

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19740114

研究課題名（和文） 中間・遠赤外線衛星データを用いた近傍楕円銀河の星間ダストの研究

研究課題名（英文） Study of dust in nearby elliptical galaxies with AKARI and Spitzer

研究代表者

金田 英宏 (KANEDA HIDEHIRO)

名古屋大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：30301724

研究成果の概要：我が国の赤外線天文衛星「あかり」が2006年2月22日に打ち上げられ、2007年度中に本研究の観測対象である近傍楕円銀河の中間・遠赤外線観測を無事に完了した。また、米国赤外線天文衛星 Spitzer 衛星で、研究期間中に2回、観測提案が採択され、18個の近傍楕円銀河の中間赤外線分光観測を実施した。これら「あかり」と Spitzer 衛星の中間・遠赤外線衛星データを解析し、楕円銀河の星間空間中に多くのダストが存在することを示した。とくに、有機物質の一つである多環芳香族炭化水素の存在を発見した。これらの発見によって、楕円銀河の進化に強い制限を与えることに成功した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	2,400,000	360,000	2,760,000

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

楕円銀河はどのように進化してきたのか。過去に大規模な超新星爆発が発生し、残存する銀河ガスを銀河風として放出した結果、主に星と、重力ポテンシャルに捕捉されたプラズマだけからなる銀河となったと考えられ

ている。この大規模な超新星爆発に至る進化については主に2つの説がある。一つは、宇宙初期に巨大な原始雲が分裂し、自己重力で潰れるなどして多数の星を生成した（内部起因）とするもの、もう一つは、ガスを多量に含む小さな銀河が衝突・合体し、大規模な星

形成を誘発した（外部起因）とするものである。いずれにしても、ダストなどの星間物質は楕円銀河にはほとんど存在しないと考えられていたのだが、近年の中間・遠赤外線観測技術の向上により、一般的に楕円銀河は星間ダストを意外に多く含むことが分かってきた。具体的には、進化した星からの質量放出によって星間空間に供給されるダスト予想量の桁以上のダスト量が観測されている（Goudfrooij & de Jong 1995; Temi et al. 2004）。この「余剰」ダストの起源は何なのか？そもそも、なぜ、楕円銀河の星間プラズマ中で壊されずに多くのダストが生き延びられているのか？また、有機物質の一つである多環芳香族炭化水素（Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAH）と呼ばれる微粒子（カーボン系ダストの一種）は、どれだけ存在するのか？このPAHは、星生成領域で多く存在することが知られており、楕円銀河の過去の星形成活動の名残を探ることができるが、楕円銀河のPAHを調べた研究は世界的にも存在しなかった。

2. 研究の目的

楕円銀河の星間空間に残存するダストとPAHを系統的に調べ、さらに両星間物質の関係を調べることで、楕円銀河がこれまでどういった進化を経てきたのかを探るための手がかりを得る。楕円銀河が意外に多くの星間ダストを含んでいるとは言っても、一般的な渦巻銀河などに比べるとその量ははるかに少なく、楕円銀河は中間・遠赤外線極めて暗く、観測が困難な天体であることに変わりはない。最新技術を駆使した赤外線観測装置が搭載されているSpitzer衛星や「あかり」衛星が登場したことで、初めて、空間分解した観測結果を用いて、楕円銀河の星間ダストの詳細な研究が可能になった。そこで、私がPIとなって進めている「あかり」とSpitzer衛星による観測プログラムによって、高感度・高空間分解能の中間・遠赤外線観測を行い、近傍楕円銀河のダストやPAHの詳細なデータ解析を得る。星間物質の進化の歴史を探るといふ新しい切り口で楕円銀河の研究を進める。

3. 研究の方法

2007年度までに完了したSpitzerの中間赤外線分光観測と、「あかり」の中間・遠赤外線撮像観測のデータ解析を行った。とくに「あかり」遠赤外線データに対して、検出器物理モデルを適用することで、遠赤外線の表面輝度分布を精度良く求めた。それにより、ダストの空間分布を調べ、星の分布との相違を議論した。また、中間赤外線データからPAHの特性を調べ、PAHの空間分布を求めた。一般に楕円銀河の星間空間には高温プラズマ

が存在するので、プラズマイオンによるスパタリングによって小さなダストが壊され、それらが担っている中間赤外線の輻射が相対的に弱くなっていることなどが期待される。ダスト分布が銀河中心領域に集中しており、小さなダストやPAHが壊されているのであれば、X線プラズマのcooling flowモデル（Fabian 1994）から示唆される内部起因の星形成・進化を支持する結果である。逆にダスト空間分布が広がっていて、小さなダストも存在するようであれば、ダストの年齢は比較的、若くなければならず、楕円銀河は近い過去に小さな銀河が衝突・合体して進化してきたことを強く示唆する。

4. 研究成果

我が国の赤外線天文衛星「あかり」が2006年2月22日に打ち上げられ、2007年度中に本研究の観測対象である近傍楕円銀河の中間・遠赤外線観測を無事に完了した。また、米国赤外線天文衛星Spitzer衛星で、研究期間中に2回、観測提案が採択され、18個の近傍楕円銀河の中間赤外線分光観測を実施した。これら「あかり」とSpitzer衛星の中間・遠赤外線衛星データを解析し、楕円銀河の星間空間中に多くのダストが存在することを示した。とくに、多環芳香族炭化水素PAHのスペクトルフィーチャーが楕円銀河に存在することを世界で初めて発見した。一般的なサブミクロンサイズのダストよりさらに小さなナノサイズの粒子であるPAHが、星間プラズマ中で壊されずに存在することは驚きであった（図1）。

また、このフィーチャーのバンド強度比が普通の星間空間で観測されるものと有意に異なることから、楕円銀河ではPAHの物理・化学状態が特異になっていることが示唆された。これは、楕円銀河の星間空間では、PAHが年老いた星からのソフトな輻射場に照らされていることが原因であると考えた。これまでのPAHの研究のほとんどは星形成領域のものであった。星形成領域のPAHは、若い星からの紫外線に照らされているため、楕円銀河の年老いた星による輻射環境とは大きく異なる。一方、楕円銀河の高温プラズマの存在（X線光度と空間分布）とは、有意に相関しないことが分かった。

次に、「あかり」によって、楕円銀河中の遠赤外線ダストの空間分布を求めた。そして、PAHの分布と比較した。その結果、PAHと遠赤外線ダストの空間分布がとても良く似ていることを発見した（図2）。一方、両分布ともに、星の分布とは大きく異なっていることが分かった。これは、これまで考えられていた、星の質量放出がダストの支配的な起源であるという説を否定するものである。両者の起源について強い制限を与えた。

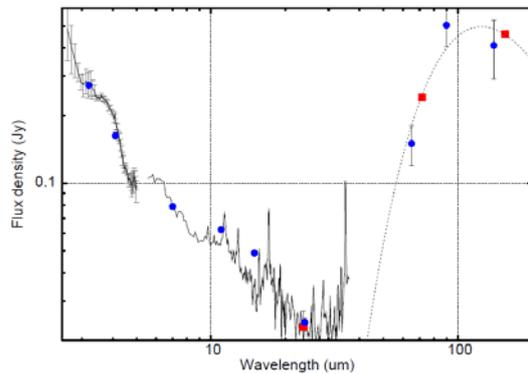


図1：楕円銀河 NGC4589 のスペクトル：測光データ点は「あかり」（青）と Spitzer 衛星（赤）で得られたもの。波長 2-5 ミクロンスペクトルは「あかり」、波長 5-35 ミクロンのスペクトルは Spitzer 衛星。点線は温度 30 K のダストが出す連続波放射。11 ミクロンと 17 ミクロンに存在する尖ったフィーチャが、小さい PAH と大きな PAH によるものである。通常、もっとも強い 7.7 ミクロンフィーチャが、楕円銀河ではほとんど見られない。

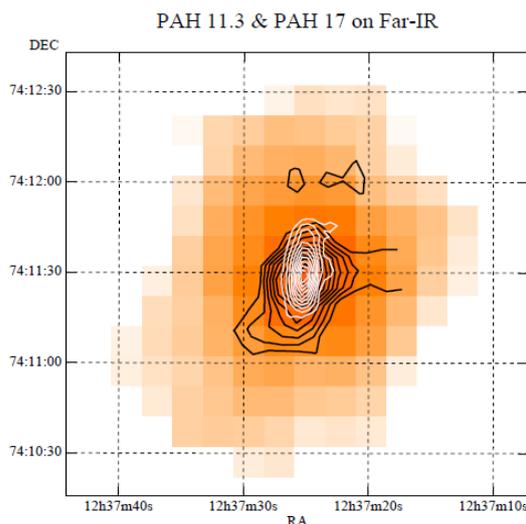


図2：楕円銀河 NGC4589 の画像：カラーが遠赤外線ダスト、黒コントアは大きな PAH、白コントアは小さな PAH の空間分布を示す。

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 10 件)

① “AKARI observations of the ISM in our Galaxy and nearby galaxies”, H. Kaneda, B.-C.

Koo, T. Onaka, H. Takahashi, *Advances in Space Research* Vol.44, pp.1038-1046, (2009), 査読有

② “AKARI Detection of Far-Infrared Dust Emission in the Halo of NGC253”, H. Kaneda, M. Yamagishi, T. Suzuki, T. Onaka, *The Astrophysical Journal*, Vol.698, pp.L125-L128, (2009), 査読有

③ “Application of Photoconductor Physical Transient Model to Fourier Transform Spectrometer Data of AKARI/Far-Infrared Surveyor”, H. Kaneda, B. Fouks, A. Yasuda, N. Murakami, Y. Okada, A. Coulais, Y. Doi, M. Fujiwara, M. Kawada, H. Matsuo, H. Takahashi, *Publ. of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol.121, pp.549-557, (2009), 査読有

④ “Spatial Distributions of Dust and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Nearby Elliptical Galaxy NGC4589 Observed with AKARI”, H. Kaneda, T. Suzuki, T. Onaka, Y. Okada, I. Sakon, *Publ. of the Astronomical Society of Japan*, Vol.60, pp.S467-475, (2008), 査読有

⑤ “Properties of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Local Elliptical Galaxies Revealed by the Infrared Spectrograph on Spitzer” H. Kaneda, T. Onaka, I. Sakon, T. Kitayama, Y. Okada, T. Suzuki, *The Astrophysical Journal*, Vol.684, pp.270-281, (2008), 査読有

⑥ “Far-Infrared Properties of Blue Compact Dwarf Galaxies Observed with AKARI/Far-Infrared Surveyor(FIS)”, H. Hirashita, H. Kaneda, T. Onaka, T. Suzuki, *Publ. of the Astronomical Society of Japan*, Vol.60, pp.477-488, (2008), 査読有

⑦ “Radiation Effects on Stressed Ge:Ga Array Detector of Far-Infrared Surveyor on AKARI”, T. Suzuki, H. Kaneda, S. Matsuura, M. Shirahata, T. Nakagawa, Y. Doi, T. Onaka, Y. Hibi, H. Shibai, M. Kawada, *Publ. of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol.120, pp.895-906, (2008), 査読有

⑧ “Near- to Mid-Infrared Spectroscopy for the Giant Elliptical Galaxy NGC1316 (Fornax A) with the AKARI Infrared Camera”, H. Kaneda, T. Onaka, I. Sakon, *The Astrophysical Journal*, Vol. 666, pp.L21-L24, (2007), 査読有

⑨ “Far-Infrared Distributions in Nearby Spiral Galaxies NGC2841 and NGC2976 Observed with AKARI/Far-Infrared Surveyor (FIS)”, H. Kaneda, T. Suzuki, T. Onaka, 他 9 名 *Publ. of the Astronomical Society of Japan*, Vol.59, pp.S463-S471, (2007) 査読有

⑩ “Dust in hot plasma of nearby dusty elliptical galaxies observed with the Spitzer Space

Telescope”, H. Kaneda, T. Onaka, T. Kitayama, Y. Okada, I. Sakon, Publ. of the Astronomical Society of Japan, Vol.59, pp.107-116, (2007)
査読有

〔学会発表〕（計 10 件）

- ① H. Kaneda, “AKARI Far-Infrared Observations of the ISM in Nearby Galaxies”, *An International Workshop on Interstellar Matter and Star Formation - A Multi-Wavelength Perspective (Homi Bhabha Birth Centenary Celebrations)*, Oct 6, 2009, Hyderabad, India
- ② 金田英宏、「赤外線天文衛星「あかり」による楕円銀河 X 線プラズマ中のダストの観測」、日本物理学会第 64 回年次大会、2009 年 3 月 28 日、立教大学
- ③ 金田英宏、「「あかり」による近傍銀河 NGC253 の銀河ハローの遠赤外線観測」、日本天文学会春季年会、2009 年 3 月、大阪府立大学
- ④ H. Kaneda, “AKARI Observations of the ISM in Nearby Galaxies”, *AKARI Conference: a light to illuminate the misty Universe*, Feb 18, 2009, Tokyo
- ⑤ H. Kaneda, “AKARI Observations of Dust in Nearby Galaxies”, *Cosmic Dust Near & Far*, September 8, 2008, Heidelberg, Germany
- ⑥ H. Kaneda, “AKARI observations of the ISM in our Galaxy and nearby galaxies”, *COSPAR 2008, Scientific Assembly*, July 18, 2008, Montreal, Canada
- ⑦ H. Kaneda, “Far-Infrared Surveyor on AKARI: in-orbit characterization of transient response and radiation effects of Ge:Ga array detectors”, *SPIE Astronomical Instrumentation*, June 23, 2008, Marseille, France
- ⑧ H. Kaneda, “AKARI Observations of the ISM in Nearby Galaxies”, *4th Spitzer Conference “The Evolving Interstellar Medium in the Milky Way and Nearby Galaxies”*, December 3, 2007, Pasadena, USA
- ⑨ H. Kaneda, “ISM in nearby elliptical galaxies revealed by AKARI and Spitzer”, *FIR Workshop 2007*, October 5, 2007, Bonn, Germany
- ⑩ 金田英宏、「「あかり」と Spitzer 衛星による近傍楕円銀河 NGC4589 の星間ダストの観測」日本天文学会秋季年会 岐阜大学 2007

年 9 月 27 日、岐阜大学

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金田 英宏 (KANEDA HIDEHIRO)
名古屋大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号：30301724

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：