

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 11 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21340045

研究課題名（和文） すばる望遠鏡が俯瞰する銀河団における星形成活動の空間分布と  
時間発展研究課題名（英文） Panoramic Views of Star Formation History in  
Clusters with Subaru Telescope

研究代表者

児玉 忠恭（KODAMA TADAYUKI）

国立天文台・ハワイ観測所・准教授

研究者番号：80343101

研究成果の概要（和文）：本提案で作成した狭帯域フィルターを用い、すばる望遠鏡の広視野カメラで遠方銀河団における星形成活動をマッピングする「MAHALO すばるプロジェクト」を実行した。その結果、銀河団中心部から周辺領域へと広がる、大規模構造の存在が明らかになった。また、星形成の活動性が、宇宙年齢とともに、銀河団の中心部から外側に向かって広がっていく様子が明らかになり、銀河団銀河の形成が中心から外側へと進行してきた実態が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：Using the narrow-band filters that are manufactured with this grant, we have conducted the Mahalo-Suabru project which has been tracing large scale structures in and around distant clusters as traced by star forming galaxies. Moreover, star forming activities across different environments have been investigated in detail and it is revealed that galaxy formation takes place and propagates from cluster centers to outer regions with cosmic time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	8,200,000	2,460,000	10,660,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：銀河団、銀河形成、銀河進化、大規模構造、星形成史

1. 研究開始当初の背景

|

銀河の性質は銀河を取り巻く環境に強く依存していることが判っているが、その原因は明らかでない。その理解のためには、銀河形成のピークを迎える時代(宇宙年齢で 20-40 億年)に遡って、銀河の形成過程が環境にどう依存していたかを直接調べる必要がある。狭帯域フィルターを用いて、選択効果にできるだけ依らずに宇宙の星形成史を探る研究は、宇宙の一般的な領域(フィールド)においては、キットピーク天文台や英国赤外線望遠鏡などでも近年行われてきているが、銀河団領域ではまだ系統的に行われていない。

## 2. 研究の目的

銀河形成のピーク期にその活動性が環境にどのように依存しているかを探り、現在の銀河の性質に見られる強い環境依存性の起源を直接探ることが目標である。高密度領域では銀河形成が加速的に起こる先天的効果と、銀河同士の相互作用や合体によって銀河の性質が変化する後天的効果があるが、後者がどのくらい寄与しているかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

銀河形成のピーク期を網羅した、時代の異なる既知の原始銀河団(高密度領域)をサンプルし、そこにある銀河から放射される星形成活動の優良な指標である H-alpha 輝線(銀河団の距離に応じて赤方偏移している)を捕らえられるように波長を微調整した狭帯域フィルターをそれぞれ作成する。そしてそのフィルターを使って、原始銀河団に付随する星形成銀河をすばる望遠鏡を用いて限なく探査する。そしてまず星形成銀河が形作る銀河団構造を同定する。次にその構造に沿って、銀河の密集度(環境)と銀河の星形成活動との関係を調べる。一方で銀河団とは違う一般フィールドにおいて、同じフィルターセットを用いて、同じ時代の星形成銀河の探

査を行い、銀河が疎な領域における星形成活動を調べる。これらを比較、総合して、形成途上期の銀河の活動性が、環境にどう依存しているかを突き止める。

## 4. 研究成果

まず、すべての原始銀河団サンプルについて、星形成銀河が織りなす銀河団の内部構造やそれを取り囲む大規模構造を発見した。非常に高密度の領域から疎な領域まで銀河の環境は多様であることが判った。その次に星形成活動の強さ(単位質量あたりの星形成率)を環境の関数として比べたところ、ある銀河団については、非常に密度の高い領域で星形成活動が一般フィールドに比べ強くなっている傾向をみつけた。しかし他の銀河団では環境による違いが見られなかったことから、銀河団にもその進化度合いに分散があることが明らかになった。一方で、赤い色をしたダストの吸収を強く受けた、特別な進化段階(モード)にあると考えられる星形成銀河は、高密度環境に選択的に見られることを明らかにした。従って、これらの銀河は何らかの外的要因によって形成活動に変化を来しつつある、環境効果解明の鍵を握る銀河種族であることが判明した。今後はこのサンプルに対して、分光追求観測や内部構造を探る面分光観測を行うことによって、これらの内部でどのような物理過程が作用しているかを突き止め、環境効果の起源を明らかにすることができる。

## 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)

- ① Tadaki, K., Kodama, T., Ota, K., Hayashi, M., Koyama, Y., Papovich, C., Brodwin, M., Tanaka, M., Iye, M., 2012, MNRAS, in press, "A large-scale structure traced by [OII] emitters

- hosting a distant cluster at  $z=1.62$ ”,  
 査読有  
 DOI:  
[10.1111/j.1365-2966.2012.21063.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.21063.x)
- ② Tanaka, I., 3 authors, [Kodama, T.](#), 10 authors, 2011, PASJ, 63, 415--435, “Discovery of an Excess of H $\alpha$  Emission around 4C 23.56 at  $z=2.48$ ”, 査読有  
<http://pasj.asj.or.jp/v63/sp2/63s204/63s204.pdf>
- ③ Tadaki, K., [Kodama, T.](#), Koyama, Y., Hayashi, M., Tanaka, I., Tokoku, C., 2011, PASJ, 63, 437--446, “Cosmic Star-Formation Activity at  $z=2.2$  Probed by H-alpha Emission-Line Galaxies”, 査読有  
<http://pasj.asj.or.jp/v63/sp2/63s205/63s205.pdf>
- ④ Koyama, Y., [Kodama, T.](#), Nakata, F., Shimasaku, K., Okamura, S., 2011, ApJ, 734, 66, “Red Star-forming Galaxies and Their Environment at  $z=0.4$  Revealed by Panoramic H-alpha Imaging”, 査読有  
 DOI: [10.1088/0004-637X/734/1/66](https://doi.org/10.1088/0004-637X/734/1/66)
- ⑤ Hayashi, M., [Kodama, T.](#), Koyama, Y., Tadaki, K., Tanaka, I., 2011, MNRAS, 415, 2670--2687, “Properties of star-forming galaxies in a cluster and its surrounding structure at  $z=1.46$ ”, 査読有  
 DOI:  
[10.1111/j.1365-2966.2011.18892.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2011.18892.x)
- ⑥ Hayashi, M., [Kodama, T.](#), Koyama, Y., Tanaka, I., Shimasaku, K., Okamura, S., 2010, MNRAS, 402, 1980--1990, “High star formation activity in the central region of a distant cluster at  $z=1.46$ ”, 査読有  
 DOI:  
[10.1111/j.1365-2966.2009.16026.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2009.16026.x)
- ⑦ Koyama, Y., [Kodama, T.](#), Shimasaku, K., Hayashi, M., Okamura, S., Tanaka, I., Tokoku, C., 2010, MNRAS, 403, 1611--1624, “Panoramic H $\alpha$  and mid-infrared mapping of star formation in a  $z=0.8$  cluster”, 査読有  
 DOI: [10.1111/j.1365-2966.2009.16226.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2009.16226.x)
- [学会発表] (計 7 件)
- ① [Kodama, T.](#), “Mahalo-Subaru: Mapping Star Formation at the Peak Epoch of Galaxy Formation”, International Conference on ‘Galaxy Formation’, Durham, UK, 2011年7月21日
- ② [Kodama, T.](#), “Sharp Views of Galaxy Formation and Evolution with TMT”, TMT science & instrument workshop, Victoria, Canada, 2011年3月28日
- ③ [Kodama, T.](#), “Panoramic Views of Cluster Formation and Evolution”, IPMU/DENET international conference on ‘CL J2010: from Massive Galaxy Formation to Dark Energy’, IPMU (千葉県)、Japan, 2010年7月2日
- ④ [Kodama, T.](#), “Panoramic Views of Cluster Formation and Evolution”, ‘Galaxy Formation Forum’, Yonsei Univ., Seoul, Korea, 2010年6月1-4日
- ⑤ [Kodama, T.](#), “Panoramic Views of Cluster Formation and Evolution”, JSPS Japan-Korea Seminar 2009 on ‘Galaxy Build-Up Across Cosmic Ages and Environment’, ホテル武蔵坊 (岩手県)、2009年11月26日
- ⑥ [Kodama, T.](#), “Panoramic Views of Cluster Evolution since  $z=3$  with Subaru”, ES0 international workshop on ‘Galaxy Clusters in the Early Universe’, Pucon, Chile, 2009年11月12日
- ⑦ [Kodama, T.](#), “Inside-out propagation of star forming activity in clusters”, International Conference on ‘Galaxies Evolution and Environment’, Kuala Lumpur, Malaysia, 2009年4月3日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

児玉 忠恭 (KODAMA TADAYUKI)

国立天文台・ハワイ観測所・准教授

研究者番号：80343101