

レンズクエーサーを用いた多視線分光観測による MgII 吸収体の物理的諸性質の解明

小山田 涼香 (信州大学大学院 理工学系研究科)

Abstract

レンズクエーサーの多視線スペクトルを用いた MgII 吸収線の同定を行った。銀河に付随すると思われる MgII 吸収体を多方向から捉えることによって、吸収体のサイズや分布を明らかにするのが目的である。本研究では Gemini/GMOS (R~1000) でロングスリット分光観測した 5 つのレンズクエーサーの高分散分光データの解析を行った。その結果をもとに視線ごとの吸収線の差異を見つけ出し、吸収体の物理量について考察した。極端な例として、あるクエーサーに関しては 2 視線のうちの片方の視線にしか吸収線が現れていないレンズ像があることがわかった。今後は検出された全ての MgII 吸収線の情報をもとに、吸収線の物理量、位置、分布と付随する銀河との相関関係を解明する予定である。そこから、今回の研究結果が銀河進化や銀河内の星形成史においてどのようなモデルを示すことが可能なのかを議論する。

1 イントロダクション

クエーサーは我々の銀河系からはるか彼方に存在する超高光度を有する活動銀河核 (AGN) の一種である。クエーサーと地球の間に銀河間ガスや銀河が存在するとクエーサーからやってくる光の一部がそれらに吸収された上で地球に届く。このクエーサーの光を分光観測するとスペクトルの一部に谷状の吸収構造が現れる。これがクエーサー吸収線と呼ばれるものであり、吸収線からは吸収物質の元素の種類、電離状態、赤方偏移、柱密度、速度分散、温度や乱流の状態、といった様々な情報を読み取ることができる。このクエーサー吸収線を利用した観測研究の最大の強みは低光度天体あるいは遠方天体のように実視等級が低いために直接撮像が困難な天体の調査が可能である。

クエーサー吸収線の研究では銀河に付随する吸収体 (銀河円盤や銀河ハロー) も観測されている。その吸収線系に存在する特徴的な吸収構造を作る中性水素吸収線 (減衰 Ly α システム; DLAs) や金属線吸収線を解析することによって元素の存在量や電離度などを解明し、宇宙の化学進化や銀河の星形成史の研究に繋げることができる。吸収線を有する視野に対する撮像観測では MgII (一階電離マグネシウム)、CIV (三階電離炭素)、Ly α の吸収体が銀河からお

よそ 80,100,200kpc 程度まで広がっていることが知られている (Bergeron & Boisse, 1991, Chen et al. 2001, Chen et al. 2001)。同様な観測により MgII 吸収体については、近傍銀河を対象とした銀河の傾きとの比較も行われている (Kacprzak et al. 2007)。このように銀河に付随する吸収体の大きさや形に関する研究はよく行われてきたが、一視線方向の情報しか得られないクエーサー吸収線による観測データでは議論に限界がある。つまり吸収物質の視線上の柱密度が分かったとしても、視線上から外れた空間では吸収体がどのように広がっているのか知る手立てはないのである。この欠点を補うべく、重力レンズ効果を受けて多重レンズ像をもつクエーサー (レンズクエーサー) を用いた観測が行われている (例: Smette et al. 1995, Lopez et al. 2005, Monier et al. 2009, Cooke et al. 2010)。これにより吸収体に対する多視線分光が可能となり、銀河を取り巻く様々な元素の具体的なサイズがわかれば銀河進化や銀河中の星形成史のさらなる解明に繋がる。

本研究ではこの多視線レンズクエーサー像のスペクトル中に見られる MgII の吸収線に注目し、吸収体サイズを特定することを目的とする。MgII 吸収線に注目する利点は 1) 特徴的な強い二重共鳴線であるので容易に存在が確認できる、2) 共鳴波長が $\lambda \sim 2800\text{\AA}$ なので $z \geq 0.5$ の中間赤方偏移領域だと可視域での観

測が可能である、3) 銀河中では比較的大量に存在する元素であり、主に II 型超新星爆発によって生成されるので超新星残骸との関連も調査できるという点が挙げられる。傾向としては銀河からの距離が離れるほど MgII 吸収線の強度が弱くなるという逆相関があるが一部例外もあり (Nielsen et al. 2013)。定量的な評価は行われていない。そこで本研究はその結果を踏まえて、銀河の物理量 (光度、赤方偏移など) と吸収体の物理量 (等価幅、金属量、吸収線プロファイルなど) の間の相関を空間分布情報を加えた多変量解析によって調べる。本研究の特色は吸収線に対する多視線分光観測であり、吸収線を多方向から捉えることで吸収体のサイズや内部構造を直接的に観測できることである。レンズクエーサーの分光サーベイは以前からなされているが、本研究のような特定の吸収線の検出を目的としたレンズクエーサー像の高分散分光観測 ($R \sim 1000$) は前例がほとんど無いことを強調したい。

次の 2 章で観測とデータ解析について紹介し、3 章で現時点での結果、4 章で将来的な考察を行う。

2 観測と解析

本研究に利用する天体はそれぞれ 2 つのレンズ像をもつ 5 個のクエーサー ($z_{em} = 1.7 \sim 2.9$) であり、2011 年 2 月に Gemini/GMOS ($R \sim 1000$) で観測したものである。取得したデータはロングスリットによる分光データであり、得られた波長は $3770 \sim 6660 \text{ \AA}$ あるいは $4940 \sim 9182 \text{ \AA}$ と広範囲に渡る。目的は各クエーサーの 2 つのレンズ像のスペクトルから MgII 吸収線の差異を比較することである。吸収線の存在を確認した後、レンズ像間の角距離をプランク衛星による宇宙論パラメータ ($H_0 = 67 \text{ km/s/Mpc}$, $\Omega_\Lambda = 0.69$, $\Omega_M = 0.31$) によって実距離に変換し、吸収体のサイズに制限を与える。例えばクエーサー HE1104-1805 ($z_{em} \sim 2.32$) は $z_{lens} \sim 0.73$ にある大質量銀河によって 2 つの像に分裂している (図 1)。レンズ像 A と B の物理的な距離は約 21 kpc なので、A だけに吸収線が現れていることから吸収体のサイズの上限はこの程度であることがわかる。

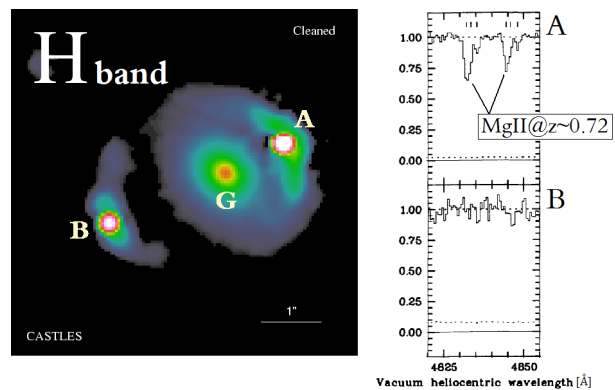


図 1: レンズ天体 (大質量銀河) G とそれによって 2 つの像 A, B に分かれたクエーサー HE1104-1805 の撮像データ (左) とそのスペクトル (右)。A のスペクトルのみ $z_{abs} \sim 0.72$ の MgII $\lambda\lambda 2796, 2806$ の吸収線を有している。(左図: CASTLES Survey より引用。右図: Smette et al. 1995 から抜粋、改変)

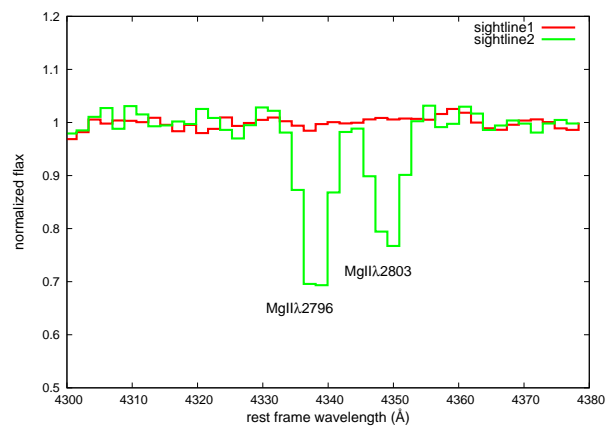


図 2: クエーサー SDSSJ090404.15+151254.5 の sightline1 (赤) と sightline2 (緑) のスペクトル比較。 $z_{abs} \sim 0.55$ の MgII の吸収線が sightline2 だけに現れている。

3 現時点の結果

現時点の解析結果で 5 つのクエーサーのうち 4 つから計 6 つの MgII 吸収線を同定し、そのうちいくつかについては sightline 間で等価幅の違いが確認できた (表 1)。特にクエーサー SDSSJ090404.15+151254.5 のデータからは、片方の視線にのみ存在する MgII 吸収線を検出した (図 2)。この吸収線系は赤方偏

移 $z_{\text{abs}} \sim 0.55$ であり、そのレンズ像間の実距離は約 7.24kpc である。この結果から吸収体に対するサイズの上限值を置くことができた。

4 将来的な展望

解析の結果を単視線観測に基づく先行研究と比較するために、本研究の結果を図3の分布図にプロットし、考察する。MgII 吸収線が両視線のスペクトルに現れているのならば、吸収体のサイズは視線間距離以上であることが期待される(図3のA)。(但し、各視線がサイズの小さい異なる吸収体の影響を受けている可能性も残される。)逆にどちらかのスペクトルにしか吸収線が現れていないのならば、吸収体のサイズはそれ以下になる(図3のB)。特に銀河からの距離が大きい視線にのみ吸収体が検出された場合(図3のC) 吸収体が非一様に分布している決定的な証拠(一様(filled)ではなく点(patchy))となる。これは過去の研究からも予想されている傾向である(Churchill et al. 2005)が、それを多視線観測で直接的に検証するのが本研究の最終的な目標である。

Reference

- Bergeron & Boisse. 1991, A&A, 234, 344
- Chen et al. 2001, ApJ, 556, 158
- Chen et al. 2001, ApJ, 559, 654
- Kacprazak et al. 2007, ApJ, 662, 909
- Smette et al. 1995, A&AS, 113, 199
- Lopez et al. 2005, ApJ, 626, 767
- Monier et al. 2009, MNRAS, 397, 943
- Cooke et al. 2010, MNRAS, in press
- Churchill et al. 2005, IAUC, 199, 24
- Nielsen et al. 2013, arXiv, 1304, 6716

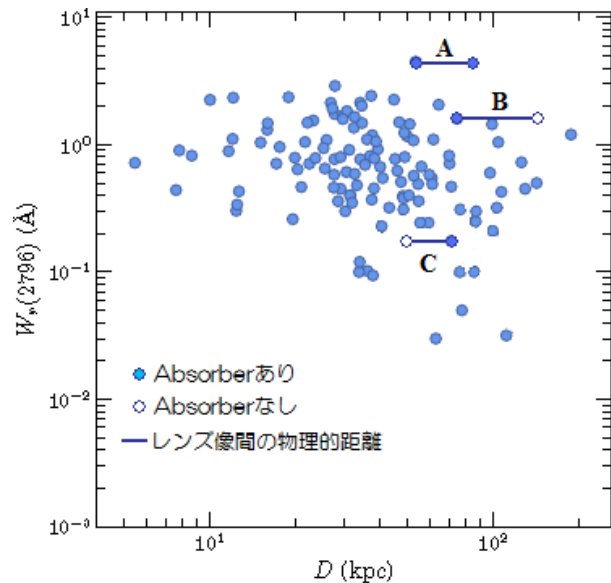


図 3: 銀河からの距離に対する MgII λ 2796 吸収線の等価幅と、本研究の予想される結果。吸収線がどの程度の等価幅を持ち、銀河からどれほど離れているかを表している。本研究ではそれに加え、吸収体のサイズに対する制限を 2 つの視線によって更に狭めることができる。(Nielsen et al. 2013 から抜粋、改変)

QSO	z_{em}	z_{lens}	z_{abs}	EW_{sl1}	EW_{sl2}
SDSS J134929.84+122706.8	1.722	~0.65	1.2356 1.2395	1.96 1.83	1.57 2.70
SDSS J094004.15+151254.5	1.826	~0.3	0.55 1.2173	— 4.6453	1.74 2.8308
SDSS J100128.61+502756.8	1.841	0.451	0.8722	1.96	1.61
SDSS J125819.24+165717.6	2.702	0.505	—	—	—
SDSS J113157.72+191527.7	2.915	~0.3	1.1902	3.40	4.38

表 1: 5 つのレンズクエーサーのスペクトルから同定できた MgII 吸収線。 z_{lens} はレンズ天体の赤方偏移。 z_{abs} は MgII 吸収体の赤方偏移。 EW_{sl1} と EW_{sl2} はそれぞれ sightline1,2 のスペクトル上で計測した MgII λ 2796 吸収線の等価幅である。