

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19560806
 研究課題名 (和文) 富山県沿岸域の海潮流の季節・場所的変動特性の実船観測
 と数値シミュレーション
 研究課題名 (英文) Onboard Observations and Numerical Simulations for the Seasonal and Regional
 Variations of Ocean and Tidal Currents at the Coastal Area of Toyama
 研究代表者
 千葉 元 (CHIBA HAJIME)
 富山商船高等学校・商船学科・准教授
 研究者番号：20369961

研究成果の概要：

まずは小型船舶による ADCP 観測のシステム化を行った。そして、富山湾内の広域に定められた 9 定点に対する流向流速観測を実施し、湾内全体的な流れの傾向把握を行った。そして、特に河口近辺での流動メカニズムを探るために、小矢部河口付近での計測を重点的に行った。こうしたデータに対し、海流の循環、潮汐、河川水流入等の影響解析を行った。そして、数値シミュレーションでの実証を行う。これにより、富山湾全体の流れの把握と予測につなげる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2008年度	300,000	90,000	390,000
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋環境、海潮流、ADCP

1. 研究開始当初の背景

富山湾は、陸岸から海底へ向けて急峻に落ち込む海底地形であり、対馬暖流の分流が定常的に湾内に侵入し、これが湾内で反時計廻りの大きな流れを作っていると言われていた。一方、富山湾には立山連峰に源を発する河川が多く流入し、これが塩分の低い沿岸表層水層を形成する。こうした海底地形の特性や、海水の鉛直方向構造により、実際の海潮流に様々な影響を与えていると思える。こうした海潮流の実際の姿を計測し、またこの発生メカニズムの解明・予測が望まれる。

2. 研究の目的

1. に示した、富山湾の海底地形特性や、海水の鉛直方向構造により、富山県沿岸部に存在している、①外海の流れの分流、②潮汐に伴う潮流、③水温や塩分勾配による密度流

等に様々な影響を与えていると思える。実際には、こうした流れが複合して、現場の海域に発生するが、個々の影響は線形現象に捉えることができるので、全体的な特性の概略をつかむ事は可能と考える。財団法人環日本海環境協力センターでは「富山湾プロジェクト」を実施し、富山湾内に 9 観測定点を設け、月一回の海洋環境の実船観測を行っている。これに併せて、ADCP による海潮流の計測を行い、この計測手法を確立すると共に、現象の定量的把握を行う。そして、流体力学に基づく数値シミュレーションを実施、こうした現象のメカニズムを解明し、その予測技術の確立を目指していく。こうした富山県沿岸部における、海潮流の季節・時間・場所的な流向流速特性を把握し、その予測技術を確立できれば、船舶運航、防災、漁業、海岸施設、海洋環境保全等の多くの分野に貢献できる。

3. 研究の方法

2004 年度より(財)環日本海環境協力センターにより、富山湾の環境ウォッチングとその計測評価手法の確立を目的とした「富山湾プロジェクト」が実施されている。ここで富山商船高専が所有する実習艇「さざなみ」により、基本的に月一回の観測航海が実施されている。図1に「さざなみ」の外観と要目を示す。図2に富山湾プロジェクトにおける観測定点を示す。この各点における観測内容は、天候・雲量、気温・風向風速、表面水温、透明度、海色である。そして、水中分光放射計(Biospherical 社 PRR600)により水深 30mまでの計測、CTD(アレック電子製 AAQ1180)による水深 50m までの計測を行っている。

ここで各点における、海水の流向流速を把握することは、全体的な現象の解析に重要となる。そこで、まず、「さざなみ」を小型 ADCP 搭載測定用にシステム化した。この小型 ADCP は、航走中の船舶に搭載して海潮流の流向及び流速を測定することができる。そして、センサー部を水面に挿入固定するために、船体の外舷にフィットする金属性の取り付け金具を作成した。この取り付け位置はセンサーから照射する超音波ビームが船体による影響を受けない位置にある必要がある。また、船舶の航走により生じる気泡の影響が極力小さい位置にある必要がある。今回は RDInstruments 社の WorkHorseADCP を採用した。この仕様を表1に示す。

図3に、ADCPによる流向流速計測の概念を示す。ADCPでは海底からの超音波反射が検知でき、これによる対地速力を用いるボトムトラッキングモードでは高精度の測定が行える。本研究で検討しているシステムでは水深約100mまで、このボトムトラッキングモードでの測定が可能である。これ以上の水深においては、GPS測位の対地速力を利用した、GPSモードとなる。実際には同 ADCP を搭載した「さざなみ」により、図1で示した定点、で各5~10分程度停船させての海潮流の多層観測を行った。そして、この計測時間帯において、小型CTDにより海水の水温、塩分等の鉛直分布の把握を行う。

そして、計測により収集したデータの解析を行い、海潮流の発生メカニズムの検討を行う。ここで海潮流については、「潮汐流」、「海流」、「密度流」、「吹走流」の複合したものが「海底地形の影響」を受けて実際の形になっていると思われる。この観測で取得したデータにより、これらの要因を客観的に整理することができ、その相互関連性も把握できると思われる。また研究背景に示した、富山湾の海水

の鉛直構造も、その特徴を解析するうえでの大きな要因になっていると思える。

そして、こうした現象のメカニズムを解明し、予測技術を確立していくために、流体力学に基づく数値シミュレーションを行う。



Dimensions	L16 m, B4.1 m, D1.2 m
Gross tonnage	15tons
Service Speed	20.5 knots

図1 実習船「さざなみ」外観及び要目

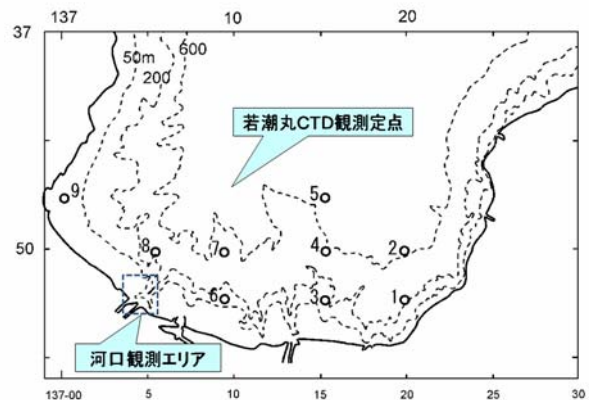


図2 「富山湾プロジェクト」観測定点
(「河口観測エリア」は次章で述べる連続観測エリアを、「若潮丸観測定点」は別途観測における定点を示す。)

表1 「さざなみ」搭載 ADCP の主要目
(RDInstruments:WorkHorseADCP、コーディネイトは(株)エス・イー・エイによる。)

Items	Range
Oscillation center frequency	600 kHz
Layer thickness	0.5 ~ 4 m
Number of layers	1 ~ 128 layers
Measurement accuracy	± 1 mm/s
Maximum measurement depth	100 m

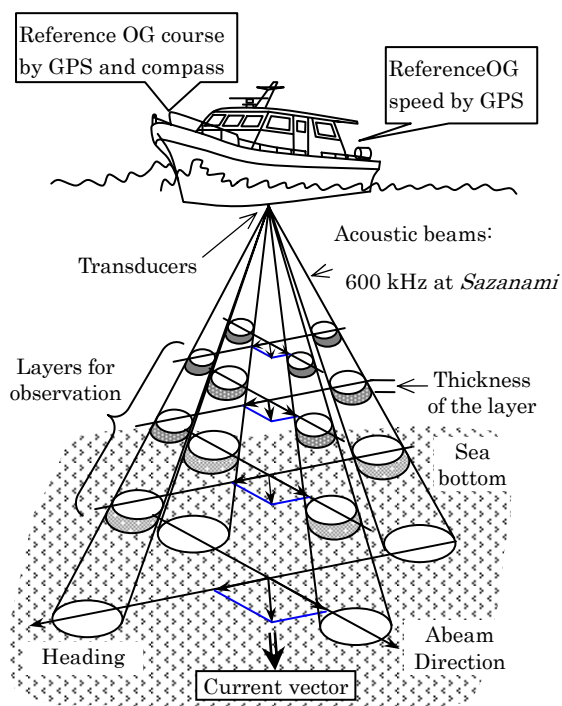


図3 船舶搭載型 ADCP による流向流速計測
(参考針路はシステム内臓の磁気コンパス、参考船速は海底反射波のドップラーシフトより得る。)

4. 研究成果

(1) ADCP 観測のシステム化

まずは「さざなみ」における ADCP 観測のシステム化を行った。外舷に取り付ける専用金属製治具の作成を行い、観測実験を行った所、船速が約 5 ノットまでは正常な観測が可能であることが分かった。ここで、「さざなみ」は船体が FRP 製であることもあり、ADCP の内蔵磁気コンパスが参考針路として十分に作用していることが確認された。そして、水深が約 70~80m まではボトムトラッキングモードでの高性能の測定が可能であることが分かった。また、専用の小型 GPS を接続しての GPS モードでの試験も行った。ここでも、停船中の観測において、船の流され方が、ほぼ一定方向と針路であれば、おおよその流向流速ベクトルを把握できることが分かった。こうして ADCP 観測のシステム化が行えた。

(2) 富山湾プロジェクト定点での観測

富山湾プロジェクトの毎月一回の観測航海にて、ADCP 観測を行った。図 4 に観測結果例を示す。これは、2009 年 3 月 9 日に実施した観測における、図 2 の St. 6 における観測結果である。ここで、諸観測で 10 分程の停船を行っているが、赤線は風や潮で流された船の航跡を示している。そして、青線が観測

された流向流速ベクトルを示している。これより、水深が約 3m においては、ENE 方向に約 0.2m/s の流れがあることがある。当システムでは、水深が 2m 毎に各面における流向流速ベクトルを把握することが可能となった。

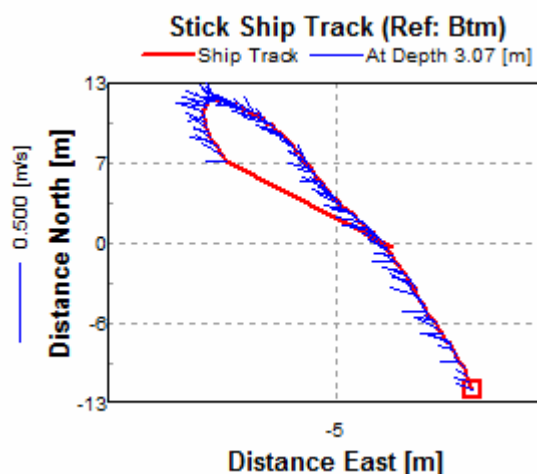


図4 ADCP 観測結果[ボトムトラッキングモード] (青線：図 2 の St. 6 の水深約 3m における流向流速ベクトル、赤線：船の航跡)

ここで同時に CTD 観測による水温、塩分等の鉛直分布等も計っているので、これらと比較することにより、河川水の影響範囲と、これと海水層との接面における流向流速ベクトルの差異を把握することが可能となる。

次ページの図 6 には図 2 の全点における、水深が約 3m、10m における、流向流速ベクトルを示す。こうして湾内全体の流れの傾向を知ることが可能となった。ここでは上げ潮時のためか、全体的な半時計廻りで、沿岸部では陸岸に沿って流れる傾向が見られる。

(3) 小矢部川及び庄川河口エリアの連続観測

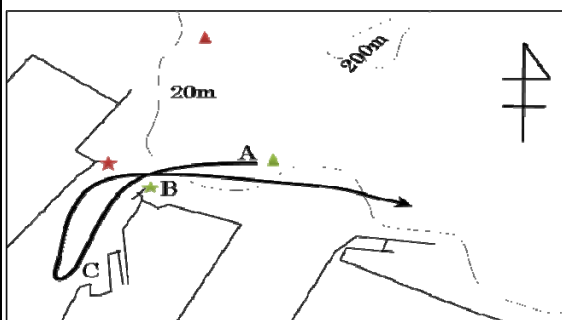


図5 小矢部川及び庄川河口エリア (A, B, C は図 7 に示すポイントとなる。)

図 5 に図 2 に示す河口観測エリアの拡大図と、観測ルートを示す。ここでは小矢部川と庄川の河川水が多く流入し、海底谷が直近まで食い込む、複雑な海底地形となっている。

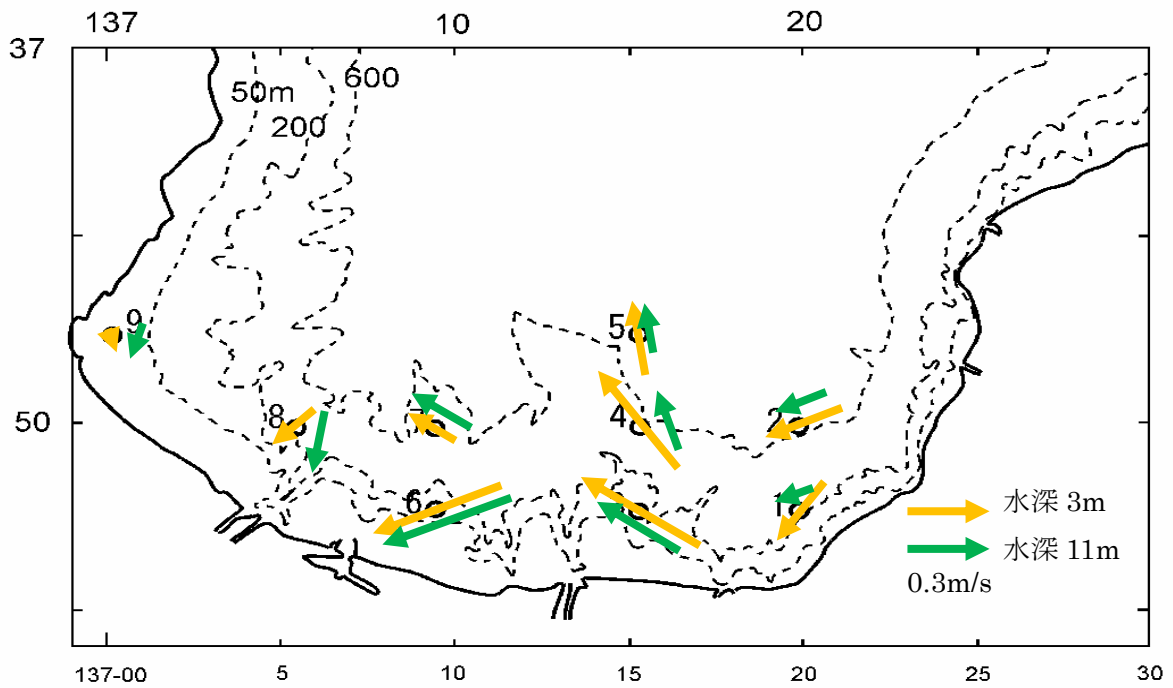


図6 2009. 3. 9 観測時の富山湾プロジェクト定点における水深 3m, 11m における流向流速ベクトル

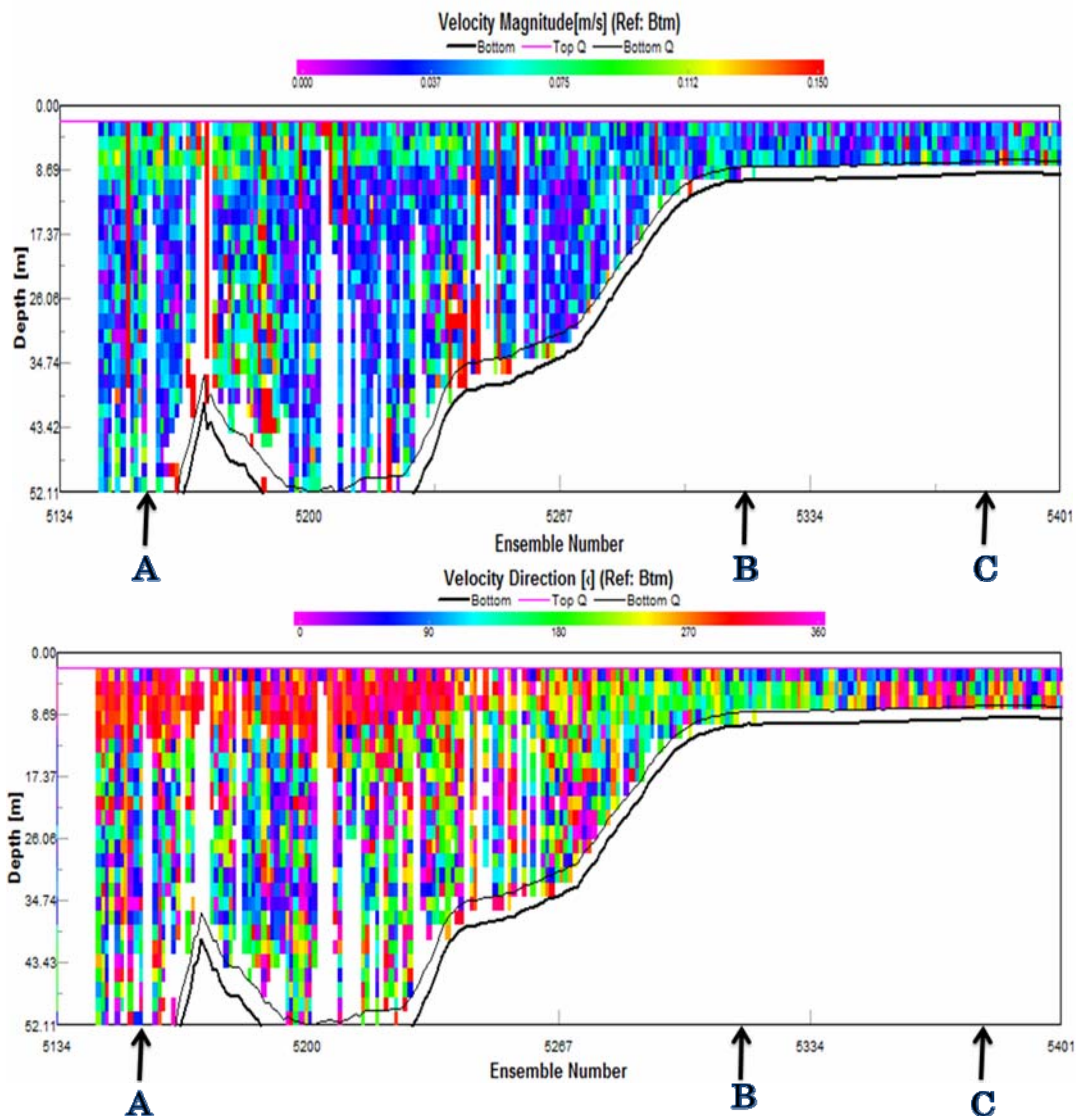


図7 2008. 9. 25 観測時の小矢部川河口域の流速（上段）、流向（下段）の深度分布

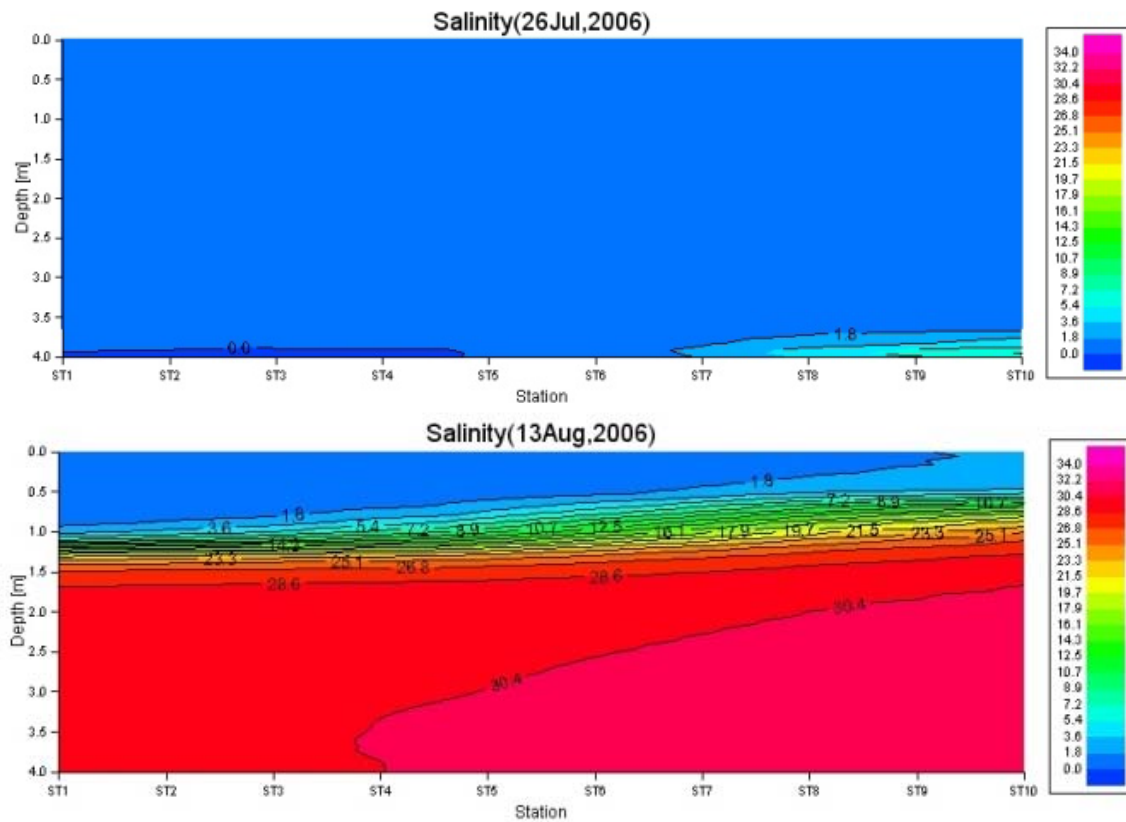


図8 庄川での塩分鉛直分布 (CTD 観測値)

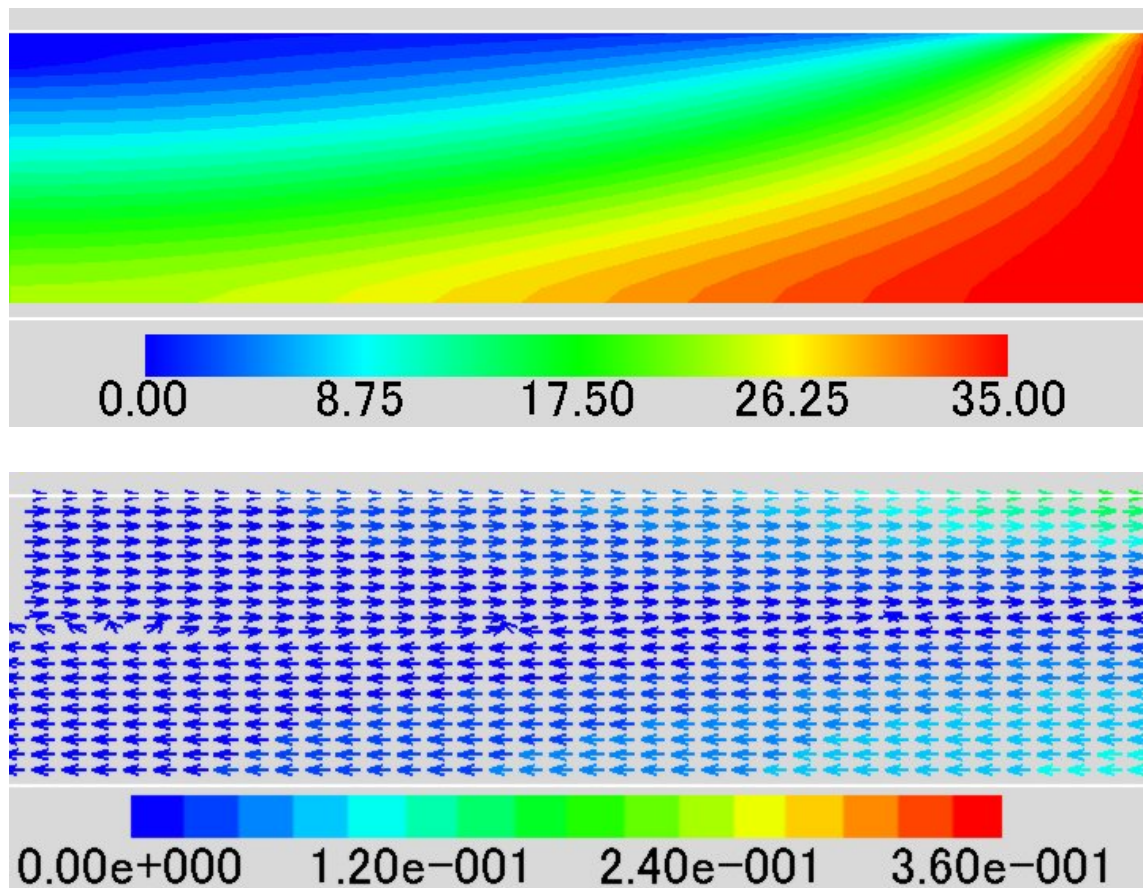


図9 庄川における塩分(上図)と速度ベクトル(下図)のシミュレーション

そこで、前記の一連観測の最後にこのエリアの連続観測を行った。まず、伏木指向灯前の航路ブイの近辺で停船し採水観測を行った。その後、5ノット程度で航走し小矢部川に侵入する。内部で停船して採水した後に、反転し庄川河口を目指す。庄川河口近辺で停船して採水を行う。これが一連の動作となる。ここで、ADCP取得データ例を図8に示す。これは、A→B→Cと移動した際のデータであり、横軸にこれらの位置を示した。また、水深が約50mまでは、ボトムトラッキングモードでのデータ取得が可能である。上段の流速の深度分布を見ると、流速が約0.15m/s以下と非常に弱いことが分かる。そして、下段の流向分布を見ると、場所と深度により、流向が大きく異なることが分かる。河口から出た所では、水深が約10mまでは、西から南方向に約0.1m/sの流れの層があることが分かる。また、B近辺の水深が急激に変化する部分では、低部に河を遡る逆流が確認できる。今後、こうしたデータを蓄積し、このエリアの流れのメカニズムを解析し、これを富山湾全体の流れの把握につなげていきたい。

(4)数値シミュレーション

沿岸域におけるADCP・CTD観測のデータを利用し、数値シミュレーションを行った。

富山湾への流入河川である庄川を対象とし、数値シミュレーションを用いて汽水域における流動場の解析を行った。はじめに図8で庄川での塩分の鉛直分布の観測値を示す。

上図は2006年7月16日の結果で、下図は2006年8月13日の結果である。グラフ左端が河川上流部で河口から約4kmの位置で、右端が河口に位置する。この区間で10ポイントの観測点を設けた。縦軸は水深である。7月26日は降雨による増水直後の結果で、観測全域でほとんど淡水であることが分かる。8月13日の結果では水深1.0~1.5m付近で塩分躍層が確認できる。数値シミュレーションでは、増水後から平水時に戻る際の海水と淡水の挙動のシミュレーションを行った。シミュレーションの初期条件は、庄川内は淡水(図8上図の状態)とし、海側から潮汐により海水を流入させるものとする。24時間後の結果が図9となる。上図は塩分を表わし、下図は速度ベクトルを表わす。この結果より約一日程度で、河口から上流部まで塩水楔が進入していくことがわかる。

また、ADCP観測では、河口域において表層と下層で逆流が度々見られたが、図9下図の速度ベクトル分布をみるとその傾向がシミュレーションからも得られている。

(5)今後の課題

現状観測において河川水の影響を把握し、これについては一部、数値シミュレーションによる検証が行えた。また、潮汐の影響による全体的な流れの傾向も把握できる。今後、沿岸部の複雑な海底地形が、こうした流れにどういった影響を及ぼすか解析する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

①財団法人環日本海環境協力センター：「平成20年度環境省委託業務 北西太平洋地域海行動計画活動推進事業報告書」, 平成21年3月 (査読無)

②千葉元, 金山恵美, 田近茂樹, 東山茂勝, 井口眞司, 古山彰一, 朝野洋, 若林信一：「富山湾の海水温度・塩分の季節変動特性 -第5報-」 -実習船「さざなみ」による海洋環境計測一, 富山商船高等専門学校研究集録第42号, 平成21年7月 (査読有)

[学会発表] (計1件)

①Hajime Chiba, Sho-ichi Furuyama, Koji Yokoi and Emi Kanayama, “Observations of Current Direction and Speed by Shipboard ADCP and GPS Reference Data”, International Symposium on GPS/GNSS 2008 in Tokyo, 2008.11, Tokyo International Exchange Center

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千葉 元(CHIBA HAJIME)

富山商船高等専門学校・商船学科・准教授
研究者番号：20369961

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

竹内 章(TAKEUCHI AKIRA)

富山大学・理学研究科・教授

研究者番号：20126494

古山 彰一(FURUYAMA Sho-ichi)

富山商船高等専門学校・情報工学科・講師

研究者番号：90321421