

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22540451

研究課題名（和文） 強流帯を横断する船舶による ADCP 観測データの較正

研究課題名（英文） Calibration of Shipboard ADCP data in Western Boundary Current

研究代表者

仁科 文子 (NISHINA AYAKO)

鹿児島大学・水産学部・助教

研究者番号：80311885

研究成果の概要（和文）：九州南方のトカラ海峡を流れる黒潮を横断する定期フェリーによる ADCP（超音波流向流速プロファイラー）の観測データには船体動揺による流速エラーが含まれている可能性がある。この流速エラーを観測により検出・評価し、データの較正手法を再考した。その結果、船体動揺が最も大きい「荒天時」の流速の誤差は約 11%であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：Pitch, roll, and heading variations of the platform on which ADCP is mounted will affect the measurements of water velocity of ADCP. It is considered that the magnitude of velocity error is especially large in the western boundary current. In order to eliminate errors due to pitch and roll biases, attitude variations were measured by GPS on the ADCP mounted Ferry boat which across the Kuroshio in the Tokara strait. As a result, when in large attitude variations, up to 11% errors were included in the ADCP velocity data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学，気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋物理，船底 ADCP，船体動揺

1. 研究開始当初の背景

2002年10月から、トカラ海峡を横断する定期フェリー「フェリーなみのうえ」（マルエーフェリー株式会社所属）に超音波流速プ

ロファイラー（ADCP）を取付け、1日から3日おきにトカラ海峡の表層から海底付近までの流向・流速データを取得してきた。この ADCP データからトカラ海峡の断面流量を

算出したところ、長崎海洋気象台などが算出したトカラ海峡における地衡流量の1.5倍～2倍もあった。詳細にデータを調べたところ、ADCP流量と地衡流量にこれだけ大きな違いが生じるのは、ADCPのデータ較正として従来行われてきたアライメント誤差補正では取り除けない誤差が残存しているため、流速値を用いて算出した流量が過大評価されているのではないかと考えられた。その誤差原因として船体動揺、潮汐流のエイリアジングが考えられた。船体動揺については、定期フェリーは黒潮を横断するため、天気が良くても船体の動揺は大きい可能性が考えられた。船体動揺による誤差の発生はすでにAlderson and Cunningham(1999)が行ったドレーク海峡での観測研究により示唆されており、これが主たる原因と考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、船底ADCP観測による黒潮流量が過大評価されている原因を突き止める。そのために3次元GPSシステムを船底ADCPを搭載しているフェリーに取り付け、黒潮流域で船体動揺による流速誤差がどの程度なのかを見積もる実験を行う。さらに潮汐流のエイリアジングによる誤差について、フェリー航路上のトカラ海峡最深部付近で流速計の係留観測を行って潮汐流を見積もり、船底ADCPデータに潮汐流による誤差がどの程度含まれているかを明らかにする。その後、較正済みADCP流速の時系列データセットを作成する。

3. 研究の方法

(1) 観測内容

①平成22年6月にトカラ海峡最深部

(29-21.48N, 129-48.90E)に3次元超音波流速計を2台係留し、深度260m層と460m層での流向・流速観測を開始した。平成23年6月にこの流速計を回収し、すぐに同じ深度に流速計を設置して平成24年6月まで観測を行った(図1)。

②平成23年7月のマルエーフェリー所属の「フェリーなみのうえ」の定期点検(ドック)時に、船の設計図上ADCPのトランスデューサーの真上にあたる位置を軸にしてア

ッパーデッキ上にGPSアンテナをL字形に設置し、3次元GPSシステムによる船体動揺観測を開始した。この観測はフェリーが売船される平成24年3月末まで行われた。

③「フェリーなみのうえ」に設置済みの船底ADCPにより、トカラ海峡を横断する流向・流速データを約270断面取得した(図1)。なお、使用した船底ADCPはTeledyne RDI社製 Ocean Surveyor, 38kHzで、観測層厚は24m、サンプリング間隔は約10秒、観測はNarrow Band modeとし、リファレンスとしてBottom trackも計測した。

④計画にはなかったが、トカラ海峡の地衡流推算のためのデータとしてARGOフロートを用いることを検討し、トカラ海峡を含む沖縄トラフでのARGOフロートの即時データのブラッシュアップと解析を行った。

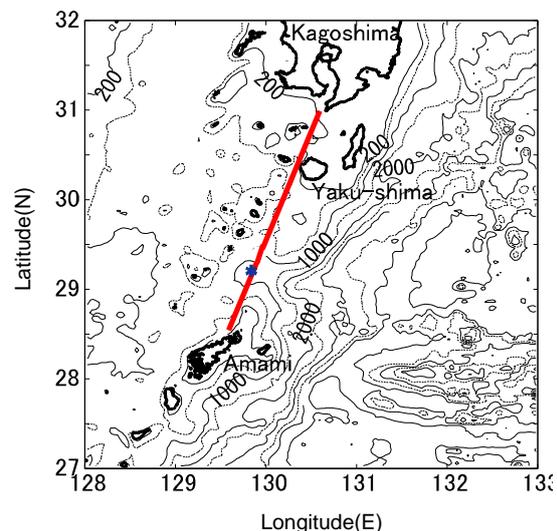


図1. フェリー航路(赤線)および係留流速計設置点(*)

(2) 解析方法

①係留観測による3次元超音波流速計のデータから潮汐流のエイリアジングによる誤差の検討を行う予定だったが、流速計が黒潮の速い流れにより計測限度を超えるほど傾斜している期間が不連続にあり、当初の目的は果たせなくなった。そこで、流速が計測できており、なおかつ、その計測時刻の前後30分内に係留点で計測されたフェリーのADCPデータをピックアップして流速

の比較を試みた。

②3次元GPSのPitchとRollのデータは1秒間隔で取得していたが、信号の受信状況が不安定で航路上で数秒毎のデータの跳びや変針時にスパイクノイズが入るなど、雑音の多いデータだったため、スパイクノイズを除去した後、データ跳びの箇所には10秒間の平均値を代入し、10秒間の重み付移動平均処理を行った。これらの10秒平均のHeading、Pitch、Rollの値を用いてADCPデータを補正し1分平均の流速・流向データを作成した。同時に、この船体動揺補正済みデータ(ADCP-PRデータと呼ぶ)と比較するために、従来のHeadingだけを使用したアライメント補正も行った(ADCP-Aデータと呼ぶ)。2種のADCPデータは加重平均を用いて緯度方向に 0.05° 、深度は48mから24mごとに45層の格子点データにした。2種のADCPデータを比較し、誤差流速を見積もった。この比較に用いたADCPデータは98断面分である。

4. 研究成果

ADCPの断面データは274回観測された。これらのデータを処理し、荒天などによりトカラ海峡内のデータが取得できていないものを除くと、利用可能な断面データは261断面となった。

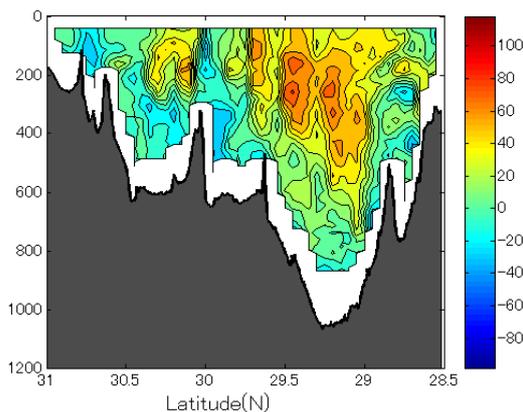


図2. トカラ海峡におけるADCPによる流速(cm/sec)分布の例
+が東シナ海から太平洋に向かう流れ

トカラ海峡に係留した3次元超音波流速計の観測結果は以下の通りである。2層の流速

計のうち設置深度が260mの流速計のデータを調べたところ、2年間にわたって計測したデータ数17778個のうち、流速計の測定限界の傾斜角度15度を越えたデータ数は4368個であった。傾斜角度が15度未満のデータの測定深度は256m~357mの間であり、傾斜角度は小さくても係留系全体の傾きが大きくて測定深度が深くなる場合があった。設置深度が460mの流速計はデータ数17778個のうち流速計の測定限界の傾斜角度15度を越えたデータ数は10496個、傾斜角度が15度未満のデータの測定深度は467m~508mであった。このため、潮汐の見積もりは行わず、流速の計測時刻の前後30分間に、設置点上で取得されたADCPデータをピックアップし、比較検討した。その結果、直接測流の値とADCPの流速値の差(ADCP-流速計値)はADCP-Aデータでは $-1\text{cm/s} \sim 10\text{cm/s}$ 、ADCP-PRデータでは $-2\text{cm/s} \sim 9\text{cm/s}$ となり、ADCPの流速補正の方法による違いは無かった。今回、流速計データの欠測値の多さにより、潮汐流による誤差の評価ができなかったが、流速計による実測流速よりもADCPによる流速の方がデータ処理の方法に関係なく大きいという結果を得た。この原因については今後検討したい。

3次元GPSによる船体動揺とADCPの断面が同時に計測できた98回分のデータを用いて解析を行った。晴天時でも航路上で船体動揺が比較的大きくなるのは、佐多岬-屋久島間の大隅海峡、口永良部島と屋久島間の水道の南、黒潮前線を通過する時であった。またGPSデータにスパイクノイズが多く出現するのも同海域であった。98断面でADCP-PRとADCP-Aの差の標準偏差の断面分布を調べると $\pm 0.15\text{cm/s} \sim \pm 2.3\text{cm/s}$ となり、前述の海域で差のばらつきが大きかった。ADCP-PRとADCP-Aの断面全体の平均流速の差は -0.6cm/s となり、ADCP-PRの方が平均流速は小さかった。この差がADCP-Aを用いた流量計算で、流量の過大評価になっていたと考えられた。98断面のうち薩南海域に波浪注意報が発令されており、なおかつGPSのスパイクノイズが比較的少なかった4例について北緯 29.5° 以南の海域でADCP-PRを真値とした場合の流速誤差を求めた所、最大で11%であった。

船体動揺が大きくなる黒潮前線域などでGPSデータにスパイクノイズが出現することが多く、その海域とADCP-PRとADCP-Aの差

の標準偏差が大きい海域が一致するのは GPS データの不確かさが原因になっている可能性もある。現在、この点についての検証を、鹿児島大学水産学部附属練習船「かごしま丸」を利用して行っている。また、今回の結果から 3 次元 GPS のデータ取得を開始した 2011 年 7 月より前の ADCP データについてはトカラ海峡内の海域別・深度別の誤差を提示するのみとしているが、今後、ADCP データの Correlation と 3 次元 GPS の Pitch と Roll の関係から、2011 年 7 月より前の ADCP データの Correlation から誤差を推測して補正することができるかを検討したい。

なお、本研究の結果の論文は現在、再投稿の準備である。

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 1 件)

- (1) 小牧 裕幸・山城 徹・城本 一義・中村 啓彦・仁科 文子・広瀬 直毅、海流発電適地選定のためのトカラ海峡における黒潮調査、土木学会論文集 B3(海洋開発) 特集号、Vol. 69、No. 2、2013、査読有、(印刷中)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

仁科 文子 (NISHINA AYAKO)
鹿児島大学・水産学部・助教
研究者番号：80311885