

# 学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな) 氏 名	きうち がく ※外国人留学生はカタカナ 木内 学 ※履歴書と完全に一致させてください
学位(専攻分野)	博 士 ( 理 学 )
学位記番号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 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)	Host Galaxies of Type-2 Active Galactic Nuclei (2型活動銀河核の母銀河)
論文調査委員	(主査) 太田 耕司 教授 長田 哲也 教授 嶺重 慎 教授

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (理学)	氏名	木内 学
論文題目	Host Galaxies of Type-2 Active Galactic Nuclei		
(論文内容の要旨)			
<p>現在の宇宙では、銀河中心に存在する超巨大ブラックホールの質量と、それが存在する銀河 (ホスト銀河) の spheroid 成分 (楕円銀河にあっては銀河全体、円盤銀河にあってはバルジ(bulge)) の光度や星質量との間により相関があることが最近わかってきた。この相関は、銀河中心に存在する超巨大ブラックホールの成長とホスト銀河の spheroid 成分における星形成の間に、何らかの物理的な関係があり、共進化してきた可能性を示唆する。</p> <p>本申請論文では、このブラックホール質量と銀河の spheroid 成分の光度や星質量の比が、宇宙論的タイムスケールで変化しているのかどうか、逆に短いタイムスケールで見た時に両者の成長率の比が質量比のそれと同じなのかどうかという問題を解明することを目指している。また、この目標達成のために、2型の活動銀河中心核を利用している。</p> <p>申請論文の概要は以下の通りである。</p> <p>まず第1章では、ブラックホール質量と銀河の spheroid 成分の関係について現在の宇宙で得られている結果がまとめてある。また、その理論的研究についても紹介し、どのようなメカニズムが効くかによって、宇宙の昔に遡ると両者の質量比の値が変わる可能性があることを指摘し、その宇宙論的進化を明らかにすることが、共進化のメカニズムに迫るよいアプローチであることを示している。一方、短いタイムスケールでの両成分の進化率の比較も重要であることを指摘している。これまでもこのような観測的研究はあったが、ブラックホール質量を推定するためには、中心核光と広輝線が見えている必要があるため、過去の研究はすべて1型の活動銀河核をサンプルとして行われてきた。1型の場合、明るい中心核光のために、そのホスト銀河の明るさには大きな不定性が伴っていた。このため、これまでの研究では、研究者によって随分違う結果が報告されていたことを紹介している。特に、銀河全体の明るさを調べることはできても、spheroid 成分だけを取り出して調べることは不可能であった。そこで、申請者は、活動銀河核の統一モデルに立脚し、X線で検出され可視分光で同定された2型の活動銀河核を用いることによって、中心核光の影響を受けずに銀河の spheroid 成分を容易に引き出し、目標を達成しようとしている。</p> <p>第2章では、X線衛星 ASCA とその可視同定によって得られた赤方偏移が 0.6 付近 (約 60 億年前) までの2型活動銀河核のサンプルを用いている。その可視撮像観測、データ処理を行い、次に、得られた画像に対し2次元の成分分離を行い、bulge 成分だけを抽出することに成功している。また、ブラックホール質量は、吸収を補正したX線光度と1型の活動銀河核における Eddington 比を仮定することによって導出している。次にこれらの結果を用いて、ブラックホール質量と銀河 bulge 光度の比を調べ、現在の宇宙にみられる比との有意な差がないことを見出している。</p> <p>第3章では、X線衛星 Chandra とその可視同定によって得られた赤方偏移1付近 (約 80 億年前) までの2型活動銀河核をサンプルとしている。これによって、より遠方の銀河におけるよりブラックホール質量の小さい活動銀河核までをサンプルすることができている。申請者はアーカイブデータを用いて、各撮像帯域で銀河の bulge 成分を分離し、さらに、その成分に対するモデルスペクトルをフィットすることによって、その星質量や星形成率を導出している。これらの結果を、それぞれ、ブラックホール質量とX線光度から推定したブラックホールへの質量降着率 (ブラックホール成長率) との比を調べている。その結果、赤方偏移1付近まででもブラックホールと星質量の</p>			

比は、現在の宇宙における値と有意な違いが見られないこと、しかし、ブラックホール質量の小さい天体では、ブラックホール質量に対して星質量が非常に大きい可能性があることがわかった。ただし、後者については、少なくとも一部の対象には、仮定した Eddington 比が大きすぎる可能性があることを指摘している。一方、ブラックホール成長率と bulge の星形成率の比でみると、ブラックホールの方がより大きく成長しているという結果が得られ、短いタイムスケールにおいては、質量比を保ちながら成長しているわけではない、ということがわかった。

第4章では、得られた結果を理論モデルと比較することによって、ブラックホール質量の小さい活動銀河核では、それが星形成を抑制する効果があまり効かないため、過去に多くの星が生成されたというモデルを支持するという示唆を行っている。また、星形成率とブラックホールへの質量降着率の比が大きい銀河には、銀河相互作用の兆候が見られる傾向があり、銀河相互作用が星形成を誘発し、その後化ブラックホールがより成長するというシナリオを示唆している。

(論文審査の結果の要旨)

銀河中心に存在する超巨大ブラックホールの質量と、それが存在する銀河（ホスト銀河）の spheroid 成分（楕円銀河にあつては銀河全体、円盤銀河にあつてはバルジ(bulge)）の光度や星質量との間によい相関があることが最近知られている。しかし、両者のスケールは大きく異なり、共進化をする必然性は必ずしもない。従って、どのようにして、この二つの量の間によい相関ができてきたのかは大きな謎であり、現在多くの研究が進められているところである。

観測的には、宇宙論的タイムスケールでみた時に、両者の比に進化がみられるのかどうか？という問題が精力的に調べられてきた。遠方の銀河中心に潜むブラックホール質量を通常の銀河で推定することは不可能である。そこで、これまでの研究は、ブラックホール質量を経験則によって推定可能な、1型の活動銀河核を用いて行われてきた。（活動銀河核の中心核光強度と広輝線の線幅からブラックホール質量を導出する。）ただし、この手法では、中心核の光が極めて明るいために、ホスト銀河の光を検出することが大変困難になる。これまでの研究はこの困難をいかに減じるかということに苦心してきた。これまでに一定の結果は出てきているものの、その結果は、必ずしも一致しておらず、研究者によって、かなり違った結果が得られているのが現状である。

そこで申請者は、2型の活動銀河核を用いることによって、中心核光の影響を受けることなく、銀河の光を詳細に解析するというアプローチを採用した。この方法では、銀河の全光度は言うに及ばず、その中の spheroid 成分だけを取り出すことも可能であり、さらには、いくつかの撮像帯域でこのような成分分離を行うことによって bulge 成分だけのスペクトルエネルギー分布を出すことができるため、これをモデルスペクトルと比較することによって、星質量や星形成率まで推定することが可能となり、画期的に新しい情報が得られることになった。このようなアプローチは世界的にも初の試みであり、その結果と意義は非常に高く評価できる。今後理論的な解釈の際にも考慮すべき観測結果を与えたものと評価できる。ただし、2型を用いているので、ブラックホール質量の推定はより間接的にならざるを得ず、吸収補正した X 線光度に対して 1 型の平均的な Eddington 比を適用するという手法をとらざるを得ないという欠点は存在する。しかし、活動銀河核の統一モデルによれば Eddington 比は型によらないため、そう悪い仮定ではなく、これまでの 1 型で行われてきた研究とは相補性の高い結果であるといえる。特に、ブラックホール質量の小さい対象については 1 型でのアプローチではより困難であり、これまでの研究ではそのような研究対象を避けてきたという一種のバイアスがある。2型を用いることによって、このようなパラメータスペースを開拓し、明るい活動銀河核での性質とは異なる可能性を示したことも高く評価できる。

このような 2 型による研究をいち早く行えたのは、申請者の所属する研究室におけるそれまでの研究で、X 線による活動銀河核の可視分光同定が行われていて、申請者がこの研究に着手し始めた時点では、世界的にみて唯一に近いサンプルが申請者の近くにあったためである。このような利点を活かして、世界に先がけて 2 型活動銀河を用いて共進化に迫るといって研究を開始したという先見性も評価すべきであると考えられる。

このように、申請者は独自のアプローチによって、世界的に例をみない精度で、活動銀河核のホスト銀河の詳細構造を明らかにし、超巨大ブラックホールと銀河の共進化についてのユニークかつ重要な結果を得たと言える。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 22 年 1 月 18 日、論文内容とそれに関連した口頭試問を行い、その結果合格と認めた。