

平成 26 年度 地球シミュレータ利用報告 研究成果概要

1. 課題名

長期的気候変動予測のための高精度気候モデルの開発研究

Development Research of a high-quality climate model for long-term climate change projection study

2. 課題責任者名

河宮 未知生(海洋研究開発機構 統合的気候変動予測研究領域)

Michio Kawamiya

3. 課題の目的

数年から数千年に及ぶ気候変動を再現できる大気・海洋・陸面結合大循環モデルの改良及び氷床モデルの開発を行い、地球温暖化予測に係わる地球環境の変動メカニズムを解明することを目的とした最先端の気候システム研究を実施する。具体的には、(1)氷床-棚氷-grounding lineモデルの三次元への高度化、温暖化時および過去の南極・グリーンランド氷床の再現を改良、(2)物理諸過程の高度化、(3)気候モデル実験から地球温暖化における対流圏-成層圏結合の重要性の明示、を行う。

4. 今年度当初の研究計画

氷床モデル IceES の並列化・最適化をさらに発展させ、新たに実装する三次元棚氷モデルや grounding-line parameterization の ES 上での最適化を行う。また将来予測実験や古気候実験で開発した氷床モデルを適用する。陸面過程は、土壌や積雪過程などについてオフライン実験で検証した高度化スキームを全球モデルに実装し、モンスーンや中高緯度の陸上での夏季高温バイアスなどの再現性改善への寄与や長期気候変化・変動に対する陸面のメモリー効果などをオンライン、オフライン実験を通して評価する。非定常重力波抵抗パラメタリゼーションを組み込まずとも、赤道準2年振動(QBO)を自発的に再現可能且つ数十年に亘る長期積分が可能な使用である高解像度気候モデルを用いた実験を行い、対流圏-成層圏相互作用に関する基礎研究を行う。

5. 研究計画に沿った利用状況

研究計画に沿って利用することができた。

6. 今年度得られた成果、および達成度

<成果>

氷床・棚氷モデルの現実地形での運用を行い計算速度についてまとめた。その結果、今後行う長期積分を実用的な時間で達成するための開発課題(並列化構造の修正など)を挙げることがで

きた。グリーンランド氷床の将来の温暖化実験における氷床モデル依存の不確実性を評価するために他のモデルで採用されている手法を実装、効果を検証した。その結果を論文にまとめ投稿した(Saito et al. The Cryosphere, 査読中)。南極氷床の過去の温暖な時代に関する感度実験を行い、複数の気候モデルによる過去の気温や降水量再現下での定常解を計算した。その結果、気温上昇の効果が南極氷床の後退に大きく寄与することが分かった。

高緯度陸上では夏季の高温バイアスの一因として、融雪時に形成される一時的な湿地帯が考慮されていないために、夏季の土壌水分が過小になることが考えられる。この効果について、融雪時に表面流出の一定割合をためておくプールを追加するスキームを MIROC5.2 に導入し、全球気候への影響を調査した。その結果、北緯 50 度以北の陸上での夏季の高温バイアスや雲量と降水量の過小バイアスが大幅に改善する一方で、他の季節や地域のバイアスは増大させないことが分かった。

気候変動に重要な役割を果たしている成層圏水蒸気の年々変動を、最新衛星観測と気候モデルを組み合わせて精査した。観測データから(1)上部成層圏で時間と共に下方伝播する水蒸気偏差の存在を初めて発見、(2)上部対流圏から下部成層圏にかけて上方伝播する成分が卓越することを示した。次に気候モデル実験を行い(1)と(2)のメカニズムを解明し、(2)に関しては QBO 振幅と相関が高いことが分かった。

<達成度>

(年度当初の研究計画を全て達成した場合を 100% / 複数の目標があった場合は、それぞれについて達成度を数値で表示)

物理モデルの開発 80%、対流圏－成層圏結合実験 100%、氷床シミュレーション 80%

7. 計算機資源の利用状況

<計算機資源の利用状況>

(計画的に計算機資源を利用できているか、状況を記載)

物理モデルの開発に 0.9 万ノード時間、対流圏－成層圏結合実験に 1.5 万ノード時間、氷床シミュレーションに 1.5 万ノード時間を試算し申請したのに対して、約 3.5 万ノード時間が割り当てられた。今年度は対流圏－成層圏結合実験に約 2 万ノード時間を費やし、他の実験で約 1.5 万ノード時間を使用し、全ての計算資源を有効に活用した。

<チューニングによる成果>

(ベクトル化、並列化チューニング等、計算機資源を有効利用するために行ったこととその効果を記載)

氷床モデルに自動並列機能などを使用したが、モデルの構造上、計算速度の向上はあまり見られなかった。

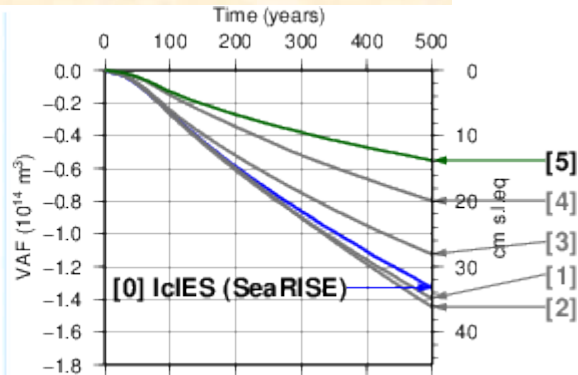
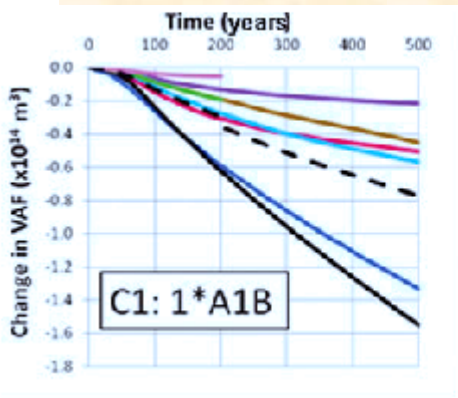
8. 新聞、雑誌での掲載記事

特になし

課題名 長期的気候変動予測のための高精度気候モデルの開発研究

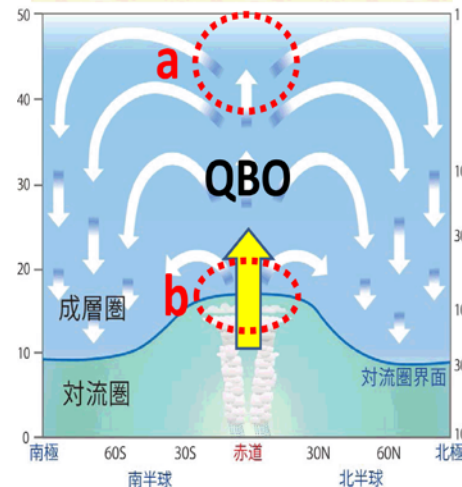
課題責任者名、所属 河宮 未知生、(独)海洋研究開発機構 統合的気候変動予測研究領域

氷床モデルによるグリーンランド氷床温暖化実験(体積変動)



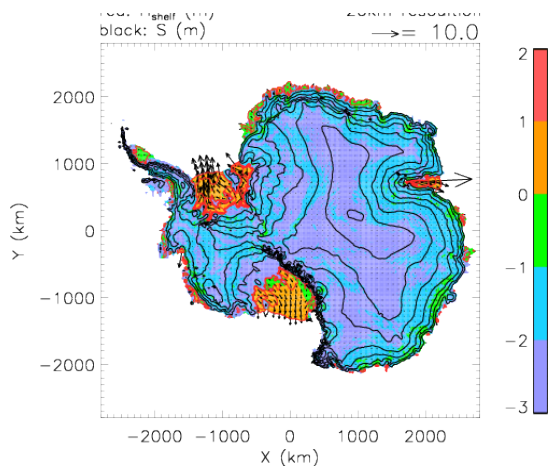
左: SeaRISE (Bindschadler et al.2013)による8 モデルの広がり
右: IcIES で様々モデル手法を採用した結果(Saito et al, 2015 TCD)

成層圏水蒸気の輸送分布と年々変動



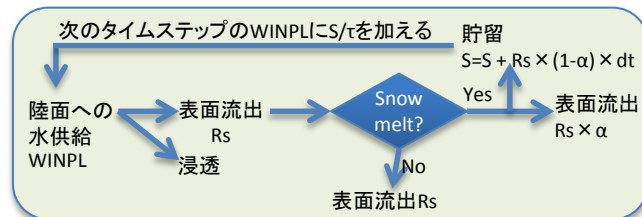
- ・対流圏から成層圏へはいる水蒸気の入口(黄色矢印)
- ・BD循環(白矢印)によって全球に運ばれる
- ・QBOに伴う鉛直2次循環によって年々変動が下方伝播(a: 初発見)
- ・QBOに伴う対流圏界面温度偏差が下部成層圏水蒸気の変動の原因
- 対流圏から成層圏へ入る水蒸気の年々変動を作る(b: 定量化成功)
- 温暖化QBO変化の具体的な影響

氷床棚氷モデルによる速度診断



❖融雪時の簡易湿地スキームの導入

- ・ 高緯度の湿地帯を表現
- ・ 融雪時に、表面流出の一定割合(1-α)を貯めておくプール(貯留)を追加。
- ・ プールの水は時定数τで流出し、陸面への水供給(WINPL)に加える。



- ・ 7-9月(JAS)の陸上高緯度の高温バイアスと降水の過小バイアスが改善(右図)

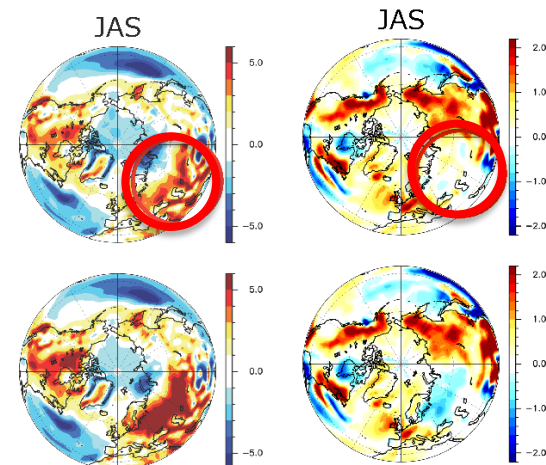


図. ERA interimに対するバイアス. 左列が地上気温, 右列が降水量. 上段が融雪湿地あり, 下段が無し.