

ICTマルチビーム測量の基礎と応用技術について

 株式会社ハイドロシステム開発

代表取締役 橋田隆史

- ・ICTの現場で活用されているマルチビーム測量について基礎的な技術情報や用語を分かりやすく説明します。
- ・浚渫工事、ブロック据付工事、基礎工事、などにおける課題と、応用技術の紹介や、今後のトレンドを予測します。

講演の内容

15 : 30 ~ 16 : 45

75分間

第1部

水中測量機器マルチビームソナーの基本について 40分

第2部

ICT水中計測における課題と新技術、方向性について 20分

発表60時間、質疑応答15分の予定

HSD 会社プロフィール

【社名】 株式会社 ハイドロシステム開発
【創立】 2005年6月(創業17年)
【本社】 大阪府大阪市港区弁天6-3-4
【支店】 東京都江戸川区松江6-7-22
【資本金】 1000万円
【従業員】 31名(R4年5月現在)

【業務内容】

水中計測機器の輸入販売
システム開発、フィールドサポート

【主な取扱機器】

ADCP、マルチビームソナー、水中3Dスキャナー
水中イメージングソナー、トランスポンダー等
Wave Glider、ROV、ラジコンボート(プラットフォーム)



大阪本社
(従業員18名)



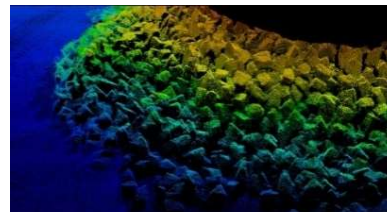
東京支店
(従業員13名)

主な取扱商品

センシング技術



マルチビーム SeaBatシリーズ



水中3Dスキャナー

プラットフォーム



遠隔操作水中ロボット
ROV



橋上操作艇・RCボート



自立航行型海洋プラットフォーム
ASV・AUV



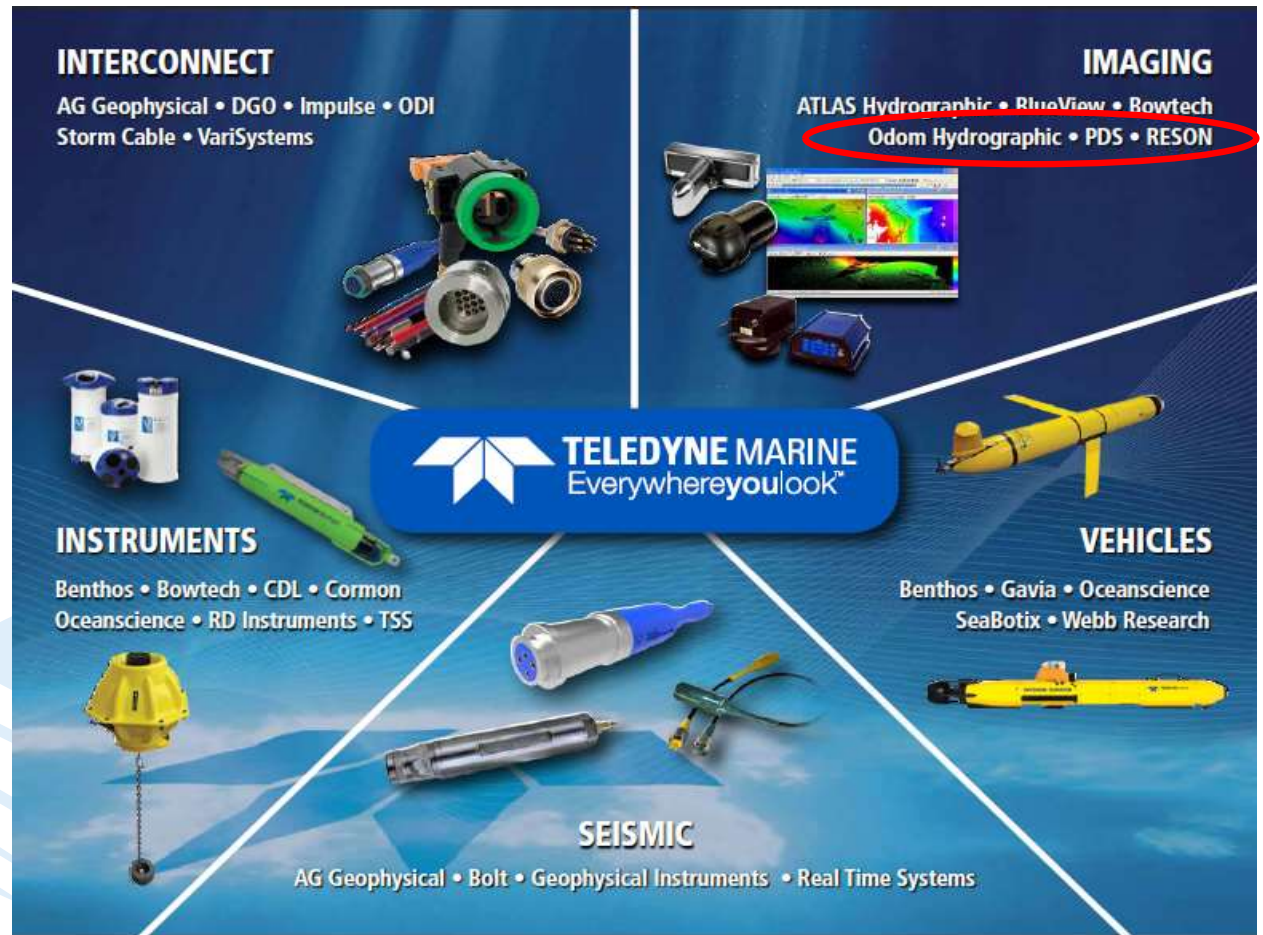
プラットフォームとセンシング技術をインテグレート
することで新たな価値を創出します。

TELEDYNE MARINE

当社は、Teledyne Marineグループに
属する水中ソナーメーカーの国内販売
代理店として、
Teledyne RESON社 SeaBatを
取り扱っています。

海上保安庁、防衛省
マリコン、測量会社
などに5年で80台販売

今年から水路測量講習会
の実習部門講師を担当



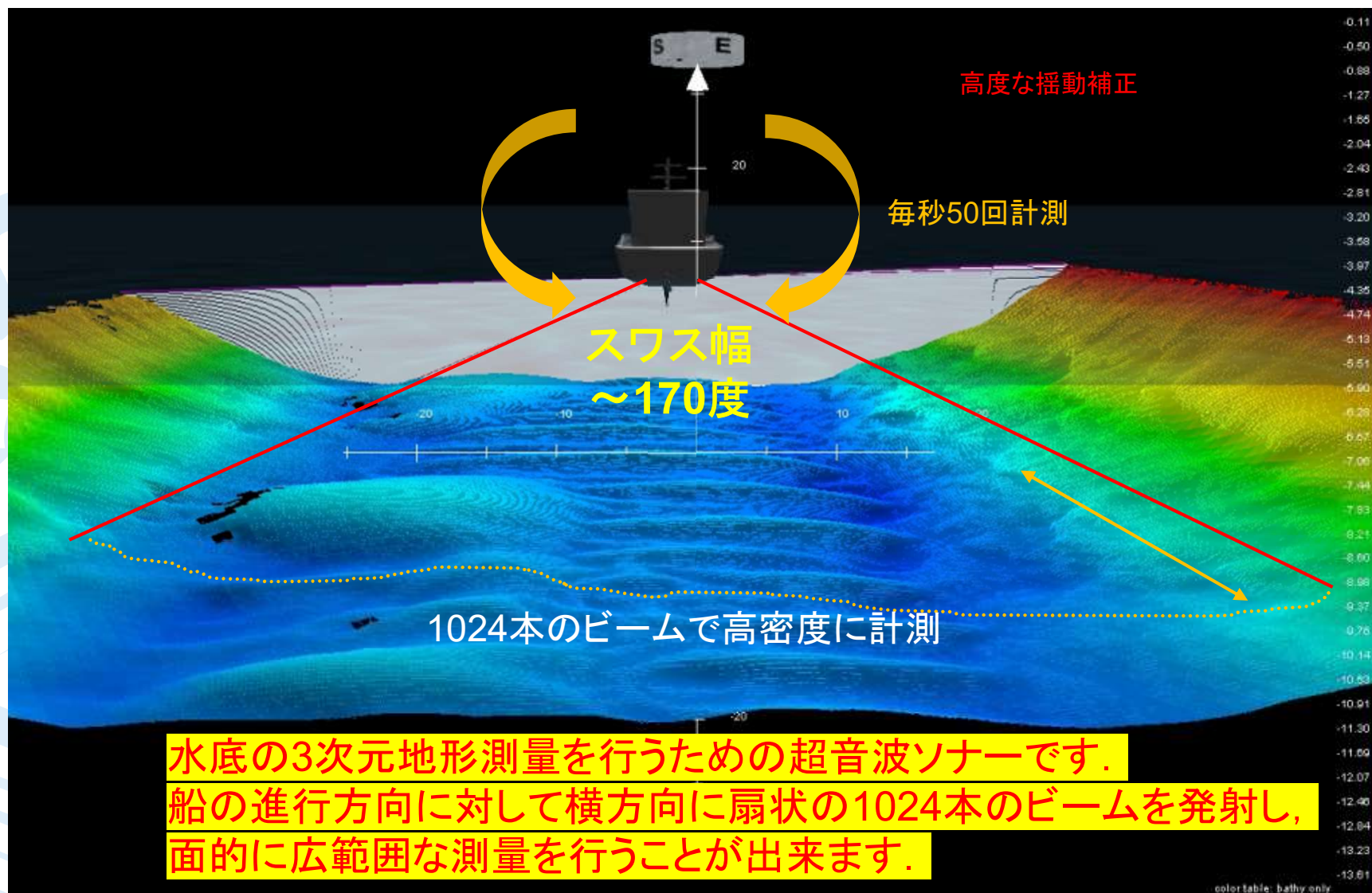
株式会社 ハイドロシステム開発

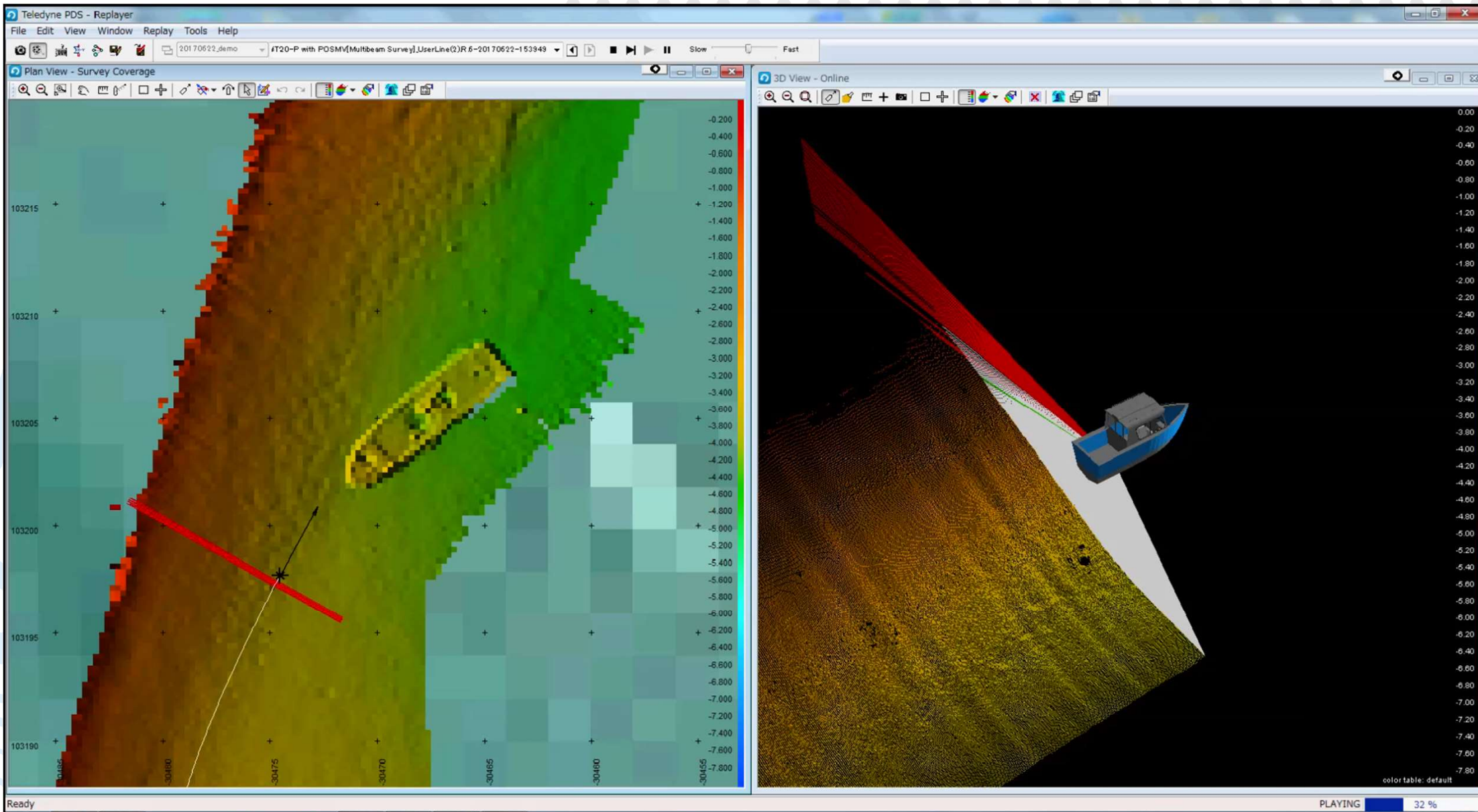
第1部

● 水中測量機器マルチビームソナーの基本について

マルチビームソナーとは？

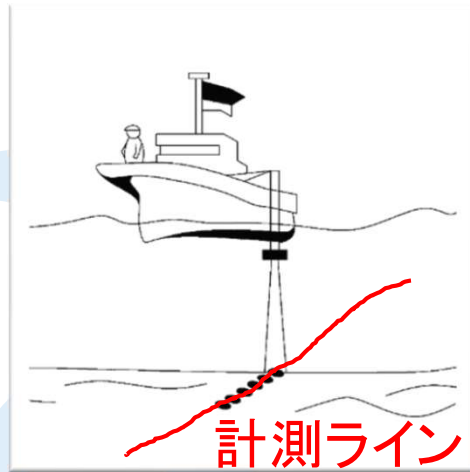
超音波を利用し、水底を3次元的に点群計測するための
測量システムの総称





従来の測量機器との違い

シングルビーム

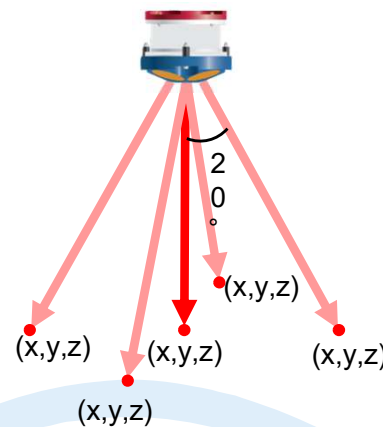


定期横断測量、公共測量などに最も用いられている方法
航跡上の深さを計測

- ・一般的には揺動補正しない
- ・蛇行した場合は同じ測線上を
- ・比較することが困難

1~4素子

ADCP

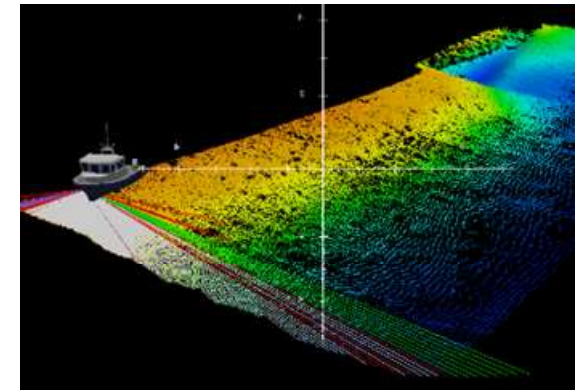


5つのビームのXYZ座標を計測

- ・簡易傾斜補正が可能
- ・流速計測の補助的なデータ
- ・ビームスラント角度が40度
なので狭い範囲しか計測できない

4~5素子

マルチビーム

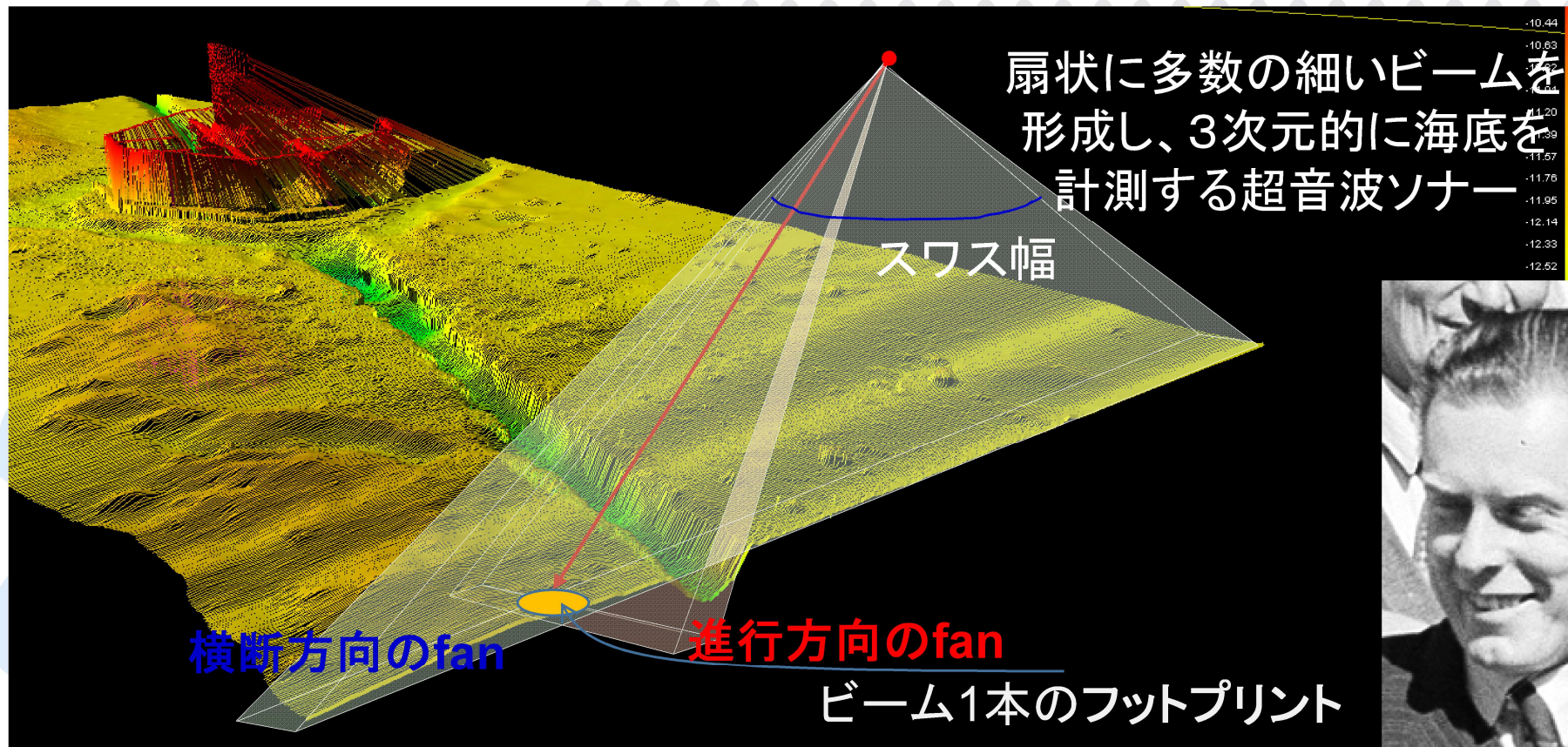


水底の地形を3次元で取得

- ・140度の扇状に1024本のビーム
- ・最大50Hzの高速ピング
- ・高度な揺動補正
- ・i-Constructionで活用が一気に進められている。

256~1024 beam

クロスファンビーム方式とは？



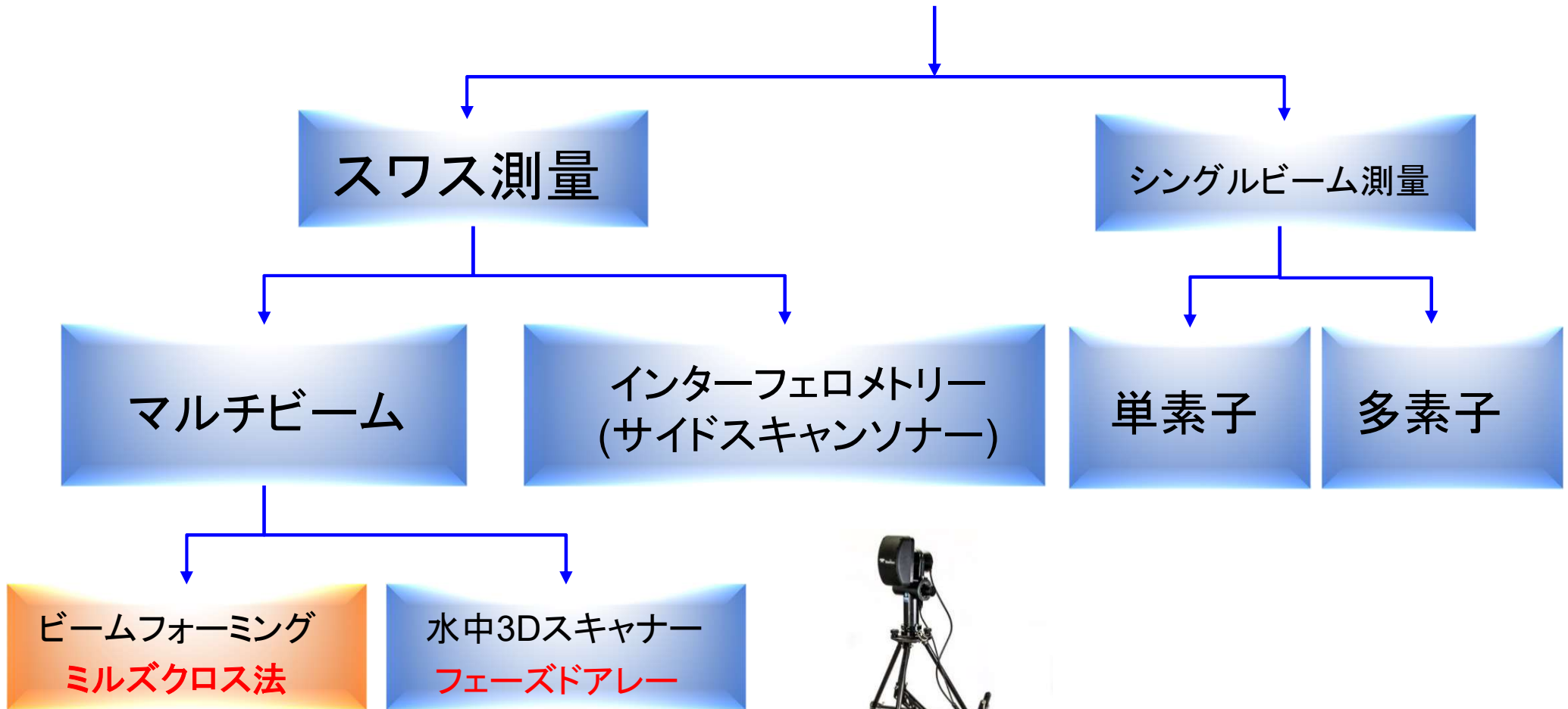
バーナード・ミルズ

プロジェクトにより横断方向に扇状(fan)の音を発振し、レシーバーで進行方向に扇状(fan)の受波ビームを生成し、この交点(フットプリント)の測深点を求める。ミルズクロス法とも呼ばれる。

Keyword: ミルズクロス法、クロスファンビーム

海洋音響学会ではミルズクロス法を正式採用

測定の種類とマルチビームソナーの位置付け



- ※ナローマルチビーム
- ※マルチビームソナー
- ※マルチビームエコーサウンダー

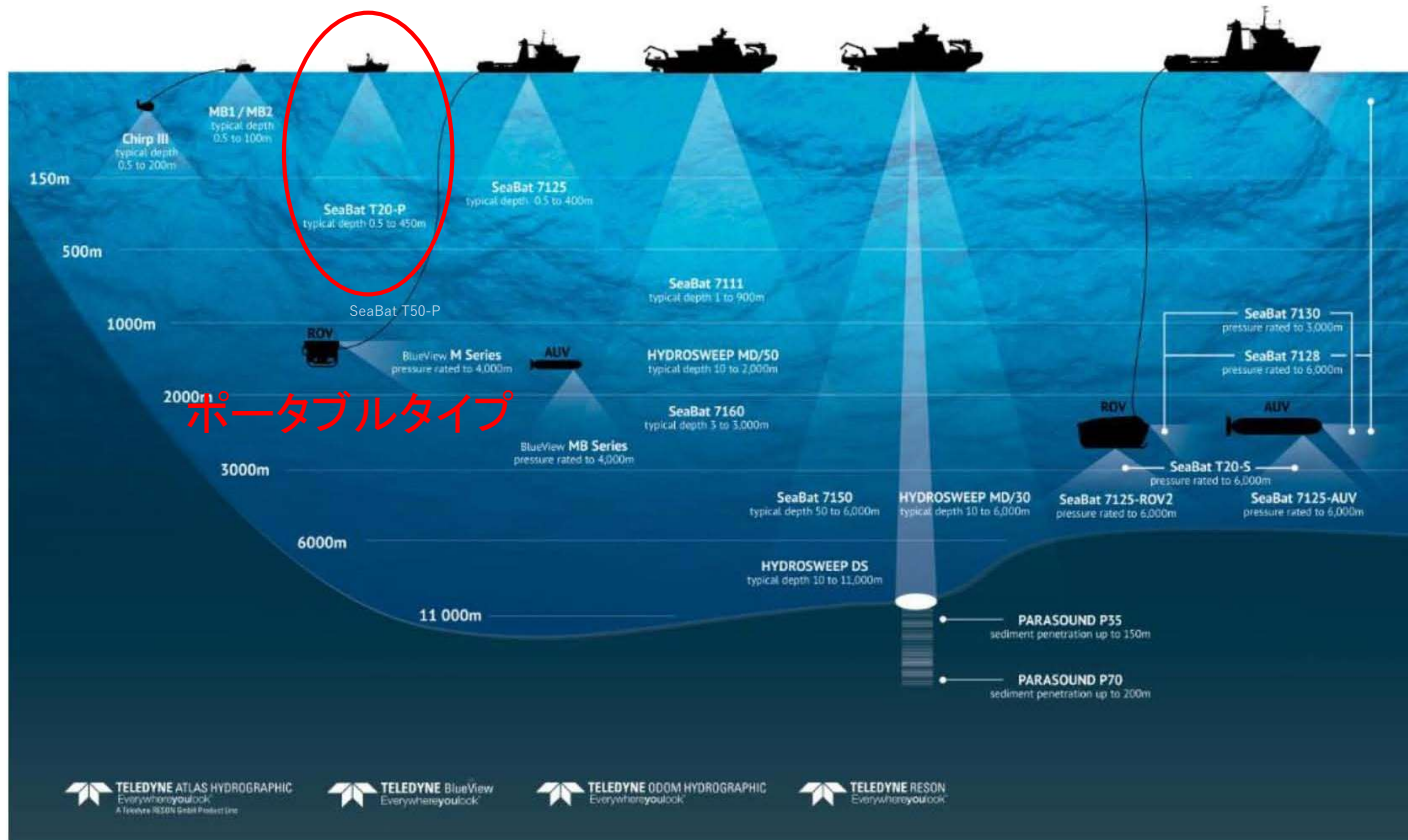


BlueView
水中3Dスキャナー

海外では**マルチビームエコーサウンダー(MBES)**という表現が多い。
国内では、**ナローマルチビーム**という表現が多かったが、最近じゃ**マルチビームソナー**と言う

マルチビームソナーの種類とプラットフォーム

Teledyne RESON's Range of Multibeam Systems



大型船の船底装備
ROVやAUV
可搬型の測量用途

など様々なラインナップに
対応出来ます。

この資料では可搬型のソナー
をご紹介します。

Teledyne RESON社 SeaBatシリーズを中心にお話しします

i-Construction対応マルチビーム測深機^{※1} (水深31m未満)

2019/1/7版赤字変更箇所

海洋調査協会

	米国 R2Sonic社	米国 R2Sonic社	米国 R2Sonic社	ノルウェー Kongsberg社	ノルウェー Kongsberg社	ノルウェー Kongsberg社
	Sonic 2026	Sonic 2024	Sonic 2022	EM2040-07	EM2040P MKII	EM2040C
国内代理店	東陽テクニカ	東陽テクニカ	東陽テクニカ	日本海洋	日本海洋	日本海洋
周波数(kHz)	90, 100, 170 ~ 450	170 ~ 450	170 ~ 450	200~400	200,300,400	200~400
測深ビーム幅 ※8 (直交方向 x 進行方向)	0.45° x 0.45° @ 450kHz 1° x 1° @ 200kHz	0.45° x 0.9° @ 450kHz 1° x 2° @ 200kHz	0.9° x 0.9° @ 450kHz 2° x 2° @ 200kHz	0.65° x 0.65° @400kHz 1.3° x 1.3° @ 200kHz	0.85° x 0.85° @400kHz 1.7° x 1.7° @200kHz	0.85° x 0.85° @400kHz 1.7° x 1.7° @ 200kHz
受波器形状	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ
スワ幅 (1.5°有効スワ幅)	最大160° (約144°)	最大160° (約144°)	最大160° (約106°)	最大140° (約129°)	最大170° (300kHz) 最大120° (400kHz) (約120°)	最大130° (約110°)
レンジ分解能 ^{※2}	1.25cm	1.25cm	1.25cm	1.05cm(CW)	1.05cm(CW)	1.05cm(CW)
ビーム数	256 / 1024 ^{※4}	256 / 1024 ^{※4}	256 / 1024 ^{※4}	400 / 800 ^{※5}	400 / 800 ^{※5}	400 / 800 ^{※5}
実効測深範囲 (深度)	400m以上@450kHz 800m以上@200kHz	300m@450kHz 400m以上@200kHz	300m@450kHz 400m以上@200kHz	300m@400kHz 600m@200kHz	270m@400kHz 600m@200kHz	350m@400kHz 520m@200kHz
ピングレート(Hz)	60	60	60	50	50	50
最大ピングレート× 測深点数(点/秒)	15360 / 61440 ^{※4}	15360 / 61440 ^{※4}	15360 / 61440 ^{※4}	20000 / 20000 ^{※7}	20000 / 20000 ^{※7}	20000 / 20000 ^{※7}
ソナー重量 (金具含まず) 空中/水中	26.3kg(空中)	16.2kg(空中)	11kg(空中)	45kg(空中)	19.5/1.7kg	18.8/8.4kg
備考				重量注意		

海洋調査協会のHPで公開されているICT浚渫工の推奨機種

国総研の方では、推奨機種という考え方はしない、とされているが、
事実上この一覧表が機種選定の目安となっている。

	米国R2Sonic社	デンマーク TeledyneRESON社	デンマーク TeledyneRESON社	ノルウェー NORBIT社	ノルウェー NORBIT社
	Sonic 2020	SEABATT50-P	SEABATT20-P	iWBMS	iWBMSH
国内代理店	東陽テクニカ	ハイドロシステム開発	ハイドロシステム開発	エス・イー・エイ	エス・イー・エイ
周波数(kHz)	200 ~ 400, 700	190 ~ 420	190 ~ 420	190 ~ 420	190 ~ 420
測深ビーム幅 ※8 (直交方向 x 進行方向)	1° x 1° /@ 700kHz 2° x 2° /@ 400kHz 4° x 4° /@ 200kHz	0.5° x 1° @400kHz 1° x 2° @ 200kHz	1° x 1° @400kHz 2° x 2° @ 200kHz	0.9° x 0.9° @400kHz	0.9° x 0.9° @400kHz
受波器形状	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ	サーキュラーアレイ	サーキュラーアレイ
スワス幅 (1.5° 有効スワス幅)	最大130° (70°)	最大170° (約140°)	最大170° (約96°)	最大210° (約106°)	最大210° (約106°)
レンジ分解能※2	1.25cm	0.6cm	0.6cm	1.0cm	1.0cm
ビーム数		512 ^{※6} 1024	512 ^{※6} 1024	256 / 512 ^{※6}	256 / 512 ^{※6}
実効測深範囲 (深度)	256/1024 ^{※4}	575m@200kHz	575m @200kHz	-	-
ピングレート(Hz)	60	50	50	50	50
最大ピングレート× 測深点数(点/秒)	15360/61440 ^{※4}	25600	25600	12800 / 25600 ^{※6}	12800 / 25600 ^{※6}
ソナー重量 (金具含まず) 空中/水中		13.6kg/7.3kg	10.4kg/7.6kg	9.5kg/6.0kg	9.2kg/6.0kg
備考	200m以上	512ビームのみ		POSMVWaveMaster II 内蔵	POSMVOceanMaster 内蔵

	デンマーク TeledyneRESON社 SEABAT7125	デンマーク TeledyneRESON社 SEABAT8125	日本 古野電気 HS-600F MARK-2	日本 オキシテック CARPHIN ティオ・アシスト		
国内代理店						
周波数(kHz)	190 ~ 420	190 ~ 420	320	462.5kHz~537.5kHz		
測深ビーム幅 ※8 (直交方向 x 進行方向)	1° x 1° @400kHz 2° x 2° @ 200kHz	1° x 0.5° @455kHz	1° x 1.5°	1° x 1°		
受波器形状	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ	フラットアレイ		
スワス幅 (1.5° 有効スワス幅)	最大165° (約96°)	最大120°	90° (1.5° 有効スワス幅)	90° (90°)		
レンジ分解能※2	0.63cm(FM)※3 1.25cm(CW)	0.6cm	1.05cm	1cm		
ビーム数	256 / 512※6		121	96		
実効測深範囲 (深度)	300m@200kHz	120m	200m	150m		
ピングレート(Hz)	50	40	32	5		
最大ピングレート× 測深点数(点/秒)	12800 / 25600※6		3872	480		
ソーナー重量 (金具含まず) 空中/水中	10.4kg/7.6kg		25Kg(空中)	36Kg/-4Kg		
備考	製造中止		ビーム幅注意 直下のみ可	動揺計内蔵型機種変更 オプション可 ピングレートに注意		

国際的には、水路測量(IHO)に用いられているのは、SeaBat T20/T50、Sonic2024/2022、Kongs EM2040、この3機種が主流
これを仮に、Aクラスと呼んでいます。

SeaBatシリーズ 最新機種ラインナップ

モデル名	NEW SeaBat T50-extended range 外洋	NEW SeaBat T51-R ICT	SeaBat T50-P ICT	SeaBat T20-P ICT	MB2 河川
写真					
周波数	150~420kHz	700~800kHz, 350~430kHz	190~420kHz		200~460kHz
最大スワ幅		170° (等角度発信) 150° (等間隔発信)		170° (等角度発信) 140° (等間隔発信)	140° (等間隔発信・等角度発信)
直下最大レンジ	900m	T51Tx:350m T50Tx:500m	575m		200m
深度方向分解能	0.6cm				2.0cm
ビーム幅	0.5×0.5° (400kHz) 1.0×1.0° (200kHz) 1.5×1.5° (150kHz)	0.25×0.5° (700-800kHz) 0.5×1° (350-430kHz)	0.5×1.0° (400kHz) 1.0×2.0° (200kHz)	1.0×1.0° (400kHz) 2.0×2.0° (200kHz)	1.8×1.8° (400kHz) 3.6×3.6° (200kHz)
ビーム本数	1024本				256本
最大発信間隔	50Hz				60Hz
動揺安定化	ロール: ±15°				
ソナー部寸法	RX: 102.0×460.0×90.7 mm TX: 86.6×93.1×500.0 mm	RX: 102.0×460.0×90.7 mm TX: 86.6×93.1×280.0 mm	RX: 102.0×460.0×90.7 mm TX: 86.6×93.1×280.0 mm	RX: 102.0×254.0×123.0 mm TX: 86.6×93.1×280.0 mm	267.0×152.0×206.0 mm
船上部寸法	131.0×424.0×379.0 mm				286.0×260.0×140.0 mm
ソナー空中重量	RX: 8.2kg, Tx: 9.8kg	RX: 8.2kg, Tx: 5.4kg	RX: 8.2kg, Tx: 5.4kg	RX: 5.0kg, Tx: 5.4kg	11.3kg
コメント	<ul style="list-style-type: none"> Multi-Detect、X-Range、FRDH、Flex-mode、Realtime Pipe Detectionオプション有 Compressed Water Column機能によりWCを省データ保存可能 				<ul style="list-style-type: none"> 小型、軽量のためラジコンボート、リバーボートのような小型無人プラットフォームに積装可能

●機種選定のうえで、ビーム幅がキーポイントになる●



ビームが細い

- ・高解像度
- ・ノイズレス
- ・多用途
- ・中深度対応
- ・高機能OP

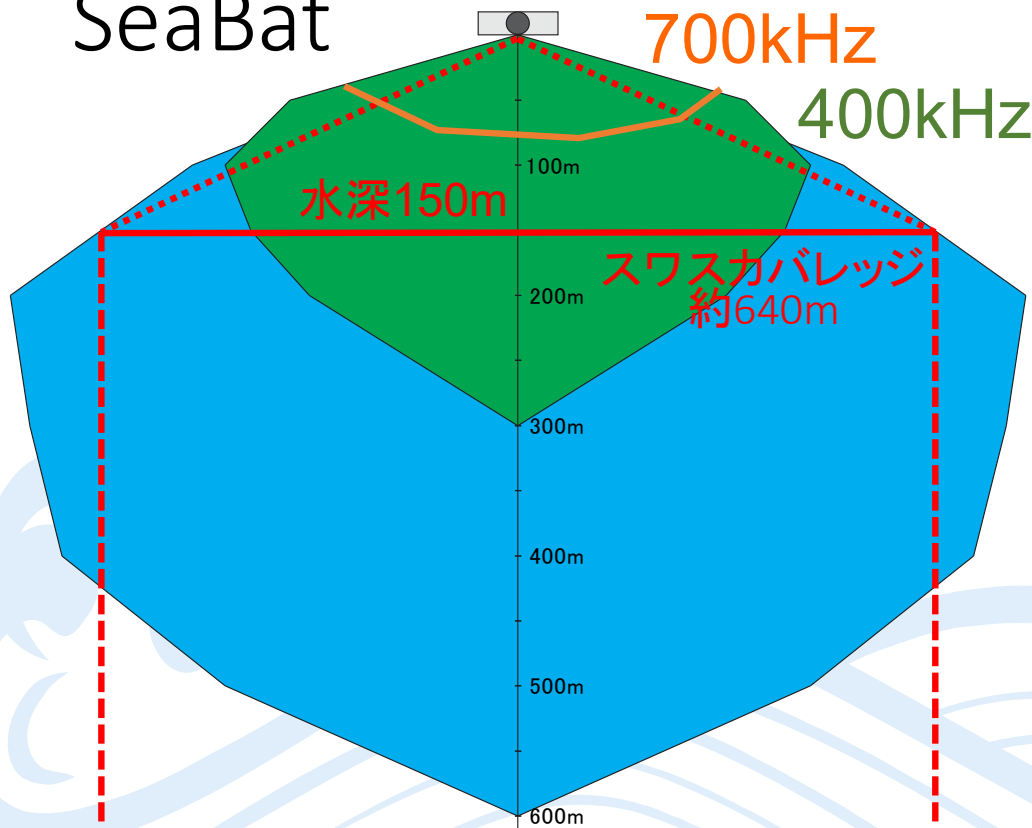
- ・可搬性良
- ・安価
- ・地形測量
- ・浅水域に強い
- ・RCボート対応
- ・小型軽量



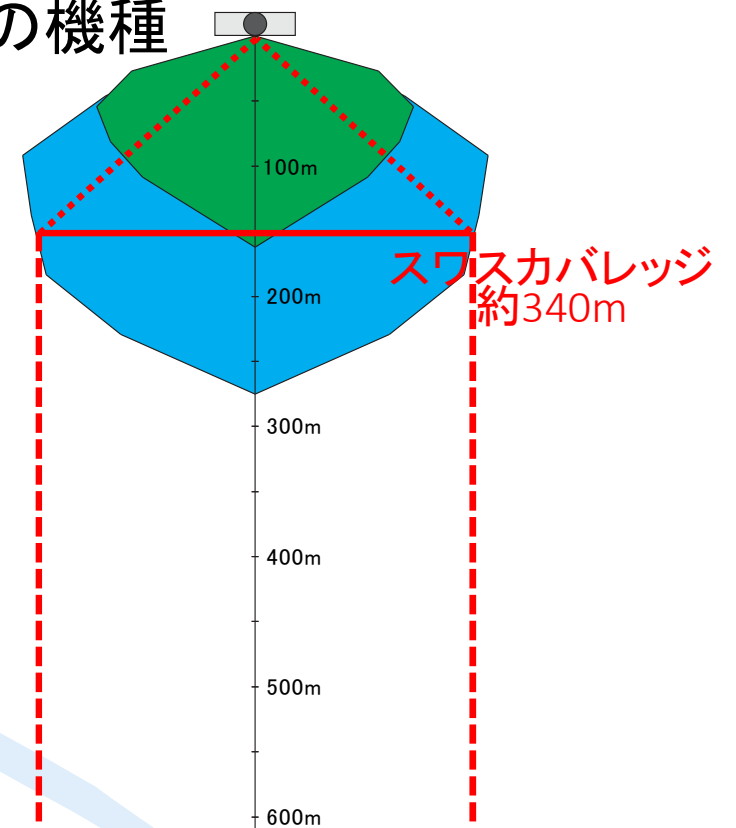
ビームが太い

直下最大レンジ、とはソナー直下の最大計測水深を意味します。
フルスワスで計測する場合は、最大レンジの半分程度の水深で考えます。

SeaBat



レンジ275mの機種



緑: 400kHz 緑: 200kHz

ビーム太さによる違い

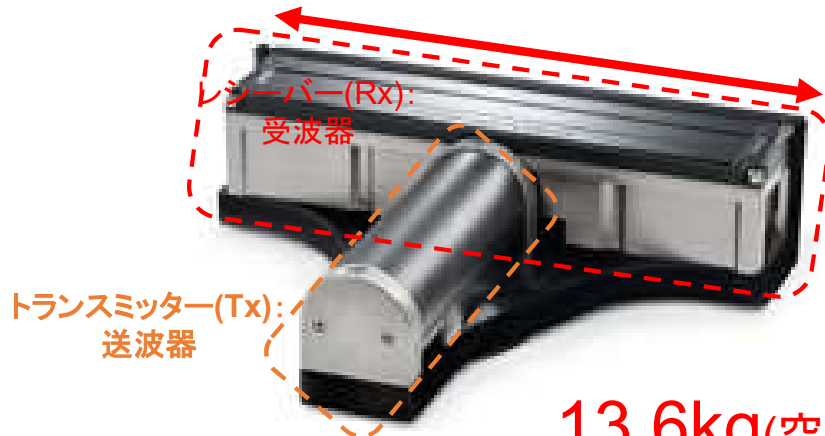
- ・ビームが細いほど、微細構造物の輪郭をシャープに捉えることができます。
- ・この傾向は深度が深いほど顕著に表れます。
- ・T50では受波アレーのサイズがT20の2倍、エレメント数も2倍になっているため、小さな音も拾いやすく、S/N比に優れ、ノイズレスなデータが取得出来ます。
- ・T20は比較的軽量コンパクトで高精度・扱い易い機種で、水路測量基準にも準拠しており、コストパフォーマンスに優れます。
- ・MB2はビームが太いものの、Seabatと同じアルゴリズムで計測しているため、高精度な測深が可能で、特に浅場で機動力を発揮します。

Seabat T50-P/T20-Pの違い

レシーバーの大きさ: T50-PのレシーバーはT20-Pの約2倍

T50-P

460mm



13.6kg(空中)



T50-P舷側艙装状況



T20-P

254mm



10.4kg(空中)

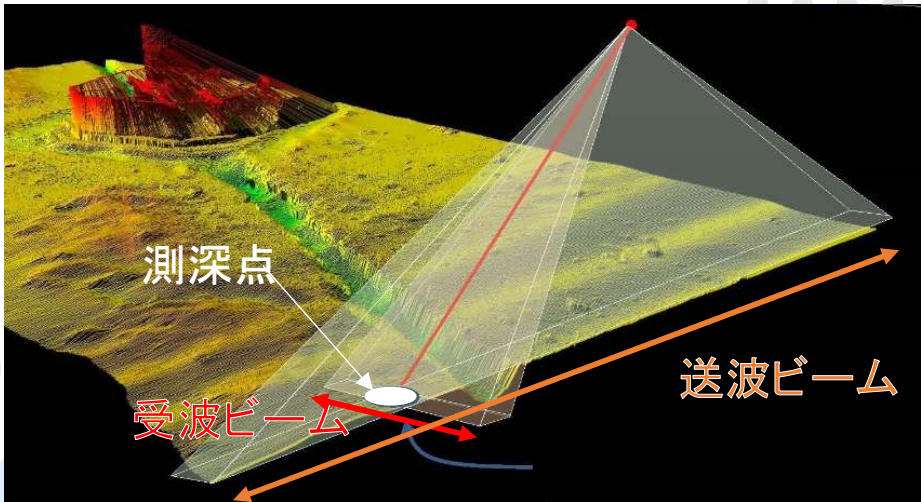


T20-P舷側艙装状況

- ・横幅: T50-Pが460mm、T20-Pが254mmと1.8倍 (差は206mm)
- ・重量: T50-Pが13.6kg、T20-Pが10.4kgと1.3倍 (差は3.2kg)

Seabat T50-P/T20-Pの違い

レーザーの性能



マルチビーム測深概念図

レーザーの性能は、レーザー内部の振動子素子の数に比例して向上します。素子の数が多いとその分「耳が良い」ので、小さい音も正確に拾うことができます。

振動子の数が違う



振動子(マイク)の数が多いほど、、、

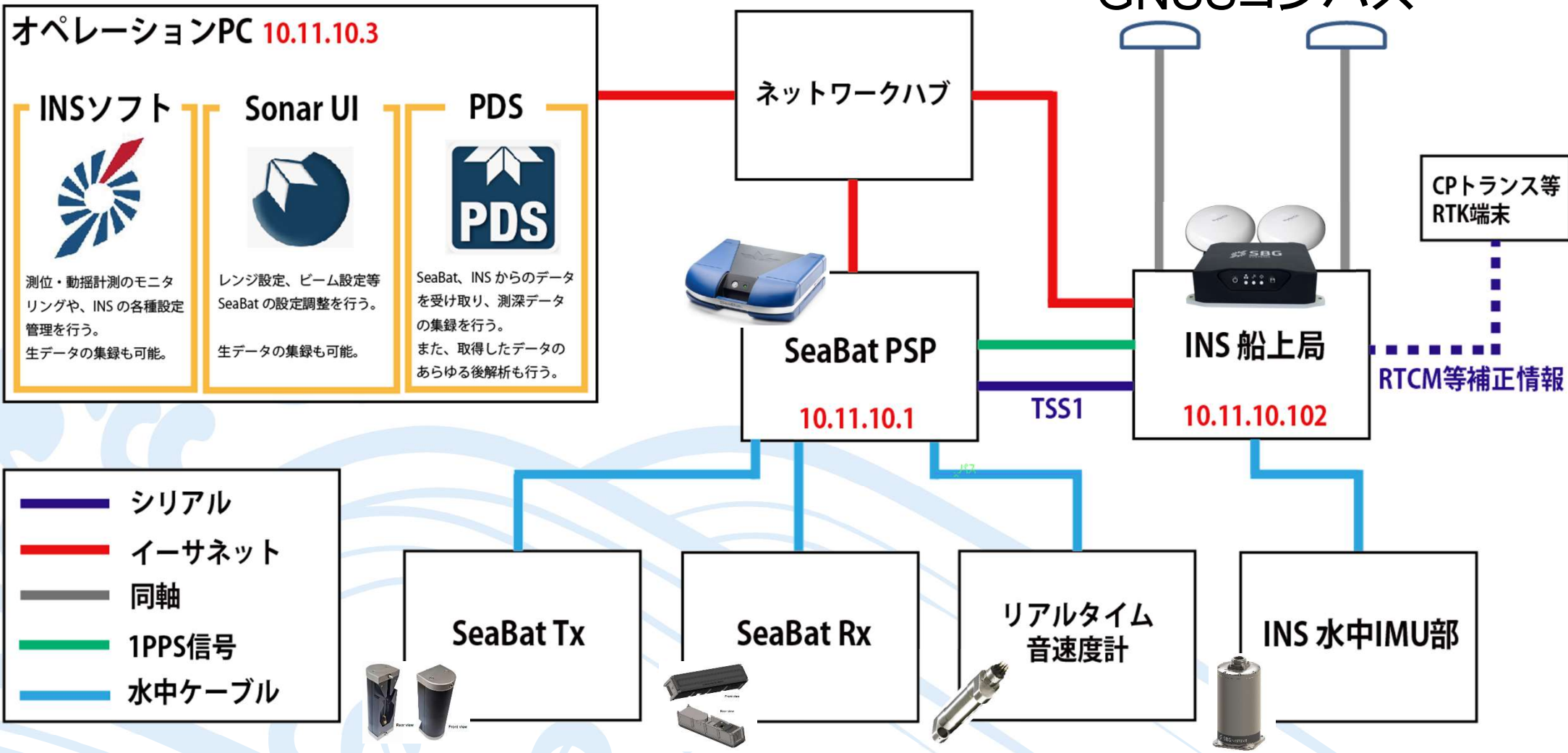
- **S/N比が向上**
→ ノイズが減少
- **受信感度が向上**
→ 水深が大きい場所でも、品質の良いデータを取得できる。
分散ノイズが少ない
- **ビーム指向性が細くなる**
→ フットプリントが小さくなるので解像度が向上し、構造物や直護岸をシャープに捉えることができる。

		T50-P	T20-P
1mフットプリント 対応水深	400kHz	57m(0.48 × 0.99m)	57m(0.99 × 0.99m)
	200kHz	28m(0.50 × 0.98m)	28m(0.98 × 0.98m)



→ 有効スワ幅を大きく取れる

システム全体構成



IMU比較表

IMUは、水中設置型と、船上設置型が選択可能

メーカー名	SBG Systems	SBG Systems	SBG Systems	Applanix	Applanix
機種名	Navsight Ekinox	Navsight Ekinox	Navsight Apogee	POS MV WaveMaster II	POS MV OceanMaster
呼び名	エキノックス	エキノックス&キナーシャ	アポギー	ウェーブマスター	オーシャンマスター
○性能仕様					
リアルタイムヒーブ	5cm or 5%	5cm or 5%	5cm or 5%	5cm or 5%	5cm or 5%
ディレイドヒーブ	2.5cm or 2.5%	2cm or 2% (キナーシャ)	2cm or 2%	2cm or 2%	2cm or 2%
ピッチ・ロール	0.03° (DGPS) 0.02° (RTK)	0.015° (キナーシャ)	0.01° (DGPS) 0.008° (RTK)	0.03° (DGPS) 0.02° (RTK)	0.02° (DGPS) 0.01° (RTK)
測位精度 上段: D-GPS 下段: RTK	XY : 0.3-0.6m (DGPS) XY : 0.02m (RTK) Z : 0.5-1.0m (DGPS) Z : 0.03m (RTK)	XY : 0.3-0.6m (DGPS) XY : 0.02m (RTK) Z : 0.5-1.0m (DGPS) Z : 0.03m (RTK)	XY : 0.3-0.6m (DGPS) XY : 0.02m (RTK) Z : 0.5-1.0m (DGPS) Z : 0.03m (RTK)	XY : 0.5m XY : 0.02m	XY : 0.5m XY : 0.02m
ヘディング	0.08° (2mスパン) 0.05° (4mスパン) 0.03° (2mスパンPPK)	0.03°@2m(キナーシャ)	0.04° (2mスパン) 0.025° (4mスパン) 0.02°(2mスパンPPK)	0.03° (2mスパン) 0.015° (4mスパン) 0.03° (2mスパンPPK)	0.02° (2mスパン) 0.01° (4mスパン) 0.02° (2mスパンPPK)
IMU部	防水タイプ : 94 x 94 x 112mm 船上設置タイプ : 86 x 100 x 58mm	防水タイプ : 94 x 94 x 112mm 船上設置タイプ : 86 x 100 x 58mm	防水タイプ : 94 x 94 x 177mm 船上設置タイプ : 130 x 100 x 58mm	防水 : φ132×124mm 非防水 : 158×158×124mm	防水 : φ132×124mm 非防水 : 158×158×124mm
船上局	233×156×63 mm、 1.9kg	233×156×63 mm、 1.9kg	233×156×63 mm、 1.9kg	356×167×46、 3.9kg	356×167×46、 3.9kg
アンテナ	φ146×62.5 mm	φ146×62.5 mm	φ146×62.5 mm	φ178×73 mm	φ178×73 mm
IMU空中重量	防水 : 1.32kg 非防水 : 0.64kg	防水 : 1.32kg 非防水 : 0.64kg	防水 : 1.32kg 非防水 : 0.64kg	防水 : 2.7kg 非防水 : 2.5kg	防水 : 2.7kg 非防水 : 2.5kg
メモリ容量	8GB (船上プロセッサ内)	8GB (船上プロセッサ内)	8GB (船上プロセッサ内)	8GB (USBメモリ使用)	8GB (USBメモリ使用)
防水性能	防水タイプ : 耐圧200m、 船上設置タイプ : IP68	防水タイプ : 耐圧200m、 船上設置タイプ : IP68	防水タイプ : 耐圧200m、 船上設置タイプ : IP68	防水タイプ : IP68、 非防水タイプ : IP65	防水タイプ : IP68、 非防水タイプ : IP65
測量誤差の試算(cm) 水深20m, スワス120度	水平距離 : 5.6 水深誤差 : 3.7	水平距離 : 2.4 水深誤差 : 2.9	水平距離 : 2.7 水深誤差 : 2.5	水平距離 : 2.6 水深誤差 : 3.2	水平距離 : 0.9 水深誤差 : 2.6

水中設置型の方が、マルチビームの補正に有利である。

各IMUの最大誤差シミュレーション(水平と鉛直)

IMUカタログ精度から、ピッチ、ロール、ヘディング、ヒープ、の最大誤差が同時に発生したと仮定したときの、水平方向と、鉛直方向の誤差を試算。

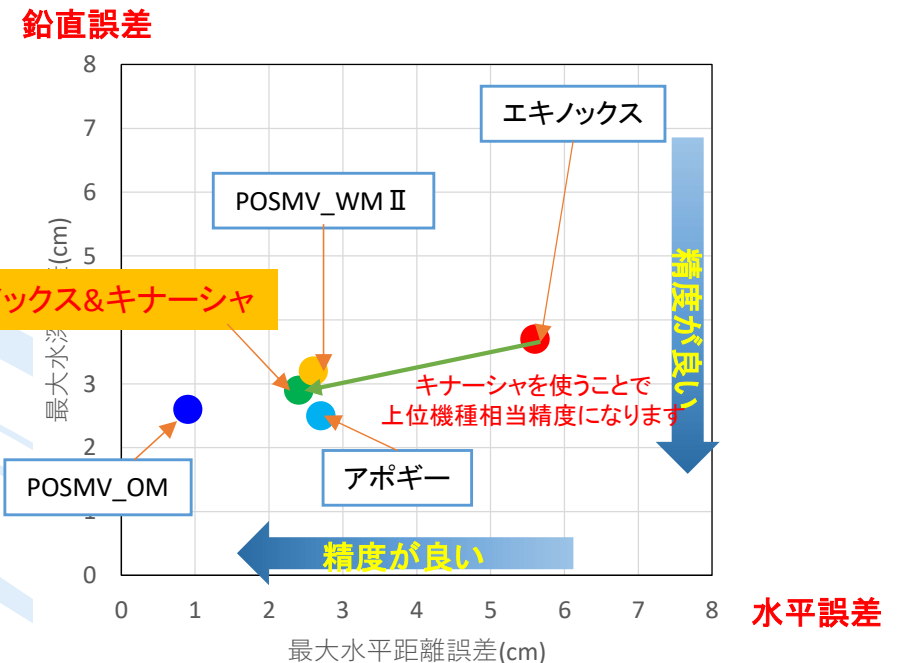
計算条件は、水深20m, スワス幅120度の端部における誤差としている。

鉛直誤差(小さい順)

1. アポギー
2. POSMV_OM
3. エキノックス&キナーシャ
4. POSMV_WM II
5. エキノックス

水平誤差(小さい順)

1. POSMV_OM
2. エキノックス&キナーシャ
3. POSMV_WM II
4. アポギー
5. エキノックス



※水深20m, スワス幅120度の端で計算

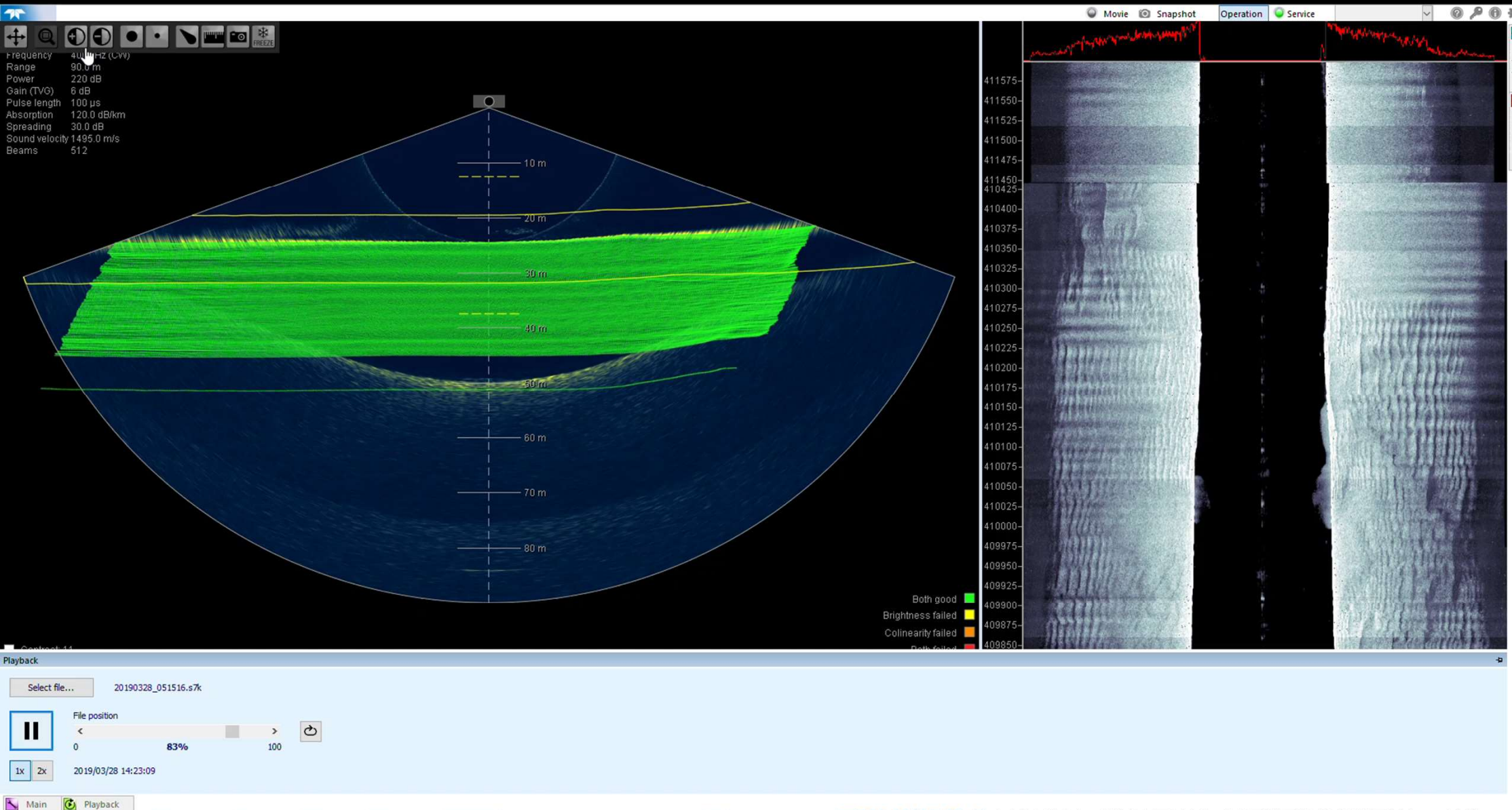
マルチビーム計測の市場と適合機種

	MB2	Seabat T20-P	Seabat T50-P
ダム堆砂測量	△：浅場限定	◎：専用ボート	◎：専用ボート
河川深浅測量	◎：専用ボート	△	△
貯水池内測量	◎：専用ボート	△：専用ボート	△
河川護岸形状	○	◎	◎
樋門埋没検査	○	◎	◎
河川局所潜堀調査	◎	○	○
航空レーザー補備測量	◎	△	△
橋脚周りの潜堀調査	△	△	△
河口閉塞調査	◎：専用ボート	△	△
海浜変形調査	○	◎	◎
水路測量	×	○	◎
港湾航路測量	×	◎	◎
浚渫出来形確認	○	◎	◎
ICT水中計測	△（河川ICT）	◎	◎
海底ケーブル（前・後）	×	○	◎
魚礁設置確認	×	○	◎
	浅場計測向き	i-construction対応	

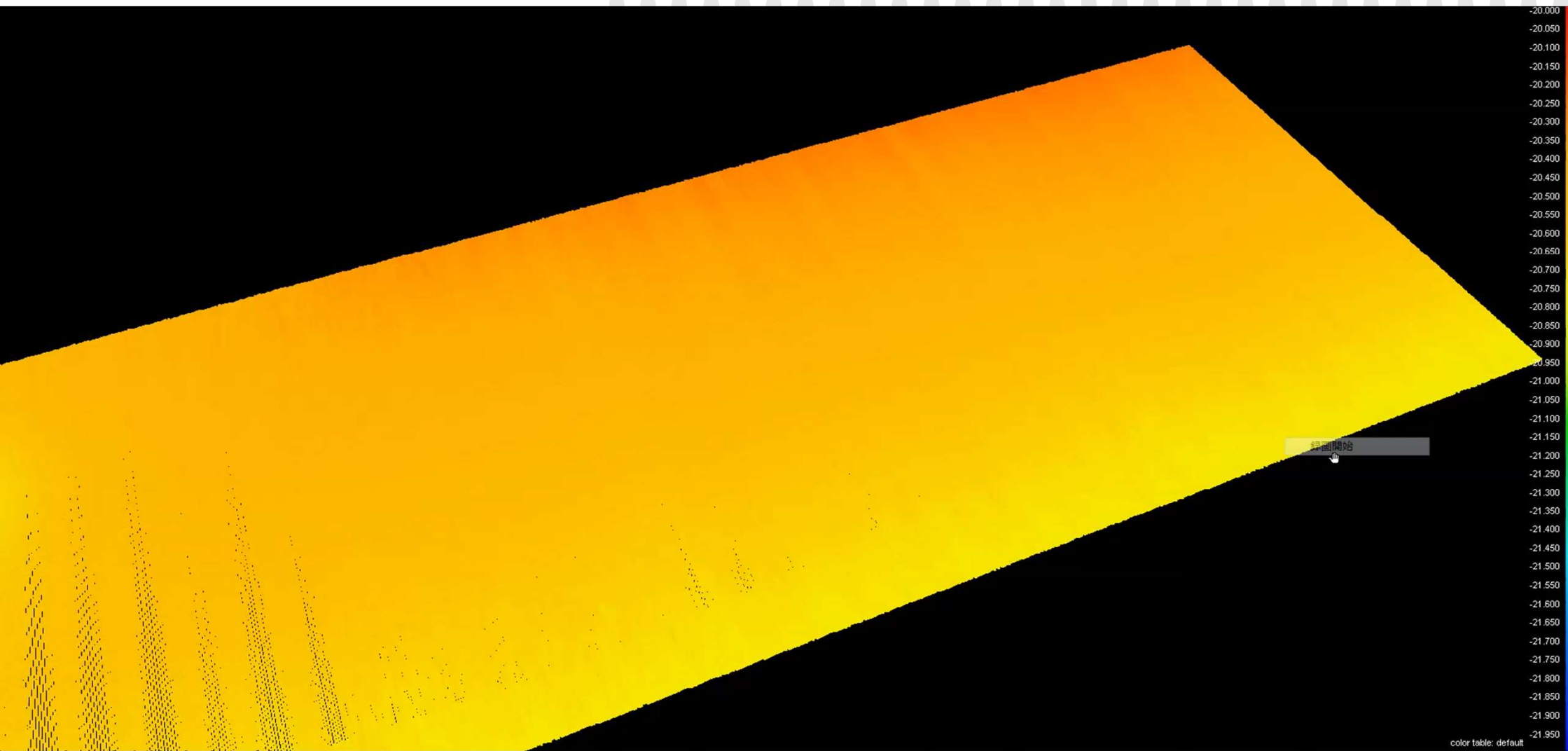
SeaBatの優位性について

1. 高解像度・ノイズレス
2. 1024ビームによる高密度計測
3. 効果的なオプション機能
マルチディテクト、フレックス、Xレンジ
4. アダプティブゲート
5. 使いやすいインターフェース

1. 高解像でノイズレスなデータ取得



1. 高解像でノイズレスなデータ取得

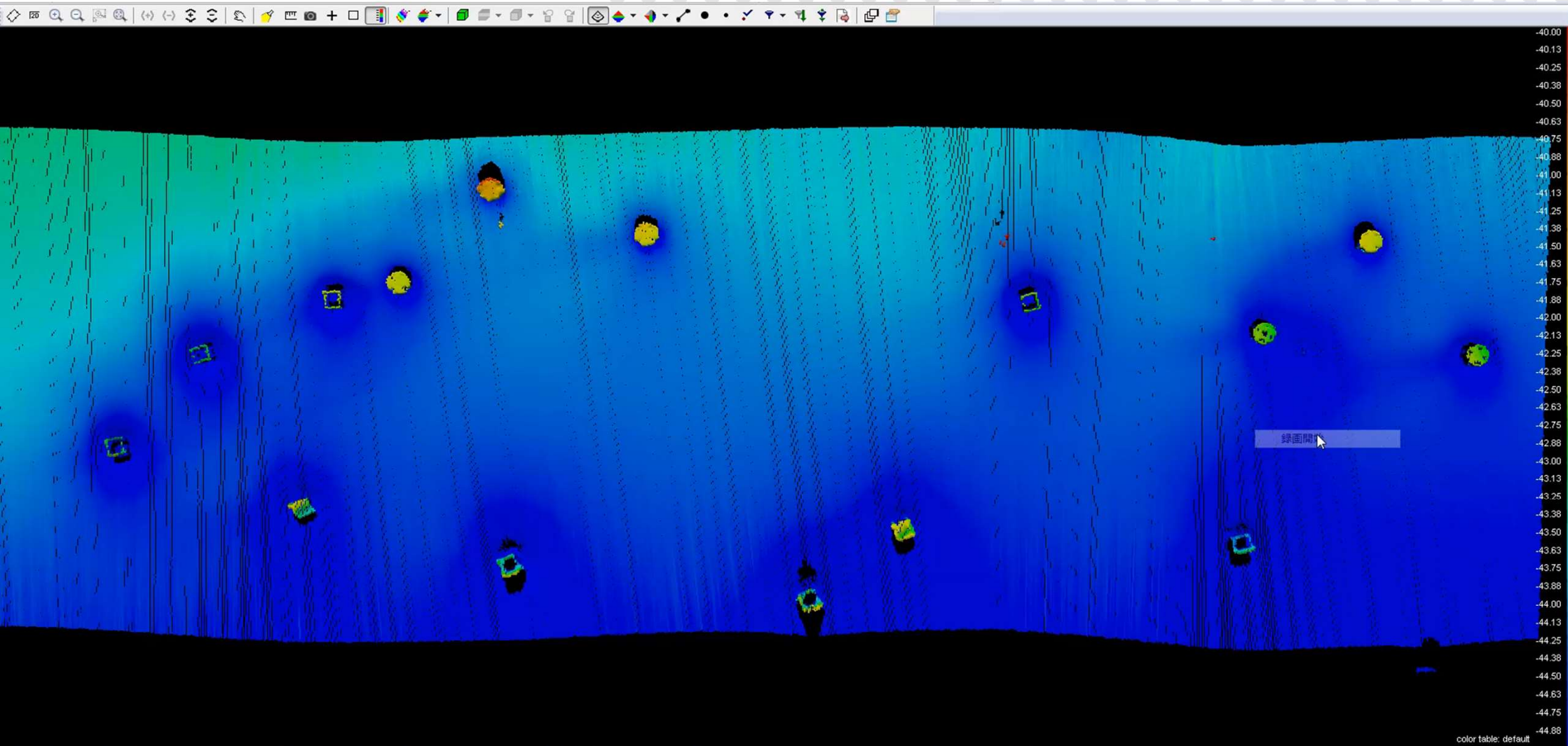


水深22m、漁礁計測、**ノイズ除去無し**の生データ



Hydro Systems Development, Inc.

1. 高解像でノイズレスなデータ取得



水深44m、漁礁計測、**ノイズ除去無し**の生データ

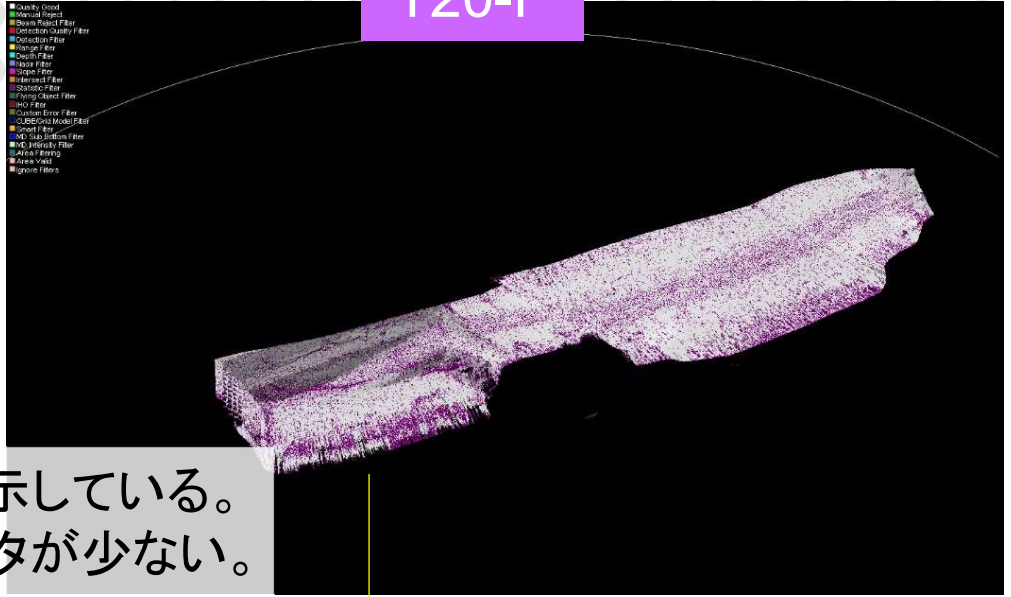
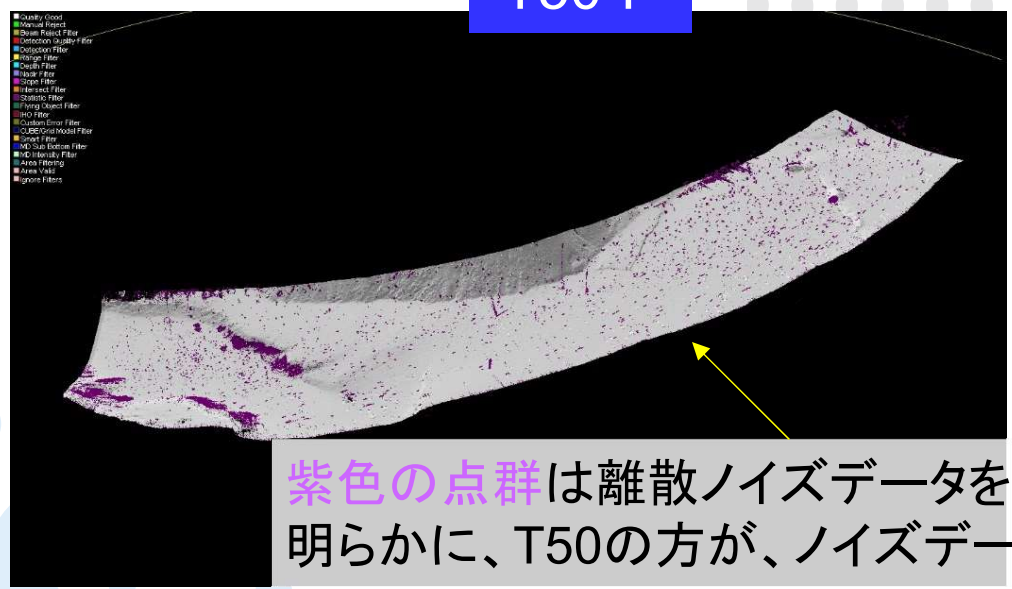


Hydro Systems Development, Inc.

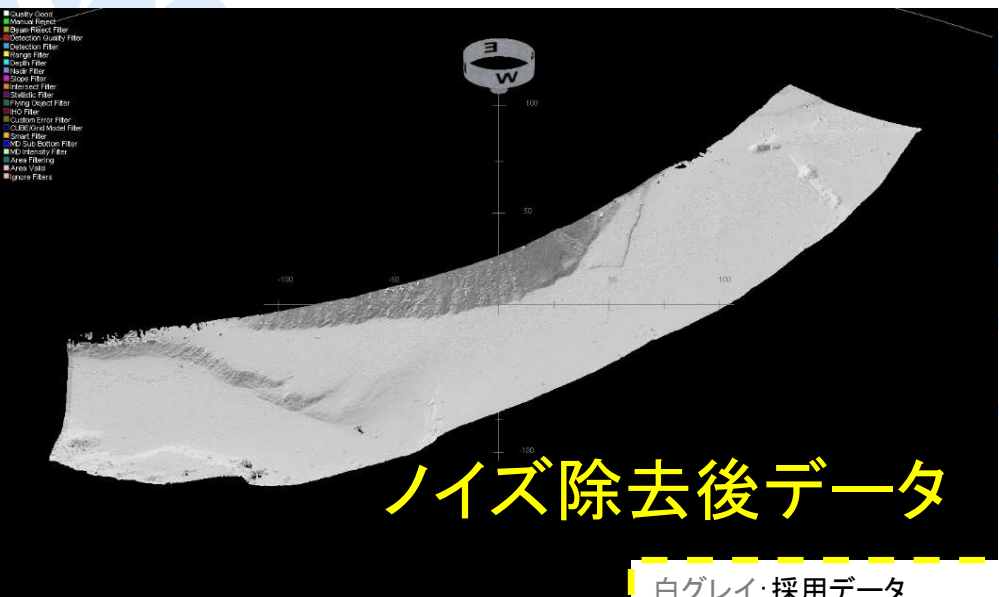
Seabat T50-P/T20-P データ比較 -フィルタリング機能-

T50-P

T20-P



紫色の点群は分散ノイズデータを示している。
明らかに、T50の方が、ノイズデータが少ない。



ノイズ除去後データ



ノイズ除去後データ

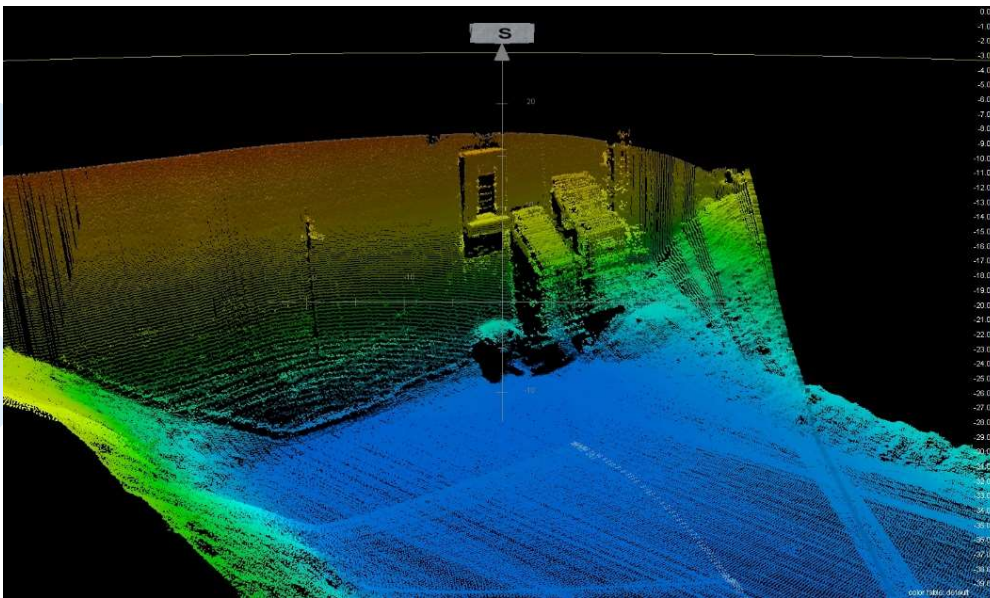
除去されるデータが多いと
スワスの端が粗くなる

白グレイ:採用データ
紫 : 分散フィルタ(隣接するデータから飛び出たデータを削除)
黄緑:手作業除去

Seabat T50-P/T20-P データ比較 - 構造物・ダム -

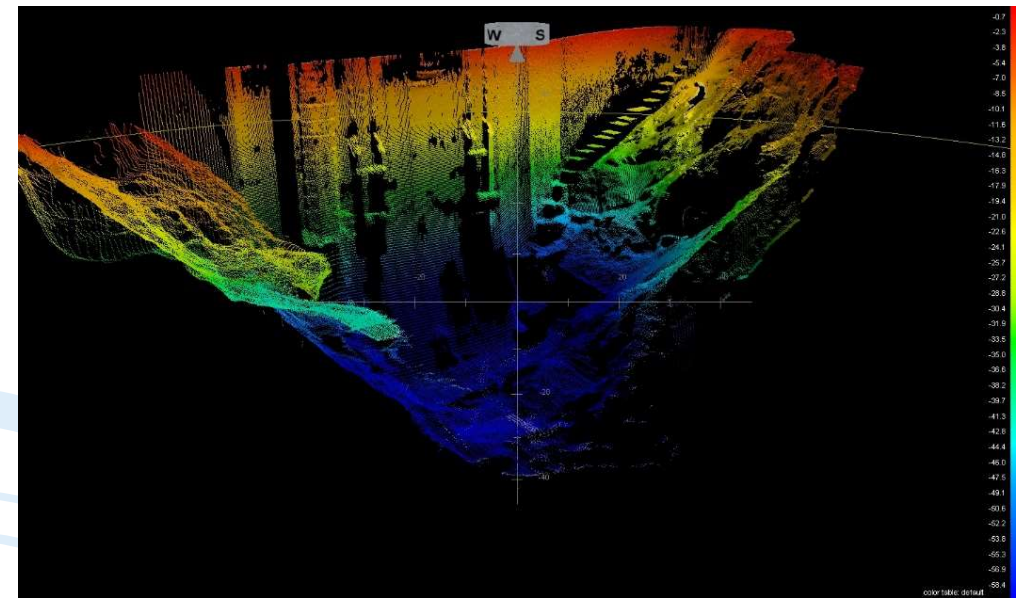
*観測場所・水深は異なります。

T50-P



最大水深50m

T20-P



最大約水深70m

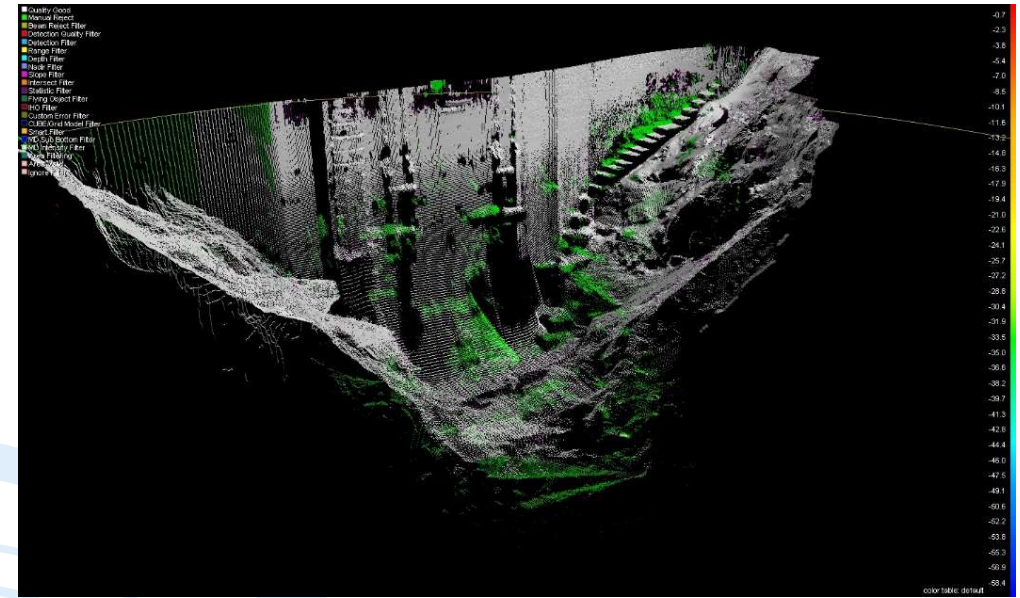
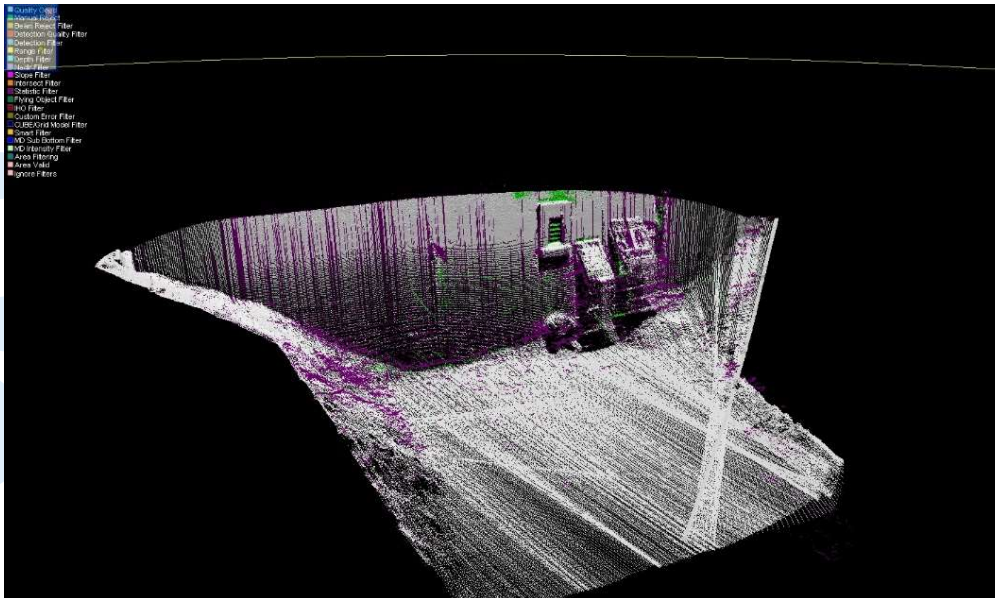
- ・どちらも垂直壁の構造物もシャープに捕らえている

Seabat T50-P/T20-P データ比較 - 構造物・ダム -

T50-P

T20-P

白グレイ: 採用データ
赤 : detectionフィルタ
(受信信号の品質によってフィルタリング)
紫 : statisticフィルタ
(隣接するデータから飛び抜けているデータを削除)
黄緑: マニュアル除去



手作業で除去すべきノイズはほとんど無い！

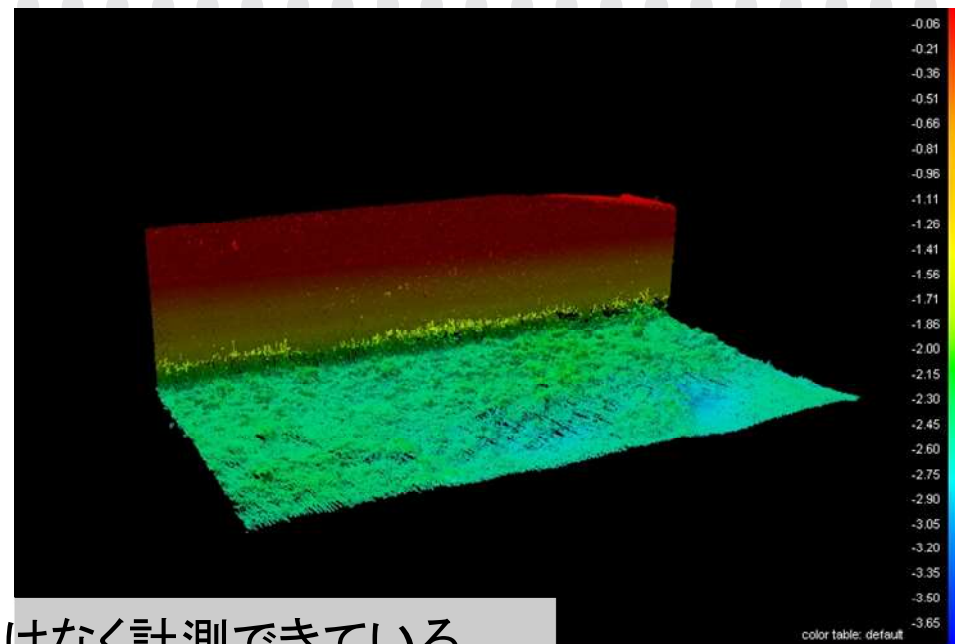
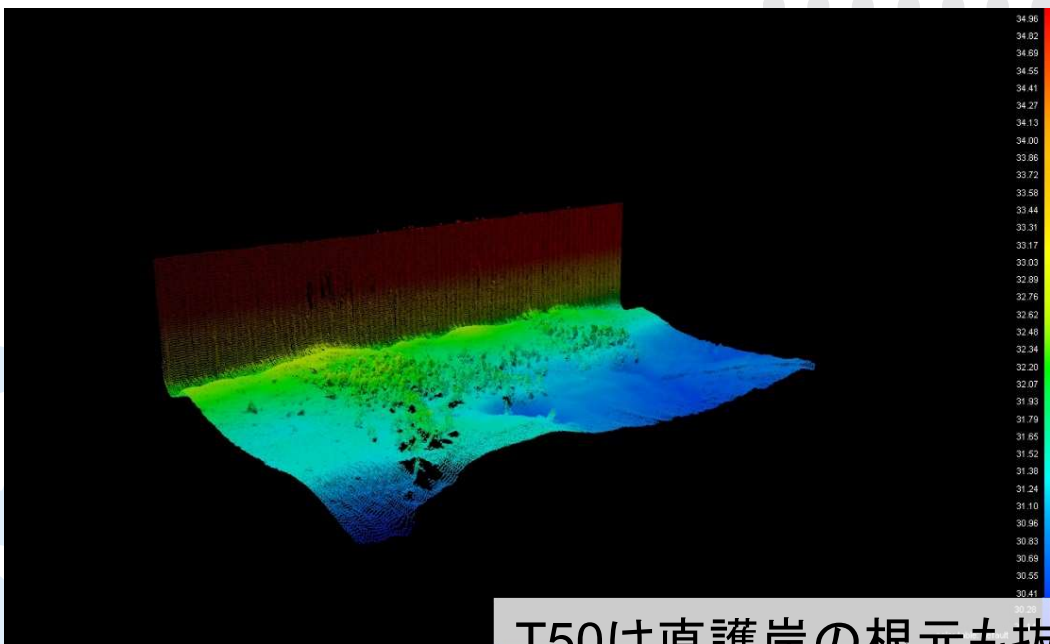
緑色の点群は手作業で除去しなければならない

- ・直護岸は離散データはみられるが、手作業が必要なデータはほとんどない ほとんど自動フィルタで処理が完了

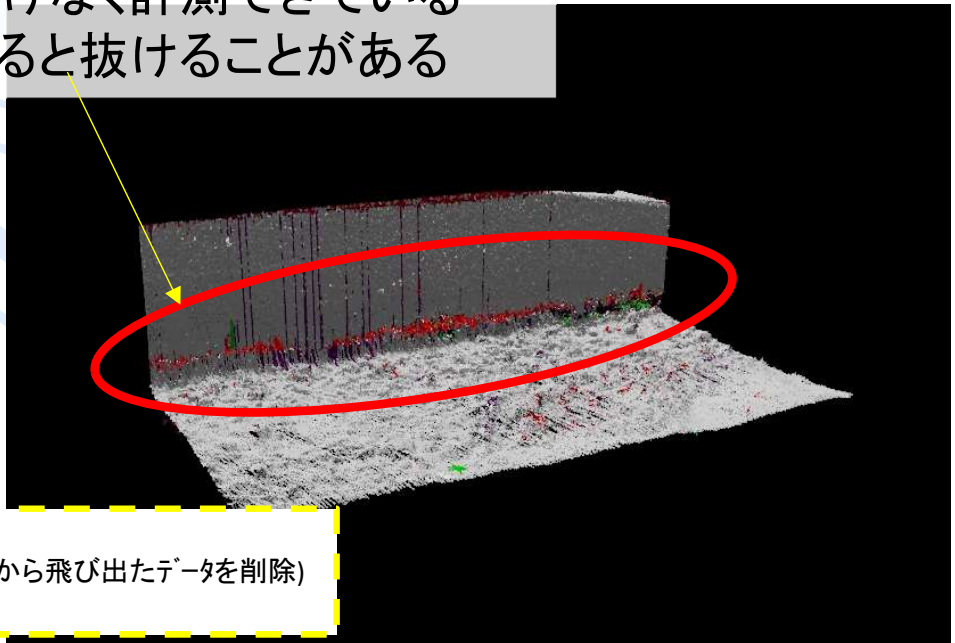
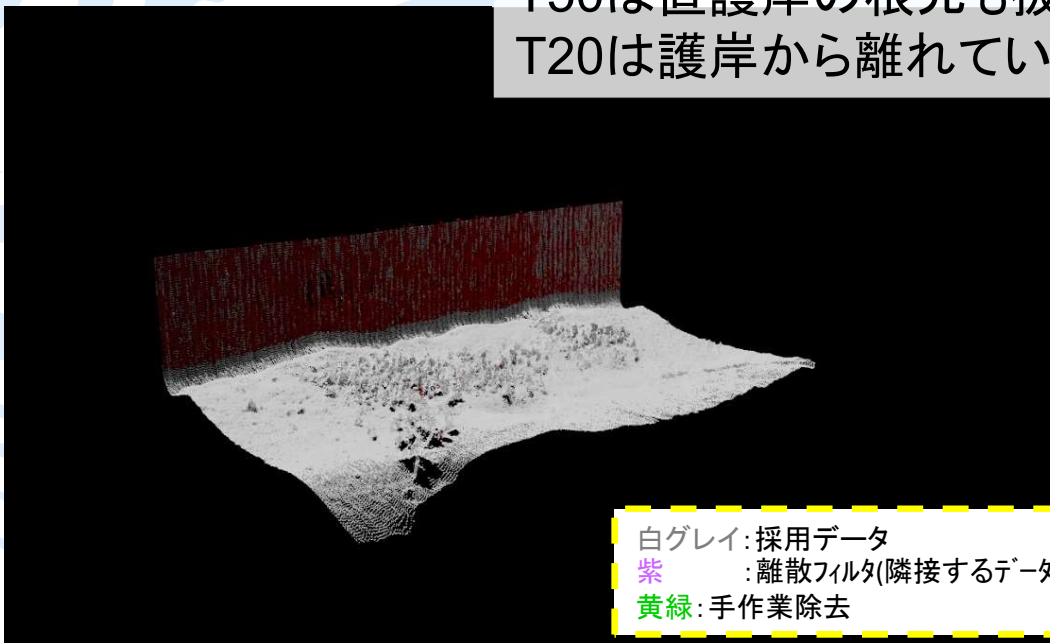
Seabat T50-P/T20-P データ比較 直護岸

T50-P

T20-P



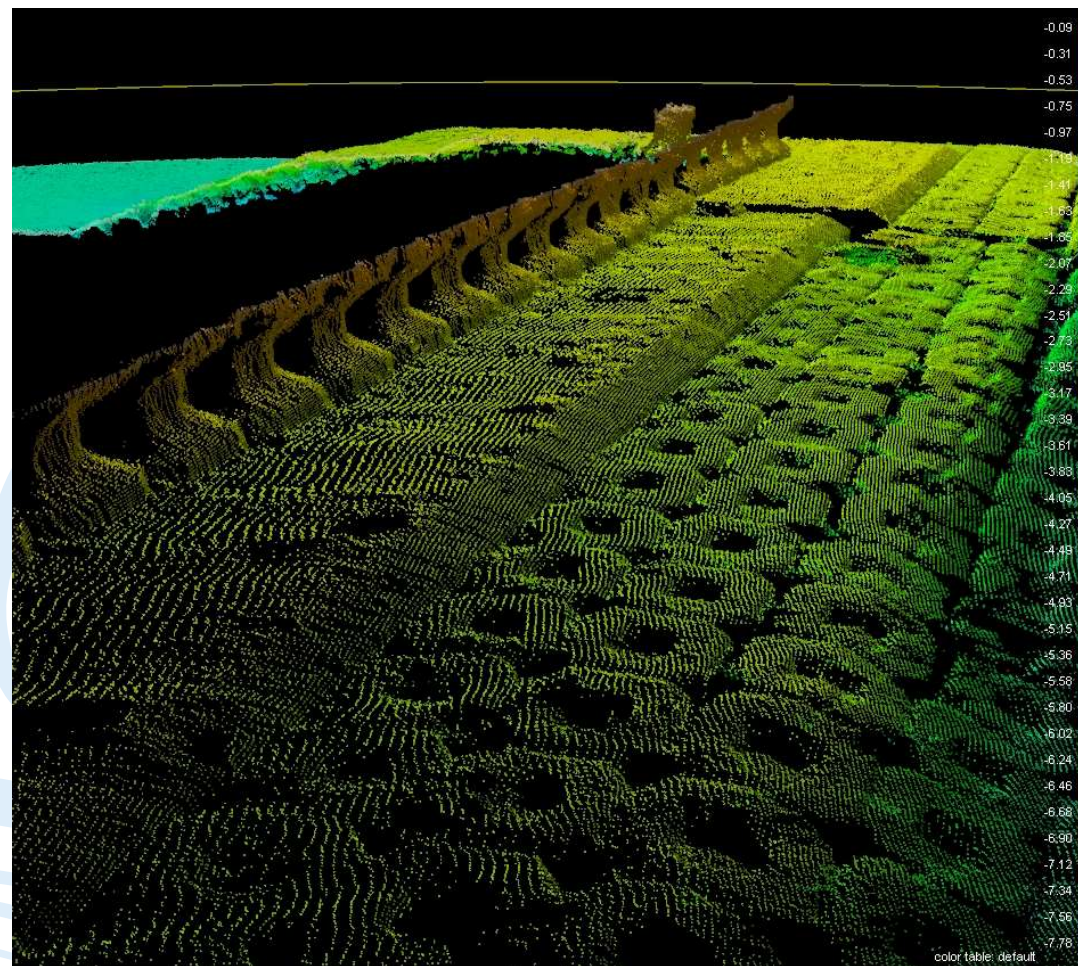
T50は直護岸の根元も抜けなく計測できている
T20は護岸から離れていると抜けることがある



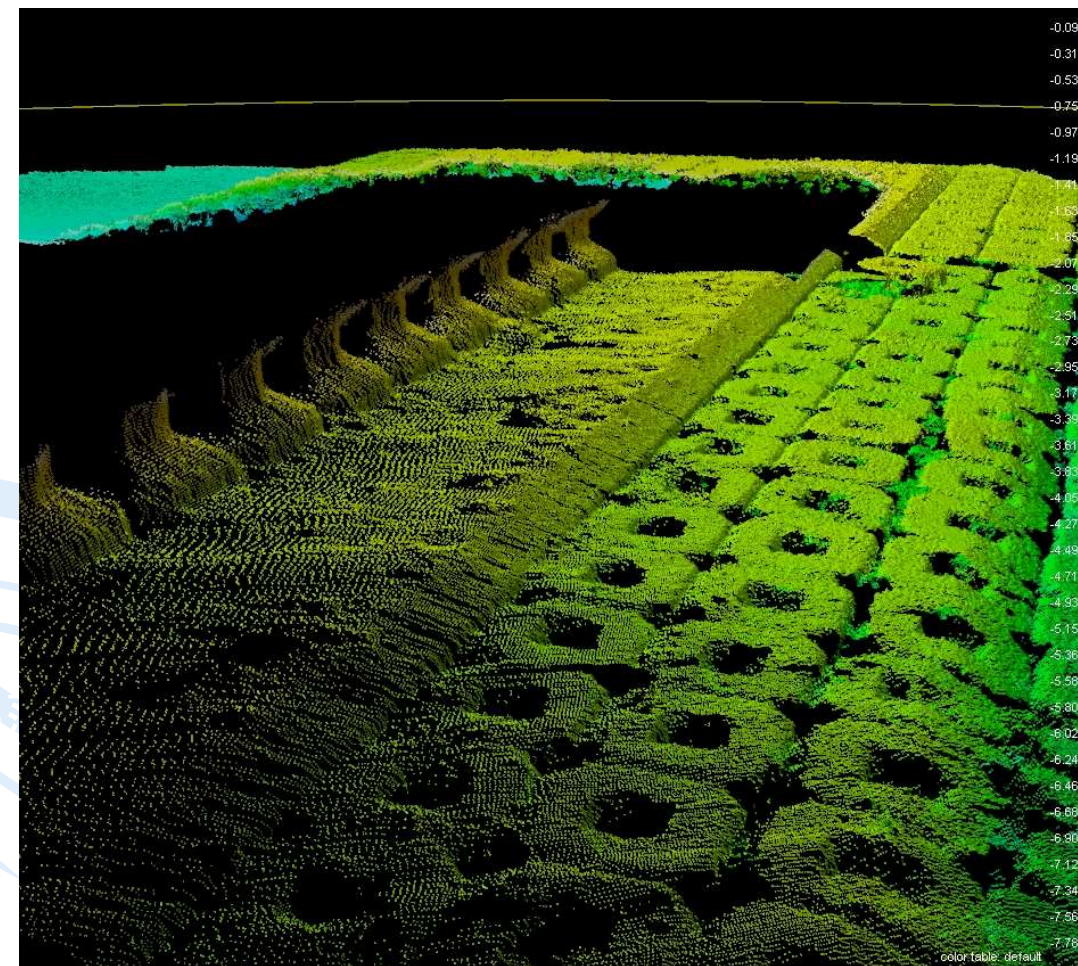
白グレイ: 採用データ
紫: 離散フィルタ(隣接するデータから飛び出たデータを削除)
黄緑: 手作業除去

2. 1024ビームによる高密度なデータ取得

512ビームと1025ビームの比較



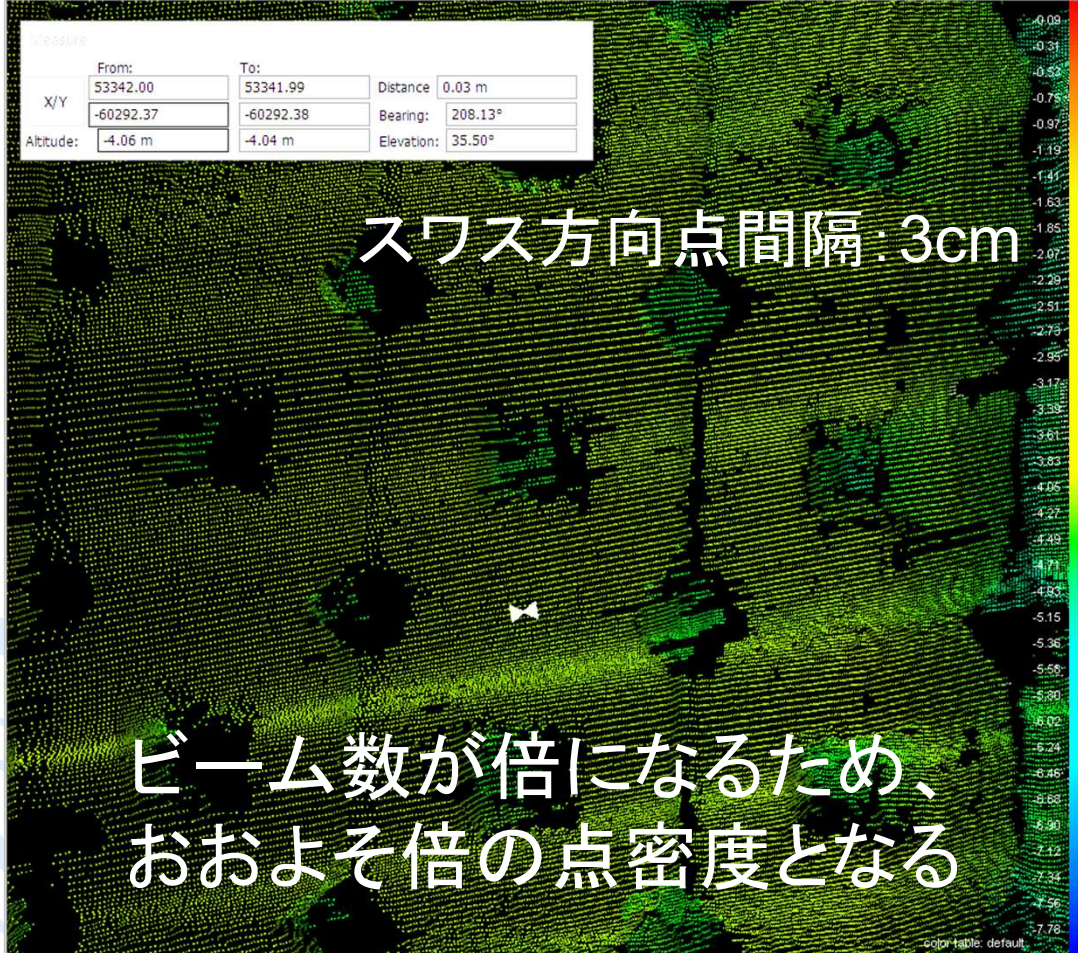
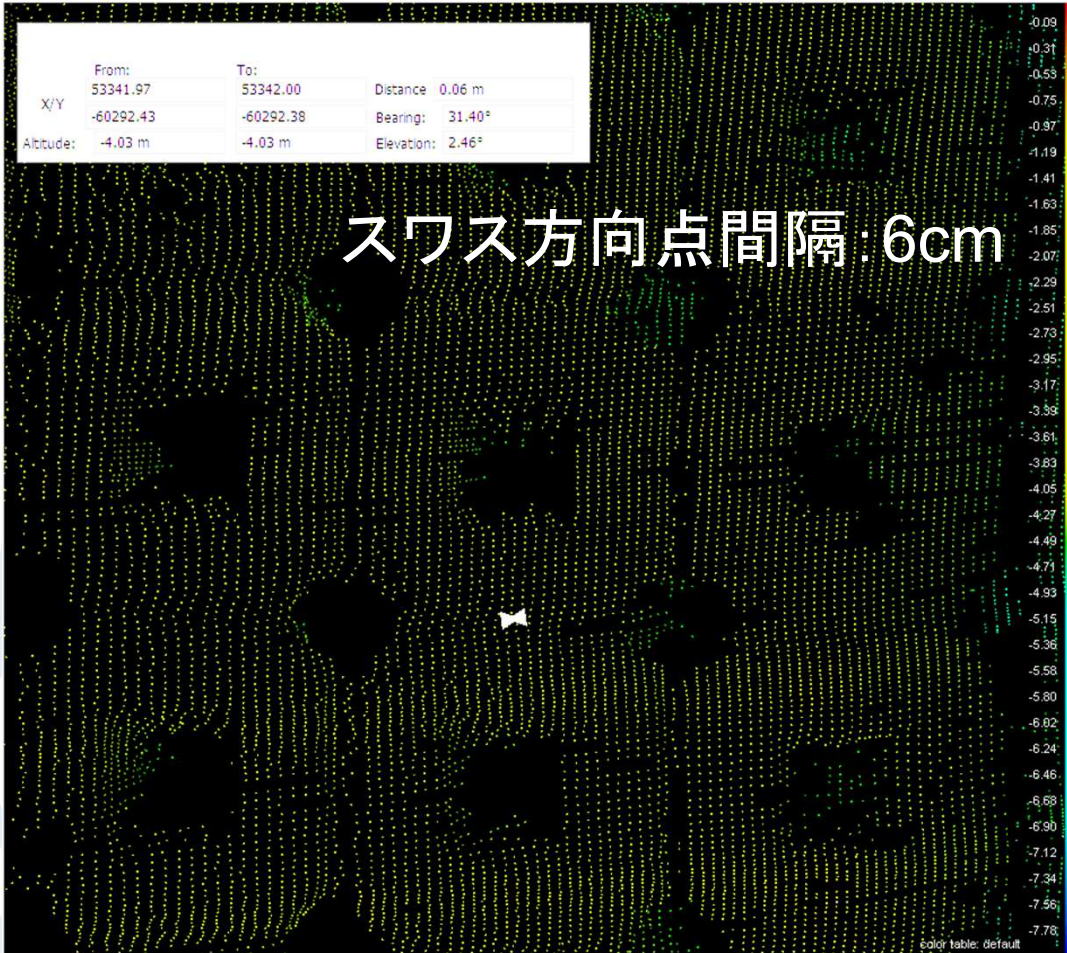
ビーム数: 512本



ビーム数: 1024本

2. 1024ビームによる高密度なデータ取得

512beam vs 1024 beam (水深約8m: 点間隔比較)



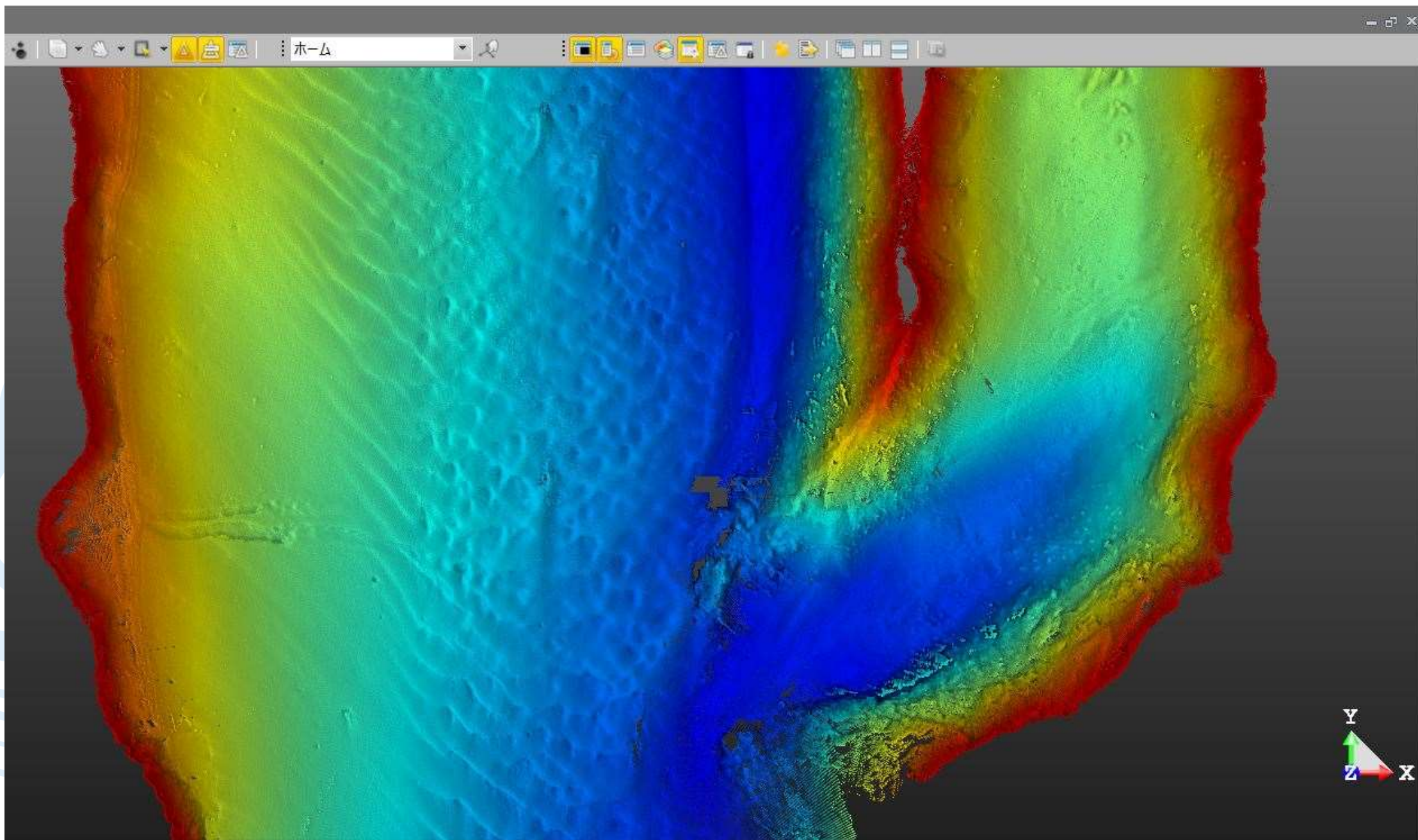
ビーム数: 512本

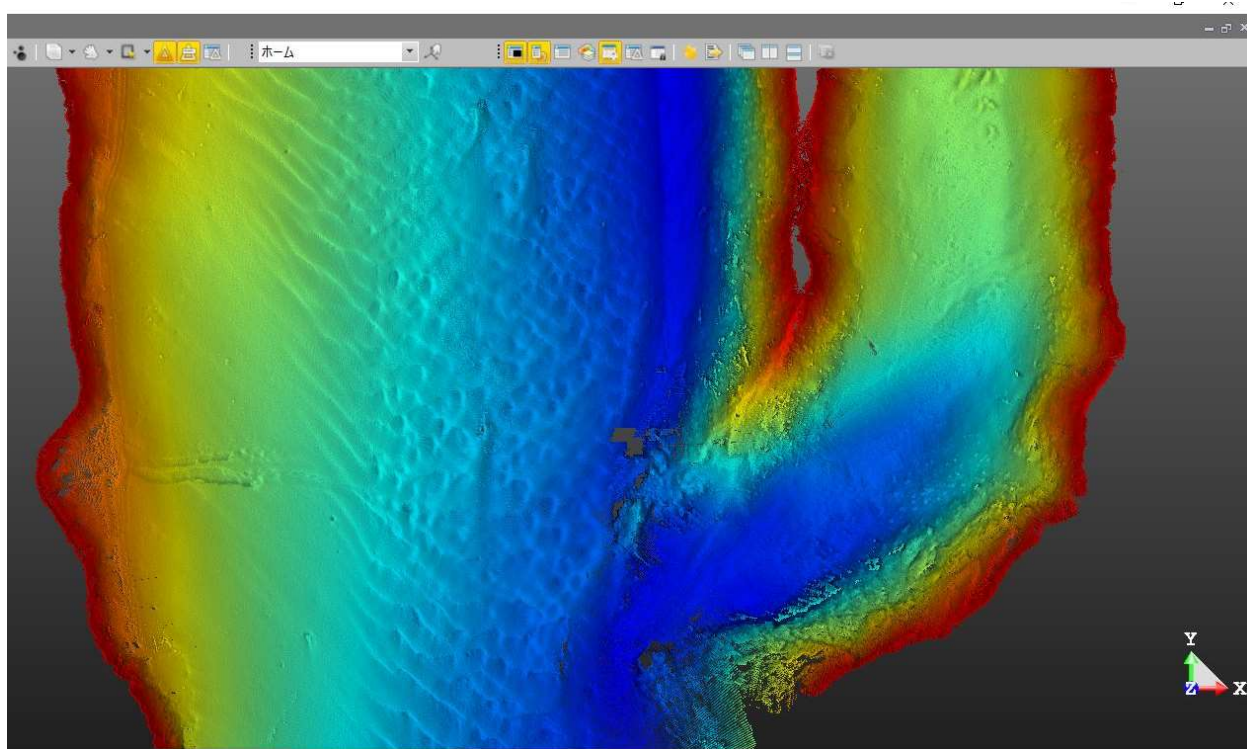
ビーム数: 1024本

水深30m, スワス幅120deg (Eqdis)の場合、

256beam 40cm間隔 512Beam 20cm間隔 1024Beam 10cm間隔 Inc.

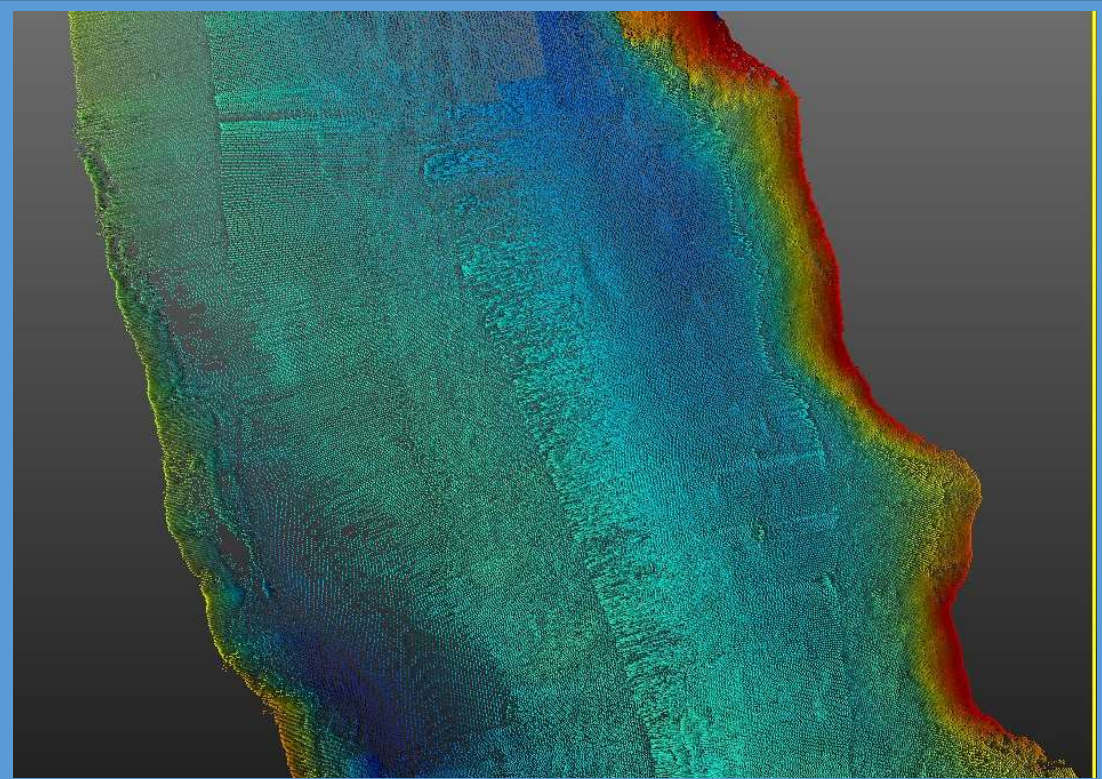
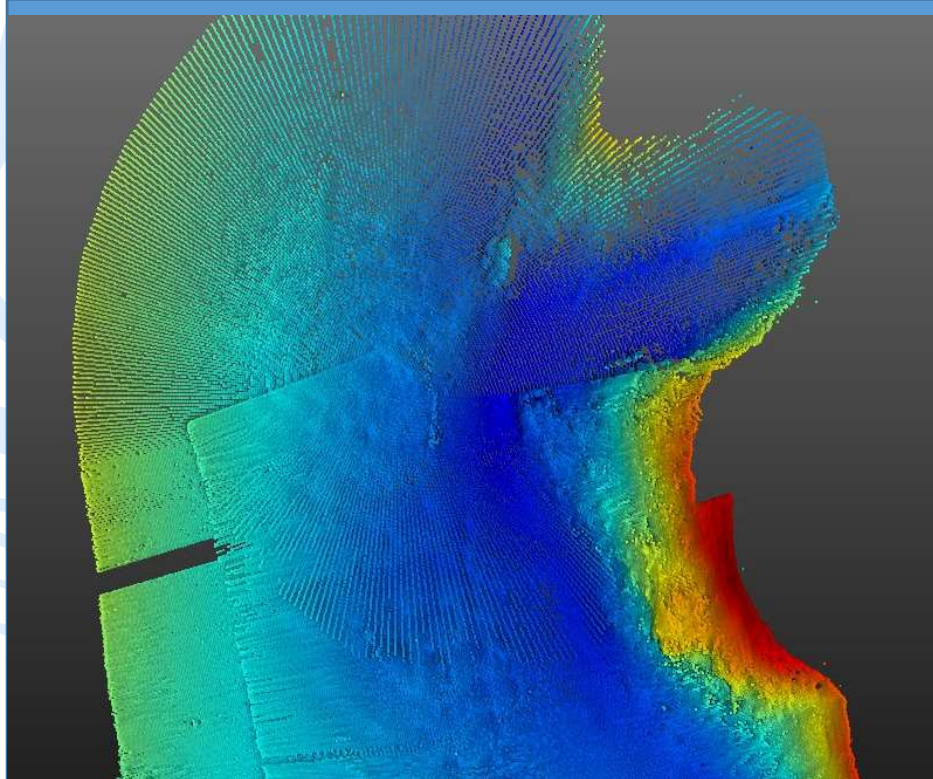
Seabat T50 & APOGEEのサンプル





Seabat 512ビーム

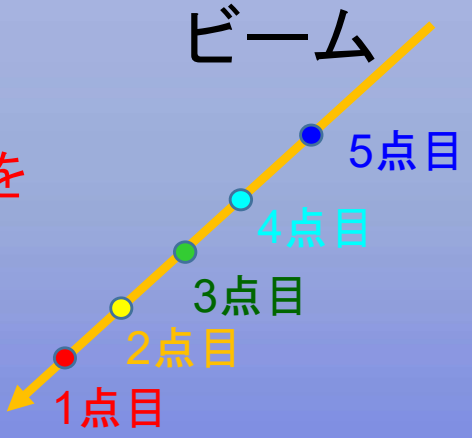
他機種 256ビーム



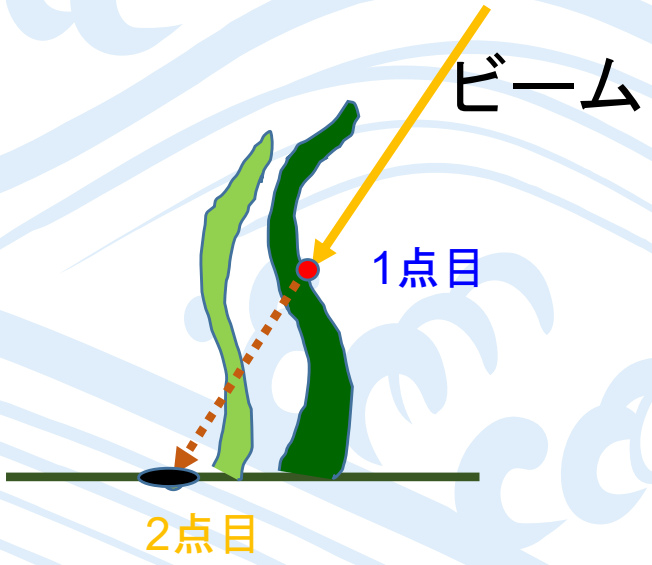
3. マルチディテクト機能

マルチディテクト機能とは？

1本のビームにつき、反射強度の強さを指標として、最大5点のデータ取得



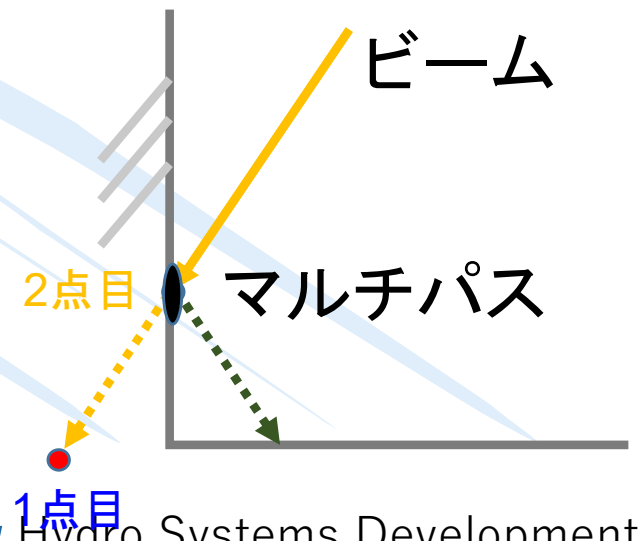
海藻など



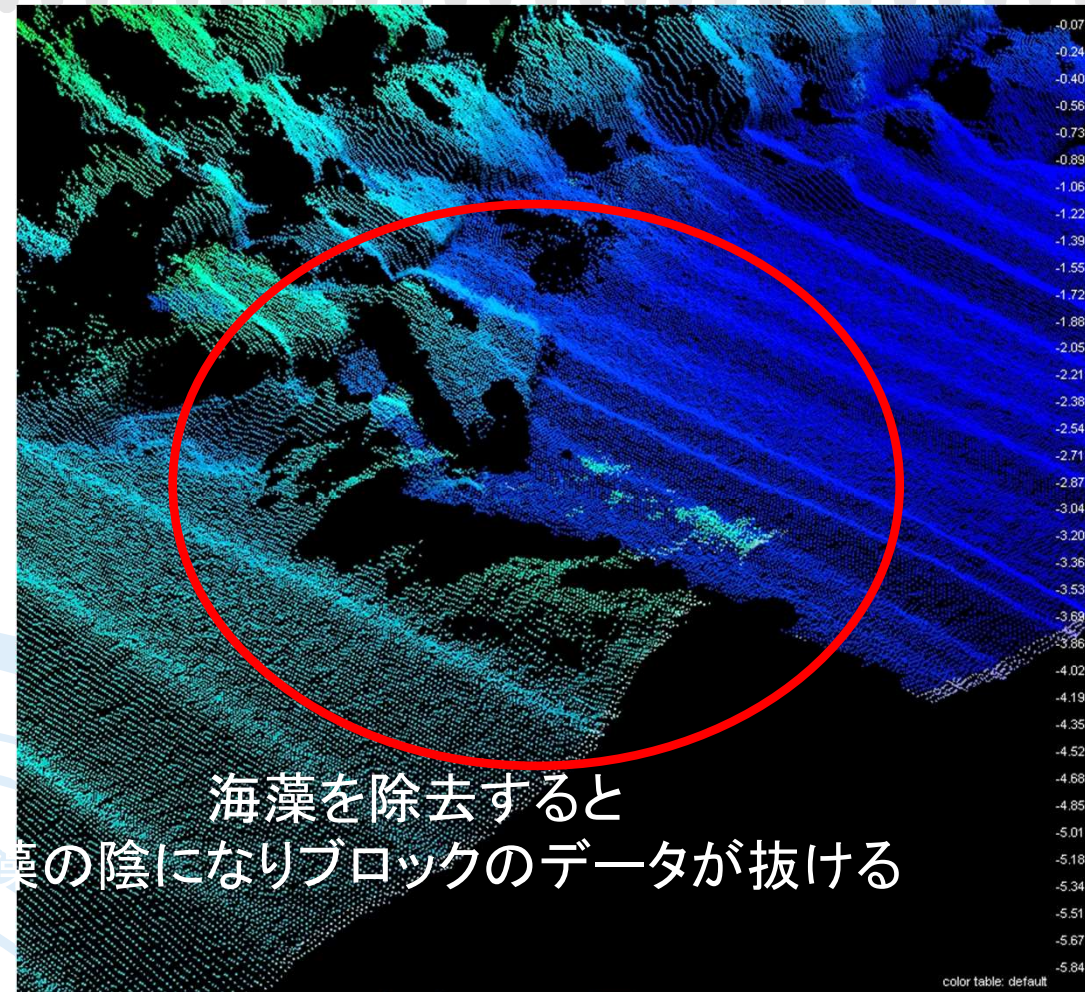
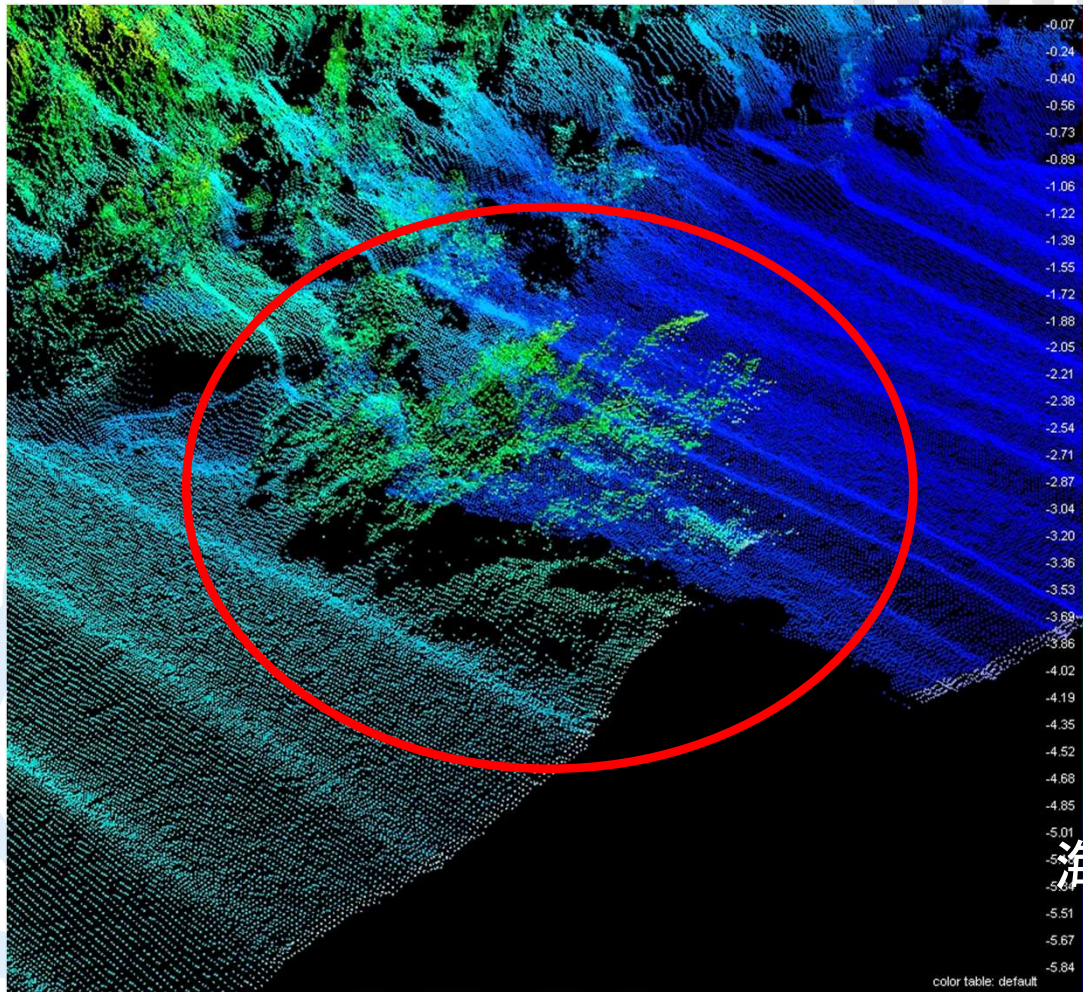
気泡や魚群



垂直護岸

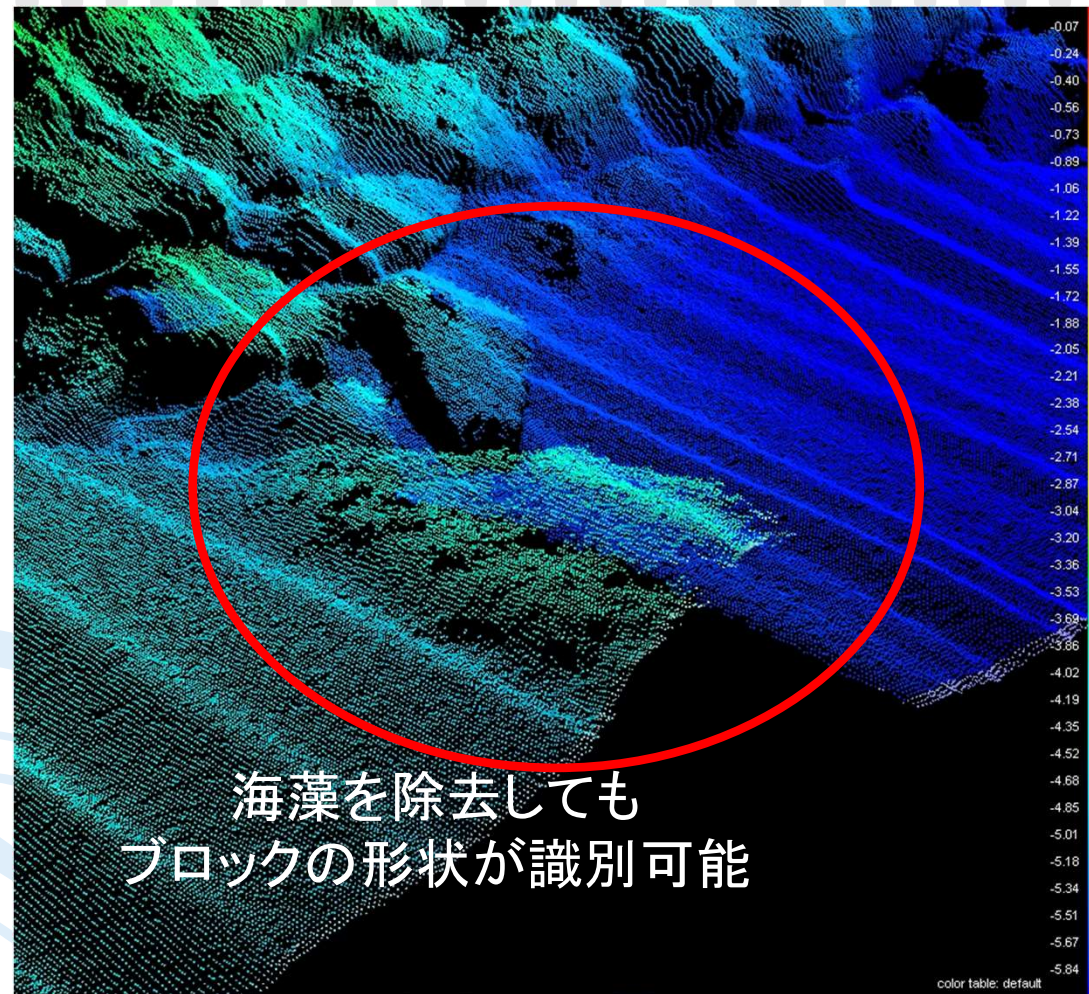
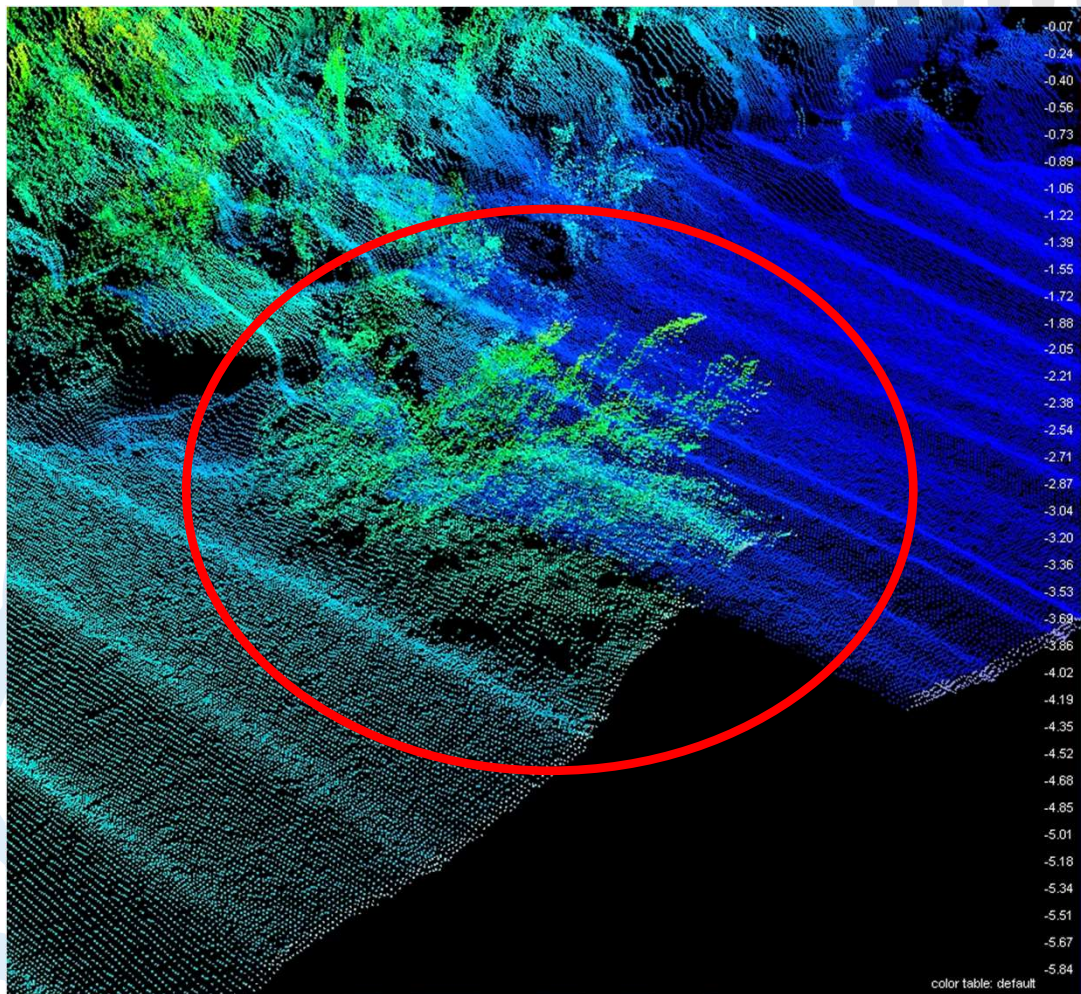


データ例 (藻場計測: マルチディテクト機能無し)



検出点が1点の場合

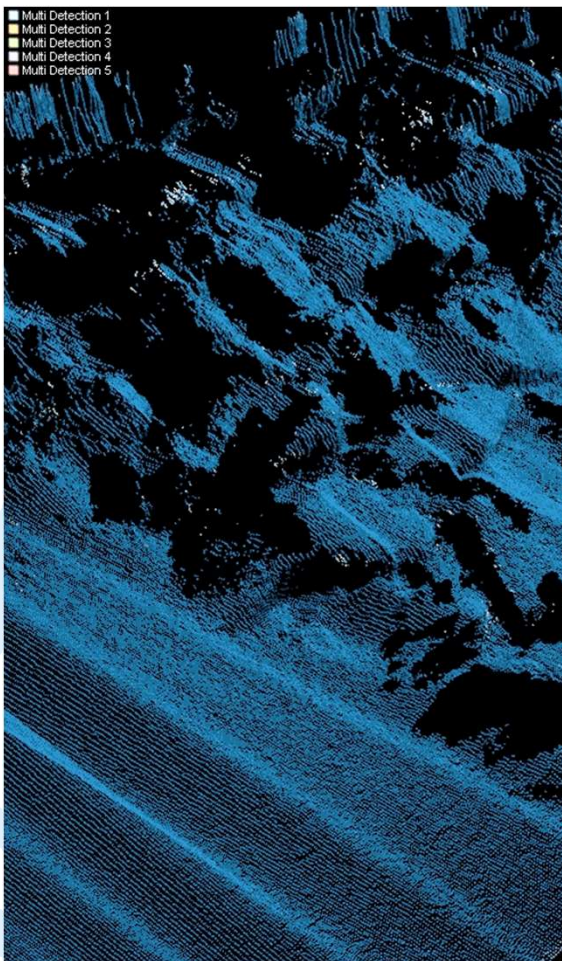
データ例 (藻場計測: マルチディテクト機能あり)



海藻を除去しても
ブロックの形状が識別可能

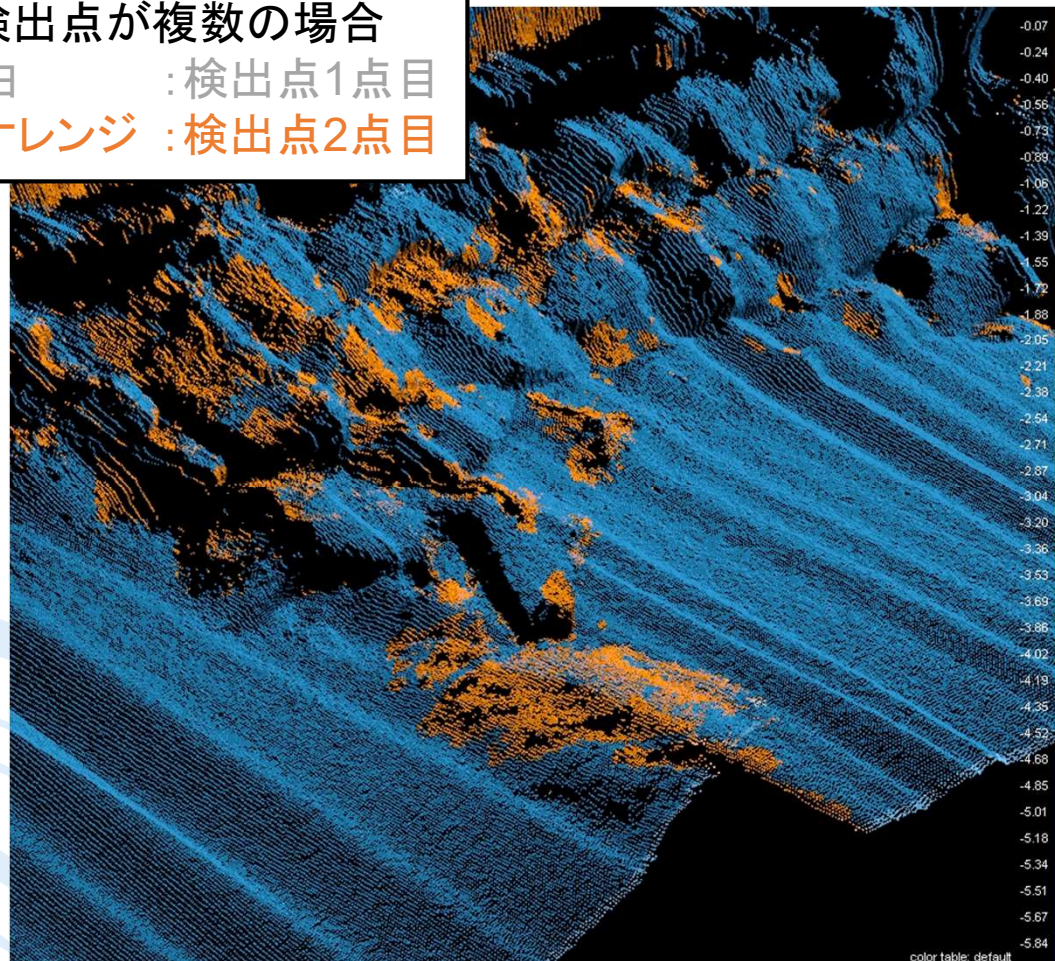
1ビーム音線上に最大5点の検出が可能

データ例 (藻場計測: マルチディテクト機能あり・なし)



検出点が1点の場合
青色

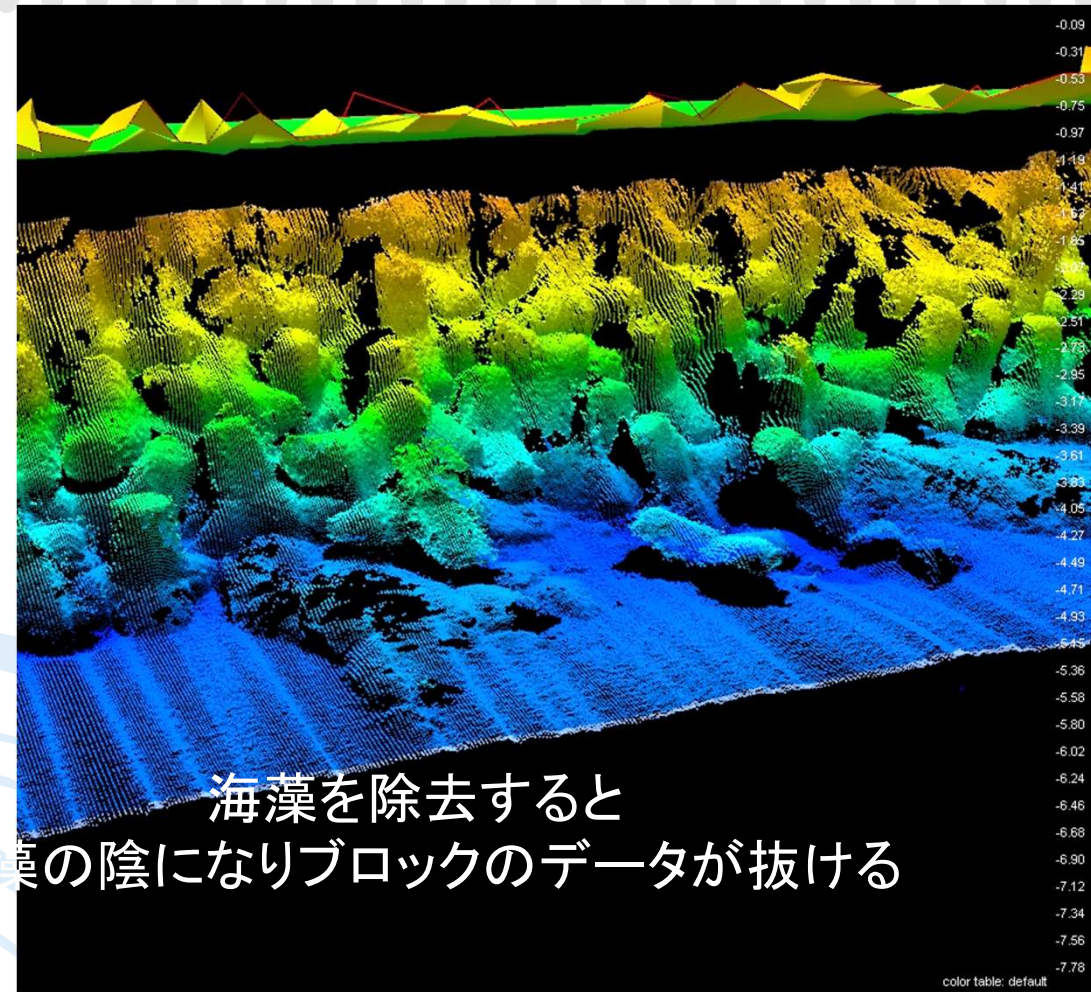
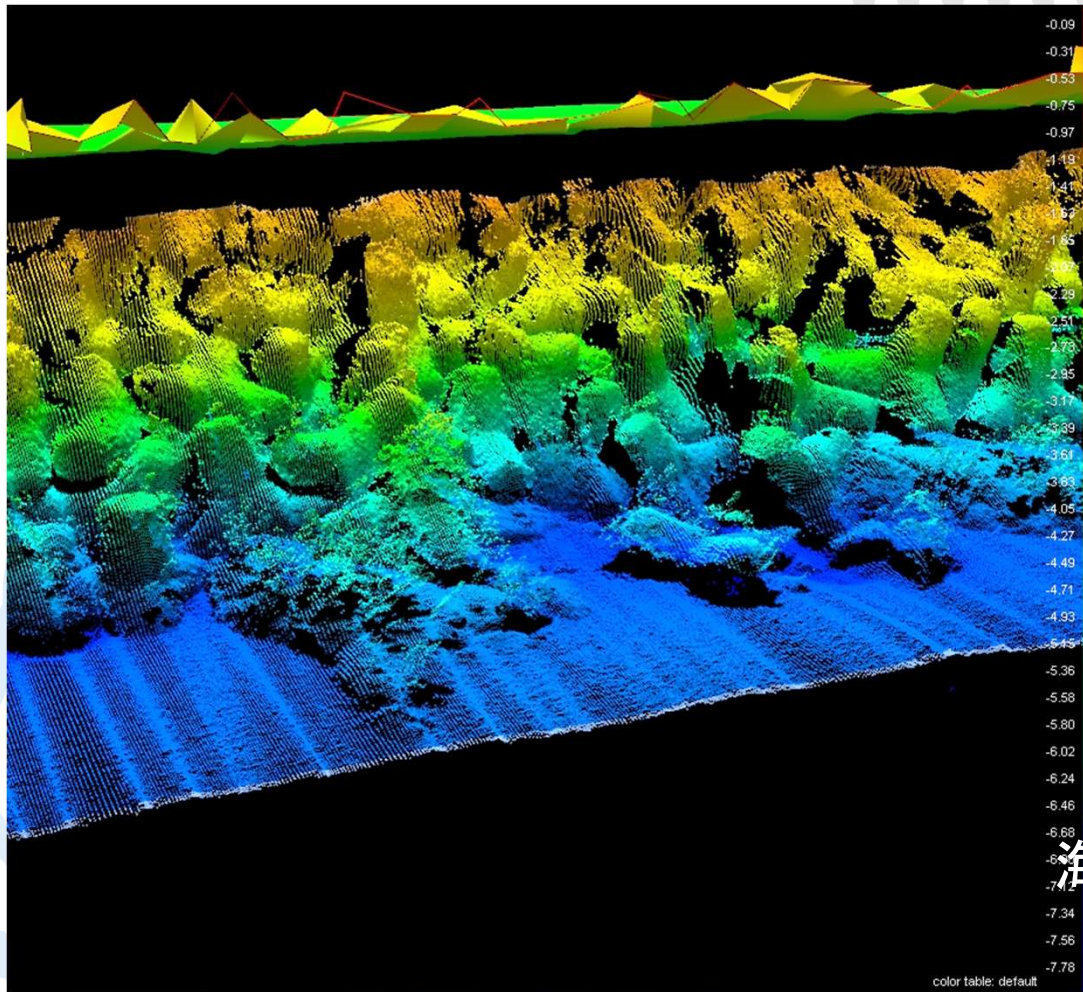
検出点が複数の場合
白 : 検出点1点目
オレンジ : 検出点2点目



マルチディテクト無し

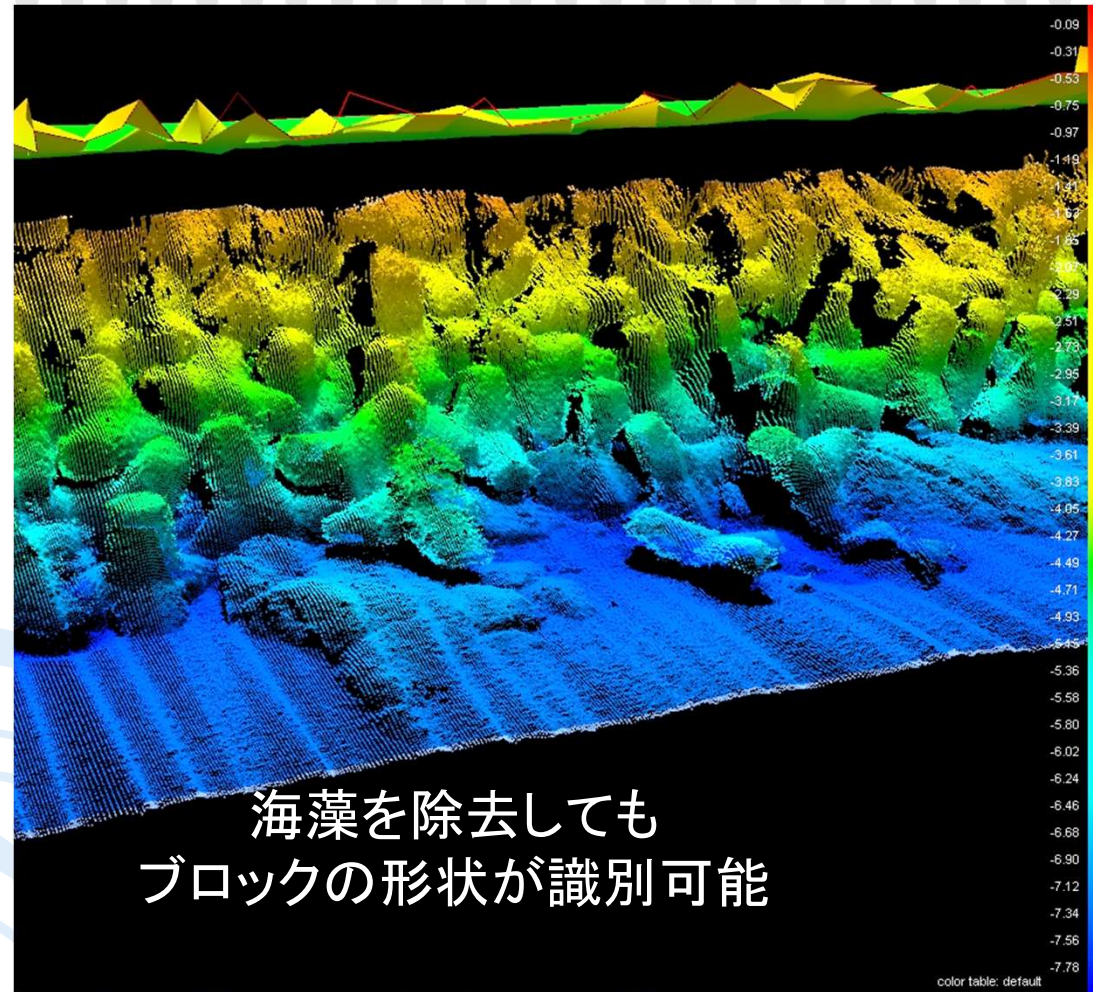
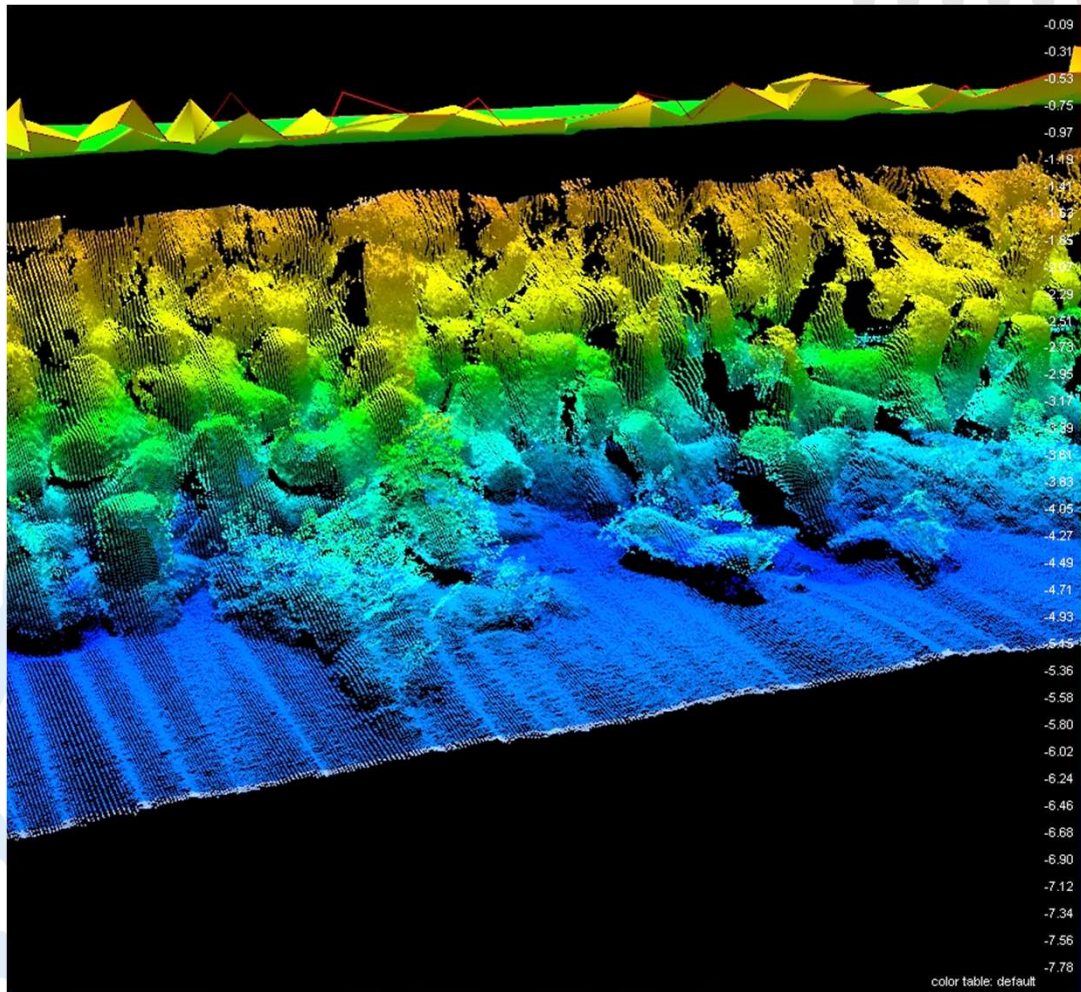
マルチディテクト有り

データ例2 (テトラ計測: マルチディテクト機能無し)



検出点が1点の場合

データ例2 (テトラ計測: マルチディテクト機能あり)



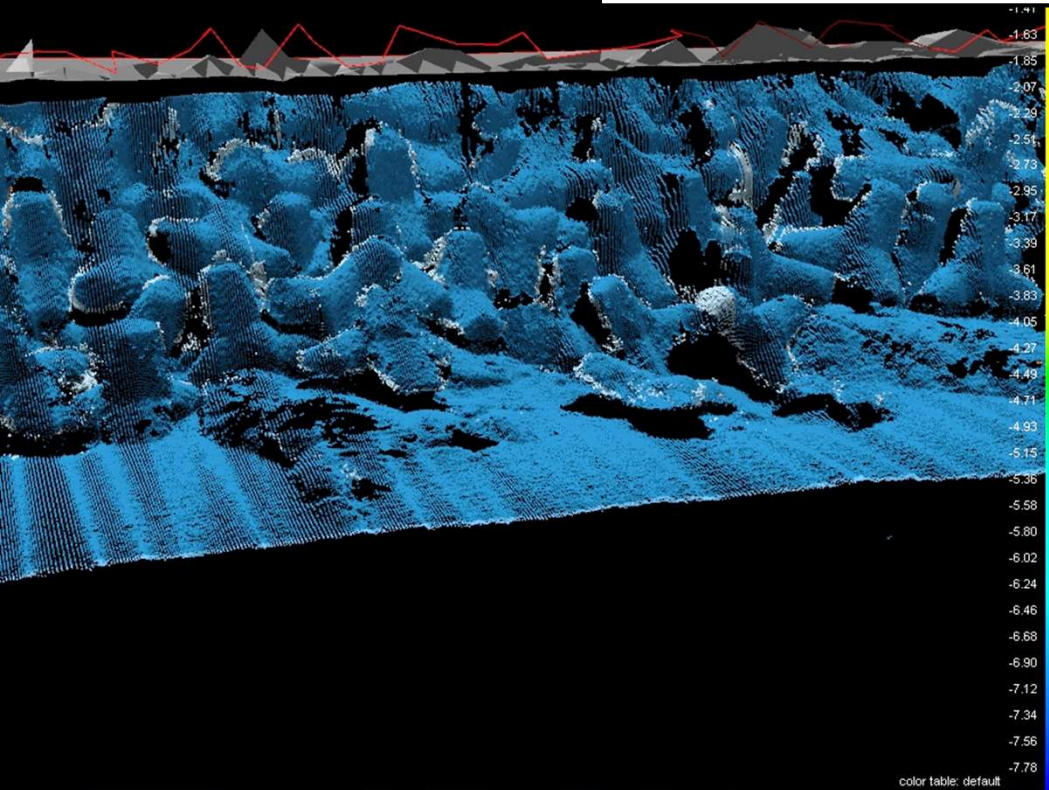
1ビーム音線上に最大5点の検出が可能

データ例2 (テトラ計測: マルチディテクト機能あり・なし)

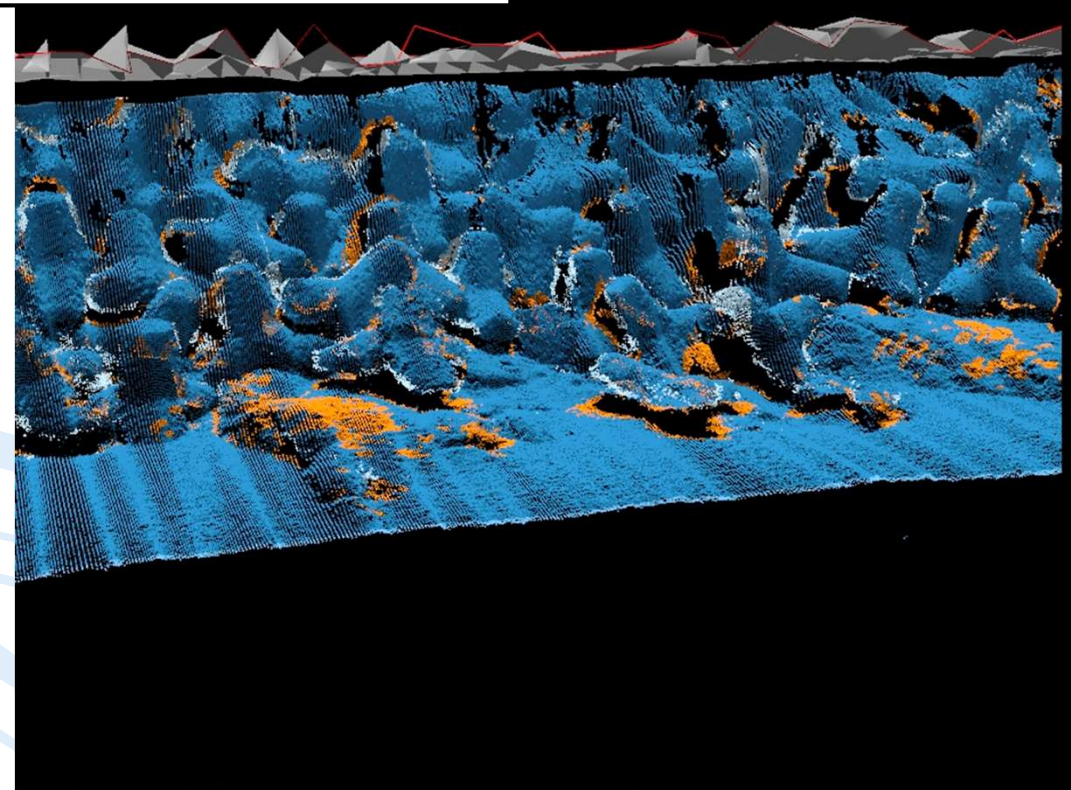
■ Multi Detection 1
■ Multi Detection 2
■ Multi Detection 3
■ Multi Detection 4
■ Multi Detection 5

検出点が1点の場合
青色

検出点が複数の場合
白 : 検出点1点目
オレンジ : 検出点2点目

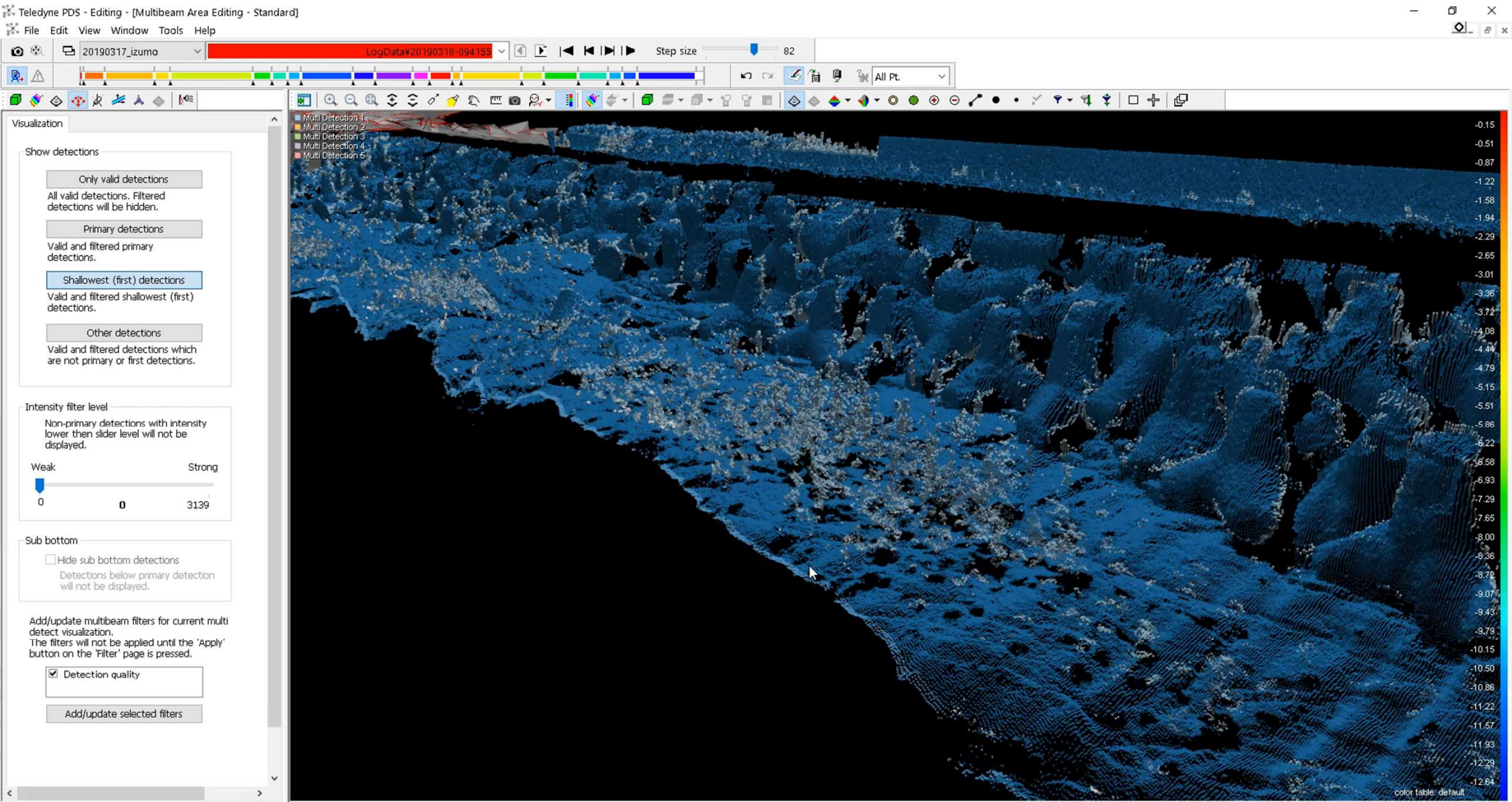


マルチディテクト無し



マルチディテクト有り

マルチディテクトを用いた藻場計測



データ例 (藻場計測: マルチディテクト機能あり・なし)

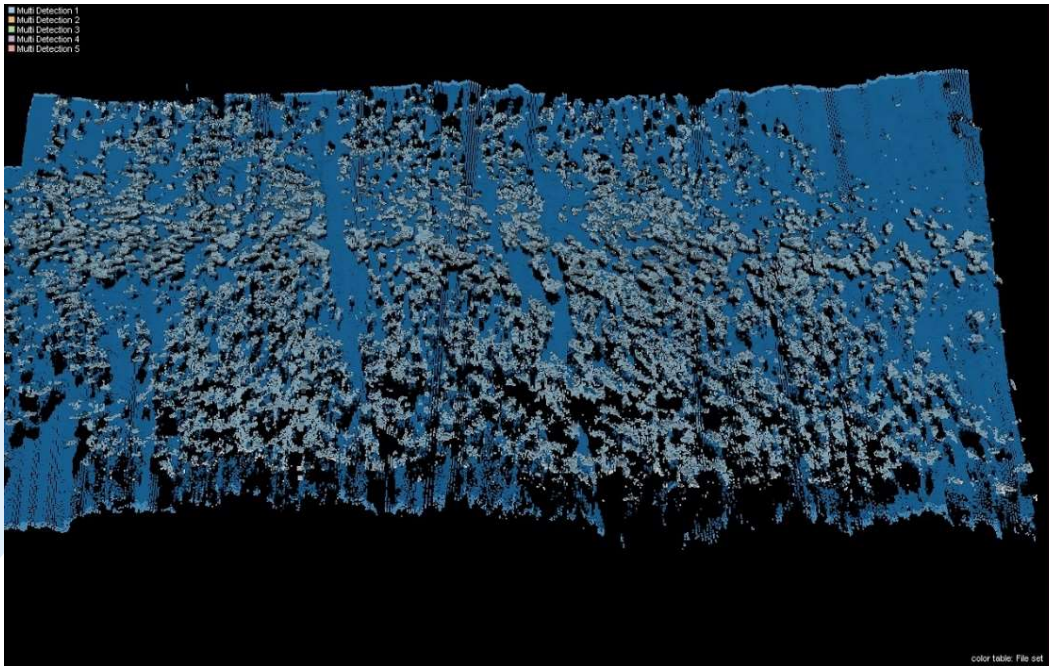
検出点が1点の場合

青色

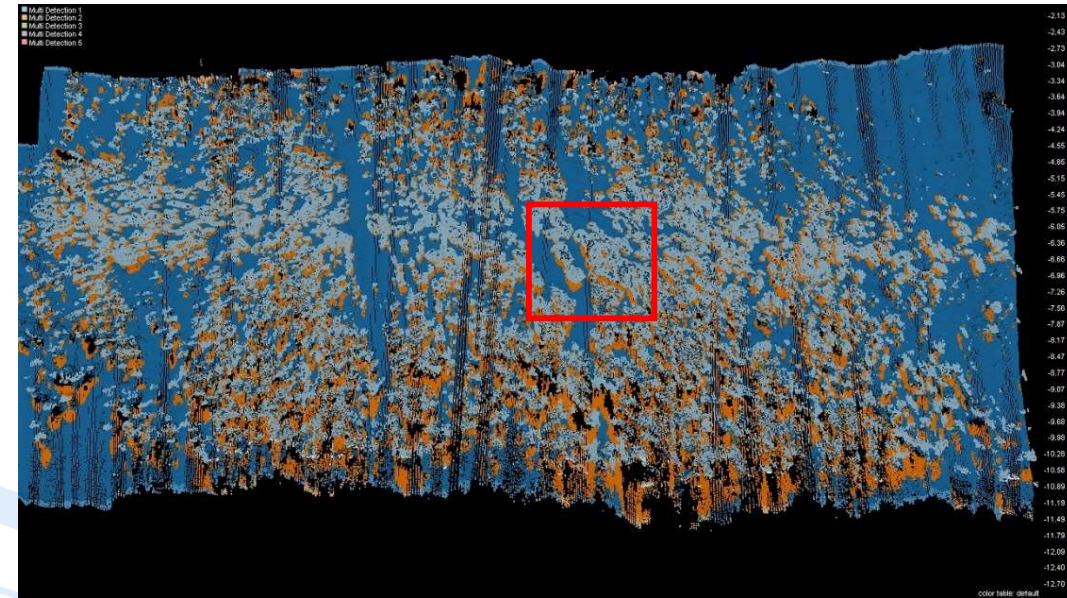
検出点が複数の場合

白 : 検出点1点目

オレンジ : 検出点2点目



マルチディテクト無し

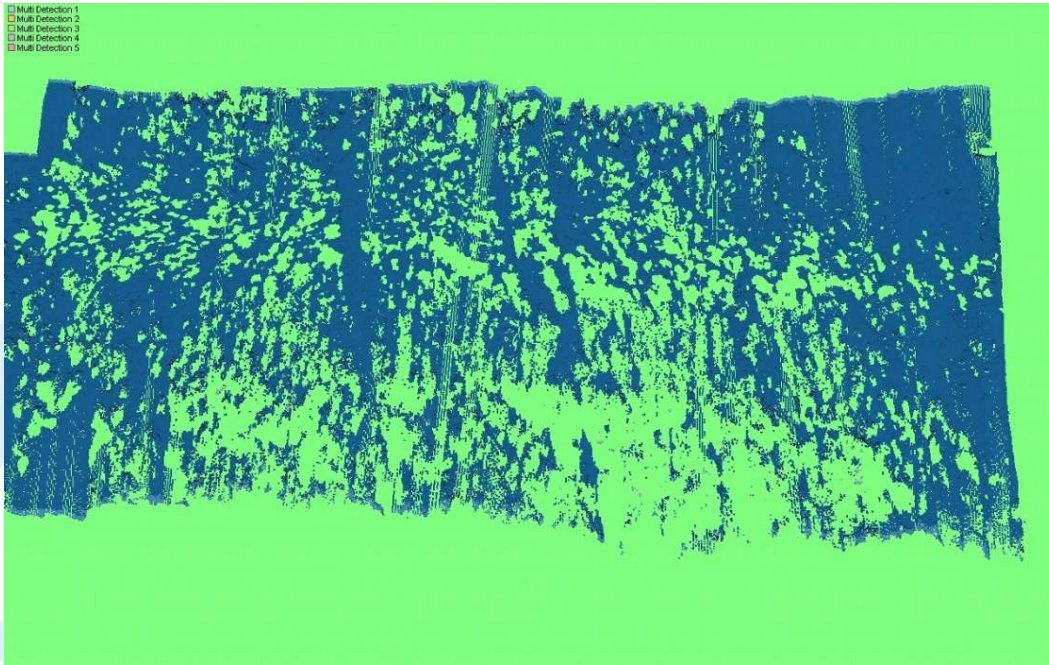


マルチディテクト有り

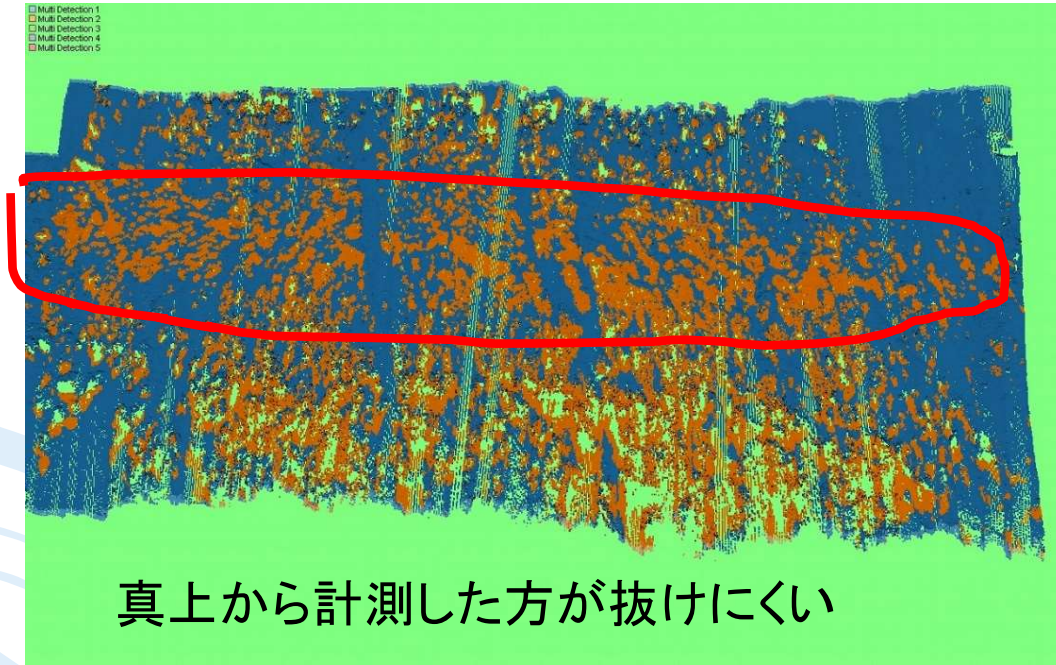
データ例 (藻場ボトム検出: マルチディテクト あり・なし)

検出点が1点の場合
青色

検出点が複数の場合
白 : 検出点1点目
オレンジ : 検出点2点目



マルチディテクト無し



真上から計測した方が抜けにくい

マルチディテクト有り

気泡の影響を除去

Teledyne PDS - Editing - [Multibeam Area Editing - Standard]

File Edit View Window Tools Help

20190317_izumo LogData#20190318-101344 Step size 82

Visualization

Show detections

- Only valid detections
All valid detections. Filtered detections will be hidden.
- Primary detections
Valid and filtered primary detections.
- Shallowest (first) detections
Valid and filtered shallowest (first) detections.
- Other detections
Valid and filtered detections which are not primary or first detections.

Intensity filter level

Non-primary detections with intensity lower than slider level will not be displayed.

Weak Strong

U 0 8722

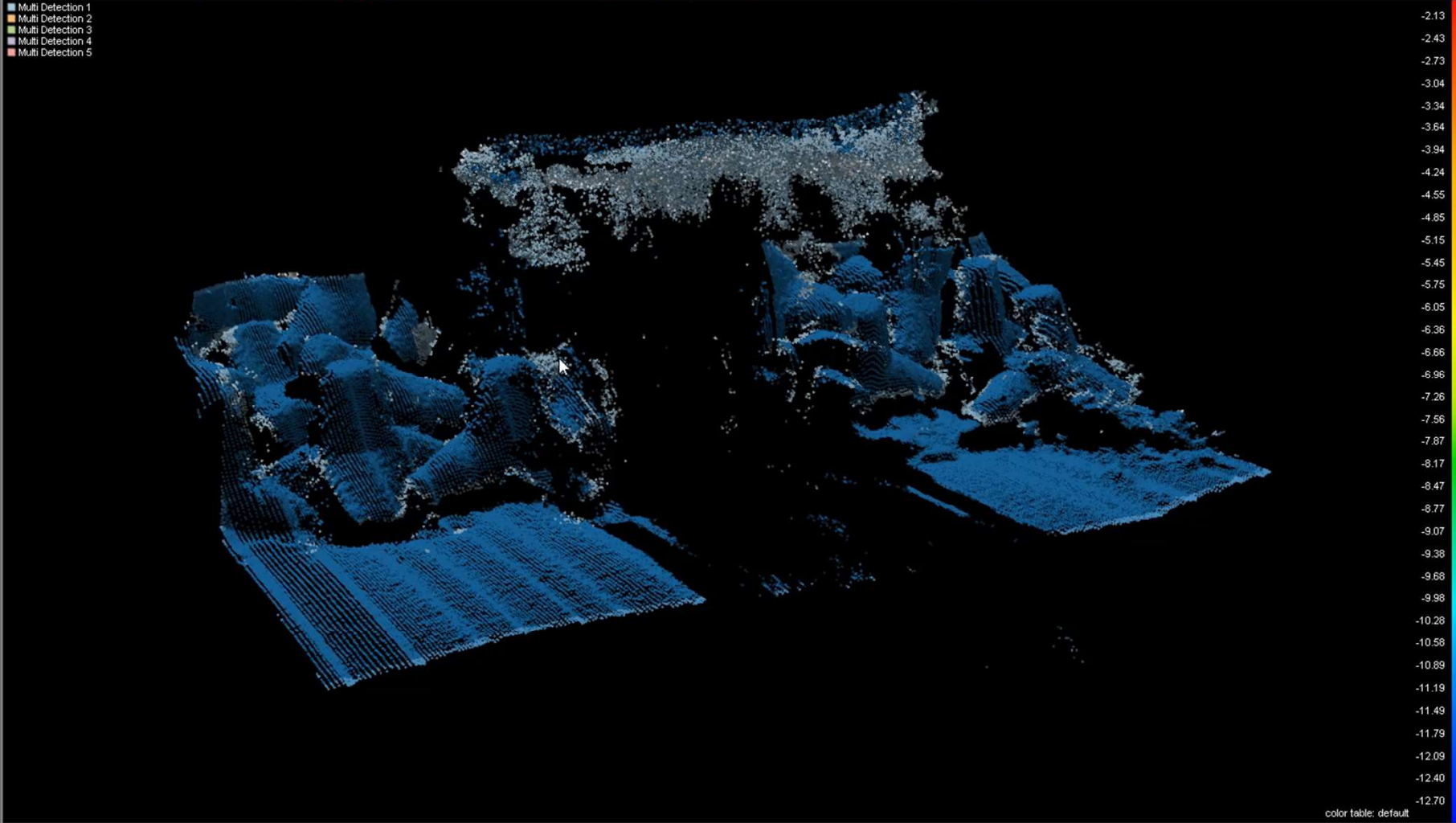
Sub bottom

Hide sub bottom detections
Detections below primary detection will not be displayed.

Add/update multibeam filters for current multi detect visualization.
The filters will not be applied until the 'Apply' button on the 'Filter' page is pressed.

Detection quality

Add/update selected filters



Multi Detection 1
Multi Detection 2
Multi Detection 3
Multi Detection 4
Multi Detection 5

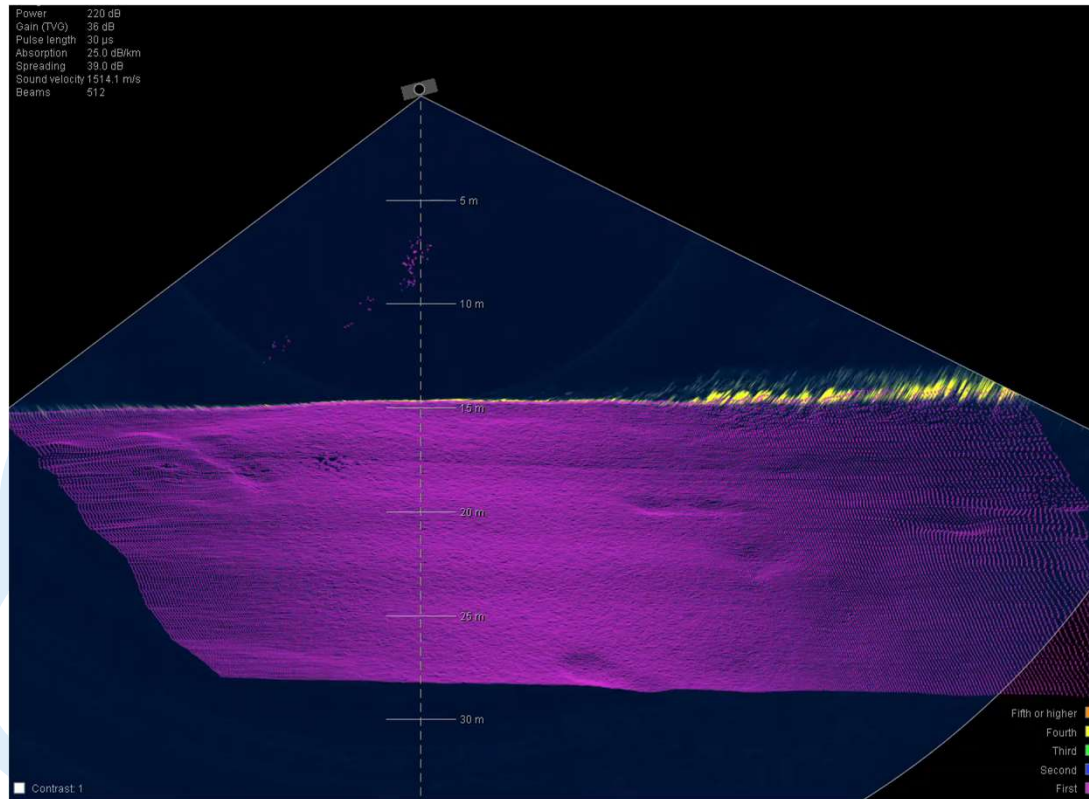
color table: default

For Help, press F1

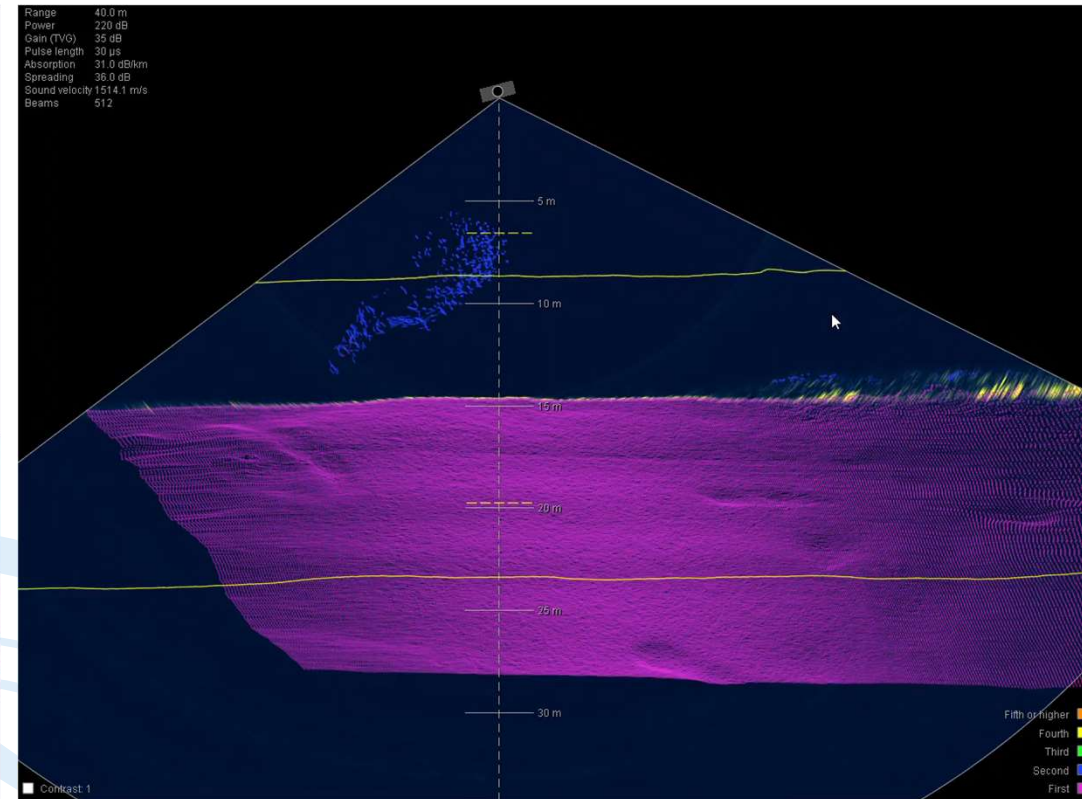
Windows taskbar: PDS, 9:32, 2019/05/09

ケーソン周辺

Multi-detect無、Adaptive gate無

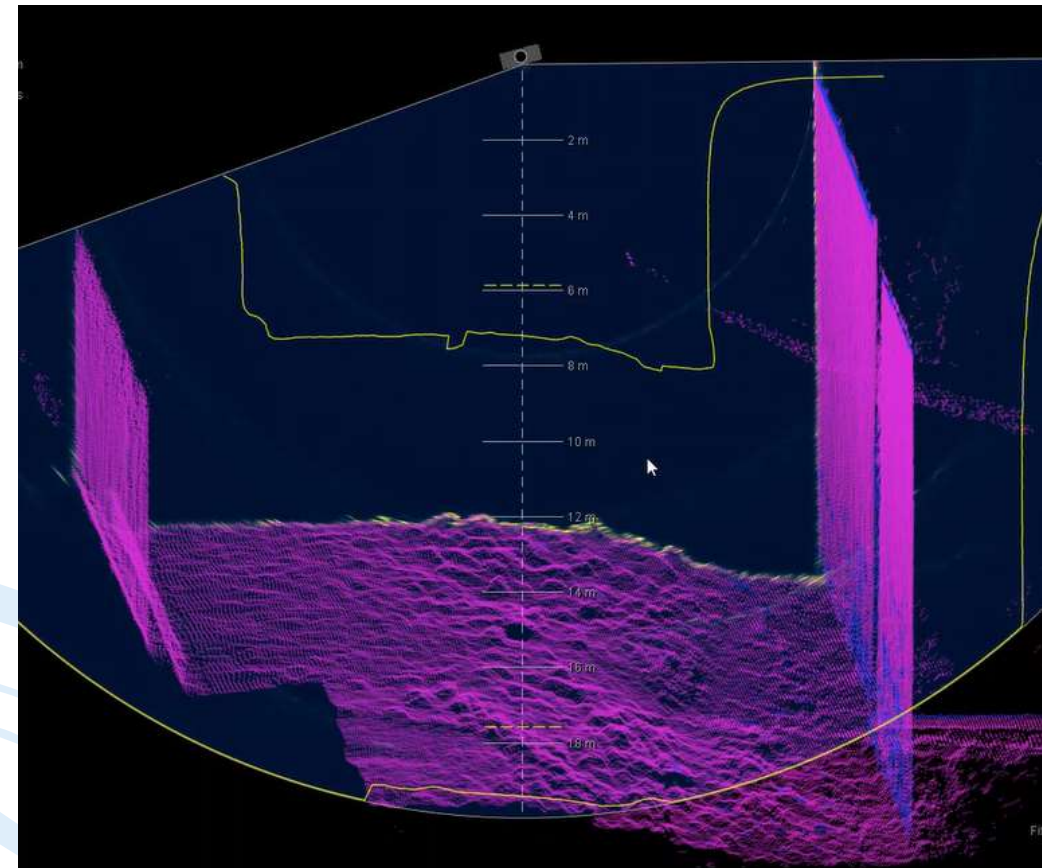
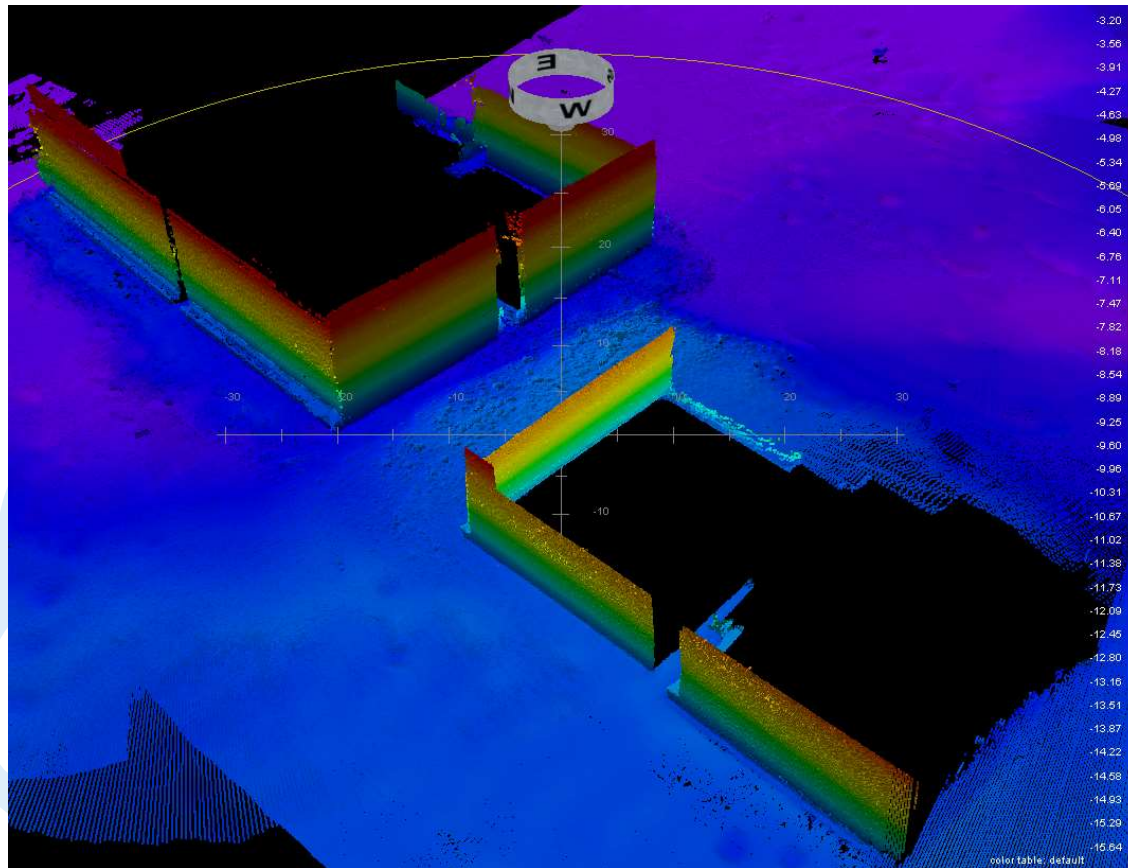


Multi-detect有、Adaptive gate有



マルチディテクト機能により垂直護岸のデータ抜けが低減できる

ケーソン周辺



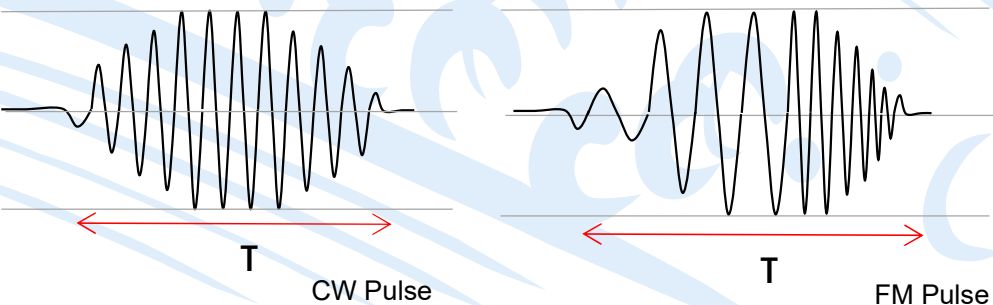
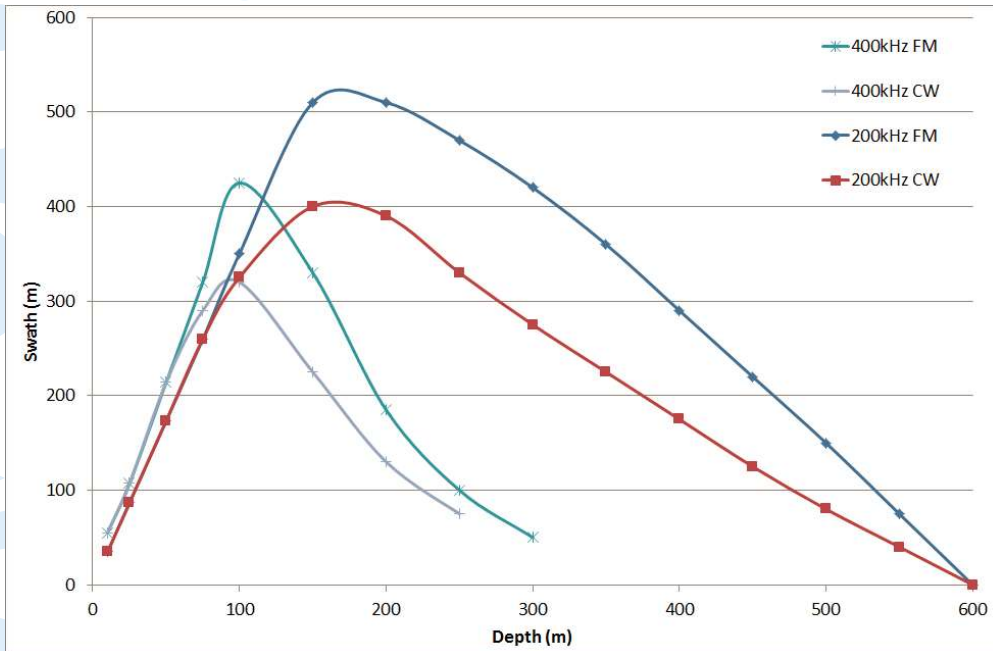
アダプティブゲートにより
構造物まわりのノイズ除去が効果的に実施できる

濁りに強い、Xレンジ(FMチャープ波)

SeaBat T20/50 -Xレンジ(X-range)、FRDH機能

X-レンジ機能

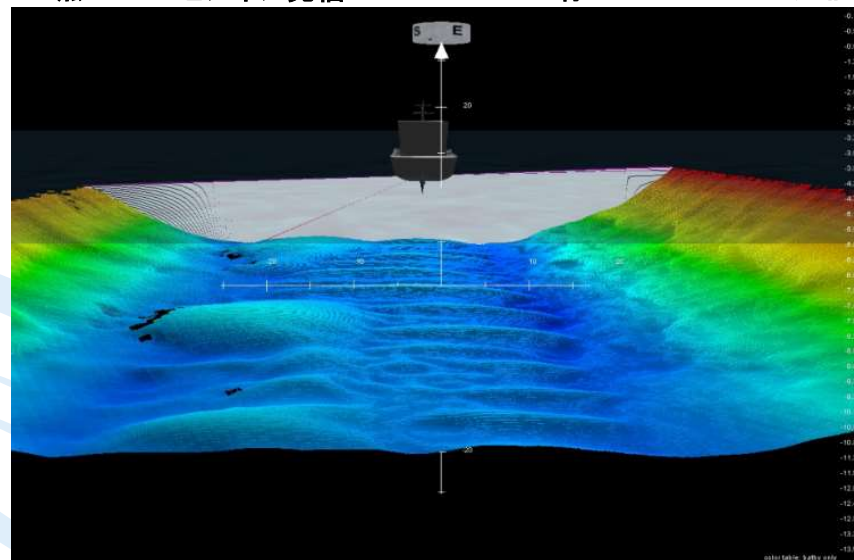
FM変調させたロングパルスを発信することで、測深解像度を維持しながらも、ロングレンジ・低ノイズを可能にします。



FRDH機能



FM無 ピンポン発信 FM有 同時発信

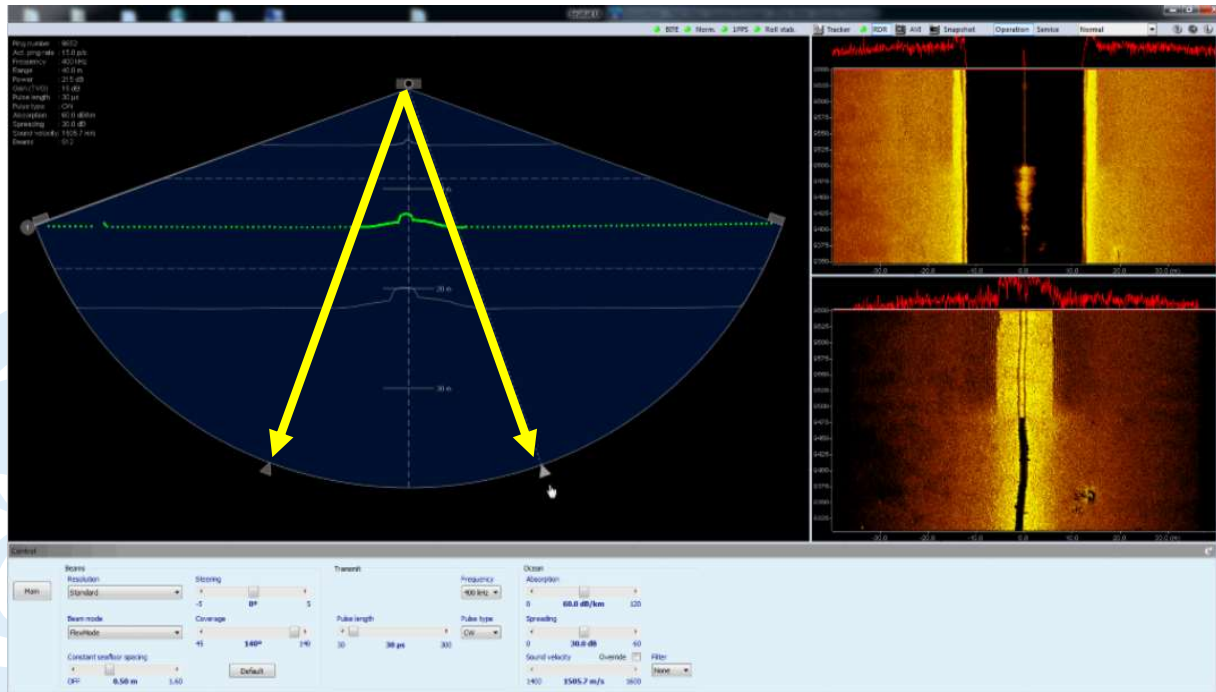


片方のソナーヘッドのパルスを高→低、もう片方を低→高に変調させることで、近接周波数・同パルス設定での両ヘッド同時発信 (FRDH: Full Rate Dual Head) を実現し、幅広スワスかつ、近似フットプリント・クオリティのデータ取得を行うことができます。

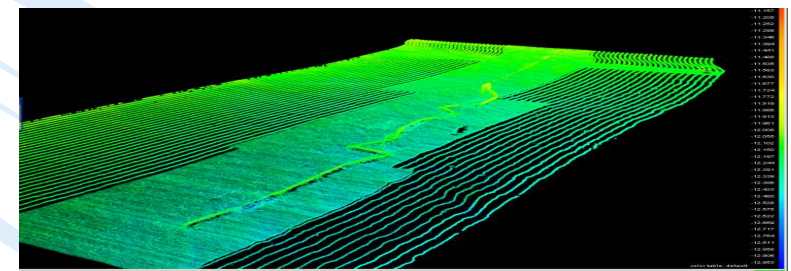
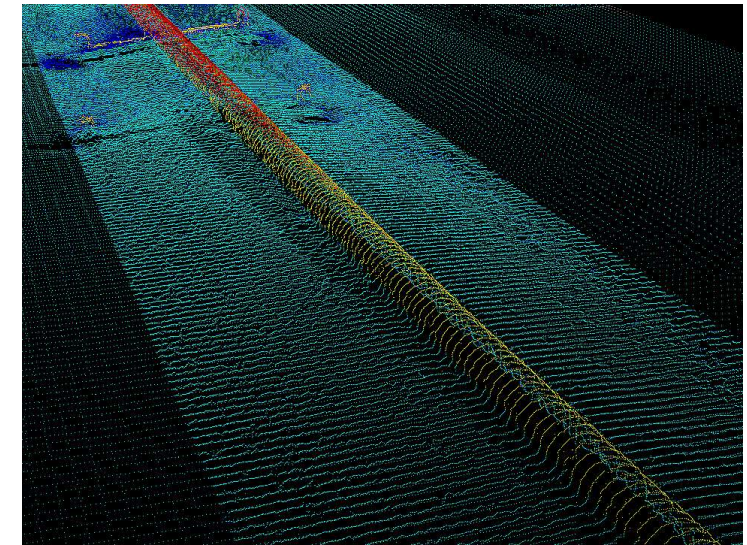
Hydro Systems Development, Inc.

Flex Modeオプシオン

Flex Mode機能は、スワス内の任意の幅にビームを収束させることで、
広スワスを維持しながら、任意エリアに超高密度帯を形成する。

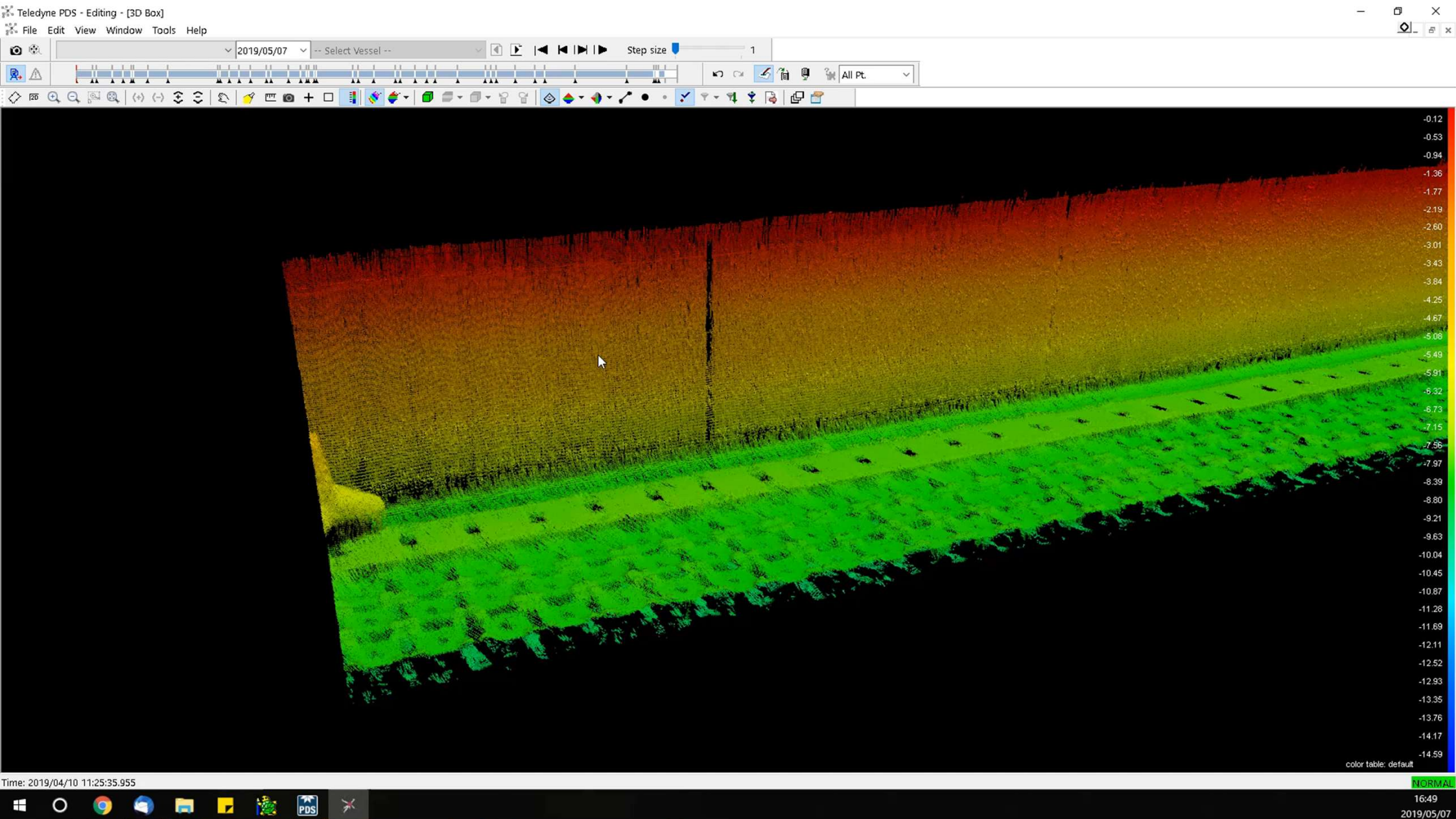


ソナー制御ソフト上では、マウス操作によるドラッグにより収束エリアを指定し、エリア外の測点間隔を指定することによりビーム密度を決定することで、直感的な操作が可能。

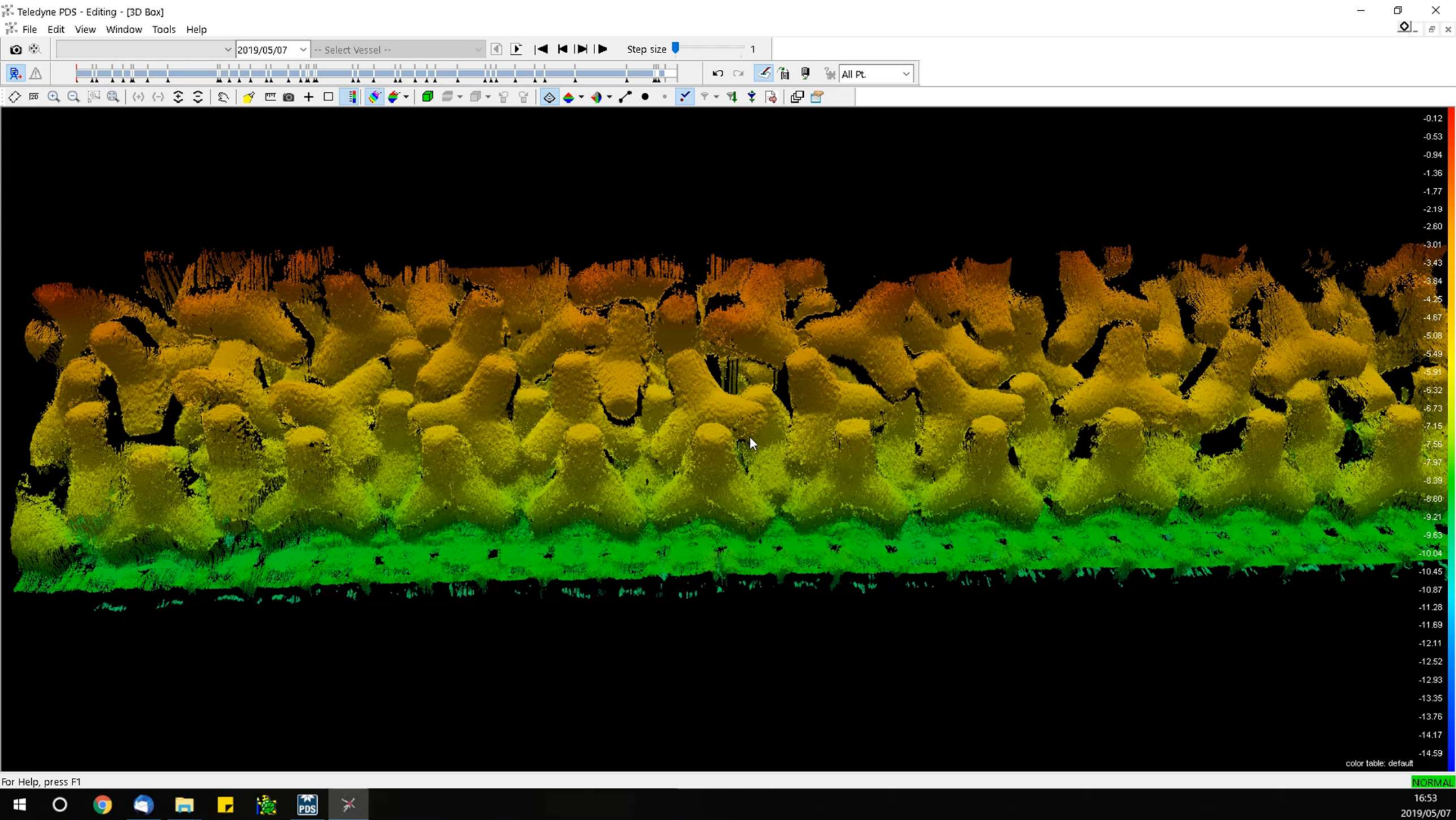


Flex-Modeを利用し、幅広いスワス測深をしながら、海底ケーブル部にビームを集約し高密度データを計測した例。

T20Pデータサンプル フレックスモード

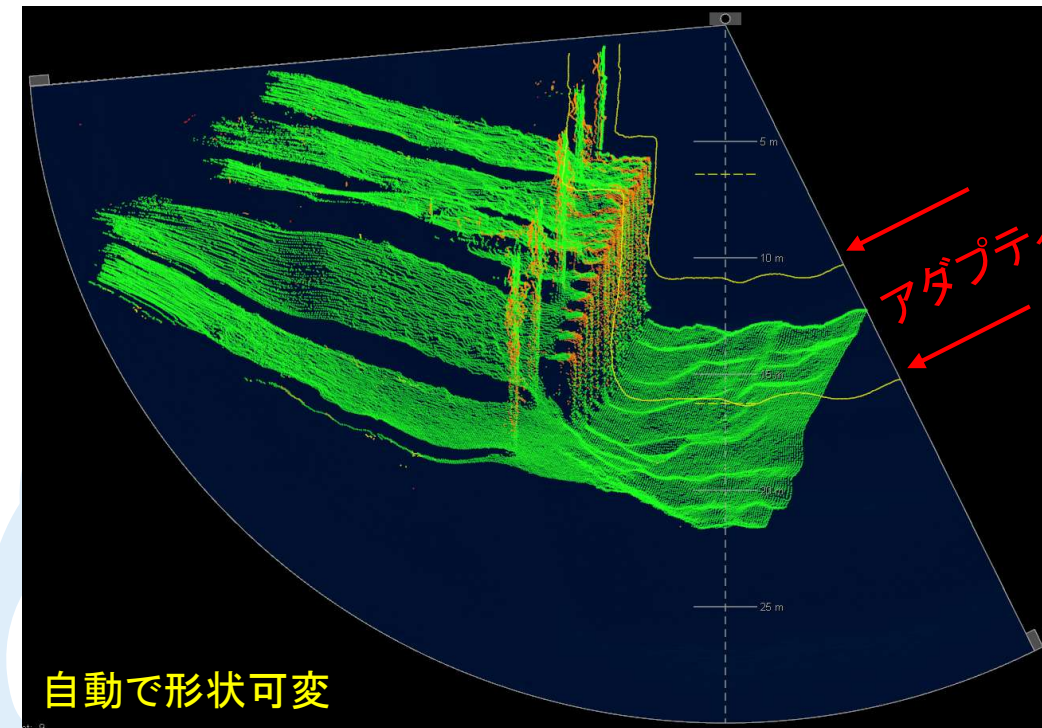


T20Pデータサンプル フレックスモード

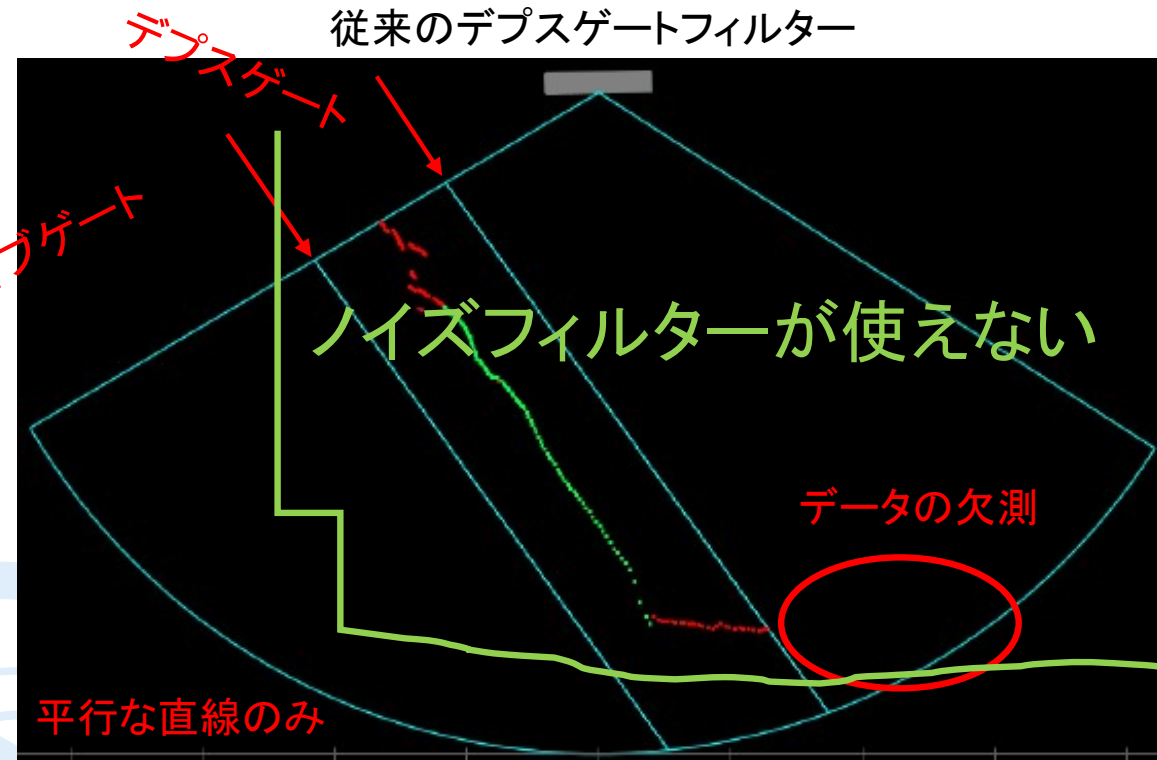


4. アダプティブゲートによる効率的なノイズ除去

SeaBatのアダプティブゲート

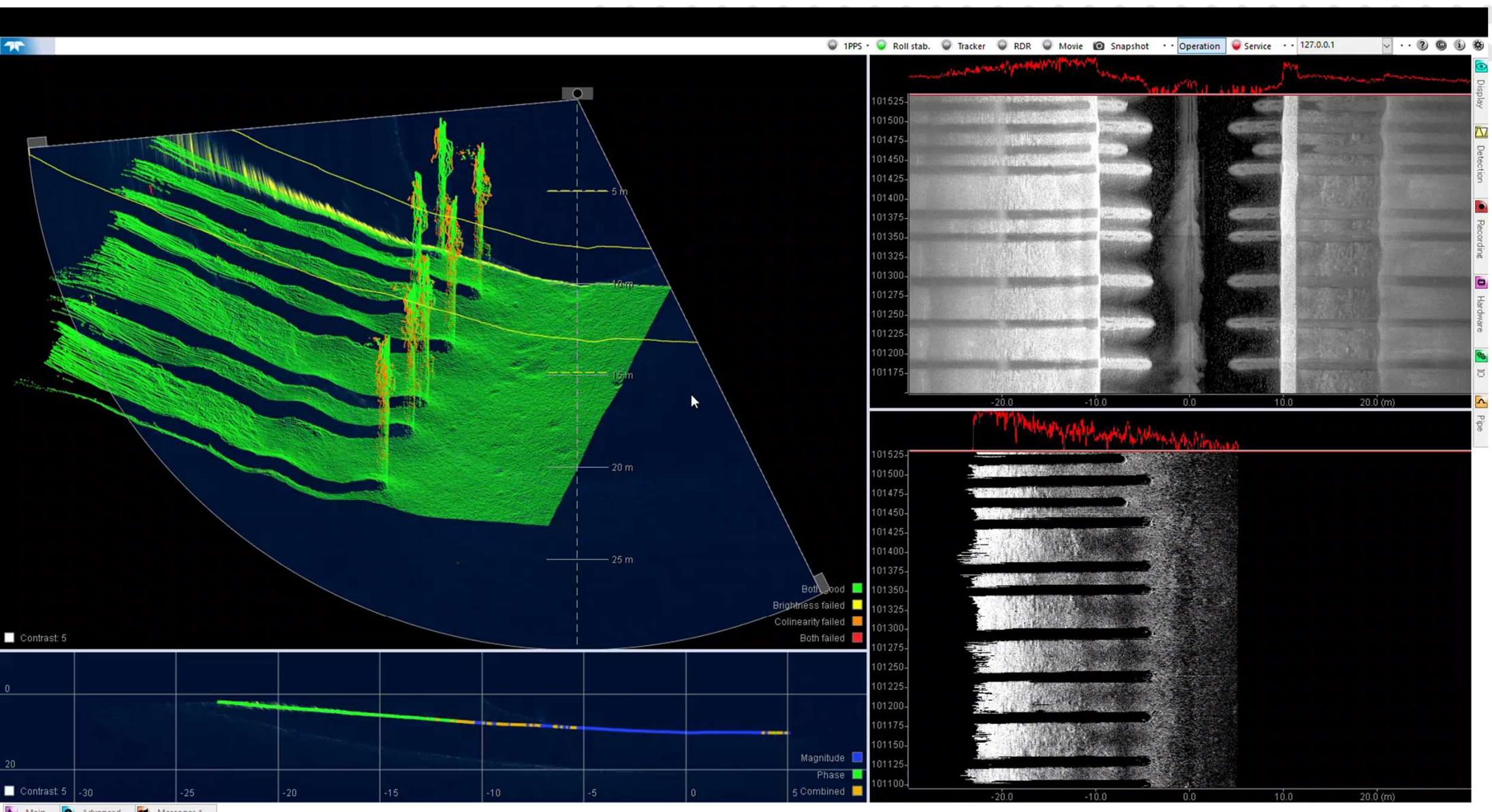


従来のデプスゲートフィルター

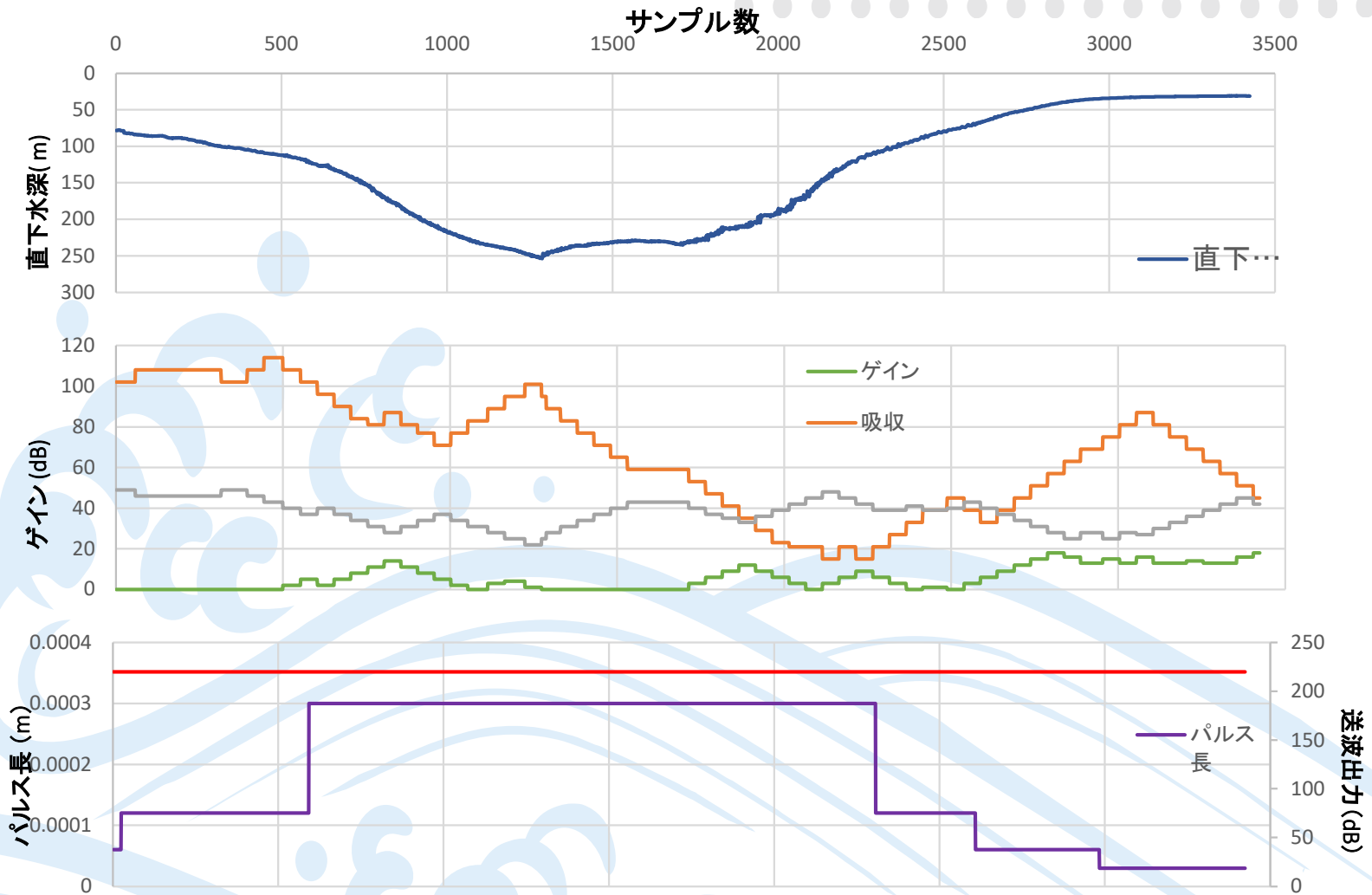


アダプティブゲート機能は、複雑な構造物でも形状に沿ったゲート窓を自動生成し、どのような地形でも効率的にノイズを除去するため、後処理の手間を大幅に削減します。

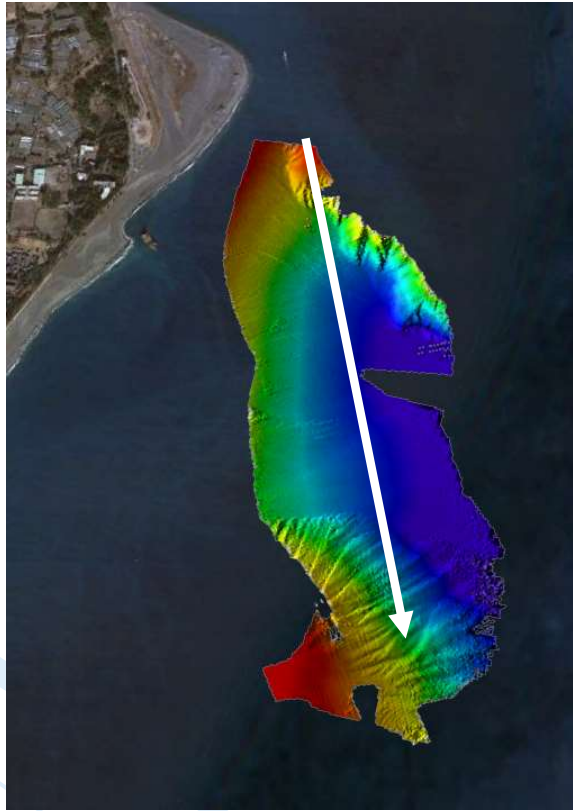
4. アダプティブゲートによる効率的なノイズ除去



5. 初心者にも優しい、オート計測モード



通常、水深変化が大きな場所などでは、送波ビーム特性を調整する必要があります



右図の海底地形を取得する際の直下水深の変化と、それに応じたSeaBatの自動パラメータ設定

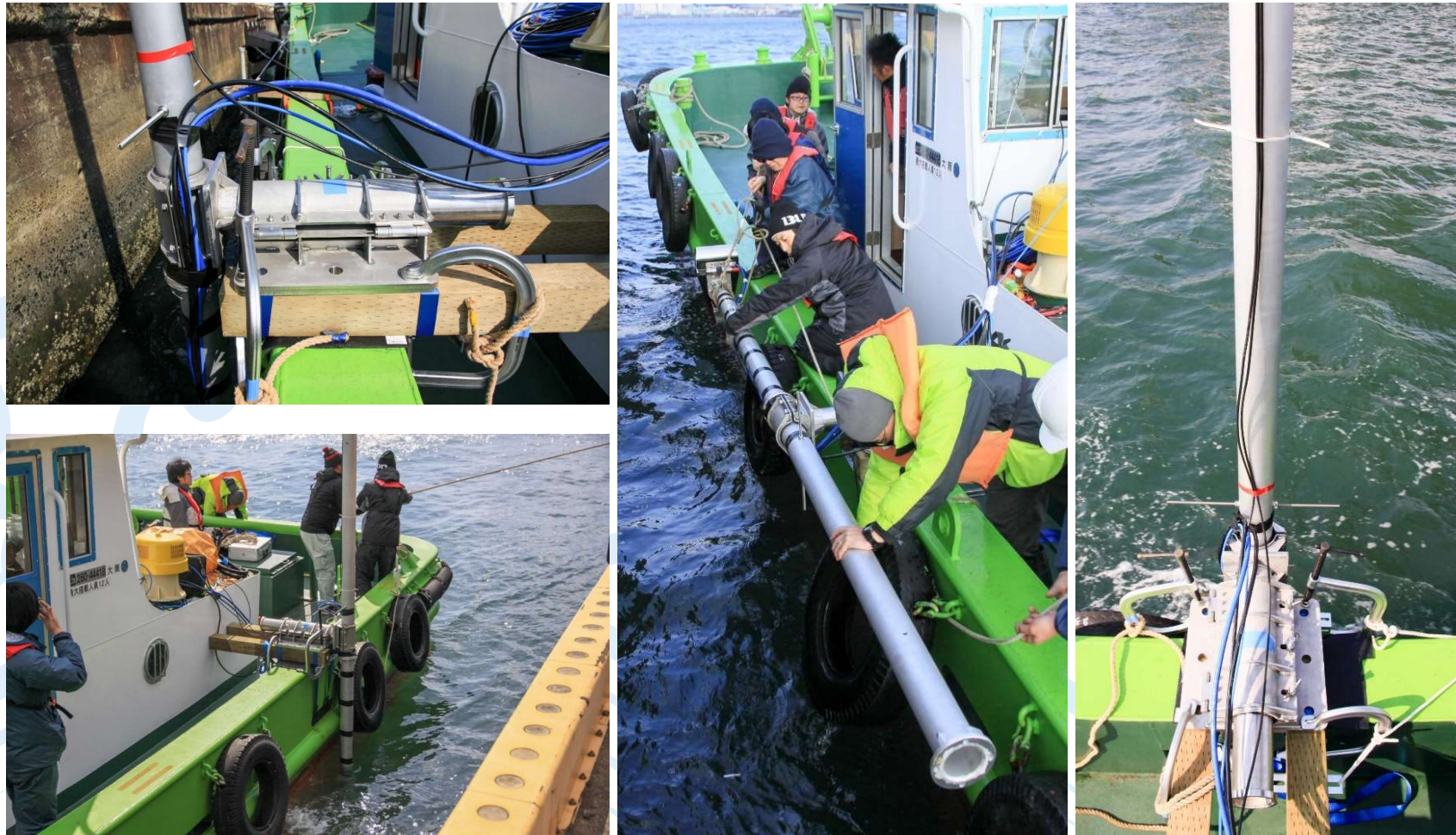
SeaBatでは、送波出力・パルス長・各種ゲイン・レンジ設定、などを自動調整します。



TPOに応じた艀装方法



T20/50P 艀装例 - 大型調査船舷側艀装



船速8ノットにも対応出来る堅牢な回転式ジグ

T20/50P 取付け自由度の高い回転治具（標準品）



自由度の高い舷側クランプ



船体外側側面へのジャッキアップ

強度が高く流水抵抗が小さい角形パイプ採用
 ポールの上下2点止めで微振動軽減
 簡単な回転機構、アンテナポールも転倒収納可能
 2人で1時間ほどで艀装可能



右図の矢印➡ ①を外し、②を緩めるとポールを回転させることができます。

※アンテナベースも折りたためるように設計されています。

設置に利便性の高い回転跳ね上げ式ジグ

- ・ポールを水平の状態を取付けできるため、乾舷の高い船でも艀装を安全に行うことができます。
- ・移動時のセンサー引上げの際にポールの取外しが不要
- ・船の振動や水の抵抗の影響を最小限に低減させた堅牢型
- ・様々な形状の船に対応できるユニバーサル設計

IMU: Apogee

表層音速度計

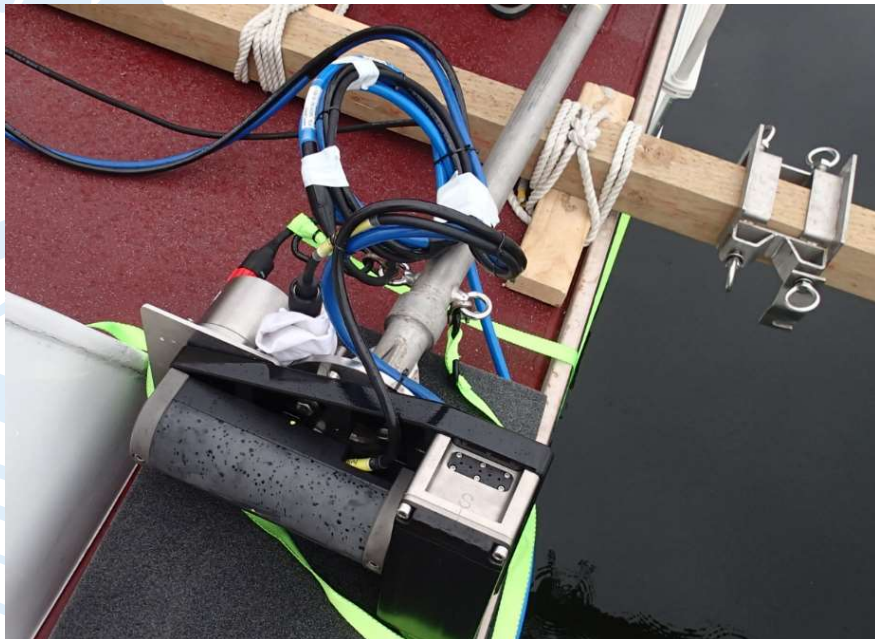
T50Pソナーヘッド

取付簡単な15° 傾斜ジグ
 カタマランボート、簡易舷側艀装にも応用できます。

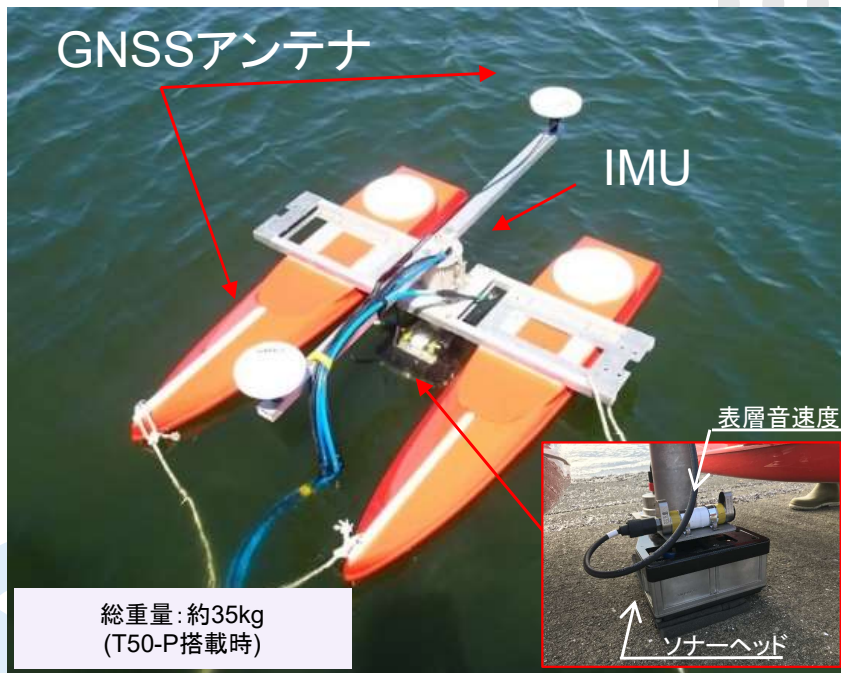
回転させるだけでなので再設置の際はオフセットの計測の必要がありません。

T20/50P 艀装例 - 小型船用の簡易ジグ

30分で艀装可能



曳航ボート (H-Boat)



ソナーがボートの重心に近い位置に取り付けられるため、動揺誤差が最小限となります。また吃水が40cmと浅いため浅場や岸際でも計測が可能です。船速3.5knotまで対応しています。

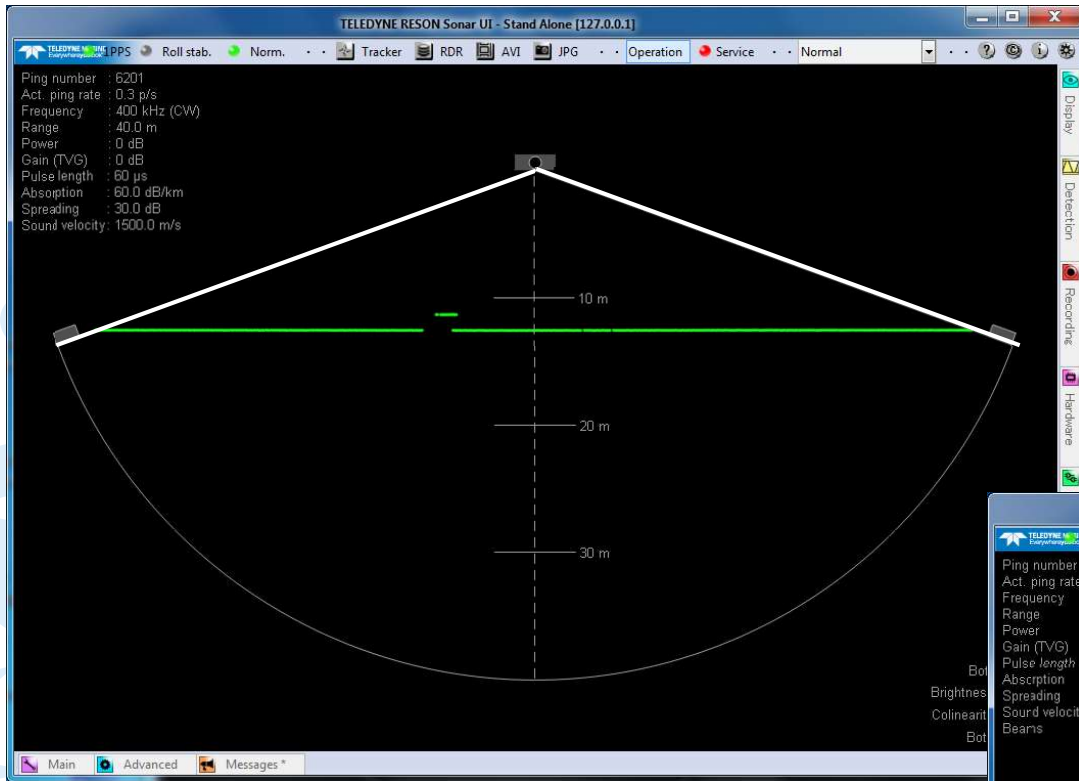


Carlson社製レーザースキャナーMerlinを搭載して水陸一体測量も可能です。

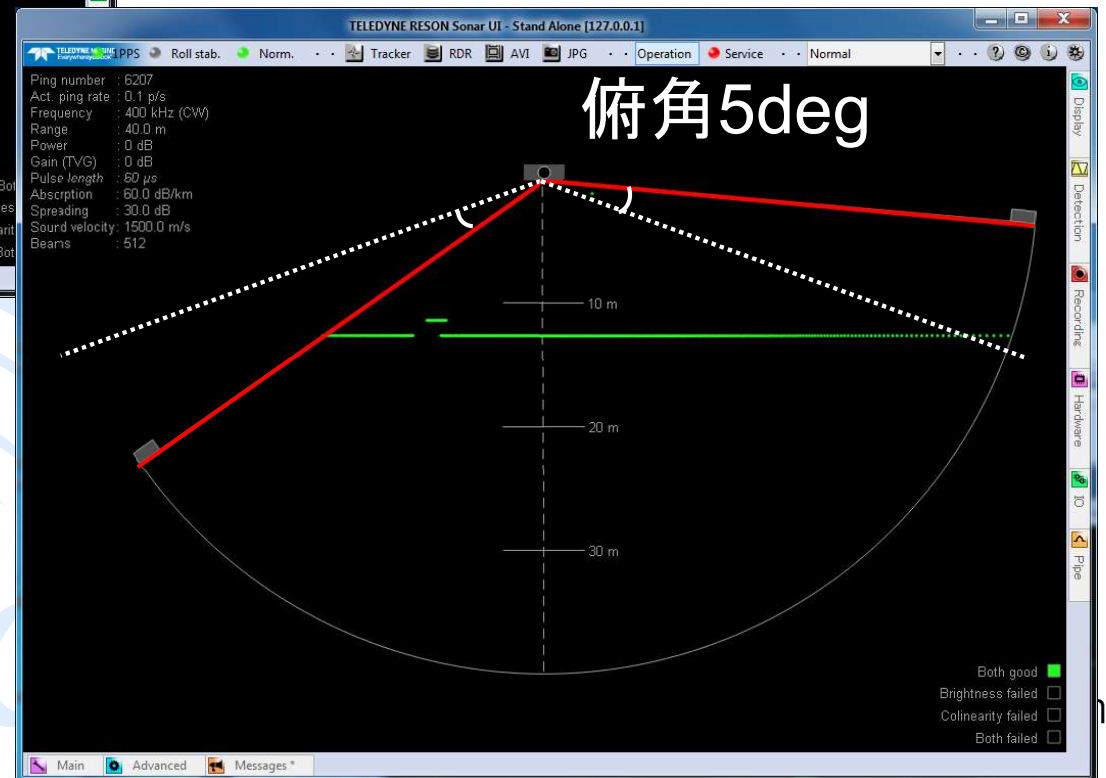
ポータブル船上ユニット：オールインワンボックス

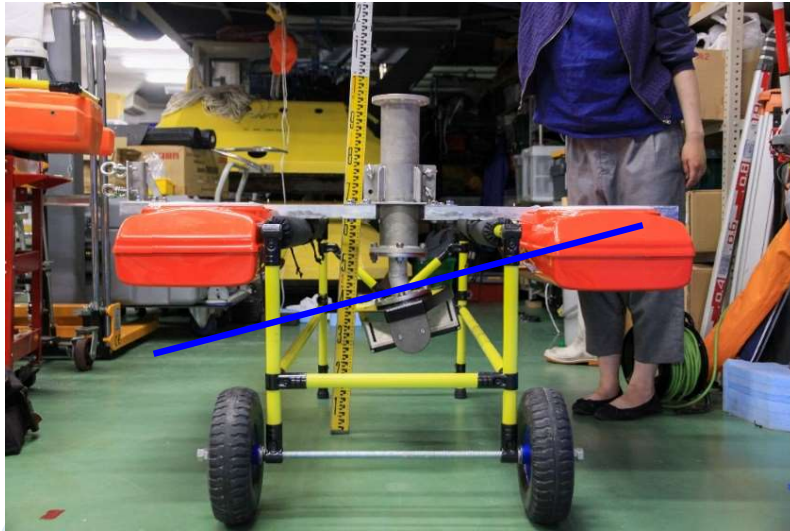


SeaBat T20/50 - ソナー制御ドライバ Sonar UI



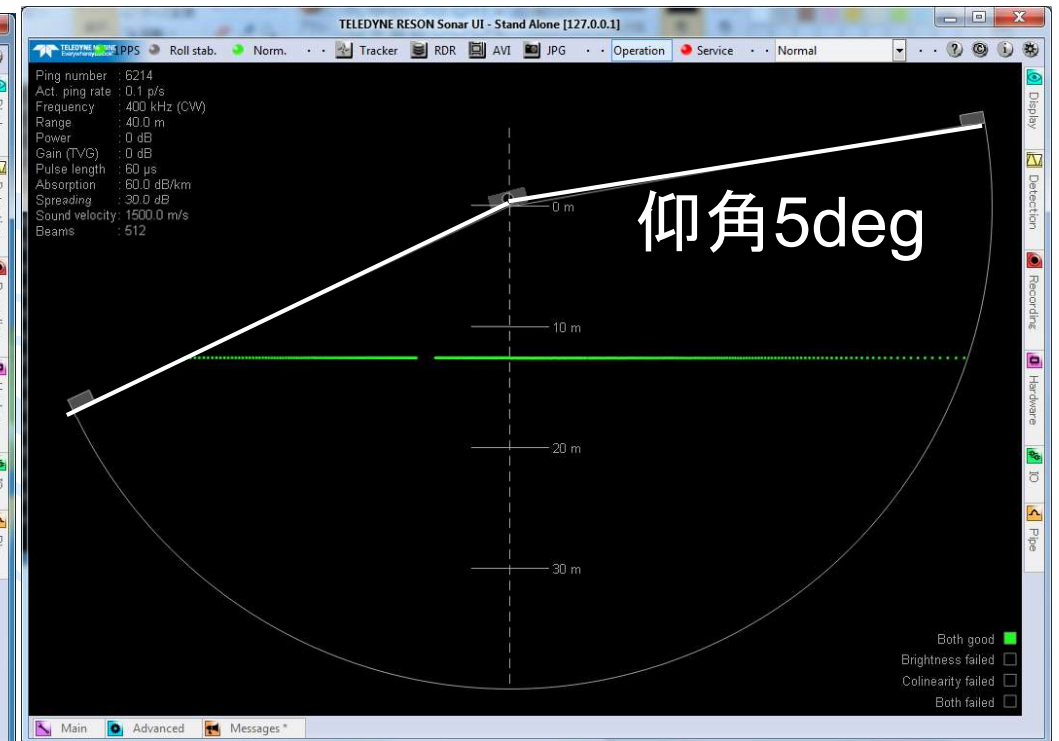
通常角度





ビームステアリング機能により、
ソフト的に
垂直スワスとサイドスワスが切り
替えます

15度ジグ使用時



SeaBatによる現場作業の省力化

1. 曳航ボートの活用



曳航ボートを使うメリット

- 船に艀装する手間が不要
- 全ての装置を組込んだ状態でワンボックスカーに搭載可能。
- 現地に到着してから準備時間が大幅に短縮出来る。
- 全てのソナーの位置関係が固定されるため、オフセット計測が不要。
- 現地到着後、概ね30分ほどで計測開始。
- 機材準備は2人で可能
- 測量船を選ばない。ゴムボートから鉄船まで、幅広く対応

SeaBatによる現場作業の省力化

シーバットT20/T50 船上ユニット用

2. オールインワンボックスの活用

船上の機材をスッキリ整理できます
現地でのセットアップ時間が短縮できます。ケーブル4本挿すだけ!!
防水型なので水しぶきも気にしない



船上がスッキリ片付きます

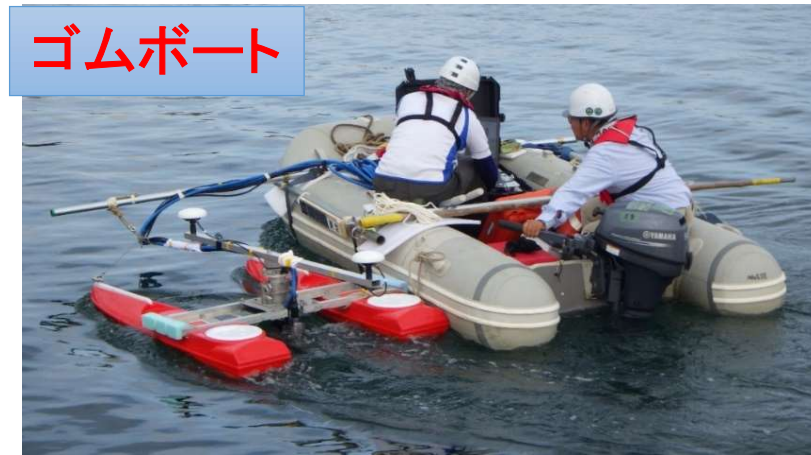


持ち運び, 輸送も
ワンボックス



SeaBatによる現場作業の省力化

観測船を選ばない。ゴムボートでも、鉄船でも、艀装は不要。



SeabatT20/T50が搭載できる自律航行型ラジコンボート

T-Boat

陸上レーザー



キャスター装備



ソナーが船底に格納されているので
座礁リスクが低減できます

タイヤが付きなのでローンチ &
リカバリーが簡単







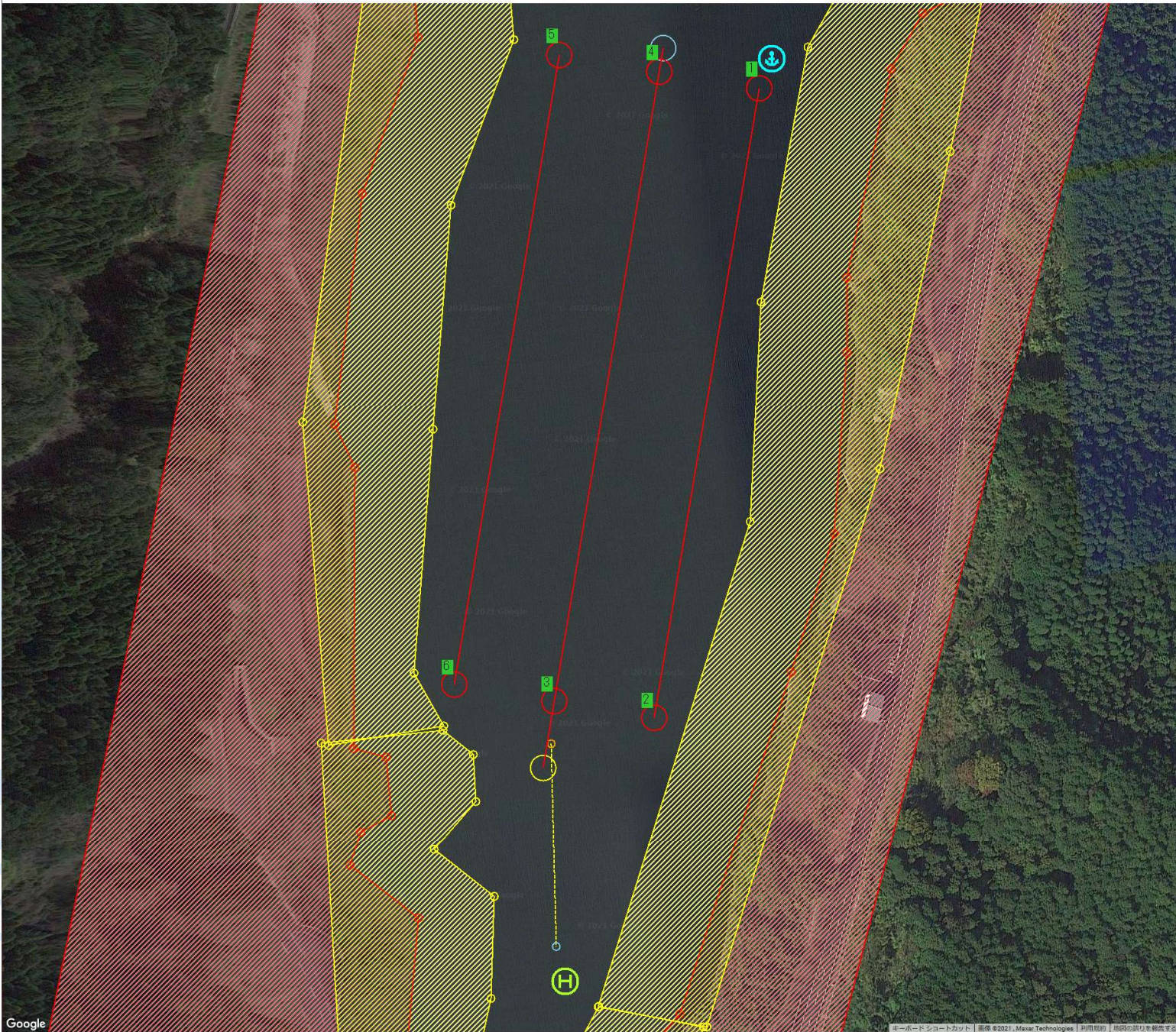
Alnavigator プランニング & リモートコントロールソフト

The screenshot displays the Alnavigator software interface. The main window shows a satellite map with a flight plan overlaid. The plan consists of a central red line with waypoints labeled 1 through 6, and a yellow hatched area representing a search or coverage zone. The interface includes a top menu bar with 'PLAN', 'TABLE', and 'MISSION' tabs. On the right side, there are several control panels:

- Canvas設定**: Includes radio buttons for '地図' (selected), '航空写真', and '航空写真ラベル'. A '拡大率' (Zoom) input is set to 18. There is a checkbox for 'ガイドグリッド表示'.
- ルート基本設定**: Includes radio buttons for '測線張り付き' (selected) and 'waypoint航法'. It features several input fields: 'ホームポジション直径(m)' (10.0), '待機ポイント直径(m)' (10.0), 'Waypoint直径(m)' (10.0), and '平行線間隔(m)' (Left: 50.0, Right: 50.0). There are checkboxes for '計測ルート順序表示' (checked) and 'GoBack順序表示'. A '全クリア' (Clear All) button is present.
- パフォーマンス**: Includes input fields for '最大速度制限(ノット)' (2.5) and 'ルート巡航速度(ノット)' (2.0). It has dropdown menus for '水面環境条件' (ダム・貯水池) and '完了時アクション' (WayPoint終点で待機).
- ルートファイル読み込 (Alnav,PDS,MP)**: A file selection field showing 'C:\test'.

At the bottom right, there is a 3D model of a yellow boat on water. Below it are two buttons: '強制停止' (Emergency Stop) and '閉じる' (Close). A legend at the bottom left shows color-coded circles for 'カー' (Car) and other elements.

Center coordinates: 中心緯度: 33.036264 中心経度: 130.068871 緯度 33.039904 経度 130.070883 度読み バージョン情報 (V) ▾



-
-
-
-
-
-
-
-

PLAN TABLE MISSION

番号	指令	Lat	Lng	速度	距離	削除
1	HomePosition	33.033639403	130.06861419	2.5	0.0	行削除
1	StandbyPoint	33.036914825	130.069488525	2.5	0.0	行削除
1	WayPoint	33.036814201	130.069433752	2.0	0.0	行削除
2	WayPoint	33.0345728	130.068990382	2.0	252.0	行削除
3	WayPoint	33.034632064	130.068567998	2.0	40.0	行削除
4	WayPoint	33.036873491	130.069011368	2.0	252.0	行削除
5	WayPoint	33.036932764	130.068588622	2.0	40.0	行削除
6	WayPoint	33.034691317	130.068145611	2.0	252.0	行削除
1	Go Back	33.034482882	130.068554508	2.5	0.0	行削除
2	Go Back	33.033762268	130.06857596	2.5	79.9	行削除

計測ルート総距離 835.98 m 予定時間 00:13:33

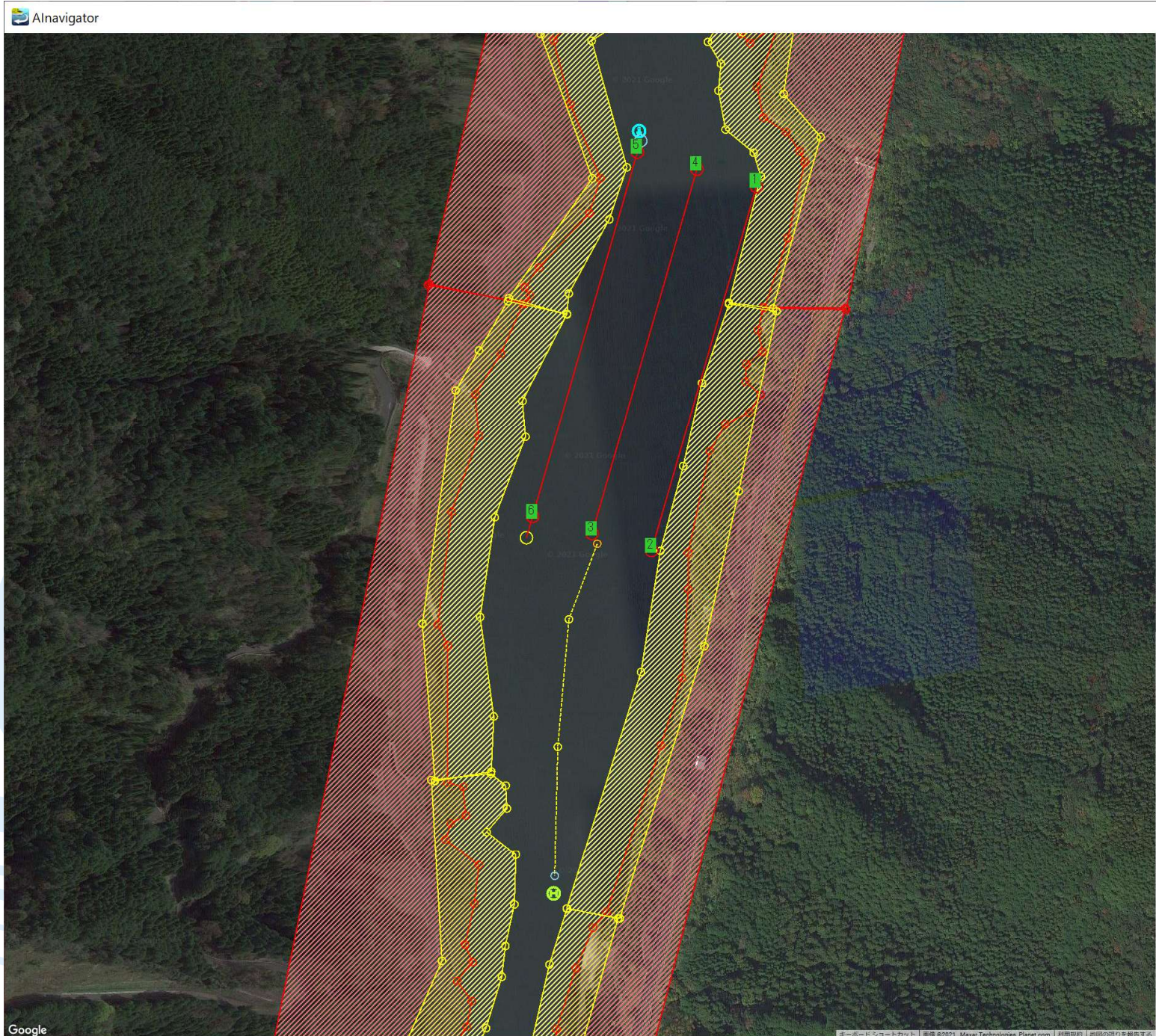
ミッション名 Subject

中木庭ダム_測線3_sas 20211014 .csv ミッション転送

CSVファイル保存 C:\ttest 保存



強制停止 閉じる



ターゲット
方位
距離
速度
所要時間
目標



制御

その場で定点保持	待機ポイントに移動
ホームに移動	Gobackルートで帰る
ホームに設定	

自律航行

ルート航行開始	一時停止(定点)
---------	----------

航跡

追跡開始	航跡クリア	<input type="checkbox"/> ポート追跡
------	-------	--------------------------------

アプリ関連

UDP通信ログ出力 送信無し目標リスト作成

新ミッションファイル作成

シミュレーションモード

NMEA	R/C	スラスタ
未接続	未接続	未接続

IP: 127.0.0.1 送信PORT: 8156 受信PORT: 8157

接続変更





水陸一体測量のご紹介



水陸一体測量

Merlinとは

船舶専用高精度レーザースキャナ。 **±1cmの高精度、最大250m程度**までスキャン可能な**ハイクラスのレーザー**です。マルチビーム測量で使用するIMUやGNSS、ソフトウェアを共有利用できるので、追加で周辺機器やソフトウェアを購入する必要がありません。また艙装も簡易に行うことができます。

・本体は小型で可搬性に優れ、海洋環境に耐える筐体は、設置性や利便性の高いと設計となっています。



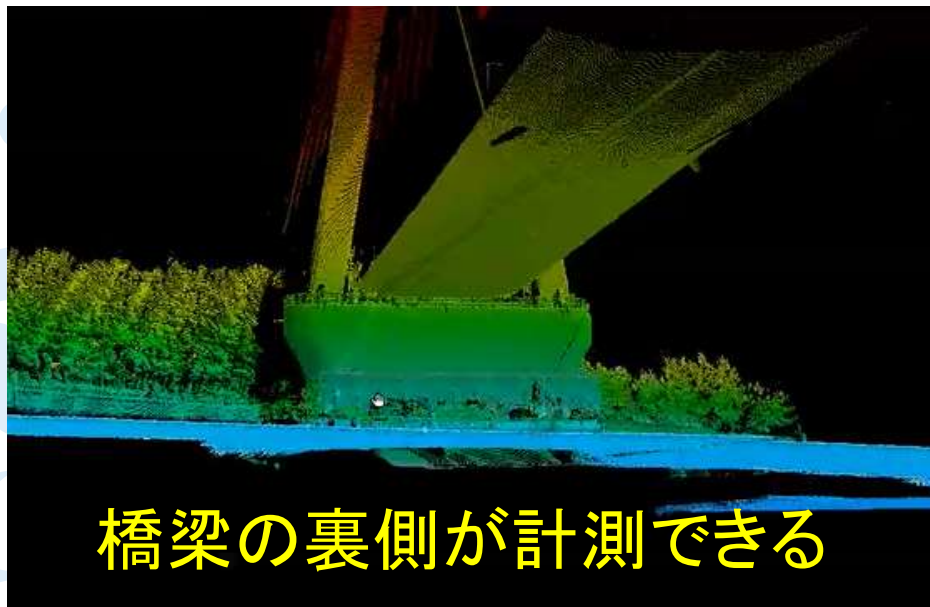
◎マルチビームソナーと陸上レーザーを同時に計測することで、護岸やテトラポットなど、水中構造物のシームレスな点群データの取得を実現

◎ダム湖・河川管理、港湾工事、浚渫工事など、水中構造物測量の効率化

◎水陸一体測量向けに開発されたMerlinはINSやソフトをマルチビームソナーと共有することができます。

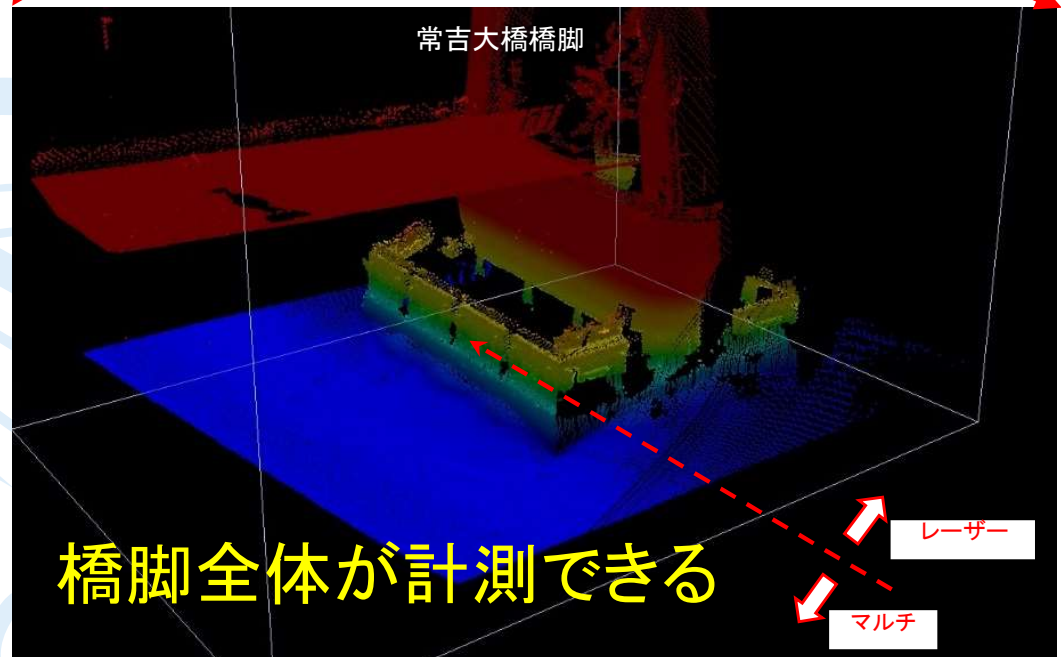
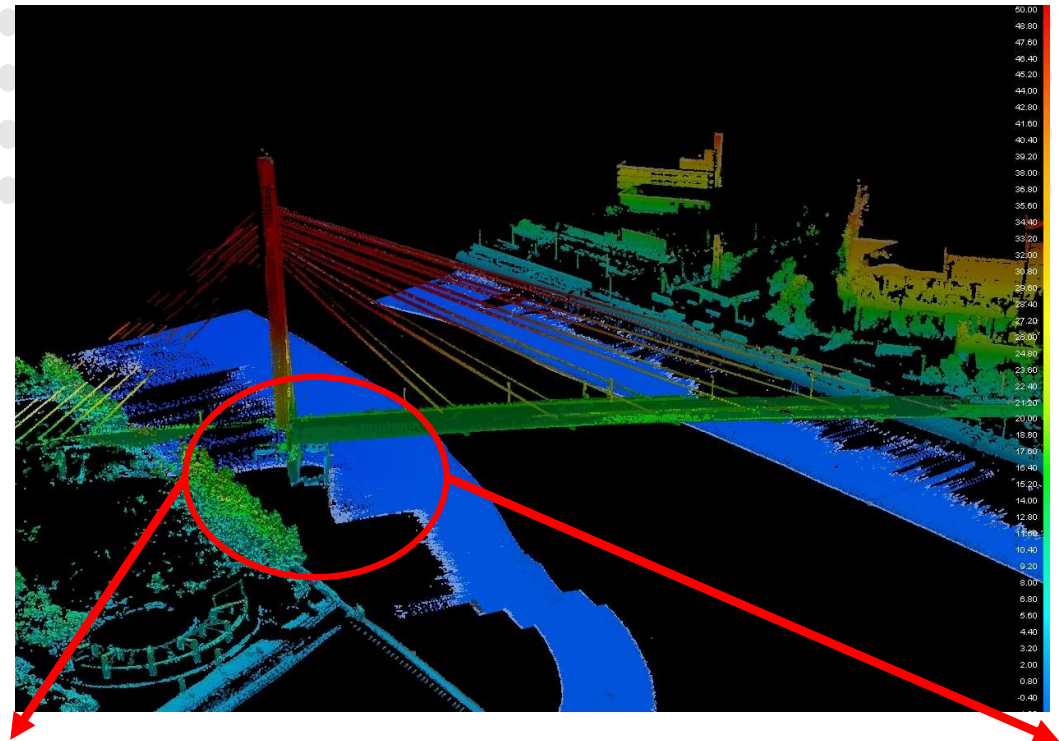


アプリケーション：水中構造物点検、橋脚・護岸調査、水路測量、港湾航路測量、浚渫出来形確認、海底ケーブル調査、漁礁設置確認等



水陸一体測量のメリット

橋脚や橋梁の裏側が計測できる
マルチビームと同時に計測できる
高級なIMUを使うので精度がよい



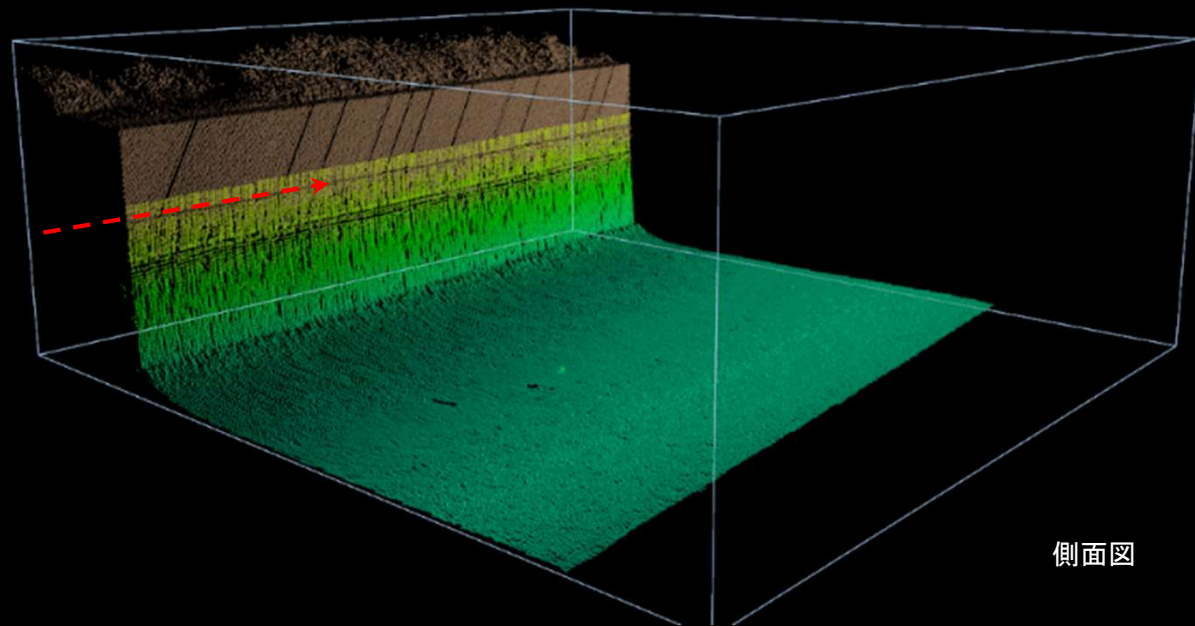
点群データ - 直護岸

大阪北港 ヨットハーバー付近
防波堤

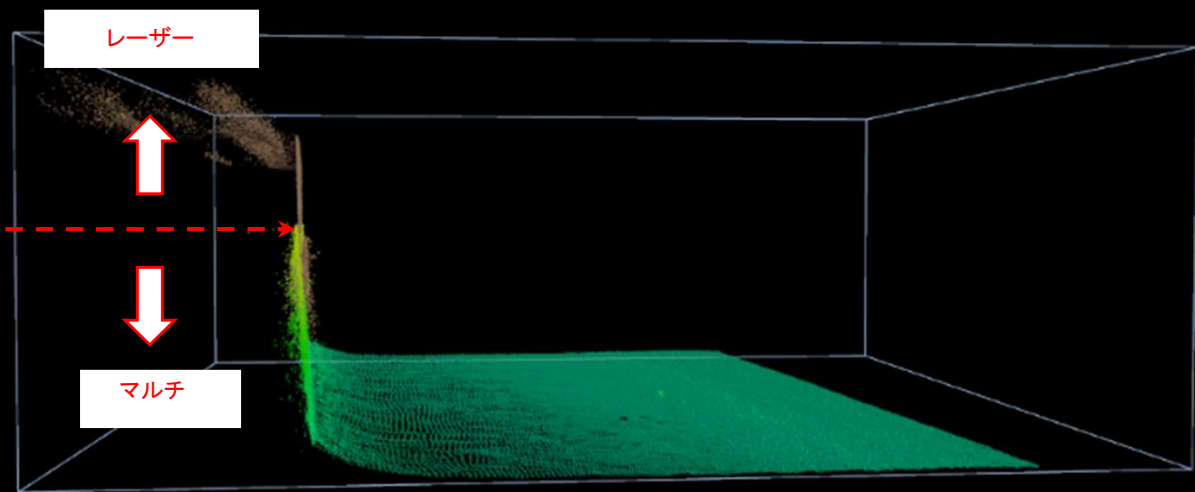


水陸を同時に計測することで、
つなぎ目のないシームレスな
データが取得できます

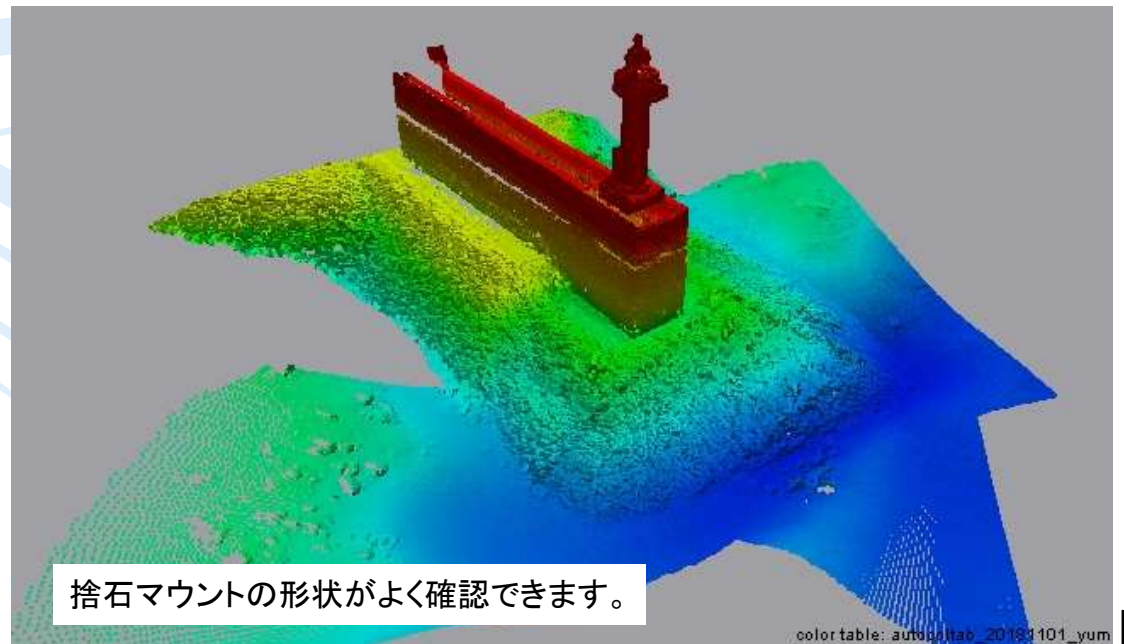
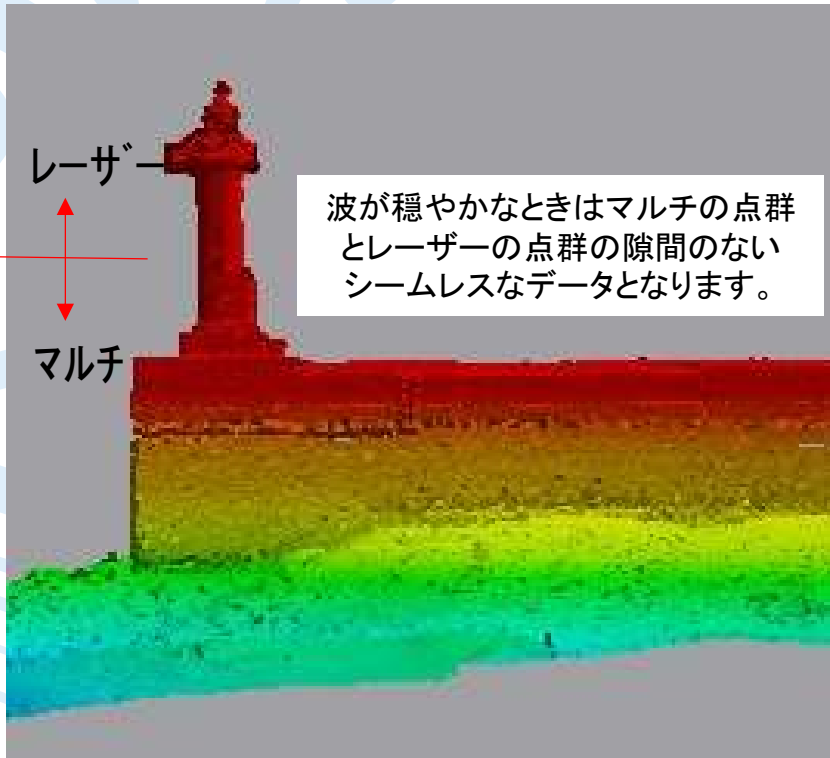
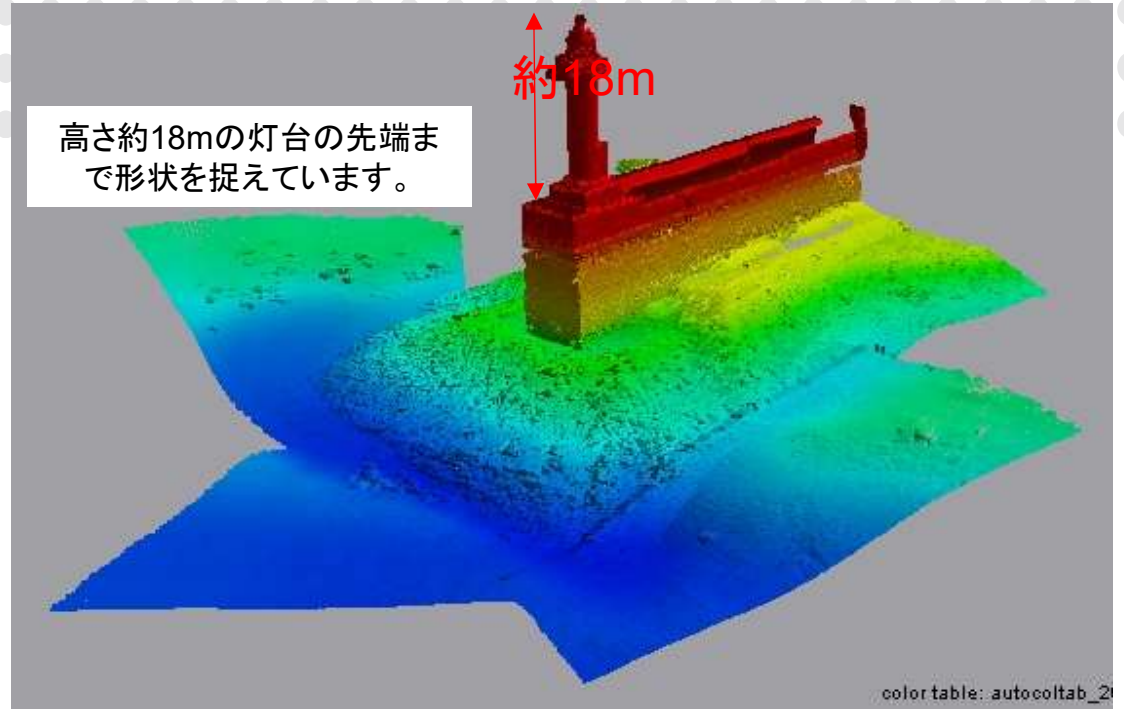
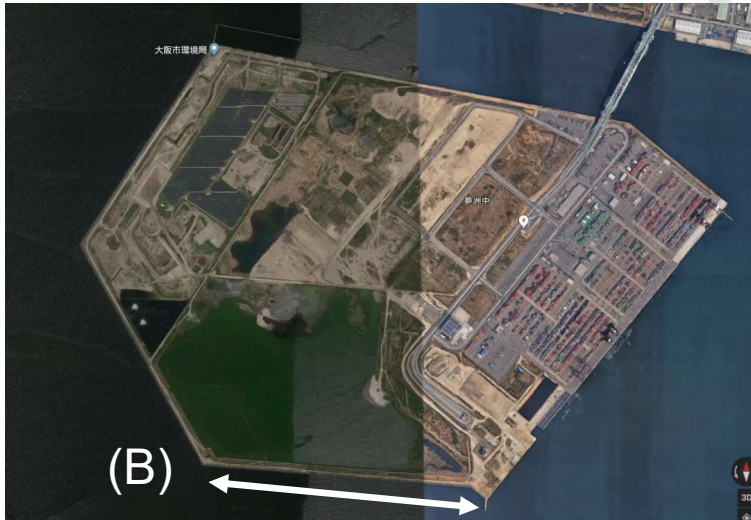
舞洲スラッジセンター付近 直護岸

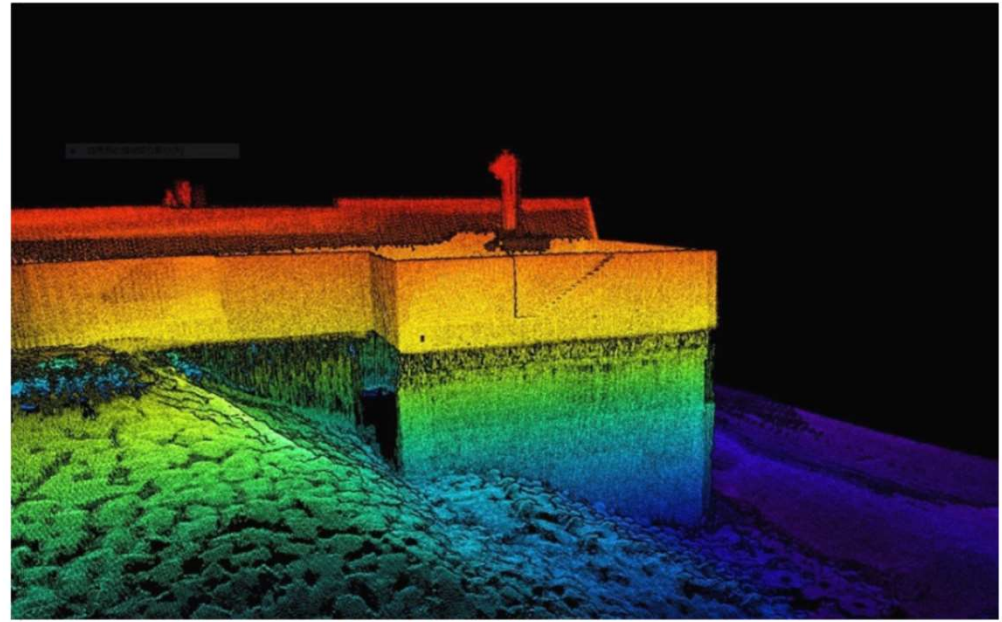
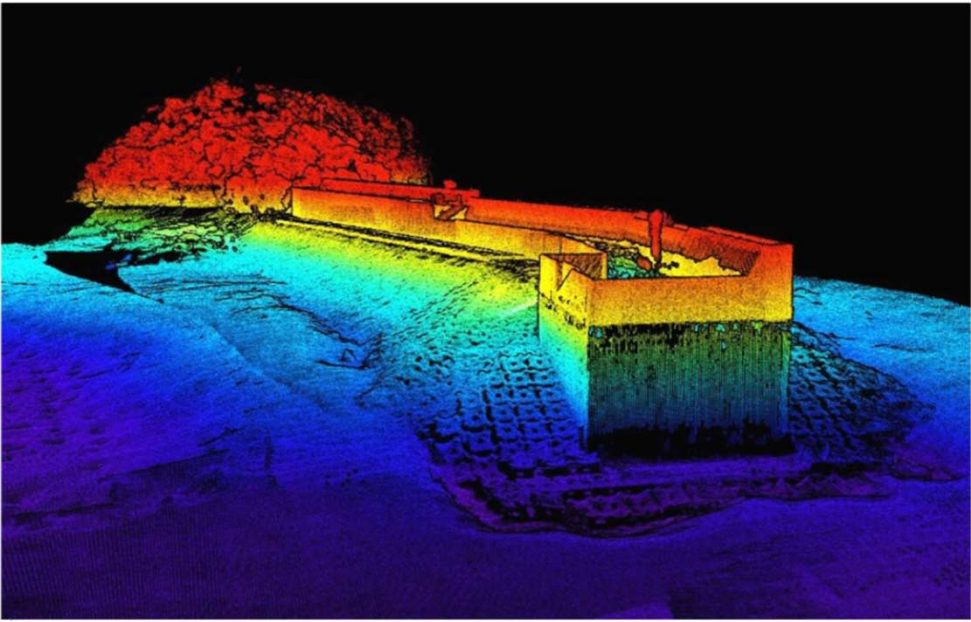
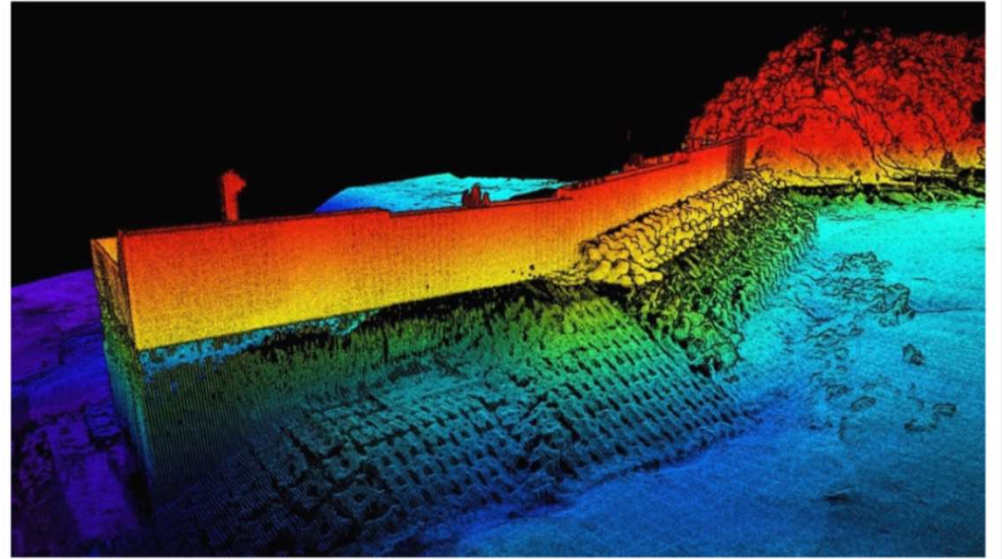
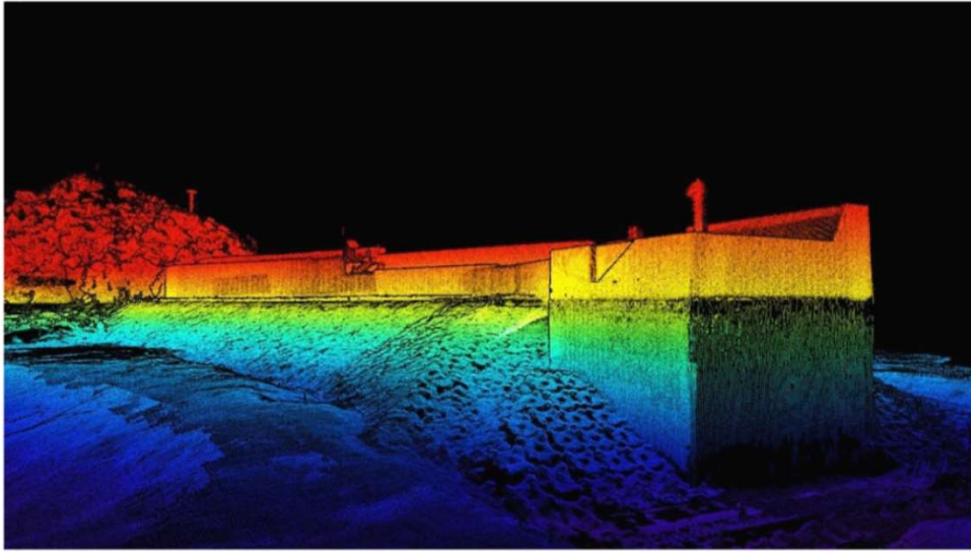


側面図

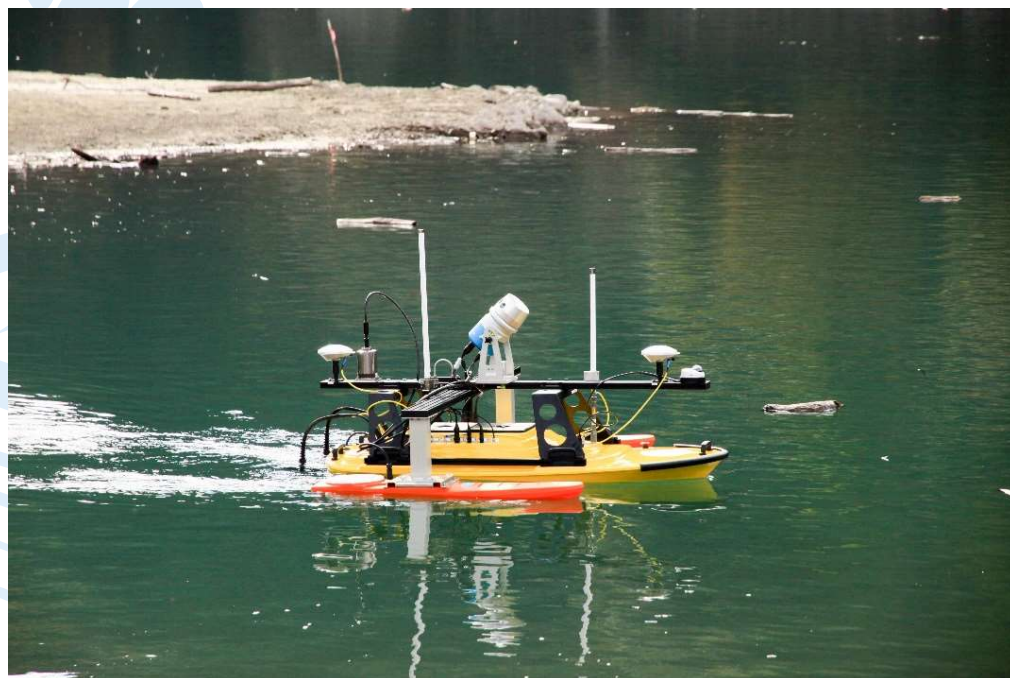


断面図

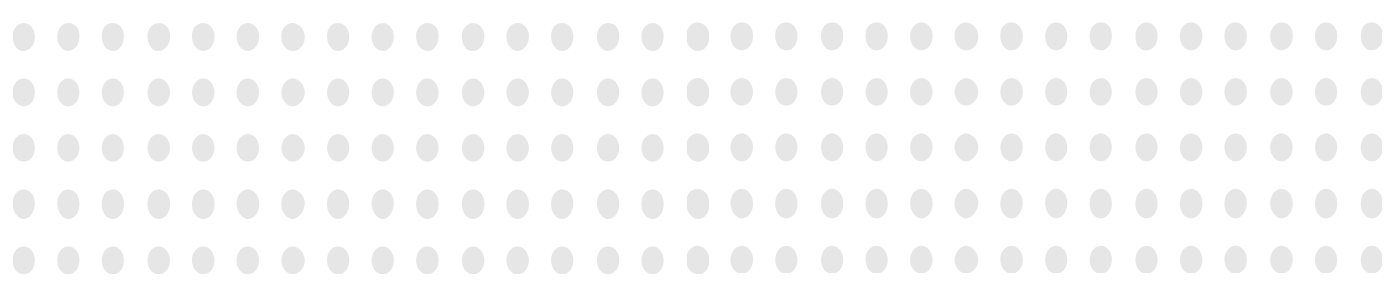




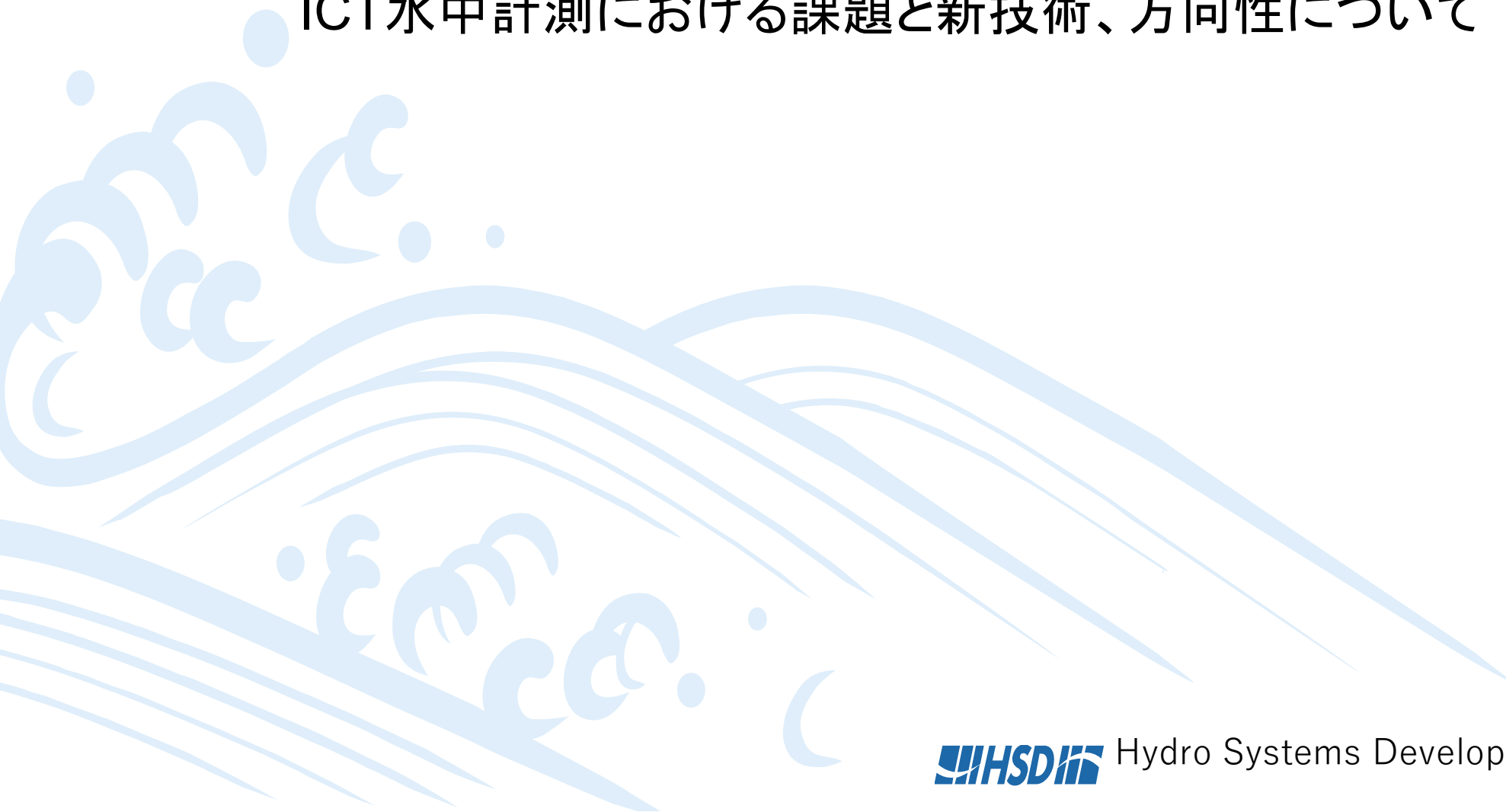
T-Boatによるダム碓砂測量(水陸一体測量)



第2部



ICT水中計測における課題と新技術、方向性について



R3年、水中ICT施工の方向性について



資料-1

港湾における i-Construction 推進委員会

第2回 委員会資料

令和 3年 2月 10日



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



Hydro Systems Development, Inc.

港湾におけるi-Construction活用推進に向けたロードマップ(案) (1/2)

(黒字:計画と同じ、赤字:新規実施)

方針	工程	項目	～H29d	H30d	R1d	R2d	R3d	R4d	R5d～	
ICT 浚渫工の推進	浚渫工	測量設計		○マルチビームを活用した深淺測量の本格運用		○マルチビームを活用した深淺測量の本格運用 ・取得データ解析の迅速化等				
		施工	○試行工事 (測量のみ)の実施	○ICT浚渫工(測量のみ)の本格運用 ・WTO・A等級は、「発注者指定型」 ・B・C等級は、「施工者希望型」	○モデル工事 (施工ICT化)の実施 ・3次元データ活用、 施工状況の可視化	○試行工事 (施工ICT化)の実施	既に本格運用が始まっている ・取得データ解析の迅速化 ・測量成果資料の統合・簡素化 ・施工中における適用技術の検討 ・施工履歴の活用 ・施工の自動化等			
		要領基準	○各種要領の整備・検証・改定 ・測量マニュアル ・数量算出、 出来形管理 ・監督・検査 ・積算(測量のみ)	○各種要領の整備・検証・改定 ・測量マニュアル ・数量算出、 出来形管理 ・監督・検査 ・積算(測量のみ、施工部分)			○ICT浚渫工の各種要領の検証・改定 ・測量マニュアル、数量算出要領、出来形管理要領、出来形管理の監督検査要領 ・積算要領 ・実施要領			
ICT 活用事業の拡大	測量・設計					○マルチビームを活用した深淺測量の本格運用(取得データ解析の迅速化等)				
	基礎工 (捨石投入)	施工		○モデル工事の実施 ・適用技術(可視化等)の検討、効果の検証		○試行工事の実施 ・施工中や出来形計測における適用技術の検討、施工履歴の活用 等			○ICT基礎工・ブロック据付工の本格運用	
	ブロック据付工 (被覆・根固・消波)	要領基準		○各種要領の検討・整備 ・数量算出(基礎工) ・完成形状確認(ブロック据付工) ・積算要領 ・実施要領						
	本体内工 (ケーソン式)	施工			○モデル工事の実施に向けた検討 ・ケーソン据付システムの標準仕様	○モデル工事の実施 ・ケーソン据付システム(技術的課題の検証)等		○試行工事の実施 ・ケーソン据付システム: 技術的課題の検証等		
	本体内工 (ケーソン式)	要領基準			○各種要領の整備 ・積算要領		○積算要領の検証・改定		○各種要領の検証・改定、検討・整備	
海上地盤改良工 (床掘工・置換工)	施工			○先行工事の実施 ・九州地盤(新門司)		○先行工事の結果の検証	○モデル工事の実施 ・施工中や出来形計測の適用技術の検討、 施工履歴の活用 等	○ICT海上地盤改良工 (床掘・置換工)の本格運用		
海上地盤改良工 (床掘工・置換工)	要領基準			○各種要領の整備 ・素案(九州地盤版)		○各種要領の整備 ・全国版への展開	○各種要領の検証・改定、検討・整備	○各種要領の検証・改定		
その他工種	-					○工種等に限定せず、現場で実証しながら、標準化を検討				
○I-Constructionの推進による効率化 ・現場が求める技術課題を、現場で実証しながら適用性を評価し、港湾事業への適用技術として標準化										

これから試験施工が始まるころ

本年度の検討内容

- 試行工事結果の整理・分析(アンケート結果、実績データ)や、フォローアップ調査等を実施し、ICT活用工事の推進・拡大に向けて、生産性向上の観点から、**課題の抽出・整理、対応策の検討**を行うとともに、**各種要領(案)の作成(改定、新規策定)**を行う。

- 活用工事のフォローアップ(関係者ヒアリング、実証実験等)
- 活用工事結果の整理・分析(アンケート、取得データ等)

課題

課題の抽出・整理・対応策の検討

- 3次元点群データ解析の迅速化(マルチビーム取得データのノイズ処理等)
- 施工中の管理や、出来形計測における適用技術の検討
- 施工履歴の活用(機械均し、ブロック据付のガイダンス情報等)
- 施工の自動化
- 提出資料の簡素化(浚渫工における出来形と水路測量の成果の統合等)

A

B

/等

各種要領(案)の作成

- ◆ 現行要領の改定: **【ICT浚渫工】【ICT基礎工】【ICTブロック据付工】
【ICT本体工】**
- ◆ 新規要領の策定: **【ICT海上地盤改良工(床掘工・置換工)】**

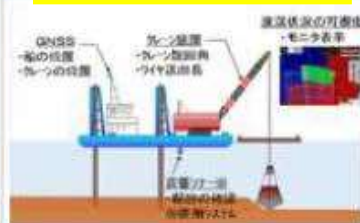
課題の抽出・整理、対応策の検討

■ ヒアリング結果等を踏まえたICT活用工事に係る主な課題・対応策 (1/3)




工種	適用技術等	計測時期	課題	対応策(案)
ICT浚渫工	マルチビーム音響測深機	起工・出来形 (B)	<ul style="list-style-type: none"> 機材の艤装の時間・労力 取得データ解析の時間 提出書類作成の時間・労力 	<ul style="list-style-type: none"> 測深に係る機材の改良・開発 (小型化・軽量化、パッケージ化等) 新たなデータ処理手法やソフトウェアの導入等による取得データ解析の効率化 (クラウドやAIの活用、CUBE処理の導入等) 機材やソフトウェアの取扱技術の習熟 提出書類の簡素化・統一化 (出来形と水路測量の成果の統合等)
		施工中 (可視化)	<ul style="list-style-type: none"> 機材の艤装の時間・労力 取得データ解析の時間 リアルタイムでの管理 	<ul style="list-style-type: none"> 測深に係る機材の改良・開発 (小型化・軽量化、パッケージ化、濁り・気泡への対応等) 新たなデータ処理手法やソフトウェアの導入等 (クラウドやAI、CUBE処理、濁り・泡などへの対応等) 機材やソフトウェアの取扱技術の習熟 計測方法の工夫
	浚渫工 施工管理システム (施工履歴の活用)	施工中 (可視化)	<ul style="list-style-type: none"> 各システムの計測データ (施工履歴) の出来形管理への適用性 使用機材の水路測量適用性 (C) 	<ul style="list-style-type: none"> 現場での検証試験の実施 (各システムから取得した施工履歴データの出来形検査への適用性の検証等) システムや機材の改良・開発 (水路測量で規定されている測深機器の導入: システムへのマルチビーム測深機の搭載等)
	浚渫工 自動化施工システム (自動制御、自動運転等)	施工中 (省力化)	<ul style="list-style-type: none"> 船舶・機材の対応(改造等)に係る設備投資 関連機材メーカーの対応 	<ul style="list-style-type: none"> 推進方策の検討(開発・導入に対する配慮等)

A

C



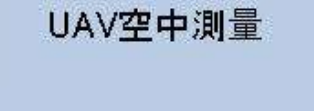
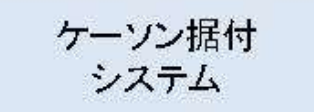


■ヒアリング結果等を踏まえたICT活用工事に係る主な課題・対応策 (2/3)

工種	適用技術等		標準化に向けた課題	標準化に向けた対応策(案)
	区分	適用技術		
ICT基礎工	捨石投入	捨石投入作業 支援システム 	施工中 (可視化) <ul style="list-style-type: none"> 投入船への機材の艤装に係る時間・安全性 システムへのデータ入力作業の煩雑さ (現状、投入数量の推算・可視化に必要なバケット投入回数は手動入力) 	<ul style="list-style-type: none"> 艤装作業の迅速化・安全化 (GNSSの取付・取外の簡易化等の機材改良) データ入力作業の自動化(システム改良) 投入船(ガット船等)へのシステム装備の標準化 (推進方策の検討・機材導入や艤装時間への配慮等)
	捨石均し	機械均し (施工履歴の活用) 	施工中 (可視化) <ul style="list-style-type: none"> 各均し機の計測データ(施工履歴)の出来形管理への適用性 	<ul style="list-style-type: none"> 現場での検証試験の実施 (機械均し機には多くのタイプが存在することから、各タイプの均し機の管理システムから取得した施工履歴データの出来形検査への適用性の検証等) 試験結果を踏まえたシステム構成や計測基準等の明確化(各種要領の整備等)
	捨石均し	出来形の計測機器・計測方法 (人力均し対応) 	完成時 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; font-size: 2em; font-weight: bold; margin-top: 10px;">E</div>	<ul style="list-style-type: none"> 捨石(均し)の出来形計測に対応した機器・手法 (現状、船上からのマルチビーム測深では、 ・本均しの管理精度±5cmへの対応が困難 ・また、データ処理に時間がかかり工程に影響) <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; font-size: 2em; font-weight: bold; margin-top: 10px;">D</div>

課題の抽出・整理、対応策の検討

■ヒアリング結果等を踏まえたICT活用工事に係る主な課題・対応策 (3/3)

工種	適用技術等		標準化に向けた課題	標準化に向けた対応策	
	区分	適用技術			計測時期
ICTブロック据付工	水中部	4Dソナー 	<ul style="list-style-type: none"> 機材の汎用性 (現状、国内での保有数が少なく、機材も高額) 計測データ(施工履歴)の出来形管理への適用性 	<ul style="list-style-type: none"> 現場での検証試験の実施 (生産性や安全性の向上等の効果や、機器から取得した施工履歴データの出来形検査への適用性の検証等) 新たな解析処理手法やソフトウェアの開発・導入等による取得データ処理の効率化 (クラウドやAIの活用、CUBE処理の導入等) 	
		ブロック据付支援システム 	<ul style="list-style-type: none"> 各システムの計測データ(施工履歴)の出来形管理への適用性 	<ul style="list-style-type: none"> 現場での検証試験の実施 (生産性や安全性の向上等の効果や、システムから取得した施工履歴データの出来形検査への適用性の検証等) 検証結果を踏まえたシステム構成や計測方法・計測基準値等の明確化(各種要領の整備等) 	
	陸上部	UAV空中測量 	完成時	<ul style="list-style-type: none"> 現行要領の港湾工事への適用性 (現行の陸上部ブロック据付工の要領は、土工事の要領の準用となっており、港湾工事への適用が困難な場合あり) 	<ul style="list-style-type: none"> 現場での検証試験の実施 (標定点の設置方法、カメラ等の計測機器等) 検証試験結果を踏まえた計測方法・計測基準値等の設定(現行要領の改定等)
本工	ICT	ケーソン据付システム 	施工中	<ul style="list-style-type: none"> 機材のケーソンへの艤装方法 	<ul style="list-style-type: none"> 試行工事等での実績の蓄積による各種要領の拡充

F

ICT浚渫工における課題と今後の方向性

R2年より本格運用が開始されている。課題としては、

A. マルチビーム計測結果の提出に1週間程度を要しており
工事進捗に影響を及ぼしている。

→ データ解析の迅速化と結果の即時提出が最大の課題
ノイズレス機種種の活用、クラウド化、自動処理など

B. 起工測量、竣工検査はマルチビーム対応済み。

→ 日々の出来形管理にもマルチビームを導入していくことを検討
無人ラジコンボートや、台船からのスキヤニング方式の活用

C. マシンガイダンスで施工の高度化が進んでいる

→ マシンガイダンスにマルチビーム計測結果を重ね合わせ、
掘り残しなどをリアルタイムに確認しながら施工を進める
方法などを検討していく

基礎工、ブロック据付工、本体工、地盤改良、などにも順次拡げていく
R5年より本格運用を進める

- D. 基礎工などでは5cmの精度が確保できるかが課題
→ 各地の直轄工事において、マルチビームの機種や計測方法による精度の違いを検証していく

- E. 捨て石ならし、などにおいて高度な計測システムが必要
→ 海底据え置き型の中3Dスキャナーや、水中測位の高精度化などを検討

- F. ブロック据付工のマシンガイダンスと計測結果の統合
→ マシンガイダンスにマルチビーム計測結果を重ね合わせ、実際のブロックの積み上げ状況を計測しながら施工

A. マルチビーム計測結果の提出に1週間程度を要しており
工事進捗に影響を及ぼしている。

→ データ解析の迅速化と結果の即時提出が最大の課題

ノイズの少ない機種、計測方法が重要

現場作業
の省力化

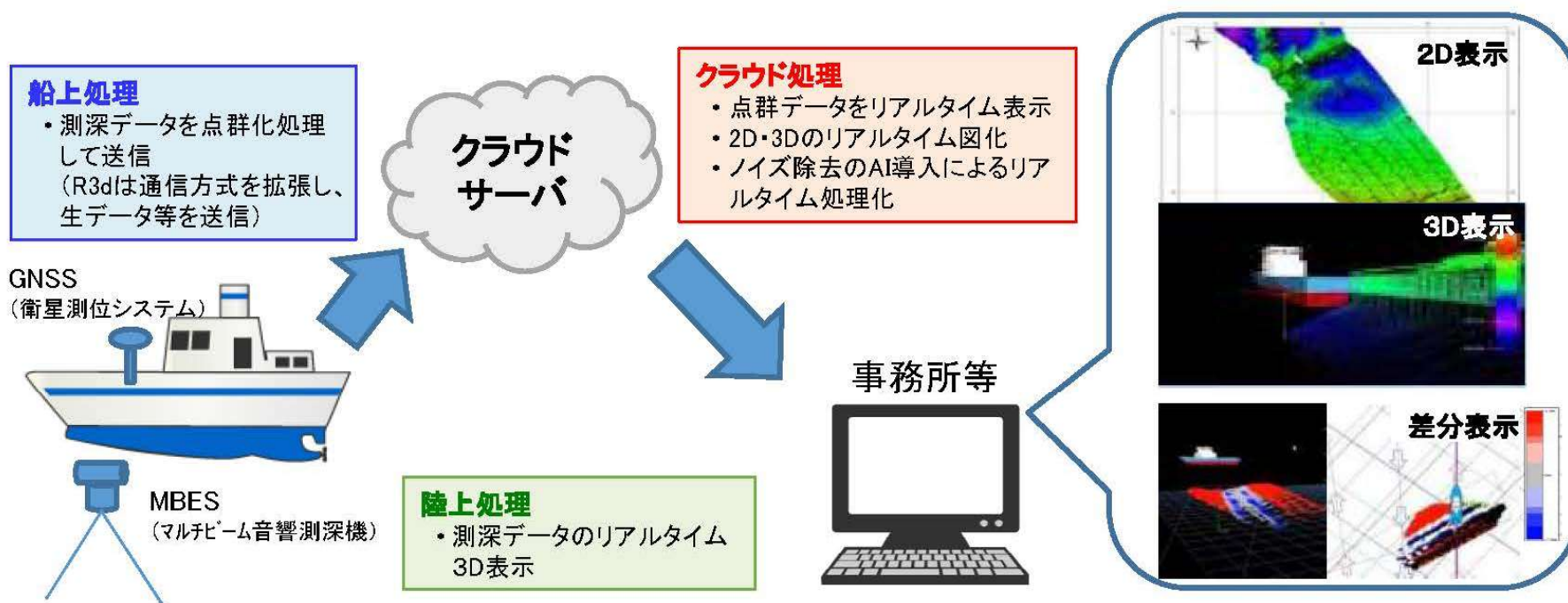
- ① 曳航ボートシステム
- ② オールインワン船上ボックス
- ③ 自律航行型RCボートなど

データ処理

- ④ 優れたユーザーインターフェイス
- ⑤ 自動計測機能/クオリティチェック機能
- ⑥ クラウド転送機能
- ⑦ 高解像度・ノイズレス
- ⑧ 使いやすく賢いオート・パッチテスト
- ⑨ 高度なフィルター処理

■「マルチビームデータクラウド処理システム」の開発

- マルチビーム測深機により取得した海底の測深データは、現在、測量後に点群化処理を行い、手動でノイズ除去や3次元図化の作業を行っていることから、時間と労力を要している。
- 上記を踏まえ、船上で取得した点群データをクラウドサーバに送信し、クラウド上で処理することにより、リアルタイムでの自動図化や事務所など遠隔での出来形確認を可能とする技術を開発する。
- また、通信方式の拡張(5Gの導入等)やAI処理の導入により、さらなる迅速化・省力化を推進する。



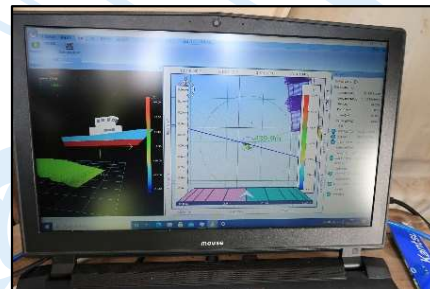
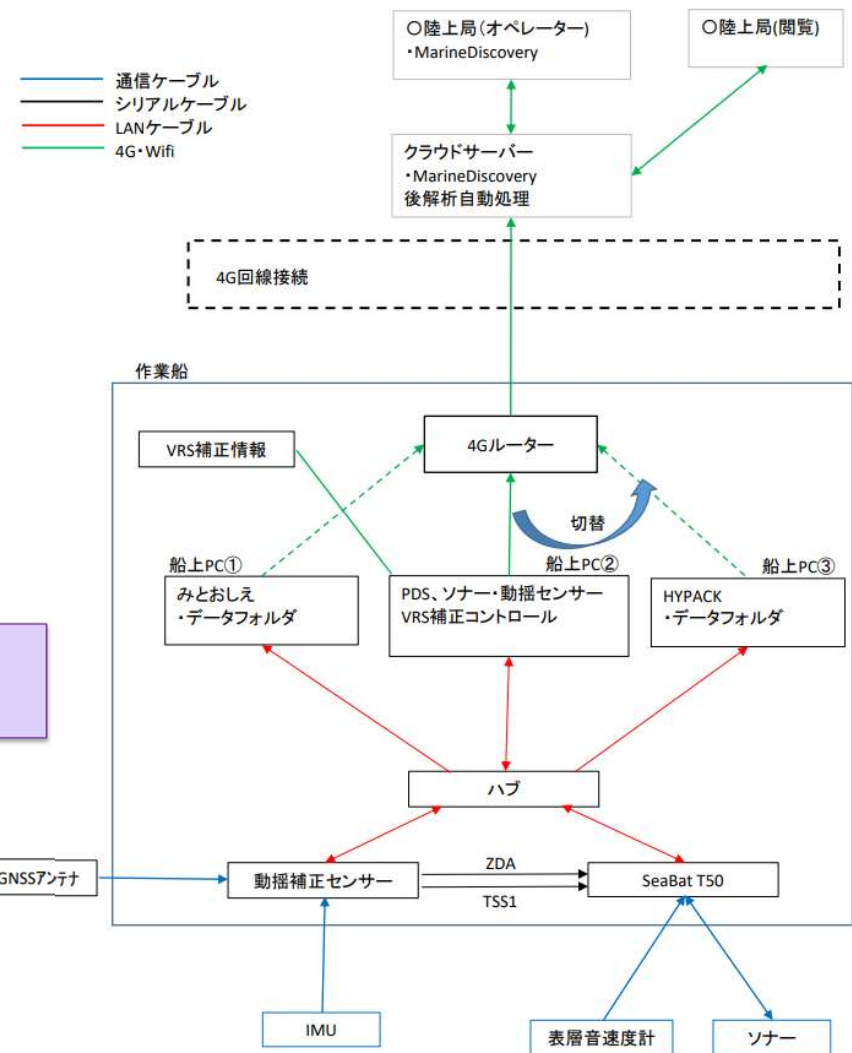
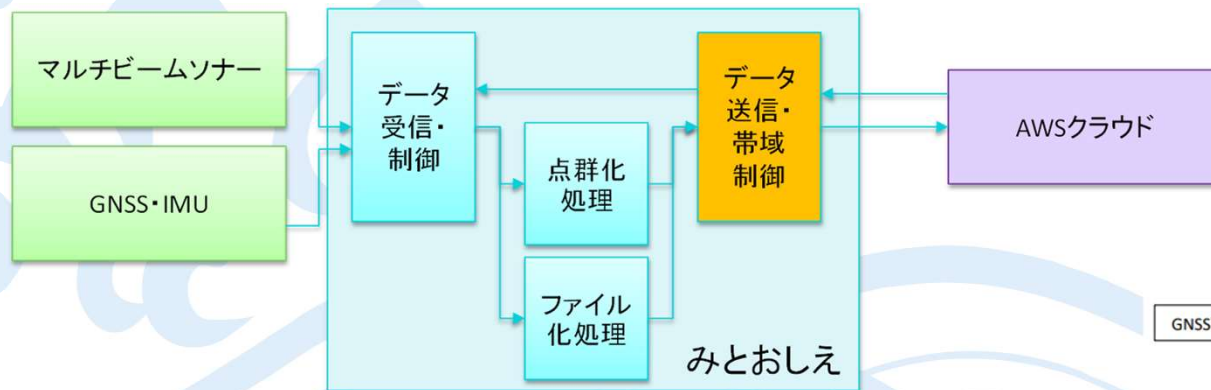
本年度、九州地方整備局・港湾空港技術研究所において、システムの構築検討(現場での検証試験を含む試験システム)を実施(現在、検討中)

来年度、点群化処理等のクラウドへの実装を予定

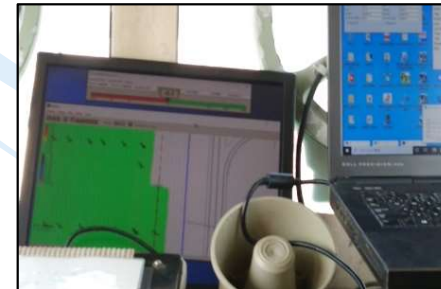
北九州空港での実証実験

- ・クラウド共有
- ・ノイズ自動処理
- ・自動グリッド出力
- ・リアルタイム可視化(遠隔臨場)

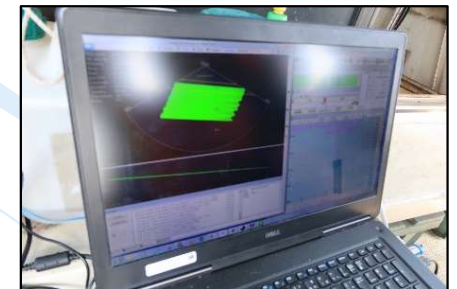
クラウド転送機能のフロー図



写真：収録状況「みとおしえ」

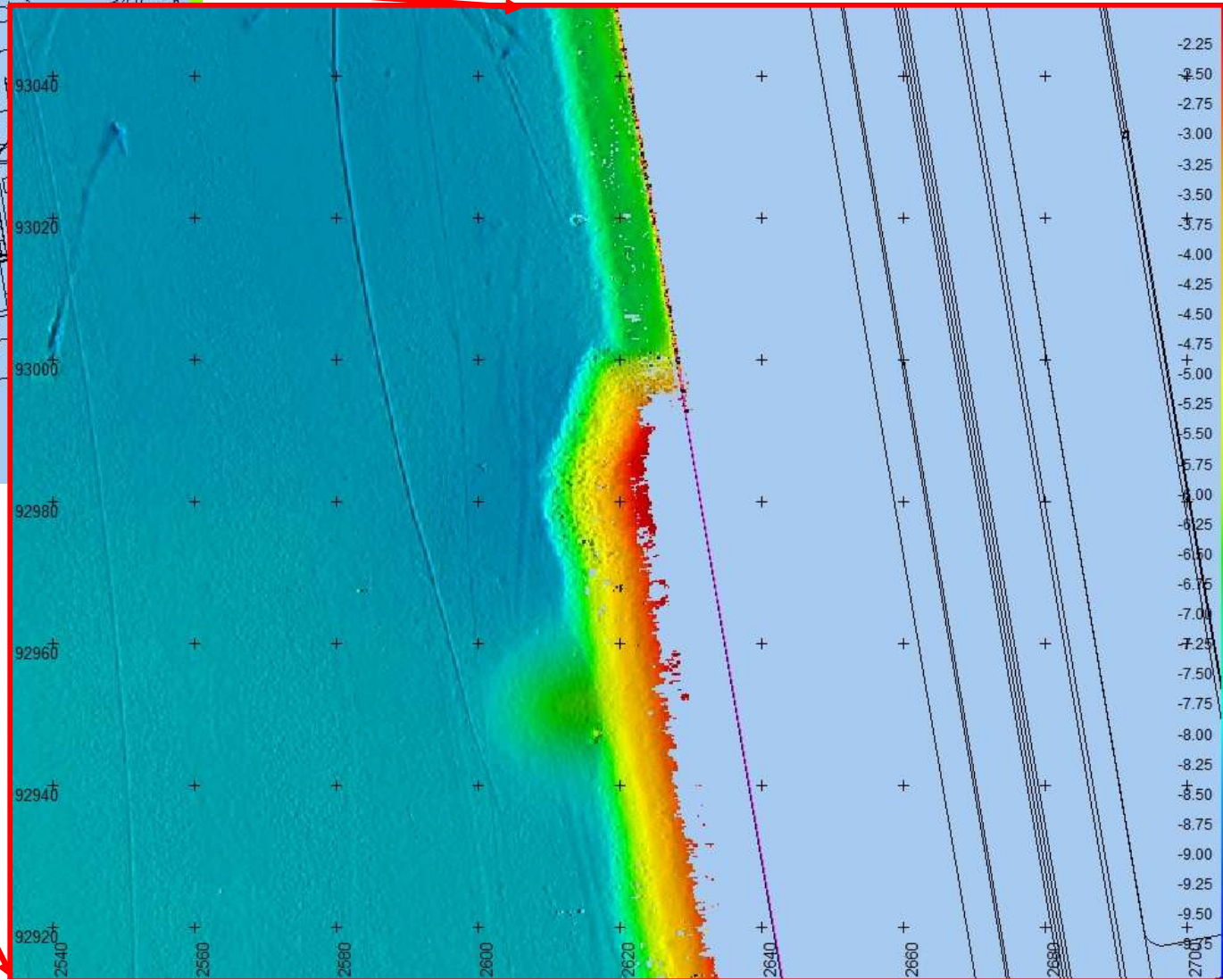


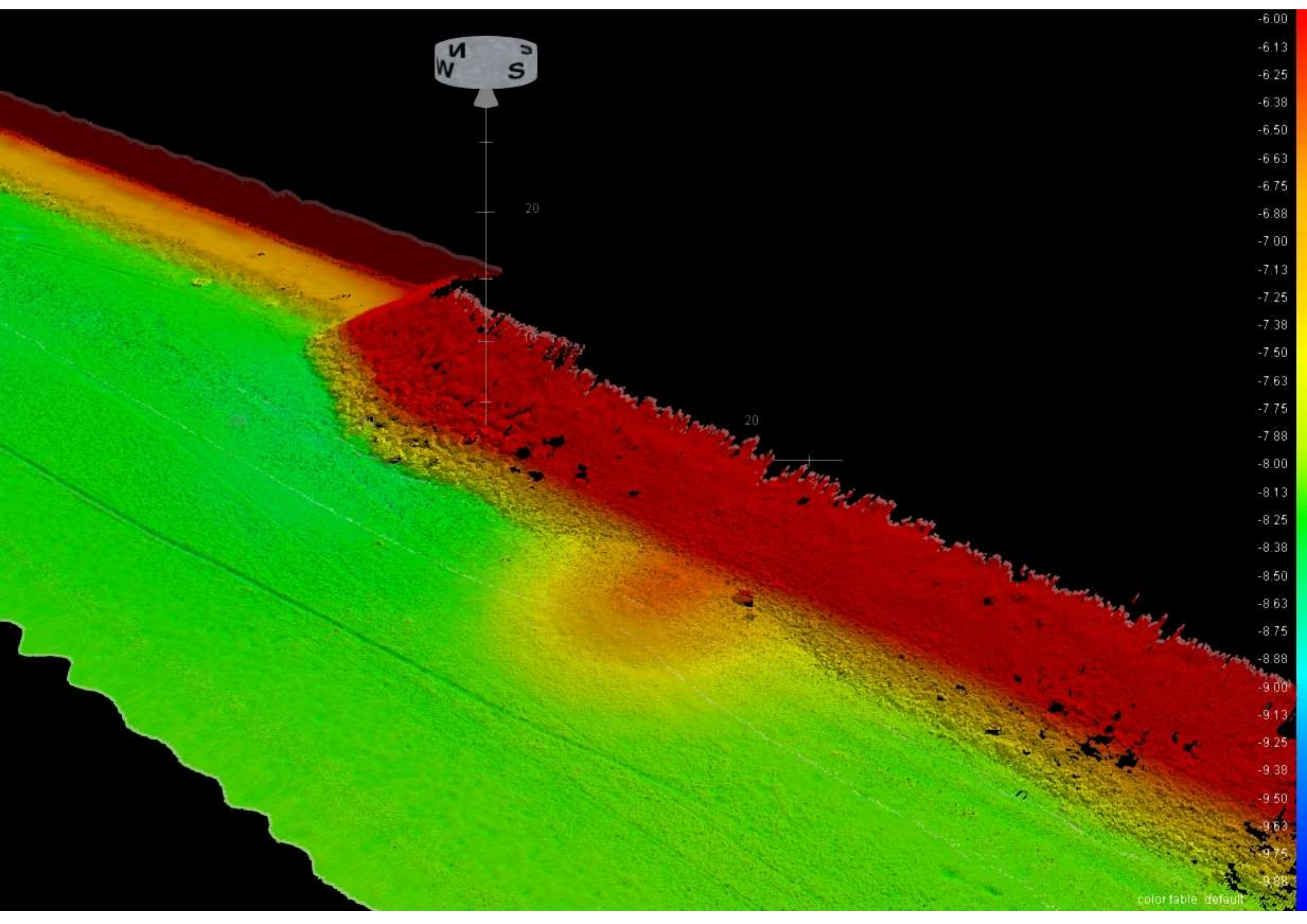
写真：収録状況「HYPACK」

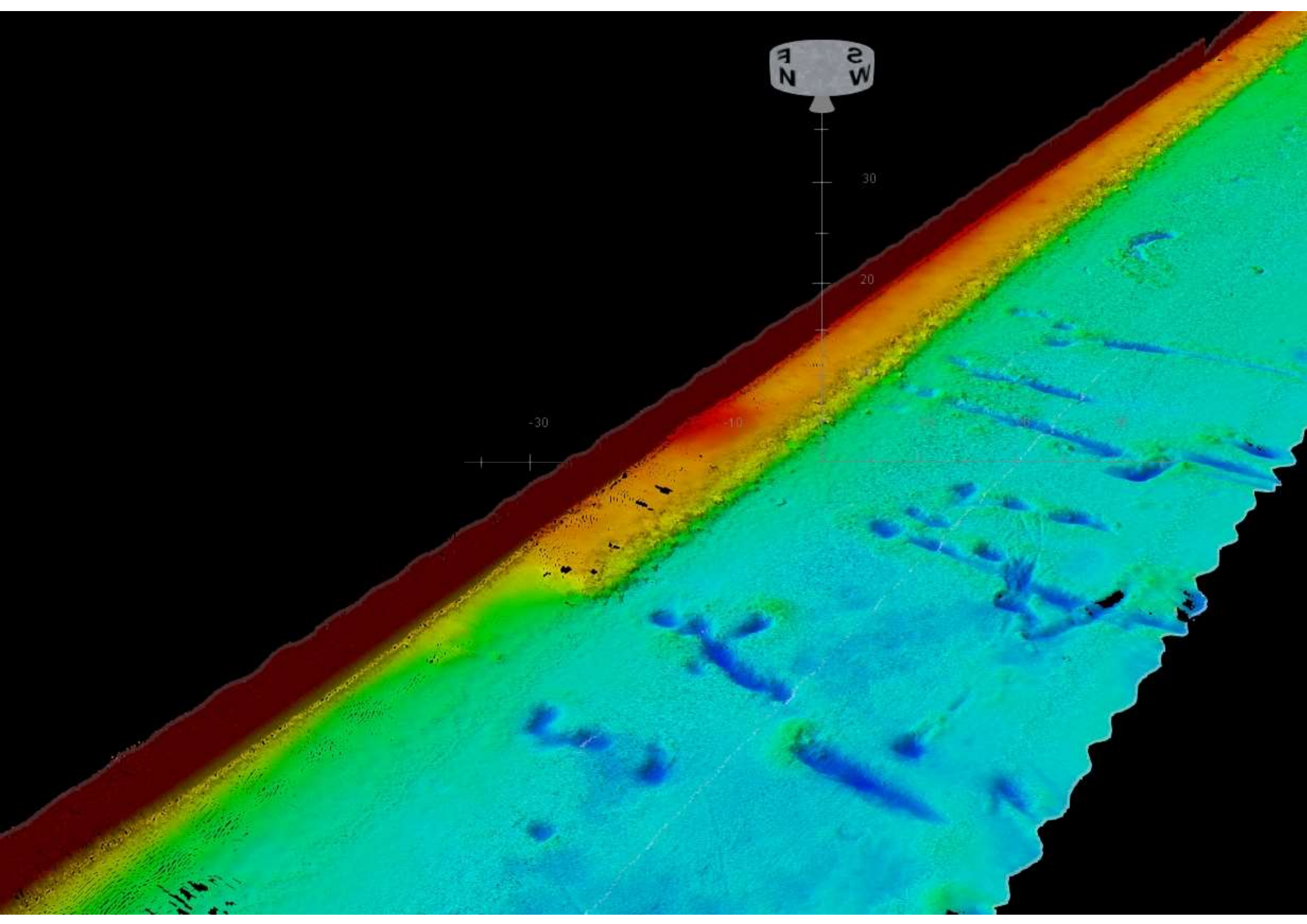


写真：収録状況「PDS」

SeaBat T50P 自動処理データ 計測データの即時提供

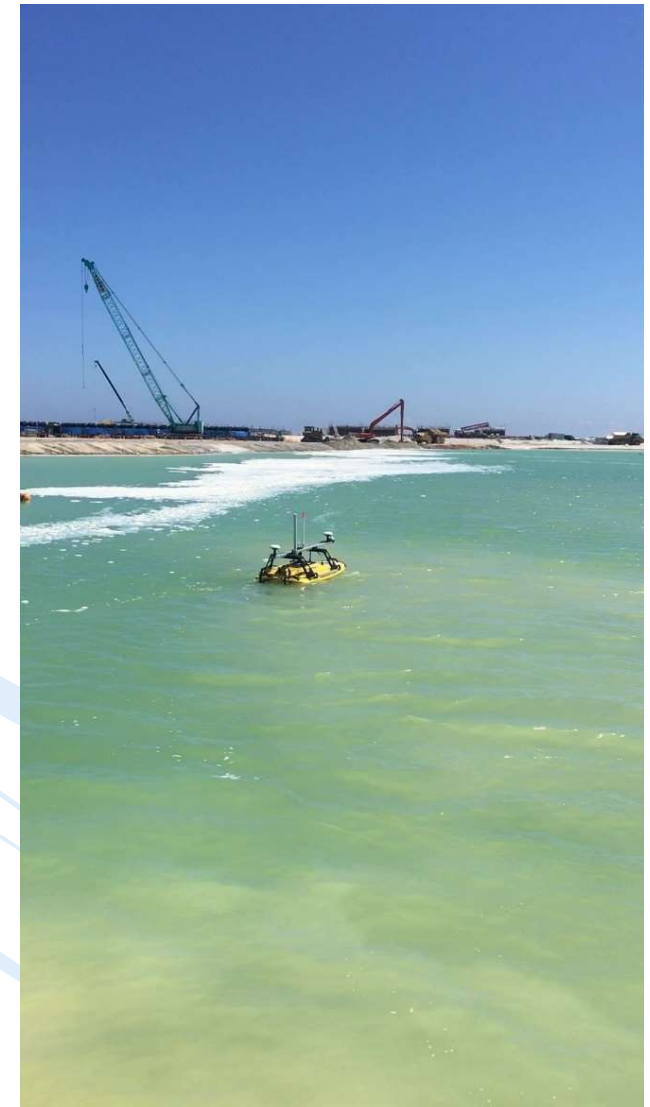
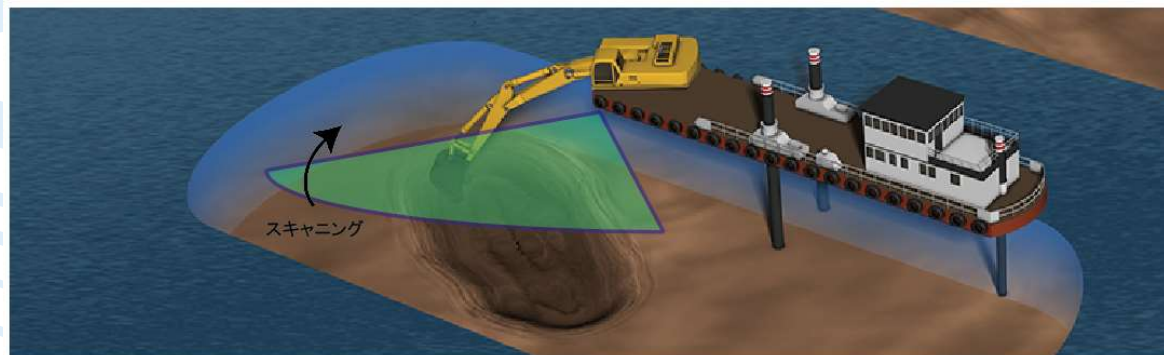
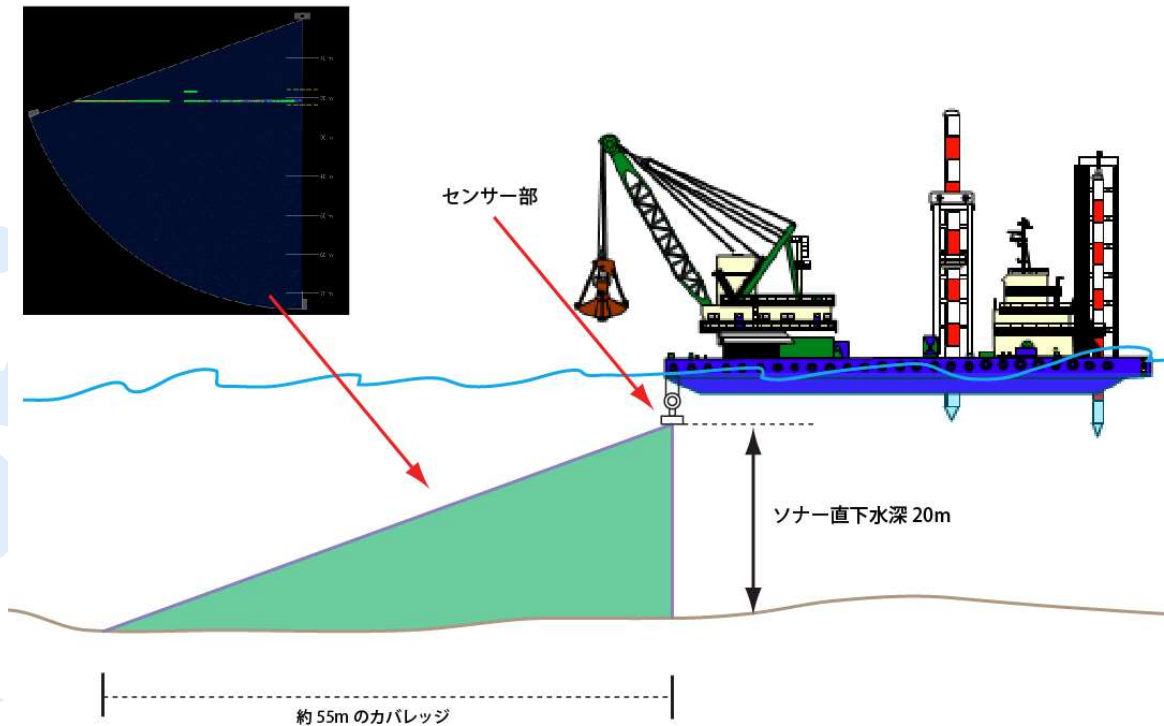






B. 起工測量、竣工検査はマルチビーム対応済み。

→ 日々の出来形管理にもマルチビームを導入していくことを検討
台船からのスキニング方式や無人ラジコンボートの活用



C. マシンガイダンスで施工の高度化が進んでいる

→ マシンガイダンスにマルチビーム計測結果を重ね合わせ、掘り残しなどをリアルタイムに確認しながら施工を進める方法などを検討していく

F. ブロック据付工のマシンガイダンスと計測結果の統合

→ マシンガイダンスにマルチビーム計測結果を重ね合わせ、実際のブロックの積み上げ状況を計測しながら施工

R3年度 PRISMで実証実験 信濃川 大河津分水路

コンソーシアム: 鹿島建設株式会社、株式会社アクティオ、サイテックジャパン株式会社、株式会社渋谷潜水工業、株式会社ハイドロシステム開発 No10
試行場所: 大河津分水路新第二床固改築Ⅰ期工事

・技術概要

河床掘削時にマシンガイダンス機能によるバックホウ台船のバケット刃先の位置把握と、マルチビームソナーによるリアルタイム河床可視化を組み合わせる事で不可視部をモニター上で可視化して掘削作業を行うことができる。



ビーム照射による河床の把握

- ・黄色の突起部が掘削された
- ・河床に埋め戻りがあり高くなった(青色から水色に変わった)

マルチビームソナーを用いた施工管理システム

【主な機能】

1. グラブ浚渫やバックホー浚渫のリアルタイム施工管理を行うことができます。
2. マルチビームソナーで3Dスキャンを実施し、実際の出来形を即座に確認することができます。

【主なシステム構成】

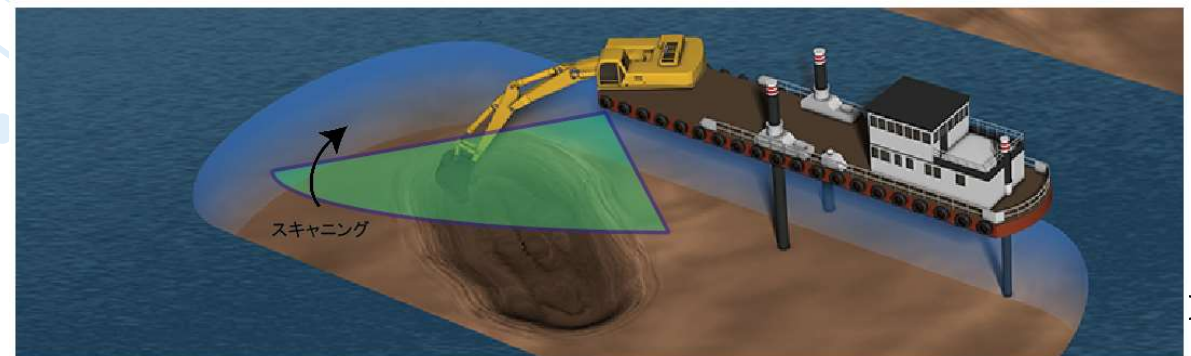
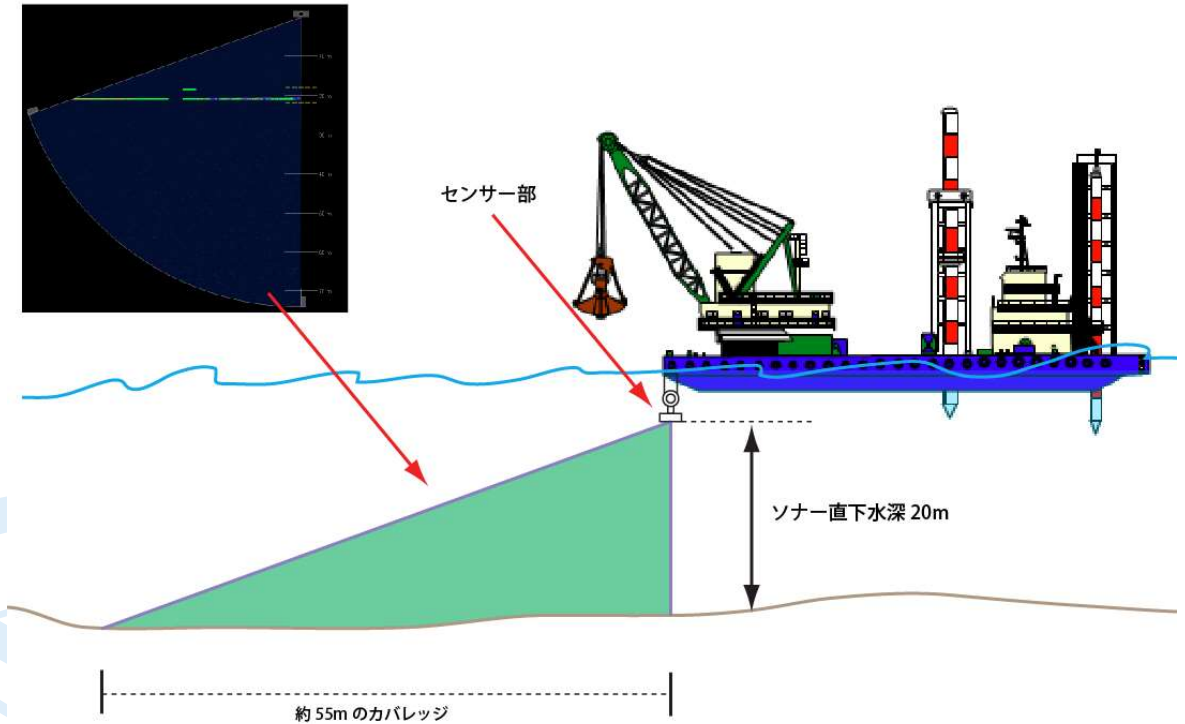
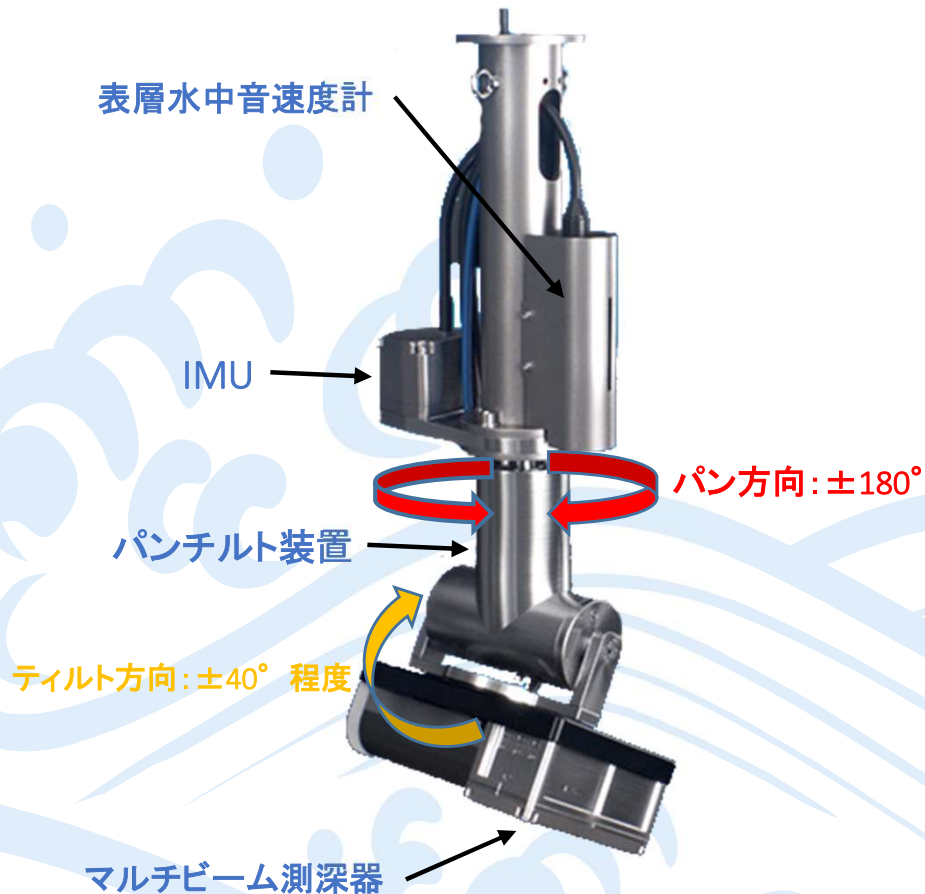
1. SeaBat T20-Pによるマルチビーム測量システム
2. モーションスキャン装置(SS250), PDSドレッジパック

※通常のマルチビーム測量システムに、モーションスキャン装置とPDSドレッジパックを追加するだけで、浚渫施工管理システムが利用できます。

➤ 起工測量, 竣工検査は通常のマルチビーム測量として,
➤ 日々の出来形確認は浚渫施工管理システムとして,
ハイブリッド的な利用が可能です。

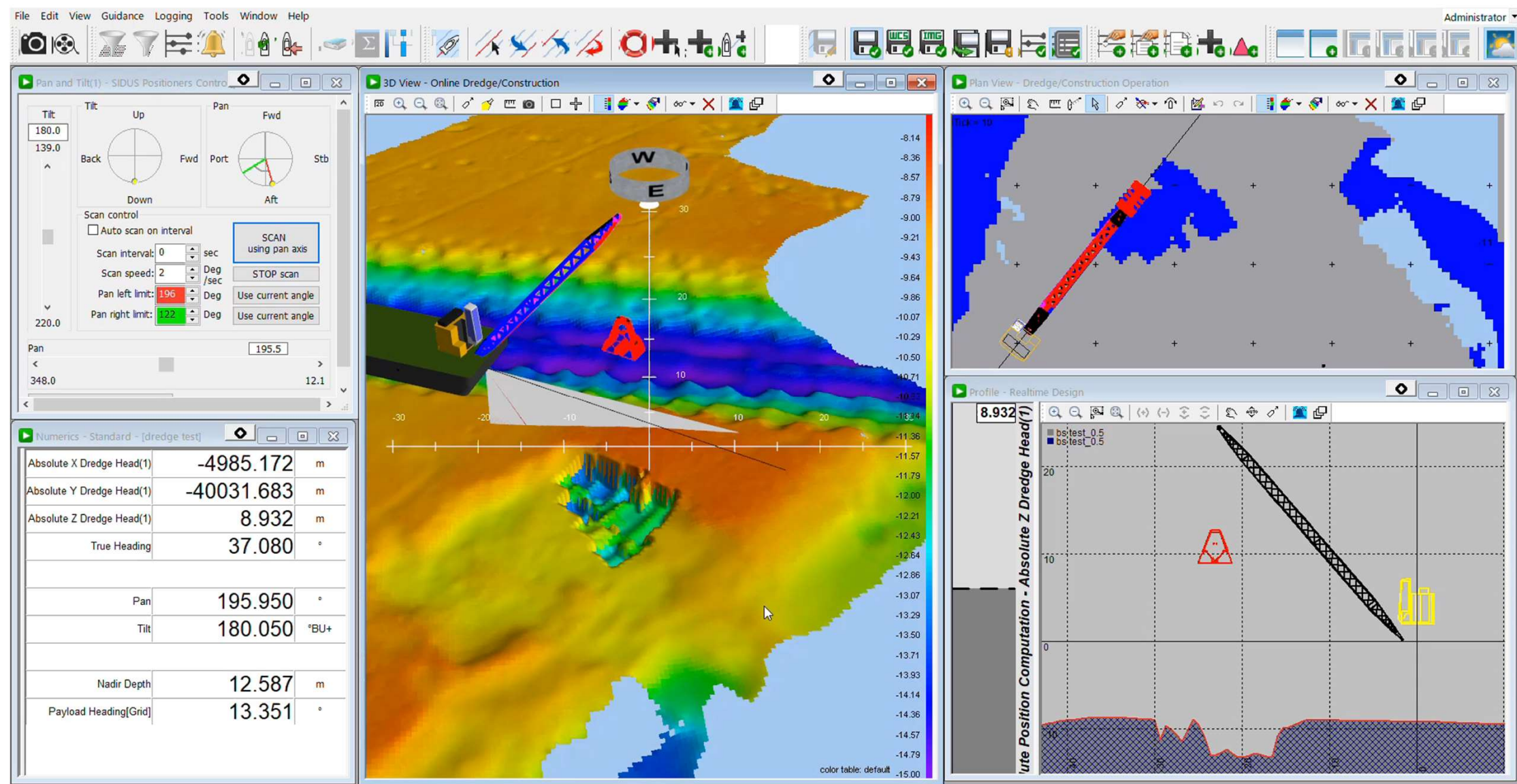
SeaBat MotionSCANとは

パン・チルト装置(2軸回転装置)を用い
SeaBatを固定点からスキヤニングさせる技術

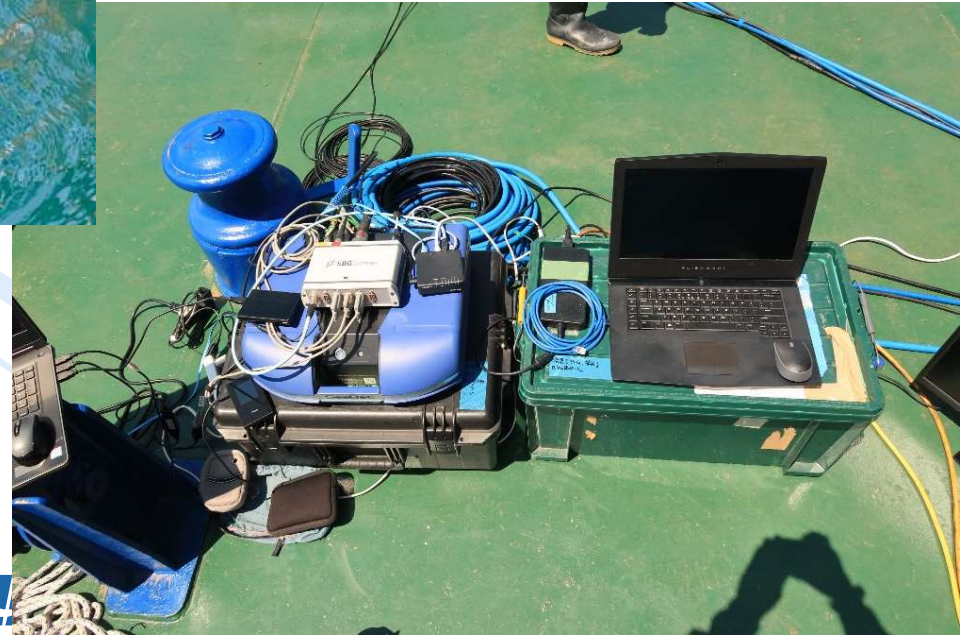
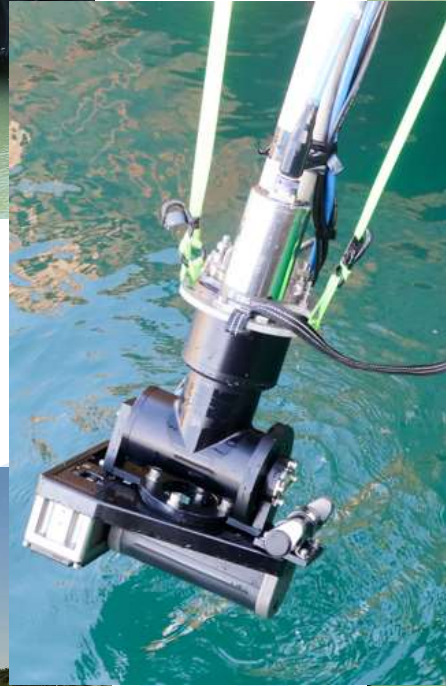
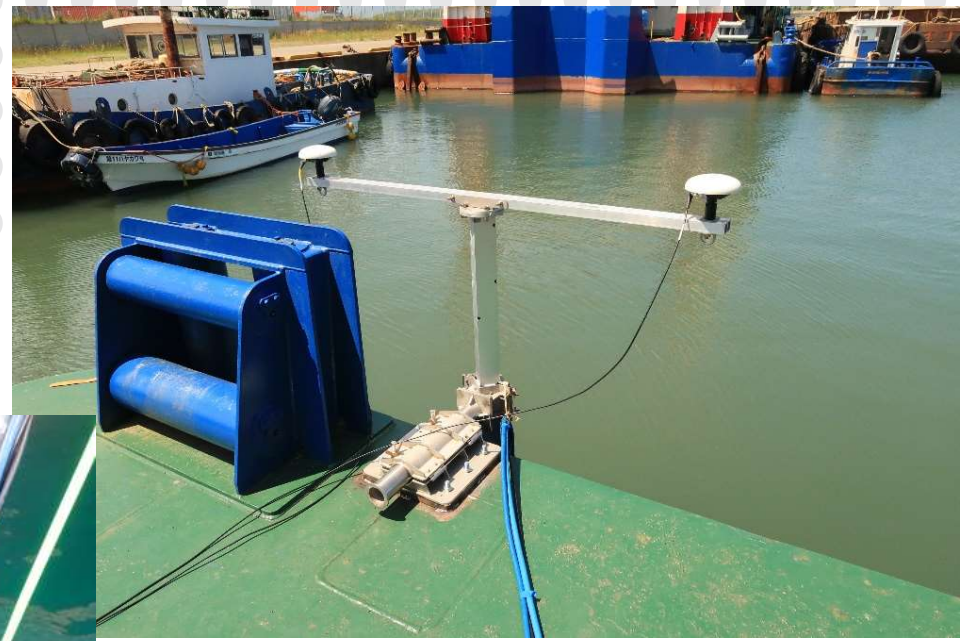


PDS Dredge packによる施工管理

マシンガイダンスとマルチビームソナーの融合



重機挙動によるシミュレーションとマルチビーム実測値を重ね合わせ可能



マシンガイダンス機能(動画)

The screenshot displays the Trimble Marine Construction Software - Acquisition interface, which is used for controlling and monitoring a dredging machine's guidance system. The interface is divided into several key sections:

- Main Bathymetry View (Left):** Shows a 3D bathymetric map of the seabed with a color scale from -2.0 to -4.0 meters. A yellow dredging machine is overlaid on the map, and a dashed line indicates its scanning path. A compass rose is visible at the top.
- Pan and Tilt Control Panel (Middle-Left):** Provides manual control for the machine's orientation. It includes:
 - Tilt:** Up/Down buttons and a vertical slider (range: 139.0 to 220.0).
 - Pan:** Fwd/Port/Aft/Stb buttons and a horizontal slider (range: 348.0 to 239.5).
 - Scan control:** Options for 'Auto scan on interval', 'Scan interval' (0 sec), 'Scan speed' (3 Deg/sec), and 'Pan left/right limit' (240/60 Deg).
 - Buttons:** 'SCAN using pan axis', 'STOP scan', and 'Use current angle'.
- 2D Plan View (Right):** A top-down view of the seabed with a grid of coordinates (e.g., -77740E to -77725E, -89175N to -89145N). It shows the machine's position and the scanning area as a dashed circle.
- Dredge Surface Control Bar (Bottom-Left):** Allows setting the '設計モデル' (Design Model) to 'フラットモデル' (Flat Model) and adjusting the '固定レベル' (Fixed Level) to -4.00. It also includes buttons for '掘削中' (Digging), 'ダイキング' (Dredging), and '新規' (New).
- Bottom Panel:** Displays the current coordinates: E: -77724.77 N: -89154.40 and system status: ZX670 Zero Offset, LOG, IMG, EVT, MSG.

SeaBat スキャンニングによる出来形計測(動画)

The screenshot displays the Trimble Marine Construction Software - Acquisition interface, which is used for scanning and measuring dredge shapes. The interface is divided into several main sections:

- Top Left (3次元ビュー - オンライン水深/工事):** A 3D perspective view of the scanning vessel and the seabed. The seabed is color-coded by depth, with a vertical scale on the right ranging from -2.00 to -4.50 meters. A white arrow points upwards from the seabed, and a dashed line indicates the scanning path.
- Top Center (Pan and Tilt 1) - SIDUS Positioners Control:** A control panel for the scanning system. It includes:
 - Tilt:** A vertical slider set to 220.0, with a circular diagram showing 'Up' and 'Down' directions.
 - Pan:** A horizontal slider set to 158.5, with a circular diagram showing 'Fwd', 'Port', 'Aft', and 'Stb' directions.
 - Scan control:** Includes checkboxes for 'Auto scan on interval', 'SCAN using pan axis', and 'STOP scan'. It also features sliders for 'Scan interval' (0 sec), 'Scan speed' (2 Deg/sec), 'Pan left limit' (90 Deg), and 'Pan right limit' (90 Deg).
 - Advanced settings:** A button to access further configuration options.
- Bottom Left (Dredge surface control bar):** A control bar for the dredge surface model. It includes:
 - 設計モデル (Design Model):** A dropdown menu set to 'フラットモデル' (Flat Model).
 - 測定モデル (Measurement Model):** A dropdown menu set to '20210623_3'.
 - 固定レベル (Fixed Level):** A numerical input field set to '-4.00'.
 - Buttons:** '掘削中' (Dredging), 'ダイキング' (Dredging), and '新規' (New).
- Right (平面表示 - 水深/工事作業):** A 2D top-down view of the scan data. It shows a large, semi-circular scan area with a color-coded depth map. A vertical line indicates the vessel's position. The map includes coordinate labels for Easting (e.g., -77758.90, -77760E, -77750E, -77745E) and Northing (e.g., -89159.87, -89170N, -89160N, -89155N). A vertical scale on the right indicates height from 0.75 to -4.500 meters.

At the bottom of the interface, there is a status bar with the text 'ヘルプを参照するにはF1を押してください。' (Press F1 to view the help.) and a system tray area with 'ZX870 Zero Offset', 'LOG', 'IMG', 'EVT', and 'MSG' icons.

重機の挙動と計測結果をモニターで確認しながら操縦できます



D. 基礎工などでは5cmの精度が確保できるかが課題

→ 各地の直轄工事において、マルチビームの機種や計測方法による精度の違いを検証していく

対応策の検討事例(ICT機器を用いた出来形測量等に関する検討)

■ ICT基礎工の出来形計測方法(本均し・荒均し)の検討

- ICT基礎工における出来形計測(本均し・荒均し)へのマルチビーム測深機の適用においては、現行の管理基準値に対する機器の計測性能や、取得データの解析時間等が課題となっている。
- このため、生産性向上の観点から、ICT基礎工の出来形測量に係る課題を明確にし、具体的な対応策の検討の方向性等を見出すことを目的として、マルチビームによるICT基礎工の出来形測量等(現地試験)を実施し、従来測量方法と比較等による検証を行う。

<基礎工の概要>

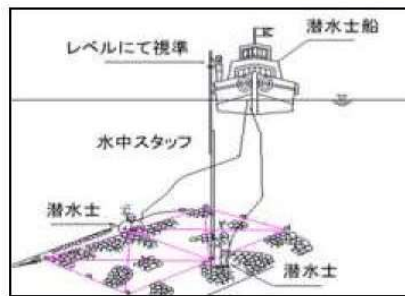


基礎工の位置(防波堤)

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



マルチビームによる出来形測量

本年度、

国土技術政策総合研究所等において、

- ・ 現行の本均しの出来形管理基準±5cmを、音響測深機器による面的測量に適用することの妥当性(現行の管理基準の適用性等)
- ・ マルチビームに適した新たな出来形管理手法(面的データによる出来形基準等)
- ・ 新たな計測機器・手法(水中据付型音響測深機の活用等)

などを、現地試験や検討会などで比較・検証を実施(現在、検討中)

来年度、検討結果を踏まえた、具体的な対応策と実現に向けた検討を予定

R3年9月、九州南部の工事現場で実証実験

使用機器：SeaBat T50、Sonic2024、4Dソナー

- 計測方法：①護岸からスキanning計測
②船舶艀装による航走計測



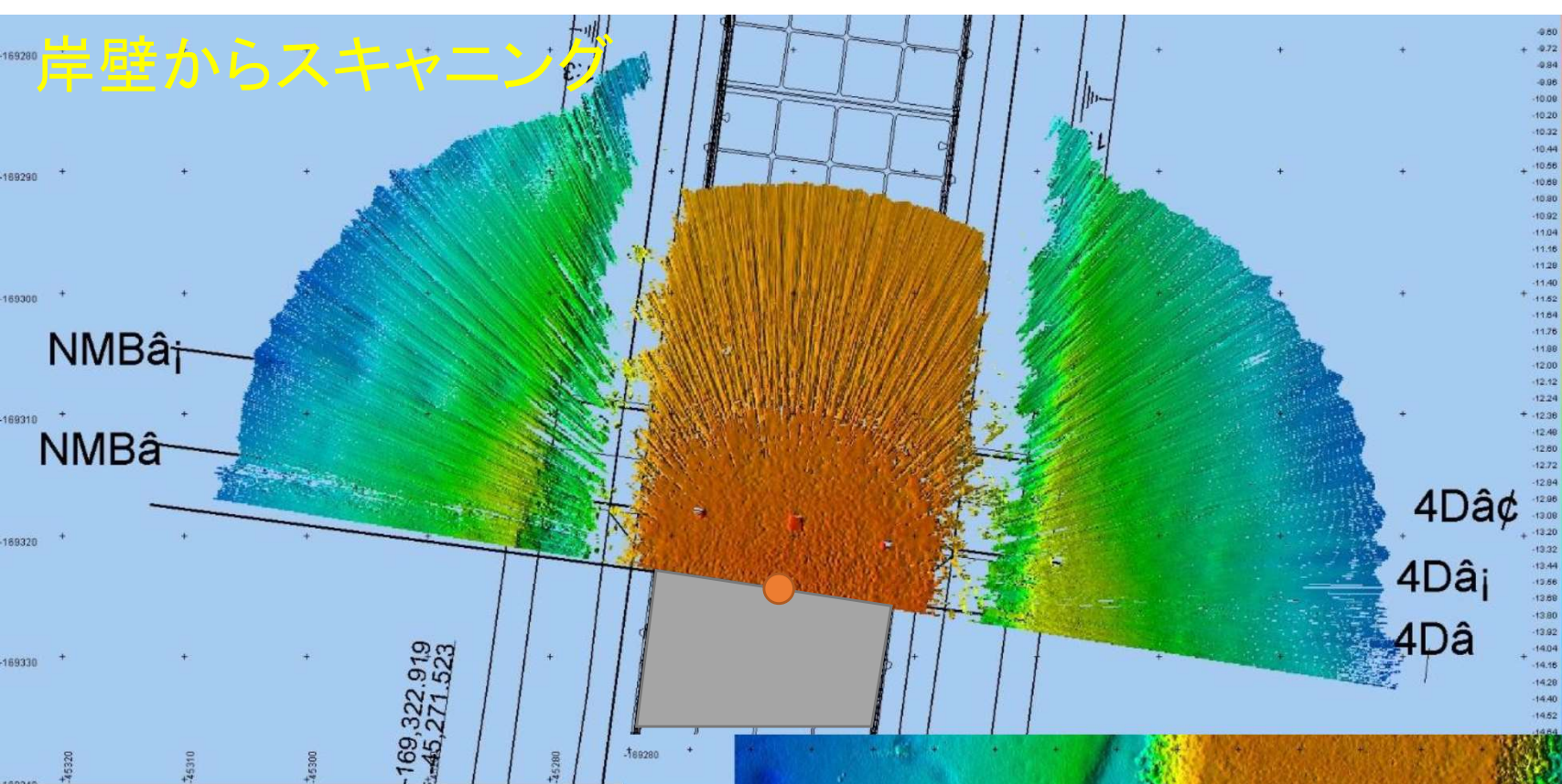
①岸壁からスキanning

船の揺動やIMUの誤差などが無い状態で計測



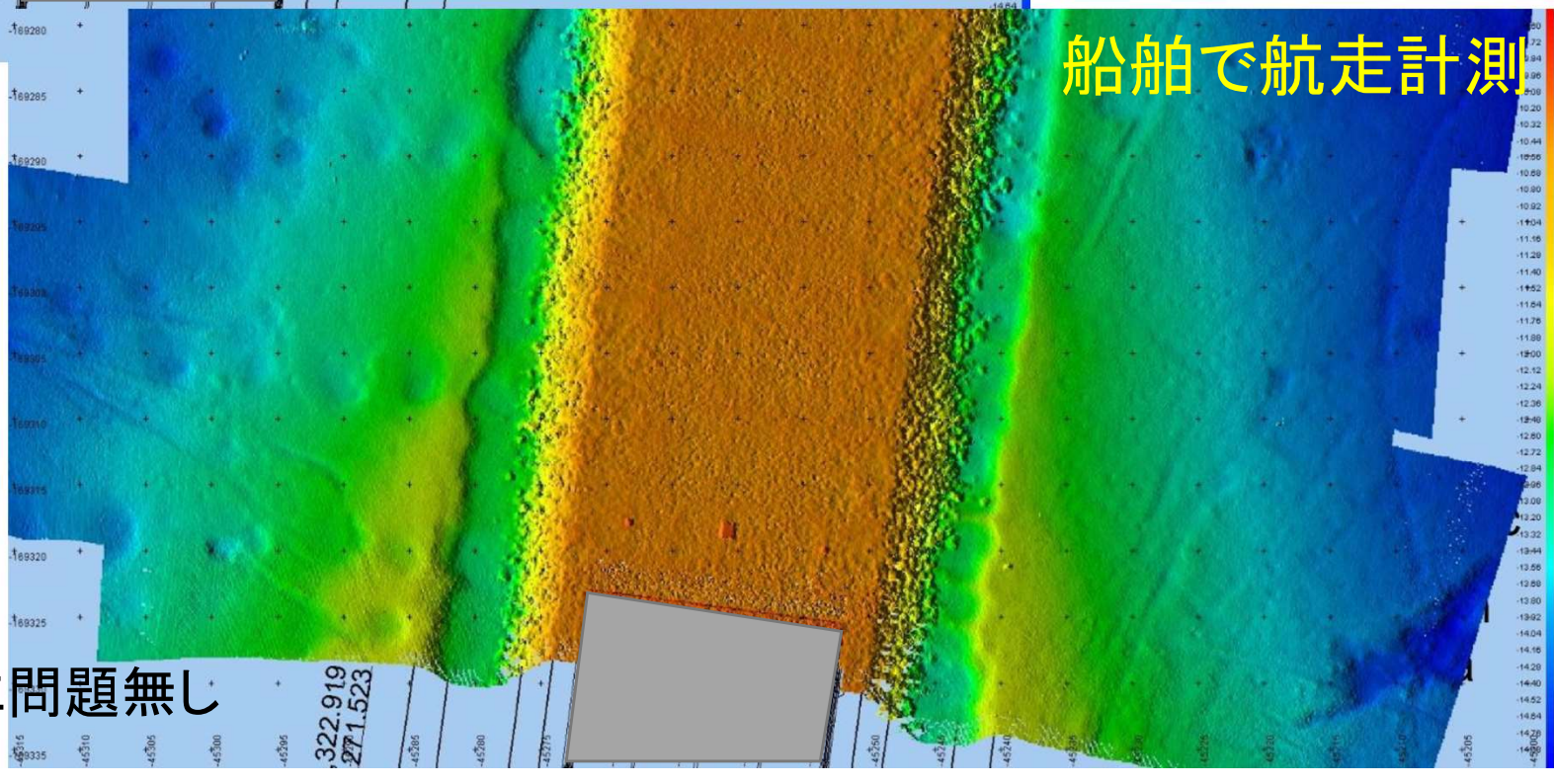
②船舶から航走計測

岸壁からスキヤニング



船舶で航走計測

両者で有意差無し
船舶からの計測で精度に問題無し

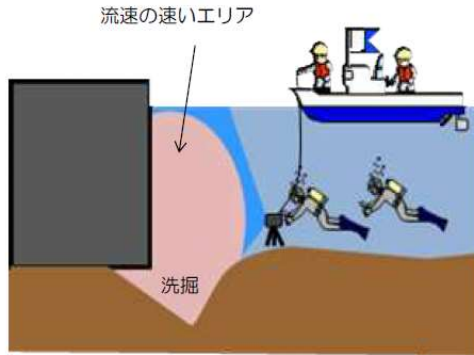


E. 捨て石ならし、などにおいて高度な計測システムが必要 → 海底据え置き型の水中3Dスキャナーや、水中測位の 高精度化などを検討

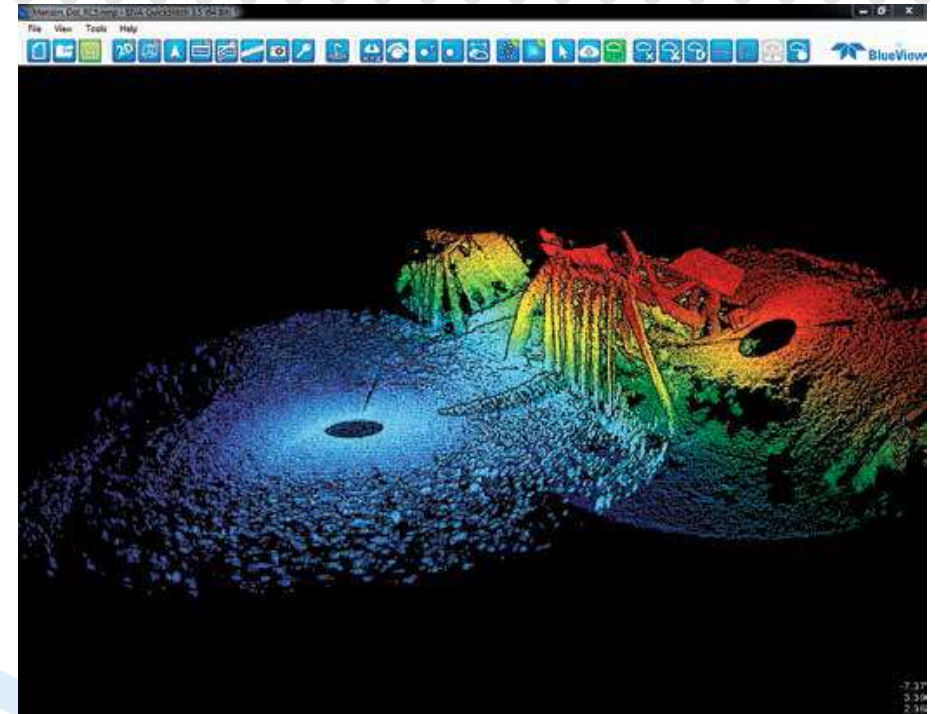
IDEA Consultants, Inc.

出典)いであ株式会社

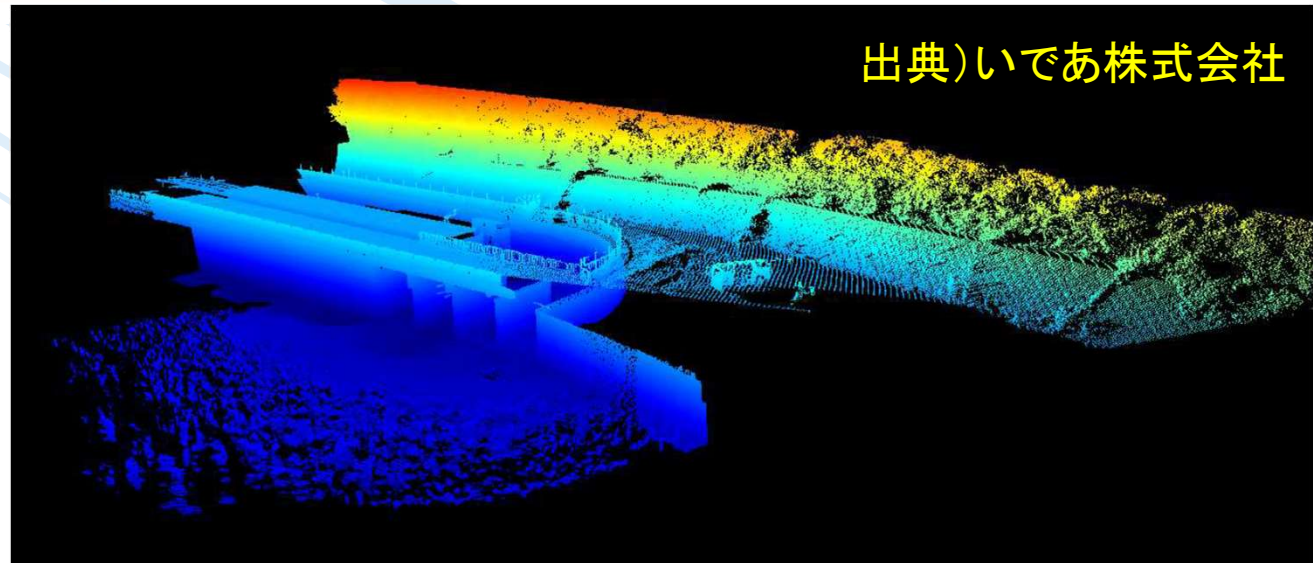
3.2 水中3Dスキャナーの活用事例 船上から垂下



流速の緩い離れた場所に
船上から垂下。または
潜水土が固定



水中インフラの維持管理には、適切なプラットフォームと測定方法の選択が重要



出典)いであ株式会社

■「策定要領（ICT海上地盤改良工：床掘工・置換工編）」の主な内容（案）

出来形管理基準

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲 (共通仕様書)	備考
ICT海上地盤改良工	水深 (底面)	マルチビームによる深淺測量	1.0m平面格子内に1点、 中央値 を採用	10cm	出来形管理資料として整理 (ヒートマップ)	±30cm 又は特記仕様書による	
	(法面)	マルチビームによる深淺測量 (マルチビーム計測データ法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、法肩、法尻位置を確認する。)	なお、数量計算には、 1.0m平面格子内に1点、 中央値 を採用				
	延長 天端高 天端幅 法面	水中部： マルチビームによる深淺測量 (マルチビーム計測データ法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、法肩、法尻位置を確認する。)	1.0m平面格子内に1点、 中央値 を採用 なお、数量計算には 1.0m平面格子内に1点、 中央値 を採用	10cm	出来形管理資料として整理 (ヒートマップ)	延長 +規定しない -0 天端高 ±50cm 又は特記仕様書による 天端幅、法面 特記仕様書による	

※「ICT海上地盤改良工における各種要領」については、基本的には「ICT浚渫工における各種要領」を参考とできるが、水路測量に関係する事項を除くものとする。

<参考> ICT浚渫工の出来形管理基準

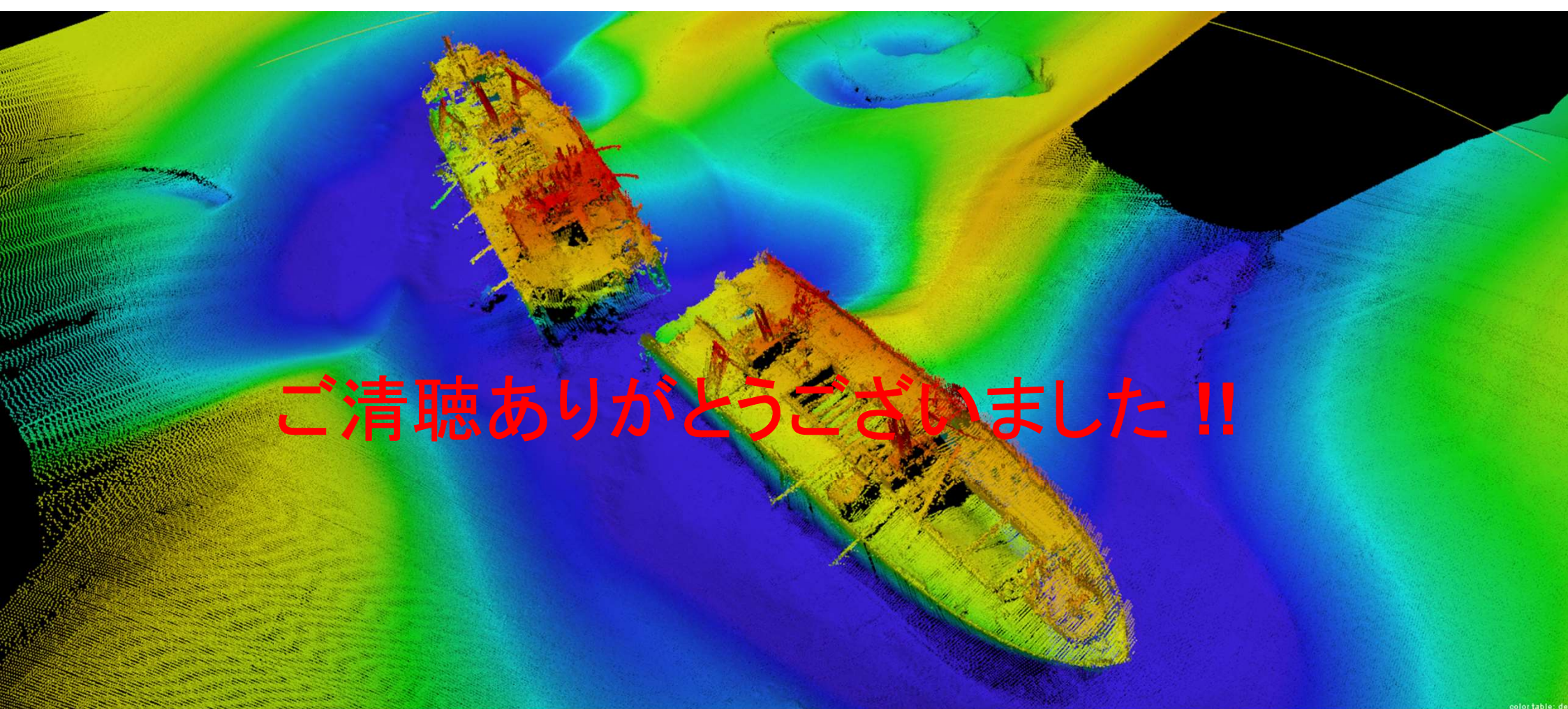
ICT浚渫工	水深 (底面)	マルチビームによる深淺測量	1.0m平面格子内に1点、 最浅値 を採用	10cm	出来形管理資料として整理 (ヒートマップ)	+0cm -規定しない 又は特記仕様書による	+: 設計値より浅いこと -: 設計値より深いこと
	(法面)	マルチビームによる深淺測量 (マルチビーム計測データ法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認する。)	なお、数量計算には、 1.0m平面格子内に1点、 中央値 を採用				

本年度、
九州地方整備局作成の要領案をベースとして、
全国版として、新規に策定

来年度以降、ヒアリング結果等を踏まえ、
施工履歴(浚渫船の施工管理システム等の履歴)の
出来形管理への活用等について検討を予定

まとめ

- ・ICT分野では引き続きマルチビームの需要が増える見込み
浚渫出来形管理、基礎工、ブロック据付工、本体工、地盤改良(R5)
- ・マルチビーム計測で重要なのは成果の即時提出。
クラウドの活用(計測とデータ処理の分離)
ノイズの少ない機種を使うこと→SeaBat T50
- ・施工管理マシンガイダンスとマルチビームの連携
- ・水中3Dスキャナーの活用(唯一の海底据え置き型スキャナー)



ご清聴ありがとうございました!!

HSD 株式会社ハイドロシステム開発

大阪本社：〒552-0007 大阪市港区弁天6-3-4

Tel : 06 (6576) 8106 / FAX: 06 (6576) 8108

東京支店：〒132-0025 東京都江戸川区松江6-7-22

Tel : 03 (3652) 8156 / FAX: 03 (3652) 8106
