

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 21 日現在

機関番号：21602

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23740342

研究課題名（和文） 探査機かぐや/SP スペクトルから鉱物情報を抽出・可視化した新しいデータの作成

研究課題名（英文） Visualization of the data from Spectral Profiler onboard Kaguya to retrieve the mineral information of the lunar surface

## 研究代表者

小川 佳子 (OGAWA YOSHIKO)

会津大学・先端情報科学研究センター・宇宙情報科学クラスター・准教授

研究者番号：90372656

研究成果の概要（和文）：日本の月探査衛星「かぐや」に搭載されたスペクトルプロファイラ(SP)が取得した可視-近赤外連続分光データを用いて、スペクトルデータ解析を行うための、アルゴリズム開発を行った。SP データから月面に分布する鉱物の情報を取り出すために必要な、スペクトル吸収帯の特徴量を自動で抽出するアルゴリズム及びそれを利用した自動処理プログラムの開発を行った。月全球で7千万点に及ぶ観測点に対し自動処理・解析することが可能となった。

研究成果の概要（英文）：I developed a new algorithm for analyzing the spectral data from Spectral Profiler (SP) onboard the Japanese lunar satellite Kaguya. The SP data covers the wavelengths of visible-near infrared and provide the valuable information about the mineral distribution on the Moon. To retrieve the mineral information from the SP data, we need to detect and quantify the features of absorption band of the observed spectra. By using my optimized algorithm, we can automatically analyze all the SP data covering the whole Moon which amounts to about 70 million points of observation.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	240,000	720,000	3,120,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体惑星探査

キーワード：月、可視-近赤外スペクトル、観測、鉱物

## 1. 研究開始当初の背景

日本の月探査衛星「かぐや」は、サイエンス誌の特集号(Haruyama et al., 2009 等)に見られる通り、広汎で多様なデータセットを取得した。特にスペクトルプロファイラ(SP)は、これまで提供されていなかった詳細な鉱物情報を取り出せる貴重なデータを世界で初めて取得した。しかし、これまで公開されてきた SP データはそのままでは

扱い難く、月惑星研究者にほとんど使用されてこなかった。

SP データの扱い難さは、主に以下の点にある。(i)バイナリとテキスト(ヘッダ)が混在した PDS(Planetary Data System)フォーマットで提供されており、利用者は自力でデータを読み込み、取り出すことが求められる；(ii)スペクトルのデータと機器の健康状態をモニタリングしたデータがセットになっ

ているため、利用者はさらに自力でスペクトルデータを取り出すことが求められる；(iii)スペクトルデータから鉱物情報を取り出すために、スペクトルを分解(de-convolution)して吸収線の特徴を取り出す作業が必要だが、その手続きには鉱物リモセン分野の専門知識を用いたチューニングが必要となる；(iv)スペクトルの観測地点を知るためには同時観測画像上で確認することが必要だが、利用者は自力で検索することが強いられている。

応募者は、これまで SP データの較正・解析を行ってきた知識と経験に基づいて、(i)-(iv)に必要なプログラミングを全て行い、SP データを解析に適した形に処理したデータセット(以後、「利用しやすいデータ」と呼ぶ)を作成し、日本の月惑星科学研究コミュニティに提供する。SP データを解析したい研究者を実利面で積極的にサポートしたいと考えている。SP データを利用したかぐやの科学成果の量産に貢献したい。

## 2. 研究の目的

本研究は、SP データの利用を促進するため、SP データを解析し易いように処理するアルゴリズム及びシステムを開発し、それを用いて、科学コミュニティにデータを提供することを目的とする。また、一般の人々に視覚的にわかり易い形に加工して提供することも目指す。SP データを利用したかぐやの科学成果の量産に貢献し、月惑星探査データ、特に連続分光データの利用の裾野を広げ、今後の日本の探査計画の支援と推進につなげることを目指す。

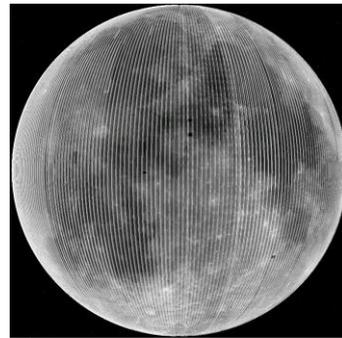
日本では世界有数の隕石データベースに基づく物質分析学的研究が盛んである。特に月サンプル、月隕石分析研究分野は世界をリードし続けて来た。一方、今回の「かぐや」探査機の成功により我々は世界第一級かつ唯一の広汎なデータセットを取得している。両者を組み合わせれば月物質科学について、日本独自のフロンティア研究が可能となる。日本自前の最高質の探査データ群の解析に日本の各研究グループが連携して本格的に取り組む基盤作りの一端となることを目指す。月・地球の起源・進化の総理解に結びつけていくための、礎となる研究にした。

データの真価は、多くのユーザに共有され使われてこそ発揮されるものである。特に、SP データが持つ様々な鉱物情報に関して、多方面からの解析・議論がなされてこそ月物質科学の発展につながり、月探査の大きな意義が生まれる。探査データの利用促進を、「利用しやすい」データの提供によ

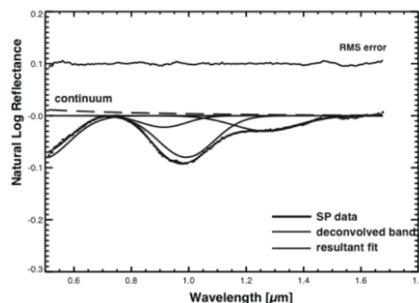
って実行し、解析者の直接的な実利に貢献したい。

## 3. 研究の方法

SP データを「利用しやすいデータ」にするためには、SP データの性質ごとにアルゴリズムが必要である。また膨大な全 SP データを処理するためには、全プロセスの自動化が必要だが、データの性質を見極め適切なアルゴリズムを選択する知識ベースが必要になる。処理手順としては、まず、観測時期・周回毎に分けて処理段階を区切り、Modified Gaussian Model(Sunshine et al., 1990)を用いた自動処理を行う。各周回は約 1 万点の観測点を含んでおり、出力データとして抽出される約  $10^7$  スペクトル分の特徴量を、観測地点の位置情報(緯度、経度)と共に保存する。そして空間解像度を調整の上、各特徴量毎に google moon 上に表示し可視化する。さらに SP 連続スペクトルから推定される鉱物マップの公開を試みる。



(上図) Google moon 上に1ヶ月分のSP測点を表示したもの。同経度方向に多数延びる白い縦筋がSP測線。SPは500m間隔でスペクトル観測を行った。全SPデータはこの約40倍の測点数( $10^7$ )。月の表半球側を示す。

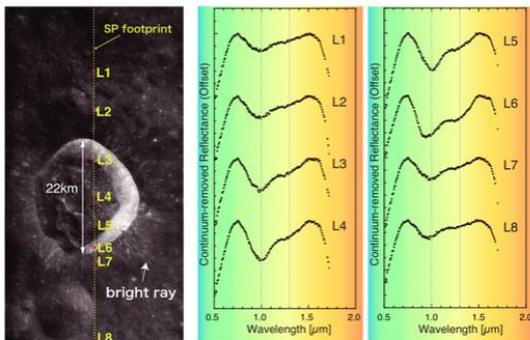


(上図) MGMを用いたSPスペクトルの分解例。

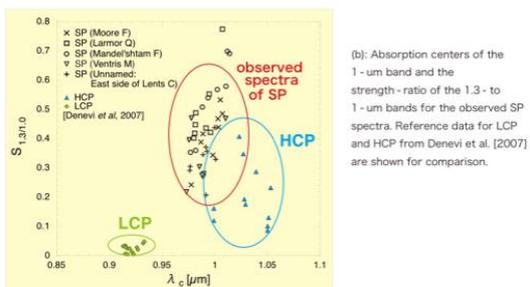
## 4. 研究成果

月探査機かぐや搭載のスペクトルプロファイラ(SP)によって観測された可視-近赤外連続分光データからスペクトル特徴量を自

動で抽出するアルゴリズム及びそれを利用した自動処理プログラムの開発を行った。SP データ毎に適切なアルゴリズムを選択させて全 SP データを処理するプロセスの自動化と実行に取り組んだ。月全球で7千万点に及ぶ観測点に対し自動処理・解析することが可能となった。得られたスペクトル吸収帯の特徴量からは月面に分布する鉱物の情報を得ることができる。処理結果の可視化として、SP スペクトル から抽出された鉱物吸収帯の各特徴量(吸収中心波長や吸収深度など)に位置情報を付加したスペクトル画像を部分的に作成した。今後全量を処理する予定である。一方、広く一般の人々にも月面連続スペクトルデータがもつ情報を視覚的にわかり易い形で伝えていくため、可視-近赤外連続分光データの解析結果を、月面对応画像と共に、ウェブ GIS システム上で表示し、公開するための、サーバの準備とシステム構築までを完了した。



(a): SP spectra with context images around Larmor Q crater, the spectral shapes show no variation and seem to have a constant  $\pm 1.3/1.0$ . The tick intervals on the vertical axes are 0.02. The contrast of context images is adjusted for viewing.



(上図) 開発したSPスペクトル自動分解アルゴリズムを用いて、月の高地地域にある、明るいレイをもつ(bright ray)クレーターで観測された連続反射(SP)スペクトルを解析した例。Ogawa et al., 2011(下記5.主な発表論文等の[雑誌論文](1)参照)より。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

(1) Ogawa, Y., T. Matsunaga, R. Nakamura, K. Saiki, M. Ohtake, T. Hiroi, H. Takeda, T. Arai, Y. Yokota, S. Yamamoto, N. Hirata, T. Sugihara, S. Sasaki, J. Haruyama, T. Morota, C. Honda, H. Demura, K. Kitazato, J. Terazono, N. Asada, The widespread occurrence of high-calcium pyroxene in bright-ray craters on the Moon and implications for lunar-crust composition, *Geophysical Research Letters*, 査読有, Volume 38, Issue 17, 2011, DOI: 10.1029/2011GL048569.

[学会発表] (計4件)

(1) 久保田大輝、小川佳子(発表者)、松永恒雄、横田康弘、山本聡、中村良介、かぐや/スペクトルプロファイラに焦点を当てたLISMデータプロダクトのビューワ作成、日本地球惑星科学連合2013年大会、2013年5月23日、幕張メッセ。

(2) Ogawa, Y., J. Haruyama, T. Matsunaga, R. Nakamura, T. Morota, T. Hiroi, Y. Yokota, S. Yamamoto, S. Sasaki, M. Ohtake, C. Honda, H. Demura, Spectral analysis of lunar swirls using the data from Spectral Profiler onboard SELENE/Kaguya, American Geophysical Union, Fall Meeting 2012, 7 December, 2012, San Francisco, USA.

(3) 小川佳子、春山純一、松永恒雄、中村良介、廣井孝弘、横田康弘、山本聡、大竹真紀子、寺菌淳也、林祐樹、佐々木晶、月面swirl地域の分光解析と特徴量マップの作成～月探査機かぐや/SPスペクトルから鉱物情報を抽出・可視化した新しいデータの作成に向けて～、2012年日本惑星科学会秋季講演会、2012年10月24日、神戸大学統合研究拠点コンベンションホール。

(4) Ogawa, Y., J. Haruyama, T. Matsunaga, R. Nakamura, T. Morota, T. Hiroi, Y. Yokota, S. Yamamoto, S. Sasaki, M. Ohtake, C. Honda, H. Demura, J. Terazono, Spectral analysis of Reiner Gamma on the Moon using the data from Spectral Profiler onboard SELENE/Kaguya, EPSC-DPS Joint Meeting 2011, 6 October 2011, Nantes, France.

[その他]

ホームページ等

会津大学研究活動紹介

<https://www.u-aizu.ac.jp/research/caist/arc-space/kaguya-sp.html>

かぐや画像ギャラリーへの記事掲載  
[http://wms1.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene\\_viewer/jpn/observation\\_mission/sp/sp\\_007.html](http://wms1.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene_viewer/jpn/observation_mission/sp/sp_007.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小川 佳子 (Ogawa Yoshiko)  
会津大学・先端情報科学研究センター  
・宇宙情報科学クラスター・准教授  
研究者番号：90372656