

ヒューマノイドロボットの障害物回避歩行

Obstacle Evasion Walking of Humanoid Robot

早坂俊彦**, 大久保重範*

Toshihiko HAYASAKA**, Shigenori Okubo*

*山形大学

*Yamagata University

キーワード： 障害物回避歩行 (Walking of the evasion of the obstacle), 自律(Autonomy), 段差 (Difference),

連絡先： 〒992-8510 米沢市城南4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 大久保研究室
早坂俊彦, Tel.: (0238)26-3245, Fax.: (0238)26-3245, E-mail: sokubo@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

人間の形を模したロボットであるヒューマノイドロボットは、人間や人間の生活環境に対し親和性が高いと言える。しかし人間の生活環境には様々な危険、障害物が存在する。ヒューマノイドロボットが人間の生活環境において行動する場合、これらをクリアすることが最低限必要であると考えられる。そこで本研究では、一般向けに発売されている小型ヒューマノイドロボットを実機として取り上げて、人間の生活環境にある様々な、危険、障害物を想定して、それを自律行動で回避させることを目的としている。そのために必要な各センサモジュールの追加、ソフトウェアの開発を行っていく。

これまで本研究では、実機に超音波センサとPSDセンサを追加して、超音波センサで障害物を検知、PSDセンサで回避方向を探索して、そ

の方向に旋回して障害物を回避することを可能にした。しかし、超音波センサだけでは発見できない障害物がある。人間もたまたま足もとの段差に気付かずに躓いてしまうことがあるように、足もとの障害物を検知することができない。人間には触覚があるので、すぐに気づいて足を止めて回避することができる。そこで、実機に人間の触覚に代わるセンサモジュールを追加することにする。また躓いたものが段差である場合、ただ単純に回避するのではなく乗り越えなければならない。それを実機に行わせるための方法を考えていく。

2. ヒューマノイドロボット概要

Fig.1に、本研究で使用するヒューマノイドロボットの概観を示す。使用するロボットは近藤科学から発売されているKHR-1に、超音波センサ(超音波センサーPING)とPSDセン

サ(GP2D12)とタッチセンサとマイクロコンピュータ(H8/3069)を独自に追加したものである(Fig.1, Fig.2, Fig.3, Fig.4) .

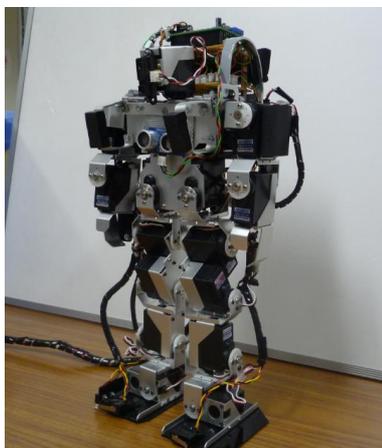


Fig. 1 Appearance

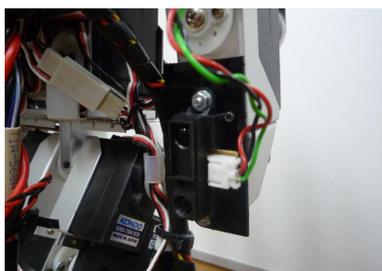


Fig. 2 GP2D12

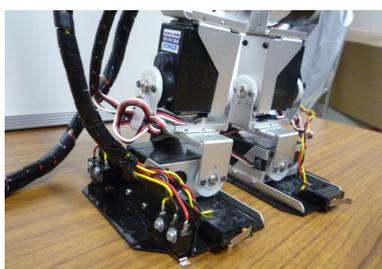


Fig. 3 Touch sensor

KHR-1::Size:340×180[mm], Weight:1.33[kg],
Degree of freedom:Neck 1, One of arms 3
, One of legs 5 Total 17
Sonic sencer PING::Measurement distance:
3[cm] ~ 3[m], Frequency:40KHz

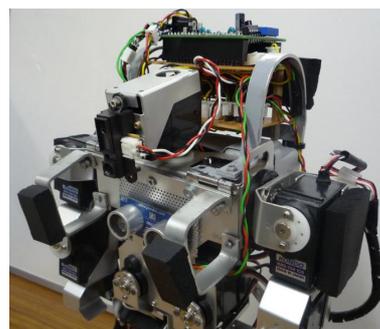


Fig. 4 H8/3069:PING:GP2D12

PSD sencer GP2D12::Measurement distance:
10[cm] ~ 80[cm]

3. システム概要

Fig.5に,本研究で使用しているシステムの概要を示す.KHR制御用のソフトウェアをVisualC++を用いて作製した. 各センサの値はH8マイコンを通してパソコンに入力する. KHRに標準で搭載されているコントロールボードのRCB-1は, モータドライバとして使用し,各サーボモータの角度をパソコンからリアルタイムで送信することにより,KHR-1を制御する.

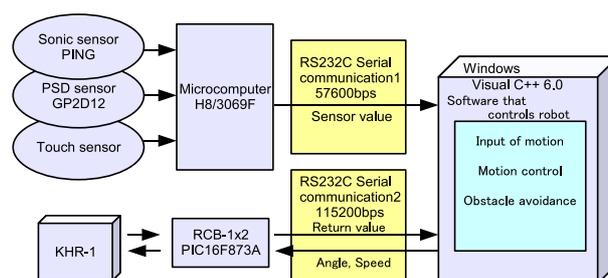


Fig. 5 System

4. 追加センサ

4.1 タッチセンサ

文字通り触れたかどうかを,on,offで反応する単純なセンサ.つま先に設置している.また今

回は右の足裏のつま先の方と,かかとの方に二か所設置している.これは段差を昇降するために必要と考え右脚部にだけ,試験的に設置したものである (Fig.6).

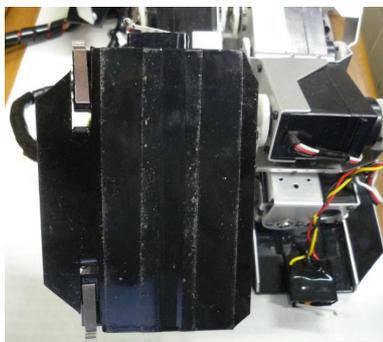


Fig. 6 Position of touch sensor

4.2 PSDセンサ

右の前腕部にPSDセンサを追加した.これは段差を昇降するときその段差が昇降できる高さかどうか判断するのに使用するためである.PSDセンサの精度(1cm単位)では今回考えた段差昇降方法に使用するのに欲しい精密な値が得られないため,段差の大まかな高さを測定することと,昇降できるかどうかの判断材料として利用する.

5. 障害物を回避しながらの自律歩行

5.1 回避行動の内容

回避行動の内容であるが,今までは,ある一定の距離まで近づいたら一時停止し, PSDセンサで回避方向を探して,その回避方向に合わせて旋回し,障害物を回避し前進を再開する.またイレギュラーで一定以上近づいてしまったら旋回の行動範囲を確保できるまで

後退してから,回避方向を探し旋回を行うようにしていた (Fig.7, Fig.8).

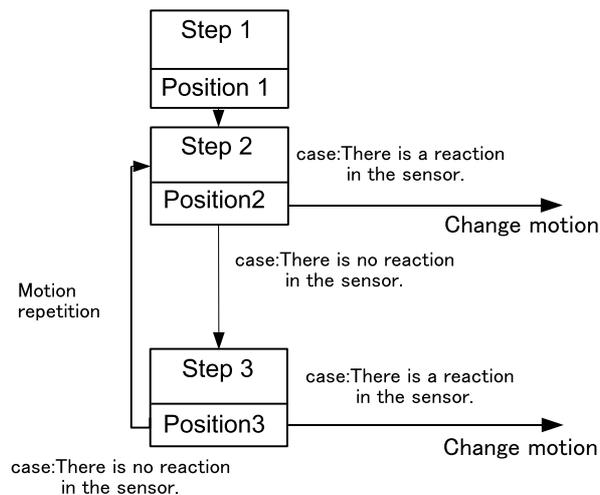


Fig. 7 Block diagram of motion

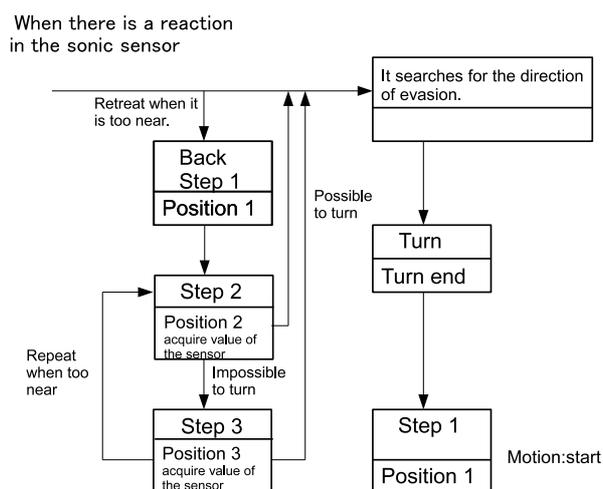


Fig. 8 Block diagram of evasive motion

これに,新たにつま先のタッチセンサに反応があった場合の行動を追加する.タッチセンサに反応があった場合停止して,段差回避行動に移行する.

5.2 段差回避行動

段差を上る方法を考える.今回考えた方法は,一度踵にタッチセンサが付いている右足を

振り上げて、踵の位置を下げていき、タッチセンサに反応があったところで停止し、股関節から、踵までの高さを、サーボモータの角度からリンク計算により行い、予め制作しておいた段差乗り越えモーションのそれと比較する。その差から、その差が埋まるように右足の膝から下のサーボモータに補正をかける。その補正角度は、式(1)から式(5)の計算で求める。その求めた補正角度を膝に加算して、足首にはその逆向きに加算する。こうすることで補正角度は一つ求めるだけで済む。式(1)で高さを計算しているが、最後の項は股関節が下向きに移動した距離を減算している。左足の膝の関節と、またその逆向きに足首の関節を同じだけ動かすことで股関節の位置を下げているので、膝と足首の関節の間の床面から直角な軸の高さの差を求めるだけで股関節の移動距離を求めることができる。

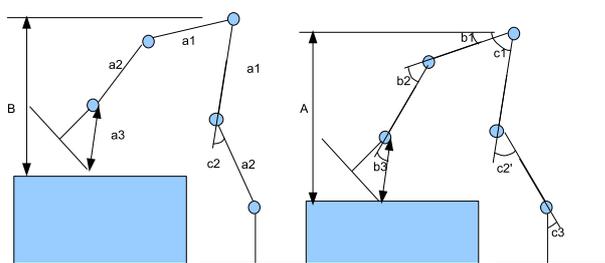


Fig. 9 Calculation of correction angle

a_1, a_2, a_3 ::Length, $b_1, b_2, b_3, c_1, c_1', c_2, c_3$::Angle
 A ::Height, B ::Height of basic motion
 C ::Corrected height
 D ::Corrected angle

$$A = a_1 \times \sin(b_1) + a_2 \times \sin(b_1 + b_2) + a_3 \times \sin(b_1 + b_2 + b_3) - a_2 \times (\sin(c_1 + c_2) - \sin(c_1 + c_2')) \quad (1)$$

$$C = A - B \quad (2)$$

$$C = a_2 \times \sin(b_1 + b_2 + D) - a_2 \times \sin(b_1 + b_2) \quad (3)$$

$$D = \arcsin\left(\frac{\frac{C}{a_2} + \sin(b_1 + b_2)}{\sqrt{\sin^2(b_1 + b_2) + \cos^2(b_1 + b_2)}}\right) - \arcsin\left(\frac{\sin^2(b_1 + b_2)}{\sqrt{\sin^2(b_1 + b_2) + \cos^2(b_1 + b_2)}}\right) \quad (4)$$

$$D = \arcsin\left(\frac{C}{a_2} + \sin(b_1 + b_2)\right) - \arcsin(\sin^2(b_1 + b_2)) \quad (5)$$

次に段差から降りる場合も同じように床下までの高さを求め、その高さから、あらかじめ制作しておいた段差降りモーションに補正をかける。

5.3 回避行動の追加

製作した段差回避行動を本体の自律歩行プログラムに組み込む。つま先のタッチセンサに反応があった場合、停止し段差を上る。上った後は足裏のつま先側のタッチセンサに反応がある限り前進する。反応が無くなったら停止して、段差を降りて前進を再開する (Fig.10, Fig.11)。

6. 結言

今回は、試験的に足にタッチセンサを追加して、段差の回避を試みてみた。今回の方法でとりあえず、横長の平らな段差と限定的ではあるが、回避できるようになった。しかし、人間の生活環境はこのような都合のいい段差、障害物ばかりではない。階段のような連続的なものや、最初に

下がる段差もある.これらは今回作成したプログラムを少し改良すればできそうであるが,まだ他にも様々な障害物がある.それらにもっと柔軟に対応できるようにしたい.

参考文献

- 1) デービス・チャップマン: VisualC++6.0 3週間完全マスター,日経BP社(1999)
- 2) 梶田 秀司(編者),比留 川博久,横井 一仁,原田 研介: ヒューマノイドロボット,オーム社

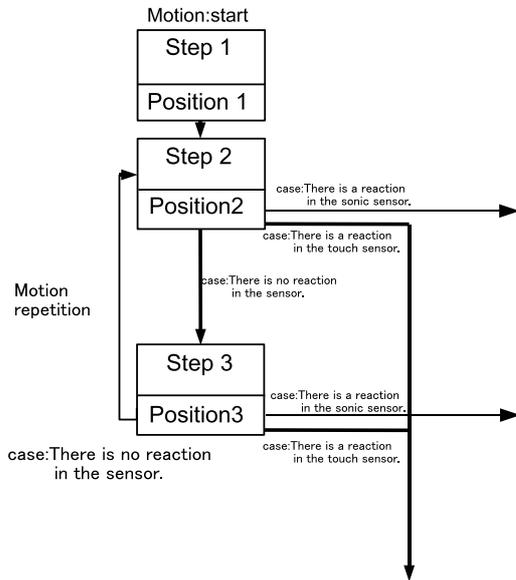


Fig. 10 Block diagram of motion 2

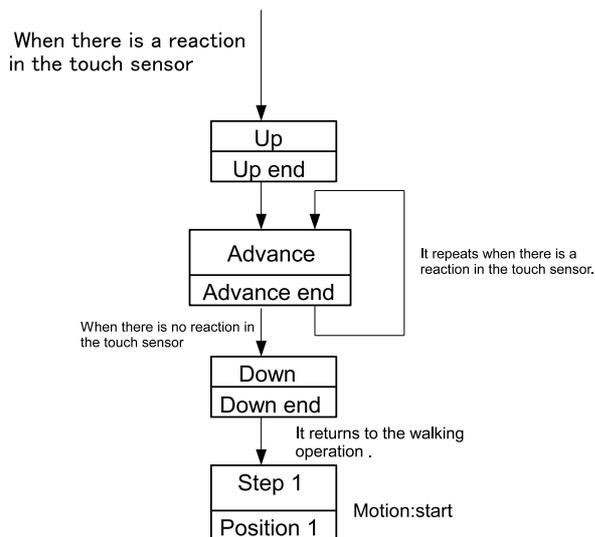


Fig. 11 Block diagram of evasive motion 2