

課題情報シート

課題名：	二足歩行ロボットの製作		
施設名：	沖縄職業能力開発大学校		
課程名：	専門課程	訓練科名：	電子技術科
課題の区分：	総合制作実習課題	課題の形態：	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

安全衛生、プリント基板作成、マイコンプログラミング、モータ制御、センサ工学、加工技術

(2) 課題に取り組む推奨段階

C 言語によるマイコン制御実習および電気機器終了後

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して、C 言語によるモータ制御の方法および簡単な加工技術を身につけます。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：2名

時間：216 時間

人間の生活環境の下では、工業用ロボットのようなものより、人間と同じような動きができる二足歩行ロボットの方が活動しやすいです。このことから、生活補助用などの用途としての二足歩行ロボットの研究が近年盛んに行われています。

今回、この二足歩行ロボットに注目し、設計、製作を通して、モノづくりの一連の流れを理解し、また、楽しさを実感しながら、専門技術の向上を図ることを目的として、静歩行型二足歩行ロボットの製作に取り組みました。

課題の成果概要

本ロボットは、平成19年度から総合制作課題として実施しており、これは第1号になります。このロボットを製作するにあたり、人間の歩行方法に注目をしました。

人間の歩行方法には、静歩行と動歩行の二種類があります。

- ・静歩行：常に身体の重心が足裏の範囲に入るように歩く、忍び足のような歩き方。
- ・動歩行：通常時の人の歩き方で、速い歩行速度で歩くことができます。

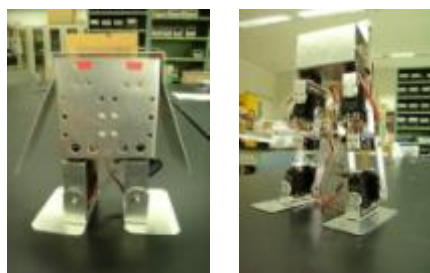
本課題においては、この歩行方法のうち、静歩行が可能なロボットを作成することにしました。

ロボットの外観を図1に示します。図1(a)は、市販図書を参考にして作成したロボットです。このロボットを参考にしながら、膝関節部を装着した片足6軸のロボットを製作しました。

図1(b)に示すとおり、このロボットには、上半身がありません。

人間の歩行は、上半身を上手に使いながら、バランスを取って歩行しますが、ロボットの場合には、重心の設定など、難しい問題があります。したがって、当該年度においては、上半身のない下半身部分のみのロボットを製作し、「二足で歩行させる」ことを最優先に製作しました。

このロボットの基本仕様を表1に示します。



(a) 4軸

(b) 12軸

図1 ロボットの外観

表1 歩行ロボットの基本仕様

全体 (W×D×H)	約 150×130×350 [mm]
胴体部分 (W×D×H)	約 100×110×125[mm]
脚部分 (W×D×H)	約 55×80×225 [mm]
重量	約 2.3[kg]
アクチュエータ	ミニスタジオ RB945 (最大トルク 12kg・cm)
マイコン	PIC16F877
バッテリー	リチウムイオンバッテリー
自由度	12 (脚: 6軸×2)
CPU	PIC16F877
開発ツール	MPLAB

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

<加工・組み立てについて>

1.2mm厚のアルミ板を加工し、ロボットを作成しました。曲げ加工やドリル加工など、学生にとって初めての経験であったため、曲げ加工する場合の余裕度など、何度も失敗しながら製作しました。しかし、実際にロボットを組み立てて動作させる段階になると、モータのトルクにアルミ板が負けてしまい、曲がってしまうことも多々ありました。したがって、材料として、もう少し強度があり、かつ軽量のものを使用することが望ましいと考えられます。

ロボットの重心については、ロボットが静止している状態で、中心からおもりを糸でつるし、実際に歩行させる姿勢をとりながら、重心がどのように変化するかを実測し、プログラムや組み立てに活かしました。この作業により、センサを搭載しなくても、比較的、倒れにくいロボットを製作することができたと考えられます。

<プログラムについて>

原点復帰をいかに行うかという点が第 1 の問題点でした。センサを搭載し、必ず原点復帰できるようにするのが最善ではありますが、今回は、使用した RC サーボモータへの制御信号の特性により、プログラムのみで原点復帰を実現しました。RC サーボモータの制御信号を図 2 に示します。

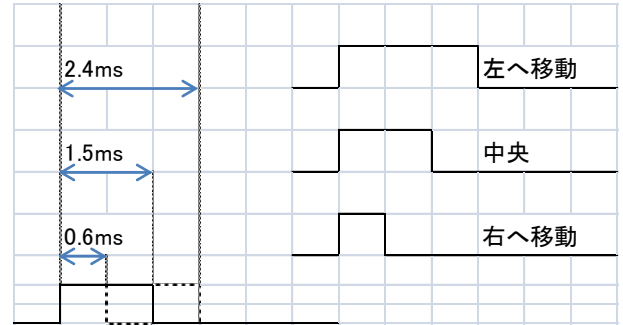


図 2 サーボモータの制御信号

この図より、中央に移動するように制御信号を送信した場合に、ちょうどロボットが起立できるように、すべてのモータのギアの位置を調整しました。これにより、電源投入後、すべてのモータに同時に制御信号を送付すると、起立します。この起立した状態を原点としました。

また、モータの動作角度は、制御信号の時間を 0.6ms から 2.4ms に変化させることで変更することが可能です。全体では、約 180 度の変化をします。したがって、ロボットが転倒しない角度を調整するため、0.6ms から 2.4ms を 32 等分してロボットの歩行姿勢を細分化して制御できるようにしました。

歩行プログラムを作成するときには、同時に 12 個のモータを駆動することが当初考えていたより難しいということがわかりました。

それは、1 個のモータを駆動するときには制御信号は 12 軸分、問題なく出力されているのに、2 個、3 個とモータの数を増やすことによって制御信号自体が出力されなくなってしまう問題が起きました。オシロスコープにて確認したところ、モータを 1 つだけ接続して動作させた場合には、すべての出力から制御信号が出力されていること確認しました。しかし、モータを 2 個接続した場合には、制御信号が正常に出力されていないことがわかりました。そこで、フォトカプラを使用しモータとマイコンとの間を電氣的に切り離すことによって、この問題は解決したように見えました。

しかし、すべてのモータで、すべて同じ制御信号を出力した場合には問題は起こりませんでした。それぞれのモータの Duty 比を変化させ、各々別の制御信号を出力した場合には、モータが動かなくなりました。

多重プログラムのせいで、Duty 比が最終出力時に変化してしまっていることが原因です。

そこで、モータの制御信号の最小値を設定し、プログラムとしては、すべてのモータをスイッチ ON、OFF の操作だけで同時に制御できるようにプログラムを作成しました。

前述のように、最小値はモータの角度 0.6ms から 2.4ms までを誤差分と余裕を考慮して 0.7ms から 2.3ms までとし、この間を 32 等分して設定しました。したがって、最小単位は 0.05ms となります。

この時間をそれぞれのモータで出力する、しないを繰り返すことによって、すべてのモータを同時に動作させることを実現しました。そのプログラム記述を図 3、また、そのプログラム記述に対応した制御信号を図 4 にそれぞれ示します。

なお、記述言語は C 言語です。

```
motor_multip(1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0);
motor_multip(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0);
```

図3 プログラム記述

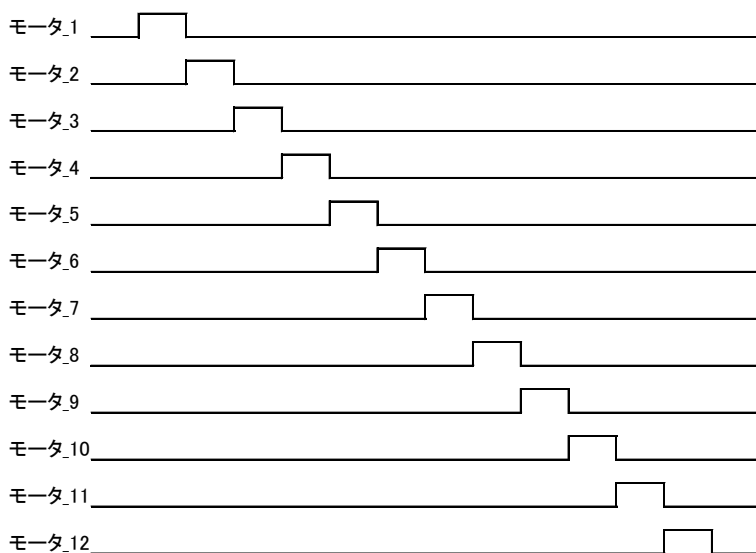


図4 プログラム記述に対応した制御信号

図 3 制御信号に示した「motor_multip(1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);」では、カッコ内の数値が各モータのスイッチとなっています。全部で 12 個のモータのスイッチをこのように操作することによって、12 個のモータを同時に、制御することができるようになりました。

このロボットでは、モータの原点復帰用のセンサは一切搭載していないため、原点復帰をどのように行うかが課題でした。そこで、それぞれのモータ角度が 90° のところを出力し、そこが原点となるように、ロボットを調整しました。

その後、ロボットの電源を投入した後に、その調整した原点を出力するようにプログラムを追加しました。

今後の課題は多々残っていますが、年度を重ねることにより、改良していくことができると考えています。

この課題における一連の取り組みを通して、学生が自分でモノを作ることの楽しさと難しさを感じていることがわかりました。そして、その中からさらに工夫をすることの大切さや、一緒に製作している学生との連携がいかに大切であるかを学んだと思われま

す。
一つのものを形にするという経験から、授業で学んだ知識をいかに応用していくかということ、密にコミュニケーションをとること、期限に間に合わせることなど、いろいろな能力の向上を図ることができたと考えられます。

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
<ul style="list-style-type: none"> ・ マイコン制御技術を習得できます。 ・ 基板加工技術を習得できます。 ・ 簡単な機械加工技術を習得できます。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各モータの取り付け位置を何度も調整しました。 ・ 歩行させる前に、モータの原点復帰をどのように行うかについて、かなりの時間を要しました。 ・ 重心の取り方について何度も調整しながら製作しました。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ モータの選定方法 ・ マイコンの選定方法 ・ プログラムの考え方 ・ 信号変換回路 ・ 学生が考えた日程、部品図、見取り図を採用し、基本的に彼らが考え、実行できるように、主導権を与えました。

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://www.ehdo.go.jp/okinawa/index_pid_28.html