



(株) ディープ・リッジ・テク  
Deep-ocean Ridge Technology Co., Ltd.

2023年3月20日

令和4年度 海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業

**高精度音響位置決め技術**を基盤としたROVによる  
浮体構造物や船の水中部分の調査・検査の**実現**

株式会社 ディープ・リッジ・テク  
代表取締役 浦 環

# ROVによる港湾施設や船舶の調査・検査の問題点

ROVが岸壁から見えていれば  
どこを見ているかが分かる



# ROVによる港湾施設や船舶の調査・検査の問題点

水は濁っているし、海面は光っていて、  
ROVがどこにいるのか分からない



調査・検査に使えない

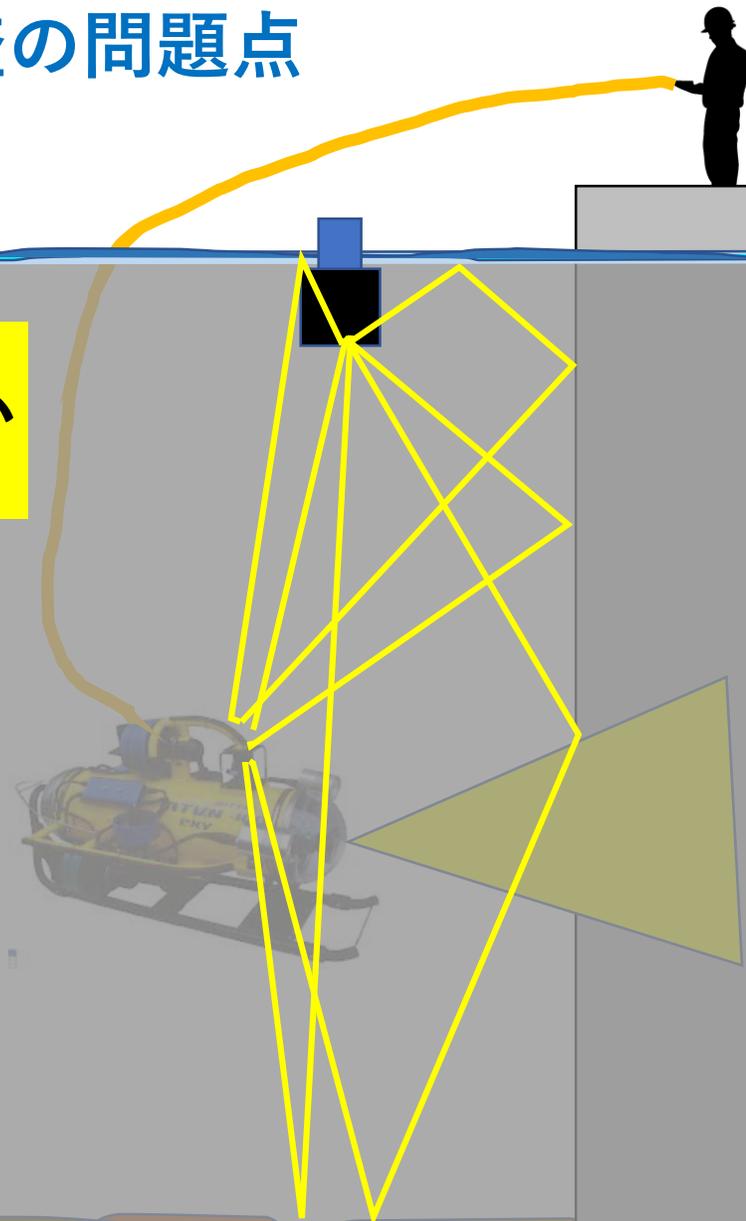


# ROVによる港湾施設や船舶の調査・検査の問題点

音響装置SSBLで位置を計測できないか



マルチパスで信頼性が低い



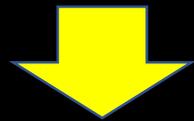
# ROVによる港湾施設や船舶の調査・検査の問題点

船がいます

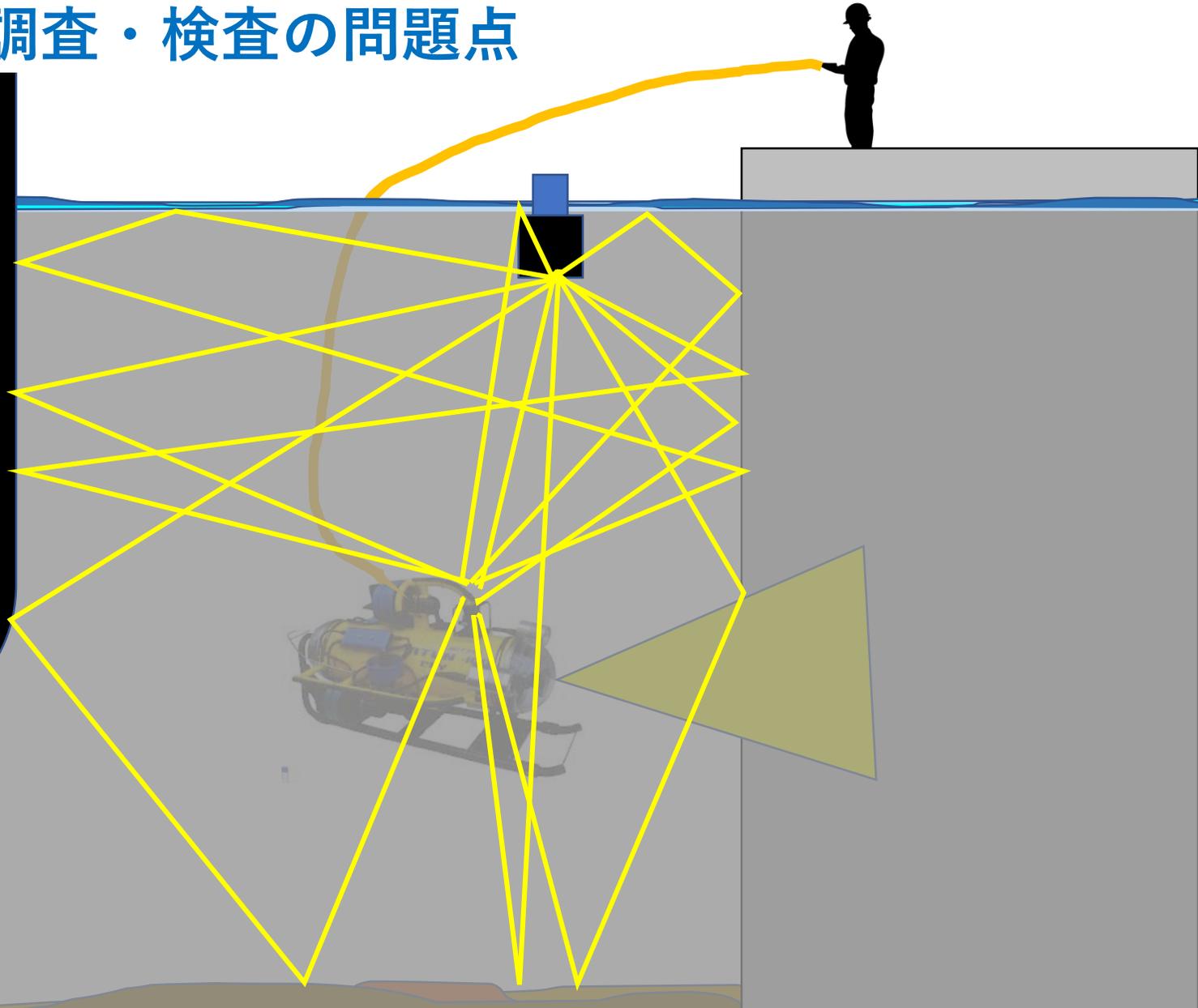


# ROVによる港湾施設や船舶の調査・検査の問題点

船がいます



マルチパスは  
益々ひどい

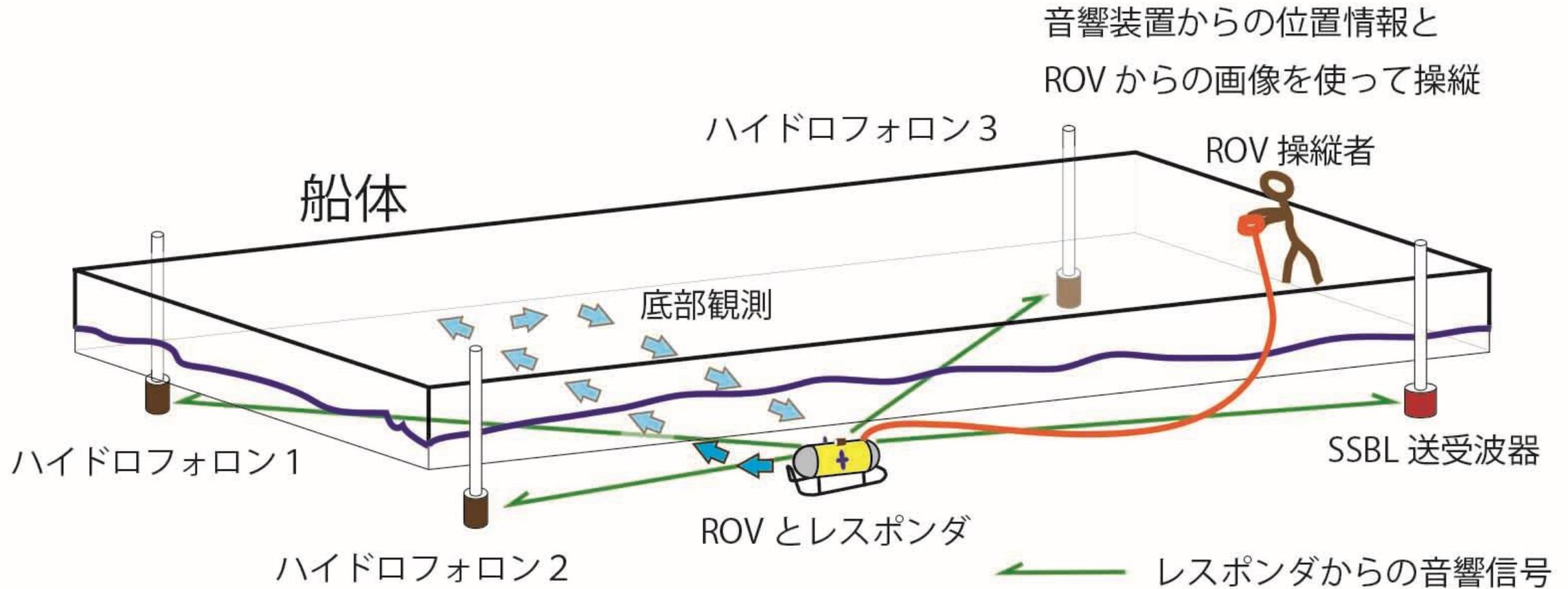


# ROVによる港湾施設や船舶の調査・検査の問題点

狭い船底下のROVの  
位置決めができるかどうかで  
ROVの利用が決まる



# 片道LBLによるROVの位置計測



## 概要

### 【目的】

SSBLを用いた位置計測では音響信号が音波のマルチパスや残響の影響を受け、信頼のできる精度の良いデータを  
得るのが難しい。そのため、船底の調査や海洋構造物（ポンツーンを含む）のROV調査に、LBLとSSBLを複合的  
に利用して、ROVの位置を1mよりも短い精度で計測するシステムを導入する。

### 【方式・手法】

ROVに取り付けられたレスポндаと5本の受波器を用いた片道LBLシステム

5本の受波器の位置は、正確な位置を計測しておく。

離れた位置に設置される受信部と送信部(レスポнда)はGPSを使って正確な時刻同期行う。

### 【試験】

11月24日 岸壁でのLBLシステム単独動作確認

12月13,14日 ポンツーンでのROV測位試験（1m間隔の測線を走行）

12月15,16日 ルミナス神戸2でのROV測位試験（2m間隔の測線を走行）

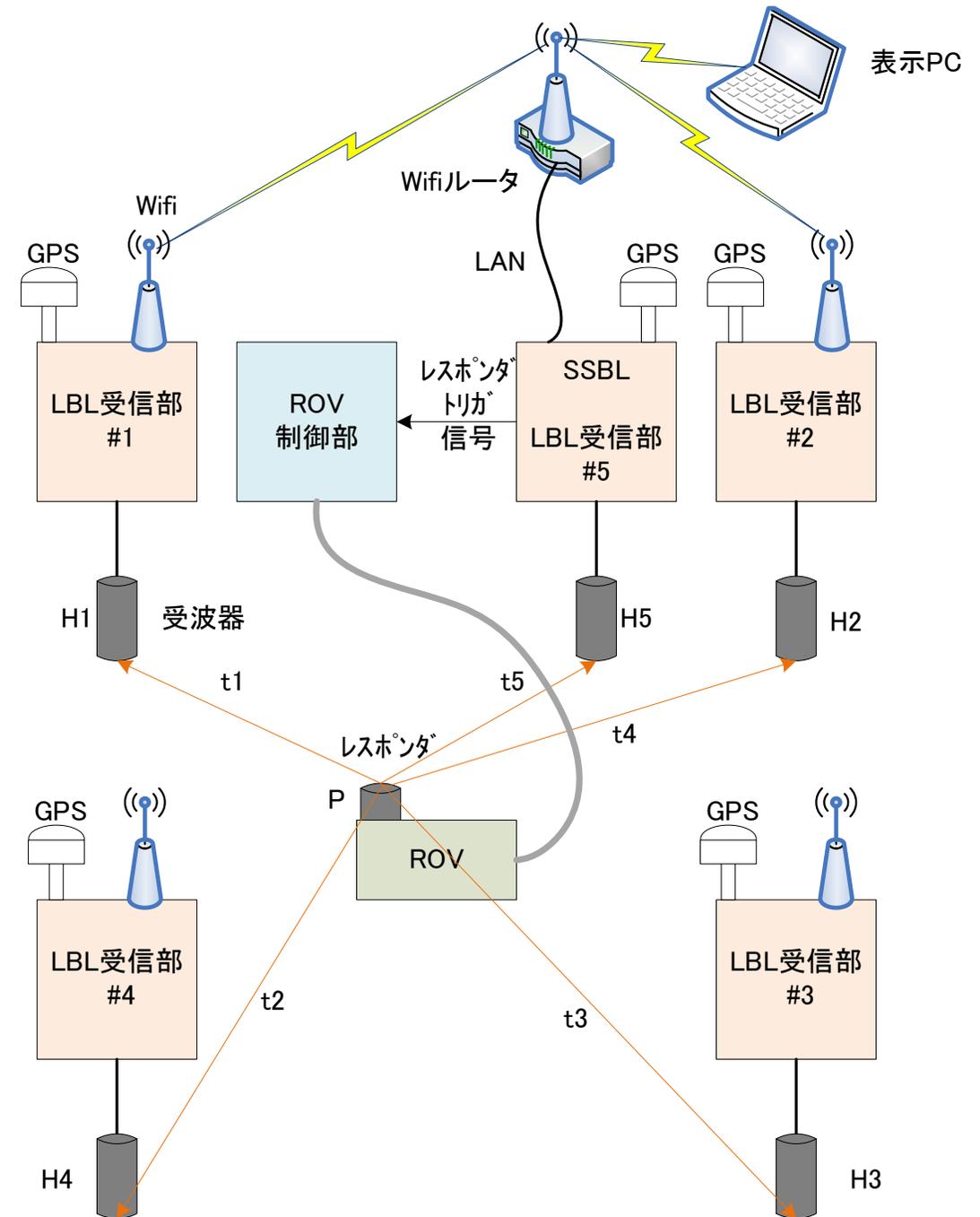
### 【主な結果】

ポンツーン、ルミナス神戸2でのLBL測位は、いずれも安定して精度の良い測位が行われた。1m間隔の測線上を  
ROVを走行させる十分な精度が得られた。

市販のSSBL方式による測位装置による測位も同時に行い、LBL方式との比較を行った。

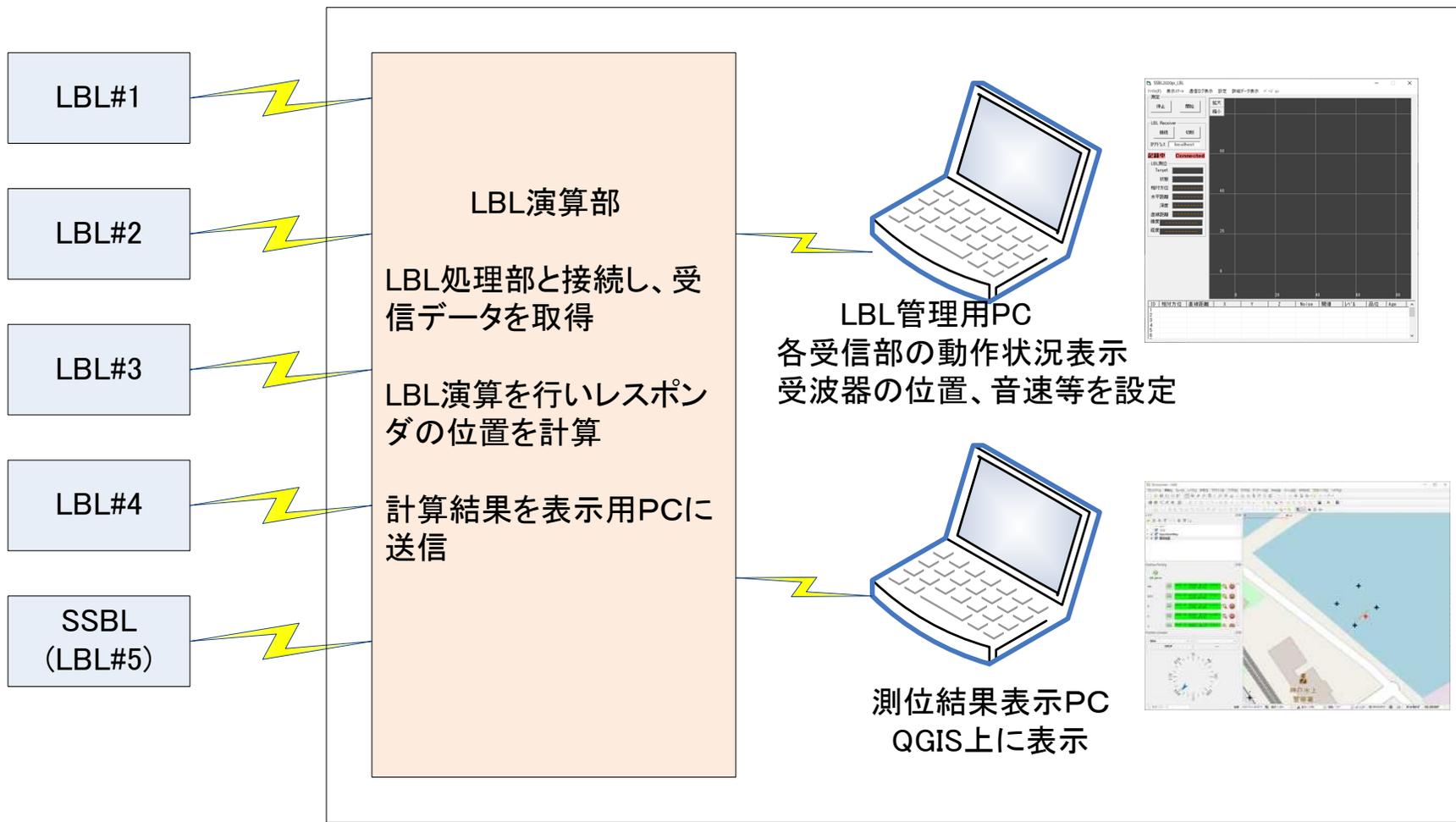
# LBLシステム構成

- 左図にシステム全体の構成図を示す
- 4台のLBL受信部、SSBL/LBL兼用受信部1台、ROVに搭載するレスポнда、LBL演算を行い測位結果を表示するPCから構成されている。
- LBL/SSBL/レスポндаはGPS時計に同期して動作している。そのため、レスポндаからの送信時刻とLBL受信部での受信時刻の差から音波伝搬時間 $t_n$ が求まり、音速を乗算することにより、レスポндаと各受波器間の直線距離( $R_n$ )が計算される。
- 受波器の位置( $H_n$ )は事前に測定しているので、三角測量の原理でレスポнда(ROV)の位置Pが求まる。



# LBLソフトウェア構成

- LBLソフトの構成を下図に示す。
- LBL演算部では、4台のLBL受信部とSSBL/LBL兼用受信部1台と接続してLBL演算を行い、ターゲットの位置を計算する。このソフトはLinux上で動作し、LBL管理用PC上の仮想マシン上のLinuxで動作させている。
- LBL管理PCでは、ハイドロフォンの位置や各受信部の動作状況の監視、システム全体の制御を行う。
- 測位結果表示PCでは、QGISを用いて測位位置を地図上に表示する。



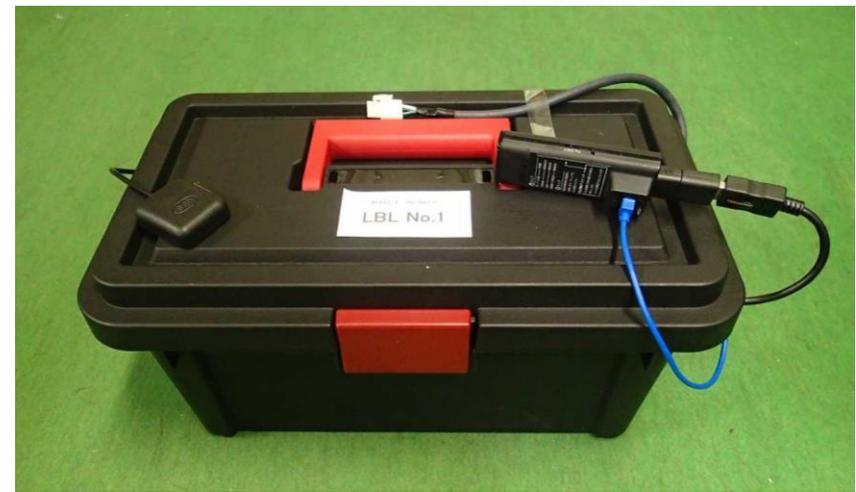
# 使用機器の概要：SSBL音響測位装置

項目	仕様
方式	チャープ信号によるSSBL方式
測位レンジ	最大500m(水深50~500m以内)
測定精度	±1%
受信周波数	中心周波数25kHz(チャープ信号)
送信周波数	19kHz
測位ターゲット	トランスポンダ、レスポнда
外部接続	LAN/RS232C
電源	AC100V±10%,50//60Hz1A以下
受波器	3素子平面配置
送波器	受波器上部一体型
コンパス・姿勢センサ	受波器に内蔵



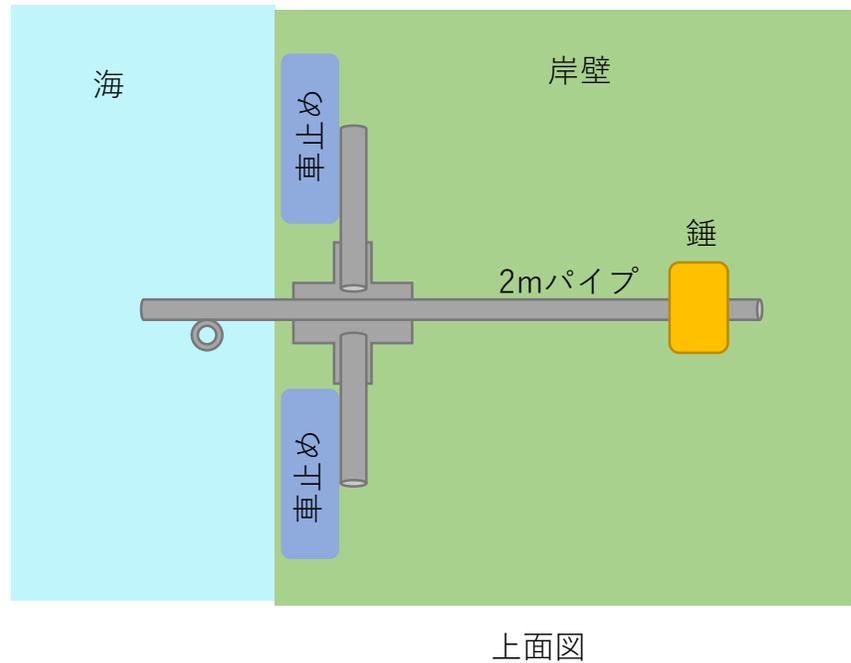
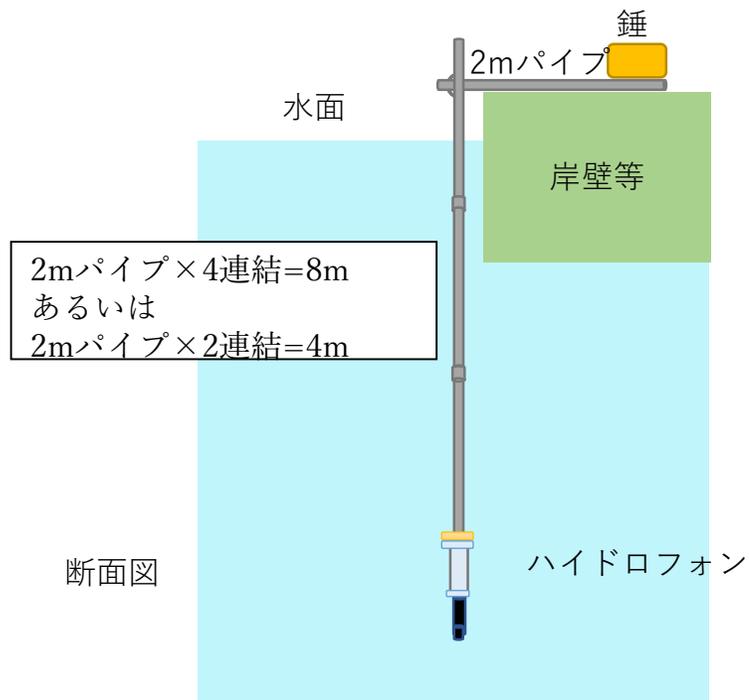
# LBL受信機

項目	仕様
受信周波数	中心周波数25kHz(チャープ信号)
同期	内蔵GPSのタイミング信号(1PPS)
受信周期	1秒 (GPS同期)
時間分解能	10 $\mu$ 秒
最大受信距離	500m
外部接続	無線LAN
電源	バッテリー 12V5AH
受波器	無指向性、単一素子



# LBL/SSBLハイドロフォンの岸壁等からの吊り下げ方法

- 下図の様に、市販の単管パイプ、連結金具等を使い、ハイドロフォンをポンツーンあるいは岸壁から設置した。錘、ロープで架台を固定している。



ルミナス神戸2での取付様子

# ポンツーンでの実証試験

## 作業内容概要

【2022/12/13】

- ① 機材設置
- ② 動作チェック
- ③ ROV (RTV-100MKII) による動作確認

【2022/12/14】

- ① ROV(Blue-ROV)を使った船底調査の動作確認
- ② ROV(RTV-100MKII)を使った短辺方向測線(間隔1m)に沿った船底調査
- ③ ハイドロフォンアレイ配置を長方形から直線に変更
- ④ ROV (RTV-100MKII)を使った長辺方向測線(測線間隔2m)に沿った船底調査
- ⑤ ルミナス神戸2へ移動のため、機材撤収

## 【結果概要】

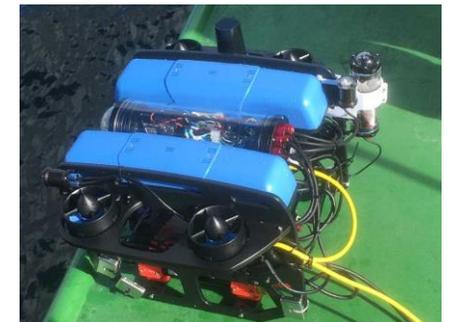
LBLは極めて良好な測位が行え、ROVの誘導に十分な測位安定度、精度が得られた。  
SSBLも比較的良好な測位が行えた。



ポンツーンに機材設置とテント設営

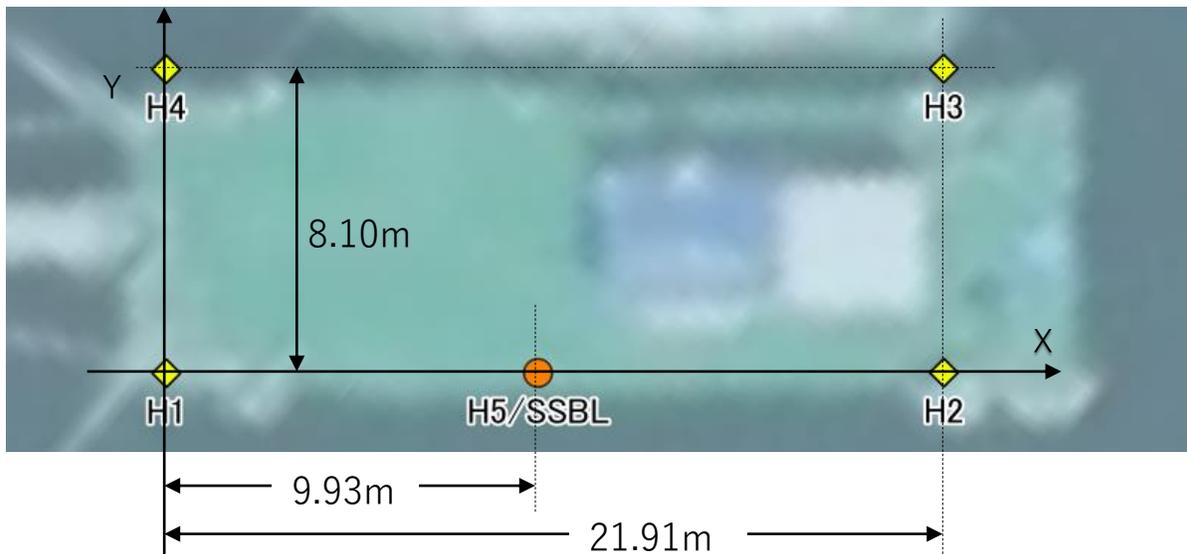


RTV-100MKII

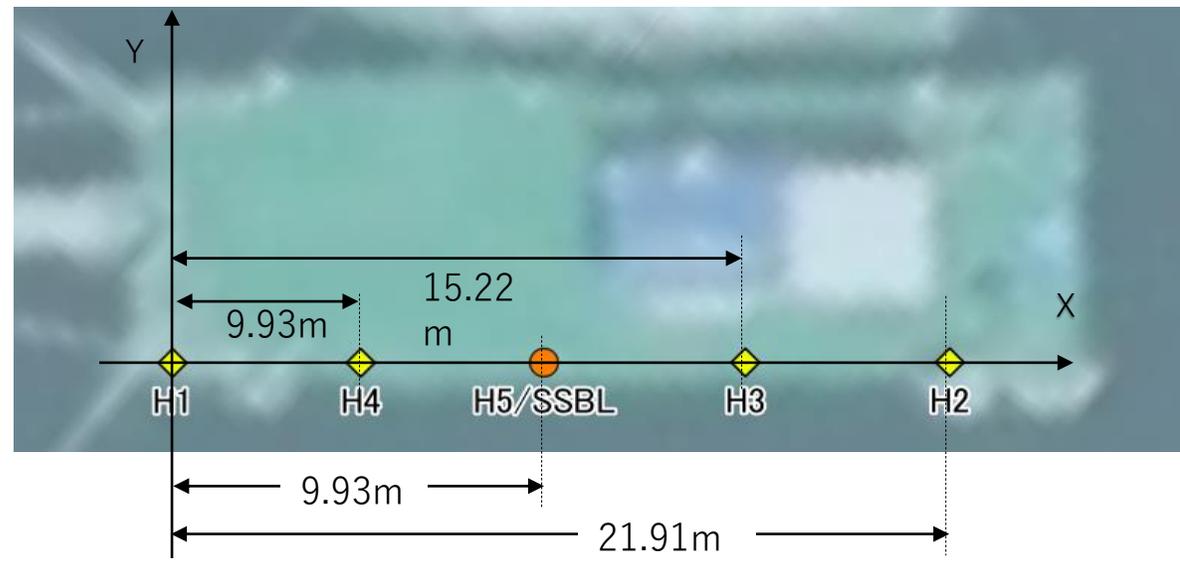


Blue-ROV

# ポンツーン



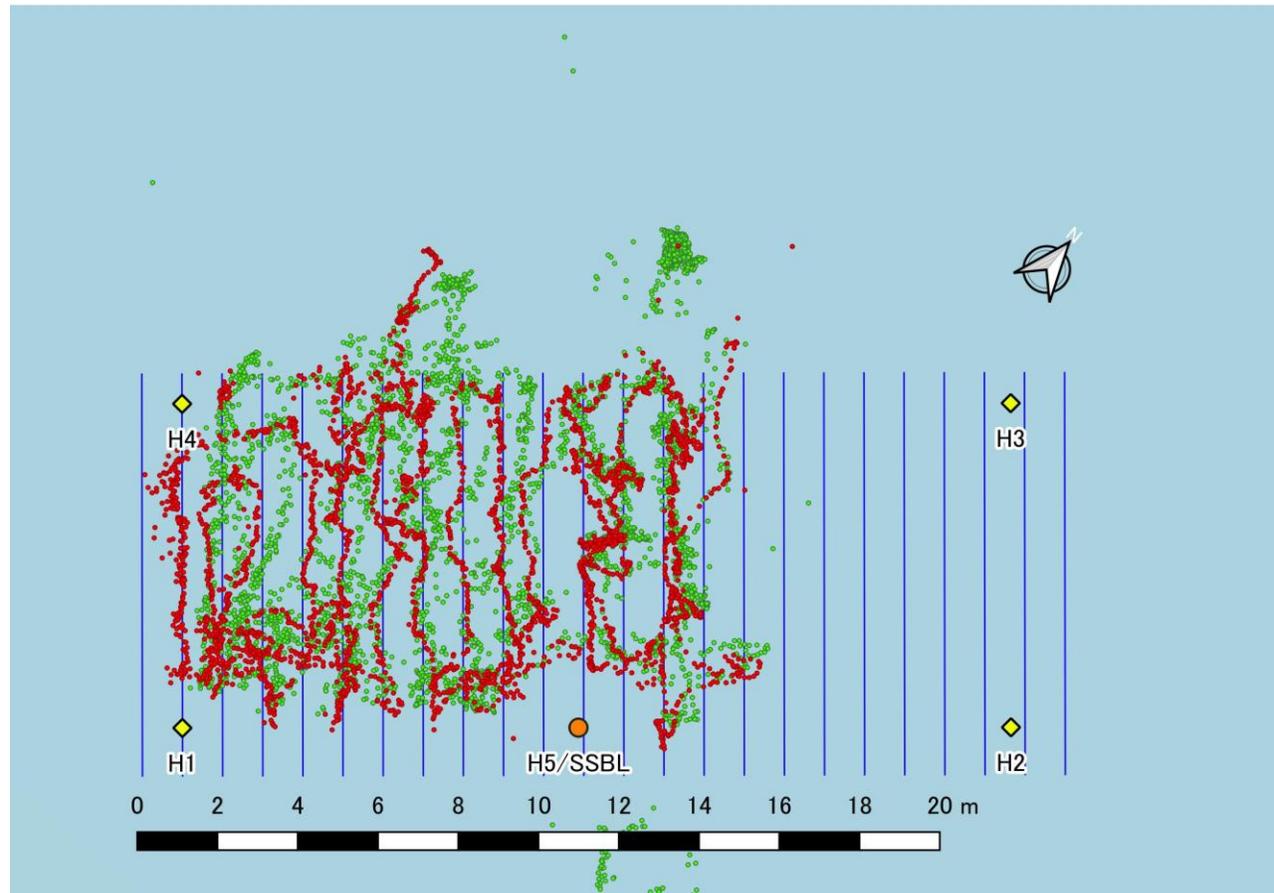
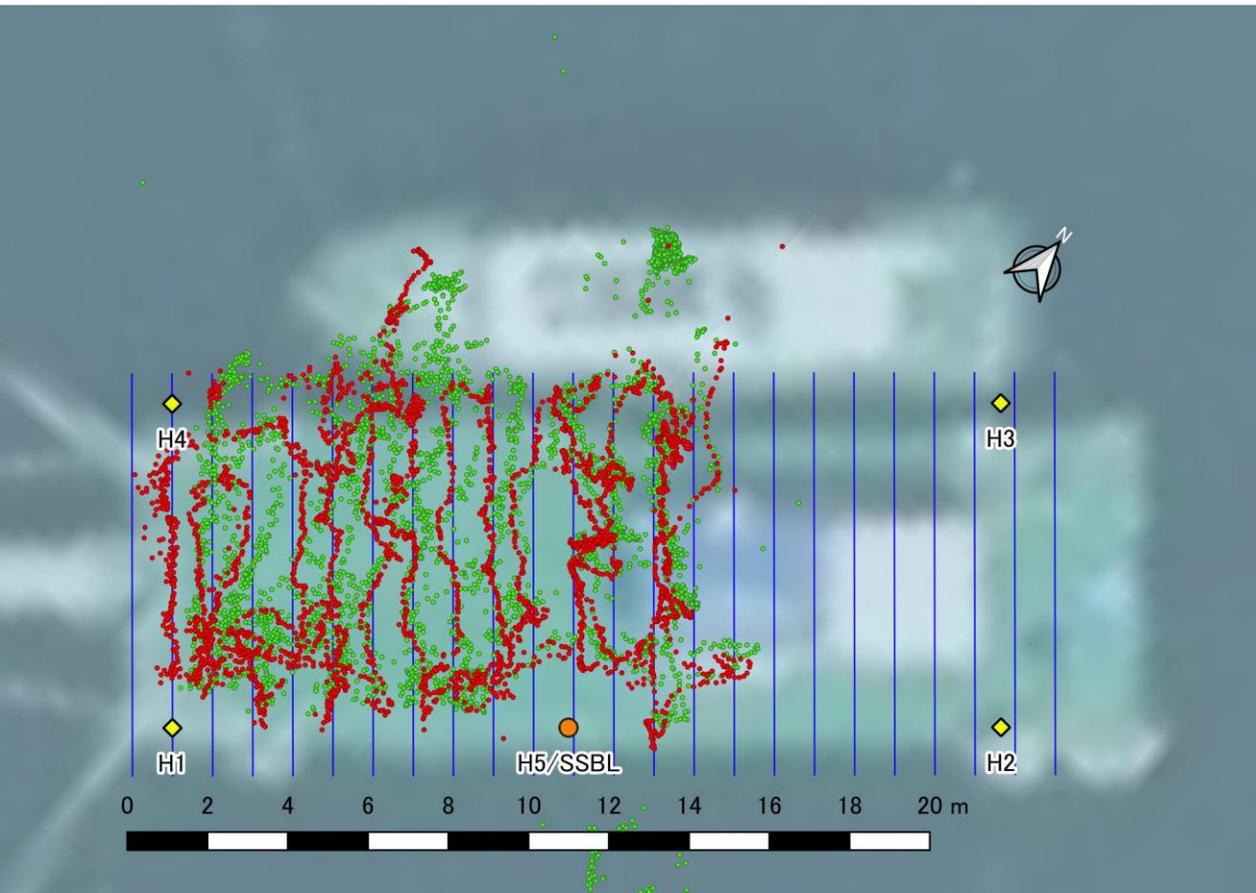
長方形配置 (13,14日に実施)



直線配置 (14日午後 to 実施)

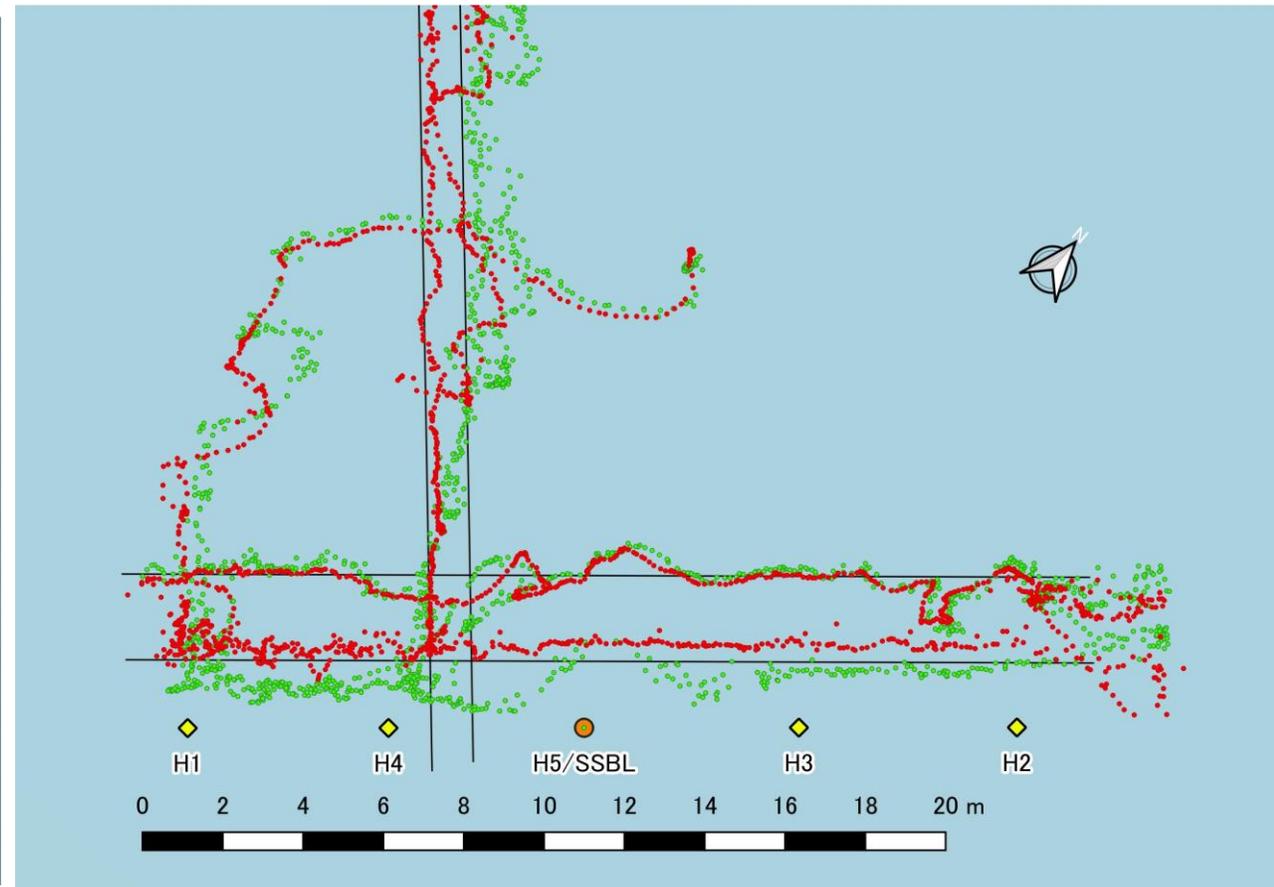
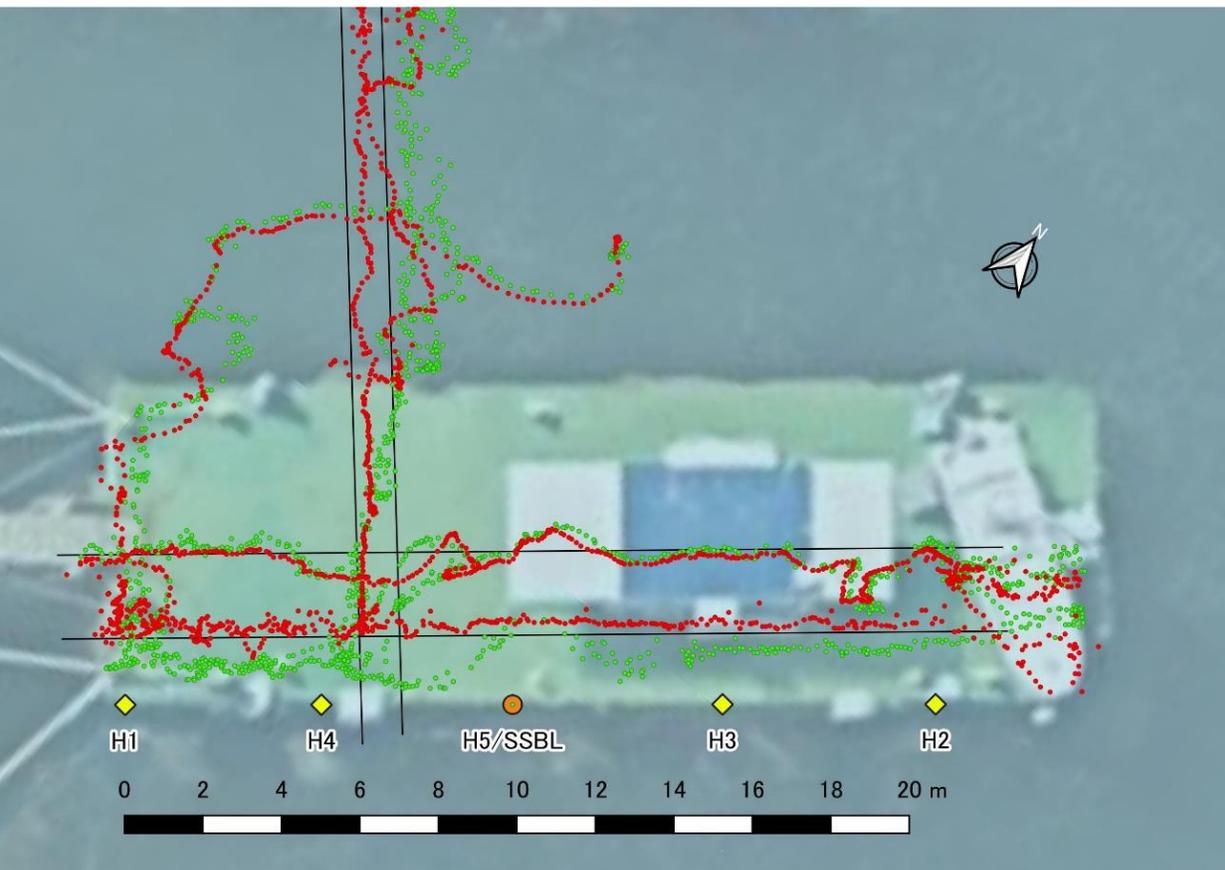
## 2022/12/14 ポンツーンにてROV (RTV-100MKII) による船底調査試験 (1)

- 船底調査の目標となる1m間隔の測線(下図の縦線)を地図上に引き、それをガイドとしてROVを走行。
- 左の図にROVに搭載したレスポндаの位置をLBL(赤点)およびSSBL(緑点)で計測した結果を示す。ハイドロフォンの位置を◇で示す。右図は見やすくするために背景を消している。
- ROVの方位計が、ポンツーンの構造部材の磁化の影響を受けるので、まっすぐに運転するのが難しい。
- LBLでは、連続した細かい幅の航跡を示しているが、SSBLは幅が広がっているだけでなく、飛んでいる。
- 左の図の下絵には、ポンツーンの北側に小型船が係留されているが、利用した衛星写真にたまたま係留されていたのが写りこんでいたので、実際にはこれはない。



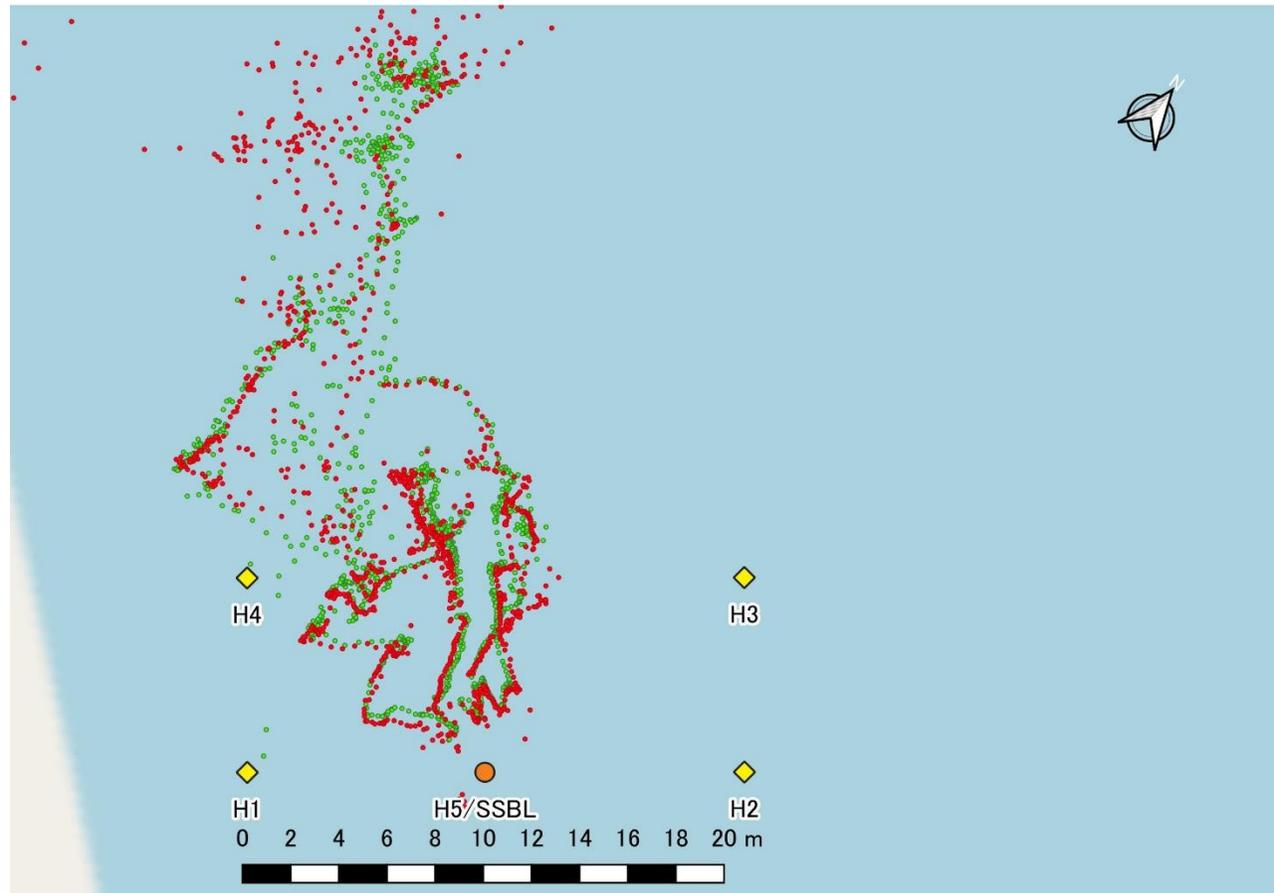
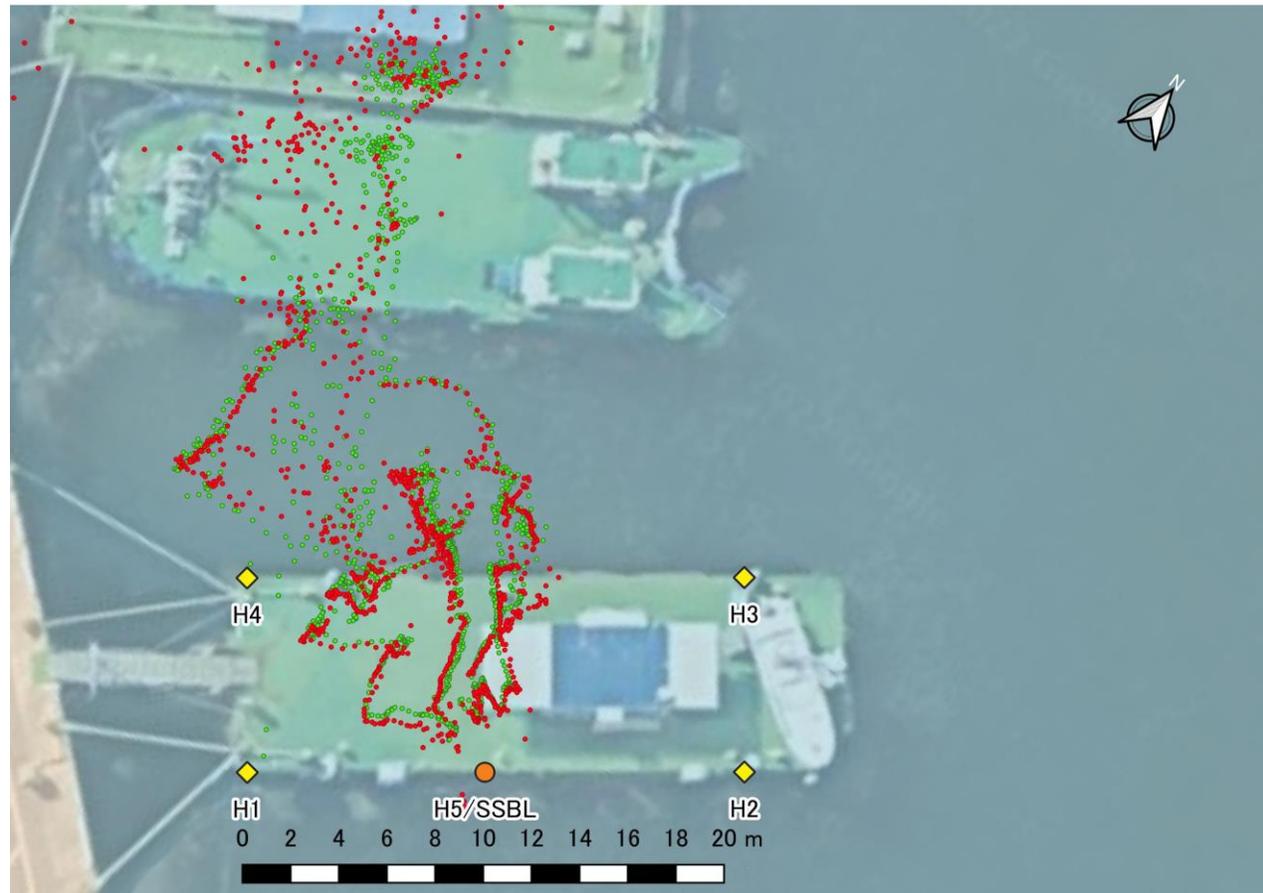
# 2022/12/14 ポンツーンにてROV (RTV-100MKII) による船底調査試験 (2)

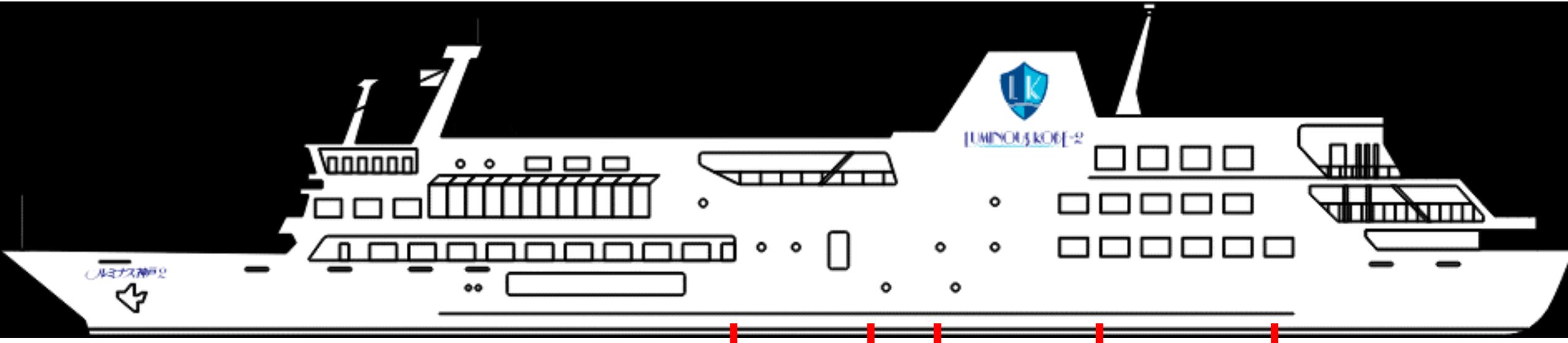
- ポンツーンの長手方向に測線をひいた例。



# 2022/12/14 ポンツーンにてROV (Blue-ROV) による動作確認

- 位置の計測については、ROVの性能は関係ない。操縦のしやすさは、調査や検査において重要である。
- 左の図の下絵には、調査対象ポンツーンの北側の給水ポンツーンに小型船が係留されているが、利用した衛星写真にたまたま係留されていたのが写りこんでいたので、実際にはこれはない。





H1

H2

H5(SSBL)

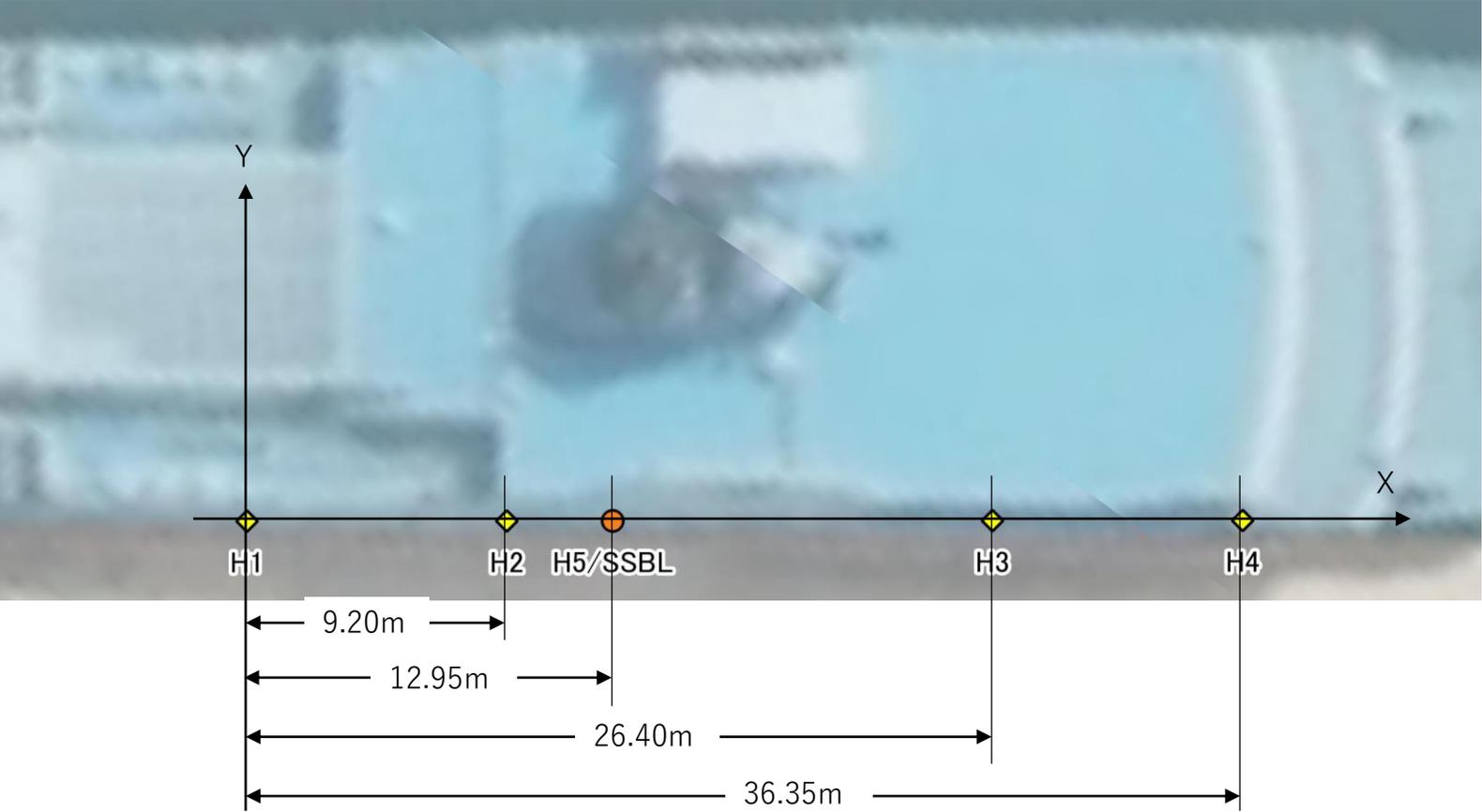
H3

H4



ルミナス神戸2でのハイドロフォンの配置

# ルミナス神戸2におけるハイドロフォン配置



# ルミナス神戸2での実証試験結果

## 作業内容概要

【2022/12/15】

- ① 機材設置
- ② 動作チェック
- ③ ROV (RTV-100MKII) による動作確認

【2022/12/16】

- ① ROV(RTV-100MKII)を使った船底調査 (1)
- ② ROV(RTV-100MKII)を使った船底調査 (2)
- ③ ROV(Blue-ROV)を使った船底調査 (3)
- ④ 機材撤収

## 【結果概要】

LBLは極めて良好な測位が行え、ROVの誘導に十分な測位安定度、精度が得られた。一方、SSBLは反射波の影響を受け、値が大きくバラツキ、このような環境下では実用的でないことが判った。

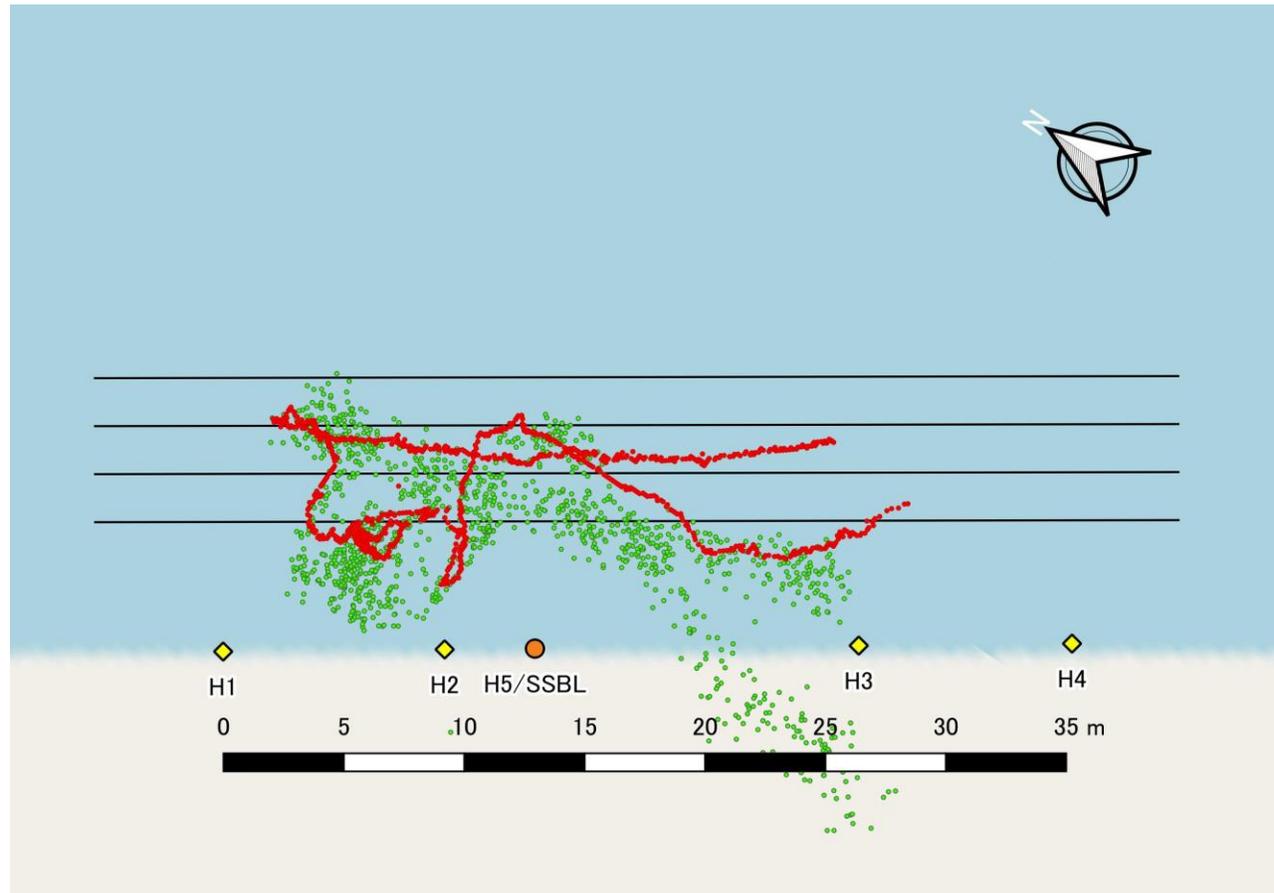
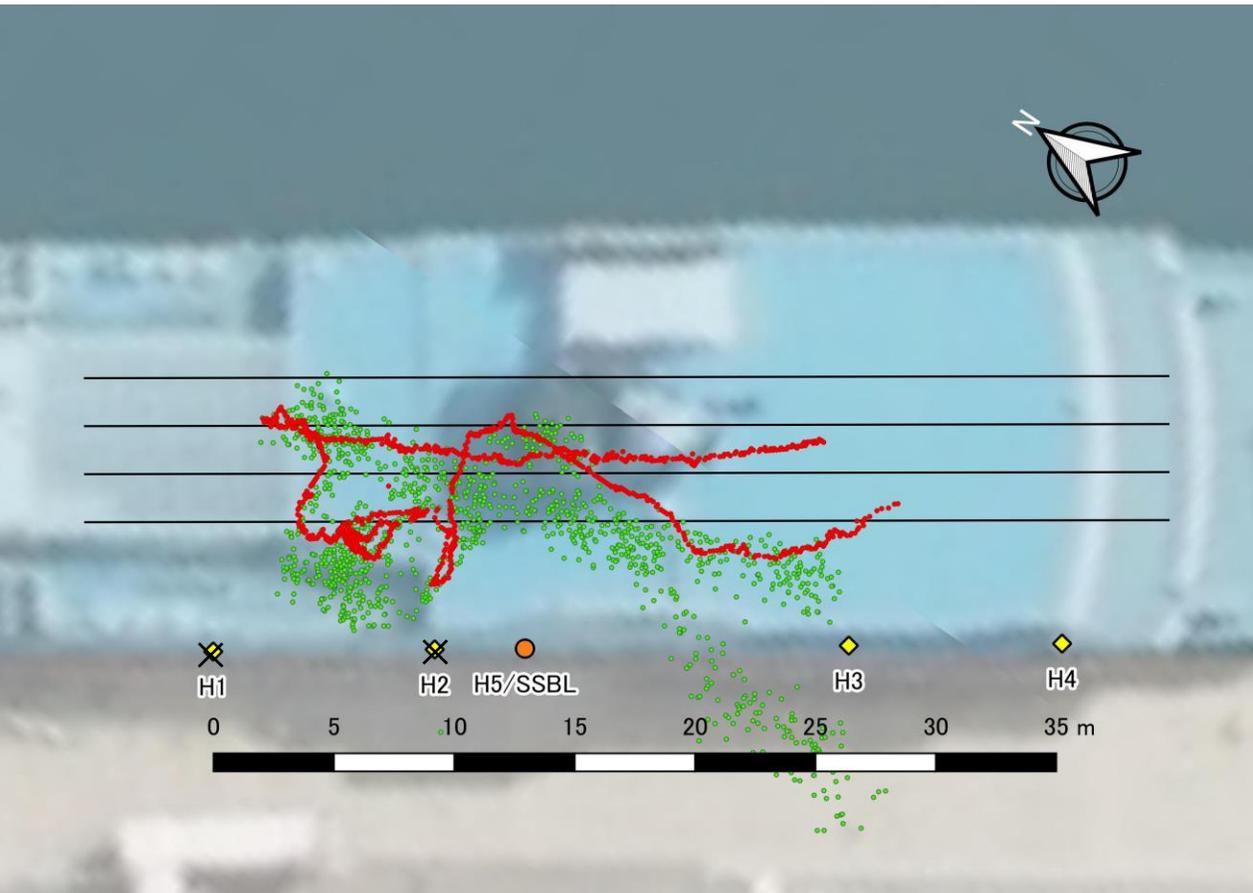


岸壁に機材設置とテント設営



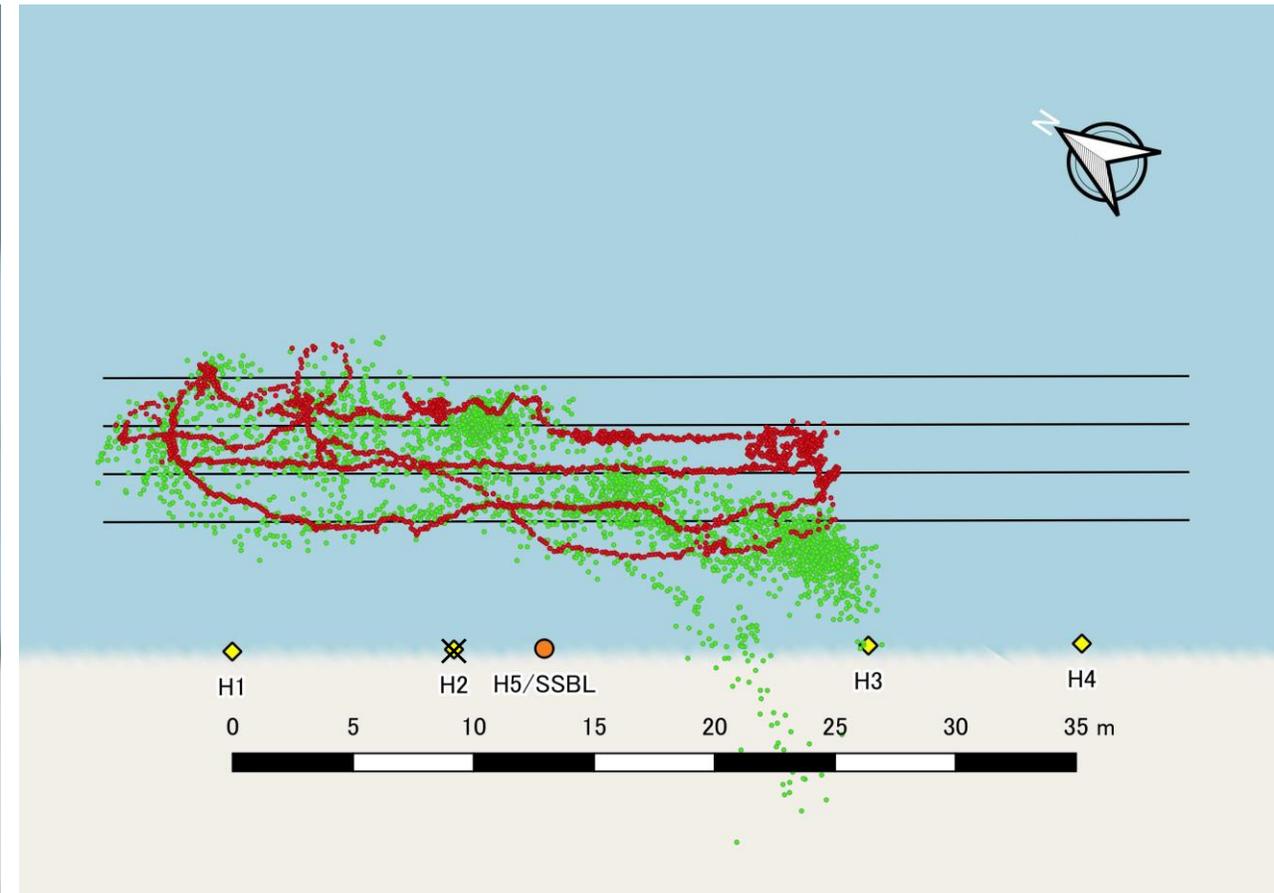
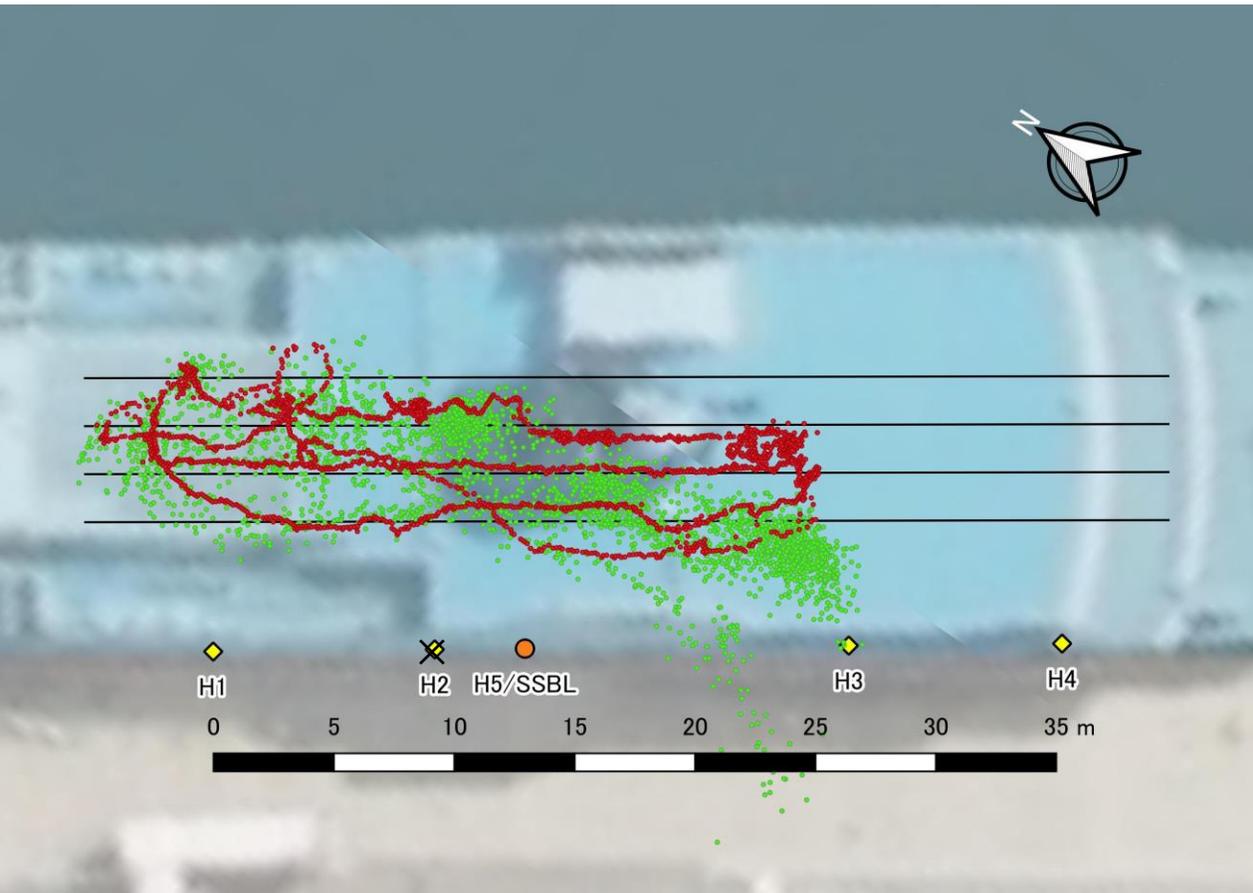
# 2022/12/15 ルミナス神戸2にてROV (RTV-100MKII) による船底調査試験 (1)

- 船底調査の目標となる2m間隔の測線を4本を地図上に引き(下図の横線)、それをガイドとしてROVの試行走行を実施。
- 左の図にROVに搭載したレスポндаの位置をLBL(赤点)およびSSBL(緑点)で計測した結果を示す。ハイドロフォンの位置を◇で示す。×のついているハイドロフォンは動作不良のためLBL測位から除外している。
- 3個のハイドロフォンを使ったLBLでも安定した測位が行えた。



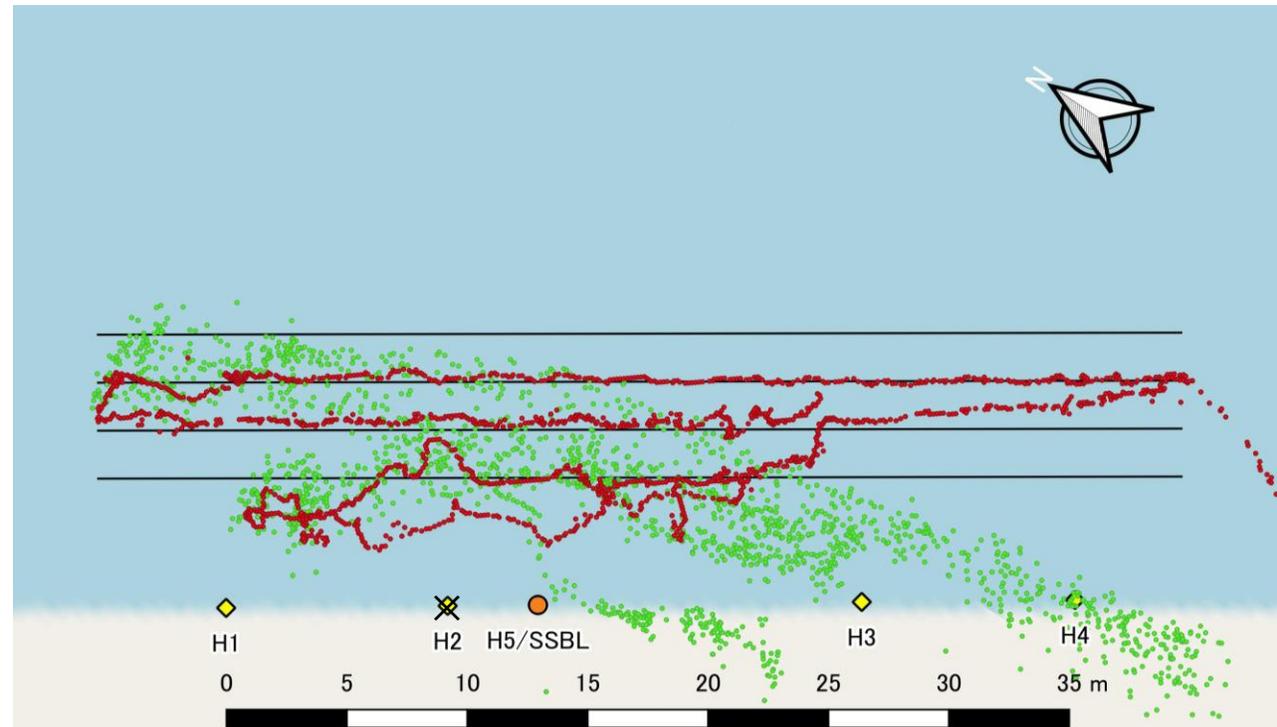
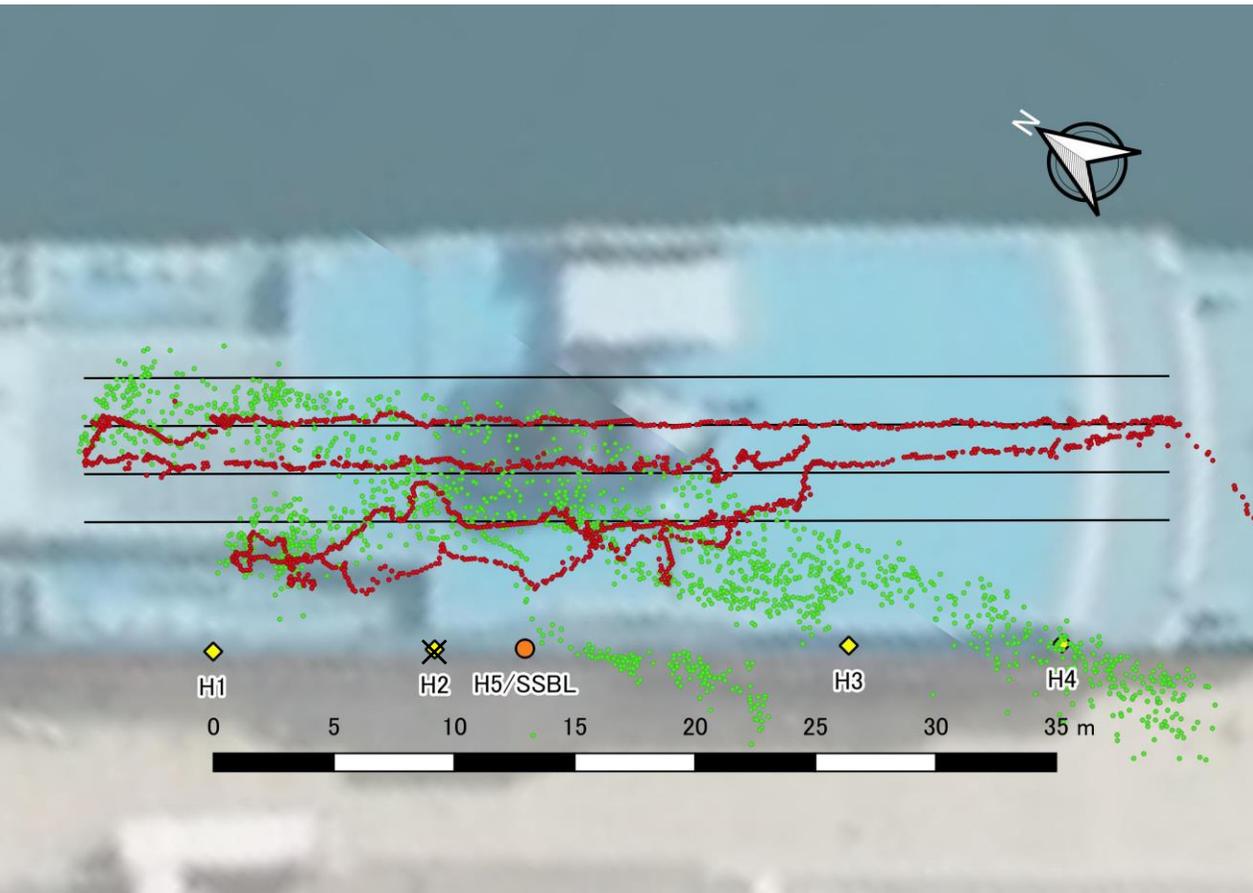
# 2022/12/16 ルミナス神戸2にてROV (RTV-100MKII) による船底調査試験 (2)

- 左の図にROVに搭載したレスポндаの位置をLBL(赤点)およびSSBL (緑点)で計測した結果を示す。ハイドロフォンの位置を◇で示す。×のついているハイドロフォン(H2)は動作不良のためLBL測位から除外している。
- 測位状況は前日と同様、LBLは安定しているが、SSBLはバラツキが極めて大きい



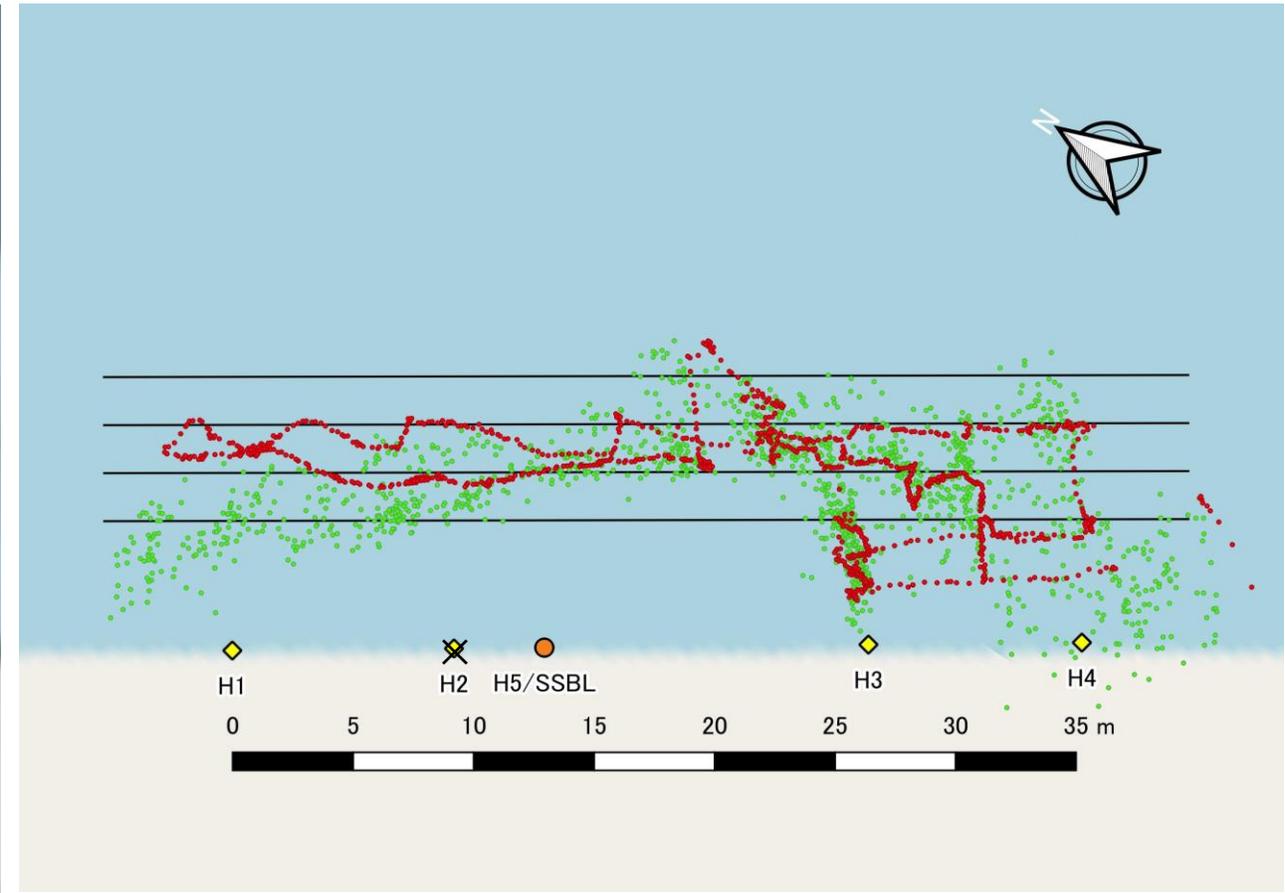
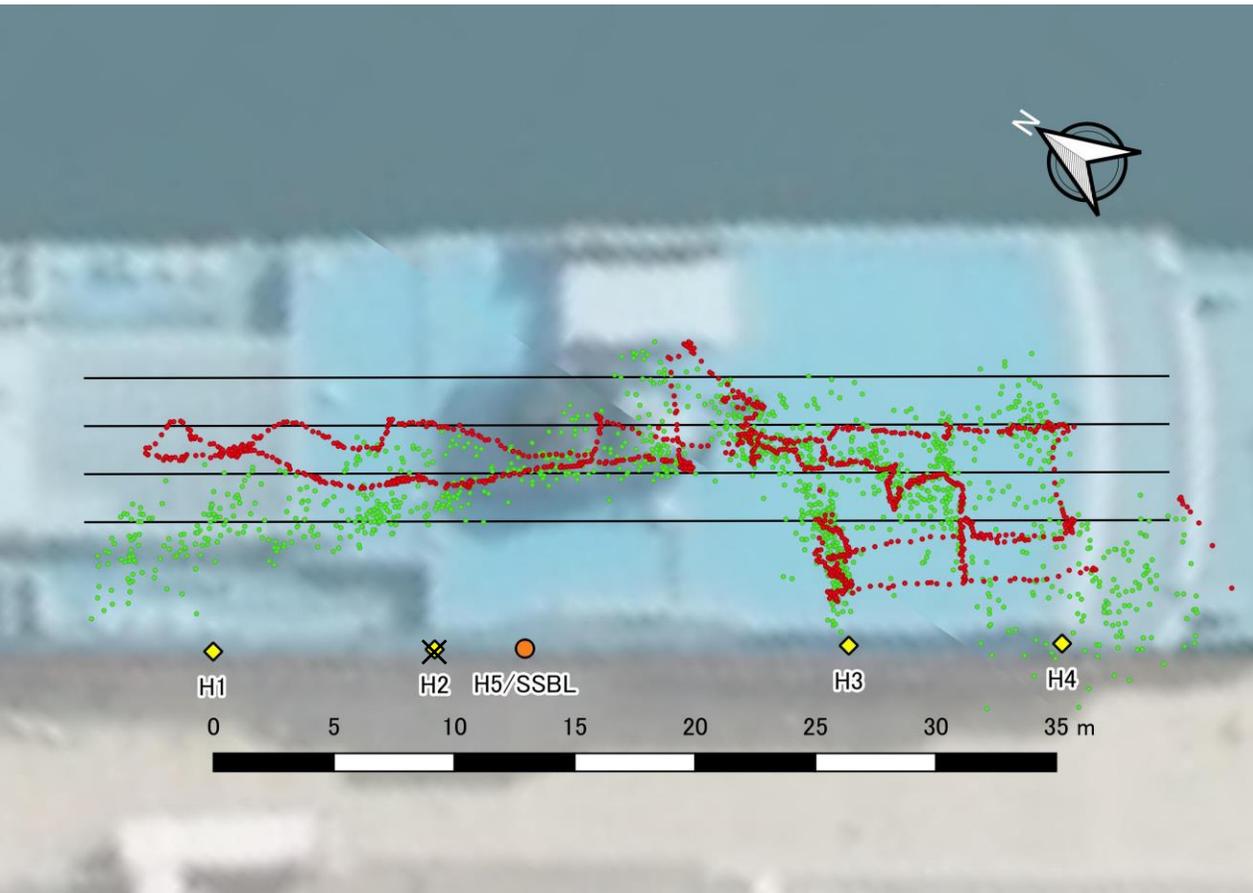
# 2022/12/16 ルミナス神戸2にてROV (RTV-100MKII) による船底調査試験 (3)

- 左の図にROVに搭載したレスポндаの位置をLBL(赤点)およびSSBL (緑点)で計測した結果を示す。ハイドロフォンの位置を◇で示す。×のついているハイドロフォン(H2)は動作不良のためLBL測位から除外している。
- ROVは上から2番目の測線上を安定して走行できていることが判る。

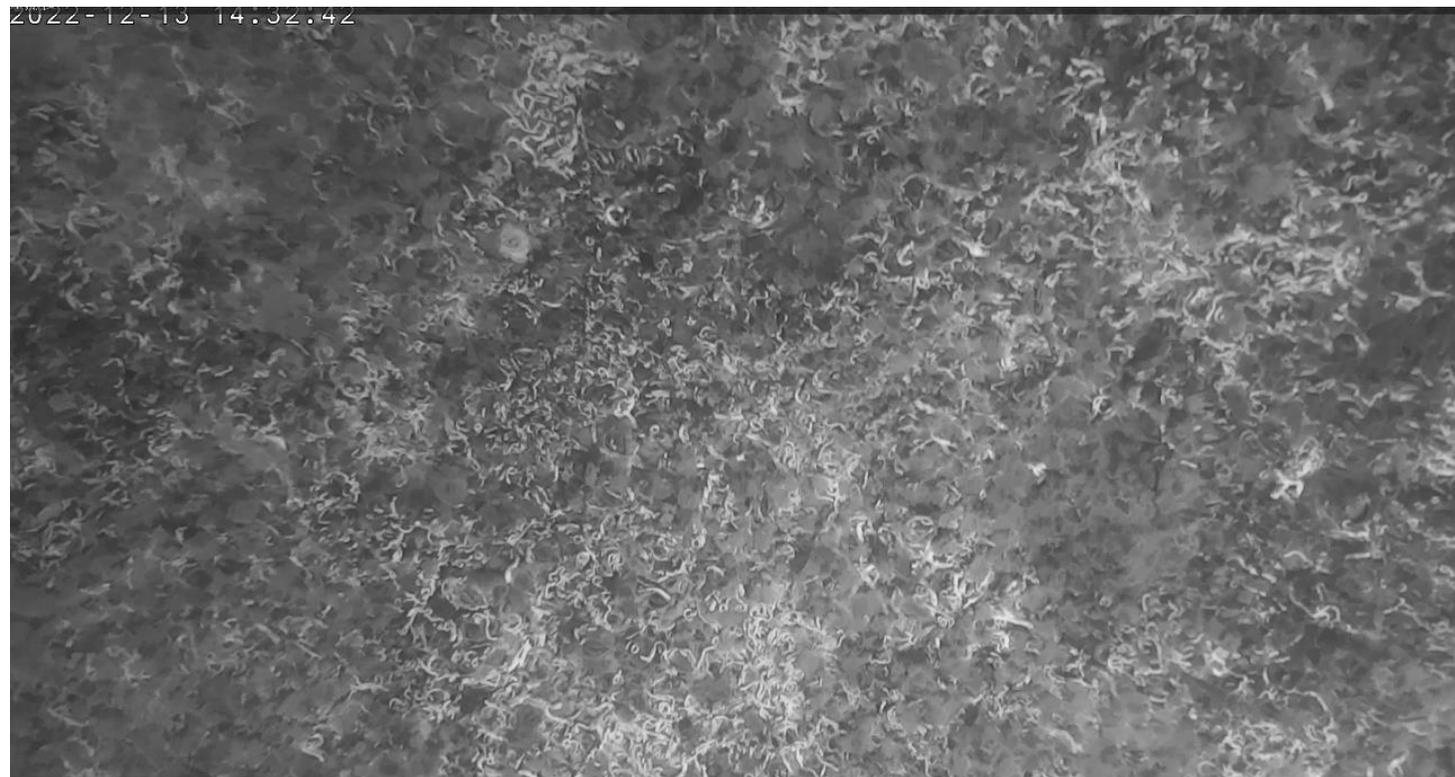


# 2022/12/16 ルミナス神戸2にてROV (Blue-ROV) による船底調査試験

- 測位状況はRTV-100MKIIと同様である。



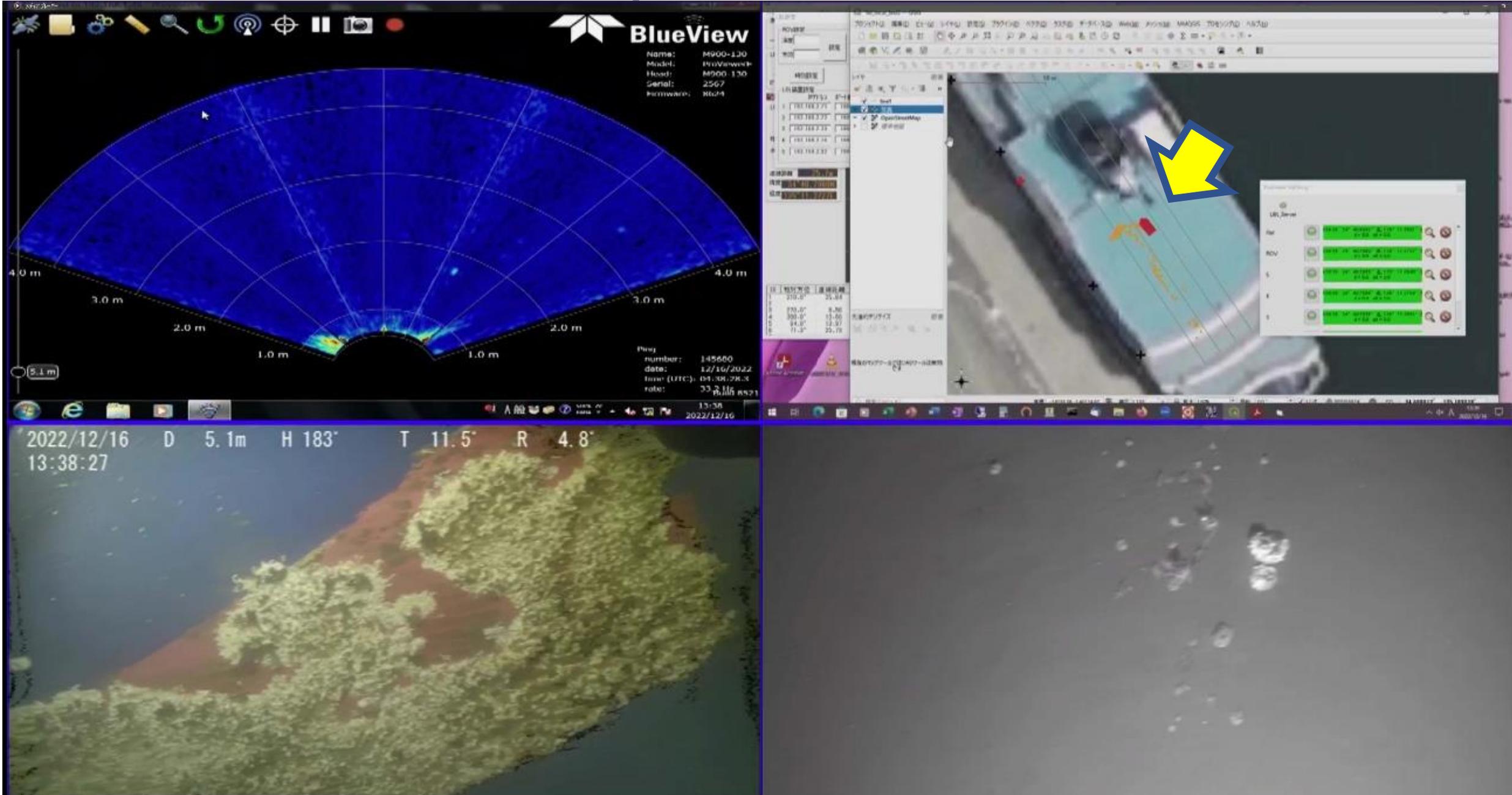
# 生物が多数付着する ポンプーン下部



犠牲陽極？

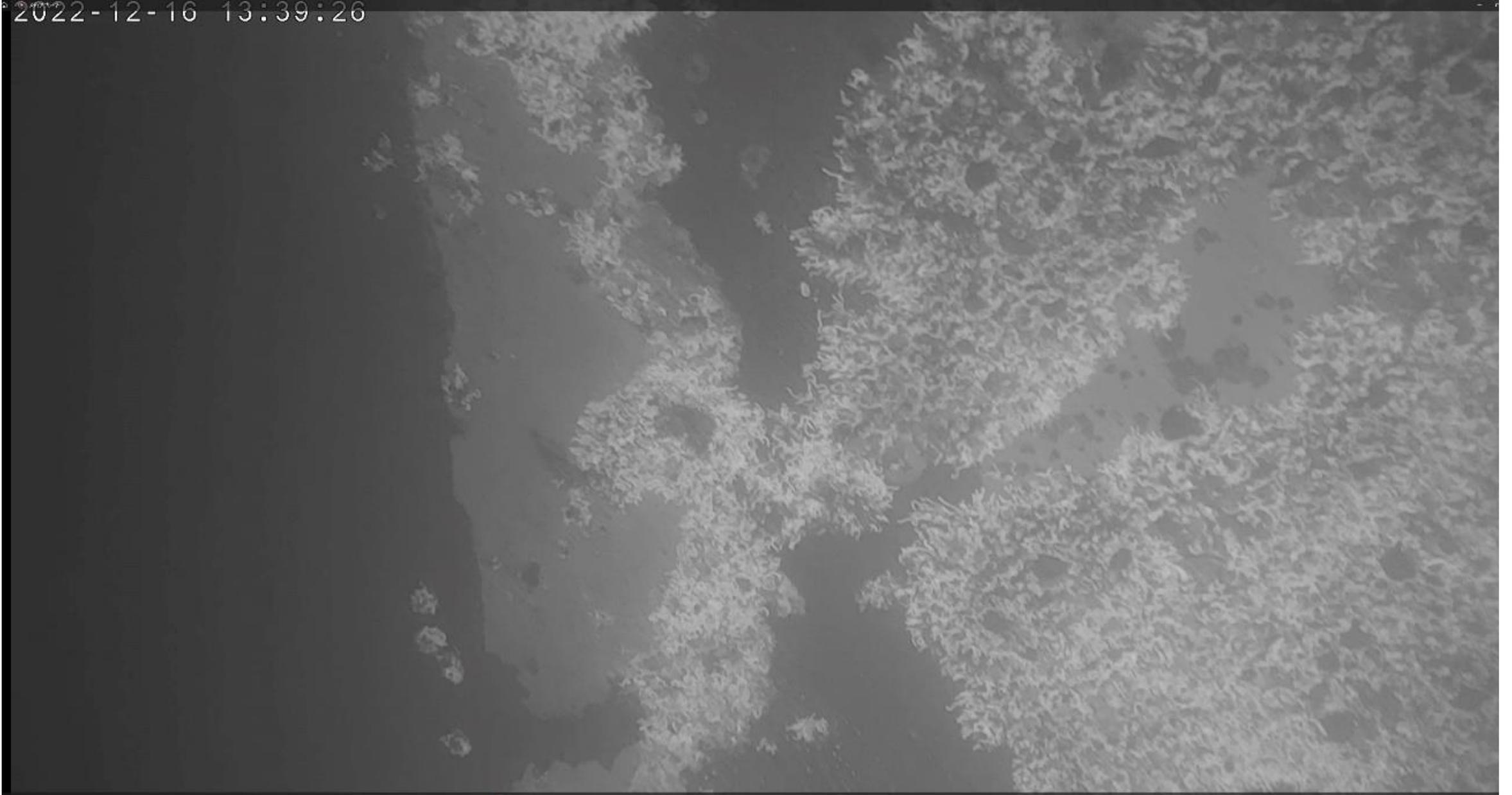


# 盤木の痕の周り

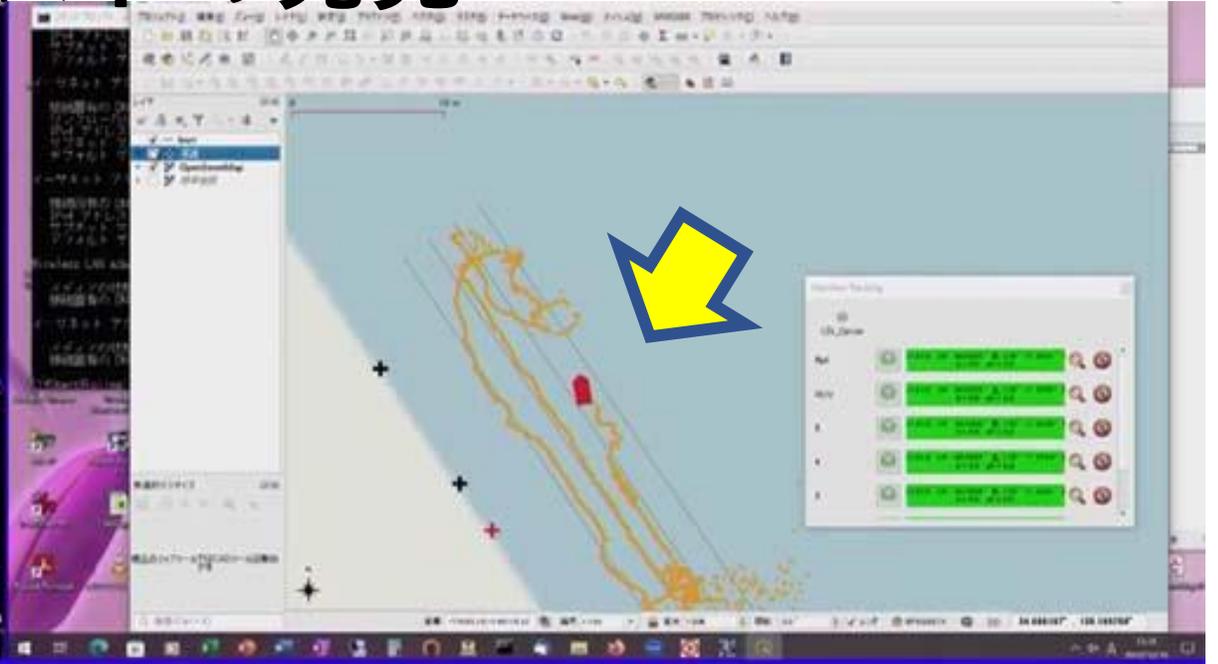
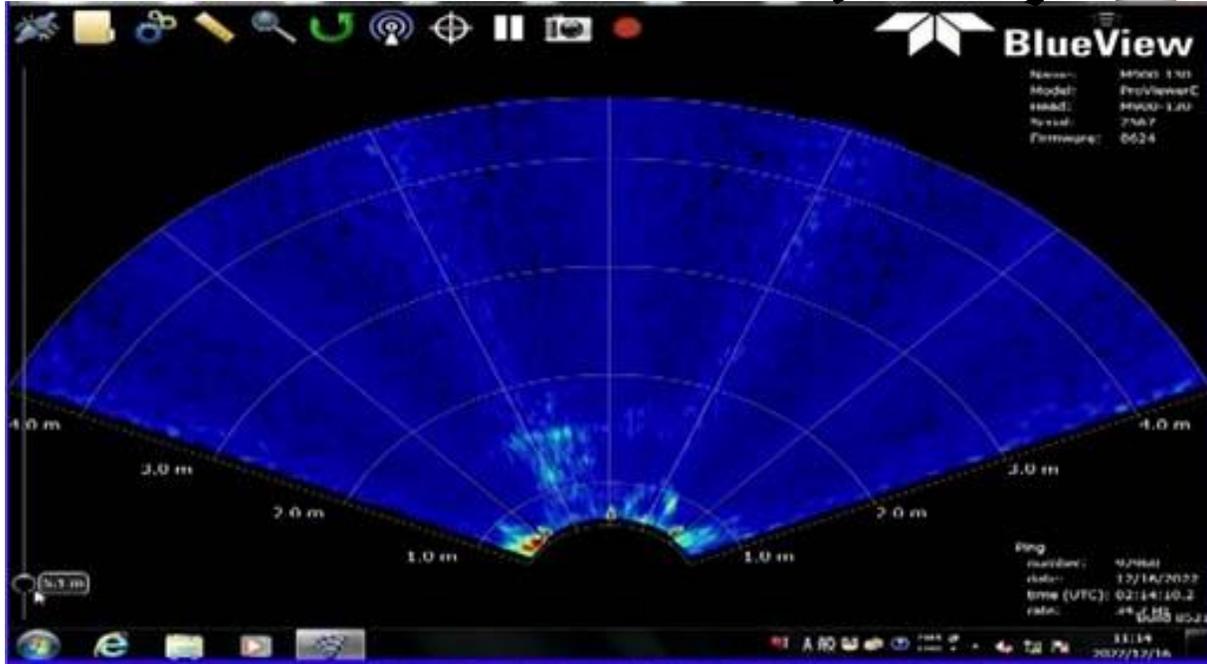


# 盤木の痕の周り

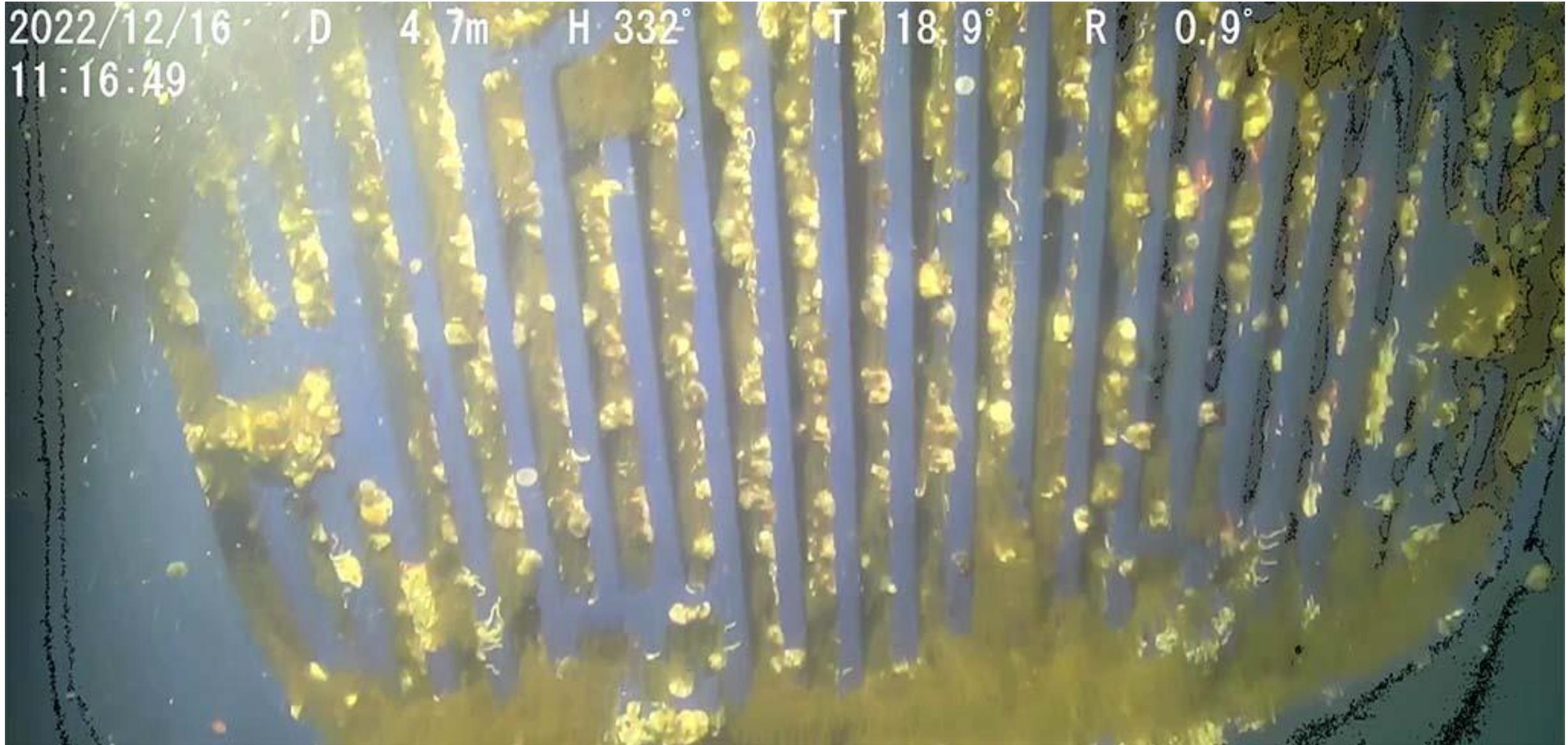
2022-12-16 13:39:26



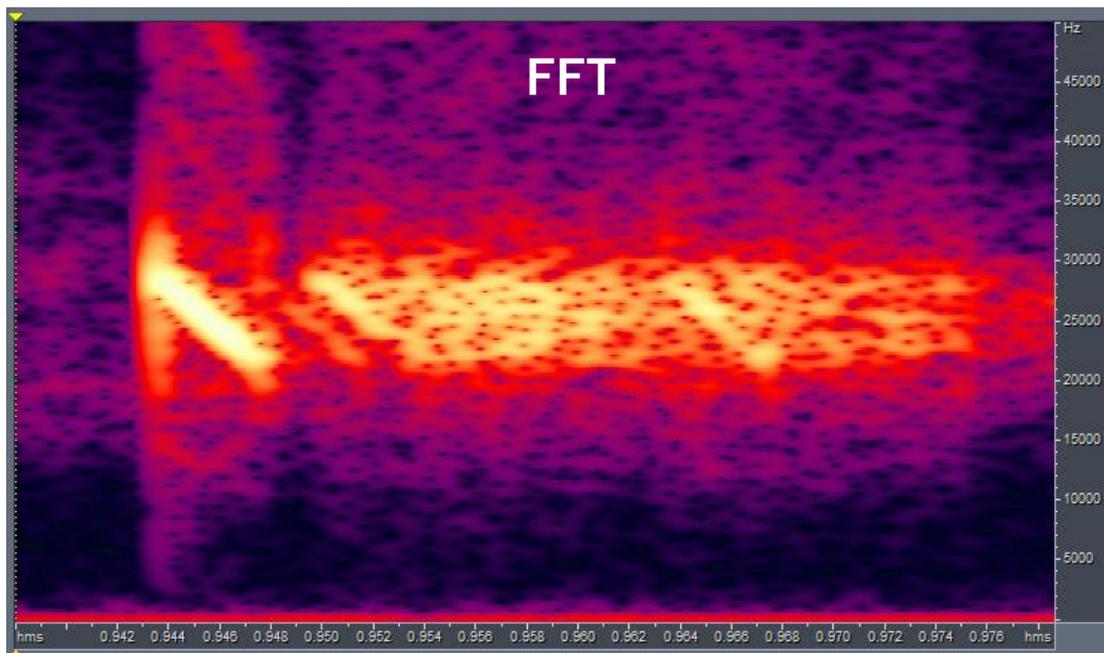
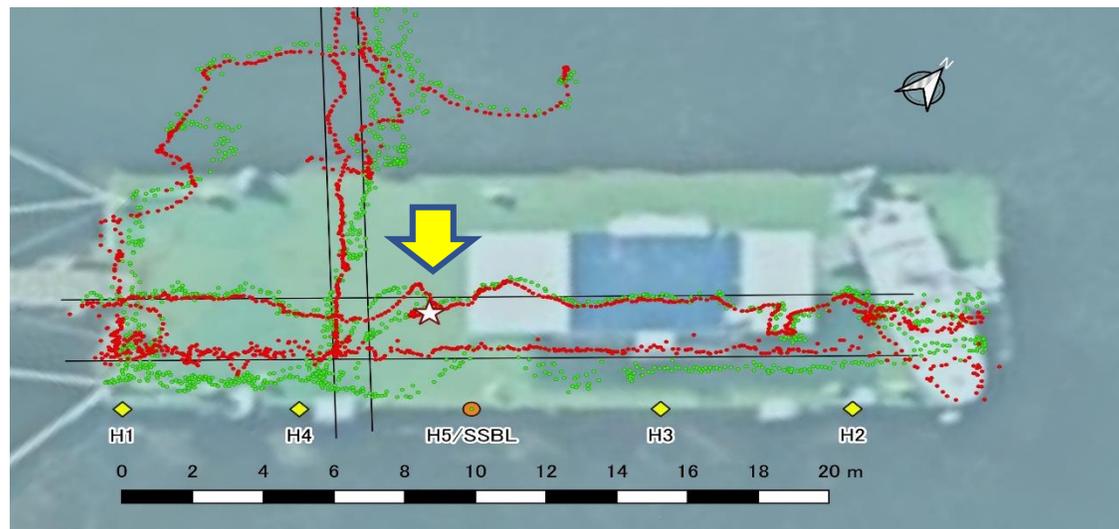
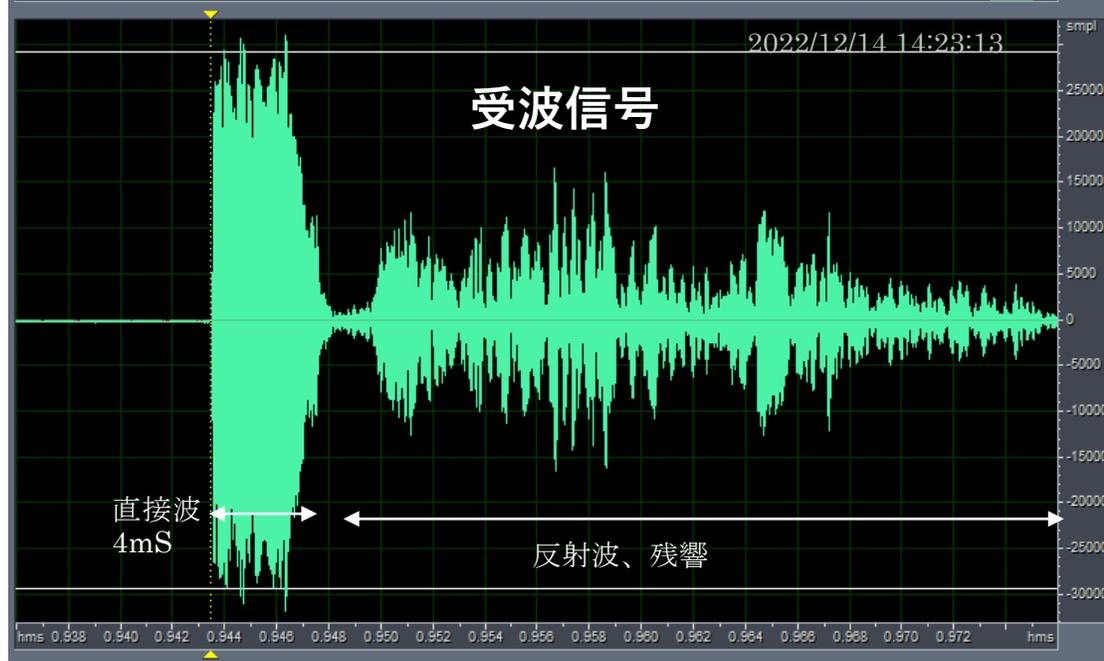
# シーチェストの発見



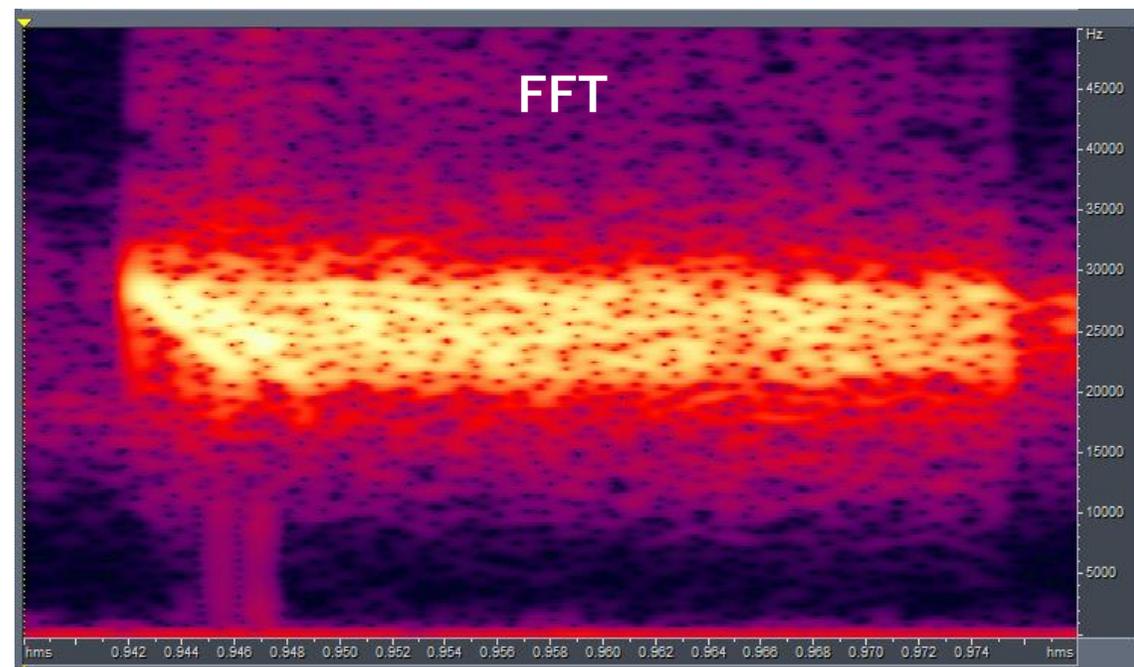
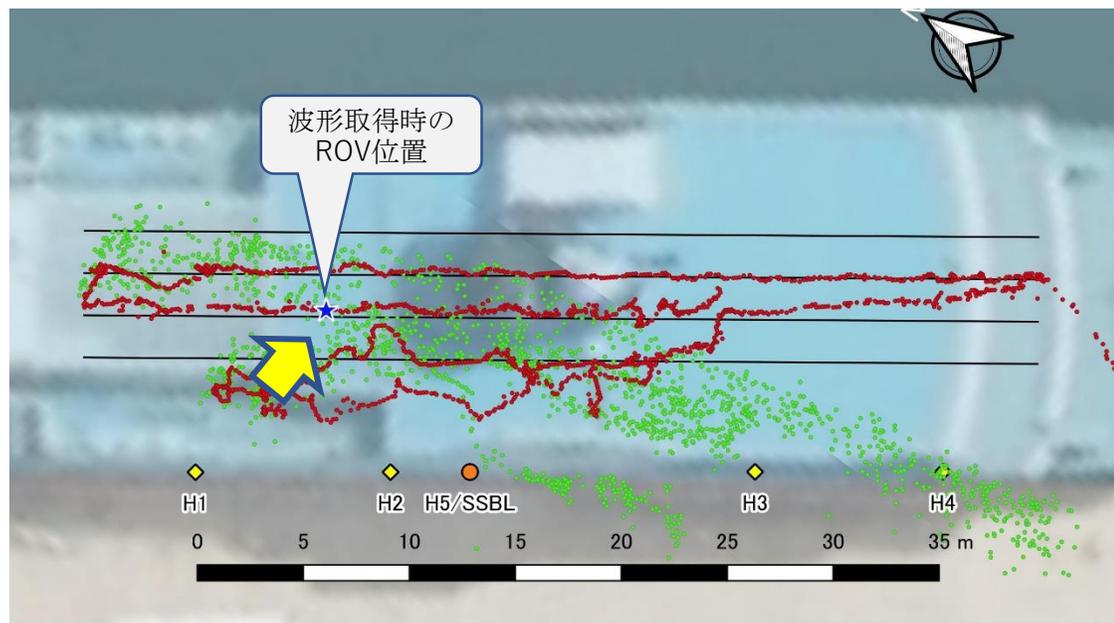
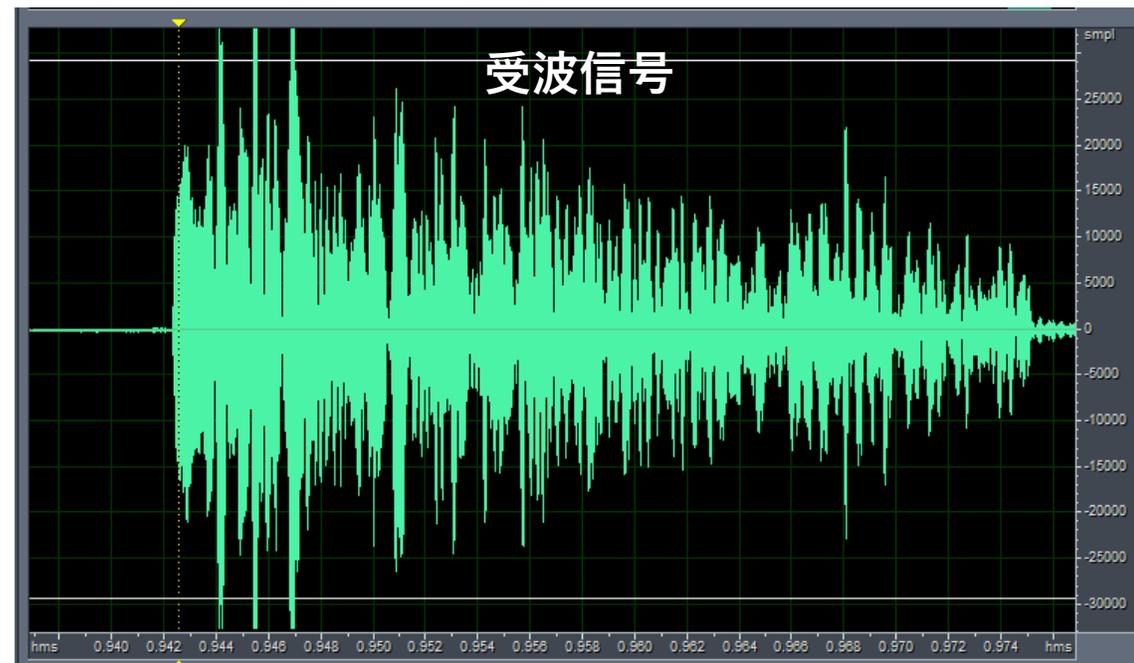
# 前方カメラから見たシーチェスト



# マルチパスの影響が 少ない場合



# マルチパスの影響が 多い場合

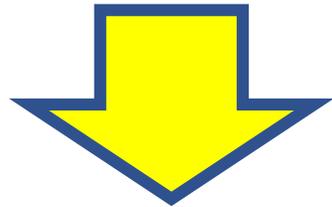




(株) ディープ・リッジ・テク  
Deep-ocean Ridge Technology Co., Ltd.

# 実証

船舶やポンツーンの下部、  
あるいは岸壁近傍の  
ROVの位置が正確に求まる



ROVを船舶検査や船底清掃などに使える

# 課題

- 現在はフラットな船底を想定していて、ROVが深度をほとんど変えないという設定になっている。三次元的にROVが動く場合においては、ハイドロフォンの深度を一定でなく、変化させ、三次元解析が可能とする修正が必要である。
- ハイドロフォンの吊り下げ（取付）が簡単に、精度よく行う工夫が必要
- レスポンダのトリガ信号を後付けのケーブルではなく、同期ピンガーの導入をして、ケーブルのないシステムを実現することが好ましい。
- ROVの情報（深度、方位）をリアルタイムでLBLシステムに取り込み、GUI上に測位結果とともに表示する。
- ROVの方位をマグネットコンパスではなく、磁気の影響を受けないファイバジャイロ等をつかう。これは、本システムの課題ではなく、ROVの課題である。