

# 洪水時における ADCP の散乱強度を用いた浮遊砂量推定に関する研究

広島大学 学生会員 ○地曳海渡

高知高専専攻科 学生会員 竹内慈永 高知高専 正会員 岡田将治

## 1. はじめに

流域全体の土砂管理の推進，あるいは洗掘や堆積等の局所的な河床形状変動の課題を解決する上で，洪水時の土砂動態を把握し，その予測精度の向上を図ることが重要である．橋田ら<sup>1)</sup>は，ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler : 超音波ドップラー流速計)で計測される反射強度から各地点の散乱強度を算出するアルゴリズムを提案し，濁度および浮遊砂量をモニタリングする技術を提案しており，濁度 150ppm の条件下においてその有効性を検証している．一方，洪水時の高濁度条件下においては，懸濁物質による吸収，浮遊砂の粒径等の影響により超音波の減衰が大きく，ADCP のデータが取得できない場合や取得できてもデータの品質が低下する理由から検証事例がない．そこで本研究では橋田らの手法を四万十川の洪水時に実施した ADCP 観測データに適用し，高濁度条件下における有効性を検証した．

## 2. 四万十川における ADCP を用いた洪水観測

図-1 に渡川大橋付近の平面図，ADCP の移動観測範囲，採水地点を示す．本研究では四万十川河口から 8.4km に位置する不破地区渡川大橋を観測対象地点とし，台風 6 号によって洪水状態となった 2011 年 7 月 19 日に，ADCP を用いた観測を行った．四万十川流域では 2011 年 7 月 18 日夜半から 7 月 19 日の夜までの約 2 日間の総降雨量が上流域の船戸で 826.5mm，梶原 516mm，大正 493mm，中流域の江川崎で 388.5mm，窪川 491mm を記録した．図-2 に四万十川の観測によって得たデータを用いた浮遊砂量推定のフローを示す．浮遊砂量を推定するために必要なデータは ADCP で計測される流速分布および反射強度，採水試料の濁度，SS および粒度分布，水中の濁度鉛直分布である．採水は低水路および高水敷の 2 地点においてバケツで表面のみを行い，鉛直濁度分布は水面における値が河床まで一様と仮定した．

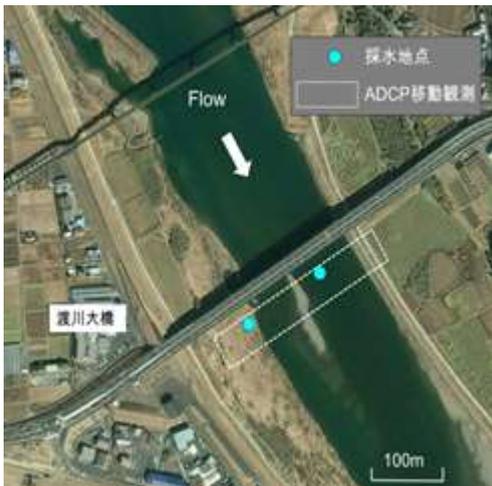


図-1 四万十川渡川大橋付近の平面図，  
ADCP の移動観測範囲，採水地点

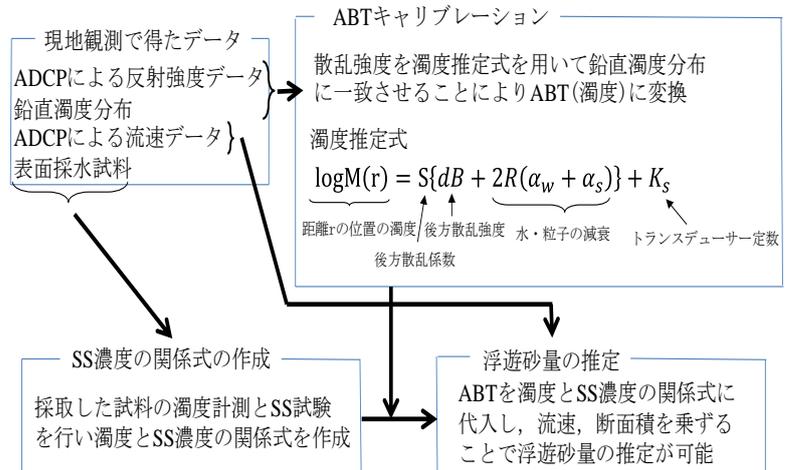


図-2 浮遊砂量推定のフロー図

橋田ら<sup>1)</sup>が提案する ADCP で計測された反射強度から超音波濁度 (ABT : Acoustic backscatter turbidity) を計算するアルゴリズムを示す．散乱強度  $EI$  は，ソナー方程式から式(1)で表される．

$$EI = SL + SV + Const - 20 \log(r) - 2\alpha_w r \quad (1)$$

ここに， $EI$  : 散乱強度 (dB)， $SL$  : 発射強度 (dB)， $SV$  : 粒子の後方散乱， $\alpha_w$  : 水の吸収係数 (dB/m)， $r$  : トラ

ンスデューサーからの距離(m) である。また、懸濁態濃度は、音響強度と懸濁態濃度の関係について伝搬損失を考慮した式(2)で算出している。

$$\log M(r) = S\{dB + 2R(\alpha_w + \alpha_s)\} + K_s \quad (2)$$

$M(r)$ : トランスデューサーからの距離における懸濁態濃度,  $S$ : 後方散乱係数,  $dB$ : 拡散補正後の後方散乱強度,  $\alpha_s$ : 粒子の吸収係数,  $K_s$ : トランスデューサー定数 である。

この式を用いて鉛直濁度分布に一致させるように各変数を決定する。次に採水試料の濁度計測とSS試験を行い、濁度とSS濃度の関係式を作成する。この関係式にABTを代入することで浮遊砂濃度が算出され、さらにADCPによって計測される流速および断面積を乗ずることによって浮遊砂量が算出できる。

### 3. 結果および考察

図-3 に四万十川の濁度と SS 濃度の関係を示す。この関係は濁度の計測範囲内(550~700ppm)のみ適用可能とする。傾きが小さく切片が大きいのので SS はあまり濁度変化の影響を受けないことがわかる。ADCP が計測した流速分布を図-4、反射強度分布を図-5、ABT キャリブレーションで算出した ABT 分布を図-6、濁度と SS 濃度の関係に ABT を代入して算出した SS 濃度分布を図-7、浮遊砂量を図-8 に示す。ABT は河床に近いほど大きい値をとるが、浮遊砂量は断面でほぼ様な分布になっている。採水試料の粒度分析を行った結果から、浮遊砂よりも粒径の小さいウォッシュロードが大半を占めていた。一般にウォッシュロードは様な分布になることが知られており、本研究で得られた図-8 の浮遊砂量分布と一致している。したがって 570~700ppm の高濁度条件下においても、濁水中の粒径が比較的小さいウォッシュロード成分が大半を占める条件においては、橘田ら<sup>1)</sup>の推定手法が適用可能であることがわかった。

### 4. おわりに

範囲は限定されるが、高濁度条件下においてもADCPで計測された反射強度から浮遊砂量を推定する橘田ら<sup>1)</sup>の手法が適用できることを示した。今後、さらに適用範囲を広げていくためには、本研究で実施できていない水面下の採水と濁度の鉛直分布計測を行い、浮遊砂成分の影響を考慮することが必要となる。

### 参考文献

- 1) 橘田隆史, 横山洋, 橋場雅弘, 新井励: ADCPの超音波強度を利用した濁度計測技術について, 河川流量観測の新時代, 第2巻, 2011.

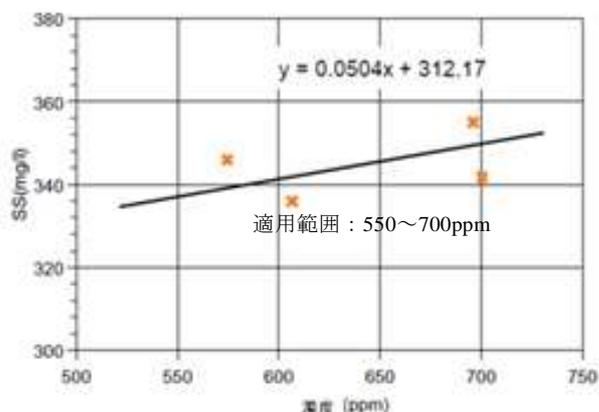


図-3 濁度と SS 濃度の関係

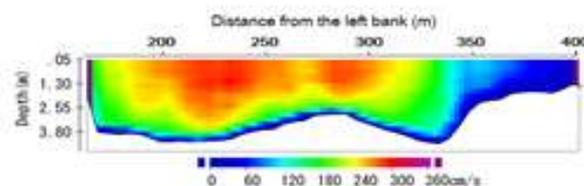


図-4 流速分布

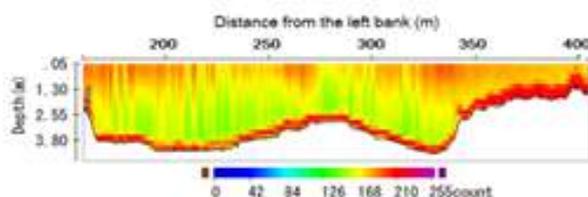


図-5 反射強度分布

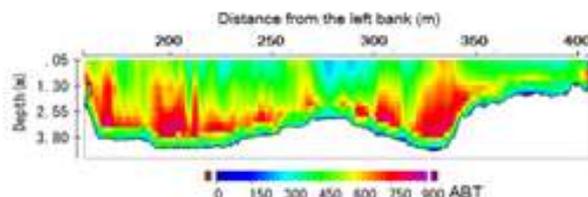


図-6 ABT 分布

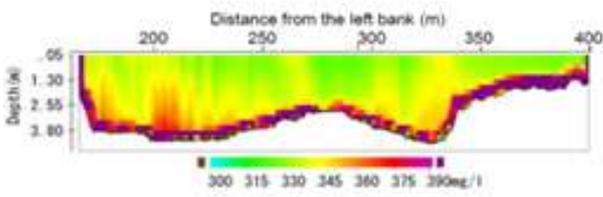


図-7 SS 濃度分布

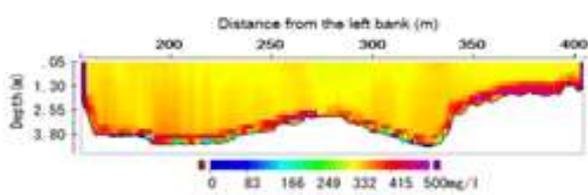


図-8 浮遊砂量分布