

## ADCP 観測値を用いた新たな試み～高度化処理について～

|                       |     |        |
|-----------------------|-----|--------|
| 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室 | 正会員 | ○萬矢 敦啓 |
| 日本工営株式会社中央研究所総合技術開発部  | 正会員 | 宇野 哲平  |
| (元) 自由学園              | 正会員 | 木下 良作  |
| 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室 | 正会員 | 山下 武宣  |

## 1. はじめに

近年、洪水中の流量観測等に浮子観測に変わる技術として ADCP の使用が検討されてきている。一つの顕著な例として、ある河川では上下流における流量値の逆転がおき、現況の流量観測では説明できない現象がおきている。この原因は良くわからないが、河床変動を含めた直接的な流量観測の必要性が徐々に高まっていることは確かであり、現に国内外での観測事例も増えてきている<sup>1)</sup>。また河床変動や局所洗掘への影響を考えると流れの三次元性を把握することは河道内の流体力学を理解する上で欠かせない。ところで ADCP は計測機器の原理から流れの主流を測定することは可能でも、二次流の計測には向かないと指摘がある。しかしながら二瓶<sup>2)</sup>が指摘しているように自然河川の流況観測のための計測機器としての可能性は高い。本研究では ADCP から得られる情報を活用することで河道内の二次流を計測する試みを紹介する。

## 2. 観測システムとこれまでの洪水観測

ADCP を用いた洪水観測で最も注意しなくてはならないことは、ADCP をどのように配置するかということに尽きる。この配置方法によってデータ取得の可能性が広がる。国総研ではそのことを重点におき、著者の一人である木下博士の指導のもと、流速・河床変動観測システムを構築してきた。これは 1) ADCP、RTK-GPS、音響測深器を搭載したラジコンボート（移動局）と 2) RTK-GPS の基地局、データ受信装置、ラジコン操作（基地局）で構成される。さらにこのラジコンボートを安全に運航するため、橋から操作する橋上操作観測、橋などが無い場合もしくは利根川などで代表されるような橋と水面の標高差がある場合には、簡易索道のようなものを使用することを検

討している。これまで北斗測量調査株式会社<sup>3)</sup>は多くの洪水観測を成功させている。また H19 年 3 月に国総研の所有するシステムを用いて魚野川根小屋橋にて最大表面流速で 3 m/s の流れの中で安全なデータ収集に成功した。今後はこれ以上の流速でも安全な計測が可能のように改良を続ける必要がある。

## 3. ADCP の原理原則と高度化処理

市販されている移動型超音波ドップラー流速分布計は超音波を発信するためのトランスデューサを三、又は四つ持つ。四つ持つ ADCP を使用し、ADCP を適切に流れの中に置くことができた場合、前後のトランスデューサで主流方向、左右で横断方向の流れを計測することになる。今例えば横断方向成分の計測を行うとして、図-2 のように三つある ADCP の中で中央の ADCP②に着目した場合、水深  $H_1$  では  $2H_1 \times \tan \theta$  間の流速が等しいと仮定してドップラー効果により求めたビーム方向の流速  $Vf1$  及び  $Vf2$  から横断及び鉛

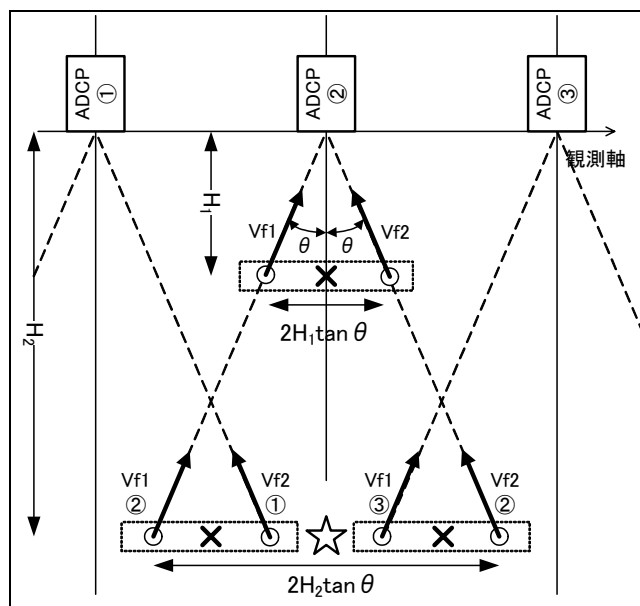


図-2 ADCP の原理原則と高度化処理の説明

キーワード ADCP、洪水観測、高度化処理、並列らせん流  
 連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 TEL 029-864-4860

直方向の流速値を変換する。この計測間隔は水深の関数であり、ある一地点での水深方向に一定とならない。例えば2 m の水深での計測間隔は1.45 m、7 m では5.1 m になる。詳細は参考文献<sup>4)</sup>を参照されたい。一つの試みとして図にあるように ADCP を複数並べて計測した場合、異なる ADCP が計測したビーム方向の流速値を組み合わせることで流れ方向の流速値を変換する事を考える。ここでは ADCP# が計測した値をそれぞれ Vf1# と Vf2# とすれば、水深  $H_2$  での流速は Vf1② と Vf2① を組み合わせる事で、 $2H_2 \times \tan \theta$  と比較すると短い計測間隔で流速値を算出することが可能になる。現実問題として図-2 のように複数の ADCP を同時に使用することは簡単ではない。しかしながら ADCP を例えば横断方向に動かすその間の流れが定常であると仮定することでこの手法は有効となる。

#### 4. 数値実験による検証

数値計算により作成した二次元の Rayleigh-Benard 対流(RB)を用いて高度化処理の妥当性を検証した。これは木下が指摘する洪水河道内の並列らせん流を想定した流れである。図-3 が示すようにこの流れは水深と同程度の間隔に上昇流と下降流が存在する。これ以降の図のベクトルは断面内の流速 ( $V, W$  の合成)、コンターは RB データ (図-3) の最大鉛直流速 ( $W_{\max 0}$ ) で無次元化した鉛直方向流速 ( $W/W_{\max 0}$ ) を示している。今この流れをあたかも現況の手法で変換すると図-4 に示すとおりとなる。これら二つの図面を比較すると以下のことがわかる。1) ADCP で変換した流速 (図-4) は、RB データ (図-3) と比較すると鉛直上昇方向の流れで約 36 % 過小評価することになる。2) 上昇流、下降流の存在する場所は現況の手法で明確に表現することができる。3) 渦の中心部が図-3 から図-4 にかけて、河床付近に移動する。4) 現況の手法は水面付近の横断方向の流れは概ね正しく評価されるが、河床付近の横断方向の流れを測定するのは得意ではない。次に図-3 の RB データに高度化処理を施すと図-5 に示す流れになる。両者を比較すると若干流れとしての滑らかさは失われるものの上昇流、下降流、横断方向の流れともに、高度化処理後の結果は RB データをよく再現している。また RB データと比較すると鉛直上昇方向の流れを約 8% 過小評価するまでに留まった。

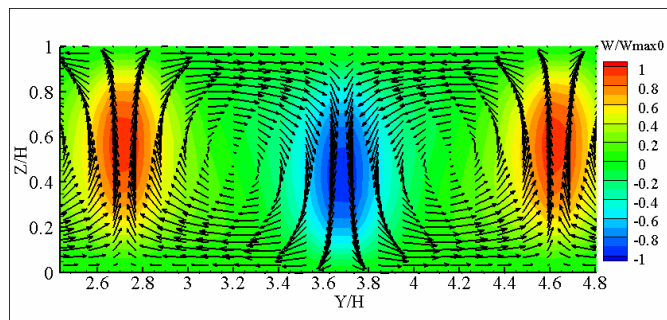


図-3 Rayleigh Benard 対流 (RB)

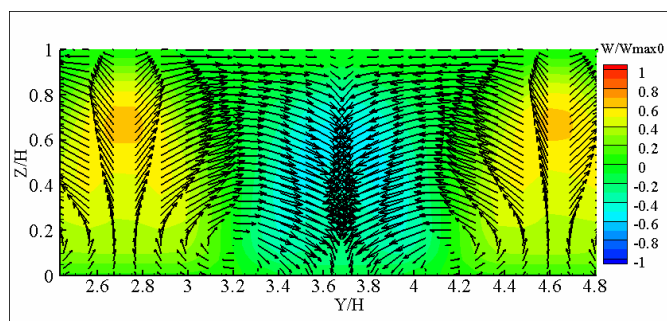


図-4 RB の現況の方法による変換

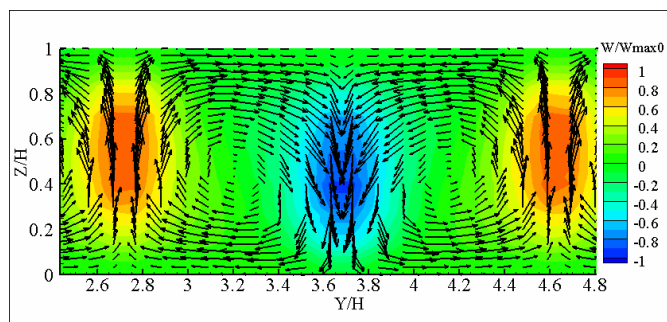


図-5 RB の高度化処理

#### 5. まとめ

ADCP から取得されるデータを用いて高度化処理を行うことで洪水中の河道内の二次流の再現に成功した。また現況の手法で変換された出力結果を議論する場合、下記のことを考慮する必要がある。1) ADCP の観測結果で上昇流、下降流が測定されれば、実際には観測値の 1.5 倍ぐらいの値が期待される。2) 河床付近の横断方向の流れは注意をする必要がある。3) 上下降流の場所に関しては現況の変換方法の信頼性は高い。

#### 参考文献

- 1) 橘田ら：河川技術論文集、第 12 巻、2006 年 6 月
- 2) 二瓶：ながれ 26 (2007) 13-20
- 3) 例えば木下：農業土木学会平成 15 年度応用水理研究部会特別講演録、2003
- 4) 例えば Simpson：USGS OPEN-FILE REPORT 01-1
- 5) 木下：土木学会論文集、第 345 号 /II-1 1984 年 5 月