

論文審査の結果の要旨

氏名 但木 謙一

銀河の星形成活動は赤方偏移 $z \sim 2$ で最も盛んだったことが知られている。現在の銀河を構成する星の多くはこの頃に作られたものである。銀河形態のハッブル系列が生まれたのもこの頃だとされる。銀河の進化の過程を明らかにする上で、 $z \sim 2$ は一つの鍵となる時代なのである。本論文は、すばる望遠鏡を用いて $z \sim 2$ のある星形成率以上の銀河を全て含むサンプルを作り、ハッブル宇宙望遠鏡による高空間分解能の画像等を組み合わせて、それらの銀河の大局的性質と内部構造を調べたものである。

本論文は 8 章と付録からなる。第一章では研究の背景と目的が述べられている。まず、銀河の歴史の中での $z \sim 2$ の時代の位置づけが述べられ、続いて、これまでに判明している当時の銀河の性質がまとめられている。周囲からのガス降着の仕方によって銀河の性質が変わるとする理論的研究も紹介されている。最後に、偏りのないサンプルを用いて星形成銀河の大局的性質と内部構造を明らかにするという本研究の目的とその意義が述べられている。

第二章では本研究で用いる銀河サンプルが説明されている。本研究の特長は、強度が星形成率に比例する水素原子の $H\alpha$ 輝線に着目して、ある星形成率以上の銀河をすべて含むサンプルを作成したことである。過去の研究で用いられたサンプルの多くは、測光的赤方偏移という精度の低い赤方偏移に基づいているか、もしくは、選択の偏りの大きな分光観測に基づいている。本研究では、すばる望遠鏡の近赤外撮像分光装置 MOIRCS に $z=2.2$ と $z=2.5$ の $H\alpha$ 線の波長に合わせた狭帯域フィルターを取り付けて、Subaru/XMM-Newton Deep Survey 領域を撮像し、 $z=2.2$ で 67 個、 $z=2.5$ で 37 個の銀河を検出している。そのうち 13 個については MOIRCS で分光し、サンプルの信頼性の確認と AGN の除去を行い、9 個については重元素量を測定している。

第三章では銀河の大局的な性質が調べられている。まず、サンプルの中に赤い色をした天体が存在することを指摘し、それらが中間赤外で明るいことから、ダスト吸収を受けた星形成銀河であると結論づけている。ダスト吸収の大きさの指標として、 $H\alpha$ 線強度と遠紫外線強度の比（ダスティネス）を提案している。続いて、星形成率が質量の 0.7 乗に比

例すること、重い銀河ほどダスティネスが大きいこと、および、重い銀河ほど AGN を持つ傾向があることを見いだしている。最後に、重元素量について調べ、ダスト吸収の大きい銀河ほど重元素量が多い傾向があることなどを指摘している。

第四章では、ハッブル宇宙望遠鏡の可視と近赤外の画像を用いて銀河の内部構造が調べられている。まず、光度分布の指標であるセルシック指数、および、光度分布の偏りや不規則さを定量化した 2 つの指数を測定し、それらと他の物理量との相関を調べている。続いて、各銀河についてクランプ（塊状の構造）の有無を調べ、星質量が 10^{10} 太陽質量以上の銀河の約 4 割がクランプを持つこと、および、クランプの大きさと質量が銀河円盤の重力不安定の理論から予想される値と合っていることを示している。

第五章では $H\alpha$ 光度関数と星質量関数が求められている。 $z=2.2$ に比べて $z=2.5$ では暗い銀河が相対的に少ない可能性を指摘し、その原因として星形成活動の環境依存性を挙げている。星質量関数については、 $z=0$ から $z=2$ にさかのぼるにつれて軽い銀河が減少する傾向があることを指摘している。

第六章では、主に第四章の結果を考察している。前半では、銀河の中心に近いクランプほど色が赤いことを示し、銀河自身が中間赤外で明るいことから、赤いクランプではダスト吸収を受けた活発な星形成が起きていると推定している。その上で、この活発な星形成は、銀河円盤で作られたクランプが中心部に落ち込んで合体することによって誘発されたのではないかと推論している。後半では、本研究のサンプルに含まれるコンパクトな星形成銀河は、後の時代で見つかっている星形成を終えたコンパクトな銀河の祖先である可能性を指摘している。第七章では論文全体のまとめ、第八章では将来の展望が述べられている。

以上のように本研究は、星形成活動の最も盛んな $z\sim 2$ の時代において、独自の優れたサンプルに基づいて星形成銀河の大局的性質と内部構造を詳しく調べたものである。特に、クランプに着目した銀河の星形成活動の考察は注目に値する。本論文は兒玉忠恭、林将央との共同研究であるが、観測、データ解析、考察、論文執筆のすべてにおいて論文提出者が主体的に行っており、その寄与は十分高いと判断できる。よって博士（理学）の学位を授与できるものと認める。