

固体天体表面の可視・近赤外反射スペクトルを用いた宇宙風化度、鉱物・化学組成、および鉱物混合比解析法

A model for estimating mineral and chemical compositions and the degree of space weathering through VIS-NIR spectroscopy

二村 徳宏 [1]; 廣井 孝弘 [2]; Pieters Carle M.[2]

Tokuhiro Nimura[1]; Takahiro Hiroi[2]; Carle M. Pieters[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] ブラウン大・地質

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [2] Geological Sci., Brown Univ

リモートセンシングによる可視・近赤外波長域反射スペクトルの調査は、惑星表面物質の鉱物・化学組成を理解するために必須の方法である。しかしながら、この解析には、以下の2つの問題がある。(1) 宇宙風化作用(大気がない固体天体表面に宇宙線、太陽風、および(微小)隕石が衝突することにより生じる効果の総称)によって、スペクトルに暗化・赤化・吸収帯の弱体化が生じる(e.g., Pieters *et al.*, 1993) ために、鉱物の吸収帯解析を困難にしている。(2) 岩石中に含まれるさまざまな種類の鉱物に起因する複数の吸収帯が近接して複合吸収帯を形成しているために、複合吸収帯を各鉱物の吸収帯に分離する必要がある。本発表では、この2つの問題を解決するモデルを紹介する。

はじめに宇宙風化モデルについて記述する。宇宙風化作用の生成物の一つは、レゴリス粒子表面に形成されるナノメートルオーダーの鉄微粒子($npFe^0$)を含んだコーティング層である。これは、月試料のコーティング層のTEM画像からも確認された(e.g., Keller and McKay, 1993, 1997; Wentworth *et al.*, 1999)。Sasaki *et al.* (2001) はレーザー照射シミュレーション実験で $npFe^0$ を含むコーティング層の生成に成功した。Hapke (2001) は、 $npFe^0$ を含む物質の光学特性についての理論的なモデルを提唱した。本研究では、Hapke (2001) によるモデルの改良を行った。具体的には、Hapke (2001) の宇宙風化モデルをコーティング層に適用して、コーティング層の境界反射率を考慮した。そして、Hapke (1993) および Hiroi and Pieters (1994) をもとに、粒子全体の反射を求め、レゴリス全体の反射を考えた。本モデルは、非常に現実的であり、かつ簡単なモデルである。また、このモデルを用いることにより、コーティング層の厚さを指標にした宇宙風化度を求めることを可能にした。

次に、複合吸収帯を各鉱物の吸収帯に分離する方法を記述する。鉱物の吸収帯解析方法として、修正ガウス関数モデル(MGM) (Sunshine *et al.*, 1990) がある。修正ガウス関数モデルは、反射スペクトルを自然対数で表示して、鉱物吸収帯をコンティニウムといわれる関数、および複数のガウス関数でフィッティングをすることにより、鉱物の吸収帯を解析する方法である。しかし、複合吸収帯を形成しているために単に複数のガウス関数でフィッティングをすることによって解析することが困難である。よって、本研究では、単に複数のガウス関数でフィッティングをするのではなく、鉱物の吸収帯の特徴をMGMに組み込んだ。カンラン石を例にすると、カンラン石は1 μ m付近に3つの吸収帯が存在する。この吸収帯の中心波長、幅、および強度比がFe/Mg比に対して関係があるという特徴をMGMに組み込んだ。これにより、かんらん石の3つの吸収帯を表現する9(3 \times 3)つの変数を、2つの変数(Fe/Mg比および一つの吸収帯強度)にすることに成功した。このように各鉱物について、鉱物の吸収帯の特徴を明らかにして、MGMに組み込んだ。このモデルは、鉱物混合比も考慮している(鉱物混合モデル)。本研究では、RELAB (Pieters 1983) によるスペクトルデータ(e.g., Sunshine *et al.*, 1998; Klima *et al.*, 2007) を Hapke (1993) および Hiroi and Pieters (1994) をもとに吸収能に変換してMGMを適用した。

この研究により、鉱物混合物の複合吸収帯から各鉱物の吸収帯に分離することに成功した。そして、各鉱物のFe/Mg比を明らかにすることを可能にした。以上のモデルを用いることにより、固体天体表面物質の可視・近赤外反射スペクトルデータから、宇宙風化モデルより宇宙風化度、および宇宙風化作用を受ける前の物質の吸収能を求めることができる。そして、鉱物の吸収帯の特徴を組み込んだ修正ガウス関数モデル、および鉱物混合モデルにより、鉱物・化学組成、および鉱物混合比を明らかにすることができる。本モデルは将来、月探査衛星かぐやに搭載されたSpectral Profiler (SP) および Chandrayaan-1 に搭載された Moon Mineralogy Mapper (M³) 等の広い波長域および高い波長分解能のスペクトルデータを解析する際に用いられることが期待できる。