

2023年3月20日

海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業 成果報告会

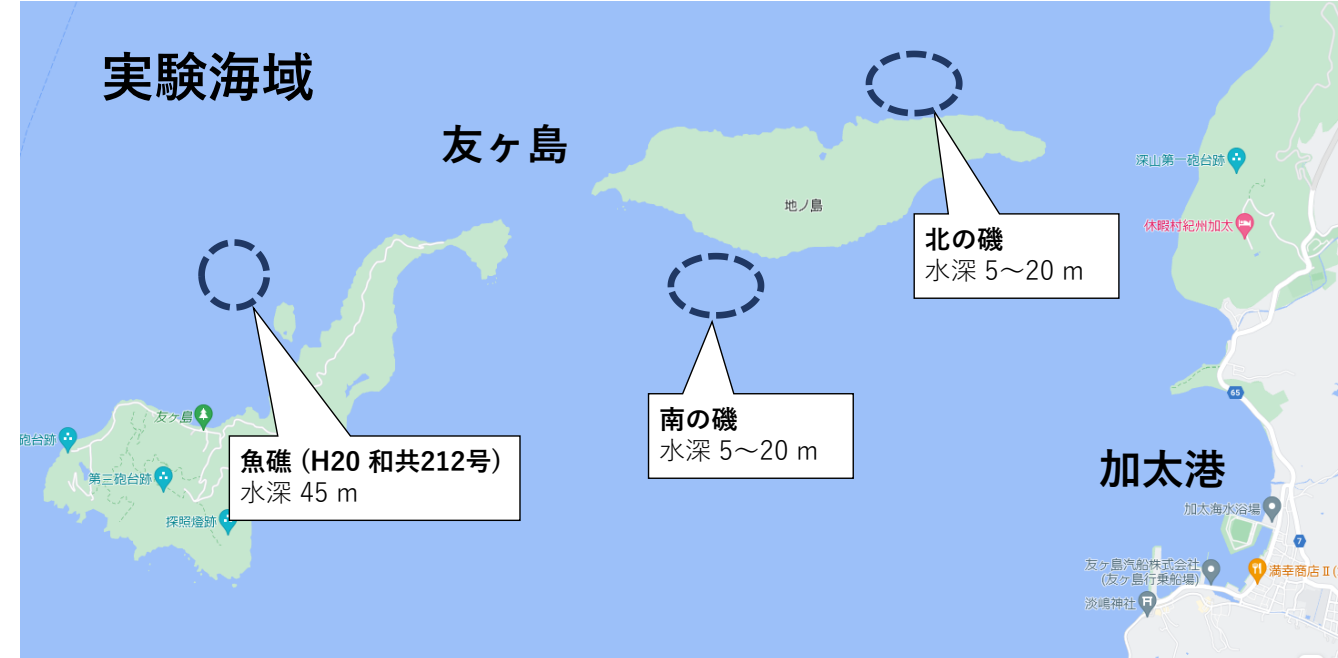
# 持続可能な漁場育成のための 自律型海洋ロボットシステムを活用した 海の可視化

巻 俊宏

東京大学生産技術研究所

※代表（加太漁業協同組合）代理

# 事業の概要



## • 実施体制

- 代表：加太漁業協同組合
- 共同提案者：東京大学、和歌山市

## • 解決を図る課題

- 水産資源を維持するために進めている稚魚の放流や海底耕耘、魚礁の設置等の効果を確認できていないという課題がある。大深度かつ広範囲を効率的にカバーできる海底観測手法が求められている。特に、アマモやテングサ等の付着生物量や、魚礁の埋設状況を確認できる手法が必要である。

## • 実験方法

- 和歌山市加太友ヶ島周辺海域において、AUV HATTORIおよびASV BUTTORIにより海底環境の撮影及び魚礁の沈埋状況調査を実施した。
  - HATTORIが取得した動画から海底画像マップを作成し、付着生物の分布状況を確認した。
  - HATTORIが取得した音響画像より魚礁の沈埋状況を確認した。
  - 実証実験結果の解析により、本システムの観測効率、精度、潮流に対する耐性を評価した。

## スケジュール

R4/10/31 - 11/1  
予備実験@平塚

R4/11/21-25  
実証実験@加太

R4/12/19  
成果報告会@加太

# 低コストAUV / ASVシステム

## AUV HATTORI

Highly Agile Terrain Tracker for Ocean Research and Investigation

寸法: 1.0 (L) × 0.48 (W) × 0.29 (H) [m]

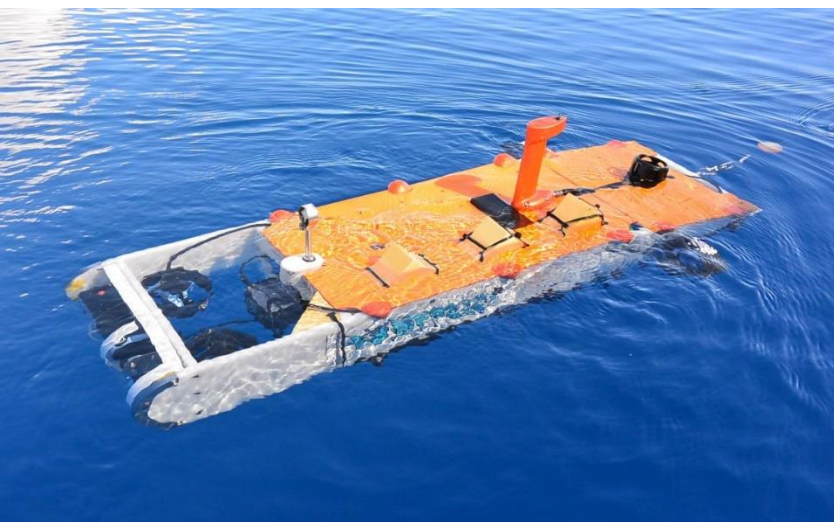
重量: 19 kg

センサ: Scanning Sonar, DVL, AHRS, Depth, SSBL, Camera

機能:

起伏のある海底の低高度追従

真上・真下を含む任意方向への移動



## ASV BUTTORI

Buoy for HATTORI

寸法: 0.8 (L) × 0.8 (W) × 1.6 (H) [m]

重量: 20 kg

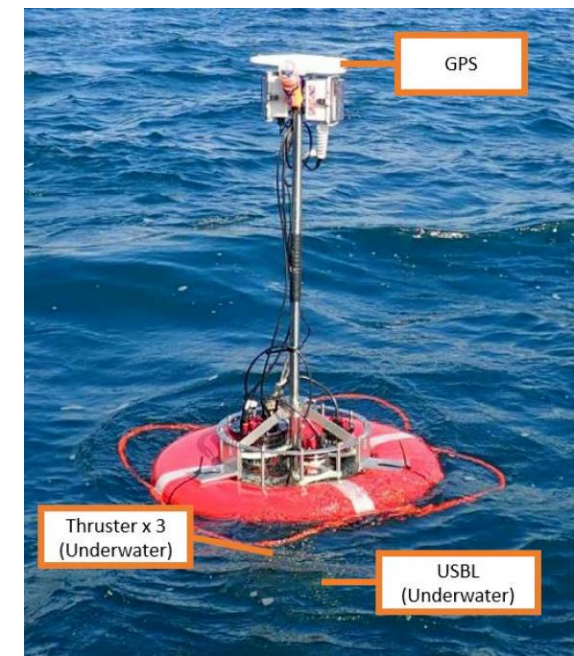
センサ: GNSS Compass, SSBL

機能:

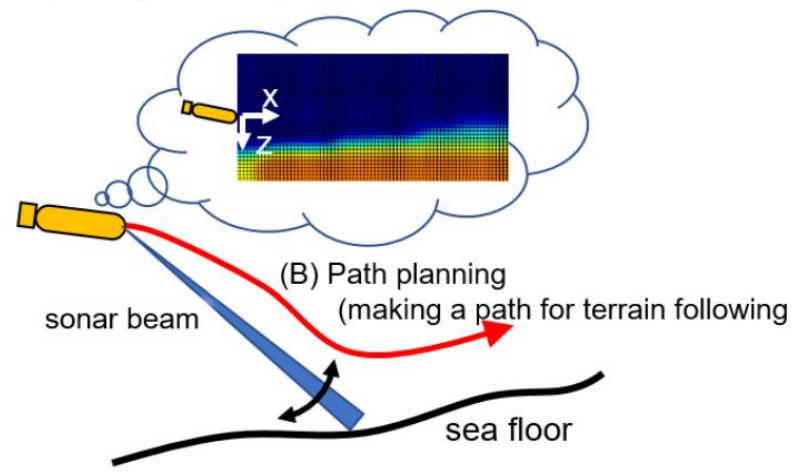
音響によるHATTORIの位置・状態モニタリング

定点保持

ターゲットの追跡 (開発中)

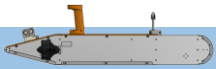


(A) Environment estimation  
(making obstacle potential map **P**)



# 観測の流れ

HATTORI



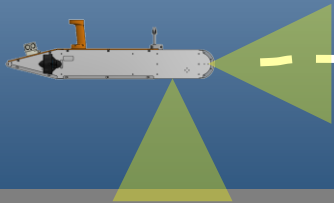
## ①潜航

ミッション開始指示を受けると、下向きに潜航を開始する。

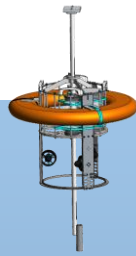


## ②海底観測

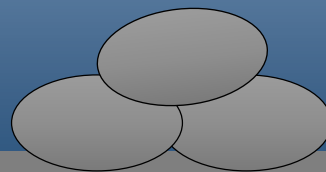
海底に対して一定高度を維持しつつ、指定の方位、速度で前進する。下向きおよび前向きビデオカメラで海底を観測する。障害物は自動で回避する。



BUTTORI

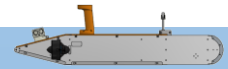
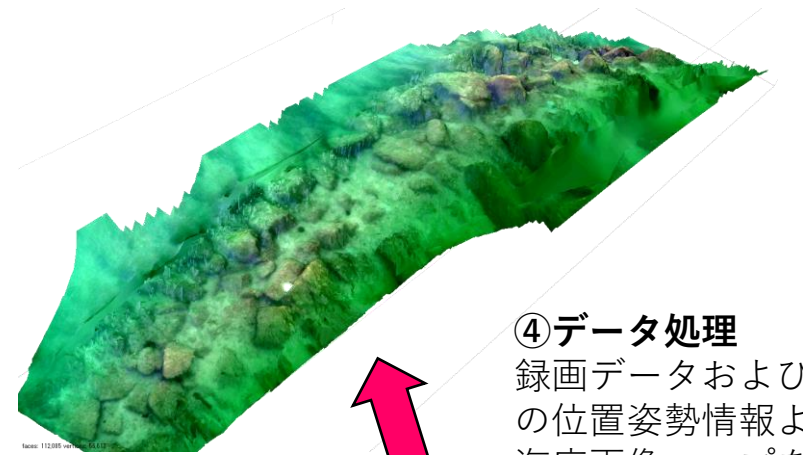


超音波でHATTORIをモニターしつつ、HATTORIを追いかける。



## ④データ処理

録画データおよびAUVの位置姿勢情報より、海底画像マップを生成する。



## ③浮上

指定した経路の観測が終わったら、上を向いて一気に浮上する。

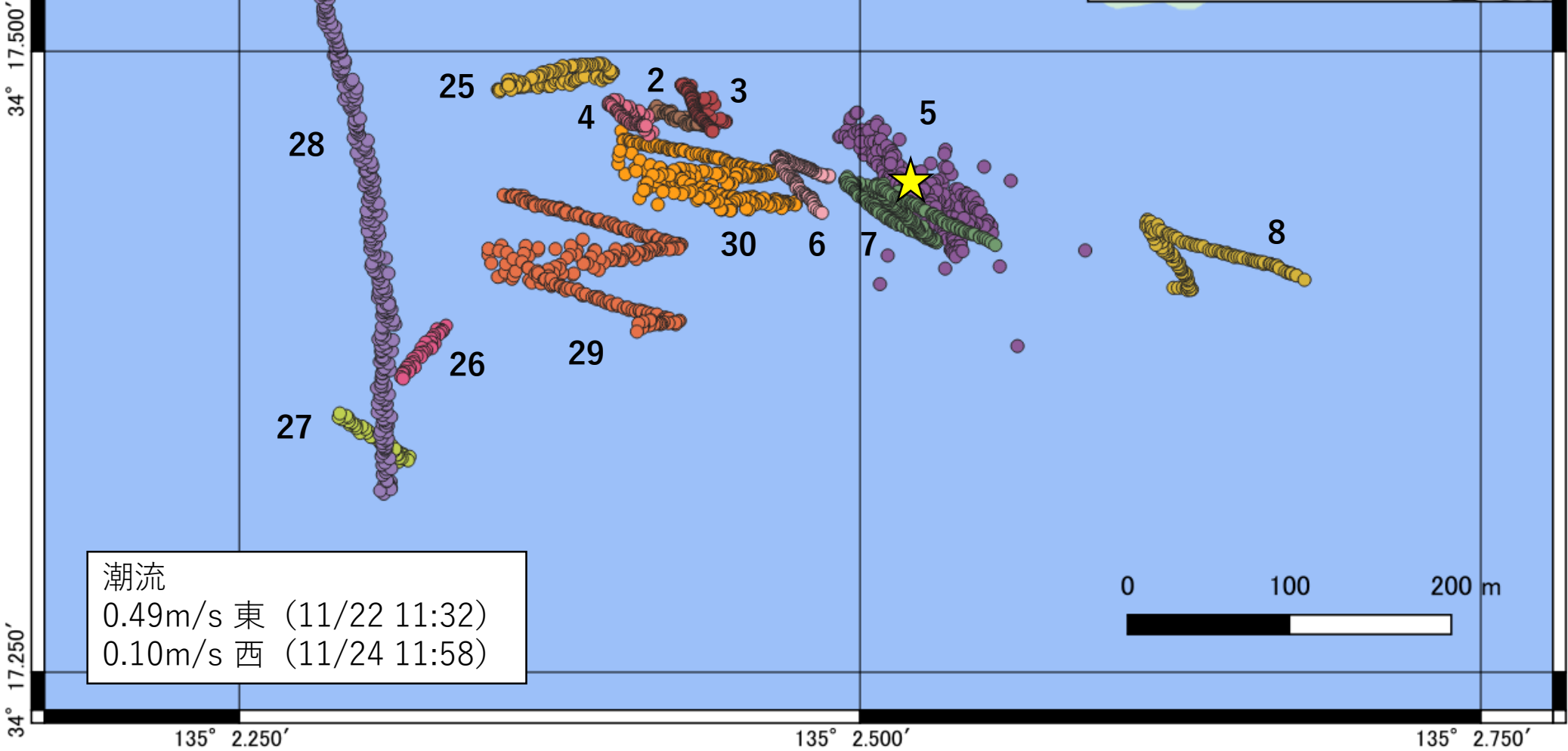
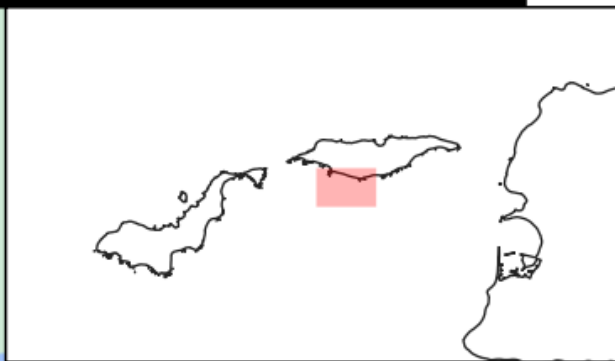
## HATTORIの潜航一覧

# 実験結果

- 11/22-24の3日間で計30回の潜航を実施。
  - テザーあり 23 潜航
  - 釣り糸 3 潜航
  - 無索 4 潜航
- 総観測時間 4時間10分
- 総観測距離 2676 m
- 観測スピード 1451 m<sup>2</sup>/時間
  - 5時間半でサッカー場をカバーするくらい
  - 撮影できる幅は2mとした

Dive #c	日付	開始時刻	潜航時間 [mm:ss]	場所	テザーケーブル	最大深度 [m]	方位 [deg]	観測距離 [m]
1	11/22	9:46	01:38	南	Tether	7.8	-40	21
2	11/22	9:56	05:57	南	Tether	8.2	-40	60
3	11/22	10:25	06:31	南	Tether	7.8	-40	65
4	11/22	10:36	05:49	南	Tether	8.7	-40	55
5	11/22	11:45	31:00	南	Fishline	8.9	-40	260
6	11/22	13:54	06:28	南	Fishline	9.2	-40	55
7	11/22	14:27	16:45	南	None	10.7	-40	160
8	11/22	14:50	08:27	南	None	11.9	-40	110
9	11/23	9:46	03:37	北	Tether	8.3	-69	45
10	11/23	9:59	06:30	北	Tether	15.5	-69	55
11	11/23	10:11	09:33	北	Tether	12.8	-69	85
12	11/23	10:33	01:51	北	Tether	3.3	-69	na
13	11/23	10:36	18:17	北	Tether	21.7	-69	180
14	11/23	11:09	02:35	北	Tether	4.3	-69	na
15	11/23	11:14	03:27	北	Tether	3.8	-69	na
16	11/23	12:38	02:01	漁礁	Tether	25.3	-149	na
17	11/23	12:50	04:02	漁礁	Tether	24.8	-149	na
18	11/23	13:05	02:57	漁礁	Tether	23.2	-149	na
19	11/23	13:24	06:49	漁礁	Tether	25.6	-149	na
20	11/23	13:38	06:04	漁礁	Tether	28.5	-149	na
21	11/23	13:51	04:35	漁礁	Tether	43.5	-149	60
22	11/23	14:03	04:58	漁礁	Tether	43.4	-149	100
23	11/23	14:16	06:23	漁礁	Tether	42.7	-149	25
24	11/24	10:04	06:41	漁礁	Tether	41.9	-149	50
25	11/24	10:36	06:40	南	Tether	7.7	74	180
26	11/24	11:08	03:47	南	Tether	19.7	-160	40
27	11/24	11:25	04:19	南	Tether	22.0	0	50
28	11/24	11:35	22:00	南	Fishline	22.2	40	375
29	11/24	12:25	20:29	南	None	17.0	97	355
30	11/24	12:55	20:49	南	None	11.2	97	290

# 観測ルート (南の磯)



潮流  
0.49m/s 東 (11/22 11:32)  
0.10m/s 西 (11/24 11:58)

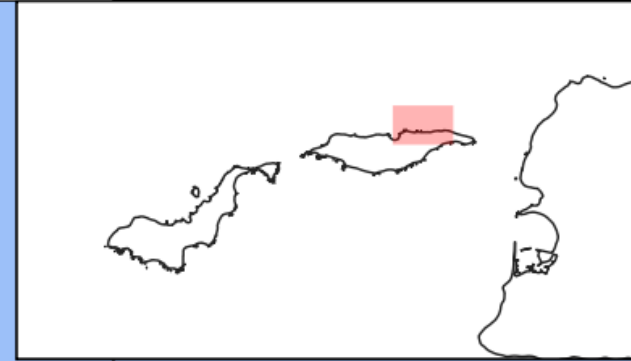
## 11/22

- dive8 ●
- dive7 ●
- dive6 ●
- dive5 ●
- dive4 ●
- dive3 ●
- dive2 ●
- dive1 ●

## 11/24

- dive30 ●
- dive29 ●
- dive28 ●
- dive27 ●
- dive26 ●
- dive25 ●

# 観測ルート (北の磯)



34° 18.00'

15

14

13

12

9

11

10



潮流  
0.39m/s 西 (11/23 9:32)

0 100 200 m

11/23

- dive15
- dive14
- dive13
- dive12
- dive11
- dive10
- dive9

135° 3.00'

135° 3.250'



BUTTORI投入





HATTORI投入～自律潜航開始



# HATTORI回収

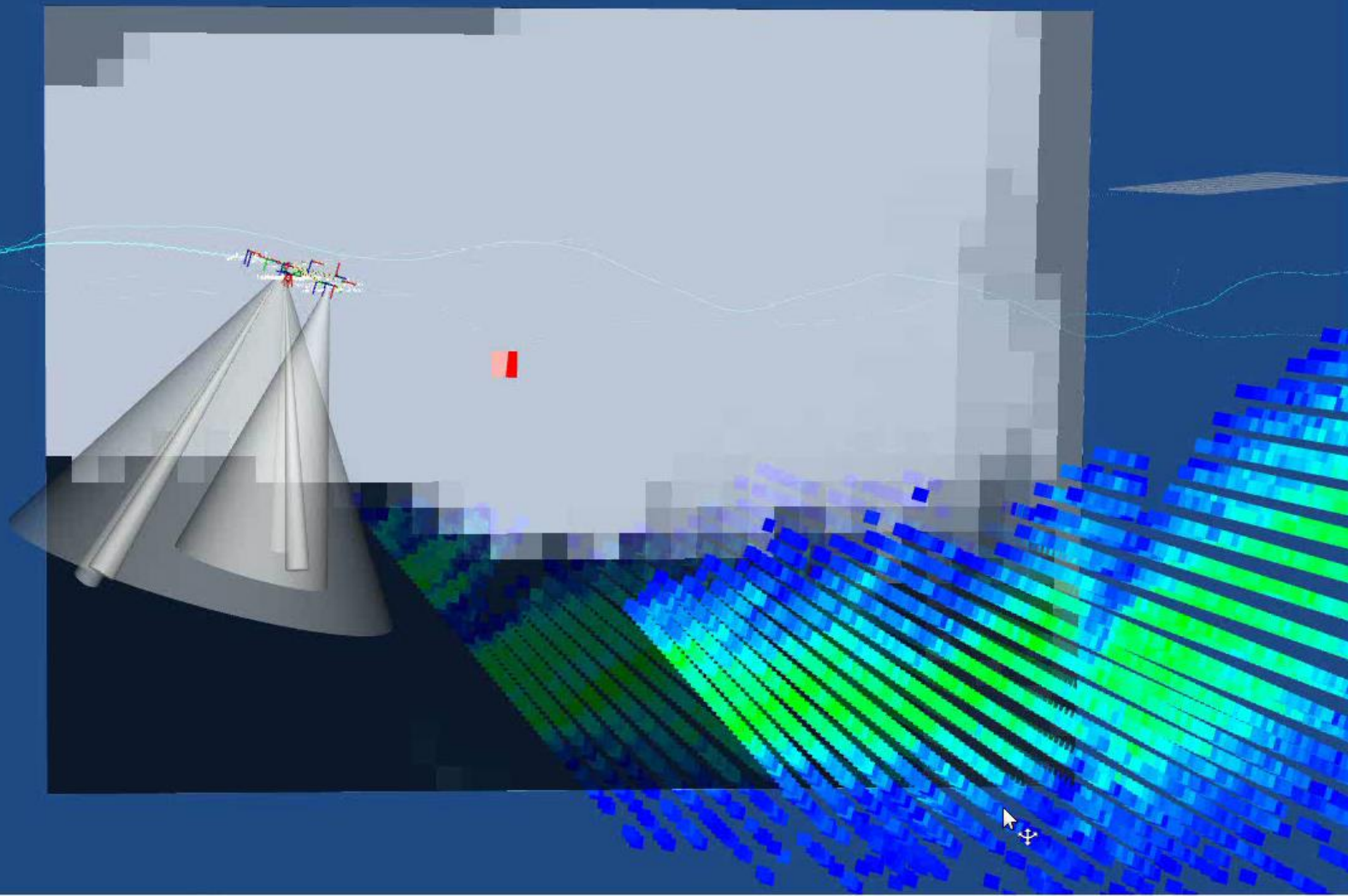


# 海底観測の様子 (Dive 30 南の磯)

9.45 -0.03  
Depth roll

7.80 -0.28  
:eatrac\_deptf pitch

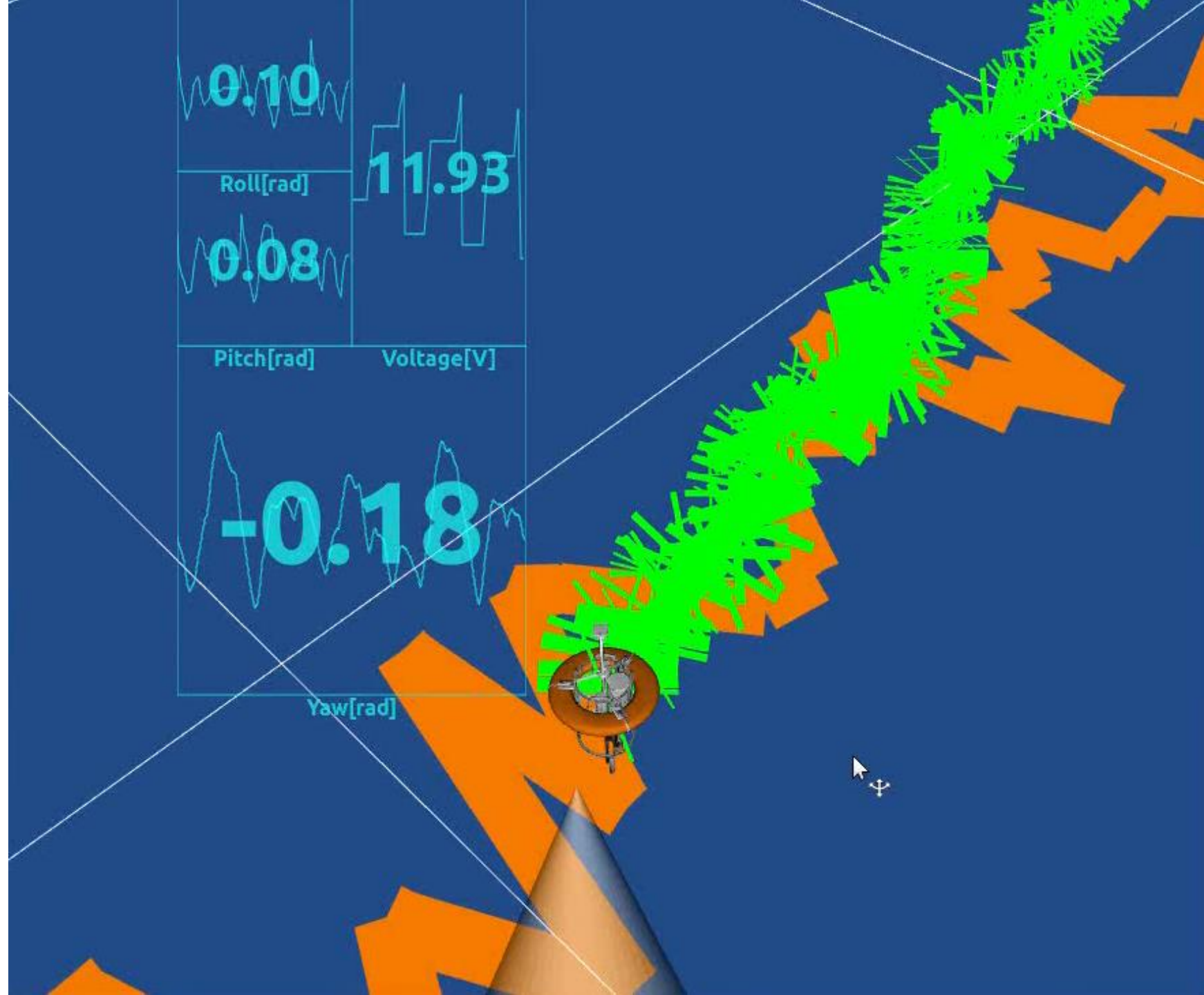
15.30 -1.25  
Voltage yaw



# BUTTORIの動き (Dive 28)

緑： BUTTORI  
オレンジ： HATTRI  
(BUTTORIによる測位結果)

グリッド幅 10m



# 海底画像 マップ

海底の付着生物の違いを  
把握することができる。

北の磯： 0.5~1m程度の岩石多数 付着生物はあまり見られない

Dive13



南の磯： アラメ、テングサ等の付着生物が多く見られる

Dive5

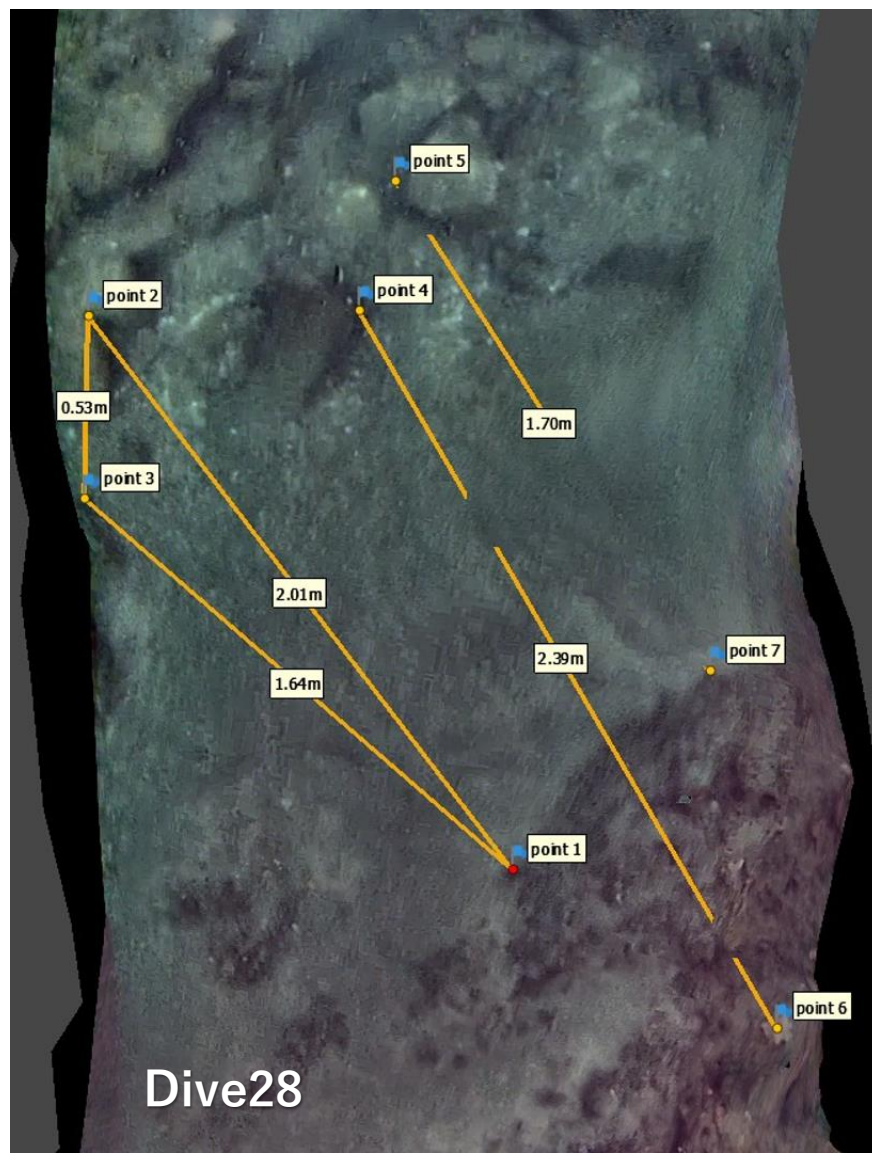
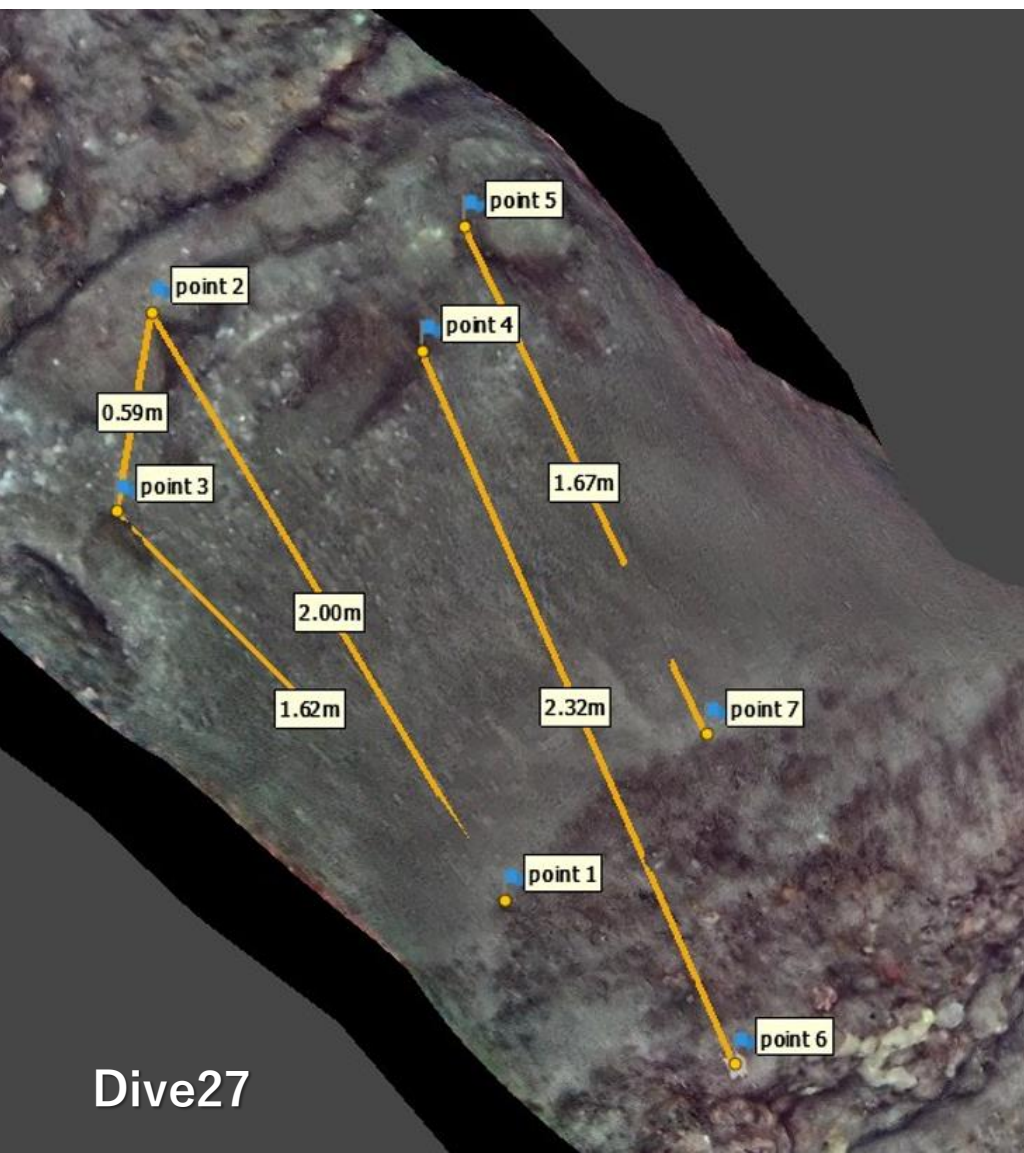


※各画像マップの絶対位置を航跡図中に星印で示す

# 観測精度の評価

同一の地点を観測した2潜航（Dive27と28）で得られた画像マップにおいて、同じ物体間の距離を比較した。

航跡の抜粋  
（南の磯）



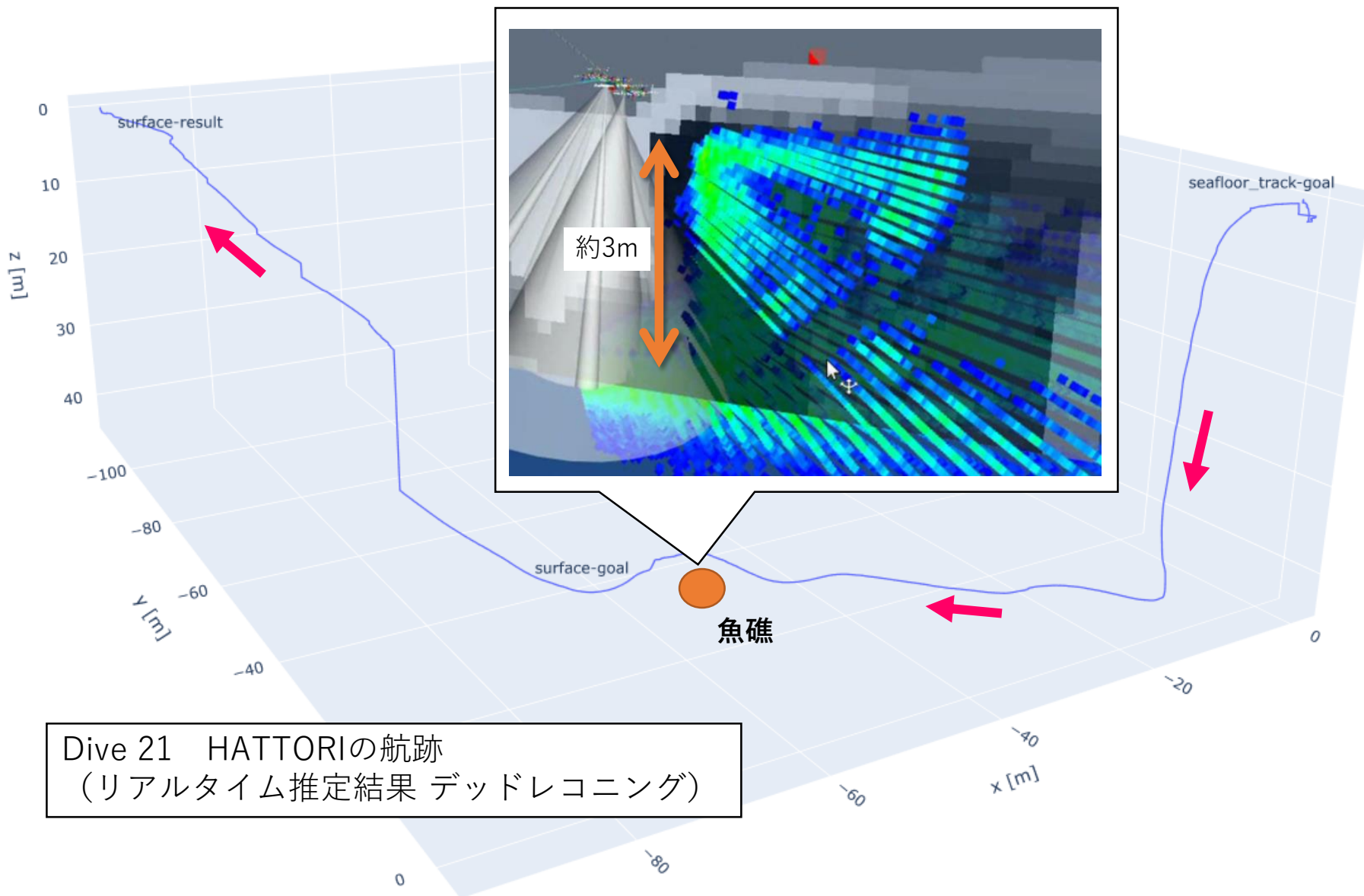
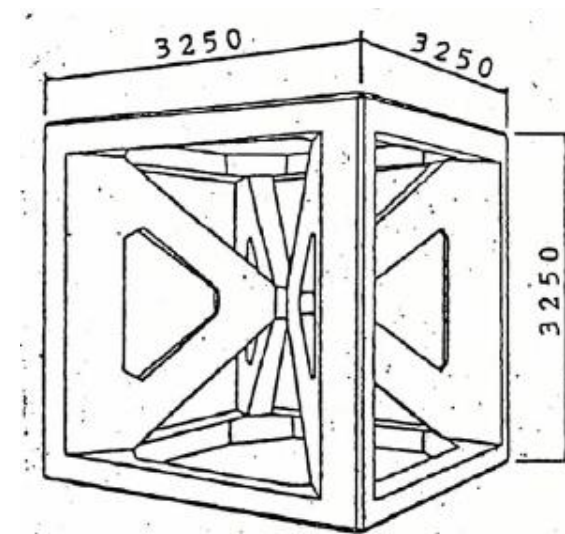
平均誤差 → 4cm

生物観測には十分な精度と言える。

ただしこれは画像マップ内の相対誤差であり、絶対誤差（緯度経度）とは異なる。

# 魚礁の観測結果

設置されている  
魚礁



Dive 21 HATTORIの航跡  
(リアルタイム推定結果 デッドレコニング)

**カメラでは全く見えず**  
想定以上の濁り（雨の影響か）  
機材の性能不足（より強力なライトと高性能なカメラが必要）

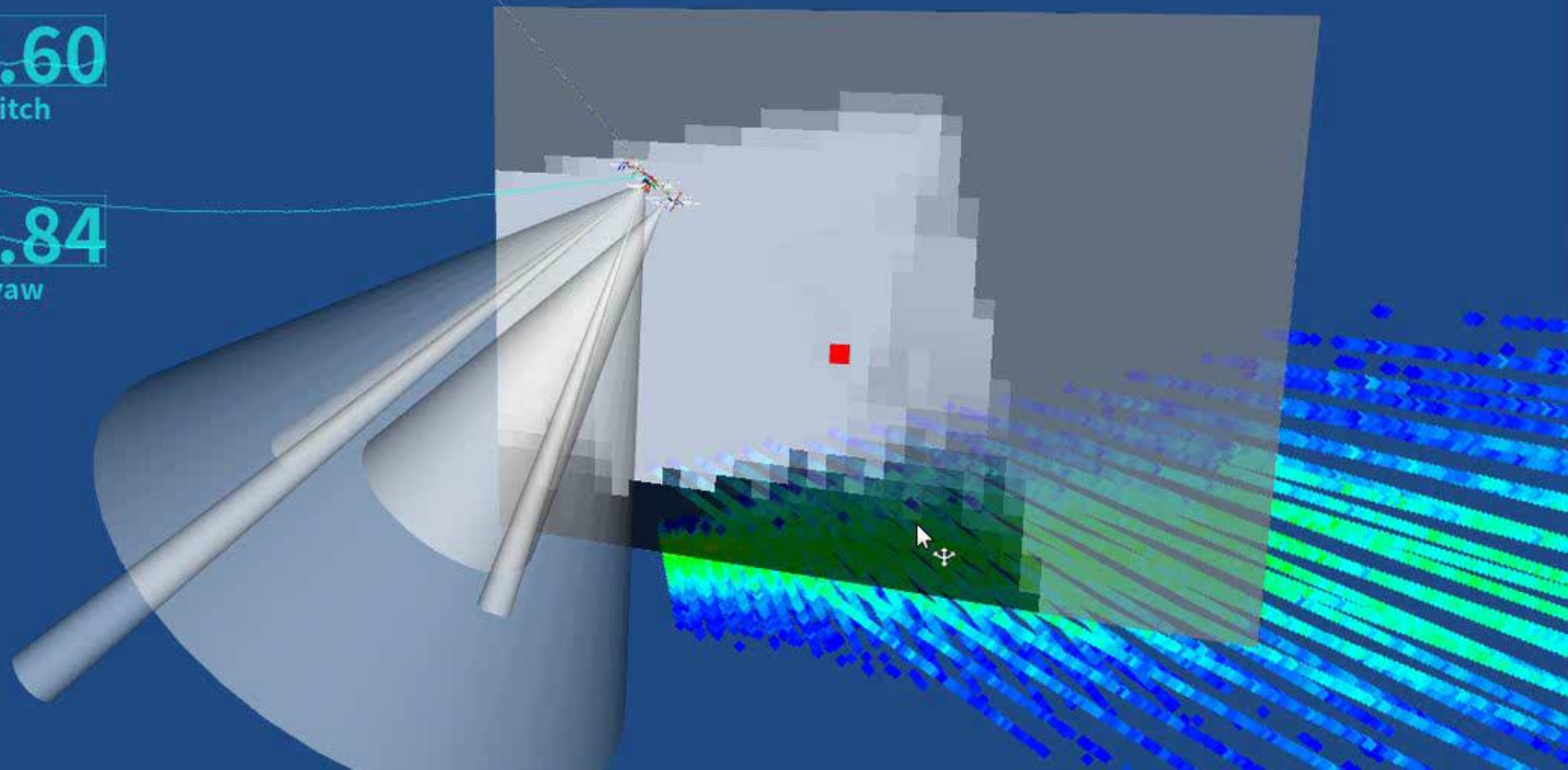
**スキャニングソーナーで形状を確認できた**  
沈埋深さを0.1mほどの分解能で推定可能

# 海底観測の様子 (Dive 21 魚礁)

41.22-0.02  
Depth roll

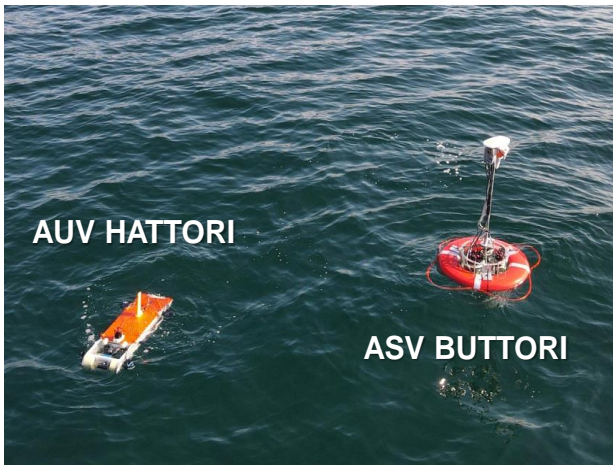
39.20-0.60  
seatrac\_depth pitch

15.08-2.84  
Voltage yaw





# まとめ



- 我々の提案する新たな海のモビリティ（低コストAUV+ASV）により、海底の生物資源の種類や量を効率的に調査でき、またダイバーの潜水の難しい大深度への展開も可能であることが確認できた。
  - 沿岸域の磯場に展開して海底画像観察を行い、場所による生物資源の種類や量、海底の底質など海中海底の状況を把握することができた。
  - 大水深に設置された魚礁の観測についてはロボットの姿勢制御や撮影装置について課題が残るものの、超音波により魚礁の沈埋深さを計測できることを確認した。
  - 潮流が1ノット以下の場合はほぼ問題無く観測できたため、潮流の早いことで知られる当該海域においても、時間帯を選べば多くの場所で適用可能である。
- 今回の実験によりTRLは6→7に至ったと考えられる。今後、得られた課題について改良するとともに、民間企業の協力を得て実用化を目指す。