

Detection of quadratic ice mass variations in Greenland by ICESat laser altimetry

Koji Matsuo, Kazuyoshi Suzuki, and Yoichi Fukuda

We detect the quadratic signatures (acceleration and deceleration) of ice mass variations in Greenland using data from ICESat laser altimetry. We used the Level-2 Global Land Surface Altimetry Data product-GLA 14 of Release 634 spanning 6 years of 2003-2009 provided by the National Snow and Ice Data Center. The surface elevation changes of a 91 days interval was derived by the surface plane fitting method. The firn densification effect was corrected based on a semi-empirical model [Coble, 1970] forced with the ERA-Interim meteorological data. Using the kriged surface elevation changes and the firn model, we obtained the time-series of Greenland ice mass variations at 30 km-grids, and then we extracted the quadratic trend by the least-squares method.

The quadratic map of Greenland ice mass variations shows significant negative trends in the western and northeastern Greenland, suggesting the accelerated ice mass depletion during 2003-2009. The southwestern Greenland, on the other hand, shows characteristic quadratic patterns; the ice loss rates in two major outlet glaciers (Helheim and Kangerdlugssuag glaciers) are accelerating (negative quadratic trend), while those in other coastal areas are decelerating (positive quadratic trend).

In order to interpret these quadratic signatures, we analyzed surface mass balance data provided by regional climate model MAR [Fettweis et al., 2013]. As a result, we confirmed good agreement in the quadratic trends between ICESat and surface mass balance model except for major outlet glaciers. This means that, as for the period 2003-2009, the quadratic ice mass variations in Greenland can be mostly explained by the increase in ice-sheet melt and snowfall, while those in major outlet glaciers are the increase in ice discharge. We obtained the average acceleration rate of $-12.3 \pm 1.7 \text{ Gt/yr}^2$ in Greenland ice mass variations, among which are from changes in surface mass balance for -8.2 Gt/yr^2 and ice discharge for -4.1 Gt/yr^2 . This acceleration value almost agrees with those observed by GRACE gravimetry [Svendsen et al., 2013].

ICESat レーザー高度観測によるグリーンランドの加速的氷質量変化の検出

松尾功二、鈴木和良、福田洋一

ICESat による表面高度データを用いることで、グリーンランドにおける加速的・減速的な氷質量変化を検出する。ICESat データは、国際雪氷データセンターが提供する Level-2 Global Land Surface Altimetry Data product-GLA 14 of Release 634 である。データ期間は、2003 年から 2009 年までの 6 年間である。表面平面近似法により 91 日間隔の表面高度データを導出し、気象データを用いた半経験的モデルに基づいてフィルンの圧密成分を補正した。内挿した表面高度データとフィルンモデルを用いることで、グリーンランドの氷質量変化を 30km の空間間隔で導出し、最小二乗法によって加速・減速傾向を導出した。解析の結果、グリーンランドの質量変化は全体傾向として加速的な減少の傾向を示した。その傾向は、特に西部と北東部で顕著であった。一方で、南東部は主要な溢流氷河を除き、減速的な減少傾向を示した。これらの加速的・減速的な変化を解釈するために、地域気候モデルによる表面質量収支データを解析した。その結果、ICESat とモデルで導出される傾向は、良く一致することが確認された。これはすなわち、2003-2009 年の期間は、加速的・減速的な質量変化の大部分は氷床融解と降雪の増加によって説明可能で、溢流氷河に関しては動的剥離の増加が生じていることを意味する。グリーンランドの氷質量変化の加速率として、 $-12.3 \pm 1.7 \text{ Gt/yr}^2$ を得た。その内約は、表面質量収支の変化が -8.2 Gt/yr^2 を占め、表面質量収支の変化が -4.1 Gt/yr^2 を占めると考えられる。得られた加速率は、GRACE による重力変動観測から推定されたものとおおよそ調和的であった。