

令和6年度 港湾におけるi-Construction 及びBIM/CIM 講習会

< ICT測量について >

2025年 1月15日

一般社団法人 海洋調査協会

説明内容

■ 港湾分野に適用可能なICT活用技術

「港湾分野に適用可能なICT活用技術」「施工箇所の可視化・出来形把握」「施設の維持管理へのICT活用」他

■ 3次元測量(UAV、マルチビーム)

「UAV(ドローン)による作業区分および順序」「グリーンレーザドローンの特徴と計測例」

「海底地形を面的・詳細に計測するスワス測深」「深浅測量の工程別作業区分および順序」「マルチビーム測深機器等の操作」「各機器の設定及び各種補正データの確認」「3次元設計データの作成」他

■ 測量・調査方法の新たな動き

「港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた検討状況」他

■ 港湾分野に適用可能なICT活用技術

「港湾分野に適用可能なICT活用技術」「施工箇所の可視化・出来形把握」「施設の維持管理へのICT活用」他

■ 3次元測量(UAV、マルチビーム)

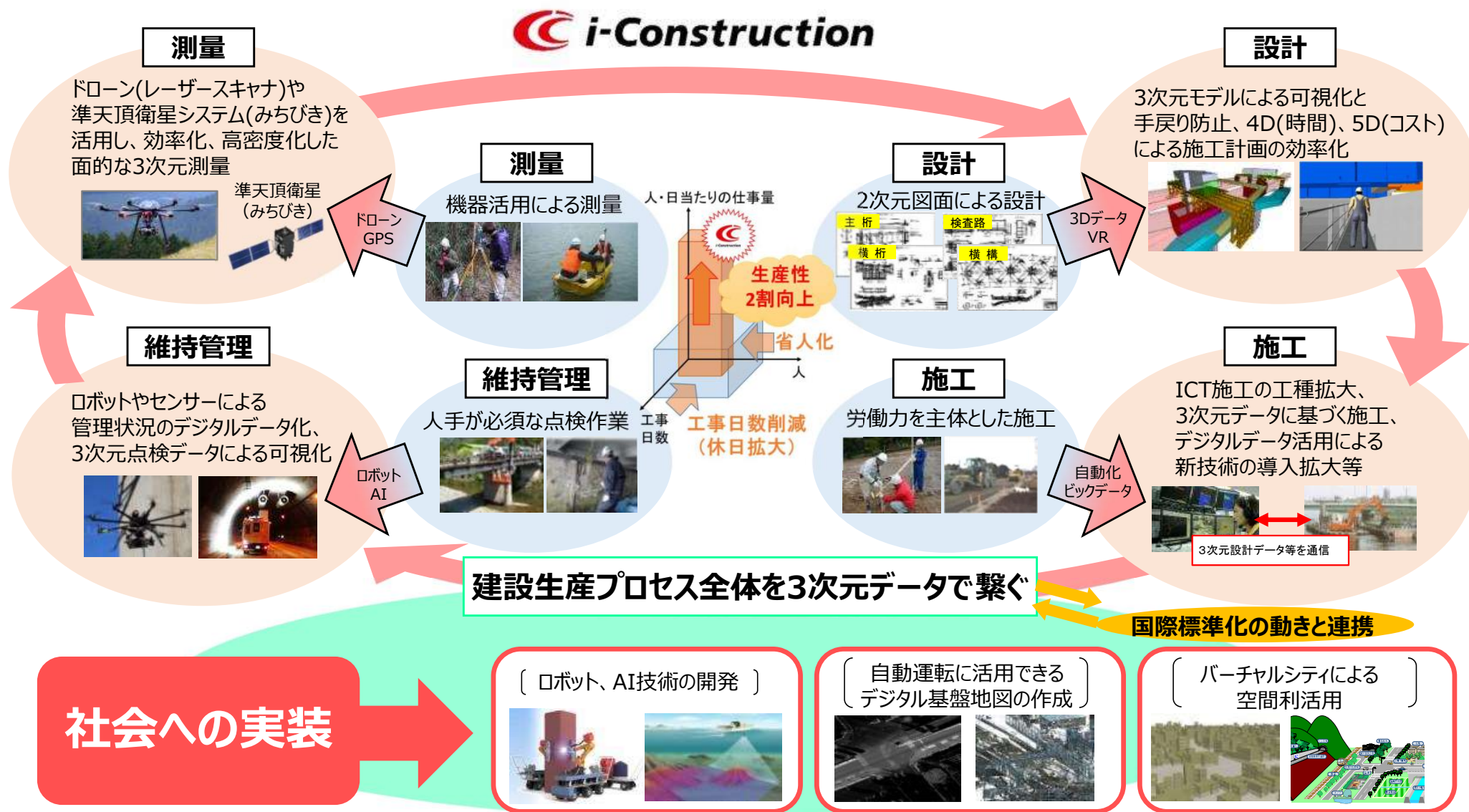
「UAV(ドローン)による作業区分および順序」「グリーンレーザドローンの特徴と計測例」

「海底地形を面的・詳細に計測するスワス測深」「深浅測量の工程別作業区分および順序」「マルチビーム測深機器等の操作」「各機器の設定及び各種補正データの確認」「3次元設計データの作成」他

■ 測量・調査方法の新たな動き

「港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた検討状況」他

① 港湾分野に適用可能なICT活用技術



第3回港湾におけるi-Construction推進委員会より

② 港湾分野に適用可能なICT活用技術(陸上)

分野	ICT活用技術	内容
測量	UAV（ドローン）を用いた3次元測量	UAV（ドローン）に搭載したカメラやレーザー計測を用いて3次元データを取得
測量	地上レーザースキャナを用いた3次元測量	地上レーザースキャナに搭載したカメラやレーザー計測を用いて3次元データを取得
施工 (施工管理)	GNSSを用いた作業船位置誘導管理システム	GNSSを用いて船体や吊荷の位置情報を共有し、位置決め迅速化
施工 (出来形管理)	自動追尾型TSによるブロック据付誘導システム	ケーソンなどのブロックにプリズムを取り付け、据付位置の誘導
施工 (監督・検査)	ウェアラブルカメラを用いた現場立会	現場作業員にウェアラブルカメラを取り付け、現場立会や段階確認
維持管理	パノラマカメラを用いた構造物調査点検システム	LEDを搭載したパノラマカメラを用いて、点検情報管理システムで管理
維持管理	i-Boat（無線LANボート）を用いた港湾構造物の点検・診断システム	動揺抑制装置を備えたカメラを搭載したボートを用いて、栈橋下面全体を3Dモデル化

③ 港湾分野に適用可能なICT活用技術(水中)

分野	ICT活用技術	内容
測量	マルチビームを用いた水中部の3次元測量	・マルチビームを用いて3次元データを取得 ・取得データのクラウド処理システム
施工 (施工管理)	水中施工機械による水中施工の無人・遠隔化	GNSSと音響通信を組み合わせ位置精度向上させることで作業船から水中施工機械を遠隔コントロールする。
施工 (施工管理)	4Dソナーを用いた施工箇所のリアルタイム可視化	作業船に搭載した4Dソナーを用いて、水中の施工状況をリアルタイムで監視
施工 (出来形管理)	設置型水中ソナーによる出来形測量	パンチルト機能を搭載した水中ソナーを用いて、海底や構造物から出来形測量を実施
維持管理	ROV・水中ドローンを使用した海洋構造物の点検	ROV・水中ドローンを使用して、潜水士の代わりに、陸上から海洋構造物の定期点検を実施
維持管理	水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握	パンチルト機能を搭載した水中ソナーを用いて、構造物の形状把握
維持管理	AUVを使用した外郭施設の水中部可視化技術	搭載したサイドスキャンソナーで外郭施設の水中部の音響画像と3次元地形データを取得

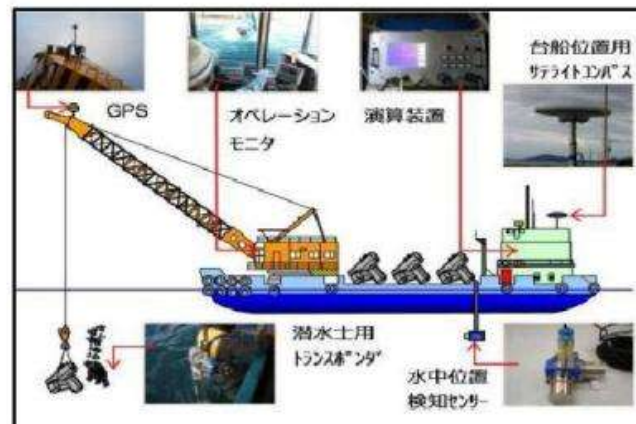
④ 施工箇所の可視化・出来形把握

分野	ICT活用技術	内容
施工 (施工管理)	4Dソナーを用いた施工箇所のリアルタイム可視化	作業船に搭載した4Dソナーを用いて、水中の施工状況をリアルタイムで監視

◆ICTブロック据付工 実施要領(ICTを用いた施工)

- 据付ブロックの位置と目標据付位置をリアルタイムで可視化する技術を用いた施工
 - 以下の機器を組合せて、対象物の形状と位置を確認できる技術を用いた施工を想定※
(※調達が困難である場合や使用条件が合わない場合等は監督職員と協議)
- ① 超音波によるリアルタイム水中可視化(水中ソナー)
 - ② GNSSによる位置決め(GNSS)
 - ③ 方位・船体動揺の計測、補正(慣性航法装置等)
 - ④ 水中音速による距離補正(水中音速度計)

<参考>適用技術イメージ



第3回港湾におけるi-Construction推進委員会より

④施工箇所の可視化・出来形把握

分野	ICT活用技術	内容
施工 (出来形管理)	設置型水中ソナーによる出来形測量	パンチルト機能を搭載した水中ソナーを用いて、海底や構造物から出来形測量を実施

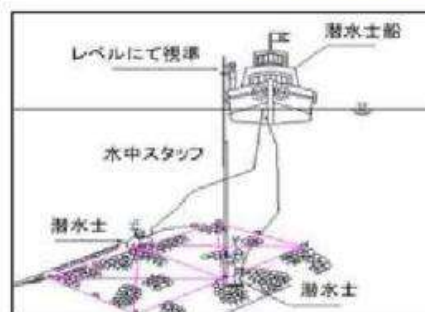
＜基礎工の概要＞



基礎工の出来形管理基準値(一部)

種別	天端高	天端幅
捨石本均し	±5cm	-10cm
捨石荒均し	±50cm	-10cm

＜現地試験＞ ⇒課題の明確化、具体的な対応策の検討の方向性 等



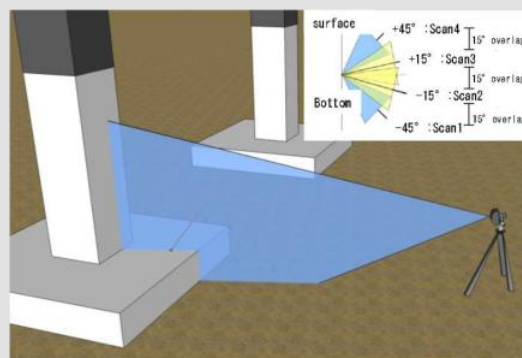
従来方式(潜水士)による出来形測量

比較・検証



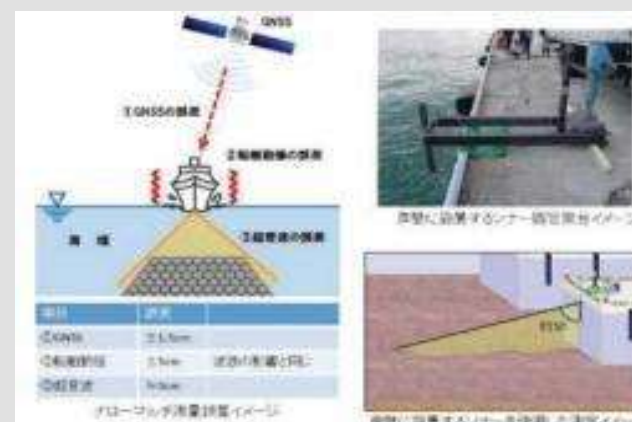
マルチビームによる出来形測量

海底設置型水中ソナー



水底に静置して、ソナーヘッドを回転させて計測

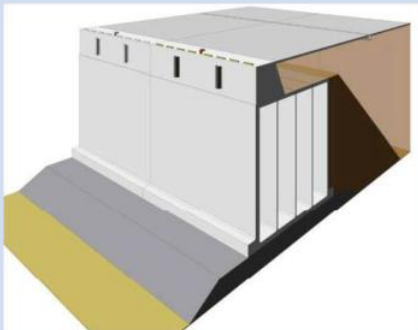
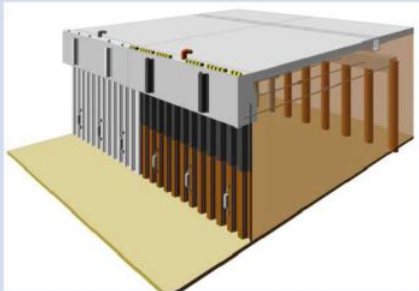
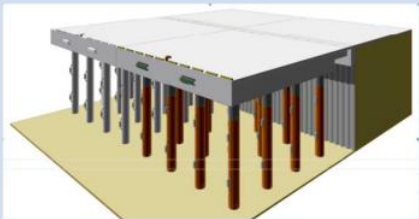
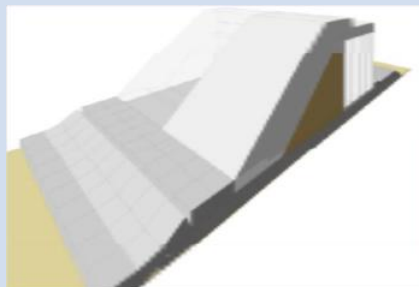
構造物取付型水中ソナー



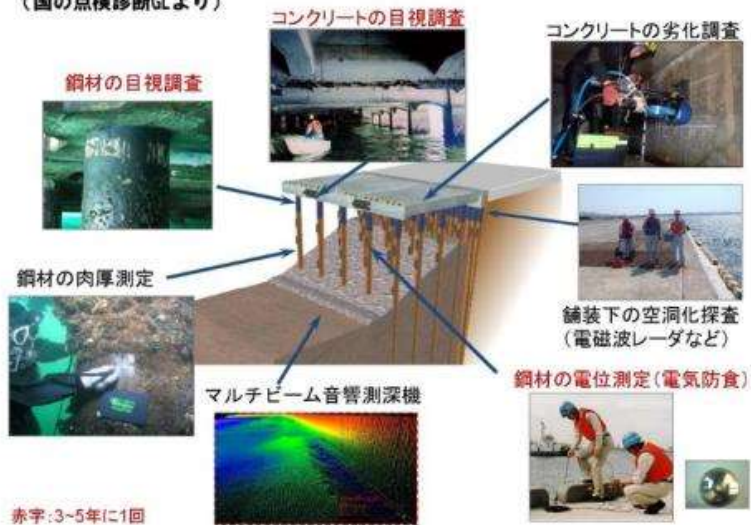
第3回港湾におけるi-Construction推進委員会
令和3年3月港湾の施設の新しい点検技術 カタログより

⑤ 施設の維持管理へのICT活用

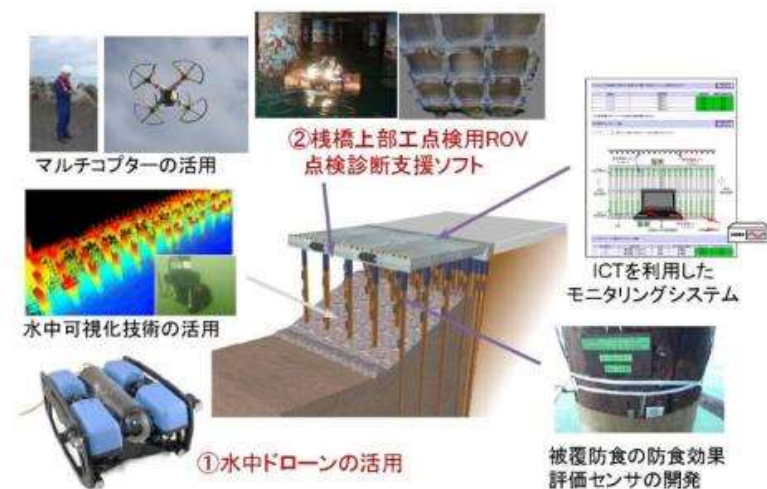
主な構造形式

重力式岸壁	矢板式岸壁	棧橋	ケーソン式防波堤
			

港湾施設の点検方法：係留施設（棧橋）の場合 (国の点検診断GLより)



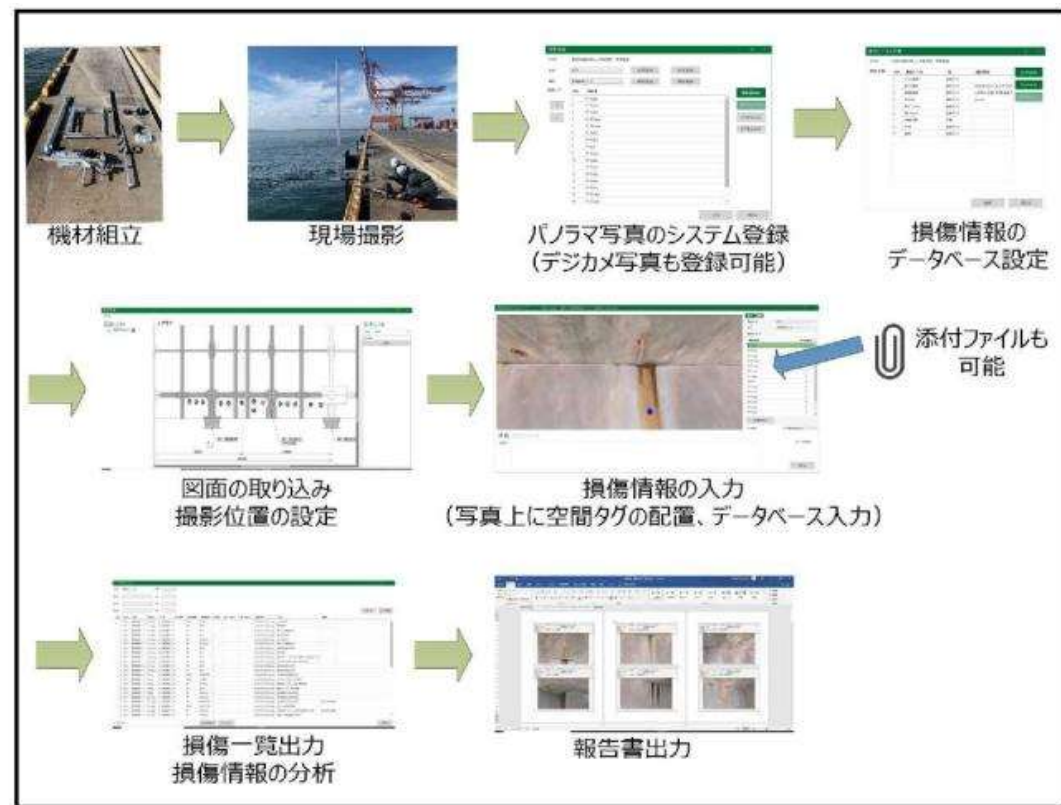
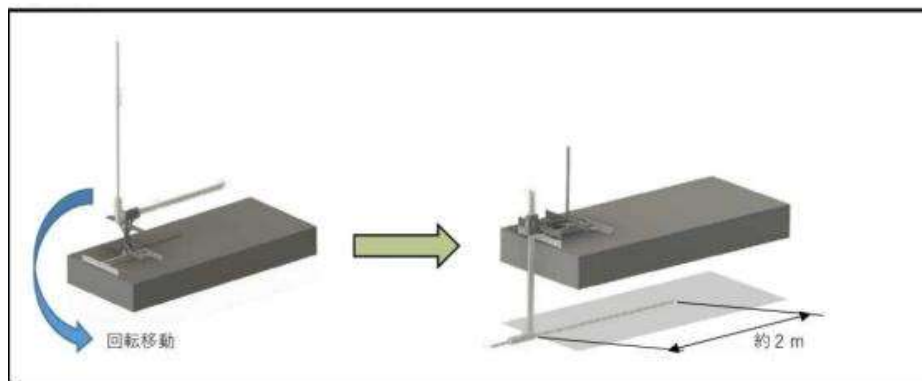
海洋・港湾構造物の点検診断技術の開発・運用検討



令和2年インフラメンテナンスにおけるロボット活用シンポジウム
「ロボットを活用したインフラメンテナンスのニーズ・適用例・課題～港湾施設の点検に関して」より

⑤ 施設の維持管理へのICT活用

分野	ICT活用技術	内容
維持管理	パノラマカメラを用いた構造物調査点検システム	L E Dを搭載したパノラマカメラを用いて、点検情報管理システムで管理



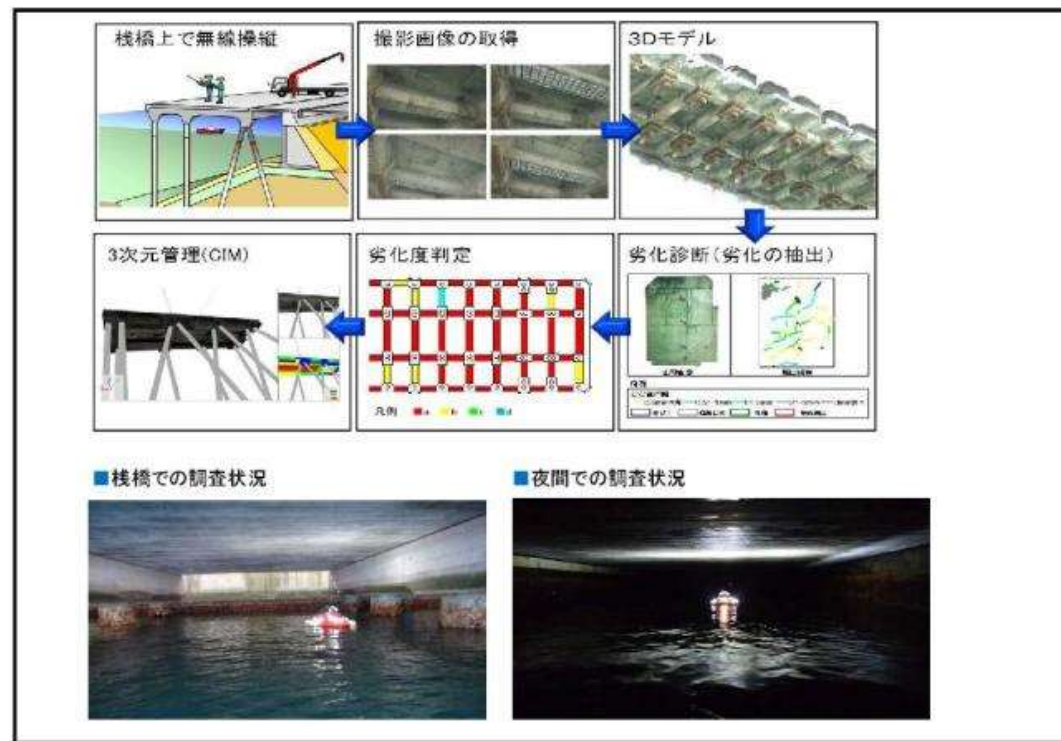
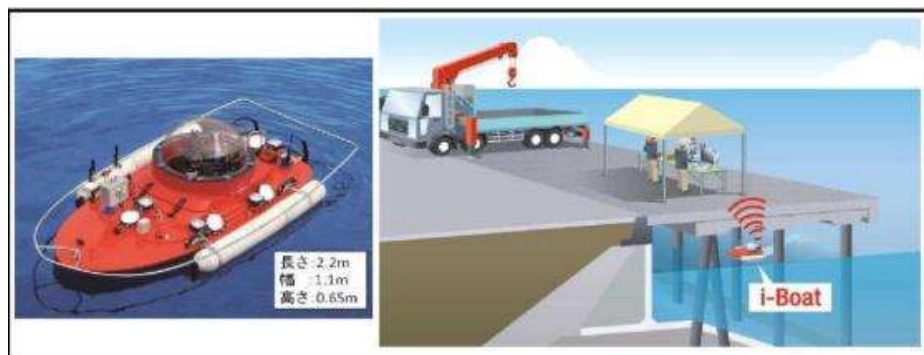
特徴

詳細な全周写真により客観的な診断
データの履歴管理により経年劣化の把握が可能

令和3年3月港湾の施設の新しい点検技術 カタログより

⑤ 施設の維持管理へのICT活用

分野	ICT活用技術	内容
維持管理	i-Boat（無線LANボート）を用いた港湾構造物の点検・診断システム	動揺抑制装置を備えたカメラを搭載したボートを用いて、栈橋下面全体を3Dモデル化

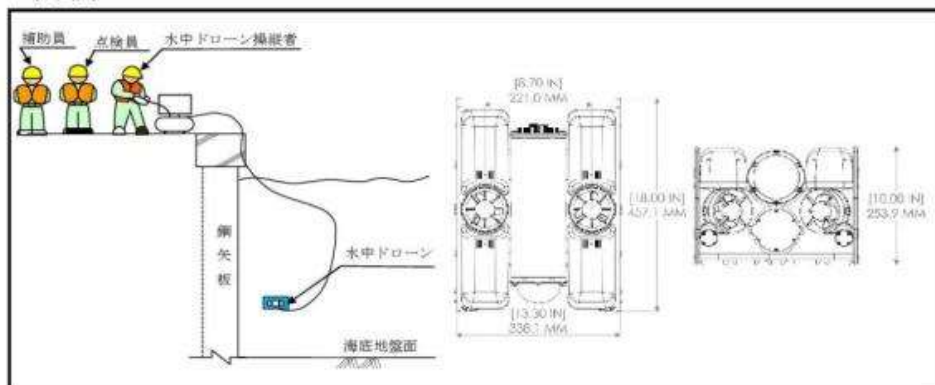


特徴

無線操作によるボートを用いて、効率的に栈橋下面の写真撮影を行うとともに、品質自動劣化診断ソフトによる客観的な診断と経年劣化の把握が可能

⑤ 施設の維持管理へのICT活用

分野	ICT活用技術	内容
維持管理	ROV・水中ドローンを使用した海洋構造物の点検	ROV・水中ドローンを使用して、潜水士の代わりに、陸上から海洋構造物の 定期点検を実施



矢板の腐食調査



栈橋鋼管杭の陽極調査

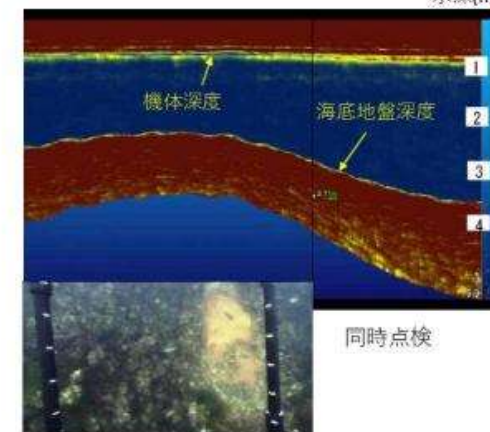


音響測深機による海底地盤の点検



鋼矢板の腐食と吸出しによる海底地盤の水深の変化を同時に点検することで、従来技術に比べ吸出しの早期発見が可能となる。

水深(m)



同時点検

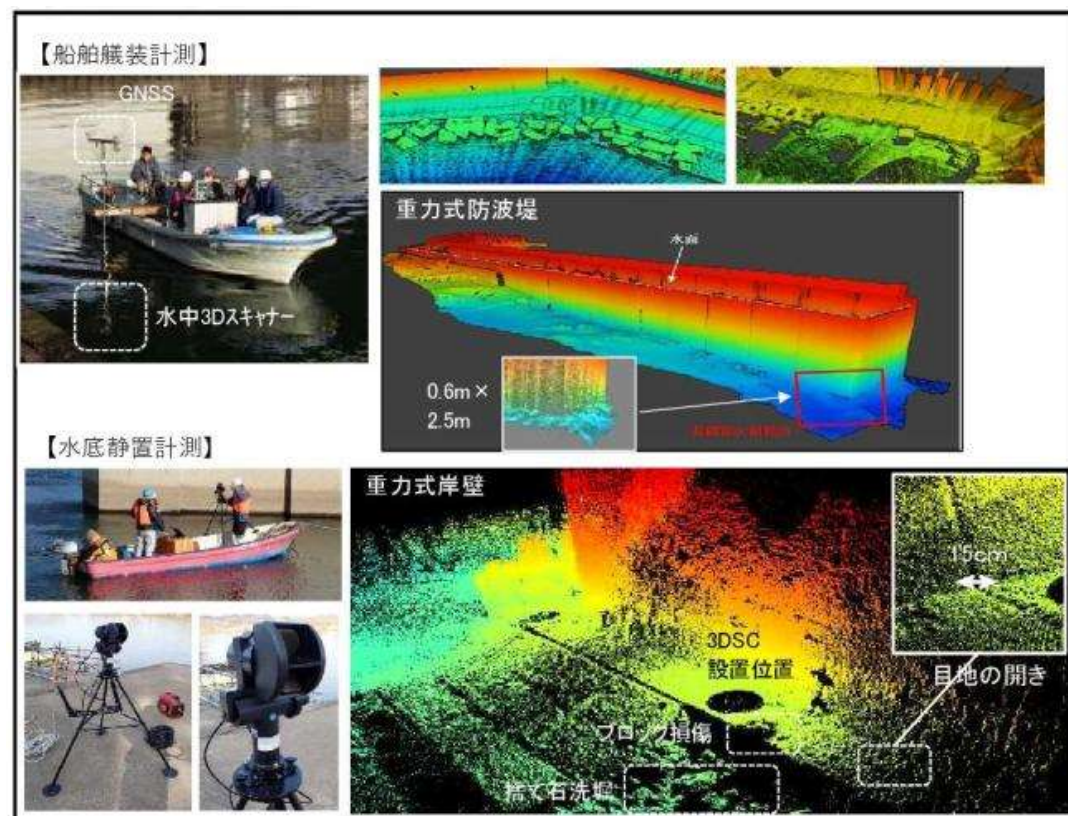
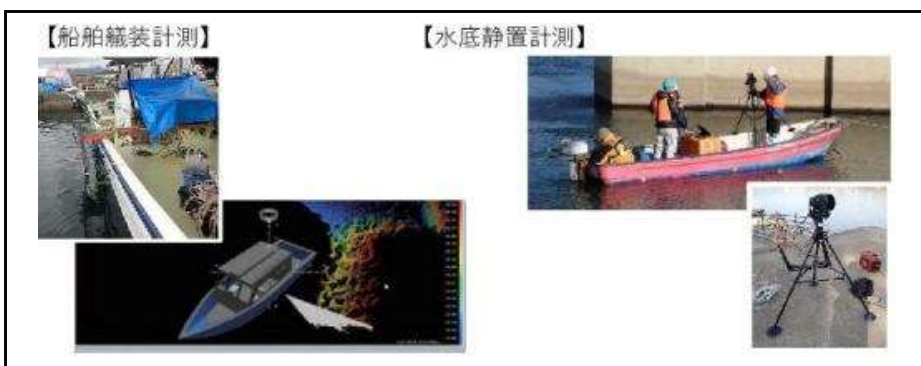
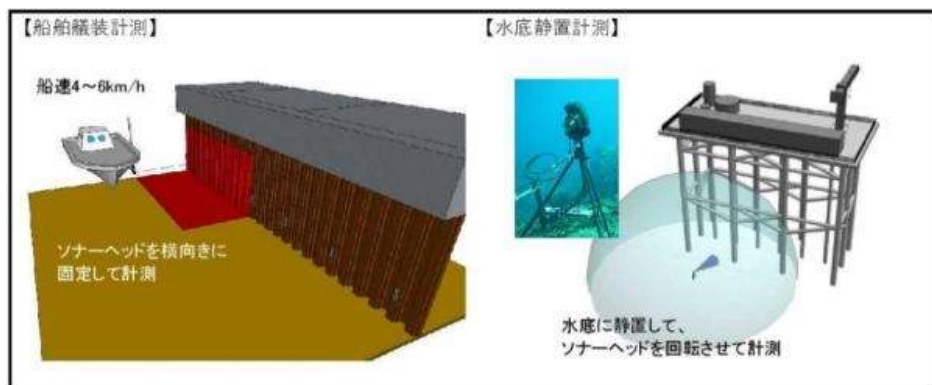
特徴

人員の省力化を図ることができる。

令和3年3月港湾の施設の新しい点検技術 カタログより

⑤ 施設の維持管理へのICT活用

分野	ICT活用技術	内容
維持管理	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	パンチルト機能を搭載した水中ソナーを用いて、構造物の形状把握



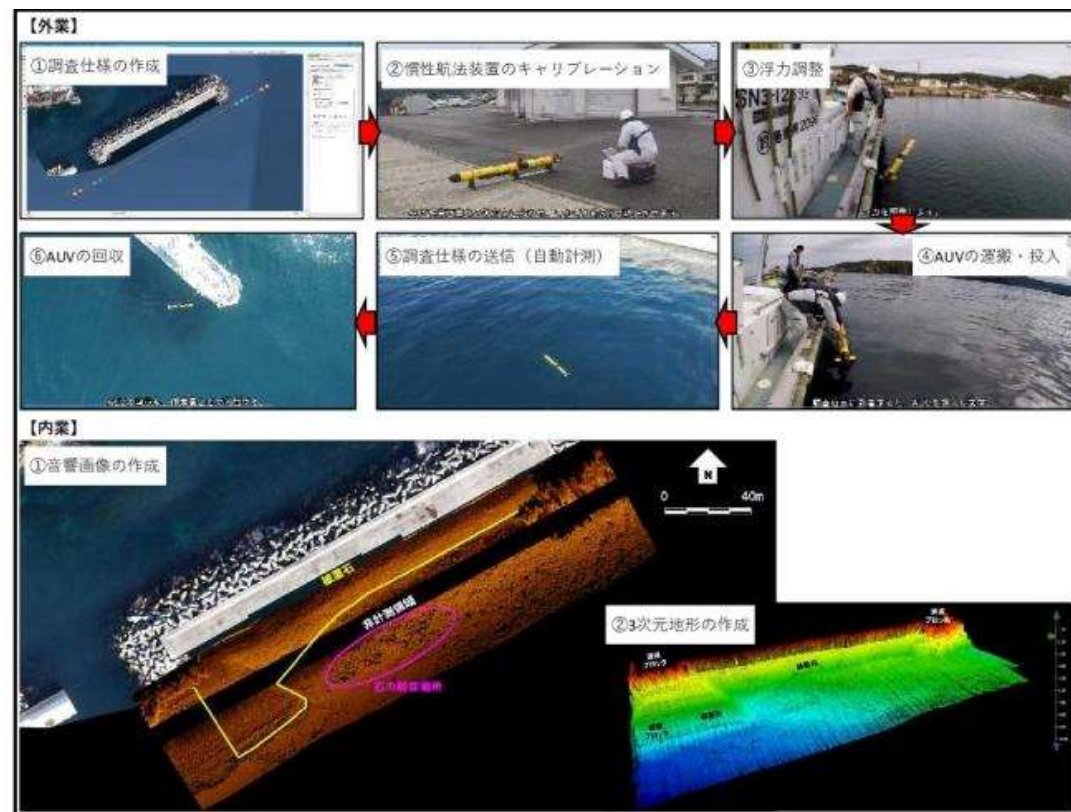
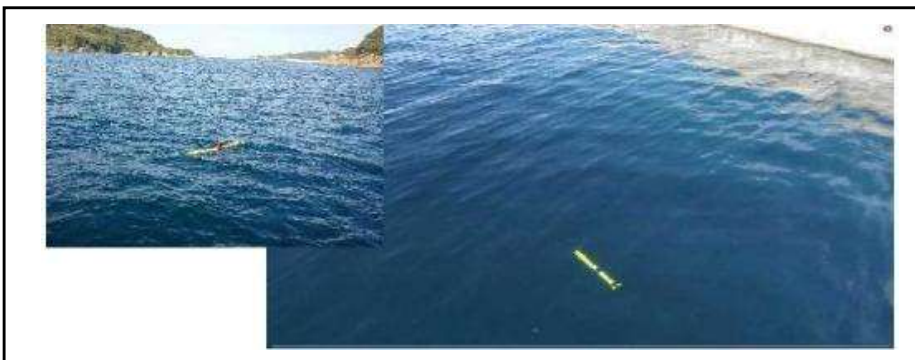
特徴

マルチビームよりも周波数が高いため点群密度が高く、複雑な形状や10cm程度の変状を計測可能。音波を横向きに発信することで水面付近の構造物の計測が可能。

令和3年3月港湾の施設の新しい点検技術 カタログより

⑤ 施設の維持管理へのICT活用

分野	ICT活用技術	内容
維持管理	AUVを使用した外郭施設の水中部の水中部可視化技術	搭載したサイドスキャンソナーで外郭施設の水中部の音響画像と3次元地形データを取得



特徴

毎回、同一のルート（コース・深度）を航行させることができるため、
経時・経年 再現性 変化を確実に効率的に診断可能。

令和3年3月港湾の施設の新しい点検技術 カタログより

■ 港湾分野に適用可能なICT活用技術

「港湾分野に適用可能なICT活用技術」「施工箇所の可視化・出来形把握」「施設の維持管理へのICT活用」他

■ 3次元測量(UAV、マルチビーム)

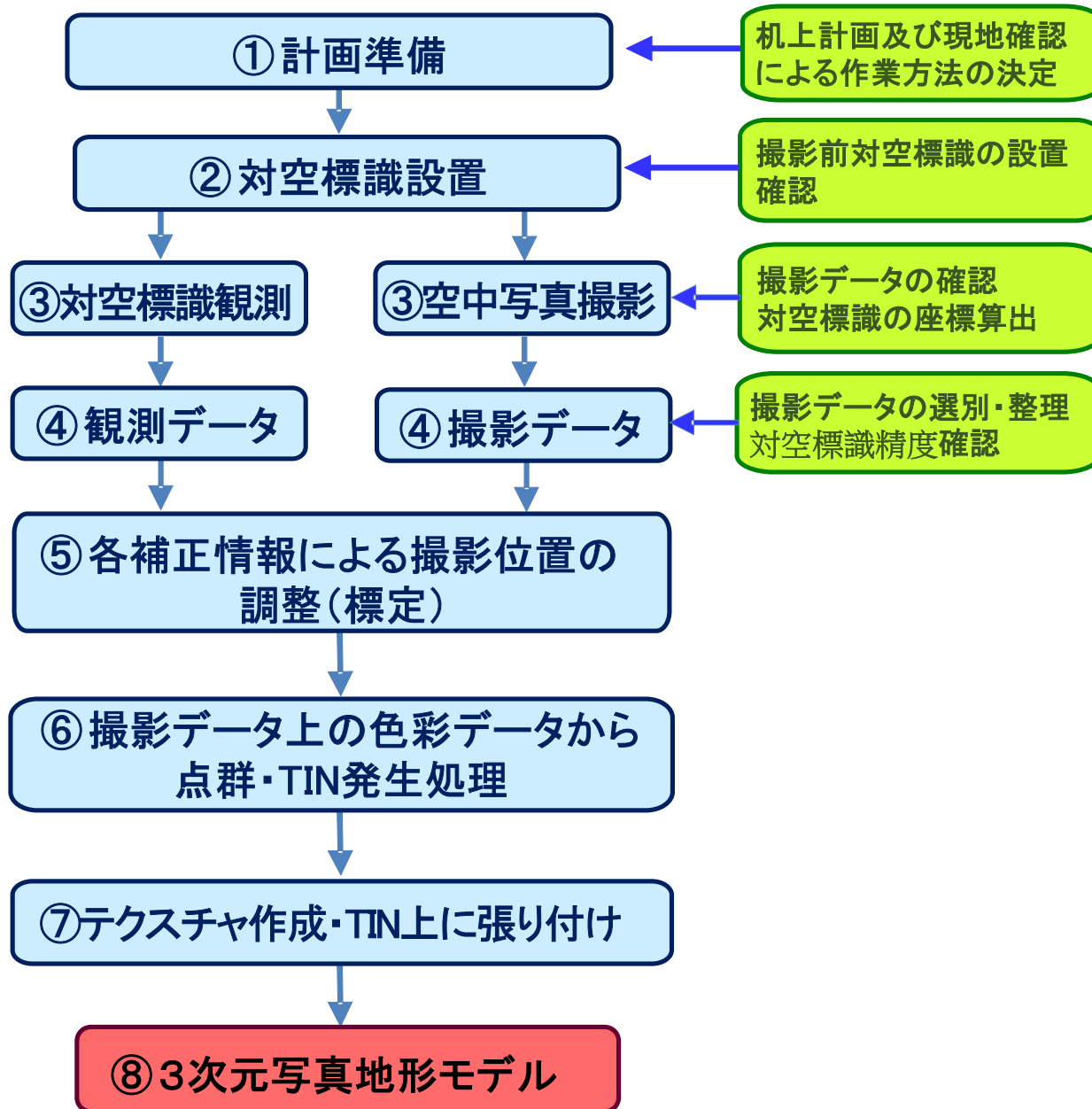
「UAV(ドローン)による作業区分および順序」「グリーンレーザドローンの特徴と計測例」

「海底地形を面的・詳細に計測するスワス測深」「深浅測量の工程別作業区分および順序」「マルチビーム測深機器等の操作」「各機器の設定及び各種補正データの確認」「3次元設計データの作成」他

■ 測量・調査方法の新たな動き

「港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた検討状況」他

UAVによる作業区分および順序



インパクションE12-787



デジタルカメラ機装



飛行・撮影状況

UAVによる3次元データ取得フロー

① 計画準備

対象範囲の確認
周辺環境の確認

地形の確認
コース方向の検討

対標の配置
対標の大きさ

ドローンの機種
カメラの選定

基地局の検討
標高・比高差^{※1} 確認

フライト時間
作業日数



※1 比高差；ここでは、盛土やがけなどの高さを近傍の平らなところとの差高低差がある所は、コースごとに飛行高度を設定する。

港湾におけるUAVによる3次元データ取得

【UAV（ドローン）機材例】

DJI
Matrice600



DJI
Phantom4



Trimble
UX-5



UAVタイプ		
回転翼		固定翼
カメラ		
架台に設置 多様なカメラ搭載が可能	一体型	専用ケースに入るカメラのみ
市販民生用カメラ レンズ10～50mm 対地高度が選択できる	レンズ：3.6mm BH※2は良いが、歪みが大きい 対地高度が低くなる	市販民生用カメラ レンズ15mm GSD※3は2cm以上
準備		
20分	15分	30分
重量		
9600g	1280g	2500g
フライト時間		
15分	20分	50分

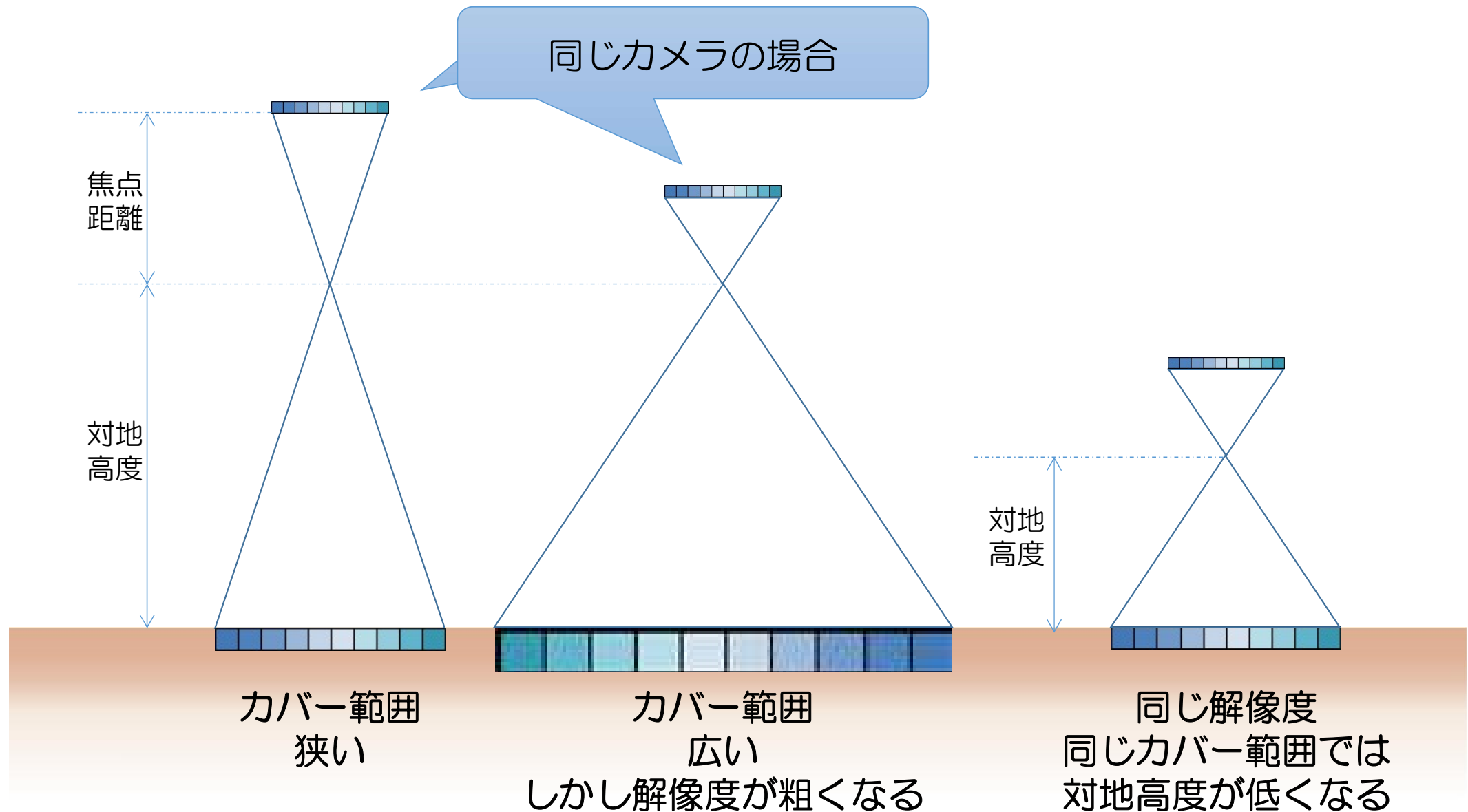
※2 B H比とは、各種基線一高度比(Base Height ratio:B/H比)で、写真撮影位置間の距離である基線長と撮影高度の比を云う、空中写真撮影の場合0.6程度が標準

※3 G S D（GSD：Ground Sample Distance）とは、地上解像度（地上分解能）で現われ、デジタル画像1画素の一边が示す地上での距離、公共測量マニュアル（案）では、地上画素寸法で記載

港湾におけるUAVによる3次元データ取得

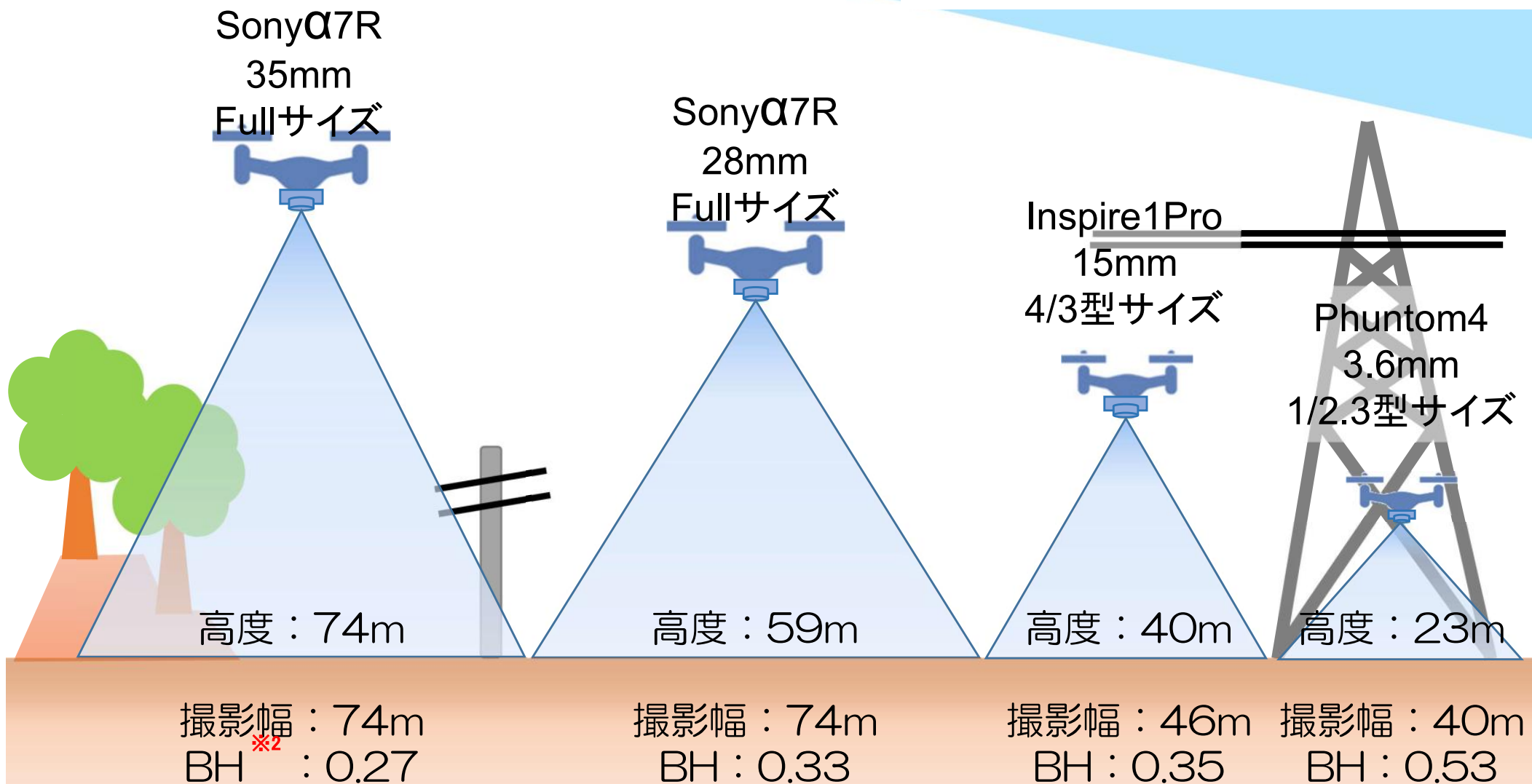
18

【カメラ、レンズ、高度】



※3 G S D (GSD : Ground Sample Distance) とは、地上解像度 (地上分解能) で現われ、デジタル画像1画素の一边が示す地上での距離、公共測量マニュアル (案) では、地上画素寸法で記載

【地上画素寸法^{※3} 1cmの場合】

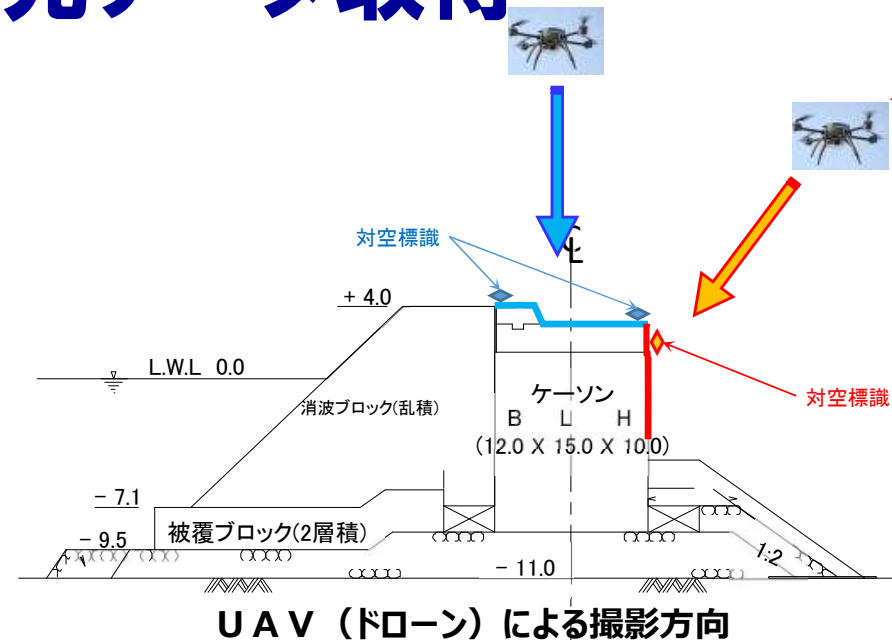


※2 B/H比とは、各種基線—高度比(Base Height ratio :B/H比)で、写真撮影位置間の距離である基線長と撮影高度の比を云う、空中写真撮影の場合0.6程度が標準

【撮影計画】

- 位置精度と地上画素寸法※3

位置精度	地上画素寸法	摘 要
0.05m以内	0.01m以内	出来形管理
0.10m以内	0.02m以内	起工測量 岩線測量
0.20m以内	0.03m以内	部分払い 出来形管理



- 撮影進行方向のラップは、90%程度で画像を取得することが望ましい。(図－a)
また、海上で水面が写り込む施設においては、地物部分（上部コンクリートの天端等）が面積比で60%以上あることが望ましい。(図－b)



図－a 90%程度のラップ

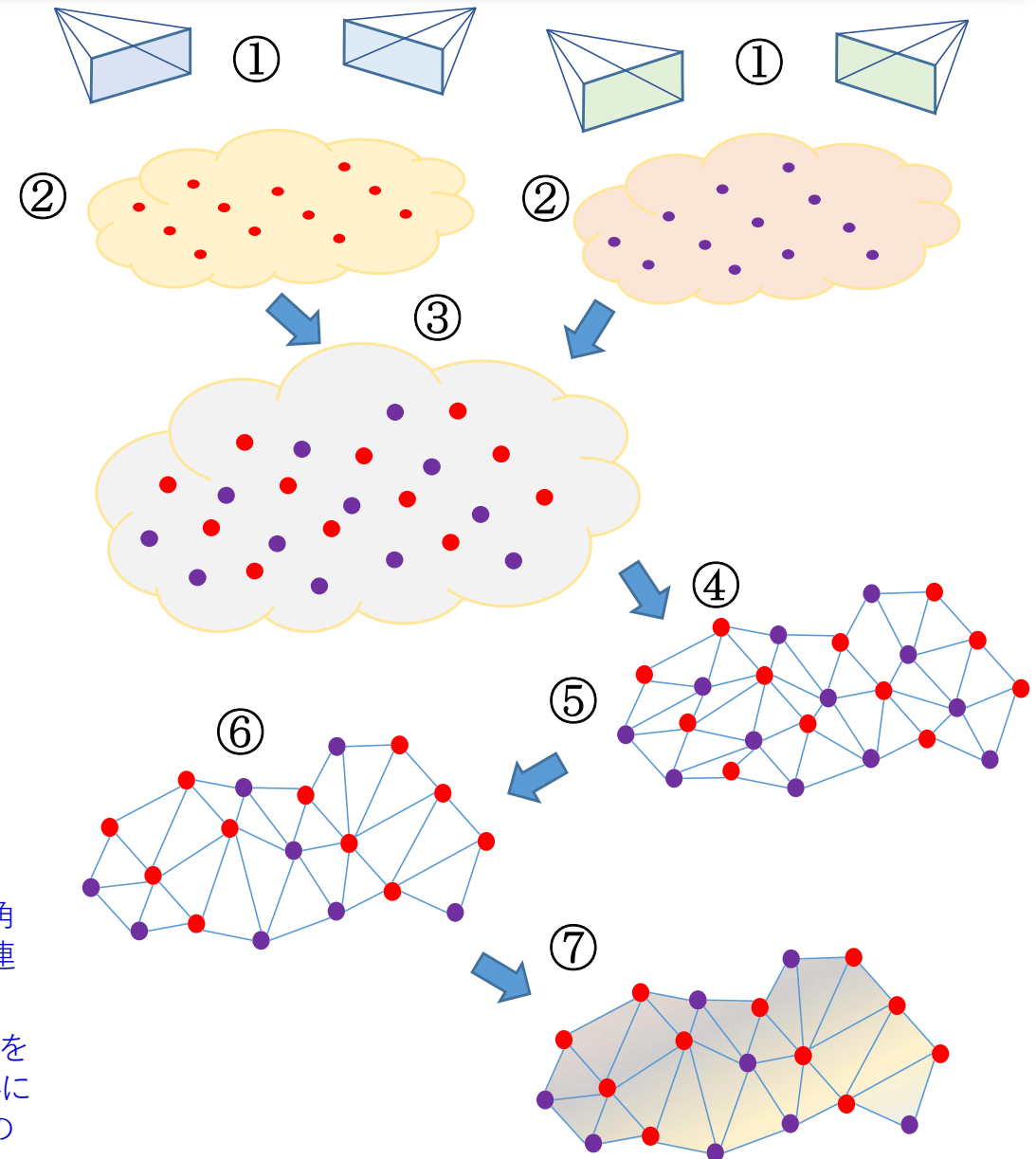


図－b 60%以上の面積比



⑥ 撮影データ上の色彩データから点群・TIN発生処理

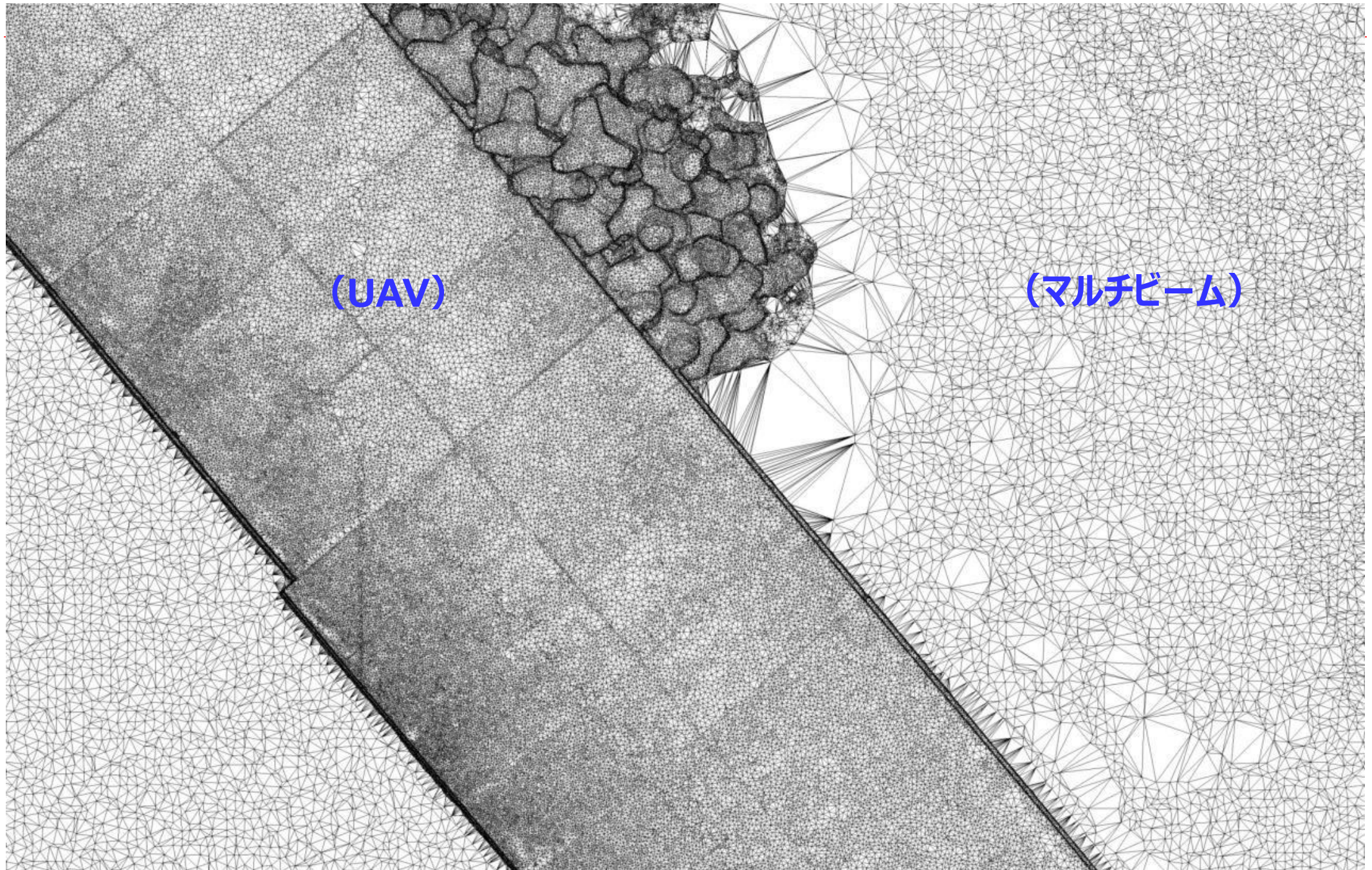
- ① ステレオペア作成
- ② 点群^{※16}抽出
- ③ 点群マージ
- ④ TIN^{※17}構築
- ⑤ TIN整形
- ⑥ TIN簡素化
- ⑦ テクスチャ^{※18}貼付



※16 点群とは、地表面や建物の外観などを3Dレーザースキャナーによって無数の3D座標点で計測したデータ

※17 TINとは、Triangulated Irregular Network（不規則三角形網）の略で、数値地形モデルの作成にあたって、地表を連続した三角形の格子でおおう方法

※18 3Dグラフィック・ソフトなどで使う物体の表面や質感を表現するための地紋やパターン、または画像。TINの三角形に写真の色を張り付けて、上部コンクリートや消波ブロックの質感、立体構造を表現



◆ UAV(ドローン)とNMB(マルチビーム)のTINデル事例

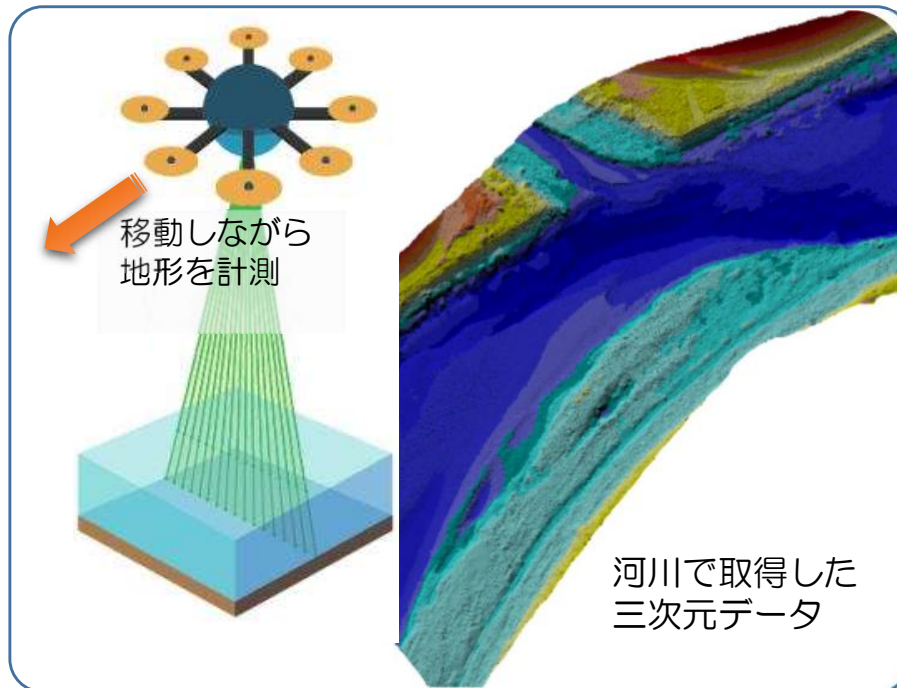
グリーンレーザドローンの特徴

- ✓ 一台で陸部・水部の形状を同時に計測できる
- ✓ 面的な三次元計測ができる
- ✓ 運用しやすいドローンの採用
- ✓ 航空レーザ計測（ALB）より高精度な形状を再現できる



TDOT GREENの外観

TDOT GREENの機器仕様



水部と陸部を計測及び面的な三次元計測

サイズ / 重量	W26cm × D22cm × H15cm / 2.6kg
測定距離	158m: 反射率10%以上 300m: 反射率60%以上
測定精度	±15mm: 反射率10%以上 ±5mm: 反射率60%以上
照射レート	60,000Hz
視野角	90°
スキャン速度	30走査/秒
レーザ波長	532 ± 1nm
レーザ拡散角	1.0mrad
位置精度	水平: ±10mm 高さ: ±20mm
姿勢精度	Yaw: ±0.02° Pitch/Roll: ±0.01°

海岸(離岸堤グリーンレーザ計測 例)

水中点群計測イメージ
(浅海域グリーンレーザ 例)

移動しながら
地形を計測

陸上
+
水中用



特徴

- ・ 一台で陸部・水部の形状を同時に計測できる
- ・ 面的な三次元計測ができる
- ・ 運用しやすいドローンの採用
- ・ ALB・航空レーザ計測より高精細な地形や形状を再現できる

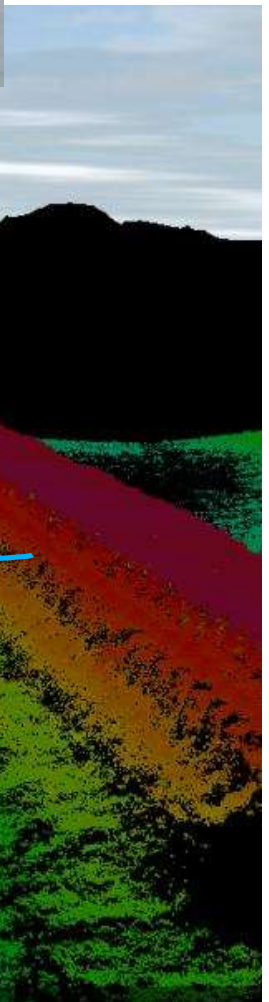
高度40m

海岸線に平行13コース
サイドラップ75%

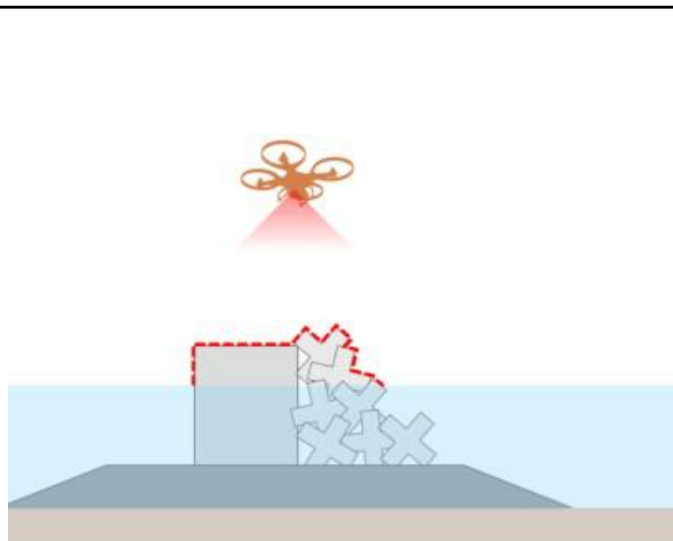
陸域 海面

レーザのフットプリント
数cm

(海中0m~-4m)



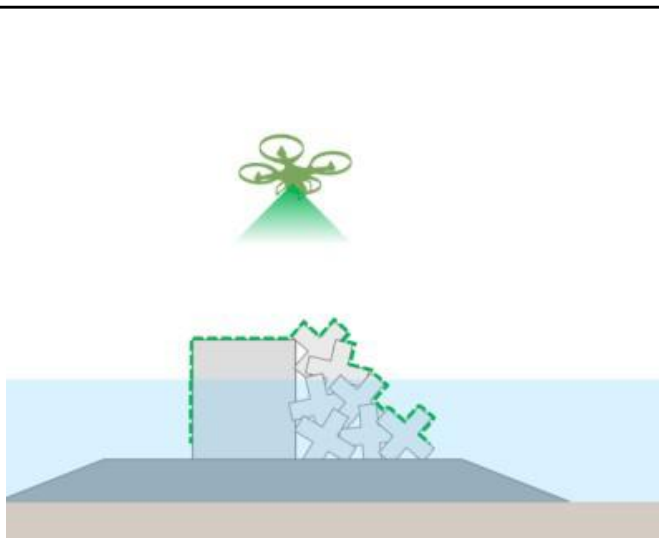
UAVレーザ計測の活用(計測深度)



UAV近赤外線レーザ測量

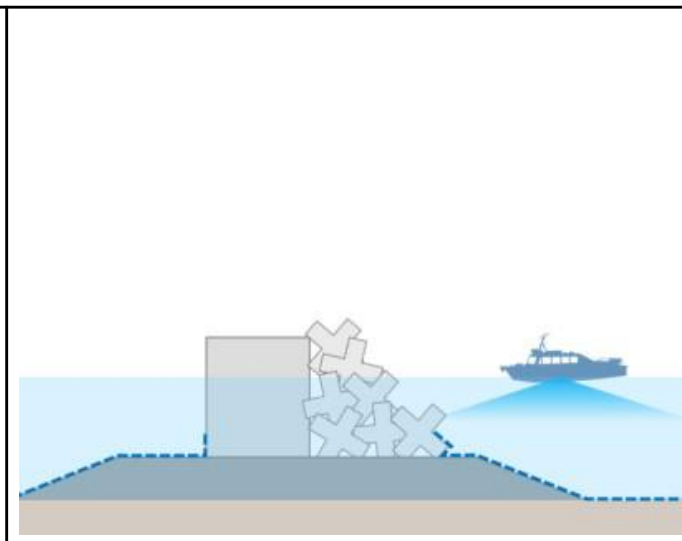
近赤外線レーザをUAVに搭載して、三次元点群を取得する。計測範囲は陸部のみとなる。

GNSSとIMUにより最適軌跡解析により位置と姿勢を算出する。GNSSはPPK（後処理キネマティック）を用いている。レーザスキャナはTDOTPLUSを用いた。



UAVグリーンレーザ測量

グリーンレーザをUAVに搭載して、三次元点群を取得する。計測範囲は陸部と水部の一部を計測する。水質により測深範囲が異なるが、陸部と水部のシームレスなデータが取得できる。GNSSとIMUにより最適軌跡解析により位置と姿勢を算出する。GNSSはPPKを用いている。レーザスキャナはTDOTGREENを用いた。



マルチビーム測深

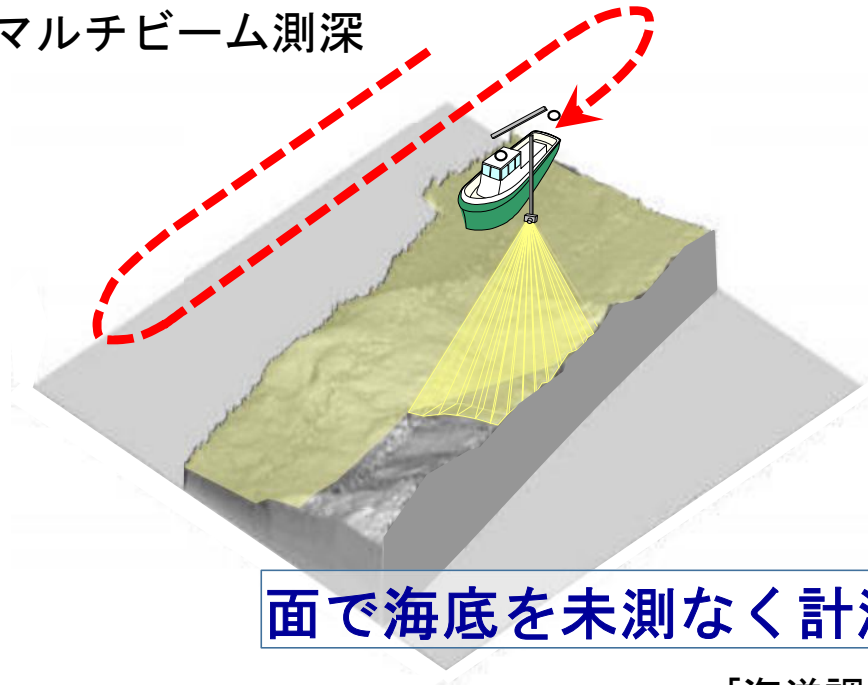
音波送受波器を船舶に装着して、三次元点群を取得する。計測範囲は水部の一部を計測する。水位により測深範囲が異なるが、水深の深い箇所のデータが取得できる。GNSSとIMUにより最適軌跡解析により位置と姿勢を算出する。GNSSはPPKを用いている。マルチビームはSONIC2024を用いた。

UAV近赤外線レーザ、UAVグリーンレーザ測量とマルチビーム測深を組合せ

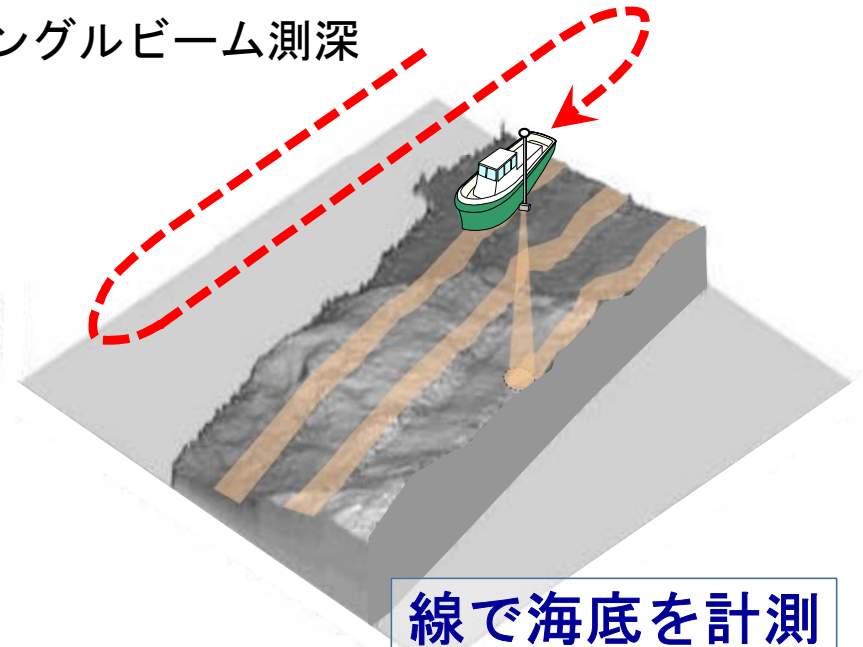
(参考) マルチビーム測深とシングルビーム測深の違い

27

マルチビーム測深

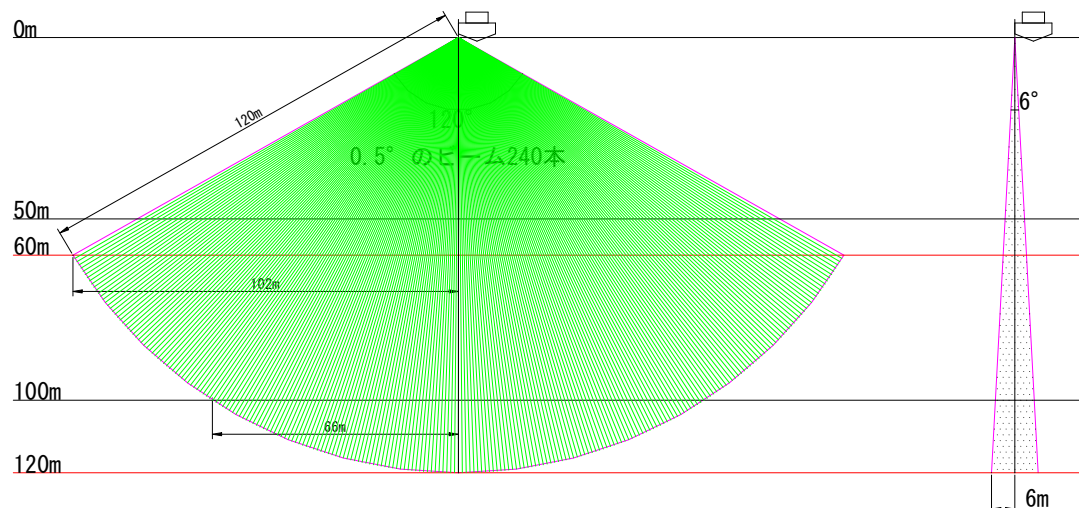


シングルビーム測深



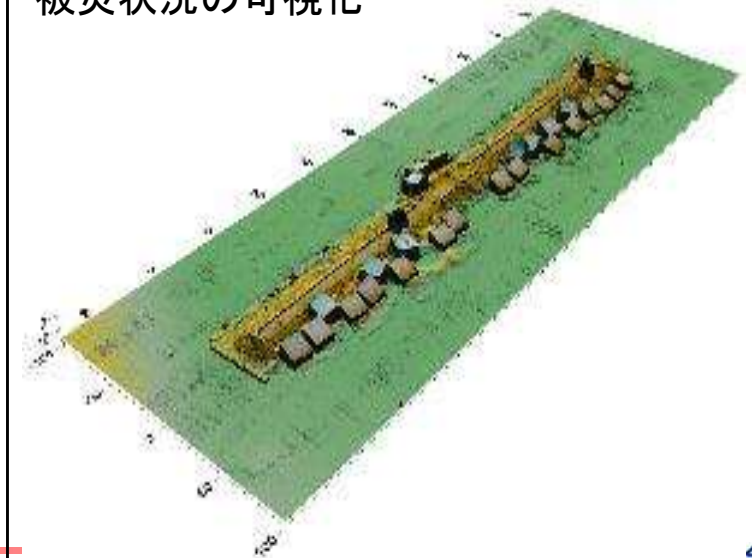
「海洋調査技術マニュアルー深浅測量ー((社)海洋調査協会)」より転載

マルチビーム※



シングルビーム

マルチビームによる防波堤(函館港)の被災状況の可視化

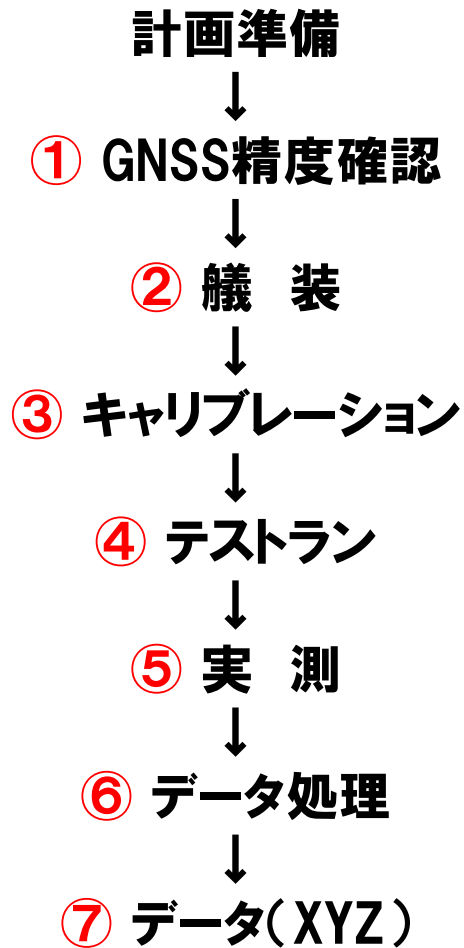


※マルチビーム(SEABAT8125の場合)

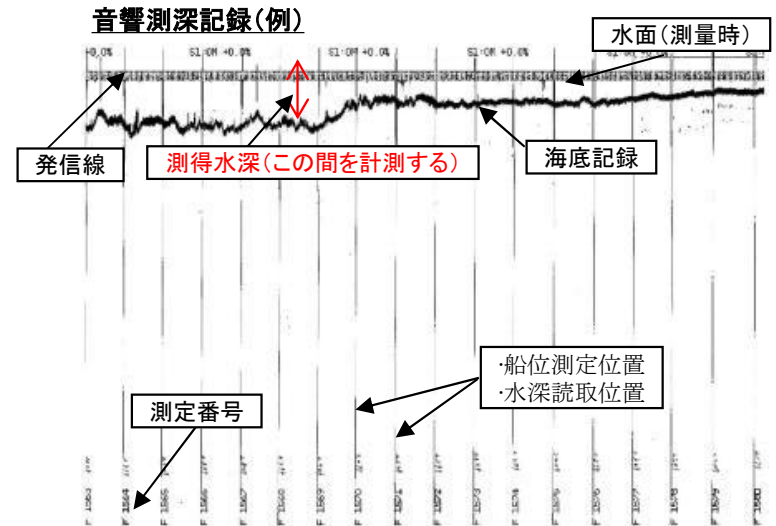
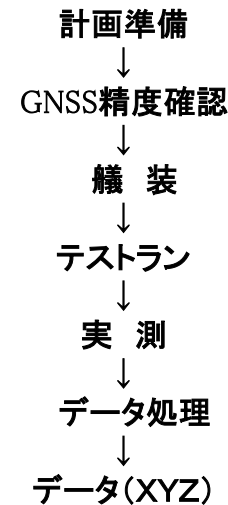
マルチビーム測深機器等の操作

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

➤ マルチビーム測深機の測量手順



シングルビーム測深機の測量手順(参考)



水深値の読取り(デジタイザーによる読み取り)



※デジタイザーを使用して、水深を記録紙から直接読み取ることにより、人的エラーの排除、波浪・記録ノイズ(雑音・魚群等)、異常記録等の判断が可能となる。

データ処理

深浅測量測得データ

- ・位置測定記録(座標または距離)
- ・測深記録(水深)

位置データ(座標)の出力
航跡の確認

水深の読取(デジタイザー)
(音速度の改正等はパソコン処理)

潮位の整理、計算

データ編集
ノイズデータ除去

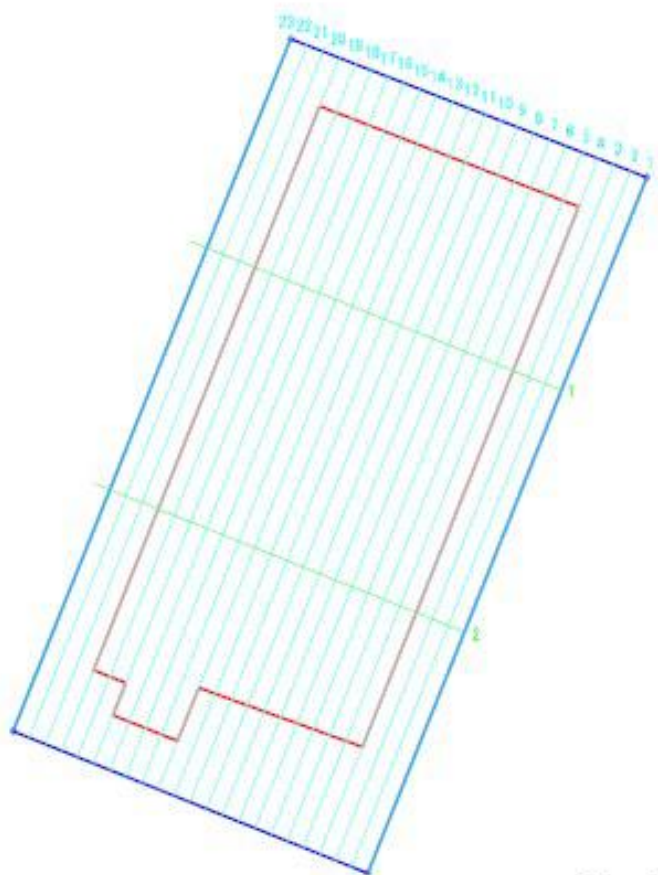
データ(XYZ)

測量計画(測深線間隔)

29

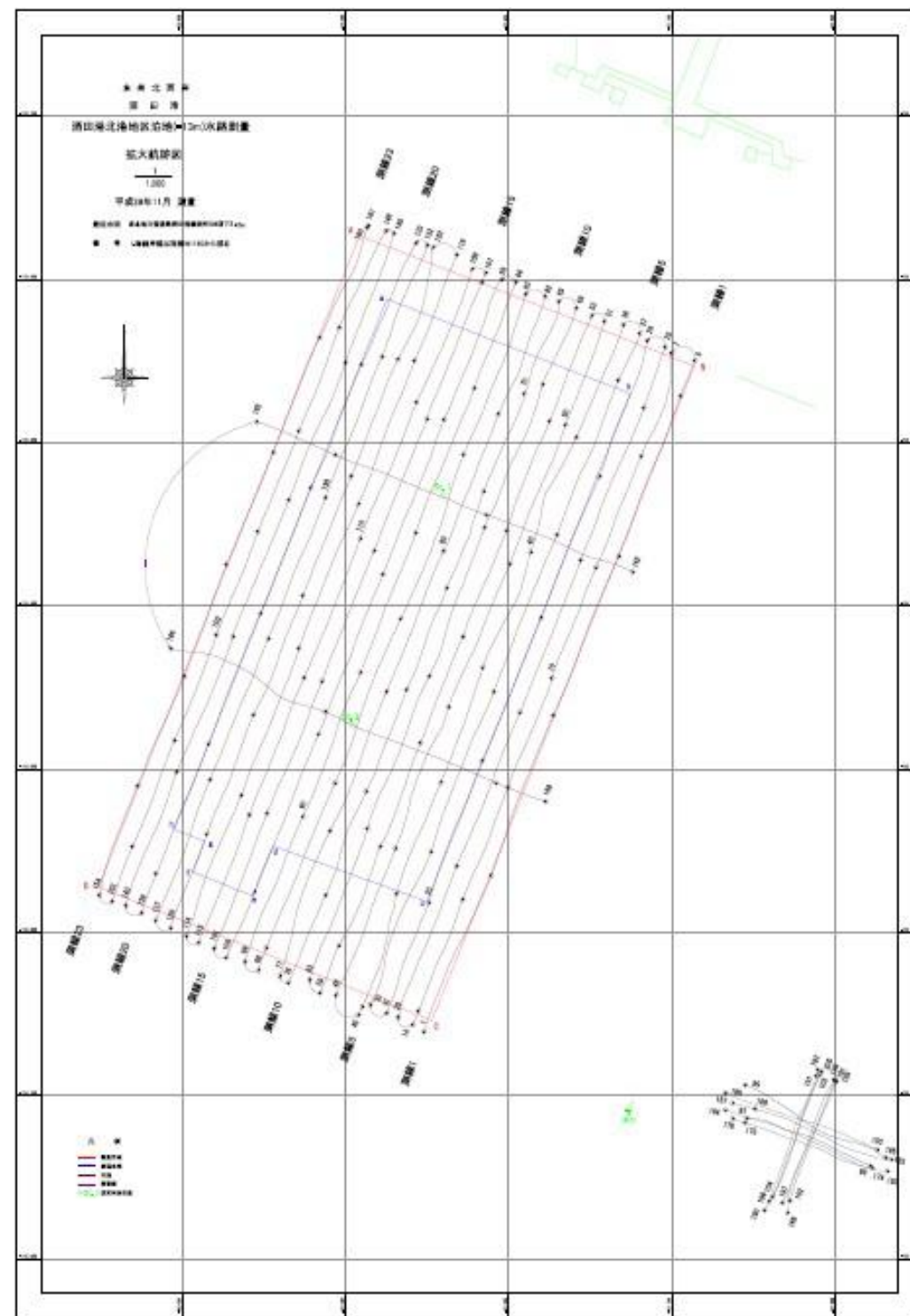


誘導図



凡 例

- 測量区域
- 水深区域
- 本測線
- 調査線



マルチビーム測深機器及び周辺機器の構成

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

作業準備

マルチビーム測深機及び周辺機器の構成



Sonic 2024 ソナーヘッド



POSMV センサー



GNSS アンテナ

測深データ

動揺・船首
方向データ

位置データ



Sonic2024 インターフェース



POSMV ユニット(データ制御)



ノート PC (収録)



水中音速度データ

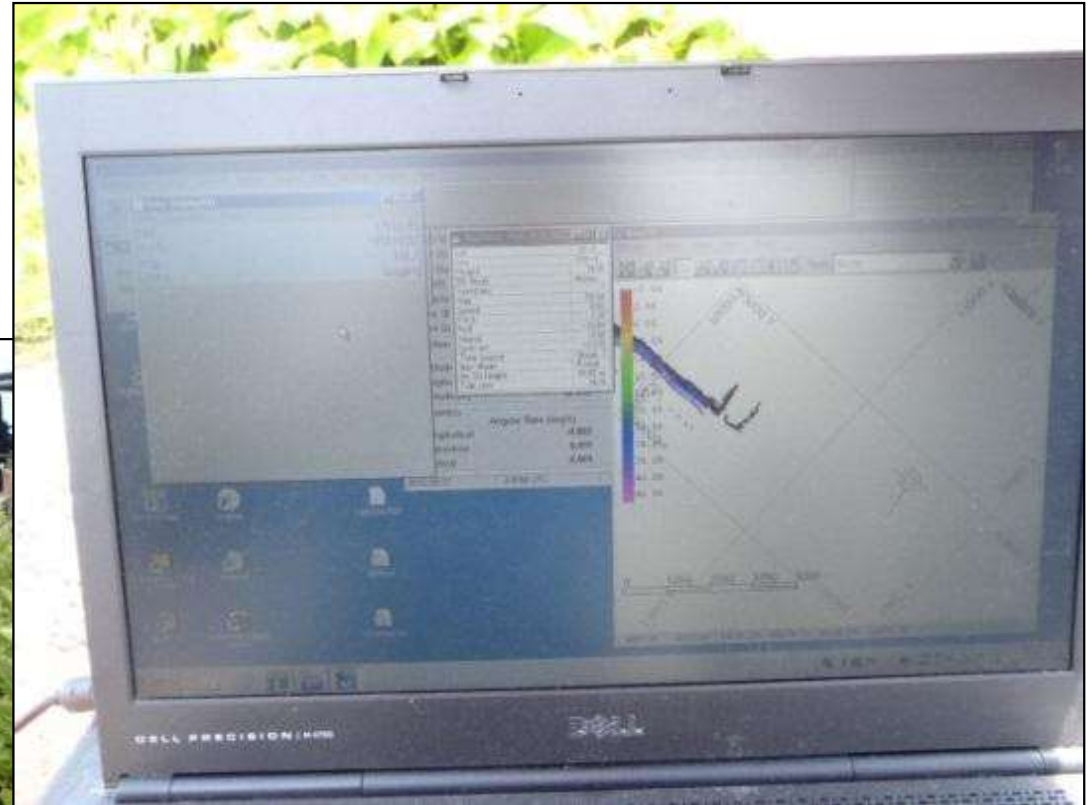
GNSS設置状況及び収録状況

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

GNSS精度確認



GNSS設置状況



収録状況

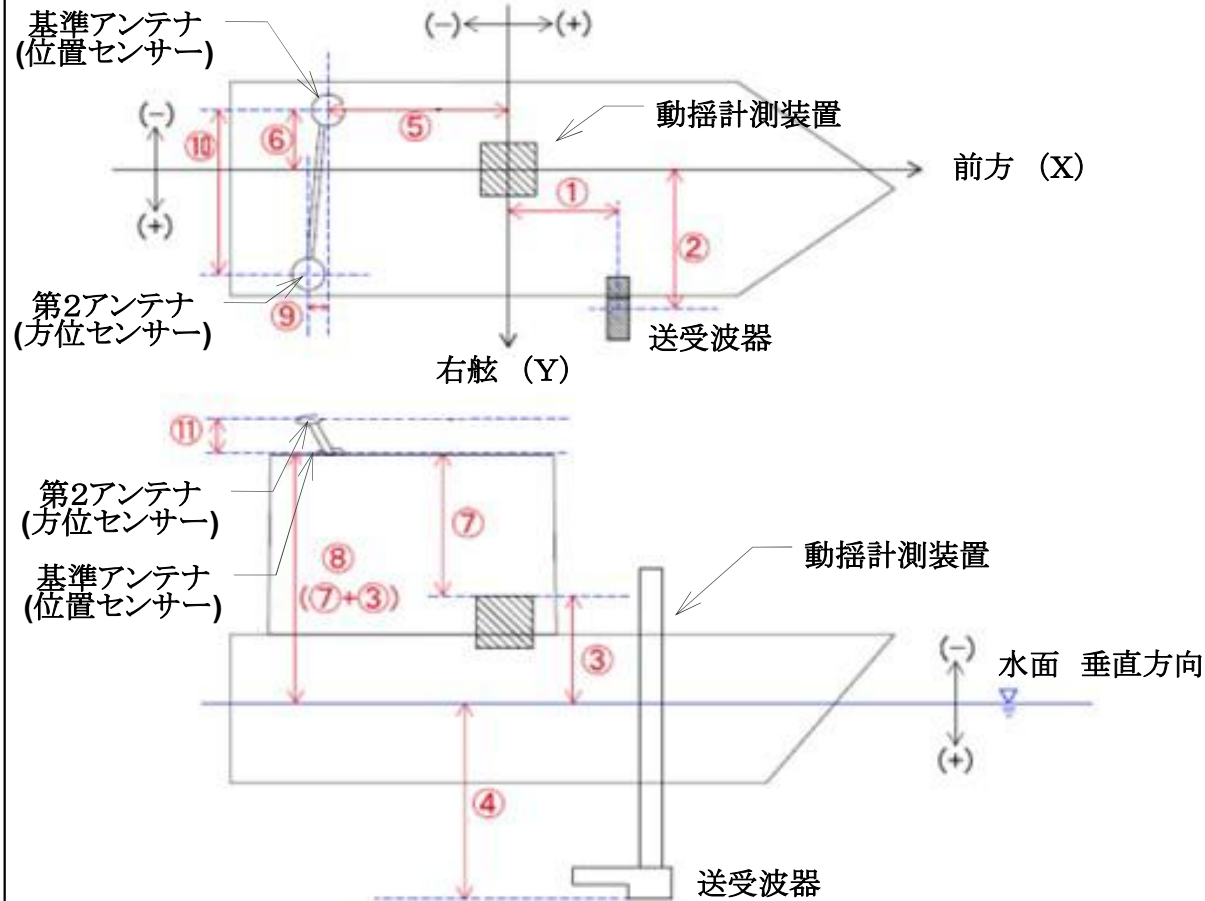
測深機器及び周辺機器の位置関係(オフセット値)

32

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得



機装



※方位センサーについては、図に示すセンサー構成の他、
RTK-GNSS×2台による方位の取得でも測量は可能とする。

オフセット値の計測項目例



測深機器及び周辺機器の艀装状況

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

② 艀装(部分拡大)



キャリブレーション

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

キャリブレーション

Chesapeake Vessel Editor - T-Faeroe_kamakura

File Settings Help

Vessel: 1225

Vessel shape and size

Header

General

Vessel name: 1225

Vessel description:

☒ Surface Vessel

☐ AUV

Vessel appearance

Outline color: [Blue]

Draw mode: Fixed size

Squat: 0.000 m

Vessel size: Medium

☒ Keep vessel centered

☒ Bow line 5000.0 m

Heading angle source: Use Heading

Add new sensor... Edit sensor... Delete sensor

Top-down View Profile Side View

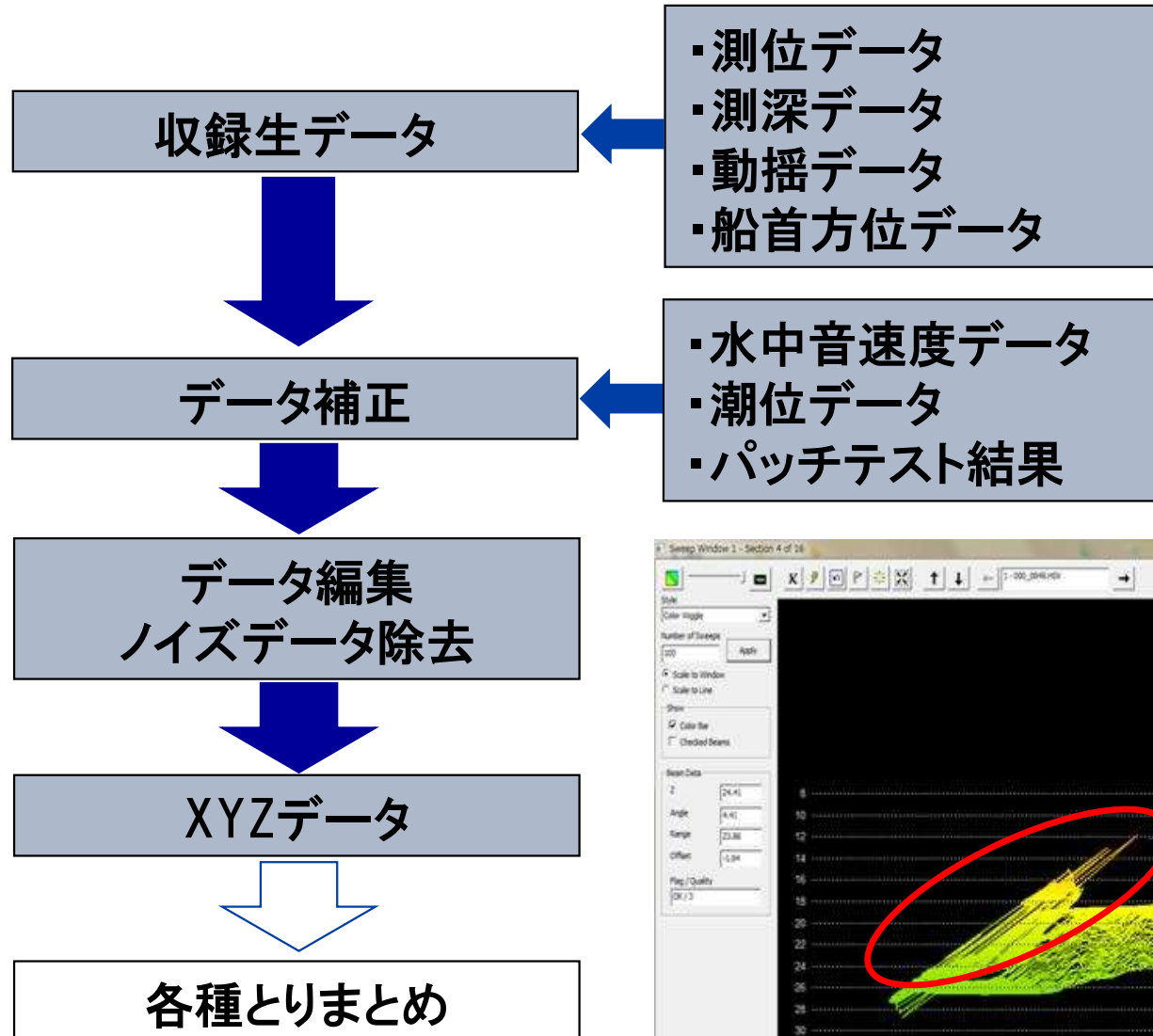
Channel	Name	Class	Towed by	Priority	XYZ offsets from RP (m)	Roll/pitch/heading offsets
0	Applanix POS/MV Network	Motion Sensor	<none>	1	0.000, 0.000, -0.830	0.000°, 0.000°, 0.000°
0	R2Sonic SONIC 2024	Swath Bathy	<none>	1	0.610, 0.080, 0.600	0.570°, -2.640°, 1.040°
0	Hypack Navigation	Position	<none>	1	0.000, 0.000, -0.830	0.000°, 0.000°, 0.000°



各機器の設定及び各種補正データの確認

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

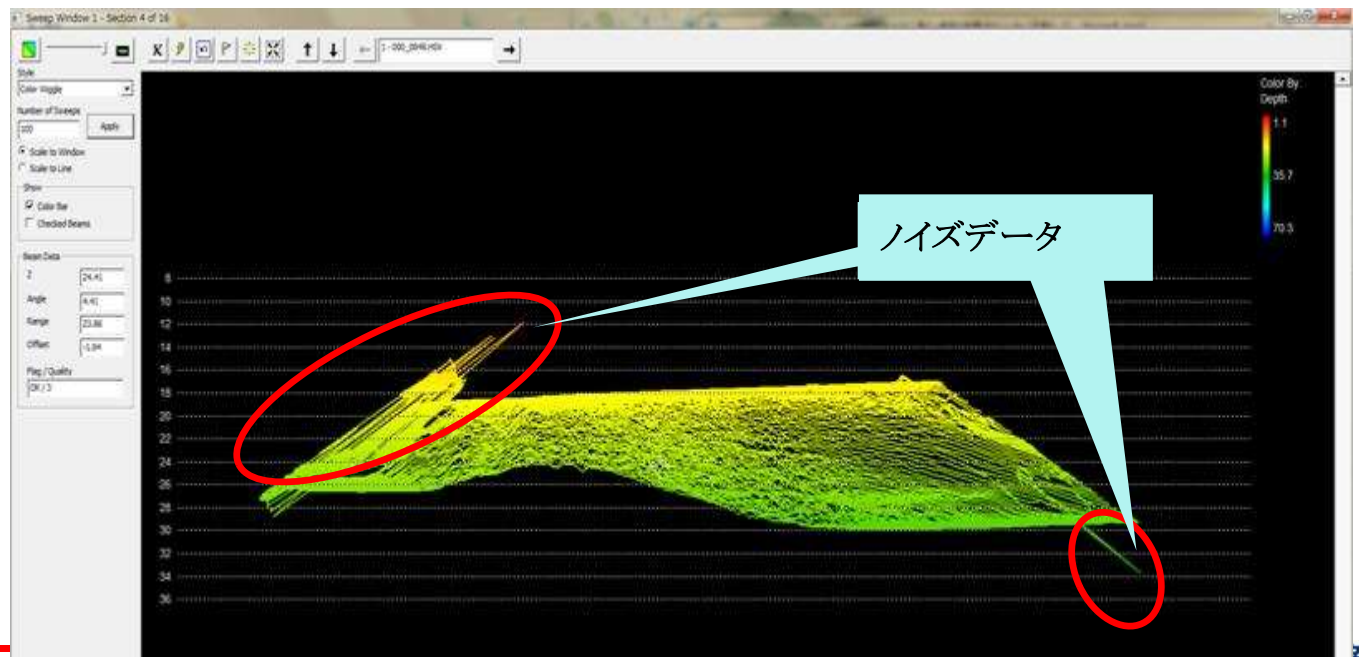
テストラン、実測



測線毎の生データファイルイメージ

Track Line	Time	Lat	Lon	Depth	Heading	Roll	Pitch	Speed	Water Temp	Salinity	Current	Bottom Type
01	00:00:00	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:01	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:02	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:03	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:04	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:05	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:06	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:07	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:08	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:09	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S
01	00:00:10	35.681234	139.761234	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	20.00	35.00	0.00	S

測線毎の生データファイルイメージ

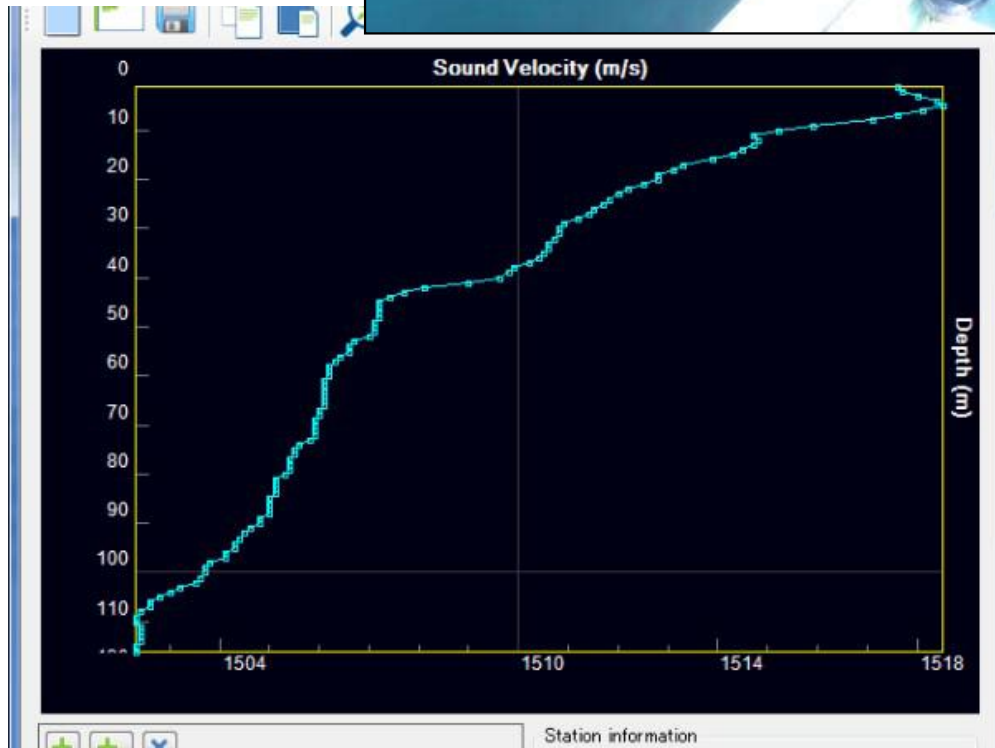


各機器の設定及び各種補正データの確認

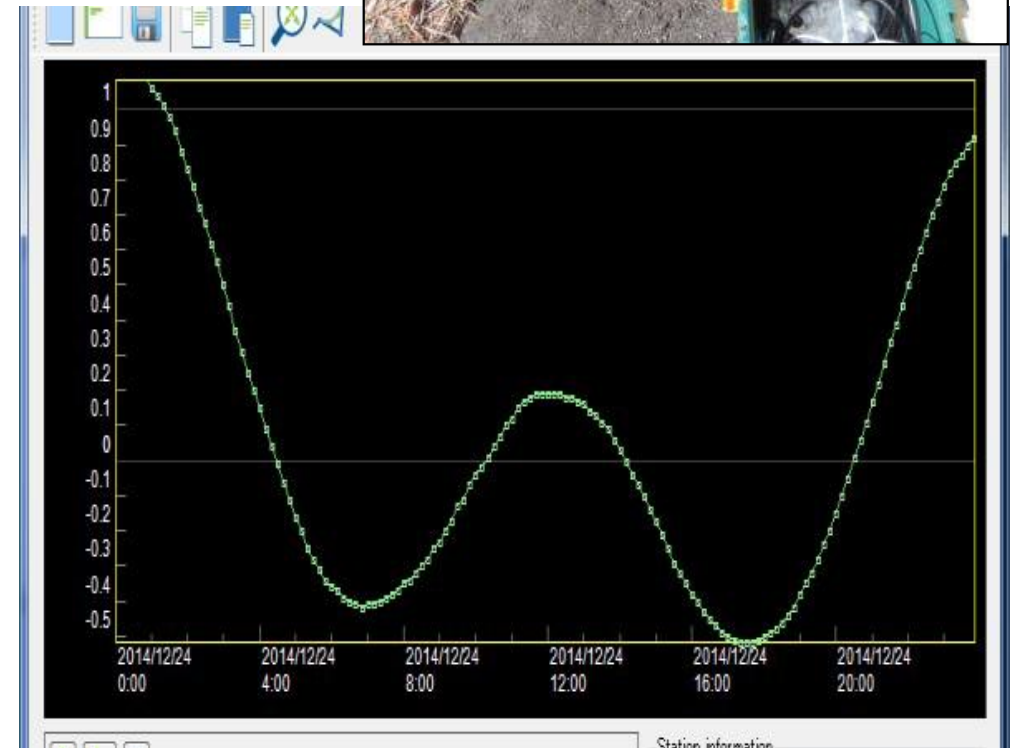
水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

データ補正

(音速度、潮位)



● 音速補正

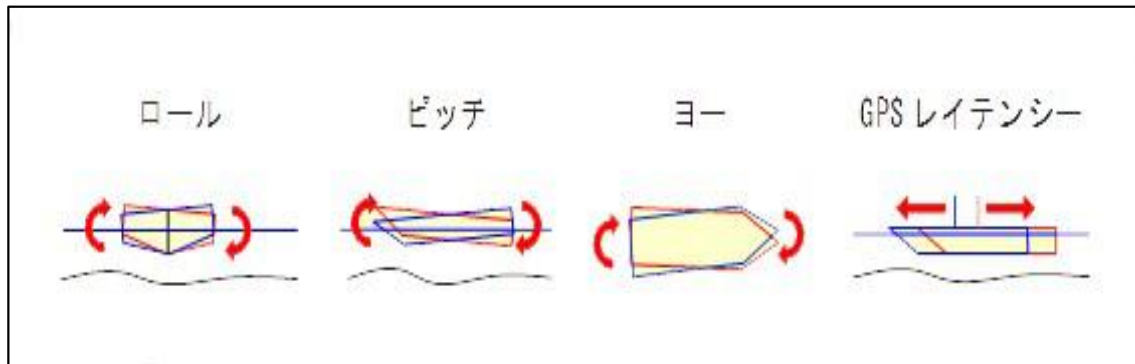


● 潮位補正

各機器の設定及び各種補正データの確認

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

データ補正（動揺等）



バイアス値の種類

バイアス値ごとのパッチテスト概要

バイアス値	海 域	航 走 方 法
ロール	斜度が1%未満	同じ測線を同じ速度で往復
ピッチ	斜度が5%以上	同じ測線を同じ速度で往復
ヨー	斜度が5%以上	平行な測線を同じ速度で同じ方向に1本ずつ
レイテンシー	斜度が5%以上	同じ測線を同じ方向に、速度を倍以上変えて1本ずつ

パッチテストの計測条件

レイテンシーの補正值取得

同一線上を同一方向に速度を変えて測深

(速度は3knotと6knot程度)

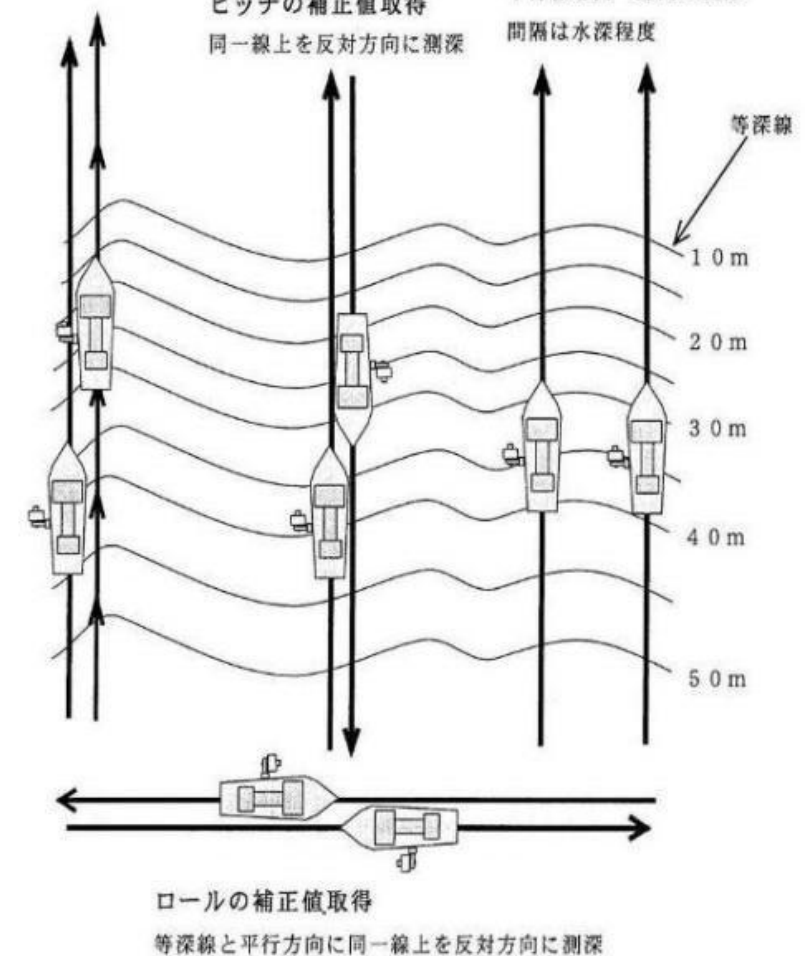
ピッチの補正值取得

同一線上を反対方向に測深

ヨーの補正值取得

平行線を同一方向に測深

間隔は水深程度



ロールの補正值取得

等深線と平行方向に同一線上を反対方向に測深

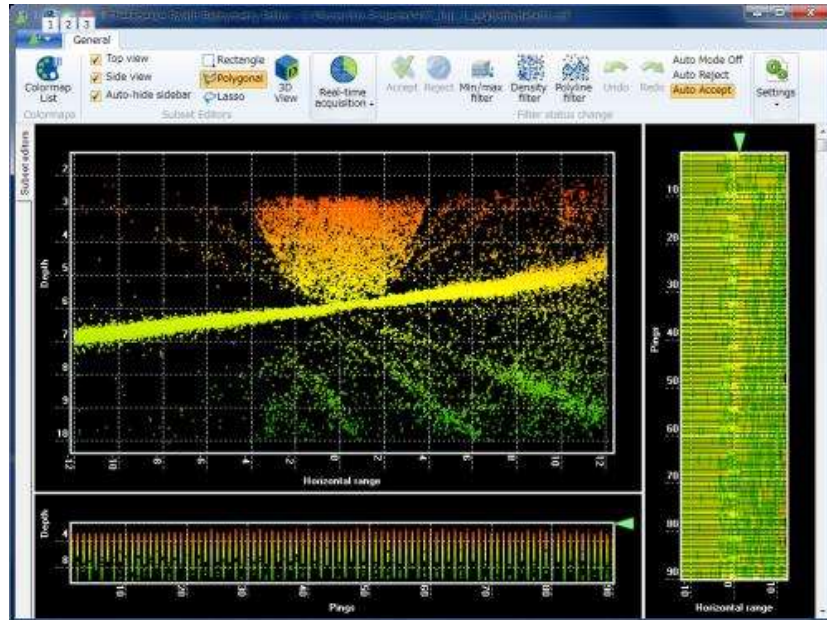
パッチテストにおける測線の設定例

各機器の設定及び各種補正データの確認

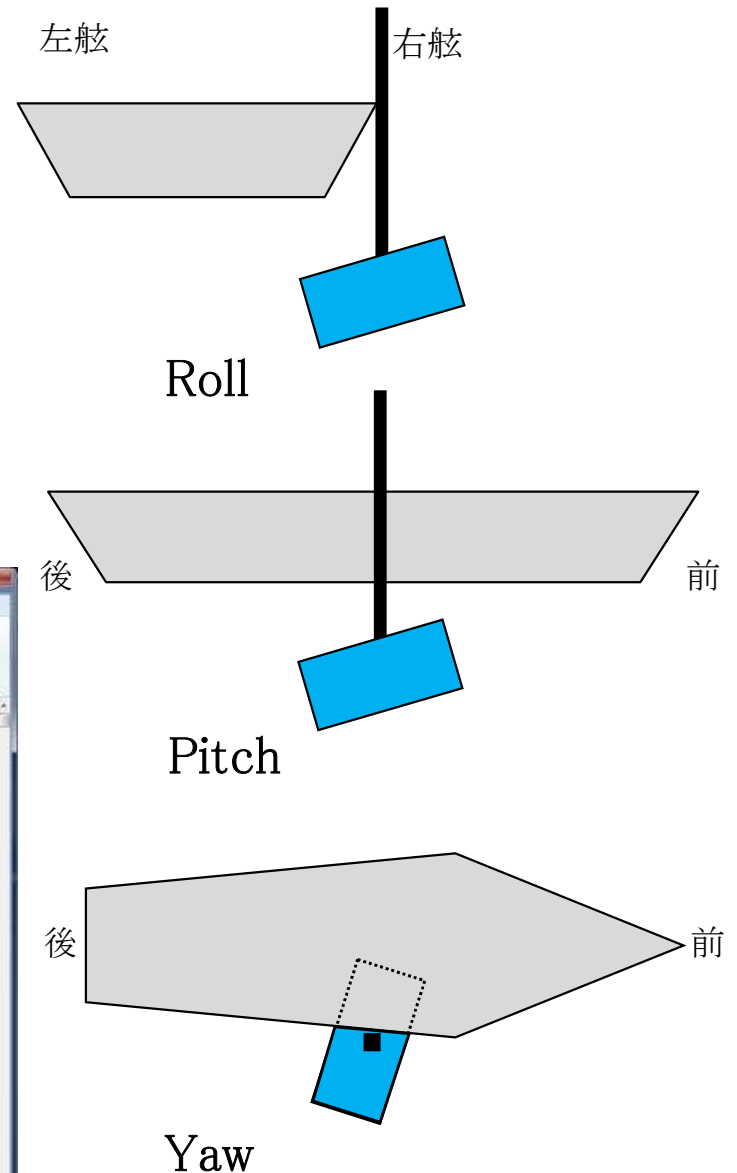
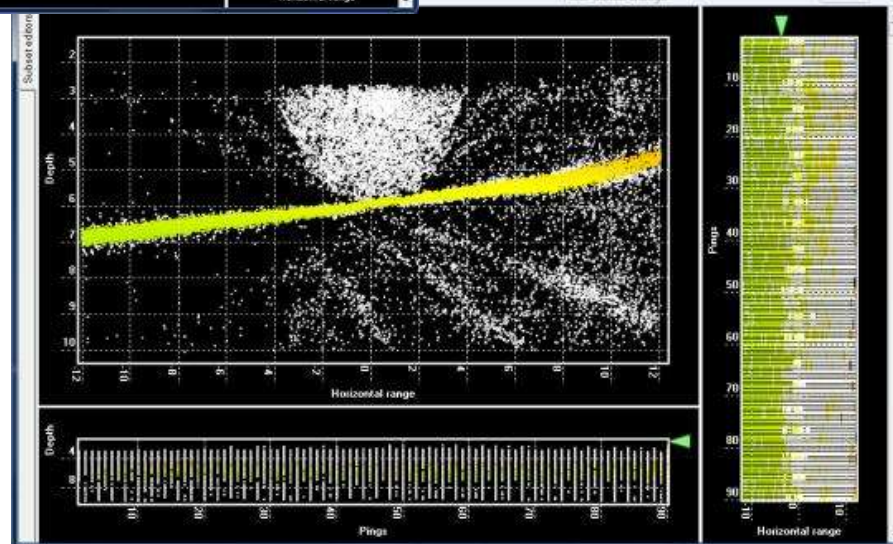
38

水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

データ補正（動揺等）



パッチテスト

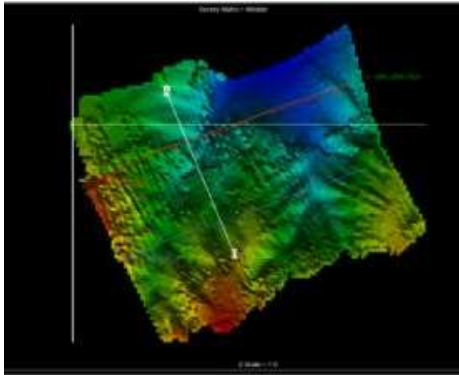


各機器の設定及び各種補正データの確認

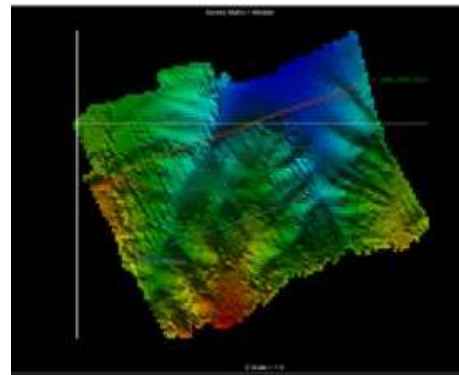
水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

データ補正（動揺等）

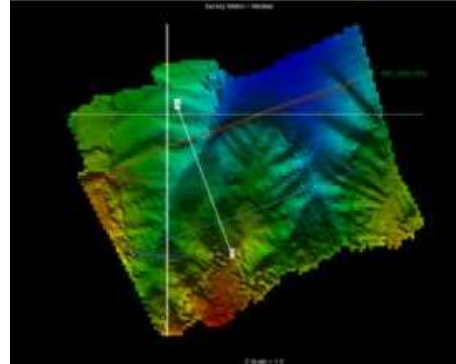
ノイズ除去後のデータ



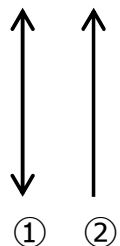
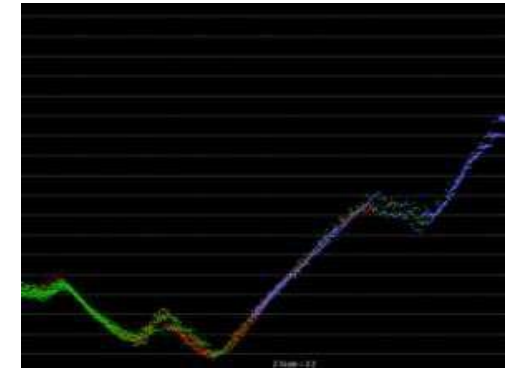
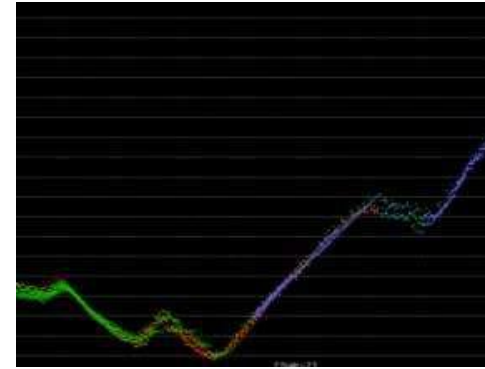
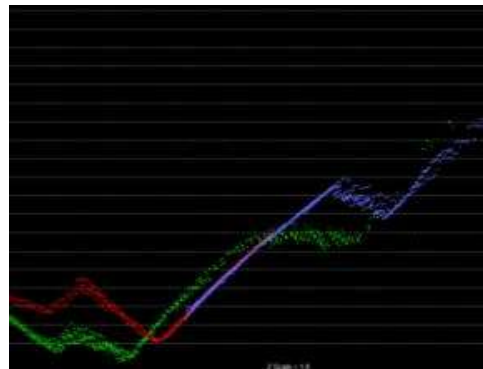
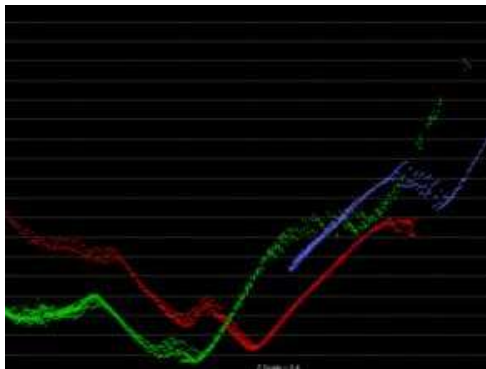
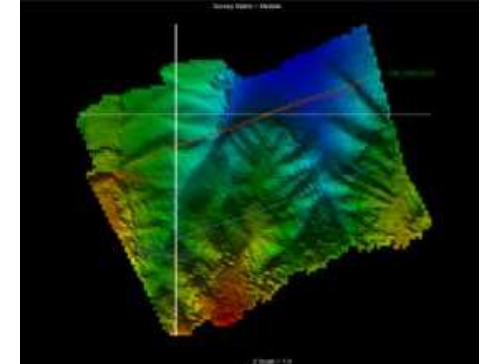
Rollテスト後のデータ



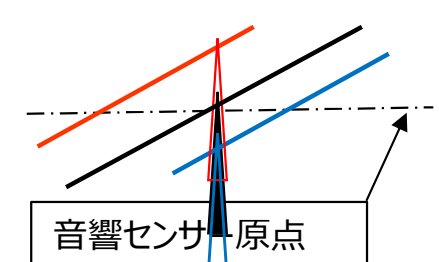
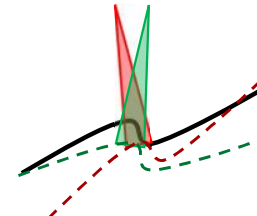
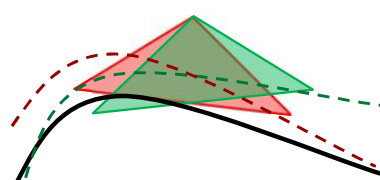
Roll,Pitchテスト後のデータ



Roll,Pitch,Yaw
テスト後のデータ



- ① 緑と赤（往復）
- ② 青（片道）



海上保安庁告示 第102号 別表第二

水路測量における測定又は調査の方法に関する告示

(平成14年4月1日海上保安庁告示第102号別表第二)に適合

- ・ インターフェロメトリ(位相差式)音響測深機(4受信素子以上に限る)を使用可能とする
- ・ スワス音響測深機とは、従来のマルチビーム音響測深機及びインターフェロメトリ音響測深機の総称(スワス音響測深機として認定)

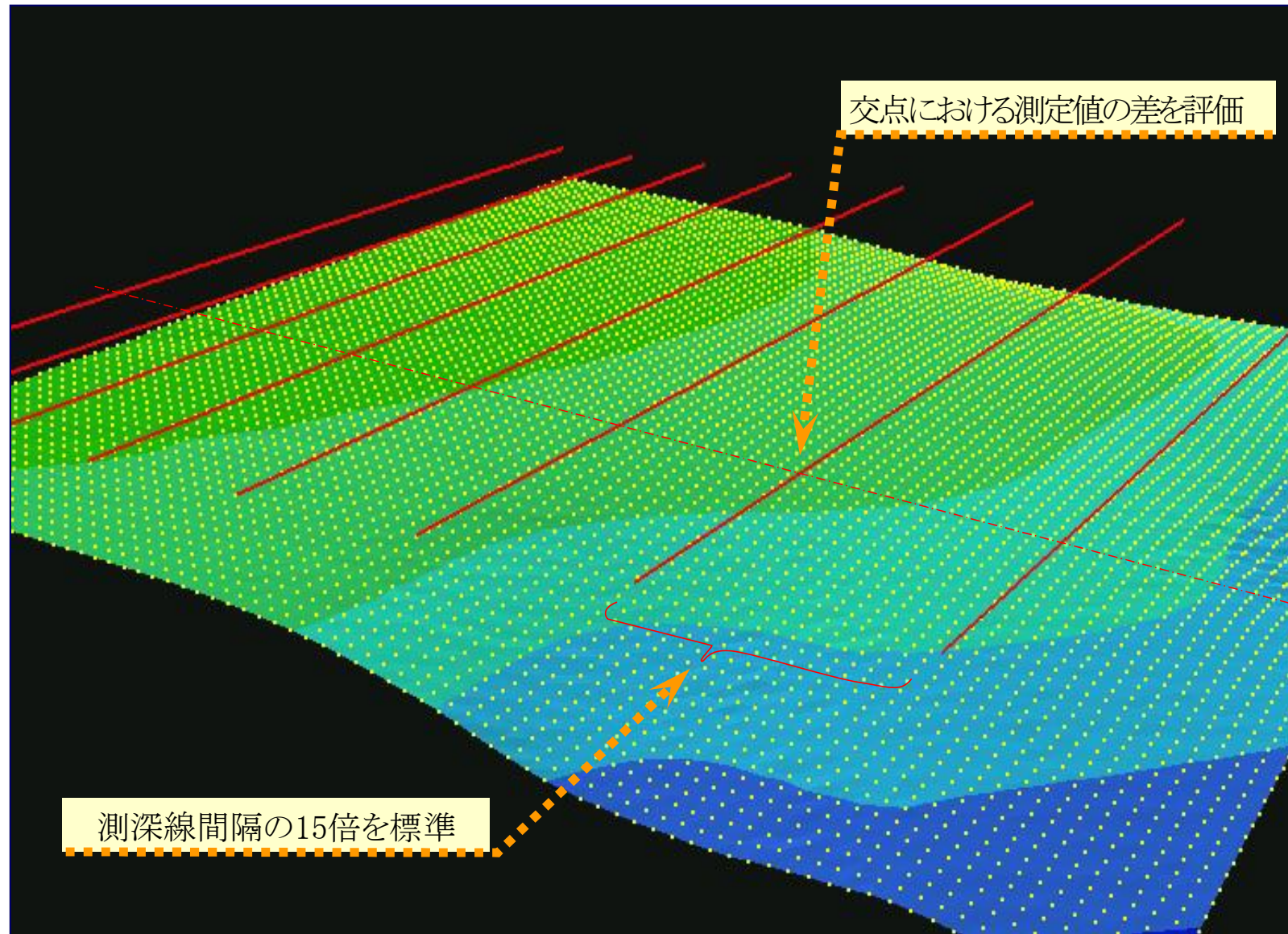
主な改正内容(平成21年4月1日施行)

水域の区分		特級	1a級	1b級	2級
水域		海上保安庁官の指定する水域	しゅんせつ、障害物の撤去その他水底に変化を及ぼす行為を行なった水域及びその付近	水深が100m以浅の水域	水深が100mを超える水域
測定又は調査の方法 水深	測深機	多素子音響測深機	単素子音響測深機	単素子音響測深機	単素子音響測深機
		スワス音響測深機	多素子音響測深機	多素子音響測深機	多素子音響測深機
			スワス音響測深機	スワス音響測深機	スワス音響測深機
			測船等	レーザー測深機	
				測船等	
	測定の手法	—	未測深帯における浅所の存在を推定するため測定結果から水底の傾きを解析し、この解析結果により隣接する測深帯より浅い水深が未測深帯に存在する可能性がある場合は、適切に測深線を設定し、その最浅部の水深を測定する。		—
		—	水深を測定する水域に、40m以浅の独立した浅所及び水底の障害物が存在し又はその存在が推定される場合は、適切に測深線を設定し、その最浅部の水深を測定する。		—
	照査線	・ 交点における測定値の差を評価する。 ・ 測深線間隔の15倍を標準とする。			
	水平位置の測定の誤差の限度	2m	単素子音響測深機 0.5m+水深の5% その他の機器 5m+水深の5%		20m+水深の10%
	未測深幅の上限(底質が岩その他の岩盤室である水域は1/2の値)	0m	単素子音響測深機 2m	航路、泊地及びその付近	水深の4倍
			多素子音響測深機(2素子) 3m	単素子音響測深機 8m	
			その他の機器 6m	多素子音響測深機(2素子) 12m	
				その他の機器 25m	
	深さの測定の誤差の限度 $\sqrt{(a^2 + (b,d)^2)}$ d=水深	a=0.25m b=0.0075	a=0.5m	その他の水域 50m又は水深の3倍のうち大きい値	a=1m b=0.023
			b=0.013	同左	

※ 特級の海上保安庁長官が指定する水域 → 「関門水域」、「東京湾中央水域」、備讃瀬戸水域」

照査線による精度検証

マルチビームによる深淺測量の精度検証方法

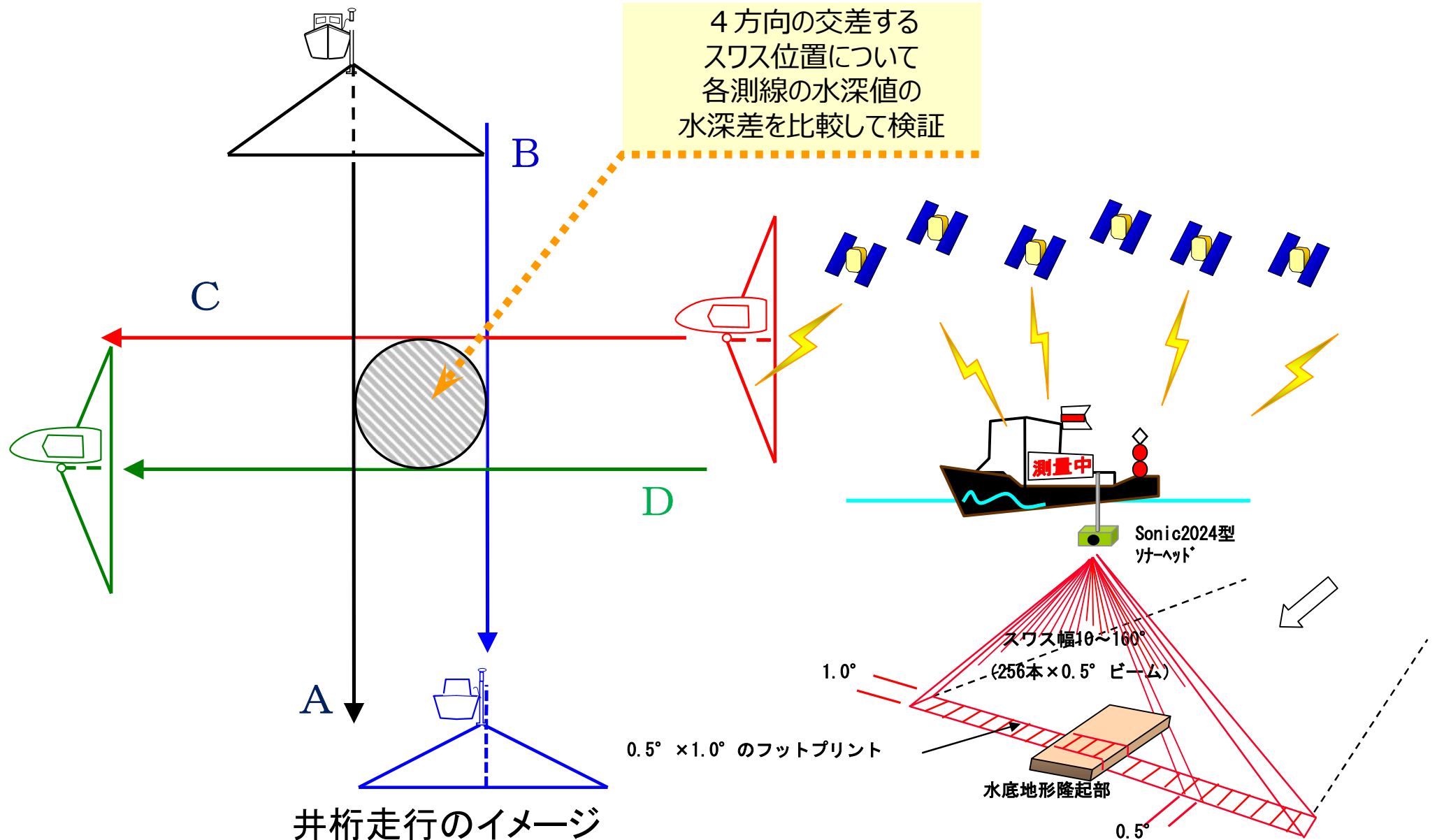


照査線のイメージ

井桁測線の直交するデータ比較検証

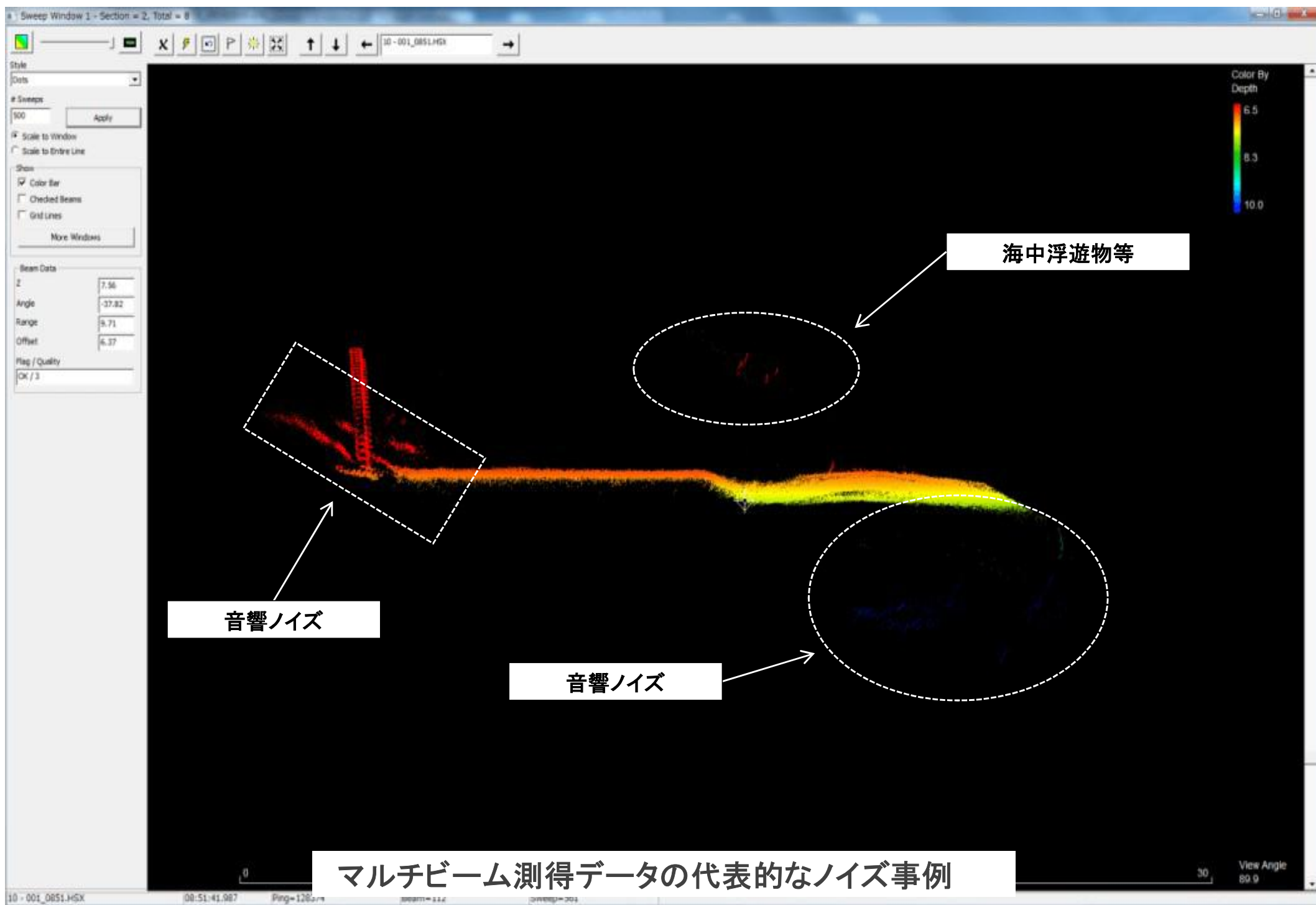
水中部におけるマルチビーム測深機による3次元データ取得

◆ 井桁測線を計画、直交するデータとの比較検証



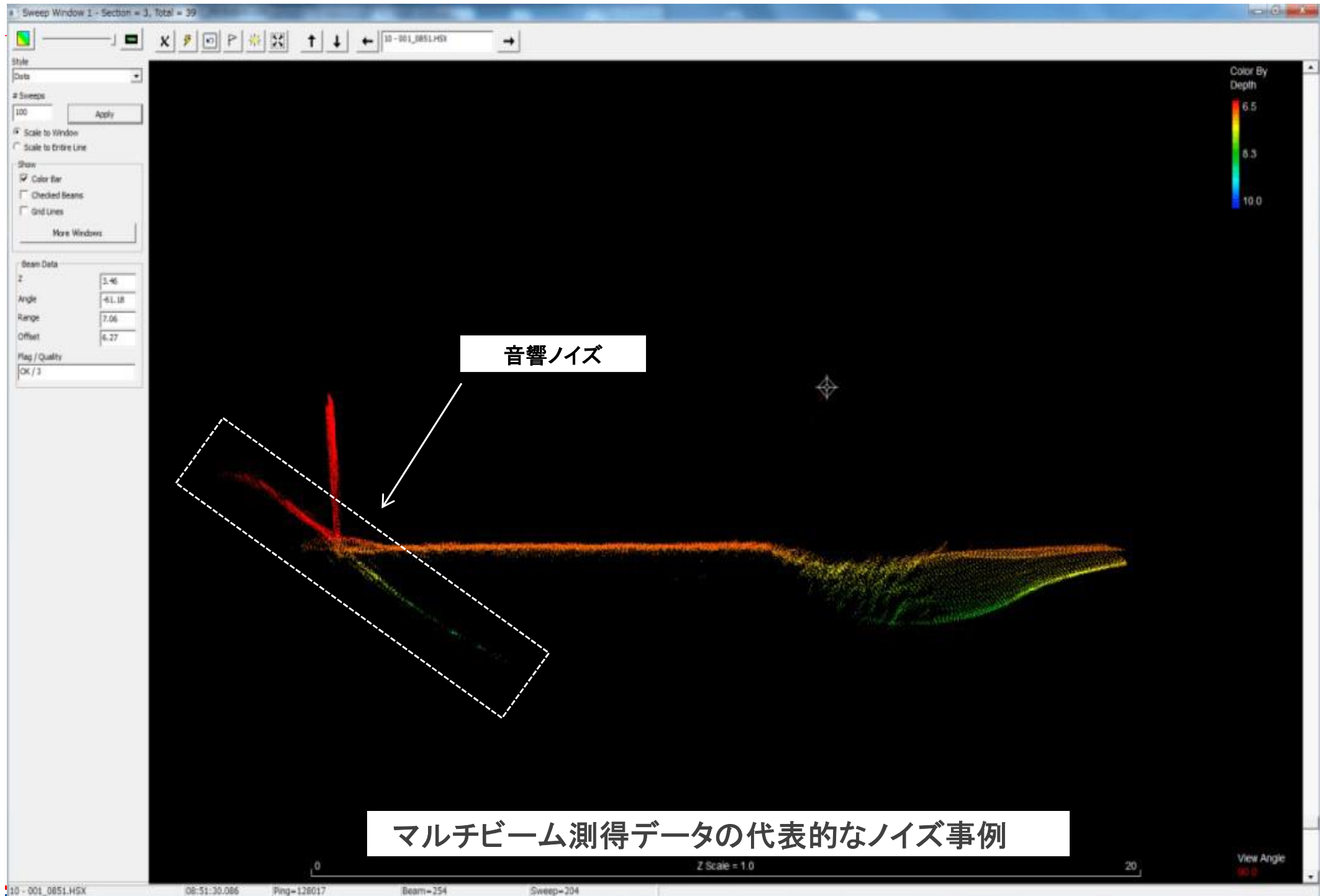
測得データの代表的なノイズ事例

43



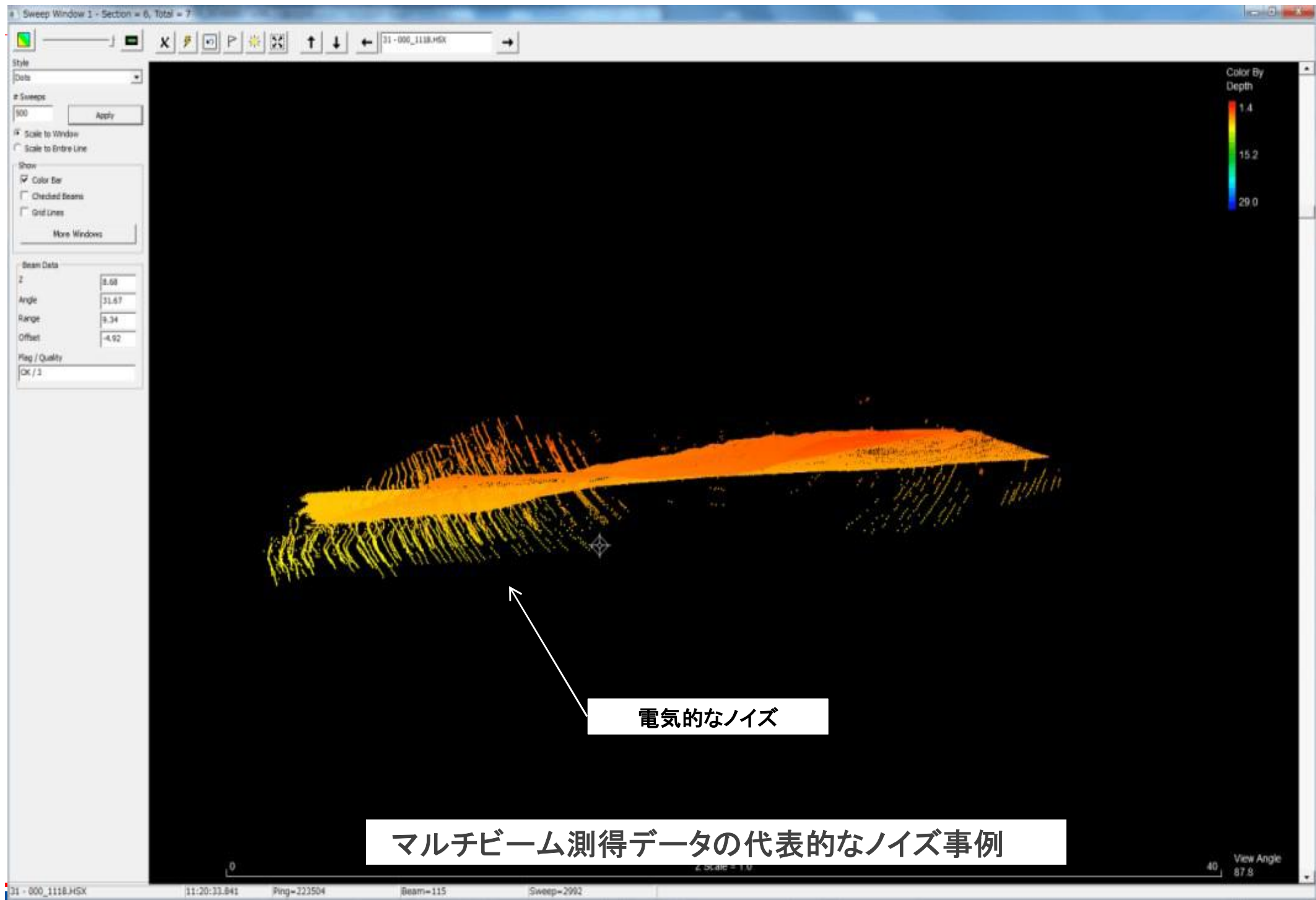
測得データの代表的なノイズ事例

44



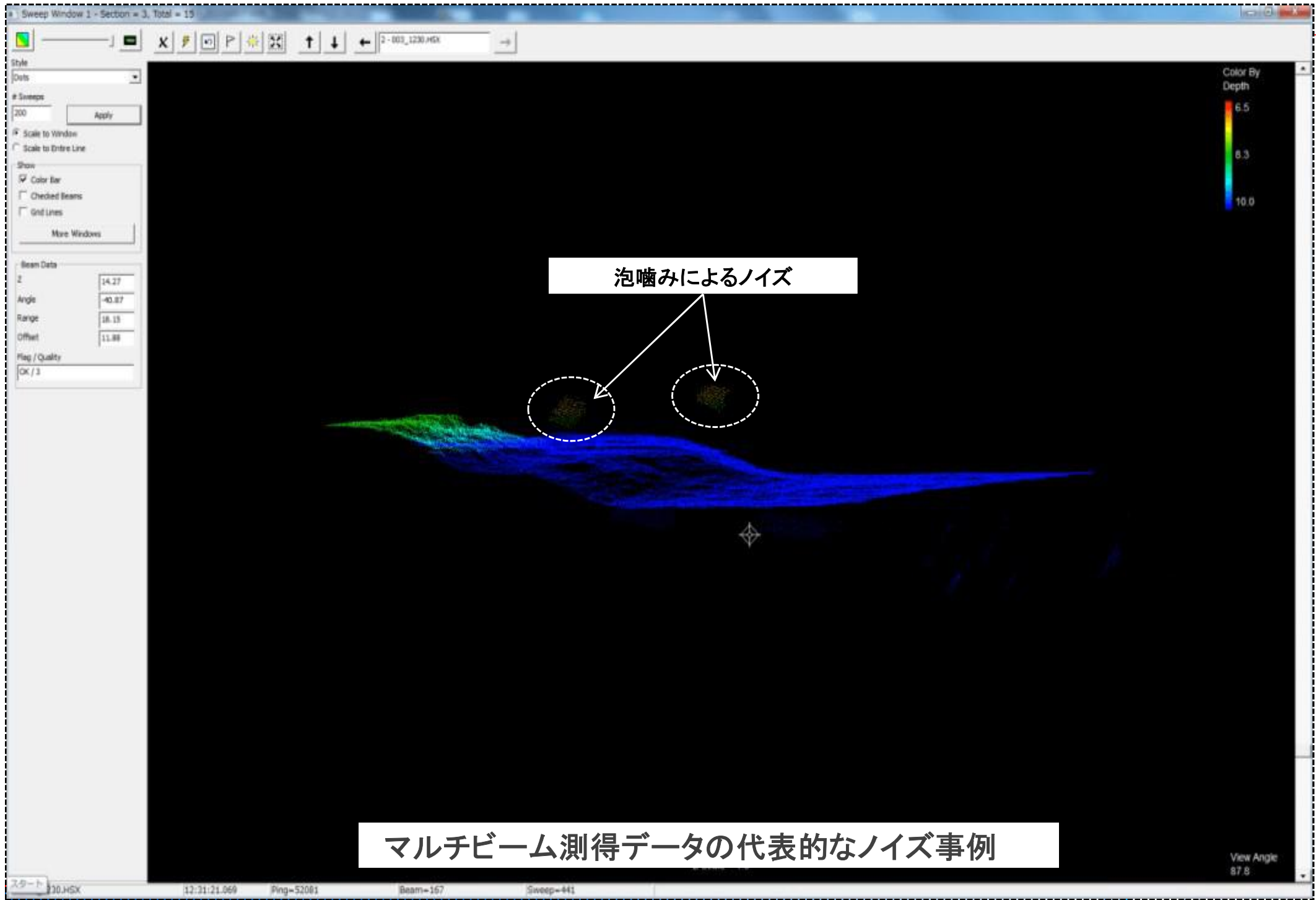
測得データの代表的なノイズ事例

45



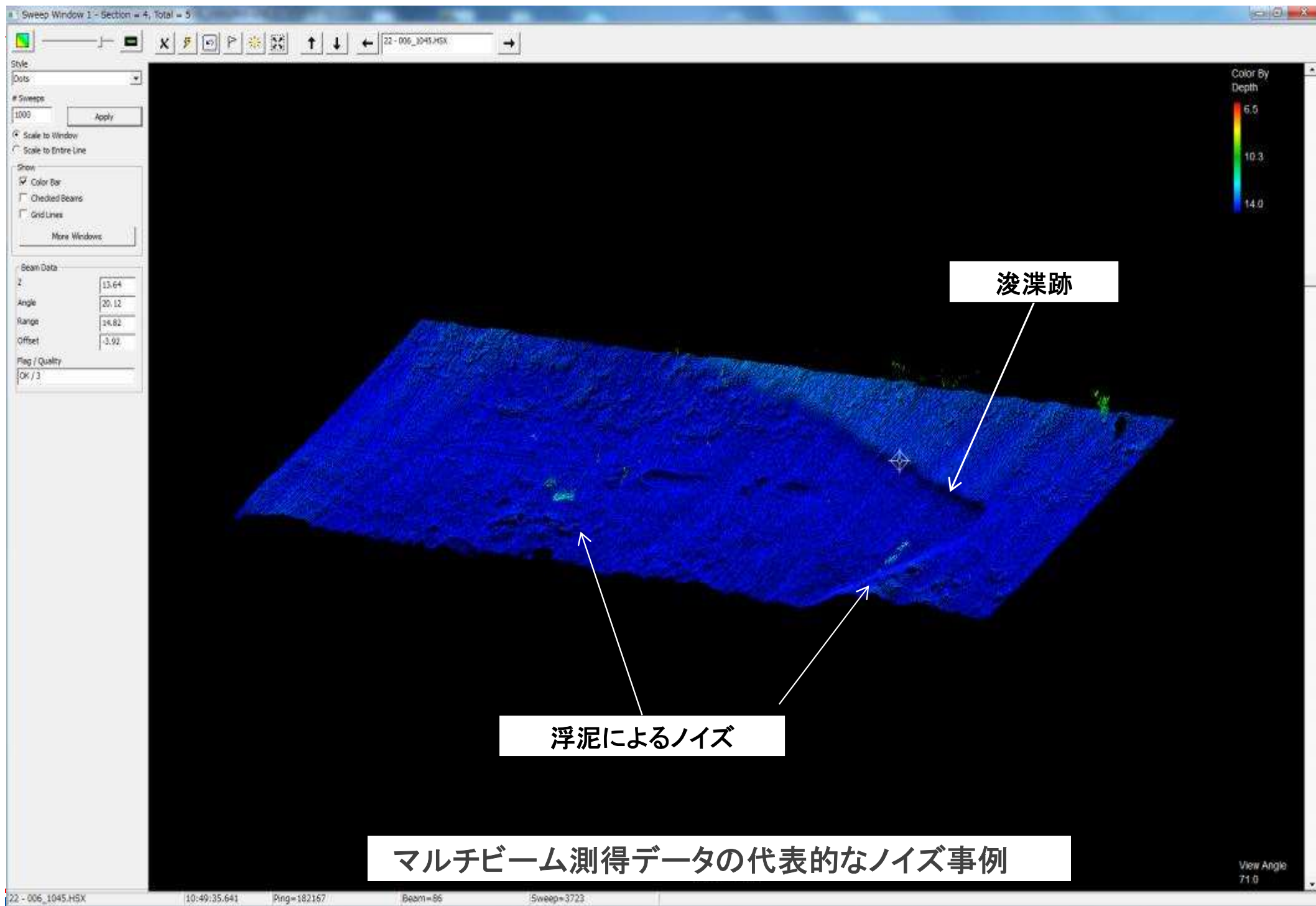
測得データの代表的なノイズ事例

46



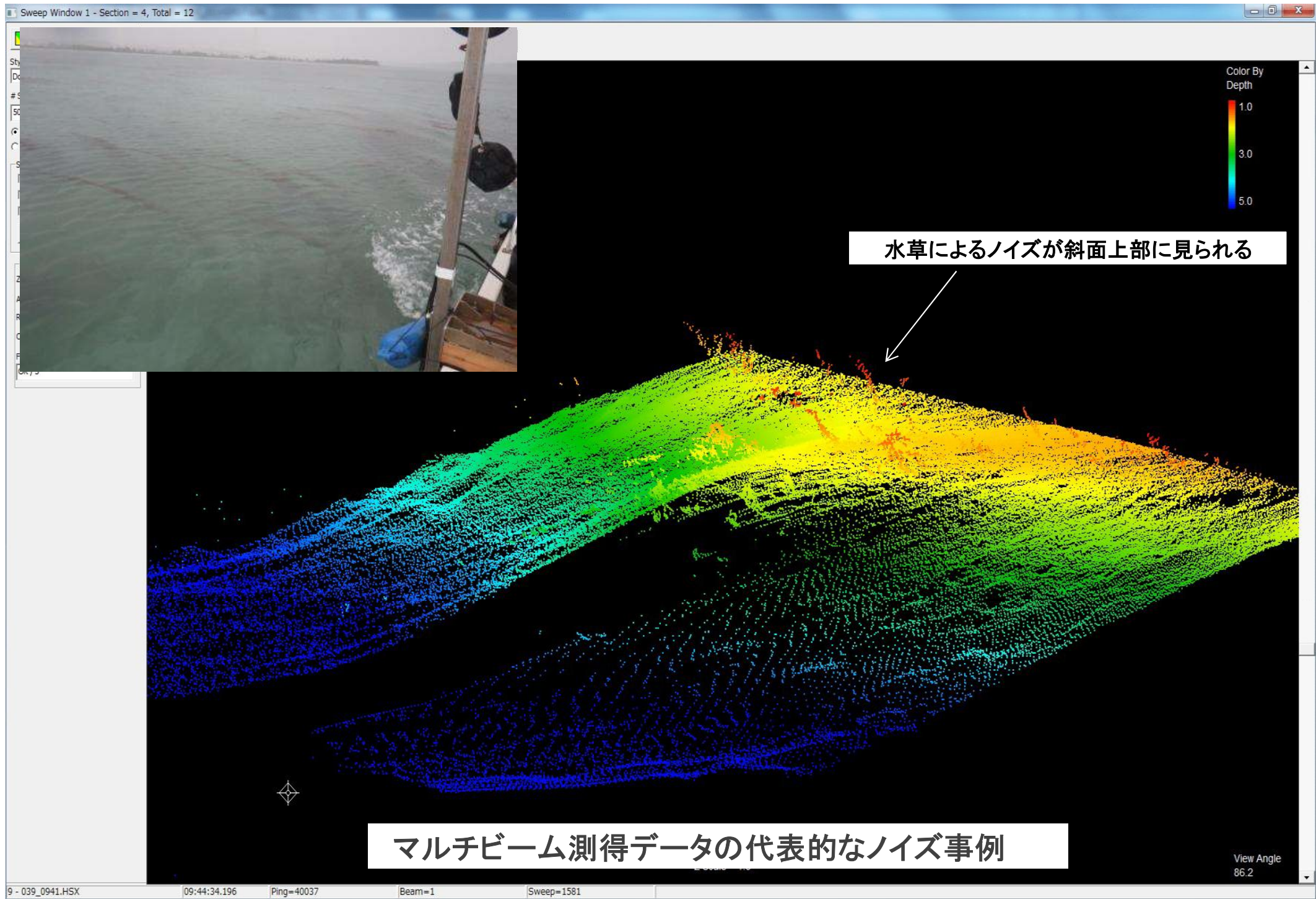
測得データの代表的なノイズ事例

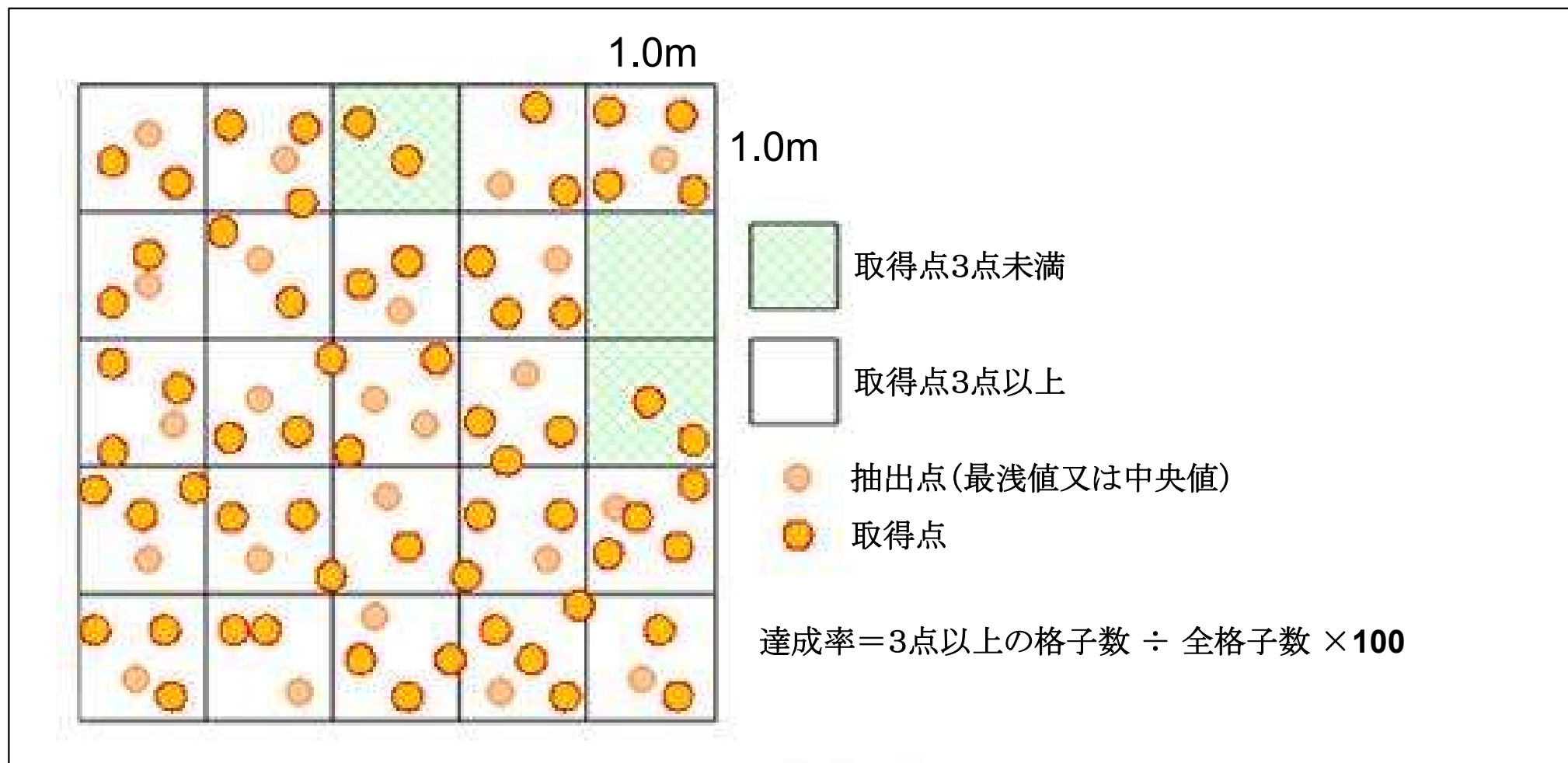
47



測得データの代表的なノイズ事例

48





データ密度の考え方

3次元設計データの作成

50

施工段階

施工前

施工前測量(マルチビーム測深)
施工前水深データ

工事計画
施工
数量計算
発注
数量計算

施工前3次元設計データ作成
① 施工前の海底地形のTin
② 施工前中心線形モデル
③ 施工前横断線形モデル
④ 施工前俯瞰図

浚渫
完了

出来形管理

竣工測量(マルチビーム測深)
出来形管理水深データ

出来形検査
出来形
数量計算

竣工時3次元設計データ作成
① 竣工時の海底地形のTin
② 竣工時中心線形モデル
③ 竣工時横断線形モデル
④ 竣工時俯瞰図

発注

設計段階

発注時

現況測量(NMB測深)
現況水深データ

設計

①平面図 ②縦断面図 ③横断面図

3次元設計データ作成

発注図書発行
発注数量計算

① 現況の海底地形のTin
② 浚渫工事の仕上がり形状の海底地形のTin
③ 現況・設計時中心線形モデル
④ 現況・設計時横断線形モデル
⑤ 現況・設計時俯瞰図

発注

施工段階

施工前

施工前測量(マルチビーム測深)
施工前水深データ

工事計画
施工
数量計算
発注
数量計算

施工前3次元設計データ作成
① 施工前の海底地形のTin
② 施工前中心線形モデル
③ 施工前横断線形モデル
④ 施工前俯瞰図

浚渫
完了

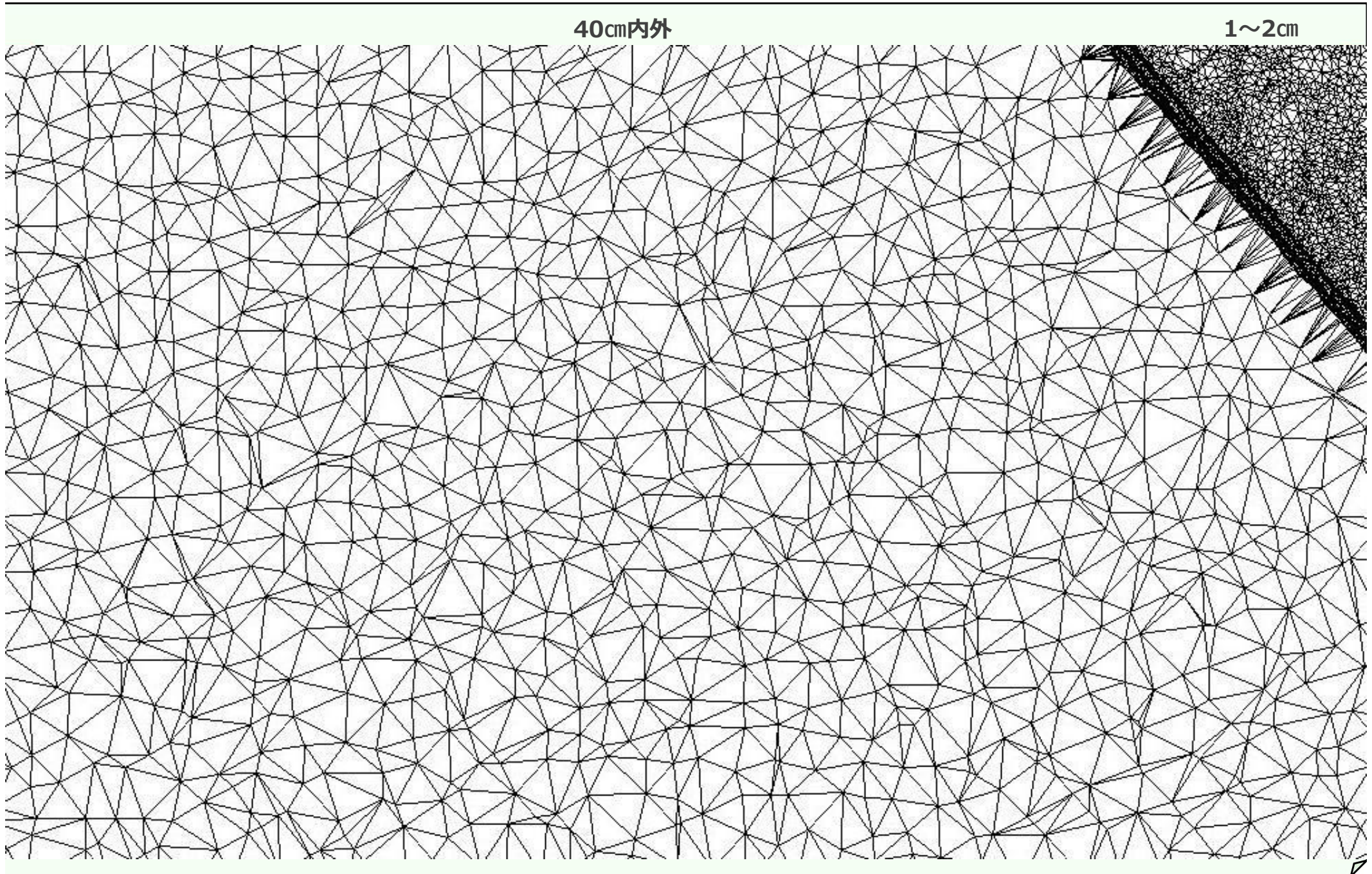
出来形管理

竣工測量(マルチビーム測深)
出来形管理水深データ

出来形検査
出来形
数量計算

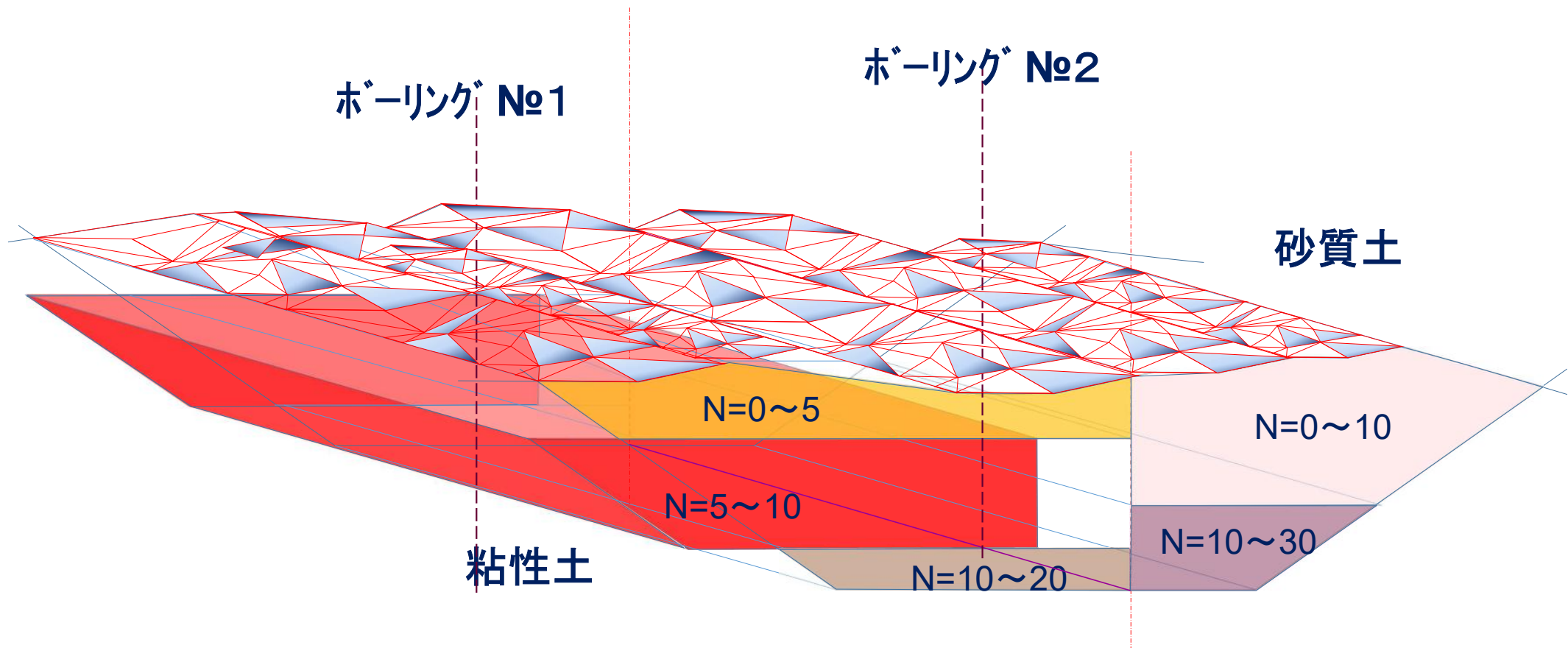
竣工時3次元設計データ作成
① 竣工時の海底地形のTin
② 竣工時中心線形モデル
③ 竣工時横断線形モデル
④ 竣工時俯瞰図

*「設計段階:発注者が準備すべき資料」など



3 D海底地形モデル(不整三角形網モデル：TINモデル) の例

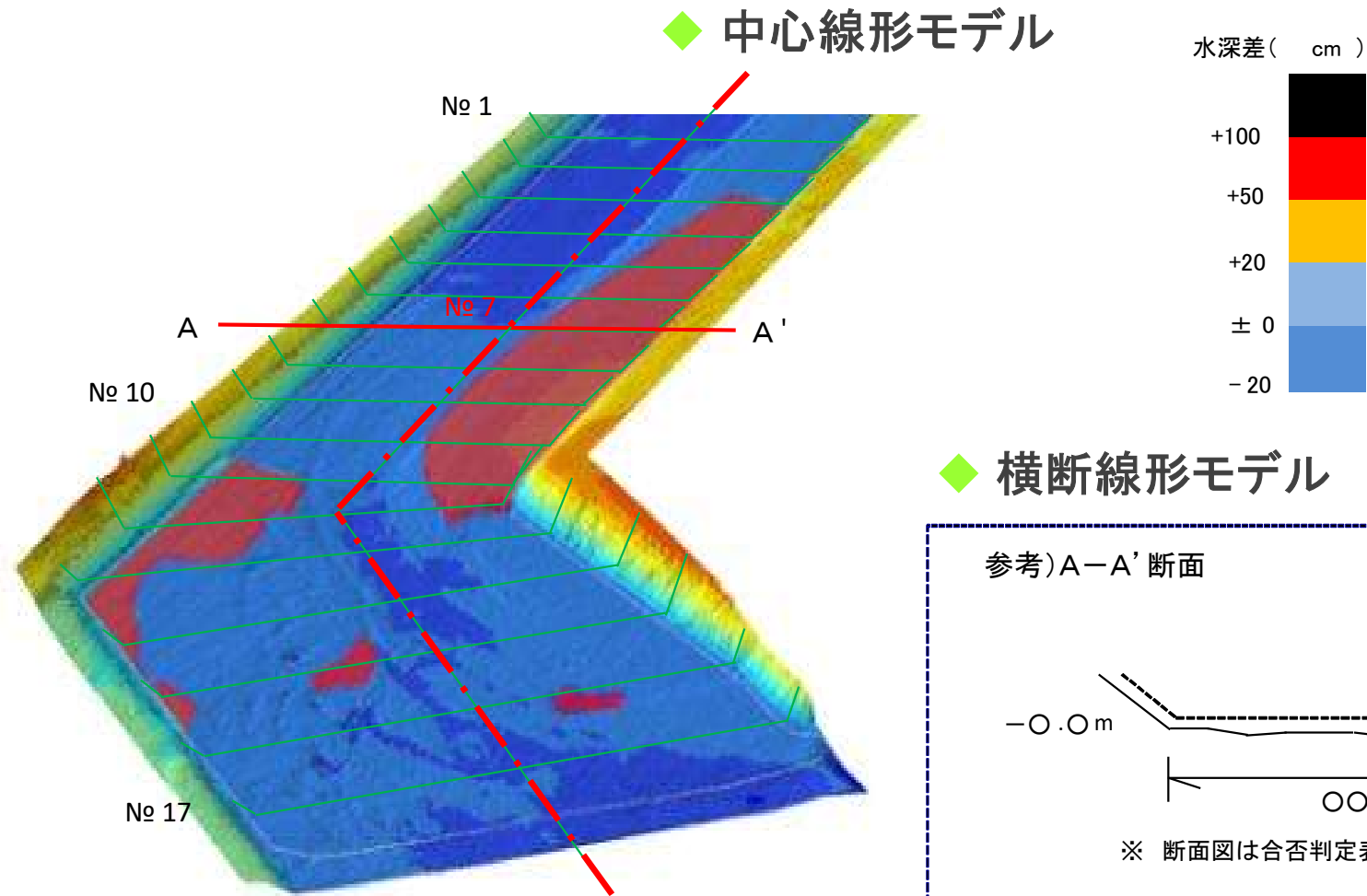
3次元設計データの作成範囲



◆ TIN(不整三角形網)モデルと現行土質区分事例

(TIN ; Triangular Irregular Network の略)

3次元設計データの作成範囲



◆ 中心線形モデルと横断線形モデル事例

取得された3次元データの管理

2次元の平面図、縦断図、横断図と照合した点検

対 象	点 検 方 法
平面線形	線形の起終点、変化点（線形主要点）の平面座標と数値について平面図及び線形計算書と対比
縦断形状	中心線形の起終点及び、変化点の水深について縦断図と対比
横断形状	施工区域の完成形状と法面形状、変化点等の地形や構造物形状について、設計図書に含まれる全ての横断図と対比。確認方法は、ソフトウェア画面と対比し、設計図書の管理項目（例えば、航路幅、計画水深）と同じであることを確認する。

※「LandXML1.2 に準じた3次元設計データ交換標準の運用ガイドライン(案)」P31 表7から抜粋

取得された3次元データの管理帳票類

【深浅測量精度管理チェックシート(案)】 マルチビームを用いた深浅測量マニュアル(浚渫工編)

(期間:〇〇年〇〇月〇〇日 ~〇〇年〇〇月〇〇日)

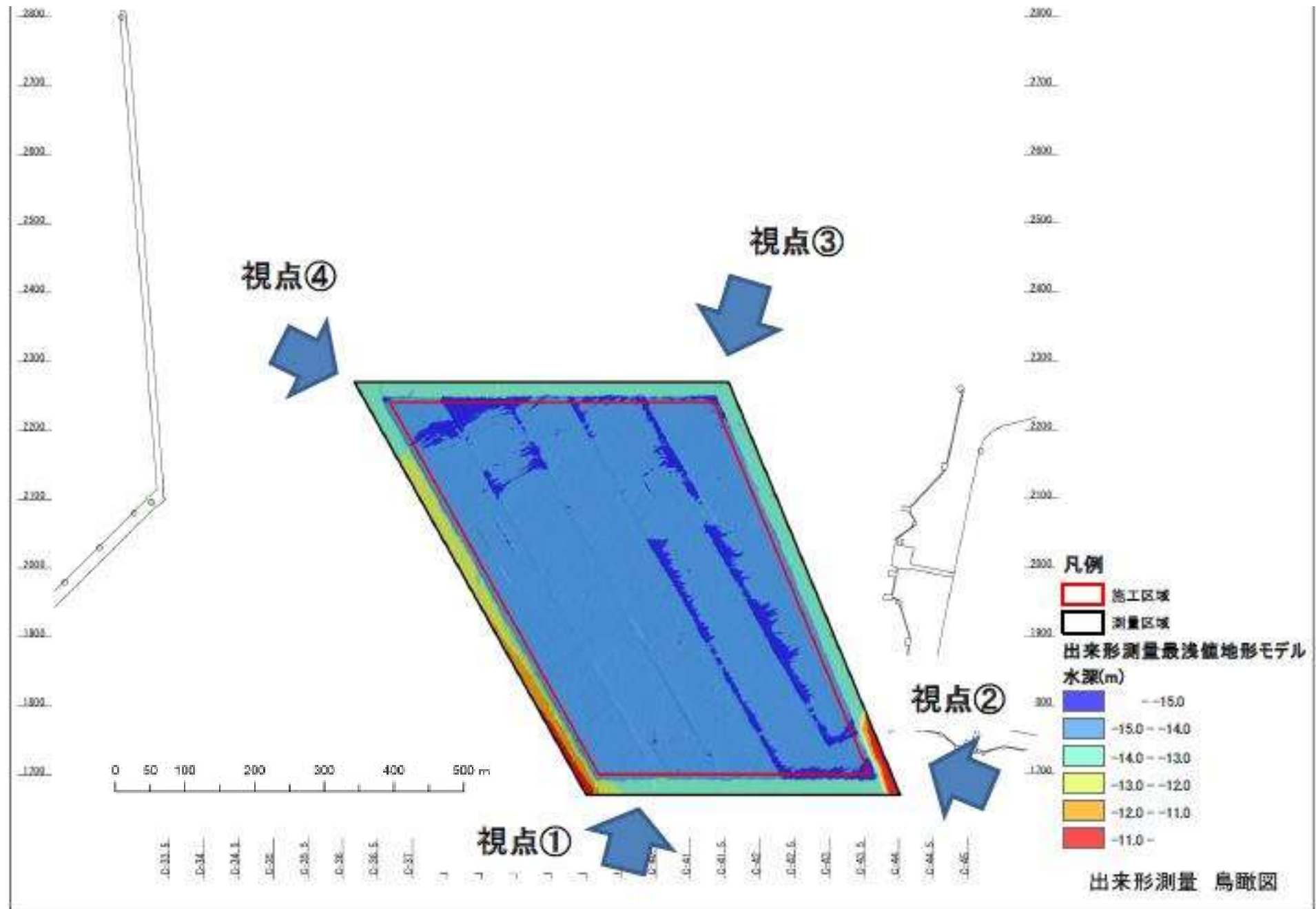
工事名:

品質証明者: 印

【浚渫工】 マルチビームを用いた深浅測量が適切に行われ、測深結果が必要精度を満たしていることを確認する。

確認項目	確認資料	確認内容	確認結果			備考
			確認日	確認者	確認結果(コメント)	
1. 使用するGNSSの測位精度	GNSS精度確認結果	実際に使用した機器である	/			
		観測基準点の既知座標値と観測平均座標値の差が示されている	/			
		最終成果を作成するに当たり十分な精度(±50cm以内)を有している				
		必要な時間、データ数が観測されている	/			
2. 測深機器の取付状況	マルチビームシステム点検簿	記入に漏れがない	/			
		マルチビーム測深機および周辺機器が適切に艀装されている	/			
		各計測機器の位置関係が適切に計測・記載されている	/			
		パッチテスト結果が正しく記録されている	/			
3. 水中音速度の計測結果	水中音速度測定簿	必要水深までの計測が出来ている	/			
		グラフがなめらかで異常値が含まれていない	/			
		適切な間隔で記録が計測されている	/			
4. 潮位記録	検潮記録	作業開始時刻から終了時刻までの記録が記入されている	/			
		港湾管理者が定める港湾管理用基準面からの潮位である	/			
		潮位変動がなめらかで有り、極端な変動(スパイク的なエラー)や副振動が無い				
5. 測深精度	検測(測深精度)管理表	適切な間隔で検測が行われている	/			
		検測との差が±10cm以内である	/			

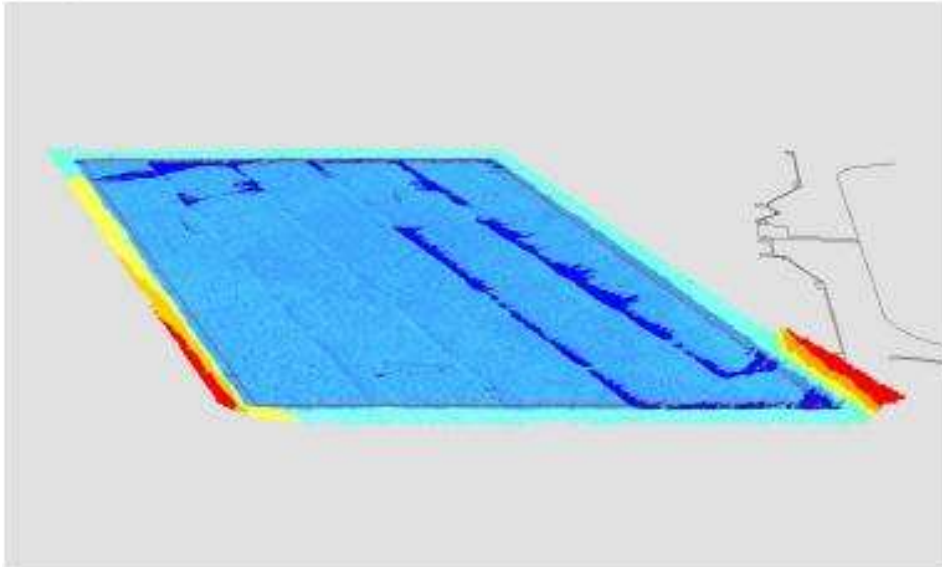
○ ICT活用工事(浚渫工)事例



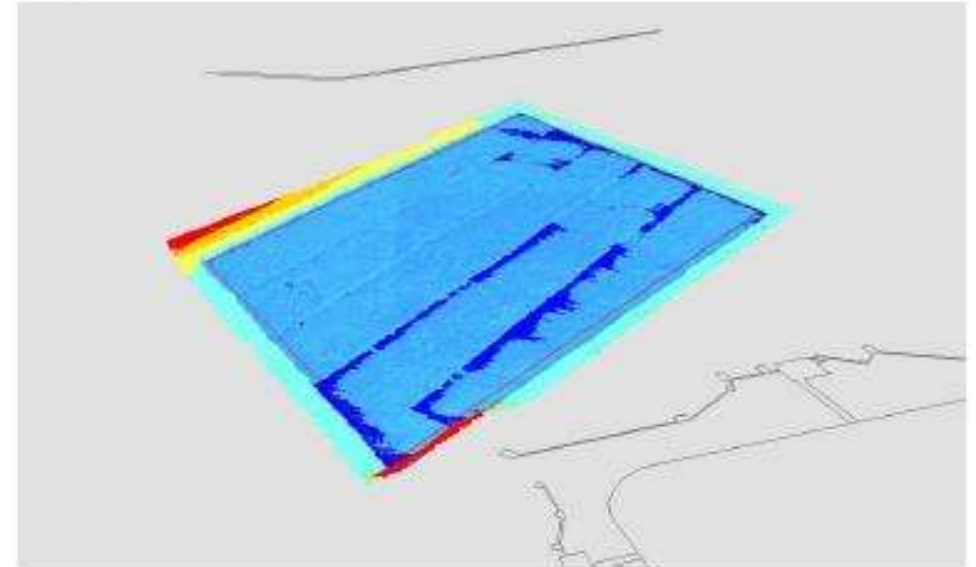
○ ICT活用工事(浚渫工)事例

出来形測量鳥瞰図(高さ強調 5 倍)

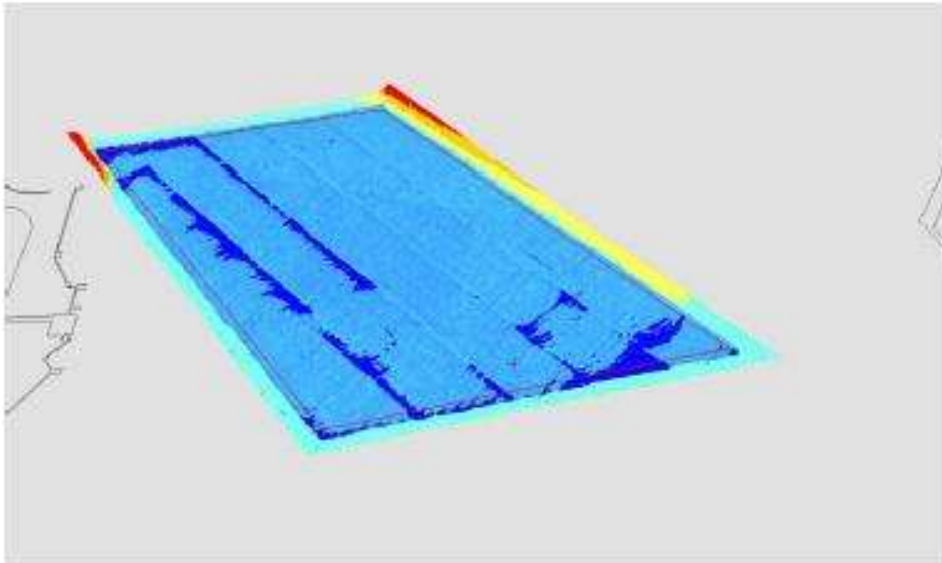
視点①



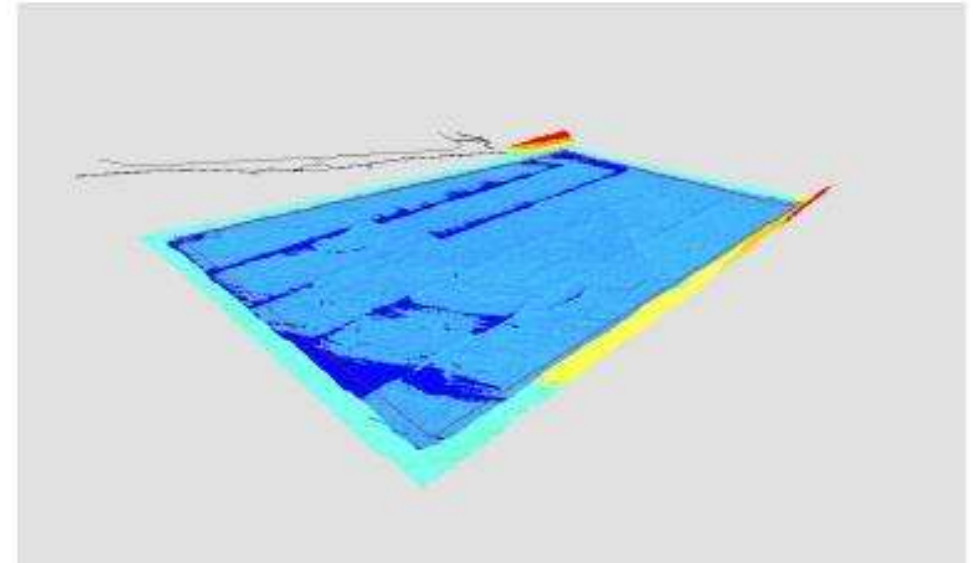
視点②



視点③



視点④



○ ICT活用工事(浚渫工)事例

表3-5 2 取得点密度の検証結果

区分	出来形測量
1.0m平面格子数	1,184,809
最小データ個数	3
最大データ個数	417
平均データ個数	52.77
3点以上格子数	1,184,809
3点未満格子数	0
達成率	100.00%
3点未満連続箇所	0

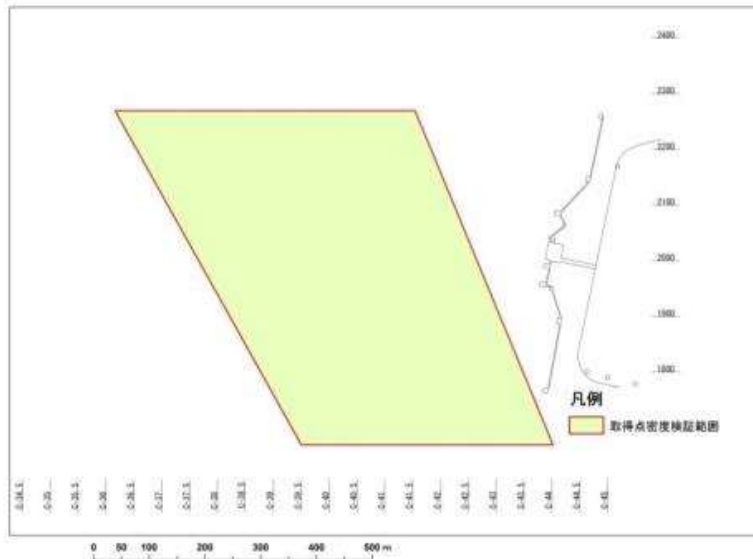


図3-5 1 取得点密度の検証範囲

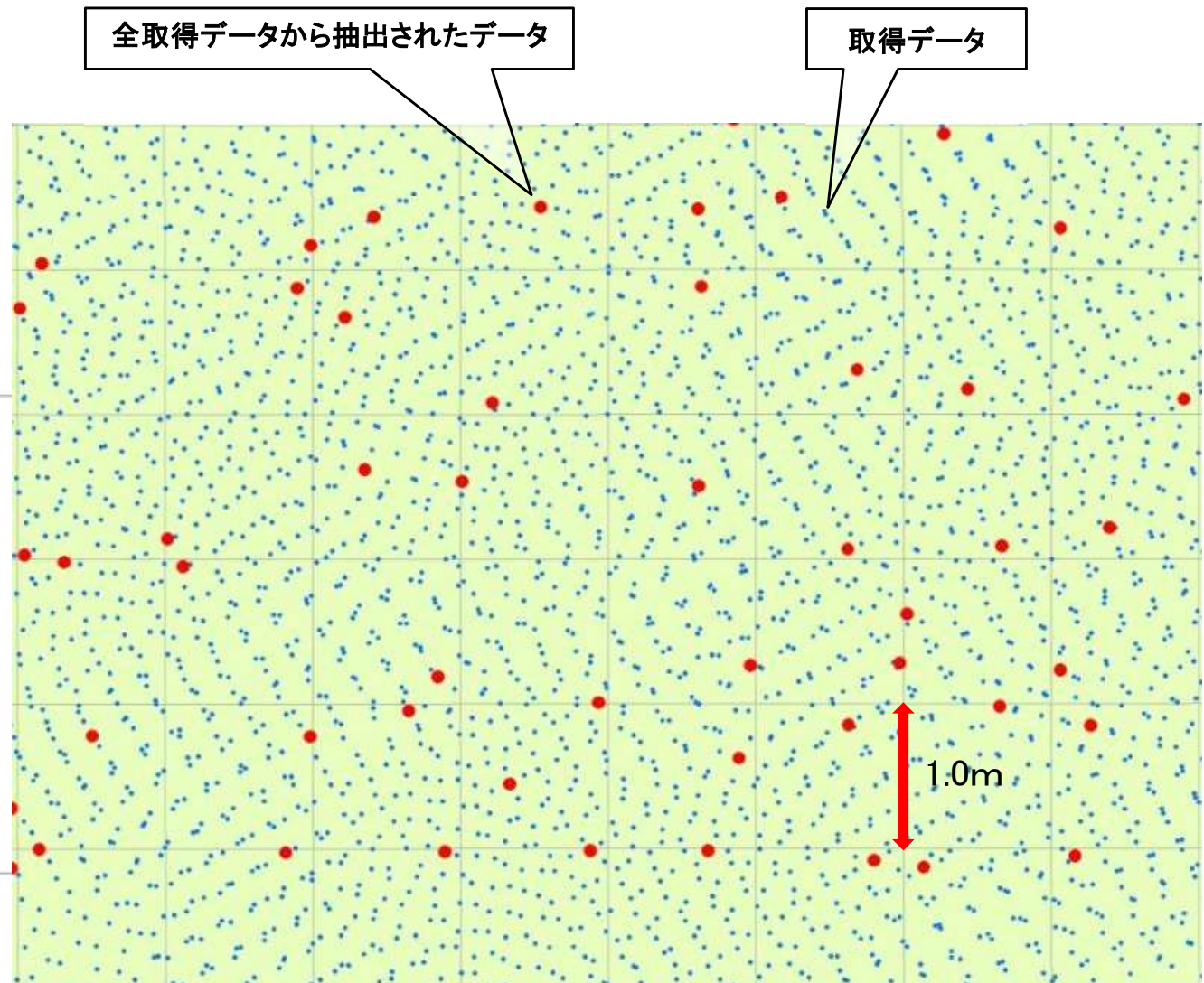
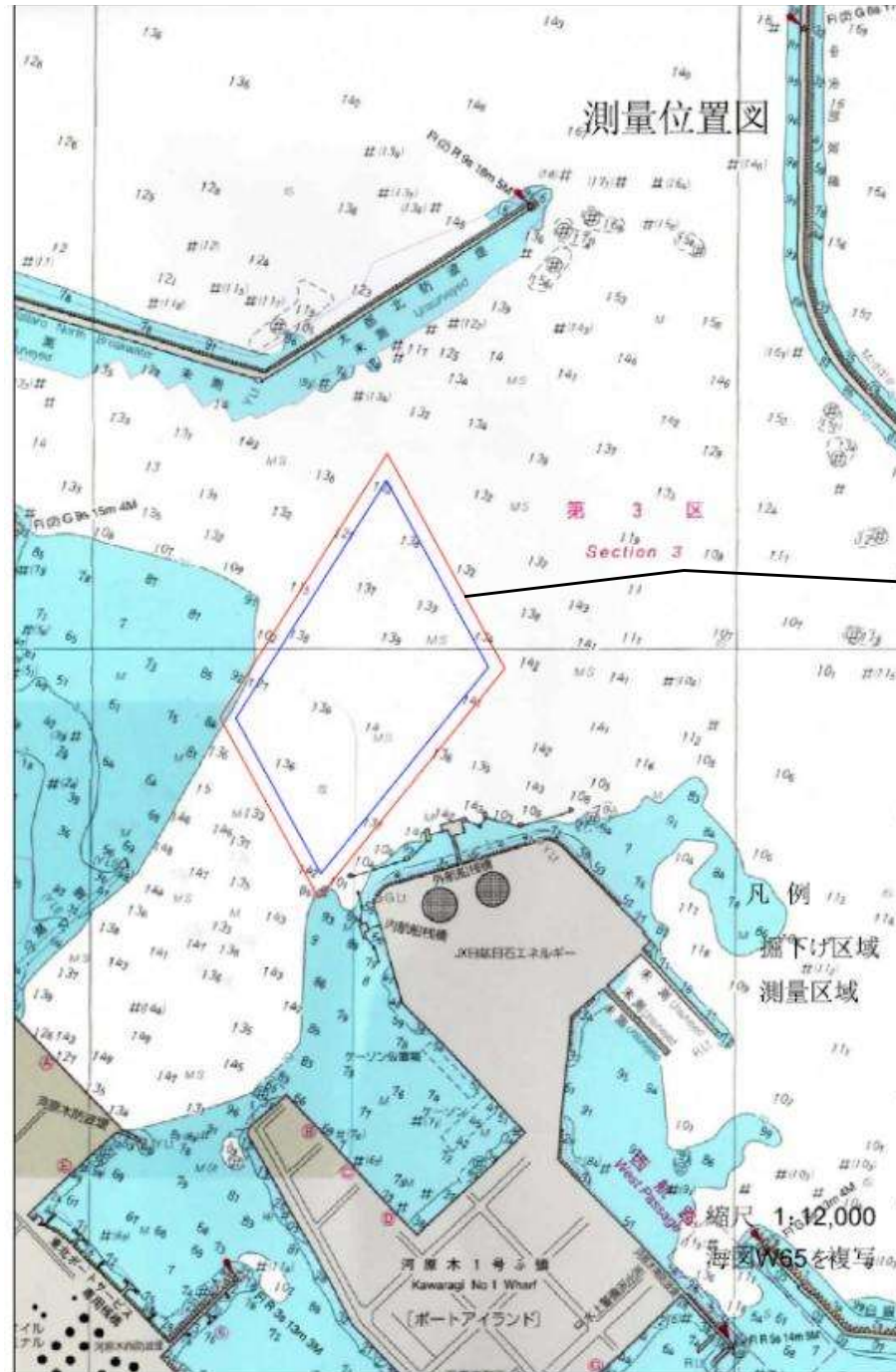


図3-5 2 1.0m平面格子の点密度の状況例

○ ICT活用工事(浚渫工)事例 (水路測量)

八戸港八太郎・河原木地区
航路泊地(埋没)水路測量

点名	緯度	経度
①	40-32-54.970	141-31-13.304
②	40-32-43.857	141-31-21.111
③	40-33-11.821	141-31-27.516
④	40-32-58.474	141-31-36.885



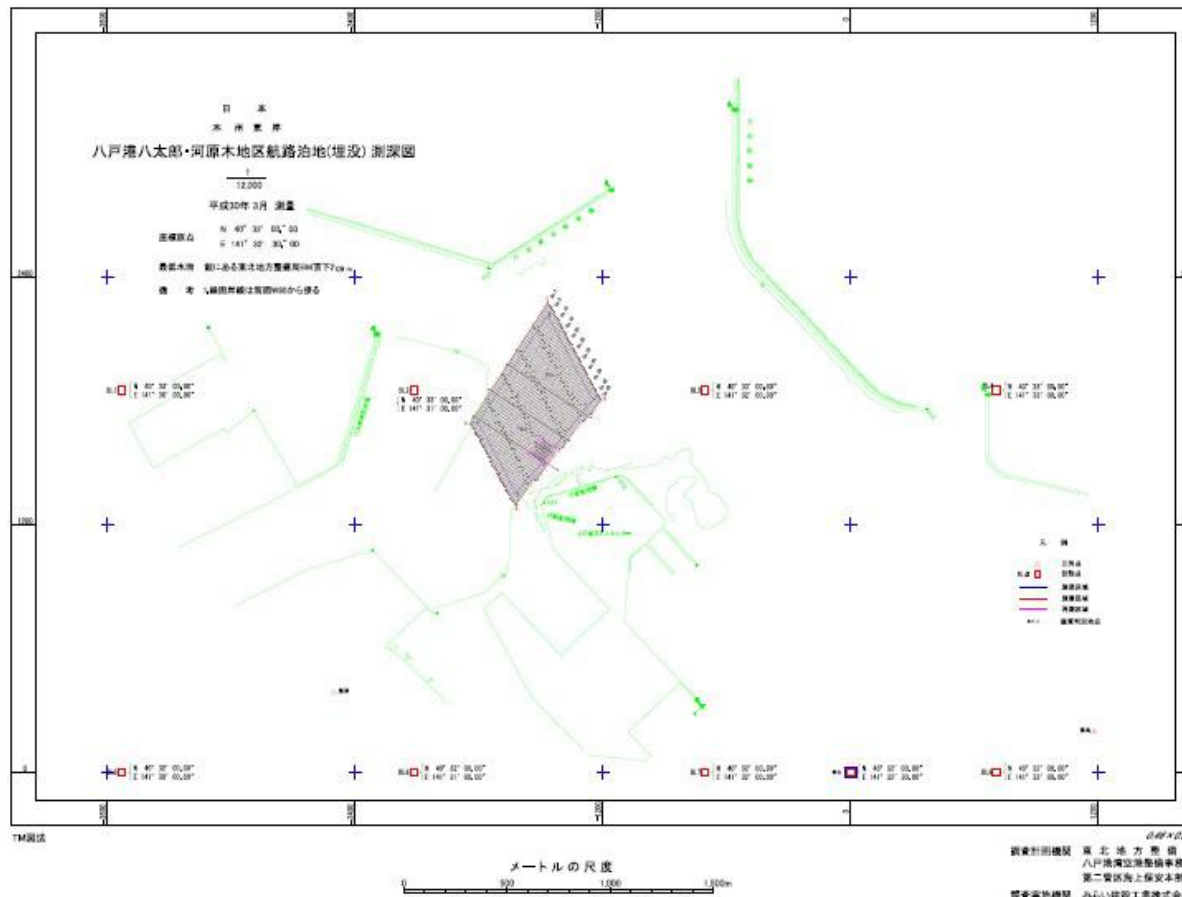
測量区域図

掘下げ水深-14m

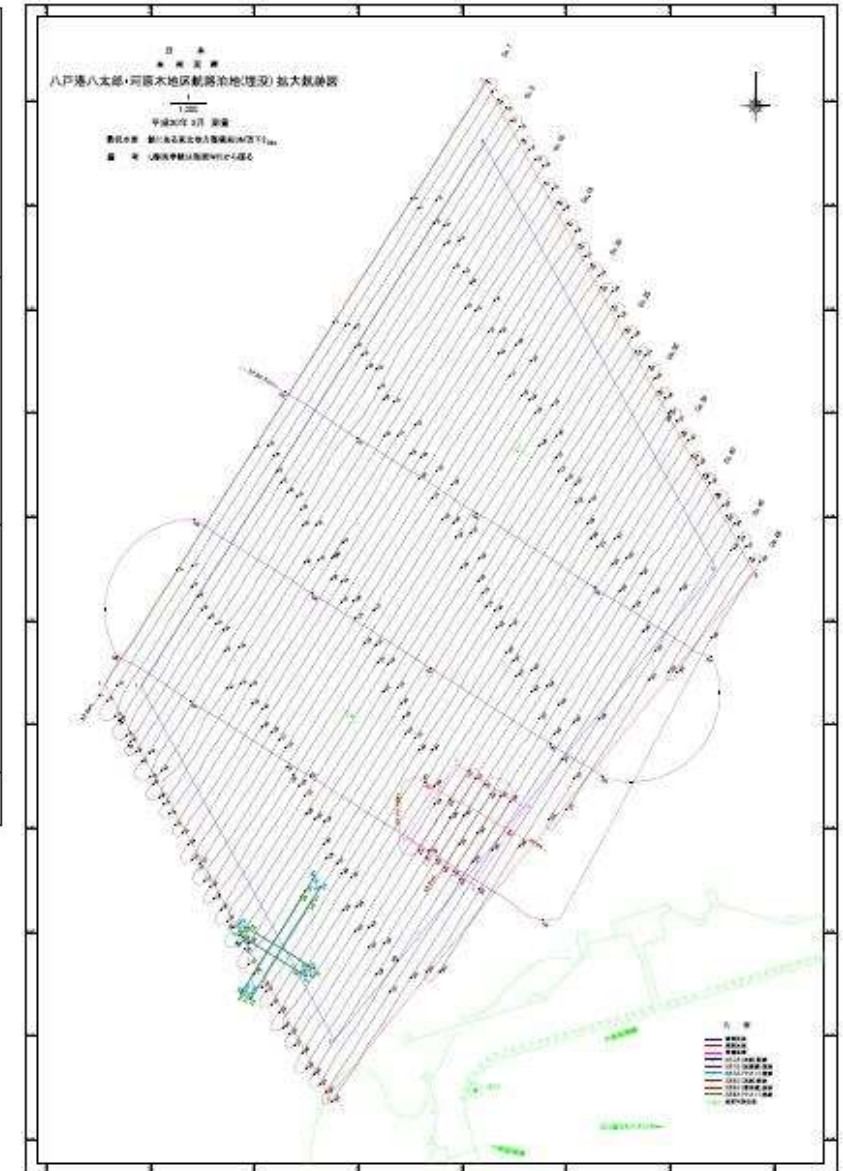
凡 例
 — 掘下げ区域
 — 測量区域

縮尺 1:12,000
 海図W65を複写

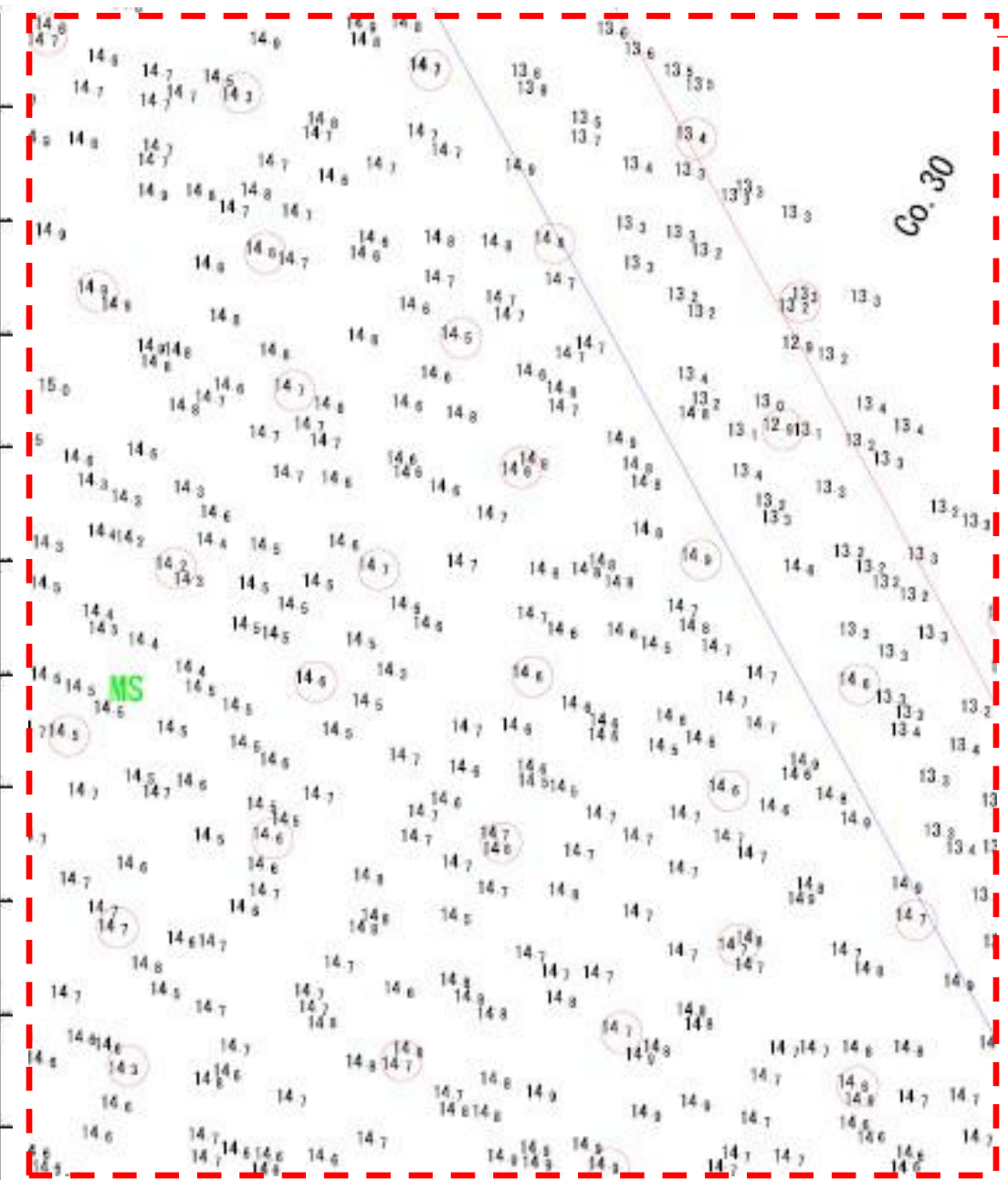
○ ICT活用工事(浚渫工)事例(水路測量)



資料1-4-4_水路測量_資料_測深図



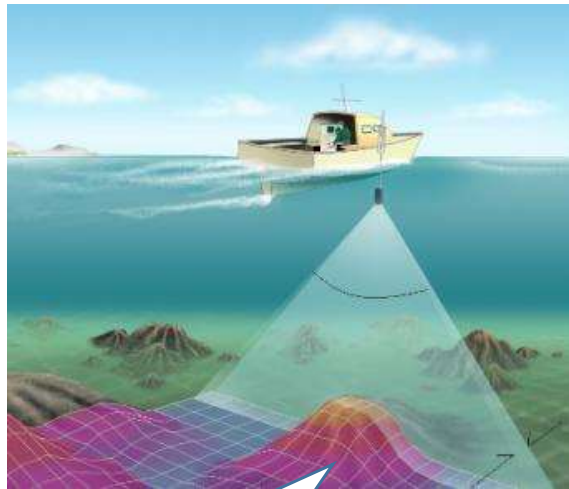
資料1-4-6_水路測量_資料_拡大航跡図



資料1-4-7_水路測量_資料_擴大水深図

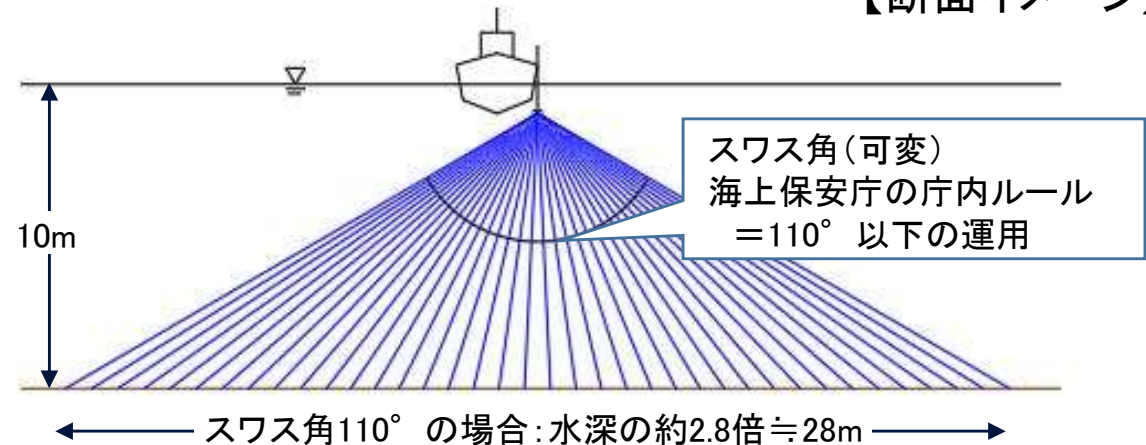
○ CUBE処理（背景）

1-1. マルチビーム深淺測量において取得されるデータ



点群データ取得

【断面イメージ】



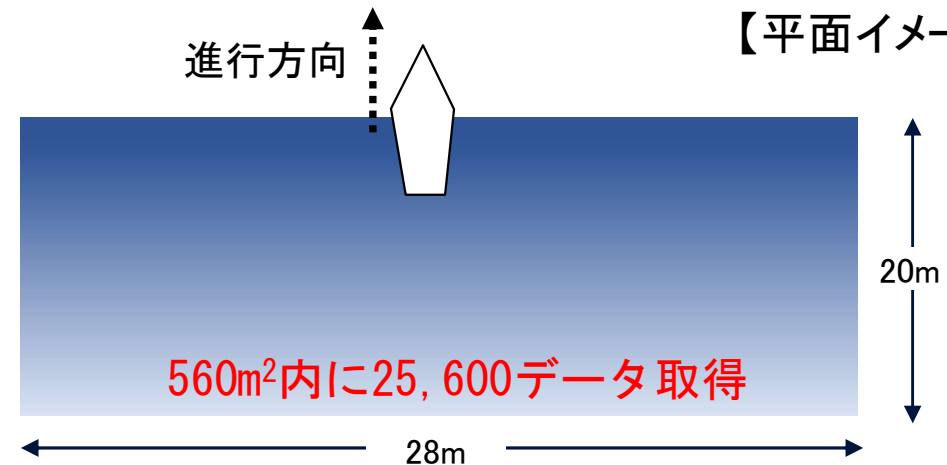
1 回の送受信で256データ取得
(現在流通している主流モデルの場合)

[例]

船速4knot、発振10回/秒
10秒間の測量で

- ・ 取得範囲は約20m×28m (560m²)
- ・ 取得データ量は25,600データ
⇒1m格子内に45データ

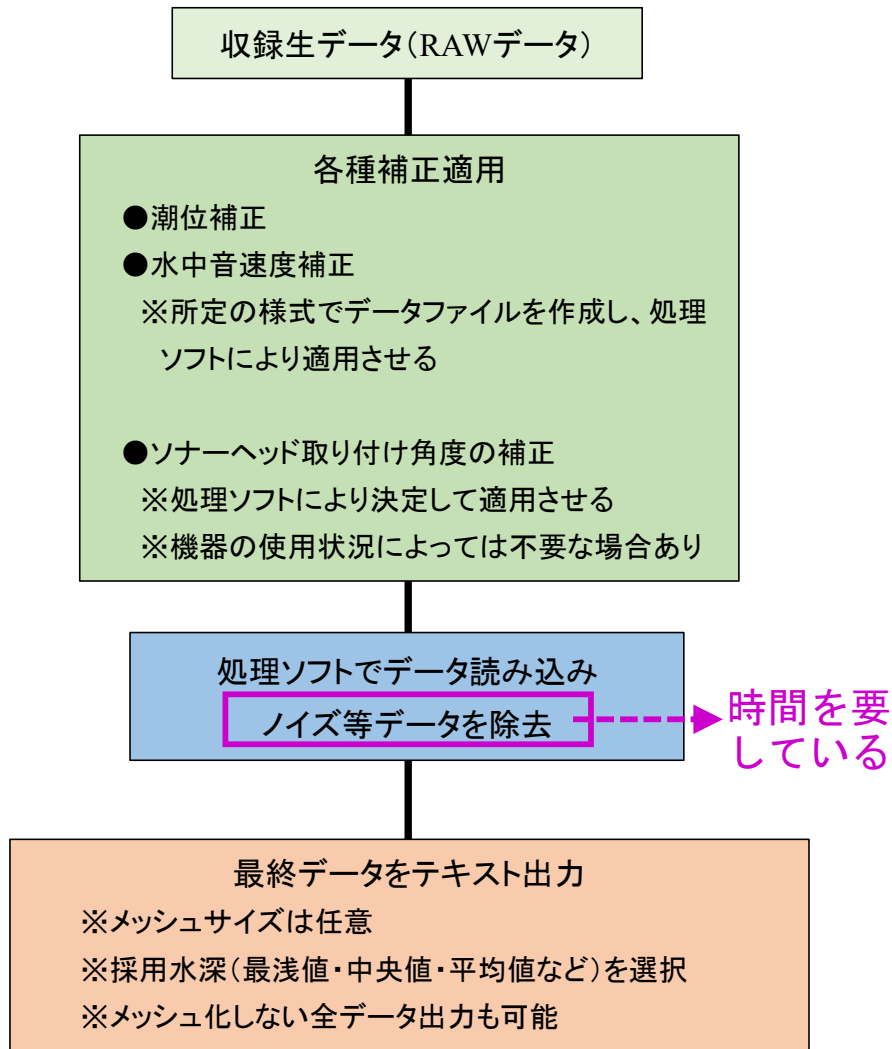
【平面イメージ】



○ CUBE処理（背景）

1-2. データ処理の現状・課題

★目視・手動によるノイズ除去作業



◆ノイズ除去作業に時間を要する

浚渫後等の管理測量における課題

- ・結果について即時性が求められる
- ・結果が分かるまで浚渫船等の工事部隊を現場に待機させている → 高額な待機費用が発生

◆記録判断できるようになるために経験が必要

◆オペレーターの主観に影響を受ける

客観的な評価ができないという課題

処理オペレーターによって結果が異なる

⇒水路測量の審査(※)により結果を訂正される

竣工検査時の水深値が後に海図刊行の際には変更されることがある

- ・港湾管理者に大きなダメージとなり得る
- ・海図に記載の水深値により入港船舶の規制をかけられると、海運業者にとって死活問題

(※)水路測量の審査

現行海図を修正するための海図補正測量は、成果1式について、海図の刊行機関である海上保安庁の審査を受け、それに合格しなくてはならない。

○ CUBE処理（CUBE処理について）

2-1. CUBE処理とは？

※CUBE=Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator

(1) CUBE理論の確立

<従前の問題点>

- ・点群の情報を丁寧に判断していく必要があり、オペレーターの所要時間が多く掛かる
- ・ノイズデータ、地形データの判断には経験が必要



<課題解決>

簡単なノイズについて自動処理できるようになれば
データ処理時間が短縮され、効率向上につながる



<CUBE手法の検証>

- ・オペレーターが変わっても同じ結果が得られる
- ・標準化による効率向上に期待

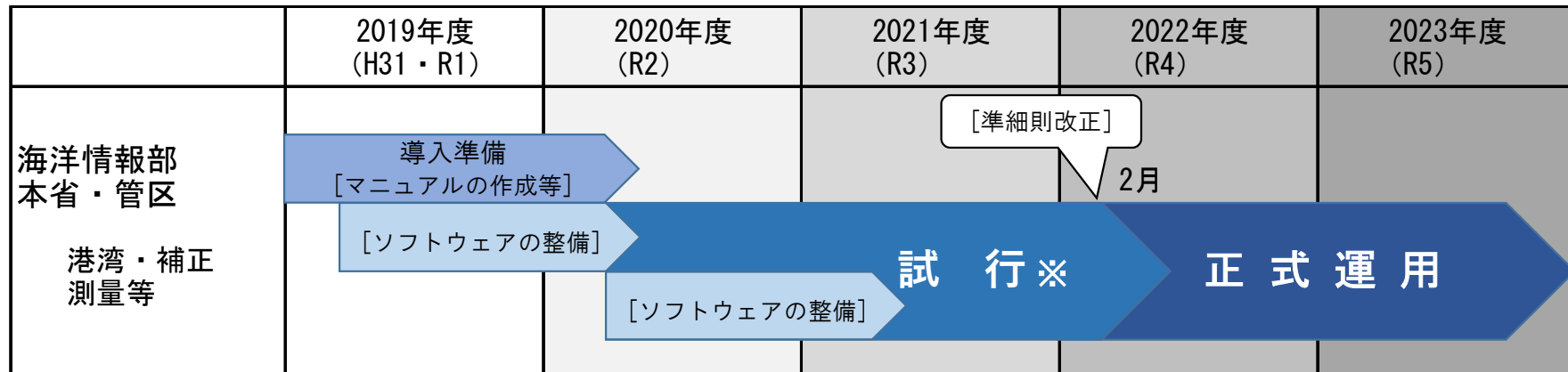
(2) 自動的に地形データ を出力 するための方針

○ CUBE処理（CUBE処理について）

2-2. 海上保安庁の動向（移行に向けて）

CUBE処理による結果（CUBE水深）を海図に採用するよう進めてきた

【海上保安庁のロードマップ（CUBE水深採用への移行）】



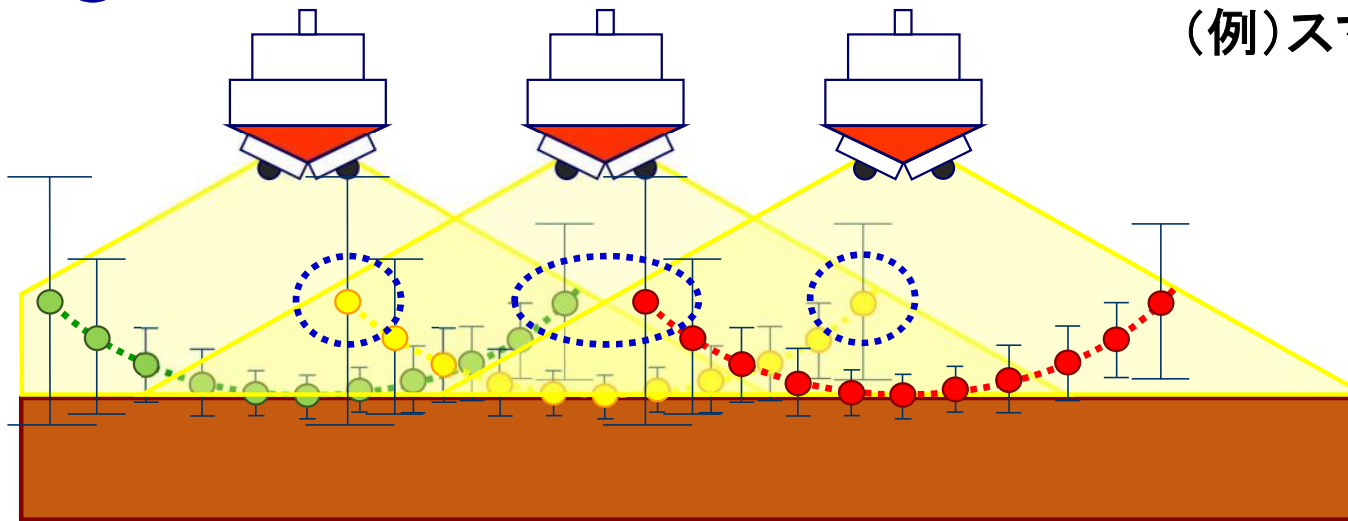
※ ソフトウェア整備の関係で管区を2グループに分けて施行を実施

- ★導入ソフトウェアは「CARIS Sips&Hips」（米CARIS社製）
 - ★IHO（国際水路機関）の新基準S-102（電子海図の標準規格）への対応
 - ★電子海図のスマート更新に対応（ビッグデータの処理という考え）
 - ★海外機関における標準化は進んでいる
 - ★『水路測量業務準則施行細則』の改正により正式運用（2022年度）
- ⇒実施機関（民間）・審査機関（海上保安庁）ともに本格運用の初年度

○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

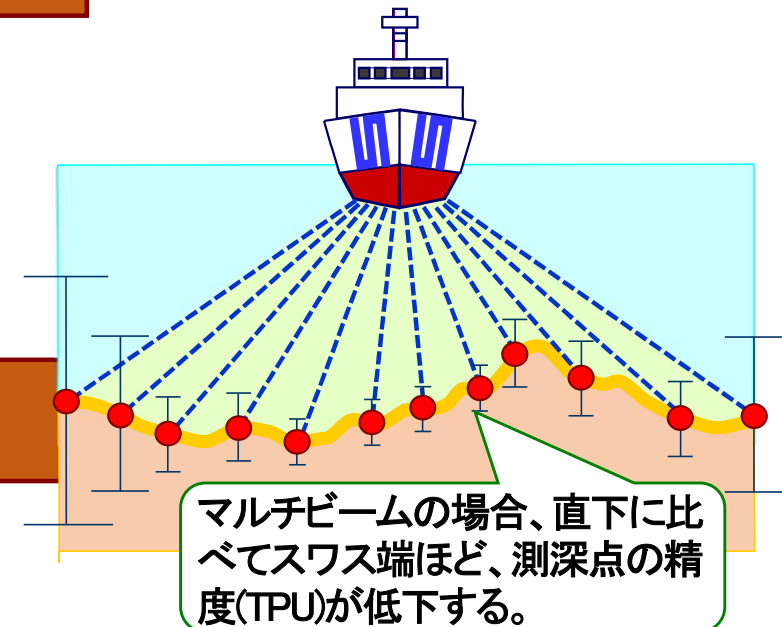
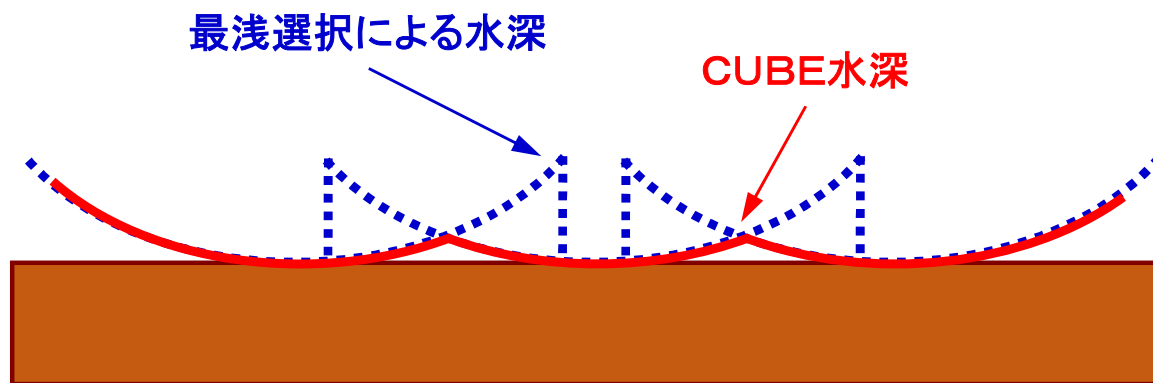
① マルチビームにおけるCUBE水深の利点

（例）スマイルカーブ



直下に比べて斜の測深データの精度が悪化する要因

- ・ 測深ビームのフットプリントの悪化
- ・ スマイルカーブ／アングリーカーブ（音速の伝搬誤差）
- ・ 動揺補正・取り付け角度オフセットによる伝搬誤差



図ー1 直下と斜におけるマルチビーム測深のデータ精度の違い及びCUBE 水深（データ精度を考慮して推定された）と最浅水深の違いに関する概念図

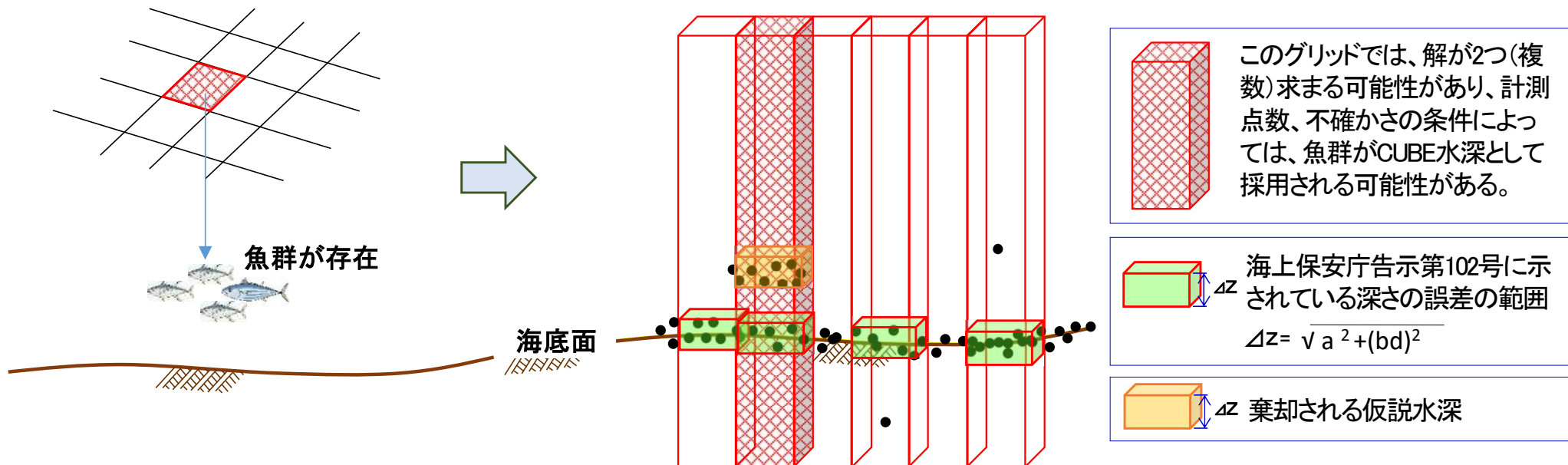
○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

② CUBE処理の概念 CUBE = Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator

CUBE処理は、マルチビーム深淺測量の膨大なデータを処理するために開発された処理システムであり、端的に表現すると、計測全データに付与した『**重み付き統計処理**』となる。

CUBE アルゴリズムは、マルチビーム測深の特性である直下と斜のデータ品質の違いを考慮した上で、データの大容量性を活かした統計的アルゴリズムで、観測値である全測深点データと各々の不確かさ(Uncertainty)を入力値として、高密度水深(CUBE 水深と表現)等を出力するものである。

(※海洋情報部研究報告 第58 号マルチビーム水深測量成果におけるCUBE 水深の採用について)



水深	グリッドサイズ
0-10m	0.25m
10-20m	0.5m
20-30m	1m

○ 一a級の水域の水深の測定又は調査の方法(深さの測定の誤差の限度)
 次の計算式により計算した値(mを単位とする。)とする。

$$\Delta z = \sqrt{a^2 + (bd)^2}$$

Δzは、水深(mを単位とする。)とする。
 a 及び b は、次の値とする。

$$a = 0.5m$$

$$b = 0.013$$

○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

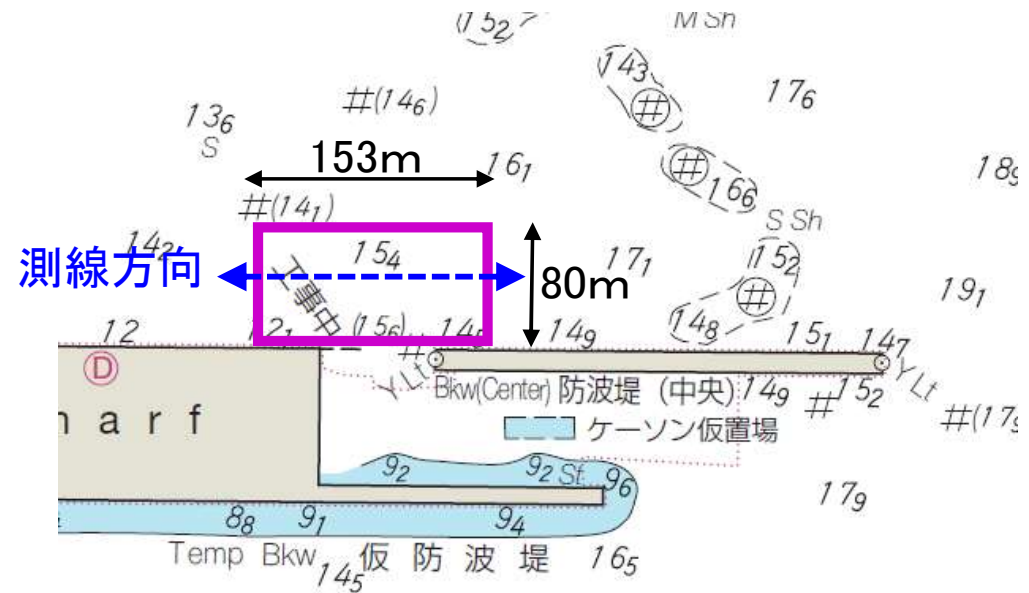
■ 受注業務においての実施

3-2. 現地作業

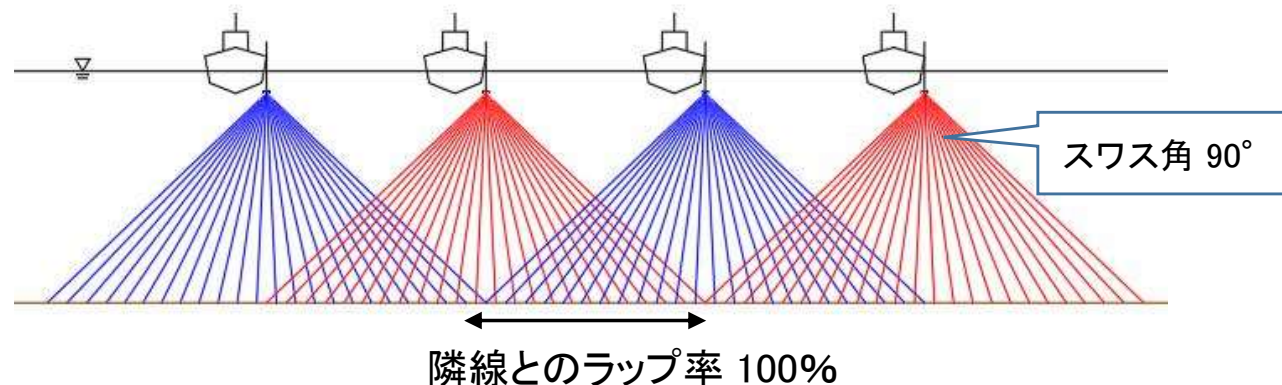
◆ 実施要領

- スワス角： 90° に設定 (※1)
- 隣線とのラップ率：100% (※2)
- 測線間隔：10m
- 測線方向：岸壁に平行

『水路測量業務準則施行細則』
第8章 第6節 8. (2) に規定有り
(※1) $\pm 55^\circ$ 以下
(※2) 100%



※計測作業は半日程度で終了



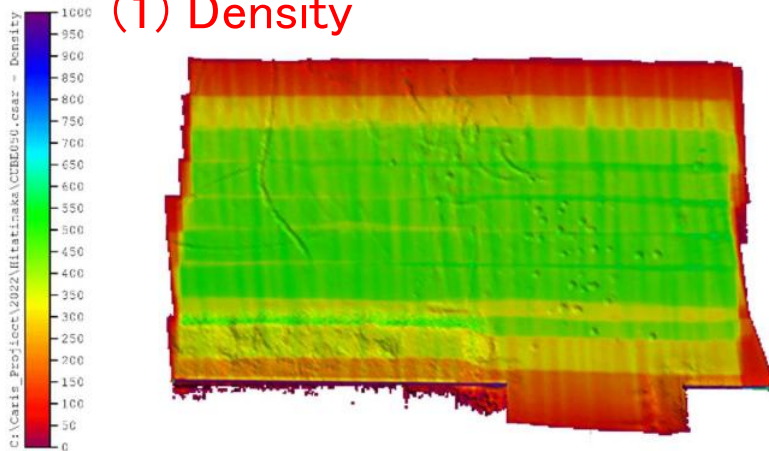
○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

■ 受注業務においての実施

3-3. データ処理

◆ 統計情報のヒートマップによる確認

(1) Density



(1) Density: 1グリッド内の採用測深点数

各グリッドにおいてCUBE処理計算に使用したデータの数を示し、十分な水深点が確保されているかを確認する。
点数が少ないグリッドの分布状況を確認し、CUBE水深の採用の可否を検討する。

(2) Hypothesis Count



(2) Hypothesis Count: 1グリッド内の仮設水深の数

各グリッドにおいて計算上出現した仮説水深の数を示し、複数ある場合は、グリッド内に海底面と考えられる点が複数あることを示す。
ノイズデータ等が採用測深点になっている可能性があるため、仮説水深が複数ある場合は再確認が必要。

(※) 採用測深点：低品質とは判断されずに残されたRAWデータ

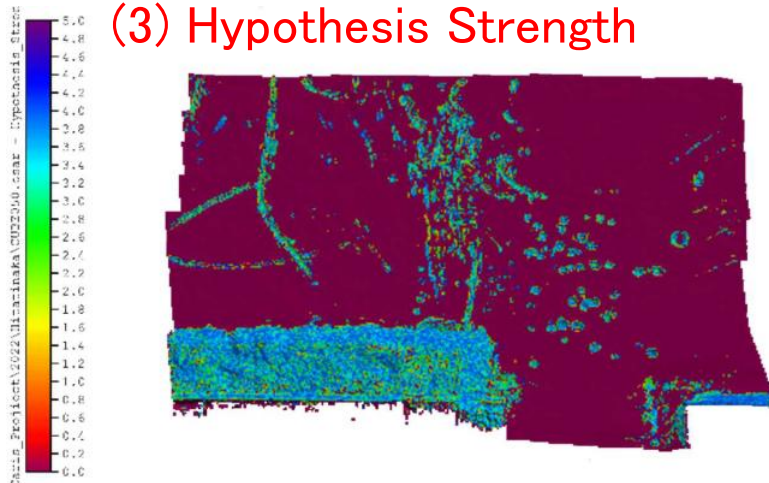
○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

■ 受注業務においての実施

3-3. データ処理

◆ 統計情報のヒートマップによる確認

(3) Hypothesis Strength

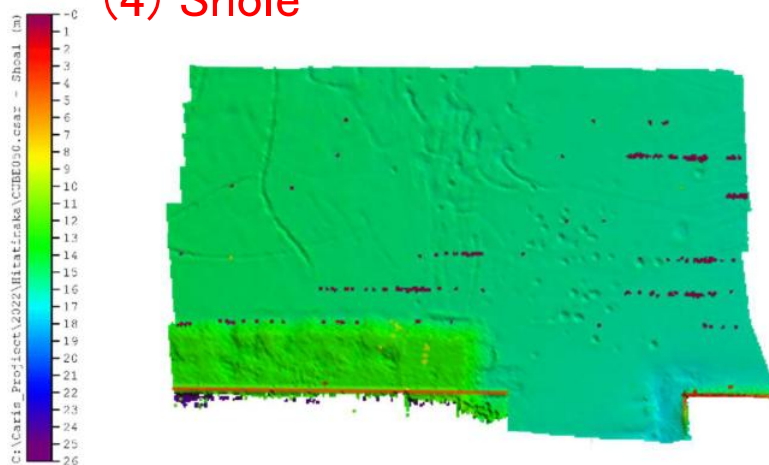


(3) Hypothesis Strength: 仮説水深の強度

各グリッドにおける仮説水深の数学的信頼度を示す。評価は0～5までの数値で表され、0は最も信頼度が高く、数値が大きくなるほど信頼度は低くなる。

「Hypothesis Count（仮説水深の個数）」の結果と信頼度は比例する。

(4) Shole



(4) Shole: 1グリッド内の採用測深点の中の最浅値

各グリッドにおいてCUBE処理計算に使用した水深データの中の最浅値を示し、異常物等があった場合の参考値・採用水深として使用する。
ノイズデータ等が採用測深点になっていないかの判断材料になる。

(※) 採用測深点：低品質とは判断されずに残されたRAWデータ

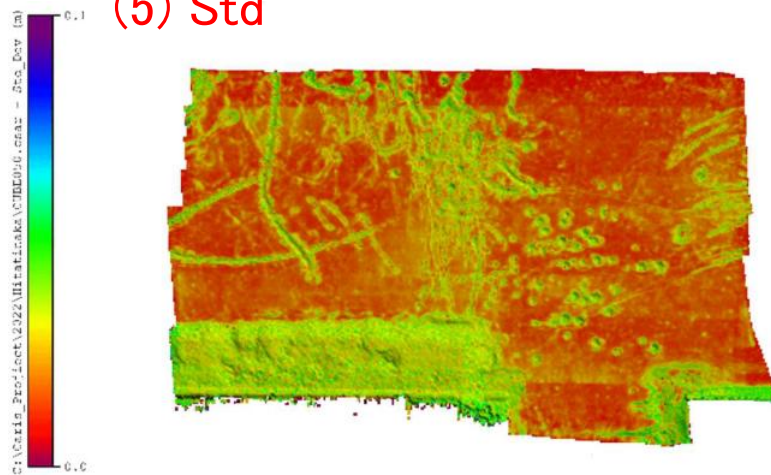
○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

■ 受注業務においての実施

3-3. データ処理

◆ 統計情報のヒートマップによる確認

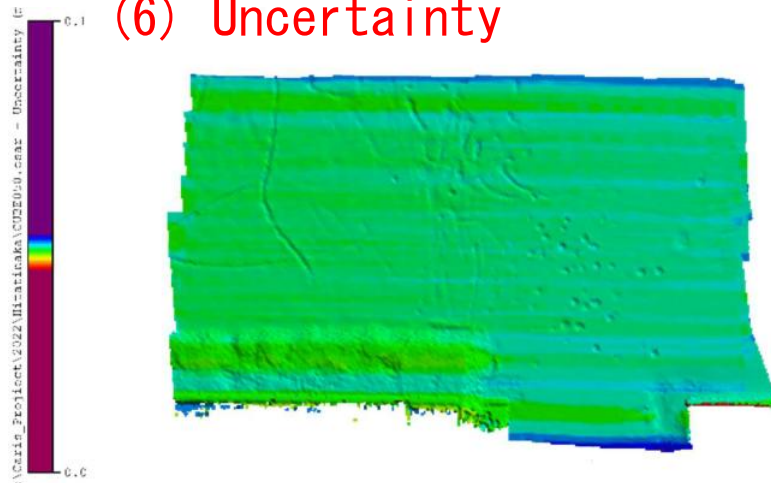
(5) Std



(5) Std: 1グリッド内の採用測深点の標準偏差

各グリッドにおいてCUBE処理計算に使用した水深データの標準偏差を示し、採用測深点の水深値のばらつきを確認する。
法面や岩礁域等の段差・急傾斜地を発見することが可能である。
潮位データファイルの適用ミスによる地形の段差出現などの発見が可能である。

(6) Uncertainty



(6) Uncertainty: 不確かさを数値化

各グリッドにおいてCUBE処理計算に使用した水深データの鉛直方向の不確かさの平均値を示す。
数値的な指標は特にないが、周囲と明らかに相違ある箇所及び最大値を示す箇所について確認する。
異常物を発見することに有用である。

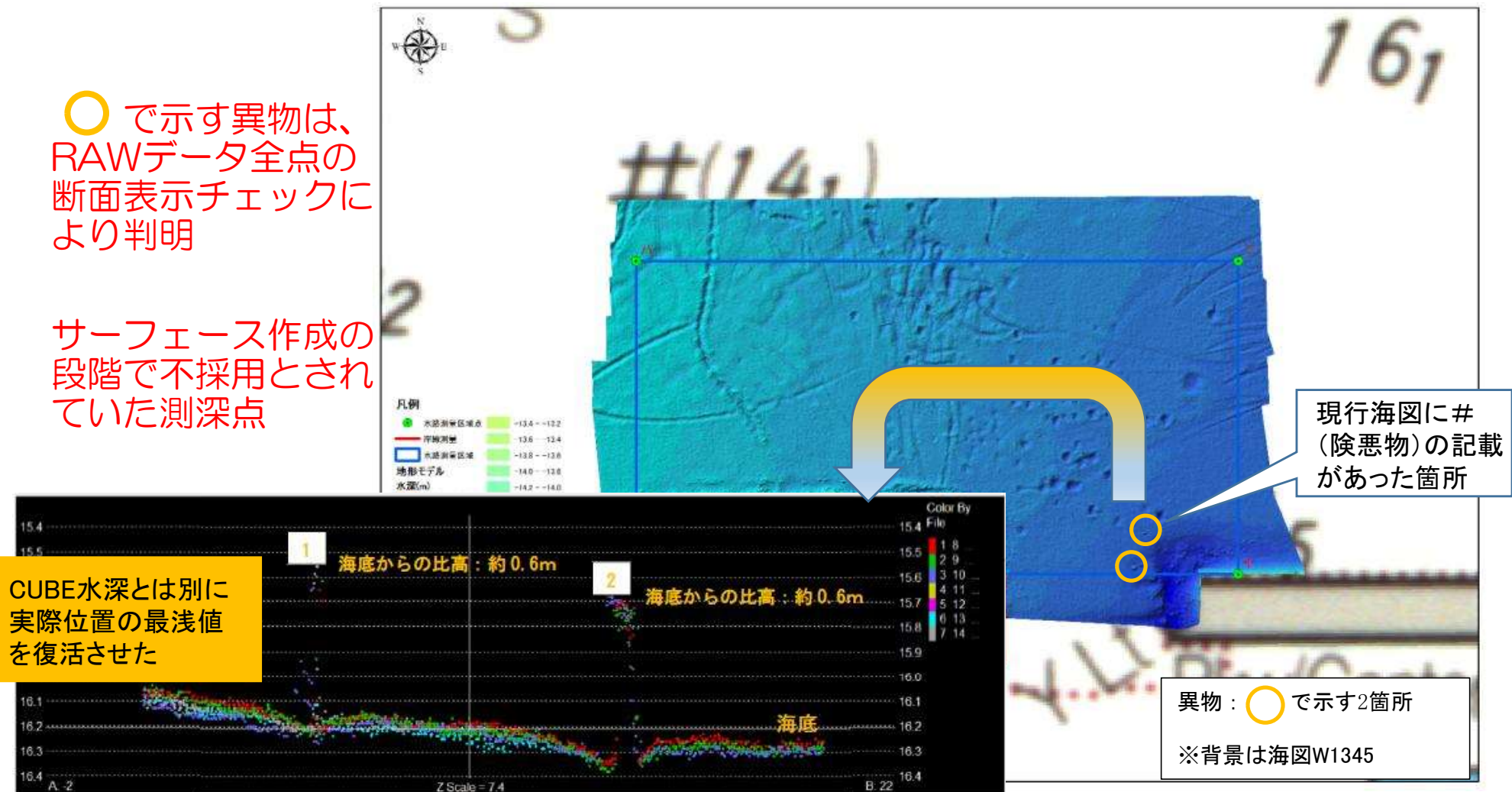
○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

■ 受注業務においての実施

3-4. 実施結果

○ で示す異物は、
RAWデータ全点の
断面表示チェックに
より判明

サーフェース作成の
段階で不採用とされ
ていた測深点

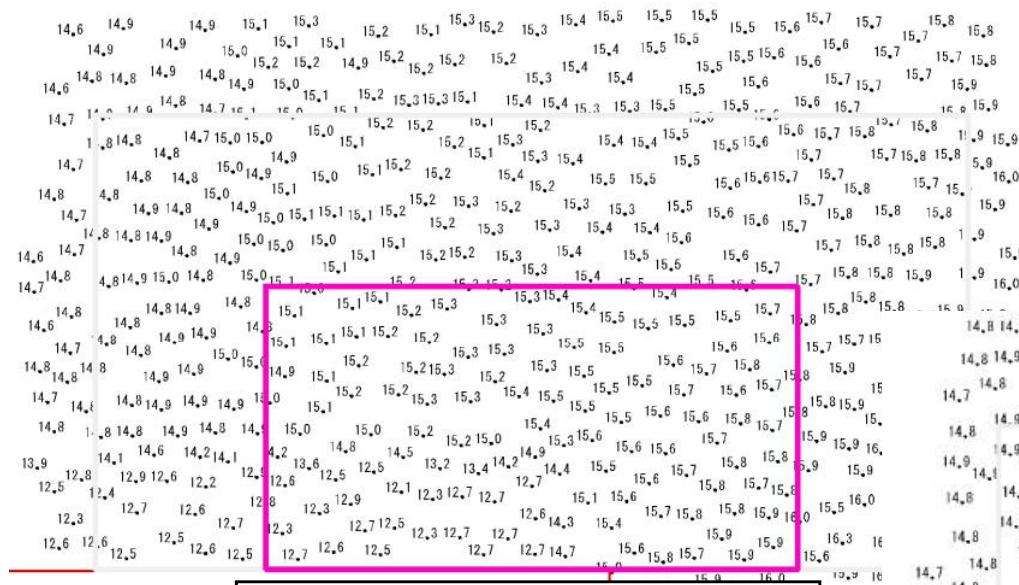


○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

■ 受注業務においての実施

3-4. 実施結果

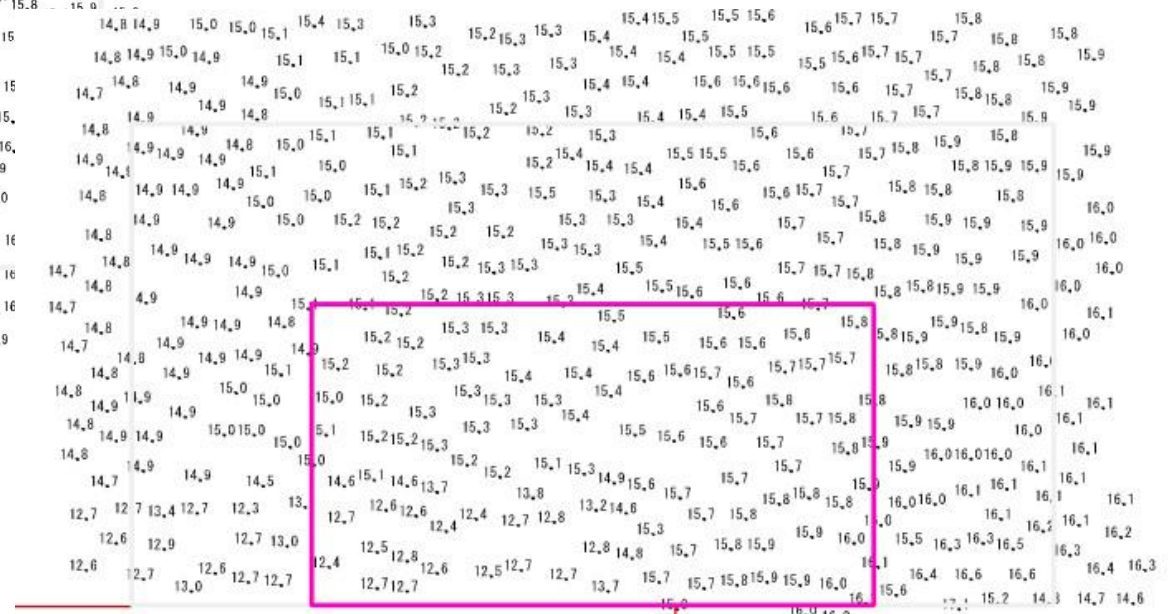
★実施機関（受注者）、審査機関（第三管区海上保安本部）ともにCUBE処理による結果の成果提出は初めてだったため、参考資料として、CUBE処理によらない従来方式で実施した結果も納入した。



従来処理による結果の水深図

★水深図（概ね5m格子）の比較

- ・比較点数: 316点
- ・較差の平均: -0.07m (CUBE水深のほうが0.07m深い結果)



CUBE処理による結果の水深図

○ CUBE処理（水路測量業務における実践）

	従来処理の問題点	CUBE処理の効果
処理方法	【従来処理】 担当者が測深データをHYPACK等の処理ソフトを用い、手動で処理し、成果を作成する。	【CUBE処理】 測深器等の精度、S-44基準、補正值に含まれる誤差などの細かい設定を行い、統計処理を行うことにより測量成果を自動で作成する。
データ処理	・経験則に基づく要因が大きいいため、成果に個人差が現れ易い →経験が浅い者は、判断に時間を要する	・異物等の箇所のみデータの判別が必要 ・統計処理でノイズを排除 →成果に個人差が現れ難い（個人差の排除）
作業効率	・作業工程のほとんどが手動であるため、データ処理に多大な時間及び労力が必要 →データ量の増加により成果提出が遅れる	・統計処理は自動で行われる →資料整理時間の短縮（効率化）
精度管理	・測深データの精度管理が難しく、精度の悪いスワス端に浅い水深が多いため、精度の悪いデータが海図に採用されやすい →最浅選択される水深の多くが悪い精度	・誤差要因を加味した統計処理・測深データの精度管理 →低品質データの排除（適切な精度管理）

■ 港湾分野に適用可能なICT活用技術

「港湾分野に適用可能なICT活用技術」「施工箇所の可視化・出来形把握」「施設の維持管理へのICT活用」他

■ 3次元測量(UAV、マルチビーム)

「UAV(ドローン)による作業区分および順序」「グリーンレーザドローンの特徴と計測例」

「海底地形を面的・詳細に計測するスワス測深」「深浅測量の工程別作業区分および順序」「マルチビーム測深機器等の操作」「各機器の設定及び各種補正データの確認」「3次元設計データの作成」他

■ 測量・調査方法の新たな動き

「港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた検討状況」他

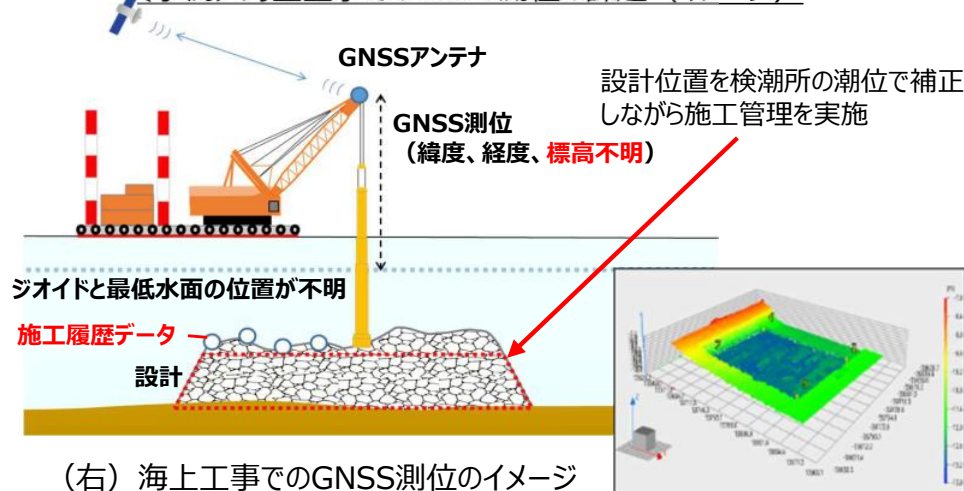
港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた検討状況 77

- 港湾局では、衛星データ等を活用した技術開発・技術実証等より港湾工事における生産性向上に取り組んでいるところ。
- 令和4年度から、港湾工事（海上工事）におけるGNSSを活用した高精度三次元測位（＝海上工事で潮位補正を必要としない施工管理）の実現に向けて技術実証を進め、海上保安庁の最低水面モデル作成にも協力しているところ。
- 今年度、海上保安庁に港湾局所管の検潮所関連データを提供した上で、最低水面モデル（試行版）を作成していただき、当モデルが港湾工事でどのように活用できるか検証予定。
- 本年度、港湾工事における最低水面モデルの導入に向け、同モデルの運用マニュアル（素案）を作成予定。

（施策）海上工事の自動化・遠隔操作化を通じた港湾工事の生産性向上 期間：令和4年度～

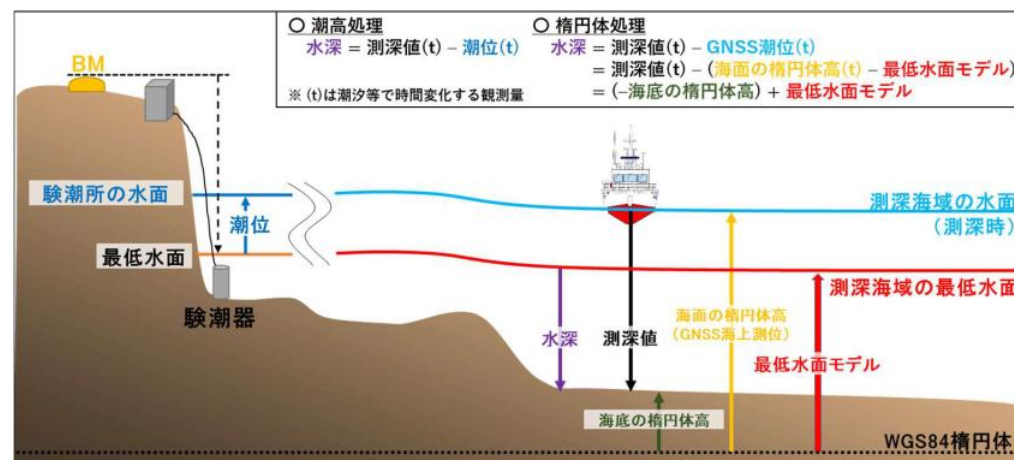
- 【背景】 陸上工事では高精度なRTK-GNSS測位を活用し、出来形管理の抜本的な効率化
- 【課題】 海上工事ではジオイド（標高の基準）と最低水面（水深の基準）の位置が不明であり、GNSS測位（鉛直方向）が活用不可
- 【内容】 モデル化（GNSS測位用の基準面）した最低水面を活用し、海上工事で潮位補正を必要としない施工管理に向けた検証を実施
- 【効果】 将来的に海上工事の自動化・遠隔操作化にも繋がり生産性の向上

〔事例〕海上工事でのGNSS測位の課題（イメージ）



〔令和5年度 業務内容〕

- ① 港湾局保有の常設検潮所及びGPS波浪計に関する情報整備
 - 常設検潮所（67箇所）のGNSS測量
 - 常設検潮所及びGPS波浪計に関する資料収集・整理
- ② 特徴的な潮位変動を有する港湾における最低水面モデルの検証
 - 臨時検潮所の設置・観測
 - マルチビーム測深による水深測量 等
- ③ 港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた検証
 - 施工時運用形態の整理
 - 実工事での実証試験と結果の検証
 - 最低水面モデルの活用ができるソフトウェアの検討
- ④ 港湾工事における衛星三次元測位実用化に向けた運用マニュアル素案作成
- ⑤ 港湾工事における衛星三次元測位活用に向けた検討会（仮）の開催



潮位と最低水面モデルの関係イメージ図

測量で使用する高さ(深さ)に関する用語の整理

陸上

高さ(標高)の基準 ⇒ ジオイド (= 平均海面)

※全国どこでも基準面は同じ

標高

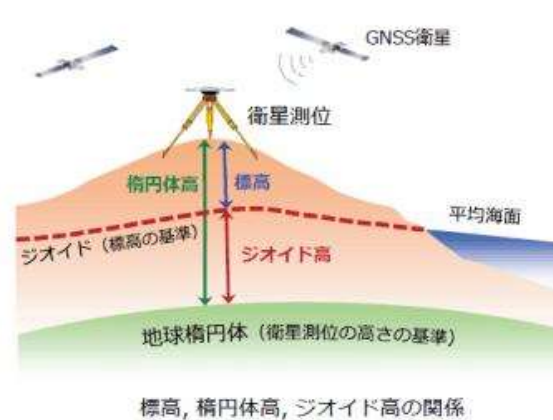
- ・ジオイドから地表までの高さ
- ・水準測量等で測定

楕円体高

- ・地球楕円体から地表までの高さ
- ・衛星測位で測定

ジオイド高

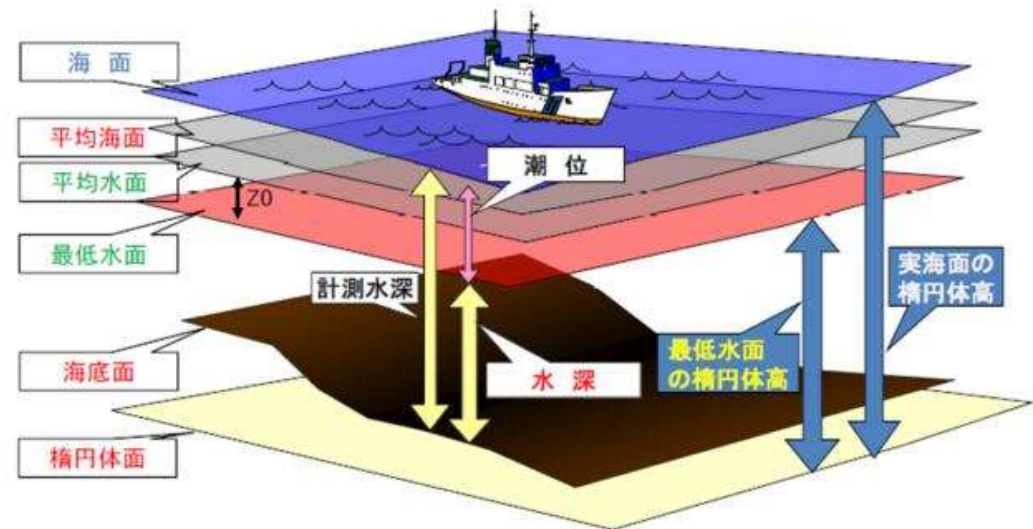
- ・地球楕円体からジオイドまでの高さ
- ・重力データや、水準測量・GNSS測量で得た標高、楕円体高等から算出
- ・標高の基準



海上

深さ(水深)の基準 ⇒ 最低水面

※港毎に基準面が異なる(海上保安庁が公示)



最低水面: 港湾工事の基準面

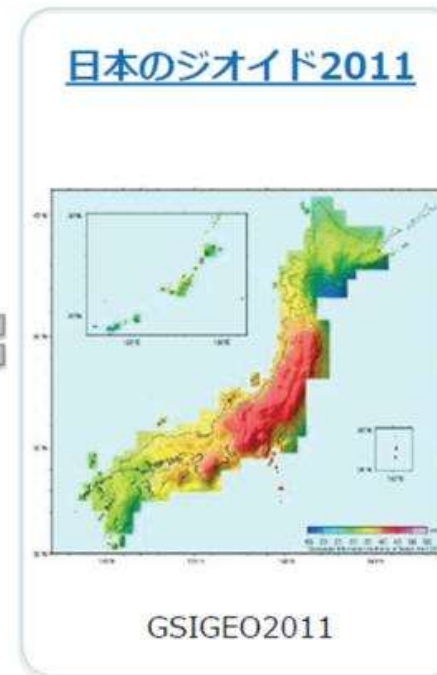
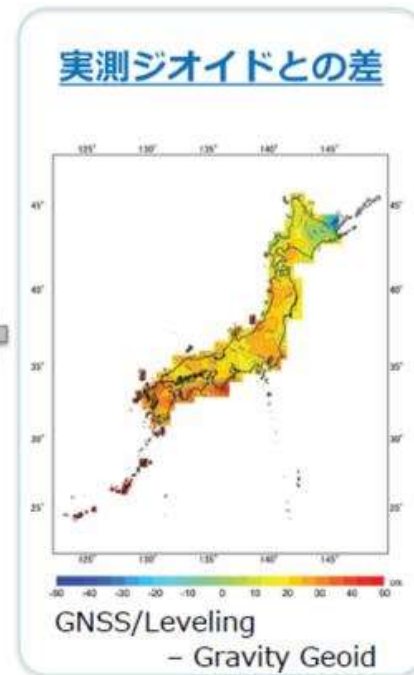
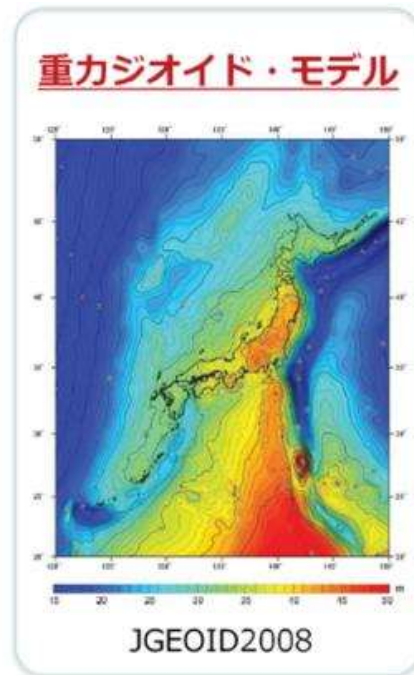
- 平均海面・・・潮汐や波がなく海流もない仮想的な静水面、本業務では東京湾平均海面 (T.P.) を指す。
- 平均水面・・・現地の長期間にわたる潮汐観測資料を平均して得られる水面。
- 最低水面・・・平均水面からZ0 (長期間潮位を観測して、得られたデータから調和分解を行い、主要4分潮を算出し、主要4分潮の振幅を足したもの)を引いた水面。

現行のジオイド・モデル(日本のジオイド2011)

日本のジオイド2011

ジオイド・モデル ⇒ ジオイドをモデルリングすることで、任意の位置のジオイド高の算出が可能

$$\text{※ 標高} = \text{楕円体高} - \text{ジオイド高}$$



【重力ジオイド・モデル】
様々な重力データ（衛星・地上・海上）を結合し、全球空間積分を行うことで、ジオイド起伏を計算したもの。

【実測ジオイド高】
水準測量とGNSS測量より算出

【日本のジオイド2011】
既存の水準点標高と整合させるため、重力ジオイド・モデルを水準点の実測ジオイド高で補正したハイブリッドジオイド・モデル。

ハイブリッドジオイド・モデルの課題

- 地震に伴い地殻変動が発生すると実測ジオイド高の再測量（水準測量とGNSS測量）が必要
- 水準測量には、膨大な時間と費用が必要

※海域においては、実測ジオイド高が算出されておらず、誤差が大きい場所も想定される。

精密重カジオイド・モデルの構築

■ 航空重力測量

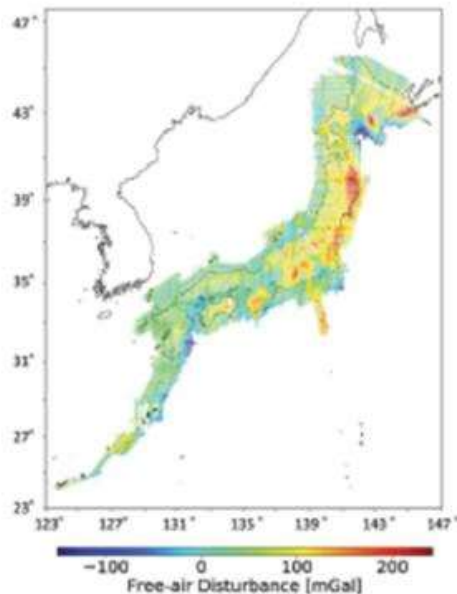
- 重力データは、沿岸部や山岳部などで空白域が存在
- 重力データを効率的に整備するため、航空機に重力計を搭載し、上空から重力を測定



測量用航空機



航空重力計



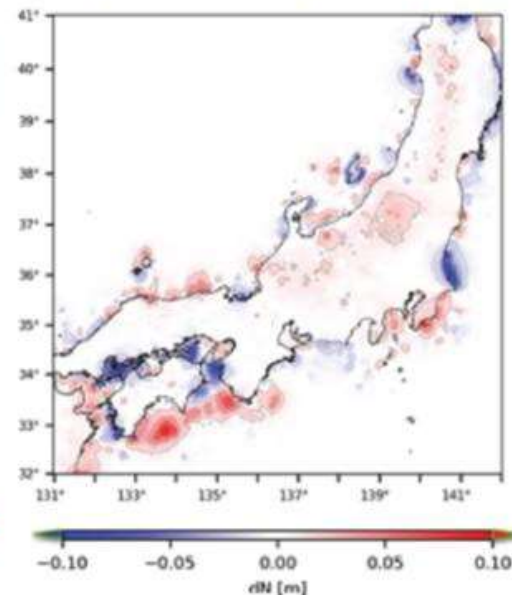
令和4年11月24日時点で取得した重力データ

■ 試作した精密重カジオイド・モデルの評価

- 航空重力データの追加により、沿岸域や山岳域など、既存の重力データが十分でない地域で、ジオイドの精度が数cm以上向上

沿岸域で10cm以上、
山岳域で数cm程度の差

航空重力データの有無によるジオイド・モデルの差

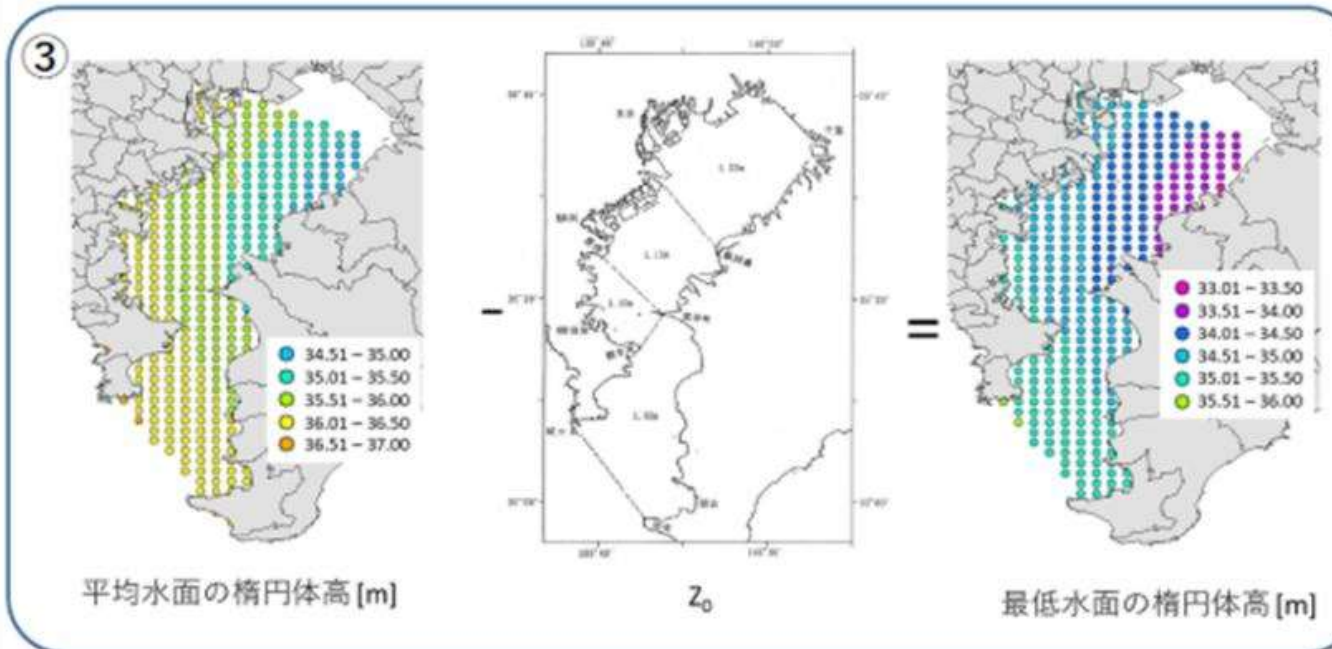
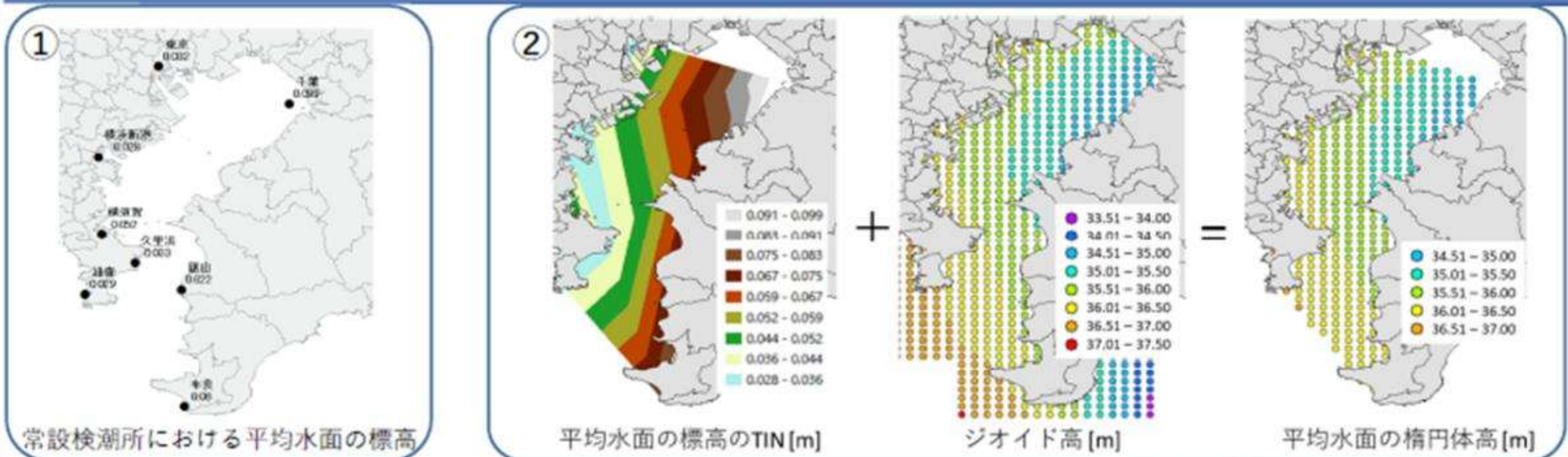


平成30 年度	令和元 年度	令和2 年度	令和3 年度	令和4 年度	令和5 年度	令和6 年度
航空 重力計 調達	全国で航空重力測量を実施				精密重力 ジオイド・モデル を整備	

新たな標高の基準となる**精密重カジオイド・モデル**の整備を進め、
衛星測位で、誰もが簡単に高精度な標高を利用できる環境構築を目指す

最低水面モデル作成に向けた検討

東京湾における最低水面モデルの試作



○最低水面モデルの作成手順

①常設検潮所の平均水面の標高算出

・潮位年報(海岸昇降検知センター, 2016-2020)に掲載された観測基準面の標高と観測基準面上の平均水面の和から算出

②平均水面の楕円体高モデル算出

・平均水面の標高を面的に補間
・ジオイド高は日本のジオイド2011(Ver2.1)(国土地理院)を使用

③最低水面の楕円体高モデル算出

・ Z_0 (最低水面から平均水面の高さ)は平均水面、最低水面及び最高水面一覧表(海上保安庁)を使用

【イメージ】最低水面モデル(最低水面の楕円体基準)の導入と導入後の施工管理方法

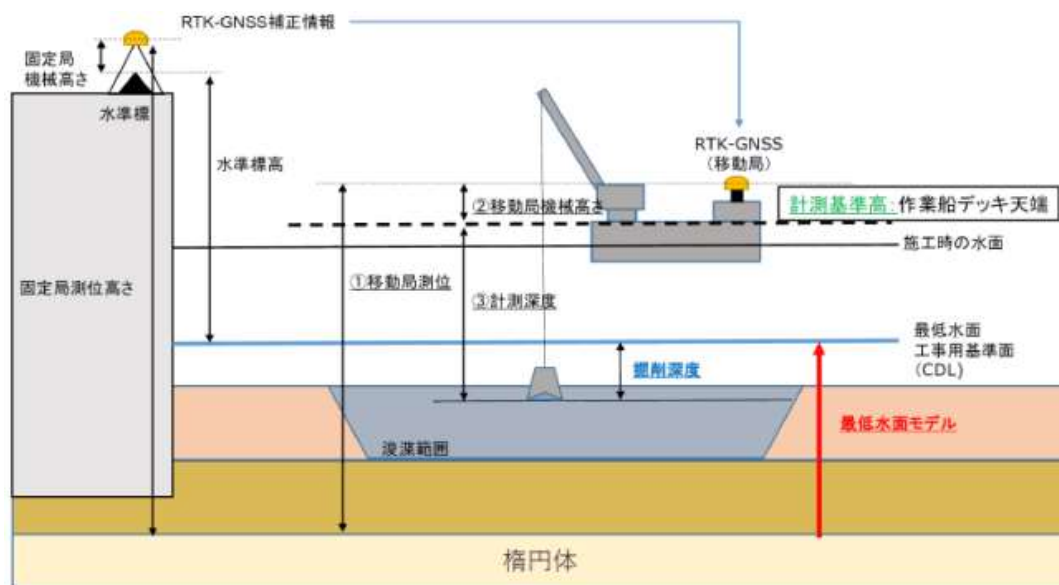
最低水面モデル（最低水面の楕円体基準）の導入

最低水面の楕円体基準導入に向けたステップ（港毎に判断）

- ① 管区海上保安部と港湾管理者（・地方整備局）で協議・・・**最低水面モデル導入にかかる意向確認**
→ 導入しない場合は、現行のスキームを継続
- ② 常設験潮所があり、**2019～2023年（又は2018年～2022年）の適切な潮位データ**を海上保安庁に提出可能
→ 常設験潮所がない、適切な潮位データがない場合は、臨時潮汐観測等で（海保作成モデルの）確認が必要
- ③ 基本水準標（BM）について、**最新のGNSS測量成果**がある
→ （地形的に周辺のGNSS測量データから補間できる場合を除き、）GNSS測量を行うことが必要

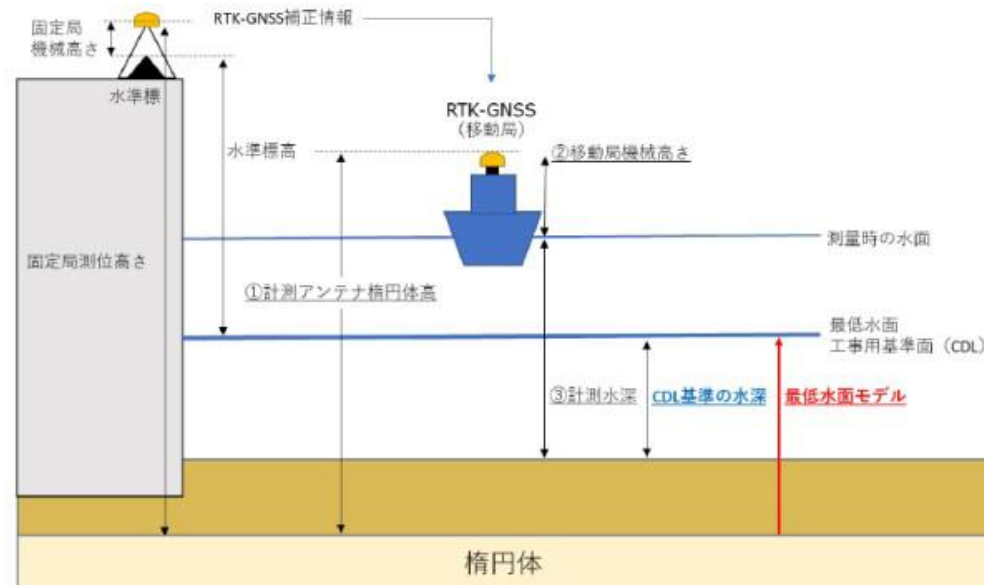
施工管理方法

GNSSによるグラブ浚渫の施工管理



$$\text{掘削深度} = (\text{①} - \text{②} - \text{③}) - \text{最低水面モデル}$$

GNSSによる深淺測量



$$\text{CDL基準の水深} = (\text{①} - \text{②} - \text{③}) - \text{最低水面モデル}$$



一般社団法人 海洋調査協会

〒103-0023

東京都中央区日本橋本町2丁目8番6号

日本橋ビル3F

TEL : 03-5640-0373

FAX : 03-5640-0375

www.jamsa.or.jp

北海道支部
東北支部
関東支部
北陸支部
中部支部
近畿支部
中国支部
四国支部
九州支部
沖縄支部

ご清聴ありがとうございました。

