

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 9 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800258

研究課題名(和文)黒潮続流・メキシコ湾流ジェットのスケーリング間相互作用の研究

研究課題名(英文)A study on mean features and variability of meandering and ring formations in the Kuroshio Extension and Gulf Stream regions

研究代表者

佐々木 克徳 (Sasaki, Yoshinori)

北海道大学・理学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：50604815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：海表面高度データを用いてジェット軸の位置とジェットからの中規模渦の切離・併合を客観的に求める手法の開発を行った。また、この手法を黒潮続流域およびメキシコ湾流域に適用し、手法の妥当性の検証と結果の解析を行った。この手法により中規模渦による輸送量を定量的に見積もることが可能になり、その結果、両海域共に切離する中規模渦が南北渦熱輸送や栄養塩輸送に重要な役割を果たしていることが明らかになった。さらに渦の切離数とジェットの強さには負の相関があり、中規模渦の切離がジェットを減速させていることを示唆する。

研究成果の概要(英文)：A new method that consists of the detection of the jet path changes and the tracking of a mesoscale eddy is proposed to objectively capture eddy shedding from an oceanic jet based on sea surface height data. This method is applied to the Kuroshio Extension and Gulf Stream jets. Based on these results, it is revealed that the pinched-off mesoscale eddies play an important role in across-jet transports of heat and nutrients. In addition, the fluctuations of the eddy formation are negatively correlated with the strength of the jets, suggesting deceleration of the jets by eddy formation.

研究分野：数物系科学

キーワード：海洋物理・陸水学 気候変動 海洋ジェット 黒潮続流 メキシコ湾流

1. 研究開始当初の背景

衛星高度計による全球に渡る観測網の発達やスーパーコンピュータの高速化により高解像度化した海洋モデルのシミュレーションにより、海洋のメソスケール現象(~100 km)に対する多くの研究が行われ、その重要性が認識されている。例えば、中規模渦は海洋中に普遍的に存在し、熱や運動量、物質輸送に非常に重要な役割を果たしている。一方、以前に予想されていたよりも強いジェットが存在が確認され、物質の南北輸送に対する障壁の役割を果たすと考えられている。特に亜熱帯循環西岸域には非常に強いジェットが位置し、大量の熱を極域へと輸送する役割を担う。またこの海域は海洋が大気へと大量の熱を放出する領域でもあり、海表面水温の南北勾配による傾圧性が強く、海洋が大気に与える影響を考える上で非常に重要な領域である。

一方で、同じメソスケールの現象である海洋ジェットの蛇行とその成長による中規模渦の切離については十分に明らかになっていなかった。ジェットから切離して生じる渦は、一般的に存在する中規模渦と空間スケールは同程度であるが、振幅は1オーダー大きく、かつジェットは亜熱帯由来と亜寒帯由来の水塊の境目にあり性質が大きく異なるため、輸送に果たす役割は大きいことが期待されるが、このジェットからの渦の切離・併合については事例研究が存在する程度であった。また、既存のメソスケール擾乱についての網羅的な研究では中規模渦とジェットの蛇行を区別しておらず、蛇行や切離する中規模渦の役割の解明には不十分であった。

2. 研究の目的

世界有数の強い東向きジェットが存在する北太平洋黒潮続流域と北大西洋メキシコ湾流域において、ジェットの位置を定義し、さらにこのジェット軸の位置データを用いて中規模渦のジェットからの切離・併合を客観的に求める方法を確立させる。これにより、前述した既存のメソスケール擾乱についての網羅的な研究では区別ができなかった「中規模渦」と「ジェットの蛇行」を区別し、さらに「ジェットから切離した中規模渦」と「それ以外の成因による中規模渦」を区別することが可能である。この手法を用いて、中規模渦の切離について空間分布とその時間変化について明らかにする。また切離する渦について熱や栄養塩の輸送量についての定量的な評価を行う。

さらに、蛇行に伴うメソスケール現象の時間変動と大規模場により強制されるジェット自体の十年変動との関係と、そのスケール間相互作用メカニズムについて明らかにする。ジェット軸の緯度と速度の十年変動と、ジェットの蛇行及びジェットから切離する渦の数や分布の変調との間の関係について解析を行い、そのメカニズムについて明らか

にする。

3. 研究の方法

ジェット軸同定と渦の切離検出の手法の開発を行う。この解析には、衛星観測データや海洋モデルの出力結果に適用可能とするために、海表面高度データを使用する。手法の妥当性を検証した後、得られた結果を利用し、黒潮続流域とメキシコ湾流域におけるジェットの蛇行と渦の切離・併合の実態の解析、黒潮続流域でのジェットと海盆スケール変動との間での相互作用メカニズムについての解析を行う。この2つの領域での結果の比較を行い、メカニズムの理解を深める。さらにジェットの蛇行に伴うメソスケール現象が周辺域に与える影響の解析についても行う。また中規模渦の内部構造を知るために補完的に簡素海洋生態系モデルを結合させた海洋モデルデータを使用する。

4. 研究成果

最初にジェット軸の位置とジェットからの中規模渦の切離・併合を客観的に求める手法の妥当性の検証のために、黒潮続流域とメキシコ湾流域に適用した。その結果、過去の気候値についての研究と概ね整合的な空間分布が得られた。

この手法を衛星観測データの黒潮続流域に適用した結果、年間約12個の渦が切離している。この切離渦の3分の2は再びジェットに併合されるものの、併合されない渦だけで北太平洋のこの緯度帯での南北渦熱輸送の4分の1を説明することを明らかにした。この緯度帯は北太平洋の中でも南北渦熱輸送量が非常に大きい領域であり、この結果は切離された渦に伴う熱の南北輸送が、この領域の熱バランスに重要な役割を果たすことを示す。実際、切離渦数が多い年と少ない年では黒潮続流域に北側で強い正の海面水温偏差が見られる(図1)。

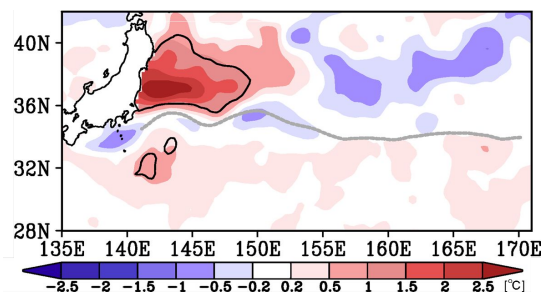


図1. 黒潮続流域で切離渦数が多い年と少ない年の海面水温の差。黒線は統計的に信頼度95%で有意な領域を示す。

簡素海洋生態系モデルを結合させた渦解像海洋大循環モデル OFES の黒潮続流域の出力に対しても上述の手法を適用した。その結果、黒潮続流から南へと切離した中規模渦は、その内部に亜寒帯由来の多量の栄養塩を保持しており、黒潮続流域の南側の層の栄養塩の内、多い時期には約5割程度が切離した中規模渦に保持された状態で存在すること

がわかった。この結果はジェットから切離する中規模渦が栄養塩輸送に重要な役割を果たしていることを示唆している。

一方、衛星観測データを用いてメキシコ湾流に対して手法を適用した結果、年間約 20 個の中規模渦がメキシコ湾流から切離している。これらの切離する渦は、北大西洋のこの緯度帯での南北渦熱輸送量の 20% を説明し、この領域における南北熱輸送に重要な役割を果たしている。興味深いことに切離する中規模渦の数は年間プラス 4.2 個の割合で上昇傾向を示している(図 2)。この結果は、この海域での熱バランスが長期的に変化していることを示す重要な結果である。

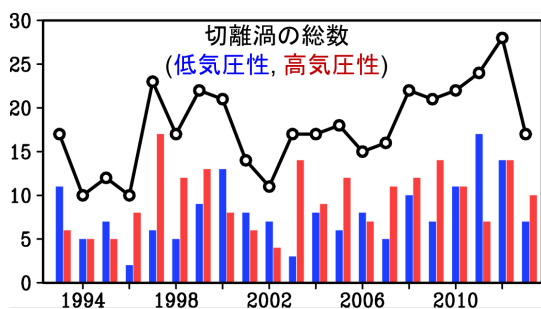


図2. メキシコ湾流域の切離渦数の年合計値。青が低気圧性渦、赤が高気圧性渦、黒はその和である。

黒潮続流域とメキシコ湾流域の両方の海域で見られた特徴として、渦の切離数とジェットの強さの間の負の相関関係がある。この結果は一般的なジェットが強い時に流れが不安定になり渦の切離数が増えるという関係とは逆の関係であり、中規模渦の切離が渦位を南北方向へと輸送し、ジェットを減速させていることを示唆している。

また黒潮続流ジェットの十年変動に伴う周辺域でのメソスケール現象の解析を行った。その結果、大気の大規模場の変動により生じた海洋中のシグナルが西方伝播し、黒潮続流ジェットの変動を介して、日本南岸の沿岸水位に大きく影響することを発見した。この結果は、大気の大規模スケールの変動と、より小さい空間スケールの現象である沿岸水位の変動の間で、黒潮続流ジェットがその橋渡しの役割を果たしていることを示す。沿岸水位の変動は近年の地球温暖化に伴う海面上昇に関連して注目されているが、この研究成果はその海面上昇の理解に対して、黒潮続流ジェットの変動の理解が不可欠であることを示す。

研究代表者は、当該研究を含む研究実績により、2015年度日本海洋学会・岡田賞(若手優秀賞)を受賞研究課題「西岸境界流およびその続流の変動に関する理論的・解析的研究」で受賞した。また当該研究の成果は2本の国際誌への原著論文と、国際誌1本、国内誌1本の計2本のレビュー論文にまとめており、国際学会での6件の研究代表者による発表を含む計9件の学会発表を通じ、研究成果のアピールを行った。

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)

佐々木 克徳, 2016: 西岸境界流およびその続流の変動に関する理論的・解析的研究 (2015年度日本海洋学会 岡田賞記念論文). 海の研究, 25(1), 1-16. 査読有. <http://kaiyo-gakkai.jp/jos/uminokenkyu/vol25/25-1/25-1-sasaki.pdf>.

Sasaki, Y. N., and S. Minobe, 2015: Climatological mean features and interannual to decadal variability of ring formations in the Kuroshio Extension region. Journal of Oceanography, 71, 499-509, doi:10.1007/s10872-014-0270-4. <http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/60459>. 査読有.

Kida, S., H. Mitsudera, S. Aoki, X. Guo, S.-I. Ito, F. Kobashi, N. Komori, A. Kubokawa, T. Miyama, R. Morie, H. Nakamura, T. Nakamura, H. Nakano, H. Nishigaki, M. Nonaka, H. Sasaki, Y. N. Sasaki, T. Suga, S. Sugimoto, B. Taguchi, K. Takaya, T. Tozuka, H. Tsujino, and N. Usui, 2015: Oceanic Fronts and Jets around Japan - a review. Journal of Oceanography, doi:10.1007/s10872-015-0283-7. 査読有.

Sasaki, Y. N., S. Minobe and Y. Miura, 2014: Decadal sea level variability along the coast of Japan in response to ocean circulation changes. Journal of Geophysical Research, 119, doi:10.1002/2013JC009327. <http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/56595>. 査読有.

[学会発表](計 9 件)

Sasaki, Y. N.: Interannual variability of ring formations in the Gulf Stream region. Ocean Sciences Meeting 2016, February 22, 2016. ニューオリンズ(アメリカ)

Sasaki, Y. N., S. Minobe, Y. Miura, and N. Schneider: Decadal variability of the Kuroshio Extension jet and its relation to coastal sea level along Japan. CLIVAR/JAMSTEC Workshop on the Kuroshio Current and Extension System, January 12, 2016. JAMSTEC 横浜研究所(神奈川県横浜市)

Sasaki, Y. N., S. Minobe, Y. Miura, and N. Schneider: Decadal variability of the Kuroshio Extension jet and its relation to coastal sea level along Japan. The 2nd Open Science Symposium on Western Pacific Ocean Circulation and Climate, October 26, 2015. プサン(韓国)

佐々木 克徳：2015 年度日本海洋学会岡田
賞受賞講演「西岸境界流およびその続流の
変動に関する理論的・解析的研究」。2015 年
度日本海洋学会春季大会 2015 年 3 月 23 日。
東京海洋大学(東京都港区)

Sasaki, Y. N., and S. Minobe : Climatological
mean features and interannual to decadal
variability of ring formations in the Kuroshio
Extension region. AGU Fall Meeting, December
18, 2014. サンフランシスコ(アメリカ)

Sasaki, Y. N., S. Minobe, and Y. Miura:
Decadal sea level variability along the coast of
Japan in response to ocean circulation changes.
AOGS 2014, July 31, 2014. ロイトン札幌(北
海道札幌市)

佐々木 克徳, 見延 庄士郎, 三浦 優司:
日本沿岸の海面高度変動に対するロスビー
波の影響。2014 年度日本海洋学会春季大会,
2014 年 3 月 28 日 東京海洋大学(東京都港区)

Sasaki, Y. N., S. Minobe, and Y. Miura:
Decadal sea level variability along the coast of
Japan in response to ocean circulation changes.
Ocean Sciences Meeting 2014, February 26,
2014 . ホノルル (アメリカ)

Minobe, S., Y. N. Sasaki, Y. Miura, and N.
Schneider: Regional influence of basin-scale
wind stress variability via jet-trapped Rossby
waves in the western North Pacific. September
12, 2013. プサン(韓国)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.sci.hokudai.ac.jp/~sasakiyo/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

佐々木 克徳 (SASAKI YOSHINORI)
北海道大学・大学院理学研究院・講師
研究者番号：50604815