

平成 21年 3月 31日現在

研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17253001  
 研究課題名（和文） ハッブル宇宙望遠鏡コスモスプロジェクトによる宇宙大規模構造の研究  
 研究課題名（英文） Investigation of Large-Scale Structures in the Universe  
 based on The Hubble Space Telescope Treasury Program, COSMOS Project  
 研究代表者  
 谷口 義明（TANIGUCHI YOSHIAKI）  
 愛媛大学・宇宙進化研究センター・教授  
 研究者番号：40192637

研究成果の概要：200字程度

ハッブル宇宙望遠鏡の基幹プログラムである「宇宙進化サーベイ（COSMOS プロジェクト）」を遂行した。国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡のデータとあわせて、宇宙の暗黒物質の空間分布を世界で初めて明らかにした。これにより、暗黒物質に導かれた銀河形成論のパラダイムが正しいことを立証した。また、COSMOS 天域で検出された約 100 万個の銀河の測光データに基づき、銀河、巨大ブラックホール、及び宇宙大規模構造の進化の研究に大きな貢献を果たした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	13,700,000	4,110,000	17,810,000
2006年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2007年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2008年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
年度			
総計	30,800,000	9,240,000	40,040,000

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：銀河進化・宇宙大規模構造・銀河形成・観測的宇宙論・活動銀河核形成  
 活動銀河核進化・ダークマター・暗黒物質

## 1. 研究開始当初の背景

宇宙における銀河の空間分布は一様ではなく、シャボンの泡の上に銀河が分布するかのような「宇宙の大規模構造」と呼ぶべき構造があることが 1980 年代から知られるようになった。このような大規模構造を宇宙年齢の間に成長させるためには、私たちの知っている原始物質（バリオン）だけでは無理で、よ

り質量密度の高い「暗黒物質（ダークマター）」の存在がなければ困難であることが示唆されてきた。このパラダイムを観測的に検証することが急務とされていたが、暗黒物質とバリオンの空間分布を大域的に観測することが非常に難しいため、明快な答えが出せない状況が続いていた。

一方、宇宙大規模構造の進化と同時に、銀河や活動銀河中心核（巨大ブラックホールを

エネルギー源とするもの)の進化も同時に理解する必要があり、広い意味での銀河形成論の検証も足踏み状態が続いていた。

## 2. 研究の目的

本計画の目的は以下の研究テーマを追求することである。(1) 赤方偏移の関数としての、銀河、銀河団、大規模構造、 $10^{14} M_{\text{sun}}$  (太陽質量)スケールに及ぶ CDM (Cold Dark Matter : 冷たい暗黒物質)の進化の解明、(2) 大規模構造中における環境、形態、そして赤方偏移の関数としての、銀河の形成、合体、そして進化の解明、及び (3) 重力レンズ現象を利用して赤方偏移  $z \sim 1$  までの暗黒物質の空間分布の解明である。

## 3. 研究の方法

前項の目的を達成するため、我々の推進する COSMOS プロジェクトでは、2 平方度の天域 (赤経=10 時、赤緯=-2 度) に対し、ハッブル宇宙望遠鏡などの各種人工衛星天文台とすばる望遠鏡などの地上望遠鏡によって得られる多波長に渡る大規模な撮像・分光観測を遂行した。これら、多波長に及ぶ、史上最高レベルの観測データを有機的に解析し、さらには理論モデルとの比較を行うことで、信頼度の高い研究成果を出す方法を採用した。

特にハッブル宇宙望遠鏡の高性能サーベイカメラ ACS による高解像度画像による銀河の重力レンズ効果の探求と、すばる望遠鏡の可視光帯の多色撮像による銀河の測光距離の評価をあわせることで、宇宙における暗黒物質の空間分布を導出する方法は卓越した研究手法である。

## 4. 研究成果

(1) COSMOS プロジェクトでは、2 平方度に及ぶ広さの天域を、ハッブル宇宙望遠鏡、すばる望遠鏡、カナダフランスハワイ望遠鏡、キットピーク天文台、セロトロロ天文台で取得した可視光から近赤外線画像データを用いて、約 100 万個の銀河のカタログを作ることになった。

このデータセットを解析することで、世界で初めて、宇宙における暗黒物質の空間分布を調べることに成功した。その結果を図 1 に示した。

この図は奥行き 80 億光年、また八十億光年先で、2.4 億光年 2.4 億光年の広がりを見出す空間における暗黒物質の分布をグレースケールで表わしたものである。

暗黒物質と銀河の空間分布を比較すると、非常に良い相関を示すことがわかった。

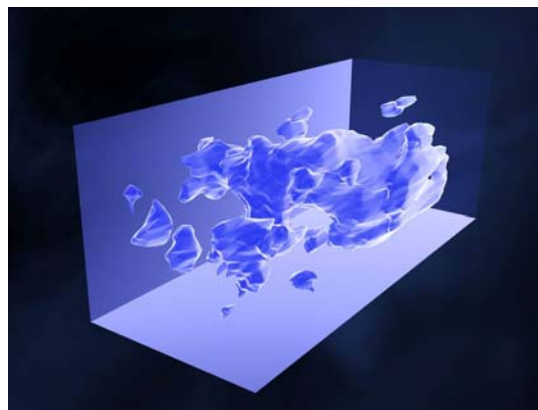


図 1 : COSMOS 天域で得られた世界初の暗黒物質の空間分布

すなわち、質量密度の高い暗黒物質が宇宙の大規模構造の骨格を作り、そこに引き寄せられたバリオンが銀河を形成するというシナリオが、観測的に立証されたことになる。

(2) COSMOS プロジェクトでは 125 億光年彼方の銀河の進化の様子を調べるために、すばる望遠鏡による探査を行い、120 個の生まれたての銀河を同定した。このうち、ハッブル宇宙望遠鏡の高性能サーベイカメラ ACS による画像を解析したところ、生まれたての銀河のサイズは、数千光年しかなく、現在の銀河の 10 分の 1 程度であることがわかった(図 2)。

銀河形成論では、まず小さな種銀河ができ、それらが随時合体していくことで、現在のよ様な銀河に成長してきたと考えられている。我々の観測は、そのシナリオの妥当性を立証したことになる。

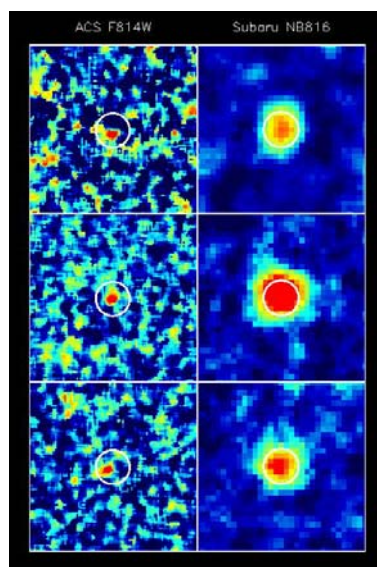


図 2 COSMOS 天域で発見された 125 億光年彼方の銀河の例 : (左)HST による画像、(右)すばる望遠鏡による画像。○は 1 秒角。

(3) COSMOS プロジェクトは 123 億光年彼方のモンスター銀河を発見した。ここで、モンスター銀河とは、普通の銀河の数倍以上の勢いで星を作っている巨大銀河である。遠方の宇宙にあるモンスター銀河は、近傍の宇宙で観測される巨大楕円銀河に進化すると考えられている。今回発見した銀河は(図 3)、私たちの住んでいる天の川銀河に比べて数百倍もの勢いで星を作っている。宇宙が誕生してまだ 14 億年しか経っていない頃に、このような銀河が発見されるのは稀である。これまで、最も遠いモンスター銀河のまでの距離は約 110 億光年だったので、今回発見されたものは最も遠いモンスター銀河と認定されたことになる。

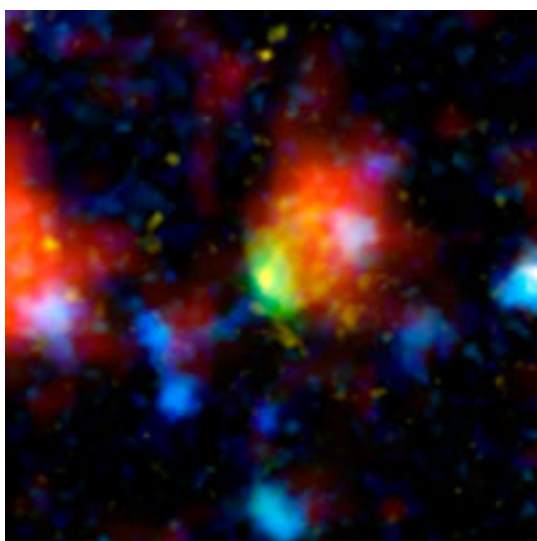


図 3 COSMOS 天域で発見された 123 億光年彼方のモンスター銀河。中央やや右よりの赤い色の天体。

(4) このほか、銀河と巨大ブラックホールの宇宙論的進化に関する研究を多数行っている。

#### 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 96 件)

(1) Shioya, Y., Taniguchi, Y., Sasaki, S. S., et al. The H $\alpha$  Luminosity Function and Star Formation Rate at  $z \sim 0.24$  in the COSMOS 2 Square Degree Field, ApJS, 175, 128 – 137, 2008, 査読あり

(2) Takahashi, M. I., Shioya, Y., Taniguchi, Y., et al. The [O II]  $\lambda 3727$

Luminosity Function and Star Formation Rate at  $z \sim 1.2$  in the COSMOS 2 Square Degree Field and the Subaru Deep Field, ApJS, 172, 456 – 467, 2007, 査読あり

(3) Murayama, T., Taniguchi, Y., Scoville, N. Z. Ly $\alpha$  Emitters at Redshift 5.7 in the COSMOS Field, ApJS, 172, 523 – 544, 2007, 査読あり

(4) Taniguchi, Y., Soville, N. Z., Murayama, T., et al. ApJS, 172, 9 – 28, 2007 査読あり

(5) Taniguchi, Y., Kashikawa, N., Kodaira, K., et al. The SUBARU Deep Field Project: Lyman $\alpha$  Emitters at a Redshift of 6.6, PASJ, 57, 165 – 182, 2005 査読あり

[学会発表] (計 20 件)

(1) 谷口義明、COSMOS プロジェクトチーム『125 億光年彼方の生まれたての小さな銀河 – すばるで見つけ、ハッブルで極める –』2008 年 3 月 24-27 日 日本天文学会 2008 年春季年会 国立オリンピック記念青少年総合センター 査読あり

(2) 谷口義明、COSMOS プロジェクトチーム『COSMOS プロジェクト』2007 年 3 月 28-30 日 日本天文学会 2007 年春季年会 東海大学 査読あり

[図書] (計 5 件)

(1) 谷口義明、NTT 出版、「モンスター銀河狩り」2009、213 ページ

(2) 谷口義明、ソフトバンク クリエイティブ、サイエンスアイ新書「暗黒宇宙で銀河が生まれる」2007、208 ページ

(3) 谷口義明、岡村定矩、祖父江義明(共編)、日本評論社、シリーズ現代の天文学 第 4 巻「銀河 I」2007、331 ページ

(4) 谷口義明、中央公論新社、中公新書「宇宙を読む」2006、179 ページ

(5) 谷口義明、講談社、ブルーバックス「暗黒宇宙の謎」2005、268 ページ

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

(1) 記者会見

(i) 『125億光年彼方の生まれたての小さな銀河 –すばるで見つけ、ハッブルで極める–』2008年3月 日本天文学会2008年春季年会

(ii) 「宇宙の暗黒物質の空間分布を初めて測定 “ダークマターの中で銀河が育つ” 銀河形成論を観測的に検証」2007年1月 Natureのプレスリリース

(2) 公開講演会 (5件)

(i) 愛媛県生涯学習センター「暗黒宇宙の謎に挑む」2008年9月

(ii) 工学院大学朝日カレッジ「暗黒宇宙の謎に挑む」2008年9月

(iii) 愛媛県済美高校「暗黒宇宙の謎に挑む」2008年2月

(iv) 駿台学園高校「クェーサーの謎」2007年3月

(v) 焼津ディスカバリーパーク「銀河の育ち方」2006年10月

(3) TV出演 (3件)

(i) 放送大学 「進化する宇宙」2005年から2008年(さらに4年間延長)

(ii) BS朝日放送 「わくわく科学な時間 I. フロンティア」2006年12月9日

(iii) TBS NEWS23 Monday プラス 2005年10月3日

(4) ラジオ出演 (1件)

(i) 南海放送 「研究室からこんにちは！」2006年11月25日、2006年12月2日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷口義明 (TANIGUCHI YOSHIAKI)  
愛媛大学・宇宙進化研究センター・教授  
研究者番号：40192637

(2) 研究分担者

該当無し

(3) 連携研究者

唐牛 宏 (KAROJI HIROSHI)  
国立天文台・教授  
研究者番号：30221196

有本 信雄 (ARIMOTO NOBUO)  
国立天文台・教授  
研究者番号：60242096

岡村 定矩 (OKAMURA SADANORI)  
東京大学大学院・理学系研究科・教授  
研究者番号：20114423

太田 耕司 (OHTA KOJI)  
京都大学大学院・理学研究科・教授  
研究者番号：50221825

土居 守 (DOI MAMORU)  
東京大学大学院・理学系研究科・教授  
研究者番号：00242090

宮崎 聡 (MIYAZAKI SATOSHI)  
国立天文台・准教授  
研究者番号：20290885

小宮山 裕 (KOMIYAMA YUTAKA)  
国立天文台・助教  
研究者番号：20370108

村山 卓 (MURAYAMA TAKASHI)  
東北大学大学院・理学研究科・助教  
研究者番号：30322994