

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

Star Formation in Different Environments

氏 名 谷口琴美 (総合研究大学院大学/国立天文台野辺山宇宙電波観測所D2*)

*渡航当時

渡航先 ベトナム

期 間 2016年7月24日-30日

2016年7月25日から29日にベトナムのQui Nhonで開かれた, “Star Formation in Different Environments”に参加し, 口頭発表を行いました. 本講演では, 大質量星形成領域における炭素鎖分子の一種である, シアノアセチレン (HC_3N) という分子の3種類の ^{13}C 同位体種の観測から, この分子の生成経路を調べるという研究の話をしました. 炭素鎖分子は, 200種類ほどの星間分子のうち約40%を占め, 星形成に関するさまざまな情報を与えるものです. 例えば, 化学進化の良い指標として使うことができ, 化学組成の違いから, 中小質量星形成領域の進化に関する知見が得られています. しかし, 炭素鎖分子の研究は, 中小質量星形成領域を中心に行われてきたため, 大質量星形成領域に関する知見はありませんでした. そこで, 博士課程の研究では, 大質量星形成領域の炭素鎖分子の化学進化と化学メカニズムについて調べており, そのうちの一つのトピックが本講演の内容です. 炭素鎖分子は地球上では安定に存在できないため, 室内実験で反応メカニズムについて詳細に調べることができません. そこで, 宇宙空間に存在する炭素鎖分子の ^{13}C 同位体種を観測することで, その生成経路を調べる手法が確立されてきています. 観測は2015-2016シーズンに野辺山45 m電波望遠鏡を用いて行い, 観測結果から, 大質量星の周辺では, C_2H_2 と CN の中性分子同士の反応が HC_3N の主要な生成経路であることを明らかにした研究です. さらに, 中

小質量星形成領域や星なし/星ありコアといったさまざまな領域の結果と比較すると, すべて同じ傾向が見られ, この中性分子同士の反応が星形成領域のさまざまな物理条件下で有利な反応となっていることを示唆しました. 質疑応答では, 海外の研究者の方々から多く質問をいただきました. 星間化学に関する質問から, 物理との関係に関する質問まであり, 活発な議論を行うことができました. 講演後, 多くの研究者の方々とお話しする機会をいただきました. 講演内容に関してさらに議論を深めたり, 今回の結果を踏まえて, 次のステップとして, ALMA干渉計を用いた高空間分解能で同様の観測を行い, 物理環境と化学反応の関連について詳細な研究を行う方針を検討するなどすることができました. さらに, 大阪府立大学の談話会で発表させていただく機会を得たり, 台湾の研究所の方とお話しして, 今後, 訪問してみようことを検討したりと, 今後の研究活動に大きくつながりました.

また, 本研究会では, 星間化学のグループディスカッションがあり, 星間化学の各研究者から自分の専門とする領域での課題について出し合い, 共有することができました. 私は, 炭素鎖分子の研究に関する立場として, 「大質量星形成領域に関する研究はほとんどなく, 現在観測しているデータだけでは足りず, また, 観測結果を説明するモデル計算も必要である」という自分なりの考えをまとめ, 発表しました. 炭素鎖分子の研究についてのコメントを述べたのは私一人だったため, 責任も感じましたが, 自分の進めている研究が先駆的なものになり, 今後, モデル計算分野などの研究者の方々から面白いテーマだと思ってもらえるように, 今の研究を一生懸命進めていこうと気持ちを一層強めました.

今回の研究会ではALMAの結果が多く報告され、なかでも原始星周辺の円盤に関するものに興味をもちました。円盤の形成時期が明らかになってきたり、分子ごとに存在する領域が異なるなど、数々の興味深い最新の結果を知ることができました。大質量星形成に関する発表も多くありました。大質量星の形成については多くのシナリオがあり、混沌としている印象を受けました。これ

らの発表を聞いて、自分の研究内容がこれらにどのような貢献をうるか、また、今後どのように進めていくかを考える良いきっかけとなりました。

最後に、今回の研究会で発表する機会をいただき、たいへんありがたく思います。日本天文学会および早川幸男基金関係者の皆様に心から御礼申し上げます。

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 *IAU Symposium 324, New Frontiers in Black Hole Astrophysics*

氏 名 田川寛通 (東京大学天文学専攻D3*)

*渡航当時

渡航先 スロベニア

期 間 2016年9月11日-16日

私は、2016年9月11日から16日にスロベニアの首都、リュブリャナにあるCankarjev domで行われたIAU Symposium 324, New Frontiers in Black Hole Astrophysicsに参加し、口頭で発表を行いました。本研究会は、ブラックホール (BH) に関する物理現象の解明を目的としており、BHに関する系に興味をもつ観測、理論天文学や理論物理学の専門家が100人以上集まりました。世界初の重力波検出のすぐ後に行われたBHについての研究会ということで、重力波に関する議論も活発に行われました。そのため、重力波イベントについて研究を行っている自分にとっては、最新の研究の動向を知ることのできる有意義な研究会となりました。

私はこれまで、恒星質量ブラックホールのガスの豊富な環境下での合体について研究を行ってきました。恒星質量天体の合体過程は、重力波イベントGW150914やr過程元素の起源、高赤方偏移の超巨大BHの形成過程などと関係しており、重

要な意味をもちます。特に、今回の渡航において発表した内容は、最近初めて検出された重力波イベントGW150914に関する研究成果です。GW150914は、およそ30太陽質量のBH同士の合体であることが示されております。多くの場合、恒星質量BHの合体は、連星として生まれた星からの進化が想定されておりました。しかしながら、GW150914で見つかっているような重いBHや、重い近接BH連星がどのようにして形成したのかということは、あまりわかっておりません。そのようななか私たちは、多重BHのガスの豊富な環境下での合体、という新しいシナリオについて研究を行いました。このシナリオでは、複数のBHがAGN円盤や星間雲コアなどのガスが豊富な系に取り込まれた状況を想定しています。そのようなガスが豊富な環境下において、多重のBHは、3体相互作用とガスの力学的摩擦によって合体できることが明らかになっております (Tagawa et al., 2015)。また、多重BHとして存在する場合、速度の遅いBHが存在しやすくなるため、合体前にかかなりの量のガスがBHに降着できることが分かっています (Tagawa et al., 2016)。このため、多重BHのガスの豊富な環境下での合体を考えることで、GW150914の合体に必要な、

重いBHや、重い近接BH連星の形成過程を説明できる可能性があります。そこで私たちは、より小さな種BHから多重BHがGW150914の質量で合体できる条件を調べるため、post-Newtonian N 体計算を行いました。結果として、初期質量が25太陽質量以上であれば、GW150914の質量で合体できることが明らかになりました。

なお、このモデルでは、三体相互作用の効果により重いBH同士が合体しやすく、そのため、GW150914が同程度の質量のBHの合体であるという事実をよく説明します。さらに、ガスが豊富な環境下においてGW150914のようなBH合体が起こるイベントの頻度を見積もり、この値がこれまでの重力波イベントから予想されるイベントの頻度とおよそ一致することがわかりました。他にも、主にガスが豊富な領域で恒星質量BHの合体が起こっている場合、将来の重力波観測では、ガスが豊富に存在する晩期型の銀河で見つかる割合が高くなることや、より重いBHの合体が見つかる可能性があることを示唆しました。

今回が国際研究会では初めての口頭発表でしたが、準備を十分に行っていたため、大きな問題もなく終わることができました。研究会に参加していたポスドクの方にも、わかりやすく良い発表だったとコメントしていただきました。今回の研究会に参加することで、世界の重力波観測器の今後の予定や、近い内容の研究を始めている若手研究者がいること、BH合体による問題解決のシナリオを考えるうえで重要な役割を果たしそうな研究結果など、自分にとって重要な情報を多数得ることができました。また、近い内容の研究を行っている研究者や、発表内容に興味をもっていただいた方と、議論を交わすこともでき、とても有意義な研究会となりました。

以上のように、今回の研究会参加は私自身の研究を進めていくうえで非常に重要な経験となりました。このような貴重な機会を支援していただいた日本天文学会早川幸男基金および関係者の皆様には厚く御礼申し上げます。