

精密衛星測位による地球環境監視技術の開発（第1年次）

- 精密ジオイドの決定とその応用開発 -

実施期間 平成14年度～平成16年度
地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室 黒石 裕樹

1. はじめに

本研究は、精密衛星測位を活用した斬新な発想による地球環境監視システムの実現を目指し、その要素技術の基礎開発を推進することを目的とする。文部科学省科学技術振興調整費による共同研究「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の研究項目の一つとして国土地理院が実施するものである。本共同研究では、グローバルな地球環境を、地球大気・電離圏とその下層に広がる陸水・雪氷・海洋圏の2領域に大別し、それぞれについて新しい発想に基づく衛星観測法の開発を試みる。つまり、前者では衛星測位電波の大気伝搬遅延・屈折現象を利用したGPS掩蔽、後者では地球重力場による衛星軌道の微細変動観測による衛星重力ミッションを応用し、これらはそれぞれ、「GPS掩蔽法を用いた地球大気圏モニタ技術開発」、「衛星重力ミッションの基礎技術開発」のサブテーマとして実施される。

「衛星重力ミッションの基礎技術開発」は、「衛星軌道決定精度の向上に関する基礎技術開発」、「光・電波による衛星間測位技術開発」、「衛星搭載型加速度計の開発」の3つの要素技術の開発と、それらの技術による最適な衛星ミッションの物理設計を行う「将来衛星観測ミッションの物理設計と応用技術開発」の4課題から構成される。本研究は、物理設計に関する課題の研究項目の一つである。

ローカルジオイドは、グローバルな座標系における絶対位置が決定できれば、海水準変動や海洋の力学的挙動の絶対量の基準を提供する。現時点では、全球重力場の中長波長成分が十分な精度で決定できていないため、ローカルジオイドの絶対位置決定精度が不足している。重力衛星ミッションでは、重力場中長波長成分を全球にわたり均質かつ高精度に観測できるため、既存のローカルな陸海上重力場データと衛星観測ミッションデータを統合して重力場とローカルジオイドの絶対位置決定手法を開発し、必要となるジオイドの絶対位置決定精度を実現する衛星ミッションデータのスペックを明らかにする研究を行う。

2. 研究内容

国土地理院において開発された日本周辺の陸海上重力場モデルやジオイド・モデルと、先行する衛星重力ミッションであるCHAMPやGRACEのデータとを統合して重力場・ジオイドを決定するアルゴリズムの開発を行う。開発されたアルゴリズムをもとに、CHAMPやGRACEで得られた観測データに用いた重力場とジオイド決定を実施して評価を行い、アルゴリズムの改良を図る。さらに、衛星重力ミッションの異なる設定条件に対するジオイド決定精度を推定するシミュレーション手法を検討し、衛星観測ミッションのスペックを明らかにする研究を行う。

3. 得られた成果

(1) 異種ジオイド情報の統合手法の開発

日本周辺の陸海上重力測定による重力場モデルと人工衛星アルチメトリーによる海域重力場モデルとの最適結合手法として、ウェーブレット解析による空間・周波数領域での局在化信号解析手法を開発し、日本周辺海域における重力場モデルについて有意な改良結果を得た。なお、本項目は一般研究「重力場モデリングにおける系統誤差除去手法の開発（第1年次）」および「ジオイドの高精度モデリングに関する研究（第5年次）」と一体的に行ったものであり、詳細はそれぞれの報告に譲る。

(2) 重力衛星CHAMPによる衛星重力場モデルの評価

先行する衛星重力ミッションであるCHAMPによる長波長重力場モデルEIGEN-2(Reigber et al., 2003)

を用いて、精密衛星測位観測による重力場モデリングの統合に関する基礎的な調査を行った。EIGEN-2は、CHAMPの6ヶ月分のGPSによる精密軌道、衛星搭載の加速度計データを用いて決定された重力ポテンシャル・モデルであり、40次・位までの球面調和係数はfullに正規方程式を解かれ、それ以上120次・位までの全係数と共鳴をもつより高い次・位の係数が正則化処理で解かれている。EIGEN-2の異なる次数(40, 70, 120次)までの係数を、最新の360次・位の重力ポテンシャル・モデルEGM96(Lemoine et al., 1997)に埋め込み、GPS/水準法による全国のジオイド高データと比較した。

図1に、EGM96の係数に120次までのEIGEN-2係数を埋め込んだモデルのdegree variance(パワー・スペクトル)を、ジオイド較差の統計量を表1に示す。図1から、CHAMPの軌道条件による感度の限界のため、EIGEN-2では、40次から120次の範囲でパワーの有意な減衰が明らかである。表1より、ジオイド高の復元力をEGM96に比べた場合、EIGEN-2が十分な感度をもつ40次までの係数において、短波長、長波長とも有意な改善をもたらしていることが分かる。特に、平面傾斜でみた長波長誤差は、EGM96の約半分に改善されている。

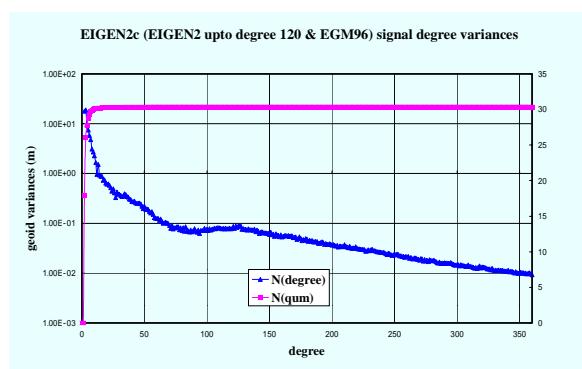


図1 重力ポテンシャルモデルの degree variances

表1.異なる次数でEIGEN-2とEGM96を結合したモデルとGPS/水準ジオイド高データの較差

Max order of EIGEN-2	0	40	70	120
Mean (cm)	- 79.05	- 75.27	- 109.61	- 180.02
SD (cm)	37.18	34.37	98.51	218.17
Tilt (ppm)	0.66	0.34	1.46	2.25

4. 結論

空間・周波数領域で局在化した誤差をそれぞれに持っている、陸海上重力測定に基づく重力場モデルと人工衛星アルチメトリーによる海域重力場モデルについて、その局在化誤差の特性を明らかにし、それらを有効に結合する手法が、ウェーブレット解析手法に基づいて開発された。また、先行する衛星重力ミッションCHAMPによる重力場モデルにより、衛星測位技術によって、長波長域において大いに改善された重力場モデルが取得されることが明らかになった。今後は、陸海上重力データとアルチメトリーとの結合によって得られた改良重力場モデルを基盤モデルとし、このモデルに内在する重力場・ジオイドの中長波長成分における誤差の大幅な改良を図るため、CHAMPやGRACEのデータとを統合して、日本とその周辺海域において、絶対的な重力場・ジオイドを決定するアルゴリズムの開発を行う。精密衛星測位技術による絶対的な重力場・ジオイドの決定に関するアルゴリズムについて、CHAMPやGRACEで得られた観測データに用いた重力場とジオイド決定を実施して評価を行い、さらなるアルゴリズムの改良を図る。さらに、衛星重力ミッションの異なる設定条件に対するジオイド決定精度を推定するシミュレーション手法を検討し、衛星観測ミッションのスペックを明らかにする研究を行う。

参考文献

- Lemoine, FG, DE Smith, L Kunz, R Smith, EC Pavlis, NK Pavlis, SM Klosko, DS Chinn, MH Torrence, RG Williamson, CM Cox, KE Rachlin, YM Wang, SC Kenyon, R Salman, R Trimmer, RH Rapp, RS Nerem (1997) The Development of the NASA GSFC and NIMA Joint Geopotential Model. In Segawa J et al.(eds.): IAG Symp. 117, Geoid and Marine Geodesy. Tokyo, Japan, September 30- Oct. 5, 1996, Springer-Verlag, 461-469
- Reigber, C, P Schwintzer, K-H Neumayer, F Barthelmes, R König, C Förste, G Balmino, R Biancale, J-M Lemoine, S Loyer, S Bruinsma, F Perosanz, T Fayard (2003) The CHAMP-only Earth Gravity Field Model EIGEN-2. Advances in Space Research, accepted