

平成 24 年度広域科学教科教育学研究報告書

研究課題 二足歩行ロボットの設計・製作を通じた
総合的技術科教員養成プログラムの開発

研究代表者 海老原理徳

研究組織 海老原理徳（生活・技術系教育講座）

田中喜美（生活・技術系教育講座）

藤井和人（生活・技術系教育講座）

大谷忠（生活・技術系教育講座）

山田朗（東京学芸大学 技術科学分野）

布施梓（博士課程 1 年）

目次

1. 研究の背景と目的
2. 4関節二足歩行ロボット
 - 2.1 機構系
 - 2.2 制御回路基板
 - 2.3 歩行方法
 - 2.4 4関節二足歩行ロボットの製作
3. 教育プログラム
4. 授業実践と教育プログラムの評価・改善
5. 結論
6. 参考文献

1. 研究の背景と目的

平成 24 年度に完全実施された指導要領の中学校技術・家庭科技術分野では、ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工、エネルギー変換、生物育成及び情報に関する基礎的・基本的な知識及び技術を習得することが示され、情報領域では、プログラムによる計測・制御に関連して、コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知り、情報処理の手順や簡単なプログラムの作成について学習することとされている。

また現在、中学校技術家庭科技術分野ではコンピュータ制御を伴うものづくり教育が多く行われ工業高校においても同様な教育が盛んである。教育現場においてこのような教育をしていくには中学校技術科および工業高校教員養成課程では「ものづくりを通したシステム制御に関する学習」が重要である。ところが中学校技術科および工業高校教員養成課程ではそれが充分に行われていないのが現状である。特にフィードバック制御はシステム制御の学習で重要な学習項目であるが、十分な教育がおこなわれていない。

そこで本研究では、中学校技術科及び工業高校教員養成課程において、二足歩行ロボットの設計・製作を通して、コンピュータを利用したシステム制御を基礎から応用まで段階的に学べ、さらに中学校・技術分野の材料と加工、エネルギー変換の領域も含めたものづくりの基礎技術も学ぶ教育プログラムを開発することを目的として研究を行った。

さらに東京学芸大学教育学部中等教育教員養成課程技術専攻第二学年の学生を対象に授業を行い、実施した教育プログラムの評価を行なった。

2. 4 関節二足歩行ロボット

ロボットの設計・製作に関する教育の例は、工学部を中心に数多くある。しかし、教育学部の技術科教員養成課程では、工学部ほど高度なロボット工学の教育を行う時間的余裕がない。従って、本研究では、教材として基礎的なコンピュータ制御技術を用いたロボットの設計・製作を行うことにした。さらに、学生の興味・関心が高い製作教材であることを重視して、静歩行を行う多関節ロボットを設計・製作教材として取り上げた。

本研究では、高橋¹⁾の6関節二足歩行ロボットを参考として、ロボット製作のコストをより削減し、教育効果の点からなるべく少人数でロボット1台を設計・製作できるように4関節二足歩行ロボットを教材として開発した。

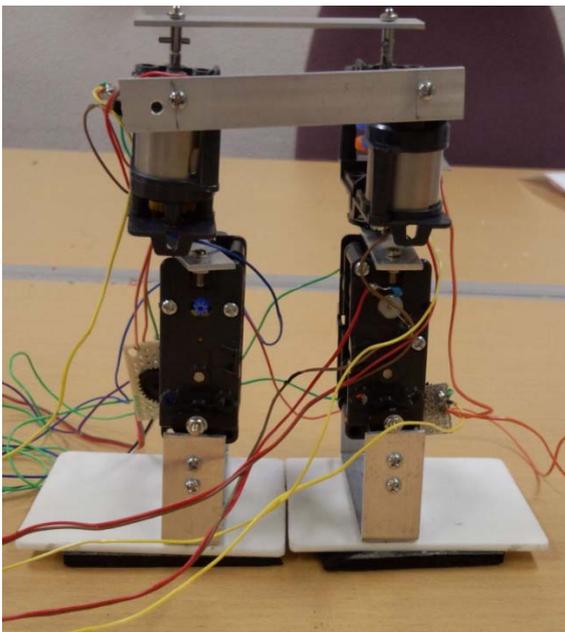


写真 1. 機構系

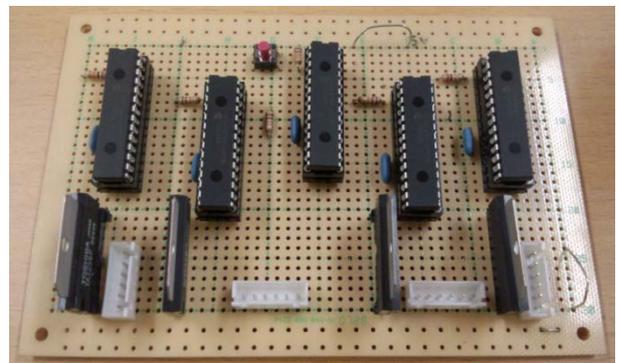


写真 2. 制御回路基板

2.1 機構系

このロボットは左右の足首関節として2関節、左右の腰関節として2関節、合計4関節を用いる。各関節は、減速歯車装置付きモータで駆動され、静歩行を行う。このロボットは、キットとして市販されているものではなく、部品のみを購入し、製作するものである。

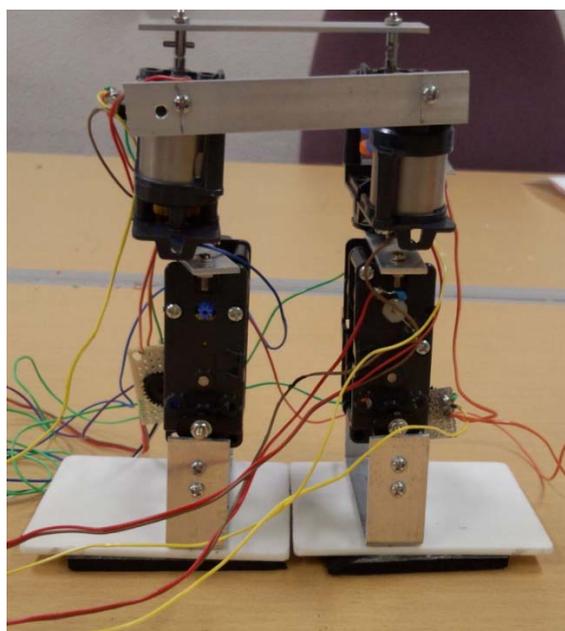


写真 1. 機構系

モータを含めて4つの関節部分は、株式会社タミヤの「テクノクラフトシリーズ NO.5 6速ギアボックス HE」を用いる。本製品では、RE260 モータが用いられ、ギア比 1300.9 : 1 の場合、回転数は約 7.8r/min、回転トルクは約 226.1N・m となる。

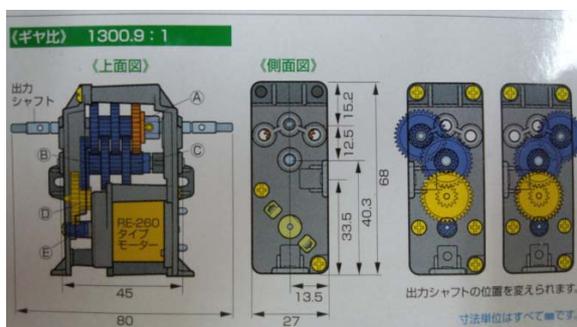


写真 3. ギア比 1300.9 : 1 の構造

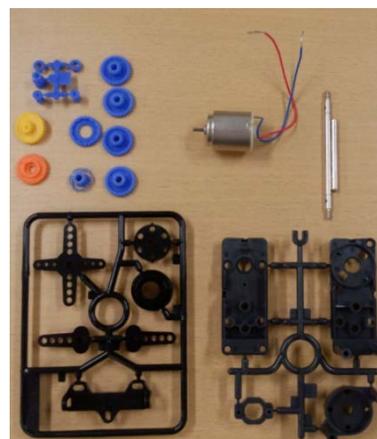


写真 4. 部品

2.2 制御回路基板

各関節を制御する4つのPICマイコンを子PICマイコン、4つの子PICマイコンを制御するPICマイコンを親PICマイコンとする。この親PICマイコンと子PICマイコンをそれぞれ3本のピンのみを使って接続し、親子3ビット並列通信をして4関節二足歩行ロボットを制御する。

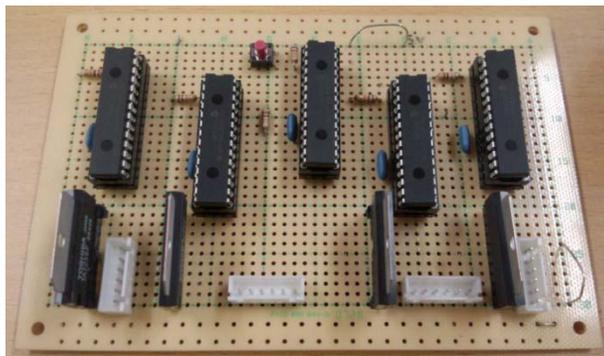


写真 2. 制御回路基板

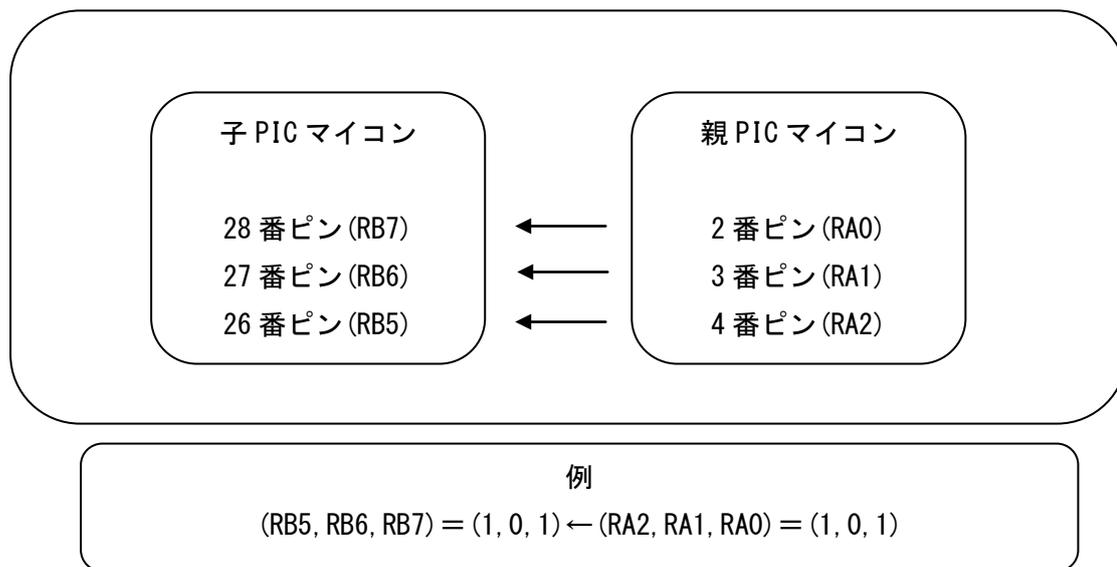


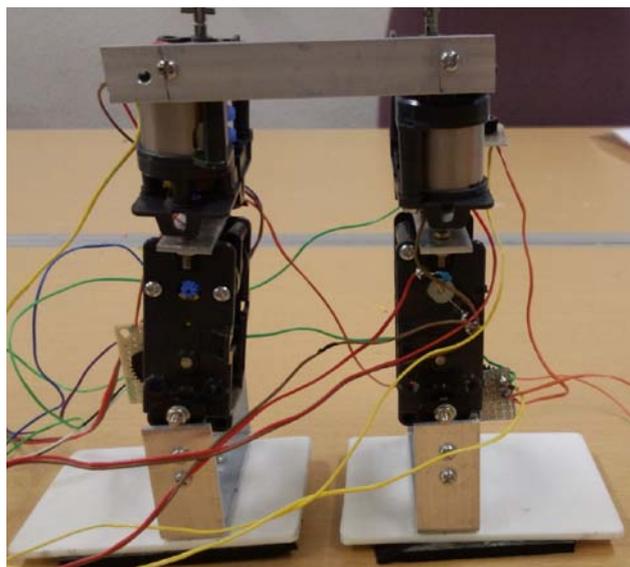
図 1. 親子3ビット並列通信に用いるピンの説明

2.3 歩行方法

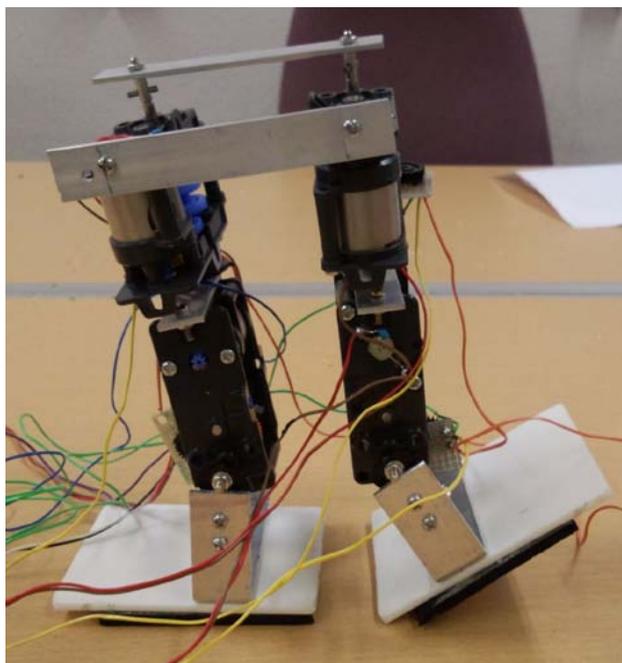
二足歩行ロボットの歩行は、各関節を駆動して行われる。各関節にギア付きポテンシオメータを取り付け、関節角度を制御することによって歩行する。

今回製作した二足歩行ロボットは、静歩行するものである。静歩行とは重心の路面への投影点が左右いずれかの足の裏に位置するような歩行方法である。静歩行は重心の位置が左右または、両足にくるように制御されているため、どこで停止しても転倒することが無いが、床面が常に平面であるなどの環境の制約が多い。歩行方法にはもう一つ、動歩行がある。動歩行は重心の路面への投影点が足の裏から外れる、通常の人間が行うのに近い歩行方法である。動歩行の動は動的安定の動で、動的には安定だが静的には不安定という意味である。従って、運動量を打ち消してから歩行動作を停止しないと転倒してしまう。動歩行は、静歩行に比べ、制御は難しいがでこぼこ道など条件の悪い環境にも対応できる。

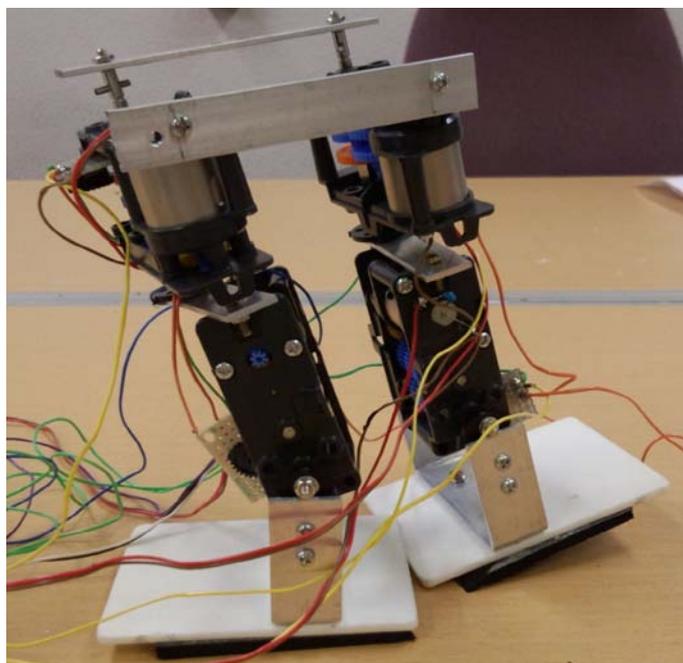
以下に、歩行方法を示す。



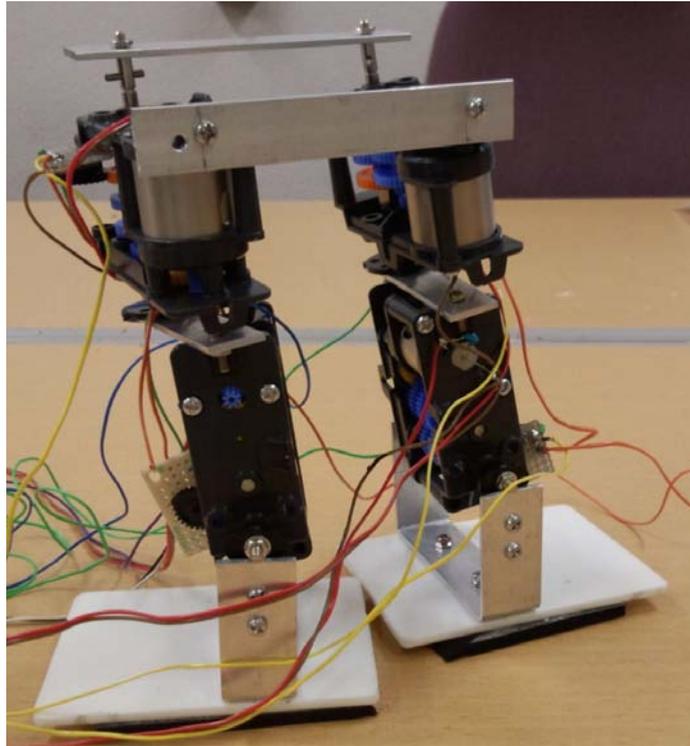
1. 直立状態



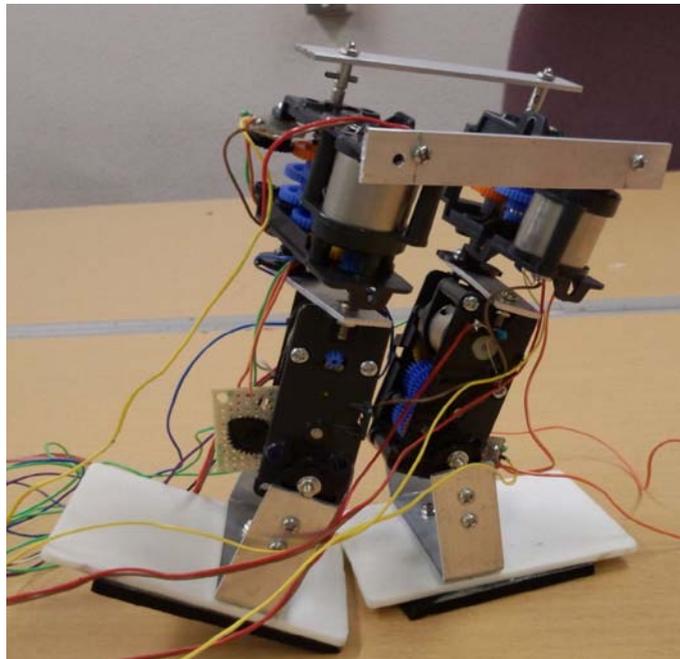
2. 左足に重心をかける



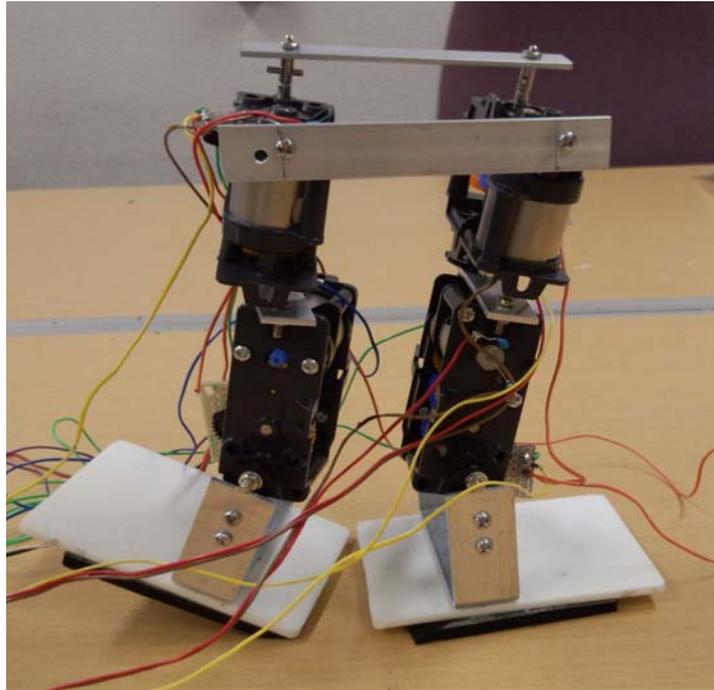
3. 右足を前に出す



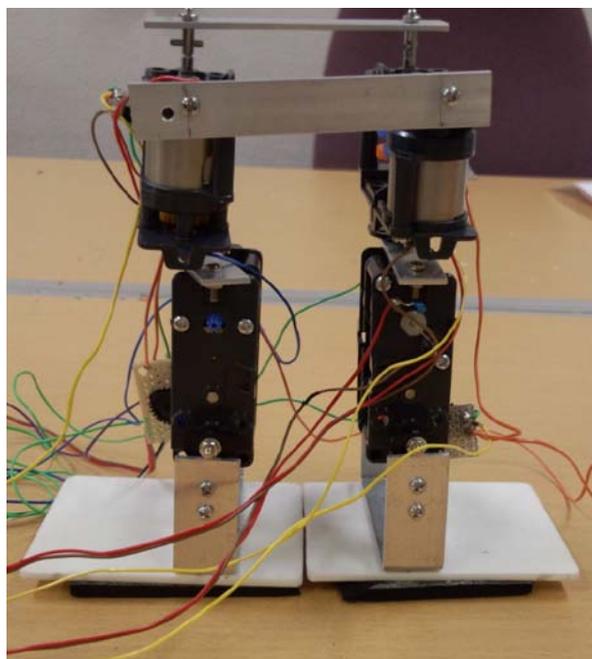
4. 右足を着地



5. 右足に重心をかける



6. 左足を前に出す



7. 左足を着地

以上の1~7の動作を繰り返し、静歩行を行う。

2.4 4関節二足歩行ロボットの製作

①ギアボックスの組立

1. 部品 B3 の 2 本のうち 1 本のロッドを根元から切り落とす。(部品 B3[´])

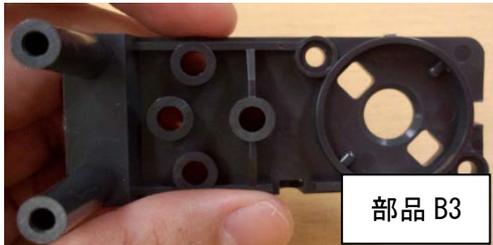


写真 5. 部品 B3

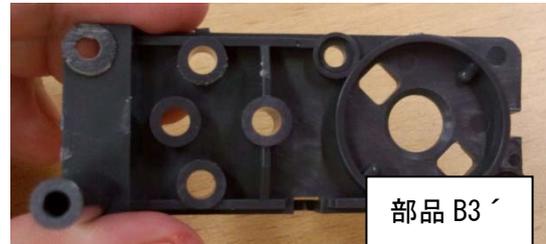


写真 6. 部品 B3[´]

2. ピニオンギアをモータに取りつける。



写真 7. ピニオンギア

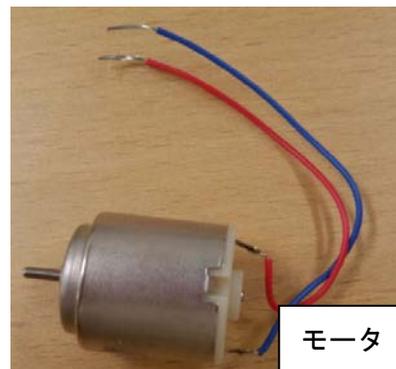


写真 8. モータ

平らな面に押し付けるように差し込む。

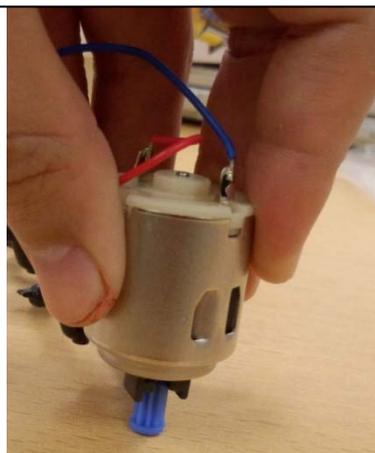


写真 9. ピニオンギアの取り付け方



写真 10. ピニオンギア取り付け後

3. ドライブシャフトに 6 角ボスを端から 46mm の位置に取り付ける。



写真 11. ドライブシャフト

4. カウンターシャフトに部品 G9 を端から 31mm の位置に取り付ける。



写真 12. カウンターシャフト

5. クラッチギアを組み立てる。

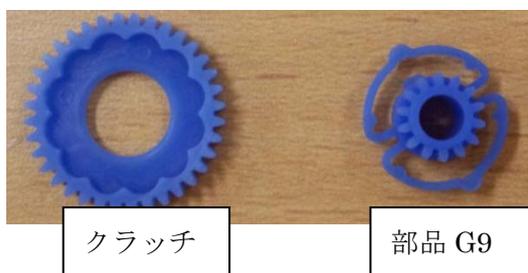


写真 13. クラッチと部品 G9

クラッチに部品 G9 を指で差し込む。



写真 14. クラッチ差し込み方



クラッチギア

写真 15. クラッチギア

6. モーターケースを組み立てる。



写真 16. 部品 B1

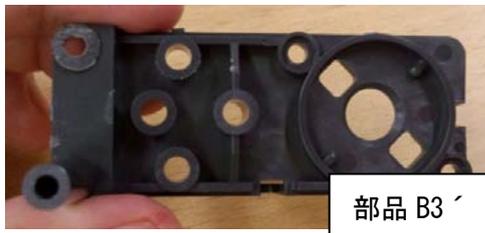


写真 6. 部品 B3

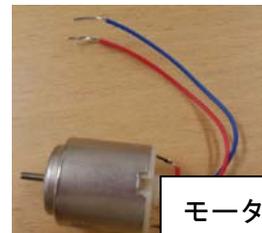


写真 8. モータ



写真 17. モーターケース組み立て順序

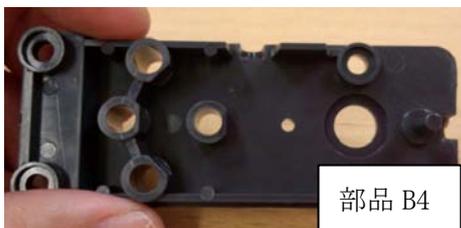


写真 18. モーターケースねじ留め



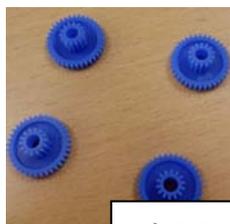
写真 19. モーターケース

7. ギアボックスを組み立てる。



部品 B4

写真 20. 部品 B4



ギア G7

写真 21. ギア G7



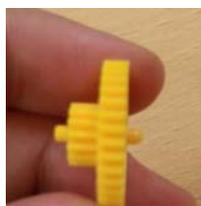
36T ギア

写真 22. 36T ギア



モータケース

写真 19. モータケース



36・14T ギア

写真 23. 36・14T ギア



クラッチギア

写真 15. クラッチギア

ドライブシャフトに右から 36T ギア・G7・G7、
カウンターシャフトにクラッチギア・G7・G7 と
いう順に噛み合うように、ギアを取り付ける。

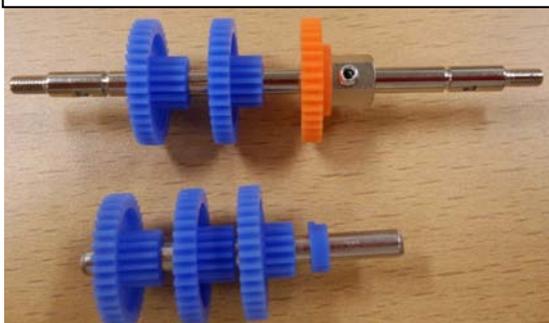


写真 24. シャフトとギア

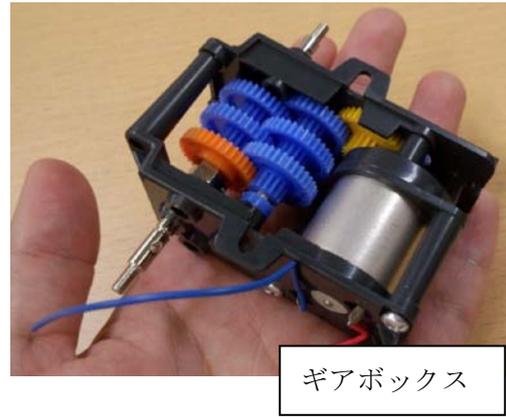


写真 25. モータケースとシャフトの取り付け



部品 B4 面をねじで留める。

写真 26.ギアボックスねじ留め



ギアボックス

写真 27.ギアボックス

②ポテンシオメータの取り付け

基板をこの形に切り取り、直径 3mm の穴を空ける。



写真 28.ポテンシオメータ取り付け基板

基板にポテンシオメータをはんだ付けで取り付ける。

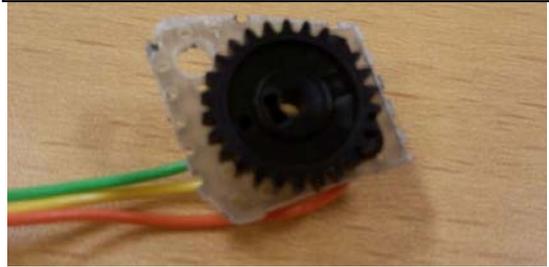


写真 29.ポテンシオメータ取り付け



ギアボックスの切り落としたロッド部分にポテンシオメータをねじで取り付ける。

写真 30.ポテンシオメータ付きギアボックス

③制御回路基板

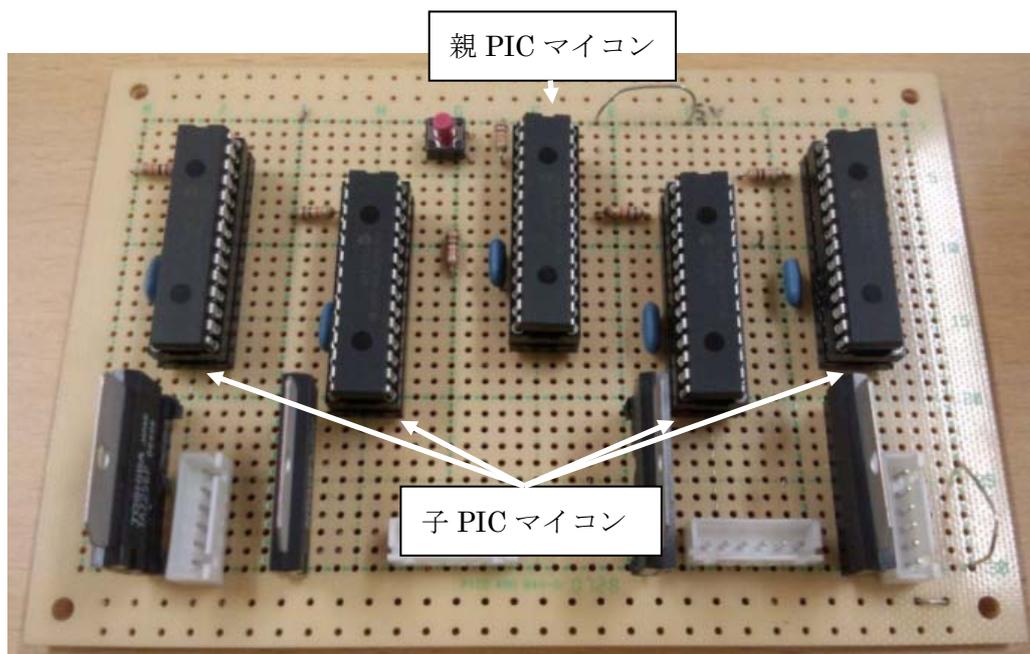


写真 31.制御回路基板 実装面

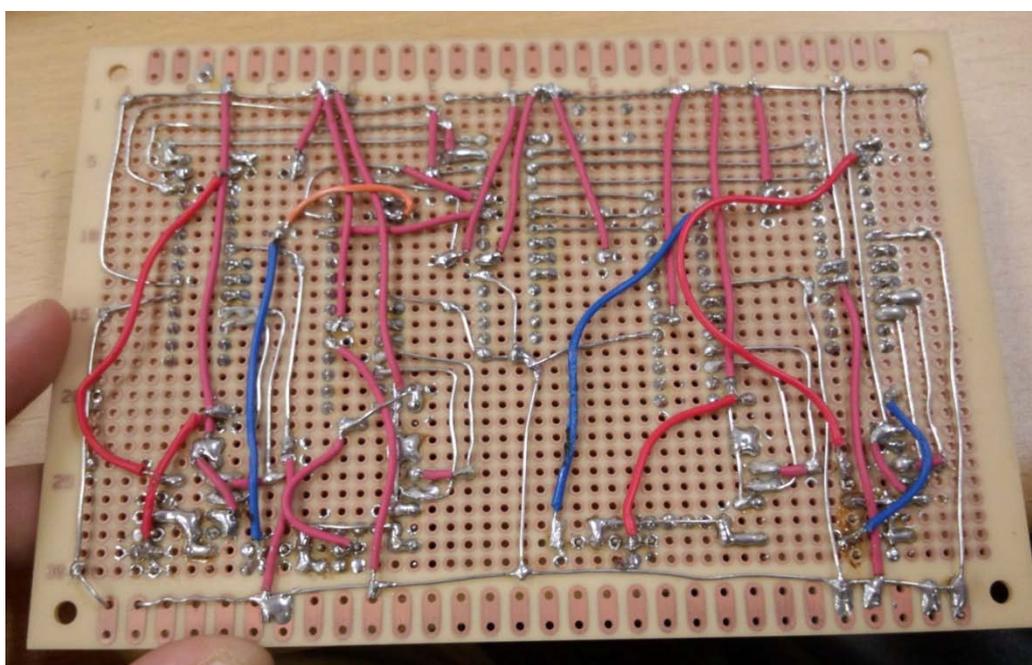


写真 32.制御回路基板 はんだ面

④制御プログラム

4 関節二足歩行ロボット制御プログラムのフローチャートを以下に示す。

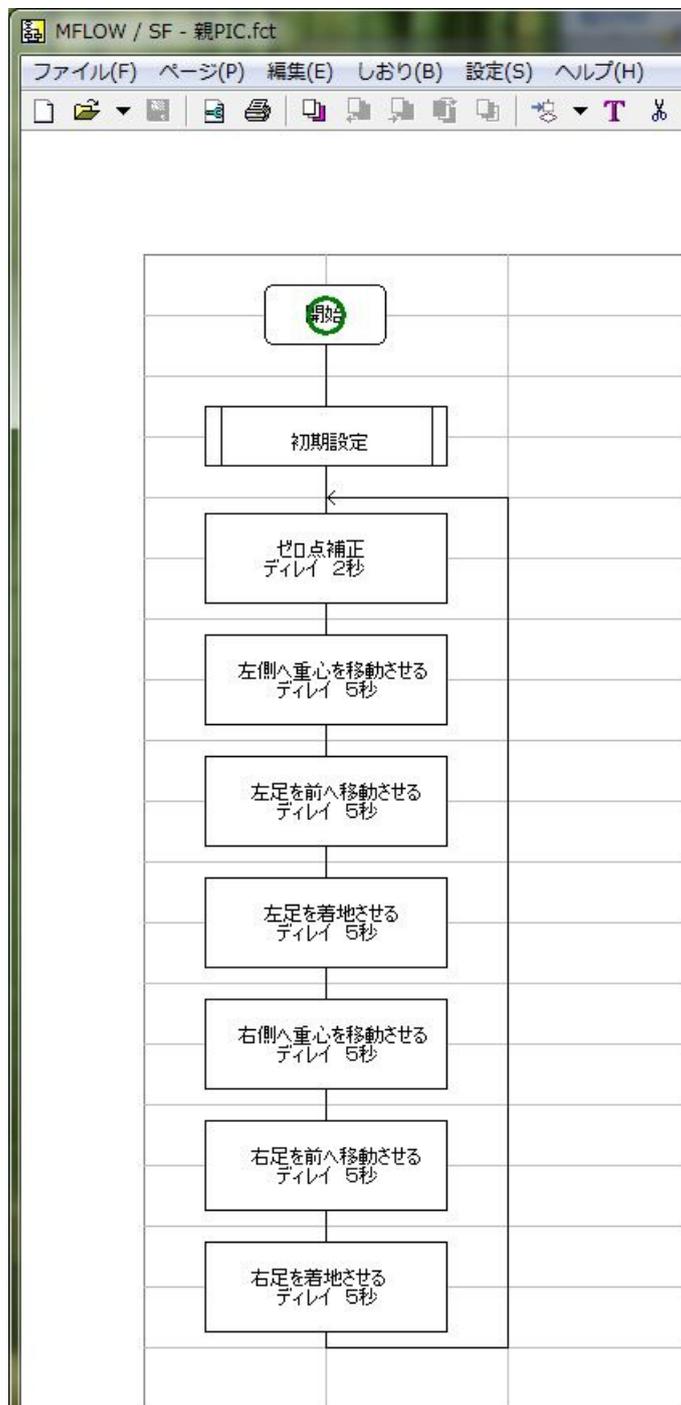


図 2 親 PIC マイコンフローチャート

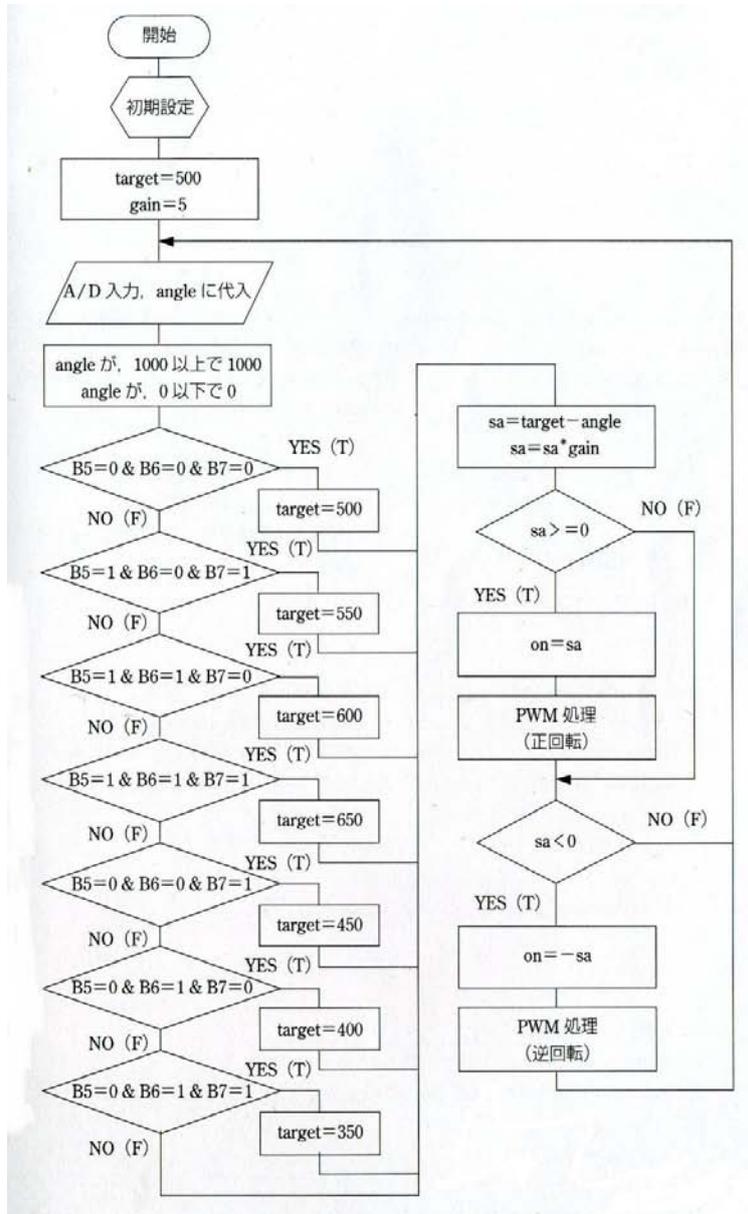


図3 子PICマイコンフローチャート

プログラム 1 親 PIC マイコンの制御プログラム

```
//4 関節ロボット親 PIC プログラム
//親 PIC から子 PIC へと命令を送り、子 PIC のモータを角度制御する
#include<16f873a.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=10000000)
#byte port_a=5
#byte port_b=6
#byte port_c=7

main()
{

int R1pm0,R1p1,R1p2,R1p3,R1m1,R1m2,R1m3;
int R2pm0,R2p1,R2p2,R2p3,R2m1,R2m2,R2m3;
int L1pm0,L1p1,L1p2,L1p3,L1m1,L1m2,L1m3;
int L2pm0,L2p1,L2p2,L2p3,L2m1,L2m2,L2m3;

set_tris_a(0);
set_tris_b(0);
set_tris_c(0);

//R2 関節の変数値設定
R2pm0=0b00000000;
R2m1=0b00000001;
R2m2=0b00000010;
R2m3=0b00000011;
R2p1=0b00000101;
R2p2=0b00000110;
R2p3=0b00000111;

//R1 関節の変数値設定
R1pm0=0b00000000;
R1m1=0b00001000;
```

```

R1m2=0b00010000;
R1m3=0b00011000;
R1p1=0b00101000;
R1p2=0b00110000;
R1p3=0b00111000;

//L2 関節の変数値設定
L2pm0=0b00000000;
L2m1=0b00100000;
L2m2=0b01000000;
L2m3=0b01100000;
L2p1=0b10100000;
L2p2=0b11000000;
L2p3=0b11100000;

//L1 関節の変数値設定
L1pm0=0b00000000;
L1m1=0b00000100;
L1m2=0b00001000;
L1m3=0b00001100;
L1p1=0b00010100;
L1p2=0b00011000;
L1p3=0b00011100;

//ゼロ点補正
port_a=R2pm0+R1pm0;
port_b=L2pm0+L1pm0;
delay_ms(2000);

//歩行プログラム
while(1)
{
//左側に重心を移す
port_a=R2pm0+R1p1;
port_b=L2pm0+L1m3;
delay_ms(5000);
}

```

```
//腰を前に出す  
port_a=R2pm0+R1pm0;  
port_b=L2p3+L1m3;  
delay_ms(5000);
```

```
//右足を着地  
port_a=R2pm0+R1pm0;  
port_b=L2p3+L1pm0;  
delay_ms(5000);
```

```
//右側に重心を移す  
port_a=R2pm0+R1m2;  
port_b=L2p3+L1p2;  
delay_ms(5000);
```

```
//体勢をまっすぐにする  
port_a=R2pm0+R1m3;  
port_b=L2pm0+L1p1;  
delay_ms(5000);
```

```
//腰を前に出す  
port_a=R2p3+R1m3;  
port_b=L2pm0+L1p1;  
delay_ms(5000);
```

```
//左足を着地させる  
port_a=R2p3+R1pm0;  
port_b=L2pm0+L1pm0;  
delay_ms(5000);
```

```
}  
}
```

プログラム 2 子 PIC マイコンの制御プログラム

```
//4 関節ロボット子 PIC プログラム
//親 PIC から子 PIC へと命令を送り、子 PIC のモータを角度制御する
#include<16f873a.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#device ADC=10
#use delay(clock=1000000)
#byte port_a=5
#byte port_b=6
#byte port_c=7

main()
{
long gain,on,off,i,angle,target;
signed long sa;
set_tris_a(0xff);
set_tris_b(0);
set_tris_c(0);
setup_adc_ports(all_analog);
setup_adc(adc_clock_div_32);
target=500;
gain=4;

while(1)
{
    set_adc_channel(0);
    delay_us(100);
    angle=read_adc();
    if(angle>=1000)
    {
        angle=1000;
    }
    else if(angle<=0)
    {
        angle=0;
    }
}
```

```
}
```

```
if(input(pin_B5)==0 && input(pin_B6)==0 && input(pin_B7)==0)  
{  
    target=500;  
}
```

```
else if(input(pin_B5)==1 && input(pin_B6)==0 && input(pin_B7)==1)  
{  
    target=550;  
}
```

```
else if(input(pin_B5)==1 && input(pin_B6)==1 && input(pin_B7)==0)  
{  
    target=600;  
}
```

```
else if(input(pin_B5)==1 && input(pin_B6)==1 && input(pin_B7)==1)  
{  
    target=650;  
}
```

```
else if(input(pin_B5)==0 && input(pin_B6)==0 && input(pin_B7)==1)  
{  
    target=450;  
}
```

```
else if(input(pin_B5)==0 && input(pin_B6)==1 && input(pin_B7)==0)  
{  
    target=400;  
}
```

```
else if(input(pin_B5)==0 && input(pin_B6)==1 && input(pin_B7)==1)  
{  
    target=350;  
}
```

```

}

sa=target-angle;
sa=gain*sa;

if(sa>=0)
{
    on=sa;
    if(on>1000)
    {
        on=1000;
    }
    off=1000-on;
    port_c=0b00000010;

    for(i=1;i<=on;i++)
    {
        delay_us(10);
    }
    port_c=0;

    for(i=1;i<=off;i++)
    {
        delay_us(10);
    }
}

if(sa<0)
{
    on=-sa;
    if(on>1000)
    {
        on=1000;
    }
}

```

```
    }  
    off=1000-on;  
    port_c=0b00000001;  
  
    for(i=1;i<=on;i++)  
    {  
        delay_us(10);  
  
    }  
    port_c=0;  
  
    for(i=1;i<=off;i++)  
    {  
        delay_us(10);  
  
    }  
}   
}   
}
```

本研究で開発した4関節二足歩行ロボットの製作コストは機構系で5900円、制御回路基板で4065円、合計9965円となる。6関節二足歩行ロボットに比べ、約4000円のコストダウンとなった。以下に、部品表を示す。

表1 4関節二足歩行ロボット部品表

機構系部品					
部品	メーカー	型番・サイズ	個数	単価(円)	値段(円)
ギアボックス	タミヤ	6速ギアボックスHE	4個	1200	4800
ポテンショメータ	アルプス電気	RDC501011A(ギア付き)	4個	160	640
アルミ材		アルミフラットバー 2x15x4000mm アルマイトシルバー	1枚	170	170
プラスチック板		厚さ:2mm,200mm×200mm	1枚	100	100
ユニバーサル基板	Picotec International Co.,Ltd	片面ガラス・ユニバーサル基板 Bタイプ(95x72mm) めっき仕上げ	1枚	150	150
コンデンサ(0.1μF)	株式会社村田製作所(muRata)	絶縁型ラジアルリードタイプ 積層セラミックコンデンサー 0.1μF50V 2.54mmピッチ[104]	4個	10	40
				小計	5900
制御回路基板部品					
PICマイコン	Microchip Technology Inc.	PIC16F873A-I/SP	5個	400	2000
モータドライバ	株式会社東芝セミコンダクター社(TOSHIBA)	TA7291P	4個	150	600
丸ピンICソケット(28ピン)	Neltron Industrial Co., Ltd.	2227MC-28-03	10個	80	800
丸ピンICソケット(シングル40ピン)	Neltron Industrial Co., Ltd.	6604S-40	1個	150	150
セラミック発振子(10MHz)	株式会社村田製作所(muRata)	CSTLS10M0G53-B0	5個	30	150
抵抗(10kΩ)		RD25S 10K	5個	1	5
丸ピンIC接続ソケット(1列20ピン)			1個	100	100
タクトスイッチ			1個	10	10
ユニバーサル基板	Picotec International Co.,Ltd		1枚	250	250
				小計	4065
				合計	9965

表2 6関節二足歩行ロボット部品表

機構系部品					
部品	メーカー	型番・サイズ	個数	単価(円)	値段(円)
ギアボックス	タミヤ	6速ギアボックスHE	6個	1200	7200
ポテンショメータ	アルプス電気	RDC501011A(ギア付き)	6個	160	960
アルミ材		アルミフラットバー 2x15x4000mm アルマイトシルバー	1枚	170	170
プラスチック板		厚さ:2mm,200mm×200mm	1枚	100	100
ユニバーサル基板	Picotec International Co.,Ltd	片面ガラス・ユニバーサル基板 Bタイプ(95x72mm) めっき仕上げ	1枚	150	150
コンデンサ(0.1μF)	株式会社村田製作所(muRata)	絶縁型ラジアルリードタイプ 積層セラミックコンデンサー 0.1μF50V 2.54mmピッチ[104]	6個	10	60
				小計	8640
制御回路基板部品					
PICマイコン	Microchip Technology Inc.	PIC16F873A-I/SP	7個	400	2800
モータドライバ	株式会社東芝セミコンダクター社(TOSHIBA)	TA7291P	6個	150	900
丸ピンICソケット(28ピン)	Neltron Industrial Co., Ltd.	2227MC-28-03	14個	80	1120
丸ピンICソケット(シングル40ピン)	Neltron Industrial Co., Ltd.	6604S-40	2個	150	300
セラミック発振子(10MHz)	株式会社村田製作所(muRata)	CSTLS10M0G53-B0	7個	30	210
抵抗(10kΩ)		RD25S 10K	7個	1	7
丸ピンIC接続ソケット(1列20ピン)			2個	100	200
タクトスイッチ			1個	10	10
ユニバーサル基板	Picotec International Co.,Ltd		1枚	250	250
				小計	5797
				合計	14437

これらの部品の購入先を以下に示す。

表 3 部品購入先

名前	(株)秋月電子通商	マルツパーツ館 秋葉原店	ロボットセンター 東京秋葉原店	ツクモ ロボット王国
場所	〒101-0021 東京都千代田区外神田1- 8-3 野水ビル1F	〒101-0021 東京都千代田区外神田3- 10-10	〒101-0021 東京都千代田区外神田1- 9-9 内田ビル4F	〒101-0021 東京都千代 田区外神田1-9-9 ツクモパソコン本店II 2階
電話	03-3251-1779	03-5296-7802	03-3256-6676	03-3251-0987
FAX	03-3251-3357	03-5296-7803	03-3256-6686	03-3251-0299
ホームページ	http://akizukidenshi.com/ catalog/default.aspx	http://www.marutsu.co.jp/ akihabara/	http://www.vstone.co.jp/s hop/shop_info.html	http://robot.tsukumo.co.jp /
備考	通信販売も行っている	通信販売も行っている		通信販売も行っている

3. 教育プログラム

本教育プログラムでは、技術科教員養成課程の学生を対象に、PIC マイコンによる制御プログラミング、フィードバック制御、センサー、モータ、制御基板などコンピュータによる計測・制御の実践的な基礎力を養い、二足歩行ロボットの設計・製作を通して、技術科の「A 材料と加工に関する技術」「B エネルギー変換に関する技術」「D 情報に関する技術」の3つの領域を総合的に学習することを目的とした。

この目的を遂行するため、1年間を通した授業計画を作成した。まず、春学期において教育学部の技術科教員養成課程の第2学年を対象に、二足歩行ロボットを設計・製作するための先行学習として、C言語を用いたPICマイコンの制御プログラミングおよび制御回路に関する内容を学習し、LED点灯制御回路、モータ制御回路を1人1台製作する。授業は、90分授業を15週行う。この授業で製作する制御回路のコストは、1台1450円である。授業の最後に、本授業でやってきたことを発表してもらい、その内容と製作品の出来で評価をする。

モータ制御回路はLED点灯制御回路に電子部品を足したものである。以下にモータ制御回路図を示す。

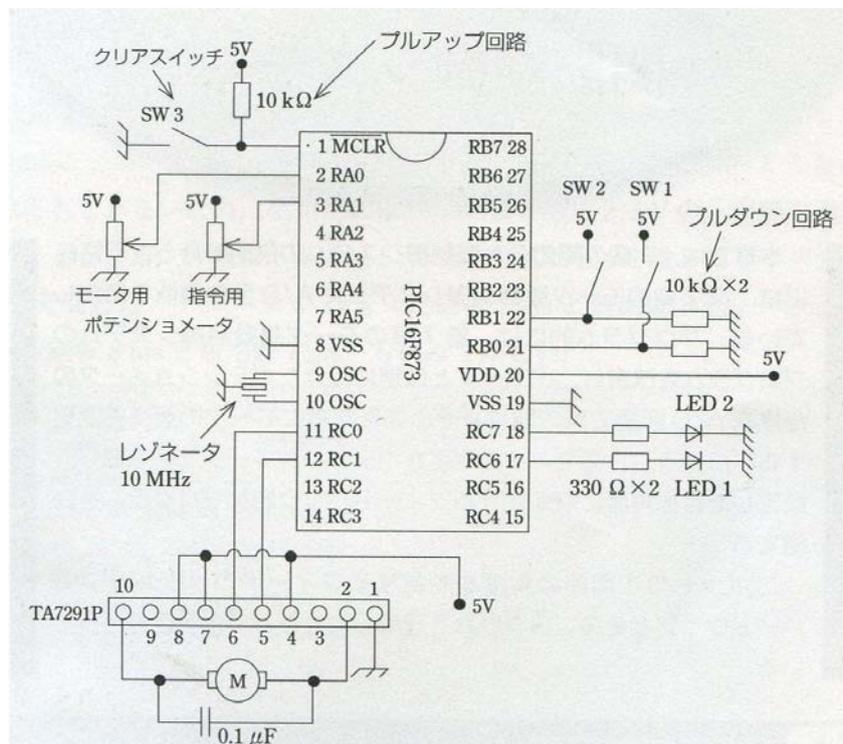


図4 モータ制御回路図

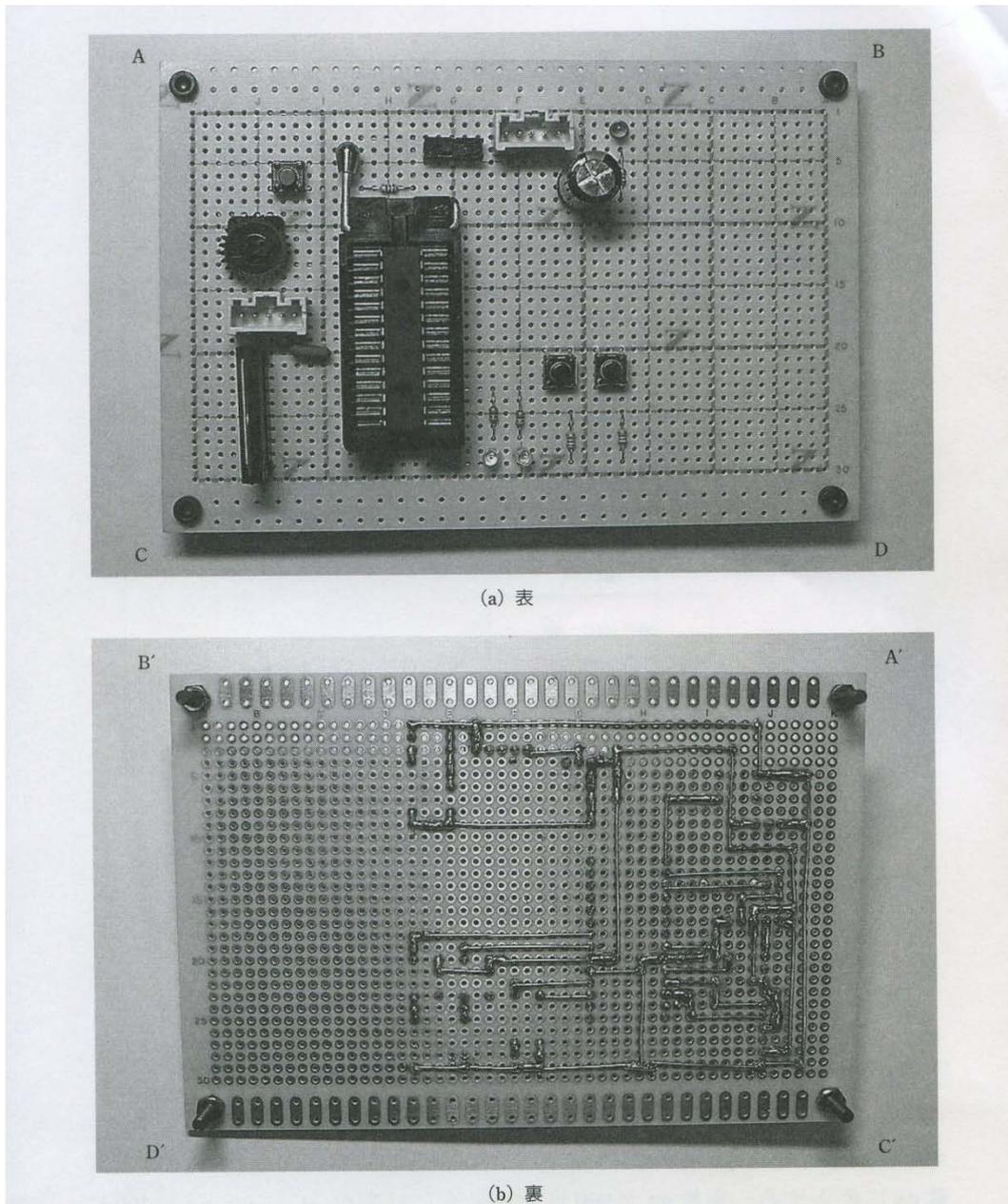


図5 モーター制御回路基板 (a)実装面 (b)はんだ面

以下に、春学期の授業計画、製作品部品表を示す。

表2 春学期授業計画

時数	授業内容
1・2	・授業の内容と目的説明 ・C言語の学習
3・4・5	・LED点灯制御基板の製作
6・7・8・9	・LED点灯制御プログラムの製作 ①LED2個同時点灯 ②LED点滅制御 ③スイッチ信号によるLED点滅制御
10・11	・モータ駆動制御基板の製作
12・13・14	・モータ駆動制御プログラムの製作 ①一定時間間隔での正回転・逆回転制御 ②スイッチによる正回転・逆回転制御 ③PWMによるモータの速度制御
15	・発表

表3 春学期に使用する部品表

品名	単価	個数	値段
PICマイコン PIC16F873A-I/SP	400	2	800
片面ガラス・ユニバーサル基板 95mm×72mm	150	1	150
モータドライバ TA7291P	150	1	150
丸ピンICソケット(28ピン)	80	2	160
丸ピンICソケット(10ピン)	30	1	30
セラミック発振子(10MHz)	30	2	60
1/4Wカーボン抵抗(330Ω)	10	2	20
1/4Wカーボン抵抗(10kΩ)	10	4	40
赤色LED 3mm OSDR3133A 500mcd	5	2	10
タクトスイッチ	10	3	30
			1450

次に、秋学期において、上記の春学期の授業を履修した学生を対象に、4 関節 2 足歩行ロボットを 1 チーム 4 人程度で設計・製作する。授業数は春学期と同じく、90 分授業を 15 週行う。この授業で製作する二足歩行ロボットのコストは 1 台 9990 円である。こちらも春学期と同じく、授業の最後に本授業でやってきたことを発表させ、発表内容と製作品の出来で評価をする。以下に、秋学期の授業計画、製作品の部品表を示す。

表 4 秋学期授業計画

時数	学習内容
1,2	・授業の目的と内容説明 ・親子3ビット並列通信基盤及びプログラムの学習
3	・減速歯車装置の製作
4,5,6	・フレームの製作 ・ポテンシオメータ基板の製作
7,8,9,10	・制御回路基板の製作 ・制御プログラムの製作
11,12	・ロボットの組み立てと動作テスト ・動作しない場合の問題点発見
13,14	・機構系の調整 ・プログラムの調整 ・歩行実験
15	・まとめ ・発表

表 1 4 関節二足歩行ロボット部品表

機構系部品					
部品	メーカー	型番・サイズ	個数	単価(円)	値段(円)
ギアボックス	タミヤ	6速ギアボックスHE	4個	1200	4800
ポテンシオメータ	アルプス電気	RDC501011A(ギア付き)	4個	160	640
アルミ材		アルミフラットバー 2x15x4000mm アルマイトシルバー	1枚	170	170
プラスチック板		厚さ:2mm,200mm×200mm	1枚	100	100
ユニバーサル基板	Picotec International Co.,Ltd	片面ガラス・ユニバーサル基板 Bタイプ(95x72mm) めっき仕上げ	1枚	150	150
コンデンサ(0.1 μF)	株式会社村田製作所(muRata)	絶縁型ラジアルリードタイプ 積層セラミックコンデンサー 0.1 μF50V 2.54mm ピッチ[104]	4個	10	40
				小計	5900
制御回路基板部品					
PICマイコン	Microchip Technology Inc.	PIC16F873A-I/SP	5個	400	2000
モータドライバ	株式会社東芝セミコンダクター社(TOSHIBA)	TA7291P	4個	150	600
丸ピンICソケット(28ピン)	Neltron Industrial Co., Ltd.	2227MC-28-03	10個	80	800
丸ピンICソケット(シングル40ピン)	Neltron Industrial Co., Ltd.	6604S-40	1個	150	150
セラミック発振子(10MHz)	株式会社村田製作所(muRata)	CSTLS10M0G53-B0	5個	30	150
抵抗(10k Ω)		RD25S 10K	5個	1	5
丸ピンIC連結ソケット(1列20ピン)			1個	100	100
タクトスイッチ			1個	10	10
ユニバーサル基板	Picotec International Co.,Ltd		1枚	250	250
				小計	4065
				合計	9965

4. 授業実践と教育プログラムの評価・改善

本教育プログラムを東京学芸大学教育学部中等教育教員養成課程技術専攻の第2学年12名を対象に実施した。春学期に「メカトロニクスと制御」、秋学期に「メカトロニクスと制御演習」の授業名で授業を行った。

本教育プログラムを実施した結果、春学期は、LED点灯制御およびモータ駆動制御は、ほぼ全員が終えることができ、1関節制御まで進んだ学生が半数ほどいた。秋学期では春学期の復習として、時間短縮のためブレッドボードを用いてLED点灯制御回路を製作し、その後2足歩行ロボットを製作し、動かした。ブレッドボードは部品やリード線を差すだけで回路が組み立てられる回路基盤である。内部で縦に内部接続している。

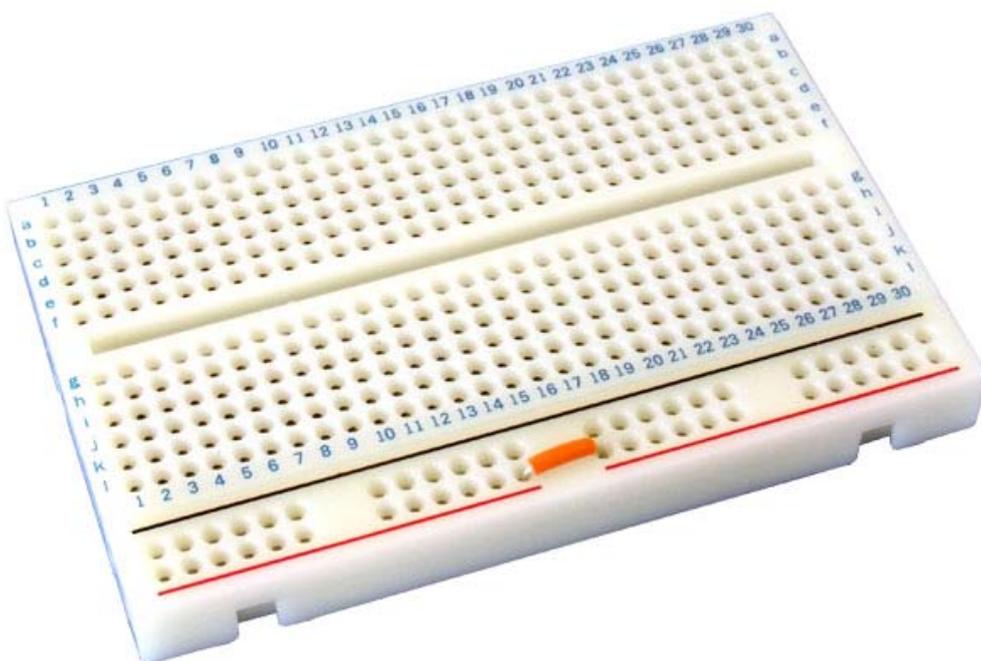


写真 33 ブレッドボード(サンハヤト HP より)

秋学期では初めて使用したブレッドボードの仕組みを学生がすぐには理解できず戸惑ったため、復習に時間がかかり、授業が大幅に遅れてしまった。これが原因でロボットの製作が遅れ、十分な調整ができなかった。

授業実践の結果、次の点が明らかになった。ロボットのハードウェアの製作に関しては、教員の指示通り学生が行うことによってよく理解できている。最も理解できていないのは関節角度のフィードバック制御の考え方の理解とC言語による制御プログラミングである。フィードバック制御については基礎的な制御理論の教育がさらに必要であり、またCプログラミングにもより多くの教育時間をとる必要がある。そこで春学期は、Cプログラミングの学習により多くの時間を割き、PICの基礎、LED点灯制御まで行い、秋学期にフィードバック制御の基礎理論の学習、モータ制御、1関節のフィードバック制御を回路基盤の製作も含めて行った後、教員が製作した二足歩行ロボットの制御プログラミング作成を行って、ロボットを動かす、という授業案を現在考えている。さらに本授業の親PIC・子PIC方式の制御に対し、PIC1個で制御することにより大幅にコストダウンが図れ、システムも非常にシンプルになるためPIC1個による制御がよいと考えられる。また実習時間の短縮のためにも、春学期の基礎的な実習からブレッドボードを用いて実習をするのがよいと思われる。

5. 結論

1. ロボットの設計・製作教育を行うことが出来る教員を養成することを目的として、4関節二足歩行ロボット教材、およびその設計・製作を通じた教育プログラムを開発し、4単位分の授業を行った。
2. 教材開発において、参考とした6関節二足歩行ロボットと比較して、開発した4関節二足歩行ロボットでは約4000円コストダウンし、製作費1万円を切ることに成功した。
3. 授業実践の結果、受講者はロボットのハードウェアの製作に関してはよく理解できているが、関節角度のフィードバック制御の考え方の理解とC言語による制御プログラミングの習得が難しいことが分かった。
4. 本授業の親PIC・子PIC方式は制御方法として分かりやすいが、特殊な通信方式を利用する点や、PIC1個で制御する方法に比べて部品点数も多く、コストも高いため、大幅にコストダウンが図れ、システムもシンプルなPIC1個による制御がよいと考えられる。
5. 結論の4、5を踏まえて、新しい授業プログラムを考察した。

6. 参考文献

- 1) 高橋良彦、製作実習で学ぶロボティクス入門、オーム社