

リレー衛星（SELENE）の太陽輻射圧モデル

New model describing the solar radiation pressure on the relay satellite of SELENE

久保岡 俊宏 [1]

Toshihiro Kubo-oka [1]

[1] 水路部

[1] Ocean Research Lab., JHD

SELENE 計画のリレー衛星に作用する太陽輻射圧の大きさを正確に計算するためのモデルを構築した。このモデルは、衛星を構成する各面に作用する輻射圧による加速度を独立に計算し、それらを加え合わせて自転周期について平均することで得られる。SELENE の軌道解析に用いることになっているソフトウェア GEODYN-II に新しい輻射圧モデルを組み込んで、リレー衛星の Tracking Data 処理のシミュレーションを行ってみた。その結果、新しい輻射圧モデルを利用することで、測距値の残差を大幅に減らすことが出来ることが分かった。

SELENE 計画のリレー衛星は、軌道投入後一切の軌道制御を行わないため、衛星に作用する重力以外の力、特に太陽輻射圧が軌道に及ぼす影響が顕著に現れることが予想される。このため、月周回衛星とリレー衛星の Tracking Data を解析する事によって得られる月重力場の推定値の誤差の原因となることが考えられる。そこで、リレー衛星に作用する太陽輻射圧の大きさを「出来るだけ正確に」計算するための『八角柱+円柱モデル』を構築した。八角柱はリレー衛星の本体、円柱は周回衛星とのドッキング部に対応している。さらに、このモデルを、実際に SELENE の軌道解析に用いることになっているソフトウェア GEODYN-II に組み込んで、軌道データ処理のシミュレーションを行ってみた。

今回のモデルでは、衛星表面の材質については、八角柱部分の側面のみが太陽電池セルで、その他の面は全て金箔であるものと仮定した。また、衛星から突き出ているアンテナの寄与、および衛星の各部が自分自身に落とす影の影響については無視した。

太陽輻射圧によって生じるリレー衛星の加速度は、次のようにして求められる。まず、一般に n 角柱について、側面を構成する各平面に作用する加速度を独立に計算し、それらを加え合わせた後、衛星の自転周期について平均をとる。八角柱部分の寄与については $n = 8$ 、円柱部分の寄与については $n = 1$ とすればよい。両者を足しあわせた後、天板または底板に作用する加速度を計算して加える。

太陽輻射圧による加速度は、衛星を一様な球とみなしたモデル (Cannonball モデル) とは異なり、衛星のスピンの軸と太陽方向のなす角度に強く依存する。これは、衛星の各面での反射率が大きく異なることと、衛星の形状の影響から来るものである。新しいモデルと Cannonball モデルの違いは、スピン軸に垂直な方向の加速度成分については、 90° (太陽光が衛星の真横から入射する場合) からずれるにつれて大きくなり、 70° 及び 110° 付近で最大になる。実際のリレー衛星でも、 90° からは 5° 程度ずれることが予想されているため、モデルによる違いはリレー衛星の軌道決定及び重力場係数の推定の際に大きな影響を与える可能性がある。

今回作った輻射圧モデルに従って、リレー衛星に作用する太陽輻射圧による加速度を計算する GEODYN-II 用のサブルーチンをつくり、GEODYN-II の中で衛星に作用する力を計算するサブルーチンから呼び出す様に GEODYN-II のソースコードを書き換えた。この様にして改造した GEODYN-II を用いて、以下の様なリレー衛星の軌道決定のシミュレーションを行ってみた。

まず、GEODYN-II に元々備えられている機能を利用して、六ヶ月間の擬似的な Tracking Data を生成する。次に、このデータに RMS が 1 mm/sec のランダムなノイズを加える。こうして得られた擬似的な観測データを、新しいモデルを組み込んだ GEODYN-II (以下 new version) と通常の GEODYN-II (以下 normal version) の両方で再び解析する。Normal version では、衛星の太陽輻射圧モデルとして Cannonball model を用いている。また、normal version を用いた場合のみ、衛星の反射係数を推定するパラメータに含める様に初期設定ファイルで指定している。

その結果、新しいモデルを用いた場合は、測距値の残差の RMS は 1.004 mm/sec となり、元々のトラッキングデータに加えたノイズレベルとほぼ一致する。それに対し、Cannonball model を用いた場合は、たとえ 2 日に 1 回という高い頻度で反射係数を推定したとしても、測距値の残差の RMS は 5.268 mm/sec という大きな値になってしまう。

以上のことから、実際にリレー衛星の Tracking data を解析する場合でも、新しい輻射圧モデルを利用することで、測距値の残差を大幅に減らすことが可能になるものと考えられる。