

ヒューマノイドロボットの不整地における安定動作歩行

Stable operation walk in the unlevelled land of the humanoid robot

松村崇弘*, 大久保重範**, 高橋達也***

Takahiro Matsumura*, Shigenori Okubo**, Tatsuya Takahashi***

*山形大学

*Yamagata University

キーワード：ヒューマノイドロボット (Humanoid robot), 段差昇降 (Step going up and down), マイコン (Microcomputer), シリアル通信 (Serial communication), Visual Studio 2008 Express Edition

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
松村崇弘, Tel.: (0238)26-3245, Fax.: (0238)26-3245, E-mail: sokubo@yz.yamagata-u.ac.jp

1 緒言

ヒューマノイドロボットは人間の形を模しており, 人間の生活環境において適応しやすい. そのため, エンターテイメント向け, 介護向け, 災害向けといった様々な有用性が期待され, 日々開発, 研究が行われており, 人間をサポートすることも期待されている.

ロボットを人間と同環境で動作させ, 人間をサポートさせるためには, 不整地での安定動作が必要不可欠となって来る.

そこで, 本研究ではヒューマノイドロボットに対し不整地において安定動作歩行をさせることを目標とする. 不整地の中には斜面や段差といったものがあるが, 今回はこのなかでも段差に注目し, 段差昇降を安定して行えるようにし, より人間に近い動きを出来るように目指す.

2 ロボットの概要

本研究では近藤科学から発売されている KHR-2HV を使用する. 外観を Fig.1 に, 仕様を Table 1 に示す.

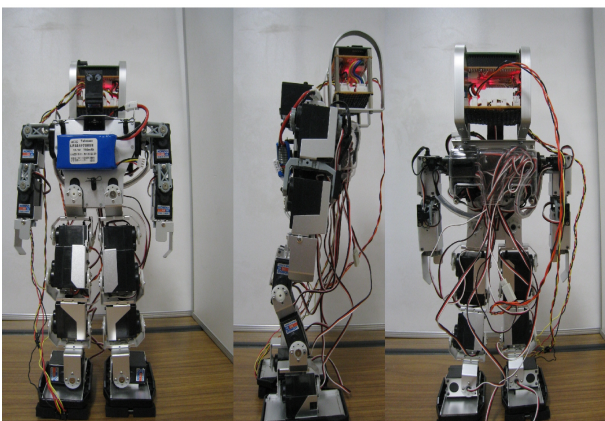


Fig.1 Appearance of humanoid robot

Table 1 KHR-2HV specifications of robot

Name	KHR-2HV
Size[mm]	116 × 190 × 430
Weight[kg]	1.44
Degree of freedom	17

3 ロボットの脚部

3.1 既存の脚部

既存の脚部では可動範囲が狭く, 自由度も少ない. このため, 段差がある一定以上の高さになってしまうと段差の昇降が不可能になってしまう. 実際にこの脚部を使用し段差を昇降を行ったところ, 段差の高さ 20[mm] が限界であり, それ以上の段差の昇降が不可能であった.

そのため, 既存の脚部よりも可動範囲が広く, 自由度が多い脚部について考えていく必要がある.

3.2 新しい脚部の設計指針

人間の場合は, 歩行を行うときにほぼ膝を伸ばしている. これは腰及びつま先の関節を使うことによって, 擬似的に左右の足の長さを変えているためである. また, 人は段差を昇降する場合に足を上げ下げし, 腰をひねる動作も行っている.

これに比べて, 多くのヒューマノイドロボットは歩行を行うときに膝を曲げたままの姿勢である. これは, ヒューマノイドロボットには人間のように擬似的に左右の長さを変化させたり, 腰をひねるというような機構が備わっていないためである.

この問題を解決するために, ロボットに自由度を追加する. ロボットには背中部分にロール軸, ヨー軸の自由度を, 腰の部分にヨー軸の自由度を追加した.

また, 人間はつま先により擬似的に左右の足の長さを変えている. 小型のヒューマノイドロボットに, 人間の

つま先のような機構を取り付けようとした場合強度の問題が発生してしまう．そのため膝の関節に同軸方向の自由度を追加し，膝の2つの自由度も用いて，人間のつま先が行っていた脚の長さを擬似的に変えるという動作を行わせる．

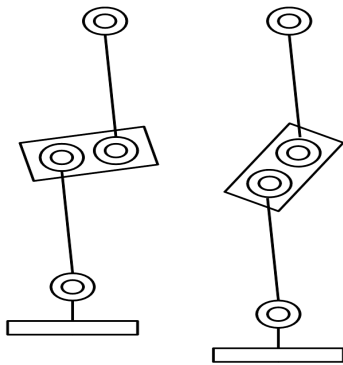


Fig.2 Mechanism of the knee

既存の脚部では膝の関節の同軸の自由度が1つしかないが，Fig.2のように2つ取り付けることにより，擬似的に長さを変えることができる．

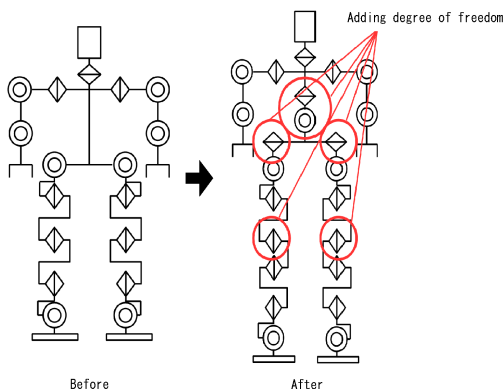


Fig.3 Change of degree of freedom

以上のようにロボットに6つの自由度を追加し，Fig.3のように17自由度から23自由度とする．

このように，人間に近い動きを目指すことで，より安定して不整地に対応できると考えられる．

製作したロボットの脚部を Fig.4 に示す．

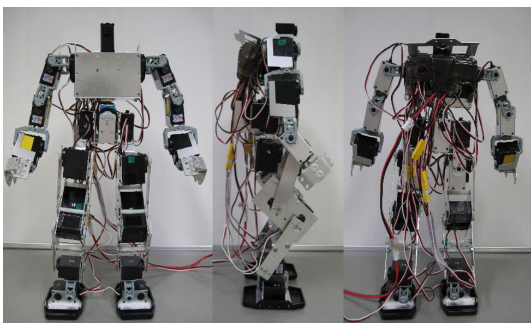


Fig.4 Appearance of a new humanoid robot

4 システム概要

制御ソフトウェアは，ロボットのモーションを作成するためにロボット付属の HeartToHeart Part3 と，マイコンにプログラムを書き込むために Cygwin を使用する．また，マイコンからの信号を読み取り RCB-3 に命令を送るために，Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition を使用する．また，マイコン PC 間,PC コントロールボード間で，シリアル通信をすることとする．よってロボットからは，シリアル通信ケーブル RS232C を2本とマイコンに安定化電源から電力を供給するための電源ケーブルを取り付ける．

システムの概要を Fig.5 に示す．マイコンでタッチセンサ，ポテンシオメータといったセンサの値を取得し，その値をパソコンに送信し，パソコンで再生するモーションを決定する．その信号を RCB-3 に送信し，RCB-3 に格納してあるモーションの再生を行う．

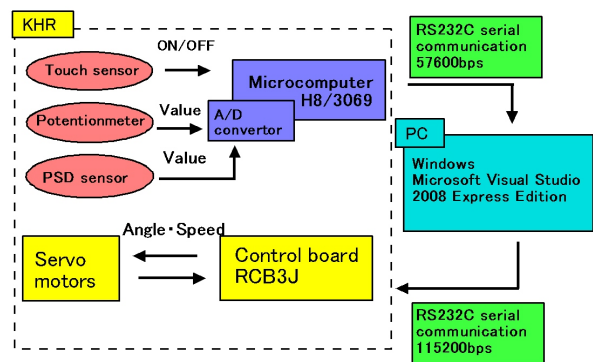


Fig.5 System

5 使用センサ

ロボット脚部のサーボモータ KRS-788HV 内のポテンシオメータを角度センサとして使用する．また，ロボットの足裏にタッチセンサを，頭部に PSD センサを取り付ける予定である．センサの写真を Fig.6 に示す．

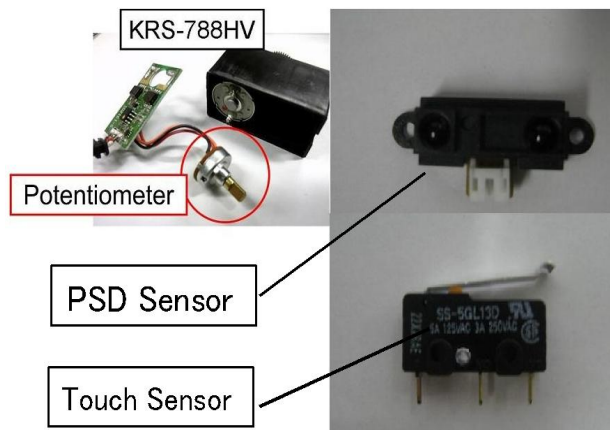


Fig.6 Sensor

6 段差昇降の方法

6.1 方法

段差昇降するときの流れを Fig.7 に示す。PSD の測定した値と地面から PSD センサまでの距離を比較し、段差を登るのか降りるのかを判断する。この判断の様子を Fig.8 に示す。

その後、足を上げ、足裏についているタッチセンサが反応するまで足を下げる。足裏についているタッチセンサが反応したときにサーボモータ内のポテンションメータからサーボの角度を検出し、段差の高さを計算する。そして、その段差の高さに合わせたモーションを再生し、段差昇降を行う。

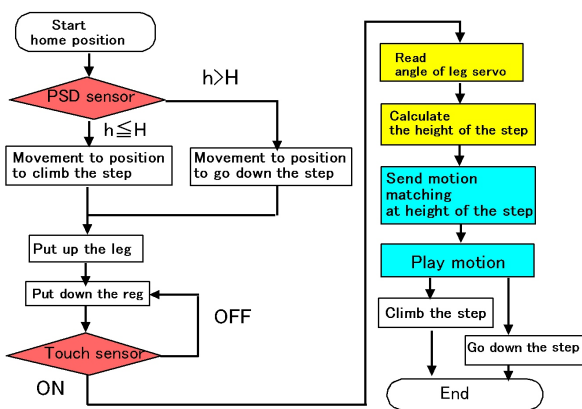
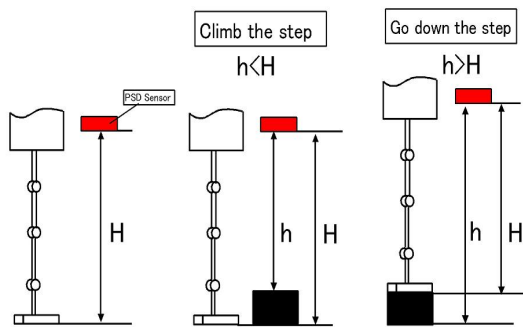


Fig.7 The way to climb the step



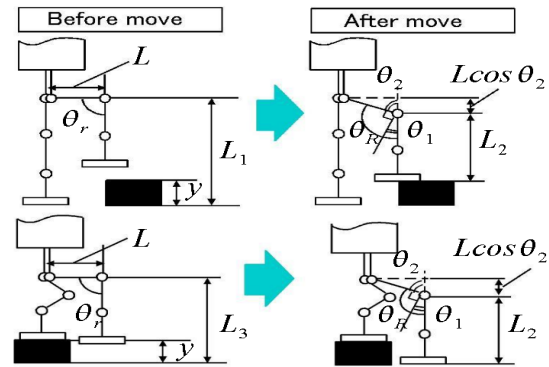
H : The length from the PSD Sensor to the ground
h : The length from the PSD Sensor to the step

Fig.8 Judgment method using the PSD sensor

6.2 段差の高さの計算方法

段差の高さは、サーボモータの角度の変化量から求める。サーボモータの角度はサーボモータ内のポテンションメータから検出し、この角度からマイコンを使用し、段差の高さを求める。

段差の高さは、Fig.9 のようにロボット足裏のタッチセンサが反応した時のサーボモータの角度から求める。



y : The height of the step

$L_1 L_2 L_3$: The length of the leg of the robot

θ_r : The angle before move

θ_R : The angle after place on the step

Fig.9 The way to calculate height

$$\theta_1 = \theta_R - \theta_r \quad (1)$$

$$\theta_2 = 180^\circ - (\theta_r + \theta_1) \quad (2)$$

$$y = L1 - \{L2 + L \cos(\theta_2)\} \quad (3)$$

$$y = L3 - \{L2 + L \cos(\theta_2)\} \quad (4)$$

7 結言

新しい脚部を製作し、動作の確認を行った。

今回製作した脚部では、強度が不足し、歩行ができないう状態となってしまった。今後は別の材料の検討や設計の見直し、トルクの強いサーボへの変更を行ってきたい。

ロボットが段差を昇降するためには、段差の高さが分からなければならないため、距離センサ、角度センサ等のセンサを使用して段差の高さを測定する必要がある。

今回は脚部の角度センサを利用して段差の高さを求める予定である。この段差昇降の方法はまだ構想段階であるので実現させていきたい。また、他にも高さの測定に適しているセンサがないか調べていくつもりである。

参考文献

- [1] 早坂俊彦：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，山形大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻 2009 年度修士論文 (2010)
- [2] 堀越隼：ヒューマノイドロボットの安定動作制御，山形大学工学部機械システム工学科 2009 年度卒業論文 (2010)
- [3] 福多利夫：二足歩行最強ロボット KHR-2HV 完全ガイド，株式会社大洋図書，初版第 1 刷 (2006)
- [4] 桑井康孝：猫でもわかる C 言語プログラミング，ソフトバンク クリエイティブ株式会社，初版第 12 刷 (2007)