

足に感圧センサーを有する二足歩行ロボット

○矢田真也 (日本大学工学部) 坂野進 (日本大学工学部)

Two legs walking robot with pressure sensors in the foot

*Shinya Yada (Nihon University) and Susumu Sakano (Nihon University)

Abstract— In recent years, many two legs walking robot is announced, and concern is attracted. However, two legs walking robot is an unstable walking robot, and it is difficult to control. Many researches are also done now. The research aimed at performing the walk stabilized in two legs walking robot. This robot performs the walk stabilized by pressure sensors attached in the legs.

Key Words: pressure sensors, H8, PWM, servo motor

1 緒言

近年、ヒューマノイドタイプのロボットの研究が盛んに行われている。その背景には、これまで産業用にのみ利用されて来たロボットから、より一般社会での利用を目指したロボットが開発され、人々の間にも一般社会で活躍するロボットへの期待が大きくなって来た事が上げられる。特に日本では、アニメなどの空想世界で描写されている人型ロボットのイメージが強く、人々の関心を最も引くロボットとして、ヒューマノイドタイプのロボットの研究開発が他の国々に比べ盛んに行われている。

一般社会で利用可能なロボットの形態を考えた場合、人間と同じ事を行なう事が出来るヒューマノイドタイプのロボットが最も適用しやすい形態であると言える。すでに本田技研の「ASIMO」や SONY の「QRIO」、富士通の「HOAP-2」などのように様々なヒューマノイドタイプのロボットが発表され、身近な話題としてロボットが取り上げられるようになっている。また簡単に小型ヒューマノイドタイプロボットを製作できる製作キットが販売されるなど、専門的な研究者でなくともロボットを製作する環境が整いつつある。

しかし、二足歩行ロボットは不安定な歩行ロボットであり、二足歩行ロボットの現実には解決すべき問題も多い。最も重要な問題は歩行動作であり、人間が行っている巧みで滑らかな歩行動作の実現には多くの制御研究がなされている。そして一般社会で利用される場合、ロボットが突然倒れるような事は回りに多くの危険をもたらすことになる為、どのような場所であっても倒れることなく歩くことが必要でもある。

本研究では歩行ロボットが安定した歩行を行うことが出来る制御を成すことを目的とした。具体的には製作した二足歩行ロボットの足裏に感圧センサー取り付け、接地面との関係を監視しながら安定した歩行を行える制御が可能となる実験を行なった。

2 歩行ロボットの概要

2.1 ロボット本体

今回製作する二足歩行ロボットはラジコン用サーボモーターを利用しロボット製作を行った。ラジコン用サーボモーターは、近年小型二足歩行ロボットによく利用されるモーターであり、研究用ロボットやロボット製作キットに利用されている。利点は安価で手に入りやすいことであるが、トルクが小さく、ロボットの重量が問題になるものもある。今回使用したサーボモーターは、Hitec 社「HS-5945MG (11.0kg・cm[4.8V])」デジタルサーボモーターを利用した。デジタルサーボモーターを選択したのはアナログサーボモーターに比べ保持力が強い為である。ただしデジタルサーボモーターは消費電流が大きくなる為、電流低下を防止する為サーボモーターには別電源を用意している。

フレーム材質には加工が容易なアルミニウムを利用した。

今回製作した二足歩行ロボットは歩行に重点を置いたため下半身にのみサーボモーターを取り付け、上半身はフレームのみになっている。下半身の自由度は片足 6 自由度の計 12 自由度を持ち、安定した歩行を行うには十分な自由度を持っている。接地面での滑りを防止する為に、足裏にはゴムを取り付け摩擦抵抗の向上を行っている。Fig.1 に簡単な下半身モデルを示す。

2.2 制御回路

二足歩行ロボットの制御回路にはルネサス テクノロジ社製マイコン「H8」を利用した。当初は Microchip 社製マイコン「PIC」を用いて制御を行う事を思案していたが、H8 を制御回路に使用する事を選択した。PIC も H8 もプログラム開発ツールをフリーで手に入れる事が出来、お互いのマイコンに関する書籍[1, 2, 3, 4]も多くありプログラム制作を容易

に行なうことも出来る。また価格も安く簡単に手に入れることが出来る。しかしマイコンを比較すると、H8はPICに比べ容量が多く、I/Oポートも充実しているなど、優れた点が多く選択をした。今回使用したものはH8/3048Fである。Table 1にH8とPICの比較表を示す。

サーボモーターの制御にはPWM(Pulse Width Modulation)信号を用いて制御を行っている。サーボモーターはある周期[ms]のPWM信号を加えると、Hレベルの周期[ms]に対応した角度回転を実行する仕組みになっている。今回使用したサーボモーターでは20.0[ms]周期を加え、Hレベル周期に0.9~2.1[ms]範囲の周期を加える。1.5[ms]を中心角度(0°)とし、±60°まで変化する。

H8は5chのPWM信号を扱う事が出来るが、今回使用するサーボモーターを全て制御するにはch数が足りない為、ロジックICを用いてPWM信号を分散し全てのサーボモーターを制御する事を行った。PWM信号の分散には東芝セミコンダクター社製の「74HC238AP[3-to-8 Line Decoder]」[5]を使用した。

サーボモーターをPWM制御するには20.0[ms]周期の間に0.9~2.1[ms]のHレベル信号を送ることで可能であるが、これはHレベル周期を与えていない間を無駄にしている。今回この何もしていない周期範囲を利用し、20.0[ms]周期中にHレベル周期を連続で発生させ、分散型のPWM信号を作り出しモーターの制御に利用している。Fig. 2に分散PWM発信図を示す。

本研究では全制御をソフトウェア上で作り出している為、割り込みなど他の動作を実行する事でPWM信号にジッターが発生してしまう可能性が出てしまう。これによりサーボモーターの指定角度が求めもせずに変更されてしまう誤作動を引き起こす可能性が出てくるので、ジッター防止を行う為にロジックIC「74HC375AP[Quad D-Type Latch]」を利用した。このICにCM(コンペアマッチ)信号を送り、74HC238APでのPWM信号と分散用信号とのタイミングを合わせる事で分散PWM信号の発生を行っている。Fig. 3にその簡易回路図を示す。

制御用プログラムにはC言語を用いてプログラミングを行っている。

Table 1 Microcomputer comparison

	ROM[byte]	RAM[byte]	pin
H8/3048F	128k	4k	100
PIC16F877	8k	368	33

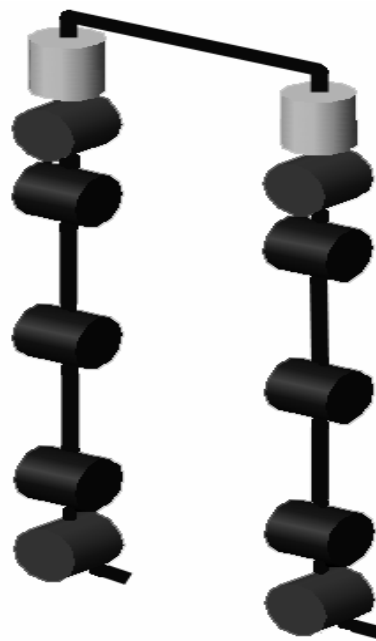


Fig.1 Lower half of the body model

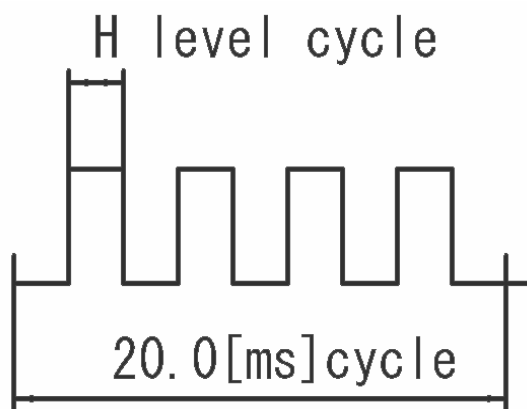


Fig.2 Dispersion PWM

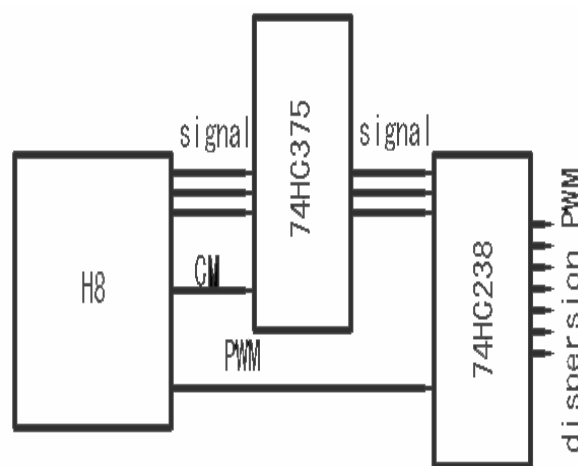


Fig.3 Simple circuit diagram

センサーにはニッタ株式会社「Flexi Froce ボタンセンサー(超薄型圧力センサー)」を利用している。このセンサーの仕組みは抵抗体技術を用いたもので、センサーに力を加えると、その力に反比例して感圧素体の抵抗が変化するものである。本研究ではセンサー抵抗の変化を電圧に変化する為にオペアンプを使用し、この電圧変化をA/D変換でデジタル出力に変更する事で、センサー抵抗を監視し歩行動作を行っている。センサーは片足4個の計8個を使用し、足裏の四隅に取り付けている。Fig. 4 に使用したセンサーを示す。

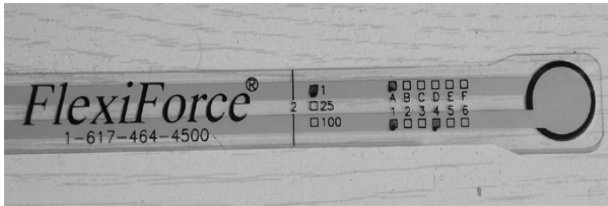
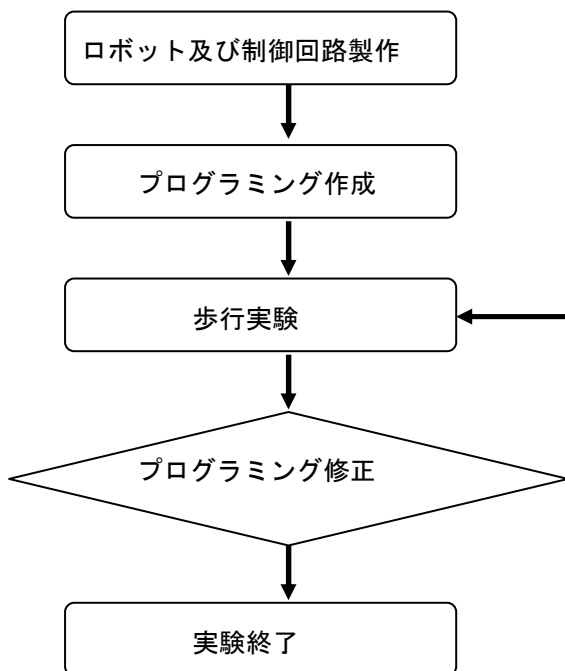


Fig.4 pressure sensor

3 実験方法

本研究は以下のフローチャートに沿って実験を進めていく。



4 実験結果

製作した二足歩行ロボットをFig. 5に示す。Fig. 5の製作した二足歩行ロボットは二機目になる。初め製作予定であった試作歩行ロボットは、大型で重く、部品が複雑になるものがあるなど、サーボモーターへの負担や製作を考慮した場合に不応と考へ、試作機に比べ小型で軽量になるよう現在の二機目を製作した。実際に製作した二足歩行ロボットは全長約

360 mm, 重量約 1.5 kgになった。

製作した制御回路をFig. 6に示す。製作した制御回路も二台目になる。制御回路においては重要な変更点は無いが、配線の見直しや回路配置の変更などを行い扱い易くしている。



Fig.5 Two legs walking robot

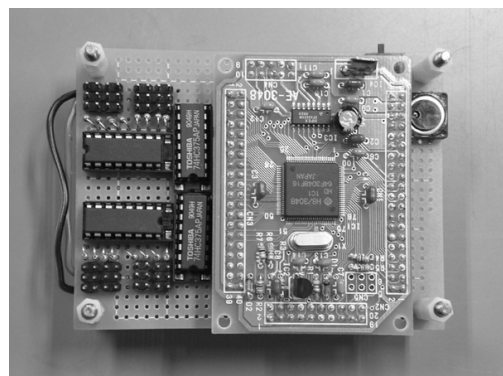


Fig.6 Control circuit

現在、きちんとくではあるが歩行を行う事が出来ている。歩行時の重心移動などにまだ難点が残るが、今後のプログラム修正を行っていく事で、少しずつ良い歩行になるものと考えられる。

しかし現在行っている歩行は、感圧センサーを用いた歩行でなく、サーボモーターでの制御のみの動作となっている。これは感圧センサーから得られるデータをソフトウェア上で監視するシステムが巧く動作していない為である。感圧センサー8個の情報を同時に扱わせる事を巧く実行出来ないでいる。これはプログラミングの問題であり、現在プログラミングの修正及び制御回路上で解決を行えるか試行錯誤を行いながら問題解決に取り組んでいる。

5 結言

二足歩行ロボット及び制御回路の製作は問題なく行う事が出来、サーボモーターを利用した歩行を行うことは可能になったが、実験結果でも述べているように、感圧センサーからの反応を巧く読み取る事に問題が生じている。本研究の目的は感圧センサーを用いての二足歩行ロボットの歩行研究であり、この問題を解決しない限り本研究の目的を達する事が出来ない。現在プログラミングの変更を行いつつ、制御回路上のシステムの変更も考慮しながら研究を続行している。

参考文献

- [1] 横山直隆, C 言語による H8 マイコンプログラミング入門, 株式会社技術評論社, 2003
- [2] 鹿取祐二, C 言語で H8 マイコンを使いこなす, 株式会社オーム社, 2003
- [3] 後閑哲也, C 言語による PIC プログラミング入門, 株式会社技術評論社, 2002
- [4] 高田直人, C による PIC 活用ブック, 東京電機大学出版局, 2003
- [5] (株)東芝セミコンダクター社, わかる半導体入門①汎用ロジック IC, 株式会社誠文堂新光社, 2004