

# 米国における ADCP を用いた河川流量観測技術の進展

高知高専建設システム工学科 岡田将治  
(株)ハイドロシステム開発 橋田隆史  
中央大学理工学部 山田 正

## 1. 序論

近年，国内に限らず諸外国においても河川の洪水流量観測に ADCP(Acoustic Doppler Current Profilers：超音波多層流向流速計)が多く用いられるようになり，ISO/TC113 では河川流量観測ツールとして ADCP の規格化が進められている．米国においては，U.S. Geological Survey(以下 USGS)が中心となって，ADCP を用いた流量観測技術に関する調査研究と関係者の技術力向上を目的とした観測技術マニュアルの作成や講習会を行っている．我が国では，浮子を用いた流量観測が主流であるため，ADCP の観測精度管理に関する議論が少なく，観測者の技量によりその計測精度が大きく左右されるのが実状であり，観測手法の標準化が望まれる．本論文では，河川における ADCP を用いた流量観測技術の観点から，米国における計測技術の現状と課題について報告する．

## 2. 最近 10 年の ADCP の計測性能の向上

ADCP は 1981 年に米国 RD 社によって開発された．我が国には 1985 年に初めて導入され，海洋分野を中心に普及した．1995 年に小型化され，価格も従来の半額程度になったことが契機となり，米国を中心に河川流量観測に広く使用されるようになった．その後多くの改良が加えられ，2001 年には浅水域で高解像度の計測が可能となり，最小未測エリアがこれまでの 44cm から 10cm 程度まで改善された(ゼロブランク)．さらに，2002 年には浅水深域に特化した機能が開発され，流速の大きい流れに対しても高精度で計測(Mode12)できるほか，最大 40Hz での高解像度高速サンプリング(Mode11)が可能となった．このように，特に最近 5 年間で河川流況計測に対する ADCP の性能が飛躍的に向上し，それに伴ってその活用方法の検討および新しい計測技術の開発が精力的に行われるようになった．

## 3. USGS における流量観測データの取り扱い

USGSのOSW(Office of Surface Water) では，ADCPによる洪水流量観測法およびデータの取り扱いに関して，品質管理上の明確なガイドライン<sup>1),2)</sup>を設定している．これによると，各断面において最低 4 回(2 往復)の断面流量計測を行い，4 回の計測データに 5%以上の誤差がある場合にはさらに 4 回の再計測を行って計 8 回分の平均値を実測流量として認めるとしている．国内で計測した事例として，図-1 に川幅約 320m(低水路満杯流)，水深約 4.5mのT川において往復した場合の流速分布と換算流量を示す．層厚 25cm×40 層，サンプリングタイムは 1.5 秒，理論上の流速計測精度はおおよそ 3cm/secである．ボートスピードは約 1.5m/secで川幅 300m程度の河川であれば 10 分程度で往復(2 回分の計測)することができる．図より往復でほぼ同じ測線を通れば，同様な流速分布と誤差 1%未満の精度で流量が得られることがわかる．ただし，河川の流れが不安定な場合，ボートの動揺が大きい場合，ADCP内蔵磁気コンパスがずれている等の理由により，往復の計測誤差が大きくなる場合がある．

## 4. 河床変動が大きい場合の ADCP 流量観測の誤差修正法

ADCPは河床との相対的な移動を捉えるボトムトラッキング機能を有しており，航走中の自機を速度を算定して対地流速を出力する．その際，河床が静止しているという前提で計算しているため，河床変動が生じる場合には誤差が生じる．これは，国内の観測事例においても指摘されているように，現在，ADCPによる流量観測法の課題として検討されているテーマのひとつである．USGSでは流量観測を行う前に 2 通りの補正方法<sup>3)</sup>を提案している．ひとつ目の方法は，移動床テスト(Moving-Bed Test)と言われる方法で，河道内の定点にADCPを静止させ，ボトムトラッキング機能をオンの状態で 10 分間計測する．河床が移動している場合には，ADCPを静止した状態でも上流方向に移動している様に算出される．10 分間に移動した距離を 1 秒間あたりの平均流速に換算することにより，河床が移動するによる流量算定誤差を評価することができる．ふたつ目の方法は，数cmの精度で場所を特定できるDGPSを使用する方法であり，Moving-Bed Testの結果から，移動床速度が断面平均流速の 1%を超える場合にはこの方法を使用することとしている．しかし，DGPSを高い精度で使用できない地点があることや ADCPの内蔵磁気コンパスとGPSの方位のズレが換算流量に大きく影響するために，実用的な段階には至ってい

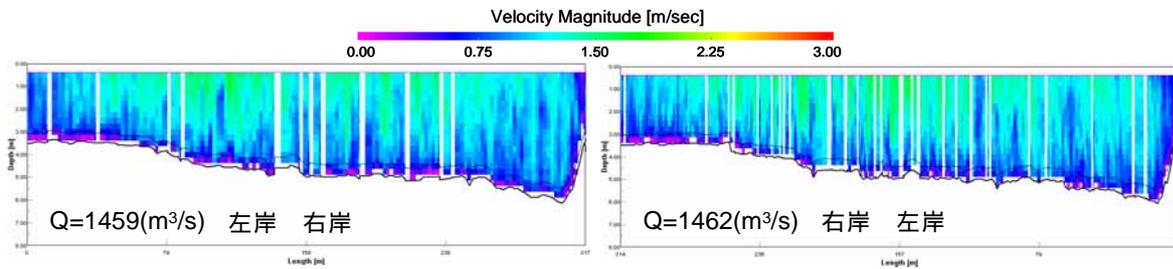


図-1 ADCP 搭載ボートで往復した場合の流速分布と換算流量  
(T川 A地点(川幅 320m, 平均水深 4.5m))

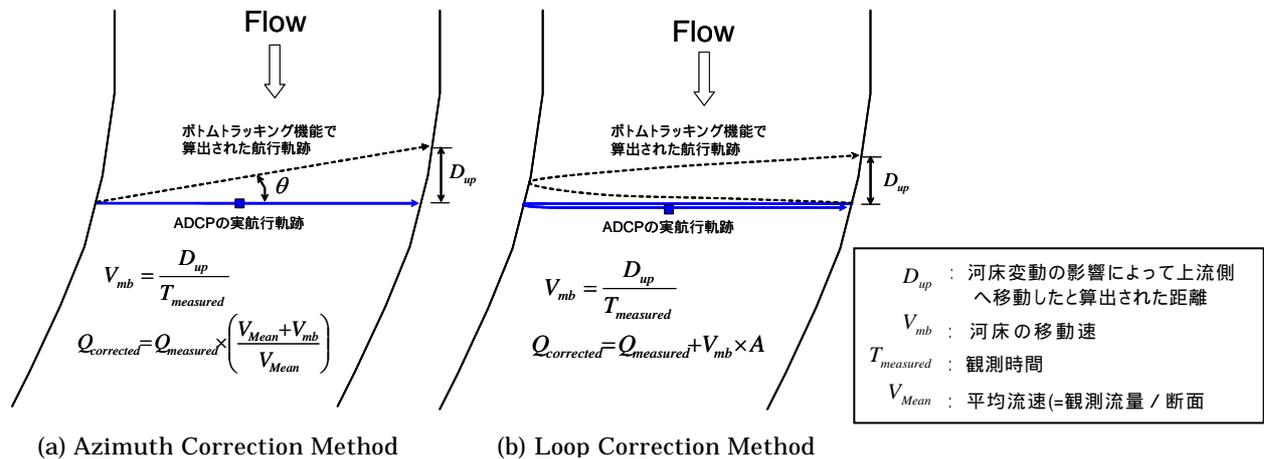


図-2 河床変動が大きい場合のADCP観測流量の誤差修正法<sup>4)</sup>

ない。そこで，Mueller<sup>4)</sup>は，DGPSを使用しない4種類の計測方法を検討している。

- a) Section by Section Method 断面を数箇所に分割し，代表的な地点の流速分布を計測することによって流量を求める方法である。各地点の正確な流速分布を計測することができ，ボトムトラッキング機能が不要なため河床変動が生じる場合にも対応可能である。しかし，断面分布が得られないため，流量算定には各種内挿作業が伴う。
- b) Subsection Method 断面内の代表的な地点で移動床テストを行いながら移動させて流速分布を計測する方法。他の計測法に比べ時間を要する欠点がある。
- c) Azimuth Correction Method 固定した始点から終点へ観測を行い，始点から終点への方位と実際に航行した方位と距離のズレから上流側へ移動したと算出された距離を求め，航行時間から河床の移動速度を求めて流量を補正する方法である(図-2(a))。
- d) Loop Correction Method 固定した始点から河川を横断し，対岸に着いたら始点に戻る往復観測を行う。ボトムトラッキング機能で算出された航跡の終点と始点の距離と航行時間から河床の移動速度を求め，流量を補正する方法である(図-2(b))。Mueller はこれらの計測手法の中から現地作業，後処理作業を考慮して，この方法が現段階で最も実用的であることを結論付けている。今後，我が国においても河床変動が大きい河川において流量観測法の主流になると考えられる。

参考文献

- 1) Stephen W. Lipscomb: Quality-Assurance Plan for Discharge Measurements Using Broadband Acoustic Doppler Current Profilers, U.S.G.S. Open-File Report 95-701.
- 2) Kevin A. Oberg, Scott E. Morlock and William S. Caldwell: Quality-Assurance Plan for Discharge Measurements Using Broadband Acoustic Doppler Current Profilers, U.S.G.S. Scientific Investigation Report 2005-5183
- 3) David S. Mueller: Use of Acoustic Doppler Instruments for Measuring Discharge in Stream with Appreciable Sediment Transport, Hydraulic Measurements and Experimental Methods 2002.
- 4) David Mueller: Techniques for Measuring Stream flow with an ADCP in Moving-Bed Conditions, ADCPs in Action 2005.