

氏 名	たむら なお ゆき 田 村 直 之
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2448 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 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	Origin of Color Gradients in Elliptical Galaxies and Implications for Formation Processes (楕円銀河内部に見られる色勾配の起源と楕円銀河の形成過程)
論文調査委員	(主 査) 助教授 太 田 耕 司 教 授 大 谷 浩 教 授 舞 原 俊 憲

論 文 内 容 の 要 旨

この博士論文においては、楕円銀河の内部に見られる色勾配の起源が、楕円銀河を構成する星の年齢勾配によって生じるのではなく、金属量の勾配によって生じていることを、楕円銀河の色勾配の宇宙論的進化を調べることによって、明らかにしている。

銀河の形成と進化がどのようなものであったか、という問題は現代天文学の最重要研究課題の一つである。この問題へのアプローチとして、遠方に存在する、すなわち昔の銀河の性質を調べるという手法があるが、通常は遠方の銀河を点として扱い銀河全体の積分された性質を調べるという手法がとられる。しかし、近年の観測技術の進展により、銀河の内部構造を調べることによって、銀河進化の問題に迫るという方法が可能になりつつある。申請者はこの点に注目し、楕円銀河の形成プロセスについて、その内部構造を調べることによって迫るという手法をとっている。

楕円銀河の形成プロセスとして、2つの異なる理論的シナリオが提唱されている。一つは、モノリシックコラップスモデルと呼ばれるもので、かなりの初期宇宙（例えば赤方変移が4程度以上）において、ガスの塊が爆発的な星形成を起こし、その後銀河風が吹いて星形成が停止し、以後星だけの進化となる、というものである。もうひとつのシナリオは、冷たいダークマターに支配された宇宙の中での階層的集団化による形成モデルで、円盤状の銀河の合体によって楕円銀河が成長していくというものであり、その合体は比較的最近（赤方変移で1程度）とされている。このふたつのモデルのどちらが正しいかを検証する一つの方法として、楕円銀河内部での金属量勾配の大きさを調べる方法が考えらる。モノリシックコラップスモデルでは、銀河の内側ほど激しい星形成が長く続くためそこでの化学進化が進み、結果として銀河の内側ほど金属量が大きいという金属量勾配ができる。一方、合体モデルでは、何度かある合体のために、星やガスが銀河内で混合され金属量勾配は非常に小さくなる。従って、観測的に金属量勾配の分布について調べ、モデルによる予言と比較することによってどちらのシナリオが正しいのか検証可能である。

しかしながら、金属量の勾配を直接観測的に測定することは近傍の楕円銀河においてさえ極めて困難である。まして遠方に存在する楕円銀河でこのような観測を行うことは不可能に近い。ところが、楕円銀河内部には色勾配が見られることが知られており、その起源は、金属量勾配である可能性が指摘されている。色の勾配は比較的観測しやすく、また遠方の銀河においても観測可能である。従って、楕円銀河における色勾配分布を調べることによって、ふたつのシナリオを比較できる可能性がある。

しかし、楕円銀河に見られる色勾配が本当に金属量勾配を反映しているかどうかは議論のわかれるところである。一般に銀河の色は、金属量だけでなくその年齢にも依存するからである。これは、年齢—金属量縮退と呼ばれその原因を分離することは非常に困難である。

申請者は、上記のような背景のもとで、色勾配が年齢勾配起源なのか金属量勾配起源なのかについて決着をつけることに成功した。楕円銀河の色勾配の起源が金属量か年齢かを識別することは現在存在する楕円銀河だけをみては非常に困難

であるが、遠方の楕円銀河での色勾配を測定すれば、この縮退を解くことができることに申請者は気づいた。すなわち、もし色勾配が年齢勾配起源であれば、現在の色勾配を再現するための年齢勾配から昔の楕円銀河における色勾配が推定できる。同様に金属量勾配の場合に推定される色勾配の進化も推定できる。この二つのケースに対する色勾配の進化の挙動は全く異なるので、昔の楕円銀河での色勾配を調べて、その宇宙論的な進化を調べればどちらの起源が主要因であるか判定することが可能である、というわけである。

そこで、申請者は、空間分解能のすぐれたハッブル宇宙望遠鏡で撮られたデータをもちいて、遠くの（すなわち昔の）楕円銀河を選別し、その内部での色分布をしらべ、色勾配がどんなふうに進化してきたかを明らかにした。これをモデルから予想される色勾配の進化と比較したところ、年齢勾配では観測される遠方楕円銀河に見られる色勾配を全く再現できないことを明らかにした。一方、金属量勾配のモデルによる色勾配の進化とはよく合うことを見いだした。つまり、色勾配の主要因は金属量勾配であることを見いだしたのである。

この結果は、銀河密度の低いいわゆるフィールドに存在する楕円銀河の場合に得られた結論である。そこで、申請者は、銀河密度の低い領域での楕円銀河と銀河密度の高い銀河団で、違いがあるかどうか調べている。同様にハッブル宇宙望遠鏡で撮像された遠方銀河団中の楕円銀河を選定して、その内部での色勾配も調べた。その結果、フィールドでの楕円銀河と同じ結果が得られ、銀河密度に対する影響が上の結論に影響しないことも明らかにした。

論文審査の結果の要旨

銀河形成／進化を明らかにすることは、現代天文学の最重要研究課題である。申請者は、楕円銀河をとりあげ、その内部構造である色勾配を調べることによって、楕円銀河の形成過程についての2大シナリオの検証を行おうとしている。本論文では、その基礎として、楕円銀河に見られる色勾配の起源が金属量勾配によるものなのか、年齢勾配によるものなのかの識別を試み、見事にこの識別に成功している。

楕円銀河の形成プロセスとして、2つの異なる理論的シナリオが提唱されている。一つは、モノリシックコラップスモデルと呼ばれるもので、初期宇宙において、ガスの塊が爆発的な星形成を起こし、その後銀河風が吹いて星形成が停止し、以後星だけの進化となる、というものである。もうひとつのシナリオは、冷たいダークマターに支配された宇宙の中での、階層的集団化による形成モデルであり、円盤状の銀河の合体によって楕円銀河が成長していくというものであり、その合体は比較的最近とされている。このふたつのモデルのどちらが正しいかを検証する一つの方法として、楕円銀河内部での金属量勾配の大きさを調べる方法が考えらる。モノリシックコラップスモデルでは、銀河の内側ほど激しい星形成が長く続くためそこで化学進化が進み、結果として銀河の内側ほど金属量が大いという勾配ができる。一方、合体モデルでは、何度か起る銀河同士の合体のために、星やガスが銀河内で混合され金属量勾配は非常に小さくなる。従って、観測的に金属量勾配の分布について調べてモデルによる予言とくらべればどちらのシナリオが正しいのか検証可能である。しかしながら、金属量の勾配を直接観測的に測定することは近傍の楕円銀河においてさえ極めて困難である。

一方、楕円銀河内部には色勾配が見られ、これの起源が金属量勾配であれば、色勾配をトレースすることによって、銀河形成のプロセスに制限をつけることが可能となる。しかしながら、色勾配の起源については、従来、年齢—金属量縮退と呼ばれる問題があり、楕円銀河内の星の金属量勾配が色勾配の原因となっているのか、星の平均的な年齢の勾配が色勾配の原因になっているのかの二つを識別することは非常に困難であるとされてきた。申請者は、昔の楕円銀河での色勾配を観測的に調べその進化を調べることで、この縮退を解くことを思いつき、実際にこれを行った。その結果、要旨にあるように、年齢勾配では色勾配の宇宙論的進化を再現することはできず、金属量勾配であればうまく説明がつくことが明らかにされた。このことは、従来、解けないとされていた縮退を独自の視点で解くことによって問題に決着をつけたわけであり、非常に高く評価できる。また、この結論が、銀河環境に依存しないことまで確認しており、この点も高く評価できる。また、このような、銀河の内部構造から銀河形成に迫るという方法は、世界的にみても先端的なものであり注目されていることも見逃せない。

さらに、申請者は、この基礎的な結果にもとづき、楕円銀河の色勾配の観測を続けており、そのサンプル数を増やすことによって、理論モデルと統計的な比較を可能にすることを目指している。これに刺激され、理論モデルの方もさらに進展を

見せており、金属量勾配の大きさと宇宙初期の密度ゆらぎとの関係、銀河の合体の仕方との関係といった広い研究範囲への波及効果が期待され、このような分野の発展への観測的な礎を築いたことも高い評価に値すると考えられる。

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。