

月周回衛星SELENEによる磁場観測シミュレーション(2)

Simulation of the lunar magnetic field observation by the SELENE orbiter

後藤 巖 [1], 久保 知美 [1], # 廣嶋 友継 [1], 綱川 秀夫 [1]

Iwao Gotoh [1], Tomomi Kubo [1], # Tomotsugu Hiroshima [1], Hideo Tsunakawa [2]

[1] 東工大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Titech, [2] Earth and Planet. Sci., TITECH

<http://www.geo.titech.ac.jp/tsunakawalab/>

月探査周回衛星SELENEに搭載される磁力計とプラズマ観測機器により、従来の月磁気異常マッピングエリアを広げることが期待される。我々はSELENEによる月磁場観測の量と質を計算によって見積もり、得られた磁場データから磁気異常発生源を計算する解析方法の基礎を作った。また、磁力計を設置するマストが温度変化などの影響により変形し、センサアライメントが変化する可能性がある。そこでそのモニタシステムの実験的検討した。これらを合わせて報告する。

2003年にISASとNASDAの共同ミッションで月探査衛星SELENEが打ち上げられる。この人工衛星は1年間にわたり、月面上空約100kmの高度を軌道傾斜角 95° で周回する。SELENEには磁力計が搭載され、0.1nTの精度で磁場3成分を測定する。

SELENEによる磁場観測の第一の目的は月磁気異常マッピングエリアを広げて、磁気異常ソースの磁化起源を解明することである。本研究では、2つの内容を扱った。

() SELENEの月磁場観測データがどの程度得ることができ、磁気異常ソースについてどの程度の解析が可能かを理想的な場合について見積もった。

予定されている観測では、月上空高度100kmの円軌道で1年間、オプションミッションとして近月点50km（遠月点100km）の楕円軌道で2ヶ月間の磁場観測を、3成分磁力計と電子反射観測器（プラズマ観測機器の一部）により行なう。しかし、観測される磁場には太陽風磁場などの外部磁場も含まれている。外部磁場環境に関しては、

- ・ Magnetosheath領域では磁場擾乱が大きいため観測には適さない。
- ・ 地球磁気圏尾部では日陰・日照時とも観測データを使用する。ただし、そのうち1/3程度の期間はプラズマシート中にあり、使用できないと思われる。
- ・ 太陽風領域ではプラズマによる擾乱が生じるので、その影響の少ない日陰時のデータを使用する。

と考えられる。そこで、外部磁場環境・観測手段ごとの月面上の観測可能地域を計算した。軌道計算は吉川(通総研)のプログラム、月重力モデル(Bills et al, 1980)を使用した。軌道修正なしと仮定したので現実の観測条件と異なるが、本質的な傾向は捕捉できるであろう。また、この計算結果はインバージョン解析にも使用される。

磁力計による1年間の観測領域に関しては、初期軌道パラメータに依存しないこと、太陽風領域日陰時という条件では裏側の観測密度が小さくなるが、地球磁気圏尾部でのデータを合わせれば月表面の90%以上の領域をカバーできること、などが分かった。また2ヶ月のオプションミッションでは、近月点が夜側に来るように軌道修正を行えば、日陰で高度70km以下のデータが月表面の50%以上の地域から得られることが分かった。

電子反射観測器による観測に関しては、太陽風磁場が地球の公転方向に対して45度斜めであると仮定して計算した。その結果、月の経度135度周辺を中心とした地域をカバーし、さらに地球磁気圏尾部でのデータを使うことができれば90%以上の地域をカバーできる。

これらの軌道計算と観測地域の結果を利用して、磁気異常ソースを置いたときにどのような磁場が観測されるかをまず計算した。仮想的な磁気異常ソースとしては、磁気双極子と仮定して、月面付近に最大12個置いた。さらに、観測機器のノイズレベルとして、0.1nTを加えた。将来的には、太陽風磁場の影響を加える必要がある。

次に、この観測データから逆に磁気異常ソースの磁化等を推定することを、インバース問題として考察した。ここで、その経度・緯度は磁気異常マップと電子反射法から比較的精度よく推定できると考え、既知であると仮定した。したがって、未知数は、双極子3成分と深さである。プログラムを開発し実行した結果、5%以内の一致度で、それらを推定することができた。これは、理想的な場合であり、実際には、磁気双極子と近似せずにある大きさと形を持たせること、水平位置もパラメータ化すること、外部磁場の影響と除去、などを考慮した解析方法を考えなくてはならない。

() SELENEに搭載する磁力計は、衛星本体からの磁場干渉を避けるために12mのマストの先端に設置する。このマストの変形によるセンサアライメント変化をモニターするために、コイルを衛星本体に設置し、時々磁場を発生させ、その磁場をマスト先端の3成分磁力計が測定する。本研究では、このセンサアライメントコイルがつくる磁場をより正確に求めるために、センサアライメントコイルの試作と発生磁場測定を行なった。

センサアライメントコイルは、半径0.24m、長さ0.60mのCFRP円筒に約50度斜めにして、直径0.5mmの被覆導線を170回巻き付けた。この状態での周波数特性を調べた結果、実際に流す予定の三角波電流(0.1 ~ 10Hz)はほとんど歪まなく、校正上問題ないことがわかった。

次に、センサアライメントコイルから発生する磁場の測定を、磁気シールド室内で行なった。コイルの中心を原点にとり、軸方向に0.15mおきに1.5mまで発生磁場の測定を行なった。実験状況を考慮した補正を行ない、発生磁場を計算した。それらを比較したところ、両者のずれは2%以内になり、このような地上試験方法で十分な精度を得られると判断できる。