

# 日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2024年3月10日採択

申請者氏名	清水里香 (会員番号 8354)
連絡先住所	〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
所属機関	総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻
職あるいは学年	D1
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	共同研究
講演・観測・研究題目	日米共同観測ロケット実験 FOXSI-4 の打ち上げに向けた軟 X 線カメラの総合試験および打ち上げ
渡航先 (期間)	Poker Flat Research Range(2024年3月20日～4月26日)

2024年4月17日、アラスカ州ポーカーフラット実験施設より、日米共同太陽観測ロケット実験 FOXSI-4 の打ち上げが実施された(図1)。私は搭載装置の一つである軟 X 線カメラの主要開発メンバーとして、打ち上げ前の動作試験や通信試験などの最終試験、打ち上げオペレーションに参加した。

太陽フレアの駆動源と考えられる磁気再結合の過程では、反平行の磁力線が繋ぎ変わることで磁気エネルギーが爆発的に解放され、粒子やプラズマの運動・熱エネルギーに変換される。しかし解放されるエネルギーの大きさや、粒子加速・プラズマ放出・プラズマ加熱などへのエネルギーの分配など、未解明な点は多く残る。

FOXSI-4 はこのような磁気再結合とエネルギー変換に伴うプラズマ現象の追求を目的の一つとし、高精度の X 線ミラーと X 線センサ (軟 X 線は CMOS センサ、硬 X 線は CdTe センサ) とを組み合わせることで、太陽フレアに対する X 線集光撮像分光観測 (光子計測) を行なった。私は軟 X 線観測用の高速度カメラの開発を担当し、CMOS センサの X 線光子計測能力の評価や、飛翔中のコマンド処理やダウンリンクデータ作成のソフトウェア開発など、打ち上げに向けた準備をこれまで進めてきた。

軟 X 線カメラは他の観測装置との組み上げやロケットへの格納を終え、今年2月にはニューメキシコ州ホワイトサンズ実験場にてロケット全体での振動試験などが完了した。今回の渡航前に、ロケットは発射場であるアラスカ州ポーカーフラット実験場へ輸送されていた。

3月22日の活動初日には、トラック輸送による装置の損傷や変化等がないかを確認するため、観測装置の動作確認を行なった。私は軟 X 線カメラを担当し、CMOS センサの

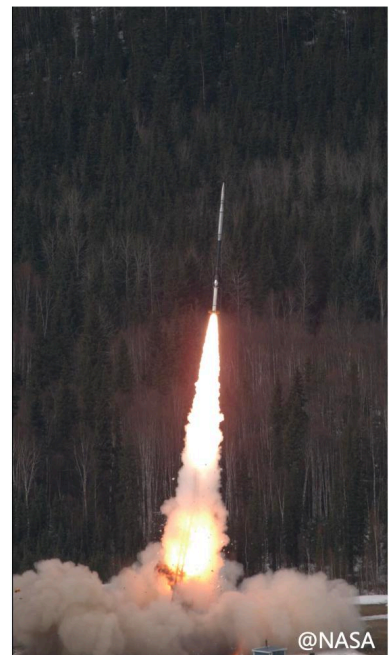


図1. FOXSI-4 打ち上げ

前方に  $^{55}\text{Fe}$  の X 線線源を設置しデータを取得した。得られたデータを解析し、輸送前にホワイトサンズ試験場で行なった同様の実験の結果と比較することで、センサやカメラに異常がないことを確認できた。翌日には、カメラだけでなく光学系の確認を行うため、X 線発生装置を望遠鏡の前方十数メートルの位置に設置し、望遠鏡を通して X 線をセンサで検出した。X 線光子が検出された位置の分布から、望遠鏡に異常がないことを確認できた。

翌週には、飛行中にダウンリンクデータを確認する GSE(地上支援装置) の表示について、ミネソタ大の担当者と打ち合わせを行なった。それまでにオンライン会議等で議論を重ねていたため、大まかには実装が完了していたが、細かな確認はできていなかった。そこで模擬データを用いて、撮像の露光パラメタが正しく表示されることを確認した。一方画像データの表示では、正しく表示できているものの、実際に得られるであろう光子の信号値の大きさが考慮されていないことが判明した。観測時には画像が暗く表示され見にくくなることが懸念されたため、表示スケージングの調整を行い、実際の太陽フレア観測により適ったものへ改良することができた。

4月に入ると、打ち上げウィンドウ中に待機し飛行中に GSE でデータを確認するために使用する部屋へと作業場所を移動し、実際に使用する PC やモニタなどの環境を整えた(図 2)。また、コマンドは隣室のオペレーションルームから送るため、飛行中のコマンドの受け渡し方法等の確認を行なった。

4月7日に、いよいよ打ち上げウィンドウに入った。ウィンドウ期間中は、一日の初めにカウントダウンオペレーションを予行し、その後打ち上げウィンドウ時間の開始と共にカウントダウンが始まり、打ち上げ3分前で停止する。そのまま打ち上げの判断があるのを待つ間、常に軟 X 線カメラに異常がないか確認した。打ち上げウィンドウの8日目である17日、Mクラスフレアの発生により、ついにカウントダウン再開が決定された。飛行中、太陽フレアの構造らしき画像データに安堵する間もなく、カメラに異常はないか、露光パラメタはこのままで良いのか、など確認しているうちに、あっという間に観測時間は終了した。終了後、メンバー皆緊張が解けた様子で、打ち上げを喜び合ったことは忘れられない。

後日、ヘリコプターで観測装置が回収され実験施設に戻ってきた。軟 X 線カメラを PC に有線接続し、カメラ上の SSD に保存された、飛行中にダウンリンクしていないデータを含む全記録データを無事に取り出すことができた。

現地では FOXSI-4 チームだけでなく、同時打ち上げを実施した Hi-C flare チームやフレア予測チームなど、多くの国内外の科学者や技術者と議論を交わすことができた。また同年代の学生とも交流し、大きな刺激となった。この観測ロケット実験に、一つの装置を担当するという大きな役割をもって従事できたことに感謝している。打ち上げオペレーションに参加する機会を与えてくださった早川幸男基金に、深くお礼申し上げます。



図 2. 使用した作業部屋の様子。一番左が筆者で、モニタには GSE 画面が表示されている。