



電波利活用セミナー2022

～5G・ローカル5Gの利活用を推進～

5Gを活用した水中ドローン遠隔操縦と 海洋環境情報収集

佐世保工業高等専門学校 地域共同テクノセンター
産学官連携コーディネーター 特命教授 長嶋 豊

株式会社NTTドコモ 中国支社 法人営業部
ソリューション企画担当課長 中島 亮

総務省九州総合通信局、(一社)九州テレコム振興センター 主催

令和4年6月23日(木)



目 次

1. 佐世保高専紹介
2. 水中ロボット開発と地域連携経緯
3. **実証事例 1** 令和2年度 総務省ローカル5G実証事業支援

令和2年度 地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証 実証成果概要
＜漁業＞ 海面養殖業における海中の遠隔監視(海中の可視化)等の実現

4. **実証事例 2** 令和3年度 総務省 WiCON2021事業事例

WiCON2021 : 総務省主催 高専ワイヤレスIoTコンテスト2021

佐世保高専のご紹介

- ・昭和37年設立(第1期校)・・・**創立60周年**
- ・第12代 校長 中島寛先生(前九州大学・教授)
- ・4学科 1専攻科 906名



近年の特徴的な取組

- ①情報セキュリティ人材育成事業
- ②EDGEキャリアセンター アントレプレナーシップ、地域連携、グローバル
 - ・WiCON2020 音で森を見える化 -羽音センシングによる害虫防除 **最優秀賞**
 - ・WiCON2021
 - ①長崎発赤潮発生状況共有サービス **最優秀賞**
 - ②5Gを用いた水中構造物の3次元化と海洋環境情報の見える化 **ローカル5Gビジネス大賞**
 - ③海中音景解析による浅海域生物モニタリングシステム **自然共生推進大賞**
 - ・DCON2020 3位 、 ・DCON2022 3位
 - ・学生ビジネスプランコンテスト等多数入賞
- ③数理・データサイエンス・AI教育プログラム(リテラシーレベル)
- ④半導体新設科目開設(R4.4) ～台湾TSMC進出～

学科構成



佐世保高専の地域連携施設

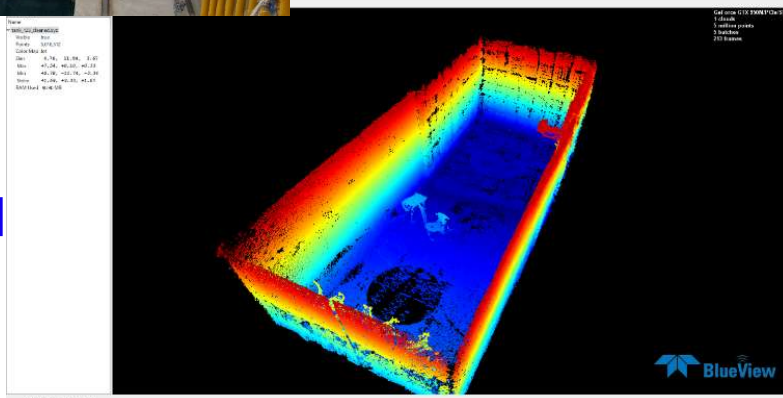
地域共同テクノセンター / EDGEキャリアセンター
海洋環境実験室 (H7完成)

大型無響水槽 全国唯一の施設



10m × 5m × 4m (LWD)
吸音材を装荷

Blue View 図



技術相談室



共同利用設備室



FE-SEM室



地域共同実験室

水中ロボット研究開発と地域連携

- ・平成 11 年 10 月 可変ベクトル式水中ロボット開発(80kg)
- ・平成 16 年 3 月 中型可変ベクトル式水中ロボット開発(30kg)
- ・平成 18 年 12 月 無線式水中ロボットにより表層域海洋環境計測(西部環境調査)「Orange I」
- ・平成 19 年 3 月 可変ベクトルプロペラ式小型水中ロボット「Lemon I」開発:無線+有索式
- ・平成 19 年 8 月 北九州市「お糸池」で絶滅危惧種沈水植物「ガシヤモク」調査(北九州市)
- ・平成 19 年 8 月 長崎県小値賀島で海中遺跡撮影(アジア水中考古学研究所:ARIUA)
- ・平成 20 年 1 月 多チャンネル映像伝送 TV システム「海猫 I」開発
- ・平成 20 年 12 月 北九州市平尾台・牡鹿洞水中洞窟探査「釜猫 I」(日本洞窟学会)
- ・平成 21 年 3 月 2 スラスト式超小型水中ロボット「海猫 II」開発(長崎県)
- ・平成 21 年 12 月 五木村白滝湧水洞窟探査「釜猫 II」(五木村・日本洞窟学会)
- ・平成 21 年 12 月 大村湾2漁協からナマコ漁場海底調査依頼(多良見、大村市漁協)
- ・平成 22 年 2 月 球磨村岩戸水中洞窟探査(球磨村・日本洞窟学会)
- ・平成 23 年 8 月 大村湾:津水湾・赤潮、青潮発生海域 海底調査(長崎県環境部)
- ・平成 24 年 5 月～翌 2 月 新長崎漁港工事に伴う環境影響評価岸壁生物調査(門田建設)
- ・平成 25 年 3 月 球磨村岩戸水中洞窟探査・3D マッピング(球磨村)
- ・平成 26 年 2 月 志賀島海底遺跡の遠隔監視・インターネット配信(ARIUA)
- ・平成 26 年 5 月 徳之島ウンブキ汽水洞窟探査・3D マッピング・新種海老観察(天城町)
- ・平成 27 年 3 月 栃木県那須塩原市那須疎水文化財調査 ROV「海亀 II」(那須塩原市・文化庁)
- ・平成 30 年 9 月 上水道給水施設検査超小型水中ロボット開発(10kg)
- ・平成 31 年 2 月 海中遠隔給電・デジタルデータ伝送 1500W 水中ロボット開発(長崎県戦略PJ)
- ・平成 31 年 3 月 環境省事業 海洋統合環境無人観測装置(MIA)共同開発(13 事業者)
- ・令和 2 年 3 月 大島造船所ドックゲート調査+AII による海中構造物錆検出実験
- ・令和 3 年 2 月 5G を用いた水中ドローンの遠隔操縦と海洋環境データ収集 in 江田島
- ・令和 4 年 1 月 5G を用いた水中ドローンによる大島造船所ドック観察と AI 錆識別+3D 表示 (WICON2021 採択事業)

AUV: Autonomous Underwater Vehicle / ROV: Remotely Operated Vehicle

1. 可変ベクトルプロペラ1個搭載AUV Lemon I
2. Hybrid (AUV+ROV) Lemon II、Orange I

3. 海猫 I



4. 海猫 II ROV

海洋調査用



5. 釜猫 II ROV

水中洞窟探査用



6. 海亀 I / II

超小型 / 環境対応ROV



6. 遠隔給電ROV



動画



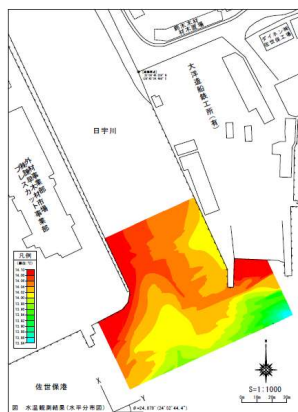
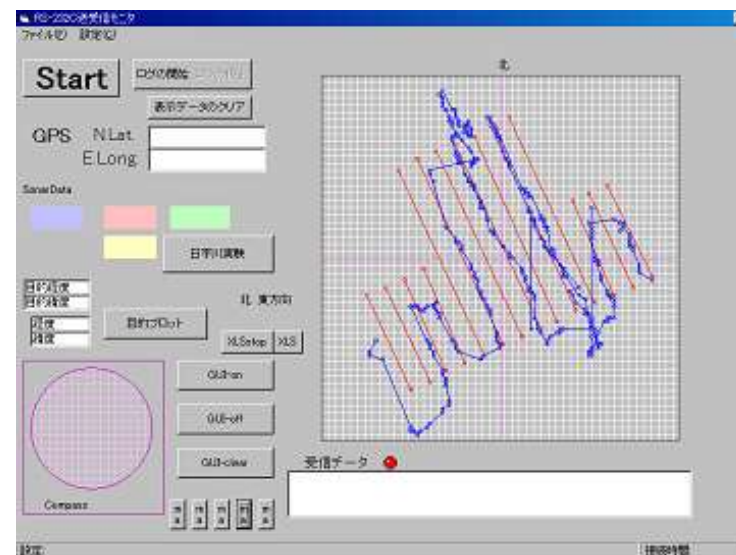
動画

可変ベクトルプロペラROV 1500W 非接触式遠隔給電

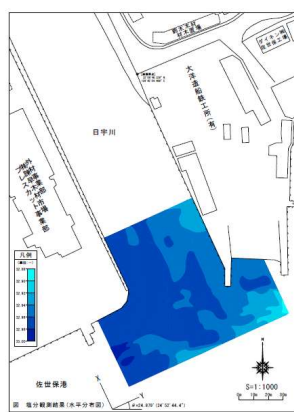


日宇川河口環境調査 Orange I 無線ROV (可変ベクトルプロペラ式)

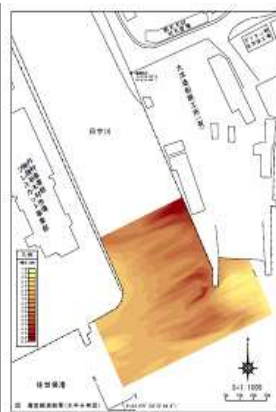
20m間隔で航行、無線操縦ROVは
水面下1.5(m)を航行



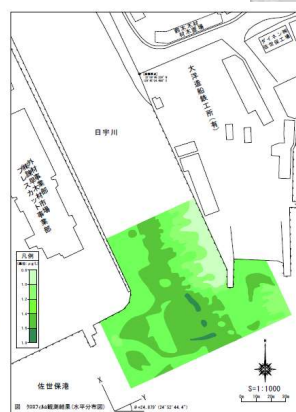
水温分布



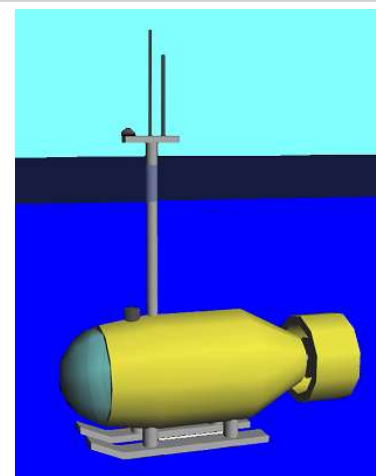
塩分濃度分布



濁度分布



クロロフィルa分布



GPSアンテナと
プロポアンテナは
海上

実証事例 1 令和2年度総務省ローカル5G実証事業

海面養殖業における海中の遠隔監視(海中の可視化)等の実現

実証地域 広島県江田島

周波数 : 4.8-4.9GHz帯(SA構成) 利用環境: 屋外(海面)

課題 実証	①陸上(遠隔地)からの遠隔操作による水中ドローンの高精細画像を活用した海中の可視化(牡蠣の生育を阻害する付着物等)の実証 ②水中ドローンの高精細画像と海面養殖場及びその周辺的环境データ(水温、塩分濃度、DO等)組合せによる養殖漁場の環境分析の実証
技術 実証	海上におけるローカル5Gの通信品質を確認し、海上におけるエリア構築について考察するとともに、ローカル5Gとキャリア5Gの共用検討を実施

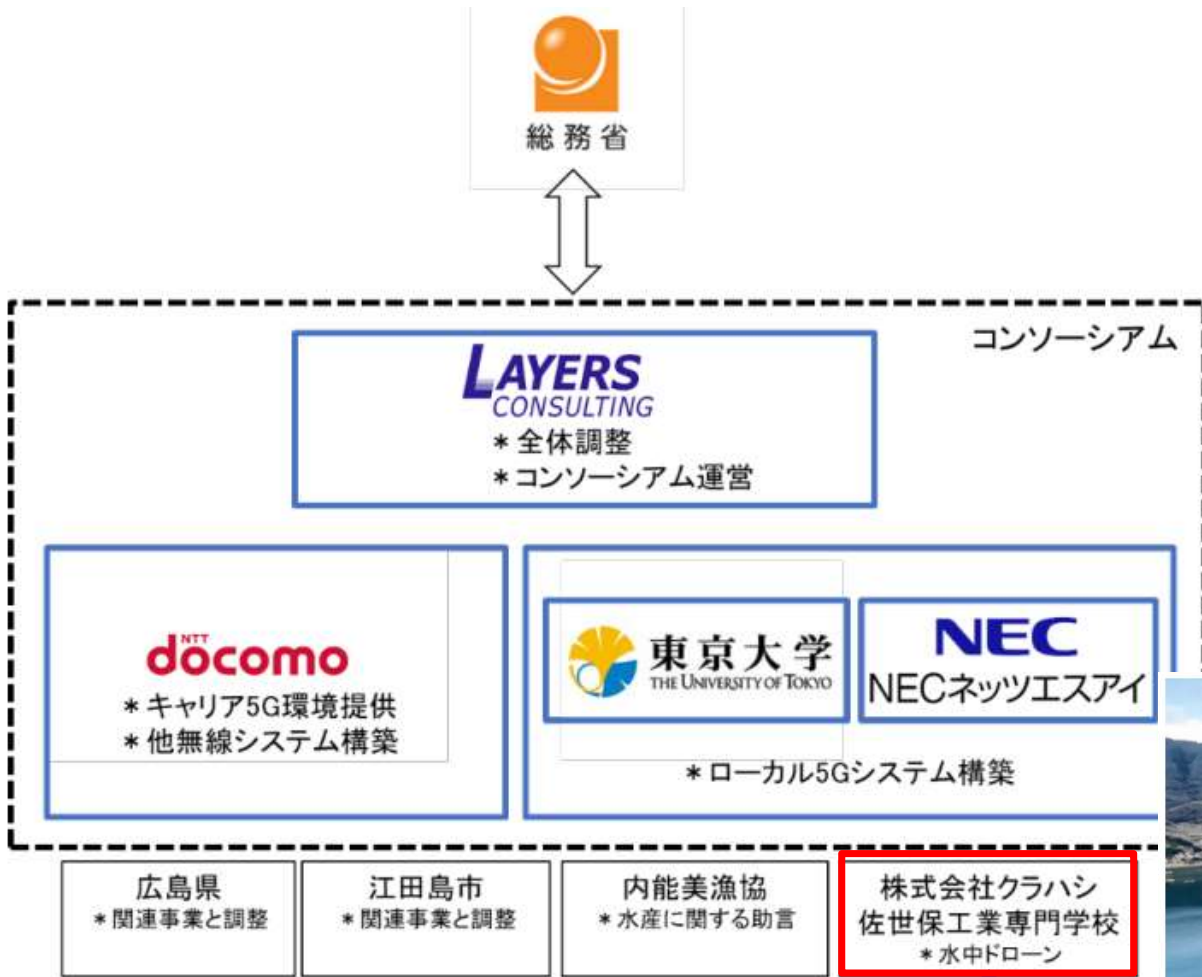


図 3 実施体制図

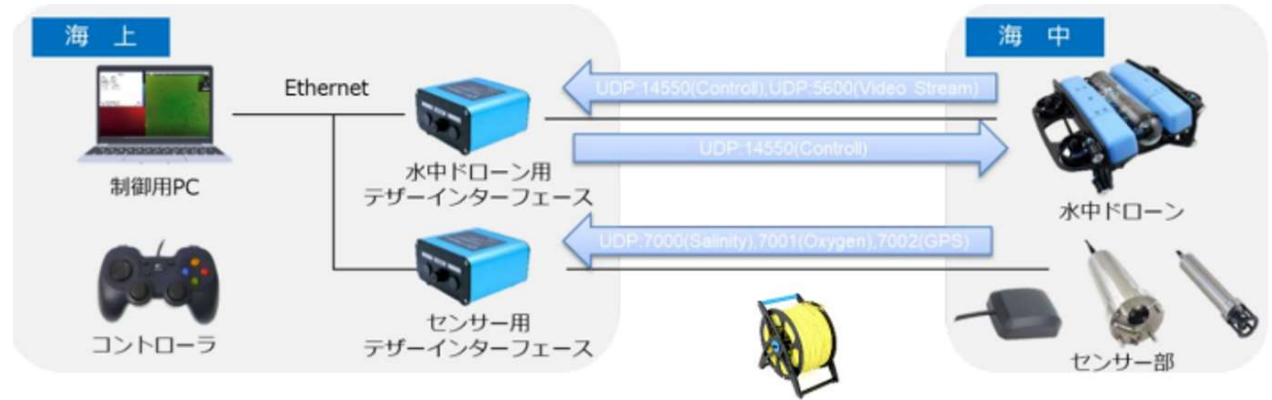
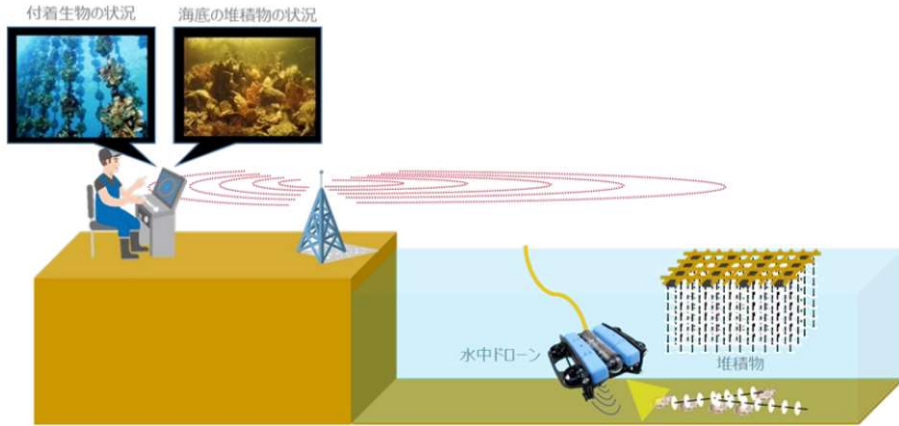
(株)NTTドコモ中国支社支援



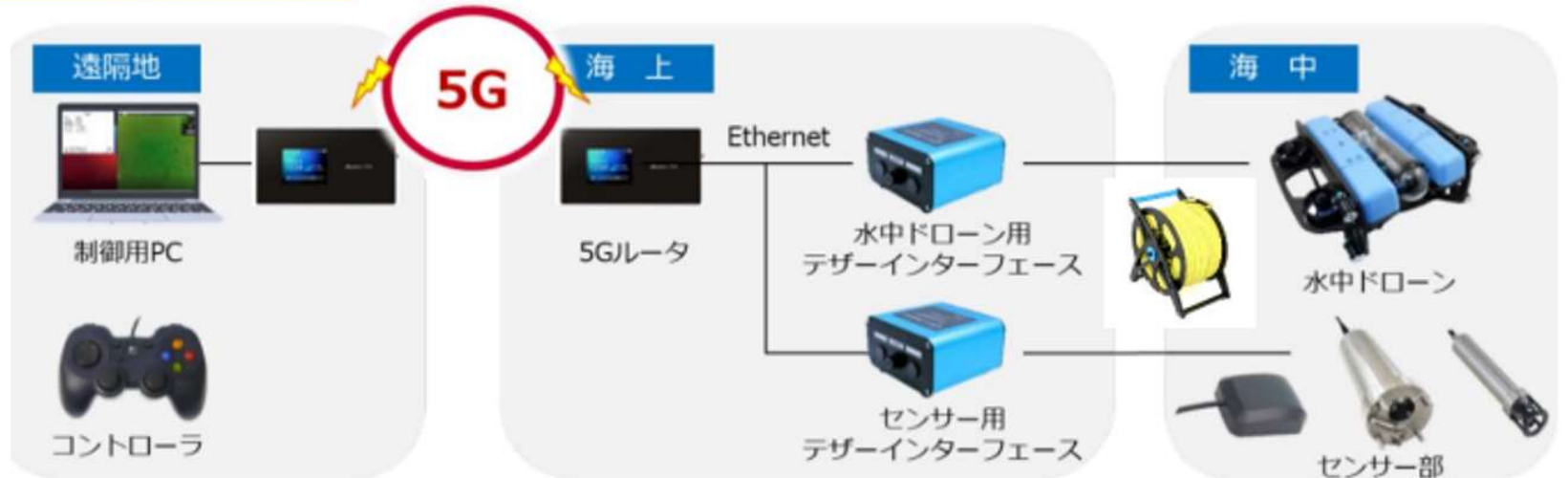
図 10 江田内漁場 俯瞰図

能美海上ロッジ(基地局)

「水中ドローンを活用した遠隔 海中状況の可視化システム」



「直結状態」でのネットワーク構成



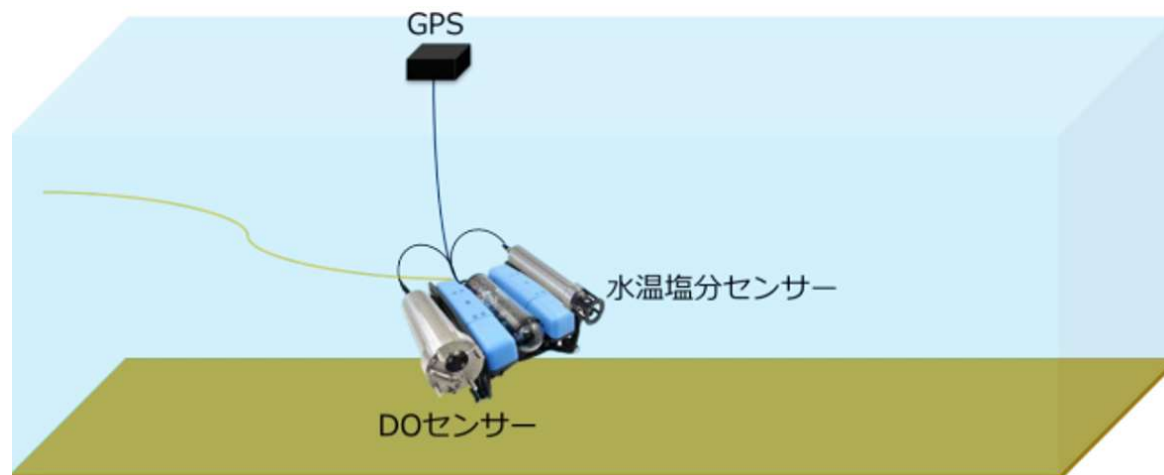
「ローカル5G」でのネットワーク構成

BlueROV2の構成品一覧

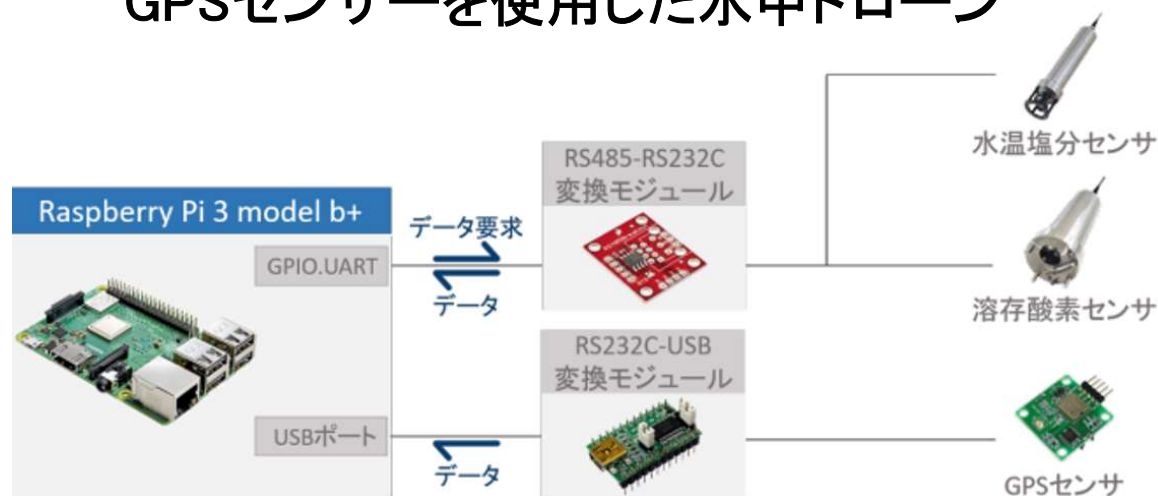
基本構成				
機器名	実写真	調達先	数量	性能
BlueROV2 Pro		株式会社セキド	2	水中ドローン本体
テザーケーブル		株式会社セキド	2	接続ケーブル
Fathom-X Tether Interface (FXTI)		株式会社セキド	2	LAN-USB変換アダプタ

BlueROV2 主要諸元

- ・サイズ 457 × 338 × 254mm、
- ・重量 約10kg
- ・最大速度 1m/s、
- ・駆動時間 2～3時間
- ・最大深度 100m、
- ・ビデオ解像度 FHD:30fp



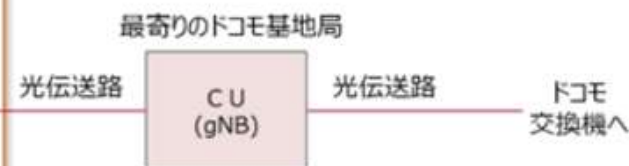
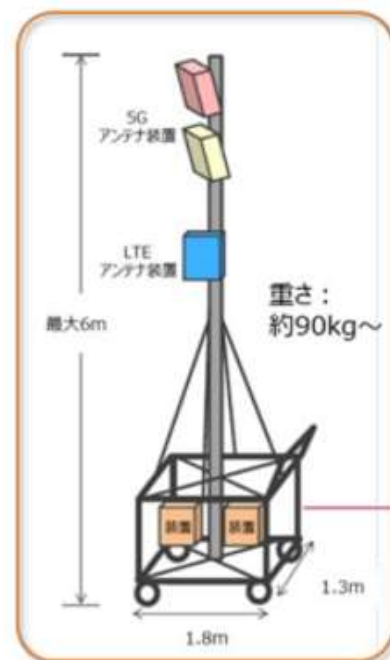
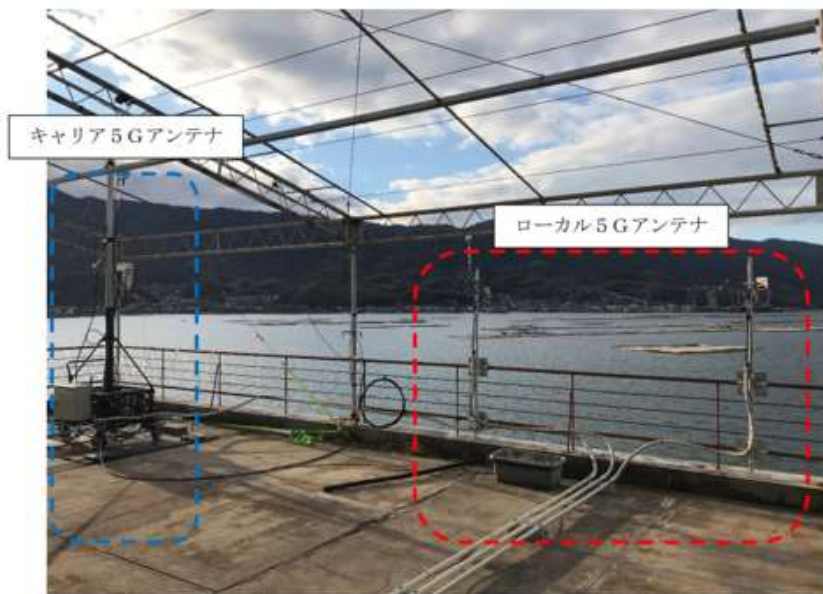
GPSセンサーを使用した水中ドローン



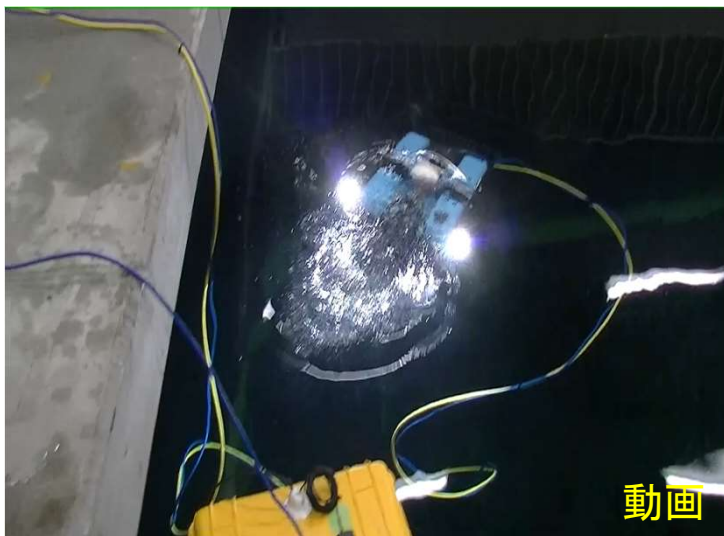
センサー部の構成 RS485 I/F

水温・塩分センサ: A7CT-CAD
溶存酸素DOセンサ: ARO-CAD

ローカル5Gアンテナとキャリア5G基地局の設置状況

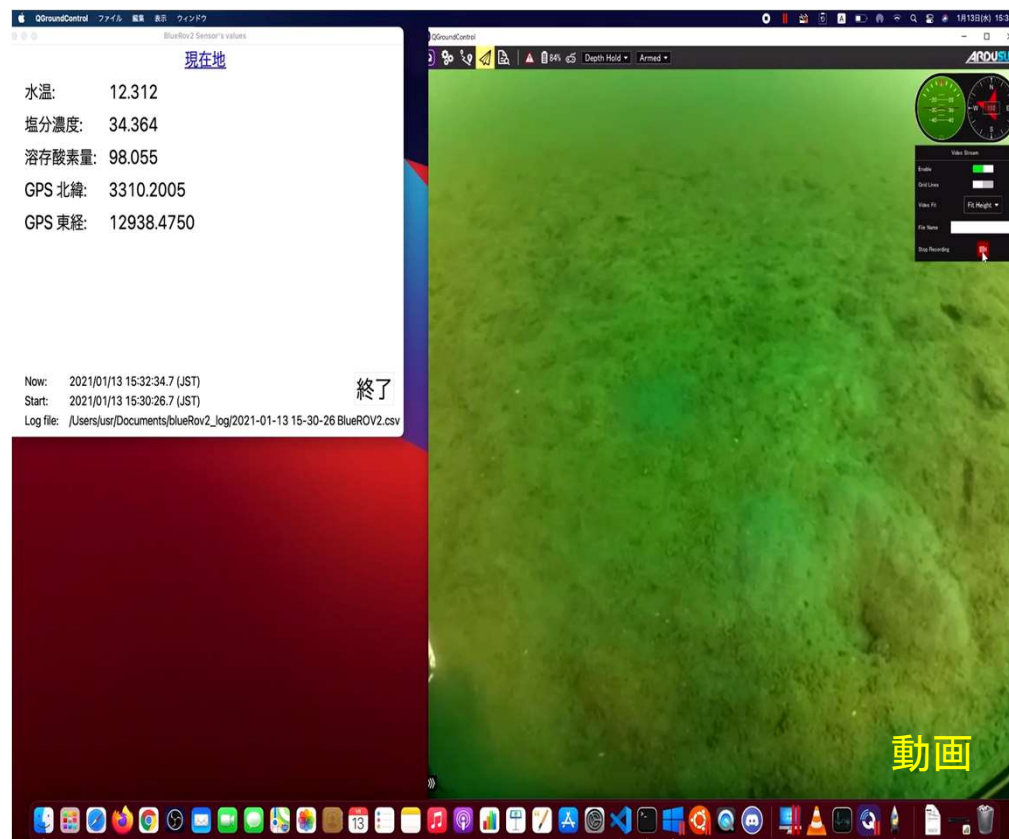


可搬型キャリア5G基地局装置の接続図



大型無響水槽で試運転

制御用PC画面(映像+センサデータ)



江田島実験動画



水温塩分センサ、DOセンサ搭載

[URL:令和2年度L5G開発実証成果報告書_No4_海中の状況を可視化する仕組み等の実現.pdf \(go5g.go.jp\)](https://go5g.go.jp)

センサデータ例

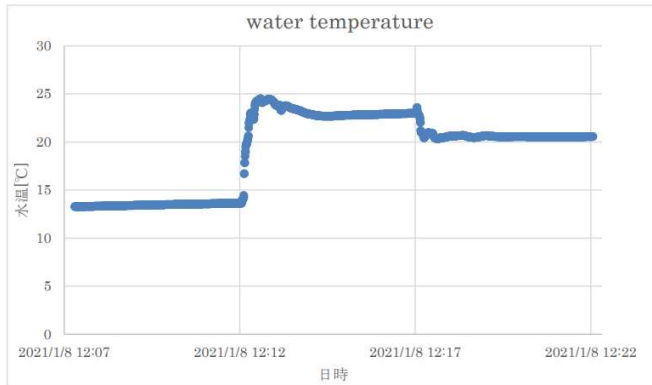


図 49 水温の時系列データのグラフ

水温センサ

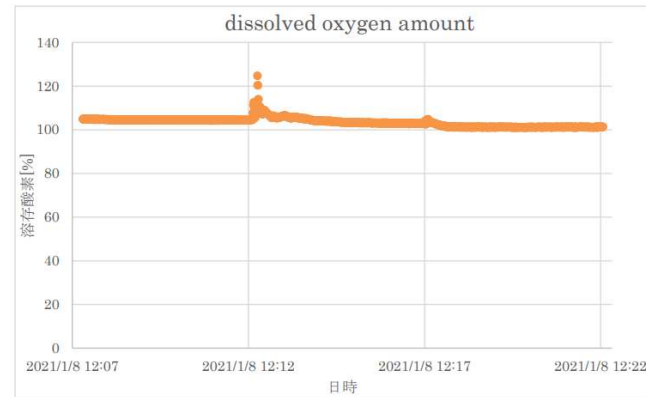


図 50 溶存酸素の時系列データのグラフ

溶存酸素量(DO)センサ



図 51 塩分濃度の時系列データのグラフ

塩分センサ



計測されたトラフィック性能評価例

高専水槽でのLTE例

種類	動画サイズ	スループット (Mbps)		遅延 (ms)		
		最大	最小	最小	最大	平均
直結(FHD)	1920×1080	10.92	10.22	3	23	8
LTE(FHD)	1920×1080	13.94	7.52	105	911	161
LTE(XGA)	1024×768	16.2	3.3	109	451	153
LTE(VGA)	640×480	6.8	1.16	110	433	167

広島県水産海洋技術センターでの5G例

種類	動画サイズ	スループット(Mbps)		遅延(ms)		
		最大	最小	最小	最大	平均
直結(FHD)	1920×1080	14.21	9.76	3	21	9
直結(HD)	1280×720	12.94	11.58	3	22	8
遠隔5G(FHD)	1920×1080	12.86	9.79	63	106	78
遠隔5G(FHD)	1280×720	12.75	10	61	99	76

実証事例 1 まとめ

海面養殖業における海中の遠隔監視(海中の可視化)等の実現

1. 課題実証

陸上の遠隔地から海中の状況を可視化するために、水中ドローンを操縦撮影した映像とセンサーで取得した環境データを組合せ、且つローカル5Gが持つ大容量、低遅延の技術を活かした分析システムを構築し、養殖漁場環境の分析評価を行った。

2. 技術実証

基地局から半径500m以内での海上におけるローカル5Gの通信品質を確認し、本ユースケースにおけるローカル5G整備の適用性を確認した。更に、ローカル5Gとキャリア5Gの隣接共存環境における与干渉・被干渉による影響を測定、通信品質を満たす通信ができることを実証できた。

実証事例 2 令和3年度 総務省 高専WiCON2021

ローカル5Gを用いた水中構造物の3次元化と海洋環境情報の見える化

5Gを用いて、より高精細、高速で安全な海中ドローンの運用を可能に！

有線から5G無線通信へ

- ・無線でドローン制御
- ・大容量のデータの高速転送

機器が入ったブイをけん引

- ・陸から離れても操作可能

内蔵カメラで動画取得

- ・4Kカメラ使用

5Gで
相互通信

水中

5Gルーター



海中センサー GPSセンサー



5Gルーター

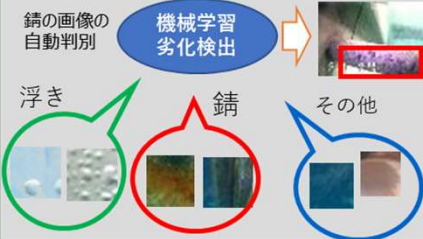


操作

海中ドローン操縦・データ収集

陸上で水中映像を取得

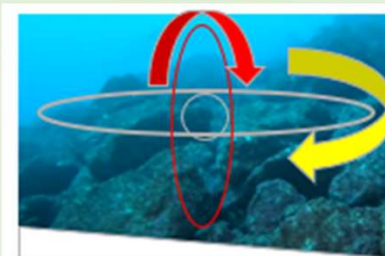
- ・劣化診断に利用
- ・3Dモデル作成に利用



AIによる劣化判断

三次元構築ソフト
による3Dモデル化

陸上



(株)大島造船所 ドックゲート周辺調査



(株)大島造船所



水中ドローンの動作を確認



ドックゲートの海上側の様子



水中構造物の錆、ひび割れの調査

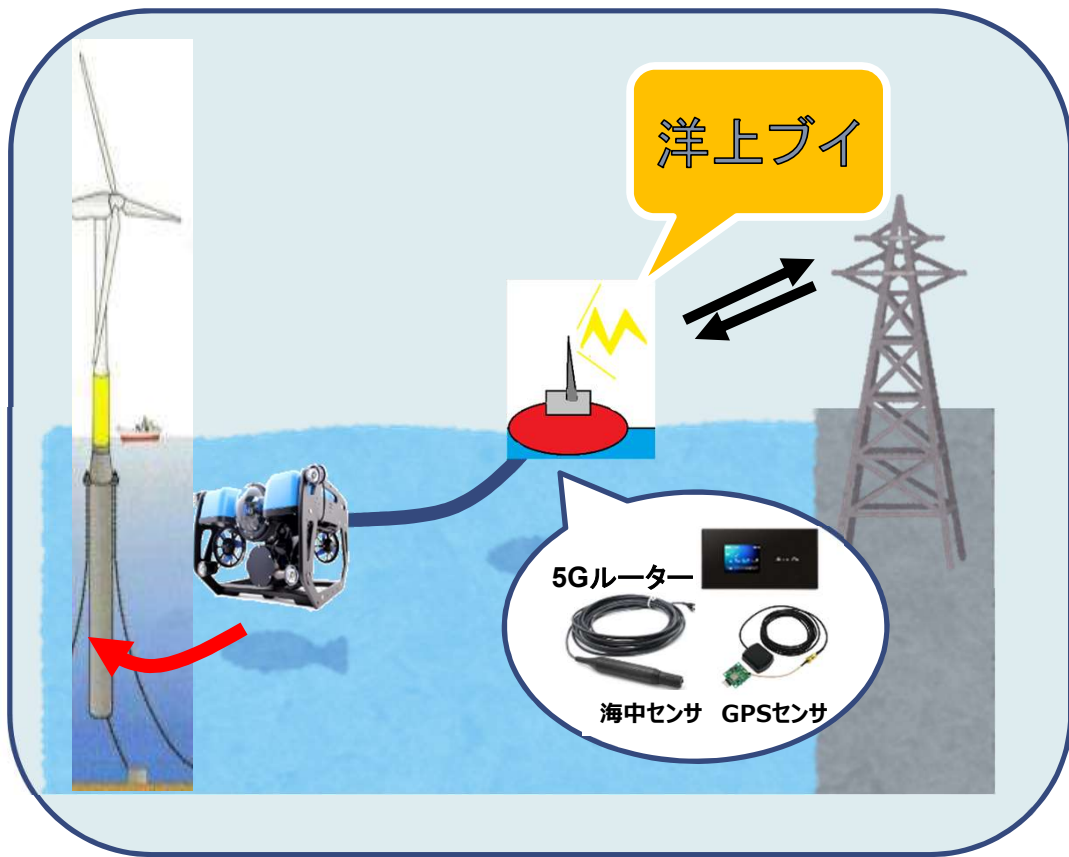
ドック寸法 535m 長さ × 80m 幅 × 13m 深さ
10万トンクラスを4隻並列建造、約40隻建造/年
ブロック工法、広大なストックエリア

(株)大島造船所 特徴

- 1.ばら積み貨物船（バルクキャリア）への特化を通じた、世界一の生産性
- 2.国内建造船腹量 第3位
今治造船、JMUに次ぐ
- 3.最先端技術への積極的な取り組み
 - ①日本初の完全バッテリー駆動船「E/V e-Oshima」
 - ②ウインドチャレンジャー「硬翼帆式風力推進装置」
 - ③主機掃気バイパスを利用した空気潤滑システム(気泡流による船体摩擦抵抗低減装置)を世界で初めて大型外航船舶に実船搭載
 - ④LNG燃料船

洋上ブイ

電波受信のための5Gルータ及びGPSアンテナ、センサ用マイコンを収容



5G送受信+制御装置

中

5Gルータ
RasPi・バッテリー・etc

This block shows the internal components of the buoy, labeled '中' (Middle). It features a 5G router device with a screen displaying '12:34' and 'docomo 5G'. Below the router, the text reads '5Gルータ RasPi・バッテリー・etc'.

水中の環境データ取得

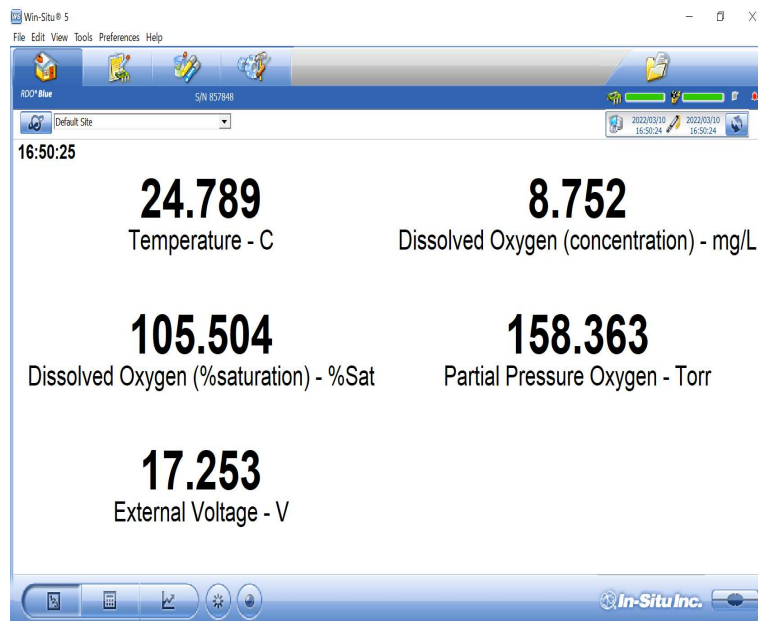
外

海洋センサ GPSセンサ

This block shows the external components of the buoy, labeled '外' (Outer). It features a subsea sensor and a GPS antenna. Below the images, the text reads '海洋センサ GPSセンサ'.

海洋環境センサー

- ・RDO Blue 溶存酸素DOセンサ、水温センサ
Modbus I/F



PC画面への字幕表示例

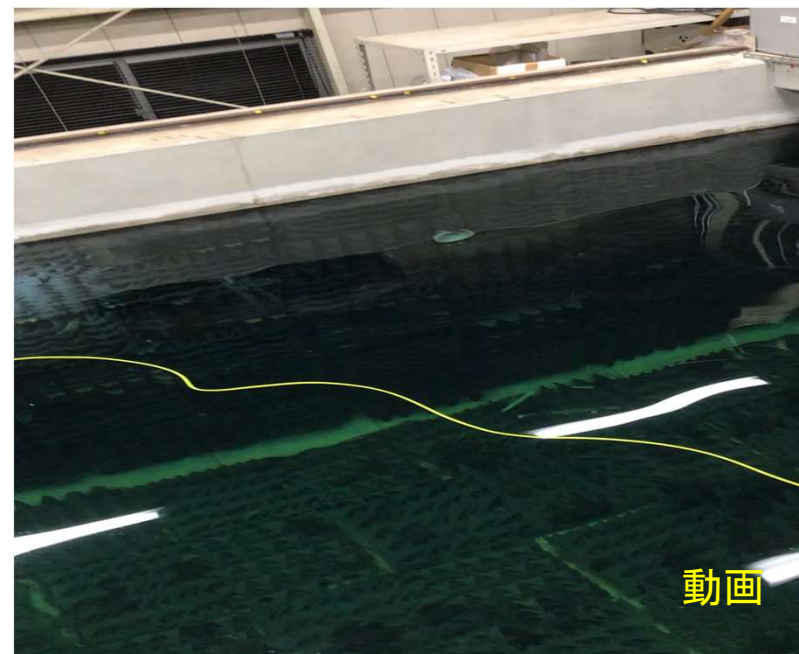


5Gを用いたBlueROV2運用実験

大型無響水槽にて5G無線通信によるBlueROV操作の安定性を検証



大型無響水槽

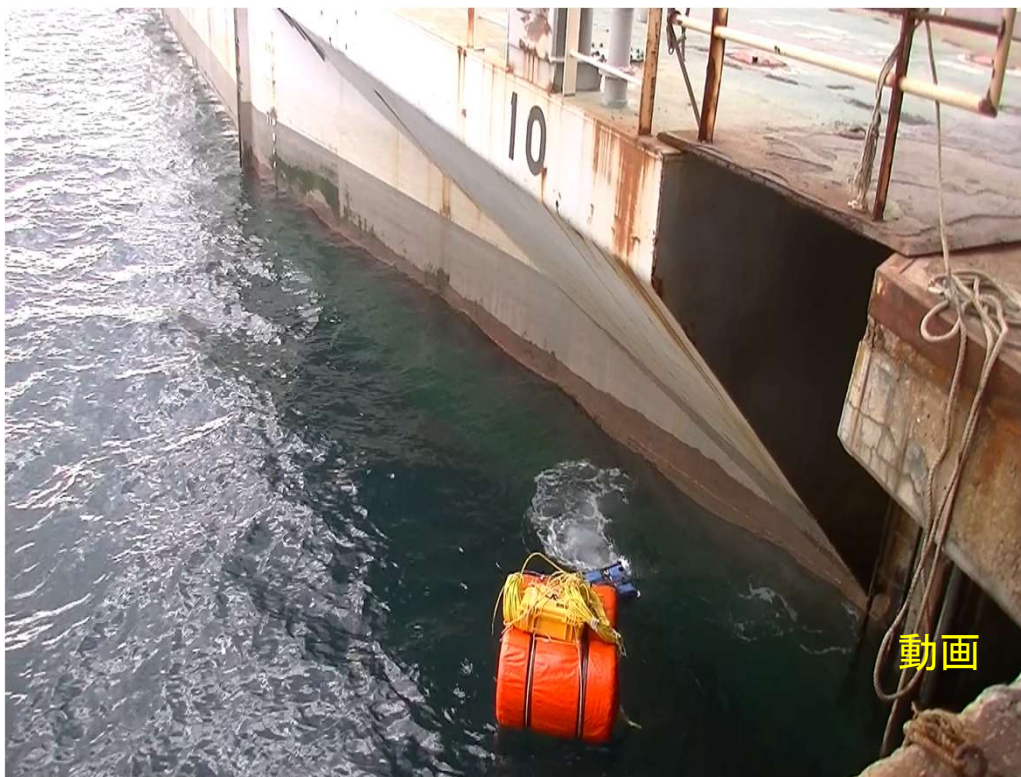


動画

水中ドローンを操作している様子

大島造船所造船ドックでの検証実験

ドックゲート前



ドックゲート水中映像



大型無響水槽「排水管」画像切り出しの手法

OpenCVを用いて動画から画像を切り出す

実行例



水中カメラの映像



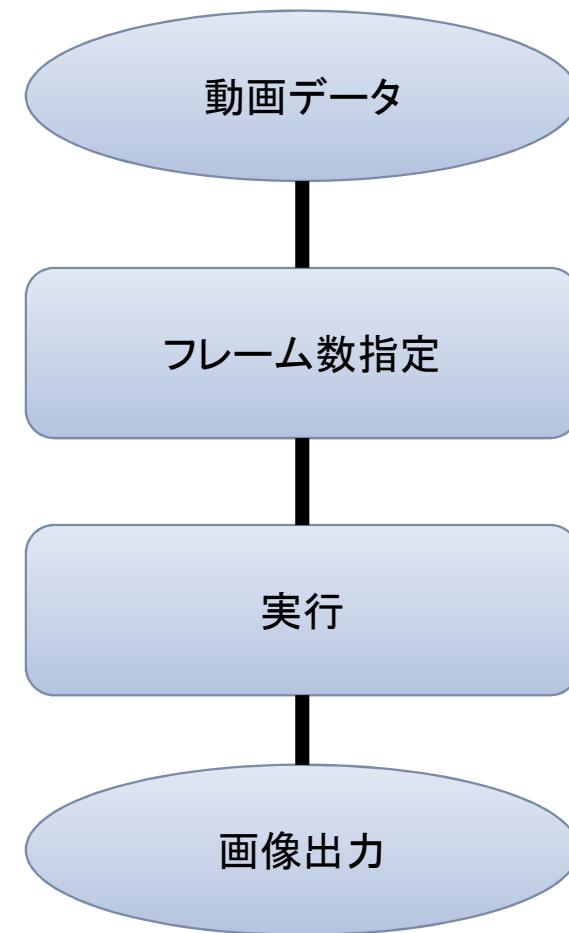
30フレーム



330フレーム

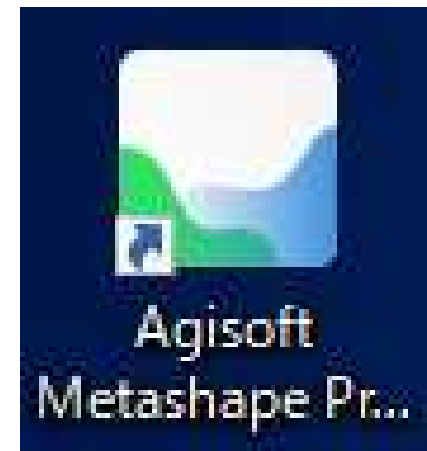


960フレーム



3Dモデルの作成

水中構造物の全貌を把握することが目的
Agisoft社「**Metashape Pro**」



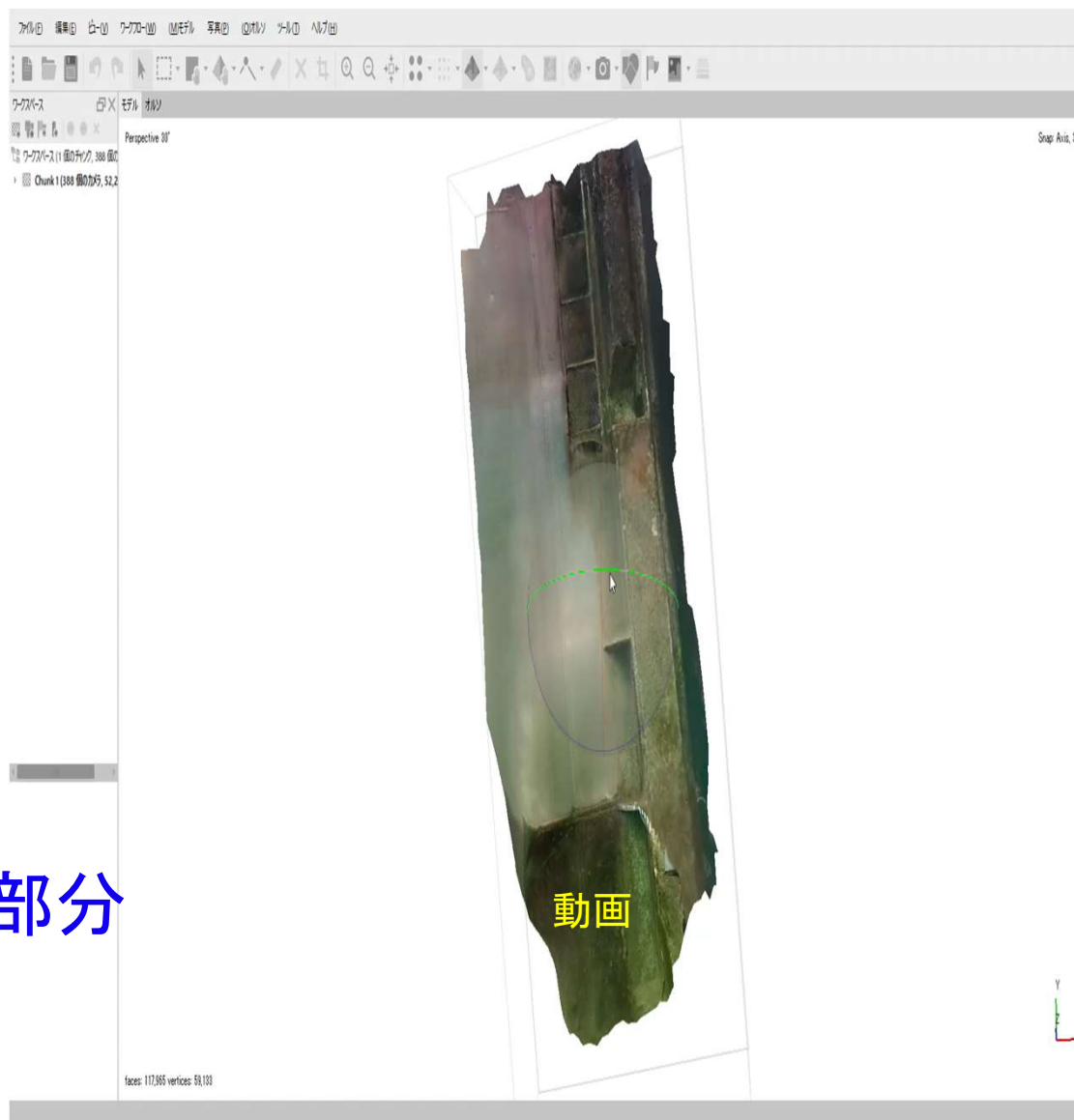
3Dモデル化



水中構造物の画像



ドッグゲート一部分 を3Dモデル化

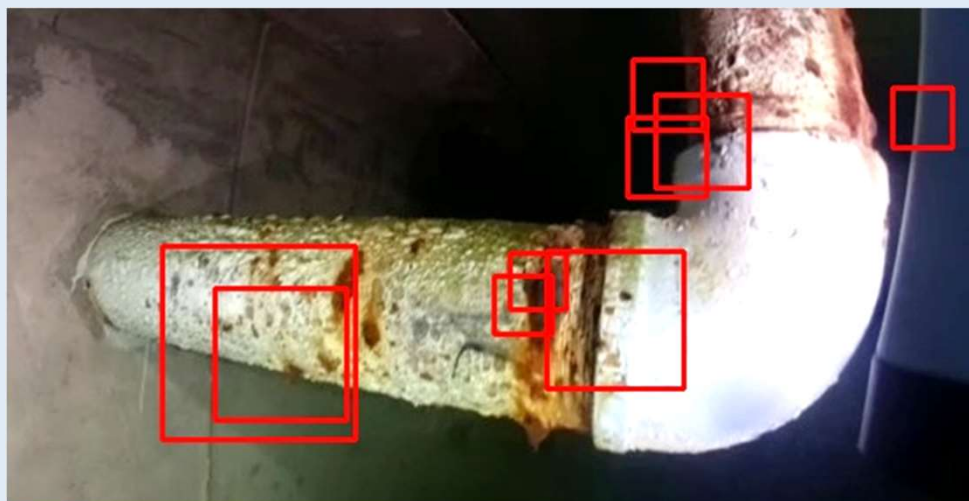


構造物の劣化診断の手法

劣化診断を行うために2つ手法を検討

1. opencvでの錆のマーキング

カスケード分類器を用いて判別



2. YOLO v3での錆のマーキング

アノテーションツールVOTTを用いて判別



YOLOとは
画像を一度CNNに通すことでリアルタイムに
物体を検出することができるアルゴリズム

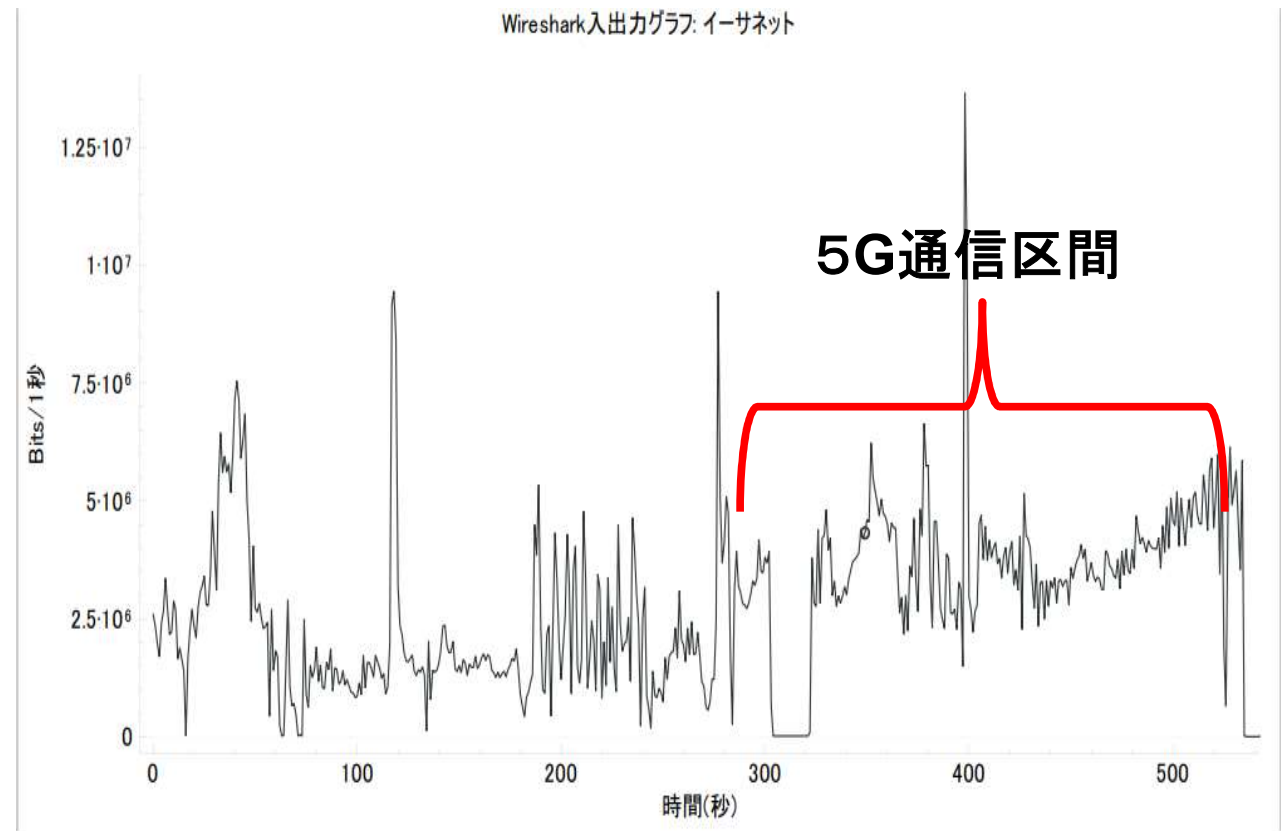
実地検証での5G通信パッケージデータ推移



高専内検証平均 **12Mbps**

ドッグゲート検証平均 **5Mbps**

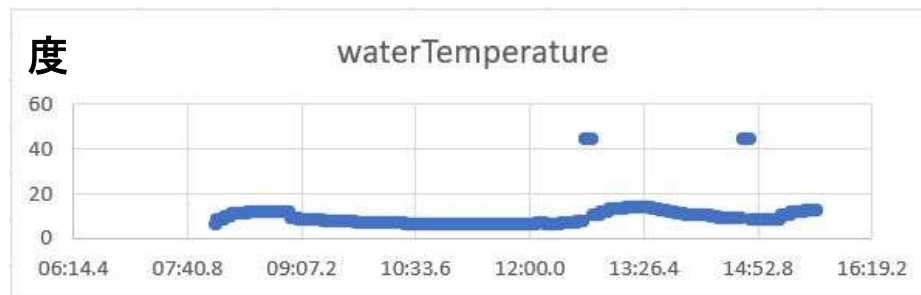
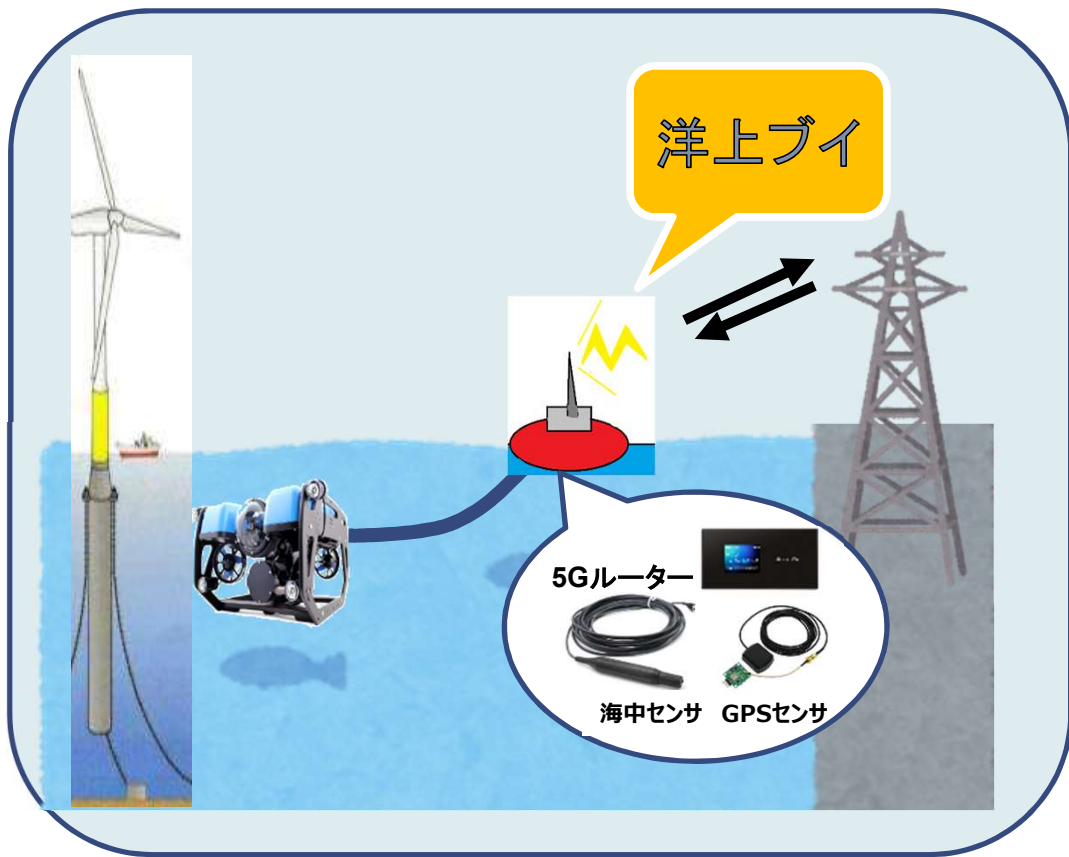
情報伝送速度



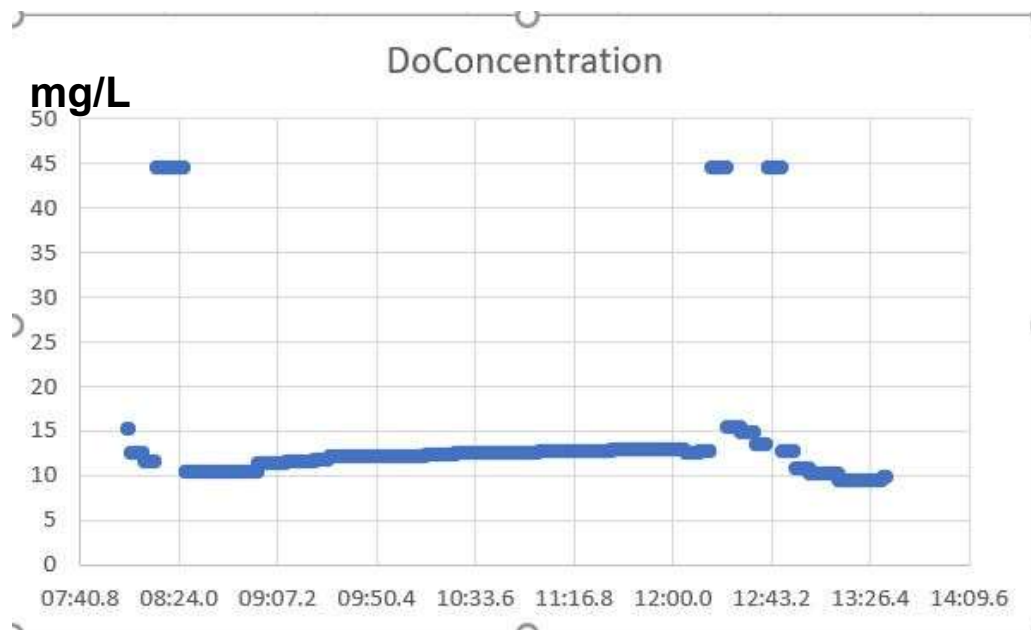
(株)大島造船所での5G通信パッケージデータの推移



センサデータの取得結果



水温



DO溶存酸素量



実証事例 2 まとめ

ローカル5Gを用いた水中構造物の3次元化と海洋環境情報の見える化

- ・5G通信を利用した水中ドローンの遠隔制御及び、水中映像とセンサデータの同時表示を実現
- ・取得した水中構造物の水中映像から、3Dモデル化や錆の一部判別を試み

今後の展望

- ・5Gシステムの有効性が必要な現場での社会実装を目指す(沖縄県の赤土流出によるサンゴ、モズク、海ブドウ養殖への環境変化の見える化)
- ・沿岸環境・磯焼け・藻場調査・ガンガゼ駆除等の地域ニーズへの対応

ご清聴ありがとうございました。

ご協力いただきました関係機関様へ感謝申し上げます。

株式会社NTTドコモ 中国支社



株式会社クラハシ



株式会社大島造船所



(株)サイバー総研



総務省



佐世保工業高等専門学校 地域共同テクノセンター

nagasima@sasebo.ac.jp

長嶋 豊

090-3736-7494