

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE

OF

THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1199

September 2009

フェリーによる伊勢湾口の水質と流況の連続観測について

鈴木高二郎

中村 由行

田中 陽二

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan

目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
1.1 研究の背景と目的	4
1.2 伊勢湾に関する既往の研究とその特徴	4
2. 伊勢湾フェリーと観測システム	5
2.1 伊勢湾フェリー“伊勢丸”	5
2.2 各種観測装置	5
3. 観測結果	7
3.1 フェリーの航跡と航路の平均水深	7
3.2 ADCPで観測された伊勢湾口流向流速の特徴	7
3.3 水質測定装置による伊勢湾口の塩分水温の特徴	9
4. まとめ	12
謝辞	12
参考文献	12

Monitoring Program for Water Quality and Current at the Mouth of Ise Bay using a ferry

Kojiro SUZUKI*
Yoshiyuki NAKAMURA**
Yoji Tanaka***

Synopsis

The monitoring program for current and water quality at the mouth of Ise Bay has been conducted since Mar. 2008. The obtained water quality data is compared with datasets of the freshwater discharge, meteorological parameters and tide.

- 1) At the mouth of Ise Bay, the velocity of tidal current is larger than 1m/s at the spring tide. The largest velocity is observed at Irago strait.
- 2) Residual current is larger at Irago strait and the center of the mouth of Ise bay than at the other area.
- 3) The residual current in shallow layer is larger at the spring tide rather than at the neap tide.
- 4) Because the shallow water and deep water is mixed by the high speed tidal current at the Irago strait, salinity at the Irago strait is larger than that of the other area.
- 5) The salinity becomes lower several days after the fresh water runoff from rives. Even if there is little fresh water discharge, salinity becomes lower at the neap tide and higher at the spring tide because the stratification and mixing is controlled by such tidal variations and water column is well mixed at the spring tide.

Key Words: Ise Bay, Mikawa Bay, Iseway Ferry, ACDP, Strong Mixing, Weak Mixing

* Head of Group, Marine Environment Information Group, Marine Information Division, Marine Environment and Engineering Department

** Executive Researcher, Marine Environment and Engineering Department

*** Research Engineer, Marine Environment Information Group, Marine Information Division Marine Environment and Engineering Department

フェリーによる伊勢湾口の水質と流況の連続観測について

鈴木 高二朗*・中村由行**・田中陽二***

要 旨

伊勢湾口のフェリーに、流況・水質を連続的に計測するシステムを設置し、2008年3月より連続的に計測を開始した。2008年11月までのデータを解析した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 伊勢湾口での潮流は、最も深い伊良湖水道部で大きく、大潮時では1m/sに及んでいた。
- 2) 残差流は、湾中央部と伊良湖水道で流入量が最も大きかった。
- 3) 大潮時と小潮時の平均残差流を比較したところ、残差流の断面分布は大潮時の方が小潮時よりも全般に表層で流入量が多くなっていた。
- 4) フェリーで計測される表層の塩分は全般に伊良湖側が大きい傾向にあった。これは伊勢湾口の断面面積が小さいため、潮流が大きく海水が混合しやすいこと、さらに伊良湖側の水深が深いため下層の高塩分水と表層の低塩分水が混ざることによって起こるものと考えられる。
- 5) 淡水流入量の大きかった9月初旬には塩分が約22.1PSUまで減少した。ただし、塩分の低下は淡水流入の時期とは一致していない場合もあった。これらの塩分低下は小潮の時に相当していた。

キーワード：伊勢湾，三河湾，伊勢湾フェリー，ADCP，強混合，弱混合

* 海洋・水工部 海洋情報研究領域 海洋環境情報研究チーム チームリーダー

** 海洋・水工部 海洋情報研究領域 海洋環境情報研究チーム 研究官

*** 海洋・水工部 研究主監

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所

電話：046-844-5049 Fax：046-844-1274 e-mail:suzuki_k@pari.go.jp

1. まえがき

1.1 研究の背景と目的

伊勢湾口は内湾と外洋の水塊が入れ替わる場所であり、海水交換や外洋水の湾内への影響を明らかにする上でも重要な海域である。また、そこでの流況・水質データは伊勢湾の流況シミュレーションを行う上で重要な境界条件となる。しかしながら、これまでのところ伊勢湾口での流況や水質の観測例は少なく不明な点も多く、外洋の影響を考慮した数値シミュレーションを実施するためにも連続的な観測データが必要となってきた。

一方、伊勢湾は背後に大都市圏をかかえ、今後も公共事業や海域環境の蘇生事業が実施される可能性が高い。伊勢湾は特に、依然として赤潮、苦潮（青潮、以下「苦潮」という。）、貧酸素水塊の発生、干潟、浅場、藻場の減少、自然海岸の減少等の問題が多く残されているため、環境を蘇生しようとする動きが進められている。

全国的な動きとしては、2001年（平成13年）12月に都市再生プロジェクト第三次決定により、「海の再生」が位置付けられ、伊勢湾では、2006年（平成18年）2月2日に関係省庁及び関係地方公共団体等が「伊勢湾再生推進会議」を設立し、伊勢湾再生のための行動計画の策定及びフォローアップに取り組むこととなっている。

このような行動計画を行うためには、そのための基礎情報として、長期連続的な環境観測を含めた、海域環境の環境情報をより多く得る必要がある。

以上のような背景から、ここでは、伊勢湾口での海水交換や流況・水質の長期的な変化を捉えること、さらには、伊勢湾・三河湾の流況シミュレーションを実施するための境界条件を得るため、伊勢湾口のフェリーに流況・水質の観測装置を設置し、連続的な観測を実施することとした。

1.2 伊勢湾に関する既往の研究とその特徴

表-1は、東京湾と伊勢湾の比較である。ここで示す伊勢湾は伊良湖岬と鳥羽港を結ぶより北側の海域であり、東京湾は剣崎 - 洲崎間より北側の海域である。容積で見ると東京湾の方が伊勢湾より1.6倍ほど大きい。これは東京湾口部に深い深谷があるためである。この影響で平均水深も2.3倍ほど東京湾の方が大きく、東京湾口は水深が深く、また比較的広いため、外洋水の影響を受けやすい。著者ら(2004,2006)は、伊勢湾の観測に先立ち、東京湾フェリー「かなや丸」に観測機器を設置し、2003年12月から東京湾口の連続観測を実施している。その結果、東京湾口は外洋水の影響により、流れが2層、3層構造になったり、内湾と外洋の境目であるフロントが発生

することがあるといったことが分かってきている。さらに、東京湾内の連続観測データと比較したところ、外洋水が容易に東京湾内の羽田周辺まで流入し、時には青潮の発生とも関連することなども分かってきている（鈴木ら、2008）。

一方、伊勢湾口は東京湾口と比較すると水深も浅く、幅が狭いことから、大潮時には強混合、小潮時にも弱混合になっており、湾口部で密度の大きい水塊と混合されて重くなった表層水塊が伊勢湾内部に侵入することなどが明らかにされている（藤原、2002）。

表-1 東京湾と伊勢湾の比較

	単位	東京湾	伊勢湾
海岸線延長	km	780	687
水域面積	km ²	1160	2342
平均水深	m	38.6	16.8
容積	億m ³	621	363
流域面積	km ²	7540	18153

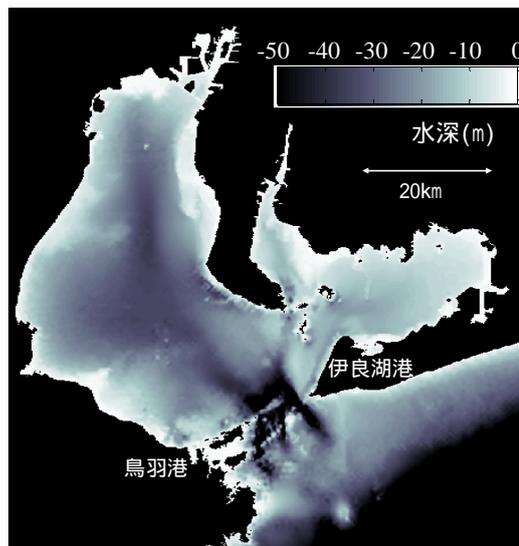


図-1 伊勢湾の水深と伊勢湾フェリーの航路

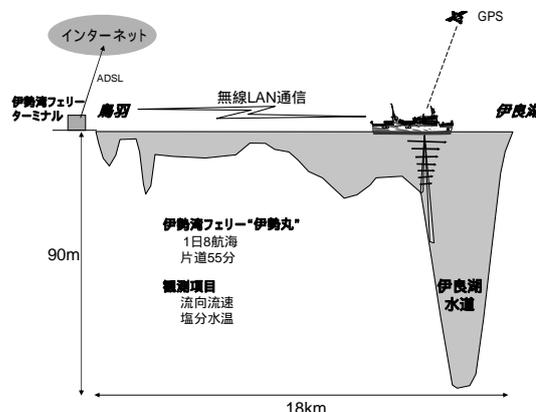


図-2 伊勢湾フェリーによる観測の模式図

2. 伊勢湾フェリーと観測システム

2.1 伊勢湾フェリー“伊勢丸”

伊勢湾の湾口モニタリングシステムとして、伊勢湾口を日々航行している伊勢湾フェリー株式会社所有の船舶“伊勢丸”に湾口海峡部の流況水質データを取得するシステムを構築した。図-1は、伊勢湾の水深とフェリーの航路であり、図-2はその模式図である。伊勢丸は三重県の鳥羽港と愛知県の伊良湖港の間約20kmを、日中AM8:10～PM18:35にかけて片道約55分で1日約4往復している。

観測された流況水質データは鳥羽港に寄港した際に無線LANを通じてデータを回収できるようになっている。

なお、伊勢丸の総トン数は2331トンであり、旅客定員は500名、乗用車搭載台数は43台、最高速度は19ノット、横揺緩衝装置はフィンスタビライザーである。

図-3は船内に設置した観測装置の設置図である。水質はエンジン冷却用の配管から、管を分岐して、表層の海水を採取し、船内で水温・塩分を測定している。流況測定装置(ADCP)は船底に設置している。

モニタリングシステムの設置は、平成20年2月19日から27日にかけて行われた伊勢湾フェリー“伊勢丸”保守のためのドック入渠にあわせて、実施した。その後、平成20年3月18日から観測を開始した。

2.2 各種観測装置

本モニタリングシステムは、鳥羽港が当研究所から離れているなど、メンテナンスが十分に行えないことを想定している。そのため、メンテナンスが比較的容易で、観測上重要な項目に絞って装置を設置している。

(1) 流向流速計(ADCP)

設置した流向流速計(図-4)は、以下に示すRD-Instruments社製300kHzの船舶搭載型超音波流向流速計(ブロードバンドADCP)である。東京湾フェリーでの観測では年に1回の保守で十分であることが分かっている。

RD Instruments社製: Broad Band ADCP Workhorse Mariner

周波数: 300kHz, 流速長期精度: $\pm 0.5\%$, $\pm 0.5\text{cm/s}$

流速測定範囲: $\pm 20\text{m/sec}$, 流速測定総数: 3~128

標準発信間隔: 2Hz, 測定開始位置: 2m

対地速度測定機能: 最大海底探知深度: 260m

長期精度: $< 0.5\text{cm/s}$

反射強度プロファイル:

ダイナミックレンジ: 80dB, 精度: $\pm 1.5\text{dB}$

トランスデューサー:

ビーム角: 20° , トランスデューサー: 4ビーム

通信: RS232/RS422, Hex-ASCII or バイナリ出力

電源: AC入力: 100~115VAC, 47~63Hz, 10A

環境: 操作温度: $-5\sim 40$, 保存温度: $-30\sim 50$

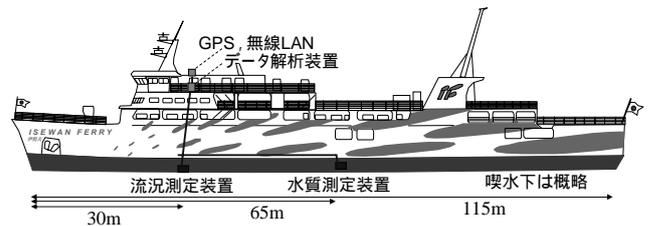


図-3 伊勢丸と各種観測装置、データ処理装置の設置図



図-4 流向流速計(ADCP)設置状況

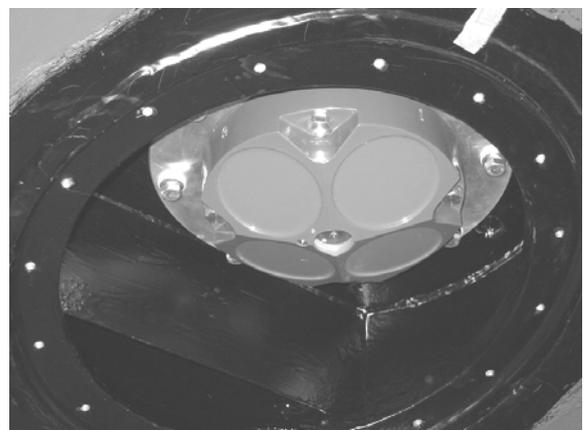


図-5 船底に設置されたBroad Band ADCP

インターフェース

方位信号入力: サテライトGPS, 姿勢信号入力

音響窓: 材質: 6.4mm厚低密度ポリエチレン

ADCP船上用据え置き型データ処理装置

データ処理用コンピュータ, 表示器, シリアルI/Fカード

・無停電電源装置 1 KVA (700W)

・昇圧トランス TZ11-03KB (100V-110V)

・方位, 位置測定装置, データ処理

・解析用プログラム

(2) 塩分水温計

水質計測は、海水を採水して実施するため、生物付着や管路の閉塞が問題となる。そのため、本システムでは比較的メンテナンスの容易な塩分水温のみを計測することとした。塩分水温計の仕様は以下のとおりである。

CTセンサー：FSI製 Excell Thermosalinograph：

塩分 測定範囲：0-90mS/cm，測定精度：0.002mS/cm

分解能：0.0001mS/cm，

安定度/1ヶ月：0.0005mS/cm/month

温度 測定範囲：-5 ~ 45，測定精度：0.005

分解能：0.0001，

安定度/1ヶ月 0.0005 /month

圧力 測定範囲：500m，電力 8~35VDC@40mA

サンプルレート 1-8Hz

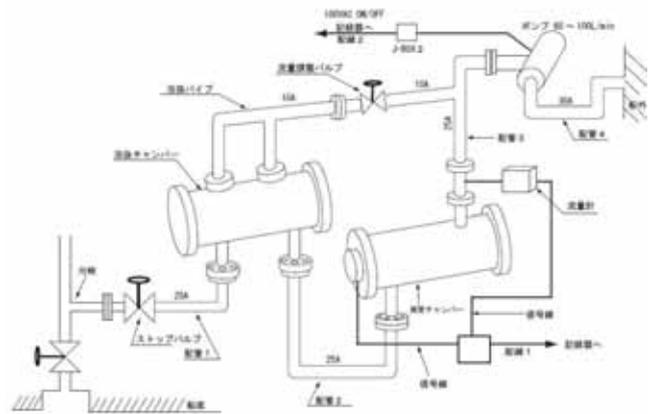


図-8 水質計測装置の模式図



図-6 無停電電源装置，サテライトコンパス，ADCP，水質測定装置の各種変換器



図-9 水質計測装置

図-8, 図-9はそれぞれ水質計測装置の模式図と設置状況である。ポンプによって海水を取水、排水させるシステムになっている。また、何らかの原因で泡が管路内部にあると塩分水温が計測できなくなるため、泡抜き用のチャンバーを設置している。そのほか、管路の閉塞を防ぐためのストレイナーや電磁式のスケール付着防止装置を設置している。

(3) 通信システム

船上とフェリーターミナル間は、無線LANを用い、鳥羽港のフェリーターミナルと研究所等の遠隔地間は、ADSL回線を経由したVPN接続を用いている。この通信システムによってデータの送受信と、計測システムの保守を可能



図-7 ADCP,水質測定装置データ処理用PC 長時間の停電対策と設置スペース縮小化のためノートPCを採用した

としている。なお、データは鳥羽港着岸時に送られるシステムになっている。

得られたデータは、以下のホームページで閲覧できる仕組みとなっている。http://ceo.pari.go.jp/

3. 観測結果

3.1 フェリーの航跡と航路の平均水深

図-10は、2008年6月9日からの700航海分のフェリーの航跡である。大きく航路をずれることがあり、とくに伊良湖水道周辺での蛇行が大きい傾向にあるものの、通常は伊良湖水道で約2～3kmの蛇行はあるものの、それ以外は蛇行する距離が小さくなっているのが分かる。

これ以後の解析では、図-10中の平均的な航路を標準航路とし、蛇行している場合はこの航路に射影する形で位置を決めることとした。

図-11は、ADCPのボトムトラックによって計測された

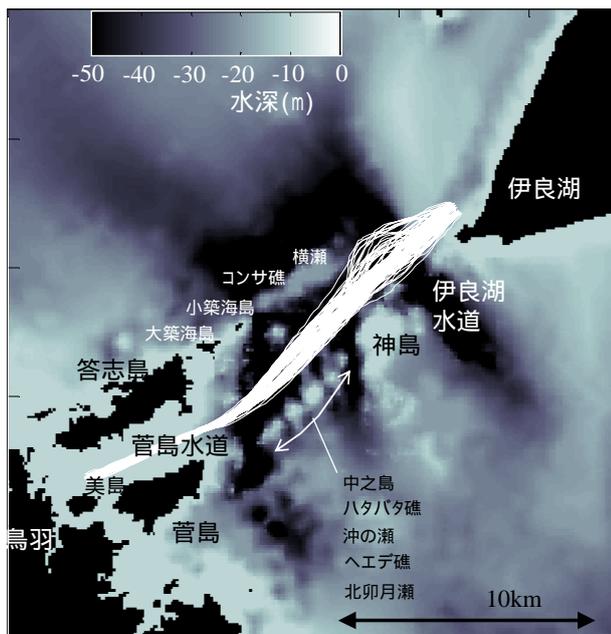


図-10 フェリーの航跡 (2008/Jun/9から100航海データ)

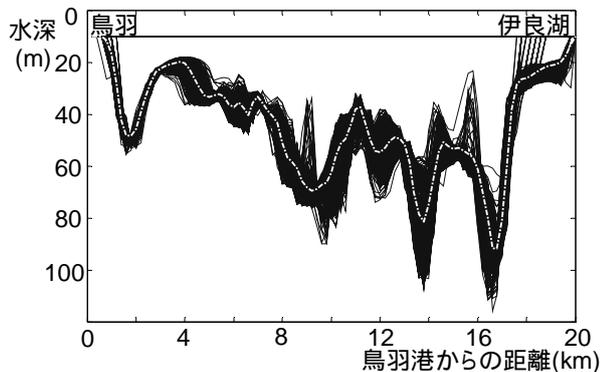


図-11 水深図 (100航海分、一点鎖線は平均水深)

100航海分の水深データであり、白の一点鎖線はその平均値である。ADCPの4つのビームの平均で水深は求めている。

なお、ADCPでは、サイドロープの影響で喫水+約7m分を計測することができない。そのため、表層から10.14mの位置からの計測データとなるため、図-11ではその分を補正して表示している。

伊勢湾後部は地形が極めて複雑であり、起伏に富んでいるが、伊良湖水道部が最も深く、平均水深は約90mである。鳥羽港から約9kmの位置にある航路中央部も深くなっており、そこでの平均水深は約70mである。

一方、フェリー航路全体の平均水深を求めると、平均水深は約44.1m、断面積は857,000m²であった。

3.2 ADCP で計測された伊勢湾口流向流速の特徴

(1) 大潮時の流向流速分布

図-12は2008年4月23日の大潮の日に計測された流向流速データである。図-10の標準航路に対して直角な方向の流れ成分であり、黒が流出、白が流入を示している。なお、図中の時刻は鳥羽を出航した時間を示しており、流向流速値はその後のデータをグラフ化している。伊良湖水道部に強い流れが発生しており、最も速いところでは、最大で1m/sにも及ぶ流速が出ている。また、鉛直方向に一樣な流れになっていた。

(2) 断面平均流速

図-13は、2008年6月9日～9月25日にかけての断面平均流速と、そのデータに対して主要8分潮で調和解析を実施して求めた調和成分、および、残差成分である。

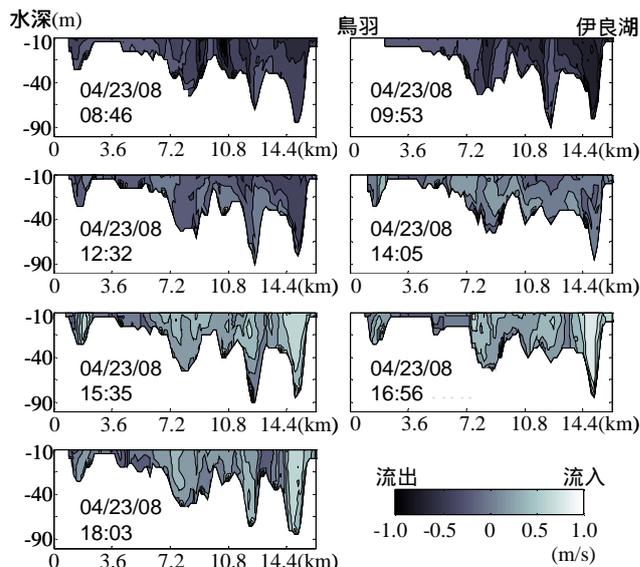


図-12 流向流速データ (2008年4月23日)

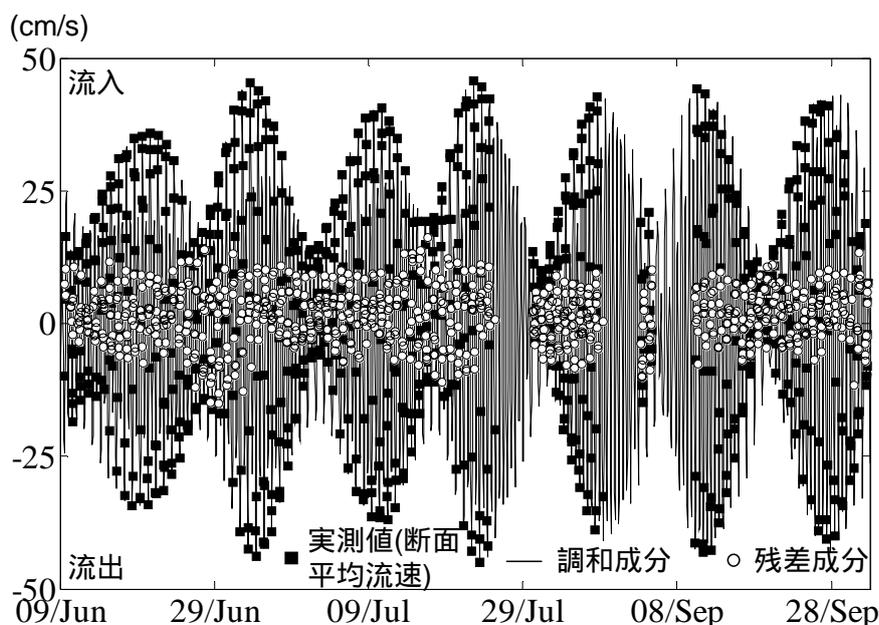


図-13 断面平均流速とその調和成分，および残差流の平均

ここで，断面平均流速は，標準航路に対して垂直方向の流れを平均したものである。

断面平均流速は，大潮と小潮での流速が大きく異なっており，小潮の時は断面平均流速が10～20cm/s程度であるのに対し，大潮の時は40cm/sを超えている。

残差流成分の平均値は全般に流入傾向にある。通常，閉鎖性内湾の残差流は，上層流出，下層流入というエスチュアリー循環の流れ構造を持っており，今回のADCP観測では表層約10mの流速が計測できないため，平均すると流入傾向になったものと考えられる。

(3) 潮流楕円

図-14,15は，2008年6月9日～9月25日にかけての南北方向，東西方向の流速を主要8分潮で調和解析して求めたM2,S2分潮の潮流楕円である。なお，この図はいわば鉛直断面上の各点における，水平方向の流向流速を解析したものであり，楕円は水平面上のものであることに注意する必要がある。

水深の深い鳥羽から約9，15km離れた，中央部と伊良湖水道部での潮流楕円が特に大きく，M2分潮の楕円の直径は約1m/sと大きい。また，その大きさは表層から底層まで同程度の大きさになっていることも分かる。鳥羽から約12km地点も水深が深いが，コンサ礁と横瀬および神島にはさまれた形となっているためか，潮流楕円があまり大きくない。

潮流楕円の向きは海底地形に影響されており，流速の大きい鳥羽から8，15kmの地点では楕円の向きが図-1,10に見られる深い海峡にそっているのに対し，鳥羽から7km

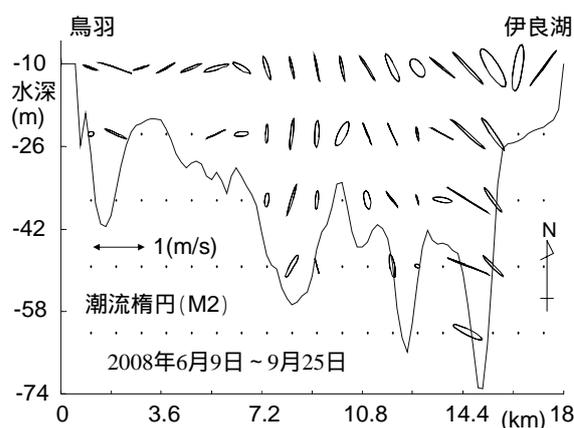


図-14 潮流楕円 M2分潮(2008年6月9日～9月25日)

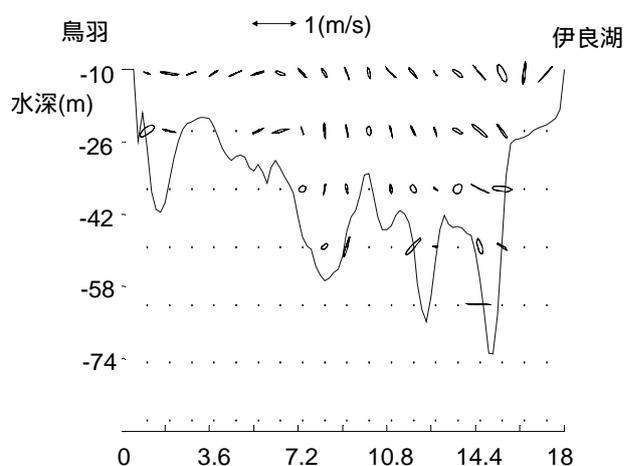


図-15 潮流楕円 S2分潮(2008年6月9日～9月25日)

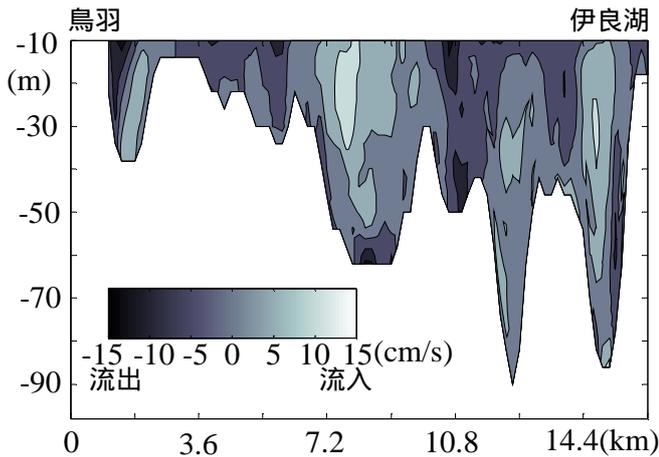


図-16 残差流(2008年6月9日～9月25日)

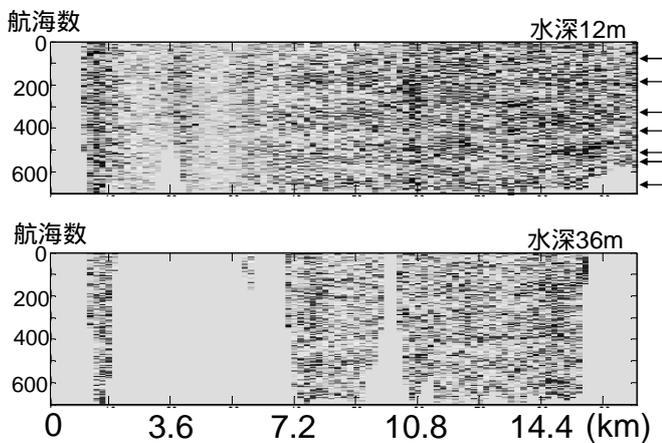


図-17 航海数毎に並べた水深12mと36mの残差流

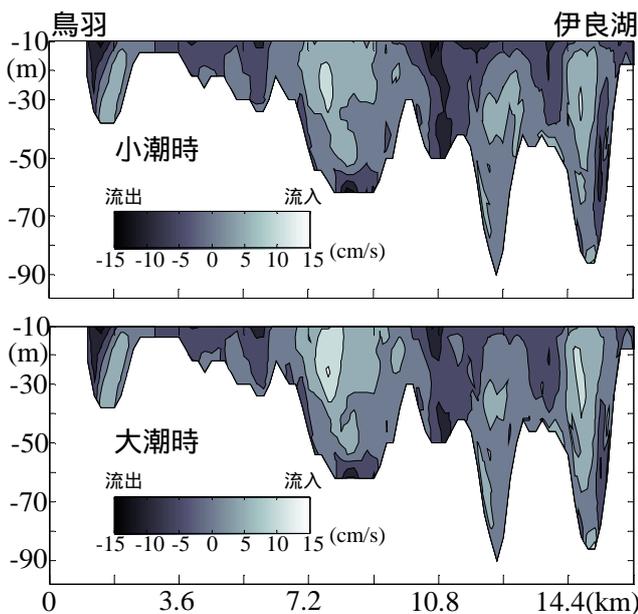


図-18 大潮時と小潮時の残差流の平均

地点までの答志島と菅島にはさまれた菅島水道では楕円の向きがほぼ東西方向に寝た形になっている。

(4) 残差流

図-16は、2008年6月9日～9月25日にかけての残差流の平均値である。鳥羽から1km, 8～9km, 12km, 14kmの位置の海峡部で、湾内に流入する方向に流れている。その最大流速は約0.2m/sである。

また、全般に鳥羽から9～16kmでは表層で流出、下層から流入する方向に流れている。

このような流れが、1)伊勢湾口特有の複雑な地形による局所的な渦によってできているものなのか、あるいは、2)外海水が伊勢湾内まで入り込み、内湾水が外海へ出て行くという大きな海水交換をとらえているのかは、現時点では区別がつかない。表層流出、下層流入はエスチュアリー循環の特徴的な流れではあるが、さらに検討が必要である。

図-16は、図-17の残差流のうち、水深12mと36mの地点の深さのデータを時系列に(航海数毎に)並べたものである。水深12mでは、周期的に図中の矢印に示した部分で、流入量が大きくなっている傾向にあり、ちょうど大潮の時期に相当している。

図-18は、2008年6月9日～9月25日の残差流のデータから、大潮の5日間と小潮の5日間をそれぞれ抽出して平均したものである。残差流の分布はあまり大きく変化していないが、詳細に見ると大潮時の方が小潮時よりも全般に流入量が多くなっている。特に表層からの流入量が大きい傾向にある。

3.3 水質測定装置による伊勢湾口の塩分水温の特徴

図-19は、2008年3月18日PM17:00に計測された塩分水温のデータである。全般に伊良湖側の方が塩分水温のいずれも高く、低いのは水深の浅い菅島水道に相当している。

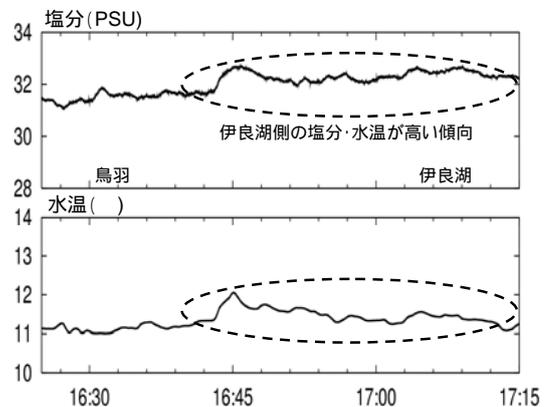


図-19 塩分水温の時系列(2008/3/18 17:00)

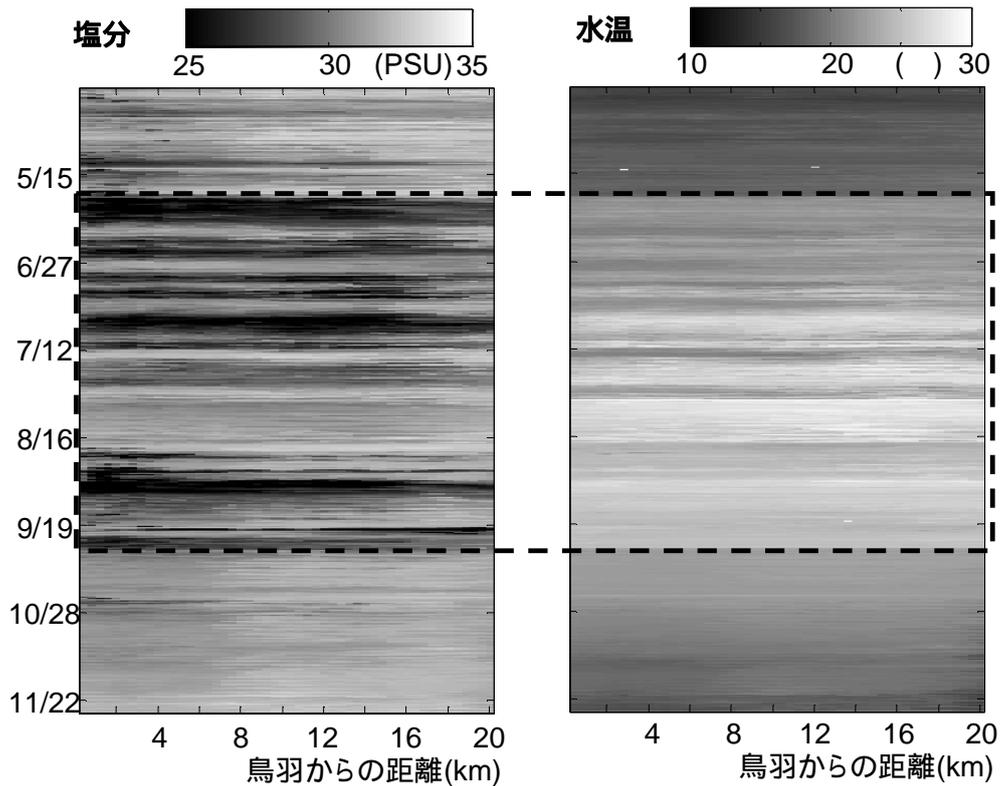


図-20 塩分水温の時系列変化

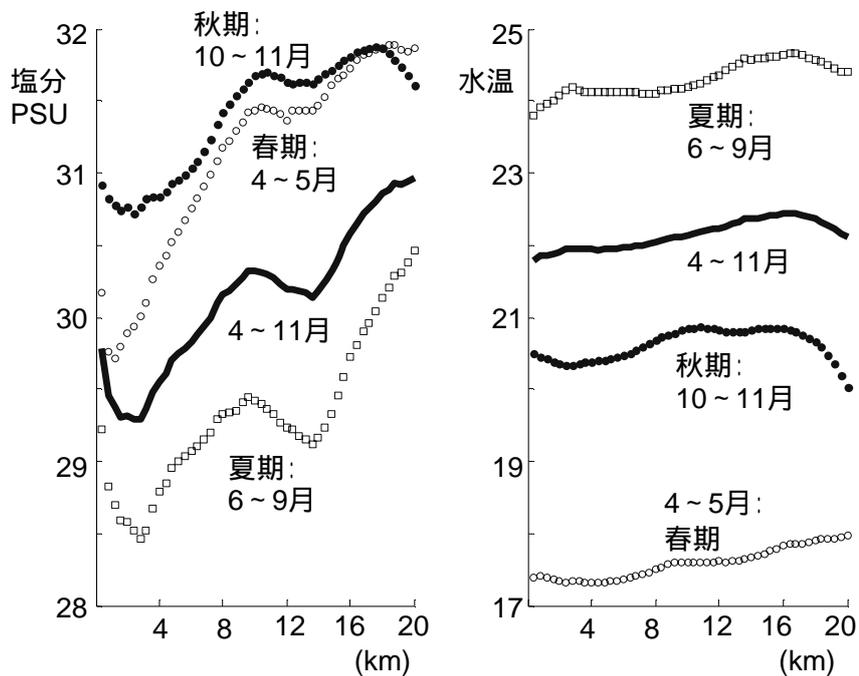


図-21 各地点での各季節における塩分水温の平均

図-20は、観測開始の2008年3月から11月までの時系列の塩分水温であり、横軸はフェリー航路の各地点の鳥羽港からの距離である。塩分は全般に降水量の多い夏期に小さく、冬期に大きくなっている。また、図-19で見られ

たように全般に伊良湖側の方が塩分水温が高い傾向にある。また、より短期的に見てみると、1~2週間の周期で頻繁に増減を繰り返しているのが分かる。一方、水温は年変動がはっきりと見られるほかに、塩分と同様に1~2

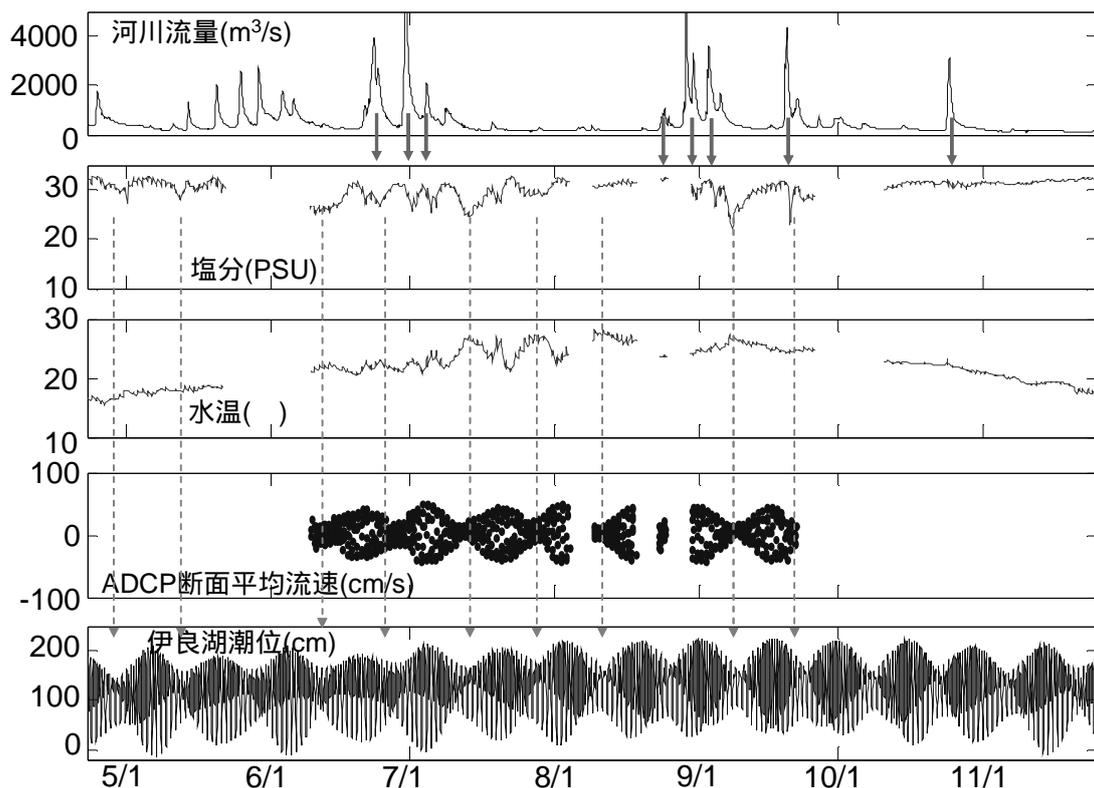


図-22 塩分水温，流向流速の航海毎の平均値と河川流量，および伊良湖の天文潮位の時系列変化

週間の周期で頻繁に増減を繰り返している。特に，夏期には塩分が高くなると水温が下がり，塩分が低いときは水温が高いという逆の傾向にあることが分かる。

図-21は，フェリー航路の各地点での3～11月までの平均値と，各季節の平均値を，それぞれ塩分水温について求めたものである。塩分水温ともに伊良湖側の方が高い傾向にある。

塩分水温ともに，菅島水道のある7kmまでの地点で最小値をとり，鳥羽から8～9km地点で極大値を取り，一旦，14km地点で極小値を取った後，伊良湖水道以東では極大値をとっているのが分かる。

図-14,15の水深および潮流楕円と比較すると，全般に水深が浅く流速の小さい場所では塩分が小さく，逆に水深が深く流速の大きい場所では塩分が大きくなっていることが分かる。また，図-16と比較すると残差流の流入量が大きい箇所ほど，塩分が大きい傾向にある。

このように塩分水温は，伊勢湾口の複雑な地形と流況の影響を受けていることが分かる。

図-22は，塩分水温，流向流速の航海毎の平均値と河川流量，および伊良湖の天文潮位の時系列変化である。河川流量は，伊勢湾と三河湾に流入する一級河川の10河川の総流量であり，国交省水文水質データベースから

求めた。

塩分は，実線矢印に示すように河川からの出水後，数日すると低下する傾向にあり，淡水流入量の大きかった9月初旬には塩分が約22.1PSUまで減少した。

しかし，破線矢印に示すように河川からの出水とは違うタイミングでも塩分が低下している場合がある。これらの塩分低下はちょうど小潮の時に見られる特徴があり，逆に大潮時には上昇する。夏期の水温は小潮時に大きく，大潮時に小さくなっている。

このような夏期の塩分上昇，水温低下は外洋あるいは深部の海水の影響を受けており，一方，夏期の塩分低下，水温上昇は内湾の表層水の影響を受けているものと考えられる。

すなわち，夏期，流速が大きい大潮時には低塩・高温の表層水が高塩・低温の下層水と大きくかき混ぜられ，逆に小潮時には混合が小さいために，その逆の傾向になることが分かる。

これらの特徴は，流れが速く，大潮時に強混合，小潮時に弱混合となる1章で述べた断面積の小さい伊勢湾口の特徴を示しているものと考えられる。

4.まとめ

伊勢湾口のフェリーに、流況・水質を連続的に計測するシステムを設置し、2008年3月より連続的に計測を開始した。流況は断面全体の流向流速を超音波流向流速計(ADCP)により計測しており、水質は船底から海水を採取することで、海表層の塩分水温を計測している。

2008年3月～11月までに得られたデータを解析したところ、以下のことが明らかとなった。

- 1) 伊勢湾口での潮流は、最も深い伊良湖水道部で大きく、大潮時には1m/sに及んでいた。
- 2) 残差流は、湾中央部と伊良湖水道で流入量が最も大きかった。鳥羽から9～16kmの範囲では、上層流出、下層流入の傾向にあった。
- 3) 大潮時と小潮時の平均残差流を比較したところ、大潮時の方が小潮時よりも表層での流入量が大きくなっていった。
- 4) 全般にフェリーで計測された表層の塩分は年間をとおして伊良湖側が大きい傾向にあった。これは、伊勢湾口の断面積が小さいため、潮流の流速が大きいことと、伊良湖水道部の水深が深いことから、塩分の濃い下層部の水塊と塩分の低い上層部の水塊が混合することによって起きているものと考えられる。
- 5) 淡水流入量の大きかった9月初旬には塩分が約22.1PSUまで減少した。ただし、塩分の低下は淡水流入の時期とは一致していない場合もあった。これらの塩分低下は小潮の時に相当していた。これは、大潮時には潮流の流速が大きいため、表層の低塩分水と下層の高塩分水が混合するのに対し、小潮時にはあまり混合しないため、大潮時よりも塩分が低くなることを示しているものと考えられる。

今回のデータは、観測開始からの8ヶ月のデータであり、今後観測を継続することによって、より詳細な伊勢湾口の情報が得られるものと期待される。

今後、各種データと比較することにより、伊勢湾口で混合された水塊がどのように伊勢湾や三河湾へ流入するのか、伊勢湾口での塩分水温や流向流速が、河川流入の大小によってどのように変動するのか、外洋の塩分水温の変化がどのように伊勢湾口あるいは伊勢湾へ影響するのかといった検討を実施する予定である。

また、東京湾と比較すると湾口の断面積が小さいため、流向流速や塩分水温の変化が大きくなっている。今後、東京湾口における長期観測結果と比較することにより、湾の体積や湾口の断面積、あるいは炭水流入量の違

いによって現れる流況や水質の特徴を調べていく予定である。

(2009年6月1日受付)

謝辞

本論文を執筆するにあたり、後藤海務部長をはじめ伊勢湾フェリー株式会社の多くの方のご協力をいただいています。また、当研究は国土交通省中部地方整備局の受託研究の一部として実施しており、中部地方整備局の多くの方々からのご協力を得ています。ここに深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 鈴木高二郎・加藤英夫(2004)：フェリーによる東京湾口の流況計測，港空研資料，No.1075，11p.
- 鈴木高二郎・竹田晃(2006)：東京湾口フェリーによる海洋環境の2003～2005年の観測結果とその特性，港空研資料，No.1134，37p.
- 鈴木高二郎・磯部雅彦・諸星一信(2008)：流況・水質の長期連続データから見た東京湾口と湾奥の関係について，海岸工学論文集，第55巻，pp.1076-1080.
- 藤原建紀(2001)：灘・海峡系における海洋構造と流動，海と空，第77巻第2号，pp.41-46.
- 藤原建紀(2002)：伊勢湾の生態系を支配する流動構造，日本プランクトン学会誌，49，pp.114-121.