

News

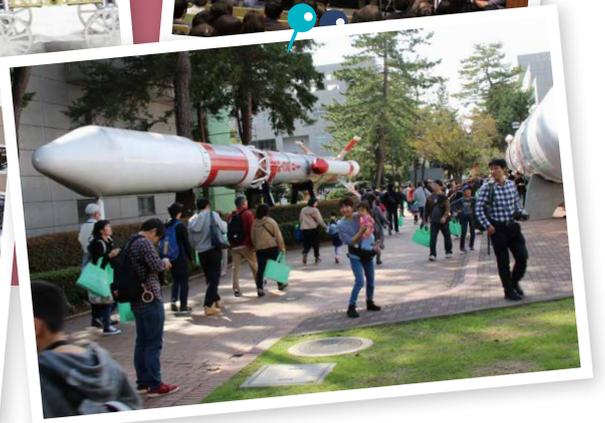
2019

11

No.464

JAXA相模原キャンパス 特別公開開催!!

11月2日に開催された特別公開の様子。
左 上：宇宙探査実験棟内のフィールド内部を初めて公開！
右 上：皆さんからの質問に研究者が直接答えました。
左右下：屋外も屋内もたくさんの見学者で賑わいました。(6P参照)



The Forefront of Space Science

宇宙
科学
最前線

小型JASMINEで迫る銀河系考古学

University College London, Mullard Space Science Laboratory 教授 河田 大介 (かわた だいすけ)

はじめに

今年5月に、小型JASMINE(図1)が、JAXA宇宙科学研究所により公募型小型3号機として選定されました。小型JASMINEは比較的小さい衛星ですが、我々の母なる銀河である天の川銀河(銀河系)の初期の星形成から生命を育む惑星形成に至る銀河形成史の理解を、星の精密な運動と光度の時間変動を観測することで達成する、意欲的なプロジェクトです。国立天文台の郷田直輝教授が約20年前に掲げたプロジェクト案が、関係者の長年の努力によりついに実ったと言え、2020年代半ばの打上げ

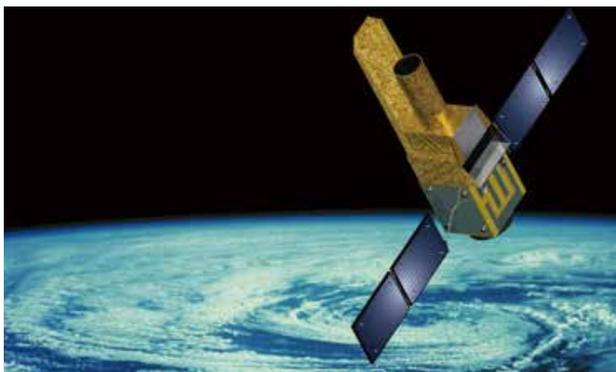


図1 小型 JASMINE 衛星

を目指しています。私は、この衛星プロジェクトに昨年からはプロジェクトサイエンティストとして正式に参加した新参者です。しかし、私は我々人類を育んだ銀河系が、宇宙の歴史の中でどのようにできたのかを研究しているので、後で述べるように、未知の領域である銀河系の核を詳細に観測する小型JASMINEで、銀河系の歴史の核に迫ることに意欲を燃やしています。小型JASMINEは、銀河系の形成進化の探求と生命の存在が可能な惑星探査という2本の科学的柱をもっていますが、この記事では、私の専門分野に偏って、銀河系形成の研究に焦点をあてて、まず小型JASMINE時代に向けた現在の銀河系研究の最前線に触れて、その後小型JASMINEが切り開くサイエンス、そしてその先の未来に向けた活動について紹介させていただきます。

銀河系考古学

ビッグバン以降の宇宙の進化の約138億年の歴史の中で、我々人類がなぜ、この銀河系に宿り、宇宙に存在しているのか？という疑問は、我々の存在自体を問う究極の問題です。そのためには、約46億年前に生まれた太陽という1つの星の地球という惑星で人類誕生のきっかけを作った、銀河系という銀河の構造の形成と進化の歴史を解明することが不可欠で、天文学における長年の命題の1つと言えます。

銀河系は、太陽のような自ら輝いている恒星を約2,000億

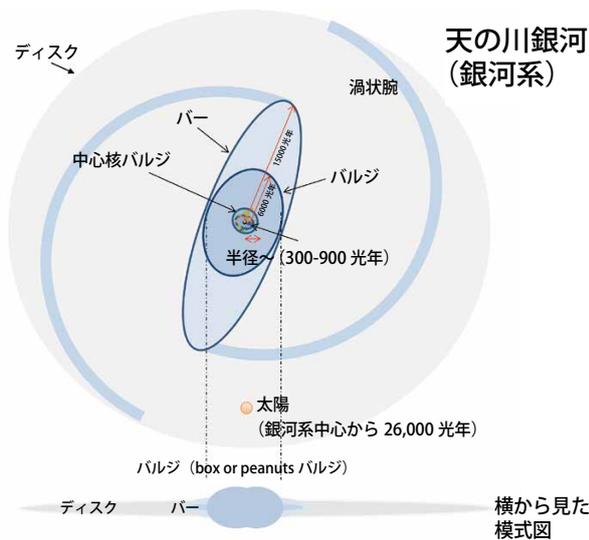


図2 天の川銀河（銀河系）の模式図
 天の川銀河（銀河系）の模式図。ハロー構造は描かれていないが、図中でバルジを含むディスク面を含むように周りを大きく取り囲んだ構造である。



上から見た模式図

個含む天体構造で、直径が約10万光年ほどの円盤状の構造を持つ円盤銀河です。銀河系の構造は大きく分けて、太陽系が含まれる円盤部（ディスク）、中央の膨らみがある部分のバルジ、そして円盤とバルジの周りを取り囲むハローという大きな構造から成り立っています。また、渦状腕と呼ばれる渦巻き模様があり、さらに円盤の内側には、差し渡し約3万光年にも及ぶ棒状構造（バー）が存在していることが明らかになってきました（図2参照）。

遠方の銀河では、その距離が遠いために、これらの構造を構成する個々の星の運動や性質を詳細に観測することは不可能です。しかし、我々が住む銀河系では、様々な年齢をもつ個々の星の運動や元素組成などの性質を詳細に調べることができます。銀河系形成と進化の歴史における異なる時代に生まれた星は、化石のように、我々がその歴史を調べるための手がかりになります。したがって、年齢や元素組成の異なる星が、銀河系のそれぞれの構造に関係してどのように分布し運動しているのかを詳しく調べることで、銀河系の形成史を明らかにする研究は、銀河系考古学と呼ばれています。

Gaia衛星による銀河系考古学の黄金時代の到来

欧州宇宙機関（ESA）が、2013年12月にGaia衛星を打ち上げ、運用に成功したことにより、銀河系考古学の黄金時代が到来しました。Gaiaは、位置天文衛星と呼ばれ、10億個以上の銀河系の星の位置と運動を正確に測る衛星です。Gaiaの天球面上の天体の位置を測る精度は約10マイクロ秒角で、地球から月面上の百円玉が識別できる精度です。Gaiaは、この高い精度で天体の位置を地球が太陽を公転する間に何度も測り、地球と太陽までの距離がわかっていることを利用して、三角測量で距離を測定します。また、Gaiaは10年間（予定）全天の星を見つめ続けるので、10億個の星が年ごとに、どのように動

いているのかという星の固有運動も正確に測れます。さらにGaiaは、分光器も積んでいて、星の分光観測から星の視線速度も測っています。昨年2018年4月、Gaiaは、初期データですが、初めて十数億個の星の観測データを公開して、銀河系天文学に限らず、太陽系の小惑星から、系外惑星、宇宙論まで幅広い分野の研究に革命を起こしています。実際に、まだデータ公開から一年程度しか経っていませんが、すでに2,000近い研究論文で、Gaiaのデータが使われています。

私も、Gaiaの開発に深く関わっている英国の宇宙研究所に所属し、実際 Gaiaデータを使ったサイエンスをするための職として雇われた経緯もあるので、初期データからサイエンスの結果を出すべく準備していました。Gaiaのデータは世界同時公開で、Gaiaチームメンバーでさえもデータ公開まではサイエンスができないという厳密なルールがあります。したがって、データ公開と同時に世界的な競争も始まるので、データ公開前は、自分がやりたいことを誰かに先を越されないか、眠れない日々が続きました。そして、データ公開前から、何本かの論文を共同研究者と共に、解析コードと論文の草稿を準備して、結果と議論を足す状態で臨みました。そのおかげで、そのうちの1つの論文は、データ公開の次の日に投稿することができました。公開されたデータは衝撃的で、星の回転速度を銀河の中心からの距離ごとに見るといっても単純な解析でしたが、そこに波のような速度構造が新しく発見されて（図3）、それを論文にすることができました。その後も、共同研究者とその速度構造の起源を数値シミュレーションとの比較などによって調べて、その一部は、バーや渦巻き構造によるものではないかという見解に至っています。さらにGaiaの大きな成果としては、約100億年前に、そのころの銀河系の1/10以上のかかなり大きな銀河が銀河系に合体したという痕跡がハロー星の運動や性質を見ることで見つかったことです。これは、銀河系の100億年前の成長の歴史を明らかにする結果で、今も研究が進んでいます。

小型JASMINE が切り開く銀河系中心核の研究

Gaiaは、銀河系天文学に大きな革新をもたらして、位置天文衛星が与えるインパクトの大きさを世界の研究者に認識させました。Gaiaは、我々から約2万6千光年離れた銀河系の中心までに対応する距離でも、約10%の精度で距離を測定できます。しかし、我々は銀河系円盤の端に位置していて、我々と銀河系中心の間には、分厚いガスや宇宙塵（ダスト）があります。Gaiaが観測している可視光の波長（0.33–1.05μm）では、星からの光はダストにより強い吸収をうけるため、銀河系中心の星はGaiaではほとんど見えません。したがって、銀河系構造の核となる銀河系中心領域、中心核バルジで何が起きているかを知ることはできません。ここで、中心核バルジは、バルジの中心部に位置し、銀河中心を取り巻く、中心からの半径が約300～900光年程度の領域内に対応します（図2参照）。中心核バルジは、星、ガス、ダークマターという銀河系を構成する物質要素が最も集まる場所で、銀河系形成初期から、現在に至るまでの歴史が集約された場所です。また、中心核バルジ領域は、バルジ本体やバー構造と銀河系中心にある巨大ブラックホールとの物理的関係を繋ぐ重要な領域で、銀河系の歴史を探る上での核とも言えます。そこで、小型JASMINEは、塵やガスに対して透過性がよい赤外線

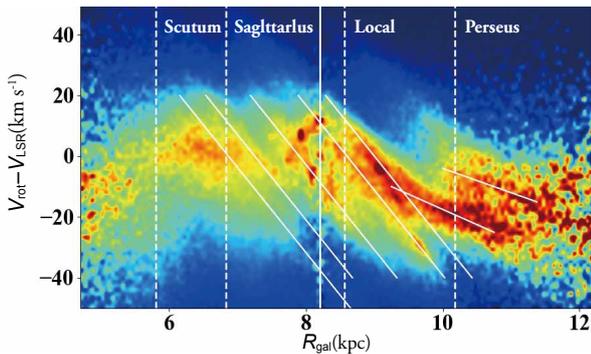


図3 Gaiaで観測された銀河系回転速度の複雑な構造。横軸は銀河中心からの距離(半径)。縦軸は銀河系内の太陽が存在する半径(8.2kpcの白い縦の実線)で期待される回転速度を基準にした星の回転速度。対応する星の密度が濃い領域ほど赤く示している。白い斜線で強調したように、波のような速度構造が初めて発見された。縦の点線で名前付きでそれぞれの位置が示されている銀河系の渦巻き構造や銀河バーの回転速度との関連が、現在も議論されている。銀河中心方向とその反対方向の銀河面に近い限られた星のデータのみを利用しているが、約100万個の星がこの図に使われている(Kawata et al. 2018, MNRAS, 479, L108の図を再編集したもの)。

波長(1.1–1.7 μm)を用いて、さらに地球の大気の影響を受けない宇宙望遠鏡により安定した星像を達成することにより、世界で初めて宇宙から、中心核バルジのGaiaと同程度の25マイクロ秒角という高精度な位置天文観測を行い、未解明である銀河系中心領域の星の分布と運動の情報を解明することを目指しています。

小型JASMINEの中心核バルジに関する重要な目標の1つは、中心核円盤の形成時期や形状、回転速度等の物理的特徴を解明することです。これは、中心核円盤の形成時期を解明すれば、外側の大きなバーやバルジ全体の形成時期に大きな制限を与えることができます。特に、中心核円盤はバーの形成と同時に出来ることが知られています。したがって、中心核円盤の形成時期が特定できれば、バーの形成時期も特定できます。形成時期を特定するためには、中心核領域で円盤状に回転している星を小型JASMINEによる正確な距離と運動の測定により選び出し、その年齢分布を測定します。星の年齢は星の進化のモデルと比較することで推定できますが、特に注目しているのはミラ型変光星です。ミラ型変光星はとても明るい上に、変光の周期と年齢に関係があることが知られているので、それを利用して年齢を推定します。バーの形成は銀河系円盤内の星の運動にも影響を与える大イベントです。例えば、バーの形成期が太陽の誕生より最近であったら、太陽の過去の運動にも影響があったはずで、バーの形成期は太陽の銀河系内での過去の軌道を解明するためにも重要です。

さらに、中心核円盤の構造や重力場の特徴は、中心核バルジ周辺の分子雲帯から銀河系中心へのガスの輸送機構に密着しており、落ち込んできたガスを取り込むことによる巨大ブラックホールの成長や活動性との関連の解明につながる可能性があります。さらに、中心核円盤を取り巻く恒星の力学構造の観測により、過去に複数の巨大ブラックホールが銀河系中心付近に落ち込んで来たことを示唆できる可能性もあります。また、星々の空間分布や速度分布は、全ての星やガス、ダークマターによって生じる重力場によって決まります。したがって、空間分布や速度分布の観測情報により、背後にある重力場を推定できるとともに、未知であり、見えない物質であるダークマターの分布も推定できます。銀河系中心領域は、

ダークマターが最も集中する場所であり、その分布は、ダークマターの性質に重要な制限を与えることが期待されます。

小型JASMINEのデータは、恒星の位置と運動という他の観測では得られない基本情報を提供できます。したがって、上記の主目標以外にも多種多様な科学的成果が期待できます。例えば、小型JASMINEが測定する天球面上での星の動きにある種の特異な振る舞いが検出できると、未知の“見えない”ブラックホールや系外惑星の発見にも繋がります。また、星の運動情報をもとにした、隠された星団の探査による星形成の解明、星団の運動をもとに軌道を過去にさかのぼることによる星団の誕生場所の同定なども可能となります。

小型JASMINEのさらに先へ

小型JASMINEは、2020年代に、銀河の核となる中心核バルジに焦点を当てたミッションですが、欧州では、2040年代に小型JASMINEと同じ近赤外線での位置天文観測を全天で行う、大型衛星のGaiaNIR計画が提案されています。GaiaNIRは、銀河系中心だけでなくGaiaではダスト吸収で見えなかった、銀河円盤やバルジ領域の多くの星の詳細な分布や運動を測ることができるようになります。これによりGaiaの約5倍の、約80億個もの星の位置と運動が測定できます。このような情報により、銀河系の棒状構造や渦巻き構造の起源、それによって引き起こされる、我々の太陽系も経験したと思われる星の、銀河系半径方向の移動のメカニズムが解明されると期待されています。さらに、2030年代には、生命存在可能な系外惑星の発見が飛躍的に増えると思われませんが、そのような惑星系を持つ恒星の銀河系内の過去の軌道も調べることができるようになります。生命にとって危険な超新星爆発が頻繁に起こっている星形成領域を通った可能性があるなどを調べることによって、銀河系の中での生命存在可能な領域や軌道といった新しい科学も生まれると期待しています。

さらに、GaiaNIRは、Gaiaや小型JASMINEの約20年後の打上げとなるので、その時間差のおかげで、天球上での星の運動、固有速度の観測精度が14倍程度向上します。これにより局所銀河群内のアンドロメダ銀河やさんかく座銀河、その他の矮小銀河のそれぞれの運動やそれらの銀河内の星の運動が明らかになります。また、太陽系内の小惑星帯にある小惑星の加速度を測定することもでき、小惑星の軌道がどのようにずれて、地球近傍小惑星になっていくのかを調べることができます。したがって、小惑星の衝突から地球を守るスペースガードにも大きな貢献が期待されています。さらに、数十年にわたる星の詳細な運動は、低周波数の重力波にも影響されます。したがって、星の運動により重力波を検出することも期待されています。

このように、位置天文観測衛星は、多くの分野の天文学にとって貴重な距離と固有運動という情報を提供します。Gaiaによって、その重要性が広く認識された今、小型JASMINEを通して、国内の多くの研究者が、日本発の位置天文衛星プロジェクトを主導して多くの成果を出し、その後、GaiaNIRに日本からも協力することで、さらなるエキサイティングなサイエンスを創出できればと願っています。私個人も、欧州で働く日本人としてその発展に貢献できるよう努力していきたいと思っています。

「はやぶさ2」:リュウグウ出発の前に、最後の確認

昨年(2018年)6月27日に小惑星リュウグウに到着してから1年4ヶ月が過ぎ、出発の日が近づいてきました。リュウグウから出発する前に、何も思い残すことがないか、確認しておきましょう。

まず、行うべき運用ですが、これは全て行いました。リモートセンシング機器による観測、MINERVA-II1(ローバAとローバB)およびMASCOTによる探査、1回目のタッチダウン、衝突装置(SCI)による人工クレーターの生成、そして2回目のタッチダウン。全て成功しています。MINERVA-II2(ローバ2)については、当初の計画を変更して、そのために、2つのターゲットマーカもリュウグウの周りを周回させるという当初は計画していなかった運用も行っています。

リュウグウへの降下運用は、BOX-C運用として7回、中高度運用として1回、重力計測が1回、ローバ・ランダ分離運用関連が4回、1回目のタッチダウンに関連した運用が4回、人工クレーター運用関係が4回、そして、2回目のタッチダウンに関連した運用が4回の合計25回行いました。さらにホームポジションから南北・東西方向に移動するBOX-B運用を7回、リュウグウから意図的に遠ざける合運用を1回行っています。

タッチダウンは、設計上は3回行うことができますが、2回までで留めました。もともと、最大で3回行うという考え方でしたので、2回で目的は達したため3回目は行わないことにした

わけです。タッチダウンは、最初は「はやぶさ」と同様のやり方(ターゲットマーカを分離し、そのまま探査機も着地する方法)で行う予定でしたが、リュウグウ表面に広い平らな場所がなかったため、最初からピンポイントタッチダウンを行いました。ピンポイントタッチダウンは、先にターゲットマーカを表面に着地させておいて、その後、探査機が着地する方法です。ピンポイントタッチダウンでは複数のターゲットマーカを用いる可能性がありましたが、それぞれのタッチダウンで1個ずつしか使わなかったため、3個のターゲットマーカが余ることになりました。この余ったターゲットマーカが、リュウグウ周回実験に使われたのです。

サイエンスの成果も着々とあがっており、サイエンス誌に3本の論文が掲載されたほか、各種の論文誌に論文が掲載されています。今後も、サイエンスの論文は継続して出版されることになりすし、工学の論文もまとめられることになります。

以上、リュウグウでやるべきことは全てやりました。残された任務は、カプセルを地球に戻すことと、カプセルの中に入っているはずのリュウグウのサンプルを分析することです。まずは、カプセルの地球帰還です。リュウグウ出発は11月13日。リュウグウがもう見られないかと思うと、かなり名残惜しいのですが、いよいよ帰途につくことになります。

(吉川 真)

BepiColombo流、温故知新 — 打上げ1周年を迎えてのサイエンス会議開催 —

BepiColombo打上げ成功から1年が経とうとする2019年10月14～18日に、オランダ・欧州宇宙機関(ESA/ESTEC)にて第19回BepiColomboサイエンスチーム会議(SWT)を開催しました。この移動日にあたる時期に台風21号が日本列島を直撃し、大きな被害をもたらしました。この台風だけでなく複数の台風で被害を受けた方々へ、この場を借りて心よりお見舞い申し上げます。筆者は移動便を早めに変更して会議初日までにたどり着けましたが、多くの日本人参加者は遅れての到着や参加キャンセルを余儀なくされました。

今回は打上げ1周年のお祝いも兼ねたため、参加者は総勢150名以上と過去最大規模となりました。若手研究者を中心とした活発な議論からスタートし、水星の各研究分野に分かれての小会合、プロジェクト進捗報告、最新の水星研究講演、「みお」・MPOそれぞれのメンバーとの議論という構成でした。運用が順調に進んでおり、一部の観測装置はすでにクルーズ中の



オランダ・欧州宇宙機関(ESA/ESTEC)で開催された第19回BepiColomboサイエンスチーム会議の集合写真。

観測を開始したことが報告されました。またESAの太陽観測衛星Solar Orbiterとの共同セッションを初めて開催し、クルーズ中の内部太陽圏探査に関して協力関係を築けたことは新たな収穫でした。

これらのセッションに加え、今回は特別に「ヒストリーセッション」を開催しました。日本からは向井利典名誉教授にご参加いただき、1997年の水星探査WG発足から日欧共同計画に至るまでの紆余曲折を語っていただきました。欧州側からはYves Langevin氏による1983年の水星探査計画提案当初からの経緯について講演があり、特に“Good ideas never die (even if may take a while…)”「よいアイデアは決して死せず(時間はかかるかもしれないけどね…)」という言葉が胸に刺さっています。そのあとはESTECのレストランで1周年お祝いパーティー。特に英仏の研究者らとはラグビーW杯の話題で盛り上がりつつ、長い歴史を乗り越えてついに宇宙へ旅立ったBepiColomboをお祝いました。

5日間に及ぶ長丁場の会議を終えた後はESA側プロジェクトサイエンティストであるJohannes Benkhoff氏の自宅へお呼ばれして打上げディナー。会議の反省から筆者がISASで披露するダンスの話まで率直な会話を交わし、まさに国際協力の神髄を感じつつ帰国の途に就きました。

(村上 豪)

X線分光撮像衛星(XRISM)「第二回サイエンスチーム会議」報告

2019年10月8日から3日間、愛媛大学構内に場所をお借りして、X線分光撮像衛星(XRISM)の第二回サイエンスチーム会議を開きました。XRISMチームとしては、昨年春からの通算で4回目の国際チーム会議となります。中でも、2回目と今回は、実際に初期較正検証運用期間に試験観測(Performance Verification)を行うサイエンスチームメンバーが一同に会する、科学運用に焦点を絞った会議です。今回も、日米欧からおおよそ100名の研究者が集まりました。

これまでのX線天文衛星と同じようにXRISMも、世界の研究者



2019年10月に愛媛大学でひらかれたXRISM Science Team Meeting 2の参加者。日米欧のサイエンスチームメンバーが一同に会した。

(ゲストオブザーバ)の提案から採択された観測を行う「天文台」として計画されています。この通常観測に先立って、打上げ後には、衛星バスの立上げ、観測機器の立上げ、性能確認と較正を行った上で、試験観測を行います。試験観測の成果はこの衛星の実力を広く一般の研究者に示す重要な機会です。サイエンスチームは、公募観測募集の計画をたてるとともに、試験観測を計画、実施し、得られた観測データを解析し、いち早く論文として発表する責任を担います。「打上げまで2年以上あるのに気の早い」と思われるかもしれません。しかし、XRISMの特徴と可能性を過不足なく示し、将来の一般観測者により豊かなサイエンス成果を挙げていただくため、いまから議論をはじめます。

これまでチーム会議は、奈良女子大、金沢大、JAXA相模原キャンパス、愛媛大と4回それぞれ国内の異なる場所で開かれてきました。これは海外のチームメンバーに、この衛星計画をささえる各地の大学のメンバーを、その背景ごと紹介したいという思いからです。特に外国からのメンバーには、来日後の国内移動の負担もおかけしているのですが、それでも大変に好評をいただいています。毎週のネット会議だけでなく、顔を合わせて、それぞれのホームグラウンドを訪問しての議論はまた格別です。今回の愛媛大学だけでなく、ホストして下さった各地の大学メンバーの「おもてなし」に深く感謝いたします。次回は来年5月、立場を入れ替えて、米国ミシガン大学で開くことになっています。試験観測対象を決めるための白熱した真剣勝負の議論が楽しみです。(田代 信)

光通信実験装置SOLISSの初期チェックアウト完了

JAXA宇宙探査イノベーションハブ(探査ハブ)とソニーコンピュータサイエンス研究所が共同開発した小型衛星光通信実験装置「SOLISS」(Small Optical Link for International Space Station)が9月25日にHTV8号機で打ち上げられ、国際宇宙ステーション(ISS)の「きぼう」船外実験プラットフォームに設置されている中型曝露実験アダプター(i-SEEP)に取り付けられました。その後初期チェックアウトが完了し、運用に向けた準備が整いました。

SOLISSは、探査ハブの研究提案の枠組みを利用して2016年からソニーと共同研究を行ってきた、光ディスク技術を利用した精密指向制御による光通信技術の軌道上実証試験機です*1。ISSと情報通信研究機構(NICT)光地上局(東京都小金井市)の間で

光通信実証を行うことを目的としており、双方向通信が可能で、Ethernet規格を利用した接続により宇宙との通信においても地上のネットワークと同様に取り扱うことを想定した仕様となっています。またSOLISSには、2軸ジンバルをモニタする目的に加え、探査ハブ独自の企画・運用をするために、全天球カメラ「RICOH THETA」をベースに開発したモニタカメラを搭載しており、光通信試験時以外にも多くの写真や動画を撮像する予定です。撮像した写真は随時JAXAデジタルアーカイブ等*2で公開します。全天球画像をVRゴーグルでみると、まるで宇宙遊泳をしているような迫力のある体験をすることができますので是非ご覧ください。

(神田大樹)

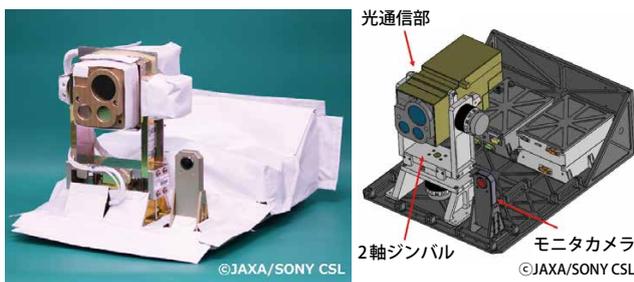


図1 SOLISSフライトモデル(左)と概要図(右)。



図2 SOLISS搭載のモニタカメラで撮影した地球とSOLISS自身(右側)。

*1 JAXAプレスリリースhttp://www.jaxa.jp/press/2019/07/20190729b_j.html

*2 JAXAデジタルアーカイブ <http://jda.jaxa.jp/> (「SOLISS」で検索)、リコー特設サイト <https://www.thetalab.ricoh/article/2651/>

相模原移転30周年記念式典

ハレー彗星観測機「さきがけ」・「すいせい」を完成させるために1984年に竣工させた飛翔体環境試験棟（C棟）を皮切りに、キャンパスが整備され、1989年に宇宙科学研究所は、駒場から相模原に公式に移転して参りました。そこから数えて30周年を迎える今年、日頃より応援をいただいている相模原市民の方々に感謝を表すために、11月1日に相模原移転30周年記念式典を開催しました。上野通子文部科学副大臣や本村賢太郎相模原市長にご臨席をいただき、相模原市と宇宙研との間で教育や文化、科学の分野における連携をさらに発展させるための「協定書」に調印を執り行うことができました。市長より、JAXA宇宙研の存在が地元意識・郷土愛・シビックプライドの醸成に一役買っていること、宇宙研がお世話になっている地方公共団体で構成する銀河連邦の間で結ばれた災害応援協定に基づきお互いに支援し合う関係が築かれていることなどのお話をいただき、身の引き締まる思いでした。また、長きに渡りご貢献いただいている市内公共機関・団体や企業へ感謝状を贈呈さ



協定書への調印を終え、連携への思いを新たにする本村市長（右）と國中所長。

せていただきました。記念式典に先駆けて午前中には、ご来賓の方々に向けて所内見学会を開催し、キュレーションセンター・宇宙科学探査交流棟・衛星管制室・宇宙探査実験棟などを紹介させていただきました。好評を得ました。

その前日には前夜祭と称して、宇宙研OB・名誉教授・歴代所長にお集まりいただき、入所数年内の新鮮な若手職員との将来の宇宙研究のビジョン

に関するディベートを行いました。若手からすれば文献でしか知らなかった日本の宇宙研究のレジェンドの面々と直接会話する初めての機会になったわけです。ご参加いただいた諸先輩からも将来有望な若手に期待する旨のコメントをいただきました。

同ページ下の記事にてご紹介をさせていただきましたが、その翌日には特別公開を開催しました。諸般の事情や制約がある中、前夜祭～記念式典～特別公開と3日連続で、次年度以降を見据えながら所長・副所長から仕掛けた実験的で探索的なアプローチでした。他本部からの応援を得た上で企画・調整・準備・運営を担当された全職員や学生の労をねぎらうと共に、催しの大成功を喜び分かち合いたいと思います。

来年へ向けた新たな方向性に確信を得た所存です。

（國中 均）



記念式典に先駆けて行われたキャンパス内見学の様子。

相模原キャンパス特別公開2019

毎年、夏休み中に開催されているJAXA相模原キャンパスの特別公開ですが、猛暑と台風を避けるため、今年度は11月2日（土）に開催しました。

例年通り、お向かいの相模原市立博物館、国立映画アーカイブ相模原分館にもご協力をいただき、三地点で多岐に及ぶイベントを展開し、1日辺りの来場者としては例年の1.5倍以上にあたる10,365人の方々にご来場いただきました。

キャンパス内では8会場、41ブースが出演。研究者と直接語らい真剣に一問一答をする光景があらこちらでみられました。各会場に立ち並ぶブースでは、少しでも新しい成果をわかりやすく伝えようと、間際まで準備に余念がなく、研究成果や将来計画も含め最新情報が満載でした。工作等、参加型の催しは整理券配布後すぐに定員に達する盛況ぶりでした。中庭ではJAXAの施設を縁に交流している5市2町がテントを並べて物産展を催し、ご来場の方々にも各地の美味しい名産を堪能しながら、秋の1日をお楽しみいただけたのではないかと思います。

市立博物館では、進学や就職で不安や疑問を抱えている方の

ために、JAXA女性職員が仕事とやりがいについて発表したり、イクメン職員が子育ての楽しさと大変さを披露したり、仕事と生活について皆さんと語り合う場を設けました。

映画アーカイブでは2つの宇宙科学セミナーに加え、所長・副所長をはじめとする研究者が、皆さんからいただいた質問に答える形で構成されたパネルディスカッション、題して「今まで聞きたくても聞けなかった宇宙研への10の質問」が企画され、真剣なやりとりの中にも笑いあり悲哀ありで、一味違った研究者の生息をご来場の皆様にご理解いただけたようです。

今年度の特別公開は、ここ数年の中でも特に大勢の方においていただいたので、その分あちこちで列ができ、目的に辿り着くまでだいぶお待たせすることになってしまいました。

今後も特別公開を、皆さんと直に接することができ、ご意見をいただける大切な機会、そして宇宙研の活動を理解していただける、より充実したものにしていきたいと思います。

常に形を変えて進化していく特別公開を来年度もどうぞお楽しみに。
（JAXA相模原キャンパス特別公開実行委員会）

「みお」つくし

第7回

世代も国境も越え水星へ挑むベピコロomboの物語

水星/「惑わない星」より



「みお」搭載水星ダストモニターMDM

「みお」には、水星ダストモニター MDM (Mercury Dust Monitor、有効検出面積 64cm^2 、重量約 900g) が搭載されている。MDMは、「みお」が水星到着後高度 $400 \times 12,000\text{km}$ の軌道にて観測を行う間、水星及びその周辺におけるダスト環境の観測を行う予定である。内太陽系でのダスト観測は、1970年代に打ち上げられたHelios探査機に搭載されたダスト観測装置によるもののみで、MDMはそれ以降で初めての内太陽系のダスト観測、そして初めての水星周回軌道上でのダスト観測を行う予定である。

水星周回軌道上で観測されるダストの種別としては、惑星間ダスト、 β -メテオロイド、星間ダスト等の水星以外から到来するものと、隕石などが水星表面に衝突した際に巻き上げられる衝突噴出ダストなど水星に起因するものと予想される。MDMは、ダスト粒子の運動量と到来方向を決定し、その起源を推測する。

一般にダスト粒子は、月や水星のような大気が無い天体の宇宙風化に重要な役割を果たしている。ダスト粒子の水星表面への高速衝突は、そのレゴリス層の生成に寄与する。宇宙風化は水星表面の光学特性に影響を及ぼす。水星周辺のダストフラックスを調べることで、水星表面の年代推定に対して制限を与えられる可能性がある。

一方で、ダスト粒子の水星表面への衝突は水星の希薄大気形成に関係しているかもしれないと考えられている。水星はNaとKからなる薄い大気を持っていることが地上での分光観測から知られているが、表面物質からの放出プロセスは未だ不明である。同じく「みお」の搭載観測装置である水星ナトリウム大気スペクトルイメージャ (MSASI) は、Na D2放出(589nm) 近くのスペクトル領域で働く高分散可視分光計であり、MDMとの共同観測でNa大気の新しい情報が得られる可能性がある。

ダスト粒子よりもサイズが大きなメテオロイドが水星表面に衝突することで、衝突噴出ダストが常に水星周回軌道上に巻き上がっていることも考えられる。特に、エンケ彗星の軌道(ダストトレイル)と水星が交差する際には、衝突噴出ダストも増えると考えられる。また、衝突噴出ダストによって水星表面の物質が流出しているのが観測できるかもしれない。

MDMは、「みお」のサイドパネルに取り付けられているセンサユニット (MDM-S、写真1) と、MMO内部に配置しているエレクトロニクスユニット (MDM-E) で構成されている(写真2)。MDMのセンサには圧電セラミックスPZTを採用した。PZTは、キュリー点は約 320 度付近にあり、水星軌道上で達する上限温度 170°C ぐらいまでなら、脱分極することなく安

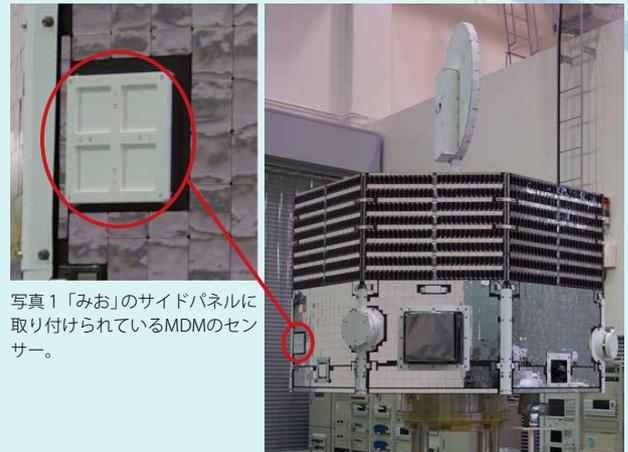


写真1 「みお」のサイドパネルに取り付けられているMDMのセンサー。

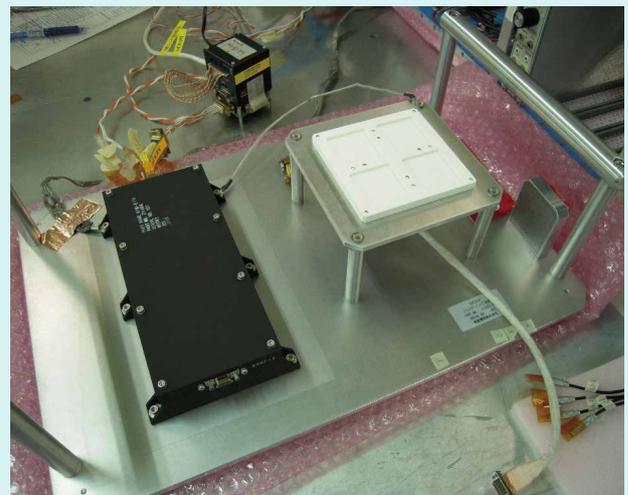


写真2 MDMのセンサー(右側の白色)とエレクトロニクス(左側の黒色)。

定して使用できるというメリットからである。MDMセンサーは、入射ダスト粒子の衝突によって生じる応力の大きさに応じて電荷信号を生成する。衝突するダスト粒子の運動量は電荷信号から求めることで、衝突方向は信号検出のタイミングの「みお」のスピンの方位角から推定することができる。

BepiColombo打上げ後、2018年11月24日に行われた初期運用で、MDMは電流・電圧、温度などのデータは問題無し、観測データをダウンロードするためのサイエンスケットにも異常が無いことが確認できた。機上でチェックの為に発生させたテストパルスにも正常な反応を示した。まだまだ水星までは長い道のりだが、観測データ取得後のデータ解析の準備をしながら観測開始を待ちたいと思う。

MDM主任研究者 **小林 正規**(こばやし まさのり)

航空宇宙産業の街トゥールーズと 天空の実験施設ALMA

宇宙物理学系 教授

満田 和久 (みつだ かずひさ)

今回の出張では人生初体験を二つさせていただきます。

一つ目は大西洋横断飛行。大西洋横断といっても、リンドバーグの航路とは異なり、パリのシャルル・ド・ゴール空港から大西洋を斜めに横断しブラジル上空へ、さらにアンデス山脈を越えてチリ・サンチャゴまでという航路でした。パリを経由したのは、9月17日から20日まではフランス・トゥールーズに、9月22日朝にはチリ・サンチャゴに必要があったからです。

トゥールーズでは欧州宇宙機関(ESA)が中心となって開発をすすめている大型X線天文台“ Athena ”に搭載する観測装置X-IFU(X-ray Integrated Field Unit、X線面分光観測装置)開発の国際コンソーシアム会合にボードメンバーとして参加しました。ボード会議ではX-IFU開発の日本を含む国際分担についての重要な議論が繰り広げられました。トゥールーズは、ローマ時代に起源を持つ旧市街、フォアグラとワインに代表される美食の街(カスレは重すぎてお勧めしません)、エアバス社とフランス宇宙機関(CNES)に代表される航空宇宙産業の街として知られています。大学も多く平日の夜も街は若者の活気にあふれています。

会議が終わった金曜日の午後、日本から一緒に参加していた宇宙研・山崎さん、埼玉大・佐藤さんと、ラグビーワールドカップ日本対ロシア戦の生中継を横目に見ながら乾杯した後、お二人とは別れてパリ行き飛行機に乗りました。パリの空港では日本から到着したばかりの国立天文台と元国立天文台の研究者二人と落ち合い、サンチャゴへ。飛行時間は約14時間半、エールフランスの最長飛行時間航路だそうです。

チリにきたのはALMA望遠鏡の国際外部評価に参加するためです。到着の翌日、日曜日の朝に外部評価委員(日本人2名を含む7名で構成)が集まり打合せを行った後、昼過ぎに再び空港に向かいました。チリ国内線でカラマまで約2時間、さらにシャトルバスに揺られて約2時間、ようやくALMA望遠鏡運用の前線基地であるOSF(Operations Support Facility)に到着した時には辺りは暗くなっていました。

OSFの標高は2,900m、気圧は海面での7割程度です。翌朝、高地訪問用の健康診断を受けた後、いよいよ人生初体験の二つ目、標高5,100mに登ります。気圧は海面の半分ちょっとしかありません。その場所、AOS(Array Operations Site)までは車で約50分。AOSの建物の中で血中酸素濃度測定を受け、そ



ALMA アンテナ移動開始

こからは酸素吸入装置をつけながら行動しました。酸素を吸うために鼻にあてるアタッチメントは病院のそれそのものです。しかし酸素ポンペを背負うバッグはALMAで新たに設計・製作したそうです。この日の観測はお休みで、アンテナ配置変更作業を行っていました(写真)。

AOSには3時間ほど滞在し車でOSFに戻りました。OSFには翌火曜日の昼過ぎまで滞在、水曜日から金曜日まではサンチャゴにあるJAO(Joint ALMA Observatory)で、いずれも国際評価活動を行いました。ALMAは遠方銀河や原始惑星円盤の観測などで華々しい科学成果を創出しています。今回、国際評価に参加し、その裏で研究開発を含む多くの活動が行われていることを知りました。

OSFでは、アンテナと受信機を動かしデータを取得するとともに、アンテナや受信機のメンテナンスも行なっています。メンテナンスが必要となったアンテナは配置換えと同じトラック(写真)に乗せられOSFまで降りて来て、メンテナンス後にAOSに戻ってゆくそうです。AOSの全ての作業員、OSFとAOSの行き来のための車の運転手は安全のために酸素吸入の装着が義務付けられています。これは安全作業のための試行錯誤の結果であり、そこから高地医学の論文も生まれているということです。OSFには巨大なパワープラントがあり、OSFとAOS(とALMA以外の高地の望遠鏡)に電力を供給しています。さらに、水の備蓄供給設備、ゴミ処理施設、綺麗なゲストハウスと娯楽施設を備え、外から燃料と食料の供給が必須とはいえ、自立した基地になっています。一方JAOは町の中にあり、取得したデータの処理や装置のキャリブレーションなどを行なっています。

このような設備は何か似ていると思いませんか?一つは、衛星・探査機、臼田/内之浦局、相模原。現在は宇宙に行くのは特別に訓練された人だけですが、将来月基地ができて普通の研究者が行くようになったら、月基地、月周回ステーション、地上局の関係も似たようなものになるのかもしれませんが。

サンチャゴ最後の夜にはそんなことを思いながら、今回同行したお二人とサンチャゴ勤務の日本人スタッフ何人かとピスコサワーと赤ワインで乾杯しました。

編集後記

学部時代に読んだ教科書を懐かしく思い出しながら、天の川銀河に関する研究の最前線について面白く読ませていただきました。危うく立場を忘れて沢山質問するところでしたが、自分を制御したつもりです。相模原移転30周年の節目に、次の30年も様々な科学的発見があるといいなと思います。(三谷 烈史)



ISASニュース No.464 2019年11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
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 TEL: 042-759-8008