

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月9日現在

機関番号：10101
 研究種目：研究活動スタート支援
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23840001
 研究課題名（和文） 北太平洋・北大西洋におけるジェットの十年スケール変動メカニズムの解明
 研究課題名（英文） Understanding the mechanism for decadal variability of oceanic jets in the North Pacific and the North Atlantic
 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・特任助教
 研究者番号：50604815

研究成果の概要（和文）：黒潮続流ジェットとメキシコ湾流ジェットの十年スケール変動のメカニズムについて解析を行った。この結果、両者の緯度の十年スケール変動は大気変動により励起され西方伝播する波により生じ、この波は従来考えられていた線形長波ロスビー波ではなく、申請者が過去の研究で理論を構築した、ジェットに捕捉された **Jet-trapped** ロスビー波として西方伝播していることを明らかにしました。以上の結果は、黒潮続流ジェットとメキシコ湾流ジェットの十年スケール変動について数年程度の予測可能性があることを示し、その予測に対し物理的な根拠を与えるものである。

研究成果の概要（英文）：Mechanisms for decadal variability of the Kuroshio Extension and the Gulf Stream jets are examined. It is revealed that the meridional shifts of these jets on decadal timescales are induced by westward propagating signals that are caused by atmospheric fluctuations. These signals do not propagate as a traditional linear long Rossby wave, but propagate as a jet-trapped Rossby wave, which was proposed by our previous study. Our results indicate a predictability of the decadal variability of the Kuroshio Extension and the Gulf Stream jets for several years, and give a physical basis for the prediction.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋物理・陸水学，気候変動，海洋ジェット，大気海洋相互作用，十年変動，メキシコ湾流，黒潮続流

1. 研究開始当初の背景

海洋の亜熱帯循環西岸境界流は、大量の熱を熱帯から極域へと運ぶ役割を担う。特に北大西洋の亜熱帯循環西岸境界流であるメキシコ湾流が輸送する熱と塩分の薄い水は、北

大西洋北部での海洋深層への沈み込みに影響し、それを通じて海洋の全球スケールに及ぶ熱循環に影響を与える。また亜熱帯循環西岸域は、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。従って、亜熱帯循環西岸境界流の変動を明らかにすることは、気候の変動を理解する上で非常に重要である。

近年の衛星観測網の発達や、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結果により、西岸境界流が強いジェット構造を持ち、その位置は数年から数十年の時間スケールで大きく変動していることが明らかにされてきた。しかしながら、どのようなメカニズムでそのような変動が生じているのかについては理解が進んでいなかった。特に既存の力学的な枠組みでは、非線形性が強いジェット構造の変動を陽に扱い理解することができないという問題があった。

この問題を解決するため、申請者は *thin-jet* 理論と呼ばれるジェットの軸方向の変動が、軸に直交する変動に対して小さいという仮定を置く理論を長周期の変動に適用可能にした式を提案し、ジェットの変動を準解析的に記述することができることを示した。さらに高解像度海洋モデルによりシミュレートされた黒潮続流ジェットの変動が、この力学の枠組みで非常に良く説明されることを示した。

2. 研究の目的

1の背景で述べた *thin-jet* 理論をさらに発展させるために、*thin-jet* 理論を衛星観測による海面高度データと高解像度海洋モデルのシミュレーションの結果に用いて、北太平洋と北大西洋の亜熱帯循環西岸境界流である黒潮続流ジェットとメキシコ湾流ジェットの長周期(経年~十年スケール)変動のメカニズムについて明らかにすることを本研究の目的とする。

特に大気の変動により、海洋循環がどのように応答し、その変動が海洋内をどのようにして伝播するかについて、海洋ジェットの導波管としての役割に着目した解析を行う。また、その伝播過程でどのように波の性質が変化するかについて、またどのようなメカニズムでその変化が生じるのかについても明らかにする。

3. 研究の方法

本研究で用いる *thin-jet* 理論は、申請者の研究により初めて長周期のジェットの変動に適用可能であることが示されたものである。過去の多くの研究では、メカニズムを理解するための力学的な枠組みとして、プリミティブ方程式系の変動を定常場と時間変動場に分け、さらに時間変動場の振幅は定常場の振幅に比べ非常に小さいという仮定をおいて、デカルト座標系での線形化を行っていた。しかし海洋ジェットの変動の場合には、

定常場と時間変動との振幅は同程度となり、時間変動場の振幅が小さいという仮定は成り立たず、線形化が正しいかどうか疑わしい。一方で、線形化をしない場合は方程式系に非線形項が残り、解析的に式を解くことが難しい。申請者の研究では、プリミティブ方程式系をデカルト座標系から自然座標系へと変換する(図1)。ジェットの軸に追従する座標系上では、定常場の振幅に比べ、変動場の振幅は小さい。このことを利用し、自然座標系上でスケールリングを行い、線形化をすることによって上述の問題を解決し、非線形性の強いジェットの変動について準解析的な記述が可能とした。これにより、ジェットの変動について単純化した観点の力学からの理解が可能となる。

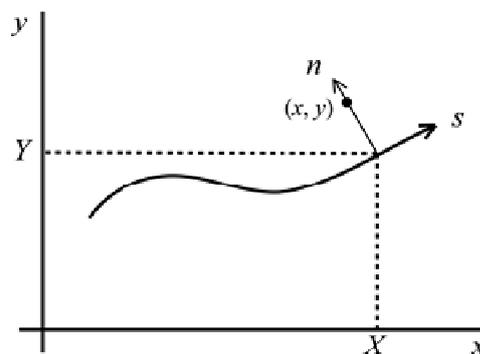


図1. *thin-jet* モデルの座標系の模式図。 *thin-jet* 理論では、通常のデカルト座標系のプリミティブ方程式系を、ジェット軸上の距離 s とそれからの距離 n で表現される自然座標系へと変換する。自然座標系上で、スケールリングと近似を行うことで、ジェット軸の位置 (X, Y) の時間発展を記述する式が得られる。

この *thin-jet* 理論を用いて、海洋ジェットの長周期変動とそのメカニズムについて解析を行う。北大西洋メキシコ湾流域では衛星観測データと高解像度海洋モデルシミュレーション結果、北太平洋黒潮続流域では衛星観測データを主に用いる。そして、上述した自然座標系で解析を行うため、上記のデータから、海流のジェットの位置を特定し、それに対して主成分解析を行うことで、これらの海洋ジェットの主要な変動モードを同定する。

4. 研究成果

メキシコ湾流ジェットの十年スケール変動の力学について、渦解像海洋大循環モデルの出力を用いて解析を行った結果、この数値モデルのメキシコ湾流の緯度の十年スケールの変動は観測された変動とよく一致し、このメキシコ湾流の緯度の南北移動は北大西洋中央部の風の場の変動によるエクマン収束で励起されていることを明らかにした。さ

らに風により励起された風成循環の変動は、メキシコ湾流ジェットの流れに沿って西方へロスビー波として2年かけて、伝播することを示した。このジェット軸を導波管として西方伝播するメカニズムは、従来考えられていた線形長波ロスビー波ではなく、申請者が過去に提案した thin-jet 理論でよく説明できる。

また、このメキシコ湾流の南北移動に伴う海洋内部の熱輸送の変化により、メキシコ湾流域の海表面水温に顕著な変化が生じることを示した。同様に海洋中規模渦の分布にも顕著な変化が見られた。既存の研究ではメキシコ湾流の緯度の変動は、熱塩循環の変動に起因するとされていたが、本研究により風成循環の変動が重要であることが示された。この結果は、メキシコ湾流域における大気と海洋相互作用について新しい因果関係を提示し、北アメリカ・ヨーロッパ域の気候変動に対する海洋力学の重要性を指摘するものである。

一方、黒潮続流ジェットの十年スケール変動の力学について、衛星高度計による海表面高度偏差データを用いて解析を行った。この結果、黒潮続流の緯度の十年スケール変動は北太平洋東部で大気変動により励起され西方伝播する波により生じ、この波はジェットに捕捉された Jet-trapped ロスビー波として西方伝播していることを明らかにした(図2)。さらにこの西方伝播中にシグナルの南北スケールが狭くなり、かつ振幅が大きくなることを見出し、この波の変質のメカニズムとして、シグナルの渦位偏差の保存と背景場のジェットの上流域と下流域での強さの違いという2つのプロセスにより説明されることを示した。

またこの Jet-trapped ロスビー波の日本東岸への入射により、ジェットの南北の再循環の強さが変動しジェットの流速を変え、さらにその流速変動が東方へと伝播することを見出した。この東方へのシグナルの伝播は、西岸境界からの移流の影響を示唆し、西岸境界と黒潮続流ジェットとの相互作用の重要性を示す。

以上の結果は、メキシコ湾流ジェットと黒潮続流ジェットの緯度と強さの変動について数年程度の予測可能性があることを示す。またこれらの結果について日・米・中・韓・露・加の6か国の加盟国からなる政府間組織である北太平洋海洋科学機構 PICES の国際会議 PICES-2012 で招待講演を行い、ベストプレゼンテーション賞を受賞した。

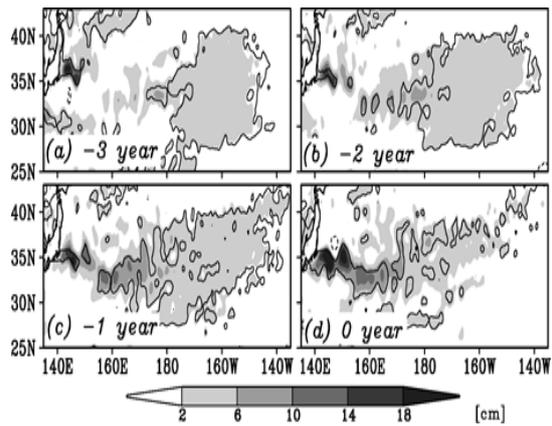


図2. 黒潮続流域への海表面高度偏差の伝播の様子。それぞれ波が黒潮続流域へ到達する(左上)3年前、(右上)2年前、(左下)1年前と、(右下)到達した年を示す。西へ向けて伝播する過程で、波が黒潮続流域へ集中している。

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2件)

① Sasaki, Y. N., S. Minobe and N. Schneider, Decadal response of the Kuroshio Extension jet to Rossby waves: Observation and thin-jet theory, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, 43, 2013, 442-456. doi: 10.1175/JPO-D-12-096.1.

② Sasaki, Y. N., and N. Schneider, Interannual to decadal Gulf Stream variability in an eddy-resolving ocean model, *Ocean Modelling*, 査読有, 39, 2011, 209-219. doi: 10.1016/j.ocemod.2011.04.004.

[学会発表] (計3件)

① Y. N. Sasaki, S. Minobe, and N. Schneider, Interannual to decadal variability of the Gulf Stream and Kuroshio Extension jets, PICES-2012 Annual Meeting, 2012年10月18日, 広島国際会議場(広島市)。

② Y. N. Sasaki, S. Minobe and N. Schneider, Decadal response of the Kuroshio Extension jet to Rossby waves, AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly 2012, 2012年8月16日, Resorts World Convention Centre (シンガポール)。

③ 佐々木克徳, 見延庄士郎, N. Schneider, 十年スケールにおけるロスビー波に対する黒潮続流ジェットの応答, 2012年度日本海洋学会春季大会, 2012年3月29日, 筑波大学(つくば市)。

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・特任助教
研究者番号：50604815

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：