

予防保全型の長寿命化対策を推進する上で 重要な点検手法について

—ICT技術を活用した漁港施設における水中部の点検手法—

(国研) 水産研究・教育機構 水産技術研究所 ○大井 邦昭
三上 信雄

(一社) 水産土木建設技術センター 岩本 典丈
(現・中電技術コンサルタント)

完山 暢

松本 力

水産庁漁港漁場整備部整備課(現・長崎県) 中瀬 聡

【社会的な背景】

老朽化施設の増加に伴い、施設の維持管理・更新費の増大が懸念

- 効率的な維持管理が必要（予防保全に基づくストマネへの転換）
- 予防保全では“施設の現状（機能発現状態）の把握”が不可欠
- 現状把握のための点検技術の開発、課題解決が重要

【課題】

- 技術系職員の不足
→ 1/3の市町村では技術系職員がゼロ
- 点検にかかる労力が大きく、安全性にも懸念
→ 陸上部でも大変だが、水中部はさらに大変（潜水士による目視が主体）
- 点検結果のバラツキ低減（客観性の確保）

【解決策（本研究の目的）】

I C T技術、特にセンシング技術による点検の効率化、高度化を図る

本稿では、漁港施設水中部の点検へのセンシング技術の適用性を報告する
(水産庁ら、H29～)



これまでの取組み内容

海上・陸上部

【従来点検（調査員目視）の課題】

- 調査員による成果のばらつき
- 高所作業・立ち入り困難施設



【H29】UAV活用検討

- UAVによる画像撮影
- 画像処理、3D化、変状抽出
- 点検への適用性検討
- 手引き作成

水中部

【従来点検（潜水目視）の課題】

- 潜水士の不足・高齢化
- 潜水士による成果のばらつき
- 潜水作業による時間・労力・危険度増



【H30】ナローマルチビーム活用検討

- スクリーニングへの活用
- 音響計測・精度確認
- 点検への適用性検討
- 手引き案作成

【課題】

- 水面付近の計測が困難
- 判定困難な項目有り
- 鋼構造物（矢板等）への適用性が低い



【H31/RI】水中3Dスキャナー活用検討

- スクリーニングへの活用
- 音響計測・精度確認
- マルチビームでは対応できない点検への適用性検討
- 手引き案作成

【課題】

- 水深15m以深の計測が困難
- 判定困難な項目有り（クラック、変色、発錆）

【R2】 従来技術・UAV・ナローマルチビーム・水中3Dスキャナーを **組合わせた** 高度な漁港施設点検技術の確立（新技術活用指針の作成）



対象とするセンシング技術

対象とするセンシング技術は漁港施設の水中部の外形計測に利用可能な技術である音響機器、特にナローマルチビーム（NMB）および水中3Dスキャナー（3DS）とする

【音響機器による地形計測の特徴】（NMB、3DS共通）

- 船舶に艀装して計測する（2～3ノットで航行）。船舶が航行不可能な浅い領域では計測不可となる。
- 対象物に「音波」を照射し、反射波の到達時間から、施設の「外形」を計測する
- 潜水目視と比較して均一な精度で、かつ、濁りに影響されずに計測可能
- 計測値は「点群データ（緯度経度・水深の情報を持つプロット群）」として処理される。数値的情報を持たない画像ファイルではないため、設計や施工への活用が可能であり、変化の時系列の定量比較（モニタリング）もしやすい
- 発錆等の「色」に関する変状は計測できない
- 小規模な変状は計測不可（後述）
- 初期コストがかかる（後述）

音響機器（NMB、3DS）の標準仕様

【機器外観】

ナローマルチビーム（NMB）



- 音波の発信方向が下方方向に限定されることから、船舶真横の水面際の計測が不可能
- 仕様上検出できる最小の変状は20cm
- 音波の発信周波数は3DSよりも低い（点群密度が低いため、3DSと同じ点群密度にするためには複数回計測、重ね合わせが必要となる。仕様上の適用水深は200m以上。

水中3Dスキャナ（3DS）



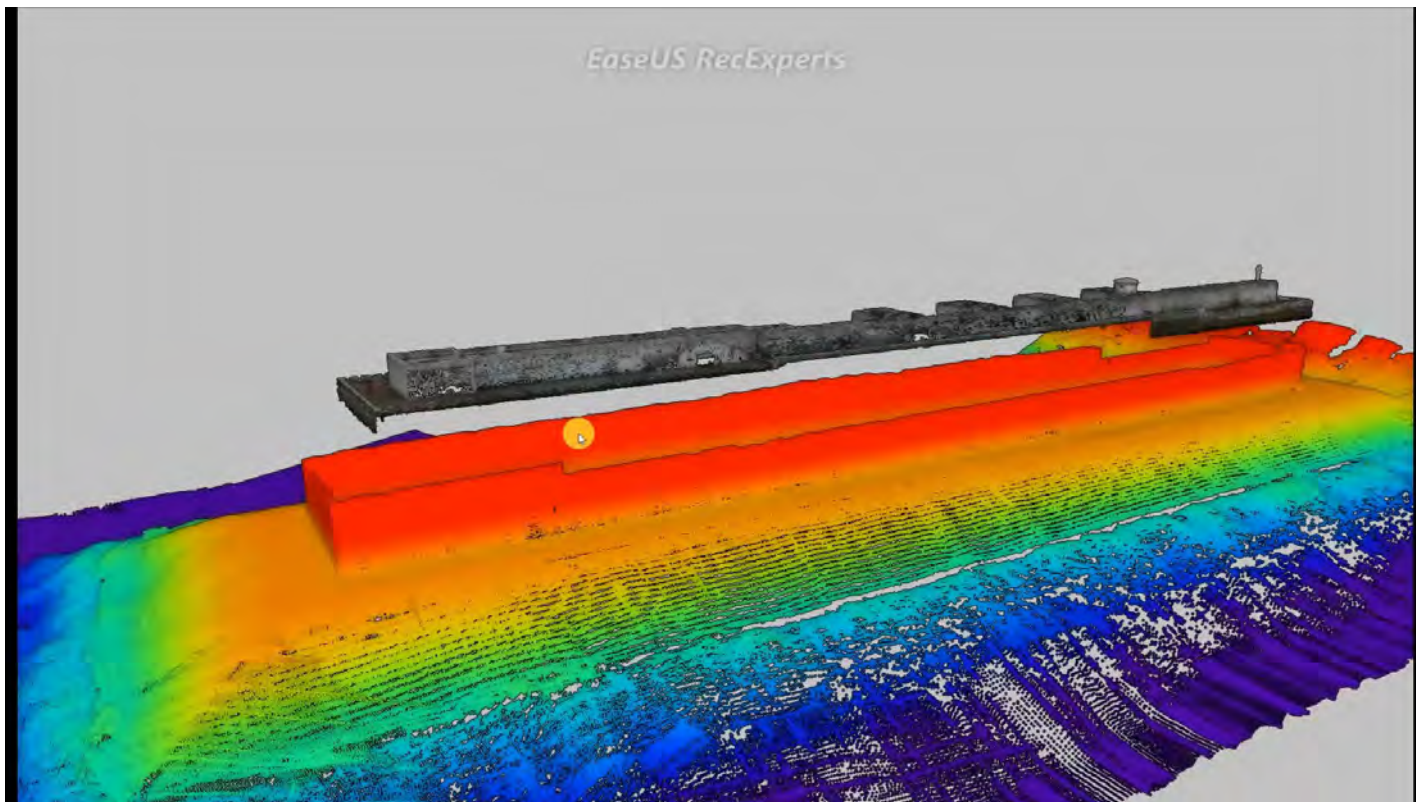
- 音波の発信方向が可変であり、船舶真横の水面際の計測が可能
- 音波の発信周波数が高く、NMBよりも高い密度の点群データが取得可能。一方、減衰が早いため仕様上の限界水深は15m。
- 点群密度が高いことから、10×10cm（凸部）、5×5cm（凹部）の変状の計測が可能（供試体による予備試験より）
- NMBよりも機器が小型であるため、より浅い領域での計測が可能

無人航空機（UAV）：音響機器と組み合わせ、陸上と水中をあわせた施設全体の変状把握に利用

現地検証（①浜田漁港馬島防波堤）

【ねらい】（馬島防波堤：重力式、延長250.6m、水深-17.0m）

- 重力式防波堤に対してNMB、3DSによる水中部の変状計測への適用性を検証する
- 潜水目視も実施し、準備、計測、結果整理にかかる時間などを比較する
- 3DSの仕様上の限界水深（15m）を超える水深で計測を行い、3DSとNMBとの使い分けを検証する

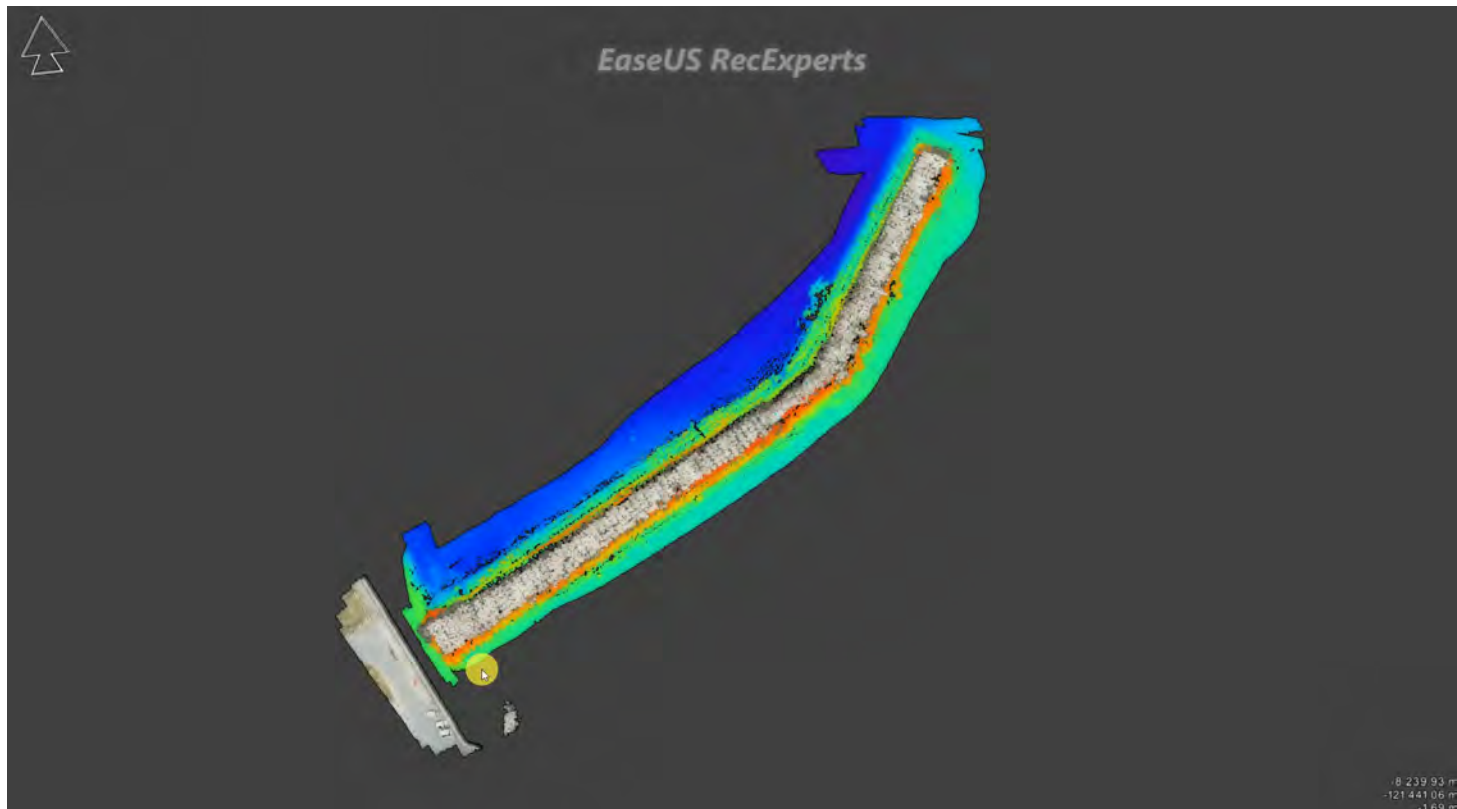


現地検証（②浜田漁港松原離岸堤）



【ねらい】（松原離岸堤：透過式ブロック、延長248.0m、水深-2.0m）

- 離岸堤の臨時点検に対し、音響機器（3DSのみ）とUAVの計測結果を連成した点群データから変状計測への適用性を検証する

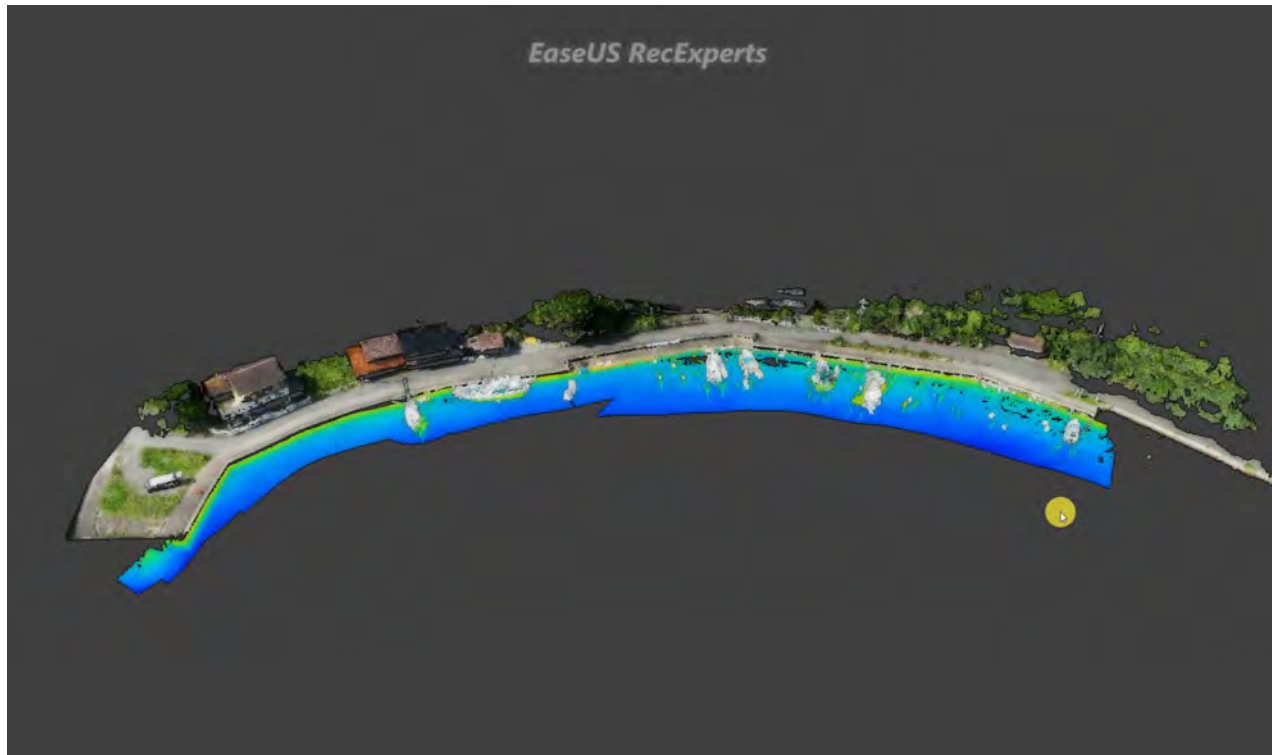


現地検証（③浜田漁港外ノ浦地区35護岸）



【ねらい】（外ノ浦地区35護岸：鋼矢板式護岸、延長143.0m、水深-2.0m）

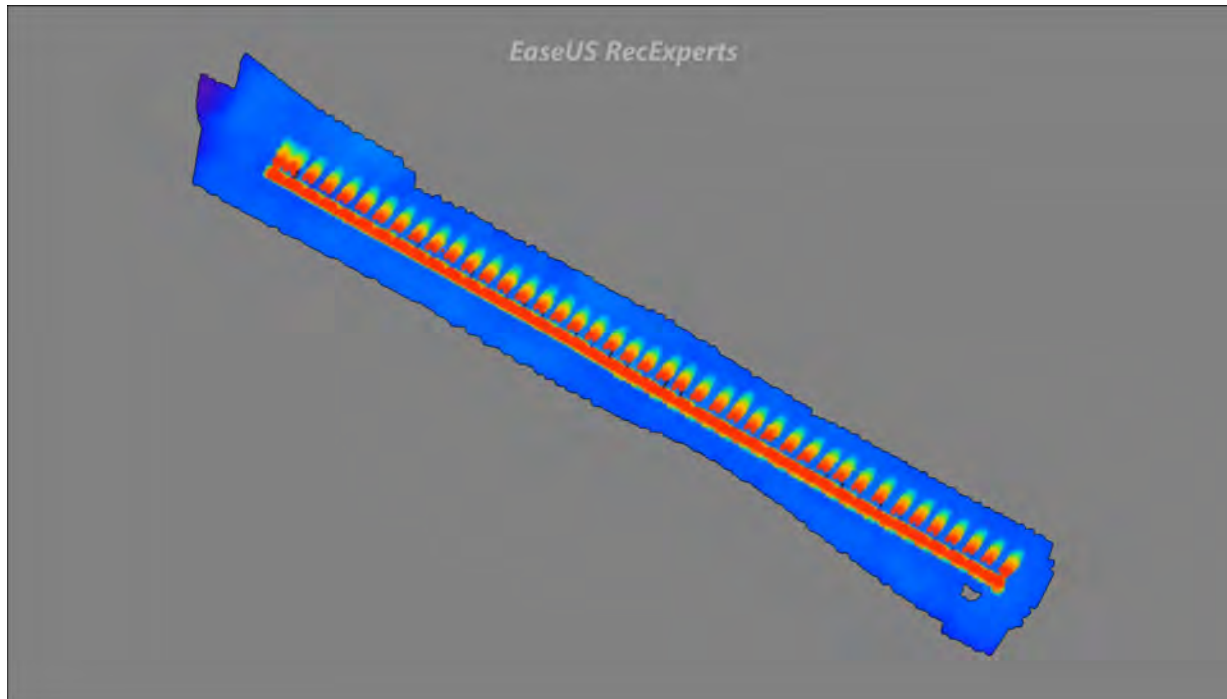
- 鋼矢板式護岸に対し、音響機器（3DSのみ）による水中部の変状計測への適用性を検証する（水深が浅いため、NMBは対象外とした）
- 潜水目視も実施し、準備、計測、結果整理にかかる時間などを比較する
- 係船やロープ等の障害物がある中での適用性にも着目



現地検証 (④大槌漁港沖防波堤)

【ねらい】 (沖防波堤：鋼管杭＋鋼矢板式防波堤、延長122.7m、水深-14.0m)

- 鋼管矢板式防波堤に対し、NMB、3DSによる水中部の変状計測への適用性を検証する
- 潜水目視も実施し、準備、計測、結果整理にかかる時間などを比較する
- 3DSの仕様上の限界水深付近となる12～15mでの水深で計測を行い、3DSとNMBとの使い分けを検証する
- 音響機器による小規模な変状（既知の10cm程度の鋼管の破断、電気防食工）の計測可否の検証

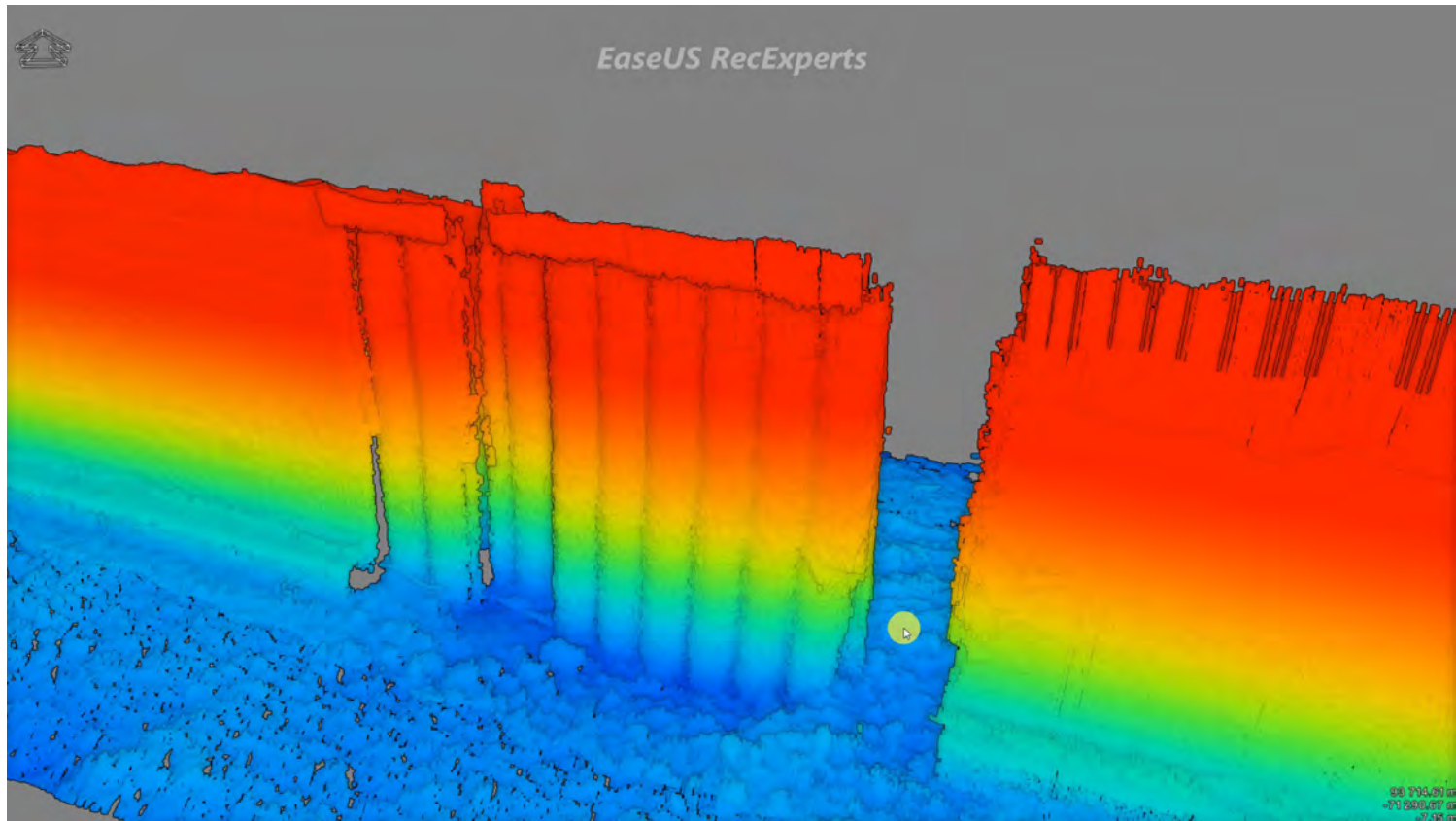




現地検証（⑤大槌漁港南防波堤）

【ねらい】（南防波堤：鋼管矢板式防波堤、延長461.8m、水深-10.5m）

- 鋼管矢板式防波堤に対し、NMB、3DSによる水中部の変状計測への適用性を検証する
- 潜水目視も実施し、準備、計測、結果整理にかかる時間などを比較する
- 音響機器による小規模な変状（既知の50cm程度の鋼管の孔食）の計測可否の検証





効果検証

下記の3項目について活用の効果、技術の使い分け方法等を検証する。
効果検証のための従来技術としては潜水目視を対象とする。

1. 音響機器活用による点検の効率化について

音響機器による効率化と技術選定フロー

2. 音響機器の判別精度と点検への適用性について

音響機器の計測精度と、精度検証に基づく点検への適用性

3. 適用条件について

NMBと3DSの使い分け、臨時点検への適用性（UAVとの連成の効果）、障害物がある場合の適用性

【潜水目視の区別】（潜水目視は定期点検の詳細調査で用いるが、実態として詳細潜水の前のスクリーニングとして簡易潜水が行われる）

簡易潜水目視：付着物や土砂の撤去は行わない

詳細潜水目視：付着物や土砂を除去し、小規模な変状もサイズを計測する。
必要に応じてケレンや肉厚測定も実施する

音響機器活用による点検の効率化について



国立研究開発法人
水産研究・教育機構



簡易潜水目視調査と音響機器の比較

【馬島防波堤】
(点検面積：10,175m²)

作業内容	簡易潜水目視調査		3 D S		N M B
現地調査	調査準備	20	艀装	180	180
	移動	30	計測	105	50
	計測	300			
	移動	30			
	片づけ	20	解装	180	180
簡易 結果整理	—		簡易 点群処理	120	60
詳細 結果整理	変状図作成	300	点群処理 図面作成	180	180
	写真整理	300			
	判定・評価	60			
合計作業 時間	1060			765	650
	100%			72%	61%

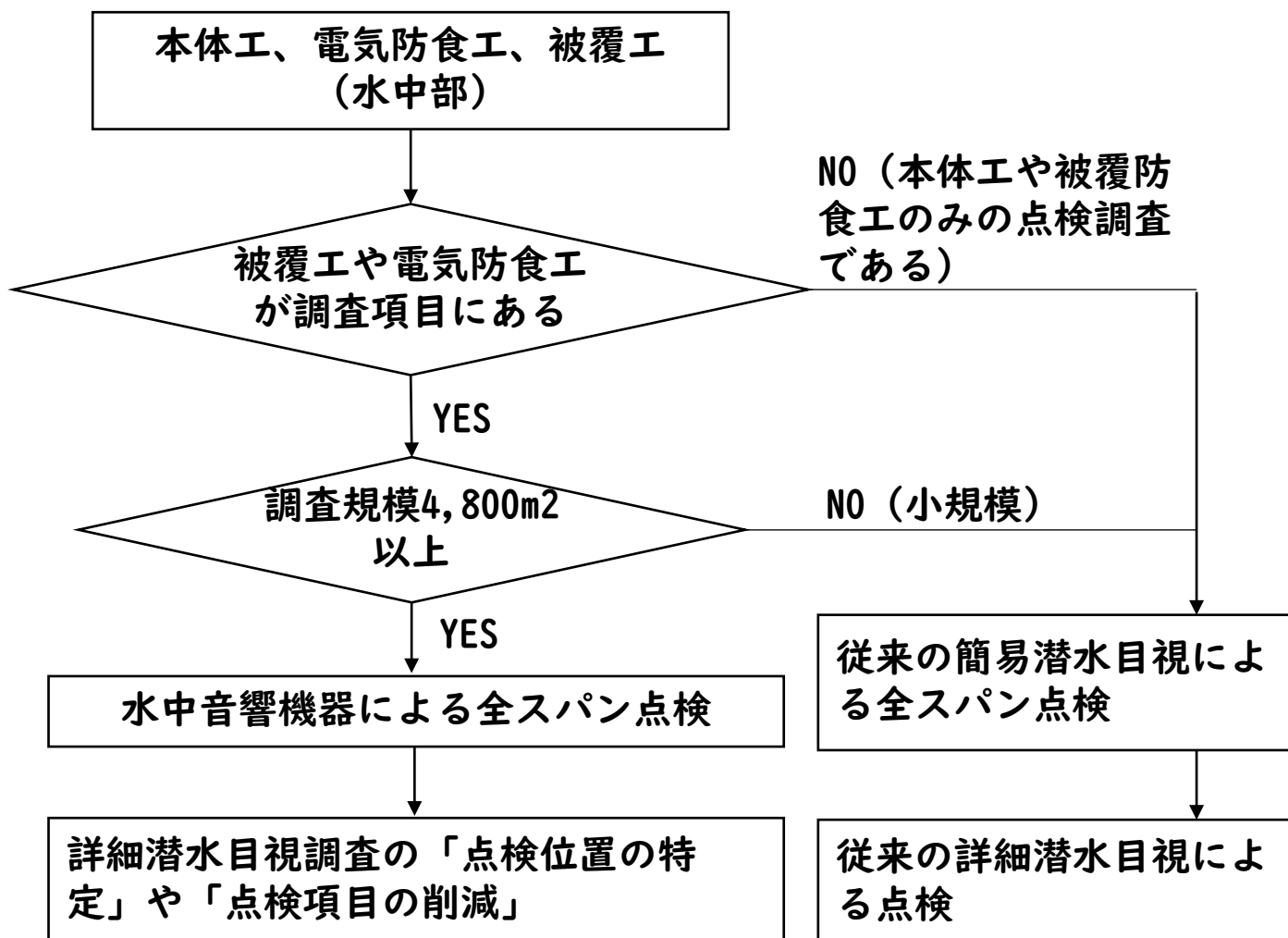
【外ノ浦地区35護岸】
(点検面積：400m²)

作業内容	簡易潜水目視調査		3 D S	
現地調査	調査準備	20	艀装	180
	計測	60	計測	80
	片づけ	20	解装	180
簡易 結果整理	—		簡易 点群処理	60
詳細 結果整理	変状図作成	60	点群処理 図面作成	180
	写真整理	60		
	判定・評価	60		
合計作業 時間	280			680
	100%			243%

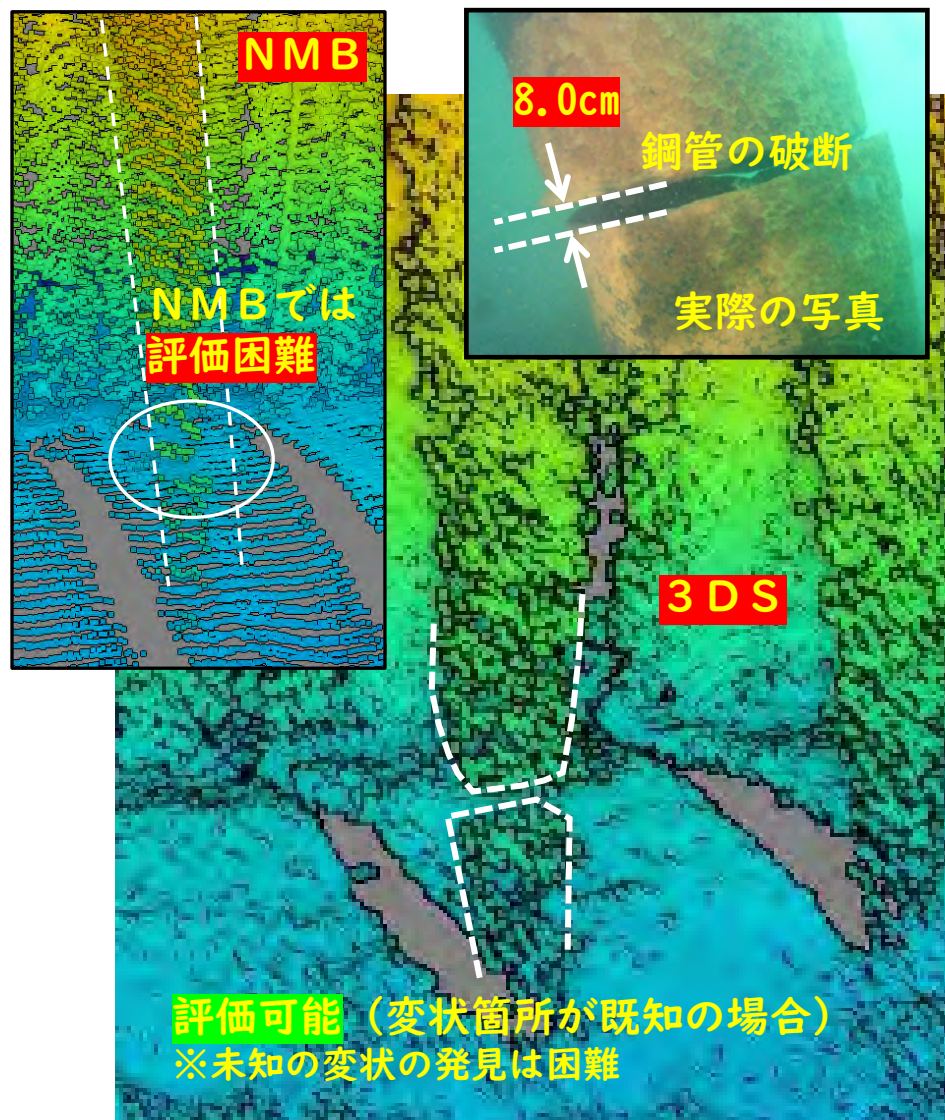
音響機器活用による点検の効率化について



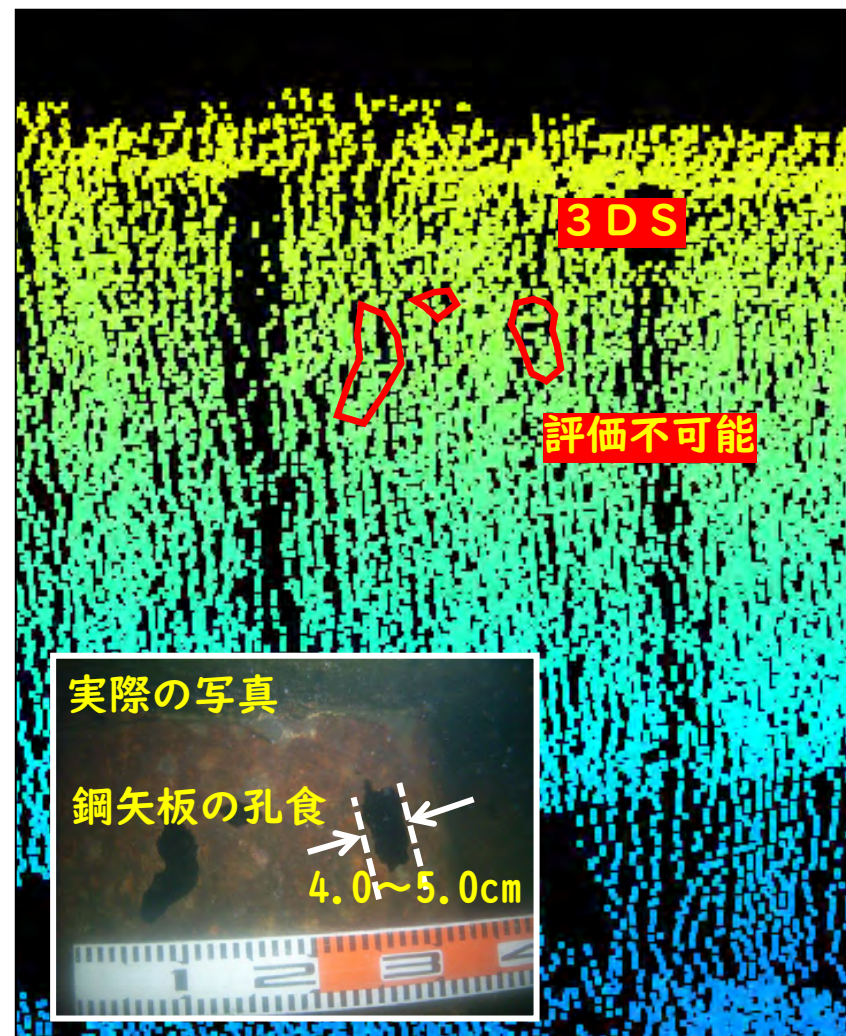
詳細潜水における従来技術と音響機器の技術選定フロー



音響機器の判別精度と点検への適用性について



大槌漁港沖防波堤



浜田漁港外ノ浦35護岸

音響機器の判別精度と点検への適用性について



国立研究開発法人
水産研究・教育機構

老朽化度の評価基準（ストマネGL）に対する従来技術と音響機器の適用性の比較表

対象 施設	調査項目		潜水目視調査に係る老朽化度の評価基準		適用性		
					潜水目視		音響 計測
					詳細 潜水	簡易 潜水	
重力式 ※防波堤（消波堤）の基準	本体工（側壁・スリット部）	C0 劣化 損傷 （RC）	a	中詰材等が流出する穴開き、ひび割れ、欠損	○	○	○
			b	広範囲の鉄筋露出	○	○	○
			b	複数方向に幅3mm程度のひび割れ	○	×	×
			c	一方向に幅3mm程度のひび割れ、局所的な鉄筋露出	○		
			d	老朽化なし	○		
		C0 劣化 損傷 （無筋）	a	性能に影響を及ぼす程度の欠損	○	○	○
			b	小規模（10%未満）の欠損	○	○	○ 10cm 以上
				幅1cm以上のひび割れ	○	○	×
			c	幅1cm未満のひび割れ	○		
			d	老朽化なし	○		
	被覆工	移動 散乱 沈下	a	被覆工の散乱かつ捨石材の流出	○	○	○
			b	被覆工の移動	○	○	○
			c	-	-		
			d	老朽化なし	○		

発錆等の発色に伴う変状を除き、 音響機器は簡易潜水の代替えが可能

対象
施設

調査

適用性

潜水目視

詳細
潜水簡易
潜水音響
計測

構

矢板・杭式 ※矢板式係船岸の基準

矢板・杭

鋼材
腐食
損傷被覆
防食
(塗装)被覆
防食
(被覆)電気
防食被覆
工移動
散乱
沈下

a 腐食による開孔・変形、著しい損傷、裏埋材の流出兆候

○

○

○

b LWL付近に孔食

○

○

○
10cm以上

全体的に発錆

○

○

×

c 部分的に発錆

○

○

○

d 発錆、開孔、損傷は見られない（付着物はある）

○

○

○

a 欠陥面積率10%以上

○

○

×

b 欠陥面積率0.3%以上10%未満

○

○

×

c 欠陥面積率0.03%以上0.3%未満

○

○

○

d 欠陥面積率0.03%未満

○

○

○

a 鋼材が露出し発錆

○

○

×

b 鋼材まで達する傷・はがれ等の損傷、保護カバーに欠損

○

○

×

c 鋼材まで達してない傷・はがれ等の損傷、保護カバーに損傷

○

○

○

d 老朽化なし

○

○

○

a 陽極の脱落・全消耗

○

○

○

b 陽極取付の不具合（固定部のはずれ、重度な消耗）

○

○

○

陽極取付の不具合（ゆるみ、軽度な消耗）

○

×

×

c -

-

○

○

d 欠落等の異常なし

○

○

○

a 被覆工の散乱かつ捨石材の流出

○

○

○

b 被覆工の移動

○

○

○

c -

-

○

○

d 老朽化なし

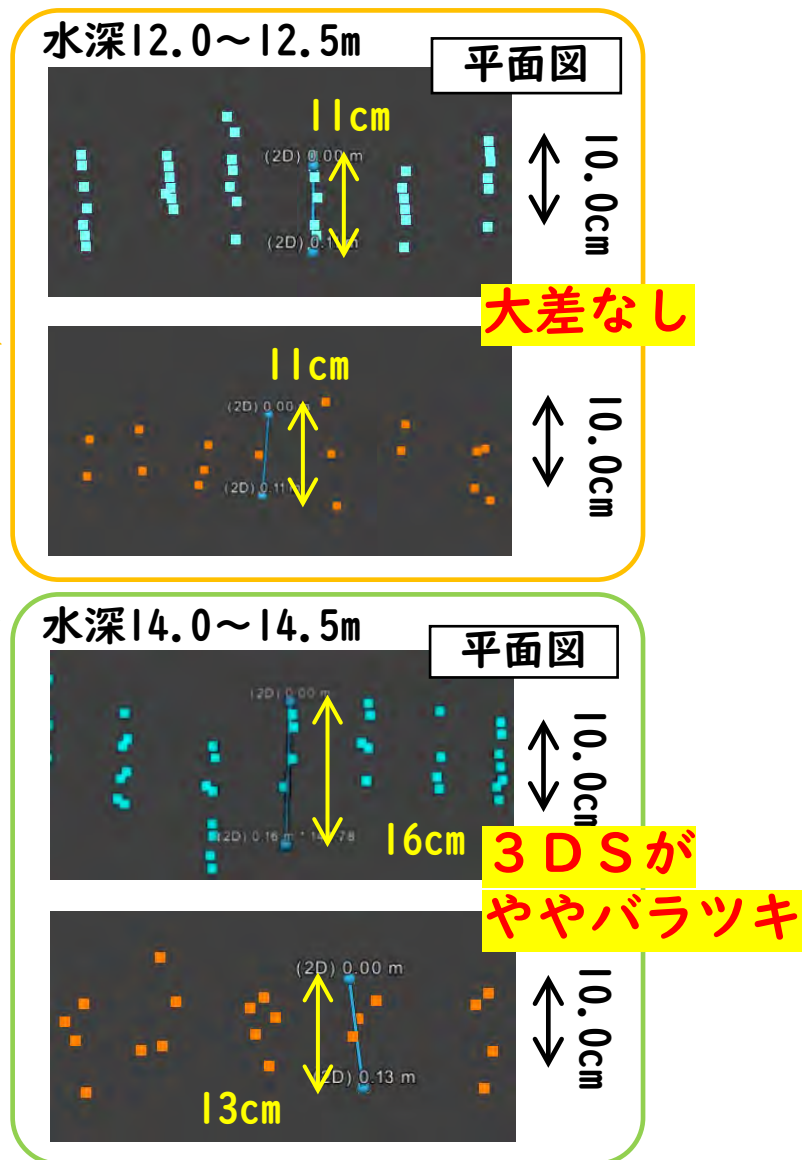
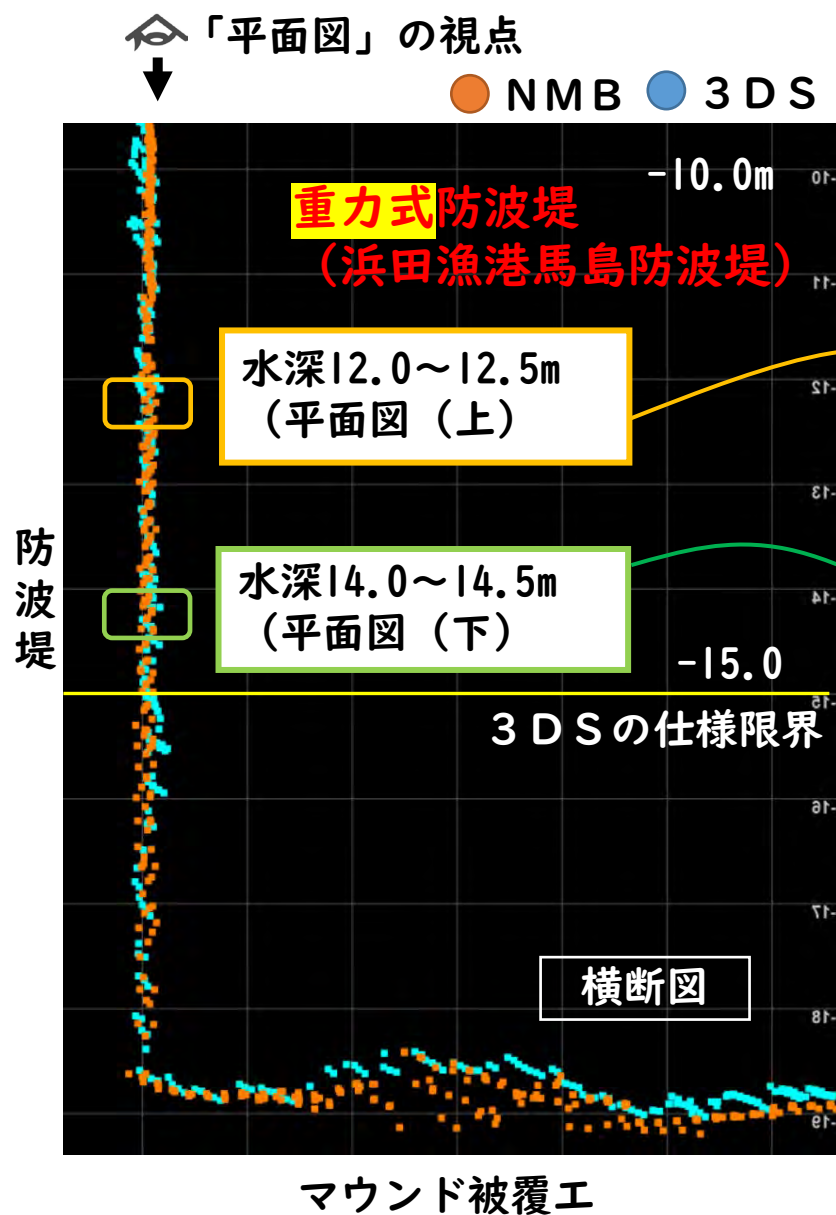
○

○

○

適用条件について

NMBと3DSの使いわけ



適用条件について

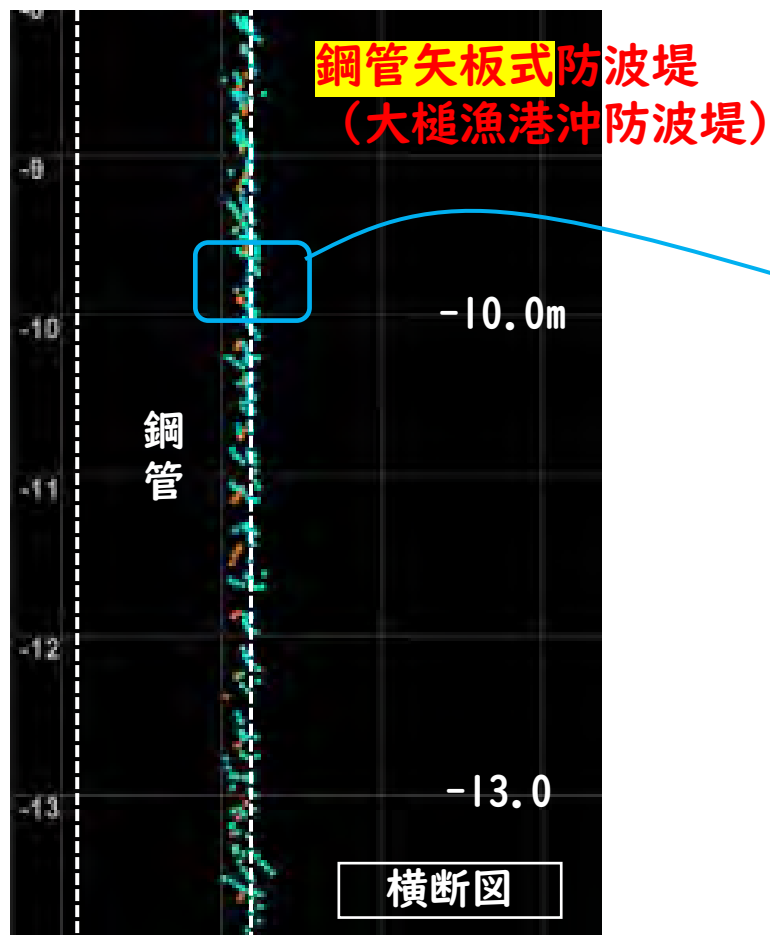
NMBと3DSの使いわけ



国立研究開発法人
水産研究・教育機構

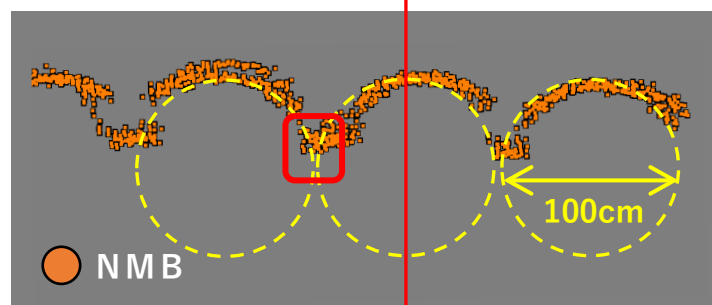
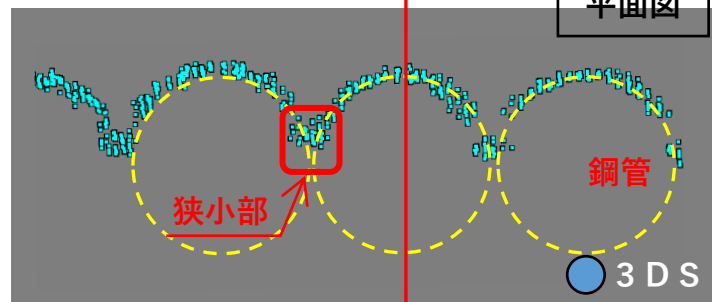


「平面図」の視点



水深9.6~10.0m

平面図



鋼管極小部にて
NMBが
ややバラツキ

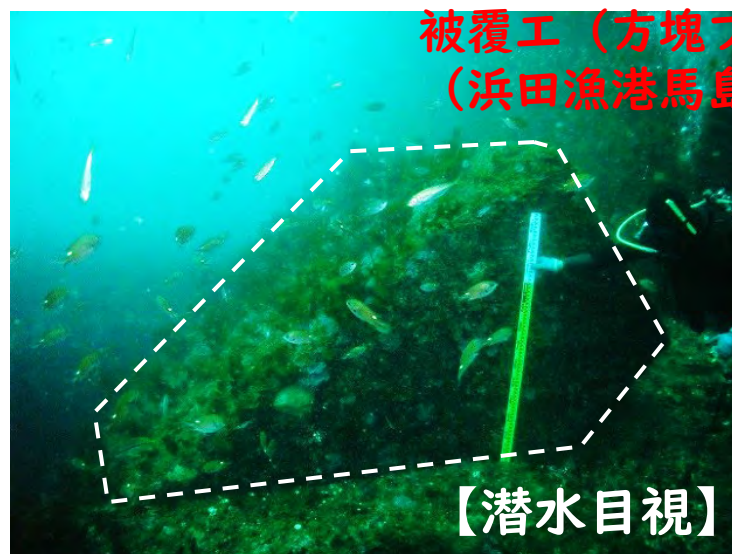
「横断図」の断面

適用条件について

NMBと3DSの使いわけ

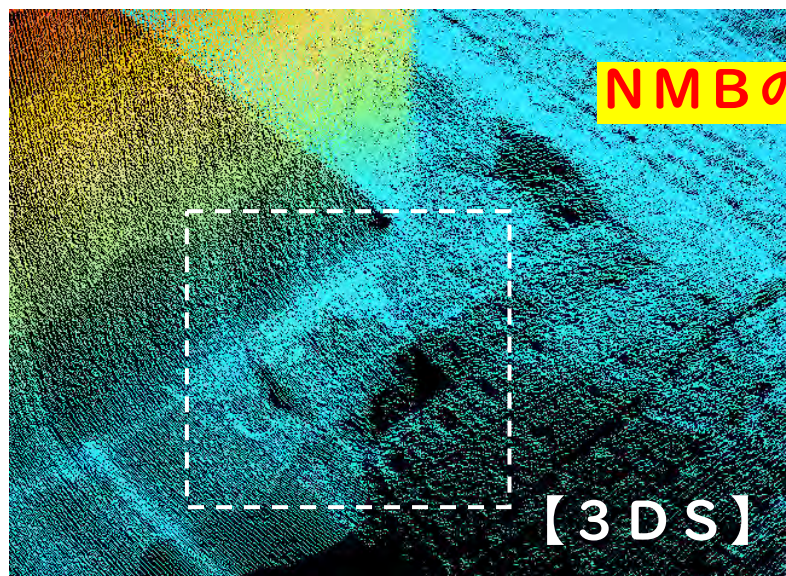


国立研究開発法人
水産研究・教育機構



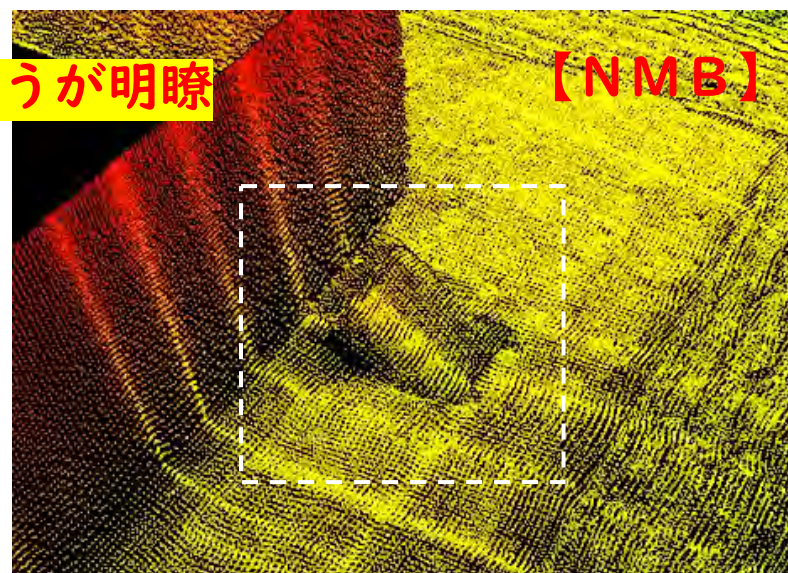
被覆工（方塊ブロック）
（浜田漁港馬島防波堤）

【潜水目視】



NMBのほうが明瞭

【3DS】



【NMB】

適用条件について

NMBと3DSの使いわけ



対象施設		老朽化度判定の適用性		
		3DS	NMB	簡易 潜水目視
水深0m～2m		◎	×	○
水深2m～12m		◎	○	○
水深12m～15m	平面的構造	△	○	○
	鋼管狭小部	○	△	○
水深15m以深	平面的構造	×	○	○
	鋼管狭小部	×	△	○
構造物の垂直面（凹凸のある矢板等）		◎※	○	○
構造物の水平面（被覆工の天端等）		○※	◎	○
小規模なクラック、変色、発錆等の微細な変状		×	×	×

◎：効果的な判定が可（精度高）

○：可（精度中）

△：計測可だが点群がばらつく（粗い）

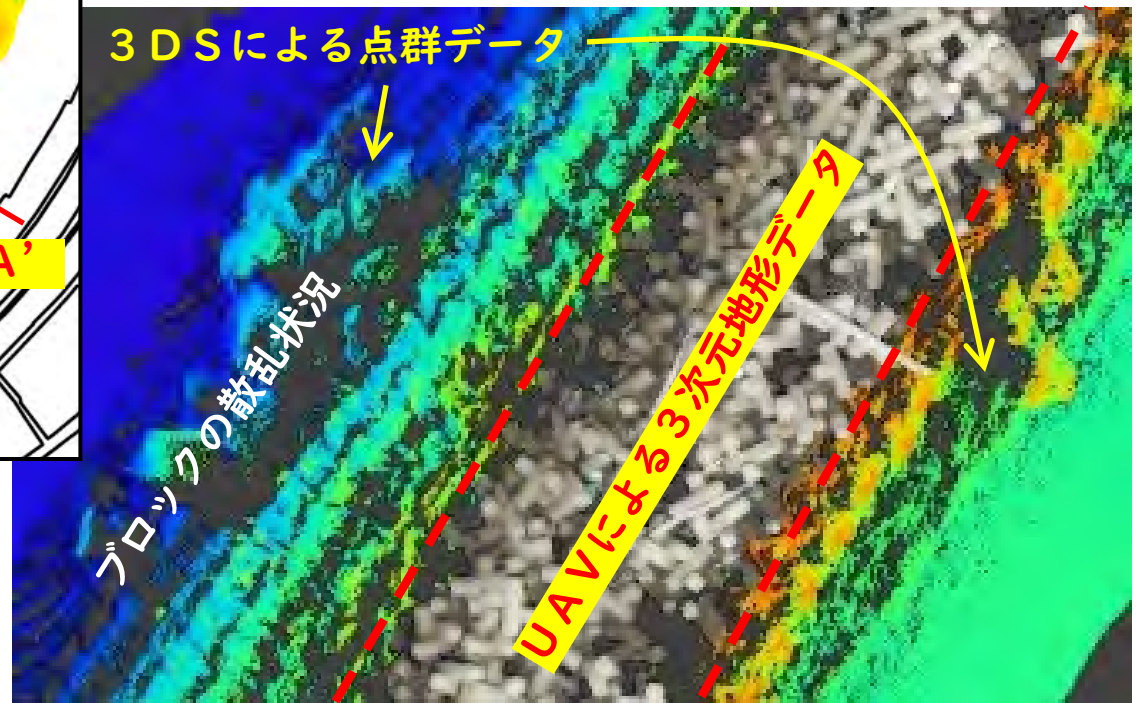
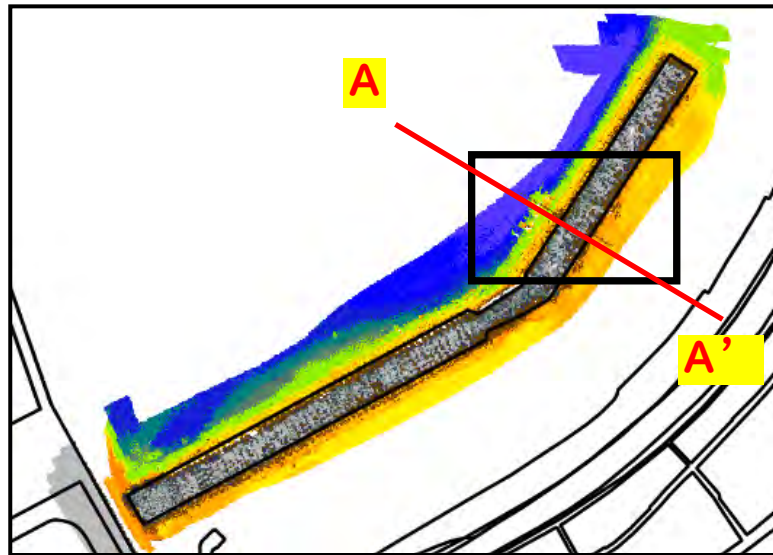
×：不可

※3DSは水深15mが仕様上の計測限界

適用条件について

臨時点検への適用性

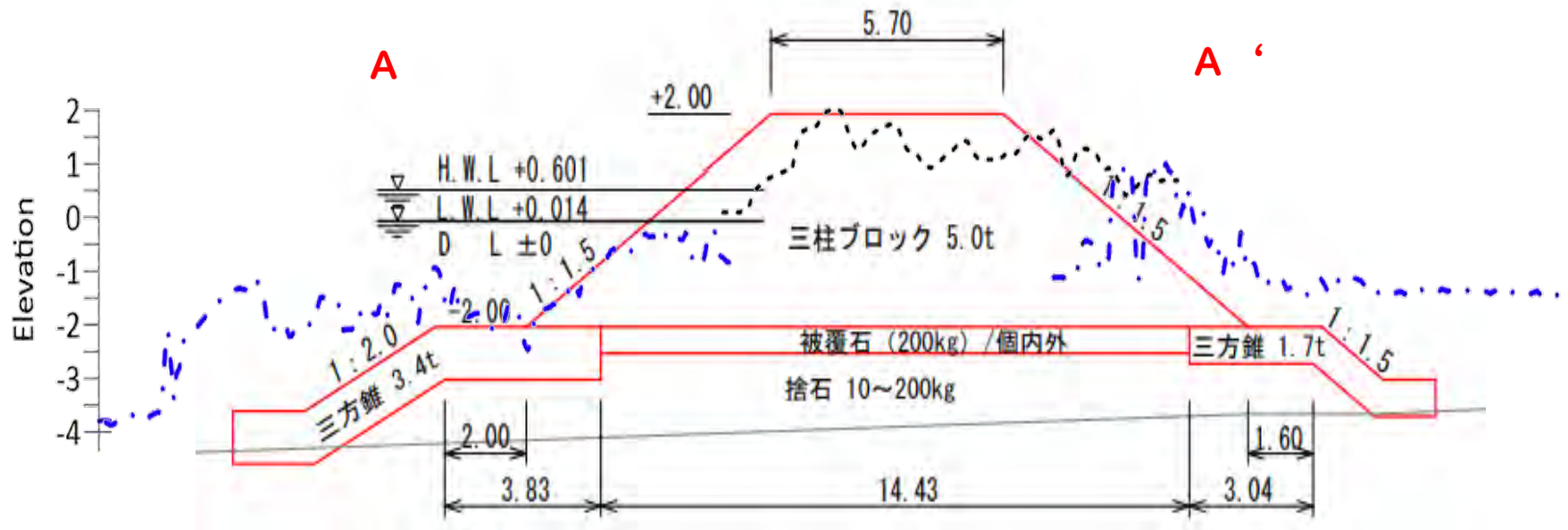
〔UAV（無人航空機）により取得した画像に基づく3次元地形データ〕と、〔3DSによる点群データ〕を連生することで、陸上～水中の地形をシームレスに把握することが可能（臨時点検への適用が可能）



適用条件について

臨時点検への適用性

— 標準断面図 ——— UAVによる3次元地形データ — · — · — 3 D S



臨時点検では施設全体の定量的な変状把握が必要

→ 標準断面図との重ね合わせで数量評価が可能

また、音響機器やUAVは被災直後で濁りや流速（河口に近い漁港）があっても計測が安全かつ速やかに実施可能

適用条件について

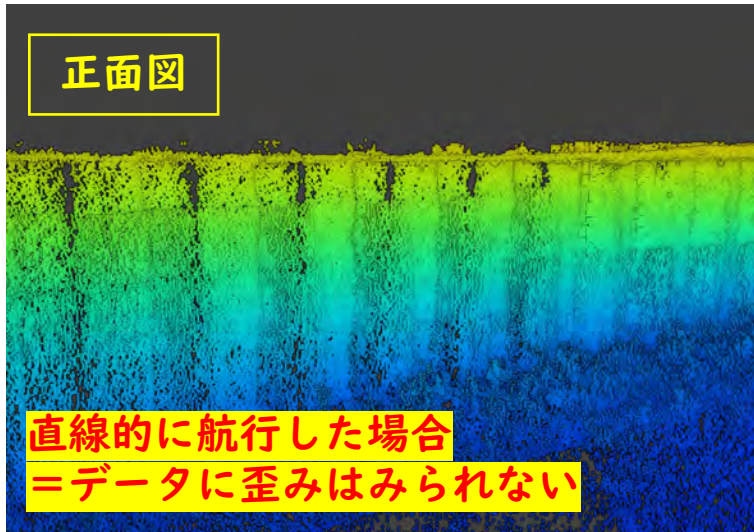
障害物がある場合の適用性



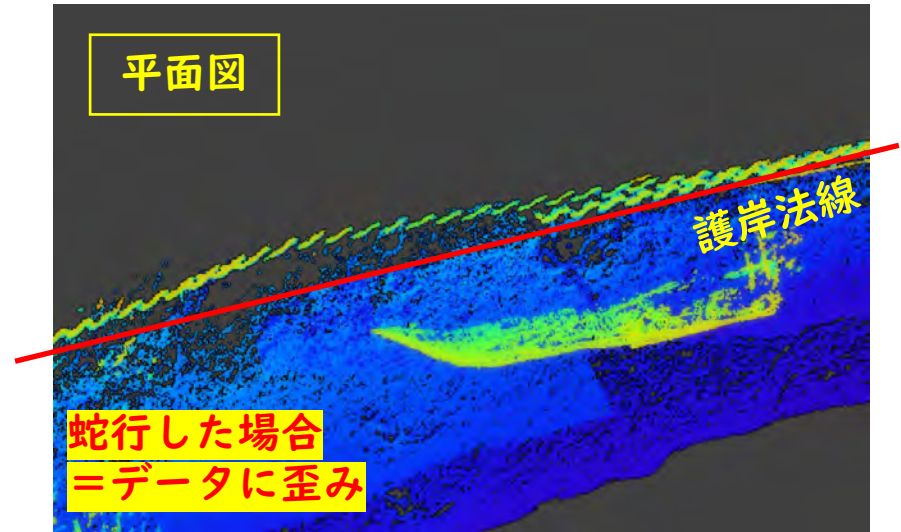
浜田漁港外ノ浦35護岸

(係船等を避けるため、護岸から5~15m程度離れた測線から計測したもの)

正面図



平面図



- 構造物と離れて計測しても問題はない（ただし仕様限界以下の離岸距離まで（3D Sの場合15mまで））が、蛇行しながら計測する場合はデータに歪みが生じるため、**直線的に計測する必要がある**
- 係船等の遮断物の背後は計測不可だが、**海藻類はノイズとしてデータ解析時に処理（除去）が可能**

関連するマニュアル、手引き、ガイドライン等

いずれも水産庁漁港漁場整備部、または整備課が発刊しているもの

https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/index.html

- ① 水産基盤施設機能保全計画策定の手引き（平成27年5月改訂）
- ② 水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（平成27年5月改訂）
- ③ 無人航空機（UAV）を活用した水産基盤施設の点検の手引き（平成31年3月）
- ④ センシング技術を活用した漁港施設の点検の手引き～水中3Dスキャナーとナローマルチビームの活用～（令和3年3月）
- ⑤ 水産基盤施設の点検における新技術活用指針（令和3年3月）