

# 論文審査の結果の要旨

氏名 菊地原 正太郎

本論文は、紫外線から可視光、中間赤外線に至る大規模観測データに基づき、質量の小さい銀河（以降、低質量銀河）の統計的性質を調べたものである。

本論文は6章からなる。第1章は序論である。低質量銀河は、階層的に進む銀河形成での基本単位というべき位置付けにあり、また宇宙再電離にも大きく寄与すると考えられているため、その形成を理解することは重要である。理論的には、誕生する大質量星からのフィードバック等により星生成活動が抑圧され、銀河全体の星の質量（以降、星質量）の頻度分布を表す星質量関数の傾きが低質量側で平坦になり、さらに反転する（これをターンオーバーと呼ぶ）と予測されているが、観測的には、低質量銀河の十分な統計が得られていない。こうした現状を踏まえ、最新の大規模観測データを活用し、より低質量の銀河を統計的に調べるといふ本研究の動機が述べられている。

第2章は、赤方偏移が6から9に至る高赤方偏移銀河サンプル、および、赤方偏移が0.2より小さい低赤方偏移銀河サンプルに対し、星質量関数を求めた結果について詳述している。前者については、ハッブル宇宙望遠鏡で重点的な観測が行われ、近赤外線から中間赤外線に至る深い多波長データが取得されている6つの重力レンズ銀河団領域データを解析した。重力レンズで増光された453個もの銀河サンプルを構築し、星の種族合成モデル等を使って星質量を見積もり、その質量関数を得た。また、低赤方偏移銀河については、9400平方度に及ぶ範囲で分光観測データが得られたSDSSの最新カタログから65万個を超える銀河のサンプルを構築し、星質量関数を求めた。この結果、いずれの銀河サンプルにおいても、星質量が太陽質量の $10^6$ から $10^7$ 倍という低質量側まで、星質量関数を高い統計で制限することに成功した。この結果、星質量関数の低質量側での傾きが、赤方偏移の減少と共に平坦になることを確認した。さらに、低赤方偏移サンプルにおいては、星質量が $6.7 \times 10^6$ 太陽質量の付近を境として、星質量関数の傾きが反転する、すなわちターンオーバーが存在することを初めて明らかにした。

第3章では、静止系紫外線光度関数の解析結果を報告している。低赤方偏移銀河サンプルについては、紫外線天文衛星GALEXの最新カタログと上述の分光データを組み合わせ、 $10^4$ 平方度を超える非常に広い領域から67277個の銀河データを得て紫外線光度関数を求めた。この結果、先行研究より1等級以上暗い光度 ( $M_{UV} \sim -11$  mag) まで初めて制限をつけ、低光度側で不規則矮小銀河の寄与と考えられる光度関数の増大（ハンプ）、およびターンオーバーの存在の可能性を示した。

第4章では、ライマン $\alpha$ 輝線の空間的広がりについて解析した内容がまとめられている。すばる望遠鏡搭載超広視野主焦点カメラHSCを使った戦略的プログラムSSPおよび

CHORUS プロジェクトで取得された、深く広い狭帯域フィルター観測のデータから、赤方偏移が 2.2 から 6.6 に至る 4 つの赤方偏移区間において、合計 1791 個のライマン $\alpha$ 輝線銀河を抽出した。そして輝線強度マッピングの手法を適用して各赤方偏移区間での平均的なライマン $\alpha$ 輝線面輝度の動径分布を調べた。この結果、赤方偏移約 3.3 のライマン $\alpha$ 輝線銀河の周辺において、銀河のビリアル半径を超える外縁部（約 100 kpc から 1000 kpc に至る距離）まで、希薄なライマン $\alpha$ 輝線放射が空間的に広がっていることを、4 シグマを超える有意性で明らかにした。

第 5 章は、得られた結果を踏まえ、低質量銀河の形成過程についての議論を行っている。星質量関数や紫外線光度関数の傾きが高赤方偏移銀河から低赤方偏移銀河にかけて平坦になっていく傾向は、銀河どうしの衝突合体過程を示唆する。また、低質量銀河において星生成を抑圧する強いフィードバックの存在が、星質量関数や紫外線光度関数の最も小さい・暗い側におけるターンオーバーとして現れたと論じている。ビリアル半径の外側に広がる希薄なライマン $\alpha$ 輝線放射の起源は、銀河間物質における光子の共鳴散乱過程、またあるいは矮小銀河にあると考察している。

第 6 章は論文のまとめである。

以上のように、本論文は、現在の宇宙から、宇宙再電離期に至る時代における低質量銀河の性質を特徴づける重要な観測量、すなわち星質量関数・紫外線光度関数・ライマン $\alpha$ 輝線分布について新たな制限をつけることに成功している。特に本論文で得られた星質量関数における低質量側のターンオーバーは、一般的に採用される分布（シェヒター関数）から顕著に外れており、そのインパクトは大きい。低質量銀河の形成過程について、新たな理論研究を促すものであり、高く評価できる。

なお、本研究は大内正己・播金優一・小野宣昭・井上昭雄・柏川伸成・嶋作一大・馬渡健・大栗真宗・澁谷隆俊・百瀬 莉恵子・日下部 晴香・斎藤 俊・菅原悠馬・菊田智史・小島崇史・伊藤凌平・鹿熊亮太・Jacopo Chevallard・Gustavo Bruzual・Stéphane Charlot・Haibin Zhang・Chien-Hsin Lee 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、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。