

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Nuclear Physics in Astrophysics XI (NPA-XI)

氏 名：深川奈桜（国立天文台特別客員研究員）
 渡航先：ドイツ ドレスデン，フランス パリ
 期 間：2024年9月13～29日

私は、2024年9月15日から20日に開催された研究会“Nuclear Physics in Astrophysics XI (NPA-XI)”においてポスター発表を行いました。また、パリ天体物理学研究所にて論文共著者と将来の研究等について議論しました。

初めに、対面での研究会への参加と共同研究を通し、多様な分野やコミュニティの研究者と接する機会をいただき、誠にありがとうございました。早川基金と研究会主催者からの部分援助に加え、研究会や研究所の方々に受け入れていただき実現した渡航でした。

13日金曜日の飛行機で経由地のフランクフルトに無事到着後、さらに長距離バスで数時間移動し、研究会の会場があるドレスデンに着きました。NPAは隔年開催であり、核物理や星の元素合成、化学進化等の分野に関連する実験・理論・観測的研究の成果について、70以上の講演が行われました。私は、元素の供給源や発生頻度の低い現象（レアイベント）の元素組成へのインパクト等に焦点をあて、矮小銀河の化学進化について議論した成果（Fukagawa N., Prantzos N., 2023, MNRAS, 524, 4688, 参考文献含む）について、“Contribution of individual astrophysical events to chemical evolution of dwarf galaxies”という題目で発表しました。

この研究において取り組んだのは、矮小銀河が小質量銀河の合体により形成される場合の元素組成比を化学進化モデルを用い予測し、その結果をもとに、低金属量環境における元素の供給源とレアイベントの役割について議論する、ということ

です。詳しくは出版論文を見ていただきたいのですが、面白いのは、化学進化モデルにおける元素の供給源の中に、低金属量環境における窒素やフッ素、鉄より重い元素などの供給源の一つであると言われている自転速度の大きい大質量星（高速自転星）が含まれるため、矮小銀河における鉄より重い元素（ストロンチウムやバリウムなど）の組成の予測に、高速自転星内部で起こる遅い中性子捕獲過程（sプロセス）の寄与が現れうることです。また、小質量銀河では星形成率が平均的に低く、単位時間当たり形成される星の数が少ないため、発生頻度が低い速い中性子捕獲過程（rプロセス）の候補天体以外の供給源もレアイベントになりうるといふ点です。

実際に、矮小楕円体銀河が小質量銀河の合体により形成されることを仮定し、レアイベントが散発的に発生するような化学進化モデルを用いて元素組成比（ $[\text{Sr}/\text{Fe}]$, $[\text{Ba}/\text{Fe}]$, $[\text{A}/\text{B}]$ は元素Aの存在量のBに対する比の対数）を予測したところ、小質量銀河で発生する個々の現象による元素組成比へのインパクトが合体後の矮小銀河の元素組成比に反映されうるといふ結果が得られました。rプロセス天体等のレアイベントによるインパクトが低金属量で大きいことに加え、質量、金属量、自転速度の異なる大質量星でのsプロセスによる寄与により、合体後の矮小銀河の元素組成比の分散の一部が作られうること、つまり、自転速度の異なる個々の大質量星が、sプロセスにより鉄より重い元素の組成に寄与する可能性を、単純なモデルを用い明確に示しました。

ポスター発表では、この結果に対し異なる観点から質問を受け議論しました。例えば、合体する小質量銀河の個数の見積りについての質問に対し手法を説明しましたが、視野を広げると、銀河の

個数や分布はダークマターの性質などによるはず
です。銀河群より小さい規模では、宇宙論モデル
による予測と観測が必ずしも一致しないことが指
摘されているので、そのような問題が念頭にあっ
ての質問だったのかもしれませんが。また、実験に
より測定される核反応率の不確かさが、星の元素
合成計算を介し、結果に反映される可能性につい
ての質問を受けました。異なる分野の研究者との
議論を通し研究の可能性を広げることができたの
と同時に、低金属量環境における元素の供給源に
関し議論すべき点が多くあることを再認識しまし
た。

セッションにおいても、元素や核種に関する講
演を通し、研究の参考になる情報を多く得るこ
とができました。日程が比較的密だったので、会場
で議論まで至らず残った質問もあります。それら
は、今後文献調査や講演者との連絡等を通し解決
したいです。また、主に高校生を対象としたアウト
リーチ活動についての講演では、プログラム参
加者を指導する人への教育についての質問と議論
がありました。

NPA-XIの参加者全体に対し、日本の研究機関
からの参加者は多くはありませんでした。また、
化学進化モデルを用いた研究についての講演が複
数あるような環境で、周りの研究者を尊敬しつ
つ、自分の研究や自分自身の独自性を出せるかど
うかが課題の一つでした。幸い、参加者の中に過
去に議論したことがある方や共同研究者の知人が
いらして、頻繁に声をかけていただいたので、緊
張が和らぎました。その助けがあり、星の元素合
成に関する講演への質問や、研究会の一部として
開催された公開講演会への出席などを通し、研究
会に貢献できたのではないかと思います。

研究会終了後、夜行バスでドレスデンからパリ
へ移動しました。ドイツとフランスとの国境の近

くで、窓から農園が見えました。白ワインになる
ぶどうの木かもしれません。手元にパスポートを
用意していましたが、国境での手続きはありません
でした。

長距離バスでの移動には、安価であり乗車時の
手続きが簡単であるという利点があります。同時
に、道路状況により出発・到着時刻が遅れること
がありました。移動中は資料を読んでいましたが、
乗車時間が長いので、時間の点では列車や飛行機
の方が効率が良い場合があると思います。

渡航期間後半は、パリ天体物理学研究所におい
て論文共著者である Nikos Prantzos 氏と議論し、
次の研究につながるようなアイデアを得まし
た。銀河で重要となりうる物理過程について惑星
の運動を例に教えていただいたり、元素の供給源
に関し星の質量放出について説明していただいた
り、幅広い視点から議論してくださいました。短
時間ではありましたが、様々な研究課題の可能性
を探り、化学進化モデル作成の基礎部分にも取り
組みました。

研究所からセーヌ川の方へ歩いていくと、パン
テオンの近くを通り、ノートルダム大聖堂のそば
に出ます。2019年に起きた火災後の修復のため、
まだ作業用のクレーンが見えましたが、12月上旬
に公開が始まると聞きました（編集部注：
2024年12月8日に一般公開を再開しました）。大
聖堂のように、化学進化モデルも研究者から研究
者へ伝えられてきた遺産のような面があるのかも
しれないと思いました。また、立ち寄ったパン屋
には出身等の異なるスタッフがいて、店名の通り
理想郷のように雰囲気の良いところでした。帰
国後、研究の理想郷はどのようなところか思いを
めぐらせつつ、渡航での議論を活かし研究計画を
作成しています。これらを実行し、将来の議論に
つなげたいと思います。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Born in Fire: Eruptive Stars and Planet Formation

氏 名：山室良太（東京科学大学理学院地球惑星
科学系（渡航当時））

渡航先：チリ共和国 サンティアゴ

期 間：2024年9月22～27日

チリで開催された国際研究会“Born in Fire: Eruptive Stars and Planet Formation”に参加し、“Massive Protostellar Disks as a Hot Laboratory of Silicate Grain Evolution”というタイトルでポスター発表を行いました。本研究会の主題は、FU Ori型天体をはじめとした突発的なアウトバースト現象と、それに伴う惑星形成への影響を議論することでした。会全体を通じ、赤外から電波波長帯を活用した観測的、解析的手法や、シミュレーションによる理論的アプローチが、アウトバースト現象の理解を深める上でどのように進展しているかと、今後の展望が主な話題となりました。

私のポスターでは、大質量原始星円盤におけるダスト成長に関する発表を行いました。この研究のモチベーションは、原始惑星系円盤における岩石ダスト成長や岩石微惑星形成に示唆を与えることです。惑星は、若い星を取り巻くガスとダストからなる原始惑星系円盤の中で誕生します。この円盤において、氷や岩石からなるミクロンサイズのダストが衝突・合体により成長し、キロメートルサイズの微惑星が形成されます。この微惑星形成過程は、惑星形成の第一段階として非常に重要です。特に地球のような岩石惑星は、原始星近傍で氷が昇華するほど高温の岩石ダスト領域で形成されることが期待されています。そのため、岩石ダストの衝突合体時の付着力など、成長特性を明らかにすることが重要です。この特性を解明するために、多くの理論的・実験的手法による研究が

進められてきましたが、未だ明確な結果は得られていません。これには、典型的な原始惑星系円盤における岩石ダスト領域を、現存する電波干渉計で空間分解することが難しいという理由もあります。そこで我々は、大質量原始星周囲の円盤に着目した研究を進めてきました。これらの円盤は、中心星の強い輻射により全体の温度が高く、ALMA望遠鏡で岩石ダスト領域を十分に解像できるほど広いのが特徴です。私たちは、大質量原始星円盤モデルとALMA観測を比較することで、岩石ダストの成長特性を制約し、観測を再現できるモデルを作成しました。この成果を基に、原始惑星系円盤における岩石微惑星形成過程について議論しました。加えて、この成果により強い制約を与えるために計画した、私がPIを務めるALMA観測と、円盤モデルの輻射輸送計算に使用した新たな解析的手法も紹介しました。後者の解析的手法はFU Ori型天体周囲の円盤やその他原始惑星系円盤の観測モデリングに応用可能なため、聴衆には積極的にこの式の宣伝を行いました。

研究会では、岩石ダストの成長過程を制約するためにFU Ori型天体に着目した研究を行っているHauyu Baobab Liu氏と議論を行いました。氏の研究と私の研究は対象天体が異なるものの、岩石ダストの成長過程において比較的近い制約を得ることができています。氏との議論を通じ、大質量原始星円盤に着目する私の研究の強みを再確認することができました。また、形成初期円盤における二次元流体シミュレーションを可能とするFEOSADコードを開発したEduard Vorobyov氏ともコンタクトを取ることができました。私は氏のコードを大質量原始星円盤に応用した研究を行う予定です。氏は遠隔参加でしたが、後日、個別

にミーティングをする機会を得ました。さらに、このコードを用いた研究発表も複数見られたため、競合する他者との比較において有意義な視点を得ることができました。私の研究対象である大質量原始星円盤は研究会の主題からはやや外れる内容でしたが、同様の天体を対象とした研究者も複数参加していたため、意義ある発表となりました。大質量原始星円盤においてダスト成長が起こり得る可能性は、近年、我々の研究によって初めて理論的に示されました。この現象について、大質量原始星円盤を専門とする外部の研究者と共有できたことは大きな成果です。特に、Verrena Wolf氏が実施していた赤外波長のSEDを用いた

大質量原始星の中心星光度推定は、今後、私も取り組むべき重要な領域であると認識しました。

このように、今回の渡航では、自身の研究と関連する多くの研究者と有意義な議論を交わすことができました。それだけでなく、自分の研究の立ち位置を再確認し、新たな研究アイデアを複数得ることができました。また、単独での海外渡航と学会参加の経験は、今後の海外出張に対する貴重な経験と自信を得る機会となりました。

今回の非常に有意義な渡航は、早川基金のご支援がなければ成し遂げられなかったものです。深く感謝申し上げます。

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/