

徳島県における海岸保全事業について ～UAVを活用した事例等～

徳島県県土整備部運輸政策課 石本 晃士

はじめに①徳島県港湾海岸の予防保全事業における課題

- 膨大な施設の維持管理と老朽化の進行

管理施設 12港湾 全42区域

- ・事業予算の縮小 ⇔ 予見可能性と瑕疵責任
- ・国の動向を踏まえた補助予算の獲得 ⇔ 計画検討・資料作成の手間
- ・施設数の多さと膨大な点検 ⇔ 予算・事務の増大

- 国交省でのCIM／DXの取り組み

- ・工事の全体最適化(土工、コンクリート)
- ・ドローンや三次元測量・点検技術の導入
- ・CIM/BIMによるデータプラットフォームによる業務最適化

「CIM/DX技術の導入により事務の最適化が図れないか？」

予防保全事業における、グリーンレーザー測量・CIMの導入による、

業務の全体最適化の試みについて紹介する。

はじめに②海岸土砂管理における課題

- 施設管理上の課題として、沿岸流や波浪による浸食や土砂の堆積による影響がある。
- 特に徳島県においては、大河川(吉野川・那賀川)からの漂砂や沿岸流や波浪(紀伊水道沿)の影響を受け海岸浸食や航路堆積が生じている。
- 那賀川流域における那賀川総合土砂管理検討協議会における取り組みについて紹介する。

発表の構成

1. 徳島県海岸管理におけるDX・業務改善
 1. ドローン+グリーンレーザを活用した離岸堤の点検
 2. 施設点検データベースの整備
2. その他の取り組み
 1. 那賀川流域の漂砂対策

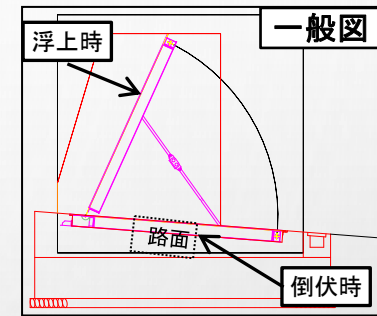
新技術導入の背景

- 海岸堤防等の老朽化に続き、その後整備された離岸堤等の沖合施設についても**老朽化の進行が懸念**される。
- 離岸堤等の沖合施設は、長寿命化計画の策定状況が令和元年度までに完成しているが、老朽化により十分な防護機能を果たせなくなる施設が増加傾向にあり、定期点検の手間や精度等について課題を生じている。
- 「海岸保全施設維持管理マニュアル」（以下、マニュアルとする）が令和2年6月に**改訂**され、離岸堤等の沖合施設について、**点検及び評価手法等の項目が追加**され、点検における新技術等の優良技術の活用事例が多数紹介された。
- 陸上目視による点検が困難な離岸堤等の沖合施設について、新技術等を含めた優良技術を積極的に活用し、**点検の効率化を図っていきたい**。

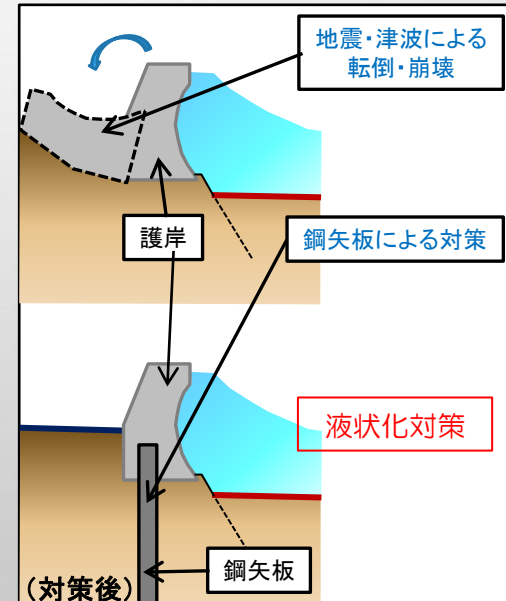
徳島県の海岸の概要

その他の事業 南海トラフ地震・津波対策も
国の補助を受け鋭意進行中！

自動閉鎖式陸閘の整備



護岸補強の整備



日和佐港海岸大浜地区の改良



県全体の海岸管理延長 約400km
港湾管理の海岸保全区域延長 約78.6km

施設の概要

表1 離岸堤諸元

ブロック種類	ジュゴンブロック6t型
ブロック実重量	5.64t
ブロック工法	被覆式
ブロック天端並び	3個
計画天端高	DL+3.10m
既往最高潮位 (HHWL)	DL+3.50m
朔望平均満潮位 (HWL)	DL+1.60m
朔望平均干潮位 (LWL)	DL=0.00m

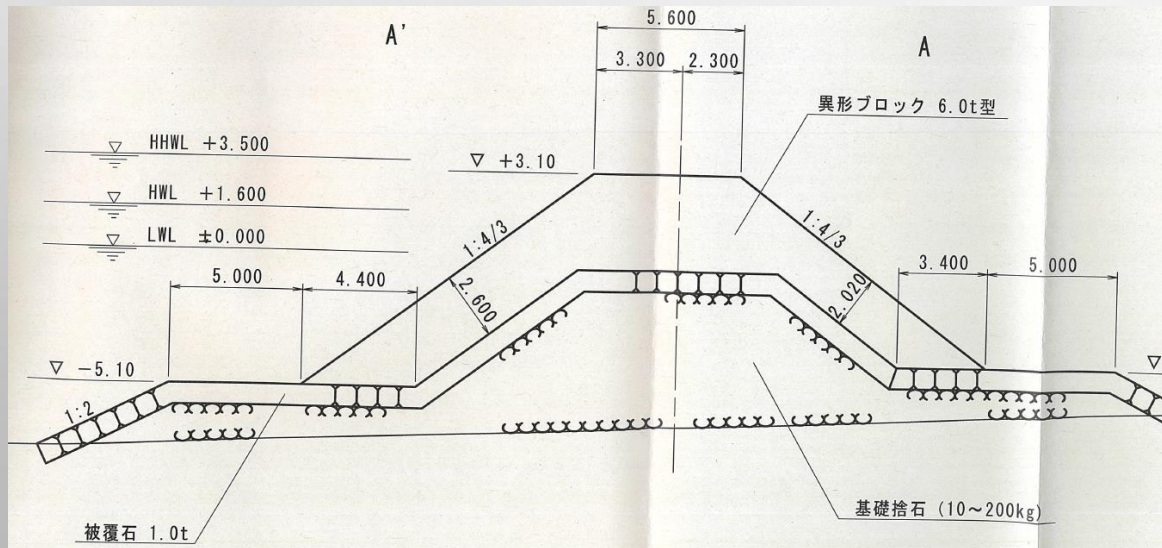


図3 標準断面図

ドローン+グリーンレーザを活用した離岸堤の点検

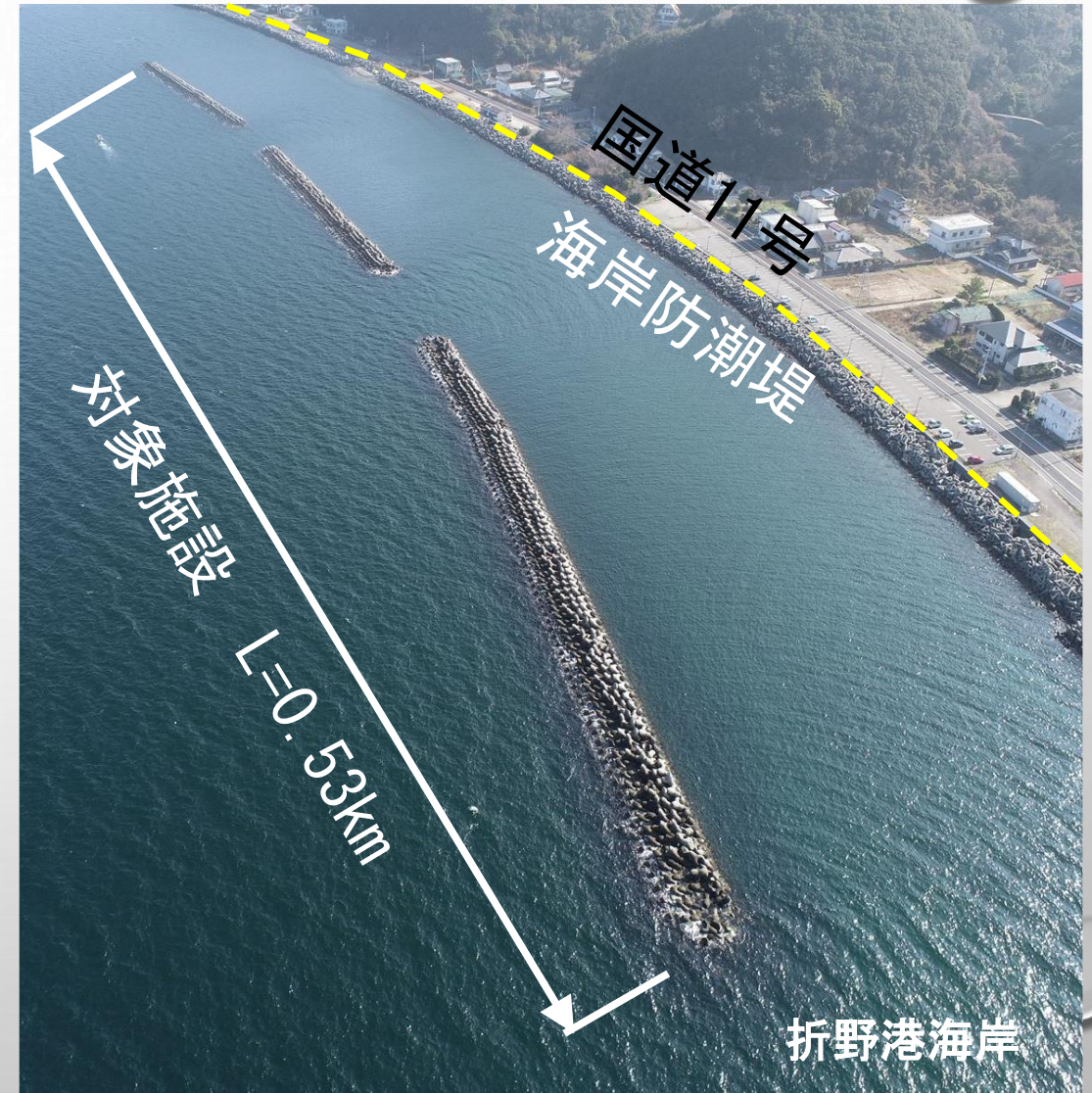
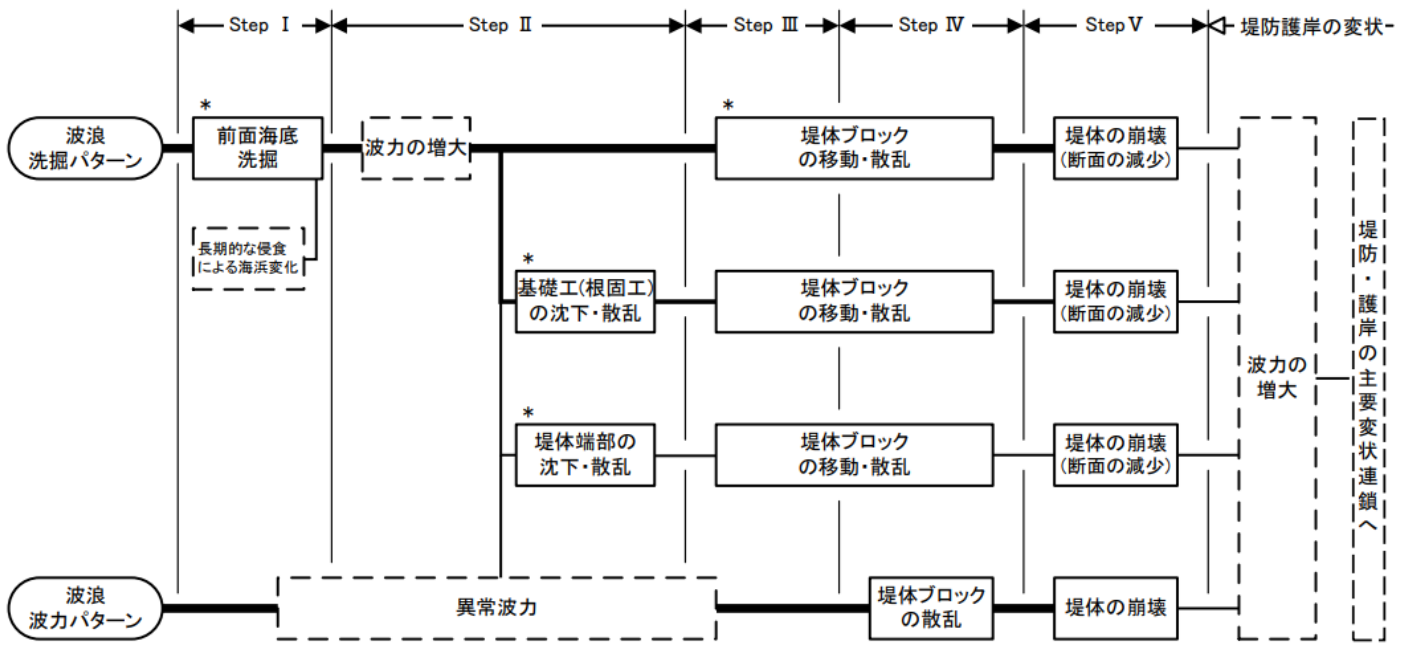


図4 施設配置図

離岸堤の変状連鎖と水中点検の課題

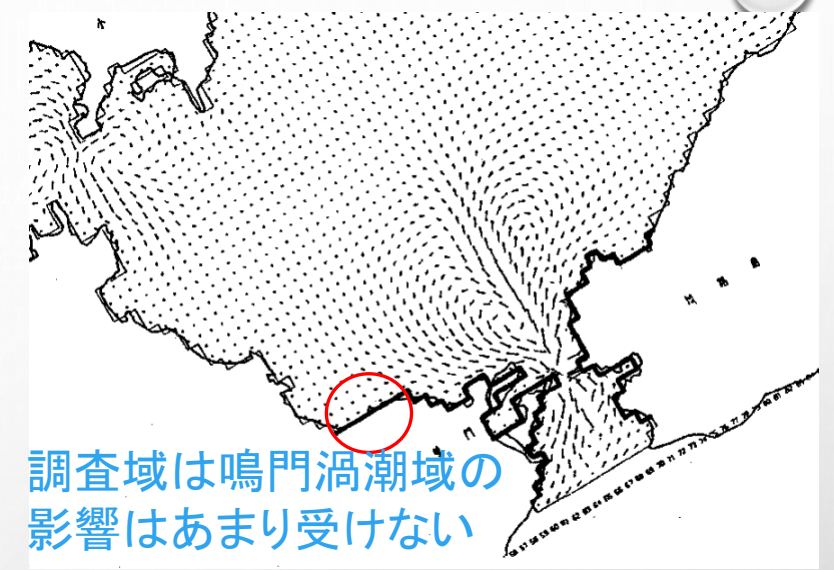
(参考) 離岸堤等の被災メカニズム、変状連鎖 **今回は主にこの段階の点検**



(注) 内は変状の点検対象とするもの(変状点検指標)
 内は変状点検指標以外の変状
 * 印は変状の進行発見に重要な指標。

図-5.13 離岸堤の変状連鎖

海岸保全施設維持管理マニュアル(2023.03改訂)より抜粋



折野港海岸付近の恒流
「藤原(1990)岸近くの潮流の特異性とそのシミュレーション」より抜粋

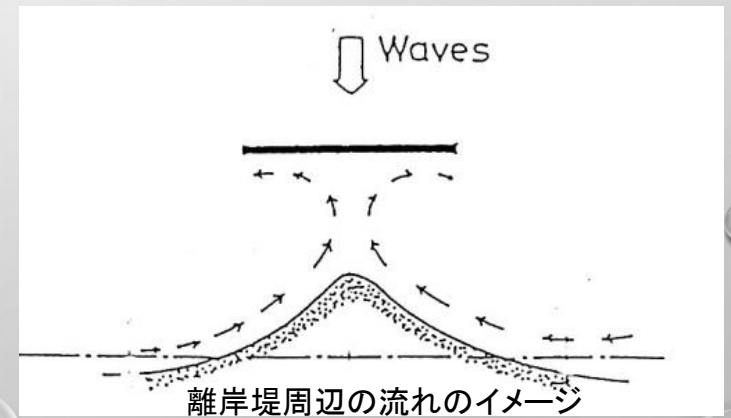




図1 長寿命化計画策定の流れ

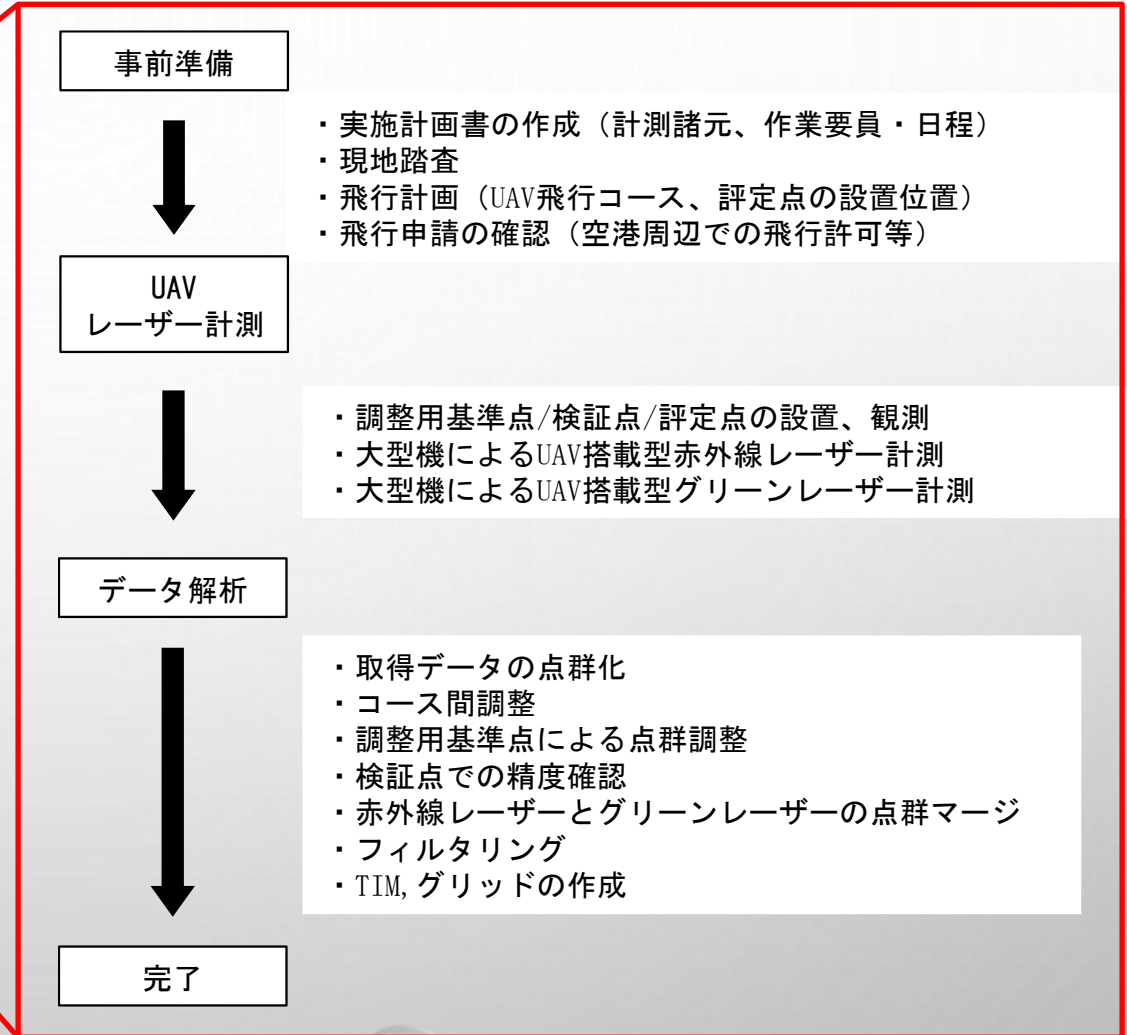





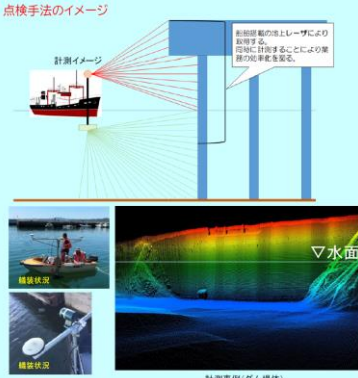
図2 UAVグリーンレーザ測量フロー

点検手法の選定

マニュアルに紹介されている複数の新技術や優良技術の中から、現地条件に適した点検手法を4つ選出した。(表2)

この4案を比較検討した結果、計測にかかる作業日数及び作業人員の大幅な縮減が期待できる、**③UAVグリーンレーザによる三次元計測**を選出した。

表2 点検手法の比較検討

	①	②	③	④
	水中ドローンによる水中部の動画撮影	UAVカメラによる空中写真測量	UAVグリーンレーザによる三次元計測	ナローマルチビーム・レーザスキャナによる三次元計測
概要	<p>海岸保全施設における実験結果</p>  <p>機器 水中ドローンFIFISH V6 / QYSEA社製 耐深度:1200万画素 機体重量:44kg 耐圧水深:100m</p>	<p>UAV-AIを用いた点検・診断システム</p> <p>海岸保全施設の維持管理における点検等の高度化・効率化を目的として、UAVによる撮影画像から施設変状(ひび割れ等)を自動抽出するAI及び三次元モデルを精度を高めるために自動で海面部を除去するAIを用いて現地作業に要する時間を削減させる。</p> 	<p>海岸保全施設における実験結果</p>  <p>UAV: Matrice600 / DJI社製 グリーンレーザ: TDOT GREEN / アメテスワンセルフ社製 (※2.6kg/本体)</p>	<p>点検手法のイメージ</p> 
メリット	<p>潜水士による作業を回避でき、水中の変状を簡易に確認出来る。 導入、運用コストが比較的安い。</p>	<p>短時間で広範囲のデータが取得できる。 機材の種類が豊富で扱いやすい。</p>	<p>陸上部と水中部の同時計測することにより、一度に広範囲のデータ取得が可能である。また、作業時間及び作業人員の縮減できる。</p>	<p>陸上部と水中部の同時計測することにより、一度に広範囲のデータ取得が可能である。また、作業時間及び作業人員の縮減できる。</p>
デメリット	<p>潮流の影響が大きい場所では作業不可。 日照、透明度、濁度などの提供を受けやすい。</p>	<p>写真データの解析により三次元点群データを作成するため、水中部のデータは取得不可。</p>	<p>機材の種類が少なく、導入、運用コストが高い。 計測可能領域は、濁度に最も大きく影響を受ける。</p>	<p>水面付近のデータを取得しにくい。 船舶を用意する必要があり、事前に艀装等が必要である。 導入、運用コストが高い。</p>

⑫ UAV搭載型グリーンレーザによる3次元計測

目的

施設の陸上部及び水中部の状況を把握するため、UAVを用いたレーザ計測を行い、3次元点群データを取得する。

期待できる効果

- 陸上部、水中部の構造の高さや形状について、一度に広範囲のデータ取得が可能である。
- オルソ画像は外観把握には有効であるが、解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 従来の測量よりも短時間で実施できること、水中作業が不要なこと、及び危険箇所への立入りを回避できることから、効率化に加え作業の安全性が向上する。

適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部・水中部)	○(陸上部・水中部)	○(陸上部・水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例 ○:適用可 △:現場条件によって適用可 ×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時及び風速5m/sec程度以上で作業不可
- 水中部は、高波浪、白波、砕波、濁りのある場所では計測不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 計測水深は透明度に依存するので、事前に透明度を把握する。
- 飛行場所の飛行制限に留意する必要がある。
- UAVと干渉する電波がないかを確認する必要がある。

概算費用

初期導入費	3,000万円程度 (機体、グリーンレーザ、3次元処理ソフト)
外注費	270万円程度/km (計測~3次元化)

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

点検手法の概要

- UAVに綠色レーザとデジタルカメラを搭載し、陸上部~水中部の3次元点群データとカメラ画像を取得し、3次元点群データを用いて、変状を定量的・定性的に把握する方法である。
- レーザ計測時に写真撮影するとオルソ画像を作成することが可能である。
- データの取得点間隔:10cm程度(対地高度75m時)
- 計測可能水深:10m程度(水質条件による)
- 1日あたりの作業量:1,000~2,000m程度
形状が細く直線的な場合ほ2km程度

海岸保全施設における実験結果

UAV	Matrice600/DJI社製
グリーンレーザ	TDOT GREEN/アミューズワンセルフ社製 ※2.6kg(本体)



機器本体



計測事例(突堤)
3D点群データにより形状や高さを確認



簡易オルソ
視覚的に変状を確認



天端面の凹凸
ブロックの移動・散乱



天端面の凹凸(傾き)



ブロックの移動・散乱

計測事例(離岸堤) 変状確認

グリーンレーザの特徴

- 一般的なレーザスキャナに用いられている近赤外線的光は、水に吸収されやすい性質であり、**水面や濡れている箇所の計測値は得られない。**
- これに対して、**近赤外線よりも波長が短いグリーンレーザ**（波長が532nmの赤外線をグリーンレーザと呼ぶ）の光は、**水に吸収されにくい性質**であるため、陸上部だけでなく、**海底面の地形に対しても計測が可能である。**
- 測深可能な深さは、水中での光のエネルギーの散乱、減衰、反射の作用によって決まり、中でも**濁度の影響が最も大きい。**目安として、透明度の**約1.5~2倍**、**最大水深約15m**の測深が可能である。

グリーンレーザの特徴

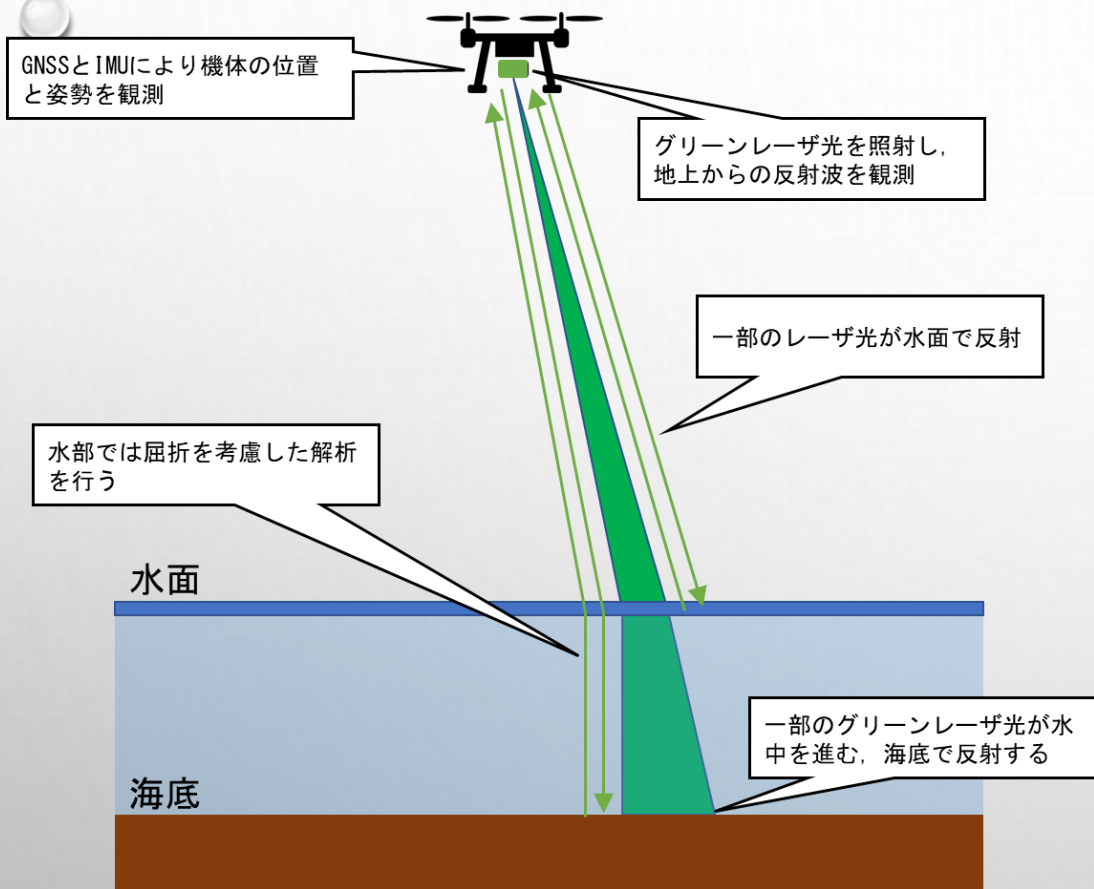


図5 UAVグリーンレーザの仕組み

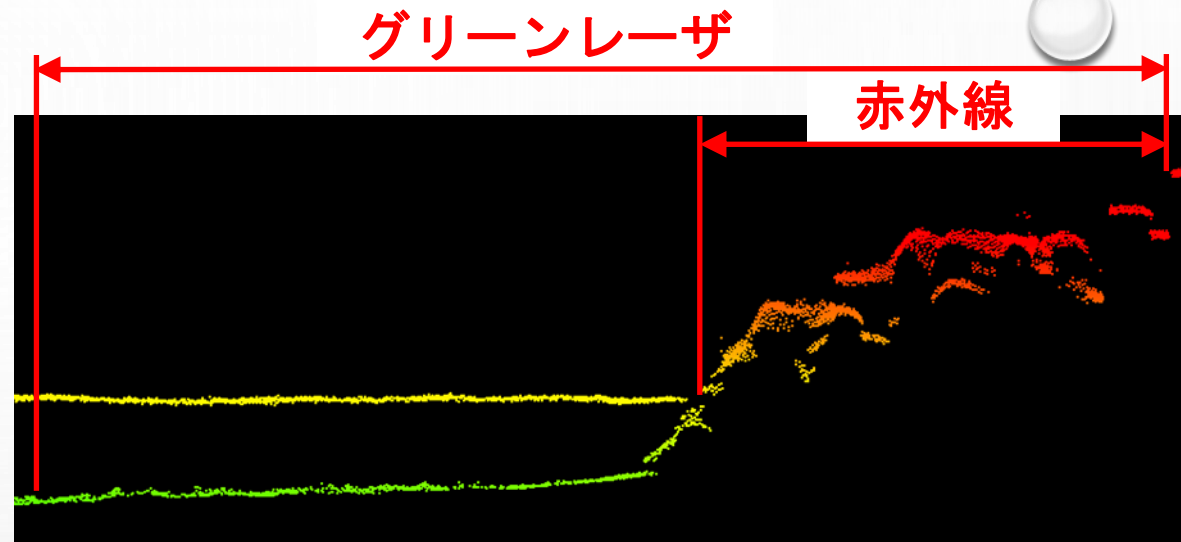


図6 計測可能範囲の比較

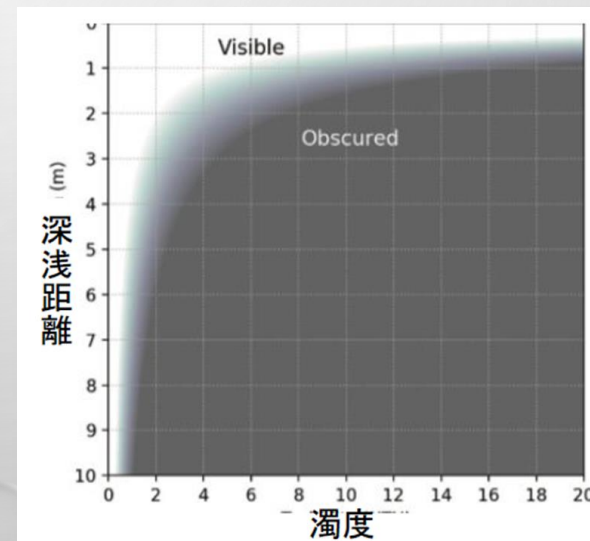


図7 濁度と測量可能水深の相関図

計測結果

UAVグリーンレーザ計測を実施した結果、本条件下において、離岸堤陸側では**最大水深4m程度**まで、離岸堤沖側では**最大水深2m程度**まで測量値が得られた。また、離岸堤周辺の濁度を計測したところ9.51 (ntu) が得られ、図7の相関図より読み取れる計測可能な深淺距離は約1.8mであることから、現場条件と概ね合致した。

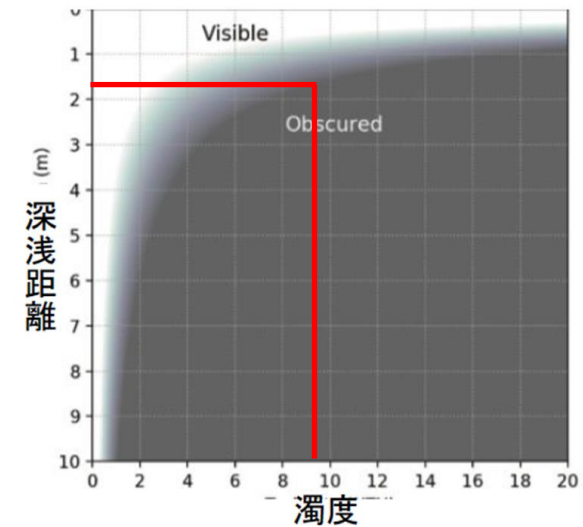


図7 濁度と測量可能水深の相関図



【RTK搭載UAV】



【グリーンレーザ計測装置】

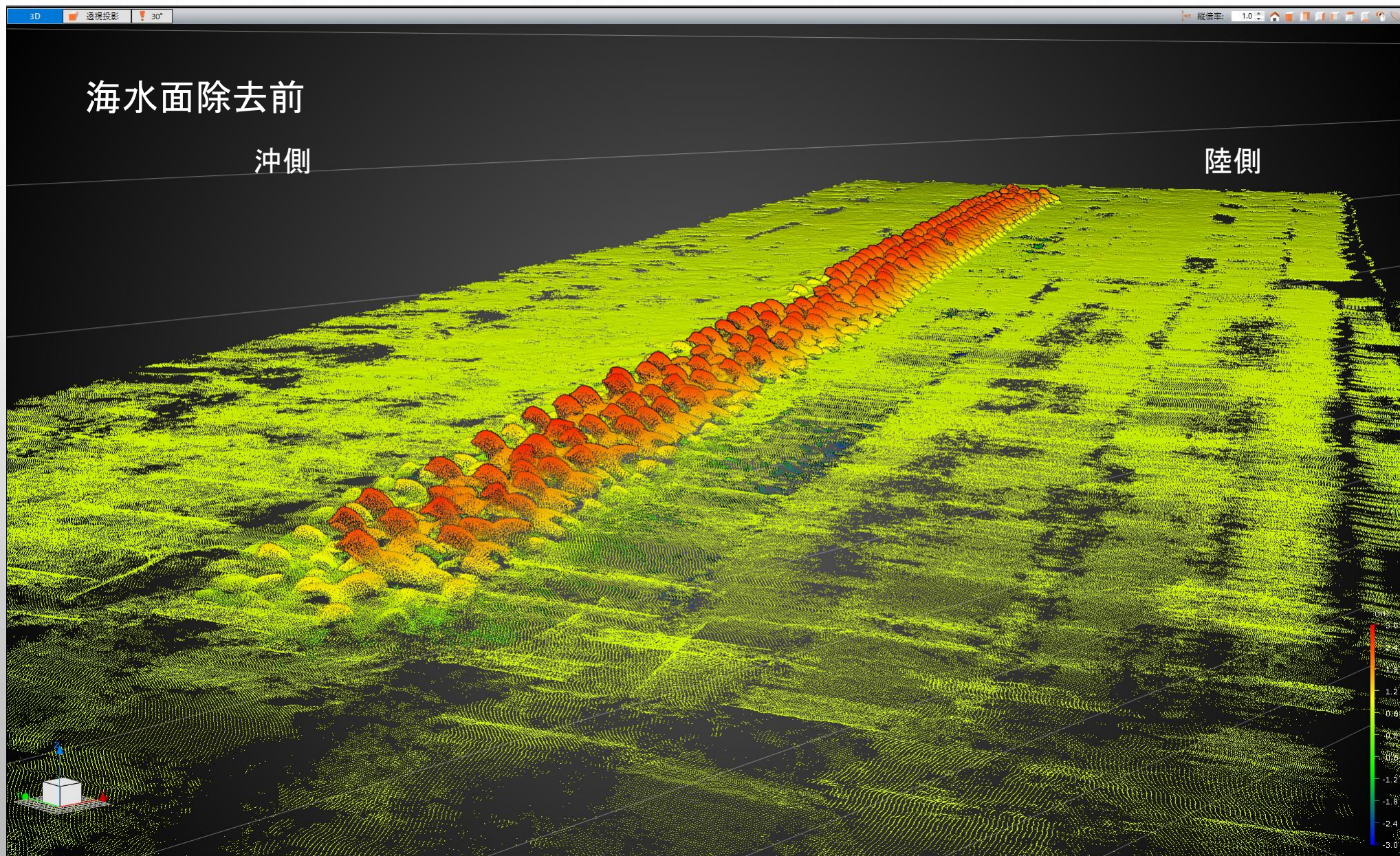


【近赤外線計測装置】

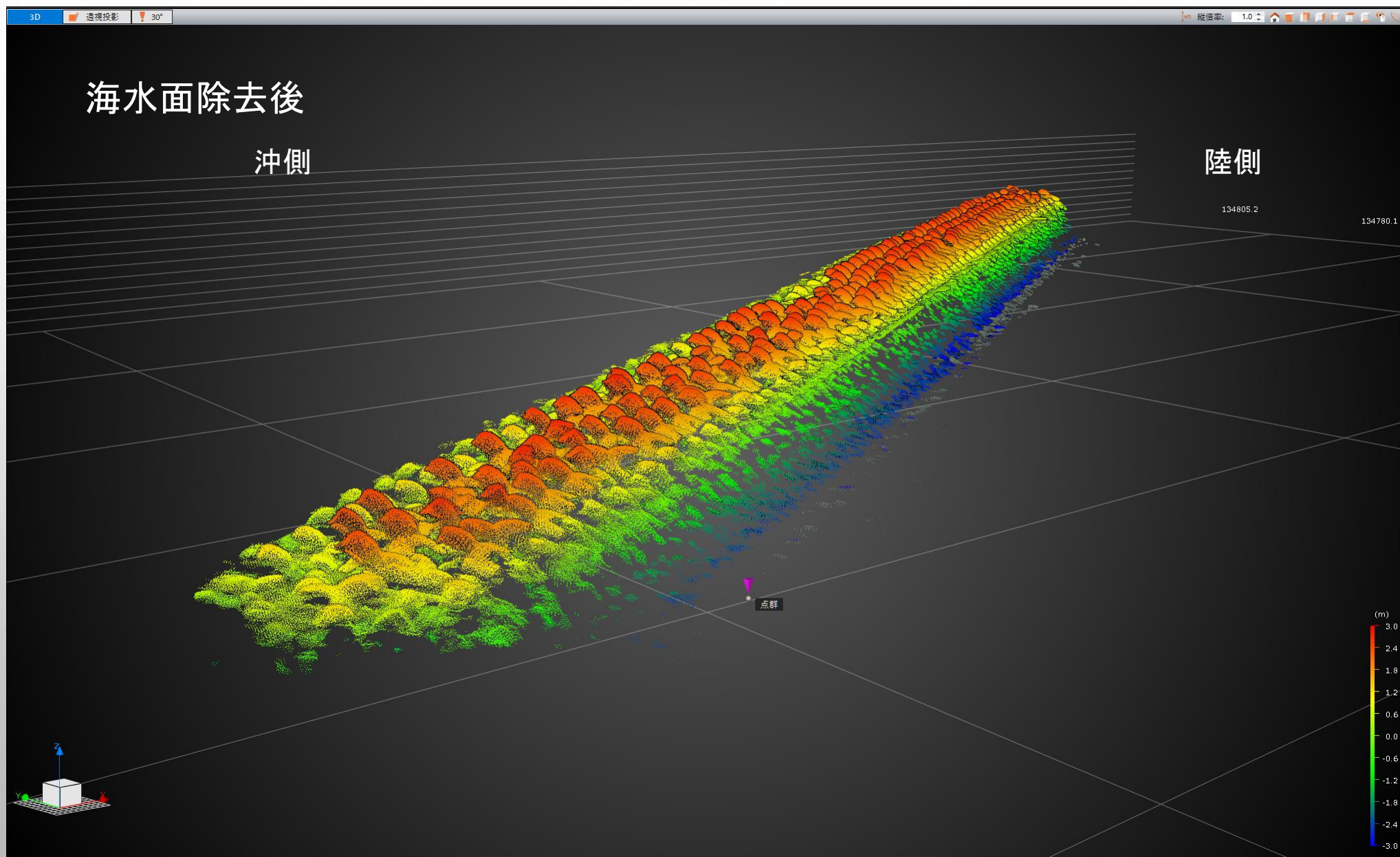


【飛行状況】

計測結果

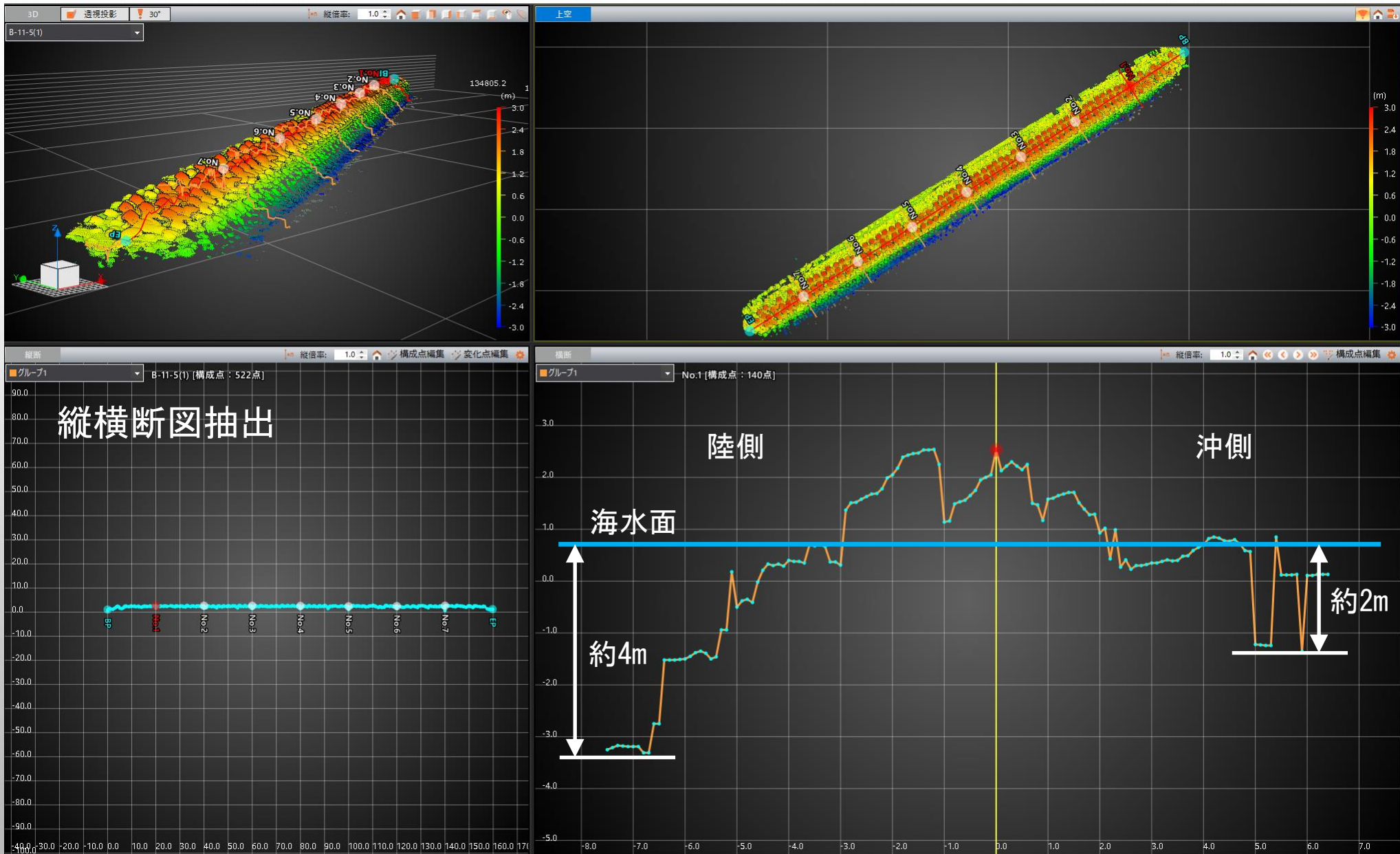


計測結果



計測結果

ドローン+グリーンレーザを活用した離岸堤の点検



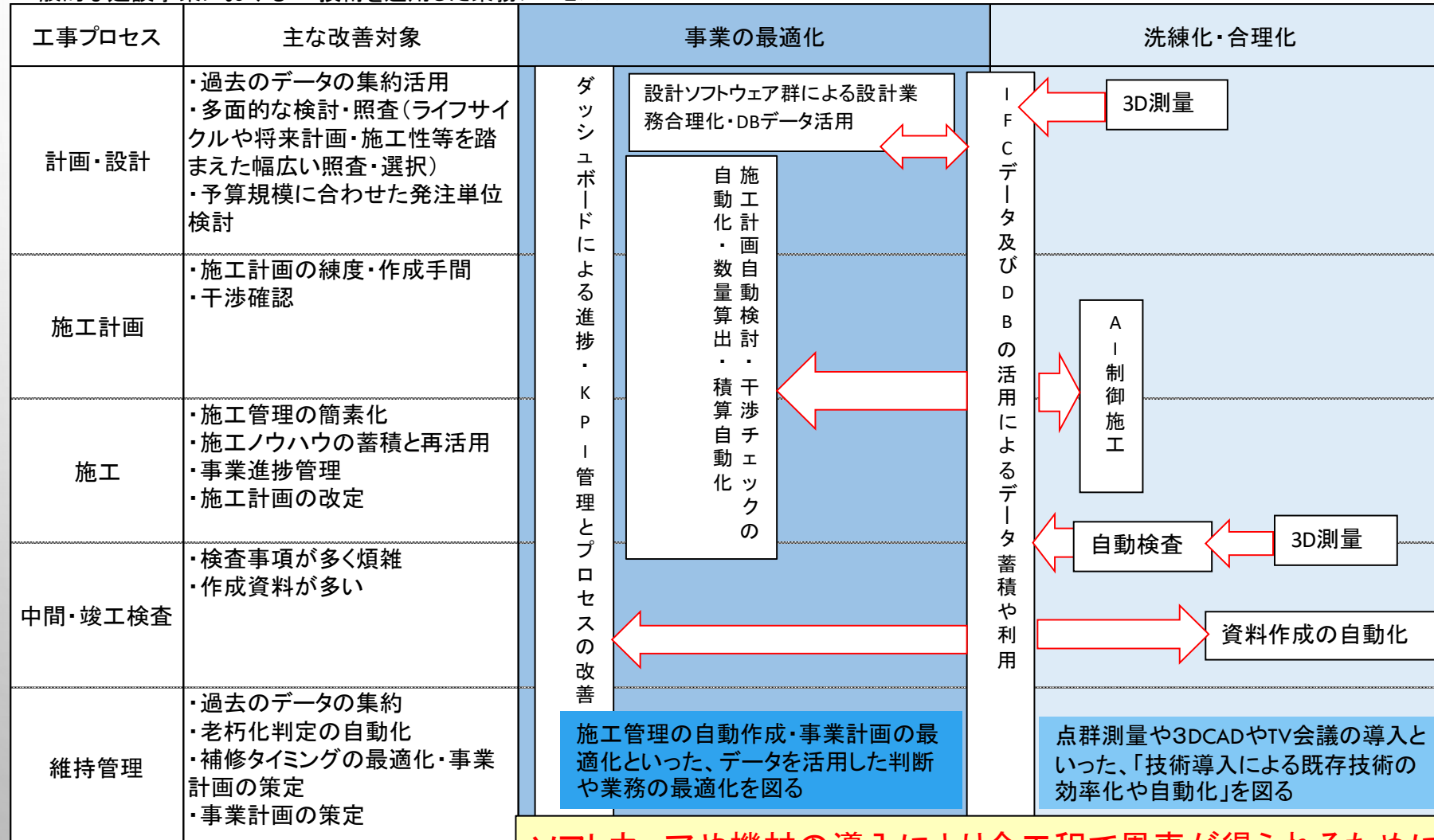
- 離岸堤を構成する堤体ブロックの移動・散乱・沈下などの状況が、点群情報で得られ、**高精度に可視化**される等、健全度評価のために**適切な測量結果を得ることができた**。
- 今回の成果では、離岸堤等の沖合施設の**設置水深が深い箇所への適用は課題が残る結果**となった。
- UAVグリーンレーザを用いることで、従来手法の現場作業である船舶での接近による近接目視や潜水士による海中部の点検、縦横断測量が不要になるなど、**工程及び人員の大幅な縮減**が図れた。

- 点検結果を受けて早急に対策工を行う必要があると判断された場合には、測量値が得られなかった範囲に対して、**マルチビーム測深等によりデータを補完**することで、**対策工事のための設計施工をより迅速に行う**ことが可能となる。
- コスト面の課題として、グリーンレーザ計測装置の種類が少なく、国外製品の導入に頼らざるを得ない状況であるため、今後、**国産製品の開発等によって導入コストの縮減**が期待できる。



建設DX/CIMによる業務改善の可能性 データ基盤の整備アプローチ (DB等の可能性)

一般的な建設事業におけるDX技術を適用した業務プロセス



※矢印は情報の流れを表す。

ソフトウェアや機材の導入により全工程で恩恵が得られるために、統一的にデータを活用するデータベースやIFCデータの整備が必要

(参考) IFCデータについて

Object explorer

- 亀浦第1岸壁(C-1-1)_3Dモデル.ifc
 - ifcproject (20)
 - y (20)
 - 亀浦第1岸壁 (20)
 - y (3)
 - 亀浦第1岸壁上部工 (3)
 - IfcBuildingElementProxys (3)
 - ブロック1
 - ブロック2
 - ブロック3-7
 - 亀浦第1岸壁本体工 (7)
 - IfcBuildingElementProxys (7)
 - 1
 - Shell_0
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 7

亀浦港岸壁の3次元モデル

今本体工を選択した状態(緑色)

Properties

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| IfcBuildingElementProxy | |
| CompositionType | ELEMENT |
| IfcElement | |
| ProvidesBoundaries | |
| ReferencedInStructure | |
| ConnectedTo | |
| Tag | y |
| HasStructuralMember | |
| FillsVoids | |
| HasCoverings | |
| HasProjections | |
| HasPorts | |
| HasOpenings | |
| IsConnectionRealization | |
| ConnectedFrom | |
| ContainedInStructure | 2152 |
| IfcObject | |
| ObjectType | ブロック |
| IsDefinedBy | 2100 |
| IfcObjectDefinition | |
| HasAssignments | |
| HasAssociations | |
| Decomposes | |
| IfcProduct | |
| ObjectPlacement | 2091 |
| Representation | 2090 |
| ReferencedBy | |
| IfcRoot | |
| GlobalId | 05c3jHjA5DX8hjsk2bSV7 |
| OwnerHistory | 5 |
| Name | 1 |
| Description | y |
| 基本情報 | |
| 判別情報1 | 1 |
| ID | 10 |
| オブジェクト分類名 | ブロック |
| 規格 | ●型 |
| 仕様 | H=●●m |

部材毎に属性情報を付加可能
点検結果資料や施工管理資料等
データを含められる

部材別に分類され
部材別にアクセス可能

- ・複雑な構造も3次元モデルにより理解しやすく
- ・共通データ規格として、異なるソフトウェア間や工程で跨いで活用可能
(施工計画の自動検討・鉄筋干渉確認・施工管理データの付与・自動数量算出他)

施設点検データベースの整備(1)

- 困りごと: 施設が膨大かつ点検も複数回行っており、情報の集約・整理・活用に壁がある。
- 加えて、補修履歴や施工管理データの保管や、事業計画の作成等に活用していく上で、今後も様々な分野・階層のデータを扱う必要がある。

⇒データベースサービス+GISによる活用環境を試作

(外部のRPAやAPIからもDBにアクセスできる。今後は資料作成の自動化等に取り組む)

施設点検データベースの整備 (2)



GISプログラム(オープンソースプログラム)

位置表示

位置情報取得・表示

施設情報等取得



整理済情報を基に作成

【今回開発】
プラグイン
プログラム
(Python言語)

pfLedger

港名: 亀浦, 折野, 撫養, 粟津, 今切, 徳島小松島, 浅川

地区名: 亀浦

施設種類: 係留施設, 岸壁, 外郭施設 (イ), 外郭施設 (ロ), 臨港交通施設, 道, 水域施設 (イ), 水域施設 (ロ)

| 施設一覧 | gid | 施設番号 | 施設名 | 港 |
|------|-----|--------|-----|----|
| | 2 | C-1-01 | 亀浦 | 地方 |
| | 3 | C-1-02 | 亀浦 | 地方 |
| | 1 | C-1-03 | 亀浦 | 地方 |
| | 8 | C-6-01 | 亀浦 | 地方 |

点検・補修履歴一覧

点検・補修履歴表示

閉じる

今後は国交省港湾局の運用する
CYBERPORTや維持管理データベースとも連携し
業務最適化に役立てて参る

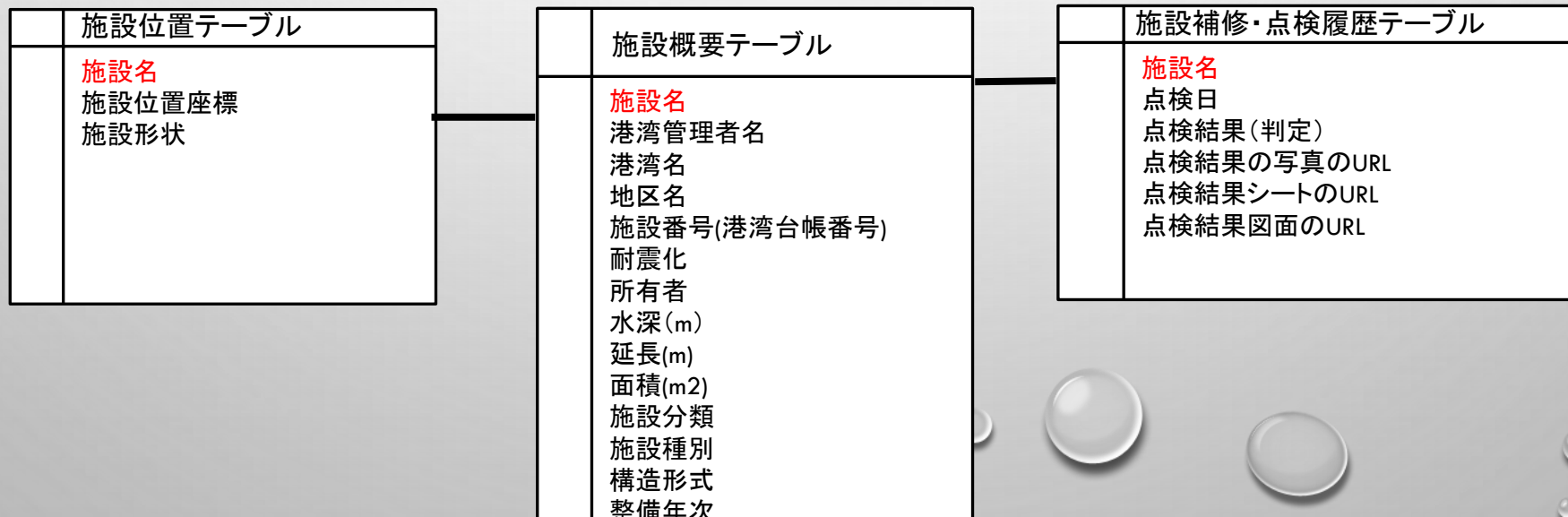
(参考) EXCEL データ と データベースの違い

EXCELデータ: ひたすら横長でデータを探すのが大変、本来数値計算プログラム

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | |
|---|-------|--------|--------|--------|-----|-----|--------------|-----|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|-------------|------|
| 1 | 施設名 | 施設位置座標 | 施設形状 | 港湾管理者名 | 港湾名 | 地区名 | 施設番号(港湾台帳番号) | 耐震化 | 所有者 | 水深(m) | 延長(m) | 施設分類 | 施設種別 | 構造形式 | 整備年次 | 点検結果 | 点検結果の写真のURL | 点検結果 |
| 2 | 第一岸壁 | | C-1-01 | 徳島県 | 亀浦 | 亀浦 | C-1-01 | | 徳島県 | -5.5 | 100 | | 係留施設 | 岸壁 | 1973 | A | | |
| 3 | 第二岸壁 | | C-1-02 | 徳島県 | 亀浦 | 亀浦 | C-1-02 | | 徳島県 | -4.5 | 65 | | 係留施設 | 岸壁 | 1981 | C | | |
| 4 | 第三岸壁 | | C-1-03 | 徳島県 | 亀浦 | 亀浦 | C-1-03 | | 徳島県 | -5.5 | 180 | | 係留施設 | 岸壁 | 1973 | B | | |
| 5 | 第一物揚場 | | C-6-01 | 徳島県 | 亀浦 | 亀浦 | C-6-01 | | 徳島県 | -4 | 60 | | 係留施設 | 物揚場 | 1981 | C | | |
| 6 | 第二物揚場 | | C-6-02 | 徳島県 | 亀浦 | 亀浦 | C-6-02 | | 徳島県 | -3 | 30 | | 係留施設 | 物揚場 | 1981 | A | | |

データベース: 異なる情報の種類毎に「テーブル」を分けて保存。条件に合わせた抽出、
 テーブル同士の結合、他のプログラムからのアクセスも可能
 新たな種類の情報も新たなテーブルを作って追加しても、混乱しない
 何億件のデータも高速に処理・保持できる。

今回開発したデータベースのテーブル構成



施設点検データベースの整備 (3)

QGIS *無題のプロジェクト - QGIS

プロジェクト(D) 編集(E) ビュー(V) レイヤ(L) 設定(S) プラグイン(P) ベクタ(O) ラスタ(R) データベース(D) Web(W) メッシュ(M) プロセッシング(C) ヘルプ(H)

QGIS上のプラグインとして作成

ブラウザ

- WMS/WMTS
- Vector Tiles
- XYZ Tiles
- GoogleSatellite
- Mapzen Global Terrain
- OpenStreetMap
- 地理院タイル全国最新写真 (シームレス)
- 地理院タイル標準地図
- 地理院タイル空中写真・衛星画像
- 地理院タイル空中写真 (1936年頃)
- MCC

レイヤ

- facility locations
- GoogleSatellite

ログメッセージ

プラグイン × Python警告 × Vector Tiles Reader × 一般情報 ×

2022-10-30T22:00:29 INFO アプリケーションの状態:
 QGIS_PREFIX_PATH 環境変数: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis
 プレイバック: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis
 プラグインパス: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis/plugins
 パッケージデータベース: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis/.
 アクティブテーマ名: default
 アクティブテーマパス: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis/resources/themes/default/vicons
 デフォルトテーマパス: /images/themes/default/
 SVG検索パス: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis/.svg/
 C:/Users/kusso/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/svg/
 C:/Users/kusso/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/vector_tiles_reader/plugin/vui/vicons
 ユーザーデータベースパス: C:/PROGRA~1/QGIS32~1.3/apps/ogis/resources/ogis.db
 ユーザー認証データベースパス: C:/Users/kusso/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/ogis-auth.db

検索 (Ctrl + I)

座標 34.233820,134.629207 縮尺 1:2770 拡大 100% 回転 0.0° レンダ EPSG:4612

QGIS画面で検索対象施設位置の表示

検索ウィンドウ

点検・補修履歴情報の表示

施設種類

- 係留施設 岸壁
- 外郭施設 (イ)
- 撫養 (ロ)
- 臨港交通施設 道
- 水域施設 (イ)
- 水域施設 (ロ)

| 施設一覧 | gid | 施設番号 | 施設名 | 港 |
|------|--------|------|-----|---|
| 2 | C-1-01 | 亀浦 | 地方 | |
| 3 | C-1-02 | 亀浦 | 地方 | |
| 1 | C-1-03 | 亀浦 | 地方 | |
| 8 | C-6-01 | 亀浦 | 地方 | |

点検・補修履歴一覧
R4.10.12

点検・補修履歴表示

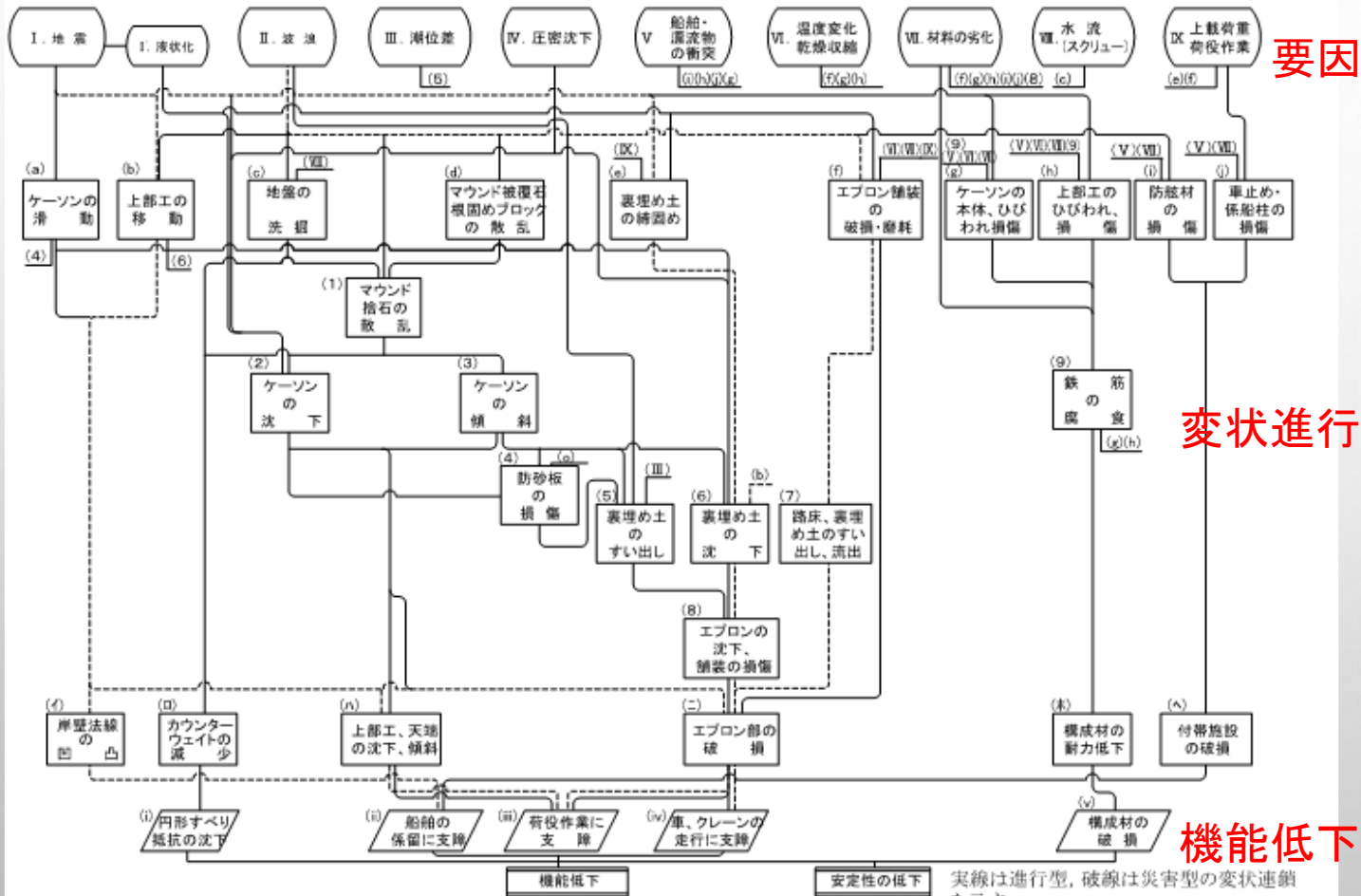
Dialog

| | | |
|--------|----------|--------|
| 施設番号 | C-1-01 | IFC図表示 |
| 総合評価 | A | 点検様式表示 |
| 点検日 | R4.10.12 | 閉じる |
| 写真ファイル | C:... | |
| 図面ファイル | C:... | |

この画面がQGISの画面です。
主な画面構成は、左下のレイヤー画面、地図や地物のリストが表示されております。
真ん中が地図画面となっております。

DBの活用案：施設別の対策計画の策定

ケーソン式係船岸壁の変状連鎖(加藤他2016)



課題と対応方針

老朽化総合判定で全ての劣化が評価できる？

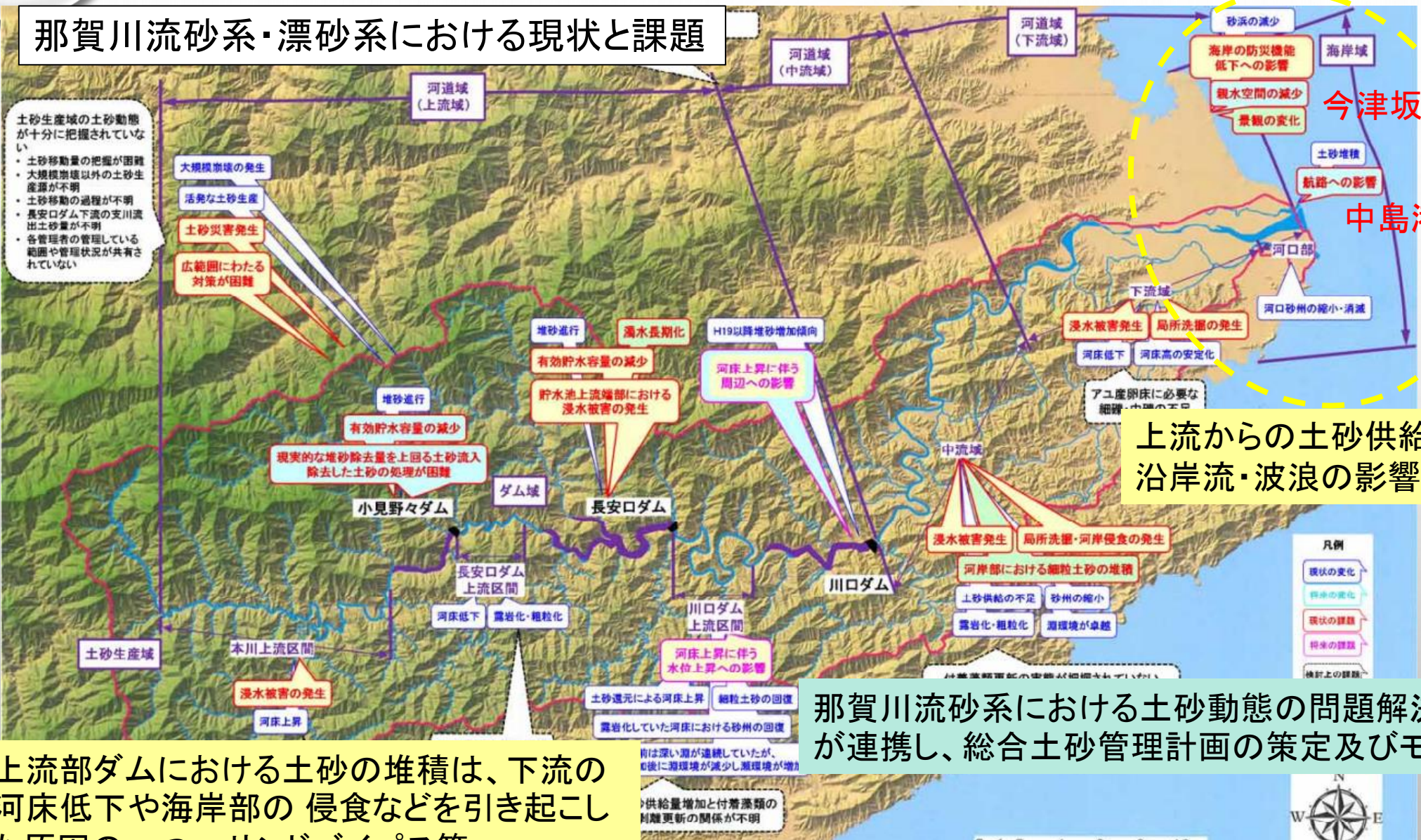
施設別の要対応事項について、補助事業がなくても、必要な修繕を図る必要

施設種類と部材毎に修繕・点検の計画の最適化！

施設や部材によって、変状進行や補修タイミングは異なる。突発性でかつ事前計測が困難な事象もある(エプロン陥没等)

那賀川総合土砂管理検討協議会について

那賀川流砂系・漂砂系における現状と課題



今津坂野海岸における浸食

中島港航路での土砂堆積

上流からの土砂供給減と沿岸流・波浪の影響による海岸線変化

上流部ダムにおける土砂の堆積は、下流の河床低下や海岸部の侵食などを引き起こした原因の一つ→サンドバイパス策

那賀川流砂系における土砂動態の問題解決に向けて関係機関が連携し、総合土砂管理計画の策定及びモニタリング実施

土砂動態の変遷（今津・坂野地区）

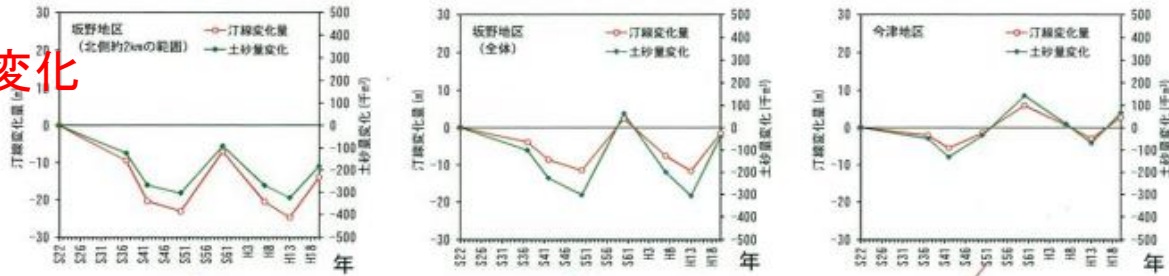
■海岸地形の変遷

【今津坂野海岸の汀線の経年変化】

- 那賀川左岸側の今津・坂野海岸では昭和51年(1976年)までに海岸侵食が進行した。
- 昭和22年(1947年)以降、坂野地区北側2kmで特に侵食が大きく、汀線は最大25m後退している。
- 昭和61年(1987年)に海岸線が一時的・部分的に前進している。

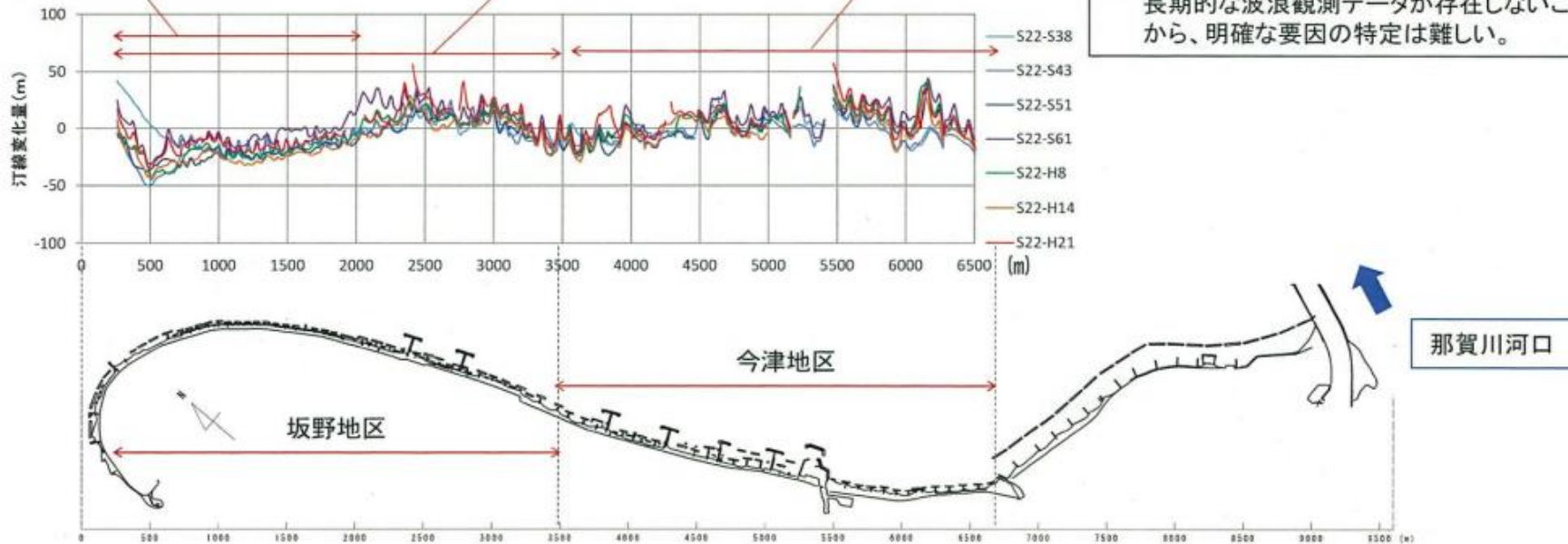
突堤整備により
一部海岸線が前進しているが、
依然浸食傾向にある箇所もある

時系列汀線・土砂変化



【昭和61年の汀線の前進について】

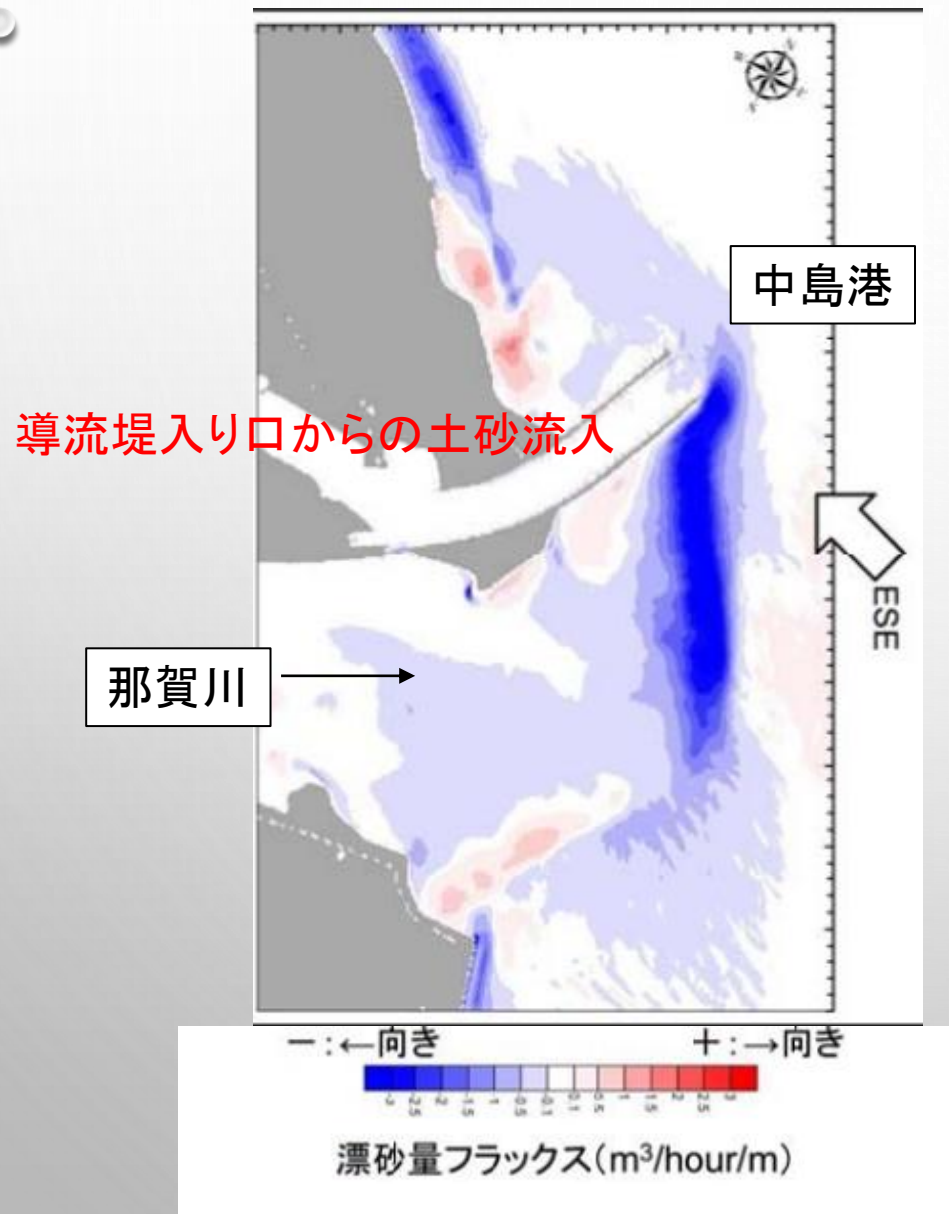
- 空中写真で確認できる昭和51年～61年の間に今津・坂野地区では海岸保全施設の大規模な変化は見られない。
- 考えられる要因としては、この期間に汀線が前進するような比較的静穏な海象条件であった可能性が考えられるが、この時期の長期的な波浪観測データが存在しないことから、明確な要因の特定は難しい。



昭和22年～平成21年の汀線変化量の沿岸分布

土砂動態と対策方針

中島港付近の土砂動態



土砂管理対策の検討



まとめ

- 今後も、業務効率化や予防保全事業のコスト縮減等の課題に、新技術の導入や幅広く環境変化変動を踏まえた対策を展開し、豊かな海岸環境の創出に取り組んで参りたい。

ご清聴ありがとうございました