

棚氷の縮小による南極氷床の流動変化

佐藤 建 (北海道大学大学院環境科学院), Ralf Greve (北海道大学低温科学研究所)

1. はじめに

近年の大気、海洋の温暖化による南極の棚氷が崩壊や、縮小が観測されている。このために棚氷が氷床を抑える効果が弱まり、上流部の氷の流出が促進されることが観測、理論の両面から示唆されている¹⁾。

棚氷と氷床の内陸部では流動メカニズムが大きく異なる。氷床内陸部では、底面の基盤のとの摩擦のため、鉛直シア応力が最も主要な応力である。一方、棚氷の底面は海洋であり底面摩擦が働かない。このため鉛直シア応力は無視できるほどで、水平方向の応力が主たる応力の成分となる。下部の底面摩擦がないために典型的な棚氷の流動速度は 1000 m/a であり、典型的な変動時間スケールは数百キロの大きな棚氷でも氷床内陸の 1/10 以下である。したがって棚氷は外部の環境変化に対して内陸部より速く反応する。

南極氷床の変動による将来の海水準変化への影響には大きな不確実性があり、その原因の一つが棚氷の変動によるものである。棚氷底面の融解量を変動させることで、棚氷の変動による氷床変動への影響を考察する。

2. 手法

本研究では氷床モデル SICOPOLIS に棚氷の流動モデルを結合させて氷床全体のシミュレーションを行った。熱力学結合氷床モデル SICOPOLIS²⁾ はこれまでグリーンランド、南極、ローレントイド氷床、火星の氷床等の様々な地域に適用されているが、棚氷への扱いがなされていなかった。筆者は棚氷の流動モデルを作成し、氷床モデルと結合してこれを南極氷床へと適用した。

筆者らは氷床による海面上昇を予測する国際プロジェクト SeaRISE に参画している。ここでは与えられた氷厚、地熱、涵養量、表面温度、棚氷-氷床分布を使用してシミュレーションを行った。モデルの水平分解能は 40km、鉛直方向は 90 層である。

棚氷底面の融解量については、海域により異なる扱いを行った。コントロール実験ではロス棚氷、ロンヌ棚氷、アメリー棚氷の融解量については、氷床との境界である接地線近辺では 2 m/a、それ以外の部分では 0.2 m/a、深度 2000m 以下の外洋では 20 m/a とした。陸氷に囲まれていない棚氷や南極半島の棚氷の領域では高い融解量が考えられるため、その 5 倍の融解量を設定した。次に海洋での融解量を 2 倍、5 倍、10 倍として融解量変動への鋭敏性を調べた。

3. 結果と考察

氷床の流動速度は図-1 のようになっており、棚氷や沿岸部で高い速度をもつこと、棚氷では沿岸部に向かってより速い速度を持つことが再現されている。次に棚氷の融解量変動実験を行った。棚氷の融解による内陸氷床の変動を見積もるために海水準相当氷床変動を求めた。これにより、棚氷の融解による体積変化を除き、かつ将来の海

水準変化の影響を求める事ができる。実験の結果、融解量が大きいくほど海水準相当の氷床体積が減少する効果を見積もることができた(図-2)。融解量を2倍とした実験と参照実験では500年間で海水準変動に70cm程度の差を引き起こす。参照実験と融解なしの場合でも同様である。また融解量5倍と10倍の差は500年間でも10cm程度である。これは融解量が5倍の状態でも十分に融解量が大きく、多くの棚氷が無くなり、融解量を上げても変動がないためだろう。

海洋温暖化の実験⁴⁾では21世紀後半でロンヌ棚氷下部における融解量が18m/aを超える事が示唆されており、温暖化に鋭敏な地域では数値実験で使用したような高い融解量を持つ可能性がある。一方ロス棚氷の融解量変動は小さくなく、海域による違いが重要になる。

4. 結論

海域による棚氷底部の融解量の差を考慮した氷床変動の数値実験を行った。融解量設定の変動により、海水準相当の氷床体積は100年で70cm、500年で2mとなった。底面での融解量の違いに対して、氷床鋭敏に変動する。今後は棚氷-氷床の面積変化を考える必要がある。

【参考・引用文献】

- 1) Rignot, E., (2006): Changes in ice dynamics and mass balance of the Antarctic ice sheet, Philosophical Transactions A, 364, 1844 1637-1655,
- 2) Greve, R., (1997): Application of a polythermal three-dimensional ice sheet model to the Greenland ice sheet: response to steady state and transient climate scenarios. Journal of Climate, 10(5), 901-918,
- 3) Pollard, D. (2009): Response of the Antarctic Ice Sheet to increased ice-shelf oceanic melting, WAIS/FRISP Workshop, Washington, USA.
- 4) Hellmer, H. (2011): Will another ice shelf soon float in 'hot' water? International Glaciological Society Symposium on Interactions of Ice Sheets and Glaciers with the Ocean, La Jolla, USA.

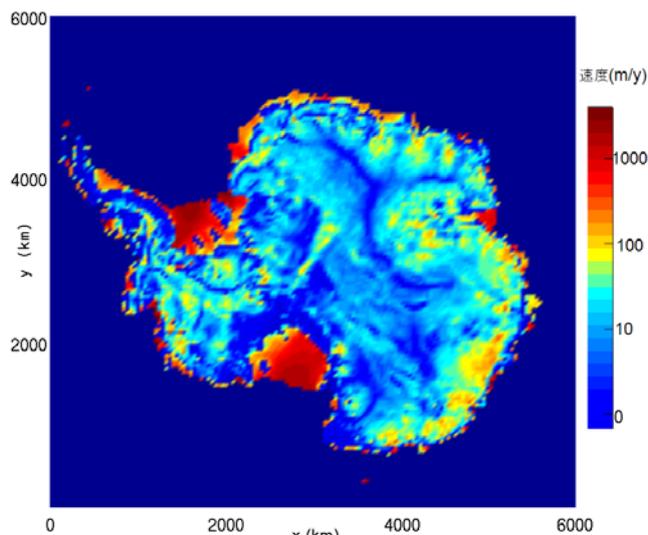


図-1. 南極氷床の速度分布の初期値

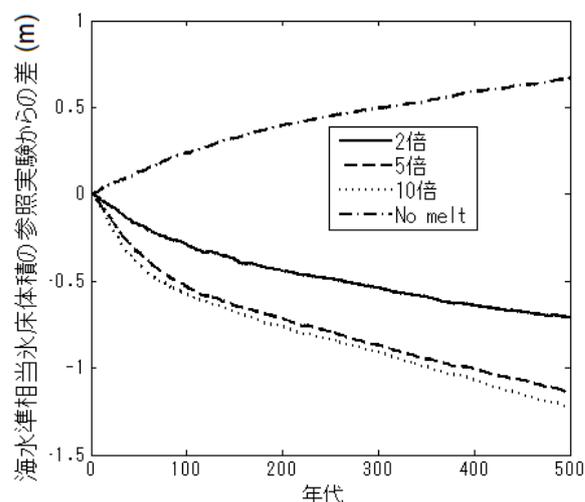


図-2. 融解量2倍, 5倍, 10倍, 融解なしの各実験の氷床体積変化の参照実験からの差