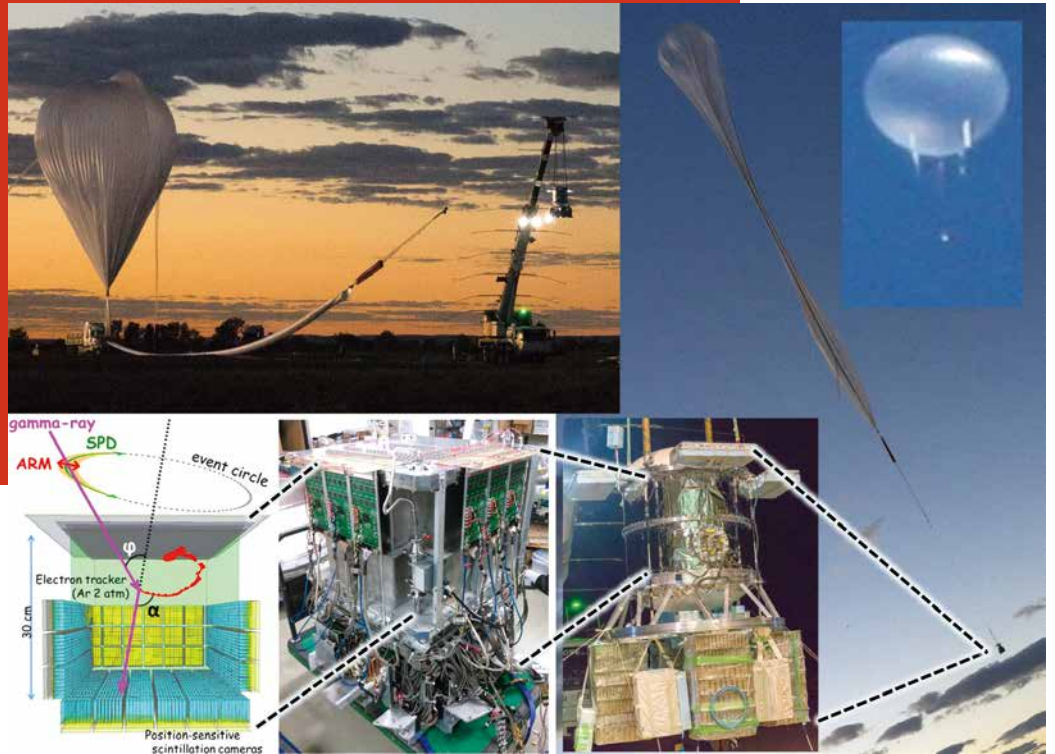


大気球に搭載されオーストラリア上空から低エネルギーガンマ線観測を行ったSMILE-2+実験の様子です。(左上) 大気球頭部にガスが封入され放球を待っているSMILE-2+ゴンドラと大気球、(右) 放球直後の様子、(右上) 地上から撮影された水平浮遊中(高度約38 km)のSMILE-2+、(下段右) 放球に向けて航空保安装置やクラッシュパッドが取り付けられたSMILE-2+ゴンドラの外観、(下段中) SMILE-2+ゴンドラ内部装置の外観、(下段左) 電子飛跡検出型コンプトンカメラの構成図。ガスTPCを中心として周囲に位置感度型シンチレータが配置されています。(p.2参照)



2023年所長年頭ご挨拶

宇宙科学研究所長 國中 均(くになかひとし)

ASTRO-Hの事故を受けて、2016年のジオスペース探査衛星「あらせ」の打上げを最後に宇宙科学事業が低迷しておりましたところ、2023年はいよいよ宇宙科学研究所が衛星・探査機の打上げを主体的に実施し、宇宙科学に本格復帰することを宣言させていただきます。X線分光撮像衛星XRISMは世界のX線天文学を先導する国際共同事業であり、過去を圧倒する科学成果の創出が期待されます。小型月着陸実証機SLIMは日本から月表面への先陣であり、米国ARTEMIS計画の煌めく一翼となることでしょう。また、ESA計画である木星氷衛星探査計画JUICEも打上げが近づいてきました。さらに、宇宙科学研究所は、開発中の火星衛星探査計画MMX、深宇宙探査技術実証機DESTINY⁺、二重小惑星探査計画Hera、Roman宇宙望遠鏡、高感度太陽紫外線分光観測衛星SOLAR-Cの着実な進捗を主導します。さらに、運用中の各衛星・探査機からの宇宙データや小惑星物質をもとにした地上研究が大いなる科学成果を創出することを予感します。NASA探査機OSIRIS-RExが持ち帰る小惑星Bennuのサンプルの引受が予定されていることを付け加えます。

COVID-19パンデミックによって中断していた、オーストラリアでの大気球実験も再開されます。宇宙科学研究所からの発信・アウトリーチには、対面での活動を強化する所存です。ご期待ください。

宇宙工学・太陽系科学・宇宙物理学の3分野に戦略的中型創出グループ (Groupe de Discussion Intensive: 略称GDI) を宇宙科学コミュニティとISAS研究系との連携により設置し、優れたミッションをインキュベートすることを理念に、分野の将来像に関して定常的に議論を行っています。「技術のフロントローディング」予算を有効活用して技術レベルを向上させることと相まって、戦略的に2030年代のミッションコンセプトを創出する活動が重要です。新たに、海外の大型ミッションに、日本の技術や知見を存在感や発言力を持って供出するメカニズムの定式化を議論したいと考えています。

繰り返しになりますが、2023年は宇宙科学の本格復帰を祈念し実践する所存です。引き続きご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

低エネルギーガンマ線で拓く新しい宇宙の姿

学際科学研究系 助教 水村 好貴(みずむら よしたか)

京都大学大学院理学研究科 助教 高田 淳史(たかだ あつし)

宇宙を観る人類の新しい目

古来より人類は太陽・月・星々を見つめて宇宙に想いを巡らせてきました。そこから長い年月をかけた科学技術の発展によって新しい宇宙の姿が浮き彫りになり、発見とともに新しい謎も増えています。宇宙の謎を解くべく、今も宇宙を観る人類の新しい目(望遠鏡)の研究開発が進んでいます。この記事では、著者らのグループが研究開発している低エネルギーガンマ線望遠鏡の紹介と、オーストラリアでの大気球実験で得られた結果を紹介します。また、その結果から銀河中心領域に正体不明の「何か」があることの示唆について紹介します。

まだ人類が観たことがない宇宙

天文学でほぼ唯一、ほとんど観測が進んでいない波長帯として低エネルギーガンマ線(特にメガ電子ボルト領域、可視光より百万倍短い波長帯)が残されています。まだ人類が観たことがない宇宙の姿としての魅力ももちろんですが、それ以上に、この波長帯のガンマ線は特に原子核の反応と深い関係を持っていて、元素の起源や銀河の進化について理解が深まると期待されています。

しかしながら、低エネルギーガンマ線はレンズや鏡で像を結ぶことが困難であること、天体信号より雑音信号の方が何桁も多いことの両面から観測は困難を極め、地上試験から得た設計観測感度を上空で達成することができず、世界中で挑戦と撤退が繰り返されてきました。その結果、1990年代に活躍したCGRO衛星搭載のCOMPTEL望遠鏡がおよそ30個の天体を報告してから20年もの間、多くの研究者に待望されつつも大きな進展がありません。

革新的な低エネルギーガンマ線望遠鏡

これまで活躍した代表的な低エネルギーガンマ線望遠鏡として、CGRO / COMPTEL、INTEGRAL / SPI、COSIが挙げられます。これらは共通する欠点を持っており、ガンマ線1光子ごとに到来方向を決定できず(測定データから入射ガンマ

線の到来方向情報へと逆変換して一意な解を得ることが原理的に不可能です)、疑似的な撮像能力しか持ちません。

我々のグループは、電子飛跡検出型コンプトンカメラ(Electron-Tracking Compton Camera; ETCC, 表紙左下図)を日本独自の技術で開発しています。この望遠鏡の大きな特徴は、ガンマ線1光子ごとに到来方向を決定できることです(測定データから入射ガンマ線の到来方向への逆写像が存在します)。低エネルギーガンマ線は物質中でコンプトン散乱反応を起こし、物質中の電子を蹴っ飛ばしつつ自身は散乱されて方向やエネルギーの異なるガンマ線になります。元々のガンマ線の到来方向とエネルギーを決定するには、反跳された電子・散乱されたガンマ線のそれぞれの方向とエネルギーを測定する必要があります。しかし電子は、固体や液体の中ではごく短い距離でエネルギーを失って止まってしまうため、どんな方向に反跳したのか測定が困難です。ETCCが優れるのは検出媒体にガスを用いた荷電粒子検出器(ガスTPC)で飛跡とエネルギーを詳細に測定可能としたことです。散乱されたガンマ線についてもガスTPCの周囲に配置された位置感度型シンチレータ検出器で測定します。この装置の組み合わせで3ステラジアンもの広い視野にわたりガンマ線を1光子ずつ精密測定することが可能です。さらに、荷電粒子のエネルギー損失率から粒子識別ができ、電子反跳角について幾何学的に測定した角度とエネルギー分配から得た角度を比較することでコンプトン散乱でない事象を排除でき、高効率な雑音除去も可能です。

SMILE大気球実験シリーズ

低エネルギーガンマ線は厚い地球大気によって強く吸収・散乱を受けてしまうため、地上では天体観測が不可能です。そのため我々は、ETCCを大気球に搭載し、飛翔環境下での動作試験・性能実証試験・科学観測へとステップアップさせていく研究計画としてSMILE実験(SMILE: Sub-MeV/MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment)を進めています。

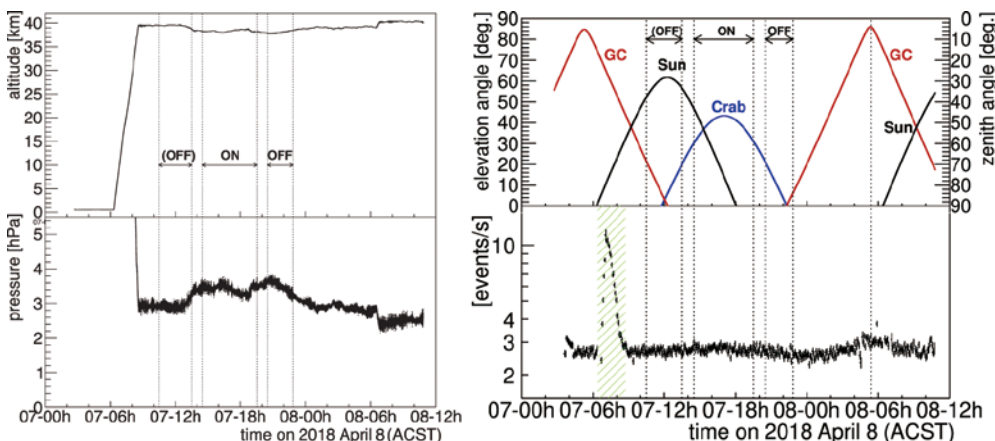
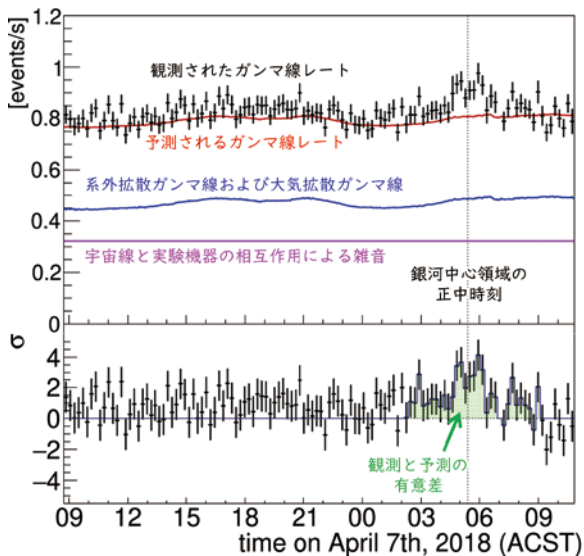


図1: SMILE-2+の飛翔高度と残留大気圧の変化(左図)および主要天体の高度と観測レート(右図)。



三陸で行った最初の飛行 (SMILE-I) で宇宙線が降り注ぐ環境下で宇宙拡散ガンマ線および大気ガンマ線のスペクトルを得ることに成功し^[1]、その後SMILE-IIとして地上で性能向上を続け^{[2][3]}、更なる装置改良を経て2回目の飛行 (SMILE-2+) を、飛行環境下における天体観測能力の実証を目的として2018年に実施しました。30x30x30cm³サイズのガスTPCを用いたETCC (表紙左下図) が、2018年4月7日にオーストラリアのアリススプリングスからB500型気球で放球されました。実験装置は、高度38~40kmで約26時間の水平浮遊観測を行った後、4月8日に地上へ緩着陸し4月9日に無事に回収されました。2022年度にSMILE-2+の成果論文が掲載されましたので、その内容をご紹介します^[4]。

SMILE-2+大気球実験の観測結果

SMILE-2+の飛行高度、残留大気圧、主要天体の高度角、および雑音除去後の観測レート (毎秒検出数) の時間変化を示したのが図1です。カニ星雲 (Crab) が視野に入っている時間帯をON、カニ星雲が視野に入っておらず残留大気圧がON時間帯と同程度である時間帯をOFFと表示しています。図1右図の観測レートは、上昇中 (図中の緑ハッチ) に通過する宇宙線シャワー発達高度で最大となつてから、水平飛行になると落ち着きます。驚くべきことに、銀河中心領域 (GC) の正中時刻に合わせるように、観測レートの上昇がみられます。他の観測波長帯では、明るい天体が視野に入ったら観測レートも上がることに驚きは無いのですが、低エネルギーガンマ線においては天体信号がそれ以外に対して何桁も微弱であるために、広視野望遠鏡の視野に入っても観測レートはびくとも変化しないのが従来の常識でした。ETCCにより2桁もの雑音抑制に成功した結果だと言えます。

正体不明の「何か」があるかも知れない

銀河中心領域の正中に伴うレートの増加について、もう少し詳しくみてみます。図1右図は視野内の全方位からのレートでしたが、天頂角60度以内から入射したガンマ線に制限した解析結果を図2左図に示します。背景から映り込む銀河系外拡散ガンマ線と、前景からの放射である大気拡散ガンマ線について、検出器応答や雑音除去効率などを考慮した予想レートを青線で示しています。陽子・中性子・電子・陽電子などの

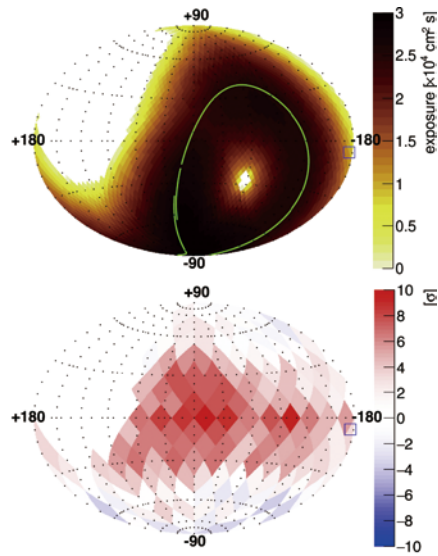


図2：天頂角60度以内で観測されたレートの時間変化 (左図)。背景および前景で予想される拡散ガンマ線と宇宙線由来の雑音事象から予想されるガンマ線レートに対し、観測されたレートは有意な超過成分があり、その出現タイミングは、銀河中心領域の正中時刻と合致しています。銀河座標系での観測露光量マップ (右上)。望遠鏡視野中心の軌跡を緑線で示しています。銀河座標系でのガンマ線有意度マップ (右下)。

宇宙線に由来する雑音の予測レートをマゼンタ線で示しています。この和が赤線で示される予測されるレートで、観測されたレートと比較すると、銀河中心領域の正中時刻に合わせて、有意な超過成分があることが分かりました。これは銀河中心領域からの低エネルギーガンマ線の放射を検出した強い証拠です。また、図2右側に銀河座標系での観測露光量マップ^{*1} (右上) とガンマ線有意度マップ^{*2} (右下) を示します。観測露光量マップとは異なる空間分布の有意度マップが得られています。銀河面に沿って超過成分があり、特に銀河中心領域は10 σ 程度の高い有意度となっています。このSMILE-2+の観測結果をフラックスに直すと、COMPTELやINTEGRALによる観測結果を支持するものとなっています。低軌道衛星にて従来型コンプトンカメラで観測したCOMPTEL、長楕円軌道衛星にて符号化マスク法で観測したINTEGRAL、大気球にて電子飛跡検出型コンプトンカメラで観測したSMILE-2+の3者すべてが、現在の理論予想に対し数倍ほど銀河中心領域が明るいという観測結果を示しており、我々の知らない正体不明の「何か」が銀河中心領域にある可能性を示唆しています。

SMILE-2+の目的達成と将来計画

SMILE-2+実験の目的は、カニ星雲の観測による天体観測能力の実証です。ON時間帯のデータでカニ星雲の方向に対し視野制限した上で、同様の視野角に制限したOFF時間帯の観測データでバックグラウンドガンマ線量を測定し、観測時間を補正した上で減算すればカニ星雲からのガンマ線量が得られます。SMILE-2+の観測では4 σ の有意度でカニ星雲の検出に成功しました。図3左図にカニ星雲の観測で得たスペクトルを示します。過去、世界中で多くの観測が行われてきた結果と矛盾のないスペクトルが得られています。

SMILE-2+の実験成果として最も重要なことは、図3右図で示すように事前の地上試験で推定された設計観測感度 (赤線) と上空で達成された観測感度 (青線) が一致した事です。この図はX線から高エネルギーガンマ線帯域の感度曲線で、縦軸はどれだけ暗い天体を検出できるかという数値です。設計感度と達成感度が一致したのは、低エネルギーガンマ線帯域において世界初の成果です。すなわち、コンプトン散乱の反跳電子の飛跡を詳細に測定し、ガンマ線1光子ごとに測定データからの逆写像として到来方向を決定できることが、20年も停

*1 観測露光量マップは、天空上のその方向に対してどれだけ深く観測していたかを示すマップです。有効観測時間と有効受光面積の掛け算に相当します。

*2 ガンマ線有意度マップは、雑音や信号誤差に対してどれだけ信号が超過しているか、その統計的有意性はどの程度かを示すマップです。

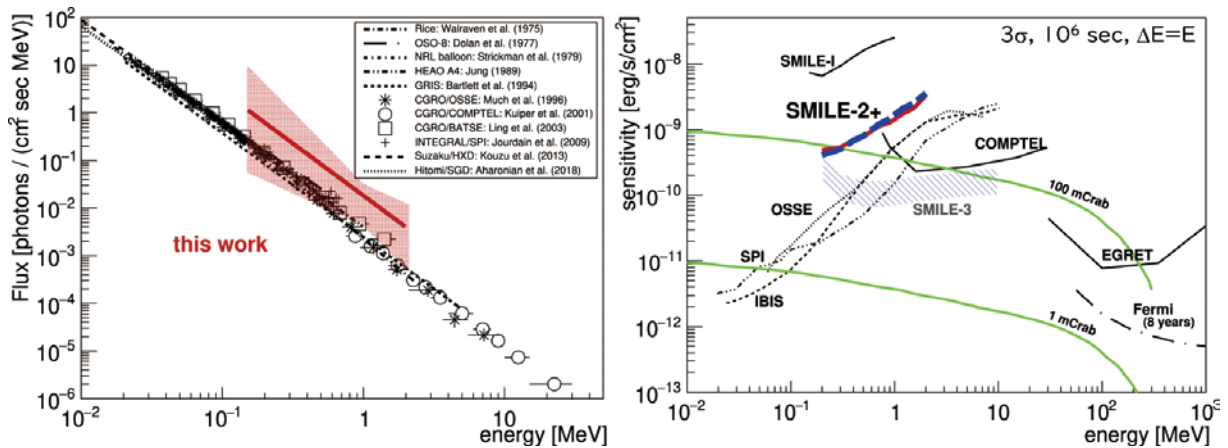


図3：SMILE-2+で得たカニ星雲のスペクトル(左図)と感度曲線(右図)。感度曲線中の赤線が設計観測感度で青線が達成された観測感度であり、それらがよく一致しています。

滞した天文学最後のフロンティアを切り拓く方法論となると大気球実験にて実証できたのです。

我々は将来計画としてSMILE-3実験を推進中です。天体観測性能の実証段階を超えて、いよいよ長時間飛行による科学観測を目指す段階になりました。現在のSMILE-3計画では、大気球による飛行であっても、大型衛星に搭載され10年程度の運用で実現されたCOMPTTELの感度を超える観測感度に到達する見込みです。さらに将来、天文衛星への搭載・月周辺への設置・惑星探査など幅広い応用可能性も含め、宇宙科学を牽引する大きい研究計画の1つとして成熟できればと考えています。

参考文献

- [1] A. Takada, H. Kubo, H. Nishimura, et al., Observation of Diffuse Cosmic and Atmospheric Gamma Rays at Balloon Altitude with an Electron-Tracking Compton Camera, *The Astrophysical Journal*, 733 (2011) 13.
- [2] T. Tanimori, H. Kubo, A. Takada, et al., An Electron-Tracking Compton Telescope for a Survey of the Deep Universe by MeV gamma-rays, *The Astrophysical Journal*, 810 (2015) 28.
- [3] T. Tanimori, Y. Mizumura, A. Takada, et al., Establishment of Imaging Spectroscopy of Nuclear Gamma-Rays base on Geometrical Optics, *Scientific Reports*, 7 (2017) 41511.
- [4] A. Takada, T. Takemura, K. Yoshikawa, Y. Mizumura, et al., First observation of MeV gamma-ray universe with bijective imaging spectroscopy using the Electron-Tracking Compton Telescope aboard SMILE-2+, *The Astrophysical Journal*, 930 (2022) 6.

ISAS 事情

EQUULEUS、月フライバイのための軌道制御に成功しラグランジュ点への航行を開始： One small step for EQUULEUS, one giant leap for deep space CubeSats!!

2022年11月16日、度重なる延期を経て、EQUULEUSを載せたSLS初号機が無事に打ち上げられました。普通なら「やっと打ち上げられた！」と喜ぶところですが、打上げの瞬間の著者の胸の中は「まだ打ち上げられないでくれ…」「あー、いよいよ上がってしまいそうだ…」「ついに打ち上げられてしまった…」と打ち上げ成功を素直には喜べない複雑な心境でした。

SLSによって月遷移軌道に投入されるEQUULEUSがその目的地であるラグランジュ点へ到達するには、打上げから約1週間後に所定の相対位置で月の側を通過(フライバイ)する必要があります。そのための軌道制御を打上げから数10時間後には完了する必要があります。軌道制御に失敗するとEQUULEUSは深宇宙空間に飛び出していき、ラグランジュ点への到達はできなくなります。そこで、何が起ころうと打上げ直後のチェックアウト運

用を完遂し新規開発の水推進系を正常に動作させ所定の ΔV を達成するべく、ありとあらゆる言うと大げさですが、考える限りの異常事象に対してバックアッププランを用意しました。打上げは、そうして入念に準備した運用計画の真価が問われて“しまう”瞬間であり、用意したバックアッププランを駆使した綱渡りの運用が開始する(かもしれない)瞬間でもあるため、前述のような複雑な心境で打上げを迎えたわけです。

いざ蓋を開けてみると、チェックアウト運用は極めて順調に進みました。予定通り分離直後に太陽捕捉状態で入感し、三軸姿勢制御を確立。打上げ前には所望の推力が出るのか心配していた新規開発の推進系も、期待以上の性能をたたき出しました。月フライバイに向けた軌道制御も計画通り実施され、所定の軌道への投入に成功、ラグランジュ点に向けた1年半にわたる長い航海のスタートラインに立つことができました。

せっかく用意したたくさんのバックアッププランが日の目を見なかったことは若干残念ですが(ウソです、ただただ、ほっとしました)、深宇宙探査ミッションにとっての命でもある軌道制御をばっちり成功させることができ、超小型衛星が本格的に探査を担う世界の実現に向けて大きな一歩を踏み出すことができましたのではないかと思います。

One small step for EQUULEUS, one giant leap for deep space CubeSats!!

(船瀬 龍)



所定の軌道制御達成を確認したドップラースhiftモニターの画面の前で記念撮影する著者(右上)と運用コアメンバーの中島(左上)、布施(左下)、川端(右下)。

MMX サイエンス会議をISASで開催

2022年11月21日～22日にMMXサイエンス会議がISASで開催されました。MMXではInternational Science Board (iSB) メンバーの会合を毎月オンラインで実施しており、各サイエンスチーム・ミッション機器リーダーによる情報共有・議論を継続してきました(ちなみに2023年1月でiSB会合は50回目を迎えます)。一方でMMXの開発も佳境を迎えつつあり、iSB会合の限られた時間、そして年に1度のScience Working Team (SWT) 会合ではなかなか収束しない議論も増えてきました。そこで11月14日～16日に行われたHayabusaシンポジウム、続く17日～18日に行われたHayabusa2# Joint Science Team (H#JST) 会議でMMX関係者も多く来日する機会を利用して、議論を必要としているチームを中心としたMMX会合も行おう、という判断がiSBでなされ、急ピッチで準備を進めて開催に至りました。本会合はハイブリッドで開催し、現地では55人(うち25人が海外)の参加、オンラインでは53人、合計108人が参加しました。

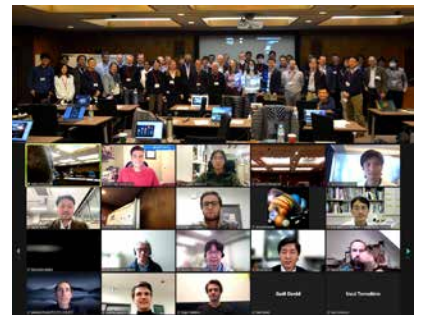
会合は主に4セッションに分けて行いました。1日目、午前中はMMXのステータスについて、プロジェクトマネージャである川勝 康弘教授を中心に報告がありました。午後は赤外分光計MIRSチームとOPD-SST (Origin of Phobos and Deimos - Science Strategy Team) 間の議論です。MIRSによるフォボス・ダイモスの含水鉱物・有機物検出から、どのようにして両者の

起源を明らかにする
かについて、活発な議論が行われました。2日目、午前にはSAWT (サンプル分析ワーキングチーム) によるキュレーションを中心とした検討状況の報告と、MIRS・OROCHI・OPD-SSTチームとの

今後の協力体制について、対面ならではの横断的な議論が行われました。午後にはドイツ・フランスチームを中心としたローバーチームの議論が行われました。

MMXメンバー全体にオープンな対面会合としては2020年2月以来となりました。Coffee breakでの会話や懇親会など、オンラインでの限られた空間・時間ではできない、ユルい時間の重要性も改めて感じられた会合でした。次はMMX SWTの第6回全体会合を3月に開催することを計画しています。打上げまで2年を切ったMMXですが、引き続き(感染対策はしつつも)密な国際協力体制を維持し、ミッションを楽しみたいと思います。

(坂谷 尚哉)



MMXサイエンス会議の参加者集合写真。

太陽系科学GDIのミッション創出活動

宇宙理学・宇宙工学委員会では、2021年12月に「ミッション立ち上げ実施方法検討タスクフォース」による戦略的中型計画の立ち上げ方法についての答申を受けて、これまでのようなワーキンググループ提案を横並びで審査する方式とは異なる、戦略的中型創出グループ(GDI) *1によるミッションコンセプト創出活動を進めています。方針転換の背景としては、戦略的中型は日本の宇宙科学にとってフラッグシップであり、立案に際しては幅広いコミュニティで議論のうえ科学的価値や成立性、開発リスクについて組織的に検討すべき、という認識があります。近年、戦略的中型の実現には従来より時間がかかっており、また候補となる計画が減っているため、実現可能性の高いミッションの立案を促進することも期待されています。GDIは宇宙工学・宇宙物理学・太陽系科学の各分野で設定され、理工学委員会、宇宙研の当該研究系、コミュニティから選定されたメンバーが長期ロードマップを意識して中型の候補について検討し、必要に応じて時限的ワーキンググループを設置して検討を加速します。理工学委員会と宇宙研はGDIからの提案を評価し、1つのミッションに絞り込んだうえで拡大版プリプロジェクト準備チーム(GRI) *2を設置する予定です。次の中型の候補は2024年に提案される想定です。

太陽系科学GDIは惑星科学・太陽地球系物理学(STP) *3・太陽物理学の3分野を包含し、理学委員会委員と惑星科学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、太陽研連の将来構想とりまとめ担

当者を中心に19名で構成されています。いつもは別の学会に分かれているメンバーが太陽系科学という共通項で集まって将来構想を議論すること自体、新しい試みです。各コミュニティで練られたロードマップを下敷きにして議論したうえで、彗星の地下物質を採取する「次世代小天体サンプルリターン」と火星の水環境の探査を行う「火星地下水圏探査」を次の戦略的中型の候補として抽出しました。ただし後者については国際宇宙探査の枠組みの活用など実施形態について検討課題があります。STP分野では当面は公募型小型ミッションの実現を目指しており、また太陽物理分野では戦略的中型の構想として太陽多点観測(黄道面脱出)と次世代大型太陽望遠鏡があるものの、当面は公募型小型のSOLAR-Cを推進する方針となっています。

太陽系科学はとくに工学分野との連携が重要です。工学のシナリオとのすりあわせや技術課題の抽出のために、宇宙工学GDIとの連携を進めています。宇宙物理学GDIとも連携して宇宙科学全体のロードマップを共有することも課題です。コミュニティとのフィードバックの場として、2022年12月には太陽系科学GDIシンポジウムを開催し、また2023年2月には東北大学で開催される惑星圏シンポジウムにおいて太陽系科学GDIに関するセッションを計画しています。新たなミッション創出の仕組みをうまく作れるのかどうか、これからが正念場です。

(東京大学 今村 剛)

*1: Groupe de Discussion Intensive *2: Groupe de Realisation Integre *3: Solar-Terrestrial Physics

地球磁気圏尾部観測衛星Geotailの停波について

日米共同プロジェクトのGeotail衛星は、1992年7月24日に米国フロリダ州から打ち上げられて以来、30年以上の長期間にわたり地球周回の長楕円軌道で観測を行い、特に地球磁気圏尾部において数々の発見を含む画期的な成果をあげてきました。しかしながら、2022年6月末に発生した搭載データレコーダーの故障に伴う受信可能なデータ量の減少と一部の搭載観測装置データの受信停止により、30年に及んだ観測を終了することになりました。

停波の運用は2022年11月28日に実施しましたが、Geotailプロジェクトの立ち上げに深く関わられたOBの先生方、メーカーOBの方々、米国のGeotailプロジェクトの方々、そして搭載観測装置の責任者の方々にJAXA相模原キャンパスの第2衛星管制室にお集まりいただきました(オンライン参加の方も含む)。

停波の日の運用は午後0時40分頃から始まり、入感時の衛星状態のチェックなどを行った後、13時30分頃から停波の運用を開始しました。國中 均宇宙研所長の御挨拶に続いて、日米双方の搭載観測装置の責任者の方々に観測終了コマンドの送信指示を出していただき、観測装置の電源をオフにしました。次に、バッテリーを充電回路から切り離すコマンドと、主に日本の観測装置のデータを30年間にわたって送り続けたXバンド送信器の電源オフコマンド送信の指示を、初代プロジェクトサイエンティストである向井 利典名誉教授に出していただき、Xバンドの停波

を行いました。続いて、30年間にわたってほとんど休むことなく回り続けたデスパンアンテナを停止し、最後に、初代プロジェクトマネージャである上杉 邦憲名誉教授にSバンド送信器の電源オフコマンド送信の指示を出していただき、14時07

分過ぎにSバンドの停波を確認しました。そして、Geotailを構想段階から中心となって率いて来られた、元プログラムマネージャ・西田 篤弘名誉教授の御挨拶をもって、Geotailの運用を完了することとなりました。

Geotailは私が初めて関わった衛星でもあります。これまでの30年間、当たり前のように送られたきたGeotailのデータがもう送られて来ないという事実、少し寂しさ、これまで30年間休まずにデータを送り続けてくれたGeotailへの感謝の気持ちと、そしてGeotailの先にある新たなミッションを創り出したいという強い思いを感じた停波からの1ヶ月でした。

これまでGeotailを支えて頂いた多くの方々に深く感謝いたします。有難うございました。(齋藤 義文)



11月28日に行われた停波運用の様子。

第9回宇宙科学研究所賞(外部表彰)

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又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9回宇宙科学研究所賞は、特別賞を含む以下4名の方々に、2023年1月6日に授与されました。JAXA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、この4名の方の今後ますますのご活躍を期待します。(科学推進部)

▶(特別賞) Dr. James Green

元NASA HQ SMD Planetary Science Division Director, 前NASA Chief Scientist

【受賞件名】…ISAS小惑星探査ミッションに対する深い理解に基づく、日米協力関係構築への貢献

【受賞理由】…同氏は「はやぶさ2」ミッションにおいて、早い段階からこの計画の価値に深い理解を示し影響力のある立場から日本の太陽系探査の推進に繋がる支援をされました。

さらにMMXの立ち上げにおいても日米の良好な協力関係構築の発展に大きく貢献されました。

▶Dr. Michael Zolensky NASA/JSC

▶Prof. Trevor Ireland University of Queensland

【受賞件名】…「はやぶさ」、「はやぶさ2」の地球帰還カプセル回収における国際証人としての貢献

【受賞理由】…同氏は、「はやぶさ」、「はやぶさ2」の地球帰還カプセル回収において回収地点である豪州ウーメラにおけるカプセル回収作業に国際証人として立ち合い、科学的な見地から回



左から、藤本副所長、Dr. Zolensky、Prof. Ireland、Dr.Green(スクリーン)、谷本氏、國中所長。

収隊の行った作業が正しく行われたことを保証する役割を果たす貢献をされました。

▶谷本 和夫氏 明星電気株式会社

【受賞件名】…宇宙科学における世界トップクラスの観測機器開発及び人材育成への多大なる貢献

【受賞理由】…同氏は、観測機器技術が世界レベルに達していなかった日本の宇宙科学の初期から、ISASとともに技術レベルの向上に取り組み、世界的トップレベルの観測機器技術開発を推し進めることに大きく貢献されました。

さらにその開発過程において技術開発はこう進めるべきであるという強い方向性を示し、人材育成においても多大なる貢献をされました。

銀河を 吹き渡る 風をみる

連載

第8回

未来につなぐ国際的なつながり・ XRISM国際研究拠点事業

XRISM衛星は今、来年度の打上げに向けて着々と準備が進んでいます。これまで準備してきたシステムがいよいよ稼働し、わくわくするサイエンスを楽しむ時も近づいています。ミッションの成功には、こうした手堅い技術開発や先駆的なサイエンスだけでなく、努力を重ねてきた「人」や、国を超えた「人脈」も大切です。今回は、国際的な「人脈」を活用した科学成果創出と、将来に向けた「人」の育成にスポットを当てます。

思い起こせば、2000年にAstro-E衛星を喪失した頃は、「あすか」も運用が終了し、日本に新たな観測データが無い時代でした。そんな中、欧州から、当時、最新鋭のX線衛星XMM-Newtonの観測時間の一部が日本に提供され、感激したのを思い出します。こうした、先人が築き上げた友好的な国際協力の人脈が、次の「すざく」「ひとみ」に受け継がれ、

XRISMに繋がります。協力的ながら、同時に、厳しくもあった国際競争の中で、今のXRISM開発メンバーも育て上げてもらったのです。

XRISMが拓く新たな精密X線分光観測の時代は、2030年代のAthenaやSuper-DIOS等の衛星計画へと発展します。また現代の宇宙物理学は、複数の波長の電磁波や粒子、重力波を用いた観測で、相補的かつ多角的に攻める時代です。次世代を担う若手研究者は、こうした国際的なマルチメッセンジャーの時代を生き抜かないといけません。

幸い、XRISMでは日本学術振興会の国際研究交流拠点事業のサポートを得て、今年度から、海外との協力体制を活かした科学成果創出の強化と若手研究者の育成を行う事業を展開しています。本事業は、XRISM研究主宰者(PI)や科学運用チームのリーダーがいる埼玉大学と、米国NASAのゴダード宇宙飛行センター、欧州ESAの欧州宇宙技術研究センターを3つの拠点として結び、それぞれに各国の大学や研究機関を集結させる国際ネットワークを形成します。科学観測に向けた検出器較正の補強、XRISMの精密分光データに耐えるプラズマモデルの強化、多波長の観測者や理論の研究者らとの交流の促進など、盛りだくさんの事業です。もちろん、次の世代の育成を目的に開催する若手研究会や、大学院生を含む若手研究者を海外に長期派遣するプログラムも目玉の1つです。

初年度となる今年度は、2022年10月に埼玉大学にて、若手研究者主体の第1回XRISM core-to-coreサイエンスワークショップを開催しました。ISASのシンポジウム助成の補助も受けています。コロナの影響で海外からの講師は限定的な参加でしたが、83名の現地参加者に遠隔からの76名が加わって大いに盛り上がりました。また、海外長期派遣プログラムは、漫然と若手を海外に送り出すのではなく、この研究会で互いの講演の質を競わせ、優秀者に海外渡航権を渡す審査会の形式をとりました。どのポスター講演も優秀つげがたい状況でしたが、最優秀賞3名、優秀賞4名が表彰されました。最優秀賞の3名は、それぞれ米国やオランダの研究機関に1~2ヶ月間、渡航する予定です。

続く12月には、エポカルつくば国際会議場にて、第5回XRISMサイエンスミーティングに続く形で、XRISM core-to-core多波長ワークショップを開催しました。国内外から98名の現地参加と86名の遠隔参加がありました。開発期からの日米欧の科学者に加え、今回、XRISMゲスト科学者という新たな仲間を迎え、打上げ後の天体観測をより良くする議論を行いました。多波長観測、理論モデルなど、互いの得意分野を持ち寄り、XRISMの初期観測の成果を最大化しようとする意気込みは熱く、新たな精密X線分光時代の幕開けを予感させるものでした。

来年度にXRISMが打ちあがった後も、こうした取り組みを続ける予定です。応援よろしくをお願いします。

XRISMプロジェクト 科学運用チームリーダー
兼 XRISM core-to-core事業 コーディネーター：
寺田 幸功(てらだ ゆきかつ)



写真1：XRISM core-to-core Science Workshop 2022



写真2：XRISM core-to-core Multiwavelength Workshop 2022

》完全再使用ロケットと 水素社会を能代から

目指すのは水素燃料の完全再使用ロケット

— どのような研究開発に取り組んでいるのですか？

液体水素を燃料とする再使用ロケットの研究開発を行っています。これまでにロケットの部分的な再使用は実現していますが、さらにロケット全てを再使用する完全再使用ロケットの実現を目指して活動しています。ロケットの燃料にはいくつか選択肢がありますが、燃料に液体水素、酸化剤に液体酸素という組み合わせが最もエンジン性能が高くなります。また、液体水素は燃焼時に二酸化炭素が出ないという環境的な利点もあり、たくさんのロケットが打ち上げられる時代には液体水素が選択されると、私は見込んでいます。

— 完全再使用ロケットの開発の現状は？

宇宙研では、1990年代から垂直に離着陸する単段式の再使用ロケット実験機（RVT）を開発し、能代ロケット実験場で地上燃焼試験や飛行試験を行ってきました。2019年からはRVTを大型化したRV-Xを開発し、地上燃焼試験を繰り返し実施しています。着陸時にはエンジン推力の繊細な制御など打上げ時には必要でない性能が求められたり、完全再使用ならではの課題があります。燃焼試験のたびにさまざまなリスクが顕在化しましたが、1つ1つ解決し、RV-Xの飛行試験の準備が着々と進んでいます。

単段式で垂直離着陸型の完全再使用ロケットの開発は、日本が世界を先導していました。しかしアメリカの民間企業が開発したニューシェパードが2021年に有人宇宙飛行に成功し、日本は遅れをとっています。正直、悔しい。このままでは海外を追いかける状況が続きます。そこで、革新的なエンジンの開発に取り組んでいます。

— 革新的なエンジンとは？

エアブリーザー型エンジンです。宇宙空間には燃料を燃やす酸素がないので、ロケットは酸化剤を搭載しています。宇宙空間に出るまでは大気中の酸素を利用しようというのが、エアブリーザー型エンジンです。搭載する酸化剤を減らせる分、多くの荷物を運んだり機体を小さくしたりできるので、運用や製造の費用を下げられます。

2022年3月にエアブリーザー型エンジンの地上燃焼試験を能代ロケット実験場で実施しました。今後、このエンジンを搭載した実験機をつくり、飛行試験を行います。宇宙研では、エ

能代ロケット実験場 所長
宇宙飛行工学研究系 教授

小林 弘明 (こばやし ひろあき)

1972年、東京都生まれ。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。博士(工学)。宇宙科学研究所助手、宇宙航空研究開発機構総合技術研究本部研究員、宇宙科学研究所特任准教授などを経て、2022年より現職。



アブリーザー型的一种であるエアターボラムジェットエンジンの研究開発を1980年代から行っていました。私は大学院時代その研究室に所属していたこともあり、長年の宿題をやり遂げたいと思っています。さらに、ロケットエンジンとエアブリーザー型エンジンを組み合わせた複合エンジンを開発し、それを搭載した完全再使用ロケットを実現する計画です。

能代ロケット実験場が今、熱い

— 2022年3月に能代ロケット実験場の所長になりました。

以前は能代ロケット実験場で試験が行われるのは1年に30～60日ほどでしたが、最近は大学や企業からの利用希望も多くフル稼働している状況です。日本が目指す水素社会では水素を液化して輸送・貯蔵することが構想されていますが、マイナス253度の液体水素を取り扱うには特殊な技術が必要です。しかし、その技術を開発しようにも試験できる場所がありませんでした。そこで、液体水素を扱っていて試験設備もある能代ロケット実験場が注目され、利用されるようになったのです。

— 子どものころからロケットやエンジンに興味があったのですか？

子どものころは、本が好きでした。特に推理小説が好きで、横溝 正史や海外の作品を古本屋で買い集めて読んでいました。実は大学に入るとき、理系か文系か悩みました。文系の方が得意でしたし、文章を書く仕事にも憧れていたのです。でもそれで生活していくのは難しそうだと思い、理系、そして航空宇宙工学に進みました。大学院に進学するときに宇宙研の研究室に入ると大きな実験に参加できると聞き、希望した研究室のテーマがエアターボラムジェットエンジンだったので。初めて能代ロケット実験場に来たとき、「日本海が目の前に広がる、こんなすごい場所で実験ができるのか！」と感動したことを覚えています。

— さまざまな用途で実験場が使われることを、どう感じていますか？

とても喜ばしいです。水素社会が実現すれば、液体水素の価格は下がります。水素社会実現の流れとリンクして進めることで、液体水素を燃料とする完全再使用ロケットも実現に近付くでしょう。所長としては、増加する利用者に対してきめ細やかにシステマティックに対応できる体制を整備しなければ、と思っています。

編集後記

今年も ISAS ニュースをどうぞよろしくお願ひ致します。昨年 SLS により打ち上げられた Orion 宇宙船は月周回から無事帰還しました。EQUULEUS も軌道制御を成功させ長い航海が始まったようです。卯年の兎は豊穰のシンボルでもあります。皆様も実りある年になりますように。(坂東 信尚)



ISAS ニュース No.502 2023年1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 トリッド

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1 TEL: 042-759-8008

ISAS ニュースはインターネットでもご覧いただけます。▶ <https://www.isas.jaxa.jp/>