

河川音響トモグラフィーを用いた礫床河川流量モニタリング

広島大学 学生会員 池田 優雄

広島大学 正会員 川西 澄

国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所 斉藤 一正

国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所 兒子 真也

1. はじめに

河川計画では洪水防御が第一の目的であり、水系周辺の降雨により河道に流出する流量(計画高水)以下の流量を安全に流化させるよう河道計画が策定される。また、河川の適正利用、正常機能維持や環境保全の観点からは、正常流量の確保が河川計画のもう一つの目的となる。これらの計画プロセスにおいては、過去の降雨実績や水需要に基づく流出解析から流量を算出するが、その解析モデルやパラメータの妥当性検証、あるいは精度向上には、信頼できる河川流量データが必須である。

したがって、より高精度かつ連続的に河川流量を測定できる技術の確立は喫緊の課題である。従来の流量計測手法である浮子測法、ADCP、プロペラ式流速計を用いた流量計測といった流量計測手法では一時的にしか流量を測ることが出来ない。そこで河川音響トモグラフィー(Fluvial Acoustic Tomography System 以下:FATS)を用いた新たな計測法を検証する。

川西らは、FATSによる感潮域等での流量の連続観測に成功し、FATSの実用河川での流量計測が可能であることを確認している。しかし、礫床河川においては、超音波が礫により乱反射し伝播時間の正確な計測ができない可能性がある。そこで、本報ではFATSを礫床河川である広島県三次市江の川に適用し、プロペラ式流速計、ADCPと比較することによって、FATSの礫床河川での適用性について検討する。

図-1に今回礫床河川での河川音響トモグラフィーの適用性に観測を行った観測地点の位置図を示す。



図-1 広島県三次市を流れる江の川

2. FATSの計測方法

水中に設置した2台1組の音響局間を結ぶ測線方向に流れのある場合、流れ方向とその逆方向に伝播する超音波では音響局間の伝播速度が異なり、各音響局で得られる伝播時間に差が生じる。FATSでは、この伝播時間差を利用して音響局間の平均流速を求める

図-2に、FATSの両音響局間の水中での設置の様子を示す。上流側A、下流側Bに音響局を設置し、1分間隔で両音響局から同時に超音波を発射し、超音波の伝播時間の測定を行った。

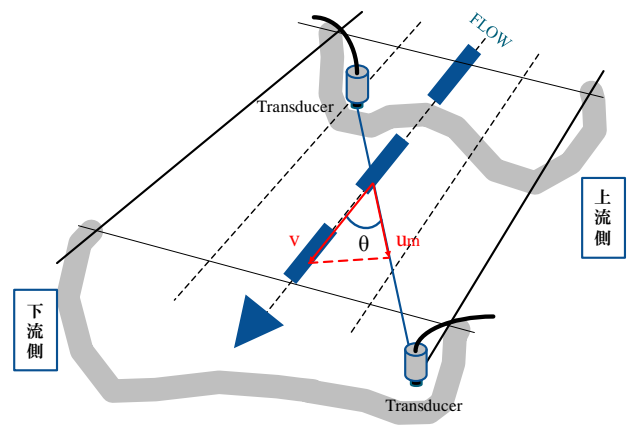


図-2 両音響局間の断面図

上流側から下流側に伝播する超音波の伝播時間 t_1 、下流側から上流側に伝播する超音波の伝播時間 t_2 は以下のように表わすことが出来る。

$$t_1 = \frac{R}{c_0 + u_0} \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{R}{c_0 - u_0} \quad (2)$$

(1)、(2)から音線に沿う平均音速 C_0 、平均流速 u_0 は

$$C_0 = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right) \approx \frac{R}{t_m} \quad (3)$$

$$u_0 = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \approx \frac{C_0^2}{2R} \Delta t \quad (4)$$

双方向超音波伝播実験を行えば、両音響局間で生じる伝播時間差から音線に沿う平均流速を求めることが出来る。

3. FATS の特徴

FATS を用いた流量観測では、従来の観測方法のような人力観測ではないため、長期的な流量モニタリングが可能である。

大掛かりな装置は置く必要がなく設置が容易であることや、必要な人員も少なくよいため、大幅にコストを削減できる。

FATS は上下流方向への超音波の伝播時間差から流速を算出しているため、更生係数などをかけて補正する必要がなく、流速分布を考慮せずに断面平均流速を求めることができる。

符号化された疑似ランダム信号の送受信による SN 比の飛躍的な改善により強い雑音下での洪水時でも流量観測を行うことができる。

4. 計測結果

図-1 に示す広島県三次市尾関山水位観測所の下流において、2010 年 10 月 18 日から 10 月 29 日の期間に行った流量の測定結果、2011 年 1 月 21 日から 2 月 3 日の期間に行った流量の測定結果と、2010 年 10 月 18 日から 10 月 29 日の期間に行った水温の測定結果について述べる。

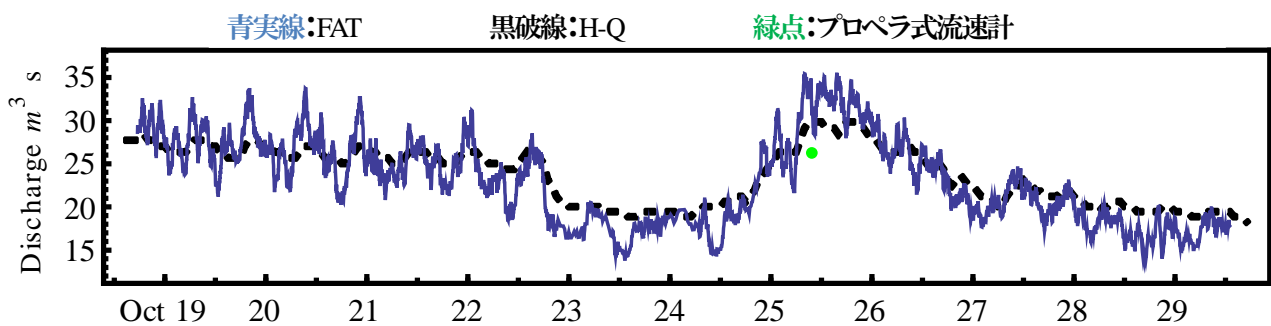


図-3(a) 2010 年 10 月 18 日から 29 日までの期間の流量測定結果

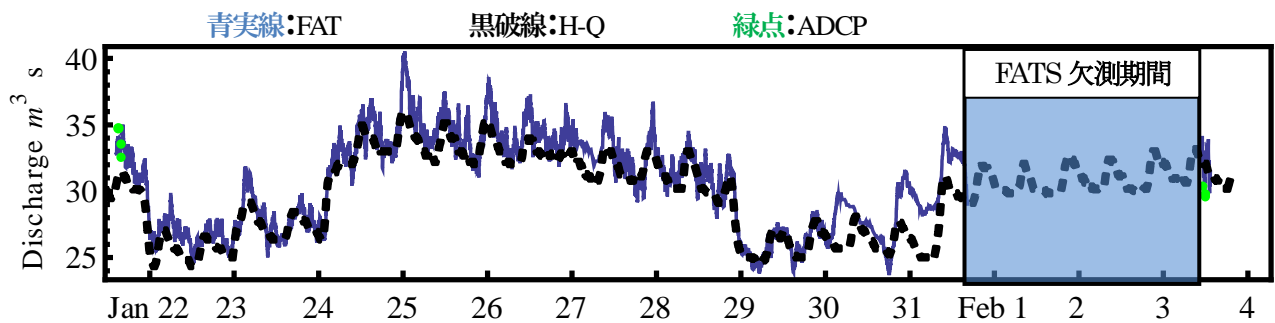


図-3(b) 2011 年 1 月 21 日から 2 月 3 日までの期間の流量測定結果

図-3(a)に2010年10月18日から10月29日の流量の経時変化を示す。図-3(b)は、2011年1月21日から2月3日の期間に行った流量測定結果である。FATS で内部ホストコンピュータに問題が生じて、欠測してしまうこともあったが、FATS による流量と H-Q から求めた流量はよく一致しており、礫床河川においても流量・水温計測に問題がないことが実証された。また、心配した超音波の減衰もほとんど見られず、高い SN 比を保持していた。

図-3(a), (b)ともに半日周期程度の流量変動がみられ

るが、これは広島県三次市の江の川水系にある発電用のダムの取水・放流によるものであると思われる。図-3(b)を見ると、ADCP の流量計測結果にばらつきがあり、ADCPの流量のばらつきとFATSの流量変動がよく一致している。つまり、FATS を用いれば、連続的な流量を正確に計測することが出来ることがわかる。

5. 結論

FATS は江の川礫床河川でも全く問題なく機能し、流量と同時に断面平均水温を高精度に計測可能である。

FATS を用いれば、水深が 30cm 程度の浅い場合でさえ、正確に流量を連続的に計測することが出来る。

以上のように、新たに開発した FATS は感潮域を含む様々な河川における流量の自動計測を可能にする強力な流量観測法になることが期待されている。音響局の数を増やし、インバース解析を行えば、複断面内や分・合流部の流速分布も推定できると考えられ、FATS 計測の発展性は非常に大きい。

6. 謝辞

広島大学大学院工学研究科川西澄准教授、国土交通省中国地方整備局の斉藤一正氏、荒谷建設コンサルタントには、江の川の流量観測で協力を得た。ここに記して敬意を表する。

参考文献

川西澄, Mahdi Razaz, 渡辺聡, 金子新, 阿部徹: 河川音響トモグラフィーによる太田川放水路の分派流量と断面平均塩分の長期連続モニタリング, 水工学論文集, Vol54, 2010

川西澄, 渡辺聡, 金子新, 阿部徹: 次世代超音波流速計による感潮河川流量の長期連続モニタリング, 河川技術論文集, 第 15 巻, 2009.6

Kawanishi, K., Razaz, M., Kaneko, A. and Watanabe, S., 2010. Long-term measurement of stream flow and salinity in a tidal river by the use of the fluvial acoustic tomography system. Journal of Hydrology, 380(1-2), 74-81.