

# 日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

## XMM-Newton 2016 Science Workshop

氏 名 馬場崎康敬 (名古屋大学大学院理学研究科D2)

渡航先 スペイン

期 間 2016年5月8日-12日

私はスペインで開催された研究会「XMM-Newton 2016 Science Workshop "XMM-Newton: The Next Decade"」に参加し、ポスター講演を行いました。本研究会では、X線天文衛星「XMM-Newton」をはじめとして数々の衛星によってもたらされた近年のX線天文学の成果を概観・報告し、将来の観測について議論が行われました。私は当該の研究会において「A Detailed Spatial Study of X-Ray Properties in Superbubble 30 Dor C with XMM-Newton」と題して、超新星残骸や星風が複数あつまったスーパーバブルの空間的詳細X線解析の結果を報告しました。

宇宙線は、 $E \sim 10^9$  eVから $E \sim 10^{21}$  eVに至る幅広いエネルギー範囲をもち、kneeエネルギー( $\sim 10^{15.5}$  eV)までの宇宙線はシンクロトロンX線放射やTeVガンマ線放射を伴う単一の超新星残骸で加速されると考えられています。しかし、knee以上のエネルギーについてはどこでどのように加速されるか、その多くは謎に包まれています。そこでわれわれは、大質量星集団に見られるスーパーバブルに着目しました。スーパーバブルはいくつもの超新星爆発や星風のエネルギーを貯め込んでおり、総エネルギーは超新星残骸の数倍に及ぶため、超新星残骸を超える粒子加速が起こっている可能性が考えられます。これまでに複数のスーパーバブルからシンクロトロンX線放射が検出されています。なかでも、大マゼラン雲中の視直径 $\sim 6$ 分角( $\sim 80$  pc)に及ぶ30 Dor Cでは、超新星残骸SN1006の10倍程度の光度のシンク

トロンX線が見つかっています (e.g. Bamba et al., 2004)。また最近では、TeVガンマ線も検出されました (H.E.S.S. Collaboration, 2015)。これらはスーパーバブルでの宇宙線加速を示唆します。

われわれは、スーパーバブルにおける宇宙線加速研究に最適な天体の一つである30 Dor Cにおいて、どこで宇宙線加速が起こっているか調べるためにXMM-Newtonの豊富なアーカイブに眠っていたX線観測データを $\sim 30$ 秒角の領域に分割して詳細に解析しました。解析の結果、各領域のX線スペクトルは、東側は高温ガス放射とシンクロトロン放射、西側はシンクロトロン放射のみ、にはっきり分かれませんでした。シンクロトロン放射に着目すると、光子指数と強度に空間的にばらつきが見られました。このことから $\sim pc$ の空間スケールで宇宙線加速の様子が異なることが明らかになりました。またこの結果から、以前の研究 (Yamaguchi et al., 2009) で見られた30 Dor CにおけるシンクロトロンX線放射のカットオフは、解析領域が大きいことによる異なる光子指数の放射の混入に起因することがわかりました。シンクロトロン放射のカットオフエネルギー  $E_{\text{cut}}$  は最大電子エネルギーを  $E_{\text{max}}$ 、磁場を  $B$  として  $E_{\text{cut}} \propto BE_{\text{max}}$  で与えられるため、シンクロトロン放射のカットオフの調査は、粒子加速の上限の解明につながります。本研究で調べた領域のシンクロトロンX線放射はXMM-Newtonの観測帯域より高エネルギー側に伸びていたため、カットオフエネルギーを決めることはできませんでした。つまり、30 Dor Cでの粒子加速の上限エネルギーはまだまだわかっておらず超新星残骸を超える加速が起こっている可能性を残しています。

私のポスターはコーヒーマシーンの近くに運よく貼れたこともあり、多くの人に見ていただけました。その場でさまざまな方と議論することで、

私の研究結果を新たな視点から眺めることができ、大きな収穫を得られました。また、海外の同年代の参加者とも議論する機会があり、自身の視野を広げられました。なかでもトルコの学生との議論では、その英会話能力の高さに驚かされ、よい刺激となりました。加えて、このような海外の学生との交流は、私が渡航前に海外に対して抱いていた心理的な壁を取り除く助けとなりました。

ポスター講演のほかにも本研究会ではX線天文学分野のさまざまな講演が組まれていました。講演者

には論文や著書で何度も名前を見たことのある方々がいらっしゃり、最先端の研究成果や自身の研究につながる興味深い話を多く聞くことができました。特に、将来X線観測の話では世界の動向を肌で感じることができ、私の研究を将来どのように発展させられるかを深く考えるよい機会となりました。

最後になりますが、私の研究発表を海外で行えたのは早川幸男基金の援助があったことです。このような機会を与えてくださった関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

## 日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 *Great Lakes Cosmology and Galaxies 2016*

氏 名 小倉和幸 (愛媛大学D3)

渡航先 カナダ

期 間 2016年6月18日-24日

私は、早川幸男基金の援助を受けて、カナダのハミルトンにあるマックマスター大学で開催された研究会、Great Lakes Cosmology and Galaxies 2016に参加し、口頭講演を行いました。この研究会は、宇宙論と銀河をテーマとして大学院生やポスドクなど若手研究者に発表の機会を与え、つながり合う機会を与えることに重点を置かれたものでした。五大湖周辺の大学をはじめとし、世界の多くの国や地域から総勢90名もの参加者がありました。

私の講演は、“A survey for over-density regions through high- $z$  DLAs”というタイトルで、銀河と宇宙の構造形成を解き明かすために、DLA (Damped Ly $\alpha$  Absorption system) に着目した研究に関するものです。銀河の密度超過領域は、CDM (Cold Dark Matter) 宇宙論におけるダークマター密度のピークに対応するため、初期に構造形成が進んだ領域として興味深く、注目されています。これまでも、クェーサーや電波銀河など、星質量の大きな天体をトレーサーとして多くの密度超過領域が発見されて

います。しかし、高赤方偏移の宇宙では、銀河に含まれるバリオンの大部分はまだ星に転化されておらず、ガスの状態で存在すると考えられます。そのため、現在知られている密度超過領域は星形成が非常に進んだものに偏っている可能性があります。そこで私たちが注目しているのがDLAです。DLAは、中性水素の柱密度が最も大きい ( $N_{\text{H I}} \geq 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ ) クェーサー吸収線系で、将来星形成を引き起こす大量のガスの貯蔵庫として重要な種族です。背景にクェーサーなどの明るい光源が必要ですが、星からの放射に頼らずに天体を検出できる点がDLAに着目した研究の強みです。私たちは、SDSS (The Sloan Digital Sky Survey) の分光データに基づくDLAカタログ (Noterdaeme, et al., 2012, A&A 547, L1) を使用し、DLAの空間分布と赤方偏移分布を調査しました。その結果、ほぼ同じ赤方偏移のDLAが狭い範囲に集中している領域を数カ所発見しました。このような領域は、まだ星形成が進んでおらず、ガスを多く含んだ若い銀河からなる密度超過領域の可能性があり、この領域が本当に密度超過領域なのかどうか確かめるためにすばる望遠鏡Suprime-Camによる狭帯域フィルターを用いた撮像観測で、ガスを多く含み星質量が小さい種族であるLAE (Ly $\alpha$

emitter) の探査を行いました。観測結果は私たちの予想に反するもので、同じ赤方偏移における一般領域の研究と比較して、LAEの有意な密度超過は見られませんでした。この結果の解釈としては、(1) DLA集中領域における銀河の多くはLBG (Lyman Break Galaxy) に進化しており、LAEは多くない、(2) DLA集中領域における銀河は、非常に若くまだ星形成を開始していないものが多いため、LAEとして観測される銀河は少ない、という2通りのシナリオを考えています。(1) について検証するためには、現在のデータでは不十分なので今後の課題です。(2) の場合は、検出されたLAEは若いと考えられます。私たちはLAEの年齢を見積もるためにLy $\alpha$ 輝線の等価幅の分布を調べました。Ly $\alpha$ 輝線の等価幅は、若い銀河ほど大きい傾向があることが知られています。一般領域における先行研究と比較してみると、DLA集中領域のLAEはLy $\alpha$ 輝線の等価幅が大きいことが分かりました。つまり、DLA集中領域におけるLAEは若く、(2) の解釈を支持しています。この研究成果については、現在論文を執筆しているところで、研究会での発表とそれに基づく議論や、発表の聴講を論文執筆に活かすことが渡航目的でした。また、多くの研究者とつながりを持ち、将来の共同研究につながる出会いにも期待していました。発表の際には、DLA集中領域の密度評価やDLA対応天体についての質問やコメントを受けました。数人の研究者から論文が出版された際には是非教えてほしいと声をかけられ、私たちの研究についてしっかりとアピールできたと思います。研究の課題点にDLAの集中度をどのように評価するか、という点があります。そこで、原始銀河団の探査について“The Candidate Cluster and Protocluster Catalog (CCPC): Spectroscopically Identified Structures Spanning  $2 < z < 6.6$ ”というタイトルでポスター発表をされたJay Franck氏と話し、ご自身の最新の論文を紹介していただきました。DLAの研究ではその集中度を評価するためには背景クエーサーの空間分布も考慮する必要があるため、原始銀河団の密度超過を見積もる方法がそ

のまま適用できるわけではありませんが、たいへん有用な情報が得られました。また、Marcel S. Pawlowski氏とはDLAの起源についての議論を行い、今回発表した研究とは別に計画しているDLAの正体を探る研究についても紹介しました。私たちの研究に非常に興味をもってくださり、帰国後も連絡を取り合っています。今後も議論を重ね、共同研究につなげたいと考えています。事前に議論したいと考えていたすべての研究者と議論できたわけではありませんが、多くの若手研究者とかがかわることができ、非常に有意義な研究発表でした。

今回の研究会では、約90名の参加者の中で日本からの参加者は私1人でした。これまでに参加した国際会議は日本人の参加者も多い研究会ばかりで、英語が不得意な私にとって今回は少し不安もある渡航でした。また、開催地のカナダ・ハミルトンも日本人が多い地域ではなく、実際に滞在中に日本人と会うことはありませんでした。そのような中で、多くの研究者と知り合えたことは私にとって非常に貴重な機会でした。すべての参加者が英語を母国語としているというわけではなく、研究会中にも議論や会話がスムーズには進まない場面もありました。しかし、誰もが相手を受け入れる姿勢をもっており、私の拙い英語でも一生懸命に聞き取ろうとしてくれました。ある研究者に「上手く発音できなくて申し訳ない」と私が言ったとき、その方は「英語が母国語である私たちは、他の言語を習得しなくてもあまり問題はない。私は英語しか話せないから、母国語のほかに英語を話している人たちはすごいと思うし、うらやましくも思う」と言ってくれました。この言葉はとても印象に残っています。国際研究会に参加する際には、言葉が課題だと考えていましたが、上手く話そうとすることよりも、伝えようとする姿勢や受け入れようとする姿勢がより大切だと改めて感じました。今回は早川幸男基金の援助をいただいたことで、研究についてだけでなく、人とのつながりについても実りの多い渡航ができました。このような素晴らしい機会を与えていただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。