

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Challenging Theory with Roman: From Planet Formation to Cosmology

氏 名：布田寛介（大阪大学理学研究科宇宙地球
科学専攻 M2（渡航当時））

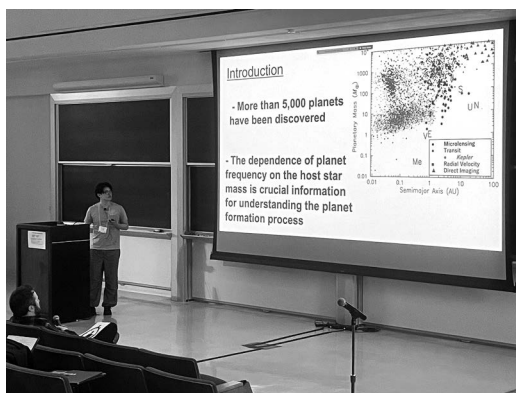
渡航先：アメリカ ロサンゼルス

期 間：2024年7月8～13日

本渡航では、7月9～12日にアメリカで行われた国際研究会“Challenging Theory with Roman: From Planet Formation to Cosmology”に参加し、“Toward the host star mass dependence of the planet frequency in Roman era”という題目で口頭発表を行いました。

本研究会は、NASAが2026年後半に打ち上げを予定しているNancy Grace Roman望遠鏡による観測が、系外惑星から宇宙論までどのようにして理論に挑戦するかを議論することを目的としています。この目的の通り研究会には、系外惑星から宇宙論までの幅広い分野の研究者が参加し、最新の研究成果や進展を共有し合うとともに、将来のコラボレーションの可能性についても活発な議論が行われました。この研究会を通じて、私自身も多くの刺激を受け、今後の研究活動における新たな視点やアプローチを得ることができました。

当講演は、2日目の系外惑星のセッションで行われました。内容は、重力マイクロレンズ法と呼ばれる系外惑星発見手法によって見つかった系外惑星サンプルを用いて、惑星存在量の主星質量依存性を測定する新手法の紹介です。重力マイクロレンズ法では、惑星系の重力がその背後の星の光を曲げることによって引き起こされる、星の明るさの一時的な増光を捉えることで惑星系を発見します。トランジット法や視線速度法とは異なり、この方法は主星の明るさの測定を用いないため、M型星などの暗い星の周りの惑星を多く発見できるという特徴があります。そのため、暗い星の周



研究会での発表の様子

りの惑星の存在量と主星の質量との関係性の解明は、重力マイクロレンズ法でしか成し得ない重要な研究課題です。一方でその解明には一つの大きな問題があります。それは、重力マイクロレンズ法では多くの場合で、主星の質量が測定できないということです。その問題のため、これまで惑星存在量の主星質量依存性に制限を与えることに成功した先行研究は存在しませんでした。そこで私たちの研究グループは、“アインシュタイン時間”と“レンズ・ソース相対固有速度”という、惑星イベントで普遍的に測定される2つのパラメータに着目し、それらの二次元の分布と銀河モデルを用いたシミュレーションから予測される分布を比較することで、主星質量の測定を必要とせずに惑星存在量の主星質量依存性に制限を与えられる手法を開発しました。さらにその手法をMOA-IIマイクロレンズ探査による惑星サンプルに適用することで、主星質量の増加に伴って惑星存在量が増加する可能性を示唆しました。しかしこの結果にはいまだに不定性が大きく、この結果の確証を得るためには、より多くのサンプルが必要です。そこで、1,000個以上の惑星の発見が期待されてい

る Roman 望遠鏡のサンプルを解析することが重要になります。講演ではこの新手法を紹介し、Roman 望遠鏡のサンプルを用いた場合に主星質量依存性の制約がどれほど厳密になるかについて、シミュレーションをもとに議論しました。

講演後は、幅広い分野の専門家から様々な質問をいただきました。特に、惑星形成理論を専門とする Eve Lee 氏 (McGill University) からは詳細な質問をいただき、深い議論を行うことができました。それ以外にも、食事の機会やコーヒー休憩の時間を通して様々な方々と交流をすることができました。特に、重力マイクロレンズ分野の第一

人者である David Bennett 氏 (NASA GSFC) や、同年代の Natasha Abrams 氏 (UC Berkeley) との交流は、大きな刺激となりました。

今回の講演を通じて得られたフィードバックや新たな視点は、私たちの研究を一層深めるための重要な手がかりとなりました。また、専門家の皆様との交流を通じて、今後の共同研究の可能性や新たなアイデアを見つけることができ、大変有意義な時間を過ごすことができました。これからも精進し、さらなる研究成果を発表できるよう努めて参ります。この度は本渡航を援助していただき、誠にありがとうございました。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 COSPAR 2024 45th Scientific Assembly

氏 名: 有田淳也 (東京大学理学系研究科天文学専攻 D1 (渡航当時))

渡航先: 韓国 釜山

期 間: 2024年7月14~18日

本渡航では、7月13日から21日にかけて韓国で行われた国際研究会“COSPAR 2024 45th Scientific Assembly”の Scientific Program のひとつである“Coevolution between High-redshift Quasars and Galaxies in the Era of JWST”に参加し、“Quasars reside in massive dark matter halos at redshift 6”という題目で口頭発表を行いました。本研究会では高赤方偏移クエーサーを対象としており、JWSTを用いた観測的研究を行っている研究者に加えてシミュレーションを用いた理論的研究に取り組んでいる研究者も多く参加していました。特に、JWSTが発見して以来注目を集めている Little Red Dot (LRD) に関する研究は数多く発表されており、活発な議論が行われました。

当講演では前半で Arita et al. (2023) に基づく $z \sim 6$ のクエーサーを用いたクラスタリング解析に

ついて発表を行いました。この研究では、すばる望遠鏡の HSC による大規模サーベイである HSC-SSP のデータから高赤方偏移クエーサーを検出するプロジェクト (SHELLQs) によって $z \sim 6$ においてクエーサーの表面数密度が飛躍的に上昇したことに着目し、クラスタリング解析から $z \sim 6$ のクエーサーの典型的なダークマターハローの質量を初めて制限しました。得られた結果からは、 $z \sim 6$ のクエーサーは当時の大質量ハロー ($\sim 10^{12-13} h^{-1} M_{\odot}$) に存在することが示唆されました。近年では、JWST の NIRCам の WFSS を用いて検出されたクエーサー周辺の酸素輝線銀河を用いたクラスタリング解析も行われていますが、この研究と矛盾しないダークマターハローの質量が推定されています。また、 $z < 4$ のクエーサーを用いたクラスタリング解析を行った先行研究もクエーサーの存在する典型的なダークマターハローの質量を $\sim 10^{12-13} h^{-1} M_{\odot}$ と報告しており、クエーサーの発現メカニズムにダークマターハローの質量が関わっていることが示唆されました。さらに、後半では JWST によって新たに発見された低光度 AGN を



研究会でのプレゼンテーション

用いたクラスタリング解析についても紹介をしました。これらの低光度AGNはX線でほとんど受からなかったり、特異的なスペクトルをしているものもあったりと、その性質を理解するために観測・理論の両方から盛んに研究が行われています。特に、光度関数を調べるとキューサーの外挿よりも1-2桁程度高い数密度を示しており、キューサーとJWSTで発見された低光度AGNの差異を調べることが重要な課題となっています。そこで、JWSTで発見された低光度AGNを可能な限り集めクラスタリング解析を行ったところ、その典型的なダークマターハローの質量が同じ赤方偏移のキューサーよりも1桁程度軽いことがわかりました。その結果をもとにJWSTで発見されたAGN

の正体についていくつかの可能性を議論しました。

講演のあとには主に後半の内容について参加者から多くの質問をいただき、議論も活発に行うことができました。特に、近年高赤方偏移キューサーの環境に注目している Joseph Hennawi 氏 (UC Santa Barbara) からは解析について様々な提案をしてくださり、今後の研究の大きなヒントを得ることができました。また、Hennawi 氏のチームでは理論的アプローチから JWST で発見された低光度 AGN のダークマターハロー質量を推定する試みも行われており、その手法や暫定的な結果についても知ることができ、講演で発表した結果と大きく矛盾していないことを確認することができました。さらに、高赤方偏移キューサーの環境を調べるためのアイデアについても意見を交換しあい、共同研究の可能性も出てくるなど充実した議論ができました。

このように本渡航では JWST を用いた高赤方偏移キューサーの研究に取り組んでいる研究者と深い議論ができた貴重な機会となりました。加えて、今後の共同研究の可能性も出てくるなど博士課程の間の研究に大きなプラスとなるような実りある渡航となりました。今回のような非常に有意義な渡航の実現に協力してくださった早川基金に深く感謝申し上げます。誠にありがとうございました。