

Appendix B ADCP テクニカルマニュアル

B-1 ADCP のテクニカルマニュアル

B-1.1 Teledyne RD Instruments 社製 ADCP の概要

ADCP とは超音波のドップラー効果を応用した流速計の商品名であり、連続した多層の流向流速を同時に計測できること、および ADCP を航走させながら断面の流速分布を計測できることが最大の特徴である。旧 RDI 社が 1982 年に世界で初めてドップラー流速計を開発し、しばらくは唯一のドップラー流速計メーカーとして活動していたが、その後同社から独立した技術者がドップラー流速計メーカーを立ち上げるなど、現在では TRDI 社を含めて世界的に 3 社ほどが主要メーカーとして販売を行っている(ソニック社、ノルテック社)。しかし、TRDI 社の商品はブロードバンド技術と呼ばれるオリジナル技術によって単 ping の精度と空間解像度を著しく向上させることに(唯一)成功しており、河川などの浅くて狭い範囲を高精度に計測出来る点が特長である。また、TRDI 社の ADCP は標準でトランスデューサーが 4 つの実装されており(5 つの機種もある)、3 ビームで計測する他の機種に比べて計測精度の点で有利である(近年、他社メーカーも 4 ビーム以上のタイプを開発した)。さらに、4 ビームで計測することにより、エラーベロシティという精度評価指標を算出することが出来るのも特長である。

この様な背景により、当マニュアルでは TRDI 社の ADCP に焦点を絞り、その特性を詳細に踏まえた上で、標準的な観測マニュアルとして執筆することとした。

B-1.2 ADCP 開発の歴史と河川分野での活用について

ADCP はそもそも海洋研究や海洋調査目的で開発された経緯があり、河川で積極的に利用されるようになったのは、TRDI 社が 2000 年度頃になって陸水部門(Water Resouce)が立ち上げられて以降になる。また、洪水観測に利用されるようになってきたのはさらに最近のことであり、USGS の貢献も大きい。

我が国では、出水時に安全かつ安定的に計測する手法に乏しかったこと、河床移動が生じる際にボトムトラック機能では正しく計測できないこと(現在は RTK-GNSS で観測している)、従来法との流量値の整合が合いにくいこと、などを主な理由に、ADCP の出水観測利用には慎重な意見が多いことも事実である。

しかし我が国においても木下良作等による ADCP 搭載ラジコンボートによって、大規模な出水時でも洪水観測が可能であることが示され、河床移動するケースでは RTK-GNSS の有効性や、急流場でも安定して計測出来る橋上操作艇の開発などが進んできた。これらにより、現状では ADCP による洪水流量観測の適用範囲は 6.0m/s と従来に比べて格段に利用範囲が広がられた。

近年では 5000m³/s を越える洪水観測に成功した事例も多く見受けられるようになり、これまで困難とされていた洪水流量観測への実績が近年急速に増加している。

こうした努力により、ADCP は万能ではないがある程度の規模の出水までであれば、非常に有効な観測ツールである、という認識が定着しつつある。大規模出水時には浮子観測に委ねるしか無い場合もある

が、流速適用範囲(現状では6.0m/sまで)や河川の状況に応じた最適な観測システムさえ構築できれば、貴重な水理現象を捉えることが可能であり、広く活用されることが期待される。

B-1.3 ADCP の計測原理

B-1.3.1 ドップラー効果の応用

波(音波や電磁波など)の発生源(音源・光源など)と観測者との相対的な速度によって、波の周波数が異なって観測される現象のことをドップラー効果という。発生源が近付く場合には波の振動が詰められて周波数が高くなり、逆に遠ざかる場合は振動が伸ばされて低くなる。

例えば、救急車などが通り過ぎる際、近づくときにはサイレンの音が高く聞こえ、遠ざかる時には低く聞こえるのはこの現象によるものであり、以下の式で求めることができる。

$$F_d = F_s (V/C) \tag{1}$$

ここで、 F_d : ドップラーシフトを受けた周波数、 F_s : 音源の周波数、 V : 音源と観測者の間の相対的な速度、 C : 音速 (m/s) である。

この技術を用いた計測機で代表的な物に、雲内部の降水粒子の移動速度を観測することで、雲内部の風の挙動を知ることが出来る気象観測用のドップラーレーダーなどが挙げられる。

ADCPはこの技術を応用し、水中のプランクトン、塵等の散乱体からの反射波のドップラーシフトを利用し、流れを計測している。

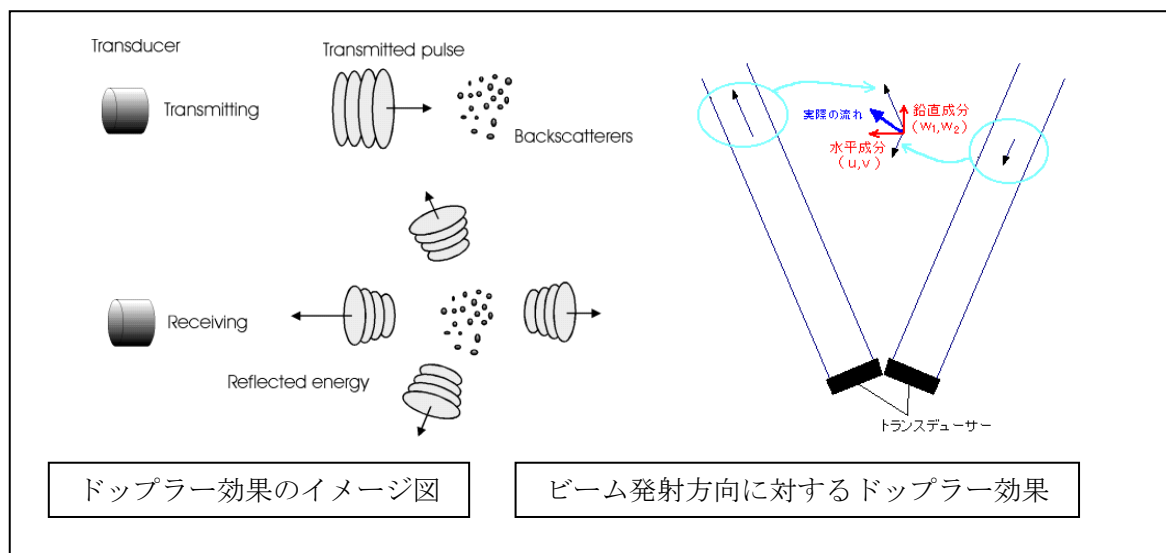


図 1-1 ドップラー流速計の基本計測原理

B-1.3.2 ブロードバンド技術の概要

ブロードバンド技術とは、超音波の送受信方法を改良することで、単ピングの流速精度と観測層の分解能を飛躍的に向上させることができる技術であり、従来の方式であるナローバンド技術と区別される。TRDI ではほとんど全ての ADCP にブロードバンド技術を採用しており、また同社の専売特許技術でもある。

ADCP におけるブロードバンド技術とは、位相の 180 度異なる 2 つ 1 組の短パルスを用いるところに特長がある。ブロードバンドという呼び方は、パワースペクトルのバンド幅が冗長なサイン波の場合は狭くなり、短いパルス波の場合はバンド幅が広くなるところに由来する。

従来のナローバンド方式（もしくは他社の方式）は、パルス幅 T_p のような 2 つの冗長なサイン波を発信し、発射波に対する反射波のドップラーシフトから流速を計測している。海洋観測のような比較的深度のある水域での観測ではナローバンド（長いパルス）の使用も支障はないが、河川のような浅い水域の場合、層厚を小さく設定することにより測定精度が著しく低下するため、実用的ではなかった。

それに対しブロードバンドは、2 つの短パルス T_{p1} にタイムラグ T_L を持たせて発信することにより、タイムラグとドップラーシフトから流速を計測している。この事により測定精度を維持させながら層厚分解能を向上させることができる。この T_{p1} と T_L は層厚などに応じて自由に組み合わせることが可能であり、観測設定に応じて観測機器が自動的に最適なパルス波を位相合成（パルスコーディネート）させることができる。

一般的にパルス幅を短くした場合、音の伝搬損失が増加するため測定レンジが短くなる。しかし、Teledyne RD Instruments 社のブロードバンド技術は、2 つの短いパルスを搬送波で位相変調しコード化したパルスを放射するように工夫することによりこの問題を大幅に改善している。

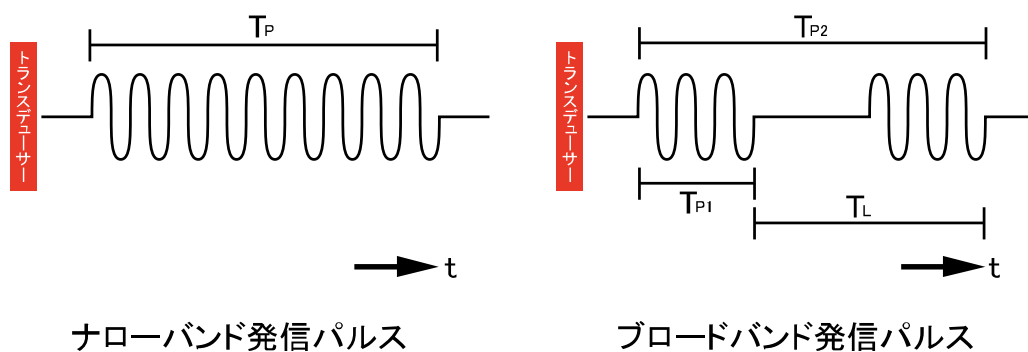


図 1-2 発信パルスの概念図

B-1.3.1 メインローブとサイドローブ

トランスデューサーから発射される超音波には、メインローブとサイドローブが存在する。メインローブとは超音波強度の最も強い領域であり、ADCP ではこのメインローブを受信して解析に用いている。一方、メインローブの外側にも小さなピークを持つサイドローブと呼ばれる超音波帯が存在し、これが水面やボトムと干渉を引き起こす原因となる。

メインローブとサイドローブは、トランスデューサーの直径が大きいほどビーム拡がり角 (beam width) が小さくなり、直径が小さいとその逆になる。下に、大きいサイズのトランスデューサーのビームパターンと、小さいサイズのトランスデューサーのビームパターンを示す (図 1-3)。

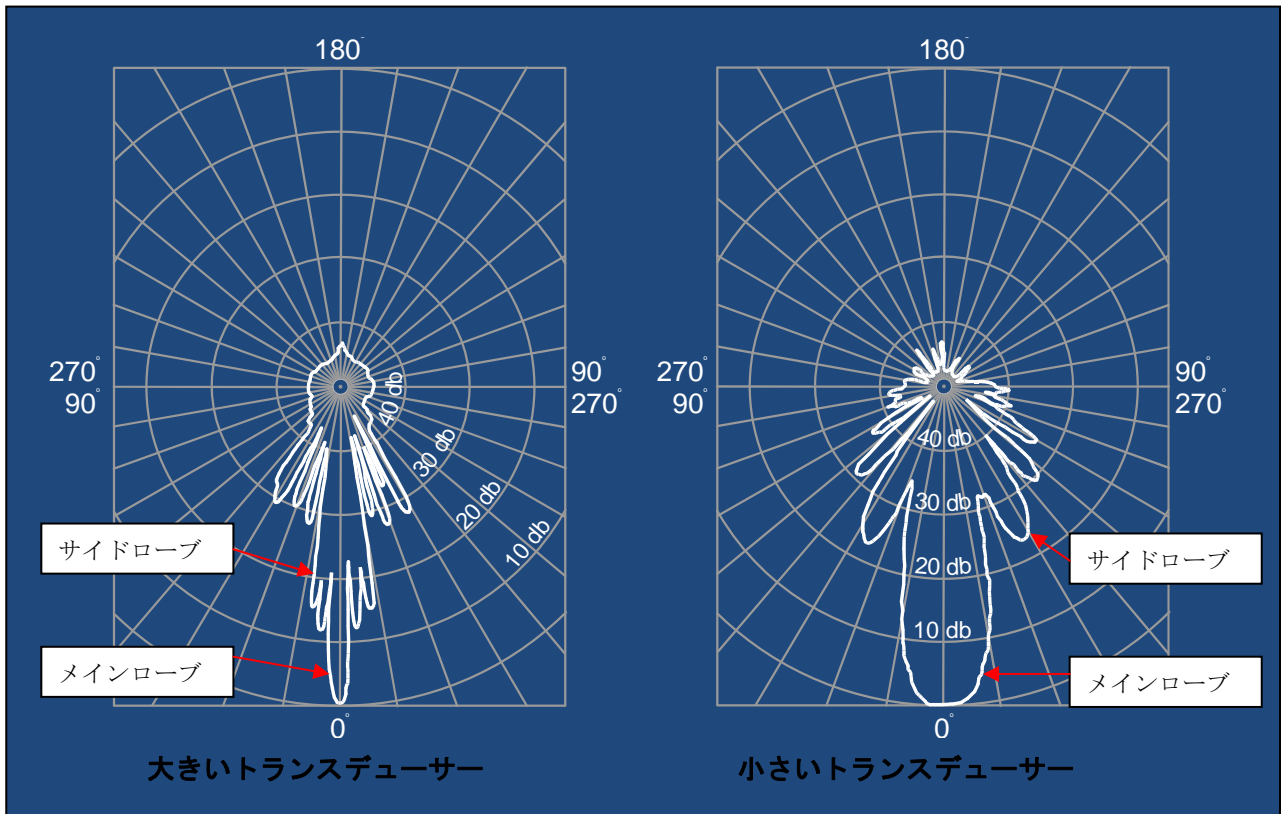


図 1-3 ビームパターンのイメージ図

B-1.3.2 3次元流向流速計の計測原理

ドップラー効果は超音波の発射方向に対して生じるため、たとえばまっすぐ垂直に超音波を発射させた場合は、水平方向のドップラー効果を得ることが出来ない。このため、ADCPでは20度方向に角度を持たせて超音波を発射し、水平方向成分を検出している。この発射角度は、角度が大きいくほど水平成分の検出精度は高くなるが、遠方での水平距離の隔たりが大きくなり同一流れ場を計測しにくくなることから、できるだけ角度が小さい方が望ましい側面もあり、ADCPで採用されている20度というのは計測精度と空間解像度との最適バランスを図った結果といえる。

2本のビームを下図のように発射させると、1軸方向の流速成分と鉛直方向の流速成分を得ることが出来る。また、これと直交する方向に2本(1対)のビームを発射させると、X軸、Y軸成分流速と、鉛直方向成分が得られる。

以下に、3次元流向流速計測の基本式を示す(図1-4)。

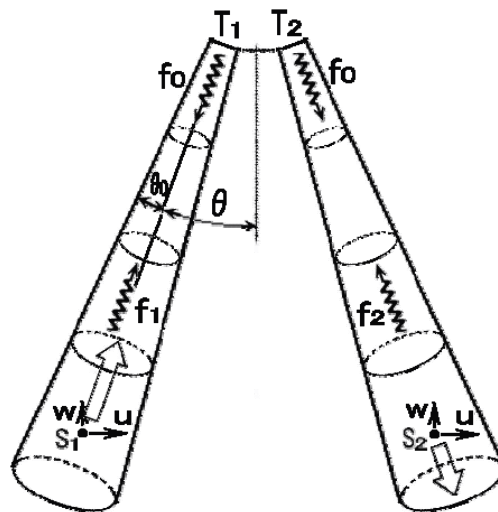


図 1-4 ADCPによる流速測定概念図

送受波器 T1 から発射された音波パルスが、ビーム軸方向(主音波発射経路)に速度 v_1 で動く散乱体 S1 で反射された後、再び T1 に戻ってくる時の周波数 f_1 はドップラー効果により次式で与えられる。

$$f_1 = f_0 \frac{c + v_1}{c - v_1} \approx f_0 \left(1 + 2 \frac{v_1}{c} \right) \quad (1)$$

ところで

$$v_1 = w \cos \theta + u \sin \theta \quad (2)$$

であるから、結局

$$f_1 = f_0 \left[1 + \frac{2(w \cos \theta + u \sin \theta)}{c} \right] \quad (3)$$

を得る。同様に、送受波器 T2 から発射された音波パルスが散乱体 S2 に反射されて戻ってくる周波数 f_2 は次式で与えられる。

$$f_2 = f_0 \left[1 + \frac{2(w \cos \theta - u \sin \theta)}{c} \right] \quad (4)$$

(3)、(4) 式から 2 成分の流速 (u 、 w) は次式のように求まる。

$$u = \frac{(f_1 - f_2)c}{4f_0 \sin \theta} \quad (5)$$

$$w = \frac{(f_1 + f_2 - 2f_0)c}{4f_0 \cos \theta} \quad (6)$$

さらにもう 1 対の送受波器を互い直交する鉛直断面内に配置すれば、3 成分の流速 (u 、 v 、 w) を得ることができる。さらに、ADCP 内部の方位センサーにより計測された方位と合成することにより、東西流、南北流のそれぞれの成分を計測することができる。

なお、3 成分の流速を得る場合は少なくとも 3 基のビームがあれば良いが、データの欠落防止と測定場の一様性判断基準の指標データを得るため 1 基余分のビームを配置し、2 対 (4 基) のビームで計測を行うのが一般的である。

B-1.3.3 ボトムトラック機能について

(1) ボトムトラック機能の概要

ボトムトラック機能とは、ADCP および観測船が河川を横断航走する際に、河床の移動を高精度に検出することによって自器の移動速度を算出し、対地流速を求めるための機能である。

河川などの限られた空間内で計測を行う場合、RTK-GNSS 等の高額な高精度 GNSS を用いない限り、GNSS による対地速度の計測値は実用的ではなく、ボトムトラック機能が必要不可欠である。

(2) ボトムトラック機能の原理

ボトムトラックの計測方法は基本的に流速計測方法と同様にドップラーシフトを利用するものであるが、ボトムトラックでは河床から反射してきたエコーを利用するため、発射するビームのパルスを少し長め (Long pulse) にして対地認識精度を向上させているのが特長である。

ADCPの移動計測時において、センサーは流速 V と船速 V_s が加わった自機に対する相対流速 V_d を計測する。その際、ボトムトラック機能を用いることによりセンサーが自身の移動速度を別途計測し、移動しながらでも実流速 V のみを取得する事ができる。

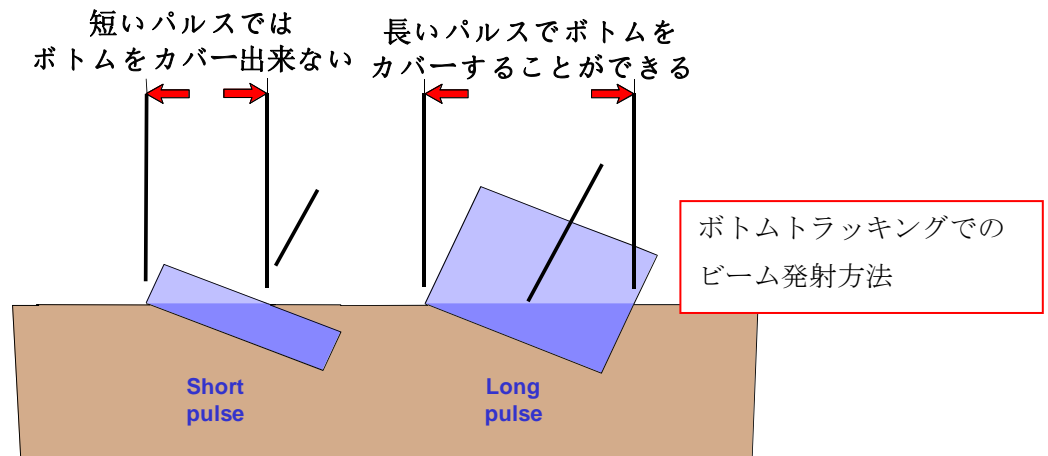


図 1-5 ボトムトラックのパルス

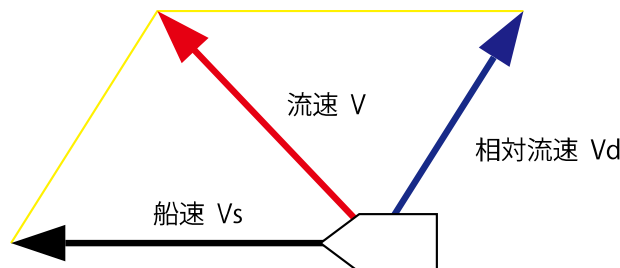


図 1-6 ボトムトラック機能の概念図

B-1.3.4 内蔵の磁気コンパスおよびチルト・ピッチセンサーによるデータ補助

ADCPによる横断観測を実施する際には、観測船の無人・有人にかかわらず、観測船が波などの影響を受けて揺動が生じる可能性がある。この場合、ADCPは鉛直下方の流速分布を捉えていないことになる。

この揺動のデータを補助するために、ADCPには方位センサー（磁気コンパス）と傾斜センサーが搭載されている。方位は360°対応しているため、ADCPの移動方向に変化が生じててもADCP自身がどの方角を向いているのか記録し、東方成分、北方成分に変換したデータを得ることができる。ただし、磁気コンパスである故、鉄など磁場を生じる物が周りにある環境下では、方位センサーが方位を誤認する可能性があるため注意が必要である。

傾斜（ローリングとピッチング）は、最大20°まで傾斜計により自動的に補正される。万が一、20°を超えてADCPが傾いてしまった場合、的確な観測ができなくなってしまうので観測時に注意が必要である。

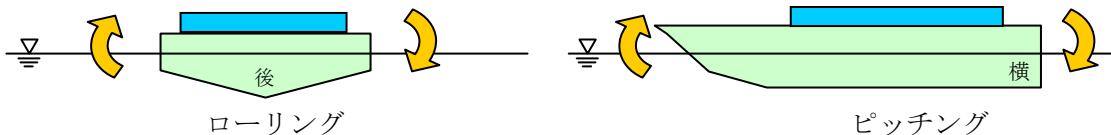


図 1-7 ローリング・ピッチング

B-1.3.5 多層計測の原理について

送信されたパルスのエコーを、時間区分して受信・信号処理することにより流速の空間分布を計測することができる。下図はその様子を模式的に表した図であり、時間区分がすなわち測定層厚となる（一般に層厚＝パルス長）（図 1-8）。層厚の設定は任意に可能であり（>1cm）、層数は最大 255 層である。

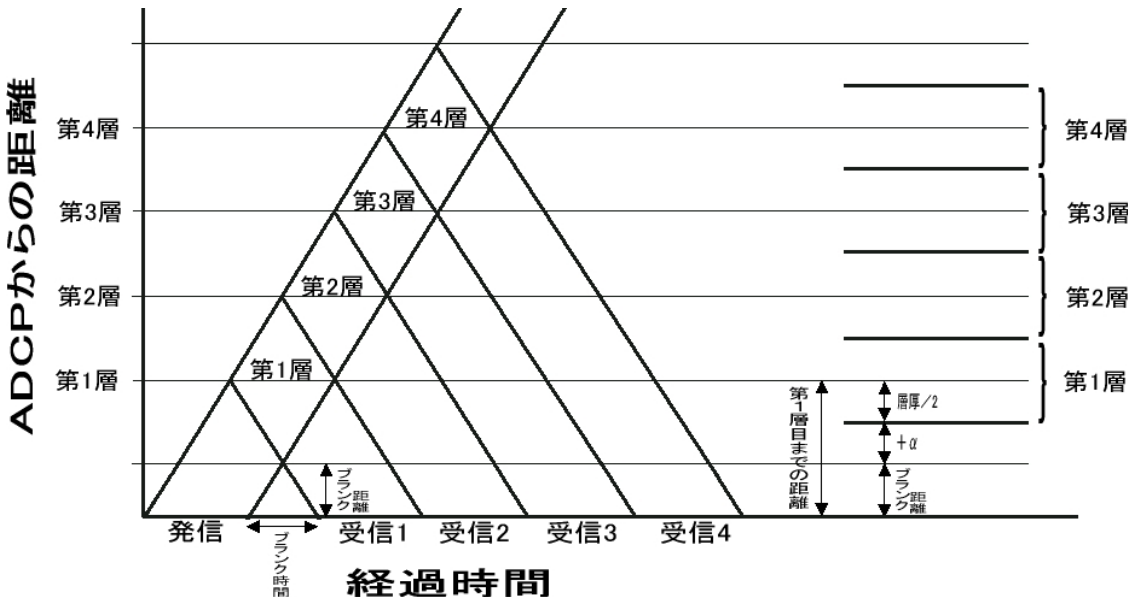


図 1-8 多層計測の概念図

B-1.3.6 1層目距離の算出方法について

観測層距離 (Cell Ranges) は、ADCP 本体の中心線を基準として垂直方向に換算された数値である。超音波ビーム方向の距離では無い。

観測層厚も同様に、垂直方向の高さを示している。

また、観測層距離は、各観測層厚の中心点までの距離を示しており、観測層の端の距離ではない。

1層目距離は、WF と WS に加えて lag 時間分が加算され、次の式で試算できる。

$$FCR = WF + WS + Lag$$

仮に WF が 25 WS が 25 であれば、

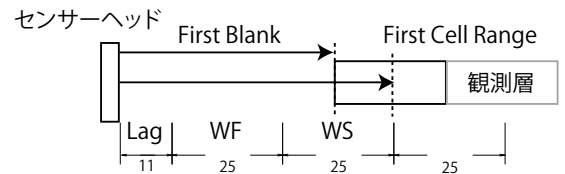
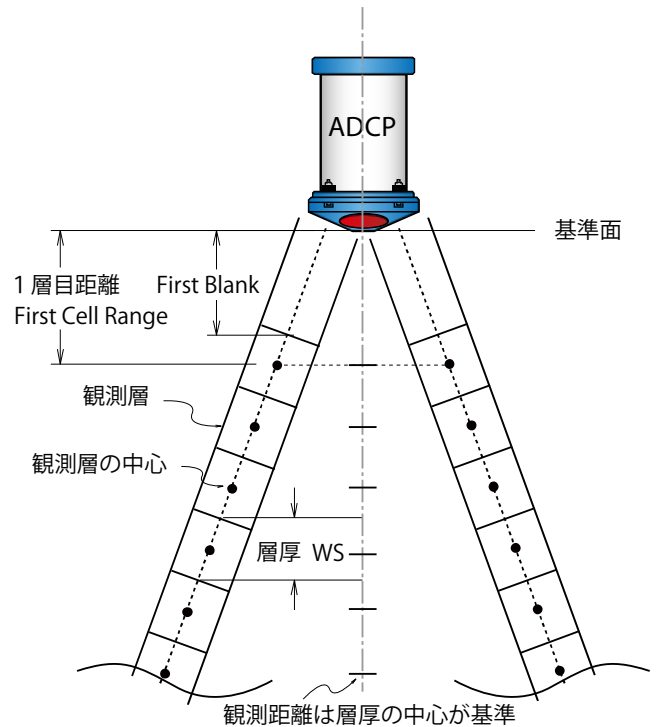
$$1 \text{ 層目距離} = 25 + 25 + 11\text{cm} = 61\text{cm}$$

と概算できる。

Lag 時間は送信と受信を切り替える際のタイムラグであり、層厚などで若干変化するが、1200kHz の場合は 10cm 前後、600kHz の場合は 20cm 前後である。

FirstBlank は WF の値に 1/2WS と Lag を加えた数値になる。WF = FirstBlank では無いので注意が必要である。

以下に、WF と WS の設定値と 1層目距離との関係を早見表として示した (表 1)。TRDI 社の Plan で計算すること正確な数値が得られる。



1200kHz WF25 WS25 の場合
 First Cell Range = 25+25+11=61cm
 First Blank = 25+25/2+11=48.5cm

図 1-9 1層目距離の算出方法概念図

表 1 WF および WS の設定と一層目距離の早見表

1200kHz				
WF	0.25	0.25	0.25	0.25
WS 層厚	0.25	0.50	1.00	2.00
1層目距離	0.61	0.86	1.35	2.34
ファーストブランク	0.485	0.610	0.850	1.340
WF	0.50	0.50	0.50	0.50
WS 層厚	0.25	0.50	1.00	2.00
1層目距離	0.86	1.10	1.60	2.59
ファーストブランク	0.735	0.850	1.100	1.590

600kHz				
WF	0.50	0.50	0.50	0.50
WS 層厚	0.25	0.50	1.00	2.00
1層目距離	0.86	1.10	1.60	2.59
ファーストブランク	0.735	0.850	1.100	1.590
WF	0.75	0.75	0.75	0.75
WS 層厚	0.25	0.50	1.00	2.00
1層目距離	1.11	1.36	1.85	2.84
ファーストブランク	0.985	1.110	1.350	1.840

B-1.4 ADCP の測定不能域

B-1.4.1 不感帯（ブランク）

ADCP を用いて横断観測を実施した場合、水面付近と河床付近、左右岸近くにデータの測定不能域（不感帯）が発生する。この不感帯の発生要因について、水面付近と河床付近、左右岸付近に分けて以下にまとめる。

(1) 水面付近

ADCP は接触式の流速計であるため、トランスデューサーが水に浸かっていないとてはならない。その為、浸かっている分（水面からトランスデューサー面までの高さ）は測定不能域になる。

トランスデューサー内部のセラミックを振動させ超音波を生みだしているため、トランスデューサー近傍の水は、きれいな波の形には振動しない。従って、トランスデューサー近傍は計測不能域となる。

ADCP が送受波兼用のモノスタティックソナーである為、送波から受波に切り替わる際にわずかなタイムロスが生じる。その切り換え時間が $10\mu\text{s}$ だとしても、音速は約 1500m/s である為、その間に超音波は 1.5cm 進んでしまう。従って、その間は測定不能域となる。

(2) 河床付近のサイドローブによる干渉

河床近傍の測定不能域については超音波のビーム軸（メインビーム）が垂直から $\theta=20^\circ$ 傾いた方向へ発信されていることに起因する（図 1-10 の A 及び B の方向）。超音波機器はメインビーム以外の方向へサイドローブと呼ばれる弱い音波が生じる。メインビームの超音波が A 又は B で散乱体に当たって返ってくる時、C の方向に発信されたサイドローブが河床に先に当たり大きな反射波を返してくる。この事により、A 又は B からの反射波にノイズは混入し異常値となるため、CD の間は測定不能域となる。その CD 間の高さは次の式で求められる。

$$H_b = H(1 - \cos\theta) \quad (7)$$

従って、 $\theta=20^\circ$ とした場合、

$$\begin{aligned} CD &= OC - OD = OC - OA \cos\theta \\ &= OC(1 - \cos\theta) \\ &= OC(1 - 0.93969) \\ &= 0.0603 \times OC \end{aligned}$$

となるため、河床付近においては全水深の約 6% が測定不能となる。例えば、水深 OC を 10m とした場合、CD 間の 0.6m が上記の理由により測定不能域となる。

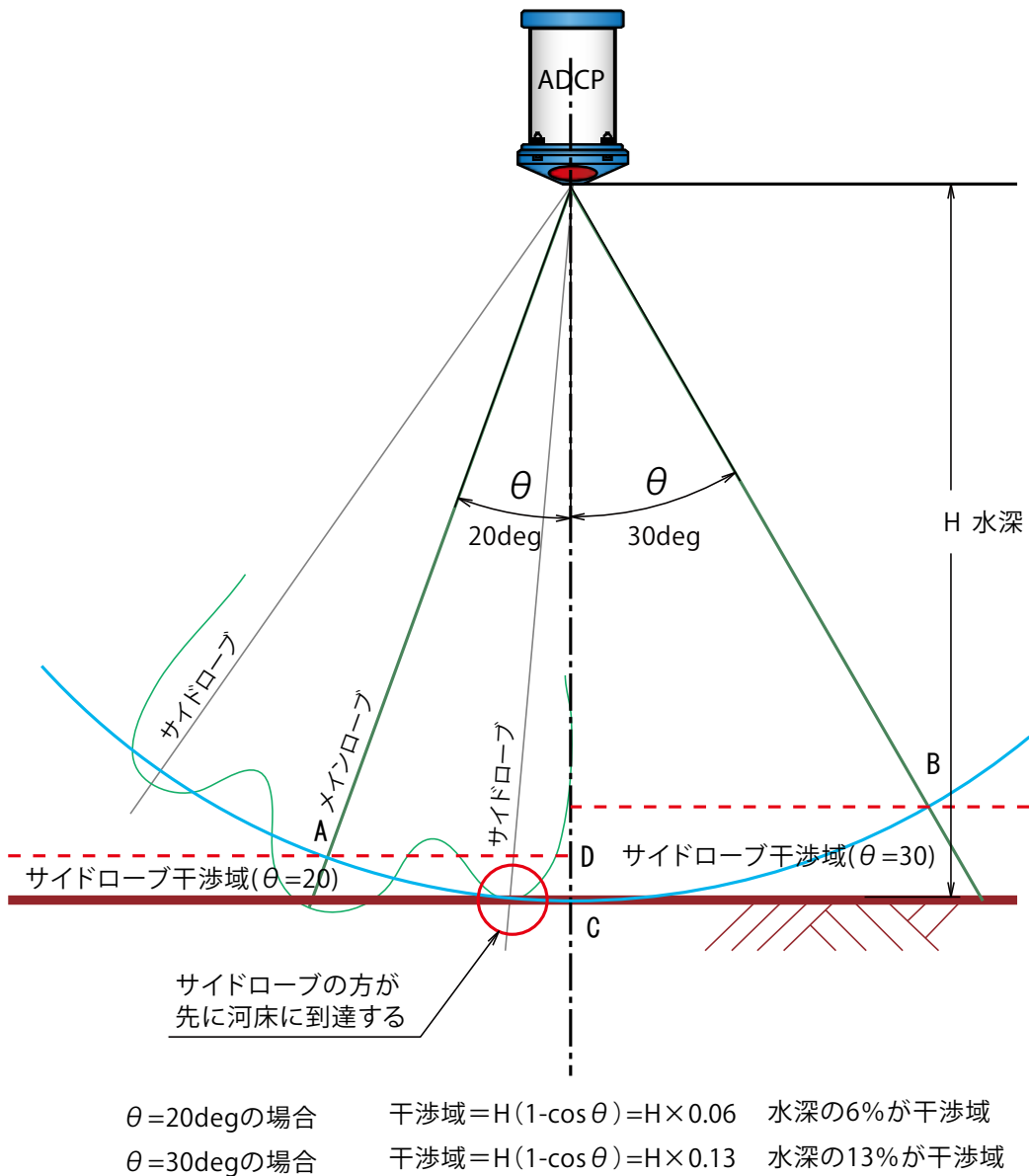


図 1-10 河床付近での不感帯発生概念図

(3) 左右岸付近

ADCP の観測船が河岸に近づきすぎると、ADCP が河床と接触して破損する等の危険が伴う。そのため、ADCP を搭載した観測船が河岸付近に近づくことは難しく、横断面内における左右岸付近が測定不能域となる。

B-1.5 層厚と計測レンジについて

B-1.5.1 層厚

ADCP は層厚を 1cm 刻みで、1200kHz は 5cm～400cm、600kHz は 10cm～800cm の間で任意に設定することができる。また、ハイレゾリューション機能、ハイスピードサンプリング機能を用いた場合は、層厚 1 cm からの設定が可能であるため、より詳細なデータを取得することが可能である。

層厚の大きさを変えることにより、次のような利点、欠点が生じるため、計測場の水深、流速、目的に合わせた最適な値を入力することが求められる。

層厚が大きい場合：

- ・ 1 ピング辺りの測定精度が向上する。
- ・ 測定精度を維持するためのデータ（ピング）数が少なくなり、データ取得時間が短くなる。
- ・ 最大計測レンジが延びる。
- ・ データ取得時間が短く設定できるので水平方向の空間解像度は向上する。

層厚が小さい場合：

- ・ 1 ピング当たりの測定精度が低下する。
- ・ 測定精度を維持するためにより多くのデータ（ピング）数が必要となり、データ取得時間が長くなる
- ・ 計測時間が長くなると水平方向の空間解像度は低下する。

河川での計測の場合、一般的に以下の層厚で設定されることが多い。

ただし、実際の計測では、層厚だけでなく、データ取得間隔、測定精度などと統合的に判断・設定することが重要である。

水深 1 m	： 層厚 5～10cm
水深 2m	： 層厚 10～20cm
水深 5m	： 層厚 25～50cm
水深 10m	： 層厚 50cm～1m

なお、層数を設定する場合は、万が一、深掘れがあった場合を予想し、想定されうる最大深度の 2 割増し程度の水深をカバーするように設定することが望ましい。

B-1.5.2 最低計測水深

ADCP で観測できる最低水深は周波数によって異なり、1200kHz の場合は水深約 50cm、600kHz の場合は約 2m である。また、データの良し悪しを判断するために、有効層が 3 層以上なくてはならない。現実的には、1200kHz で観測する際には水深 1m 程度が必要と考えた方がよい。

B-1.5.3 最大計測レンジ

ADCPの最大計測レンジは、層厚、水温、塩分、バンドワイズ(WB)に依存する。一般に1200kHzは水深20m程度まで計測できる、という目安が広く知られているが、設定や使用条件によっては15m~40mまで変動するため、深い場所で計測する場合はその都度Planを使って最大計測レンジを確認しておくことが望まれる。

WBコマンドはバンドワイズを選択するコマンドで、最大計測レンジを1.3倍ほど延ばす効果がある。但し、ping発射間隔が長くなるため、曳航観測の場合は精度低下をもたらすので注意が必要である。

1200kHz(WB1)の最大計測レンジは、淡水域の場合、層厚25cmでみると、水温5℃で17m、水温20℃で24mまで計測可能である。水温が低いほど最大計測レンジは小さくなり、水温5℃と比べて20℃の場合は40%ほど計測レンジが長くなる。洪水観測は夏場がメインであるため、比較的計測レンジが長い条件で観測を行うことができる。

また、海水の場合、層厚25cmでみると、水温5℃で11.3m、水温20℃で13.6mまでしか計測できない。塩分が高いほど計測距離は短くなり、同じ温度で比較すると、淡水とくらべて海水では25%ほど計測距離が短くなる。河口部や感潮区間での計測の際には最大レンジが大きく変動するため、事前にプランニングしておく必要がある。

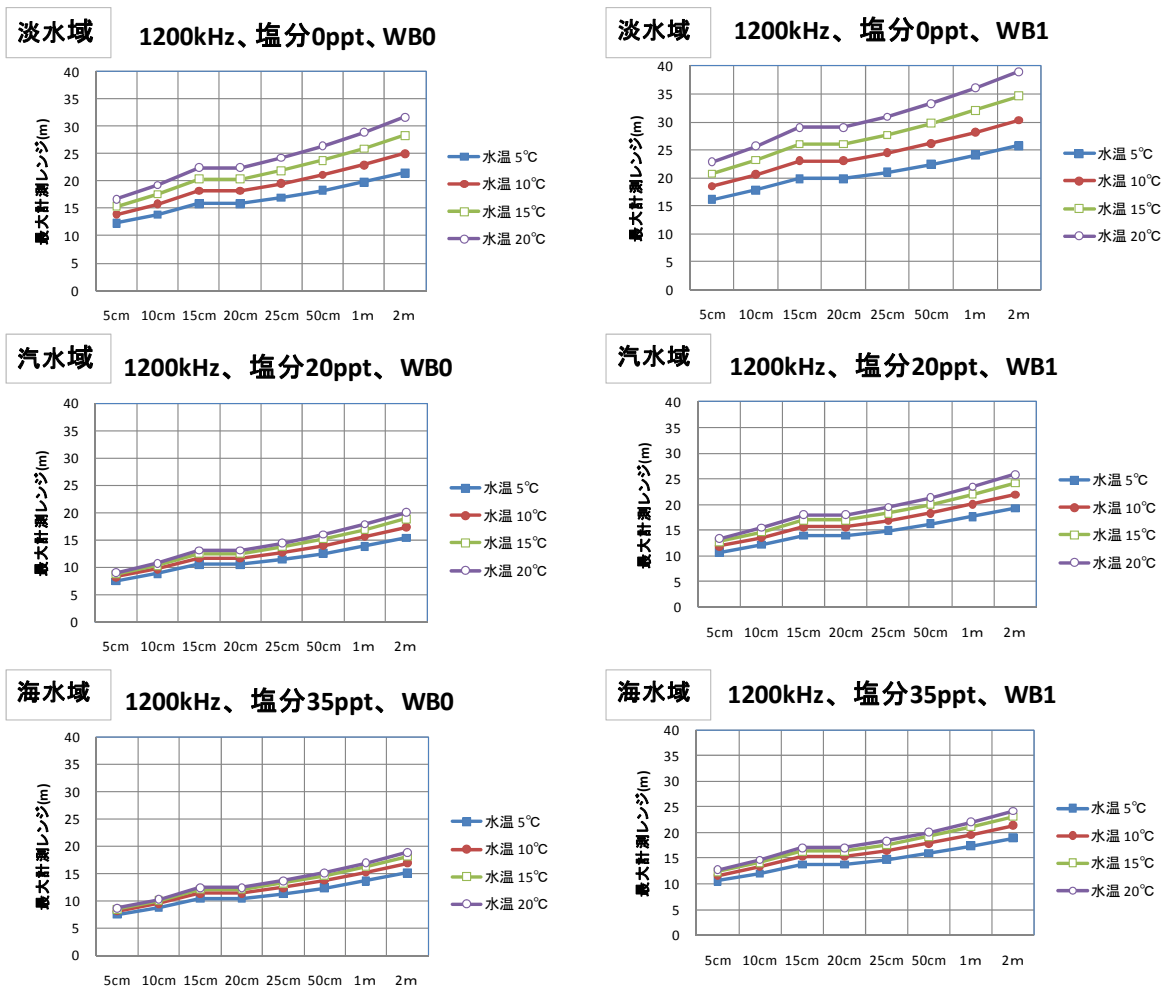


図 1-11 各条件下での最大計測レンジ

B-1.6 ボトムレンジについて

B-1.6.1 計測方法

ボトムトラック機能による対地速度計測には、流速計測と同様にドップラー効果が用いられている。ADCPは流速を計測するパルスと異なるロングパルスをトランスデューサーから発信し、河床からの反射波のドップラーシフトを計算することにより自機の対地速度を計測していることは前述したとおりである。

一方、超音波の往復時間を計測することで、河床までの距離、すなわち水深を計測することができ、これをボトムレンジと呼ぶ。ADCPには4つのトランスデューサーがあるため、各々のビームで計測した4方向の河床高を得ることができる。なお、得られる河床高は、ビーム角度20度を補正し、直下高度に換算したものである。ただし、傾斜補正は行っていない。

ボトムトラック機能による河床高の計測精度は1200kHzの場合5cm or 4%FSである。コマンドで解像度をいくつか選択できる。

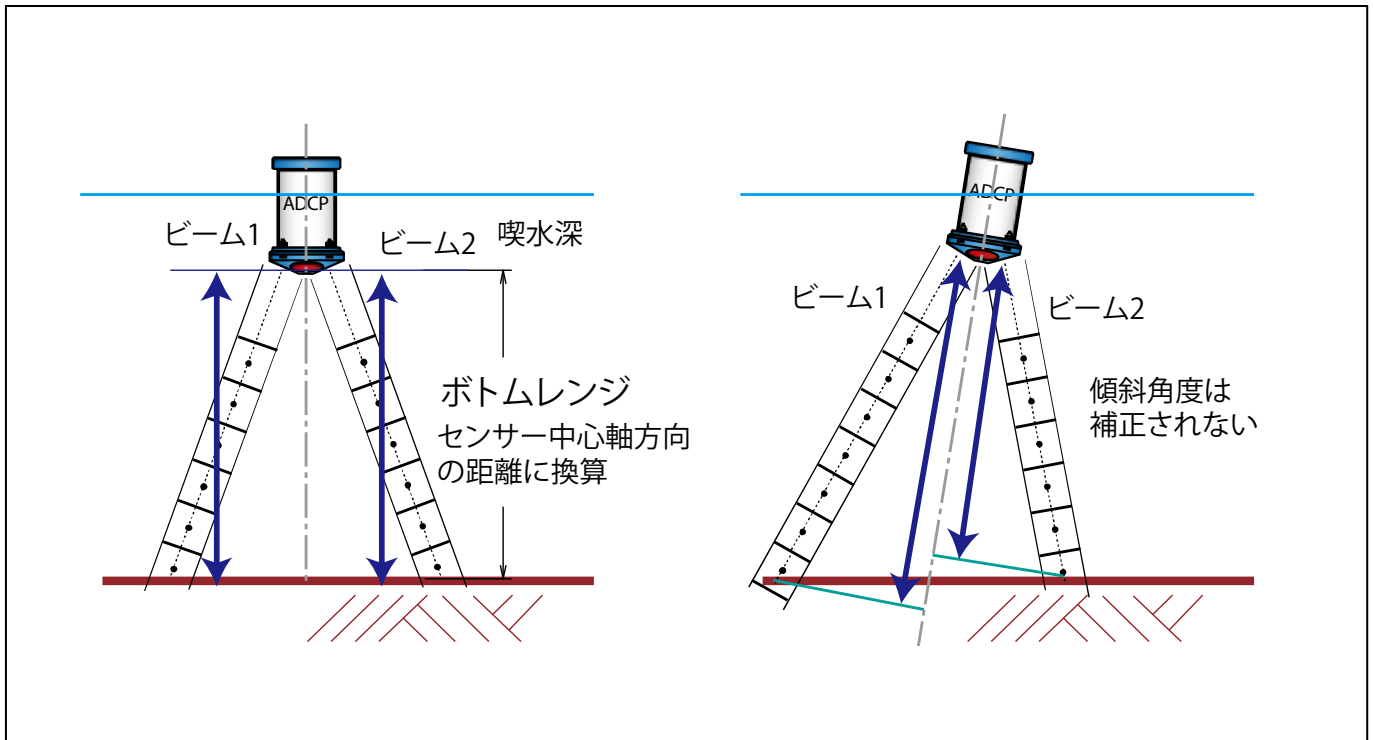
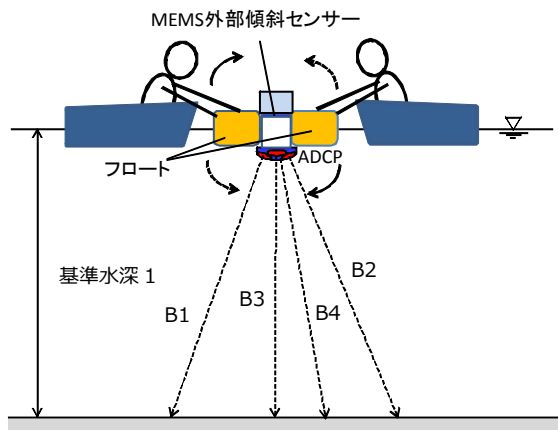


図 1-12 ボトムレンジの計測イメージ図

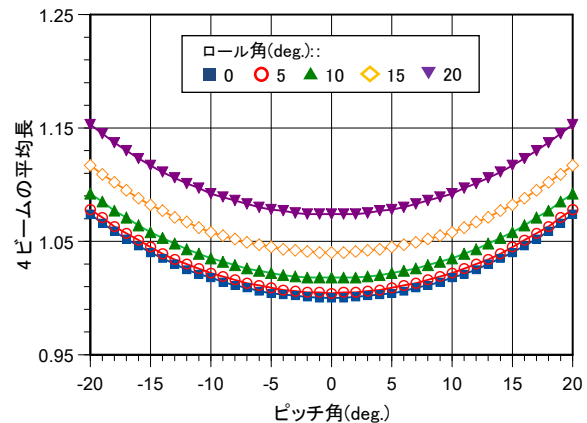
B-1.6.2 ピッチ・ロールの影響

ADCPは、鉛直下向きに対して20度の傾きで4方向に超音波を発射し、各ビーム長さをそれぞれ20度の傾斜角を補正した後にそれらの平均値をその地点の水深として出力する。ADCPが傾斜する場合にはその影響は考慮されておらず、ビーム長補正は計測後にユーザー側で任意に行う必要がある。

例えば、ADCPの水深計測特性を考察するために、図1-13に示すような河床が平坦な基準化された水深1の水槽を想定して、ADCPを傾斜させた場合に4つのトランスデューサー(振動子)で計測されるビーム長の平均値を計算した。その結果、図に示すようにピッチ角およびロール角が0度のときには、水深は実際の値である1(最小値)となり、同様に5度のときに1.009、10度のときに1.035、15度で1.082、20度で1.153と傾斜角が大きくなるほどビーム長の平均値は実際の水深よりも大きく、特に傾斜角が10度と15度では出力される値の差が大きくなる。岡田ら(参考文献)が大型水槽を用いて行ったADCP搭載ボートの揺動実験においても、上記の計算と同様な結果が得られており、傾斜角が15°以下であればADCPの傾斜角補正を行うことにより、計測精度を向上させることが可能である。



基準された水深1の水槽における
ADCPが傾斜した場合のビーム長さ



水深1の水槽における傾斜角（ピッチ・
ロール）とADCPの4ビームの平均長の関係

図 1-13 ADCPを傾斜させた時のボトムレンジ変化

【参考文献】

- 岡田将治, 萬矢敦啓, 橘田隆史: ADCP搭載ボートの観測時の揺動が流速分布および水深計測値に及ぼす影響, 土木学会水工学論文集, 第54巻, 2010.3

B-1.6.3 河岸際など起伏の激しい場所での誤差

河岸際やダム河岸、および河床の起伏が激しい場所などでは、ボトムレンジの計測誤差が大きくなる。ADCPでは4本のビームそれぞれでボトムレンジを計測して、その平均値を水深として使うことが多い。この時、4本のビームは放射上に20度で広がるため、厳密には同じ場所を計測していることにはならない。このため、図1-14の様に4本のビームで著しく高低差が生じている場合は、4ビームの平均値を取ると実際的水深よりも浅めに算出されることが多い。

この場合は、WinRiver IIでは、25%以上乖離した値は平均値に含めない様に処理する機能がオプションで用意されている。その他、各ビームの値が出力できるため、後処理にて、中間の2データを使って平均させるなどの方法により、実際的水深データにより近い値を出力することができる。

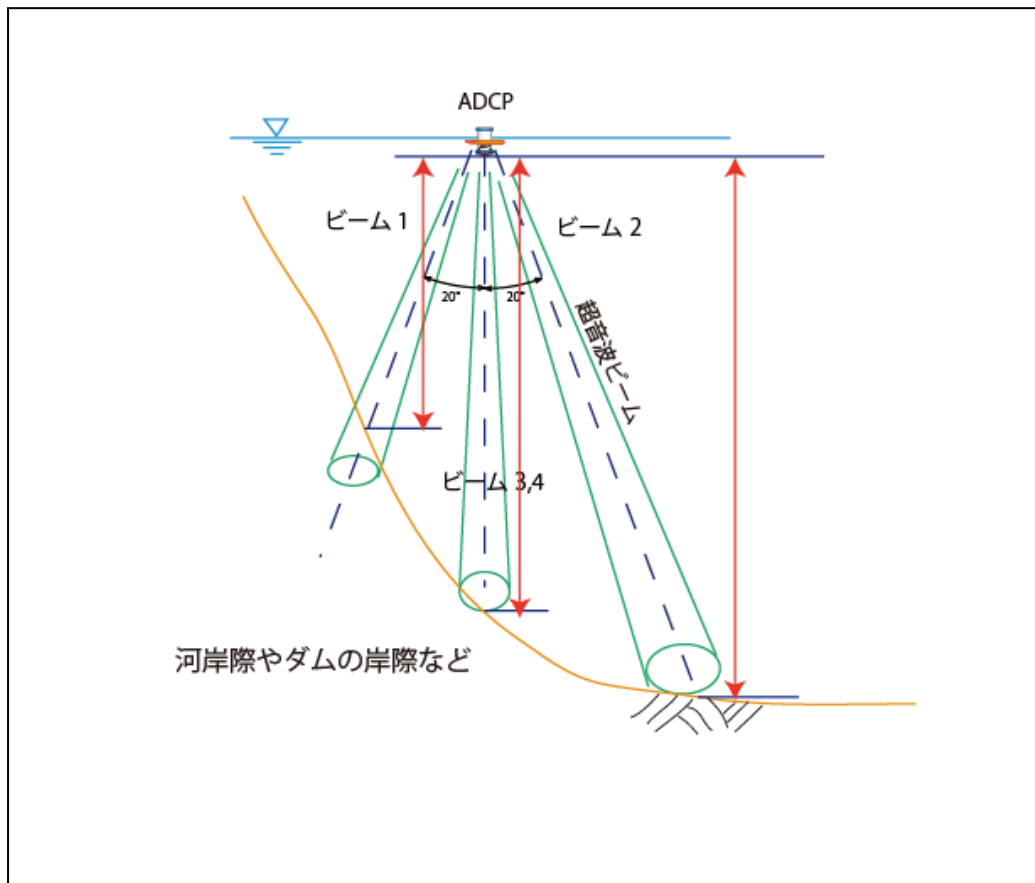


図 1-14 河床の起伏が大きい場合の計測誤差

B-1.7 流速精度の考え方

B-1.7.1 アンビギュイティーベロシティについて

(1) アンビギュイティーベロシティ (Ambiguity velocity) とは

現在世界的に広く使われているワークホース ADCP シリーズもブロードバンド技術が組み込まれている。従来型と比べて、ブロードバンド ADCP=高精度・高分解能 ADCP とも解釈できるが、流速決定のために位相差 (±180 度) 計測を行うため、事前に機器内部に、最大測定範囲を規定する条件を設定する必要がある。その条件がアンビギュイティーベロシティと呼ばれるものであり、もし、流速がその設定範囲を超えた場合、アンビギュイティー・ベロシティ・エラーを起こし、ADCP は正しい測流が行えなくなる。

(2) アンビギュイティーベロシティの考え方

ワークホース ADCP の場合、アンビギュイティーベロシティは WV コマンドで定義され、具体的には WV の数値が、計測可能な最大のラジアル・アンビギュイティーベロシティ (ビーム放射軸方向の最大流速) として設定される。

$$WV = (\text{水平最大流速}) \times (\sin 20 \text{ 度}) \times (1.2)$$

- ・ 水平最大流速(cm/s)は船速 (移動観測の場合) + 実流速の和
- ・ sin20 度はビーム角 (0.34202)
- ・ 1.2 は安全率 (文献によって推奨値に差あり)

例えば水平最大流速を 450cm/s と仮定した場合、最適の WV は 185 となる。

デフォルト WV は 175 (年代バージョンによって若干差あり) に設定されており、これはすなわち水平流速±4m/s までカバーできるため、この範囲を超えなければ、通常ユーザーはアンビギュイティーベロシティを意識し、観測毎に変更する必要はない。

(詳細)

WV は、ビーム幅コマンド (WB) によって上限が異なることに留意する必要がある。

WB0 (ワイドビーム) の場合 : WV 最大値は 700 (水平流速 17m/s)

WB1 (ナロービーム) の場合 : WV 最大値は 330 (水平流速 8m/s)

である。

WV を常に最大にしておけばアンビギュイティー・ベロシティー・エラーはほとんど発生しないと考えることもできるが、WV を大きくすると単 ping 精度（標準偏差誤差）も大きくなるため、特別の目的がない場合、最大値に設定することは推奨できない。

WV100 の場合；（層厚 0.5m@1200kHz、層厚 1.0m@600kHz）

最大水平流速±2.4m/s、単 ping 標準偏差 4.9cm/s

WV175 の場合；（層厚 0.5m@1200kHz、層厚 1.0m@600kHz）

最大水平流速±4.0m/s、単 ping 標準偏差 7.0cm/s

WV480 場合；（層厚 0.5m@1200kHz、層厚 1.0m@600kHz）

最大水平流速±11.7m/s、単 ping 標準偏差 10.2cm/s

B-1.7.2 単 Ping 当たりの標準偏差 (Std)

単 ping 当たりの標準偏差（流速精度）は、機器の周波数，層厚，アンビギュイティーベロシティー (WV) で決定される。1200kHz を例に取ると、層厚が大きいほど標準偏差が小さくなり、層厚 25cm より層厚が小さい場合は精度低下が著しいことが分かる。

アンビギュイティーベロシティー(WV)は、数値が小さいほど標準偏差が小さくなるが、WV を小さくすると流速値が大きくなった際にエラーとなりやすいため、注意が必要である。デフォルトの WV175 では相対流速 4.0m/s まで計測できるが、明らかに流速が小さい場合は WV を小さくすると単 ping 精度を向上させることが出来る。

1200kHz: 単pingの流速精度

WV	層厚						
	20cm	25cm	50cm	100cm	200cm	300cm	400cm
100	25.7	17.8	13.2	12.0	5.9	2.9	1.3
175	45.0	31.1	23.1	13.6	7.0	3.5	1.7
210	54.0	37.3	27.7	16.4	8.3	4.0	1.9
240	64.2	44.4	20.4	18.7	8.8	4.3	2.1
290	74.5	51.5	24.7	17.8	9.2	4.6	2.2
330	84.8	58.6	22.2	20.3	9.7	4.8	2.3

600kHz: 単pingの流速精度

WV	層厚						
	20cm	25cm	50cm	100cm	200cm	300cm	400cm
100	17.6	15.9	12.1	6.0	3.0	1.8	1.3
175	30.8	27.9	13.6	7.0	3.6	2.4	1.7
210	37.0	33.5	16.4	8.4	4.0	2.6	1.9
250	44.0	39.8	19.5	8.8	4.3	2.8	2.1
290	51.1	46.2	17.8	9.3	4.6	3.0	2.2
330	58.1	52.6	20.3	9.7	4.9	3.2	2.3

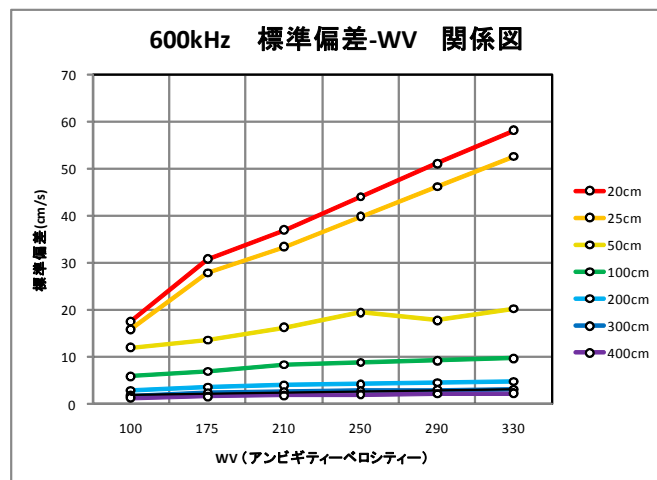
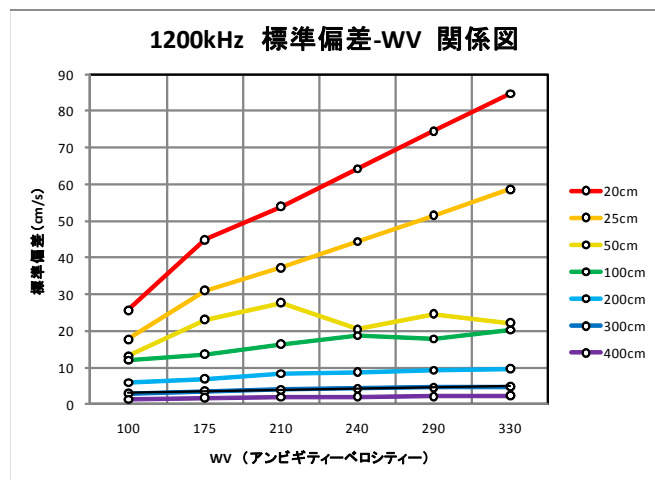


図 1-15 各条件下における単 ping 当たりの標準偏差

B-1.7.3 Ping 数による精度向上

ADCP 等の超音波ドップラー多層流向流速計の仕様に書かれている測定精度は主に 「長期測定精度」であり、理想的な環境下において、その機器が到達しうる最高精度を表示している。

しかし、実際の観測の際には時間や電力に制限があり、主に、「長期測定精度」で示される値が「実用精度」として用いられることはない。実際の測定は「実用精度」として「短期測定精度」を用いる。「短期測定精度」は単ピングの測定精度と平均発信数を用いて下記の式で表される。

$$\text{短期測定精度} = \frac{\text{（単ピング測定精度）}}{\sqrt{\text{（発信回数）}}} \quad (8)$$

実際の測定は、いかに少ない発信回数で目的精度に到達できるかが重要である。

具体例として、TRDI 社製ワークホース ADCP1200kHz の場合、単ピング精度が 3.0cm/s（1200kHz、層厚 1m 時）であるので、9 ピング平均にて測定精度 1.0cm/s となる。

以下に、ping 数と標準偏差(std)の関係図を示す。1200kHz と 600kHz それぞれの Mode1 (WM1) と Mode11 (WM11) の 2 ケースについて、ping 数を増やした場合の std 変化を層厚毎に示している。

Mode1 の場合は、最低でも 10ping 程度は必要であるということがわかる。一方 Mode11 の場合は 2～3ping で十分な精度を持つが、洪水観測には使用できないモードなので注意が必要である。

ちなみに、1200kHz の場合は層厚が 25cm よりも小さい場合は精度を確保しにくく、層厚を 5cm 小さくするだけで精度が半分に低下することがわかる。1200kHz の Mode1 で観測する場合は層厚 25cm が ADCP のパフォーマンスを効率的に引き出す適値であると考えられる。

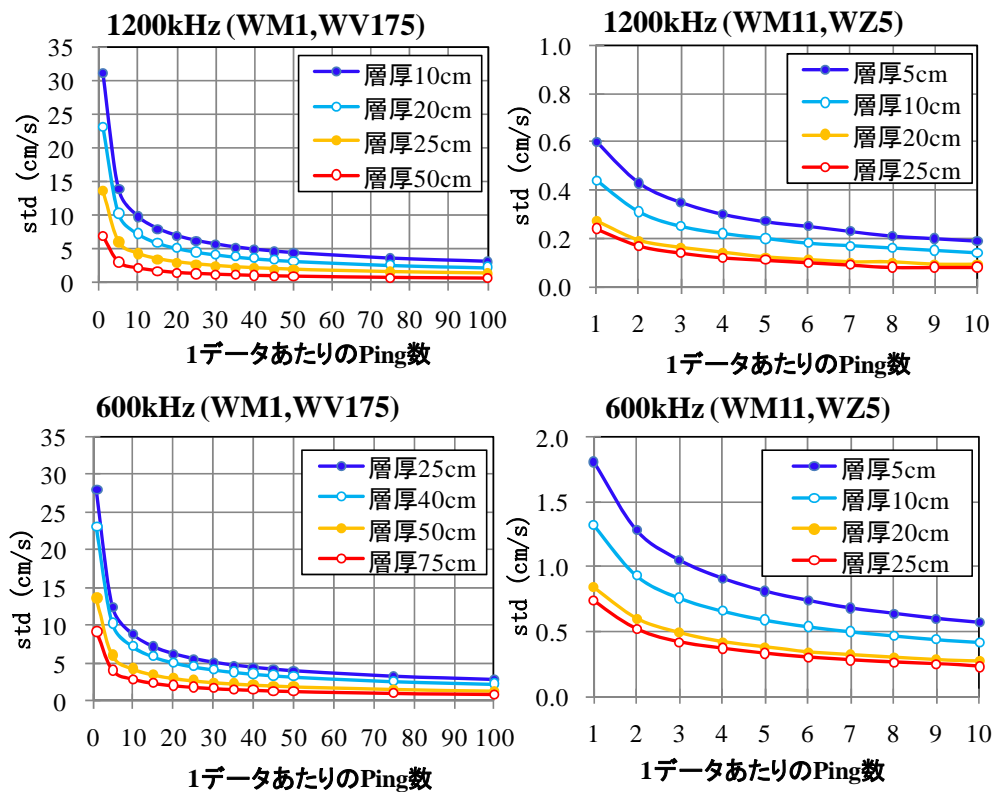


図 1-16 ping 数と標準偏差(std)の関係図

B-1.8 データ取得時間

ADCP は ping を多く打つほど流速精度が高くなる一方、計測に時間がかかるため、移動観測の場合はそれだけ移動距離が長くなり、結果的に空間解像度が低下するという相反する問題が生じる。このため、徒歩での観測の場合は移動速度を 1m/s 程度と想定すると、1 秒から 2 秒の範囲でデータを取得する必要があり、これよりも時間をかけるとかえって流量観測精度が低下する恐れがある。

短時間に多くの ping を発射できるハイスピードサンプリングモード (WM12) はこの様な問題を解決するためのオプションであり、洪水時の曳航観測で唯一利用できる精度向上オプションであるといえる。

また、データ取得時間を短くするためには、最大計測レンジを短くすることも必要である。層厚 (WS) と層数 (WN) で最大計測距離が決定されるが、必要最小限で設定することが望ましい。また、ボトムレンジの最大値 (BX) もデータ計測時間に影響を及ぼすため、これも予想される最大水深を考慮して過大に設定しないように配慮すべきである。また、出来るだけ横断移動速度を遅くすることも観測精度向上には有効であるが、1 断面の観測に時間がかかり過ぎると同時性の問題が生じるため、1 観測あたり 10 分～15 分以内を目安に移動速度を設定することが必要である。

B-1.9 プロファイルモードの違い

B-1.9.1 ウォータープロファイル

(1) Mode 1

一般的な環境下で使用する標準モード。様々な観測において幅広く適用されるモードで、速い流速を長い水深レンジで計測することができる。最も汎用性の高い観測モード。

(2) Mode 5

流速が遅く水深が浅い環境において、高精度に流速計測するモード。このモードはボトムトラッキングと併用される。計測の誤差を最小限に抑えられるが、使用環境が限定される。(流速が小さく、ADCP プラットフォームの移動速度も小さくできる状況。また強いシア一流や乱流が無い状況など)

(3) Mode 8

浅水域の高解像度プロファイリング用モード。Mode 5 と同じくボトムトラックと併用する必要がある。計測の誤差は Mode 5 より大きくなるが、使用環境の制限は少し緩くなる。

(4) Mode 11

境界層の研究目的に開発された浅水域高解像度プロファイリングモードの最新版。層数の最大数も増え、層厚は 1 cm からの設定が可能になった。信号処理の改善により速い間隔でのピング発信を可能にした上、Mode 5 や Mode 8 よりも適用できる環境の制限も緩くなった。

(5) Mode 12

ハイスピードサンプリングモード。短い Ping 間隔で発射可能なサブピングを使用して時間当た

りの ping 数を増やすことで観測精度を上げることができるモード。また、層厚 1 cm までの高解像度プロファイリングを行うことができる。流速の速い地点でも、浅水域においても、あらゆる環境において誤差を抑えることが可能であり、汎用性は広い。

B-1.9.2 ボトムトラッキングモード

(1) Bottom Mode 5

浅水域でのデータの分散を小さくするためのモード。最適な水深と速度を計算し複数のピングを発信する。このモードはデフォルト設定である。

(2) Bottom Mode 7

Bottom Mode 5 よりも浅く濁りが強い高い??環境において、低速の移動観測を行う際に用いられるモード。

B-1.10 データクオリティーの指標

B-1.10.1 %Good (Percent Good)

ピング発信数とエラースレッショルドをパスしたピング数の割合のことでデータ品質管理用のパラメータの一つ。深度層毎に 4 つの Percent Good の値が出力され、それぞれの意味は座標モードの設定により下表のように異なる。

座標系	PG1	PG2	PG3	PG4
Beam 座標	ビーム 1 の有効データの割合	ビーム 2 の有効データの割合	ビーム 3 の有効データの割合	ビーム 4 の有効データの割合
Instrument 座標	3 ビームモードで計算された際の有効データ割合	4 ビームで計算した結果、誤差流速が ADCP のフィルター (WE コマンドで設定) を越えていたためエラーとなった割合	2 ビーム以上が異常データで、流速の計算が不可能だった割合	4 ビームで計測された際の有効データ割合
Ship 座標				
Earth 座標				

※座標系

Beam	ADCP の各ビームに対しての流れ (向かうか、遠ざかるか)
Instrument	機器に対する流れ (X、Y、Z)
Ship	船に対する流れ (X、Y、Z)、船に対するビーム 3 方向の偏角 (EA) で補正
Earth	地球座標の流れ (東方、北方、鉛直)

地球座標系で計測した場合、PG4 が「100」であれば計測を妨げる障害や計測している場の乱れが少なく、データの質は確かだと判断される。PG1 は、3 ビームモードで計測された場合の有効デ

ータ割合を示しており、このとき PG4 は 0 となるため PG4 だけで判断してしまうと、3 ビームモードでの有効値が反映されなくなるという問題が生じる。このため、%Good でノイズ判断をする場合は、PG1 と PG4 を合計した数値で判断する必要がある。

ちなみに、シングル ping で計測した場合の%Good は 0 か 100 のみとなり、10ping で計測した場合は 10%刻みの数値となる。%Good でノイズ処理の判断をする閾値は明確にはできないが、%Good 50%程度を目安としておけば半分取れていれば使えるであろうという指標にはなる。

計測データが異常値かどうかの判断は、ADCP のフィルターによる。

WA 4 つのビームの中で反射強度に設定値以上のばらつきがあった場合は除去する。(魚など流速に影響する障害物にビームが当たると、反射強度が高くなるため、このフィルターで除去することができる)

WC コリレーション (相関値) が低いと、そのビームを除去する。

WE 誤差流速 (Error Velocity) が大きいデータは除去する。

→カットされたデータの割合は PG2 で示される。

各フィルターは、通常はデフォルト値で使用される ADCP のエキスパートコマンドである。

上記のフィルターでは、エラーデータを完全に削除することはできない。そのため、パーセントグッドの低下などを指標にしてデータの質を確認する必要がある。

海底や海面、障害物にビームが当たった場合やビームが届かなかった場合は PG4 が低下し、PG1 ~PG3 が上がる。

PG4 が低下している場合には出力されている流速値にエラーがある可能性が高いため、流速値、反射強度、コリレーションを確認してデータの取捨選択を行う必要がある。

B-1.10.2 コリレーション

データ品質管理の為の重要なパラメータのひとつ。散乱粒子の分布が位相測定の間でどれだけ変わるのが相関値で判断するための指標である。コリレーションの値が高いほど、サンプルされた流速データの精度と信頼性が高いことを示す。

ADCP は、2 つの短パルスを、位相変調をかけてつなげ、2 つ 1 組にしたパルスを発信している。

この 2 つ一組のパルスはトランスデューサーから発信された後、水中の散乱体で反射し、トランスデューサーに戻る。この反射波の 1 つ目のパルスと 2 つ目のパルスのドップラーシフトの相関具合を数値化して表しているのがコリレーションである

WC コマンドによりコリレーションによるデータ棄却の閾値を設定することが出来る。デフォルトは WC64 である。

計測されたデータの コリレーション値が基準値(デフォルト 64)より大きい場合は計測場の連続性が高いとしてデータとして採用され、反対に基準より小さい場合は連続性が低いとみなされ、データから棄却される。

B-1.10.3 エラーベロシティ

エラーベロシティとは、各計測層の均一性を評価する指標で ADCP が計測する 2 つの鉛直流の差から算出される。データ品質管理に用いられる重要なパラメータの一つ。

対角上の 2 ビームは鉛直成分と水平方向の一成分をそれぞれ計測する。4 ビームからは二つの独立した鉛直方向の流速値が求まる。この二つの鉛直流速の差の絶対値が **Error Velocity** である。ADCP は 4 つのビームが計測する範囲において一様な流れ場であることが前提となっている。しかし、ここに場の不均一性が生じると、二つの鉛直流速に差が生じ、**Error Velocity** が大きくなる。

WE コマンドでエラーベロシティによるデータ棄却の閾値を設定することが出来る。デフォルトは $WE1000(\text{mm/s})=1.0\text{m/s}$ であるが、閾値としてはかなり甘い値と言える。ただ、この閾値の妥当性については判断が難しいため、計測された流速値にくらべて **Error Velocity** が不自然に大きい場合など、後処理で判断する方が望ましい。

ADCP では 4 本のビームが放射上に広がるため、水深が深くなると各ビームの水平距離が遠くなり、同じ流れ場を計測しているかどうかの判別が非常に難しくなる、と指摘されていた。TRDI 社では ADCP 開発当初からこの問題に着目しており、同じ流れ場を計測しているかどうかの指標としてこのエラーベロシティという概念が考案された。ちなみにエラーベロシティの計算には、トランスデューサーが最低 4 つ必要となるため、3 ビームタイプのドップラー流速計ではエラーベロシティが算出できないという点も注意事項として挙げられる。

下の図はある層での異なった状況での流速を表している。

左図は 4 本のビームが同じ流れを捉えているため、エラーベロシティは 0 となる。右図は 1 ビームだけ異なった流速を計測している状況を示している。この場合、左図と比べてエラーベロシティは大きくなる。

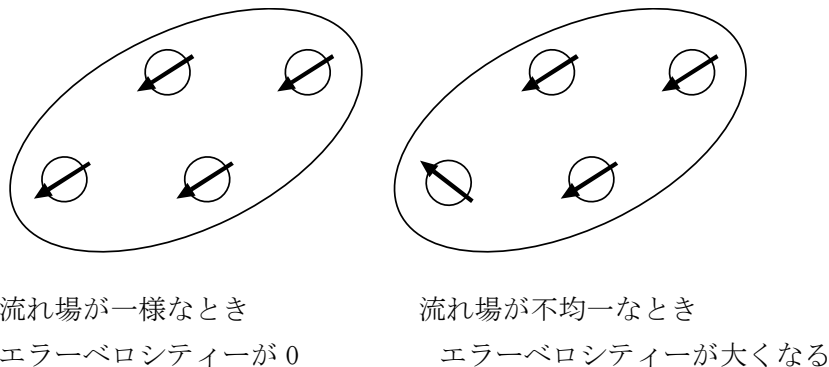


図 1-17 エラーベロシティの考え方

ただし、この異なった流速が計測された原因が、実際に流速が異なっており表れたものか、ADCP の計測誤差によって生じたものかを区別することは出来ないため注意が必要である。事実、乱流場では一般的な河川での計測時よりもエラーベロシティが大きくなるケースが多い。

B-1.10.4 反射強度

反射強度は、トランスデューサーに返ってきた反射シグナルの強度で、Count で表される無次元の値である。データ品質管理のための重要なパラメータの一つである。反射強度が不連続に高い値がでる場合は、ビームが障害物と干渉している可能性を示唆しており、データ精度の低下が推定される。また、反射強度が低すぎる場合は水中散乱体濃度が不十分であることや、測定レンジの限界であることを示す。エコーインテンシティの値がレンジオーバーの場合、ADCP はドップラーシフトを正確に計測することができない。このため、反射強度のコンタ図をチェックすることで、干渉の有無やデータクオリティのチェックを行うことができる。

なお、インテンシティは次の式であらわされる。

$$EI = SL + SV + conc \tan t - 20 \log(R) - 2\alpha R$$

EI : エコーインテンシティ (Count)

SL : 機器毎の送信電力のソースレベル (dB)

SV : 後方散乱強度 (dB)

・ ・ : 吸収係数 (dB/m)

R : トランスデューサーから測定層までの距離 (m)

B-1.11 ADCP の機種とオプション

B-1.11.1 流量観測用の ADCP

(1) ワークホース ADCP (1200kHz、600kHz、300kHz)

国内で最も使用されている ADCP。『ブロードバンド技術』を用いることにより、1 ピング（発信）あたりの流速測定精度を飛躍的に向上させており、高精度なデータを短時間で取得することができる。そのため、電力消費を抑えた長期設置観測や、移動しながら計測することが可能となった。

周波数は 1200kHz、600kHz、300kHz の 3 周波数がラインナップされており、各周波数特性の違い（最主に最大測定レンジ）により、1200kHz は河川（計測距離～20m）、600kHz は湖沼・ダム（計測距離～60m）、300kHz は海洋・沿岸域（計測距離～170m）で主に用いられている。

また、モデルは内蔵メモリ、内蔵バッテリーで単独設置観測ができる「センチネル」、オンラインでリアルタイムモニタリングを想定した「モニター」、移動観測に必要なオプション機能がデフォルトで搭載されており、尚且つ 12V で稼働する曳航観測専用モデル「リオグランデ」などがラインナップされている。

(2) リバーレイ (600kHz)

600kHz という河川には不向きな低周波を用いながら水深 0.4m～40m までの測定レンジ幅を可能にした曳航専用 ADCP。トランスデューサーは従来のピストン型ではなく、フェーズドアレイを採用し、直近の流れを乱さないフラットなセンサー面となっている。600kHz を用いることにより濁度に対する耐性が強固になっており、河床移動時にも確実にボトムを捉えることが可能となった。また、層厚、層数、測定モードが全て自動切替となっており、誰が観測に行っても、最適なクオリティでの観測結果が得られることもこの機器の特徴である。

(3) ストリームプロ (2400kHz)

小河川、水路での流量計測を目的とした小型 ADCP。トランスデューサーの直径がわずか 3.5cm であり、ワークホースでは計測することが困難であった狭い環境でも計測が行う事ができる。電源は単 3 乾電池 8 本で約 10 時間稼働する為、ランニングコストを軽減することもできる。コンパス・傾斜計オプション、ロングレンジオプションを追加することにより、水深 6m の河川まで東方・北方成分の流況データを取得することも可能となった。

※エクスプレスはワークホース ADCP の機能を制限することによりローコスト化を実現したモデルである。

寸法、重量などは全く同じであるが、単ピング辺りの測定精度が若干悪く、また、ボトムトラック機能などのオプション機能が追加できない為、曳航観測に用いることは出来ない。設置で時間インターバルを持って計測する場合は有効なモデルである。

B-1.11.2 各種オプション機能

(1) ワークホース

a) ボトムトラッキング機能（高精度ボトムトラック機能、スタンダードボトムトラック機能）

海底・河床から反射するエコーのドップラー効果を用いて流速計の対地移動速度、底面からの高さを計測する機能である。

ボトムトラック機能には高精度ボトムトラック機能、標準ボトムトラック機能の2種類があり、各々測定精度は高精度ボトムトラック機能は±0.04%、標準ボトムトラック機能は±1.15%である。

なお、計測距離は周波数によって異なり、1200kHzは0.3～30m、600kHzは0.6～100mである。

現在、河川で多く用いられている ADCP に搭載されているボトムトラック機能は高精度タイプが主流である。

b) ハイレゾリューション機能

浅水深、微流速域で有効な機能（1200kHz、600kHz 限定）である。この機能は従来のハイレゾリューション機能（WM5）と標準モード（WM1）のコンビネーション技術であり、位相変調を施した2ペアパルス間のタイムラグを通常より長くすることにより、精密に微流速を計測することができる。また、この機能により、層厚1cmから、計測可能になる。

ただし、非常にセンシティブなパルスを用いているため、使用できる環境に制限がある。平常時の河川流量観測時に用いられるケースが多い。

ハイレゾリューション機能の使用に不適切な環境

- ・ 1200kHz：水深（m）×流速（m/s）=1以上の環境
- ・ 600kHz：水深（m）×流速（m/s）=2以上の環境
- ・ シアの強い水域 ・ 乱流域
- ・ 散乱体（チリ、プランクトン等）の少ない水域
- ・ 移動速度の速い曳航体（ボート）での計測

	層厚	1200kHz	600kHz
WM11 単ピング精度[cm/s]	0.01m	1.8	2.4
	0.05m	1.0	1.8
	0.10m	0.7	0.8
	0.25m	0.4	0.5
	0.50m	-	0.4
[計測レンジ (m)] × [流速 (m/s)]		1	2
最大測定レンジ[m]		4	8

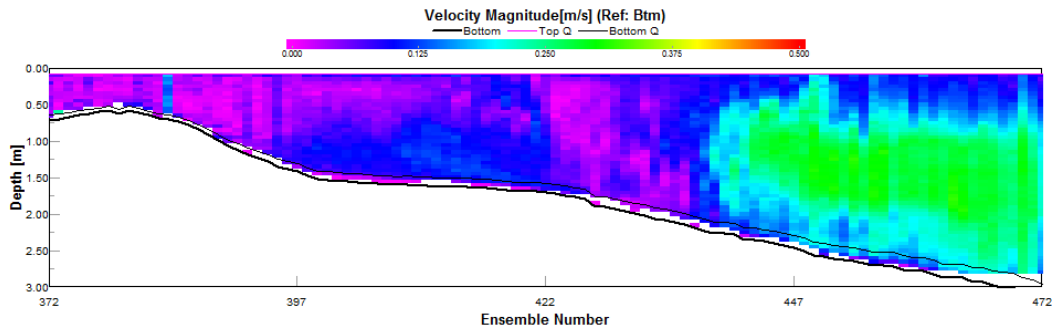


図 1-18 ハイレゾリューション機能を用いた取得データ

3) ハイスピードサンプリング機能

単位時間当たり超音波発射回数を大幅に増やすための機能。最大で 40Hz(1 秒間に 40ping)の高速サンプリングを行う機能である (1200kHz 限定)。単ピング辺りの測定精度は標準モード (WM1) と同じであるが、高速サンプリングを行うため、単位時間当りの精度を向上させることができる。ハイレゾリューション機能同様、層厚は 1cm から設定することが可能である。

流れ、対地速度を 2 回計測した平均値を出力するように設定した場合、通常の計測モードでは、流れ→対地→環境情報→演算・・・と任意回数繰り返し計測した後、平均値を出力する。一方、ハイスピードサンプリング機能ではサブピング(subping)と呼ばれる環境情報を取得しない計測を設定することが可能となる(図 1-19 の青色の矢印)。このため、通常計測に比べると、例えば 2 秒間に発射できる ping 数が数倍に増えることで、1 データ当たりの標準偏差(std)を向上させることが可能となる。もしくは、同じ標準偏差でデータ取得さえる場合、より短時間で計測できるため、横断方向の空間解像度を向上させることが可能となる。

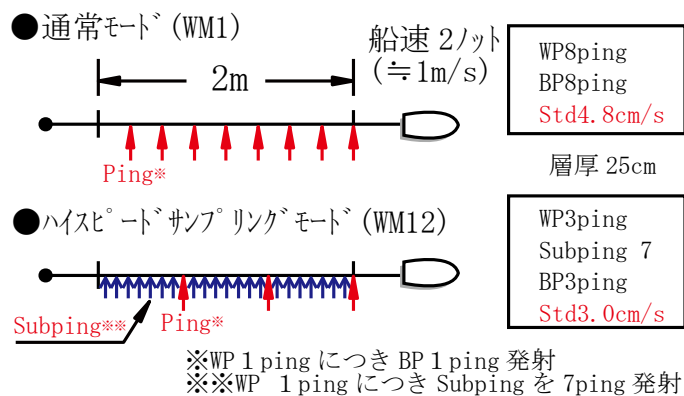


図 1-19 ハイスピードサンプリング機能の概念図

(2) ストリームプロ

1) ロングレンジモードオプション

ストリームプロ ADCP は水路、小河川などの計測を念頭に開発されている為、デフォルトでは最大水深 3m (10cm×30 層) までの計測しか行う事ができない。ロングレンジモードオプションを追加することにより、最大水深 6m (20cm×30 層) までの計測が可能となる。

2) 内蔵コンパス、傾斜計機能追加

ストリームプロ ADCP は流量計として開発されているため、方位計、傾斜計を標準装備していない。ストリームプロを用いて、流況計測を行う場合は、内蔵の方位計、傾斜計をハード的に追加することが必須である。

B-1.11.3 ソフトウェアの種類

(1) WinRiver

リアルタイムデータ収集及び描画、プレイバックソフトウェア。

コンター図、ベクトル図、シップトラック図など流れを把握する上で代表的な図化が可能である。

また、事前もしくはポストプロセスで各種パラメータを設定することにより、直行成分への変換、流量算出なども行う事ができる。

(2) WinRiver II (英語版、日本語版)

WinRiver の後継ソフトウェア。WinRiver 同様、リアルタイムデータ収集及び描画、プレイバックを目的としたソフトウェアである。

(3) VmDas

本来、海洋で計測を行う大型船用に製作されたソフトウェア。全てのデータを生値で収集するため、ポストプロセスでいかなる処理も可能となる。

(4) BBtalk

ADCP 用ターミナルソフトウェア。ADCP で必要な機能が盛り込まれたターミナルソフトであり、通信ログの保存なども簡易に行う事ができる。主に、点検や事前の通信確認に用いられる。

(5) PlanADCP

観測設定ファイルの作成に用いられる。手持ちの ADCP の機能の設定、ピング数、層厚、観測インターバル、測定モード等を入力することにより、測定精度、消費電力、各種測定レンジなどを確認しながら、観測計画を行う事ができる。

(6) WinADCP

データ描画、詳細解析、およびテキスト変換ソフトウェア。閾値を全くもたないことにより、

取得したデータのありのままをチェックすることができる。RiverRayには対応していない。

(7) WinSC

設置観測用設定ソフトウェア。PlanADCPで作った観測設定ファイルの送信など、設置観測の事前設定を順序立てて行うためのものである。

(8) ADCPのファームウェアについて

Teledyne RD Instruments社では、製品の品質向上の為に、不定期にファームウェアの更新を行っている。実際問題として、古いファームウェアには何かしら不具合を抱えている可能性があるため、可能な限り最新版のファームウェアを使うことが望ましい。ファームウェアのアップグレードは国内販売店の方で対応可能である。

B-1.12 ビームクリアランスについて

トランスデューサーの音波経路上に妨害物があると、データのクオリティが著しく低下する原因となる。

従って、音波の発射方向に一定のビームクリアランスを確保しなくてはならない。ビームクリアランスを下図に示す。

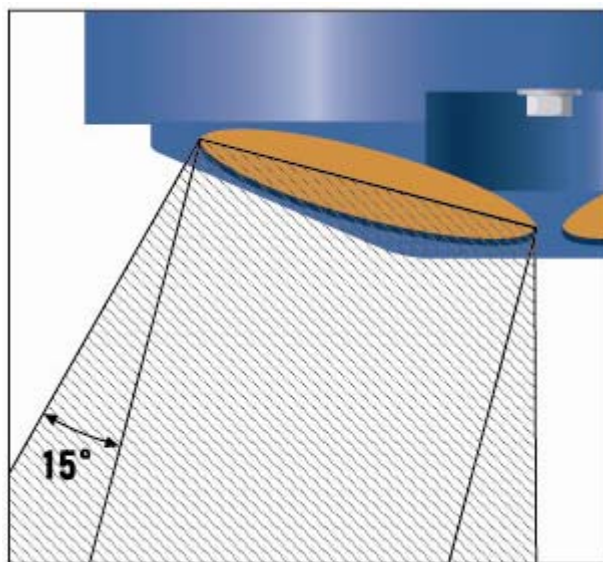


図 1-20 ビームクリアランス

B-1.13 内部診断テスト

ADCP は PA、PT2～PT7 のコマンドを用いて、機器の状態を診断することができる。
以下、各々の診断内容について説明する

PA – 全システムチェック

```
>PA
PRE-DEPLOYMENT TESTS
CPU TESTS:
  RIC.....PASS
  RAM.....PASS
  ROM.....PASS
RECORDER TESTS:
  PC Card #0.....DETECTED
  Card Detect.....PASS
  Communication.....PASS
  DOS Structure.....PASS
  Sector Test (short).....PASS
  PC Card #1.....DETECTED
  Card Detect.....PASS
  Communication.....PASS
  DOS Structure.....PASS
  Sector Test (short).....PASS
DSP TESTS:
  Timing RAM.....PASS
  Demod RAM.....PASS
  Demod REG.....PASS
  FIFOs.....PASS
SYSTEM TESTS:
  XILINX Interrupts... IRQ3 IRQ3 IRQ3 ...PASS
  Receive Loop-Back.....PASS
  Wide Bandwidth.....PASS
  Narrow Bandwidth.....PASS
  RSSI Filter.....PASS
  Transmit.....PASS
SENSOR TESTS:
  H/W Operation.....PASS
```

内部基板、信号経路をチェックしています。

CPU TESTS : CPU 基板のチェック

RECORDER TESTS : メモリーカードの点検

DSP TESTS : DSP 基板のチェック

SYSTEM TESTS : エレクトロニクスプロセッサ経路のチェック

SENSOR TESTS : 補助センサーのチェック

PT2 – 温度センサー

```
>PT2
Ambient Temperature = 21.10 Degrees C
Attitude Temperature = 21.39 Degrees C
Internal Moisture = 8D50h
```

内部温度センサー (attitude temperature) と外部温度センサー (ambient temperature) で計測された温度が表示される。(Internal Moisture は TRDI 社専用の検査値。)

PT3 – 受信感度

```
>PT3

Correlation Magnitude: Wide Bandwidth

      Lag  Bm1  Bm2  Bm3  Bm4
      ---  ---  ---  ---  ---
      0  255  255  255  255
      1  169  175  167  179
      2   49   55   54   58
      3   26   20   19   8
      4   20   17   24   29
      5   14   13   14   23
      6    8    4   13    8
      7    6    1   10    1

High Gain RSSI:  43  41  40  42
Low Gain RSSI:  19  19  17  18

SIN Duty Cycle:  52  50  52  51
COS Duty Cycle:  49  50  51  51

Receive Test Results = $0000 .... PASS
```

受信感度の特性をチェックしています。

経過時間ごとの雑音レベルを自己相関値と RSSI (Received Signal Strength Indicator : 受信信号強度インジケータ) によって、各フィルター回路が正常に機能しているかを判断している。

PT4 – 発信出力

```
>PT4
IXMT = 2.0 Amps rms
VXMT = 74.0 Volts rms
Z = 37.6 Ohms
Transmit Test Results = $0 ... PASS
```

発信時の電流、電圧、抵抗の値をチェックしている。

PT5 – 受信基板のチューニング状態

```
>PT5
13 13 13 13
13 13 13 13
13 13 13 13
0 0 0 0
255 255 255 255
13 13 13 13
0 0 0 0
255 255 255 255
13 13 13 13
13 13 13 13
0 0 0 0
255 255 255 255
Electronics Test Results = $0000
```

受信基板のチューニング状態が表示される。

PT6 – 受信帯域幅

```
>PT6
Receive Bandwidth:
Sample      bw      bw      bw      bw      bw
rate  expect  Bm1  Bm2  Bm3  Bm4
307    120    91   93   88   88 KHz
results      PASS  PASS  PASS  PASS
```

受信帯域幅をチェックしている。

周波数と WB コマンドの値によって、基準値 (expect) は異なる。

PT7 –RSSI (受信信号強度インジケータ) 帯域幅

```
>PT7
RSSI Time Constant:

RSSI Filter Strobe 1 = 38400 Hz
time  Bm1  Bm2  Bm3  Bm4
msec  cnts cnts cnts cnts
1      6    6    7    8
2     11   12   14   15
3     15   16   19   20
4     20   21   23   25
5     23   24   27   28
6     26   27   30   31
7     28   29   32   33
8     30   31   34   35
9     32   33   36   37
10    34   35   37   38
nom   43   43   42   43

result  PASS  PASS  PASS  PASS
>
```

RSSI フィルター回路の働きをチェックしている。

表示値は、受信コマンド後 1ms 間隔毎に抽出された RSSI 値。

B-1.14 コンパスキャリブレーション

ADCP の方位計は磁気コンパスであるため、磁場をもつ環境下では誤方位を示す場合がある。その為、メーカーからはこれらを改善する為に3つの手法が提案されている。

以下に、各々の方法を示す。

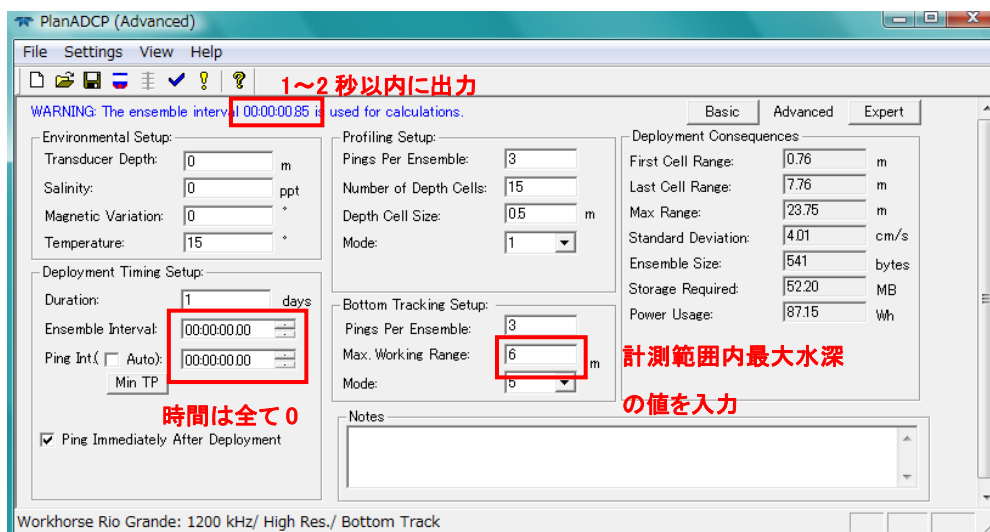
B-1.14.1 One-Cycle Compass Correction 方法1

方法1は、ボトムトラックの値を用いて補正を行うため、3つのワンサイクルコンパスキャリブレーションの中で最も正確な補正值を得ることができる。

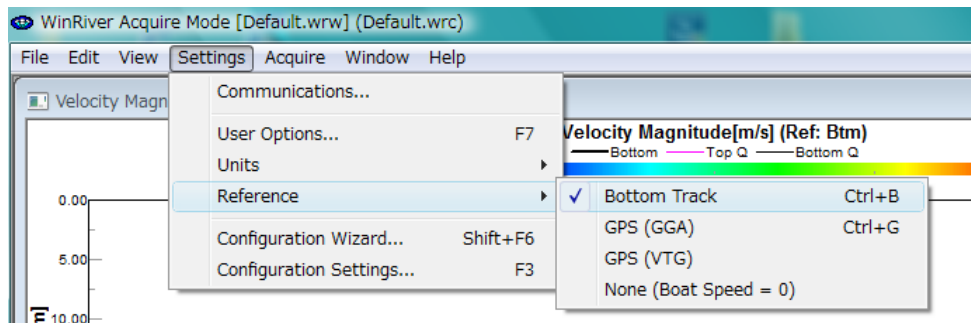
① 次の条件全てを満たす計測サイトを見つけ、スタート（兼ゴール）を示すマーカーを設置する。

- ・ボトムトラックが十分に有効である水深が確保できる。
- ・流れ、水面が穏やかで、河床も移動していない。
- ・スタート地点として相応しい堅牢な足場が確保できる。
(30cm 以内の誤差でその場所に繰り返し戻れること。)

② PlanADCP でコンパスキャリブレーション用のコマンドを計測サイトに合わせて作成する。コマンド作成時のポイントは、1)計測範囲内の最大水深をふまえた水深を **Max. Working Range** に入力、2)Ensemble Int.と Ping Int.に0を入力 (ADCP が発信できる最速に設定)、3)1~2秒以内に1アンサンブルデータを出力させるようにピング数を調整することである。(コンパスキャリブレーションには流速値は必要ないため、Standard Deviation の値を気にする必要はない。)

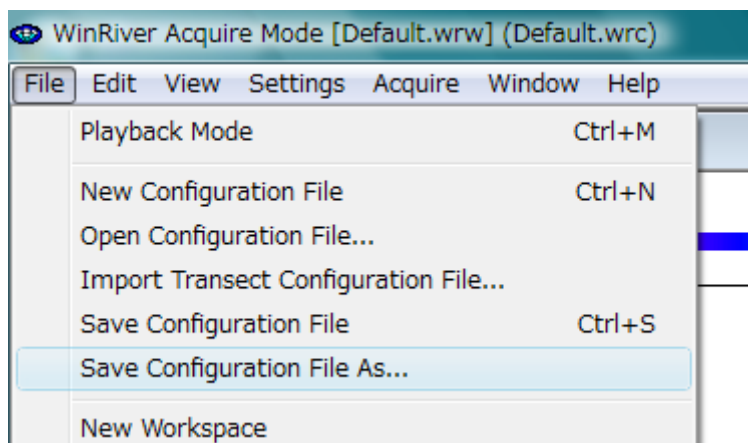


③WinRiver を起動し、流速リファレンスを『Bottom Track』に設定する。

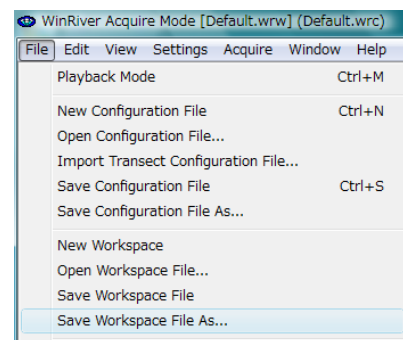
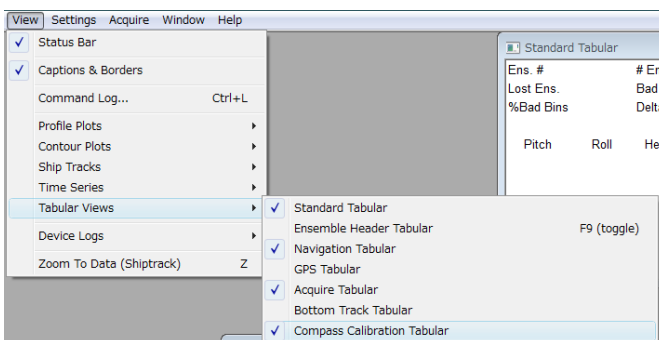


④通常の観測同様に、その他の設定（記録、スケール、コマンド）を行う。

⑤File メニューから、『Save Configuration File As....』を選択し、コンパスキャリブレーションのための設定ファイルを新規に作成する。ファイル名はボトムトラックを用いたコンパスキャリブレーション専用とわかる名前を付けることを推奨。（例：BTM2.wrc）



⑥View メニューから『Standard Tabular』、『Navigation Tabular』、『Acquire Tabular』、『Compass Calibration Tabular』、『Ship Track』を選択し、画面上に表示させる。そして、File メニューから、『Save Workspace File As....』を選択し、画面情報を保存してください。ファイル名は設定ファイルと同じ名前をつける。（例：BTM2.wrw）



⑦WinRiver (Acquire mode) で、 iF4i を押して発信をスタートさせ、 iF5i を押して記録を開始する。

⑧1000m以上の円周を描くように走行計測を行う。ワンサイクルコンパスの修正率を向上させるためには、できるだけ大きな真円に近いコースをとりながら、遅い一定速度で走行する事が重要である。円形コースを作るサポートとして、Ship Track スクリーンに表示される航跡を参考にする。

もし、大きな円形コースを作れない場合は、スタート地点を通過（誤差 30cm 以内）する円形コースを連続（3～5回）して描くようにコースを走行すること。コンパスキャリブレーションには、それらを統合した走行距離が用いられます。例では 1754.50m 走行した。



⑨総走行距離が 1000m 以上の円形コースを走行したら、可能な限りスタート地点の近く（誤差 30cm 以内）に戻り、 iF5i を押して記録を停止、 iF4i を押して発信を停止させる。

⑩WinRiver (Playback mode) を起動させ、収集したデータをプレイバックする。そして、Navigation Tabular に表示された **Course MG**、**Distance MG**、および **Length** 値を確認する。上図の場合、Course MG は 234.33°、Distance MG は 22.79m、Length は 1754.50m である。

⑪ **Distance MG** と **Length** の比率を算出する。これはワンサイクルエラーの大きさである(**One Cycle K**)。

例では、 $22.79/1754.50 = 0.0129$ となります。 **Course MG** 234.33° はワンサイクルエラーオフセット (**One Cycle Offset**)であった。

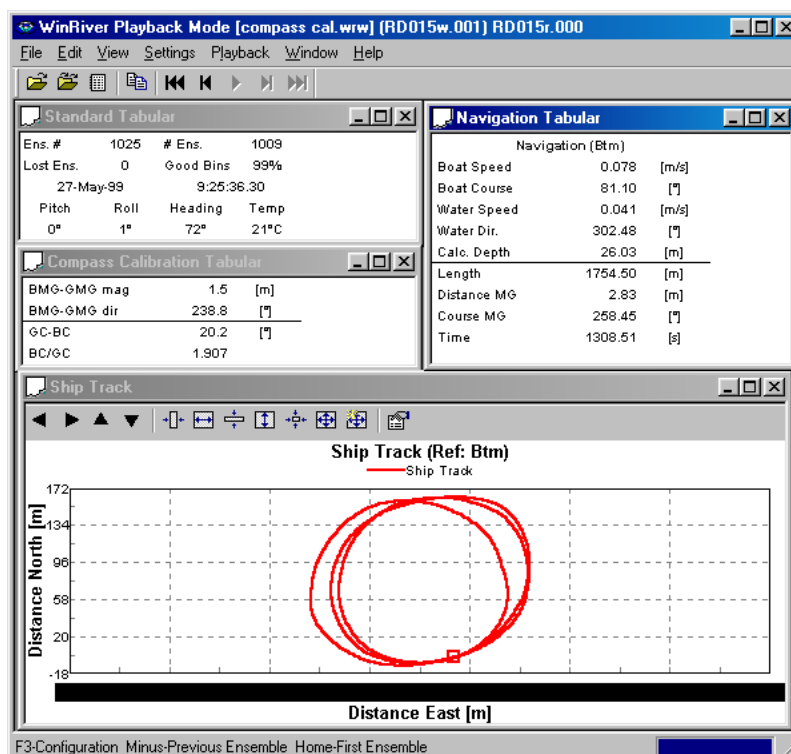
⑫ Settings メニュー、Configuration Settings の中の Offset タブの、One Cycle K と One Cycle Offset の網掛を右クリックで解除し、各々の値を入力する。

⑬ もし、ADCP の 3 番ビームが船のセンターライン上で船首 (前方) 方向以外の方向を向いていた場合、センターラインから 3 番ビーム方向の取り付け角度 (時計回り) を **Beam 3 Misalignment** に入力する。

Compass	
Mag Variation [deg]:	<input type="text" value="7"/>
Beam 3 Misalignment:	<input type="text" value="0"/>
One Cycle K:	<input type="text" value="0.0129"/>
One Cycle Offset:	<input type="text" value="234.33"/>
Two Cycle K:	<input type="text" value="0"/>
Two Cycle Offset:	<input type="text" value="0"/>

⑭ One Cycle K と One Cycle オフセット補正を、Mag. variation(真北ー磁北の差)を含む設定ファイルに適用させる。

⑮ オフセット補正值を入力した設定ファイルを用いて、データを再度プレイバックさせてる。コンパスが適切に補正された場合、**BMG-GMG Mag**、**Distance MG** の値が小さくなり、**Distance MG** と **Length** の比率が **0.01** 以下になる。例では $2.83/1754.50 = 0.0016$ になった。



⑯ 同一条件・装備で観測を行う場合は、この補正值を用いて観測を行える。

B-1.15 One-Cycle Compass Correction 方法2

本手法は方法1が適用できない場合(30cm以内に帰ってこれない場合)に使用する。本手法では、GNSSによる航跡を参照として使用するため、RTK-GNSSなど高精度GNSSを用いることを推奨する。

ADCPとGNSSの各々で描かれた航跡距離の比率はワンサイクルコンパスエラーの大きさである。そして、ワンサイクルオフセットはBMG-GMGの角度で表される。

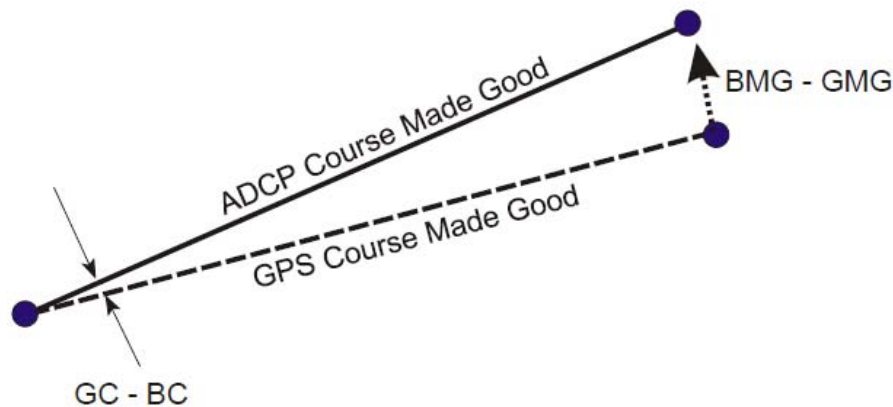
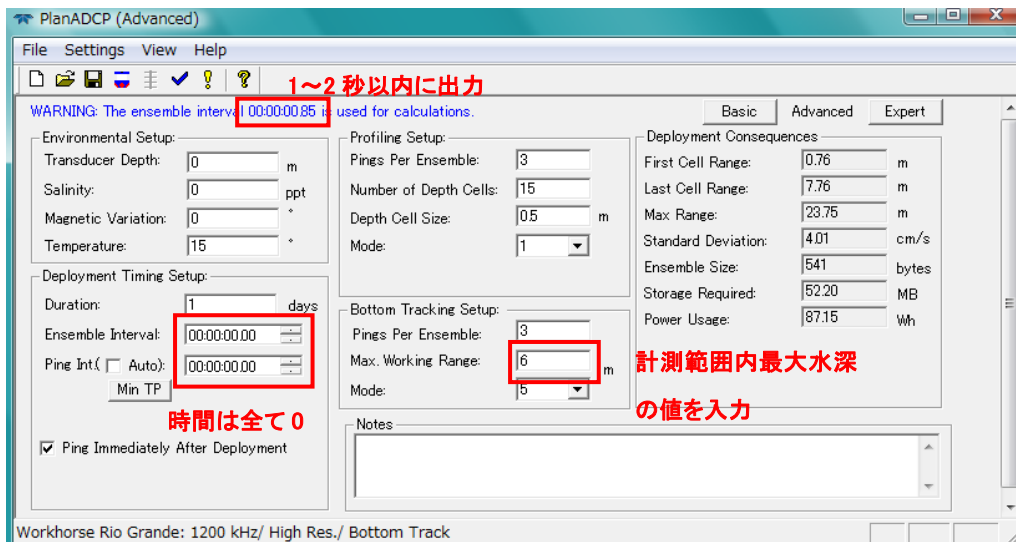


図 1-21 One-Cycle Compass Correction の方法

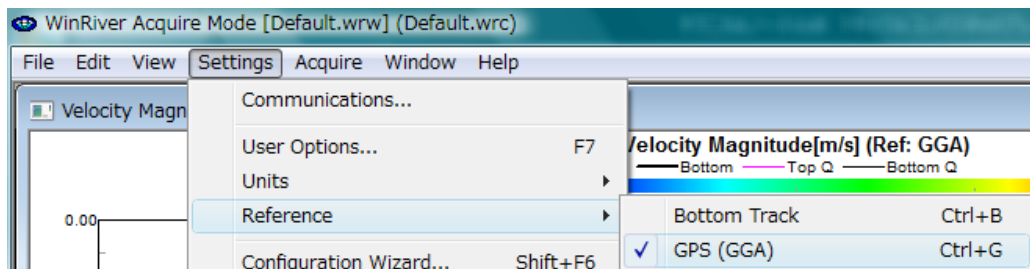
①次の条件全てを満たす計測サイトである事を確認する。

- ・ボトムトラックが十分に有効である水深が確保できる。
- ・流れ、水面が穏やかで、河床も移動していない。
- ・3m以内の誤差でその場所に繰り返し戻れること。

②PlanADCPでコンパスキャリブレーション用のコマンドを計測サイトに合わせて作成する。コマンド作成時のポイントは、1) 計測範囲内の最大水深をふまえた水深を Max. Working Range に入力、2) Ensemble Int.と Ping Int.に0を入力(ADCPが発信できる最速に設定)、3) 1~2秒以内に1アンサンブルデータを出力させるようにピング数を調整することである。(コンパスキャリブレーションには流速値は必要ないため、Standard Deviationの値を気にする必要はない。)

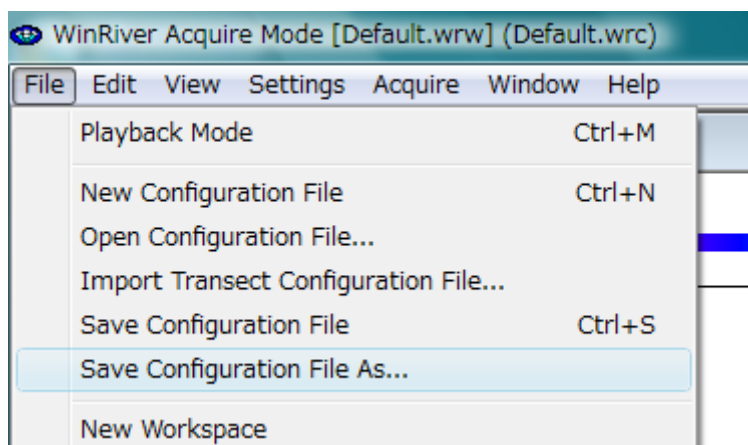


③ WinRiver を起動し、流速リファレンスを『GPS (GGA)』に設定する。



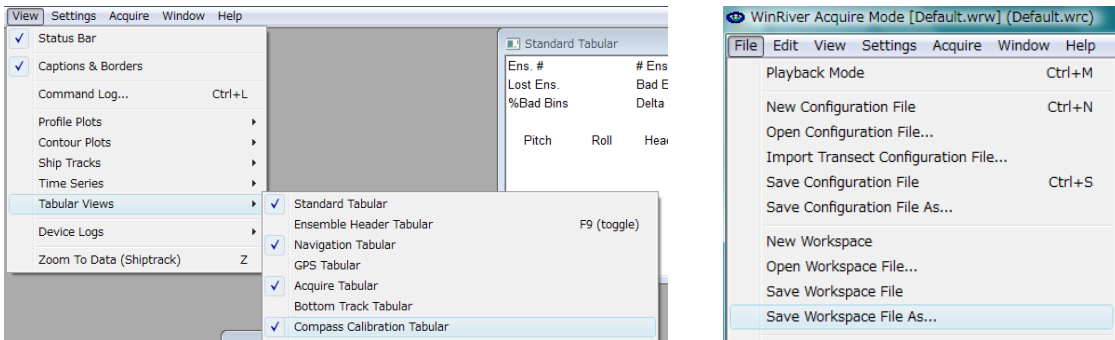
④ 通常の観測同様に、その他の設定（記録、スケール、コマンド）を行う。

⑤ File メニューから、『Save Configuration File As....』を選択し、コンパスキャリブレーションのための設定ファイルを新規に作成する。ファイル名は GNSS を用いたコンパスキャリブレーション専用とわかる名前を付けることを推奨。（例：S2.wrc）



⑥ View メニューから『Standard Tabular』、『Navigation Tabular』、『Acquire Tabular』、『Compass

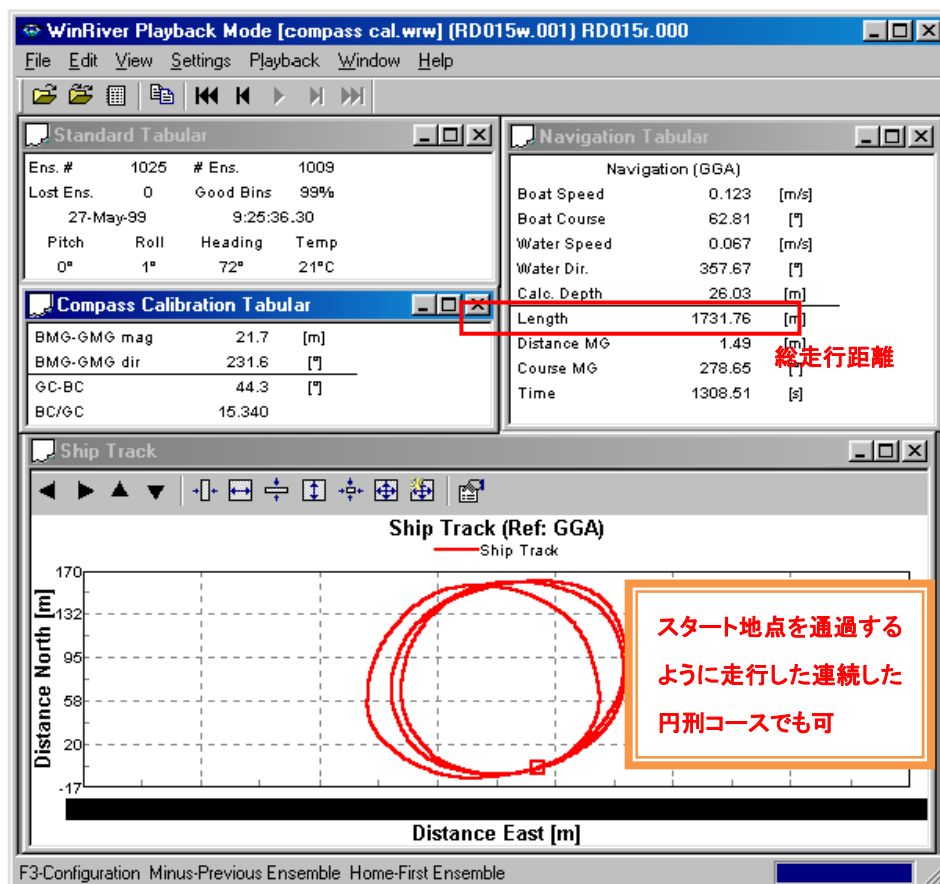
Calibration Tabular』、『Ship Track』を選択し、画面上に表示させる。そして、File メニューから、『Save Workspace File As....』を選択し、画面情報を保存してください。ファイル名は設定ファイルと同じ名前をつける。(例：BTM2.wrw)



⑦WinRiver (Acquire mode) で、iF4i を押して発信をスタートさせ、iF5i を押して記録を開始する。

⑧1000m以上の円周を描くように走行計測を行う。ワンサイクルコンパスの修正率を向上させるためには、できるだけ大きな真円に近いコースをとりながら、遅い一定速度で走行する事が重要である。円形コースを作るサポートとして、Ship Track スクリーンに表示される航跡を参考にする。

もし、大きな円形コースを作れない場合は、スタート地点を通過（誤差 3m 以内）する円形コースを連続（3～10回）して描くようにコースを走行する。コンパスキャリブレーションには、それらを統合した走行距離が用いられる。例では 1731.76m 走行した。

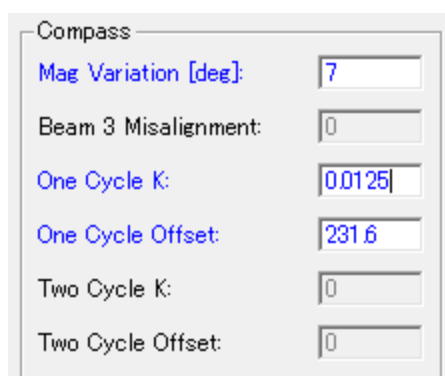


⑨総走行距離が 1000m 以上の円形コースを走行したら、可能な限りスタート地点の近く（誤差 3m 以内）に戻り、 iF5i を押して記録を停止、 iF4i を押して発信を停止させる。

⑩WinRiver (Playback mode) を起動させ、収集したデータをプレイバックする。そして、**Compass Calibration Tabular** から **BMG-GMG ベクトル(Magnitude and Direction)**と **Length** 値を確認する。上図の場合、**BMG-GMG Direction** は 231.6° 、**BMG-GMG Magnitude** は 21.7m である。そして、**Length** は 1731.76m である。

⑪**BMG-GMG Magnitude** と **Length** の比率を算出する。これがワンサイクルエラーの大きさである (**One Cycle K**)。例では、 $21.7/1731.76 = 0.0125$ となり、**BMG-GMG Direction** 231.6° はワンサイクルエラーオフセット (**One Cycle Offset**) です。

⑫Settings メニュー、Configuration Settings の中の Offset タブの、One Cycle K と One Cycle Offset の網掛を右クリックで解除し、各々の値を入力する。

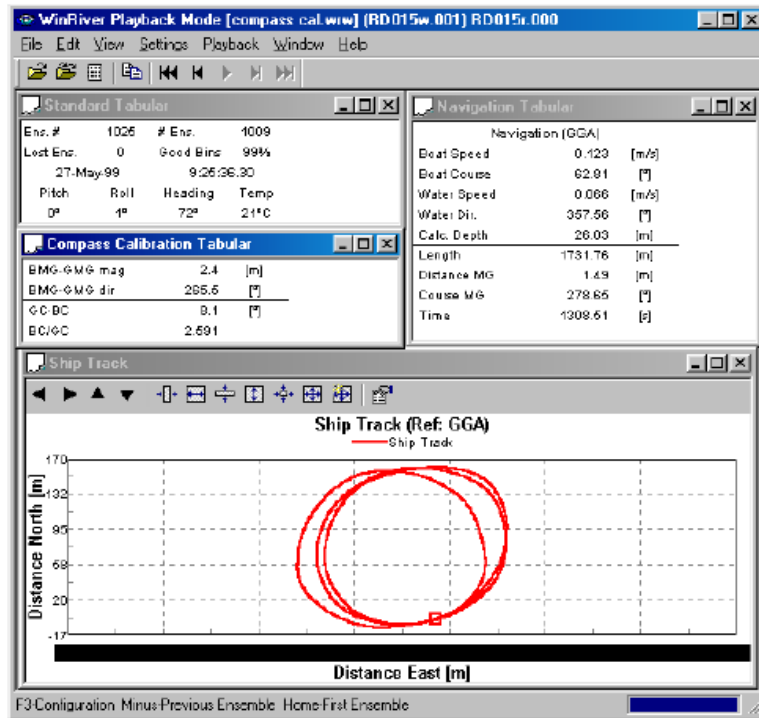


Parameter	Value
Mag Variation [deg]	7
Beam 3 Misalignment	0
One Cycle K	0.0125
One Cycle Offset	231.6
Two Cycle K	0
Two Cycle Offset	0

⑬もし、ADCP の 3 番ビームが船のセンターライン上で船首 (前方) 方向以外の方向を向いていた場合、センターラインから 3 番ビーム方向の取り付け角度 (時計回り) を **Beam 3 Misalignment** に入力する。

⑭One Cycle K と One Cycle オフセット補正を、Mag. variation(真北-磁北の差)を含む設定ファイルに適用させる。

⑮オフセット補正值を入力した設定ファイルを用いて、データを再度プレイバックさせる。コンパスが適切に補正された場合、**BMG-GMG Mag, Distance MG** の値が小さくなり、**BMG-GMG Magnitude** と **Length** の比率が 0.01 以下になる。例では $2.4/1731.50 = 0.0013$ となった。



⑩同一条件・装備で観測を行う場合は、この補正值を用いて観測を行える。

B-1.15.1 One-Cycle Compass Correction 方法3

この手法は、リオ・グランデの内部のフラックスゲートコンパスのワンサイクル偏差エラー (One-cycle deviation errors) を補正するために行う。使用しているリオ・グランデがファームウェアバージョン 10.05 以上の場合、Method1、2 のコンパス補正手法の代わりに、この Method3 を用いることができる。また、この手法はボトムトラックの値を使用しないため、河床が移動しているような環境下でも行う事ができます。

Ver.10.05 以上のリオ・グランデファームウェアのみ、コマンド AF で1 サイクルエラーを補正する事ができます。この機能は、ブロードバンド ADCP、他のワークホース ADCP (センチネル、モニター、Ver.10.05 以前のリオ・グランデ)にはありません。

④ 常観測を行う時の状態になるように、リオ・グランデを設置してください。

②BBTalk を起動し、ツールバー上の iiBi ボタンでブレーク信号を送り、リオ・グランデとのコミュニケーションを確立させる。コマンド AF を用いてコンパスの性能分析とワンサイクルエラーの大きさとオフセット補正を行う。

③この手法を行っている間、ボートの操縦者は左か右のどちらかに完全に舵をきり、小さな円を描くように運転し続けなくてはならない。また、その際、姿勢、スピードなどは極力一定になるように保つことが必須である。この手順を河川で行った場合、ボートは円を描きながら下流に流される可能性があります、それは補正には影響しないので、ボートの姿勢・スピード維持に集中する。

④iiF3i ボタンを押し、BBTalk のロギング機能を開始する。その際、半角英数で希望のファイル名を入力する。

⑤ボートが円を描いている間にコマンド AF を入力する。

```
>AF
-----
                          Field Calibration Procedure
Choose calibration method:
  a. Remove hard iron error (single cycle) only.
  b. Remove hard and soft iron error (single + double cycle).
  c. Calibration for a single tilt orientation (single + double cycle).
  d. Help.
Quit.
```

⑥Single tilt orientation を行うためにコンパス補正の為に “c” を選択する。

C

```
-----  
Field Calibration Procedure  
      Calibration for Constant Tilt Applications (e.g., Rivers)  
Select one:  
  a. Start calibration procedure.  
  b. Zero calibration coefficients (only constant tilt coeffs).  
  c. Display correction coefficients.  
  d. Instructions.  
  e. Quit.
```

⑦ “a” を選択し補正作業を開始する。ボートが円を描きながらターンするに従い、プログラムは自動的に方位情報データを蓄積する。必要十分なデータが蓄積されると、下図のように総エラー値が出力される。事例の計測サイトでは ADCP の近くに磁性を帯びた大きなものがあり、ワンサイクルエラー 7.8° という大きな影響を与えていた。

A

```
-----  
                          RDI Compass Error Estimating Algorithm  
  
Press any key to start taking data after the instrument is setup.  
  
Rotate the unit in a plane until all data samples are acquired...  
  rotate less than 5ø/sec. Press Q to quit.  
  
  N      NE      E      SE      S      SW      W      NW      N  
  ^      ^      ^      ^      ^      ^      ^      ^      ^  
  
Accumulating data ...  
Calculating compass performance ...  
  
      >>> Total error: 7.8ø <<<  
  
Press D for details or any other key to continue...
```

⑧画面の指示に従い、“D” を入力する。すると、下図のような分析結果が表示される。

D

```
HEADING ERROR ESTIMATE FOR THE CURRENT COMPASS CALIBRATION:  
OVERALL ERROR:  
  Peak Double + Single Cycle Error (should be < 5ø): ± 7.78ø  
  
DETAILED ERROR SUMMARY:  
  Single Cycle Error: ± 8.09ø  
  Double Cycle Error: ± 1.28ø  
  Largest Double plus Single Cycle Error: ± 9.37ø  
  RMS of 3rd Order and Higher + Random Error: ± 0.64ø  
  
Orientation: Down  
Average Pitch: 0.05ø Pitch Standard Dev: 0.77ø  
Average Roll: 0.22ø Roll Standard Dev: 0.30ø  
  
Successfully evaluated compass performance for the current compass calibration.  
  
Press C to display Percent Horizontal Field Components  
Relative to Calibration or any other key to continue....
```

⑨上図で強調されている、ピッチとロールの標準偏差を確認する。この値によって、補正作業は強制的に中断される場合がある。判断内容は以下の通りである。

双方の標準偏差が1°未満：問題なし。理想的な状態で補正作業を続行できる。

どちらかの標準偏差が1°以上：コンパスの性能に関する警告メッセージが返ってくる。

どちらかの標準偏差が3°以上：コマンドAFは終了し、補正作業を中断する。

⑩ピッチとロールの標準偏差の値が1°未満だった場合、“C”を入力する。

```
Percent Horizontal Field Component Relative to Calibration:
a0 + a1*cosé + b1*siné + a2*cos2*é + b2*sin2*é
a0 = 55.895%
a1 = 6.361%
b1 = -4.755%
a2 = 0.115%
b2 = -1.244%
```

```
Press any key to continue...
Calibration parameters have been updated in NRAM.
```

⑪ワンサイクルエラーを補正するために、コンパスパラメータを NRAM にアップデートした事を示す最終メッセージが返ってくるので、何かキーを押して、プロンプト画面に戻る。

⑫コマンド AX を入力し、補正後のコンパスの評価を行う。その際、コマンド AF の時と同様にすべての方位情報が蓄積されるまでまわり続ける必要がある。

```
>AX
-----
RDI Compass Error Estimating Algorithm

Press any key to start taking data after the instrument is setup.

Rotate the unit in a plane until all data samples are acquired...
rotate less than 5ø/sec. Press Q to quit.

N      NE      E      SE      S      SW      W      NW      N
^      ^      ^      ^      ^      ^      ^      ^      ^
Accumulating data ...
Calculating compass performance ...

>>> Total error: 0.8ø <<<

Press D for details or any other key to continue...
```

⑬必要情報が蓄積されると、リオ・グランデは総エラー値を表示する。コマンドAFによる補正が有効である場合、総エラー値が減少している。

⑭画面の指示に従い、“D”を入力してください。評価結果が表示される。

HEADING ERROR ESTIMATE FOR THE CURRENT COMPASS CALIBRATION:

OVERALL ERROR:

Peak Double + Single Cycle Error (should be < 5ø): ± 0.84ø

DETAILED ERROR SUMMARY:

Single Cycle Error: ± 0.29ø

Double Cycle Error: ± 0.66ø

Largest Double plus Single Cycle Error: ± 0.94ø

RMS of 3rd Order and Higher + Random Error: ± 0.60ø

Orientation:	Down		
Average Pitch:	0.21ø	Pitch Standard Dev:	0.78ø
Average Roll:	0.17ø	Roll Standard Dev:	0.27ø

Successfully evaluated compass performance for the current compass calibration.

Press C to display Percent Horizontal Field Components
Relative to Calibration or any other key to continue....

⑮上図の強調された箇所の値が、コマンドAFの時より減少していることを確認する。十分な結果が得られた場合は“C”以外のキーを押し、コンパス評価を終了させる。もし、不十分だった場合は、本手順を1からやり直すか、他の2つの方法のどちらかで補正を行う。

⑯同一条件・装備で観測を行う場合は、このコンパス補正後のリオ・グランデを用いて観測を行える。

B-1.16 データ処理の詳細手順

B-1.16.1 流速データのノイズカット

ADCP による流速値の信頼性を評価する指標として、%Good、コリレーション、エラーペロシティー、という指標があり、ADCP で計測されたバイナリーデータに格納されている。これらはデータ精度を直接表す物では無いが、計測値の信頼性を評価するうえで重要な指標となるため、データ処理の際には合わせて確認しておくことが望ましい。以降に、各項目の意味と判断基準を示す。

(1) %Good(persent good)

ピング発信数とエラースレッシュホールドをパスした(正常に受信した)ピング数の割合のことでデータ品質管理用のパラメータの一つ。観測層毎に 4 つの%Good の値が出力され、それぞれの意味は座標モードの設定により変化する。

%Good には 1~4 まであり、PG1~PG4 と省略表記される。PG4 は 4 ビームで計測した際の有効データ比率で、PG1 は 3 ビームソリューションで計測されたデータ (自動切り替え) の有効データ比率であり、通常は PG1 と PG4 の合計値を%Good の指標として用いる。

%Good 100%であれば、発射した ping の全てが良好に計測できたことを示し、50%であれば半分は何かしらの障害で計測できなかったことを示す。1ping の場合は 0 か 100%しか出力されない。

%Good はデータの品質評価に使う指標であるが、明確な閾値は定められていない。%Good 値をいろいろと変えながらデータを出力し、妥当なところをユーザーが見極める必要がある。

%Good を 80%前後の大きな数値に設定すると精度の低いデータを確実に棄却することができるが、データ欠損が多くなる場合があるので、その場合は%Good 値を下げるなどの調整が必要である。

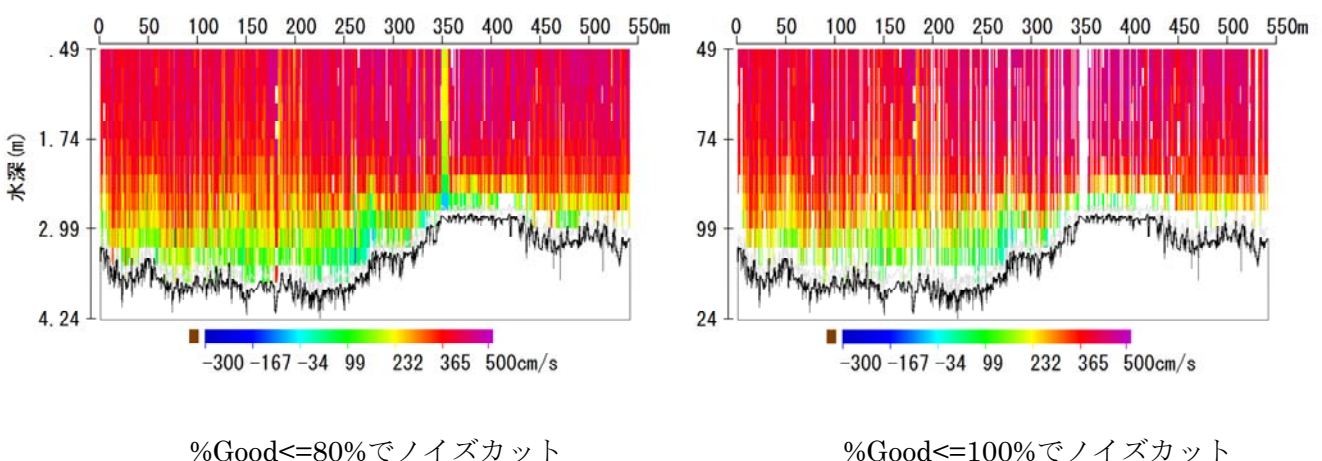


図 1-22 %Good<=80%および%Good<=100%での描画例

参考に、%Good によるノイズカット方法を示す。上記サンプルデータは揺動の大きな大規模出水時のデータであるが、%Good<=100%ではデータ欠損 (白色) が目立つため、この様な場合は%Good<=80%まで閾値を落として描画させると、右図の様にデータ欠損が少なくなる。但し、閾

値を小さくしすぎると、明らかなノイズデータも含まれてくるため、データを見ながら最適な閾値を判断する必要がある。目安としては、%Good \leq 60%~80%以下カットが妥当であろう。

(2) コリレーション

コリレーションは散乱粒子の分布が位相測定の間でどれだけ変わるのかを相関値で判断するための指標である。コリレーションの値が高いほど、サンプルされた流速データの精度と信頼性が高いことを示す。この指標は、WC コマンドで閾値を設定し、ADCP の機器本体側でエラー値判断を行い、データを棄却することが出来る。デフォルトは WC64 であるが、ほとんど変更する必要は無い。例えば、WC0 と設定して観測を行った場合は、コリレーションによる棄却をせずにデータが記録されるが、結局のところコリレーション 64 以下のデータはほとんど使い物にならず、デフォルト設定で適正なノイズカットがなされていることが確認できる。

(3) エラーベロシティ

エラーベロシティは、均一な流れ場を計測しているかどうかの指標であり、4本のビームが完全に同じ流れを計測している場合はエラーベロシティが0になり、流れ場が乱れているほど数値が大きくなる。

エラーベロシティによるデータ棄却の閾値は一般に定められておらず、観測データによってその判断は異なる。ノイズカットの指標としてはあまり利用されていないが、たとえば鉛直流速の様な微妙な流れを出力したい場合は、エラーベロシティと比較してデータの信頼性を評価する必要がある。

鉛直流速よりもエラーベロシティが大きい場合は、鉛直流速値の信頼性が低いと考えて良い。

【参考文献】

- 1) 岡田将治, 萬矢敦啓, 橘田隆史, 菅野裕也, 深見和彦: ADCP を用いた洪水流観測の計測制度評価に関する総合的検討, 土木学会水工学論文集, 第 55 卷, 2011.3

B-1.16.2 エラー値の補完

棄却したエラー値については、9999 などのエラーコードを代入する。また、9999 などのエラーコードは、上下、若しくは前後のデータから線形内挿してデータを補完する必要がある。

特に、出水時で揺動の激しい観測の場合は、断面データ内に多くのエラーデータが含まれることがある。この際、明らかなエラー値を取り除いて適正に補完しなければ、流量算出結果が大きく変わる可能性がある。

ADCP 観測データの精度を確保するうえで、最も重要なのはデータの欠損を少なくすることに尽きる。しかし、あらゆる洪水状況においてパーフェクトにデータ取得するのは困難であるため、ノイズが多量に混入する観測データの取り扱い方法については、適正で明確な手順の確率が今後求められる。

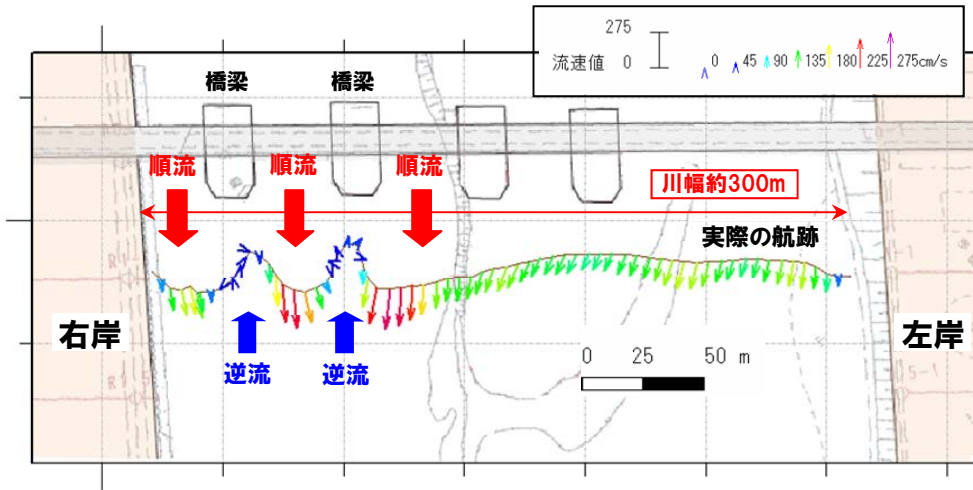
B-1.17 航跡の直線化処理

WinRiver II による流量算出では、各アンサンブルにおける航跡の直交成分を積分していく方法が取られており、航跡が蛇行していても通過流量を正しく計算させることができるが、ここでは断面の流下軸成分を抽出して流量を算出する手順について説明する。

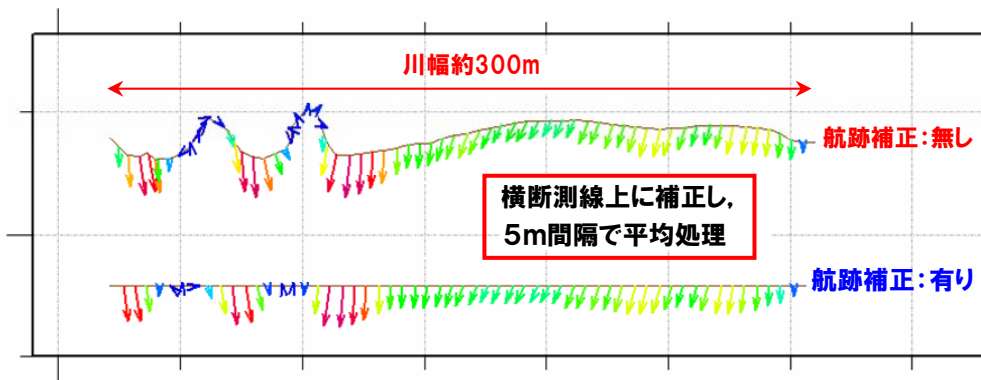
橋上操作艇の航跡は、橋脚後流付近など順流と逆流が混在する区間などでは航跡が大きく蛇行する。このため、水面幅より観測総距離が長くなり、観測距離を基準に流量演算すると過大に算出される問題が生じる（図 1-23 参照）。

正しく流量算出するためには航跡補正を行う必要がある。また、横断方向の距離平均を行うことで、断面データの取り扱いが簡便になる。

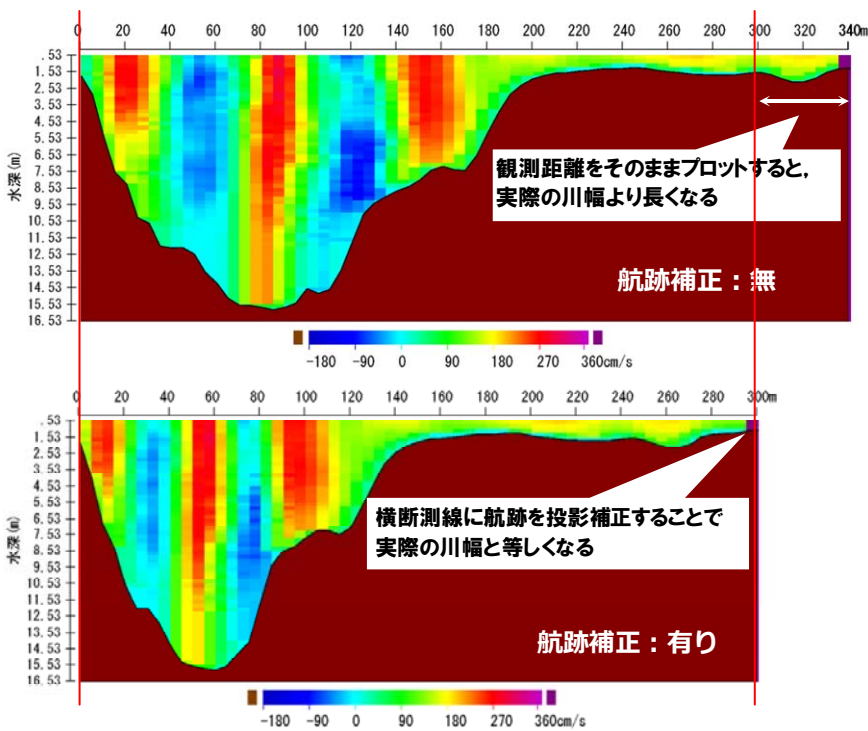
蛇行した ADCP 航跡の補正法としては、図 1-24 に示すように横断方向に任意の測線を設定し、その測線上に航跡を投影して直線化させる手法がある。ADCP では各データ取得間の航走方位と距離が得られるため、1 アンサンブルデータ毎に横断測線上に投影して航跡を補正し、さらに航跡に直交する流速成分を抽出して、流下軸成分流速とする。これにより、航走距離と水面幅が一致し、流下軸成分の流速値を用いることで、正しい流量計算が可能となる。なお、TRDI 社の ADCP の標準ソフト(WinRiver II)で流量を算出する場合には、図 1-25 に示す航跡に直交する流速成分を積分していく方法が一般的に用いられている。この方法を表計算ソフト上で再現し、流量算出した結果と前者を比較すると、両者の差は最大で 1.3%であった。計算方法によって若干の流量差が生じた原因としては、河床付近の流速値補完方法の違いによるものと考えられる。WinRiver II にはノイズデータを個別に除去する機能が無いため、ノイズデータを含む場合の流量値は誤差が大きくなる恐れがある。このため、現場では手軽に操作できる WinRiver II で流量値を確認しながら観測を行い、正式な流量算出については観測後に航跡直線化補正を行ったものを用いる等の使い分けが必要である。



実際の航跡はこのように蛇行することが多い。



蛇行した航跡を単純に移動距離としてしまうと、実際の川幅よりも長く移動する結果となる。このため、航跡を直線化させる必要がある。



上図は、蛇行した航跡を単純に移動距離を X 軸としてコンタ図を描画させた図。実際の川幅よりも、約 1 割程度長く航走している。

下図は航跡直線化後の横断距離を X 軸としてコンタ図を描画させた図。実際の断面に近い形状となった。

図 1-23 航跡直線化の効果

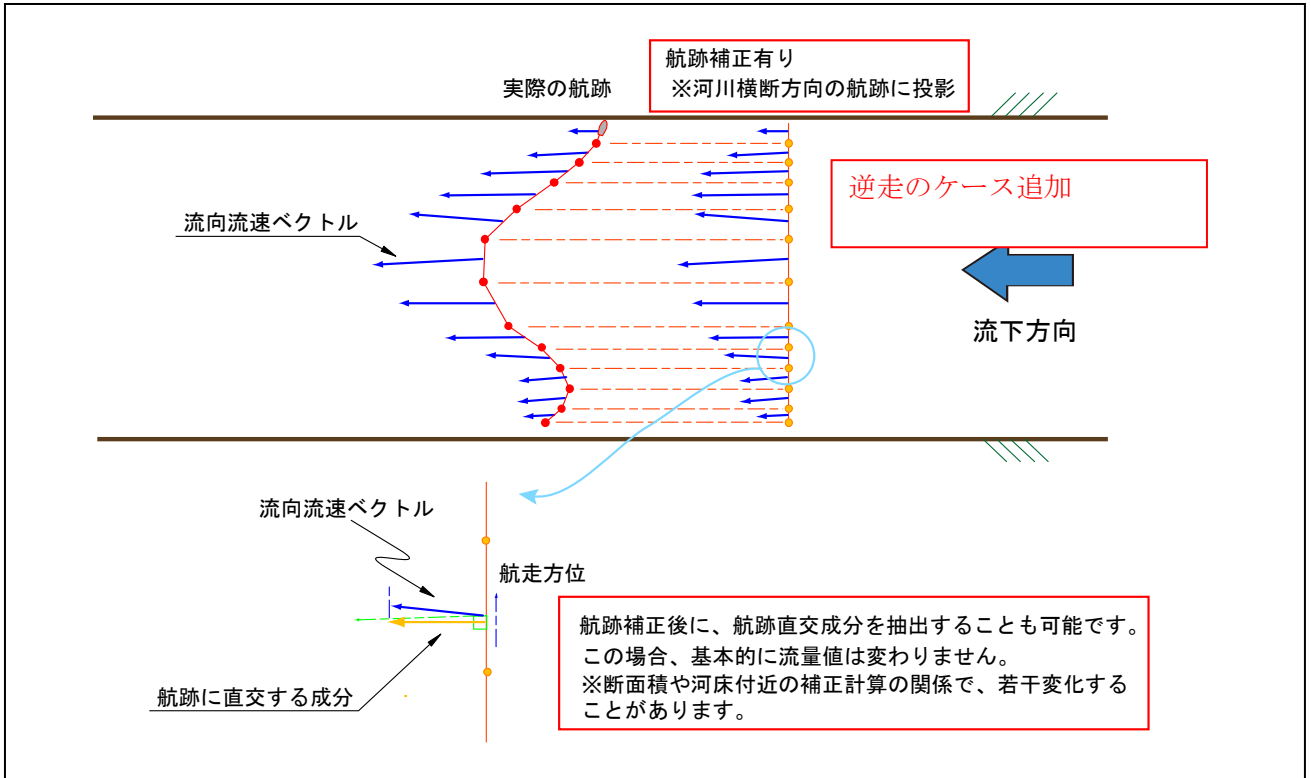


図 1-24 航跡を直線化して流下軸成分から流量を算出する方法

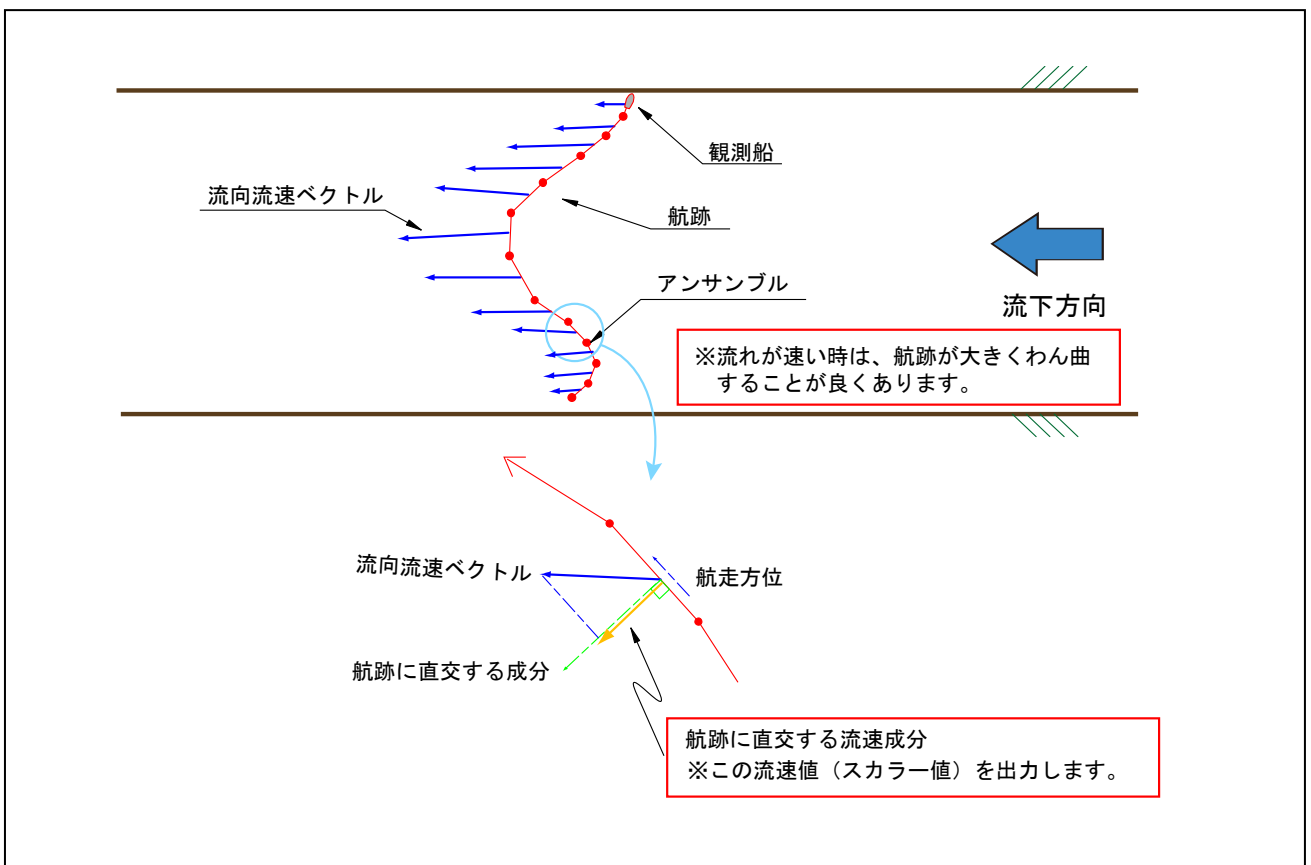


図 1-25 航跡の直交成分から流量を算出する方法

B-1.18 流下軸成分の抽出

断面流量を算出するためには、流下軸成分流速を抽出する必要がある。流下軸成分の抽出方法はいくつかの手法が考えられるが、現場の流況に応じて最適と思われる手法を採用する必要がある。方法としては、

- ①地図上で流下軸方向を読み取る方法。
- ②平均流向を流下軸とする方法(図 1-26)。
- ③航跡の直角方向を流下軸とする方法(図 1-27)。

などである。

①については、直線的な流路区間であれば問題ないが、湾曲部であったり、低水路が左右岸のどちらかに偏在している場合などは、必ずしも主流向と地図上の流下軸が一致しないため、注意が必要である。

②平均流向を流下軸成分にする方法については、WinRiver II の流量サマリーに表示される。。

【WinRiver II のサマリーで確認する方法】

種	流量面積 m/s	船速 m/s	流下速度 m/s	流下方向 °	終了時間	経過時間 s	アン
39	0.887	0.389	0.947	144.23	10:02:55	258.51	
17	0.913	0.424	0.956	153.05	11:04:03	236.97	
34	0.911	0.282	0.841	152.49	11:58:36	414.22	
14	0.892	0.457	0.908	155.05	13:03:59	226.09	
31	0.899	0.413	0.833	154.58	14:04:44	287.37	
74	0.899	0.426	0.816	155.06	14:39:38	297.93	
24	0.835	0.419	0.855	151.20	15:05:22	270.11	
37	0.871	0.517	0.928	154.11	16:03:15	199.73	
79	0.834	0.493	0.814	152.74	18:04:55	219.55	
30	0.820	0.500	0.833	154.83	19:03:16	218.26	
38	0.802	0.378	0.758	155.76	20:04:53	305.83	
37	0.854	0.495	0.852	155.22	09:08:49	215.44	
13	0.832	0.353	0.729	154.99	10:08:56	364.83	
29	0.808	0.596	0.788	152.73	11:44:35	184.99	
75	0.861	0.439	0.847				
3	0.039	0.079	0.068				
	0.05	0.10	0.08				

図 1-26 平均流向の確認方法

③航跡の直角方向を流下軸成分とする方法については、WinRiver II の「詳細流量データ」に表示される。

【WinRiver II の詳細流量データで確認する方法】

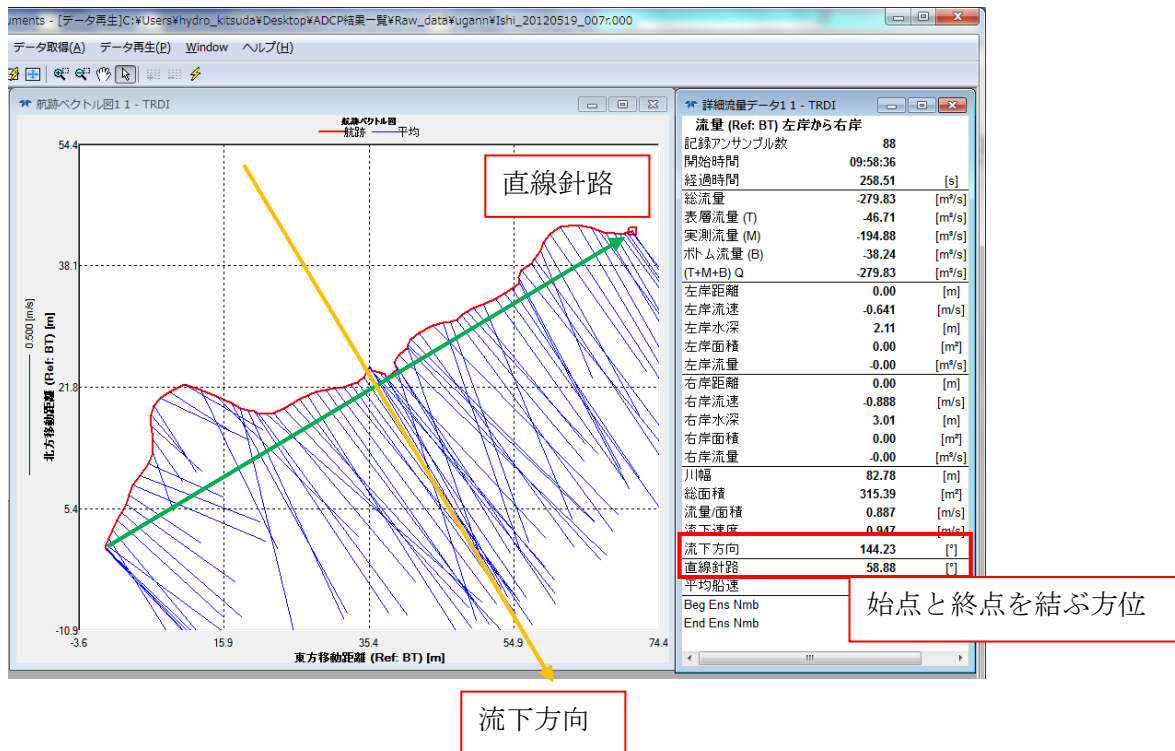


図 1-27 航走方位の確認方法

B-2 ADCP コマンドマニュアル

B-2.1 ADCP のコマンド体系

ADCP のオペレーションはコマンドの入出力で行うことが多い。ADCP では非常に多機能で多くのコマンドが準備されており、これを使いこなすことが ADCP に熟練する近道である。

コマンドには大きく分けて、点検・検査時に使用するコマンド、観測の設置に使用するもの、が存在する。

B-2.2 点検・検査時に使用するコマンド

END(BRAKE 信号) : 一時割込み、通信確認(前回最終の設定にて起動)

EXPERTON エキスパートモード。すべてのコマンドがリストアップできます。

EXPERTOFF エキスパートモードのオフ。

AC キャリブレーションデータの書き出し

AD ファクトリーキャリブレーションの表示

AF 鉄によるコンパスエラーを削除するキャリブレーションコマンド

AR ファクトリーデフォルトに戻す

AX コンパスパフォーマンスの試験

AZ プレッシュャーセンサーのゼロ点リセット

CZ パワーダウン

OL オプション機能の確認 (BT,WP,HR,LADCP,Wave)

PA Pre テスト

PC1 ビーム連続構築テスト

PC2 ヘディング、ピッチ、ロール、回転表示テスト

PS0 ディスプレイシステム構成

PS3 機器ディスプレイ変換マトリックス

PTnnn 組み込みテスト (0 から 200 まで)

RB リコーダー組み込みテスト

RE ErAsE メモリー消去

RF リコーダー空き容量 (バイト)

RN デプロイ名を設定

RR リコーダーファイルディレクトリを表示

RS リコーダー空き容量 (メガバイト)

RY リコーダーファイルをアップロード

B-2.3 観測時に設定するコマンド

BA nnn	ボトム検出のためのビームアンプリチュード値 (1~255 count)
BC nnn	ボトムコリレーションの最小値 (0 から 255 までの計算)
BD nnn	再取得までの遅延時間 (0 から 999 アンサンブル)
BE $nnnn$	最大エラー流速 (0mm/s から 9999mm/s まで)
BF $nnnn$	予想最大水深 (1dm から 65535dm まで、0=automatic)
BM n	ボトムトラックモード
BP nnn	ボトムピング/アンサンブル
BR n	水深計測 (ボトムレンジ) の解像度 (0=4%、1=2%、3=1%)
BX $nnnn$	最大のトラッキング深度 (40dm から 65535dm まで)
CB nnn	シリアルポートコントロール (ボーレート/パリティ/ストップビット)
CF $nnnn$	データ取得制御、データ出力制御
CK	ユーザーデフォルトとしてパラメータを保持させる
CR n	パラメータの回復 (0=User 1=Factory)
CS またはタブ	スタート pinging
EA $\pm nnnn$	ヘディングのオフセット (-179.99 度から 180.00 度まで)
EB $\pm nnnn$	ヘディングのバイアス (-179.99 度から 180.00 度まで)
EC $nnnn$	音速 (1400m/s から 1600m/s まで)
ED $nnnn$	トランスデューサデプス (0dm から 65535dm まで)
EH $nnnn$	ヘディング値の表示 (000.00 度から 359.99 度まで)
EP $\pm nnnn$	ピッチの表示 (-20.00 度から+20.00 度まで)
ER $\pm nnnn$	ロールの表示 (-20.00 度から+20.00 度まで)
Es nn	塩分ユーザー入力 (0 から 40 まで)
ET $\pm nnnn$	温度ユーザー入力 (摂氏-5.00 度から摂氏+40.00 度まで)
EX $nnnn$	ボトムトラック方法の設定 (Xform : タイプ ; 傾き ; 3BM ; マップ)
EZ $nnnnnn$	センサーソースの使用設定 (C ; D ; H ; P ; R ; S ; T)
TB $hh:mm:ss.ff$	バースト時間
TC $nnnn$	1 バーストあたりのアンサンブル数 (0 から 65535 まで)
TE $hh:mm:ss.ff$	アンサンブル時間 (時間 : 分 : secondes.100th)
TF $yy/mm/dd, hh:mm:ss$	観測開始時間
TP $mm:ss.ff$ pings	ピング間隔
TT $ccyy/mm/dd hh:mm:ss$	時計セット(2000 年問題対応)
WB n	モード 1 でのバンドワイズ設定 (0=Wide、1=Narrow)
WD $nnn nnn nnn$	データ書き出し (Vel ; Cor ; Amp PG ; St ; P0P1 ; P2 ; P3)
WF $nnnn$	ファーストブランクの設定 (0cm から 9999cm まで)
WM n	ウォータープロファイリングモード (1、5、および 8)
WN nnn	観測層数 (1 から 128 まで)

WPnnnn	アンサンブルあたりの Pings 数 (0 から 16384 まで)
WSnnnn	観測層厚
WVnnn	アンビギュティアーベロシティー (002cm から 480cm/s)
WZnnn	モード5 アンビギュティアーベロシティー (0cm から 999cm/s)

B-2.4 一般的なコマンドの説明

B-2.4.1 観測前の通信時に使うコマンド

入力コマンド	BRAKE 信号 (END キー)
説明	ADCP をスタンバイ状態 (コマンド待機状態) にする
備考	<ul style="list-style-type: none"> ADCP がスタンバイ状態のときは全てのコマンドを受信することが可能であるが、スリープ状態や計測中にはあらゆるコマンドを受け付けない。 この様な状態でも ADCP に電源が入っていれば、Break 信号でスタンバイ状態にさせることができる。 この時、前回終了時の設定で再起動する。 ADCP が計測中や処理中であっても、BRAKE 信号により割り込みが可能。 BRAKE 信号を送信できない機器を使用する場合、ソフトウェアブレーク(===)を使用する。このとき、CL コマンドを CL0 (スリープしない) に設定する必要があるが、CL0 の際は電池消費が大きくなるので注意が必要。

入力コマンド	EXPERTON/EXPERTOFF
説明	エキスパートコマンドの表示/非表示 (初期値: EXPERTOFF)
備考	<ul style="list-style-type: none"> EXPERTON を入力すると、ADCP が持つ全てのコマンドをターミナルソフトでリストアップすることができる。 この ON/OFF は、表示するかどうかの設定で、OFF でもエキスパートコマンドの設定は可能。 OFF に設定しているとき、「W?」のようにコマンドのはじめの1字と「?」(W がつくコマンドをリストアップする) ではエキスパートコマンドを表示しないが、「WA?」のように直接コマンド名を入力して「?」にするとエキスパートコマンドを表示させることができる。

入力コマンド	AF
説明	磁場の影響除去のフィールドキャリブレーション実行
備考	<ul style="list-style-type: none"> 磁場に影響しない (鉄等を用いていない) 回転台などを使用して ADCP を3回転することで、自動でコンパスキャリブレーションをおこなう。 はじめの2回転でキャリブレーションの計算を行い、3回転目は計算結果の確認となる。 コンパスキャリブレーションを行う前に、AR コマンドを使用してキャリブレーション値を工場出荷時に戻すことを強く推奨する。

入力コマンド	AZ
説明	水圧センサーのゼロ点リセット
備考	<ul style="list-style-type: none"> • ADCP の水圧センサーをゼロ点リセットさせる。ADCP の水圧センサーは絶対圧式なので、水位に変換する際は別途大気圧補正が必要となる。また、海水中で観測した場合は、ユーザー側で密度補正が必要となる。

入力コマンド	CZ
説明	ADCP のパワーダウン
備考	<ul style="list-style-type: none"> • ADCP をパワーダウンさせる。ADCP は全ての処理を中断してスリープモードに切り替わるが、直近の設定は RAM に保持される。 • パワーダウン中も 30 μ A の電力を消費し続ける。RAM データを保持するために、8 時間か 12 時間毎に自動的に数秒間起動する。 • もし CZ コマンドを使わなければ、ADCP は 0.5A の電力を消費し続ける。 • CL コマンドが「CL0」のとき、スリープ状態にならない。(電池を消費する)

入力コマンド	OL
説明	インストールされているオプション機能の確認
備考	<ul style="list-style-type: none"> • Bottom Track : ボトムトラック • Water Profiling : 流速計測 • High Resopution : ハイレゾリューションモード (WM5,8,11) • LADCP/サーフェストラックモード (WM15) • Wave Gaouge : 波浪観測機能 • Shallow Bottom : BM7 • High Speed Sampling : WM12 <p>※ADCP のモデル、ファームウェアによって表示される機能は異なる。</p>

入力コマンド	PA
説明	各モジュール・信号経路の診断テスト
備考	<ul style="list-style-type: none"> • 下記項目の診断テストを行う • CPU • Recorder • DSP • System Test • Receive Pzth • Transmit Pas • Sensors • 全て PASS と表示されるのを確認。

	・ トランスデューサを水に浸けて行う。
入力コマンド	PCO
説明	ビーム感度テスト、内部センサー値表示
数値範囲	1 or 2
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ PC1：ビーム感度テスト 各ビームの受信シグナル強度のテストを行うためのコマンド。 ・ PC2：内部センサー値表示 ヘディング,ピッチ,ロール,温度,圧力の値を 0.5s ピッチに表示する。

入力コマンド	PSO
説明	センサー情報を表示
数値範囲	0 or 3
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ PS0：シリアルナンバー,周波数,ビーム数,ビーム発信角度等を表示 ・ PS3：座標変換計算を行うためのトランスデューサマトリックス情報を表示

入力コマンド	PTO
説明	内部基板テスト
数値範囲	2~7、200
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ PT2：温度センサー出力値の表示 環境温度、内部温度センサーの出力値を表示する。 ・ PT3：受信回路テスト ping 受信回路関連のマトリックスを返す。 ・ PT4：発信回路テスト ping 発信回路のチェックを行い、電流,電圧,抵抗値を出力する。 ・ PT5：DSP ボードテスト DSP ボードや受信回路の正常を示すマトリックスを返す。 ・ PT6：受信帯域テスト 各ビームの受信帯域をテストする。センサーを水に浸けて行う。 ・ PT7：受信信号強度検出回路（RSSI）帯域テスト RSSI のフィルター回路が正常に動作するかテストする。 ・ PT200：全てのテスト PT2~PT7 までのテストをする。

入力コマンド	RE ErAsE ※「RE」の後にスペースが必要 大文字小文字関係有り
説明	内蔵レコーダーデータ消去
備考	・ 内蔵レコーダー内のデータを全消去する。

入力コマンド	RF
説明	内蔵レコーダーの空き容量の確認
備考	・ 「RF= (使用容量), (空き容量)」と表示。(単位: バイト)

入力コマンド	RR
説明	レコーダー内のファイル確認
備考	・ 記録されているファイル名、容量を表示。

入力コマンド	RS
説明	内蔵レコーダーの空き容量の確認
備考	・ 「RS= (使用容量), (空き容量)」と表示。(単位: メガバイト)

入力コマンド	RY
説明	レコーダー内のデータをアップロード
備考	・ シリアル通信でレコーダー内のデータを PC にアップロードする。

入力コマンド	CBOOO			
説明	通信設定 デフォルト CB411			
数値範囲	順に、ボーレート: 0~8、パリティ: 1~5、ストップビット: 1 or 2			
備考	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"> ボーレート 0: 300 1: 1200 2: 2400 3: 4800 4: 9600 (初期値) 5: 19200 6: 38400 7: 57600 8: 125200 </td> <td style="width: 33%;"> パリティ 1: None (初期値) 2: Even 3: Odd 4: Low (Space, logical 0) 5: High (Mark, logical 1) </td> <td style="width: 33%;"> ストップビット 1: 1 Bit (初期値) 2: 2 Bits </td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> ・ 通信設定変更は下記手順で行う ・ 1) CB コマンドを送信する ・ 2) ターミナルソフトウェアの通信設定を ADCP に送信した CB コマンドの設定にあわせる ・ 3) CB コマンドの後に必ず CK コマンドを送信する ・ ADCP 用ターミナルソフトウェア「BBTalk」では、「Options」設定の「Send CK On Baud Rate Change」にチェックをすると CB コマンドの送信だけで設定の変更が可能。 	ボーレート 0: 300 1: 1200 2: 2400 3: 4800 4: 9600 (初期値) 5: 19200 6: 38400 7: 57600 8: 125200	パリティ 1: None (初期値) 2: Even 3: Odd 4: Low (Space, logical 0) 5: High (Mark, logical 1)	ストップビット 1: 1 Bit (初期値) 2: 2 Bits
ボーレート 0: 300 1: 1200 2: 2400 3: 4800 4: 9600 (初期値) 5: 19200 6: 38400 7: 57600 8: 125200	パリティ 1: None (初期値) 2: Even 3: Odd 4: Low (Space, logical 0) 5: High (Mark, logical 1)	ストップビット 1: 1 Bit (初期値) 2: 2 Bits		

入力コマンド	CK
説明	現在の設定をユーザーデフォルトとして保持させる
備考	<ul style="list-style-type: none"> • CK コマンドで現在の設定を EEPROM に保持させる。 • CK コマンドで記録した設定は、CR0 で読み出すことができる。 CR1 はファクトリーデフォルトを読み出すコマンド。

入力コマンド	CR 0
説明	ADCP 観測開始時における、設定の初期化方法の指定
数値範囲	0 (ユーザーデフォルト) or 1 (工場出荷時状態に戻す)
備考	<ul style="list-style-type: none"> • ADCP (WorkHorse シリーズ) は、CK コマンドを入力することでそのときの設定を内部 RAM に記録し、ユーザーデフォルトとする • 新しいコマンドを入力する際は工場出荷時の設定とするため、CR1 を入力する。

入力コマンド	CS または [タブキー]
説明	計測開始 (ピング発信開始)
備考	<ul style="list-style-type: none"> • TF コマンドで計測開始時刻が設定されていればその時刻より計測開始、設定されていないときはコマンド送信後すぐに計測開始。 • CS コマンドが送信されると ADCP は観測状態に入り、コマンドを受け付けなくなるため、他の設定コマンドは必ず CS コマンドの前に入れる必要がある。

入力コマンド	TSyy/mm/dd, hh:mm:ss TTccyy/mm/dd, hh:mm:ss
説明	現在時刻設定
数値範囲	yy=年 (西暦下 2 桁) ccyy=年 (西暦 4 桁) mm=月 (2 桁) dd=日 (2 桁) hh=時 (2 桁) mm=分 (2 桁) ss=秒 (2 桁)
備考	<ul style="list-style-type: none"> • 「/」、「,」、「:」は省いても可。 • TS と TT のどちらかを設定すると、もう一方も設定される。

B-2.4.2 観測設定として使うコマンド

入力コマンド	BA○
説明	ボトムトラック探知のための反射強度フィルター
数値範囲	1~255 (単位: counts) デフォルト: BA30
備考	<ul style="list-style-type: none"> ボトム (海底、河床) からの反射強度は、水中からの反射に比べて大きくなる。この反射強度の違いが BA で設定した値以上のときにそこをボトムと判断する。 BA を小さくしすぎると、ボトムより手前をボトムと誤認する可能性があり、また、一度誤認したものを後処理で修正することができないため、変更する際は要注意。あまり変更しない方がよい。

入力コマンド	BC○
説明	ボトムトラックのコリレーションフィルター
数値範囲	0~255 (単位: counts) デフォルト: BC220
備考	<ul style="list-style-type: none"> ボトムトラックのコリレーション値が BC コマンドの設定値よりも小さいとデータとして採用しない (ボトムトラックデータなしとなる)。

入力コマンド	BE○
説明	ボトムトラックの最大 Error Velocity フィルター
数値範囲	0~9999 (単位: mm/s) デフォルト: 1000
備考	<ul style="list-style-type: none"> ボトムトラックデータの Error Velocity の最大値フィルター。 Error Velocity が BE で設定した値より大きい場合、データとして採用しない (ボトムトラックデータなしとなる)。 3 ビームソリューションで計測された場合には Error Velocity が計算できないため、フィルターされずに全てのデータが記録される。

入力コマンド	BM○
説明	ボトムトラッキングモードの設定
数値範囲	5 or 7
備考	<p>BM5: 通常観測モード (最小深度: 0.8m)</p> <p>BM7: 浅い水深でゆっくり走る際のモード (最小深度: 0.3m)</p> <p>高濁度下での誤認を改良している。Ping レートがモード 5 の 1/3 と遅いため、航走速度が 0.2m/s を越えると精度が低下する。</p>

入力コマンド	BP ○
説明	1 アンサンブルにおけるボトムトラッキングの発信ピング数
数値範囲	0～999
備考	<ul style="list-style-type: none"> • BP (ボトムピング) は WP (流速ピング) の発信間に発信される。 • BP を「0」とした場合、ADCP はボトムトラッキングデータを取得しない。

入力コマンド	BR ○
説明	ボトムトラックで計測する水深の解像度
数値範囲	0 or 1 or 2 (BR0 = 4% BR1 = 2% BR2 = 1%) デフォルト : BR2
備考	<ul style="list-style-type: none"> • 水深に対する深さ計測の解像度を選択 • BR0 の場合、河床距離が 100m と仮定したら 104m を越えるまで読み込む。BR2(高解像度)の場合は 101m まで読み込むが、ping 時間が長くなる。

入力コマンド	BX ○
説明	ボトムトラッキングの最大計測深度
数値範囲	10～65535 (単位 : デシメートル 1/10m)
備考	<ul style="list-style-type: none"> • 設定する際には、河床深度よりも十分に大きくするか、計測場の最大深度を入力する。測定深度 (水深) が設定値を超えた場合には、エラーとなる。 • 入力する数値はデシメートル単位なので 20m の場合は 200 となる。間違えやすいので注意が必要である。

入力コマンド	CF ○○○○○	
説明	計測方法およびデータ出力先の設定	
数値範囲	0 or 1 or 2	
備考	CF1****	• 1 アンサンブルでの観測が終了次第、自動的に次のアンサンブルでの観測を開始する。通常観測時に使用する。
	CF0****	• 1 アンサンブルでの観測が終了次第、スタンバイモードに移行する。コンピューター制御時に使用することがある。
	CF*1***	• ping を自動的に連続発射する。
	CF*0***	• ping を手動で発射する。1 ピング毎に「Enter」を押す。
	CF**2**	• Hex-ASC II 形式でデータを出力する。
	CF**1**	• バイナリ形式でデータを出力する。
	CF**0**	• ASC II 形式でデータを出力する。
	CF***1*	• RS-232/422 シリアルでデータを出力する。
	CF***0*	• RS-232/422 シリアルデータを出力しない。
	CF****1	• ADCP 内部記録装置に観測データを記録する。
CF****0	• ADCP 内部記録装置に観測データを記録しない。	

入力コマンド	EA ○
説明	外部ヘディングセンサー使用時の ADCP のビーム 3 とヘディングセンサーの基準との差
数値範囲	-17999～18000 (-179.99° ～180°)
備考	ADCP 内部コンパス使用時は「0」とする。

入力コマンド	EB ○
説明	ADCP のコンパスの補正 (真方位への)
数値範囲	-17999～18000 (-179.99° ～180°)
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ 観測地点の偏差 (磁気偏角) を入力する。 ・ EB0 であれば磁方位で計測するが、後処理で真方位に変換する方法が間違いない。

入力コマンド	ED ○
説明	トランスデューサーの喫水深度 (深さ)
数値範囲	0～65535 (単位: デシメートル 1/10m)
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水面からトランスデューサ面までの喫水距離を入力。 ・ 主に、固定設置の場合に用いる。 ・ 音速の計算にも用いられる。 ・ 数値はデシメートル単位であるため 1m ならば 10 を入力する。

入力コマンド	ES ○
説明	対象水域の塩分濃度値
数値範囲	0～40 (単位: ppt)
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ 音の伝わる速度は塩分濃度によって変化するため、海域では塩分濃度を入力する。音速計算に利用される。汽水域の場合は平均塩分濃度を入力する。

入力コマンド	EX ○○○○○○	
説明	ADCP 観測方法の設定	
数値範囲	0 or 1 デフォルト EX11111	
備考	EX00***	<ul style="list-style-type: none"> ・ ビームモードで計測する。 ・ ヘディング、ピッチ、ロールの補正は行わない。
	EX01***	<ul style="list-style-type: none"> ・ ADCP のビーム 3 を Y 軸とした XYZ 軸で記録する。 ・ ヘディング、ピッチ、ロールの補正は行わない。
	EX10***	<ul style="list-style-type: none"> ・ 船体の移動方向を軸とした XYZ 軸で記録する。 ・ ヘディングデータは使用しない。 ・ EA コマンドの設定値を使用する。 ・ ピッチ、ロールのセンサーは使用する。
	EX11***	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地球座標による北方、東方、鉛直成分 (uvw) として記録する。 ・ ヘディングデータを使用。 ・ EA コマンド、EB コマンドの設定値を使用する。 ・ ピッチ・ロールのセンサーを使用。
	EX**1**	<ul style="list-style-type: none"> 1 : ピッチ・ロールデータを観測データ処理に使用する。 0 : ピッチ・ロールデータを観測データ処理に使用しない。
	EX***1*	<ul style="list-style-type: none"> 1 : 1Beam が欠損しても、残りの 3Beams で流速算出をする。 0 : 1Beam でも欠損したら流速算出をしない。
	EX****1	<ul style="list-style-type: none"> 1 : ビームマッピング機能 ON。傾きによる鉛直方向の観測層の位置ずれを補正し、同じ水深にあるはずの観測データで流速計算を行う。 0 : 傾きによる鉛直方向の位置のずれを考慮しない。

入力コマンド	EZ ①②③④⑤⑥⑦			
説明	ADCP 内のセンサーの使用設定			
数値範囲	0 or 1 デフォルト EZ1111101			
備考		項目	設定値 : 0	設定値 : 1
	①	音速計算	手動 (EC)	自動計算※1
	②	水深計算	手動 (ED)	水深センサー使用
	③	ヘディング計算	手動 (EH)	内部センサー使用
	④	ピッチ計算	手動 (EP)	内部センサー使用
	⑤	ロール計算	手動 (ER)	内部センサー使用
	⑥	塩分濃度計算	手動 (ES)	—
	⑦	水温計算	手動 (ET)	内部センサー使用

※1 : 水深、水温、塩分濃度により計算を行う。

入力コマンド	TB hh:mm:ss.ff
説明	バーストモードで使用するときのバースト間隔
数値範囲	hh = 00 to 23 時間 mm = 00 to 59 分 ss = 00 to 59 秒 ff = 00 to 59 100 分の 1 秒
備考	<ul style="list-style-type: none"> 「:」や「.」は省いても可 バーストモード使用時には、TB コマンドと TC コマンドを追加。

入力コマンド	TC O
説明	バーストモードで使用するとき、1 バースト中のアンサンブル数
数値範囲	0~65535
備考	<ul style="list-style-type: none"> TC0 のとき、バーストモード OFF。 バーストモード使用時には、TB コマンドと TC コマンドを追加。

入力コマンド	TE hh:mm:ss.ff
説明	1 アンサンブルの測定間隔 (時間)
数値範囲	hh : 00~23 (単位 : 時間) mm : 00~59 (単位 : 分) ss : 00~59 (単位 : 秒) ff : 00~99 (単位 : 1/100 秒)
備考	<ul style="list-style-type: none"> 設定された観測時間間隔で 1 アンサンブルの観測を行う。 TE を 00 : 00 : 00.00 と設定した場合には、1 アンサンブルの観測が完了した直後に、次のアンサンブルの観測を開始する。(最短時間の設定)

入力コマンド	TFyy/mm/dd,hh:mm:ss TG ccyymm/dd,hh:mm:ss
説明	発信開始日時の設定
数値範囲	yy=年 (西暦下 2 桁) ccyy=年 (西暦 4 桁) mm=月 (2 桁) dd=日 (2 桁) hh=時 (2 桁) mm=分 (2 桁) ss=秒 (2 桁)
備考	<ul style="list-style-type: none"> 「/」、「.」、「:」は省いても可。 TF と TG のどちらかを設定すると、もう一方も設定される。

入力コマンド	TP mm : ss.ff
説明	1 ピングの発信間隔 (時間)
数値範囲	mm : 00~59 (単位 : 分) ss : 00~59 (単位 : 秒) ff : 00~99 (単位 : 1/100 秒)
備考	<ul style="list-style-type: none"> 個々の発信ピングは、設定した時間間隔で発射される。 TP を 00 : 00.00 と設定した場合には、可能な限り最短時間でピングの発信を行う。(最短時間の設定)

入力コマンド	TSyy/mm/dd,hh:mm:ss TTccyy/mm/dd,hh:mm:ss
説明	現在時刻設定
数値範囲	yy=年 (西暦下 2 桁) ccyy=年 (西暦 4 桁) mm=月 (2 桁) dd=日 (2 桁) hh=時 (2 桁) mm=分 (2 桁) ss=秒 (2 桁)
備考	<ul style="list-style-type: none"> 「/」、「:」、「:」は省いても可。 TS と TT のどちらかを設定すると、もう一方も設定される。

入力コマンド	WA ○ (Fish Detection Threshold)
説明	反射強度の閾値
数値範囲	0~255
備考	<ul style="list-style-type: none"> 計測域に ADCP が計測対象とする散乱体 (浮遊懸濁対物質等) 以外の魚などがいた場合、それによる反射強度は他のものよりも高く出力される。ADCP では、観測した 4 つのビームによる反射強度を比較する。他のビームよりも反射強度が強い場合には、対象以外のものを観測したかどうかを判断するため相互の差がこの閾値 (WA) 以内であるかを判定する。

入力コマンド	WB ○
説明	モード 1 (標準モード) でのバンドワイズ (測定帯域幅) の設定
数値範囲	0 (ワイドバンド) or 1 (ナローバンド) デフォルト WB1
備考	<ul style="list-style-type: none"> ワイドバンドで観測した場合に比べて、ナローバンドを使用するとより遠距離まで観測できるものの標準偏差が大きくなり精度は悪くなる。 最大計測距離は 1.3 倍に延びるがサンプリング速度は遅くなる。

入力コマンド	WD ①②③④⑤○○○○
説明	ADCP の測定結果の出力する項目の設定
数値範囲	0 or 1 (0:出力しない、1:出力する) デフォルト : WD111 100 000
備考	<p>① : 流速データの出力</p> <p>② : コリレーションの出力</p> <p>③ : 反射強度の出力</p> <p>④ : パーセントグッドの出力</p> <p>⑤ : ステータス値の出力</p> <p>○ : 後ろ 4 桁は使用されていないため全て「0」とする。</p> <p>バイナリーデータサイズを小さくする際に使うことがあるがあまり変更しない方が良い。</p>

入力コマンド	WF ○
説明	トランスデューサから第一観測層までのブランク距離
数値範囲	0～9999 (単位 : cm)
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ ピング発信の直後に計測を行うとトランスデューサ自体の振動や周囲の残響を計測してしまうため、ある程度時間間隔を置いて計測開始しなければならない。よって、水面付近のブランク (不感帯) が生じる。 ・ 1200kHz の場合、層厚が 25cm よりも小さい場合は層厚と同じ数字、25cm よりも大きい場合は WF25 が最小となる。 ・ 実際のブランクは、WF + 1/2 層厚 + lag となる。

入力コマンド	WM ○	
説明	ADCP 観測モードの設定 (標準、ハイスピード、ハイ_RESOLUTION)	
数値範囲	1 or 11 or 12	
備考	1	標準モード
	11	ハイ_RESOLUTIONモード
	12	ハイスピードモード

入力コマンド	WN ○
説明	ADCP が観測する鉛直方向の層数
数値範囲	1～255

入力コマンド	WP ○
説明	1 アンサンブルにおける発信ピング数
数値範囲	0～16384
備考	・ 「0」とした場合については、ADCP 観測が行われない。

入力コマンド	WO ①,②
説明	ハイスピードモードにおけるサブピングの発信設定
数値範囲	①：1～100 ②0～999 デフォルト：WO1,4
備考	①：サブピングの発信回数 ②：サブピングの発信間隔（時間：1/100 秒単位） ※ハイスピードモードでのみ使用するコマンド

入力コマンド	WS ○
説明	ADCP が観測する角層の層厚
数値範囲	5～400（単位：cm）
備考	<ul style="list-style-type: none"> 層厚が大きいほど、音波の到着距離が長くなり、単ピングでの測定精度が向上する。 層厚を変更した際には、層数を同時に変更しなければならない。層数をそのままの数値で層厚を半分にした場合は最大計測レンジが半分になるので要注意。

入力コマンド	WV ○
説明	標準モードとハイスピードモードにおける Ambiguity 速度
数値範囲	2～700（単位：cm/s） WV175
備考	<ul style="list-style-type: none"> Ambiguity 速度とは、ビーム発射方向に対しての想定される最大流速を示す。 Ambiguity 速度を超える流速環境では計測不可能となる。そのため、予想される最大速度に 1.5 倍程度の余裕を持って設定する必要がある。 $WV = (\text{最大予想流速}[\text{cm/s}]) \times \sin(\text{BeamAngle}) \times 1.2$ ※最大相対流速 = 船体速度 + 流速[cm/s] ※BeamAngle = 20 度 ADCP の最大航走速度が 250cm/s で流速が 100cm/s であれば、相対流速が 350cm/s となり、WV は、$350 \times 0.34202 \times 1.2 = 143$ となる。 WV100 で最大相対流速 292cm/s WV175 で最大相対流速 500cm/s WV220 で最大相対流速 643cm/s

入力コマンド	WZ ○
説明	ハイレゾリューションモードにおける Ambiguity 速度
数値範囲	3～80（単位：cm/s） デフォルト WZ5
備考	<ul style="list-style-type: none"> $WZ = (\text{最大予想流速}[\text{cm/s}]) \times \sin(\text{BeamAngle}) \times 1.5$ ※最大予想流速 = 船体速度 + 流速[cm/s] ※BeamAngle = 20 度 .

B-3 【用語集】

【用語集】

----- A -----

ABT :

Acoustic Backscatter Turbidity 超音波後方散乱濁度の略。ADCP の散乱強度を用いて各種音響理論式を駆使し、濁度を算出する技術とその算出された値を意味する。近年では、高精度に濁度変換できるユーティリティ(VisualADCPtools for ABT)が販売されている。ABT の算出には濁度とのキャリブレーションが必要になるが、このソフトは直感的に操作できるユーザーインターフェースにより、簡単な操作で変換係数を求めることができ、河川の土砂フラックス計測などに応用されている。

ADCP :

Acoustic Doppler Current Profiler の略。超音波のドップラー効果を応用した流速プロファイラー。トランスデューサーから既知の周波数の超音波を発射し、水流と共に移流する水中懸濁粒子から反射して戻って来た超音波の位相差を検出して流速を算出する装置。

Acoustic Window(音響窓) :

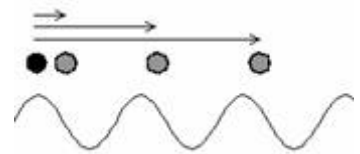
超音波を透過させやすい素材(と厚み)で加工された半透明の板。船底に ADCP を取り付ける際に、生物付着防止とキャビテーションを避けるために使われる。河川の中洲など普段は干出している場所に ADCP を設置する際は、直射日光を避けるために音響窓を設置することが望ましい。ADCP の周波数によって最適な厚みが変わる。

ADCP Coordinates:

流速プロファイルデータが ADCP の筐体を基準とした直角座標系に従って計測されることを示す。ビーム 3 は進行方向 (Y 軸プラス方向) を示し、その横は横断方向 (X 軸プラス方向) を示す。下向き観測の場合はビーム 2、上向き観測の場合はビーム 1 が X 軸プラス方向として流向が計算される。上向き観測の場合は流向が反時計回りに計算されてしまうため、X 軸成分のプラスマイナスを逆にする必要がある。

Ambiguity (アンビギュエティー) :

ADCP は、ビーム発射方向における散乱態の動きを、反射波の信号の位相変化から決定する。しかし位相は 360deg 周期であるため、この解は多数存在してしまうことになる。たとえば、右図の 3 ケースは全て同じ位相差として戻ってくるため、こうした結果は曖昧さを生じさせる。



Ambiguity Resolution:

位相が計測された 2 点間に含まれる波数をカウントする方法、位相だけを計測することによって生じる曖昧さを解消することができる。

Ambiguity Velocity (アンビギュティーベロシティー ベロシティー) :

位相解析を明確にするための、ビーム発射方向において想定される最大流速値に相当する値を示す。

----- B -----

Backscatter:

- 1) 散乱強度。反射強度がトランスデューサーで検知した直接的な値であるのに対し、散乱強度は距離減衰などを補正して現位置における散乱物質強度に換算した値。
- 2) WinRiver で後方散乱強度の計算が可能である。この計算により、散乱粒子濃度の相対的な変化を推算することができる。定量的観測が必要な場合は、各種音響理論式を駆使して濁度を算出するためのソフト (VisualADCPtools for ABT) が販売されている。※ABT 参照。

BBBatch:

ADCP のバイナリーデータを ASCII ファイルに変換するためのバッチ処理プログラム。

BBCheck:

ADCP のバイナリーデータのクオリティーと完全かどうかをチェックするプログラム。

BBConv:

ADCP のバイナリーファイルを、デコーダーを読み込んで ASCII ファイルに変換するユーティリティソフト。いくつかのデコーダーファイルは、RDItools に含まれています。たとえば、第一層めの距離、ナビゲーションデータ、など。ユーザー自信が必要とする情報に即して、これらのデコードファイルを完成させてください。

BBList:

ADCP のバイナリーファイルの数値を確認し、ASCII 形式に変換するプログラム。このソフトは、メニュー選択方式によりステップバイステップでバイナリーから ASCII 形式に変換することができる。

BBMerge:

カンマで区切られたアスキーファイルを生のバイナリーの ADCP フォーマットに戻すユーティリティ・プログラム。

BBSlice:

生データをファイルサイズで分割保存するためのユーティリティ・プログラム。

BBSlice は、ADCP のバイナリーファイルを連続的な ASCII ファイルに変換します。

BBss:

水温、塩分、水深を元に水中音速を計算するプログラム。

BBSub:

バイナリデータの分割抽出ユーティリティ・プログラム。

BBSub は、始まりと終わりのサンプルナンバーを選ぶことによって、巨大な生データファイルから必要な部分を抽出することができます。

BBTalk:

ADCP の CPU と直接コミュニケーションを取るためのターミナルソフト。

Beam Angle:

ADCP の垂直軸からみたトランスデューサーの傾斜角。ワークホースの Beam Angle は 20deg。

Beam Coordinates:

各ビームの発射方向に添った流速値を計測するモード(座標変換は実行されません)。

Beam Spreading:

トランスデューサーから発生したエネルギーのメインローブが放射拡散もしくはトランスデューサーからの距離が遠くなるにつれて音響フロントとして広がる範囲。

λ が発生した音の波長、 d がトランスデューサーの直径で、これは λ/d と比例する。

注：使用する周波数を小さくすることによって、ADCP トランスデューサー直径は増大する。

Bin (Depth Cell):

一つの観測層を示す。

Bin Mapping (Depth Cell Mapping):

もし ADCP が傾いていた場合、各ビームに沿って等しい距離で取られた観測層は、水平で見た場合は同じ高さでは無くなる。

例えば、ADCP が 10deg 傾いた場合、4 本のビーム上の観測層は水平に整列せず、鉛直方向にオフセットが生じる。傾いた ADCP でオフセットが生じるケースにおいて、ADCP は自動的にオフセットを解消して各観測層の水平高さが一致するように調整する。これは、静的な傾きに対して有効な手段であり、EX コマンドで定義される。



Blank Zone:

ADCP のトランスデューサー付近の観測データが取れない部分。残響によるノイズを避ける最短距離を設定するケースが多いが、観測を行う環境により延長される場合もある。

Bottom Discharge:

ADCP を用いた流量観測では、サイドローブコンタミネーションや層厚設定の限界により河床付近を正しく観測することはできない。断面流量の正確な近似を得るためには、観測された流速プロファイルを河床深度まで外挿補間を行うなどして評価する必要がある。

Bottom Track:

ADCP の移動観測において、河床までの距離がレンジ内である場合、センサーの対地速度検出用に別のピングを発信する。河床が動いていなければ、非常に正確な対地速度が得られる。求められた対地速度は実測値からの流速の抽出に用いられる。

Bottom Track Modes:

現在以下の4つのボトムトラッキングモードが用意されている。

Bottom Mode 4:

アンビギュエーターレゾリューションを用い、層毎の時間差を調整し、データの分散を小さくする。

Bottom Mode 5:

浅水域でのデータの分散を小さくするためのモード。最適な水深と速度を計算し複数のピングを発信する。このモードはデフォルト設定であるが、水深が深くなるなど Bottom Mode 4の方がパフォーマンスが良くなるため、必要に応じて自動で切り替わる。

Bottom Mode 6:

干渉の危険性を低減するためにナローバンドを用いたオペレーションを行うモード。アンビギュエーターベロシティレゾリューションの代わりにユーザーが設定する観測地域の水深を用いる。

Bottom Mode 7:

Bottom Mode 5よりも浅く濁りが強い環境において、低速の移動観測を行う際に用いられるモード。

Break:

ADCP を起動し、コマンドモードにするためのコマンド。

Broadband ADCP:

ブロードバンド技術を利用している ADCP のこと。

Broadband Processing:

ピング毎に複数回の位相測定を行うために変調パルスを用いて処理をする方法。観測精度はこの方法により大幅に向上する。

----- C -----

ChannelMaster:

水路の流況モニタリング用に開発された、水平プロファイリングを行う小型で安価な H-ADCP のモデル名。鉛直ビームで水位変化が計測できる。内部メモリーが小さいので、基本的にはオンラインモニタリング、もしくはテレメトリー用途で使われる。自器記録の場合は外部メモリーが代理店で販売されている。

Command Mode:

ADCP が Break を受けた後に入るコマンドを待機するモード。コマンド待機中は電力消費が大きいので、5 分間コマンド入力が無いと自動的にスリープモードに移行する。

Correlation:

データ品質管理の為の重要なパラメータのひとつ。散乱粒子の分布が位相測定の間でどれだけ変わるのかを相関値で判断するための指標である。コリレーションの値が高いほど、サンプルされた流速データの精度と信頼性が高いことを示す。

----- D -----

Dead Reckoning:

速度、方位、時間情報を用いて、過去の座標地点より測位を行う航海方法。

Degaussing:

消磁処理。ADCP 内部磁気コンパスへの影響を極力抑えるためにバッテリーから磁気を取り除く作業。TRDI の販売するバッテリーは全て消磁処理を行っている。

Depth Cell (Bin):

係留系のシングルポイント流速計のような鉛直プロファイル内の 1 観測層。

Depth Cell Mapping (Bin Mapping):

Bin Mapping と同じ。

Differential Global Positioning System (DGNSS):

衛星による高精度な測位を用いた航法。移動観測の際、河床が動いたり、水深がビームレンジを超えたりした場合には、移動速度の計算に D-GNSS（や RTK-GNSS）が用いられることもある。

Direct-Reading ADCP:

リアルタイム観測を行うために設定された ADCP。内部バッテリーや内部メモリーを持たない。

Discharge:

ある断面を流れる流量。ADCP を用いた流量観測は、河川横断面の流速分布、ボート（曳航体）速度、横断面の面積から計算される流量値に、観測不可能区域（河岸、河床、水面付近）の推定流量値を足し合わせて行われている。

Distance Made Good:

移動観測時の観測開始地点から ADCP までの直線距離。

Doppler Shift:

音源と観測者の相対速度の変化による周波数変調。具体的には、 $fD = f_s (v/c)$ 。ここで fD はドップラーシフトを受けた周波数、 f_s は音源の周波数、 v は音源と観測者の相対速度、 c は音速である。

Doppler Velocity Log (DVL):

ボトムトラックを用いて対地速度と河床・海底からの高度を測定する観測装置。高度がビームレンジを超える場合ほとんどの DVL は、ある層との相対速度測定に切り替わる。

----- E -----

Earth Coordinates:

地球座標系。東向き、北向き、上向きを正とする直交座標系。内部コンパスは磁気コンパスであるため、磁北を基準とした方位が記録される。コマンドでオフセットを与えて真方位に変換することもできるが、後処理で補正した方が確実である。

Echo Intensity:

反射強度。散乱強度とは異なる。反射強度は、トランスデューサーに返ってきた反射シグナルの強度で、Count で表される無次元の値である。データ品質管理のための重要なパラメータの一つである。高いエコーインテンシティの値は、河床などの境界層、ときには魚などによる妨害を表す。また、低い値は散乱粒子の濃度が不十分であることや、その環境下での測定レンジの限界を表す。

Edge Estimate:

河岸付近の流量推定値。ADCP を用いた河川の流量観測では水深の浅い河岸付近での計測は不可能である。河川の横断面流量の精確な評価には、この計測出来ない区域についての流量も加算する必要がある。

Ensemble:

複数の(ping による)計測値を一つにまとめたもの。ADCP では 1 データを意味する。

Error Velocity:

データ品質管理に用いられる重要なパラメータの一つ。対角上の 2 ビームは鉛直成分と水平方向の一成分をそれぞれ計測する。4 ビームからは二つの独立した鉛直方向の流速値が求まる。この二つの鉛直流速の差を **Error Velocity** と言う。ADCP は 4 つのビームが計測する範囲において一様な流れ場であることが前提となっている。しかし、ここに場の不均一性が生じると、二つの鉛直流速に差が生じ、**Error Velocity** が大きくなる。

----- F -----

Fish Detection Threshold:

超音波が魚などの障害物にあたった場合に反射強度が大きくなるため、これをエラーとして扱うための閾値。魚によるコンタミネーションの恐れがあるデータのノイズ処理に使われる。

Frequency:

周波数。

----- G -----

Gimbals:

1~3 本の回転軸を持つ架台。ADCP を傾斜した河床などに垂直に設置したい場合、ジンバル付きの架台を用いることがある。

GO-DVL:

DOS 用バッチファイル。Navigator の設定、Shiptrack でのデータ収集に使われる。

Gyro:

ジンバル機構の上で高速回転をして一定の姿勢を維持する装置。鉄や電磁場の影響を受けないので一般的に船の方位を求めるのに用いられる。また、液面傾斜計などと異なり加速度の影響を受けないので、ピッチ/ロール角の測定にも用いられる。外洋船などに搭載されており、ADCP の外部ジャイロとしてデータを同期取込みさせることができる。

----- H -----

Homogeneity:

測定した流速値の同一性を示す指標のこと。ADCP による流速測定のための処理は、4 ビームと交差する水平流速場が一様であることを仮定している。実際の観測域において、この仮定がどれほど成り立っているかのチェックにはエラーベロシティが用いられる。

Horizontal ADCP (H-ADCP):

流速の水平プロファイリングの為に開発された ADCP。H-ADCP は河川流量観測システムに利用するため、日本の研究グループがプロモーションして TRDI と共に開発したのが普及の始まりである。当初はスーパーナロービーム型として長方形のトランスデューサーが開発されたが、現在では円形のトランスデューサーが主流である。

----- I -----

Inertial Navigation:

ジャイロセンサーと加速度センサーの測定値から、ADCP を搭載した移動観測用プラットフォーム（AUV など）の姿勢と位置を推定する方法。この方法による推定値は時間が経つにつれ誤差が大きくなっていくので、誤差の修正用に DVL と圧力センサー等の外部入力を組み込むことが一般的である。

----- J -----

----- K -----

----- L -----

Lag:

パルス信号やピング間の遅れ。

Long Ranger:

ワークホース ADCP 75kHz のモデル名。

Lowered ADCP (L-ADCP):

一つ又は二つの ADCP をフレームに取り付けて水中に沈めていき、全深度層の鉛直プロファイルを補完する技術。取り付けフレーム自体の挙動による誤差をどう取り除くかという研究がされている。

----- M -----

Main Lobe:

トランスデューサーから発せられるエネルギーの中心部分。例えば懐中電灯の目に見える光線部分など。超音波には Main Lobe の外殻に Side Lobe と呼ばれるエネルギーの弱い超音波が広がっている。

Mariner:

浅海域の船底艀装用に設計されたワークホースモニターADCP のモデル名。

Modes:

TRDI は現在状況別に 5 種類の流速プロファイル用モード を提案している。

Mode 1:

一般的な環境下で使用するモード。様々な観測において幅広く適用されるモードで、速い流速を長い水深レンジで計測することができる。最も汎用性の高い観測モード。

Mode 5:

流速が遅く水深が浅い環境において、高精度に流速計測するモード。このモードはボトムトラッキングと併用される。計測の誤差を最小限に抑えられるが、使用環境が限定される。(流速が小さく、ADCP プラットフォームの移動速度も小さくできる状況。また強いシア一流や乱流が無い状況など)

Mode 8:

浅水域の高解像度プロファイリング用のもう一つのモード。Mode 5 と同じくボトムトラックと併用する必要がある。計測の誤差は Mode 5 より大きくなるが、使用環境の制限は少し緩くなる。

Mode 11:

境界層の研究目的に開発された浅水域高解像度プロファイリングモードの最新版。層数の最大数も増え、層厚は 1 cm からの設定が可能になった。信号処理の改善により速い間隔でのピング発信を可能にした上、Mode 5 や Mode 8 よりも適用できる環境の制限も緩くなった。

Mode 12:

ハイスピードサンプリングモード。短い Ping 間隔で発射可能なサブピングを使用して時間当たりの ping 数を増やすことで観測精度を上げることができるモード。また、層厚 1 cm までの高解像度プロファイリングを行うことができる。ADCP のヘディング値が安定していれば、流速の速い地点でも、浅水域においても、あらゆる環境において誤差を抑えることが可能であり、汎用性は広い。

Monitor:

電池収納ケースが無い直読式ワークホース ADCP のモデル名。河川の流量観測や、リアルタイムモニタリング用途に利用される。

Moving Bottom:

河床付近に大量の沈殿物が堆積しているときに、河床がはっきりと特定できず、また沈殿物が流れに乗って流されると、河床が動いたかのように ADCP が認識する場合がある。このような環境下ではボトムトラックを用いた観測はバイアスを生む恐れがあるので推奨されず、RTK-GNSS などの代わりとなる方法で ADCP の対地速度を求める必要がある。

----- N -----

Navigator:

Teledyne RDI Doppler Velocity Log (DVL)のモデル名。

Narrowband ADCP:

ナローバンド処理を行う ADCP。

Narrowband Processing:

単ピング発信で速度を計測する方法。ブロードバンド処理とは違い、変調パルスを用いない計測は格段に精度が落ちるが、観測レンジ長は長くなる。一般的にピングを多めに発信して精度を高める必要がある。

----- O -----

Ocean Observer:

低周波フェーズドアレイ ADCP。石油採掘地点などに有線で設置される。

Ocean Surveyor:

船底取り付け型の低周波フェーズドアレイ ADCP。

----- P -----

Percent Good:

ピング発信数とエラースレッショルドをパスしたピング数の割合のことでデータ品質管理用のパラメータの一つ。深度層毎に 4 つの Percent Good の値が出力され、それぞれの意味は座標モードの設定により次のように異なる。

ビーム座標：各ビームについてコリレーションスレッショルドをパスしたピング数の割合。

船座標、地球座標：1) 3 ビームソリューションの割合、2) 閾値内に収まったエラーベロシティの割合、3) 2 ビーム以上が Bad Data であった割合、4) 4 ビームソリューションの割合。

Phase:

位相差。音源と散乱体の相対速度の変化による、音波の伝播遅延。

Phased Array Transducer:

複数の微小な振動素子を数百単位で面上に平らに配置し、電氣的に位相差を与えて回折させ、4つのビームを形成するトランスデューサー。現在実用されているフェーズドアレイトランスデューサーは主に長距離観測用の低周波モデルのものである。近年、河川流量観測用途のフェーズドアレイセンサーが販売されている。

Ping:

一つの流速値を計測するために ADCP のトランスデューサーが発信する音波。ブロードバンドピングは位相変調をかけた一組のパルス群であり、ナローバンドピングはシングルパルスよりなる。

Ping Mode:

設置観測 ADCP 用の省電力モード。ピングングや演算処理など瞬間的に必要になる電力以外は消費しない。このモード中の ADCP は設置直前の設定を保存しており、電源供給がストップした際にも、電源復旧後、自動的に同設定での観測を再開する。

PlanADCP:

Windows 専用の ADCP 用ソフトウェア。ADCP の設定コマンド作成支援や、観測投入前の計測値誤差や消費電力の計算を行うことができる。

Profile:

一定の距離間隔毎に計測された流速値の系列。

Pulse:

トランスデューサーから発せられる音波。

Propagation Delay:

伝播遅延。音源と散乱粒子間の音波の移動時間の変化のこと。一般的には相対速度の変化による。

----- Q -----

----- R -----

Radial Motion:

音源と散乱粒子を結ぶ直線上の動き。

Range:

ADCP がプロファイリングできる最大距離。

RDITools:

BBTalk や BBList など BB シリーズを含むソフトウェアパッケージ。

Reference Layer:

移動観測において海底の水深が検出限界を超えた場合に、プラットフォームの移動速度を推定するため、流れが無いと仮定し、基準とする層。

Remotely Operated Vehicle (ROV):

ケーブル通信でコントロールされる無人潜水艇。

Ringling:

ADCP の基盤、トランスデューサー、周辺設備がピング発信直後、発信エネルギーが弱まらない間に反射シグナルを受けてノイズが混じる現象。特に船底装備型の ADCP によく見られる。

Rio Grande ADCP:

河川流量観測に適した ADCP のモデル名。12 VDC 電源で動作するように設計されている。

Rosette:

円柱形のフレームに放射状に取り付けられた一式の海洋観測機器。ほとんどの海洋調査船で用いられており、観測深度までウインチなどで降ろしながら、データ収集を行う。Lowered-ADCP はこのロゼットに取り付けられることが多い。

ROV: Remotely Operated Vehicle

----- S -----

Scatterers:

散乱体。音波を反射する水中の微粒子やプランクトンなど。

Sea Chest:

船底の流線形を保ちつつ、船底取り付け型 ADCP を装備するために船殻に開けられる窪み。

Self-Contained ADCP:

自律観測のために内部バッテリーとメモリを搭載した ADCP。

Sentinel:

自律観測のために内部バッテリーとメモリを搭載した ADCP のモデル名。

Ship Coordinates:

船座標。船を基準とした直交座標系。ビーム 3 を船首方向にとると instrument coordinates と同じになる。

Shiptrack:

Navigator のデータを統合後、表示する DOS プログラム。

Sidelobes:

トランスデューサーが発する音波のメインローブ脇に見られるシグナル強度のピーク。

Sidelobe Contamination:

境界層付近における ADCP 観測時（浅水域など）に問題となるノイズ現象。ADCP トランスデューサーのメインローブは鉛直方向から 20° （または 30° ）傾いているため、ADCP の中心線が境界層に対して垂直になるように設置した場合、中心線から境界層までの距離はメインローブの距離よりも短くなる。このためメインローブの行路よりも短い行路を通るサイドローブが存在することになり、境界層の強いサイドローブ反射をトランスデューサーが受けてしまう。その結果、メインローブの境界層付近の反射には、境界層の速度がノイズとして含まれることになる。ノイズが含まれる観測層の層厚はメインローブの角度に依存し、ビームが 20° を向いている ADCP は境界層付近約 6%、 30° を向いている ADCP は約 14% にサイドローブ反射によるノイズが含まれる。

Software Break:

ADCP の遠隔操作時には Break 信号を送ることができない。そういった時のために、ADCP に「==」を Break 信号と認識させる設定にすることができる。

Source:

音源。既知の周波数の音波発信源。ADCP ではトランスデューサーのことを指す。

StreamPro:

橋上操作ポートとセットになった小型 ADCP のモデル名。流速の小さい河川において、手軽で効率的な曳航流量観測を行うことができる。

----- T -----

Top Discharge:

ADCP を用いた河川流量観測では、トランスデューサーの浸水水深やブランクゾーンの設定の為に、表層付近の流速を計測することはできない。精度のよい総流量の近似値を得るには、この部分の流量を推定する必要がある。一般的には流速プロファイルの外挿補間後に算出される値を用いる。

Transducer:

電気エネルギーを音波に、音波を電気エネルギーに変換する装置。

----- U -----

Unmanned Underwater Vehicle (UUV):

AUV や ROV の一般的な総称。

UUV:

Unmanned Underwater Vehicle

----- V -----

Vessel Mount:

船底に（大部分は船殻に埋め込まれる形で）取り付けられる ADCP。

VM-DAS:

Windows 専用の船底取り付け型 ADCP 用データ収集ソフトウェア。船上の航法装置からの入力を統合することができる。

----- W -----

Wavelength:

波長。

WinADCP:

Windows 専用の ADCP データの後処理用ソフトウェア。

WinH-ADCP:

Windows 専用の Horizontal ADCP データ収集・再生用ソフトウェア

WinRiver:

河川流量観測用に開発された Windows 専用のリアルタイム ADCP データ統合ソフトウェア。外部航法装置からの入力を統合できる。また、反射強度の観測値から定性的な濁度推定も行うことができる。

WinSC:

Windows 専用の self-contained ADCP の設定やテスト、データ回収用ソフトウェア。

Workhorse ADCP:

RDI 社が製造するフェーズドアレイ型以外のブロードバンド ADCP モデルの総称。

----- X -----

Xdcr:

トランスデューサーの省略形。

----- Y -----

----- Z -----

ZedHed:

センサー近傍のリングングを極力抑えた設計のトランスデューサーを持つ型式のこと。