

課題情報シート

テーマ名：	水中清掃ロボットの開発		
担当指導員名：	勝島 潔、秦野 明幸、玉江 邦明	実施年度：	28 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：	13
		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 30m を耐える防水性の確保をどうするか検討する必要があります。特に本体に使用する材質が重要となります。
- ② 通信ポートの数と防水ケーブルの選定が必要です。
- ③ 本課題では、本体操作にゲームパッドとタッチパネルの 2 つを使っています。開発する言語の検討が必要です。
- ④ 30m 耐水の検証をするための実験器具の検討が必要です。今回は圧力試験が出来る機器を自作しました。
- ⑤ 30m で使用できる照明（LED）の選定が必要です。
- ⑥ 40 倍ズームのカメラの選定が必要です。今回は小型でオートフォーカスも付いたビデオカメラモジュールを使用しました。

【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 設計において、30m 耐水を年頭に置いて市販部品、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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。
- ⑥ 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。
- ⑦ 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。

- ⑧ 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。

水中清掃ロボットの開発

沖縄職業能力開発大学校
生産機械システム技術科
生産電気システム技術科
生産電子情報システム技術科

1. はじめに

私たちが普段使用している水道水は、水源で汲み上げた水を浄水場で浄化・消毒後、配水池と呼ばれる大型のタンクに貯蔵され、その後各家庭に配水されている。この配水池の清掃は、これまで水を全て抜き、人が配水池内に入って清掃・点検調査などの作業を行っていたが、現在は水中清掃ロボットが使用できるようになり、水を抜くことなく清掃・点検調査を行うことができ、効率よく維持管理ができる。

㈱沖縄システムでは、県内で唯一ロボットによる清掃を実施している。しかし、現有のロボットには作業上問題となる点があり改善が必要であるが、メーカー側には改善要望に応じる体制が確立されてない現状がある。3年目になる本開発では、その問題点を改善して、配水池環境に適した「水中清掃ロボットの開発」に取り組むことにした。

2. 配水池清掃作業の現状

図1にロボットによる配水池清掃作業のイメージ図を示す。タンク内は飲料水なので、ロボットが入ることで汚染されることは決して許されない。そのため、ロボットや制御ケーブル、排水ホースは消毒容器で消毒してから配水タンクの上部に設けられたφ600の投入口から投入する。タンクは深さが最大30mあり、暗くて覗き込んでもタンクの底面を見ることはできない。そのため、清掃状況の確認や壁面等の点検を行うためにロボットにはライトとカメラを搭載している。作業者は、ロボットからのカメラ映像を地上のモニタで確認しながらコントローラによりロボットを操作して清掃・点検調査などの作業を行う。堆積物の吸引は、地上に設置したポンプによりホースを介して行い、ストレーナにより濁水と堆積物に分別して排出される。

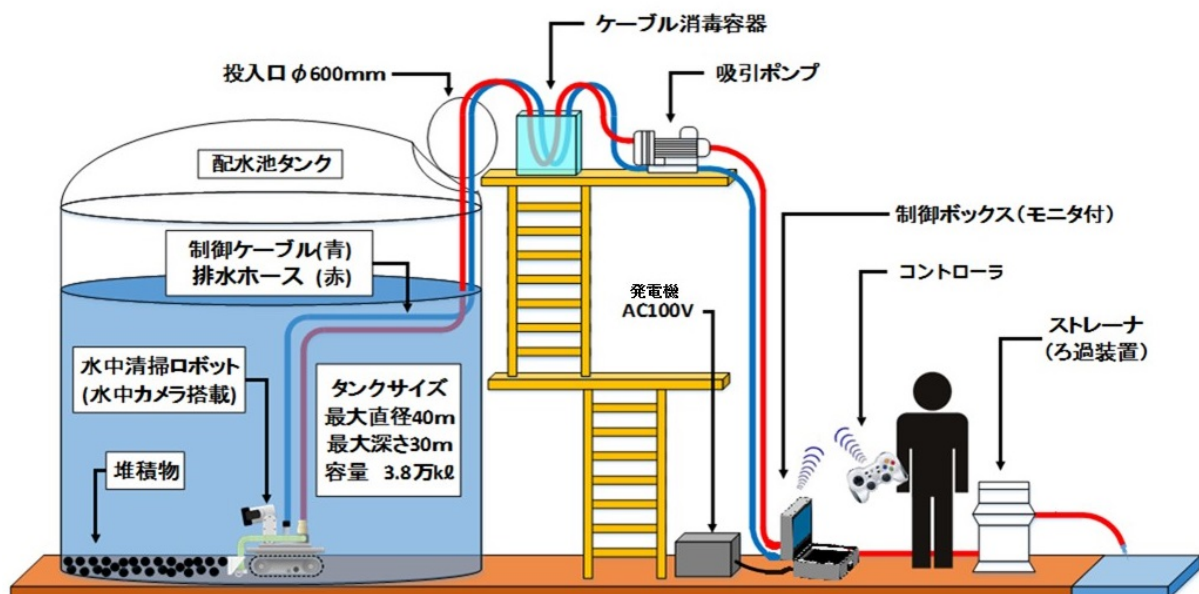


図1. 水中清掃ロボットによる配水池清掃作業のイメージ図

3. 要求仕様

開発するロボットには、現有ロボットの問題点より、企業から以下のような要望があった。

- ① ロボットを操作する際に投入口からロボットの位置が確認できるようにしてほしい。
- ② カメラが上下駆動のみの仕様で、左右横方向を確認できず操作性が悪い。カメラの左右旋回機能をつけてほしい。
- ③ ボタン式コントローラは、連続操作を行うには操作性が悪いので、操作性の良いゲームパッド型にしてほしい。

4. システム構成

要求仕様を基に設定したロボットの設計基本仕様を表1に、システム構成図を図2に示す。本システムは、ロボット、制御ボックス、コントローラで構成されている。作業者は、タンク内の様子を制御ボックスのモニタで確認しながらコントローラでロボットを操作して清掃や点検などを行う。また、制御ボックスのモニタはタッチパネル仕様になっており、タッチパネルによるロボット操作も行うことができる。ロボットのカメラ映像は、レコーダに録画できる。

表 1. 設計基本仕様

大きさ	W 440mm × D 554mm × T 368mm
質量	地上21kg、水中12kg
吸い込み口幅	400mm～500mm以下
耐水深さ	30m以下
駆動方式	左右独立ゴムクローラ駆動
清掃能力	MAX:122㎡/h以上
カメラ可動角度	上100° 以上・下55° ・左右150° (300°)
カメラプリセット	正面・右90° 側面・左90° 側面
照明	LED ライト
操作方式	タッチパネル・ゲームパッド
位置確認	位置確認用LED
録画方式	mpeg4

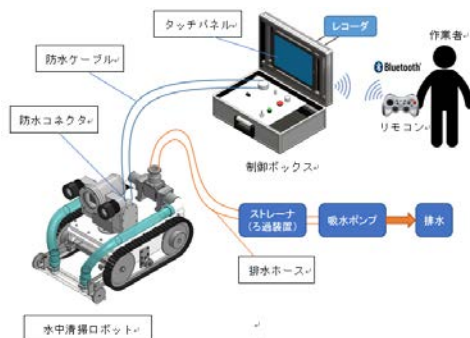


図 2. システム構成図

5. 各部の役割と構造

5.1 機構部

開発したロボットの外観を図3に示す。ロボットは、カメラ・照明機構部、吸引部、本体部から構成されている。以下に各部の役割と構造について説明する。

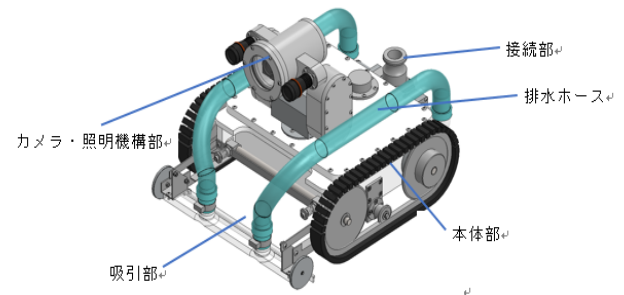


図 3. 開発したロボットの外観

5.1.1 カメラ・照明機構部

カメラ・照明機構部は、清掃場所や点検場所を確認するロボットの目となる役割を持っている。本設計では、タンク底面やタンク上部を確認できるチルト機構(上下の回転可動範囲は上100°、下55°)に加え(図4参照)、左右も確認するための左右旋回駆動のパン機構(左右150°)を設けた(図5参照)。またタンク内は暗いため、照明としてLEDライトをカメラの左右に搭載した。

さらに、投入口からロボットがタンクのどの位置にいるかの確認はカメラ映像だけでは難しいので、LEDライトをロボット後部から後方底面に向けて取り付け、光線ラインにより確認できるようにした。

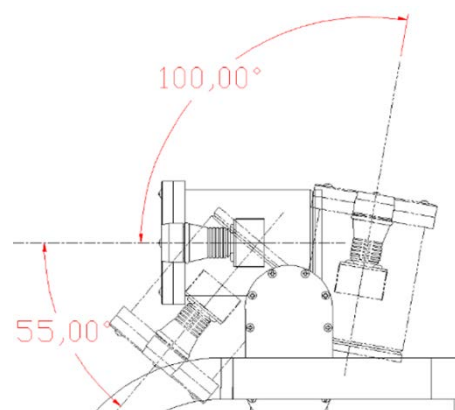


図 4. カメラ部側面図

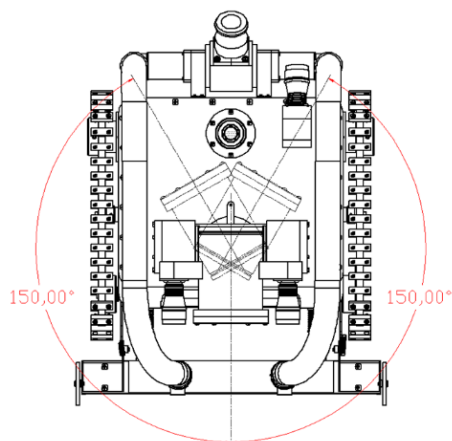


図 5. ロボット平面図

5.1.2 吸引部

吸引部は、排水池底面の堆積物を吸い込み口から吸引し、吸引パイプを通りタンク外に排出する役割を持っている。吸い込み口の構造は、前方を広範囲に吸い込みが出来るよう進行方向のみ開放する構造とした。また、前方部の吸い込み口はタンク底面の段差や傾斜に適応できるように上下に 30° 可動できる構造とした。また、ロボットをタンク内に投入する際にタンクの構造によっては、ホースが投入経路に干渉することがあるため、ロボット後方部にあるホース取り付け部を真上方向から 90° 後ろまで回転できるように設計した。(図 6 参照)

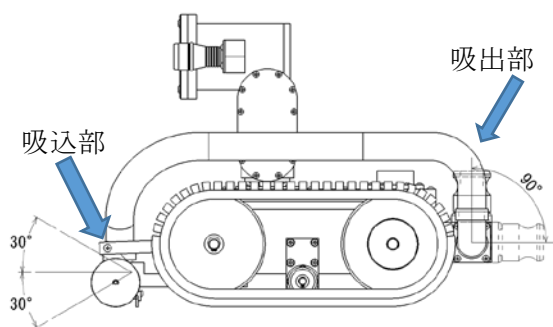


図 6. ロボット側面図

5.1.3 本体部

本体は、左右独立のゴムクローラにより駆動できる構造で、ロボットが堆積物に乗り上げないよう車高を上げ、ロボットが堆積物に乗り上げた場合でも、止まることなく走行できる。完全防水構造としなければならないため、本体静止接続部分の防水は O リングを、駆動部にはオイルシールとグリースを併用して防水を行う構造とした。(図 7 参照)

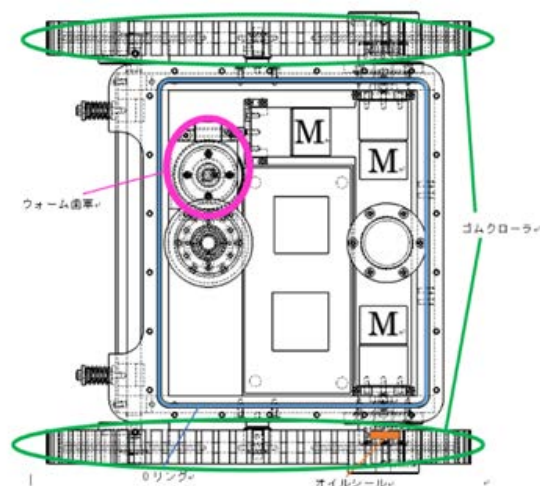


図 7. 機構部の概要

5.2 制御部

制御部は、制御ボックス内で、作業者によるコントローラ操作、または制御ボックス内のタッチパネル操作によって、ロボットを制御する役割を持っている。制御部は、主にコントローラ部、制御ボックス部、ロボット本体制御部より構成されており、制御ボックスとロボットの接続は、防水コネクタおよび防水ケーブル (50m or 100m) を使用している。図 8 に制御部のシステム構成図を示す。

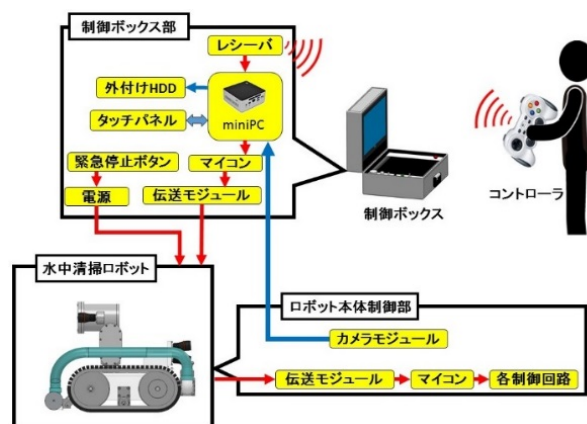


図 8. 制御部システム構成図

5.2.1 コントローラ部

コントローラは、ロボットを操作する役割を持っている。コントローラの信号をミニ PC で読み込み、マイコンを通してモータ、カメラなどを操作する。使用するコントローラは、操作性などを考慮してゲームパッドを使用することにした。また、キー設定のできるキーコンフィグを採用し、操作性の向上を図った。図 9 にボタン割り当て図を示す。



カメラプリセット	Y
カメラプリセット	X
カメラプリセット	A
ズームイン	RB
ズームアウト	RT
スピードアップ	BACK
スピードダウン	START
LED	LB
停止	LT
Stick or Crosskey	Crosskey

図 9. コントローラのボタン割り当て

5.2.2 制御ボックス部

制御ボックスは、ロボットへの電源供給やロボットの操作・制御、カメラの映像出力などを行う役割を持っている(図 10 参照)。ミニ PC を搭載していて、コントローラやタッチパネルの信号、カメラ映像信号の処理を行っている。

制御ボックスに配置する操作スイッチは、電源スイッチや非常停止スイッチなど最小限とし、操作は主にコントローラやモニタのタッチパネルで行う。防水ケーブルはピン数に制限があるので、制御信号の伝達は伝送モジュールを用いた。

モニタのサイズを 21.5 インチと大きい画面とし、映像を確認しやすいようにした。マルチタッチに対応しており、ロボット走行やカメラのパン・チルト機構動作、カメラのプリセット、位置確認用 LED ライトの ON/OFF、カメラの録画・停止、ズームイン・アウト、ロボットの動作速度の変更などの操作をコントローラなしで行うことができる。

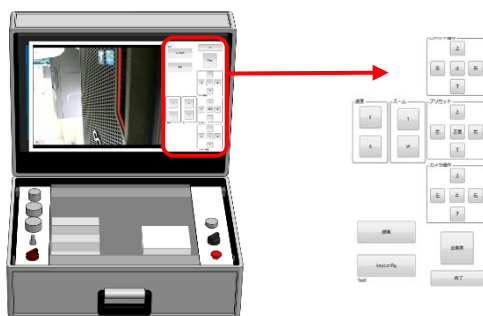


図 10. 制御ボックスの外観と操作パネル

5.2.2.1 メインメニュー

前回までアプリを起動するとすぐに操作画面に移っていたので、今回からメインメニューを追加した。起動時にメニュー画面になり、そこで、タッチパネル操作、コントローラ操作、キーコンフィグ、録画ファイルの表示の中から選択することができる。録画ファイルは HDD 上の指定されている録画ファイルの保存場所が開かれるよう指定されている。

水中清掃ロボット



図 11. メインメニュー画面

5.2.3 ロボット本体制御部

ロボット本体制御部は、ロボットを制御する役割を持っている。コントローラやタッチパネルからの信号を伝送モジュールを通してロボット内部にあるマイコンが受信し、各制御回路への出力により、各モータ、カメラを制御する。

5.2.4 撮影・録画処理

ロボットに搭載しているカメラの映像は、タッチパネルからの操作により、録画と録画停止を行うことができる。録画したデータは mpeg4 に変換されて指定した場所に保存される。

6. 開発費

機構部	120,000 円
制御部	502,000 円
合計(前年度引継分を含む)	622,000 円

7. 評価

グループ内でそれぞれの進み具合にばらつきが出て、製作の進行に遅れが生じた。その理由は、各自与えられた役割に責任を持って取り組んでいなかったこと。また、構想設計、詳細設計でお互いの仕様変更などの情報のやり取りをあまりやらずにいたため、設計の手直しに時間がかかったことが挙げられる。より積極的にグループ内で話し合えば、余裕を持って組立・調整を行うことができたと思う。

8. おわりに

今回の開発課題を通して、開発することの難しさ、スケジュールの大切さを痛感した。グループ内でコミュニケーションを取り、お互いの進捗や詳細な日程を組んで開発課題に取り組む姿勢を理解できた。これから社会人になる私達にとってとても大きく、貴重な経験ができた。

課題実習「テーマ設定シート」

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		水中清掃ロボットの開発	
担当教員		担当学生	
生産機械システム技術科	勝島 潔		
○生産電子情報システム技術科	秦野 明幸		
生産電気システム技術科	玉江 邦明		
課題実習の技能・技術習得目標			
企業から依頼された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			
本実習テーマは県内企業において実際に現場で使用しているロボットの改善について、当大学校への技術相談があったものを開発課題テーマとして設定したものです。企業の作業現場に直結した課題に取り組むことで、学生の技能・技術の習得及びモチベーション向上に向けて、より効果的に作用すると考えられます。また、産学連携で取り組むことから地域貢献にもなり、こうした結果の積み重ねが当大学校のPRへと繋がることも期待されます。			
実習テーマの特徴・概要			
各市町村には飲料水用の配水池タンクが設置されており、タンク内の底部の堆積物を除去するために定期的に清掃作業が行われています。配水池内の清掃作業では、堆積物の除去だけでなく、配水池内部の流入管や壁面等の劣化状況についても点検調査しています。これまではタンクの水を全て抜き、人がタンク内に入って作業を行っていましたが、現在はロボットが使用できるようになり、タンク内に作業員が入ること無く清掃・点検調査ができ、配水池維持管理を効率的に行うことができます。 一方、現在使用している清掃ロボットには、タンク底部隅角の吸い残し、配水池環境への適合及び操作性など、作業上問題となる点もいくつかあり改善が必要になっています。しかしながら、製造メーカ側の都合もあり、ユーザの要望が簡単に反映されていないのが現状です。そこで、本テーマでは、上記の問題点を改善した「オンリーワン清掃ロボットの開発」を目標に、機械、電気、電子情報によるグループ構成で課題に取り組みます。			
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。その際、企業との共同ミーティング等により、連携を密にします。		
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	構想設計における各種実験では、実験計画書を作成し効率的な実験による検証を行い、最適な設計を探ります。		
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。		