

平成 21 年 5 月 1 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19740285
 研究課題名（和文） 黒潮大蛇行の形成期における「膠州海山効果」の検証
 研究課題名（英文） Validation of the effect of Koshu Seamount on the transition to the large meander path of the Kuroshio

研究代表者
 遠藤 貴洋 (ENDOHI TAKAHIRO)
 九州大学・応用力学研究所・学術研究員
 研究者番号：10422362

研究成果の概要：海洋研究開発機構が開発した JCOPE 海洋変動予測システムによって得られた同化データ、衛星海面高度計データと漂流ブイデータを組み合わせて作成した海表面流速データ、海上保安庁が作成し海洋情報研究センターが数値化した黒潮流軸位置データ、日本海洋データセンターが収集し海洋情報研究センターが品質管理を行った各層観測データ、の全てを解析した結果、研究代表者が数値シミュレーションで理論的に予測した、潮岬のほぼ真南約 200km に位置する半径 100km 程度の海山の地形効果、「膠州海山効果」が、実際の黒潮大蛇行の形成時に存在していた可能性が極めて高いことが明らかとなった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2200000	0	2200000
2008 年度	1100000	330000	1430000
年度			
年度			
年度			
総計	3300000	330000	3630000

研究分野：海洋物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：黒潮大蛇行・引き金蛇行・膠州海山・傾圧不安定・データ同化・衛星海面高度計・数値シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

日本南岸域における黒潮流路が、大蛇行流路と非大蛇行流路の二様性を示すことは、古くからよく知られている。両流路とも一度形成されると数年間継続するが、非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移過程は、九州南東沖で形成された小蛇行、いわゆる「引き金蛇行」が、四国沖を東進して紀伊半島・潮岬を通過した後、急激に増幅して大蛇行流路へ発達していくという、約6ヵ月程度の過渡的応答に支配されている。

研究代表者は、現実の海底地形の効果を取り入れた、高解像度の流入・流出モデルを用いて数値シミュレーションを行い、トカラ海峡付近で高気圧性の中規模渦を黒潮と相互作用させることにより、九州南東沖で形成された引き金蛇行が、潮岬を通過後、急激に増幅して大蛇行流路へ遷移していくという一連の過渡的応答を再現することに初めて成功した。その後、衛星海面高度計で観測された中規模渦を逐次同化する黒潮流路予測モデルの実用化に向けて、気象研究所や海洋研

究開発機構において開発が進められているが、現段階で予報の信頼性が高いのは約1~2ヵ月先までの流路である。この予測精度では、九州南東沖で小蛇行が形成された時点で大蛇行流路が形成されるかどうかを予報することは不可能で、実際、2003年に小蛇行が発生した際には、海洋研究開発機構のモデルが大蛇行流路形成、気象研究所のモデルが非大蛇行流路維持という、全く反対の予測結果を出してしまっている。

現在、黒潮流路の長期予報の信頼性向上を目指して、衛星海面高度計データに加えて、Argoフロートで得られた外洋域のデータや、水産総合研究センターの観測によって得られた沿岸域のデータの同化が試みられている。これらの試みは、予測モデルの精度の低さを同化するデータの量で補おうとするもので、現実的に有効な方法であることは間違いないが、効率が悪いことは否めない。

2. 研究の目的

上述の問題を解決するため、本研究では、潮岬通過後の引き金蛇行の急激な増幅が、潮岬のほぼ真南約200kmに位置する半径100km程度の膠州海山の地形効果で傾圧不安定が著しく強化されることにより生じているという、研究代表者による数値シミュレーションの解析結果に注目する。もし、数値シミュレーションで示された膠州海山上における傾圧不安定の機構、「膠州海山効果」が実在しているならば、その強さを支配していると考えられる力学的パラメータ、例えば、四国沖を東進する小蛇行の振幅（離岸距離）や膠州海山近傍での密度成層などの情報から、黒潮流路のより長期の予測が可能となるだけでなく、この海域で観測データを集中的に取得して同化することで、非常に効率良く予測モデルの精度を向上することができるはずである。

この「膠州海山効果」を直接検証するためには、膠州海山上での長期にわたる係留観測が必要であるが、それには非常に多大な時間と費用がかかるうえ、観測期間中に大蛇行流路への遷移が起こるとは限らない。そこで本研究では、コストの高い係留観測による直接検証を行う前段階として、現在利用可能な全ての観測データの解析、および、高解像度の流入・流出モデルを用いた数値実験を併用して「膠州海山効果」の間接的な検証を行う。

3. 研究の方法

- (1) 黒潮流路予測モデルデータを用いた2004年の大蛇行流路形成時における「膠州海山効果」の検証

JCOPE (Japan Coastal Ocean Predictability Experiment) 海洋変動予測システムによって

得られた2002年以降の同化データから、鉛直流速とポテンシャル渦度のデータセットを作成し、膠州海山上での渦度バランスを解析する。これと同時に、膠州海山近傍の海域でエネルギー解析を行い、渦度バランスの解析結果と合わせて膠州海山上における傾圧不安定の強さを定量的に明らかにする。

- (2) 黒潮流軸の位置と膠州海山上での傾圧不安定の強さを結びつける関係式の導出

衛星海面高度計データと漂流ブイデータを用いて作成した、日本近海における1992年以降の海表面流速のデータセットから黒潮流軸位置を抽出し、(1)で得られた黒潮流路予測モデルの解析結果と組み合わせることで、九州南東沖で発生した小蛇行の振幅と膠州海山上での傾圧不安定の強さとの関係を定量的に明らかにする。さらに、現実の海底地形の効果を取り入れた高解像度の流入・流出モデルを用いた数値実験を行うことで、得られた関係式の有効性を確認する。

- (3) 流軸位置データを用いた過去の大蛇行流路形成時における「膠州海山効果」の検証

海上保安庁が作成し海洋情報研究センターが数値化した1955~2007年の黒潮流軸位置データと、前年度の研究で明らかにされた、九州南東沖で発生した小蛇行の振幅と膠州海山上での傾圧不安定の強さとの関係を利用して、観測データの不足から流速の見積もりが不可能である、1975、1981、1986、1989年の大蛇行流路形成時における「膠州海山効果」を検証する。

- (4) 水温・塩分データを用いた「膠州海山効果」の検証

日本海洋データセンターで配布している水温・塩分の観測データ、および、JCOPE 海洋変動予測システムにより得られた水温・塩分データから、密度成層のデータセットを作成し、大蛇行流路が形成された年とそうでない年とで日本南岸沖、特に膠州海山近傍の密度成層に有意な違いがみられるかどうかを検証する。その結果、密度成層に有意な違いが示唆された場合には、現実の海底地形の効果を取り入れた高解像度の流入・流出モデルを用いて感度実験を行う。

4. 研究成果

- (1) 黒潮流路予測モデルデータを用いた2004年の大蛇行流路形成時における「膠州海山効果」の検証

JCOPE 海洋変動予測システムによって得られた同化データを解析し、九州南東沖から東進してきた引き金蛇行が潮岬沖で急激に増幅して大蛇行流路へと遷移した、2004年の6月中旬～8月下旬にかけて、深層で膠州海山を取り巻くように高気圧性の循環が発達していることを確認した。続いて、この高気圧性の循環の発達に伴う潮岬沖での東向き深層流の強化が、1981年の大蛇行流路形成期に行われた、深層係留観測の結果と酷似していることを確認した。さらに、渦度バランスを解析して、膠州海山上の高気圧性の循環が上層の蛇行の谷を横切るところで、上層では渦柱の stretching を通して蛇行の谷が発達すると同時に、深層では渦柱の shrinking を通して高気圧性の循環が強化していることを示した。このような、膠州海山上の高気圧性の循環との相互作用によって上層の蛇行が発達していく様子は、まさに研究代表者が数値シミュレーションで理論的に予測した通りであり、2004年の大蛇行流路形成時に「膠州海山効果」が実在した可能性が極めて高いことが明らかとなった。

(2) 黒潮流軸の位置と膠州海山上での傾圧不安定の強さを結びつける関係式の導出

衛星海面高度計データと漂流ブイデータを組み合わせて作成した海面地衡流速場から黒潮流軸を抽出し、1993～2004年の11年間で黒潮流軸が膠州海山上に存在していたのは、2004年の大蛇行流路形成時のみであることを見出した。この事実は、2004年の大蛇行流路形成時における「膠州海山効果」の存在を支持するとともに、黒潮が大蛇行流路へと遷移するためには、九州南東沖から東進してきた小蛇行が潮岬沖で200 km程度の振幅を持つ必要があることを意味している。そこで、現実的な海底地形の効果を取り入れた高解像度の流入・流出モデルを用いて数値シミュレーションを行い、潮岬沖での小蛇行の振幅が小さく流軸が膠州海山上に達しない場合には、大蛇行流路への遷移が起こらないことを明らかにした。

(3) 流軸位置データを用いた過去の大蛇行流路形成時における「膠州海山効果」の検証

(2) で得られた数値シミュレーションの計算結果から黒潮の流軸位置を抽出し、その時間発展を過去の大蛇行流路形成時のものと比較した。比較の対象として、2004年の大蛇行流路形成時については、衛星海面高度計データと漂流ブイデータを組み合わせて作成した高精度の流軸位置データを、1975、1981、1986、1989年の大蛇行流路形成時に

いては、海上保安庁が作成し、海洋情報研究センターが数値化した流軸位置データをそれぞれ用いた。観測データが不足している1975、1981年については、膠州海山近傍での流軸の比較が不可能であったが、観測データが充実している1986、1989、2004年の流軸の時間発展は、数値シミュレーション結果と、特に膠州海山上において非常によく一致しており、過去の大蛇行流路形成時においても「膠州海山効果」が実在していた可能性がきわめて高いことが明らかとなった。

(4) 水温・塩分データを用いた「膠州海山効果」の検証

JCOPE 海洋変動予測システムにより得られた水温・塩分データを解析し、2004年の大蛇行流路形成時には、膠州海山直上において、深層の高気圧性の循環の発達と対応して、0.05度程度の有意な水温上昇が見られることが示された。日本海洋データセンターが収集し、海洋情報研究センターが品質管理を行った各層観測データセットとの比較を行ったが、膠州海山上での深層観測データが不足しており、確定的な結論は得られなかった。しかしながら、水温上昇量の0.05度については観測から十分検知が可能であり、将来の大蛇行流路形成時に、係留系による深層測流より安価な方法で「膠州海山効果」を検証する可能性が拓かれた。

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3件)

1. Daisuke Ambe, Takahiro Endoh, Toshiyuki Hibiya, and Shiro Imawaki, Transition to the large meander path of the Kuroshio as observed by satellite altimetry, *La mer*, 査読有, vol. 47, 2009, in press.
2. Takahiro Endoh, Takeshi Matsuno, Yutaka Yoshikawa, Yasuto Tatsuyama, and Joji Ishizaka, Observation of wind-driven deepening of the surface mixing layer in the Tsushima Strait, *Journal of Oceanography*, 査読有, vol. 65, pp. 273-279, 2009.
3. Takahiro Endoh and Toshiyuki Hibiya, Meridional overturning circulation of the deep Pacific estimated assuming the vertical advective-diffusive balance, *Geophysical Research Letters*, 査読有, vol. 34, L11602, doi:10.1029/2007GL030027, 2007.

[学会発表] (計4件)

1. 遠藤 貴洋, Evidence for the interaction between trigger meander of the Kuroshio and the abyssal anticyclone over Koshu Seamount in the reanalysis data, American Geophysical Union 2008 Fall Meeting, 2008年12月18日, Moscone North サンフランシスコ
2. 遠藤 貴洋, 鉛直一次元移流・拡散バランスから見積もった太平洋深層の子午面循環, 2008年度日本海洋学会秋季大会, 2008年9月27日, 広島国際大学 呉キャンパス
3. 遠藤 貴洋, 2004年の黒潮大蛇行形成期における「膠州海山効果」の検証, 2008年度日本海洋学会春季大会, 2008年3月27日, 東京海洋大学 品川キャンパス
4. 遠藤 貴洋, Meridional overturning circulation of the deep Pacific estimated assuming the vertical advective-diffusive balance, American Geophysical Union 2007 Fall Meeting, 2007年12月12日, Moscone West サンフランシスコ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遠藤 貴洋 (ENDOHI TAKAHIRO)

九州大学・応用力学研究所・学術研究員
研究者番号：10422362

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：