

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

AASTCS 9: Exoplanets IV

氏名：佐藤佑樹（大阪大学D3（渡航当時））
 渡航先：アメリカ合衆国
 期間：2022年4月30日-5月10日

私はアメリカ合衆国ネバダ州ラスベガスで開催された太陽系外惑星（以下、系外惑星）分野の国際学会“AASTCS 9: Exoplanets IV”に参加し、研究成果について口頭発表を行いました。本会議は系外惑星分野の世界最大規模の研究会であり、これまで2年に1度のペースで開催されています。4回目の開催となる今回は、6日間の日程で約600人の研究者が発表しました。

今回私が用いた重力マイクロレンズ法は、重力によって光がレンズのように曲げられる現象を利用した惑星発見手法です。重力マイクロレンズ法には、地球から遠く離れた距離にある暗い恒星まわりの惑星を発見できるという、他の惑星発見手法にはない利点があります。地球の公転効果や、光源星が点源ではなく有限の大きさをもって観測される効果など、高次の効果を検出できた場合、レンズ星系までの距離や、レンズ主星と惑星の質量など、多くの物理量を推定できます。そこで我々は高次効果の検出を目的に、未解析の惑星候補イベントの詳細解析を行いました。解析の結果、光源星が連星でその公転運動によって光度の変化が生じる効果（以下、xallarap効果）の検出に成功しました。さらにxallarap効果と光源の色等級情報を組み合わせた光源連星系の物理量推定を行い、公転周期が約5.5日、伴星の軌道長半径が約0.06 AUの、G型星と褐色矮星からなる短周期連星系を発見することができました。通常観測が難しい銀河系中心部の連星系を発見し詳細な物理量推定に成功した点で、今回のxallarap効果の検出は大きな意義があります。さらに本解析では

xallarap効果を入れる前後で、レンズ星系の主星伴星質量比 q と主星伴星距離 s の $\Delta\chi^2$ 平面が大きく変化するという世界初の発見がありました。これはxallarap効果を検討せずに解析を行うと、マイクロレンズ惑星の偽検出や、間違った物理量の推定につながる可能性を示しています。つまり、今後のレンズ星系物理量推定におけるxallarap効果検証の必要性を強く示唆しています。今回の渡航では、これらの結果を報告しました。

質疑応答では、深層学習を用いた重力マイクロレンズ解析について精力的に研究されているKeming Zhang氏から、重力マイクロレンズ法によってこれまで発見されてきた惑星に対してxallarap効果の有無を再検証する必要があるか、これまでのマイクロレンズ惑星解析の研究にどの程度影響があるかといった質問をいただきました。これまで発表された重力マイクロレンズイベントに対してxallarap効果を検証する意義はありますが、公転周期が長い光源連星の場合、今回私が解析したイベントに比べてレンズ系パラメータに与える影響は小さいと考えられます。しかし公転周期がどの程度長いと影響が小さくなるかは非常に興味深い点なので、今後調べてみたいと思います。また他の高次効果の可能性がないか、光源星までの距離はどのような仮定をしているかなど、多くの質問を頂き議論することができました。系外惑星だけで約1週間の会議ということで、系外惑星分野の動向や概観を改めて認識できました。今後の私自身の研究の方向性を考えるうえでもよい機会になったと思います。

海外での国際会議への参加が初めてということもあり交流を広げることができるか不安でしたが、レセプションやポスターセッションの時間で様々な研究者と議論・親睦を深めることができ



AASTCS 9: Exoplanets IV 会議参加者の集合写真。

した。coffee breakで知り合った Shih-Yun Tang 氏はその後食事だけでなく、私の発表練習にも付き合ってください、とてもありがたかったです。現在カリフォルニア工科大学で研究されている鶴山太智氏からアメリカでの研究生活についてお話しを聞くことができ、非常に刺激を受けました。また今回の会議で共同研究者の David P. Bennet 氏、MOA collaboration のポスドク・大学院生や、B. Scott Gaudi 氏など重力マイクロレンズ法を用いた研究者の方々とも初めて直接会うことができました。食事やラスベガス市内の観光などに一緒に行き、お互いの研究の展望や私生活のことなどリモート会議ではなかなか話さないこともたくさん話すことができました。

ラスベガスは、到着した空港のゲートや手荷物受取所にもスロットマシンがあり、ラスベガスに来てから帰るまで思い立ったらいつでも遊戯ができるという状況でした。街は日中も賑わっていましたが、夜は一段と活気があり、様々なオブジェについての電飾や色鮮やかなネオン、並び立つ巨大

なホテルを眩しいほど照らす照明が、煌びやかな夜景を演出していました。

COVID-19の影響で渡航に必要な書類が多く、無事出国できた時、帰国できた時、PCR検査が陰性だった時は非常に安堵しました。ラスベガス市内はマスクをしていない人が多かったのですが、会議の参加者のうち少なくとも十数人が陽性になったようですので、まだ注意が必要だと感じました。

初めて英語で口頭発表を行うことやコロナ禍ということで不安はありましたが、最先端の研究に携わる研究者と交流でき、多くの知見や刺激を得ることができました。今回の“AASTCS 9: Exoplanets IV”で得た収穫をもとにさらに研究を進め、8月31日から9月2日にパリで行われる国際研究会“25th Microlensing Conference”で発表する予定です。最後になりますが、渡航を援助してくださった日本天文学会早川幸男基金、ならびにその関係者の皆様に厚く感謝申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

COSMOS team meeting 2022

氏 名：伊藤慧（東京大学理学系研究科天文学専攻PD：学振（渡航当時））
 渡航先：フランス・パリ
 期 間：2022年7月9日-20日

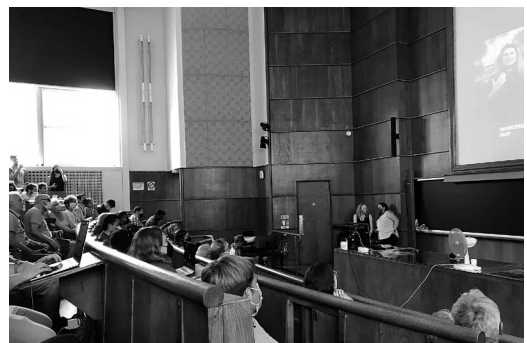
本渡航では、cosmos2022: COSMOS team meeting 2022に出席し、AGN Activity of Massive Quiescent Galaxies to $z \sim 5$ Revealed by X-ray and Radio Stackingというタイトルで口頭講演を行いました。以下に渡航の主旨と得られた成果について報告いたします。

この研究集会では、我々の最近の研究成果である Ito et al. (2022), ApJ, 929, 53 について講演を行いました。この研究は近年発見が進んでいる、高赤方偏移における星形成活動を終えようとしている大質量銀河における活動銀河核 (AGN) の活動性を調査したものです。AGNは大質量銀河の星形成活動の終焉に重要な寄与を果たすのではないかと理論研究等によって予測されていますが、特に宇宙年齢10-20億年といった宇宙初期の星形成活動を終えようとしている銀河ではその内部のAGNの活動性について明らかになっていませんでした。

そこで、我々はCosmic Evolution Survey (COSMOS)の最新の可視・近赤外の多波長カタログCOSMOS2020 (Weaver et al. 2022) とX線 (Civano et al. 2016) から電波 (Smolčić et al. 2017) まで網羅する幅広い波長帯の深い観測データを組み合わせ、宇宙年齢10億年以降に存在する星形成活動を終えようとしている銀河のAGNの活動性を調査しました。まず星形成活動を終えようとしている銀河サンプルをSED fittingの結果をもとに構築し、その後そのサンプルに属する個々の銀河のX線と電波の非検出画像に対して「スタッキング」と呼ばれる画像を重ね合わせる解析

を行いました。その結果、平均的なX線と電波の放射の検出に成功しました。特に宇宙年齢30億年未満の宇宙にある星形成活動を終えようとしている銀河のX線と電波の平均的な放射を検出したのは本研究が初めてです。これはCOSMOSの広い観測領域による従来に比べて大きな銀河サンプルサイズと深い観測を組み合わせることによるものです。これらの放射はその強さから主にAGN由来だと考えられます。さらに星形成活動を終えようとしている銀河内部のAGN活動性は、星形成活動を行っている銀河のものに比べ特に遠方宇宙でより高いことがわかりました。これらの結果は星形成活動が終わる原因とAGNの間に一般的な関連がある可能性を示すものです。

本研究集会ではCOSMOSのデータを用いた最新の研究成果や新たな観測に関する講演が行われ、今後の観測計画について議論が行われました。私の発表後にはスタッキング法の手法や結果について多くの質問をいただき、興味を持っていただいた方が多くいたように感じ嬉しく思いました。また、本研究で用いたVLA-COSMOS 3 GHz surveyのPIでもあるVernesa Smolčić氏やVLA-COSMOSを用いた研究を行っているIvan Delvecchio氏ら



JWSTの観測結果に関するライブ配信を視聴する様子。

ともコーヒープレイクの時間などで話すことができ、将来的な共同研究の可能性に関するものも含む多くの議論を行うことができました。

また本研究集会の大きな議題の一つはCOSMOS領域をJames Webb Space Telescope (JWST)で観測するCOSMOS-Webについてでした。このCOSMOS-WebはCycle1で既に観測が行われることが決定しており、本研究集会では現状の観測計画や観測データが得られた後の解析方法などについて話し合われました。COSMOS-Webの今後の方針について情報を得ることができたのは、自身の研究の進展の方向性を考えるうえで貴重な機会でした。加えて、研究集会期間中にはJWSTの観測結果の初公開が行われました。7月12日に行われた記者会見は参加者全員で配信を視聴し、続々と公開されるデータと画像に感銘を受けていました。記者会見後にも多くの人とJWSTについ

て会話をし、どのようなサイエンスを行うか意見を交わすなど、対面参加での研究集会ならではの活動を通じて観測天文学の新たな時代の幕開けを大いに感じることができました。

本渡航で発表した研究はCOSMOS2020カタログの作成者らを含む国内外の研究者と協力して進めた共同研究ですが、新型コロナ禍であったため共同研究者の多くと直接会うことができていませんでした。今回の渡航で共同研究者であるSune Toft氏やFrancesco Valentino氏、John Weaver氏らと会うことができ、今後の研究の方向性について対面で議論できた点も本渡航の大きな成果の一つです。

今回の経験や議論を活かして、引き続き研究を進めていきたいと考えています。最後になりますが、このような貴重な渡航を可能にくださった日本天文学会と早川幸男基金にこの場を借りて深く御礼を申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation*

氏 名：中野覚矢（名古屋大学名古屋大学大学院
理学研究科素粒子宇宙物理学専攻M2
（渡航当時））

渡航先：カナダ

期 間：2022年7月16日-8月5日

2022年7月17日から22日にかけて*1、カナダのケベック州モントリオールで開催された国際研究会：SPIE Astronomical Telescopes+Instrumentationに参加した。この研究会は地上・宇宙望遠鏡とそれらの計測装置に関する研究会であ

り、世界中の研究者やエンジニアが参加・発表を行った。研究会は12の分野に分かれており、私はそのうちの補償光学を扱う分野である *Adaptive Optics Systems VIII* にてポスター発表（発表題目：“Characterization of sensitivity and responses of a 2-element prototype wavefront sensor for millimeter-wave adaptive optics attached to the Nobeyama 45 m telescope”）を行った*2。

補償光学は、主に地上に設置された可視光・赤外線望遠鏡において、地球大気の揺らぎの影響を補正する技術のことを指す。一方で、電波望遠鏡

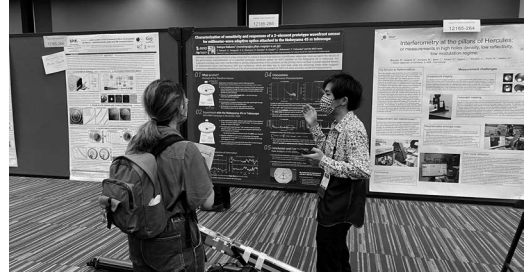
*1 ただし、航空費が安くなるように滞在期間を長くした。当初の渡航期間は2022年7月15日-7月25日であったが、往路便のスケジュール変更があり、7月16日発の便に搭乗した。また、帰国前のPCR検査で陽性となり、陰性となるまで時間を要したため、帰国が8月5日となった。

*2 ポスターはSPIEのホームページ (<https://spie.org/astronomical-telescopes-instrumentation/presentation/Characterization-of-sensitivity-and-responses-of-a-2-element-prototype/12185-265>) にて閲覧できる。また、arXivにも投稿した proceeding (<https://arxiv.org/abs/2207.07196>) が出版されている (<https://doi.org/10.1117/12.2628269>)。

における補償光学は、主に風・熱・重力に起因する望遠鏡変形の補正に着眼している。これは、電波観測では大気の影響が小さいが、比較的大口径な電波望遠鏡では、風・熱・重力による変形の影響を受けやすいためである。特に、次世代の直径50 mクラスの電波望遠鏡で高感度の天体観測を実現するためには、観測中に変動する風や熱による望遠鏡変形の補正が不可欠となる。よって、電波望遠鏡における補償光学の実現のためには、まずはリアルタイムで変化する望遠鏡の変形量を測定する手法を確立させなければならない。

そこで、我々は電波望遠鏡の変形量を測定する手法として、電波の干渉を応用した開口面干渉法を提案した。我々の手法では、まず、望遠鏡主鏡に設置した電波放射器から発せられた電波を望遠鏡の受信機で受信し、計算機に入力する。そして、もう1つの電波を直接計算機に入力し、2つの電波を干渉させることで、干渉縞を得る。干渉縞は2つの電波が通った経路長の変化によって変動するため、干渉縞の時間変化から電波放射器を設置した箇所の変形量を求めることができる。我々は、この手法を用いて野辺山45 m電波望遠鏡の変形検出の実験を行い、風速や気温の変化に連動した望遠鏡変形の検出に成功した。得られた検出精度は $\sim 8 \mu\text{m}$ であり、Large Submillimeter Telescope (LST) や Atacama Large Aperture Submillimeter Telescope (AtLAST) といった次世代の大型電波望遠鏡が目指す検出精度 ($\sim 20\text{--}40 \mu\text{m}$) に対しても有意な精度である。

以上の実験結果を7月20日のポスターセッションで発表した。ポスターセッションは7月18日から21日まで4日間あり、基本的に各日程の18:00–20:00に実施された。発表は広い会場で参加者が自由に興味のある発表を聞きに行く形式で行われ、1日あたり約300枚のポスターが貼り出された。会場では酒類を含むドリンクやスナック菓子が振る舞われ、さながら立食パーティのようにビールを片手に議論をする様子が見られた。私の



ポスター発表の様子。

発表には少なくとも Fred Young Submillimeter Telescope (FYST) や Caltech Submillimeter Observatory (CSO) の研究者が来ており、研究成果を海外の電波望遠鏡の研究者に共有するという目的はおおむね果たせたと思われる。発表を聞いた研究者には $\sim 8 \mu\text{m}$ の検出精度が高く評価されたが、補償光学の分野には可視光や赤外線を専門とする研究者が多かったため、研究内容に関する本質的な質問は多くなかった。ある研究者からは、日本における長野県の場合や、望遠鏡に登った感想などを聞かれた。また、「大学に行っていないから物理のことはわからないが日本語の勉強をするために学会に来ている」という人に日本語と宇宙の基本的な質問を30分程度された。他の研究者からは、私の研究内容は補償光学における波面センサではなく、むしろレーザー等による距離計測に属するとの意見もいただいたため、今後何らかの研究会に参加する際は発表する分野を吟味する必要がある。

FYSTの研究者からは望遠鏡変形に伴うポイントングのずれがどの程度あるか質問されたが、それは本研究の範疇を超える内容であった。2022年5月の新たな実験では、望遠鏡変形の測定と並行して月輪郭の観測を行ったため、望遠鏡変形に伴うポイントングのずれは今後の解析において明らかとなるだろう。また、我々の研究の次のステップは、測定した変形量に基づいた、アクチュエータによる望遠鏡構造の制御にある。今回の研究会で、Keck Observatoryの研究者と議論

し、電波望遠鏡に適したアクチュエータとして Voice Coilを紹介していただいた。後に Voice Coilは電波望遠鏡には不適であることがわかったが、今後は国内の制御工学の専門家との共同研究により、電波望遠鏡の変形を補正する可変形鏡の研究を進める予定である。

今回の渡航は私の初めての海外渡航であるだけ

でなく、初めての対面での研究会への参加となった。今後の研究にとどまらず、私の人生にとって貴重な経験をさせていただいた。この場を借りて、渡航を支援していただいた日本天文学会、早川幸男基金と関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

Hayakawa Satio Fund

早川幸男基金とは

「早川幸男基金」は、日本天文学会元理事長・故早川幸男氏のご遺志に基づき、ご遺族から日本天文学会に寄付された750万円を創設基金として、1993年に設けられました。若手天文学研究者の海外学術研究援助を目的としています。

毎年4回（3, 6, 9, 12月の10日が締め切り）募集を行い、一年に総額300万円程度の渡航費の援助を行っています。渡航期間は、締め切り月の翌月の1日から3ヶ月後の月末までが対象となりますが（例えば、3月10日締め切りの場合、4月1日から6月30日まで）、前回の募集に間に合わず渡航した場合、納得する事情説明がある場合には、その直後の回の締め切りに応募することが可能です。

当基金は現在も寄付金によって継続され、毎年多くの若手天文学研究者の海外研究活動を支えています。この基金を活用し、ぜひ、世界に向け研究活動の幅を広げてください。詳しくはホームページをご覧ください。

早川幸男基金ホームページ

https://www.asj.or.jp/jp/activities/expenses/hayakawa_fund/