

セレーネ搭載レーザ高度計(LALT)の測距位置推定精度

Estimation accuracy of range position by laser altimeter (LALT) on board SELENE

荒木 博志 [1], 河野 宣之 [2], 高根澤 隆 [3], 坪川 恒也 [4], 大江 昌嗣 [2]

Hiroshi Araki [1], Nobuyuki Kawano [2], Takashi Takanezawa [3], Tsuneya Tsubokawa [4], Masatsugu Ooe [5]

[1] 天文台・水沢, [2] 国立天文台・水沢, [3] 総研大・数物科学・天文科学, [4] 天文台・水沢観測センター

[1] NAO, Mizusawa, [2] Div. Earth Rotation, NAO, [3] Dep. Astro. Sci., School of Math. & Phys. Sci., Grad. Univ. for Adv. Studies, [4] NAO, Mizusawa, [5] Div. Earth Rotation, Natl. Astronomical Obs.

SELENE搭載レーザ高度計(LALT)の月面上の測距位置推定精度について検討した。クレーターをランダムにばらまいてLALTと全球地形高度図(DEM)のシミュレーションデータを作成し、LALTの測距位置がDEM上で対応づけられるかを調べた。長さ80km(データ長100)で両データの相関をとったところ、数十ないし百メートルLALT測距位置がずれると相関関数が0.5にまで落ちることがわかり、この程度の誤差で測距位置がDEM上に同定できる可能性が示された。また数日間から7日間の間隔をあけたcross-over pointを軌道上と月面上で求め、両者の時間差を測定することで衛星姿勢の絶対校正を行うことも検討している。

レーザ高度計(LALT)グループでは月重心座標系に準拠した月地形高度図の作成を計画している。すなわち高度図に精度付きの経緯度線を入れることを考えている。月の経緯度線はアポロ計画で実施された月レーザ測距(LLR)、月相対VLBIデータをもとに基準が決められている。

LALTでは計測精度 $\pm 5\text{m}$ でほぼ月全面の高度データを取得する予定であるが、周回衛星の(1)軌道、(2)時刻、(3)姿勢+LALTの取り付け誤差等が月重心座標系に対して完全に再現できれば各測距データの測距位置も完全に再現できるはずである。ところがいずれも運用時における決定精度に問題があり、この方法では十分な再現性は困難と考えられる。

そこでクレーターをランダムにばらまいて月面の地形を再現し、LALTとSELENEによる画像データから作成される全球地形高度図(DEM)のシミュレーションデータを作成して両者を比較し、LALTの測距位置がDEM上で対応づけられるかを調べた。DEMにはLLRに基づいた経緯度線を入れられるので、両者の対応がつけばLALTの測距位置も直接わかることになる。(1)~(3)を分離することはできないが、誤差総和を見積もることができる。

以下、方法を述べる。300km $\times$ 300kmの領域に直径0.5kmから50kmの大きさのクレーターをランダムにばらまいて地形モデルをつくる。クレーター形状はシンプルなお碗型とし、簡単のためそれぞれ同じ形としたが、直径50kmのものは深さ・リムの高さを他の4割とした。累積度数分布はBaldwin(1968)のサイズ分布に従い、クレーターの重なりによる合成高度はそれぞれのクレーターの地形高度の単純な重ね合わせとした。さらに $1\sigma=10\text{m}$ のガウシアンノイズを計測点ごとに付加し、より小さなスケールの地形を表現した。LALT高度データ(以下LALTデータ)は、800m間隔でサンプルした上記の地形高度データに $3\sigma=5\text{m}$ のガウシアンノイズを計測ノイズとして乗せた。LALTデータと比較するDEMの高度データ(以下DEMデータ)は読とり精度20mとし、800m間隔でサンプルした。これをLALTの同一線上のものに加え、月面上の進行方向と垂直に $\pm 300\text{m}$ まで30mステップでずらした線上のものを21セット用意した。これらを使い他のDEMデータに比べてLALTデータが同一グランドトラック上のDEMデータとどれだけ良く合うかを調べた。

長さ80km(データ長100)のLALTデータとDEMデータの相関をとったところ、LALT測距位置が数十ないし百メートルずれると相関関数が0.5にまで落ちることがわかり、この程度の誤差で測距位置がDEM上に同定できる可能性が示された。今回は地形高度そのものを相関にとったが、適切な処理を行えば精度をさらに向上できる可能性がある。

上記の方法は、LALTデータとDEMデータがそろっていれば、月面のどこでも行うことができ、衛星軌道精度が良ければ姿勢の短期的変動を求めることもできる。しかし永久影地帯など画像が少なくLALTデータの地形照合が行いにくい場所の測距点推定のためには、校正した衛星姿勢の情報が求められる。そこで我々は数日間から7日間の間隔をあけたCross-Over Pointを軌道上と月面上で求め、両者の時間差を測定することで、衛星姿勢の絶対校正を行うことも検討している。この方法は、地上追跡局のドップラー計測精度の向上や衛星内部時計の精度が前提になるが、姿勢+LALT取り付け誤差のDC成分の情報を得ることができる。