**１．委託事業名：　清水港内で海中作業を行う水中作業ロボットの作業精度を上げるためのオルソ画像処理システムの開発**

**２．委託事業者名：　委託団体：大日工業株式会社**

**連携大学：龍谷大学　先端理工学部機械工学・ロボテックス**

**教授　坂上憲光**

**連携団体：合同会社　SDCC**

**伊藤商事株式会社**

**株式会社アイ・ピー・オー**

**静岡商工会議所　新産業開発振興機構**

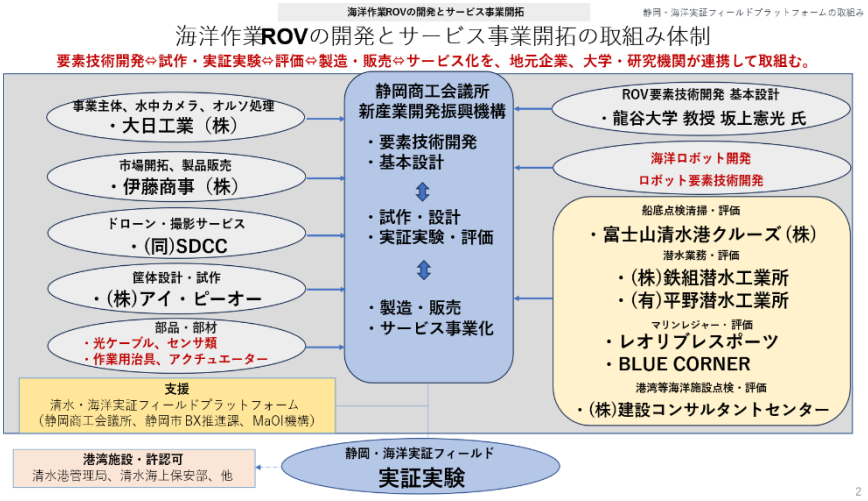
**３．研究成果概要：**

**【背景】**

清水港に出入りしている様々な船の船底に海洋生物が付着することで、船の燃費は悪化する。また、スクリューや舵に網や浮遊物が絡むことで運航にトラブルが発生する。それらを防ぐために潜水士が海に潜って確認、絡まった異物の除去作業を行っている。その潜水士の数は、高齢化に伴い減少傾向にあり、これらの作業が困難になることが危惧されている。これは清水港だけに限ったことではなく、日本全国の港湾に共通する課題である。潜水士が長時間深海で作業することには限界がある。その作業を水中作業ロボットや水中ドローンが潜水士の代わりにできないか検討した。水中作業ロボットが行う作業を地上から画像を見ながら水中作業ロボットを操作するために水中カメラからの画像のオルソ化処理を行う必要がある。水中カメラからモニターに映像を送る仕組みと送られてきた画像をオルソ画像に変えるシステムが必要になるため今回の共同研究にて開発することとした。

**【目的】**

本共同研究では、将来水中作業ロボットに取り付ける水中カメラを既存 ROV に取り付け、海中でもカメラ撮影ができることを検証する。また、撮影した画像データを陸上に送信し地上のモニターにて海中の映像を見ることができる仕組みを構築することが目的とする。もう一つは、地上に送られてきた２つのカメラからの画像データをオルソ処理し立体画像にすることである。これは海中の様子が立体視により問題点の判別や作業後の成果確認を可能にすることを目的とする。カメラ装置の開発設計を龍谷大学坂上憲光先生が担当、製造組付けを大日工業株式会社が担当した。カメラが写した画像データを静岡商工会議所新産業開発振興機構が中心にオルソ化処理を行った（図１）。




図−１．本産学共同研究委託事業の組織図

【研究結果及び成果】

(1) 研究結果報告

・水中カメラの構造と仕様について

カメラ２台を ROV 両脇に 80cm 間隔で設置した。この間隔距離については、被写体までの距離を１m と想定し、カメラの視野角度から計算して求めた（図２）。Raspberry Pi 4 をカメラとなる撮像素子イメージセンサーと接続し Raspberry Pi 4 から送られた画像データを光メディアコンバータにより光信号に変換して光ケーブルを通じて地上側 PC に画像データを送信するシステムを構築した（写真１）。

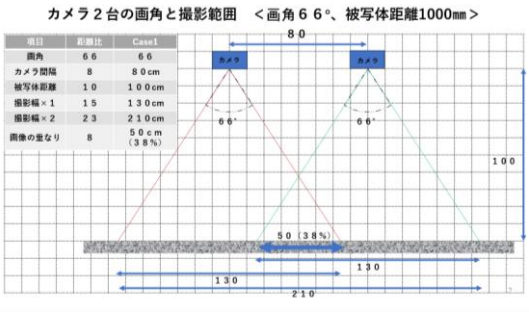



図-２．カメラと被写体との距離を算出

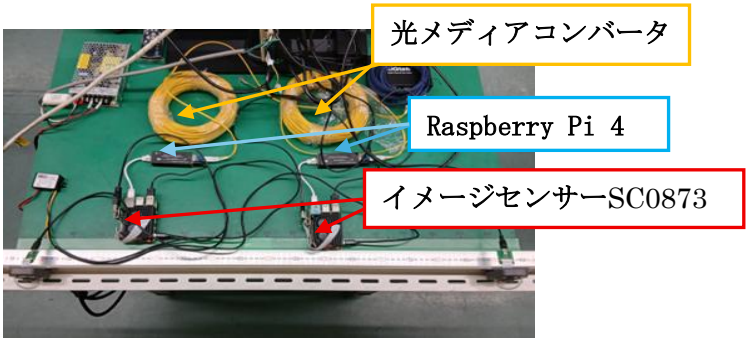



写真-１．部品配置の様子

・Raspberry Pi を使ったカメラユニットの構成

カメラ2個を長さ約1.5m の角材に80cm 間隔で固定し、移動式実験台の端に水平に設置し、カメラの校正用チェスボードと金尺（1m）を張り付けた壁面に向けて、被写体までの距離を1m として画像を確認した（写真2）。

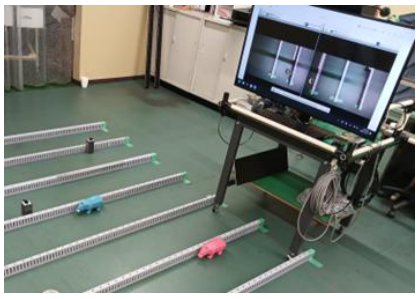


写真-２．移動台車

写真-３．オルソ化したチェストボード

・チェスボードを使って幾何学的な推定をした２画面の画像の重なりを確認し、オルソ化画像に成功した（写真３）。

・水密容器の概要設計を行い、モックアップ機を作成した（写真４）

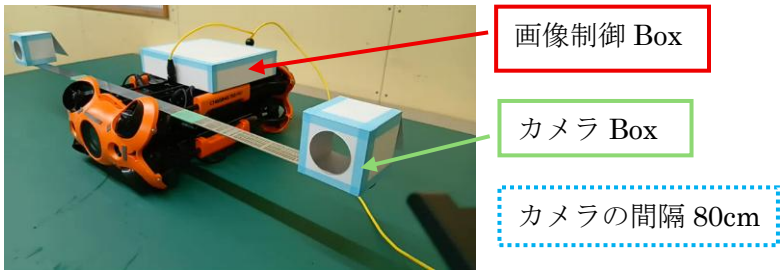



写真-４．ROV に模型を取り付ける

・実機製作に向けて意見交換を行ったところ下記の意見が出された。

① モックアップのカメラ容器を支持する支柱は角型ではなく丸形支柱だと流体抵抗が小さくなり好ましい。

② モックアップの容器の浮力が重量より大きくなると予想されるが、重り又は浮きで浮力調整するとよい。

③ ROV の照明だけでは光量が水深５m を超えるあたりから不足する。カメラ用に追加の照明器が２個必要である。

以上の点を考慮して実機の設計製作に取り組む。

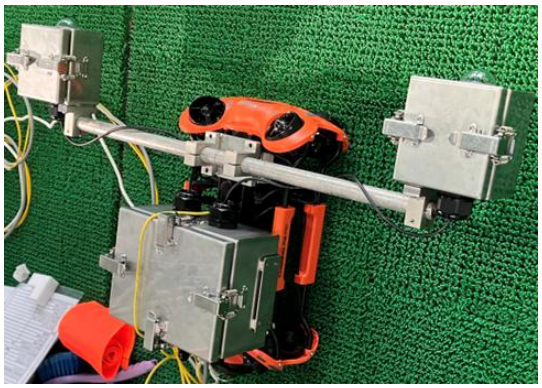


写真-5. 完成したカメラユニット

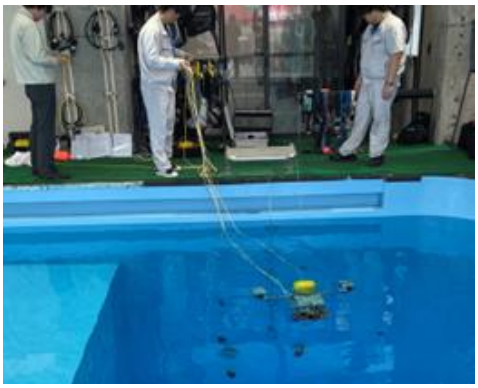


写真-6. 浮きを付けてプールで実験

・潜水訓練用プール（水深４m）にて、カメラシステムを ROV に装着し（写真５）、水中に投下、水密容器の耐水圧性や ROV の操作性を評価した（写真６）。

撮影したカメラ画像のデータからオルソ画像化の検討を進めた。

・プールでの実証実験を行った後に意見交換を行った。

① カメラユニットだけで 10 kgあるため水中投下、水中からの回収には作業者の転落や ROV 破損事故につながる恐れがある。

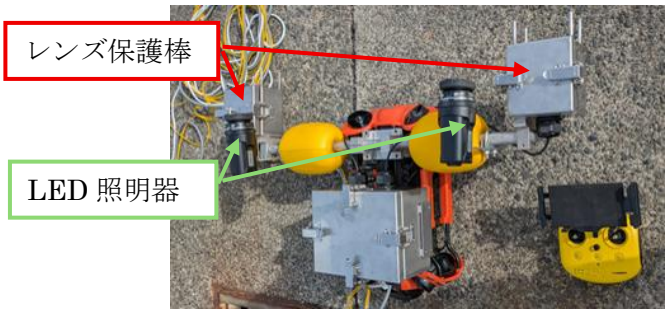
② オルソ画像化する水中映像ではカメラブレによる“ピントのずれ”が無いようにすることが重要で、被写体との距離の変動自体は、オルソ画像化の障害にはならない。

③ 当日の ROV 操作では、被写体距離１mを目標にしていたが、実際にはそれよりも近距離になっていた。操作時に見るコントローラーの映像で目標の距離で制御するのは難しいと感じた。

・カメラレンズカバーが岸壁や海洋生物に当たることになればカバーに傷が付き画質に影響が出る恐れが有るためカメラカバーの保護棒を４本溶接で取り付けた。またケーブル類を１本に束ねて強靭化した。

・ROV の操作性を良くするためにカメラ間の支柱に浮きを固定した。

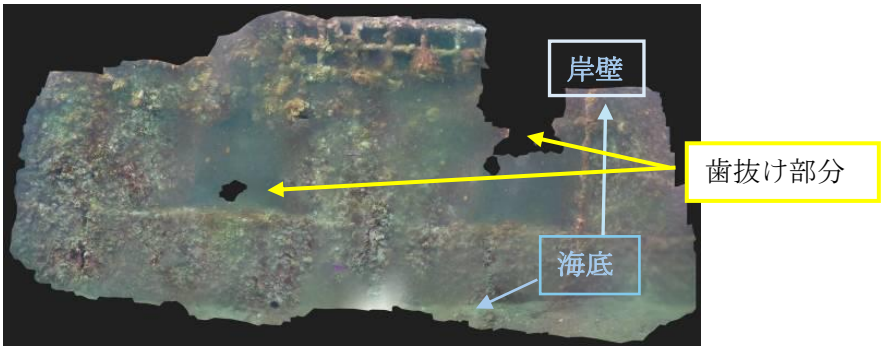
・その支柱にカメラの照度補正の目的に LED 照明器を２台設置した（写真８）。



写真−８．改良したカメラユニット　　写真−９．袖師岸壁の海中実験

・袖師埠頭の伊藤商事（株）が利用している岸壁にて ROV カメラユニットの海中における実証実験を行った（写真９）。

(2)　研究成果報告




写真−10．袖師の岸壁で撮影したオルソ化画像

２台のカメラ間が 80cm で写した画像はどちらかのカメラに映されなかった部分があると合成の画像に黒く抜けた部分が生じている（写真 10）。これを補正するには繰り返し同じ場所の撮影を行う必要がある。

【まとめ】

今回の共同開発研究の結論として ROV に固定した２台のカメラからの画像をオルソ化することはできた。ただ ROV の操作で被写体との距離を一定に保つことが難しいことも確認された。さらに改良を進めていく。

今後の海中ロボットの目となるカメラユニットとしての役割が果たせる一定の成果が得られた。関係各位に謝意を表する。

【地域社会への波及効果】

１月 28 日～30 日に東京ビッグサイトで開催された Offshore Tech 2026 展示会に今回開発したカメラユニットを展示した。展示ブースには、駿河湾・海洋 DX 先端拠点化計画として一般財団法人マリンオープンイノベーション機構、静岡市経済局海洋政策部 BX 推進課、静岡商工会議所新産業開発振興機構が一体となっての展示となり、本研究チームの開発したカメラユニットに期待が持たれていることを感じた。