

海面高度偏差図を使ったマグロ漁場探索への基礎的研究

吉永圭輔^{*1}, 益満 侃^{*1}, 日高正康^{*2}, 内山正樹^{*1}, 東 隆文^{*1}, 福田隆二^{*1}

A basic study on the prediction method of tuna abundant regions using satellite altimetry sea surface height data

Yoshinaga Keisuke^{*1}, Masumitsu Sunao^{*1}, Hidaka Masayasu^{*2},
Uchiyama Masaki^{*1}, Azuma Takahumi^{*1}, and Hukuda Ryuji^{*1}

Keywords : Satellite altimeter, Warm eddy of East Indian Ocean, Fishing ground

Abstract

To predict the region of high tuna abundance in a fishing ground, fishermen recently use near to real-time maps of the sea surface height anomaly (SSHA) field provided by altimeter satellites. These can be found on the Internet by general users as a service from some research institutes around the world. In order to establish the prediction method of tuna abundant regions with the SSHA map, we investigated temperature and salinity distributions by T/V Kagoshima-maru across a warm eddy deduced from the satellite altimetry SSHA map in the East Indian Ocean in August 2003. Hydrographic observations showed two types of water masses: the Australasian Mediterranean Water (AAMW), which occupied the upper layer of the entire warm eddy, and the Indian Central Water (ICW), which was located just south of the warm eddy. A front between the two water masses corresponded to the southern edge of the satellite-deduced warm eddy. This suggests that the satellite altimetry SSHA map is effective for predicting a water mass front, which has the potential of aggregating mechanisms for plankton, and therefore also for large predators such as tuna.

マグロの好漁場を、基礎生産者である植物プランクトンの豊富な場所と単純に考えた場合、暖水塊と栄養塩の豊富な冷水塊が接する前線付近には好漁場が形成される可能性が高いと考えられる。しかしながら外洋において、この前線を探し出すことは容易なことではない。前線付近の漁場環境調査を行う上で、この前線の存在する場所を、まずは確に推測することが必要となる。

現在農業及び漁業系のホームページを検索すると、人工衛星を使った様々な画像が無料で提供されている。これらのうち衛星赤外画像による海面水温分布図は、外洋の漁業者にとって広大な海上での漁場探索手段として広く活用されているものの一つである。近年、海面水温分布図と並び、人工衛星の海面高度計のデータを使った海

面高度偏差図が提供されるようになり、特に沖合から遠洋での漁業者の利用する機会が増している。また、海洋学の分野でも、1990年代前半より海面高度計のデータを用いた多くの研究がなされており、暖水渦及び冷水渦の動きなどの海面変動の研究^{1,2)}に特に利用されている。

衛星赤外画像は海面から放射される熱放射を利用して観測を行うため、天候の影響を受けやすいという欠点がある。たとえば雲が多い日などは海面の観測データが収集できない場合がある。一方、海面高度計を使用した観測では周波数約13GHzのマイクロ波を送受信するため、大気中の分子による波動の減衰は少ないと考えられるが、いくつかの問題も考慮しなければならない。その一つが空間分解能である。衛星センサーの多くは「画像」とし

^{*1} 鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸 (Kagoshima Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890-0056 Japan)

^{*2} 鹿児島大学水産学部環境情報科学講座 (Environmental and Information Sciences, Faculty of fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890-0056 Japan)

面的なデータの収集が可能であるが、衛星高度計の場合は衛星の直下の点でしか海面高度を測定することができないため、高度観測データは軌道線上でのみ取得可能になる。これを分布図のように面的に表すためには、いくつかの軌道データを利用して空間的な補間を行なう必要がある。したがって提供されている海面高度偏差図は、時間・空間分解能が衛星の軌道間隔や飛来時間に依存するため、小さな渦を見落としてしまったり、暖水塊及び冷水塊の位置がうまく表現されていなかったりする場合があることも考慮しなければならない³⁾。

本研究の目的は、ホームページで簡単に見ることができる海面高度偏差図が、インド洋東部のような高度差10~20cmの小さな海域でも暖水渦の位置を正確に捉えることができるか、また海面下の海洋構造とどのように関連しているかを調査し、マグロ漁場探索の指標となり得るかを検討する。

観測海域及び観測方法

Fig. 1は、コロラド大学のホームページよりダウンロードした海面高度偏差図に観測海域及び観測点を示したも

のである。破線内は2003年のかごしま丸遠洋調査実習でのマグロ延縄実習許可区域を示している。研究の最終目的が漁場探索であることから、漁業許可区域内における調査が望ましいと考え、この観測点を設定した。

観測海域は、太平洋からインドネシア多島海 (Australasian Mediterranean Sea) を通過する間に形成される Australasian Mediterranean Water (AAMW) と呼ばれる海水と、インド洋中央水 (Indian Central Water; ICW) と呼ばれる海水が接触して、日本近海における三陸沖と同様に2つの性質の異なる水塊が混じり合う場所である。このため好漁場となる可能性が高く、目的とするデータを得るには最適の海域と考えた。

区域内にある、周囲より海面高度の高い領域を AAMW から形成される暖水渦とみなし、この暖水渦とその南側について観測を行なうことにした。コロラド大学では TOPEX/POSEIDON (T/P) 及び ERS-2 の、2つの衛星による海面高度計の資料を解析・補間⁴⁾した海面高度偏差図を公開している。かごしま丸による海洋観測実施日の約一ヶ月前から、この海面高度偏差図を取得して実習許可区域の東側に中心をもつ暖水渦の特性を解析した結果、この暖水渦は大きさが南北約330km及び東

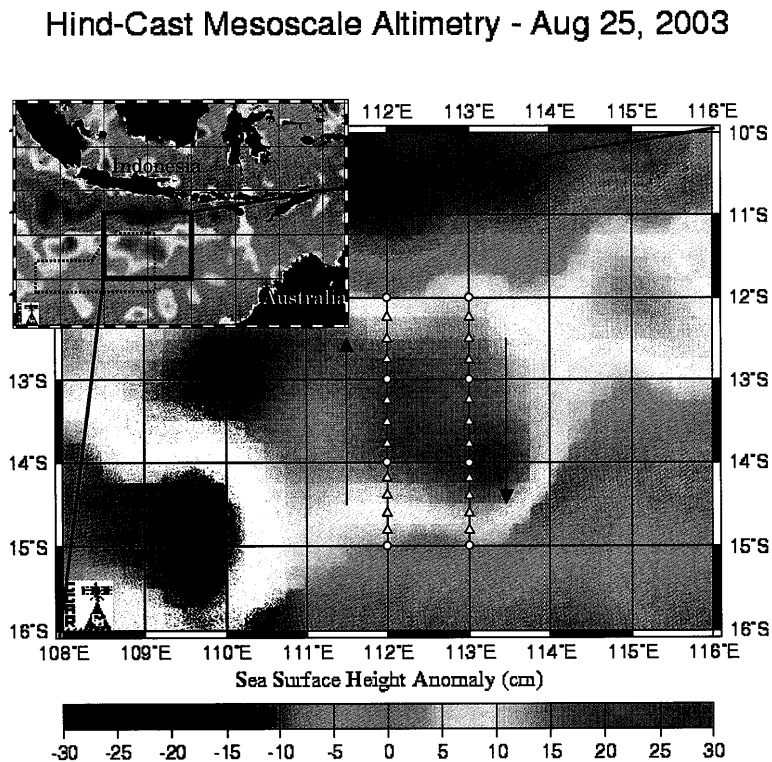


Fig. 1 Map of the sea surface height anomaly field on August 25, 2003 (downloaded from the web-site of Colorado Center for Astrodynamic Research of the University of Colorado). Observation stations of CTD and XBT by T/V Kagoshima-maru are marked with circles and triangles, respectively. Observations were carried out along 113°E on Aug. 25 and 112°E on Aug. 26, 2003. Arrows indicate the direction in which the ship ran along the observation line.

西約830kmで、中心位置は1日に経度で0.15~0.2度西方に移動していることがわかった。

衛星を使ったリモートセンシングと船を使った海洋観測の結果を比較する場合、両者に時間差が生じることが問題点として挙げられるので、今回の観測は、時間差をできる限り少なくするためにCTDによる回数を最小限とし、船速を落とさなくても観測が可能であるXBTを主に用いて行った。

海洋観測日を2003年8月25日とし、暖水渦の予想中心

位置を南北に縦断するように観測ラインを1本設定し、そのラインの、経度で1度西側にもう1本の観測ラインを設定した。

海洋観測は各観測ラインで緯度1度毎に南北に移動しながら、CTD (Sea Bird Electronics 社製) による水温と塩分の鉛直分布観測を行なった。またXBT (鶴見精機社製) を用いて水温の鉛直分布観測を、12°Sから14°Sでは緯度15分毎に、渦の南側の縁にあたと予想される14°Sから15°Sでは緯度10分毎に行なった。

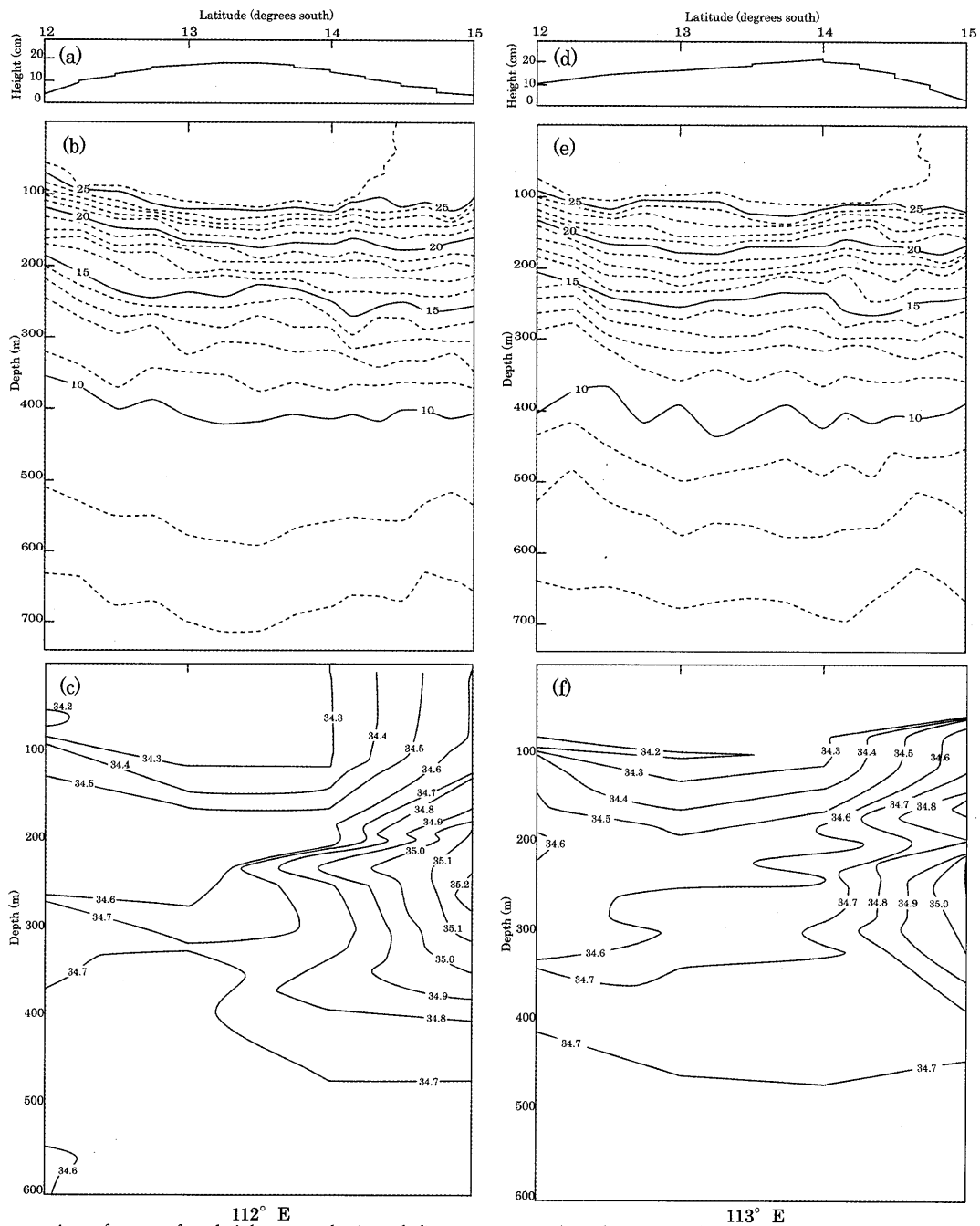


Fig. 2 Cross section of sea surface height anomaly (a and d), temperature (b and e) mapped by combined data of CTD and XBT, and salinity (c and f) by CTD along 112°E (left side) and 113°E (right side).

今回の観測に要した時間は1ラインにつき平均約20時間であった。海面高度偏差図のグリッド間隔が0.25度であり、渦の西進速度を20時間で約0.125~0.17度とすると、海洋観測中における渦の移動距離は海面高度偏差図の1グリッド内に収まるので、1ライン上の最初の観測点から最後の観測点までの時間差は問題ない範囲であると考えた。

観測結果及び考察

海面高度と水温・塩分の断面分布の比較

Fig. 2に、得られた海面高さの断面図と水温及び塩分の断面分布図を示す。海面高度を示す(a)及び(d)と水温の等値線図(b)及び(e)をそれぞれ比較した場合、500m以深の水温の等値線は海面高度の等値線と、よく同期した逆の変化を示した。また500m以浅についても、変化量は小さいが水温の等値線は12°Sから13°Sへ向かっては深度を増し、さらに南に下り14°Sから15°Sへ向かうと浅くなる傾向が見られた。このことからこの付近に暖水渦が存在していたと推察される。また水温15°Cの等値線に着目すると、2つの観測ラインとも、14.2°S付近で急激に深度が増す傾向が見られた。特にそれは113°Eの線上で顕著であった。これはこの付近に小さな下降流が存在したか、または他の水塊の流入があった可能性を示唆するものと考えられる。

112°Eラインの塩分断面分布図 (Fig. 2c) では、12°Sと13°Sの塩分の鉛直方向の変化に比べ14°Sと15°Sの塩分の鉛直方向の変化が大きかった。また、高濃度塩分水が水深300m付近を中心として南から北へ舌状に貫入す

るように描かれていた。113°Eラインでも同様の傾向が見られたが、112°Eラインと比べると低塩分水の分布が14°Sまで南下しており、112°Eより113°Eのほうが高塩分水と低塩分水の境界面が少し南にあることが読み取れた。

水塊前線付近の海洋構造

各緯度での海水の混合具合をみるためにCTD点のT-S分布図をFig. 3の(a)と(b)に描いた。これらの図中の実線はTomczak and Godfrey⁵⁾によって定義されたAAMWとICWのT-S曲線である(以下既存の曲線と呼ぶ)。112°Eライン (Fig. 3a) では12°Sと13°SのT-S分布はAAMWの既存の曲線とほぼ一致していた。14°Sと15°SのT-S分布はICWの既存の曲線に近づいており、ICWの混合比が増していると推察された。113°Eライン (Fig. 3b) では12°S、13°S及び14°SのT-S分布がAAMWの既存の曲線とほぼ一致したが、15°SになるとICWが大きく混合していると推察された。Fig. 4は海面高度偏差図 (Fig. 1) の中の緯度14°Sと15°S、経度112°Eと113°Eで囲まれた範囲の海面高度の等値線を表した図であるが、これをみると、等値線は南東方向に延び、緯度間の等値線間隔は112°Eより113°Eのほうが狭くなっていた。つまりT-S分布が徐々に変化した112°E線上では等値線間隔が広く、T-S分布が急激に変化した113°E線上では間隔が狭かった。

以上のように、インターネットで得られた海面高度偏差図と、船での観測データから得た水温及び塩分断面図とT-S分布図を比較した結果、海面高度偏差図上の暖水渦の中心付近は完全なAAMWであり、中心から南下

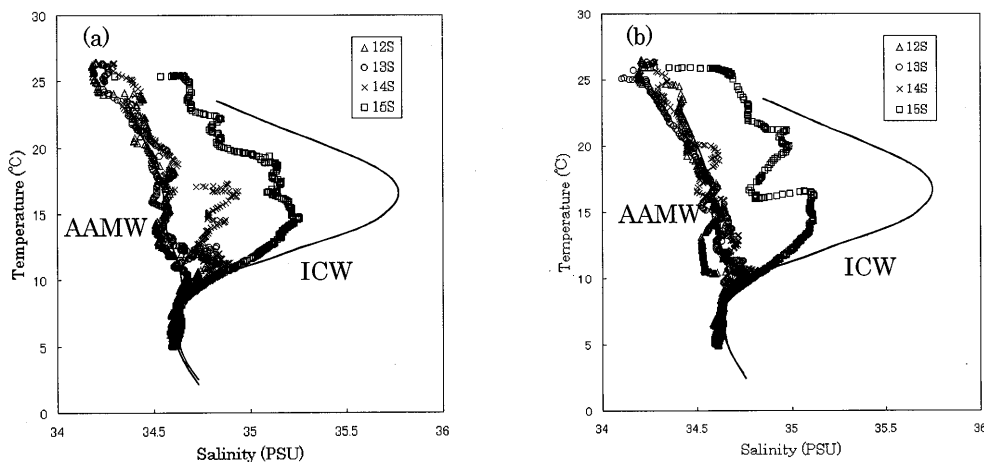


Fig. 3 Temperature-Salinity diagrams at 12°, 13°, 14° and 15°S along 112°E (a) and 113°E (b). The solid lines in (a) and (b) show water mass properties of the Indian Central Water (ICW) and Australasian Mediterranean Water (AAMW) defined by Tomczak and Godfrey (1994).

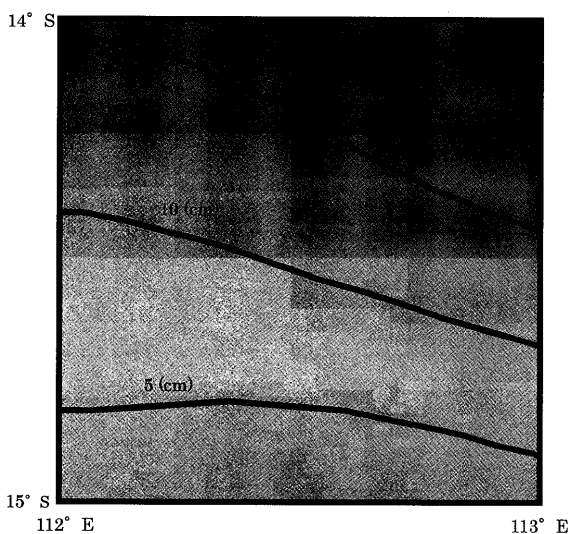


Fig. 4 Isolines of the sea surface height anomaly at the area surrounded by the 14-15° south latitude and the 112-113° east longitude.

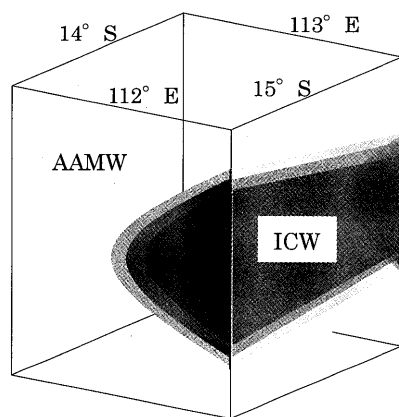


Fig. 5 Illustration showing the water mass boundary between the Australasian Mediterranean Water (AAMW) and Indian Central Water (ICW) observed at the area surrounded by the 14-15°S and the 112-113°E.

するほどに ICW の混合率が増していくことがわかった。また、暖水渦の南北の位置ならびに AAMW と ICW との前線の位置はかなり正確に把握できることが判明した。Fig. 5は今回その存在が明らかになった境界面の模式図であるが、これをみると Fig. 5のように AAMW と ICW の境界付近では ICW が北方へ舌状に延びており、その傾斜は経度によって一定でないと考えられる。したがって境界面の位置を海面高度偏差図のみにより正確に把握することは難しく、今後はこの境界付近の観測データと海面高度計のデータをより詳細に比較解析することで境界付近の海面下の海洋構造が正しく推察できるようになるとと思われる。

マグロ漁場探索への今後の課題

海面高度偏差図が暖水渦の位置や動きを予測する手段として有効であることは今回の観測で実証できた。しかし、暖水塊と冷水塊の前線近くに、はたしてマグロが集積するのかどうか、今後さらに研究を続けていく必要がある。かごしま丸では平成15年の遠洋調査実習で特に暖水域内部やその周辺でのマグロ延縄実習を行ったが、暖水渦とマグロ類の釣果との関係を導き出すには資料不十分であり、平成16年以後の遠洋調査実習においてさらに調査を継続する予定である。

最後に、この研究を行なうにあたり海洋調査の手ほどきから解析法をご教授くださった環境情報科学講座の中村啓彦先生、コロラド大学への問い合わせや英語校閲にご協力くださった漁業基礎工学講座の Miguel Vazquez Archdale 先生に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 市川 香 (1998)：海面高度計から見た東北沖の暖水塊の動き。月刊海洋, 13, 64-69.
- 2) 市川 香 (2002)：衛星海面高度計資料を用いた海面変動の研究。海の研究, 11(2), 305-319.
- 3) 前川陽一, 内田 誠, 永田 豊 (2001)：コロラド大学による海面高度分布速報データの利用について。三重大学生物資源学部紀要, 27, 1-15
- 4) R. R. Leben, G. H. Born, and B. R. Engebretth (2002): Operational Altimeter Data Processing for Mesoscale Monitoring. Marine Geodesy, 25, 3-18.
- 5) M. Tomczak and J. S. Godfrey (1994): Hydrology of the Indian Ocean. "Regional Oceanography". pp. 221-236, Pergamon, London.