

# 水産基盤施設の点検における 新技術活用指針

令和6年4月改訂

(赤字：令和4年3月改訂版からの改訂箇所)

水産庁漁港漁場整備部整備課

# 目次

1	本書の概要	1
1.1	目的	1
1.2	適用の範囲	3
1.3	本書の構成	5
1.4	本書の記載の仕方	6
1.5	用語の解説定義	7
2	水産基盤施設点検における新技術	9
3	定期点検における新技術の活用	13
3.1	定期点検（簡易調査／重点項目）	13
3.1.1	従来の定期点検（簡易調査／重点項目）の概要	13
3.1.2	新技術活用による定期点検（簡易調査／重点項目）	14
3.1.3	活用方法と期待される効果	21
3.1.4	技術的留意点	23
3.2	定期点検（詳細調査）	24
3.2.1	従来の定期点検（詳細調査）の概要	24
3.2.2	新技術活用による定期点検（詳細調査）	26
3.2.3	活用方法と期待される効果	35
3.2.4	技術的留意点	40
4	日常点検（簡易調査／簡易項目）における新技術の活用	43
4.1	従来の日常点検（簡易調査／簡易項目）の概要	43
4.2	新技術活用による日常点検（簡易調査／簡易項目）	44
4.3	活用方法と期待される効果	46
4.4	技術的留意点	48
5	臨時点検（簡易調査／簡易項目）における新技術の活用	49
5.1	従来の臨時点検（簡易調査／簡易項目）の概要	49
5.2	新技術活用による臨時点検（簡易調査／簡易項目）	50
5.3	活用方法と期待される効果	53
5.4	技術的留意点	55
6	安全管理対策	56
6.1	UAV	56
6.1.1	関連法令	56
6.1.2	作業手続き	58
6.2	水中部の音響機器・光学機器・磁気センサー	59

6.2.1 関連法令 .....	59
6.2.2 作業手続き .....	60
7 個別新技術における点検の手引き .....	61

# 1 本書の概要

## 1.1 目的

本書は、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、水産基盤施設の定期点検、日常点検、臨時点検（災害時点検）における新技術（無人航空機、水中音響機器、水中光学機器、磁気センサー）の活用方法を取りまとめたものである。

### 【解説】

水産基盤施設では、ストックマネジメントを推進するため、施設の点検・機能診断を定期的に行っている。その際、高所作業や潜水作業、作業員の立ち入りが困難な箇所もあり、安全性・経済性の観点から調査が実施できない場面がある。そのため、施設管理者が安全で効率的に実施するため、水産基盤施設の定期点検、日常点検、臨時点検（災害時点検）における新技術（無人航空機、水中音響機器、水中光学機器、磁気センサー）の活用が求められる。

水産基盤施設の点検に有効な新技術として、デジタルカメラを搭載した無人航空機（UAV）、音響ソナーを搭載したナローマルチビーム（NMB）や水中 3D スキャナー（3DS）、水中カメラを搭載した水中ドローン等がある。

無人航空機（UAV）は、短時間で広範囲の写真撮影が可能となる。また、カメラの画角や解像度、無人航空機（UAV）の飛行高度の設定により、俯瞰撮影から施設全体の状態把握を行うことができる。

水中 3D スキャナー（3DS）とナローマルチビーム（NMB）は、音波を利用していることから水中の濁りの影響がなく、短時間で点検対象物全体の 3 次元データが取得できる。潜水目視では全体計測が困難な洗掘・堆積状況については、上記の水中音響機器で詳細に把握することが可能である。

水中部における光学機器は、水中ドローンや垂下式カメラを用いた水中動画または静止画の撮影によって、得られた画像から変状を把握できる。また、静止画を結合した施設全体画像（俯瞰画像）から、施設全体の状態把握も可能である。

磁気センサーは、高感度センサーと数 Hz～数百 Hz までの極低周波の交流磁気を用いた磁気計測により、鋼構造物の鋼材を錆や付着生物の上から非接触（＝ケレンが不要）により肉厚測定することが可能である。

水産基盤施設の点検でこれまで一般的に行われている目視点検等については、これらの新技術を活用することで、点検診断の効率化、省人化および点検精度の向上を図ることが期待される。

本書は、延長が長く、海上や水中等の簡易に立ち入ることが難しい場所に位置する水産基盤施設の定期点検、日常点検、臨時点検（災害時点検）の各場面において、施設管理者が安全で効率的な点検を実施するため、従来の陸上・海上・潜水目視調査と新技術（無人航空機、水中音響機器、水中光学機器、磁気センサー）の組み合わせや使い分け方法を取りまとめた、施設管理者向けの水産基盤施設の点検指針である。

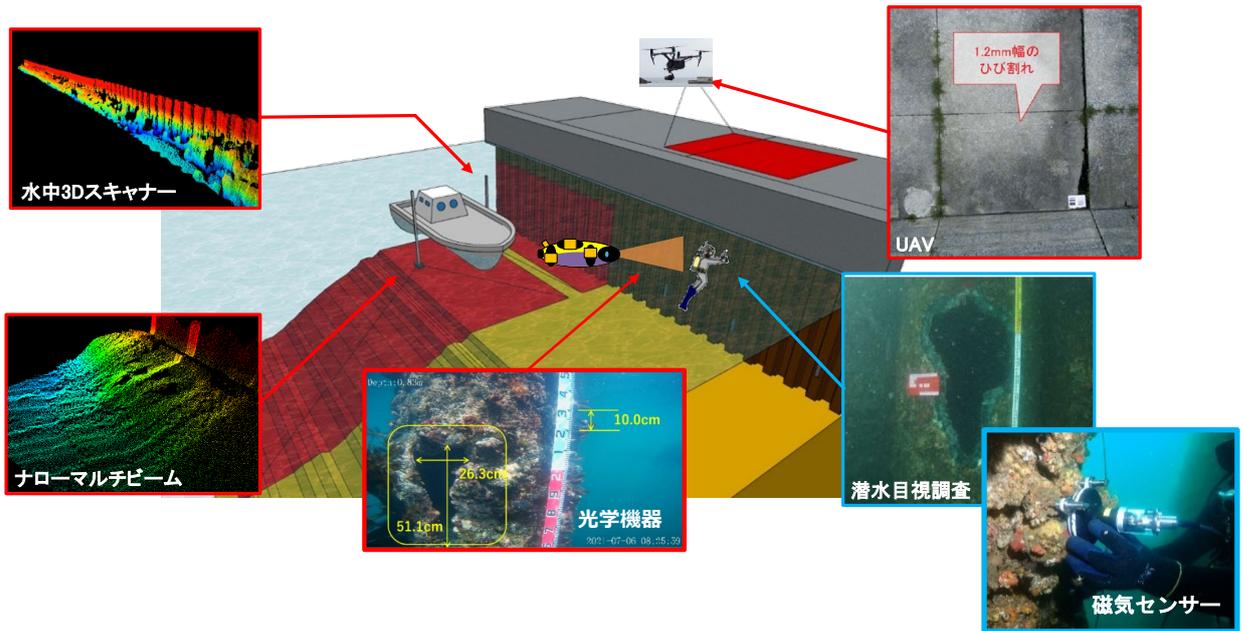


図 1-1 従来の点検手法と新技術の組み合わせイメージ

表 1-1 本書で紹介する新技術の適用範囲

点検内容			従来技術			新技術				
			陸上・海上目視	潜水目視	超音波センサー	無人航空機 (UAV)	水中3Dスキャナー (3DS)	ナローマルチビーム (NMB)	水中ドローン	垂下式カメラ
定期点検	簡易調査 (重点項目) 【陸上部】 ※水際線含む	変状の抽出・老朽化度判定	○	△	△	◎※1	△	△	○ (水際線に限定)	△
		点群データの取得	×	△	△	◎	△	×	×	×
	詳細調査 【水中部】	変状の抽出・老朽化度判定	△	○	△	△	◎※2	◎※2	◎	×
		変状図の作成	△	○	△	△	◎※2	◎※2	◎	×
		点群データの取得	△	×	△	△	◎	◎	×	×
	肉厚測定	△	△	○	△	△	△	△	◎	
日常点検	簡易調査 (簡易項目) 【陸上部】 ※水際線含む	新規変状の発見・既知変状の進行確認	○	△	△	◎※1	△	△	○ (水際線に限定)	△
臨時点検	簡易調査 (簡易項目) 【陸上部】 ※臨時点検後の水中調査を含む	被災状況の把握	△	△	△	◎	◎	◎	◎	×
		点群データの取得	×	×	△	◎	◎	◎	×	×

◎：効率的な判定が可、○：可、△：条件付き可、×：不可  
 ※1：小規模な移動・段差や3mm未満のひび割れは判定不可  
 ※2：小規模な変状や発錆等視覚的な変状は判定不可

## 1.2 適用の範囲

本書で対象とする主な水産基盤施設は、漁港施設の外郭施設・係留施設・水域施設とする。

また、新技術の適用が有効な主な変状（調査項目）は、陸上・海上部では施設全体の大規模な移動、エプロン・上部工・本体工のひび割れ・欠損、消波工の移動・散乱等であり、水中部では本体工の劣化・損傷、電気防食工の脱落、被覆工の散乱等である。

### 【解説】

本書では、対象とする主な水産基盤施設は、漁港施設の外郭施設・係留施設・水域施設とし、上記技術を活用した点検の方針（点検指針）を提示している。ただし、本書の作成に際しては、重力式コンクリート構造および鋼構造の防波堤、護岸、係船岸の変状を対象に老朽化度の判別精度や新技術活用の適用範囲を検証したことから、浮体式・栈橋式・船揚場といった構造種別の特に水中部への適用については、未検証である（UAV・磁気センサーを除く）。漁場施設については、点検診断基準は設けられていないが、魚礁、着定基質、消波施設の出来形の管理基準値に対する診断に準用可能である。

また、深浅測量については「漁港漁場設計・測量・調査等業務共通仕様書等」の基準が制定されており、本書では対象外とする。

表 1-2 本書の対象施設

対象施設	定期点検						日常点検		臨時点検		
	簡易調査 (重点項目) 陸上海上目視 ※水際線含む		詳細調査				簡易調査 (簡易項目) 陸上目視 ※水際線含む		簡易調査 (簡易項目) 陸上目視 ※臨時点検後の水中調査含む		
			簡易潜水		詳細潜水						
	UAV	垂下式カメラ (水中ドローンも可)	NMB/3DS	水中ドローン	水中ドローン	磁気センサー	UAV	垂下式カメラ (水中ドローンも可)	UAV	NMB/3DS	水中ドローン
重力式防波堤	○	○水際線	○	◎	◎	-	○	○水際線	◎	◎	◎
矢板または杭式防波堤	○	○水際線	○	◎	◎	◎	○	○水際線	◎	◎	◎
浮防波堤	○	-	-	-	-	◎	○	-	◎	-	-
重力式護岸	○	○水際線	○	◎	◎	-	○	○水際線	◎	◎	◎
矢板式護岸	○	○水際線	○	◎	◎	◎	○	○水際線	◎	◎	◎
重力式係船岸	○	○水際線	○	◎	◎	-	○	○水際線	◎	◎	◎
矢板式係船岸	○	○水際線	○	◎	◎	◎	○	○水際線	◎	◎	◎
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	/	/	◎	-	-	-	/	/	/	◎	-

◎：新技術で点検可能、○：新技術で概ね点検可能、/：対象外、-未検証

※垂下式カメラによる水際線の点検は、水中ドローンでも代替可能であるが、垂下式カメラの方が簡易かつ安価である。

※水中ドローンによる点検は、対象範囲が狭く水深が浅い場合には、垂下式カメラでも代替可能である。

※臨時点検では日常点検に準じた陸上目視を行うが、本書ではその後に必要となる場合がある水中点検の項目までを含む。

※磁気センサーによる肉厚測定の対象施設は、鋼構造に限る。

水産基盤施設の陸上部の点検において、無人航空機 (UAV) を活用することで、点検作業の安全性や効率性の向上が期待できる。ひび割れ・欠損、消波工の移動・散乱等の変状への適用が有効であるが、段差計測など垂直変位には標定点を設置する 3 次元計測が必要である。

水中部の点検において、ナローマルチビーム (NMB)、水中 3D スキャナー (3DS)、水中ドローン及び垂下式カメラを活用することで、点検作業の安全性や効率性の向上が期待できる。ナローマルチビーム (NMB)、水中 3D スキャナー (3DS) は、本体工の大規模な (a・b 判定) 劣化・損傷、電気防食工の脱落、被覆工の散乱等の変状への適用が有効であるが、機器仕様からコンクリートのひび割れや鋼材の発錆、変色は判別困難である。一方で、濁水環境下や付着物の除去(ケレン)をしなくても、施設形状を把握することが可能である。水中ドローンや垂下式カメラは、潜水士による目視調査と同様、小規模な変状や発錆等の視覚的な変状の有無を判別できるとともに、スケール (箱尺等) やレーザースケイラーを併用することで、変状の位置や規模を判別できる。

磁気センサーについては、肉厚測定 (鋼材の厚さ計測) のため鋼構造施設に限り適用可能である。

表 1-3 本書に提示する新技術の活用が有効な主な変状 (調査項目)

調査項目	定期点検						日常点検		臨時点検		
	簡易調査 (重点項目) 陸上海上目視 ※水際線含む		詳細調査				簡易調査 (簡易項目) 陸上目視 ※水際線含む		簡易調査 (簡易項目) 陸上目視 ※臨時点検後の水中調査含む		
			簡易潜水		詳細潜水						
	UAV	垂下式カメラ (水中ドローン も可)	NMB/3DS	水中ドローン	水中ドローン	磁気 センサー	UAV	垂下式カメラ (水中ドローン も可)	UAV	NMB/3DS	水中ドローン
施設全体	移動	○	×	/	/	/	○	×	◎	/	/
	沈下	○	×	/	/	/	○	×	◎	/	/
エプロン	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	◎	○水際線	○	◎	◎	◎	○水際線	◎	◎	◎
	鋼材の亀裂、損傷 ※腐食は点検不可	◎	○水際線	○	◎	◎	◎	○水際線	◎	◎	◎
	鋼材の腐食 ※肉厚測定に限る	/	/	/	/	◎	/	/	/	/	/
	被覆防食工	/	○水際線	×	◎	◎	/	○水際線	/	×	◎
	電気防食工	/	○水際線	◎	◎	◎	/	○水際線	/	◎	◎
被覆工	移動、散乱	/	/	◎	◎	◎	/	/	◎	◎	
消波工	移動、散乱、沈下	○	○水際線	/	◎	◎	◎	○水際線	◎	/	◎
	損傷、亀裂	◎	○水際線	/	◎	◎	◎	○水際線	◎	/	◎

◎：新技術で点検可能、○：新技術で概ね点検可能、×：新技術では点検不可、/：対象外、- 未検証  
 ※垂下式カメラによる水際線の点検は、水中ドローンでも代替可能であるが、垂下式カメラの方が簡易かつ安価である。  
 ※水中ドローンによる点検は、対象範囲が狭く水深が浅い場合には、垂下式カメラでも代替可能である。  
 ※臨時点検では日常点検に準じた陸上目視を行うが、本書ではその後に必要となる場合がある水中点検の項目までを含む。

### 1.3 本書の構成

本書の構成は、以下に示すとおりである。

本書は、平成 29 年度水産基盤整備調査委託事業において作成した「無人航空機（UAV）を活用した水産基盤施設の点検の手引き」と、平成 30 年度および平成 31 年度と同委託事業において作成した「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 スキャナーとマルチビームの活用～」を踏まえ、令和 2 年度と同委託事業「水産基盤施設の長寿命化対策検討調査」から得られた成果から、令和 3 年 3 月に「水産基盤施設の点検における新技術活用指針」としてとりまとめた。令和 3 年度には同委託事業において作成した「光学機器を活用した水産基盤施設の点検の手引き～水中ドローンと垂下式カメラの活用～」の内容を加えて、令和 4 年 3 月に改訂した。その後、令和 5～6 年度の 2 箇年で同委託事業において作成した「磁気センサーを活用した水産基盤施設の点検の手引き～水中部における非接触式の肉厚測定～」の内容を加えて、令和 6 年 4 月に改訂したものである。

表 1-4 新技術活用指針の構成

章	頁	内 容
第 1 章	1	概要（構成・用語解説など）
第 2 章	9	点検における有効な新技術
第 3 章	12	定期点検における活用
第 4 章	37	日常点検における活用
第 5 章	43	臨時点検における活用
第 6 章	50	安全管理上の留意点
第 7 章	55	個別新技術の点検手引き

#### 1.4 本書の記載の仕方

本書は「基本的考え方」、「解説」、「参考情報」を以下の記述方法で記載する。

<b>【基本的考え方】</b>
-----------------

各章の冒頭に基本的考え方を整理
-----------------

**【解説】**

基本的考え方を文章、図表、写真などで解説

--- **【参考情報】** -----

・事例、参考データ等を掲載する場合はこの枠組み

-----

## 1.5 用語の解説定義

本書の記載内容に関して、基本的な用語を以下に解説する。

表 1-5 用語の解説

用語	解説
老朽化	経年変化等の要因で発生した「移動」、「沈下」、「劣化」や「損傷」により施設や部材の性能が低下すること。
老朽化度	部材の性能低下の程度を示す指標。なお、本書では、a、b、c、dの4段階で評価することを基本とする。
簡易調査（簡易項目）	目視により老朽化の有無を確認する調査。
簡易調査（重点項目）	目視または簡易値計測により老朽化の規模や程度を確認する調査。
詳細調査	健全度の評価結果の検証、老朽化の要因と特定や老朽化予測に必要なデータを収集するために実施する調査。
潜水目視調査	簡易潜水目視調査と詳細潜水目視調査の総称。
簡易潜水目視調査	構造物の状況を概略的に確認する潜水目視調査。評価基準に基づく老朽化度判定（a・b判定に相当する変状の確認）を行うと同時に、詳細潜水目視調査が必要な箇所の抽出も行う。
詳細潜水目視調査	スケール等の計測機器を用いて老朽化要因の特定等の調査を行う潜水目視調査。
センシング技術	センサーなどを使用して様々な情報を計測・数値化する技術。
無人航空機	無人で遠隔操作や自動制御によって飛行できる航空機の総称である。本書ではドローンを指し、UAV (Unmanned aerial vehicle) と略称する場合もある。
水中 3D スキャナー	水中構造物の形状を 3次元の点群データとして計測する音響機器。ナローマルチビームより高周波数帯を使用するため、密な点群で計測可能。本書では、3DS と略称する場合もある。
ナローマルチビーム	水中 3D スキャナー同様、水中構造物の形状を 3次元の点群データとして計測する音響機器である。本書では、NMB と略称する場合もある。
3次元点群データ	水中 3D スキャナーやナローマルチビームで測深したデータであり、平面的な位置 (X,Y) と、深さ、あるいは高さ (Z) の3要素で構成された3次元データの集合体。
メッシュデータ	点群データを格子状に区切った単位で、その範囲における3次元点群データを平均値化などの加工処理したデータのことである。
水中ドローン	水深数十メートルまでの比較的浅い水域において、機体とコント

	ローラーをケーブルで接続して遠隔操縦できる小型の無人潜水艇。
垂下式カメラ	陸上から防水小型カメラをポールで水中に垂下して撮影できる機材一式。なお、本書では、5 mの伸縮ポール先端に小型防水カメラを簡易に固定し、陸上から有線でリアルタイムに動画を確認できる形式のものを指す。
肉厚測定	鋼材の厚さを測定機器を用いて計測する詳細調査。錆等の腐食部や貝殻等の付着物の厚さは含まない。
超音波法 (超音波センサー)	鋼材に超音波を発信し、境界面で反射して戻ってくるまでの時間(伝播時間)を計測することで肉厚測定する手法。
極低周波磁気検査法 (磁気センサー)	鋼材に極低周波(数 Hz~数百 Hz)を有する交流磁気を加え、発生した渦電流による微弱な磁場を高感度センサーにて計測することで肉厚測定する手法。
プローブ	各センサーの検出部。「プローブからの距離」と表現する場合は検出部の最も先端からの距離を意味する。
リフトオフ	プローブから対象鋼材表面までの距離。測定結果においては、主に付着物厚さを表す。

## 2 水産基盤施設点検における新技術

本書では、水産基盤施設の点検に有効な新技術として、デジタルカメラを搭載した UAV、音響センサーを搭載した水中 3D スキャナー、ナローマルチビーム、水中カメラを搭載した水中ドローン、垂下式カメラ、**磁気センサー**をとりあげる。

### 【解説】

水産基盤施設の点検・機能診断に活用可能な新技術を表 2-1～表 2-3 に示す。新技術を活用することで、一般的に行われている目視点検よりも点検診断の効率化、省人化および点検精度向上を図ることが可能である。

本書では、これら新技術のうち、デジタルカメラを搭載した UAV、音響センサーを搭載した水中 3D スキャナーおよびナローマルチビーム、水中カメラを搭載した水中ドローンや垂下式カメラ、**磁気センサー**による水産基盤施設の定期点検、日常点検、臨時点検（災害時点検）での活用方法をとりまとめたものである。

表 2-1 ひび割れ調査に適用される新技術

調査技術名	概要	適用範囲	利点	欠点
UAV	・上空から広域の写真撮影を行い、撮影画像から変状の寸法を求める	・人または物件（第三者の建物、自動車など）との間に 30m 以上の距離を確保できない場合、地方航空局の許可・承認が必要	・変状の配置、形状等が一括で確認できるため、現場での作業時間が短縮	・機器性能から、幅 10mm のひび割れに対しては高度 20m、幅 3mm には高度 10m 以下が必要 ・得られるひび割れ幅は表面幅であり、目視調査による確認が必要
表面 P 波法による簡易機能（老朽化）診断手法	・ハンマーとセンサーを用いて、コンクリート構造物の状態を把握する	・コンクリート構造物の状態（圧縮強度、ひび割れ深さ、内部空隙）の把握に限定される	・構造物の表裏でハンマーとセンサーを配置することで内部欠陥の感知が可能	・コンクリートのひび割れ幅の計測はできない
ひび割れ診断システム	・AI による「ひび割れ」の画像判読、老朽化度診断	・現時点、コンクリート構造物の陸上部画像に限定される	・評価結果のばらつきや点検・解析に要する労力の軽減	・開発から間もないため、モニタリングに基づく利用者の意見反映が求められる
（参考）クラックスケールまたはコンベックス	・調査員が直接計測する	・構造物に近接できる範囲に限定される	・計測結果をそのまま結果として採用できる	・危険な場所への立ち入りは、作業の安全面からできない ・沖合の施設については通船の手配が必要となる

※   は本書に掲示した新技術。

表 2-2 コンクリート圧縮強度試験に適用される新技術

調査技術名	概要	適用範囲	利点	欠点
機械インピーダンス法による簡易圧縮強度の計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハンマーでコンクリート表面を打撃した場合の押す時間と押し戻される時間の打撃応答波形から機械インピーダンス値を算出し解析する</li> <li>コンクリートの圧縮強度の推定、コンクリート構造物における表面の劣化度合いおよび表面近傍の浮き・剥離を測定する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>平らな場所を選定し、付着物がある場所、粗骨材の露出が著しい場所は避ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>比較的簡便で迅速に測定ができ、多点での連続計測や一定の精度が得られる</li> <li>構造物を削孔しない非破壊試験である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハンマーの打撃によって得られる各指標値はコンクリートの表層 50mm 程度であり、これより深いコンクリート内部の調査には適用できない</li> </ul>
(参考) リバウンドハンマー	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定のエネルギーでコンクリート表面を打撃したときに、ハンマー内のインパクトプランジャーの跳ね返り高さからコンクリート強度を推定する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートが湿っている状態（雨天時）は測定を避ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造物を削孔しない非破壊試験である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反発度から圧縮強度を求める換算式として提案式を用いる場合、精度が落ちる可能性がある（事前に反発度と圧縮強度の関係を実験的に求めることが望ましい）</li> <li>コンクリート表層部のみしか適用できない</li> </ul>
(参考) コア採取による室内強度試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>コアを採取して供試体を作成し、試験機で圧縮試験を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コア抜きによる削孔と開口部の充填ができる構造物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強度試験を実施することで強度を直接求められる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験コストが高く、コア採取から室内試験の終了まで作業時間がかかる</li> <li>コンクリート表層部 20cm 程度まで</li> <li>構造物に損傷を与える</li> </ul>

表 2-3 水中調査に適用される新技術

調査技術名	概要	適用範囲	利点	欠点
ナローマルチビーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大で 256 本の音響ビームを扇状に発受信し、構造物の形状を 3 次元点群データとして取得する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般的な機種では水深 400m まで計測可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測深した範囲はリアルタイムに船上のパソコンに表示され、データの取得状況を確認しながら調査できる</li> <li>構造物の面的（2 次元）・空間的（3 次元）データを計測可能</li> <li>音波による計測のため水中の濁りや暗部の影響がない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートのひび割れ・欠損、鋼材の発錆、変色は判別困難（変更把握可能サイズは 50cm 程度）</li> <li>センサー部が真下方向に向いているため、水面際の計測が困難</li> </ul>
水中 3D スキャナー	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナローマルチビームよりも高密度の音響ビームを扇状に発受信し、構造物の形状を 3 次元点群データとして取得する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水面際から水深 15m 程度まで計測可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>センサー部を回転させることにより、ナローマルチビームでは取得が困難な水面際の計測が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートのひび割れ・欠損、鋼材の発錆、変色は判別困難（変更把握可能サイズは 10cm 程度）</li> <li>大水深には適さない</li> </ul>
垂下式カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水中カメラを陸上から垂下して直接撮影を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深 0～5m 程度（5m ポールに取り付けた場合）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上から簡易に撮影できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大水深には適さない</li> <li>潮流の影響を受けやすい</li> <li>転落防止等、点検者の安全対策が必要</li> </ul>
水中ドローン	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔操作によって動く無人探査機（ROV）</li> <li>産業用からレジャー用まで様々な仕様のものが普及</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上・船上からリモコン操縦で水中を自由に移動可能</li> <li>水深方向は本体のケーブル長による</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>局所的な変状を含め潜水作業を伴わずに水中状況を把握することが可能</li> <li>海洋での姿勢保持性能（スラスタースペック）が近年高まる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水中測位技術は発展途上のため、撮影位置の把握のためには補助ロープ等の併用が必要</li> </ul>
磁気センサー	<ul style="list-style-type: none"> <li>高感度の磁気センサーと数 Hz～数百 Hz までの極低周波の交流磁気を用いた磁気計測により鋼構造物を非破壊で検査する技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材厚さ 20mm 以下</li> <li>リフトオフ 60mm 以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>錆や付着物の上から鋼材に非接触で肉厚測定が可能</li> <li>付着物除去をしなくても良いためケレン作業が不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水中部の実構造物による現地実証が少ない（特に漁港施設）</li> <li>鋼材厚さ 20mm 以上は測定不可</li> <li>プローブの固定（静止）時間が長い</li> </ul>
グリーンレーザー	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空機やドローンに搭載したグリーンレーザーにより陸上～浅水域を計測する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>透明度の 1.5～2 倍の水深まで計測可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>広範囲かつ水陸シームレスな 3 次元点群データを取得可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度や砕波（白泡）の影響を受ける</li> </ul>
固有振動法	<ul style="list-style-type: none"> <li>固有振動数を用いて、陸上部から広範囲にわたり水中部の欠陥の有無を評価する非破壊検査技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート構造物の防波堤の基礎部欠陥に適用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上部から短時間で水中部の欠陥の有無が検査できる</li> <li>1 スパン当たりの計測時間は概ね 3 分程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>振動を計測するため、外的要因（降雨、波浪等）の影響を受けやすい</li> </ul>

<p>(参考) 潜水士</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>潜水士が目視観察を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深 0～30m 程度 (適切な機材が必要)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目視結果をそのまま成果として採用できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>点的な観察結果に基づく主観的な判断のため、俯瞰的・客観的な評価は困難</li> <li>安全管理を高めると作業効率は落ち、コストも高くなる</li> </ul>
---------------------	---	--	---	---

※   は本書に掲示した新技術。

### 3 定期点検における新技術の活用

#### 3.1 定期点検（簡易調査／重点項目）

##### 3.1.1 従来の定期点検（簡易調査／重点項目）の概要

定期点検で実施する簡易調査（重点項目）は全施設全スパンを対象とし、10年に1回の間隔を標準として実施することとされている（水産基盤施設の維持管理点検マニュアル/R2.9）。定期点検は現行の機能保全計画書の見直しを目的とし、老朽化の程度の把握（老朽化度の判定）・健全度の評価を行うために定量的に実施する。目視（陸上および海上）調査またはレッド等による簡易な水深計測等から、老朽化度評価基準に基づき部材ごとの老朽化度を評価する。

#### 【解説】

定期点検で実施する簡易調査（重点項目）の陸上・海上目視調査は、老朽化の程度の把握・健全度の評価を行うために定量的に実施するものである。しかし、対象施設の規模が大規模になるほど作業時間と労力がかかり、均一的かつ定量的な評価が困難である。また、船舶の接近が困難な水深の浅い施設や流速の早い河口部、作業員の安全性の確保が困難な天端幅の狭い護岸や脆弱な施設等では点検が困難であり、面的（2次元）、空間的（3次元）な評価も困難である。

表 3-1 定期点検の実施内容

目的	現行の機能保全計画書の見直し
内容	簡易調査（重点項目）を実施
実施範囲	全施設全スパンを対象
実施時期	【健全度 A・B の施設】 ・適宜設定する （日常点検で老朽化の進行を把握し、状況に応じて次回の定期点検を早める） 【健全度 C・D の施設】 ・10年：標準間隔 ・施設の重要度や構造型式を踏まえ、5年、10年（標準間隔）、20年から設定する
様式	簡易調査（重点項目）の様式（老朽化度 abcd 判定）を使用
備考	必要に応じて詳細調査を実施

※水産基盤施設の維持管理点検マニュアルより引用

### 3.1.2 新技術活用による定期点検(簡易調査/重点項目)

簡易調査(重点項目)において、陸上部は、UAVを活用できる。また、水中部(水際線)は、垂下式カメラで簡易かつ安価に確認することができる。

#### 【解説】

従来の陸上・海上目視調査に先立ってUAVを活用することで、効率化と精度向上が期待できる。

しかし、上空から撮影した画像で施設の評価を行うUAVでは、上下方向のずれ(段差)を評価することは困難であるが、20cm程度の大規模な段差については、標定点(水平位置および標高の基準となる点)を設置し、撮影画像を点群化処理することによって評価可能である。

一方、ひび割れについては、撮影高度によって評価可能な幅が異なるため、点検の目的や必要とされる精度によって高度を使い分ける必要がある。

簡易調査(重点項目)では、対象施設が長大または立入困難な場合には積極的にUAVを活用し、撮影した画像から変状の有無や規模を把握した上で、確認のための目視点検を実施することで、調査全体の効率化を図ることが可能である。

水中部に至る変状を確認した場合には、垂下式カメラを用いて水際線下の状況を簡易かつ安価に確認することができる。これまでの陸上目視よりも詳細に把握することが可能である。

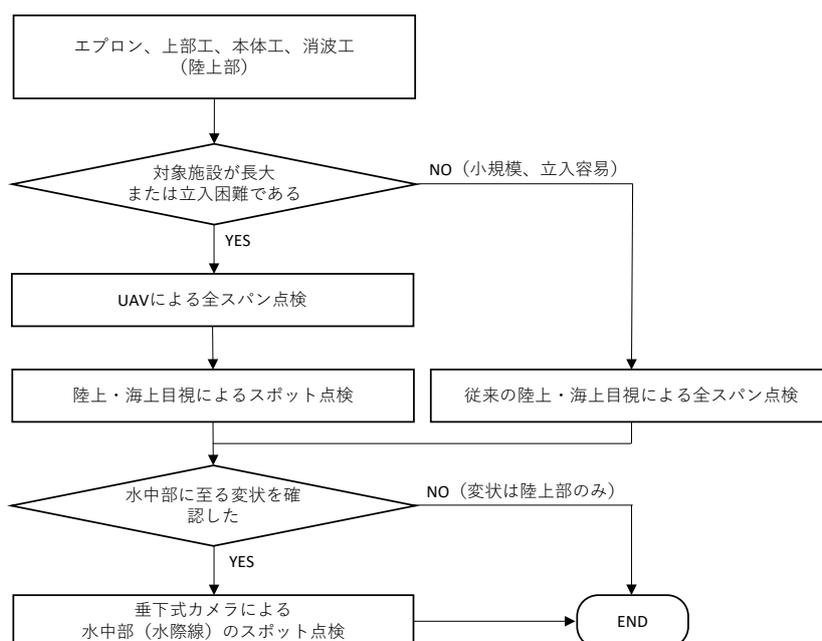


図 3-1 簡易調査(重点項目)における標準的な新技術適用フロー

ここで、「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/H27.5」に記載の老朽化度の評価基準（本書で対象外とした変状を含む）に対して、UAVの適用性は以下の通りである。

ただし、「沈下」については、光量、影、レンズの歪みなどの撮影環境によって精度が異なるため評価には注意が必要である。また、UAVで撮影された画像では、風化して拡大した表面部分をひび割れ幅として採用している可能性がある。本体工（RC）の劣化損傷の評価基準においては、3mm以上で老朽化度がb判定となるため、老朽化度の過大評価に注意する必要がある、これは水中ドローンや垂下式カメラで撮影された画像についても同様であり、従来の目視点検における留意事項でもある。

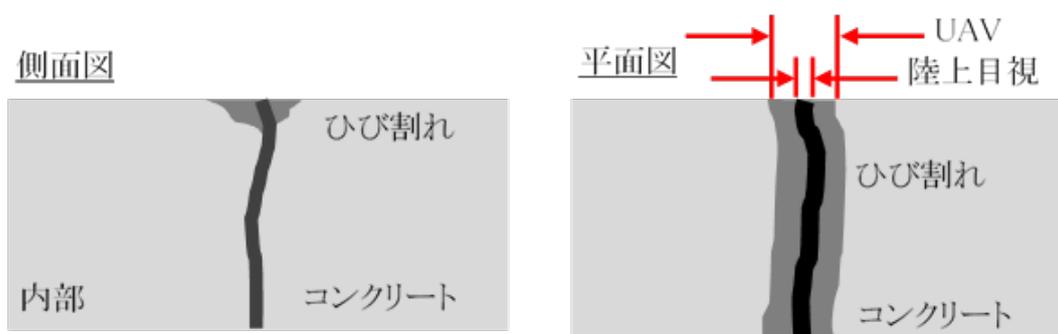


図 3-2 ひび割れの老朽化判定における留意事項例

表 3-2 老朽化度の評価基準に基づく目視調査と UAV の適用性の比較（重力式）

対象施設	調査項目	老朽化度の評価基準		適用性		備考	
		老朽化度の評価基準		目視	UAV		
重力式 ※防波堤 (消波堤) の基準	施設全体	移動	a	本体工のマウンドからの外れ	○	○	標定点を 設置し 点群化した 場合
			b	側壁厚程度（40～50cm）のずれ	○	○	
			c	小規模な移動	○	○	
			d	老朽化なし	○	○	
		沈下	a	著しい沈下（1m程度）	○	○	標定点を 設置し 点群化した 場合
			b	数十cmの段差	○	○ 20cm以上	
			c	数cmの段差	○	×	
			d	老朽化なし	○	×	
	上部工	CO劣化損傷	a	性能に影響を及ぼす欠損	○	○	高度10mで 計測を 行った場合
			b1	部材背面に達する幅1cm以上のひび割れ	○	○	
				大規模（10%以上）な欠損	○	○	
			b2	幅1cm以上のひび割れ	○	○	
				小規模（10%未満）な欠損	○	○	
			c	幅1cm未満のひび割れ	○	○ 3mm以上	
			d	老朽化なし	○	○	
			本体工	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	
	b1	複数方向に幅3mmより大きいひび割れ			○	○	
		広範囲（10%以上）で鉄筋露出			○	○	
	b2	複数方向に幅3mm程度のひび割れ			○	○	
		10%未満の範囲で鉄筋露出			○	○	
	c	一方向に幅3mm程度のひび割れ			○	○	
	d	局所的な鉄筋露出			○	○	
	d	老朽化なし			○	○	
	消波工	移動散乱沈下	a	性能に影響を及ぼす程度の欠損	○	○	高度10mで 計測を 行った場合
b1			部材背面に達する幅1cm以上のひび割れ	○	○		
			大規模（10%以上）な欠損	○	○		
b2			幅1cm以上のひび割れ	○	○		
			小規模（10%未満）な欠損	○	○		
c			幅1cm未満のひび割れ	○	○ 3mm以上		
d			老朽化なし	○	○		
損傷亀裂			a	1スパンに亘りブロック1層以上の減少	○	○	
		b	1スパンに亘りブロック1層未満の減少	○	○		
			一部が移動（散乱）	○	○		
		c	一部が移動（沈下）	○	○ 20cm以上		
			老朽化なし	○	○		
		a	欠損しているブロックが1/4以上	○	○		
		b	aとcの中間的な変状	○	○		
		c	欠損や部分的変状があるブロックが複数個	○	○		
d		老朽化なし	○	○			

○：点検可能（適用下限値がある場合は付記）、×：点検不可

表 3-3 老朽化度の評価基準に基づく目視調査と UAV の適用性の比較（矢板・杭式）

対象施設	調査項目		老朽化度の評価基準		適用性		備考
			老朽化度の評価基準	陸上目視	UAV		
矢板・杭式 ※矢板式 係船岸 の基準	岸壁法線	凹凸、出入り	a	20cm以上の凹凸	○	○	標定点を 設置し 点群化した 場合
				性能を損なうはらみ出し	○	○	
				はらみ出し	○	○	
			b	10～20cm程度の凹凸	○	○ 20cm以上	
			c	10cm未満の凹凸	○	×	
		d	老朽化なし	○	×		
	エプロン	沈下、陥没	a	本体背後の土砂流出	○	○	標定点を 設置し 点群化した 場合
				本体背後の陥没	○	○	
				車両通行や歩行に重大な支障	○	○	
				土砂流出可能性	○	○	
			b	3cm以上の沈下（段差）	○	○	
				後背地と30cm以上の沈下（段差）	○	○	
			c	後背地と30cm未満の沈下（段差）	○	○ 20cm以上	
			d	3cm未満の沈下（段差）	○	×	
		d	老朽化なし	○	×		
	CO,AS劣化損傷	a	ひび割れ度が2m/m以上（コンクリート舗装）	○	○		
			ひび割れ度が30%以上（アスファルト舗装）	○	○		
			車両通行や歩行に重大な支障	○	○		
		b	ひび割れ度が0.5～2/m <sup>2</sup> （コンクリート舗装）	○	○		
			ひび割れ度が20～30%（アスファルト舗装）	○	○		
		c	若干のひび割れ	○	○		
		d	老朽化なし	○	○		
	上部工	CO劣化損傷	a	性能を損なうような損傷	○	○	高度10mで 計測を 行った場合
			b1	複数方向に幅3mm以上のひび割れ	○	○	
			10%以上の範囲で鉄筋露出	○	○		
			一方向に幅3cm以上のひび割れ	○	○		
b2			10%未満の範囲で鉄筋露出	○	○		
			幅3mm未満のひび割れ	○	×		
	c	局所的に鉄筋露出	○	×			
	d	老朽化なし	○	×			
矢板			水中部と同じ				

○：点検可能（適用下限値がある場合は付記）、×：点検不可

--- 【参考情報】 -----

■ UAV のひび割れ幅計測方法

UAV は、撮影高度と使用するカメラの精度によって視認可能なひび割れ幅が異なる。カメラの性能と被写体までの距離から、ひび割れ幅 (=1 ピクセル当たりの大きさ) を算出することができるが、UAV の飛行高度精度に対応し、現地でのクラックスケール計測によるキャリブレーションを行う必要がある。キャリブレーションは、撮影したクラックスケール写真からスケールのピクセル数を手動でカウントし、ピクセル数とひび割れ幅の関係式を作成することにより行う。

ひび割れは、1 ピクセルで確認できたものを「視認 (発見)」とし、計測値は 2 ピクセル以上で確認できたものについて採用することが望ましい。なお、2 ピクセルで 3mm (b 判定) を超える場合のように、老朽化度が過大評価となる設定があること注意する。

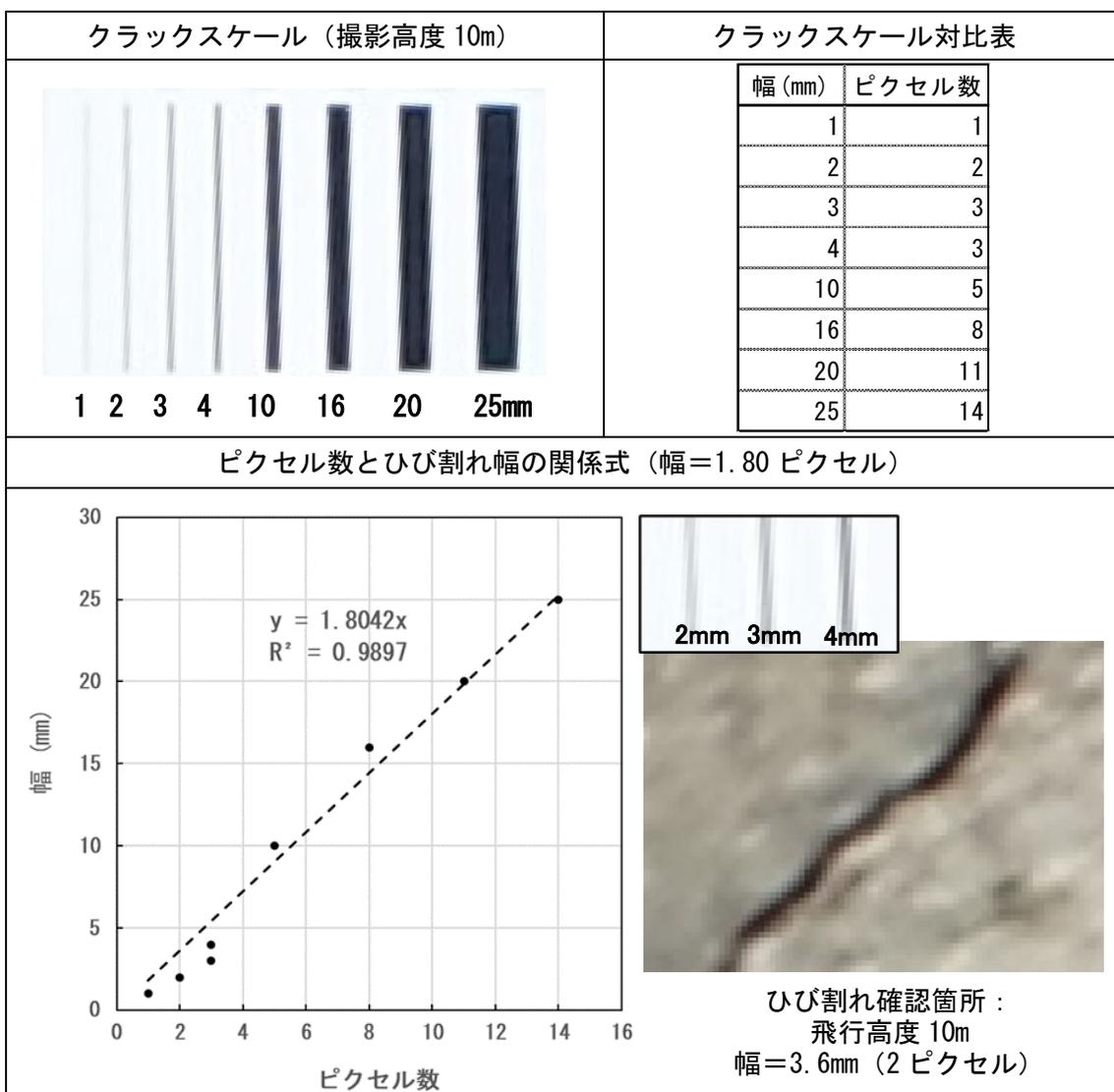


図 3-3 UAV のひび割れ幅計測方法

表 3-4 漁港施設点検において推奨する UAV の機器仕様と操作環境

	UAV
UAV (カメラ) の分解能比較 (画素 1 ピクセルあたりの幅) 例：3mm 幅の飛行高度	機種 A 約 7m (1240 万画素) 機種 B 約 10m (2000 万画素)
カメラの設定	シャッタースピード：1/500s 以上 ISO 感度：800 以下 F 値：5 程度
キャリブレーション方法	①5m ごとに飛行高度を変えてクラックスケールを撮影 ②要求されるクラック幅が確認可能な飛行高度を設定 (必要とする最小のクラック幅が 2 ピクセルで確認可能)
移動基線長の設定	オーバーラップ率 80%以上、サイドラップ率 60%以上
クラックの確認検証	高度 20m からクラック幅 3mm を確認可能 (機種 A) 高度 10m からクラック幅 3mm を確認可能 (機種 B) ※飛行高度によって計測結果 (クラック幅) に顕著な違いが生じる
誤判定の発生	施設の汚れ (シミ)、ゴミをクラックとして誤判定 ※解像度が低い場合、施設に付着したものと、クラックの判別が困難なため、誤判定を減らすためには、より高度を下げる事が望ましい
UAV で確認できなかった変状	わずかな沈下および陥没
遠隔操作 (目視範囲内) による UAV 撮影の実施	最大 200m 離れた施設を目視の範囲内による操作で撮影可能
高度による広域撮影の実施	立ち入り困難な消波工や水深の浅い海底部の状況把握が可能
飛行高度と調査精度の 関係の目安	飛行高度：5～10m 程度 ・変状や被災の規模形状を視認できる (クラック幅 3mm を視認できる精度) 飛行高度：10～30m 程度 ・変状や被災の有無を視認できる 飛行高度：30～100m 程度 ・俯瞰的に被災箇所を把握できる
航空法の遵守	人や物件の距離が 30m 未満の近距離での飛行に該当する場合、地方航空局の承認が必要

※「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)」の内容を改変

表 3-5 漁港施設点検において推奨する垂下式カメラの機器仕様

垂下式カメラの推奨仕様	
垂下方法	伸縮ポール等に固定したカメラを水中に垂下して撮影
最大水深	アーム長 5m 程度（老朽化が進行しやすい潮間帯に届く延長）
有効画素数	1200 万画素以上
動画画質	1080 P 以上
補正機能	手振れや露出の自動補正



※「光学機器を活用した水産基盤施設の点検の手引き（令和4年3月）」

### 3.1.3 活用方法と期待される効果

定期点検の対象施設の規模が大きいほど、UAV の効率性が高まる。また、垂下式カメラでは、水際線の状況を簡易かつ安価に確認することができる。

#### 【解説】

UAV での計測は、対象施設の規模が大きくなるほど、現地での作業時間を従来目視と比べて大幅に短縮できる。また、変状部の座標情報を取得することができるため、図面作成（詳細結果整理）にかかる時間を短縮することも可能となる。

垂下式カメラは、陸上目視とあわせて水中部（水際線）の状況を簡易かつ安価に確認できるため、変状が進行しやすい潮間帯の点検精度の向上が期待できる。

#### --- 【参考情報】 -----

#### ■ UAV 計測による定期点検（簡易調査/重点項目）の効果検証

点検面積 8,000 m<sup>2</sup>程の施設で検証した結果、合計作業時間が約 50%削減できた。特に現地での作業時間は従来の陸上・海上目視に比べて大幅に短縮することができたが、撮影した写真から手動で変状の規模を計測しているため、変状箇所の抽出（簡易結果整理）には目視による現地調査（陸上・海上目視調査）と同等程度の作業時間が必要である。

作業内容/分	陸上・海上目視		UAV	
	現地調査	調査準備	10	調査準備
移動		30	移動	30
陸上目視計測		450	UAV計測	30
海上目視計測		100	クラックスケール計測	10
移動		30	移動	30
片づけ		10	片づけ	5
簡易結果整理	—		オルソ化	135
	—		変状箇所抽出	550
詳細結果整理	変状図作成	1500	点群処理 図面作成	330
	写真整理	100		
	判定・評価	50		
合計作業時間	2280		1125	

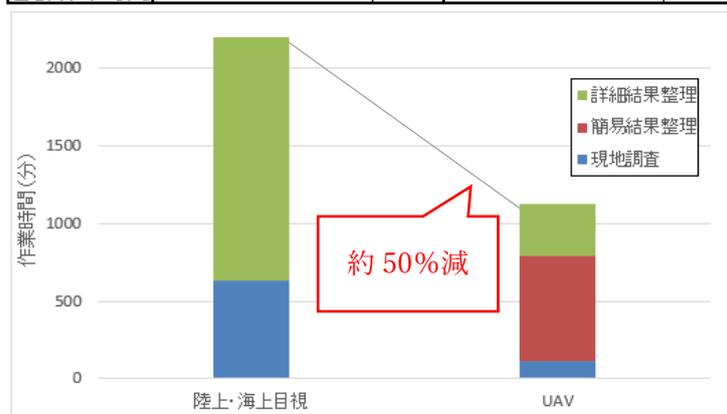


図 3-4 陸上・海上目視調査と UAV 計測の点検にかかる作業時間  
(重力式防波堤：施設延長 250m、幅員 25m、天端高 3.5m、点検面積 8175 m<sup>2</sup>)

--- 【参考情報】 -----

■陸上・海上目視点検と UAV の計測事例

対象施設を斜め方向から撮影することで、構造物側面部の点検も可能である。さらに、標定点を設置し、撮影した画像を点群化处理することで、より精度の高い計測ができ、施設全体を3次元化することが可能である。

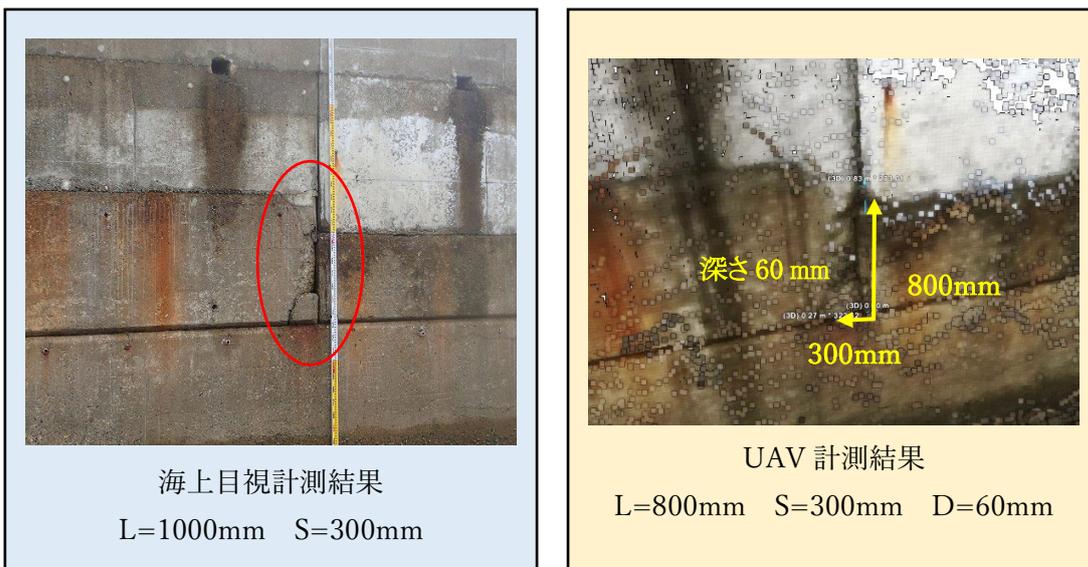
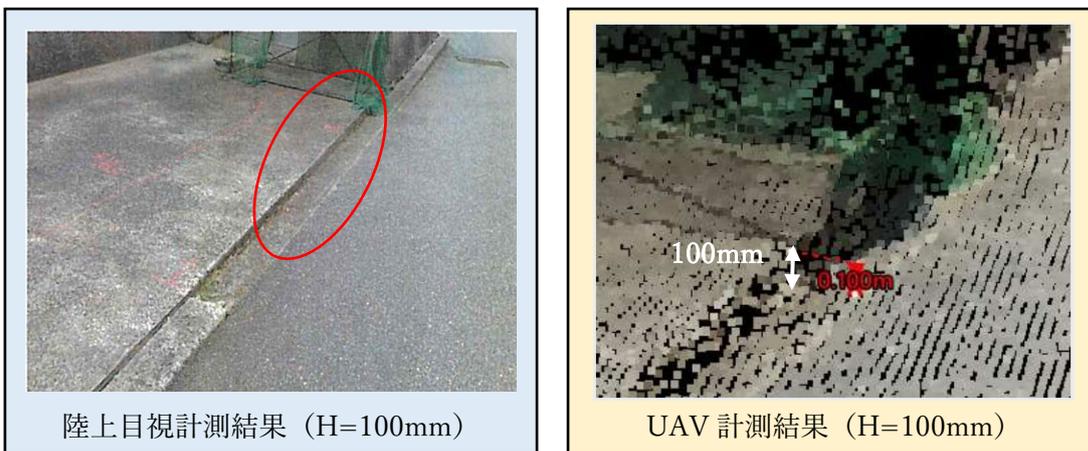


図 3-5 重力式防波堤の側面部での計測事例（剥離・欠損）



※飛行高度を下げることで 100mm の段差を判別

図 3-6 護岸本体工での計測事例（沈下）

--- 【参考情報】 -----

■垂下式カメラの点検費用

1日あたりの垂下式カメラ損料（WIFI ケーブル、ポール含む）は 1,140 円程である。

### 3.1.4 技術的留意点

UAVによる計測では、上下方向の変状に対して、精度の観点から他の計測手法と組み合わせる点検を行うなどの工夫が必要である。垂下式カメラによる計測では、従来の陸上目視調査よりも時間・費用がかかること、季節や天候を選択する必要があることに留意する。

#### 【解説】

本書において、UAVを使用した簡易調査（重点項目）では、上空から撮影した画像をオルソ化することによって変状を判別し、その後陸上・海上目視調査を実施することを想定している。UAVでは、平面で判別できる変状（ひび割れ、欠損等）は一定の精度で計測が可能である一方、上下方向の変状をUAVで計測するには、評定点を設置した計測を行うか、レーザー測量機を搭載する必要がある。

また、ひび割れや段差については、飛行高度を下げたり斜めから撮影することでより詳細な計測を行うことが可能であるが、実際の点検時には係船中のマストや民家・電柱、歩行者等に衝突する危険もあるため、点検の目的によって撮影高度を使い分ける必要がある。

一方、垂下式カメラを使用した簡易調査（重点項目）では、ある程度の機能（高画質、手振れ補正等）を有する水中カメラとポール（長さ5m程度）を用意する必要があるため、従来の陸上目視調査よりも時間・費用がかかる。また、水中部の撮影においては、濁りや付着物の影響を受けるため、季節や天候を選択する必要がある。

## 3.2 定期点検（詳細調査）

### 3.2.1 従来の定期点検（詳細調査）の概要

詳細調査は、健全度結果の検証、老朽化要因の特定や老朽化予測のために実施される。潜水士による潜水目視調査は、(カメラ撮影も含む)目視観察や潜水士の触感により詳細な変状把握が可能であるが、調査結果の精度・評価、調査に要する時間・費用、安全確保といった側面で課題がある。また、従来技術である超音波センサーによる鋼材肉厚測定は、付着物を除去するケレン作業に労力と時間を要する課題がある。

#### 【解説】

定期点検で必要に応じて実施される詳細調査は、潜水目視調査、塩化物イオン濃度測定又はコンクリート圧縮強度試験等、健全度の評価結果の検証、老朽化要因の特定や老朽化予測のために実施される。本書では、潜水目視調査および鋼材の残存肉厚測定を対象としている。

潜水目視調査は、「簡易潜水目視調査」と「詳細潜水目視調査」に大別され、明確に区分されているわけではないが、通常、水中部を俯瞰的に大まかな状況を確認する「簡易潜水目視調査」を実施した上で、「詳細潜水目視調査」の実施について判断する。

#### ■簡易潜水目視調査の概要

潜水士により、海面下の部材について劣化・損傷等老朽化状況の調査を行い、記録を整理する。現況のままの概観的に構造物の老朽化状況を確認し、スタッフ等を使用して簡易なスケール測定を行う。「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/H27.5」に記載の評価基準（巻末資料 2）に基づき、老朽化要因の特定等のため、主に老朽化度「a」「b」相当の変状について確認を行うと同時に、詳細潜水目視調査が必要な箇所の選定も行う。

#### ■詳細潜水目視調査の概要

潜水士により、劣化・損傷状況等の調査を行い、記録を整理する。仕様で計上された場合や簡易潜水目視調査でさらに詳細な調査が必要とされた場合に実施する。変状スケールを計測し、記録する。必要に応じてケレンや肉厚測定を実施する等、老朽化度「c」「d」相当の変状についても確認を行う。

潜水目視調査は、ひび割れや欠損、鋼材の開孔、発錆、変色の有無等の局所的な点検には適しているが、対象施設が大規模になるほど作業時間と人為的労力が増大することが課題である。

潜水士の目視によって変状を確認するため、水中が濁っているほど視界が悪く、作業範囲は狭くなる。また、構造物本体の変状を直接確認する必要があるため、付着物や土砂が多い施設では、除去作業に時間がかかる。したがって、点検の精度・作業時間は、環境条件に大きく依存し、陸上目視と比較しても均一的かつ定量的な評価が困難である。

水中に留まることが困難な、強い流れのある施設や水深の深い場所に位置する施設の点検では、作業員の安全性の観点から潜水目視調査が困難な場合がある。潜水目視調査の点検スペックは、環境条件に加えて対象施設の構造（コンクリート構造、鋼構造）や点検水深等の構造型式によってそれぞれ異なる。

従来の肉厚測定は、鋼材に超音波を発信し、境界面で反射して戻ってくるまでの時間（伝播時間）を計測する超音波センサーによる手法が一般的である。そのため、鋼材表面の付着物（錆や貝類等）を除去し鋼材の地肌を露出させるケレン作業が不可欠である。このケレン作業に要する時間や潜水士の作業負担、加えて除去した付着物等による環境影響等が課題である。

### 3.2.2 新技術活用による定期点検(詳細調査)

潜水士による簡易潜水目視調査に代わり、水中 3D スキャナー・ナローマルチビーム、水中ドローン等を用いることで、所要の調査を行うことができる。また、超音波センサーによる肉厚測定に代わり、磁気センサーを用いることで、同等の測定結果を得ることができる。

水中 3D スキャナーとナローマルチビームは、(本書で対象外とした変状は除く) 被覆防食工以外の健全度結果の検証や老朽化要因の特定、水中部の概観把握による潜水目視調査全体の効率化が可能である。

水中カメラを搭載した水中ドローン等は、潜水士による詳細潜水目視調査と同等の点検を行うことができる。

磁気センサーは、ケレンが不要なため作業の高率化が可能である。

#### 【解説】

水中音響機器では、機器分解能から 10cm 以下の変状を計測することが困難である。また、付着物や土砂の堆積がある場合については、構造物本体を直接計測(確認・評価等)することは不可能である。また、発錆等の確認も困難である。したがって、水中音響機器を用いた点検作業は「10cm 以上の変状」や「被覆工の散乱、電気防食工(着脱状況)」について計測を行う。簡易潜水目視調査の代替手法として、水中 3D スキャナーやナローマルチビームを用いることで、健全度結果の検証や老朽化要因の特定を行うことができ、水中部の概観把握による潜水目視調査全体の効率化が可能である。また、点検後の補修設計やモニタリング等のための面的な概観(点群)データの取得も可能である。

付着物の除去が必要ない場合には、水中カメラを搭載した水中ドローン等を用いることで、動画や静止面を撮影し、潜水士による詳細潜水目視調査と同等の点検を行うことができる。

水中ドローンや垂下式カメラは濁度や潮流等により使用が制限されるため、水中 3D スキャナーやマルチビームソナー等の水中音響機器に比べると環境条件による適用性はやや劣るものの、潜水士とは同等である。水中光学機器、水中音響機器とも作業の安全性や取得される画像・点群データの質・精度を考慮し、波高は 0.5m 以下を原則とする。

磁気センサーは、付着物の上から測定可能であるが、鋼材厚さ 20mm 以上の場合、および付着物等の厚さが 60mm 以上の測定は困難である。したがって、これらの場合は超音波センサーとケレン作業が必要となるが、これらの範囲内においては、超音波センサーと同等の測定値を得ることができ代替可能、かつケレン不要による作業の効率化が可能である。

表 3-6 水中音響機器・水中光学機器・磁気センサーの特徴

項目		特徴		経済性
水中音響機器	水中 3D スキャナー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広域の概観把握に優れている</li> <li>・構造物の形状を 3次元点群データとして取得する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水際線まで測定することができる (水深は 15m まで)</li> <li>・判別可能な変状サイズは 10cm 以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検規模が大きくなるにつれて (概ね 4,800 m<sup>2</sup> 以上) 潜水作業より経済的に優位になる</li> </ul>
	ナローマルチビーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音波による計測のため水中の濁りや暗部の影響がない</li> <li>・コンクリートのひび割れ・欠損、鋼材の発錆、変色は判別困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・泊地、根固めの把握に向いている</li> <li>・水際線～水深 2m は測定困難 (深いところは優位)</li> <li>・判別可能な変状サイズは 50cm 以上</li> </ul>	
水中光学機器	水中ドローン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可視化 (画像撮影) できるため潜水作業と同等の点検・診断を行うことができる</li> <li>・陸上または船上から水中ドローン进行操作して動画または静止画を取得</li> <li>・水中音響機器と比べると準備が容易で操作も容易</li> <li>・潜水士と比べると撮影速度は速い</li> <li>・位置把握のため補助装置が必要な場合がある</li> <li>・濁度や潮流等の影響を受けるが、潜水士と同等である</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・潜水作業の概ね 7 割程度のコストで実施できる</li> </ul>
肉厚測定	磁気センサー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 錆や付着物の上から鋼材に非接触で肉厚測定が可能</li> <li>・ 付着物除去をしなくても良いためケレン作業が不要</li> <li>・ 鋼材厚さ 20mm 以上および付着厚さ 60mm 以上の測定は困難</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業時間で約 50% の時間短縮ができる</li> </ul>

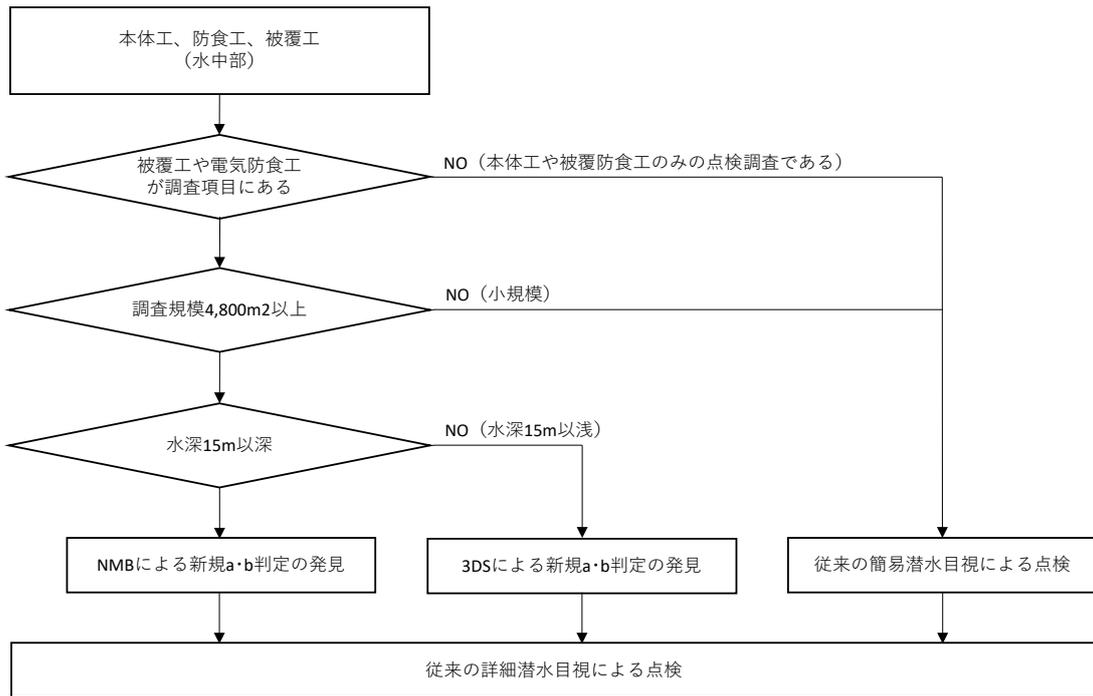


図 3-7 詳細調査における水中音響機器の適用フロー (例)

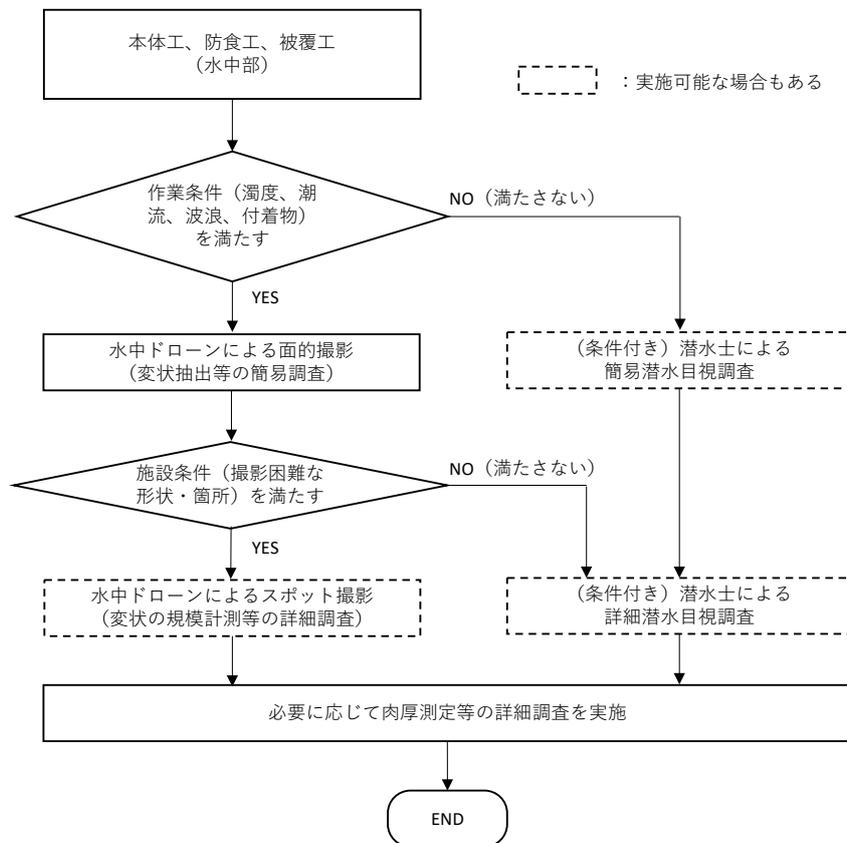
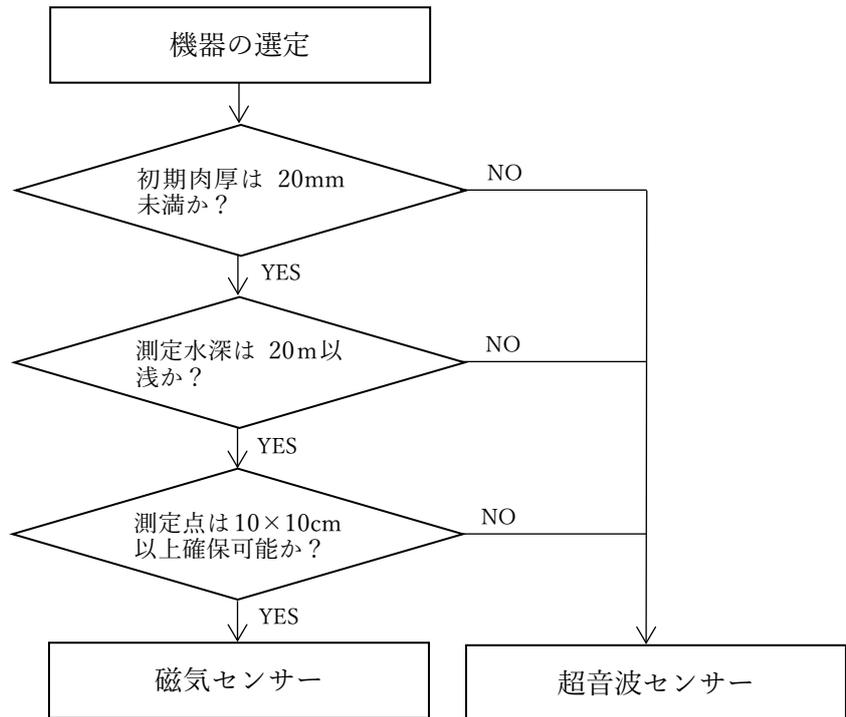


図 3-8 詳細調査における水中ドローンの適用フロー (例)



注)

- 付着厚さ（リフトオフ）が 60mm 以上の場合、60mm 未満まで除去することに留意が必要
- これらの条件に合致する場合においても「ケレン+超音波センサー」による方法を妨げるものではないが磁気センサーのほうが効率がよい

図 3-9 詳細調査における磁気センサーの適用フロー（例）

--- 【参考情報】 -----

■ 水中音響機器の計測条件

使用する水中音響機器については、発振する音波の周波数により、水深 12m 以深では水中 3D スキャナーよりもナローマルチビームの方が密な点群データとなり精度が向上するため、その点も踏まえた機器選定が必要である。ただし、水深 12~15m 付近の計測は、矢板・杭式護岸等の凹凸が大きい施設では水中 3D スキャナーの方が、計測データのバラつきが少なく正確な形状を計測することが可能であるため、点検水深や施設形状によっても機器選定が必要である。

表 3-7 水中音響機器の計測条件および作業環境に応じた水中部点検手法

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（仕様）水深15mが計測限界

--- 【参考情報】 -----

■推奨する水中ドローンの機器仕様

表 3-8 漁港施設点検において推奨する水中ドローンの機器仕様

		水中ドローンの推奨仕様
サイズ		波浪や潮流の影響を受けにくい形状のもの
重量		施設上での持ち運びに適した軽量のもの
浮力調整		ジャイロやスラスタ等により自動制御できるもの
最大速度		2ノット以上（約 1.0m/s 以上）
最大深度		20m程度（防波堤等の最大水深以上）
有効画素数		1200 万画素以上
動画画質		1080P 以上（画像を結合する場合は 4K 以上推奨）
操作性	水中測位	－ （水中ドローンの水中測位機能はまだ一般的ではないため、目印付き補助ロープ等で位置を把握する。なお、必要に応じて水深計機能を求めることとする。）
	姿勢制御	ジャイロやスラスタ等で機体を水平に保つ機能を有するもの。 （なお、必要に応じて、ソナーにより対象との距離を測定・固定する機能を求めることとする。）
	変状計測	－ （スケール（箱尺等）や目印付き補助ロープを垂下させて計測する。なお、必要に応じてレーザースケイラー機能を求めることとする。）

※「光学機器を活用した水産基盤施設の点検の手引き（令和 4 年 3 月）」

--- 【参考情報】 -----

■ 水中ドローン等の環境条件（室内試験結果）

【濁度と動画画質】

老朽化度評価が可能な濁度について、室内試験を行った結果を示す。

表 3-9 安定的な撮影が可能な濁度（撮影距離 1m の場合の限界値）

		動画画質	
		4K	1080P
濁度 (度)	欠損・開孔 5×5cm	12 以下	9 以下
	ひび割れ 3mm	7 以下	4 以下
	被度 0.3%	5.5 以下	5.5 以下

※室内試験で確認できた限界値である。屋外では濁度が変化し、光や浮遊物の影響を受ける場合もある。

【水中ドローンの運動性能】

水中ドローンの運動性能について、室内試験を行った結果を示す。

表 3-10 安定的な撮影が可能な波浪・潮流（最大速度 3ノットの機種の場合の限界値）

		機体形状	
		流線形	矩形
波浪	波高 (cm)	14 ※造波限界まで確認	14 未満
	周期 (sec)	1 以上	1 以上
潮流	流速 (m/sec)	0.5 以下	0.3 以下

※室内試験で確認できた限界値である。屋外では波浪や流速が変化する場合もある。

※波浪や流速の影響を受ける機種特性は形状だけでなく、オプション装置の着脱状態等にもよる。

※機体形状の「流線形」は FIFISHV6PLUS、V6s、「矩形」は BlueROV の検証結果。

--- 【参考情報】 ---

■ 水中音響機器の適用水深

コンクリート構造および鋼構造の防波堤に対し、音響センサーで計測した結果、対象施設の水深が12~15mの場合は、平面的構造物はナローマルチビーム、立体的構造物は水中3Dスキャナーが明瞭なデータを計測することができた。

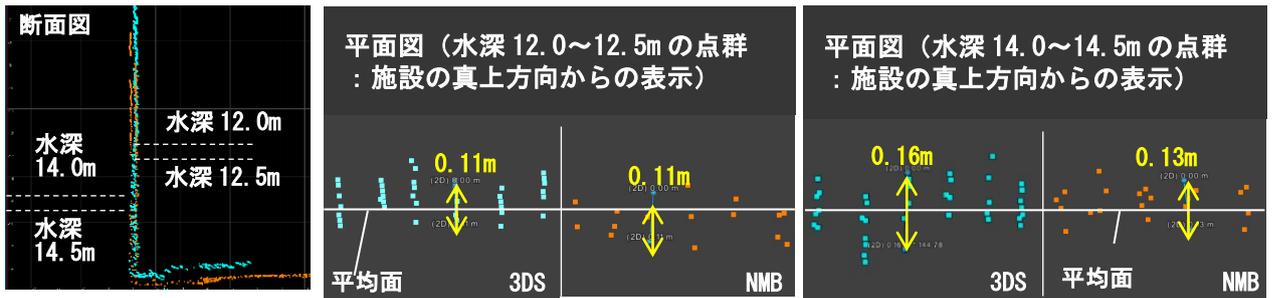


図 3-10 重力式防波堤の水中音響計測比較（水深12.5m付近での比較）

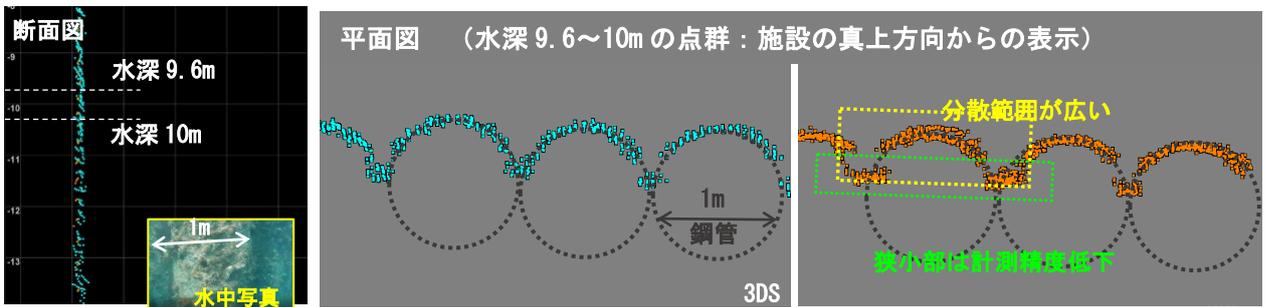


図 3-11 鋼管矢板式防波堤の水中音響計測比較（水深14m付近での比較）

ここで、「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/H27.5」に記載の老朽化度の評価基準（本書で対象外とした変状を含む）に対して、水中音響機器および水中光学機器の適用性は以下の通りである。

水中音響機器は、a 判定や b 判定となる著しい損傷や開孔、10cm 以上の大きさの欠損、被覆工の散乱、陽極の着脱状況について評価可能であるため、被覆防食工以外の健全度結果の検証や老朽化要因の特定が可能である。水中光学機器は、潜水士による詳細潜水目視調査と同様の判別が可能である。

表 3-11 老朽化度の評価基準に基づく簡易潜水調査と水中音響計測の比較（重力式）

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	光学機器
		詳細潜水	簡易潜水				
重力式 ※防波堤 (消波堤) の基準	本体工	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	○	/	/	○	
		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		○	/	/	○	
	d 老朽化なし	○	/	/	○		
	被覆工	移動散乱	a 被覆工の散乱かつ捨石材の流出	○	○	○	○
			b 被覆工の散乱	○	○	○	○
			c -	-	/	/	-
			d 老朽化なし	○	/	/	○

※簡易潜水目視調査：大規模な変状はサイズ計測・記録するが、小規模な変状やクラック、変色等は大きな位置と状況のみ記録。

※詳細潜水目視調査：小規模な変状もサイズを計測する。

※光学機器による老朽化度評価の適用性は、潜水士による目視調査が可能環境下（波浪、潮流、濁度、付着物等）における適用性を示す。

○：点検可能（適用下限値がある場合は付記）、×：点検不可、/：対象外

表 3-12 老朽化度の評価基準に基づく簡易潜水調査と水中音響計測の比較（矢板・杭式）

対象施設	調査項目	老朽化度の評価基準		適用性			
				潜水目視		音響機器	光学機器
		詳細潜水	簡易潜水				
矢板・杭式 ※矢板式 係船岸 の基準	鋼材・杭	鋼材腐食損傷	a 腐食による開孔・変形、著しい損傷、裏理材の流出兆候	○	○	○	○
			b LWL付近に孔食	○	○	○	○
			c 全体的に発錆	○	○	×	○
			d 部分的に発錆	○	/	/	○
		d 発錆、開孔、損傷は見られない（付着物はある）	○	/	/	○	
		被覆防食 (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	○	/	/	○
		被覆防食 (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	a 陽極の脱落・全消耗	○	○	○	○
			b 陽極取付の不具合（軽度な消耗）	○	○	○	○
			c 陽極取付の不具合（軽度な消耗）	○	×	×	○
	d 陽極取付の不具合（ゆるみ）		○	×	×	×	
	c -	-	/	/	-		
	d 欠落等の異常なし	○	/	/	○		
	被覆工	移動散乱	a 被覆工の散乱かつ捨石材の流出	○	○	○	○
			b 被覆工の移動、散乱	○	○	○	○
			c -	-	/	/	-
			d 老朽化なし	○	/	/	○

※簡易潜水目視調査：大規模な変状はサイズ計測・記録するが、小規模な変状やクラック、変色等は大きな位置と状況のみ記録。

※詳細潜水目視調査：小規模な変状もサイズを計測する。

※光学機器による老朽化度評価の適用性は、潜水士による目視調査が可能環境下（波浪、潮流、濁度、付着物等）における適用性を示す。

○：点検可能（適用下限値がある場合は付記）、×：点検不可、/：対象外

### 3.2.3 活用方法と期待される効果

詳細調査では、対象施設の水中部の規模が大きいほど、新技術を活用した点検を実施する適用効果（詳細潜水目視調査の重点化、点検項目の削減）が期待できる。

#### 【解説】

水中音響機器による計測は、濁りや流速が早い等の環境条件に左右されない点検が可能であり、特に調査規模が広いほど詳細潜水目視調査の潜水位置の削減（重点化）や点検項目の削減といった効果が期待できる。水産庁の積算標準歩掛を用いて5パターン試算したところ、図3-12のようになる。

水中ドローンによる計測費用は、潜水士と同じく環境条件に左右されるものの、詳細潜水目視調査と同等の点検が潜水調査と比べて7～8割程のコストで可能であるとともに、動画の編集や画像の結合を行ったとしても安価となる。

水中音響機器（3DS、NMB）と従来の30%程の詳細潜水目視調査を併用すると、調査規模が4,800 m<sup>2</sup>以上の場合（例えば水深10m、延長240mの防波堤外内）、潜水調査と比べてコストが低くなり、調査規模が9,000 m<sup>2</sup>以上の場合、水中ドローンよりもコストが低くなる。

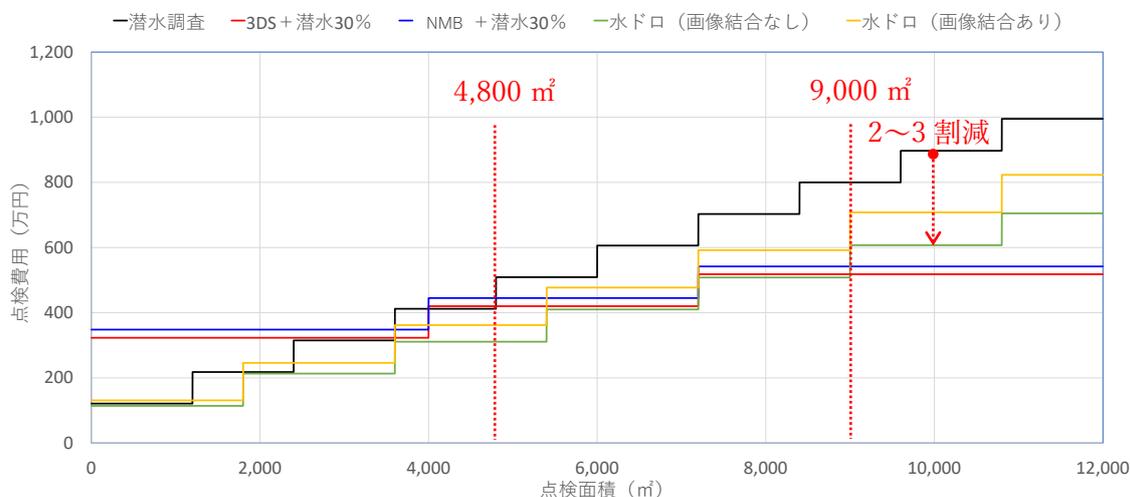


図 3-12 詳細潜水目視調査と水中音響機器点検併用調査、水中光学機器単独調査との点検面積当たり点検費用比較

--- 【参考情報】 -----

■水中音響機器による定期点検（詳細調査）の効果検証

点検面積 10,000 m<sup>2</sup>程の施設で検証した結果、簡易潜水目視調査に比較して合計作業時間が約 40%削減できた。水中音響機器による計測では、現地での計測（準備や片付け）に時間がかかるものの、潜水調査に引き続く作業（簡易結果整理）は現地計測後すぐに確認することが可能である。また、計測データには座標情報が存在するため、図面作成（詳細結果整理）にかかる時間を短縮することが可能である。

作業内容/分	簡易潜水目視調査		水中3Dスキャナー		ナローマルチビーム
現地調査	調査準備	20	機装	180	180
	移動	30	計測	80	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	60	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		680		650

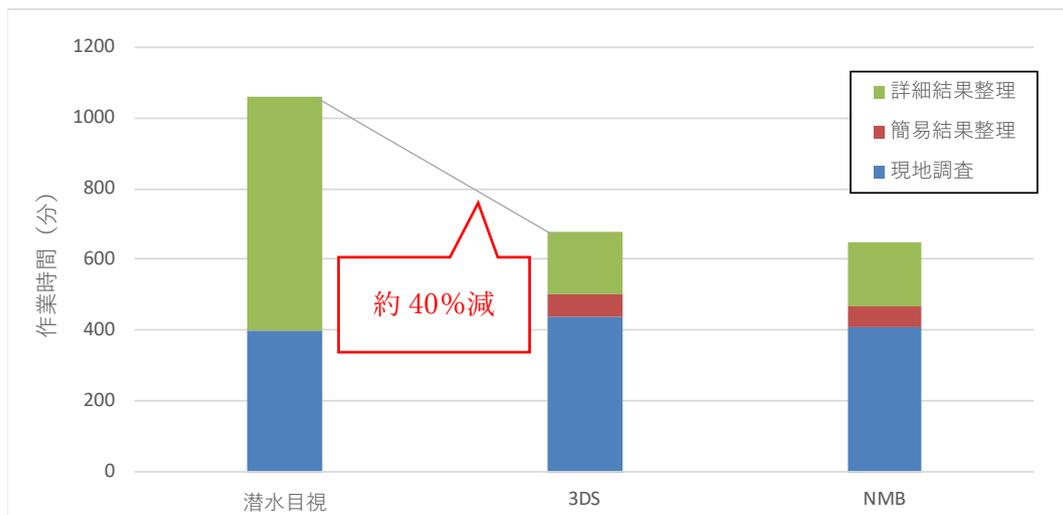


図 3-13 簡易潜水目視調査と水中音響機器の点検に係る作業時間  
 (重力式防波堤：施設延長 250m、幅員 25m、水深 18.5m、点検面積 10175 m<sup>2</sup>)

--- 【参考情報】 -----

■簡易潜水目視と水中音響機器計測の計測事例

深い水深に位置する被覆工等を伴う施設や、電気防食工を伴う施設の点検では、水中音響機器での計測が有効である。

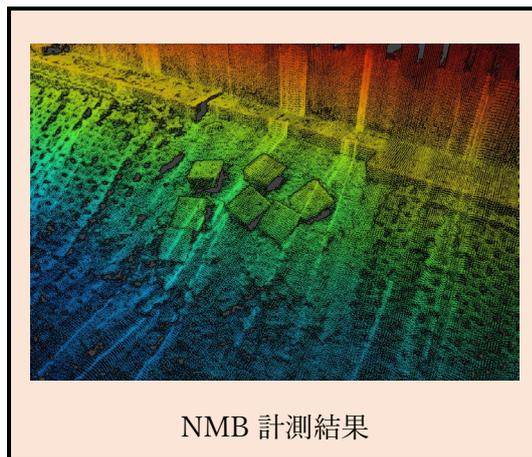
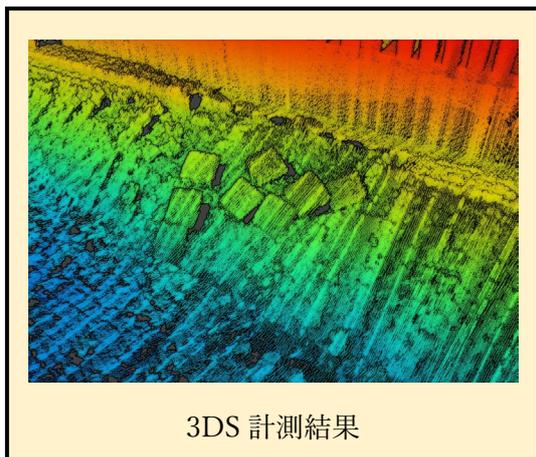


図 3-14 重力式防波堤での計測事例（被覆工：水深 13m）

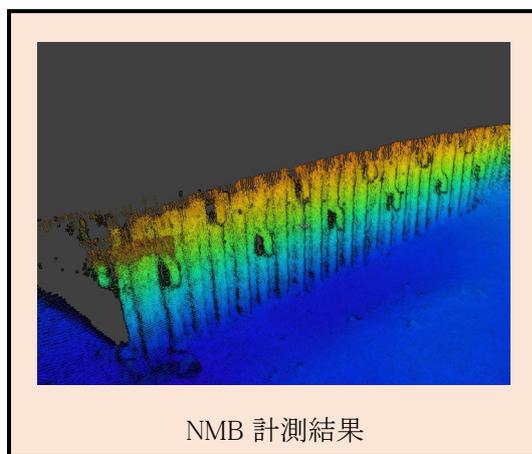
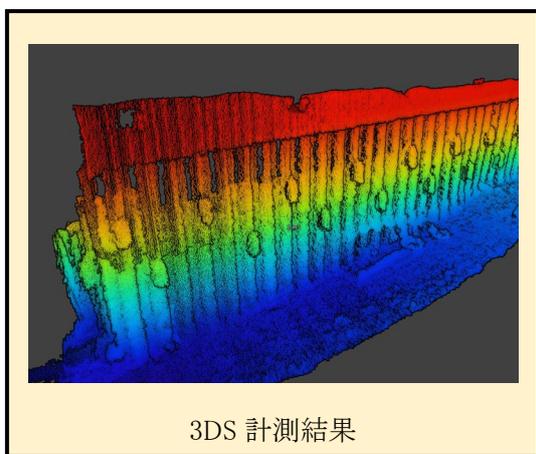


図 3-15 鋼矢板式防波堤での計測事例（電気防食工：水深 4m）

※参考：上記鋼矢板式防波堤を水中ドローンで撮影した平面画像



--- 【参考情報】 -----

■ 詳細潜水目視と水中光学機器計測の計測事例（鋼管矢板式防波堤）

安定的な撮影を行うための環境条件（濁度や潮流等）はあるものの、水中部の詳細調査（変状の抽出、老朽化度の判定、変状図作成）や水際線の簡易調査において、水中光学機器（水中ドローン）での計測が有効である。

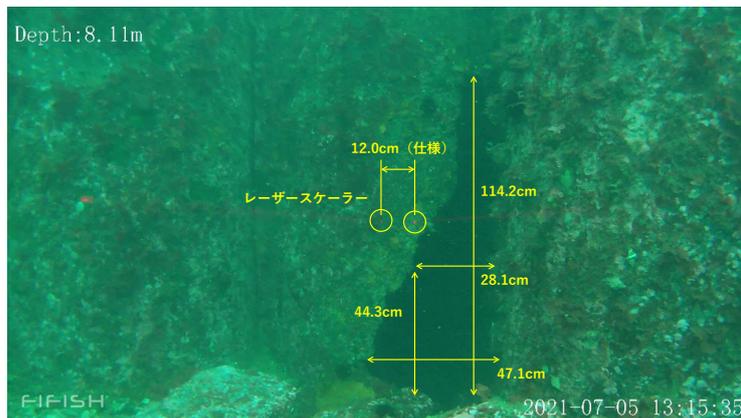


図 3-16 水中ドローンによる鋼管矢板式防波堤での計測事例（本土工：開孔）

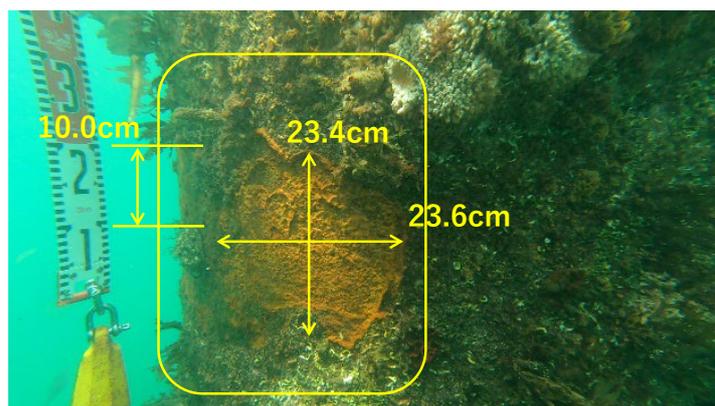


図 3-17 垂下式カメラによる鋼管矢板式防波堤での計測事例（本土工：発錆）

■ 結合した平面画像の事例（矢板式護岸）

動画から切り出した静止画を結合した平面画像は、変状図で記録した変状の周囲の状況を把握することができるため、変状図と併用して活用すると有効である。

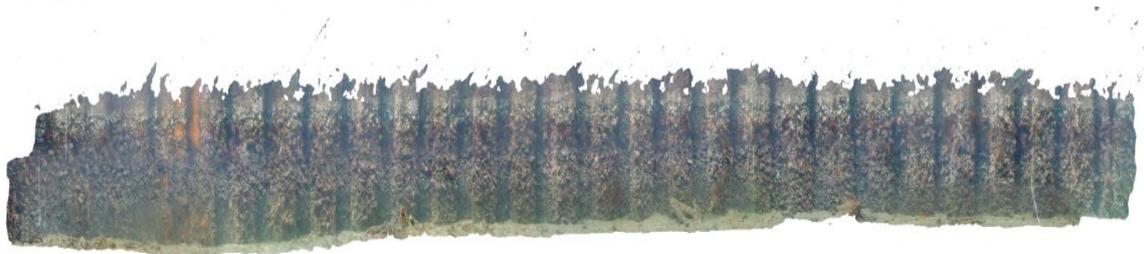


図 3-18 市販ソフトにより結合した平面画像の事例（矢板式護岸）

--- 【参考情報】 -----

■磁気センサーによる定期点検（詳細調査：肉厚測定）の効果検証

有効性の検証として、一定の条件による磁気センサーと超音波センサーとの作業時間の比較（計測）をすると、約 50%の時間短縮が確認された。

表 3-1 に設定条件、表 3-2 に各作業手順にかかる時間比較を示す。キャリブレーションでは時間増加となるが、ケレンおよび測定で顕著な時間短縮となることが確認された。

**表 3-13 設定条件**

鋼材種類	U型鋼矢板	初期肉厚 10.3mm
測定地点	1	地点間の移動なし
測定箇所（水深）	2	-1.0m、-2.0m
測定点	4	凹×2、凸×2

**表 3-14 各作業手順にかかる時間比較**

手 法 手 順	肉厚測定にかかる作業時間（分）	
	超音波センサー	磁気センサー
1.準備（測定機器）	3	3
2.位置出し（撮影含む）	3	3
3.キャリブレーション	2	10*
4.ケレン	20	-
5.測定	15	4
6.片付け（測定機器）	3	3
作業時間計	46	23
時間短縮率	-	50.0%

\*校正値を取得するための1か所のケレンと超音波センサーによる測定にかかる時間を含む

### 3.2.4 技術的留意点

水中音響機器による計測では、計測可能な変状に限界がある（小規模、隅角部）ことに留意が必要である。水中ドローンや垂下式カメラによる計測では、濁度や潮流等に留意が必要である。磁気センサーでは鋼材の組成の影響を受けやすいことや、ケレンが不要であるが故に付着物背後の状況の把握が困難であること等に留意が必要である。

#### 【解説】

本書では、水中音響機器は 10cm 以上の変状を判別可能としているが、変状が鋼管杭や鋼管矢板の側面部等に位置していると、ノイズや隣接する矢板の影と区別することが困難な場合がある。また、小規模な変状や視覚的な変状（発錆等）の計測には適さない。

水中音響機器で計測困難な変状の確認が必要な場合には、簡易的な水中ドローンや垂下式カメラを用いた判別も選択肢として考えられる。

水中ドローンによる計測では、濁度や潮流等の環境条件に加え、操縦者が施設上を歩行する必要がないようにする等、安全対策にも十分留意した点検計画を立案する必要がある。また、水底に海藻、漁網、釣り具やガレキ等が沈んでいることがあるため、機体やケーブルが絡まらないよう留意する必要がある。

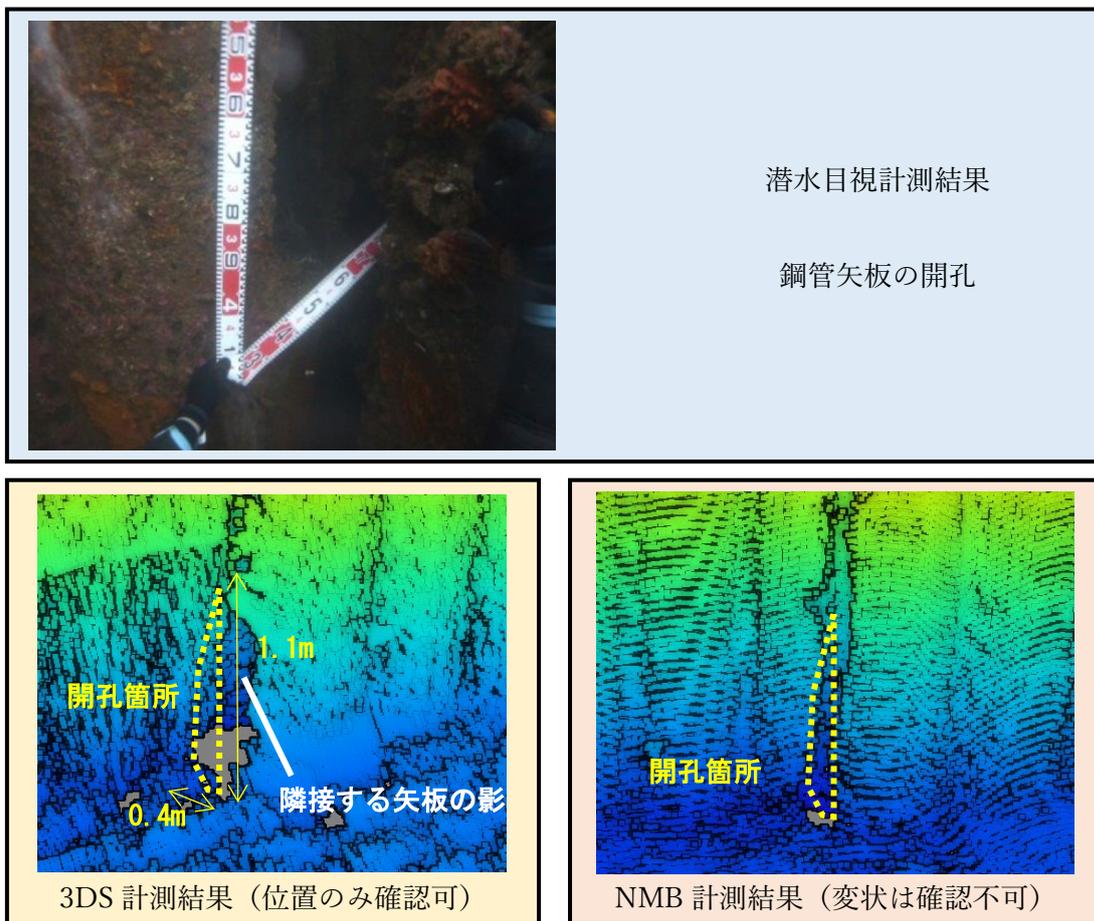
垂下式カメラによる計測では、測定箇所を明確にして、水中ドローンと同じく濁度、潮流等に留意して測定する。深くなると流速や透明度に与える影響が強くなるので、無理をしないで安全性を優先することに留意する必要がある。

磁気センサーは、鋼材の組成の違いに影響を受けるため、キャリブレーションに当たっては、鋼材の規格、型式、形状および建設年次（工区）等、それら条件（組成）が変更する都度、測定対象と同条件の鋼材にて超音波センサーの測定結果に基づいた実施が必要となる。なお、測定に当たっては、ケレン不要かつ測定点の平均値を 1 回で測定する効率化が可能である一方、鋼材表面の腐食が均一ではなく、局部的に集中して生じる局部腐食の把握はできない。このため、測定結果の状況等を踏まえ必要に応じて部分的なケレンにより鋼材表面の状態を確認することに留意が必用である。また、プローブを付着物上で一定時間静止させるのは困難なため、付着状況や鋼材形状等を考慮した固定用治具を用いることが有効である。

--- 【参考情報】 -----

■施設側面部に位置する変状の計測事例

施設の側面に位置する変状や高さか幅のどちらかが10cmに満たない変状は、音波の散乱によって正確な規模や形状を計測することが困難な場合がある。



※黄線は実際の変状を示している

図 3-19 鋼管矢板式防波堤の側面部での計測事例 (水深 10m 付近の開孔)

--- 【参考情報】 -----

■ 付着物の上から測定するためのプローブ固定（静止）用治具の例

磁気センサーは鋼材の付着物を除去することなく厚さを測定することができるものであるが、現状では鋼材の厚さにより3～12秒程度の固定（静止）が必要で、凸凹が大きい貝類等の付着物上での長時間の固定は難しく、潜水士への負担が大きい。このため、付着物上で固定がしやすくなるようプローブ先端に脱着可能な固定用の治具を装着するとよい。下図にピン長20～35mmの固定用治具（例）を示す。



図 3-20 固定用治具（例）

（左：取付前（角型）、中：取付後（角型）、右：取付後（丸型））

## 4 日常点検（簡易調査／簡易項目）における新技術の活用

### 4.1 従来の日常点検（簡易調査／簡易項目）の概要

日常点検は全施設を対象に、陸上目視で可能な範囲をすべて対象とし、年1回以上実施することとされている（水産基盤施設の維持管理点検マニュアル）。定量的な評価のための調査は定期点検で確認するため、日常点検では新たな老朽化の発見、および既往の変状の中から代表的な変状の老朽化の進行状況の把握による調査内容の重点化を図るものとする。

#### 【解説】

日常点検で実施する簡易調査（簡易項目）時の陸上目視調査は、老朽化の進行確認と新たな老朽化の進行箇所の発見を目的に日常的に実施するものである。しかし、対象施設の規模が大規模になるほど調査に作業時間と労力がかかり、一日に限られた量しか点検することができない。特に、陸から隔てられた沖防波堤や天板幅の狭い護岸などの施設では、日常的に作業員の立ち入りが困難であり、点検の難易度が高い。

表 4-1 日常点検の実施内容

目的	老朽化の進行確認、新たな老朽化の進行箇所の発見
内容	代表的な老朽化の進行・新たな老朽化箇所の発見を目的とした踏査および陸上目視 【健全度 A・B の施設】 ・代表スパンを選定し、写真撮影と状況の記録 ・踏査を行い新たに発見した変状の写真撮影と状況の記録 【健全度 C・D の施設】 ・踏査を行い新たに発見した変状の写真撮影と状況の記録
実施範囲	全施設全スパンを対象
実施時期	おおむね1年に1回以上
様式	見直しした点検内容に沿った日常点検の新様式を使用する ・起点終点写真 ・変状写真（代表的な変状） ・変状の位置を示すスパン番号
備考	漁港施設の利用頻度の高い漁業者に加え、建設業者等の利用者に施設の変状について情報提供してもらう協力体制を構築する

※水産基盤施設の維持管理点検マニュアルより引用

## 4.2 新技術活用による日常点検（簡易調査／簡易項目）

日常的な陸上目視調査では、UAV の計測により代替可能な場合が多い。特に、従来の目視点検では船舶で立ち入る必要があった沖防波堤等で有効である。また、必要に応じて、水中部の確認を水中ドローンや垂下式カメラで効率的に行うことができる。

### 【解説】

#### ○陸上部

UAV による計測では、点検に時間と労力を要する大規模施設の陸上・海上部点検に適している。また、点検実施者によって精度が異なる「ひび割れ」についても一定の精度で検出することが可能である。

このため、年1回以上の頻度で実施する日常点検の簡易調査（簡易項目）においては、対象施設の既知の健全度がC・D判定の場合は UAV で新規 a・b 判定の発見が可能であり、既知の健全度がA・B判定の場合にも必要に応じて代表スパンのみ目視点検を実施することが、安全かつ効率的である。

ただし、対象施設が小規模な場合等については、従来の陸上目視調査を実施することが望ましい。

日常点検では、「日常点検シート」に従って変状状況を記載する。特に外郭施設（防波堤）では、小規模な上下方向の変状（移動・沈下）と水際線の変状以外はすべて UAV で計測することが可能である。

**表 4-2 日常点検シート（外郭施設（重力式・矢板式・杭式））と UAV の適用性**

対象施設	調査位置	老朽化の種類		UAVの適用	備考
		移動	水平移動		
重力式防波堤 重力式護岸	施設全体	沈下	目地のずれ、段差	○	標定点設置により精度向上 20cm以上
		本体工	コンクリートの劣化、損傷	○	
矢板式防波堤 杭式防波堤 矢板式護岸	施設法線	凹凸、出入り		○	標定点設置により精度向上
	矢板・杭	腐食、亀裂、損傷等		×	水際線は計測困難
	消波工	移動・沈下、損傷・亀裂		○	標定点設置により精度向上
共通	上部工	コンクリートの劣化、損傷		○	
	消波工	移動・沈下、損傷・亀裂		○	標定点設置により精度向上
護岸の場合	背後地	陥没、吸出し		○	20cm以上

○：UAV 撮影画像のみで点検可能、×：点検不可

#### ○水中部

水中部に至る変状を確認した場合には、垂下式カメラを用いて水際線下の状況を確認することで、これまで実施していなかった調査を効率的に実施することが可能である。

場合によっては、水中ドローンによる調査も有効となることから、今後の活用が期待される。

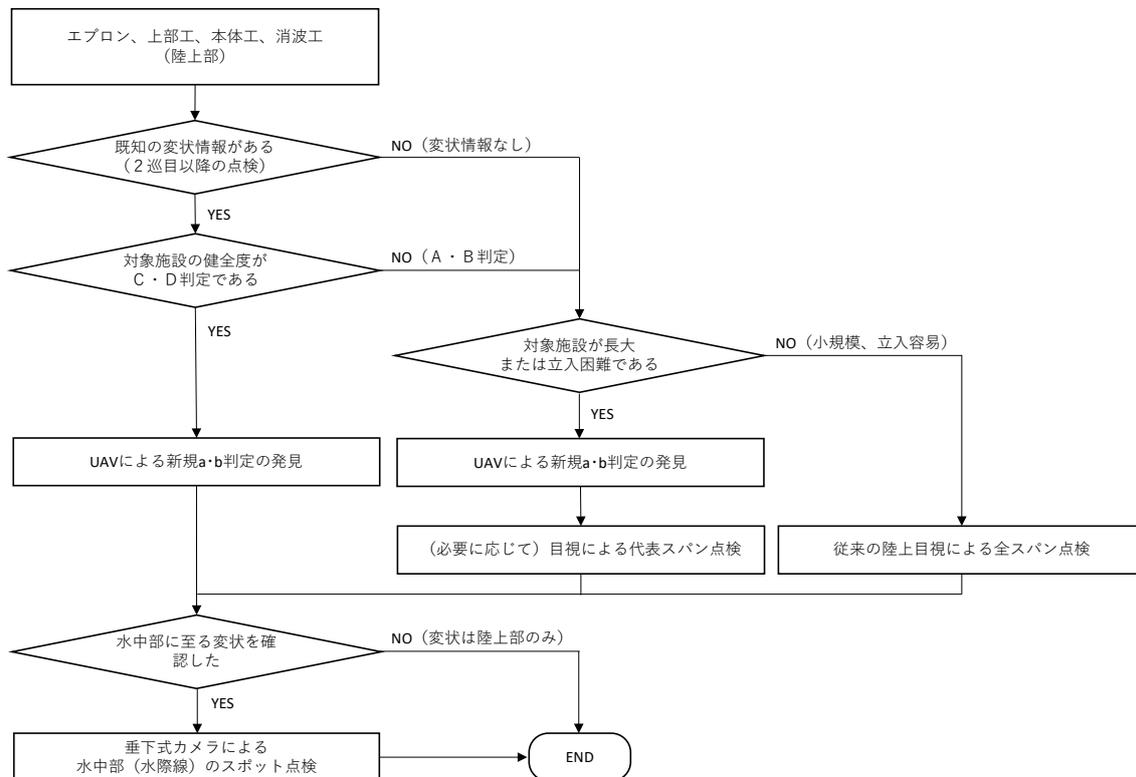


図 4-1 簡易調査（簡易項目）における標準的な新技術適用フロー

### 4.3 活用方法と期待される効果

日常点検において、UAV を活用した調査を実施することで、新たな老朽化の発見が容易となる。水中部においては、これまで実施していなかった（実施できなかった）箇所の変状を定期的に把握できるようになる。

#### 【解説】

##### ○陸上部

日常点検においては、UAV により施設全体の移動や新たなコンクリートの損傷等の大規模な変状の発見と既知の変状の進行を把握することが可能である。特に、船舶からの上陸が必須な沖防波堤や作業員の上陸が困難な透過式ブロック構造の施設では、陸上からの遠隔操作（高度 10m で目視操作する場合は距離 200m 以内が推奨）でも点検することが可能である。

さらに、既知の変状情報がある 2 巡目以降の点検で、対象施設の健全度が C・D 判定の場合には、UAV での点検による対応に必要な精度は確保できる。UAV による計測では、写真による定量的な評価が可能であるため、老朽化の進捗（特に a・b 判定となる変状箇所）を発見することに適している。

##### ○水中部

日常点検において、これまで水中部の点検は基本的に実施してこなかったが、新技術（垂下式カメラ等）を用いることによって、老朽化が進んでいる箇所の変状を効率的に把握することができ、予防保全の対策を実施するための有効な情報が得られる。

--- 【参考情報】 -----

■陸上目視点検と UAV の計測事例（外郭施設）

沖に位置する大規模な防波堤や作業員の上陸が困難な透過式ブロック構造施設等での点検では、UAV の計測により変状の発見が可能である。

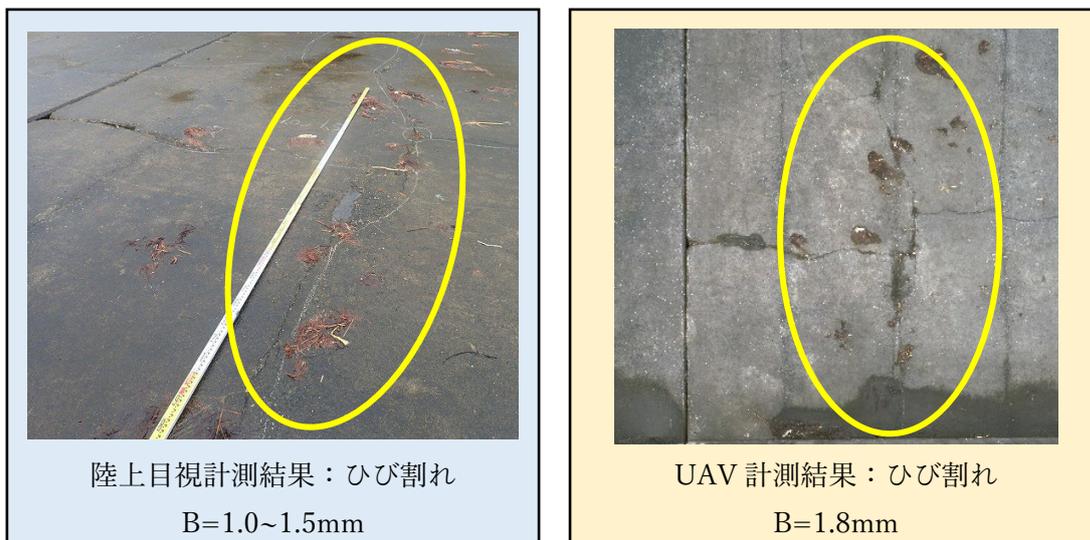


図 4-2 重力式防波堤（遠隔操作）での計測事例

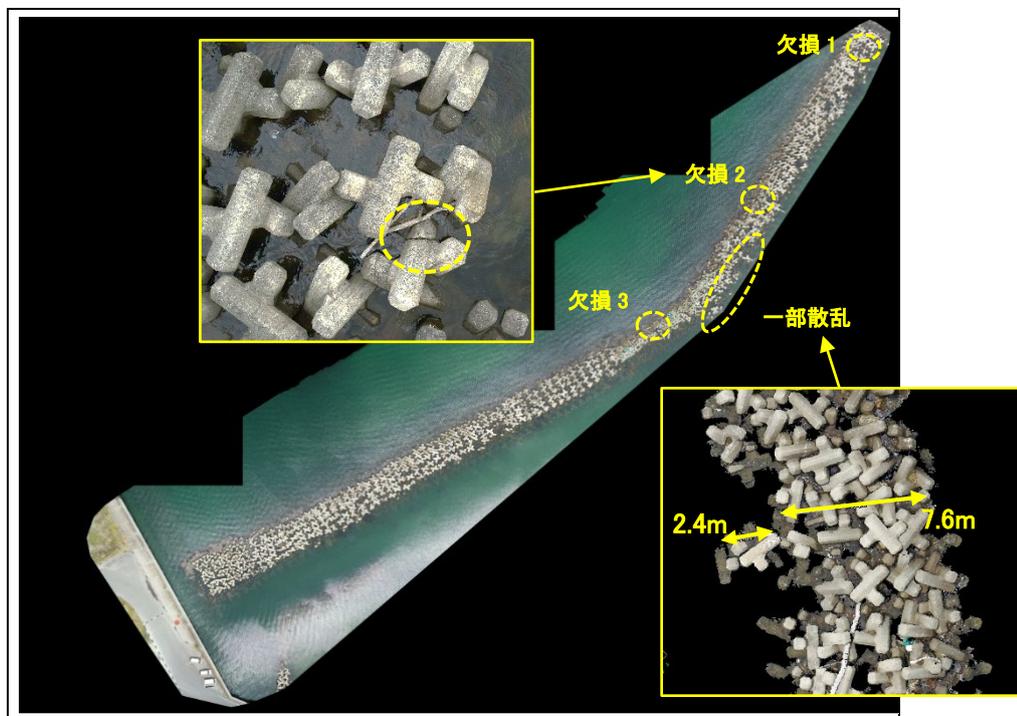


図 4-3 離岸堤での計測事例

#### 4.4 技術的留意点

日常的に利用者の多い施設では、特に安全確保に努める。

##### 【解説】

##### ○陸上部

UAVを使用した日常点検では、UAVのみでの点検を実施し、老朽化の発見・進行（特にa・b判定となる変状）を把握することを想定している。日常的に作業員の出入り・上陸が困難な施設での点検においては、作業員の安全確保と作業時間の短縮をはかることが可能である。

一方で留意点として、陸から隔てられた沖防波堤や大規模な施設の点検をUAVで実施する際には、使用するUAVの可動範囲（バッテリー残量、操作信号受信範囲等）を確認し、落水に注意する。また、釣魚目的等の利用者が多い施設や、電線・照明等のUAV可動範囲内に設備がある施設での計測は、安全を十分に確保した上で行う。

無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルールについては国土交通省航空局のウェブサイトを確認する。なお、航空法の一部改正により、2022年6月以降はUAVの登録が義務化される。

##### ○水中部

日常点検における留意点は、3.1.4定期点検に準ずる。

## 5 臨時点検（簡易調査／簡易項目）における新技術の活用

### 5.1 従来の臨時点検（簡易調査／簡易項目）の概要

臨時点検は、全施設全スパンを対象とし、高波浪、地震、船舶の衝突が発生した場合、施設の変状や損傷の有無等の把握のために実施することとされている（水産基盤施設の維持管理点検マニュアル）。災害発生後可能な限り速やかに実施し、点検内容は日常点検に準じて行うものとする。

#### 【解説】

臨時点検で実施する簡易調査（簡易項目）時の陸上目視調査は、施設の変状の有無の把握を目的として、被災規模（変状量）の把握が早急に求められている。しかし、災害直後では、施設そのものが脆弱になっている可能性があり、作業員の立ち入りが困難な場合がある。

また、陸上からの大量の流出物や流木により船舶の航行が制限され、河川出水や海底巻き上げによる濁りの影響で水中視界が極度に低下するため、海上目視・潜水目視についても安全確保の観点から困難である。

表 5-1 臨時点検の実施内容

目的	高波浪、地震、船舶の衝突等が発生した場合、施設の変状の有無の把握
内容	全施設について、日常点検と同様の点検を実施
実施範囲	全施設を対象
実施時期	事案発生後可能な限り速やかに実施
様式	点検結果を踏まえ、日常点検において示されている様式で点検記録を作成する
備考	—

※水産基盤施設の維持管理点検マニュアルより引用

## 5.2 新技術活用による臨時点検（簡易調査／簡易項目）

臨時点検は日常点検における考え方に準ずるが、臨時点検（点検後に想定される調査を含む）では被害状況の迅速な把握が必要な施設が立入制限等の状況となる場合があり、そのような場合には新技術を活用した遠隔点検が有効である。

### 【解説】

臨時点検における考え方は、日常点検における考え方に準ずる。

特に、作業員による立入りが困難な場合や、被災直後で安全の確保が困難な状況でも、作業員を伴わずに遠隔（視認可能な距離：500m程度を推奨）から俯瞰して状況を把握することができる UAV による点検が有効である。

また、臨時点検の結果、水中部の被災が想定される場合には、濁りや流速に影響されない水中音響機器や、潜水土と同様の水中部画像を簡易に取得できる水中カメラを搭載した水中ドローン等を用いることにより、海況安定後すぐに計測することが可能である。

さらに水中音響機器と UAV と併用することで、陸上部に加えて水中部の面的な被災状況も迅速に取得することが可能であるとともに、次回点検時に変状規模が迅速かつ定量的に把握可能である。

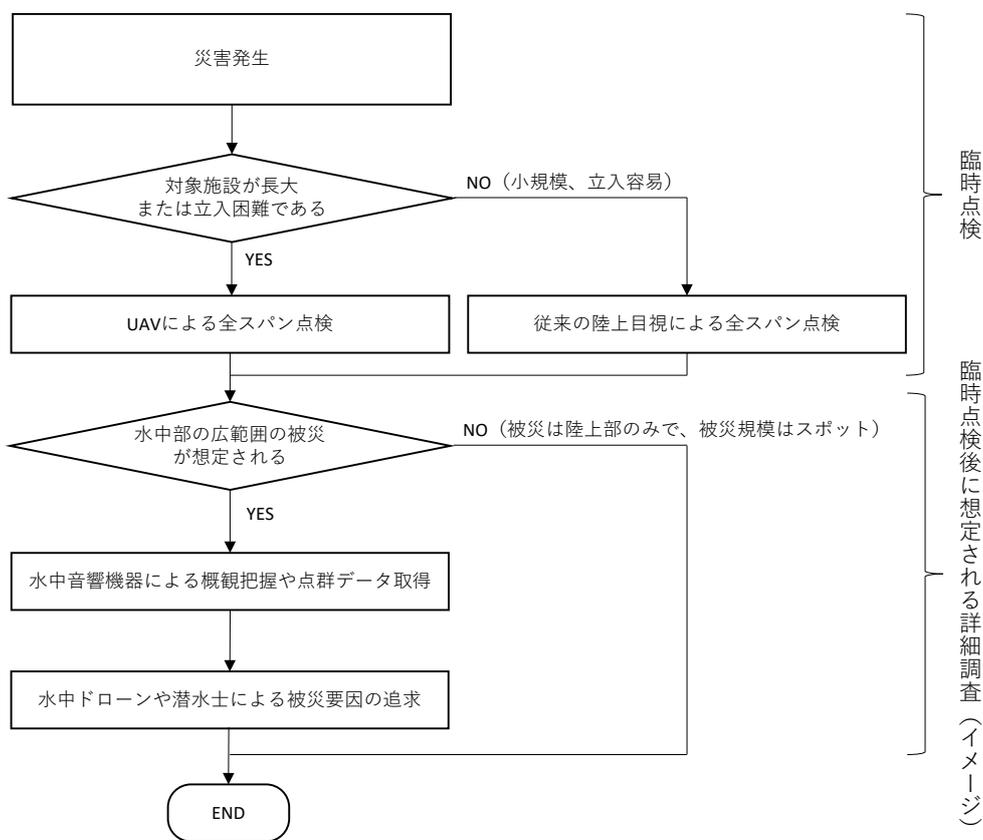


図 5-1 臨時点検における標準的な新技術適用フロー

--- 【参考情報】 -----

■センシング技術での陸上・水中状況の統合

UAV で撮影し点群化した陸上データと、水中音響機器で計測した水中点群データを統合することで、対象施設の陸上・水中状況をシームレスに把握することが可能である。さらに、移動計測用の陸上 3D レーザーを船舶に搭載することで、陸上・水中を同時に 3 次元計測を行うことができ、現地作業の更なる効率化が可能である。

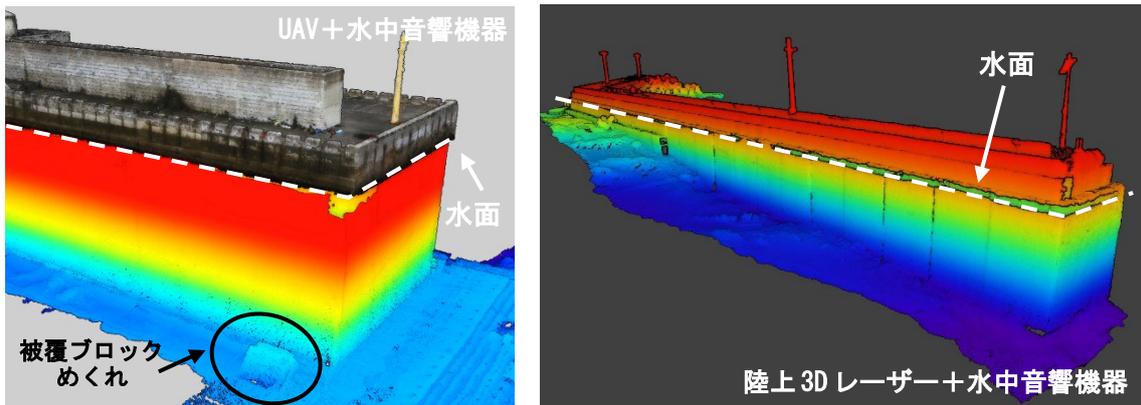


図 5-2 重力式防波堤のデータ統合例

(左 : UAV+水中音響機器、右 : 陸上 3D レーザー+水中音響機器)

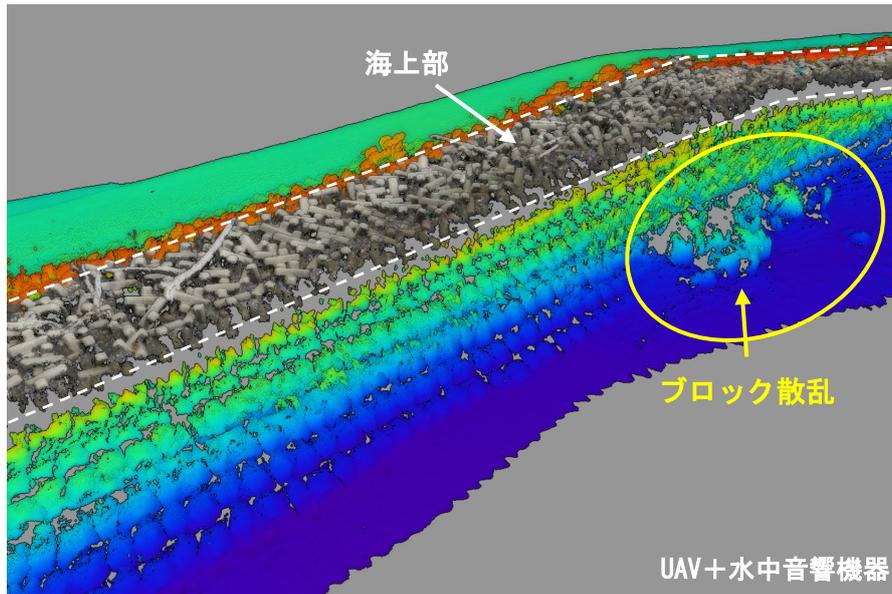


図 5-3 離岸堤のデータ統合例 (UAV+水中音響機器)

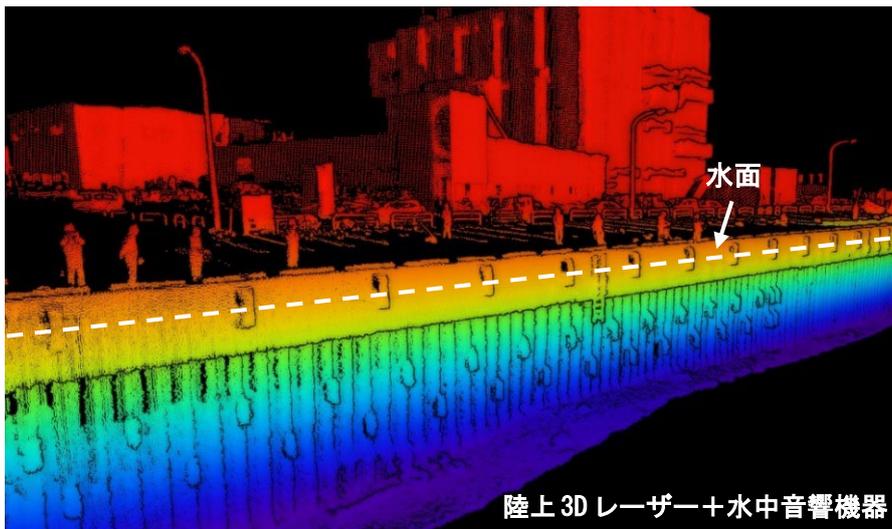


図 5-4 矢板式係船岸のデータ統合例 (陸上 3D レーザー+水中音響機器)

### 5.3 活用方法と期待される効果

臨時点検において、新技術を活用した調査を実施することで、立入制限等となっても被災箇所や規模を迅速かつ安全に把握することが可能となる。また、取得した点群データから被災状況の迅速かつ定量的な評価が可能となる。

#### 【解説】

臨時点検においては、新技術のみで施設全体の状況把握を短時間で行うことができる。また、統合した点群データから任意の断面を取り出して設計図面を合成することで被災状況の定量的な評価ができ、対策工法の検討や概算費用の算定の基礎資料として活用することも可能である。

水中ドローンや垂下式カメラは、点群データは入手できないが、変状等を可視化することができる。これにより、復旧方法への検討に資する情報が得られることが期待される。

--- 【参考情報】 ---

■ 離岸堤の被災を想定した臨時点検例

新技術によって取得した点群データは、任意の断面を取り出して設計図面と比較することが可能である。

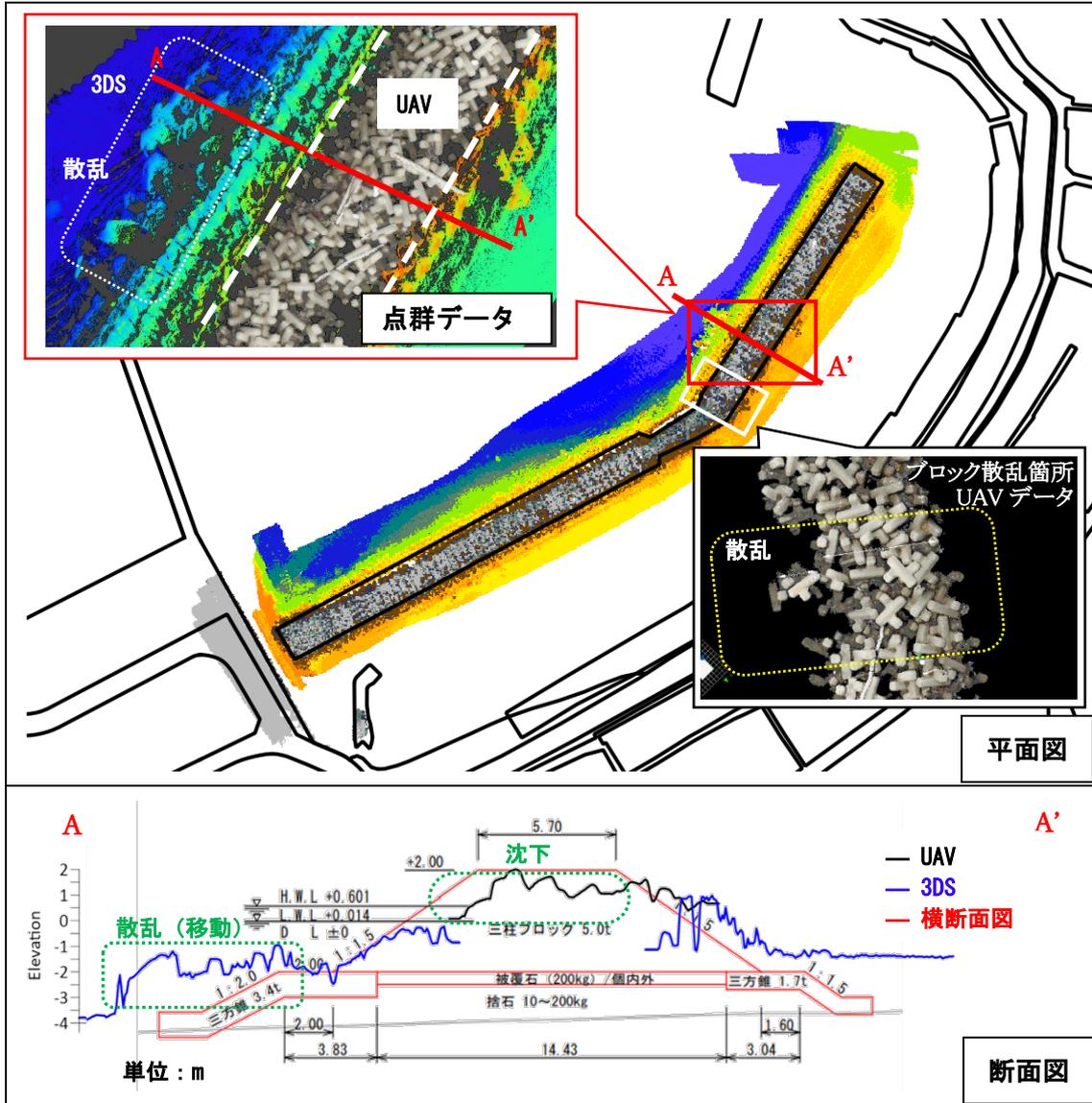


図 5-5 離岸堤での臨時点検例

#### 5.4 技術的留意点

災害直後は、安全確保に努めた上で測定を実施する。

##### 【解説】

臨時点検では、新技術のみの点検を実施、被災状況を短時間で把握することを想定している。従来の作業員による目視測定よりも安全に実施することが可能である。天候急変による強風や、出水によって船舶の航行が妨げられる障害物（流木、がれき類）が多く放出された場合等も想定されるため、測定は安全の確保を十分に行った上で実施する。

変状等が確認された場合は、復旧の検討に必要な情報を取得できるように、測定精度や測定範囲に留意する必要がある。

## 6 安全管理対策

### 6.1 UAV

#### 6.1.1 関連法令

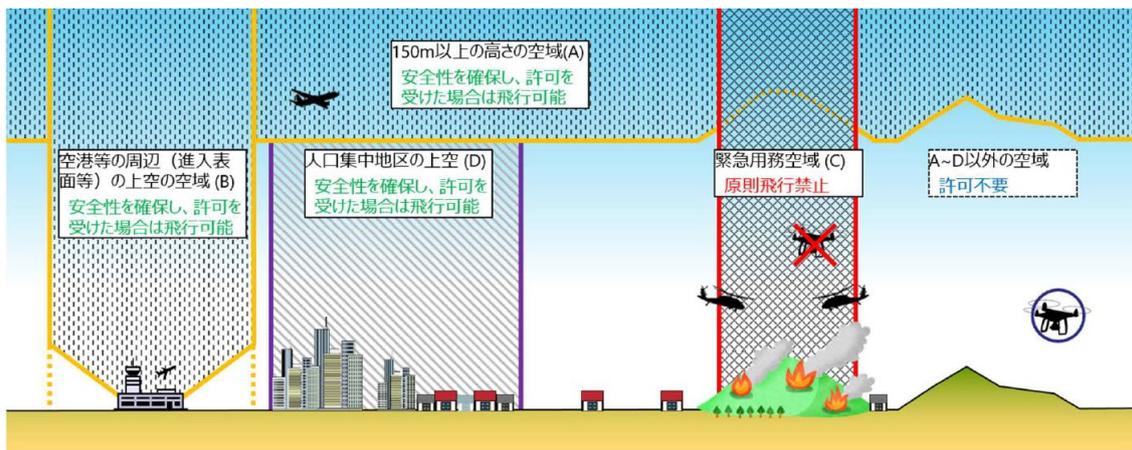
UAV を飛行させる場合には、飛行禁止区域や飛行の方法に関する航空法のルール、関係法令および地方公共団体が定める条例を遵守する。

#### 【解説】

主な関係法令は以下のとおりである。

#### ■ 航空法

以下の空域のように、航空機の飛行の安全に影響を及ぼす恐れのある空域や、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ地方航空局長の許可を受けること。また、令和4年6月20日から無人航空機の登録は義務化される。



出典：無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン/R3.12.20

#### ■ 小型無人機等飛行禁止法

①国の重要な施設（国会議事堂、内閣総理大臣官邸等）、②対象外国公館等、③対象原子力事業所などの対象施設の敷地又は区域の周囲 300mでは、小型無人航空機等の飛行を禁止すること。

#### ■ 道路交通法

UAV が道路上を跨ぐ飛行をする場合、航空局に道路交通法の道路占有許可申請を行い、交通規制をすること。無人航空機の離着陸場所を道路上に設定する場合および無人航空機が道路上空を横切るまたは、飛行する場合には道路交通法に留意する。

## ■ 個人情報保護法

UAV で撮影した映像や写真上に個人を特定するものがあることが想定される。撮影の際に被撮影者の同意を取ることを前提とし、同意をとることが困難な場合は、以下のような措置をとること。

- ①人の顔や車のナンバープレート等はプライバシー侵害の可能性があるためモザイクを入れる等の配慮をとること。表札、住居の外観、洗濯物その他生活状況を推測できるような私物もプライバシーとして法的な保護対象となる。
- ②無人航空機による撮影等インターネット上に公開するサービスを提供する電気通信事業者は、削除依頼に対する体制を整備すること。

## ■ 電波法

電波法第 4 条より、無人航空機に搭載したカメラのファインダー映像を地上で受信して確認する時等には、「無線局の開設をしようとする者は、総務大臣の免許を受けなければならない」が該当する。ただし、第 4 条の一と三に定める微弱無線局に関してはその限りでない。また、特定省電力無線局の場合も発信機器に適合表示無線設備として技適マークが貼られたものを使用すること。

## ■ 民法

民法第 207 条より、土地の所有権は、法令の制限内において土地の上下におよぶ。無人航空機を飛行させる際には、その土地を所有する地権者の承諾をとること。

## ■ 産廃法

無人航空機自体を廃棄する場合には、バッテリー等の扱いも含め産廃法の対象になるため、むやみに不法投棄をしないこと。

## 6.1.2 作業手続き

UAV を用いた点検の実施にあたり、事前に管轄する海域の海上保安部への確認を行う。

### 【解説】

対象施設の調査海域により、海上保安部への許可申請・届出が必要となる場合がある。UAV を用いた点検の実施にあたり、事前に管轄する海域の海上保安部への確認が必要である。

#### 届出書の記載事例

1. 目的および種類
2. 機関および時間
3. 区域または場所
4. 調査方法
5. 調査位置図、調査計画書（工程表、安全管理を含む）

#### その他記載事項

- ・落水対策：UAV の色、所有者、機種名、メーカー名、連絡先を機体に明記
- ・落下した場合の回収方法：漁業協同組合の協力を得て自主回収する
- ・作業周知：漁港管理者、市町村水産課等、漁業協同組合への作業周知

## 6.2 水中部の音響機器・光学機器・磁気センサー

### 6.2.1 関連法令

水中 3D スキャナー、ローマルチビームおよび磁気センサーを用いた点検に伴う、海上・潜水作業については、関係する法令等を遵守する必要がある。船舶を用いない水中光学機器においても、漁港漁場整備法等が関係してくる。

#### 【解説】

主な関係法令は下記のとおりである。

- ① 水路業務法
- ② 測量法
- ③ 港則法
- ④ 海上交通安全法
- ⑤ 海上衝突予防法
- ⑥ 港湾法
- ⑦ 漁港漁場整備法
- ⑧ 海洋汚染等および海上災害の防止に関する法律

## 6.2.2 作業手続き

水中 3D スキャナーおよびナローマルチビーム、水中光学機器および磁気センサーを用いた点検の実施にあたり、事前に水路測量許可、海上・潜水作業の許可・届出、他の関係する法令に規定する許可や届出を提出する。また、地方条例や各団体等によって定められた同意・承諾等を遵守してその履行に適切な対応を行う。さらに、作業の実施にあたっては、調査海域を管轄する関係機関や関係者への作業内容、作業方法および作業工程の周知を行う必要がある。

### 【解説】

#### ○水中音響機器および磁気センサー

管轄海上保安部への海上作業の許可申請は、原則、作業を行う1か月前までに、受注者が管轄の港長又は海上保安部署等へ行う。水路業務法6条に該当する場合の申請は、所轄の管区海上保安本部長へ行い、2つ以上の海上保安本部管轄海域にまたがる測量の場合は海上保安庁長官へ申請を行う。

この許可申請に基づき、実施される測量作業区域、方法等の公示が行われるほか、水路通報や航行警報が発出され、測量作業について安全周知が行われる。

#### ○水中光学機器

管轄海上保安部への海上作業の許可申請は、原則、作業を行う1か月前までに、受注者が管轄の港長又は海上保安部署等へ行う。

この許可申請に基づき、実施される測量作業区域、方法等の公示が行われるほか、水路通報や航行警報が発出され、測量作業について安全周知が行われる。

## 7 個別新技術における点検の手引き

UAV、NMB、3DS、水中ドローン、垂下式カメラおよび磁気センサーの点検手法についてはそれぞれの手引きを参照すること。

- ・ UAV：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）  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_hourei/attach/pdf/index-78.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/attach/pdf/index-78.pdf)
- ・ 3DS・NMB：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 スキャナーとマルチビームの活用～（令和 3 年 3 月）  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_guideline/attach/pdf/index-75.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/attach/pdf/index-75.pdf)
- ・ 水中ドローン・垂下式カメラ：光学機器を活用した水産基盤施設の点検の手引き～水中ドローンと垂下式カメラの活用～（令和 4 年 3 月）  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_guideline/attach/pdf/index-83.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/attach/pdf/index-83.pdf)
- ・ 磁気センサー：磁気センサーを活用した水産基盤施設の点検の手引き～水中部における非接触式の肉厚測定～（令和 6 年 4 月）