

氏名（本籍・生年月日）	小山田 涼香（滋賀県・平成1年7月27日）
学位の種類	博士（理学）
学位記番号	甲 第 120 号
学位授与の日付	平成30年 3月20日
学位授与の要件	信州大学学位規程 第5条第1項該当
学位論文題目	重力レンズクエーサーを用いた 銀河周辺物質の局所的内部構造の解明
論文審査委員	主査 三澤 透 准教授 宗像 一起 教授 竹下 徹 教授 長谷川 庸司 准教授 柏川 伸成 准教授

論 文 内 容 の 要 旨

銀河の形成と進化の過程を解明するには、銀河周辺物質(Circumgalactic Medium; CGM)の理解が必要不可欠である。CGMが銀河に降着することで星形成が起こり、銀河の形成と進化が促進される。また銀河内部での超新星爆発などによるアウトフローによって、物質が再びCGMに還元される。この銀河-CGMの物質循環を解明することが、銀河の形成と進化の有力な手がかりとなる。CGMは希薄なガス相の物質なので、クエーサー吸収線の手法を用いれば柱密度や速度分散などの物理量の探査が可能である。しかしながら、一視線方向の奥行き情報しか調査できないので、CGMの重要な要素である空間情報を取得することは困難である。その欠点を補う手法の一つに重力レンズクエーサーを背景光源に用いる多視線分光観測がある。重力レンズクエーサーとは重力レンズ効果を受けて複数のレンズ像を持つクエーサーであり、各レンズ像を分光観測すれば、多視線でCGM吸収体を捉えることが可能になり、遠方宇宙に存在するCGMのサイズや分布といった空間情報が入手できる。

そこで本研究は数秒角(物理的距離にして100 pc - 10 kpcに相当する)の離角をもつ重力レンズクエーサーを用いて、そのスペクトル中の吸収線の情報から、CGMの局所的内部構造を調査することを目的としている。本研究が所有する10個の重力レンズクエーサースペクトルと先行研究の文献から引用した3個の重力レンズクエーサースペクトルを用いて、合計13個の重力レンズクエーサースペクトル上に、計293個の金属吸収線を検出した。各吸収線を高電離イオン(C³⁺やSi³⁺など)と低電離イオン(Mg⁺やFe⁺など)に分割し、視線間実距離(D_{tra})に対する吸収線の静止系等価幅(REW)、視線間の等価幅変動値($dEW = |REW_1 - REW_2| / \max(REW_1, REW_2)$)と吸収線欠落頻度(R_{ion})を調査した。視線間実距離とは、吸収線の赤方偏移における重力レンズクエーサーの各視線間の物理的な実距離であり、各視線上の吸収線の有無によって吸収体のサイズの上限值や下限値に対応させることができる。静止系等価幅は吸収線の吸収強度を示し、

等価幅変動値は視線間の吸収線の強度比、吸収線欠落頻度は片方の視線で吸収線が未検出となる比率を表している。

吸収線ペア間の各静止系等価幅の相関係数を調べたところ、電離状態の違いによる有意な差異は見られなかったが、 $REW < 1 \text{ \AA}$ の弱い吸収線に着目すると、高電離イオンに比べ、低電離イオンの静止系等価幅の視線間の分散が大きくなる傾向があった。等価幅変動値については、CGMの電離状態に関係なく、視線間実距離に強い依存性は示さず、 $dEW \sim 0.2$ という一定の値をとった。吸収線欠落頻度については、大きな距離スケール($D_{\text{tra}} \sim 10 \text{ kpc}$)で高電離イオンが小さな値($R_{\text{ion}} \sim 0.02$)を持つのに対し、低電離イオンは小さな距離スケール($D_{\text{tra}} \sim 0.5 \text{ kpc}$)において、既に大きい値($R_{\text{ion}} \sim 0.16$)をとることがわかった。この結果から、低電離イオンの方がより小さいサイズで密度揺らぎを有している可能性を導いた。

さらに本研究では、5つのフリーパラメータ(等価幅分布関数 $EW(r)$ 、ガス球の直径 d 、CGMの全体サイズ L 、拡散ガス強度 EW_{diff} 、配置密度 C_d)を使って単純等価幅ガス球モデルによる観測値のモデル再現を試みた。ベストモデルから各電離状態の吸収体の内部構造を推察した結果、高電離イオンが僅かな密度揺らぎをもつ $\sim 500 \text{ kpc}$ の巨大なガス雲を形成している一方で、低電離イオンは $< 1 \text{ kpc}$ スケールのクランプ状のガス球が密集して(または内部に隙間をもつフィラメント状のガス群を形成して) $\sim 500 \text{ kpc}$ の広範囲に散らばっている、という描像を導くことができた。この傾向は先行研究で定性的に考察されていたが、吸収線欠落頻度に注目して定量的にCGMガスの構造を評価したのは本研究が初めてである。

本研究の将来的展望として、Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Programの大規模サーベイを利用し、銀河の測光的赤方偏移からCGMに対応する母銀河を特定知ることに加えて、距離依存性などを導入した新たな単純等価幅ガス球モデルを用いて、より詳細なCGMの構造を調査することを計画している。