

論文審査の結果の要旨

氏名 近藤 荘平

宇宙論的な距離にあるクェーサーを標準光源として、前景にあるガス雲による吸収線を観測することにより、高赤方偏移における元素の組成を直接知ることができる。本論文は、近赤外線における高分散分光観測を行うことにより、赤方偏移 ($z=3.5$) にあるガス雲においてIa型超新星によって合成された鉄を吸収線として世界で初めて検出したものである。

本論文は7章より成る。第1章は序論で、主として光学観測で得られたクェーサー吸収線系に関する知見を要約し、後続の章で展開される議論に必要な基礎的な知識、すなわち吸収線から元素の柱密度を求めるための手法、あるいはガス雲中の重元素が固体微粒子 (ダスト) に降着する現象であるdust depletionに関する観測結果が紹介されている。

第2章では、クェーサーの吸収線系のうちでも金属の吸収線系として観測される低電離金属吸収線系 (LIMS) が研究の対象であること、また銀河の星形成によって生成されたはずの金属の総量が、柱密度の高いDLA (Damped Lyman Alpha) や柱密度の低いLy α フォレストなどのよく観測されているガス雲には見つかっていないという「ミッシングメタル問題」を追求する上でLIMSは重要な天体であることが述べられている。

第3章では、観測の詳細が記述されている。すばる望遠鏡を使い、補償光学系 (AO) のもとで近赤外線高分散分光観測を実施した。標的は、 $z = 3.9$ にある重力レンズクェーサー APM 08279+5255である。その結果、 $z=3.50$ に明確なMg II λ 2796, 2803 吸収線と微弱なFe II λ 2383 吸収線を検出した。これは高赤方偏移 ($z > 2.5$) に存在するLIMS についての、Mg およびFe の初検出である。

第4章では様々な元素の柱密度を求め、第5章では、2つの重力レンズ像を分解した分光データから、このLIMS のガス雲のサイズの下限值を求め、それによりCLOUDY 光電離モデルのパラメータ範囲に強い制限をかけた。

第6章では、ガス雲 (LIMS) に銀河間紫外背景光が照射されている環境下で、金属量[Fe/H]、および化学進化の議論に最も重要なアバundance比[Mg/Fe] と[Si/Fe] を、高い精度で導出した。特に、5つある速度成分のうちの1つ (以下、第4成分と呼ぶ) における金属量は、[Fe/H] = -0.17という極めて高い値が得られた。この値は、同時代にあるDLAなど他の吸収線系の値よ

り一桁以上大きく、低赤方偏移のLIMSとほぼ同じである。このことから、LIMSの金属量には銀河の星形成が他の吸収線系よりも忠実に反映されていることが示唆された。

第7章では、測定された金属量からこのLIMSにおける星形成史を議論している。まず、 $[\text{Mg}/\text{Fe}] = -0.31$ と $[\text{Si}/\text{Fe}] = -0.26$ という観測値は、第4成分における元素組成比がII型超新星のみで説明できるものではなく、Ia型超新星による元素合成が大きな寄与をしていることを示している。この結論はdustによるdepletionを考慮しても変わらない。これは、Ia型超新星の元素パターンが高赤方偏移で見つかった最初の観測例である。Ia型超新星の前身星の寿命を考慮すると、第4成分における星形成は宇宙論的に非常に早い時期に始まったことを示唆している。ここで観測した一つのLIMSの高い金属量が、高赤方偏移にあるLIMS一般に当てはまるとすれば、クエーサー吸収線系におけるミッシングメタルの問題が解決する可能性があることも示唆されている。

高赤方偏移における鉄を含む重元素の組成比を測定することは、銀河の星形成史を探るための重要な手段であることは広く認識され、待ち望まれていたことである。高赤方偏移における鉄元素の組成比を測定し、それがIa型超新星によって形成されたものであることを示した、本研究の学術的価値は極めて高い。

本研究は、小林尚人、美濃和陽典、辻本拓司、クリストファー・W・チャーチル、高遠尚徳、家正則、鎌田有紀子、寺田宏、表泰秀、高見英樹、早野裕、神澤富雄、デヴィッド・センジャック、ウォルフガング・ゲスラー、大屋真、根建航、アラン・トクナガ、大越克也との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測、分析、検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。