

平成 27 年 4 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23244022

研究課題名(和文) 銀河の顕著な成長期における軽い銀河の性質と役割

研究課題名(英文) The properties and role of low-mass galaxies at the peak epoch of galaxy growth

研究代表者

嶋作 一大 (Shimasaku, Kazuhiro)

東京大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00251405

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、すばる望遠鏡の次世代大型広視野カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) に、本補助金で製作する狭帯域フィルター NB387 を取り付けて、赤方偏移 $z\sim 2$ の軽い銀河を 1 万個検出し、その諸性質を明らかにすることを目標としていた。NB387 は完成したが、HSC の稼働が遅れたため、NB387 の観測はできなかった。しかし、既存の軽い銀河のデータに基づいて、軽い銀河の星形成活動、ダスト吸収、ガスの流出、強いライマン輝線の原因などについて予備研究を行なって論文にまとめた。近く予定されている本観測では、軽い銀河の性質についてより詳細に研究を行ないたい。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to obtain a comprehensive picture of low-mass galaxies at redshift ~ 2 , the peak epoch of galaxy growth, based on a large sample of 10,000 galaxies detected by Subaru's next generation wide-field camera Hyper Suprime-Cam (HSC) through the new narrow-band filter NB387 which is manufactured by this fund. The filter has been delivered, but due to the delay of the installation of the camera, the observation has also been delayed. Instead, I used an existing smaller sample to study several properties of $z\sim 2$ low-mass galaxies including star formation activities, dust extinction, outflow, and the origin of strong Ly alpha emission. More detailed studies will be done using coming HSC data.

研究分野：銀河天文学

キーワード：galaxies optical observations

1. 研究開始当初の背景

銀河の進化の過程を解明することは天文学の主要な目標の一つである。銀河進化の最も有力な理論は、初めに軽い銀河が誕生し、それらが集合と合体を繰り返してより重い銀河に成長したと予想する。この理論を検証するには、過去の宇宙の軽い銀河を観測してその性質を明らかにすることが重要であるが、これまでの観測は技術的な困難から進化の早く進んだ重い銀河にほぼ限られていた。

2. 研究の目的

本研究は、すばる望遠鏡の特長を活かした独自の観測によって、銀河が最も顕著に成長した時代である 30 億歳の宇宙において、軽い銀河の全体像を初めて手にするものである。

3. 研究の方法

本研究は、すばる望遠鏡の次世代大型広視野カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) に、本補助金で製作する狭帯域フィルター NB387 を取り付けて、水素原子のライマン 輝線 (静止系 1216 オングストローム) を手がかりに、赤方偏移 $z=2.2$ の軽い銀河を 1 万個検出し、その諸性質を明らかにする。LAE は代表的な小質量銀河なので、LAE を調べることで小質量銀河の性質に迫ることができる。

狭帯域フィルターとは、ごく狭い特定の波長だけを透過する特殊なフィルターである。NB387 の透過波長は 3870 オングストロームであり、これは $z=2.2$ に赤方偏移した水素原子のライマン 線の波長に相当する。併せて撮る前後の波長のバンドに比べて NB387 で相対的に明るい銀河は、ライマン 輝線がちょうど NB387 に入った、 $z=2.2$ の LAE と見なすことができる。HSC は、どの大望遠鏡のカメラよりも視野が広いので、すばる望遠鏡の大集光力とあわせて、多数の LAE を効率的に探査できるのである。

4. 研究成果

NB387 は仕様通りのものが完成したが、HSC の稼働が当初の予定より遅れたため、NB387 の観測も予定より遅れてしまい、本補助金の交付期間にデータを取ることはできなかった。しかし、現行カメラ Suprime-Cam で集めた約 1000 個の LAE のサンプルを解析して、以下の結果を得た。いずれも本研究で初めて明らかになった性質であり、そのほとんどは査読論文として公開済みである。

(1) 静止系可視の波長帯にある酸素の輝線を

狭帯域撮像および分光観測した結果、LAE は、化学進化の進んでいない、重元素量の低い銀河であることが分かった。しかし低いとはいえある一定の重元素は含んでいるため、LAE が原始ガスから生まれた原始銀河であるという仮説は否定される。

- (2) 分光に基づいて酸素の輝線強度を調べた結果、LAE の星間物質は電離度が高いことが分かった。これは星形成活動が高いためかもしれない。ほかのどの銀河種族よりも、LAE は電離度が高い。
- (3) Spitzer や Herschel 赤外衛星望遠鏡のデータを解析した結果、LAE は赤外強度が非常に弱いことが分かった。これは、ダスト放射が非常に弱いことを意味する。化学進化が進んでいないためかもしれない。また、LAE のダスト吸収曲線は、重い銀河のものとは異なっていることが分かった。
- (4) 紫外と赤外光度を使って星形成率を正しく見積もった結果、LAE は星形成率がこれまでの予想より低いことが分かった。大部分の LAE は爆発的な星形成ではなく穏やかな星形成を行なっているのである。
- (5) ライマン 輝線のスペクトルプロファイルや金属吸収線スペクトルを詳細に調べた結果、重い銀河と同様、LAE も星形成活動によって銀河内のガスを周囲に流出させていることが分かった。ガスの運動がこれらの輝線や吸収線の波長や形状に反映されるのである。
- (6) LAE のライマン スペクトルプロファイルは、ガスがシェル状に流出するというモデルでよく説明できることが分かった。このシェルモデルは、より重い銀河でも成り立っていることが分かっている。
- (7) LAE でライマン 光子の脱出率が高いのは、中性水素ガス (共鳴散乱して脱出を妨げる性質を持つ) が少ないためと考えられる。少ない原因としては、そもそも銀河として軽いこと、電離度が高いため中性のガスの比率が低いことなどが考えられる。
- (8) LAE は一様な銀河種族ではなく、幅広い性質を持っていることが分かった。平均的には、小質量でダストも少なく、穏やかな星形成をしているが、中には、平均より一桁以上重いものや、大量にダストを含んでいるもの、爆発的な星形成をしているものもある。この多様性の原因は不明であるが、含有するダークマターの量で決まっている可能性もある。

このように LAE は、重元素量やダストの性質、ガスの量や物理状態などが、大質量銀河とは異なっていることが示された。こうした性質を再現できる銀河進化モデルの構築が期待される。また、LAE と現在の銀河の進化上の関連についても、ダークマター質量を手がかりに明らかにすることができるだろう。

これらの結果をもとに、近い将来行なわれる HSC での NB387 の本観測では、LAE の性質を、より詳細に、また、新しいパラメータスペース (周囲の環境と LAE の性質の関係など) で探っていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

Kusakabe, H., Shimasaku, K., Nakajima, K., Ouchi, M., First Infrared-Based Implications for the Dust Attenuation and Star Formation of Typical Ly Emitters, The Astrophysical Journal Letters, 査読有, 800 巻, 2015, L29 (5pp)

Momose, R., Shimasaku, K. et al. (全 9 名), Diffuse Ly haloes around galaxies at $z = 2.2-6.6$: implications for galaxy formation and cosmic reionization, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, 442 巻, 2014, 110-120

Shibuya, T., Shimasaku, K. et al. (全 11 名), What is the Physical Origin of Strong Ly Emission? II. Gas Kinematics and Distribution of Ly Emitters, The Astrophysical Journal, 査読有, 788 巻, 2014, id.74 (14pp)

Shibuya, T., Shimasaku, K. et al. (全 8 名), What is the Physical Origin of Strong Ly Emission? I. Demographics of Ly Emitter Structures, The Astrophysical Journal, 査読有, 785 巻, 2014, id.64 (12pp)

Nakajima, K., Shimasaku, K. et al. (全 6 名), First Spectroscopic Evidence for High Ionization State and Low Oxygen Abundance in Ly Emitters, The Astrophysical Journal, 査読有, 769 巻, 2013, id.3 (18pp)

Hashimoto, T., Shimasaku, K. et al. (全 8 名), Gas Motion Study of Ly Emitters at $z \sim 2$ Using FUV and Optical Spectral Lines, The Astrophysical Journal, 査読有, 765 巻,

id.70 (15pp)

Nakajima, K., Shimasaku, K. et al. (全 12 名), Average Metallicity and Star Formation Rate of Ly Emitters Probed by a Triple Narrowband Survey, The Astrophysical Journal, 査読有, 745 巻, id.12 (19pp)

[学会発表](計 8 件)

日下部晴香, 嶋作一大, 大内正己, 中島王彦, $z \sim 2$ の Lyman 輝線銀河 (LAEs) のダスト放射の性質とその応用, 日本天文学会 2014 年秋季年会, 山形大学, 2014/9/11-13

橋本拓也, 嶋作一大他 (全 9 名), Close Comparison between Observed and Modeled Ly Lines, 日本天文学会 2014 年秋季年会, 山形大学, 2014/9/11-13

渋谷隆俊, 嶋作一大他 (全 9 名), Ly 輝線銀河の速度構造研究で探る Ly の放射機構, 日本天文学会 2014 年春季年会, 国際基督教大学, 2014/3/19-22

中島王彦, 嶋作一大他 (全 6 名), 静止系可視スペクトルで明らかとなった LAEs の高電離・低重元素量, 日本天文学会 2012 年秋季年会, 大分大学, 2012/9/19-21

橋本拓也, 嶋作一大他 (全 6 名), Gas Motion Statistics of Ly Emitters at $z \sim 2$ Using UV and Optical Emission Lines, 日本天文学会 2012 年秋季年会, 大分大学, 2012/9/19-21

中島王彦, 嶋作一大他 (全 12 名), Average Metallicity and Star Formation Rate of Ly Emitters Probed by a Triple Narrow-Band Survey, 日本天文学会 2011 年秋季年会, 鹿児島大学, 2011/9/19-22

中島王彦, 嶋作一大他 (全 6 名), $z=2.2$ Ly Emitters の近赤外分光 1: 複数輝線に基づく星形成率と金属量の測定, 日本天文学会 2011 年秋季年会, 鹿児島大学, 2011/9/19-22

橋本拓也, 嶋作一大他 (全 7 名), $z=2.2$ Ly Emitters の近赤外分光 2: 輝線を用いたガス運動の考察, 日本天文学会 2011 年秋季年会, 鹿児島大学, 2011/9/19-22

[図書](計 件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況（計 件）
なし

取得状況（計 件）
なし

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

嶋作一大 (SHIMASAKU, Kazuhiro)
東京大学大学院理学系研究科・准教授
研究者番号：00251405

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし