

水中点検フLOATロボットのご紹介



 **朝日航洋株式会社**

2018年11月

朝日航洋の紹介

本社所在地: 東京都江東区新木場四丁目7番41号

資本金 : 3,192,500千円

創業 : 1955年7月20日

社員数 : 技術826人 事務541人(うち営業180人、一般事務361人) 全社合計1,367人

主要株主 : トヨタ自動車株式会社 99%

主要取引 : 国土交通省、海上保安庁、農林水産省、環境省等中央省庁、地方公共団体、JR各社、
NTT株式会社各社、高速道路株式会社各社、関西電力株式会社、帝国石油株式会社他

当社を支える二つの事業

空間情報事業

航空機を用いた空間情報の計測・解析
を基盤としている事業

航空写真撮影



MMS
(モバイルマッピングシステム)



航空レーザ計測

航空事業

航空機を利用した
旅客移送や物輸等を行う事業



ドクターヘリ運航



ビジネスジェット運航



物資輸送

1. 水中点検フロートロボットについて

2. 測深・海底状況把握 技術検証

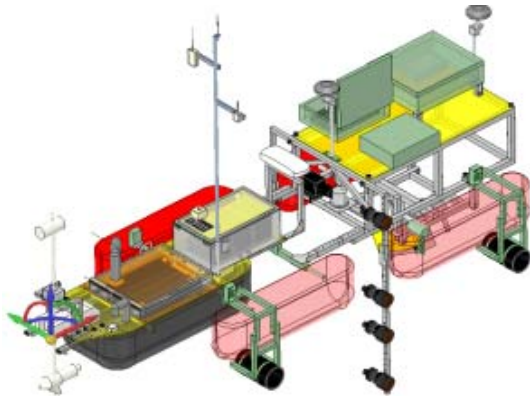
3. 栈橋点検における技術検証

4. 適用箇所

1. 水中点検フットロボットについて 開発の推移

平常時の河川において、航空測深システム（ALB）による提体・河道・河床全体の広域概査点検で把握困難な、橋梁下や護岸側面、深部河床の精査点検を可能にするロボットの推移

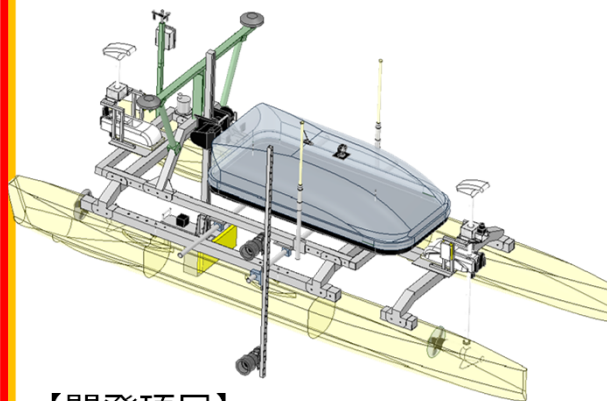
平成27年度 国土交通省
「次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入の推進」
試行的導入推薦機



【課題】

- ・多様な現場条件に則する運動性能の向上
- ・進水・陸揚げ含めた現地工程の効率化
- ・自動航行技術の確立

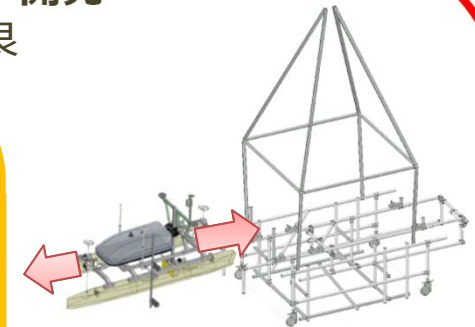
平成28年度 開発
委員会から得た評価結果を元に改良



【開発項目】

- プラットフォーム刷新による
- ・運動性能の向上
- ・艀装、計測、陸揚の省力化
- ・操船支援機能の検討

平成29年度 開発
機能改良



【開発項目】

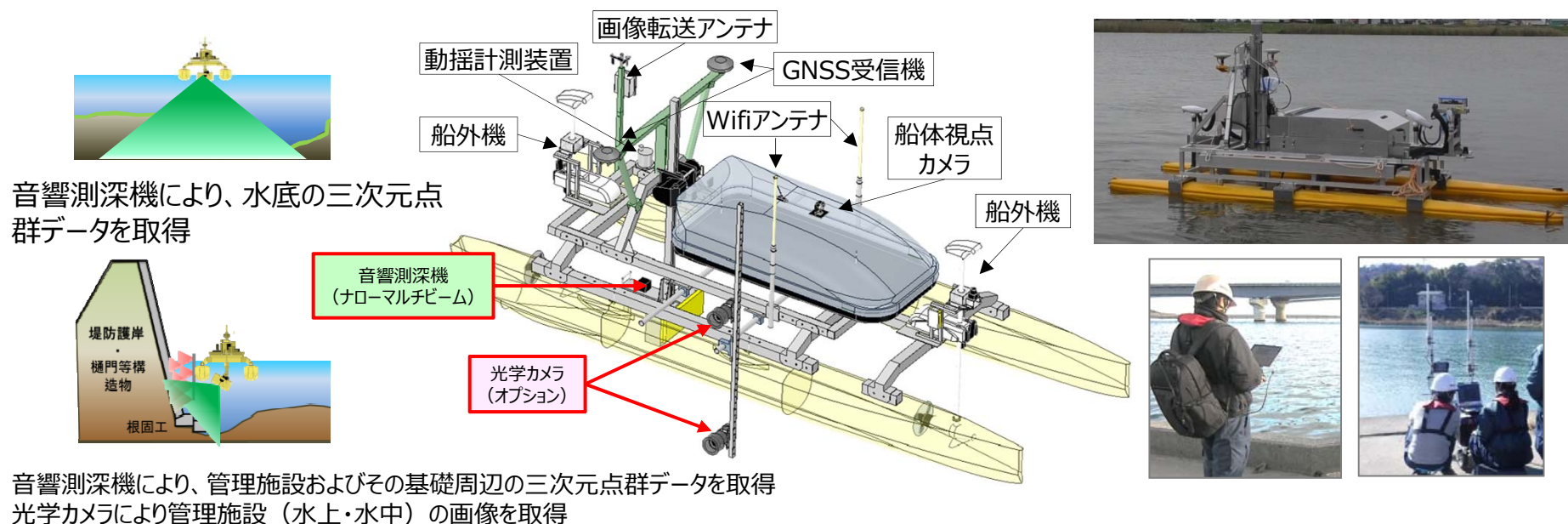
- 機能向上開発
- ・通信／動力制御の改良
- ・操船支援機能の確立
- ・自動航行機能の確立

水中点検フオートロボット概要

水中点検フオートロボット（NETIS登録番号：KT-180072-A）

ナローマルチビーム式音響測深機搭載の自動航行機能付き遠隔操船式フオート型ロボット。本技術は公共測量17条適用技術となります。

※国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）による助成事業で研究開発



音響測深機により、管理施設およびその基礎周辺の三次元点群データを取得
光学カメラにより管理施設（水上・水中）の画像を取得

寸法・重量	全長/全幅/全高	4550mm / 1695mm / 2000mm
	重量	350kg
主要搭載物	動力	船外機 × 2
	バッテリー	Li-ION 12V80AH × 2 Li-ION 24V80AH × 2
	対応可能ソナー	Sonic2024 / Sonic2022 (R2Sonic社)

運動性能	最大航行速度	2.0m/s
	対応流速	1.5m/s
測深性能	動作周波数	200 ~ 400kHz
	測深分解能	1.25cm
	単一ビーム幅	Sonic2024 : 0.5°× 1.0° Sonic2022 : 1.0°× 1.0°

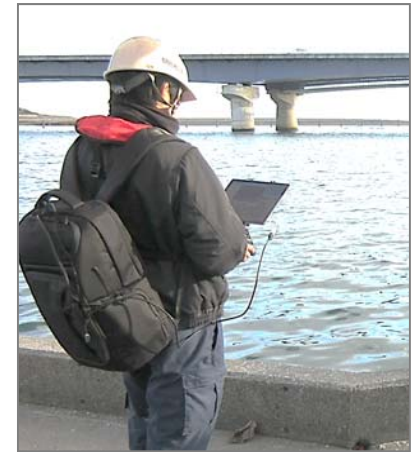
有人スワス測深との比較



水中心検フロートロボット(パッケージ)



地上局(計測オペレータ)



操船者

2. 測深・海底状況把握 技術検証 海洋・港湾技術の早期実用化に向けた実証実験

背景及び目的

- 安全で効率的な港湾技術の開発ニーズの高まり
⇒ 港湾事業の生産性向上のため、設計・施工・維持管理等の分野で3次元データを活用(理想)
⇒ 上記の早期実用化に向けた精度検証を実施し、i-Construction推進のために必要なマニュアル整備を図る

実施項目

- A) 回転翼に搭載された航空レーザ測深機(ALB;ライカ社キロプロテラⅡ)の実証と精度検証
- B) 遠隔操作可能な水中心検ロボットシステム(以下、水中心検ロボ)に搭載したスワス測深機(R2ソニック社 ソニック2024)の測深精度の検証
- C) 公募課題に対する適用性、運用性、経済性の考察の実施

実証試験内容



実証試験の具体的目標

A) 回転翼ALB

- 具体的な目標:
 - ・水平精度 20cm以内 (20cm以内)
 - ・高さ精度 15cm以内 (2cm以内)
 - ・計測密度 1.5点/㎡ (12点/㎡) ※()内は陸上
- 検証項目: ALB
 - ・陸上及び水中の限界分解能の検証
 - ・極浅水域における測深限界の検証(水深0~0.5m程度)
 - ・水深別の測深精度検証(水深0.5~5m程度)
 - ・反射率における測深性能への影響検証

B) 水中心検フロートロボット

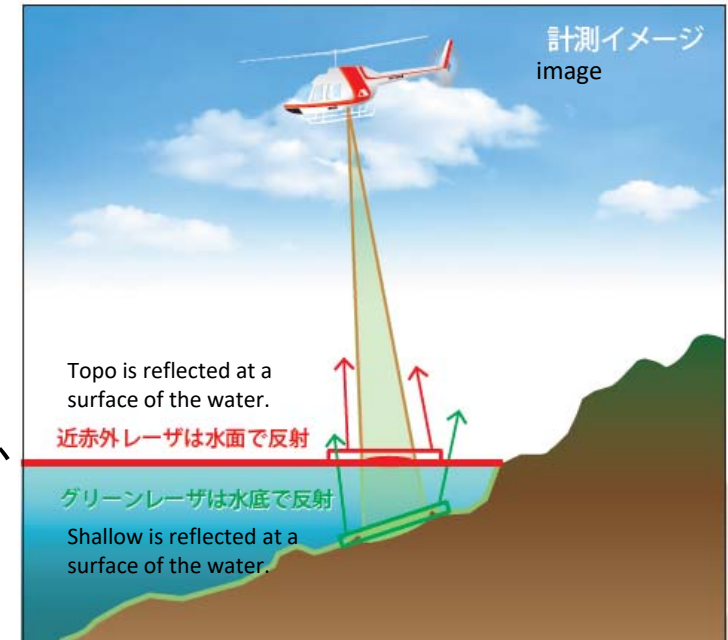
- 具体的な目標:
 - ・水平分解能: 8cm (対象物への距離5mの場合)
 - ・水平分解能: 16 cm (対象物への距離10mの場合)
 - ・垂直分解能: 1.25 cm (レンジ分解能)
- 検証項目: 音響測深機
 - ・水中での限界分解能の検証
 - ・極浅水域における測深限界の検証(水深0~1m程度)
 - ・水深別の測深精度検証(水深0.5~5m程度)

海洋・港湾技術の早期実用化に向けた実証実験

【参考技術】

□ALB (Airborne Laser Bathymetry)

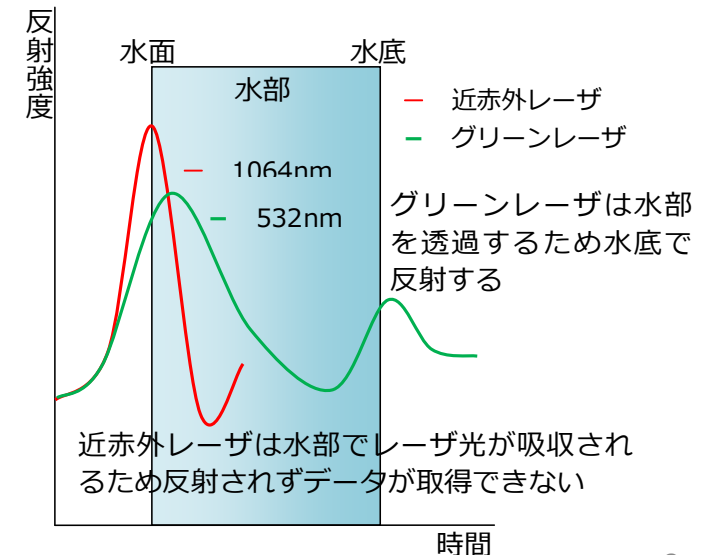
航空レーザ測深は、現在では一般的に陸上部で使用されている近赤外レーザ（波長1064nm）と、水中に貫入するグリーンレーザ（波長532nm）を組み合わせ、従来の陸部の地形データに加え、水底の地形や構造物を測量する航空レーザ測量システム。



□測深方法

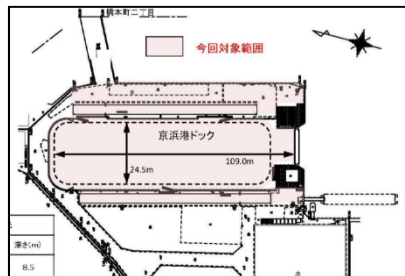
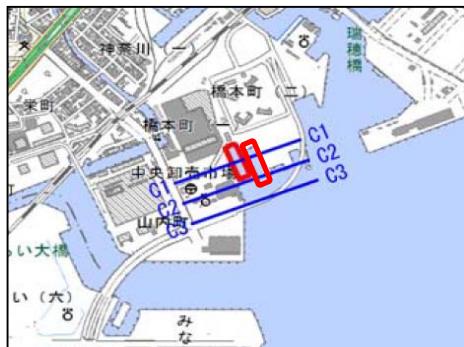
近赤外レーザとグリーンレーザが同時に水面に発射され、近赤外レーザの水面までの往復時間と、水中部を含むグリーンレーザの往復時間との差が水深として求められる。

⇒ 陸と水部のシームレスな三次元化が可能になる



海洋・港湾技術の早期実用化に向けた実証実験

検証フィールド



横浜市神奈川区山内町

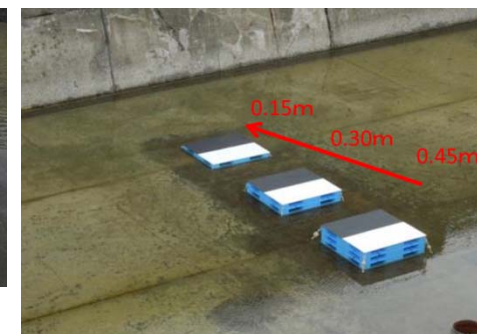
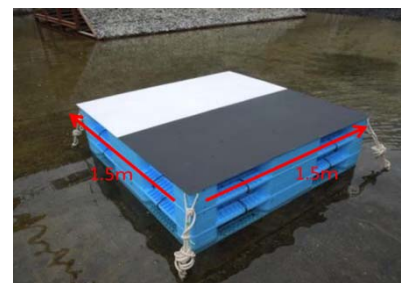
検証の様子



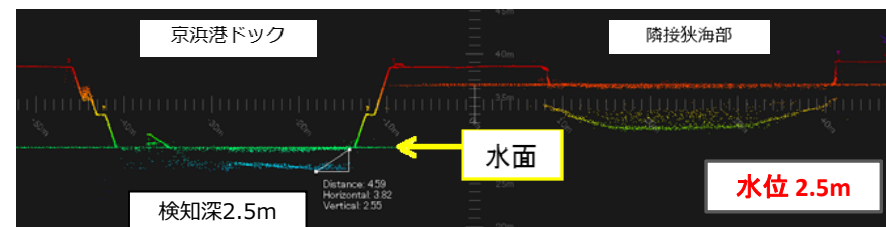
実施成果1

1. 機材の精度検証-ALB

:ドックに試験体を設置し、位置精度、反射強度の精度を確認



- ・1.5m×1.5mの対空標識を設置
- ・反射強度によるデータの差異を検証
- ・三段階の高さ(0.15m・0.30m・0.45m)の試験体で精度検証を実施



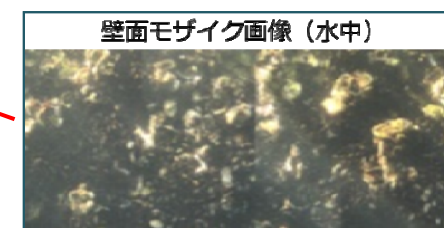
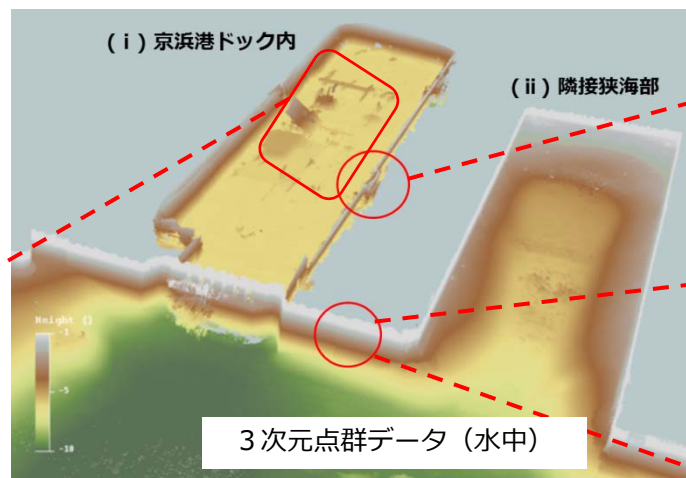
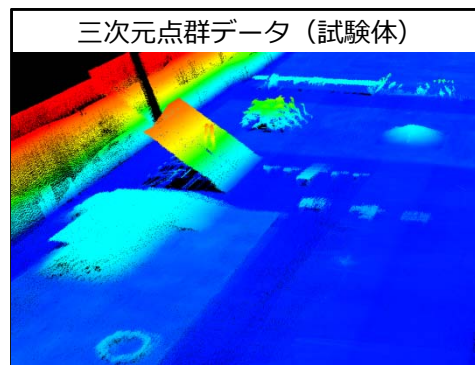
【成果】

- ・隣接狭海部ではある程度定量的に測深することができたが、ドック内の試験体は濁度の影響で明確に認識できない箇所もあった。
- ・計測の指標として透明度の他に水質が測深性能へ影響を及ぼしている。

海洋・港湾技術の早期実用化に向けた実証実験

実施成果2

2. フィージビリティの検証－水中点検ロボ :各種フィージビリティを技術的に確認する



【成果】下表にまとめる

デバイス	(i)	(ii)	課題/考察	点検・調査対象	実現性	今後の取組み
音響測深機 (Sonic2024/2022)	○	○	構造物や海底に沈んだ物の詳細形状が把握し難い。	浚渫・埋立 航路啓開	A B	■小型・軽量・省電力な音響測深機/3Dスキャナー搭載検討
光学カメラ（水上）	○	△	波の影響で画像のブレが大きい。 対象に高さがあると傾きが大きく、撮影手法やその後の加工処理に工夫が必要。	栈橋上部工 橋梁上部工 護岸、ケーソン	B A B	■カメラの姿勢制御機構、撮影手法、撮影補助具、の検討
光学カメラ（水中）	—	▲	波の影響で画像のブレが大きい。 ハレーションや光量不足によるピンボケの対策必要。 濁度による視認性の低下。 付着物（貝等）で対象が隠れてしまっている。	護岸、ケーソン	C	■狭いエリア、GPSが受からないエリア、への対応
ロボット運動性能	○	○	(ii)の着水・陸揚において、波の影響により作業が長時間化。 (ii)の護岸撮影において、壁に打ち付けられ機器が破損する危険性あり。			■着水陸揚の簡便化、耐波性の向上 ■機体の小型化、自動航行、の検討

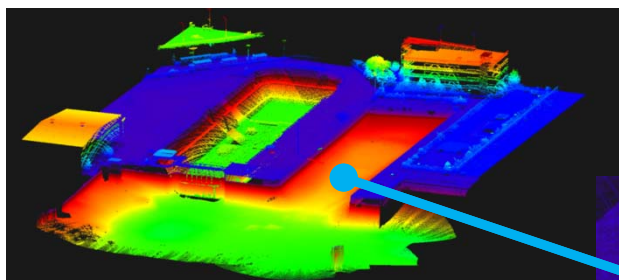


海洋・港湾技術の早期実用化に向けた実証実験

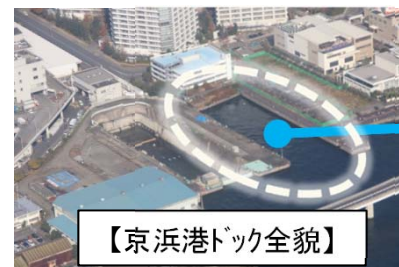
実施成果3

3. 港湾調査における新技術の活用－ALB+水中心検口ボ

: 概査 (ALB) と精査 (水中ロボ) を融合した実証実験を行う



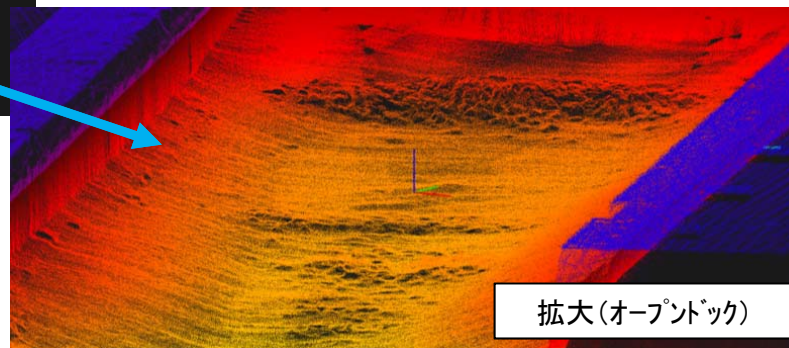
回転翼ALB & 水中心検口ボ (エリア全体)



【京浜港ドック全貌】



【オープントック (隣接狭海域)】



拡大 (オープントック)

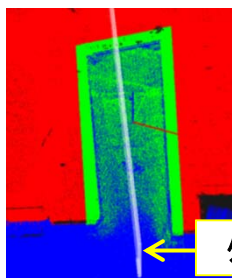
【運用フィジビリティ】

◆ 回転翼ALB

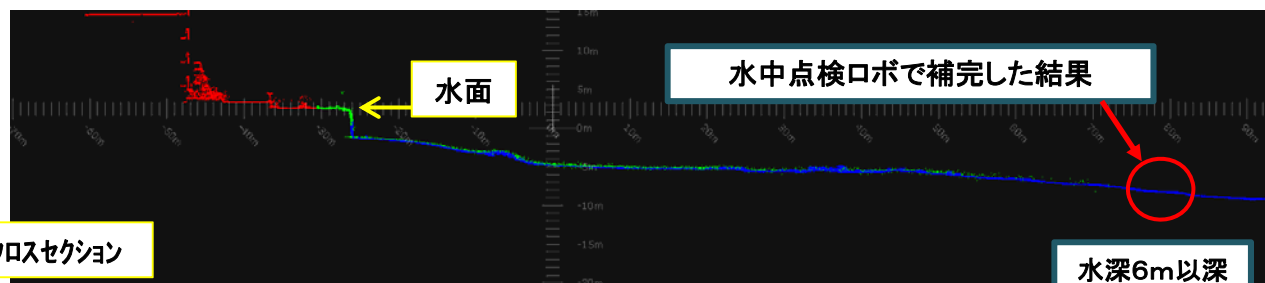
: 広域・浅海部での3D計測

◆ 水中心検口ボ

: 深海部での3D計測、
工学カメラによる異常箇所の抽出



クロスセクション



水中心検口ボで補完した結果

水面

水深6m以深

赤: 近赤外レーザ
緑: グリーンレーザ
青: 水中心検口ボ
白: 縦断測線

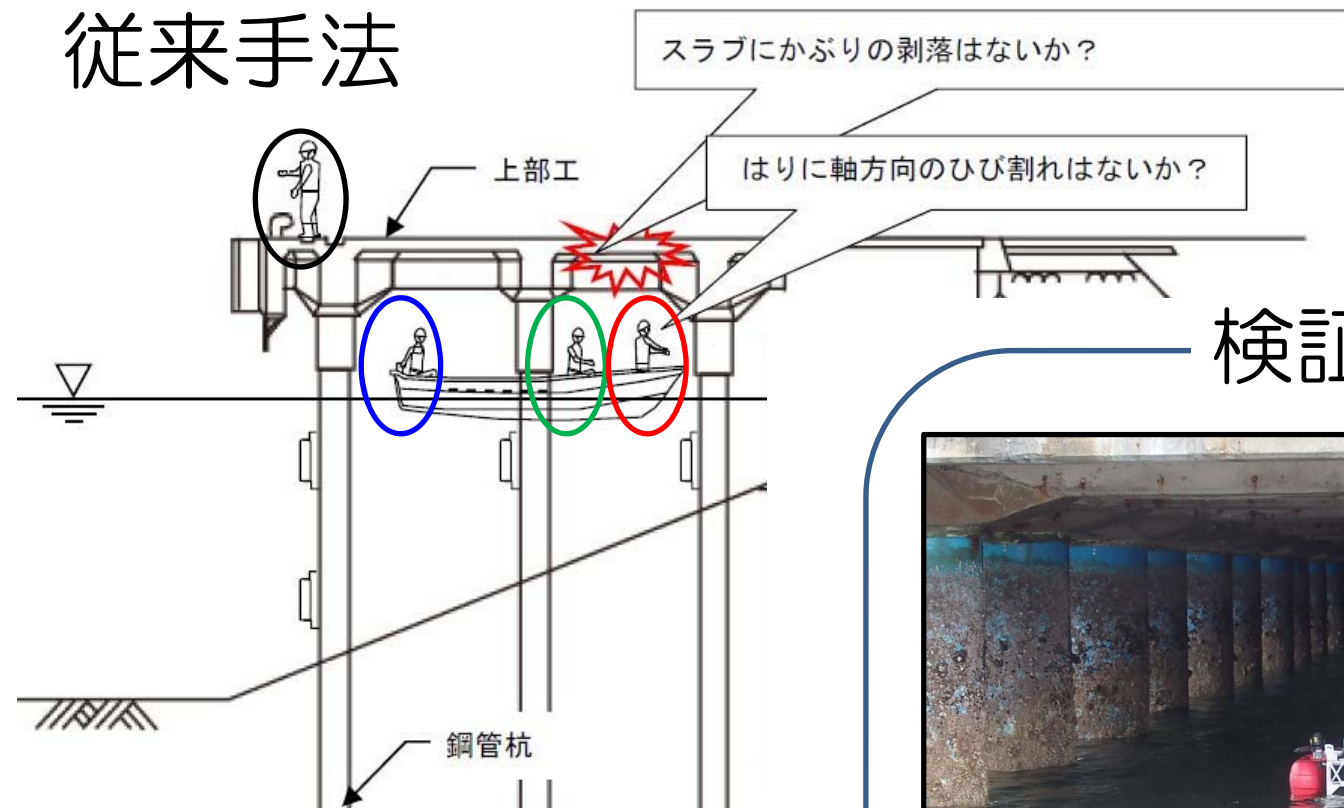
縦断面図 (隣接狭海部)

【成果】

- ・相互のメリット (浅瀬域でのデータ取得、濁度による欠損の補間) を活かした点群データを活用し、陸部および水部の3次元点群を標高で彩色したモデルの取得が可能 → 航路啓開調査、低潮線調査、人工リーフの維持管理に有用
- ・水面より上部を光学カメラで撮影し、モザイク処理した画像 → 棧橋調査、人工リーフの維持管理に有用

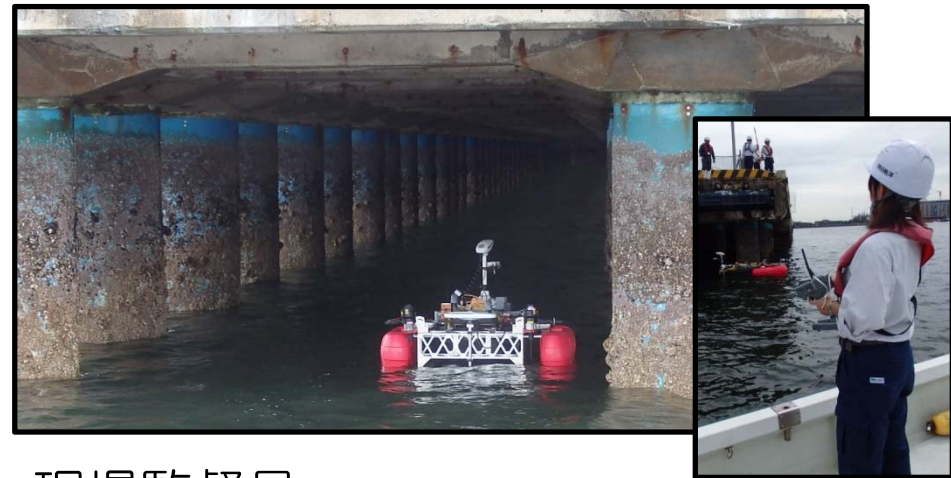
3. 棧橋点検における技術検証 棧橋上部エコンクリート下面計測

従来手法



* 国土交通省港湾局港湾施設点検診断ガイドライン
より抜粋

検証手法



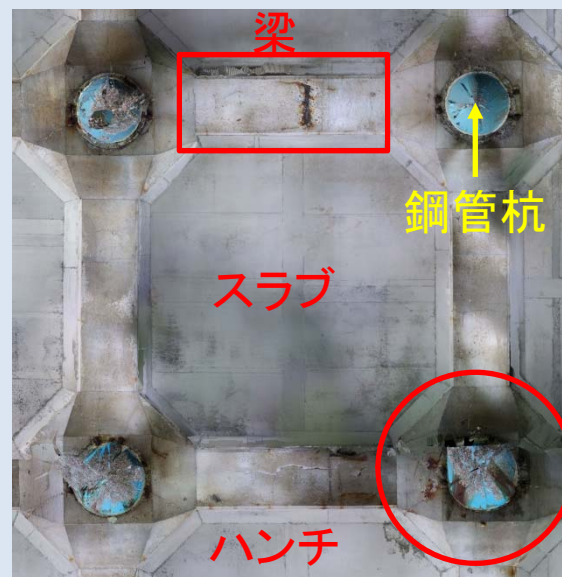
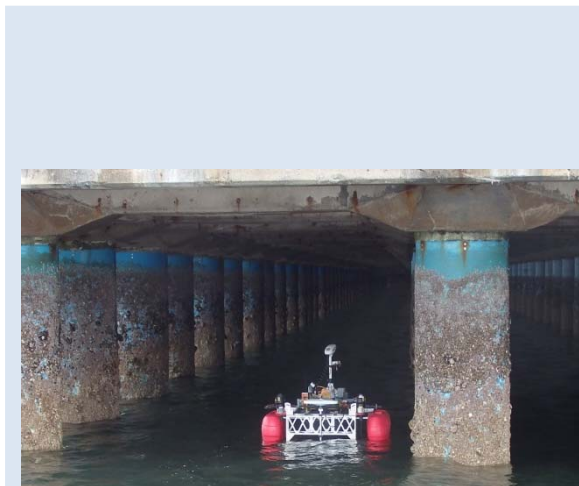
現場監督員
操船者⇒ロボットの遠隔操縦
記録員⇒カメラ⇒写真測量技術者
診断士⇒三次元モデル等⇒机上確認
安全管理者

栈橋上部エコンクリート下面計測

課題と対策

栈橋下での危険な作業

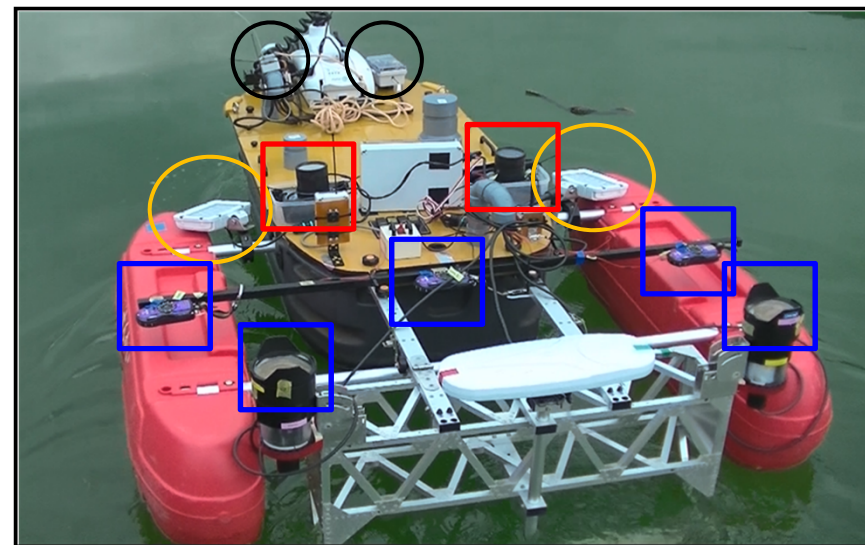
GNSS衛星の電波を受信できない。⇒プロポによる円滑な遠隔操作が必要である。
光源が減衰する。⇒判読可能な画像を取得する必要がある。
スラブと梁の比高は約1.0mある。⇒隠蔽部に対する対策が必要である。



栈橋上部エコンクリート下面計測

浅海艇観測システム

(NETIS登録番号：CBK-16003-A)
をプラットフォームとした、栈橋上部エ
コンクリート下面の効率的なカメラ計測
の試み



課題	対策
光源減衰	LEDライト設置(2基)
解像度確保	高解像度一眼レフカメラ設置 (CANON EOS-M2 1800万画素、2台)
隠蔽部軽減	一眼レフカメラ広角レンズ変更 補備用カメラ設置 (RICOH/PENTAX WG-3 コンパクトデジカメ3台) (PANASONIC HD VIDEOデジタルビデオ2台)
円滑な遠隔操作	前方監視カメラ設置(Imitech IMC-922+Cマウントレンズ) レーザ距離計設置(PulsedLight LIDERLite1)

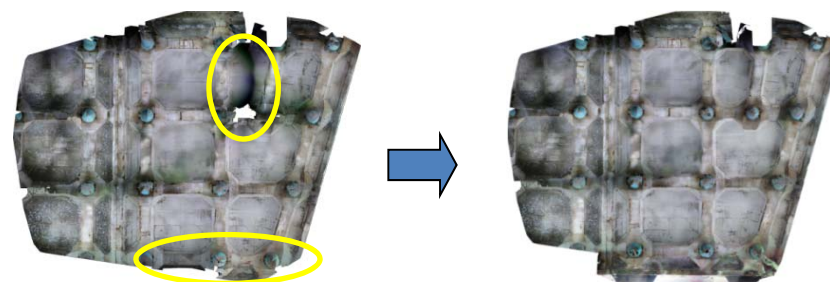
栈橋上部エコンクリート下面計測

解析処理（机上作業）

SfM/MVS処理による三次元形状復元処理

工程	備考	使用ソフト
標定点設置	栈橋下では、GNSS受信が不可能であるため、標定点を竣工図より取得	MicroStation V8i (SELECTseries 3) 【Bentley社製】
色調補正 /画像修正	後続作業の精度向上のため、取得画像を均一化。またモザイク画像に不備があった場合の修正。	Photoshop (CS4 64Bit) 【Adobe社製】
三次元モデル /モザイク画像作成	効率的な相互標定や三次元モデル作成に使用	Pix4Dmapper (Ver.2.1.58) 【Pix4D社製】
損傷箇所の解析と判定	損傷箇所の面積、幅等より判定結果を算出	ArcGIS 【ESRI社製】

- ・隠蔽部における欠損部の修正
- ・コンパクトデジカメで取得した撮影画像にて補完



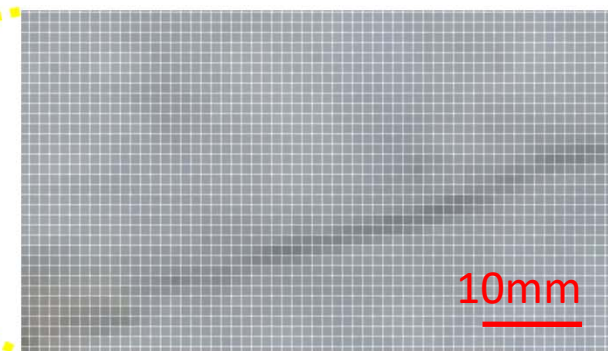
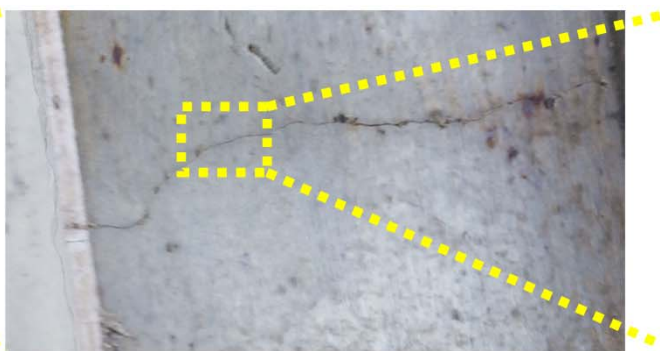
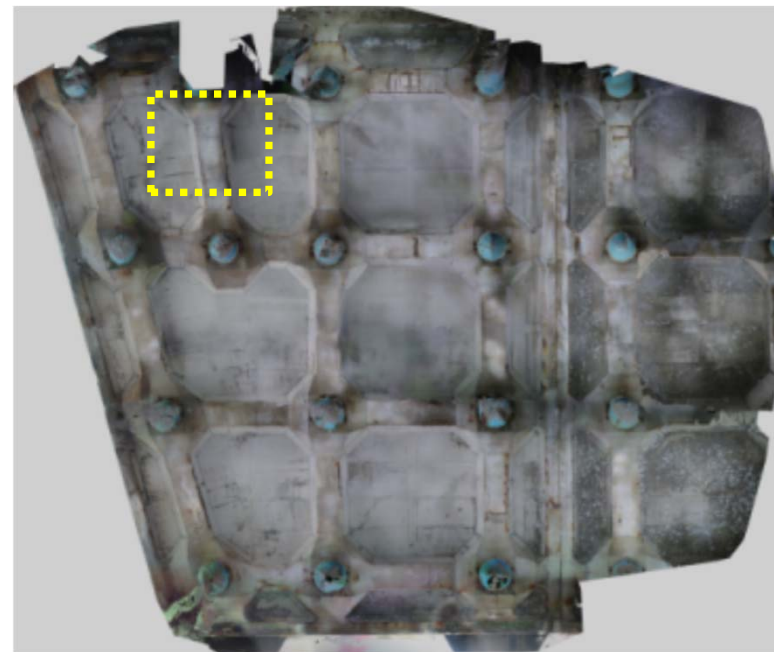
補完前

補完後

画像損傷箇所 の測定 【モザイクオルソ】

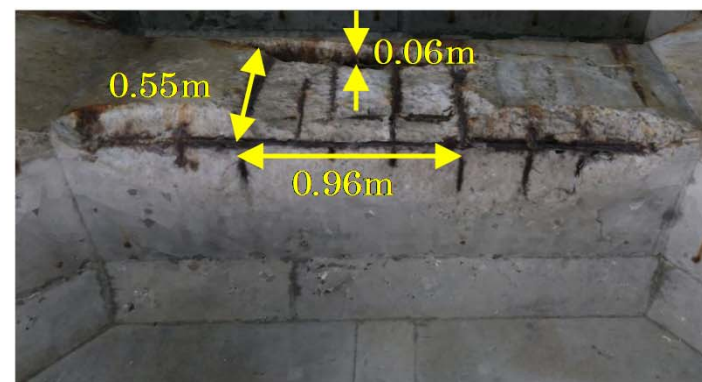
地上画素寸法1mmのモザイク画像
より画像損傷箇所の測定を実施した。

結果、1mm程度のひび割れを測定
することができた。



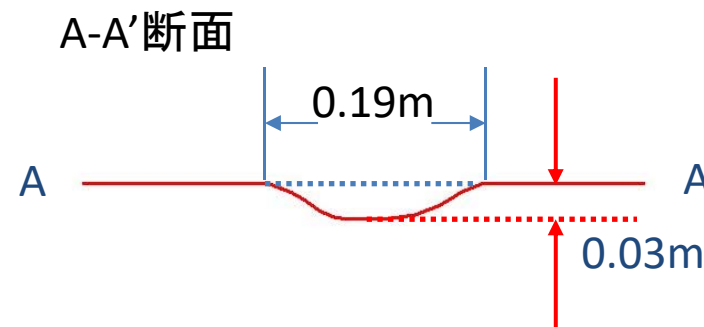
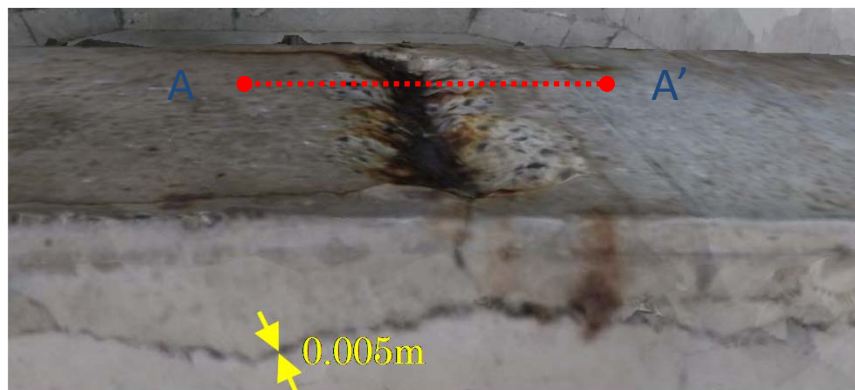
画像損傷箇所 の測定 【三次元モデル】

三次元モデルより剥離箇所の測定を実施した。
結果、 $0.96\text{m} \times 0.55\text{m} \times 0.06\text{m}$ の剥離を測定できた。
また、コンクリートが剥離された箇所において鉄筋の錆や錆汁についても容易に判読できた。

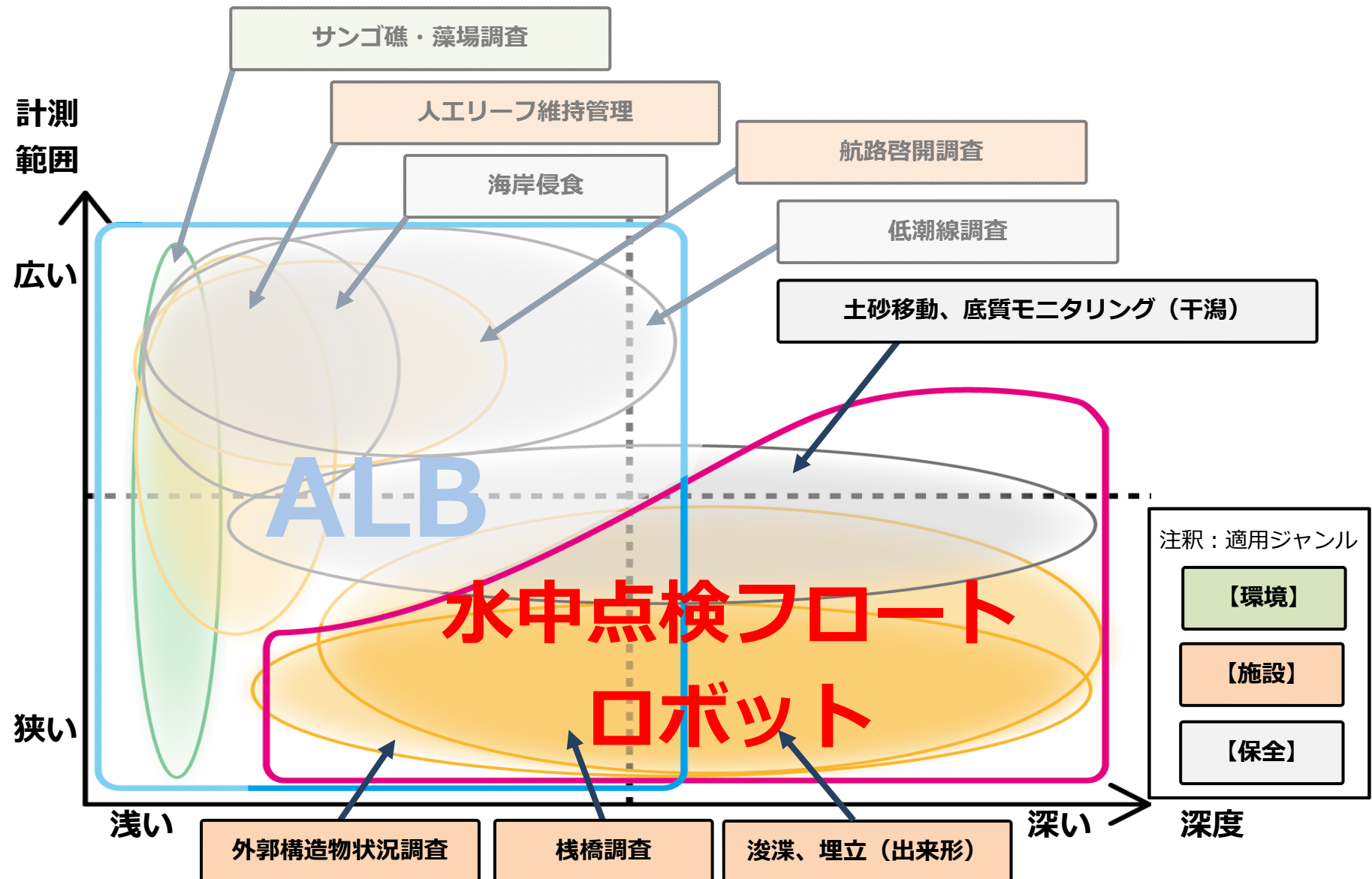


画像損傷箇所 の測定 【三次元モデル】

三次元モデルの中で一番小さい剥離箇所の測定を試みた。
結果、 $0.19\text{m} \times 0.56\text{m} \times 0.03\text{m}$ の剥離を測定できた。
さらに、モザイク画像では確認できない梁側面の 5mm 以下のひび割れも測定することができた。



4. 適用箇所 技術的フィージビリティ



水中点検フロートロボットのご紹介

ご清聴ありがとうございました

 **朝日航洋株式会社**