

令和元年5月31日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05286

研究課題名（和文）形成期の銀河の包括的な研究

研究課題名（英文）A comprehensive study of forming galaxies

研究代表者

嶋作 一大 (Shimasaku, Kazuhiro)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授

研究者番号：00251405

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：すばる望遠鏡の2世代に渡る広視野可視カメラのデータを用いて、宇宙年齢8億歳から30億歳という若い宇宙の銀河を多数検出し、形成期の銀河の性質を研究した。この時代の銀河サンプルとしては過去最大である。最も重要な成果は、どの時代に、どんな光度、質量の銀河がどれだけ存在するかを高い精度で測定したことである。銀河の周囲を取り巻くライマンアルファ輝線のハロー構造の起源も明らかにすることができた。銀河進化における周辺物質の役割を明らかにする上で重要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

遠方（過去）の宇宙の多数の銀河のサンプルおよびそれに基づく銀河の光度や質量の統計は、銀河進化モデルへの制限につながるだけでなく、宇宙再電離という現象がいつどのように起きたかを明らかにする上でも役に立つ。今後のより遠方の銀河観測や、個々の銀河の詳細な観測のための基礎データともなる。

研究成果の概要（英文）：Using data taken with two wide-field optical cameras on the Subaru Telescope, I studied the properties of forming galaxies in ~ 800 - 3,000 million years-old universes. The galaxy samples used for this study are the largest ever obtained. The most important result is that the number density of galaxies was obtained as a function of luminosity and redshift. In addition, the origin of diffuse Lyman alpha halos around young galaxies was also identified; this is important to study the role of the matter around galaxies in galaxy evolution.

研究分野：銀河天文学

キーワード：光学赤外線天文学 銀河の形成と進化 測光観測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

宇宙を構成する基本的天体である銀河は、宇宙自身と同程度の古い歴史、すなわち 100 億歳以上の年齢を持つと考えられている。しかし、銀河がいつどのように生まれ、どう進化して現在のような立派な姿になったのかはまだよくわかっていない。特に、銀河進化の出発点である形成期の銀河は、遠方であって暗い上に数も少ないため、観測が難しい。形成期の銀河は、銀河がどのように形成されたのかを理解するためだけでなく、その後の進化を左右する（つまり進化の初期条件となる）という意味でも重要である。

2. 研究の目的

可視光による広視野観測が可能な時代である宇宙年齢 8 億歳から 30 億歳（赤方偏移 $z \sim 2-7$ ）に注目し、この時代の形成期の銀河を探索して、銀河を特徴づける基本物理量である光度、星形成率、質量などを高い精度で求めることを主要な目標とする。

3. 研究の方法

すばる望遠鏡の広視野可視カメラ（Suprime-Cam と、その後継機の Hyper Suprime-Cam）の大型銀河探索から得られる深い多色測光データを使うことで、若い宇宙の銀河を多数検出することができる。光度や星形成率は等級のデータから、質量は、等級のデータあるいは、銀河の空間分布の強度からクラスタリング解析という方法で推定する。これらの方法自体は既に広く用いられている。

4. 研究成果

上記の深い多色測光データから、宇宙年齢 8 億歳から 30 億歳という若い宇宙の銀河を多数検出することができ、形成期の銀河の統計を高い精度で明らかにすることができた。作成した銀河サンプルはこの時代の銀河サンプルとしては過去最大である。最も重要な成果は、各時代に、どんな光度、質量の銀河がどれだけ存在するかを測定したことである。これは、銀河進化モデルへの制限につながるだけでなく、宇宙再電離という現象がいつどのように起きたかを明らかにする上でも役に立つ。今後予定されているより遠方の銀河観測や、個々の銀河の詳細な観測のための基礎データともなる。Hyper Suprime-Cam による観測は現在も続けられている。近い将来、統計精度をさらに上げるとともに、より暗い銀河までカバーした研究が行えると期待している。

上記以外の研究としては、若い銀河の周囲を取り巻くライマンアルファ輝線のハロー構造の起源の研究が挙げられる。この構造の主たる起源は、銀河本体から抜け出してきたライマンアルファ光子が銀河を取り巻く中性水素ガスによって散乱されたものであることがわかった。銀河進化における周辺物質の役割を明らかにする上で重要な成果である。

さらに、若い宇宙の重要な天体であるクェーサーについても補助的な研究を行ない、クェーサーのエネルギー源である超大質量ブラックホールがダークマターハローよりも早く成長していることを明らかにした。形成期における銀河と超大質量ブラックホールの共進化を理解する上で重要な発見である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 18 件）

Kusakabe, H., Shimasaku, K. et al., “The dominant origin of diffuse Ly alpha halos around LAEs explored by SED fitting and clustering analysis”, Publications of the Astronomical Society of Japan, in press (2019)

Shimasaku, K., Izumi, T., “Black versus Dark: Rapid Growth of Supermassive Black Holes in Dark Matter Halos at $z \sim 6$ ”, *The Astrophysical Journal Letters*, 872, L29 (2019)

Itoh, R., Shimasaku, K. et al., “CHORUS. II. Subaru/HSC Determination of the Ly Luminosity Function at $z = 7.0$: Constraints on Cosmic Reionization Model Parameter”, *The Astrophysical Journal*, 867, 46 (2018)

Kawamata, R., Shimasaku, K. et al., “Size-Luminosity Relations and UV Luminosity Functions at $z = 6-9$ Simultaneously Derived from the Complete Hubble Frontier Fields Data”, *The Astrophysical Journal*, 855, id.4 (2018)

Okamura, T., Shimasaku, K., Kawamata, R., “Angular Momentum Evolution of Stellar Disks at High Redshifts”, *The Astrophysical Journal*, 854, id.22 (2018)

Inoue, A. K., Shimasaku, K. et al., “SILVERRUSH. VI. A simulation of Ly emitters in the reionization epoch and a comparison with Subaru Hyper Suprime-Cam survey early data”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, 55 (2018)

Konno, A., Shimasaku, K. et al., “SILVERRUSH. IV. Ly luminosity functions at $z = 5.7$ and 6.6 studied with ~ 1300 Ly emitters on the $14-21 \text{ deg}^2$ sky”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S16 (2018)

Shibuya, T., Shimasaku, K. et al., “SILVERRUSH. II. First catalogs and properties of ~ 2000 Ly emitters and blobs at $z \sim 6-7$ identified over the $14-21 \text{ deg}^2$ sky”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S14 (2018)

Ouchi, M., Shimasaku, K. et al., “Systematic Identification of LAEs for Visible Exploration and Reionization Research Using Subaru HSC (SILVERRUSH). I. Program strategy and clustering properties of ~ 2000 Ly emitters at $z = 6-7$ over the $0.3-0.5 \text{ Gpc}^2$ survey area”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S13 (2018)

Harikane, Y., Shimasaku, K. et al., “GOLDRUSH. II. Clustering of galaxies at $z \sim 4-6$ revealed with the half-million dropouts over the 100 deg^2 area corresponding to 1 Gpc^3 ”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S11 (2018)

11 Ono, Y., Shimasaku, K. et al., “Great Optically Luminous Dropout Research Using Subaru HSC (GOLDRUSH). I. UV luminosity functions at $z \sim 4-7$ derived with the half-million dropouts on the 100 deg^2 sky”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S10 (2018)

12 Aihara, H., Shimasaku, K. et al., “First data release of the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S8 (2018)

13 Aihara, H., Shimasaku, K. et al., “The Hyper Suprime-Cam SSP Survey: Overview and survey design”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, S4 (2018)

14 Kusakabe, H., Shimasaku, K. et al., “The stellar mass, star formation rate and dark matter halo properties of LAEs at $z \sim 2$ ”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70, 4 (2018)

15 Malkan, M. A., Shimasaku, K. et al., “Lyman-break Galaxies at $z \sim 3$ in the Subaru Deep Field: Luminosity Function, Clustering, and [O III] Emission”, *The Astrophysical Journal*, 850, id.5 (2017)

16 Kikuta, S., Shimasaku, K. et al., “Active Galactic Nucleus Environments and Feedback to Neighboring Galaxies at $z \sim 5$ Probed by Ly α Emitters”, The Astrophysical Journal, 841, id.128 (2017)

17 Hashimoto, T., Shimasaku, K. et al., “Ly α emitters with very large Ly α equivalent widths, $EW_0(\text{Ly}\alpha) \simeq 200\text{-}400 \text{ \AA}$, at $z \sim 2$ ”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 465, 1543 (2017)

18 Konno, A., Shimasaku, K. et al., “Bright and Faint Ends of Ly α Luminosity Functions at $z = 2$ Determined by the Subaru Survey: Implications for AGNs, Magnification Bias, and ISM H I Evolution”, The Astrophysical Journal, 823, 17 (2016)

〔学会発表〕（計 10 件）

安藤誠, 嶋作一大, “ $z=2$ における原始銀河団コアの探索とメンバー銀河の性質,” 日本天文学会 2019 年春季年会 (2019)

Ando, M., Shimasaku, K., “Exploring the galaxy proto-cluster core at $z=2$,” Panchromatic Panoramic Studies of Galaxy Clusters: from HSC to PFS and ULTIMATE, Taipei, Taiwan (2019)

Kusakabe, H, Shimasaku, K. et al., “The star formation activity of LAEs and the origin of their bright Ly α halos,” The 30th General Assembly of the International Astronomical Union, Vienna, Austria (2018)

川俣良太, 石垣真史, 嶋作一大, 大栗真宗, 大内正己, 谷川真悟,
“赤方偏移 $z=6\text{-}9$ における銀河紫外光度関数とサイズ--光度関係の同時決定,” 日本天文学会 2018 年春季年会 (2018)

日下部晴香, 嶋作一大 他, “The Physical Origin of Diffuse Ly α Halos and High Ly α Escape Fractions of LAEs,” 日本天文学会 2018 年春季年会 (2018)

日下部晴香, 嶋作一大 他, “Cosmic Variance in Angular Correlation Functions and Dark Matter Halo Masses,” 日本天文学会 2018 年春季年会 (2018)

Okamura, T., Shimasaku, K., Kawamata, R., “Angular momentum evolution of disk galaxies at high redshifts,” Galaxy Evolution Across Time, Paris, France (2017)

Kawamata, R, Shimasaku, K. et al., “Size-luminosity relations at $z=6\text{-}9$ from HFF data and their implications for the fraction of undetected galaxies,” The 6th Subaru International Conference, Hiroshima (2016)

Kusakabe, H., Shimasaku, K. et al., “Dark matter halo and stellar properties of extremely low-mass galaxies at $z=2$,” The 6th Subaru International Conference, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima (2016)

嶋作 一大, “HSC-SSP の概要と銀河サイエンス,” 第三回銀河進化研究会, 東北大学 (2016)

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕
出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：なし

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：なし

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。