

# 日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

## *Final Adjustments of the Solar Flare Sounding Rocket Experiment FOXSI-5 at White Sands Missile Range*

氏 名：吉田有佑（名古屋大学大学院理学研究科  
M2（渡航当時））

渡航先：アメリカ合衆国 ニューメキシコ州

期 間：2026年3月8～22日

本出張は、日本天文学会早川幸男基金の支援を受け、Focusing Optics X-ray Solar Imager: FOXSIの5回目の打ち上げであるFOXSI-5ロケット全体の統合試験を米国White Sands Missile Rangeにて実施した。

FOXSI-5は2024年4月に打ち上げられた前号機FOXSI-4のリフライトミッションであり、FOXSI-4, 5ともに太陽フレアの軟／硬X線集光撮像分光観測を通してフレアに伴う粒子加速・プラズマ加熱機構等の解明を目的としている。太陽フレアは、磁気リコネクション、粒子加速、プラズマ加熱等、宇宙で普遍的に見られる物理現象を内包しており、その機構を解明することで、宇宙物理学、プラズマ物理学、地球物理学等の幅広い分野に応用することが可能である。太陽フレア機構の解明には詳細な空間構造の把握が必須であるため、我々は高角度分解能宇宙X線望遠鏡を開発してき

た。昨年3月から6月にかけて望遠鏡単体の振動耐性評価試験、地上較正試験を行い、7月にペイロードへの取り付けを行った。本試験はロケット全体の統合試験であり、打ち上げの是非に関わる最終試験となる。ここで得られる知見は、現在進行中の超小型衛星搭載用X線望遠鏡の開発のみならず、超小型衛星開発の全体像を俯瞰する上でも極めて重要なものとなる。また、本衛星は太陽観測にとどまらず、将来的にはブラックホールや恒星など、他天体の観測への展開も視野に入れている。

本出張では、ロケット全体の統合試験を行った。主な試験内容として、剛性試験、振動耐性評価試験、テレメトリー試験、シークエンス試験等、機械強度・姿勢制御・通信・オペレーションといった様々な観点で評価された。その中でも我々の望遠鏡との関わりが深いのは振動耐性評価試験と振動試験前後のX線アライメント試験である。振動試験は前号機FOXSI-4での実績を踏まえ、エンジンの段階分離に伴う正弦波振動を除き、音響振動を模擬した3軸のランダム加振試験を行った。

最も破壊の恐れがあった他望遠鏡1台にのみ加速度計が取り付けられたが、この加速度計の応答と過去振動試験の実測値から我々の望遠鏡に対する振動負荷を予想し、その負荷が非常に小さいことを確認した。X線アライメント試験は、望遠鏡の20 m先からX線を照射し、検出器で得られたイメージを解析することで望遠鏡のアライメント状態を推定するものである。しかし、振動試験前は使用したX線発生器の強度が弱く、アライメント状態の推定に十分な統計数を得ることができなかった。そのため、検出器チームと協力し、アラ



熱制御用フィルターを望遠鏡に取り付けている様子。



現地チーム全員の集合写真.

イメントの推定に十分な統計数を得るために必要な露光時間・X線の強度を理論的に見積もり、露光時間の延長もしくはより強いX線発生器の使用が必要であることを提示した。結果、振動試験後のX線アライメント試験では強度が1桁大きいX線発生器を使用することでチーム全体が合意し、振動試験前と同程度の露光時間でアライメント状態の推定に十分な統計数を得ることに成功した。得られたデータは現在解析中であり、最終的なアライメント状態はデータ解析時に必須となる応答関数のパラメータに組み込まれる。

本出張で、ロケット全体の統合試験の内容を知ることができた。私の滞在期間で行われたものは全体の2分の3程度であるが、我々が進めている

超小型衛星搭載用X線望遠鏡開発においても今回の経験を踏まえ、打ち上げまでの見通しを持った開発を進めていきたい。

本出張は本来11月の渡航を予定していたが、米国事情の影響により、出張期間の大幅な遅れが生じてしまい、渡航時期が3月になってしまった。不測の事態にも関わらず、何度も相談に何度も乗っていただいた一丸浩平氏に感謝申し上げたい。また、本出張で得られた経験は私のキャリアにとっても大きな刺激を与え、そのような機会を実現してくださった日本天文学会早川幸男基金関係者の皆様、現地で快く受け入れていただいたFOXSI-5ミッションPIのJuan Camilo Buitrago-Casas氏に感謝申し上げます。

# 日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

## Peering through an Opaque ISM/Visit to the University of Milano-Bicocca

氏 名：伊藤茉那（筑波大学理工情報生命学術院  
数理物質科学研究群物理学学位プログラム  
ム D1（渡航当時））

渡航先：イタリア共和国 フェラレーラ

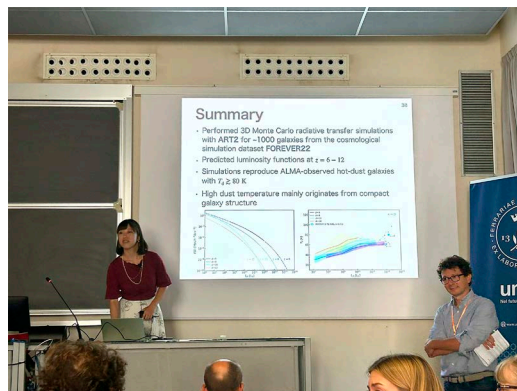
期 間：2025年8月30～9月12日

### 本渡航の概要

2025年9月1日～5日にイタリア・フェラレーラで開催された国際研究集会“Peering through an Opaque ISM”に参加し、口頭発表“Predicting Infrared Luminosity Functions with 3D Radiative Transfer Calculations”を行った。本研究会は遠方銀河におけるダストに覆われた星間物質をテーマとしたものである。渡航を通じて、観測・理論双方の観点から当該分野の到達点と課題を俯瞰し、自身の研究の位置づけを再確認するとともに、今後の解析方針に関する具体的な示唆を得た。また、会議終了後にUniversity of Milano-Bicoccaを訪問し、関連研究者と意見交換を行った。これらの議論で得た知見は、今後の研究計画へ反映させるための重要な足がかりとなった。

### 国際会議“Peering through an Opaque ISM”の主旨

本研究会は、遠方銀河に存在する高密度でダストに覆われた星間物質（obscured ISM）の性質解明を目的として開催された。ダストによる減光・遮蔽は、観測上の制約としてしばしば問題となる一方で、赤外線放射や減光、ガンマ線バーストなどの多様な観測指標を用いることで、星間物質の温度・密度・組成・空間分布といった物理状態を逆に推定するための重要な手がかりにもなる。本会議では、JWSTやALMAを中心とする最新の観測成



口頭発表中の伊藤  
（撮影：Bovornpratch Vijarnwannaluk）

果を軸に、数値シミュレーションをはじめとする最先端の理論研究と結びつけ、様々な波長帯や手法を用いてobscured ISMを俯瞰的に捉えるための議論が行われた。観測と理論の知見を統合することで、銀河進化の文脈における星間物質の遮蔽の役割を整理し、異なる分野間の連携を促進することを目指している。申請者の研究で扱う赤外線光度関数やダスト温度の理論予測は、obscured ISMをダストの赤外線放射から読み解く上で基盤となる量であり、観測結果の解釈や将来観測の設計に直接関わるものである。ブラックホールや恒星を始め他の天体の観測を行うことも予定している。

### 研究内容と成果

本研究では、大規模な宇宙論的シミュレーション「FORMATION and EVOLUTION of galaxies in EXTREMELY overdense REGIONS (FOREVER22; Yajima et al. 2022)」で得られた1000個以上の銀河サンプルに対し、3次元のモンテカルロ輻射輸送計算コード「All-wavelength Radiative Transfer with Adaptive Refinement Tree (ART2; Yajima et al.

2012; Li et al. 2008)」を適用することで、 $z=6-12$ のダストに覆われた星形成銀河 (dusty galaxy) における赤外線光度関数およびダスト温度の統計的性質を予測した。その結果、高赤方偏移の銀河ほど単位体積あたりの銀河数密度が低下する傾向が見られた。また、ダスト温度について解析した結果、赤外線光度 $L_{\text{IR}}$ が同程度でも高赤方偏移の銀河ほどダスト温度が高い傾向を示し、近年 JWST や ALMA の観測で注目されている $z=8$ 、 $T_{\text{d}} \sim 80$  K の高温ダスト銀河もシミュレーションによって自然に再現された。銀河のサイズの解析から、このような高温ダストはコンパクトな構造に起因すると考えられる。これらの予測は、将来の遠方銀河観測に対する理論的指針を与えるものである。

## 渡航を通じて得られた成果と今後の展望

今回の渡航では、国際研究会“Peering through an Opaque ISM”において研究成果を口頭発表し、異分野の研究者を含む多くの参加者に自身の研究を周知することができた。同分野の研究者からも具体的な助言を得られ、特に University of Bologna の Michele Costa 氏や Francesca Pozzi 氏とは、ダスト温度の推定方法や AGN 寄与に関して活発な議論を交わし、今後も継続的に連絡を取り合うこととなった。また、Kazushi Iwasawa 氏や Francesco Calura 氏からも有益なコメントをいただき、研究の深化に直結する人的ネットワークを構築できた。また、多様な講演の聴講を通じて理論的・観測的知見を広げることができた。特に Jacque-

line Hodge 氏の講演からは、今後の ALMA 観測の課題として高赤方偏移における光度関数の構築が喫緊のテーマであると示され、自身の研究との関連を再確認する機会となった。また、Francesca Matteucci 氏、Irene Shivaiei 氏、Hiddo Algera 氏らによるダスト進化に関する発表からは、ART2 内で用いているダストモデルの妥当性を考察する上で重要な知見を得ることができた。

研究会終了後には、University of Milano-Bicocca を訪問し、自身の研究成果の講演および関連研究者との意見交換を行った。Sebastiano Cantalupo 氏からシミュレーション解像度に関する助言を、Weichen Wang 氏からダストモデルに関する助言を得た。これらの知見を今後の解析に反映させ、新しい成果が得られ次第、国際的な共同研究者と共有・議論を継続していく予定である。以上より、本渡航の主な成果は、研究成果の国際的発信に加えて、観測・理論双方の研究者から研究を発展させるための具体的助言を得たこと、ならびに将来の共同研究につながる人脈を形成できたことにある。

## 謝 辞

今回の渡航を通じて、国際研究集会で口頭発表を行い、今後の研究を発展させる上で重要な知見を得ることができました。早川幸男基金のご支援ならびに関係者の皆さまのご協力により、このような貴重な機会を賜りましたことに、心より御礼申し上げます。本渡航で得た知見を今後の研究に活かし、成果として結実させてまいります。

# 日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

## *Exploring the Sun at High-Resolution: Present Perspectives and Future Horizons*

氏 名：大場崇義（マックスプランク太陽系研究所 所 研究者（渡航当時））

渡航先：インド ウダイプル

期 間：2026年2月7～15日

申請者は、2026年2月10日-13日にてインド・ウダイプルで開催される国際会議“Exploring the Sun at High-Resolution: Present Perspectives and Future Horizons”において、招待講演として研究成果を発表しました。本会議の目的は、現行の地上望遠鏡からスペース望遠鏡まで幅広い科学トピックを網羅し、次世代の太陽物理学が直面する科学課題について議論することです。2030年代以降には、地球軌道を離脱する太陽観測や宇宙天気予報を目的とした人工衛星の台頭が期待されており、多点太陽観測（ステレオスコピック診断）が今後の重要な研究方向の1つとなっています。私の講演タイトルは“Stereoscopic diagnostics of the granulation: Two components of the velocity field vector using Hinode and Solar Orbiter”であり、本会議のテーマの1つであるステレオスコピック診断を用いたベクトル速度場の導出を世界で初めて実証した研究成果として報告しました。

招待講演であったため、十分な時間をかけて研究背景と自身の研究成果を発表でき、質疑応答時および休憩時間を通じて多くの質問を受けることができました。ロッキードマーティン先端技術研究所のSouvik Bose氏からは、ステレオスコピック解析において重要となる位置合わせに関する質問を受け、後日、詳細について直接議論する機会を得ました。同氏も精密な位置合わせ手法を工夫しており、新しい知見を得ることができました。マックスプランク太陽系研究所のPradeep Chitta氏からは、「ベクトル速度場の導出によって発

流を発見したとのことだが、回転流の存在も期待されるのではないか」と質問を受けました。私自身、発散流・回転流の両方が存在することは期待しておりますが、ベクトル3成分のうち観測可能な2成分のみから回転流を特定することは容易ではなく、これまで検討を後回しにしていた側面がありました。

今回の質問を通じて、本テーマが1つの課題として意義を有することを認識しました。同研究所のDavid Ivens氏とは、「発散流領域において動径方向の流れとして物理モデルを仮定することで、どのような議論が可能か」とブレインストーミング的な内容についても考察することができました。共同研究者でもあるスペイン・アンダルシア天体物理学研究所のLuis Bellot Rubio氏とは、発表スライドで簡単に紹介していた観測角度差に起因する放射強度差について議論を交わすことができました。

現研究課題のメインターゲットである速度場解析とは異なるものでしたが、研究意義と方向性を議論することで、独立した課題として進められるポテンシャルがあるとの共通認識に至り、今後も本課題について継続的に議論していくこととなりました。また、同研究所のHanna Strecker氏と、本研究課題において主要な役割を果たしているSolar Orbiterのデータ較正プログラムの詳細な設定内容について打ち合わせすることができました。

研究内容に限らず、ホテルや会議開催地での食事会場、バス移動、さらにはエクスカッションを通じて、顔見知りの研究者らと意見交換や雑談を交えながら、改めて交流を深めることができました。研究分野としての直接的な接点が少ない研究者とも、研究会期間中に新しい繋がりが生まれま

した。特に、これまでインドに渡航した経験が無かったこともあり、今まで面識の無かった研究者の方々と交流が生まれた点は、非常によい機会でした。

研究会では非常に有意義な時間を過ごせたのですが、往路においてフライトキャンセルが発生したことで移動が非常に慌ただしいものとなりました。出国後（搭乗ゲート前での待機時）でのアナウンスは初めての経験で困惑しましたが、1時間程度経過した後に係員に案内されて出国キャンセルの手続きを行い、自身の機内預け荷物を受け取りました。その際、「宿泊料金の払い戻しがあるため、自身で確保するのがよい」と係員に促されましたので、予約しました。次のフライトに関するメール連絡が届いたのは、フライトキャンセルのアナウンスからおよそ3時間後となり、当初の予定から24時間後のフライトを確保することができました。私の講演は初日1番目であったため、間に合わないことが確定してしまいましたが、LOCに相談したところ、改めてトーク時間を調整してくださいました。インド・ウダイプル空港からホテル・会議場までのタク

シーも手配くださり、大変感謝しています。会場到着後、多くの会議参加者から労いの言葉をかけられ、新しい交流の機会が生まれたことはよかったですように思います。

一方、インドの学生・研究員の活力に強い印象を受けました。日本への博士課程進学や研究員としてキャリアを積むことを検討している者も多く、積極的に意見を求められました。また、世界中の研究機関に多くのインド人が滞在していることは以前から感じているところでしたが、海外においてキャリアを積んだ後にインドの大学・研究所に戻ってきている研究者も増え始めており、研究分野をさらに発展させている様子が印象的でした。日本と比べて研究者人口も多く、将来、インドが活躍の幅をさらに広げ、世界第一線の研究を推進していく大きなポテンシャルを感じた研究会でした。

結びに、本渡航を支援くださった早川幸男基金と、関係者の皆様に感謝を申し上げます。大変貴重な機会を得るとともに、非常に有意義な研究の発展に繋げることができました。