

# 日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

## *Do Quasars with Accretion Disk Wind Have the Same Central Engines with Normal Quasars?*

渡航先—インド共和国

期 間—2013年5月13日-24日

この5月、私は、メートル波観測への期待を胸にインドの大地に降り立った。今回の渡航の目的は、Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) を用いたクェーサーのサーベイ観測である。GMRTは、開口45 mのパラボラアンテナを30台結合して運用する電波干渉計であり、世界有数のメートル波観測装置である。なぜ、あえてのメートル波なのか。

クェーサーを電波で観測すると、ブラックホール周囲から相対論的な速度で噴出するプラズマ流(=ジェット)が観測される。プラズマはシンクロトロン放射により電波で明るく輝くが、同じ電波でも周波数帯によって捉えられる構造が異なる。通常、高周波ではブラックホールに近いジェットの根元を、低周波では減速されたプラズマの吹き溜まり(=ローブ)を捉えられる。相対論的效果により、ジェットの輝度は、クェーサーを見込む角度に大きく依存する。一方、ローブからの放射は等方的である。したがって、低周波でローブを捉えれば、見かけの效果に依存しない天体の真の性質を把握できるのだ。

私は、大きく青方偏移した金属吸収線 (Broad Absorption Line; BAL) を静止紫外線に示すBALクェーサーを研究対象にしている。降着円盤からのプラズマ風(=円盤風)がBALの吸収体だと考えられているが、BALクェーサーと通常のクェーサーが本質的に同じ種族のクェーサーであるかどうかは謎に包まれている。通常のクェーサーでも、吸収体が視線上に存在しないだけで、円盤風自体は生じている可能性があるのだ。今

回、2種のクェーサーのローブ放射を比較することで、この謎にアプローチしようというわけだ。

初めてのインド渡航であったが、「インド人もびっくり」というフレーズは私を裏切らない。あらかじめ観測所に頼んだ空港への迎えのなかったことは序章に過ぎない。取得した観測データを持ち帰るためのDVD-Rが新聞紙にくるまれ渡されたり(露店の果物じゃなかりょうに)、「夜はハイエナが出るから注意しろ」という注意書きを現地で渡されたり…(低周波観測は携帯電話やテレビからの混信を受けるため、観測所は「僻地」にある)。これまで訪れた国内外の観測所とはまた違う空気があった。

何より苦労したのが食生活である。インドといえばカレーだが、これがクセものだった。メートル波観測は太陽の影響を大きく受ける。したがって、観測は夜間に行われることが多いのだが、現地の食堂で提供される刺激の強いカレーは、昼夜逆転生活で疲れた体に鞭を打つ。どんなに飽きようとも、どんなに胃が荒れようともカレー以外の選択肢はない。インド旅行で頻出の話題は「お腹を下したかどうか」だが、ことGMRT観測旅行に関しては「これで下さないほうがおかしい」というのが私の見解だ。だが、こうした経験も一度は良いかもしれない。昨日もカレー、今日もカレー、明日も…な状況に飽き飽きした頃、現地スタッフの放った一言、「昨日のカレーとは少し違う」。きっと、われわれにとっての「なめこの味噌汁の翌日のわかめの味噌汁」のようなものなのだろう。違いのわかる人間になりたいと思った瞬間であった。

さて、そんな苦難を経て取得した観測データではあるが、全データのおよそ9割は想定どおりの

質で得られていた。BALクエーサーに対しての系統的なメートル波観測研究は前例がない。今後、共同研究者との議論や論文の執筆作業を残すものの、本成果によりBALクエーサーの理解が一段と深まることを願っている。

末筆となりましたが、今回の渡航にあたり援助をいただいた日本天文学会、および早川幸男基金の関係者の皆様にはこの場をお借りして厚く御礼申し上げたいと思います。

林 隆之 (東京大学理学系研究科天文学専攻D3)

## 日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 *Lyman-Alpha as an Astrophysical Tool*

渡航先—スウェーデン

期 間—2013年9月1日-29日

### 1. 研究会の趣旨:

私はNordic Institute for Theoretical Physics (Nordita) で開催された研究集会“Lyman-Alpha as an Astrophysical Tool”に参加し、口頭発表しました。タイトルにもある水素のLy $\alpha$ 輝線(静止系1,216Å)は、星形成活動・AGN活動などさまざまな天体现象により放射され、遠方銀河探査・銀河進化史の若い段階にある天体の研究・宇宙再電離研究など幅広い用途で利用される、非常に重要な輝線です。本研究会の趣旨は、Ly $\alpha$ 輝線輻射それ自体の研究やLy $\alpha$ 輝線を利用した研究を行う理論的・観測的研究者が約70名集まり、研究発表および議論をすることでした。これによって、お互いの理解度を深め将来的な研究へつなげました。

### 2. 研究会で発表した内容:

私は本研究会で、“Ly $\alpha$  Radiation Mechanism of Ly $\alpha$  Emitters and Its Implication for Reionization Studies”というタイトルで口頭発表しました。主に私たちの論文, Hashimoto T., et al., (2013), ApJ, 765, 70の中から特に面白い部分をピックアップしたもので、詳細は以下のとおりです。Ly $\alpha$ 光子は、中性水素による共鳴散乱を受けるため、銀河内にわずかでもダストがあると吸収され

てしまい銀河外に出てくるのが困難です。しかし、Ly $\alpha$ を強く放射している銀河(等価幅にしてEW(Ly $\alpha$ ) > 20Å; 以下LAE)が存在します。LAEがどのようなメカニズムで強いLy $\alpha$ を放射しているのかについて、三つの代表的な仮説を検証したので報告しました。

代表的な三つの仮説とは、LAEは(i) 銀河内のダスト量が少なく、Ly $\alpha$ 光子が吸収されにくい、(ii) 銀河内ガスが止まっておらず、星形成活動によって速くアウトフローしている。アウトフローしているガス中の中性水素から見てLy $\alpha$ 光子がドップラーシフトするので散乱されにくい、(iii) 銀河内ガス中の中性水素柱密度 $N_H$ が小さくLy $\alpha$ が散乱されにくい、というものです。(i)については、過去の研究で調べられていますが、Ly $\alpha$ 強度とダスト量の間には、弱い相関があるものの決定的ではありません。一方で、(ii) (iii)といった性質を調べるためにはH $\alpha$ 輝線や金属吸収線などの分光データが必要ですが、LAEは連続光で暗くこれらの検出が困難で、このような研究は行われていませんでした。

そこで私たちは、すばる望遠鏡/主焦点カメラで取得された世界最大の赤方偏移2 LAEサンプル(Nakajima K., et al., 2012, ApJ, 745, 12)の中から、これらの分光検出に適した4天体を選び出し、Magellan/MMIRS観測(PI: 大内正己氏)と

Keck/NIRSPEC観測 (PI: 中島王彦氏) によって H $\alpha$  輝線検出を狙い、Magellan/MagE 観測 (PI: Michael Rauch氏) によって Ly $\alpha$  輝線および金属吸収線検出を狙いました。この結果、4天体で Ly $\alpha$  および H $\alpha$  輝線検出に成功し、4天体のスペクトルを重ね合わせることで LAE で初めて金属吸収線検出にも成功しました。スペクトルを詳細に調べ、LAE の金属吸収線が H $\alpha$  輝線に比べて青方偏移していたことから、アウトフローがあることを初めて確実に示しました。興味深いことに、LAE のアウトフロー速度は Ly $\alpha$  の弱い他の銀河種族 (ライマンブレイク銀河など) と比べて同程度であることから、LAE が強く Ly $\alpha$  輝線を放射する主要因はアウトフローではありませんでした。さらに私たちは、理論研究 (Verhamme A., et al., 2006, A&A, 460, 397) の予想に基づいて間接的に  $N_{\text{H}}$  へ制限を付けました。この方法の詳細は割愛しますが、Ly $\alpha$  輝線、金属吸収線、H $\alpha$  輝線のすべてが分光検出されている必要があります。この結果、LAE の  $N_{\text{H}}$  は他の銀河種族に比べて小さい可能性があり、LAE で Ly $\alpha$  を強く放射できるのは仮説 (iii) による可能性が高いことを示しました。

### 3. 得られた成果:

#### 3.1 Ly $\alpha$ に対する知識の整理および人との交流

約1カ月という長期間の滞在の中で、非常に多くの理論・観測研究発表が行われました。これまで私の知識は自身の研究に関するもので偏っていましたが、今回の研究会を通して Ly $\alpha$  に対する幅広い知識を身につけることができました。また、途中の2週間はアメリカ人大学院生 Alex Hagen 氏とルームシェアし、分野の近い同年代の研究者と親密になることができました。彼をはじめとして

多くの方と議論・交流ができたことは貴重な体験です。

また今回の渡航では、研究グループの多くの方が一緒に参加していたため、研究における悩みや将来の話などができたことも良かったです。

#### 3.2 理論研究者との共同研究

幸いなことに、私たちの研究結果の認知度は非常に高く、他の方の研究発表で多数引用していただいております。研究結果の多くは納得してもらえました。しかし、LAE で  $N_{\text{H}}$  が小さいという結果については、まだ疑問をもっている方もいました。これについてより強力な証拠を提示するため、私が1月から3月の間ジュネーヴ天文台に行き、理論研究者 (Daniel Schaerer 氏および Anne Verhamme 氏) との共同研究を行うことが決まりました。

#### 3.3 今後の観測研究

今後の観測研究のため VLT へ出すことを考えていたプロポーザル案にかかわる発表をしている方がいました。彼らとの議論を通じて、より良いプロポーザルを執筆できました。さらに、今後の観測研究に密接にかかわるデータを取得するために、M. Rauch 氏に同行して Magellan 望遠鏡を用いた観測を行うことが決まりました。

このように、今回の渡航はこれまでの私たちの研究を宣伝し、多くの研究者と親密になるうえで有意義であったばかりでなく、今後行う研究の指針を決め共同研究を進めていくうえでも、非常に有意義なものとなりました。最後になりますが、このような機会を与えてくださった早川幸男基金に心より感謝いたします。

橋本拓也 (東京大学理学系研究科天文学専攻 D2)