

H-ADCP 計測と数値計算を用いた複断面洪水流量モニタリング

日本工営 (株) 正会員 ○岩本演崇
東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶泰雄

1. はじめに

地球規模で温暖化の影響が顕在化してきている現在、我が国における降雨形態は大きく変わってきており、渇水や洪水のリスクが巨大化することが指摘されている。そのため、河川計画の策定や河川管理を行うために、河川流量モニタリングの重要性が再認識され、電波流速計や超音波ドップラー流速分布計 (ADCP) 等の直接的な流速計測器が着目されている。しかしながら、これら直接法では未計測エリアに対する補間が妥当なものでない場合がほとんどである。そこで著者らは、流速未計測エリアに対して合理的な流速補間を可能とする数値計算手法 (DIEX法) と、1台で流速の河川横断分布を計測可能な H-ADCP (Horizontal-ADCP) を融合した準直接的な高精度流量モニタリング手法 (以下、本手法) を開発し、既に江戸川や隅田川、荒川で適用されている¹⁾・²⁾。本論文では、本手法の適用性検証が不十分な複断面河道における洪水流量モニタリングを試みた。さらに低水路のみに H-ADCP を設置する方法²⁾だけでなく、高水敷にも H-ADCP を設置した流量モニタリングを行い、流量推定精度の向上を行った。

2. 流量モニタリング方法

(1) 観測サイト

観測サイトである江戸川・野田橋は、**図1**に示すように、日本の大河川で多く採用されている複断面河道で、右岸高水敷はゴルフ場で短い芝生が全体に繁茂している。また、この付近の特徴として低水路と右岸高水敷の境界部分がやや高くなっており、水位が約 Y.P.7.2m~8.7m のとき、低水路と高水敷で完全に分断された別々の流れが観測される。また、**図1**中の H.W.L.は観測期間中の最大水位 (台風 0709 号時, Y.P.10.0m) を示している。

(2) 数値モデル

数値モデルにはDIEX法¹⁾を用い、基礎式は次式である。

$$F_a + gI + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{1}{D^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_V \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) - \frac{aC_b}{2} u^2 = 0 \quad (1)$$

ここに、 y 、 σ はそれぞれ横断方向と鉛直方向、 D は水深、 F_a は付加項、 g は重力加速度、 I は水面勾配、 A_H 、 A_V はそれぞれ水平渦動粘性係数、鉛直渦動粘性係数、 a は植生密度、 C_b は植生抵抗係数である。計算手順としては、①式(1)にH-ADCPによる流速観測値を代入して、付加項 F_a を求める。②付加項 F_a を横断方向に内外挿し、③再び式(1)に付加項 F_a を代入して流速断面分布を求める。また、本論文では式(1)左辺末項の植生抵抗項における係数 $aC_b/2$ を植生パラメータと呼ぶこととし、**図2**に示すように、植生パラメータを水位の関数として流量計算に用いる。

(3) 現地観測方法

a) H-ADCP による低水路内の長期連続流速計測

低水路における H-ADCP 観測は、2006年6月から現在まで、約3年半の長期に渡り連続的に行っている。設置の概要としては、**図1**に示すように低水路の左岸側 ($y=46m$, y :左岸堤防天端からの横断方向距離)の横断位置に、Y.P. 3.41mの高さ(観測所水位基準高さでは 0.0m)に設置されている。H-ADCP の計測層厚は 0.5m としている²⁾。

b) 高水敷における H-ADCP による流速計測

本観測の目的は、低水路と高水敷で流況が異なる複断面河道

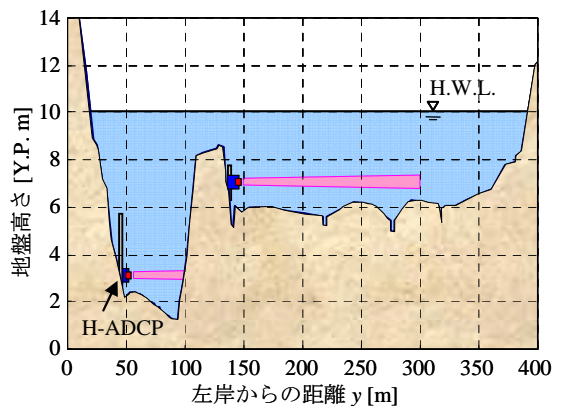


図1 観測断面と H-ADCP の配置

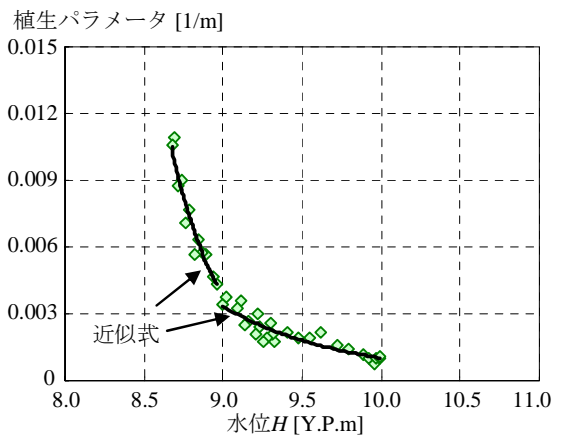


図2 計算で用いる植生パラメータと水位の関係

キーワード：流量観測, H-ADCP, 複断面河道, DIEX 法

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-2 TEL：03-5276-3303 E-mail：a6989@n-koei.co.jp

の洪水流において、高水敷にも H-ADCP を設置し、より高精度かつ容易な流量推定を行うことである。高水敷の H-ADCP は低水路内のもと同じ機種を選び、2009 年 8 月 10 日に設置した。設置位置は図 1 に示したように、右岸高水敷の左岸側 (y = 137m) , Y.P.7.09m の高さである。また高水敷の H-ADCP は低水路の H-ADCP と同一断面内に設置した。観測期間は、後述する 2009 年 8 月 11~12 日の年最大洪水であり、観測設定については低水路、高水敷ともに 3.0m とした。

3. 結果と考察

(1) 計算条件

DIEX 法では σ 座標系を用い、計算領域に対する横断方向格子幅は 0.5m, 横断方向格子数は 827 個, 鉛直方向格子数は 100 個とした。マニングの粗度係数については低水路が $0.035m^{-1/3}s$, 高水敷が $0.040m^{-1/3}s$ とした。データ同化におけるデータの選定については二瓶ら³⁾を参照されたい。DIEX 法に対する比較手法として用いた Index-Velocity 法による流量算出方法については、岩本・二瓶²⁾と同様の方法を用いた。

(2) H-ADCP を 1 台用いた時の本手法の推定精度

図 3 は観測期間中最大の洪水となった 2007 年の年最大規模洪水と 2 台の H-ADCP を用いた流量観測に成功した 2009 年の年最大規模洪水における流量推定結果の時間変化を示す。ただし、図 3 (b) に示す結果は H-ADCP を 1 台用いた場合の結果である。また、図 3 には別途行った ADCP 流量観測による結果を正解値として、併せて示している。これより、2007 年洪水については低水路、高水敷ともに良好な推定結果が得られていると言える。2009 年洪水については、低水路は概ね良好な推定結果、高水敷は推定値が過大評価となっている。これは、高水敷における流れが非常に小さく、流れが大きい低水路における付加項 F_a を用いたためと考えられる。

次に洪水時における流量推定精度を示すために、2006 年, 2007 年, 2009 年における各年の最大規模洪水を対象とした流量推定値と観測値の相関図を図 4 に示す。また、同図には Index-Velocity 法を用いて算出した結果も併せて示している。これより、本手法を用いた流量推定精度は、インデックス法の一つである Index-Velocity 法に比べて流量推定精度が良いことが分かる。さらに、両者の推定精度は、DIEX 法では 6.7%, Index-Velocity 法では 10.8% となった。

(3) H-ADCP を 2 台用いた時の流量モニタリング結果

図 3 (b) より、2009 年の洪水で過大評価した右岸高水敷の流量に対する推定精度改善策として、高水敷にも H-ADCP を設置し、低水路同様にデータ同化を行う流量推定を行った。その結果として、図 5 は H-ADCP 1 台の場合と 2 台の場合における右岸高水敷の流量推定値と観測値の相関図を示す。これより、H-ADCP を 2 台用いる方が、高い精度で流量推定ができることが示された。

参考文献：1) 二瓶泰雄, 木水啓：土木学会論文集 B, Vol.63, No.4, pp.295-310, 2007. 2) 岩本演崇, 二瓶泰雄：水工学論文集, Vol.53, pp.1009-1014, 2009. 3) 二瓶泰雄, 岩本演崇, 谷古宇洋介：H-ADCP の有効計測範囲の検討, 水工学論文集, Vol.54, pp.1099-1104, 2010.

	全流量	左岸高水敷	低水路	右岸高水敷
Q_{cal}	—	—	—	—
Q_{obs}	●	●	●	●

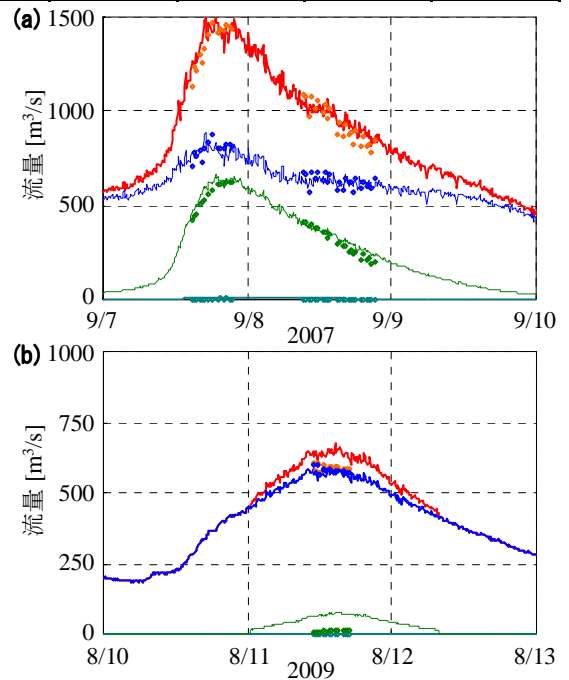


図 3 洪水流量推定結果 (a) 2007 年洪水, (b) 2009 年洪水

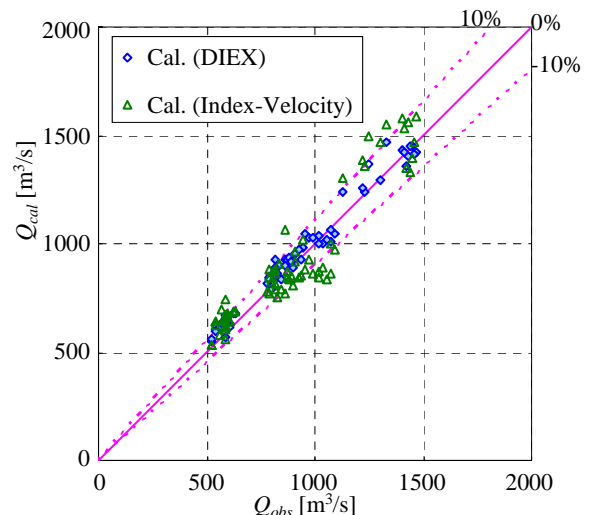


図 4 検証流量と推定値の相関

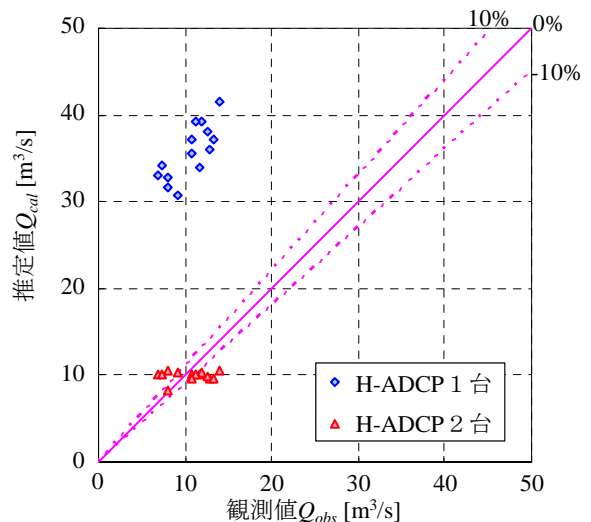


図 5 H-ADCP 1 台と 2 台の場合の流量推定精度比較