

## UHF 帯電波による月の放射温度と表層物性計測に関する研究

## The observation of lunar brightness temperature and the subsurface dielectric constant using UHF-band radio telescope

# 飛山 泰亮 [1]; 小野 高幸 [2]; 飯島 雅英 [3]; 三澤 浩昭 [4]; 土屋 史紀 [5]; 森岡 昭 [6]; 佐藤 夏雄 [7]

# Yasuaki Hiyama[1]; Takayuki Ono[2]; Masahide Iizima[3]; Hiroaki Misawa[4]; Fuminori Tsuchiya[5]; Akira Morioka[6]; Natsuo Sato[7]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [5] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [6] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [7] 極地研

[1] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [6] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [7] NIPR

[http://stpp1.geophys.tohoku.ac.jp/onolabHPver6.1/top/top\\_top.html](http://stpp1.geophys.tohoku.ac.jp/onolabHPver6.1/top/top_top.html)

これまでアポロ探査計画において、膨大な量の月表層における試料が地球上に持ち帰られ、調査されてきた。月探査研究はアポロ計画終了以来長い間中断されていたが、現在世界的に月探査計画が進められ、再び世界的な関心と呼ぶようになってきている。一方地上からの電波を用いたりリモートセンシング観測からは直接探査では計測の難しい、月全体の平均的な描像が得られ、温度、誘電率などに代表される物性情報を求めることができる。このため、今後の月探査計画における結果を理解するためにも、過去に行われてきたリモート観測の結果を再検討していく研究がなされている。しかし、これまで観測されている電磁波熱放射は赤外から GHz 帯における観測が主であり、波長が長い電波での観測はほとんどなされていない。波長の長い電波はスキンプスが長い為、月のより内部の情報を観測することができる為、非常に有用となる。この為、UHF 帯 HF 帯での熱放射観測並びにその結果を月の熱収支へと演繹するために必要な月面誘電率の観測が求められる。

そこで本研究は飯館惑星電波望遠鏡を用いた月電波放射観測を柱として、太陽電波月面反射波を用いた月表層誘電率観測方法の確立と UHF 帯における月の熱放射輝度観測手法の確立、及びレゴリス内部における温度の月齢変化の観測を行った。これらを行う為、本研究ではアイスランド Husafell 観測所に太陽電波観測システムを設置し、太陽電波直達波スペクトルの観測を開始した。一方東北大惑星圏飯館観測所に設置された 325MHz 飯館惑星電波望遠鏡を用いて、太陽電波月面反射波の観測が開始された。ここではまず、月電磁波熱放射のデータを取得し、データ解析方法を確立させ、データ解析により月表層温度の月齢変化についての評価を行った。

太陽電波月面反射波を用いた月の誘電率計測は過去にはない新しい観測方法である。本手法では月面誘電率導出の為、太陽電波直達波観測と月面反射波観測について 2 点で同時電波観測をする必要があり、日本と 9 時間の時差のあるアイスランド Husafell 観測所に UHF 帯太陽電波観測システムを開発・設置した。太陽電波バーストはフラックス密度が非常に強い現象であるため、小型の対数周期アンテナを設置し、200MHz~350MHz においてスペクトル観測が可能な受信システムとした。観測の結果 55 例の太陽電波バーストが同定され、それらのフラックス密度が求められた。観測された太陽電波のフラックス密度は、月面で反射した成分についても飯館惑星電波望遠鏡によって十分に観測が可能であり、反射波フラックス密度は 1.4Jy~4.8Jy 程度となることがわかった。

さらに、飯館惑星電波望遠鏡を用いて月面からの電磁波放射観測を行い、背景として存在する月電磁波熱放射のデータを得た。月電波観測結果の解析では、月が有限の大きさを持つ為、月にによって銀河放射が遮蔽される効果を考慮に入れなければならない。本研究では較正天体を用いたアンテナビーム幅計測を行い、得られたアンテナビーム幅を用いて数値計算を行うことで、月による銀河背景放射の遮蔽効果の見積もりを新たに行った。さらにアンテナビーム半値幅の変動による誤差の見積もりを行い、遮蔽効果を考慮した解析結果を用いることで、月面熱放射のアンテナ温度データより月輝度温度を得てその月齢変化を捉える解析を実施した。この結果、較正天体観測から求められたアンテナビーム幅 1.683deg を用いて、月による銀河背景放射の遮蔽効果は 8.42% であると求められた。また、得られた月輝度温度は平均が 289K であり、月齢による明瞭な変化は示さず、月齢にわたってほぼ一定の値を示す事が明らかにされた。これらの結果は月表面付近の平均温度よりも深部へいくほど温度が高いことを示している。しかしながら、輝度温度解析の場合、アンテナ視野立体角が重要となるため、アンテナビーム幅変動による誤差が大きく働き、推定誤差の範囲は 17% 程度となった。さらに、月面太陽電波反射波の観測では、太陽電波直達波観測と月電波観測の同時観測に成功した観測例を見出したが、雷放電に伴う電波の混信により月面反射波の抽出は困難であった。現在は太陽活動極小期にあたり、太陽電波バースト発生数は極大期に比べて少ないが、今後の太陽活動度の極大期にかけて観測条件の成立する観測が多数期待できる。

本研究は以上のように、特に新しい観測手法を用いた月電波観測を行い、月レゴリス内部における温度を導出することができた点で非常に重要である。今後波長を変えた観測を行う事ができれば、レゴリス表層についてさらに詳細な温度構造を調べる事が可能となる。