

日本を取り巻く海の詳細な把握に向けて ―海の「天気予報」の最前線―

○碓氷典久(海洋・地球化学研究部)

1. はじめに

南北に連なる日本列島は、北太平洋の亜熱帯循環と亜寒帯循環の境界の緯度帯に位置しており、周囲を流れる黒潮や対馬暖流、寒流である親潮の存在は、変化に富む気候の形成や、豊富な水産資源を育む上で大きな役割を果たしている。これらの海流のダイナミックな変動を正確に把握し、予測することは、気象や気候、防災、水産資源、海上交通、海洋エネルギー、海洋汚染、漂流物問題など、幅広い分野の進展に貢献する。

気象庁では、海の「天気予報」ともいうべき、日本周辺の海流や水温等の実況を解析し、予測するシステムを2000年より運用している。気象研究所では、その基盤となる、海洋モデルとデータ同化と呼ばれる実況の解析技術の開発を行っている。本発表では、海の天気予報のしくみについて解説するとともに、最新のモデルで再現された、昨年来発生している日本南岸の黒潮大蛇行について紹介する。

2. 海の天気予報に必要なモデル・観測・データ同化

海の天気予報は、気象予報と同様に、数値モデルをベースとして、①モデルと海洋観測データを組み合わせることによる実況解析(データ同化)、②データ同化の結果を初期値とした予測、という手順で行われる(第1図)。

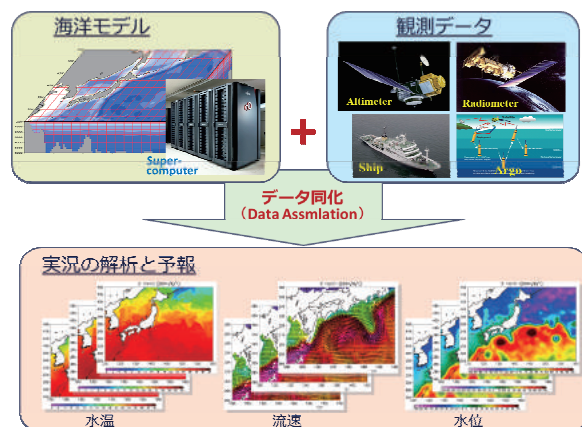
現在、気象庁では、水平解像度約10kmの海洋モデルと3次元変分法と呼ばれるデータ同化手法が日本周辺海域を対象とした海の解析・予測に用いられている。第2図(右)に10km解像度のモデルを用いて解析された、2017年10月22日の海面水位の分布を示す。この図は、「海の天気図」とみることができ、日本の周辺に多数存在する、中規模渦と呼ばれる100kmスケールの渦が、大気の高気圧に相当する。海洋中規模渦は、地上天気図の高気圧(第2図左)と比べると、その空間スケールが圧倒的に小さく、モデルで再現するためには、少なくとも10km程度の水平解像度が必要となる。

気象研究所では、外洋の中規模渦による変動に加えて、より小スケールの変動が卓越する、沿岸域の海洋現象までも表現可能な新たな海の天気予報システムの開発を行っている。核となるのは、水平解像度2kmのモデルであり、潮汐や気圧による海面水位変化を陽に表現し、また河川水をモデルに取り入れるなど、現行のモデルから多くの改良が加えられ

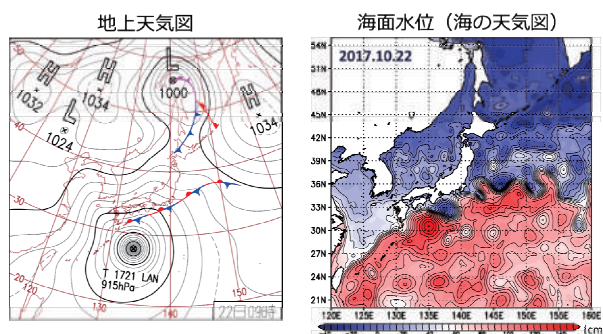
ている。

実況を解析するデータ同化には、衛星による海面水温、海面高度データ、また、船舶やアルゴフロートによる水温、塩分データが用いられる。特に、衛星海面高度とアルゴフロートは、海洋内部の水温、塩分、流れの分布を推定する上で欠かせない観測データとなっている。しかしながら、現在、最も高密度な観測網である、衛星海面高度計をもってしても、中規模渦をかくらうじて捉えられるにすぎず、100km以下の小スケールの現象を解析するためには、データ同化手法の高度化が重要となる。

現在、気象研究所で開発している新たなシステムには、4次元変分法と呼ばれるデータ同化手法が採用されている。この手法では、モデルを利用して、まばらな観測の情報を時空間的に補間することで、観測のみでは把握が困難である小規模の現象をより高精度に解析することが可能となる。



第1図: 海の天気予報の模式図。



第2図: 2017年10月22日の(左)地上天気図と(右)海面水位分布。水位分布に見られる、100kmスケールの中規模渦は、大気の高気圧に相当するため、この分布は、「海の天気図」とみることができる。

3. 2017年に生じた黒潮大蛇行の再現

日本の南を流れる黒潮は、世界最大規模の海流であり、その変動は周辺の海洋環境に多大な影響を及ぼすため、海の天気予報の重要なターゲットとなっている。昨年8月下旬に黒潮の流路が東海地方の沖合で大きく南に迂回する、「黒潮大蛇行」と呼ばれる現象が12年ぶりに発生し、発生から1年以上経過した2018年10月現在も持続している。

黒潮大蛇行は、沿岸の潮位や水産業、海上交通などに大きな影響を与えるとともに、関東地方に降雪をもたらす南岸低気圧の挙動に大蛇行が影響を及ぼしているといった指摘もある(Nakamura et al. 2012)。

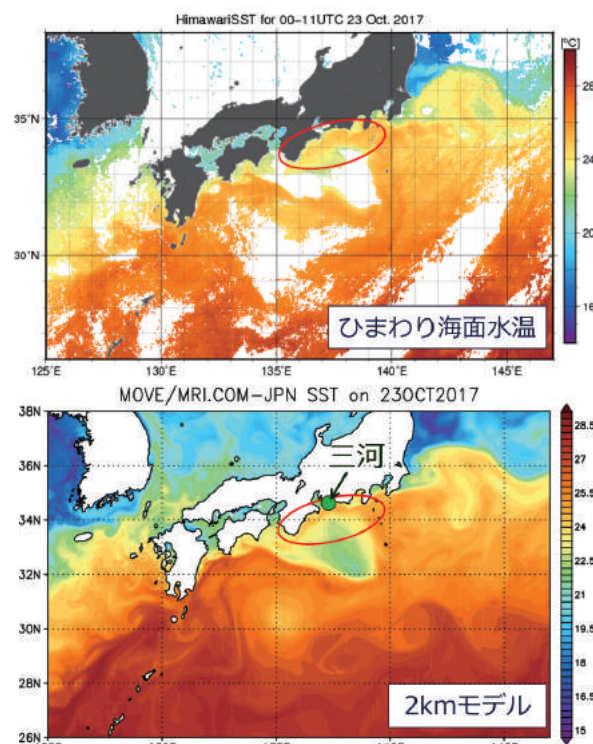
今回の大蛇行を最新の2kmモデルを用いたシステムで再現した結果について紹介する。第3図に2kmモデルを用いて解析された2017年10月23日の海面水温分布を気象衛星ひまわり8号による海面水温画像と比較する。東海地方の沖合で、黒潮が大きく南に蛇行し、蛇行の内側では、冷水域が広く分布している。また、伊豆半島付近で黒潮本流から分岐した高水温舌が東海地方の沿岸に沿って分布している。2kmモデルは、これらの特徴をよく再現している。

東海地方の沿岸に東から暖水が入り込む現象は、大蛇行時にしばしば発生し、漁業に大きな影響を及ぼすとともに、沿岸潮位も変化させる。第4図に示すように、暖水が沿岸に張り出す、10月16日頃から20日過ぎにかけて暖水の影響により、緩やかに潮位が上昇している。その後、東海地方に上陸した2017年台風第21号(第2図左)による影響で急激に水位が上昇し、東海地方で高潮による被害が生じた。2kmモデルは、両要因による水位上昇をよく再現しており、本モデルが海況情報のみならず沿岸防災情報の高度化に資することが期待される。

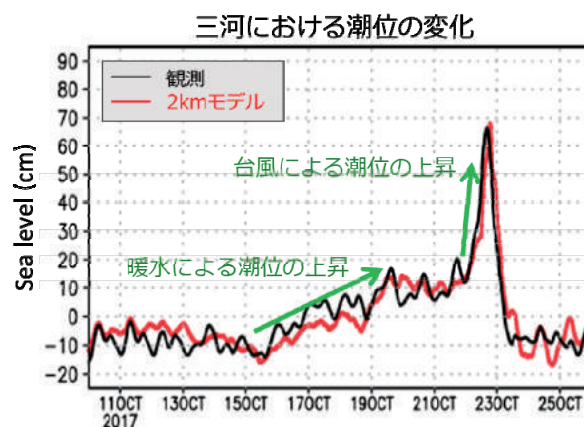
通常、大蛇行が発生する際、前兆となる小規模な蛇行が九州沖に形成され、その後、蛇行が東に移動しつつ振幅が増大し、東海沖に大蛇行が形成される(Usui et al. 2008)。また、九州沖の小規模な蛇行の発生とその後の発達には、第2図で見た、中規模渦が重要な役割を担っている。発表時には、今回の大蛇行の発生過程とそのメカニズムについても紹介する。

4. まとめ

海の天気予報のしくみと、気象研究所で開発している、新たな海の天気予報システムを用いて再現された黒潮大蛇行について紹介した。新システムでは、外洋域の海洋現象のみならず沿岸現象までを予測対象としており、海況情報や沿岸防災情報の高度化に貢献することが期待される。



第3図: 2017年10月23日の(上)ひまわり8号、(下)2kmモデルによる海面水温分布。黒潮から分岐した暖水が分布する東海地方沿岸域を赤丸で囲ってある。また、第4図の三河の潮位計の位置を下図に示している。



第4図: 愛知県三河湾における2017年10月10日から10月26日にかけての(黒)観測と(赤)2kmモデルによる潮位の変化。期間平均からの偏差を表示している。また、潮汐成分は除去している。

参考文献

- (1) Nakamura, H., A. Nishina, and S. Minobe 2012: Response of storm tracks to bimodal Kuroshio path states south of Japan, J. Climate, 25, 7772-7779.
- (2) Usui, N., H. Tsujino, H. Nakano, and Y. Fujii 2008: Formation process of the Kuroshio large meander in 2004, J. Geophys. Res., 113, C08047, doi:10.1029/2007JC004675.