重量は7.3kgですから、重量で見ると実に1/10も小型化したこととなります。

X帯(7-8GHz帯)通信機

小惑星フライバイも狙うEQUでは地球から最大0.01au(おおよそ150万km。1au:地球—太陽間平均距離)の距離でも成立する通信能力が要求されました。スケールダウンとともに扱える電力が減るため通信可能距離も小さくなりますが、Si MOSFET(シリコン電解効果トランジスタ)に比較し電子移動度の高いGaN HEMT(窒化ガリウム高電子移動度トランジスタ)によって電波出力を高効率に取り出しています。

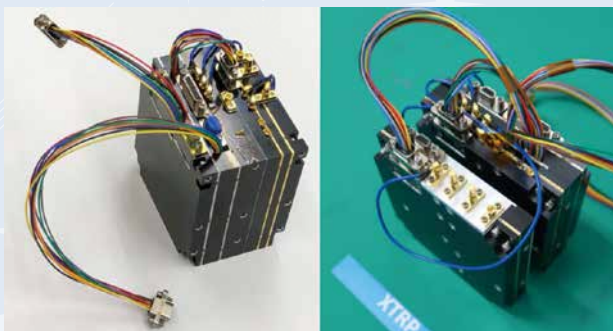


図1: 左/ OMOTENASHI通信機 右/ EQUULEUS通信機

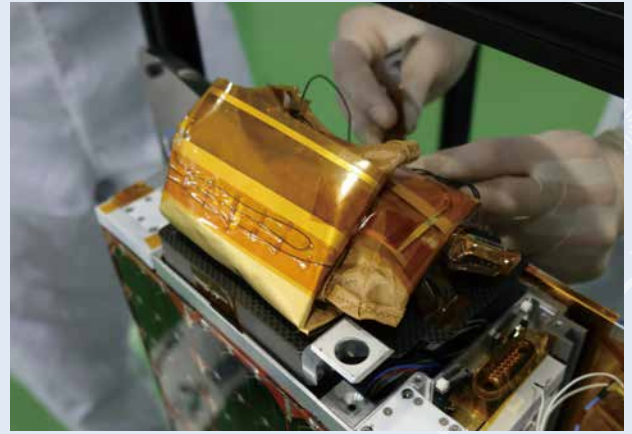


図2: SPの展開アンテナは折りたたんで格納される

そして取り出した電力をできるだけ損失させないことも重要です。電波の送受には、信号の周波数に適した同軸線を用いて通信機とアンテナを接続する必要があります。しかし6Uの制約上、宇宙機内部は各機器で隙間もないほど埋め尽くされており、ハーネスの取り回しが非常に難しいものとなりました。構造上、同軸コネクタと同軸線の接合箇所は負荷を受けやすいのですが、各種試験を繰り返す中で目視では判断のつかないものの伝送損失が増大する不明瞭な断線が頻発したのです。これを受けてフレキシブル同軸線の選定およびコネクタとのインテグレーション法について検証・試作を重ね、柔軟性・耐久性が向上した同軸線を開発しました。

加えて低損失フィルタや高利得アンテナの開発の成果もあり、EQUの最大通信距離はおおよそ0.3auと要求の30倍近い性能を達成しました。

また、OMT/EQUは通信システムの原振に原子時計を搭載しています。CubeSatに広く使われている温度補償水晶発振子では地球局間との通信に用いる周波数から0.1%程度前後するため、データ通信の前に探査機の“ずれた”周波数の信号を探して捕捉・同期をとる必要があります。一方、原子時計の発振周波数は長期に渡って安定しており高速な信号捕捉が可能で、短い運用時間を少人数でまわす小型探査機にとって、運用開始直後から探査機と通信できる技術はミッションを果たす上で非常に大きな要素です。さらに長期に渡って安定したクロックを要する観測ミッション・通信ミッションへの貢献も期待されます。

UHF帯(430MHz帯)通信機

OMTはX帯通信機の他にUHF帯通信機を搭載しています。特に月面着陸モジュール(SP)*のUHF通信機には着陸時の加速度計の出力をもとにリアルタイムにFM変調をかける機能を実装した他、打上げ時には折り畳まれ軌道上で大きく広げる展開型円偏波アンテナを独自に開発しました(図2)。4素子の逆F型アンテナに位相差給電することで円偏波を構成する一方、それぞれのアンテナは独立しているために、着陸衝撃による破損の可能性に対して冗長性を確保しています。

最後に

6U探査機に搭載可能な、深宇宙探査にも耐える通信システムについて簡単に紹介しました。CubeSatが深宇宙探査に切り込んでいく時代の先駆けとなる両探査機の打上げを待ちます。
鳥居 航(とりいわたる)

》月へ一緒に行こう！

月の縦孔の中へ

—UZUME(うずめ)というミッションを計画中だそうですね。

UZUMEは、日本の月周回衛星「かぐや」(SELENE)の観測によって2009年に初めて発見された月の縦孔を探索するミッションです。富士山の麓やハワイ島には、溶岩チューブと呼ばれる地下空洞がたくさんあります。溶岩チューブは玄武岩質の溶岩で形成されやすく、月の海と呼ばれる部分も、富士山やハワイ島の火山と同じ玄武岩質の溶岩です。発見された縦孔は、溶岩チューブが形成された後、隕石が天井を貫通したり、天井の一部が崩落したりしてできたものだと考えています。

探索するのは、「かぐや」が発見した3個のうち直径が100mと最も大きい、静かの海にある縦孔です。縦孔の中に入り、地下空洞の規模はどれくらいか、壁や床はどのような状態か、などを調べます。縦孔の中に入る方法は、いろいろ考えられます。探査機が縦孔の上空を通過するときにミニローバのようなプローブ(探査体)を投下する。縦孔の近くに着陸し、プローブを下ろす。更には探査機が縦孔の中に直接着陸するという方法も考えられます。私は工学者ではないので勝手なことは言えないのですが、どの方法も難しいけれども日本の技術と経験があれば、可能だと思っています。宇宙研には、難しいからやろうという野心的な人、ポジティブでやる気に満ちた人が多く、UZUMEに興味を持ってくれているので、とても心強いです。

—月の縦孔探索には、どのような意義があるのでしょうか。

1つは、科学的な意義です。溶岩チューブは、火山活動を知る上で大変重要な要素であり、それを調べることは、火山活動を伴うような月や地球といった重力天体の起源や進化の理解につながります。もう1つは、人類の活動拠点の構築です。溶岩チューブの中は、隕石や放射線から守られ、温度もほぼ一定で、基地として最適です。

UZUMEは、現在ワーキンググループとしてさまざまな検討を行っており、2022年度にプロジェクトに移行する審査を受け、2025年度の打上げを目指しています。ワーキンググループでワイワイガヤガヤやっている今が、一番楽しい時期ですね。これからが大変ですよ。理学的な要求が高まり、それを満たすための工学的な課題が見えてくると、理学と工学が衝突することもあります。でも、それが重要なところで、口角泡を飛ばしながら、やりたいこと、できることを互いにぶつけ合うことで、誰もやったことがないミッションを実現できるのです。

編集後記

私は放射線を計測するために半導体検出器を用いていますが、他の方々はMPUや通信機の電子回路部品として興味があるのだなあと改めて感じました。その場合は私が計測する放射線は邪魔者ですが、放射線で劣化しない太陽電池も開発されているとのことで大丈夫ですね。(三谷 烈史)

太陽系科学研究系 助教

春山 純一 (はるやま じゅんいち)

福島県出身。京都大学大学院理学研究科博士後期課程修了。博士(理学)。アメリカ・カリフォルニア工科大学客員研究員、宇宙開発事業団副主任開発部員などを経て、2003年より宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 助手。2007年より現職。



「M」に込められた壮大な構想

—UZUMEという名前の由来は？

日本神話で天照大神が天の岩戸に隠れて世の中から光が消えてしまったとき、岩戸の前で踊って天照大神を誘い出した女神、天鈿女命あめのうづめのみことにちなんでいます。月の縦孔に光をもたらしたいという意味を込めて名付けました。ちなみに、UZUMEのフルネームは、Unprecedented Zipangu Underworld of the Moon Exploration (古今未曾有の日本の月地下世界探索)です。

UZUMEでは、火星で発見されている縦孔の探索も目指しています。火星の溶岩チューブの中で生命が誕生し、現在も生きている可能性があります。UZUMEの「M」は月のMoonと火星のMarsをかけているのです。火星探査に日本は遅れを取っていますが、月の縦孔探査に成功し技術を高めることができれば、一発逆転、世界に先んじて火星で生命を発見できる可能性があります。

土星の衛星エンケラドスや木星の衛星エウロパ、冥王星の表面を覆っている氷に開いている孔も探査したいと思います。衛星はMoon、冥王星も日本語はMから始まるので(Mei・ou・sei)、UZUMEのままでもいいでしょう。

私は、宇宙には宇宙飛行士だけが行くもの、という時代を終わりにしたいのです。人類が本格的に宇宙に出ていくためには、安全で恒久的な基地が必要であり、溶岩チューブは基地として最適です。UZUMEは、人類がみんなと一緒に宇宙に行くための大きなステップになるでしょう。

自分の知識と経験を土台に考え、 自分の責任で決める

—講演会の講師を数多くされています。特に若い人たちに伝えたいのは、どのようなことですか。

進路など大事なことを決めるときは、考えて考えて考え抜きなさい、その時に、知識が役立つという話しをします。最近、知りたいことが出たらそのときにインターネットで調べればいい、と思いがちのようです。本を読んだり、友達や先生と話をしたりして知識と経験を身につけていってこそ自分が何をしたいかが見えてくると思います。そして、もう1つ。大事なことを決めるときに一番大切なことは、最後は自分の責任で決めることだ、と言います。大変で辛いことかもしれませんが、そうしていけば、いつか目指すものに必ず近づくことができると思います。



ISASニュース No.484 2021年7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 藤本 正樹
編集責任者/ISAS ニュース編集委員長 山村 一誠
デザイン制作協力/株式会社アズディップ
〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1
E-mail: isasnews@isas.jaxa.jp FAX: 042-759-4251