

論文内容の要旨

論文題目 Observation of the Moon with the NOZOMI Extreme Ultraviolet Scanner

(「のぞみ」による月の極端紫外光観測についての研究)

氏名 塩見 慶

1. はじめに

本論文は、火星探査機「のぞみ」に搭載された極端紫外光撮像器(XUV: eXtreme UltraViolet scanner)で初めて観測された、月の 30nm 極端紫外光アルベドによる撮像についての研究である。「のぞみ」で観測された、月の海と高地とのアルベドの違いを検証するために、30nm での岩石反射率測定を初めて行った。本研究のねらいは、この極端紫外領域(10~100nm)で固体惑星探査をする意義について調べるところにある。

これまで、極端紫外領域における月の観測は、最近まで、ほとんど行われてこなかった。極端紫外光は、通常の物質や光学的に厚い大気には吸収されてしまい、技術的に観測が困難であったことと、そもそも、この波長領域で顕著に起こる気体の太陽共鳴散乱現象に着目してきたので、固体惑星探査には利用されることはなかった。火星探査機「のぞみ」に搭載された極端紫外光撮像器(XUV)は、その技術的困難を克服した観測器であり、火星大気に存在する He, He⁺の太陽共鳴散乱光(それぞれ 58.4nm, 30.4nm)を検出することを目的にしている。

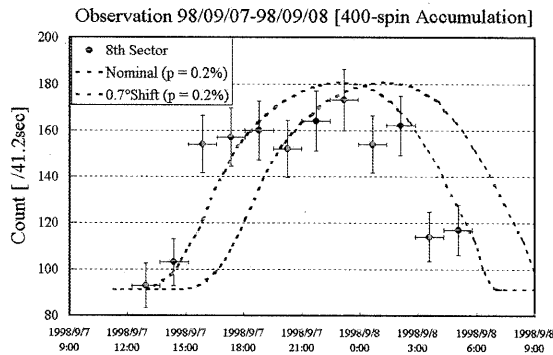
アポロ計画により持ち帰られた月の石をサンプルとした地上室内実験によって、衛星で観測されたことの検証や、衛星観測では分かり得ない情報を知ることができた。けれども、サンプルは月おもて面の赤道域に限られており、月のグローバルな組成分布を知るには到らなかった。サンプルを用いた地上室内実験による研究は、リモートセンシングによるグローバルな月面探査の方向性を決定付けた重要な成果であった。その後、クレメ

ンタイン、ルナプロスペクタといったリモートセンシング法を用いた探査機により月面全域の化学組成について詳細に調べられた。しかし、それらの観測は近紫外より長い波長 ($\geq 200\text{nm}$) と X 線, γ 線領域 ($\leq 0.1\text{nm}$) に限られており、それらに挟まれた波長領域、つまり極端紫外領域を用いた探査はまだなされていない。

そこで、我々は XUV を用いて、極端紫外領域で惑星固体表面を観測する意義を研究するために、観測計画を立てて、「のぞみ」が地球周回にあるときに月面極端紫外アルベドの観測を行った。この研究は 2004 年打ち上げ予定のセレーネに搭載する極端紫外光望遠鏡(UPI/TEX)による月面探査につながる研究である。

2. 遠くから見た月の観測(98/9/7~8)

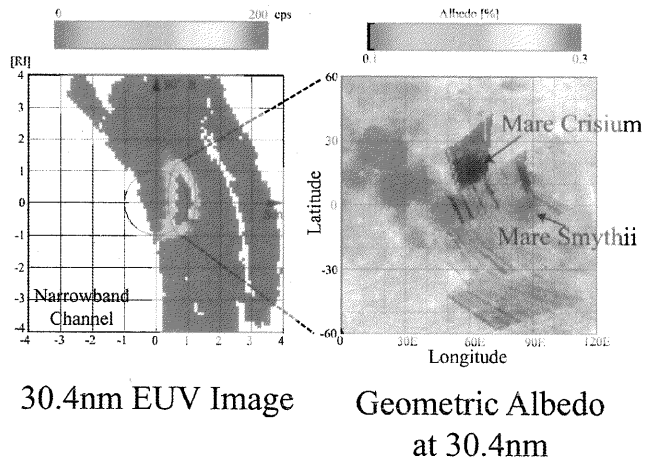
月 - のぞみ間距離が約 80Re のときに視野内($4^\circ \times 4^\circ$)を視直径約 0.4° の月が横切った。そのときのデータを用いて、XUV の視野方向と感度の機上較正を行った。30nm のジオメトリックアルベドは EUVE スペクトロメータの観測量 0.2%を用いて衛星の軌道、姿勢から予想される観測量の見積もりを行い、観測と比較した。XUV の観測量は図の赤



点, 予想される観測量は青線で示されている。視野方向を設計値から 0.7° 下方に傾けるとときに予想される観測量を緑線で示す。このことから、視野方向は設計値とは約 0.7° のずれがあることがわかる。感度は、打ち上げ前の較正值とほとんど変化ないことが、確かめられた。この機上較正結果は、XUV の観測に反映される。

3. 30nm 月面アルベドの 2 次元撮像観測(98/9/24 月スイングバイ時の観測結果)

98/9/24 に「のぞみ」は月への最接近距離約 4100km の月スイングバイを行った。そのときに、月の東面から裏面にかけて 30nm 月面アルベドの 2 次元撮像に初めて成功した。観測領域は $60^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$ にかけての地域であり、危機の海($60^\circ\text{E}, 15^\circ\text{N}$)とスミス海($90^\circ\text{E}, 0^\circ\text{N}$)を含む領域であった。XUV が持っている 2 つのチャンネル両方で、同様の地域差を観測した。2 つのチャンネルではバンドパスの幅が異なるが、

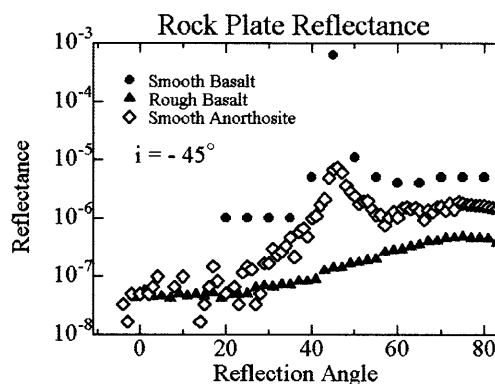


太陽光に含まれる放射束を考慮すると、両チャンネルともに 30nm の月面アルベドを観測したことになる。ナロウバンドチャンネルの観測結果を図に示す。左パネルが観測量の空間への投影である。赤で表現されている領域が月面の観測を示している。右パネルは点線で囲まれた領域の月面への投影である。この観測結果から、30nm では、月の海よりも高地のほうが明るいということが明らかになった。各領域毎のジオメトリックアルベドを表に示す。しかし、この地域差を説明するような室内実験は過去に行われていないため、その検証実験を以下のように行った。

| | | 30nm Geometric Albedo | |
|----------------|---------|-----------------------|--------------|
| | | Narrow-band | Wide-band |
| Mare | Crisium | 0.08 ± 0.03% | 0.08 ± 0.02% |
| | Smythii | 0.17 ± 0.02% | 0.18 ± 0.01% |
| Ave. Highlands | | 0.22 ± 0.05% | 0.21 ± 0.03% |

4. 地球の岩石を用いた反射率測定

XUV の観測により明らかになったジオメトリックアルベドの地域差が何によるものなのかを検証するために、室内実験を行った。サンプルに用いたのは、バサルト(月の海の代表的物質)、アノソサイト(月の高地の代表的物質)をプレート状にしたもので、表面を研磨したものと、未研磨なものについて実験を行った。実験は、岡崎分子研 UVSOR の放射光を利用しておこない、波長 30.4nm, 入射角 45°に固定して、反射率測定を行った。その結果を図に示す。この実験から、研磨したバサルトは、研磨したアノソサイトよりも反射率が高く、観測結果とは逆の結果を得られた。



5. 結論

「のぞみ」に搭載された XUV で 30nm 月面極端紫外アルベドの 2 次元撮像に初めて成功した。その観測結果からは、30nm では月の海よりも月の高地のほうが明るいことがわかった。室内実験からは、観測とは逆に、アノソサイト(月の高地)よりもバサルト(月の海)の反射率が高いという結果を得た。

6. 考察と展望

観測と室内実験の逆転現象は、バサルト中の FeO が宇宙風化作用の影響を受けて、Fe に還元されている可能性が考えられる。極端紫外領域では FeO よりも Fe のほうが、反射率が低いので、その変性の影響がでている可能性がある。そのことを検証するために

は、実験室でパウダーの反射率測定をできるようにし、宇宙風化作用を模擬したサンプルの測定をする必要がある。極端紫外領域が、宇宙風化作用を調べるためのウインドウになっているのなら、月周回衛星セレーネに搭載する極端紫外プラズマ撮像器で、詳細に観測する大きな意義となるであろう。