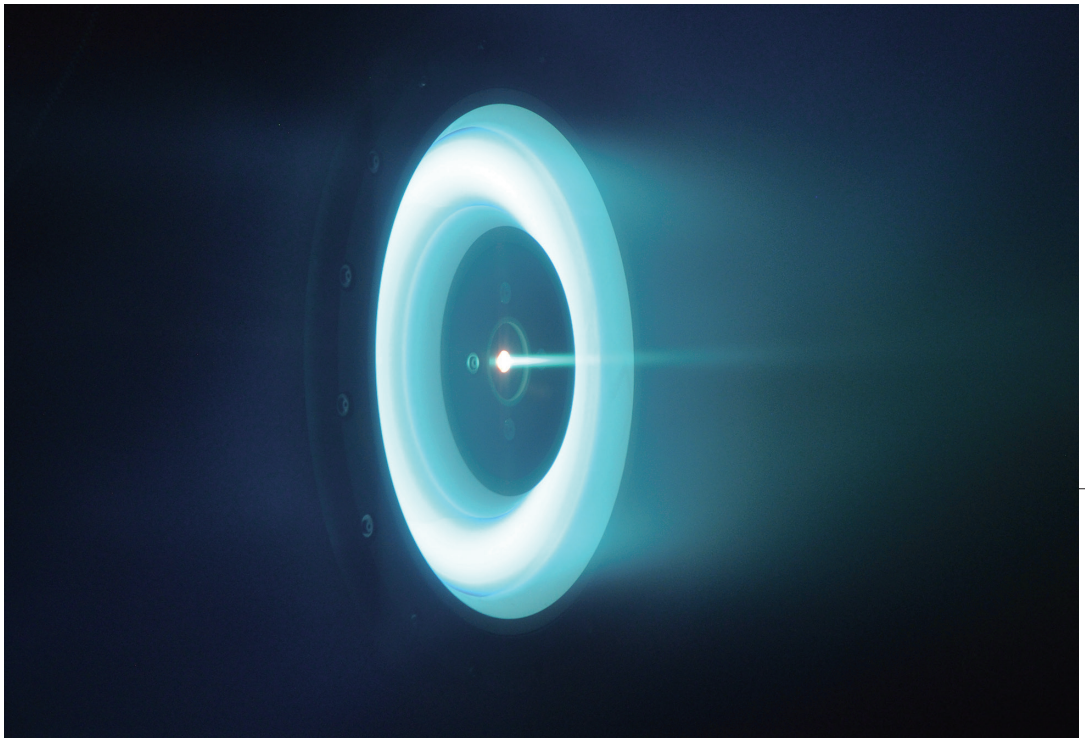
ISSN 0285-2861

ISASニュース

JAXA宇宙科学研究所

2017
4
No.433



大型ホールスラスタの研究開発を実施中

写真は、技術試験衛星９号機ならびにこれに続く多様な衛星と探査プログラムの創出に向けて、JAXA/IHI エアロスペース / IHI/ 首都大学東京が研究開発中の6kW級ホールスラスタブレッドボードモデル評価試験の様子（P6 参照）。
©JAXA/IA/IHI/ 首都大

宇宙科学最前線

強化型イプシロンロケットの新型モータの開発と打上げ結果

宇宙飛翔工学研究系
北川 幸樹（きたがわ こうき）

2016 年 12 月 20 日 20 時 00 分 00 秒（日本標準時）、ジオスペース探査衛星 ERG「あらせ」を搭載したイプシロンロケット２号機が予定どおり打ち上げられました。イプシロンロケット２号機は計画どおり飛行し、打上げ後、約 13 分 27 秒に「あらせ」を正常に分離し、軌道に乗せました。

イプシロンロケットは、M-V ロケットおよび H-IIA ロケットで培った技術を最大限に活用して開発した３段式固体ロケットです。2013 年９月には、第３段の上に小型液体推進系（PBS：Post Boost Stage）を搭載したオプション形態で試験機が打ち上げられました。試験機では H-IIA や M-V からの技術を継承することで短期間・低コストでロケット機体の開発が行われました。ロケットの打上げシステムは機体・設備・運用からなっていますが、試験機では自動点検などを導入し、地上設備のコンパクト化と運用性の革新を果たしました。

その後に、機体性能の最適化を図るためにさらなる改良開発（強化型開発）が進められました。２号機は、強化型イプシロンロケットの基本形態で打ち上げられました（図１）。強化型イプシロンの推進系では、打上げ能力の増強および衛星搭載スペースの拡大の要求に対応しつつ、低コスト化を目指しました。そのために JAXA とメーカーが一体となって、試験機打上げ実績の反映、低コスト化の研究成果の活用、製造技術の最新化が行われました。

最新化の目玉は推進系で、第２段モータです。第２段モータは、新規開発で M-35 と呼ばれます。宇宙科学研究所が開発した全段固体燃料である M-V ロケットの、３段目モータの第４形態であった M-34 の次の形態として、M-35 という名称を付けました。M-34 までに培った知識、経験、成果を最大限に活かして最新化しているので、２段目に搭載しますが、敬意を表して M-3 ナンバーを踏襲しています。今回は、その最新の M-35 モータの開発と地上燃焼試験、打上げについてご紹介します。

M-35 モータの開発

強化型イプシロンロケットの第２段モータ M-35 の M-34 からの最も大きな変更点は、全体的な大型化です。フェアリング内部に搭載していたモータケースの外径を 2.2m から 2.5m に拡大して、モータケース外殻構造を

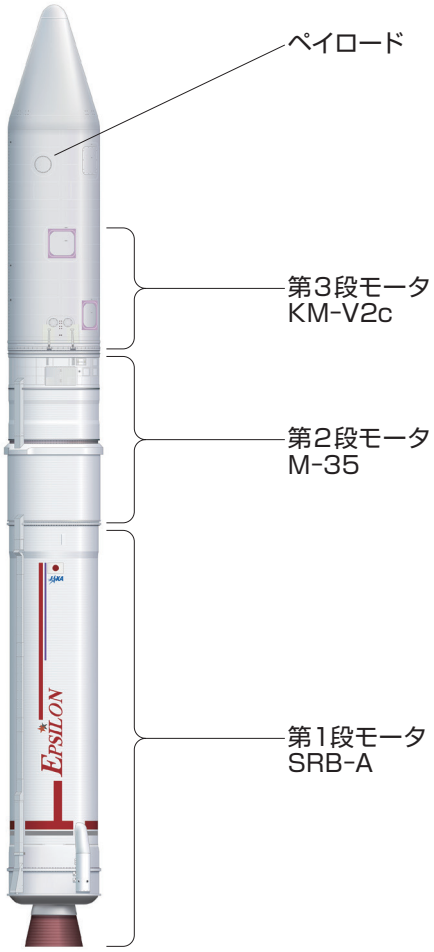


図1　強化型イプシロンロケット概略図

ロケット外殻構造化（エクスポーズ化）し、推進薬量を11トンから1.4倍の15トンに増加しています。これを含んだロケット全体の最新化によって、トータルで打上げ能力の約30％の増強を実現しており、高度500kmの太陽同期軌道（SSO）への軌道投入能力は590kgになっています。

推進薬は、強化型イプシロンの開発の趣旨を踏まえて、従来までの上段用と同等の性能を維持しつつ、低コスト化を実現できるものを新規開発しています。具体的には、金属燃料であるアルミニウム粉末はSRB-Aと共通品を使用、燃焼速度はこれまでは酸化剤である過塩素酸アンモニウムの粉末の大きさの割合で調整していたものを、燃焼触媒の酸化鉄によって調整する方式に変更、推進薬の形状はこれまでヘッドエンドウェブ（モータの前部まで推進薬を詰めた形状）であったものを内孔貫通型（モータの前端からノズルまで推進薬に内孔を設けた形状）に変更しています。量産品の共通化、製造工数の削減等も実施しています。新規推進薬の開発を行い、代表径φ640mmのサブサイズモータによる試作試験で性能検証を実施し、設計・性能の妥当性を確認しました。

イグナイタ（点火装置）は、従来の上段モータに適用していた後方着火の投棄型を廃止し、前方着火方式を採用し、モータ組立て時の運用性を向上しています。また、適用材料を主モータと共通化することによって、高性能化と低コスト化を両立させています。実績が多く信頼性の高い第1段用イグナイタと部品を共用できる設計を意識して開発が行われました。試作燃焼試験を実施し、イグブースタからイグナイタへの着火特性が良好であることを確認しました。また、ガスリークもなく、スロート径の著しい拡大も見られず、健全であることを確認しました。

新規のケースライニング（インシュレーションとも呼び、モータケースと推進薬の間にあり、推進薬の保持と燃焼からモータケースを保護する役割がある層）材料を開発しました。この材料は、従来材料と同等の耐断熱性を有しながら、気密性・水密性を持っています。従来は水密用、気密用の材料を積層する必要がありましたが、この新材料を適用することで単層構成によるケースライニングとすることが可能となり、軽量化による性能向上が実現できました。複数ロットでの材料特性を取得し、実機への適合性に問題ないことを確認しました。また、実機形態での気密性確認を目的に、φ300mmモータでの気密試験を実施した結果、実機形態でも気密性を保持できることを実証しました。さらに、試験用のモータケースで実機サイズの製造性に関する検証も行いました。

ノズルは、高性能と低コストの両立を実現するために、伸展ノズルを採用せずに必要な比推力が得られる設計としています。過去のモータ開発で蓄積した実証技術をもとに、ノズル内面プロファイルを最適設計することで、高比推力を発揮できます。姿勢制御のために可動ノズル（TVC=Thrust Vector Control：推力偏向ノズル）を採用する点は試験機の第2段モータと同様です。しかし、フレキシブルジョイントおよびその熱保護方法を再設計することで軽量化と可動時の抵抗の低減化を実現し、モータを大型化させながらも、既存のアクチュエータでの操舵を可能としました。スロートインサート材には従来と同様に強度面での信頼性が高いC/Cコンポジット（炭素繊維強化炭素複合材料）を採用しています。設計完了後、フレキシブルジョイントの舵角および圧力による変形の特性確認を目的とした試作試験を実施し、設計の妥当性を確認しました。

M-35真空地上燃焼試験

2015年末にM-35の設計・製造の最終検証を目的として、真空地上燃焼試験（M-35-1 TVC）を能代ロケット実験場真空燃焼試験棟内の中高度高空性能試験設備（MATS）のテストスタンドを利用して、初期真空槽圧140torr程度の環境で実施しました。M-24-1TVC以来、十数年ぶりのTVC付き上段モータの開発であり、拡散筒を用いた中高度高空燃焼試験となることから、将来の資となる技術データの取得・解析、若手への技術継承の貴重な機会として活用しました（図2）。

テストスタンドは、二重円筒の拡散筒を設けた真空槽となっており、拡散筒内で衝撃波を発生させ、燃焼中に真空度を保つようになっています。拡散筒はモータの排気火炎により高温になるため、二重円筒内に水を流し冷却させました。冷却水は冷却水貯槽から供給しており、一定流量流れるようにPID制御を行いました。1秒間に800ℓもの水が必要でした。また、燃焼中はM-35モータのTVCを適宜稼働させ、TVCの機能の確認を行いました。供試体周辺の計測器は気密中継盤を介して、

図2　M-35 真空地上燃焼試験

100m ほど離れた第一計測室にあるデータロガーに接続されており、管制や制御も第一計測室において実施しました。モータ燃焼後の後燃えを最小限に抑えることを目的として、燃焼終了後にモータケース内に液化炭酸ガスを噴射し、モータケース内への空気流入を阻害するとともにケースおよびノズルを冷却しました。

2015 年 12 月 21 日、天候は曇り、気温は 16.5℃、東向きの風 2.5m/s で、この時期の能代では珍しい絶好の燃焼試験日和でした。迷うことなく、計画どおりの午前 11 時 00 分に点火を実施しました。安定に着火し、着火後に消炎がないことが確認されました。着火遅れ時間は 200ms 程度であり、ほぼ予測どおりであり、着火安全余裕も十分確保できていることが確認されました。実測値に圧力のチョーク補正やスロート拡大履歴推定による補正、燃焼ガス剥離の補正を行い、検証結果値を得ました。タグ値（事前に取得した各種基準値）を基に事前予測した結果と比較して推力と燃焼圧力の検証結果は全体的に高い傾向がありました。要因として、燃焼圧力による推進薬グレインの変形およびスロートエロージョン履歴の見積もり差異が考えられるため、それらの影響を補正した再予測を行った結果、検証結果とおおむね一致しました。異常な燃焼は発生しなかったと判断できる結果でした。その他、TVC ノズル駆動はコマンドに追従して動作し問題なかったこと、真空状態を保つための拡散筒および冷却水供給系も正常に機能したこと、試験後の供試体も外観上の異常がないことを確認しました。計測データは、拡散筒からの逆火によるセンサ焼損のため、途中から一部取得できていないデータが存在するものの、設計の最終検証に必要なデータは問題なく取得できました。M-35 真空地上燃焼試験は成功裏に完了しました。平均燃焼圧力は 4.7MPa、平均真空推力は 35 トン、燃焼時間は 129 秒で良好な結果が得られました。真空地上燃焼試験で得られた結果を反映して、ケースライニングの厚さの見直しおよび推進薬の基準燃焼速度の見直しを行い、打上げに向けてより万全な設計へと変更しました。

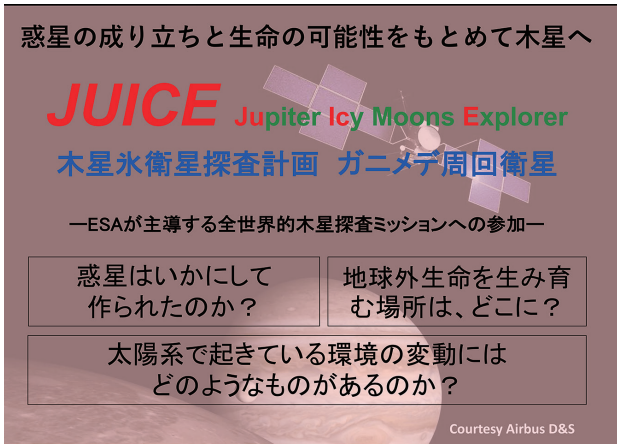
イプシロン２号機打上げ

冒頭でも紹介しましたが、2016 年 12 月 20 日 20 時 00 分 00 秒イプシロンロケット２号機が打ち上げられました（図３）。前日は風も強く天候が荒れるとの予報でしたが、予想に反して打上げ時は雲一つない快晴で絶好の打上げ日和でした。推進系担当の筆者は、射点から２km ほど離れた ESC（Epsilon Support Center）の待機場所で、イプシロン２号機からリアルタイムで送られてくるデータを見ながら、かつ、窓の外の上昇していくイプシロン２号機を眺めていました。リフトオフに成功し、第１段燃焼終了後、衛星フェアリング分離、第１段・第２段が分離された後、リフトオフから２分 45 秒後に予定どおり第２段の燃焼が開始されました。リアルタイムで送信されてくる燃焼圧力データの履歴を追い、燃焼終了までの 129 秒間、予測とほぼ一致していることが確認できました。ホッとした瞬間でした。その後、窓の外に目をやると、第２段・第３段分離を目視で確認することができました。夜の打上げで、稀に見る快晴であったため、第３段モータの燃焼している様子も肉眼で見ることができました。リフトオフから 13 分 27 秒後に衛星が分離され、所定の軌道に投入されたことが確認され、イプシロンロケット２号機、強化型としては初号機の打上げが成功裏に終了しました。現在は、ポストフライト評価を進めており、強化型イプシロンの完成版としての３号機打上げに向けてさらなる改善を進めています。

イプシロンの進化は、強化型イプシロン、H3 ロケットと技術を共有するシナジーイプシロンとまだまだ続きます。宇宙への敷居をより下げることを目指して、今後も新たなアイデアを取り入れ、革新的な推進系の研究開発を行っていきたいと思います。

図３　イプシロンロケット２号機打上げ

JUICE所内プリプロジェクトの状況



今から450年前、天体望遠鏡を木星に向けたガリレオ・ガリレイは、木星の周囲を巡る４つの天体を発見しました。今では木星のガリレオ衛星として知られているイオ、エウロパ、ガニメデ、カリストの発見は「天動説」から「地動説」への大転換をもたらしました。この４つのガリレオ衛星のうちの３つ、エウロパ、ガニメデ、カリストを訪れる衛星計画がJUICE（Jupiter Icy Moons Explorer）です。JUICEは、ESA（欧州宇宙機関）が主導する大型木星氷衛星探査計画で、木星の成り立ちや宇宙における生命存在可能性に迫ることを目指した史上最大級の国際外太陽系探査ミッションです。

JUICEには国際公募によって選定された11の観測機器が搭載されますが、そのうち３つの機器、RPWI（プラズマ波動および電波観測装置）、GALA（レーザー高度計）、PEP（粒子環境パッケージ）についてはISASからハードウェアの一部を提供することになり、２つの機器、JANUS（カメラ）、J-MAG（磁力計）についてハードウェアの提供はありませんが、サイエンスCo-Iとして参加することになりました。

JUICEは2022年にアリアン５で打ち上げられ、2029年に木星周回軌道に投入されます。その後、エウロパフライバイ（２回）とガニメデ・カリストフライバイの後、2032年にガニメデの周回軌道に投入され、ガニメデ高度5,000kmの周回軌道で約４カ月間、高度500kmの周回軌道で約５カ月間の観測を行う予定です。ミッション終了は2033年ですので、まだまだこれから先の長いミッションで、若い世代に技術と情報を引き継ぎながら進めていく必要があります。

JUICEは昨年８月の所内プロジェクト準備審査、11月のSDRを経て、現在ISAS所内プリプロジェクトです。今後、ISAS所内プロジェクトとなって、2019年度に予定している欧州への観測装置フライト品のデリバリーに向けて、機器開発を進めていきます。　（齋藤 義文）

縁の下の力持ち“電波掩蔽”が切り拓く金星大気の科学

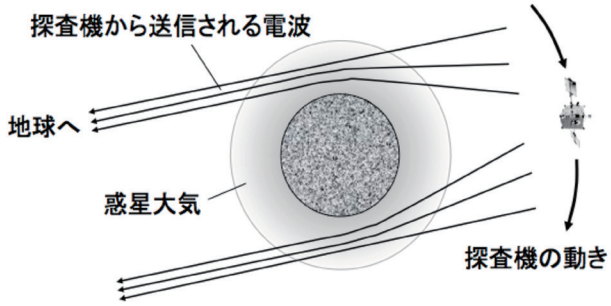


図１　電波掩蔽観測のイメージ図

「あかつき」が軌道投入に成功してから１年以上経過しました。「あかつき」のカメラで良質なデータが取得され、続々と観測成果が論文にまとめられている最中です。そんな中、「あかつき」はカメラだけでなく通信電波を使った「電波掩蔽（えんぺい）観測」も実施しています。本稿では、これの初期成果を紹介します。

電波掩蔽とは、人工衛星が惑星の背後に隠れる時または背後から出てくる時に電波を地上局に向けて飛ばし、電波が惑星大気を通過することを利用して気温の高度分布を高精度（温度測定誤差～0.1K）・高分解能（鉛直分解能～１km）で測定する手法です（図１）。「あかつき」の電波掩蔽は金星大気の鉛直構造を知るための強力な手法で、水平構造を探るカメラと相補的です。2016年３月３日に初観測を実施して、これまで17個の気温分布を取得しました。

図２は電波掩蔽観測で得られた大気安定度※1の高度分布です。高度50～55kmには対流層があり、朝（未明）と夕方に分けて見ると朝側では対流が生じる高度が日によって大きく変わることが初めて分かりました。地球では陽の当たる日中に対流が発達しますが、金星では大気が夜間の放射冷却で最も冷えているはずの未明に変動が大きいという正反対のことが生じているのです。金星では分厚い雲が高度50～70kmにわたって惑星全体を覆い、その雲が下層の高温大気からの赤外放射を吸収して加熱されて対流が生じると考えられます。雲量が増えると吸収できる熱の量も増えますし、また雲層上部から出

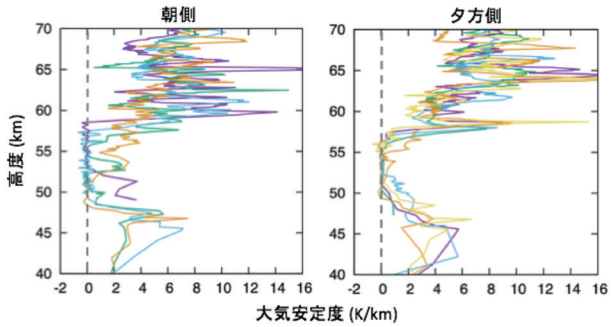


図２　電波掩蔽観測によって得られた大気安定度の高度分布。左図が朝側、右図が夕方側。大気安定度が０の部分は対流運動が生じていることを示す。

※１　気温の高度方向の変化率から計算される大気の安定性を示す物理量。この値が小さいほど大気が不安定であり、値が０の時は対流が生じていることを示す。

ていく赤外放射による冷却も相まって、朝側の対流が強いのかもしれません。IR2 カメラは雲量分布を測定できるので、電波掩蔽観測と同時期に取得されたデータを用いて朝夕での違いを調べれば成因の手掛かりが得られるでしょう。

これまでは地上局として臼田宇宙空間観測所のアンテナだけを用いてきましたが、今年からインド宇宙研究機関（ISRO）が所有するアンテナも使うことになりました。そして、3月 21 日に ISRO のアンテナによる電波掩蔽観測を初めて実施し、その結果は大変良好でした。臼田局とインド局で観測する緯度・経度が異なるので、より広い範囲で金星大気の鉛直構造を探ることができるようになります。今後の電波掩蔽観測の成果に、どうぞご期待ください！　（京都産業大学 理学部　安藤 紘基）

第９回宇宙科学奨励賞　岡本丈典氏と安養寺正之氏に授与

今回受賞された安養寺氏（左から２番目）と岡本氏（右から２番目）。

公益財団法人宇宙科学振興会では、毎年、宇宙科学分野で優れた研究業績を上げ、宇宙科学の発展に寄与した若手研究者に宇宙科学奨励賞を授与しています。創設以来９回目となる今年度は、国立天文台チリ観測所・特任助教の岡本丈典氏（理学分野）と九州大学大学院総合理工学研究院・助教の安養寺正之氏（工学分野）に宇宙科学奨励賞が授与されました。岡本氏の授賞の対象となった研究業績は「飛翔体観測による太陽大気波動の研究」、安養寺氏の授賞の対象となった研究業績は「火星大気風洞および関連計測技術の開発と低レイノルズ数領域における圧縮性効果の解明」でした。表彰式は、３月９日に霞が関ビル内東海大学校友会館で、多数のご来賓、関係者列席のもと開催されました（写真）。

当振興会は今回受賞された岡本氏と安養寺氏に心からお祝い申し上げるとともに、今後の宇宙科学研究の一層の発展と新しい宇宙探査プロジェクトの創成の中で、両受賞者の更なるご活躍を期待しております。なお、本授賞の対象となった岡本氏の研究内容については本年２月号の ISAS ニュースに掲載されています。また安養寺氏の研究内容については、近いうち ISAS ニュースで紹介いただく予定ですのでご期待ください。

（公益財団法人 宇宙科学振興会 事務局長　佐々木 進）

BepiColomboのESTECでの組合せ試験、いよいよ始まりました

MPO との結合試験に先だって本年２月に行われた MMO 単体電気試験の様子。

ESA との共同で水星探査を行う BepiColombo 計画ですが、JAXA 側が製作する水星磁気圏探査機（MMO：Mercury Magnetspheric Orbiter）を一昨年にオランダにある ESA/ESTEC へ輸送し、ESA 側が製作するモジュールと組み合わせた打上げコンフィグレーションでの試験の開始が待たれていました。残念ながら昨年９月の電気推進モジュール（MTM：Mercury Transfer Module）の試験中に起きた不具合が原因で目指していた 2018 年４月期には間に合わず、次の打上げ機会である 2018 年 10 月を目指すこととなってしまいました。JAXA 側はもちろんのこと、ESA 側プロジェクトメンバーも 2018 年４月の打上げを目指して作業を進めていただけに、ここにきての遅延は残念で仕方ありません。また、この打上げ延期に伴い水星への到着時期も１年遅くなることとなり、2025 年の末に水星周回軌道への投入を行うスケジュールとなりました。

打上げ時期は遅れることとなってしまいましたが、ESTEC における準備作業は土曜日を返上して行われており、MMO と ESA 側が製作している水星表面探査機（MPO：Mercury Planetary Orbiter）とをつなぎ、電気・機械インターフェースを確認する試験が３月の中旬に行われ、この時同時に MMO へのコマンドを MPO 経由で送り、MMO のテレメータデータを MPO 経由で受信し、日本に伝送して日本側で確認をするという試験も同時に行われ、水星到着までの間の MMO へのコマンド送信、MMO からのテレメータ受信がきちんと行えることが確認できました。

また、打上げ時の形態での環境試験も本年５月末から開始される予定となっております。その後、来年３月には射場である仏領ギアナの Kourou へ輸送し、射場試験を経て Ariane-5 によって打ち上げられることとなっています。今後も近況をお送りしていきます。　（早川 基）

ホールスラスタ開発試験用真空チャンバー設備

中型から大型の静止衛星を、電気推進を主推進とした推進系によって軌道投入する「オール電気推進衛星」あるいは「オール電化衛星」の開発が、先行するボーイング、エアバス等の海外衛星メーカにより急ピッチで進んでいることはご存じでしょうか？　ここ数年で自動車業界における電気自動車の比率も一気に高まりましたが、2020 年代になると、人工衛星のおよそ半分ほどが「オール電気推進衛星」になるという市場予測もあります。

JAXA が目指す「オール電化衛星」は、衛星総重量５トンまでの大規模静止衛星であり、総発電能力は 25kW を超えるほか、１トンクラスのペイロード搭載能力を持つなど、次世代静止衛星として充分な国際競争力を確保されるよう設計されています。大きな総発生電力は「ホールスラスタ」と呼ぶ新しいタイプの電気推進機を駆動するために用いられるほか、静止化後の大容量通信衛星ペイロードを支えることになります。大型高出力のオール電化衛星バスは技術試験衛星９号機としてフライト実証されることとなり、2021 年の打上げを目標に、2017 年４月からプロジェクトがスタートすることとなりました。

総重量５トンの大規模衛星を静止軌道に投入するためには、大規模な電気推進が不可欠であり、高出力高推力動作に適した大型ホールスラスタが採用されることになりました。大型ホールスラスタは次世代静止衛星ならびに将来探査機のためのキー技術であり、基軸プログラムならびに先導研究の主テーマの１つとして、オール JAXA の力を結集して研究開発が進められてきました。技術試験衛星９号機では１台あたりの投入電力が６kW、発生推力は 350mN 以上の国産ホールスラスタをフライト実証する計画となっていますが、JAXA の従来設備では評価試験ができません。このため、これまでのホールスラスタ開発は国外設備をレンタルして実施して来ましたが、国内における研究開発体制を強化するため、技術試験衛星９号機ならびに将来ホールスラスタ試験のための新規設備を相模原キャンパス特殊実験棟に建設中で、2017 年末までに運用を開始する予定です。直径３m、全長８m のホールスラスタ新試験設備は、世界的に見ても遜色のない仕様であり、技術試験衛星９号機ならびにこれに続く多様な衛星と探査プログラムの創出のための主力設備として、今後の活躍が期待されます。

（船木 一幸）

第３回宇宙科学研究所賞

JAXA 宇宙科学研究所は、宇宙科学・探査プロジェクトの実施にあたり顕著な功績または貢献のあった外部機関所属の方々に『宇宙科学研究所賞』を授与しています。第３回宇宙科学研究所賞は、初の外国人を含む以下３名の方々に授与されました。授与式は 2017 年１月５日および２月16 日に行われました。

●木村 勇気 氏（北海道大学）

【授賞理由】観測ロケット S-520 28 号機および 30 号機を用いた微小重力実験により、地球を含めた太陽系天体の材料の初期状態を知ることを目的にオリジナリティの高い搭載機器を自ら開発し、晩期型巨星で生成するダストの核生成過程の一端を解明しました。

●笠原 禎也 氏（金沢大学）

【授賞理由】2015 年に 26 年間の運用を終了した衛星「あけぼの」に搭載された、低周波プラズマ波動計測装置（VLF）の運用、データ解析、データベース構築および科学成果創出に、長きにわたり多大な貢献をされました。

●リチャード・ケリー 氏
（NASA ゴダード宇宙飛行センター）

【授賞理由】Ｘ線マイクロカロリメータの基礎物理や衛星「ひとみ」に搭載された軟Ｘ線分光器（SXS）に搭載の半導体型Ｘ線マイクロカロリメータなどの装置の研究開発をリードして、SXS による天体Ｘ線スペクトル観測成功に多大な貢献を行い、Ｘ線天文学で探索する新しい世界への扉を開きました。

宇宙科学研究所はこのような機構外からの協力・支援に心から感謝するとともに、３名の今後ますますのご活躍を期待します。

（科学推進部）

お知らせ

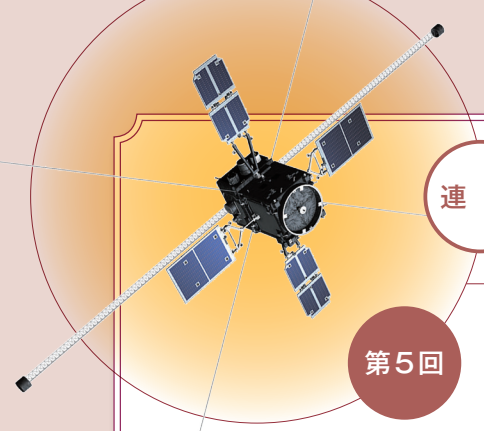
「平成29年度 宇宙学校・さがみはら」 同日開催 「第36回 宇宙科学講演と映画の会」

小学校高学年から中学生を対象としておりますが、どなたでもご参加いただけます。
- ●日　時／ 2017年5月3日（水・祝）
  10 時 30 分～ 13 時 10 分（開場：10 時 00 分）
- ●講　師／ JAXA 宇宙科学研究所 助教　北川 幸樹
  名古屋大学 准教授　三好 由純
- ●定　員／ 1,000 名　※先着順（事前申込み不要）
- ●参加費／無料

高校生以上の方を対象とした内容ですが、どなたでもご参加いただけます。
- ●日　時／ 2017年5月3日(水･祝)14時30分～17時00分(開場:14時00分)
  ※ 13 時から会場入り口付近で整理券を配布します。
- ●講　演／映　画
  - ・『すごく難しい月探査技術の話』JAXA 宇宙科学研究所 教授　橋本 樹明
  - ・『太陽系を調べたいと思うのはなぜなのだろう？』JAXA 宇宙科学研究所 教授　藤本 正樹
  - ・短編映画『（仮題）ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）』
- ●定　員／ 1,000 名　※先着順（事前申込み不要）
- ●参加費／無料

場所（共通）
●相模女子大学グリーンホール　相模原市南区相模大野 4-4-1　小田急線「相模大野駅」北口より徒歩４分（伊勢丹相模原店隣接）

詳しくは、宇宙科学研究所イベント欄をご覧ください。http://www.isas.jaxa.jp/outreach/events/



連　載

捕らえろ粒子。感じろ電磁波。宇宙嵐に挑むERG

ERGプロジェクト　リレートーク

第５回

「人と人とを繋ぐインターフェース係」

●追跡I/F・射場I/F担当　**牧 謙一郎**

インターフェース（以下、I/F）とは、「インター＝～と～の間」「フェース＝顔」、つまり直訳すると人と人が向かい合って話しをする、という意味ですが、用語として使われるのは、異なる機器やシステム間のやり取りを意味します。私は、「あらせ」が打ち上げられる２年前から２つのI/F係を担当しました。

「あらせ」と通信を行う「追跡管制」のI/F

追跡管制とは、衛星打上げ後に地上の大きなアンテナを衛星に向け続けて、電波を使って通信を行うことです。これを専門とする部署とのやりとりの中で、衛星側の要望を整理して追跡側に伝えたり、逆に追跡側からの回答を衛星側に周知させたりするなど、２つの組織の間をつなぐ役をしました。

発射場での連絡窓口「射場I/F」

「あらせ」が内之浦の発射場（射場）で準備を行っていた際、ロケット、射場安全・設備、品質管理、企画など様々な班との事前調整が必要でした。私は、打上げの１カ月前から射場でこれらの班と衛星班との連絡窓口を担当しました。

とにかく沢山の人と仕事に出会う

これがこの仕事の特徴です。追跡管制に関わるシステムだけでも10種類以上あり、その分だけ衛星側とのI/Fが存在します。また、射場では、ロケット内部の空調から、作業者の駐車スペースの配分に至るまで、本当に多種多様なI/F業務を次から次へとこなす日々でした。多くの方々と知り合い、名前を覚え、専門家たちの真剣な姿勢に接することに喜びを感じるとともに、大変勉強になりました。

私が「あらせ」の仕事をする前は、個人または少人数で行う研究の仕事が多かったのですが、このような仕事はとても新鮮でやりがいがあり、また衛星プロジェクトの業務を担当したいな、と思わせてくれる２年間でした。

（牧から仁田 工美さんへ）
私と出身大学院が同じ「同志」の仁田さん。ファンクションサブマネージャとして担当されていた様々な仕事についてお話しいただきたいです。

打上げ直前、ヘッドセットによる音声通話でロケット班と最終調整の連絡をする筆者（牧）。
右は進行指揮担当の浅村 和史さん。

「衛星開発の機能の一部として」

●ファンクションサブマネージャ　**仁田 工美**

ファンクションとは、ある機能を指すようです。はじめの１年余りはプロジェクト全般を見ることに苦慮し、自分の力不足を痛感し、後半は、私がプロジェクト業務において果たすべき機能とは何か、どうしたら役に立てるのかを問い続ける３年余りとなりました。

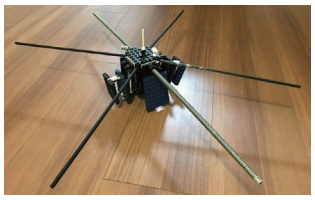
ERGが2012年８月にプロジェクト移行が認められた直後の10月に出た青天の霹靂の辞令で、調布から相模原にやってきました。科学衛星がどのように開発されていくのか、手探り状態の日々が始まりました。

つくばの利用衛星開発では、材料選定からPDR（基本設計確認会）、CDR（詳細設計確認会）に参加し、研究部門目線で関わっていました。相模原に赴任して小鳥との会話に慣れてきた頃、工作室で「つくばの衛星は文書でできている、相模原の衛星は会議でできている、調布のプロジェクトは論文でできている」と総括された方がいました。つくば→調布→相模原と渡り歩いてきた私には腑に落ちる名言でした。

皆さんの頭にある状況を会議でつまびらかにして、衛星開発を進めていくという仕事のやり方に慣れる間もなく、ERGの計画変更を経て、プロジェクト全般の仕事を見るサブマネージャから、各「機能」が有効に働くよう調整をする「ファンクションサブマネージャ」に職務が変更になりました。プロジェクト全体を見る仕事への責任はずっと軽くなり、安全や輸出管理、不具合対応など、衛星開発そのものというよりは、それに付随し、かつ、抜け落ちてはならない個別機能への対応が主になりました。その際、帯電・放電、材料劣化とデブリ防護という今まで携わってきた研究が大変役に立ち、つくばや調布、相模原で培ったJAXA内外の人脈に助けられました。一方、新たになった開発体制の下、マネージャとしての業務を初心に帰って一から学び直し、個別機能業務に併せて、結果としては、衛星開発すべてを見渡すことができるようになりました。

「あらせ」は無事に定常運用に移行し、科学成果が出始めています。微力ながら私自身も何とかチームの一員としてここまでたどり着くことができました。長いような短いような私の４年半も穏やかに終わろうとしています。

（仁田から福田 盛介さんへ）
マネージャの経験豊富な福田さん、私よりずっとお若いのに言葉にも重みがありました。「ひさき」の経験を生かしてERGさらにSLIMへと衛星開発におけるご自身の立ち位置の変化と、根幹とされている変わらないことをお話しいただきたいです。



高校生が製作した「あらせ（ERG）」のLEGO。
プロジェクトメンバーによる『審査』も行いました。

《次号に続く》

東奔西走

地球は丸かった

太陽系科学研究系 助教
村上 豪（むらかみ ごう）

ESTEC若手研究者らとのランチ会にて（右から4人目が筆者）。ESTEC食堂の個室で和やかな昼食後の一コマ。

本稿の依頼を受けたとき、今回の出張ほど「東奔西走」という四字熟語にぴったりな旅はないと思い（本コーナーの著者はみなさんそうだったのかもしれませんが）、依頼を快諾。１月下旬から４週間の海外出張、行き先はアメリカ、オランダ、フランスの３カ国でした。旅行会社のパンフレットならば魅惑の欧米周遊旅行となりそうなものですが、果たして…。

最初の目的地はアメリカコロラド州ボルダーのコロラド大学LASPへ。「ひさき」による木星観測結果について海外研究者らと２泊３日のワークショップです。日本から東へ太平洋を越えて約12時間のフライトを頭に浮かべた読者はアメリカ出張に慣れた方でしょう。しかし実際に向かったのは、西です。今回の魅惑の周遊旅の全旅程を一つのチケットでまかなうと地球一周となり非常に高額となるため、費用の観点からオランダ経由でのアメリカ行きを選択。日本からアムステルダムまで約12時間、そこからコロラド州デンバーまで乗り継ぎ含め約16時間。西へ２回飛べば、東へ着くのです。成田空港で風邪をひきポカリスエットを大量に持参した筆者にとってハードな旅程でしたが、機内で爆睡＆乗り継ぎ１泊できたことで快方に向かいました。ワークショップは15名ほどでがっぷり四つの議論ができ、濃密な時間を過ごせました。「ひさき」による研究が進んでいる上に木星探査機JUNOの到着もあり、今後数年への期待と高揚を共有。昼休みはみんなで山の中腹まで行き、絶景のウィンタースポーツの聖地を眺めてボルダーを後にしました。

次はオランダ・ノルドヴァイクにあるESAの試験場ESTECへ。BepiColomboプロジェクトの現地担当者としてMMO電気試験に参加しました。アムステルダム空港から電車で20分ほどのライデンにあるアパートにて前任者の関妙子さんと引き継ぎを行います。日本食の補充（事前に在庫表を後任者へ送付する決まり）や家電の健全状態の確認（洗濯機が以前壊れました）など、すでにオランダ駐在が始まって２年近く経った我々にとって引き継ぎ作業は慣れたものです。引き継ぎノートも２冊目に突入し、こちらもいずれISASニュースで連載（？）される日が来るのではないでしょうか。２週間のESTEC滞在では密度の濃い電気試験の目白押しで、準備と試験対応に追われる日々でしたが、予備日も使いながらなんとか無事に乗り切りました。途中で常田佐久所長のESTEC訪問があり、現場でMMOとともにBepiColombo全機のフライトモデルをご覧頂けたのは良い機会となりました。事前に現地入りしていた同行の藤本正樹先生（直属の上司）とは最寄りのスーパーJUMBOのつまみを片手にアパートで宅飲み。この４月からISASの助教となる筆者の就職祝いということで深夜まで宴は続きました。

ESTEC担当を後任の中澤暁さんへ引き継いだ後は、第３の目的地であるパリへ。BepiColombo/MPOに搭載されている紫外線分光器のフライトスペア電気試験に参加しました。スペアもしっかり準備するというESAスタイルを肌で感じます。我々が提供する検出器に高電圧を印可するため、慣れたものとはいえいつも緊張感が走ります。いくつかトラブりつつも予定していた試験を２日間で無事に完了し、スペアの出番がこないことを祈りつつ研究所を後にしました。夜には現地に留学し始めたばかりという知り合いの学生とビストロディナーをしながらの水星談義。この日の議論が９年後のBepiColombo水星到着の頃に花を咲かせるかもと思うとワクワクします。

これで出張も終わりかと思いきや、再びESTECへ。BepiColomboプロジェクトサイエンティストのJohannes Benkhoffさんから ESA理学研究者向けのセミナーを依頼され、「ひさき」について紹介してきました。ESA研究者相手にセミナー、講演ホールの名もEinsteinということで緊張でしたが、若手が多く雰囲気も和やかだったので楽しい講演に。広い分野の方々に「ひさき」を知って興味をもってもらえるいい機会となりました。セミナー後はお決まりだというESTEC若手研究者とのランチ会へ。どこの国でもポスドクの就職難は同じだね、などと話が盛り上がりつつ、若手同士の交流を満喫。ISASでもぜひ取り入れたいと思える習慣でした。

こうして４週間にわたる海外出張もいよいよ帰国へ。帰りの便では待ち望んでいた「シン・ゴジラ」と「君の名は。」をやっと視聴。ゴジラに地元が踏みつぶされる様を眺めつつ、総移動距離3.8万kmとほぼ地球１周の旅が無事に終わりました。

JAXA Explore to Realize ISASニュース No.433 2017年4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 生田 ちさと
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

今月号も盛りだくさんです。表紙のホールスラスタの写真は3Dのシミュレーションかと始めは思いました。とても綺麗な実験データですね。（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%再生紙を使用
VEGETABLE OIL INK