

レーダを用いた掃流砂計測における基礎実験

京都府立大学大学院 ○高原晃宙, 三好岩生, 松村和樹
明星電気株式会社 池田幸寿, 平野一也

1. はじめに

河道計画, 砂防計画等を立てる上で, 流砂の定量的な把握は重要である。そのため, 今までにさまざまな流砂計測手法が考案されてきた。もっとも確実な手法としては, 流砂を直接採取する手法である。しかし, この手法は, 採取施設が大がかりになったり, 施設のメンテナンスが困難であるなどの問題点が挙げられている。一方で, 直接採取するのではなく, 音響センサーを用いて間接的に流砂を計測する方法が考案されており, 実際に現地での観測が行われている例もある。しかし, まだまだ改良の余地があるとされていることから間接的手法の流砂計測が確立されていないと言える。高原ら(2006)は, 新たなる間接的手法の流砂計測を確立する為に地中レーダ等で用いられている「インパルスレーダ」を流砂計測に応用できないかと考え, 水理実験から流砂がレーダに反応することを示した。しかし, 反応することを示してはいるが, レーダがいったい「何に」反応しているのかを示していない。そこで, 本研究では基礎実験を行うことでその課題点を解決するとともに今後のレーダを用いた流砂計測に役立てることを目的とした。

2. 実験機器および実験方法について

2.1 実験の概要

2.1.1 実験装置

高原ら(2006)は流水中での実験であったが, 今回は静水中での実験とした。使用した実験装置の概略図を図-1に示す。水槽の大きさは, 幅380mm×長さ550mm×高さ300mmであり, 水深は50mmとした。水槽底面に, レーダを照射するモノポール型アンテナを50mmの間隔で設置した。このモノポール型アンテナは, 送信用アンテナと受信用アンテナに分かれている。送信用アンテナからレーダ信号を照射したと同時に受信用アンテナのゲートが開き, 受信用アンテナによって信号を得る。なお, 一回分のレーダ信号を受信する時間は, 一照射ごとに256BINまで受信する。BINとは本研究で用いた呼称であり, $1\text{BIN}=128 \times 10^{-12}$ 秒に相当する。得たレーダ信号は, レーダ本体(不図示)からLANケーブルを介してパソコン上に取り込まれる。

本実験で使用したレーダ仕様を, 表-1に示す。本研究で用いているレーダおよび一般的なレーダで用いられている電磁波の速度は, 約 $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ である。本研究

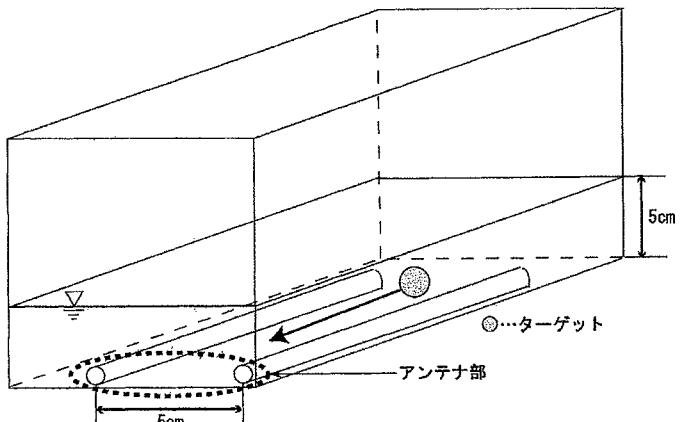


図-1 実験装置概略図

表-1 レーダ仕様総元

パルス幅	0.5nsec
パルス繰り返し周波数	1MHz
送信周波数	2GHz
送信電力	20MW
アンテナ形式	モノポールアンテナ
アンテナ間隔	50mm
データ取得周期	30Hz
受信時間分解能	128psec
受信点数	256点

表-2 実験ケース一覧

No.	ターゲットの種類	移動速度
①	礫($\phi=24\text{mm}$)1個	30mm/s
②	礫($\phi=24\text{mm}$)2個・横並び	
③	礫($\phi=24\text{mm}$)2個・少しずらす	
④	礫($\phi=24\text{mm}$)2個・縦並び	
⑤	水のみ(アンテナ部には、何も通過させない)	

では水中で照射することから電磁波の速度は減衰する。その速度は水の誘電率80の平方根に反比例した

$$3.0 \times 10^8 \times \frac{1}{\sqrt{80}} \approx 0.33 \times 10^8 (\text{m/s}) = 3.3 \times 10^{10} (\text{mm/s})$$

となる。今回用いたレーダは, 256BIN(約30nsec)までレーダ信号を受信することから, レーダの検出範囲は約1mとなる。よって, アンテナ間隔が50mmでも問題ないと判断できる。

2.1.2 実験方法および解析方法

本実験では、ターゲット（図-1で示した灰色の○）を矢印方向に移動させアンテナ部を通過させた。その時の信号強度変化をパソコン上で、画像解析ソフトを用いて画像処理を行った。本実験で用いた、実験材料（ターゲットの種類）は表-2の通りである。実験ケース No. ②・③・④で用いた材料はそれぞれ同じだがアンテナに對して並べ方を変更している。

3. 実験結果

3.1 実験結果

画像処理の一例が図-2および図-3である。

図-2は、横軸が周期（30Hz）で縦軸はBINである。レーダを照射してから1～256BINの信号強度変化を周期ごとに灰色の濃淡で示している。たとえば、横軸が200での縦軸は、およそ50BIN以降で変化が見られる。そして、横軸680～720の箇所では、灰色の濃淡がさらに変化していることからこの時点で信号強度が急激に変化していると読み取れる。

図-3は、信号強度を標準偏差で処理しグラフ化したものである。その処理した値を、「レーダ波形振幅指數」として縦軸にプロットした。このグラフでは、時間が28～29秒で大きくレーダ波形振幅指數が変化していることから、この時点で信号強度が変化したことがわかる。この時の実験では、実験開始から28～29秒時にターゲットをアンテナ部に通過させていたことから、これらのグラフは問題なくレーダが反応していることを示していると判断できる。

図-2, 3と同様のグラフを各実験ケースごとに作成し、アンテナ部を通過した時に発生した信号強度の変化部（図-2上の○で囲まれた箇所および図-3では最も振幅指數が大きい箇所）を抽出した。その抽出した信号強度を各実験ケースごとに示したグラフが図-4(a)および(b)である。図-4(a)は、No.①・⑤、図-4(b)は②・③・④・⑤の結果である。どのターゲットにおいても実験ケース⑤である水のみと比較して信号強度が減衰する結果となった。また、ターゲットの並び方を変更しても信号強度に変化があらわれた。今回の研究で、各ターゲットによって信号強度の違いや位相のずれが見受けられることがわかった。

参考文献

高原晃苗、松村和樹、柴田耕志、平野一也、S.M.Shrestha
：レーダーを用いた掃流砂観測に関する水路実験－予備実験として－、平成18年度砂防学会研究発表会概要集、p.80～81、2006

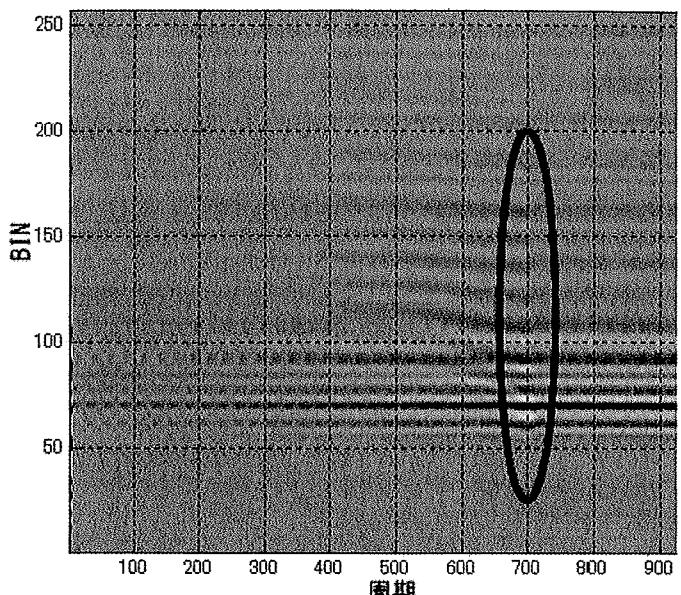


図-2 画像処理結果一例その1（実験ケース④）

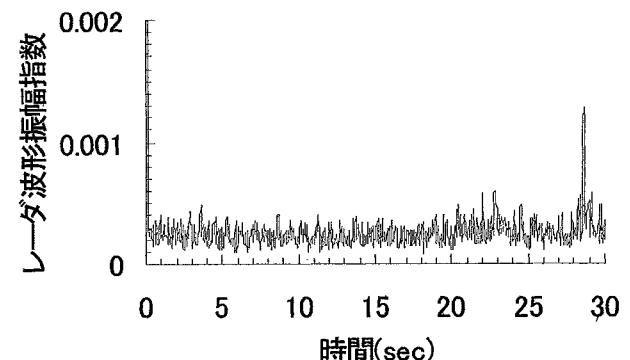


図-3 画像処理結果一例その2（実験ケース④）

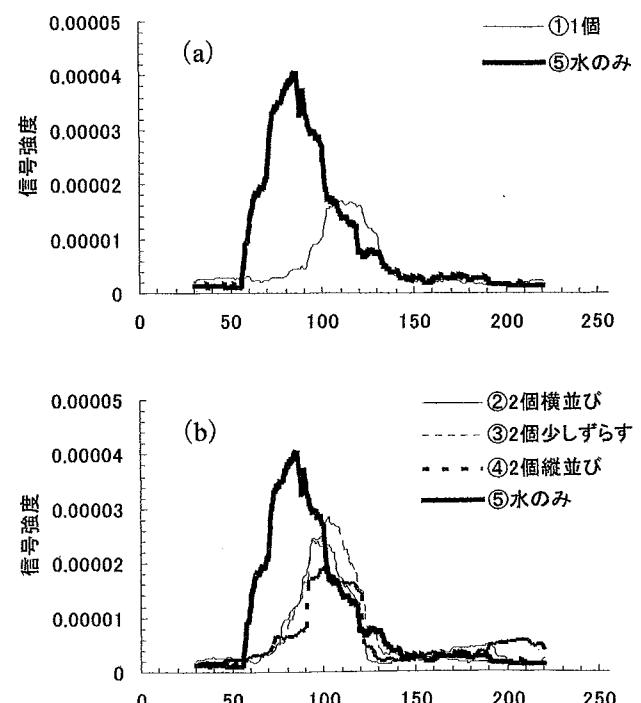


図-4 画像処理結果から導き出した信号強度