



実験・工作・講演などで活気にあふれたJAXA相模原キャンパス特別公開2016

宇宙科学最前線

重力波と宇宙科学研究所

東京大学宇宙線研究所

川村 静児 (かわむら せいじ)

重力波の初検出

ついに重力波が検出された！2015年9月14日、アメリカの重力波検出器 Advanced LIGO が、13億光年遠方で起こった太陽の30倍程度のブラックホール連星の合体から放射された重力波を検出したのである。これにより、宇宙を重力波によって観測する重力波天文学が創成され、従来の電磁波や宇宙線などによる観測とあわせて、我々が宇宙をより深く理解していくことが可能となった。

実は、宇宙科学研究所は重力波検出の歴史にとって非常に重要な役割を果たしてきた。さらに、今後は宇宙研と重力波研究の関係はより一層密なものになっていくことが予想される。このあたりの事情をご存じでない方もいらっしゃると思うので、重力波研究と宇宙研の関係をここにまとめておく。

TENKO-10の誕生

1983年4月、東京大学大学院に入学した私は、宇宙研の河島信樹先生に師事した。宇宙プラズマの研究を行っていた河島先生は、ちょうどその頃新たな研究分野の模索を始めたところであった。1年先輩の平尾淳一さ



図1 相模原キャンパスD棟3階のプラズマ実験室内に建設された、10mのアーム長を持つレーザー干渉計型重力波検出器プロトタイプTENKO-10。

ん（現・大東文化大学教授）と一緒にいくつかの可能性について検討した結果、河島先生の下した結論は、『当時日本ではまだ誰も行っていなかった、レーザー干渉計を用いた重力波検出実験に挑戦する』というものであった。離れた位置に鏡を2枚吊り下げ、重力波によって引き起こされる鏡間の距離の変化を、レーザー干渉計を用いて計測するのである。この決断は、後から振り返ってみるとまさに慧眼であったと言える。果たして、その後、それまで重力波検出のメインストリームであった共振型重力波検出器に取って代わって、レーザー干渉計型重力波検出器の時代がやってきたのである。

テーブルトップ実験などの技術開発に続いて、1987年頃から建設された日本初の本格的な重力波検出器プロトタイプが、10mのアーム長を持つTENKO-10（図1参照）である。当時、宇宙研は駒場から相模原に移転しつつあるところであり、TENKO-10は初期の段階で相模原キャンパスD棟3階のプラズマ実験室内に建設された。同じ実験室には柳澤正久さん（現・電通大教授）が担当していたレールガンや、齋藤宏文さん（現・宇宙研教授）が担当していたフリーエレクトロンレーザーの装置があった。レールガンを発射する時やフリーエレクトロンレーザーを動作させる時は警報が鳴り、実験全般のサポートをしてくださっていた矢守章さん（元・宇宙研技官）らとともに、皆で実験室の隣の居室に避難したものである。

河島先生は、当時世界一の感度を誇っていたドイツのマックスプランク研究所の、30mプロトタイプの中心的研究者であったRoland Schilling氏（残念ながら去年お亡くなりになった）を、駒場時代と相模原への移転後の2度、招へいしてくださった。特に相模原では、TENKO-10の立ち上げを一緒に行うことによって、我々はSchilling氏から光学、制御、電子回路など干渉計の理解に必要な全ての技術を学んだ。特に装置の感度を上げるために、どのようにしてノイズハンティングを行っていくかについて、実際の雑音と向き合ってあれやこれやと試行錯誤を繰り返しながら、いろいろな雑音を同定し、そしてそれを低減していった。その結果、TENKO-10の感度の方もぐんぐんとよくなっていき、1989年には、30mプロトタイプに鏡の変位に対する感度であと1ケタと迫るまでになった。このノイズハンティングの経験は、のちに重力波検出器の感度を上げていく上での大きな財産となった。その後、超新星1987Aの残骸にパルサーが見つかったという報告がアレスボ天文台でなされ（これはテレビの雑音であったことがのちに判明）、我々はパルサーから放射される重力波を検出するため、TENKO-10による100時間以上の重力波観測を行った。重力波の検出には至らなかったが、比較的良好な感度で非常に安定に動作したという事実は、レーザー干渉計型重力波検出器の実験をさらに進めていく上での大きな自信となった。

TENKO-100の建設

TENKO-10の研究をまとめて博士号を取得した私は、その後カリフォルニア工科大学（Caltech）に移ったのであるが、河島先生はさらに大きな装置の建設に取り掛かった。これが当時としては世界最大の、100mのアーム

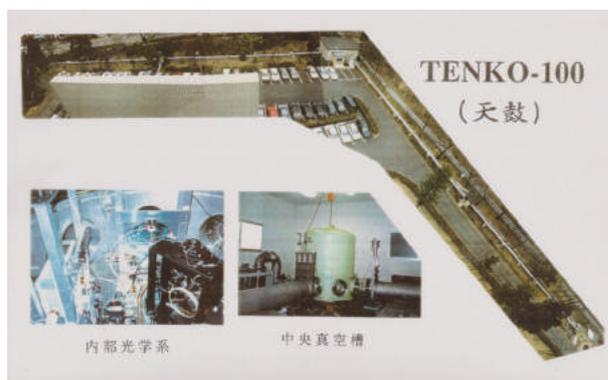


図2 相模原キャンパスの敷地内に建設された、100mのアーム長を持つレーザー干渉計型重力波検出器プロトタイプTENKO-100。（河島信樹先生提供）

ム長を持つ重力波検出器プロトタイプTENKO-100（図2参照）であった。TENKO-100の中心部は相模原キャンパスの敷地の東の角に位置しており、そこから北西と南西の方向にそれぞれ100mのアームを伸ばしていた。1992年、私は1年間だけTENKO-100の建設を手伝うことにした。当時、大学院生だった三代木伸二君（現・東大宇宙線研准教授）や高橋竜太郎君（現・国立天文台助教）らと一緒にTENKO-100の立ち上げを行った（ちなみに彼らは現在、KAGRAの主要な役割を担っている）。何とか、宇宙研滞在中に、干渉計の一応の動作まで漕ぎつけたいと思い必死に頑張ったが、残念ながらあと一歩及ばず後ろ髪を引かれる思いでCaltechに戻った。そしてその数日後に三代木君らから「動作しました！」という知らせが来たのを覚えている。

なお、河島先生はその後もTENKO-3000を理学委員会に提案するなど重力波初検出に向かって精力的に働きかけた。また、当時、宇宙研では白田の64m電波望遠鏡を用いたパルサータイミングや衛星のドップラートラッキングによる重力波観測実験も行われていたことを申し添えておく。

さて、私は、1997年にCaltechから国立天文台に異動し、当時国立天文台のキャンパス内に建設中であった300mのアーム長を持つTAMA300のプロジェクトに参加した。そして日本の重力波グループのメンバー全員の努力の結果、ついに2000年に世界最高感度を達成し、2001年には1000時間以上の長期観測も行った。

DECIGO計画の検討

その頃私は将来計画としてスペース重力波アンテナの検討も始めた。当時、ESAとNASAが推進していたスペース重力波アンテナLISAの狙う周波数帯（1mHz～100mHz）と地上の検出器の狙う周波数帯（30Hz～3kHz）の間に面白い物理はないものかと中村卓史さん（2016年の3月まで京都大学教授）に相談したところ、その後、瀬戸直樹さん（現・京大助教）が、遠方にある中性子星連星からの重力波の波形を0.1Hz～1Hzあたりで精密に測定することにより、宇宙の膨張加速度が直接測定できるという素晴らしいアイデアを考え出してくれた。そこで、3人でそれに関する論文を書き、その論文の中で、このスペース重力波アンテナをDECIGO（図3参照）と命名した。

DECIGOはその後、主たる目的として宇宙誕生後 10^{-34}

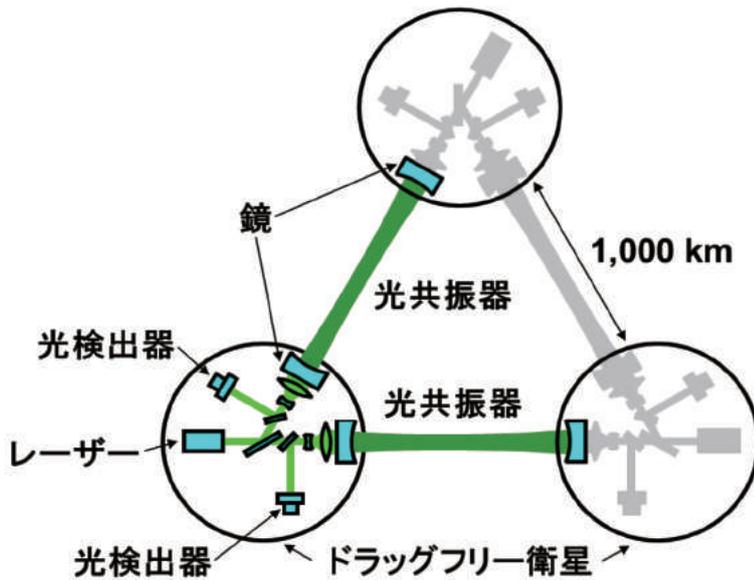


図3 スペース重力波アンテナ DECIGO。1,000km 離れたドラッグフリー衛星の中にある鏡の間で光共振器型レーザー干渉計が構成される。

秒頃に起こったと考えられているインフレーションの時代に発生した重力波の検出に焦点を移し、そして安東正樹君（現・東大准教授）らとともにそれを可能にするための予備概念設計を行った。DECIGOは宇宙科学ミッションであるので、船木一幸さん、高島健さん（いずれも宇宙研准教授）、河野功さん（JAXA 研開部門）らの衛星の専門家にも検討に加わっていただいた。もし DECIGO が成功してインフレーションからの重力波を検出することができれば、インフレーションの存在、そしてそれがどのように起こったかなどの謎を解き明かすことができる。DECIGO は他にも多彩なサイエンスの目的を持ち、以下にその一部を示す。①遠方の中性子星連星からやってくる重力波の波形を精密に測定することにより、宇宙の膨張加速度を直接計測しダークエネルギーの特性評価を行う。②インフレーション期に生成された重力波には宇宙の再加熱の情報が刻まれるので、そのスペクトルを計測することにより、宇宙の熱史を決定する。③遠方の中間質量ブラックホール連星の合体からの重力波イベントの頻度を調べることで、銀河中心の巨大ブラックホールの形成のメカニズムを解明する。④中性子星とブラックホールの連星からの重力波の波形を精密に測定することにより、修正重力理論に対してこれまでより4ケタ強い制限をつける。⑤インフレーションからの重力波の右回りと左回りの偏極に対する非対称性を観測することにより、初期宇宙におけるパリティ対称性を検証する。また、DECIGO の前哨衛星である Pre-DECIGO により、Advanced LIGO が見つけたような、太陽質量の30倍程度のブラックホール連星がよりたくさん見つかると、その形成のメカニズムが解明されることも期待できる。なお、すでに DECIGO 実現への第一歩として、2009年に安東君らが中心になって行っ

た超小型重力波検出器 SWIM μ v の打ち上げと運用に成功している。

ところで、国立天文台において私は、DECIGO や地上の第3世代検出器のための技術開発も行っていった。その頃、研究棟の改修に伴って実験室がなくなり、途方に暮れていた私に救いの手を差し伸べてくださったのが、当時、国立天文台先端技術センター長だった常田佐久さん（現・宇宙研所長）であった。常田さんは我々の行っている実験を見て「面白いね!」と仰ってください、先端技術センターの巨大な実験室を使わせていただけることになった。おかげで我々は『Physical Review Letters』論文7本を発表するなど素晴らしい成果を上げることができた。

KAGRA から DECIGO へ

その後、2010年に待望の KAGRA（図4参照）の予算がつき、私は KAGRA に専念するため東大宇宙線研に異動した。

KAGRA は神岡の地下に設置された3kmのアーム長を持つ重力波検出器であり、鏡の熱雑音を低減するため低温のサファイア鏡を用いている。現在、KAGRA は第1段階の initial KAGRA の試験運転が終了し、最終段階である baseline KAGRA の建設に取り掛かったところである。そして、2017年度中の低温干渉計の動作を目指している。

今後は一刻も早く KAGRA を完成させ、LIGO や Virgo とともに世界の重力波観測ネットワークに加わり、重力波天文学をさらに発展させていく必要がある。その次は Pre-DECIGO を打ち上げ、ブラックホール連星形成のメカニズムを解明し（ノーベル賞クラスの研究!）、そしていよいよ DECIGO を打ち上げ、前述のきらめくようなサイエンスを達成し（いったいノーベル賞何個分の研究だろうか?）、私としては、ゆっくりと宇宙の産声に耳を傾けたいものである。



図4 神岡の地下に建設された、3kmのアーム長を持つ大型低温重力波望遠鏡 KAGRA。（東大宇宙線研・重力波観測研究施設 提供）

記者発表「微粒子の表面模様に残る小惑星イトカワ40億年の歴史」の様子

小惑星探査機「はやぶさ」が地球に持ち帰った小惑星イトカワ微粒子の最新の科学成果を、一般の方に向け6月22日に発表しました。当日のTVニュースが3、翌日の新聞紙面掲載が11、発表後のネットニュース掲載が100を超え、SNSによりさらに拡散されていきました。前回の記者発表が2013年10月18日でしたので、「はやぶさ」の科学成果の一般向け発信は、講演会などを除くと、なんと3年ぶりです。

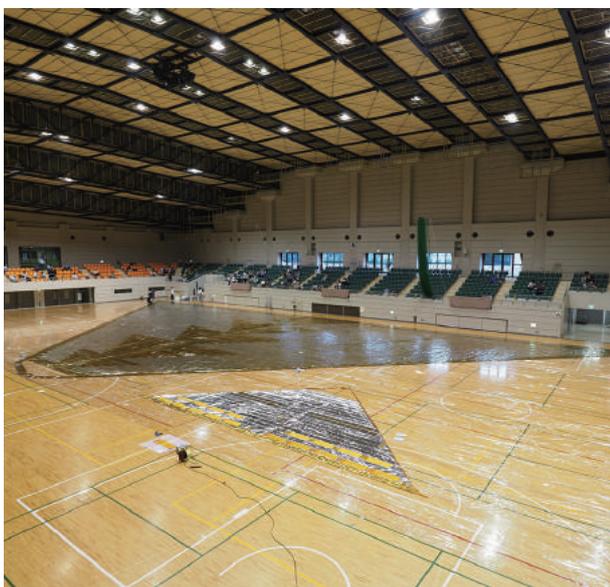
皆様に成果をもっと知っていただきたいので、昨年7月に新規組織として発足しました地球外物質研究グループと広報部で協力して、成果発信の体制を強化しつつあります。その第一弾が上記の記者発表です。御茶ノ水のプレスルームで行いましたが、会場には報道関係8社が参加し、質疑応答を含め14時から15時までの約1時間の成果説明でした。最初にグループ長の私がイトカワ微粒子研究の現状を簡単に報告し、引き続き、松本徹 JAXA 研究員がイトカワ微粒子の表面模様から40億年の歴史を読み解くという研究内容について、説明しました。その様子は JAXA-TV(<http://fanfun.jaxa.jp/jaxatv/detail/7832.html>) にアップされています。

JAXA-TV の記録はここまでですが、実はその後、記者が発表者の周りに集まりさらに質問が続きます。今回は約1時間、16時頃まで続けました。一番多かった質問はイトカワ微粒子の模様のでき方に関する詳細です。次に多かった質問は、現在の小さなイトカワがいつできたのかということです。後者の質問の答えは来月号のミニ特集でご紹介します。

記者発表をしていなかった3年間の間に、多数の研究成果が国内外の研究者により、国際的な科学専門誌に発表されています。その上、現在も研究が世界各地で進行中です。今後は、これらの成果を記者発表やホームページ等を通じて皆様に紹介していきます。イトカワの科学成果が積み上がり続ける一方で、現在「はやぶさ2」も小惑星リュウグウに向け順調に飛行中です。リュウグウ試料を取り扱う施設の建設もこれから本格化します。この状況も随時皆様と共有していきたいと思っています。

(塚本 尚義)

ソーラー電力セイル 公開実験



展開されたセイル(写真奥。写真手前はIKAROSのセイル)

2016年7月13日に、相模原市立総合体育館にて、ソーラー電力セイル探査機に関する公開実験を行いました。

ソーラー電力セイル探査機(図1)は、一辺50mもある巨大な薄膜太陽電池のセイル(帆)を広げて、太陽から遠く離れた外惑星領域で十分な電力を発電し、燃費のよいイオンエンジンを動かそう、というコンセプトに基づいています。今回の公開実験は、このセイル(の1/4)を体育館全面に広げて、製作精度の確認および今後の試験の準備を行うものでした。

通常、実験を公共の場で行うことはありません。しかし、宇宙研の敷地には50mのセイルを広げる場所がないため、より広い場所が確保できる公共施設がどうしても必要でした。外から見える場所で実験をするなら、いっそ完全に公開してしまえ! という開き直りのもとで、宇宙研広報と協力しながら企画を立案したわけです。

「うまくセイルを広げられなかったらどうしよう」、「公開と言っておきながら来場者0人だったらどうしよう」…など、公開実験という JAXA 全体でも初めての試みに不安を抱えながら臨んだ7月13日当日。蓋を開けてみれば、来場者250名以上、インターネット生中継での視聴数6,000程度という、こちらの想定以上の方に見守られながら無事に実験を終えることができました。来場者の方に体育館のフロアまで降りていただき、広げたセイルを間近で見させていただきながらお話できたのも、この機会ならではのだったかと思えます。

図2に、当日広げたセイル(および同時に広げたIKAROSのセイル)の写真を示します。我々の感想は「IKAROS ちっちゃい!!」。初めてIKAROSのセイルを目にしたときは、その大きさに圧倒されたものです。それがここまで小さく見えるとは…。今扱っている探査機がいかに巨大なものかを、検討メンバー全員で共有した瞬間でした。

現在、この実験で取得したデータおよび知見を踏まえて、今後の設計開発方針を検討しています。ぜひ引き続き、皆様に見守っていただければと思います。

(松本 純)

SPICA、発進に向けてギアチェンジ



SPICA国際科学アドバイザリーボード会議の参加者

SPICAのデルタ計画審査が7月8日に行われました。「デルタ」審査、つまり追加の審査が行われた理由は、昨年12月の審査後に日欧役割分担案が変更されたことと、ESA CV M5(Cosmic Vision Mクラスの5号ミッション)のスケジュール変更を受けて全体スケジュールの変更を迫られたことが原因です。SPICA最大の特徴である望遠鏡の極低温冷却システムについても、「E-PLM方式」という、試験検証分担当がより明確になる方式に変更しました。これらの変更を取り入れた当面の計画(フェーズA1、概念設計フェーズ)および全体計画案についての審査が今回の目的でした。審査項目は、開発計画全体の妥当性、資金総額推算の妥当性、プロジェクト準備段

階に必要な資金・人員計画の妥当性、技術的成熟度(リスクの識別、対処方針、低減策)にまでおよび、審査の結果、フェーズA1への移行が妥当と判断されました。

さらに7月15日には第2回SPICA国際科学アドバイザリーボード会議(第1回ボード会議は6月号既報)が、フランスのパリ天文台で開かれました。今回はESA CV M5への提案書の文案、その中でも特に科学目的・目標・期待される成果などを中心に、助言をいただくことが主目的です。世界的な著名研究者である11名のボードメンバー(写真)によって、涼しかったパリを主会場として、相模原も含めて日欧米をネットワークで結び活発な議論が行われました。ボード会議は1日のみでしたが、事前にメールで多くのコメントをもらったため、それらについての対策案をチーム側からまとめて説明し、議論を深め、厳しい批判も含めた多くの助言をいただきました。ESA CV M5の選抜では厳しい競争が予想されますが、SPICAのM5提案書はまだまだ改良途上です。ボードメンバーからの助言を生かしつつ、10月初旬の提出期限に向けて提案書の改良・強化を図ることを、チーム一同、心に誓いました。(芝井 広)

相模原キャンパス特別公開

今年の相模原キャンパス特別公開は、7月29日(金)・30日(土)に開催されました。

梅雨明け直後の青空の下での開催でした。ここまで梅雨明けが足踏みをして長引いていたのも、特別公開の幕開けに合わせるためだったか!と皮肉を言いたくなるような暑さでしたが、両日合わせて13,826名(前年比約4.2%増)の方々が来場してくださいました。

相模原キャンパス内の5会場に46ブースが出展。研究者と直接語り合い真剣に一問一答をする光景が会場内のあちこちで見られるなど、今年も大勢の方に楽しんでいただくことができました。各会場、例年以上に展示に力を入れており、最新の研究成果や将来計画も含め最新情報が満載でした。実験や工作等、参加型の催しも増え、整理券を発売してもすぐになくなる盛況ぶりでした。中庭ではJAXAを通じて交流のある銀河連邦5市2町がテントを並べて飲食を提供し、来場者も各地の名産品を堪能しながら銀河連邦についても理解を深めました。

昨年に引き続き、水 Rocket 教室も共和小学校のご協力のもと、開催することができました。ペットボトルを使った工作と、本物の管制官のカウントダウンのもと、打上げを体験するこの企画は予定を超える323機が打ち上げられ、元気な子どもたちの声が校庭に響きました。水 Rocket 教室の運営にあたっては、宇宙教育リーダー、相模原市のインターンシップ、近隣の大学に通う学生や地域住民の協力もいただきました。

キャンパス向かいの国立近代美術館フィルムセンター相模原分館では毎年恒例の宇宙科学セミナーを6コマ行い、

所長、副所長を含む講師陣が理学・工学それぞれの立場から最新的话题を熱く語りました。各講演の終わりにはフィルムセンター所蔵の映像(「月のかんざつ」1955年制作)を上映していただきましたが、こちらも好評でした。

その隣、相模原市立博物館では、JAXA共催の夏の企画展「宇宙とつながる」写真展を開催中で、来場者は星空、地球、宇宙の美しい写真に見入っていました。ほかにも講演やトーク・イベント、JAXA監修の新曲の音楽ライブ、子ども向けのワークショップの会場にもなり、市立博物館には2日間で5,796名の来館がありました。キャンパスの正門を出て博物館方向へと伸びる道沿いの柵には、宇宙科学ミッションを紹介する屋外展示パネル30枚を特別公開の日に間に合うようずらりと設置し、博物館との間の道も楽しくなったと好評でした。

スタッフが会場を歩いていると、「今年もこの日を待ち望んでいたよ」という声をいたるところで聞くことができました。こんな時、いっぺんに疲れが吹き飛び、感謝の気持ちで胸がいっぱいになります。時節柄、熱中症が心配されましたが、重症者はなく、大きなけがや人の報告もありませんでした。こうして無事、特別公開を終えることができたのも、近隣施設の方々の多大なるご協力、そして地域住民の皆様のご理解をいたからこそ、と実感しております。

今後も特別公開を、皆様と直に接しながらご意見をいただける、大切な機会ととらえ、より充実したものにしていきたいと思っております。来年度もどうぞお楽しみに。

(相模原キャンパス特別公開実行委員会)

隣の庭を見る(前編)

— NASAの宇宙科学プログラム —

現代の宇宙科学ミッションでは、国際協力は不可欠です。そのためには、海外の宇宙機関がどのように科学ミッションを進めているのか、そのやり方を知っておくことは有意義でしょう。今月、来月の2号で、NASA（アメリカ航空宇宙局）、ESA（ヨーロッパ宇宙機関）における宇宙科学ミッションの進め方について取り上げます。原文は、藤本正樹前国際調整主幹の協力により、それぞれの機関の宇宙科学プログラムの成り立ちにお詳しい方に執筆をお願いしました。

The NASA Space Science Program

Steven W. Squyres

The James A. Weeks Professor of Physical Sciences at Cornell University
Chairman of the National Research Council Planetary Decadal Survey (2009-2011)
Chairman of the NASA Advisory Council (2011-2016)

Since its establishment in 1958, the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) has sponsored and conducted a wide variety of flight missions to obtain scientific data about the Earth, the Solar System, and the Cosmos. In NASA's Science Mission Directorate (SMD), these missions range from suborbital projects - including balloons, sounding rockets, and airplanes - to interplanetary probes and flagship observatories. NASA's missions address four primary scientific disciplines: Astrophysics, Earth Science, Planetary Science, and Heliophysics. All of the investigations and missions that are selected and flown by the agency are chosen to respond to NASA's goals and strategic objectives.

NASA's mission opportunities are open to all proposers, within fixed rules, via public announcement, and selections are based primarily on scientific and technical merit as evaluated by independent peer review. International partners are frequent and valued participants in joint missions. The partnerships are generally conducted on a cooperative, no-exchange-of-funds basis. NASA also works closely with a number of other U.S. Federal agencies, such as the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and the Department of Energy (DoE), to implement and support its flight missions.

High-level strategic guidance for NASA's space science program is provided by Decadal Surveys carried out under the auspices of the U.S. National Research Council (NRC). As their name implies, these surveys take place at ten-year intervals. Decadal Surveys involve broad involvement from the U.S. and international space and Earth science communities. Their purpose is to survey the state of scientific knowledge in each of NASA's four main discipline areas, and to look ten or more years into the future and prioritize research areas, observations, and notional missions to make those observations. This prioritization of mission science is critical to ensure that NASA makes the most progress in each of its disciplines. Broad grassroots effort are undertaken to engage the scientific communities of each discipline in the decadal process, with the goal of producing surveys that accurately reflect the

communities' consensus priorities.

In response to the science priorities expressed in the Decadal Surveys, and in accordance with U.S. national space policy goals as established by the President and the Congress, NASA devises and selects missions within each discipline. Broadly speaking, NASA space science missions fall into two categories: Large "strategic" missions and smaller competed missions.

Leadership of the large strategic missions, sometimes referred to as "flagship" missions, is directed by NASA Headquarters to one or more specific organizations within the agency. As an example, for the Hubble Space Telescope, Marshall Space Flight Center was given responsibility for designing, developing, and constructing the telescope, and Goddard Space Flight Center was given responsibility for science instrument management and operations. While there is no formal cost threshold for these large strategic missions, it is not uncommon for them to cost US\$1 billion or more.

Selection of the scientific instruments for strategic missions takes place by open competition. NASA releases an Announcement of Opportunity (AO) that describes the mission and its objectives, and that outlines high-level requirements for instruments to be selected. Teams of scientists organized and led by a Principal Investigator (PI) submit instrument proposals in response to the AO. Proposals are evaluated by NASA via peer review, and winning proposals are selected for flight. International partnerships on such proposals are common, and typically are arranged by the PI and take place on a no-exchange-of-funds basis. In some instances NASA may also select instruments to be provided by international partners via arrangements with other national space agencies. In the recent cases of the Mars 2020 rover and the Europa mission NASA's solicitations for instruments were open to the entire international community.

For selection of smaller missions that address more focused science objectives, NASA typically relies entirely on open competition. Programs that solicit proposals for competed missions include the

Explorer program in Astrophysics and Heliophysics, the Discovery program in Planetary Science, and the Earth Venture program in Earth Science. For these competed missions, NASA releases an Announcement of Opportunity that describes basic constraints like allowable launch dates and costs, and PI-led teams propose an entire mission, including science objectives, spacecraft, instrumentation, and operations. Again, PI-arranged international partnerships on such proposals are common. Costs of these fully competed PI-led missions can range from about US\$100-500 million.

There are also “semi-strategic” mission classes. An example is the New Frontiers program of Planetary Science missions. Like Discovery missions, New Frontiers missions are also PI-led and competed. However, they are more costly than Discovery missions, and are restricted to specific mission types that are dictated by NASA on the basis of the agency’s strategic priorities. Costs for a New Frontiers mission are typically about twice those of a Discovery mission.

NASA also conducts “Missions of Opportunity” to provide the U.S. scientific community with the chance to participate in non-NASA missions by providing funding for a science instrument or hardware components of an instrument. After negotiating for such an opportunity with a non-U.S. space agency, NASA releases an AO and competitively selects and funds instrumentation to be provided for flight on the non-U.S. mission.

Together these programs provide a broad portfolio of NASA space science missions, ranging from highly capable strategic missions that address the most important and challenging questions in space science to smaller competed missions that provide frequent access to space and a steady stream of scientific discoveries. All missions are responsive to science community priorities as expressed in the Decadal Surveys and selected by competitive peer review, and all provide ample opportunity for international participation.

(抄訳) NASA の宇宙科学プログラム

NASA の宇宙科学ミッションは天体物理学、地球科学、惑星科学、そして太陽圏物理学の4分野を対象にしている。各分野の研究者コミュニティは Decadal Surveys (全米研究評議会が主宰) を通じて研究戦略案を提示し、NASA の宇宙科学プログラムは、この案に沿って、公募とピアレビューによる競争的選択を原則として進められる。ミッションは、予算規模で大きく2つに分けられる。大型戦略ミッション(flagship ミッション) は、おおむね10億ドル以下の規模で、NASA 主導のもと、搭載観測機器を公募する。1~5億ドルの小規模ミッションについては、ミッション全体を公募によって決定する。また、両者の中間の規模のミッション枠もある。これらのプログラムでは、国際協力も広く行われている。さらに、海外のミッションに観測装置を搭載する米国チームを支援する仕組みもある。このように大規模・長期間のものから、小規模で即応性のあるものまで、様々なプログラムの組み合わせが、米国の宇宙科学研究を世界の最先端に位置付けている。

(文責・山村 一誠)

解説: 宇宙科学のやり方 ~ところ変われば、というけれど~

今回、NASA、ESA の方から直接、宇宙科学ミッションの進め方の解説をいただいて、大変ありがたいと思います (ESA 分は次号掲載)。もちろん、宇宙科学の推進は、各国・機関における広い意味での宇宙開発・利用の歴史や状況によるところが大きく、また予算規模や人員規模によっても大きく事情が異なるので、いちがいに NASA のやり方、ESA のやり方をそのまま JAXA に当てはめれば良い、という訳ではありませんが、今回紹介されている NASA の flagship ミッションの選定、進め方などを間近で見ると、ミッション検討を非常にうまく組織だてて進めている様子に感心します。

現在の NASA の天体物理学分野の flagship ミッションは、口径 6.5m の可視光~赤外線宇宙望遠鏡 JWST で、天体物理学分野では、さらに 2024-25 年の打上げを目指す口径 2.4m の広視野望遠鏡 WFIRST 計画が続きます。長期的には、すでに WFIRST のその先、2020 年代後半~30 年代を見据えた flagship ミッションの検討が始まっており、今年度から系外惑星研究、可視光・紫外線天文学、X 線天文学、遠赤外線天文学の4つのグループで、研究者と NASA による Science and Technology Development

Team (STDT) がすでに検討を始めています (JAXA も天文学コミュニティでの公募により選んだ代表をオブザーバーとして、4つのグループそれぞれに派遣しています)。

私は、WFIRST 計画の立上げあたりから、JAXA からの派遣でオブザーバーとして計画検討に参加し、また現在は国際調整主幹の立場からも関わっており、flagship ミッション計画の立上げ方、とくに研究者からのボトムアップの議論 (Program Analysis Group や STDT)、指導的研究者の取組み (科学評議会による Decadal Surveys や議会へのロビー活動)、NASA のプロジェクト室による概念検討のサイクルの進め方などが、有機的にかつ透明に組織されて進んでいる状況を見ることができました。特に、Decadal Surveys に集約される研究者コミュニティの広範囲の科学的検討 (ヴィジョンナリー・サーベイ) を進めることと、これを取り込みつつ、戦略的な立場で計画のトレードオフ検討を組織だてて進めていくやり方には、大いに感心しているところです。翻って、JAXA 戦略的中型ミッションの進め方と比べてみるのも勉強になりますが、続きは次回 ESA 編にて。

(国際調整主幹・山田 亨)

ベルリンの壁

はやぶさ2プロジェクトチーム

三柵 裕也 (みます ゆうや)

4月の下旬にベルリンで開催された、火星衛星 Phobos からのサンプル帰還計画 MMX のワークショップ (WS) に参加した。この WS では、サイエンスの内容がメインテーマであったが、画像航法など工学的な要素が含まれる発表もいくつかあった。月面のクレータマッチングのアルゴリズムを、Phobos 表面上のクレータに応用できないか、という発表ではその場でデモも行われ、リアルタイムのマッチングシステムの完成度に感動した。また、ステレオ視の発表の中で、撮影が行われた実験室内部の形状モデルが、カメラの視野方向に応じて瞬時に作成されていくさまは、まさに圧巻であった。今回、サイエンスの話だけだろうと高を括っていた私には非常に印象的なプレゼンテーションであった。その後、それぞれの発表者に駆け寄り、あれこれ尋ねたことは言うまでもない。

この WS には、JAXA との協力体制を強化しつつある CNES (フランス国立宇宙研究センター) の技術者も来場しており、彼らと Phobos 近傍での運用に関する議論を行い、今後の MMX での協力体制へつなげていく、というのが別途私に課せられたベルリンでのミッションであった。

初日、午後一番のセッションの裏で、早速 CNES 技術者 2 名 (Rosetta に搭載された Philae の CNES 側取りまとめとして活躍された方々) と Phobos 近傍運用に関する議論を行った。事前に準備した資料 (スライド 30 枚程度) について説明を行い、2 時間を超える打ち合わせとなったが、二人とも休むことなく、ひたすら質疑応答を続けた。このミッションを実現するにあたり、JAXA 側で Phobos 近傍での運用検討を具体的に進めていることを印象付けること、には成功したように感じられた。打ち合わせでの二人の前のめりな姿勢からもそうであったが、昼前にちょっとした挨拶を交わした程度の CNES 国際調整役の方から、打ち合わせ後には通りすがりに「いいから、何も言わずに受け取っておけ」と言わんばかりの顔で名刺を渡されたこと、昼食の段階ではほとんど相手にされなかったフランスのサイエンス代表のような方から、「うちのエンジニアと、有意義な議論をしてくれたと聞いたよ、Thank you!」と夜の懇親会で言われたこと、からも CNES からの参加者への好印象が感じ取れ、ホッと安堵した次第であった。

今回の旅では他にも収穫があった。①以前、東京工業大学



ベルリンの壁跡地

で行われた WS の際、Phobos 形状モデルに関する打ち合わせをするはずだった DLR のサイエンティストと初対面。WS では、私がインフルエンザで参加出来なかった件について陳謝。「全然大丈夫!とにかく今後もコラボよろしくね!」という挨拶を交わす。②東京大学の宮本英昭先生と家庭の事情について懇親会で語り合い、海外出張の際はどこの家庭も大変であるという結論に至る。③ポスドクとしてフランスに留学中の日本の方とお話をする。アメリカの INSIGHT が遅れる原因となったミッション機器を開発していた PI もいらっしやる研究室とのことで、当時の大変さについて教えていただいた。④早起きして (というよりも私は時差ボケで)、藤本正樹先生と朝食を共にする。アメリカ出張におけるバーガーキングの件について、ベルリンのお洒落なカフェで、日本人二人が、朝からやたらと盛り上がる。思いがけず、人とのリンクが多々つながった旅となり、自身の地平を広げられた 2 泊 4 日の弾丸ツアーとなった。

今回訪れたのは、「壁」で有名なベルリンである。観光名所に行けるはずもなかったが、同行させていただいていた藤本先生から、会場へ向かう途中で足元にあった煉瓦の石畳風の直線 (上写真) が、なんとベルリンの壁跡であることを教えてもらう。世界中の国境もこのようにペシヤンコになる時代が来ることを切に願うと同時に、今回の旅では、自分の周りの人々との壁を少なからず乗り越えられたかなと、思いを馳せた瞬間であった。

ちなみに、下は滞在したホテル近くの名所:「チェックポイント・チャーリー」の写真である。



ベルリンの名所と偉大なる「マック」

初日、ホテルへの到着が遅れ 22 時を過ぎてしまったため、食物を探索しにうろついているところに「マック」を発見。Global Standard の偉大さを実感し、そのままお世話になる。名所であることに気付き写真撮影。世界で一番、言語の壁や国境を越えているのは、あの黄色い M マークなのかもしれない (見るとなぜかホッとする)。



ISAS ニュース No.425 2016年8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

ジオスペース探査衛星 ERG の相模原での試験が、佳境を迎えています。その後は内之浦への輸送、そして射場作業・試験が待っています。引き続き ISAS ニュースを通じて状況をお伝えしていきます。(笠原 慧)

*本誌は再生紙 (古 70%)、植物油インキを使用しています。



古紙/パルプ配合率70%再生紙を使用

