

気象研究所海洋データ同化システムによる海洋変動の再現

○藤井陽介、碓氷典久、石崎士郎、蒲地政文(海洋研究部)

1. はじめに

海洋データ同化システムとは、海洋数値モデルに観測データの情報を適切に与えることにより、現在、あるいは過去における海洋の状態や変動の様子を再現するシステムである。海洋変動の再現は、エルニーニョ現象などの気候変動メカニズムの解明、海洋資源や環境の保全、船舶など海上交通の効率化のために必要不可欠である。また、より正確に未来の気候や海洋変動を予測するためには、現在の海洋の状態をできるだけ正確に再現すること(正確な予報初期値の作成)が重要である。

気象研究所海洋研究部では、気象庁で行っている気候、海況予報の精度向上を目指して、気象研究所海洋データ同化システム(MOVEシステム)の開発を行っている。本発表では、まずMOVEシステムの特徴について述べる。次に、同システムを用いた、太平洋赤道域における、海水中の塩分濃度(塩分)の変動と、その気候へのインパクトについての研究成果を発表する。さらに、MOVEシステムにより再現された、日本近海の海流の様子についても紹介する。

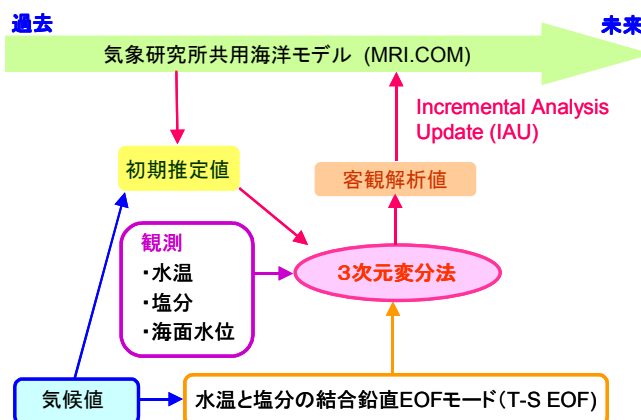
2. MOVEシステムによる海洋変動の再現

2. 1. MOVEシステムの特徴

MOVEシステムの概要を第1図に示す。MOVEシステムでは、海洋数値モデルとして気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)を利用している。MRI.COMにより計算された水温や塩分の分布は、気候値や観測値から計算した客観解析値(数学的に最良と思われる推定値)に近づくように、Incremental Analysis Updatesと呼ばれる手法により修正される。流速の分布は、海洋数値モデルにより、修正された水温や塩分の分布と力学的なバランスをとるように修正される。

客観解析値の計算には、水温と塩分の結合鉛直EOFモード(以後、T-S EOF)を用いた3次元変分法を採用している(Fujii and Kamachi, 2003)。T-S EOFとは、水温と塩分が連動して変化するような現象を表現する統計量である。従来、塩分の観測が少なく、その分布を正確に把握するのは困難であった。しかし、海洋内部の流速分布は、水温と塩分から計算される密度の分布によって決定されるので、塩分分布の再現は重要である。そこでMOVEシステムでは、T-S EOFを用いて、水温の観測値からそれと連動する塩分の変動を推定することに

より、より正確な塩分分布の再現を可能とした。なお、客観解析値を計算するための観測値としては、船舶やアルゴフロートなどによる水温、塩分データと、衛星による海面水位のデータを利用している。



第1図: MOVEシステムの概要

2. 2. 太平洋赤道域の塩分変動とバリエイヤー

太平洋赤道域は、地球全体の気候に対して最も大きな影響を与える海域である。例えば、太平洋赤道域東部の海面水温がおおよそ3-4年周期で異常昇温するエルニーニョ現象は、世界各地で異常気象を引き起こす原因としてよく知られている。近年、当海域では塩分分布についても大きな経年変動があることが、観測データなどから確認された。また、バリエイヤー(以後BL)という現象を介して、上記の塩分変動が地球規模の気候変動に影響を与えている可能性がある、指摘されるようになった。

BLとは、水温は深さによらず一様であるが、塩分が深くなるほど濃くなるので、深い水ほど重くなり、上下の混合が起きにくくなっているような層のことを指す。太平洋赤道域では、海面付近の温かい層の下部に頻繁にBLが形成され、その下の冷たい水との混合を妨げるため、海面水温の上昇を招いていると言われている。海面水温の上昇は、積雲対流や風の分布に大きな影響を与えるので、BLの研究は、気候変動のメカニズムを理解するために重要である。

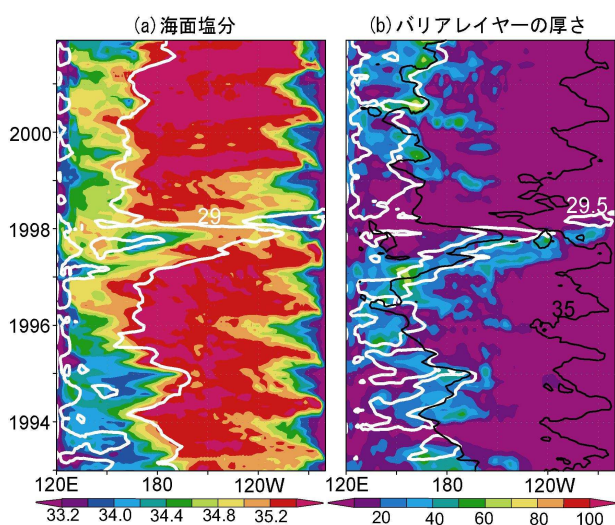
第2図は、MOVEシステムで再現された、太平洋赤道域における、海面水温、海面塩分及びBLの厚さの経度-時間断面図である。まず、経度180度付近に存在する塩分フロント(塩分の濃い水と薄い水との境界、おおよそ35psuの等値線に一

※本研究は、経常研究「海洋データ同化システムの高精度化と海洋現象の季節から経年変動の解析(H15-19)」の一環として行われた。主任研究者: 蒲地政文、研究担当者: 大山準一、中野俊也、碓氷典久、石崎士郎、藤井陽介、坂元賢治(H15)、熊谷正光(H15)。

致している)が、東西に大きく移動していることに注目する(第2図(a))。このようなフロントの移動は、降水量の変化などでは説明出来ず、海水の移動によるものと考えられる。さて、このフロントは大体の期間で、29℃の等温線と良く一致している。これは、水温の変動も主に海水の移動によることを意味している。

しかし、エルニーニョ前年の1996年には、塩分フロントが東経150度まで西に後退しているのに対し、水温29℃以上の暖水は180度付近まで達している。また、エルニーニョ現象の起きた1997年には、水温29℃以上の暖水は、塩分フロントに先行するように、はるか東まで広がっている。このような、エルニーニョ現象発生時の塩分フロントに先行する海面水温の上昇は、海水の移動では説明することが出来ないで、日射による加熱などが主な要因になっていると考えられる。

次にBLの変動(第2図(b))を見ると、厚いBLはおおよそ塩分フロントの西側にあることが分かる。しかし、エルニーニョ現象の発生時には、塩分フロントに先行して東進している。水温分布と比較すると、厚いBLの海域は、水温29.5度以上の海域と一致するか、やや先行している。特にエルニーニョ現象発生時には、BLが高温域に先行しており、BLが海洋内部の冷たい水との混合を妨げることにより、日射による海面水温の上昇を促進していることが示唆される。

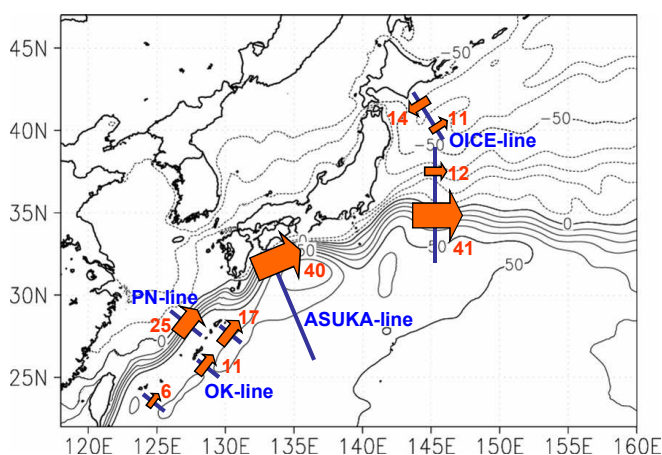


第2図: 赤道における(a)海面塩分(単位:psu)と(b)BLの鉛直方向の厚さ(単位:m)の時間経度断面図。(a)には海面水温29℃の等温線(白線)、(b)には海面水温29.5℃の等温線(白線)と海面塩分35psuの等値線(黒線)を重ねてある。

2. 3. 日本近海の海流とその変動の再現

MOVEシステムでは、日本近海の海流の流量についても、現実的に再現されている(第3図)。例えば、東シナ海および日本南岸における黒潮の平均流量は、それぞれ25Sv、40Sv(1Sv=10⁶m³s⁻¹)であり、これらは観測データから求めた値(東

シナ海で25Sv、日本南岸で42Sv)と、非常に良く一致している。また、日本南岸における流量の変化についても、観測値を良く再現しており、流量変動の主因となる中規模渦を、よく再現していることが窺われる。さらに、従来存在の有無について意見の分かれていた、琉球諸島の東側を流れる琉球海流についても、最大で17Svの流量が見積もられており、東シナ海や日本南岸の黒潮流量とも矛盾しないことから、その存在を支持している。最後に、従来の同化システムでは十分に再現されていなかった親潮についても、南向き、北向き流量ともに、現実的な値が見積もられている。また、南下流量が冬に最大になる結果も、観測事実と一致しており、親潮の再現精度も向上していることが分かる。これらの結果から、MOVEシステムの利用による気候、海況予報の精度向上が期待される。



第3図: MOVEシステムにより見積もられた日本近海の海流の流量(単位Sv、1Sv=10⁶m³s⁻¹)。

3. 結論

気象研究所海洋データ同化システム(MOVEシステム)では、解析にT-S EOFを用いることにより、塩分分布の再現精度が向上した。MOVEシステムにより再現された、太平洋赤道域の水温、塩分の分布変動を解析したところ、BLの存在が1997年のエルニーニョ発生時の海面水温上昇に影響していることが、示唆された。また、MOVEシステムは、日本近海の海流の流量とその変動を、適切に表現していた。

今後は、MOVEシステムを用いた海洋・気候変動要因についての解析をさらに進めていくと同時に、同システムを用いた気候予測、海況予測の実験も行っていく。

参考文献

Fujii, Y., and M. Kamachi 2003: Three-dimensional analysis of temperature and salinity in the equatorial Pacific using a variational method with vertical coupled T-S EOF modes. J. Geophys. Res., 108(C9), 3217, doi: 10.1029/2002JC001745.