

## ADCP データに基づく浮子の更正係数に関する検討

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○酒井 雄弘  
東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄

### 1. 序論

河川計画・管理を行う際には、流量は最も重要な基礎データの一つであり、正確な流量計測を行うことは必須である。現行の流量調査法としては、洪水時には浮子観測が一般に実施されているが、この浮子観測には様々な問題点が指摘されている<sup>1), 2)</sup>。その問題点の一つとして、浮子が計測する表層流速を水深平均流速に換算するときに必要な更正係数（＝水深平均流速／表層流速）の設定が挙げられる。これまで一般的に用いられている更正係数は、安芸<sup>3)</sup>による流速鉛直分布に関する理論式に基づいて算出されており、現在まで50年以上にわたり表-1（次頁）に示す標準値が用いられている。しかしながら、これらの値の妥当性に関して、実河川の洪水流データを用いた検証例は皆無に等しい。その大きな要因としては、流速鉛直分布を精度よく計測可能な機器が確立されていなかったためであるが、最近、海洋分野で一般的な超音波ドップラー流速分布計（ADCP）による河川流計測が行われつつあり、著者らも ADCP を用いて洪水時における流速・流量観測を実施している<sup>2)</sup>。本研究では、これらの ADCP 観測結果に基づいて、現行で用いられている更正係数の標準値の妥当性を検討することを目的とする。具体的には、洪水時における流速鉛直分布に関する実測値と安芸<sup>3)</sup>の理論式の比較および長さ 1m, 2m, 4m の浮子を想定した更正係数の算定を行う。

### 2. ADCP 観測について

#### (1) 観測概要

ADCP 観測は、図-1に示すように、首都圏を縦貫する大河川である江戸川の中流部（玉葉橋、35.5km）と上流部（新関宿橋、57.5km）の二つの横断面において実施された<sup>2)</sup>。これらの横断面では、低水路幅は約100m、堤間幅は約400mである。観測期間は2003/8/9～12、2004/9/30～10/1、2004/10/5～8、2004/10/21～22、2005/7/27～28であり、玉葉橋では全洪水イベント、新関宿橋ではイベントのみ調査を実施した。ここで用いる ADCP は WorkHorse ADCP Sentinel 1200kHz（RDI 製）であり、最小鉛直分解能が1cmという高解像度で三次元流速鉛直分布計測が可能な機器である。流速観測方法としては、ADCP を河川橋上より吊るし水面付近に下向きに設置し、同一地点にて2分半もしくは5分間計測を行う。この ADCP を横断方向に移動させて横断面全体にわたりデータを収集する。

#### (2) データ解析手順

更正係数の算出には表層流速と水深平均流速が必要となるが、ADCP は、観測方法や測器の計測原理により、水表面直下（＝0.45m）と底面直上（厚さ  $0.1h$ ,  $h$ ：水深）では正確な計測データを取得できない。そのため、水表面・底面付近では何らかの形で流速データを外挿する必要がある。そこで、図-2に示すように、水表面付近では、計測している表層第一層の流速値を与える。一方、底面付近では、流速実測値に対して対数の近似式を適用し、それより外挿データを作成する。

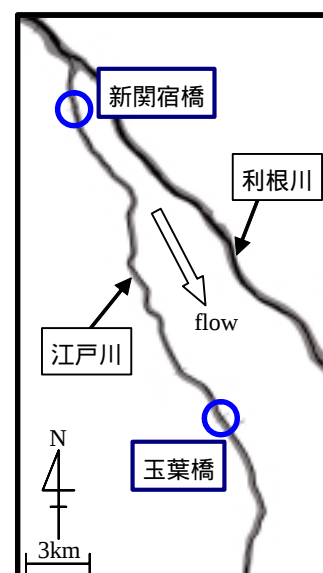


図-1 観測サイト

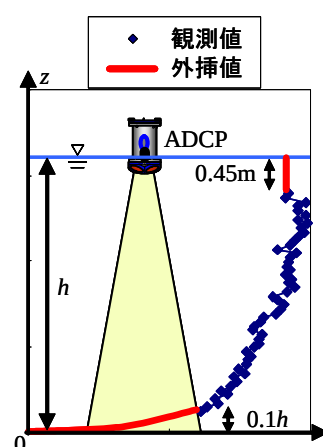


図-2 表層・底層流速の外挿方法

### 3. 現地観測結果

#### (1) 流速鉛直分布に関する実測値と理論値の比較

流速鉛直分布の実測値と安芸<sup>3)</sup>の理論式の結果を比較したものを図-3に示す。ここでは、洪水イベント（2004/10/21 18時）における新関宿橋・低水路中央部2地点（地点A, B, 両地点間の横断距離は10m）での流速実測値を対象として例示する。安芸の理論式<sup>3)</sup>では、流速  $u$  は次式のように与えられる。

$$u = \sqrt{Ih} \left( C + 20/3 - 20a + 40a(1-z/h) - 20(1-z/h)^2 \right) \quad (1)$$

ここで  $I$  は水面勾配、 $z$  は底面からの高さ、 $C$  は Chezy 係数（ $= h^{1/6}/n$ ,  $n$ : マニン

キーワード：浮子，更正係数，ADCP，流速鉛直分布

連絡先：郵便番号 278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501（内線 4069）FAX：04-7123-9766

グの粗度係数),  $a$  は流速ピーク位置の深さである。これらの係数の与え方として,  $C$  は更正係数算定時に使われている方法<sup>4)</sup>を採用し, 水面勾配  $I$  は観測値を参考に与えられる。また,  $a$  に関しては, 更正係数算定時 ( $h > 4\text{m}$  以上) に用いられる  $a = 0.3h$  と参考のため  $a = 0.1h$  の2ケースとする。この図を見ると, 観測値としては, 地点 A では大きく傾いているが, 地点 B では鉛直方向に切り立っており, 流速鉛直分布形は場所により異なる。次に, 安芸の理論値は, 観測値と比べて全体的に切り立っており, 2地点ともに, 底層付近では安芸の理論値は過大評価している。また, 流速ピーク位置は  $0.3h$  よりも浅く, さらに,  $a = 0.3h$  よりも  $a = 0.1h$  の理論値の方が観測値とより一致している。

この観測値と理論値に関して表層 4m 流速に対する更正係数を算出したところ, 安芸式に対する更正係数は,  $a = 0.1h$  の時には 0.92,  $a = 0.3h$  の時には 0.96 となる。一方観測値では, 両地点ともに 0.88 となり, 安芸式から得られる値よりも小さく, 上述した流速分布の違いが更正係数の差に反映されていることが分かる。

## (2) 更正係数

上述した更正係数に関する安芸の理論値と実測値について, より広範な条件下で比べるために, 全洪水イベント時における更正係数を図 - 4 に示す。ここでは, 水深毎に対象とする更正係数を分けており, 表 - 1 に示すように,  $h = 1.3 \sim 2.6\text{m}$ ,  $2.6 \sim 5.2\text{m}$ ,  $5.2\text{m} \sim$  に対してはそれぞれ表層 1m, 2m, 4m 流速に対する更正係数を算出している。また図中には, 水深 0.5m 毎の更正係数の平均値も合わせてプロットしている。さらに, 現行で用いられている更正係数の標準値も図中実線で示している。この図より, ADCP により得られた生データの大部分や水深毎の平均値は, 現行の標準値よりも小さいことが分かる。また, 更正係数の実測生データはどの水深においても大きく変化し, その変動幅はおよそ 0.2 となっており, 安芸の理論式における更正係数の変動幅 ( $\approx 0.02$  程度) よりも 1 オーダー大きい。

次に, 表層 1m, 2m, 4m 流速に対する更正係数の平均値を表 - 1 に示す。ここで表層 1m, 2m, 4m 流速においてカバーする水深範囲は各々  $1.3 \sim 2.6\text{m}$ ,  $2.6 \sim 5.2\text{m}$ ,  $5.2\text{m} \sim$  である。これより表層 1m, 2m, 4m 流速に対する更正係数は各々 0.85, 0.87, 0.90 となり, 現行の標準値よりも 0.06 ~ 0.07 程度小さい。以上より, 今回のデータからは, 現行の更正係数を用いると水深平均流速や流量を 6 ~ 7% 過大評価することが明らかとなった。なお, 著者らはこの更正係数の誤差を含めた浮子観測における流量観測誤差の定量的検討を別途行っている<sup>5)</sup>。

## 4. 結論

ADCP データにより更正係数を算定した結果, 表層 1m, 2m, 4m 流速に対する更正係数は各々 0.85, 0.87, 0.90 となり, 現行の標準値よりも 0.06 ~ 0.07 程度小さいことが示された。これより, 現行の更正係数の標準値を採用すると, 流量を 6 ~ 7% 過大に評価することが示唆された。なお, 流速鉛直構造や更正係数の変動幅は大きいことから, 今後, より多くの洪水イベント, 観測サイトにおける ADCP 観測データを蓄積していく必要があることが言うまでもない。

## 参考文献

1) 深見ら: 土木技術資料, Vol.45, No.2, 2003, 2) 二瓶ら: 海岸工学論文集, Vol.52, 2005, 3) 安芸: 土木学会誌, Vol.18, No.1, 1932, 4) 竹内・江川: 土木技術資料, Vol.5, No.1, 1963, 5) 原田ら: 土木学会年講第2部, Vol.61, 2006。

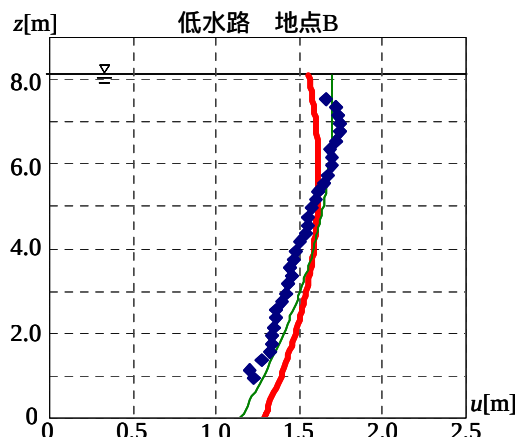
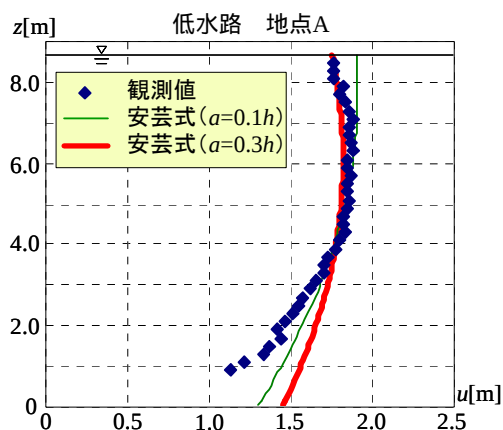


図 - 3 実測値と理論値の流速鉛直分布の比較（洪水イベント，新聞宿橋）

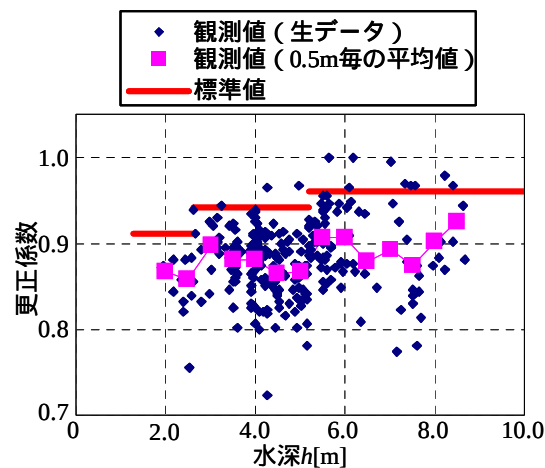


図 - 4 更正係数と水深の関係

表 - 1 更正係数

| 水深<br>[m] | 浮子の喫水<br>[m] | 更正係数 |      |
|-----------|--------------|------|------|
|           |              | 標準値  | 本研究  |
| 1.3~2.6   | 1.0          | 0.91 | 0.85 |
| 2.6~5.2   | 2.0          | 0.94 | 0.87 |
| 5.2~      | 4.0          | 0.96 | 0.90 |