

各種センサを使った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 that Uses Various Sensors

○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), 各種センサ (Various Sensors),

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く、もし実用化されたら多くの人手不足を補うことができる。本研究では、その実用化に必要な要素の一つである自律歩行を研究していく。最終的には人間の生活環境に柔軟に対応できる自律歩行を目指している。そのためには人間の生活環境にある様々な、危険、障害物を認識し、それに合わせた回避行動をとらなければならない。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、実機と同じぐらいの高さの障害物や足元の段差を想定し、それを認識、回避するために必要なセンサを選定し、それに応じた回避行動を構築する。

2. ヒューマノイドロボット概要

Fig.1, Fig.2, Fig.3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。

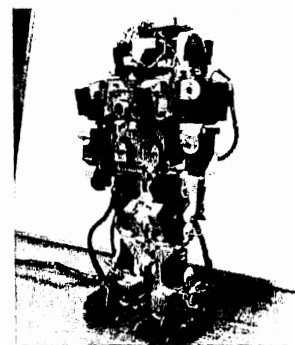


Fig. 1 Appearance

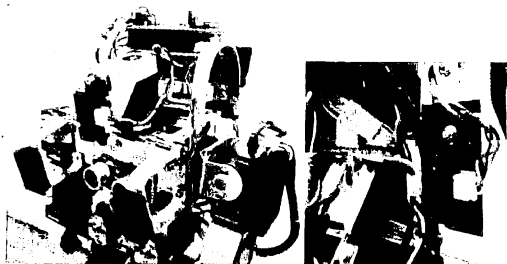


Fig. 2 H8/3069:PING:GP2D12

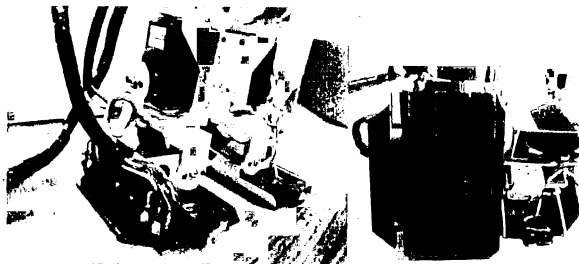


Fig. 3 Touch sensor

KHR-1::Size:340×180[mm], Weight:1.33[kg],
Degree of freedom:Neck 1, One of arms 3
, One of legs 5 Total17
Sonic sencer PING::Measurement distance:
3[cm]~3[m], Frequency:40KHz
PSD sencer GP2D12::Measurement distance:
10[cm]~80[cm]

3. システム概要

Fig.4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。

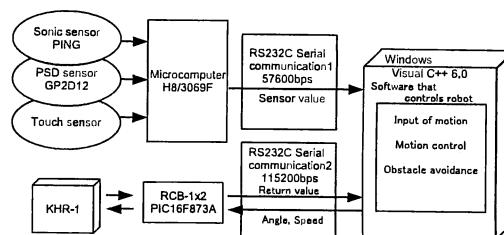


Fig. 4 System

4. 追加センサの概要

4.1 超音波センサ

超音波センサは超音波送信機、受信機一組になっており、超音波発信、受信間隔を計測することで距離を算出することができるセンサである。左右の測定範囲の広いので障害物検出用として使用する。

4.2 PSDセンサ

センサ自体が赤外線を発し、反射光の戻ってくる位置を測定し、PSD上の光スポット重心位置と投光器とPSDの距離、レンズの焦点距離から三角測量で距離を測定するセンサである。頭部のPSDセンサは回避方向を探すために追加した。

4.3 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です。両足のつま先と、両足裏のつま先の方と、かかとの方とに計6ヶ所設置しています。つま先のタッチセンサで段差を検知し、足裏のタッチセンサは段差の昇降に利用する。

5. 自律歩行による障害物回避

5.1 超音波センサとPSDセンサを併用した障害物の回避

ここでは壁のような実機と同じくらいの大きさの障害物を想定した。前方の障害物を超音波センサで認識し、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。その様子をFig.5, Fig.6に示す。

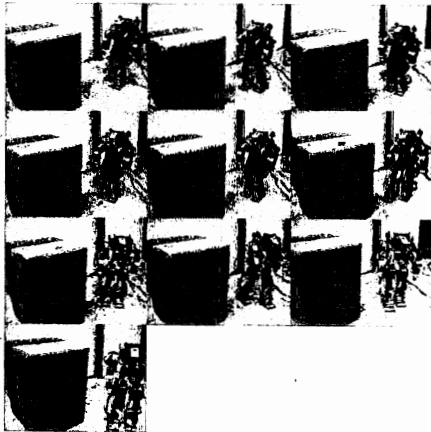


Fig. 5 Obstacle Evasion 1

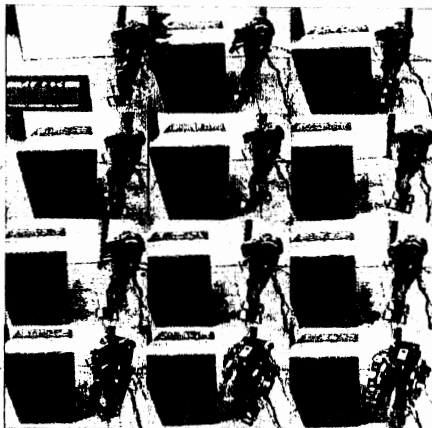


Fig. 6 Obstacle Evasion 2

5.2 タッチセンサを用いた段差昇降行動

足もとの段差を想定した。回避方法としては位置制御のみを用いて、実機を静的に安定させながら、段差を昇降させる。昇りは一度踵にタッチセンサが付いている右足を振り上げ、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(6)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られるだけで済むと考えられる。

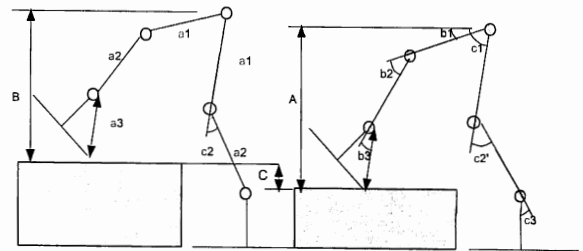


Fig. 7 Calculation of correction angle

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

$$A = a1 \times \sin(b1) + a2 \times \sin(b1 + b2) \\ + a3 \times \sin(b1 + b2 + b3) \\ - a2 \times (\sin(c1 + c2) - \sin(c1 + c2')) \quad (1)$$

$$A' = A - a2 \times (\sin(c1 + c2) - \sin(c1 + c2')) \quad (2)$$

$$C = A' - B \quad (3)$$

$$C = a2 \times \sin(b1 + b2 + D) - a2 \times \sin(b1 + b2) \quad (4)$$

$$D = \arcsin\left(\frac{\frac{C}{a2} + \sin(b1 + b2)}{\sqrt{\sin^2(b1 + b2) + \cos^2(b1 + b2)}}\right) \\ - \arcsin\left(\frac{\sin^2(b1 + b2)}{\sqrt{\sin^2(b1 + b2) + \cos^2(b1 + b2)}}\right) \quad (5)$$

$$D = \arcsin\left(\frac{C}{a2} + \sin(b1 + b2)\right) \\ - \arcsin(\sin^2(b1 + b2)) \quad (6)$$

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、あらかじめ製作しておいた段差降りモーションに補正をかける。

歩行中つま先のタッチセンサに反応があったら段差乗り越え行動に移行する。足を踏み出し次のステップに移行するとき、つま先の足裏のタッチセンサに反応がなければ段差降り行動に移行する。Fig.8にその様子を示します。

5.3 自律歩行

センサの情報をもとに、行動分岐する。オペレーションチャートを(Fig.9, Fig.10, Fig.11)に示す。

6. 結言

現在、壁や軽い段差を認識して回避しながら歩行を続けられるようになった。しかしいくつかの問題点も出てきている。今回の段差昇降は位置制御のみで行っているため、段差が高くなると、サーボモータのトルク不足によって生じる関節角度の目標値と、実値との間にずれが生じ転倒する。ま

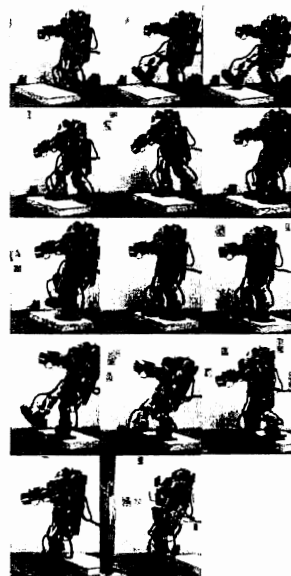


Fig. 8 Obstacle Evasion3

た静歩行のみとなっているので速度がかなり遅い。自律歩行プログラムを構築する際、行動の分岐からソースコードが複雑になってきていて、ソースコードの簡略化が必要であるという問題が生じている。

今後はこれらの問題を解決しながら、まだまだ限定されている歩行環境を広げていきたいと考えている。

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

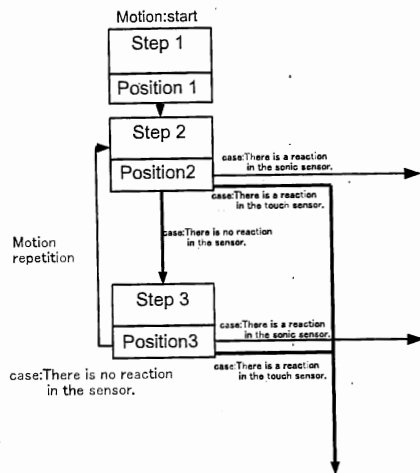


Fig. 9 Block diagram of motion 2

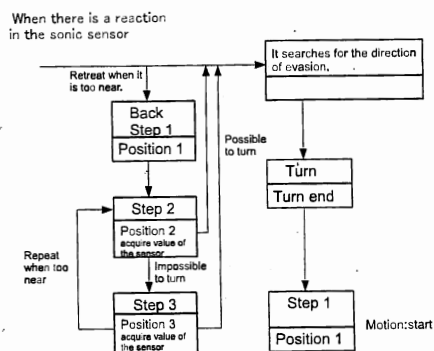


Fig. 10 Block diagram of evasive motion

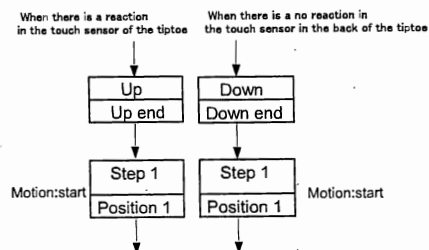


Fig. 11 Block diagram of evasive motion 2