

音響計測機器および光学機器による インフラ点検技術



国土交通省北陸地方整備局
新潟港湾空港技術調査事務所

第16回 企業技術説明会

(2022.10.27)

環境調査事業本部
技術開発室 室長

古殿 太郎

ftarou@ideacon.co.jp
Tel : 022-263-5826

1

1

本日の発表内容



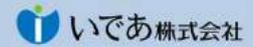
第16回 企業技術説明会

- 水中可視化技術開発の背景
- 音響・レーザー機器の紹介
 - ・ 弊社所有の水中可視化機器（水中3Dスキャナー）
 - ・ 水中3Dスキャナーの活用法（単独、船舶艀装）
- 3D可視化技術の活用事例紹介
 - ・ インフラメンテナンス・定期点検
 - ・ その他の活用事例
- 水中ドローンによる漁港点検事例

2

2

水中可視化技術開発の背景



潜水士による目視観察（従来手法）から音響（水中可視化）によるインフラ維持管理・点検へ

第16回 企業技術説明会

潜水士による水中インフラ目視観察の課題

- 濁水中、高流速水域、水深40m以上では**非効率・困難**
- 点、または線での観察結果から**構造物全体を推定**して評価
- 水中インフラの評価は潜水士個人が判断。**スキル・経験によりばらつき**。
- 成果は2Dの図面と写真集 → **IOT、ICTに対応できない。**

音響機器による3D計測の特徴

- **濁水中でも構造物全体の立体的な計測が可能。**
- 移動体を選択することにより、**高流速、大水深でも計測可能。**
- 常に電力が供給できるため、**長時間の連続作業が可能**
- 成果はXYZ座標を持つ点群（3Dモデル）となるため、3Dモデルから水中インフラの状況を**多人数で判断可能（客観的な評価）**
- 3DモデルはGIS、3DCADソフトでの解析が可能
→ **IOT、ICTに対応。インフラDX、漁港長寿命化等への活用**

3

水中3Dスキャナー仕様（当社水中可視化技術の核）



米TeledyneBlueView社製 BV5000

第16回 企業技術説明会



- **小型軽量でマルチビームソナーと比較し、周波数が高い**
= **形状を正確に測定できるが計測レンジが短い。**
- **パン（左右首振り）・チルト（上下首振り）機能を持ち、ソナーヘッドを中心とする球体内の構造物形状を測定**
= **垂直護岸や水面付近の計測も可能**
- **水底面に三脚等で固定して使用**
= **ピンポイントの詳細計測に適する**

外形寸法	267(mm)×234(mm)×391(mm)
使用周波数帯	1350kHz
最大測定距離	30m（最適距離1～10m）
測定時間 （1回あたり）	一般的に5分～20分、 最長48分（360°全周測定、解像度最大時）

4

水中3Dスキャナーによる杭式棧橋の点検事例

下部工	鋼管杭の孔食・損傷・生物の付着
	電気防食工の着脱、損耗
海底地盤	洗掘、堆積

- ・電気防食工の著しい減耗・脱落はみられない
- ・鋼管杭上部に生物が付着
- ・棧橋奥に土砂堆積(接岸船による底質巻き上げ?)

いであ株式会社

第16回 企業技術説明会

5

水中3Dスキャナーによる水中可視化技術

(フィールド、目的に応じた計測方法の使い分けが重要)

3DSCを様々な移動体に搭載 ⇒ 広域・大水深計測可能に!

水中3Dスキャナー-単独測定

- 作業船の航行が困難な場所
- シンプルな構成で取り扱いが容易
- 業務実績多数

水中3Dスキャナー + 自走式運搬機

- 作業船の航行が困難な場所
- 次世代ロボ導入委員会水中維持管理部会より最高評価
- H28に水中ロボ試行的導入

水中3Dスキャナー + ROV

- 潜水作業が困難な水深 (~300m)
- HVカメラによる画像撮影

水中3Dスキャナー + 船舶

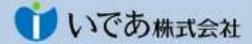
- 移動しながら3D計測
- 業務実績多数
- H28試行的導入に採用

いであ独自技術

第16回 企業技術説明会

6

作業船艙装による計測（モーションスキャン）



機材が小型のため、ゴムボートにも艙装可能。浅水域・高流速域にも対応。

第16回 企業技術説明会

モーションセンサーにより動揺を補正し、航行（5~7km/h）しながらの計測が可能

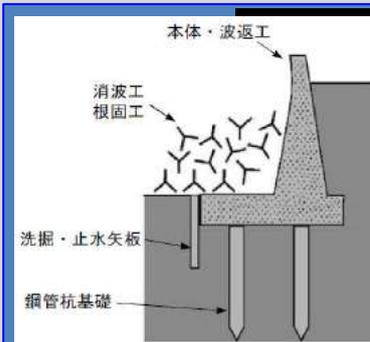


広範囲を最も効率よく計測。点群密度・精度は水底静置計測より低い。
（平成28年度 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進で試行的に導入）

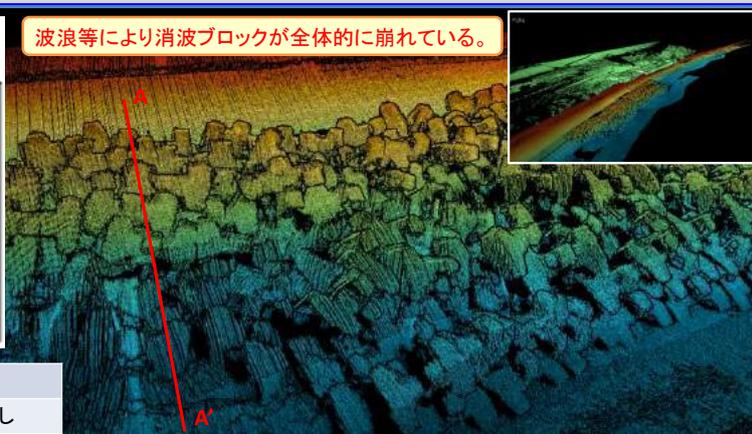
特殊堤防・護岸の点検事例（モーションスキャン）



第16回 企業技術説明会



波浪等により消波ブロックが全体的に崩れている。



護岸・被覆工	損傷、ずれ、目開き等 水中部傾斜・はらみ出し
消波・根固工	ブロックのずれ、損傷
河床	洗掘、吸出し土砂の堆積

A-A' 断面形状を設計図面と比較 → 復旧工の必要性検討
→ 維持管理計画(長寿命化等)の策定

水中3Dスキャナーの評価（一部抜粋）

出展：次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進 水中維持管理技術の評価結果

国交省 次世代インフラロボ実証試験で**最高評価を取得し、試行的に導入された。**

<http://www.mlit.go.jp/common/001125345.pdf>

評価項目	国交省 次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 評価	
濁水対応	濁度に拘わらず面的な状態把握が可能。	◎
コスト比較 (比 潜水目視)	潜水目視と比較した場合、約6割に低減(河川 自走式ロボ)。 水深40m(潜水限界)以深で費用対効果の面で有利(ダム ROV)	◎
位置把握精度	位置特定誤差は概ね10cm程度、矢板部の寸法誤差率3% (極めて高精度)	◎
対応流速	自走式ロボでは0.7m/sec、モーションスキャンでは約2m/secで測定	○
最大水深	水深200mでの使用実績有(鹿児島県錦江湾 ROV)	○
機器の搬入・撤去	機材がコンパクトで、荷下ろしは人力だけで可	◎
汎用性	他の多くの現場において効果を発揮できる。	◎
確認項目	国交省 京浜港ドックで確認された事項(上記以外)	
安全性	万全の安全対策が前提となる潜水作業を必要としない	-
再現性	様々な3次元データと統合可能。継続モニタリングデータとして活用可	-

◎：優
○：良
△：普
×：不

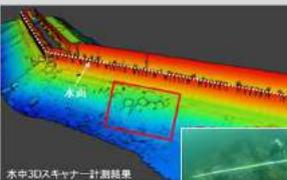
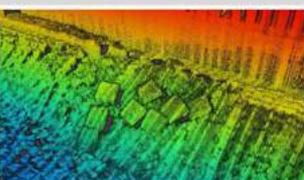
9

9

水産庁 漁港施設の点検・診断技術の高度化検討

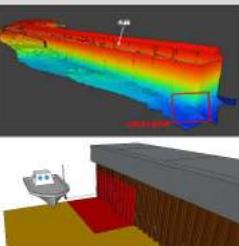
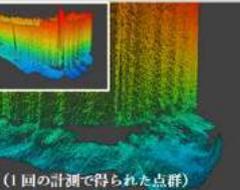
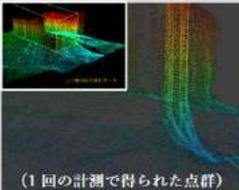
3DSCは漁港施設の点検・老朽化度判断に適用可能。微細な変状は判断不可。

被覆工

	潜水目視による 老朽化度の判断基準	判定可否	
		3DSC	マルチビーム
a	被覆工の散乱があり、かつ捨石材の流出が見られる。	○	○
b	被覆工の散乱がある。	○	○
c	---	---	---
d	老朽化なし。	○	○

重力式防波堤

	潜水目視による 老朽化度の判断基準	判定可否	
		3DSC	マルチビーム
a	性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。 幅1cm以上のひび割れがある。	○	×
b	小規模な欠損がある。	○	△
c	幅1cm未満のひび割れがある。	×	×
d	老朽化なし。	×	×

・ a～b（10cm以上の欠損）で適用可能
 ・ マルチビームより適用性高いが、ひび割れは不可

第16回 企業技術説明会

10

10

水産庁 漁港施設の点検・診断技術の高度化検討

3DSCは漁港施設の点検・老朽化度判断に適用可能。変色・発錆は判断不可。

電気防食工

	潜水目視による老朽化度の判断基準	判定可否	
		3DSC	マルチビーム
a	陽極の欠落又は全消耗。	○	○
b	陽極取付の不具合 (ボルトのゆるみ等、軽微なものは判別不可)	○	○
c	---	---	---
d	欠落等の異状なし。	○	○

矢板護岸

潜水土目視 点検結果

潜水目視で確認した開口部
 スキャナーで確認した開口部
 ブロックの陰 (点群未測)

水面

開口部 縦約0.8m

奥行 約0.5m

	潜水目視による老朽化度の判断基準	判定可否	
		3DSC	マルチビーム
a	腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある。 開孔箇所から裏材材が流出している兆候がある。	○ 10cm程度 L.WL付近計測○	△ 50cm程度 L.WL付近計測×
b	L.WL付近に孔食がある。 全体的に発錆がある。	×	×
c	部分的に発錆がある。	×	×
d	付着物は見られるが、発錆、開孔、損傷は見られない。	×	×

潜水目視と音響機器計測との効率性比較

第16回 企業技術説明会

【計測条件】：

- 水面～水深10mまでの構造物を対象とする。
- 3DSとマルチビームは計測面積の30%を潜水調査でも確認する。

【計測面積】

- 3DSとマルチビーム：100,000m²/日、潜水調査：1,200m²/日

点検費用 (万円) vs. 点検面積 (m²)

3,600m² 4,800m²

計測条件イメージ

計測対象範囲

潜水目視を実施 (全体の30%)

3,600m²または4,800m²より広い場合は水中3Dスキャナーが安価

水産庁 漁港施設の点検・診断技術の高度化検討



単一の調査手法では老朽化診断の全てをカバーできない

第16回 企業技術説明会

計測条件 作業環境	広域の全体形状把握				クラック、 変色、発錆等 の微細な変状
	陸上部	水深0m ~2m	水深2m ~15m	水深15m 以深	
UAV、 レーザー	○	×	×	×	○
水中3D スキャナー	×	○	○	×	×
マルチーム	×	×	○	○	×
調査員、 潜水目視	-	-	-	-	○ (水深20m)

- 点検対象に合わせて各手法の長所を組み合わせることが必要
- 最適な組み合わせは点検対象・条件により変化



センシング技術を活用した漁港施設の点検の手引きを作成。R3.3月に公表。漁港管理者が活用。
https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/index.html

【音響機器による点検の課題】

- 音響機器では、コンクリートのひび割れや小規模欠損、鋼材の開孔や発錆などの老朽化の初期段階の検出は困難
- 潜水士の作業軽減のためこれらを代替する点検方法が必要



13

13

いであの（水中）可視化技術まとめ



第16回 企業技術説明会

- 目的やフィールドに応じて機器や移動体を使い分け、最も効率的な方法で計測
- 陸上の構造物・地形や地質データと統合（空間情報の可視化）
- 国土交通省、水産庁の実証試験や共同研究を通して、水中3Dスキャナーの精度・効率性等を評価



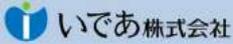
- 国土交通省 新技術情報提供システム（NETIS）登録 KT-180031-A
水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握システム
「i-UVS (Intelligent-Underwater Visualization System)」
- 第3回「インフラメンテナンス大賞」 国土交通省 優秀賞 受賞（2019年9月）
「水中3Dスキャナーを活用した水中可視化技術」
- 日本水環境学会 2019年度 技術奨励賞 受賞



14

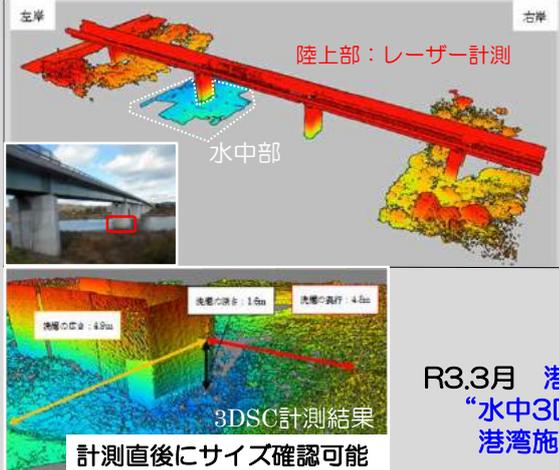
14

国土交通省インフラ定期点検への活用



第16回 企業技術説明会

H27開発技術が、R2に道路、R3に港湾施設の定期点検へ活用可能となった。
 機器の高性能化に伴い定期点検にレーザー・音響機器（点検支援技術）の活用が可能となった。



橋梁基礎 現地実証試験、水中部3D計測

↓
 実証試験結果とりまとめ
 過去に実施したインフラロボ、
 京浜港ドックの公表結果も提示

試験結果報告、TV会議

↓
 有識者審査

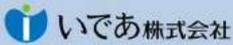
R2.6月 3DSC可視化技術が点検支援技術に登録
 “計測・モニタリング技術（橋梁）BR030024-V0020”

橋梁定期点検 橋脚基礎の洗堀確認で活用可能

R3.3月 港湾の施設の新しい点検技術カタログ（案）に登録
 “水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握システム”
 港湾施設の定期点検で活用可能

15

陸上可視化機器（レーザー・画像撮影）の紹介



第16回 企業技術説明会

陸上はレーザー・画像により3D計測（音響に比べ高精度、高密度、広範囲）

【既存技術】

3Dレーザー・スキャナ



Mobile Mapping System



- レーザーにより3D計測
- カメラによる画像撮影
 ⇒3D点群にRGB（色）データを追加
 ⇒ソフトによる画像の3D化

3D点群データ → RGBデータを反映

【いであ独自技術】

ヘリ型UAV（長時間・自律飛行可能）




船舶機装MMS

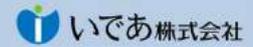


UAV	
機体寸法（ローター展開時）	2360×400×660 mm
機体重量（動力用バッテリー含まず）	7.46 kg
最大ペイロード	16 kg
最大飛行時間	約50分（無風時）

- 高性能3Dレーザー・スキャナ、各種カメラ搭載
- 港湾の施設の新しい点検新技術に応募中

16

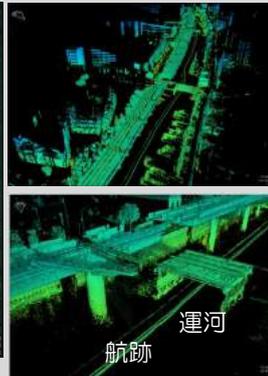
MMS、AUV等による臨海道路・漁港の広域計測事例



陸上からは計測できない海岸直近の道路・橋脚の計測・点検

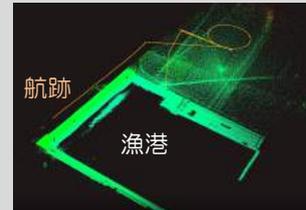
第16回 企業技術説明会

【船舶機装MMSによる首都高（生麦付近）下部計測事例】



アクセス困難な区域（臨港道路、沖防波堤、災害箇所等）を短時間で効率的に計測

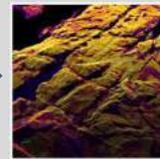
【ヘリ型UAV計測事例】



複数枚画像撮影、
統合・補正



3D点群化



17

17

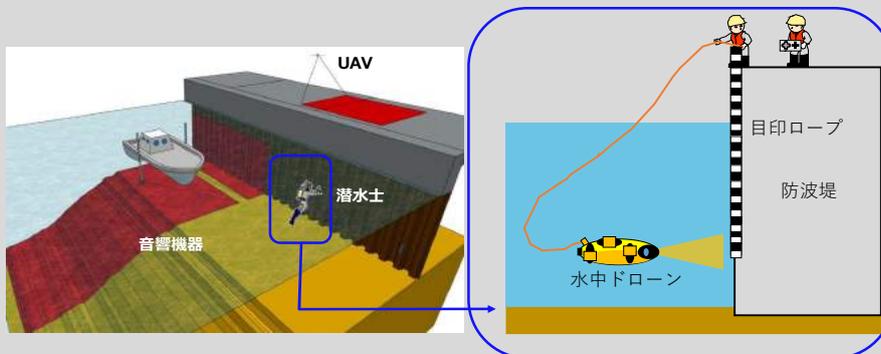
水中ドローンによる水中可視化技術の開発



水産庁 漁港長寿命化 実証試験

第16回 企業技術説明会

- 高性能化・一般普及が進んだ光学機器により小規模変状（ひび割れ、発錆等）を画像撮影・変状確認
- 水中ドローンにより適用条件や老朽化判別精度を検証



【水中ドローン (FIFISH V6PLUS)】
機体サイズ: 383mm × 331mm × 143mm
空中重量: 5kg
最大速度: 3ノット
駆動時間: 6時間
カメラ解像度: 12MP、4K UHD
カメラ視野角: 水平166°
ライト照度: 6000ルーメン

18

18

現地試験結果 面的撮影 統合画像の作成

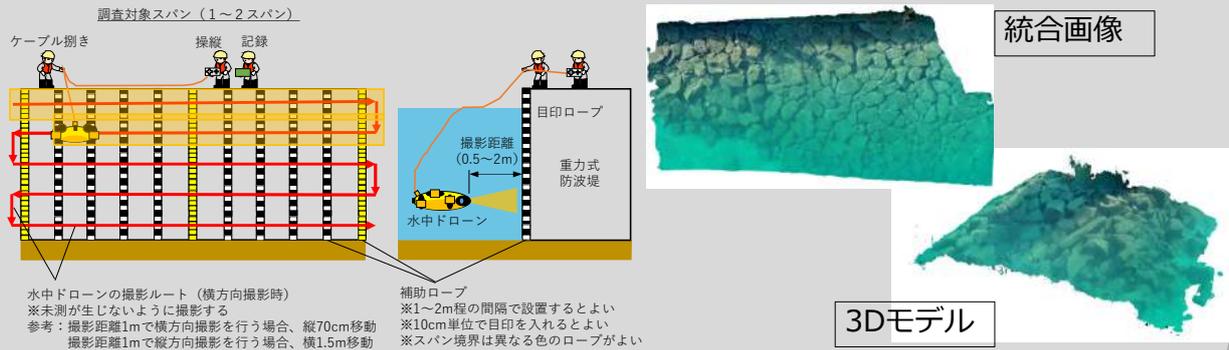
いであ株式会社

撮影した動画から撮影対象区域全体の静止画（統合画像）を作成

第16回 企業技術説明会

【面的撮影方法】

- 対象スパン全体を上下または左右に移動しくまなく撮影。
- 動画から市販ソフトで**0.3~0.5秒ごとに静止画をキャプチャ**
- 数百枚の静止画を市販ソフトで処理して統合。空中ドローンでは一般的な手法だが、**水中動画はブレが大きく濁り等により画質も低い**ため**従来型水中ドローンではうまくいかなかった。**
→流れや波により水中ドローンの姿勢や撮影対象までの距離が不安定。画質は1080p（空中ドローンは4K）
- 最新型水中ドローン**では水中姿勢が安定しているため動画のブレが小さく4Kのため**統合画像、3Dモデルが作成できた。**



19

現地試験結果 CO（コンクリート）構造物

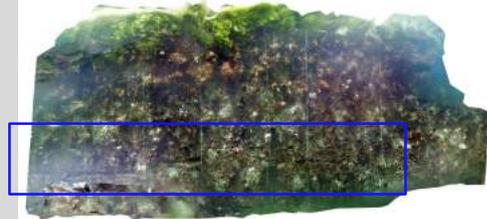
いであ株式会社

面的撮影結果：動画から静止画をキャプチャ・統合したモザイク図を作成

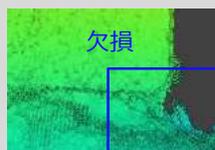
第16回 企業技術説明会

最新型水中ドローン 4K 歪み小さい

従来型水中ドローン 1080p 歪み大きい



水中ドローン



水中3Dスキャナ



水平移動撮影



鉛直移動撮影

- 最新型、従来型とも動画から欠損や微細なひびを明瞭に確認。
- 最大流速が0.4m/sと速く従来型の水中姿勢や動画は不安定。
- 流速が速い場合は、鉛直移動による撮影では水中ドローンが流されて未撮影部が発生した。

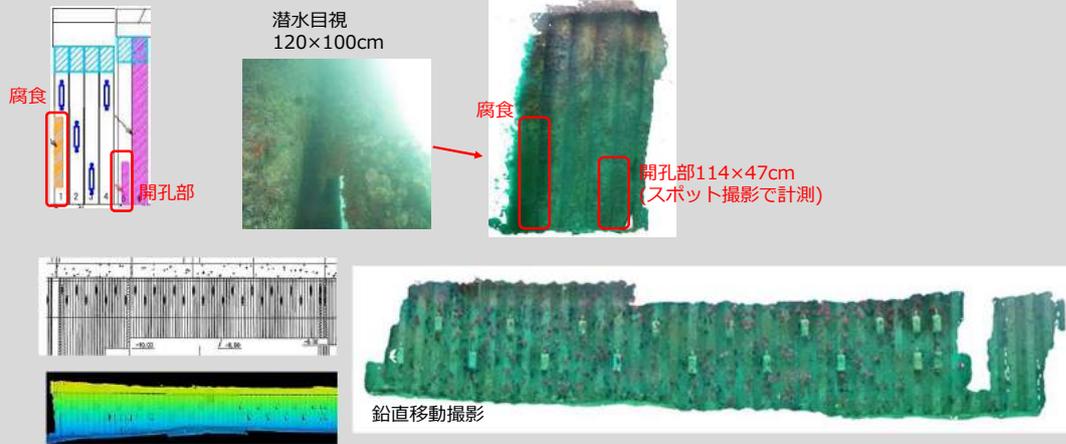
20

現地試験結果 鋼構造物

いであ株式会社

面的撮影結果：動画から静止画をキャプチャ・統合したモザイク図を作成

第16回 企業技術説明会



- 最新型、従来型とも動画から腐食や開孔部を明瞭に確認できた。
- 鋼矢板は凹凸が鉛直方向に連続しているため、鉛直移動による撮影が効率的であった。

21

21

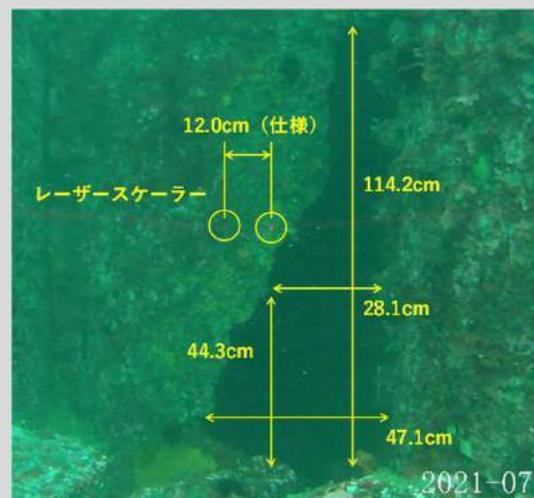
現地試験結果 レーザースケイラーによる計測

いであ株式会社

スポット撮影結果

第16回 企業技術説明会

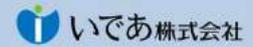
- レーザースケイラーはスポット撮影による変状サイズ確認に有効であった。
- 機種によりソナーによる距離ロックやAIによるフォーカスロック等の機能がある。



22

22

現地試験結果 まとめ



第16回 企業技術説明会

- 計測対象としたすべての変状に対し、水中ドローンの適用性が確認できた。
- 水産庁「光学機器を用いた水産基盤施設の水中心点検の手引き」R4. 3月公表
https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_gideline/attach/pdf/index-83.pdf
- 港湾の施設の新しい点検技術 水中ドローンを使用した海洋構造物の点検（他社）
- NETIS KTK-210002-A 水中自航型カメラ（水中ドローン）による水中設置物の保全点検技術（他社）

光学機器による計測対象		構造	水中ドローンの適用性
C O 構 造	本体ブロックの欠損	ケーソン式直立堤	○
	ひび割れ W=1~3mm	重力式	○
	欠損、ひび割れ W=5~30mm	コンクリート直立堤	○
	欠損、ひび割れ W=0.5~3mm	コンクリート直立堤	○
鋼 構 造	発錆、電気防食	矢板式護岸	○
	開孔、発錆	鋼管矢板式護岸	○
	開孔	直立式鋼管棧橋	○

23

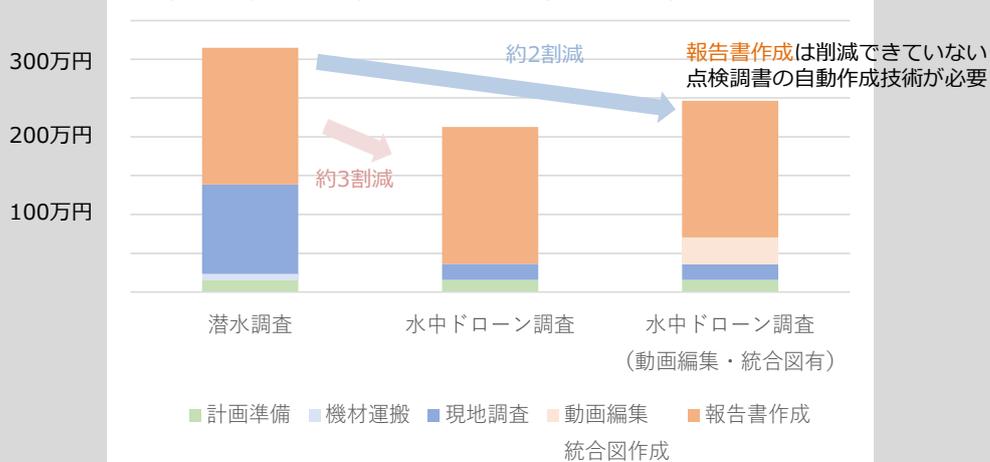
潜水目視との費用比較（大まかな試算）



点検面積が3,600m²の場合

第16回 企業技術説明会

現地調査日数：潜水調査⇒3日 水中ドローン調査⇒2日



水中ドローン調査は潜水調査に比べ約3割の費用減

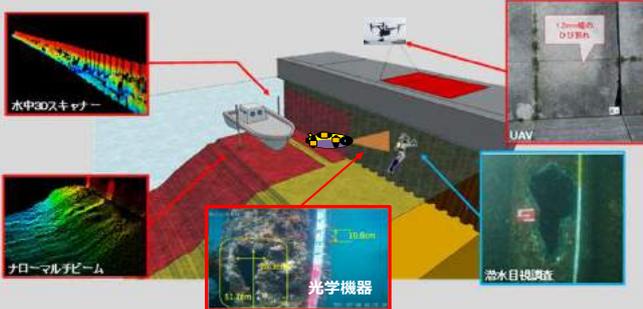
24

今後の展望・課題

いであ株式会社

第16回 企業技術説明会

目視点検など約4000項目の**アナログ規制見直し**
 カメラやドローンなど**デジタル技術利用**（岸田総理が発表）
 （2022/6/3 各社報道）



- あらゆる場を通じて**普及促進**を図る。
- 動画から作成した「統合図」は**正確な位置情報が付与されていない**
 ⇒**水中測位**・画像解析技術の向上が必須
 （メーカーに期待）
- ケレン・非破壊試験等、**潜水作業が**
必要な点検分野が残されている。
 ⇒さらなる新技術の開発・導入が必要。

御静聴、ありがとうございました。

25