

## 航法船速を用いた ADCP データ の補正

山田 東也<sup>1)</sup>

### Calibration of ADCP Data by Navigation Device Method

Haruya YAMADA<sup>1)</sup>

#### Abstract

ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) data contains an error caused by the difference between the compass and the transducer orientation. The error is proportional to the ship's velocity and exerts a great influence on the cross-track velocity component. This paper deals with the difference by comparing the ship velocity measured from GPS (Global Positioning System) with the cross-track velocity component to propose a new calibration method, the navigation device method. It is based on data observed by the R. V. Mizuho-Maru in March 1992. The difference estimated by the new method agrees approximately with the difference estimated by comparison between ship displacement measured from the bottom track and that measured from GPS. The results show this method is effective to estimate the difference when ship displacement can not be measured from the bottom track.

**Key words:** ADCP, calibration, navigation device method.

現在日本で主に使われている船舶用 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) には、古野電気と日本無線のものがある。ADCP によって観測された流速値の記録方

法は、両社製ともドップラーシフトによって対地船速が測定できる場合とそうでない場合で異なっている。一般に前者を対地モード (Bottom Tracking Mode), 後者を対水モード (Reference Layer Mode) という。対地モードでは観測層の絶対流速が記録されるが、対水モードでは観測層のうちの1層を基準層とした相対流速が記録されるため、対地船速が得られない沖合域ではこれまで絶対流速を得ることができなかった。ところが近年普及してきた多層式 ADCP では、航法装置による船速を対地船速の代用とすることで沖合域でも絶対流速が得られるようになった。ここでは、この航法装置による船速を用いて絶対流速を得る方法を、対地モードと区別するために航法モード (Navigation Device Mode) と呼ぶことにする。

航法モードにおいても他のモードと同様に観測誤差の補正が必要である。観測誤差のうちジャイロコンパス軸とトランスデューサー軸の方位角度のずれについて、山田(1993)は対地モードのデータを用いてそのずれを見積もる方法を示した。しかし、実際の観測では対地モードのデータが観測ごとに十分得られるとは限らない。この方法は水深に関係なく得ることができる航法モードのデータを有効に利用しているとは言い難い。本研究では、航法モードのデータを用いて軸のずれを見積もる方法を検討した。

絶対流速  $V_G$  は、各観測層の相対流速  $V_w$  から船速  $V_s$  を引くことによって求まり、その関係は次式で表される。

$$V_G = V_w - V_s \quad (1)$$

ADCP はトランスデューサーの取付やジャイロコンパスの設定によって、トランスデューサー軸とジャイロコンパス軸の方向にずれを生じる。ジャイロコンパス軸に対してトランスデューサー軸の相対角度が  $\alpha$  だけ反時計回りにずれていたとすると、ジャイロコンパス軸を基準とした流速  $V$  とトランスデューサー軸を基準とした流速  $V_0$  の関係は次式で表される。

1995年3月6日受理 日本海区水産研究所業績 A 第499号

<sup>1)</sup> 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所  
(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho,  
Niigata 951, Japan)

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_0 \quad (2)$$

(1)式に(2)式を代入して軸のずれを考慮した形に変形する。対地モードでは、観測層の相対流速  $\mathbf{V}_w$  と船速  $\mathbf{V}_{SB}$  はトランスデューサー軸を基準として ADCP によって測定されているので、ジャイロコンパス軸に対する絶対流速は次式となる。

$$\begin{aligned} \mathbf{V} &= \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_w \\ &\quad - \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_{SB} \\ &= \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_G \end{aligned} \quad (3)$$

一方、航法モードでは船速  $\mathbf{V}_{SN}$  がジャイロコンパス軸を基準として測定されているから、ジャイロコンパス軸に対する絶対流速は次式となる。

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_w - \mathbf{V}_{SN} \quad (4)$$

軸のずれを考慮すると、対地モードと航法モードで絶対流速の求め方に(3)式と(4)式の間みられるような違いがあらわれる。このため軸のずれがある場合、軸のずれを補正しないで絶対流速を求めると、航法モードと対地モードとで異なる結果となる。(4)式をさらに変形すると、

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_G \quad (5)$$

となる。本来、対地モードと航法モードで求めた絶対流速は等しいはずであるから、(3)式と(5)式から次式が導かれる。

$$\begin{pmatrix} 1 - \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & 1 - \cos \alpha \end{pmatrix} \mathbf{V}_{SN} = 0 \quad (6)$$

(6)式の関係から、トランスデューサー軸とジャイロコンパス軸のずれ  $\alpha$  を見積もることができる。ここで考えやすくするために、(6)式の左辺を  $\Delta \mathbf{V}$  とし、座標系を観測船の進行方向とそれと直交する方向にとって考える。いま、船速  $V$  で航行している観測船を考えると  $\Delta \mathbf{V}$  は、

$$\Delta \mathbf{V} = \begin{pmatrix} V \sin \alpha \\ V(1 - \cos \alpha) \end{pmatrix} \quad (7)$$

となる。軸のずれの補正を行わないで航法モードによって絶対流速を求めると、ずれに応じて  $\Delta \mathbf{V}$  の分だけ対地モードと違いが生じることになる。この場合、軸のずれはせいぜい数度の範囲であるから、(7)式から  $\Delta \mathbf{V}$  は船速に比例して観測船の横方向に大きくあらわれることがわかる。(7)式の関係を用いて軸のずれ  $\alpha$  を導き出せば、その値を用いて軸のずれの補正を行い  $\Delta \mathbf{V} = 0$  とすることができる。

実際に(7)式の関係から観測データを用いて、ジャイロコンパス軸とトランスデューサー軸の角度のずれを見積ってみた。資料として1992年3月2日から5日にかけて日本海区水産研究所漁業調査船みずほ丸(150.44トン)によって新潟市沖合で観測された ADCP データを用いた(Fig. 1)。使用した ADCP は RD-Instruments 製 RD-VM150 で、観測層の間隔を 8m、データ平均時間を 1 分で観測を行った。

Fig. 2 に航法装置による観測船の船速と進行方向に対して横向きの流速の散布図を示した。横向きの流速については右舷方向に流れる流速値を正、その反対方向を負とした。軸のずれがなくデータが時空間的に十分であれば、横向きの流速はランダムに分布し、その平均流は船速に関係なく一定となるはずである。Fig. 2 の船速に対するデータの分布は、観測を行っている 0 ノットから 2 ノット付近

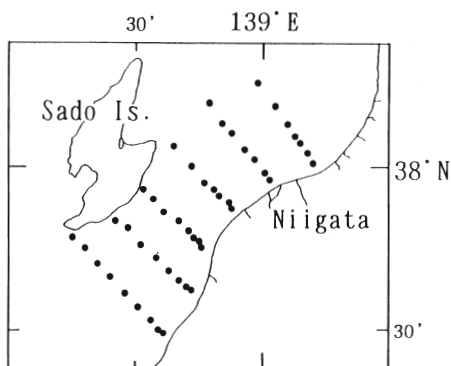


Fig. 1. Map of observation sites occupied by R. V. Mizuho-Marui from March 2 to 5, 1992.

までの間とみずほ丸の巡航速度である9ノットから11ノット付近に集中している。観測船の左右にあらわれる流速の分布は、船速が速くなるほど右舷側にその分布の中心が片寄っており、この航法モードにおける ADCP データには、トランスデューサー軸とジャイロコンパス軸のずれによって生じる  $\Delta V$  成分が含まれていることがわかる。そこで船速に対する流速の分布の中心から(7)式中の  $\sin \alpha$  に相当する傾きを求め、軸のずれ  $\alpha$  を求めた。ADCP は機器の特性上、加速度を生じているときのデータを用いることができないので、巡航速度と考えることができる9ノットから11ノットのデータを用いると、平均船速として10.08ノット、横方向の平均流速として0.637ノットとなった。この結果、 $\sin \alpha = 0.0632$  となり、ジャイロコンパス軸とトランスデューサー軸のずれ  $\alpha$  を  $3.64^\circ$  と見積もることができる。この値は同じ資料を用いて対地モードで見積もったずれの大きさ  $\alpha = 3.26^\circ$  (山田 1993) とよく一致し、ジャイロコンパス軸とトランスデューサー軸のずれを見積もる方法として航法モードのデータを用いた方法が有効であることを示している。この値を用いたトランスデューサー軸とジャイロコンパス軸のずれの補正は、 $\alpha$  を(4)式に代入

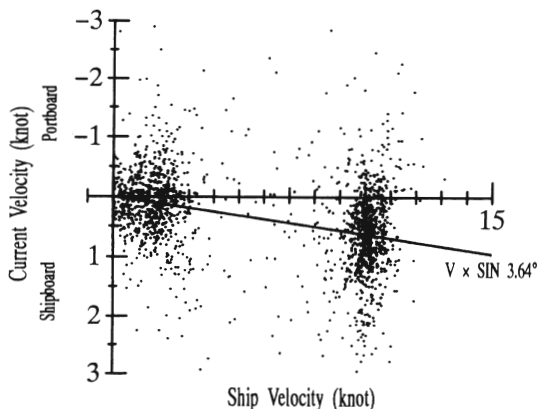


Fig. 2. Dispersion diagram of ship velocity (knot) versus crosstrack component of current velocity (knot). The solid line represents ship velocity times  $\sin 3.64^\circ$ .

することによって行うことができる。

ADCP で観測した流速値を精度よく利用するためには、ジャイロコンパス軸とトランスデューサー軸のずれの補正は不可欠である。一般にトランスデューサーは船底に固定されているため、軸のずれの補正は一度行えば十分であると考えがちである。しかし、みずほ丸に搭載されている RD-Instruments 社製の ADCP は、システムの起動ごとにジャイロコンパスの値を読みとって入力するため、そのたびに大きさの異なった軸のずれが生じる可能性がある。また、ジャイロコンパス自身の誤差によっても軸のずれを生じる可能性があり、ADCP データを精度よく利用するためには観測ごとに軸のずれを補正する必要がある。今回検討した航法モードのデータを用いた軸のずれを見積もる方法は、ドップラシフトによって対地船速が求めることができない海域でも利用することができ、対地モードのデータを用いた補正方法と比べてデータを有効に利用することができる。今後はさらに、ADCP データをより精度良く補正するためにデータ数の検討や黒潮などの強流帯や潮汐の影響を評価し、解析を進める必要がある。

最後に、データの収集にご協力いただいた日本海区水産研究所資源管理部永澤亨氏、み

ずほ丸船長廣橋昇保氏ほか乗組員一同に感謝する。また、多くのご討議ならびにご校閲をいただいた日本海区水産研究所小川嘉彦海洋環境部長、平井光行海洋動態研究室長に感謝する。

## 文 献

山田東也（1993）超音波ドップラー流速計による流速測定と系統的誤差. 日水研報告, (43), 1-7.