

## GRACE GFZ 解を用いたグリーンランドの経年氷床質量変動の高分解能マッピング High resolution mapping of ice mass trend in Greenland using GRACE GFZ solution

松尾 功二<sup>1\*</sup>; 福田 洋一<sup>1</sup>  
MATSUO, Koji<sup>1\*</sup>; FUKUDA, Yoichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学 理学研究科

<sup>1</sup> Graduate school of Science, Kyoto University

GRACE 衛星は、2002 年の打ち上げ以来、地球重力場の月毎の変動を計測している。データは 2012 年 5 月に RL04 から RL05 へと更新され、米国のテキサス大学宇宙研究センター (CSR) とジェット推進研究所 (JPL) から、60 次までの球面調和係数 (ストークス係数) として公開されている。また独国の地球科学研究センター (GFZ) は、2013 年 12 月に RL05a データとして 90 次までのストークス係数を公開している。本研究は、GFZ RL05a データ (90 次) を用いて、その計測誤差を詳細に調べたうえ、高次項成分を可能な限り活用し、グリーンランドの経年的な氷床質量変動を従来よりも高い空間分解能でマッピングする。

まず、計測誤差について調べる。Wahr et al. (2006) に倣い、GRACE データの誤差分散行列から誤差の時空間変化を求める。RL05a データの誤差の全球平均は、相当水厚変化で表現して約 100cm であった。RL04 データでは約 300cm であったため、約 3 倍の精度向上と言える。その時間変化は、2003 年 1 月から 7 月までは平均 200cm であったが、2003 年 8 月以降は平均 100cm で安定している。2010 年 4 月に GRACE の熱制御機器が故障したようだが (Tapley et al., 2013)、重力計測には特に影響はないようだ。誤差の空間分布は、赤道域で大きく (約 130cm)、極域で小さい (約 40cm)。これは、GRACE が極軌道上を周回しているため、データの取得密度が極域で密に、赤道域で疎になることに起因する (Matsuo & Heki, 2013)。また、赤道域は主に海洋域で占められるため、エイリアシング誤差を多く含むという要因もあるだろう。このように、極域における 2003 年 8 月以降の RL05a データは、特に品質が高いことが分かる。

続いて、グリーンランドの経年氷床質量変動を導く。グリーンランドでは、2002 年頃から氷床が急速に消失しており、現在地球上でも最も大規模な質量変動が起きている (Matsuo et al., 2013)。また、極域に位置しているため、他の地域と比べ GRACE の計測誤差が低い。すなわち、シグナル対ノイズ比が特に高い地域といえる。従来 GRACE データは、高次項ノイズを低減させるために、60 次以降を打ち切り、ガウシアンフィルター (Wahr et al., 1998) や相関フィルター (Svenson & Wahr, 2006) を施したのち、重力および質量変化へと変換されていた。そのため、空間分解能は良くても約 300km ほどであった。一方で、精度が向上した RL05a データは、より高次の項をより弱いフィルターを適用して使用することができ。そこで本研究では、ストークス係数を 90 次まで使用し、相関フィルターのみを適用し解析を行った。相関フィルターを施すことで、グリーンランド上での計測誤差は約 40cm から約 20cm まで減少させることができた。ストークス係数からグリーンランド上のシグナルを効率的に抽出するために、Haris and Simons (2012) による spherical Slepian Basis を適用する。そうすることで、グリーンランドとは関連の低い他の成分の寄与を極力抑え、結果的にノイズを減少させることができる。そのようにして得た 2003 年 9 月から 2009 年 10 月までの質量変化の時系列から最小二乗法により 1 次変化 (経年変化) を求める。グリーンランドの南東部と西部にて、明瞭な質量減少のシグナルが検出された。注目すべきは、グリーンランド西部の質量変動である。従来の 60 次まで用いた解析では中西部の Jakobshavn 氷河と北西部の Qaanaaq における質量減少シグナルは分離できていなかったが、今回の 90 次まで用いた解析では綺麗に分離できている。この結果の妥当性を確認するために同時期に行われた ICESat 衛星による氷厚変動観測の結果と比較する。その結果、ストークス係数の 90 次まで展開した ICESat の経年質量変化の分布図は、今回の GRACE の結果と見事に一致した。このように、GRACE RL05 GFZ 解 (90 次) を用いることで、グリーンランドに対しては、従来と比べ空間分解能を約 1.5 倍 (約 300km から約 200km) 向上させることができた。

CSR 解や JPL 解ではストークス係数が 60 次までしか公開されていないように、元来 60 次以上の成分は利用が難しいと考えられてきた。しかしながら本研究は、計測誤差が低い極域を対象に、効率的にシグナルを抽出することで、GRACE データを 90 次まで活用できることを明らかにした。グリーンランドと同じように極域に位置し強いシグナルを示すアラスカや南極半島に対しても、同様の手法を用いることで、従来よりも高分解能な質量変化の分布を導くことができるだろう。

キーワード: 衛星重力観測, グリーンランド, 氷床質量変動, 宇宙測地学, GRACE, ICESat

Keywords: Satellite gravimetry, Greenland, Ice sheet mass variation, Space geodesy, GRACE, ICESat