

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05279

研究課題名(和文) 循環境界上での海上風の変調が海洋循環系へ及ぼす影響

研究課題名(英文) Surface wind adjustment and its feedback to the ocean surface layers over the gyre boundary regions

研究代表者

谷本 陽一 (TANIMOTO, Youichi)

北海道大学・地球環境科学研究所・教授

研究者番号：00291568

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：水温場の変調を受けた海上風が、海洋に再びフィードバックして、海盆スケールの海洋表層場、海洋循環場と与える影響を調べた。中緯度の海洋混合層内に対しては、変調された海上風が鉛直混合やエンTRAINMENTを通して、水温の冷却効果を抑制する効果を示した。赤道から亜熱帯の循環境界では、熱帯収束帯近傍における海上風の水平シアや赤道をまたぐコリオリパラメーターの変化のため、海上風による渦度注入に複雑な南北変化が示される。これに対して海洋表層はロスビー波の励起とその伝播として応答し、エルニーニョ南方振動現象の経年変動サイクルやインドネシア通過流の10年規模変動に関連していることを示した。

研究成果の概要(英文)：Surface wind adjustment and its feedback to the ocean surface layers over the gyre boundary regions are examined. We found that the wind adjustment process in the extratropics acts as suppressed cooling via vertical mixing and entrainment changes. In the boundary region across the equatorial and subtropical gyres, the vorticity input to the ocean exhibits rich horizontal structures, owing to the horizontal wind shear and a meridional change in the Coriolis parameter. The forced ocean surface layers show the Rossby wave and its propagations, which is associated with the interannual variability for the El Nino-Southern Oscillation and with the decadal variations for the Indonesian Throughflow.

研究分野：気候力学

キーワード：海上風 循環境界 大気海洋相互作用

1. 研究開始当初の背景

研究代表者はこれまでに、水温前線周辺における海洋表層水温場は単に大気強制に対して隷属的であるだけでなく、水温前線近傍での水温変化に伴う海面熱フラックスの変化を通して、大気境界層を変質させていることを観測的に明らかにしてきた。これらの観測的成果を契機として、大気循環に対する中緯度海洋の役割が国際的にも見直され始め、水温前線の大気に与える影響は、黒潮・黒潮続流域のみならず、他の中緯度水温前線域で遍く見られることが衛星データや再解析データの診断、数値モデリングから示された。

海盆スケールにおいて海上風が水温場の変調を受けているとすれば、その海洋への影響は局所的なエクマン流、乱流混合、海面熱フラックスのみならず、風成循環の力学を通して海盆スケールの海洋循環にまで及ぶと考えられる。しかしながら、中緯度の水温前線により変調を受けた海上風が海洋表層へさらにどのようにフィードバックするかの視点からの研究は国際的に見てもまだあまり進んでいない。この状況は、大気強制として海洋に注入される運動量と運動エネルギーが適切に見積もられていない可能性を示唆する。

2. 研究の目的

海洋表層における亜熱帯・亜寒帯循環系の循環境界などでは海盆全体で水温前線が形成され、この海域での海上風は水温前線により変調を受けることが知られている。このような水温場に対する海上風の調節は、水温前線近傍での海洋からの熱放出が大気下層に暖かい混合層を発達させ、大気境界層内の鉛直混合調節と静水圧調節の結果として生じる。本研究では、海面風応力ベクトルの変調によるエクマン流への影響、スカラー風の変調による海面熱フラックスや海洋表層の水温場、力学場に与える影響に着目して、水温前線が海上風に与える影響とその効果が海洋表層へフィードバックする過程を明らかにする。これらの結果から、海上風を海洋モデルの駆動に用いるとき、水温場による海上風の変調を適切に考慮することの重要性を提唱することを目的とする。

3. 研究の方法

水温前線の変調を受けた海上風と変調を受けない海上風を強制力とした海洋大循環モデルの数値実験をそれぞれ行い、海上風の違いが海洋混合層形成の季節変化やその分布、水温躍層や海面水位など流れを含む力学場に与える影響を調べる。

海洋混合層への影響を調べる際には、ベクトル風の変調とスカラー風の変調を個別に制御するよう実験を設計する。また、気候の将来予測に用いる大気海洋結合大循環モデルの実験結果や第1傾圧ロスビー波を表現

する簡易モデルなど、階層的な数値実験結果を活用し、水温場に対する海上風の変調がどのように海洋の密度構造や風成循環場に影響しているかを解析し、海上風と海洋表層の相互作用の知見が一般化可能かを検証する。

4. 研究成果

亜熱帯循環系の西岸境界流である黒潮の水温前線近傍では、強い海流に伴う水温の空間変化が海洋力学の帰結として形成されるが、このような数百キロメートル規模での水温変化は大気境界層の調節仮定を通して海上風の非地衡流成分に影響する。この海上風への変調効果を求めるために、西部北太平洋海域における海面水温前線を高空間分解能で表現した海面水温場と空間的に平滑した海面水温場をそれぞれ下部境界条件とした領域大気モデルの数値実験を実施した。さらに、これら水温前線の変調を受けた海上風 (wind-control) と変調を受けない海上風 (wind-smoothed) を強制力として、海洋混合層モデルを駆動した wind-control の数値実験の結果は、季節別の混合層深分布を概ね再現していた。初冬季から早春季にかけての海洋混合層深の発達においては、どちらの数値実験においても海上風の強さが強く影響する。また、混合層内の水温に対しては、強い海上風は海面における冷却効果を通して強く影響するものの、一方で、強い海上風に伴う鉛直混合やエントレインメントは海洋混合層深を大きくし、水温の冷却効果を抑制する効果も見出された。海洋混合層の水温は、変調効果によって風速が大きくなっている水温前線の南側で、晩冬季から早春季において混合層水深が最も深くなるため、結果として、水温の冷却が抑制されていることが示された。今後は、このような抑制効果が水温前線の形成・維持にどのようにフィードバックするかを明らかにしていく。また、熱帯域における大気海洋相互作用についても視点をもつようにして、普遍性を高めていく。

太平洋のように両半球に跨がる大規模な海盆内には、亜熱帯循環と亜寒帯の循環境界だけでなく、赤道循環と亜熱帯循環との間にも明瞭な循環境界が形づくられる。これら低緯度における循環境界上では偏東貿易風が定常的に海洋に運動量を注入している。しかしながら、この運動量注入を過度の注入として見直すと、熱帯収束帯近傍における海上風の水平シアや赤道をまたぐコリオリパラメーターの変化のため、比較的狭い緯度帯で複雑な南北変化を示す。また、赤道近傍の太平洋は概ね表層と下層に2層に分けて考えることが可能であり、過度注入に対して海洋表層はロスビー波の励起とその伝播として応答する。このような大気強制・海洋応答は、熱帯太平洋域の大気海洋結合変動に対して重要な役割をもつが、東太平洋域における大気強制とロスビー波応答について、過去の観

測事実をもとにその役割を議論した研究は少なかった。本研究では、1.5 層のロスビー波モデルに対して、過去約 20 年にわたる観測データに基づいた渦度の注入を試み、海面高度の計測として表されるロスビー波の励起やそれらの伝播がエルニーニョやラニーニャの発生とともに生じていることを再現することに成功した。特に、エルニーニョ(ラニーニャ)の発生時に生じる東部太平洋上で赤道を跨いだ低圧偏差(高圧偏差)周辺の地衡流偏差と赤道近傍のコリオリパラメーターの変化によって形成される東西風成分の南北シアーが渦度偏差の主要因であることを見出した。

西太平洋における亜熱帯循環系と赤道循環系の循環境界近傍の海面水位は、インドネシア通過流の体積輸送量の決定に大きく関与するため、太平洋・インド洋間の熱輸送やそれらが熱帯海洋域の水温変動に及ぼす影響を知る上で重要である。しかしながら、インドネシア多島海は極めて複雑な海岸線と海底地形で構成されているため、粗い空間分解能の海洋モデルを結合した気候モデルでシミュレートされる通過流量や通過流の入口近傍での水位の表現は必ずしも現実的ではない。そこで、本研究では、熱帯太平洋域全体の海面熱フラックス場と海面風応力場の大気場のみを外力として、前年度から活用しているロスビー波モデルを用いて、西太平洋海域における海面水位の再現を試みた。その結果、モデルで再現された海面水位と衛星計測に基づく海面水位に見られる 10 年規模変動は概ね一致していた。この取り組みによって確立された水位の再現手法を、各国に気候モデルで表現されている現在気候や将来気候の大気場に対して応用することで、インドネシア多島海を表現できない空間分解能の粗い気候シミュレーションを活用して、インドネシア通過流量の将来変化を議論できるようになった。インドネシア通過流量の 10 年規模変動における太平洋側とインド洋側の相対的寄与は現在気候の元では、太平洋側の寄与が圧倒的であるものの、将来気候においてはインド洋側の相対的寄与が 30%程度まで増加する結果が示唆されている。

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 4 件)

Abe, H., Y. Tanimoto, T. Hasegawa, and N. Ebuchi, Oceanic Rossby waves over eastern tropical Pacific of both hemispheres forced by anomalous surface winds after mature phase of ENSO, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, 46, 2016, 3397-3414
doi:10.1175/JPO-D-15-0118.1

Maeda, S., Y. Urabe, K. Takemura, T. Yasuda, and Y. Tanimoto, Significant atmospheric circulation anomalies over the North Pacific associated with enhanced Pacific ITCZ during the summer-fall of 2014, *SOLA*, 査読有, 12, 2016, 282 - 286
doi:10.2151/sola.2016-055

Sato, N., M. Nonaka, Y. Sasai, H. Sasaki, Y. Tanimoto, R. Shirooka, Contribution of sea-surface wind curl to the maintenance of the SST gradient along the upstream Kuroshio Extension in early summer, *Journal of Oceanography*, 査読有, 72, 2016, 697-705
doi:10.1007/s10872-016-0363-3

Maeda, S., Y. Urabe, K. Takemura, T. Yasuda, and Y. Tanimoto, Active role of the ITCZ and WES feedback in hampering the growth of the expected full-fledged El Nino in 2014, *SOLA*, 査読有, 12, 2016, 17-21
doi:10.2151/sola.2016-004

[学会発表](計 3 件)

Vivek Shilimkar and Youichi Tanimoto, Relative role of steric and wind driven fluctuations of sea surface height in Pacific and Indian Ocean on decadal variation of ITF transport, *Ocean Society of Japan Fall Meeting 2017*, 2017年10月16日, 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

谷本陽一, 東部熱帯太平洋の海面水温偏差場に見られる南北ダイポールの年々変動特性, 2015年度日本気象学会秋季大会, 2015年10月28日, 京都テルサ(京都府・京都市)

谷本陽一, 東部熱帯太平洋と熱帯大西洋の海面水温偏差場に見られる南北ダイポール変動とその将来変化, 2015年度日本海洋学会秋季大会, 2015年09月27日, 愛媛大学(愛媛県・松山市)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷本 陽一 (TANIMOTO, Youichi)
北海道大学・地球環境科学研究院・教授
研究者番号：00291568

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()