

受賞者の研究歴と研究業績

2013年度 第6回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙理学関係

金沢大学理工研究域 准教授

米徳 大輔 (よねとく だいすけ; 1977年生)

研究題目： 飛翔体搭載ガンマ線偏光検出器の開発とガンマ線バーストの放射機構の研究

ガンマ線バースト (GRB) は、数十秒と言う短時間に宇宙の遠方から大量のガンマ線が飛来する現象で、発見から40年以上経つにも関わらず、多くの謎に満ちた現象である。米徳氏は、国内外の衛星データを用いたガンマ線バーストの研究を進めつつ、飛翔体搭載用の小型ガンマ線偏光検出器を開発し、自らGRBの偏光を観測するなど、ガンマ線バーストの研究で大きな成果を挙げている。代表的な研究成果として、

- ・小型ソーラー電力セイル実証機「イカロス」搭載のGRB用ガンマ線偏光検出器の開発
- ・上記検出器によるガンマ線偏光の検出とGRBの放射メカニズムの研究
- ・基礎物理学におけるCPT対称性が極めて高い精度で成立していることを偏光観測から証明の3点が挙げられる。以下、上記成果について説明する。

1) 「イカロス」搭載ガンマ線バースト偏光検出器の開発

ここ十数年でGRBの研究は大きく進んだ。現在では、ある種の大質量星が一生の最後に起こす大爆発 (極超新星) に伴う相対論的ジェットが、ガンマ線バーストの正体であると考えられるようになっている。しかし、大量のエネルギーがガンマ線放射として開放される基本的なメカニズムについては、今もよくわかっていない。理論的にはシンクロトロン放射で輝いていると予想されてはいるが、観測的証拠は乏しかった。本当にシンクロトロン放射で輝いているのならば、ガンマ線は強く偏光しているはずで、それを検出することは観測的最重要課題の一つと考えられている。

このような背景のもと、金沢大学・山形大学・理研のグループは世界に先駆けてガンマ線バースト偏光検出器 (略称: GAP) を開発し、2010年5月21日に打ち上げられた小型ソーラー電力セイル実証機「イカロス」に搭載した。GAPは、直径17cm、高さ16cm、重量3.7kg、消費電力5Wの小型検出器でありながらガンマ線の偏光が測定できる、世界的にも他に類のない検出器である。GAP開発チームは、村上敏夫金沢大学教授をリーダーとする小さなグループで、米徳氏は実働部隊の核として、GAPの設計・開発から、環境試験、地上系試験、衛星運用、機上較正、データ解析のすべてで中心的な役割を果たした。ちなみに、山形大学の担当は、機上ソフトの基礎部分、理研担当は部品の耐放射線試験が主の限られたもので

あった。GAPの開発は、回路基板等を除くとほとんどがインハウスで行われており、成功裏に開発できたことには、米徳氏個人の力量によるところがたいへん大きい。GAPのハードウェア開発と機上性能評価については、論文1にまとめられている。

2) ガンマ線偏光観測によるGRBの放射メカニズムの研究

「イカロス」が宇宙航行中の2010年8月26日に、GAPは非常に明るいガンマ線バーストGRB 100826Aを観測し、このGRBの偏光度を $27 \pm 11\%$ (有意度 2.9σ)と測定した。同時に、偏光度が短時間で大きく変化することもより高い有意度 (3.5σ) で検出した。さらに、GRB 110301AとGRB 110721Aの2例の明るいGRBからも、それぞれ $70 \pm 22\%$ (有意度 3.7σ) と $84(+16, -28)\%$ (有意度 3.3σ) で強い偏光を検出することに成功した。GRBの偏光については、過去にRHESSI衛星やINTEGRAL衛星で検出報告があるが、いずれも異なるチームが矛盾した結果を報告するなど、これまで有意と認知された検出はなかった。ちなみに、これらの観測に用いられた検出器はいずれもガンマ線バースト用の検出器ではない。このような状況のもと、GRB偏光検出専用器で、偏光を有意に検出した意義は高い。この「ガンマ線の偏光が検出された」事実から、GRBの放射メカニズムがよく揃った磁場を介したシンクロトロン放射である強い証拠が得られたことになる。また、「偏光方向が短時間で変化した」ことは、相対論的ジェットには、時間とともに磁場の方向が変化する複雑な構造が存在することを示唆している。これらは、GRBの放射機構を考える重要な手がかりを与えることとなった。これらの観測結果は論文2編 (論文2 とほか1編) にまとめられている。これらの観測結果は世界中のガンマ線バースト研究者から注目され、米徳氏は2011年から2012年にかけて5つの国際研究集会で招待講演を依頼された。また、1)、2)の成果により、村上教授と米徳氏は2011年北國文化賞を受賞した。

3) 量子重力理論によるCPT対称性の検証

米徳氏は、さらに、当真賢二大阪大学SPD研究員、向山信治東京大学准教授らと共同で、GAPによる偏光観測データを用いて、基礎物理学におけるCPT対称性の破れ (ローレンツ不変性の破れにも関連) を検証した。一般にはC(電荷)、P(空間)、T(時間)のすべてを反転したとしても物理法則は不変であると考えられているが、ある種の量子重力理論ではプランクスケール程度においてCPT対称性が破れており、電磁波の右回りと左回りの円偏光の伝搬速度に違いが生じることが予言されている。今回のGRB偏光観測においては、2つの円偏光の重ね合わせである直線偏光が、大きな偏光度のまま宇宙論的距離を伝搬してきたことから、この2つの円偏光の伝搬速度の差異に対して極めて強い制限を与えることとなった。これは、CPT対称性の保持を過去最高の精度で検証したものとなっており、量子重力理論に強い指針を与える結果と言える。この結果は、Physical Review Letters誌に掲載された (論文3)。

以上のように、米徳氏は、GAPチームの中核として、小型ながらも世界初のガンマ線バースト偏光検出器を探査機に搭載し、3つのガンマ線バーストから有意な偏光を検出した。これらの観測結果はGAPの放射メカニズムに強い制限をつけるとともに、今後の偏光観測を導く大きな成果となった。加えて、米徳氏は、これまでも、GRB観測で重要な「米徳

関係」と呼ばれる相関関係を発見し GRB に基づく宇宙論研究を展開するなど、非常に高い研究活動性を示している。このように米徳氏は宇宙科学の進展に寄与する優れた研究業績をあげており、これらの優れた業績により第 6 回（2013 年度）宇宙科学奨励賞を米徳大輔氏に授与することになった。

関連する論文リスト

1. Gamma-Ray Burst Polarimeter (GAP) aboard the Small Solar Power Sail Demonstrator IKAROS

Yonetoku, D., Murakami, T., Gunji, S., Mihara, T., Sakashita, T., Morihara, Y., Kikuchi, Y., Takahashi, T., Fujimoto, H., Toukairin, N., Kodama, Y., Kubo, S. and IKAROS Demonstration Team, 2011, Publ. Astron. Soc. Japan, 63, 625

2. Detection of Gamma-Ray Polarization in Prompt Emission of GRB 100826A

Yonetoku, D., Murakami, T., Gunji, S., Mihara, T., Toma, K., Y., Takahashi, T., Toukairin, N., Fujimoto, H., Kodama, Y., Kubo, S. and IKAROS Demonstration Team, 2011, Astrophys. J (Letters), 743, L30

3. Strict Limit on CPT Violation from Polarization of γ -Ray Burst

Toma, K., Mukohyama, S., Yonetoku, D., Murakami, T., Gunji, S., Mihara, T., Morihara, Y., Sakashita, T., Takahashi, T., Wakashima, Y., Yonemochi, H. and Toukairin, N., 2012, Phys. Rev. Letters, 109, 241104