

論文審査の結果の要旨

氏名 清松 啓司

本論文は6章からなり、第1章は「序論」、第2章は「渦解像 OGCM の検証」について、第3章は「OFES データにおける黒潮続流 10 年規模振動と KESA 2 月 SST 変動の関係に関する検討」について、第4章は「マイワシを想定した卵稚仔輸送過程解析」について、第5章は「黒潮続流周辺海域における粒子輸送過程の解析」について述べられており、第6章で全体をまとめている。

本論文は、海洋大循環モデル (OGCM : Ocean General Circulation Model) により推定された過去の海流と海水温を利用して、マイワシ資源量変動のメカニズム解明に資する4課題に取り組んでいる。それぞれにおいて、高いレベルの解析が行われ、新たな知見が得られている。

課題1 渦解像 OGCM の検証

課題2 黒潮続流 10 年規模振動と KESA2 月 SST 変動の関連性の解明

課題3 渦解像 OGCM の検証結果に基づく卵稚仔輸送過程解析

課題4 力学系の理論を応用した長期間・広範囲にわたる粒子輸送過程解析

渦解像 OGCM は、50 年にわたる過去の変動を再現することを目的とした、OFES (OGCM For the Earth Simulator) と、数か月程度の短期予報 (海の天気予報) を目的とした、JCOPE (Japan Coastal Ocean Prediction Experiment) を用いた。

第2章では、OGCM の特性を、衛星データや現場観測データとの比較により明らかにした。OFES は海面水温の 10 年規模振動の時空間特性を良くとらえている半面、日本南岸黒潮流路や黒潮続流の強度の再現性が悪いなど、短期変動の再現に難点がある。一方、JCOPE は海面高度計や現場水温塩分観測データを同化しているため、黒潮や黒潮続流の流軸位置、流れの強さなどの再現性がよい。ただし、再現期間が 1992 年 10 月以降と、過去のマイワシ資源量豊潤期 (1980 年代など) を含まない。

このような、二つの OGCM の特性を定量的に示し、再現性の良い OFES の海面水温アノマリーと JCOPE の流速場を組み合わせることで、卵稚仔魚輸送過程の詳細を検証した (第4章)。ラグランジェ的に卵と稚仔魚が産卵場から生育場へ輸送される過程での、経験水温と輸送時間に制約を設けることで、マイワシの輸送成功率 (Transport Success Rate TSR) を推定した。TSR は、経験水温 13 度から 20 度の範囲であること、輸送された海域が黒潮続流域 (140° E より東の海域) であることを生存条件とする。豊潤期と減少・低水準期との比較で、SST (Sea Surface Temperature) の低下による TSR の向上が示されたが、大蛇行期に TSR が向上することを示したのは、新しい知見である。

これまで、マイワシの資源量変動と、黒潮続流とその南側の水温 (KESA : Kuroshio

Extension and its Southern recirculation Area 海域) との相関が高いと考えられてきた。仮に日本南岸の黒潮流路の変動とマイワシ資源量の変動の相関があるとすれば、それは、KESA 海域水温の変動が、黒潮流路変動と相関があることを示唆する。一方、KESA 海域水温の変動は、SST の EOF (経験的直交関数 Empirical Orthogonal Function) 第 2 モードであらわされる北西太平洋の SST10 年規模振動の一部であることを示した (第 3 章)。以上から、卵稚仔魚輸送のシミュレーションから示唆されるのは、黒潮流路変動と黒潮続流の変動に相関があるということである。そのような仮説をもとに、黒潮と黒潮続流の関係について OFES のデータから考察した (第 2 章)。OFES では、太平洋北東部における 10 年規模の気圧場の変動が、海洋における傾圧ロスビー波として伝搬して起こる、黒潮続流の強度と緯度の変動が再現されていることが分かっている。しかしながら、本論文では、OFES の中で生じている非現実的な黒潮 10 年規模振動が、黒潮続流の 10 年規模振動の前兆であることを示した。黒潮大蛇行の終息が黒潮続流の北上の前兆となる。すなわち、OFES では、黒潮と黒潮続流の変動が海洋内部の力学で結びついているのである。この相関は、モデル特異な現象で有る可能性もあるが、今後、新たな視点で観測データを解析する中で、太平洋全体の Basic State によっては、黒潮と黒潮続流との連動が、卓越するモードで有ることが示されるかもしれない。今後の研究につながる、重要な成果と考える。

本論文は、このように、マイワシ資源量の変動に資する短期変動 (たとえば大蛇行) の役割を明らかにし、黒潮大蛇行の発現頻度を 10 年規模振動と結びつけたところに特徴がある。さらに、より詳細に短期変動が卵稚仔魚の輸送に及ぼす影響を、流れの幾何学という観点から解析を行った (第 5 章)。流れ場の中に現れる双曲的な特異点とそれに伴うマニフォールドが、卵稚仔魚の輸送の方向を定める輸送障壁となる。本論文では、モデルの流れ場から自動的に特異点とマニフォールドを検出し可視化するツールを開発した。今後期待されるのは、各特異点に伴う輸送量を定量化し、特異点形成に寄与する中規模渦の発現頻度の長期変動、すなわち、特異点に伴う輸送の累積効果の長期変動を定量化することである。

このように、本論文では、これまでに着目されていなかった、OGCM の特徴を明らかにすると同時に、黒潮の 10 年規模振動という新たな視点を提示した。それらの成果は、マイワシ資源量変動という大きな研究テーマに対して重要な貢献であると考えられる。

したがって、博士 (環境学) の学位を授与できると認める。