

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：82706

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26610153

研究課題名(和文) 中緯度海洋前線 - 中層大気結合の可能性

研究課題名(英文) Possible connection between the mid-latitude SST front and the middle atmosphere

研究代表者

河谷 芳雄 (Kawatani, Yoshio)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・統合的気候変動予測研究分野・主任研究員

研究者番号：00392960

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：中緯度海洋前線の影響が中層大気にまで影響を及ぼしているかどうか調査する為に、水平解像度60km、鉛直解像度300mで高度80kmまでをカバーする高解像度気候モデルを用いた実験を行った。重力波パラメタリゼーションは用いていない。現実的な海面水温分布及び海洋前線を平滑化した海面水温分布を下部境界条件として与えた実験をそれぞれ20年間を行った。成層圏・中間圏ジェットの内変動に伴う年々変動が大きく、海洋前線の平滑化の有無の実験との間に統計的に有意な結果は得られなかった。海洋前線の有無が中層大気大循環の変動に果たす役割は、高解像度モデルによる20年間の積分では非常に弱いという結論を得た。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate the possible connection between the sea surface temperature (SST) front and the middle atmospheric circulations, we have conducted the high-resolution climate model simulations with horizontal and vertical resolutions of 60km and 300m, respectively. No gravity wave parameterization is included in this model. Two experiments with boundary condition of realistic SST and smoothed SST without SST fronts are conducted. The interannual variations of the middle atmospheric circulations are large and thus statistically significant differences of the circulations between these two experiments are not found. The possible connection could not be found from 20-year integrations of this high-resolution climate model.

研究分野：中層大気

キーワード：海洋前線 重力波 中層大気

### 1. 研究開始当初の背景

海面水温の高い熱帯域では深い積雲対流が起こる。エルニーニョ/ラニーニャ(ENSO)インド洋ダイポールモードに代表されるように、熱帯域の海洋は大気に対して能動的な役割を果たしている。一方、海面水温が低く深い対流が立ち難い中緯度領域では、海洋は大気に対して受動的な役割しか果たさないという認識が長らく定着していた。ところが、近年の人工衛星データ・現場観測・高解像度数値モデルによる研究から、中緯度の海洋前線(海面水温の水平勾配が大きな場所)が対流圏の循環場に重要な役割を果たしている事が明らかになってきた。

移動性擾乱の通り道であるストームトラックは、南北温度勾配(傾圧性)の大きな領域で活発である。海洋上では中緯度海洋前線帯に伴う温度勾配の強い場所に沿って形成され(Nakamura et al. 2008)、海洋前線は海面近傍の傾圧性の維持とストームトラックの配置に重要な役割を果たしている事が分かってきた。代表的な暖流であるメキシコ湾流に伴う海洋前線近傍では、暖流からの莫大な熱放出が、その直上で強い降水や上昇気流などの大気応答を対流圏全層で引き起こしている事が明らかになった(Minobe et al. 2008)。このように、海洋前線が大気に及ぼす様々な影響が示され、中高緯度の海洋が大気に対して能動的な役割を果たしている様子が近年明らかになってきた。海洋前線はその空間スケールが小さい為、通常の気候モデル(水平解像度 200-300km)では海洋前線を十分に表現できない。過去の研究では海洋前線に伴う気候変動シグナルを過小評価していた可能性があり、海洋前線-気候の関係は現在も活発な研究段階にある。

ところで対流圏-中層大気相互作用によって、大気重力波は重要な役割を果たしている(成層圏、中間圏をまとめて中層大気と呼ぶ)。対流圏で励起された重力波が中層大気に伝播し砕波すると、重力波の位相速度方向に平均風を加速させる。故に重力波の運動量輸送は、中層大気の温度場・循環場に決定的な役目を果たす。重力波の励起源としては山岳、積雲対流、ジェット、前線等がある(Fritts and Nastrom 1992)。海洋前線がストームトラックの形成(ジェット変動と関連)や積雲対流を引き起こす事が明らかになった今、海洋前線活動に伴い励起された重力波が、その上空の中層大気に影響を及ぼしている可能性が大いに考えられる。海洋前線-中層大気結合という、未開拓で萌芽的な研究に挑戦する価値・意義は十分にあると考えられる。

### 2. 研究の目的

中緯度には海面水温の水平勾配が大きな海洋前線が、海洋上の至る所に存在している。近年、海洋前線が海面近傍の傾圧性の維持及び大気の移動性擾乱の配置を決定している事や、深い対流を誘発する事で、その影響が

対流圏全層にまで及んでいる事が分かってきた。ところで、重力波による運動量輸送は、成層圏・中間圏(中層大気)の大規模な温度場・風景場の決定に重要である。移動性擾乱や積雲対流は重力波の主要な励起源である為、海洋前線の影響が対流圏のみに留まらず、重力波を介して遥か上空の中層大気まで影響を及ぼしている可能性が大いに考えられる。本研究は中緯度海洋前線-中層大気結合という、海洋前線の新たな重要性を明らかにし、海洋と中層大気を融合させた新規学問分野のトリガーになる事を目指す目的で始めた。図1にその概要を図示する。

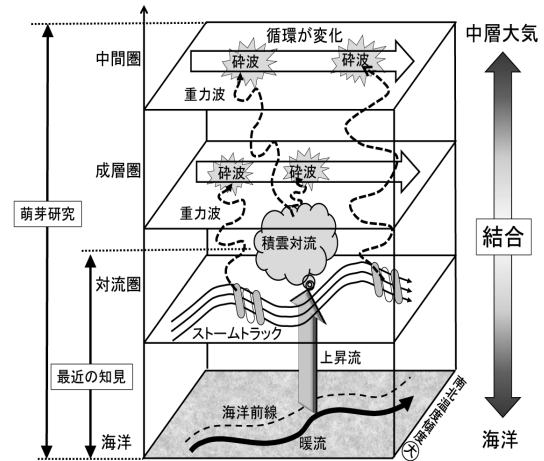


図1. 中緯度海洋前線が大気重力波を介して中層大気(成層圏と中間圏)に及ぼす影響の模式図。(i) 海洋前線付近で大気の南北温度勾配が大きくなる。(ii) 海洋前線上の温度勾配と対応して、対流圏で中緯度の移動性擾乱の活動が活発になる。(iii) 移動性擾乱に伴うジェットの曲率が大きい場所で、重力波が励起される。(iv) 暖流に伴う中緯度海洋前線付近で対流圏全層に上昇流が形成され、積雲対流が生じる。(v) 積雲対流から重力波が励起される。(iii)と(v)の重力波が成層圏・中間圏で砕波し、重力波の位相速度方向に平均風を加速させ、大規模循環場を変化させる。

### 3. 研究の方法

研究代表者らの研究グループが現在まで利用してきた気候モデル(東京大学、国立環境研究所、海洋研究開発機構で共同開発されたMIROCモデル)を、本研究を遂行可能な仕様に構築した。水平解像度はT213(水平解像度約60km)にし、地表から高度約80kmまでカバーした。波動-平均流相互作用をより良く表現する為に、鉛直解像度は上部対流圏から中間圏に掛けて300mに設定し、鉛直層数としては256層とした(T213L256)。モデルで陽に表現された重力波の役割を詳細に調べる為、重力波パラメタリゼーションは組み込んでいない。

本研究では、大気モデル(AGCM)に下部境界条件として高解像度(水平0.25°)全球海面水温データ(NOAA NCDC OISST version2

AVHRR) を与えた。T213L256 は海洋前線帯及び小規模の大気重力波を表現可能な解像度である。モデル計算は研究代表者が所属する研究機関の大規模並列スーパーコンピュータ(地球シミュレータ)を用いた。

最初に現実的な地形及び海面水温分布を取り入れた標準実験を行った。次に、海洋前線の役割を明確化する為に、海洋の至る所に存在する海洋前線を平滑化した理想実験を行った。積分期間はそれぞれ20年間とした。T213L256 という高解像度モデルで20年間の積分、両実験合計で40年間の積分は、過去の研究と照らし合わせても膨大な計算量であった。これら2つの実験結果を比べ、海洋前線の有無による中層大気大循環の違いを調べた。

#### 4. 研究成果

最初に T213L256 高解像度気候モデルに現れた、南半球での重力波活動について調べた。非定常重力波は中高緯度の前線付近や対流圏ジェットから多く生成されていた。南緯40度から65度の多くの重力波フラックスは海洋上で生成されたものであることも明らかになった。これらの共同研究の成果を論文として発表した(Alexander et al. 2016)。

次に海洋前線の有無による中層大気大循環の変動に関する数値実験を行った。海面水温の平滑化を行う際には、過度な平滑化を行うことによる、海面水温の南北温度勾配が極端に変わることがないように気を付けた。平滑化を南北に強く掛けてしまうと、海洋前線の影響ではなく、海面水温の高い・低い場所が南北にシフトしてしまう影響をみる可能性があると考えた為である。

図2に20年平均した1月と6月の帯状平均東西風を示す。黒線は現実的な海面水温を与えた実験、赤・青線は現実的な海面水温実験から平滑化した海面水温を与えた実験の差を示す。色は95%以上有意な領域である。

上部成層圏から中間圏の極夜ジェットでは、1月及び7月の両方で、海洋前線の平滑化の有無の実験との間に比較的大きな東西風の差が見られるが、成層圏・中間圏ジェットの内部変動に伴う年々変動が大きいため、95%統計的有意ではなかった。1月では夏半球に相当する南半球の対流圏ジェットに有意な差が見られ、上部中間圏の南緯70度付近に、領域は狭いが有意な東風偏差が見られる。しかしながらこれらの有意な領域は12月や2月では見られなかった(図略)。

これらの原因として、20年間の積分では不足していることが考えられる。また、今回の実験では、海面水温の平滑化を行う際に、過度な平滑化による海面水温の南北温度傾度の極短な変化を避けるため、比較的弱めの平滑化を行ったことも、差が出にくかった原因と考えられる。

今後、海面水温の平滑化の度合いを上げ、100年間程度の長期積分を行う事で、図2に

見られた差に、有意な領域が見られる可能性が考えられる。ただし、現段階で T213L256 の気候モデルを100年単位で積分するのは非常に難しい。少なくとも本研究結果からは、海洋前線の有無が中層大気大循環の変動に果たす役割は、中層大気内部変動に比べて十分に小さい為、高解像度モデルによる20年間の積分では非常に弱いという結論を得た。

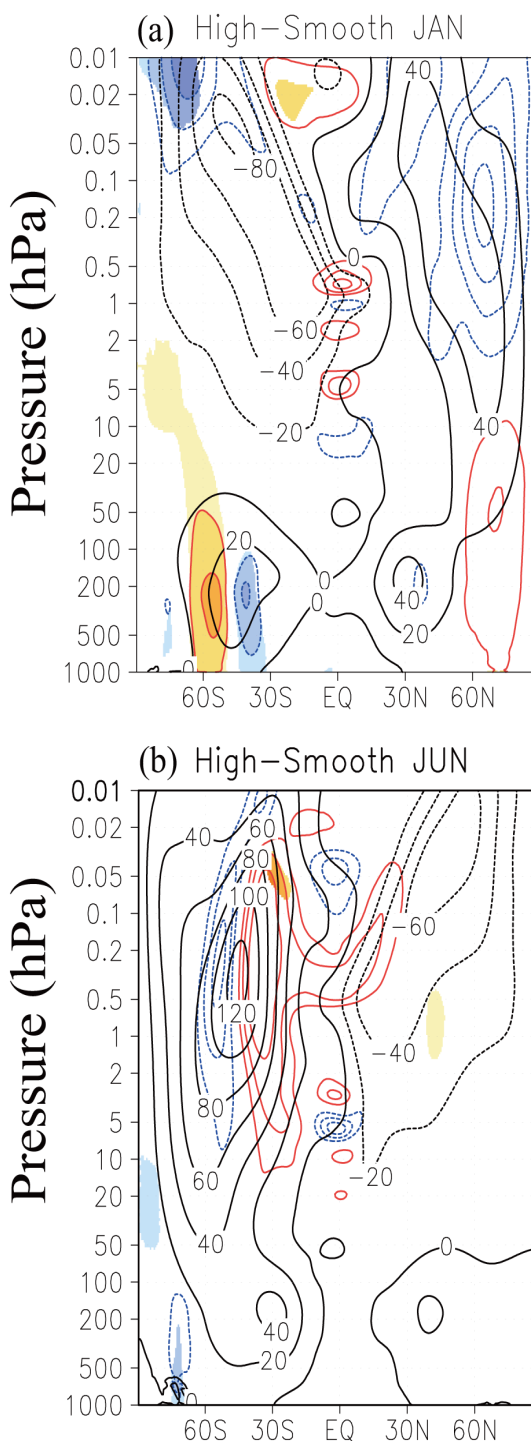


図2. 現実的な海面を与えた実験の帯状平均東西風(黒コンター)。現実的な海面水温実験から平滑化した海面水温を与えた実験の差。正偏差が赤、負偏差が青。色は95%以上有意な領域。(a)が1月で(b)が6月。

## < 引用文献 >

Nakamura, H., T. Sampe, A. Goto, W. Ohfuchi, S.-P. Xie, 2008: On the importance of midlatitude oceanic frontal zones for the mean state and dominant variability in the tropospheric circulation, *Geophysical Research Letters*, 35(2008), L15709, doi:10.1029/2008GL034010.

Minobe, S., A. Kuwano-Yoshida, N. Komori, S.-P. Xie, and R. J. Small, 2008: Influence of the Gulf Stream on the troposphere. *Nature*, 452, 206-209, doi:10.1038/nature06690

Fritts, D. C. and G. D. Nastrom, 1992: Sources of Mesoscale Variability of Gravity Waves. Part I: Frontal, Convective, and Jet Stream Excitation, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 49, 111-127

## 5 . 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 1 件)

Alexander, S. P., K. Sato, S. Watanabe, Y. Kawatani, D. J. Murphy, 2016: Southern Hemisphere extra-tropical gravity wave sources and intermittency revealed by a middle atmosphere general circulation model, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 73, 1335-1349, <http://dx.doi.org/10.1175/JAS-D-15-0149.1>, 査読有

### 〔その他〕

研究代表者のホームページ

<https://sites.google.com/site/yoshiokawatani/>

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

河谷 芳雄 (Kawatani, Yoshio)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・統合的気候変動予測研究分野・主任研究員

研究者番号：00392960

### (2)連携研究者

中村 尚 (Nakamura, Hisashi)

東京大学・先端科学技術センター・教授

研究者番号：10251406

佐藤 薫 (Sato, Kaoru)

東京大学・理学系研究院・教授

研究者番号：90251496

渡辺真吾 (Watanabe, Shingo)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・シームレス環境予測研究分野・分野長

研究者番号：50371745