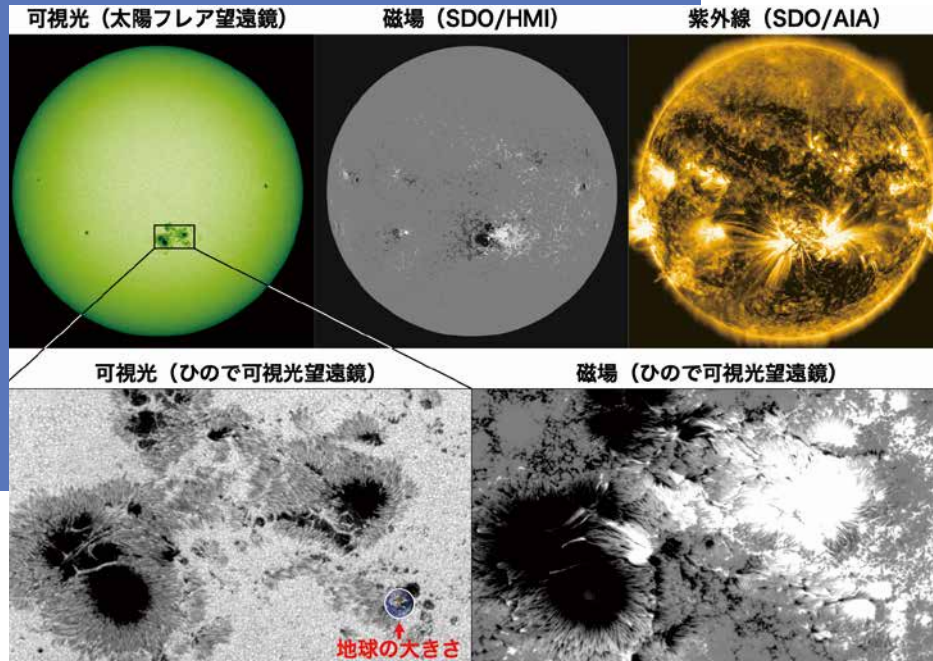


太陽フレアを生じる複雑な黒点群

2014年10月に出現した巨大な黒点群。最大で地球60個分以上に成長し、大型の太陽フレアを多数生じた。「ひので」の観測では、細かい磁気要素が密集した複雑な形状を示していることが分かる。フレア黒点がどのように作られ、どのように複雑さを獲得するのかは、フレア発生の予測にもつながる重要な問題だ。

©JAXA・国立天文台・NASA



The Forefront of Space Science

宇宙科学最前線

衛星観測データを駆使した太陽の磁気活動現象の解明

太陽系科学研究系 准教授 鳥海 森(とりうみ しん)

はじめに

太陽では、黒点の出現や、フレア・コロナ質量放出 (CME) といった爆発現象など、さまざまな磁気活動現象が観測されます。これらは、太陽内部のダイナモ作用により生成された磁場が、太陽表面へ浮上することで黒点を形成し、フレアとして磁気エネルギーを解放しつつ、CMEとして宇宙空間へ磁束が放出されていく、磁場を中心とした1つの巨大なシステムと見なすことができます。筆者はこれまで、一連の磁束生成輸送過程について、太陽観測衛星「ひので」などのデータ解析と磁気流体シミュレーションを組み合わせることで、多様な磁気活動現象の解明に取り組んできました。本稿では、筆者が受賞した第14回宇宙科学奨励賞の対象となった研究内容から、巨大フレアを生じる太陽黒点の発生機構に焦点を当ててご紹介します。

巨大フレアは複雑な黒点に生じやすい

天文学において、「フレア」は電磁波の突発的な増大現象を表す用語として使われます。太陽フレア (図1a) は、現在

*太陽フレアは米国のGOES衛星が測定する軟X線強度の最大値によってクラス分けされる。強度の強い方からX、M、C、B、Aに分かれ、X1.0はM1.0の10倍の強度を持つ。

の太陽系で最大のエネルギー解放現象であり、そのエネルギー規模は 10^{22} ジュールから 10^{25} ジュールに達します*。これは、地球のマグニチュード9の地震の1万倍から1000万倍に相当する規模です。典型的には、数十分から数時間にわたって増光が継続し、数千度から数億度の超高温プラズマが生成されます。

フレアが生じるとあらゆる波長帯で太陽が放射する電磁波が急激に強度を増すほか、CMEや高エネルギー粒子の放出を通じて、惑星間空間にも広く影響を及ぼします。これらが地球に到達すると磁気嵐やオーロラの原因となり、衛星・通信障害を引き起こしうるのは周知の通りです。このことから、フレアの発生メカニズムは太陽物理学における中心課題の1つであり、「ひので」をはじめとする各国の太陽観測ミッションにおいて、フレアは最重要の観測目標とされています。

これまで長きにわたる観測から、「巨大フレアは複雑な形状を示す黒点群に生じやすい」ことが経験的に知られてきました。通常の黒点群は、太陽内部 (対流層) から磁束管 (磁力線の束) がアーチ状に浮上することで形成されるため、正極・負極の磁場を持つ黒点が1ペア出現します。しかし、歴

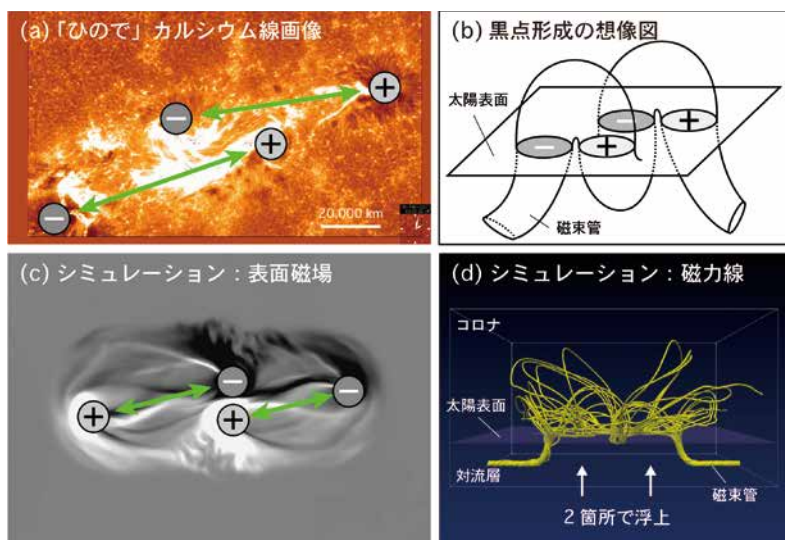


図1: (a)「ひので」による黒点群で生じた太陽フレアの観測。正極・負極黒点が同時に2ペア出現し、異なるペアの正負極が衝突することでデルタ黒点を形成、Xクラスフレアが生じた。(b) 黒点形成の想像図。(c) 数値シミュレーションによる再現。太陽表面では、正極・負極黒点が2ペア出現し、領域の中心でデルタ黒点を形成した。(d) 磁力線プロット。磁束管を2箇所で浮上させた。(Toriumi & Takasao 2017)

史上最大規模の太陽フレアは、いずれも「デルタ型黒点（以下、デルタ黒点）」と呼ばれる、正極・負極磁場が極端に近接した黒点群で生じたことがわかっています。これを検証するため、2010年以降に生じた大型（軟X線強度がM5クラス以上）の太陽フレアについて、衛星観測データを元に統計研究を行いました。その結果、大型フレアのうち、実に83%がデルタ黒点の付近で発生していることが明らかになりました。その一方で、これらのデルタ黒点はさまざまな形成過程によって作られていることにも気がつきました。

例えば、2011年2月にXクラスのフレアを生じた黒点群（図1a）は、正極・負極のペアが2組出現することで形成されました。このとき、フレアは、異なるペアに属する正極と負極の黒点が衝突し、領域の中央にデルタ黒点が作られることで発生しました。このことから、可能性の1つとして、この黒点群は1本の磁束管が2箇所で浮上することで形成されたのではないかと想像できます（図1b）。しかし、太陽表面よりも下を光学的に観測することは不可能であり、実際にどのようにしてフレア黒点が作られるのかを知ることは容易ではありません。

フレア黒点はどのように作られるのか？

この問題を解決する方法の1つが、磁束浮上や黒点形成を再現する数値シミュレーションです。この計算では、対流層・光球（温度約6,000度の表面大気層）・コロナ（約100万度の高温ガス）からなる計算領域を設定し、初期に対流層内部に磁束管を設置します。磁気流体力学（MHD）方程式を解くことで、磁束管が浮上し、太陽表面の黒点や上空のコロナループを形成する様子を再現することができます。このとき、磁束管の浮上は、磁束管内部の密度を人為的に減少させる、すなわち磁束管に浮力を与えることで駆動します（磁気浮力不安定）。

そこで、磁束管の密度減少を、磁束管上の1箇所ではなく、2箇所に与えることで、「1本の磁束管が2箇所で浮上する」様子を計算しました（図1c、d）。すると、太陽表面では正極

負極ペアが2組出現し、さらには異なるペアの正極・負極黒点が互いに衝突することでデルタ黒点を形成しました。すなわち、太陽表面下で磁束管が何らかの要因で歪められ、2箇所では浮上するような形状を取ることで、表面ではデルタ黒点が形成され、そのことが大型フレアの発生につながったのだと結論づけることができます。

しかし、果たしてこの結果は正しいのでしょうか？これらの計算では、簡単のため、対流層は単なる断熱成層大気として与えられており、実際には対流は生じていません。海外グループによる対流入りの磁束浮上シミュレーションでも、計算コストの制約から計算ボックスの下部境界は光球直下（30万kmほど：太陽対流層の厚さは200万km）に位置しており、磁束管は、ボックスの下部境界から人為的に押し込まれている状況です。当然のことながら、実際の太陽対流層には深く活発な熱対流が存在し、その中を磁束がかき分け

てなんとか表面まで浮上することで黒点が形成されます。すなわち、従来の計算では、磁束と対流の相互作用という重要な過程が未解決のまま残されていたのです。

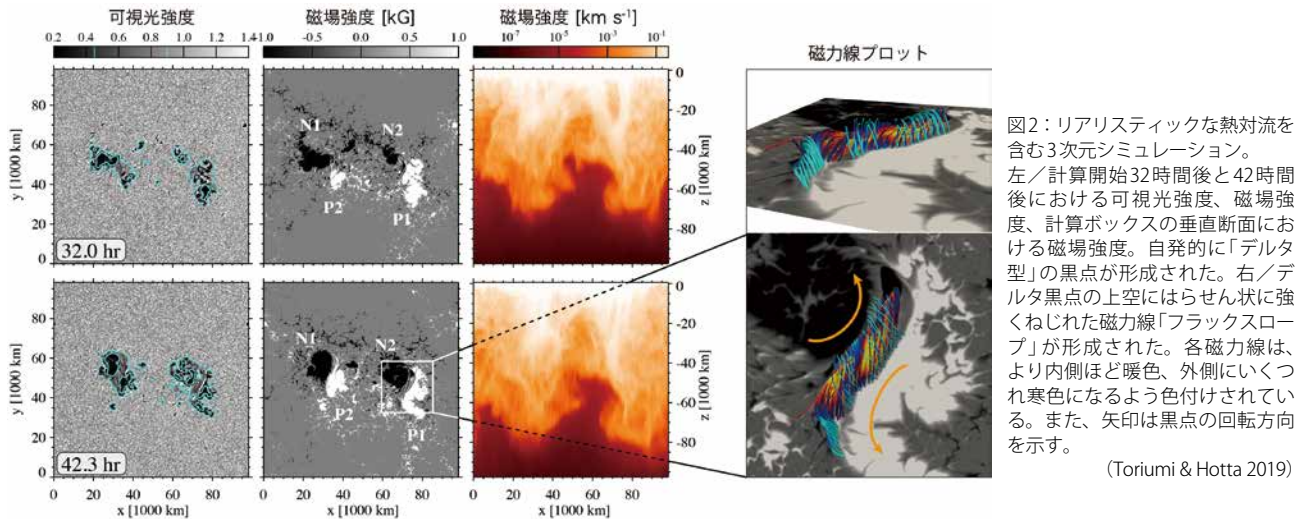
世界初の自発的フレア黒点形成計算

そこで、太陽深部から太陽表面までの熱対流を一貫して計算することのできる新たな磁気流体コードを用い、太陽内部の磁場が表面に浮上し、デルタ黒点を自発的に形成する過程を世界で初めて計算しました（図2）。このシミュレーションでは、対流層内部に置いた磁束管には人為的な密度減少を与えず、周囲の対流による流速場に従って“勝手に”浮上するようにしました。また、下部境界も光球直下ではなく、対流層の底まで非常に深く取ることができるため、大規模な熱対流が磁束に与える影響をつぶさに調べることが可能です。

計算の結果、大規模な熱対流が磁束管を2箇所で押し上げるような状況が生じ、太陽表面には2組の正極・負極黒点ペアが出現しました。次第に極性の異なる黒点同士が衝突し、最終的には、デルタ黒点が自ずと形成されたのです。

興味深いことに、形成されたデルタ黒点は、「ひので」などによる高精度の磁場観測を極めてよく再現する結果となりました。各黒点は、磁束管のねじれを解放することで顕著な回転運動を示し、その回転に伴って、デルタ黒点の内部（正極・負極が接する領域）では磁場が強く引き伸ばされた構造が作られました。また、デルタ黒点の上空では、ねじれた磁力線構造が観測されました（図2右）。この磁力線構造は「フラックスロープ」と呼ばれ、ひとたび太陽フレアが発生すると、CMEとして宇宙空間へ飛び出していきます。

本計算によって再現されたデルタ黒点、黒点回転、引き伸ばされた磁場構造、そしてフラックスロープは、いずれもフレア黒点に見られる重要な特徴です。したがって本計算は、太陽内部の熱対流が、磁束浮上やフレア黒点形成の成否を決める極めて本質的なファクターであることを明確に示した成果と言えます。



太陽から恒星へ

フレアは太陽だけに固有の現象ではありません。近年、ケプラー衛星などによる観測から、太陽以外の太陽型星（太陽と性質がよく似ているが年齢や活動度が異なる恒星）でも、太陽フレアの10倍から1,000倍ものエネルギー規模を持つ「スーパーフレア」が生じていることが分かってきました。恒星は、その誕生直後に最も自転速度が速く、活発な磁気活動を示します。そこから徐々に自転速度が遅くなり、活動度も低下していきます。したがって、太陽より年齢が若い太陽型星でスーパーフレアが生じることは、不思議ではないかもしれません。しかし、太陽と同程度まで自転速度が低下した星であっても、スーパーフレアを生じることがあります。では、これらの星はどのような「スーパーフレア黒点」を有しているのでしょうか？

問題は、現在の望遠鏡技術では、恒星表面を空間分解して観測することが非常に困難ということです。そこで私たちは、恒星表面を空間分解するのではなく、可視光を含むさまざまな波長帯にわたって長期間モニターすることで、恒星黒点の構造や時間変化を探るのではないかと考えました。そ

のヒントとなるのが、太陽の豊富なデータを活用した「練習問題」です。

図3に示すように、太陽の自転に伴って太陽面上を孤立した黒点群が横切る際に、太陽全面観測画像から光の強度を面積分し、それを時間方向に並べることでライトカーブ（光度曲線）を作成しました。これを可視光から紫外線、X線に至るさまざまな波長帯の観測画像について行い、作成したライトカーブと元の観測画像を比較することで、太陽面上の構造（黒点など）がライトカーブの時間変化に、どのように寄与するのかを調べました。

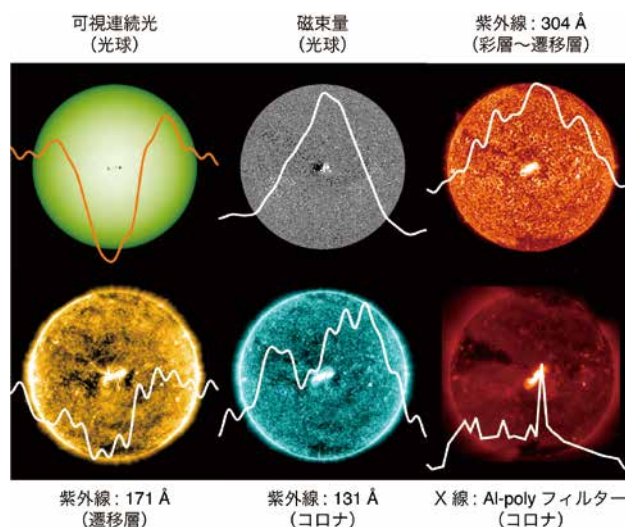
その結果、彩層（約1万度の太陽大気）に感度を持つ紫外線の強度が黒点の磁束量と強い相関を持つこと、光球のライトカーブ（可視連続光）とコロナのライトカーブ（紫外線・X線）とでは増光・減光のタイミングに差があり、その時間差はコロナ磁場の空間的な広がりに対応することなどが明らかになりました。これらの結果は、空間分解が困難な遠方の恒星についても、複数の波長でライトカーブを同時測定することで、黒点の構造や磁場についての情報を取得できる可能性を示しています。

将来展望と謝辞

太陽や恒星の磁束生成輸送過程を一貫して解明するには、浮上磁場・黒点形成シミュレーション単独では十分ではありません。太陽内部における磁束生成を計算するダイナモシミュレーションや、外層大気で生じるフレア・CMEを再現するシミュレーションなどと組み合わせ、階層間結合モデルを構築する必要があるでしょう。

また、今後の観測計画も重要となります。JAXAの高感度太陽紫外線分光観測衛星Solar-C(EUVST)は、高時間・高空間分解した高精度な分光観測を実現し、幅広い温度帯のプラズマを同時診断することにより、大気加熱やフレア発生という科学課題を追求します。最先端の観測と数値シミュレーションを組み合わせ、新たなサイエンスを切り拓いていきたいと考えています。

最後になりましたが、この度の宇宙科学奨励賞受賞にあたり、これまで支えてくださった多くの方々に厚く御礼申し上げます。



MMX/MIRS技術会議 ～コロナ禍を乗り越えた日仏共同開発～

「フォボスの含水鉱物を知るには、もっと低い高度でのマッピングが必要なんだ！」

「今の設計ならば、姿勢安定度は十分です！」

そんな熱い議論が、久しぶりに対面で行われました。2022年5月11日～13日の3日間、フランス国立宇宙研究センター(CNES)とパリ天文台宇宙・天体物理観測装置研究室(LESIA)から総勢8名を迎えて、JAXA相模原キャンパスで行われたMIRS技術会議です。

火星の衛星フォボスは、表面の大部分が赤い岩石で覆われていますが、一部には青い色をした岩石が見られます。それらの違いはどうして生じたのか、それぞれの岩石にはどれくらいの含水鉱物や有機物が含まれているのか、そしてそれらは火星とはどのような関係があるのか、といった謎を探ることで火星の衛星フォボスの起源を探るという計画が進められています。その主役となる観測機器が、火星衛星探査計画MMXに搭載される、



MIRS技術会議での記念撮影。相模原キャンパスにて。

赤外線分光計MIRS(ミルス、MMX InfraRed Spectrometer)です。MIRSは、冷凍機と一体型の水銀・カドミウム・テルル(HgCdTe)検出器で、波長0.9

～3.6 μ mの赤外線を分光観測する観測装置です。フォボスやダイモスの表面に存在すると考えられる、含水鉱物や有機物などの吸収線を検出する能力を持っています。現在、JAXAとCNESおよびLESIAが共同で、2024年度のMMX打上げに向けて開発を行っています。

MIRSがMMXに搭載されることが正式に決まったのは、2020年4月です。それは、ちょうどCOVID-19の第一波、日本でもフランスでも未知のウィルス禍に戦々恐々としていた頃なのです。国際共同開発で重要なのは、何といても綿密な議論による意識のすり合わせです。知識も経験も異なるメンバーの間で理解の齟齬が生じないように、年に数回、お互いの国を行き来して、数日間みっちり議論するのが常です。ところがコロナ禍においてはそれも不可能となり、時差のある中で限られた時間帯のリモート会議に置き換わりしました。それでもMIRSの開発を成功させてフォボスの謎を解き明かそうという共通の気持ちに支えられながら、約2年間の共同開発を何とか進めてきました。そして今回ようやく3日間の対面会議が実現し、運用計画、データ処理系とのインターフェース、まもなく始まる一次噛み合わせ試験などの議題を中心に、リモート会議ではどうしても伝え合えなかった課題について、深く熱い議論が実施でき、MIRSの開発成功に確信が持てました。そして6月下旬には今度はフランスでMIRSサイエンス会議が予定されており、世界中のMIRS科学者チームメンバーとの熱い議論が待っています。コロナ禍を乗り越え、我々は火星衛星の謎に迫ることができるでしょう。(岩田 隆浩)

二重小惑星探査計画Heraの基本設計審査を実施

Heraは、直径780mのS型小惑星ディディモスと直径160mの小惑星ディモルフォスの二重小惑星にランデブーするESAの小惑星探査計画であり、戦略的海外共同計画として日本から熱赤外カメラTIRIを提供するとともに、「はやぶさ」「はやぶさ2」で培ってきた小惑星の科学的知見や解析技術を活かして参画します。HeraはNASAの小惑星探査計画DART^{*1}と連携して史上初の国際共同プラネタリ・ディフェンス計画AIDA^{*2}を構成し、地球に接近する小惑星に対し、探査機衝突によって軌道修正させ、地球衝突を回避する技術の実証を主目的とします。一方、二重小惑星を探査する機会は希少であり、惑星形成過程の解明にとって極めて科学的意義の高い計画です。

昨年11月に打ち上げられたDARTは今年9月にディモルフォスに衝突する予定であり、ディディモスを周回するディモルフォスの公転軌道や周期が衝突後に変化します。Heraは2024年に打ち上げられ、2027年に二重小惑星に到着し、その公転周期、軌道傾斜角や自転軸の揺らぎの観測に加え、DARTの衝突孔(人工クレーター)の寸法や形状を測定し、その結果を衝突実験や数値シミュレーションと比較して、探査機衝突による小惑星の軌道修正の効果を調べます。その効果を他の小惑星に応用するためには、小惑星の硬さや空隙率、平均密度など物性情報、化学組成や衝突による熱変成などを調べる必要があります。熱赤外力

メラTIRIは「はやぶさ2」で活躍した同種のカメラTIRよりも高い空間解像度で熱撮像(サーモグラフィ)を実施して物性情報を得るほか、6波長フィルターによる多色撮像によって化学組成や熱変

成状態を調べます。また、可視光では見えない夜側の撮像も可能であり、小惑星の正確な形状モデルの構築にも役立ちます。

Hera日本チームは2022年4月に所内の基本設計審査を実施し、詳細設計フェーズへの移行が承認されました。現在はTIRIのEMの製作と機能試験を実施中で、ESA搬入に向けて環境試験や較正試験を順次実施する予定です。またHera全体の設計会議や観測運用会議、科学会議が2年ぶりに現地開催(フランス・ニース)となり、ますます活発な議論と検討が進みそうです。

(岡田 達明)



2022年5月30日から6月3日にかけて開催されたHera全体会議の集合写真。Heraプロジェクト、観測機器PI、ワーキンググループ主要メンバー等、およびDARTの主要メンバーが参加した。

*1 DART: Double-Asteroid Redirection Test *2 AIDA: Asteroid Impact & Deflection Assessment

NASA Dragonfly ミッションへの地震計搭載 ～氷の世界を目指す地震計～

NASAのニューフロンティア計画として2019年に採択されたタイタン離着陸探査ミッション「Dragonfly」に、宇宙研が開発した地震計を搭載する計画が、宇宙研の部門内プロジェクトとして認められ、本格的に始動しました。

タイタンは土星の最大の衛星で、メタンと窒素からなる厚い大気に包まれています。1980年にボイジャー1号が土星に接近した際に最初のクローズアップ画像が得られました。その後、1997年に打ち上げられた土星探査機「カッシーニ」が2005年に小型着陸機「ホイヘンス」の運用に成功し、はじめて厚い雲の下の世界を明らかにしました。カッシーニ/ホイヘンスの探査によりタイタン表面に堆積した有機物が観測される、そして地表に液体メタンの湖が発見されるなど地球外で生命が育まれうる環境であることが明らかになり、近年アストロバイオロジーにおける重要な探査対象として注目されています。

Dragonflyミッションはこれに続く本格的なタイタンの着陸探査で、ドローン型の着陸機により複数の着陸地点で化学分析、地球物理的観測及び気象観測を行うというユニークなミッションです。我々が搭載を目指す地震計は、タイタンの内部構造の解明に寄与する重要な使命を担っています。地震計は探査機のお腹の部分からウインチ機構を使って地面に設置し地震動を観測します。得られたデータにより地下構造推定を行い、タイタンの進化や成因、生命の起源につながる情報が得られることが期待されます。

タイタン表面は氷点下179度という極低温の世界で、通常だとこのような低温で動作が保証されている機器はほとんど存在しません。我々が開発した地震計は、1980年代から検討を始めた月探査LUNAR-A計画（ペネトレータ計画）において、



Dragonflyミッション想像図(<https://dragonfly.jhuapl.edu/What-Is-Dragonfly/>から引用)。右下は搭載予定と同型の地震計(直径50mm、高さ50mm)、左下は東大地研小野寺圭祐さんのデザインによる我々のチームロゴです。

約20年もの歳月をかけて開発をしたものです。LUNAR-A計画は2007年に中止になってしまいましたが、極低温下でも十分な性能を有する地震計を開発することができました。この実績が評価されDragonflyチームより搭載の打診を受け今回の搭載への道が開かれました。開発当初から関わってきた私にとって40年以上の歳月を経て探査機への搭載実現に向けた一歩は個人的にも感慨深いものを感じます。

私たち機器開発グループの他に科学検討チームも組織され、地震観測などで得られる科学成果を最大限に活用する検討を開始しています。探査機がタイタンに着陸するのは2030年代の半ばと非常に息の長いミッションですが、これまでの技術の継承もふくめ若手の活躍が期待されます。この記事を読まれている学生のみなさん。このミッションに参加しませんか。

(田中 智)

宇宙科学研究所タウンホールミーティング

4月22日に第1回宇宙科学研究所タウンホールミーティングが開催されました。

これまでもタウンホールミーティングは何度も開催されてきたのに「第1回」と銘打っているのは、これまでとは違うタウンホールミーティングなのだ、という強い意志の表れです。

これまででは、議論するテーマの説明とその説明に対する質問に多くの時間が費やされ、討議に割ける時間がほとんどなくなってしまいがちで、「自らが置かれている状況を理解」するタウンホールミーティングになりがちでした。

これからは、討議のテーマをタウンホールミーティング開催より十分前に提示し、事前に質問と回答をオンライン上でやり取りしておくことで当日は討議に集中し、宇宙科学研究所に所属するメンバー全員が、これからの宇宙科学の将来に、そして宇宙科学研究所が果たすべき役割に真摯に向き合って、全体を俯瞰する中で「自ら果たすべき役割を主張」する機会としようとしています。さらに、自分たちの将来に、これらの議論がどのように反

映されたのか、を示すことも重要と考えています。

第1回のタウンホールミーティングは「2022年度 宇宙科学研究所 所信表明」をテーマとして開催されました。当日およそ230名の参加を得て、活発な議論が行われました。今回の会合を開催するにあたっては議論が盛り上がらないことを案じて、それなりの「仕切り」を準備したのですが、それが邪魔に見えるほど多くの意見、コメントが交換されたことは嬉しい誤算でした。議論の内容は宇宙科学研究所の事業計画にも反映されました。

6月10日には第2回タウンホールミーティングが「宇宙科学衛星・探査機の開発・調達方式(インテグレーション方式等)のあり方」をテーマに開催されます。またより広いコミュニティの皆さんとの議論もそれぞれの分野の集会や学会等の機会を利用して行い、ともに宇宙科学の将来を描こうとしています。第66回宇宙科学技術連合講演会でもタウンホールミーティングを開催しますので、多くの皆さんのご参加を期待します。

(吉田 哲也)

銀河を 吹き渡る 風をみる

連載

第2回

日々の活動 — S&MA業務報告 —

S&MAはSafety and Mission Assuranceの略。ミッションの安全性や信頼性、品質管理を検証し、きちんと行われているか評価したりする業務のことです。観測衛星などは「信頼性が高く、品質がよく、安全で、できるだけ長く運用する」ことが求められますから、これを担保するのがS&MAの役割ということになります。XRISMにおいては、これまでの宇宙科学の衛星と違い、S&MA専任の担当を置いています。そして、プロジェクトの実業務に係る要領を整備し、品質の記録を徹底しています。このようにして、JAXAや大学が開発したフライト品の品質を確保するように努めています。

現在、衛星にはミッション機器が搭載され、システム総合試験の準備が進められています。これからS&MAの成果が現れることを期待して、日々、活動中です。

それでは、業務報告的に、S&MAの活動を紹介してみたいと思います。

① S&MA信頼性品質会議等への出席

ISAS S&MA部門が主催する信頼性品質会議では、不具合情報や、信頼性技術情報／プリアラートなどが共有されます。これらに対し、XRISMとしての対応要否／影響有無を検討し、その結果をS&MA部門に報告しています。また、必要に応じ契約の相手方へ品質情報として共有し、対応要否／影響有無についての調査を依頼します。

② 契約の相手方の審査会への出席

契約相手方の審査会に出席し、その審査対象品がXRISMのフライト品質要求、信頼性要求に適合していることを確認します。

③ XRISM使用部品等の管理

XRISMフライト品に適用される電気・電子・電気機構 (EEE) 部品が、人工衛星用として適切な品質を有しているかの確認と共に、契約の相手方におけるXRISM適用部品リスト (APL) が適切に維持管理されていることを審査会等にて確認します。

④ 不具合管理 (不具合打合せ、再審委員会 (MRB) 開催及び出席)

フライト品で発生した不具合について、不具合打合せ／MRBに出席し、発生事象、不具合原因、現品処置及び再発防止策について確認します。契約の相手方において発生した不具合については不具合区分 (初審／再審) の妥当性と契約の相手方が設定した品質



S&MAの必需品。



2022年5月のXRISM衛星の状況。統合試験に向けて、ミッション機器も衛星に組み込まれた。

プログラム計画書に則り実施、管理していることを現品／文書・品質記録にて確認します。

一方、JAXA所掌の構成品 (XRISMの場合はCCD等) については、XRISMプロジェクト内で整備した不具合処理要領に従い管理をします。

XRISMプロジェクトで発生した不具合のうち他プロジェクトへ水平展開が必要と判断された事項については、S&MA部門を通して情報共有を図ります。

⑤ XRISM固有の品質管理

- ASTRO-Hで発生した不具合 (製造・試験フェーズ) のメーカー対応状況の確認
- JAXA所掌のフライト部品 (ナイフエッジデバイス等) の製造に係る品質管理方針策定
- 図面確認、品質記録等の確認も含む、フライト機器のMIP (Mandatory Inspection Point: 必須の品質検査) の実施
- 海外機関所掌のフライト機器のJAXA受入検査用チェックシートの整備
- JAXA支給品／貸与品の文書パッケージの準備とシステムへの引渡し

このようにS&MA担当は不具合の管理もし、その不具合とトラブルシューティングについて、他のプロジェクトに情報共有もします。こうして、他のプロジェクトで同じ不具合が再び起こることを未然に防ぎ、他のプロジェクトの不具合や海外衛星の情報を把握して、XRISMに活かします。

淡々と書きましたが、不具合対応はいくら経験を積んでも難しいものです。開発中は、起こしたくて起こすわけではない事象が起こりますし、それがいつ起こるかもわかりません。ですが、難しいことに取り組むときは、「明るく悩む」という姿勢で臨んでいます。これは、別の衛星プロジェクトに携わっていたときに上司が言っていた言葉で、私のモットーでもあります。

そしてこれまでで、最も想定外だったのはCOVID-19の影響です。ちょうど、2020年4月から国内外の出張が極めて困難になった時期が、XRISMのフライト機器製造・試験そして出荷フェーズに重なってしまいました。海外協力機関／メーカーが担当する機器の出荷前検査を、現地で行うことができなかったのです。

出荷前検査には、機器の機能・性能の他に外観的な検査も含まれます。海外では、外観検査での確認方法や検査基準が日本と異なる部分があり、日本到着後に検査した場合、疑義に対するやり取り等に手間がかかる場合もあります。

こういった手間を避け、品質の確保もするために、予めJAXA側として確認したい事項をチェックリスト化して海外協力機関に伝え、海外協力機関／メーカーの協力を得ながら日本に出荷前に確認し、日本到着後にスムーズに衛星搭載ができるよう工夫して乗り越えました。XRISM S&MA担当 荒井 美孝 (あらい よしたか)

匠の集団

— 科学衛星・探査機のことなら
おまかせください —

第 5 回

宇宙科学実験入門：
観測ロケット実験グループ

ロケット実験による宇宙空間のその場観測や技術実証の機会
は、宇宙科学研究の基盤です。宇宙科学研究所は、宇宙科学
に関する学術研究活動を推進するため、基盤活動の1つとして
観測ロケットを使った宇宙実験を実行しています。観測ロケット
実験は、宇宙理工学委員会所掌の観測ロケット専門委員会が主
体となり公募という形で実験機会が提供されています。同専門
委員会は、募った提案実験について学術的意義等の審査を行
います。そして、採択された実験提案は、観測ロケットグループ
が事業計画を整備します。同グループは、各計画をいわゆるプ
ロジェクト相当の活動として運営し、提案者と共に打上げに至
るまでに機器開発の支援を行っています。

提案が採択されると、研究者は本格的なロケットを使った宇
宙実証実験に挑戦する機会を得たことになりますが、未経験
あるいは経験が浅いことも多いです。そのため、自ら開発を手
掛ける搭載機器がロケットへの実装に適切なものとして設計で
きるか不安だと思います。また、プロジェクト活動についても同
様でしょう。このような初心者ユーザ向けに観測ロケットハンド
ブックを整備しており、機器開発に向けての助言を行っています。
このハンドブックは近々に一般向けに公開する計画としており、
潜在的なユーザに向けて情報を提供し、新しいロケット実
験の計画検討に役立てていただくことを狙っています。

観測ロケット実験は、実験採択から打上げまで概ね2年～2
年半の時間を要します。その間、提案者は実験計画や安全計



写真1：2022年度計画のS-520-32号機ミッション関係者（挑戦者？）。

画を立案整備し、機器開
発を進めることになりま
す。計画当初は実験の安
全に関する議論から始め
ることになります。搭載機
器にはどのような部品や化
学材料を取り扱う予定であ
るか一覧をまとめます。そ
の中でハザード要因となり
得るものを抽出し、ハザ
ードコントロールの方針を決
めます。いわゆる安全審査
Phase 0/1に相当する活動
です。観測ロケットグルー
プでは、安全審査に必要な
文書作成支援も行っており、
ユーザにとってはハードル



写真2：FM単体をロケットに実装する工程。

が高いロケット実験の安全に関する助言も行います。搭載機器
は安全要求を満たしたものである必要がありますが、初心者にと
ってはこの要求を理解し、設計に反映することが難しいと思
います。そのため、宇宙科学プロジェクトと同様に安全審査を
Phase毎に区切って段階的に進める方法を採用しています。

次の段階では、実験の安全指針に沿って実験計画を見直し、
ミッション要求書の案をまとめます。この時点でロケット実験の
概要が明らかになってきます。ミッション要求書は、観測ロケッ
ト実験で行うサイエンスの目的に準じた搭載機器への設計要求
がまとめられ、機体システムおよび各機器は、この文書を拠り
所に基本設計を進めます。そして安全審査Phase 2では、基本
設計が観測ロケット実験の安全要求を満たしていることを確認
します。このような段階的な確認工程は、作業の出戻りを無く
し、それぞれの計画をスケジュール通りに進めるために必要と
考えています。装置の種類にもよりますが、設計を固めてからフ
ライト品が出来上がるまで半年～1年程度を要します。搭載機
器の単体が完成したら、ロケット頭胴部として組み上げて総合
機能検証試験（噛み合わせ試験）を行い、ロケットシステムとし
ての機能を確認します。

以上の工程を簡単にまとめますと、実験採択 — 実験計
画案策定 — 安全審査Phase 0/1 — 基本設計 — 安全審査
Phase 2 — 詳細設計確認 — 安全審査Phase 3（フライト品の
設計結果確認、飛翔前試験・打上げ運用方法の確認） — 噛
み合わせ試験 — 打上げ、という流れになります。

以上のように、観測ロケット実験の実態が、宇宙科学ミッシ
ョンとして採択されたプロジェクトの小規模サイズとなっていると
気が付いた方もおられるでしょう。我々観測ロケット実験グルー
プは、計画立案から実行までの一連の活動が比較的短期間で
一巡できることを活かし、プロジェクト運営や本格的な宇宙機
の実装設計を学ぶことに適した環境を構築してきました。その
結果、昨今は実践的な宇宙人材育成の場としての活用も盛んにな
ってきました（写真1,2）。若手のJAXA職員だけでなく、ISAS
に所属する大学院生のインターンシップにも活用されており、宇
宙科学分野の研究者、技術者の修行の場となっています。

観測ロケットユーザハンドブックが公開されましたら、ぜひ皆
さんもロケット実験の計画を検討してみてください。

観測ロケット実験グループ長 羽生 宏人（はぶ ひろと）

》宇宙の仕事、その魅力

「宇宙研はどうあるべきか」を考えて

——現在どのような仕事をされているのですか？

宇宙研で、企業という経営企画部に当たる仕事をしています。まず宇宙研の執行部が、宇宙研としてどういう活動を行っていくかというビジョンや組織目標を決めます。私たちは、それを実現するための具体的な戦略や計画をJAXA内外の関係者と検討して立案し、予算案を国などと調整します。そして、頂いた資金を有効に活用できるように管理し、各計画の進捗をチェックして、問題があれば解決したり執行部に計画の修正を提案したりします。

——そうした仕事を行う上で、特に意識していることはありますか？ また、重要なことは？

世界の中で、JAXAの中で、宇宙研はどうあるべきかを、常に考えています。Something Newを絶えず追求し、今まで分からなかったことを分かるように、今までできなかったことをできるようにすること。それが宇宙研の役割だと、私は思うのです。そうした宇宙研の役割を計画に反映させインパクトのあるミッションを実現することで、日本そして世界を元気にすることができたらいいなと思っています。

重要なのは、ビジョンの実現に最適な戦略を立てること、具体的な段取り、そして実際の渉外です。渉外については、宇宙研内、JAXA内、省庁、自治体、企業、大学など、相手も内容もさまざまなので、コミュニケーション力が求められます。

——コミュニケーションは得意ですか？

実は、得意な方ではありません。ただ、短い期間ですが新聞記者をしていたことがあり、その経験が自分のキャラクターに影響を与えたのでしょう。初対面の人たちの中に飛び込んでいくことも苦ではなくなりました。JAXAではこれまでいくつも部署を替わりましたが、外部とのやりとりが必要な仕事を多くしてきました。また、宇宙ベンチャー企業に外向して営業的なこともやっていました。そうした経験も、さまざまな渉外の場で生きています。

「宇宙っていいな」を思い出して

——なぜJAXAに？

高校時代は新聞部、大学時代は弁論部で、マスコミで働きたいと思っていました。実際に新聞記者として働くことができて大変充実した日々でしたが退職し、人生2度目の就職活動が終わりかけたころ、JAXAの職員募集の案内がふと目に入りました。そ

科学推進部 計画マネージャー

加持 勇介 (かもち ゆうすけ)

1979年、埼玉県生まれ。東京大学法学部卒業。2005年JAXA入職。総務部、宇宙利用ミッション本部、産業連携センター、月・惑星探査プログラムグループ、経済産業省(出向)、宇宙研科学推進部、民間企業出向などを経て、2021年より現職。



の案内を見たとき、そういえば子どものころ宇宙が好きだったな、と思い出したのです。

——宇宙が好きになったきっかけは？

絵本以外で自分の意志で初めて読んだ本が、宇宙の本でした。小学校1年生か2年生だったと思います。アマチュア天文家の関つとむさんが書いた『星空の狩人』です。確か、新しい彗星を発見するまでのことが書かれていました。とても面白くてワクワクして何回も読み、宇宙っていいな、好奇心を追求するっていいな、と思うようになりました。

好奇心を追求したいという思いはずっと持っていて、マスコミを志望したのも、根底にその思いがあったからです。宇宙が好きだったことは、すっかり忘れていました。それがJAXAの職員募集を見たときに蘇ってきたのです。そのときはJAXAを「ジャクサ」と読むことすら知らなかったのですが、勢いで応募し、面接では宇宙を好きになった本の話もして、今に至ります。

——JAXAの仕事の魅力は？

JAXAで行われている計画は大きなものばかりで、成果が出るまで5年、10年とかかります。そういう計画を扱い、その実現に貢献できるというのは、大きな魅力で、やりがいがあります。特に宇宙研で行われているのは、宇宙のはじまりを探ったり、惑星を探査したり、小惑星からサンプルを持ち帰ったり、まさに好奇心の追求です。人類全体の進化に微力でも貢献できる。悪くない日々です。

JAXAでは、有人宇宙活動から政府の安全保障分野への協力、産業振興まで、宇宙開発利用を切り口に多様な活動を行っていますし、航空分野の研究開発も担っています。そうした幅広さもJAXAの仕事、宇宙の仕事の魅力です。

共存、スピード、逃げない

——仕事をする上でのモットーはありますか？

周りと共にWin-Winの関係をつくることを、いつも意識しています。2つ目はスピード。JAXAでは、それほどスピードが強く問われないと感じます。しかし、スピードを持って取り組むことは、外部の人と仕事をする上では重要だと考えています。もう1つは、課題から逃げず、自ら仕事を創り出すことです。

——今後やりたいことは？

皆さんに、面白い、ワクワクする、好奇心が刺激される、そう感じてもらえるようなインパクトのあるミッションの実現に貢献したいと思っています。

編集後記

先月号に続き、表紙は太陽の画像です。身近な太陽ですが、長期にわたる年単位の変化も面白いし、フレア・黒点にクローズアップするのも楽しいものだと改めて感じました。仕組み全てを理解する日は遠いかもしれませんが、計算機の発展もあり着実に理解が進んでいますね。(三谷 烈史)



ISASニュース No.495 2022年6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/>