

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 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：特別推進研究

研究期間：2008～2012

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 Mm/Submm Observations

研究代表者

河野 孝太郎 (KOHNO KOTARO)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：80321587

研究成果の概要（和文）：サブミリ波望遠鏡 ASTE に連続波カメラを搭載し、ダストに隠された大質量の爆発的星形成銀河（サブミリ波銀河）を 1400 個以上新たに発見した。これらの距離や性質を調べるため、多色超伝導カメラ、および超広帯域分光観測システムを開発した。赤方偏移 3.1 という初期宇宙の大規模構造に付随したサブミリ波銀河の集団の発見、重力レンズによる増光を受けた極めて明るいサブミリ波銀河の発見、非常に赤方偏移の高いサブミリ波銀河候補の発見、など、大質量銀河の形成・進化について重要な知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：We uncovered more than 1400 dust-obscured massive starburst galaxies (submm-galaxies) using a continuum camera mounted on the submm-wave telescope ASTE. In order to study their redshifts and properties, we developed a multi-band super-conducting camera and an ultra wide-band spectroscopy system. We discovered a cluster of submm-galaxies associated with the large-scale structure in the early universe (at a redshift of 3.1). We also found ultra-bright submm-galaxies amplified by a gravitational lens and very high-z sub-mm galaxy candidates. Including these, we obtained important clues on the formation and evolution of massive galaxies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	129,700,000	38,910,000	168,610,000
2009 年度	172,000,000	51,600,000	223,600,000
2010 年度	93,500,000	28,050,000	121,550,000
2011 年度	62,200,000	18,660,000	80,860,000
2012 年度	53,100,000	15,930,000	69,030,000
総計	510,500,000	153,150,000	663,650,000

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：ミリ波サブミリ波、超伝導、銀河形成、ダスト、分子輝線、重力レンズ

1. 研究開始当初の背景

(1) 初期宇宙での星形成活動の歴史は、可視光や赤外線での観測研究が進んでいるが、星間物質、特にダストによる減光の影響が大きく、その真の描像は未だ得られていない。

(2) 初期宇宙において、ダストに隠された爆発的星形成活動を探る決定打となるのがミ

リ波サブミリ波帯の観測であるが、技術的な困難から、統計的に十分な数の銀河を検出できるような広さ・深さの掃天観測は、この波長帯では、未だ実現していない。

2. 研究の目的

(1) 統計的に有意な、約 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。

(2) ミリ波サブミリ波帯の超広帯域観測に基づく複数の手法により、検出したサブミリ波銀河の距離（赤方偏移）を推定・測定する。

(3) これらの観測結果から、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」を初めて明らかにする。冷たい暗黒物質理論に基づく構造/銀河形成シナリオを検証すると共に、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。

3. 研究の方法

(1) 南米アタカマ高地に設置したサブミリ波望遠鏡 ASTE (図 1 左下) に連続波カメラを搭載し、波長 1mm 帯での広域掃天観測を行う。

(2) 複数の波長での測光を行う多色超伝導カメラを開発、ASTE 望遠鏡に搭載し、スペクトル分布から、大まかな赤方偏移を推定する。また、ミリ波サブミリ波帯の超広帯域分光装置を開発、野辺山 45m 電波望遠鏡等に搭載し、分子・原子スペクトル線の分光観測により、高い精度で赤方偏移の決定を行う。

(3) これらの結果に基づき、宇宙の各年代に存在するサブミリ波銀河の個数密度を測定し、宇宙の星形成率密度とその変化を求める。また、2 点相関関数の解析により、ダークハローの質量とその変遷を調べる。

4. 研究成果

(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）の膨大な発見と、その性質の探求：波長 1mm 帯で実施した重点的な掃天観測により、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、新規開発した装置や既存の装置・望遠鏡による追求観測（下記項目(2)および(3)参照）、また、すばる望遠鏡や「あかり」衛星、Herschel 衛星等のデータと比較した解析を行うことにより、大質量星形成銀河の形成進化に関する、以下のような重要な成果を得た。① 赤方偏移 3.1 という初期宇宙の大規模構造に付随した、明るいサブミリ波銀河の集団の発見 [1][27]。また、この中に、ダストに深く隠された、クエーサーの前駆体と呼ぶべきサブミリ波銀河を発見し [26]、大規模構造とクエーサー形成とがリンクするという初めての観測的証拠を得た。近年発見が続く、非常に赤方偏移の高いクエーサーが、いつどのように形成されたかを調べて行く上でも重要な成果と位置づけられる。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 [14][16][18][20][23]。波長

1mm での深い撮像観測により、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。③重力レンズにより強く増光された、極めて明るいサブミリ波銀河の発見 [3][4][21][22][24][28]。初期宇宙におけるダストに隠された大質量銀河の形成現場を詳しく調べる新しい手法を確立すると共に、将来のミリ波サブミリ波帯広域サーベイにより、こうした銀河種族を大量に発見し、より高赤方偏移の宇宙における銀河形成・構造形成を調べるという研究の新たな方向性をも示した。④ 2 体相関関数解析による、ダークハロー質量の推定。サブミリ波銀河が、約 10^{13} – 10^{14} 太陽質量という極めて質量の大きいダークハローに付随していることが分かった [17]。⑤ 赤方偏移の高いサブミリ波銀河候補の発見：1mm で発見され、Herschel や VLA では検出されなかった、高赤方偏移 ($z > 5$) 候補天体のサンプルを ALMA により観測した結果、ハッブル宇宙望遠鏡の近赤外線バンドで検出されず、中間赤外線でも極めて「赤い」天体が複数検出された。従来の理論予想を越えて、ダストに隠された爆発的星形成銀河が初期宇宙に多数存在している可能性が示唆された。検証が進めば、現在の銀河形成理論に大きなインパクトを与える可能性がある。

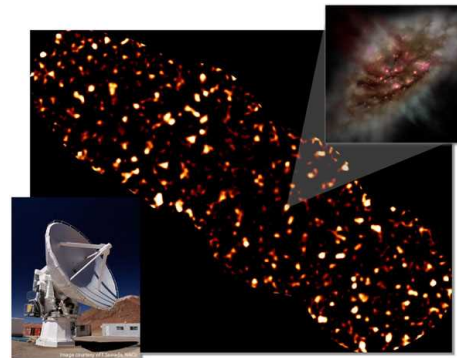


図 1 : ASTE 望遠鏡(左下)により得た、ADF-S 領域の、波長 1.1mm 画像 [20]。白い点の一つ一つが新たに検出された爆発的星形成銀河(右上の想像図)である。この画像では 198 個の銀河が検出されているが、「あかり」衛星データとの比較解析により、検出天体のほとんど(196 個)が、初期宇宙(80 億光年以上)の爆発的星形成銀河であると判明した。

(2) 超伝導遷移端センサー(TES)ボロメーターを用いた多色カメラの開発・ASTE 望遠鏡への搭載と試験観測の開始：2 波長(1.1mm 帯・0.87mm 帯)同時観測を実現する、合計 400 画素のカメラ・システムが完成し、ASTE 望遠鏡へ搭載・試験観測が実施された [6][7][12][15]。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。この 2 つの波長を組み合わせたカメラは世界的に見てもユニークであり、今後、取

得されたデータの解析が進められ、解析手法が洗練されていけば、初期宇宙におけるダストに隠された銀河種族の探索が更に進展すると期待される。

(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: ALMA の開発で培われた技術を活用し、100GHz 帯において、周波数帯域 16GHz というヘテロダイン分光システムとしては非常に広い帯域での観測が可能になった[11]。これまでに合計 18 個の高赤方偏移銀河の観測を実施し、8 天体からの CO 輝線の検出にも成功した(さらに 4 天体については今後解析を進める)[13]。共同利用装置としても公開され、高赤方偏移銀河ばかりでなく、近傍銀河や星形成領域でのスペクトル線サーベイ観測でも多くの科学的成果が得られている。また、ミリ波サブミリ波帯超広帯域分光装置 Z-Spec を CS010m 鏡 に搭載し、特に明るいサブミリ波銀河についての分光観測を進めた。この結果、赤方偏移した分子・原子輝線の検出が進み、重力レンズによる増光を受けたサブミリ波銀河種族の同定・確立に大きく貢献した[3][21][22]。

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 28 件) ※査読有

- [1] Umehata, H., Tamura, Y., Kohno, K., Hatsukade, B., Scott, K. S., Kubo, M., Yamada, T., Ivison, R. J., Cybulski, R., Aretxaga, I., et al., "AzTEC/ASTE 1.1-mm survey of SSA22: Counterpart identification and photometric redshift survey of submillimetre galaxies", Month. Notices of the Royal Astron. Society (以下 MNRAS), in press (2014)
<http://arxiv.org/abs/1403.2725>
- [2] Viero, M. P., 14 coauthors, Ikarashi, S., Ivison, R. J., Kohno, K., et al., "HerMES: The Contribution to the Cosmic Infrared Background from Galaxies Selected by Mass and Redshift", *Astrophys. J.*, 779, id.32 (2013)
DOI: 10.1088/0004-637X/779/1/32
- [3] Riechers, D., 43 coauthors, Matsuhara, H., and 19 coauthors, "A dust-obscured massive maximum-starburst galaxy at a redshift of 6.34", *Nature*, 496, pp. 329-333 (2013)
DOI: 10.1038/nature12050
- [4] Takekoshi, T., Tamura, Y., Minamidani, T., Kohno, K., 20 coauthors, "Detection of an Ultra-bright Submillimeter Galaxy behind the Small Magellanic Cloud", *Astrophys. J.*, 774, L30 (6 pages) (2013)
DOI: 10.1088/2041-8205/774/2/L30
- [5] Ibar, E., 15 coauthors, Ikarashi, S., Kohno, K., et al., "Herschel reveals the obscured star formation in HiZELS Ha emitters at $z=1.47$ ", *MNRAS*, 434, 3218-3235 (2013)
DOI: 10.1093/mnras/stt1258
- [6] Oshima, T., Kawamura, M., Westbrook, B., Sato, T., Suzuki, A., Takekoshi, T., Suzuki, K., Minamidani, T., Hirota, A., Izumi, T., Lee, A. T., Holzappel, W. L., Kohno, K., and Kawabe, R., "Development of TES bolometer camera for ASTE telescope: I. bolometer design", *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 23, 2101004(4pages) (2013)
DOI: 10.1109/TASC.2013.2240751
- [7] Hirota, A., Westbrook, B., Suzuki, K., Izumi, T., Takekoshi, T., Sato, T., Oshima, T., Minamidani, T., Kawamura, M., Suzuki, A., Lee, A. T., Holzappel, W. L., Kohno, K., Kawabe, R., "Development of TES bolometer camera for ASTE telescope: II. Performance of detector arrays", *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 23, 2101305 (2013)
DOI: 10.1109/TASC.2013.2247791
- [8] Johnson, S. P., 11 coauthors, Tamura, Y., Kohno, K., Ezawa, H., Kawabe, R., Oshima, T., "X-ray detections of submillimetre galaxies: active galactic nuclei versus starburst contribution", *MNRAS*, 431, 662-682 (2013)
DOI: 10.1093/mnras/stt197
- [9] Alberts, S., 7 coauthors, Ezawa, H., Hughes, D. H., Kawabe, R., Kim, S., Kohno, K., and Oshima, T., "Submm/mm Galaxy Counterpart Identification Using a Characteristic Density Distribution", *MNRAS*, 431, 194-209 (2013)
DOI: 10.1093/mnras/stt155
- [10] Tamura, Y., Matsuda, Y., Ikarashi, S., Scott, K. S., Hatsukade, B., Umehata, H., Saito, Nakanishi, K., Yun, M. S., Ezawa, H., Hughes, D. H., Iono, D., Kawabe, R., Kohno, K., and Wilson, G. W., "Obscured star formation in Ly-alpha blobs at $z = 3.1$ ", *MNRAS*, 430, 2768-2773 (2013)
DOI: 10.1093/mnras/stt077
- [11] Nakajima, T., Kimura, K., Nishimura, A., Iwashita, H., Miyazawa, C., Sakai, T., Iono, D., Kohno, K., Kawabe, R., Kuno, N., Ogawa, H., Asayama, S., Tamura, T., and

Noguchi, T., "A New 100-GHz Band Two-Beam Sideband-Separating SIS Receiver for Z-Machine on the NRO 45-m Radio Telescope", Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 125, 252-262 (2012)

DOI: 10.1086/670124

[12] Takekoshi, T., Minamidani, T., Nakatsubo, S., Oshima, T., Kawamura, M., Matsuo, H., Sato, T., Halverson, N. W., Lee, A. T., Holzapfel, W. L., Tamura, Y., Hirota, A., Suzuki, K., Izumi, T., Sorai, K., Kohno, K., Kawabe, R., "Optics Design and Optimizations of the Multi-color TES Bolometer Camera for the ASTE Telescope", IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, 2, 584-592 (2012)

DOI: 10.1109/TTHZ.2012.2218102

[13] Iono, D., Hatsukade, B., Kohno, K., Kawabe, R., Ikarashi, S., Ichikawa, K., Kodama, T., Motohara, K., Nakajima, T., Nakanishi, K., Ohta, K., Ota, K., Saito, T., Suzuki, K., Tadaki, K.-i., Tamura, Y., et al., "Initial Results from Nobeyama Molecular Gas Observations of Distant Bright Galaxies", Publications of the Astronomical Society of Japan, 64, L2 (2012)

DOI: 10.1093/pasj/64.4.L2

[14] Scott, K. S., Wilson, G. W., Aretxaga, I., Austermann, J. E., Chapin, E. L., Dunlop, J. S., Ezawa, H., Halpern, M., Hatsukade, B., Hughes, D. H., Kawabe, R., Kim, S., Kohno, K., et al., "The source counts of submillimetre galaxies detected at $\lambda = 1.1$ mm", MNRAS, 423, 575-589 (2012)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2012.20905.x

[15] Westbrook, B., 14 coauthors, Oshima, T., Kawamura, M., and Kohno, K., "Design Evolution of the Spiderweb TES Bolometer for Cosmology Applications", J. of Low Temperature Phys., 167, 885-891 (2012)

DOI: 10.1007/s10909-012-0528-4

[16] Yun, M. S., 7 coauthors, Ezawa, H., Hatsukade, B., Hughes, D. H., Iono, D., Johnson, S., Kawabe, R., Kohno, K., 3 coauthors, Oshima, T., 3 coauthors, Tamura, Y., 2 coauthors, "Deep 1.1 mm-wavelength imaging of the GOODS-S field by AzTEC/ASTE - II. Redshift distribution and nature of the submillimetre galaxy population", MNRAS, 420, 957-985 (2012)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2011.19898.x

[17] Williams, C. C., 12 coauthors, Kawabe, R., Kohno, K., 2 coauthors, "On the Clustering of Submillimeter Galaxies", Astrophys. J., 733, id.92 (2011)

DOI: 10.1088/0004-637X/733/2/92

[18] Aretxaga, I., 8 coauthors, Ezawa, H., Hatsukade, B., Hughes, D. H., Kawabe, R., Kohno, K., Oshima, T., Perera, T. A., Tamura, Y., Zeballos, M., "AzTEC millimetre survey of the COSMOS field - III. Source catalogue over 0.72 deg² and plausible boosting by large-scale structure", MNRAS, 415, 3831-3850 (2011)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2011.18989.x

[19] Humphrey, A., 7 coauthors, Ezawa, H., Kawabe, R., Kohno, K., 4 coauthors, "AzTEC 1.1-mm images of 16 radio galaxies at $0.5 < z < 5.2$ and a quasar at $z = 6.3$ ", MNRAS, 418, 74-89 (2011)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2011.19437.x

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

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17658.x

[21] Ikarashi, S., Kohno, K., and 31 coauthors, "Detection of an ultra-bright submillimetre galaxy in the Subaru/XMM-Newton Deep Field using AzTEC/ASTE", MNRAS, 415, 3081-3096 (2011)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2011.18918.x

[22] Negrello, M., 72 coauthors, Matsuhara, H., 15 coauthors, "The Detection of a Population of Submillimetre-Bright, Strongly Lensed Galaxies", Science, 330, 800-804 (2010)

DOI: 10.1126/science.1193420

[23] Scott, K. S., 5 coauthors, Ezawa, H., Ferrusca, D., Hatsukade, B., Hughes, D. H., Iono, D., Giavalisco, M., Kawabe, R., Kohno, K., Mauskopf, P. D., Oshima, T., Perera, T. A., Rand, J., Tamura, Y., 4 coauthors, "Deep 1.1mm-wavelength imaging of the GOODS-S field by AzTEC/ASTE - I. Source catalogue and number counts", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 405, 2260-2278 (2010)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.16644.x

[24] Rex, M., Rawle, T. D., Egami, E., 37 coauthors, Austermann, J. E., Ezawa, H., Kawabe, R., Kohno, K., 4 coauthors, "The far-infrared/ sub-millimeter properties of galaxies located behind the Bullet

cluster", *Astronomy and Astrophysics*, 518, id.L13 (2010)

DOI: 10.1051/0004-6361/201014693

- [25] Hatsukade, B., 8 coauthors, 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", *Astrophys. J.*, 711, 974-979 (2010)

DOI: 10.1088/0004-637X/711/2/974

- [26] Tamura, Y., 12 coauthors, Kawabe, R., Kohno, K., and 7 coauthors, "Submillimeter Array Identification of the Millimeter-selected Galaxy SSA22-AzTEC1: A Proto-quasar in a Proto-cluster?", *Astrophys. J.*, 724, 1270-1282 (2010)

DOI: 10.1088/0004-637X/724/2/1270

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

DOI: 10.1038/nature07947

- [28] Wilson, G. W., 2 coauthors, Ezawa, H., 4 coauthors, Kawabe, R., Kitayama, T., Kohno, K., 16 coauthors, "A bright, dust-obscured, millimetre-selected galaxy beyond the Bullet Cluster (1E0657-56)", *MNRAS*, 390, 3, 1061-1070 (2008)

DOI: 10.1111/j.1365-2966.2008.13774.x

[学会発表] (計 20 件)

- [1] Kohno, K., "Extreme starburst galaxies in the early universe", *Transformational Science with the SKA* (招待講演), 2014 年 02 月 17 日~2014 年 02 月 21 日, Stellenbosch, South Africa
- [2] Kohno, K., "ALMA study of dense molecular medium in the central regions of active galaxies", *East-Asian ALMA Science Workshop 2013* (招待講演), 2013 年 09 月 02 日~2013 年 09 月 04 日, Taipei, Taiwan
- [3] Oshima, T., "Transition-edge sensor bolometer arrays", *International Workshop on Superconducting Sensors and Detectors* (招待講演), 2012 年 12 月 12 日~2012 年 12 月 15 日, Daejeon, Korea
- [4] Kohno, K., "Observations of high redshift galaxies: from Nobeyama to ALMA", *New Trends in Radio Astronomy in the ALMA Era* (招待講演), 2012 年 12 月 03 日~2012 年 12 月 08 日, Hakone, Kanagawa, Japan
- [5] Kohno, K., "Exploring the formation and evolution of galaxies through

Terahertz windows", *International Symposium on Frontiers in THz Technology* (招待講演), 2012 年 11 月 26 日~2012 年 11 月 30 日, Nara, Japan

- [6] Kohno, K., "ALMA observations of Dense Molecular Gas in active galaxies", *SOCHIAS 2012: Submm astronomy in Chile* (招待講演), ALMA observations of Dense Molecular Gas in active galaxies, 2012 年 10 月 10 日~2012 年 10 月 12 日, Vina del Mar, Chile
- [7] Ikarashi, S., Kohno, K., Tamura, Y., et al., "AzTEC/ASTE confusion-limited 1100um SMG survey in SXDF: VLA, Spitzer and Herschel counterparts for AzTEC sources and their nature", *CCAT high-redshift galaxies workshop*, 2012 年 09 月 20 日~2012 年 09 月 22 日, Colorado, USA
- [8] Kohno, K., "ALMA study of the activities in galaxies", *ALMA-EA Science Workshop* (招待講演), 2012 年 09 月 12 日~2012 年 09 月 13 日, Daejeon, Korea
- [9] Umehata, H., Tamura, Y., Kohno, K., "Submillimeter Galaxies in the SSA22 Protocluster at $z=3.1$ ", *Growing-up at high redshift: from proto-clusters to galaxy clusters*, 2012 年 09 月 10 日~2012 年 09 月 13 日, Madrid, Spain
- [10] Suzuki, K., Kohno, K., "Dust and CO in H α emitting galaxies associated with the proto-cluster around 4C 23.56 at $z=2.48$ ", *Growing-up at high redshift: from proto-clusters to galaxy clusters*, 2012 年 09 月 10 日~2012 年 09 月 13 日, Madrid, Spain
- [11] Umehata, H., Tamura, Y., Kohno, K., "The Picture of Submillimeter Galaxies in the SSA22 Proto-Cluster Region", *The 39th COSPAR Scientific Assembly*, 2012 年 07 月 14 日~2012 年 07 月 22 日, Mysore, India
- [12] Takekoshi, T., Minamidani, T., Nakatsubo, S., Oshima, T., Kawamura, M., Matsuo, H., Sato, T., Halverson, N. W., Lee, A. T., Holzappel, W. L., Tamura, Y., Hirota, A., Suzuki, K., Izumi, T., Sorai, K., Kohno, K., Kawabe, R., "Optics Design and Optimizations of the Multi-color TES Bolometer Camera for the ASTE Telescope", *23rd International Symposium on Space Terahertz Technology*, 2012 年 4 月 2 日~2012 年 4 月 4 日, Tokyo, Japan
- [13] Tamura, Y., "Cosmology Tomography with Extragalactic CO Emitting Galaxies", *Large Aperture Millimeter/*

submillimeter Telescopes in the ALMA Era (招待講演), 2011年09月11日~2011年09月13日, Osaka Pref. University, Osaka, Japan

- [14] Oshima, T., "Multi-color TES imaging array or ASTE", Large Aperture Millimeter/submillimeter Telescopes in the ALMA Era (招待講演), 2011年09月11日~2011年09月13日, Osaka Pref. University, Osaka, Japan
- [15] Ikarashi, S., Kohno, K., "AzTEC/ASTE 1100 μ m deep survey of the Subaru/XMM-Newton Deep Field: survey and counterpart identifications", Unveiling the Far-IR and Sub-mm Extragalactic Universe, 2011年05月12日~2011年05月14日, California, USA
- [16] Kohno, K., "Dusty extreme starburst galaxies explored by SPICA and ground-based mm/submm telescopes", Unveiling the Far-IR and Sub-mm Extragalactic Universe, 2011年05月12日~2011年05月14日, California, USA
- [17] Hatsukade, B., "AzTEC/ASTE 1.1 mm Deep Surveys: Number Counts and Clustering of Millimeter-bright Galaxies", The 5th Zermatt ISM Symposium, Conditions and impact of star formation: New results with Herschel and beyond, Zermatt, Switzerland, 2010, September 19-24
- [18] 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)
- [19] Kohno, K., "Millimeter/Submillimeter Studies of High-redshift Galaxies", Deciphering the Ancient Universe with Gamma-ray Bursts, Kyoto, Japan, 2010, April 19-23 (Invited)
- [20] Kohno, K., "Dense interstellar medium and activities in nearby galaxies", Millimeter and Submillimeter Astronomy at High Angular Resolution, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, 2009, June 8-12 (Invited)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/~kkohno/wiki/index.php?H20tokusui>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野 孝太郎 (KOHNO, KOTARO)

東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号: 80321587

(2) 研究分担者

川邊 良平 (KAWABE, RYOHEI)

国立天文台・電波研究部・教授

研究者番号: 10195141

(H20-H24)

松原 英雄 (MATSUHARA, HIDEO)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・

宇宙科学研究本部・教授

研究者番号: 30219464

(H20-H24)

南谷 哲宏 (MINAMIDANI, TETSUHIRO)

国立天文台・野辺山宇宙電波観測所・

特任研究員

研究者番号: 20451437

(H21-H22) (H25 は連携研究者)

羽部 朝男 (HABE, ASAO)

北海道大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号: 90180926

(H23-H24)

半田 利弘 (HANDA, TOSHIHIRO)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号: 40202270

(H23-H24) (H20-H22 は連携研究者)

(3) 連携研究者

川良 公明 (KAWARA, KIMIYAKI)

東京大学・大学院理学系研究科・准教授

研究者番号: 50292834

(H20-H23)

田村 陽一 (TAMURA, YOICHI)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号: 10608764

(H22-H24)

江澤 元 (EZAWA, HAJIME)

国立天文台・電波研究部・助教

研究者番号: 60321585

(H20-H24)

大島 泰 (OSHIMA, TAI)

国立天文台・野辺山宇宙電波観測所・助教

研究者番号: 40450184

(H20-H24)

児玉 忠恭 (KODAMA, TADAYUKI)

国立天文台・光赤外研究部・准教授

研究者番号: 80343101

(H20-H24)

伊王野 大介 (IONO, DAISUKE)

国立天文台・チリ観測所 (三鷹)

研究者番号: 60425402

(H20-H24)