

月周回衛星 SELENE 搭載蛍光 X 線分光計のソフトウェア制御による機上処理法の開発

Development of software-control method for X-ray spectrometers onboard SELENE

荒井 武彦 [1]; 山本 幸生 [2]; 岡田 達明 [2]; 白石 浩章 [3]; 白井 慶 [4]; 小川 和律 [5]; 加藤 学 [2]; XRS 開発チーム 岡田 達明 [6]

Takehiko Arai[1]; Yukio Yamamoto[2]; Tatsuaki Okada[2]; Hiroaki Shiraishi[3]; Kei Shirai[4]; Kazunori Ogawa[5]; Manabu Kato[2]; Okada Tatsuaki XRS Team[6]

[1] 総研大; [2] 宇宙研; [3] 宇宙機構・科学本部; [4] 宇宙研; [5] 東工大・理工・地球惑星; [6] -

[1] Sokendai; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS/JAXA; [4] ISAS; [5] Dept. of Earth and Planetary Sci., Titech.; [6] -

月周回衛星 SELENE 搭載用蛍光 X 線分光計 (XRS) は月表層の主要元素 Mg, Al, Si, Ca, Ti, Fe を定量的かつグローバルに決定する。月の蛍光 X 線観測は Apollo15, 16 (Adler et al., 1973) によって行われ、月表層 9% の Mg, Al, Si の組成比が求められている。また、現在、SMART-1 の D-CIXS が楕円軌道より月面を観測中である (Grande et al., 2003)。SELENE は月上空 100km の極軌道から 1 年間の観測を行うため、我々の XRS は高い空間分解でローカルな地形を観測でき、かつグローバルな観測も CCD を使用した高エネルギー分解能で行うことができる。さらに XRS は暴露部に月の表層物質を模擬したガラス状の標準試料を搭載し、それを月面と同時に観測して太陽 X 線の変動を補正して分析精度を向上させる。また、太陽 X 線モニタを搭載し、太陽 X 線のスペクトルと活動を直接観測できる。

月面からの蛍光 X 線は太陽 X 線によって励起放出されるため、XRS で観測される X 線イベント数は太陽活動によって変化する。太陽表面の爆発現象であるフレアが起こると、観測される X 線イベント数が増加するため統計的に有意なデータを取得でき、さらに検出できる元素数も増加する。しかし、データ発生量が増加するため、科学的意義を質的に損なわず、かつデータの大量発生を制御する機上処理方法が要求される。

SELENE 搭載 XRS は小惑星探査機「はやぶさ」搭載 NIX-E (Okada et al., 1999) で使用されて実績のあるオンボードコンピュータ SH-OBC (演算速度 60MHz, 外部 15MHz) を搭載する。そのため、機上でのデータリダクションや高速 CPU を活かした機上解析、さらに自律的な運用を行うことができる。本研究では、XRS 搭載コンピュータのソフトウェア制御によるデータ発生量を抑制するための機上リダクション法、および機上解析法、さらに観測カバー領域を最大に保ちつつ、時間分解能を向上させる自律運用法の構築を目的とする。

初めに、観測データを質的に低下させることなくデータ発生量を抑制するために、「はやぶさ」搭載 XRS の観測で使用され実績がある X 線イベントをヒストグラム化する観測モードを構築した。このモードでは「はやぶさ」搭載 XRS 同様、グレード判定法 (Yamamoto, 2001) を使用し、CCD に X 線光子が入射して生成された電子群が 1 ピクセルに収まらずに隣接のピクセルに漏れるスプリットイベントを判定する。そしてスプリットしていないシングルピクセルイベントのみをヒストグラム化してエネルギー分解能を向上させてデータパケット (1 or 2KBytes) を作成する。ヒストグラムの積分時間は、24km 以下の空間分解で観測でき、バスレイト (32kbps) 内でデータバッファ (12Mbytes) を飽和させない 5-16 秒にコマンドで設定できる。

次に、機上解析で元素含有量を求めるため、複数の元素による X 線の透過と吸収を補正 (共存元素効果を補正) する簡易的な標準試料法を構築した。この手法では月面を観測したヒストグラムと標準試料を観測したヒストグラムの Mg, Al, Si のピーク強度比から逆問題を解き、共存元素効果の補正して含有量の誤差を 10% 以下に抑える。

最後に、イベント数を常時監視して、フレアを検知するための自律運用方法を構築した。この方法ではフレアが起こったとき、短時間で統計的に有意なデータを取得するために積分時間を 3-5 秒に減少させて、時間分解能を向上させる。ヒストグラムモードは 5 秒以下の積分観測が続くとパケット発生量がバスレイト割当量を上回るため、データパケットを一時的にバッファに保存してフレアを凌ぐ。

本研究では、データのリダクション方法と解析方法、そして、自律運用方法を構築した。データの質を保ちつつ、ヒストグラム化によってパケット発生量をバスレイト内に減少させ、最大の観測カバー領域を達成することが可能になった。また、機上でデータを解析することによって、パケット発生量をさらに減少させ、SELENE のハイゲインアンテナによる高ビットレイト通信を使用しなくともハウスキーピングデータとして、Mg, Al, Si の含有量を誤差 10% 以下でグローバルに求めることが可能になった。さらに、フレア時において高い時間分解で観測し、空間分解を向上させることが可能になった。本研究で構築した手法を用いれば、データの質を保ったリダクションデータの取得だけでなく、フレア時における有意なデータ取得によってクレータ中央丘や火山地形などの局所域における主要元素組成を決定できることが期待される。