

氏名	ローラント フェルドバリ Lorant Foldvary
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第2305号
学位授与の日付	平成13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	Geoid Height Variations Caused by Geophysical Fluids and Their Possible Recovery by Future Satellite Gravity Missions (地球表層流体の変動によって生じるジオイド高変化の衛星重力ミッションによる検出の可能性)
論文調査委員	(主査) 助教授 福田洋一 教授 竹本修三 教授 古澤保

### 論文内容の要旨

衛星重力ミッション GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) の主要な目的の一つは、大気、海洋、陸水など地球表層流体の季節変化に伴う質量移動を重力場の変動として検出することであり、これが実現すると、グローバルな水循環、海洋のダイナミクスなどの研究に大きく寄与するものと期待されている。また、地球表層流体の影響を取り除いた経年的な重力場変動データは、南極氷床の移動やグローバルな海水準変動、ポストグレースシャル・リバウンドによる重力場変化の研究など、広範な研究分野での応用が期待されている。特に、ポストグレースシャル・リバウンドによって期待される重力場変化速度が精密に決定できれば、地球内部の粘性係数に強い拘束条件を与えることができ、マンテル対流など固体地球ダイナミクスの研究にも大きく寄与するものである。

しかしながら、GRACE のような高精度の重力場データが得られるのは歴史上初めてのことであり、そのデータの実利用や応用に関しては、多くの研究課題が残されている。

申請者は、まず、これらの問題の一つである大気変動に対する海洋の応答について検討した。地球表層流体の挙動のうち大気の運動は、海洋や陸水に比べよく知られているため、GRACE のデータ利用に際して、通常の処理では、表面大気圧は既知として扱う方針である。その際、ゆっくりとした大気圧変動に対しては、海洋はそれを補償するように振る舞う IB (Inverted Barometer) の仮定が用いられる。一方、変化の速い大気圧変動や補償が十分できない浅海では大気圧の変化が海底に直接伝わるとする NIB (Non Inverted Barometer) の仮定が妥当と考えられる。GRACE の場合、サンプリング間隔等から判断して、一般には IB 仮定を採用するのが妥当と考えられているが、通常用いられる完全な IB 仮定が妥当であるかどうかについては問題が残るところである。

申請者は、NCEP/NCAR の大気再解析データのうち1978年から1997年までの20年間の表面気圧データを用い、純粋な IB、NIB モデルに加え、より実際の海洋に近いと思われる IB の修正モデルについて、それぞれ予想されるジオイド変動を推定し、これらのモデルの違いが GRACE のデータ処理に与える影響について調べた。さらに、GRACE のデータを利用することにより、これらのモデル間の差異が次数10次程度までの Stokes 係数の差として検出可能であることを見出し、GRACE のデータから実際の海洋の応答が IB 的であるか NIB 的であるかの判断も可能であることを示した。

次に、表面気圧データに加え、既存の海洋ならびに土壌水分データを用い、GRACE で観測されるジオイド高変動シグナルをシミュレートし、その特性を調べるとともに、実際のデータ利用を想定し、合成シグナルから元の原因別の変動シグナルを再現する試みを行った。その結果、大気の影響の見積もりとして IB の修正モデルを用いれば、年周以外の海洋変動パターンは、陸水に関する先見情報がなくとも、相関係数0.8以上で復元可能なことを見出した。

さらに、将来の SSI (Satellite to Satellite Interferometry) 衛星も視野に入れ、GRACE で用いられる Low-Low SST (Satellite to Satellite Tracking) の軌道配置による重力場信号の検出限界について検討を行った。その結果、上記の重力場変動シグナルと GRACE から予想されるシステムノイズを仮定した場合の全ジオイド高季節変動の検出限界は、球関数係

数で30次程度となり、従来の見積もりよりもやや低くなることが判明した。これは、変動の合成に用いたデータとその扱いの差によるものである。また、レーザー干渉を利用した SSI によるシステムノイズを仮定した場合には、季節的な質量変動においては GRACE の場合より 1 桁以上の感度向上が期待できることを明らかにした。

### 論文審査の結果の要旨

アメリカの NASA とドイツの GFZ (Geo Forschungs Zentrum) によって2001年の秋頃打ち上げの予定されている衛星重力ミッション GRACE は、H-L (High-Low) および L-L (Low-Low) SST (Satellite to Satellite Tracking) による重力場測定衛星で、L-L SST の range rate の測定には、マイクロ波のレーダー・リンクを用い、 $\mu\text{m/s}$  より良い測定精度が得られる見込みである。これは、1 カ月程度の時間分解能、空間スケール 1000km で、海面の水位変化に換算して mm オーダーに対応した重力変化を検出できるものであり、GRACE のデータは、グローバルな水循環、氷床変動、海水準変動、ポストグレースシャル・リバウンドなどの研究に大きく寄与するものと期待されている。しかしながら、その実際のデータ利用に関しては、このようなデータがかつて存在しなかったため、多くの研究課題が残されており、現在、各国の研究者が争ってその利用研究を進めている最中である。

申請論文で扱われている大気変動に対する海洋の応答も、重要な研究課題の一つである。衛星重力データを利用するさまざまな研究課題は、通常、大気重力変化への影響については、比較的観測のよくそろっている表面大気圧データを用いることであらかじめ補正可能であるという前提のもとに進められる。しかし、補正計算の際、大気の変動に対する海洋の応答をどのように扱うかで、その結果が変わってくることも知られている。申請論文では、大気再解析データを用いることにより、通常用いられる IB 仮定や NIB 仮定に加え、より実際の地球に近いと思われる IB の修正モデルを仮定し、その場合の影響について議論した。その結果、影響の差異が必ずしも無視できないことを示すとともに、GRACE のデータから、実際の海洋の応答を探る手がかりの得られることをも示した。大気変動に対する海洋の応答については、地上における精密重力測定や、衛星高度計データの補正を行う際にも重要な問題であり、ここで得られた結果は、これらの研究にも貢献するものである。

次に、申請論文では、海洋や土壌水分データも加え、より実際に近い形で GRACE の観測データをシミュレートし、その具体的な利用方法について研究を行った。その一つの成果として、1 年より短い周期の海洋変動パターンの大部分は、陸水に関する先見情報がなくとも分離可能であることを見出した。これは、今後の具体的なデータ処理方法を考える上で重要な知見である。

さらに、申請論文では、将来の SSI (Satellite to Satellite Interferometry) 衛星も視野に入れ、L-L SST の軌道配置による重力場信号の検出限界について検討を行った。その結果、他の同種の研究との比較から、現在得られている見積もりの限界を明らかにしている。申請論文では、手法そのものは既存のものを用いているものの、必要なソフトウェアはすべて独自に開発しており、今後、我が国独自の観測計画立案などに際し、基本的な技術を確認したことは評価に値する点である。

以上述べたように、本申請論文は、衛星重力データの利用方法に関連し、多くの成果をあげており、博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成13年2月1日、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。