

論文内容の要旨

論文題目

Radio Properties of Broad Absorption Line Quasars (広い高速吸収線を示すクェーサーの電波性質)

氏名 林 隆之

クェーサーの静止系から青方偏移した、透過幅の大きな金属吸収線を Broad Absorption Line (BAL), これを静止紫外に示す天体を BAL クェーサーと呼ぶ。BAL のドップラー変位は最大で光速の 0.1 倍にも達し、その吸収体として、降着円盤の輻射により線吸収加速されたプラズマ (円盤風) が有力視される。母銀河を覆うダストやガスはこの円盤風に吹き飛ばされ、その結果、母銀河の星形成活動が抑制されると考えられている。従って、銀河の宇宙論的進化を解明する上で、BAL クェーサーの理解は非常に重要である。BAL は、Sloan Digital Sky Survey (SDSS) で検出されたクェーサーの約 10–30% で見つかるが、この割合が何を示唆するかは謎に包まれている。

BAL の検出率の解釈として、最も広く議論されてきたのが「角度説」である。角度説では、全てのクェーサーは円盤風を持ち、BAL の検出率は中心光源に対する円盤風の遮蔽率を意味する。しかし、角度説では説明のつかない観測結果も報告されている。従って、角度説は BAL クェーサーの観測性質の一部を説明するものの、それ以外の何らかの効果も同時に作用していると考えられる。ここで、角度説を補う代表的な効果として「進化説」が挙げられる。進化説では、BAL の検出率はクェーサーの活動期間に占める円盤風の保持期間の割合を意味し、円盤風はクェーサー進化の過程で失われるとされる。

以上の議論にも関わらず、現状、どこまで角度説が BAL クェーサーの観測性質を説明できるのか分かっておらず、進化説の根拠も確かなものではない。加えて、角度説を補うものとして進化説以外の効果も考える。本論文では、BAL 検出率の起源に対して示唆を与えるべく、ミリ秒角から秒角スケールまでの BAL クェーサーの電波形態および電波スペクトルを利用した観測研究を行った。電波観測では円盤軸の方向に噴出する非熱的ジェットを捉えられる。これを利用すれば円盤軸を推定できるため、電波観測により角度説を検証可能である。また、電波源の形態やスペクトルにより周辺環境の情報を得ることができる。

これを利用すれば進化説への示唆を与えられる。さらに、ジェットは円盤風と同じく降着円盤から噴出していると考えられる。従って、BAL ケーサーと non-BAL ケーサーの電波性質を比較することで、両者の中心エンジンの違いを考察することができる。

第3章では、BAL ケーサー (J1159+0112) に付随するコンパクトな電波源のミリ秒角スケールの電波形態および電波スペクトルに注目した。J1159+0112 は吸収の強く効いたコンパクト電波源の特徴である、凸型スペクトルを GHz 帯に示すことが知られていた。しかし、同様の凸型スペクトルは活動期にあるブレーザーでも見られる。我々は、超長基線干渉法を用いた多周波の偏波イメージング観測により得られる天体の形態・スペクトルによってこれらの切り分けを行った。観測の結果、天体は 1 kpc スケールの双対ジェットを持つことが分かった。また、ジェットの根元で偏波は検出されなかった。これらの性質は吸収の強く効いたコンパクト電波源に特有のものである。本観測は BAL ケーサーにこのようなコンパクト電波源が付随しうることを示した。この結果は第4章での議論の前提になる。また、相対論的ビーミング効果を利用し、ジェット軸の視線に対する傾きが角度説に矛盾しないことも示した。

第4章では、BAL ケーサーに付随する電波源の、秒角スケールの電波スペクトルに注目した。進化説にもとづくと、BAL ケーサーはダストやガスに埋もれており、電波放射は低周波にて強い吸収を受けることが期待される。先行研究では実際に BAL ケーサーで強い吸収が見つかっており、これが長らく進化説の根拠となってきた。第3章で確認したように、これらの天体は確かに吸収の強く効いたコンパクトな電波源であると考えられる。我々は、SDSS より選択した BAL/non-BAL ケーサーについて、322 MHz 帯におけるサーベイ観測を行った。これは BAL ケーサーに対する世界初の系統的な低周波観測である。結果、全観測天体の約半数は低周波で強い吸収を受けていた。一方、BAL/non-BAL ケーサーの吸収に有意な差は認められなかった。従って、BAL/non-BAL ケーサーで銀河スケールの環境には大きな差がないと考えられる。これは進化説への反証となる。

第5章では、BAL ケーサーに付随する電波源の秒角スケールの電波形態に注目した。我々は、既存のカタログを用いて大規模な電波構造を持つ SDSS ケーサーのカタログを構築し、その統計性質を調べた。結果、構築したカタログ中の BAL ケーサーの検出率は、コンパクトな電波源を持つ天体や対応電波源のない天体に比べて2-3倍少ないことを示した。角度説が完全ではないことを再確認したことになる。加えて、大規模な電波源を持つ BAL ケーサーの物理性質を、同様の non-BAL ケーサーと比較した。結果、電波源の形態には差がなかった。これは周辺環境が BAL/non-BAL ケーサーで同様なことを示唆し、進化説が成立しないことを支持する。また、電波源のサイズや電波光度に有意な差がなかった。BAL ケーサーは non-BAL ケーサーと同程度に長い期間ないし大きな強度の電波活動を行えるが、その頻度の少ないことが分かる。活動の再帰性が2種のケーサーで異なるのかもしれない。今後の更なる検証が必要だが、カタログ中の BAL/non-BAL ケーサーでは、ブラックホール質量とエディントン比に有意な差があることも分かった。これらの物理量が再帰性の違いを制御しているのかもしれない。

以上より，過去の研究で言われていたように，角度説は BAL クェーサーの電波性質を部分的に説明できるものの完全ではないことを示した．一方，進化説に対しては秒角スケールの低周波吸収や電波形態で反証を見出した．角度説とともに BAL の検出率を説明する効果としては，2 種のクェーサーの中心エンジンの本質的な違いが候補となる．