

氏名	うす い のり ひさ 碓 氷 典 久
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1496 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	黒潮流路の変動機構と予測可能性に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 淡路敏之 准教授 秋友和典 教授 余田成男

論 文 内 容 の 要 旨

北太平洋における南北熱輸送量の約半分は、黒潮を主とする表層循環が担っている。また、北太平洋十年規模気候変動と黒潮の熱輸送量との関係が最近注目を集める等、北太平洋亜熱帯循環の西岸境界流である黒潮の変動の理解を深化し予測を向上させることは、地球物理学における重要な研究課題であり、さらにまた、海況変動に伴う水産資源等の変化を把握する上でも重要である。

本研究では、先端的な渦解像海洋データ同化・予測システムを用いて、1993年から直近の大蛇行が発生した2004年までの黒潮変動の再現および予測実験を行い、2004年の黒潮大蛇行事例を題材として、その形成機構を詳細に解析している。

まず初めに、再現した1993年以降の黒潮流路変動を観測的知見と比較した結果、流路及び流量の変動ともに精度良く再現していた。その結果を用いて予測実験を数多く行い、予測可能期間は40-60日であることを示すとともに、事例解析により、さらなる精度向上のためには初期値の力学バランスの向上が必要であること、ならびにアンサンブル予測が有効であることを示した。

次に、同化及び予測実験結果を用いて、2004年に発生した黒潮大蛇行の形成過程を調べた結果、大蛇行の先駆現象である九州沖小蛇行は、黒潮再循環域を西方伝播してきた低気圧性渦が流路を沖へ引き出し、その後、東シナ海から高渦位偏差が供給されることにより形成されたという事実を明らかにした。特に、1993年以降で最大であったこの小蛇行の形成には、台湾沖で発生し東シナ海を伝播する黒潮前線性波動から供給される高渦位偏差が、正の相対渦度の供給源として重要であることが分かった。この小蛇行は、発生後、2004年4月頃まで九州沖に停滞するが、これは内部領域から西方伝播する風応力起源の水温負偏差が、九州沖での黒潮の移流効果を低減させるためである。

小蛇行はその後、南方の高気圧性渦の強化をきっかけとして、下層に高気圧性渦を伴いながら東進を開始し、上下層の渦を強め合いながら大蛇行流路へと発展する。これに関して、エネルギー解析を行い、渦の位置エネルギーが渦の運動エネルギーに転化することにより蛇行路が発達するという傾圧不安定の重要性を示した。さらに、感度実験から、大蛇行流路の形成における先駆現象としての小蛇行と高気圧性渦の役割を明らかにした。すなわち、小蛇行の強度は蛇行の東進速度に強く影響を与え、高気圧性渦は傾圧不安定のトリガーとなり、その強度はその後の蛇行の発達程度、すなわち不安定の成長率を決めること、定常大蛇行の形成には蛇行の東進速度が遅いことと、蛇行が傾圧不安定を通じて十分に発達するという2つの条件の成立が必要であることを初めて指摘した。

以上の結果を踏まえると、2004年の定常大蛇行流路は、発達した九州沖小蛇行がゆっくりと東進しながら、南の高気圧性渦が傾圧不安定を通じて蛇行を十分発達させたことがその形成に決定的に関与していたと考えられる。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

四方を海で囲まれた日本は周辺の海の状態に様々な影響を受けている。とりわけ、世界屈指の強大な海流である黒潮は、

日本南岸の温暖な気候形成の要因であり、また、海運や三陸沖を南下する親潮との間に良好な漁場を形成する等、我々の社会経済活動と密接な関わりがある。

黒潮は北太平洋における西岸境界流であり、日本南岸において数年から10年程度の時間スケールで直進流路と大蛇行流路を繰り返すという、世界中の他の西岸境界流には見られない特異な変動を呈することが、これまでの観測により明らかにされている。このような日本南岸における黒潮流路変動のメカニズムについては、これまで主に観測やモデルを用いた多くの研究がなされてきたが、観測的研究では背景の力学的な情報の欠如、またモデル研究では現実との対応の欠如という問題点を抱えていた。本研究では、観測と数値モデルを統合する最先端の渦解像海洋データ同化システムを開発して、「バーチャル海洋」ともいべき再解析データセットを作成・解析し、黒潮流路の変動機構について新たな知見を明らかにした。

申請者はまず、北西太平洋の渦解像海洋データ同化・予測システムの実効の開発に初めて成功するとともに、観測データが比較的充実した1993年から2004年までの過去10年間における黒潮変動の再現性を調べた結果、流路変動に加えて、従来のモデルでは再現が困難であった流量の変動についても精度良く再現できることを示した。さらに、同化結果を初期値に用いて138例の予測実験を行い、その結果を統計的に評価することにより、予測可能期間は最長約2ヶ月であるという結果を得た。加えて、直進路から蛇行路への予測にはモデルが傾圧不安定を解像することが重要であり、蛇行路から直進路への予測には初期値の力学バランスが一層重要であることを示した。また、現状の黒潮流路変動予測は、カオス的な性質に起因して非現実的な蛇行路を予報する場合があります、予測可能性向上の大きな障害となっていたが、そのような事例にはアンサンブル予報が有効であることをブリーディング法を用いて示すことに成功した。これらの結果は、再解析データを「観測」し利用することにより、現象の理解が深化し、また順圧・傾圧構造ともに予測可能性が向上することを示した点で大きな意義がある。

次に、以上の結果を用いて、過去10年間で唯一発生した2004年の黒潮大蛇行の形成機構を解析することにより、大蛇行の前兆現象である九州沖小蛇行の形成には、黒潮再循環域を西方伝播してきた低気圧性渦と東シナ海の黒潮上を伝播してきた前線性波動との相乗効果が重要であること、その前線性波動は台湾沖での高気圧性渦と黒潮との活発な相互作用により生成されたことを突き止めた。また、小蛇行が発生後に九州沖に停滞するのは、移流と九州沖の大陸斜面上の海底圧力トルクがバランスすることによるものであり、その後、小蛇行は南方の高気圧性渦の強化をきっかけとして、下層に高気圧性渦を伴いながら東進しつつ、傾圧不安定により成長して蛇行路を形成することを明らかにした。

申請者はさらに進んで大蛇行流路形成に関する感度実験を行い、前兆現象としての小蛇行と蛇行発生のきっかけとなった高気圧性渦の役割を明らかにした。すなわち、小蛇行の強度は蛇行の東進速度に強く影響を与える一方、傾圧不安定のトリガーとなる高気圧性渦の強度はその後の蛇行の発達程度、すなわち成長率を決める。さらに、定常大蛇行の発生には、発達した小蛇行がゆっくりと東進しながら成長率の大きな傾圧不安定を通じて増幅されるという2つの条件の成立が本質的に重要であることを明らかにした。本研究が提示したこれらの条件は、観測事実として報告されている過去の大蛇行流路の特徴に照らし合わせると、定常大蛇行に関して一般性を持った形成条件であるように思われる。

以上のように、本研究は、高精度の渦解像海洋データ同化・予測システムを開発・適用して黒潮流路の実況を再現し、流路変動機構について貴重な知見もたらすとともに、海洋変動予測の向上にも貢献するものであると評価できる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、関連専攻分野の学識確認のための試問を行い、博士後期課程修了者と同等の学識を有すると判定するとともに、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。