

Appendix A 橋上操作型 ADCP 流量観測システムの詳細

A-1. 総説

Appendix A は、橋上操作型の ADCP 観測システムを使用した河川高水流量観測の標準的手法を示したものである。流速計測には曳航観測型の ADCP を用い、可搬型の橋上操作艇に装着して橋梁上から下流側に係留し、徒歩で橋梁を横断させながら断面の流速分布を計測し、流量を計測する方法である。

A-1.1 ADCP による流量観測手法の特長

ADCP は超音波のドップラー効果を応用した流速計であり、①流向・流速の鉛直プロファイルが計測できること、②航走断面の流速分布と河床形状が同時に計測できること、などが最大の特徴と言える。ADCP を用いて河川を横断観測させることにより、断面の流速分布を詳細に計測して流量を算出することが可能となる。ADCP による流量観測の特長としては、10 分～15 分程度の比較的短時間で多量の流速分布データが取得できるという点であり、既存手法と比べてより信頼性の高い流量値が得られると考えられている。

一方、ここ数年前までは、ADCP 観測は洪水流量観測に不向きとされてきた。その理由として、①洪水時に観測船を出せない、②河床が移動する際に正しく計測出来ない、③他手法と比べて流量差が大きい、という点が指摘されてきた。しかし、こうした問題を解決するため、高速流でも安定して計測出来る橋上操作艇や、河床が移動する状況でも RTK-GNSS の活用で正確に流速を計測する方法、計測データから適正に流量値を算出するための計算方法などが確立され、相当規模の洪水観測にも対応できることが実証されてきた。

当マニュアルでは、こうした近年の研究成果を取りまとめ、洪水時でも安定して流量観測を行うための標準的な手法について示したものである。

A-1.2 本手法の適用範囲

本手法は、橋梁から観測を行うことを前提としており、観測員が通行できる歩道が橋梁の下流側に整備されていることが条件となる。また、橋梁の下流側にはできるだけ障害物が無く、ロープを係留したまま横断できる構造であることが観測条件となるため、トラス橋や高速道路橋などでは実施できない。なお、電灯などが数本立っている程度であれば問題はない。

本手法は最大流速 5.0～6.0m/s 程度まで観測可能であり、河床が移動する状況では RTK-GNSS を搭載することで計測可能となる。また、橋脚や環境磁場の影響を受ける状況では GNSS コンパスを搭載することで精度を維持することが可能である。

夜間に関しては、水面の状況が目視できることが条件となり、全く視認できない状況下においては流下物などのリスクが高いため、非常に危険である。

また、観測員が安全に観測できる状況であることが大前提であり、暴風雨などで危険な状況下では観測を行わないよう配慮する必要がある。

この様に、観測できる状況や条件を正しく踏まえた上で、観測計画を立案することが肝要である。

ADCPを用いた流量観測方法としては、機器を河床に固定設置する「常時観測」と、ボートなどで断面をその都度横断させる「移動観測」に大別される。また、移動観測には大きく分けて、①有人船観測による方法、②ラジコンボートによる方法、③橋上操作艇による方法、の3手法が現在確立されている。図 1-1 に各観測方法の分類と適用範囲を示す。

本観測マニュアルでは、洪水時の移動観測方法を対象としており、その中でも橋上操作艇による方法を最も汎用的な手法として取り扱うこととした。たとえば、有人船観測では船外機の性能上、最大流速 1m/s 前後が限界であり、洪水観測には不向きである。日本国内において有人観測による 1m/s 近い流速での実績なども報告されているが、非常に危険な状況であったと認識されており、定型業務としてはふさわしくない。ラジコンボートは、空力タイプで 5m/s まで対応できるものもあるが、一般に入手しづらく、汎用的ではない。近年は水中プロペラ式のラジコンボートも販売されているが、ごみがプロペラに絡む可能性があり、リスクが高い。一方、橋上操作艇による方法は近年急速に実績を増やしつつあり、その有効性や観測限界、注意事項なども概ね判明してきているため、そうした注意事項を踏まえれば、十分実用的な手法であると評価されてきた。

このため、本マニュアルでは ADCP の橋上操作艇を用いた洪水観測手法について、その方法を詳しく記載することとした。

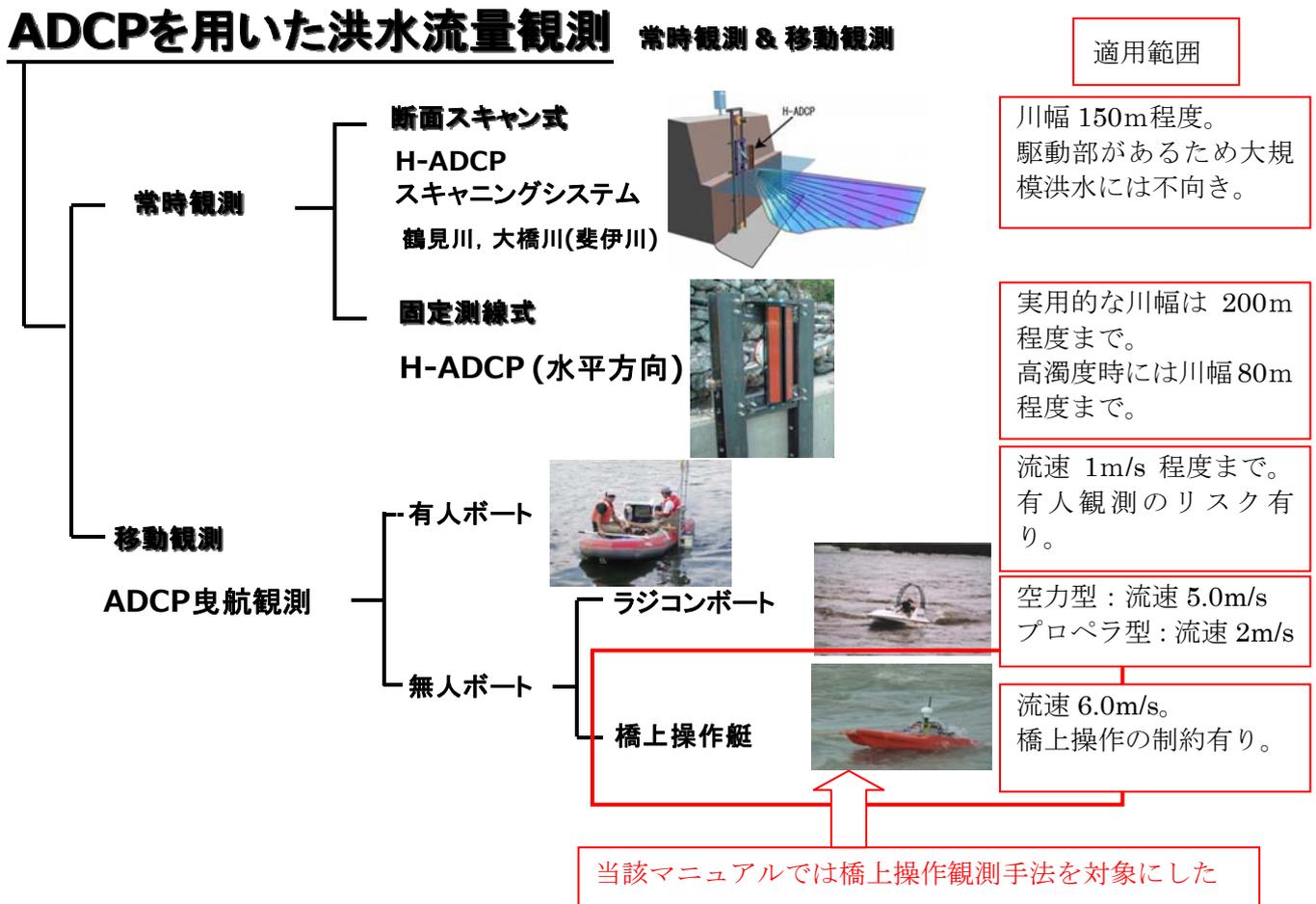


図 1-1 ADCP による流量観測の種類

A-2. 観測機器の構成

ADCP による洪水観測は、橋上操作艇による徒歩横断曳航観測を基本とする。観測機器の標準構成を以下に示す。実際の河川の状況や流況に応じて最適な機器構成を検討する必要がある。

【標準機器構成】

1. ADCP
2. RTK-GNSS
3. GNSS コンパス
4. 遠隔操作装置
5. 橋上操作艇
6. 現場仕様のノート PC

【オプション】

7. 音響測深器
8. トータルステーション

※河川の状況に応じて機器構成を変更することができる。

橋上操作観測における最小機器構成としては、ADCP と橋上操作艇、およびノート PC があれば最低限の観測は可能である。しかし、洪水時の厳しい流況においても安全で確実に観測を実施するために、最適なシステム構成が検討・実証試験されてきており、数々の実証の積み重ねから、上に示す機器構成が現時点では最も望ましい構成であると考えられている。

①ADCP

ワークホース ADCP には、電池内蔵型のセンチネルと、ショートボディーのモニタータイプが選択できるが、橋上操作観測においてはモニタータイプを使用する。両者はボディーを入れ替えるだけでコンパティブルに変更可能である。

周波数は最大計測レンジが 20m 以浅であれば 1200kHz、それよりも深い場合は 600kHz となるが、河川の場合は大半が 1200kHz で十分である。しかし、濁りが強い場合は周波数の低い 600kHz の方が適しているとされており、河床移動に対しても 1200kHz よりも強い様であるが、数値的な差は報告されていない。また、ADCP のオプションとして、ボトムトラッキング機能は不可欠であり、他にハイスピードサンプリングモード (Mode12) が付属していれば流速精度の点で有利である。

②VRS-RTK-GNSS

RTK-GNSS は、河床が移動するケースでは必ず必要になる。また、水面の揺動が大きい場合はボトムトラッキングがうまく機能せずに航跡がジャンプすることがあるため、このような状況では RTK-GNSS で正確に ADCP の航跡をトラッキングさせることが有効である。RTK-GNSS には陸上に基準局が必要なキネマティック方式と、仮想ネットワーク方式を用いた VRS 方式が存在するが、現地で速やかに観測を開始できる VRS 方式が望ましい。VRS 方式は、通信契約が必要となるため、使用前に契約を結んでおく必要がある。

③GNSS コンパス

橋上操作艇専用の小型軽量 GNSS コンパスが近年実用化された。もともと ADCP 内部には磁気コンパスが内蔵されているが、矢板護岸や橋梁や鉄橋などが強い磁場を持つ場合は方位に誤差を生じることが知られており、往復で系統誤差が生じたり思わぬ航跡を描くことがある。また、微弱ながら観測機器からの磁場の影響も懸念されるため、可能な限り GNSS コンパスを利用することが望ましい。

④データ転送装置

橋上操作艇の ADCP とリアルタイムに通信を行いながら観測するためには、データ転送装置が不可欠となる。観測を成功させる上でこのデータ転送装置の役割は非常に大きい。データ転送装置により、1) 観測が確実に実行されているか確認することができる。2) ADCP データ解析ソフト（例：WinRiverII）上で ADCP と RTK-GNSS のデータを同期させことができる。3) 取得データや河床高をリアルタイムに確認しながら観測を行うことができる。4) 断面観測毎にバイナリーデータを記録させてデータ処理を簡略化させることができる。5) 車中なのでノート PC を雨に濡らさずにオペレーションすることができる、といったメリットがある。

⑤橋上操作艇

近年、ADCP を搭載できるリバーボートと呼ばれる無人観測ボートが登場し、これまで ADCP が苦手としてきた洪水観測を安全に実施できるようになってきた。また、2009 年には急流場でも安定して計測できる高速低揺動型（ハイスピード型）のボートも実用化され、洪水観測の適用範囲が一気に広がってきた。

流速が 3m/s を越えない範囲であれば、軽量で持ち運びに便利な標準型が利用できる。一方、流速が 3m/s を越える場合は、標準型ではデータ欠損が多くなり安定したデータ取得が困難になるため、高速型ボートを使うことが望ましい。高速型は設計流速 6.0m/s まで適用可能であるとされており、実観測においても 5.5m/s の状況下で安定的にデータ取得できることが確認されている。

⑥現場仕様のノート PC

ADCP のオペレーションにはパソコンが不可欠であるが、洪水観測中は降雨の影響でパソコンが故障する恐れがあるため、防水仕様のノート PC を準備することが望ましい。

⑦音響測深器

ADCP の 4 本のビームで精度の高い河床高計測が可能であり、洪水時や揺動の大きなケースでも比較的安定したデータを取得することが出来る。一方、ADCP のビームは 20 度の角度で放射状に発射されるため、ADCP 直下の河床高さが計測出来ないという問題があり、河岸際など起伏の大きな場所では実際的水深よりも浅めに計測される傾向を持つ。こうした問題に対応するため、橋上操作艇に音響測深器を接続し、ADCP 直下の河床位を計測させることが可能である。

しかし、現在橋上操作艇に採用されている測深器では、洪水時の高濁度環境下において浅めに計測されることが多く、洪水時の利用には限界がある。このため、橋上操作艇に搭載可能な軽量コンパクトで、かつ高濁度に強い機種を採用が望まれており、メーカー側のより一層の努力が望まれているところである。

⑧トータルステーション

RTK-GNSS が利用できない場合は、陸上からトータルステーションを用いて橋上操作艇の航跡を自動追尾させる方法がある。この場合、ミラーが不必要なノンプリズム式が推奨される。降雨時や水面にモヤが生じているとターゲットを捉えにくいことがあるため、使用環境には注意が必要である。

A-2.1 標準的なシステム観測構成

前項で示した標準機器構成による、観測システムの一例を示す。

- 1) 流速計 : TRDIO 社 WhADC1200kHz モニター
- 2) トラッキング : RTK-GNSS (VRS 方式、GGA と VTG 同時出力ができる機種)
- 3) 方位計測 : GNSS コンパス (商品名 : G-com ジーコム)
- 4) データ転送装置 : ADCP 遠隔オペレーション装置 (RemoADCP)
- 5) 観測ボート : 高速低揺動型橋上操作艇



ADCP モニター



RTK-GNSS



データ転送装置(陸上)



GNSS コンパス



橋上操作艇 (ハイスピード型)



内機装着状態



バッテリー



RTK-GNSS と
データ転送装置(船上局)

図 2-1 標準機器構成

観測システムのイメージ図とシステム系統図を以下に示す。

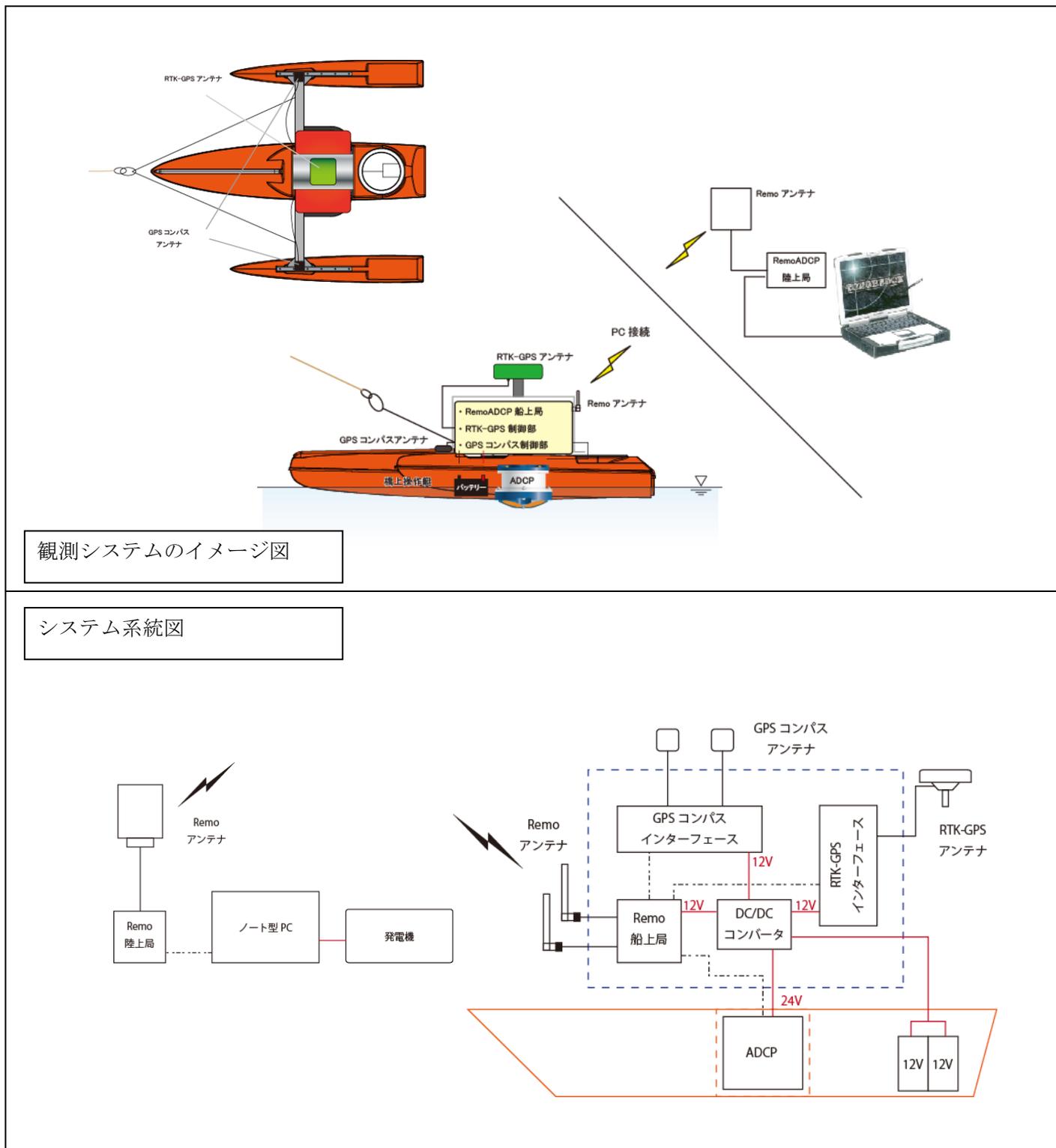


図 2-2 観測システムのイメージとシステム系統図

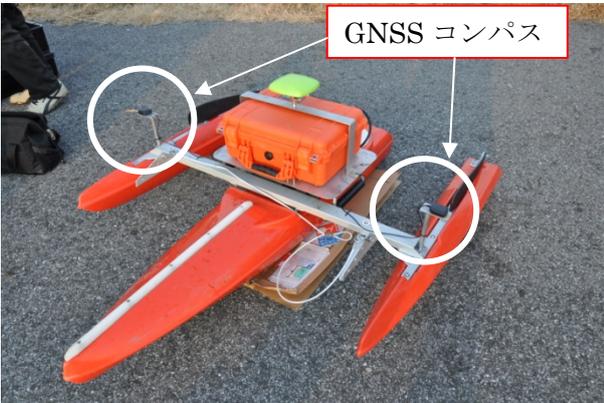
<p>ボート全体</p> <p>橋上操作艇に GNSS インターフェース,GNSS コンパス, データ転送装置を防水ケースに収納して取り付けた状況。</p>	
<p>ボート全体</p> <p>GNSS コンパスアンテナ (2 個) は、マルチパスを防ぐためサイドハルの金具から 20cm 高く取り付ける必要があった。</p> <p>RTK-GNSS アンテナは防水ケース固定金具に固定している。GNSS コンパスのセンサー間には障害物が無いように取り付ける必要がある。</p>	
<p>防水ケース内部</p> <p>IP67 以上の防水ケースを使用する。</p> <p>防水ケース内部は使い勝手を考慮してスイッチ類は操作しやすい位置に取り付ける必要がある。メインスイッチは防水ケースの外部に取り付けた。</p>	

図 2-3 橋上操作艇セットアップ状況

A-2.2 使用機器の概要

A-2.2.1 ADCP

(1) 計測項目

ADCP は Acoustic Doppler Current Profiler の略であり、超音波のドップラー効果を応用して河道断面内の 3 次元的な流速分布が計測できる機器である。

水中に超音波を発射すると、水中の流れによって移動する細かい土砂やプランクトンなどに反射して散乱する。その際、ドップラー効果により反射波の波長が変化する。波長の変化は物体の移動速度に比例するので、反射波の位相変化を解析することにより、水中散乱態の移動速度、すなわち流速が計測できるという原理である。ただし ADCP 本体を航走移動させて観測を行う場合、計測される流速は、ADCP 本体の移動速度と流水の流速が合成された値であることから、ADCP 本体の移動速度分を補正しなければならない。このため ADCP にはボトムトラック機能が付いており（オプション）河床の移動速度を同時に計測することによって、流水と河床の移動速度差から対地流速を算出することが可能である。

ADCP で観測できる主な項目

- 流 速：流速の鉛直分布を観測する。測器の 3 番ビームを基準とした Y 軸と X 軸の成分が計測でき、コンパスで地球座標に変換可能。
- 流 向：流速の東西・南北方向成分から流向を算出する。
- 河 床 高：超音波の往復移動時間によって河床高が計測可能である。
- 移動速度：河床で反射した超音波のドップラー効果を利用して、ADCP の移動速度が測定できる。（ボトムトラック機能）

(2) 機種選定について

ADCP には幾つかの機種が選択できるが、河川洪水観測用途としては、標準的なワークホースタイプ（モニター）、もしくはワークホースリオグランデタイプが該当する。リオグランデタイプはオプション（ボトムトラックおよびハイレゾリューション機能）がはじめから標準装備されているほか、電源が 12V で作動するため、橋上操作艇で観測するには 12V バッテリーで観測できる使い勝手が特長である（標準型は 24V が必要）。ワークホースには電池を内蔵できるセンチネルタイプと、橋上操作艇に装着できるショートボディーのモニタータイプがあり、洪水観測ではモニタータイプが必要である。ボディーだけの入替も可能である。

周波数は 1200kHz タイプと 600kHz タイプの選択肢があり、水深 18m 以浅であれば層厚を小さく設定できる 1200kHz の方が適している。一方、高濁度環境や河床付近に掃流砂などが生じる場合は原理的に 600kHz タイプの方が強いとされているが、高濁度に対するパフォーマンスの違いについては具体的な検証事例は極めて少なく、600kHz タイプでどの程度濁度耐性が改善するかは未知数である。

(3) ボトムトラックについて

ADCP はボトムトラッキング機能によって機器本体の移動速度を高精度に計測することが可能である。この機能は精度が 0.3cm/s と非常に高精度であるものの、①河床が移動するケース、②河床付近に掃流砂の様な高濁度層が生じているケース、③揺動が激しいケース、などでは正しく計測することができない。

大規模出水時にはこのようなケースがよく見られるため、ボトムトラック機能ではなく RTK-GNSS の利用が有効ではあるが、その場合においてもボトムトラック機能は必須機能として備えておく必要がある。その理由として、RTK-GNSS による航跡の検証や、RTK-GNSS が不調となった際のバックアップ機能として、さらには、GNSS コンパスを搭載した場合のコンパスキャリブレーションにボトムトラック機能を使うこと、などが挙げられる。

(4) ハイスピードサンプリングモードについて

ハイスピードサンプリングモード(Mode12)と呼ばれるオプションは、単位時間当たりの超音波発射回数を増やす機能である。例えば、水平方向の空間解像度を高めたい場合は、短時間（1秒以下）でデータを取得する必要があるが、当該モードでは通常約 10 倍の速度で超音波を発射することができるため（条件によって異なる）、短時間計測でも精度を維持しやすいというメリットがある。

名称：Teledyne RD Instrument 社製 ワークホース ADCP (モニタータイプ)



シリンダー径：	178mm
高さ：	361mm
材質：	強化プラスチック
空中重量：	13kg
水中重量：	4.5kg

ワークホース ADCP1200kHz

ワークホース ADCP600kHz

ワークホースリオグランデ ADCP1200kHz
に共通。

【標準仕様】

	Wh1200kHz	リオグランデ 1200kHz	Wh600kHz
周波数	1200kHz	1200kHz	600kHz
タイプ	ブロードバンド		
観測項目	流速(3軸成分),水温,水深		
最大測定距離	24m	24m	70m
	@層厚 0.25m、水温 20度、淡水		
層厚	0.05~4m	0.05~4m	0.1~8m
層数	1~128層		
測流範囲	±5m/s(デフォルト), 最大±20m/s		
電源	24~48V	12V	24~48V
備考		ボトムトラックとハイレゾリューション機能が標準搭載される	

※リオグランデにはボトムトラックとハイレゾリューション機能が最初から標準搭載される。

※他の機種は各種オプションを選択することが可能。

※ハイレゾリューション機能は大流速には適用できない。

※洪水観測においては、ボトムトラッキングは必須である。

※ハイスピードサンプリングモード(Mode12)はできるだけ装備することが望ましい。

図 2-4 ADCP 機器仕様

A-2.2.2 RTK-GNSS

RTK-GNSS は水平誤差 1.0cm(垂直誤差 1.5cm)の位置精度を有しており、ADCP と同期させることで高精度な航跡トラッキング計測が可能となる。一方 D-GNSS は機種にもよるが 1.0m から 5.0m の位置精度であり、測線のたまかな位置を把握する目的には実用的であるが、流速のリファレンスとして利用するには誤差が大きすぎる。RTK-GNSS が利用できない外洋などで観測を行う場合は D-GNSS リファレンスも有効であるが、川幅数百mの範囲を高精度に計測する用途には実用的では無い。実際、RTK-GNSS とボトムトラッキング機能はほとんど遜色ない精度で計測できることが実証されているが、D-GNSS リファレンスでは流向流速が大きく乱れることが多い。

RTK-GNSS には、リアルタイム・キネマティック方式と、仮想基地局を利用する VRS 方式が存在する。現場でのセットアップの容易さや、橋脚など構造物による障害などを考えると、VRS 方式が圧倒的に有利である。但し、月単位で通信料等のランニングコストが必要になってくるので、必要期間については予め契約を結んでおく必要がある。

GNSS データの出力方式は、NMEA 形式と呼ばれる世界標準的なフォーマットがあり、ADCP のオペレーションソフトである WinRiver では、GGA 形式と VTG 形式に対応している。

GGA 形式は、位置座標を緯度経度形式で刻々と出力する形式であり、VTG 形式は GNSS 電波のドップラー偏位から東西方向の移動速度を算出して出力する方式である。

GGA 形式と VTG 形式は計測原理が若干異なっており、できれば両方を同時に出力できる機種を選定することが望ましい。

GGA 形式は高精度に位置座標を計測出来るが、橋梁の影に入った場合や、衛星の取得状態が悪い場合はデータが安定しない。一方、VTG 形式はこの様な場合でも比較的妥当な値を出力するケースが良くあり、GGA のバックアップとして利用可能である。また、RTK-GNSS は受信精度を示すクオリティーが出力され、クオリティーが「4」の場合は GGA で高精度な計測が可能であるが、クオリティーが「5」の場合は GGA の誤差は非常に大きくなる。この様な場合においても、ドップラー偏位を利用する VTG 方式であれば問題無く計測出来るケースが多いため、両方のフォーマット(GGA と VTG)でデータ取得して、後処理で使い分ける、という方法も有効である。

但し、VTG 形式は移動速度が遅いと安定しにくい、というデメリットがあり、プライマリーには GGA、バックアップとして VTG、という使い方が妥当であろう。

表 2-1 GNSS による出力フォーマット (NMEA 形式)

【GGA フォーマット】

\$ GGA, 123519.00, 4807.038247,N, 01131.324523, E, 1, 08, 0.9, 545.42, M, 46.93, M, 5.0, 1012*42

123519.00	= 測位時刻 (UTC) 12:35:19.00
4807.038247,N	= 緯度 48 度 07.038247 分 (北緯)
01131.324523,E	= 経度 11 度 31.324523 分 (東経)
1	= GNSS のクオリティ ; 0 = 受信不能, 1 = 単独測位, 2 = DGNSS
08	= 受信衛星数
0.9	= HDOP
545.42, M	= 平均海水面からのアンテナ高度 (m)
46.93, M	= WGS-84 楕円体から平均海水面の高度差 (m)
5.0	= DGNSS データのエイジ (秒)
1012	= DGNSS 基準局の ID
*42	= チェックサム

【VTG フォーマット】

\$ VTG, 010.0, T, 016.5, M, 002.5, N, 004.8, K, A*4D

010.0,T	= 真北に対する進行方向 (度)
016.5,M	= 磁北に対する進行方向 (度)
002.5,N	= 対地速度 (ノット)
004.8,K	= 対地速度 (km/h)
A	= モード ; A = 単独測位, D = DGNSS, N = 無効
*4D	= チェックサム

実際の実出力例

\$GPGGA,021803.751,3501.5666,N,13546.9457,E,1,08,1.0,117.7,M,34.6,M,0.0,0000*7F

\$GPVTG,212.31,T,,M,0.00,N,0.0,K*63

\$GPGGA,021804.751,3501.5665,N,13546.9457,E,1,08,1.0,118.5,M,34.6,M,0.0,0000*76

\$GPVTG,212.31,T,,M,0.00,N,0.0,K*63

\$GPGGA,021805.751,3501.5664,N,13546.9457,E,1,08,1.0,119.3,M,34.6,M,0.0,0000*71

\$GPVTG,212.31,T,,M,0.00,N,0.0,K*63

\$GPGGA,021806.751,3501.5664,N,13546.9457,E,1,08,1.0,120.2,M,34.6,M,0.0,0000*79

\$GPVTG,212.31,T,,M,0.00,N,0.0,K*63

名称：JAVAD 社製 DELTA



DELTA	
受信機タイプ	GNSS L1/L2/L5, Galileo E1/E5A, SBAS L1/L2 C/A and P コード、および搬送波
チャンネル数	216 チャンネル
測位データ更新レート	100Hz (RAW データおよび測位データ)
測位精度	RTK(OTF) 測位 : 水平方向 10mm+1.0ppm*基線長 垂直方向 15mm+1.5ppm*基線長 DGNSS 測位 : <0.25m (後処理)、<0.5m (リアルタイム) 単独測位 : 2m 以内
衛星捕捉性能	<ul style="list-style-type: none"> ・コールドスタート : 35 秒以内 ・ウォームスタート : 5 秒以内 ・再捕捉 : 1 秒以内

図 2-5 RTK-GNSS 機器仕様

A-2.2.3 GNSS コンパス

(1) GNSS コンパスの必要性について

実河川の河道内には様々な鋼構造物が設置されており、それらは磁場を帯びている。また、ADCP の橋上操作艇にも様々な電子機器が搭載されており、磁場の影響がどの程度存在するかは明らかではない。ADCP には磁気コンパスが内蔵されているが、磁場の影響を受けると方位を誤認するため、航跡や流速計測に誤差をもたらすことが知られている。

図 2-6 は、河道内の H 形鋼杭付近を航走した実際のデータであるが、RTK-GNSS による航跡と ADCP ボトムトラックによる航跡は大きく乖離しており、これは ADCP 内部の磁気コンパスが磁場の影響を受けたことによるものである。

また、河川の往復観測で常に流量が往復で系統誤差を持つ様なケースが良く聞かれるが、これは内部コンパスの誤差によるものと考えられる。

TRDI 社ではコンパスキャリブレーションの方法を幾つかサポートしているが (A-8.16 参照)、少なくとも橋上操作艇による観測方法には適用できない。また、これらの方法でキャリブレーションができたとしても、環境が持つ磁場の影響は回避できない。この様な問題に対処するため、橋上操作艇に搭載できる小型の GNSS コンパスが開発された。

(2) GNSS コンパスの計測原理

GNSS コンパスの計測原理は、2 つの GNSS 受信機を用いてそれらの相対的な位置関係からリアルタイムに方位を求めるものである。本製品は、ADCP の橋上操作艇のサイドハルを利用して 2 つのアンテナを装着させる構造になっている。方位計測原理は (図 2-7) に示すとおり、まずアンテナ 1 (基準) からアンテナ 2 への基線ベクトルを算出させる。これは、衛星-アンテナ 1 間と衛星-アンテナ 2 間との距離の差、すなわち行路差を GNSS 電波の位相差から算出している。また、衛星-アンテナ 1 間、衛星-アンテナ 2 間の両ベクトルの差から両アンテナ間のベクトルが得られそれを基線ベクトルとし、そのスカラー量のある角度成分が行路差である。GNSS コンパスでは衛星の位置を求めることができるわけであるが、両アンテナの方向を未知とするならば基線ベクトルは同様に未知となる。ここでアンテナの方向を複数変化させながら幾つかの行路差を計算し、測定で求めた行路差と計算で求めた行路差を比較し、誤差が最も小さくなる基線ベクトルを真の基線ベクトルとし、その方位を両アンテナ間の方位とする。この計算を毎秒行えば、リアルタイムで船首方位を得ることができる。方位計測自体は一つの GNSS 衛星からの信号をベースにするが、最初に自器の位置を特定する必要があるため、通常の DGNS と同様に衛星を 6 個以上キャッチしなければならない。この衛星状態が悪いと方位も Fix させることができない。また据付誤差を回避することが出来ないため、ミスアライメントの補正作業が必要となる。補正作業としては、河床移動の無い平水域において、RTK-GNSS と GNSS コンパスを装備した状態で一定距離を直線的に航走し、RTK-GNSS の航跡とボトムトラッキング (GNSS コンパスデータを用いた航跡データ) とを比較し、その偏角を求めることで、ミスアライメントの補正が可能となる。

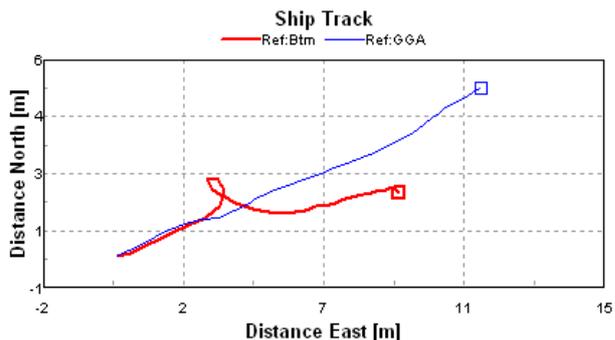


図 2-6 磁場の影響

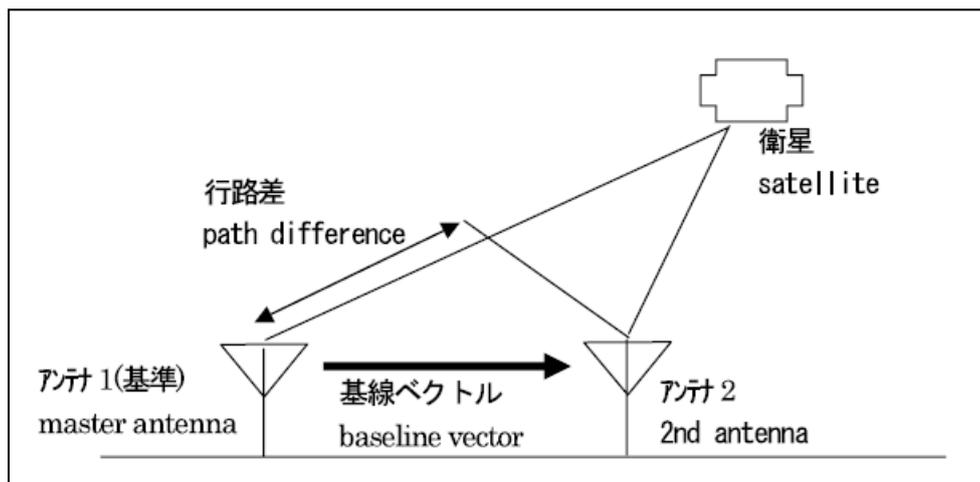


図 2-7 GNSS コンパスの計測原理

なおここで用いる GNSS コンパスの位置情報の精度は DGNSS 程度であり、水平方向の精度は 1m 程度である。このことから ADCP の位置情報に使用するには精度が粗すぎるのが理解できる。また内部コンパスの方位精度は $\pm 2^\circ$ 程度とされている一方 GNSS コンパスの方位精度は $\pm 1^\circ$ 以内である。さらに GNSS コンパスの回頭速度は 100 度/秒とレスポンスに優れている。

次に、観測場所が磁場を帯びている状況を想定して ADCP の近くに小さな磁石を搭載し、GNSS コンパスを使って航走観測を行った結果を以下に示す (図 2-8)。内部 (磁気) コンパスと GNSS コンパスとの違いは顕著であり、内部コンパスが磁場の影響を受けた際には航跡も流向も全く実際とは異なる結果を示すことが分かる。GNSS コンパスを用いた場合は磁場の影響を全く受けないため、この様な状況でも安心して観測を行うことが可能となる。

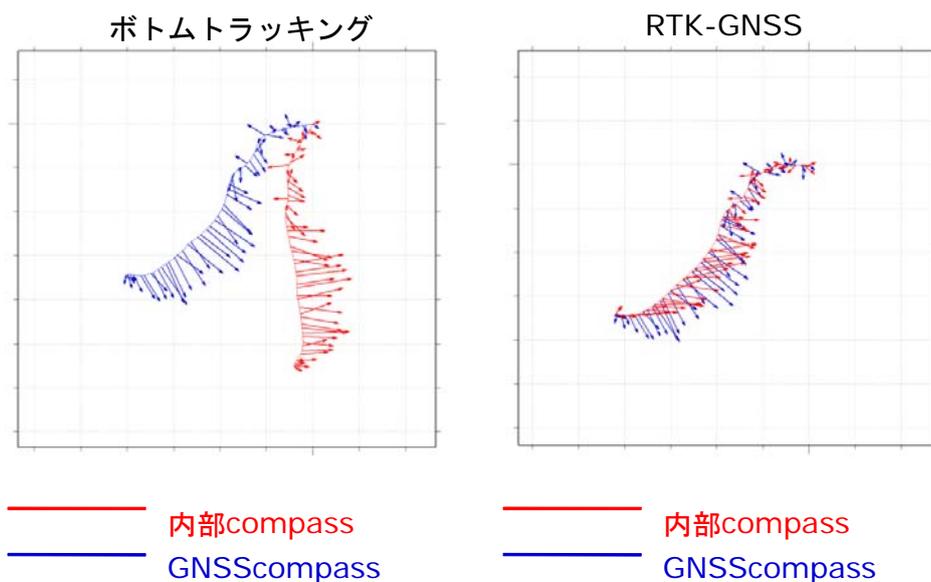


図 2-8 磁場のある環境での航跡と流向のズレ

(3) GNSS コンパスの仕様

名称：(株)ハイドロシステム開発社製 GNSS コンパス



測位精度	1m 以内@DGNS (95%)
	3m 以内@単独測位 (95%)
方位精度	1° 以内
回頭速度	100 度/秒 以内
出力インターバル	1Hz 以上
インターフェイス	RS-232
通信速度	4800 ~ 19200 bps
出力データ形式	NMEA0183 形式 (GGA, VTG, HDT)
電源電圧	9 ~ 36V
寸法 (フレーム除く)	600mm × 200mm × 200mm 以内
重量	1.5kg 以内

図 2-9 GNSS コンパス機器仕様

A-2.2.4 データ転送装置

橋上操作艇の ADCP とリアルタイムに通信を行いながら観測するためには、データ転送装置が必要となる。観測を成功させる上でこのデータ転送装置の役割は非常に大きい。データ転送装置を使わずに ADCP 内部にデータを記録して観測する方法も可能であるが、確実にデータを取得するためにはデータ転送装置は必要不可欠である。

橋上操作艇を用いて ADCP 観測を行う上で、データ転送装置は下記に示す 4 つの利点がある。

(1) 観測が確実に実行されているか確認することができる

データ転送装置により ADCP や RTK-GNSS が正常に機能しているかどうかを確認しながら観測することが可能となる。ADCP の観測には少なからず機器トラブルがつきまとう。これは観測の開始時のみならず、橋上操作艇を橋から降ろして水面に着水するとき、観測中に橋上操作艇が転覆したときなど、特に橋上操作艇が大きな衝撃を受けた時、何らかの原因でデータ転送が切れる場合がある。そのようなときは直ちに橋上操作艇を引き上げ、原因を解明し修正し、再度観測を実行しなければならない。このため、データの取得状況を常に確認する必要がある。

(2) WinRiver 上で ADCP と RTK-GNSS のデータを同期させことができる

例えば TRDI 社が配布している WinRiver(II)を用いて RTK-GNSS などの外部機器データを同期させることが出来る。データ転送装置を使わない場合は、観測ボートに小型のノート PC などを搭載して WinRiver(II)で ADCP と GNSS データを同期させ記録する方法があるが、揺動の激しい状況下ではトラブルが多く、安定したデータ取得は望めない。

(3) 観測設定の妥当性を確認することが出来る

データをリアルタイムに確認しながら観測を行うことにより、観測設定の妥当性などを確認することが出来るため、必要に応じて設定変更なども行うことが可能となる。適正な観測層数の設定や、ping 数などの設定は実際にデータを取得して適正值を判断する必要があり、最適な観測設定を見いだすためにもデータの確認は不可欠である。

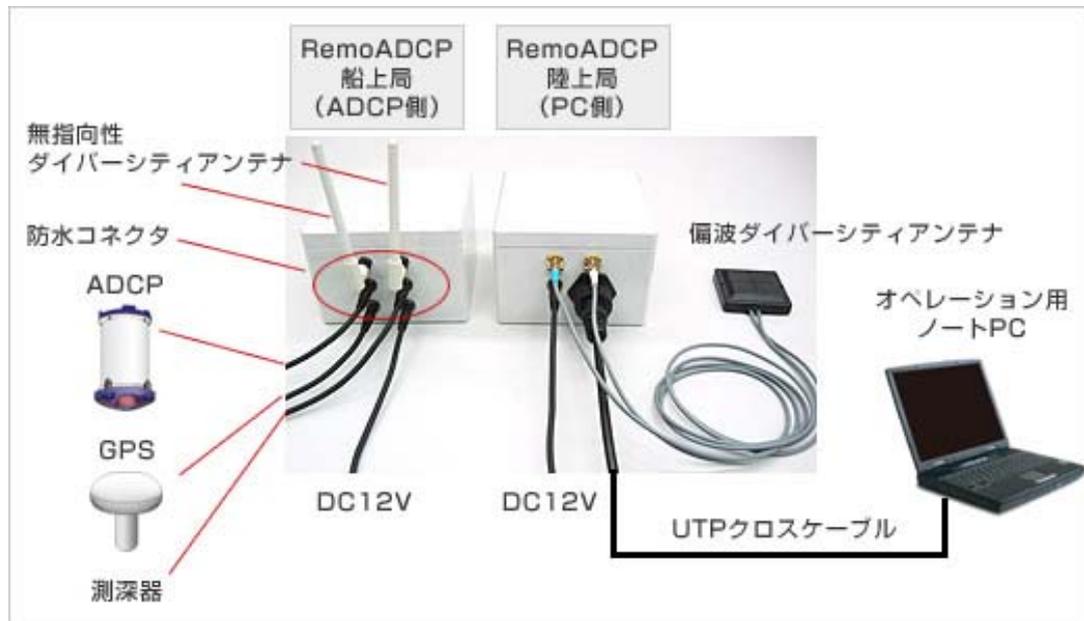
(4) パソコンを雨から守ることが出来る

データ転送装置を使うことにより、陸上部のパソコンをテントや車中などに配置して観測を行うことができるため、パソコンを雨に濡らさずに観測することができる。



図 2-10 データ転送装置 (RemoADCP) による観測風景

(株)ハイドロシステム開発社製 ADCP 遠隔オペレーション装置 (RemoADCP)



■特長

ワイヤレス通信	データ通信距離800m~1km *1
操作が容易	PCの操作方法は、ケーブル接続時とほぼ同様の操作が可能です。*2
多様なデータ処理	取得データはTeledyne RD Instruments社の他のADCPと同じバイナリーフォーマットなので、従来のADCPソフトウェア(「WinRiver」など)でのデータ解析/処理が可能です。

*1 見通しの効く場合での実績です。通信距離は環境により異なります。

*2 PCの初期設定が必要となります。

■仕様

項目		内容	
モデル		RemoADCP	
船上局	有線シリアル	シリアル規格	RS-232C
		データ転送速度	300~921,600bps
		チャンネル数	3
	アンテナ		無指向性アンテナ
	入力電圧範囲		DC10~30V
	消費電力		DC12V供給時 0.4A (Max)
	外形サイズ		120mm×120mm×85mm (突起物含まず)
重量		約800g	
陸上局	有線LAN	イーサネット規格	IEEE802.3 (10BASE-T) IEEE802.3u (100BASE-T)
		データ転送速度	10/100Mbps
		アクセス方式	CSMA/CD
		通信方式	半二重 (Half Duplex)、全二重 (Full Duplex)
		ポート数	1
	アンテナ		偏波ダイバーシティアンテナ
	入力電圧範囲		DC5~24V(専用ACアダプター付属)
消費電力		DC12V供給時0.4A (Max)	
外形サイズ		120mm×120mm×85mm (突起物含まず)	
重量		約500g	
無線LAN	伝送形式	IEEE802.11b準拠 DSSS方式	
	使用チャンネル	1ch (中心周波数2.412GHz)	
	データ転送速度	1Mbps (固定)	
	アクセス方式	CSMA/CA + ACK (RTS/CTS)	
	空中線電力	10mW/MHz以下	
使用温度範囲		0~50°C	
ケース材質		ポリカーボネート	

図 2-11 RemoADCP 機器仕様

A-2.2.5 音響測深器（オプション）

ADCPによる水深計測は、放射上に広がる4本のビームで計測した平均値として出力される。各ビーム単独での測深誤差は1cmと比較的高精度であり、河床が平坦な場合は測深データとして十分に利用できる。一方、河岸際など傾斜の大きな場所では、4本のビームの計測値が大きく乖離し、その平均値は実際よりも小さめに算出されることが多い。また、ADCP本体の直下のデータが取得できないため、下記のようなシングルビームの音響測深器で補助的に測深データを取得する方法がある。

国内で普及している音響測深器は大型で重量も大きい。一方、ADCPと同期取得するためには、NMEA形式でデジタルデータ出力させる必要があり、安価で軽量な機種では見あたらない。

現時点で、橋上操作艇に搭載できるサイズでかつADCPと同期計測ができる性能を有した市販の測深器は、下記に示す1機種のみである（図 2-12）。センサー部は橋上操作艇の最後尾に取り付けることが出来、変換ユニットは橋上操作艇の収納スペース内に収納可能である。

但しこれまでの検証結果からは、感度が高いが故に出水時の高濁度に弱く、出水時にはADCPよりも先に計測出来なくなるという問題が生じている。このため、あくまでも平水時向けの補助的な位置づけとして利用されることが望まれる。



図 2-12 音響測深器

A-2.2.6 トータルステーション（オプション）

ADCPの位置情報の計測方法として、GNSSによるもののほか、トータルステーションによるものがある。橋上操作艇によるADCP観測を実施するにあたって、橋梁の影響等によりGNSSでは衛星からの電波を適切に取得できない場合がある。このような場合には、トータルステーションの自動追尾機能を利用して観測船の位置情報を計測する方法がある。降雨時および霧が発生している状況では計測出来ないことが多いが、ボトムトラッキングもGNSSも利用できない状況であれば、本手法が有効となるケースも考えられる。

A-2.3 観測船

A-2.3.1 観測可能範囲について

ADCP を用いた洪水観測にも幾つかの方法があり、洪水規模に応じて適用可能な観測方法は異なってくる。各手法（機器構成）で観測可能かどうかの判断は、水面流速、水面の乱れや波高、流下物の量などにも依存する。ちなみに洪水時の「波高」についてはあまり資料が無いが、ボートを用いて観測する際には、最大流速と並んで大きな制限要素となる。たとえば、流速が同じ 4m/s 程度であっても、波高が小さい場合は良好に観測できるが、波高が 50cm ほど生じる場合は船体の揺動が激しくなり観測が難しくなる。この様に、水面のコンディション、という定性的な要素も踏まえて適応可能な手法の判断が求められるわけである。

橋上操作艇を利用する場合、いわゆるトリマラン A 型(図 2-15 参照)を使った場合は観測流速 3.0m/s が限界ラインであると報告されている。これは、船体揺動によるデータ欠損が顕著になることと、(経験的に)ボートが転覆するリスクが高くなるためである。

また、近年開発されたトリマラン B 型(高速低揺動タイプ)のボートを用いる場合は、設計流速 6.0m/s まで適用可能とされている。実際に観測された最大流速は 5.5m/s を越えており、データ欠落もほとんど無く、良好にデータ取得された。

橋上操作艇に関するこれらの情報を整理して、観測方法による洪水規模の適用範囲のイメージを取りまとめた(図 2-13)。

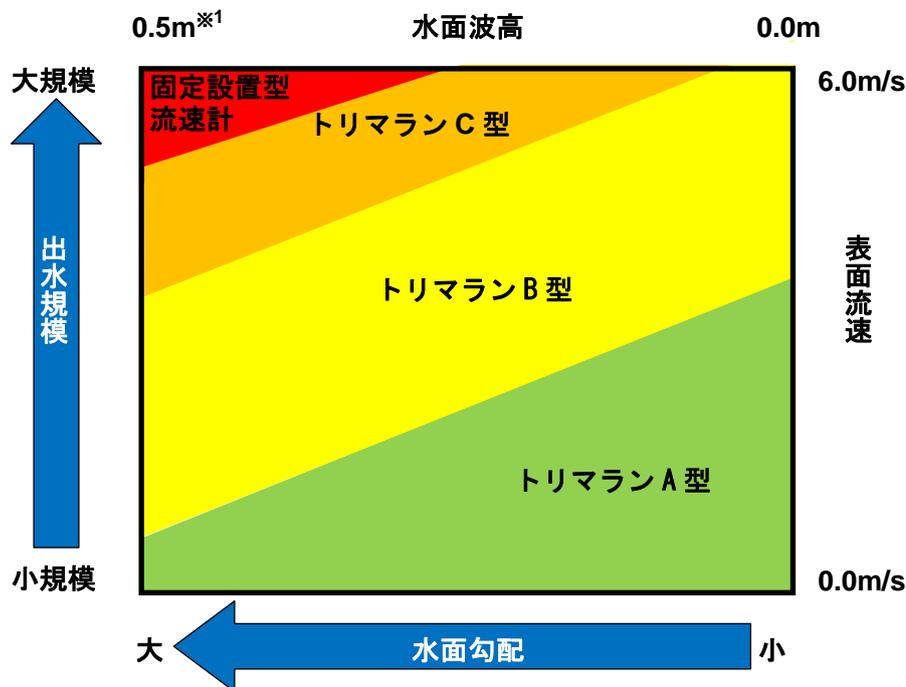


図 2-13 ADCP による洪水観測の適用範囲

※1：波浪の波長が船の長さよりも十分長い場合を除く

A-2.3.2 橋上操作艇

(1) 概要

橋上操作艇は、USGS が中心となって様々なタイプが考案され、ADCP を搭載できる小型の橋上操作艇として実用化されたのが 2004 年頃である。それまでは、ADCP の観測は船外機船を出航させなければならず、安全面から出水観測は出来ないとされていたが、この橋上操作艇の登場で計測出来る出水規模が一気に拡大された。観測方法としては、橋上操作艇には ADCP を装着できる様に船体が空洞になっており、そこに ADCP のワークホースモニター型を取り付ける。また、RTK-GNSS やデータ転送装置を収納スペースに収納し、陸上から無線で ADCP をオペレーションできるようにシステムをセットアップすることができる。これを橋梁の歩道から下流側およそ 50m 以内に係留させ、歩道を徒歩か専用の台車で横断させながら断面観測を行う、という方法である。係留の長さは水面までの高さや水面の乱れの状況によって調整する必要があるが、あまり長すぎると左右のコントロールが難しくなるため、経験的には 50m 程度が限界と考えられる。逆に、橋梁に近すぎると GNSS の受信が途切れるため、30m 程度は離れた方が安定する。四万十川における実際の観測写真を以下に示す (図 2-14)。



図 2-14 橋上操作艇の観測風景

橋上操作観測を行うことの出来る橋梁にはいくつかの条件が必要となる。下記に、代表的な観測条件を示したが、実際に現地踏査を行って観測出来る橋梁であるのか確認することが望ましい。

- ・橋梁の下流側に観測員が通行できる歩道があること
(歩道がない場合は、交通誘導員を配置するなど、交通整理を行い、安全に気を付ける)
- ・トラス橋ではないこと
(但し、トラス橋であっても橋の外側に歩道があれば観測可能)
- ・橋脚あるいはその土台が大きく観測の障害にならないこと

また、観測時の留意点としては、

- ・トリマランB型は最大流速 3m/s 程度まで観測可能
- ・トリマランC型は最大流速 6m/s 程度まで観測可能
- ・波高や水面のコンディションによっても危険度が変わるため、あくまでも現地の状況で判断すること
- ・水面の波長がボートのサイズより明らかに大きい場合は危険である
- ・波高が 1m を越えると船体がジャンプしやすく欠測が多くなる
- ・出水時の流木等が多い場合は危険である

などが挙げられる。また、夜間観測の際は、流下物に十分注意する必要があるため、見張り要因を増員することや、夜間照明の準備が必要となり、安全対策に十分配慮した観測計画の立案が望まれる。

(2) 船種の選定

市販の橋上操作艇としてはトリマラン A 型の小型軽量タイプが主流であったが、重量バランス的に転覆のリスクがあることと、流速適用範囲が 3.0m/s 程度と中規模出水までしか計測できないことから、洪水観測には限界があった。

こうした問題を改善するために、土木研究所では高速低揺動型のボートの研究を行ってきっており、幾つかの試作実験や水槽実験などを行ってきた。その中で、米国 USGS が設計したトリマラン B 型が高速流時の安定性が著しく向上していることを確認した。現在では国内販売も開始されており、従来型 (A 型) に比べて非常に安定性が高いという結果が得られている。

トリマラン B 型で想定しているよりも更に高流速時、高波高時の観測については、全長 3m におよぶトリマラン C 型ボート (3m ボート) も開発されており、山地急流河川において安定した観測実績も報告されている。

トリマラン A 型、B 型、C 型いずれも市販されている。

トリマラン A 型：標準タイプ



最も普及している標準型。小型軽量で専用のバッグにコンパクトに収納でき、持ち運びも便利である。流速 3m/s 程度を越えると安定性が悪くなり、データ欠損が多くなってくる。

トリマラン B 型：高速低揺動タイプ



高速低揺動型。設計耐用流速は 6.0m/s とあるが、実際 5.5m/s の状況下で安定的にデータ取得できることが確認されている。機材を全て装備した際の重量は 25kg 程度と重いため、水面への上げ下ろしはウインチの付いた台車を準備した方がよい。

トリマラン C 型 (3m ボート)：高速低揺動タイプ



山地急流河川等、トリマラン B 型で想定しているよりも高流速、高波高での観測に対応するために開発。トリマラン B 型でも揺動が無視できなかつた環境下において、安定して観測できることを確認している。

図 2-15 橋上操作艇の種類

【参考文献】

- 1) 萬矢敦啓・岡田将治・橋田隆史・菅野裕也・深見和彦：高流速における ADCP 観測のための橋上操作艇に関する提案，河川技術論文集，2010，p. 59-63

A-2.3.3 ラジコンボート

ADCP を搭載したラジコンボートを用いて洪水流量を計測する手法は、木下良作らが発案し、多くの観測実績を上げてきた。このラジコンボートは、流下ゴミの影響を考慮した空力タイプであり、水中部にプロペラが存在しないために流下物が多くても安全に観測できるというメリットがある。しかし、このタイプは完全なオーダーメイドで国内では市販されておらず、レンタルでも入手困難である。

これ以外の方法として、ADCP 観測専用の水中プロペラ式ラジコンボートが販売されている。船体の中央に ADCP を装着した状態で、最大船速 5.0m/s を誇る。国内では最大 3.8m/s の流速を計測した実績があるが、フルスロットル状態では 40 分しかバッテリーが保たない。日中安定して洪水観測できるのは流速 2m/s 程度であろう。一方、当タイプは水中プロペラ方式であるため、流下ゴミが多い状況ではトラブルが生じる恐れがある。実際、四万十川にて試験観測を行った事例では、プロペラにゴミがかかり、流されて下流側で回収されている。但し、ボートがラジコン無線の影響範囲外に流された場合は、2 基あるプロペラのうち片方のみでの片輪駆動となるため、回転しながら流下するために回収の確実性は高い。

また、応用事例として、ラジコンボートを長いロープで上流に係留し、流下防止対策を講じた上で横断移動のラジコンの動力を利用する、という方法もある。この方法は、橋梁などが存在しない河口部などにおいて、橋上操作艇が利用できない場合などで有効である。また、橋梁がトラス橋などの場合は橋上操作艇による横断観測が困難であるため、ラジコンボートを係留させながら、横断観測をさせる、という方法も考案されている。いずれにしても、流速が 2m/s 程度以内の状況に限られる。

空力タイプ	水中プロペラタイプ
	
<p>空力タイプであるため、流下物にプロペラが絡まる心配が無い。流速 5m/s 程度まで観測可能とされている。木下良作等によって開発されたものであるが、市販はされていない。</p>	<p>ADCP 専用のラジコンボート。船速は 5m/s まで出る。観測流速としては最大 3.8m/s を経験しているが、安定して観測できるのは流速 2.0m/s 程度が実用範囲である。国内の総代理店で販売されている。写真は流速 2.5m/s での状況。</p>

図 2-16 ラジコンボートの概要

【参考文献】

- 1) 木下良作：河川下流部における洪水流量観測法に関する一提案, 水文・水資源学会誌, Vol. 11, No5 (1998), p. 460-471

A-2.3.4 船外機船

河川の流況によっては船外機船を用いる手法がある。ここでは、船外機船で橋上操作艇を曳航して観測する方法と船外機船に直接 ADCP を艀装がある。橋梁が無い場合や、縦横断方向に広く観測を行いたい場合などには、この方法が有効である。

しかし、流速が大きい場合は非常に危険を伴うため、十分な安全管理のもと、観測を行う必要がある。流速の目安としては、経験的に 1.0m/s が限界とみられる。また、下流側に堰がある場合や、流木などが流れる状況では決して船外機船で観測を行ってはならない。

船外機船に ADCP を艀装する例



橋上操作艇を利用して船外機船から曳航する例。



図 2-17 船外機船による観測風景

A-3. 洪水流量観測方法

A-3.1 流量観測の原理

ADCP による横断観測では、図 3-1 に示すような河道断面内の面的な流速分布を得ることができる。河道断面内が複数のメッシュ（以下：セル）に分割され、各セル内の流速が色により表示されているのが分かる。このとき、各セルの流速に各セルの面積を乗じることで各セルの流量を算出することができる。これを全セルについて合計したものが、ADCP により計測された対象河道断面を通過する流量値である。この時、ADCP の設定にもよるが、鉛直方向に 20～25cm ピッチ、横断方向に 2m ピッチほどの解像度で細かく流速計測が可能となり、かつ河床断面も同時に得られるため、断面内の流況変化に応じた正確な流量を算出することが可能となる。

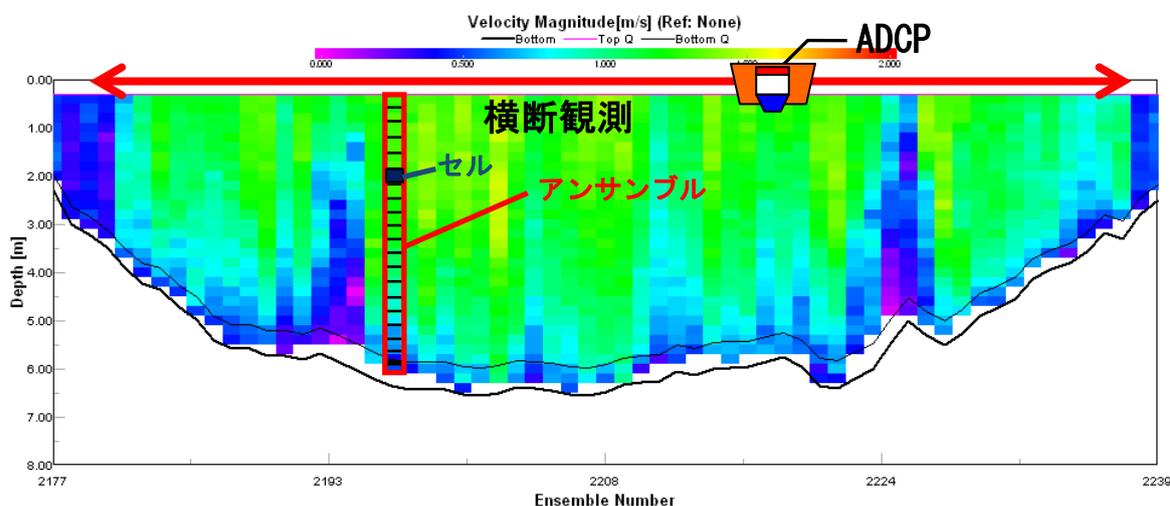


図 3-1 ADCP による横断観測

ADCP の橋上操作艇による観測方法としては、専用の移動式観測台車を用いる方法と、人力による方法がある。安全面を考慮すると、専用の移動式観測台車を用いることが望ましい。しかし、手軽さや機動力を考慮すると人力による観測に依らざるを得ない状況もあるため、両手法について観測方法を記載した。

観測時の手順としては、

- ② 測機器のセットアップと通信確認
- ②係留装備のセットアップ（移動式台車もしくは人力による曳航）
- ③安全対策の確認（負荷増大時の対策、機器流失時の対策）
- ④観測機器の着水作業
- ⑤ADCP データ収録の開始
- ⑥横断移動
- ⑦観測機器の回収

という流れになる。以降に、観測までのセットアップ手順を示す。

A-3.2 観測機器のセットアップと通信確認

A-3.2.1 ADCP と橋上操作艇のセットアップ

ADCP と橋上操作艇（トリマランタイプC）のセットアップ手順を以下に示す。

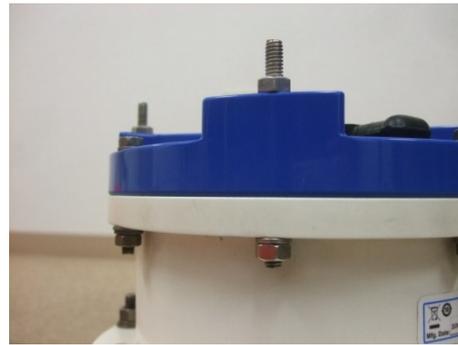
橋上操作艇の構成	
	<ul style="list-style-type: none">・メインハル×1・サイドハル×2・クロスバー×1・センサーベース×1・ワイヤーアーム×1・ボルト、ナット類×1式
組立手順	
<p>①サイドハルをメインフレームに取り付ける</p>	
<p>②メインハルの取付 付属のネジ(インチネジ4本)でメインハルを固定する。 ※スプリングワッシャー、ワッシャー必要。</p> 	

ADCP の取り付け

③流速計にスタットボルトを取り付ける。

※上部ナットのみ、下部スプリングワッシャーとナット。

※強く締め付けすぎないように注意してください。



④流速計にセンサーベースで固定する。

※3カ所は蝶ネジ、スプリングワッシャー、ワッシャー。1カ所はワイヤー付アイナット、スプリングワッシャー、ワッシャー。

※取付向きに注意して下さい。



⑤メインハル中央のホールに上部から流速計を挿入し、両サイドのハンドルで固定してください。



⑥ダミーコネクタを取り外し、メインハルから延びているコネクタケーブルを取り付ける。

※『IMPULSE』の刻印が上になるようにコネクタと取りつけてください。

※コネクタを抜き差しする際は、真っすぐ横に抜き差ししてください。上方に引っ張り上げると浸水の原因となる恐れがありますのでご注意ください。



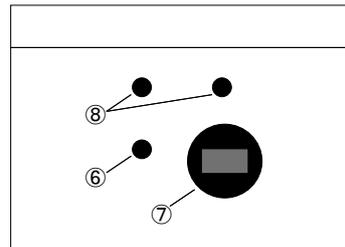
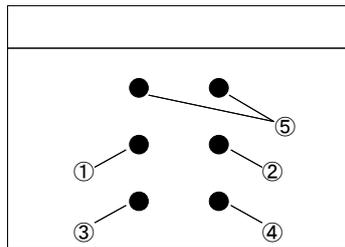
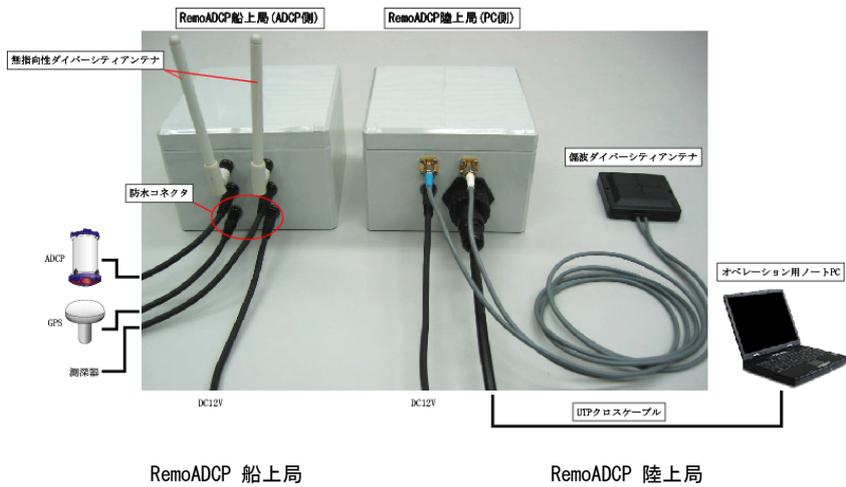
<p>⑦ ワーヤーアームのワイヤーとワイヤー付アイナットから伸びているワイヤーを一纏めしてください。</p>	
<p>⑧ 完成</p>	
<p>その他</p>	
<p>【注1】 丸ふたを開けてバッテリーを挿入し、赤黒の端子につないでください。 ※+/-を間違えてつなぐと、センサーが故障する可能性がありますので、十二分に注意してください。</p>	
<p>【注2】 使用時はロングフィンを伸ばして、ご使用下さい。</p>	

A-3.2.2 RTK-GNSS、データ転送装置のセットアップ

RTK-GNSS およびデータ転送装置のセットアップ手順を以下に示す。

遠隔オペレーション装置のセットアップ手順

各部位の名称

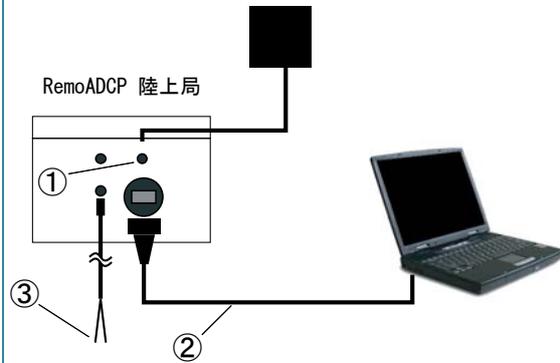


- | 番号 | 名称 |
|----|-----------------|
| ① | COMポート(CH1)コネクタ |
| ② | COMポート(CH2)コネクタ |
| ③ | COMポート(CH3)コネクタ |
| ④ | 電源コネクタ |

- | 番号 | 名称 |
|----|----------|
| ⑤ | アンテナコネクタ |
| ⑥ | 電源ケーブル |
| ⑦ | UTPポート |
| ⑧ | アンテナコネクタ |

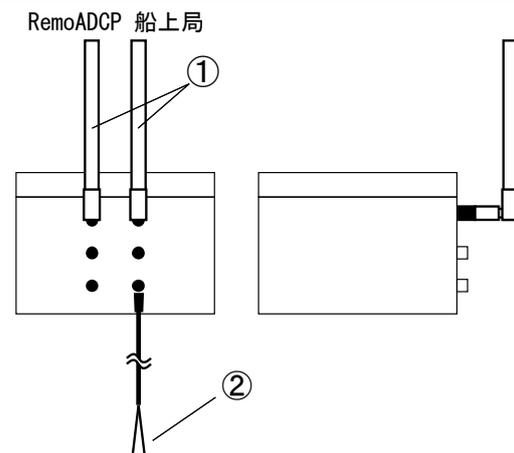
RemoADCP-陸上局の接続

- ①RemoADCP-陸上局に、付属の陸上局用平面アンテナを接続します。延長用ケーブルを使用する場合は、本体とアンテナの間に取り付けます。
- ②RemoADCP-陸上局と ADCP オペレーション用 PC を付属の UTP クロスケーブルで接続します。
- ③RemoADCP-陸上局の電源ケーブルを DC12V (AC アダプター使用時はコンセント) に接続します。
- ④ADCP オペレーション用 PC 上で「RemoADCPController」を実行して通信が確立している事を確認します。



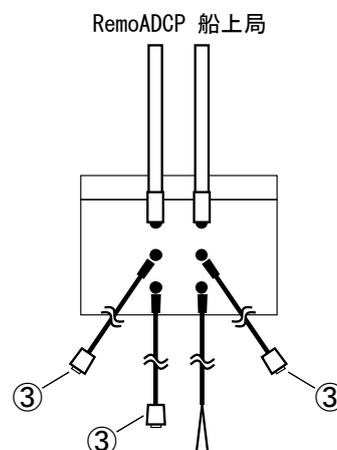
RemoADCP-船上局の接続

- ①RemoADCP-船上局に、付属の船上局用アンテナを接続します。延長用ケーブルを使用する場合は、本体とアンテナの間に取り付けます。
- ②RemoADCP-船上局の電源ケーブルを DC12V に接続します。
- ③ADCP オペレーション用 PC 上で「RemoADCPController」を実行して通信が確立している事を確認します。



RemoADCP の接続

- ①「RemoADCP-陸上局の接続」に従い、陸上局と通信が確立している事を確認します。
- ②「RemoADCP-船上局の接続」に従い、船上局と通信が確立している事を確認します。
- ③RemoADCP の CH1~CH3 に「防水コネクタケーブル-D-Sub9pin オス」を(必要なポートの数のみ)接続します。
- ④ADCP を CH1 に接続します。
- ⑤必要に応じて CH2 に GNSS、CH3 に測深器を接続します。



RemoADCPController について

【通信が成功したケース】

全ての文字が青色表示されます。



【ローカルネットワークに接続出来ないケース】

全ての文字が赤色で表示されます。



【装置に Ping が通らないケース】

陸上局、船上局、船上 COM への Ping が通らないため、赤色で表示されます。
IP アドレスの設定に間違いがないか確認して下さい。



【アンテナ設置方法】

陸上局、船上局共にアンテナは可能な限り高い位置に取り付け、間に草木等の障害物が無く見通しの効く場所で通信を行って下さい。

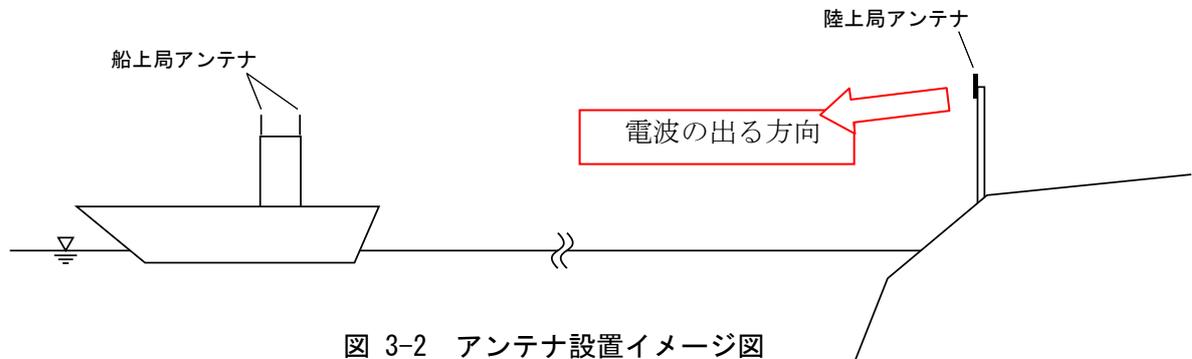


図 3-2 アンテナ設置イメージ図

陸上局は指向性アンテナを使用しているため、電波の出る方向を船上局に向けて下さい。

船上局は無指向性アンテナを使用していますが、垂直面に対しては指向性があります。水面に対して垂直に、柱等の陰にならないように設置して下さい。

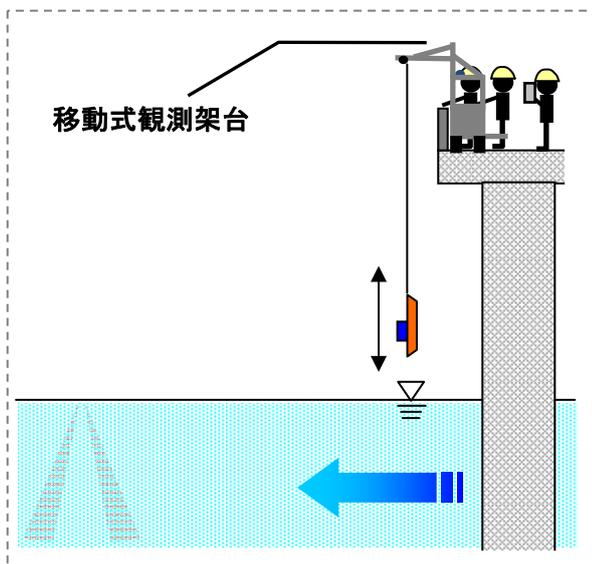
A-3.3 係留・曳航装備のセットアップ

A-3.3.1 専用移動式観測台車を用いる方法

(1) 必要機材

橋上操作艇の総重量は 40kg 前後と人力で上げ下ろしするには厳しい重さであるため、専用の移動式台車を用いる方法が有効である。

移動式観測台車は、ADCP の係留負荷に耐えうるように土嚢袋等で重量を確保できる構造とし、電動ウインチで橋上操作艇を回収できる構造にすることが望ましい。大きめのタイヤを取り付けると前後の移動がしやすくなる。現在、移動式観測台車は市販されていないため、各観測場所の状況に応じてオリジナル製作する必要がある。移動式観測架台のイメージと参考写真を以下に示す。



移動式観測台車による着水・回収作業



移動式台車収納状況



移動式台車使用状況

図 3-3 移動式観測架台のイメージ図と写真

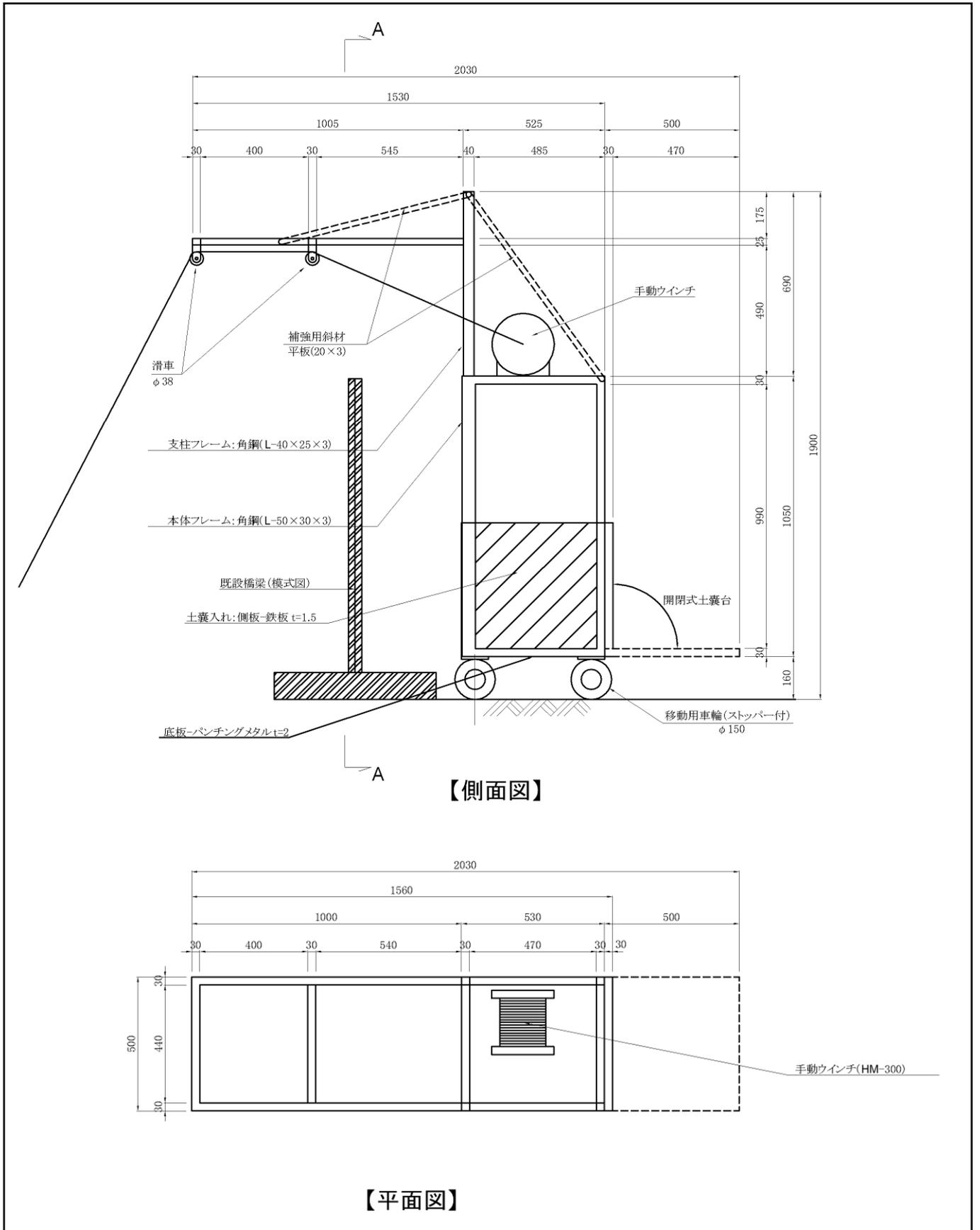
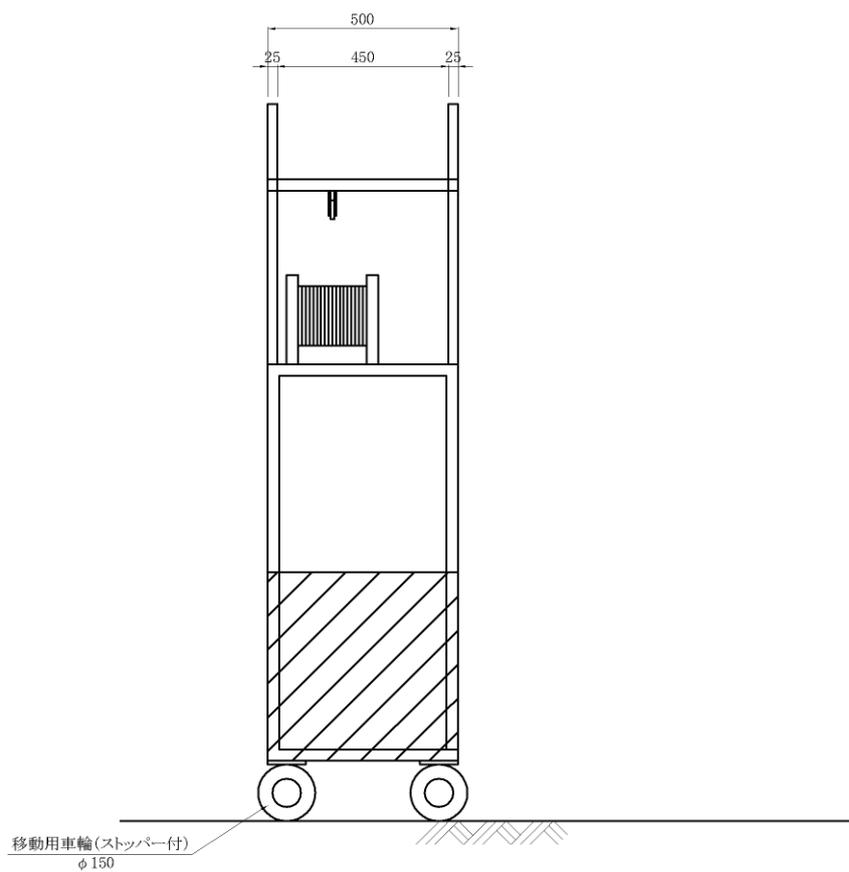


図 3-4 移動式観測台車の設計図面例(1)



【A-A断面】



図 3-5 移動式観測台車の設計図面例(2)

(2) 移動式観測台車による着水作業

橋上操作艇の橋上から水面への着水作業は、ウインチを搭載した移動式観測架台を用いることを原則とする。これは、安全に作業を行うことと、橋梁高欄に曳航用ロープが接触して傷つけることを回避する狙いもある。また、万一ボートの天地が逆さまになった状態で着水した場合は曳航ロープに過大な負荷がかかり、人力では危険な作業となるため、ウインチ付きの架台を用いることで万が一の際にも安全に作業を行うことが可能となる。



橋上操作艇の着水作業

(3) 移動式観測台車による横断観測

移動式台車で曳航できるような歩道が整備されている場合は、可能な限りこれを利用することが望ましい。この場合、台車の牽引は最低2名で行う必要がある。

橋上操作艇の曳航にはロープを用いるが、切断等を考慮して必ず2本で対応するものとする。なお、横断観測実施時以外は橋上操作艇を水面に仮置きしても良いが、その場合、ロープを橋上の移動式観測架台等に固定することとし、橋梁の高欄には固定してはならない。また、橋上操作艇を水面上に仮置きすることが危険であると判断される場合は、水面から橋上に撤去移動を行う必要がある。

これまでの経験によれば、表面流速が3m/s以下であれば、人力での曳航観測も可能であるが、それ以上の流速になると、人力では危険を感じる状況になり、移動式台車での観測が安全である。

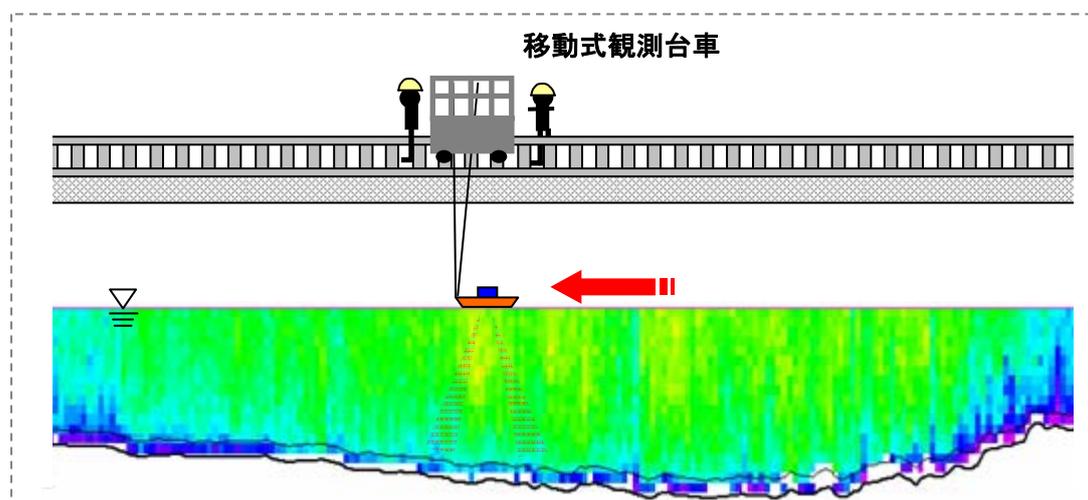


図 3-6 移動式観測台車による横断観測方法

A-3.3.2 人力による方法

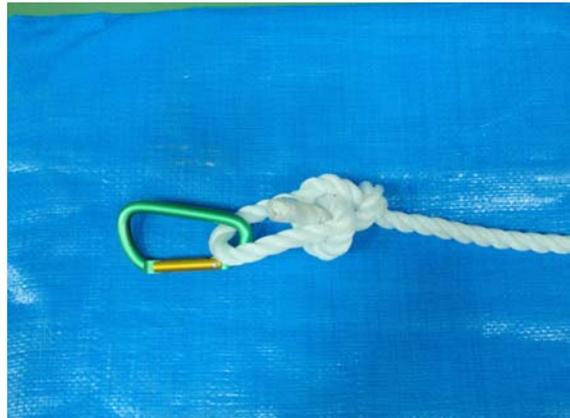
移動式観測架台が準備できない場合は、人力で曳航観測を行うことになる。その場合の必要機材、着水方法、曳航方法を以下に示す。

(1) 必要機材

曳航ロープ

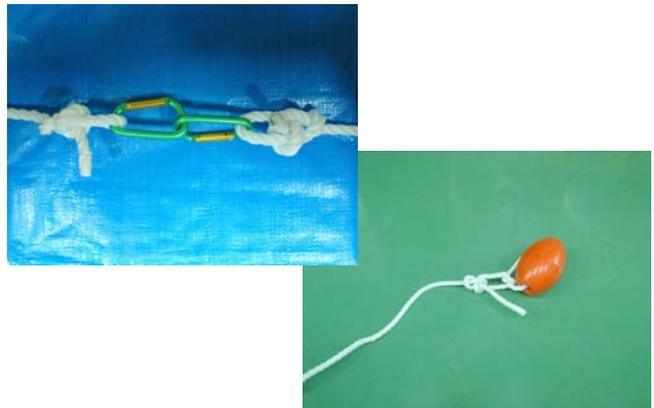
登山用ロープ、もしくはヨット用ロープが扱いやすい。ロープの太さは10mmを準備する。なお、ボート側の5m程度は水に沈まないポリロープを釣り付けると、ロープが着水してもごみがかかりにくい。

長さは、想定する係留長の倍の長さを準備すること。係留長が30mであれば、全長60mのロープが必要となる。また、ロープの尻手部分にはカラビナを取付け、速やかに延長できるように準備しておく。



緊急時の延長ロープ

ボートにごみがかかって制御不能になった場合は、延長ロープを取付け、河岸際にボートを引き寄せるように誘導する必要がある。このため、水面幅の半分以上の長さの延長ロープを準備しておく必要がある。延長ロープの尻手部分にはフロートを取り付けるようにしておき、最悪流出させた場合に回収しやすくしておく。



アッセンダー（登山用具）

素手でロープを握るのは危険であるため、登山用のアッセンダーをロープに取り付けて、その取手部分を引っ張る様にと安全に作業が出来る。



(2) 人力による着水作業

移動式観測架台が準備できない場合は、人力によって橋上操作艇の着水作業を行うことになる。この際、観測装置の総重量が 30kg を越えるため、3人以上で作業を行うことが望ましい。また、人力で作業を行う際には、安全に配慮し、必ず係留ロープを2本付けて作業を行う必要がある。

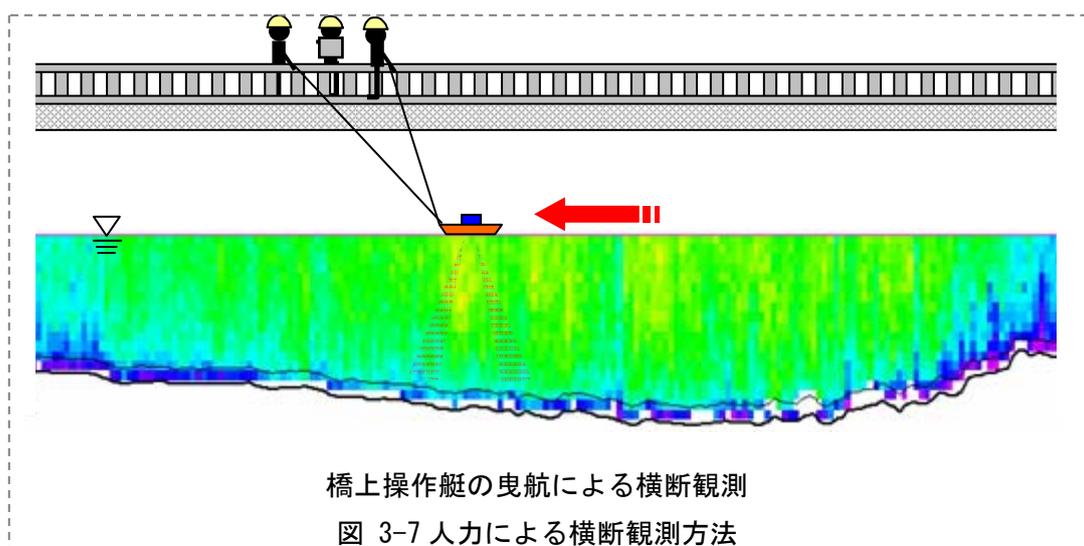
着水させる直前の状態が非常に重要になり、ボートの底部が水面に着水する様にコントロールする必要があるが、ボートが水面で回転してしまった場合は一旦引き上げ、向きを整えた上で再度着水作業を行うこと。もし上下がひっくり返った状態で着水すると過大な負荷が掛かり、人力では制御が困難となるため、十分な注意が必要である。

(3) 人力による横断観測

流速が 3m/s 以内で水面の状態が比較的安定している場合は、人力による曳航観測が可能である。曳航観測は実際にロープを持つ作業員と、ロープの余長分を持つ作業員、および監視要員の3名で作業を行うこと。街灯などの障害物が無い橋梁で観測を行う場合は、できるだけ2本のロープで観測を行う方が安全である。

なお、ロープの余長分はコイル状にして肩にかけると危険であり、余長分の意味をなさなくなるため、余長分はある程度の長さを保って舗道上を引きずる方が安全である。万が一大きな負荷がかかった場合、余長分をコイル状にしておくで一瞬で全て持って行かれる恐れがあり、体に巻き付けるとさらに危険である。ある程度の長さで道路を引きずった場合、大きな負荷が掛かった際に時間的余裕ができるため、監視員がロープを掴む余裕が生まれ、仮係留が可能となる。

また、作業員はロープを切断するカッターナイフを携行し、いざという時にはロープを切断する可能性も頭に入れておくこと。



(4) 作業手順

<p>●人員の配置</p> <p>観測に関わる作業員は、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全管理者 1 名 ・PC オペレーター1 名 ・橋上ボート操作員 2 名 <p>の計 4 名（以上）で行う事。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・夜間作業監視要員（夜間作業時のみ） 	
<p>●観測準備</p> <p>橋梁の下流側にガイドロープを設置する。</p> <p>橋上操作艇に係留ロープを取り付ける。ロープ長は 60m 程度とし、先端にカラビナを取り付ける。</p> <p>カラビナをガイドロープにはめ込み、観測準備完了。</p>	
<p>●機材の着水</p> <p>機材の着水作業は 3 人で行う。河岸際の流速の遅い場所で着水させる方が安全である。また、着水時はボートが転覆状態にならない様に注意する。観測装置は基本的に耐水圧構造であるため、多少の水没は問題無い。</p>	
<p>●曳航作業</p> <p>橋上操作艇を十分下流側に流しきった状態から観測を開始させる。流心部は大きなテンションがかかるため、2 名で作業する。流心部で水面の擾乱が激しい場合はデータ欠損が生じるため、その場合は出来る限りゆっくりと移動させる。曳航が完了したら、河岸際の安全な場所でボートを係留しておく。</p>	

表 3-1 橋上操作艇観測時の作業チェックリスト

準備段階
<input type="checkbox"/> 観測は安全管理者1名、PCオペレーター1名、橋上ボート操作員(メイン1名、サブ1名、ロープ整理員1名)で行う事
<input type="checkbox"/> ロープ整理員は、ロープ切り用ナイフを携帯する事
<input type="checkbox"/> 安全管理者は、安全教育を実施する事
<input type="checkbox"/> 安全保護具(ヘルメット、ライフジャケット、軍手/皮手袋)を必ず着用する事
<input type="checkbox"/> 可能であればアッセンダーを準備する事
<input type="checkbox"/> 無線機は安全管理者とPCオペレーターが所持し、安全管理者はハンズフリータイプを使用する事
<input type="checkbox"/> ロープは結び目の無い1本物を使用する事
<input type="checkbox"/> 緊急時の合図を決めておく事(ロープをはなす、ロープを切る等)
観測開始段階
<input type="checkbox"/> 安全管理者は、各人員の配置を確認する事
<input type="checkbox"/> 各人員の配置が完了するまで、観測は行わない事
<input type="checkbox"/> 橋上からのボートエントリーは、PCオペレーターを含む全員で行う事
観測時
<input type="checkbox"/> ロープを手に巻き付けない事(テンションがかかると解けず、骨折や河川への転落の危険がある)
<input type="checkbox"/> ロープの余長はボート操作員間の2倍にする事
<input type="checkbox"/> ロープの余長は束ねず伸ばした状態で引きずる事(足にロープが絡まるのを防ぐ)
<input type="checkbox"/> 流木等流下物の衝突を避ける事
<input type="checkbox"/> ロープに急なテンションが掛かってもバランスを崩さないよう、常に注意を払う事
<input type="checkbox"/> ロープと欄干の間に、操作員が入らない事
<input type="checkbox"/> やむを得ずロープをはなす際は、大声で周囲に知らせる事(ロープの巻き込み防止)
<input type="checkbox"/> ボートのウエイトバランスに留意し、安定姿勢を保持する事
<input type="checkbox"/> 通行人がロープに近づかない様にする事
観測終了時
<input type="checkbox"/> 橋上へのエグジットは、PCオペレーターを含む全員で行う事
<input type="checkbox"/> ロープの損傷の有無を確認する事

A-3.4 ADCP データの収録開始

ADCP のオペレーションは、付属ソフトの WinRiver II を基本とする。WinRiver II は WinRiver の後継バージョンであり、基本機能はほとんど同じであるが、使い勝手が向上しており、また日本語バージョンもリリースされているため、WinRiver II の利用を推奨する。

以下に、WinRiver II による ADCP オペレーションの手順を示す。

なお、従来の WinRiver は 64bit 版の PC には対応しておらず、かつ 2003 年 (Ver.1.06) を以てサポートを終了しているため、WinRiver を使用する場合は注意が必要である。

【OS 対応状況】

WinRiver : Windows2000、XP、Vista、Windows7 (32bit)、

WinRiver II : Windows2000、XP、Vista、Windows 7 (32bit 、64bit)

(1) ADCP の設定コマンドの作成

まずは、ADCP の設定コマンドを作成しておくこと。設定コマンドは、TRDI 社が配布している PlanADCP を使用することが望ましい。詳細は、販売店が提供する『PlanADCP のマニュアル』を参照すること。

なお、River Observer という機種を用いる場合、自動設定である為コマンド作成は不用となる。

(2) PC と通信確認

PC と ADCP (必要に応じて、GNSS などの周辺機器) との通信を確立し、設定の確認をする。通信設定の確認は、BBTalk を使用する。

詳細は代理店が提供する『BBTalk のマニュアル』をご参照すること。

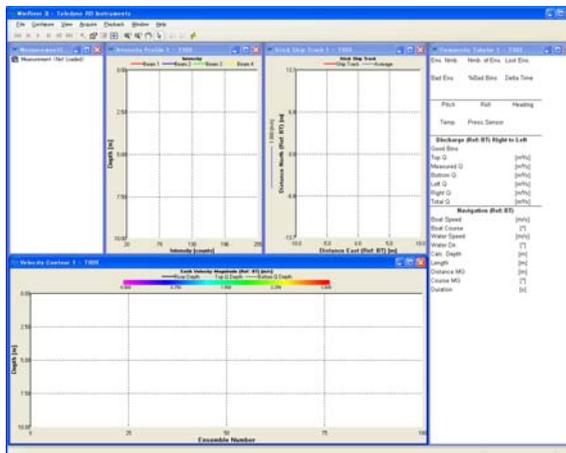
(3) WinRiver II の起動

PC スタートアップメニューの、

[すべてのプログラム] - [RD Instruments] - [WinRiverII] - [WinRiverII]

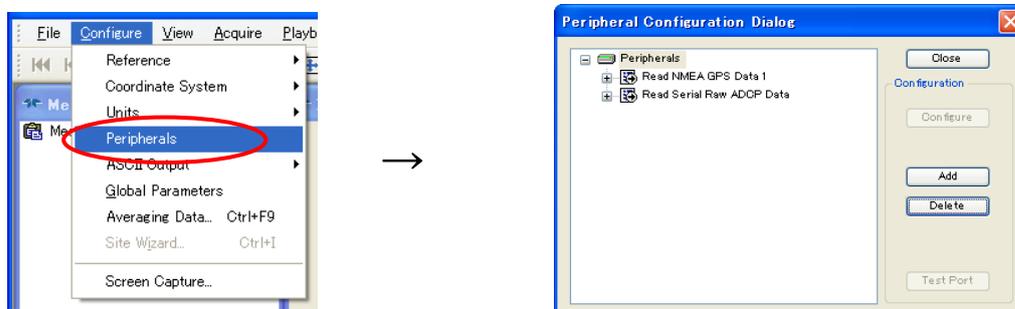
を選択するか、WinRiverII のショートカットアイコンを実行する。

WinRiverII 起動画面



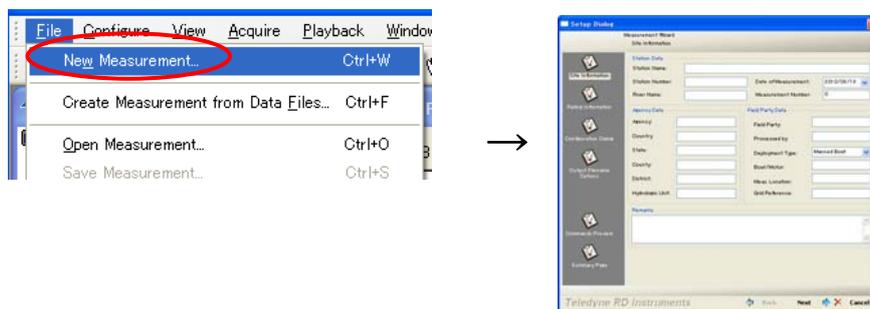
(4) 通信設定

メニュー [Configure] - [Peripheral] を選択し、「Peripheral Configuration Dialog」を開き、ADCP やその他デバイス (GNSS、測深機など) の通信設定の確認/変更、追加を行う。



(5) 新しい観測プランの作成

メニュー [File] - [New Measurement] を選択し、「Setup Dialog」を開き、機器 (ADCP の他、GNSS など使用する機器すべて) を PC に接続した状態で、観測の設定を行うため「Setup Dialog」を開く。



左のメニューから「Configuration Dialog」を選択し、Configuration Dialog (ADCP、その他デバイスの設定) の設定を行う。



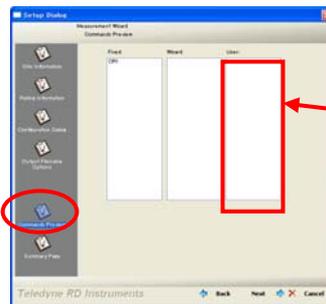
Offsets の項目にある Mag Variation[deg] に偏角補正值(磁北と真北の差)を必ず入力する。
(偏角が 6.5° の場合、-6.5 を入力)

左のメニューから「Output Filename Options」を選択し、Output Filename Options（データ保存場所、保存名の設定）を行う。



左のメニューから「Commands Preview」を選択し、Commands Preview（ADCP へ送信するコマンドの確認/入力）を行う。

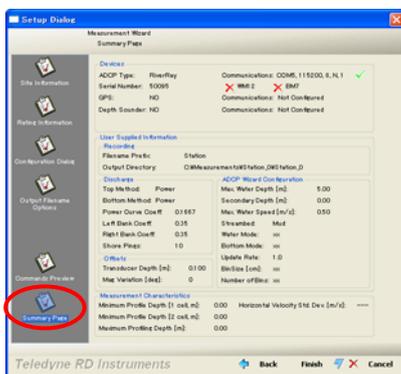
必要に応じて、「User」の欄にコマンドを入力する。ワークホースシリーズの場合は、PlanADCP で作成したコマンド等をコピーペーストで貼りつける。River Observer でデータの内部記録を行う場合は、「MR1」のみを入力する。



任意のコマンドを挿入する。

コマンドとは ADCP の観測設定を行う記述のこと。3.5.1 に詳述。

左のメニューから「Summary Page」を選択し、設定の確認と Setup Dialog の終了する。このとき、「Rating Information」を選択した状態に強制的になる場合は、再度「Summary Page」を選択することにより進むことができる。



各項目を確認し、問題なければ最下段の Finish をクリックする。

(6) 観測の開始と終了

観測の開始と終了は、ファンクションキーの **F4 キー** と **F5 キー** を使用する。



【発信の開始と終了（F4 キー）】

超音波の発信を開始/終了するときは、**F4 キー** を押す。発信を開始しただけでは、データは記録されないので注意する。また、再び **F4 キー** を押すことにより発信を終了させることができる。

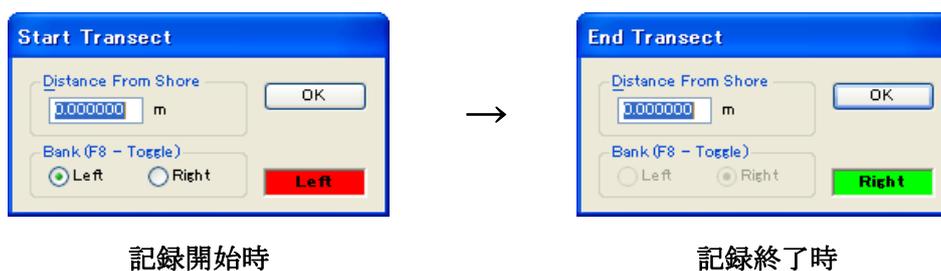
【記録の開始と終了（F5 キー）】

発信中に **F5 キー** を押すと、データの記録が開始される。同時に、次のダイアログが表示されるので、必要に応じて岸からの距離とスタート位置の岸（右 or 左）を選択して **OK** ボタン（または **エンターキー**）をクリックする。

記録を終了するときは、ふたたび **F5 キー** を押す。

記録開始時と同様に下記のダイアログが表示されるので、必要に応じて岸までの距離を入力して **OK ボタン**（または **エンターキー**）をクリックする。

（左岸、右岸の選択については、開始時の逆が自動で選択される。）



記録開始時

記録終了時

発信状態のまま **F5 キー** で記録の開始/終了を繰り返すことにより、計測を繰り返し行う事ができる。

A-3.5 観測コマンドの作成

A-3.5.1 よく使う観測コマンド

ADCP の観測設定はコマンドと呼ばれる固有の文字と数値によって構成され、観測場所の特性や流況、水深等に応じて適切な設定を行う必要がある。ADCP のコマンド設定は TRDI 社が提供する PlanADCP を用いて作成し、WinRiver II などのオペレーションソフトから ADCP に転送するという手順になる。

ADCP には非常に多くのコマンドが準備されているが、実際の観測時に設定する必要があるコマンドは 10 個前後に限られている。最も重要であり、必要最低限のコマンドを以下に示す。(各コマンドの詳細については **Appendix B** を参照。)

WM : プロファイリングモード (WM1, 11, 12 から選択)
WS : 観測層厚
WN : 観測層数
WF : ファーストブランク
WP : ウォーター ping 数
WV : アンビギティローベロシティ
BT : ボトム ping 数
BX : ボトム検出最大深度
TP : ping 間隔
TE : アンサンブル間隔
WO : ハイスピードサンプリングモードの ping 数

ワークホース ADCP1200kHz タイプ (Mode12) を使う場合、層厚(WS)を 25cm、流速測定の本 ping (WP) を 3ping、サブ ping (WO) を 5ping とし、1 アンサンブル当たりの ping 数を 15ping 程度とする事が、ADCP のパフォーマンスを引き出せる、洪水観測に適している設定であるとされる。なお、ping (ping) とは、超音波を 1 発発射させることを意味しており、ADCP では複数の超音波 ping を発射してその平均値を流速値として得る方法が一般的であり、発射する ping 数はユーザーが設定可能である。

また、ボトムトラックの最大計測深度(BX)は、観測地点の最大水深よりも小さく設定してしまうと正しいデータが取得出来なくなるなど、コマンド設定によっては観測結果に大きな影響を及ぼす可能性があるので十分注意が必要である。参考に、標準的な観測設定を表 3-2 に示す。

なお、PlanADCP を使うことで、1ping あたりの std (標準偏差) , 最大計測レンジ, 第 1 層目距離などの項目を確認することができる。事前にこれらの項目を確認しながら適切な観測設定を作成する必要がある。

表 3-2 ADCP コマンド設定（一例）

コマンド名	入力コマンド	設定条件等
CR	1	設定の初期化方法の指定
CF	11111	計測方法およびデータ出力先の設定
BM	5	ボトムトラッキングモードの設定（標準：5、浅水深：7）
BP	3	ボトムトラックの1アンパルの発信ピング数
BX	150	ボトムトラックの最大計測深度
ES	0	塩分値
EX	11111	ADCP の観測方法の設定
EZ	111111	ADCP 内部センサーの使用設定
WA	50	反射強度の閾値 <small>しきいち</small>
WB	0	WM1 のバンドワイズの設定
WD	111100000	測定結果の出力項目の設定
WF	25	トランスミッター直近ののブランク距離
WM	12	観測モード（標準：1、水平レゾリューション：11、ハイスピード：12）
WN	40	層数（設定層数）
WP	3	流速測定 of 1 アンパルの発信ピング数
WS	25	層厚
WO	5,4	WM12 におけるサブピングの発信ピング数と発信間隔
WV	175	アンビギュイティ速度。175÷0.34202＝相対流速 511cm/s まで計測可能。
TE	00:00:00.00	アンパル間隔（最速設定→00：00：00.00）
TP	00:00.00	ピング発信間隔（最速設定→00：00.00）

【参考文献】

- 1) 橘田隆史・岡田将治・新井励・下田力・出口恭：ラジコンボートを用いた ADCP 移動観測の計測精度評価法に関する一考察，河川技術論文集，pp. 295-300，2008

【補足説明】

- ・相対流速が 4m/s を越える場合は、WV を少し大きめの 200 にしておく方が良い。
- ・WP と BP は同数が望ましい。
- ・WM1 の時は、WP と BP は 10 以上に設定した方が良い。
- ・水深が深い場合は、BX を修正すること。水深が 20m ならば BX200 となる。
- ・WB は 0 が基本であるが、WB1 にすると観測最大レンジが 30%ほど大きくなる。しかし、ping レートが遅くなるため、曳航観測の場合はデータ取得時間が長くなる。

A-3.5.2 観測モード (WM コマンド)

ADCP のウォータープロファイルモードには、標準モード(WM1)の他に精度を高めるハイレゾリューションモード(WM11)と、ping レートを高くするハイスピードサンプリングモード(WM12)がオプションで選択可能である。以下に、各プロファイルモードの概要を示す。

(1) 標準モード(WM1)

最も標準的で汎用性の高い観測モードである。1 ping 毎にヘッディング、ピッチ、ロールの補正を行うため、1 秒に 4 ping 程度しか計測出来ない(条件によって変わる)。ハイスピードサンプリングモード(WM12)との最大の違いは、単位時間に発射できる ping 数である。

(2) ハイレゾリューションモード(WM11)

浅くて流速が遅いシチュエーションにおいて高精度に流速計測するモードである。洪水時の様に流速が速くなるケースには適用できない。

流速計測の精度は非常に高く、少ない ping 数でも高精度な観測を行うことが可能である。よって、観測層厚を小さくしても精度低下が生じにくく、詳細な流速分布を取得することが可能である。また、水面付近の不感帯幅も小さくなる。

しかし、非常に敏感な発信パルスを用いているため、ノイズ等が入りやすく、高流速場等では欠測が生じてしまう。当モードの基本的な適用範囲は、水深[m]×最大予測流速[m/s] < 1[m²/s]となり、すなわち流速が 1m/s であれば水深は 1m までしか計測できない。低水時の流量観測では効果的な観測を実施することが可能であるが、高水流観等の高流速の環境には不向きである。

(3) ハイスピードサンプリングモード(WM12)

ハイスピードサンプリングモードは、単位時間当たりの ping 発射数を増やすことができるモードである。最大で 1 秒間に 40 発の ping を発射することが可能である。単 ping あたりの標準偏差は標準モード(WM1)と同等であるが、内部センサー処理(傾きの補正等)を省略するサブピングと呼ばれる ping を組み合わせることで超音波発射速度を速め、結果的に単位時間当たりの ping 数を増やすことによって流速精度を高めることが可能となる。また、WM1 と同じ数の ping を発射させた場合(流速精度は同じと想定)は、データ取得時間をより短くすることができるため、水平方向の空間解像度を高めることができるというメリットもある。

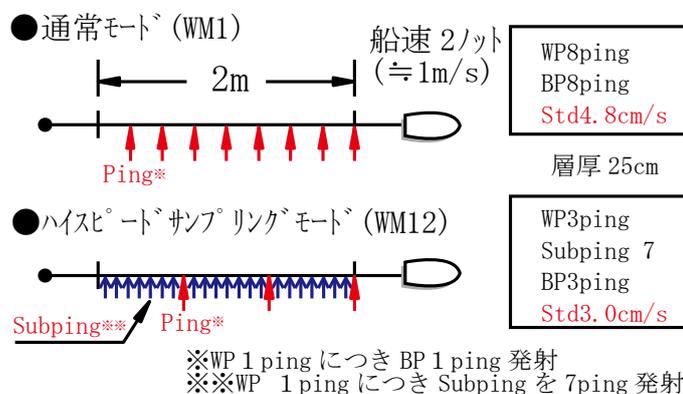


図 3-8 ハイスピードサンプリングモードの概念図

表 3-3 ADCP 観測モードの特徴

設定コマンド	主な特徴
1	<p>標準モード：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 単ピング観測毎に、ヘディング、ピッチング、ローリング等の内部センサーによる流速補正計算が行われるため、単ピングあたりの計算処理時間が長くなる。 ・ 当モードを河川流量観測で使用する場合は、流速ピングの発信回数を 10～15 発程度とすることが推奨される。
11	<p>ハイレゾリューションモード：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 使用可能な水深：4m 以下(1200kHz) ・ 使用可能な流速：1m/s 以下 ・ 計測可能水深と流速の関係：水深 m × 最大予想流速 m/s < 1m²/s (1200kHz) ・ 層厚は 1.0cm から設定可能 ・ 水面付近の不感帯幅を 1cm 程度まで小さくすることができる。 ・ 高精度の発信パルスを採用しているため、1 アンサンブルにおける発信ピング数を少なく設定することができる。よって1アンサンブルの所得時間を短くすることができる。 ・ 発信パルスが他のモードと異なり、他モードよりもノイズ等に敏感に反応しやすい性質を持つ。よって高流速、観測時の高速移動には不向きである。 ・ 当モードを河川流量観測で使用する場合は、流速ピングの発信回数を 1～5 回程度でも十分な観測精度を確保できる。
12	<p>ハイスピードサンプリングモード：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 発信パルスは標準モードと同等のパルスであるが、内部センサーによる情報取得はメインピングに対してのみ実行し、サブピングでは省略するため、単位時間当たりの ping 数を増やすことができ、結果的に1アンサンブル当たりの流速精度を向上させることができる。 ・ 内部センサーの情報取得はメインピングに対してのみ実施されるため、サブピングの数を多くすると水面変動が激しい状況下ではチルトピッチ情報のラグが発生する恐れがある。 ・ 層厚は 1.0cm から設定可能 ・ 当モードを河川流量観測で使用する場合は、流速メインピングの発信回数を 1～5 回程度とし、流速サブピングの発信回数を 3～5 回程度とすることが推奨される。

A-3.5.1 PlanADCP によるコマンド作成方法

TRDI 社が提供している PlanADCP によるコマンド作成方法を以下に示す。

PlanADCP を起動すると、設定ウィザードが表示されるので、指示に従って基本的な条件を入力する。詳しくは P52(表 3-4)参照。

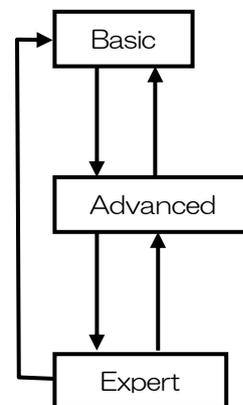
(1) Basic / Advanced / Expert

観測ウィンドウには、Basic・Advanced・Expert の 3 種類がある。

Basic : 基本的な設定のみを行う画面。

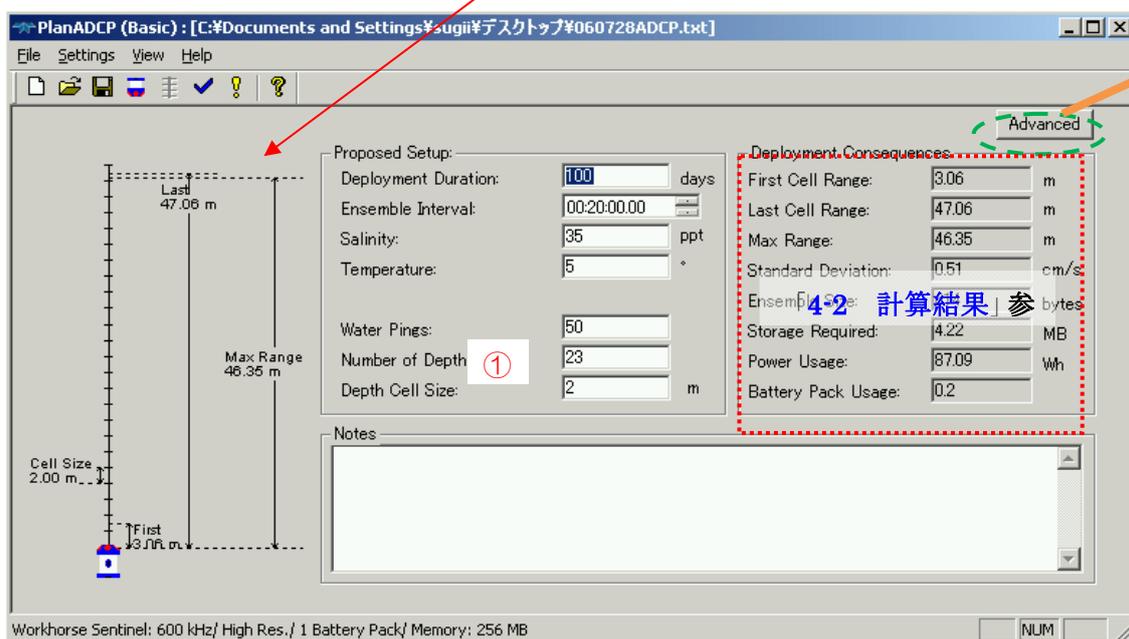
Advanced : より詳しい設定が可能な画面。

Expert : 作成された設定のコマンドを確認/変更することができる画面。



(2) Basic

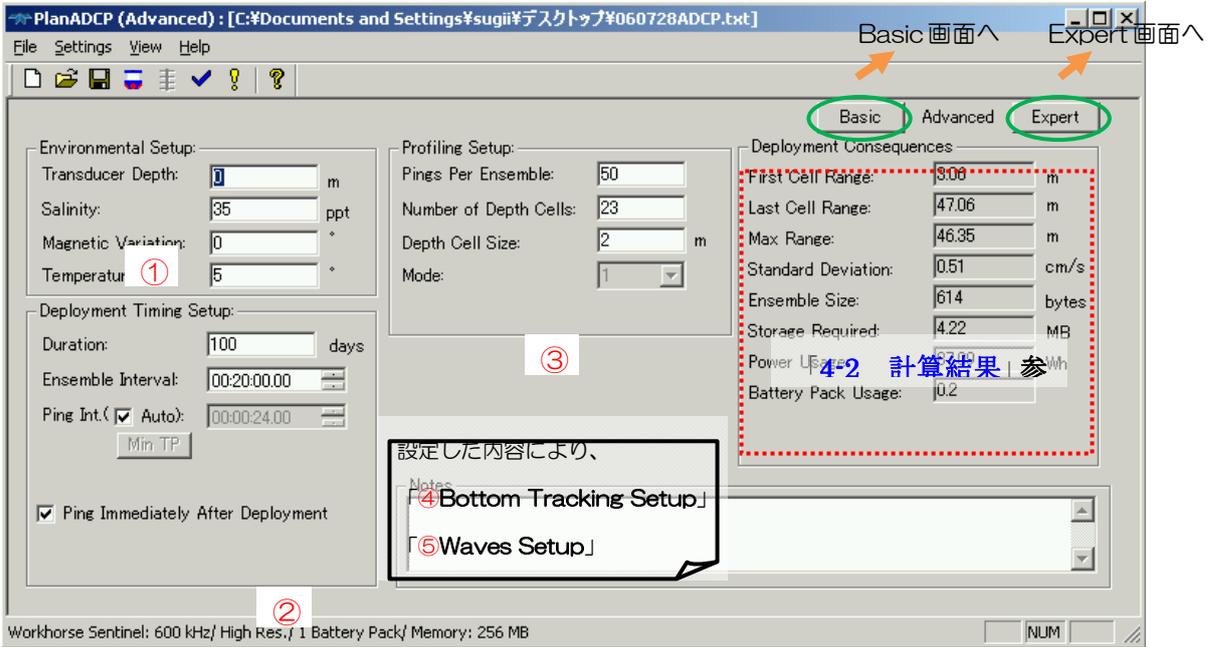
基本的な設定のみ行う画面で、観測イメージの図が表示される。



Advanced
画面へ
※ウィンドウ
右上のボタ
ンで画面の切
り替えが可能

(3) Advanced

Basic の設定(※前述)/観測開始時間/Ping 間隔/モードの設定ができる。

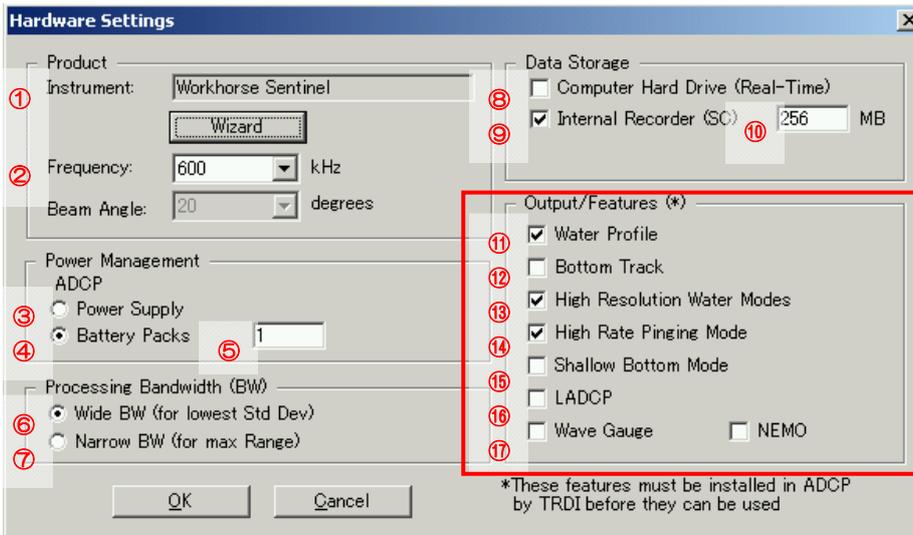


<Advanced Hardware Settings>

※ここでも周波数の変更等のハードウェアに関する設定が可能。

ツールバーの Hardware Settings アイコン  または -メニュー [Settings]

- [Hardware...] を選択。



① ADCP の機種

※変更するときは Wizard ボタンを押すと設定ウィザード(『3 設定ウィザード』を参照)が開きます。

② 周波数の選択 ③ 外部電源使用

④ 内蔵バッテリー使用 ⑤ 個数

⑥ 精度が高いモード* [WB]

⑦ 計測可能距離が長いモード* [NB]

⑧ 外部出力 [CF]

⑨ 内蔵メモリに記録 [CF] / ⑩ メモリ容量

⑪ 流速計測 [Wコマンド]

⑫ ボトムトラック [Bコマンド]

⑬ ハイリゾリューションモード [WM5,8,11]

⑭ ローモード [WM12]

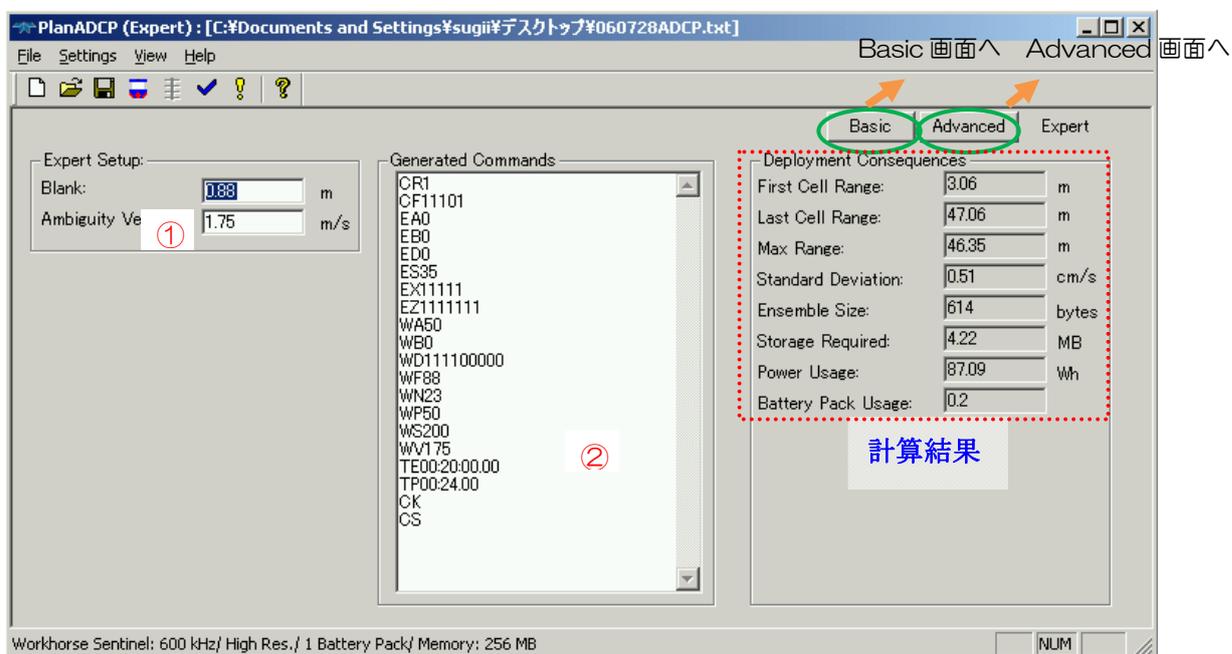
⑮ Shallow Bottom モード [BM7]

⑯ Lowered モード [L コマンド]

⑰ 波浪観測モード [H コマンド]

(4) Expert

Expert 画面では、直接コマンドを入力することができる。但し、十分にコマンドの意味と設定方法を確認しながら作業を行うように注意すること。コマンドの詳細は A-9 を参照すること。



(5) ADCP の設定ウィザード

ADCP の設定を作成する時は、観測条件に応じた設定が必要となり、設定に応じた計算結果を知ることができる。PlanADCP を起動する際に設定ウィザードで環境条件を選択/入力することができるため、以下に考慮して適切な項目を設定する。

表 3-4 ADCP 設定ウィザード項目

設定ウィザード項目	(観測設定を作る際に必要な情報)	設定項目 [コマンド] など
機種	観測に使用する機器。	※使用する機器により、選択する機能・使用するコマンドが変わる。
周波数	観測に使用する機器の周波数。	※使用する周波数により、選択する機能・使用するコマンドが変わる。
バッテリー/個数	バッテリーを使用する/しないを設定。 (使用するときは個数を入力) ※通常、設置・係留観測ではバッテリーを使用。移動観測では外部電源を使う。(バッテリーは使用しない)	※バッテリーインストール時は、バッテリーを使用する。 ※バッテリーインストール時でも 48V 外部電源を使用のときは、外部電源を使用。
フィルタの指定	感潮域で使用するか/淡水域で使用するか。	▼Salinity(塩分)：[ES]
使用方法	移動観測/設置観測/波浪観測、どのアプリケーションで使用するか。	▼「Water Track」・「Bottom Track」・「Lowered ADCP」・「Waves ADCP」などの機能の ON/OFF
観測距離	観測する距離。 (移動観測の場合は、最大水深を入力)	▼Max Working Range (ボトムトラックの最大探知深度)：[ED] ▼Number of Depth Cells(層数)：[WN]
層厚	観測したい層厚。	▼Depth Cell Size(層厚)：[WS]
データ収録先	データを ADCP のメモリカードに保存するか、外部 (PC) に出力するか。 ※通常、設置観測ではメモリカードに保存。移動観測では外部に出力させる。	▼Data Storage (データ出力設定)：[CF]
1 時間に取得するアンサンブル数	1 時間にどれだけのデータを取得するか。 ※アンサンブル間隔が決定する。	▼Ensemble Interval (アンサンブル間隔)：[TE]
観測期間	バッテリー使用量を計算するために必要。 特に設置・係留観測で重要となる。 ※外部電源を使用する観測(移動観測)では、あまり関係ない項目	※ADCP は、PC と接続して Break 信号を送る(観測をストップさせる)か、バッテリーまたはメモリカードの容量がなくなるまで観測を続ける。

(6) 計算結果の意味と関連する設定項目について

コマンドの設定によって、各種計測設定値が計算されるので、確認する必要がある。以下に、PlanADCP で計算される項目とその意味を示す。

計算結果項目	関連設定項目 [コマンド]	
First Cell Range 第1層目の距離	▼Depth Cell Size (層厚): [WS]	層厚が小さいほど1層目が近い
	▼Mode(モード): [WM]	モード1、12 と モード5、8、11 とで違いあり
	Expert!!	
	▼Blank (ブランク距離): [WF]	ブランク距離が小さいほど1層目が近くなる。但し、小さくしすぎるとリングの可能性があるので、通常は各周波数の初期値で使用する。
	▼Ambiguity Velocity [WV]	大きいほど1層目が近い。
Last Cell Range トランスデューサから一番遠い層の距離	※First Cell Range の 項目に加えて ▼Number of Depth Cells (層数): [WN]	$(\text{Last Cell Range}) = (\text{First Cell Range}) + (\text{層厚}) \times (\text{層数})$
Max Range 音波の到達可能距離	▼Depth Cell Size (層厚): [WS]	層厚が大きい = 遠くまで音波が到達する。
	▼Salinity(塩分): [ES]	塩分が低い = 遠くまで音波が到達する。
	▼温度(水温)	温度が低い = 遠くまで音波が到達する。
Standard Deviation 標準偏差	▼Ping Per Ensemble (Ping 数): [WP]	Ping 数が多い = 標準偏差が小さい/精度が良い
	▼Depth Cell Size (層厚): [WS]	層厚が大きい = 標準偏差が小さい/精度が良い
	▼Mode(モード): [WM]	モードによって異なる。
	Expert!!	
▼Ambiguity Velocity: [WV]	小さい = 標準偏差が小さい/精度が良い	
Ensemble Size 1 アンサンブルのメモリ容量	▼Number of Depth Cells (層数): [WN]	層数が少ない = 1 アンサンブルのメモリ容量が小さい
Storage Required メモリ使用量	▼Number of Depth Cells (層数): [WN]	層数が少ない = メモリ容量が小さい
	▼Duration(観測期間)	観測期間が短い = メモリ容量が小さい
	▼Ensemble Interval (アンサンブル間隔): [TE]	アンサンブル間隔が長い = メモリ容量が小さい
Power Usage バッテリー使用量	▼Duration(観測期間)	観測期間が短い = バッテリー使用量が小さい
	▼Ensemble Interval (アンサンブル間隔): [TE]	アンサンブル間隔が長い = バッテリー使用量が小さい
Battery Pack Usage 使用するバッテリーの数	▼Depth Cell Size (層厚): [WS]	層厚を小さくしてその分層数を増やす
	▼Number of Depth Cells (層数): [WN]	=バッテリー使用量が小さい
	▼Mode(モード): [WM]	モードによって異なる。

A-3.6 観測体制

ADCP を搭載した橋上操作艇による横断観測時は、最低 4 名体制で実施することを原則とする。また、夜間作業の監視員など、必要に応じて適切な人員配置を設定し、安全管理にも十分に配慮するものとする。

《解 説》

観測の班体制は安全管理者を含めて 4 人以上であることが望ましい。また、各観測員はトランシーバ一等を用いて常に連絡を取り合えるようにする。

表 3-5 橋上操作艇による ADCP 観測時の観測体制

観測員	役割
安全管理者（1名）	直接は作業に従事しない安全管理者を 1 名配置する。 作業中の全体を常に監視し、危険な状況を察知したら速やかに措置を講じるように指示を出す。また、安全管理者は橋上操作の補助員としてトラブル防止にあたる。
橋上操作艇操作員（2名）	橋上操作艇の操作員（2名）。 橋梁上を横断移動しながら橋上操作艇を操作する。 互いに連携し船の通行や歩行者の接近を知らせる。 また、橋上操作用ロープの安全管理やデータ監視員との連絡等を実施する。
データ取得（1名）	川岸（陸上）において ADCP のデータを取得する。 橋上操作艇操作員（2名）では気づき難い高速で接近してくる一般船や、橋上操作艇挙動状況を操作員に連絡する。また、ADCP の遠隔操作器を使用している場合は、データ監視員が ADCP データを監視し、観測状況等についても操作員に連絡する。 特に、水深状況を詳細に連絡することで、ADCP と河床との衝突等を避けることが可能となる。
夜間作業監視要員 1名	夜間作業を実施する際には、補助作業員および監視要員として 1 名増員する。 夜間照明のセットアップや水面の監視、安全管理などに従事する。

※上記の他に、現地の状況に応じて必要と判断される場合は増員すること。

※ 2 4 時間観測する場合の人員配置は以下の通りとする。

日中： 8:00～16:00	4名
夜間： 16:00～24:00	5名
深夜： 24:00～8:00	5名

A-3.7 観測回数

ADCP を用いた流量観測時における観測回数は、観測状況に応じて設定する。

《解 説》

観測回数は出水規模や洪水継続時間に応じて、観測間隔や観測期間を設定しなければならない。従来の浮子観測と同様に、少なくとも1時間～2時間に1回程度の頻度で観測を実施し、出水の立ち上がり期から低減期までを網羅的に観測する。また、1回の観測で1往復計測を実施することを原則とするが、往復で誤差が大きいと思われる場合や観測に失敗した場合など観測回数を適宜増やすものとする。

A-3.8 観測範囲

横断観測時の観測範囲は、河道内の全断面を計測することを原則とする。

《解 説》

観測範囲は基本的に河道内の水面幅全てを網羅することが望ましい。しかし河道内には様々な障害物や植生の繁茂などがあり、かつ水位によって水面のコンディションは刻々と変化するため、あくまでも現地の状況を見て危険の無い範囲で観測を行うこと。なお、水深が浅すぎたり植生の影響などで汀線際まで ADCP を寄せることができなかつた場合には、河岸際から何mのところまで計測を開始（又は終了）したのか野帳に記録しておくこと。これによってデータ処理で河岸際の不感帯を補完することが可能となる。

計測水深については、遠隔データ転送装置を用いてリアルタイムに水深を確認しながら観測を行い、橋上操作艇が河床及び河岸に接触しない範囲で、可能な限り河岸付近まで観測を行うように配慮すること。これは、洪水時の河床高を把握するためにも重要である。

また、高水敷での観測では、樹木等の影響や地形により、横断観測の途中で橋上操作艇の曳航ができなくなる場合がある。河川管理者と事前協議を行い、可能であれば観測の障害となるであろう植生や樹林帯は伐採しておくことが望ましい。

A-3.9 横断速度

観測時の横断速度は、原則として徒歩程度(1.0m/s 以下)とする。

《解 説》

ADCP 観測における橋上操作艇の横断速度に関しては、対象河道の水位変動特性に応じて決定する必要がある。すなわち、観測対象地点の流域面積が小さい場合など、出水時の水位変動は激しいことが想定される場合は、観測時間を短くするため、可能な限り速い横断速度とすることが望ましい。しかしながら、観測データの精度を安定させるためには横断速度についてある程度統一することが必要である。このため横断速度は原則として 1m/s 以下程度とすることとした。

ただし、流速が上記の横断速度に比べて極端に遅い場合は、RTK-GNSS 等から得られる横断速度が流速値に与える影響が大きいことが想定される。このため、横断速度を遅くすることが望ましい。

なお、ADCP の横断観測の計測精度の定量評価手法については、岡田ら¹⁾、橘田ら²⁾により、固定観測における計測条件から得られる流速計測誤差の標準偏差に基づいた偏差流速比、偏差流量比を用いる方法が提案されている。横断観測の精度管理については下記の文献を参考にされたい。

【参考文献】

- 1) 岡田将治・橘田隆史・森本精朗・増田稔：ADCP 搭載無人ボートを用いた四万十川具同地点における洪水流観測，水工学論文集，第 52 巻，pp. 919-924，2008
- 2) 橘田隆史・岡田将治・新井励・下田力・出口恭：ラジコンボートを用いた ADCP 移動観測の計測精度評価法に関する一考察，河川技術論文集，pp. 295-300，2008

A-3.10 観測野帳の記録

ADCP 観測を実施した際の現地記録は、観測年月日、時刻、観測の方法、当該流量の算出方法、その他必要な事項を野帳に記載しなければならない。野帳の様式は、使用する観測機器の種類、及び構成により定めなければならない。

以下に、国土交通省関東地方整備局作成の野帳に一部変更を加えたものを示す。

観測所名	読み	種別	観測所記号																	

観測日	年 月 日 (天気:)	記入者氏名	
-----	--------------	-------	--

観測所概要

概略水面幅(m)		概略最大水深(m)		概略最大流速(m/s)	
基準断面水位	開始時 m (:)		終了時 m (:)		
潮汐変動※	有 ・ 無	河床移動※	有 ・ 無	磁場の影響※	有 ・ 無
偏角 °	河岸の形状	左岸※	傾斜・鉛直・高水敷	右岸※	傾斜・鉛直・高水敷

「※」マークの項目について、該当するものを○で囲む

使用機器

機器	メーカー名	機種名	シリアル No.
ADCP		周波数 kHz ビームアングル °	
RTK-GPS			
測深器			
GPS コンパス			
遠隔操作装置			
小型ボート			
治具			
台車			

*機器を使用しない場合は、メーカー名に「無」と記入

ADCP の主な設定 (オートモードとした場合に、観測中に値が一つとまらない項目は記載不要)

※ (マニュアルモード ・ オートモード)

層厚(W)	層数(WN)	測定モード(WM)	アンビギュイティ(WV)
ピング数(WP)	サブピング数(WO)	ボトムピング数(BP)	ボトムレンジ(BX) 単位: dm
観測インターバル 秒	標準偏差 cm/s	内部記録※ 有 ・ 無	ポート
ADCP 器深 cm	ブランク入力値(WF) cm	バッテリー電圧 V	

「※」マークの項目について、該当するものを○で囲む

観測方法

観測法※	・ 有人船 ・ 橋上操作 ・ ラジコンボート ・ その他 ()		
ボート	種類※ (モノハル・トリマラン)	ボート最大長 ()	
観測員名	PC 操作	曳航・操船	管理
使用ソフト	(ver.)	使用 PC	データ保存フォルダ名

「※」マークの項目について、該当するものを○で囲む

観測所名	読み	種別	観測所記号							

観測日	年 月 日 (天気:)	記入者氏名	
-----	--------------	-------	--

データ No.	計測開始		計測終了		流量 (m ³ /s)				風速 (m/s)	水面の状況
	出発位置 ※	時刻	岸までの 距離(m)	時刻	岸までの 距離(m)	実測	上層・下層 不感帯	左右 不感帯※		
	右岸・左岸						上層	左岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						下層	右岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						上層	左岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						下層	右岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						上層	左岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						下層	右岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						上層	左岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						下層	右岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						上層	左岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			
	右岸・左岸						下層	右岸		
(補充方法:)							(三・矩・高)			

観測概況

「※」マークの項目について、該当するものを○で囲む

観測所名、種別、観測所記号：国土交通省の水位流量観測所に設定された地点で観測を行う場合は、種別、観測所記号を記入する。

概略水面幅、概略最大水深、概略最大流速：ADCP の設定のため、既往の流量観測結果等をもとに、概略水面幅、概略最大水深、概略最大流速を把握し、記入する。

基準断面水位：観測開始時と終了時の水位値を記入する。

潮汐変動、河床移動：既往の知見をもとに、潮汐変動、河床移動の有無を記入する。

磁場の影響：既往の知見をもとに、磁場の影響の有無を記入する。磁場の影響がある場合は、ADCP に内蔵された磁気コンパスではなく、GPS コンパスを用いて方位を観測する必要がある。

偏角：国土地理院の偏角一覧図の値を記入する。偏角は流向の設定に用いる。

河岸の形状：左右岸の不感帯の流量推定方法を設定するために、傾斜・矩形・高水敷の中から選択する。

使用機器：観測に用いた機器の機種等を記入する。

ADCP の主な設定：下記の ADCP のコマンド一覧を参考に、ADCP の観測設定内容を記入する。

アンビギュイティー (WV)：ビーム放射軸方向の最大流速

$$WV = \text{水平最大流速 (cm/s)} \times \sin(\text{ビームアングル})^\circ \times \text{安全率}$$

ボーレート：通信速度のことで、ADCP では数段階に設定できる。ADCP とパソコンを接続する際に、ADCP に設定されているボーレートと同じボーレートをパソコン側にも設定する必要がある。

観測インターバル：1 アンサンブル (図 2-5 参照) の測定間隔のこと。基本的には下記の ADCP コマンド一覧を参考にコマンドを設定し、1 秒から 2 秒の間となることが望ましい。設定したコマンドで観測インターバルが 1 秒から 2 秒の間とならない場合は、層数や層厚を変更することでこれを変化させて調整する。

標準偏差：1 アンサンブルに含まれる流速計測誤差の標準偏差のこと。機器の周波数、層厚、アンビギュイティーベロシティ、1 アンサンブルあたりのピング数に規定される。これらの具体的な関係及び標準偏差の値については、AppendixB-1.7.2 及び 1.7.3 を参照のこと。標準偏差は小さくすることが望ましい。一方で、ping 数を増やして標準偏差を小さくする場合は観測インターバルが長くなるため、両者はトレードオフの関係にある。そのため、標準偏差に関わるコマンドは、流速及び水深に応じた適値を設定する必要がある。

観測法のその他は、ロープ操作 (両岸からロープで引き合う)、有人船の場合の小型ボート曳航・治具利用の別などを記入する。

ADCP のコマンド一覧

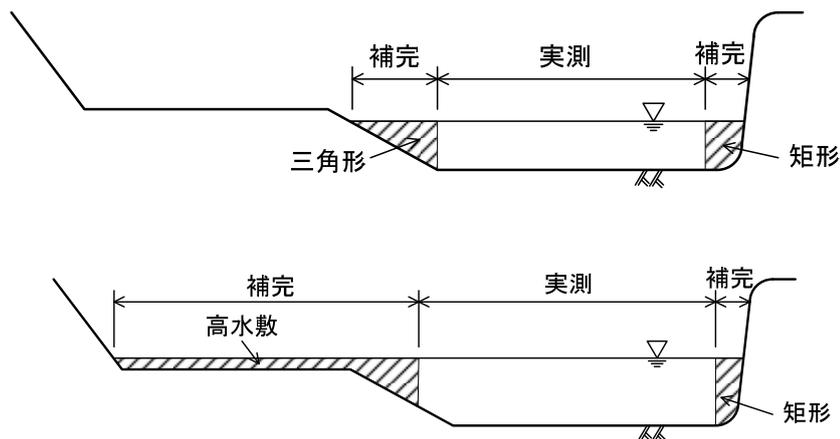
コマンド名	入力コマンド	設定条件等
CR	1	設定の初期化方法の指定
CF	11111	計測方法およびデータ出力先の設定
BM	5	ボトムトラッキングモードの設定 (標準：5、浅水深：7)
BP	3	ボトムトラックの 1 アンサンブルの発信ピング数
BX	150	ボトムトラックの最大計測深度 観測地点の最大水深よりも大きく設定する。単位：dm
ES	0	塩分値
EX	11111	ADCP の観測方法の設定
EZ	111111	ADCP 内部センサーの使用設定
WA	50	反射強度の閾値
WB	0	WM1 のバンドワイズの設定

WD	111100000	測定結果の出力項目の設定
WF	25	トランスデューサー直近のブランク距離
WM	12	観測モード (標準: 1、ハイレゾリューション: 11、ハイスピード: 12)
WN	40	層数 (設定層数)
WP	3	流速測定のための1アンサンブルの送信ピング数
WS	25	層厚
WO	5,4	WM12におけるサブピングの送信ピング数と送信間隔
WV	175	アンビギュイティ速度 $175 \div \sin 20^\circ =$ 相対流速 511cm/s まで計測可能
TE	00:00:00.00	アンサンブル間隔 (最速設定→00:00:00.00)
TP	00:00.00	ピング送信間隔 (最速設定→00:00.00)

上層不感帯の補完方法は const. を推奨する。その他の場合は理由を記載する。

下層不感帯の補完方法は non slip を推奨する。その他の場合は理由を記載する。

左右不感帯の流量補完方法 (三・矩・高) は、(三角形・矩形・高水敷) の意。様式 2 の 4 の 1 の河岸の形状 (傾斜・鉛直・高水敷) に応じて下図のように選択する。



風速：荒天時における観測中止の判断のため、風速を測定し記入する。

水面の状況：荒天時における観測中止の判断のため、水面の振動や流下物の状況を記入する。

A-3.11 予備観測（平常時）

橋上操作艇の観測にはある程度の熟練が必要となるため、洪水前の平水時等をねらって、可能な限り事前に予備観測を行うことが望ましい。その場合は、実際の洪水観測を想定した装備で、観測台車や係留装備、緊急時の延長ロープなど一式を揃えて試験観測を行うこと。

A-3.12 安全管理（5.安全管理に詳述）

観測を行う前に、全作業員を対象に、最終的な安全管理の打合せを現地で実施する。特に、観測ボートに負荷がかかった場合や、流失した場合の対応について、良く協議しておくこと。観測中の安全管理については後述するが、現地では以下の事項について確認すること。

- ・安全装備の着用について（ヘルメット、ライフジャケット、軍手など）
- ・道路交通車両に対する安全対策について（誘導員配置、車両への注意喚起）
- ・着水時の安全確認
- ・ボートにゴミなどがかかって負荷が増大したときの対応
- ・ボートの制御が不能になった場合の対応
- ・ボートを流出せざるを得ない場合の対応
- ・ボートが流出した際の追跡方法について
- ・橋梁施設を傷つけないための対策について
- ・作業員がケガをした時の応急処置
- ・近隣の救急病院の連絡先
- ・作業中止基準の確認（風速、水位、流速、水面の状況、夜間作業など）

A-4. 精度管理

A-4.1 観測前の機器点検

ADCP 観測を成功させるためには、事前の機器整備が不可欠である。ADCP に不具合が生じると観測そのものが無意味になり多大な損失が生じるため、観測前に適正な点検とメンテナンスを実施すること。

点検方法としては、機器本体、ケーブル類、および CPU の動作チェックなどである。主要な点検項目を以下に示すが、販売店にて有償の点検サービスを行っているため、不安があればこのサービスを活用することも有効である。

A-4.2 流速検定について

プライス流速計などプロペラ式流速計は、回転軸の抵抗が変わると流速値が変わるため定期的な検定を実施する必要がある。また、電磁流速計の場合も、センサー部の付着物などがインピーダンスに影響を及ぼすことがあるため、定期的な検定は必要であろう。

一方、ADCP の測流原理は、水中に音波パルスを送信し、水中を浮遊する懸濁物からのエコーを受信、信号のドップラーシフトを解析することにより流速を決定するものであるため、機械的な可動部がなく、僅かであれば付着物の影響も無視できるため、原理的に経年劣化することは無いとされる。このため、ADCP には定期的な流速検定を実施する習慣がこれまで無く、検定の実施事例も極めて少ない。

ただ、観測前には電子機器部が正常に作動しているかどうかの簡易確認検査は行うべきであり、それにより観測時のトラブルを未然に防止することができる。簡易点検の内容は、機器のハード的なチェックと超音波送受信特性のチェックである。この超音波送受信特性に異常が無い限り、流速計測精度は担保されると考えて差し支え無い。簡易確認検査については、ADCP 製造メーカーから項目と手順が示されているが、国内総代理店に依頼すればその都度、検査証明書が発行され、精度・性能が担保される。

ADCP の使用環境・頻度によっては、送受波器表面を保護しているウレタンコーティングが剥離・損傷する場合がある。ウレタンコーティング部分は ADCP の最もデリケートで重要な部分であり、この部分が剥離したりエッジ部分にキズが生じていると、最悪水没する可能性もある。この場合は、送受波器の交換またはオーバーホールを受ける必要があり、工場で新品同様に音響的チューニングが行われるため、流速検定を実施する必要はない。

備考：

- ア) ADCP 計測精度にかかわる主要な項目として、①送信周波数、②タイムラグ、③ビーム角、④音速、がある。①と②は高精度水晶発振子とデジタル回路で制御され、③は工場出荷時に試験検査を受け、いずれも継時変化はしない。④は送受波器に搭載された水温計を用いてリアルタイムで音速補正を行う。
- イ) ADCP が使われ始めた 1980 年代当初から、研究者等によって精度検証の方法が試行錯誤されてきた。当時の ADCP は大水深向けの機種しか無かったため、既知の流速計（回転式流速計等）との現場比較試験によって精度が確認されてきた。その後、高周波数帯の河川向け ADCP が開発され、浅水域への適用が可能になると、流速検定台車での実験・マニュアル作りの試みが USGS を中心に

取り組まれた。実験では、検定台車との平均流速の差異は対地速度計測（ボトムトラック）で -0.21cm/s (-0.8%)、流速計測（ウォータートラック）で -0.23cm/s (-0.7%) と良好な結果が得られている。しかしながら流速検定台車での試験には、閉鎖的区間である水槽内での残響・干渉の問題、一定量の懸濁物質濃度を均質に保つための技術的問題点などがあり、また多様な機種・計測モードが開発され続けていることから、検定台車を使う流速計測試験には多大な労力と高度なノウハウが必要となるため、定着していない。USGS ではフィールドで実施可能な ADCP 計測速度検査手法を検討し、高精度 DGNSs を用いて、DGNSs が計測した直線距離と ADCP が計測した直線距離の比を、ADCP バイアスの参照値としている。

ウ) 国内での検定台車による ADCP 流速検定は、国内総代理店を通じて実施することは可能である（高周波 ADCP に限る）。ただし前述のとおり、計測環境と方法を十分に考慮しなければならない。

【参考文献】

- 1) Teledyne RD Instruments : ADCP Calibration Statement, Date 3May2006
- 2) Teledyne RD Instruments: Stability of ADCP Measurements, TRDI Technical Note FST-029, Date April2011
- 3) Kevin A. Oberg, : In Search of Easy-to-Use Methods for Calibrating ADCP's for Velocity and Discharge Measurements, USGS report 2002

A-4.3 観測前の簡易点検について

ユーザーでもできる観測前の簡易点検手法を以下に示す。テストの方法は、ADCP とパソコンを接続して通信できる状態にし、BBtalk という TRDI の専用ターミナルソフトを起動させて行う。BBtalk と ADCP が通信できる状態になれば、画面上でダイレクトコマンドを入力して、下記のように手順を追ってテストを行い、その記録をロギングする。テスト結果の評価方法などについては、参考資料に詳述しているので参照されたい。

ADCP 簡易テスト実施手順

①. 自己診断テスト(PA)

ADCP の各モジュール・信号経路の診断テストを行うコマンド。診断結果が全ての項目でPASSとなっている事を確認する。(トランスデューサを水に浸けて行う)

②. ビーム感度テスト(PC1)

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。全てのビームについて結果が PASS である事を確認する。

③. ヘディング、ピッチ、ロール及び姿勢センサーの出力表示(PC2)

ADCP のヘディング、ピッチ/ロール角、up/down センサー及び温度センサー出力値の表示を行うコマンド。センサーの値が実際の ADCP 本体の動きに追従している事を確認する。

④. 温度センサー出力値の表示(PT2)

環境温度、内部温度センサーの出力値を表示するコマンド。各温度センサーの測定精度が $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ である事を確認する。

⑤. 受信回路テスト(PT3)

ADCP の ping 受信回路関連のマトリックスを返すコマンド。マトリックスに異常値が含まれず、テスト結果が PASS である事を確認する。

⑥. 発信回路テスト(PT4)

ADCP の ping 発信回路のチェックを行い、同時に電流、電圧及び抵抗値を出力するコマンド。テスト結果が PASS である事を確認する。(トランスデューサを水に浸けて行う)

⑦. DSP ボードテスト(PT5)

DSP ボードや受信回路の正常を示すマトリックスを返すコマンド。マトリックスが機器正常時のパターンであることを確認し、テスト結果が PASS である事を確認する。

⑧. 受信帯域テスト(PT6)

ADCP 各ビームの受信帯域をテストするためのコマンド。全てのビームについてテスト結果が PASS である事を確認する。(トランスデューサを水に浸けて行う)

⑨. 受信信号強度検出回路(RSSI)帯域テスト(PT7)

RSSI のフィルター回路が正常に動作するかテストするためのコマンド。全てのビームについてテスト結果が PASS である事を確認する。

A-4.4 流速データ取得精度の評価方法について

A-4.4.1 USGS による QA (Quality-Assurance クオリティー アシュランス) について

ADCP による流速計測精度は、メーカー資料によると 0.25% もしくは $\pm 2.5\text{mm/s}$ とされている。しかしこれは実験水槽内に ADCP を固定観測させた際の理想環境における検定精度であり、水面擾乱が生じたり非定常的な実河川でこの性能を担保することは難しい。ましてや、実河川でこの精度を検証するための比較データを得ることはほぼ不可能に近い。このため、実河川において実際にどの程度の精度で計測されているのかを評価する方法について、米国や日本では最近になって活発に議論されるようになってきた。

米国 USGS(下記の参考文献)では、2005 年に ADCP で計測したデータに関する品質保証について明示している。これは単に計測された流速値や流量データに関する事項だけではなく、データの品質を確保するための計測地点の選定方法、適切な計測システムの使用、移動床テストの必要性についての診断と実施方法、ADCP の設定方法、ADCP で計測された流量データの収集と考察方法および機器テスト等についても詳細に記載されている。特に、ADCP で計測された流量の品質管理については、USGS 独自の 5%ルールと呼ばれる手法が示されている。これは、まず 2 往復分(4 回分)の計測値を平均し、平均値と各計測値の相対誤差が 5%以内であれば、その値を計測流量として採用し、5%を超える場合にはさらに 2 往復計測を行い、合計 8 回分のデータを平均して計測流量とするものである。この手法は、米国だけでなく世界中に広まっていることから、一般的に ADCP を用いた断面流量計測では、往復した計測値の相対誤差 5%以内を目標値とする場合が多い。しかし、時間の同時性が求められる洪水観測において、最大で 4 往復もの観測を行うことは非現実的であり、日本国内での適応は難しいとの考えが趨勢である。

また、最近 USGS では流量観測データの新しい品質管理の方法として、「準定常流れ場においては少なくとも 1 往復観測(2 回計測)を総時間 720 秒(12 分)間以上かけて行うこと」という内容を公表した。これについても、非定常性の強い日本国内での洪水流量観測には不向きであり、観測対象となる河川幅によっても計測時間が大きく異なることから、簡易な評価法ではあるものの、現状では日本国内で流量観測に適用できるとは考えにくい。

このため、後述の様に日本国内独自の精度評価手法を確立することが求められている。

【参考文献】

- 1) Kevin A. Oberg, Scott E. Morlock, and William S. Caldwell: Quality-Assurance Plan for Discharge Measurements Using Acoustic Doppler Current Profilers, Scientific Investigations Report 2005-5183
- 2) USGS OSW Hydroacoustics : Exposure Time for ADCP Moving-boat Discharge Measurements On-site and Performing ADCP Check Measurements, Current Policy Memos, 2011.08

A-4.4.2 日本における流量観測精度の評価方法について

岡田等は、流量を算出する際の誤差の指標として、偏差流速、偏差流量という考えを提案している。A-4.4.1 で示した USGS の QA(Quality Assurance)では、2 往復計測した断面流量の相対誤差 5%以内を基準としているが、日本の河川の洪水においては非定常性が強いため、断面を 1 往復する 30 分程度の間にも流量が変化し、相対誤差 5%以内に収まらない可能性がある。そこで、岡田ら(参考文献)は、1 断面ごとに計測精度評価を行うことができる合理的な指標として、ADCP の移動速度、計測モード、計測層厚、計測層数、サブピング数等から決定される単位移動距離あたりの 1 ピングあたりの流速計測値に含まれる誤差の標準偏差を偏差流速(deviation velocity)として提案している。さらに、この偏差流速を断面積分したものを偏差流量とし、断面流量との比を偏差流量比として、1 回ごとに計測した断面流量値の精度評価を行えるようにしている。この偏差流量比を用いることにより、複数回の計測値の相対誤差ではなく、計測設定条件から得られる精度の絶対評価を行うことが可能となった。

この偏差流速および偏差流量等の指標を用いた流量観測値の精度評価手法は、ADCP の計測設定条件や横断移動速度の影響を考慮できる簡易な手法であるものの、GNSS による移動距離計測、ADCP や音響測深機による水深計測、ボートの揺動による傾斜角が水深や流速値の計測精度に及ぼす影響を考慮しているものではない。

海外では、例えば Hening は section-by-section Method を用いた場合の流量観測精度を各項目の計測で生じる誤差の伝搬の法則を用いて不確定性解析を行って評価している。また、Juan らも同様な手法を用いて ADCP 搭載ボートを用いた流量観測値の精度評価を行うためのフレームワークを示している。今後はこれらの文献を参考に日本国内の洪水流特性を考慮して各計測項目の精度評価手法を確立するとともに、断面内の流量観測値に含まれる誤差流量分を表す総合的な指標の設定を進める予定である。

(ア) Hening Huang: Uncertainty Model for In Situ Quality Control of Stationary ADCP Open-Channel Discharge Measurement, Journal of Hydraulic Engineering, January 2012

(イ) Juan A. Gonzalez-Castro and Marian Muste : Framework for Estimating Uncertainty of ADCP Measurements from a Moving Boat by Standardized Uncertainty Analysis, Journal of Hydraulic Engineering, December 2007.

A-5. 安全対策

A-5.1 安全対策計画書の作成

事前に十分に安全対策を検討したうえで、計画書に安全対策について記載する。その際には、観測体制、緊急連絡体制、なども記載すること。安全管理については、以下の項目に付いて計画書に記載すること。

(1) 総則

- ① 現場業務においては、労働基準法、労働安全衛生法、道路交通法などに関する法律を遵守する。
- ② 安全衛生については、発注者担当職員と密接に連携を保つと共に協力会社とも協力し、自主的・積極的に災害撲滅をはかり円滑な業務遂行に努める。
- ③ 現場作業時には、保安帽の着用並びに作業状況に合った服装を着用する。なお、船上およびその周辺（湖内に落水する恐れがある場所）での作業は、救命胴衣を着用する。
- ④ 近隣の病院、消防署、警察等の連絡先と場所の確認を行い、計画書に記載し、作業関係者に周知する。道路交通の妨げにならないように、車両等の駐車場所を事前に確保しておくこと。道路使用許可が必要な場合は、取得に1週間ほどを要するため、急な洪水観測には間に合わない可能性があるため発注機関と十分な協議を行うこと。

(2) 公害防止

河川及び海域には、油類、廃品、残材等を投下、廃棄しないよう作業員に指導徹底する。

(3) 重点管理項目

① KYK、TBM の実施

KYK,TBM を通じて作業安全措置について作業員に徹底する。

② 作業に適した服装と防保護具の使用の徹底

本調査は洪水時における水際作業となるため、ライフジャケット、ヘルメット、（場合によっては安全带）着用を徹底する。

③ 作業開始時、終了時の連絡の徹底

作業開始、終了時には現場責任者（または現場管理者）から発注者に連絡を入れる。

なお、上記以外にも進捗状況等の報告など、密に連絡をとるようにする。

(4) 地域住民との強調

- ① 防犯に留意するとともに、常に軽率な言動を積み、地域住民の感情を害することのないように協調を図る。
- ② 当調査に関係しない場所への無断立入は行わない。なお、作業のため立入の必要が生じた場合には、事前に必ず発注者担当職員に連絡し、調整する。
- ③ 調査周辺地域に対して災害・苦情等の発生防止に留意するとともに、万一発生した場合は、発注者

担当職員に連絡するとともに、受託業者の責任で速やかに処理し、その結果を発注者担当職員に報告する。

(5) 交通安全

- ① 公道の通行にあたっては交通法規を遵守し、住民、学童及び一般車両の通行を妨げないように注意し対策を講じる。万一事故が発生した場合は速やかに貴社監督員に連絡するとともに、当社の責任において適切な処理を講じる。
- ② 調査用車両が公道を通行するにあたっては、積載物の落下防止、粉塵防止、路面の損傷防止に努める。万一不注意による損傷、汚染があった場合は当社の責任で遅滞なく修復、清掃を行う。なお、適正な通行を行っていたにもかかわらず、損傷等が生じた場合については、発注者担当職員と協議の上その対策を決定する。
- ③ 公道上で作業等を行う場合には、必要に応じて交通監督員を配置し、交通の安全確保を図る。
- ④ 公道上むやみに駐車し、地元住民等の通行を妨げないこととする。

(6) 災害防止計画

作業の実施にあたり、以下の災害防止策を講じる。

作業項目	想定される災害	災害防止策
作業全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水難災害 ・ 交通災害 	<ul style="list-style-type: none"> ・ KYK,TBM の実施 ・ 救命胴衣着用 ・ 救命ブイの用意 ・ 滑りにくい靴の着用 ・ ヘルメットの着用 ・ 交通法令の厳守
ADCP 観測、水位観測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水難災害 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 救命胴衣着用 ・ 救命ブイの用意 ・ 滑りにくい靴の着用 ・ ヘルメットの着用

(7) 作業中止の目安

気象情報を集め、作業の着手・継続が困難と判断される場合は発注者と協議のうえ、作業を中止する。以下は、作業中止の目安を記したものである。

- ・ 風速：17m/s 以上の場合
- ・ 水位：水位が桁下 1.5m 未満となる場合
- ・ 流速：最大流速が 6m 以上の場合
- ・ 流木などの流下物が非常に多く観測に支障を来す恐れがある場合。
- ・ その他、ACDPボートの着水・移動等に危険が伴うと判断される場合

【参考：風速の目安】

風力	風速 (m/s)	風速 (kt：ノット)	陸上の様子
0	0.3 未満	1 未満	静穏，煙はまっすぐに昇る。
1	0.3 以上 1.6 未満	1 以上 4 未満	風向は煙がなびくのでわかるが風見には感じない。
2	1.6 以上 3.4 未満	4 以上 7 未満	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動き出す。
3	3.4 以上 5.5 未満	7 以上 11 未満	木の葉や細かい小枝絶えず動く。軽い旗が開く。
4	5.5 以上 8.0 未満	11 以上 17 未満	砂ぼこりが立ち，紙片が舞い上がる。小枝が動く。
5	8.0 以上 10.8 未満	17 以上 22 未満	葉のある灌木が揺れ始める。池や沼の水面に波頭が立つ。
6	10.8 以上 13.9 未満	22 以上 28 未満	大枝が動く。電線が鳴る。傘は差しにくい。
7	13.9 以上 17.2 未満	28 以上 34 未満	樹木全体が揺れる。風に向かっては歩きにくい。
8	17.2 以上 20.8 未満	34 以上 41 未満	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。
9	20.8 以上 24.5 未満	41 以上 48 未満	人家にわずかな損害が起こる（煙突が倒れ、瓦がはがれる）。
10	24.5 以上 28.5 未満	48 以上 56 未満	陸地の内部では珍しい。樹木が根こそぎになる。人家に大損害が起こる。
11	28.5 以上 32.7 未満	56 以上 64 未満	めったに起こらない。広い範囲の破壊を伴う。
12	32.7 以上	64 以上	

(8) 夜間作業の安全対策

夜間作業には、以下を追加で準備する必要がある。

- ・ 反射板付きの安全ベスト
- ・ ヘッドライト
- ・ 懐中電灯
- ・ 夜間照明
- ・ 見張り員の増員(河川水面の流木などの状況を監視するための人員)

A-5.2 機器の流出対策

下流側に係留できる距離は50m程度がコントロールできる限度と考えられる。しかし、ボートが転覆したり流木が掛かった場合は抵抗が激増し、作業に危険が伴うため、係留ロープは長めに準備しておく必要がある。また、直ぐに延長できるように延長ロープを常備しておくことも必要である。

抵抗が激増して作業員に危険が及ぶ場合は最悪の手段として観測ボートをリリースすることも視野にいれる必要がある。その際は、ロープのエンドにブイを取り付けることで、回収の可能性が上がると考えられる。また、捜索用に双眼鏡の携行や、位置情報サービス機能付きの携帯電話、もしくは民間警備会社によるGNSS位置情報通知サービスなどの活用も有効と考えられる。

A-5.3 機器流出時の対応

万が一機器が流出した場合は、速やかに関係各所に連絡を入れる。連絡先としては下記が考えられるが、事前に対象となる連絡先を調べておくことが必要である。

【機器流出時の連絡先例】

発注者
警察
海上保安庁（海域に流出するおそれが有る場合）
消防署
保険業者
漁協など
機器販売店

なお、機器が流出した場合でも下流側でトラップされている可能性もあるため、後日捜索を行う必要がある。

A-6. 観測データの処理と流量算出

ADCP 観測データの処理と流量算出は次の各項に従って行うものとする。

1. 前処理として、野帳の整理、データ取得状況の確認、およびテキストデータへの出力。
2. 解析作業として、流速データのノイズカットと補完、航跡の直線化処理、流下軸成分の抽出、未測エリアの補完を行い、流量を算出するための流速数値データを整える。
3. 航跡ベクトル図や断面流速分布図を描画して最終チェックを行い、流量を算出する。

A-6.1 データ処理のフロー

ADCP 観測データ処理と流量算出のフローを以下に示す。

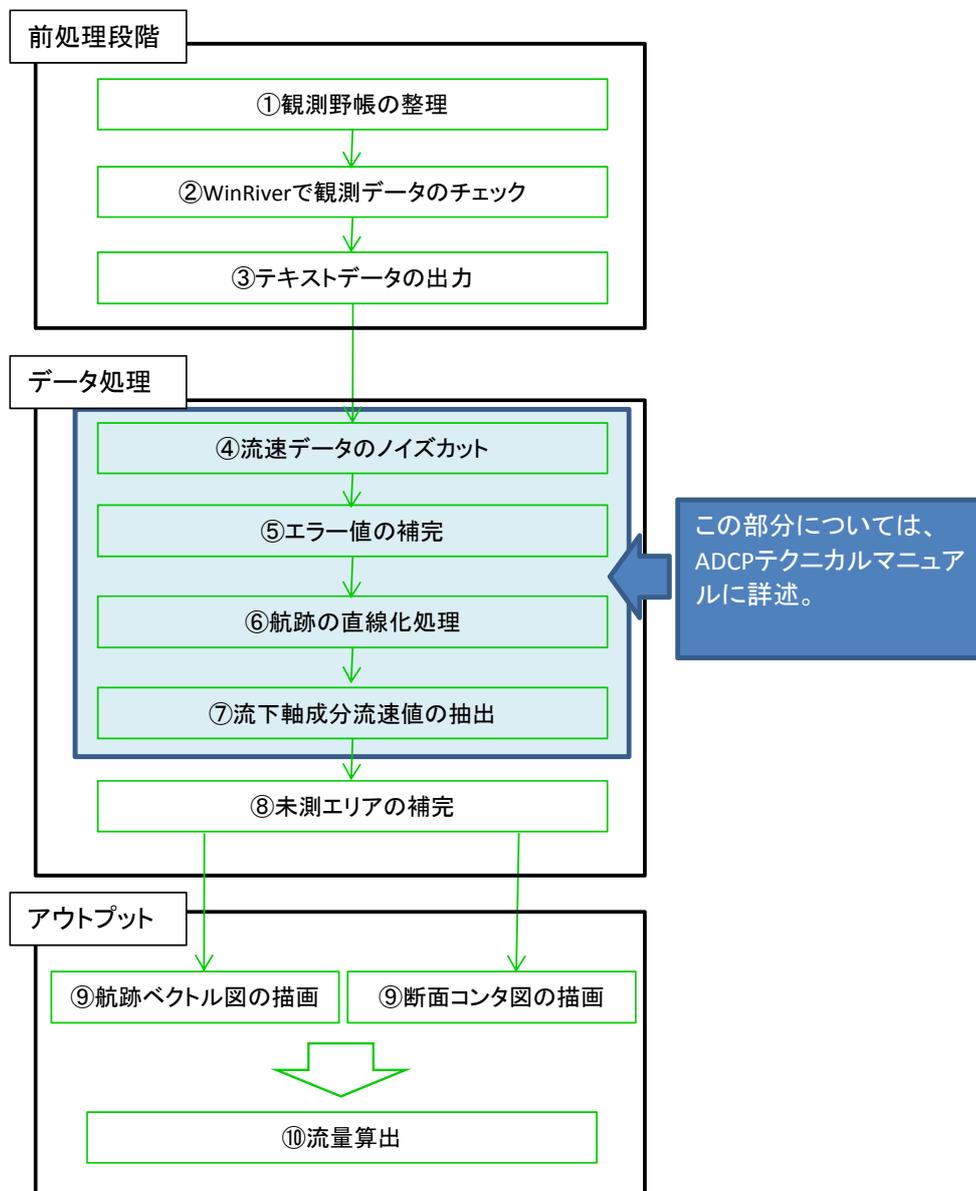


図 6-1 データ処理のフロー

A-6.2 観測野帳の整理

現場では必ず下記の様な野帳を作成する必要がある。観測野帳のサンプルは A-3.10 に示しているので、そのまま印刷して使用することも可能である。

野帳は、観測全体を把握するための野帳と、各観測を記録する野帳の2種類準備すること。記載内容は、①観測場所、②使用機材、③観測設定、などが第3者にもわかるように記入するよう心掛ける。また、データ取得中にボートの通過など、正常な流速が計測できなかった場合がある場合は、備考の欄に記入する。野帳の作成は極めて重要である。

また、観測終了後は、バイナリーファイル名を分かりやすいファイル名に変更するとデータ処理がしやすくなる。例えば、下記の様に変更すると識別しやすくなる。

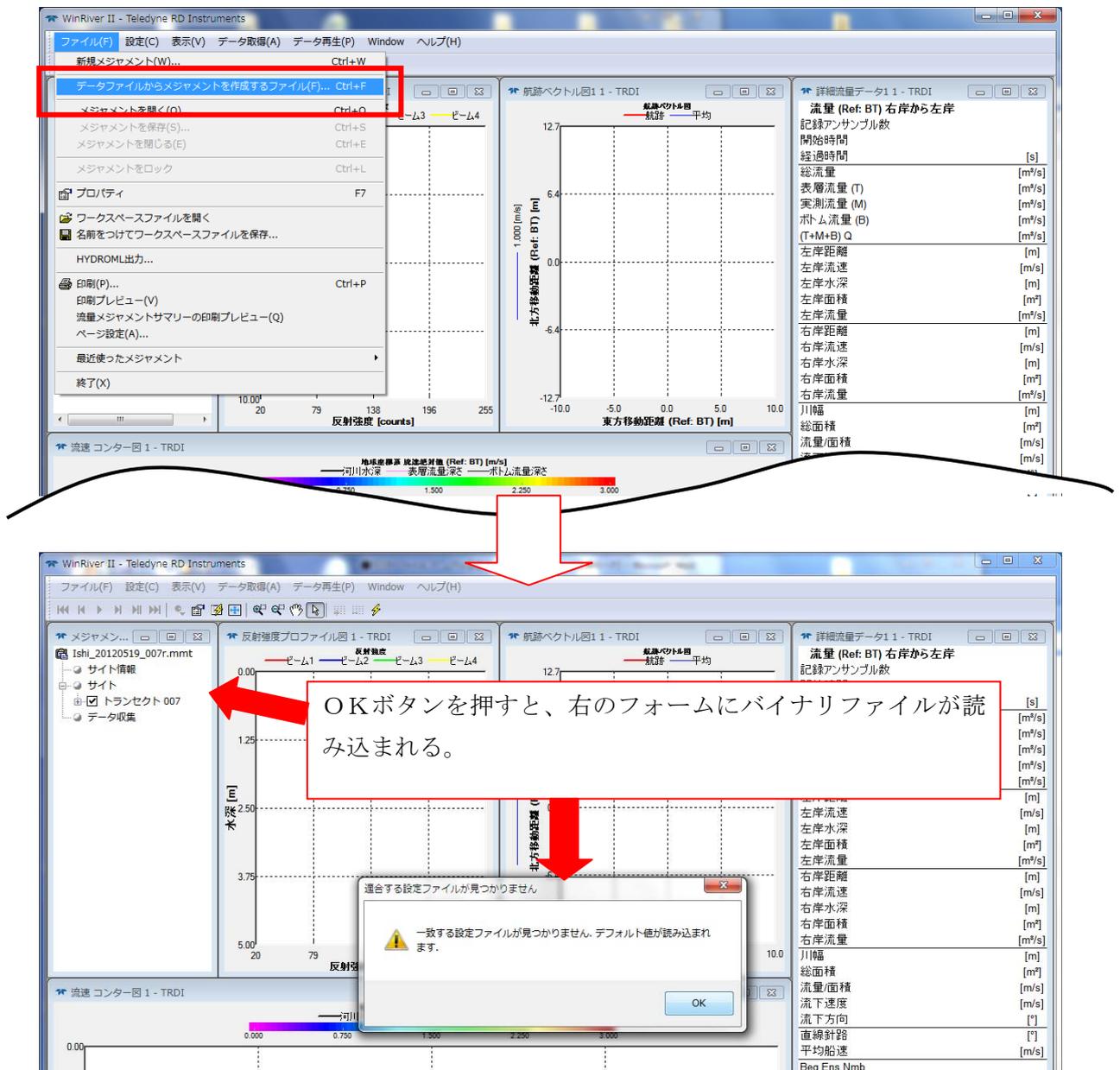
TRDI_001r.000	→	Yamato_0519_001L(orR).000
元々のファイル名		地点 日付 連番 右岸左岸

A-6.3 WinRiver での観測データのチェック

TRDI 社の WinRiver もしくは WinRiver II にてデータの取得状況をチェックする。WinRiver II の日本語版が暫定リリースされているため、それを使ったチェック手順を以下に示す。

A-6.3.1 データの読込

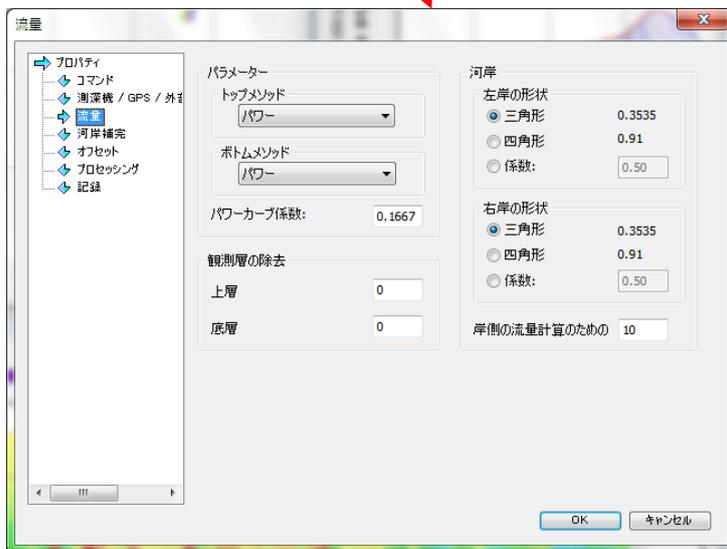
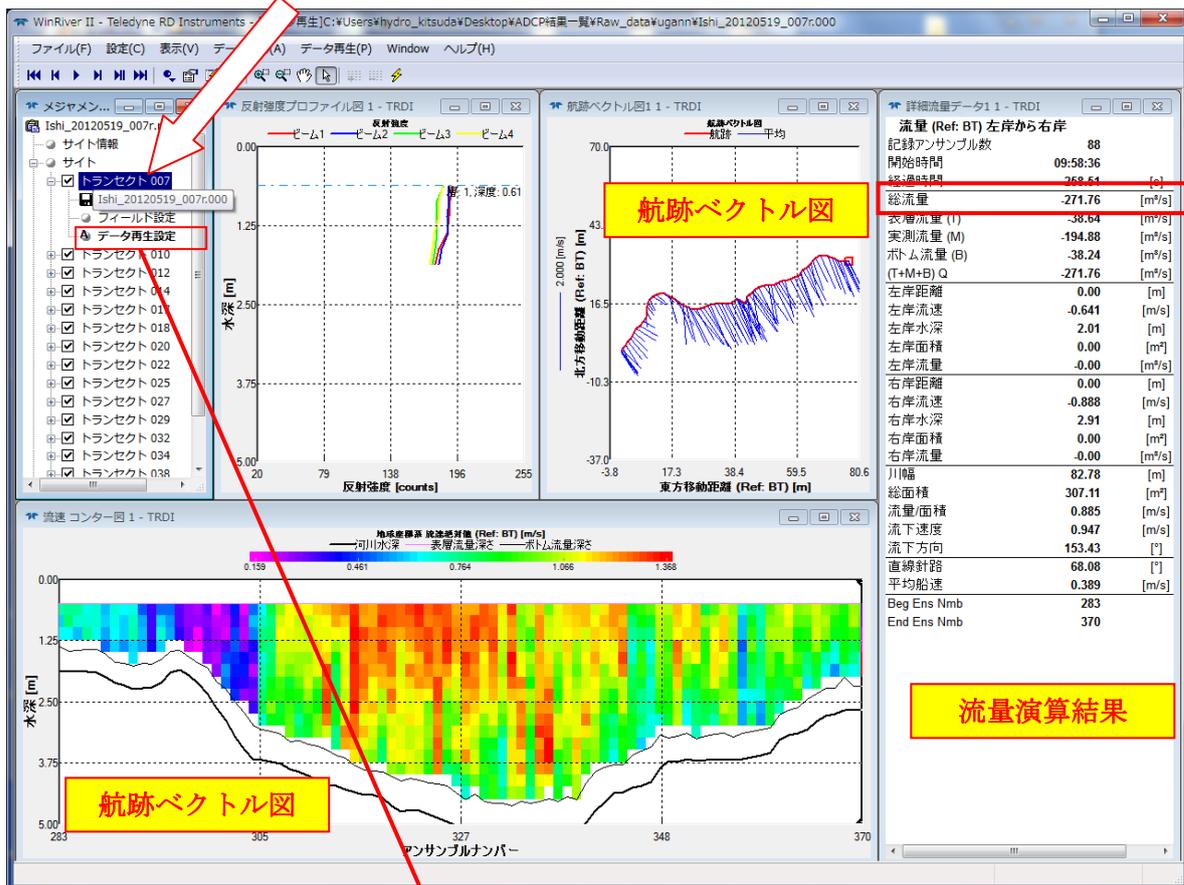
下図は、WinRiver II の起動画面である。データの読込方法が従来の WinRiver と異なる。下図赤枠の「データファイルからメジャメントを作成する」を選択し、ダイアログ上から複数のバイナリーデータを選択する。それら複数のバイナリーデータのグループ管理のことを「メジャメント」と表現している。



A-6.3.2 航跡ベクトル図、コンタ図のチェック

トランゼクトナンバーをクリックしてバイナリーデータを読み込み、航跡ベクトル図、断面コンタ図を描画させる。

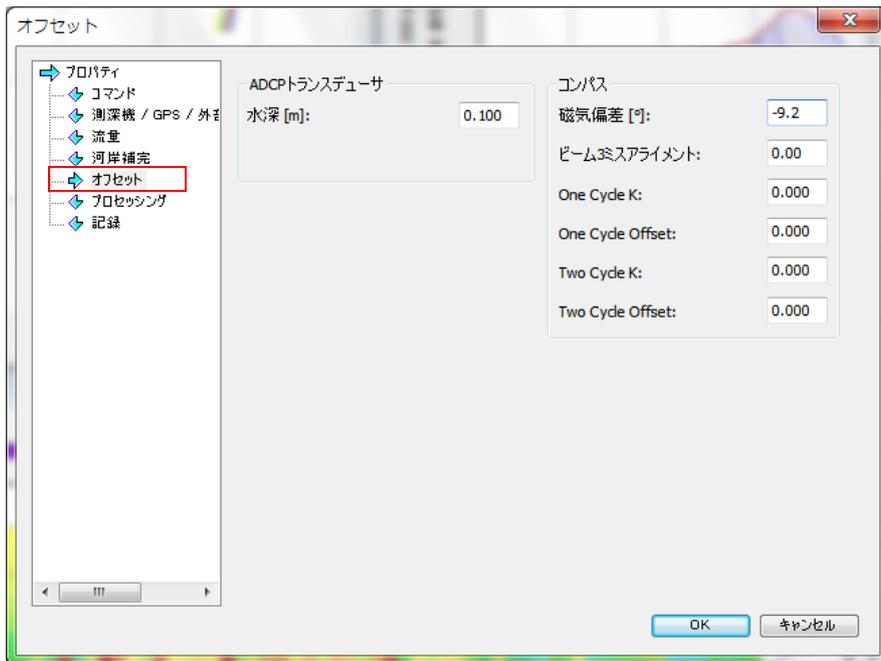
トランゼクトナンバーをクリックするとデータが読み込まれ、表示される。この時、クリックした順番で流量総括表が作成されるため、上から順番にクリックする必要がある。



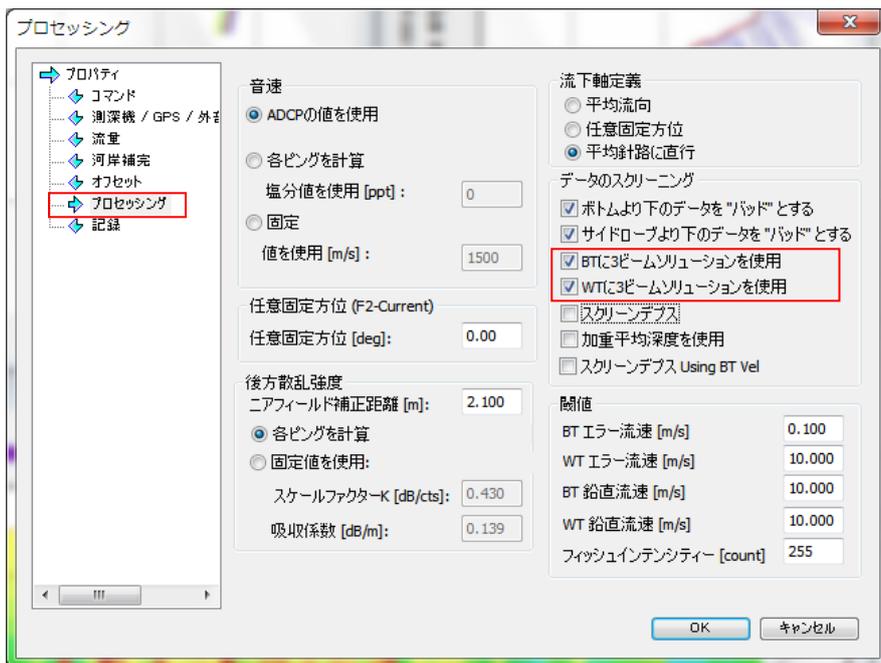
「データ再生設定」をクリックすると、流量計算のためのパラメーター設定画面が表示される。

表層と底層の補完方法は、「パワー」が良く合う様であるが、若干大きめに算出される。

補完方法の詳細は、6.9 に詳述。



ADCP の吃水深、磁気偏角を入力する。ADCP の吃水深で流量計算結果が数%変化する。磁気偏角は流量演算結果に影響しないが、航跡ベクトル図の描画に影響する。



3 ビームソリューションにチェックを入れると、データ欠損が少なくなる可能性がある。

流下軸定義は、「平均進路に直交」を選択する。これは、各アンサンブル毎の進行方向に直交する成分を流下軸と定義して流量算出する方法である。

A-6.3.3 流量総括表の出力

全てのトランゼクトナンバーをクリックして、「流量サマリー」をクリックすると、流量総括表が表示される。総括表上で右クリックすることでコピーメニューが表示されるため、コピーを選択して、エクセルに貼り付けることができる。

The screenshot shows the WinRiver II interface with the '流量サマリー' (Flow Summary) window open. A red box highlights the 'Ishi038' row in the table, and another red box highlights the context menu options 'コピー(C)' (Copy) and 'プロパティ(P)...' (Properties) that appear upon right-clicking. A red arrow points from the context menu to the Excel application window below.

トランゼクト	開始位置	トランスクリ	開始時間	総流量	流量差	表層流量	実測流量	ボトム流量	左岸流量	岸までの距離	右岸流量	岸からの距離	川幅	総面積	流量/面積
Ishi007	左辺	88	09:58:36	-279.832	-0.42	-46.714	-194.878	-38.240	-0.000	0.00	-0.000	0.00	82.78	315.39	0.887
Ishi010	左辺	78	11:00:06	-277.586	-1.22	-42.683	-194.224	-40.679	-0.000	0.00	-0.000	0.00	90.01	304.17	0.913
Ishi012	左辺	135	11:51:42	-281.303	0.10	-43.272	-197.052	-40.978	-0.000	0.00	-0.000	0.00	90.35	308.94	0.911
Ishi014	左辺	77	13:00:13	-280.216	-0.29	-40.572	-199.913	-39.730	-0.000	0.00	-0.000	0.00	85.73	314.14	0.892
Ishi017	左辺	96	13:59:57	-282.889	0.67	-42.441	-200.638	-39.810	-0.000	0.00	-0.000	0.00	88.15	314.61	0.899
Ishi018	左辺	99	14:34:40	-292.773	4.18	-45.309	-205.633	-41.831	-0.000	0.00	-0.000	0.00	95.46	325.74	0.899
Ishi020	左辺	93	15:00:51	-291.649	3.78	-41.333	-209.286	-41.030	-0.000	0.00	-0.000	0.00	92.73	349.24	0.835
Ishi022	左辺	68	15:59:55	-294.995	4.97	-46.425	-203.872	-44.699	-0.000	0.00	-0.000	0.00	104.51	338.57	0.871
Ishi025	左辺	76	18:01:15	-279.977	-0.37	-40.374	-200.217	-39.385	-0.000	0.00	-0.000	0.00	91.61	335.79	0.834
Ishi027	左辺	74	18:59:38	-275.382	-2.01	-41.118	-194.001	-40.263	-0.000	0.00	-0.000	0.00	95.13	335.80	0.820
Ishi029	左辺	101	19:59:47	-274.677	-2.26	-39.757	-195.136	-39.784	-0.000	0.00	-0.000	0.00	95.38	342.68	0.802
Ishi032	左辺	73	09:05:14	-281.894	0.31	-43.987	-195.696	-42.211	-0.000	0.00	-0.000	0.00	100.40	330.07	0.854
Ishi034	左辺	126	10:02:51	-278.905	-0.75	-42.035	-196.397	-40.474	-0.000	0.00	-0.000	0.00	101.45	335.13	0.832
Ishi038	左辺	65	11:41:30	-262.182	-5.70	-42.276	-187.069	-37.839	-0.000	0.00	-0.000	0.00	86.26	324.29	0.808
平均		89		-281.019	0.00	-42.578	-198.144	-40.497	0.00	0.00	0.00	0.00	92.85	326.75	0.861
標準偏差		21		8.307	2.96	2.634	5.623	1.709	0.00	0.00	0.00	0.00	6.32	13.63	0.039
Std./Avg.]		0.24		0.03	0.00	0.06	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04	0.05

The screenshot shows the Microsoft Excel application with the flow summary data from the previous window pasted into a spreadsheet. The data is organized into columns corresponding to the headers in the WinRiver II table.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6		Ishi007	左辺	88	9:58:36	-279.832	-0.42	-46.714	-194.878	-38.240	0	0	0	0	82.78	315.39	0.887	0.889	0.947	14
7		Ishi010	左辺	78	11:00:06	-277.586	-1.22	-42.683	-194.224	-40.679	0	0	0	0	90.01	304.17	0.913	0.424	0.956	15
8		Ishi012	左辺	135	11:51:42	-281.303	0.10	-43.272	-197.052	-40.978	0	0	0	0	90.35	308.94	0.911	0.282	0.841	15
9		Ishi014	左辺	77	13:00:13	-280.216	-0.29	-40.572	-199.913	-39.730	0	0	0	0	85.73	314.14	0.892	0.457	0.908	15
10		Ishi017	左辺	96	13:59:57	-282.889	0.67	-42.441	-200.638	-39.810	0	0	0	0	88.15	314.61	0.899	0.413	0.893	15
11		Ishi018	左辺	99	14:34:40	-292.773	4.18	-45.309	-205.633	-41.831	0	0	0	0	95.46	325.74	0.899	0.426	0.816	15
12		Ishi020	左辺	93	15:00:51	-291.649	3.78	-41.333	-209.286	-41.030	0	0	0	0	92.73	349.24	0.835	0.419	0.855	15
13		Ishi022	左辺	68	15:59:55	-294.995	4.97	-46.425	-203.872	-44.699	0	0	0	0	104.51	338.57	0.871	0.517	0.920	15
14		Ishi025	左辺	76	18:01:15	-279.977	-0.37	-40.374	-200.217	-39.385	0	0	0	0	91.61	335.79	0.834	0.493	0.814	15
15		Ishi027	左辺	74	18:59:38	-275.382	-2.01	-41.118	-194.001	-40.263	0	0	0	0	95.13	335.80	0.82	0.5	0.833	15
16		Ishi029	左辺	101	19:59:47	-274.677	-2.26	-39.757	-195.136	-39.784	0	0	0	0	95.38	342.68	0.802	0.378	0.768	15
17		Ishi032	左辺	73	9:05:14	-281.894	0.31	-43.987	-195.696	-42.211	0	0	0	0	100.40	330.07	0.854	0.495	0.852	15
18		Ishi034	左辺	126	10:02:51	-278.905	-0.75	-42.035	-196.397	-40.474	0	0	0	0	101.45	335.13	0.832	0.353	0.729	15
19		Ishi038	左辺	65	11:41:30	-262.182	-5.70	-42.276	-187.069	-37.839	0	0	0	0	86.26	324.29	0.808	0.596	0.798	15
20		平均		89		-281.019	0.00	-42.578	-198.144	-40.497	0	0	0	0	92.85	326.75	0.861	0.439	0.847	15
21		標準偏差		21		8.307	2.96	2.634	5.623	1.709	0	0	0	0	6.32	13.63	0.039	0.079	0.068	15
22		Std./Avg.]		0.24		0.03	0.00	0.06	0.03	0.04	0	0	0	0	0.07	0.04	0.05	0.18	0.08	15
23																				
24																				
25																				

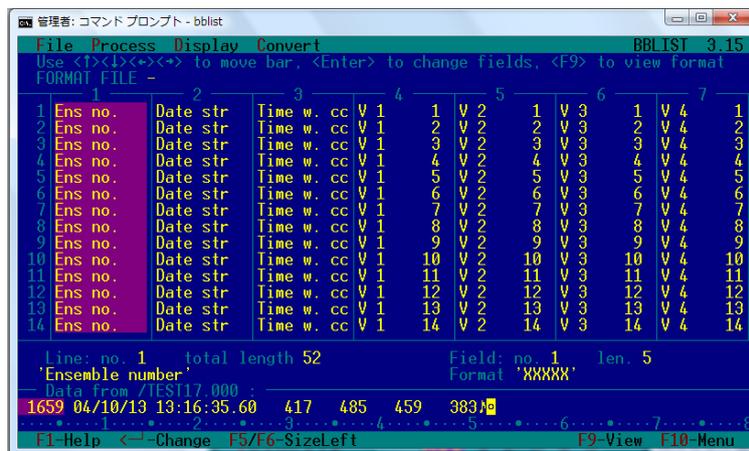
A-6.4 テキストデータの出力

ADCP の生データはバイナリー形式で記録されている為、そのままエクセル等でデータ処理を行う事はできない。

バイナリーデータからテキストデータを出力する方法は、TRDI が提供する WinRiver、WinADCP、WinRiver II、BBLIST を使う方法、および、ハイドロシステム開発社製の VisualADCPtools を使う方法がある。以下に、テキスト出力の各種方法を説明する。

A-6.4.1 BBLIST

BBLIST は、「RDI Tools」に含まれるアプリケーションで、Dos プロンプト（コマンドプロンプト：英語バージョン）上で作動するソフトウェアである。BBLIST で出力できる内容は、基本的に ADCP データのみであるため、GNSS 等の補助データは出力データに含まれない。しかし、他の Windows ソフトウェアでは出力することができないボトムトラックの反射強度、コリレーション等細部のデータの表示/テキスト出力が行えるため詳細な解析を行う場合に用いられる。また、ユーザーが必要な項目のみを選択して、任意の項目を任意のフォーマットで出力できるという柔軟性を備えているが、Windows ソフトウェアでは無いので作業には相当慣れが必要である。



```
管理: コマンドプロンプト - bblis
File Process Display Convert BBLIST 3.15
Use <F><L><R><+><-> to move bar, <Enter> to change fields, <F9> to view format
FORMAT FILE -
1 2 3 4 5 6 7
1 Ens no. Date str Time w. cc V 1 1 V 2 1 V 3 1 V 4 1
2 Ens no. Date str Time w. cc V 1 2 V 2 2 V 3 2 V 4 2
3 Ens no. Date str Time w. cc V 1 3 V 2 3 V 3 3 V 4 3
4 Ens no. Date str Time w. cc V 1 4 V 2 4 V 3 4 V 4 4
5 Ens no. Date str Time w. cc V 1 5 V 2 5 V 3 5 V 4 5
6 Ens no. Date str Time w. cc V 1 6 V 2 6 V 3 6 V 4 6
7 Ens no. Date str Time w. cc V 1 7 V 2 7 V 3 7 V 4 7
8 Ens no. Date str Time w. cc V 1 8 V 2 8 V 3 8 V 4 8
9 Ens no. Date str Time w. cc V 1 9 V 2 9 V 3 9 V 4 9
10 Ens no. Date str Time w. cc V 1 10 V 2 10 V 3 10 V 4 10
11 Ens no. Date str Time w. cc V 1 11 V 2 11 V 3 11 V 4 11
12 Ens no. Date str Time w. cc V 1 12 V 2 12 V 3 12 V 4 12
13 Ens no. Date str Time w. cc V 1 13 V 2 13 V 3 13 V 4 13
14 Ens no. Date str Time w. cc V 1 14 V 2 14 V 3 14 V 4 14
Line: no. 1 total length 52 Field: no. 1 len. 5
'Ensemble number' Format 'XXXXX'
Data from 113117.000 :
1659 04/10/13 13:16:35.60 417 485 459 383
1 2 3 4 5 6 7 8
F1-Help <←>Change F5/F6-SizeLeft F9-View F10-Menu
```

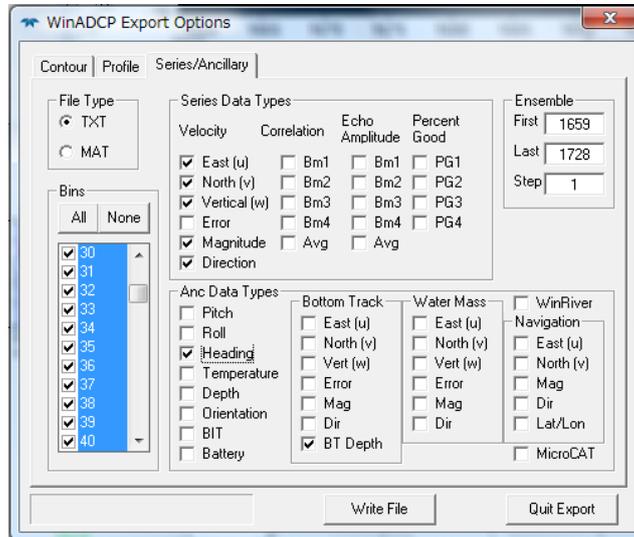
A-6.4.2 WinADCP

WinADCP は Windows 上で作動するソフトウェアである。

定点観測および移動観測で取得した ADCP データを図化し、テキスト形式で表示/出力することが出来る。また、WinRiver、WinRiver II、VmDas で GNSS のデータを同時に取り込んだ場合は、GNSS データも表示/出力することができる。

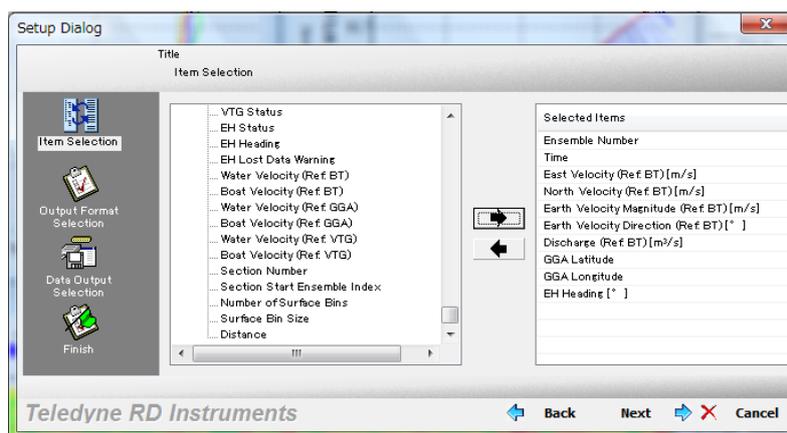
基本的には BBLIST 同様、取得したデータをありのまま出力することができる。従って、流速、流向、反射強度、ボトムトラック機能で計測した水深など、通常のデータ処理に用いるような項目は全て変換/出力することが可能であるが、元々海洋観測で収集したデータを処理することを念

頭に置いて設計されているため、流量の算出/出力や、流下軸方向、偏角等を補正して出力することはできない。

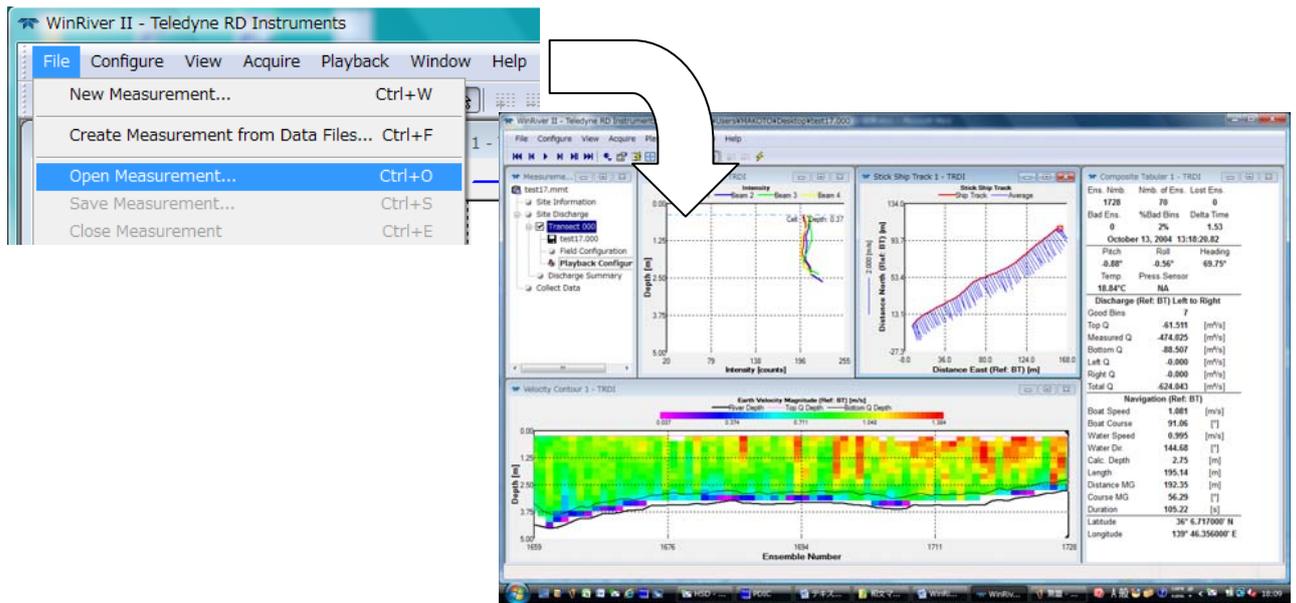


A-6.4.3 WinRiver II

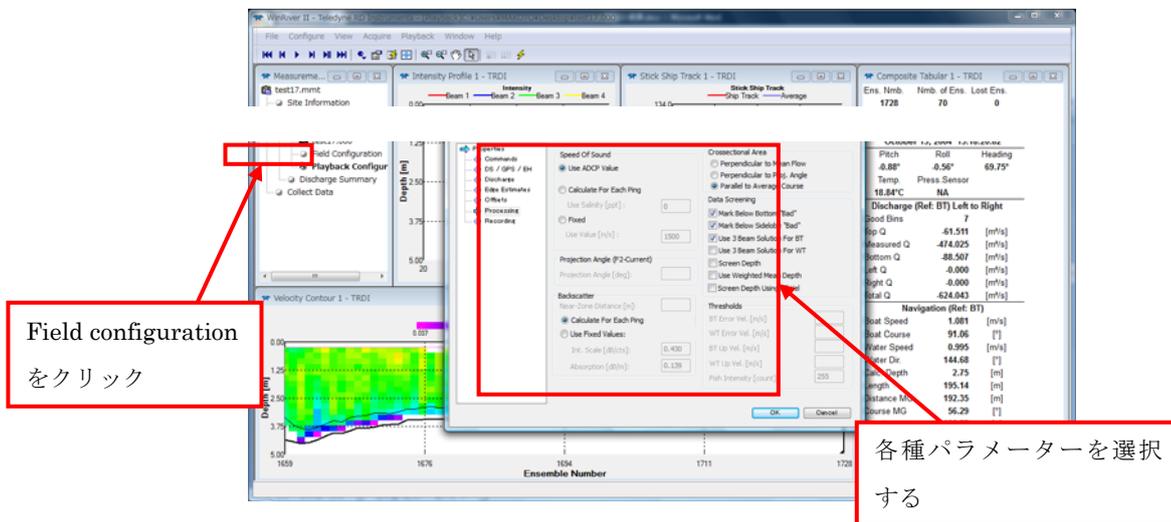
WinRiver IIは河川流量観測用途に設計された Windows 上で作動するソフトウェアである。ADCPを始め、GNSS、外部コンパス、測深機などの補助機器のデータを表示/出力することができる。また、流下軸、偏角などの補正、流量の算出なども行え、それらのデータをテキスト形式で出力することが可能である。また、BBList同様、任意のデータを任意の順番に並べてテキストに変換/出力することができる。



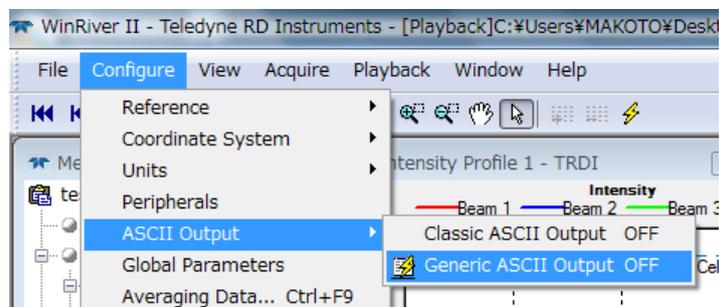
①バイナリーファイルを読み込んで、ファイル情報を確認する。



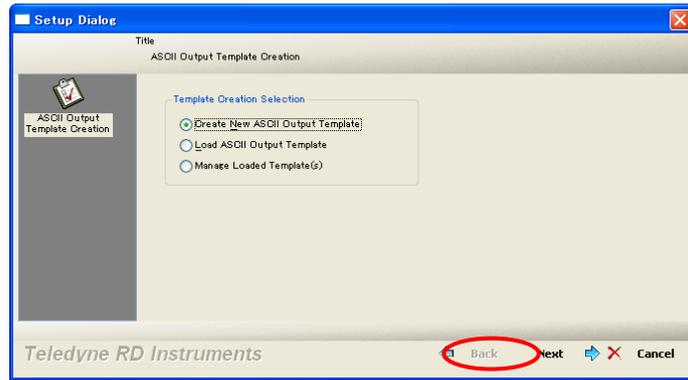
②各種パラメーターを設定する



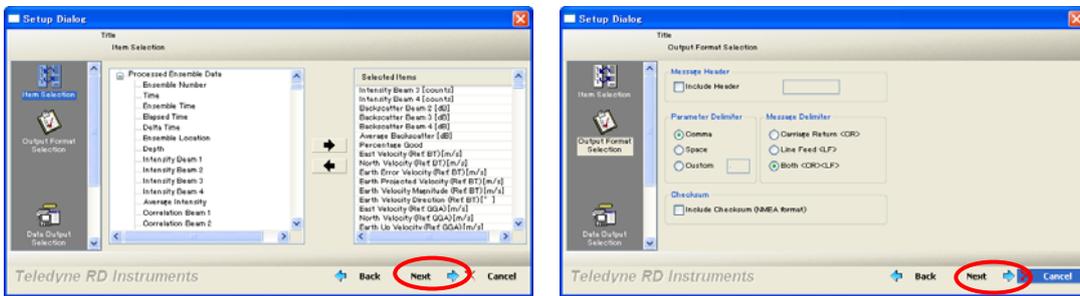
③ [Generic ASCII Output]を選択する。



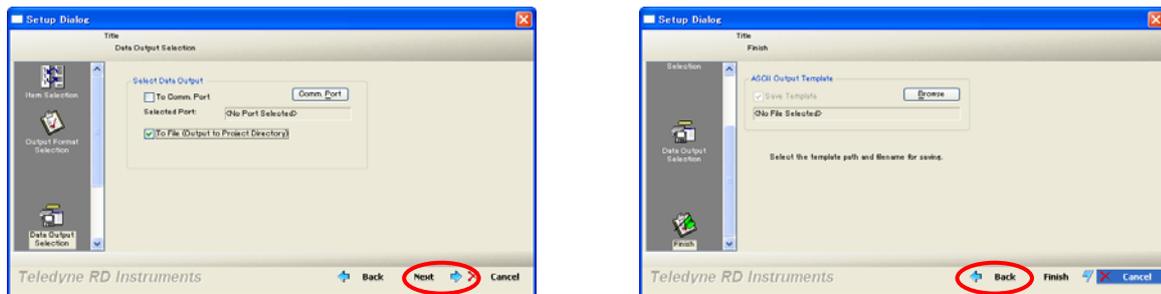
④ 「Create New ASCII Output Template」 を選択して 「Next」 をクリックする。



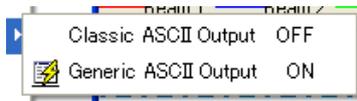
⑤ 「Item Selection」で、出力したい情報を選択して「Next」をクリックし、「Output Format Selection」で、必要な項目にチェックして「Next」をクリック。



⑥ 「Output Format Selection」で、必要な項目にチェックして「Next」をクリックし、Browse ボタンをクリックし、Template の保存場所と保存名を選択/入力して「Finish」をクリックする。



⑦メニュー[Configure]-[ASCII Output]で、[Generic ASCII Output]が「ON」になっていれば、読み込んだデータがテキスト変換される。



A-6.5 未測エリアの補完

不感帯においては ADCP により流速データが得られていないので、計測部のデータを用いて流量を補完処理する。

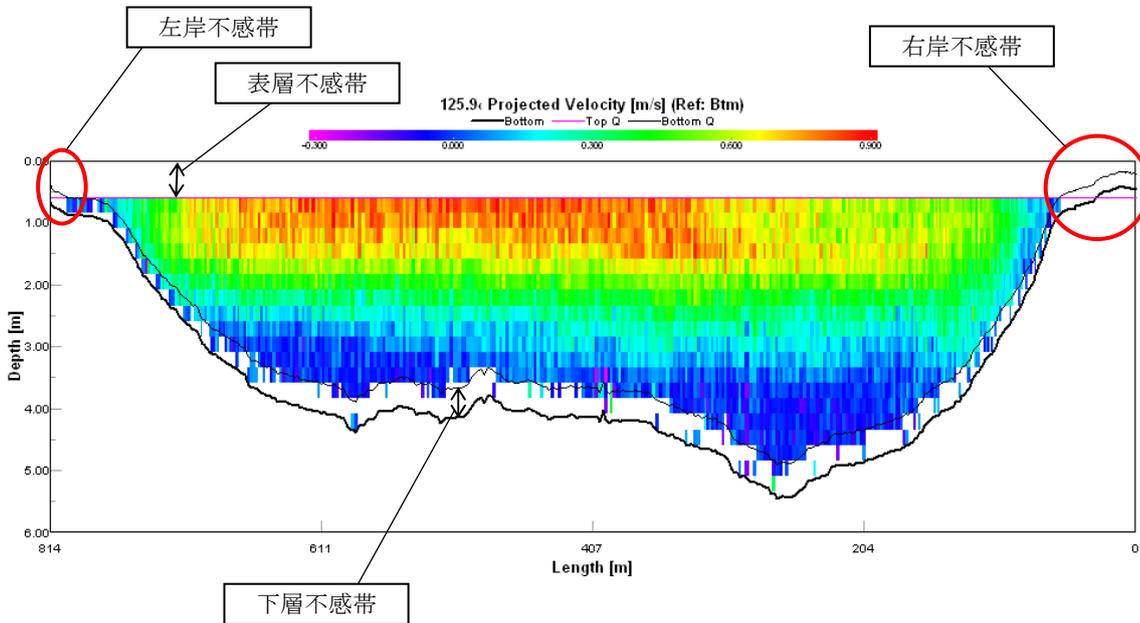


図 6-2 ADCP 観測における不感帯発生箇所

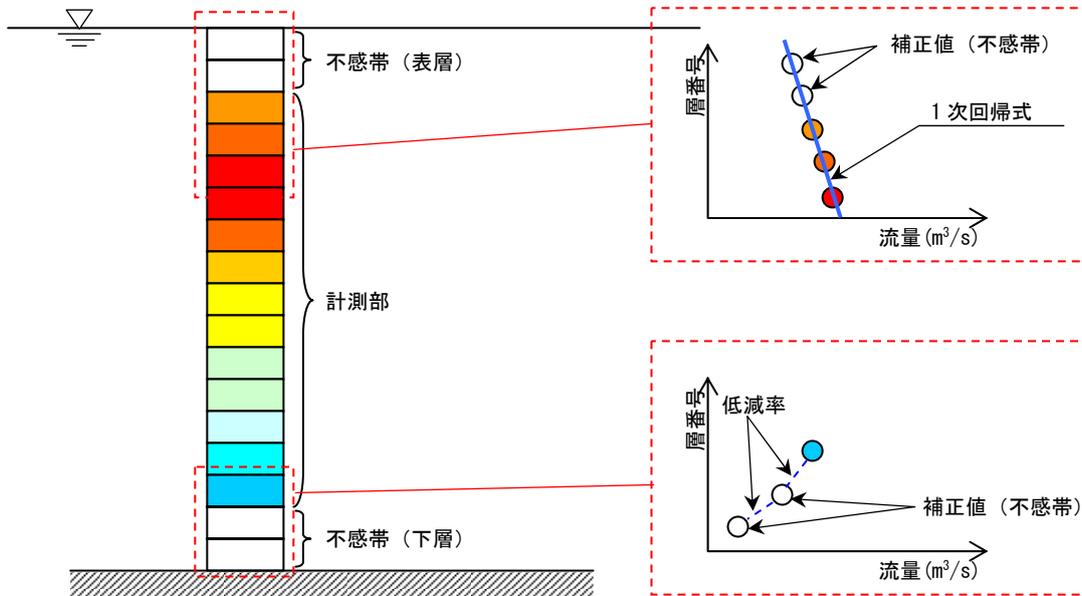


図 6-3 アンサンブルにおける不感帯の補完 (外層) イメージ

(1) 表層不感帯の補完方法

ADCP 表層不感帯の補完を行うために、表層不感帯のうち水面からトランスデューサーまでの吃水深については事前に把握し記録しておく必要がある。

表層不感帯の補完方法には下記の方法がある。

- ①ADCP 計測域の最も表層に近い流速値を不感帯の流速値とする方法 (Constant 法)
- ②ADCP 計測域の流速値を指数関数で近似し表層の流速値を得る方法 (Power 法)
- ③ADCP 表層不感帯直下の 3 つのセルの流速値から直線近似により表層の流速値を求める方法 (3-Pt Slope 法)

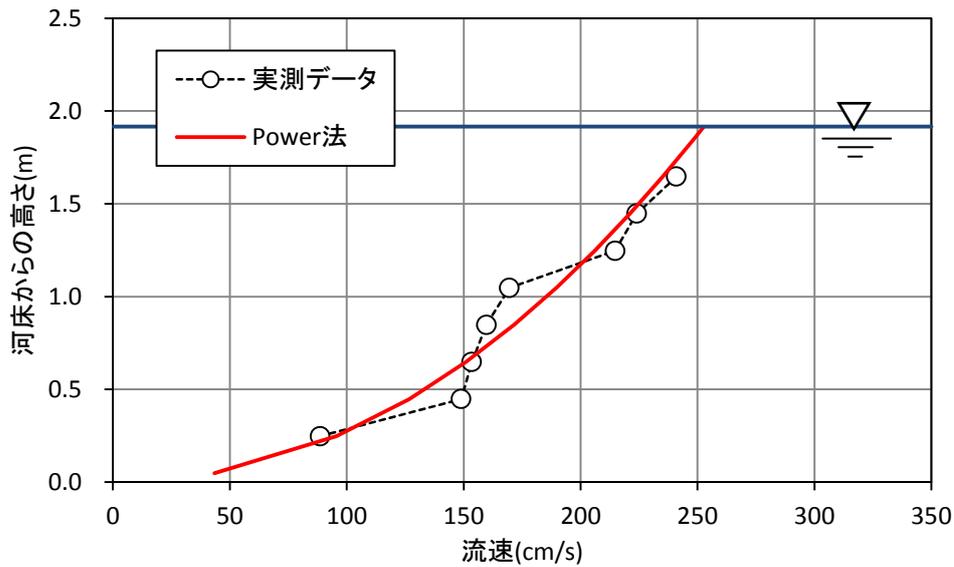
(2) 底層不感帯の補完方法

底層不感帯の補完方法には下記の方法がある。

- ①ADCP 計測域の最も底層に近い流速値を不感帯の流速値とする方法 (Constant 法)
- ②ADCP 計測域の流速値を指数関数で近似し下層の流速値を得る方法 (Power 法)
- ③河床の流速を 0m/s と仮定し、ADCP 計測域の流速値を指数関数で近似し底層の流速値を得る方法 (No Slop 法)

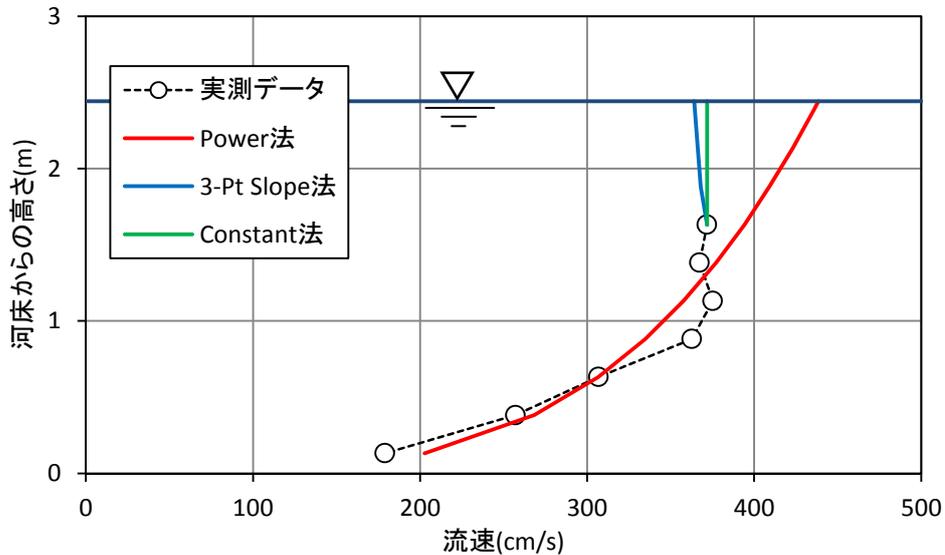
WinRiver II では、Power 法がデフォルトでよく使われる様であるが、実際に使用する補完方法については、気象条件や河床変動の有無に応じて選定する。以下に気象条件や河床変動の有無に基づく、補完方法の選定の一例を提示する。また、補完した方法および観測を実施した際の気象条件、河床変動の有無について報告書に示すことが肝要である。

ケース 1：気象条件→無風（微風）、河床変動→なし



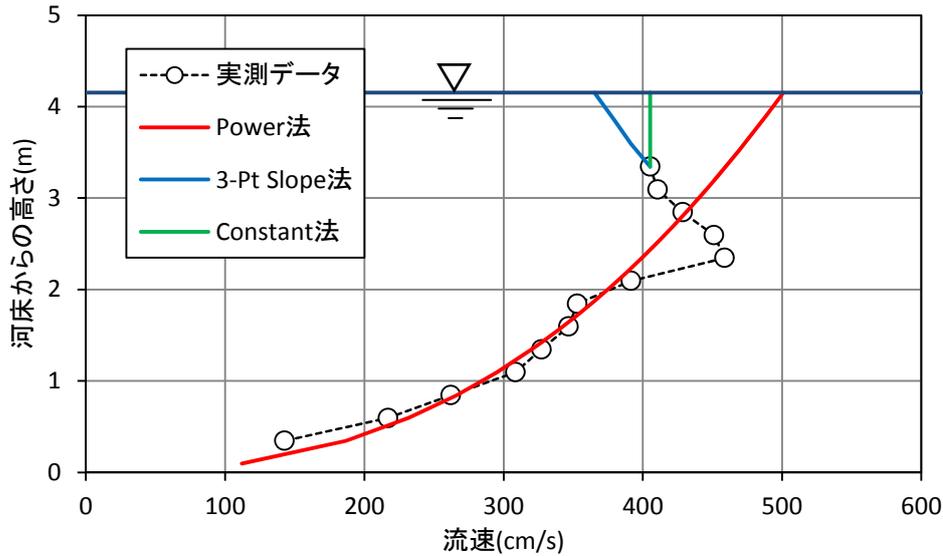
無風（あるいは微風）で河床変動がない状況においては、上図のように上層不感帯、下層不感帯ともに Power 法による補完が妥当であると考えられる。

ケース 2：気象条件→強風、河床変動→なし



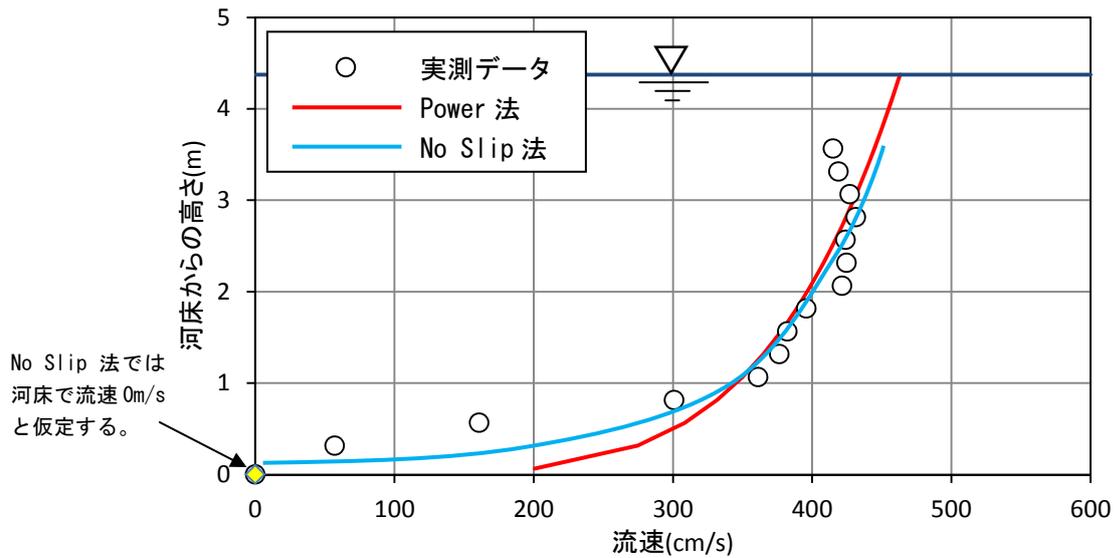
例えば流れの向きとは逆流向きに強い風が吹いている状況を考える。（河床変動はなし）

この場合、強風の影響で河川表層付近では流速が遅くなる傾向が見られる。このような場合には、上層不感帯では 3-Pt Slope 法または Constant 法が適している。



さらに風（流れの逆流向き）が強い場合、河川表層付近において流速分布に顕著な逆勾配が生じる場合がある。このような場合は上層不感帯においては 3-Pt Slope 法が適している。

ケース 3：河床変動→あり



顕著な河床変動が生じている場合、河床付近の流速分布が影響を受けると考えられる。上図は急な河床低下が確認できた際の、ADCP による鉛直方向流速分布計測結果である。河床が急激に低下するような場合、河床付近で流速が大きく低減することがあり、このような場合に下層不感帯について Power 法を用いると、流量を多く見積もる可能性がある。このような場合には No Slip 法が適している。

(3) 左右岸際不感帯の補完方法

ADCP 観測の左右岸際不感帯の補完のために、観測毎に水際から ADCP 観測起点及び終点まで距離を計測し記録しておく必要がある。

左右岸際不感帯の補完方法が下記の方法がある。

- ・ 観測開始時のアンサンブル、もしくは観測終了時のアンサンブルから岸際までの区間（左右岸際不感帯）の流量は以下の式で求める。

$$Q_{beg} = C \cdot V_{beg} \cdot L_{beg} \cdot H_{beg}$$

$$Q_{end} = C \cdot V_{end} \cdot L_{end} \cdot H_{end}$$

- ・ 添字 beg、end はそれぞれ最初のアンサンブルおよび最後のアンサンブルから岸際までの区間を意味する。
- ・ V は対象区間の平均流速、 H は水深、 L は最初のアンサンブル、もしくは最後のアンサンブルから岸際までの距離である。C は河道の形状によって決まる定数で、対象区間が三角形断面のときは $C=0.3535$ 、矩形断面のときは $C=0.91$ を用いる。
- ・ ただし、実際の対象区間の断面は三角形断面や矩形断面に近い形にならない場合がある。このような場合は、洪水前後に ADCP 観測断面において横断測量を実施し、その断面形状を把握する必要がある。また、ADCP 横断観測起点のアンサンブル、もしくは終点のアンサンブルの流速を水際部まで一様とし、断面積のみを三角形断面や矩形断面として流量を算出している。ADCP 横断観測起点のアンサンブル、もしくは終点のアンサンブルの流速が水際部でゼロとなるように補完する方法が考えられる。可搬型流速計を用いた流量観測においては、水際部で死水域が確認できる場合はその境界を明らかにし、その境界までの範囲内で流量を算出している。水際部で死水域が確認できない場合は、水際部に一番近い流速測線の流速値に水際までの断面積を乗じて流量値を算出している。このことから、ADCP 観測においても横断観測起点のアンサンブル、もしくは終点のアンサンブルの流速を水際部まで一様とし、断面積のみを三角形断面や矩形断面として流量を算出することを原則とする。なお、ADCP 観測において水際の死水域が確認できる場合はこの限りでない。

(4) 計測不能域の流量値の扱い

中規模出水時等で高水敷まで水位が上がり、低水路境界から堤防までの区間について水深の浅い区間が生じる場合がある。その際は、その対象区間の河道全体に対する分担流量を把握するためにも、橋上操作艇が河床、河岸に接触しない範囲で可能な限り計測を実施することとする。計測不能域の流量値の扱いは、計測可能範囲および分担流量を鑑み、下記の通り取り扱うこととする。

a) 高水敷全体で ADCP 観測による流速値が得られ場合

高水敷部分の流量も含めて河道全体の流量値として算出する。水際部については左右岸水際の補完方法により流量値を算出する。

b) 高水敷の一部で ADCP 観測による流速値が得られる場合

高水敷で観測された一部分の計測データから死水域の有無を判断する。死水域と判断された場合は、高水敷の流量はゼロとする。

高水敷の計測データから流速が確認された場合は、高水敷の断面形状、流れの状況を鑑み全体の流量値を左右岸水際の補完方法により求める。

c) 高水敷全体で ADCP 観測による流速値が得られない場合

別の観測手法（可搬型流速計等）により高水敷全体の流量を別途観測する。

また、上記のいずれの場合も、低水路部分と高水敷部分の流量値を分けて算出するものとする。

A-6.6 航跡ベクトル図と断面コンタ図の描画

データ処理が一通り完了したら、流量を算出するデータを使って、航跡ベクトル図および断面コンタ図を描画させ、ノイズデータや異常値が含まれていないか、視覚的にチェックを行う。

A-6.7 流量の算出

流量の算出は、低水路と高水敷を分けて算出するとともに、それぞれを計測部と不感帯（計測不能域）に分けて算出する。各流量値を合計して全断面流量とする。

A-6.7.1 全断面流量の算出

全断面を通過する流量 Q については、下記の式で算出される。

- ① 低水路部流量 = 計測部流量 + 表層不感部流量 + 下層不感部流量 + 左右岸不感部流量
- ② 高水敷部流量 = 計測部流量 + 表層不感部流量 + 下層不感部流量 + 左右岸不感部流量
- ③ 全断面流量 = 低水路部流量 + 高水敷部流量

A-6.7.2 計測部の流量算出

各セルにおける流量 q_i を算出する。 q_i は各セルの流速 V_i × 各セルの面積 A_i （設定層厚 × 1 アンサンブル幅）により算出される。

よって、1 断面内における計測部の合計流量は、次式の用に示される。

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n (V_i \times A_i)$$

※1 横断観測における各セルの流量 q_i の総和が計測部流量 Q となる。

A-6.7.3 全断面平均流速の算出

全断面平均流速の算出は、全断面流量値を断面積で除して算出する。

A-6.8 流量算出結果のサンプル

流量計算結果表および水位流量ハイドログラフのサンプルを以下に示す。流量結果表は、断面積、水面幅、平均流速、最大流速などの付帯情報も合わせて提示することが望ましい。また、計算した流量以外に、WinRiver IIなどで算出した流量も検証のために比較しておくことで計算の妥当性が判断できる。

表 6-1 流量総括表

No	観測時間	曳航	Raw file name	開始時間	終了時間	流量 (m ³ /s)	プラス流量 (m ³ /s)	マイナス流 量 (m ³ /s)	断面積 (m ²)	水面幅 (m)	平均流速 (cm/s)	最大流速 (cm/s)	WR II 流量 (m ³ /s)	流量差 (m ³ /s)
1	2012/5/19 10:00	R→L	Ishi_20120519_007r.000	2012/05/19 09:58:36	2012/05/19 10:02:55	259.3	259.3	0.0	317	84.0	78.7	131.3	258.5	0.8
2	2012/5/19 11:00	R→L	Ishi_20120519_010r.000	2012/05/19 11:00:06	2012/05/19 11:04:03	273.2	273.2	0.0	306	88.0	87.7	133.7	277.6	4.4
3	2012/5/19 12:00	R→L	Ishi_20120519_012r.000	2012/05/19 11:54:13	2012/05/19 11:58:36	280.7	280.7	0.0	309	88.0	86.5	132.0	281.3	0.6
4	2012/5/19 13:00	R→L	Ishi_20120519_014r.000	2012/05/19 13:00:13	2012/05/19 13:03:59	273.0	273.0	0.0	317	84.0	83.6	136.6	280.2	7.2
5	2012/5/19 14:00	R→L	Ishi_20120519_017r.000	2012/05/19 14:00:49	2012/05/19 14:04:44	284.6	284.6	0.0	311	86.0	88.0	135.6	282.9	1.8
6	2012/5/19 14:30	R→L	Ishi_20120519_018r.000	2012/05/19 14:36:10	2012/05/19 14:39:38	289.7	289.7	0.0	319	90.0	87.6	136.1	292.8	3.0
7	2012/5/19 15:00	R→L	Ishi_20120519_020r.000	2012/05/19 15:00:51	2012/05/19 15:05:22	290.0	290.0	0.0	351	92.0	75.4	134.5	291.7	1.7
8	2012/5/19 16:00	R→L	Ishi_20120519_022r.000	2012/05/19 15:59:55	2012/05/19 16:03:15	280.5	280.5	0.0	328	94.0	84.7	137.0	295.0	14.5
9	2012/5/19 18:00	R→L	Ishi_20120519_025r.000	2012/05/19 18:01:15	2012/05/19 18:04:55	270.0	270.0	0.0	339	90.0	78.9	123.3	280.0	10.0
10	2012/5/19 19:00	R→L	Ishi_20120519_027r.000	2012/05/19 18:59:38	2012/05/19 19:03:16	274.1	274.1	0.0	340	94.0	79.8	125.9	275.4	1.2
11	2012/5/19 20:00	R→L	Ishi_20120519_029r.000	2012/05/19 19:59:47	2012/05/19 20:04:53	259.3	259.3	0.0	347	94.0	73.9	124.6	274.7	15.4

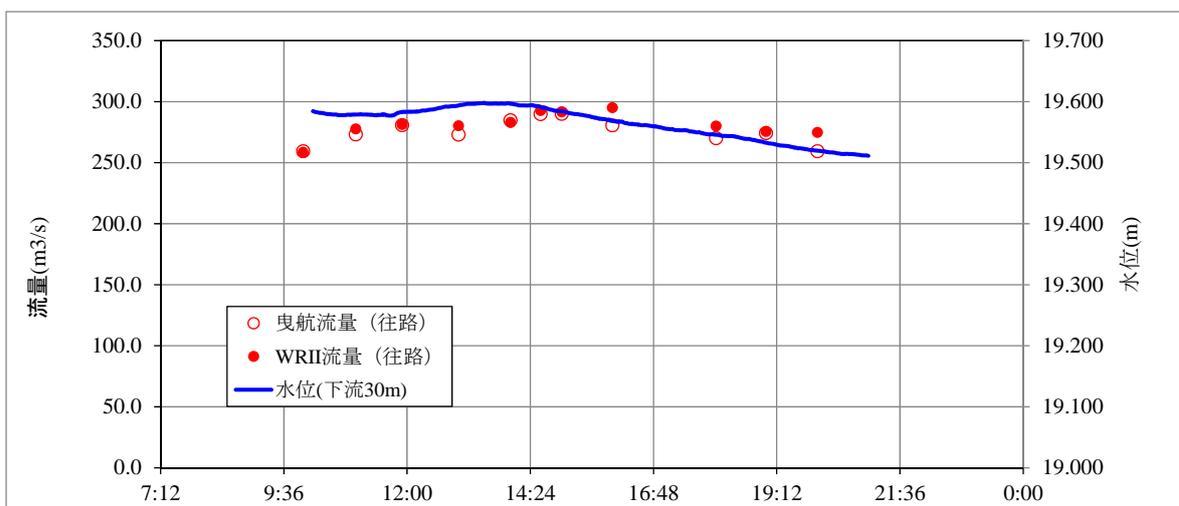


図 6-4 水位流量流量結果グラフ

A-7. 業務発注仕様書案および積算事例

A-7.1 仕様書案

ADCP 洪水流量観測業務の発注仕様書案を以下に示す。

第四章 流況・流量観測

第1条 観測内容

観測地点において下記の手法を用いた流況・流量観測を行う。各手法を用いた観測は1時間に1回実施することを原則とする。観測手法の詳細は、ADCP 観測マニュアル(案)に準拠すること。

第2条 高水流況・流量観測

1. 観測回数

観測回数は3回を基本とする。観測対象期間は7月から9月末までの3ヶ月間とする。この対象期間内においては、他の業務などで観測機材が調達できないという事態が無いように、必要な観測機材を本観測専用確保しておくこと。

2. 観測の実施

(1)観測の開始

観測の開始は発注者の指示に従い行うものとする。洪水の発生が予想されても発注者から指示が無い場合には、受注者は発注者に対して高水流況・流量観測の実施を要請しなければならない。発注者が出動を指示した際には、ただちに出勤体制をとり、少なくとも4時間以内に観測を開始しなければならない。

(2)観測時間・間隔

観測は原則として流量ピークを含めた24時間の観測を3回実施する。ただし、出水の状況によっては途中で打ち切りの可能性もあるため、その際には実績に応じて設計変更を行うものとする。各手法を用いた観測は原則として1時間に1回の流量データが得られるように観測を実施する。

(3)観測の終了

観測開始から24時間後に観測を終了することを基本とする。ただし、発注者より指示がある場合はこの限りではない。

3. ADCP 観測

(1)観測機器

ワークホース ADCP1200kHz タイプ（ボトムトラック機能付き）、VRS-RTK-GNSS、外部コンパス、遠隔操作機器、音響測深機及びそれらを搭載できる橋上操作艇を用意する。また、ADCP はボトムトラック機能を有するものとする。

VRS-RTK-GNSS は、VTG(Vector Track and speed over Ground)の出力が可能なものを使用するものとする。外部コンパスは二つの GNSS から算出される航路差から算出するものとする。音響測深機は 200kHz 程度の周波数を持ち、NMEA-0183 フォーマットの DBT センテンスをリアルポートで出力すること。遠隔操作機器は ADCP、VRS-RTK-GNSS、外部コンパスのデータをリアルタイムで送信できるものとする。

橋上操作艇は、全長 1.7m 程度のトリマラン船型とし、サイドハルの長さがメインハルの長さの 4/5 以下のものを使用する。

(2)観測方法

橋上操作艇に搭載した ADCP を用いて横断観測を実施する。ADCP は、1 アンサンブル当たりの層厚を 25cm とし、メインピング数を 3 ピング、サブピング数を 5 ピングとして測定するものとする。VRS-RTK-GNSS を用いて、概ね 1 秒ごとに橋上操作艇の位置を計測し、ADCP の観測結果に反映させるものとする。

(3)横断観測

横断観測は、1 時間毎に河道横断全体にわたり橋上操作艇を 1 往復させ、河道全体の流速分布を計測する。計測結果に異常があると判断された場合は、再度 1 往復の計測を行うものとする。橋上操作艇の移動速度は 0.5m/s 程度となるよう橋上より操作を行う。

(4)定点観測

定点観測は横断観測時以外に行い、たとえば携帯型電波流速計などで同時観測する場合にはその照射範囲付近において 5 分間程度橋上操作艇を固定し、流速分布を計測するものとする。

第 3 条 安全対策

作業時には十分な安全対策を実施し、事故災害を未然に防止するための適切な対策を講じること。また、天候等の影響で、現場観測員の安全が確保されない場合や流木等の流下による観測機器の破損が懸念される場合には、速やかに観測を中止すること。

A-7.2 標準的な積算方法

A-7.2.1 積算の基本的な考え方と項目

(1) 積算の基本

ADCPによる洪水流量観測の積算は、基本的に国土交通省の定める測量単価および測量業務諸経費を適用すること。

機器損料は、洪水観測対象期間が定められている場合は、その対象期間内は観測機材をいつでも使える状態に確保しておく必要があるため、機材の拘束期間中の日数に応じて積算するものとする。機器損料の算出方法は、表 7-1 に示す方法を参考とする。

機材の保険については、対象期間内を網羅するように契約し、事故などで機材が流失した場合でも受注者の責任で保証を受けるものとする。機材の事故に関して発注者はいかなる保証も行わない。

(2) 見積もり作成項目例

①準備・計画

・現地踏査

調査実施前に現地踏査を行い、平水時の河道内の状況確認、観測の障害の有無、車両駐車場所の確認、観測ボート上げ下ろし場所と方法の確認、万が一ボートが流失した場合の追跡ルート、などを確認する。

現地踏査には、主任技師クラスと業務担当者クラスが現地を確認すること。

・計画書作成

観測計画、安全対策などを計画書に取りまとめる。

・機材準備

観測機材の準備および作動確認、必要に応じて機器の検査などを行う。また、観測に必要な資機材の準備を行い、洪水時には瞬時に出動できるように確保しておく。

・事前打合せ

観測実施前に、発注者と着手前打合せを行い、計画書の内容について承諾を得ること。

事前打合せは、現地踏査に対応した技術者と同じメンバーであることが望ましい。

②予備観測

・平水時の予備観測

特に初めて観測を行う場所については、平水時を対象に橋上操作艇による予備観測を行い、観測の手順や観測態勢などについてトレーニングを行うことが望ましい。

人員については、洪水観測を想定した人数と体制で実施すること。

- ・データ整理

平水流量観測のデータを整理し、観測野帳やデータ処理フローを構築して、洪水観測実施後に速やかに観測結果速報を提出できるように、事前準備をしておく。

- ・安全対策等の確認

現地試験観測の実施を踏まえて、安全対策を再検討し、必要に応じて対策を講じる。

③洪水観測

- ・準備移動

洪水観測で最も重要なことは初動体制である。発注者と良く協議し、洪水発生が予想される際に、どの様な根拠と連絡体制によって出動の判断を下すのか、明確にしておくことが必要である。

受注者は、待機状態がかかった時点で機材の準備や積み込みを行い、直ぐに出動できるように関係者を集合させて待機させておくこと。また、洪水観測出動の判断が下されたら、速やかに現地に移動すること。

- ・洪水観測

主任技師1名、技師1名、技師補1名、助手1名の4名程度で実施することが望ましい。24時間調査の場合は、夜間および深夜は補助員を1名追加すること。また、現場作業の熟練度や現場の状況などに応じて人員は増減させること。必ず現場管理者を1名配置し、作業の監視にあたること。

- ・片付け・機材整備

洪水観測終了後は観測資機材が相当ダメージを受けるため、良くメンテナンスを行い、次の観測に備えること。

- ・データ整理・写真整理

観測野帳を元に観測データの一次整理を行うこと。また、データが問題無く取得出来ているか確認し、データ取得状況について簡単な速報を作成すること。

観測中の写真を整理すること。

④報告書作成

- ・データ処理・流量算出

ADCPのバイナリーデータを元に、各種適正な手順に従ってデータ処理を行い、流量を算出すること。なおデータ処理に関しては、受注者が主要な部分について独自にプログラムを作成するような業務は想定していない。土木研究所の提供する解析ツールまたは市販の解析ソフトを使用することを想定している。

・ 報告書作成

観測場所、観測方法、観測結果、流量データ、ADCP データの詳細資料、などについて取りまとめを行い、報告書を作成すること。

・ 打合せ 2 回

中間で 1 回、業務完了前に 1 回、発注者と打合せを行うこと。

⑤直接経費

1. 移動・交通費

備車費、移動交通費、宿泊費などについて、必要に応じて積算する。

2. 機器損料

ADCP 観測システム一式（以下の機材を含む）は機器構成に応じて一式で損料を積算する。

【機器構成】

ADCP

橋上操作艇

VRS-RTK-GNSS

ADCP 遠隔オペレーション装置

GNSS コンパス

音響測深器

表 7-1 機器損料の計算方法

$$\begin{aligned} \text{機器損料（日単価）} &= (A + (B \times E) + C) \div (D \times E) \\ &= (800 \text{ 万円} + 4.5 \text{ 万円} \times 6 + 50 \text{ 万円}) \div 540 \text{ 日} \\ &= 16,200 \text{ 円} \end{aligned}$$

A：購入金額／上記システム一式購入価格として約 800 万円を想定

B：年間維持メンテ費／年間維持費としてメーカー検査料 4.5 万円を想定

C：修理その他／償却期間までに 50 万円程度の修理費を想定(ADCP やボートなど)

D：年間稼働日数／1 台あたりの年平均稼働日数として 90 日間を想定

E：償却年数／機材償却年数として 6 年間を想定

・ 移動式架台損料

移動式架台の製作にかかった費用を元に、上記計算方法に従って、1 日あたりの損料を算出。消耗が激しい資材であるため、償却年数は 3 年程度を想定する。

3. 消耗品その他

- ・ 機材検査証

観測実施前に ADCP の検査を行い、検査証を発注者に提出すること。ADCP の検査は販売店で実施している。

- ・ 機器損害保険料

機器損害保険の費用を計上すること。近年、保険会社の審査が厳しい傾向にあり、新規契約が難しくなっている様であるが、加入出来ない場合は計上しなくて良い。但し、事故が生じた場合、発注者はいかなる保証も行わないので注意すること。

- ・ 曳航資材

ロープ、金具類、など現地作業に必要な資機材のうち、消耗品について積算

- ・ VRS-RTK-GNSS 通信料

契約方法には2種類あり、月極使い放題プランと、従量制プランがある。調査プランを検討して、コストの安い方法で積算すること。月極使い放題プランは月4万円ほどの契約料である。

(3) 調査諸経費

調査業務諸経費は各社の積算基準に照らして設定すること。調査業務諸経費率の計算式が公開されているが、これはあくまでも目安であり、各社自由に設定可能である。

A-7.2.2 積算例

以下に、積算例を示す。下記見積もりは、洪水対象期間3ヶ月間、洪水観測1地点×3回実施を想定した見積もりである。

表 7-2 標準積算事例(1)

内 訳 書

費目／工種／種別／細別／規格	単 位	数 量	単 価	金 額	備 考
1. 直接人件費					
準備計画	式	1.0	184,450	184,450	
予備観測	式	1.0	196,650	196,650	
洪水観測	式	3.0	481,100	1,443,300	3回実施
報告書作成	式	1.0	386,200	386,200	
合計				2,210,600	
2. 直接経費					
2-1 移動・交通費	式	1.0	207,000	207,000	
2-2 機器損料	式	1.0	1,596,000	1,596,000	
2-3 消耗品その他	式	1.0	414,000	414,000	
合計				2,217,000	
調査費総額				4,427,600	
諸経費		66.8%	3,046,189		
合計				7,473,789	
端数調整				▲ 3,789	
改め				7,470,000	
消費税				597,600	
総計				8,067,600	

表 7-3 標準積算事例(2)

内訳明細

項目：準備計画

作業項目	主任技師	測量技師	測量技師補	測量助手	小計	備考
	31,000	25,700	21,600	21,100		
現地踏査	1.0	1.0			56,700	
計画書作成	1.0	1.0			56,700	
機材準備			1.0	1.0	42,700	
事前打合せ	0.5	0.5			28,350	
人員計 (人)	2.5	2.5	1.0	1.0	7.0	
金額計 (円)	77,500	64,250	21,600	21,100	184,450	

項目：予備観測

作業項目	主任技師	測量技師	測量技師補	測量助手	小計	備考
	31,000	25,700	21,600	21,100		
平水時予備観測	1.0	1.0	2.0	1.0	121,000	
データ整理		1.0	1.0		47,300	
安全対策等の確認	0.5	0.5			28,350	
人員計 (人)	1.5	2.5	3.0	1.0	8.0	
金額計 (円)	46,500	64,250	64,800	21,100	196,650	

項目：洪水観測 (1回当たり24時間)

作業項目	主任技師	測量技師	測量技師補	測量助手	小計	備考
	31,000	25,700	21,600	21,100		
準備・往復移動	0.5	0.5	1.0	0.5	60,500	
洪水観測 8:00~16:00	1.0	1.0	1.0	1.0	99,400	日中4人
16:00~24:00	1.0	1.0	2.0	1.0	121,000	夜間5人
24:00~8:00	1.0	1.0	2.0	1.0	121,000	深夜5人
片付け・機材整備			0.5	0.5	21,350	
データ整理		1.0	1.0		47,300	
写真整理				0.5	10,550	
人員計 (人)	3.5	4.5	7.5	4.5	20.0	
金額計 (円)	108,500	115,650	162,000	94,950	481,100	

※表中の赤枠はほぼこの内容で積算して問題無いと思われる項目それ以外は業務の内容によって変動する項目であることを示す。

表 7-4 標準積算事例(3)

項目：報告書作成

作業項目	主任技師	測量技師	測量技師補	測量助手	小計	備考
	31,000	25,700	21,600	21,100		
データ処理・流量算出	2.0	3.0	3.0		203,900	
報告書作成	1.0	2.0	2.0		125,600	
打合せ2回	1.0	1.0			56,700	
人員計 (人)	4.0	6.0	5.0	0.0	15.0	
金額計 (円)	124,000	154,200	108,000		386,200	

直接経費

品名	数量	単位	単価	金額	備考
1. 移動交通費					
備車費					
ハイエース	12	台日	9,000	108,000	2台×2日×洪水3回
乗用車	6	台日	6,000	36,000	1台×2日×洪水3回
交通費					
有料道路通行料	9	往復	3,000	27,000	3台×3往復
燃料	9	往復	2,000	18,000	3台×3往復
電車移動費					
〇〇～〇〇	6	往復	3,000	18,000	2名×3回 打合せ
小計				207,000	
2. 機器損料					
ADCP観測システム一式	3	月	480,000	1,440,000	3ヶ月間拘束
ワーホスADCP1200kHz					
橋上操作艇					
VRS-RTK-GPS					
ADCP遠隔ホバレーション装置					
GPSコンパス					
移動式台車	3	月	52,000	156,000	
小計				1,596,000	
3. 消耗品その他					
ADCP検査証作成	1	式	48,000	48,000	
観測資機材	1	式	30,000	30,000	ロープ類, 金具類
VRS-RTK通信費	3	月	40,000	120,000	
機材保険料	3	月	72,000	216,000	保険金額×4.5%×0.25
小計				414,000	保険金額640万円と仮定
計					※残存価格で設定

※表中の赤枠はほぼこの内容で積算して問題無いと思われる項目それ以外は業務の内容によって変動する項目であることを示す。

A-7.2.3 機器の損害保険

観測装置は民間の損害保険に加入しておくこと、万が一の事態においても安心である。

ただ、近年は民間の損害保険会社も新たな契約に消極的な状況がみられ、新規契約者に対しては審査が厳しくなり単発での損害保険に加入できないケースも散見される。こうした場合は、割高になるが年間契約を結ぶケースもある。基本的に機器の損害保険は発注者もしくは使用者側で加入する必要があるが、場合によっては ADCP の販売店で保険を代行するケースもある。

ちなみにこの数年間、ADCP による洪水流量観測が各地で実施されているが、ボートが流出もしくは沈没したケースが複数回ある。しかし、後日回収に成功しており、保険を使う事態には至っていない。しかし今後 ADCP 観測が普及する中では、様々なリスクが増大すると予想されるため、基本的には使用者側で保険加入するスタンスが望ましい。

参考に、保険料率の一例を示す。なお保険金額は契約者と保険会社との関係で料率の変動するため、一定ではない。また、一旦保険を利用すると次年度から保険料率が高くなることもあるため、保険を利用する際には分岐点の見極めは必要である。

【損害保険料率の一例】

1年間の保険料

$$\text{保険金額} \times 4.5\%$$

1ヶ月間

$$\text{保険金額} \times 4.5\% \times 0.25 \text{ (短期率)}$$

15日間

$$\text{保険金額} \times 4.5\% \times 0.15 \text{ (短期率)}$$

7日間

$$\text{保険金額} \times 4.5\% \times 0.1 \text{ (短期率)}$$

観測ステム一式 800 万円とした場合、保険料は 1 年間で 36 万円、1 ヶ月で 90000 円、15 日間で 54000 円、7 日間で 36000 円と概算される。

保険金額は、自社所有機材の場合は残存価値を保険金額とする。借用物に関しては、新規購入することを想定して、購入金額で保険金額を設定する。