

1. 研究課題名：硬 X 線撮像観測による非熱的宇宙の研究

2. 研究期間：平成 15 年度～平成 18 年度

3. 研究代表者：國枝 秀世（名古屋大学・大学院理学研究科・教授）

#### 4. 研究代表者からの報告

##### (1) 研究課題の目的及び意義

非熱的現象は超新星残骸、銀河団、活動的銀河核でその重要性が指摘されている。非熱的エネルギーの総量は宇宙全体のエネルギーのかなりの部分を占めており、その探索に硬 X 線の撮像観測は欠かせない。硬 X 線で見える世界は、大きく分けて、二つの対象がある。本来熱的成分が優勢と思われた、超新星、銀河団で、超新星爆発や、銀河団の併合合体のバルクなエネルギーが、高温ガスなどの熱的成分だけでなく、磁場などを通して一部粒子の加速に使われ、非熱的成分に流れて行く様子が、硬 X 線の撮像観測で明らかにされる。また活動的銀河核では、強い吸収に隠されていた天体が透過力の高い硬 X 線の観測でより多く見つかる。その結果、40keV の熱的放射スペクトルで説明された X 線背景放射の硬 X 線領域の放射が、これら隠された活動銀河からの非熱的なべき型成分で説明される可能性が高い。この数十 keV の硬 X 線の波長域では、これまでコリメータで 1 度弱までしか空間情報が得られなかったが、本研究では新たな硬 X 線撮像システムにより、分角の分解能で撮像することを実現した。そして、本格的な気球実験を開始し、具体的な硬 X 線撮像観測で非熱的天体現象の世界の研究の先鞭をつけた。次期 X 線衛星 NeXT では、本研究計画の成果を元に、硬 X 線望遠鏡を主検出装置として、進むことになった。一方、その打上げまでの 6 年間は、こうした気球観測が唯一の手段となるため、気球実験の継続が望まれる。

##### (2) 研究成果の概要

①硬 X 線撮像システムの開発：本研究課題の最も重要な成果は、多層膜反射鏡を用いて、硬 X 線 (20-60keV) 望遠鏡を完成させ、気球実験による天体観測を行ったことである。まず、気球観測に最適化した多層膜の設計を行い、搭載に用いる 1000 枚以上の多層膜レプリカ鏡を量産した。また、焦点面像を撮像する硬 X 線検出器 (シンチレータ+位置感応型光電子増倍管) を完成した。幾つかの X 線ビームラインを用い、望遠鏡と検出器の撮像特性を確認した。また、更に高い結像性能を目指し、表面形状誤差  $1 \mu\text{m}$  以下、表面粗さ  $0.3\text{nm}$  以下と言う、超精密金型の創成に成功した。

②硬 X 線望遠鏡気球観測実験：本研究計画の柱である硬 X 線撮像気球観測実験では、まず、日米協力で進める、InFOC $\mu$ S 飛翔実験を 2004 年 5 月と 2004 年 9 月に実行した。9 月の実験では、世界で初めて 4 個の硬 X 線天体を撮像することができた。白鳥座 X-1 の周辺からは広がった硬 X 線分布が発見された。SUMIT 計画では、試験飛翔実験を 2005 年 5 月に国内で、2005 年 12 月にはブラジルで行った。2006 年 11 月に、SUMIT 第一回本実験をブラジルで実施した。

③すざく衛星：すざく衛星搭載望遠鏡を開発し、特性測定をして、打上げた。現在は、銀河団と活動的銀河核の硬 X 線領域に注目し、観測的研究を進めている。

④将来に向けて：我々が確立した硬 X 線望遠鏡の技術は次の NeXT 衛星に採用された。

#### 5. 審査部会における所見

B (期待したほどではなかったが一応の進展があった)

本研究課題は多層膜反射鏡を用いた硬 X 線望遠鏡を開発し、気球ないしは衛星に搭載しての天体観測から銀河団の非熱的過程を探求するものである。硬 X 線望遠鏡の機器開発と性能試験に関してはほぼ予定通りの成果が得られているが、気球観測のトラブルもあって非熱的宇宙等に関する天文学の研究成果という意味では目的を達成しているとは言えない。機器開発の面で独創的な優れた成果を上げ、世界の先導的な地位を確立し、高エネルギー X 線天文学を開拓した点での貢献は認められる。しかし、研究成果として学術的に何が得られたのかが明確ではないので、今後サイエンスとしての成果をとりまとめて積極的に公表してゆく努力が求められる。