

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Overseas' Research in International Centre for Radio Astronomy Research

氏 名： 柘植紀節（名古屋大学M2（渡航当時））
 渡航先： オーストラリア
 期 間： 2018年1月22日～1月29日

概要

今回の渡航では、西オーストラリア大学のInternational Centre for Radio Astronomy Researchに1/22～29まで滞在した。滞在中は、大小マゼラン雲の軌道計算とガスの運動についての研究を行っている戸次賢治氏（西オーストラリア大学教授）と議論を行った。

また、マゼラン雲に関係する研究者を集めてセミナーを開催していただき、“Massive star formation triggered by galactic tidal interaction”というタイトルで研究成果発表を行った。議論・研究発表で有用なコメントをいただき研究を進展させることができ、2018年11月に主著論文が無事受理された（Tsuge et al. 2019, ApJ, 871, 44）。

渡航の主旨と学問的意義

本共同研究の目的は、大マゼラン雲（LMC）と小マゼラン雲（SMC）について銀河全面に渡る大質量星形成の過程とその歴史を解明することである。LMCは最近傍の星形成銀河の1つであり、天の川銀河より低重元素量の環境であるという特色がある。したがって、銀河間潮汐相互作用による大小マゼラン雲の大質量星形成を星団スケールまで空間分解して詳細に理解することは、初期の宇宙での星形成、球状星団形成の理解につながり非常に重要である。これまで我々はLMCにおいて水素原子（HI）ガス同士のkpcスケールに渡る衝突によって、巨大星団R136と周囲のO型星が形成された可能性を指摘した（Fukui, Tsuge et al. 2017, PASJ, 69, L5）。また、ダストデータを用い

た解析から、衝突領域にはSMCからの流入ガスが多く含まれていることを明らかにした。これらの観測結果と銀河相互作用の数値計算によって予測されるガスの速度と観測結果を比較し、大質量星形成シナリオの立証を目指している。

発表・議論内容と成果

戸次氏と研究成果について議論を行った結果、数値計算との詳細比較にあたり、流入衝突しているガスの量、運動の方向、速度に加えて、衝突しているガスの3次元的な位置関係（衝突の進行状態）を明らかにすることが重要だということがわかった。その後、観測的に衝突ガスの3次元的な位置関係を検証するために、軟X線・赤外線との比較解析を共同研究として始めることができた。具体的には、前景の星間物質による拡散した軟X線の吸収量と、近赤外線での星の星間赤化による減光量の空間分布を調べ、HIガスの柱密度との定量的な比較を行っている（Furuta et al. 2019, PASJ, 71, 5）。既に解析結果が出てきており、一部の領域では軟X線と水素原子ガスの反相関な空間分布を見ることができた。これは手前にあるHI



西オーストラリア大学のすぐ側を流れるスワン川沿いの景色

ガスにより軟X線が吸収されていることを意味する。フリードリヒ・アレクサンダー大学の佐々木愛美教授らと共同でX線スペクトル解析から得られる吸収量とHIガスの柱密度の定量的な解析を進めている (Knies et al. 2020, in preparation). 今後はLMC 全面に空間分布の比較を拡張する。

セミナーでは、西オーストラリア大学の学生の方から、ガイア衛星の最新データを用いたSMCからLMCへの流入ガスの空間分布の計算結果を伺うことができた。観測結果と詳細な比較を進めるために、来年実際に名古屋に来ていただいで議

論を行う予定である。

また修士論文公聴会前にセミナーで質問をいただけたことで、理解と説明の不足点を把握し準備を行うことができた。さらに海外での口頭発表は初めてだったため、英語講演の良い練習の機会となり、その後の国際研究会での発表につなげることができた。今後も今回の成果を生かして、研究に邁進していきたいと考えている。

最後になりますが、今回の渡航援助をいただきましたことに日本天文学会早川幸男基金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 *Chemical Evolution of the Universe in [Mg/Fe] Abundance Ratio Traced by Emission Lines of Quasars*

氏名：鮫島寛明 (京都産業大学研究員 (渡航当時))

渡航先：チリ

期間：2018年2月25日～3月9日

私はチリのLa Silla天文台にある口径3.58 mの新技术望遠鏡 (New Technology Telescope, NTT) に京都産業大学近赤外線高分散ラボ (LiH) が作成した近赤外線高分散分光器WINEREDを搭載し、キューサーの近赤外線分光観測を行いました。これはESOの観測時間公募に“Chemical evolution of the Universe in [Mg/Fe] abundance ratio traced by emission lines of quasars” (プロポーザル番号0100.B-0939) というタイトルで応募し、採択されたことを受けて実施したものです。

本研究の目的はキューサーを分光観測し、スペクトルに現れるFe IIおよびMg II輝線強度からキューサーに付随する電離ガスの[Mg/Fe]組成比を導出することです。マグネシウムを含む α 元素は主にII型超新星爆発で、また鉄は主にIa型超新星爆発で宇宙空間に供給されると考えられています。

これらの超新星爆発を起こす親星の寿命が大きく異なることが原因で、宇宙の歴史の中で[Mg/Fe]組成比は星形成史を反映した特徴的な進化を遂げてきたと予想されています。私は遠方であっても明るくかつ静止波長で紫外域に強いFe II, Mg II輝線が確認されているキューサーに注目し、スペクトルから導出される[Mg/Fe]組成比の赤方偏移変化を調査することで宇宙初期における星形成の様子を探ろうとしています。これまでに行った研究成果として、公開されているスローン・デジタル・スカイサーベイ (SDSS) のキューサー可視光スペクトルと輻射輸送計算の比較から[Mg/Fe]組成比を導出する方法を考案し、赤方偏移0.7-1.6におけるキューサー電離ガスの[Mg/Fe]組成比の様子を明らかにしました (Sameshima, Yoshii & Kawara, 2017, ApJ, 834, 203)。

さらに初期宇宙の星形成史に迫るにはより高赤方偏移のデータを取得することが肝となりますが、赤方偏移が2を超えるとFe II, Mg II輝線は近赤外線領域に移るため、近赤外線分光観測が必要になります。近赤外線では可視光であり問題になら

なかった地球大気吸収が深刻になり、輝線強度の測定にも影響を及ぼします。そこで高分散分光を行うことで線幅の細い大気吸収線を分解し、補正ないしマスクをすることで精度良く輝線強度を測定することを目指しました。WINEREDは0.9–1.35 μm の波長域をカバーし、他の競合装置に比べて極めて高い感度をほこる近赤外線高分散分光器です。これまでWINEREDは京都産業大学神山天文台の1.3 m望遠鏡に搭載していましたが、口径やシーイング、変化しやすい天候や京都特有の高い湿度などが原因となってキューサーのような(銀河)系外天体の観測は非常に難しい状況でした。そこで2017年からWINEREDをチリのLa Silla天文台に移し、持ち込み装置としてNTT3.58 m望遠鏡に搭載して観測を開始しました。これにより大口径化に伴う集光力の増加はもちろん、シーイングや(大気吸収に影響する)湿度にも劇的な改善が見られ、系外天体の観測が可能となりました。今回のターゲットである赤方偏移2.7のキューサーはJバンドで16等前後とWINEREDのターゲットとしては史上最も暗いものでしたが、シーイングにも恵まれて十分な品質のスペクトルを取得することができました。この観測データを用いて行った感度評価では、すばる望遠鏡に搭載された近赤外線分光撮像装置IRCSと同等のクオリティを達成していることが分かりました。すばる+IRCSに比べてNTT+WINEREDは主鏡の口径が半分以下かつ波長分解能が高いために集光力が大きく劣ることを考えると、いかにWINEREDの感度



La Silla天文台の宿泊施設から眺めた夜空。深夜でも懐中電灯なしで問題なく歩けるほど強い星明かりが印象的でした。

が高いかを改めて証明することができたという点でも大変有意義な観測となりました。

その後、取得したキューサー6天体のスペクトルを解析し、上記の方法で導出した[Mg/Fe]組成比が赤方偏移2.7においても化学進化モデルと一致することが確認されました。加えて、同時に導出された[Fe/H]組成比が高赤方偏移になるにつれて緩やかに大きくなる様子が見られました。これは初期宇宙で金属量の少ないガスから生まれた中質量星の質量放出によってキューサーに含まれるガスの金属量が時間とともに薄まるという理論予測と合うものでした。これらの結果は、間もなく査読付き論文誌へ投稿する予定です。

最後になりましたが、今回の渡航に対し多大な援助を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厚く御礼申し上げます。