

伊勢湾の潮流調和定数について[†]

宗田幸次*

On the tidal current harmonic constants in Ise Bay[†]

Koji MUNEDA*

Abstract

The tidal current harmonic constants in Ise Bay are owned by the Japan Coast Guard Hydrographic and Oceanographic Department and is a point-like one created by continuous day and night observation of tidal currents at fixed points. There is a grid-like one created in 2004 based on joint research with the Japan Hydrographic Association (2004, 2005a, 2005b). This time, as part of the research to create tidal current grid data, tidal current harmonic constants were created from the current direction and current velocity data observed by the Ise Bay Ocean Short Wave Radar operated by the Nagoya Port and Airport Technical Research Office, Chubu Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. We examined these tidal current harmonic constants.

1 はじめに

海の流れの情報は、航海安全、海洋での経済活動、海洋環境の保全、及び海洋レジャーなど様々な分野で利活用されている。海の流れの呼称は、その性状などの違いによって分けられている。海上保安庁海洋情報部（以下「海洋情報部」という）では、そのうちの1つとして、潮汐に伴って起こる海水の周期的な流動を潮流と呼んでいる。潮流は、観測した流れを調和分解することによって算出される潮流調和定数を使って任意の時間の流速・流向を推算し、過去や未来の流れの情報の提供が可能である。近年はコンピュータを使用して、ある海域を四角に区域を設定し、その区域内に数十メートルから数百メートル幅の格子（グリッド）を設定し、流動モデルを使った流況シ

ミュレーションをある一定期間行い、その流況結果を調和分解することによって、面的な調和定数を得ることができる。これまで、潮流調和定数は、強潮流域かつ船舶通航の多い瀬戸内海のほか、船舶通航の多い東京湾、伊勢湾等の内湾域においても作成され、潮流情報の提供が行われている。本稿では、一般財団法人日本水路協会（以下「日本水路協会」という）と海洋情報部との共同研究により、平成 16（2004）年度に作成された潮流調和定数（以下「H16 日本水路協会定数」という）（日本水路協会、2004, 2005a, 2005b）のうち伊勢湾の潮流調和定数及び国土交通省中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所（以下「名古屋事務所」という）が運用している伊勢湾海洋短波レーダーで観測された流向・流速データ

[†] Received September 9, 2021; Accepted October 27, 2021

* 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

を処理し算出した潮流調和定数（以下「海洋短波レーダー定数」という）についての検討を記述する。

2 H16 日本水路協会定数の概要

伊勢湾の H16 日本水路協会定数は、日本水路協会と海洋情報部との共同研究である「潮流情報等の船上における表示利用の高度化に関する研究」の成果物として、瀬戸内海をメインとした潮流・潮汐予測システムが試作され、その他の海域として、東京湾、伊勢湾、有明海、八代海、及び鹿児島湾のグリッド 30 秒（約 930 m）毎の潮流調和定数データが追加されたときの伊勢湾（三河湾を含む）のものである（日本水路協会，2004，2005a，2005b）。この定数は、春、夏、秋、冬の 4 つのファイルで構成されている。各ファイルの内容は、定数の位置として緯度・経度（単位：度分秒）、協定世界時と日本標準時との差 -9.00 時間、グリッド幅 30 秒などのメタ情報がある。潮流調和定数は、 $O_1 \cdot K_1 \cdot P_1 \cdot M_2 \cdot S_2 \cdot K_2 \cdot M_4 \cdot MS_4$ の 8 分潮の南北・東西成分の速度（単位：kn）・遅角（単位：度）がある。その他、吹送流などの潮流成分以外の流れ（海洋情報部では「恒流」と呼ぶ）の南北・東西成分の速度（単位：kn）がある。これらが 1 つのデータセットとなっており、2984 グリッド点分（Fig. 1）のセットが各ファイルに収められている。この定数は、春、夏、秋、冬とも潮流調和定数が同じ値である。一例を Fig. 2 (a) ~ Fig. 2 (d) に示す。異なる値は、恒流である。恒流を図化したものを Fig. 3 (a) ~ Fig. 3 (d) に示す。各恒流の特徴は、全て流速が 0.600 kn 以下であること、春・夏・秋は、渦流がいくつかみられること、冬は、冬の季節風として知られている北よりの風によって発生すると考えられる南向きの流れが卓越していることである。この定数を使った情報提供の 1 つの例として、日本水路協会が平成 16 年度に作成した「潮流・潮汐予測システム（試作版）」で表示した「伊勢湾 潮汐・潮流予測 潮流矢符表示画面」を Fig. 4 に示す。

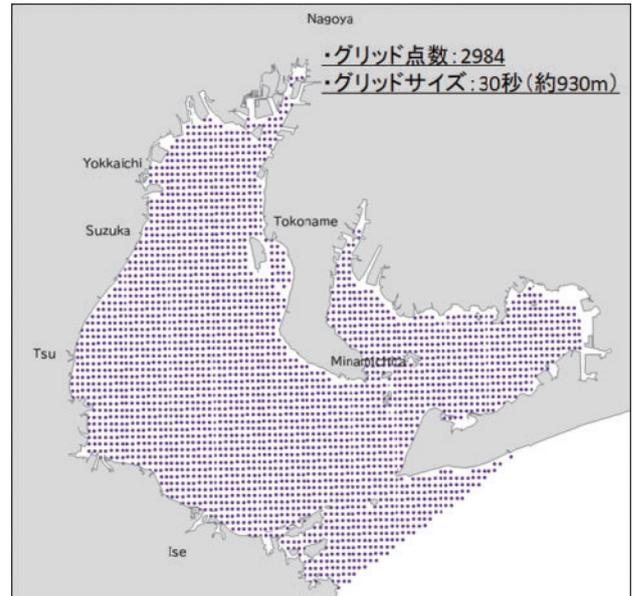


Fig. 1. Grid point and grid size of H16 Japan Hydrographic Association constant.

図 1. H16 日本水路協会定数のグリッド点及びグリッドサイズ。

3 海洋短波レーダー定数

海洋短波レーダー定数は、名古屋事務所が Web サイトで公開している「伊勢湾環境データベース>伊勢湾海洋レーダ」のページ（URL：<http://www.isewan-db.go.jp/radar/>）（Fig. 5 (a), (b)）からダウンロードした伊勢湾海洋短波レーダーで観測された流向・流速データを処理し、調和分解を行って作成したものである。観測された流向・流速データのダウンロードから潮流調和定数作成までの処理を次に記述する。

3.1 流向・流速データのダウンロード

名古屋事務所が Web サイトで公開している「伊勢湾環境データベース>伊勢湾海洋レーダ」（URL：<http://www.isewan-db.go.jp/radar/>）には、伊勢湾の「リアルタイム情報（伊勢湾）」及び「データのダウンロード（伊勢湾）」並びに三河湾の「リアルタイム情報（三河湾）」及び「データのダウンロード（三河湾）」がある。

このうち、伊勢湾の「データのダウンロード（伊勢湾）」のページで公開している 1 日単位の圧縮ファイル（ZIP 形式）を自身のパーソナルコン

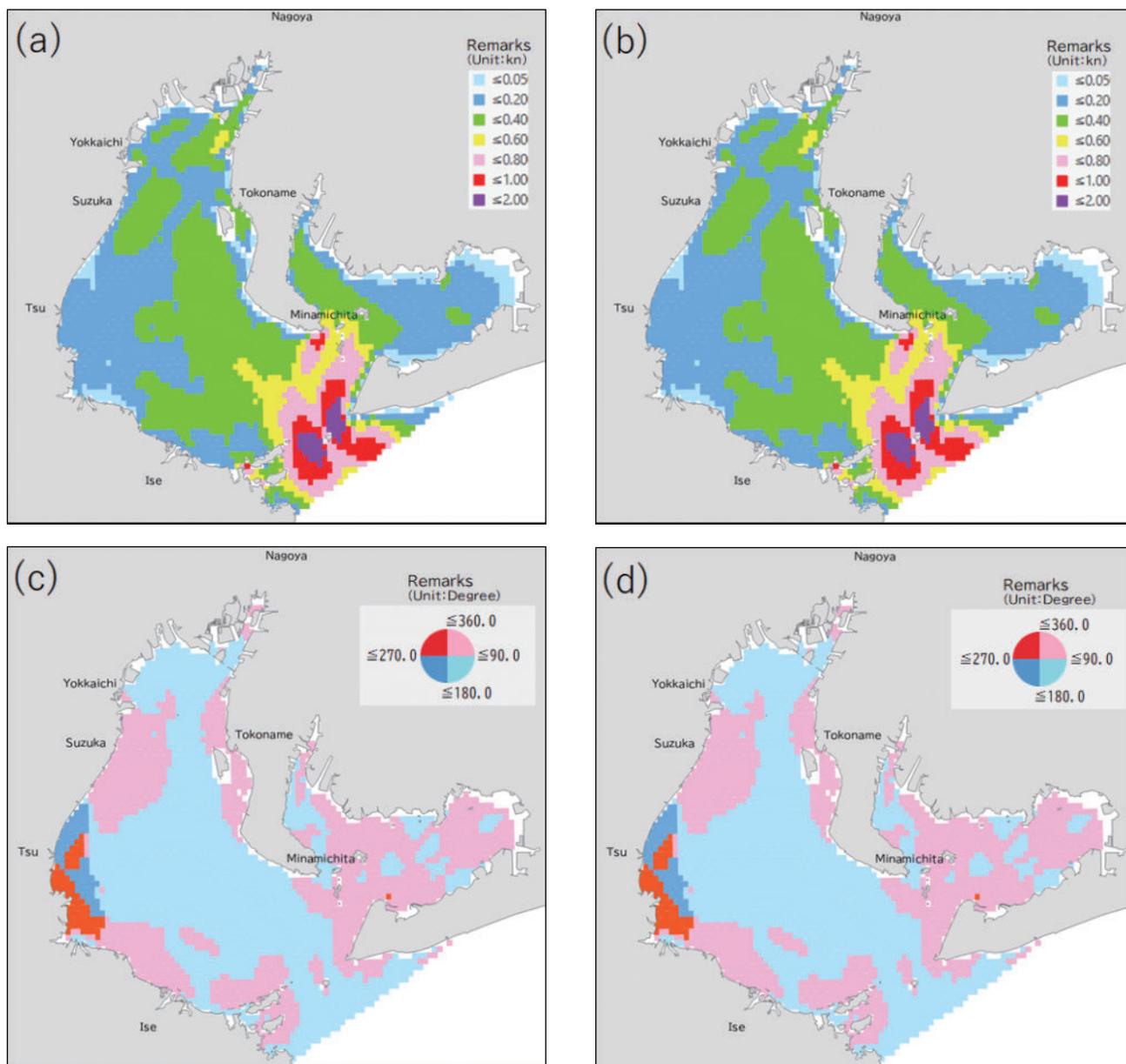


Fig. 2. Distribution of current velocity and phase lag of the north-south component of the H16 Japan Hydrographic Association constant M_2 diversion. (a) Current velocity of spring. (b) Current velocity of summer. (c) Phase lag of spring. (d) Phase lag of summer.

図2. H16日本水路協会定数の M_2 分潮の南北成分の流速・遅角の分布. (a) 春の流速. (b) 夏の流速. (c) 春の遅角. (d) 夏の遅角.

コンピュータにダウンロードした。ダウンロードした圧縮ファイルを解凍すると、観測1時間単位で範囲内の全グリッドデータからなるCVTファイル（ファイル名は、「月日時分」+「拡張子CVT」。例として、1月1日00時00分のデータのファイル名は「01010000.CVT」）が作成される。作成されたCVTファイルは、これとは別に作成した年月日のフォルダー下に保存する。この保存までの

作業は、1日単位の圧縮ファイルが順次Webサイトで公開されるため、1~3か月程度に分けて繰り返し（宗田, 2020b）、潮流調和定数作成用として2017年1月1日00時から2018年1月4日23時までのCVTファイルを得た。

なお、令和3（2021）年8月現在、公開されている流向・流速データは、ファイルの形式がCHTに変わり、ダウンロード可能な年月日は

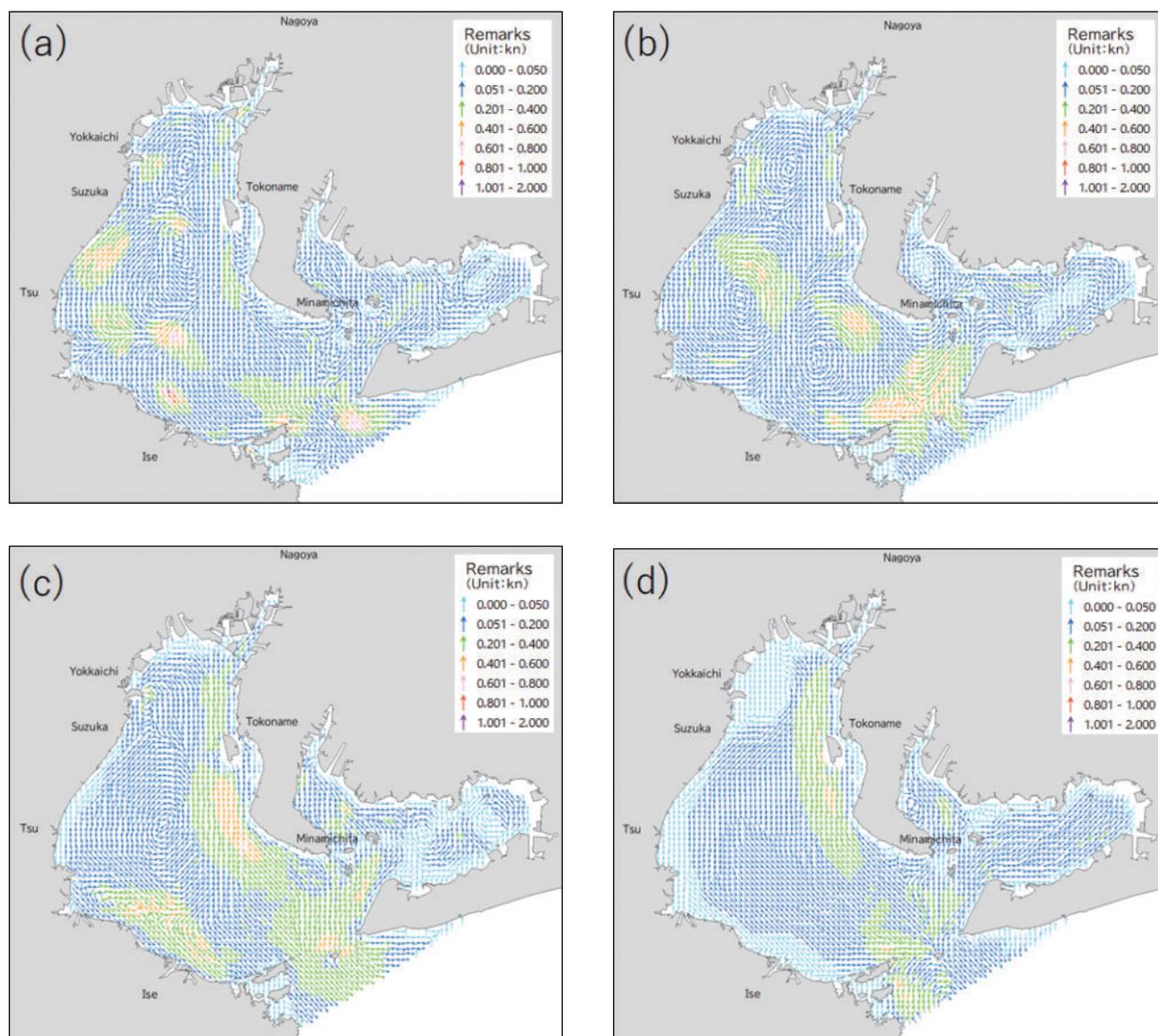


Fig. 3. Arrow marks for the constant current of H16 Japan Hydrographic Association constant. (a) Spring. (b) Summer. (c) Autumn. (d) Winter.

図 3. H16 日本水路協会定数の恒流の矢符. (a) 春. (b) 夏. (c) 秋. (d) 冬.

2017年4月1日からとなっているが、著者がダウンロードを開始したと記憶している2018年7月頃は、2017年1月1日からの圧縮ファイルが公開されていた。そのため、調和定数作成用にダウンロードした圧縮ファイルは、2017年1月1日00時からのもとなっている。

3.2 1日単位のSTファイルの作成

CVTファイルは、伊勢湾海洋短波レーダーで観測した流速の東西・南北成分流速（単位：cm/sec）、グリッドの緯度・経度、南北方向・東西方

向のグリッド番号のデータを1セットとし、グリッド点全てのデータとなっている。作成するSTファイルは、1行目に観測海域名、観測点（グリッド）の緯度・経度、観測開始年月日時分などのデータがあり、2行目以降に観測年月日時分、流向・流速値、南北・東西成分流速値（単位：kn）のデータである（宗田，2020）。

グリッドの緯度・経度毎のファイルで1日単位のデータからなるSTファイルの作成は、年月日のフォルダーに保存された24個のCVTファイルを読み込み、Perlで作成したフォーマット変換プロ

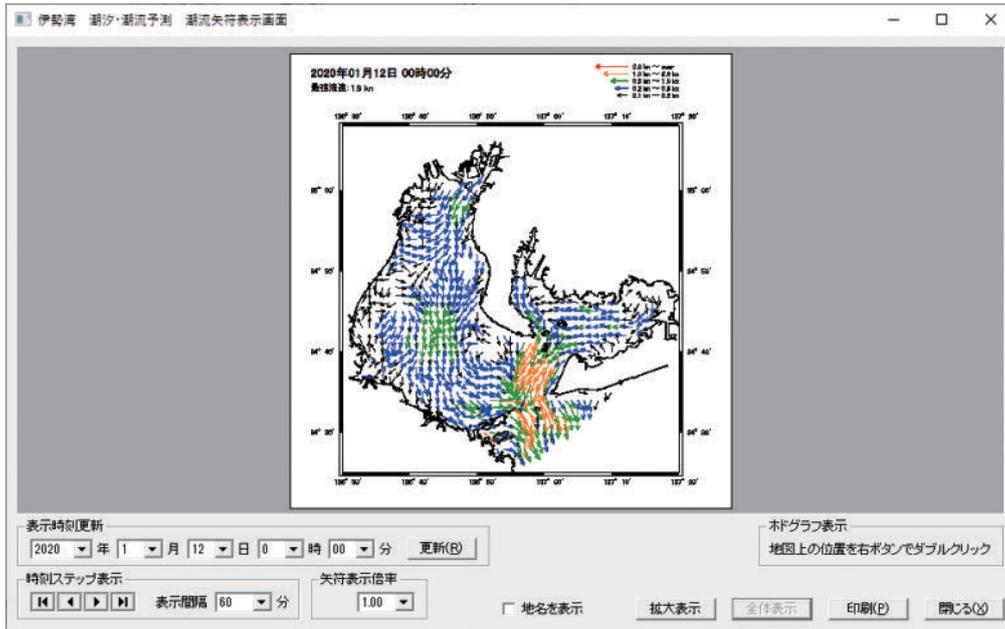


Fig. 4. “Ise Bay tidal current / tide prediction tidal current arrow mark display screen” displayed by the Japan Hydrographic Association’s tidal current / tide prediction system (prototype version) created in March 2005.
 図 4. 日本水路協会が平成 16 年度に作成した潮流・潮汐予測システム（試作版）で表示した「伊勢湾 潮汐・潮流予測 潮流矢符表示画面」.

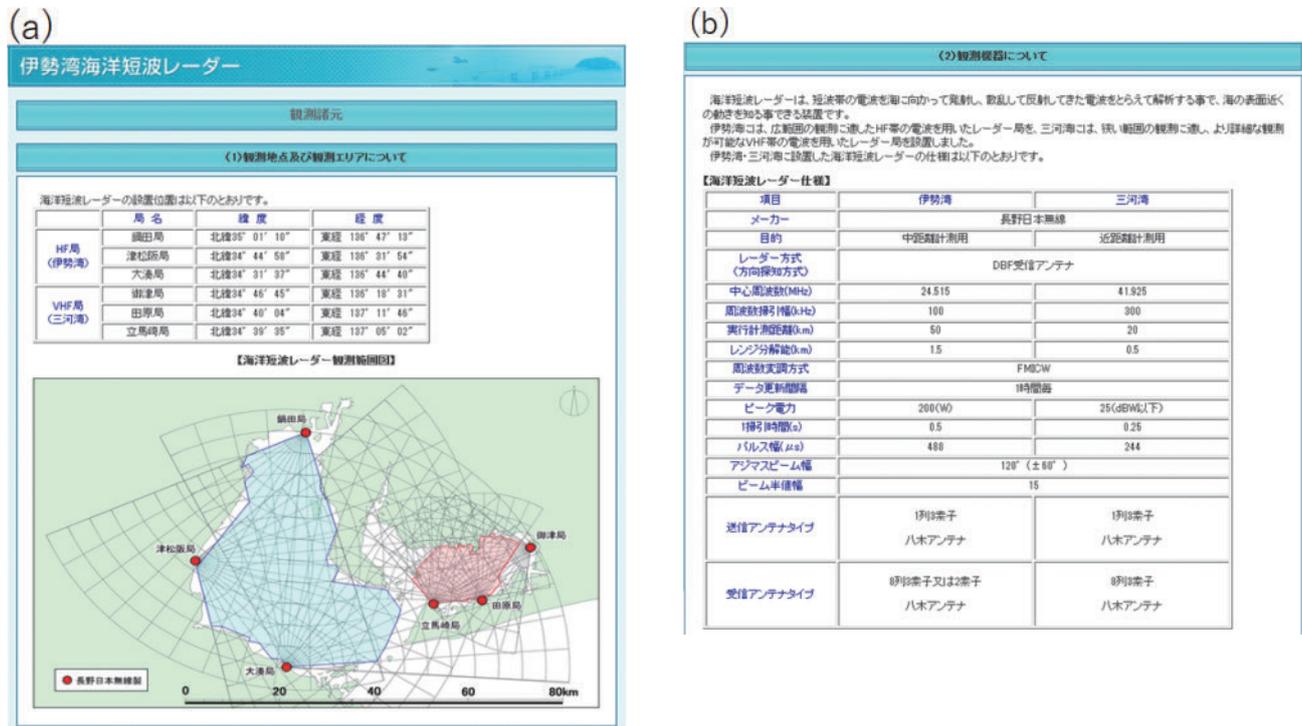


Fig. 5. Observation specifications of Isewan ocean shortwave radar. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism Chubu Regional Development Bureau Nagoya Port and Airport Technical Research Office, “Isewan Environmental Database>Isewan Marine Radar>Observation Specifications” (<http://www.isewan-db.go.jp/radar/manual/kiki.html>). (a) Observation points and observation areas. (b) About observation equipment.
 図 5. 伊勢湾海洋短波レーダーの観測諸元. 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所, 「伊勢湾環境データベース>伊勢湾海洋レーダ>観測諸元」 (<http://www.isewan-db.go.jp/radar/manual/kiki.html>) による. (a) 観測地点及び観測エリアについて. (b) 観測機器について.

プログラム「1fmt_ISE-HFCVTtoST.pl」で行った。フォーマット変換では、CVTファイルがSTファイルの1行目のデータを全て持っていないため、足りないデータはプログラム内に記述して作成した。また、STファイルの2行目以降の流向・流速値は、CVTファイルの南北・東西成分流速値から算出して作成した。流速の計算値は、CVTファイルの南北・東西成分流速値のcm/secからknに換算した(宗田, 2020)。作成した1日単位のSTファイルは、Perlプログラム「2-1merge_dayST.pl」で結合し、2017年1月1日00時から2018年1月4日23時までの連続したデータとなったSTファイルを作成した。

3.3 不要なSTファイルの削除

ダウンロードしたCVTファイルからSTファイルを作成したが、CVTファイルには、観測できないグリッドのデータも含まれている。このグリッドデータは、STファイルに変換すると全て欠測データとなるため、以降の処理には不要である。不要なSTファイルは、削除するファイルのリストを作成し、Perlで作成したファイル削除のプログラム「3-1del_file.pl」を使用し、リストに一致したSTファイルを削除した(宗田, 2020)。残った有効な観測のグリッドは、全1548中569点であった(Fig. 6)。以後の処理は、この569点について行った。

3.4 欠測データの処理

有効なグリッド569点の中には、欠測データが1時間~数日間続く点もあった。欠測箇所は、以降のデータ処理や分析に影響を極力与えないようにするため、線形補間やスプライン補間(Perlプログラム「3-2ST_spline.pl」)などの処理を行ったデータに補正した。この作業は、他の作業に比べ最も労力と時間を要したものであった。その理由としては、数時間の短い欠測は、線形補間やスプライン補間で適当な補間ができたが、数日間続く欠測は、適当な補間ができず、前後日や前月の値を見ながら手作業で補間を行ったためである(宗

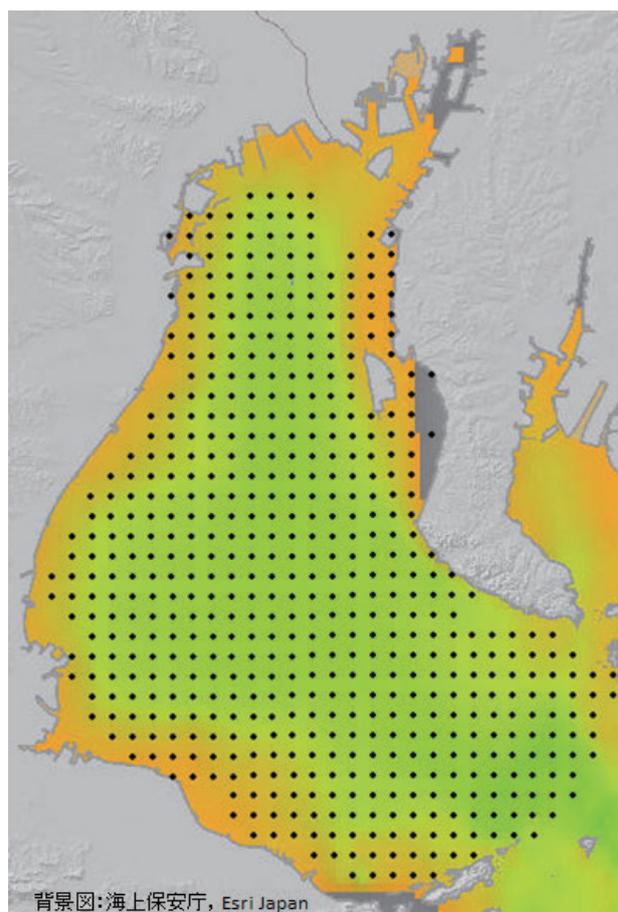


Fig. 6. Grid points used to create tidal current harmonic constants for ocean shortwave radar.

図6. 海洋短波レーダー潮流調和定数の作成に使用したグリッド点。

田, 2020)。

3.5 SMファイルの作成

SMファイルは、欠測データを処理したSTファイルを読み込み、Perlで作成したフォーマット変換プログラム「4make_STtoSM.pl」を使用して作成した。SMファイルは、STファイルにスムージングした南北・東西成分流速値を追加したものである。スムージング方法は、沼倉(1956)に記載されている「放物線的移動平均法」をプログラム化したものである。スムージングする際には、その回数を何回するかの設定がある。回数の決定は、これまでの知見から観測間隔が10分や20分ならば2回が適当であるが、今回は1時間であったことから1回とした。1回が適当といえるか、

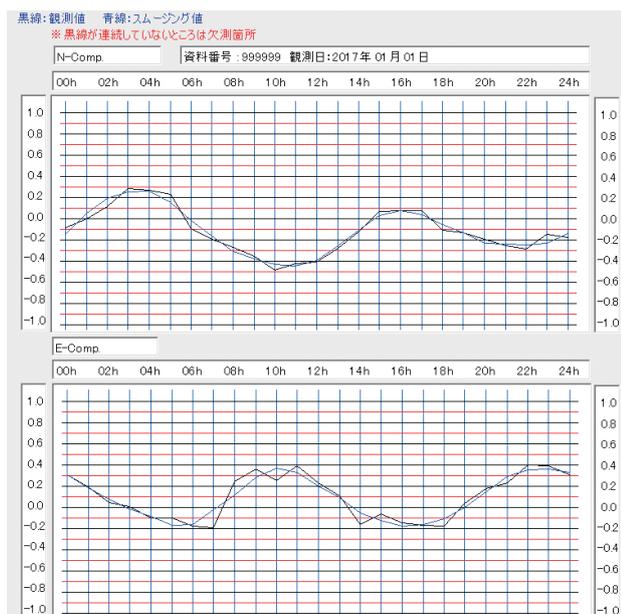


Fig. 7. Observed and smoothed values of north-south and east-west component velocities.

図7. 南北・東西成分流速値の観測値とスムージング値.

南北・東西成分流速値とスムージングした南北・東西成分流速値をグラフ表示 (Fig. 7) して確認したところ, 短時間における大きな変動が均されていることから適当といえる. スムージングした南北・東西成分流速値は, 以後の調和定数作成の元のデータとなる (宗田, 2020).

3.6 HA ファイルの作成

グリッド毎のファイルで調和分解に使用するスムージングした南北・東西成分流速値からなるHAファイルは, SMファイルを読み込み, Perlで作成したフォーマット変換プログラム「5make_SMtoHA_year.pl」を使用し作成した (宗田, 2020). 作成した毎時毎のデータは, 2017年1月1日00時00分から2018年1月4日23時00分までである.

3.7 潮流調和定数作成

潮流調和定数の作成は, 調和分解用のPerlプログラム「6-1HA_cur_year.pl」を使用した. 調和分解に用いたデータファイル (以下「HAファイル」という) は, メタ情報として, グリッド点の

緯度・経度等, 及びスムージングした南北・東西成分流速の369日分の毎時値で構成されたファイルを使用した. 作成した潮流調和定数ファイル (以下「HCファイル」という) は, 分潮数が27で, 主方向の流速・遅角, 南北成分の流速・遅角, 及び東西成分の流速・遅角で構成されたデータを1セットとし, グリッド569点分で構成されている. また, HCファイルの内容が分かり易い形式で出力した潮流調和定数印刷用ファイル (以下「HC-PRNファイル」という) を作成した.

各グリッド点の主方向値の分布を Fig. 8 (a) に, 主方向の主要4分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の流速値の和の分布を Fig. 8 (b), 分潮 S_a の南北・東西成分の流速・遅角の分布を Fig. 9 (a) ~ Fig. 9 (d) に, 主要4分潮の各南北・東西成分の流速・遅角を Fig. 10 (a) ~ Fig. 13 (d) に示す.

主方向値の分布は, 湾の約7割が270.1度~360.0度, 残り約3割がYokkaichi東側, Tokoname西側~南側, 及びMinamichita南側にあり, 0.1度~90.0度であった. 主方向の主要4分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の流速の和の分布は, 一部, Yokkaichi東側の湾中央, Minamichitaの南側の湾口, 及びTsu東側を除くと, 湾奥から湾口に向かって流速が大きくなる傾向である. また, 短波レーダーの各局から一番遠い海域 (Fig. 8 (a) ~ Fig. 13 (d) の各図上の紫色破線で示した部分. 以下「各局遠海域」という) には, 分布に特徴がみられ, 流速が大きくなると考えられる海域のMinamichitaの南側の湾口付近は, 逆に流速0.201kn~0.400kn (Fig. 8 (b) の緑色の箇所) が小さくなっている.

次に各分潮の南北・東西成分の流速・遅角の分布について記述する. S_a 分潮の各分布について, 南北成分流速は, 全海域で0.400kn以下であり, 約8割が0.200kn以下である. 東西成分流速は, 全海域で0.200kn以下である. 南北成分遅角は, 海岸沿いがほぼ90.1度~180.0度で, その他はほぼ0.1度~90.0度である. 東西成分遅角は, 多様である. M_2 分潮の各分布について, 南北成分流速は, 湾の約6割が0.200kn以下である. 東西

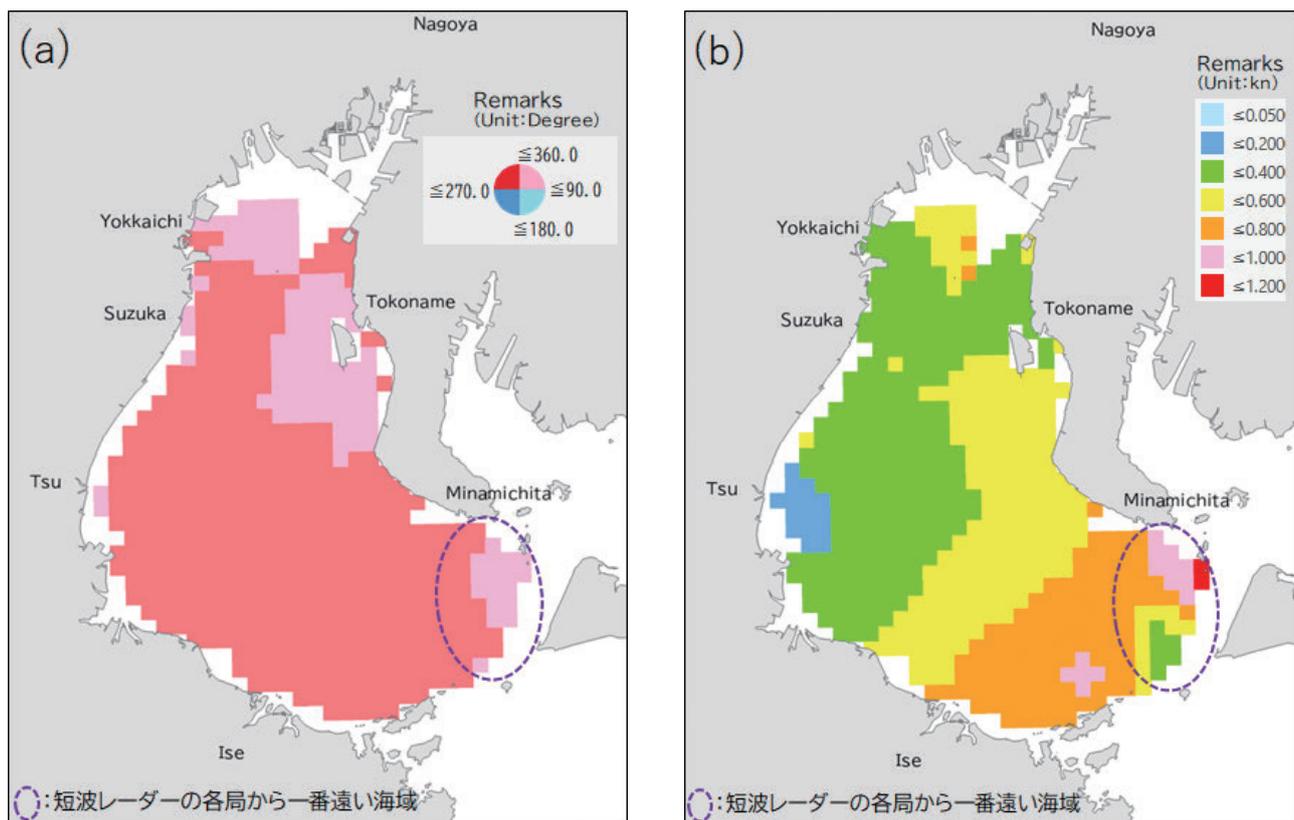


Fig. 8. (a) Distribution of main direction values for each grid point. (b) Distribution of the sum of the tidal current velocities of the main quadrants (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) in the main direction.

図 8. (a) 各グリッド点の主方向値の分布. (b) 主方向の主要 4 分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の流速の和の分布.

成分流速は、湾の約 7 割が 0.200 kn 以下である。南北成分遅角は、約 6 割が 0.1 度～90.0 度、約 4 割が 90.1 度～180.0 度である。東西成分遅角は、約 8 割が 180.1 度～270.0 度である。 S_2 分潮の各分布について、南北成分流速は、ほぼ全域で 0.200 kn 以下である。東西成分流速は、ほぼ全域で 0.200 kn 以下である。南北成分遅角は、ほぼ全域で 90.1 度～180.0 度である。東西成分遅角は、湾奥で 180.1 度～270.0 度、湾中央から湾口まで（各局遠海域の一部を除く）が 270.1 度～360.0 度である。 K_1 分潮の各分布について、南北成分流速は、全域で 0.200 kn 以下である。東西成分流速は、全域で 0.200 kn 以下であり、そのうち、約 8 割が 0.050 kn 以下である。南北成分遅角は、多様である。東西成分遅角は、約 7 割が 90.1 度～180.0 度である。残り約 3 割が 180.1 度～90.1 度と多様である。 O_1 分潮の各分布について、南北成分流速は、全域で 0.200 kn 以下であり、そ

のうち、約 6 割が 0.050 kn 以下である。東西成分流速は、全域で 0.200 kn 以下であり、そのうち、約 8 割が 0.050 kn 以下である。南北成分遅角は、ほぼ全域で 0.1 度～90.0 度である。東西成分遅角は、約 5 割が 90.1 度～180.0 度である。残り約 5 割が 180.1 度～270.0 度である。各局遠海域の特徴は、 M_2 分潮及び S_2 分潮にみられる。主方向及び主方向の主要 4 分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の流速の和にもみられる。この特徴の要因は、短波レーダーの反射波の減衰等により観測データの品質が悪いことによるものではないと思われる。

4 短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数の検討

短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数の検討として、流速計を定点に設置し、15 昼夜以上連続観測した観測点のデータ及び調和定数を

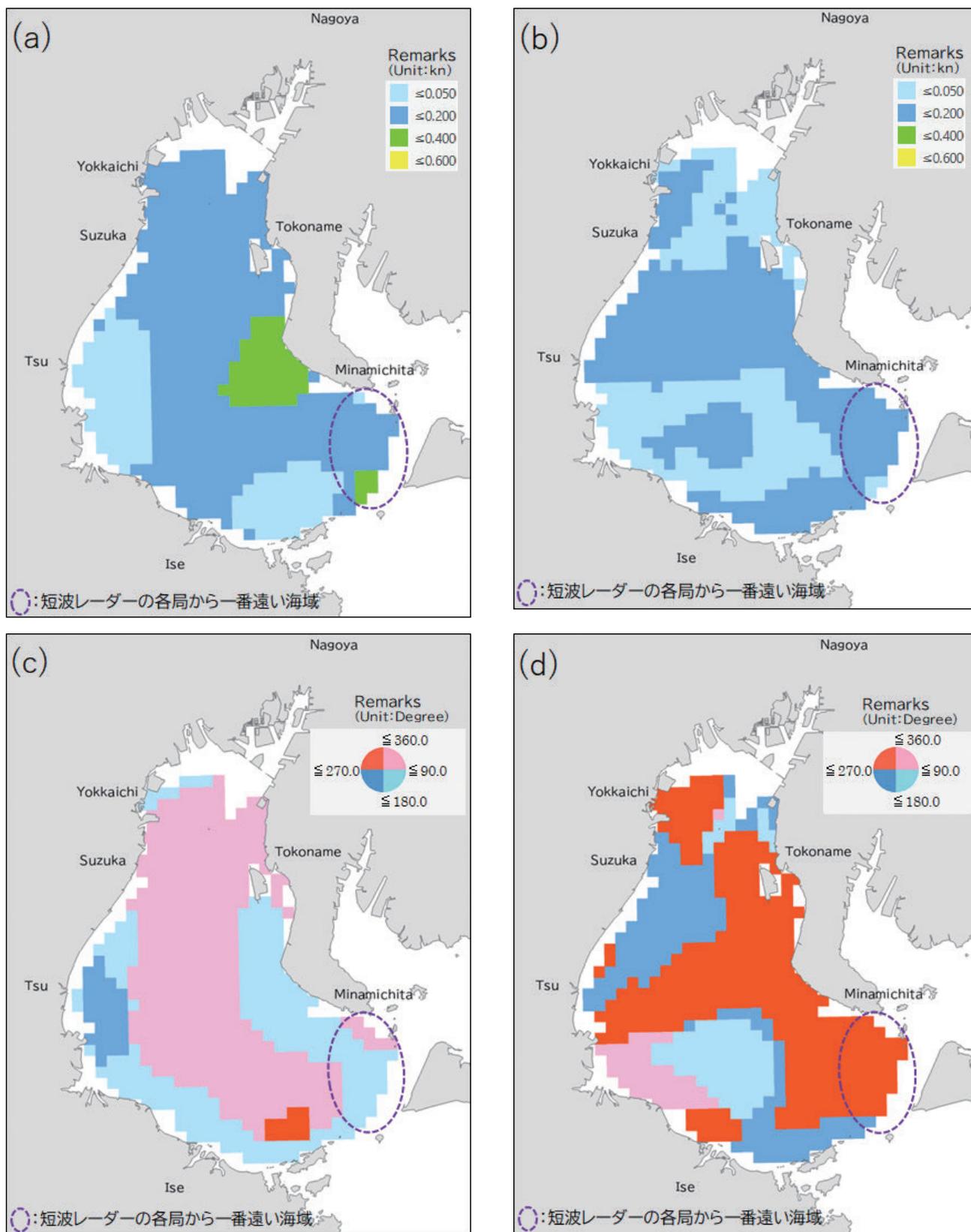


Fig. 9. Distribution of Current velocity and phase lag of tide S_a . (a) Current velocity of north-south component. (b) Current velocity of east-west component. (c) Phase lag of north-south component. (d) Phase lag of east-west component.

図9. 分潮 S_a の流速・遅角の分布. (a) 南北成分の流速. (b) 東西成分の流速. (c) 南北成分の遅角. (d) 東西成分の遅角.

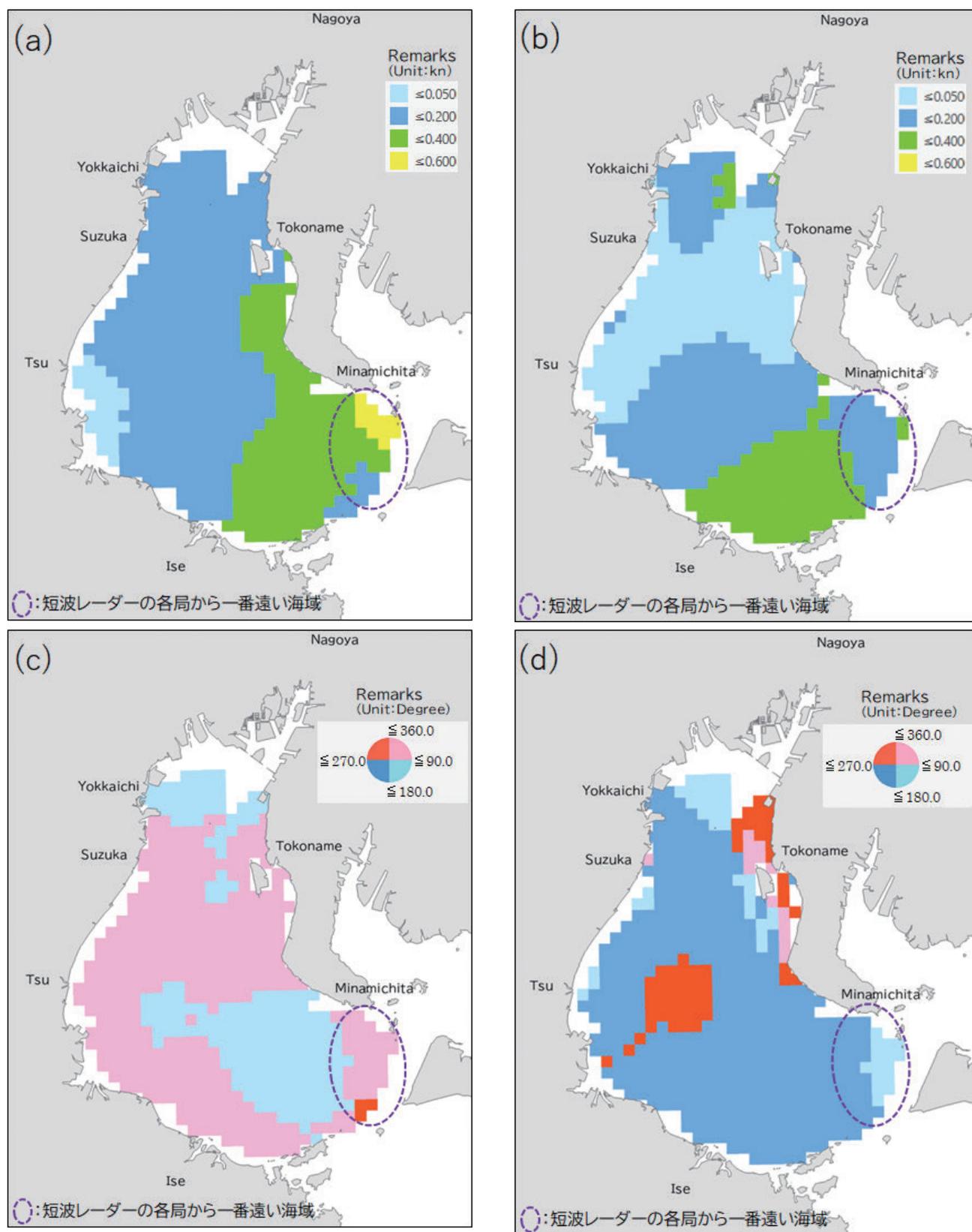


Fig. 10. Distribution of Current velocity and phase lag of tide M_2 . (a) Current velocity of north-south component. (b) Current velocity of east-west component. (c) Phase lag of north-south component. (d) Phase lag of east-west component.

図 10. 分潮 M_2 の流速・遅角の分布. (a) 南北成分の流速. (b) 東西成分の流速. (c) 南北成分の遅角. (d) 東西成分の遅角.

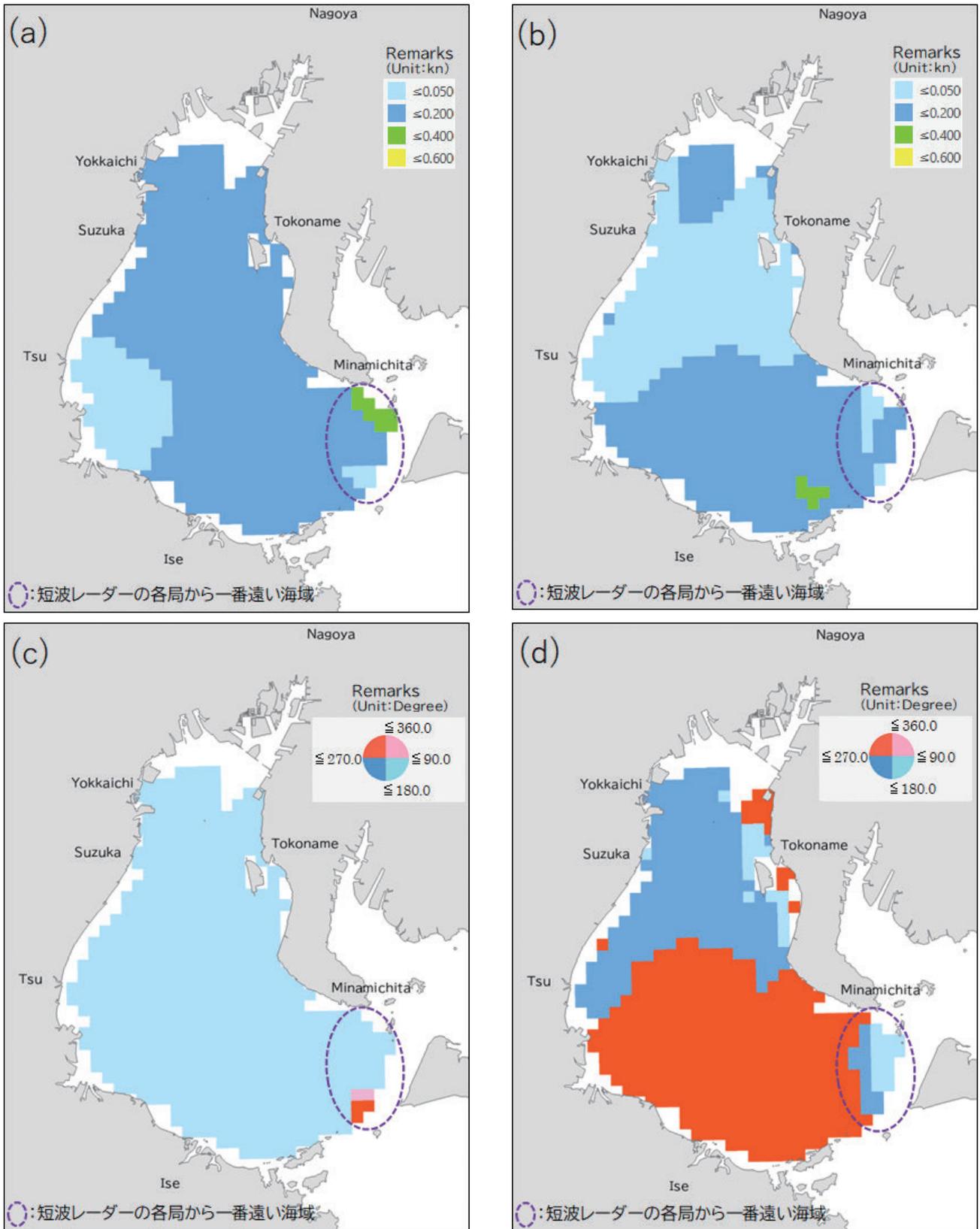


Fig. 11. Distribution of Current velocity and phase lag of tide S_2 . (a) Current velocity of north-south component. (b) Current velocity of east-west component. (c) Phase lag of north-south component. (d) Phase lag of east-west component.

図 11. 分潮 S_2 の流速・遅角の分布. (a) 南北成分の流速. (b) 東西成分の流速. (c) 南北成分の遅角. (d) 東西成分の遅角.

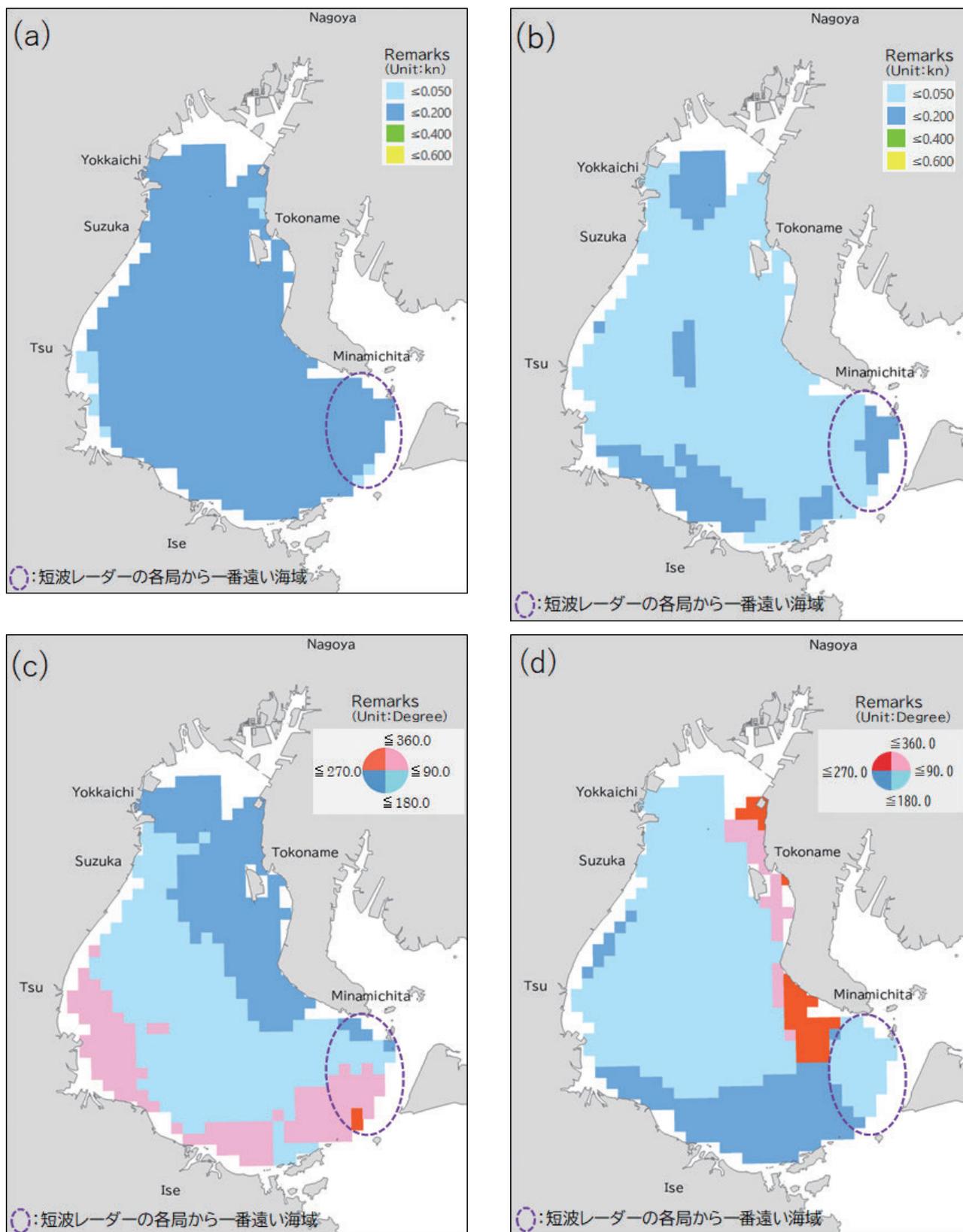


Fig. 12. Distribution of Current velocity and phase lag of tide K_1 . (a) Current velocity of north-south component. (b) Current velocity of east-west component. (c) Phase lag of north-south component. (d) Phase lag of east-west component.

図 12. 分潮 K_1 の流速・遅角の分布. (a) 南北成分の流速. (b) 東西成分の流速. (c) 南北成分の遅角. (d) 東西成分の遅角.

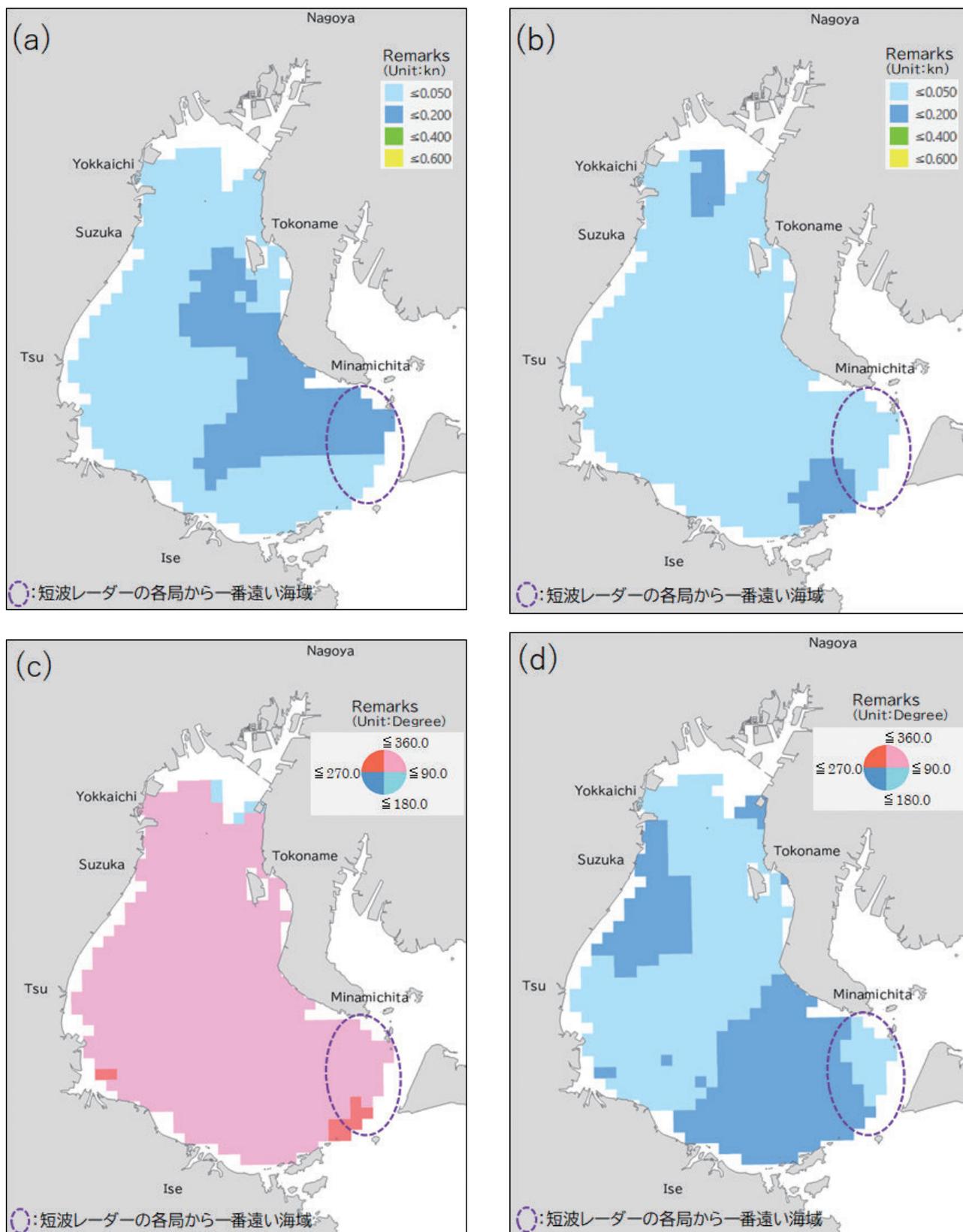


Fig. 13. Distribution of Current velocity and phase lag of tide O_1 . (a) Current velocity of north-south component. (b) Current velocity of east-west component. (c) Phase lag of north-south component. (d) Phase lag of east-west component.

図 13. 分潮 O_1 の流速・遅角の分布. (a) 南北成分の流速. (b) 東西成分の流速. (c) 南北成分の遅角. (d) 東西成分の遅角.

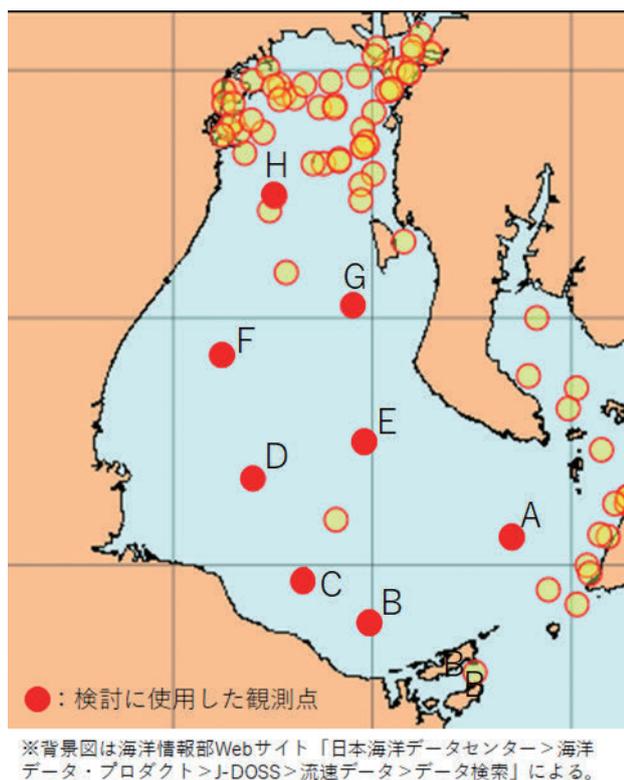


Fig. 14. The position of the observation points used for comparison.

図 14. 比較に使用した観測点の位置.

使用することとした。観測点の検索は、海洋情報部 Web サイトの「日本海洋データセンター>海洋データ・プロダクト>J-DOSS>流速データ>データ検索」で行った。検索の結果、Fig. 14 に示す「A」から「H」の観測点を選択し、観測データのダウンロードを行った。観測点の潮流調和定数は、選択した観測点の位置データを参考に海洋情報部沿岸調査課が管理している沿岸海象データ処理プログラム (Ver. 5.2) で使用している長期潮流調和定数データファイル (ファイル名: hclong.dat) から選択した観測点の潮流調和定数 (以下「観測点定数」という) を抽出して使用した。

4.1 観測点の潮流調和定数・短波レーダー定数・H16 日本水路協会定数の比較

観測点の潮流調和定数 (以下「観測点定数」という)、短波レーダー定数、及び H16 日本水路協会定数の比較は、各定数の主要 4 分潮 (M_2 , S_2 ,

K_1 , O_1) の南北成分・東西成分流速の和を図化して行った。今回、主方向成分及び 1 日以上の上長周期分潮である S_a (太陽年周期)・ S_{sa} (太陽半年周期)・ M_m (太陰月周期)・ MS_f (日月合成半月周期)・ M_f (太陰半月周期) は、H16 日本水路協会定数に値がないことから比較を行わなかった。各定数の図化については、観測点定数は、Fig. 14 の「A」～「D」, 「F」～「H」の数値 (赤字) で示した。Fig. 14 の「E」は、観測期間が 15 昼夜以下のため、比較には使用しなかった。短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数は、グリッドの数値を凡例 (Fig. 15 (a) の Remarks ほかに参照) の流速で色分けしグリッドを塗りつぶした (Fig. 15 (a) ~ Fig. 16 (b))。

観測点定数と短波レーダー定数の比較結果を次に記述する。南北成分流速は、観測点「A」・「C」では短波レーダーが観測点定数より小さく合っていない。その他の観測点では、両者とも 0.500 kn 以下であり、良く合っている (Fig. 15 (a))。東西成分流速は、観測点「A」では短波レーダー定数が観測点定数より小さく合っていない。その他の観測点では、両者が良く合っている (Fig. 15 (b))。観測点定数と H16 日本水路協会定数の比較結果を次に記述する。南北成分流速は、観測点定数「D」・「G」・「H」では H16 日本水路協会定数が観測点定数より大きく合っていない。観測点「A」・「B」・「C」では両者が良く合っている (Fig. 16 (a))。東西成分流速は、観測点「C」では H16 日本水路協会定数が観測点定数より大きく合っていない。その他の観測点では良く合っている (Fig. 16 (b))。短波レーダー定数と H16 日本水路協会定数の各主要 4 分潮の和の比較結果を次に記述する。南北成分流速は、全般的に短波レーダー定数が小さく、特に湾口ではかなり小さい (Fig. 15 (a), Fig. 16 (a))。東西成分流速の和は、Minamichita から Ise を結んだ線から湾口にかけて、短波レーダーが小さい (Fig. 15 (b), Fig. 16 (b))。比較結果のまとめとして、短波レーダー定数の各成分流速は、湾口で観測点定数及び H16 日本水路協会定数と合わず、特に各局遠海域で

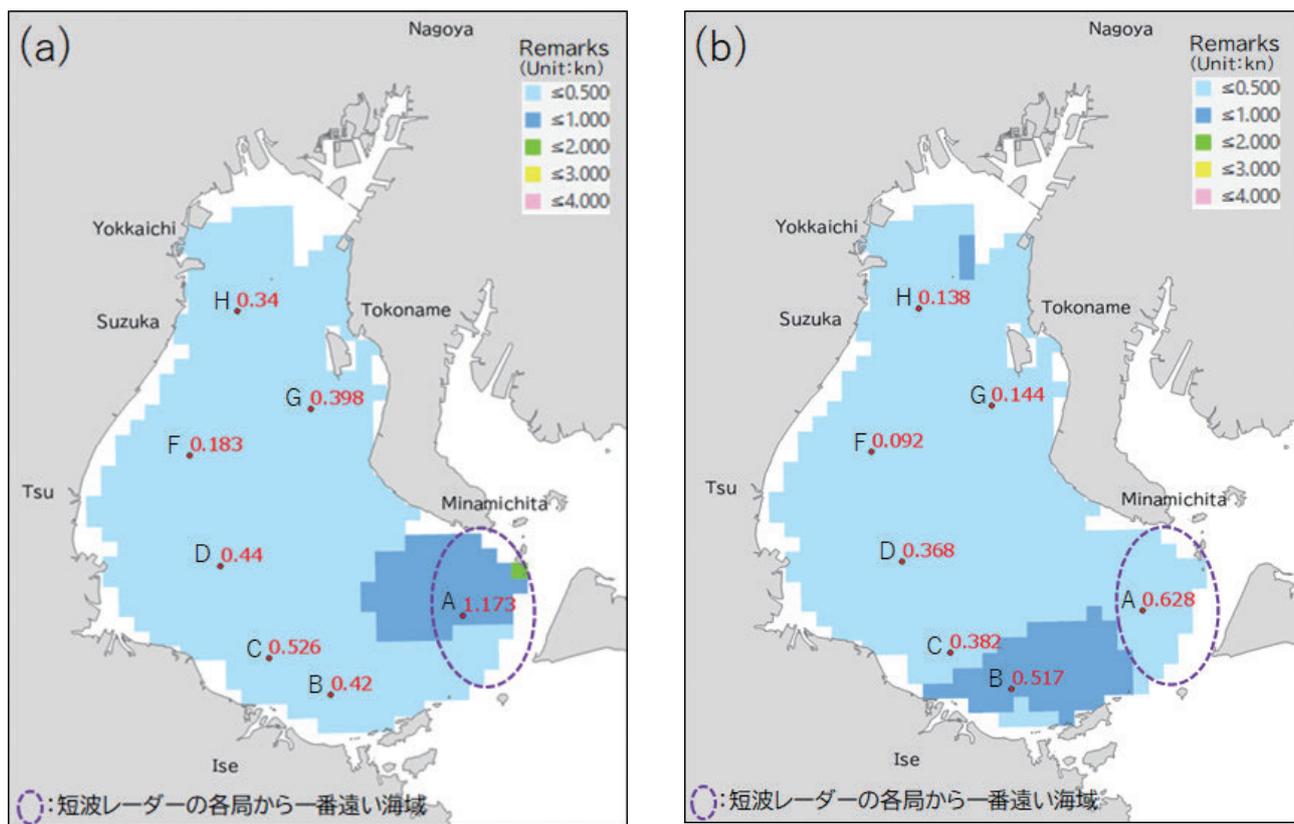


Fig. 15. Distribution of the sum of the major quadrants for the observation point constant and the short-wave radar constant. (a) North-south component. (b) East-west component.

図 15. 観測点定数・短波レーダー定数の主要4分潮の和の分布. (a) 南北成分. (b) 東西成分.

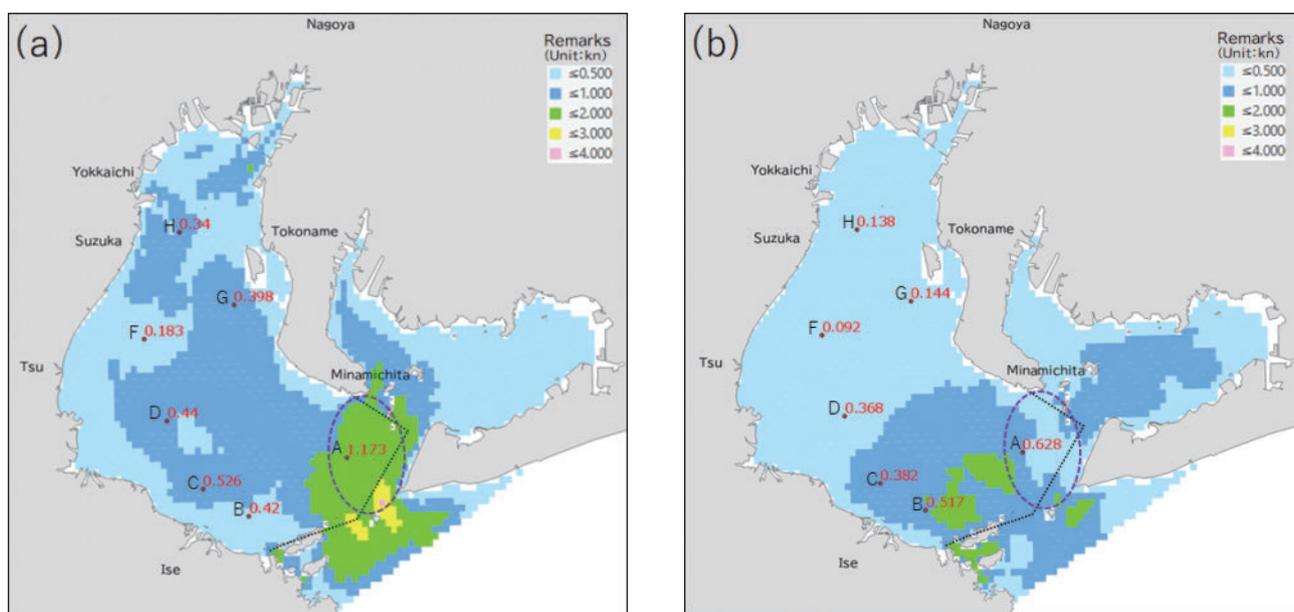


Fig. 16. Distribution of the sum of the major quadrants for the observation point constant and H16 Japan Hydrographic Association constants. (a) North-south component. (b) East-west component.

図 16. 観測点定数・H16日本水路協会定数の主要4分潮の流速の和の分布. (a) 南北成分. (b) 東西成分.

合っていない。

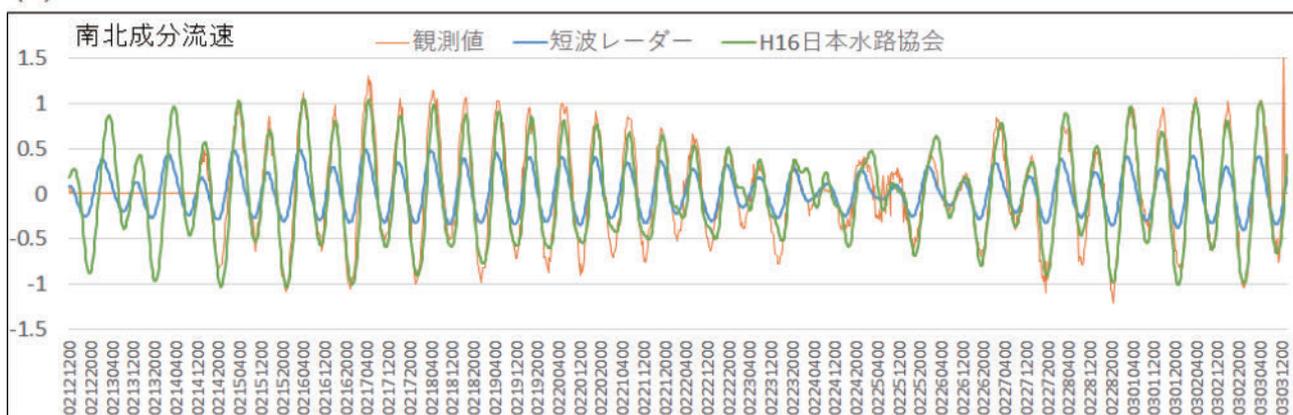
4.2 観測点の流れ・短波レーダー定数推算潮流・ H16日本水路協会定数推算潮流の比較

観測点の南北・東西成分流速，短波レーダー定数及びH16日本水路協会定数を使用して各観測点の観測期間を推算した潮流の南北・東西成分流速で比較した。比較は，Fig. 14の「A」～「H」の8点について，時系列，散布図，相関係数で行った。各南北・東西成分流速が最も合っていたFig. 14の「A」の時系列は，Fig. 17 (a)，Fig. 17 (b) に，散布図は，Fig. 19 (a)～Fig. 19 (f) に，最も合っていないFig. 14の「F」(観測期間：

1993年1月12日～2月12日)の時系列は，Fig. 18 (a)，Fig. 18 (b) に，散布図は，Fig. 20 (a)～Fig. 20 (f) に示す。相関係数はTable 1に示す。

最も合っているFig. 14の「A」は，時系列及び散布図を見ると東西成分流速より南北成分流速が合っている。短波レーダーは，観測期間を通して，観測点及びH16日本水路協会に比べ流速が小さいことが分かる。南北成分流速の相関係数は，観測点－短波レーダーが0.9061，観測点－H16日本水路協会水路協会が0.9369，短波レーダー－H16日本水路協会が0.8468と，いずれも0.7以上で相関が強い。東西成分流速の相関係数

(a)



(b)

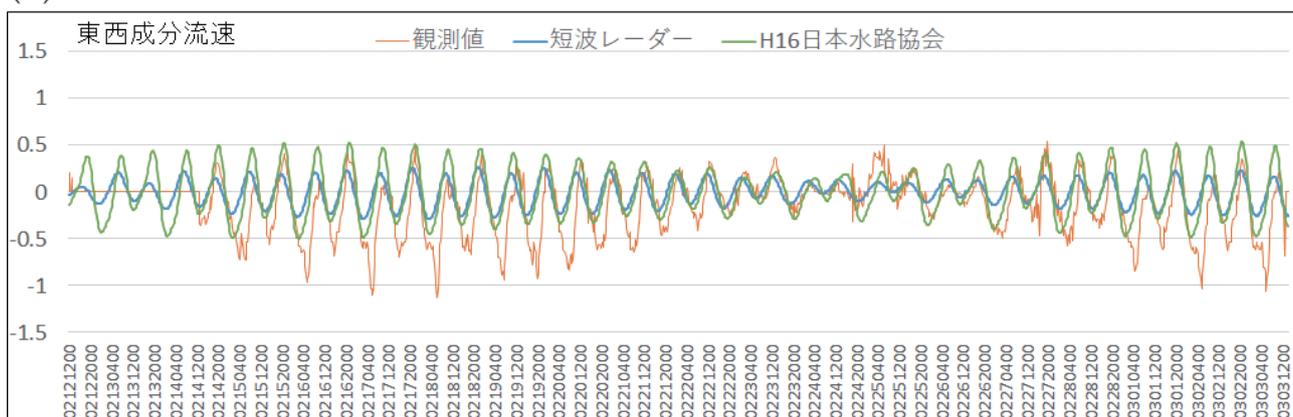
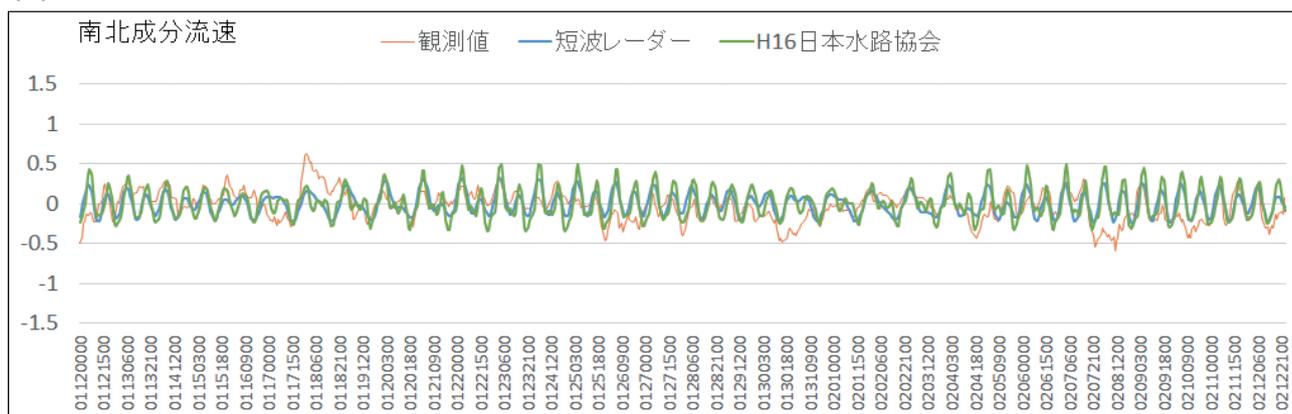


Fig. 17. A time-series diagram of current velocity for the tidal current whose observation period was estimated from the observation value of “A” in the observation point position map (Fig. 14), the short-wave radar constant, and the H16 Japan Hydrographic Association constant. (a) North-south component. (b) East-west component.

図 17. 観測点位置図 (Fig. 14) の「A」の観測値，短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数で観測期間を推算した潮流の流速の時系列図。(a) 南北成分。(b) 東西成分。

(a)



(b)

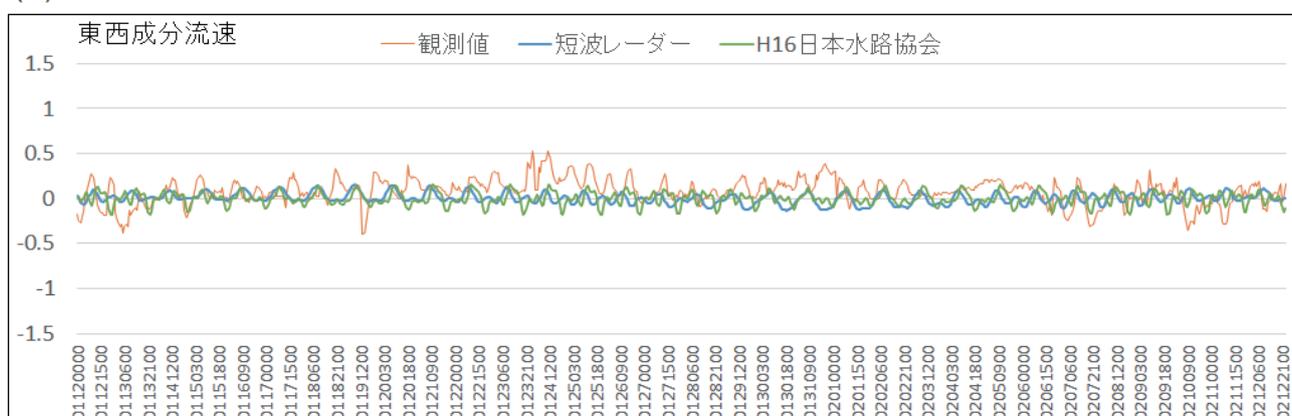


Fig. 18. A time-series diagram of velocity for the tidal current whose observation period was estimated from the observation value of “F” in the observation point position map (Fig. 14), the short-wave radar constant, and the H16 Japan Hydrographic Association constant. (a) North-south component. (b) East-west component.

図 18. 観測点位置図 (Fig. 14) の「F」の観測値, 短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数で観測期間を推算した潮流の流速の時系列図. (a) 南北成分. (b) 東西成分.

は, 観測点-短波レーダー定数が 0.4837, 観測点-H16 日本水路協会定数が 0.6430, 短波レーダー定数-H16 日本水路協会定数が 0.8710 であった. 短波レーダー-H16 日本水路協会は, 0.7 以上であり相関が強いが, 最も合っている Fig. 14 の「A」においても東西成分流速は, 時系列・散布図, 相関係数とも観測点とは合っていない.

最も合っていない Fig. 14 の「F」(観測期間: 1993 年 1 月 12 日~2 月 12 日) は, 時系列及び散布図を見ると南北・東西成分流速とも観測点-短波レーダー, 観測点-H16 日本水路協会ともに合っていない. 両成分流速の相関係数は, 観測点-短波レーダー, 観測点-H16 日本水路協会ともに 0.4 以下であり相関が弱い. 比較に使用したそ

の他の点についても Fig. 14 の「A」を除き, 両成分の相関係数は, 0.7 未満であり相関が弱い. 短波レーダー-H16 日本水路協会の南北成分流速の相関係数は, Fig. 14 の「D」を除き, 0.8 以上あり相関が強い. 同東西成分流速の相関係数は, Fig. 14 の「A」~「C」が 0.8 以上あり相関が強い. その他は 0.7 未満であり相関が弱い. 特に Fig. 14 の「F」~「H」は相関がかなり弱い.

比較した全観測点の時系列を見ると, 全観測点とも潮流と異なる流れ(流速が 1.0 kn 近いときもある)が観測されている.(一例として Fig. 21) この潮流以外の流れ(以下「残差流」という)は, H16 日本水路協会定数では恒流として用意されていることから, 恒流を加えて推算した潮

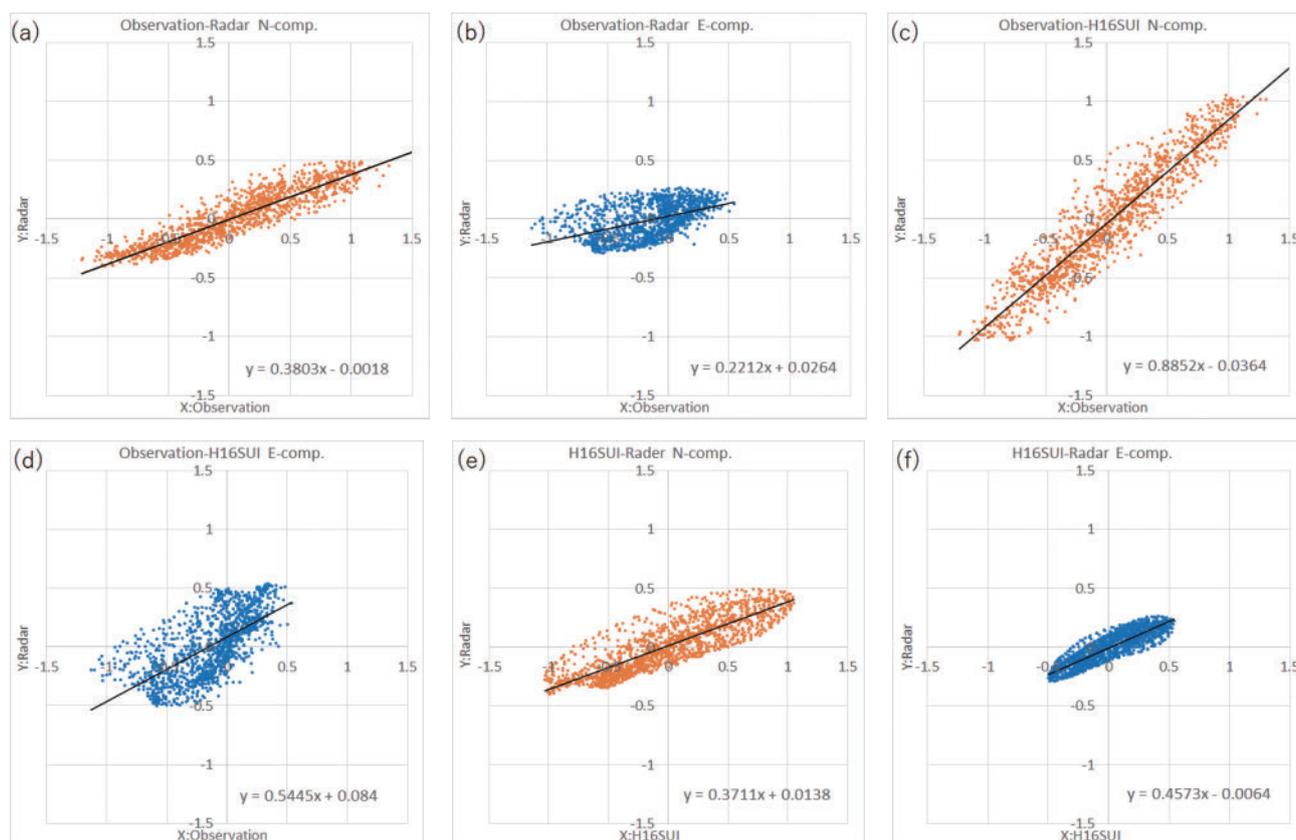


Fig. 19. Scatter plot of the current velocity for the tidal current whose observation period was estimated from the observation value of “A” in the observation point position map (Fig. 14) and the shortwave radar constant, and the H16 Japan Hydrographic Association constant. (a) North-south components of observed values and short-wave radar constants. (b) East-west components of observed values and short-wave radar constants. (c) North-south component of observed values and H16 Japan Hydrographic Association constants. (d) East-west component of observed values and H16 Japan Hydrographic Association constants. (e) North-south components of the short-wave radar constant and the H16 Japan Hydrographic Association constant. (f) East-west components of the short-wave radar constant and the H16 Japan Hydrographic Association constant.

図 19. 観測点位置図 (Fig. 14) の「A」の観測値と短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数で観測期間を推算した潮流の流速の散布図. (a) 観測値と短波レーダー定数の南北成分. (b) 観測値と短波レーダー定数の東西成分. (c) 観測値と H16 日本水路協会定数の南北成分. (d) 観測値と H16 日本水路協会定数の東西成分. (e) 短波レーダー定数と H16 日本水路協会定数の南北成分. (f) 短波レーダー定数と H16 日本水路協会定数の東西成分.

流と Fig. 14 の「F」(観測期間: 1993 年 1 月 12 日 ~ 2 月 12 日) を比較してみた (Fig. 22 (a), 22 (b)). 結果は, 恒流を加えても観測値とはあまり合わず改善されなかった.

5 まとめ

伊勢湾の潮流調和定数について, 観測点定数, 海洋短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数の比較・検討を行った. また, 海洋短波レー

ダー及び H16 日本水路協会定数で推算した潮流の実用性を確認するため, 観測点の流れ, 各定数で推算した潮流の比較・検討を行った. これらの検討の結果から短波レーダー定数は, 湾口付近を除き, 伊勢湾の潮流を現すことができるレベルであることが確認できた. また, H16 日本水路協会定数は, 研究の結果として伊勢湾の潮流を現すことができるレベルであることが示されていたが (日本水路協会, 2004, 2005a, 2005b), 今回の

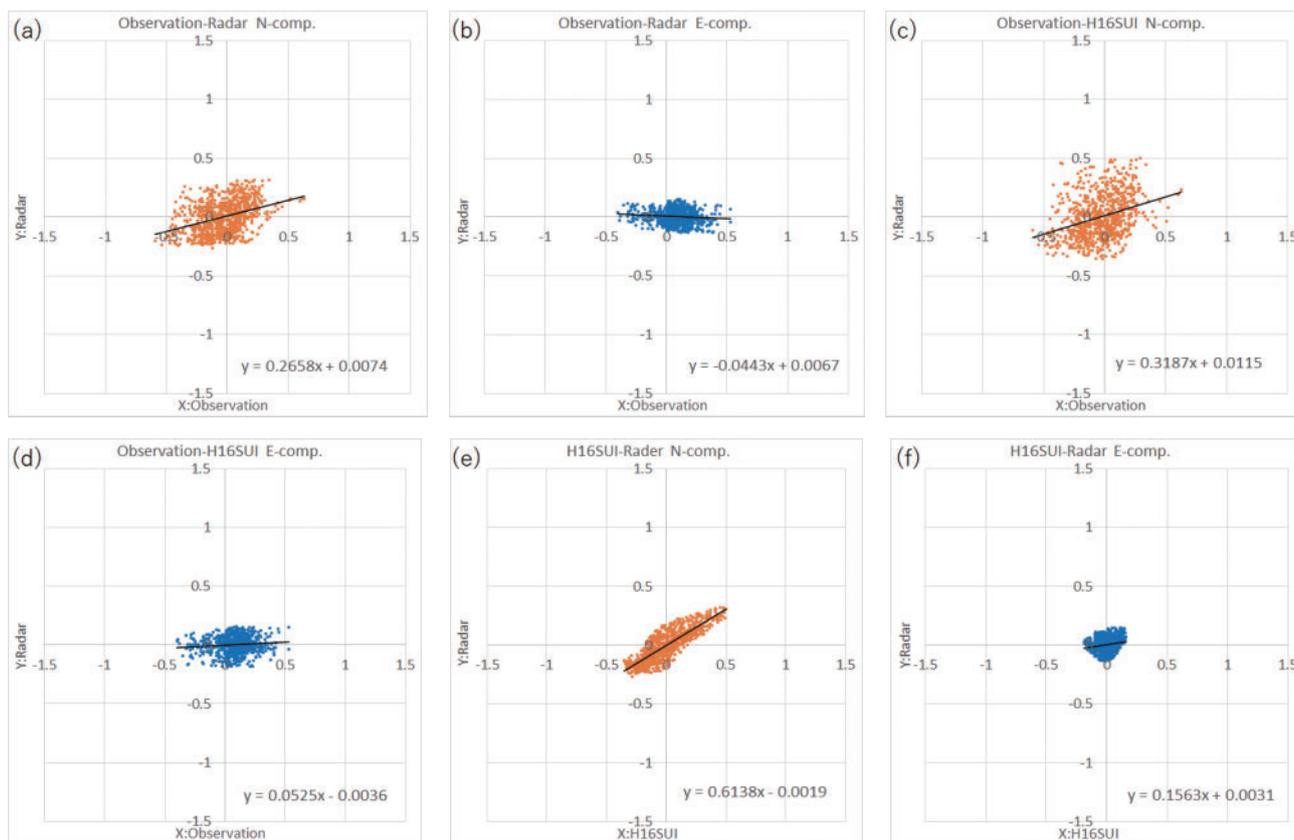


Fig. 20. Scatter plot of component current velocity for the tidal current whose observation period was estimated by the observation values of “F (Observation period: January 12 to February 12, 1993)” in the observation point position map (Fig. 14) and short-wave radar constants, and the H16 Japan Hydrographic Association constant. (a) North-south components of observed values and short-wave radar constants. (b) East-west components of observed values and short-wave radar constants. (c) North-south component of observed values and H16 Japan Hydrographic Association constants. (d) East-west component of observed values and H16 Japan Hydrographic Association constants. (e) North-south components of the short-wave radar constant and the H16 Japan Hydrographic Association constant. (f) East-west components of the short-wave radar constant and the H16 Japan Hydrographic Association constant.

図 20. 観測点位置図 (Fig. 14) の「F (観測期間: 1993 年 1 月 12 日～2 月 12 日)」の観測値と短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数で観測期間を推算した潮流の南北成分流速の散布図。(a) 観測値と短波レーダー定数の南北成分。(b) 観測値と短波レーダー定数の東西成分。(c) 観測値と H16 日本水路協会定数の南北成分。(d) 観測値と H16 日本水路協会定数の東西成分。(e) 短波レーダー定数と H16 日本水路協会定数の南北成分。(f) 短波レーダー定数と H16 日本水路協会定数の東西成分。

比較・検討の結果でも示すことができた。

今回、伊勢湾の潮流調和定数の比較・検討は、伊勢湾の精度の高い流況予測を目指して行ったものである。伊勢湾の精度の高い流況予測を可能にするためには、精度の高い潮流グリッドデータと残差流の精度の高い予測が必要である。伊勢湾の潮流グリッドデータの作成は、現時点では短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数で作成することが可能である。しかし、更なる精度の向

上を考えたとき、短波レーダー定数は、観測データの精度の向上が必要であるが、今のところその見込みはない。H16 日本水路協会定数は、当時の流動モデル、水深データ等での流況シミュレーションを行った結果である、過去の流動モデルや水深データ等に基づくものであることから精度の向上の見込みはない。潮流グリッドデータの精度を向上するには、最新の流動モデル、水深データ等を使用して新たな流況シミュレーションを行

Table 1. A table to determine the correlation coefficient between the north-south/east-west component current velocities and the tidal current during the observation period estimated from the observed values, the short-wave radar constant, and the H16 Japan Hydrographic Association constant.

表 1. 観測値、短波レーダー定数・H16 日本水路協会定数で観測期間の潮流を推算し、南北・東西成分流速との相関係数を求めた表。

位置 図 英 字	観測データファイル名	観測 期間 (JST)	観測 間隔 (分)	デー タ 数	相関係数 南北・東西成分流速		
					観測/ レーダー 上段:南北 下段:東西	観測/ H16水協 上段:南北 下段:東西	レーダー/ H16水協 上段:南北 下段:東西
A	1_343719N1365626E_19990212_5m.st	1999/02/12 12:00 - 1999/03/03 14:20	20	1376	0.9061 0.4837	0.9369 0.6430	0.8468 0.8710
B	2_343312N1364749E_19800513_3m.st	1980/05/13 15:00 - 1980/05/28 14:00	60	360	0.5729 0.5390	0.5029 0.4781	0.8422 0.9375
C	3_343512N1364349E_19800513_3m.st	1980/05/13 14:00 - 1980/05/28 13:00	60	360	0.5466 0.5193	0.5470 0.5531	0.8735 0.9308
D	4_344012N1364049E_19810519_3m.st	1981/05/19 22:00 - 1981/06/03 21:00	60	360	0.3666 0.5259	0.3318 0.3019	0.6741 0.5562
E	5_344159N1364729E_20010723_5m.st	2001/07/24 00:00 - 2001/08/07 21:50	10	2148	0.3710 0.5112	0.4062 0.5987	0.8253 0.6113
F	6-1_344612N1363855E_19930111_3m.st	1993/01/12 00:00 - 1993/02/12 23:00	60	768	0.3667 -0.1031	0.3231 0.1010	0.8354 0.1889
	6-2_344612N1363855E_19940910_2m.st	1994/09/11 00:00 - 1994/10/12 23:00	60	768	0.3071 -0.1694	0.3155 0.1854	0.8652 -0.0192
G	7-1_344836N1364648E_19930111_3m.st	1993/01/12 00:00 - 1993/02/12 23:00	60	768	0.6606 -0.1367	0.6166 0.0404	0.9223 -0.0966
	7-2_344836N1364648E_19930910_3m.st	1993/09/11 00:00 - 1993/10/12 23:00	60	768	0.3497 -0.0395	0.3453 0.0701	0.9215 -0.3264
H	8_345354N1364207E_19930111_3m.st	1993/01/12 00:00 - 1993/02/12 23:00	60	768	0.5538 -0.0741	0.4969 0.4644	0.8420 -0.5075

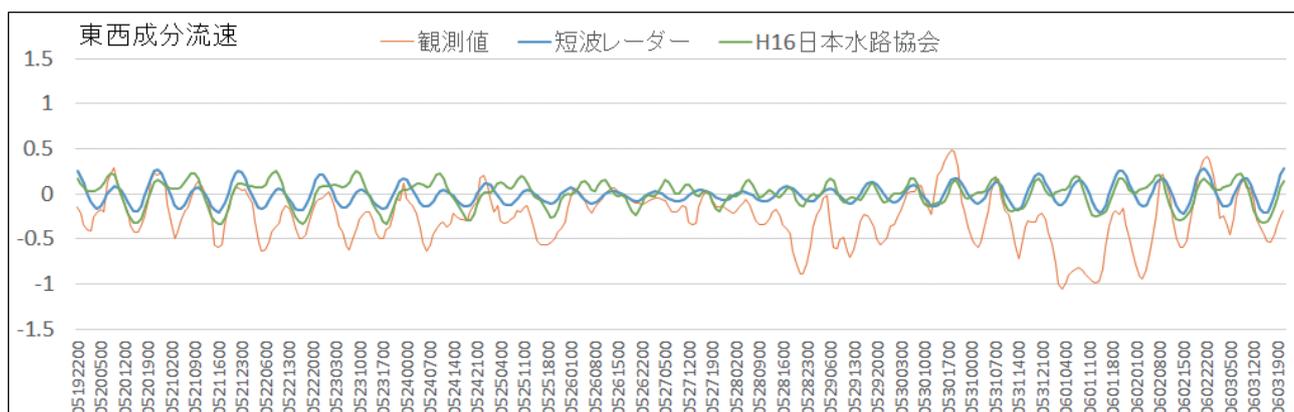


Fig. 21. An example of a time series of observation points (“D” in Fig. 14) where currents other than tidal currents are observed.

図 21. 潮流以外の流れが観測されている観測点 (Fig. 14 の「D」) の時系列の一例。

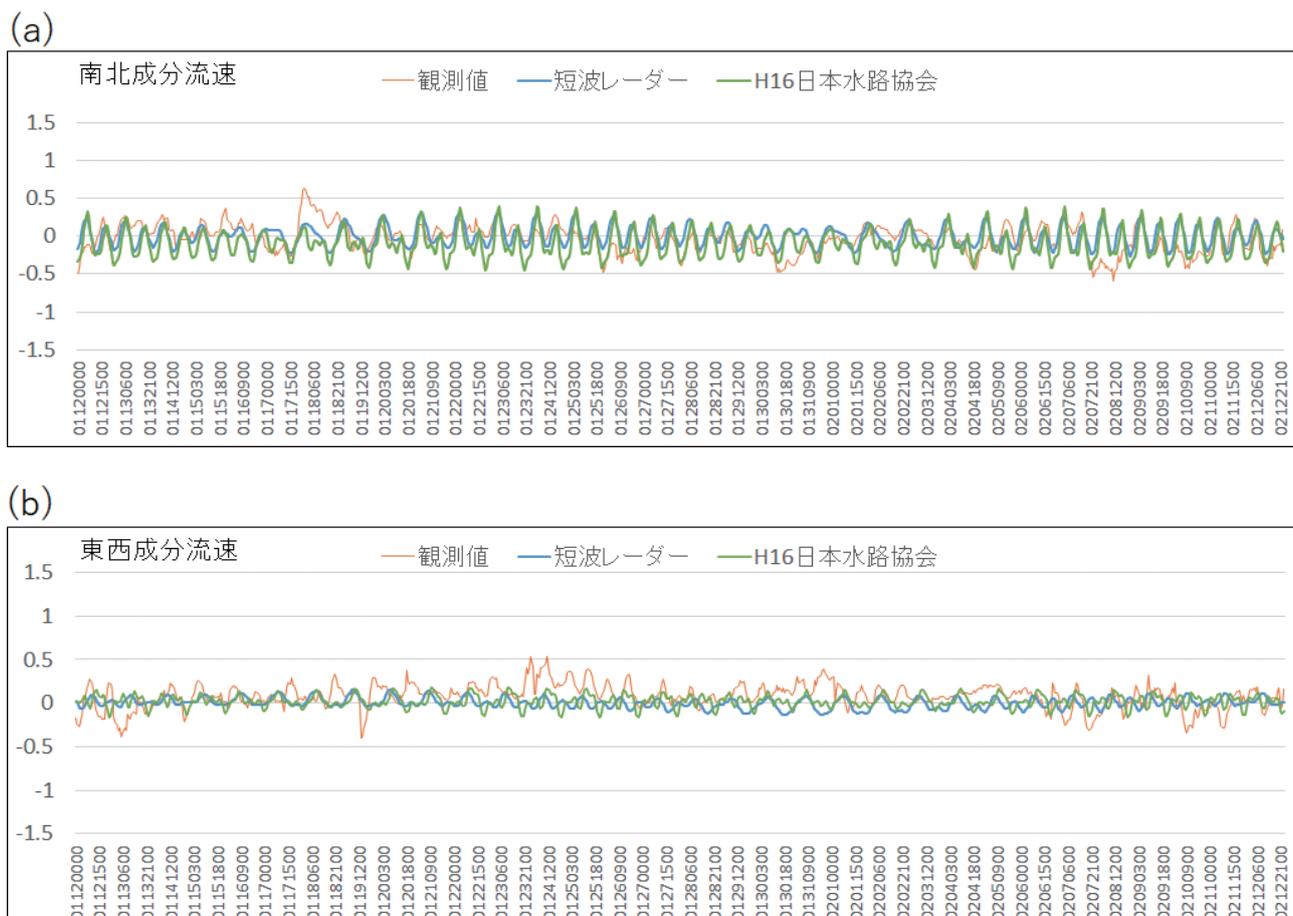


Fig. 22. Time-series diagram of the current velocity for the tidal current with the observation period estimated by adding constant current to the observed values, short-wave radar constants and H16 Japan Hydrographic Association constants in “F (Observation period: January 12 to February 12, 1993)” in the observation point position map (Fig. 14). (a) North-south component. (b) East-west component.

図 22. 観測点位置図 (Fig. 14) の「F (観測期間：1993 年 1 月 12 日～2 月 12 日)」の観測値，短波レーダー定数及び H16 日本水路協会定数に恒流を加えて観測期間を推算した潮流の流速の時系列図。(a) 南北成分。(b) 東西成分。

い，潮流調和定数グリッドデータの作成が必要である。

次に精度の高い残差流を如何にして予測するかが必要である。H16 日本水路協会定数では，残差流として恒流のデータがあるものの，春，夏，秋，冬の 4 データしかなく，数日で変動している残差流を予測することはできていない。残差流を予測する方法の 1 つとして，観測した流速・流向データから 25 時間移動平均（潮流成分を除去する方法）の流速・流向データ（残差流）を求め，この流向・流速データを用いる方法を報告している（宗田，2020）。伊勢湾では海洋短波レーダーによる面的な観測が常時行われているこ

とから前述の方法を使用することが可能である。最後に本報告が伊勢湾の精度の高い流況予測の実現への一助となることを祈念する。

謝 辞

匿名の査読者には多くの重要なお指摘と有益な改訂のご提案をいただき，本稿は大きく改善されました。ここに記して感謝いたします。

文 献

海上保安庁海洋情報部，日本海洋データセンター
 > 海洋データ・プロダクト > J-DOSS > 流速計データ，<https://jdossl.jodc.go.jp/vpage/>

moor.html.

国土交通省中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所, 伊勢湾環境データベース>伊勢湾海洋レーダ, <http://www.isewan-db.go.jp/radar/>.

国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所, 伊勢湾環境データベース>伊勢湾海洋レーダ>観測諸元, <http://www.isewan-db.go.jp/radar/manual/kiki.html>.

宗田幸次 (2020) 相模湾の流況予測に向けた取り組み, 海洋情報部研究報告, 58, 135-155.

日本水路協会 (2004) 潮流情報等の船上における表示利用の高度化に関する研究, 調査研究資料, 121.

日本水路協会 (2005a) 潮流情報等の船上における表示利用の高度化に関する研究その2, 調査研究資料, 127.

日本水路協会 (2005b) 潮流・潮汐予測表示システム (試作版) の説明.

沼倉三郎 (1956) 測定値計算法, 森北出版, 東京.

要 旨

伊勢湾の潮流調和定数は, 海上保安庁海洋情報部の所有として, 定点における潮流の昼夜連続観測で作成した点状なもの, 平成16(2004)年度に一般財団法人日本水路協会との共同研究(日本水路協会, 2004, 2005a, 2005b)で作成したグリッド状(面的)なものがある. 今回, 潮流グリッドデータ作成の研究の一環として, 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所が運用している伊勢湾海洋短波レーダーで観測された流向・流速データから潮流調和定数を作成した. これらの潮流調和定数について検討を行った.