

太陽系天体表面の「色」の変化

Change of albedo and color of the surface of solar system bodies

佐々木 晶[1]

Sho Sasaki[1]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo

<http://www-space.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~sho>

太陽系天体表面の「色」すなわち様々な波長での反射スペクトルは、表面の地形だけではわからない、組成（さらには熱）の情報を与える。その「色」は、ときによっては変化もする。ここでは、「色」およびその変化からわかることを、(i)宇宙風化作用、(ii)イオ・金星の火山活動、(iii)火星表面のダスト、(iv)氷天体の色変化についてレビューする。

太陽系天体表面の「色」すなわち様々な波長での反射スペクトルは、表面の地形だけではわからない、組成（さらには熱）の情報を与える。その「色」は、ときによっては変化もする。ここでは、「色」およびその変化からわかることを、いくつかの問題についてレビューする。

(i) 宇宙風化作用

月物質や隕石の実験室での反射スペクトルと月や小惑星の天体観測スペクトルには大きな違いがある。特に、隕石に多い普通コンドライトに対応する小惑星は少なく、一方で、対応する隕石が少ないS型というスペクトルタイプに分類される小惑星が多い。紫外・可視域の反射率が低く、右上がりのスペクトルの赤化を示す。また、輝石やカンラン石に特有の1ミクロンの吸収帯が相対的に弱い。これは、シリケート中に含まれる酸化鉄が、宇宙空間ダストの高速衝突による加熱で還元されてミクロスケールで鉄微粒子となる「宇宙風化作用 (Space Weathering)」で天体表面が変成されたためである。天体の反射スペクトルから、組成を推定するときには、この宇宙風化作用の効果を考慮しなければならない。スペクトルの変化は、宇宙空間に暴露されている年代に依存する。そのため、新しいクレーターの内側やエジェクタでは、宇宙風化作用の影響は小さい。

最近、我々のグループは実験室で宇宙風化作用を再現することに成功した(Yamada et al., Earth Planets Space 51, 1255, 1999)。高速ダスト衝突による加熱を、ナノ秒パルスレーザー照射でシミュレーション実験した結果、カンラン石や輝石粉末の反射スペクトルの低下・赤化が得られた。カンラン石だけでも、ある小惑星の反射スペクトルはよく説明できる。さらに、透過電子顕微鏡の観察により、反射スペクトル変化の原因が、10-20nmスケールの微小鉄粒子の形成にあることもつきとめた(Sasaki et al., Nature, in press)。

一方、小惑星探査機 NEAR にはX線蛍光分析機が搭載されて、表面の元素組成を、エロスが普通コンドライト組成であることを明らかにした。この結果、S型の反射スペクトルは、普通コンドライトの反射スペクトルが宇宙風化作用を受けて変化したものであることが、ほぼ実証された。

(ii) 火山活動の探査

木星の衛星イオでは、火山活動による表面更新が現在でも活発である。火山噴火のもたらすブリュームや溶岩流によって、表面の色が変化していることが、ボイジャーとガリレオ観測の比較から明らかになった。さらに、赤外域の観測では、イオの表面での熱流量の分布がわかる。これより、イオの熱流量の大きい地域が移動することも議論された。

金星は可視光では外から観察することはできないためマイクロ波でマッピングされた。表面は、電波の反射率や誘電率の異なる地域が多い。もし、異なる波長の電波でデータが得られれば、「色」も議論できることがだろう。最近では赤外域の窓を使って地表が観測できることがわかってきていて、日本の金星観測計画でもターゲットとなっている。そして、赤外域の反射率の変化から火山活動が観測できる可能性が議論されている。

(iii) 火星表面のダスト

火星では、衝突、風触などで形成されたダストが、風で運ばれた堆積する。このダストの影響は広範囲の地域に及んでいる。マーズパスファインダの地上観測より、表面の岩石の反射スペクトルは、付着しているダスト微粒子の影響を強く受けていることがわかった。火星では、ダストが全球を移動しうるため、表層の反射スペクトルはダストの影響を強く受けている一方で、表面のアルベドは地域的に大きな違いを示している。現在、我々はダストのコーティングにより可視・近赤外の反射率がどのように変化するかを調べる実験を行っている(秋山らによる)。

(iv) 氷天体の色の变化

氷天体で表面に大きな色の違いが見えるのは、土星の衛星イアペタスである。前方面のアルベド値は 0.03~0.05 で黒く、後方面はアルベド値 0.5 で エウロパと同じくらい明るい。その説明として、黒い部分は Phoebe が

らはじき出された物質で覆われているというものがあるが、反射スペクトルはフェーベの色と合わず、境界がシャープであることも説明できない。おそらく、何らかの内部の活動プロセスが原因であろう。

木星の衛星エウロパでは、割れ目に沿って暗色の物質が噴出している。これは中から液体が噴出した跡だと考えられる。しかし、時間が経つと、色は変化すると考えられる。ガリレオ探査機はエウロパの表面を観察して、1.5および2ミクロンの氷の吸収帯の変化から、表面にマグネシウム硫酸塩やナトリウム炭酸塩の水和物が存在することを明らかにしている (McCord et al., Science, 280, 1242, 1998)。これは、エウロパの地下に塩分が濃集した海があり、時々水を噴出しているという説の強い証拠となっている。