

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

Back at the Edge of the Universe: Latest Results from the Deepest Astronomical Surveys

氏 名—日下部晴香 (東京大学M1)

渡航先—ポルトガル

期 間—2015年3月13日-21日

今回の渡航で私は、ポルトガルで行われた国際会議“Back at the Edge of the Universe: Latest Results from the Deepest Astronomical Surveys” (web page: <http://deep15.oal.ul.pt/>) に参加し、“First IR-based implications for the dust attenuation and star formation of typical LAEs” というタイトルでポスター発表を行った。本研究会は、多波長の深いサーベイデータを用いた高赤方偏移の銀河形成-進化をテーマとしており、各分野の著名な研究者が参加した。地上、宇宙望遠鏡の観測技術を駆使した最新の結果に関して、理論・観測の隔たりなく活発な議論が行われ、互いに考察を深める貴重な機会となった。

私の研究は、遠方 ($z=2.2$) の典型的な Lyman- α 輝線銀河 (LAEs) の紫外放射のダスト減光と星形成活動について、ダストからの赤外線再放射の観測を組み入れて初めて議論をしたものである (Kusakabe, et al., 2015, ApJL 800, L29)。LAEs は遠方で普遍的に見つかる比較的小質量の銀河であり、その性質を明らかにすることは、銀河の形成と進化の理解に重要である。先行研究でも LAEs のダスト減光と星形成活動の議論はされてきたが、星の放射、すなわち紫外から近赤外線までのデータのみに基づく議論であり、ダストの赤外線放射のデータを用いていないため、その信頼性に問題があった。典型的な LAEs は非常に暗く、既存の赤外線望遠鏡の感度では個々の天体のダストの赤外線放射を検出することはできない。先行研究では、複数の LAEs を用いてそれらの位置で画

像を重ね合わせるスタッキングという手法を用い、スカイノイズを低くしても、ダストの赤外線放射について十分に厳しい上限値は得られていなかった。

今回は私たちの大きな LAE サンプルを用いて、深い中間-遠赤外線のパブリック画像 (Spitzer/MIPS, Herschel/PACS) をスタックした。結果は非検出であったが、赤外線光度 ($3-1,000 \mu\text{m}$) に対して先行研究 (Wardlow, et al., 2014) に比べて10倍以上厳しい上限値が得られた。これは LAEs の諸性質にダストの赤外線放射の観測を用いて迫るのに十分な値である。この赤外線光度を用いて、典型的な LAEs は (1) ダスト減光がたいへん小さいこと、(2) 紫外光と Ly- α の脱出率が非常に大きいこと、(3) ALMA で検出されている暗いサブミリ波銀河の可視対応天体の候補から外れること、(4) 従来用いられてきた Calzetti の減光曲線 (Calzetti, et al., 2000) よりも Small Magellanic Cloud (SMC; Pettini, et al., 1998) の減光曲線が適しており、2曲線は Spectral Energy Distribution (SED) 解析の結果を大きく変えること、(5) 今回の結果を用いると穏やかな星形成活動をする銀河と推定されるが、従来の方法では爆発的星形成銀河であると見誤ってしまうこと、の五つことが明らかとなった。研究会では、これらの結果について、ポスターの宣伝のための口頭発表およびポスター発表を行った。ぜひ議論をしたいと考えていた研究者には、積極的に話しかけ、直接アポイントメントを取った。特に Lucia Guaita さん、Laura Pentericci さん、Daniel Schaerer さんからは、本研究の成果や応用性、将来研究についてたいへん有用な意見を頂いた。また、Pascal Oesch さん、Andrea Grazian さん、Pratika Dayal

さんをはじめとする多くの方とお話することができた。初めてお会いしたにもかかわらず、皆さんとても親切で、熱心に議論をしてくださったことにたいへん感銘を受けた。

今回の渡航では、目的であった(1)多くの銀河形成・進化を専門とする研究者が参加する場で自身の研究をアピールし、本研究で得られた重要な示唆を彼らの研究に取り入れてもらうきっかけを作ること、(2)彼らの研究発表を聞き、直接議論することで、本研究に対するフィードバックを得て研究を発展させること、(3)最近着手した新しい二つの研究テーマ(銀河の観測されたSEDから過去の星形成史を推定する新手法の確立、銀河の紫外光脱出と銀河内のダスト分布のジオメトリー)を推し進めるために、共同研究の提

案も視野に入れた多角的な情報収集を行うこと、および(4)銀河進化の研究の最先端の成果や話題を広く知ること、の四つはおおむね達成できたと考えている。発表した研究とは別件である(3)に関しても、前者についてLaura PentericciさんとDaniel Schaererさん、後者について竹内努さんからたいへん参考になるアドバイスをいただいた。このように収穫の多かった一方で、英語で議論をする際に一度では通じず、相手の方に理解する努力を強いてしまうことも何度かあった。今後は本渡航で得た経験やつながりを大切にして、研究のみならず英語にも励んでいきたい。

最後になりましたが、今回の渡航に際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。

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

Advanced Workshop on Cosmological Structures from Reionization to Galaxies: Combining Efforts from Analytical and Numerical Methods

氏 名—播金優一(東京大学宇宙線研究所 M2)

渡航先—イタリア

期 間—2015年5月11日-17日

今回の渡航の目的は、2015年5月12日-15日にイタリア・トリエステの国際理論物理学研究所(International Centre for Theoretical Physics; ICTP)で行われた“Advanced Workshop on Cosmological Structures from Reionization to Galaxies: Combining Efforts from Analytical and Numerical Methods”という研究会に参加し、自身の研究について口頭発表を行い、他の研究者と議論を行うことでした。以下に今回の渡航の主旨と、得られた成果について報告します。

現在われわれは遠方宇宙の銀河・ダークハロー関係の観測研究を行っています。銀河を取り囲むダークハローは、ガス冷却による星形成や超新星爆発、活動銀河核によるフィードバックなどを通して、銀河の形成と密接に結びついていると考えられています。この結びつきを表す物理量として、銀河の星質量とダークハロー質量の比である stellar-to-halo mass ratio (SHMR) が近年注目されています。このSHMRは近傍宇宙では弱い重力レンズ効果、クラスタリング解析、アバンダンスマッチング法^{*1}などで求められていますが、 $z \sim 2$ を超える遠方宇宙ではBehroozi et al. (2013) といったアバンダンスマッチング法でしか詳しく調べられていませんでした。これは遠方宇宙では

^{*1} 銀河の個数密度(アバンダンス)とダークハロー質量の間の経験的な関係から、銀河とダークハローを結びつける方法。

銀河のサンプル数が足りず、大統計が必要なクラスタリング解析が適用できなかったためです*2。そこでわれわれはハッブル望遠鏡でこれまで取られたアーカイブデータ10領域と、すばる望遠鏡/Hyper Suprime-Cam (HSC) 探査で取られた最新の超広領域データを用いて $z\sim 4-7$ のLyman break galaxy (LBG) を計7,000個選択し、この大規模サンプルにクラスタリング解析を適用することでSHMRを求めました。得られたSHMRは $z\sim 0$ から $z\sim 4$ で減少し、 $z\sim 4$ から $z\sim 7$ で増加するという赤方偏移進化を示していました。このSHMRの進化は、クラスタリング解析では本研究で初めて確かめられたものです。これはBehroozi et al. (2013) のアバundanceマッチング法の結果と同じ進化傾向である一方、両者の値には0.3 dexほどずれがありました。本渡航ではこの研究結果について口頭発表を行い、他の参加者と議論を行いました。

研究会にはダークハローや宇宙再電離などを専門とする多くの理論研究者が参加しており、口頭発表でも3人の理論研究者から質問をもらうなど、普段とは違う視点から自分の研究を考察できる非常に良い機会となりました。特にシミュレーションデータを用いて $z\sim 4$ のLBGの銀河・ダークハ

ロー関係を研究しているメルボルン大のJaehong Park氏と知り合いになり、彼らの結果と比較・議論を行うことでシミュレーションと観測における銀河選択の違いについて理解を深めることができました。そして本渡航一番の成果は、Behroozi et al. (2013) の著者であるPeter Behroozi氏と密な議論を行うことができた点です。三日目から来た彼を最初のコーヒブレイクで捕まえ、三日目午前・午後のコーヒブレイク、四日目の私の口頭発表後などで研究結果について長時間議論を行いました。議論の結果、彼らとわれわれのSHMRの0.3 dexほどの値のずれは、仮定した宇宙論パラメーターや星質量の見積もり方法の違いで説明できる可能性が高いことが判明しました。現在は本研究会で得られたコメントを元に、この研究を論文にまとめるべく準備しております。

本渡航は私にとって初めての国際研究会となりましたが、口頭発表を経験し、またさまざまな研究者と議論をすることができたへん良い機会となりました。最後になりますが、このような非常に価値ある渡航を可能にくださった早川幸男基金および関係者の皆様に感謝の意を示し、報告を終わりたいと思います。

*2 弱い重力レンズ効果は $z\sim 2$ を超える遠方では測定が困難