

論文内容の要旨

論文題目 Kuroshio path variations due to meso-scale eddies
and their predictability
(渦活動による黒潮流路変動とその予測可能性)

氏名 宮澤泰正

日本南岸を流れる黒潮は、大蛇行流路、非大蛇行接岸流路、非大蛇行離岸流路という3種類の安定した流路をとることが知られている。近年、人工衛星などの観測手段の発達や数値モデリングの進展により中規模渦と黒潮流路変動との関連が示唆されているが、渦解像の海洋大循環モデルを用いて中規模渦と黒潮流路変動の双方が現実的に表現された例は従来無かった。本論文では、高解像度(水平 1/12 度格子)の海洋大循環モデルを人工衛星観測等から得られた現実的な外力で駆動することにより、中規模渦活動と黒潮流路変動との相互作用をモデル内で表現できることを示した。さらに、開発した海洋大循環モデルにデータ同化とアンサンブル予測手法を適用し、1999年に生じた現実の黒潮流路変動の予測可能性について中規模渦との相互作用の観点から明らかにした。

最初に、1992年から1998年までの外力を用いて海洋大循環シミュレーションを行った。7年間の平均的な黒潮流路は非大蛇行接岸流路であったが、非大蛇行離岸流路への遷移も見られた。非大蛇行離岸流路は黒潮と高気圧性渦との相互作用によって生じることがわかった。さらに、一時大蛇行に似た流路も生じた。大蛇行的な流路は高気圧性の黒潮再循環が著しく強化された後に生じた。黒潮の再循環は、上流域から高気圧性渦が連続的に再循環域に進入し合体することによって強化される。これらの高気圧性渦がルソン島の北東海域から黒潮によって移流される過程で上流域の黒潮流量が経年的に増加する。一方、黒潮続流域域から伝播する低気圧性渦は黒潮の蛇行と合体し切離することによって蛇行の振幅を弱めその消滅に寄与することもわかった。

以上の結果は、日本南岸の黒潮流路変動が亜熱帯循環系における中規模渦活動と密接に

関係していることを示唆している。特に、中規模渦活動を媒介として黒潮再循環が強化されたときに大蛇行的な流路が発生したことは興味深く、黒潮大蛇行発生の予測可能性を考える上で重要な示唆を与える。ただし、シミュレーションで表現された大蛇行的な流路は持続時間が1年に満たず不安定であり厳密な意味で大蛇行流路であるとは言えず、大蛇行流路が安定して持続する状態の再現には至らなかった。

流路の変動には中規模渦と黒潮の非線形な相互作用が大きく影響するので、現実の流路変動を正確に予測するためにはデータ同化により正確に初期状態を推定しその後の時間発展を予測することが必要になる。そこで、同じ海洋大循環モデルを用い現実の黒潮蛇行の予測可能性について調べるために、データ同化手法を適用し予測実験を行った。海面高度データを40日間モデルに同化することによって1999年の9月7日の初期値を作成しハインドキャスト実験を行った結果、1999年11月に生じた黒潮蛇行を再現することができた。この黒潮蛇行は、九州南東沖にあった高気圧性渦と黒潮の相互作用によって生じたものであり最初の大循環シミュレーションで表現された流路変動の過程とよく似ている。モデルは初期化以後80日間有意な予測をしていることがわかった。さらに、ブリーディング法によって10個の摂動を作成し9月7日の初期値にそれぞれ付加してアンサンブル予測実験を行った。アンサンブルメンバーの予測結果は、予測開始50日以降大蛇行型と非大蛇行型に分岐した。アンサンブル予測実験の結果は、1999年の黒潮が大蛇行及び非大蛇行流路の多重平衡状態にあったことを示唆している。

予測結果における大蛇行と非大蛇行の分岐の原因を調べたところ、初期状態における高気圧性渦の強度が分岐に大きく影響することがわかった。初期状態に強い高気圧性渦があった場合には、蛇行の成長に伴い下層と上層の流れが強く励起された状態が生ずる。この現象は大循環シミュレーションにおける蛇行の増幅の過程でみられたものと同様なものである。高気圧性渦の力学は前線地衡流レジームに従い、その振る舞いの時間スケールは下層の流れによって決められる。推定される時間スケールは、黒潮による直接の移流の時間スケール(10日程度)よりは長く予測結果の分岐が生ずる時間スケールである50-80日とほぼ一致した。このことは、蛇行の予測可能性を決める時間スケールが渦そのものの挙動に影響されていることを示唆している。

本研究は、日本南岸の黒潮流路変動のモデリングとオペレーショナルな予測に必要な以下の条件を示唆する。すなわち、北太平洋の亜熱帯循環全体をモデリングすること、黒潮・黒潮続流域及び亜熱帯前線海域を1/10度以下の水平高解像度で表現すること、海底地形を適切に取り扱い少なくとも20層以上の鉛直格子により成層を正確に表現すること、衛星海上風などの現実的な外力を用いること、正確な予測のために多種類のデータを同化することにより適切な初期値を与えることである。