

## 2019年の駿河湾奥の流況

### －駿河湾フェリー定期航路における流動観測より－

勝間田 高明<sup>1), 6), 7)</sup>\*・仁木 将人<sup>2)</sup>・田中 昭彦<sup>1), 6)</sup>・丹 佑之<sup>1), 6)</sup>・  
高嶋 恭子<sup>3)</sup>・高橋 大介<sup>4)</sup>・福田 巖<sup>5)</sup>

## The Current of the Inner Part of Suruga Bay in 2019 － The Current Observation by Using Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) Mounted on the Suruga-wan Ferry －

Takaaki Katsumata<sup>1), 6), 7)</sup>\*, Masato Niki<sup>2)</sup>, Akihiko Tanaka<sup>1), 6)</sup>, Hiroyuki Tan<sup>1), 6)</sup>,  
Kyoko Takashima<sup>3)</sup>, Daisuke Takahashi<sup>4)</sup>, Gen Fukuda<sup>5)</sup>

- 
- 1) 東海大学スチューデントアチーブメントセンター（清水教養教育センター）〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1  
Student Achievement Center “Liberal Arts Education Center, Shimizu Campus”, Tokai University. 3-20-1 Orido,  
Shimizu-ward, Shizuoka 424-8610, Japan
  - 2) 東海大学 海洋学部 環境社会学科 〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1  
Department of Environmental and Societal Affairs, School of Marine Science and Technology, Tokai University. 3-20-1  
Orido, Shimizu-ward, Shizuoka 424-8610, Japan
  - 3) 東海大学 海洋学部 航海工学科 航海学専攻 〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1  
Department of Navigation and Ocean Engineering, School of Marine Science and Technology, Tokai University. 3-20-1  
Orido, Shimizu-ward, Shizuoka 424-8610, Japan
  - 4) 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科 〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1  
Department of Marine and Earth Science, School of Marine Science and Technology, Tokai University. 3-20-1 Orido,  
Shimizu-ward, Shizuoka 424-8610, Japan
  - 5) 東京海洋大学 海洋工学部 海事システム工学科 〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6  
Department of Maritime Systems Engineering, Faculty of Marine Technology, Tokyo University of Marine Science  
and Technology, 2-1-6 Etchujima, Koto-ku, Tokyo, 135-8533, Japan
  - 6) 公益社団法人 無人機研究開発機構 〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの 2-1 産学連携センター 4 階 T-410 号室  
Japan unmanned vehicle exploration agency, JUVA, T-410, 2-1 Hibikino, Wakamatsu-ward, Kitakyusyu, Fukuoka, 808-  
0135, Japan
  - 7) 国立高等専門学校機構 沼津工業高等専門学校 教養科 〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600  
Division of Liberal Arts, Numazu College, National Institute of Technology “KOSEN”, 3600 Ohoka, Numazu-city,  
Shizuoka, 410-8501, Japan

\* e-mail: umigaeru@hotmail.com (勝間田高明 / Corresponding author: Takaaki Katsumata)

(2021 年 8 月 10 日受付 / 2021 年 10 月 23 日受理)

## Abstract

This report is a newly added one for observation in 2019 to the related communication reports, “The Current of the Inner Part of Suruga Bay” in 2015, 2016, 2017 and 2018 (Katsumata et. al., 2018; 2019a; 2019b; 2020). To monitor fluctuation of the current in the Suruga Bay, we used Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) mounted on the Suruga-wan ferry. The obtained current data in 2019 were analyzed on the crossing line, i.e., the cruise path of Suruga-wan ferry from the Shimizu Port to the Toi Port located at the north part of the Suruga Bay. The conditions of the current at the boundary between the Bay head and the middle of the Suruga Bay in a layer less than a depth of 100 m were clarified by the analysis of means of the annual and monthly measured current data. The averaged seawater flux crossing the survey-line obtained from the data in 10 m to 100 m layers throughout every cruise in 2019 was -0.368 cm/sec, i.e., southward flux, which indicates outflow to the mouth of the bay. We observed the negative value of the annual mean seawater flux for the first time during the period from 2015 to 2019, excluding 2017 when data were lacking for a long time. The horizontal distribution of the averaged current crossing the survey-line indicates predominant inflow and outflow in the eastern and western parts of the Suruga Bay, respectively. The past four reports for 2015, 2016, 2017, and 2018 also noticed the similar cyclonic circulation at inner part of the Suruga Bay.

### 1. 序論

本報告は、「2015年の駿河湾奥の流況 一駿河湾フェリー定期航路における流動観測より一」から続く一連のもの（勝間田ほか, 2018; 勝間田ほか, 2019a; 勝間田ほか, 2019b; 勝間田ほか, 2020）の続編で2019年に新たに観測によって得られた流動データに関して解析および議論を行ったものである。駿河湾フェリーは駿河湾の北部（湾奥と湾中央部の境目あたり）を横断する定期航路を持つために、駿河湾奥における水の出入りを長期にわたってモニタリングするのに大変適した船舶である。駿河湾奥海域にはシラスやサクラエビの漁場が存在し、海洋物理学的な興味以外でも注目される海域である（杉本ほか, 2009; Tanaka et al., 2009; Tanaka et al., 2011; 仁木ほか, 2011; Katsumata, 2016）。

そこで東海大学海洋研究所と東海大学海洋学部

は、株式会社エスパルスドリームフェリー（注釈1）の協力の下に駿河湾フェリーの航路において多層音響ドップラー流速計（Acoustic Doppler Current Profiler, 以下 ADCP と省略する）を用いた流動観測を2008年から開始し、現在も継続実施中である（たとえば、仁木ほか, 2009; 仁木ほか, 2014; 勝間田ほか, 2018; 勝間田ほか, 2019a; 勝間田ほか, 2019b; 勝間田ほか, 2020; Toyoda et al., 2021 など）。水深の深い駿河湾においては、深海の高付加価値魚種を漁獲する目的で底引き網や深海底引き網漁も行われることから、海底立ち上げ式中空ブイ方式による係留系を用いた流動観測は系の損失や補償問題が発生する可能性が高い。さらに、深海ザメなどによるフィッシュバイトも考えられる。その一方で、表面ブイを露出させれば、深海トロールなどとのトラブルは軽減されるものの、表層漁業の障害物となる場合もある。また、その集魚性から係留ロープへの遊漁者の疑似餌の根掛かり・回収のためのロープ切断などの

注釈1 2019年6月1日に一般社団法人 ふじさん駿河湾フェリーに船体は移管されたが運航は引き続き株式会社エスパルスドリームフェリーが行った。さらに、鈴与内での組織改編により2020年7月1日には運行会社が鈴与コンストラクションホールディングス100%出資子会社の富士山清水港クルーズ株式会社となった。

恐れもある。サクラエビやシラス漁への影響を防ぐには TRBMs: Trawl-Resistant Bottom Mounts (抗トロール測流装置) などの海底設置型係留が有効であるが、数年前までは 180 ~ 200 m 深での設置が深さの限界であった。なお現在では、500 m や 1000 m も技術的に可能となっている (DeepWater BUOYANCY inc., 2021)。これらの理由から、駿河湾において継続的に係留観測をすることは困難である。それに対して、フェリー搭載型の流速計は、観測層が 10 m 層から 100 m 層に限定されてしまうが、航路に沿った広範囲の継続的な流動観測が可能である。以上のことから、我々が得た観測結果は、駿河湾の海流の長期変動を調べる上で非常に貴重である。また、そうした物理学的研究のみならず生物学的、化学的な観測にも役立つと考えられるため、本研究報告の場を借りて例年と同様に 2019 年の駿河湾奥海象状況を報告する。なお、本報告が対象とする 2019 年は、2017 年の 8 月頃から続く黒潮大蛇行流路の期間 (海上保安庁, 2021) に重なる。

## 2. データ

### 2.1 フェリーの運航及び設置機器と設定

2019 年 6 月 1 日に一般社団法人 ふじさん駿河湾フェリーに経営が変わったことと運航上の燃費の研究成果を生かして駿河湾フェリーは発着時間や運行の所要時間を実験的な側面も持って調整を行った。清水土肥間を 1 日 4 往復するのを基本として繁忙期や閑散期には便の増減を実施した。従来と異なる点では片道 1 時間 5 分であった所要時間を 1 時間 10 分程度にすることで燃料の節約を試みた。また、始発は清水港発 8 時、最終便の到着時刻は清水港着 18 時 25 分であったが、年度後半には清水始発を 7 時 55 分に早めて最終便の清水港到着を 18 時 55 分に遅らせた。

駿河湾フェリー「富士」の船底に取り付けた ADCP は Teledyne RD Instruments 社製のワークホース ADCP の音響周波数 300 kHz タイプである。また船上部にはベクター社製の GPS アンテナ (Crescent V100-DGPS) を測位および船速把握の目的で取り付けた。流動の計測および記録は、フェリーに設置した ADCP の音響開口部から約 100 m 深 (条件によっては最大で約 150 m 深)

までを、層厚 4 m 間隔で連続的に行った。ただし ADCP のトランスデューサーから最初の観測層までは約 8 m のブランクがある。すなわち観測の第 1 層は船の喫水に依存するがおよそ 8 m から 10 m 深である。

### 2.2 データ処理

2019 年 1 月から 12 月までに得られた駿河湾フェリーの定期航路 (清水-土肥) のデータを使用した。なお、年初の 1 月 15 日から 2 月 4 日までは定期的な乾ドック入りで、フェリー「富士」の陸揚げによるメンテナンスのため欠測である。このほかにも、気象条件などによる欠航に伴う欠測もあるが、これは 3.2 章および 3.3 章にて詳しく記す。測定されたデータは、船舶搭載 ADCP で必要な補正を Teledyne RD Instruments のマニュアルや、菅野ほか (2011) の手法に準じて実施した。その結果、取り付け誤差および地磁気の偏角と船自体の磁性による磁気偏角等を総合的に補正するミスアライメント値は 1.65 度と決定した。使用したデータの品質管理としては、4 ビームで計測した場合の有効データの割合 (percent good) が 60% 以上のものを使用し、時間間隔 60 秒にて前処理を行った。測線 (フェリー航路) を東経 138 度 30 分 0 秒から東経 138 度 47 分 0 秒を 30 秒間隔 (34 区間) で区切り、南北方向 (北向き正) および東西方向 (東向き正) の流速について、区間ごとに平均値を算出した。本報告で使用したのは年平均として 2019 年の全観測データ、月平均として各月の全観測データ、および日平均として確実に取得された (percent good 値が 60% 以上の品質管理を通過した) 全データをそれぞれ平均した。従って、欠航日の日平均流は算出しなかった。潮流、すなわち流動の潮汐周期変動成分はフィルタリングや調和解析など特別な手法による除去はせず単純に当日の全データの平均値を日平均流とした。

なお、仁木ほか (2014) は、最小自乗法を用いて駿河湾フェリー搭載の ADCP 観測で取得した流動データを用いて調和常数を求めた。その結果、同航路上の潮流は内部潮汐の割合が大きく、時期により大きく変化することを報告している。たとえば、半日周潮 ( $M_2$ ,  $S_2$ ) の潮流楕円長軸の長さは最大 5 cm/sec 程度、また日周潮 ( $K_1$ ,  $O_1$ ) のそ

れは最大で 10 cm/sec 程度と見積もられるが、調和解析をする時期により長軸の向きや振幅(長さ)も大きく変化していた。内部モードの潮汐は、海洋の密度構造が変化すると容易に振幅が変化する。ゆえに、調和解析による流動の潮汐成分の除去は、手間の割にベネフィットは小さい。また、潮汐周期に狙いを定めたデジタルフィルターの設計も、サンプリング間隔がフェリー運航の昼への偏りから離散のかつ不均一な偏りとなり、あまり高性能が望めない。さらに、調和解析や不均一サンプリングに対するデジタルフィルターを用いて平均流を推定する方法では、有限区間に伴うズレやエイリアシングやギブズの角など不要なノイズの混入も明かである。以上のことを鑑み、そして本報告は潮流自体の議論を主眼としていないことから単純な日平均による潮流除去を採用した。

### 3. 観測結果

#### 3.1 流動の年平均

駿河湾フェリーを用いて観測した 2019 年 1 月から 12 月まで欠測 (52 日) を除く全期間 (約 10 ヶ月 ; 313 日) の平均流動の断面を Fig. 1a および 1b に示す。各図の縦軸は水深 (0 m - 100 m) を表し、横軸は航路上での経度 ( $138^{\circ} 30' E - 138^{\circ} 47' E$ ) で、流動の深度-航路断面となっている。Fig. 1a は南北成分流速で Fig. 1b は東西成分流速の図である。また各図のカラーバーは赤がそれぞれ北向き流 (Fig. 1a) と東向き流 (Fig. 1b)、青は南向き流 (Fig. 1a) および西向き流 (Fig. 1b) である。

年平均流の南北成分 (Fig. 1a) に注目すると、 $138^{\circ} 38'$  あたりを境にして大きな節が見られ東側海域では湾奥への流入傾向を示す赤色の北向き流が卓越し西側海域では流出傾向を示す青色の南向き流が卓越する。また下層の反転位置も上層と同じく  $138^{\circ} 38'$  付近で順圧的な構造を持つ。流入 (赤色) のコアは、20 m 以浅に存在するが最下層の 100 m 層付近でも表層と同様の方向を持つ順圧的な構造である。一方で、流出 (青色) のコアは流入のものよりも深くまで達しており 30 m 以浅で振幅が大きい。また、フェリー航路の両岸付近では流向が反転している。清水港寄りの  $138^{\circ} 32'$  付近以西は最上層から水深 20 m 層付近まで鉛直方

向に一樣に北向きの流れがみられる。これは清水港が北東方向に湾口を開いていることを考えると清水港からの流出を示している。土肥寄りの  $138^{\circ} 46'$  付近以東は南向きに流向が代わっており、土肥周辺に反流が形成されている。

年平均流の東西成分 (Fig. 1b) に注目すると、全層的に観ると  $138^{\circ} 37.5'$  付近を境として東側海域は東向き流が卓越し、西側海域は西向き流が卓越する。これは、南北成分に見られた節の存在位置とほぼ一致する。しかしながら観測の最上層と最下層においては転向地点が西側に延びており、最上層に関しては東向流と西向き流の反転する地点が  $138^{\circ} 37.5'$  付近で 60 m 層では  $138^{\circ} 37'$  付近で反転し最下層に向かって反転する位置が急激にシフトして最下層では  $138^{\circ} 34'$  付近となる。以上のことから 60 m 層以深の  $138^{\circ} 34'$  から  $138^{\circ} 37'$  にかけての東西流に関しては上層と下層では流向が中層とは反対の構造 (鉛直二層構造) を持つことがわかる。

清水港沿岸や土肥港沿岸を除いたフェリー航路 ( $138^{\circ} 32' 00''$  から経度  $30''$  間隔で  $138^{\circ} 45' 30''$  まで) を 27 区間に分割し、先の年平均結果から、南北成分流動の全観測層を平均した区間平均を算出した (Table 1)。Fig. 2 は区間ごとに算出した全期間 (313 日) 全層平均流動をベクトルで示したスティックダイアグラムである。図中の上向きの矢印は北向きの流れを示し、矢印の長さは流速の大きさを示す。清水寄りから数えて 12 番目の区間と 13 番目の区間の間 ( $138^{\circ} 38'$ ) 付近で湾奥への流出入が分かれており、土肥寄りの航路区間 (13 番目以降) では流入が見られ、清水寄りの航路区間 (12 番目以前) では湾奥からの流出が現れている。

フェリー航路断面の 2019 年 1 月から 12 月の欠測を除く 313 日間分、全層の南北成分流動を単純に全平均すると  $-0.368$  cm/sec で、流出傾向となり湾奥とその外との海水フラックスは流出が支配的である (Table 1)。湾奥への河川水の流入などや湾口を經由しての黒潮系外洋水の出入りを考える上で、湾奥での実測の海水フラックスは非常に重要である。本流動観測では、表層の 100 m 以浅に限られるが 2019 年の観測のある全期間の平均海水フラックスを得ることができた。フェリー航路を挟んで湾奥と湾央・湾口との水位差は、大きな経年変化は持たないと考えられ、湾奥向きの海



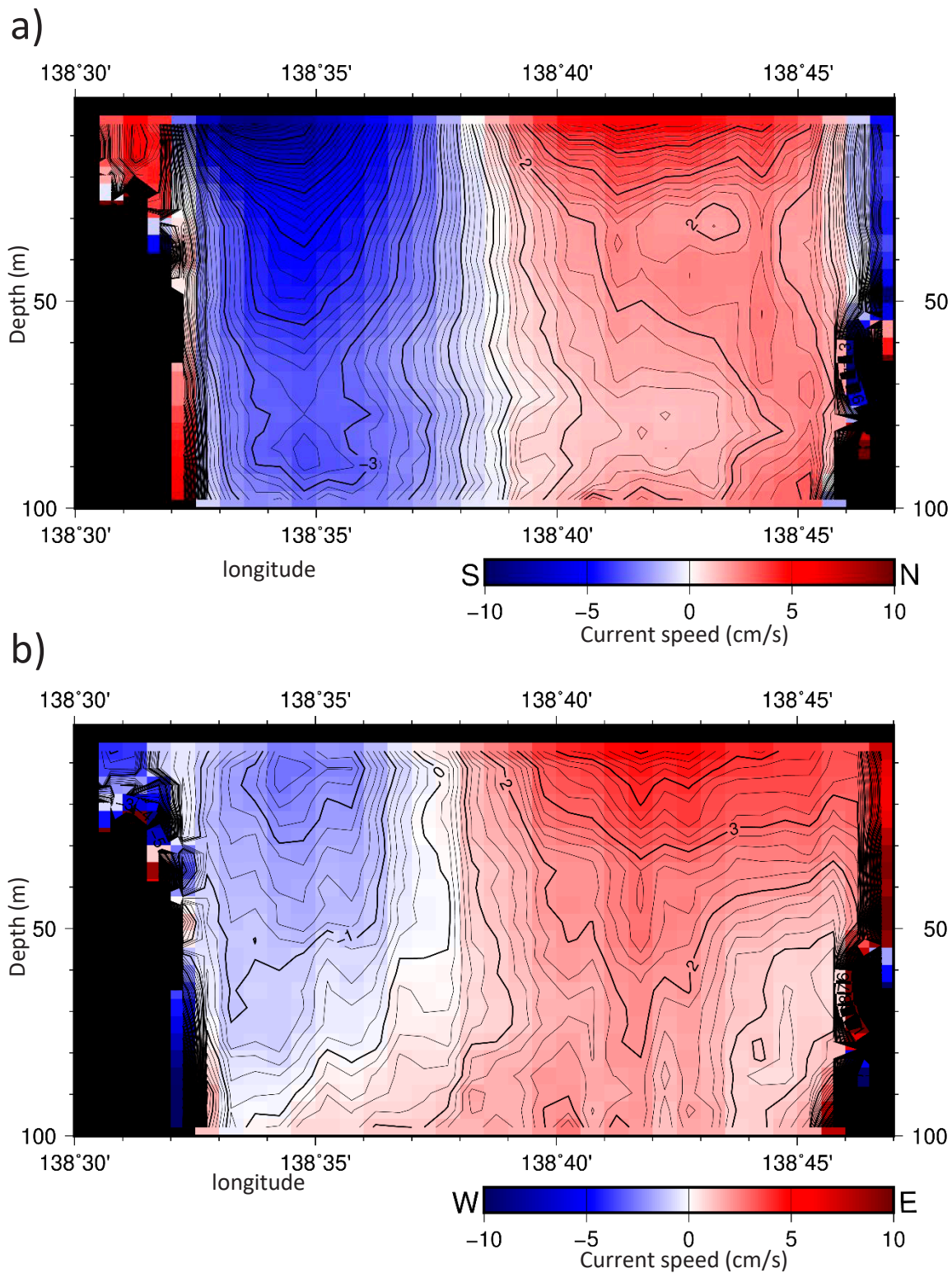


Fig. 1. The cross section of annual mean current in 2019 along the path of Suruga-wan ferry cruise. The panel a) indicates the meridional current speed and panel b) does the zonal current speed

**Table 1** The meridional component of the annual mean current and number of raw data in 2019 for the whole layer in the 27 columns along the survey-line.

area	range in longitude	averaged meridional current (cm/sec)	number of data: n
1	138:32'30" - 138:33'00"	-2.483	93655
2	138:33'00" - 138:33'30"	-3.729	87944
3	138:33'30" - 138:34'00"	-4.399	87436
4	138:34'00" - 138:34'30"	-4.631	86972
5	138:34'30" - 138:35'00"	-4.789	86773
6	138:35'00" - 138:35'30"	-4.376	86610
7	138:35'30" - 138:36'00"	-4.013	86306
8	138:36'00" - 138:36'30"	-3.484	85815
9	138:36'30" - 138:37'00"	-2.891	86459
10	138:37'00" - 138:37'30"	-2.293	86549
11	138:37'30" - 138:38'00"	-1.421	85081
12	138:38'00" - 138:38'30"	-0.564	85975
13	138:38'30" - 138:39'00"	0.173	85914
14	138:39'00" - 138:39'30"	1.028	85614
15	138:39'30" - 138:40'00"	1.445	85833
16	138:40'00" - 138:40'30"	1.880	85155
17	138:40'30" - 138:41'00"	2.037	85658
18	138:41'00" - 138:41'30"	2.415	84738
19	138:41'30" - 138:42'00"	2.319	85934
20	138:42'00" - 138:42'30"	2.237	86523
21	138:42'30" - 138:43'00"	2.304	85797
22	138:43'00" - 138:43'30"	2.180	85787
23	138:43'30" - 138:44'00"	2.292	86771
24	138:44'00" - 138:44'30"	2.877	91333
25	138:44'30" - 138:45'00"	2.315	95161
26	138:45'00" - 138:45'30"	0.962	98295
27	138:45'30" - 138:46'00"	2.678	96860
Whole	138:32'30" - 138:46'00"	-0.368	2370948

水のフラックスと湾口もしくは湾外向きの海水フラックスは、ほぼ平衡を保っているはずであることから、この2019年の1年間においてフェリーを用いた流動の観測層よりも下層(100 mよりも深層)もしくは観測最上層(8 mから10 m)よりも浅層では正のフラックスすなわち流入傾向となっていたと推測される。なお、気象庁(2021a)によれば駿河湾全体及び遠州灘沿岸の月平均水位はここ5年で10 cm以上の水位上昇を示している。

### 3.2 流動の月平均

2019年1月から12月までの各月平均を行った南北成分流動および東西成分流動の深度-航路断面図をFig. 3に示す。軸やカラーバーはFig. 1と

同様で左側(Fig. 3a)が南北成分で右側(Fig. 3b)が東西成分のものである。各月のラベルすなわちJan, Feb, …の下にはその月の平均を計算する上で使用したフェリー運航日の日数をnで示している。たとえば、1月(Jan)の下にはn=14 daysとあり、1月のフェリー運航日が14日であることがわかる。ドック入りし約半月が欠測となってしまった1月(n=14)には注意が必要である。

まず南北成分の各月平均(Fig. 3a)に注目すると、2月から6月および12月は先に示した年平均(Fig. 1a)の深度-航路断面図と同様な傾向を持っており清水港寄りの西部で南向きの流れ(流出)となり土肥港寄りの東部で北向きの流れ(流入)を示す。その一方で、1月と9月から11月は

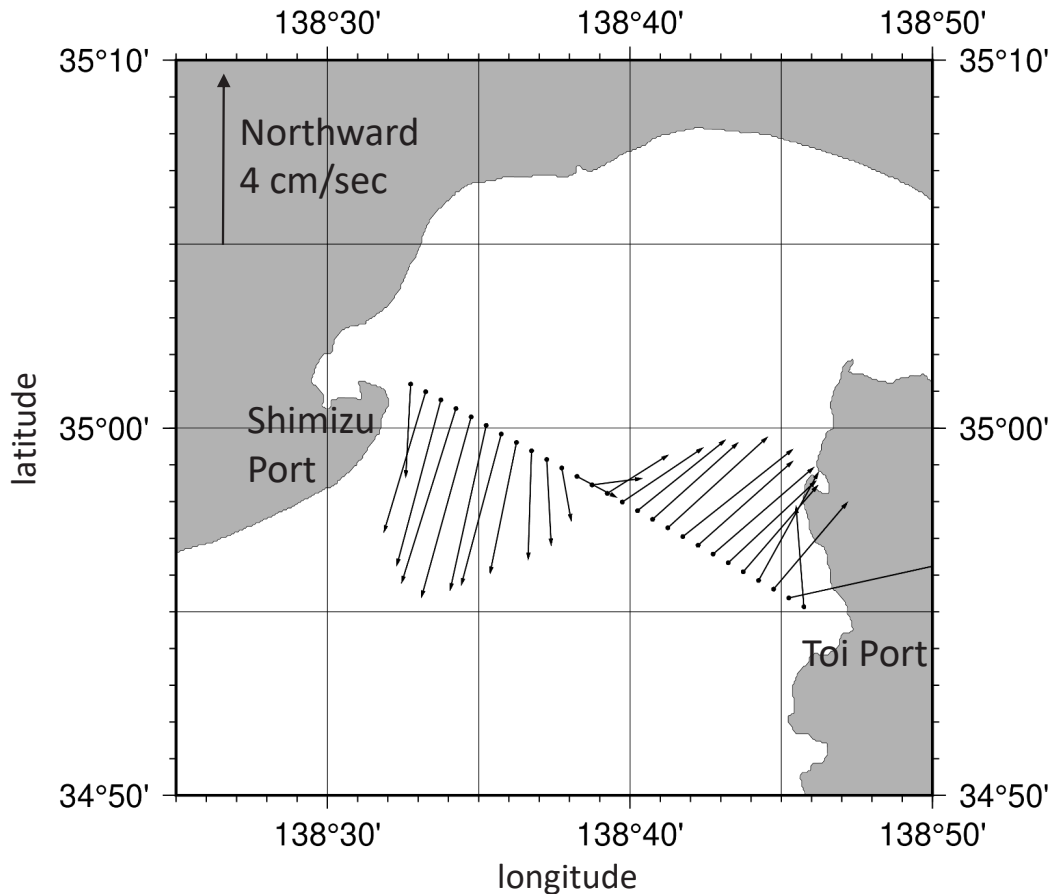


Fig. 2. The stick diagram of the annual mean current in 2019 for the whole layer every section on the survey-line. An arrow indicates a magnitude and a direction of the averaged current in each area.

全体的に全層で流出傾向を示している。また7月と8月は全体的に全層で流入傾向を示している。

前後の月との流動の空間構造を比較すると、5月に湾口東部からの流入が前月より減衰、12月には強化されている。この時期の黒潮の流路に注目すると（海上保安庁, 2021）、前者は黒潮大蛇行が乱れて通常は駿河湾に接岸していた流路がより西側の遠州灘に接岸している。また、後者は前月に黒潮大蛇行が乱れて房総半島に接岸していた流路が一般的な黒潮大蛇行に復帰して駿河湾に接岸している。

東西成分においては、各月平均は全体的に年平均の深度-航路断面図と同様な傾向を持ち、湾の東部で東向き、湾の西部で西向きの成分が見られる（Fig. 3b）。ただし、2月には湾西部の西向き流が強化される一方で、3月、4月、6月および12月

には湾東部での東向き流が強化され、西向き流と東向き流の反転する境界が西岸の清水方向に張り出し、最大で138°35'付近にも到達する。また5月は複雑で湾中央部に鉛直二層の流動が形成されて上層で東向き、下層で西向きの流れが現れる。

### 3.3 日平均流を用いた航路-時間断面

2019年1月から12月まで（1月は半月にわたる定期ドック入り）の日平均流動の南北成分および東西成分の最上層流動時系列を航路-時間断面図として Fig. 4a および b に示す。図中に台風の接近や気象擾乱の発生を時間軸に対して矢印で示す（気象庁, 2021b）。ラベルには例えば「NW」の様な略記号を用いた。NW: North Wind は強い冬型気圧配置, FSS: the First Spring Storm は春一番, LP: Low Pressure は低気圧の通過, T08:



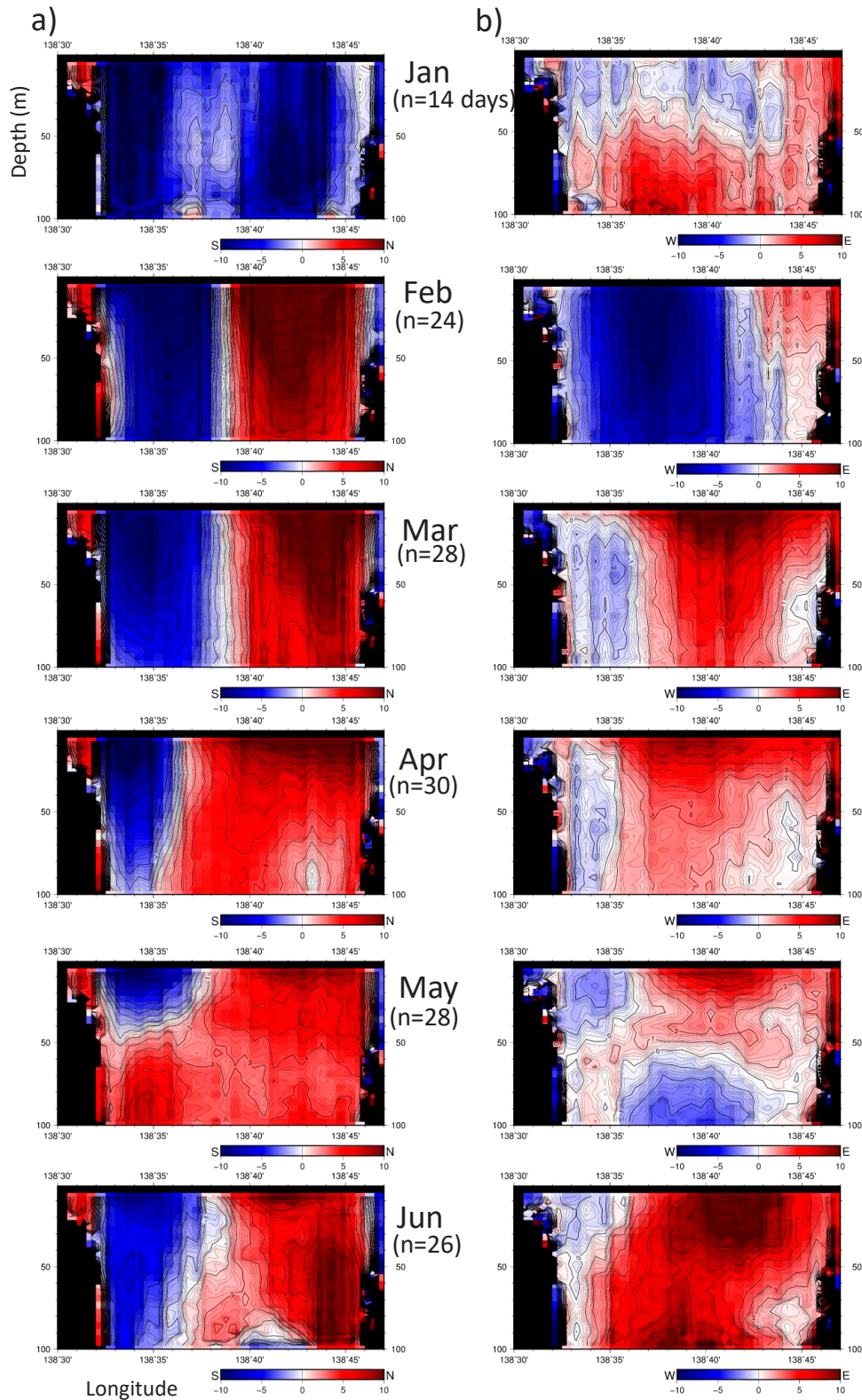
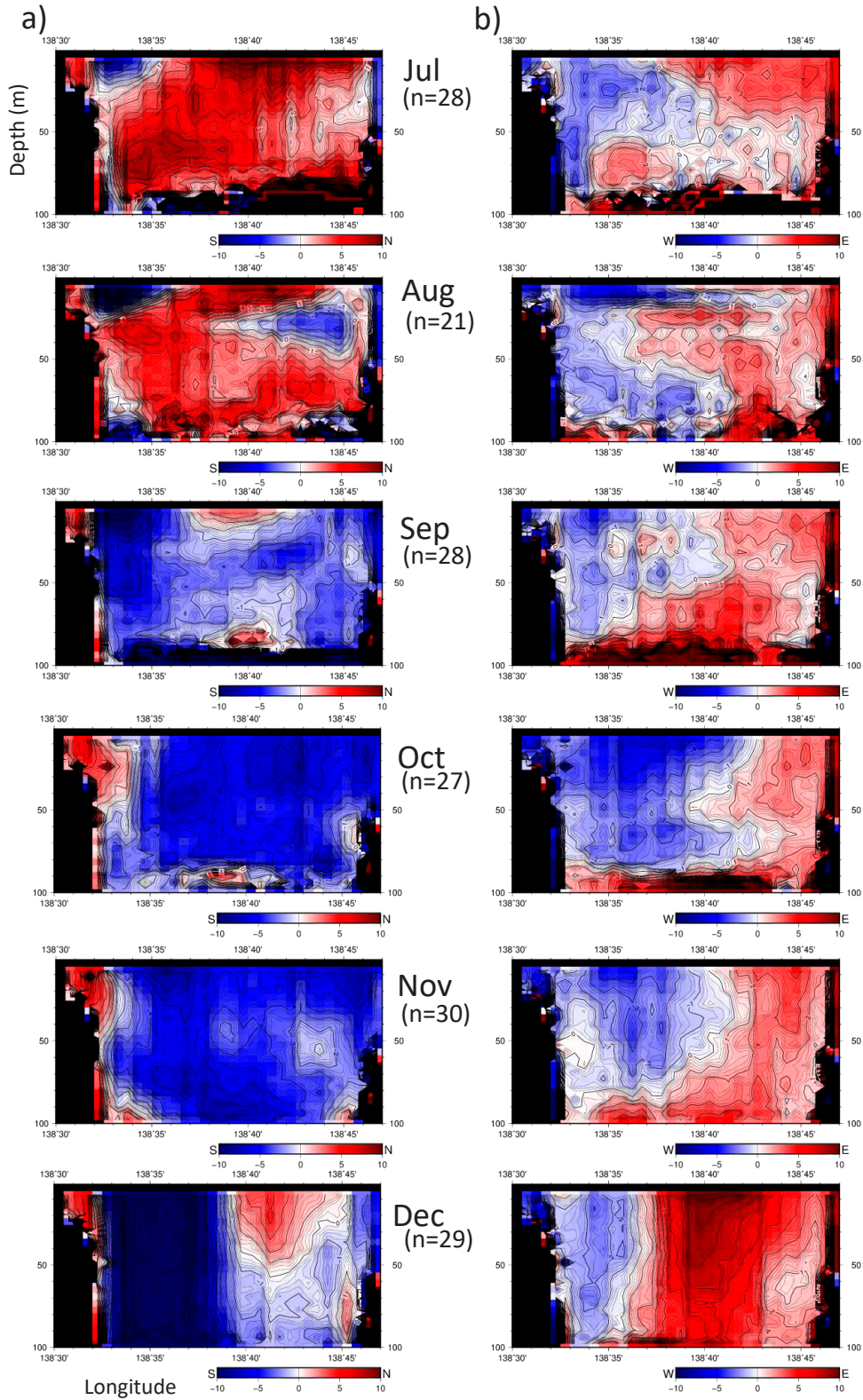


Fig. 3. The cross section of monthly mean current in 2019 along the path of Suruga-wan ferry cruise.

The panel a) indicates the meridional current speed (cm/sec) and panel b) does the zonal current speed (cm/sec).







Typhoon1908は2019年の台風8号を表している。3月中旬の春一番(FSS)を皮切りに、6月末までに計6回の低気圧の通過(LP)があった。また8月には3つの台風が接近し計10日間の欠航が生じた。9月、10月ともに2回の台風接近があった。12月には強い冬型による強風(NW)や低気圧の通過(LP)があった。なお、7月30日と31日は8月1日よりサービス開始となるファーストクラスの設定(First class)のための運休である。

湾奥への流入および流出を示すことのできる南北成分(Fig. 4a)に注目すると、Katsumata(2016)が指摘した黒潮大蛇行流路期に発生する約1か月周期の湾口東部からの流入が湾中央部の東岸(フェリー航路の東部)でも見てとれる。一方で、フェリー航路の西部に注目すると、Tanaka et al. (2009)や仁木ほか(2011)は、富士川から放出された河川水が地球の自転の効果を受けて一部が岸に捕捉されて由比、清水、焼津の順に沿岸密度流のような性質を持って湾口にむかって流出することを報告している。南北成分(Fig. 4a)および東西成分(Fig. 4b)のフェリー航路の西部(138.54°すなわち138°32′)の清水港の出入りに注目すると、そこよりも東側のフェリー航路上で、低気圧や台風といった降水量の多かったイベントの後に岸に沿って南西向きの流出が確認される。

#### 4. 考察および結論

2019年の年平均流(313日平均)の南北成分の空間構造は2015年、2016年、2017年および2018年の結果(勝間田ほか, 2018; 勝間田ほか, 2019a; 勝間田ほか, 2019b; 勝間田ほか, 2020)とほぼ同じであった。年変動の東西成分の空間構造は2015年から2018年に比べて東向流と西向流の反転地点もほとんど変わらない。また全期間(313日間)全層平均流動のスティックダイアグラム図の流入流出の変換点も2015年から2018年と同程度の位置である。全期間全測点全層平均の南北平均流は-0.368 cm/secで2018年の+0.346 cm/sec, 2017年の-0.508 cm/sec, 2016年の+0.929 cm/secおよび2015年の+0.458 cm/secと比較すると若干流出過多の年であった。すなわち若干負の海水フラックスで平年とは反対の傾向であったといえる(Table 2)。なお、過去に唯一流出過多を示した

**Table 2** The meridional component of the annual and whole layer along the survey-line for year of 2015 to 2019.

year	mean current speed (cm/sec)
2015	0.458
2016	0.929
2017	-0.508
2018	0.346
2019	-0.368

2017年は、機器の不調などによる欠測が多く、観測データが取得できたのは全体で約7ヶ月のみで、その間に降水の多い時期が中心の例外的な年であった。今回の2019年は計313日、約10ヶ月半の観測期間を有するにもかかわらず、海水フラックスが「負」の値をとったことは注目される。2019年は10月のT19が東日本台風災害を引き起こすなど水害の被害額が1961年以降で歴代最大であった。3.3章で示したように、降水の後にフェリー航路西部に南西向きの流れが見られたことから、海水フラックスが「負」になった要因として降水の影響も考えられる。

本報告の主要な結論を以下に示す。

- (1) 駿河湾フェリー航路に沿った海域における表層100 m以浅の南北方向の海水フラックスは年平均で北向きに-0.368 cm/secの流出である。これは観測期間が特に短かった2017年を除くと、初めての「負」の海水フラックスである。
- (2) 年平均流の南北成分の鉛直構造はほぼ同様であるが、水平構造は湾の中央部に節を持ち東側で流入、西側で流出が見られ反時計回りの循環を示唆する。これは2015年からの過去の報告と同様の結果である。
- (3) 月平均流からは、年平均と同様な少なくとも100 mの厚みを持った反時計回りの循環がみられるが、一年を通して存在するわけではなく季節内変動が見られた。これはInaba(1981)や稲葉(1988)が恒常的な反時計回りの環流を報告したことに対して、恒常性を否定するもので季節変動の存在が新たな知見として加わる。また反時計回りの循環の鉛直構造は、時期により少なくとも100 mの厚さに達する。



(4) 月平均流において5月に湾口東部からの流入が前月より減衰, 12月には強化されたが, 黒潮の流路に変化が見られた。前者は, 黒潮大蛇行が乱れて通常は駿河湾に接岸していた流路がより西側の遠州灘に接岸した。後者は前月に黒潮大蛇行が乱れて房総半島に接岸していた流路が一般的な黒潮大蛇行に復帰して駿河湾に接岸していた。

(5) Katsumata (2016) が指摘した黒潮大蛇行流路期に発生する約1か月周期の湾口東部からの流入が湾中央部の東岸(フェリー航路の東部)でも見てとれる。

(6) 過去の研究から, 台風などの気象擾乱後に湾西部沿岸に岸に沿う南西向きの強流が発生することが示唆されていたが, 2019年に関しては不明瞭ではあるものの南西向きの流れの発生が見られる。

## 謝 辞

本観測は, 株式会社エスパルスドリームフェリー様(現在は富士山清水港クルーズ株式会社様), 一般社団法人ふじさん駿河湾フェリー様の協力のもと現在も継続して実施しています。また, 東海大学海洋研究所が中心となり, 海洋研コアプロジェクト(2006~2008年度), 文部科学省科学研究費(2006~2008年度)により観測システムを設置しました。その後, 東海大学連合後援会助成(2009~2010年度)や文部科学省教育GP(2008~2010年度), 海洋研究所予算(2015年度以降), 科研費: JP20H01968(2021年以降)等のサポートにより継続しています。協力していただいた皆様へ心から感謝の気持ちと御礼を申し上げたく, 謝辞にかえさせていただきます。

## 引用文献

- DeepWater Buoyancy, Inc. (2021): Trawl-Resistant Bottom Mounts., <https://deepwaterbuoyancy.com/product/rawl-resistant-bottom-mounts/>, (cited 2021-10-10).
- Inaba, H. (1981): Circulation pattern and current variations with respect to tidal frequency in the sea near the head of Suruga Bay. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 37, 149-159.
- 稲葉栄生 (1988): 駿河湾の海洋環境, 水産海洋研究会報, 52, 236-240.
- 海上保安庁(2021): 海洋速報(海流図), 平成31年(2019年) No 1 - No 240, <https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/2019cal/cal201901.html>.
- Katsumata, T. (2016): Generation of periodic intrusions at Suruga Bay when the Kuroshio follows a large meandering path. *Continental Shelf Research*, 123, 9-17, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2016.04.005>.
- 勝間田高明・田中昭彦・丹佑之・仁木将人 (2018): 2015年の駿河湾奥の流況—駿河湾フェリー定期航路における流動観測より—, 東海大学海洋研究所研究報告, 39, 27-35.
- 勝間田高明・仁木将人・田中昭彦・丹佑之・高嶋恭子・福田巖 (2019a): 2016年の駿河湾奥の流況—駿河湾フェリー定期航路における流動観測より—, 東海大学海洋研究所研究報告, 40, 32-41.
- 勝間田高明・仁木将人・田中昭彦・丹佑之・高嶋恭子・高橋大介・福田巖 (2019b): 2017年の駿河湾奥の流況—駿河湾フェリー定期航路における流動観測より—, 東海大学海洋研究所研究報告, 41, 45-53.
- 勝間田高明・仁木将人・田中昭彦・丹佑之・高嶋恭子・高橋大介・福田巖 (2020): 2018年の駿河湾奥の流況—駿河湾フェリー定期航路における流動観測より—, 東海大学海洋研究所研究報告, 42, 15-24.
- 菅野裕也・萬矢敦啓・橋田隆史・井上拓也・深見和彦(2011): 外部コンパスを併用したADCP観測に関する提案, 河川技術論文集, 17, 35-40.
- 気象庁(2021a): 日本沿岸の月平均潮位の変動 診断(2021年8月), [https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/c\\_1/sl\\_monthly/sl\\_monthly.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/c_1/sl_monthly/sl_monthly.html).
- 気象庁(2021b): 日々の天気図, No 204 - No 215, <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/>.
- 仁木将人・勝間田高明・杉本隆成・萩原直樹・古島靖夫 (2009): 夏季における急潮の進入にとまなう大振幅内部波の発生, 海岸工学論文集B2, 56, 431-436.
- 仁木将人・杉本隆成・勝間田高明・坂口央 (2011): 富士川河川系水の沿岸域での挙動に関する現地観測-河川水の広がりに対する残差流の影響, 土木学会論文集B2, 67, 2, 346-350.
- 仁木将人・勝間田高明・杉本隆成 (2014): 定期船ADCPデータの調和解析による潮流推定に関する一考察, 土木学会論文集B2, 70, 2, 486-490.
- 杉本隆成・澤本彰三・仁木将人・三澤宣彦 (2009): サクラエビの加入量変動機構の研究について, 月刊海洋, 41, 115-121.
- Tanaka, K., Y. Michida, T. Komatsu, and K. Ishigami (2009): Spreading of river water in Suruga Bay, *Journal Oceanography*, 65, 165-177, <https://doi.org/10.1007/s10872-009-0016-x>.
- Tanaka, K., T. Komatsu, Y. Michida, and S. Saitoh (2011): A numerical study on the transport of eggs and larvae of *Sergia lucens* in Suruga Bay, Japan, *Fisheries Oceanography*, 20: 206-218, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2011.00580.x>.
- Teledyne RD Instruments inc., WinRiver II User's Guide, <http://www.teledynemarine.com/rdi/support#>, (cited 2021-10-10).
- Toyoda T, Sakamoto K, Usui N, Hirose N, Tanaka K, Katsumata T, Takahashi D, Niki M, Kutsuwada K, Miyama T, Nakano H, Urakawa LS, Komatsu KK, Kawakami Y and Yamanaka G (2021): Surface-Layer Circulations in Suruga Bay Induced by Intrusions of Kuroshio Branch, *Water. Front. Mar. Sci.* 8:721500, <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.721500>, (cited 2021-10-10).