

様々な流速計測技術への力学的内外挿法(DIEX法)の適用

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○柏田 仁・山崎 裕介
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 藤田 一郎
 土木研究所 ICHARM 正会員 本永 良樹・萬矢 敦啓
 東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄
 横河電子機器株式会社 非会員 中島 洋一

1. 序論

流量観測の高精度化に向けて、ADCP、電波流速計、画像解析等による新しい計測技術が確立されつつある。流量算出にあたり、ADCPを除く流速計については横断・鉛直方向に流速の内外挿操作が必要となり、これまでは、一般に更正係数による流速観測値の水深平均流速算出と、水深平均流速を区分断面内に一様に与える区分求積法が用いられている。しかし、近年では、更正係数の標準値は実洪水データとのズレが見られる場合が報告されているとともに、区分求積法の流量推定精度は流速データの空間解像度に大きく依存している。そのため、既往の各流速計測技術の検証においては、「流速計そのものの観測誤差」と「流速内外挿操作の誤差」が混在する中で、流量推定精度の議論がなされてきた。一方、著者らの一部は、H-ADCPや浮子、電波流速計といった流速計により計測される流速の「線」または「点」データを、力学的条件を満足した形で「面」データに内外挿するための数値解析法・力学的内外挿法(Dynamic Interpolation and Extrapolation method, DIEX法)を提案し、その有効性を示している。そこで、本研究では様々な流速計測技術による合同流量観測(土木学会水工学委員会流量観測高度化研究小委員会による)で得られた流速データに対して、DIEX法による「面」流速データ・流量の推定を行い、「流速内外挿操作の誤差」を最小化した形で様々な流速計測技術による流量推定精度を検証する。

2. 合同観測の概要

多様な流速計測技術の計測性能やDIEX法と併用した場合の流量観測精度を検証するため、実河川における洪水時にて、ADCP、ビデオカメラおよび遠赤外線カメラによるSTIV、電波流速計、電磁流速計による同時流量観測が行われた。観測対象サイトは図1に示すように、信濃川水系魚野川根小屋橋(堀之内水位流量観測所、信濃川合流部より10.8km)である。なお、同図中には、計測機器の配置や計測エリアを合わせて図示している。観測期間は融雪出水期(2012/4/20~22)であり、ADCP、STIV、電波流速計、電磁流速計の観測回数はそれぞれ31回、10回、15回、5回である。

3. 流速内外挿法の概要

DIEX法は、横断面内を計算対象とした二次元解析法であり、簡略化した主流方向運動方程式を基礎式とし、流速観測値をデータ同化している手法である。本手法の詳細は著者らの論文を参照されたい^{1), 2)}。

従来法は、序論に記した流速内外挿手法である。ここでの更正係数としては、表面流速に対応する0.85を用いた。

4. 結果と考察

(1) 流速計測精度

各々の流速計測技術の計測状況を確認するために、すべての流速計による主流方向表面流速の横断分布を図2に示す。ここで、全測器の同時観測が行われた期間(4/21 14:00, ADCP流量448m³/s)に

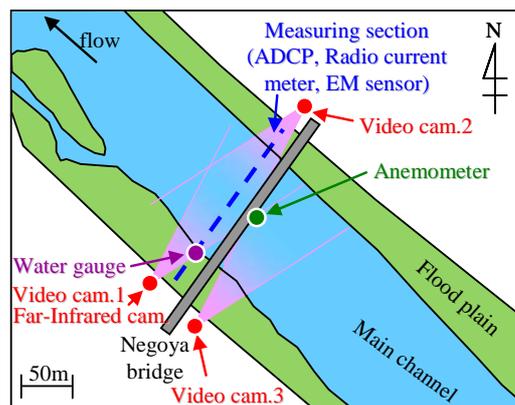


図1 観測対象サイトと流速計測状況

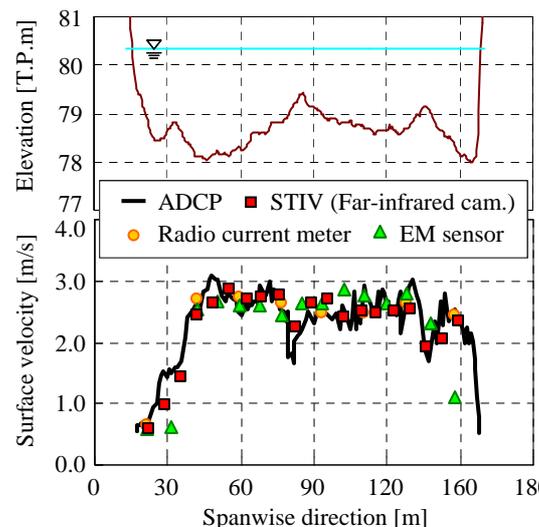


図2 横断図(上)と表層流速横断分布(下)(2012/4/21 14:00)

キーワード 流量, DIEX法, ADCP, 画像解析手法, 電波流速計, 電磁流速計

連絡先 〒163-6018 東京都新宿区西新宿 6-8-1 TEL:03-5989-8422 FAX:03-5989-8419

おける結果を例示しており、この時の風向は北向き、主流方向に換算した風速は平均-1.3m/sであった。ADCPは、最表層の計測値(水面下0.27m)を表示している。この図を見ると、STIVや電波流速計、電磁流速計による観測値はADCP観測値と概ね一致している。ただし、河岸近傍の流速が比較的小さい範囲においては、ADCPとその他の流速計による観測値の差は大きい。次に、全観測期間におけるSTIV、電波流速計、電磁流速計の計測値とADCP観測値の相関図を図3に示す。流速が2m/sを上回る範囲では、各表層流速計の観測値は概ね±10%の範囲にプロットされている。一方、2m/s未満の流速の場合、どの流速計についてもADCP観測結果との差が大きく、そのばらつきは相対的に大きい。

(2) DIEX法による流速・流量推定結果の比較

DIEX法による流速推定を行った結果の一例として、主流方向水深平均流速の横断分布に関するADCP観測値と推定値を図4に示す。データ同化範囲内外に依らず、流速推定値はADCP観測値に概ね一致しており、本手法の流速外挿精度は概ね高いと言える。次に、ADCPに対する流量推定結果の誤差のRMS(Root Mean Square)値を表1に示す。ここでの推定値としては、本手法と従来法の結果を表示している。これより、従来法の流量推定誤差は、横断面内での測線数が相対的に多いSTIV、電磁流速計では十分小さいが、測線数が少ない電波流速計では6.8%とやや大きい。一方、本手法による流量推定精度は3つの流速計測法ともに5%以内であり、測線数に依らず流量推定精度が高いことが分かる。

(3) 従来法における流量推定誤差の要因

前述したように、従来法は、本手法よりも流量誤差が大きくなるケースが見られた。その要因を考察するために、流速横断・鉛直分布の推定状況を検討する。まず、流速実測値毎の区分断面における流量推定誤差の横断分布を図5に示す。これより、どの計測法に関しても、本手法の推定値の方が従来法よりも誤差が小さく、流速計測精度が低い側岸付近では従来法の推定精度が低くなっており、この傾向は電波流速計に顕著である。

また、流速鉛直分布推定に用いられた更正係数の妥当性を検証するために、有効なADCPデータ(n=5484)を用い、更正係数(水深平均流速と最表層観測値の比)を求めたところ、その平均値は0.820であった。採用した標準値(0.85)は観測データの平均値の1.036倍であり、この結果は単純には各区分断面にて3.6%の平均的誤差を生んでいることに相当している。このように、流速横断・鉛直分布の推定にあたり、従来法では、河岸近傍での横断分布評価や更正係数による鉛直分布の扱いにより、流量推定結果に誤差が生まれていることが示唆された。

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.18, pp.393-398, 2012.

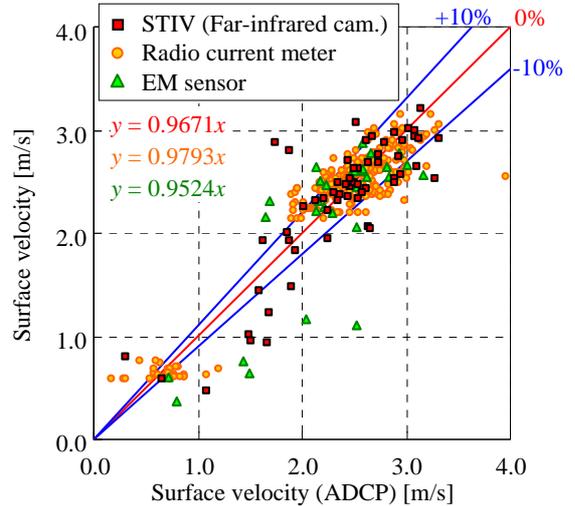


図3 表層流速に関するADCPと他計測法の相関図

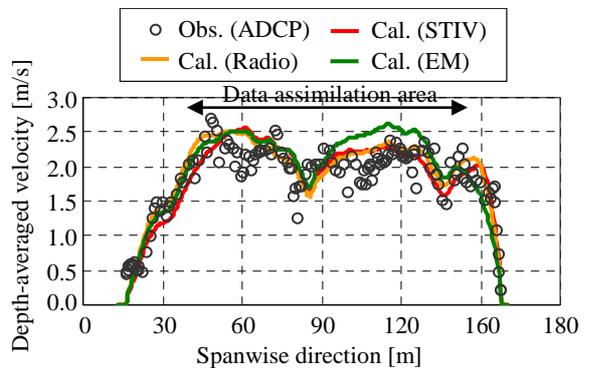


図4 水深平均流速横断分布 (2012/4/21 14:00)

表1 流量推定誤差のRMS値(単位: %)

Method	Present	Previous	Num. of Obs. point
STIV	1.9	1.3	20
Radio	4.1	6.8	8
EM	4.7	3.0	15

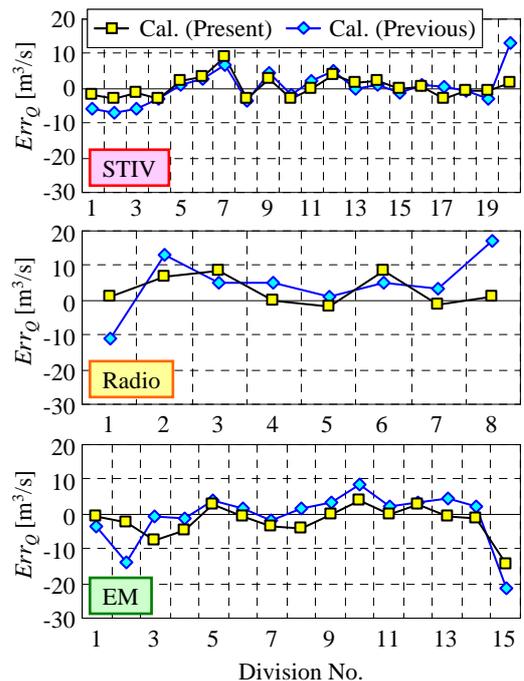


図5 各区分断面の流量推定誤差 (2012/4/21 14:00)