

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26287107

研究課題名(和文)月の地質進化史全容解明に向けた全球地質図の作成

研究課題名(英文)Derivation of a new lunar geologic map for understanding lunar evolution

研究代表者

大竹 真紀子(OHTAKE, Makiko)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・助教

研究者番号：30373442

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：従来の月の全球地質図は月の地質進化の解明に大きく貢献してきたが、これには我々の研究グループが近年発見してきた重要な岩石種の情報に含まれておらず、不十分である。本課題は、月周回衛星「かぐや」が取得した地形、鉱物などのデータを用いて新しい月全球地質図作成を行い、これを基に月の進化過程を探ることを目的とする。研究成果として、従来型の手動での解析によらず、より客観的な解析手法を用いて地質区分図を作成し、地質的解釈を加えた上で地質図を作成した。またこれを元に、従来の推定よりも多量の玄武岩組成の岩石が月表層より地下に存在している可能性を明らかにした。本成果について論文を投稿し、査読結果を受け修正中である。

研究成果の概要(英文)：The current lunar global geological map was generated in 1980's. It has been used widely and contributed greatly to the lunar science. The goal of this study is to generate new global lunar geological map, which includes new rock types we found from recent lunar exploration data, and to understand the lunar evolution history based on that. Firstly, we generated a geological unit map based on the SELENE (Kaguya) Spectral Profiler data by applying mathematical analyses method. Then, we evaluated and gave geologic interpretations to the units and generated the global lunar geologic map. And from the map, we found that total surface area of the old mare hidden under the surface layer (or crustal intrusion of basaltic composition) is significantly (max. 2 times) higher than the previous estimation. This finding is very important to understand volcanic history of the Moon. We submitted a paper discussing our results and it is currently under the revision.

研究分野：月惑星科学

キーワード：月の進化 地質図 かぐや 数値解析的手法

1. 研究開始当初の背景

近年の月探査の成功を基に、我々の研究グループでは、世界に先駆けて月進化過程理解の鍵となる岩石種を複数発見しており、これらの発見は従来のマグマオーシャン固化過程仮説に疑問を呈する情報となっている。これら新しい情報を基とした地殻形成過程の正しい理解のためには、月の初期地殻組成の正確な把握が必須だが、月の地殻は形成以降の40数億年の間に隕石衝突による岩石攪拌など組成変化を受けているため、初期地殻組成の把握には地質図を基に地殻形成以降の組成変化を発生順序とは逆に戻して初期状態を復元する必要がある。従来の月の全球地質図は月の地質進化の解明に大きく貢献してきたが、これには我々の研究グループがこれまでに研究・報告してきた、新しく、かつ月の進化過程の理解の上で重要な岩石種の情報は含まれておらず、不十分である。

2. 研究の目的

本課題は、月の地質進化史全容解明に向けて月周回衛星「かぐや」が取得した地形、鉱物、元素組成などのデータを用い、近年報告されている新しい岩石種の分布を含めた月全球地質図作成を行い、この地質図を基に月の初期地殻組成を復元する。さらに復元した地殻組成から月の初期進化過程に関する知見を得る。

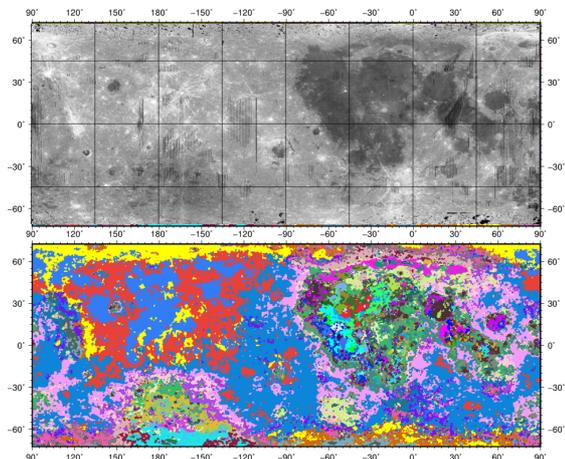
3. 研究の方法

日本が打ち上げた月周回衛星「かぐや」で取得した可視～近赤外波長域の分光データを用い、これまでのような手動での解析によらず、より客観的で再現・定量的な評価が可能となる数値的解析手法を用いて地質区分図を作成する。次にそれぞれの区分に対し、これまでの月試料分析やリモートセンシングデータから得られている知見をもとに、地質的な解釈を加えることで地質図を作成する。最終的には作成した月全球の地質図から月形成初期の地殻組成を推定し、地殻形成過程の理解につなげる。

4. 研究成果

「かぐや」で取得した分光データを用い、月全球の地質区分図(全部で約60種の分類)を作成し、それぞれの区分に対して地質的な解釈を加えた地質図を作成した(図参照;ただし図は解析途中の一例)。また作成した地質図を基に、従来、既存のリモートセンシングデータから手動による解析を行うことにより推定されてきたよりも多量の玄武岩組成の岩石が月表層より内側に、埋もれた形で存在している(一旦表面に噴出したが他のイジェクタ等の堆積により埋没したか、または地殻中に貫入岩として存在している可能性がある)ことを明らかにした。今回推定された玄武岩組成の分布域の面積は、最大で従来の2倍もの表面積に相当する。これらの起

源が表層に噴出した溶岩である場合も、貫入岩である場合のいずれにしても、この事実は、月の火成活動の程度が従来よりも高かった可能性を示唆しており、ひいては月の熱的進化過程を理解する上で非常に重要な情報である。なおこれら成果については査読付き国際誌に投稿論文を執筆・投稿済み(査読結果が昨年度末に戻り、現在原稿を修正中)。



上) 月全球の反射率 (750 nm バンド)  
下) 自動分類手法による月全球地質区分図(解析例であり、最終の区分図とは異なる) 上下とも、左半分が月の裏側、右半分が表側に対応する。表側の反射率の低い領域(海)と裏側の反射率の高い領域(高地)が分類されており、さらにそれぞれがより細かく分類されていることがわかる。どこまで細かい区分分けが地質的な意味を持つのか、従来の知見と合わせて評価を行い、最終的な月全球地質図を作成した。

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) (査読を受け修正中)

- ① Global classification of lunar reflectance spectra obtained by Kaguya (SELENE); Implication for hidden basaltic materials  
Makoto Hareyama, Yoshiaki Ishihara, Hirohide Demura, Naru Hirata, Chikatoshi Honda, Shunichi Kamata, Yuzuru Karouji, Jun Kimura, Tomokatsu Morota, Hiroshi Nagaoka, Ryouyuke Nakamura, Satoru Yamamoto, Yasuhiro Yokota, Makiko Ohtake (submitted to Icarus, under revise)

[学会発表] (計 10 件)

- ① 月反射吸収スペクトルの全球分類地図と月地殻形成に関する考察  
晴山 慎, 石原 吉明, 出村 裕英, 平田 成, 本田 親寿, 鎌田 俊一, 唐牛 謙, 木村 淳, 諸田 智克, 長岡 央, 中村 良介, 山本 聡, 横田 康弘, 大竹 真紀子 (JPGU, 2017)
- ② Global Classification Map of Absorption Spectrum of Lunar Reflectance Observed by Spectral Profiler/Kaguya

Hareyama, M.; Ishihara, Y.; Demura, H.; Hirata, N.; Honda, C.; Kamata, S.; Karouji, Y.; Kimura, J.; Morota, T.; Nagaoka, H.; M. Ohtake (Lunar and Planetary Science Conference, 2017)

- ③ Highland Crust of the Orientale Basin Region Based on Unsupervised Classification of Absorption Spectra of the Moon  
Yoshiaki Ishihara, Makoto Hareyama, Chikatoshi Honda, Naru Hirata, Tomokatsu Morota, Makiko Ohtake (Lunar and Planetary Science Conference, 2017)
- ④ Lunar global geologic features based on a global reflectance spectral characteristics map using SELENE SP spectral cube data  
Ishihara, Y.; Hareyama, M.; Ohtake, M.; Honda, C.; Hirata, N.; Morota, T.; Kamata, S. (American Geophysical Union, Fall General Assembly 2016)
- ⑤ Unsupervised Classification of Lunar Surface Spectrum obtained by Kaguya (SELENE) Spectral Profiler  
Makoto Hareyama, Yoshiaki Ishihara, Makiko Ohtake, Chikatoshi Honda, Tomokatsu Morota (Lunar and Planetary Science Conference, 2016)
- ⑥ かぐや分光データの自自動分類に基づく月地質図の作成,  
晴山 慎、石原 吉明、大竹 真紀子、唐牛 譲、小林 直樹、本田 親寿、平田 成、諸田 智克、鎌田 俊一 (JPGU, 2016)
- ⑦ かぐや分光データの自動分類に基づく月全球分光特徴量マップで見えてきた大規模地質の特徴  
石原吉明・晴山慎・大竹真紀子・本田親寿・平田 成・諸田智克, Lunar Geologic Map W.G. of Japan (惑星科学会秋季講演会, 2016)
- ⑧ 月表面反射スペクトルの教師なし分類と月地質(1)  
石原吉明; 晴山慎; 大竹真紀子 (JPGU, 2015)
- ⑨ 月表面反射スペクトルの教師なし分類と月地質(2)  
晴山慎; 石原吉明; 大竹真紀子 (JPGU, 2015)
- ⑩ Unsupervised Classification of the Moon's Surface Spectral Characteristics based on SELENE

Multiband Imager Data.  
Yoshiaki Ishihara, Makoto Hareyama, Makiko Ohtake (Lunar and Planetary Science Conference, 2015)

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大竹 真紀子 (OHTAKE, Makiko)  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構・  
宇宙科学研究所・助教  
研究者番号：30373442

### (2) 研究分担者

諸田 智克 (MOROTA, Tomokatsu)  
名古屋大学・大学院環境学研究科・助教  
研究者番号：30415898

本田 親寿 (HONDA, Chikatoshi)  
会津大学・先端情報科学研究センター・准教授  
研究者番号：40435805

### (3) 連携研究者

木村 淳 (KIMURA, Jun)  
大阪大学・理学研究科・助教  
研究者番号：00536138

小林 直樹 (KOBAYASHI, Naoki)  
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・  
宇宙科学研究所・助教  
研究者番号：30272660  
(平成26年度まで連携研究者として参画)

唐牛 譲 (KAROUGI, Yuzuru)  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機  
構・宇宙探査イノベーションハブ・研究開発  
員  
研究者番号：00454108

晴山 慎 (HAREYAMA, Makoto)  
聖マリアンナ医科大学・医学部・助教  
研究者番号：60327286

平田 成 (HIRATA, Naru)  
会津大学・コンピュータ理工学部・准教授  
研究者番号：80372655

石原 吉明 (ISHIHARA, Yoshiaki)  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機  
構・宇宙科学研究所・研究開発員  
研究者番号：80400232

長岡 央 (NAGAOKA, Hiroshi)  
早稲田大学・理工学術院・次席研究員  
研究者番号：10707805

鎌田 俊一 (KAMATA, Shunishi)  
北海道大学・理学(系)研究科(研究院)・  
特任助教 研究者番号：40723474

(4)研究協力者

( )