

44 超音波映像による間接的流砂量測定法の基礎実験

○京都大学防災研究所 澤井健二
京都大学工学部 小倉久直
京都工芸繊維大学 中山純一
京都大学工学部 高橋信行

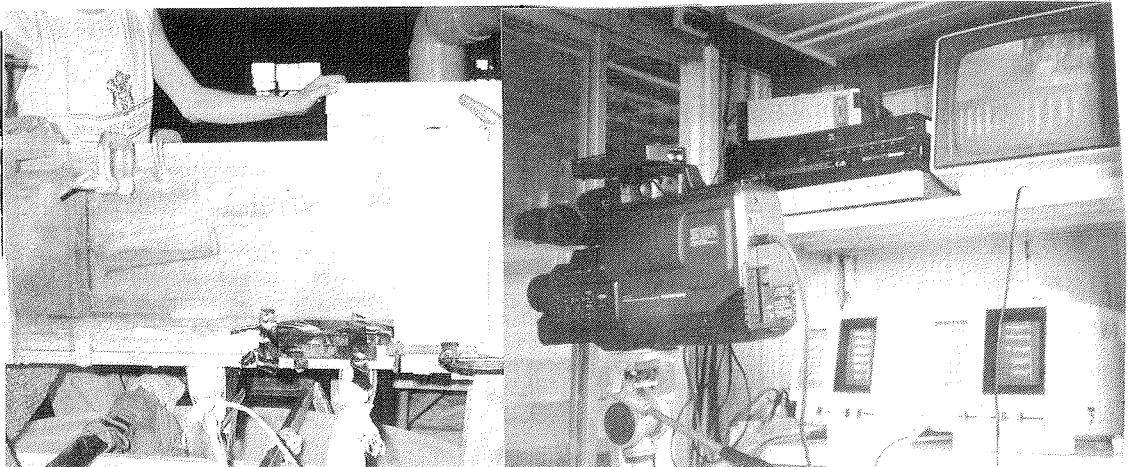
1 はじめに

数年前より著者らは流砂量の間接的測定法の試みとして、音響法と超音波映像法に着目し、基礎的な検討を進めている¹⁾²⁾。このうち、音響法については、限られた条件下ではあるが、実用性のあることが確かめられ、一部、現地にも適用されるまでになっている³⁾。超音波法については、予備的な検討は行っていたものの、系統だったものには至っていなかったが、音響法の実用化の目途がついた現在、それをさらに発展させるとともに、超音波法の実用化を図るべく、精力的な検討を再開したので、ここにその経過を報告する。

2 実験方法

超音波映像による間接的流砂量測定とは、水路床の横断方向に超音波発信器とセンサーを多数並べて、それらを順次スキャンすることによって、その断面内を通過する砂礫を映像化し、画像処理によって流砂量を求めようとするものである。その場合、超音波のスキャンが速ければ、1断面のデータからでも流砂量を求めることが可能であるが、2断面さらには多断面と断面数を増すことによって、流砂の移動速度、濃度分布など、より多様な情報の得られることが期待される。

本実験では、幅20cmの水路の下流部を縮幅して、超音波アレイを2断面にセットし、上方および側方からのビデオカメラの映像とともに4画面分割ユニットを用いて、1本のビデオテープに録画した。用いた超音波アレイは、島津製作所製の小型医療用診断装置(SDL-32)で、長さ10cm範囲を毎秒15回スキャンすることにより、深さ20cmまでの超音波エコーをブラウン管上でモニタリングするとともに、NTSCタイプのビデオ信号として取り出すことができる。



エコーの検出幅は、プローブの中心軸の両側約1 cmの範囲で、超音波が発信された時にその帯状領域内に砂礫があれば、その下面のエコーが検出される。

3 画像解析

実験水路を用いた流砂量測定実験で測定した超音波断層映像（幅:7 cm、水深:6.8 cm）を図1（表示は超音波の反射強度を256段階の濃淡[黒:0、白:255]で表示したものである）に示す。実験では水路内の20 cm離れた2断面で超音波断層映像の測定を行っているが、図は下流側で測定した像であり、下側が水路の底面、上端の壁が水面に設置した超音波吸収壁である。図1は流砂を含まない約38 cm/sec、45 cm/secの流速で流れる水のみを測定したものあり、図中央左部に見える像は、超音波の多重反射によるゴースト像である。図2は同じ実験で水とともに平均粒径14 mmと7 mmの礫（球形の軽量骨材）を各々10個を流して測定したものである。この図では14 mmの礫の像がゴースト像の中に見られるが、これからは礫の形は明確には判別できない。

実際の流砂量測定では測定装置を色々な場所に設置する必要がある、各々の設置条件や環境により色々なゴースト像が発生すると考えられる。従って、ゴースト像が存在しても正確な計測をする必要がある、ここでは、最も単純な時間的に変化しない静的なゴースト像の除去を差分法により実行した例を図3に示す。図3では礫が明確に表示され、礫の底面の丸みなども識別可能である。実際の計測では、図1のような基準画像にはある特定の画像を用いるのではなく、実際に測定している画像を平均したものを用いる。すなわち、測定画像を平均化することより、動的な像は平均画像から除かれ静的な像のみが残る。また、この方法は緩やかな測定条件の変化を自動的に補正することが可能であるなどの利点がある。

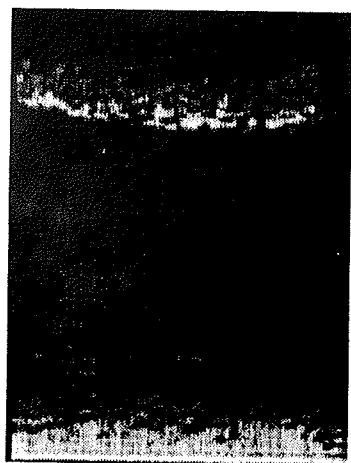


図1

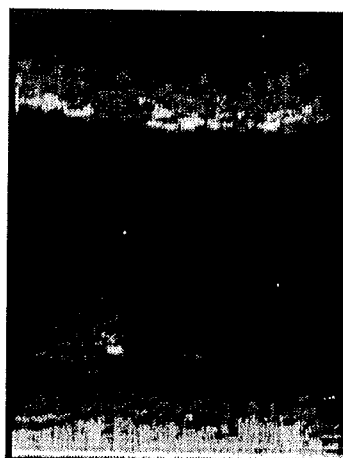


図2

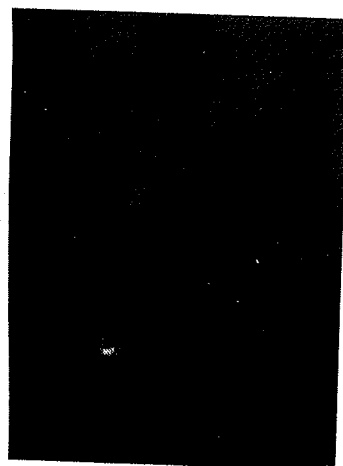


図3

次に現在解析を進めている流砂量および移動礫の大きさ、速度の推定方法について述べる。

まず、上記のような前処理を行なった画像を水深方向に加算して1次元データとする。図4は図3に対してこの処理を行なった結果である。図4の原点は図3の上端であり、加算によっても2 cmから2.5cmの間に超音波の反射強度が大きくなっている部分が見られ、礫の存在が確認できる。次に、この1次元のデータにフーリエ変換を施し、波数空間上のデータに変換する。波数領域では礫の大きさに応じた波数近傍のパワースペクトルが大きくなり、礫の大きさを推定できる。波数空間領域では礫の観測位置に無関係に礫の大きさのみでパワースペクトルの変化する波数が決まるため、パワースペクトルの時間的変化を観測することで移動礫の大きさを判断でき、流砂量の推定が可能となる。また、礫の水平方向の位置決定はスペクトルの位相を用いたより精密な解析により可能である。さらに、礫の形を仮定し、抽出したい大きさのレンジを限定すれば、すべての波数について解析を行なう必要がなく、適当な数の波数（現在は3つ）の時系列データ（以上のような処理を測定画像データに対して順次適用すれば波数領域の時系列データとなる）を解析し、自己相関、相互相関から礫の大きさ、量が推定できる。また、他方の断面の超音波断層映像についても同様な処理を施して波数空間領域の時系列データとし、二つのデータの相互相関を解析することにより移動礫の各々の大きさと速度を推定できる。また、このような2断面での同時計測を用いれば、どちらか一方の断面で観測もれが起こっても水路を流れる流砂量をより正確に測定することが可能である。

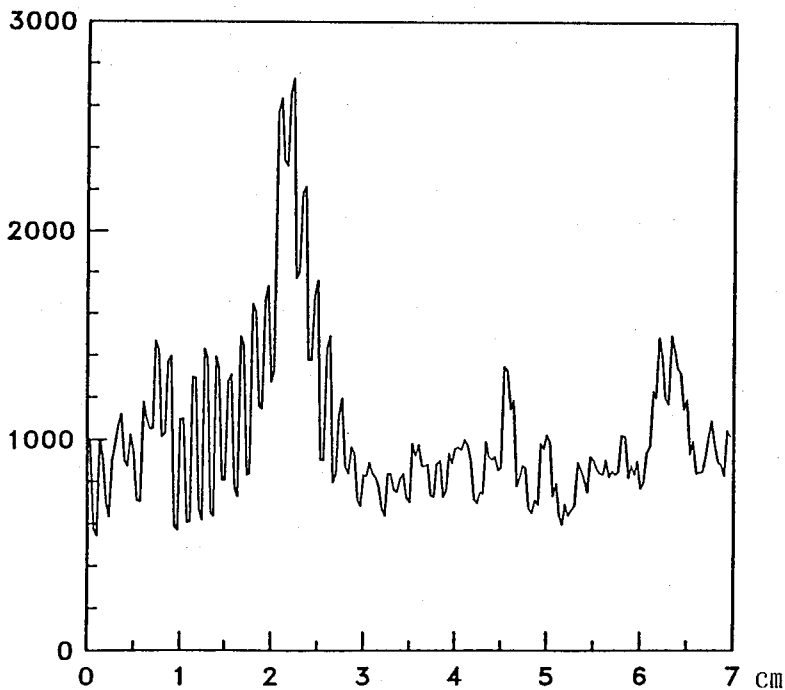


図4

4 あとがき

以上のように、超音波映像を用いた間接的流砂量測定法は、まだ緒についたばかりであるが、将来の有効な方法として大きな期待の持てるものである。今後、実用化に向けて、さらに詳細な検討を進めていきたいと考えている。

なお、本研究は、平成3年度文部省科学研究費補助金試験研究（課題番号03555117）の補助を得て行ったものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 流砂量測定手法研究会：可聴音による間接的流砂量測定法（パイプ）法の基礎実験、昭和63年度砂防学会研究発表会概要集，1988，pp.139-140.
- 2) 小倉久直・中山純一・澤井健二・鈴木宏・宮本邦明：超音波による流砂の映像化と流砂量計測について，自然災害科学，Vol.7，No.2，1988，pp.73-78.
- 3) 栗原淳一・宮本邦明：音響を利用した流砂量計測装置について，新砂防，Vol.44，No.5，1992，pp.26-31.

