月面におけるクレーターの光条物質の消失時間について

本田親寿（会津大学）

背景と目的

月面に形成された直後の新鮮なクレーターは月面表層下の宇宙風化作用を受けていない物質を放出して、リム周辺に光条と呼ばれる明るい放射状の特徴的な模様を示す。この宇宙風化を受けていない新鮮な物質からなる光条は、時間の経過と共に宇宙風化作用などを受けるため次第に暗くなり、基本的に最終的にはクレーター周辺の物質と見分けが付かなくなる。クレーターの光条が消失していく原因は宇宙風化作用の他に、微小隕石の衝突によって起こる光条物質とその下に存在する宇宙風化を受けた地層との攪拌も考えられてきたが、どちらの作用が大きいのか解明されていない（*Wilhelms*, 1987）。

クレーターの光条が消失する時間スケールは従来から約 10 億年とされていた。例えば、*Wilhelms* (1987) によると 11 億年、最近の研究である Werner and Medvedev (2010) によると 7.5 億年と報告されている。クレーターの光条が消失する時間スケールは月面上の場所（地質）に依存せず一定であることが仮定されて、光条を持つクレーターやそれに付随する地質は Copernican と判断されて月面地質図が作成されてきた（*Wilhelms*, 1987）。

本研究では宇宙風化は月面の地質に依存して作用効率が異なると想定して、月面の FeO 量に着目した解析を目指した。宇宙風化作用の主な原因の一つとして、宇宙線や太陽風などにより鉱物結晶中の鉄が還元されてレゴリスなどの表面に付着することによってスペクトルの形状を変化されることが報告されている（*Sasaki et al*., 2001）。つまり、月面に FeO 量が少ない高地と FeO を 20 wt.%近く含む海では宇宙風化作用の進み具合が異なると考え、高地と海という地質特徴に着目してそれぞれの地質を示す場所で光条消失時間スケールを調べた。

方法

手法の概要は、それぞれの計測対象地域で光条を持つクレーターを集め、それらのクレーターだけでクレーターサイズ頻度分布を導出し、クレーター年代学の手法を用いて光条の継続時間を調べる。光条を持つクレーターは形成してからの経過時間がそれ以外のクレーターに比べて短いため、地形緩和が比較的進んでおらずいわゆる新鮮なボール状の形状を持つ。この形態的な特徴を手がかりにして形状の新鮮なクレーターを集める。集めたクレーターのリムからクレーターの直径の 5 倍の距離までリムからの距離の関数として OMAT 値（レゴリスの宇宙風化度合いを表す光学的指標；*Lucey et al*., 2000）を調べる。*Grier* (2001) によると宇宙風化度合いが変化しなくなる OMAT 値は 0.09 ~ 0.12 と報告されているが、本研究では 0.14±0.01 と実データから見積もった。従って、リムにおいて OMAT 値が 0.15 以上でリムから距離が大きくなるに従って

OMAT 値が減少するクレーターを光条有りと見なした。

新鮮な形状を示すクレーターは月周回衛星「かぐや」の LISM/TC データを利用し、OMAT 値は LISM/MI データを利用して解析した。解析領域は Mare Moscovince の南西の位置する高地領域（-16 ~ 15°N, 143 ~ 149°E)、解析する海領域は Mare Humorum を選んだ。これらの領域は他の領域に比べて比較的余所から延びた光条が少ない場所である。

本研究の手法は Werner and Medvedev (2010)と似ているが、Werner+らは OMAT 値を調べるために Clementine データを利用したことに対して、本研究では空間分解能と色数の点で長けた LISM データを利用した。

結果

高地の光条を持つクレーターのみでクレーターサイズ頻度分布を導出すると、誤差の範囲内で 20 ~ 30 億年の等時曲線と一致した。これは高地の光条が消失するためにこの時間を必要とすることを意味する。高地は海に比べて FeO 量が非常に小さいため、宇宙風化作用が進みにくいと解釈した。従って従来報告されていた時間スケール（約 10 億年）より長い時間スケールが得られたことはこれらの解釈と調和的である。一方で、海は 2.5 億年という短い時間スケールが得られた。FeO 量が大きいため高地に比べて宇宙風化作用が進みやすいからだと解釈した。

考察

海の光条を持つクレーターのクレーターサイズ頻度分布は等時曲線とよく一致していたが、高地のクレーターサイズ頻度分布直径 1km 以下で等時曲線より大きく下まわった。これは直径 1km 以下のクレーターの光条は宇宙風化作用に加えて微小隕石の衝突による攪拌作用が効いているためであると予想している。

また、Apex に近い Mare Humorum のクレーターサイズ頻度分布は Apex から遠い高地解析領域に比べて強度比が 1/10 である。これに Apex-Antapex 効果を考慮するとその差が大きくなる可能性もある。

まとめ

クレーターの光条物質が宇宙風化を受けることによって視認できなくなる時間スケールは地質依存性があり、特に地面の FeO 量に依存することが明らかになった。この FeO 量と時間スケールの関係は宇宙風化作用のモデルに制約を与え、惑星表面のスペクトルの解釈を行う上で重要であると考える。