

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—

国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所

一般社団法人水産土木建設技術センター

水産庁漁港漁場整備部

大井邦昭
三上信雄
岩本典丈
完山暢
松本力
中瀬聡

目 次

1. はじめに	67	3-2 効果検証	72
2. センシング技術の水中部の点検への 活用について	68	4. 手引き・活用指針の作成	76
2-1 これまでの取組み内容	68	4-1 センシング技術を活用した漁港施設の 点検の手引き	76
2-2 検討対象とするセンシング技術の概要	68	4-2 水産基盤施設の点検における新技術 活用指針	76
3. 効果的な点検手法の検討	70	5. おわりに	76
3-1 現地検証	70		

1. はじめに

1950年代から沖合漁業の生産量がピークを迎えた1980年代にかけて漁港施設の整備量が増加し、これまでに整備後50年を経過した外郭施設は全体の2割(令和2年3月末)を越え、20年後には6割強にまで急速に増加することが見込まれる中で、維持管理・更新等に係る費用が増大していくことが懸念される。

漁港施設の効率的な維持管理を行うためには「事後保全」から「予防保全」の考え方を導入した戦略的な「ストックマネジメント」に転換していくことが重要となる^{1, 2)}。予防保全を推進するためには“機能発現状態(健全度)の把握”が不可欠であり、そのための施設点検に関する課題解決が求められている。

予防保全型の長寿命化対策を実施する上では漁港管理者が行う施設の点検が重要となる

が、漁港管理に関わる職員、特に技術系職員を十分に配置できていない点が課題となっている。全国にある約2,800漁港のうち、7割を市町村が管理しているが、令和3年1月に行った水産庁アンケートによると市町村の3分の1で技術職員を配置できていないなど職員不足が明らかになっている。

また、漁港施設の点検には多大な労力や危険が伴う点も大きな課題である。例えば防波堤のような外郭施設では、目視点検のために調査船等により施設に近づいたり上陸したりする必要があり、転倒や落水等の危険を伴う。さらに施設の基礎部は水中部にあることが多く、施設の変状を確認するために潜水士が必要となる。

このような状況を踏まえると、目視を中心とした従来の点検手法に加え、ICT技術を活用して効率化・高度化を進めていく必要が

ある。本稿では、ICT技術の中でもセンサーと呼ばれる感知器などを使用して様々な情報を計測して数値化するセンシング技術に着目した。水産庁では平成29年度より点検および点検結果に基づく施設の老朽化診断に係る技術開発や点検手法の高度化に取り組んでおり^{3, 4, 5)}、本稿では漁港施設における水中部の点検へのセンシング技術の適用性について報告する。

2. センシング技術の水中部の点検への活用について

2-1 これまでの取組み内容

水産庁による平成29年度以降の施設点検および診断の効率化に関する取組み内容を図-1に示す。

平成29年度の実践では、施設点検のうち、海上・陸上部の目視点検の代替方法としてデジタルカメラを搭載したUAV（無人航空機）の適用性を検証している⁶⁾。この取組みでは撮影された画像からの変状抽出と老朽化度判定への適用性の検証に加えて、写真測量技術により点群化したデータを利用した変状抽出も試みている。

平成30年度の実践では、漁港施設の水中部を対象として、これまで主として潜水士の目視点検で行ってきた点検について、海底地形測量技術であるナローマルチビーム（以下、NMBとする）の適用性を検証した。この取組みでは、現地実証試験を経て、NMBによる計測の精度検証、点検への適用性、および詳細潜水目視点検に対するスクリーニングへの活用を検討した。平成31年度は平成30年度と同様に水中部の点検に対して、主として水中構造物の可視化に用いられている水中3Dスキャナー（以下、3DSとする）の適用性を検証した。なお、NMBと3DSはいずれも音波を用いる手法であることから、あわせて「音響機器」と呼ぶ。

令和2年度は、潜水士による水中部の点検（従来技術）と平成29年度以降に個別に適用性を検証したUAV、NMB、3DSを組み合わせや適用条件等について整理し、施設の日常点検、定期点検、臨時点検等の目的に応じ

た各機器の活用の方法を取りまとめた^{7, 8)}。

2-2 検討対象とするセンシング技術の概要

(1) ナローマルチビーム（NMB）

NMBによる計測は計測機器を船舶に機装し、船舶を2～3ノットで航行しながら音波を対象物に照射し、反射波の到達時間を計測することで対象物の外形を計測する技術である。写真-1（左）に計測器外観を示す。

NMBによる計測は、従来の潜水士による目視と比較して対象施設の水中部の全体を均一な精度で広域的に計測でき、かつ、音波を利用していることから水中の濁りに影響されずに利用することができる。また、計測結果

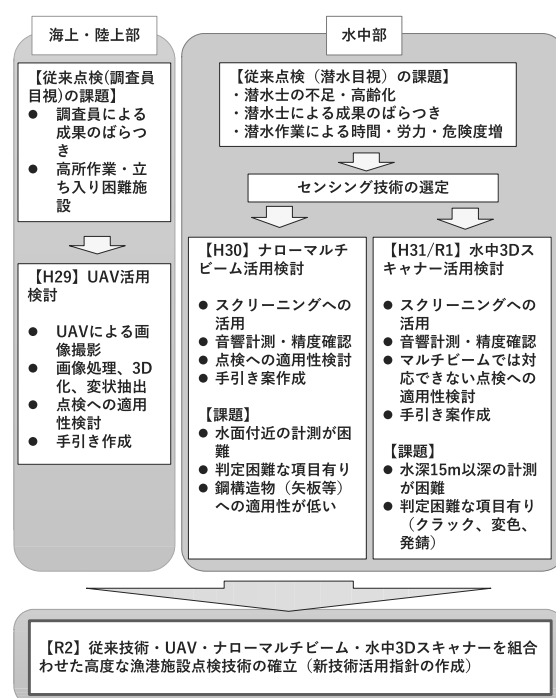


図-1 これまでの取組みの概要
(平成29年度～令和2年度)



写真-1 NMBおよび3DSの機器外観



写真-2 NMBおよび3DSの計測状況

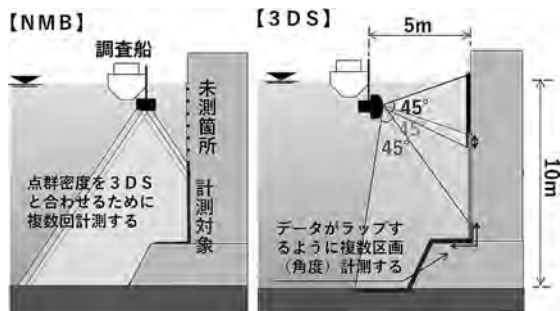


図-2 NMBおよび3DSの計測のイメージ

は3次元的な位置情報群である“点群データ”として得ることができるため、得られたデータは設計や施工に活用することが可能であり、漁港管理の面からも変位の時系列変化を定量的に計測（モニタリング）することができる。

一方、NMBは音波を利用することから対象物の“色”の識別ができず、鋼材の発錆等の色の状態から判断する変状は計測することができない。また、計測機器は船舶に艀装して計測することから、船舶が航行できない浅い箇所では計測ができないことや、音波の発信方向が下方に限定されることから船舶真横の水面際の計測も不可能となる。計測精度の面では現状の仕様上では20cm未満の変状を計測することができない。また、コスト面では艀装費用等の初期費用が数十万円かかることから、計測対象範囲が一定量よりも小さい場合は従来の潜水土による目視が有利となる。

(2) 水中3DSキャナー（3DS）

3DSによる計測は、NMBと同様に計測器を船舶に艀装して計測を行う（写真-1（右））。

計測原理はNMBと同様だが、3DSはN

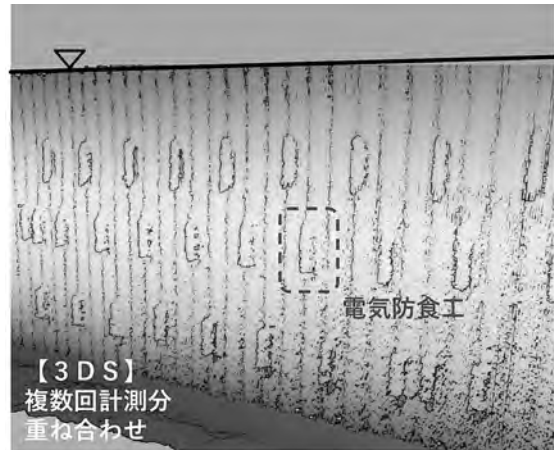


図-3 NMB および3DS の計測データの例
(大槌漁港沖防波堤、施設全体)

MBよりも音波の周波数が高いことから、NMBよりも高い密度の点群データを取得することができる。そのため、NMBでは20cm未満の変状の計測が困難であるのに対して、供試体を用いた基礎試験から、凸部については10cm×10cmまで、凹部については5cm×5cmまでの変状を計測することができることを確認している。しかし、発振周波数が高いことから減衰が早く、NMBよりも短距離の範囲の計測に限定される。

一方、機器仕様の都合により下向きの発信で固定されるNMBで水面際の撮影が困難であるのに対し、3DSは機器の向きを変えて計測ができるため水面際付近の計測が可能となる。一般に鋼材の腐食が激しいとされる飛沫体から平均干潮面のうち、海上・陸上からの目視が困難な平均干潮面付近についても10cm以上の孔食等の変状を計測することができる。また、3DSはNMBと比較して機器

表－１ モデル漁港と箇所毎の検証項目の一覧

対象漁港	対象施設	施設規模	事前情報	検討技術と検証項目
浜田漁港（島根県）	本港地区 馬島防波堤（重力式）	延長 250.6m 水深-17m	情報 無	NMB /3DS □水中部における目視削減項目や点検短縮時間の確認 □深水深のコンクリート構造物に対する適用水深の確認 □水中カメラによる判別精度確認
	松原町地区 松原離岸堤（透過式ブロック）	延長 248.0m 水深-2m	情報 無	UAV □目視点検が困難な対象施設に対する適用性の確認 □点群データ化や標定点設置による水平方向以外の判別精度の確認 □設計図面との合成による臨時点検への適用性の確認
	外ノ浦地区 35護岸（鋼矢板式）	延長 143.0m 水深-2m	開 孔	3DS □水中部における目視削減項目や点検短縮時間の確認 □係留施設に対する適用性の確認
大槌漁港（岩手県）	沖防波堤（鋼管杭、鋼管矢板式防波堤）	延長 122.7m 水深-14m	破 断	NMB /3DS □水中部における目視削減項目や点検短縮時間の確認 □深水深の鋼構造物に対する適用水深の確認 □（供試体以外の）鋼構造変状の判別精度の確認
	南防波堤（鋼管矢板式防波堤）	延長 461.8m 水深-10.5m	開 孔	NMB /3DS □水中部における目視削減項目や点検短縮時間の確認 □（供試体以外の）鋼構造変状の判別精度の確認

が小型であるため小型船に搭載が可能であり、NMBを搭載した調査船が航行できない浅い領域での計測が可能となる。なお、ひび割れや鋼材の発錆等の変状についてはNMBと同様に計測が不可能であり、計測対象範囲が一定量よりも小さい場合はNMB同様に従来の潜水士による目視が有利となる。NMBおよび3DSの計測状況のイメージと計測データの例を写真－2、および図－2、3に示す。

3. 効果的な点検手法の検討

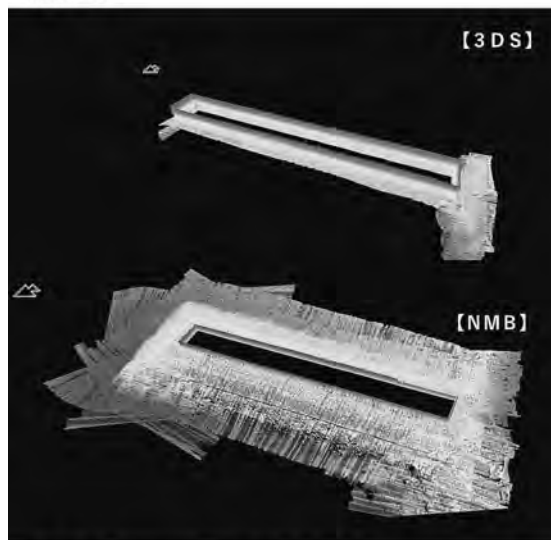
3-1 現地検証

令和2年度 of 取組みでは、従来の点検手法（潜水目視）とセンシング技術の組み合わせによる効果的な点検手法を検討するため、実際の漁港施設（モデル漁港）において現地検証を行った。モデル漁港は表－1に示す2漁港の5施設を選定した。各箇所では検証した技術と項目を以下に示す。

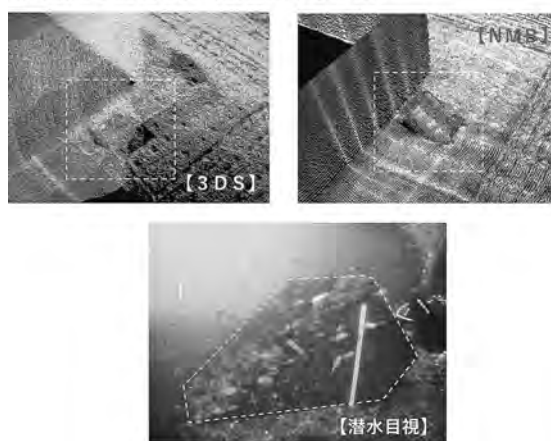
（1）浜田漁港馬島防波堤【重力式】

重力式防波堤に対し、NMB、3DSによる水中部の変状計測への適用性を検証すると

（施設全体）



（代表的な変状の例（被覆材のめくれ））



図－4 両音響機器による計測例（浜田漁港馬島防波堤）

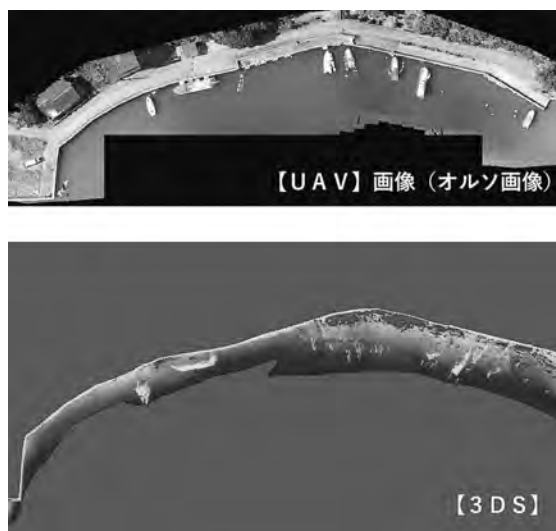
ともに、潜水目視との比較のため、準備（艀装）、計測、結果整理（解析）にかかる時間を計測した。また、3DSの仕様上の適用限界をこえる水深での計測を試みるとともに、NMBと3DSとの使い分けの検討のため、境界となると推察された水深帯（12～15m）では詳細な比較を行った。図－4に両機器による計測結果の施設全体の状況と、代表的な変状箇所の状況を示す。

（2）浜田漁港松原離岸堤【透過式ブロック】

上陸が困難である離岸堤の臨時点検に対する適用性を検証するため、UAVと3DSを用いて水上・水中の連続した点群データの取得と設計図面の重ね合わせによる変状の把握を試みた。なお、この離岸堤は設置水深が浅



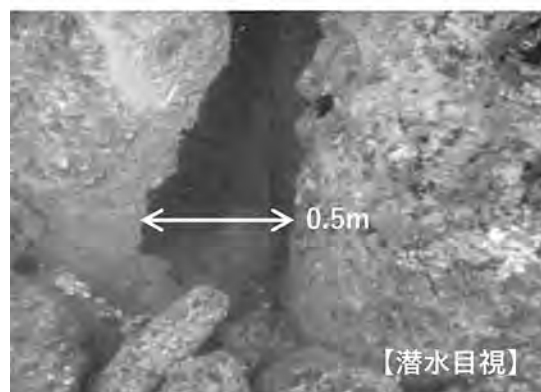
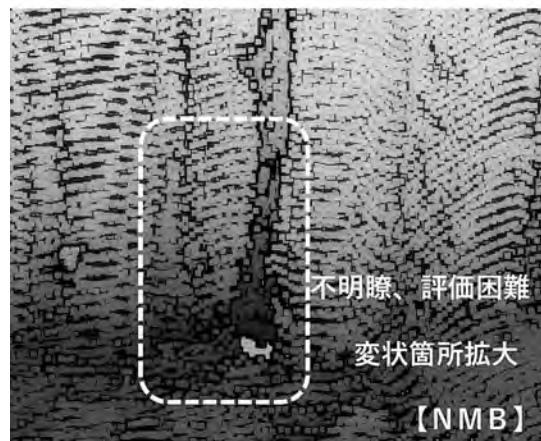
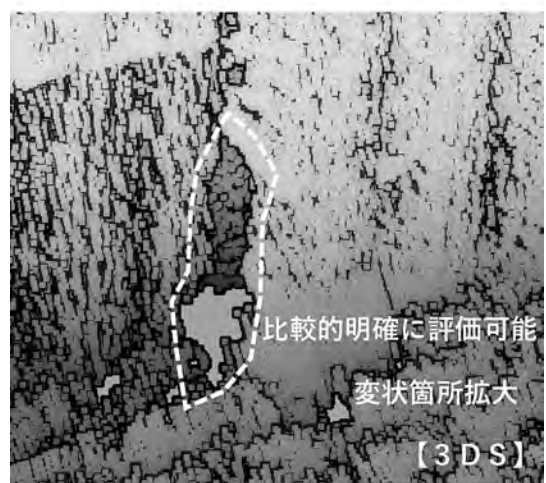
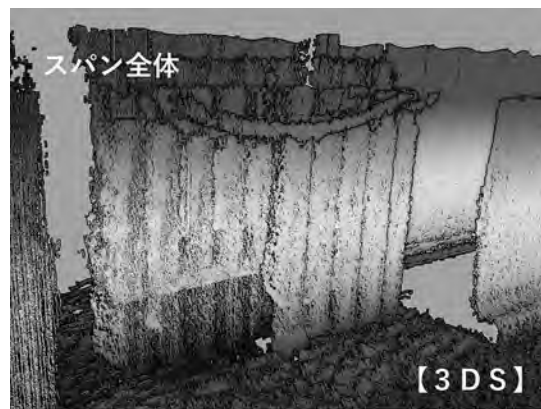
図ー5 UAVおよび3D Sによる計測例
(浜田漁港松原離岸堤)



図ー6 3D Sによる計測状況(施設全体)
(浜田漁港外ノ浦35護岸)

いため、NMBは用いていない。図ー5にUAVによる撮影画像(オルソ画像)と点群データ、および3D Sの計測結果(全体図)を示す。

(3) 浜田漁港外ノ浦地区35護岸【鋼矢板式】
鋼矢板式護岸に対し、3D Sによる水中部



図ー7 両音響機器による変状の計測例
(大槌漁港南防波堤、スパン1-27-2)

の変状計測への適用性を検証するとともに、潜水目視との比較のため、一連の計測にかかる時間を計測した。また、一部区間では係船がある中での計測の適用性についても検証を行った。

なお、この護岸は設置水深が浅いため、NMBは用いていない。図－6に3DSによる計測結果の施設全体の状況を示す。図には参考にUAVによる撮影結果を併せて示す。

(4) 大槌漁港沖防波堤【鋼管杭式、鋼管矢板式】

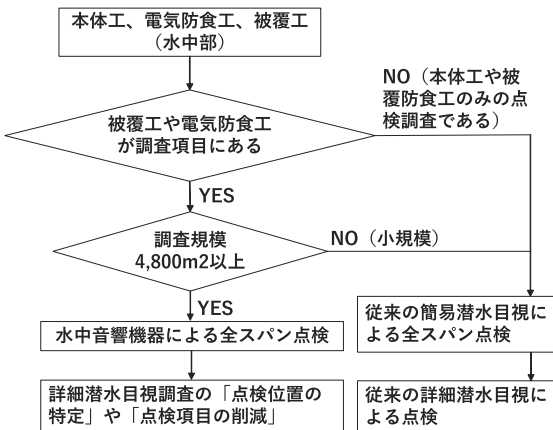
鋼管矢板式防波堤に対し、NMB、3DS

表－2 簡易潜水目視と音響機器の作業時間
【馬島防波堤】(点検面積：10,175m²)

作業内容 ／分	潜水目視調査		3DS		NMB
現地調査	調査準備	20	機装	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/分	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%



図－8 詳細調査における技術選定フロー

による水中部の変状計測への適用性を検証するとともに、潜水目視との比較のため、一連の計測にかかる時間を計測した。ここではNMBと3DSとの使い分けの検討のため、境界となると推察された水深帯(12～15m)では詳細な比較を行うとともに、従来の調査において既知であった変状(10cm程度の鋼管の破断)や電気防食工の陽極の計測可否を検証した。両音響機器による施設全体の計測結果を図－3に示す。

(5) 大槌漁港南防波堤【鋼管矢板式】

(4) 大槌漁港沖防波堤と同様の検証を行った。ただし、南防波堤の水深は10m程度で、既知の変状は欠損(鋼管の孔食)である。図－7に代表的な変状箇所に対する両機器の計測結果を示す。

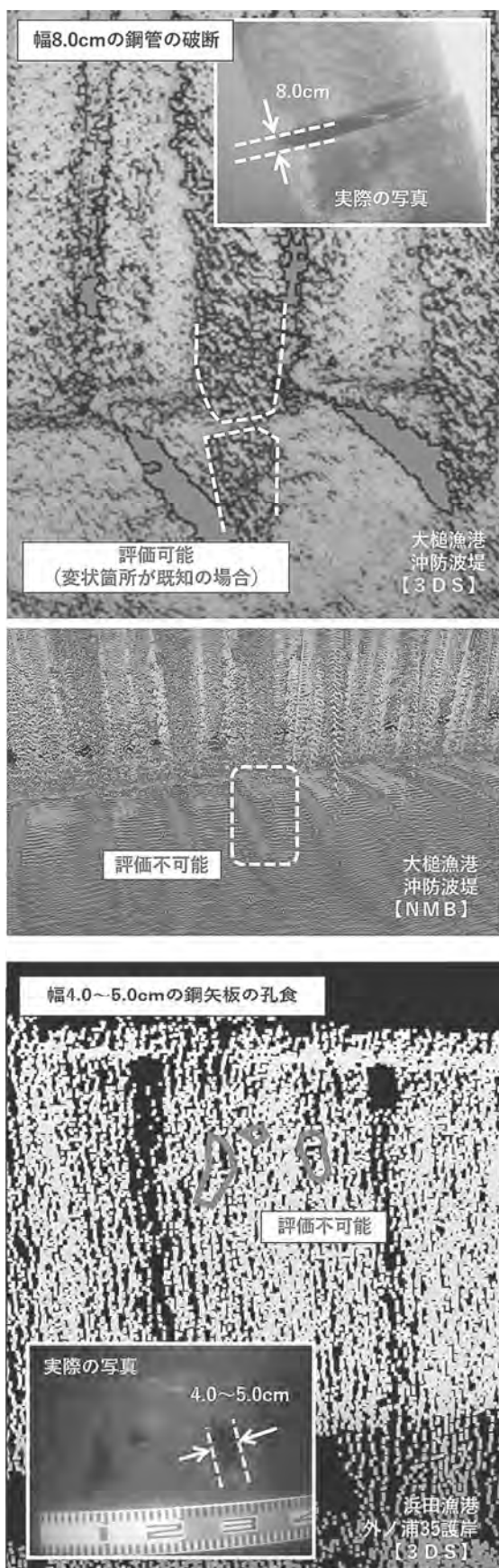
3-2 効果検証

現地検証結果を踏まえ、従来技術(潜水目視)とセンシング技術の比較検証を行い、複数の視点でセンシング技術活用の効果を検証する。

(1) 音響機器活用による点検効率化と従来技術の使い分け

浜田漁港の馬島防波堤、および外ノ浦地区35護岸では付着物除去を含む変状計測等を行わない「簡易潜水目視」と、「音響機器」の作業時間を計測した。それぞれの箇所での結果を表－2に示す。馬島防波堤(点検面積：10,175m²)の結果では全体で約28～39%の作業時間の低減がなされたが、外ノ浦地区35護岸(点検面積：400m²)では約143%程度増加した。音響機器は計測前後の艀装・艀装解除に多くの時間を要し、試算の結果、4,800m²よりも広い点検範囲の計測を行う場合には音響機器を用いるほうが効率的であることがわかった。

一方、老朽化予測に必要なデータ収集等を行う「詳細調査」に伴う「詳細潜水目視」では小規模な変状の計測が必要となるため、潜水目視は不可欠となるが、音響機器では図－3および図－4に示すように「被覆工の“めくれ”」や「電気防食工の着脱状況の確認」が可能であるため、それらが点検項目に含まれる場合には音響機器を活用することで、安全



図ー9 小規模な変状の計測状況(3DS)

表ー3 老朽化度の評価基準に基づく潜水目視と音響計測の比較

対象施設	調査項目	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※	本体工（側壁・スリット部）	CO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	○	○
			c 複数方向に幅3mm程度のひび割れ	○	×
			d 一方に幅3mm程度のひび割れ、局所的な鉄筋露出	○	○
		CO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	○	○
			c 幅1cm以上のひび割れ	○	×
			d 幅1cm未満のひび割れ	○	○
	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	○	○
		鋼材腐食損傷	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	○	○
			c 全体的に発錆	○	×
			d 部分的に発錆	○	○
矢板・杭式※	矢板・杭	被覆工（塗装）	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	○	○
		被覆工（被覆）	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	○	○
	電気防食	陽極の脱落・全消耗	a 陽極取付の不具合（固定部のはずれ、重度な消耗）	○	○
			b 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	○	○
	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	○	○

※防波堤（消波堤）の基準

※矢板式係船岸の基準

簡易潜水目視調査：付着物や土砂の除去は行わない。

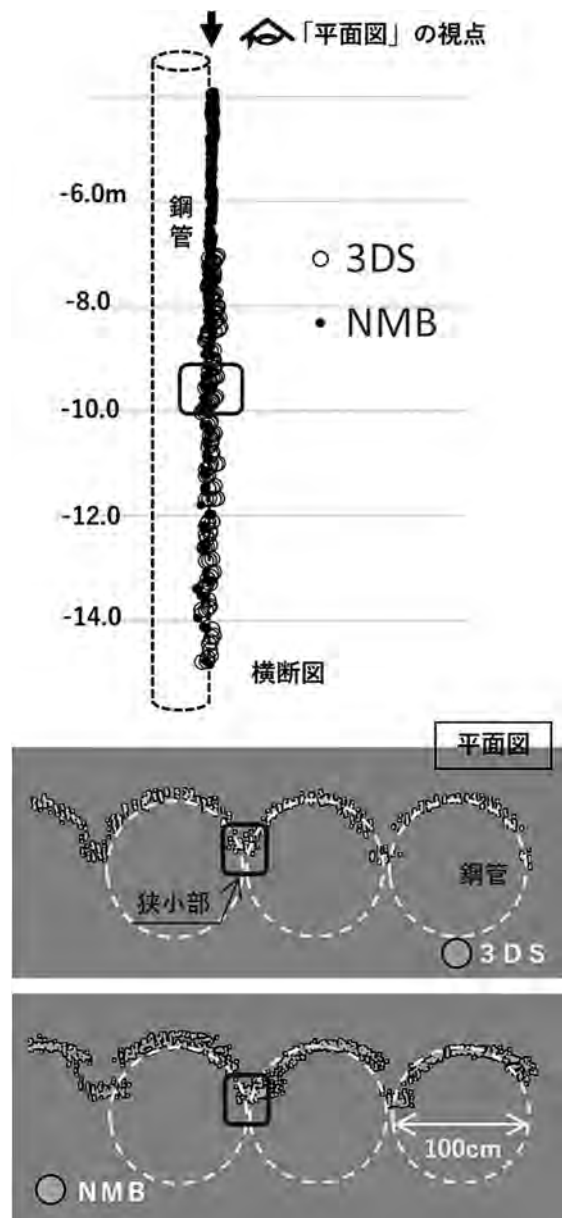
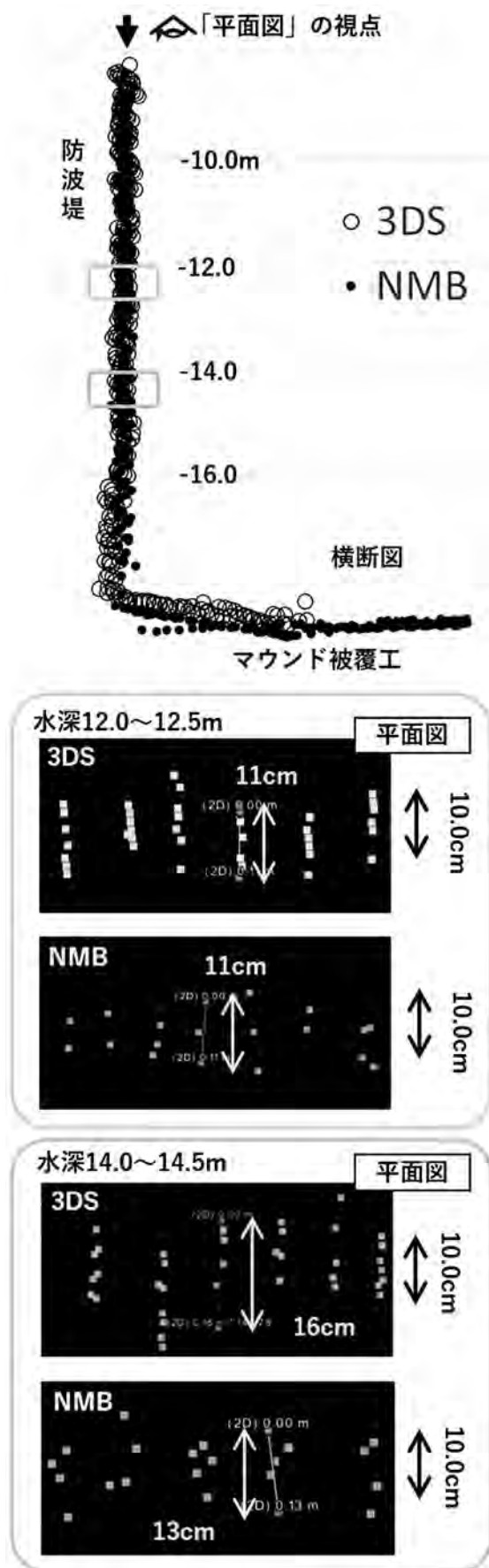
詳細潜水目視調査：付着物や土砂を除去し、小規模な変状もサイズを計測する。必要に応じてケレンや肉厚測定も実施

かつ効率的な点検が可能となる。

これらを踏まえたうえで、詳細調査における音響機器を含めた技術選定のフローを図ー8に示す。

（2）音響機器の判別精度

供試体による基礎実験では3DSによる計



測では10cm×10cmの凸凹が確認されており、その成果を踏まえて各モデル漁港では既知の変状の計測を行った。その結果、5 cm程度の開孔は確認できなかったが、8 cm幅の鋼の破断は確認することができた(図-9)。

これらを踏まえて「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」に記載の老朽化度の評価基準に対する音響機器の適用性を整理したものを表-3に示す。なお、音響機器の小規模欠損に対する適用は供試体による試験結果から10cm以上の変状のみであれば確認可能としている。

(3) 適用条件の確認

a. NMBと3DSの使い分け

3DSは機器の仕様上、適用できる水深が15m程度以浅である。一方、NMBは水深0～2mの静水面付近は適用外であるため、水深2～15mの範囲では両者が適用できることになるが、その使い分けを現地検証結果から提示する。

重力式防波堤である浜田漁港馬島防波堤における両機器の計測結果を図-10に示す。対象構造物が平面的な構造の場合、水深12m付近では大きな差はみられない一方、水深14m付近では3DSではやや点群のバラツキが大きくなった。また、鋼管矢板式防波堤である大槌漁港沖防波堤における測定結果(図-11)では、鋼管同士が接する狭小部でNMBの点群のバラツキが大きくなった。

また、3DSは横向きでの計測、NMBは下向きで、かつ深い水深まで計測が可能である点を踏まえると構造物の垂直面は3DS、被覆工等の水平面はNMBが有利となる。これらを踏まえた3DSとNMBの使い分けについて、簡易潜水目視も加えた比較表を表-

4に示す。

b. 臨時点検への適用性

災害後などの臨時点検に対するセンシング技術の適用性を検証するため、松原離岸堤ではUAVによる水上の3次元地形データ(点

表-4 3DS、NMB、簡易潜水目視の使い分け

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は機器の性能上、(仕様)水深15mが計測限界

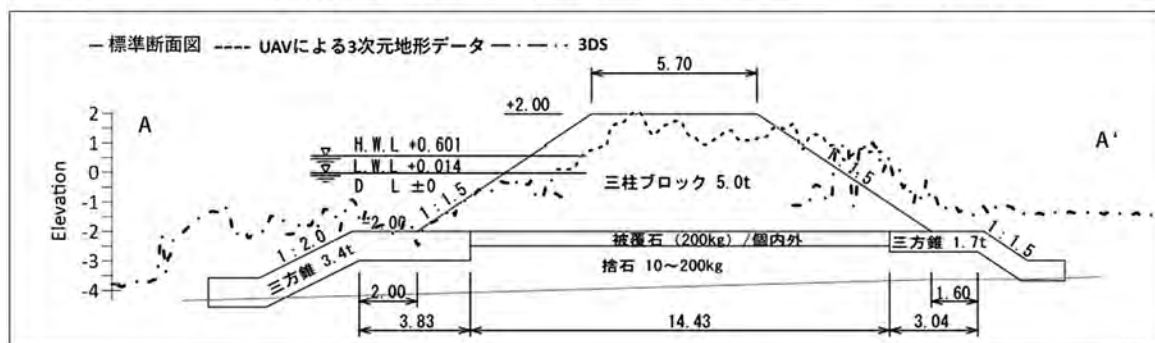
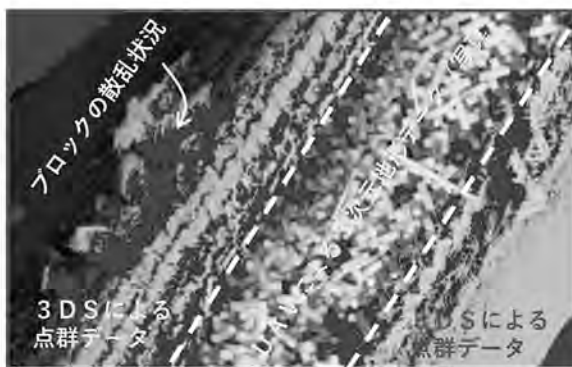
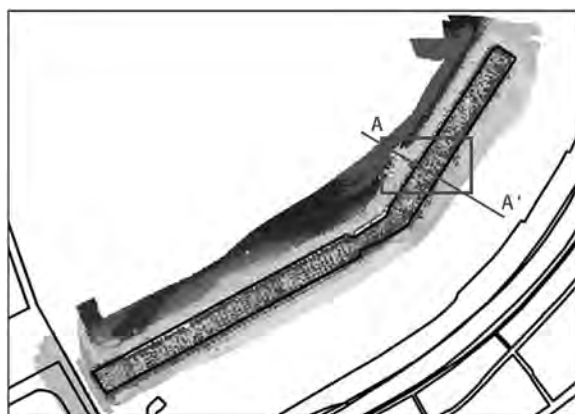


図-12 UAVと3DSの計測結果の統合と設計図面との重ね合わせによる変状把握



直線的な航行→歪みなし



蛇行→計測データに歪み

図一 13 蛇行による計測データの歪み例

群)と3DSによる水中の点群データを用いた水上・水中の連続した点群データを作成した。臨時点検では施設全体の定量的な変状把握が求められるが、図一12に示すように水上・水中連続点群データを設計図面に重ね合わせることで変状規模を定量的に把握できることがわかった。

また、UAVや3DS等のセンシング技術は被災直後の濁りや流速の影響を受けずに計測が可能のため、安全かつ速やかに状況把握が可能となる。

c. 障害物(係船)がある場合の適用性

浜田漁港外ノ浦35護岸では船舶の係留がある中で3DSによる計測を試みた。調査船は係船との衝突を避けるため、一定距離において計測を行ったが、計測対象との距離が3DSの仕様上の限界(15m)以内であれば構造物形状を計測できることが分かった(係船の影は除く)。一方、係船を避けるために調査船を蛇行させた場合は計測された護岸データにゆがみが生じるため計測が困難となることに留意する必要がある(図一13)。

4. 手引き・活用指針の作成

4-1 センシング技術を活用した漁港施設の点検の手引き

平成30年度～平成31年度/令和元年度の取り組みの成果をとりまとめ、「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～、水産庁、令和3年3月」を作成した⁷⁾。

当該手引きはNMBと3DSについて、漁港施設の点検および機能診断への活用について、適用条件、使い分けの考え方と、計測、安全管理対策の留意点をまとめている。

4-2 水産基盤施設の点検における新技術活用指針

平成29年度から令和2年度にかけて取り組んだセンシング技術の活用に関する全般的な成果をとりまとめ、「水産基盤施設の点検における新技術活用指針、水産庁、令和3年3月」を作成した⁸⁾。

当該指針は水産基盤施設の点検を施設管理者が安全で効率的に実施するために「定期点検」「日常点検」「臨時点検」の場面ごとに活用できる新技術(UAV、NMB、3DS)について整理している。表一5、6には当該指針に示されている対象施設ごと、または点検対象となる変状種別ごとに整理された新技術および従来技術(陸上・海上・潜水目視)の適用性を評価した結果を転記する。

5. おわりに

漁港施設の管理者は市町村が多く、技術者や予算だけでなく新技術に関するノウハウも不足している。本稿で示すセンシング技術の活用等の施設管理の実務に役立つ技術開発は、冒頭に掲げた課題の解決に寄与するものと考えられる。

今後は適用条件を考慮した上でICT技術を活用して点検の効率化・高度化を図る必要がある。また、本稿で示したセンシング技術による計測が困難と判断された小規模欠損の計測については、カメラ付き小型ROV(水中ドローン)の適用性を検証するなど、予防

表一 対象施設ごとの新技術と従来技術の適用表

対象施設	定期点検			日常点検	臨時点検	
	簡易調査 陸上海上目視項目	詳細調査		簡易調査 陸上海上目視項目	(簡易項目調査)	
		簡易潜水	詳細潜水			
UAV	NMB ／ 3DS	－	UAV	UAV	NMB ／ 3DS	
重力式防波堤	○	○	×	○	◎	◎
矢板または杭式防波堤	○	○	×	○	◎	◎
浮防波堤	○	－	－	○	◎	－
重力式護岸	○	○	×	○	◎	◎
矢板式護岸	○	○	×	○	◎	◎
重力式係船岸	○	○	×	○	◎	◎
矢板式係船岸	○	○	×	○	◎	◎
栈橋式係船岸	○	－	－	○	◎	－
浮体式係船岸	○	－	－	○	◎	－
船揚場	○	－	－	○	◎	－
航路・泊地	／	◎	／	／	／	◎
サンドポケット	／	◎	／	／	／	◎

表二 変状種別ごとの新技術と従来技術の適用表

調査項目		定期点検			日常点検	臨時点検	
		簡易調査 陸上海上目視項目（重点項目）	詳細調査		簡易調査 陸上海上目視項目（重点項目）	（簡易項目調査）	
			簡易潜水	詳細潜水			
		UAV	NMB ／ 3DS	－	UAV	UAV	NMB ／ 3DS
施設全体	移動	○			○	◎	
	沈下	○			○	◎	
エブロン	沈下、陥没	○			○	◎	
	コンクリート・アスファルトの劣化、損傷	◎			◎	◎	
上部工	コンクリートの劣化、損傷	◎			◎	◎	
本体工	コンクリートの劣化、損傷	◎	○	×	◎	◎	◎
	鋼材の亀裂、損傷 ※腐食は点検不可	◎	○	×		◎	◎
	被覆防食工		×	×			×
	電気防食工		◎	×			◎
被覆工	移動、散乱		◎	×			◎
消波工	移動、散乱、沈下	○			◎	◎	
	損傷、亀裂	◎			◎	◎	

保全型の長寿命化対策に資する点検技術の開発を進めていきたい。

謝辞

本稿は水産庁の水産基盤整備調査委託事業のうち、平成29年度「水産基盤施設の長寿命化対策検討調査」、および平成30年度～令和2年度「漁港漁場施設の長寿命化対策検討調査」の内容をまとめたものである。現地試験にご協力いただいた自治体や漁業関係者等すべての関係各位には、ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 水産庁漁港漁場整備部：水産基盤施設機能保全計画策定の手引き，https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/pdf/hozen150508.pdf，平成27年5月改定。
- 2) 水産庁漁港漁場整備部：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，https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/pdf/sutom150508.pdf，平成27年5月改定。
- 3) 三上信雄，梅津啓史，松本力，完山暢，大西明夫，不動雅之，井上真仁：漁港施設の水中部の点検手法におけるナローマルチビームソナーの適用性検証，土木学会論文集B3(海洋開発)，75(2)，I_91-I_96，2019。

- 4) 三上信雄，明田定満，松本力，完山暢，古殿太郎，坂本葉月，山崎将志，井上真仁：漁港施設の水中部点検の高度化に向けた水中3D スキャナーの適用に関する検討，土木学会論文集B3(海洋開発)，76(2)，I_564-I_569，2020。
- 5) 大井邦昭，三上信雄，岩本典丈，完山暢，古殿太郎，坂本葉月，山崎将志，中瀬聡：漁港施設点検の高度化に向けた水中音響機器の適用条件とセンシング技術の有効性に関する検討，土木学会論文集B3(海洋開発)，77(2)，2021。（公開予定）
- 6) 水産庁漁港漁場整備部整備課：無人航空機(UAV)を活用した 水産基盤施設の点検の手引き，https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/attach/pdf/index-78.pdf，平成31年3月
- 7) 水産庁漁港漁場整備部整備課：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～，https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/attach/pdf/index-13.pdf，令和3年3月。
- 8) 水産庁漁港漁場整備部整備課：水産基盤施設の点検における新技術活用指針，https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/attach/pdf/index-29.pdf，令和3年3月。