

## かぐやLRSを用いた月表層の誘電率と電気伝導度の推定

# 本郷 圭悟 [1]; 藤 浩明 [2]; 熊本 篤志 [3]

[1] 京大・理; [2] 京都大学・大学院・理学・地磁気センター; [3] 東北大・理・地球物理

### Estimation of the permittivity and the electrical conductivity of lunar surface from LRS data

# Keigo Hongo[1]; Hiroaki Toh[2]; Atsushi Kumamoto[3]

[1] Kyoto Univ; [2] DACGSM, Kyoto Univ.; [3] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

Lunar Radar Sounder (LRS) onboard the SELENE (KAGUYA) spacecraft is a frequency modulated continuous wave (FMCW) radar. Its purpose is exploring lunar subsurface structures. LRS succeeded in global sounder observations and detection of subsurface reflectors in some maria(Ono et al., 2009).

The permittivity of the lunar surface is needed to determine the actual distance of reflectors. We can know only the delay time of echos from observations. The propagation speed of the electromagnetic wave in mediums is needed to convert delay time of the echo into actual distance. If the permeability in mediums is equal to it in the vacuum, the propagation speed is determined by the permittivity. The permittivity is important for understanding lunar subsurface structures. In the past, the permittivity is estimated from lunar sample rocks of Apollo, but it is not enough because sample rocks are extracted from confined areas. From the analysis of sample rocks(Shkuratov and Bondarenko, 2001), the permittivity is related to the density or ilmenite. It has the locality. Therefore, it is necessary to estimate the permittivity in each area.

The purpose of this research is estimating the permittivity and the electrical conductivity by comparing echos of the lunar surface and subsurface reflectors. The permittivity and conductivity are parameters of the reflection and loss of the electromagnetic wave. We make the horizontal two layers model and it has the permittivity and the conductivity as parameters. We calculate wave propagation of LRS in the model space. The permittivity and conductivity are estimated by comparing calculations with observations.

At present, the permittivity and conductivity are not unique because we consider only the amplitude of echos. However, we can restrict the conductivity from analysis of sample rocks, the permittivity is mostly 3~6. Estimated values are mostly equal to the sample rocks. We can analyze limited sea regions because of the influence of surface roughness. In the future, we understand the influence of surface roughness and wave propagation. Analysis methods adapted more regions are needed.

LRS (Lunar Radar Sounder) は日本の月探査衛星「かぐや」に搭載された周波数変調連続波 (FMCW) レーダーである。月の地下構造の探査を目的とし、HF (High Frequency) 波によるサウンダー観測が月の全球で行われ、複数の月の海の領域で地下の反射層の検出に成功した (Ono et al., 2009)。

観測データから実際の反射層の深さを決めるには、月表層の誘電率が必要である。観測から分かるのは反射エコーの遅延時間であり、それを距離に変換する際に電波の伝搬速度が必要になる。電波の伝搬速度は媒質の誘電率と透磁率によって決まるが、透磁率が真空中と同じと考えてよいなら誘電率のみによって決まる。よって誘電率は月の地下構造を理解する上で重要な量である。過去の研究では、月の誘電率は Apollo が持ち帰った月の石サンプルの解析結果を参照することが多かったが、赤道付近の限られた領域のサンプルしかないため十分とは言えない。実際、月の石サンプルの解析結果 (Shkuratov and Bondarenko, 2001) から、月の誘電率は密度やチタン鉱物の含有量と関係があり、地域性があると考えられる。月の各領域毎に誘電率の値を推定する必要がある。

本研究では LRS の観測データを用いて、月面と地下反射面それぞれからのエコーの大きさを比較する事により、月表層の誘電率及び電気伝導度を推定することを目的とする。誘電率と電気伝導度はそれぞれ、電波の反射率と損失を決めるパラメータである。月表層を2層の水平成層で近似したモデルに電波が垂直に入射する場合を考え、誘電率と電気伝導度をパラメータとして組み込み、レーダー方程式から LRS の電波伝搬を計算する。そのモデルの計算値と観測値を比較することで月表層の誘電率と電気伝導度を推定する。

今のところ、エコー比の振幅しか考慮していない為、誘電率と電気伝導度の両方を一意に決めることはできない。しかし、月サンプルの解析結果を参照して電気伝導度の取りうる値を制約することができ、例えば比誘電率の多くは3~6の範囲にある事が分かった。推定値はおおむね月の石サンプルの値の範囲内に収まっている。反射エコーの見えづらい場所や地形の効果が大きい場所ではエコー比がうまく求められず、比較的平坦な海領域の限られた部分しか解析できないので、今後は、地形の効果や電波の伝搬の仕方などをより良く理解し、更に多くの領域に適応できる解析手法が求められる。