

## 「かぐや」搭載蛍光エックス線分光計 XRS の現状

## Current status of X-ray spectrometer onboard Kaguya(SELENE)

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

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

[1] 宇宙研; [2] 宇宙機構・科学本部; [3] 宇宙研; [4] なし; [5] -

[1] ISAS/JAXA; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS; [4] JAXA; [5] -

<http://planetb.sci.isas.jaxa.jp>

月周回衛星「かぐや」搭載蛍光エックス線分光計 (XRS) の状況について報告する。

「かぐや」は 15 種類の観測項目からなる本格的な月探査を行うために 2007 年 9 月 14 日に H2A ロケットで打ち上げられた。「かぐや」の最重要課題が月の科学の進展、特に月の起源と進化の解明につながる観測データを月全表面にわたって取得することにある。XRS は月表面の主要元素分布を決定する予定であったが、観測装置の不具合と、太陽活動の極弱状態の長期継続による月エックス線放射強度の想定外な弱さにより、予定通りの観測データが得られていない。

蛍光エックス線分光計は大気のない月惑星表層の主要元素組成を遠隔的に調べる定番観測機器の一つで、太陽エックス線が月惑星表面に照射することで励起発光する特性エックス線 (蛍光エックス線と呼ぶ) を観測し、元素組成を調べる。この方法により、アポロ 15, 16 号によって月の赤道域の約 10% で Mg/Si, Al/Si 比が数 10km の空間分解能で決定された。「かぐや」では、主要 3 元素 (Mg, Al, Si) に加えて、太陽フレア発生時には原子番号の大きな主要元素 (Ca, Ti, Fe) まで 20~50km の空間分解能で決定することを目標に XRS が開発された。アポロの比例計数管に比べてエネルギー分解能の 10 倍以上良好な CCD を並べてアレイ化した月エックス線観測用 XRFA、時間変動する太陽エックス線のモニタを行うために組成既知の標準試料を搭載し、月エックス線と同時に標準試料からのエックス線を観測する SOL-BC、および電子回路 XRSE から構成される。CCD の画素に複数のエックス線光子が同時に入る確率は低く、電荷の値がエックス線光子のエネルギーに比例する。

XRFA による月面からのエックス線観測に不具合が発見された。検出されたエックス線のイベントが CCD の 1 画素に収まらず、垂直転送方向に非常に多画素にわたって流れる現象「縦流れ」が生じた。XRS は較正用線源を搭載していない。月エックス線の輝線を利用して行う方針だったためであるが、想定外な太陽活動静穏状態のため月エックス線が微弱のため、これが結果的に評価自体を困難にした。コマンド可変である CCD 駆動電圧の変更、読み出し周期変更による変化、縦ピンニングの有無による縦流れ長さの変化、温度による違いなどから判断して、CCD 内の電荷伝送領域における伝送効率劣化が原因であることを確認した。その状態は電荷伝送領域の放射線損傷に伴う格子欠陥が考えられる。「かぐや」が地球を 2 周回半まわって月に向かう軌道で通過するバンアレン帯で、1MeV 以下の陽子の過剰照射が原因と考えられる。確認のため、筑波宇宙センター内にある陽子線照射設備を用いて 0.3MeV 陽子照射試験を同型の予備 CCD に対して実施した。その結果、予測照射量 ( $3 \times 10^8$  [count/cm<sup>2</sup>]) で「縦流れ」が顕著に発生することが確認された。

今後、同様な探査計画を行う際には、1) 開閉蓋等によるバンアレン帯通過時の放射線対策、2) 機上単体で較正可能な線源等の搭載、3) 耐性のより高いセンサ (最近性能の向上した裏面照射型 CCD の使用) などが必要である。

XRS は伝送効率の劣化はあるものの、月エックス線の検出はできた。また、ペルチェ冷却によって CCD を -90 付近まで低下させることで、熱雑音の低減と縦流れ発生頻度を抑制できる。この条件での観測を継続しているが、太陽活動静穏により 2009 年 2 月時点では得られていない。太陽モニタでは正常に観測できているが、日陰でもエックス線を観測している。太陽エックス線以外にも、荷電粒子の衝突によるエックス線励起が十分強いことを意味する。磁気圏があり荷電粒子加速のある水星の夜側、木星系衛星などでもエックス線観測ができる可能性を示す結果である。また、太陽エックス線モニタの結果は、同時期に月周回するインドの Chandrayaan-1 の蛍光エックス線観測 (C1XS) との相互較正に利用できる有用なデータとなる。現在、国際協働チームとして検討を進めている。