

衛星重力と地球内部ダイナミクス

Satellite gravity missions and dynamics of the Earth

木戸 元之[1]

Motoyuki Kido[1]

[1] 科技団 科技特 海洋センター

[1] JST Domestic Res. Follow @ JAMSTEC

本講演では、前半で長波長重力異常とマントルダイナミクスの関係を、後半で短波長重力異常とプレート構造の推定について話をします。

長波長重力異常とマントルダイナミクス

観測される重力異常の大半は、マントルの3次元密度分布と密度境界(モホ面、地表、コア・マントル境界等)の変形分に等価な面密度との足し合わせで説明される。一般にマントルの低密度領域は対流の上昇域にあたり、地表が盛り上がる。その結果、マントル密度と地表変形の両者がつくる重力場は大半がキャンセルされ、残った僅かな量が実際の重力場として観測される。地表の盛り上がるの割合によって、重力異常は正にも負にもなり得る。マントルの密度構造が同じ場合、地表の盛り上がりは対流様式により微妙に違い、対流様式はマントルの粘性に大きく依存する。すなわち、重力場は粘性に非常に敏感に反応し、観測地と計算値を合わせることで、マントルダイナミクスのキーである粘性構造に強い制約を与えることが出来る。このようなマントル対流のつくる重力場は、密度分布状態が変化しない限り安定であり、マントルの対流速度を考えると、重力に関してほぼ静的であると言える。

これに対し、氷床変動に代表される短時間の荷重変化に伴うマントルの安定状態に至る過渡現象がつくる重力場の時間変化は、衛星重力で十分観測されるので、結果として、後氷期上昇運動のモデル構築は飛躍的に精度が増すと考えられる。そして、現在の重力場のスナップショットの内、後氷期上昇運動による成分が分離可能となる。実際の例として、ローレンタイドでは負の重力異常が観測されるが、この異常の後氷期上昇運動成分を正確に取り除ければ、この地域での深部マントルの状態の推定が容易になる。

短波長重力異常とプレート構造

弾性プレートに地表の凹凸等の荷重をかけた場合、プレートは変形し、それに伴い重力異常が生じる。この時の地表の凹凸(荷重)に対する重力の応答はアドミッタンスと呼ばれ、荷重の波長により変化する。長波長の荷重に対しては、アイソスタシーが成り立つようにプレートが変形し重力異常は現れにくい。一方、短波長の凹凸ではプレートが弾性的に支えることで、強い重力異常が現れる。両者の境界をなす波長は、プレートの厚さと同じオーダーである。また、短波長になるほど地形と重力異常のパターンの相関は理論的には良くなるはずである。

現在得られている EGM96 重力モデルは、全球を球関数の次数 360 次までで表したものである。この波長ならばアドミッタンスの解析に利用できるが、短波長の特に陸域で、重力の地上・航空観測に負う所が大きく、データの無い領域の精度は信頼できない。その結果、地形と重力異常のグローバルな相関は、次数 170 を境に徐々に減少している。局在化した相関を用いた最近の解析により、相関の減少の地域差の明らかになっている。海洋域では衛星アルティメトリ観測により、十分な精度の重力場が得られているのに対し、海底地形モデルには不確定要素が大きい。逆に陸域では、地形は良く分かっているが重力モデルに問題がある。両者のモデルの信頼できる地域でのみ短波長の相関が高い。今後数年でグローバルな海底地形モデルの劇的な改善は期待できないが、GRACE、GOCE により、陸域の静的重力モデルの、特に空間波長 100km オーダーまでの改善が予想される。この波長ではアドミッタンスの解析においては、ぎりぎりの必要分解能であり、引続き地上での観測値も重要な要素となって来る。それでも、グローバルにアドミッタンスの解析ができ、プレート強度の地域差がマッピングできることは大きな前進である。数年後に予定されている GRACE Follow-on ミッションでは、さらに短波長の重力モデルが得られる予定で、陸域に於いて一様な精度での解析が可能となる。このような短波長での解析は、大陸下部地殻の延性流動のモデリングにも多分に役立つと期待される。