

海洋ロボットコンペティション in 沖縄と 漁業支援の海洋ロボット開発

四国職業能力開発大学校 谷本 富男

四国職業能力開発大学校 岩永 禎之

Development of Marine Robot for Marine Robot Competition in Okinawa and Fishery Support

TANIMOTO Tomio, IWANAGA Yoshiyuki

要約 四国職業能力開発大学校の開発課題テーマである「海洋ロボットの開発」は、毎年沖縄県で開催される海洋ロボットコンペティション（以下、海洋ロボット競技会とする）に、参加可能な海洋ロボットの設計製作と入賞を目標にスタートした。しかし、当校で技術的ノウハウを持った経験者がいないことから、開発1年目は海水での潜航可能な海洋ロボットを製作、開発2年目で競技会に参加可能な海洋ロボットに仕上げることにした。開発3年目では、地元漁業組合と協力し、漁業の助けとなるような海洋ロボット開発を目標にした。

なお、開発2年目では、海洋ロボット競技会のROV（Remotely Operated Vehicle）部門で最優秀賞、四国ブロックのポリテクビジョン展示部門で最優秀賞、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構開発課題作品審査で特別賞を受賞した。また、開発3年目では、発表部門、展示部門の両方で最優秀賞を受賞した。

I はじめに

開発課題用テーマを検討する中で、海洋ロボット競技会への参加要請があった。何もノウハウがないところからスタートすることや、海洋ロボット競技会の開催時期までに海洋ロボットの完成が困難であることから、当初より2年計画で開発を進めることになった。さらに開発3年目では、海洋ロボット競技会での入賞実績を、実際の海での作業に役立つロボットとして改良した。まず、地元漁業組合に相談と協力を提案し、漁業の助けとなる海洋ロボット開発となるよう、ニーズ分析から開発目標を設定した。平成28年から平成30年の3年間で取り組んだ「海洋ロボット開発」と訓練効果について報告する。

II 開発1年目(平成28年度)

1 情報収集

まず、海洋ロボット開発に必要な情報収集から始めた。開発課題コアミーティングにおいて、担当指導員や学生の集めた情報を共有しながら、実現性について検討を重ね、意見をまとめた。情報収集では、海洋ロボットに

関するホームページや海洋研究開発機構（JAMSTEC）の技術講習会に参加、先行する職業能力開発大学校の見学や意見交換を行うことで、防水コネクタやスラストの購入先や取り付け方法、防水用グリス選定や海洋ロボット機体の防水方法、スラストの水抜きや自作方法について、多くのアドバイスを受けることができた。

2 沖縄海洋ロボットコンペティション⁽¹⁾⁽²⁾

海洋ロボット競技会の採点表を表1に示す。

表1 採点表

採点項目	観点等	満点
プレゼン	コンセプト 5点	20点
	独創性 5点	
	技術性 5点	
	完成度 5点	
実機デモ	ブイ1 潜航-浮上後通過:10点	70点
	ブイ2 潜航-浮上後通過:10点	
	ブイ3 潜航-浮上後通過:10点	
	ゴールイン:10点	
	時間内でのクリア:10点	
	勝利チーム:20点	
	引き分け:10点	
負けたチーム:0点		
特別点	・着水動作 ・潜水可能 ・航行開始	10点
	・観客を沸かす ・面白い動き	
合計		100点

表1の実機デモとは、海洋ロボット競技の成績に対する評価点である。それ以外にも、海洋ロボットの特徴を紹介したパネルやプレゼンテーション、観客をわかすなどのパフォーマンスを評価する特別点が評価点に加算される。

平成28年の競技コースを図1に示す。競技の概要は、スタートから海中や海水面のブイを順次撮影し、潜航や浮上をしながらゴールに到達する内容である。ブイ間隔が約5mであることから、スタートからゴールまでは約20mの距離となる。操作する場所はゴール地点から30m以内の陸上である。この競技コースを海洋ロボット開発の参考とした。

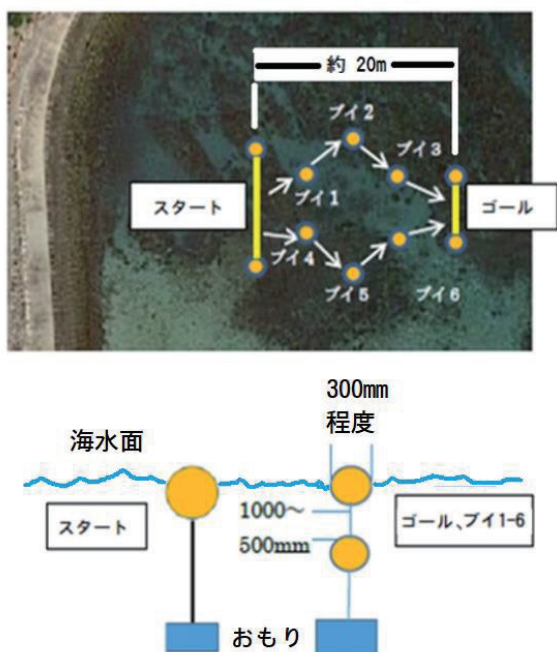


図1 平成28年 ROV部門の競技コース

3 システム設計

システム構成を図2に示す。4機のスラスタで浮上・潜水、前進・後退、右左回転が可能で、PCにUSB接続したゲームパッドからの遠隔操作を可能にした。海洋ロボット内の前方にパン・チルト機能を持ったカメラを搭載し、同様にゲームパッドからの操作を可能にした。PCと海洋ロボット内部のマイコン（Raspberry Pi[®]を使用）間は50m防水ケーブルで接続している。通信には電源線通信（Power Line Communication、以下、PLCとする）を用いて、PCから海洋ロボットの遠隔操作や、カメラ映像を遠隔のPC画面に表示できる。

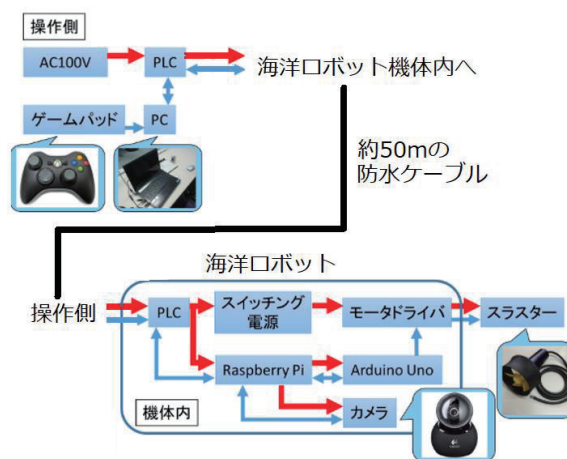


図2 システム構成

4 機体設計

図3に海洋ロボット（ROV:Remotely Operated Vehicle）の完成モデルを示す。本体はアクリル製の円筒を使用し、防水性を維持するためにアクリルの円筒には加工をしていない。アクリルの円筒前後に取り付ける蓋は、Oリングとパッキンで防水した。後蓋には4機分のスラスタ用防水コネクタや、50mケーブル接続用の防水コネクタを取り付けた。

海中や海上のブイを発見し撮影するため、パン・チルト機能付きのカメラを使用した。カメラの視野角を確保するために、海洋ロボット前方にアクリル製ドームを取り付け、可能な限り前方に設置できるようにした。

海洋ロボットを動かすためのスラスタは、水深30mの耐圧設計であり、90W DCモータを内蔵している。推進力は約20N（定格24V、4A供給時）であり、海水仕様のものでした。

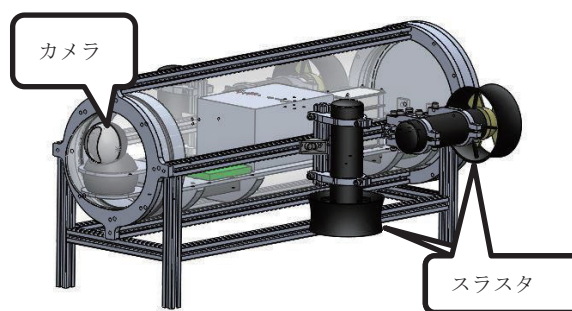


図3 海洋ロボット完成モデル

4-1 防水

前蓋はOリングとパッキン、アクリルドーム、アルミの円盤やリングの部品で構成している。

後蓋はOリングを2つ使用し、海洋ロボット内部の

メンテナンスとして開閉する回数が増えることを想定し、前蓋よりは防水機能を強化した。前・後蓋部品の構成を図4に示す。

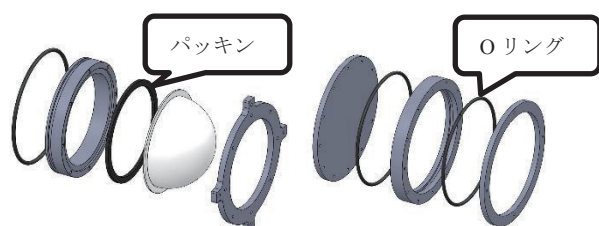


図4 前蓋部品と後蓋部品

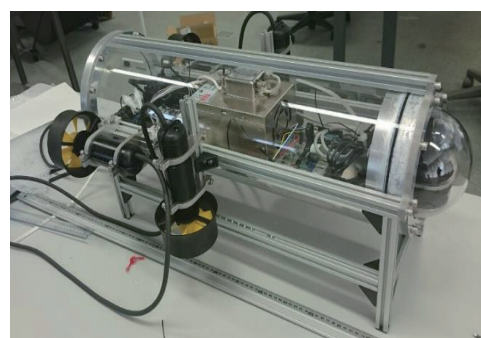


図6 開発1年目の海洋ロボット

4-2 機体内部設計

海洋ロボットの内部構成を図5に示す。海洋ロボットの内部をメンテナンスしやすいように1枚のアルミ板上に部品を設置・配線し、後蓋より一括出し入れを可能にした。しかし、海洋ロボット競技会に必要な防水性能は確保している。さらに浸水に備えて、アルミ板の下側に水が溜まる空間と、その底に水感知センサ（図5中⑦）を取り付け、遠隔のPCへ警告表示させた。実際に、海洋ロボットの前方アクリルドームの固定部分（アクリルドームのツバの部分）に亀裂が入っており、プールでの実験中に漏水を検知できた。浸水実験時では問題なかったが、その後、何らかの影響で亀裂が伝播し、漏水が始まったと思われる。内部機器に影響する前に海洋ロボット機体の回収が出来て、損傷を防げた^(注1)。

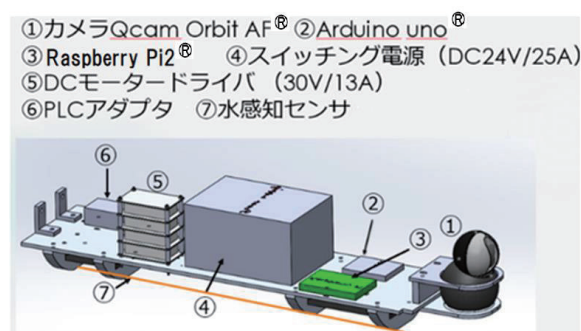


図5 海洋ロボットの内部構成

5 開発1年目 海洋ロボット

開発1年目の海洋ロボットの写真を図6に示す。直径180mm×長さ660mmのアクリルパイプに、図5の機器を入れ、アルミ製レールフレームと図4の前蓋と後蓋で挟み込んだ。

海洋ロボットの仕様は以下の通りである。

質量(kg)	25.25
寸法(mm)	W580×D750×H350
潜航深度(m)	10
1スラスト当たりの出力(N)	20 (直流 24v 4A)

問題点としては、50mのケーブルを含めない本体のみの質量は約25kgである。船や岸壁からのロボット機体の投入や回収は、1人では危険を伴い無理であった。また、海での実験では、海面や海中での撮影・走行動作や操作性、防水性などの確認ができた。しかし、海洋ロボットに取り付けたセンサは、水検知とカメラのみで、海洋ロボットが海面下に潜航しただけで、遠隔の陸上から海洋ロボットの位置や姿勢が見えにくくなった。海洋ロボット内に搭載してあるカメラからの映像だけでは、移動操作が困難で、海洋ロボット競技に支障があることが判明した。さらに、スラストのスクリュ部分に破損した。海洋ゴミが海洋ロボットを引き寄せるためのロープの巻き込みが原因と思われる。

III 開発2年目(平成29年度)⁽³⁾

1 海洋ロボット競技会の競技ルール

開発2年目は、海洋ロボット競技会の入賞を目指し、開発1年目の海洋ロボットの操作性、推進力、潜航性能等の確認と海洋ゴミによる破損スラストの修理、防水ケーブルの巻き込み等の改善や海洋ゴミについて検討を行った。平成29年の海洋ロボット競技会は、目標物がブイからQRコードの撮影に変更となった。また、QRコードは海中の垂直面と、海底の水平面に設置される。図7に平成29年のROV部門の競技コースを示す。図7中の①から④の板枠に複数のQRコードが張り付けられている。競技エリアは、海上ブイ間は約5m、スタート地点から海上ブイまで約20mである。

スタート地点から操作用テントは約3mである。競技は目標物番号①→②→③→④の順に QR コードを読み取り、クリアで各 25 点を得点する。QR コードは大会側で用意するカメラ付きタブレットで、PC 画面越しに撮影確認後、海洋ロボットは次の目標物に進むことができる。

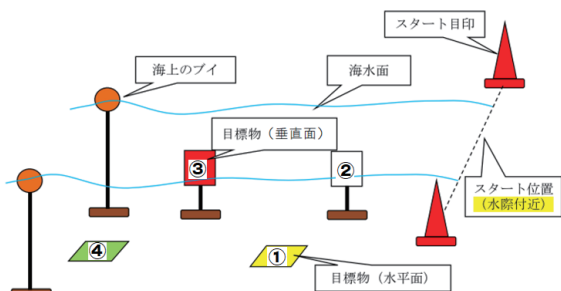


図7 平成 29 年 ROV 部門の競技コース

操作者の様子を図 8 に示す。操作者は直接海面や海洋ロボット見ることが出来ない。海中に設置してある QR コードを撮影するために、前面をシートで覆ったテント内で、海洋ロボット内のカメラ映像を見ながら遠隔操作を行った。ケーブル調整者は、直接海洋ロボットの位置や姿勢、QR コードの位置を見ながら、ヒントとして操作者に声による指示を与えることができた。



図8 テント内の操作者

2 競技に向けての工夫

開発 2 年目の工夫・改良点として、以下に示す。

- ロボットの位置や方向を確認するため、色分けした 2 本の棒を海洋ロボット上部に設置
- 電源ケーブルの重さで、ロボットの移動や姿勢に影響が出ないように、電源ケーブルに脱着可能な浮きを設置
- QR コード読み取り用カメラを海洋ロボットの前方と海底方向の 2 台に増設
- 波による海洋ロボットの姿勢への影響を

軽減するため、スラスタの位置を海洋ロボットの前下方側に設置 (図 9 参照) (注 2)

- QR コードの撮影で照度不足の場合を想定し、潜水ダイバー用海中ライトを搭載
- QR コードに書かれていた文字から鮮明な QR コード画像を再構成
- PC 液晶画面が屋外では、日光の影響で見えにくくなるので、急遽現地で囲いを用意 (図 8 参照)
- PC を操作用と QR コード画像処理用の役割を 2 台に分けて使用

開発 2 年目の海洋ロボットモデルを図 9 に示す。

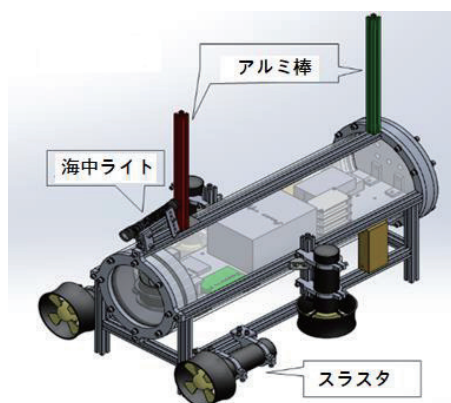


図9 開発 2 年目の海洋ロボットモデル

QR コード撮影と QR コード画像再構成の流れを図 10 に示す。海洋ロボットに搭載したカメラ画像 (不鮮明な画像) をそのまま遠隔の PC 画面に表示し、大会側の用意した確認用タブレットで撮影するのではなく、再構成した鮮明な QR コードを表示した。主な動作フローを以下に示す。

- ① 潜水した海洋ロボットは定期的にカメラ画像を保存する。遠隔の PC とはファイル共有している。
- ② PC は、保存してある QR コード画像から書かれている文字を解読する。
- ③ QR コードの解読に成功するとビーブ音を鳴らし操作者に知らせる。
- ④ 解読した文字から鮮明な QR コードを作成後 PC 画面に表示する。
- ⑤ 審判が持っているタブレットで確認してもらう。その間、操作者はビーブ音が鳴ると同時に海洋ロボットを海面に浮上させ、次の目標物に向くなどの姿勢を整え、移動準備に入れる。

さらに、QRコードの再構成は、一瞬でもQRコードを解読できれば良かった。審判にタブレットでQRコードを読み取ってもらうまでの時間中、海洋ロボットの姿勢を海中で静止させるための困難な操作を回避することができた。

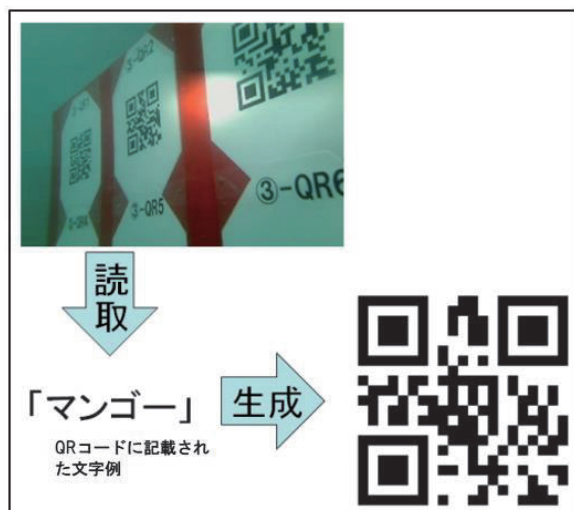


図10 QRコード撮影と画像再構成

3 開発2年目 海洋ロボット

開発2年目の海洋ロボットの写真を図11に示す。開発1年目の海洋ロボットの変更であり、外形は目印用のアルミ棒300mmが加わって、高さが650mmとなった。質量は海中用ライト600gが加わった。目印用アルミ棒は、海洋ロボットの位置と方向が判別できるように色分けをした。競技規定では、外形W1500mm×D2000mm×H700mm以内、質量45kg以内なのでクリアしている。目印用のアルミ棒でロボットの位置や方向を確認したケーブル調整者は、操作者に適切なヒント（操作指示）を与え、海洋ロボット競技をスムーズに進めることができた。また、壁側垂直面のQRコードは、真上からの日光が当たりにくく、特に曇りには照度不足が原因で、読み取りが困難であった。実際、多数のチームがQRコード読み取りに何度も潜水し直していた。しかし、海洋ロボットの前方を照らす海中ライトを用意していたので、壁側垂直面のQRコード読み取りに有効であった。



図11 開発2年目の海洋ロボット

海洋ロボット競技会の写真を図12に示す。海水の濁りや天候による照度変化、波によるゆがみによってQRコード読み取りが困難となる。浮上した状態でQRコード上まで移動後、QRコードが読み取れる位置まで水平姿勢を維持しながら潜水操作をした。



図12 海洋ロボット競技会

競技中に潜水して撮影したQRコードを図13に示す。



図13 QRコードの撮影画像

IV 開発 3 年目(平成 30 年度)

香川県内の漁業の就業者数は昭和 50 年をピークに年々低下し、平成 20 年と平成 25 年を比較しても 22.8% 減少している。年齢構成では、漁業就業者数が減少している中、75 歳以上のみが増加し高齢化も見られる⁽⁴⁾。

開発 3 年目は、漁業分野の ICT 化を視野に地元漁業組合と連携し、漁業に役立つ海洋ロボット開発を目標にした。開発 3 年目の当初は、開発 2 年目のロボットを改良する予定であったが、海洋ロボットの主要な部品(スラスタ)が低価格となり、新規開発することにした。搭載するセンサも増えることから、開発 2 年目の海洋ロボットは、開発 3 年目の新規海洋ロボットで実験が可能になるまでの、実験用として使用した。

1 漁業の支援

地元漁業組合に実施したアンケート調査結果から、開発目標を設定した。表 2 に要求仕様を示す。①の海底の状況確認では、定置網を固定するためアンカーの設置場所を調べることに、海底の海藻の育成状況や稚魚の生息状況確認などの要望があった。

表2 要求仕様

要求内容
① 海底の砂の状況を確認できること
② 人口漁礁や稚魚の状況が確認できること
③ 船底の汚れ、傷を確認できること

観察対象の漁礁や海底は、満潮時には水深が約 13m である。海洋ロボット競技会用に開発した機体は水深 10m の設計だった。開発 3 年目の新規海洋ロボットは水深 20m で、安全率が 10.0 以上の設計とした。

2 各種機能

表 2 の要求仕様より、観察に必要な機能強化を行った海洋ロボットを新規開発した。

2-1 観察用カメラ

船底(上方)、漁礁(前方)、海底(下方)の観察には、海洋ロボットの姿勢やカメラの方向を回転させるのではなく、図 14 に示すように前上下それぞれの方向用カメラを 3 か所に搭載した。3 台のカメラを用いることにより、3 台同時撮影で広角撮影を確保した。

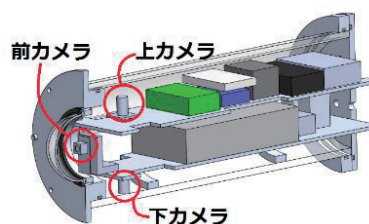


図14 観察用カメラ位置

また、カメラには高精度な輝度調整機能付きカメラを搭載し、照度不足による撮影画像の劣化に対応させた。海中でのカメラ映像は海洋ロボット内の Web サーバによって、電力線を使用した PLC 通信で 50m の防水ケーブルを経由し、観察用 PC 画面で確認できるようにした。図 15 に観察用 PC の Web 画面を示す。



図15 観察用 PC の Web 画面

2-2 自動姿勢制御機能

波や海流の影響で海洋ロボットの姿勢が不安定になると、漁礁や稚魚の良質な観察が困難になる。プレを軽減し、安定した観察には自動姿勢制御機能を必要とする。そのためのジャイロ、加速度、地磁気の 9 軸センサと、6機のスラスタを海洋ロボットに搭載した。開発 3 年目の海洋ロボットモデルを図 16 に示す。

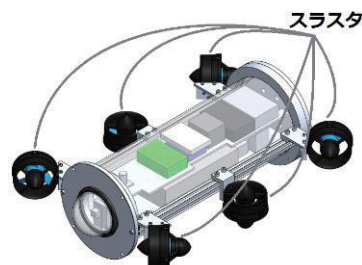


図16 開発 3 年目の海洋ロボットモデル

海洋ロボットが対象物を撮影しながら、姿勢を補正するには、海洋ロボットを前後、上下、回転させるだけでなく、横スライドや斜め移動が有効である。これに

よってカメラを対象物の方向に向けたままで移動できるなど、円滑な撮影が可能となる。水平移動用4機、垂直移動用2機の合計6機のスラスタを使用した。スラスタの位置と海洋ロボットの水平移動させる場合の制御方法を図17に示す。

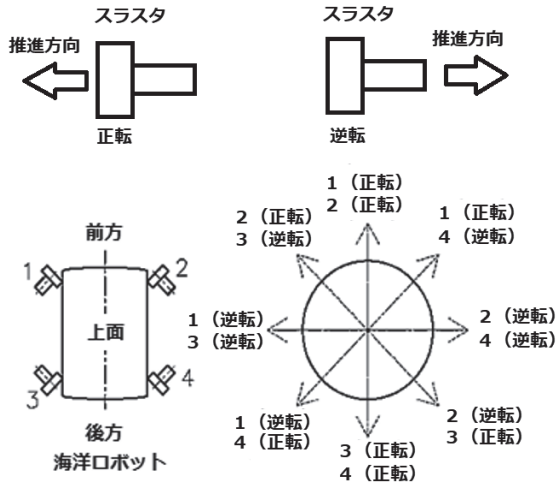


図17 スラスタの位置と水平移動方法

PCにUSB接続したゲームパッドで、海洋ロボットの移動指示をする。最後に移動指示した姿勢を目標値に設定し、目標値と現在値の差分をゼロにするようにPID制御をおこなうことで自動姿勢制御を実現している。海洋ロボットの現在値は、時間の経過によって移動慣性や波、潮流の影響を受け、目標値との差が生じる。6機のスラスタで差が小さくなるようにPID制御をおこなう。PID制御による姿勢制御を図18に示す。

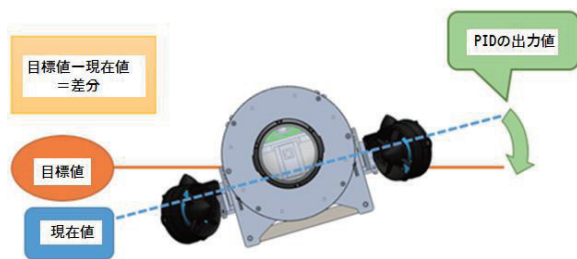


図18 PID制御による姿勢制御

2-3 水深制御機能

海洋ロボットが潜航をはじめると、徐々に海上からの位置確認が困難になる。海洋ロボットに搭載しているカメラを見ながらの操作は、1次遅れや2次遅れ制御の影響、海流や波の影響により、海洋ロボットの位置や姿勢の予測が困難になる。そして観察対象物への接近が困難となりカメラ撮影が不可能になる。その場合は一旦、海洋ロボットを海面に浮上させ、位置や方向を確認して

再度潜航することになり、大きな手間となる。

海洋ロボットに水圧センサを搭載し、海洋ロボットの水深を維持する機能を搭載した。図19に示すように、水圧センサで水深を測定し、海洋ロボットを一定の水深で静止させるようにスラスタでPID制御をおこなった。自動姿勢制御では9軸センサの値でPID制御をおこなうのと同様に、水圧センサの値で水深制御をした。

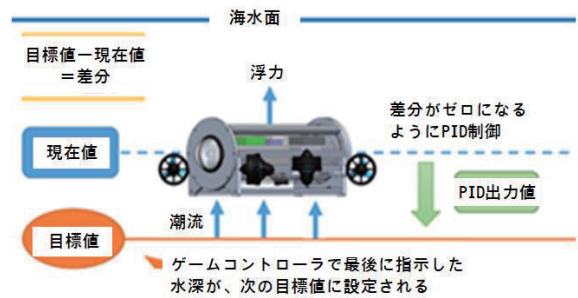


図19 PID制御による水深制御

2-4 その他 センサ

9軸センサには温度センサも内蔵されており、水検知センサと同様に海洋ロボット内部の異常を検出し、海上のPCで確認できる。アラーム音やメッセージログで、操作者に非常時の行動判断材料を提供する。また、水圧センサにも温度センサが内蔵されており、海水温度の測定が可能である。海水温は魚の生息に影響することから有用である。

海洋ロボットにGPS受信機を搭載し、浮上した時の位置確認や記録が可能である。

3 仕様と構成

開発3年目に新規開発した海洋ロボットの仕様は以下の通りである。

質量(kg)	19.50
寸法(mm)	W533× D690× H235
潜航深度(m)	20 (安全率 10)
1スラスタ当たりの出力(N)	25.48

海洋ロボットを図20、海洋ロボット周辺も含めたシステム全体の構成を図21に示す。1人でも海洋ロボットの上げ下げを容易にする持ち手(リフトのフック掛けにもなる)を追加した。また、海中ブロック等との衝突を想定し、スラスタや機体本体の損傷を軽減するためのプロテクタを搭載した。

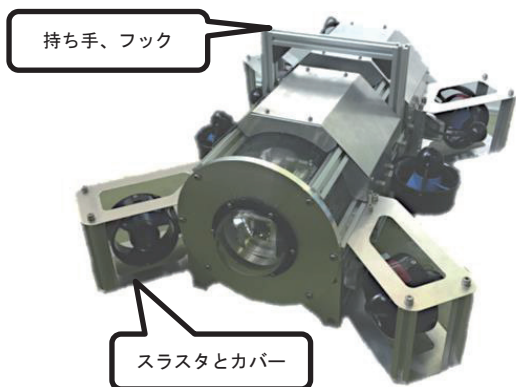


図20 開発3年目の海洋ロボット

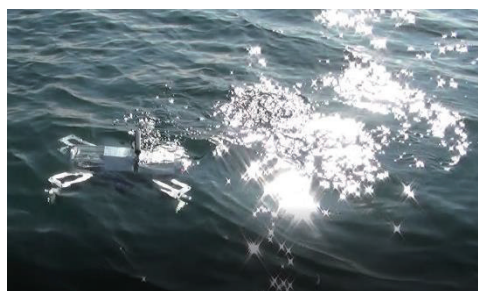


図23 潜水開始

漁礁と魚の写真を図24に示す。姿勢制御と水深維持制御によって、定位置での静止撮影を行った。

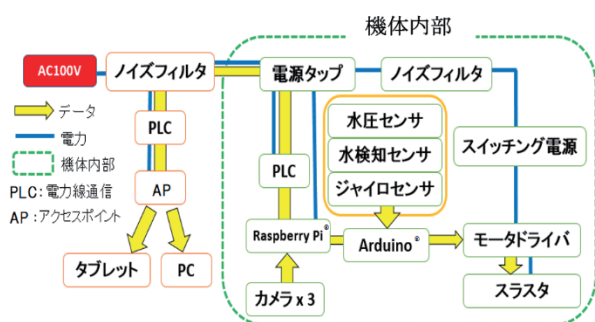


図21 システム全体の構成

4 走行確認

走行確認として、大型プラスチックプールやビニールプール、海水浴場、地元漁協の港、実際の瀬戸内海の漁場を使用し、さまざまな問題の発見とその対策をした。

海流や波の影響を補正する姿勢制御や水深制御の最終確認には、実際の瀬戸内海の漁場を使用した。

瀬戸内海の漁礁確認に向かう時の写真を図22に示す。



図22 走行確認で出航 (2019.02.01)

海に投入後、潜水を開始する海洋ロボットの写真を図23に示す。

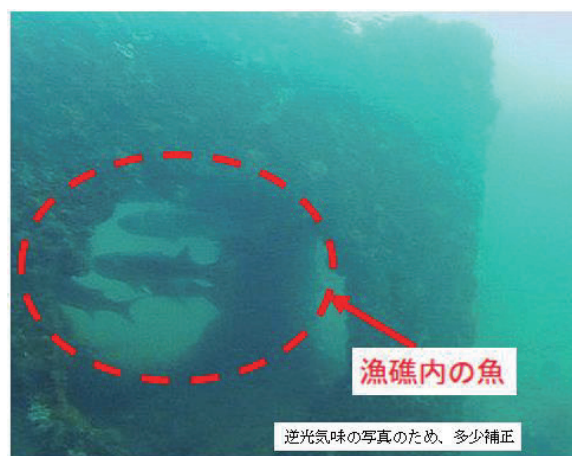


図24 漁礁と魚の観察

海底の状況を撮影した写真を図25に示す。海底の砂や藻の状況が確認できる。砂地の下は固い粘土質で、錨などが海底に掛かりにくく、定置網を固定するためのアンカーの設置ができないとの事であった。



図25 水深7.8mの海底

海藻やフジツボ等の付着は漁船の運転燃費を悪化させる。また、岩との接触事故では破損状況を確認する必要がある。海洋ロボットを潜水させ、船底を撮影した時の写真を図 26 に示す。



図26 傷や汚れのない船底

V 訓練効果

以下に、開発課題のテーマとして「海洋ロボット開発」に3年間取り組んだ訓練効果について記述する。

開発1年目は、海洋ロボット開発の先行施設に早く追いつくための試行錯誤の連続だった。学生のモチベーションの維持が大変であった。しかし、四国ブロックポリテクビジョン（以下、PVとする）前の海での実験を通して、やっと達成を実感してくれた。海で実験するまで完成イメージが感じられなかったようだ。

開発2年目の学生は、海洋ロボット競技の日程や内容が公表されるまで本気になれなかった。積極的に完成度を上げようとはしなかった。競技内容の変更が公表された後、本気度が上昇し、大会出場を意識するようになった。大会前日と当日は真剣に行動し、沖縄県での大会を楽しめたようだ。

開発3年目の学生は、漁業支援に必要な観察機能を強化した海洋ロボット開発となった。観察機能の結果として漁礁、船底、海底の写真が必要であった。冬場の天候不良で、なかなか船も出せない状況が続いた。学生の準備と地元漁協の予定と、天気（特に風）の、3つの条件を満たす日を待った。PVまでの残り少ないチャンスを逃さないようにプールでの実験を重ね、調整・修正しながら待った。何度も延期した後には観察に成功し、開発チーム全員で喜んでいて、外部からの成果を求められるプレッシャーの中で、よく頑張ってくれたと思う。

当校では、仕様を記述したチェックシートを元に、開発物の製品検査をする「立ち合い検査」という制度がある。学生は、開発課題テーマを担当していない指導員から、遠慮のない辛口の指摘を受けることもある。冬休

み明けの学生を目覚めさせる良い制度となっている。

初年度の平成28年度開発メンバーの修了生が、PVやものづくりフェスタに訪れた時に、後輩が残してくれた成果を自分のことのように喜んでくれた。さらに、同じ職場の上司に紹介していたのが印象的だった。

当校のオープンキャンパス等の見学会や運営協議会等の各種会議やイベントにおいて、海洋ロボット競技会の最優秀賞や四国ブロックPVでの表彰を、当校応用課程開発課題の活動実績中の1テーマとして紹介できた⁽⁵⁾。

VI おわりに

海洋ロボットに関する前提知識や経験のないところから3年間、開発課題テーマとして取り組んだ。現状を理解し、目標に向かって可能な方法を検討し対応した。

開発1年目は、海洋ロボット競技の目標物が黄色のブイであった。黄色のブイを早く発見し、ブイに向かって最短距離で進む方法を検討していた。開発2年目は、競技の目標物がQRコードの撮影に変更となり、対応策を再検討し、多数の改良を加えた。

海洋ロボットの完成度を上げるには、実際の海での実験が必要であるが、冬場の天候等で予定通りに実施できなかった。しかし、プール等で実験できる事は積極的に実施し、海での実験を最終確認する程度にした。海での実験回数は少なくても、短時間で結果が出せるように、実験効率を上げる工夫を指導した。

開発3年目は、新規開発の海洋ロボットのハードウェアが完成するまで実験できない状況とはならないように、開発2年目の海洋ロボットの改良で代用した。開発2年目の海洋ロボットに、開発3年目の海洋ロボットに搭載する予定のセンサやカメラ等、同等部品を実装し、動作実験を行った。開発2年目の海洋ロボットに残されていたプログラムの不具合（バグ）も多数発見し、手直すこともできた。自動姿勢制御や水深維持制御プログラムについても新規海洋ロボットがプールや海での実験に使用できるまで、開発2年目の海洋ロボットを改良しながら実験した。

海洋ロボットで遠方の対象物を観察・撮影させるには、ヘリコプターや鳥のような空中におけるホバリング動作を、海中でも姿勢を安定させるために必要である。開発3年目にして自動姿勢制御機能・水深制御機能として実現できた。実際の海での撮影では、海洋ロボットの操縦がカメラを通して可能になるなど、比較的操作がしやすくなった。自動姿勢制御機能・水深制御機能を

実装していなかった海洋ロボットとは異なり、数秒間目を離した時でも、ほぼ同じ位置や姿勢を維持できた。海中で静止しながら対象物を観察するのに必要な性能であることを実感できた。

謝辞

海洋ロボットの開発において、多数の方々からの多大なご指導と適切な助言を賜りました。海洋研究開発機構(JAMSTIC)、近畿職業能力開発大学校、九州職業能力開発大学校、沖縄職業能力開発大学校、海洋ロボット競技会参加者の方々、丸亀漁業協同組合、四国職業能力開発大学校の関係者に感謝申し上げます。

【注】

(注1) 開発2年目の海洋ロボットでは、前方アクリルを円板に変更した。ドーム固定部分(アクリルドームのツバの部分)の亀裂問題を解決するには、取り付け部分の本体アルミの設計・加工の見直しが必要と判断した。そのため、ロボット競技会開催までの残り時間を考慮し、円板に変更した。

(注2) 海面付近は波の影響で海洋ロボットは傾きやすく、前進中に水平スラストの片方が海面から出ると、そのスラストは空回り状態となる。それは海洋ロボットが前進中に回転を始めることを意味する。海面付近の移動中でも、スラストが海面より出ないように、機首が波の影響(抵抗)で振らされないように、海洋ロボット機体の前方下側に搭載した。

【参考文献】

- (1) 第1回沖縄海洋ロボットコンテストガイドブック。
- (2) 第2回沖縄海洋ロボットコンペティションガイドブック。
- (3) 第4回沖縄海洋ロボットコンペティション 2018。
- (4) 2013年漁業サイエンス海面漁業調査結果(漁業経営体調査 香川県分) 平成27年3月 香川県製作部統計調査課 P14-15 より。
- (5) 四国ブロックポリテクビジョン ものづくり研究発表会 予稿集 2017年～2019年。

【登録商標】

- Arduino は、Arduino AG の登録商標
- Raspberry Pi は Raspberry Pi 財団の登録商標
- Qcam は株式会社ロジケールの登録商標