

## リアルタイム性に優れた水中可視化装置の性能評価

鹿島建設(株) 正会員 ○平野裕之 露木健一郎 沖永貴子 仲野勝博

### 1. はじめに

水中作業の出来形確認や水中構造物の位置の把握(測量)・維持管理点検は潜水士による視認や水中ソナーを用いた計測により行われている。しかしながら、濁水中での目視確認や光学カメラによる観察は困難であり、また、水中ソナーは原理的にリアルタイムでの計測が難しいため、作業と計測の時間帯を分けて行っているのが実状である。筆者らは、リアルタイム性に優れた水中可視化装置として水中音響カメラに注目し、現場への適用性について検討を行っている。本稿では、水中音響カメラの基本特性を評価した結果について述べる。

### 2. 水中音響カメラ

水中音響カメラは超音波による撮影装置で、濁水中や光の届かない水中でも画像を得ることができる。また、一般的に深淺測量で用いられるマルチビームソナーが特定の方向から届く超音波を順番に走査し、電気信号として取り出す方式であるのと比べて、水中音響カメラは音響レンズによって超音波を収束させてからまとめて電気信号に変換している。このため方位分解能とリアルタイム性に優れている。初期モデルと比べて小型化・省エネルギー化に加え画像の高分解能化が近年進み、現場での活用が期待される装置である。

### 3. 特性評価実験

水中音響カメラの計測精度を評価するために、サイズが既知の撮影ターゲットを大型平面水槽中に設置し、画像を取得した。撮影ターゲットまでの距離と撮影ターゲットの幅を、気中で計測した値と比較した。

#### 3.1 使用機器

水中音響カメラの基本仕様を表-1に示す。装置の水中への固定は、写真-1のように、バーの先端に角度(チルト・パン)調整機構付きの治具を介してセットした。

撮影ターゲットA~Cの概要を図-2に示す。円筒形状( $\phi 200 \times 200 \text{mm}$ )と直方体形状( $310 \times 218 \times 195 \text{mm}$ )の

表-1 水中音響カメラの仕様

項目	詳細確認用	遠隔把握用
周波数	3.0MHz	1.8MHz
ビーム幅	水平0.25° 14° 垂直	水平0.3° 14° 垂直
標準有効レンジ	0.7m~5m	0.7~15m
レンジ分解能	3mm~10cm	
送信パルス幅	4~100 $\mu\text{s}$	
ビーム数	128もしくは64本	
水平視野角	30°	
最大フレームレ	4~15フレーム/秒	
消費電力	15W	
空中重量	5.0kg	
水中重量	2.0kg	
寸法	26cm×16cm×14cm	



写真-1 音響カメラの外観

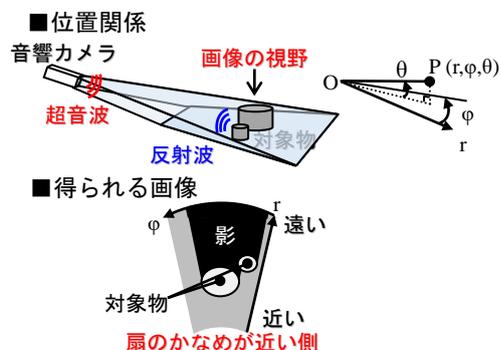


図-1 超音波画像の見え方と座標系

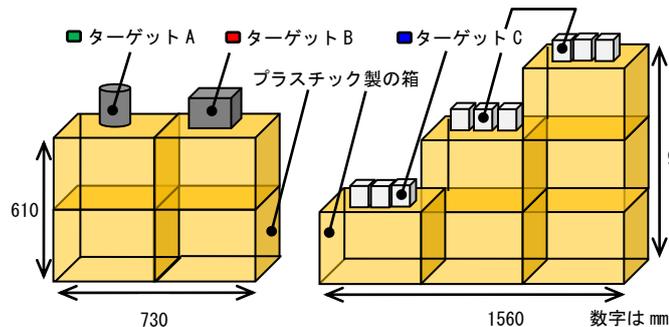


図-2 撮影ターゲット

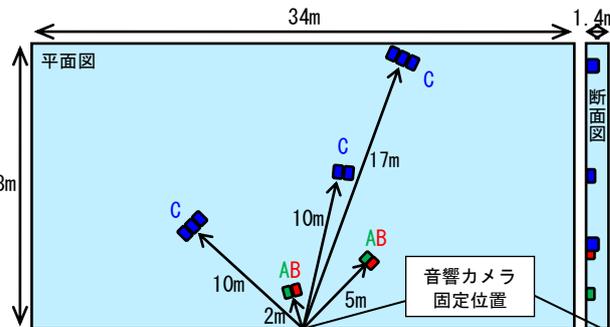


図-3 大型平面水槽中のターゲット配置

キーワード: 水中可視化, 水中音響カメラ, リアルタイム性, 濁水中, 水中ソナー

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-6857

材質はコンクリート，立方体形状（100×100×100mm）はステンレス製である．水槽中の高さはプラスチック製の箱で調整した．水中音響カメラから撮影ターゲットまでの距離は2m, 5m, 10m, 17m とした（図-3）．

3.2 実験結果

写真-2 の撮影ターゲット A・B を撮影して得られた超音波画像の例を図-4 と図-5 に示す．超音波画像上でターゲット A の直径，ターゲット B の横幅を求めた結果は，気中でスケールにより計測した値と 1cm 以内で一致した．ターゲット B の横幅の値の誤差を，ターゲット B までの距離を横軸として表したグラフを図-6 に示す（送信超音波周波数は 1.8MHz）．距離 17m までの誤差は 9cm 以内（-0.09～+0.03m）に収まっていた．

水中音響カメラから直方体形状のターゲット B の左右の端までの距離（L と R とする）を計測した結果を図-7 に示す．横軸は気中で計測した L と R の値である．図-8 に縦軸を水中音響カメラの値と気中での値の差をとった場合のグラフを示す．距離 17m までの誤差は 35cm 以内（+0.24～+0.35m）であった．



写真-2 撮影ターゲット

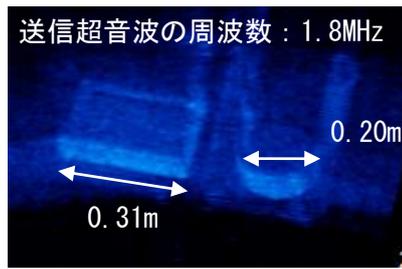


図-4 超音波画像（2m 離隔・1.8MHz）

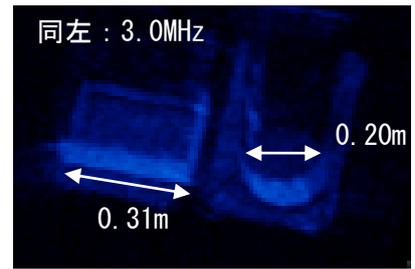


図-5 超音波画像（2m 離隔・3.0MHz）

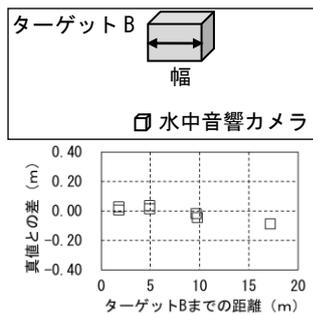


図-6 幅の計測誤差と距離の関係

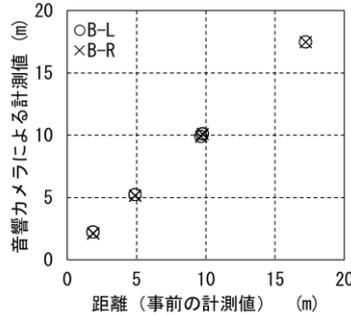


図-7 L・R の計測値の線形性

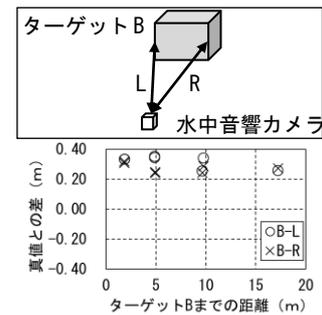


図-8 L・R の計測誤差と距離の関係

3.3 考察

装置のレンジ分解能（距離分解能）3mm～10cm（表-1）に対して，実測評価で得たターゲット B の幅の誤差はよく一致していたといえる．一方，ターゲット B までの距離 L・R の誤差は仕様の分解能の最大値の 2.4～3.5 倍の値であった．原因として水中音響カメラの設置位置のずれが考えられる．

4. 現場への適用性の確認実験

立坑内の濁水中にクレーンで水中音響カメラを降ろし，撮影した．図-9 に示すように，主桁や縦リブ，水中ポンプとその配管，底部との境界等を，濁水中でも十分な分解能の画像として記録できることを確認した．

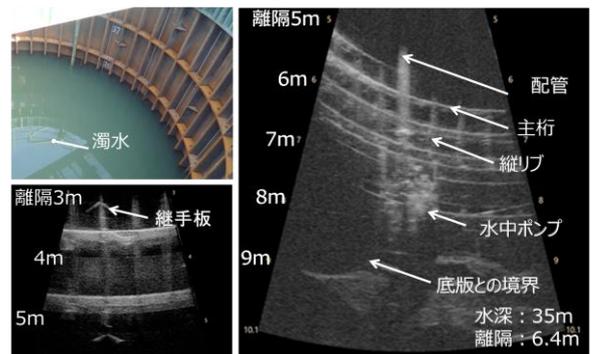


図-9 立坑濁水中での撮影例

5. 結論

水中構造物の出来形確認や維持管理点検では形状を記録し，変化の有無を確認することを求められる．今回水中音響カメラを用いて撮影ターゲットの幅や撮影ターゲットまでの距離の誤差を評価し，また，その記録により，形状の変化を確認するための可視化装置として十分な機能を有することを確認できた．

引き続き水中音響カメラの現場への適用性検討を進め，濁水中でも安全に出来形確認できる水中可視化システムの実現に向けた取組みを進めていく．