

漁船情報を利用した日向灘表層海況日報の作成と情報提供の試み

渡慶次力^{1†}, 林田秀一², 福田博文³, 清水 学⁴, 市川忠史⁴, 柳 哲雄⁵

Trial of producing and distributing the daily map of sea surface oceanic condition in Hyuga-Nada by using fishing boat information

Tsutomu TOKESHI^{1†}, Hidekazu HAYASHIDA², Hirofumi FUKUDA³, Manabu SHIMIZU⁴,
Tadafumi ICHIKAWA⁴ and Tetsuo YANAGI⁵

We tried to produce a daily map of sea surface oceanic conditions in Hyuga-Nada by using temperature and current data measured by fishing boats. The map has been distributed since January 2013. The map of the surface layer was produced by a combination of the horizontal distribution of temperature and that of current. Horizontal distribution of temperature is produced by the surface temperature of round haul-net fishing boats, trolling-line fishing boats and Japan Meteorological Agency product. Horizontal distribution of current is described by the space-averaged current of round haul-net fishing boats in 1/6° latitude. The temperature and current data by fishing boats enable the daily map to depict a detailed temperature and current field at front in the coastal area that would be difficult to recognize by using an existing map. If problems such as the introduction of mechanisms to evaluate the map's quality by fishermen and improvement of objective space-time interpolation method can be solved, the daily map gives more effective information for the coastal fishermen who pay attention to temperature front.

Key words: fishing boat information, daily map of sea surface oceanic condition, distributing, Hyuga-Nada

はじめに

地先の水温や塩分などの海況情報は、漁業者にとって漁場を知る上で不可欠で、水産資源の動向を理解する上でも重要な情報である。そのため、水産試験場（以下、「水試」と呼ぶ）では、長期にわたって月1回の頻度で海洋観測を

継続実施しており、試験研究の基礎資料として蓄積するとともに、漁業者への情報配信を行ってきた（渡慶・平井, 2002）。また、日本南岸域では黒潮変動に応答する複雑な海況動向に対する漁業者の関心も高く、日単位の海況情報提供の試みも行われた（岩田, 2011）。現在では、人工衛星による海面水温、水温ブイなど多岐にわたる海況情報が水試からリアルタイムで配信される状況となっている。

水産現場で実用されている日単位の広域海況情報の1つに、2003年より（社）漁業情報サービスセンターが配信している海況日報がある。海況日報は、人工衛星の海面水温を実測データで補正した後、等温線解析により作成される海域毎の海面水温図である（中園ほか, 2006）。2008年度からは、和歌山県、三重県、静岡県、神奈川県、東京都、千葉県の一都五県で「関東・東海漁海況速報」の共同発行が開始された（萩原, 2008）。当速報は、漁業関係者からの評価が高く（津久井, 2011）、シラスの漁場形成と関連させた研究（長谷川, 2011）なども行われている。近年は、現況の海況情報提供のみならず、数値計算で予報された海況情報、例えば、水産総合研究センターによるFRA-ROMSなども漁業現場で広く利用されるようになってきた。

2013年4月27日受付, 2013年10月11日受理

¹ 宮崎県水産試験場

Fisheries Research Institute, Miyazaki Prefectural Government, 6-16-3 Aoshima, Miyazaki 889-2162, Japan

² 宮崎県漁村振興課

Fishing Village Promotion Division, Miyazaki Prefectural Government, 2-10-1 Tachibana-dori Higashi, Miyazaki 880-8501, Japan

³ 宮崎県水産政策課漁業・資源管理室

Fisheries and Natural Resources Management Office, Fisheries Administration Division, Miyazaki Prefectural Government, 2-10-1 Tachibana-dori Higashi, Miyazaki 880-8501, Japan

⁴ 水産総合研究センター中央水産研究所

National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan

⁵ 九州大学応用力学研究所

Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasugakoen, Kasuga, Fukuoka 816-8580, Japan

† E-mail: tokeshi-tsutomu@pref.miyazaki.lg.jp

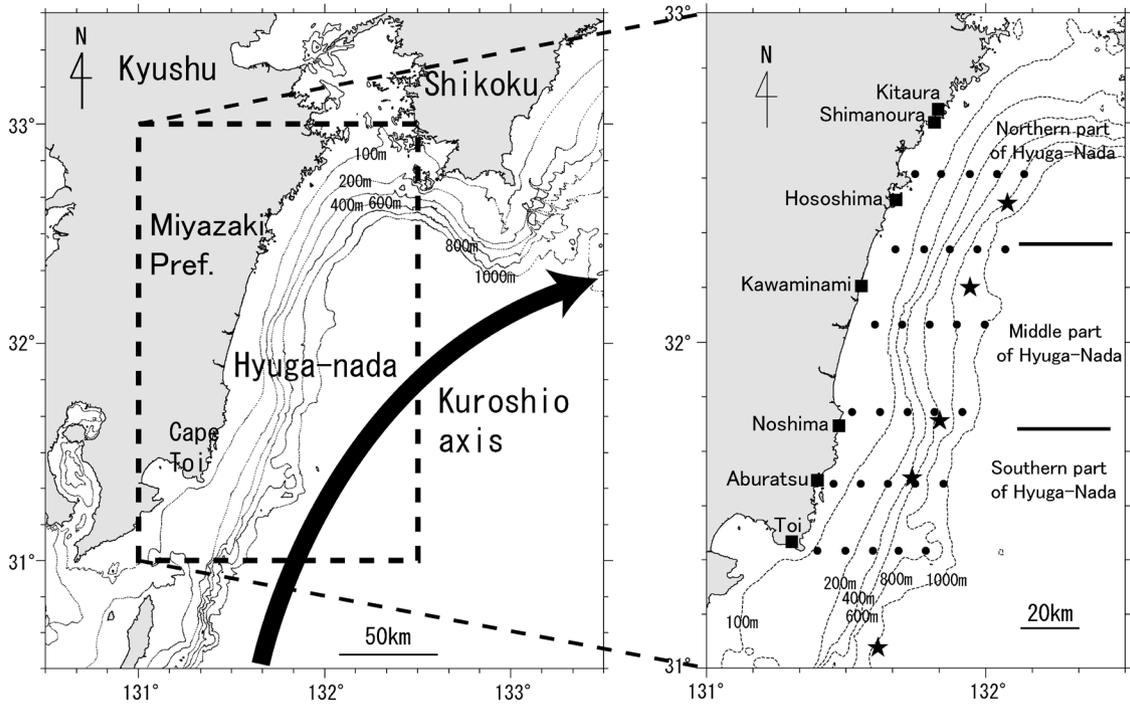


Figure 1. Map of the studied region. Broken contour lines show the bottom topography. Circles (●) and stars (★) denote the stations of oceanographic observation and those of Surface Fish Aggregating Devices by Miyazaki Prefecture, respectively. Squares (■) mean ports to moor fish boats equipped with GPS data loggers.

宮崎県水産試験場（以下、「宮崎水試」と呼ぶ）は、調査船による海面下の水温・塩分・流向・流速の観測結果をおおよそ月1回の頻度で情報発信している（Fig. 1, ●が定点）。船舶観測以外には、人工衛星の海面水温画像を毎日、日向灘30–40 km沖合域の表層型浮魚礁（Fig. 1, ★）の表層水温、3層の流向・流速、海上風の観測結果を1時間の頻度で情報発信している。既存の海況情報は、出漁するか否かの判断や漁場探索のみならず、操業海域における網や縄入れ時の状況判断という操業効率化にも寄与してきたが、以下に示すような問題点の指摘もあった。船舶観測は経費及び人的負担が大きく、浮魚礁の情報は空間的に疎な情報である。一方、人工衛星による海況情報は、時間的には密であるが操業に必要な海面下の情報が得られないという点がある。すなわち、現在のところ、すべての条件を網羅する観測手法は存在せず、相互補完の観測体制が望まれている。それゆえ、各機関が各目的を持って展開し、個別に提供される膨大な海況情報は漁業者にとって利用しにくいものになっていた。このような背景から、漁業者からは日向灘全域を高頻度で網羅される水温、流向・流速、黒潮流軸位置などの各要素が視覚的に統合され、漁場の指標となる沿岸域近傍の水温フロント構造を判断可能な海況図が求められていた。

そこで、宮崎水試では、漁業者の要望に応えるべく、詳細な日向灘海況図の提供を目指し、海況図に利用する時空

間的に密なデータ取得を目的として、漁船が計測する水温、流向・流速データの収集を2010年から開始した（渡慶次・福田，2012）。漁船に搭載した機器で計測される水温、流向・流速データを効率的に収集・回収した先行事例は多くある（Emilie et al., 2010; 大慶ほか，2010; 漁業情報サービスセンター，2011）。漁船情報は漁場形成の変遷等により時空間的に不均一であるという欠点を伴うため、漁船情報を主に利用した海況図作成には、利用する漁船情報の時空間的な特性を理解しておく必要がある。

本研究では、まき網船及び曳縄船により計測された表層水温、流向・流速データの時空間的な取得状況を把握した。次に、得られた漁船計測情報を主に利用して日向灘に特化した表層海況図を試作し、人工衛星や船舶観測で得られたデータと比較し、試作した表層海況図の有効性と課題について考察する。

使用データと解析方法

漁船が計測した水温、流向・流速データの収集と処理

2010年8月に宮崎県北に位置する北浦漁港及び島浦漁港を基地港とするまき網船の19トン網船及び9トン探索船の2隻に、漁船情報データ集積システム（ESL製SL-5150）を取り付けた。約1年後の2011年12月から翌年1月に、細島港、川南漁港、野島漁港、油津漁港、都井漁港を基地港とする3–5トンの曳縄船5隻に同システムをそれぞれ導入し

た。漁船情報データ集積システムは漁船に設置されている水温計、流向・流速計ならびに位置（GPS）の各情報を一元的に記録し、携帯データ通信で自動的に送信するシステムである。

水温計は、まき網船が漁船取水口（海面下約3 m）に、曳縄船が船底（海面下約1 m）に設置、流向・流速計はまき網船のみに船底設置型 Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) が搭載されている（測器の仕様は Table 1 のとお

り）。マップの作成には、対地モードで計測された船速が差し引かれた海面下6 mの流速値を使用した。GPS データロガーは、漁船電源と同期しているため、出航前のエンジン起動から帰港後のエンジン停止までの漁船運用中のデータが連続取得される。そのため、操業のスケジュールにより、取得される水温、流向・流速値は、まき網船が日没～夜間に、曳縄船が深夜から正午までに計測される。

漁船が計測した水温、流向・流速データの時空間的な取

Table 1. Specifications of water temperature meter and current meter mounted on fishing boats.

	Water temperature meter	Current meter (ADCP)
Round haul-net fishing boat (19t Net-fishing boat)	Murayama Electronics DS-2N Accuracy: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	FURUNO Electronic CI-35 (System frequency: 130 kHz) 1. Water Velocity Profiling <ul style="list-style-type: none"> Profiling range: up to 200 m Velocity accuracy: fishing boat speed$\times 0.02$ or ± 0.2 kt 2. Bottom Tracking <ul style="list-style-type: none"> Depth range: up to 500 m
Round haul-net fishing boat (9 t Scouting boat)	Murayama Electronics DS-2N Accuracy: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	FURUNO Electronic CI-60 (System frequency 244 kHz) 1. Water Velocity Profiling <ul style="list-style-type: none"> Profiling range: up to 100 m Velocity accuracy: fishing boat speed$\times 0.02$ or ± 0.2 kt 2. Bottom Tracking <ul style="list-style-type: none"> Depth range: up to 200 m
Trolling-line fishing boat (3–5 t five boats)	Murayama Electronics DS-2NR Accuracy: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	—

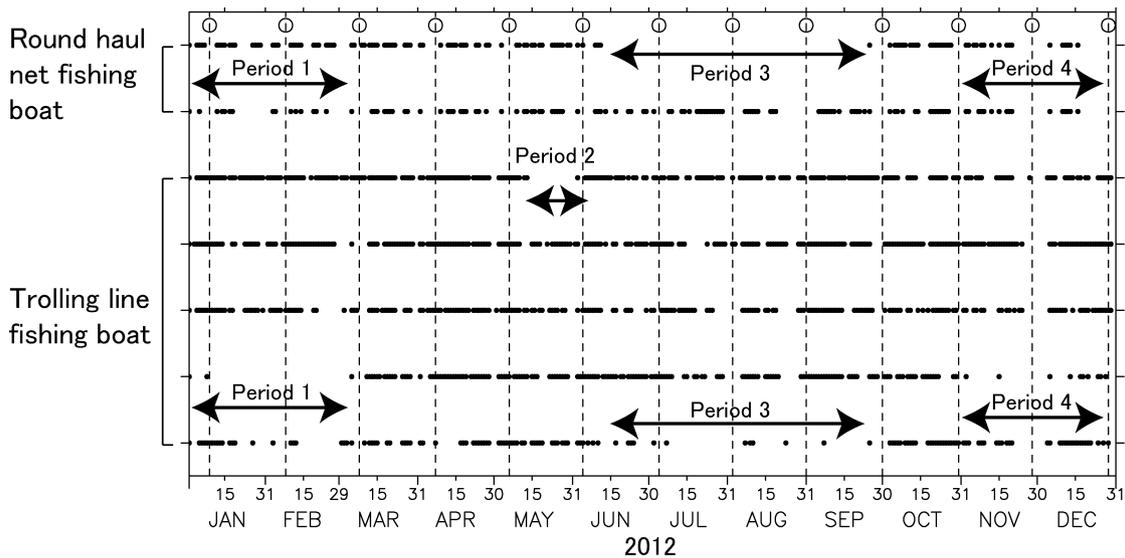


Figure 2. Time distribution of the hydrographic data (●) from two round-haul net fishing boats and five trolling-line fishing boats. Open circles with vertical broken lines mean the full moon corresponding to a halt of fishing operation. Period 1 and Period 4 show declining catches and Period 2 and Period 3 show failure of a GPS data logger.

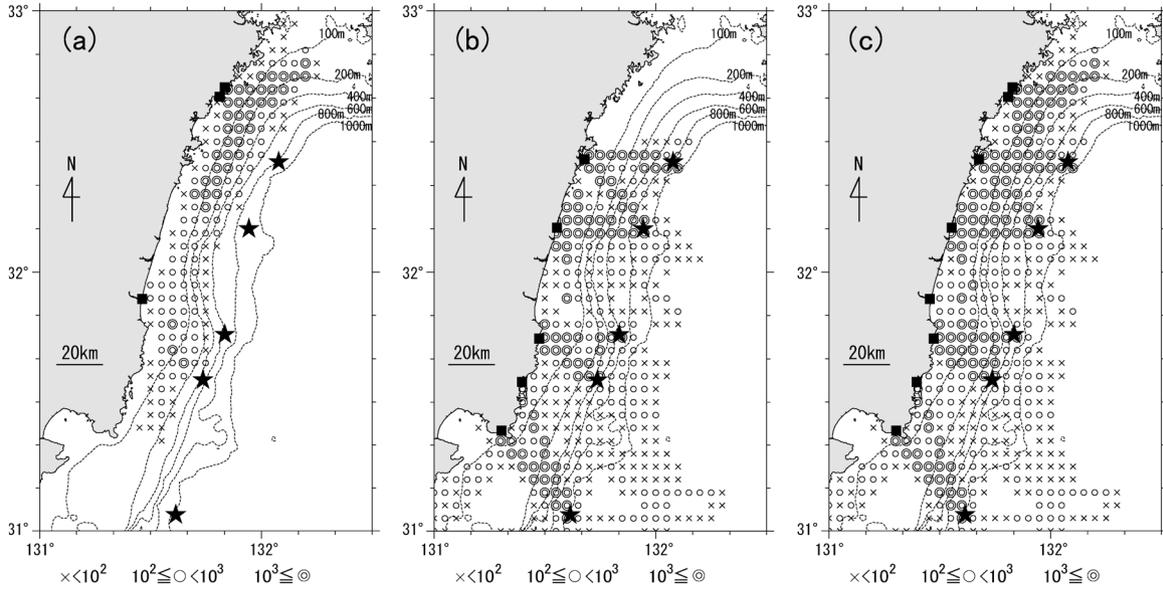


Figure 3. Horizontal distributions of the total data numbers in a $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ grid for one year by two round haul-net fishing boats (a), those by five trolling-line fishing boats (b), and those by two round haul-net fishing boats and five trolling-line fishing boats (c). Broken contour lines, stars (★) and squares (■) are the same as in Fig. 1.

得状況の確認は、2012年1月から12月までのデータを使用した。漁船で計測された水温値は、海表面で採取した現場水温値で補正した後（渡慶次，2013），1分間の平均値を用いた。流向・流速の処理については渡慶次ほか（2013）の方法に従った。まず、無効フラグの割合が高い船速7kt未満の操業時や船速15kt以上の高速移動時の流向・流速値を除去した。次に、対地エコー異常や船首方位データ未受信時以外の流向・流速値を使用し、流速値が $3 \times \sigma$ （1分間に得られた流速値の標準偏差）以上のデータを除去した1分間の平均値を用いた。観測点の位置は毎分30秒の時刻に計測された緯度・経度とした。

水温、流向・流速データの時空間的な取得状況

まき網船及び曳縄船で計測された水温、流向・流速データの時間的な取得状況をFig. 2に示す。データ取得日は黒丸、まき網船による自主的な休漁期間（旧暦14-18日）の旧暦15日は白丸と縦破線で示した。データの取得状況は、自主的な休漁日や漁獲対象魚種の漁獲量が少ない時期に低下し（Fig. 2, Period 1及びPeriod 4）、GPSデータロガーの断線等の機器トラブルによりデータが取得できなかった期間もあった（Fig. 2, Period 2及びPeriod 3）。これらの期間を除いて、周年、ほぼ毎日の頻度で水温、流向・流速値を取得されていることが確認された。

水温、流向・流速データの空間的な取得状況を確認するため、緯度・経度 0.05° 区画（以下、単位区画と呼ぶ）において、まき網船（a）及び曳縄船（b）並びに両漁業種類の漁船（c）による1年間の取得データ数の水平分布を示した（Fig. 3）。まき網船による水温、流向・流速データの

取得海域は日向灘全域の水深500m以浅の海域であった。特に、単位区画あたりデータ数が 10^3 以上の高頻度海域（Fig. 3aの◎）は、水揚げ港が位置する日向灘北部を中心として、漁獲対象魚種の漁場である50-300m深の日向灘の南北にかけて分布していた（福田・渡慶次，2010）。まき網船のデータ取得可能海域及び季節的な変遷は、漁業調整規則等による禁漁区や禁漁期間によって変遷する（渡慶次ほか，2013）。一方、曳縄船は、日向灘中南部の1000m以浅を中心に表層水温データを取得しており（Fig. 3b）、停泊している漁港と浮魚礁までの航路で 10^3 以上の高頻度海域（Fig. 3bの◎）となっていた。Fig. 3cで示す両漁業種類の漁船を併せた表層水温データの取得海域は、日向灘広域を高頻度で網羅していることが分かる。

表層海況図の試作

本研究では、表層の水温及び流速ベクトルの水平分布図をそれぞれ試作し、両図に黒潮流軸位置を重ねて、海況図を作成した（Fig. 4）。

表層水温は、宮崎水試が収集する漁船計測の表層水温値に加えて、広域水温データとして気象庁が提供する日本近海日別海面水温（<http://goos.kishou.go.jp/rtrdb/dailysst.html>）を使用した（以下、「JMA解析水温」）。このデータセットは、人工衛星搭載のマイクロ波放射計及び赤外放射計並びに現場観測データを用いて作成され、緯度・経度 0.25° 格子データとして提供される。表層水温図は、空間スケール10km（ $\approx 0.1^\circ$ ）程度の水温フロント構造を表現できるように、10分の時間間隔に間引いた漁船水温とJMA解析水温を、張力0.20の連続曲面スプライン（Smith and Wessel,

1990) により、緯度・経度0.05°の等間隔グリッドデータに変換した。

流向・流速のデータ数は水温データに比べて極端に少な

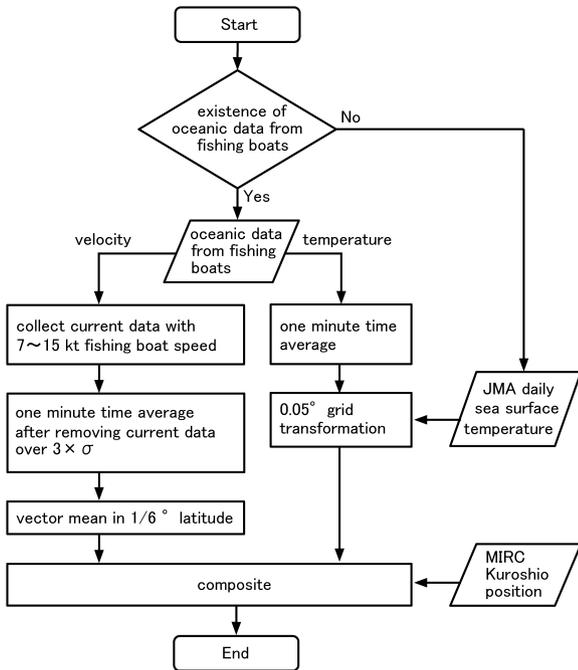


Figure 4. Flowchart for acquiring the horizontal distribution of oceanic condition in surface layer. Sigma (σ) means standard deviation of current during 1 min.

いため、1分の時間間隔で流速ベクトルを作図すると、個人の漁場位置が簡単に特定されてしまう。そのため、流向・流速データは、漁場位置の特定ができないように、1日で得られた流向・流速値を緯度1/6°ごとに分けて、各緯度帯における東西、南北成分の流速値をそれぞれ平均した後、ベクトル合成した。流速ベクトルの始点は各緯度帯における緯度・経度ごとの中央値とした。

表層海況図は、個別に作成した表層の水温図と流速図に、直近日の日本水路協会MIRCが提供する黒潮流軸データをそれぞれ重ねて試作した。人工衛星搭載の熱赤外センサーによる海面水温画像と宮崎水試の船舶海洋観測によるADCP結果を直接比較できたのは2012年3月13-14日であった。

結果

Fig. 5に、2012年3月14日のJMA解析水温 (a)、JMA解析水温と両漁業種類の水溫データ (b) を用いて作成した表層水温の水平分布図をそれぞれ示している。作成した表層水温図と比較するため、漁船計測の同日にAqua衛星のMODISセンサーで計測された海面水温画像をFig. 5cに示す。2012年3月14日の日向灘の海況は、九州東岸から約30 km 東方沖合を中心として東西方向40-50 kmの幅を持つ水温20°C前後の暖水域が日向灘広域に存在していた (Fig. 5c)。Fig. 5aで示すJMA解析水温の空間分布図は、Fig. 5cの衛星画像と比較すると、空間分布の対応が必ずしも良くない。JMA解析水温に両漁業種類の水溫データを追加し

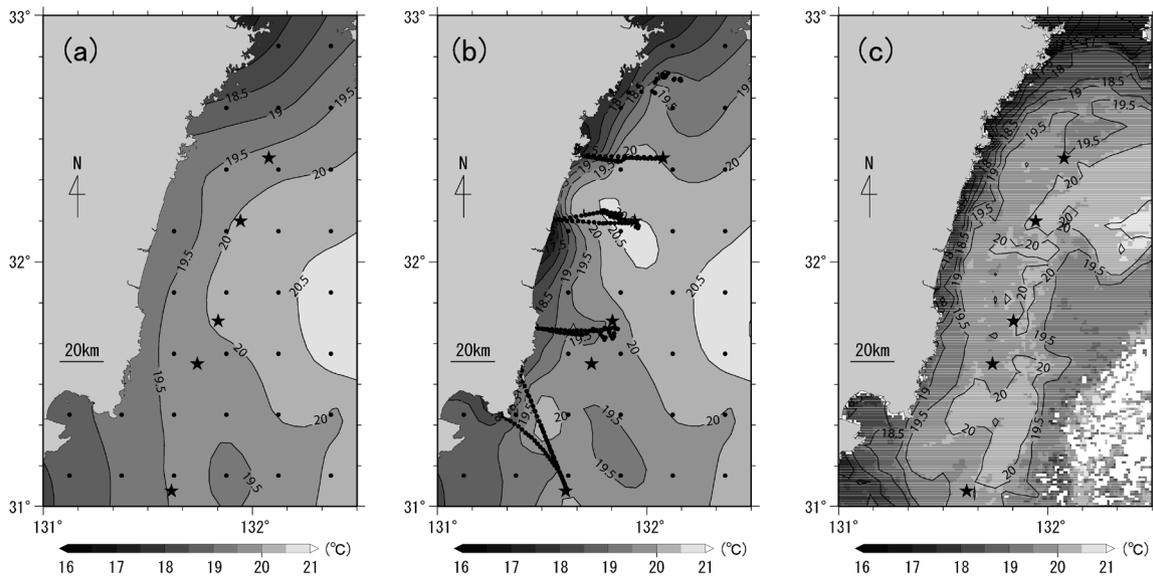


Figure 5. Horizontal distributions of temperature in surface layer from Japan Meteorological Agency (JMA) product (a), that from the combination of JMA product, two round haul-net fishing boats and five trolling-line fishing boats (b), and the snapshot of Sea Surface Temperature image from MODIS of Aqua on March 14th, 2012 (c). Circles (●) denote the points of temperature data. Stars (★) are the same as in Fig. 1. Color bar shows temperature range from 16 to 21°C and temperature contour interval is 0.5°C.

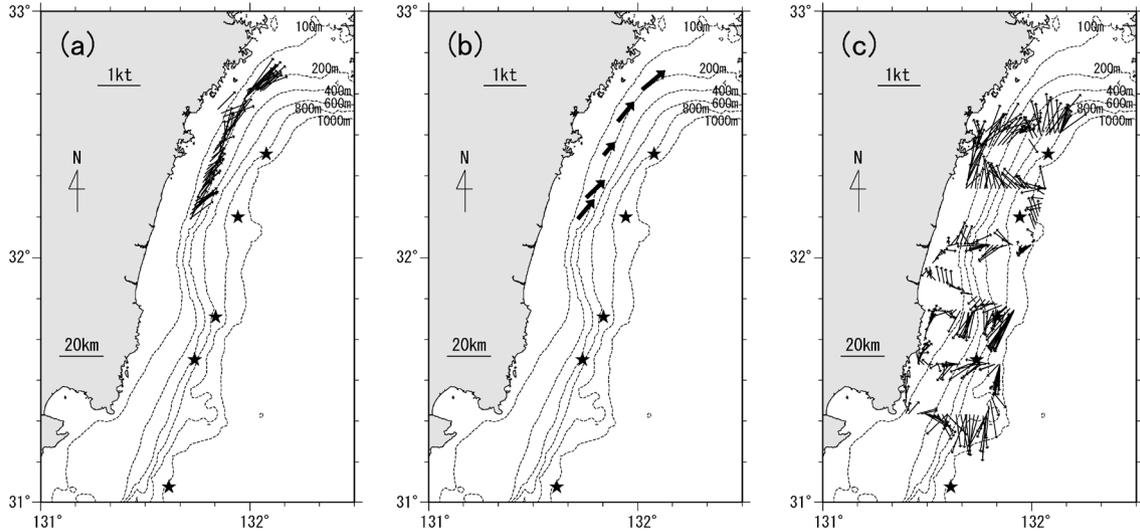


Figure 6. Horizontal distributions of the currents measured at 6 m depth (a) and that of space-averaged currents in $1/6^\circ$ latitude (b) by round haul-net fishing boats on March 13th, 2012, respectively. Horizontal distributions of the currents measured at 10 m depth by oceanographic observation of Miyazaki Prefecture on March 13–14th, 2012 (c). Broken contour lines and stars (★) are the same as in Fig. 1.

た表層水温図 (Fig. 5b) は、航路上で詳細な水平分布となっている。特に、日向灘広域において海岸線から約20 km沖合域までの沿岸域に存在する水温 19°C 以下の低温域とそれより東方の高温域との境界域で形成されている水温フロントが表現できるようになった。

Fig. 6a, bは、2012年3月13日に漁船が計測した表層流速ベクトルと、漁船計測の流向・流速値を緯度 $1/6^\circ$ ごとに空間平均した表層流速ベクトルの水平分布図をそれぞれ示している。また、これと比較するため、2012年3月13–14日の定期海洋調査時の調査船の船底ADCP (Teledyne RD Instruments製WHM300)により計測された海面下10 m深の流速ベクトルの水平分布図をFig. 6cに示す。Fig. 6aで示す表層の流速ベクトルは、日向灘中北部における水深200 m前後の海域で計測され、全航路において流速1 kt前後の北東流が卓越していた。Fig. 6bの緯度 $1/6^\circ$ ごとの流速ベクトルの水平分布図は、Fig. 6aの流速ベクトルが適度に間引かれたことにより、漁場位置が特定されないことに加え、視覚的に見やすくなっている。緯度 $1/6^\circ$ ごとの流速ベクトル (Fig. 6b) は、その近傍における調査船による流速ベクトル (Fig. 6c) との対応が良い。よって、Fig. 6bで示される緯度 $1/6^\circ$ ごとの流速ベクトルの水平分布図は、日向灘の流動場を適切に表現していたと考えられる。

表層の水温図及び流速図と黒潮流軸位置図を重ねた2012年3月13日の日向灘の表層海況図の広域海況図をFig. 7aに、流速ベクトルを含む詳細な海況図をFig. 7bにそれぞれに示す。広域海況図の水平分布では、都井岬南東沖約140 kmに位置する黒潮流軸 (Fig. 7aの太線) と、黒潮流軸から日向灘沿岸側に差し込む暖水域 (緯度 $31^\circ20' - 32^\circ20'$

間の 20°C 等温線)が見られる。Fig. 7bで示す詳細な表層海況図に注目すると、沿岸の低温域と沖合の高温域との境界域において流速1 kt前後の北東流が観測されている。同日の船舶観測による水温の鉛直断面図によると、表層でみられた水温の水平勾配が海面から水深約200 mまで及んでおり (図略)、漁船で計測した北東流が地衡流的な流れであったことを示唆している。すなわち、試作した表層海況図は、漁船データを取り入れることで、詳細な沿岸域近傍の水温フロント域での水温、流況場が1つの海況情報として表現可能となった。

考察

本研究では、漁船が計測した水温、流向・流速データを主に利用して、水温、流向・流速、黒潮流軸位置情報が統合された日向灘に特化した表層海況図を試作した。ここで構築された表層海況図は、既存の広域海況図とは異なり、漁船が漁場近くにて自ら計測するデータを主に使用している点が新たな試みとなっている。漁船は数kmの空間スケールを周年高頻度で水温、流向・流速を計測しているため、試作した表層海況図は、定常的に海況情報が得られない海岸線から数十km沖までの日向灘沿岸域において詳細な海況を把握できるようになった。特に、日向灘沿岸域においてフロント域の水温、流況場の構造が時空間的に確認できる海況図は、水温フロントが漁場の指標となっている (花岡, 1972) ことから重要となる。

しかし、表層海況図は試作の段階で以下に示すような多くの課題が残っている。表層水温図は時空間的に均一でない漁船データを主に使用しているため、漁場とならない海

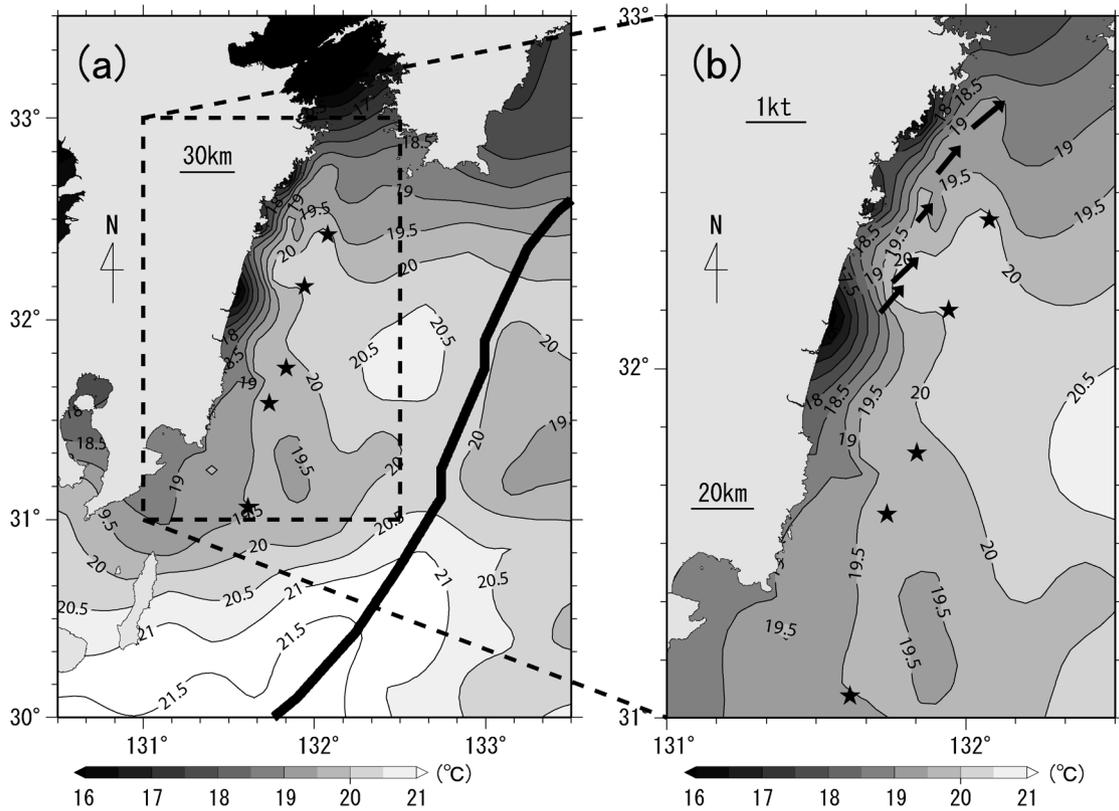


Figure 7. Horizontal distributions of oceanic condition in surface layer on March 14th, 2012 caused by the combination of temperature, current and the position of Kuroshio axis. Wide area and narrow area are shown in Fig. 7a and Fig. 7b, respectively. Stars (★) are the same as in Fig. 1. Color bar and temperature contour interval are the same as in Fig. 5.

域や時化等により操業が困難な日の表層水温図は、JMA解析水温しか利用できず、詳細な水平分布図とならない(たとえば, Fig. 5a)。また、表層水温図は、水温情報を利用できる漁船の隻数によってFig. 5aの滑らかな表層水温図からFig. 5bの詳細な水平分布図へ日単位で急変するなど、日々の変化が大きくなる欠点がある。今後は、表層水温図に水温データを利用した漁船の隻数を表示するなどして、漁業者が海況情報の品質を評価した上で利用できるように改良していきたい。また、漁船情報の不足を補うために高解像度衛星データの利用、可変型ガウシアン内挿法(清水・伊藤, 1996)や最適内挿法(水野, 1995)などの客観的な時空間補間方法の導入を検討していきたい。調査船による水温情報がなく水温フロントが存在する沿岸域において水温観測を行い表層水温図と比較するなど、定量的な精度検証も必要となるであろう。一方、表層流速図については流向・流速データの充実が課題となっている。特に、南北方向に連なるフロント構造を詳細に捉えるための東西方向の流況データが不足している。宮崎水試では、2013年度に漁船データ集積システムを導入している県北と県南の曳縄船2隻にADCPを取り付けて、流向・流速

データの充実を図る予定である。

試作した海況図は、自動処理システムを構築して、2013年1月より宮崎水試の高度漁海況情報サービスシステムのWebサイト(<http://miyazaki.eslmarinegis.com/suisinippo.aspx>)及び携帯サイト(<http://m.miyazaki.eslmarinegis.com/snippo>)にて「水試日報」として、試験的な情報公開を行っている。現在のところ、土日・祝祭日に関係なく毎日の海況情報が閲覧できると漁業者からの評価は高い。我々は、ユーザーである漁業者の意見を海況図に反映させて、より漁業現場に着目した海況図を目指して改良を続けている。将来的には、日向灘の海況図を水産資源変動の要因分析などにも利用していきたい。

謝辞

漁船データ集積システムの導入を快諾いただいた関係漁業者に深く感謝します。本海況図は、気象庁より日本近海日別海面水温の提供を受けて作成しています。Aqua衛星のMODISセンサーによる海面水温画像は宇宙航空研究開発機構(JAXA)より提供を受けました。本研究の一部は、農林水産技術会議新たな農林水産政策を推進する実用技術

開発事業「沿岸シラスの最適漁場抽出支援ツールの開発(平成23-25年度)」及び九州大学応用力学研究所の共同利用研究として行われた。

引用文献

- Emilie L., L. Pascal, L. Martial, R. Celine, W. Patrice, Q. Loic and B. Patrick (2010) A new example of participative approach to collect in-situ environmental and fisheries data. *Joint Coriolis-Mercator Ocean Quarterly Newsletter*, **37**, 40-55.
- 福田博文・渡慶次力 (2010) 資源評価調査事業—主要浮魚類の漁場形成要因の把握による漁場予測技術の開発—. 平成21年度漁況海況予報事業結果報告書, 190-205.
- 漁業情報サービスセンター (2011) 平成22年度衛星利用漁場探索技術実用化事業報告書.
- 萩原快次 (2008) 相模湾及び周辺海域における沿岸漁海況の短期予報に関する共同研究. *水産海洋研究*, **72**(3), 220-224.
- 花岡藤雄 (1972) 南西海区のまき網漁場における短期の海況変動と漁況について. *南西海区水産研究所研究報告*, **5**, 11-24.
- 長谷川雅俊 (2011) 駿河湾・遠州灘におけるシラス類の漁場形成. *水産海洋研究*, **75**(1), 36-39.
- 岩田静夫 (2011) 各海域での漁海況情報と主要魚種の漁場形成. *水産海洋研究*, **75**(1), 33-36.
- 水野恵介 (1995) 大洋規模の海況解析と最適内挿法. *海の研究*, **4**, 187-208.
- 中園博雄・岩田静夫・謝 旭輝・矢野泰隆 (2006) 漁業が使える海況日報作成への取り組み. *水産海洋研究*, **70**(3), 206-207.
- 大慶則之・辻 俊宏・千手智晴・広瀬直毅・中田聡史 (2010) 能登半島周辺海域の海況予報の新たな取り組み. *ていち*, **118**, 53-60.
- 清水勇吾・伊藤進一 (1996) 東北海区水温等値線図の新しい作成方法について—不規則分布点より等値線図を描く方法—. *東北水研報*, **58**, 105-117.
- Smith, W. H. F. and P. Wessel (1990) Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, **55**, 293-305.
- 渡慶次力・福田博文 (2012) 日向灘海況情報提供システムの開発に関する研究. 平成22年度宮崎県水産試験場事業報告書, 26-29.
- 渡慶次力 (2013) 日向灘海況情報提供システムの開発に関する研究. 平成23年度宮崎県水産試験場事業報告書, 26-28.
- 渡慶次力・福田博文・林田秀一・柳 哲雄 (2013) まき網漁船によりリアルタイム計測された流向・流速データの特徴と有効性. *水産工学*, **50**(1), 51-58.
- 津久井文夫 (2011) 関東・東海海況速報に関連した漁海況情報にかかわるアンケート結果. *水産海洋研究*, **75**(1), 47-36.
- 渡邊朝生・平井光行 (2002) 水産庁関係定線観測の現状と今後の取り組み. *月刊海洋*, **34**(10), 721-729.