

SELENE 搭載蛍光 X 線分光計による月元素組成探査

Global Mapping of Lunar Elemental Composition by XRS onboard SELENE

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

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

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

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

1. はじめに

月惑星の科学にとって、主要元素組成は最も基本的な観測項目の一つである。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号による赤道域の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) の結果から 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。SMART-1 は2005年より2年弱にわたって月を周回し、フレア発生時に多数元素 (Mg、Al、Si、Ca、Ti、Fe) の蛍光 X 線ピークを得たが、数地点の元素組成探査にとどまっている。

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発展させるために、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。一方、インドの Chandrayaan-1 でも高性能な CIXS が搭載され、共同で探査を進める予定である。

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。過去の月面上における元素分布は、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。

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. 現状

SELENE は最終電気試験を終了し、全ての試験を完了した。打ち上げに向けて準備中である。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、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。