超音波を用いた河川流の鉛直流速分布計測

中央大学理工学部　正会員　○岡田将治
中央大学大学院　学生員　本永良樹
中央大学理工学部　正会員　山田 正

1. 序論

洪水時に河川を流下している流量を精度良く見積もることは，河川計画の基本となる最も重要な課題である．わが国では浮子を用いた洪水流観測が一般的であるが，近年では電波流速計や ADCP 等の新しい観測機器の導入によって流量観測精度の向上や 3 次元的な流況測定が行われてきている．本研究では，超音波(市販の魚群探知機)と PIV 画像処理を組み合わせた新しいタイプの河川流の鉛直流速分布測定法を提案し，現地河川で観測を行った結果から，本測定手法の有効性について検討を行う．

2. 鉛直流速分布の算出方法と観測概要

図-1 に魚群探知機の設置状況を示した模式図を示す．魚群探知機は，超音波の反射強度によって，上流から下流へ流下する河川内の浮遊物質や懸濁物質およびそれらの濃度差を捉えることができる．

本研究では，この原理を用いて 2 台の魚群探知機によって連続的に測定された超音波の反射強度(エコーデータ)の時系列画像に PIV 画像処理を行うことにより，各水深のトレーサーが 1m 流下するのに要する時間 Δt を求め，各水深における流速分布(本測定法では，主流方向流速 U と鉛直方向流速 W)を算定することができる．

試験観測は，河床面がコンクリートである神田川(隅田川合流部から約 200m 上流地点のほぼ直線区間)において平水時に行った．本観測には(株)HONDEX 社製 DGPS(高精度衛星測位機能)内蔵の HE-6711GP を用い，超音波の周波数は 4 種類(50,107,200,400kHz)の測定結果から，反射強度の判別が最も容易であった 50kHz でいった．この観測機器では，水深方向に 300 分割，エコーデータを 16 段階に表示する．さらに，魚群探知機で測定されたエコーデータおよび DGPS データをパソコンに取り込み，一括処理できるシステムプログラムを開発した．

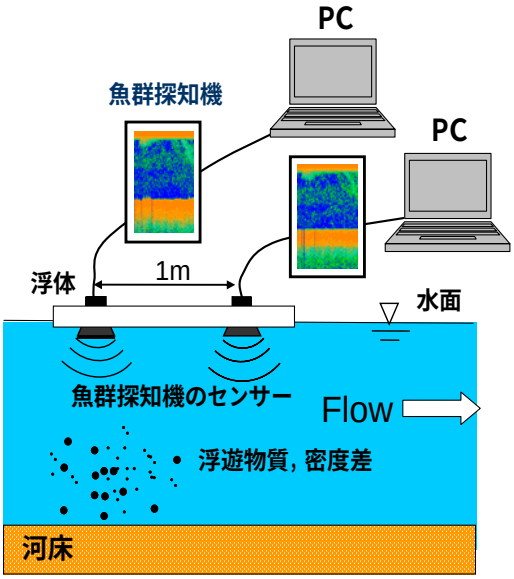

図-1 河川流の鉛直流速分布測定システム

2 台の魚群探知機で測定されるエコーデータ(1 秒間隔)の時系列画像を PIV 解析することにより，浮遊物がある距離を通過するのに要する時間 Δt を求める．また，水深方向には 300 層に分割されているため，流下方向に魚群探知機を設置することにより，流下方向，鉛直方向の 2 成分の流速を求めることができる．

3. 観測結果および考察

図-2 に上流側と下流側に設置した 2 台の魚群探知機による画像を示す．水深 4m 以上の濃色部分は，河床(コンクリート面)を示している．観測時には洪水時を想定して，魚群探知機のセンサーの上流から 4 度にわたり食塩水を水面から投入して強制的に密度差を生じさせ，水中の超音波の反射強度の時空間変化を生じさせている．**図-3** より，塩をまいた時間帯には，密度が他よりも相対的に大きくなり，反射強度が大きく(色が濃く)なっている．また，上流側と下流側の強い反射強度を示す時間帯を比較すると，下流側が遅くなっていることがわかる．このことから，超音波(魚群探知機)によって，上流から下流へ流下する浮遊物質および水温や濁度の変化による密度差を

キーワード：　洪水流，超音波，PIV 解析，鉛直流速分布
〒112-8551　東京都文京区春日 1-13-27　Tel. 03-3817-7409　Fax. 03-3817-1803(代表)

トレーサーの役割として用いることが可能であることがわかる．**図-3** に**図-2** の□で囲まれた超音波の反射強度の変化が顕著に見られる時間帯を抽出し，2 枚の画像から PIV 画像処理によって得られた 300 秒間の各水深における主流速ベクトルとそれらを算術平均して求めた鉛直流速分布を示す．主流速ベクトルは超音波の反射強度の変化が大きい(密度変化が大きい)箇所で得られているものの，変化の小さい箇所ではトレーサーとなるものがないため算定できない．得られた流速ベクトルをみると，平水時の観測であったため，5-10cm/sec 程度であり，300 秒間の平均流速も水深方向にほぼ一様であった．洪水時には上流から多くの浮遊物質，懸濁物質が流下してくることが予想されるため，本研究の測定手法を用いることによって河川の洪水時における流速分布が測定できるものと考えられる．

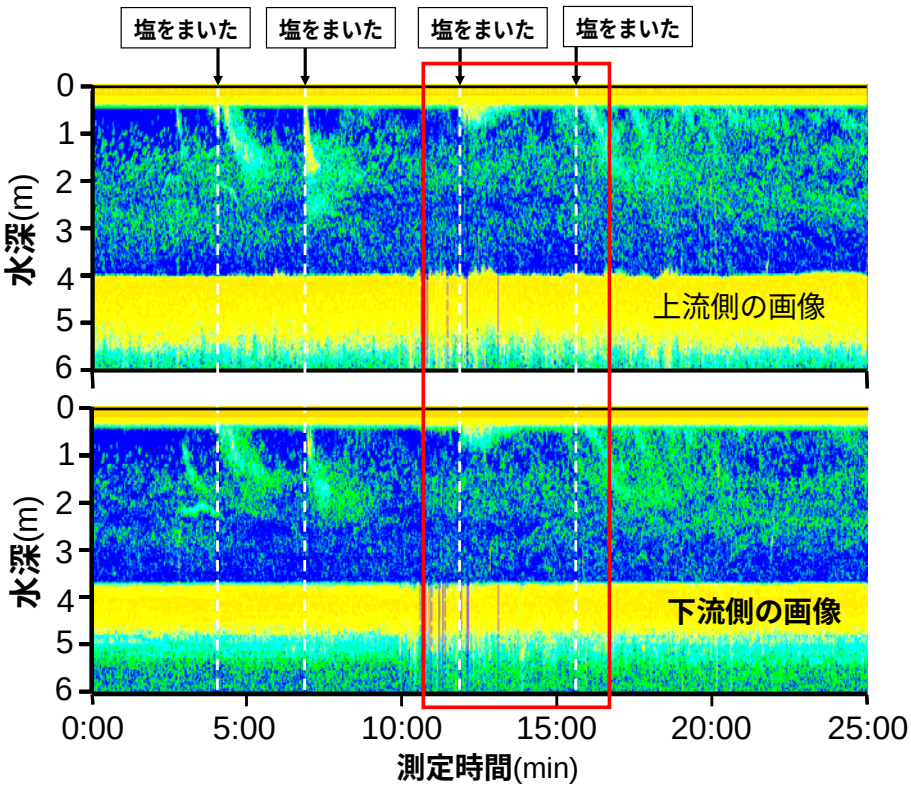

図-2 上流側と下流側に設置した 2 台の魚群探知機(超音波)による映像

超音波の反射強度を 16 段階で表示し，水深方向の解像度は 5cm である．
色が濃いほど反射強度は大きく，塩をまいた時間帯には密度の大きい箇所が濃く写っている．この密度の違いをトレーサーとして，上下の画像の違い（時間的，場所的なズレ）を PIV 解析によって求め，流速を算出する．

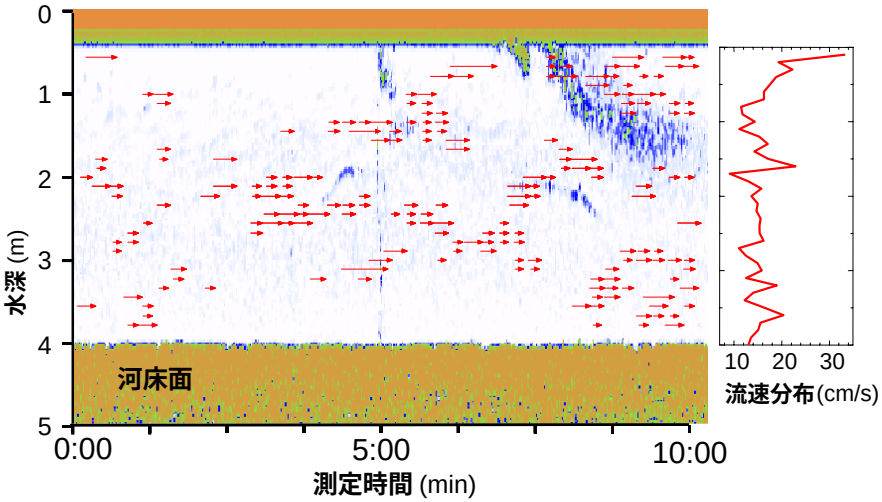

図-3 **図-2** の 2 枚の画像による PIV 画像処理を行うことによって得られた各水深の流速ベクトルと 300 秒間の平均鉛直流速分布

流速ベクトルは，密度変化の大きい時間帯にのみ算出できる．平水時に測定したため，各時間の流下方向流速 U は 5-20cm/s であり，300 秒の時間平均流速は約 10cm/s であった．

4. 結論

神田川において行われた観測結果から，本研究において提案した超音波(魚群探知機)と PIV 画像処理を組み合わせた観測手法を用いることにより，河川流の鉛直流速分布を測定できる可能性を有していることがわかった．ただし，本観測を平水時に行ったために，洪水時を想定した流れ (1-2m/s 程度)の流速測定への適用性および ADCP 等の他の測定機器との精度比較を行う必要があり，今後の課題とする．

参考文献

1) 吉本健太郎，志村光一，布村明彦，山田正，吉川秀夫：超音波を用いた底泥層厚測定技術と都市河川下流域における底泥の分布特性について，河川技術に関する技術論文集第 5 巻，pp.29-34，1999.