

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

39th Internatinal Cosmic Ray Conference (ICRC2025)

氏 名：横山将汰（千葉大学 ハドロン宇宙国際
研究センター 特任研究員（渡航当時））
渡航先：スイス連邦 ジュネーブ
期 間：2025年7月14～25日

本渡航では、2025年7月14日-24日に行われた宇宙線国際会議 39th Internatinal Cosmic Ray Conference (ICRC2025) に参加し、“Cosmic Ray Heating in the Early Universe: Joule Heating by Return Currents and its Impact on the Thermal Evolution of the Intergalactic Medium at Redshift around 10” という題目で口頭発表を行いました。ICRCは2年に一度開催される伝統ある宇宙線に関する国際会議で、宇宙線に関する最新の観測結果や理論の進展が活発に共有される場となっています。

今回の口頭発表では、宇宙線が駆動するガス加熱過程を新たに提唱し、その初期宇宙の銀河間空間への影響について議論しました。非熱的高エネルギー粒子である宇宙線は、現在の宇宙では主に超新星残骸衝撃波で加速されていると考えられています。初期宇宙の銀河においても同様の過程で宇宙線が加速されると期待されます。加速された宇宙線が銀河間空間へ流出すると、さまざまな相互作用によりガスを加熱し、特に赤方偏移10（宇宙年齢約5億年）程度の時代では、その影響が中性水素からの21-cm線信号として観測できる可能性があります。宇宙再電離期の銀河間空間からの21-cm線信号の観測は、SKA (Square Kilometer Array) によって本格化すると期待されています。従来、銀河間空間の温度上昇の主な要因は銀河からのX線による加熱と考えられてきましたが、近年では宇宙線による加熱効果も考慮され始め、中性ガスの電離と自由電子とのCou-

lomb相互作用による宇宙線直接加熱の効果が計算されるようになってきました。このような背景を踏まえ、我々は宇宙線流が駆動する「抵抗性加熱」という新しい加熱機構を提唱し、それが銀河間空間の加熱に支配的な役割を果たしうることを示してきました (Yokoyama and Ohira, 2023)。

宇宙線が銀河から流出すると、宇宙線電流 J_{CR} を打ち消すために、熱的電子が帰還電流 $J_e \approx -J_{CR}$ を作りませんが、このとき熱的電子と熱的陽子との間には相対速度が残ります。宇宙論的なタイムスケールでは、熱的粒子間のCoulomb衝突は無視できず、衝突により抵抗が生じますが、帰還電流は維持されるため、ガスは抵抗性電場 $E = \eta J_e$ の散逸により加熱され続けます。我々の先行研究では、この抵抗性加熱による加熱率の評価と銀河間空間温度の時間進化の計算を行いました。今回の発表ではこれをさらに拡張した最新の結果を報告しました。

再電離前の銀河間空間は電離度が低いので、荷電粒子間の衝突だけでなく、熱的電子と中性原子間の衝突も重要となります。本講演では中性粒子との衝突を含めた抵抗を評価し、 10^3 K程度の環境でこれが支配的となることを示しました。さらに、加熱率が温度と電離度に大きく依存することから、新たに電離度の時間発展を取り入れ、銀河間空間の温度進化を調べました。その結果、典型的な銀河と銀河間空間の環境では宇宙線駆動の抵抗性加熱がX線加熱などよりも支配的となり、100 Kを超える高温領域が30 kpc程度まで広がることがわかりました。このような高温領域は、この時代の宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) よりも温度が高いため、21-cm線の放射領域として観測されうることを議論しました。今後は、公開コードに本加熱機構を実装するなどの形で、より

現実的な21-cm線信号の予言を行うことを計画しています。

発表後には、Ellis Owen氏をはじめ、多くの方から本加熱過程の物理や応用性に関して質問をいただきました。本研究はこれまで主にプラズマ物理や銀河進化の研究者の前で発表することが多かったのですが、今回は宇宙線理論の専門家の方々から大変貴重なフィードバックを得ることができました。いただいたコメントを踏まえ、新たな応用天体を模索しながらモデルを改善していきたいと考えています。また、会期中にはCERNの実験施設を見学させてもらうことができ、理論家の私としては、実際の粒子実験の雰囲気味わう大変有意義な経験となりました。さらに実験系の研究者の方々とも多く知り合うことができ、今後も分野を超えた交流を大切にし、研究の幅を広

げていきたいと気持ちを新たにしました。

2年に一度行われるICRCは、私にとってホームのような学会であると同時に、2年間の自分の成長を試す試金石のようにも捉えています。この2年間は、宇宙線加熱の初期宇宙への応用を議論するうえで宇宙進化の勉強に偏重していた部分がありました。宇宙線やニュートリノの最新の観測結果に触れる中で、今後はより宇宙線の基礎物理の解明に寄与できるよう努めたいと決意を改めました。末筆ながら、本学会への参加を援助していただいた早川幸男基金に心より御礼申し上げます。本渡航で得た貴重な経験を糧に、まずは2年後のICRCを見据えて研究に一層邁進してまいります。本渡航を支えてくださった関係者の皆様に、改めて深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 *Solar Polarization Workshop 11 (SPW11)*

氏 名：山崎大輝（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 特任助教（渡航当時））

渡航先：チェコ共和国・プラハ

期 間：2025年9月8～13日

2025年9月8日から13日にかけて、チェコ共和国プラハにて開催された“Solar Polarization Workshop 11 (SPW11)”に参加し、口頭発表を行いました。本研究会は太陽および恒星の偏光観測に関する国際的に最も歴史ある研究集会のひとつであり、約3年に一度、世界中の研究者が集まって最新成果を議論する場です。第11回となった今回の研究会では、太陽および恒星の偏光観測に関する幅広いテーマが議論されました。大型地上望遠鏡や気球・衛星ミッションによる最新の分光・偏光観測の成果、フィラメントやプロミネンス、黒点といった多様な構造における磁場診

断の試み、さらに偏光データのインバージョンを含むデータ解析手法やAIを用いた新しい解析技術の進展などが紹介されました。これらの研究は、観測装置の開発、観測データの解釈、数値シミュレーションとの比較を通じて、太陽大気の三次元磁場構造をより正確に理解するための国際的な基盤を形成していることを強く印象づけました。

申請者は「Magnetic field diagnostic of solar filaments with spectropolarimetric observations in He I 1083 nm」という題目で、太陽フィラメントの磁場診断に関する最新の観測結果を報告しました。本研究では、京都大学飛騨天文台ドームレス望遠鏡に新たに導入された偏光観測装置を用い、静穏フィラメントと活動フィラメントの双方について磁場強度・構造を診断しました。その結果、静穏フィラメントでは数十G程度で逆極型

の磁場構造，活動フィラメントでは100 G程度で順極型と逆極型の間際の性質を示すことを明らかにしました。また，偏光信号から三次元磁場ベクトルを導出する際の不定性を解消する手法を導入した点，そして偏光プロファイル形成の解釈に部分再分配の効果による周波数依存性を導入し観測的・理論的考察を深めた点に新規性があります。

本研究会では，自身の発表に対して多くの質問や意見をいただき，研究成果の位置づけを改めて確認することができました。特に，本研究の出発点となった欧州の望遠鏡を用いた同様の観測研究者である Carlos Jose Diaz Baso 博士らとは，解析手法や較正方法に関する具体的な議論を行うことができ，自身の研究の考察の深化に繋がる重要な知見を得ました。また，偏光プロファイル形成理論の大家である Han Uitenbroek 教授や Petr Heinzel 教授らとも密な議論の機会を得て自身の観測で得られたデータの解釈に対して意見交換し，光学的に十分厚い観測対象については，周波数方向に多重散乱の発生確率が異なるために部分再分配の効果を考慮する必要があるとする考察に自信を得る結果となりました。

さらに，会期中のコーヒブレイクや懇親会を通じて多くの国際的研究者と交流し，今後の共同研究の可能性について話し合う機会を得ました。

特に，フィラメントで得られる偏光プロファイルからフィラメント磁場構造を導出する新たな手法として提案された Andres Vicente Arevalo 博士らの3次元インバージョンコードについて，得られた最新の磁場構造の結果と自身の観測結果の比較についての議論を深め，偏光データ処理について関心を持つ研究者らと今後の協力体制を検討することができたのは大きな収穫でした。加えて，自身が今後開発を進める予定のコロナ磁場観測装置が狙うべき科学ターゲットやその際に必要となる性能について，現在の世界の動向を基に検討を具体化する材料が多く得られたことも自身の今後の研究の方向性を考える上で大変有意義でした。

今回の研究会参加により，国内外の研究動向を把握するとともに，本研究会で報告した自身の研究成果が国際的文脈においてどのように位置づけられるのかを確認できました。今後は，今回得られた知見を活かし，他観測との協調や国際共同研究を推進しながら，太陽大気磁場の三次元構造解明に取り組んでいきたいと考えています。また，本研究で得られた成果をより発展させ，将来的には次世代太陽観測計画への応用も目指していきたいと考えます。

本渡航に際し，ご支援を賜りました早川幸男基金の関係者の皆様に心より感謝申し上げます。ま



Solar Polarization Workshop 11の集合写真（研究会HPより）

た、研究の遂行にあたりご助言をいただいた国内外の研究者の方々、共同観測にご協力いただいた

京都大学飛騨天文台の関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *TeV Particle Astrophysics 2025 (TeVPA2025)*

氏 名：坂井延行（大阪大学大学院理学研究科
宇宙地球科学専攻 D1（渡航当時））

渡航先：スペイン王国・バレンシア市

期 間：2025年11月2～8日

本渡航では、スペインにて2025年11月3日から7日に開催された国際研究会 TeV Particle Astrophysics 2025 (TeVPA2025) に参加し、口頭発表を行った。本研究会は、TeV エネルギー帯を中心とした宇宙素粒子物理学の国際的会議であり、宇宙線やガンマ線およびニュートリノの理論・観測、さらにはダークマター探索など、多岐にわたる分野の研究者が世界中から集まった。午前中には分野を代表する研究者による Plenary Session が行われ、各分野の現状と将来展望に関する包括的な講演を聴講し、大変有意義であった。午後には Parallel Session が開催され、最先端の研究成果に触れることができ、非常に刺激的であった。聴講中には複数の質問を行い、活発な議論に参加することができた。また、昼食や夕食の機会を通じて、日本人研究者のみならず海外の研究者とも幅広く交流することができた。

本研究会では、“Gamma-Ray Emission from AGN Disk Winds: A Case Study of the Nearby Seyfert Galaxy GRS 1734-292” という題目で口頭発表を行った。本発表は、Astrophysical Journal 誌から出版されている、Sakai et al. (2025) に基づいている。近年、フェルミ宇宙ガンマ線望遠鏡により、強いジェットを持たない活動銀河核（セイファート銀河）からのガンマ線が相次いで検出されている。これらにおけるガンマ線放射の起源

として、母銀河の星形成活動、弱いジェット、円盤風（降着円盤からのアウトフロー）などが候補とされているが、各要素の寄与が重なり合う場合が多く、それぞれの放射寄与を個別に評価することは困難である。本研究では、セイファート銀河 GRS 1734-292 に注目した。この天体からはガンマ線が観測されているが、赤外線および電波の光度から、星形成およびジェットの寄与のみでは観測されるガンマ線を説明するには経験的に不十分であると考えられる。そこで、我々はこの天体を円盤風によるガンマ線放射を検証する「実験場」と位置づけ、円盤風が主要な放射要因であるという仮説を理論的に検討した。我々は、円盤風と星間物質の相互作用により形成される衝撃波における宇宙線加速、およびそれに伴うマルチメッセンジャー放射を記述するモデルを構築した。このモデルを GRS 1734-292 に適用することで、観測されるガンマ線フラックスを合理的なパラメータの範囲内で再現し、円盤風が主たる放射源となりうる可能性を示した。

本研究会を通じて、多くの有益な議論と人的交流を得ることができた。発表後には、円盤風のパワーや周囲ガス密度など、モデルパラメータに関する複数の質問をいただき、より深い議論へと発展した。また、聴講者としても多くの研究発表に積極的に質問し、研究者間の議論を深めることができた。特に、活動銀河核からのガンマ線放射を研究する Shilong Chen 氏（ジェットモデルを中心に研究）と議論する機会を得て、異なる理論的アプローチを比較することで、新たな視点を得ることができた。さらに、Chen 氏の共同研究者で

あり、TeVガンマ線望遠鏡LHAASOに関与するBing Theodore Zhang氏とは、TeVガンマ線を放射する新たなタイプの活動銀河核に関する議論を行い、今後の共同研究の可能性を見出した。加えて、天の川銀河内の星形成領域におけるガンマ線・ニュートリノ放射を研究するStefano Menchiari氏との議論を通じて、本研究を銀河系外星形成領域へ応用する展望についても意見交換を行った。

本研究会で得られた知見と人的ネットワークをもとに、活動銀河核における高エネルギー放射機構の理解をさらに深化させたい。特に、セイファート銀河における円盤風にとどまらず、音速を超えるアウトフローを持つ系への応用を視野に

入れて、銀河系外・系内の様々な高エネルギー放射の起源を明らかにしていきたい。最終的には、ガンマ線の生成元である宇宙線の加速天体・加速機構を明らかにし、宇宙空間における粒子加速の物理を解明したい。また、高エネルギー放射だけでなく、アウトフローの銀河進化における役割も探求したい。

本渡航に際し、早川幸男基金からのご支援を賜り、心より感謝申し上げます。ご支援がなければ本研究会への参加は叶わなかったと考えております。本会議での発表経験および国際的な研究者との交流は、今後の研究活動において大きな糧となるものであり、深く御礼申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *Dusty Universe 2025*

氏 名：妹尾梨子（東京大学大学院理学系研究科
附属天文学教育研究センター D1：学
振（渡航当時））

渡航先：アメリカ合衆国・アリゾナ州

期 間：2025年11月3～15日

本渡航では、WR140というダスト生成天体の周囲のダストシェル赤外分光観測研究について、共同研究者であるRyan Lau氏（CalTech/IPAC所属）らとの対面での議論・共同研究と、アリゾナ大学で行われた国際研究会Dusty Universe 2025での口頭発表を行った。

申請者は、宇宙の有機物ダスト・PAHの変性過程や起源に迫るべく、WR140という天体周囲のダストシェルの赤外分光観測研究を行っている。WR140は周期的にダストを生成する天体で、C-rich Wolf-Rayet星（WC星）とO型星からなる連星系である。共同研究者であるRyan Lau氏はこのWR140という天体をジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）の中間赤外線装置（MIRI）

で観測しており、彼らの研究によって、WR140周囲には、WR140により生成されたダストシェルが等間隔で複数個並んでいる様子が確認された（Lau et al. 2022）。WR140周囲のダストシェルは、中心星に近いほど新しくできたもの、遠いほど古くにできたものであるため、複数のダストシェルの赤外線スペクトルを取得し比較することで、WR140周囲のダストの変性過程を知ることができる。そこで申請者は、WR140周囲の複数のダストシェルの分光観測データを解析し、有機物ダストの変性過程を探る研究を行っている。本研究はこれまで、Lau氏と、アメリカと日本の時差を考慮した特定の短時間のオンラインミーティングで議論を重ねながら進められてきた。

しかし今回の渡航で毎日直接Lau氏と議論を行ったことで、日本にいるときよりも格段に速いスピードで研究内容をブラッシュアップできた。また今回の渡航でCalTech/IPACにおけるセミナーを開催していただき、自分の研究内容をIPACの方々に伝え、議論することができた。また、自分

と研究分野が近い、PAHに関する研究を行う研究者ら（ダストシエルの構造のモデル作成研究を行っている Yinuo 氏、星周物質の観測を行っている Jacob 氏、Sam 氏、銀河の PAH 進化研究を行っている Thomas 氏）や、NASA/JPL（ジェット推進研究所）の星周ダスト研究者（Raghvendra 氏）と直接 meeting・議論する機会も設けていただいた。日本には自分と近い分野の研究者が少ないため、本渡航を通して研究分野の近い研究者らと議論させていただけたおかげで、これまで以上に的確なコメントやフィードバックをいただくことができ、研究内容をより一層深めることができた。

翌週はアリゾナ州ツーソンへ移動し、アリゾナ大学で開催された Dusty Universe 2025 という国際研究会に参加し、口頭発表を行った。口頭発表では主に、WR140 周囲のダストシエルの特に中心星から離れた領域において、有機物中の C-H 結合由来と考えられる $8.6\ \mu\text{m}$ と $11.2\ \mu\text{m}$ のフィーチャーが検出されたことを発表した。WC 星は水素に非常に乏しい天体であるため、本研究で得られた、C-H 結合を持った有機物が周囲に存在しているという示唆は非常に面白い結果である。WC 星はこれまであまり有機物の起源天体として注目されてこなかったが、今回の発見・発表を通して、WC 星と O 型星の連星系が宇宙の有機物の起源天体として重要な天体の 1 つである可能性を示すことができた。研究会の最後に研究会全体をリアルタイムで振り返る時間があり、「今回の研究会で得られた思いがけない収穫はなにか」という問いに多くの人が「WC star」と回答していた。そのため、多くの聴衆に WC 星連星系が有機物起源の 1 つとして重要である可能性を印象付けられたのではないかと考えている。Dusty Universe は、約 5 年に 1 度開催されている、宇宙のダストに関連する幅広いトピックを扱う珍しい国際研究会であり、自分の研究をダスト研究者に広められたことだけでなく、他の研究者らの発表を聞き、



Dusty Universe 2025 での発表の様子

お互いに議論できたことも大変興味深く、勉強になった。例えば、招待講演ではダストに関する様々なトピック（ダスト減光、ダスト・PAH 放射、シリケート・炭素質ダストの室内実験、銀河のダスト・PAH、放射輸送計算、等々）について、選ばれた研究者らがレビューをしてくださるという内容になっており、ダストに関連する基礎的な知識から最新の研究の状況までわかりやすく知ることができた。一般講演やポスター発表も興味深い講演ばかりで、計算・室内実験・観測とそれぞれ現在どのような研究が行われているのかを幅広く知ることができた。講演後に講演者やポスター発表者のもとへ声をかけにいき、発表内容に関する議論や会話を通して、お互いの発表内容の理解を深めるだけでなく、オンラインでは築くことが難しい他研究者とのつながりを持つことができた。今回の出会いが、今後研究会等でまた会えたときにより深い議論をしたり、共同研究を始めたときよりきっかけにつながるよう、今回の出会いを忘れず、一層精進して自分の研究を進めていきたい。また本研究会では、ダスト研究についてだけでなく、発表の仕方や工夫についても学ぶことができた。日本の研究会で見るとも視覚的にインパクトのあるようなスライドを用いた発表が多く、そのような発表は聴衆の心を掴みながらわかりやすく伝えられることを学んだ。

上述のように、本渡航を通して、自分の研究を

深め、現地で研究分野の近い様々な研究者の方々と交流し、ダスト研究や効果的な研究発表など、多くのことを学ぶことができた。また今回は自分の中で最も長い海外滞在で、自分は海外でも研究活動が行える、という自信が少しつき、将来海外でも研究を行うという選択肢が増えるきっかけに

もなった。

今回の実りある渡航を実現できたのは、関係者のご協力並びに早川基金のご支援があったおかげです。今回の渡航を糧に、より一層研究に励みたいと思います。この度はご支援くださり、誠にありがとうございました。

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600万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（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/activities/expenses/hayakawa_fund/