

## 14.7 寒冷海域における沿岸施設の水中調査技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：技術開発調整監付（寒地機械技術）

研究担当者：大槻 敏行、片野 浩司、  
山口 和哉、岸 寛人、  
永長 哲也、田中 隆夫

### 【要旨】

寒冷海域においては、近年の気候変動により海氷が減少することで、海氷の移動速度の増加や運動の活発化に影響を与え、水中構造物の劣化を促進させることが懸念されている。劣化損傷が進行した水中構造物では、中詰め材の吸い出しやこれに起因する陥没事故などが発生する危険性がある。また、水中構造物に損傷を与える可能性がある海氷の形状や挙動は把握されていない。本研究は、水中構造物の内部空洞状況を探查する技術と水中構造物に影響を及ぼす海氷の形状を調査する技術の確立を目的とする。平成 25 年度、水中構造物内部の空洞探查技術の開発については、パラメトリック送信技術を活用した探查装置の改良および現場適合性試験を実施した。海氷計測技術の開発については、電動回転装置を用いた海氷下面計測装置の現場適合性試験を実施し、装置の適用範囲を確認した。

キーワード：水中構造物点検、空洞化、パラメトリック送信技術、海氷計測、現場適合性試験

### 1. はじめに

寒冷海域においては、近年の気候変動により海氷が減少することで、海氷の移動速度の増加や運動の活発化に影響を与え、水中構造物の劣化を促進させることが懸念されている。劣化損傷が進行した水中構造物では、中詰め材の吸い出しやこれに起因する陥没事故などが発生する危険性がある。また、建設後50年を経過する岸壁が2020年には全体の約25%、更に2030年には約53%と急速に増加することから、今後一斉に補修や改修が必要となることが予想され<sup>1)</sup>、近年では図-1に示すように、鋼矢板岸壁の損傷による裏込め土の吸い出しや、それに伴う岸壁内部の空洞化により路面が陥没するなど事例も発生している。

沿岸域を継続的に利用するためには、沿岸施設の安全性の向上や効率的な保全対策が必要であり、従前の事後的維持管理から予防保全的管理へと転換し、戦略的な維持管理による機能の保持が求められている。

一方、現状の水中構造物の点検調査は、主に潜水士により実施されているが、人手不足やコスト高などの課題がある。また、効率的に水中で構造物の内部探查を行う技術は現在なく、管理者の要望は高い。

本研究では、水中構造物の内部状況を探查可能とし、中詰め砂の吸い出し状況など構造物内部の空洞化と構造

物表面の欠損状況を併せて計測し、可視化表現を可能とする計測技術を開発する。また水中構造物に対する海氷の影響を把握するため、寒冷海域の沿岸施設に近づく海氷の下面形状や挙動を超音波計測機器を利用して効率的に計測する技術を確立する。



図-1 内部の空洞化により陥没した岸壁（左）と損傷した鋼矢板岸壁（右）

本研究は、東京大学生産技術研究所との共同研究（研究期間：平成 23～25 年度、研究題目：「沿岸施設におけるコンクリート構造物内部の空洞化診断および水中計測技術に関する研究」、科学研究費補助金研究（研究期間：平成 23～25 年度、研究課題名：「コンクリート構造物内部の空洞化およびコンクリート打設作業状況の音響映像診断技術開発」）にて行っている。

## 2. 水中構造物内部の劣化・損傷状況探査および可視化技術の開発

### 2.1 水中構造物内部空洞探査装置の開発

路面下の空洞を探査する技術としては、地中に向けて電磁波を送信しその反射信号を解析する地中レーダ法が知られている。しかし、電磁波は含水比の高い土や水中では減衰が大きいため、残留水位が高い岸壁などでは内部の空洞分布を把握することは困難である<sup>2)</sup>。

水中構造物内部空洞把握のための可能性技術調査として、浅田ら<sup>3)</sup>は超音波による非線形現象を応用した市販のパラメトリックソナーを用いて、海中から水平方向に岸壁内部の計測試験を行い、コンクリート裏面の反射波を検出した。

本研究では、このパラメトリック送信技術<sup>4)</sup>に着目し、効率的に水中構造物内部の探査を行い、表面損傷状況と合わせて可視化することを目的としている。このうち平成 23 年度は事前確認試験として、海底下表層探査に使用される市販のパラメトリックソナー (SES2000、Innomar 社) を用いて岸壁上部から内部空洞探査試験を行い、パラメトリック送信技術の内部空洞探査への有効性を確認した。この結果を受け、平成 24 年度から前述のパラメトリックソナーより指向性の高い音波により水中構造物に適した計測を行うことを目的として、音響プローブの性能試験を実施していたが、透過性能が低いことがわかった。このため平成 25 年度は、透過性能を高めるため大音圧の音波を生成できるパラメトリックトランスデューサ (図-2) の仕様を検討し改良した。

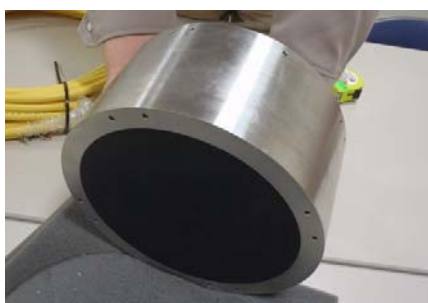


図-2 パラメトリックトランスデューサ

### 2.2 水中構造物内部探査に関する現場適合性試験

前述の内部探査技術は現在開発中であるが、本技術が完成し実際に現場へ導入されることを想定した場合、簡易に計測できること、操作が複雑でないことなどが必要である。

これまで岸壁水中部の表面劣化状況および内部空洞を超音波計測機器を用いて把握する技術について研究を行ってきたが、これらの調査で使用する主な計測機器の構成は、ソナー (音響測深)、GPS システム (位置・方位計測)、モーションセンサ (動揺計測)、データ収録用 PC、統合型水路測量計測ソフトウェアなど、通常の深淺測量で使われるものと同じであり、計測も深淺測量と同様に、これらの計測機器を船舶に艀装し行ってきた。しかし船舶を用いる計測には表-1 に示すような制約があり、計測が困難になることがある。

表-1 船舶を用いる計測に関する制約、課題

作業内容	制約、課題
船舶の使用	計測条件に合う船舶の確保(船舶の有無、大きさ、安定性、艀装の可否)、船員の確保
艀装撤去	時間がかかる、危険(海上での機器取付、取外)
操船	岸壁との衝突を避けるため、岸壁との距離を3.5m程度離す必要がある 速度、進行方向を一定に保つのが難しい
計測	風や波の影響により解析に使用できないデータと なることがある

また使用する機器が多く、それらの設置・撤去、設定作業は煩雑であり、港湾計測に熟練していないとデータの欠測等が生じることもある。

これらの課題を解消するため、船舶を使用せず岸壁水中部を陸上から計測する手法として、バックホウを用いた方法を検討し、実海域試験を実施した。さらに計測に使用する各機器の設置・設定および計測を簡易な操作で行うことを可能とするシステムについて検討を行った。

#### 2.2.1 バックホウを用いた実海域試験

まず、船舶を使用せず岸壁水中部の計測を陸上から計測する手法として、バックホウを用いた方法を検討し、実海域試験を実施した結果について述べる。本試験実施時点では内部空洞探査装置が室内実験段階であったため、探査装置として岸壁表面計測に用いる音響カメラで代用した。

##### (1) 主な計測機器と計測方法

a) 音響カメラ (DIDSON : Sound Metrics 社)  
超音波を用いたビデオカメラであり、ソナーヘッド、電源ボックスおよび電源・制御ケーブルで構成される。音の反射強度を明暗で表現することにより、水中の物体

の表面状態を可視化する。

- b) モーションセンサ (DMS-05 : Teledyne TSS 社)  
動揺計測装置であり、センサ部と電源・通信ケーブルで構成される。
- c) RTK-GPS 基地局、移動局 (SPS851 : Trimble 社)  
位置計測装置であり、アンテナ、電源・通信ケーブル、受信機本体で構成される。
- d) RTK-GPS 方位計 (SPS552H : Trimble 社)  
方位計測装置であり、アンテナ、電源・通信ケーブル、受信機本体で構成される。
- e) 水中高度計 (PSA-916D : Teledyne Benthos 社)  
音響カメラから岸壁までの垂直距離を計測、確認するため機器であり、センサ部、電源・通信ケーブルで構成される。

平成24年度の計測では船舶に上述の計測機器を取り付け実施した。図-3のように角パイプ下端に音響カメラ、その直上にモーションセンサ、水中高度計を取り付け、これを図-4左の金具で船舶の側面に固定した。音響カメラなどの水中音響機器による岸壁調査では一度に調査できる範囲が限られるため、センサの水深を変更し、数回に分けて調査する必要がある。平成24年度の計測では0.6m、0.9m、1.2m、1.5mに深さを変更し計測を行った。

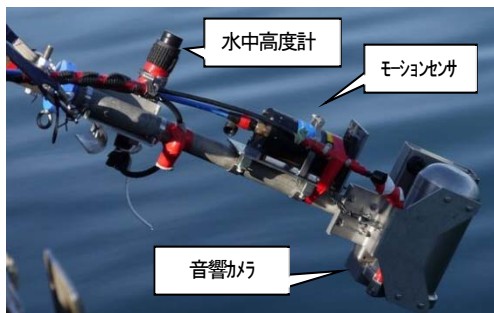


図-3 角パイプ先端へ取り付けられた計測機器

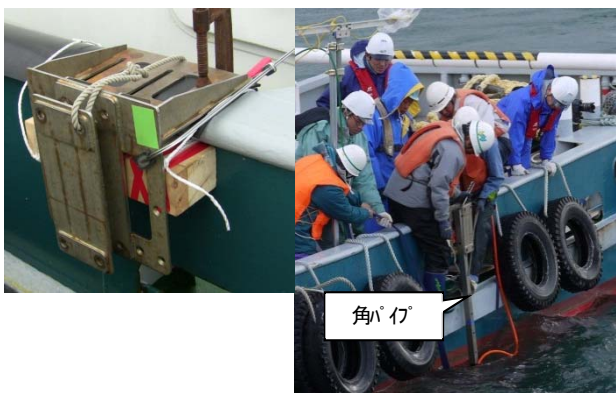


図-4 角パイプを船舶の側面へ取り付けるための金具 (左) と計測機器固定水深変更作業 (右)

平成25年度は陸上から計測できる方法を検討し、汎用

機械として広く使用されているバックホウを船に換わる移動体として選定した。

計測方法はバックホウバケットにソーナー昇降装置を取り付け、その下端に音響カメラ等を取り付け、バックホウを岸壁に平行に走行させることで連続的に計測を行った (図-5、6)。

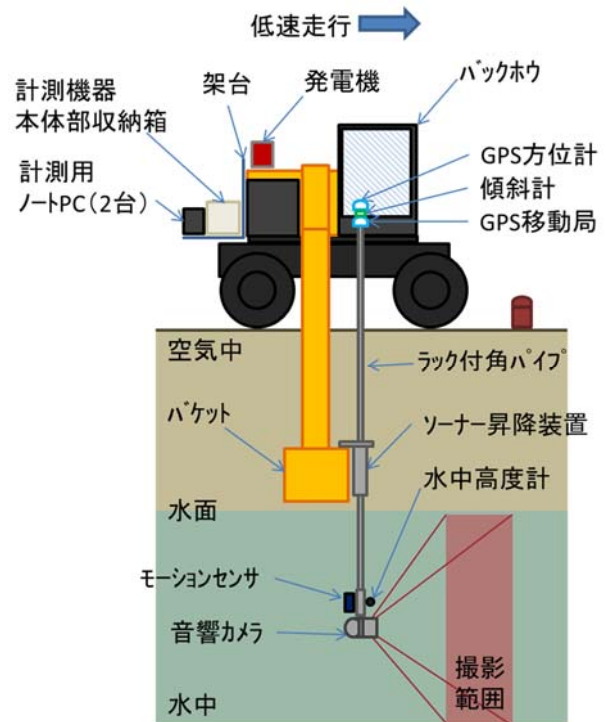


図-5 バックホウを使用した計測方法



図-6 計測状況

平成24年度の計測では、計測機器の水深を変更する作業が数回あったが、1回の深さ変更には20分程度を要した (図-4右)。そこで図-7に示すソーナー昇降装置を作製した。本装置はラックピニオン方式であり、ラック付き角パイプ (50mm角)、ブレーキモータ、操作ボックスからなる。昇降スイッチでブレーキモータを作動させ毎秒

5cmで昇降を行い、昇降スイッチを操作しないときはブレーキがかかる。可動域は3m、ラック付き角パイプを含め180kg程度まで昇降させることができる。

図-8は本装置をバックホウへ取り付けるための金具である。バックホウバケット側面が歪んでいたため木板を挟んで金具を取り付けた。この金具を船舶の側面への取り付けに対応できるものに換えることで、本昇降装置を船舶で使用することも可能である。



図-7 ソナー昇降装置取付状況



図-8 ソナー昇降装置取付金具のバックホウへの取付状況



図-9 試験場所 (岩内港)

## (2) 試験場所および条件

平成25年8月26～28日の期間で岩内港にて、バックホウを用いた試験を実施した(図-9)。同一箇所、平成24年10月22～27日の期間で船舶による岸壁計測試験を実施しており、両試験でモーションセンサにより計測

したロール(進行方向に対して左右方向の揺れ)とピッチ(進行方向に対して前後方向の揺れ)の値について比較した。使用したデータは、両試験期間において、風向や波の状態が近かった平成24年10月24日と平成25年8月28日のものである。

## (3) 試験結果

モーションセンサによるロールおよびピッチの計測値を図-10、11にそれぞれ示す。横軸は時間、縦軸は角度を表している。バックホウによる計測では計測範囲を20m程度としていたため、70秒以降データがないが、船舶による計測との比較のため横軸を合わせて表示した。

まずロールについて比較する。船舶による計測について見ると、水深によらず周期が約4秒、ロールが-2度～+2度の範囲で振動していることがわかる。岸壁からの計測機器までの距離が3.5mであるとする岸壁上の音波の照射位置は±0.1m程度の範囲で上下動する。バックホウによる計測では振動の周期が短く、揺れは最大で0.3度～+0.3度程度であり、水深が深いほど揺れが大きくなっている。これは現地計測中に目視で観察していても見られた傾向である。バックホウバケットの先端と岸壁の距離は約1mまで近づけることが可能であり、岸壁から計測機器までの距離を1.5mとするとロールの値による岸壁上の音波の照射位置は最大でも±7mm程度となる。

次にピッチについて比較する。船舶による計測について見ると、ロールと同様に約4秒、-0.7度～+1.0度の範囲で振動している。バックホウによる計測では-0.4度～+0.3度の範囲で振動している。特に船舶による計測との違いは、船舶が周期的な揺れであるのに対し、バックホウによる計測は30秒付近まで上昇していた値が、それ以降下降していく点である。これは計測箇所の地面のわずかな起伏をバックホウが上り下りしたことを表していると考えられるが、岸壁と計測機器の距離が近いこと、計測に与える影響は小さい。

船舶による計測方法では、岸壁と船舶の接触を避けるため、両者の距離を3.5m程度離すことにしているが、音響カメラの計測では、進行方向から岸壁へ45度傾けた方向へ音波を照射するため、音響カメラと撮影対象の距離は約5mとなる。これにより得られる画像の分解能は3～5cm程度となっていた<sup>5)</sup>。ここでバックホウを使用した方法により、岸壁上から垂下したコンクリート板の供試体を音響カメラで撮影した画像を図-12に示す。左が音響カメラによるリアルタイム撮影画像で、右が陸上で光学カメラにより撮影した画像である。緑色の矢印で示す部分は太さ1cmの溝であり、音響カメラによる画像でも確

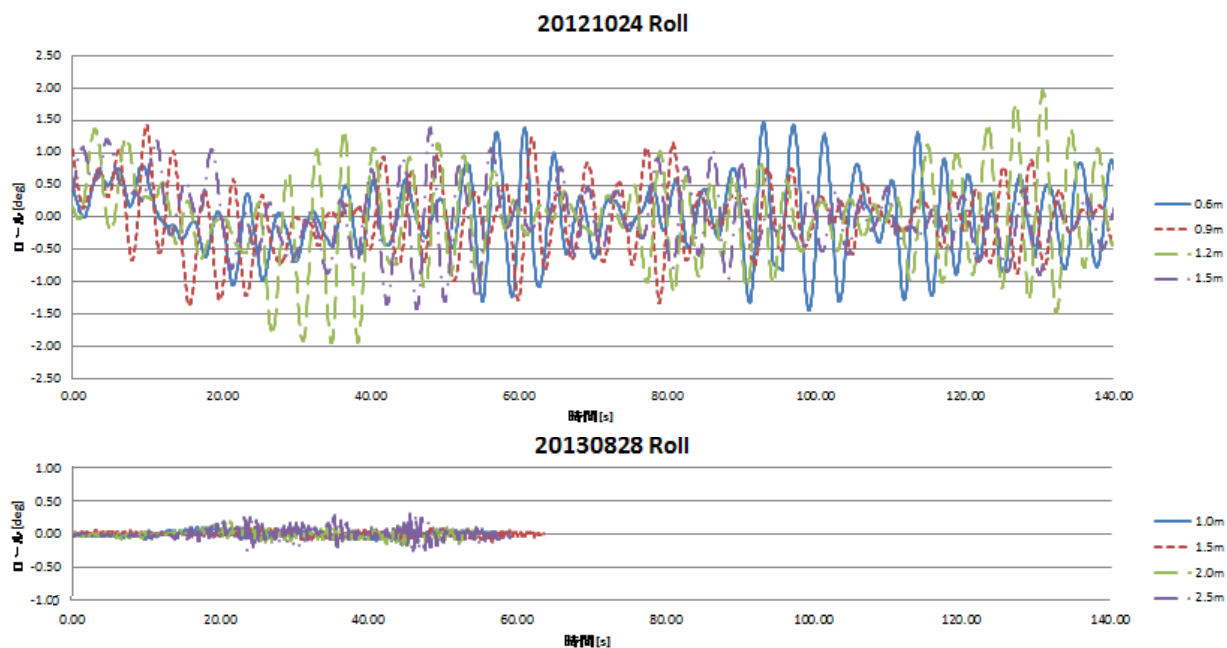


図-10 ロール計測値（上：船舶による計測、下：バックホウによる計測）

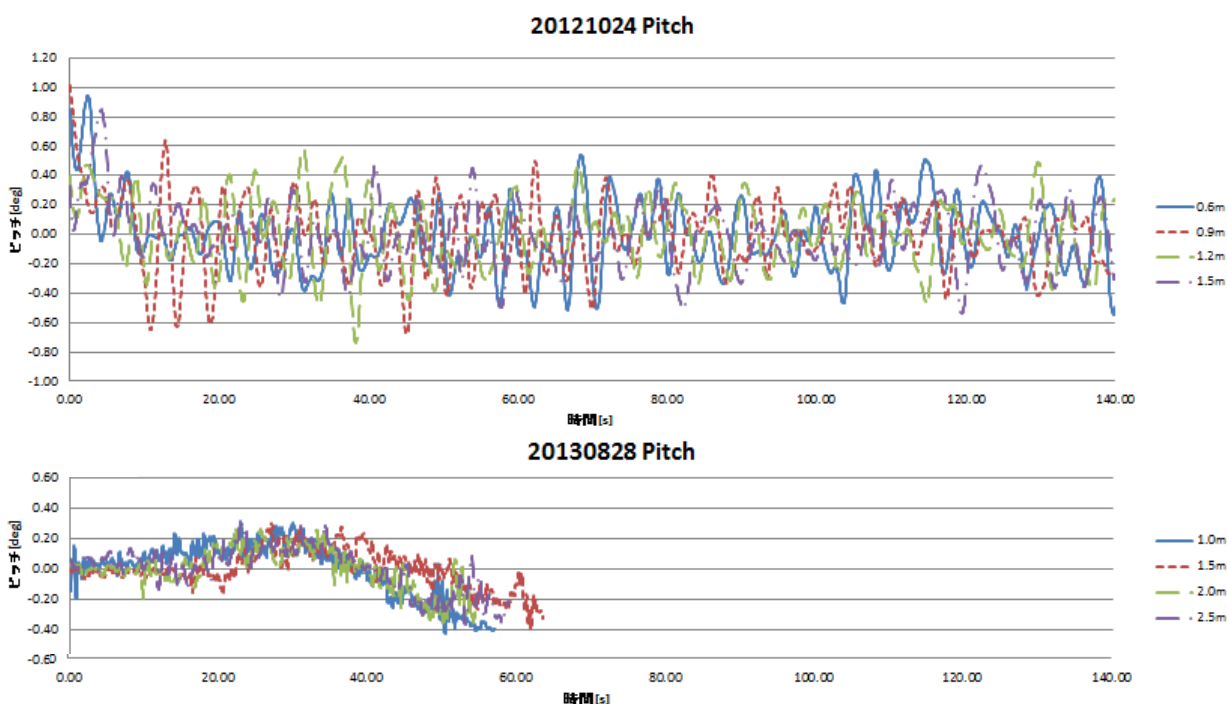


図-11 ピッチ計測値（上：船舶による計測、下：バックホウによる計測）

認できる。このことからバックホウを用いて計測を行うことで分解能を1cmまで確保できることがわかった。これはバックホウが1km/h以下という低速、かつ一定速度で走行し、さらに計測機器と岸壁の距離を1~1.5mまで近づけられることによる効果であり、船舶による計測では得難い結果である。

バックホウによる計測については、船舶のような揺れは抑えられても走行による振動が問題になるのではない

か、路面の起伏の影響が大きいのではないか、などの懸念があったが、本計測の結果、走行による揺れはロール、ピッチとも小さく、計測精度を向上できることを確認した。

さらに作業性等については以下の点を確認した。

- ・陸上で機器取付などの作業が全て行えるため、船舶を使用する計測よりも簡単かつ安全に実施できる。
- ・バックホウバケットへの金具の固定は、バックホウバ

ケットの側面が歪んでいたため、木板を挟んで取り付けしたが、計測時の走行や波によるずれなどは発生せず、安定して計測を行うことができる。

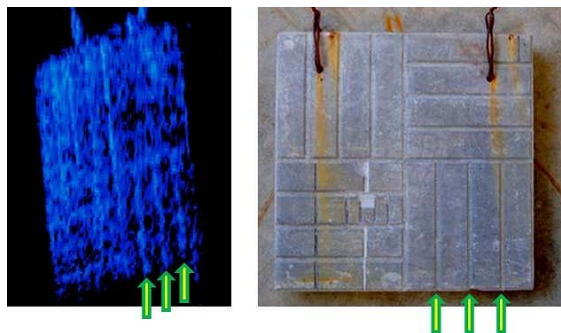


図-12 供試体画像（左：音響カメラ画像、右：光学カメラ画像）

### 2.2.2 岸壁音響計測システム検討

水中音響機器による岸壁水中部の点検では、2.2.1 節に示した GPS やモーションセンサなど様々な機器を使用するが、機器の設置や配線が煩雑であり計測開始までに時間がかかる。また各計測機器の設定が複雑であり制御ソフトウェアも異なるため、操作に習熟していないと設定ミスやデータ欠測の可能性がある。そこで、各機器の設置、設定および計測を簡易な操作で行うことを可能とするシステムについて、以下の項目について検討し仕様を作成した。

#### ①計測機器配線接続部検討

計測準備および撤去に要する時間を短縮するために、各計測機器の電源ボックスおよび受信機本体を箱等の中に整理して配置し、配線作業を簡略化する方法について検討を行った。検討では配線だけでなく、筐体の大きさ、材料等、防水性についても考慮した。

#### ②艀装方法検討

バックホウまたは他の陸上機械へ、前述の①で検討した各計測機器本体部を整理・収納した箱等および計測用 PC を艀装する方法について検討を行った。また、各装置のケーブルを効率的に配線、撤収できる方法についても検討した。

#### ③設定計測ソフトウェア詳細設計

各計測機器の設定・計測を一元的に管理することで、計測作業を単純化するソフトウェアの詳細設計を行った。

平成 26 年度は仕様に基づき、筐体、架装装置、ソフトウェアを作成し、動作確認試験を実施する予定である。

## 3. 音響計測技術を利用した沿岸施設に近づく海氷の計測技術の開発

平成 24 年度は、電動回転装置（パンチルト装置）に

マルチビームソナーを取り付け鉛直軸周りに一定速度で回転させることで海水下面を計測する装置を作製した（図-13）。本装置は図-14 のように鉛直軸から 60 度傾いた方向にマルチビームソナーの送波ファンビームの中心が向くように取り付け回転計測することで、海底から海水下面形状を計測するものである（図-15）。

平成 25 年度は本装置の適用範囲を検証するための試験を実施した。試験内容を以下に示す。



図-13 計測装置

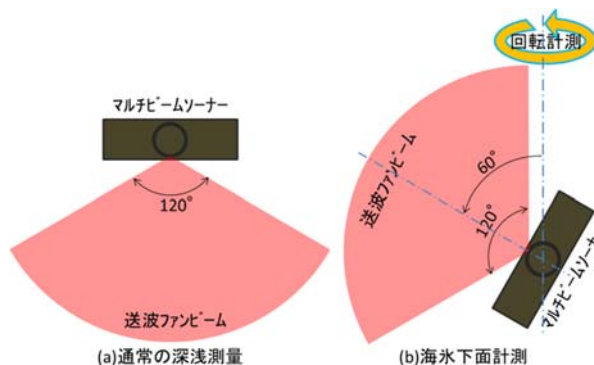


図-14 マルチビームソナー設置向き

### 3. 1 適用範囲検証試験概要

平成 24 年度は、穏やかな海象条件の下、動きの遅い海氷（移動速度 0.01m/s 程度）を、計測装置の回転速度 1deg/s で計測を行い、海氷の下面形状データを取得できることを確認した。平成 25 年度は回転装置の使用可能な回転速度、計測可能範囲について検証するための計測を行った。

### 3. 2 試験場所、試験期間

試験場所および期間を以下に示す。

- ・北海道斜里郡斜里町トロ漁港
- ・試験期間：平成 26 年 2 月 25 日～27 日

気象庁のアメダスデータ<sup>6)</sup>によるとこの期間、最高気温は連日プラスであり、平均風速も 1m 未満と非常に穏やかな気象条件であった。また港内の海氷は全面結氷し、港外も海氷が密接しており、全く海水が移動しない状況であった（図-16）。

14.7 寒冷海域における沿岸施設の水中調査技術に関する研究

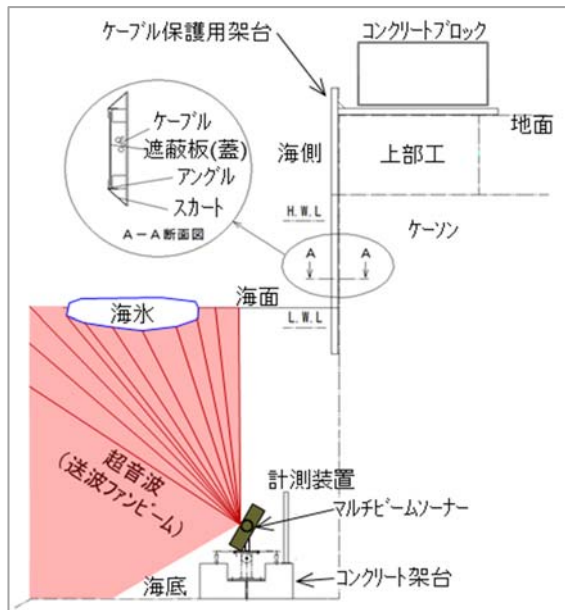


図-15 計測手法



図-16 海水状況 (平成 26 年 2 月 24 日)



図-17 模擬海水

3.3 試験方法

模擬海氷として長さ1m、幅0.6m、高さ0.4mに枕木を組んだものを使用した(図-17)。比重は海水と同程度の0.9になるよう、比重の異なる2種の枕木を用いて調整した。

港内が全面結氷していたため、計測装置および模擬海水を投入するために、計測装置投入位置から岸壁に沿って南方向に約23m、岸壁から海側に約4.5mの範囲で砕

氷し、開水面を作製した(図-18)。試験方法を図-19に示す。開水面内の海側へ向いて右方に計測装置を設置し、計測装置位置を0mとした。そこから左に5m、7.5m、15mの位置(以下、模擬海氷岸壁法線方向位置〇mという)で、約2m海側(開水面のほぼ中央)に模擬海水を停止させ計測した。



図-18 砕氷作業(上)と開水面(下)

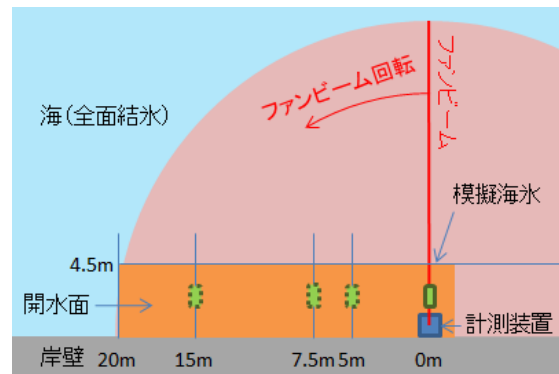


図-19 試験方法(橙色部分が開水面)

3.4 試験結果

(1) 半径方向および深さ方向分解能

図-20は回転中心付近に模擬海水を浮遊させ、下面形状を計測したもので、上は平面図、下は深さ方向断面図である。左方に見える青い部分が海水下面を表しており、赤および黄色い部分は砕氷によりできた開水面とそこに浮かぶ小さな氷である。中央右の水色部分が模擬海水を表している。図中の白線と数値は寸法を表しており(単位:m)、図中左の白い輪は描画ソフトウェア

(Fledermaus, QPS 社)の画像回転用ハンドルである。平面図で模擬海水が長さ約 1m、幅約 0.5m の長方形で表されている。深さ方向には約 0.3~0.4m で表されているが、模擬海水の比重が約 0.9 で高さが 0.4m であり、喫水は約 0.36m となることから、概ね正しく計測されている。

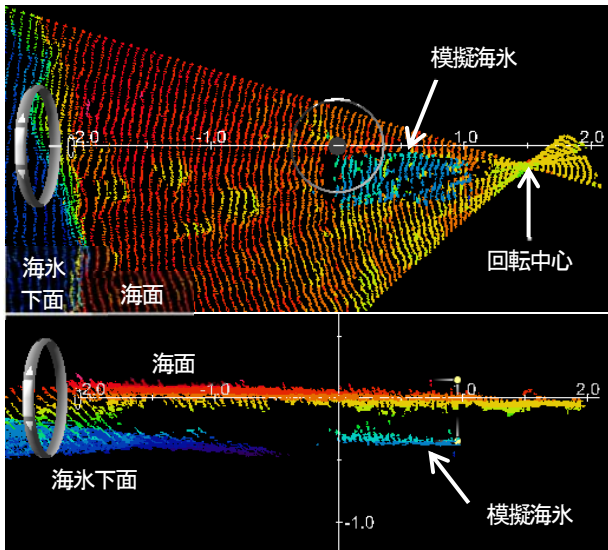


図-20 模擬海水計測結果（上：平面図、下：深さ方向断面図）

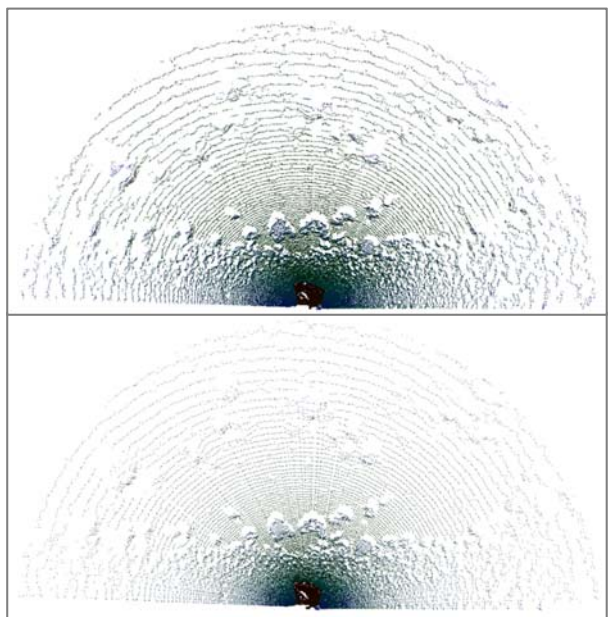


図-21 回転速度によるデータの見え方の比較(海底から海面を見た図。上：0.5deg/s、下：4deg/s)

### (2) 回転装置回転速度

計測装置回転方向の分解能は、計測装置の回転速度と計測装置からターゲットまでの水平距離に依存する。図-21 は回転速度 0.5deg/s および 4deg/s で 180 度回転させ計測したときのデータで、計測半径 (レンジ) は 30m

である。中央下の黒い部分は砕氷作業によりできた開水面であり、この箇所に装置を設置しており、回転計測のほぼ中心にあたる。両図を比較すると、特に中心から離れた部分では 0.5deg/s の方が 4deg/s よりも同心円状の点群がはっきりと見えており、これは 0.5deg/s のほうが密にデータが取れていることを表している。しかし回転方向と半径方向のデータ間隔を比較すると、4deg/s の場合でも回転方向のデータ密度の方が高く、回転速度は 4deg/s でもデータに影響はない。また、より短時間で計測するために 5deg/s 以上の回転速度による計測も試みたが、通信速度と計測ソフトウェアの関係から 5deg/s 以上では回転装置の角度データを取り込むことができなかった。以上から回転装置の使用可能な回転速度は 4deg/s までとなった。

### (3) 計測可能範囲

図-22 は模擬海氷岸壁法線方向位置 5m、7.5m、15m における計測結果である。5m、7.5m の場合は模擬海水を塊として認識できるが、15m では半径方向のデータの間隔が広がっている。これは使用したマルチビームソナーの 1 本の音響ビームのビーム幅が 0.5 度であり、ソナー直上の海面ではデータが密になり、水平距離が遠くなるほどデータの密度が疎になるためである。

ここで半径方向のデータ間隔について考察する。マルチビームソナー水深を  $d$ [m]、マルチビームソナーの音響ビームのビーム番号を  $m$  (真上から 1, 2, 3, ...) とすると、ソナーからの音響ビームが海面に当たるときの半径方向距離  $r_m$ [m]は

$$r_m = d \times \tan(0.5 \times (m - 1)) \quad \dots (1)$$

となる。よって海面に当たるときの  $m$  番目と  $m-1$  番目のビームの半径方向距離の差  $\Delta r$ [m]が、半径方向のデータ間隔となり、式 (1) をグラフにすると図-23 となる。

計測時のマルチビームソナー音波受波部の水深は約 4.5m で、このとき回転中心からの距離が 5m、7.5m、15m の位置における半径方向のデータ間隔はそれぞれ約 8cm、15cm、45cm となり、実測データの海面部分の同心円模様の間隔とほぼ一致していた。以上より、長さ 1m 程度のターゲットを塊として認識するには半径方向データ間隔が 15cm 程度である必要があり、ソナー水深 4.5m では計測半径は 7.5m 程度 (水深の約 1.7 倍) であることがわかった。

また、無風状態などで海面に全く波が立たない鏡面状態の場合、海底に設置したマルチビームソナーから送信された音波は、海面で鏡面反射し、その箇所についてはデータが欠測となることがわかった (図-22 上、図-24)。



しかし今回の計測で鏡面反射が生じたのは、全面結氷していた港内の海氷を奥行き約4.5m、幅約23mに渡り砕氷して開水面を作ったことで、周囲の海氷が動く、または風が吹くなどの現象が起こらない限り、波が立つことがない状況だったためであり、実際に海氷計測を行う場合には同様の条件で計測することはないと考える。

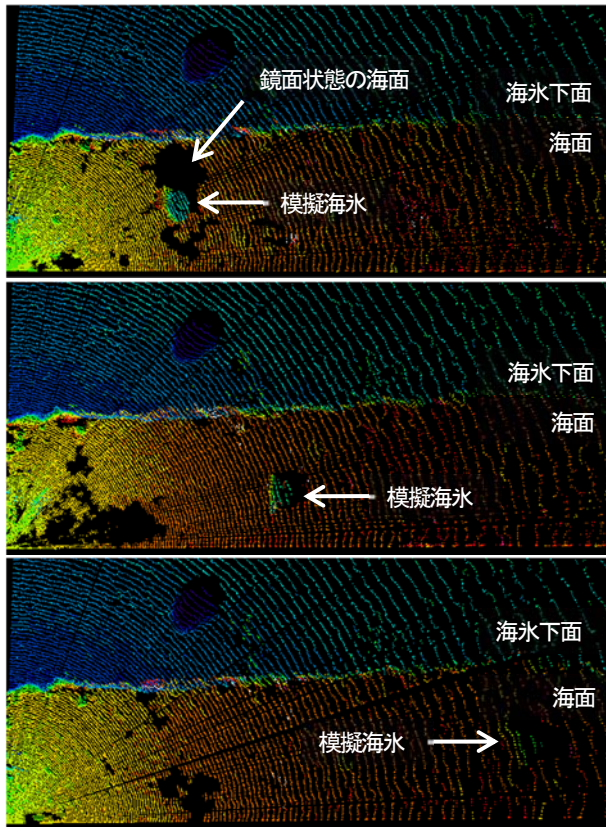


図-22 模擬海氷位置を変更しての計測（上：5m、中央：7.5m、下15m）

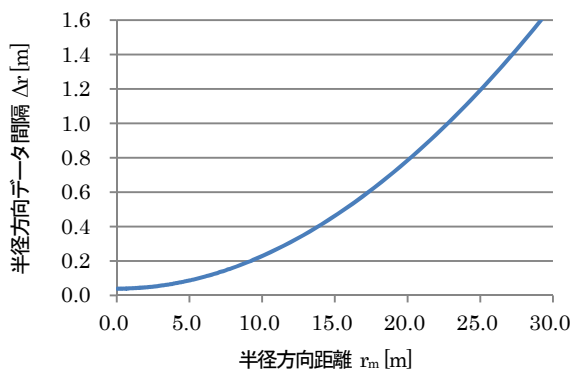


図-23 半径方向データ間隔（d = 4.5[m]）

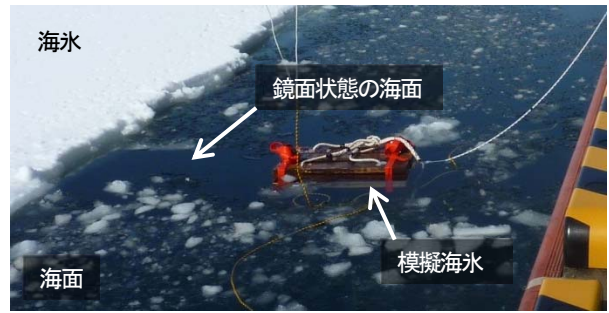


図-24 模擬海氷計測状況（図-22 上のデータを計測した時刻とほぼ同じ時刻に撮影）

長さ1mのターゲットに15cm間隔で音響ビームが当たれば塊として認識できることから、6.7回ビームが当たれば認識可能と考える。この値からソーナーの水深とターゲットの長さを変化させ、本装置の計測可能半径を計算する。m-1番目の音響ビームが海面に当たるときの半径方向距離  $r_{m-1}$ [m] は式(2)となる。

$$r_{m-1} = d \times \tan(0.5 \times (m - 2)) \quad \dots (2)$$

$$r_{m-1} = r_m - \Delta r \quad \dots (3)$$

式(1)～(3)から  $r_m$  は

$$r_m = \frac{-\Delta r \pm \sqrt{\Delta r^2 - 4 \cdot (d^2 - \Delta r \times d / \tan(0.5))}}{2} \quad \dots (4)$$

となる。ターゲットの代表長さを  $l$ [m]、ターゲットに半径方向にビームが当たる回数を  $b$ [回] とすると

$$\Delta r = l/b \quad \dots (5)$$

となる。ソーナー水深  $d$ [m] において、 $b = 6.7$ 、 $l = 1, 3, 5$  としたときの計測可能半径は式(4)、(5)から図-25のようになる。

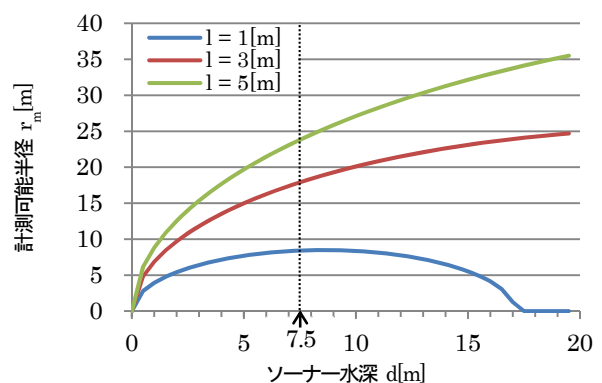


図-25 ターゲット長さ、ソーナー水深と計測可能半径の関係

この図からターゲットに半径方向にビームが当たる回数と同じであれば、ターゲットが大きいくほど計測可能半径は大きくなるのがわかる。たとえば岸壁の水深として一般的である7.5mにソーナーを設置した場合、図中

点線の半径となるが、過年度の計測時に見られた実際の海水塊は直径にして約3mほどであったことから、計測可能半径は約17mとなる。

#### 4. まとめ

水中構造物内部の劣化・損傷状況探査および可視化技術の開発については、パラメトリック送信技術を活用した探査装置の仕様を検討し改良した。また陸上から岸壁水中部を安定的に計測する手法としてバックホウによる計測方法を検討し、バックホウを用いた計測におけるロール、ピッチの動揺は船舶を用いた場合より小さく、計測精度が向上することを確認した。さらに、岸壁水中部の点検に使用する機器の設置・配線・設定に関する煩雑さを軽減し、簡易な操作で計測を行うことを可能とするシステムについて検討し仕様を作成した。

音響計測技術を利用した沿岸施設に近づく海氷の計測技術の開発については、平成24年度に作製した計測装置の適用範囲検証試験を行い、以下の知見を得た。

- ・計測装置の回転速度は4deg/sまで使用可能。
- ・ソナー水深4.5mで長さ1mの模擬海水を計測した場合、半径約7.5mで計測可能。

#### 参考文献

- 1) 藤原弘道：港湾施設の戦略的な維持管理・更新の取り組みについて、建設マネジメント技術、第414号、pp.28-32、2012.11.
- 2) 小池豊、三木偉信：三次元地中レーダを活用した鋼矢板岸壁エプロン部の補修履歴と吸出し空洞の評価、海洋開発論文集、第26号、pp.171-176、2010.6.
- 3) 浅田昭、秋元和實、国島英樹：コンクリート構造物の空洞化探査、非破壊検査、第60巻7号、pp.387-390、2011.7.
- 4) 海洋音響学会編：海洋音響の基礎と応用、pp.277-280、2009.3.
- 5) (独)土木研究所寒地土木研究所 技術開発調整監付 寒地機械技術チーム：結氷する港湾に対する水中構造物点検技術に関する技術開発、土木研究所資料第4249号、2012.12.
- 6) 気象庁ホームページ：気象庁 | 過去の気象データ検索 (宇登呂 2014年2月(日ごとの値))

## STUDY ON UNDERWATER SURVEY TECHNOLOGY FOR COASTAL FACILITIES IN COLD SEA AREAS

**Budgeted** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Director for Cold-Region Technology

Development Coordination

(Machinery Technology)

**Author** : OTSUKI Toshiyuki

KATANO Koji

YAMAGUCHI Kazuya

KISHI Norihito

EINAGA Tetsuya

TANAKA Takao

TAIRA Tomonari

**Abstract** : In cold sea areas, recent environmental changes have led to greater movement of sea ice, thereby raising the risk of accelerated deterioration in underwater structures. As a result, filling materials in aging coastal facilities may be lost, which can lead to structural collapse. However, as no investigation of sea ice forms that may damage underwater structures has been conducted, the related impacts are not understood. Accordingly, this study was intended to support the establishment of a measurement technique that can be used to determine the internal state of underwater structures and a technique for surveying sea ice forms that may impact coastal facilities. In FY2013, the improvement of a parametric acoustic probe and a compatibility examination of measurement method were conducted for development of a surveying technique of cavity in underwater structures. A compatibility examination of sea ice measurement device with electric rotation unit was also conducted and range of application was determined.

**Key words** : underwater structure inspection, hollowing, technology of parametric transmission, sea ice measurement, compatibility examination