

課題情報シート

課題名：	移動障害物回避ロボットの開発		
施設名：	九州職業能力開発大学校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	生産システム技術系
課題の区分：	開発課題	課題の形態：	設計・製作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

機械系：機械加工、構造設計、測定、安全衛生

電気電子系：回路設計、測定、プログラムとデバッグ技術、実装技術、安全衛生

情報系：プログラム設計、プログラム開発とデバッグ、シミュレーション技術、安全衛生

(2) 課題に取り組む推奨段階

標準課題実習の終了後

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

回路設計と測定技術、機構設計、加工技術、ソフトウェアの開発とデバッグ技術などメカトロニクス関連技術の習得を目標とする。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：初年度 6 名、2 年目 4 名

時間：792 時間×2

近年ロボットが身近なものになってロボットの情報や部品、開発環境も整ってきつつありますが、ロボットの試作・研究などには多くの時間が必要になります。加えてロボットというメカトロニクス技術の固まりに挑戦するには、テーマをうまく設定すれば開発課題の中で取り組むことが可能であると考えました。このテーマに着手した平成 18 年度は、関西国際空港において移動型搬送ロボットが登場した年でもありました。このような背景から移動ロボットを実社会で応用するにはどのような問題があるのかという大きな目標のもとで、自律型移動ロボットのもっとも基本的な問題である障害物（移動する物を含む）を回避できる機能を持つという点に絞った移動ロボットの開発を目標にしました。

課題の成果概要

着手当初は情報系の学生による移動ロボットの移動障害物の回避のアルゴリズムを考え、シミュレーションによる動作の検証を行い、それに基づき動作プログラムを開発する予定でしたが、センサ周辺のハードウェアの設計（超音波センサ 12 個の駆動）と実装でつまずき、初年度は動作プログラムの検証に至りませんでした。このことから 2 年目は動作検証までたどり着けるようにハードウェア、特にセンサ周りを再設計（超音波センサ 12 個を 6 個にして

センサ間の干渉やノイズの対策を行った) し、繰り返しセンサの実験を行った後制御プログラムの実装まで行いました。プログラムもコントローラの変更など仕様の変更はありましたが、不十分ながら動作検証にまでたどり着くことができました。

なお、シミュレーションはゴール方向の障害物を移動ロボットがどのような位置とセンサの検出範囲がどの程度で検出するか、検出した後どの方向に移動させるとゴール方向へ回避できるかを、移動ロボットの移動速度と障害物のそれをロボットの $1/2$ に設定して二次元グラフィックスで行わせました。(図1)

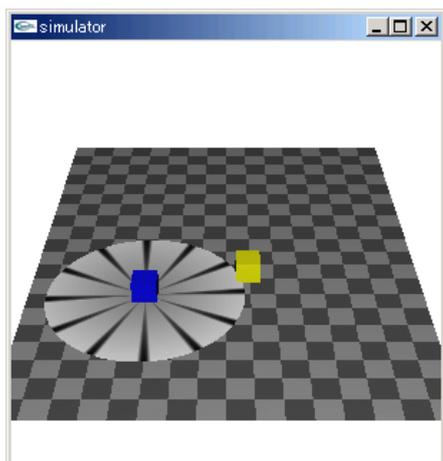


図1 シミュレーション画面

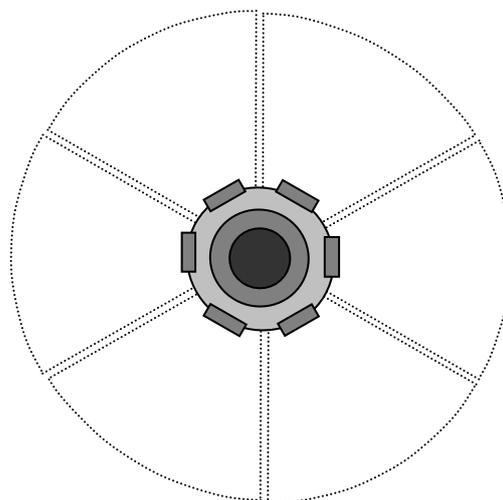


図2 超音波センサの配置とセンサーレンジ

2年目では距離センサの確実な動作を得るために、まず干渉の問題を少なくすること、またセンサの信号処理を確実にするために個数を半分(6個)にして配置(図2)し、ノイズなどの対策に時間をかけてセンサーレンジ内での検出を可能にしました。

動作の検証は、初年度は固定障害物を回避できることが第一ステップでありましたが、これがそのまま移動ロボットの今年度の動作目標になりました。結果としては十分な実験を行うことができませんでしたが、おおむねこの目標は達成できたと考えます。(回避動作の概要については後述を参照してください。)

ただし、今年度は固定障害物に対する動作検証を主眼としたため本来の目標である移動障害物に対する回避動作までには至りませんでした。移動障害物に対する回避動作については今後の課題として動作アルゴリズムを考え直す必要があると考えます。

本課題を通して学生は回路設計、特にセンサ周りの部分で成果を得たものとみられます。そのためセンサの特性を概ねつかむことができたと思われます。これにより今後の移動障害物に対しての基礎データとしても十分活用可能なものになったと思われます。プログラムの実装についても、結果としては不十分と思われますが、学生にとっては実習による技術要素を習得できたものと考えます。

図3に移動ロボットの外観、図4に移動ロボットの移動方向を示し、図5に全方向移動のためのオムニホイールを示します。表1に移動ロボットの仕様を示します。

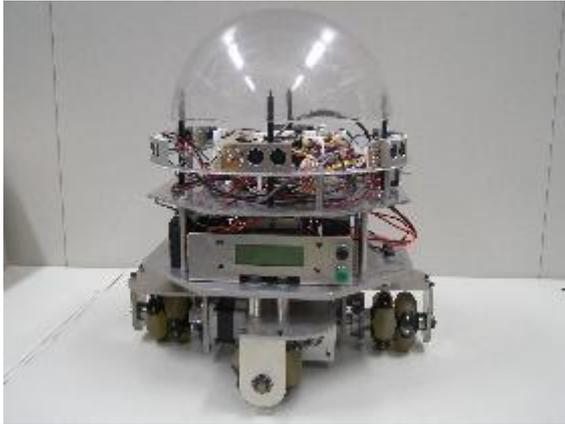


図3 移動ロボットの外観

表1 移動障害物回避ロボット仕様

寸法	W400×D400×H500
質量	12kg
駆動方式	ステッピングモータ 4 個
駆動時間	約 30 分
移動速度	1.1m/s

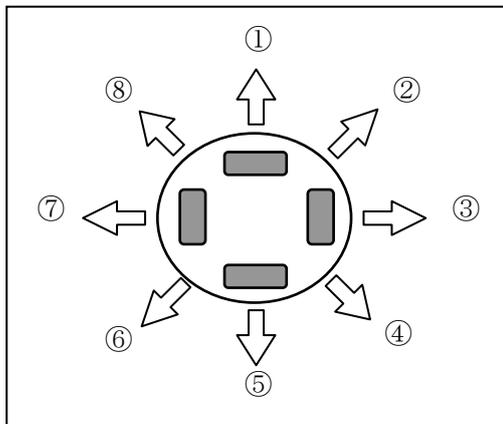


図4 移動ロボットの移動方向



図5 オムニホイール

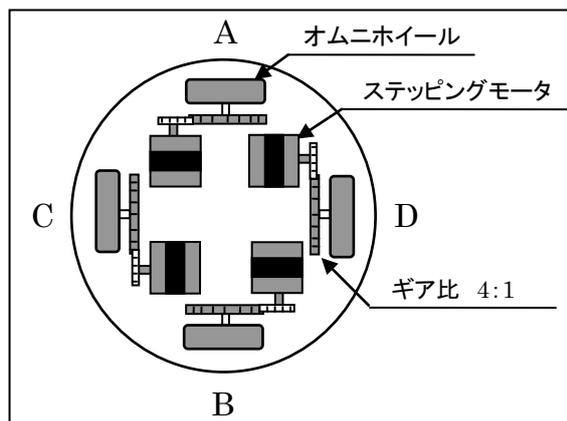


図6 ステッピングモータとオムニホイールの配置

移動ロボットの回避動作のために本来はオムニホイール（図5）を使用することで全方向移動を可能にするものでありましたが、2年目ではコントローラと周辺のアクチュエータの制御を簡素化するために、コントローラをPICに変更してアクチュエータへの出力信号も1方向のペアモータ（図6 A、Bがペア、C、Dがペア）に同一パルス信号を供給するようにしました（XとY方向）。これによって本来の全方向移動から8方向に限定された移動方向になりました。

また、図4に回避動作の実験風景、図5には製作した移動障害物を示します。



図4 回避動作の実験風景

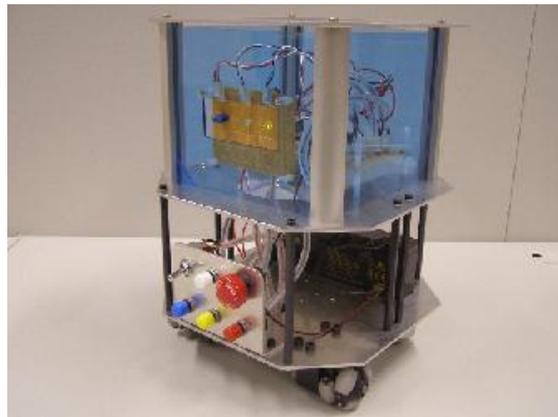


図5 移動障害物

移動ロボットの回避動作は、ゴール方向の経路上に障害物（実験では移動しない固定障害物）を配置し、センサーレンジ内で移動ロボットが障害物を検知したら一旦回避のために方向を変更し、ゴール方向に障害物を検出しなくなったら再度ゴール方向へ移動するという動作を行います。（移動障害物は移動ロボットの約 1/2 の速度で直線運動が可能ないようにプログラムされていますが、今回の実験では動作させていません。）

2年目は述べてきたような簡素化を行ってこのような固定障害物に対する回避動作の実験結果を得ることができました。

なお、本開発課題のこのテーマについては単年度にどのくらいまで成果を出すことができるかという見通しになるデータも得られたため、今後は学生が習得できる技術要素を十分整理した上で単年度のテーマとして継続させていきたいと考えています。

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

・センサの動作を安定させること

距離センサとして超音波センサを用いましたが、複数個の超音波センサを組み合わせそのデータから移動ロボットの動作を計算させるために、確実なデータを安定して引き出すことが要求されます。その点ではロボットの心臓部に匹敵する重要な箇所であり、どのようにセンサを配置すればいいかを判断するためのセンサの測定、およびセンサの特性を十分引き出すための回路設計、どのように特性が変化するかを考えてノイズ対策を行うなどの実装技術が重要になり、これらを解決することで回路技術が身に着くと同時に次のステップであるプログラム開発とその実装に進むことができます。

・シミュレーションで動作を検証し、プログラムを実装すること

センサからの情報を元にロボットを制御するプログラムの考え方を整理した上でシミュレーションさせてみます。これはプログラミング技術の向上に役立ちます。これによってセンサからどのようなデータが必要になるかということも知ることが可能になり、頭だけでは気がつかなかった情報の整理ができます。また、コントローラとしてどのような機能が

必要になるかも判断できるようになります。コントローラにプログラムを実装した後うまく動作しない場合があったら、シミュレーション結果に基づき何が問題なのかを突き止めることができるようになります。このようにプログラムの実装にあたっての基本的なアルゴリズムを考慮できるため、本開発課題実習に必要なプロセスとなり学生にとってはプログラムの実装、デバッグを進めるにあたって有効な演習を与えてくれる機会でもあります。しかも通常は機構設計や加工組み立てに時間がかかっている間、(機構などが出来上がるまで何もしないということではなく) その時間を有効に活用できるプロセスになります。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練(指導)ポイント
<p>○ 機構設計、構造計算の方法を習得できます。</p> <p>(習得内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仕様に基づく機構設計 ・強度計算 ・材料の選定と見積もり ・筐体と機構のバランス <p>○ 3次元CADを使用した設計方法を習得できます。主に本体形状と配置設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・駆動用ステッピングモータ4つの配置 ・バッテリーの置場 ・制御基板の配置 <p>○ 3次元から2次元の図面に変換したのちNCプログラミングを作成する手法について習得します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レーザー加工機による薄板の加工法 ・NCプログラミングの活用方法 	<p>◇ 3次元CADにより立体的な設計を行い、ベース盤の適正形状や最適な部品配置を行います。</p> <p>◇ 2次元CADからCAMソフトを活用して最適な加工経路のNCプログラムを作成します。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 本体重量の軽量化や搭載部品の取付け方法と干渉を確認させます。 ● レーザー加工機の加工精度と実際の必要精度を考慮して、他の機械での追加加工がなるべく少なくなるような加工方法を検討させます。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○ 電子回路の設計と回路試作、デバッグの方法が習得できます。</p> <p>(習得内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサ駆動と信号取り込み回路 ・アクチュエータ駆動回路 ・測定実験回路 	<p>◇ 試作回路を段階的に構築します。そのために信号の流れを調べ、基本回路で実験します。</p> <p>センサ信号の取得については、検出範囲の測定実験を行いながら、センサが駆動できているかを確認します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・動作状況が把握できるようなモニター機能を付加することも重要となります。 	<p>● 予期しない信号の取扱い</p> <p>例えば、ノイズなどの影響が考えられる場合には、再現性などを考慮して、動作環境を見直し、ノイズ源の特定と対策について試行錯誤で臨みます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試作回路をどのようにデバッグするか、この点を工夫するように指導します。
<p>○ マイコンの I/O 設計と C プログラミング及びデバッグの方法を習得できます。</p> <p>(習得内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ I/O の割り付け ・センサのデータ取得 ・アクチュエータ駆動 ・割り込み処理 	<p>◇ 周辺のハードウェアのデバッグが完了していることに留意します。</p> <p>全体の処理の流れを把握し、処理を分割して関数単位でプログラムの作成とデバッグを行います。</p>	<p>● センサ、アクチュエータ周辺のハードウェアを十分理解させてから取り組ませます。</p> <p>動作が本来の機能を発揮していない場合は、論理エラーを見つけ出す工夫をさせます。</p> <p>ハードウェアに起因する動作ミスでないかを確認させます。</p>
<p>○ シミュレーションの手法及びそのプログラミングを習得できます。</p> <p>(習得内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・回避のメカニズムの考察 ・速度発生の方法の考察 <p>これらアルゴリズムの作成と実装方法</p>	<p>◇ 移動ロボットを点で表現しスタート、ゴールを画面の領域に設定します。</p> <p>仕様に基づきセンサの検出範囲、移動ロボット及び障害物の速度を設定します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動障害物の移動パターンを作成します。 	<p>● センサの検出範囲に障害物を検出したら、どのような動作を行えば回避が可能になるか検討させます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動障害物の移動パターンをいくつか検討させます。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○ 2次元グラフィックスのプログラミングが習得できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アニメーションの手法 <p>(習得内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グラフィックプログラミングの基礎 ・OpenGL®関数の使い方 	<p>いくつかの回避アルゴリズムで回避できない場合の有無を検討しておきます。</p> <p>◇ グラフィックスの開発環境は OpenGL®を用います。</p>	

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校
住所 : 〒802-0985
 福岡県北九州市小倉南区志井 1665-1
電話番号 : 093-963-0125（代表）
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/fukuoka/kpc/>