

科学研究費助成事業（特別推進研究）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成23年度採択分

平成26年5月30日現在

研究課題名（和文） **高感度X線CCDとスーパーミラーによる
観測と宇宙進化の研究**
研究課題名（英文） **Cosmic evolution study by using a
combination between the high sensitivity
X-ray CCD and the super mirror**

研究代表者

常深 博 (TSUNEMI, HIROSHI)

大阪大学・大学院理学研究科・教授



研究の概要：宇宙進化の解明を目指して、精度の高い硬エネルギーX線による広い天空の走査観測により、AGNの光度関数を調べる。そのために、X線望遠鏡と検出器とを別の小型科学衛星に搭載し、編隊飛行により軌道上で望遠鏡を形成する。

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：宇宙科学、宇宙物理、X線天文学、人工衛星、宇宙線

1. 研究開始当初の背景

(1) X線結像系や検出器の開発により、10keV以下の低エネルギーX線領域では精度の高い観測が進められてきた。その結果、観測対象は遠くの宇宙にまで及び、X線宇宙背景放射も理解が進んだ。しかし、吸収に依存しない10keV以上の硬エネルギーX線領域では観測精度に限界があった。

(2) 硬エネルギー領域の精度の高い観測に有用なスーパーミラーの実用化の目途が立った。また、位置分解能の十分に高い硬エネルギーX線検出器の技術もいくつか実用化されてきた。さらに、工学的には複数衛星の編隊飛行技術も実用化されていた。

2. 研究の目的

(1) 宇宙進化の解明を目的に、AGNの光度関数の進化を測定するため、硬エネルギーX線領域で精度の高い走査観測を行う。
(2) 観測に必要な望遠鏡と検出器とを開発し、それぞれ別の小型科学衛星に搭載する。この二機の衛星FFASTで、軌道上においてX線望遠鏡を形成し、編隊飛行させることにより、機動的に広い天空の走査観測を実現する。

3. 研究の方法

(1) 現在、ASTRO-H衛星搭載を念頭に置いたX線CCDカメラSXIを開発中である。FFASTの検出器HXCは、CCDにシンチレータを密着させる他はSXIの構造その他をそのまま踏襲する。したがって、SXIの開発完了後、短時間で検出器の準備が完了する。
(2) 硬エネルギーX線を集光するスーパーミラーは気球実験の後、ASTRO-H衛星に搭載

するHXTとして開発中である。FFASTの望遠鏡は、アラインメントを調整して $S\Omega$ を最大にする他はHXTをそのまま踏襲する。したがって、HXTの開発完了後、短時間で望遠鏡の準備が完了する。

(3) FFASTの編隊飛行技術に関しては、JAXAの研開本部と協力して、従来技術を基に開発を進める。衛星のバス部開発については、小型科学衛星に適合するように、担当メーカーと協議して進める。

4. これまでの成果

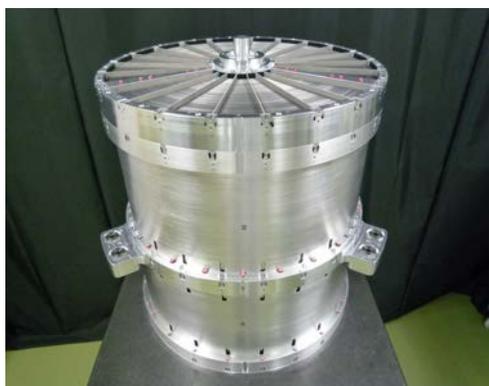
(1) FFAST搭載のHXCに使用するCCD素子は衛星搭載用素子にCsI(Tl)シンチレータを密着させたSDCCD(下写真)で、ASTRO-H/SXIの電子回路を用いて正常動作を確認した。さらに、放医研においてSDCCDの衛星環境の放射線耐性評価を行い、問題のないことを確認した。衛星搭載スペックの素子製造において一



部問題が発生、この対策の検討と解決のために最終素子の製造に遅れが生じた。一方、HXC用の信号処理用ASICを開発し、放医研において重粒子線照射試験を行い、軌道上で要求寿命の間は正常に動作することを確認した。次に、ASIC後段につながるFPGAのソフトを

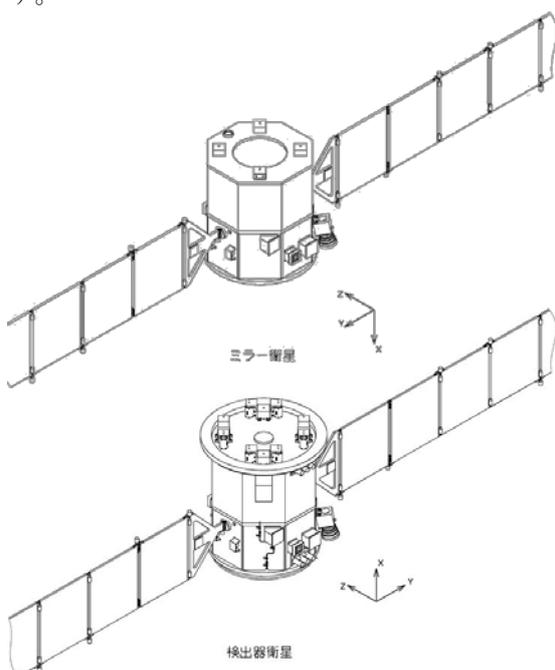
開発、衛星環境条件を満足する機能検証と長期ランニング試験を完了させた。

(2) FFAST 搭載 X 線望遠鏡は、実績のある ASTRO-H 衛星用硬 X 線望遠鏡のデザインを踏襲する(下図)。その中で、広い視野と大きな



有効面積を持つようにネスティングを調整する。こうしてハウジングのデザインを確定し、それに従って製造したものが衛星の環境試験をパスすることを確認した。また多層膜の大量生産法を確立し、必要数の 1278 枚を揃えた。

(3) JAXA において小型科学衛星プロジェクトの見直しが行われ、その結果、標準バスは FFAST には適合しないことが判った。そこで既開発の SDSS を基礎にした衛星バスに変更するため、JAXA の協力のもとに、メーカーと共同で検討し、下図に示す 2 機の衛星設計としてまとめた。この変更に伴い、観測計画を見直した。こうして、当初の観測目標を打ち上げ後、半年程度で完了し、編隊飛行用の燃料も概ね消費する。その後は、燃料消費を抑え、さらに広い天空を衛星寿命の許す範囲で継続できる。以上の検討を踏まえて、必要な資料を準備し、小型科学衛星への採択を目指す。



5. 今後の計画

(1) FFAST に搭載する観測機器の開発には、一部遅れが発生しており、各種試験完了などスタンバイとなるのは平成 27 年度になる。コストの観点から小型科学衛星の標準バスの代わりに JAXA の開発してきた SDSS を利用し、当初目標を達成できることを実証する。こうして非標準バスを使用した小型科学衛星 FFAST が採用されることを目指す。

(2) 我々の目的の一部は ASTRO-H 衛星を使って進めることができる。その観測結果を使って、FFAST 衛星のより効率の高い観測計画策定に反映させる。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

(研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者は点線)

(1) Y. Yao, H. Kunieda, et al, “Design and fabrication of a supermirror with smooth and broad response for hard x-ray telescopes”, Applied Optics, 52, 6824~6833, 2013

(2) Hiroshi Nakajima, Mari Fujikawa, Hideki Mori, Hiroaki Kan, Shutaro Ueda, Hiroko Kosugi, Naohisa Anabuki, Kiyoshi Hayashida, Hiroshi Tsunemi; et al, “Single Event Effect Characterization of the Mixed-Signal ASIC Developed for CCD Camera in Space Use”, Nucl. Instrum. and Meth., 731, 166~171, 2013

(3) M. Kimura, H. Tsunemi, et al, “Is the Cygnus Superbubble a Hypernova Remnant?”, Pub. Astr. Soc. Japan, 65-1, No.14, 8 pp, 2013

(4) Tsunemi, Hiroshi; Kunieda, Hideyo; et al, “FFAST mission to study the evolution of the universe in hard x-ray”, SPIE Space Telescopes and Instrum. 2012, 8443, id. 844314, 8 pp. , 2012

(5) Hiroshi Tsunemi, et al, “Performance of a newly developed SDCCD for X-ray use”, Nucl. Instrum. and Meth., A652, 508-511, 2011

ホームページ

<http://wwwxray.ess.sci.osaka-u.ac.jp/ffast/FFAST/Top.html>