

河川流解析（力学的内挿法）を用いた浮子観測の流量推定精度の向上

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

1. 序論

流量は河川管理上最も重要な水理量の一つであり，そのための調査として，洪水時には河川内に投下された浮子の速度を計測して流量を算出する，という浮子観測が一般に実施されている（図1）．ここでは，横断面を分割し，その区分された各断面の所定の位置に浮子を投下し，得られる流速 U と断面積 A の積の総和を流量 Q としている．浮子観測は簡便で確実に計測できるが，①浮子が流下方向にまっすぐ流れない等の流速計測値自体の問題と，②表面を流れる浮子の流速を水深平均流速に変換するときの更正係数の設定，③浮子の数が少ないために十分な流速横断分布が得られないという流量推定上の問題などが挙げられ，実際の浮子観測の誤差が 20～30% にも及ぶ場合がある¹⁾．このことから，今後は浮子観測による流量計測精度の実態を明らかにするとともに，流量計測精度向上のための方策を模索する必要がある．本研究では，浮子観測における②と③の流量推定上の問題に着目し，更正係数と流速横断分布の取り扱い方を修正して浮子観測の流量推定精度を向上させることを試みる．流速横断分布推定には，力学条件を満足した形で流速横断分布を算出可能な力学的内挿法²⁾を用いる．この力学的内挿法と更正係数の知見³⁾を組み合わせ，浮子観測の流量推定精度について検討する．ここでは，江戸川における3つの洪水時の浮子観測データを用いて流量を推定し，同時に行われた ADCP による流量観測結果を正解として比較・検討する．

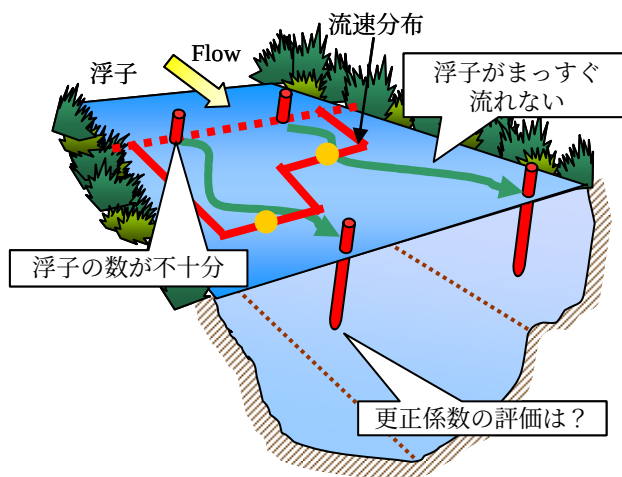


図1 浮子観測の概要と問題点

2. 力学的内挿法に基づく浮子流量の推定

(1) 力学的内挿法の概要

力学的内挿法は，観測値を合理的に取り込むことが可能な新しいデータ同化手法に基づく河川流計算法であり，流体力学条件を満たした形で離散的な流速計測値を横断方向に内挿する方法である．基礎式は水深平均された主流方向運動方程式であり，観測値では評価し得ない移流項等を省略する代わりに付加項 F_a を加えている．この F_a の算定に流速観測値を与えてデータ同化を行っている．実際には，横断面積と浮子流速データを入力条件として，①観測データから F_a の算定，② F_a の空間内挿，③運動方程式より主流方向流速の計算，という3つの手順を解が収束するまで実施する．詳細な算定手順は二瓶・木水²⁾を参照されたい．

(2) 解析対象の諸条件

本論文の解析対象は，洪水時に江戸川・新関宿橋（57km）と野田橋（39km）で行われた浮子観測データである．ここでは，2004年10月6日と10月21～22日（台風0423号），2005年7月27日（台風0507号）の出水時を対象とする．同時に行われた ADCP 観測は新関宿橋と玉葉橋（+35.5km）であり，野田橋と玉葉橋のデータを比較する際には洪水波の伝播時間を考慮する．ADCPを用いた流量観測は，橋上より ADCP を吊り下げて水面付近に浮かべ，それを横断方向に移動する，という方法である．ADCPによる流速鉛直分布から浮子観測での更正係数を見直した結果，水深 5.2m 以上の部分では通常の推奨値（0.96）よりも小さい 0.90 となった³⁾．そこで，以下では，従来の浮子観測値（Case1）と，更正係数の修正値（0.90）と力学的内挿法を導入した流量推定値（Case2），さらに，正解と見なすことが可能な ADCP による流量値 Q_{ADCP} を比較する．

キーワード：浮子，力学的内挿法，更正係数，数値計算

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501（内線 4072） FAX：04-7123-9766

3. 解析結果と考察

(1) 流速横断分布

各ケースにおける主流方向流速の横断分布を図2に示す。ここでは、2004年10月21日14:05における新関宿橋・低水路での結果であり、浮子観測値は2個（図中◆印）のみである。なお、Case2における更正係数（0.90）はCase1での値（0.96）よりも小さいため、その差が測定点における両ケースの流速値の差である。これより、図1に示したように、従来の観測値（Case1）では、各区分断面において一様な流速分布となり、2つの観測値のみでは流速横断分布は不自然な形状になってしまう。一方、力学的内挿法を用いるCase2では、水深変化に応じて滑らかに流速分布が変化している。また、両ケースの平均的な流速の大きさを比べると、右岸側の区分断面では概ね一致するが、左岸側の区分断面ではCase2の方がCase1よりも小さく、Case2ではCase1の流量を下方修正することが示唆される。

(2) 流量推定精度

図3は、浮子観測による流量値 Q_{float} （Case1, 2）と正解であるADCPによる流量値 Q_{ADCP} の相関図を示す。図中には、流量の相対誤差5, 10, 20, 30%の誤差に相当する直線を引いている。これより、Case1に関しては、浮子観測結果はADCP観測結果よりも上回っており、平均的には20-30%の誤差となっており、誤差の大きいものは30%を超えている。一方、Case2では、Case1よりは誤差が減少し、平均的には10%前後の範囲に推定値が収まっている。

この結果をより定量的に比べるために、Case1と2における相対誤差（ $(Q_{float} - Q_{ADCP}) / Q_{ADCP} \times 100$ ）を図4に示す。ここでは、相対誤差を0~10%、10~20%、20%~と3つに分けている。これより、Case1では相対誤差10%以下は約3%しか存在しなかったが、Case2では約61%と大幅に増加している。また、20%以上の相対誤差は、Case1では約50%であるのに対して、Case2では約11%まで減少している。このように、本研究で提案している方法により、浮子流量の推定精度が大幅に向上していることが分かる。また、各ケースにおける相対誤差の平均値はCase1では21.8%、Case2では9.6%となっており、この約12%の誤差減少には更正係数の修正（0.96→0.90）分が約7%、力学的内挿法による流速横断分布修正の分が約5%各々寄与している。なお、更正係数や流速横断分布の修正を行ったCase2においても未だに約10%の推定誤差が存在するのは、浮子観測における流速計測値自体の誤差に起因している可能性が高く、今後、観測中の浮子移動速度やその位置の実態を把握するための調査が不可欠である。

4. 結論

浮子観測による流量推定精度を向上させるために、更正係数の見直しと力学的内挿法による流速横断分布推定を試みた。それらの結果と正解と見なされるADCPの流量観測値と比較したところ、従来の浮子観測による流量値（Case1）では約21.8%の相対誤差があるのに対して、上記の手法（Case2）では約9.6%まで誤差を減らすことができており、この手法により浮子流量の推定精度が向上したことが示された。

参考文献

- 1) 二瓶ら：海岸工学論文集，Vol.52，2005.
- 2) 二瓶，木水：土木学会論文集，No.803/II-73，2005.
- 3) 酒井，二瓶：土木学会年次学術講演会講演要旨集，Vol61，2006.

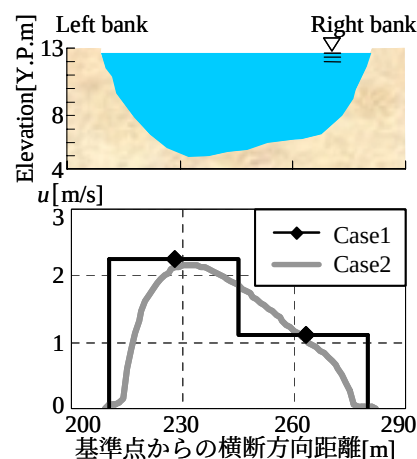


図2 各ケースにおける流速横断分布（新関宿橋，2004年10月21日14:05）

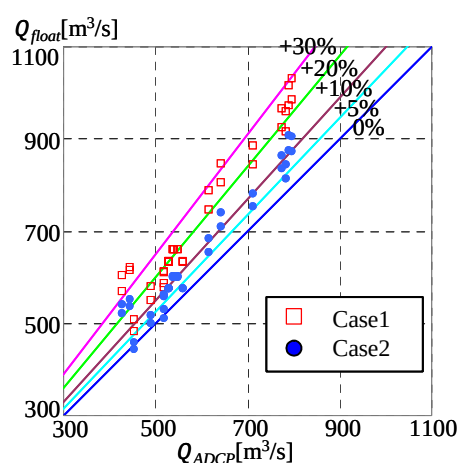


図3 浮子とADCPによる流量値の比較

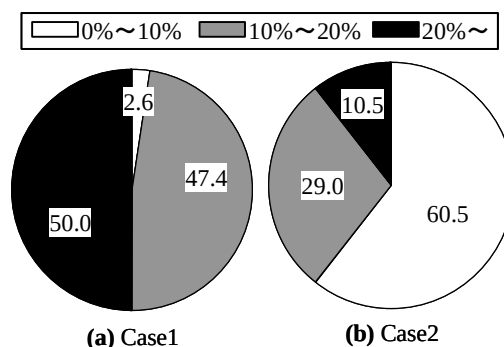


図4 各ケースの流量誤差の頻度分布