【82】

氏　　名　中西康一郎（なかにし　こういちろう）
学位(専攻分野)　博　士　(理　学)
学位記番号　理　博　第2140号
学位授与の日付　平成12年3月23日
学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻　理学研究科物理学・宇宙物理学専攻
学位論文題目　z＝0.9にある2型QSOの近赤外撮像分光観測

論文調査委員　(主査)助教授 太田耕司　教授 齋藤　衛　教授 大谷　浩

論文内容の要旨

活動銀河中心核・クエーサー現象は，極めて小さい領域から莫大なエネルギーが放出されている宇宙における最も活動的な現象である。現象の発見以来多くの観測的及び理論的研究が行われており，現在では，太陽の100万倍から1億倍程度の質量をもつ巨大ブラックホールに周辺の物質が落ち込んでゆく際に放出される重力エネルギーが輻射エネルギーに変換されているという描像が描かれている。このうちエネルギー放射が比較的小さいものがセイファート銀河，大きいものがクエーサーであると一般には考えられている。

セイファート銀河は，その可視でのスペクトルの特徴により，1型と2型に大きく分類されている。可視のバルマー輝線の線幅が大きなもの（典型的には1000 km/s以上）を1型と呼び線幅の狭い輝線しか見られないものを2型と呼ぶ。このような違いの原因については長らく不明であったが，1980年代頃より，活動銀河中心核の統一モデルが提唱されるようになり，1型と2型は現象としては同じであるが，それを我々が見る方向によってスペクトルの見掛けが変わるのであるという理解が得られるようになった。即ち，ブラックホール周辺0.1 pc程度内においては，電離ガスは非常に大きな速度分散をもって存在しており（これを広輝線領域とよぶ），そのずっと外側10－100 pc程度に細い輝線を出す領域が存在している（これを細輝線領域とよぶ）が，この間の領域にダストや分子ガスのトーラスが存在しており，トーラスの軸方向から見ると，両領域が観測され，1型と分類される。トーラスを見通す方向からみると，広輝線領域は星間吸収で隠されてみえず，2型と認識される，というものである。このモデルは例外的なものもあるものの，多くの観測データを自然に説明することができ，現在では広く受け入れられているモデルとなっている。

セイファート銀河においては，1型と2型の比は1型を1とすれば，2型は1－2程度であり，非常に多くの2型セイファートが存在していることが知られている。ところが，セイファート銀河の光度の大きいものであると考えられているクエーサーについては，これまで1型のものばかりが発見されており，宇宙の初期に至るまでのその性質については色々研究されているが，一方2型のものはほとんど見つかっていない。

2型クエーサーは存在しないという見方も可能であるが，探査の方法に問題がある可能性もある。クエーサーの発見以来，その色が非常に青いために，従来のクエーサー探査は青い天体を探す，或は非常に強い輝線を示す天体を探すという手法で行われてきた。2型クエーサーは赤い色をしてることが予想され，強い広輝線もないため，従来の探査では発見できなかった可能性がある。このようなバイアスのかからない探査の方法として近年有力になっているのが，X線での探査である。X線は活動銀河中心核の中心付近からやってくる放射をトレースしており，しかも特にエネルギーの高いバンドでは星間吸収があまり効かないために，可視での探査に比べて強力である。

申請者は，このようなX線探査でみつかった，赤方変位が0.9に存在する2型クエーサー候補の確認観測を近赤外での分光観測によって行い，更に可視近赤外での撮像を行うことによってその性質を詳しく調べるという研究をおこなった。申請者が注目した2型クエーサー候補はX線でセレクトされた高赤方変位の電波で明るくない数少ない2型クエーサー候補のひとつであり，これまでの研究で，Hベータ輝線に広輝線がみられないことから，2型であることが示唆されていた。

しかし，Hアルファ輝線で広輝線が存在しないことを確かめないうちは，2型とよべないため申請者はまず，Hアルファ輝線の有無を調べるために，近赤外線での分光観測を行った。その結果，Hアルファ輝線は検出できたものの，広輝線は有意に検出できなかった。その上限値は，1型であるとして，観測されているX線光度から予想される値より小さく，この天体が確かに2型であることを示した。これにより2型クエーサーであることが確立されたので，次にそのスペクトラルエネルギー分布（SED）を撮像データから調べ，1型のそれとの比較を行った。その結果，2型クエーサーのSEDは1型のSEDとは全く異り，非常に「赤い」ということがわかった。その「赤さ」は，2型セイファートあるいは，爆発的星形成をおこしている比較的ダステイな銀河のSEDに近いことがわかった。

一方，2型クエーサーはその中心核光が吸収で減光されているために，その母銀河の研究にも非常に適している。そこで，申請者は，この天体を用いて母銀河の研究を行うことを試みた。その結果，今回は対象天体が小さく母銀河の構造の詳細まではつかめなかったものの，銀河の中心核光が減光されて見えておらず，その母銀河が直接見えている可能性が高いことを示した。もし母銀河であるとすれば，赤方変位0.9の時代における通常の銀河の光度関数のおれまがりの光度（いわゆる銀河の典型的光度）より1等近く明るいことがわかった。

論文審査の結果の要旨

クエーサーは宇宙における最も活動的な現象であり，その種族のより一般的な理解，宇宙論的進化を明らかにすることは重要な課題である。とりわけ，2型クエーサーという種族は，これまでその存在が想定されつつもその実態が不明であり，活動銀河中心核の統一モデルを更に包括的に構築していくためには，その存在密度，性質等を明らかにしていく必要がある。このことは，クエーサー中心部の構造が，より，低光度のセイファート銀河と本当に同じなのかそうでないのかといった，中心核の構造を理解する上でも重要である。また，クエーサーはその強い紫外放射のために銀河間物質の存在形態を決めている主要な要因の1つとなっている。もし2型クエーサーが多く存在すれば，銀河間空間の物理の理解にも影響が及んでくる。さらに，クエーサー現象とそれをホストしている銀河との関係の研究も行われているが，従来はクエーサーの明るい核光のためにその研究は困難を極めている。もし2型クエーサーが，統一モデルが予言するような，単に中心核光が吸収される方向からみただけのもので，他の性質が1型と同じであるなら，2型をサンプルにして母銀河の研究を進めることができる。このように2型クエーサーの探査とその特徴の研究は活動銀河中心核現象のみならず，銀河天文学一般にも大きな影響を与えうる分野である。

申請者は，X線でセレクトされた2型クエーサー候補のHアルファ輝線を調べることによりこの天体が確かに2型であることを立証した。現在，このような2型クエーサーと呼ばれる天体は極めて少なく，ここに2型のクエーサーの存在を，しかも高赤方変位に確立したことは，極めて重要であると言える。次に，申請者は，こうして見つかった2型クエーサーがどのようなスペクトラルエネルギー分布を持つのか調べた結果，従来の1型クエーサーのそれとは全く異り，低エネルギー側で強度の強い，いわゆる赤い天体であることを見いだした。これは，統一モデルから予想される性質と一致し，2型クエーサーの一般的な性質である可能性がある。従って今後の2型クエーサー探査の指針にもなりうるという意味で意義のある結果である。

更に，申請者は，クエーサーの母銀河の研究を行うことを試みている。近年ハッブルスペース望遠鏡により，クエーサーの母銀河の研究が盛んに行われつつあるが，ほとんどのクエーサーは赤方変位で0.3程度で，より高赤方変位でのサンプルは1例程度しかない。これはひとえに，明るいクエーサー成分の存在が母銀河の研究の障害となっているからである。申請者は，赤方変位0.9というかなり大きな赤方変位に存在しているこのクエーサーの母銀河の構造を解析し，2型クエーサーを用いた母銀河の研究の可能性を示した点はユニークで評価に値する。申請者は，本ケースでは母銀河について大きく2つの可能性があることを示した。1つは，中心核の光が減光をうけていて，その周りに母銀河が見えている可能性，もう一つは中心核光は隠されて全く見えず，見えている天体はすべて母銀河である可能性である。いずれの場合でも，母銀河のサイズ等は近傍の銀河のそれと大きく変わっていないことが明らかになった。一方，後者の場合，母銀河はその時代における通常銀河の光度関数の折れ曲がり光度より1等級程度明るいことを見いだした。より低赤方変位においても，クエーサーの母銀河の光度は通常銀河の光度関数の折れ曲がりより1等程度明るいという結果が最近得られつつあり，その類似性は注目に値す。

以上のように，申諸者は本論文において，２型クエーサーの存在を確立し，これをもとにその性質を探るべく，スペクトル，母銀河の構造等を調べた。１つの例では例外ということもあり得るが，電波クワイエットな２型クエーサーサンプルが数える程しかない現状においては，貴重な研究結果であり，今後のこの分野の研究の礎になるという意味で意義が深いと判断される。よって，本論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。なお，主論文に報告されている研究業績を中心に関連する分野について口頭試問した結果，合格と認めた。