

氏名	やまもと けいこ 山本圭香
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第3141号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Study on Regional Scale Mass Variation Using GRACE Satellite Gravity Data (GRACE衛星重力データを用いたリージョナル質量変動の研究)
論文調査委員	(主査) 教授 福田洋一 教授 川崎一郎 教授 橋本 学

論文内容の要旨

2002年3月に打ち上げられた GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) 衛星は、地球重力場の空間的な変化のみならずその時間的な変化を計測することで、地球上および地球内部で生じるさまざまな現象に伴う質量の再配分を重力変化として検出することを可能とした。GRACE のデータは、衛星による重力場測定というまったく新しい情報を提供することから、地球科学のさまざまな研究分野での利用が期待されており、陸水や地下水の変動、氷床変動、海洋変動、また最近では、大地震に伴う地殻の質量変動の検出などへの応用研究が精力的に進められている。しかしながら、GRACE のデータ利用研究は、まだ緒に就いたばかりであり、データの解析方法、誤差評価、得られた重力場変動の解釈など、解決すべき問題が多々残されている。

申請者は、GRACE データの応用研究として、GRACE のレベル2 データと呼ばれる約1月毎の地球重力場の球面調和関数係数時系列を用い、インドシナ半島での陸水変動ならびに南極大陸の氷床変動に関連した、比較的小規模な空間スケールでの重力場時間変動の検出を試み、そのデータ処理上の問題点、現状での検出限界、変動の要因などについての詳細な議論を行った。

申請者は、まず、インドシナ半島での陸水の季節変動の検出を目的とし、メコン、イラワジ、サルウィーン、チャオプラヤ川それぞれの流域、またこれら4つの河川を覆う流域の形状に対して、GRACE の測定誤差を考慮した最適フィルターを設計し、それぞれの流域での質量変動の復元を試みた。その結果、現在の GRACE レベル2 データでは、メコン、イラワジ川流域程度の空間スケールであれば、その質量変動を検出することが可能なことを明らかにした。また、得られた季節変動と気象客観解析データに基づく陸水モデルのそれとを比較することで、陸水モデルに比べ GRACE の結果の位相が約1ヶ月程度遅れていることを明らかにした。一方、GRACE の結果と大気結合水収支法によって推定される位相とは調和的であることから、この位相の差は、陸水モデルにおける地下水流動の不適切な扱いに原因があるものと推定し、GRACE のデータが陸水モデルの改善に有用であることを示した。

南極氷床の消長は、海水準変動やグローバルな気候変動に直結することから、その解明に向けた GRACE データの解析に大きな期待が寄せられている。GRACE データを用いたこれまでの南極氷床変動の研究から、南極では氷床の経年変化が著しい3つの地域が存在することが知られていたが、このうち、エンダービーランドの正の経年変化の解釈については、その原因は十分に説明されていなかった。申請者は、インドシナ半島の場合と同様の解析手法を GRACE レベル2 データに適用し、この地域での精密な経年変化を求め、各種モデル、観測値と比較し、その変動要因を調査した。南極での質量変動の要因としては、氷床そのものの変動とともに、PGR (Post-Glacial Rebound) による質量変動が大きく影響するため、その見積もりが重要である。申請者は、さまざまな PGR モデルを用いた見積もりを行うとともに、ICESat (Ice, Cloud and land Elevation Satellite) のレーザー高度計による氷床高度変化のデータや日本南極地域観測隊による雪尺測定結果との比較から、その主要な原因が積雪にある可能性が高いことを示した。また、今後、GRACE データならびに ICESat デー

タの精度が向上すれば、これらを組み合わせることにより PGR の研究にも寄与するであろうことを示唆した。

論文審査の結果の要旨

人工衛星の軌道追跡により地球重力場を決定することは、人工衛星の出現直後から行われていたが、重力場の計測に特化した衛星ミッションが実現するのは21世紀に入ってからである。特に、2002年3月に打ち上げられた GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) 衛星は、地球重力場の空間的な変化のみならずその時間的な変化を計測することで、地球上および地球内部で生じるさまざまな現象に伴う質量再配分を重力変化として検出することを可能とし、陸水や地下水の変動、氷床変動、海洋変動、また最近では大地震に伴う地殻質量変動の検出など、その応用研究が精力的に進められている。

申請者は、GRACE のレベル 2 データと呼ばれる約1ヶ月毎の地球重力場の球面調和関数係数時系列を用い、インドシナ半島での陸水変動ならびに南極大陸での氷床変動に関連した重力場時間変動の検出を試み、そのデータ処理上の問題点、現状での検出限界、変動要因などについて、詳細な議論を行った。

申請者は、まず、インドシナ半島での主要4河川であるメコン、イラワジ、サルウィーン、チャオプラヤ川の流域と、これらすべてを覆う流域に対して、最適な空間フィルターを設計し、GRACE データに適用することで、それぞれの流域での質量変動の復元を試みた。その結果、メコン、イラワジ川流域程度の空間スケールでの質量変動の検出が可能であることを示すとともに、得られた GRACE による変動の位相が気象客観解析データに基づく陸水モデルより約1ヶ月程度遅れることを見出した。さらに、この原因が陸水モデルでの地下水流動の扱いが不適切であるためと推定しており、GRACE データがモデルの改善に有用であることを示す重要な結論を得た。

GRACE データを用いた南極氷床変動の研究では、これまでも、氷床の経年変化が著しい3つの地域が存在することが知られていたが、このうち、エンダービーランドの正の経年変化の解釈については、その原因は十分に説明されていなかった。申請者は、GRACE データに最適フィルターを適用することでこの地域での精密な経年変化を求め、各種モデル、観測値と比較し、その変動要因を調査した。南極での質量変動の要因としては、氷床そのものの変動とともに、PGR (Post-Glacial Rebound) による質量変動の影響が大きいため、その正確な見積もりが重要である。申請者は、さまざまな PGR モデルを用いた見積もりを行うとともに、ICESat (Ice, Cloud and land Elevation Satellite) のレーザー高度計による氷床高度変化のデータや、日本南極地域観測隊による雪尺測定結果との比較から、その主要な原因が PGR モデルの誤差によるものではなく積雪にある可能性が高いことを示した。この結果は、南極全体での氷床質量変動の研究にも大いに寄与するものであり、高く評価される。さらに、申請者は、将来、GRACE データならびに ICESat データの精度が向上すれば、これらを組み合わせることにより PGR モデルの改良も可能とする重要な示唆を与えている。

以上述べたように、本申請論文は、GRACE データの応用研究として、インドシナ半島での陸水変動ならびに南極氷床変動に関する多くの新たな知見と重要な成果を得ており、博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、主論文および参考論文に示されている研究業績のほか、関連する分野について試問を行った結果、合格と認めた。