

ADCP を用いた新しい濁度観測システムの開発

株式会社ハイドロシステム開発	正会員	橘田隆史
高知工業高等専門学校 建設システム工学科	正会員	岡田将治
大阪府立大学大学院 海洋システム工学分野	正会員	新井 励
日本ミクニヤ株式会社	正会員	熊田康邦

1. 序論

近年，ADCP の反射強度から濁度を計測する技術が国内外で研究されており，こうした技術を ABT(Acoustic Backscattering Turbidity：超音波濁度)と呼ぶ．この技術の最大のメリットは，流速と濁度の多層観測が同時に出来ることにあり，濁度から SS への推定式を併用することで，土砂フラックスのモニタリングへの応用が期待できる．著者らは，ADCP の反射強度から濁度，若しくは SS を算出し，モニタリングするシステムの開発を進めており，本稿ではシステムの紹介と試験観測データの検証結果について報告する．

2. 濁度モニタリングシステムの概要

(1) システムの構成

図-1 に本研究グループが開発した濁度モニタリングシステムを示す．ADCP，テレメトリー装置，演算装置からなり，現地で取得したバイナリーデータを E-mail で転送して事務所内のサーバー機で演算し，流向・流速と濁度分布を出力する．この内，ADCP の反射強度から濁度を算出するアルゴリズムが新技術であり，本稿の主要部分となる．

(2) ABT(超音波濁度)の計測原理

ABT(超音波濁度)の計測原理は，超音波の後方散乱と濁りの関係式を応用したものである．水中を音波が伝搬する際には，諸要因により音圧レベルが低下していく，いわゆる伝搬損失が知られている．伝搬損失は拡散損失と水醜による吸収，懸濁物質による吸収，散乱の和からなる．水醜による吸収は水温，塩分，音波の周波数により大きく異なり，懸濁物質による吸収・散乱は，粒径，浮遊物質濃度，及びその密度等の影響を受ける¹⁾．一方，4つのトランスデューサーの受信感度は機器内の温度で大きく変化する等，反射強度の計測値には，伝搬損失の影響だけでなく機器固有の特性値も影響する²⁾．このように超音波の反射強度から濁度を算出するには，伝搬損失と機器特性に関するパラメータを補正する必要がある，本研究ではこれらの補正項を詳細に検討している．当該システムの特徴は，水温，塩分および超音波の周波数をもとに水醜による吸収量を算出，浮遊物質濃度，粒径，粒子密度等をもとに浮遊物質による吸収と散乱を算出，機器内温度から受信感度を算出，以上の3点である．なお，の散乱を求めるに際し，原位置における超音波の反射強度が必要となるため，本手法では音源側から浮遊物質濃度および，その散乱・吸収量を漸次的に算出することでこれを求めている．基礎理論式を右に示す．

$$\log_{10} M(r) = S \left\{ EI + 20 \log r + 2r(\alpha_w + \alpha_s) \right\} + K_s$$

$M(r)$: における濁度 EI : 散乱強度 (dB) S : 後方散乱に関する定数
 r : トランスデューサーからの距離 (m) K_s : 後方散乱に関する定数
 $\alpha_w(T, S, f)$: 水の吸収係数 (dB/m)
 $\alpha_s(M, f, T, S, w, s)$: 浮遊懸濁物質による減衰係数 (dB/m)

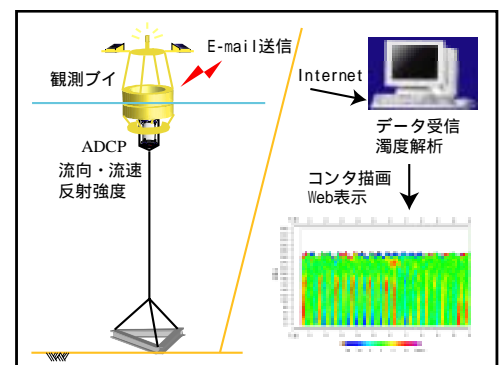


図-1 濁度モニタリングシステムの構成

3. 海域における観測結果

(1) 濁度算出式の精度検証

濁度と ABT の相関を求めるため，K 港において 1 潮汐の連続観測(1 時間毎)を 4 地点で行った．また，多項目水質計により鉛直 0.1m 間隔で水温，塩分を計測し，これを用いて ADCP の反射強度から ABT に変換した．濁度と

キーワード ADCP，反射強度，濁度観測，ABT，モニタリング

連絡先 〒552-0007 大阪市港区弁天 5 丁目 10-23

の相関係数は **0.98** と良好であるが図-2(a), **10ppm** 以下の低濁度時には相関が **0.82** と精度が低下する傾向が見られ(図-2(b)), 低濃度での精度確保が課題として挙げられた。

次に, 本手法と従来手法で反射強度から ABT を算出し, 実測値と共に図-3 に示した。本手法は実測濁度に良く一致している。従来手法は, ソナーの式において, 音波の拡散および発射強度を変数とし, 水俵による吸収を定数としたものであり, 懸濁物質による減衰を考慮していない。そのため, 図-3(a)のように音波の吸収量の鉛直変動が大きい時や図-3(b)のように底層付近において高濁度が発生した時に誤差が生じるものと推測される。

(2) 連続観測による濁度分布の算出

河川河口域に ADCP を 1 ヶ月間設置し, 連続観測データから ABT を算出した(図-4)。上げ潮時にかけて底層付近で高濁度が生じている様子が観測されている。これに, ADCP の流速値を乗じることで河川における土砂フラックスを算出することも可能である。濁度計でこうした鉛直分布を得るには相当な労力とコストを要すが, ADCP を用いることで, 流速計測と合わせて濁度分布を簡便に得ることが可能となり, 新たな観測ツールの一つとして今後の活用が期待できる。

4. 結論

本稿では, ADCP の反射強度を応用した濁度モニタリングシステムの開発経過を報告した。濁度算出の基本アルゴリズムは完成しており³⁾, 実測濁度と良好な相関関係を得ることが確認できている。一方, 低濃度域での精度向上や, 長期的なモニタリングによる検証が今後の課題として挙げられる。本システムは, 既存の ADCP テレメトリーシステムにおいてもハードウェアの追加無しに導入できることや, 過去のデータを利用することも可能な点で汎用性が高い。また, ADCP の航走観測や, H-ADCP による河川横断観測などにも応用でき, 今後の活用が期待される。

謝辞 本研究にあたり, 株式会社エス・イー・エイ, 米国 RD 社, 英国 DRL 社の協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Urick R. J: The Absorption of Sound in Suspensions of Irregular Particles, J. Acoust Soc. Am, 20:1948-(3)283
- 2) RD Instruments: Calculating Absolute Backscatter, Technical Bulletin ADCP-90-04. RD instruments, San Diego, Ca, USA
- 3) 橋田, 新井ら: ADCP を応用した河川土砂フラックスのモニタリング手法の研究(), 第 41 回環境工学研究フォーラム講演集, pp22-23, 2004

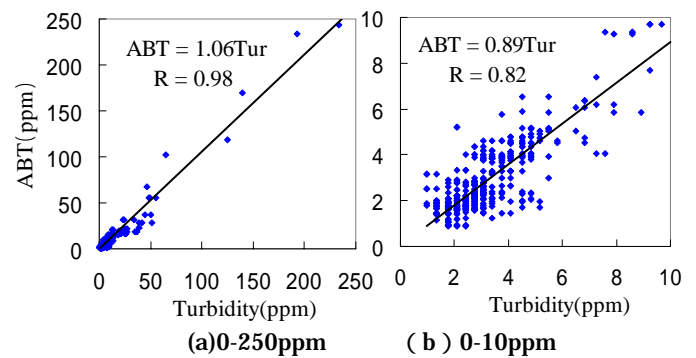


図-2 ABT と実測濁度との相関

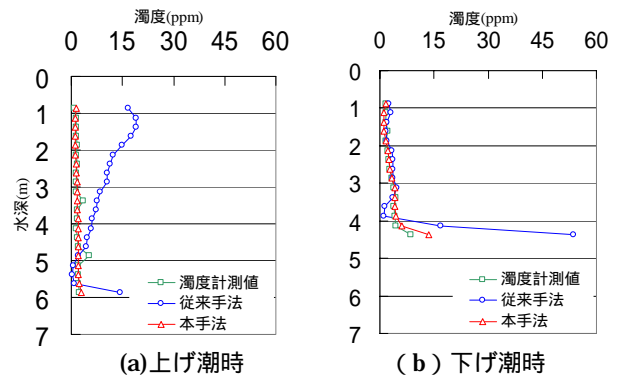


図-3 従来手法との比較

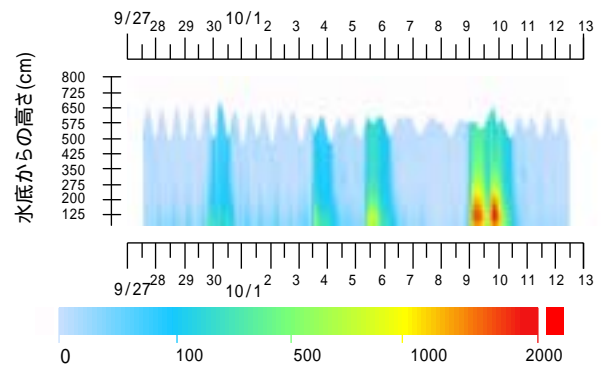


図-4 河口域における連続観測結果(ABT)