

課 題 情 報 シ ー ト

テ ー マ 名 :	海洋ロボットの開発 (AUV)		
担当指導員名 :	上田 潤一、岡田 正之、佐藤 寛晃	実施年度 :	27 年度
施 設 名 :	沖縄職業能力開発大学校		
課 程 名 :	応用課程	訓練科名 :	生産機械システム技術科、生産電子情報システム技術科、生産電気システム技術科
課題の区分 :	開発課題実習	学生数 :	9 人
		時間 :	54 単位 (972h)

課 題 制 作 ・ 開 発 の ポ イ ン ト

【開発（制作）のポイント】

- ① 海洋ロボットコンテストのガイドブックより競技ルールを確認し、基本仕様を考える必要があります。
- ② 一般的な AUV には、推進装置が 4～6 個使用されていますが、ティルトロータ方式を採用することで 2 個に削減し航行時間を延ばします。
- ③ 海洋ロボットコンテストにおいてゴール位置にブイが沈められています。それを発見するために、ステレオカメラにより画像処理することで、ブイを認識します。
- ④ 電源回路はバッテリーを合計 4 つ使用しています。これら 4 つのバッテリー間は、すべてにアイソレーションを施し、バッテリー同士が干渉しないように安全対策を行っています。
- ⑤ AUV が自律航行の補助センサとして、GPS による位置認識も行いより確実に目的地に到達できるようにしています。
- ⑥ 海中での動作に最も重要な要素である防水対策について、精密な加工と O リングを用いた 2 重構造によって対処します。

【訓練（指導）のポイント】

- ① 開発企画として、仕様の検討、日程の検討、予算の検討、グループ内の役割を検討します。
- ② 開発する装置の役割を明確にし、構想設計を進めていきます。各種実験では、実験計画書を作成し効率的な実験を行っていきます。
- ③ 過剰設計とならないように注意し、品質、コスト、納期をバランスよく調和させ、基本仕様書を作成します。
- ④ 設計に入る前の各種実験については、可能な限り時間、コストを省けるように、CAE などの最新技術を活用していきます。
- ⑤ 設計において、市販部品、汎用部品を活用した設計、製作方法、組立方法を考えた設

計ができるように工夫します。

- ⑥ 製作・組立においては、安全作業を第一に製作に取り組みます。また加工ミスが無いように加工工程、確認作業をしっかり行います。
- ⑦ 各種ミーティングでは、発言者の意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識持ちます。
- ⑧ 各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。
- ⑨ 図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。
- ⑩ 5 S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。

課 題 に 関 す る 問 い 合 わ せ 先

施 設 名 : 沖縄職業能力開発大学校
住 所 : 〒904-2141 沖縄県沖縄市池原 2994-2
電話番号 : 098-934-6282 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/okinawa/college.html>

課 題 制 作 ・ 開 発 の 「 予 稿 」 お よ び 「 テ ー マ 設 定 シ ー ト 」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

海洋ロボットの開発（AUV）

沖縄職業能力開発大学校

1. はじめに

日本は世界で第6位の面積を持つ広大な排他的経済水域を持っている。この水域には、海底熱水鉱床等の有望な鉱物資源の存在が知られているが、その成因は分かっておらず、広域を効率よく調査する技術も発展途上にある。そこで、戦略的イノベーション創造プログラムの中の次世代海洋資源調査技術では、府省連携のもと、日本の海洋に関する科学技術を担う研究機関が一丸となり、海洋鉱物の科学的成因論等に基づいた、低コスト・高効率で調査する技術を行っている。その技術の一つとして、自律型無人探査機(Autonomous Underwater Vehicle, 以下AUVという)の開発も盛んに進められている。¹⁾海上保安庁が沖縄久米島沖において、AUVによる調査を実施した結果、推進約1400mの海底に、これまで日本周辺で知られている中では最も規模の大きなチムニー群を発見した。²⁾

このような状況を受け沖縄県では、海洋資源分野の研究・教育等の活性化を図るため、海洋ロボットコンテスト³⁾の実施が計画された。その一環として昨年度「海洋ロボットコンテスト・プレ大会」が開催されAUV部門で「なんくるないさ〜号」が最優秀賞を受賞した。今年度も、11月に開催される海洋ロボットコンペティション in 沖縄（以下、海洋ロボットコンテスト）へ出場し、最優秀賞受賞することを目的として開発を行う。



図1 「なんくるないさ〜号」外観

2. 海洋ロボットコンテスト概要

2.1 競技概要

海洋ロボットコンテストとは、琉球大学産学官連携推進機構が主催する大会である。大会ではロボットの競技だけでなく、開発したロボットの技術プレゼンテーションも行う。競技には、AUV部門、ROV部門、フリースタイル部門の3部門がある。

大会は2日間の開催となる。1日目はプレゼンテーションによる採点があり、5分以内に発表を行う。主な採点項目は、コンセプト、独創性、技術性、完成度の各5点、計20点の配点となる。2日目は実機での競技となる。競技は各チームが10分以内に、課題コースをこなすことにより、得点が加算される。

2.2 競技内容

課題コースは、スタート・ゴール間が40mあり、各ブイを通過することで得点が加算される。さらに、深度50cm以上での航行、浮上をすることで得点を加算できる。図2に実際の課題コース、表1に採点項目を示す。また、減点項目もあり陸上とロボット間で有線接続を行った場合、自律行動が可能であっても減点され、失格となる場合がある。

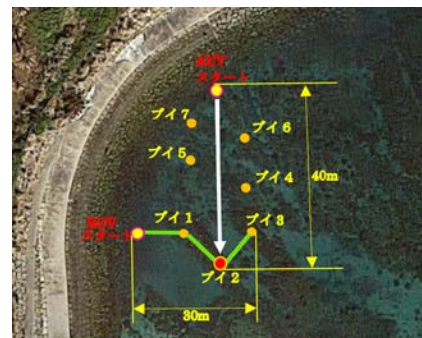


図2 AUV 課題コース

表 1 競技採点表

採点項目	配点	備考
ブイ1到達	20点	最高で30点
ブイ2到達	30点	
ブイ3到達	30点	
ブイ4到達	5点	
ブイ5到達	5点	
ブイ6到達	5点	
ブイ7到達	5点	
方向変更1回	5点	
方向変更2回	5点	最高で10点
浮上	5点	
深度50cm以上航行	10点	

2.3 採点評価

プレゼンテーションの20点、実機競技の80点、特別点として観客を沸かす、特徴的な動作など特別点20点、計120点で最も高い得点を取ったチームが最優秀賞となる。

3. AUVの基本仕様

3.1 基本仕様

海洋ロボットコンテストへ出場した「やなわらば〜号」外観を図3に、基本仕様を表2に示す。機体の特徴は、ティルトローター方式による航行や、画像処理にステレオビジョンを採用していることである。



図3 「やなわらば〜号」外観

表 2 基本仕様

筐体	耐圧容器	アクリル製耐圧容器(5mm厚) 直径:200[mm] 長さ:約1200[mm]
	サイズ/質量	1200×400×500[mm]/42kg
	スラスタ	DCギヤードモータ:21[W]・12[V]
	潜行深度	最大10[m]
	航行速度	最大4[km/h]
	センサ	3軸加速度センサ・方位センサ 深度センサ・GPS
	メインコントローラ	Intel NUC (1.3GHz・メモリ:4GB・ OS: Windows7) myRIO™
	カメラ	接続方法:USB 最大解像度:1280×720 最大フレームレート:30[fps]
電源	PC用	リチウムイオン (19[V])
	スラスタ用 電子回路用	リポ電池 (11.1[V]・5[Ah] ×3)
	連続航行時間	90分

3.2 防水処理

機体の防水は、Oリングを図4のように前後2つ蓋側に使用している。また、アクリルパイプの内側にグリスを塗ることにより防水性能を高めている。機体だけではなく、スラスタ部にも同じように防水処理を施している。



図4 Oリングによる防水

3.3 ティルトローター方式

機体は、ティルトローター方式を採用し、機体の潜行と航行を行っている。ティルトローター方式とは、転換式航空機的一种で、ローターの向きが機体に対して可変することで、航行を行うことである。AUVは、一般的に潜行・航行用モータをそれぞれ2個配置するが、ティルトローター方式にすることでモータを2個減らすことができる。それにより、消費電力を抑えることができ、航行時間を伸ばすことができる。角度調整は、機体内

のウォームギアで行っている。

3.4 スラスト

昨年より機体本体が大きくなったため、機体に見合ったスラストを作るには、スクリューを大きくし、スラスト部全体を大きくする必要があった。先輩方の長所であるスラストの筒をアクリルにすることで、中の構造が見やすく、防水実験や動作実験の時などに浸水チェックが目視でできるようにした。また、モータからの配線をスラストの中に通して行なうことで、コスト削減や外観を重視した設計を行った。



図5 アクリルスラスト

3.5 システム構成

機体の制御をより正確に行うために、方位センサ、圧力センサだけでなく、新たに GPS も制御に取り入れた。各種センサの情報を処理し、モータ制御を行う。また、画像処理には、ステレオビジョンを取り入れた。そのため、前方に USB カメラ 2 台を搭載し、PC で処理を行う。図 6 にシステム構成を示す。

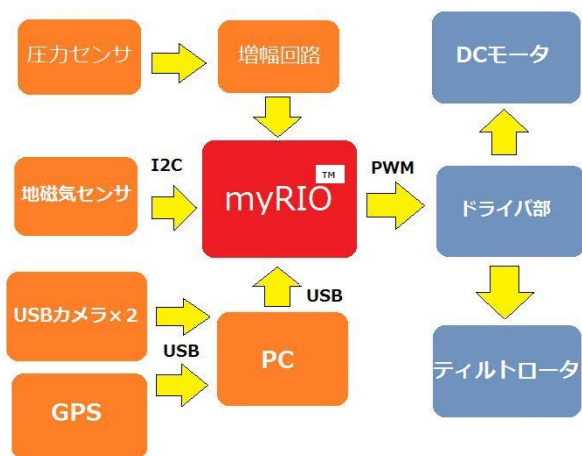


図6 システム構成図

3.6 プログラム構成

3.6.1 メインユニット

メインユニット（以下、myRIO™ という）は、

LabVIEW®で開発可能な組み込みデバイスであり、ロボットに必要とされる複雑な制御ができる。myRIO™は、各種センサやカメラからの情報を処理し、モータの制御を行っている。主に方位センサ、GPS の情報を元に航行制御を行い、圧力センサからの情報で深度制御を行っている。

3.6.2 画像処理

画像処理は、2 台の USB カメラを用いてステレオビジョン方式を採用している。ステレオビジョンとは、左右 2 つのカメラの画像の視差の大きさにより、物体との距離を測定する方法である。図 7 にステレオビジョンによる画像処理結果を示す。処理結果は、赤色に近づくほど物体との距離が近く、青色になるにつれ距離が遠いことを示している。

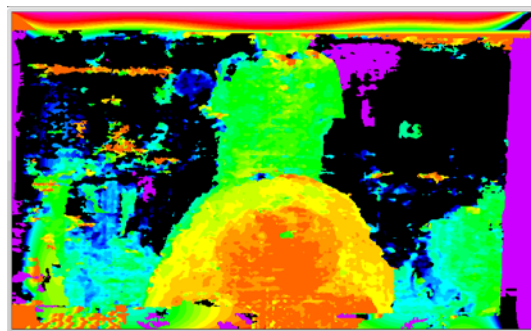


図7 画像処理結果

3.6.3 GPS 処理

GPS は USB 接続が可能であり、リアルタイムに緯度、経度を取得できるものを選定し使用した。図 8 に取得した緯度、経度のデータを示す。

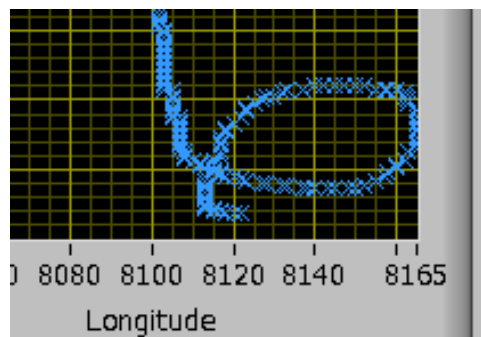


図8 各座標データ

3.7 電源回路

電源回路はバッテリーを合計 4 つ使用してい

る。電源部のシステム構成を図8に示す。モータの定格が12[V]であるため、電源はLi-Poバッテリー（3セル・12[V]）を使用している。このバッテリーを3個使用し、2個はモータ駆動回路に使用し、もう1つのバッテリーはDCDCコンバータを使用し15[V]に昇圧させ、myRIO™・各種センサの電源として使用している。また、PCの電源は、ノイズ対策のためLi-Ionバッテリーを個別で使用している。これら4つのバッテリー間では、すべてにアイソレーションを施している。アイソレーションとは、2つの通信ポイント間に電流が流れるのを防止する手段の1つで、異なるグラウンド電位間で相互接続が行われており、破壊的なグラウンド・ループの形成を回避するために使用されている。図9のようにAとB間のグラウンドを別にする事でグラウンドループの回避を行っている。これをバッテリー間に施すことにより、バッテリー同士が干渉しないように安全対策を行っている。

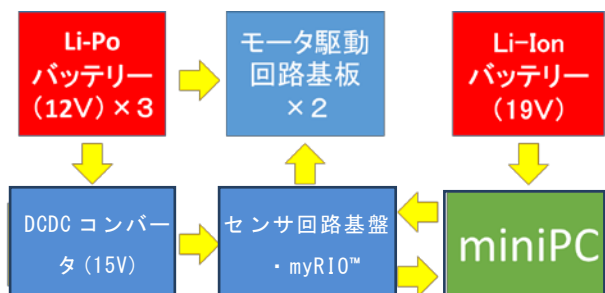


図8 電源部のシステム構成

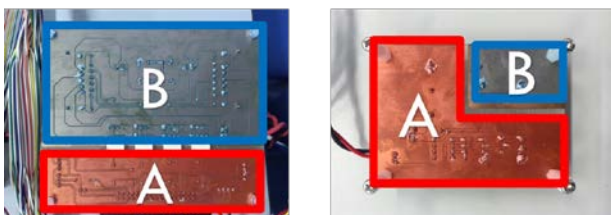


図9 回路のアイソレーション

3.8 機体子機

機体の制御に用いるGPSは、水中では人工衛星からの電波が受信できない。そのため、防水された子機を水面に浮かべ、そこへGPSを入れて人工衛星からの電波を受信できるようにしている。図10が子機の外観である。

また、陸上と機体間で通信を行うために、子機に無線LANと電源用のバッテリーを搭載している。無線LANもGPSと同様に、水中では電波が送受信できないため、子機の中に無線LANを搭載している。



図10 子機の外観

4. まとめ

海洋ロボットの開発に伴い、前哨戦として8月に開催された水中ロボットコンテストに出場した。海洋ロボットコンテストと同様に、プレゼンテーションと競技により競われた。競技では、1位であったが、プレゼンテーションの点数が伸びず準優勝であった。この経験を活かし、海洋ロボットコンテストでは、競技だけでなく、プレゼンテーションにも力を注いだ。結果として、AUV部門で唯一ゴールまでたどり着き、最優秀賞を受賞することができた。

5. おわりに

本開発を進めるにあたり、多くのご支援、ご指導をいただいた先生方、技術セミナーを開催して下さった大会実行委員の方々に深く感謝する。

参考文献

- 1) JAMSTEC <http://goo.gl/xBXJ7E>
- 2) 海上保安庁海洋情報部海洋調査課
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h26/k20140919/k140919-2.pdf>
- 3) 海洋ロボットコンペティション in 沖縄
<http://www.robo-underwater.jp/rchp/JPN/pc.html>

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：平成27年9月18日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名	
製品企画開発課題実習（生産機械システム技術科） 自動化機器等開発・設計・製作等実習（生産電気システム技術科） 組込みシステム応用課題実習（生産電子情報システム技術科） （開発課題実習）		海洋ロボットの開発（AUV）	
担当教員		担当学生	
○生産機械システム技術科 上田 潤一			
生産電子情報システム技術科 岡田 正之			
生産電気システム技術科 佐藤 寛晃			
課題実習の技能・技術習得目標			
製造現場における具体的な課題を通して、開発企画、設計企画、構想設計、詳細設計、製作、組立、評価までの一連の工程及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力、プレゼンテーション能力、ドキュメント作成など）を習得することを目標としています。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
本実習テーマは、次世代海洋資源開発として、産学官（文部科学省、経済産業省、国土交通省）連携により、基盤的技術開発から実用化段階まで開発し、システムの技術的課題や経済性などの検証が行われている。このプロジェクトの推進を通じ、「国内企業等の技術力、経験の蓄積」、「総合エンジニアリング能力の獲得、蓄積」、「人材育成」を行い、資源開発を担うプレイヤー（産業）の創出を図るプロジェクトが進行している。このような海洋資源開発をする上で地理的にもっとも良い場所の一つとして沖縄が挙げられる。 特に、沖縄近郊の東シナ海領海海底調査が太平洋側に比べて遅れている。この地域には、深海1000m以内に熱水鉱床や天然資源が存在する可能性が高いと言われている。その領域を中心に海底探査ができる自律型AUVの開発が急がれている。そこで、AUV開発に着手できる人材を育成するために開発課題テーマとした。			
実習テーマの特徴・概要			
本実習テーマの課題内容は、沖縄で開催予定である海洋ロボットコンペティション in 沖縄（世界初）競技に参加するための海洋ロボット（AUV）の開発を行う。海中は、水中（真水）と違い高度な技術レベルが必要となる。一滴の海水も浸入させない加工レベル、海中で使用可能なセンサ開発や自律航行させるためのプログラム開発力等の技術が必要となる。その中で、機械、電子、情報が連携することで初めて海中で航行できる海中ロボットを完成させることができる。この機体をもって競技大会に参加することで、自分たちの技術レベルが客観的に判断できこれから必要とする技術を明確にすることができる。これにより、学生自らの向上心を高める課題としている。			
No	取組目標		
①	開発企画として、仕様の検討、日程の検討、予算の検討、グループ内の役割を検討します。		
②	開発する装置の役割を明確にし、構想設計を進めていきます。各種実験では、実験計画書を作成し効率的な実験を行っていきます。		
③	過剰設計とならないように注意し、品質、コスト、納期をバランスよく調和させ、基本仕様書を作成します。		
④	設計に入る前の各種実験については、可能な限り時間、コストを省けるように、CAEなどの最新技術を活用していきます。		
⑤	設計において、市販部品、汎用部品を活用した設計、製作方法、組立方法を考えた設計ができるように工夫します。		
⑥	製作・組立においては、安全作業を第一に製作に取り組みます。また加工ミスが無いように加工工程、確認作業をしっかりと行います。		
⑦	各種ミーティングでは、発言者の意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持ちます。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		