

H-ADCP 観測と数値解析を融合した新しい河川流量推定システムの開発

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学理工学部土木工学科

学生員 ○木水 啓
正会員 二瓶 泰雄

1. 序論

治水・利水・環境を考慮した河道整備・管理を進めていくためには、河道計画の基礎となる流量のモニタリングを高精度かつ自動・連続的に行っていくことは不可欠である。現在、日本全国の河川では、洪水時には浮子を用いた流量観測が一般的に行われ、平水時には水位と流量の相関関係（水位-流量曲線）を利用し、連続計測される水位データから間接的に流量を推定している。両者には様々な計測精度上及び観測作業上の問題点が指摘されていることから、精度良く自動・連続計測可能な流量モニタリングシステムの確立が急務の技術課題となっている。このような要請に対して、一台で流速の横断分布計測が可能な H-ADCP（Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler）を流量計測に用いることが有望である。しかしながら、H-ADCP はある水深の流速横断分布という「線」データしか取得できず、流量算定に必要な流速の「面」データを得るには何らかの形で「線」データを「面」データに変換する必要がある。

そこで本研究では、H-ADCP に基づく高規格流量モニタリングシステムを構築することを目的として、H-ADCP による流速横断分布データを合理的に取り込んだ形で流量を推定することが可能な河川流計算手法を新たに開発した。この河川流モデルのキーとなるデータ同化手法は、著者らが提案した新しいデータ同化手法（力学的内挿法¹⁾）に、三次元計算アルゴリズムと流速観測値の誤差最小化を可能とするアルゴリズムを新たに付加したものとなっている。このデータ同化手法を組む込んだ三次元河川流モデルにより、流体力学条件を満たすように流速観測誤差を最小化した形で H-ADCP の「線」流速データから流量を推定することが可能となっている。上記の手法の適用性を検討するために、江戸川を対象とした H-ADCP に基づく現地調査結果に対して本手法を適用する。

2. 本手法の概要

本手法は、図 - 1 に示すように、現地観測と数値シミュレーション、および両者をつなぐデータ同化手法から構成されている。現地観測では、流速の横断分布を連続計測可能な H-ADCP を河川断面内に固定設置して計測を行う。数値シミュレーションとデータ同化手法については、力学的内挿法¹⁾をベースにして、2つの改良点を加える。既存の力学的内挿法では流速の観測値を正解値として数値計算を行っているが、観測値には多かれ少なかれ必ず誤差が含まれている。そこで、1つ目の改良点として、観測誤差を最小化に得るアルゴリズムを加えたことである。2つ目の改良点としては、既存の力学的内挿法では水深平均された浅水流モデルとして二次元計算を行っていたが、本手法では、断面全体の流速の「面」データを得るために三次元モデルを構築したことである。ここで用いる三次元計算における主流方向流速 u の運動方程式を以下に示す。

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

ここで、 y 、 σ は横断、鉛直方向、 D は水深、 g は重力加速度、 I は水面勾配、 A_H 、 A_V は水平、鉛直渦動粘性係数を各々表している。式中には、既存の力学的内挿法と同様に、限られた流速データのみでは直接的な算定が難しい非定常項や移流項等をまとめた形で付加項 F_a として第 4 項に組み込んでいる。また、得られた断面内の流速の「面」データと各計算格子の面積を断面積分して流量を求める。

3. 現地調査結果に対する本手法の適用

(1) 現地観測概要

本観測²⁾は、江戸川中流部(39.1km 地点)の図 - 2 に示す河川断面内に H-ADCP (WorkHorse H-ADCP 600kHz, Teledyne RDI 製) を設置し、

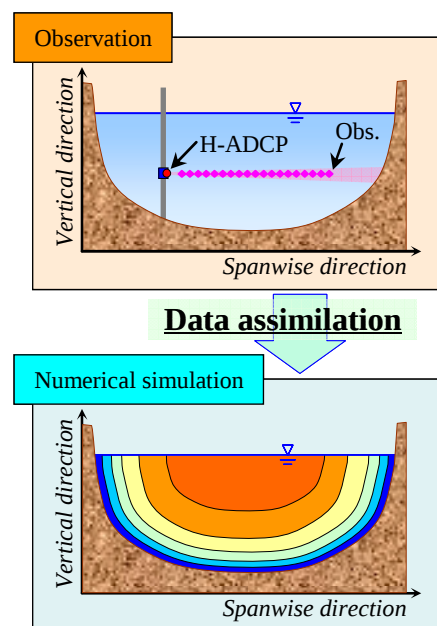


図 - 1 本手法の基本構成

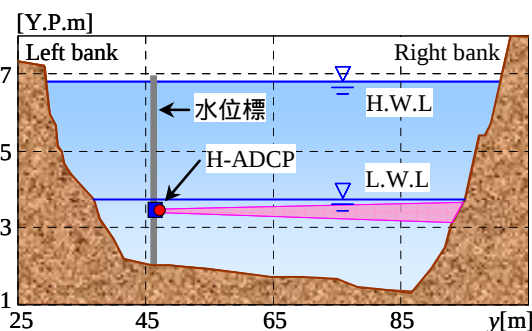


図 - 2 H-ADCP 設置断面図

キーワード：河川流調査，流量，H-ADCP，データ同化，力学的内挿法

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

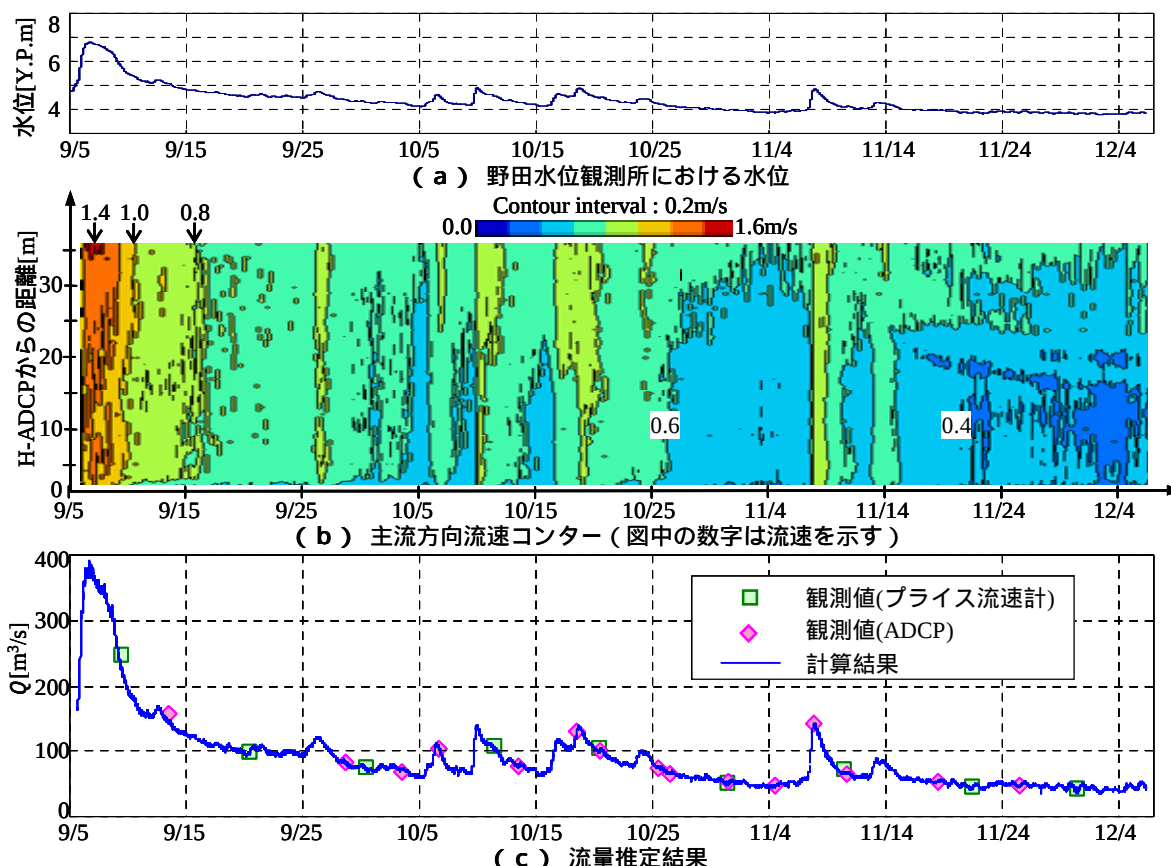


図 - 3 ADCPにより計測された水深平均流速と対地速度の横断分布

2005年9月から約3ヶ月間にわたり行われた．図 - 3 (a) , (b) に示すのは水位と流速の観測結果であり，連続的に流速の横断分布を計測することに成功している．

(2) 推定結果

図 - 4 は，9月13日12:40において，H-ADCPにより計測された流速データに対して，流速の「面」データを推定した結果であり，流速計測を行うことができない境界付近を含む断面全体の流速が問題なく求めることができています．さらに，流速計測を行った期間内の全流速データに対して，本手法を用いて流速・流量を推定した結果を図 - 3 (c) に示す．また，別途行われた ADCP による流量観測結果³⁾とプライス流速計による流量観測結果(国土交通省関東地方整備局江戸川河川事務所提供)を同図中に示す．これを見ると，本手法は全データに対して安定して流量を求めており，水位データと比較すると水位変化に伴った流量の変化が表されている．また，本手法を用いた流量計算結果と ADCP やプライス流速計による流量観測結果を比較すると，これらは良好に一致していることが分かる．さらに，流量推定精度について詳細に検討するために，流量の観測値と計算結果の RMS 誤差を調べたところ，各々2.98, 5.02%となっており，本推定法の有効性が示された．

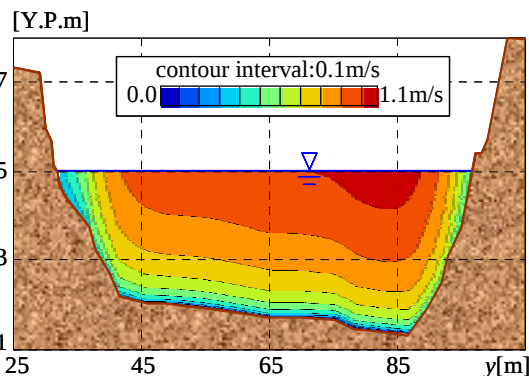


図 - 4 流速分布の推定結果(9/13 12:40)

4. 結論

江戸川で実施された H-ADCP 観測データに対して本モデルを適用したところ，本モデルによる流量推定結果は，別途行われた ADCP やプライス流速計による流量観測値と良好に一致しており，本モデルの基本的な適用性が明らかとなった．以上より，H-ADCP と本河川流計算技術を活用した高規格流量モニタリングシステムの実現が極めて有望である．

謝辞

本研究は，NEDO・平成17年度産業技術研究助成事業(研究代表者：二瓶泰雄)の成果の一部である．ここに記し深甚なる謝意を表します．

参考文献

- 1) 二瓶，木水：土木学会論文集，No.803 / -73，2005．
- 2) 二瓶，北山，江端，色川：河川技術論文集，Vol.12，2006(投稿中)．
- 3) 色川，二瓶，北山：土木学会年次学術講演会講演概要集第2部，Vol.61，2006．