

大規模な質量再分配によって駆動される地球重心の移動 Geocenter motion driven by large-scale mass redistribution

#松尾功二^{1,3}, 大坪俊通², 宗包浩志³, 福田洋一¹

1: 京都大学理学研究科 (現・国土地理院), 2: 一橋大学大学院社会学研究科, 3: 国土地理院

Koji Matsuo¹, Toshimichi Otsubo², Hiroshi Munekane³, Yoichi Fukuda¹

1: Graduate School of Science, Kyoto University,

2: Graduate School of Social Sciences, Hitotsubashi University,

3: Geospatial Information Authority of Japan

はじめに

地球の重心は、固体地球、海洋、大気を含む全地球システムの質量の中心 (Center of Mass: CM) として定義される。人工衛星は地球重心を中心に周回し、また地球の基準座標系は地球重心に準拠し構築される。ゆえに、地球重心の高精度な決定は、人工衛星の軌道決定ならびに地上測位の精度に直接的な恩恵をもたらす。地球では大規模な物質循環システムが形成されており、常に質量の再分布が起きている。そのため、地球重心の位置は時々刻々と変化している。人工衛星は、地球重心の移動に並進して軌道が変化するため、人工衛星単体では地球重心の移動を計測することができない。しかしながら、Satellite Laser Ranging (SLR) は、人工衛星の軌道決定を行うと同時に、衛星軌道を基準とする観測局の位置決定も行っているため、地球の形状の中心 (Center of Frame: CF) に対する地球重心の移動を計測することができる[e.g. Dong et al., 1997]。本研究では、SLRによって観測された地球重心の長期的な移動に焦点を当て、その駆動源となっている質量再分配の解明に臨む。

SLRデータの解析について

SLRデータの解析には、一橋大学と情報通信研究機構が共同で開発した宇宙測地データ解析ソフトウェア“c5++”[Otsubo et al., 1994]を用いた。本研究では長波長な重力場成分を対象とするため、長波長成分に感度が高く、計測精度の良い2つの高高度SLR衛星、LAGEOS-1とLAGEOS-2、のデータを使用した。データ期間は、1992年10月から2013年5月までである。人工衛星に作用する摂動力や観測局の潮汐・荷重変位は、IERS2010をはじめとする各種モデルによって補正を行った。また、アーク長は5日とし、モデル誤差を吸収させるための経験的加速度は5日ごとに推定した。以上の設定で衛星軌道に対する観測局の位置を決定し、Helmert変換によりCFに対するCMの変化(重心移動)を導いた。データのばらつきを抑えるために、60日間で移動平均を取り、米国のテキサス大学宇宙研究センターが提供する解との平均値を取った。

結果

本研究で得られた、地球重心の位置変化の時系列を図1に示す。上段から、X軸方向(グリニッジ子午面)、Y軸方向(経度90度面)、Z軸方向(地球自転軸)の重心変化を示す。注目すべき特徴は、2002年ごろを境に、長期的なトレンドが変化している点である。X軸方向は、1992-2002年: 0.133 ± 0.08

mm/yr から 2003-2013年: -0.102 ± 0.06 mm/yr へ、Y軸方向は、1992-2002年: -0.195 ± 0.07 mm/yr から 2003-2013年: 0.422 ± 0.07 mm/yr へ、Z軸方向は、1992-2002年: 0.130 ± 0.195 mm/yr から 2003-2013年: -0.929 ± 0.09 mm/yr へと変化している。トレンドの変化は、特にY軸方向とZ軸方向で顕著である。それらの成分における地球上の質量分布が、2002年以降、大きく変化した様子が伺える。

考察

現在、地球上における大規模な質量変動現象として、(1) 後氷期回復による固体地球の変形、(2) 気候変動に伴う極域氷床と山岳氷河の消長、(3) (2)に伴う海水準面の上昇、が衛星重力観測や衛星高度観測によって確認されている。Matsuo et al. (2013) は、グリーンランドにおける氷床の大規模な消失が、地球重力場の低次成分のトレンドを、2002年以降大きく変化させたことをSLR重力観測から明らかにしている。本研究では、(1)、(2)および(3)に伴う地球重心の移動を数値シミュレーションし、SLRによる観測値をどの程度説明するか、検討を行う。

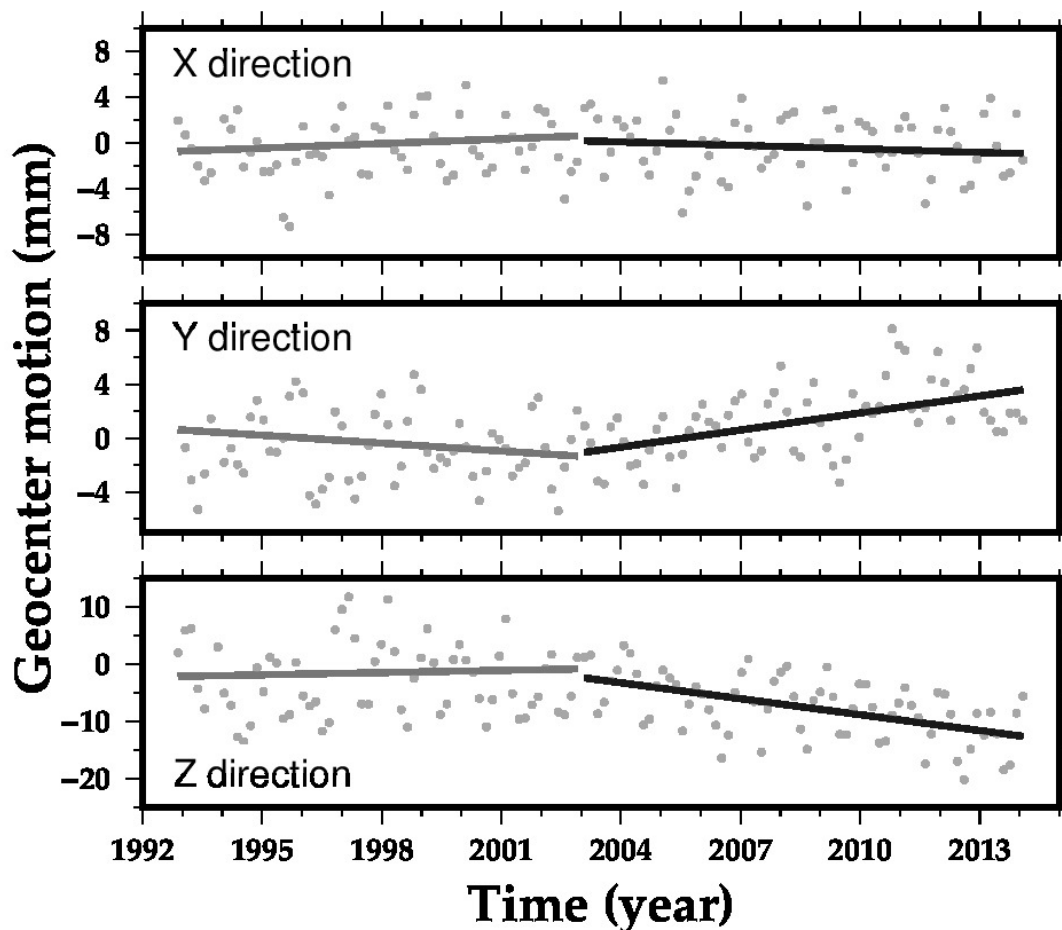


図 1: SLR によって計測された地球重心の位置変化の時系列。グレーのドットが、得られた観測値を示す。グレーの線は、最小二乗法から推定された 1992-2002 年の経年変化、黒の線は、2003-2013 年の経年変化を示す。