

## AKRの干渉縞を利用した月面電子密度に関する研究

# 後藤 由貴 [1]; 笠原 禎也 [1]; 森内 遼太 [1]; 熊本 篤志 [2]; 小野 高幸 [3]  
[1] 金沢大; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] 東北大・理・地球物理

### Electron density profile near the lunar surface derived from AKR interference patterns

# Yoshitaka Goto[1]; Yoshiya Kasahara[1]; Ryota Moriuchi[1]; Atsushi Kumamoto[2]; Takayuki Ono[3]  
[1] Kanazawa Univ.; [2] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [3] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.

Altitude profiles of electron density near the lunar surface were estimated from radio occultation measurements from the Soviet Luna spacecraft in the 1970s. The profiles show 500-1000 /cc peak densities at altitudes of 5-10 km and the densities smoothly decreased with scale heights of 10-30 km both upward and downward. This high-density layer was interpreted to be the lunar ionosphere. Since the lunar atmosphere is extremely tenuous and plasma produced by photoionization is considered to be less dense than solar wind, the measurements taken by the Luna have been viewed with skepticism over the past three decades. On the recent KAGUYA mission, the same kinds of radio occultation experiments were conducted and weak signatures of electron density enhancement with densities on the order of 100 /cc were found below 30 km altitude at solar zenith angles less than 60 degrees.

In this study, we estimated the electron density near the lunar surface using a completely different method in which interference patterns of the AKR (auroral kilometric radiation) observed by the KAGUYA were used. The AKR spectrum observed by the KAGUYA contains clear interference patterns which arise from differences of path lengths between waves that had directly arrived and waves that were reflected on the lunar surface. The AKR reflection altitude and reflectance can be derived from stripe interval and strength ratio of the interference pattern, respectively, and the electron density near the lunar surface can be estimated from such reflection altitudes and reflectance.

We calculated the AKR reflection altitude from 160 stripe intervals which had been observed near the terminator regions by the KAGUYA/NPW. As a result, the reflection altitude was 1,740 km in average, and standard deviation was 8.7 km. Considering the mean radius of the moon is 1,737 km, the AKRs were reflected at several kilometers above the lunar surface at most. Because the grazing angles of the incident AKRs were extremely small, there are no dense layers above the AKR reflection altitude. We also found from the estimated reflectance that only a part of the AKR energy had been reflected near the lunar surface. This result means that there are no thick reflection layers compared with AKR wave length. In conclusion, the lunar ionosphere reported from the Luna measurements cannot exist near the terminator regions.

月面の電子密度の探査は、主に月周回軌道の探査機からの電波を利用した掩蔽観測に基づいて行われてきた。1970年代のソ連のルナシリーズによる同観測から、月の昼側領域の高度数 km のところに 500-1000 個/cc の電子密度の濃い層(月電離層と呼ばれる)が存在するという報告がなされたが、地球電離層と同様の生成過程では説明がつかないことから、その存在は長年議論になっていた。かぐやミッションでも同様の掩蔽観測が行われ、太陽天頂角が 60° 以下の領域において高度 30km 以下に 100 個/cc オーダーの電子密度の上昇があるとの報告がなされている。こうした掩蔽観測手法は、原理的に、地球電離層の効果を適切に差し引く必要がある。

本研究では、月周回衛星かぐやで取得された地球起源の AKR の周波数スペクトルに現れる干渉縞を利用して、掩蔽観測とは全く異なる方法で月面付近の電子密度の構造の調査を行った。かぐや衛星で観測された AKR のスペクトルには、特徴的な縞構造が観測される場合がある。この縞構造は、地球からかぐや衛星に直接到達する波と月面で一旦反射してから到達する波の干渉によって生じている。この干渉縞の間隔からは AKR 波の反射高度、縞の強弱比からは反射率を導くことができることから、縞構造は月面における電子密度分布を反映しているといえる。

AKR の反射高度について、月の昼夜境界付近で観測された約 160 個の縞の間隔から月心距離を計算したところ、平均が 1,740 km、標準偏差が 8.7 km という結果が得られた。月の平均半径が 1,737 km であることを考慮すると、AKR は月面に非常に近いところで反射していることが分かる。かぐや衛星で AKR に干渉縞が観測される条件では入射波のグレージング角が非常に小さくなるため、この反射高度より高高度において電子密度の高い層は存在せず高度に対して平坦な電子密度分布であったといえる。

また、縞の強弱から導かれた AKR の反射率から、AKR のエネルギーの一部のみが反射されていることが分かった。この結果から、AKR の波長規模 (km オーダー) に対して十分に厚い反射層は存在していないといえる。以上より、月の昼夜境界付近においては、ルナの掩蔽観測を基に報告されたような定常的な電離層は存在せず、仮に存在するとしても月面付近の極薄いものに限定されると結論付けられる。