

日本周辺の絶対的ジオイド・モデルの構築に関する研究（第5年次）

実施期間 平成16年度～平成20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

日本列島はテクトニック・プレートの収斂境界に位置し、地質構造や地形の変動が激しく、重力場やジオイド形状が広い波長域にわたり大きな変動をもつ。陸域におけるジオイドの絶対位置決定には、周辺海域を含めて広い波長域で精密な重力場の構築が必要である。また、日本の南沖に西岸境界流の一つである黒潮が流れ、日本周辺は海洋力学的にきわめて活発な領域であり、海洋の力学的研究を推進するため、海洋の力学的基準面であるジオイドの絶対位置を精密に決定することが求められている。

Kuroishi and Keller (2005) は、日本周辺において従来のモデル JGE0ID2000 (Kuroishi, 2001) を有意に改善する重力ジオイド・モデル JGE0ID2004 を構築した。そこでは、北海道や瀬戸内海西部の重力データ欠落を解消し、人工衛星アルチメトリーによる海域重力場モデル KMS02 (Andersen et al., 2005) との統合により海上重力データに含まれる中・短波長域の誤差低減を実現した。全国ジオイド高データとの比較から JGE0ID2004 の誤差は全国的に滑らかで±25cm 程度の範囲にあることが分かり、それは局所ジオイド構築の基盤モデルとして用いた全球ジオイド・モデルの長波長誤差によると推定された。

こうしたなか、長波長の全球重力場とその時間変動を観測するため、CHAMP (Challenging Mini-satellite Payload), GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) と重力衛星が相次いで打ち上げられ、長波長の全球重力場がかつてない高精度で決定できるようになった。そこで、本課題では、これらの重力衛星の観測データ等を用いて日本周辺における長波長重力場モデルを高精度に決定し、それを応用して、日本のジオイドについて絶対的位置決定を高度化する研究を行う。なお、本研究は平成17～19年度には(独)日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(C)「北西太平洋域におけるジオイドと重力場変動の衛星重力観測を用いた高精度決定手法開発」と一体的に実施された。

2. 研究内容

重力衛星観測データから日本周辺の長波長重力場を高精度決定する手法を開発し、その手法を適用して得られる長波長重力場モデルと海上重力データや人工衛星アルチメトリーによる海域重力場モデルを最適統合する手法を開発する。さらに、こうして得られる重力場モデルを用いて日本周辺のジオイドの絶対的位置を高精度決定する手法を構築する。

平成19年度までに、重力衛星 GRACE データから求めた全球重力場モデルを基盤とし、陸・海上重力測定と人工衛星アルチメトリーによる海域重力場モデルを混合して求めた、日本の詳細な重力場モデルを統合した重力ジオイド・モデル JGE0ID2008 (Kuroishi, 2009; 分解能 $1' \times 1.5'$) を作成した。平成20年度は、GRACE 観測による全球重力場モデルと陸・航空重力測定と人工衛星アルチメトリーによる海域重力場モデルを混合して構築された、高分解能な全球重力場モデル EGM2008 (Pavlis et al., 2008) との比較を行いつつ、日本の重力場ジオイド・モデルの構築を完成させた。

3. 得られた成果

EGM2008 は、球面調和係数表現において、2159次・位まで完備し、最大で2190次・2159位までの一部の係数を含む、全球重力ポテンシャル・モデルである。これは、凡そ $5' \times 5'$ の分解能にあたる。

はじめに、EGM2008 と JGE0ID2008 の重力場モデルの較差を調べた。すると、分解能の違いによる極めて短い

波長成分のほかに、局所的な系統差がみられた。明瞭である地区は、①茨城県太平洋沿岸部、瀬戸内海、駿河湾、日高山脈や、②知床半島周辺と紀伊半島沖である。

つぎに、GPS/水準法を用いた全国 816 点のジオイド高データを用いて、それぞれのモデルとのジオイド較差をとった。重力場にみられた局所的な違いは、①の地区では EGM2008 に、②の地区では JGEOID2008 に、それぞれみられる特徴的なジオイド較差に対応する。従って、前者は EGM2008 に、後者は JGEOID2008 に、系統誤差が含まれることを示すと考えられ、海域の系統誤差がほぼ主因である。EGM2008 の系統誤差はやや短い波長成分に大きな重力異常が存在する沿岸域にみられ、構築に用いられたアルチメトリーによる海域重力場モデルの精度が劣っていると推測される。

JGEOID2008 の重力場モデル構築では、カットオフ空間波長を 1.25° として、短波長を海上重力データ、中波長をアルチメトリーによる重力場モデルが主に採用されている。知床半島周辺海域は地域的な重力情報の欠落が誤差因であり、紀伊半島沖はアルチメトリーによるモデルの系統誤差であると推定される。

ジオイド・モデルの精度を評価するため、ジオイド高データに対する較差の統計量を取りまとめ、表-1 に示す。モデルの絶対位置は、IERS Convention(2003)による定数に基づいている。表より、直接較差においても、平面回帰後の短波長成分の較差においても、EGM2008 に比べ、JGEOID2008 の方が高品質であることが分かる。

表-1 全国 816 点のジオイド高データを用いたジオイド・モデルの較差統計量。‘Direct differences’は直接較差、‘Planar fit’は平面回帰を行った較差であり、mean と SD はそれぞれ平均と標準偏差、回帰平面の傾斜率と最大傾斜の方位角をそれぞれ Tilt と Azimuth を示す。

Geoid Model	Direct differences		Planar fit		
	Mean (cm)	SD (cm)	Tilt (ppm)	Azimuth	SD (cm)
JGEOID2004	50.42	11.03	0.35	142°	9.22
EGM2008	- 21.72	8.88	0.11	43°	6.61
JGEOID2008	- 20.20	8.44	0.18	97°	5.99

4. 結論

日本周辺の局所重力場モデルと重力衛星 GRACE による長波長重力場モデルを統合し、日本の重力ジオイド・モデル JGEOID2008 が構築された。ジオイド高データとの比較から、JGEOID2008 は較差の標準偏差が 8.4 cm、平面回帰後の短波長成分で 6.0 cm という、極めて高い精度をもつことが示された。今後は、水準測量における潮汐効果の評価などを行い、日本の標高基準系の高度化について検討を進める。

参考文献

- Andersen, O. B., P. Knudsen, R. Trimmer (2005): Improving high resolution altimetric gravity field mapping (KMS2002), IAG Symp. 128 F. Sanso (ed), A Window on the Future of Geodesy, Springer-Verlag, 326-331.
- Kuroishi, Y. (2001): A new gravimetric geoid model for Japan, JGEOID2000, IAG Symp., 123: M. G. Sideris (ed), Gravity, Geoid, and Geodynamics 2000, 329-333.
- Kuroishi, Y., W. Keller (2005): Wavelet approach to improvement of gravity field-geoid modeling for Japan, J Geophys. Res. 110, B03402, doi:10.1029/2004JB003371.
- Kuroishi, Y. (2009): Improved geoid model determination for Japan from GRACE and a regional gravity field model, Earth Planets and Space, (accepted for publication).
- Pavlis, N. K., S. A. Holmes, S. C. Kenyon, J. K. Factor (2008): An Earth gravitational model to degree 2160: EGM2008, presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, Austria, April 13-18, 2008.