

「みらい」搭載流向流速プロファイラデータの高精度化

嶋志田 隆^{*1} 島田 浩二^{*2} 新家 富雄^{*1}

船舶搭載型ADCPを用いて絶対流速データを求めるためには、高精度の船舶姿勢データ(船首方位, 傾き, 速度)が必要となる。通常, 「みらい」での船舶搭載ADCP観測では, 船首方位データとして航行用ジャイロデータを利用している。しかし, このデータの時間応答, 精度が十分ではなく, 特に変針前後で実際の流速と同程度もしくはそれ以上の流速エラーを生じる結果となっている。1998年の就航以来, 全ての「みらい」ADCPデータはこのエラーを含んでおり, 抜本的な解決が必要である。本報告では, ドップラーレーダー に用いられている, 姿勢データ(船首方位, 傾斜度, 速度)を用いて, アンサンブル・データの絶対流速データの高精度化を図る。さらに, 船舶の姿勢, 速度およびそれらの時間変化と絶対速度エラーとの関係を調べ, 定量的なデータスクリーニング指標を示す。

キーワード：音響式流向流速計, 北極海, 中規模渦

A method to improve data quality of shipboard ADCP mounted on R/V Mirai

Takashi KAMOSHIDA^{*3} Koji SHIMADA^{*4} Tomio SHINKE^{*3}

To extract absolute velocities from shipboard ADCP measurement data, precise datasets of ship's heading, roll, pitch, and velocity are required. Absolute velocity data of shipboard ADCP mounted on R/V Mirai contains serious error arising from a tardy response of gyro data to detect heading of the ship. The amplitude of error velocities are the same order or greater than the velocity of real oceanic current. Here we introduce a method to reduce the error for the ensemble data using more precise attitude data for doppler radar. We also evaluate quantitative relationship between the attitude data and velocity error to give information of data screening for further quality control.

Keywords : Acoustic Doppler Current Profiler, Arctic Ocean, Mesoscale eddies

* 1 株式会社システムインテック 研究センター

* 2 海洋科学技術センター 海洋観測研究部

* 3 R&D Center, System Intech Co., Ltd

* 4 Ocean Observation and Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

北極海における主密度躍層以浅の水塊の起源は陸棚域にあり、陸棚域から海盆域間の水塊交換は北極海洋学の主要テーマとなっている。水塊輸送の形態は様々考えられるが、中でも中規模渦による輸送が重要な役割を担っていると考えられる。北極海の中規模渦は、空間スケールが10-15km (内部ロスビー変形半径) 程度と小さく、流速は30-50cm/sec程度である。そのため、中規模渦による陸棚域から海盆域への輸送を調べるため、空間分解能5km以下、精度10cm/sec以下の絶対流速データが必要である。

海洋地球研究船「みらい」搭載音響式流向流速計 (以下 ADCP と略す) で北極海の中規模渦を観測する場合、航海速度 (約16ノット) を考えると、10分以下の時間分解能で、必要な空間分解能は満たされる。しかし、船舶の加速時及び変針時において、絶対流速の精度の悪化が指摘されている。図1は北極航海 (MR02-K05, Leg1) で計測したADCPデータを示す。これはRD Instruments社提供のソフトウェアで計算した絶対流速の鉛直断面図と船舶速度の図であり、船舶速度はGPSデータから計算した。流速分布図で黒く塗られた部分はデータの欠損を、それ以外の配色で鉛直方向に線状 (縦縞模様) になっている部分 (赤の破線で囲まれた部分) は流速の精度が悪化したデータを示しており、下段

に示す船速や進行方位の変化の大きいところで流速精度が悪化しているのが確認できる。この流速の精度悪化の原因として、船舶のヘディングデータの方位誤差が考えられている。従来、ヘディングデータとして船舶航行用のジャイロコンパスデータを使用していた。しかし、精度が十分でなく、変針時におけるバイアス誤差の発生が指摘されている。また、絶対流速の計算に用いられるデータの計測時刻の誤差も流速精度を悪化させる原因と考えられており、真の流速計測時刻を適切に見積もることの重要性が指摘されている¹⁾。

本稿では、流速計算に関連するデータの精度向上、データ間の時刻同期、船舶姿勢補正等により、北極航海 (MR02-K05, Leg1) のADCPデータの高精度化を図った。さらに、船舶の姿勢変化や速度変化に対するデータの品質指標を示し、目的精度に応じたデータスクリーニングが可能であることを示した。

2. 絶対流速データの高精度化処理

2.1. ADCP計測時刻の補正

ADCP計測データに付けられる計測時刻の時間スタンプは計測用PCの時計を基準としている。PCの時計はドリフトしやすく、時刻校正が必要である。また、時間スタンプは計測開始時刻を表しているため、1アンサンブルで複数回の

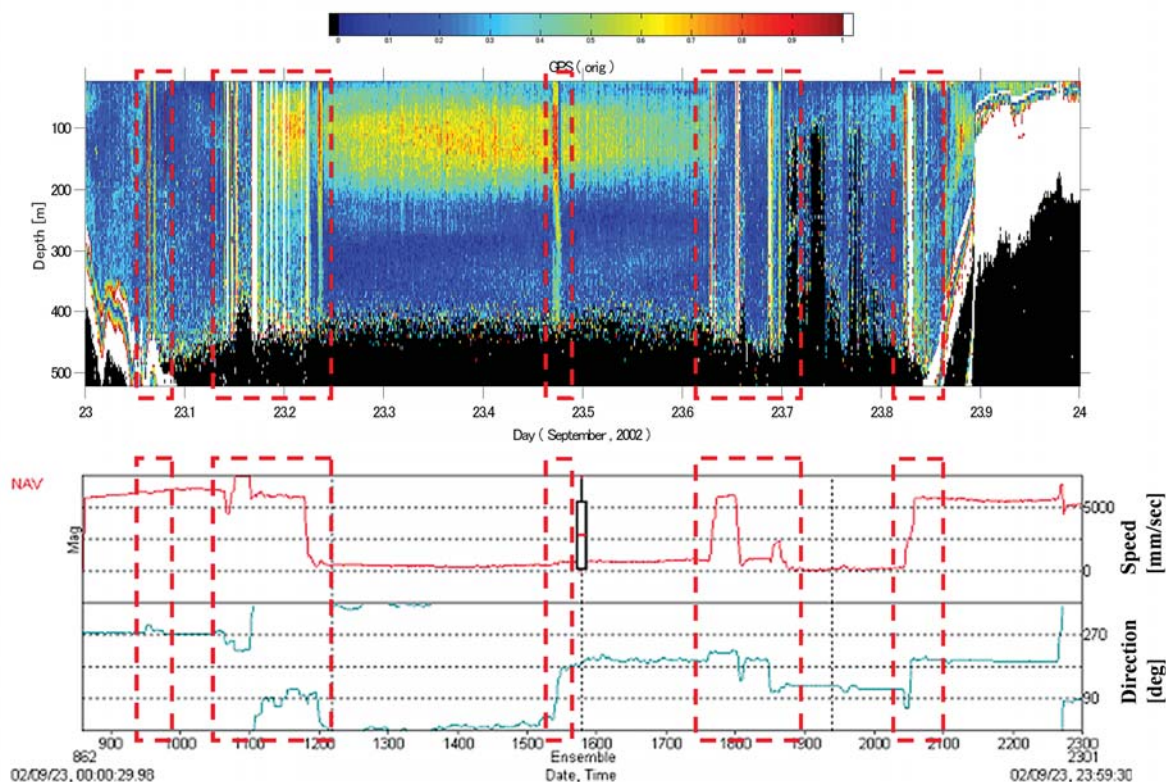


図1 海洋地球研究船「みらい」搭載ADCPデータから計算した絶対流速データの鉛直断面図 (上段) と同期間の船舶速度及び進行方位 (下段)。船舶のヘディング方位としてジャイロコンパスデータを使用した。船速はGPSデータから計算した。赤の破線は絶対流速データの異常値を示す区間を表す。

Fig. 1 Vertical distribution of magnitude of absolute current velocity extracted from ADCP raw data using gyro data for navigation (upper) and GPS data (lower). Ship velocities were calculated from GPS data. The data within the red boxes contain serious absolute velocity error arising from errors for attitude data of gyro data.

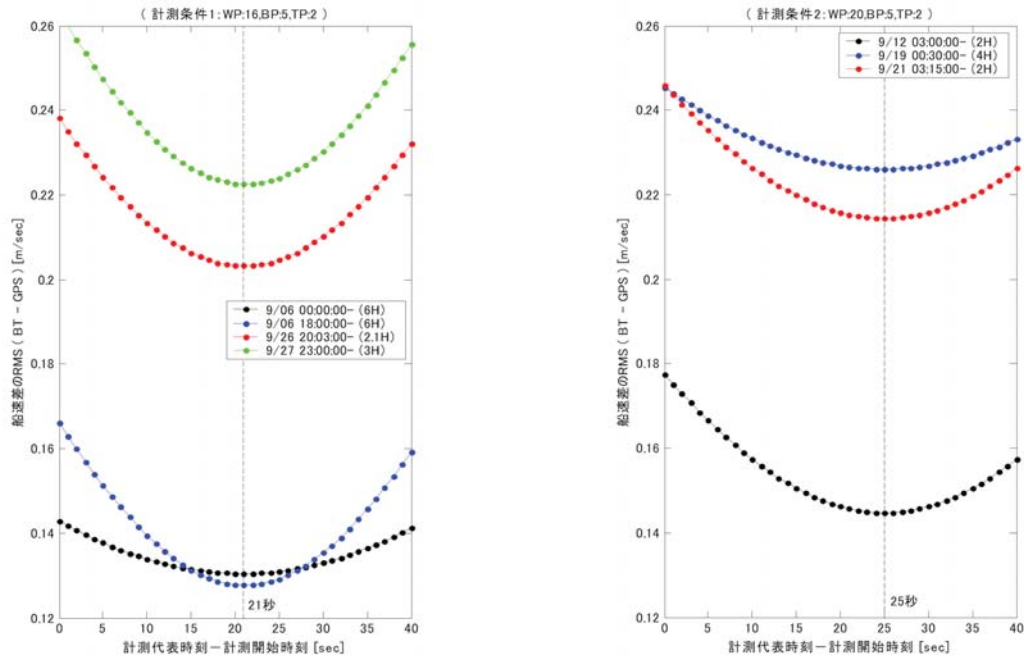


図2 計測代表時刻と計測開始時刻の時間差とGPS船速とBT船速の速度差(RMS)の関係。

左:ウォーターピング16回で計測, 右:ウォーターピング20回で計測

Fig. 2 Time relative to first ping and velocity difference appeared in GPS and Bottom tracking measurements. The number of water pings is 16(left) and 20(right) respectively, and the other condition is the same.

ピング計測を行う場合は、どの時刻が代表時刻なのか見積もる必要がある。前者に対しては、GPSデータファイルにGPS時計を基準としたADCP計測開始時刻の時間補正量が記録されており、これを用いることで時刻校正を行う。後者に対しては、1アンサンブルあたりのピング回数及びピング間隔を用いて(1)式でピング計測の中心時刻を求め、これを代表時刻とする。

$$T_{true} = T_{start} + \frac{W}{2} (N_{water} + N_{bottom}) \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 T_{true} は代表時刻(秒)、 T_{start} は計測開始時刻(秒)、 W はピング計測間隔(秒)、 N_{water} はウォーターピング回数、 N_{bottom} はボトムトラックのピング回数を表す。

北極航海(MR02-K05, Leg1)のADCPデータを用いて上記計測時刻補正方法の妥当性を評価した。まず、ADCPのボトムトラックデータから船舶速度を求め(以下BT船速と略す)、GPSデータからも船舶速度を求めた(以下GPS船速と略す)。さらに、PC時計のドリフトを補正した計測開始時刻と計測代表時刻との時間差をパラメータとし、BT船速とGPS船速との速度差のRMSを計算した。なお、速度差のRMSは、船舶が加速度運動している数時間のデータを数カ所抽出してそれぞれ計算した。船舶が加速度運動をしている場合、時刻のずれはBT船速とGPS船速の速度差を増加させる。逆に言えば時間差がなければ速度差は小さくなるので、速度差の最も小さい時間差が、計測代表時刻と計測開始時刻との真の時間差と考えることができる。図2に結果を示すが、速度差が最小になる時間差は、ウォーターピ

ング16回のケースでは21秒(図2左)、ウォーターピング20回のケースでは25秒(図2右)となった。データは、ボトムトラックピング5回、ピング間隔2秒で計測されており、この結果は(1)式の第2項の結果と一致した。

2.2. ADCP相対流速データの高精度化

2.2.1. ビーム速度の補正

船舶搭載型ADCPは、船底に取り付けられたトランスデューサから海底に向けて音響信号を放射し、海水や海底からの反射波を計測する。船舶に対し海水や海底が移動していると、それらの移動速度は海水に含まれる散乱体や海底からの反射波の周波数変化として現れるので、逆にこの周波数変化量(ドップラーシフト量)を検出することで、海水や海底の音響信号の放射方向の速度以下ビーム速度と略す)を求める。ドップラーシフト量からビーム速度の計算には、音響信号を計測したトランスデューサ付近の音速を用いるが、この音速に誤差があるとビーム速度に影響を与える。音速によるビーム速度の補正は(2)式で行われる²⁾。

$$V_{correct} = V_{uncorrect} \times \frac{C_{true}}{C_{set}} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $V_{correct}$ は補正後のビーム速度、 $V_{uncorrect}$ は補正前のビーム速度、 C_{true} は真の音速、 C_{set} はビーム速度計測時に設定した音速を表す。

北極航海(MR02-K05, Leg1)では、ADCP計測時の設定音速を1450m/secの固定値としているため、補正が必要である。ところで、同クルーズではADCPと並行して表層海水

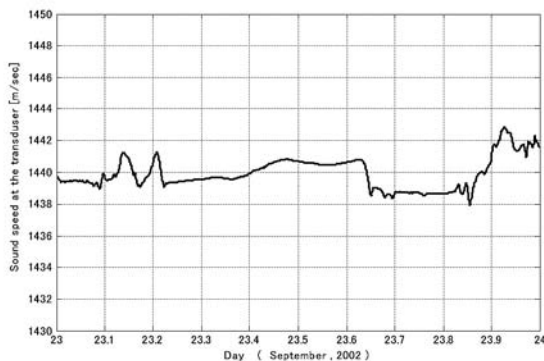


図3 表層海水連続分析データから計算したトランスデューサ深度(キール深度)の音速。

Fig. 3 Time series of sound speed at transducer (keel) depth.

の連続分析が行われている。この表層海水データを用いてトランスデューサ付近の音速を計算し、ビーム速度の補正を行った。音速の計算には、表層海水連続分析データの水溫(RMT, 実験海水吸引ポンプの後に取り付けられているSBE3Sで計測), 塩分(表層海水分析室内で測定)を用いた。また、トランスデューサ深度は6.5mとし、音速計算にはDel Grossoの音速計算式³⁾を用いた。図3は2002年9月23日のトランスデューサ深度の音速の時系列を示す。この期間では音速は約1440m/sec程度であり、(2)式を用いてビーム速度の補正を行うことで、0.7%程度の速度の改善が図られた。

2.2.2. 姿勢データの高精度化

計測したビーム速度は、対角ビーム毎に処理され、ADCP計測装置を基準とした3次元座標(以下、ADCP座標系と略す)に変換された後、地球座標系に変換される。この地球座標系への変換に、ADCP計測装置の姿勢データ(ヘディング方位, ロール角, ピッチ角)が必要となる。ADCP座標系の姿勢データは直接計測されていないが、船舶の姿勢データとADCPの取付角から求めることができる。「みらい」搭載ADCPのデータ処理では、従来、船舶のヘディング方位として船舶航行用のジャイロコンパスデータを使用していた。しかし、ジャイロコンパスデータは変針時にバイアス誤差が発生するなど方位精度の面で問題が指摘されていた。また、ロール角とピッチ角のデータは、ADCP本体にセンサーが取り付けられておらずADCPデータセットとしては記録されていなかった。

今回のデータ処理では、船舶のヘディング方位として外部データである高精度のドップラーレーダー 付随のINUデータを使用した。図4に2002年9月23日のジャイロコンパスデータとINUヘディングデータの方位差を示す。変針時に大きな方位差が発生し長時間におよび方位差が残留する様子(バイアス誤差の発生)が確認できる。また、今回の処理では、船舶の動揺補正や、計算される絶対流速データの品質指標を示すため、同INUデータのロール角, ピッチ角のデータを使用した。

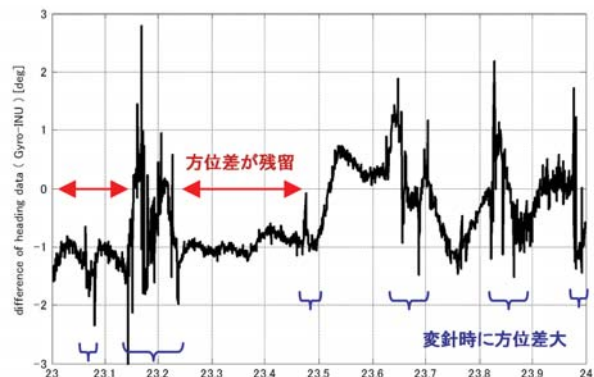


図4 ジャイロコンパスデータとドップラーレーダー 付随INUヘディングデータの方位差。

Fig. 4 Time series of difference in heading between Gyrocompass and INU data.

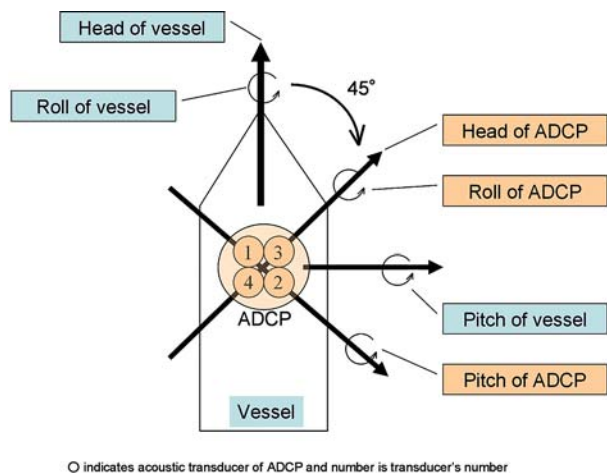


図5 船舶とADCPの座標系の違い。

Fig. 5 Sketch of coordinate system used for ADCP raw data and ship attitude data.

2.2.3. 姿勢データによる地球座標への変換

「みらい」に搭載されているADCPは、ヘディング方向(トランスデューサ#4から#3への方向)が船舶のヘディング方向(船尾から船首への方向)に対して45度右舷側にずれるように取り付けられており、ロール及びピッチの回転軸が船舶とADCPで異なる(図5)。そのため、ADCP座標系の相対流速データを地球座標系へ変換するには、船舶の姿勢データではなく、ADCPの姿勢データを用いなければならない。ADCPの姿勢データは、船舶の姿勢データと、船舶とADCPのヘディング方位差を用いて見積もることができる。しかし、船舶とADCPのヘディング方位差は、仕様では45度になっているが実際には取付誤差が存在する。取付角を推定するADCPヤリプレーション方法はJoyceにより提案されており⁴⁾。この方法を用いてヘディング方向の真の取付角(α)を推定する。ADCP座標系の相対流速データの地球座標系への変換は(3)式で行なう²⁾。

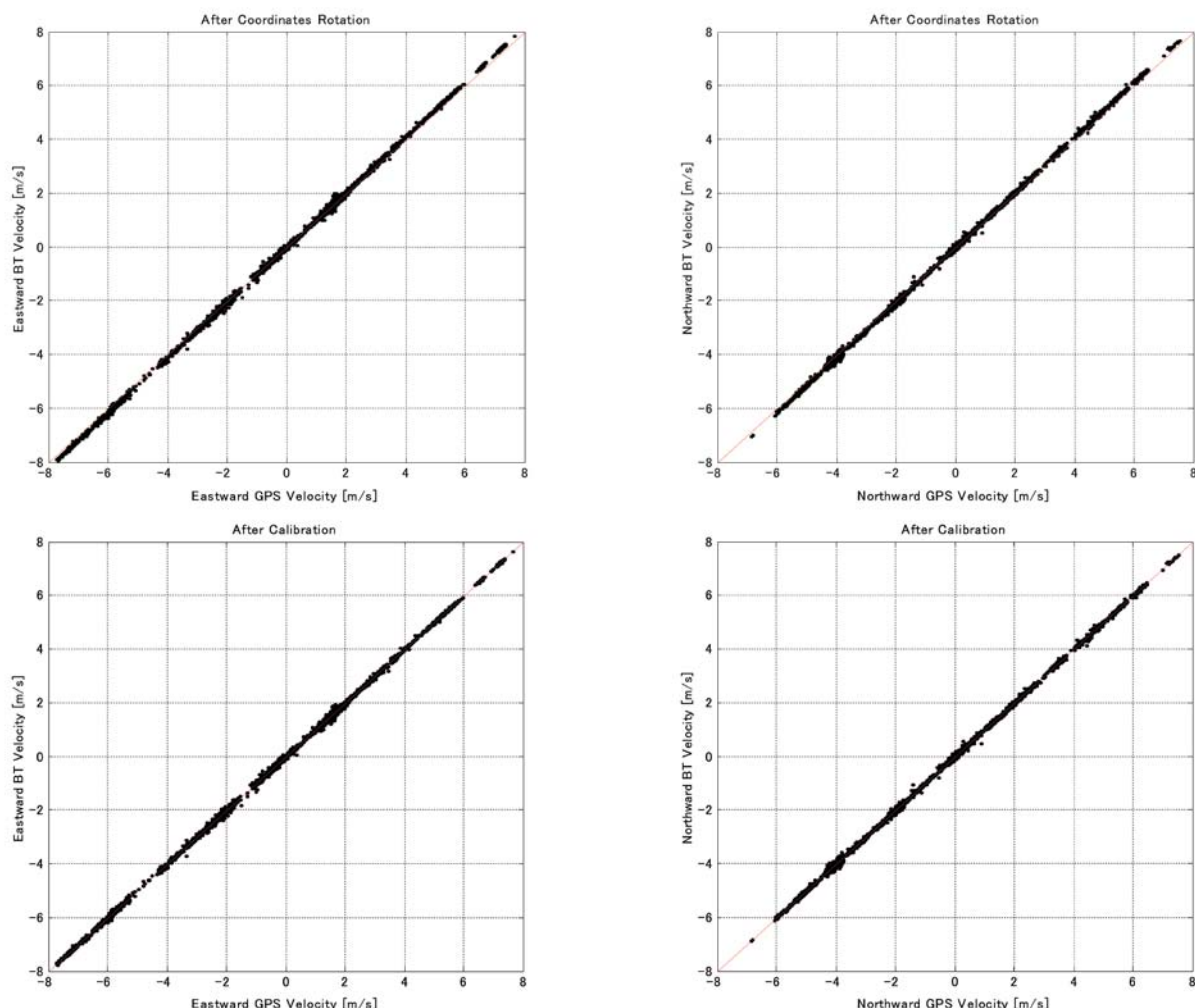


図6 キャリブレーション後のGPS船速とBT船速の比較。キャリブレーション結果は、 $\alpha = 44.77^\circ$, $1 + \beta = 0.975$ 。

上段：取付ヘディング角補正後， 下段：取付傾斜角補正後

左側：東向き速度， 右側：北向き速度

Fig. 6 Comparisons between GPS velocities and Bottom Tracking velocities after calibrations. From the result of calibration, $\alpha = 44.77$, $1 + \beta = 0.975$.

Upper panel : After calibration of heading alignment , Lower panel : After calibration of tilt alignment

Left panel : Eastward velocity component , Right panel : Northward velocity component

$$\begin{bmatrix} VE_x \\ VE_y \\ VE_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos H & \sin H & 0 \\ -\sin H & \cos H & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos P & -\sin P \\ 0 & \sin P & \cos P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos R & 0 & \sin R \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin R & 0 & \cos R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} VA_x \\ VA_y \\ VA_z \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 VE_x , VE_y , VE_z はそれぞれ地球座標系の相対流速の東西方向、南北方向、深度方向成分を、 VA_x , VA_y , VA_z はそれぞれADCP座標系の相対流速のx, y, z成分を、 H , P , R はそれぞれADCPのヘディング方位角、ピッチ角の補正量、ロール角の補正量を表す。今回の処理では、 H にヘディング方向の取付誤差が含まれるため、この座標変換はヘディング方向のADCPキャリブレーションも兼ねることになる。取付誤差は垂線に対する傾斜角にも存在する。取付傾斜角の補正に関してADCPキャリブレーション方法を

用いる。ただし、この方法を用いると、取付傾斜角と同時に、キャリブレーションに使用したデータの平均傾斜角（ロール角及びピッチ角の平均値）も除去される。そこで、(3)式による地球座標系への変換では、ADCPのロール角、ピッチ角の平均値からの変動量（アノマリ）を用いて動揺補正を行うことにする。その後、地球座標系に変換した相対流速データに対してADCPキャリブレーションを施し、取付傾斜角とロール角及びピッチ角の平均値の除去を行う。

今回のデータ処理では、BT船速とGPS船速を用いてキャリブレーションを行い、船舶とADCPの真のヘディング方位差を推定した。また、キャリブレーションには、ボトムトラックデータが多く計測されたマッケンジー湾沖のデータ（2002年9月23日から29日までの1週間分）を使用し、データの品質を考慮し以下の閾値を設けた。

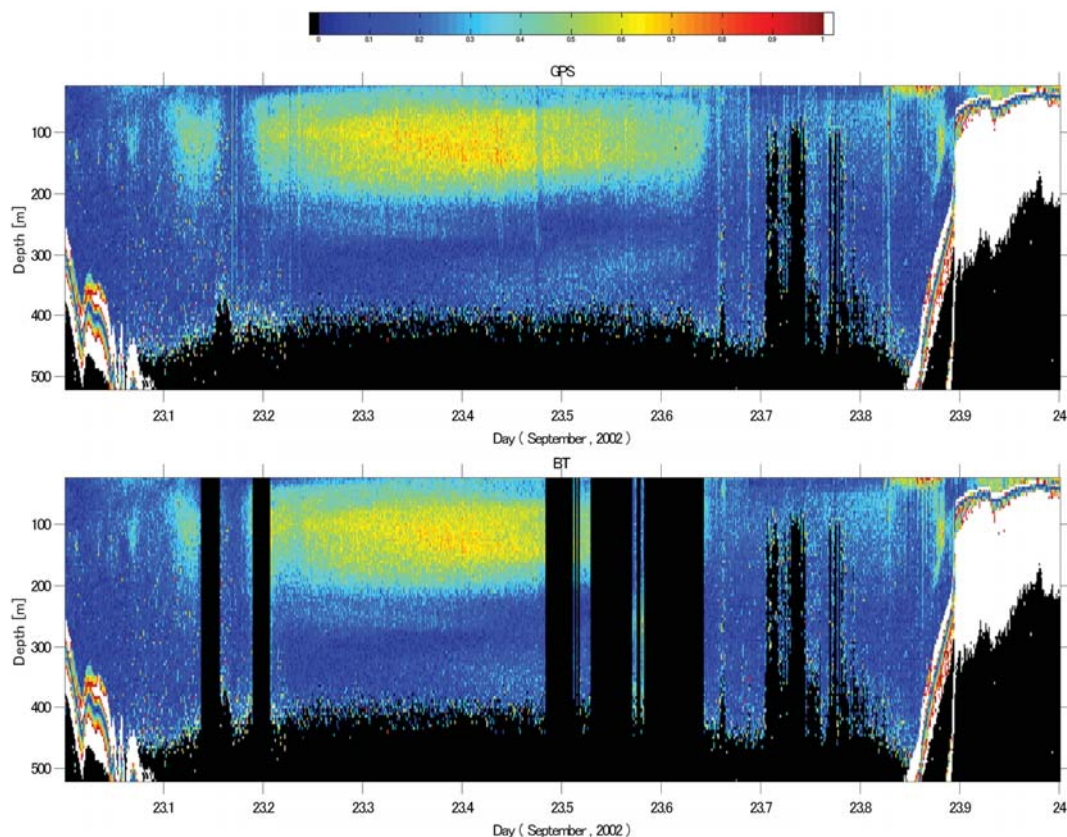


図7 海洋地球研究船「みらい」搭載ADCPデータから計算したキャリブレーション後の絶対流速データの鉛直断面図。
上段：GPS船速を使用， 下段：BT船速を使用

Fig. 7 Vertical distribution of magnitude of absolute current velocity extracted from R/V Mirai shipboard ADCP data after calibration.

Upper panel : GPS velocities were used , Lower panel : Bottom Tracking velocities were used

○GPS船速

- ・速度の標準偏差が10cm/sec以下
- ・進行方位の標準偏差が10度以下

○BT船速

- ・相関が95 % 以上
- ・Echo強度が25counts以上
- ・%Good値が80 % 以上

選定したデータを用いて船舶とADCPの真のヘディング方位差(α)を推定したところ、44.77度であった。この結果を用いて、船舶の姿勢データをADCPの姿勢データに変換した。ところで、今回のADCP計測では、約1分間のピング計測の平均値を1アンサンブルデータとしている。そこで、計測時刻やデータの質を合わせるため、ADCPの姿勢データに対してADCP計測時刻を中心に1分間の平均処理を施した。

2.2.4. ADCPキャリブレーション

ADCPのヘディング方向に関する取付角のキャリブレーションは、前節の姿勢データによる地球座標系への変換で行った。ここでは、取付傾斜角のキャリブレーションを行う。前節の方法で地球座標系に変換された相対流速データは、傾斜角のアノマリ成分による動揺補正が行われており、バ

ィアス成分と傾斜角の取付誤差が残留した状態になっている。このデータに対し、ADCPキャリブレーション方法を適用することで、傾斜角のバイアス成分と取付誤差を同時に除去する。

今回のデータ処理では、前節と同様の条件でADCPキャリブレーションを行った。傾斜角のキャリブレーション結果を図6に示す。これは、GPS船速とBT船速を比較した図であり、上段は前節のヘディング方向のキャリブレーション結果、下段は傾斜角のキャリブレーション結果、左側は東向き速度、右側は北向き速度を示す。速度の大きいところで大きな改善が見られる。傾斜角のキャリブレーション結果は、 $1+\beta=0.975$ となった。

2.3. ADCP移動速度(船舶速度)の高精度化

2.3.1. ボトムトラックデータの高精度化

船舶搭載型ADCPは、ボトムトラッキングにより海底の相対速度、即ち船舶の速度の逆成分を計測することができる。計測方法は海水の相対流速を計測するのと同じ方法であるため、2.2節で示したADCP相対流速データの高精度化手法を適用することにより、ボトムトラッキングで得られる船舶速度の高精度化が図れる。今回のデータ処理では、2.2節

に示したADCP相対流速データの高精度化と同じ計算条件で、絶対流速を計算するための船舶速度を計算した。

2.3.2. GPSデータから計算した船舶速度の高精度化

GPSデータに含まれる短周期(10秒程度)の振動を除去するため、船舶速度を計算する前に、位置データに対し15秒の移動平均処理を施した。また、今回のADCP計測では、約1分間のピング計測の平均値を1アンサンブルデータとしており、計測時刻やデータの質を合わせるため、GPSデータから計算した船舶速度データに対してADCP計測時刻を中心に1分間の平均処理を施した。

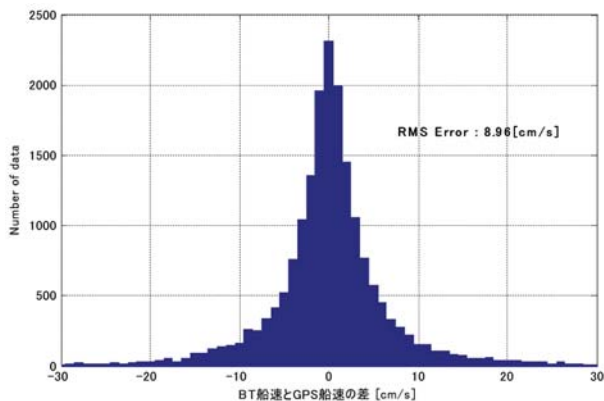


図8 BT船速とGPS船速の速度差のヒストグラム

Fig. 8 Histogram of difference between GPS velocities and Calibrated Bottom Tracking velocities.

2.4. 絶対流速データの計算

高精度化処理を施した相対流速データと船舶速度から絶対流速を計算した。結果の一例として、図7に2002年9月23日の絶対流速の鉛直分布を示す。上段はGPS船速、下段はBT船速を用いたときの結果である。従来の処理結果では、図1に示すように、船舶の変針時や加速時に大きな流速誤差が発生し、流速分布としては不連続な分布(縦縞模様)が現れていた。しかし、高精度化処理を施した結果(図7上段)、流速誤差が抑えられ、流速分布の不連続性(縦縞模様)が大きく改善した。改善の要因としては、ヘディングデータの高精度化が大きい。ヘディングデータは絶対流速の精度に対する影響が大きく、例えば8m/secで航行している状態で 2° のヘディング誤差があると、最大30cm/sec程度の流速誤差を発生させる。ドップラーレーダー 付随のINUデータは精度が高く、従来使用していたジャイロコンパスデータとの方位差が大きいことから(図4)、流速誤差の低減に大きく寄与したと考えられる。

3. 絶対流速データの品質指標

船舶搭載型ADCPで直接計測される流速はプラットフォームを基準とした相対流速であり、プラットフォームである船舶の状態(速度、姿勢)を加味することで絶対流速に変換される。従って、船舶の状態は絶対流速の精度を決定する重要な要素である。船舶の速度、進行方位、傾斜の急激な状態変化は、プラットフォームの速度やADCPで計測される相対速度に影響を及ぼし、絶対流速データの精度を悪

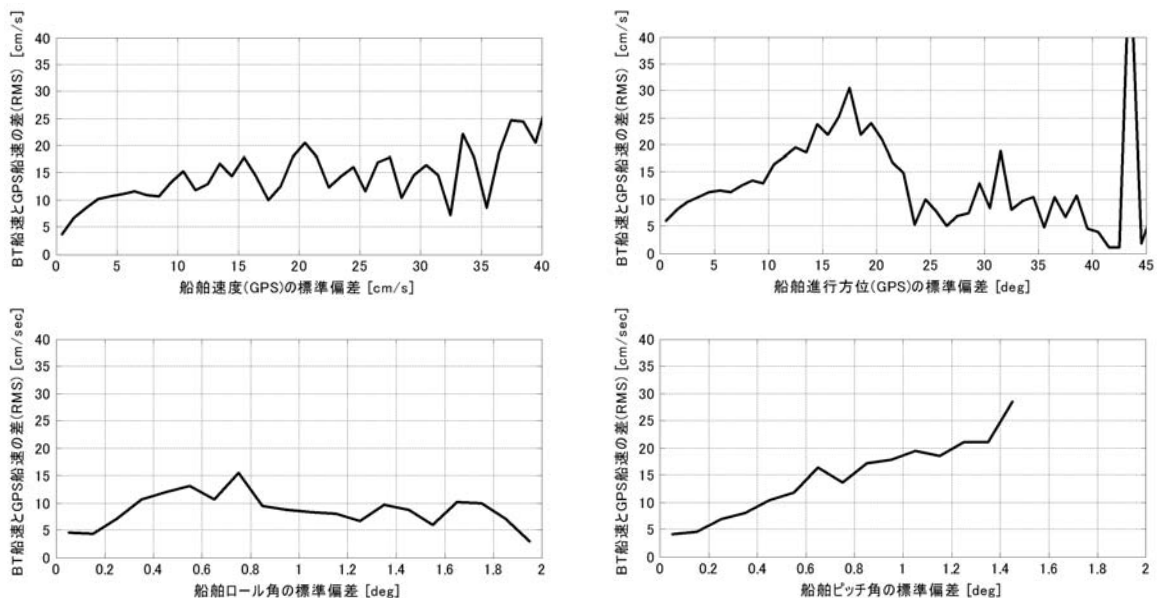


図9 船舶の状態変化(速度、方位、傾斜)とGPS船速とBT船速の速度差との関係。

左上：船舶の進行速度の標準偏差， 右上：船舶の進行方向の標準偏差

左下：船舶のロール角の標準偏差， 右下：船舶のピッチ角の標準偏差

Fig. 9 Relationship between fluctuation of ship motion (speed, direction, tilt) and difference between GPS velocities and Calibrated Bottom Tracking velocities.

Upper left : Standard deviation of ship velocity , Upper right : Standard deviation of ship direction

Lower left : Standard deviation of roll angle , Lower right : Standard deviation of pitch angle

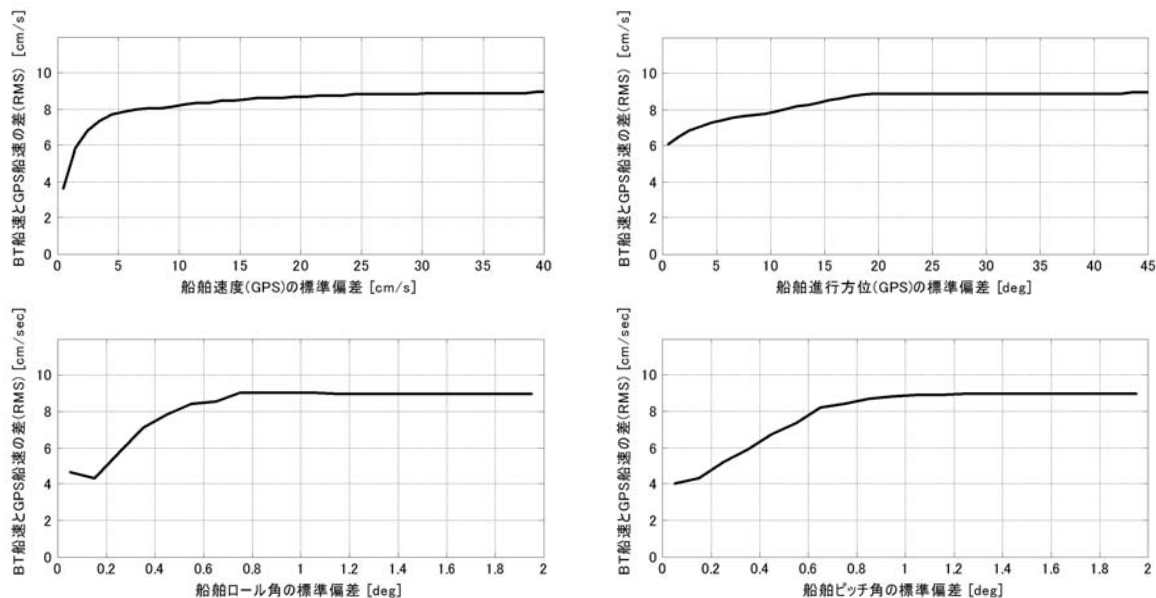


図10 データスクリーニング後のGPS船速とBT船速の速度差。横軸はスクリーニングの閾値(上限)を示す。

左上：船舶の進行速度の標準偏差， 右上：船舶の進行方向の標準偏差

左下：船舶のロール角の標準偏差， 右下：船舶のピッチ角の標準偏差

Fig.10 Difference between GPS velocities and Bottom Tracking velocities after screening. The horizontal axis indicates threshold (upper limit) at screening.

Upper left : Standard deviation of ship velocity, Upper right : Standard deviation of ship direction

Lower left : Standard deviation of roll angle, Lower right : Standard deviation of pitch angle

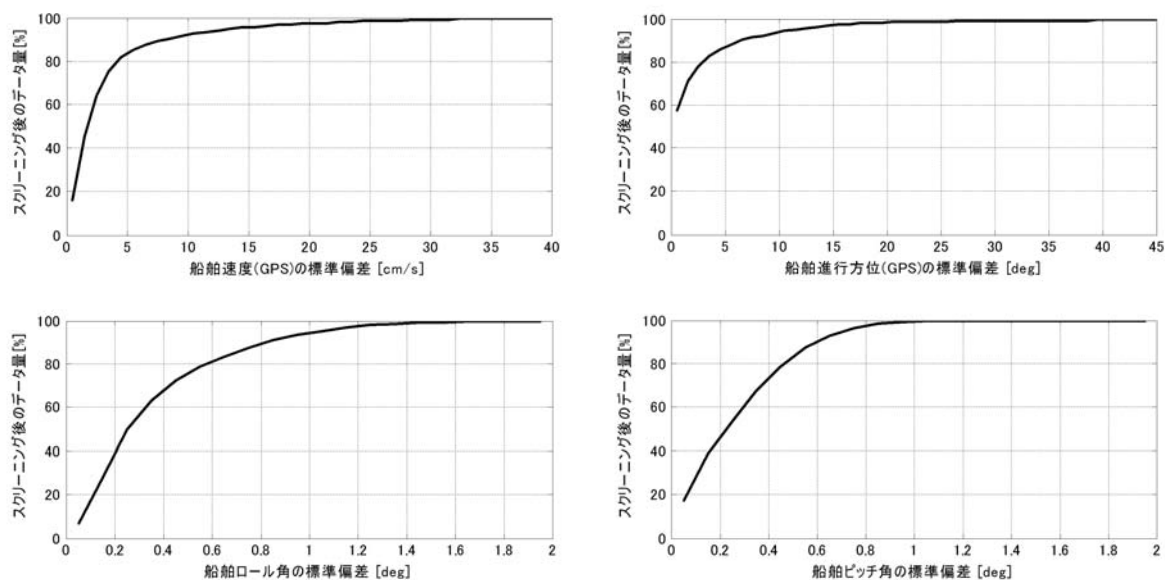


図11 データスクリーニング後のデータ量。横軸はスクリーニングの閾値(上限)を，縦軸はスクリーニング前を基準としたスクリーニング後のデータ量の割合を示す。

左上：船舶の進行速度の標準偏差， 右上：船舶の進行方向の標準偏差

左下：船舶のロール角の標準偏差， 右下：船舶のピッチ角の標準偏差

Fig.11 The amount of data after screening. The horizontal axis indicates threshold(upper limit) at screening, and the vertical axis indicates percentage on the basis of the amount of data before screening.

Upper left : Standard deviation of ship velocity, Upper right : Standard deviation of ship direction

Lower left : Standard deviation of roll angle, Lower right : Standard deviation of pitch angle

化させる。本章では、まず、作成した絶対流速データの誤差評価を行った。さらに、船舶の状態変化と絶対流速誤差の関係を評価し、目標精度に応じたデータ選定のための品質指標を示した。

海水の絶対流速の誤差は真値が不明のため評価が困難である。そこで、海水流速計測に用いられるトランスデューサにて計測されるボトムトラッキングデータを用いる。このデータと用い、GPSデータから算出される高精度の船速を真値と仮定し、海水の絶対流速の誤差評価を行う。2.3で作成したBT船速とGPS船速の速度差を計算し、これを絶対流速誤差として評価した。図8に速度差のヒストグラムを示す。速度差、即ち絶対流速誤差のRMSは8.96cm/sであった。

船舶の状態変化と絶対流速誤差の関係について調べる。船舶の状態変化量として、ADCPの1アンサンブルデータの計測中(1分間)の、船速、進行方位、ロール角(船舶座標)、ピッチ角(船舶座標)の標準偏差を計算した。さらに、標準偏差の大きさに応じて絶対流速誤差を選定しRMSを計算した。図9の左上図は船速の標準偏差に対する絶対流速誤差のRMSを示す。絶対流速誤差のRMSは、等速運動に近づく(船速の標準偏差が小さい)に伴い減少し、加速度運動になる(船速の標準偏差が大きい)に伴い増加する傾向を示した。この結果から、船速の標準偏差に閾値を設け、閾値を超えるデータを除外することによる、1アンサンブルあたりの平均流速誤差の低減の可能性が示唆される。そこで、実際にデータのスクリーニングを行った。図10の左上図はデータスクリーニング後の絶対流速誤差のRMS、図11の左上図はスクリーニング後のデータ量を示す。横軸はスクリーニングのための船速の標準偏差の上限値を示すが、標準偏差の上限値の増大に伴い流速誤差が増加しており、スクリーニングが可能であることが示された。この結果を指標とし、標準偏差の上限値を適切に設定することで、目標精度の絶対流速データを得ることができる。また、船舶の進行方位、ロール角(船舶座標系)、ピッチ角(船舶座標系)についても評価を行ったところ同様の結果を示した。以上より、船舶の状態変化量(船速、進行方位、ロール角、ピッチ角)の標準偏差によるデータのスクリーニングが可能であることが確認できた。

4. まとめ

北極海の中規模現象を議論するために必要な10cm/sec以下の精度を目標に、ADCPデータの高精度化処理を検討した。高精度化処理のポイントは以下の通りである。

- 1) ADCP計測時刻の校正
- 2) 表層海水連続分析水温塩分データを用いた流速補正
- 3) 船舶姿勢データとしてドップラーレーダー 付随のINUデータの採用
- 4) ADCPキャリブレーションによるADCPと船舶のヘディング方位差の推定
- 5) 船舶の動揺補正
- 6) ADCPキャリブレーションによる取付傾斜角の補正
- 7) ADCP計測方法に合わせた姿勢データ及びGPS船速データのフィルタリング

この絶対流速の高精度化処理を、JWACS 2002の一環として行われた北極海観測MR02-K05 (leg1) のADCPデータに適用した。ADCPで計測した船速とGPSから計算した船速の差からADCPの速度測定誤差を調べた結果、1アンサンブルあたりの誤差は8.96cm/secとなり、目標精度10cm/sec以下を達成した。

船舶の状態変化に対するADCPの速度測定誤差を調査した。結果は、船舶の速度、進行方位、ロール角、ピッチ角のいずれにおいても、状態変化を表す量の標準偏差の増加に伴い速度測定誤差も増加することが分かった。この関係を用いることで、誤差の大きい流速データを除去することができる。すなわち、この関係をデータの品質指標とすることで、目標精度に応じたデータのスクリーニングが可能となる。

参考文献

- 1) 島田浩二, “「みらい」船舶搭載ADCPデータのキャリブレーション,” 海洋科学技術センター試験研究報告, 43, 1-6 (2001)
- 2) RD Instruments, Vessel Mount Acoustic Doppler Current Profiler Technical Manual (RD Instruments, San Diego, 1997)
- 3) Del Grosso, V.A., "New equation for the speed of sound in natural waters (with comparison to other equations)," J. Acoust. Soc. Am., 56, 1084-1091 (1974).
- 4) Joyce, T. M., "On In-Situ 'Calibration' of Shipboard ADCPs," J. Atmos. Oceanic Technol, 6,169-172 (1989).

(原稿受理：平成15年12月5日)