

水中音響カメラの水中工事への適用性検討

鹿島建設(株) 正会員 ○仲野勝博 露木健一郎 平野裕之 沖永貴子
日本海上工事(株) 正会員 有田直之

1. はじめに

水中における構造物等の点検確認作業を無人化・省人化できれば作業の高効率化や安全性の向上が期待できる。筆者らは濁水中や暗所など光学カメラが使えない環境中でリアルタイムに可視化画像を得られる水中音響カメラに着目し、適用性の確認を進めてきた。これまでの音響カメラの適用結果を整理し、報告する。

2. 音響カメラの概要

音響カメラは MHz 帯の周波数の音波（超音波）を対象物に照射して得られた反射波を特殊な音響レンズで収束させ、圧電素子で電気信号に変換し、画像を得る可視化装置である。画像のリアルタイム性に優れ、小型で軽量の ROV に搭載可能な点などが特長である。静水中で周波数 1.8MHz の音波で計測した場合、分解能は、2m 離れて計測すると約 1cm であった¹⁾。

3. 試験適用の例

以下に筆者らが行ってきた音響カメラ計測の中から代表的な試験適用の例を紹介する。

3.1 電気防食陽極

計測船に固定した支持棒の下端に音響カメラを取り付けて水中に降ろし（図-1）、鋼製構造物の電気防食陽極（L2.2m×W0.2m×H0.2m）を計測した結果を図-2に示す²⁾。光学カメラの視程が 1m 程しかない環境中で、約 7m の距離から全景を収めることができた。近接して詳細を確認するだけでなく、光学カメラでは視認できない距離から状態を把握したい場合には、分解能が高い音響カメラは有効であることが確認できた。

実業務での適用範囲を拡大するためには、計測対象物の周面を記録できるように音響カメラの移動手段が必要である。

3.2 洗堀防止用フィルターユニット

水深 20m 付近の海底に試験設置中の洗堀防止用フィルターユニットの画像を図-3に示す。音響カメラからの距離 8m 付近に隣り合う 2 つのフィルターユニットを確認できた。濁水中や暗所で設置物の位置を調整する場面では音響カメラの適用性が高いことが確認できた。潜水士の安全確認への活用も可能である。

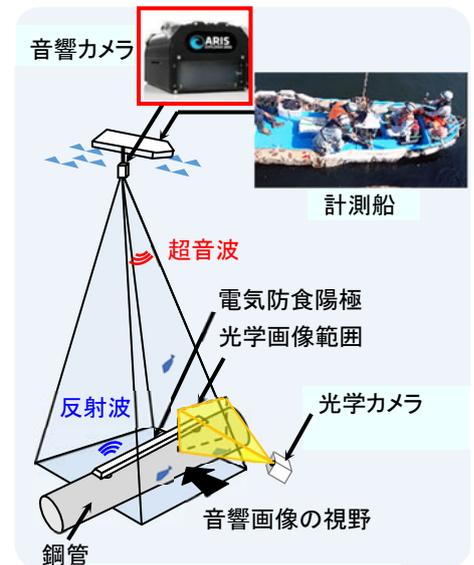


図-1 水中可視化実験

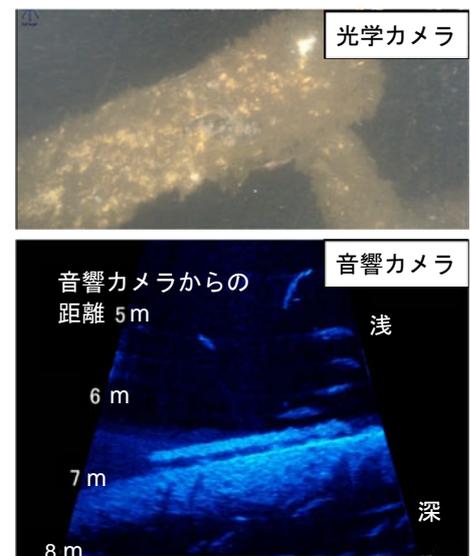


図-2 電気防食陽極の画像

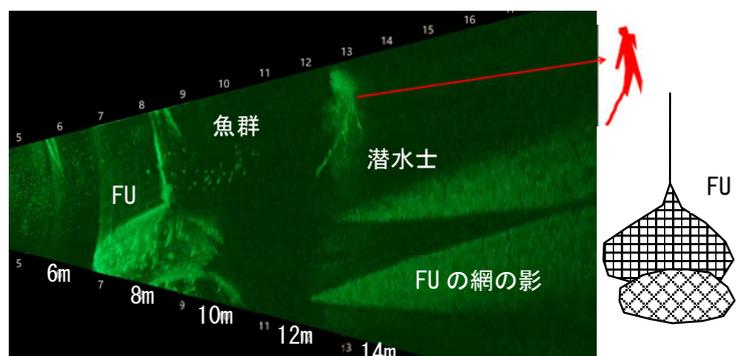


図-3 洗堀防止用のフィルターユニット(FU)

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 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)機械部 機械技術イノベーショングループ TEL03-5544-0882

3.3 水中掘削機械の状態

水中掘削機械の実験状況を撮影した画像(距離 3~4m)を図-4に示す。掘削で発生した濁水により、実験用の鋼製タンク内に置かれた掘削機械は、水面から視認できないが、音響カメラにより、ビットの様子、刃先の回転、排出口からの噴流などが確認できた。

噴流は周辺よりも輝度が高く写っており、音波の反射画像と考えられる。反射体は、気泡、浮遊物、噴流と静水の境界面などを可視化できると考えるが、主な反射体は懸濁物と推定した。可視化が可能な濁度には条件があるが³⁾、濁水中での止水確認や、漏水箇所探索などに音響カメラを適用できる可能性を確認できた。

4. 適用先の整理

以上のように、音響カメラの特長であるリアルタイム性の高い画像取得の適用について示した。位置(出来形)の確認と機械操作を繰り返し行う場合、計測と操作を間断なく行えるようにできれば効率が高い。同様に、濁水中の機械の点検等において、点検部を水中でモニタリングすることができれば、地上まで揚重して点検したり、水質を改善して光学カメラで確認したりするまでの待ち時間は不要となる。上記の場合、周波数が MHz 帯で高精細な画像を得られる点も活かせると考えられる。

また、水中構造物の維持管理点検、出来形管理などへの音響カメラの適用では、既存の水中可視化技術との使い分けを考える必要がある。表-1 に施工や維持管理における詳細確認技術の比較を示す。計測に要求される分解能、空間認識の容易さなどが主な技術選定の指標となる。

5. おわりに

今回使用した音響カメラの特長はリアルタイムに詳細な形状や状況を確認できることであり、そのためには音響カメラを計測位置まで自由に移動する手段と計測対象物を画角に捉えたまま保持する技術、画像の繋ぎ合わせ技術が必要である。クレーンや計測船からカメラを降下させる準固定式の設置だけでなく、ROV に搭載し自由度の高い移動を可能とするシステムの開発も課題として重要と考える。

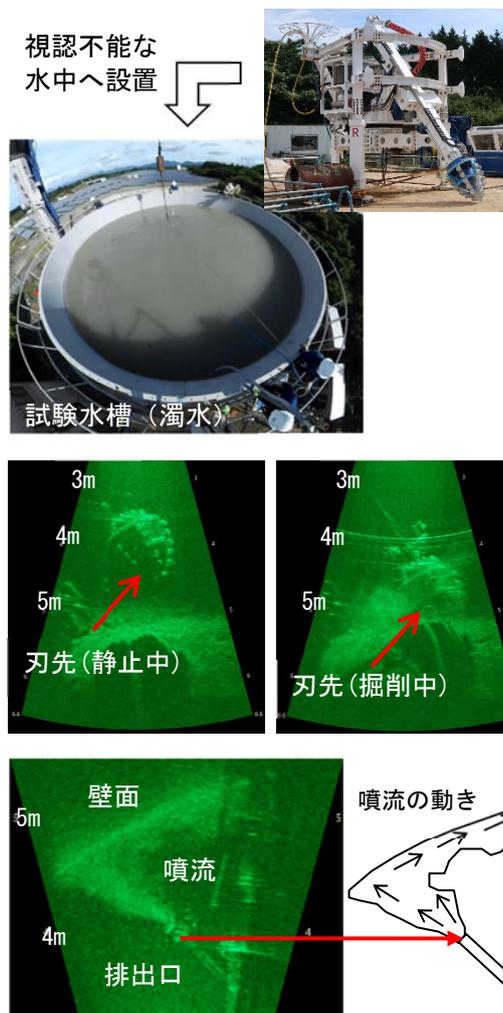


図-4 水中掘削機械の刃先と排出口

表-1 音響カメラと他の水中可視化技術(詳細確認技術)の比較

	光学カメラ	マルチビームソナー	音響カメラ
特徴	人間の視覚に近い像で直感的に状況把握	水中ソナーの中で最も小型軽量	小型軽量でリアルタイムに高精細な画像取得
濁水中の視認性	×	○	○
映像としての把握	○	△(移動が必要)	○
リアルタイム性	○	○(移動後に3D形状判明)	○
分解能	○(近接した場所のみ)	△(一般に数百kHz)	○(MHzを使用)
コスト	○	△	△

参考文献

- 1) 平野ら, リアルタイム性に優れた水中可視化装置の性能評価, 土木学会第75回年次学術講演会, II-34, 2020.
- 2) 平佐ら, 東京国際空港D滑走路栈橋部橋脚点検の機械化について, 土木学会第75回年次学術講演会, CS8-07, 2020.
- 3) 平野ら, 濁水中における水中音響カメラの視認性能の評価, 土木学会第76回年次学術講演会, (2021掲載予定).