

平成22年6月30日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2009

課題番号：18740305

研究課題名（和文） 地球温暖化に伴う海面水位上昇分布に関する研究

研究課題名（英文） Understanding of regional sea level change under global warming

研究代表者

鈴木 立郎（SUZUKI TATSUO）

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号：10415995

研究成果の概要：温暖化予測の評価に用いられた気候モデルの温暖化時の海面水位分布変化を要因（淡水フラックス、熱フラックス、風応力）切り分け実験を行うことによって詳細に調査した。本研究の結果、海面水位上昇分布の変化は、南極周極流周辺部を除き、主に海洋の傾圧応答が支配的であり、これらの分布は主に風応力の変化によって引き起こされていることが示された。しかしながら、北大西洋深層水やモード水などの密度変化による海面水位上昇分布の変化もみられ、熱・淡水フラックスの変化も無視できない。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,700,000	0	1,700,000
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,600,000	210,000	3,810,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 ・ 海洋物理

キーワード： 地球温暖化、海面水位上昇、熱膨張、気候モデル

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に伴う海面水位上昇の変化は人間社会や環境にとって重大な関心事の一つであり、IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)の地球温暖化第3次報告書（2001）の中で、気候モデルを用いた温暖化時の海面水位上昇の評価が行われている。この報告では、SRES(Special Report on Emissions Scenarios, 2000)の温暖化ガス排出シナリオによる21世紀中の全球平均海面水位上昇は最大で88cm、平均で48cmと見積もられた。また、海面水位上昇は多くのモデルで全球一様ではなく、海域によっては平均

値の2倍以上の値を示した。このことは、温暖化の人間社会への影響を考える上では、このような海面水位上昇分布を正確に評価する必要があることを示唆している。しかしながら、温暖化時の海面水位上昇分布の評価はモデル間でばらつきが大きく、その要因やメカニズムの理解は十分とは言えなかった。また、従来の気候モデルは解像度が十分とは言えず、海面水位分布に影響を及ぼす海洋内部のフロント構造などを再現できなかった。このため、これらの構造を再現できる気候モデルを用いた、海面水位上昇分布に関する研究が必要とされた。また、解像度以外にも、

現在の気候モデルで用いられている海洋モデルの多くは、海水の膨張を陽に取り扱っていないなど、海面水位上昇を見積もる上でいくつかの問題点が存在した。これらが海面水位上昇分布に与える影響も評価する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

(1) 温暖化に伴う海面水位上昇の研究は、その人間社会や環境に与える影響の大きさから、多くの気候モデルによって評価が試みられてきた。しかしながら、温暖化時の海面水位上昇分布の理解は十分ではなかった。本研究ではまず、海面水位上昇を陽に扱うことで海面水位上昇分布に与える影響を明らかにする。

(2) 全球平均の海面水位上昇だけでなく、海面水位上昇分布のメカニズムを明らかにするため、海洋大循環モデルを温暖化時の熱フラックス、淡水フラックス、風応力の変化の空間分布をそれぞれあて、駆動することにより、地球温暖化による境界条件の変化が、どのように関連して海面水位上昇分布に影響を及ぼすか明らかにする。特に本研究では、海洋の密度変化（熱膨張）や淡水の流入などそれぞれ別々に全球平均として評価されていた海面水位変化に、地理的分布を考慮し、海域ごとの海面水位上昇分布を議論する。これらのメカニズムの解明は将来の海面水位分布の変化の理解および温暖化予測の精度向上に役立つと考えられる。

3. 研究の方法

(1) 海洋大循環モデルにおける熱膨張の取り扱い方について熱膨張を陽に扱うことのできる非ブシネスク近似海洋モデルの開発を行う。海洋モデルによる非ブシネスク近似のモデルは圧力面座標を用いたものから、鉛直距離座標を用い簡易的にブシネスク近似を緩和するものまで様々な方法が提案されている (e.g., Greatbatch et al., 2001, Song and Hou, 2005) が、本研究では、モデルの計算速度やコードの簡便さ等を考慮して、温暖化時の熱膨張を陽に扱うことによる影響の評価のどのような方法が適切であるか検討し海洋大循環モデル COCO をベースに海洋モデルの開発を行う。このモデルを用いて温暖化時の海面水位上昇を陽に扱った場合に影響評価を行う。

(2) 温暖化時における海面水位上昇分布の変化を明らかにするため気候モデルを用いた理想実験を行った。海面水位上昇分布に対する影響切り分け実験をおこなった。具体的には気候モデルにおいて海洋コンポーネントにわたされる熱フラックス、淡水フラックス、風応力を温暖化実験およびコントロール実験で得られたフォーシングに差し替える

ことによって駆動し、その結果を詳細に解析することにより、温暖化時の海面水位上昇にどのような要因が支配的なのかを明らかにする。

4. 研究成果

(1) 海洋の熱膨張を陽に計算できる海洋モデルの開発を行った。さまざまなモデルの検討を行った結果、Greatbatch et al. (2001) による非ブシネスク近似を緩和する方法が、従来の気候モデルの枠組みにおける改良に最も適しているという結論に達した。そこで、この手法を用い海洋大循環モデル COCO をベースに熱膨張を陽に計算できる海洋モデルの開発を行った。モデルの計算時間も従来に比べ 20% 増程度に抑えることができた。このモデルを用い温暖化時の海面水位上昇分布を見積もった。この結果、ブシネスク近似を用いた際 Greatbatch (1994) の海面水位変化の見積もりと良い一致が見られた。ただし、その他の変動などに関してはより詳細な研究を行なう必要があると考えられる。

(2) 温暖化時の海面水位上昇変化を調べるため、気候モデルを用い 1 年間に二酸化炭素を 1% ずつ増やす実験 (CO2 1% 漸増実験) を行った。この結果、二酸化炭素を増加させないコントロール実験と比較して、北極海で水位上昇、南極周辺では南極周極流を挟んで極側で全球平均と比べて下降、北側で上昇、黒潮続流域では海面水位上昇、海盆ごとに見れば大西洋、インド洋で水位上昇がみられた (図 1A)。本研究ではこの海面水位分布の変化のメカニズムを明らかにするために以下のような理想化した実験を行った。

- ① 淡水フラックス一定実験：CO2 1% 漸増実験の淡水フラックスをコントロール実験のものに置き換えて計算。
- ② 淡水フラックス増加実験：コントロール実験の淡水フラックスを CO2 1% 漸増実験のものに置き換えて計算。
- ③ 風応力偏差実験：コントロール実験に CO2 1% 漸増実験時の風応力偏差を加えて計算。

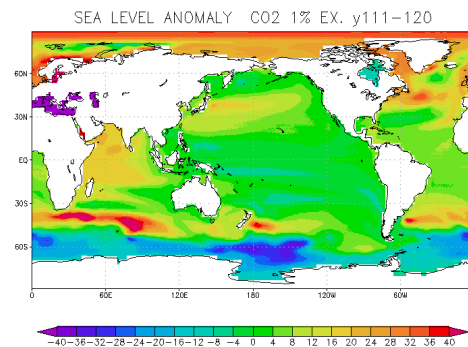


図 1A CO2 1% 漸増実験時の海面水位変化 (単位: cm、全球平均からの偏差)

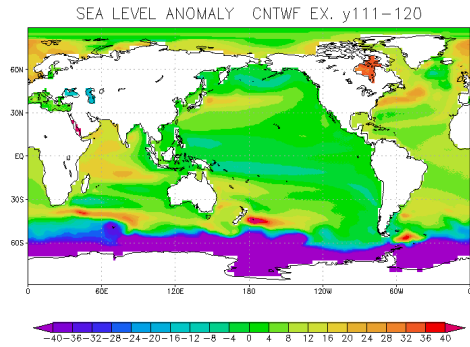


図 1B 淡水フラックス一定実験の水位変化

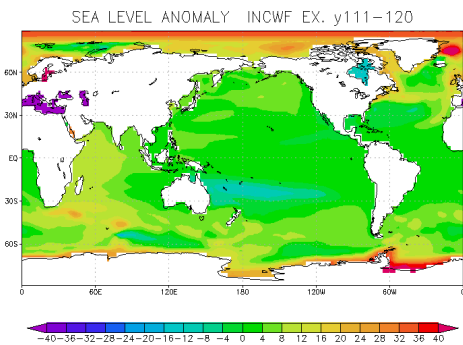


図 1C 淡水フラックス増加実験の水位変化

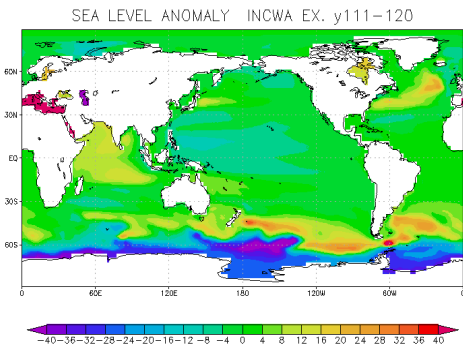


図 1D 風応力偏差実験の水位変化

これらの実験から、北極海の海面水位上昇は淡水フラックスの変化が大きな役割を示していることがわかる (図 1C)。黒潮続流域の水位上昇は風応力によく説明できるが、北太平洋全体で熱フラックスの影響も重要である (図 1B, D)。南極環海での水位上昇は風応力と熱フラックスの変化が支配的で、南極沿岸部の水位変化は風応力、熱フラックスが水位の上昇を抑えるように働くのに対し、淡水フラックスの変化はこれとは逆に熱フラックス、風応力の働きを抑制している (図 1)。また、インド洋の水位上昇は風応力、淡水フラックスの変化に影響を受けている (図 1 C, D)。

本研究ではさらにこれらの影響を、海洋の

傾圧応答、順圧応答に分解して議論した (Pinardi et al., 1995; Fukumori et al., 1996)。この解析結果により、温暖化時の海面水位上昇の変化は沿岸部、南極周極流付近を除き、海洋の傾圧応答に支配的であることが示された (図 2)。

(3) 本研究の成果をまとめると以下のようになる。

温暖化時の海面水位分布の変化を明らかにするため、境界条件ごとの要因に分けてモデルを駆動した。

- ① 淡水フラックスの変化は北極海、インド洋の海面水位上昇を引き起こす。南極沿岸域の海面水位の下降を抑制する。
- ② 熱フラックスの変化は南極周極流における水位変化、北太平洋の亜熱帯循環での水位上昇を引き起こす。
- ③ 海面風応力の変化は南極周極流における水位変化、黒潮続流域での水位上昇、インド洋での水位上昇を引き起こす。

温暖化時の海面水位分布変化を順圧成分、傾圧成分などに分解した。

- ① 海面水位分布の変化は傾圧成分が支配的。
- ② 南極周辺では順圧成分の変化も重要。
- ③ 風応力による直接的な効果は全体の 1/10 以下。熱塩的な応答では、のこりの効果も同じオーダーである。
- ④ 密度の変化から温暖化時の海面水位分布を推定する場合、密度膨張による海面水位変化の効果を直接見積もるより、ポアゾン方程式より傾圧成分をもとめたほうが、実際の水位分布変化からの差は少ない。

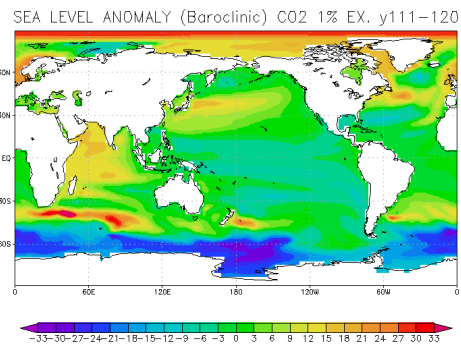


図 2A CO21%漸増実験の海面水位変化の傾圧成分 (単位: cm、全球平均からの偏差)

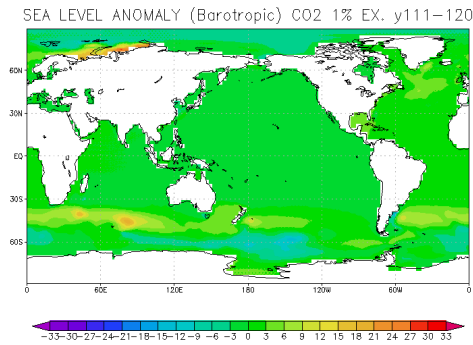


図 2B CO21%漸増実験の海面水位変化の順圧成分 (単位: cm、全球平均からの偏差)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 4 件)

- ① Tatsuo Suzuki, Understanding geographical distribution of future sea level projection in a Model for Interdisciplinary Research on Climate version 3.2 (MIROC3.2), American Geophysical Union fall meeting, 17 Dec 2009, San Francisco America.
- ② 鈴木立郎、MIROC3.2 における地球温暖化に伴う海面水位分布の変化、日本海洋学会秋季大会、2009 年 9 月 28 日、京都
- ③ Tatsuo Suzuki, Understanding projections of sea level rise in a Model for Interdisciplinary Research on Climate version 3.2, Ocean Sciences Meeting meeting, 5 Mar 2008, Orlando America.
- ④ 鈴木立郎、地球温暖化に伴う海面水位分布の変化、日本海洋学会秋季大会、2007 年 9 月 26 日、沖縄

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木立郎 (SUZUKI TATSUO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号: 10415995

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者