

論文審査の結果の要旨

氏名 満田 和真

楕円銀河と S0 銀河 (併せて早期型銀河) の運動学的性質は渦巻き銀河と大きく異なっている。渦巻き銀河が回転運動に支配されているのに対し、早期型銀河では無秩序な運動が卓越している。この違いは、早期型銀河が進化の過程で角運動量を喪失したためであるとされているが、喪失の時期や原因は明らかになっていない。遠方の早期型銀河の内部運動を直接分光観測で調べるのが難しいからである。本研究は、赤方偏移 $z \sim 1$ から現在までの早期型銀河の運動学的進化を表面測光によって考察したものである。

本論文は 5 つの章から構成されている。第 1 章では、早期型銀河の運動学についての最新の研究結果がまとめられている。現在の早期型銀河は、無秩序運動が卓越している点では共通しているが、面分光観測によると、回転運動が無秩序運動に迫るほど強いもの (Fast Rotator: FR) からずっと弱いもの (Slow Rotator: SR) まで幅広く存在しており、角運動量を喪失する過程は単純ではないことが示唆される。しかし、具体的な進化は遠方での分光観測が困難なため明らかになっていない。早期型銀河は過去ほど小さいという重要な観測事実と運動学的進化の関連も未解明である。こうした状況を踏まえ、分光よりも容易な観測手法である表面測光を用いて、赤方偏移 $z \sim 1$ から現在までの早期型銀河の運動学的性質を間接的に調べるという本研究の目的が述べられている。

第 2 章では、面分光データのある 166 個の近傍の早期型銀河について、公開されている Sloan Digital Sky Survey の画像を用いて面輝度分布を測っている。そして、銀河の外側部分において、SR は FR よりも面輝度分布が広がっていることを見出し、この違いを、外側での面輝度分布の傾きの、Sersic 則を仮定して内側から外挿して得られる値からのずれ (Δslope) で定量化している。 Δslope が正の場合、外側での表面輝度の落ち方が Sersic 則よりも急、負の場合は緩いことを意味する。その結果、ほぼすべての SR は Δslope が負であるのに対し、FR は正または 0 に近い値を持つことを明らかにした。さらに、 Δslope と、回転パラメータ λ や回転速度と速度分散の比 V/σ の間に統計的に有意な相関があることを明らかにし、 Δslope からこれらのパラメータを推定する式を導出した。また、 Δslope は過去に提案されたどの指標よりも高い精度で λ や V/σ を推定できることを示した。

第 3 章では、早期型銀河の運動学的性質の進化を調べるために、光度進化を考慮した色-等級図と定量的な形態分類を用いて $z \sim 0$ と 1 の銀河団から 600 個の早期型銀河を選び出し、面輝度

分布から Δslope を測定している。 $z\sim 1$ の銀河の画像はハッブル宇宙望遠鏡で撮られたもので、高い解像度と深い限界等級を誇る。2つの赤方偏移のサンプルを比較した結果、 $z\sim 1$ の銀河のほうが Δslope が大きい（表面輝度の落ち方が急である）ことがわかった。この違いは観測の系統誤差では説明できないため、進化によるものと考えられる。

第4章は前章までの結果の考察である。まず第1節で、 $z\sim 0$ の銀河に見られる表面輝度分布と運動学的性質がどのような進化で説明できるかを考察している。FR は、円盤成分の特徴である $\Delta\text{slope}>0$ を持つものが多いことから、外側の円盤を破壊されずに穏やかに進化してきた可能性があること、一方で SR については、ほとんどが $\Delta\text{slope}<0$ であることから、回転を止める原因と外側の面輝度分布を緩くする原因が同じである可能性が高いことを指摘している。続く第2節では、 $z\sim 1$ から 0 までの早期型銀河の平均サイズの進化の原因を考察している。先行研究と同様、平均サイズが時間とともに大きくなっていることを述べ、その原因として、小規模な銀河合体を挙げている。最後に第3節では、 $z\sim 1$ の銀河について、 Δslope を用いて λ と V/σ を推定し、それに基づいて早期型銀河の運動学的進化を考察している（推定された V/σ の平均値 0.5 は、少数ながら分光観測から得られている $z\sim 1$ の早期型銀河の平均値と矛盾しない）。 $z\sim 1$ から $z\sim 0$ までに λ が 0.1 程度減少していることを見出し、この減少量は、銀河進化シミュレーションから得られた、ガスの少ない銀河の小規模な合体での減少量と同程度であることを指摘している。また、 $z\sim 1$ において、重い銀河は既に外側の表面輝度分布が緩くなっている（ $\Delta\text{slope}<0$ ）ことから、重い SR を作る機構は $z\sim 1$ 以前に働いたと推定している。

以上のように本研究は、早期型銀河について回転パラメータと表面輝度分布の傾きの間に相関関係があることを発見し、それを用いて $z\sim 1$ から $z\sim 0$ までの早期型銀河の運動学的進化に制限を与えたものである。運動学的性質を表面測光で調べる手法を確立した点や、 $z\sim 1$ から $z\sim 0$ にかけて早期型銀河の角運動量が低下したことを初めて示した点で、当該分野への貢献は大きい。本研究は、土居守、諸隈智貴との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行ったものであり、その寄与は十分高いと判断される。よって博士（理学）の学位を授与できるものと認める。