

表層流計測技術と融合可能な力学的内外挿法 (DIEX 法) の構築

パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 ○柏田 仁, 山崎 裕介, 市山 誠
 東京理科大学大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄
 国土交通省関東地方整備局江戸川河川事務所 正会員 山下 武宣

1. 目的

河川流量計測を念頭に置いた現地河川用流速計測技術として、電波流速計や ADCP 等による手法が実用化されつつある。このうち電波流速計は、非接触計測が可能かつ取り扱いが容易であり、今後、広範な条件下における河川流量観測への適用が期待される。しかしながら、電波流速計により計測される水表面流速は吹送流の影響を大きく受けた「点」データであり、流量を算定するには、この影響を適切に考慮した形で流速を横断面に内外挿する手法の構築が必要である。一方、著者らは H-ADCP により計測される流速横断分布という「線」データを「面」データに内外挿するための数値解析技術である力学的内外挿法 (Dynamic Interpolation and EXtrapolation method, DIEX 法) を提案¹⁾し、さらに、近年では、この DIEX 法を浮子による「点」流速データから「面」流速データ推定法にも応用²⁾し、それらの有効性を示している。以上より、本研究では、吹送流の影響を考慮した形で電波流速計による表層流速データの内外挿技術として適用できるように DIEX 法を改良し、実河川の洪水流データを用いて、本手法の有効性を検証する。

2. 研究方法

(1) 吹送流を考慮した DIEX 法の概要

図-1 は、電波流速計による点流速計測と DIEX 法による数値計算技術を融合した本手法における流量算定までの基本手順を示す。まず、①の現地観測では、横断面内の複数地点において、可搬タイプの電波流速計により表層流速を計測する。また、後述する吹送流計算に必要となる風向・風速を橋上において市販の風向風速計を用いて計測する。②の DIEX 法による数値計算としては、まず鉛直一次元モデルにより吹送流成分 u_w を求める。ここでは、汎用的な河川流・海水流動モデルとして知られる Delft3D を用いる。次に、吹送流成分 u_w と実測値の差から得られる無風時の流速成分 u_s を同化データとして DIEX 法による流速内外挿操作を行う。最後に、両成分の和を取り、面流速データや流量を算出している。DIEX 法の計算方法や手順、係数設定等の詳細に関しては、二瓶・木水¹⁾を参照されたい。

(2) 現地観測

本手法の有効性の検証を行うために、実河川における洪水時にて電波流速計 (RYUKAN, 横河電機(株)製) と ADCP (Workhorse 1200kHz, Teledyne RDI 製) の同時観測を行う。観測対象サイトは、江戸川中流部・野田橋

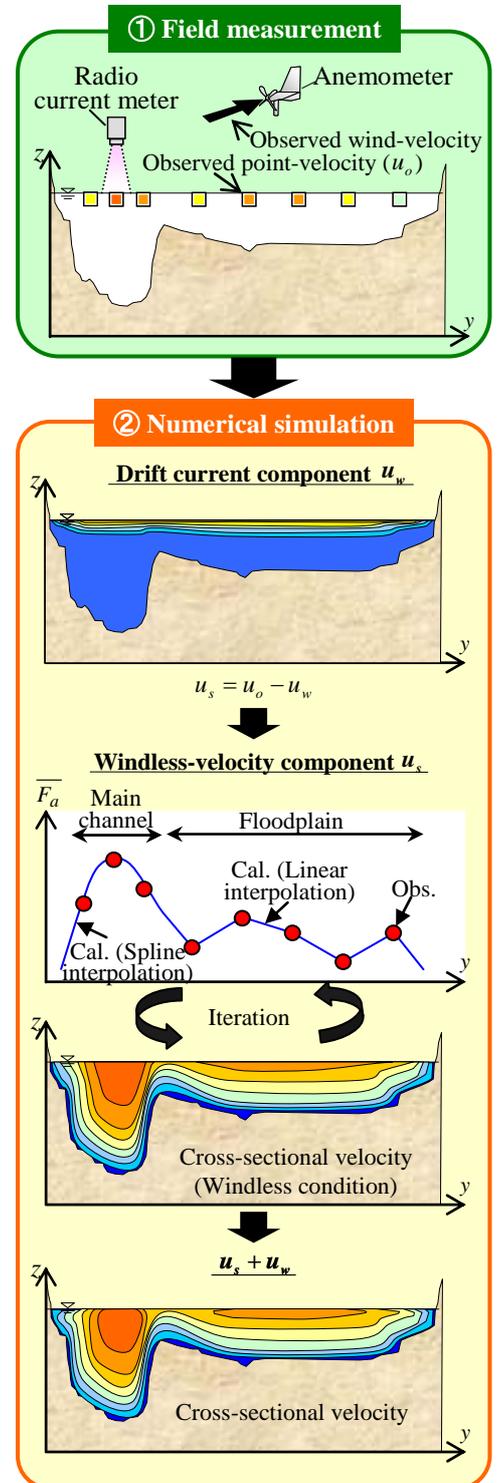


図-1 本手法による流量算定手順

キーワード 流量, DIEX 法, 電波流速計, データ同化, 吹送流

連絡先 〒163-6018 東京都新宿区西新宿 6-8-1 TEL : 03-5989-8421 FAX : 03-5989-8419

(河口より 39.5km 地点) である。観測期間は、広範囲で大きな洪水をもたらした台風 1112 号 (2011/9/2~9/4) とする。

3. 結果と考察

(1) 流速推定精度

台風 1112 号出水のピーク時 (2011/9/4 11:15, 平均風速 9.1m/s, 風向は上流向き) における横断面内の主流方向流速コンターを **図-2** に示す。ここでは, ADCP による観測結果と従来の DIEX 法・本手法による推定結果が表示されている。これらと比べると, 従来法・本手法共に, 大まかな流速分布パターンを再現しているものの, 従来法の流速値は全体に小さくなっている。これは, 従来法では, 吹送流の影響を受けて ADCP データよりも小さい電波流速計の計測値を同化データとしてそのまま用いているためである。

また, 同時刻における主流方向流速の横断・鉛直分布に関する観測値と推定値をそれぞれ **図-3, 4** に示す。水深平均流速の横断分布に着目すると, 従来法の推定結果は前述したように観測値よりも小さくなっており, その差は低水路において顕著である。一方, 吹送流成分を考慮している本手法では, 従来法よりは観測値に近づいているものの, 低水路では全体的に過小評価している。流速鉛直分布に関しても同様な観測値とのずれが従来法・本手法共に見られる。このように, 吹送流の効果を加味した本手法でも, ADCP 観測値との一定のずれが生じているのは, 電波流速計の計測精度か計測上何らかの不具合があった可能性が考えられ, 今後, 室内実験も合わせて検討する予定である。

(2) 流量推定精度

洪水中における流量の観測値と推定値の時間変化を **図-5** に示す。これより, 従来法と本手法による流量推定結果は, 観測値よりも過小評価しているものの, 観測値との差は本手法の方が小さいことが分かる。また, 観測期間中のピーク流量は, 観測値では $874\text{m}^3/\text{s}$ であるのに対して, 本手法では $810\text{m}^3/\text{s}$, 従来法では $719\text{m}^3/\text{s}$ となり, それぞれ観測値よりも 7.3%, 15.4% 過小評価している。また, 全てのデータに対して流量推定誤差の RMS (Root Mean Square) 値を計算すると, 本手法では 6.5%, 従来法では 14.5% となる。これにより, 本手法における流量推定精度は従来法よりも高いことが分かる。

4. おわりに

本研究では, 電波流速計による表層流速計測技術と力学的内外挿法 (DIEX 法) による数値解析技術を融合した流量推定手法を提案し, 実洪水観測に適用することにより, 本手法による流量推定精度は従来法よりも高いことが確認された。

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) 柏田ら: 河川技術論文集 Vol.17, pp.23-28, 2011.

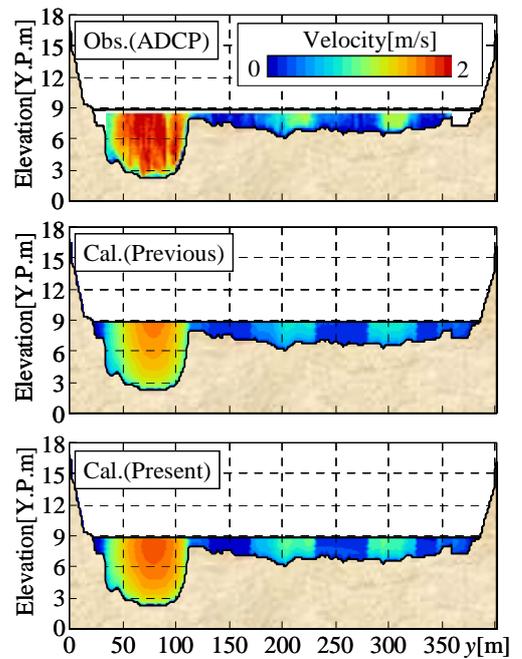


図-2 断面流速分布 (2011/9/4 11:15)

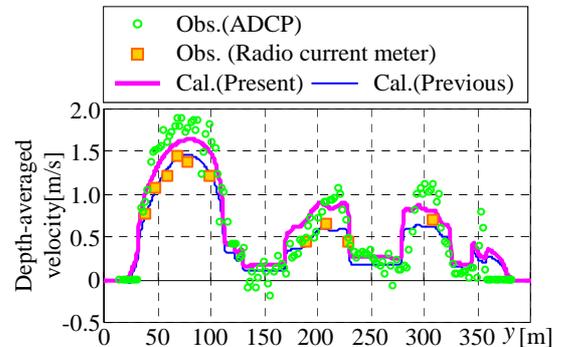


図-3 水深平均流速横断分布 (2011/9/4 11:15)

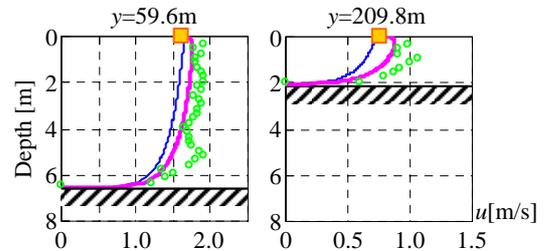


図-4 流速鉛直分布の一例 (2011/9/4 11:15)

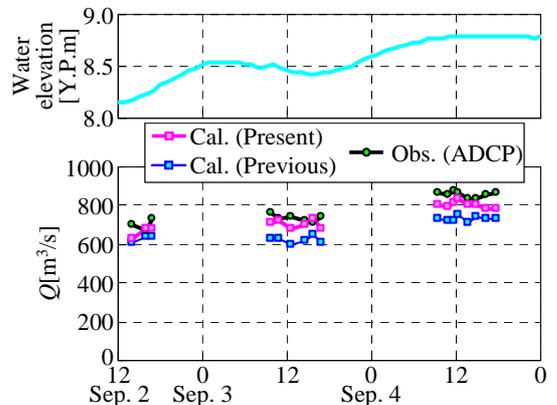


図-5 流量の観測値・推定値の時間変化