

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15日現在

機関番号：82645

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21740152

研究課題名（和文） ブラックホールの中間赤外線観測：降着物理の正確な解明

研究課題名（英文） Mid-infrared observations of black holes - a precise probe of accretion physics

研究代表者

ガンディ ポシャック (GANDHI POSHAK)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・研究員

研究者番号：30525407

研究成果の概要（和文）：本研究課題でブラックホール、銀河、星などの重要かつ新たな研究を行ないました。私の研究成果により、赤外線の詳しい観測で埋もれているブラックホールの特性は簡単に解明することができます。また、近傍の爆発的星生成銀河の最も詳細な分布が描き出されました。日本のすばる望遠鏡、あかりとすざく衛星などを利用し、様々な新しい研究を行いました。これらの研究成果は、様々なプレスリリースで発表されました。

研究成果の概要（英文）：The award of the kakenhi has helped me to make important new research on black holes, galaxies and stars. Based upon my work, accurate measurements of the infrared light can now be used to study the intrinsic black hole properties easily. I have also obtained the most accurate images of dust from dying stars in the nearest galaxy where active star-formation is occurring. I have been able to carry out several new studies using Japan's Subaru, Akari and Suzaku telescopes, in combination with other new telescopes around the world. My work has also been publicized in press releases.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

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：宇宙空間・X線天文学・光学赤外線天文学・ブラックホール

1. 研究開始当初の背景

これまで研究の対象はブラックホールだけでした。科研費を応募する際、日本の最高の観測技術を使って、自分の研究の分野を広げることがを目的としました。

2. 研究の目的

本提案の目的はすばるを使って他の銀河中心の赤外線特性を調べることです。銀河の高

い分布の中間赤外線観測はこれまであまり行われていません。日本のすばるに搭載されている中間赤外線カメラは他の宇宙望遠鏡より鮮明な像をとらえることができるため、赤外線の詳細観測が可能です。

3. 研究の方法

日本のすばる望遠鏡を使うため、4日間の観測時間の応募をしました。すばるは世界の北

半球にあるもっとも大きい中間赤外線望遠鏡の中で1つです。電波放射で明るい近傍銀河の観測をすばるで実施しました。更に他の望遠鏡（例えば、すざく、あかり、ハッブル、VLT など）のデータ収集と解析を実施しました。

4. 研究成果

私の研究は科学研究費補助金により大いに発展しました。当初の計画は「すばる望遠鏡」の観測により論文執筆を行うことでした。宇宙に存在している巨大なブラックホールはほとんどガスとダストで埋もれているのでブラックホールの研究は以前から大きな問題です。固着しているブラックホールのエネルギーは周りのダストを温めダストは赤外線で見えやすくなります。これは私の研究結果です。

このダストの起源は、銀河にある死んでいる星だと考察しています。私の他の研究について、近傍の爆発的星生成銀河 M82 の観測を実施しました。この観測により、温められたダストからの赤外線放射について、これまででもっとも詳細な分布が描き出されました（図1）。この図で生まれたばかりの星と現在死んでいる星の位置が分かります。この成果は国立天文台とイギリスのブリストル大学からのプレスリリースで発表されました：

http://www.naoj.org/Pressrelease/2011/03/07/j_index.html

<http://www.bris.ac.uk/news/2011/7524.html>

当初の計画から発展した研究として NASA の WISE 赤外線衛星望遠鏡により銀河系内のブラックホールのジェット最大の流束密度を発見しプレスリリースに掲載されました。研究内容について、ブラックホールのエネルギーの影響で光の速さで向かう加速した物質（または、ジェット）の観測を実施しました（図2）。新たなデータを使って、地球表面の磁場の3万倍にも及ぶブラックホールの磁場を最も精度よく測定することも可能になりました。プレスリリースは、NASA や宇宙科学研究所をはじめ、海外の大学等から発表されました：

http://www.nasa.gov/mission_pages/WISE/news/wise20110920.html

<http://www.isas.ac.jp/j/topics/topics/2011/0922.shtml>

<http://www2.le.ac.uk/offices/press/press-releases/2011/september/nasas-wise-mission-captures-black-holes-wildly-flaring-jet>

<http://www.astronomie.nl/nieuws/2256/wi>

[se-telescoop_ziet_de_flikkerende_jet_van_een_zwart_gat.html](http://www.faulkes-telescope.com/news/2414)

<http://www.faulkes-telescope.com/news/2414>

2012 年は私の研究を恒星進化論の領域にも広げることができました。NASA の WISE 衛星を利用して、2 億 6 千万個の天体のデータの中から一つの奇妙な天体を見つけました（図3）。この天体は、もしかすると今からおよそ 50 億年後に、我々の太陽に起きる突発的なガスやダストの噴出現象かもしれません。宇宙科学研究所の赤外線グループと行った研究成果を 4 月末に NASA と宇宙科学研究所からプレスリリースで発表しました：

http://www.nasa.gov/mission_pages/WISE/news/wise_20120426.html

<http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2012/0427.shtml>

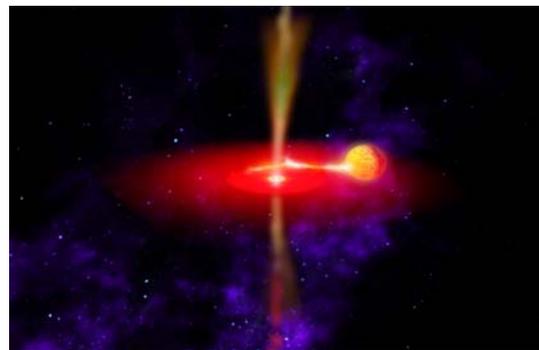


図1：ブラックホール連星系とそこから吹き出すジェットの想像図 (c)NASA

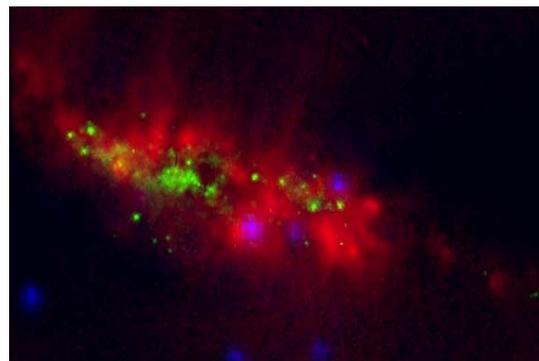


図2：すばる望遠鏡による中間赤外線画像（赤）、ハッブル宇宙望遠鏡による近赤外線画像（緑）、およびチャンドラ衛星のX線画像（青）を合成した M82 中心部の疑似カラー画像。中間赤外線放射は星生成によって温められたダストからの放射に、近赤外線放射は可視光線でも存在が確認できる星の位置に、X線放射はきわめて高温なガスからの放射に対応します。星からの放射が見られない場所

でも実際に激しい星生成活動が生じ、中間赤外線では明るく輝いているということが分かります。

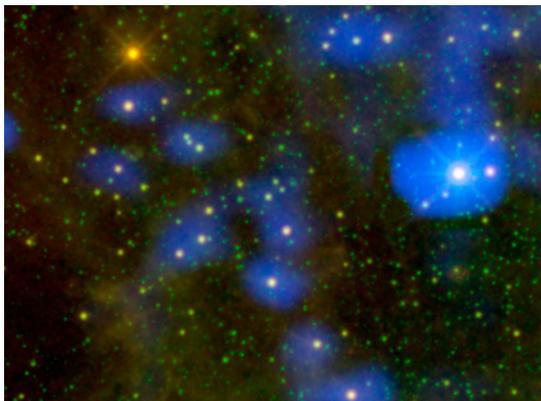


図3: 左上のオレンジ色に輝く星が今回 WISE で発見した天体です。この赤外線画像は、WISE 12, 22 マイクロメートルのデータをそれぞれ緑と赤、IRAS 12 マイクロメートルのデータを青として三色合成したもので、15年間の技術の進歩を反映して WISE の画像の方がずっとシャープに星を映し出しています。明るい星の周囲には青く広がる光芒がみられ、1983年に IRAS も観測していたことがわかりますが、WISE の天体だけは IRAS で見えておらず、最近になって急激に明るくなったことがわかります(上左側のオレンジ色の明るい天体です)。

(画像は NASA/JPL-Caltech 提供)

ここ数年のうちに新規で「すざく」、岡山、VLT、ハーシェル等様々な望遠鏡の観測提案が受理され、観測時間を獲得しました。現在データ分析を行っており、今後も執筆した論文が出版される予定です。今後も日本の天文学者と共同研究を続け、日本社会になんらかの貢献ができればと思っております。

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 13 件)

- ① D. M. Russell, K. O'Brien, T. Munoz-Darias, P. Casella, P. Gandhi and M. G. Revnivtsev, The near-infrared counterpart of 4U 1636-53, *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 539, A53 巻, 2012, 1~4, 10.1051/0004-6361/201118033
- ② P. Gandhi, P. Soleri, S. Markoff, D. Maitra, E. Gallo, M. Cadolle Bel, A late

jet rebrightening revealed from multi-wavelength monitoring of the black hole candidate XTE J1752-223, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 査読有, 419, 2012, 1740~1751, 10.1111/j.1365-2966.2011.19839.x

- ③ A. Elyiv, N. Clerc, M. Plionis, J. Surdej, M. Pierre, S. Basilakos, L. Chiappetti, P. Gandhi, E. Gosset, O. Melnyk, F. Pacaud, Angular correlation functions of X-ray point-like sources in the full exposure XMM-LSS field, *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 537, A131 巻, 2012, 1~14, 10.1051/0004-6361/201117983
- ④ K. Yamaoka, R. Allured, P. Kaaret, J. A. Kennea, T. Kawaguchi, P. Gandhi, N. Shaposhnikov, Y. Ueda, S. Nakahira, T. Kotani, H. Negoro, I. Takahashi, A. Yoshida, N. Kawai, S. Sugita, Combined spectral and timing analysis of the black hole candidate MAXI J1659152, discovered by MAXI and Swift, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 64, 2, 32, 2012, 1-15, <http://pasj.asj.or.jp/v64/n2/640032/640032-frame.html>
- ⑤ S. I. Raimundo, A. C. Fabian, R. Vasudevan, P. Gandhi, J. Wu, Can we measure the accretion efficiency of Active Galactic Nuclei?, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 査読有, 419 巻, 2012, 2529~2544, 10.1111/j.1365-2966.2011.19904.x
- ⑥ R. F. Mushotzky, R. Edelson, W. Baumgartner, P. Gandhi, Kepler observations of rapid optical variability in active galactic nuclei, *Astrophysical Journal Letters*, 査読有, 743:L12 巻, 2011, 1~6, 10.1088/2041-8205/743/1/L12
- ⑦ D. Asmus, P. Gandhi, A. Smette, S. F. Hoenig, W. J. Duschl, Mid-infrared properties of nearby low-luminosity AGN at high angular resolution, *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 536, A36 巻, 2011, 1~19, 10.1051/0004-6361/201116693
- ⑧ S. Konami, K. Matsushita, T. Tsuru, P. Gandhi, T. Tamagawa, Suzaku Metal Abundance Patterns in the Outflow Region of M82 and the Importance of Charge Exchange, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 63 巻, 913~924,

- <http://pasj.asj.or.jp/v63/sp3/63s337/63s337-frame.html>
- ⑨ S. Torii, S. Yamada, K. Makishima, S. Sakurai, K. Nakazawa, H. Noda, C. Done, H. Takahashi, P. Gandhi, Spectral and Timing Studies of Cyg X-1 in the Low/Hard State with Suzaku、Publications of the Astronomical Society of Japan、査読有、63 巻、2011、771~783、
<http://pasj.asj.or.jp/v63/sp3/63s319/63s319-frame.html>
 - ⑩ K. Saitou, M. Tsujimoto, K. Ebisawa, M. Ishida, K. Mukai, T. Nagayama, S. Nishiyama & P. Gandhi, Near-Infrared and X-Ray Observations of XSS J12270-4859、Publications of the Astronomical Society of Japan、査読有、63 巻、2011、759~769、
<http://pasj.asj.or.jp/v63/sp3/63s318/63s318-frame.html>
 - ⑪ D. A. Evans, A. C. Summers, M. J. Hardcastle, R. P. Kraft, P. Gandhi, J. H. Croston, J. C. Lee, The Suzaku View of the Disk-Jet Connection in the Low Excitation Radio Galaxy NGC 6251、Astrophysical Journal Letters、査読有、741:L4 巻、2011、1~6、
10.1088/2041-8205/741/1/L4
 - ⑫ P. Gandhi, A. W. Blain, D. M. Russell, P. Casella, J. Malzac, S. Corbel, P. D'Avanzo, F. Lewis, S. Markoff, M. Cadolle Bel, P. Goldoni, S. Wachter, D. Khangulyan and A. Mainzer, A variable mid-infrared synchrotron break associated with the compact jet in GX 339-4、査読有、740 巻、2011、1~7、
10.1088/2041-8205/740/1/L13
 - ⑬ M. Feroci et al., The Large Observatory for X-ray Timing (LOFT)、Experimental Astronomy、査読有、2011、1~29、
10.1007/s10686-011-9237-2

[学会発表] (計4件)

- ① ガンディ ポシャック、Observing the detailed connection between accretion and outflows in X-ray binaries using multiwavelength coordination with ASTRO-H、Astronomical Society of Japan Spring meeting (春天文学会)、2012年3月22日、龍谷大学 深草キャンパス (京都市伏見区)
- ② ガンディ ポシャック、Mid-infrared studies of X-ray binaries: a new window on accretion and outflows、Through the Infrared Looking Glass: A Dusty View of Galaxy and AGN Evolution、2011年10

月4日、Pasadena, USA

- ③ ガンディ ポシャック、X-ray Binary Jets: New Constraints From Multi-wavelength Spectroscopy And Rapid Timing、High Energy Astrophysics Division (HEAD) Meeting 2011、2011年9月10日、Rhode Island, USA
- ④ ガンディ ポシャック、Multiwavelength rapid timing & broad-band spectroscopy of X-ray binaries、The X-ray Universe 2011、2011年6月30日、Berlin, Germany

[その他]

ホームページ等

私のホームページで私の研究成果が詳しく分かります:

<http://www.astro.isas.jaxa.jp/~pgandhi>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

ガンディ ポシャック (GANDHI POSHAK)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・研究員

研究者番号: 30525407