

災害発生時における漁港施設の迅速かつ 効率的な復旧に向けたICT活用の有効性 ～能登半島地震における対応事例～

一般社団法人水産土木建設技術センター

○ 松 本 力
武 田 真 典
藤 田 孝 康
望 戸 裕 司

1. はじめに
2. 漁港施設の被災状況
3. 被災状況調査
 - 3-1 内浦地域の被災へのICT活用
 - 3-2 外浦地域の被災へのICT活用
4. 取得データと活用事例
5. まとめ
6. 課題と対応(展望)

■ 背景

- 令和6年元日に発生した能登半島地震によって、漁港施設に甚大な被害を広範囲の及ぼし、水産庁では水産基盤整備調査委託事業として被害実態把握の緊急調査を開始
- 水産庁発行の「水産関係公共土木施設等災害復旧マニュアル」では、令和5年3月改訂版から査定設計書に係る被災状況の調査にあたり、「新技術活用」や「三次元データによる記録」が明記され、迅速かつ効率的な対応を求めている
- 漁港施設において、災害発生時における新技術や3次元データの活用した調査事例は少ない

■ 報告内容

- 地盤の隆起や沈下など漁港の被災状況に応じ、最適なICT（新技術）を組み合わせ活用することで、災害査定に必要な提供データの有効性に加え課題等を確認したのでここに報告

2. 漁港施設の被災状況

(輪島市)

漁港又は港湾名	地盤変動
曾々木漁港	1.5m (隆起)
名舟漁港	2.2m (隆起)
輪島港	1.5m (隆起)
光浦漁港	1.5m (隆起)
鶴入漁港	1.0m (隆起)
大沢漁港	2.5m (隆起)
皆月漁港	3.6m (隆起)
深見漁港	3.7m (隆起)
鹿磯漁港	4.1m (隆起)
黒島漁港	3.7m (隆起)
赤神漁港	1.6m (隆起)
鵜地漁港	1.1m (隆起)
舳倉島漁港	0.1m 以下

(志賀町)

漁港又は港湾名	地盤変動
赤崎漁港	0.45m (隆起)
富来漁港	0.6m (隆起)
領家漁港	0.3m (隆起)
七海漁港	0.23m (隆起)
福浦港	0.1m 以下
赤住漁港(赤住)	0.1m 以下
赤住漁港(百浦)	0.1m 以下
安部屋漁港(上野)	0.1m 以下
安部屋漁港(安部屋)	0.1m 以下
高浜漁港	0.1m 以下
大島漁港	0.1m 以下

外浦地域

地盤隆起による
水深不足での機
能不全等の被害

(珠洲市)

漁港又は港湾名	地盤変動
鶴飼漁港	0.4m (沈下)
飯田港	0.2m (隆起)
蛸島漁港	0.2m (隆起)
小泊漁港	0.5m (隆起)
寺家漁港	0.7m (隆起)
狼煙(狼煙地区)漁港	0.8m (隆起)
狼煙(折戸地区)漁港	1.2m (隆起)
狼煙(高屋地区)漁港	1.8m (隆起)
長橋漁港	2.8m (隆起)
真浦漁港	2.0m (隆起)

(能登町)

漁港又は港湾名	地盤変動
鶴川漁港	0.1m 以下
七見漁港	0.1m 以下
矢波漁港	0.1m 以下
波並漁港	0.1m 以下
藤波漁港	0.1m 以下
宇出津港	0.1m (沈下)
羽根漁港	0.1m 以下
小浦漁港	0.1m 以下
高倉漁港	0.1m 以下
小木港	0.1m (沈下)
白丸漁港	0.1m 以下
比那漁港	0.1m 以下
松波漁港	0.1m 以下

内浦地域

地震の揺れや津
波、地盤沈下等
による被害

凡例	地盤隆起量
●	3.0 m 以上
●	2.0 m ~ 3.0 m 未満
●	1.0 m ~ 2.0 m 未満
●	0.1 m ~ 1.0 m 未満
●	変化小(変化が0.1 m 以下)
●	0.1 m ~ 1.0 m 未満の沈下

※引用:水産庁. 令和6年度能登半島地震漁業地域復旧・復興技術検討資料. 令和6年7月, 2024.

2. 漁港施設の被災状況

■ 内浦地域



本体ブロック倒壊、背後エプロン崩壊



本体ブロック傾斜、背後エプロン沈下



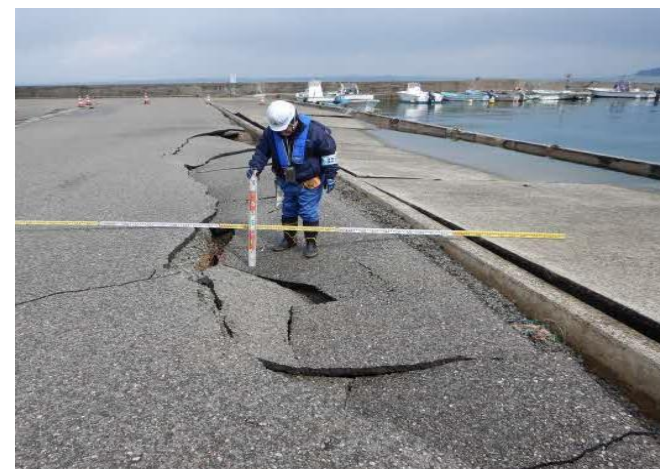
防波堤の沈下・傾斜



防波堤のズレ・開き



船揚場の沈下・ズレ・開き



臨港道路の陥没・亀裂

2. 漁港施設の被災状況

■ 外浦地域



漁港施設全体の隆起



泊地・航路の隆起



物揚場・船揚場の隆起・傾斜



防波堤の隆起・傾斜



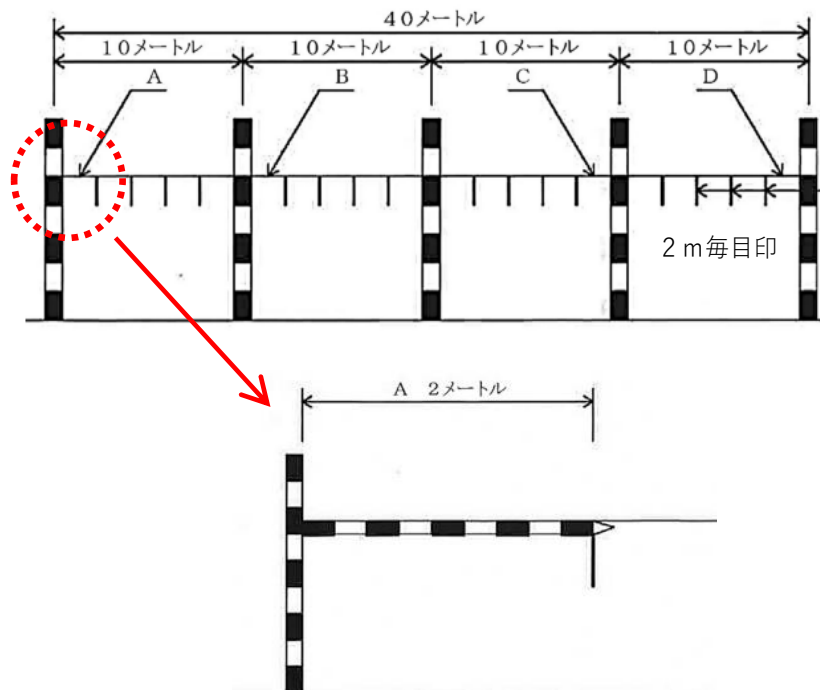
防波堤の隆起・傾斜



背後エプロンの亀裂・陥没

3. 被災状況調査

■ 従来



➤ 延長写真の撮影方法として被災部分の起点と終点との間に10m毎にポールを立て、ポール間に2m毎の目印 (10×50cm程度)を吊るし全体写真を撮影する

➤ さらに、図中のA～D箇所等の適宜の位置にポール、テープ等の長さが読めるスケールをあて目印間の距離を表す部分写真の撮影を必要とする

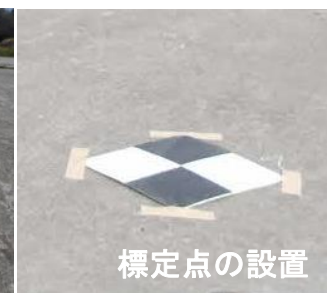


3-1. 内浦地域の被災へのICT活用

■ UAV

【目的】陸上部上面の3次元計測による、地震発生後における漁港施設等の変状把握(沈下、隆起、傾斜等)

【方法】RTK-UAV(ドローン)による空撮

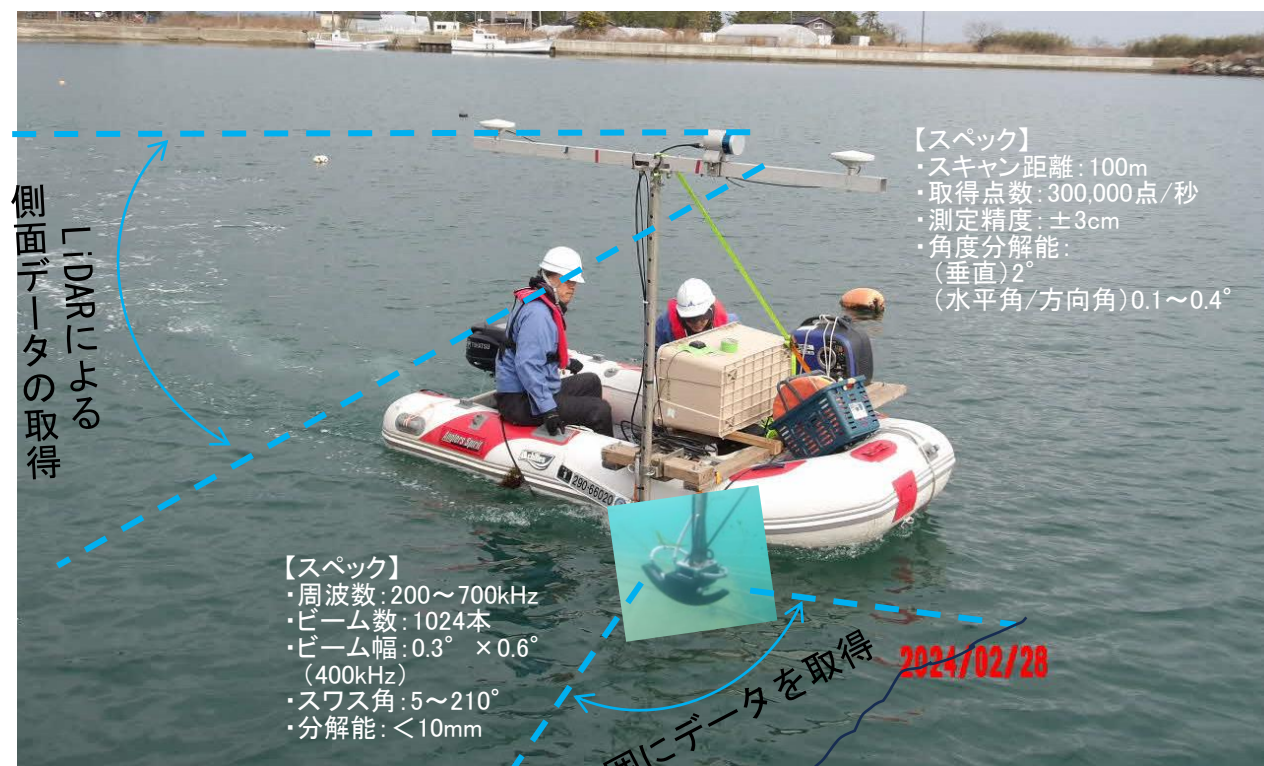


3-1. 内浦地域の被災へのICT活用

■ ナローマルチビーム & LiDAR

【目的】水中および陸上側面の3次元計測による、地震発生後における海底地形および施設変状の状況把握（地盤沈下、隆起、堆積物等）

【方法】ナローマルチビームによる音響測深およびLiDARによるレーザー計測



広範囲にデータを取得
海底地盤



※最終的にナウファスにより潮位補正

3-2. 外浦地域の被災へのICT活用

■グリーンレーザ

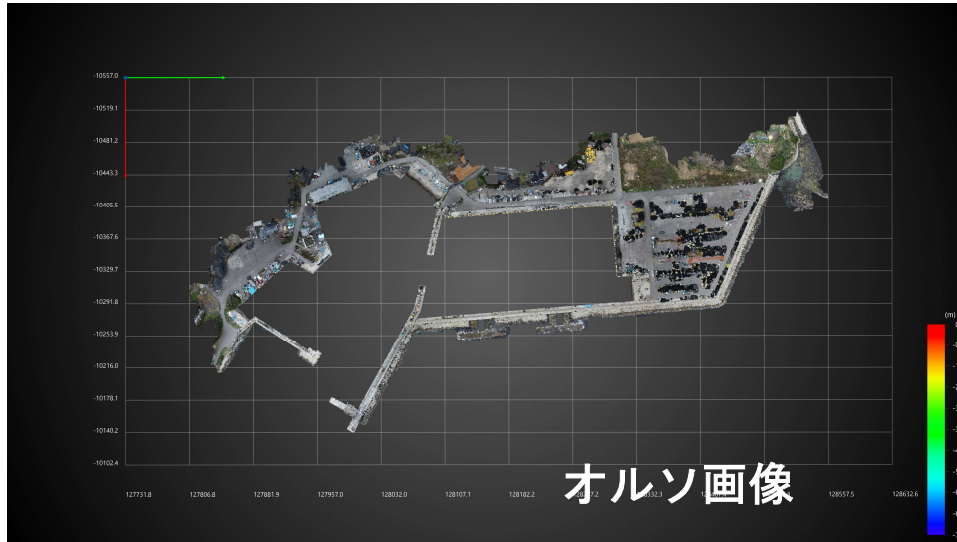
【目的】 陸上部および水中部の3次元計測による、地震発生後における現況地形等の状況把握（地盤沈下、隆起、堆積物等）

【方法】 UAV搭載型グリーンレーザーによる計測

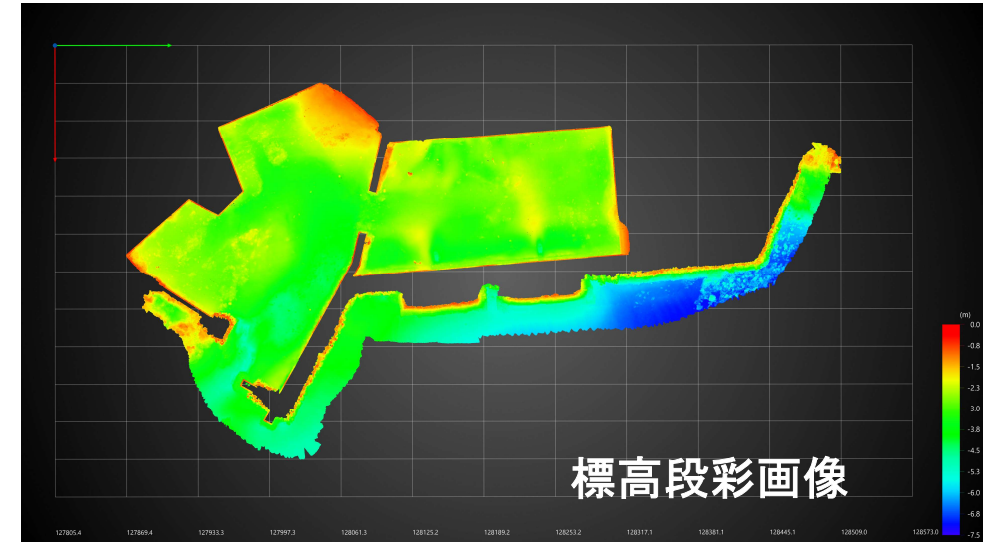


4. 取得データと活用事例

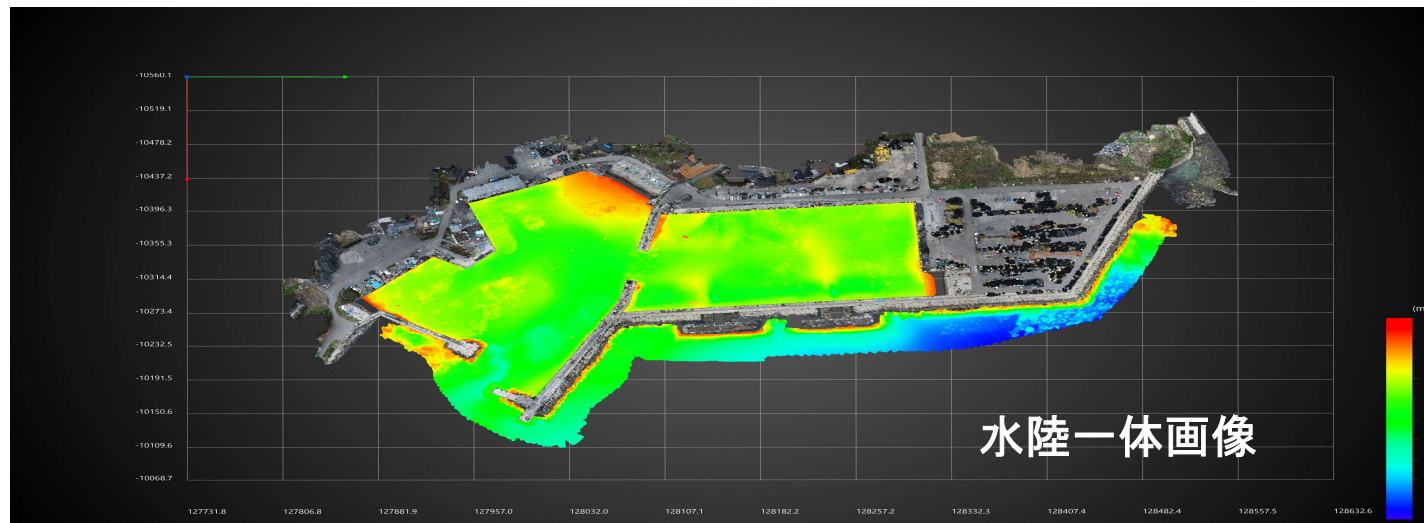
■ 各種取得データ → 水陸一体の結合



【RTK-UAV】



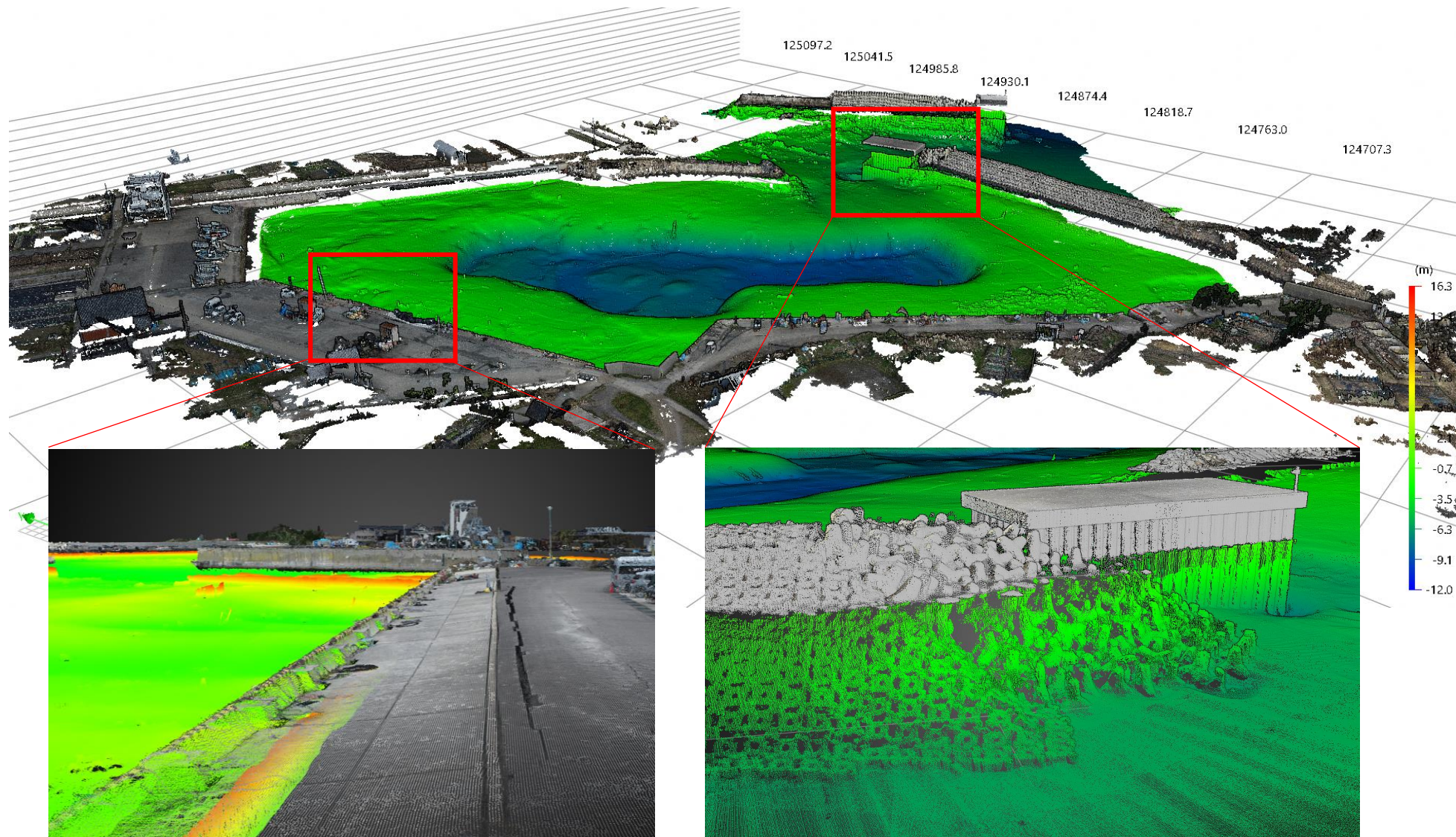
【LiDAR + ナローマルチビーム】



【RTK-UAV + LiDAR + ナローマルチビーム】

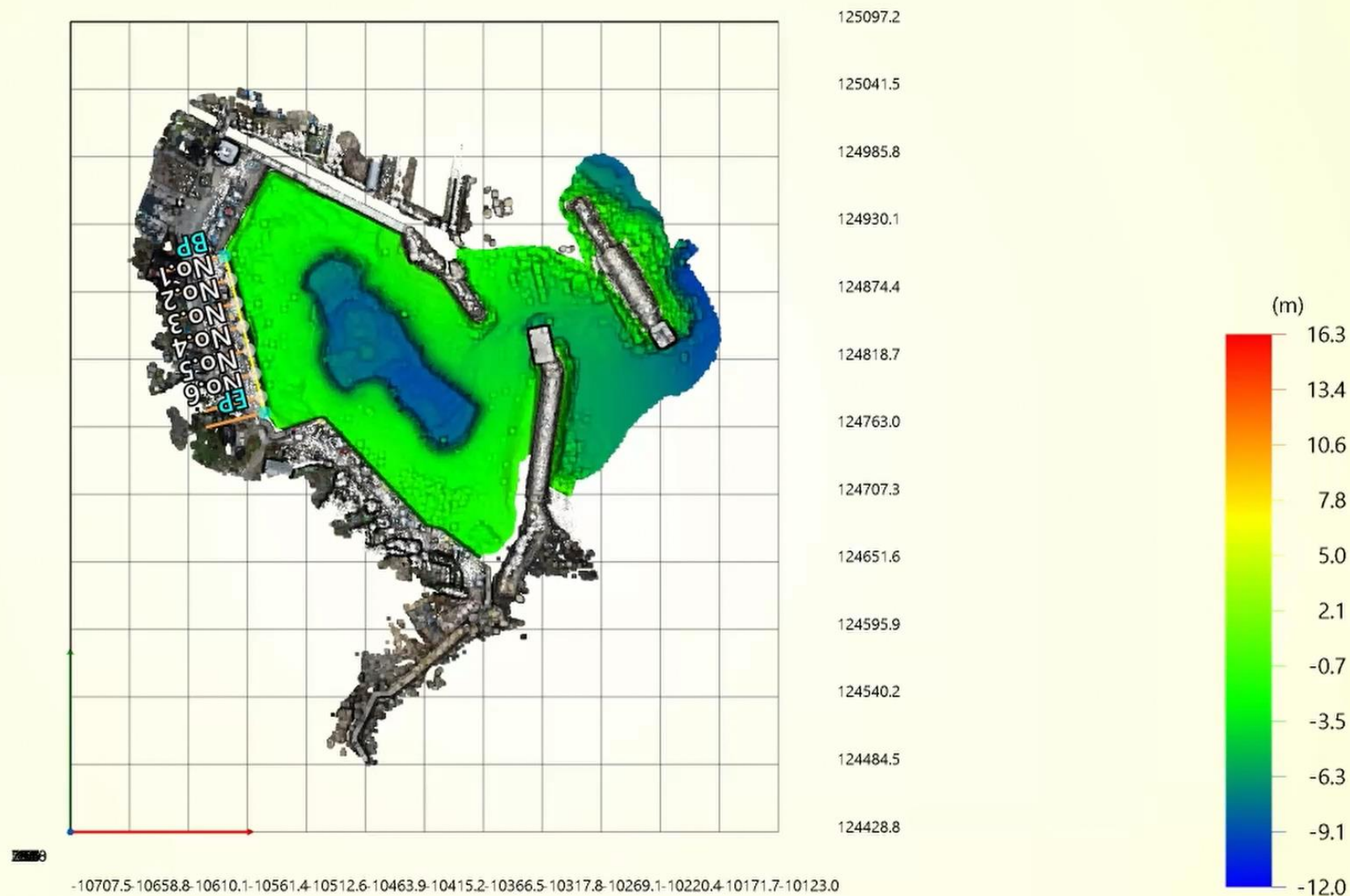
4. 取得データと活用事例

■ 3次元点群モデル ～拡大・回転～



4. 取得データと活用事例

■ 点群モデル⇒“動画”



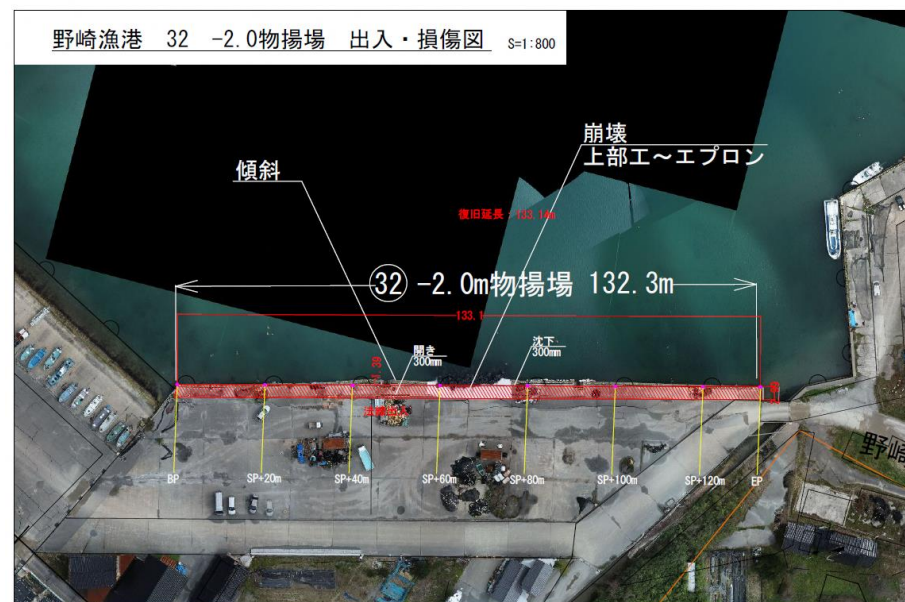
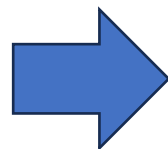
4. 取得データと活用事例

■被災平面図(損傷図)

- オルソ画像を背景図として使用
- 被災の種別、規模、位置等をオルソ画像と現地被災記録から抽出
- オルソ画像や点群ビューワから被災延長(復旧延長)を決定



■オルソ画像

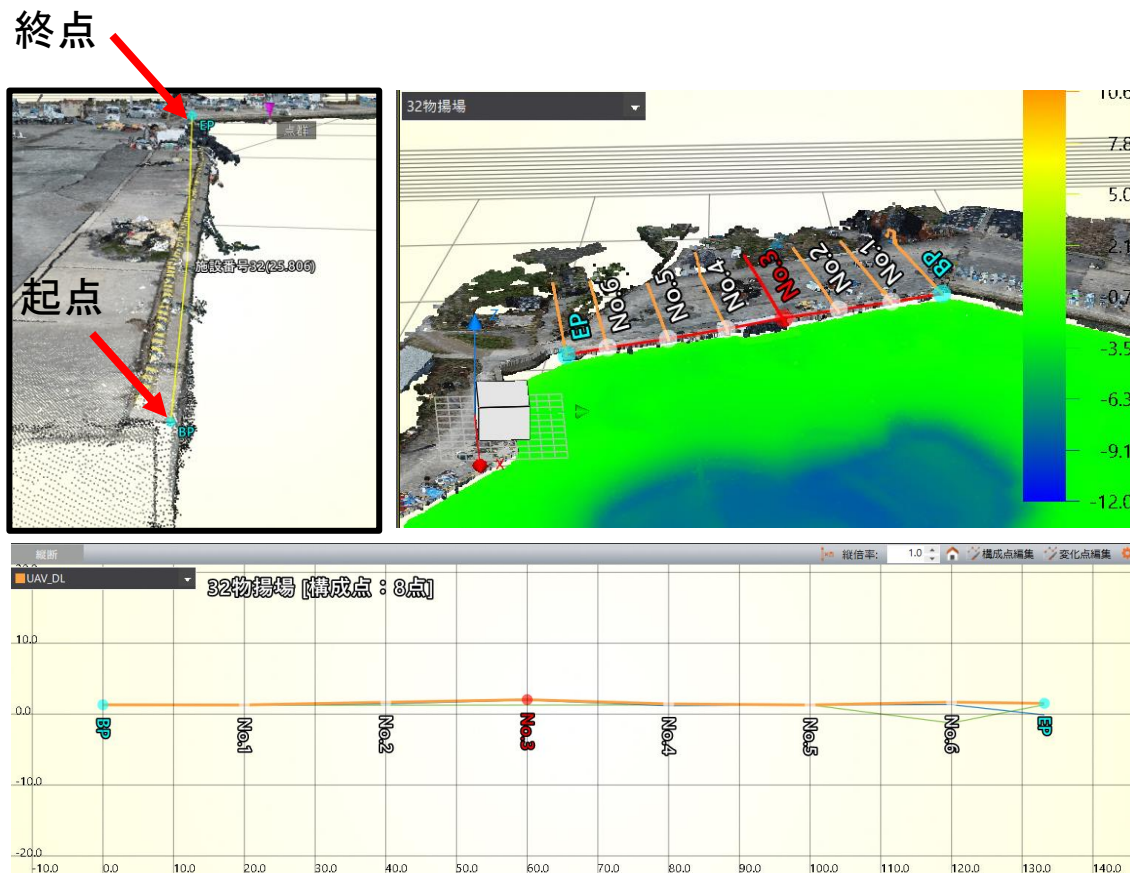


■被災平面図

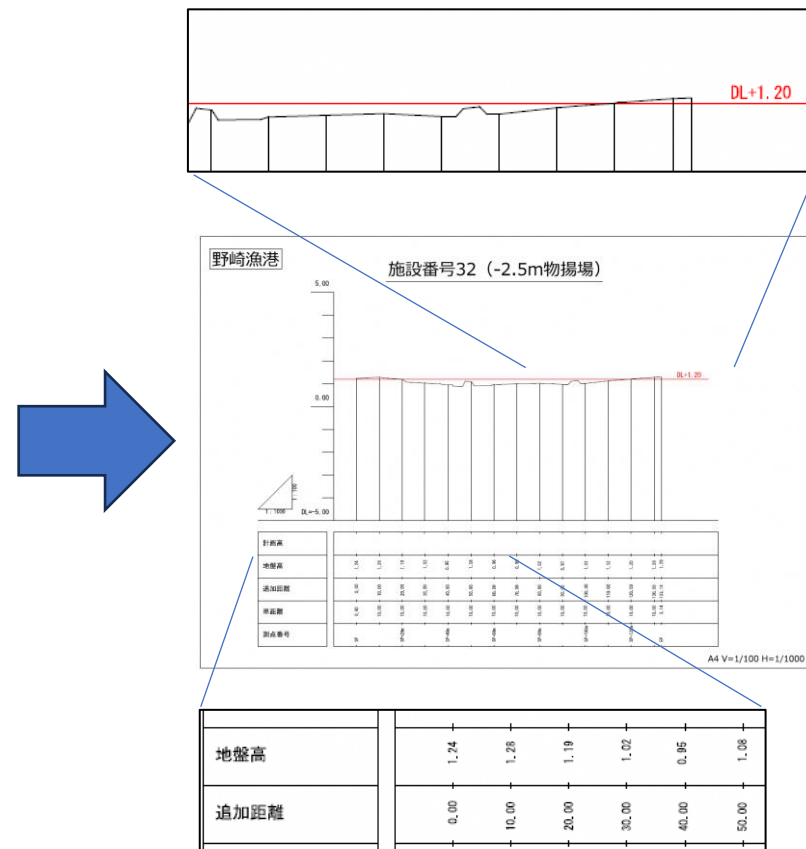
4. 取得データと活用事例

■ 縦断図

- オルソ画像と点群データから施設法線(起点・終点)を決定
- 縦断の抽出点は、被災状況に合わせて、等間隔及び変化点を抽出
- 計画天端高を記載し、天端高の変化を把握



■ 点群モデル



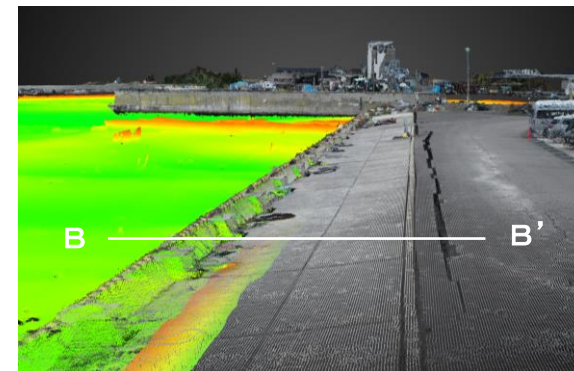
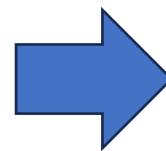
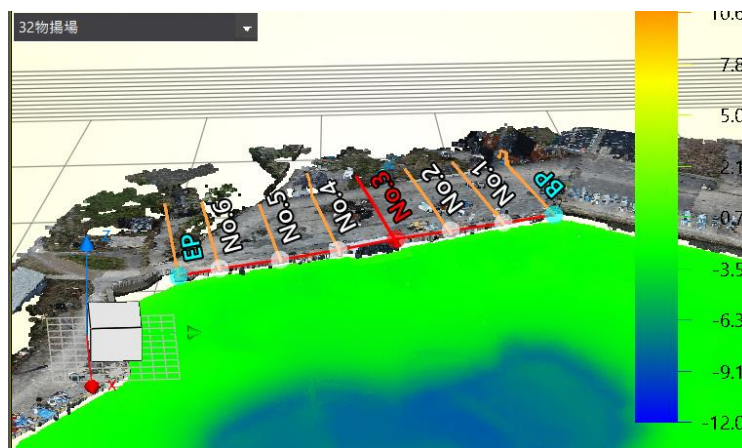
■ 縦断図

4. 取得データと活用事例

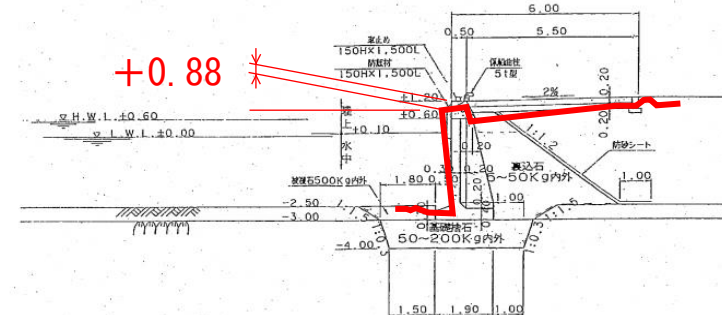
■横断図

- 設定した法線に対して直交する方向に3次元点群データから作成
- オルソ画像と照合させながら変化点を抽出
- 標準断面図と照合し、沈下や隆起、傾斜等の移動量を把握

終点



■点群モデル

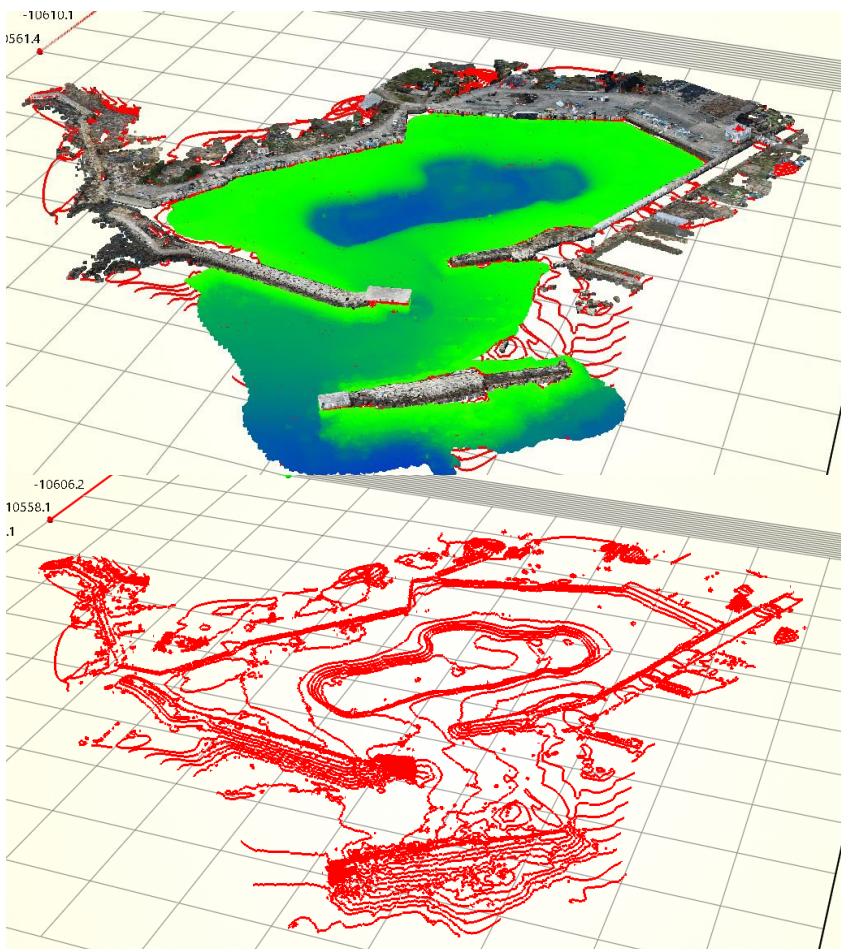


■横断図

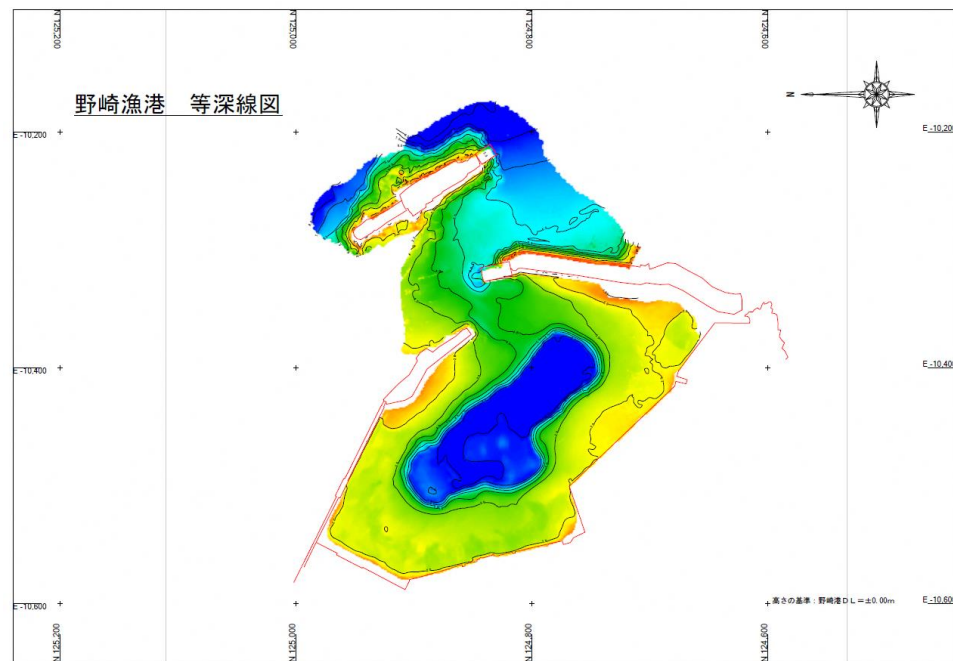
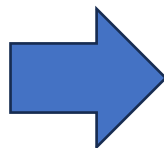
4. 取得データと活用事例

■コンタ図(水深図)

- 点群データからTINモデルを作成
- TINモデルからコンタ図を作成し、泊地や航路の計画水深と照合



■点群モデル

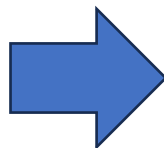
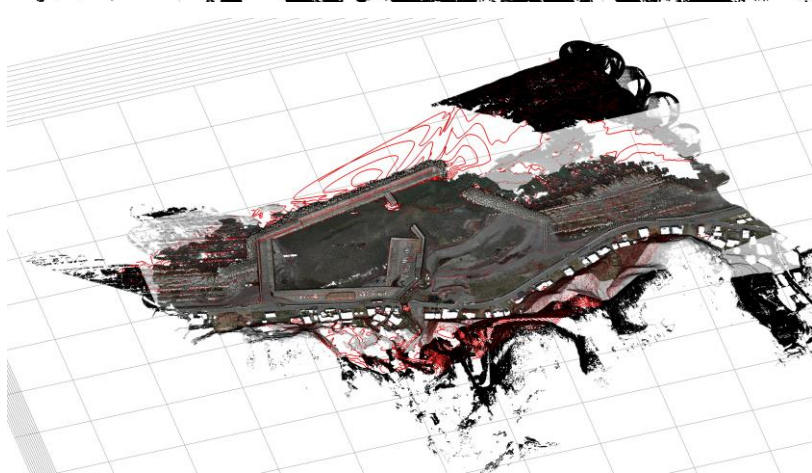
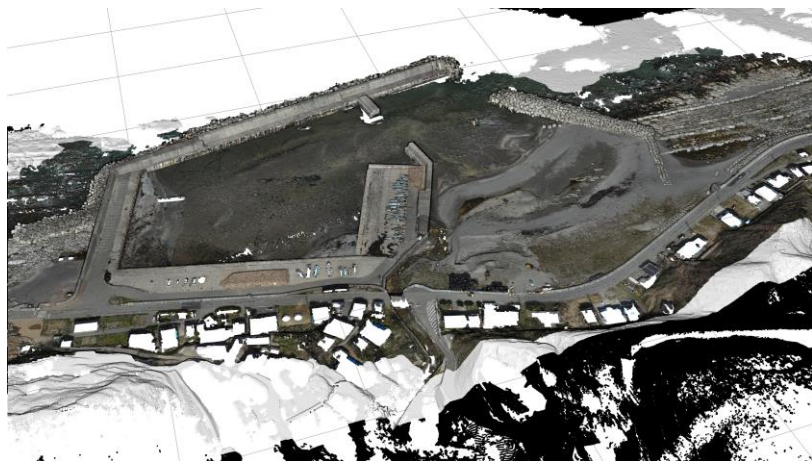


■コンター図

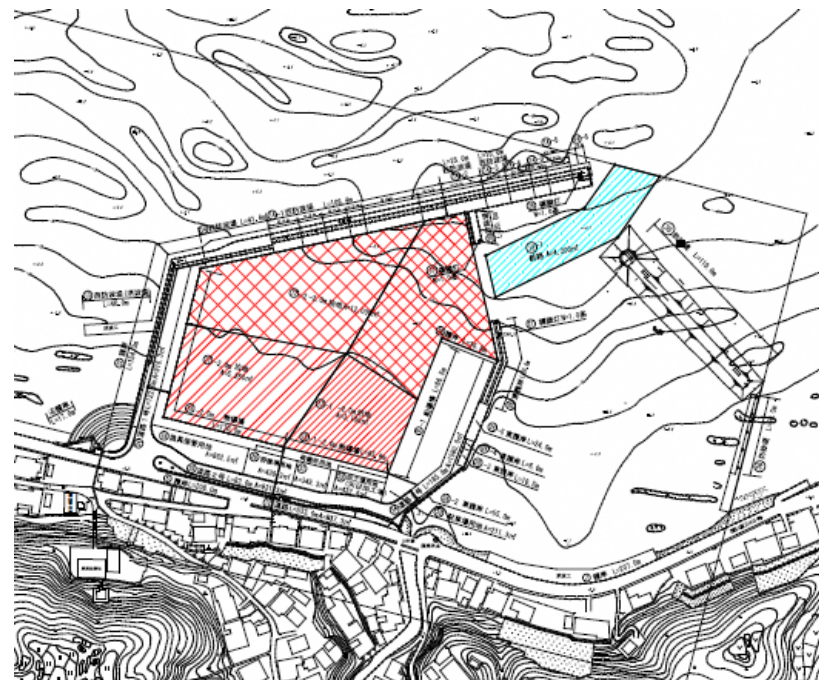
4. 取得データと活用事例

■コンタ図(水深図)

- 点群データからTINモデルを作成
- TINモデルからコンタ図を作成し、泊地や航路の土量を算出



漁港名称	施設名称	計画水深 (m)	余断厚 (m)	浚渫土量 (m³)					施設面積 (m²)		
				純土量	余断量(1)	余断量(2)	合計(1)	合計(2)	台帳	台帳平面図 (実測)	浚渫範囲 ※純土量の範囲
02名舟漁港	①泊地	-2.0	0.5	10576.96	2679.74	2679.75	13256.7	13256.71	5250.0	5359.5	5359.5
	①-1泊地	-2.0	0.5	6530.77	1682.41	1682.40	8213.18	8213.17	3100.0	3364.8	3364.8
	①-2泊地	-2.0	0.5	18590.25	6048.59	6045.70	24638.84	24635.95	12000.0	12100.1	12091.4
	①-2-1泊地	-2.0	0.5	10953.62	3313.04	3313.04	14,266.66	14266.66	12000.0	6626.1	6626.1
	①-2-2泊地	-2.0	0.5	7638.41	2735.75	2732.84	10,374.16	10371.25		5474.0	5465.7
	①-1航路	-2.5	0.5	2788.64	1228.71	1175.50	4017.35	3964.14	4200.0	3138.4	2351.0



■点群モデルからコンタ図作成

■土量算出結果

【被災平面図】

- オルソ画像を拡大することで、おおよその被災状況を把握可能。
- 別途直接目視による被災記録と照合することで、被災の種別、規模、位置等をより正確に把握可能。
- 打合せ協議では、オルソ画像や点群ビューアを共有しながら、画像上（遠隔）で被災延長（復旧延長）を決定することができた。

【縦断図】

- 従来の手法では、現地に測量鉤を設置して水準測量を実施するが、ICTを活用することでオルソ画像や3次元点群データから現地の施設法線を事後協議にて決定し縦断図を作成できた。
- 通常査定で必要とする20mピッチに加え、任意の点を適宜抽出し計画天端高さと照合することで、手戻りなく天端高さの変化量を把握することができた。

【横断図】

- 法線に直交する方向に3次元点群データから作成可能。
- オルソ画像と照合しながら変化点を抽出し、任意の断面を適宜切り出し可能なため、標準断面図と照合することで、沈下や隆起、傾斜等の移動量を手戻りなく把握することができた。

【コンタ図】

- 専用ソフトウェアを用いて、点群データからTINモデル作成。
- TINモデルのコンタ図から泊地や航路の計画水深と照合し、施設の復旧計画や浚渫土量の算出を迅速かつ効率的に行うことができた。

災害発生時における漁港施設の被災調査へのICT活用はおおむね有効である。特に施設（漁港）全域を点群データによる3次元座標で記録しているため、現地調査後においても再調査することなく、任意箇所において作図等、必要資料の作成が可能であることは有効性が高い。

(1) 膨大なデータ容量

【課題】

- 膨大なデータ容量や異なる複数のICTを組み合わせでデータ取得しているため、各々に解析時間を要し、成果を作成する事前処理段階で時間等の労力を費やした。
- また、データの受け渡しや閲覧には、高スペックなPCやサーバ、専用のソフトウェアによる動作環境が必要となり、納品後に確認ができない課題も発生した。
- 今回は提供したビューアデータでも閲覧不可であった。

【対応】

- web会議による画面共有や拡大・回転させてた切り出し画像を提供した。
- 今後3次元データ活用業務の充実・拡大やBIM/CIMとの連携強化も見据え、受発注者で同程度の動作環境を整備していくことが望まれる。

6. 課題と対応(展望)

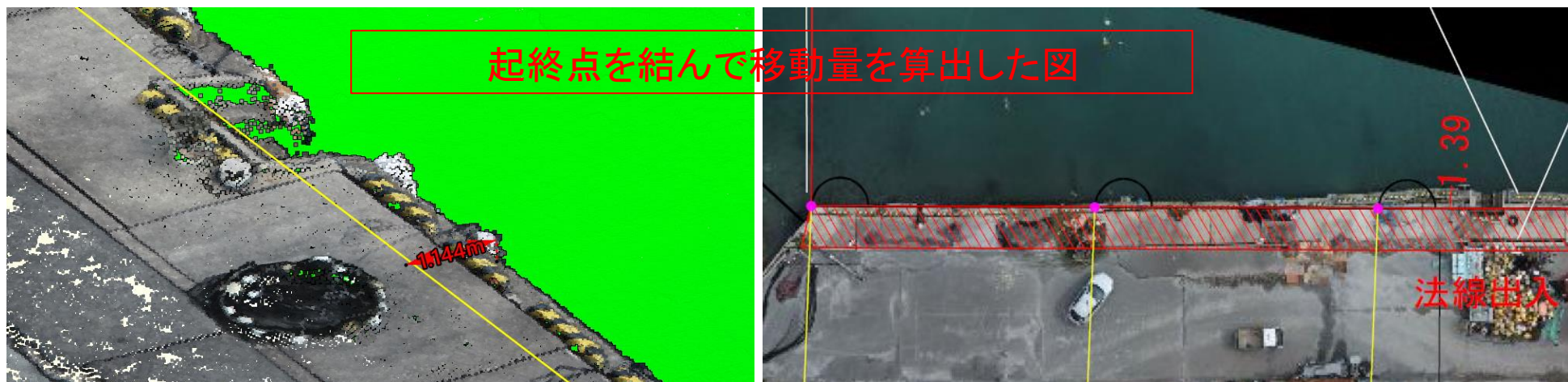
(2) 元座標データが不明

【課題】

- 施設の被災前の状態や法線の位置を把握できる資料がなく、計測した現況の3次元座標(X、Y)から被災前との移動量(出入)を正確に把握することが出来なかった。

【対応】

- 起点と終点を結んだ直線を計画法線として移動量を算出した。
- 今後3次元データをより有効活用するには各施設に座標データを整備しておくことが望まれる。



(3) 漁船や漁具の障害物

【課題】

- 漁港施設内には、漁船や漁具等が置かれているため、上空や海域からの計測でそれらが障害物となった。
- 断面図作成の際、等間隔での自動抽出では障害物上の高さを抽出してしまうため、オルソ画像から判断して抽出箇所を変更する手間が発生した。
- また、ひび割れ等の被災状況が障害物による死角で把握できないことも発生した。

【対応】

- 断面作成では障害物等を画像判断で対応した。
- 被災状況は別途直接目視による被災記録との照合により対応した。
- 移動不可の漁船付近の施設については3次元データの取得ができないため、垂下式カメラによる撮影で被災状況を確認した。

(4)ICT(新技術)による成果品

【課題】

- ICTを用いた点検は、通常の日視点検と必ずしも同等の精度や結果が得られるわけではない。
- 現行マニュアルでは、「新技術活用等により」「3次元データ等に記録する」という一文のみで具体的な記載はないため、求める精度や記録(成果)について受発注者での打合せ・協議に時間を費やした。

【対応】

- web等により十分な打合せ・協議を重ねたことや別途直接目視による被災記録との照合により対応した。
- 今後、ICT施工のようにマニュアルを充実させ、測定精度や成果物の統一を図ることが望まれる。

ご清聴ありがとうございました

本稿は、令和5年度水産基盤整備調査委託事業「漁港地域復旧・復興対策緊急調査」で実施した一部の調査内容についてICT活用の有効性の観点でとりまとめたものです。現地調査にあたっては、被災直後の復旧・復興の途上にもかかわらず七尾市ならびに輪島市の住民、漁業協同組合の皆様には多大なご協力をいただきました。また、ICT計測や解析等にあたっては、日本ミクニヤ株式会社、株式会社快適空間FCには多大なご協力をいただきました。すべての関係各位には、ここに記して謝意を表します。