

MUSES-C 搭載蛍光 X 線スペクトロメータの現状と観測計画

X-ray fluorescence spectrometer onboard MUSES-C: current status and observation plan

岡田 達明[1], 白井 慶[2], 山本 幸生[2], 青木 美希[2], 荒井 武彦[2], 赤川 健一[2], 加藤 学[2],
XRS 開発チーム 岡田 達明

Tatsuaki Okada[1], Kei Shirai[1], Yukio Yamamoto[1], Miki Aoki[1], Takehiko Arai[1], Kenichi Akagawa[1], Manabu Kato[1], XRS Team Okada Tatsuaki

[1] 宇宙研・惑星, [2] 宇宙研

[1] ISAS

<http://planetb.sci.isas.ac.jp/~okada/>

小惑星探査機 MUSES-C に搭載する蛍光 X 線スペクトロメータ (XRS) は、近地球型小惑星 1998SF36 の表層物質の主要元素組成をリモート蛍光 X 線分析法によって定量的に決定する。この手法は、太陽 X 線が惑星表面に照射することによって励起される蛍光 X 線を、探査機に搭載した X 線観測装置で測定する。既にアポロ 15、16 号での月面観測、NEAR シューメーカーでの小惑星エロスの観測で実施され、表層物質の主要元素組成を得るのに成功している。今後スマート 1、セレーネ、ベピ・コロombo等の月・惑星探査でも、この手法が実施される。

XRS は、主要元素の蛍光 X 線を相互に分離できる優れたエネルギー分解能を実現するために、X 線天文学で成功を収めた X 線 CCD を検出器に使用する。過去の月・惑星探査では複数台の比例計数管によるマルチバンド観測を行い、それらの差分から各蛍光 X 線の強度を算出した。そのために生じた分析精度の問題点を、X 線 CCD の使用によって解決できる。X 線 CCD の観測データは 1 フレーム当たりのデータ量が膨大なため、機上での適当な処理・解析が必要である。そこでバックグラウンドの除去、X 線イベントの抽出、エネルギー分布の算出の方法を確立し、これらの機能を実行するハードウェア及びソフトウェアを実装した。X 線 CCD の優れた性能を発揮するために、CCD を -40 以下に冷却する必要がある。XRS では熱構造設計の工夫によって、わずかな重量負担で温度条件を達成した。フードを放熱面にし、衛星と断熱構造にすることで、放射冷却のみで -40 以下に保持できる。岩石の主要元素の蛍光 X 線は軟 X 線領域であるが、リモート蛍光 X 線観測では X 線フラックスが微弱であるため、窓材の改良が統計精度の向上に重要である。NEAR シューメーカーで使用された Be 製 25 μ 厚の窓では Mg の蛍光 X 線 (1.25KeV) に対して透過率は約 25% である。そこで超薄 Be 製 5 μ 厚の窓を開発し、Mg の蛍光 X 線に対して 60% 以上の透過率を達成した。過去のリモート蛍光 X 線法では太陽 X 線強度を直接モニタしていたが、太陽 X 線の強度の時間変化やエネルギー分布が数桁に及ぶため、定常モニタが難しい。また、FP 法で蛍光収率を与えて分析する必要があり、潜在的な精度問題があった。XRS ではほぼ全ての主要元素を含む標準試料を搭載する。標準試料に太陽 X 線が照射することによって励起される蛍光 X 線を、小惑星からの蛍光 X 線と同時に観測する。両観測データの比較分析から、元素定量分析の精度を向上させることができる。

XRS は現在、フライトモデルの開発が終了し、単体機能確認試験や単体性能確認試験を実施し、2002 年秋の打ち上げに向けて、システム総合試験において最終機能確認を実施している。単体試験では、先ず XRS の機械環境・熱環境・放射線環境の評価、電気的な機能の評価し、最終的に問題ないことが確認できた。次に XRS の性能評価として、エネルギー分解能の測定、検出器の量子効率や電荷転送効率の測定、感度の温度依存性のデータ取得を実施した。さらに、蛍光 X 線定量分析手法の確立を目指して、任意の元素組成 (岩石組成も含む) をもつ試料の分析を行った。実際の運用シーケンス・プログラムを動作させて、模擬観測実験を行った。

XRS の主な観測目的は、小惑星のスペクトル型と物質の関係を調べ、それらの対応関係を確立することにある。それは、始原天体と隕石とのリンクを明確化するものであり、始原天体探査で最重要な観測項目に挙げられる。XRS の実験結果と、観測を模擬した数値シミュレーションの結果から、小惑星表面物質の主要元素組成の決定精度について検討した。Mg、Al、Si の存在比については、数%の精度で決定できる見込みであり、代表的な隕石種の分類 (H、L コンドライトの区別など) が可能である。また、打ち上げ後には小惑星到着までの間に、X 線天体や宇宙 X 線背景放射を観測することで、機上校正を随時行う方針である。観測計画の詳細についても、報告する予定である。