

SELENE 搭載蛍光 X 線分光計による月面詳細元素分布の探査

Advanced Lunar Elemental Mapping by XRS onboard SELENE

岡田 達明 [1]; 白井 慶 [2]; 山本 幸生 [1]; 荒井 武彦 [3]; 小川 和律 [4]; 白石 浩章 [5]; 丸山 陽子 [6]; 井上 達年 [7]; 井上 朋香 [8]; 荒川 政彦 [9]; 加藤 学 [1]; XRS 開発チーム 岡田 達明 [10]

Tatsuaki Okada[1]; Kei Shirai[2]; Yukio Yamamoto[1]; Takehiko Arai[3]; Kazunori Ogawa[4]; Hiroaki Shiraishi[5]; Yoko Maruyama[6]; Tatsutoshi Inoue[7]; Tomoka Inoue[8]; Masahiko Arakawa[9]; Manabu Kato[1]; Okada Tatsuaki XRS Team[10]

[1] 宇宙研; [2] 宇宙研; [3] 総研大; [4] 東工大・理工・地球惑星; [5] 宇宙機構・科学本部; [6] 東大・理・地球惑星; [7] 東大・理・地球惑星; [8] 東大理 地球惑星; [9] 名大・環境; [10] -

[1] ISAS/JAXA; [2] ISAS; [3] Sokendai; [4] Dept. of Earth and Planetary Sci., Titech.; [5] ISAS/JAXA; [6] Earth and Planetary Sci. Tokyo Univ; [7] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [8] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [9] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.; [10] -

1. はじめに

2007年打ち上げ予定の日本の月探査機 SELENE には蛍光 X 線分光計 XRS が搭載され、月面のほぼ全域の主要元素分布を探査する。過去の月面リモート蛍光 X 線探査では、1971-72年の Apollo 15&16 の赤道域の9%の空間分解能数 10km の Mg/Si と Al/Si が求められた。1994年の Clementine はマルチバンドカメラ (UVVIS) の結果を巧く評価して FeO、TiO₂ だけでなく、Mg や Al の存在度を出す努力を続けている。1999年の Lunar Prospector のガンマ線観測では、ほぼ全元素についての分布図を作成しているが、放射線元素以外は精度、空間分解能はいずれも不十分である。2005年に観測を開始した SMART-1 は現在、月を周回しており、フレア発生時に多数元素 (Mg、Al、Si、Ca、Ti、Fe) の蛍光 X 線ピークを得ることで、数地点の元素分布を得るといった画期的な成果を出しつつある。

SELENE では、XRS およびガンマ線分光計 (GRS) によって、これまでに得られた化学組成研究を進展させるために、詳細な元素マップの構築を目指す。XRS では CCD を搭載し、センサのエネルギー分解能や有効面積、空間分解能について他を大きく凌いでいる。

2. 科学目標

XRS の科学目標は、表層の主要元素の定量分析を行い、さらにその月面上における分布を空間分解能 20km 以下で調べることである。月面における元素分布、特に Mg/Si、Al/Si という最も基本的な元素比でさえ、分析精度や空間分解能、カバーする観測領域において満足なものはない。

SELENE では、これを実現することで以下の科学を可能にする。(1) 高地や海の微小スケールでの分布を調べること、地殻の形成、進化の方式を理解する。(2) クレータの構造、すなわち中央丘、フロア、リム、エジェクタの構成元素組成を独立に調査することにより、表層だけでなく地下深部物質の情報を得る。また多数のクレータを調査することによって地下構造の分布を知る。(3) 火山地形や、溶岩流の元素組成の特徴とその分布によって、火山活動の特徴やその根源であるマグマ溜まりの特徴を理解する。

また、XRS の観測データは GRS や LISM の表層物質データ、LRS の地下構造データなどを組み合わせて、月地殻の形成・進化過程の理解に貢献する。

3. 観測機器

XRS は月面を観測する XRF-A、太陽 X 線を直接観測する SOL-B、標準試料によって太陽による蛍光 X 線励起過程を較正する SOL-C の 3 系統のセンサ系から構成される。XRF-A と SOL-C は X 線用 CCD を搭載し、SOL-B は Si-PIN ダイオードを搭載する。取得したデータは機上解析によって、必要な X 線入射イベントや、さらに X 線イベントの波高値をまとめたヒストグラムを効率よく抽出する。一部は FPGA 処理によって行い、さらに CPU によるソフトウェア処理を行うことで効率を上げる。なお、太陽 X 線変動に伴うフラックスの数値に及ぶ変動に対応するための機上処理方法も新規に提案しており、Arai 他で紹介する。

4. 解析方法

XRS では、太陽 X 線を SOL-B で直接計測する。短時間でのレスポンスは SOL-B によって得ることができる。一方、SOL-C は「はやぶさ」で初めて導入された標準試料搭載による蛍光 X 線その場較正を行うことで、比較分析によって定量分析の精度を向上させる。また、SELENE は月面を周回するため、同じ場所を複数回通過する。計数を十分に得ることができれば、実効的な空間分解能をさらに向上させることも可能である。その解析手法は一般的な方法があるものの、今後の開発・改良すべき課題である。

さらに、SELENE では XRF-A は月面直下を指向するが、太陽 X 線の入射角は変動する。その場合、月面レゴリスに斜め入射によって蛍光 X 線発生強度が影響を受けるため、その補正項のデータベース化が必要である。その研究は先行研究 (Kuwada 他, 1997) があるものの、より月面に適した物質と角度条件で評価する (Maruyama 他, 本学会)。

5. 開発の現状

現在、XRS はフライトモデルの機能・性能評価のための単体試験をほぼ終了した。今後は衛星に組み付けて、衛星システムとの試験を実施し、フライトを待つ。地上データ処理システムの構築と改良が今後の重要な課題のひとつである。また、SMART-1 や、計画されている中国やインドの月ミッションの X 線観測データと相互比較し、より優れた元素分布図を作成することが重要な目標である。