

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 *16th International Workshop on Low Temperature Detectors*

氏 名: 菱右京 (金沢大学D2)
渡航先: フランス
期 間: 2015年7月19日-25日

今回の渡航では、フランスで開催されたTES型X線マイクロカロリメータをはじめとしたX・ γ ・赤外線領域を主とする極低温検出器に関する国際会議“16th International Workshop on Low Temperature Detectors”へ参加しました。講演のタイトルは、“A compact adiabatic demagnetization refrigerator for TES microcalorimeter operation”であり、次世代X線天文衛星の精密分光検出器の候補とされているTES型X線マイクロカロリメータと、その動作に必要な断熱消磁冷凍機の開発結果を報告しました。

X線マイクロカロリメータはX線光子のエネルギーを素子の温度上昇として測定する検出器で、0.1 K以下の極低温で動作させることで非常に高いエネルギー分解能を実現できます。まもなく打ち上げられるASTRO-H衛星に搭載されているSXSは6 keVのX線に対して $E/\Delta E$ 1,000を実現します。われわれが開発を進めているのは、TES型と呼ばれるさらに優れた性能を有するX線マイクロカロリメータです。われわれのグループは特に、衛星上で極低温環境を実現するために必要となる断熱消磁冷凍機と一体で開発を進めています。断熱消磁冷凍機は磁場によって磁性体のエントロピーを制御することで冷却を行う冷凍機で、重力依存性がなく高い温度安定度を実現することができます。しかしながら、TES型X線マイクロカロリメータは超伝導を利用した素子であることから、断熱消磁冷凍機が作り出す磁場と干渉し、性能を劣化させてしまう問題があるため、一体のシステムとしての開発を行ってきました。今回の

発表では、断熱消磁冷凍機の温度制御方法を変更し、従来より温度安定度を向上するとともに、極低温 (<100 mK) を保持できる時間を15%向上したことで、ノイズ環境を改善したことにより5.9 keVのX線に対して半値全幅換算で3.8 eV ($E/\Delta E \sim 1,500$) の分光性能を実現したことを報告しました。

発表はポスターであったので、研究者の方々とゆっくり話すことができました。いくつかの質問もいただき、われわれの研究の今後に向けて有意義な情報も得られたことは大きな成果であったと感じます。そのうちのひとつとして、われわれがこれまで問題としていなかった低周波帯域でのノイズが分光性能を劣化させている可能性についての示唆を受けました。帰国後すぐにこの影響を評価したところ、現在得られている3.8 eVに対して2.6 eV相当の寄与を与えていることがわかりました。しかし、原因については特定できておらず、われわれの直近での解決すべき重要な課題を得ることができました。また、われわれは単素子での動作によりシステムの評価を行っているが、他の研究機関ではすでに複数素子の同時読み出しがスタンダードとなっており、われわれが将来目指している地上プラズマ実験での利用を考えるうえでも、いち早く多重読み出しへの移行が必要であると感じました。

今回の会議ではすべてのセッションでイントロとなる講演が設けられており、専門外のセッションであっても基本から最新の成果までを一度に勉強することができ、とても有意義な会議でした。特に、読み出しのエレクトロニクスについては関連する内容でもあり、将来の開発に向けてもじっくり勉強できたことは大きな収穫でした。

渡航直前には会場のグルノーブル近くでテロが

発生したというニュースを耳にし、少し心配ではありましたが、実際に訪れてみると自然にあふれ、親切な人ばかりで穏やかな時間が流れるとても良い町でした。最後になります、海外で開か

れる国際学会への参加というたいへん貴重な経験をする機会を与えてくださった日本天文学会と早川幸男基金に心より感謝いたします。ありがとうございました。

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 IAU XXIXth General Assembly

氏 名：日下部晴香（東京大学理学系M2）

渡航先：アメリカ

期 間：2015年8月10日-17日

宇宙140億年の歴史に沿った銀河進化の理解は、現代の天文学の中心的なテーマの一つである。近年、多波長データや理論モデルによって $z>1$ という遠方の時代の宇宙の理解が急速に進みつつある。今回私は、アメリカ（ハワイ）で行われた国際会議‘IAU XXIXth General Assembly’のシンポジウム‘Galaxies at high redshift and their evolution over cosmic time’に参加し、‘UV escape fraction and dust distribution of star forming galaxies at $z=0-3$: a new dust attenuation model’というタイトルでポスター発表を行った。このシンポジウムは、遠方銀河（ $z>1$ ）と、宇宙の歴史に沿ったその進化を扱っており、遠方の銀河進化の観測結果を俯瞰し、理論研究と結びつけ、将来の観測装置に向けて銀河進化の理解の礎を築く貴重な機会を提供するものであった。銀河進化の各分野の著名な研究者が参加し、最新の結果に関して活発な議論を行い、互いに考察を深めた。

私の研究は、近傍から遠方の星形成銀河（ $z\sim 0-3$ ）について、紫外光のダスト減光がダストの空間分布（柱密度）に依存することを初めて観測的に示し、ダストの空間分布の減光モデルを確立したものである。減光されずに銀河を抜け出す紫

外線割合は、紫外光脱出率 f_{UV} と呼ばれる。 f_{UV} は、銀河のSpectral Energy Distribution (SED)を決める重要な物理量である。しかし、これまで、複数のダストの空間分布のモデルが提案されてはいたが、 f_{UV} がダストの空間分布によってどのように決まるのか、近傍から遠方の観測結果に基づいたモデルの確立はされていなかった。なぜならば、遠方銀河について、ダストの質量を求めるのに必要となるダストの赤外放射の複数のbandでの観測は、現代の赤外線観測の技術では、一部の赤外線で見える銀河を除いて困難であるからだ。また、銀河の f_{UV} をダストの性質とは直接関係のない、銀河の星形成率やスペクトルから経験的に求める研究があったが、本研究のようなダスト自体の性質から紫外線減光の原理にさかのぼって調べた研究はなかったからである。このような背景により、銀河進化の理論モデル（シミュレーションや準解析的モデル）では、観測的に裏づけられていない減光モデルを使わざるをえないこともしばしばある（e.g. 星とダストの平板状分布：Shimizu et al., 2014; Makiya et al., 2015）。最新の銀河進化の理論モデルは紫外光度関数の観測をよく再現できているが、個々のモデル銀河の f_{UV} が正しい保証はないため、星形成率などの物理量が誤っている可能性がある。

本研究では、ダスト質量 M_d の求まっている $z\sim 0-3$ の星形成銀河、計140個を用いた。その結果、本研究では、銀河の f_{UV} と銀河のglobalな柱

密度 M_d に強い相関関係が存在することを初めて見いだした。この相関関係は、上述の単純な平板分布の減光モデルでは再現できないが、私たちが提案する、ダストの動径方向の分布が星と同じ指数関数分布に従うとするモデル (exponential model) でよく再現できる。Exponential model は、上述の平板分布のモデルよりも $f_{\text{dust}}^{\text{exp}}$ が小さい傾向をもつ。興味深いことに、この新しい減光モデルを Shimizu et al., (2014) の銀河進化モデルに組み込むと紫外光度関数の明るい側の形状を再現できなくなった。この結果は銀河進化モデルが予想する各銀河の半径、減光前のトータルの星形成率、ダスト質量などの基本量から見直す必要性を示唆している。今後、この銀河進化モデルの見直しを行うことで、将来観測装置の計画でも用いられる理論モデルが予想する銀河の性質が変わる可能性がある。

今回の渡航では、これらの結果についての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。特に収穫が多かったのは、Joop SchayeさんとDavid Elbazさんとの議論である。銀河進化の流体シミュレーションである“EAGLE”を率いているJoop Schayeさんとは、紫外光の輻射輸送にかかわる物理量について議論を行った。彼らのシミュレーション(輻射輸送を解いている)の結果と本研究のexponential modelの比較に興味をもっていただき、本研究の論文執筆が終わり次第、連絡してほしいとのことである。また、ダストの観測的研究の大家であるDavid Elbazさんとは、紫外光の減光やダストの性質に

関する先行研究について、平均的な描像を表すexponential modelに対する観測結果の分散の理由について議論した。いくつかの有用なアドバイスもいただいたので、帰国後に取り組みたい。このほかにも、Daniel Schaererさん、Keely Finkelsteinさん、Matthew Hayesさん、Guilhem Lavauxさんと議論をした。

また、ポスター発表はできなかったが、以前参加した学会でお会いしたOlivier Le FevreさんとTasca Lidiaさんを主として多くの方とお話をした。渡航の目的であった、(1) 世界中の銀河進化の研究者が集う場で自身の研究をアピールすること、(2) 本研究で確立したダストの空間分布の減光モデルを銀河進化の理論モデルに取り入れてもらう機会を作ること、(3) 彼らと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、(4) 銀河進化の研究の最先端の成果や話題に関する多角的な情報収集を行い、現在取り組んでいるそのほかの研究にも示唆を得て、新たな研究活動へのきっかけを作ること、の四つはおおむね達成できたと考えている。本研究会は、数千人規模の大きな研究会であり、議論をしたい研究者を探し出し、アポイントメントを取することは容易ではなく、研究会終了後には大きな達成感と安堵感を覚えた。本渡航でポスター発表をしたことにより、積極性と瞬発力が鍛えられたように思う。今後は、本渡航で得た経験やつながりを大切にして、ますます研究に励んでいきたい。

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。