

氏 名	おおや 大 屋 真
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2021 号
学位授与の日付	平 成 11 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 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	Observations of Quasars at Infrared Wavelengths (赤外線によるクエーサーの観測) (主査)
論文調査委員	教 授 舞 原 俊 憲 教 授 小 山 勝 二 教 授 笹 尾 登

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はクエーサーと呼ばれている、活動的銀河中心核の中でも特に明るい天体の観測的研究の成果を記述したものである。主題は、赤方偏移の値が2を超えるような、比較的初期の宇宙に存在していたクエーサーであり、代表的な2個の高赤方偏移クエーサーを赤外線で観測した。論文内容は、得られた結果について天体物理学の課題として詳しく議論するとともに、申請者が重要な寄与をしてきた観測装置の開発的研究に関する記述も加えられている。

前半の天体物理に関する記述では、まず導入として、第一章で高赤方偏移天体を観測する場合に必要な基礎的知識についてまとめられている。一つは、膨張宇宙での距離の定義について、もう一つは、銀河等の天体の重力で光の進路が曲げられる重力レンズ効果についてまとめられている。第二章では本論文の観測対象であるクエーサーと呼ばれる天体に関して既知の観測事実と解釈がまとめられている。続いて第三章では観測を行なった結果の報告とそれに関する議論がなされている。まず、活動を始めたばかりの若いクエーサーPKS0201+113をOH夜光除去分光器(OHS)を用いて波長 $1.0\mu\text{m}$ から $1.7\mu\text{m}$ で観測した結果に関してである。静止波長が $2800\text{\AA}$ であるMgII輝線の赤方偏移は、静止波長が $1540\text{\AA}$ のCIV輝線を基にして測られていた値よりも大きく、速度差で表すと 3500km/s に相当しこれまでに知られていた中でも非常に大きな値であった。高励起であるCIV輝線を出している雲がクエーサーの中心からの放射圧で加速されて、低励起であるMgII輝線を出している雲に対して外向きに移動しているとする説明できる。また宇宙初期であるにも関わらず、大部分が寿命の長い星で作られる鉄の輝線も観測された。さらにこのクエーサーの手前にある銀河のもとになった天体には小マゼラン雲程度のダストが含まれることが示唆されている。

次は、重力レンズされたクエーサーとして有名なMG0414+0534をOHSに加え赤外線観測衛星(ISO)で観測を行なった結果に関してである。特にISOの結果からは、中心核を取り囲むダストトーラスからの熱輻射の観測に成功した。このクエーサーは特に絶対光度の明るいものであるが、そのダストトーラスの広がりには約 1kpc で、絶対光度がより暗い活動的銀河中心核のものと同程度である。中心核からの紫外線とダストトーラスからの赤外線では放射領域の面積が異なるので重力レンズの倍率の違いが3倍程度あると考えられるが、この効果を含めてもこのクエーサーのトーラスの被覆率は小さく幾何学的により薄くなっていることが解った。

後半部分は、これらの観測を行なうのに必要な装置に関する記述である。第四章ではプロトタイプOHSに関する一般的な解説に加え、地球大気のOH夜光輝線の除去がクエーサーの様に幅の広い輝線の観測に対しては影響がないことが示されている。第五章ではCISCOと呼ばれているすばる用OHSのカメラ部分に関して機械系の設計を中心にして記述されている。CISCOではスリットからの熱輻射を避けるために真空中で 100K 以下まで冷却できるようになっている。これら可動部分の制御には真空冷却モーターを採用しているが、その選定方法とモーターによって生じるノイズに関する対応方法と性能が報告がされている。また、カセグレン焦点に取り付けた場合の機械変形を最小にする設計と、実際の値の見積もりを示し、試験観測においてスリットのピンホール像が検出器上で移動する時の変化量が1ピクセル以内に収まっていたことなど、申請

者の設計に基づいて開発製作された部分に関しての基本性能が達成がされていることを示した。

論文審査の結果の要旨

論文は高赤方偏移クエーサーの赤外線観測に基づく研究成果と、申請者が重要な寄与をしてきた観測装置の開発的研究に関する記述からなる。前半では、申請者が取り組んだ天体物理学の課題を理解する上で必要な基礎的な事項をベースとして、本研究の対象であるクエーサーと呼ばれる天体を新しい観測手段で分光・測光的観測を行い、その物理状態のどのような側面が明らかになったかを示している。さらに後半では、装置開発としての新しい点と得られた具体的性能がまとめられている。

観測は、高赤方偏移領域の二つのクエーサーに着目して行われ、それぞれ新しい観測的情報が得られており、高赤方偏移における特徴的な現象として議論がなされている。まず、PKS0201+113というカタログ番号をもつ、活動を始めたばかりであると考えられているクエーサーに着目して、申請者たちが独自に開発した新しい観測装置であるOH夜光除去分光器(OHS)を応用して赤外線の分光観測を行なっている。その結果、新たに低励起の代表的輝線の一つであるMgII放射スペクトルの検出に成功している。可視光領域で観測されている結果と比較して議論を展開しているが、中でも高励起輝線と比較することによりそれぞれの輝線を出している領域の間に3500km/sという大きな速度差があることを発見し、この速度差を高励起輝線を出している領域が放射圧で加速されている現象として説明している部分は重要な結果である。この現象は活動を始めたばかりでガスが豊富なクエーサーの特徴であろうという新しい説を提唱している。

もう一つはMG0414+0534という番号をもつ重力レンズ効果を受けて増光されたクエーサーの、赤外線観測衛星(ISO)による観測である。この天体は、可視光では極端に暗く、非常に赤いカラーをもつ特殊なクエーサーである。申請者は遠赤外線での観測が重要であることに着目して、遠赤外線の測光観測を実施した。赤外線観測衛星(ISO)での観測では、ねらい通りに、このクエーサーの中心核を取り囲むダストトラスからの輻射の検出に成功している。

このクエーサーの様に、高赤方偏移領域のみに多く存在する絶対光度が非常に明るいものについては、ダストトラスの放射成はこれまではほとんど観測されていない。申請者は、絶対光度が小さい、いわゆるセイファート銀河のダストトラスの構造との違いを、具体的なモデルにより調べた結果、主としてfiling fractorと呼ばれる幾何学的な「見込み角」の違いにあることを明らかにした。それに基づき、どちらも、ダストトラスの銀径の広がりとは約1kpc程度で同じだが、クエーサーの方がトラスの厚さがより薄くなっていることを示しており、絶対光度が明るいほどトラスが相対的に薄くなっていることを示唆する新しい説を提唱している。また、中心核からの紫外線とダストトラスからの赤外線では放射領域の面積の違いから、重力レンズの倍率に違いがあるであろうという新しい事実を見い出している。

これらの典型的な2つの高赤方偏移クエーサー観測に関する部分が本論文の中心であるが、これまでに観測されていなかった波長域で積極的にデータを取得して新しい発見をしている。また新しい開発的な研究にベースをもつ成果であるという点でも評価できる。新たなテーマの提案も含んでおり、今後の観測的研究の指針になるであろう。

後半では、独創的な装置の開発に関して、申請者が重要な寄与をしたいくつかの開発要素に関する開拓的な研究の成果をまとめている。OH夜光除去分光器に関しては、クエーサーの様に幅の広い輝線に対しては夜光輝線を除去したことが、従来にない高い感度での観測を可能にしたものである。さらに、「CISCO」と呼ばれているすばる望遠鏡用OHSのカメラ部分の設計に関しては、機械的な構造計算と観測制御・駆動部分を担当して、高精度の観測性能を実現しており、実際の初期観測において性能が実証されている。

以上のように、申請論文の内容は天文学的な成果と装置の開発的な側面に関する独創的な研究内容が包括的にまとめられており、審査の結果、理学博士学位論文としての基準に十分達していることを認めた。