

自己評価報告書

平成23年 4月18日現在

機関番号：12601

研究種目：特別推進研究

研究期間：2008年度～2012年度

課題番号：20001003

研究課題名(和文) 超広帯域ミリ波サブミリ波観測による大規模構造の進化の研究

研究課題名(英文) A Study of the Evolution of Large Scale Structures Based on the Ultra Wide Band Millimeter and Submillimeter Observations

研究代表者 河野 孝太郎

(東京大学・大学院理学系研究科・教授)

研究者番号：80321587

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：ミリ波サブミリ波、超伝導、銀河形成、ダスト放射、分子輝線

1. 研究計画の概要

本課題では、(1) 統計的に有意な個数(～1000個に迫る数)の、初期宇宙に存在し多量のダストに隠された爆発的星形成銀河(サブミリ波銀河)を新たに発見し、従来知られていたサブミリ波銀河の個数を一挙に数倍に拡大すると共に、(2) ミリ波サブミリ波帯の、多色連続波カメラや超広帯域分光システムなどを開発し、これらを用いた複数の手法により、サブミリ波銀河の赤方偏移すなわち距離を、多くの銀河で、直接的に推定・測定する。この結果により、(3) サブミリ波銀河を“プローブ”として、従来の可視光や赤外線での観測では見逃されてきた、「ダストに隠された大質量星形成銀河の大規模構造」の存在を初めて明らかにする。こうして、構造/銀河形成理論を検証すると共に、ダスト減光の不定性のない、真の宇宙星形成史を描き出す。

2. 研究の進捗状況

主な進捗は、以下の3つの項目に分けられる。

(1) 初期宇宙におけるダストに隠された爆発的星形成銀河(サブミリ波銀河)の発見と追及観測。波長1.1mm帯のカメラAzTECをサブミリ波望遠鏡ASTEに搭載して行った観測により、合計1400個以上ものサブミリ波銀河を検出することに成功した。この膨大なデータをもとに、すばる望遠鏡やあかり衛星等のデータと比較しつつ、以下のような成果を得ている。①明るいサブミリ波銀河、約20個が、赤方偏移3.1の初期宇宙の狭い領域に密集している現場を初めて発見[5]。すばる望遠鏡による輝線銀河との相互相関解析に

より、これらの爆発的星形成銀河が、暗黒物質による大規模構造に付随していることを初めて示した。②サブミリ波銀河の、かつてない精密な銀河計数の測定と、宇宙星形成史への制限[2]。波長1.1mmでの深い撮像観測により、極めて高い「打率」で初期宇宙の爆発的星形成銀河が検出できることを実証。③SMAなど既存のミリ波サブミリ波干渉計を使った個別サブミリ波銀河の詳細研究。基本的物理量の測定[4]、大規模構造に付随する、ダストに深く隠された原始クエーサーの発見[3]、重力レンズにより強く増光された、初期宇宙(赤方偏移約3.4)にあるサブミリ波銀河の発見[1]、等の成果が、国内外の学会等で報告された[6, 7, 8]。

(2) サブミリ波銀河の明るさを複数の波長で測定し、その距離を推定するための、多色連続波カメラの開発。光学系や超伝導遷移端センサー(TES)ボロメーターの開発が進み[9, 10]、現在、第一フェイズとして、2波長(1.1mm帯・0.87mm帯)同時観測を実現するシステムの組み上げが進んでいる。また、解析ソフトウェアや、新しい観測アルゴリズムの手法開発も進展した。

(3) 超広帯域ヘテロダイン分光受信機システムの開発・野辺山45m鏡への搭載と科学観測の開始。現在までに、100GHz帯において、周波数帯域16GHzという非常に広い帯域での高分散分光が可能になった。また、超広帯域グレーティング分光システムZ-Specをサブミリ波望遠鏡CSOに搭載し、これまでに発見した天体の中から、特に明るくて興味深いサブミリ波銀河の分光観測を行った[1]。

3. 現在までの達成度

②概ね順調に進展している。

初期宇宙における、ダストに隠された爆発的星形成銀河の観測は、目標天体数を大きく上回る検出に成功しており、その追求観測に関する論文も順調に出版されている。連続波カメラの開発は、当初予定より遅れているものの、高い性能が実現される目途がついており、今後の観測が大いに期待される。超広帯域分光システムによる観測も、安定性向上などに改善の余地はあるが、ほぼ予定通りに装置の開発・搭載を進め、観測開始に漕ぎつけた。

4. 今後の研究の推進方策

開発を進めてきた多色連続波カメラをいよいよ ASTE 望遠鏡に搭載し、総合試験を経て、科学運用を開始する。これにより、既に我々が検出した膨大な数のサブミリ波銀河について、そのおおまかな赤方偏移分布を明らかにすることができる他、更に新たな銀河の検出も見込まれる。その上で、野辺山 45m 鏡に搭載した超広帯域分光システムの性能向上と科学観測をさらに進める。

また、いよいよアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計(アルマ)が稼働を開始する。我々が検出してきた膨大な数のサブミリ波銀河は、アルマの初期科学運用期における絶好かつ我々独自の貴重なサンプルである。アルマの高い解像度を活かして、本研究と相補的かつ高い相乗効果をもった観測研究を推進できると期待している。

5. 代表的な研究成果

(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 5 件、全て査読あり)

[1] Ikarashi, S., Kohno, K., and 31 coauthors, "Detection of an ultra-bright submillimeter galaxy in the Subaru/XMM-Newton Deep Field using AzTEC/ASTE", MNRAS, in press (2011)

[2] Hatsukade, B., Kohno, K., and 21 coauthors, "AzTEC/ASTE 1.1-mm Survey of the AKARI Deep Field Southsource catalogue and number counts", MNRAS, 411, 102-116 (2011)

[3] Tamura, Y., Iono, D., Wilner, D. J., Kajisawa, M., Uchimoto, Y. K., Alexander, D. M., Chung, A., Ezawa, H., Hatsukade, B., Hayashino, T., Hughes, D. H., Ichikawa, T., Ikarashi, S., Kawabe, R., Kohno, K., and 7 coauthors, "Submillimeter Array Identification of the Millimeter-selected Galaxy SSA22-AzTEC1: A Protoquasar in a Protocluster?", ApJ, 724, 1270-1282 (2010)

[4] Hatsukade, B., Iono, D., Akiyama, T., Yoshikawa, M., Dunlop, J. S., Ivison, R. J., Peck,

A. B., Ikarashi, S., Biggs, A., Ezawa, H., Hanami, H., Ho, P., Hughes, D. H., Kawabe, R., Kohno, K., and 10 coauthors, "Unveiling the Nature of Submillimeter Galaxy SXDF 850.6", ApJ, 711, 974-979 (2010)

[5] Tamura, Y., Kohno, K., and 19 coauthors, "Spatial correlation between submillimetre and Lyman- α galaxies in the SSA22 protocluster", Nature, 459, 61-63 (2009)

[学会発表] (計 5 件)

[6] Kohno, K., "Dusty extreme starburst in the early universe", The 5th Zermatt ISM Symposium, Conditions and impact of star formation: New results with Herschel and beyond, Zermatt, Switzerland, 2010, Sep. 19-24 (Review)

[7] Kohno, K., "Millimeter/Submillimeter Studies of High-redshift Galaxies", Deciphering the Ancient Universe with Gamma-ray Bursts, Kyoto, Japan, 2010, April 19-23 (Invited)

[8] 河野孝太郎、酒井剛、塚越崇、廿日出文洋、井上裕文、川村雅之、五十嵐創、川良公明、半田利弘(東京大)、大島泰、江澤元、伊玉野大介、田村陽一、中島拓、岩下浩幸、久野成夫、川辺良平、児玉忠恭(国立天文台)、松原英雄(JAXA)、南谷哲宏、竹腰達哉(北海道大)他 「超広帯域ミリ波サブミリ波観測に基づく大規模構造の進化の研究：進捗状況」、日本天文学会(2010/3/24-3/27、広島大)

[9] 川村雅之、河野孝太郎(東京大)、大島泰、田村陽一、江澤元、川辺良平(国立天文台野辺山)、竹腰達哉、南谷哲宏(北海道大)、Aritoki Suzuki、Adrian Lee(University of California, Berkeley) 「ASTE 搭載多色連続波カメラの開発(3)：ポロメータアレイの開発」、日本天文学会(2010/3/24-3/27、広島大)

[10] 竹腰達哉、南谷哲宏、徂徠和夫(北海道大)、川村雅之、河野孝太郎(東京大)、大島泰、田村陽一、江澤元、川辺良平(国立天文台) 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの光学系開発」、日本天文学会(2009/9/14-9/16、山口大)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

Nature 誌掲載の論文[5]の成果は2009年5月7日に国立天文台・東京大合同で記者発表を行った。論文[2]の成果は2010年9月29日に東京大・国立天文台および宇宙科学研究所が合同し記者発表を行った。前者は地方紙含め合計48件の、後者は合計32件の掲載があった。論文[3]の成果は2010年11月25日に国立天文台がウェブ・リリースにて発表した。