

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目： 若手研究(B)
 研究期間： 2006～2008
 課題番号：18740154
 研究課題名（和文） 高感度天体偏光計の開発と、系内コンパクト天体の放射機構の解明
 研究課題名（英文） Development of an astronomical Polarimeter and study of galactic compact object
 研究代表者
 水野 恒史 (Mizuno Tsunefumi)
 広島大学・大学院理学研究科・助教
 研究者番号：20403579

研究成果の概要：

高感度硬 X 線偏光観測を実現するべく、天体硬 X 線偏光計 PoGOLite の開発を、[1]センサーと読み出しシステムの製作および開発、[2]これら実機を用いた、実験室および加速器施設での実験結果に基づく、装置の応答関数の構築、[3]加速器ビーム試験のデータの詳細解析、の 3 点に渡り行った。研究は 2006 年度から 2008 年度の 3 年に渡り行い、いずれの項目も十分な成果をあげることができた。関連する論文を 6 編出版し、うち 2 編は代表者が主著者であり、その他も主要な貢献を行った。また代表者本人や直接指導した大学院生を中心に、多数の国内外の学会で、継続的に成果発表を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,800,000	0	1,800,000
2007 年度	800,000	0	800,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	240,000	3,640,000

研究分野：数物系化学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：偏光、気球実験、コンパクト天体

1. 研究開始当初の背景

近年目覚ましい発展を遂げた高エネルギー宇宙物理学の分野において、ただ一つ手付かずになっているのが偏光観測である。偏光観測は系の磁場構造や反射体などの幾何学構造を

直接知ることができる唯一の手段であり、電波・可視観測の例で分かるように、放射機構の解明にしばしば決定的な役割を果たす。しかし X 線領域では偏光に対し十分な感度を持った検出器がなく、高エネルギー天体の放射

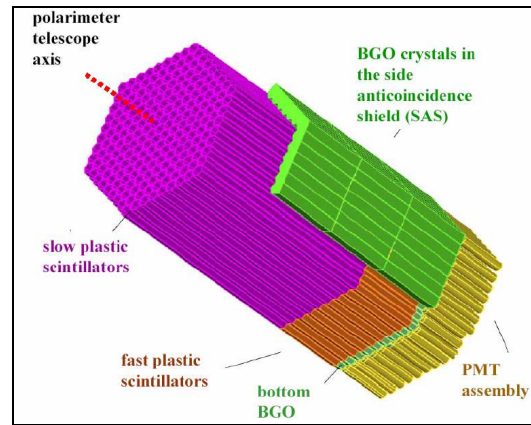
機構はもっぱらエネルギースペクトルに頼った議論がされており、モデルによる不定性が残っていた。このため、硬X線領域による偏光観測が世界的に待ち望まれており、活発な開発が各グループで進められていた。

2. 研究の目的

本研究申請者が中核を占めるグループは、気球による観測を目指し、日米欧の国際協力で天体硬X線偏光計PoGO Lite(2010年に最初の気球観測を予定)の開発を行っている(下図)。PoGOLiteは、我が国の「すざく」衛星搭載硬X線検出器にも採用された井戸型フォスウィッチ検出器のデザインを採用しており、徹底したアクティブシールドで高い感度を実現するものである。このPoGO Liteの開発、特に実際の観測データから偏光情報を引き出すのに必要な応答関数の構築を行い、将来のフライトでの硬X線領域での偏光測定と、放射機構の解明につなげるのが、本研究の目的である。

3. 研究の方法

PoGOLiteでは大面積を実現し、また散乱の異方性を利用して偏光を図るため、217本のセンサーを蜂の巣状に並べた構造をとる。2010年度予定のEngineering Flightでも61ユニットが必要となる。この多数のセンサーの製作を、我が国の東京工業大学、米国SLAC国立研究所やスウェーデンの王立工科大学と共同で行う。同時に、多数の信号を処理するための読みだし装置(エレクトロニクス)の開発すすめる。あわせて、これら装置のプロトタイプを用いた実験室および加速器でのビーム実験をとり行い動作実証をする。また、得られたデータと、モンテカルロシミュレーションを有機的に組み合わせ、正確な応答関数の構築を行う。



4. 研究成果

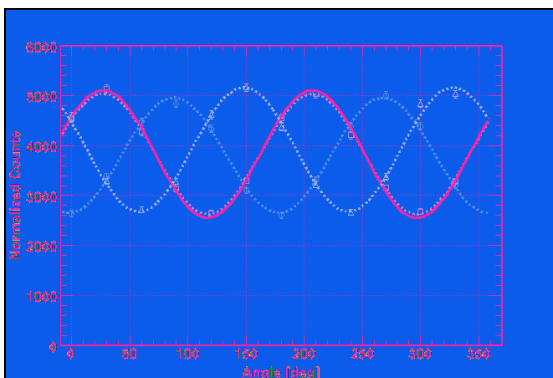
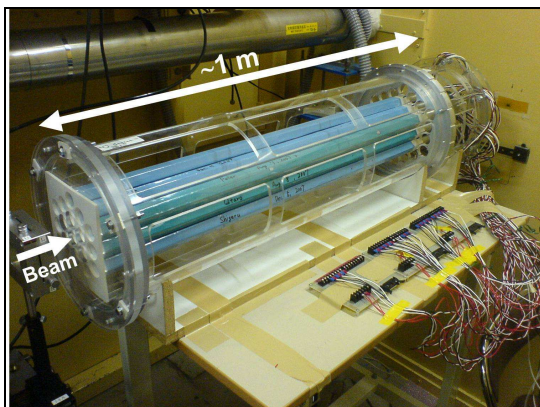
研究代表者が主導的な役割を果たしつつ、他機関との共同研究や、大学院生の指導を行って研究を進めた。成果は以下の3つに大別される。

[1] フライトデザインのセンサーの製作と読み出しシステムの開発を行った。都合61本の主検出部のセンサーは無事製作され、バックグラウンド除去のため周囲に配置されるアンチコインシデンス部も順調に製作が進んでいる。また複数のシンチレーターの信号を区別(波形弁別と呼ぶ)するのに、十分な応答速度と記録データ量をもった読み出しシステムも開発した。

[2] これら実機を用いたビーム試験を成功裏にすすめ、実機の動作実証を行うことができた。次項に、実験に用いたセンサーの写真を示す。またシンチレーターの発光特性(エネルギー応答の非線形性と集光率の位置依存性)を実験的に評価し、それを応答関数に取り込んだ。これにより、シミュレーションによるデータの再現精度が大きく向上した。偏光測定に最も重要なモジュレーションカーブの再現性は約5%であり、天体観測から科学的議論を行うのに十分な精度が達成できた。(次項の図参照)

[3] 複数のユニットでコンプトン散乱を起こしたイベントも解析し、これらのイベントからも有為な偏光情報が得られることを示した。これにより、本観測で統計を上げ、感度を向上させる見通しが立った。

これらの研究は、代表者が中心となりつつ、多くの大学院生を指導しつつ、また国内外の研究機関と協力しながら行った。得られた成果は、6編の投稿論文にまとめられ、うち2編は代表者が主著者であり、その他の論文にも主要な貢献を行った。また継続的に国内外の学会で発表を行い、関連する研究を行う他グループとの議論を通し研究の質を高めるとともに、競争の激しい当該分野で世界をリードし続けることができた。



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 6件)

[1] J. Katsuta, T. Mizuno et al. “Evaluation of polarization characteristics of multilayer mirror for hard X-ray observation of astrophysical objects,” NIMA (査読有), 603, 2009, 393-400

[2] T. Mizuno et al. “A Monte Carlo method for calculating the energy response of plastic scintillators to polarized photons below 100 keV,” NIMA (査読有), 600, 2009, 609-617

[3] T. Kamae, T. Mizuno (24番目) et al. “PoGOLite A high sensitivity balloon-borne soft gamma-ray polarimeter,” Astroparticle Physics (査読有), 30, 2008, 72-84

[4] M. Axelsson, T. Mizuno (19番目) et al. “Measuring energy dependent polarization in soft γ -rays using Compton scattering in PoGOLite,” Astroparticle physics (査読有), 28, 2007, 327-337

[5] Y. Kanai, T. Mizuno (7番目) et al. “Beam test of a prototype phoswich detector assembly for the PoGOLite astronomical soft gamma-ray polarimeter,” NIMA (査読有), 570, 2007, 61-71

[6] T. Mizuno et al. “Suzaku Observation of Two Ultraluminous X-Ray Sources in NGC 1313,” PASJ (査読有), 59, 2007, S257-S267

[学会発表] (計 9件)

[1] 水野 恒史ほか、“気球搭載硬X線偏光検出器 PoGOLite の地上キャリブレーション試験(II)” 日本天文学会、2009年3月26日、

大阪府立大学

[2] H. Takahashi, T. Mizuno (18 番目) et al.
“Beam Test Results of the Polarized
Gamma-Ray Observer, PoGOLite,”
IEEE NSS/MIC, 2008 年 10 月 20 日, Dresden,
Germany

[3] 吉田広明、水野恒史 (5 番目)ほか、
“気球搭載硬 X 線偏光検出器 PoGOLite の地
上キャリブレーション試験”
日本天文学会、2008 年 9 月 12 日、岡山理科
大学

[4] T. Mizuno et al., “Polarization
Characteristic of Multi-layer Mirror for
Hard X-ray Observation of Astrophysical
Objects,” HEAD Meeting, 2008 年 4 月 2 日,
Los Angeles, USA

[5] 勝田 隼一郎、水野 恒史 (3 番目)ほか
“硬 X 線多層膜反射鏡の偏光特性の基礎実
験” 日本天文学会、2008 年 3 月 26 日、国立
オリンピック記念青少年総合センター

[6] T. Mizuno et al. “High Sensitivity
Balloon-Borne Hard X-Ray/Soft Gamma-Ray
Polarimeter PoGOLite,” IEEE NSS/MIC,
2007 年 10 月 2 日, Hawaii, Honolulu, USA

[7] T. Tanaka, T. Mizuno (4 番目), et
al. ” Data Acquisition System for the
PoGOLite Astronomical Hard X-Ray
Polarimeter, “ IEEE NSS/MIC, 2007 年 10 月
2 日、Hawaii, Honolulu, USA

[8] 水野恒史ほか ” 気球搭載硬 X 線偏光計
PoGOLite の波形弁別部の評価試験”
日本天文学会、2007 年 3 月 29 日、東海大学

[9] 田中琢也、水野恒史 (4 番目)ほか” 気球
搭載硬 X 線偏光計 PoGOLite の開発 (II) : エ
レクトロニクスの開発” 日本天文学会、2006
年 9 月 21 日、九州国際大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水野 恒史 (Mizuno Tsunefumi)
広島大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：20403579

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者