

ADCP を用いた富山湾の海潮流調査

○学生会員 浜田 健史 (富山高等専門学校海事システム工学専攻)
正会員 千葉 元 (富山高等専門学校商船学科)

Abstract

富山湾における ADCP を用いた海潮流観測を行った。湾内全域観測は船舶搭載型 150kHz ADCP で行い、能登半島沖で対馬暖流本流、珠洲沖にて対馬暖流の反流、湾内では反時計回りの渦を観測した。人工衛星リモートセンシングデータや気象庁数値計算データと ADCP データを照合すると、同傾向である箇所が多く確認できた。沿岸観測は海底設置型 1200kHz ADCP で行い、潮汐流、風速約 10m/s を超す強風が吹いた場合の吹送走が表層から水深約 5m の海底まで影響を与えること、またこうした流れの地形性効果の存在を確認した。

キーワード：ADCP、海潮流、対馬暖流

1. はじめに

1.1 研究目的

本研究では富山湾の海洋構造調査を行い、富山湾における定常的な海潮流のメカニズムを解明し、漁業や海難防止等に貢献することを目的とする。そこで富山湾広域と沿岸の海潮流観測を実施した。

1.2 富山湾について

図 1 に日本列島西岸の中央部に位置する富山湾の配置を周囲の海底地形とともに示す。富山湾は大陸棚が未発達で岸から 10km ほどで水深 1000m 以上に達する急深な海底地形である。また、能登半島沖には対馬暖流が流れ、その一部が富山湾内に流れ込まれている。そして県内には 5 つの一級河川があり、立山連峰から流れ出た水が栄養豊かな富山湾を形成し、湾内の水塊構造や流動に大きな影響を与えている⁽¹⁾。

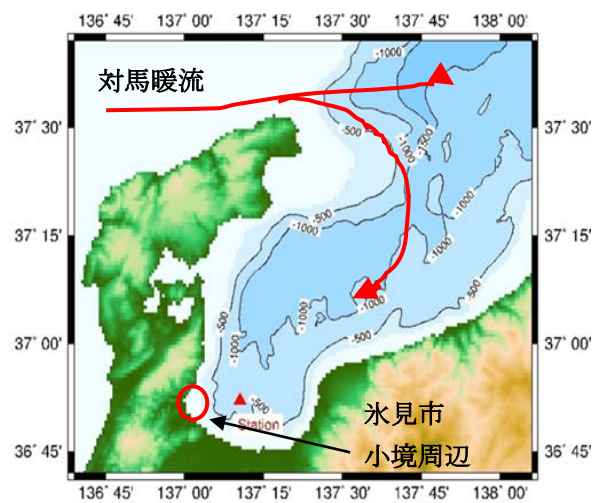


図 1 富山湾外観及び海底地形図⁽¹⁾

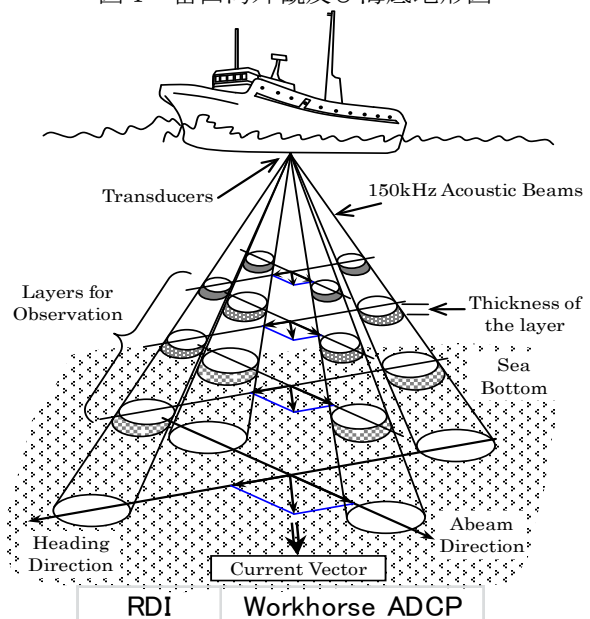
2. 富山湾広域観測

2.1 「若潮丸」搭載 ADCP 観測について

広域観測では本校練習船「若潮丸」(231GT、全長約 54m) 搭載の ADCP を用いて観測航海を行った。

図 2 に「若潮丸」搭載 ADCP (RD Instruments 社製 Workhorse) の概略図を示す。ADCP は (Acoustic Doppler Current Profiler) の略で超音波式多層流向流速計のことである。ADCP は超音波のドップラーシフトを利用して海流を計測しており、4 枚の超音波の送受信機が設置されている。

図 3 に 2012 年 8 月 20 日から 21 日にかけて行った「若潮丸」搭載 ADCP の観測航海の結果を示す。赤線は水深 20m 深における流向流速のベクトルを示している。150kHz の ADCP が観測できる最大の水深は約



項目	仕様
発振中心周波数	150kHz
定層厚	8m
最大測定距離	300m

図 2 「若潮丸」搭載 ADCP の概略図

300m であるため、水深の深い富山湾沖合では高精度であるボトムトラックリファレンスが使用できず、GPS リファレンスを用いて観測を行った⁽²⁾。

図 3 に、2012 年 8 月 20 日～21 日の観測航海における測定結果を示す。対馬暖流の本流が能登半島北端から約 30 マイル沖合まで E～SE 方向に 0.5～0.7m/s 程度で流れていることがわかる。また、珠洲沖にて対馬暖流の反流が SW 方向、約 0.2m/s で流れていた。そして湾内では反時計回りの渦が確認できた。11 時の方向には WNW 方向 0.4m/s、5 時の方向には NNE 方向 0.3m/s～0.4m/s の流れを確認した。

2.2 数値計算データとの照合

図 4 に気象庁の海洋大循環モデル・海洋データ同化システムにおける計算データを示す⁽³⁾。黒の矢印は海潮流の流向流速ベクトルを示し、赤線は 2012 年 8 月 20 日から 21 日に行った「若潮丸」ADCP 観測航海の航跡を示している。青の点線は、沿岸に最も近いベクトルをなぞったもので富山湾から能登半島へ向かっていることがわかる。2 日とも同じ流れが観測されたため沿岸における定常的な潮流であることも考えられる。また「若潮丸」ADCP 観測データとほぼ同じデータが得られたことから精度が良いことが分かる。またここで顕著な潮汐影響は見られない。

2.2 衛星リモートセンシングデータとの比較

図 5 に (公財) 環日本海環境協力センター (NPEC : Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center) 提供の人工衛星リモートセンシングデータ (クロロフィル a 濃度分布) を示す。データの日時は前項の「若潮丸」ADCP 観測航海を行った 2012 年 8 月 20 日である。人工衛星搭載の赤外線及び光学センサーによって、地球表面の温度とクロロフィル a 分布を調査することができる⁽⁴⁾。これは NASA が保有している MODIS センサーが搭載されている Terra、Aqua 衛星のデータを JAXA が解析している。クロロフィル a とは植物の光合成に必要なクロロフィル (葉緑素) の一つであり、植物プランクトンの総量とみなすことができる。そして河川水分布の目安としても用いることが可能である。そのため、沿岸部は河川水の影響を受けて濃度が高くなっていることがわかる⁽⁵⁾。

図 3 に示す「若潮丸」搭載 ADCP において富山湾中心部における反時計回りの渦が観測された氷見、黒部沖を拡大すると同傾向のクロロフィル a 濃度分布が観測された⁽⁶⁾。但し、図 3 は水深が約 20m、図 4 と図 5 は表層であるがほぼ同傾向であった。

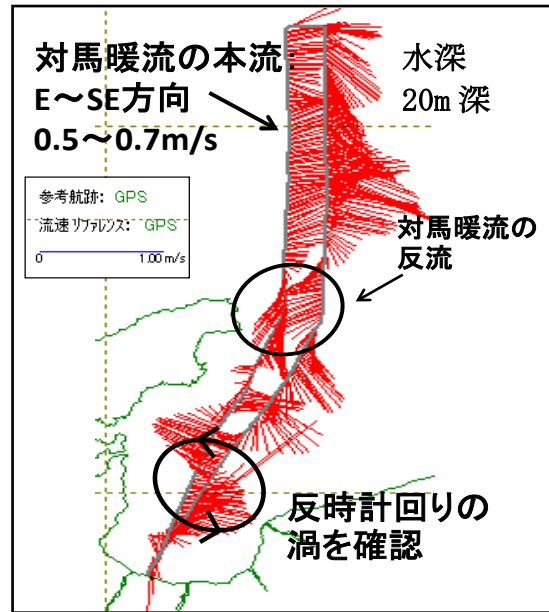


図 3 「若潮丸」搭載 ADCP 観測結果

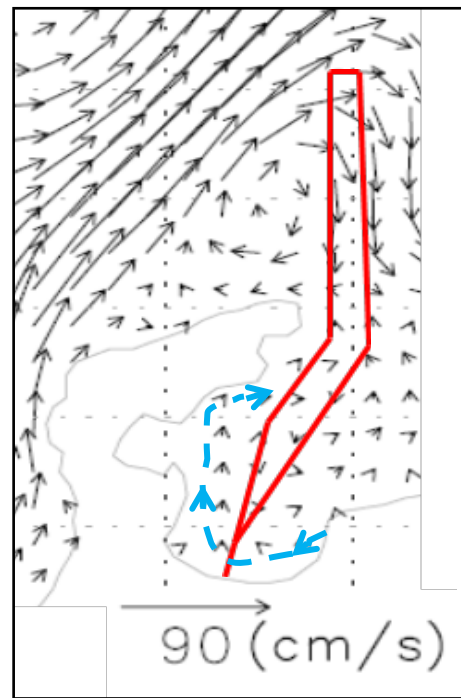


図 4 気象庁海洋データ同化システムによる海流ベクトル⁽³⁾ (2012 年 8 月 20 日水深 0.5m の計算値)

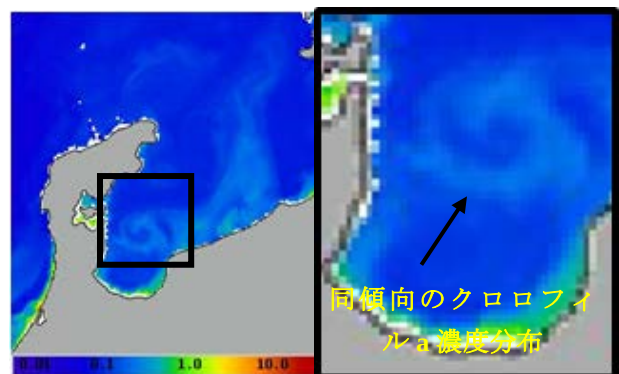


図 5 人工衛星によるクロロフィル a 濃度分布⁽⁴⁾ (2012 年 8 月 20 日観測、MODIS/AQUA より。)

3. 富山湾沿岸観測

3.1 海底設置型 ADCP 観測について

沿岸観測は氷見市小境海岸海水浴場沖にて観測を行った。図6に小境海水浴場付近の外観図を示す。

白い四角は観測点を示す。地形的にほとんどの西流は海水浴場へ向かい、また東流は海水浴場から外海へ流れ出ると考えられる。沿岸観測で用いた海底設置型 ADCP の使用周波数は1200kHzを使用し層厚は25cmである。図7に海底設置型 ADCP の概略図を示す。使用する際は観測ポイントにて船から降ろし、ダイバーが海底に土嚢で固定する。

図8から図10まで2013年4月16日～20日にかけて行った海底設置型 ADCP (RDI Workhorse1200kHz) による海潮流の流向を示す。横軸は時間、縦軸は水深を示し、色別で流向を示す。流向図に描かれている白の点線は海表面を示す。これは ADCP の各水深の反射強度のデータより推測している。これより上方は多重反射の偽像となる。黒の点線は気象庁の潮汐データを基に作成した。その際潮汐変動をわかりやすくするためスケールを拡大して表示してある。潮汐は干満の差が15～20cmであった⁽⁷⁾。

4月16日20時頃に北東へ向かう流れが観測された。気象庁のアメダスデータと比較すると氷見アメダスは静穏だが、伏木アメダスは3m/sの南西の風、富山アメダスは7m/sの南南西の風が吹いていた⁽⁷⁾。このことから北東へ向かう風の影響を受けて、表層から流れが変化し海底5mに達したと思える。

17日12時頃に寒冷前線が通過したことにより、氷見アメダスでは8m/sの北北東の風、富山アメダスでは東北東の風8.5m/sを記録した。海上では、陸上の1.5倍ほど強く風が吹くため海上では約12m/s程風が吹いていたと考えられる。そのため流向は南西方向へ変化した。この時の流速は表層では約0.4～0.5m/s、海底付近では0.1～0.2m/sと弱かった。そのため海底付近の流向は一定せず南や北西の成分も交じっていた。またこの時、海面がわずかに上昇した。上げ潮と重なったことも原因と考えられるが風により南西に寄せられた海水も原因と推測される。

17日21時半頃や18日9時半頃、20日1時頃には潮汐変動による海面の上昇、下降が観測された。

そして19日7時～9時頃、同日10時～13時頃、20日0時～6時頃の3回、南西と北西に流速が約0.2m/sで交互に流れていたことが観測された。これは強い長時間の南西流により、小境海岸の入江が上昇したことによる押し戻しによる流れと考えられる。

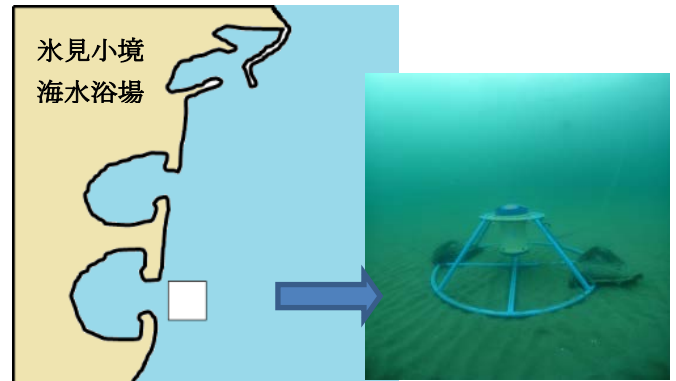


図6 氷見小境海岸付近の外観図と ADCP 設置風景

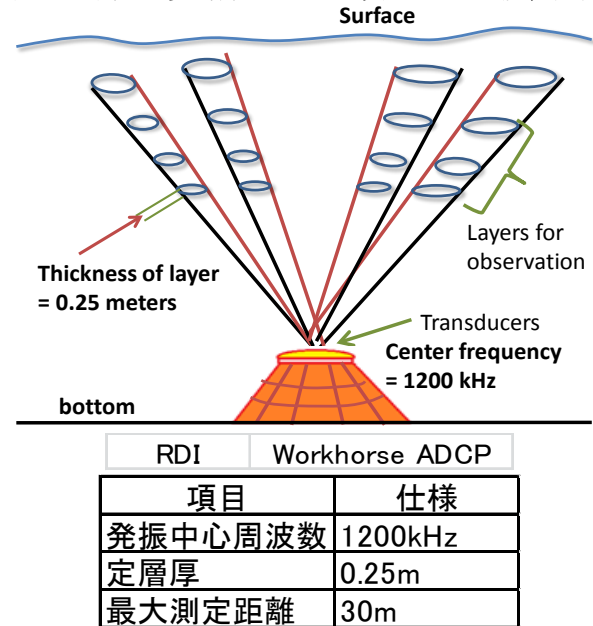


図7 海底設置型 1200kHz ADCP 概略図

4. まとめ

広域観測の「若潮丸」搭載 ADCP データより湾内を反時計回りに流れる潮流を観測し、また NPEC 提供の衛星リモートセンシングデータよりクロロフィル a 濃度分布が同様の傾向を示していたことから定常的であると考えられる潮流を確認した。そして気象庁提供の数値計算データより沿岸に沿って能登半島へ向かう流れが存在していることが確認できた。海底設置型 ADCP より氷見小境海岸沖では、沿岸部においては、流速は弱い、海流、潮流、吹送流が時間的・場所的に複雑に存在し、海水浴場の入江からの流入出による局地的な地形的特性を把握できた。

海潮流の観測は気象や海象影響により流れは常に変化している。そのため明確な定常的海流と断言し難い。また湾内と沿岸の潮流を同一として扱うことは難しいが、相互に関係していることは事実だと考える。今後も観測を継続し、より多くのデータを集め、富山湾における海潮流について研究したい。

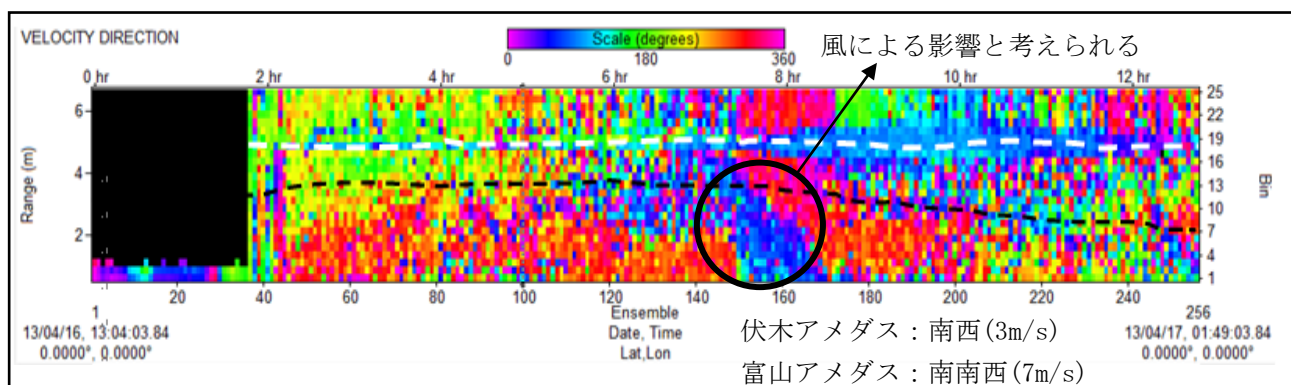


図8 4月16日13:04から4月17日1:49までの海底設置型ADCPによる流向データ

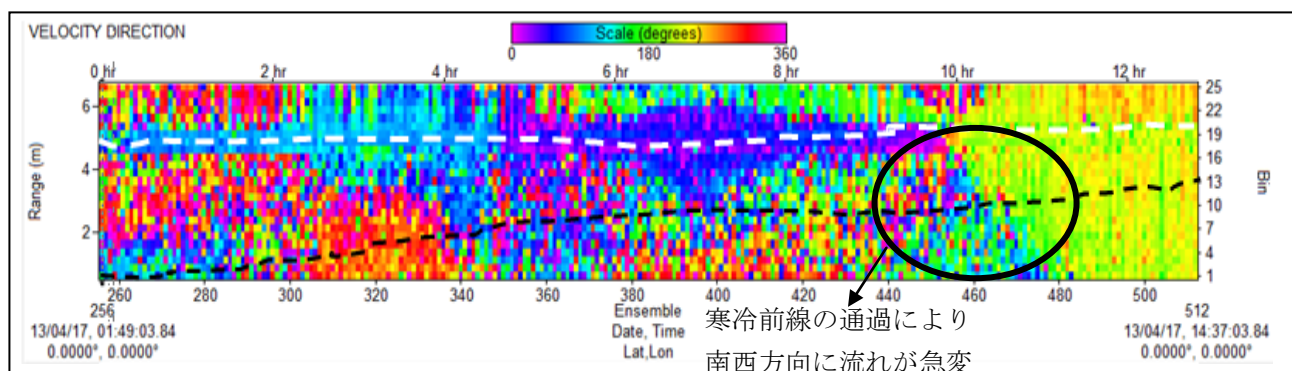


図9 4月17日1:49から4月17日14:37までの海底設置型ADCPによる流向データ

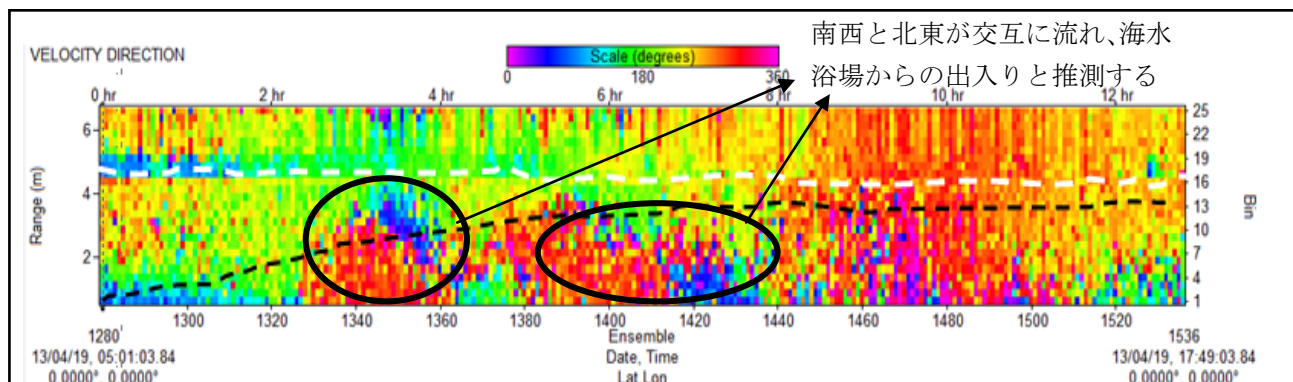


図10 4月19日5:01から4月19日17:49までの海底設置型ADCPデータ

舞鶴海洋気象台海洋課の皆様には海洋大循環モデルとデータ同化システムについて多大なご指導を頂きました。実船計測では富山高専の臨海実習場及び「若潮丸」の乗組員の皆様に多大なご協力を頂いております。また、東京大学大気海洋研究所の道田豊教授には、ADCPデータ取り扱いについて、多くのご助言を頂きました。(株) エス・イー・エイには多くの技術的サポートを頂きました。ここに謝意を表します。本研究の一部は(公財)環日本海環境協力センターの「富山湾プロジェクト」によるものです。

参考文献

(1) 杉江実宝 他：「CTD観測による富山湾の海洋構造調査」海洋気象学会平成23年度第2例会(2011.3)

(2) 千葉元 他：「ADCP観測による富山トラフ周囲の海潮流調査」、海洋気象学会2012年度第2例会(2012.12)

(3) 気象庁：「海洋大循環モデル」

<http://www.data.kisyuu.go.jp/kaiyo/db/kaikyo/knownledge/model.html>

(4) (公財) 環日本海環境協力センター(NPEC)：「海のカレンダー」<http://www.npec.or.jp/>

(5) 雪垣智志 他：「富山湾の海洋環境の季節変動特性調査」日本航海学会第7回学生講演会(2012.11)

(6) 濱田健史 他：ADCP、CTDによる富山湾の海洋観測調査、平成24年度電気関係学会北陸支部大会(2013.3)

(7) 気象庁：過去の潮汐・アメダスデータ

<http://www.jma.go.jp/>