

# 論文の内容の要旨

論文題目 A study of iron emission in active  
galactic nuclei

(活動銀河核における鉄輝線の研究)

氏名 鮫島 寛明

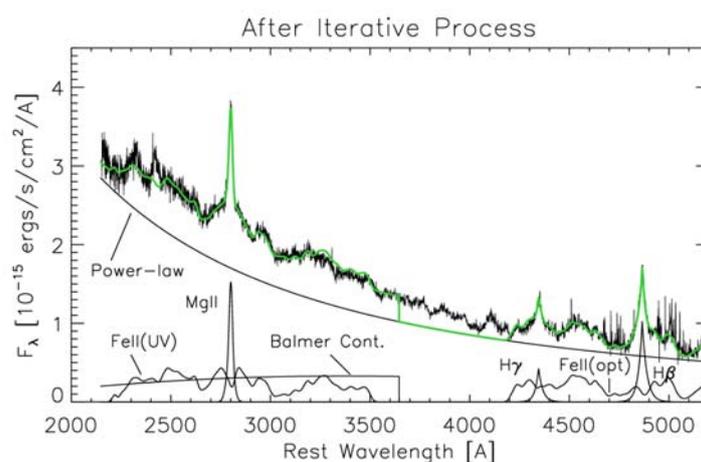
天文学における最も重大な謎の一つが、最初の星が生まれたのはいつかという問題である。活動銀河核の鉄輝線の観測は、この大きな謎に迫るための重大な研究である。宇宙初期に作られた原始星の寿命の違いにより、宇宙は特徴的な化学進化を遂げる。特に鉄は第一世代星が生まれてから約 10 億年後に急速に増大することが予測されており、活動銀河核の輝線を観測することによってその進化の様子を探ろうという研究がこれまでに多くの研究者によってなされてきた。特に鉄とマグネシウムの輝線強度比がそれらの組成比を反映しているという仮定のもと、多くの活動銀河核で鉄マグネシウム輝線強度比 ( $\text{FeII/MgII}$ ) が測られてきたが、観測値には大きな分散が見られ、進化の様子はいまだに明らかになっていない。

我々は  $\text{FeII/MgII}$  が鉄とマグネシウムの組成比だけでなく、輝線を放射しているガスの状態にも依存しており、それに起因する変化が組成比の進化を隠しているのではないかと疑問を抱いた。そこで多くの活動銀河核の鉄輝線を観測することで、輝線放射ガスをとりまく物理を調べ、正しく鉄の組成量を測定することを目的として研究を行った。

研究の第一歩として、まずは  $\text{FeII}$  を放射している一回電離した鉄のエネルギー準位を調べることから始めた。その結果、活動銀河核でみられるような強い鉄輝線を再現するには、輝線を放射しているガスが紫外域の鉄輝線にたいして光学的に厚くなければならないという事実が判明した。一方で可視域に見られる鉄輝線は光学的に薄く、さらにそ

の紫外鉄輝線との比が輝線放射ガスの鉄柱密度の指標となりうることが分かった。これ得を確かめるために、光電離と衝突電離という 2 つの加熱機構を仮定したモデル計算を行った。その結果、鉄の可視紫外輝線強度比  $\text{FeII}(\text{opt})/\text{FeII}(\text{UV})$  が加熱機構によらず輝線放射ガスの鉄柱密度に従って変化することが確認された。これにより、我々は活動銀河核の輝線放射ガスの性質に迫ることのできる全く新しい指標を手に入れることに成功した。

そこで実際にこの指標を活動銀河核の一種であるクェーサーに適用するために、アーカイブデータの調査を行った。研究では最大のクェーサーアーカイブであるスローンデジタルスカイサーベイ (SDSS) のクェーサーデータを採用し、鉄輝線が測定できる約 1,400 天体を選んで解析を行った。なお大量のサンプルを解析するために、汎用的な輝線測定プログラムを作成することで半自動的にスペクトルの解析が出来る環境の構築を行った。



図：輝線測定プログラムの適用例

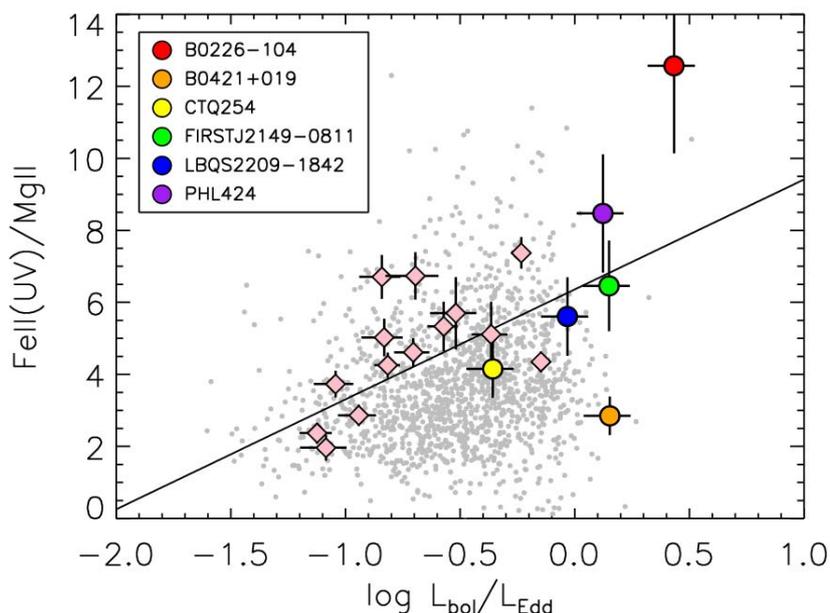
また天体の光度が  $\text{FeII}/\text{MgII}$  に影響するかどうかを確かめるために、チリにあるジェミニサウス望遠鏡を用いて 6 つの明るいクェーサーの観測を行った。これらは標準的な手法に従ってリダクションが行われ、1次元の天体スペクトルが抽出された。これらのスペクトルがカバーしている波長域は短く、SDSS の解析に用いた測定アルゴリズムをそのまま適用することは出来なかった。そこで先に解析した SDSS のデータを用いて、短い波長域のスペクトル情報のみから徹夜マグネシウムの輝線を正しく推定する手法を考案した。

$\text{FeII}(\text{opt})/\text{FeII}(\text{UV})$  の測定結果からまず明らかになったことは、ほぼすべての天体で測定値が光電離モデルの予測値よりはるかに大きい (典型的に 10 倍程度) という事実で

ある。これは従来正しいとされてきた光電離モデルに対する大きな壁であり、モデルにまだ考慮されていない点がある可能性が示唆される。

また他の観測量の比較から  $\text{FeII}(\text{opt})/\text{FeII}(\text{UV})$  とエディントン比との間に正の相関が見られることが明らかになった。これにより、近年盛んに議論されている輝線放射ガスへの輻射圧問題について大きな情報がもたらされた。我々の観測結果は電離光子の吸収による輻射圧が実際に輝線放射ガスに影響を及ぼしており、それによって鉄輝線の強度が変化していることを示唆していることが明らかになったのである。これを受け、活動銀河核における輝線放射ガスを取り巻く様々な物理現象の起源がエディントン比であるという、全く新しい物理描像を提案した。

また宇宙の化学進化にとって重要な  $\text{FeII}/\text{MgII}$  もエディントン比と相関関係を持つことが分かった。これはエディントン比を起源とする諸現象に  $\text{FeII}/\text{MgII}$  輝線強度比も影響を受けており、これが従来の観測でみられた分散の起源である可能性が極めて高いことを示唆している。我々が明らかにしたこのエディントン比を起源とする輝線強度への影響を考慮することで、鉄とマグネシウムの真の組成比の値にこれまでよりはるかに正確に迫ることができ、宇宙の化学進化解明に向けた大きな一歩になるだろう。



図：エディントン比と  $\text{FeII}/\text{MgII}$  輝線強度比の間の相関