

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25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22740134

研究課題名（和文）

赤外線天文衛星「あかり」中間赤外線サーベイによる隠された活動銀河核探査

研究課題名（英文）

Search for hidden Active Galactic Nuclei using Infrared satellite "AKARI" mid-infrared survey

研究代表者

大藪 進喜 (Shinki Oyabu)

名古屋大学・理学研究科・助教

研究者番号：10396806

研究成果の概要（和文）：

赤外線天文衛星「あかり」による中間赤外線全天サーベイのカタログから活動銀河核の探査を行った。特に中間赤外線を用いて遂行する本探査は、その天体が塵に覆われていても検出できる探査であり、そのために従来の探査では見落とされている活動銀河核を発見できるものである。この探査と地上望遠鏡による追観測、日本の X 線赤外線天文衛星「すざく」による追観測から、非常に深く塵に覆われた活動銀河核を 3 天体見つけることに成功した。これらの天体は従来の探査では見落とされていた天体である。またこのような活動銀河核が存在する銀河が、従来の活動銀河核が存在する銀河の中でも非常に軽い母銀河であることがわかった。これらの結果は、まだ統計的に不十分であるが、今後の塵に覆われた活動銀河核サーベイにおいて重要な指針を与える可能性のあるものと考えている。

研究成果の概要（英文）：

We performed the search for active galactic nuclei (AGNs) using AKARI mid-infrared (MIR) all-sky survey. "AKARI" is the first Japanese infrared satellite dedicated for infrared astronomy. Especially, our MIR search can find not only normal AGNs but also dusty AGNs which are elusive in other wavelengths. Combining AKARI data with optical spectra taken with ground-based telescopes and X-ray data of the Japanese X-ray satellite "Suzaku", we found three dusty AGNs which do not show any AGN features in other wavelength but infrared band. We also found that the host galaxies of these dusty AGNs are less massive than AGNs that are found with optical spectroscopic surveys. While this result comes from small statistics, our survey will provide the expectation of future search for dusty AGNs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

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：光学赤外線天文学

1. 研究開始当初の背景

活動銀河核において塵に覆われた天体の存在は硬X線の観測や過去の赤外線天文衛星の結果から示唆されていた。しかしながらそのような天体を系統的に探査することは、そのサーベイエリアの関係でなかなか実行できていない状況であった。一方、日本で初めて赤外線天文衛星「あかり」が打ち上げられ、それを用いて全天サーベイを行い、全天における赤外線源、特に活動銀河核で非常に強い放射が期待できる中間赤外線の天体カタログが公開されようとしていた状況であった。

2. 研究の目的

上記で述べた、「あかり」中間赤外線全天サーベイのカタログを用いて、塵に覆われた今まで見つかっていなかった活動銀河核を探査することが本研究の目的であった。この探査からこのような天体がどれぐらい存在するのか、またこのような天体が活動銀河核の種族の中で実際どのような天体であるかを明らかにすること、活動銀河核、その形成・進化の理解を進めることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

「あかり」中間赤外線全天サーベイの天体カタログデータとすでにパブリックに公開されている2MASS近赤外線全天サーベイのデータを合わせることで、通常より赤い天体を活動銀河核の候補として抽出した。我々の限られた情報を用いての候補選択では、赤い星や星形成活動が活発な銀河が、混ざっていることが予想される。そのために「あかり」近赤外線分光観測による活動銀河核の存在の確認を行うプロジェクトを遂行した。

また米国・アリゾナのキットピーク天文台と南アフリカ天文台の望遠鏡等を用いてこのような天体の可視光分光観測を進めた。この可視光分光観測では、天体までの距離とその活動銀河核の活動性を明らかにすることが目的であった。これらの観測から、可視光では活動銀河核の活動性を示していないが、赤外線では非常に小さな領域から高エネルギーを解放している天体、すなわち塵に完全に覆われた活動銀河核の存在を示唆する天体を少なくとも3天体発見した。

これらの天体の正体を明らかにするために、X線天文衛星「すざく」に観測申し込みを行い採択されたため、X線による観測も行った。また我々の探査から、興味深い天体があ

か見つかった。これらの天体の中に特に塵に奥深く隠された活動銀河核と強いアウトフローの兆候を示す活動銀河核については、米国・ハワイにあるすばる望遠鏡を用いて詳細な追加観測を行った。

一方我々の探査同様に塵に覆われた活動銀河核の探査に適した硬X線を用いた活動銀河核の観測と「あかり」の結果を比較も行った。硬X線データは天文衛星Swiftのカタログに載っているものを用いている。

さらに当初予定していなかった内容の研究であるが、研究遂行当時は、「あかり」衛星の温度上昇に伴い、近赤外線分光データの悪化が始まっていた。この悪化したデータを解析するために、高温時(本来40K以下のところが47Kになっていた。)での検出器の挙動を調べる実験室実験を「あかり」のバックアップ検出器を用いて行い、そのデータ解析方法の改善を行った。

さらに暗い天体の検出を目指して、「あかり」から公開された中間赤外線全天サーベイデータの再解析とそのカタログ作りを遂行した。方法としては、現在のカタログは、その検出の信用度を上げるために、検出の確度が高い天体に絞って公開するために、明るい天体しかカタログ化されていなかった。しかしながら観測データを重ね合わせることでその検出感度の向上を試みた。現在重ね合わせるは、うまくいきより暗い天体の検出に成功している。これらをカタログ化して公開する準備をしている。

4. 研究成果

この我々の探査から、可視光ではその活動銀河核の兆候が見えず、「あかり」の近中間赤外線においてだけその活動銀河核の存在を示唆する天体を3天体発見し、論文で公表している(図1)。今回の結果は、我々の探査で見つかった活動銀河核の10パーセントがこのような天体であることを示唆している。さらにこれらの天体は、塵に覆われた活動銀河核というその中心核が興味深い天体であるだけでなく、その母銀河は、可視光で知られている活動銀河核に比べ比較的軽い母銀河に存在することが明らかになってきた。このことは、活動銀河核の進化・成長において重要な示唆を与える可能性がある。我々の探査ではわずか3天体でのレポートであるために、まだ統計的に優位なことがいえる状況ではないが、今後のサーベイの重要な指標を示したと考えている。

またこれらの天体のうち2天体は、X線天文衛星「すざく」による追観測も行い、その結果十分の観測時間をかけたにもかかわらず検出をすることができなかった。これはひとえに我々の見つけた天体が、非常に深く塵に隠されたことを確認した。

これらのサーベイから、さらにいくつものおもしろい天体の検出に成功している。たとえば、「あかり」で絞った天体の中から可視分光を行って見つけた活動銀河核であるが、非常に強いアウトフロー、すなわち中心からの強い質量放出の兆候を持つ天体を検出した。このような天体は、これまで2天体すでに知られていたが、我々が検出した天体は見かけの明るさが10倍明るいという非常に希少な天体であることがわかった。このような天体は非常に希少であるが、「あかり」が全天サーベイを行ったことで、検出に成功したと考えている。我々はこの天体を使ってすばる望遠鏡による高分散分光の追観測を行い初めて詳細に活動銀河核アウトフローのデータを得ることに成功した。この成果はすでに査読論文として発表済みである。

また塵に包まれた天体のひとつに強い一酸化炭素ガスの吸収を受けた天体を発見した。この天体もすばる望遠鏡を用いて近赤外線高分散分光観測を行った。その結果は、詳細な一酸化炭素吸収線の観測からそのガスの温度分布を明らかにするとともに、炭素の同位体¹³Cの検出、そして通常考えられている宇宙空間より量が多いことを示唆する結果を得ることに成功した。この解釈については、現在も検討中である。

さらに、Swiftカタログと「あかり」カタログの比較においては、両方のカタログから検出された塵に覆われた天体は、活動銀河核の活動だけでなく活発な星形成活動も同時に検出することができた。また、「あかり」で検出された非常に深く塵に覆われた活動銀河核は、Swiftにおいては検出されず、一方Swiftで検出されている遠方の天体は、「あかり」で検出できないという、両方のカタログにおいて相補的な面があることも明らかにした。これらの結果においても、査読論文として公表済みである。

検出器実験においても、その温度と検出器の振る舞いを実験的に明らかにし、高温時の検出器運用とデータ解析への新たな手法を提案することができた。これらの結果もすでに査読論文に報告している。

「あかり」の中間赤外線全天サーベイのカタログの改善においては、その新しい解析デー

タの作成は終わっており、その改善の確認は行った。このデータからの自動天体検出が次のステップであり、この作業を終えたらカタログとしてパブリックに公開したいと考えている。

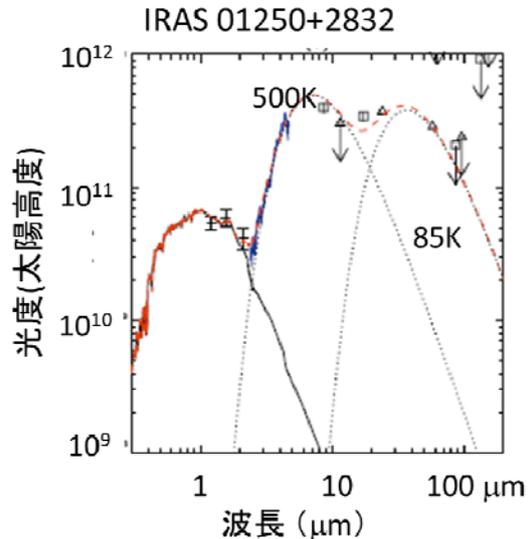


図1. 我々の探査で見つかった塵に覆われた活動銀河核の一例。近中間赤外線を説明するために500Kの塵からの放射が必要で、その熱源として活動銀河核の存在が強く示唆される。

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11件)

1. Toba, Yoshiki, Oyabu, Shinki, Matsuhara, Hideo, Ishihara, Daisuke, Malkan, Matt, Wada, Takehiko, Ohyama, Youichi, Kataza, Hirokazu, and Takita, Satoshi, "The 18 μ m Luminosity Function of Galaxies with Akari", 2012, Publication of Korean Astronomical Society, 査読有, 27, 335
2. Yamada, R., Oyabu, S., Kaneda, H., Yamagishi, M., Ishihara, D., Kim, J.~H., Im, M., Toba, Y., and Matsuhara, H., "The 3.3 Micron PAH Emission of the Mid-Infrared Excess Galaxies Discovered by the Akari Mid-Infrared All-Sky Survey", 2012, Publication of Korean Astronomical Society, 査読有, 27, 299
3. Shirahata, M., Usuda, T., Oyabu, S., Nakagawa, T., and Yamamura, I.,

- "Near-Infrared High-Resolution Spectroscopy of the Obscured AGN IRAS 01250+2832", 2012, Publication of Korean Astronomical Society, 査読有, 27, 295
4. Matsuta, K., Gandhi, P., Dotani, T., Nakagawa, T., Isobe, N., Ueda, Y., Ichikawa, K., Terashima, Y., Oyabu, S., Yamamura, I., and Stawarz, L., "Infrared and Hard X-Ray Diagnostics of AGN Identification from the Akari and Swift/bat All-Sky Surveys", 2012, Publication of Korean Astronomical Society, 査読有, 27, 285
 5. Ichikawa, Kohei, Ueda, Yoshihiro, Terashima, Yuichi, Oyabu, Shinki, Gandhi, Poshak, Matsuta, Keiko, and Nakagawa, Takao, "Mid- and Far-Infrared Properties of Local Active Galactic Nuclei", 2012, Publication of Korean Astronomical Society, 査読有, 27, 275
 6. Oyabu, S., Ishihara, D., Yamada, R., Kaneda, H., Yamagishi, M., Toba, Y., Matsuhara, H., Nakagawa, T., Malkan, M., and Shirahata, M., "Survey of Dusty Active Galactic Nuclei Based on the Mid-Infrared All-Sky Survey Catalog", 2012, Publication of Korean Astronomical Society, 査読有, 27, 265
 7. Ichikawa, Kohei, Ueda, Yoshihiro, Terashima, Yuichi, Oyabu, Shinki, Gandhi, Poshak, Matsuta, Keiko, and Nakagawa, Takao, "Mid- and Far-infrared Properties of a Complete Sample of Local Active Galactic Nuclei", 2012, The Astrophysical Journal, 査読有, 754, 45
 8. Matsuta, K., Gandhi, P., Dotani, T., Nakagawa, T., Isobe, N., Ueda, Y., Ichikawa, K., Terashima, Y., Oyabu, S., Yamamura, I., and Stawarz, L., "Infrared and Hard X-Ray Diagnostics of Active Galactic Nucleus Identification from the Swift/BAT and AKARI All-sky Surveys", 2012, The Astrophysical Journal, 査読有, 753, 104
 9. Oyabu, S., Ishihara, D., Malkan, M., Matsuhara, H., Wada, T., Nakagawa, T., Ohyama, Y., Toba, Y., Onaka, T., Takita, S., Kataza, H., Yamamura, I., and Shirahata, M., "AKARI detections of hot dust in luminous infrared galaxies. Search for dusty active galactic nuclei", 2011, Astronomy and Astrophysics, 査読有, 529, A122
 10. Aoki, Kentaro, Oyabu, Shinki, Dunn, Jay P., Arav, Nahum, Edmonds, Doug, Korista, Kirk T., Matsuhara, Hideo, Toba, Yoshiki, "Outflow in Overlooked Luminous Quasar: Subaru Observations of AKARI J1757+5907", 2011, Publication of Astronomical Society of Japan, 査読有, 63, 457
 11. Mori, Tatsuya, Kaneda, Hidehiro, Ishihara, Daisuke, Oyabu, Shinki, Wada, Takehiko, "Laboratory and In-Flight Measurements at 10-55 K of InSb Near-Infrared Detector Performance for the Warm Mission of the AKARI Satellite", 2011, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 査読有, 123, 942
- [学会発表] (計 11 件)
1. 大藪進喜 「「あかり」活動銀河核のダストトーラスの Spectral Energy Distributionの構築とダストトーラスのモデル化」日本天文学会 2012 年秋季年会, 2012 年 9 月、大分、日本
 2. Oyabu, S. et al., "Survey of dusty AGNs based on the mid-infrared all-sky survey catalog", 国際会議 "The Second AKARI Conference: Legacy of AKARI: A Panoramic View of the Dusty Universe", 2012 年 2 月, 招待講演, Jeju, Korea
 3. Oyabu, S. et al. "Search for AGN using AKARI Mid-infrared All-Sky Survey", 国際会議 "The first year of MAXI: Monitoring variable X-ray sources 4th International MAXI Workshop, 2010 年 11 月, Tokyo, Japan
6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 大藪進喜 (Shinki Oyabu)
 名古屋大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：10396806

(2)研究分担者
研究分担者なし

(3)連携研究者
連携研究者なし