

# 船舶搭載 ADCP 測流データの偏り誤差補正について

工藤宏之, 寄高博行: 海洋研究室

## Correction of Bias Error for Shipboard ADCP's Current Data

KUDO Hiroyuki, YORITAKA Hiroyuki : Ocean Research Laboratory

### 1. はじめに

海上保安庁では、従来から巡視船艇・測量船艇に搭載された ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) による海流観測を行っているが、平成11年度からは衛星電話回線を利用したデータ伝送装置の導入が始まり、測流データを観測されたその日のうちに取得することが可能となった。現在では、一日平均10隻前後の船艇からデータが送られてきている。

このように大量の即時データが恒常的に得られる状況では、従来のような人手に頼った異常値の除去作業は困難であり、自動的な品質管理手法が望まれている。

また、これらの測流データは、近い将来にデータ同化手法を用いた海況把握に使われるのであるが、データ同化手法にとって、入力データに系統誤差が含まれることは好ましいことではない。

このような状況を踏まえ、測流データに含まれる無視できない大きさの偏り誤差を自動的に取り除くことを目的として、Joyce *et al.* (1982), 石井ら (1986) に述べられている船体に対する ADCP 送受波器の取り付け角度のずれの影響に注目し、海上保安庁の巡視船艇および測量船86隻について、ADCP 観測座標系の回転角  $\alpha$  を算出した。 $\alpha$  の算出は、対地モード時のドップラー対地船速度 (音響ビームの海底反射のドップラー変位から計算される) と航法船速度 (GPS 等の測位装置から得られる船位から決定される) の方位の比較によって行った。

### 2. ずれ角度の影響と補正式

ジャイロの指す船首方位と ADCP 送受波器系の船首方位にずれ  $\alpha$  (時計回り正) がある場合、ADCP によって観測される船の進行方向  $\theta'$  と真の進行方向  $\theta$  の関係は、

$$\theta' = \theta - \alpha \tag{1}$$

である (第1図) から、真の船速度  $V$  と、ADCP によって観測されるドップラー船速度  $V'$  の関係は、

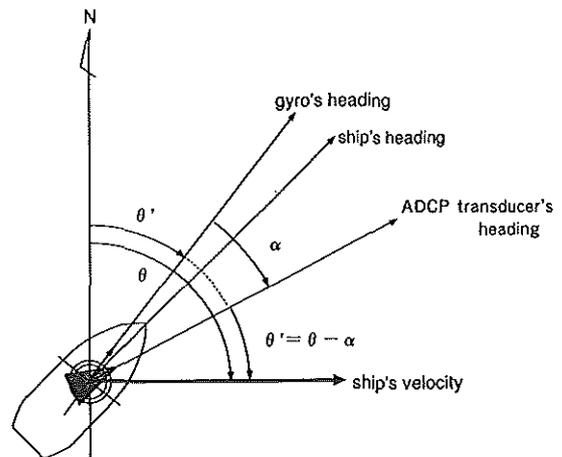
$$V' = R(\alpha)V \tag{2}$$

である。ここで、 $R(\alpha)$  は角度  $\alpha$  の反時計回りの回転を表す行列、

よって ADCP によって観測される流向流速  $C'$  と真の流向流速  $C$  の関係は、対地モードでは、

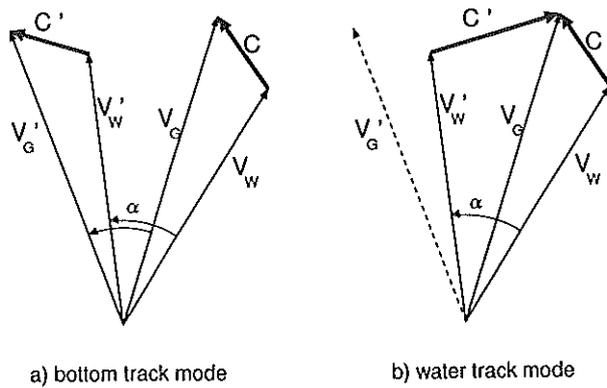
$$\begin{aligned} C' &= V_G' - V_W' = R(\alpha)V_G - R(\alpha)V_W \\ &= R(\alpha)C \end{aligned} \tag{3.1}$$

となり (第2図 a), 対水モードでは、



第1図 観測方位についての ADCP 観測系の回転の影響

Fig.1 Effect of ADCP system rotation for observing direction.



第2図 a) 対地モード時およびb) 対水モード時のみかけの流向流速 C' と真の流向流速 C の関係

Fig. 2 Relations between pseudo current velocity C' and truth C at a) bottom track mode, b) water track mode.

$$C' = V_G - V_w' = V_G - R(\alpha)V_w$$

$$= \{I - R(\alpha)\}V_G + R(\alpha)C \quad (3.2)$$

となる (第2図 b)。ここで、

- $V_G$  : 真の対地船速度,
- $V_w$  : 真の対水船速度,
- $V_G'$  : ドップラー対地船速度,
- $V_w'$  : ドップラー対水船速度

ADCP 座標系の回転角  $\alpha$  は、式(1)から対地モード時のドップラー対地船速度  $V_G'$  と航法船速度  $V_G$  の方位差  $\theta_G - \theta_G'$  から求められる。

流向流速の補正式は各モード時についてそれぞれ、

対地モード時:

$$C = R(-\alpha)C' \quad (4.1)$$

対水モード時:

$$C = \{I - R(-\alpha)\}V_G + R(-\alpha)C' \quad (4.2)$$

となる。

### 3. 使用データ

日本海洋データセンター (Japan Oceanographic Data Center, JODC) に集積されている、ADCP 連続データ (Shipboard ADCP Data) を用いた。JODC には、1986年~1996年の主に海上保安庁の巡視船艇・測量船の航海データ約3500航海分が登録されており、2~30分毎の位置、流向流速とともに、装置

の観測モード(対水/対地)、船首方位、航法船速度、基本層船速度 (対地モード時はドップラー対地船速度の値)が収録されている。収録データの分解能は、方位は1°、船速は0.1ノット、流速は0.01ノットである。

ここでは、1993~1996年の海上保安庁の巡視船艇および測量船の航海データの中から、測流に古野電気製音波ログ、測位にGPS (Global Positioning System) を使用しているものを抽出して用いた。船艇数は86隻、のべ航海数は1561であった。

### 4. 処理内容

前処理として、エラーフラグのチェック、機器停止(全く同じデータが連続して記録されている場合、記録装置のみの動作と判断して不採用とした)のチェック、船速チェック(5~18ノットのものを採用した)、加速度チェック(変針時のスパイク状のエラーを除去するため、12ノット/時以上を不採用とした)を行った。

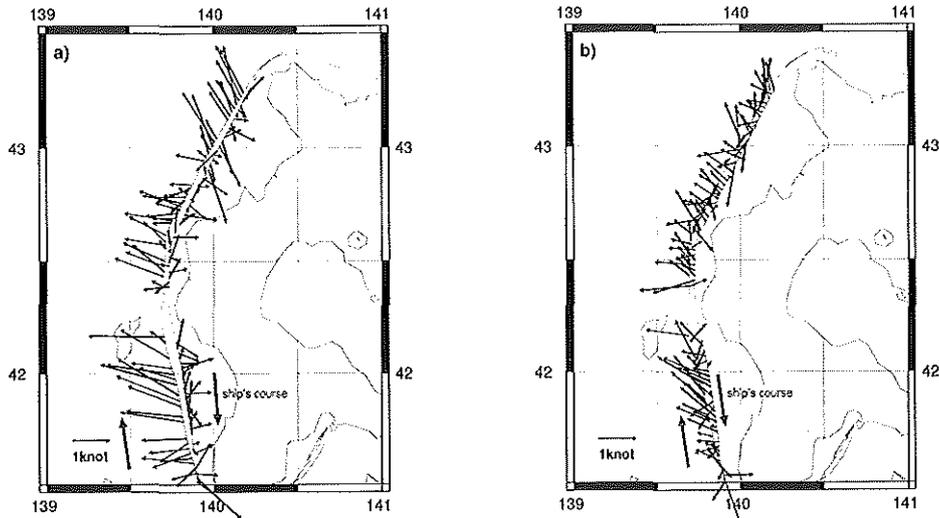
$\alpha$  の計算は航海毎に行い、航海中の航法針路の方位とドップラー対地針路の差の平均値  $\langle \theta_G - \theta_G' \rangle$  を  $\alpha$  とした。この際、 $(\theta_G - \theta_G')$  の値について、 $2\sigma$  の異常値除去を1回行った。

### 5. 結果

各航海について得られた  $\alpha$  を用いた測流データの補正例を第3、4図に示す。両図とも49ET(国名コード49、船舶コードETの船艇、以下同様)の測流データから、水深20m、対水モード時の流向流速をプロットしたもので、a) が補正前、b) が補正後である。第3図は1994年7月27日~8月20日の航海で  $\alpha = -2.74^\circ (\sigma = 2.14^\circ)$ 、第4図は1994年5月20日~5月22日の航海で  $\alpha = -3.63^\circ (\sigma = 2.45^\circ)$  であった。

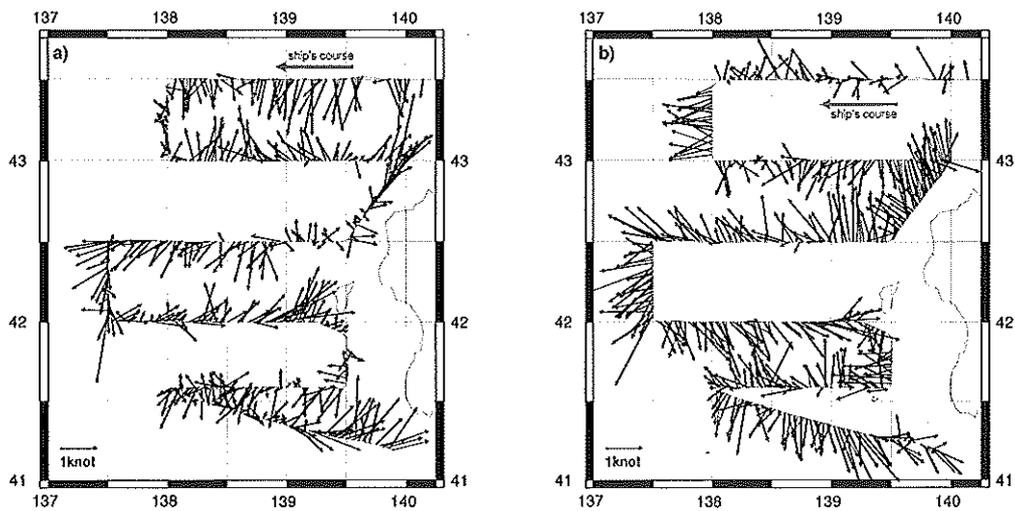
第3図の例では、進行方向に対して左側に偏っていた流向(第3図 a)が、補正処理によって往復航行の測流データの差が小さくなっている(第3図 b)のわかる。

それに対し、第4図では補正後の流向が補正前と逆方向の右側に偏ってしまっている。これは、この



第3図 水深20mの流向流速(対水モード時). a)元データ, b)回転角  $\alpha = -2.74^\circ$  で補正したデータ; 1994年7月27日~8月20日, 巡視船49ETの観測

Fig. 3 Current velocities at depth of about 20m (water track mode). a) raw data, b) corrected data by ADCP system rotation  $\alpha = -2.74^\circ$ ; observed from July 27 to August 20, 1994 by Patrol Vessel 49ET.



第4図 水深20mの流向流速(対水モード時). a)元データ, b)回転角  $\alpha = -3.63^\circ$  で補正したデータ; 1994年5月20日~5月22日, 巡視船49ETの観測

Fig. 4 Current velocities at depth of about 20m (water track mode). a) raw data, b) corrected data by ADCP system rotation  $\alpha = -3.63^\circ$ ; observed from May 20 to May 22, 1994 by Patrol Vessel 49ET.

航海について計算された  $\alpha$  が実際より大きいためと考えられる。

第5図に49ETの各航海毎に計算した  $\alpha$  の時系列をプロットしたものを示す。49ETの  $\alpha$  は  $-2^\circ$  前後で安定しており、このことから第4図の  $\alpha$  は実際の値からはずれたものであったと推測できる。

各船について得られた航海毎の  $\alpha$  とその標準偏

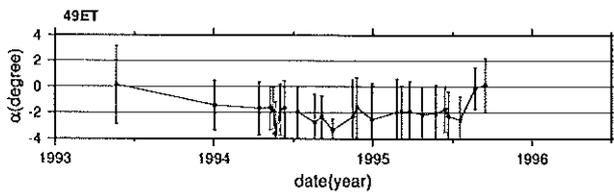
差  $\sigma$  の時系列にはいくつかのパターンがみられた(第6図)。

a)  $\alpha$  が比較的安定している。

49RE(第6図a)は、少数の航海を除いて  $\alpha$  が  $-1^\circ$  程度と安定しており、 $\sigma$  も  $2^\circ$  程度である。

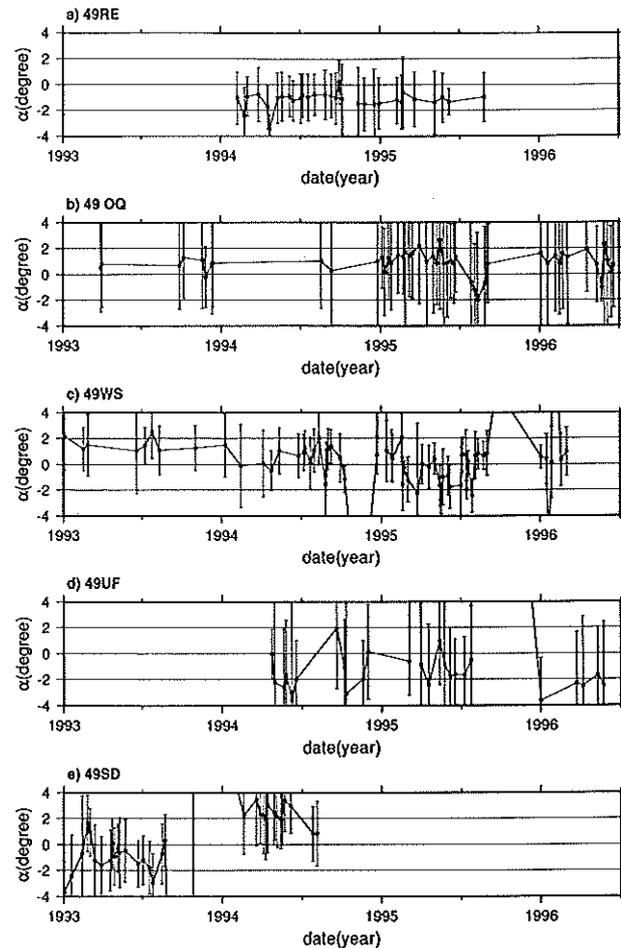
b)  $\alpha$  の変化は少ないが、 $\sigma$  が大きい。

49OQ(第6図b)は、少数の航海を除き  $\alpha$  が  $+1^\circ$



第5図 49ETのADCP観測系の回転角 $\alpha$ の時系列.

Fig. 5 Time series of Patrol Vessel 49ET's  $\alpha$ .



第6図 各船艇のADCP観測系の回転角 $\alpha$ の時系列. a) 49RE (国名コード49, 船舶コードREの船艇, 以下同様), b) 49OQ, c) 49WS, d) 49UF, e) 49SD.

Fig. 6 Time series of each vessel's ADCP system rotation angle  $\alpha$ . a) 49RE (JODC's country and ship code, same after), b) 49OQ, c) 49WS, d) 49UF, e) 49SD.

程度で安定しているが、 $\sigma$ は大きく全航海の8割で、 $\sigma > 3^\circ$ である。

c)  $\alpha$ のばらつきが多いが、 $\sigma$ は小さい。

49WS (第6図c)は、全航海の2/3で $\sigma < 2^\circ$ で

あるが、 $\alpha$ は $-2^\circ \sim +2^\circ$ の範囲で変化している。

d)  $\alpha$ のばらつきが多く、 $\sigma$ も大きい。

49UF (第6図d)は、全航海の7割で $\sigma > 3^\circ$ であり、 $\alpha$ は $-4^\circ \sim +2^\circ$ の $6^\circ$ の幅で変化している。

e)  $\alpha$ の範囲がシフトする。

49SD (第6図e)は、1993年には $\alpha$ が $-1^\circ$ を中心とする $-4^\circ \sim 2^\circ$ であるが、1994年には $+2^\circ$ 付近を中心とする $+1^\circ \sim +4^\circ$ へシフトしている。

航海数20以上の船艇28隻についておおまかに分類してみると、a) 6隻、b) 8隻、c) 3隻、d) 8隻、e) 3隻であった。

### 6. 今後の課題

ADCP観測系の回転角 $\alpha$ は、船艇整備の際にシフトすることなどが考えられ、またジャイロの設定によっても変化することから、測流データ補正に用いる $\alpha$ は、航海毎に算出するの妥当である。しかし、航海によっては有効な $\alpha$ を得られないこともある。測流データの補正を自動化するためには、算出された $\alpha$ の有効性を判定する手法を検討する必要がある。これには、各船艇の $\alpha$ の時系列パターンを参考にすることも有用であろう。さらに、複数の算出法を用いて値を計算し、最も有効な値を適用する方法も検討していく必要がある。

### 参考文献

Joyce T. M., D. S. Bitterman, Jr. and K. E. Parada: Shipboard acoustic profiling of upper ocean currents, *Deep-Sea Res.*, **7A**, 903-913, (1982)

石井春雄, 西田英男, 小杉瑛, 上野義三, 道田豊: ドップラーログを利用した流速測定, 水路部研究報告, **21**, 135-150, (1986)