

不整地歩行のための足裏機構の開発

Development of a sole mechanism for walking on uneven ground

関口翔, 大久保重範, 高橋達也

Sho Sekiguchi, Shigenori Okubo, Tatsuya Takahashi

山形大学

Yamagata University

キーワード: Humanoid robot (人型ロボット), Sole mechanism (足裏機構), Four pillars (四本の支柱), Walking on uneven ground (不整地歩行), Datum plane (基準面)

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
関口翔, 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型であるため, 通常の移動方法は二足歩行となる. しかし, ロボットは人とは違い, 何の制御も行わなければ床のわずかな凹凸や緩やかな斜面, 小さな段差などでバランスを崩してしまう.

そこで, 本研究ではロボットの足に自由に動く四つの支柱を設け, その柱で床の形状をトレースし, 足裏を水平に保つことで姿勢を安定させ, 不整地を歩かせることを目的とする.

2. 使用ロボットの概要

本研究で使用するロボットは近藤科学から発売されている KHR2-HV に今回製作した足裏機構を装着したものである. 外観を Fig.1 に, 仕様を Table 1 に示す.

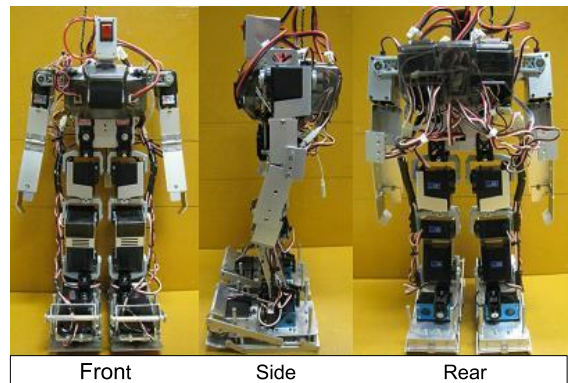


Fig. 1 Appearance of humanoid robot

Table 1 Specification of robot

Size[mm]	116 × 190 × 375 (Length × Width × Height)
Weight[kg]	1.70
Freedom	12
Servo moter	KRS-788HV/KRS-2350ICS
Torque[kgf · cm]	10.0(788)/20.0(2350)
Control board	RCB-3HV
Voltage[V]	9 ~ 12

3. 足裏の機構

3.1 概要

製作した足裏機構を Fig.2 , その内部を Fig.3 , 構成を Fig.4 に , 概要を Table 2 に示す .

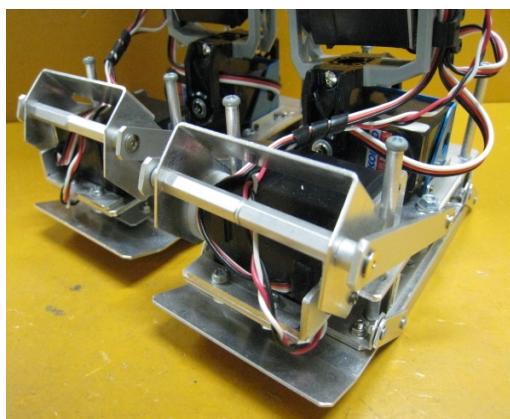


Fig. 2 Appearance of sole mechanism

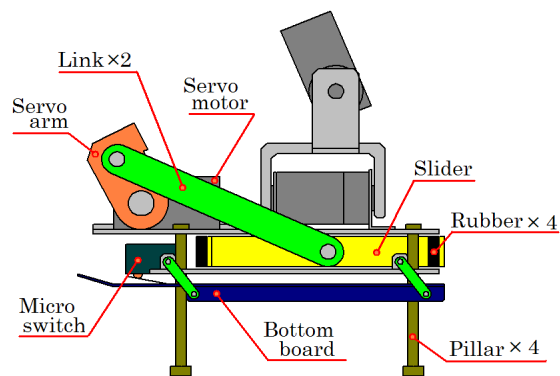


Fig. 4 Structure of sole mechanism

Table 2 Specification of sole mechanism

Size[mm]	140 × 66 × 27 ~ 63 (Length × Width × Thickness)
Weight[g]	280
Square[mm ²]	4500

Table 2 において , Thickness は足裏の接合部分から接地面までの幅であり , Square は , 足底の支持多角形の面積を示す . 材料はアルミ合金 (A5052) を使用した .

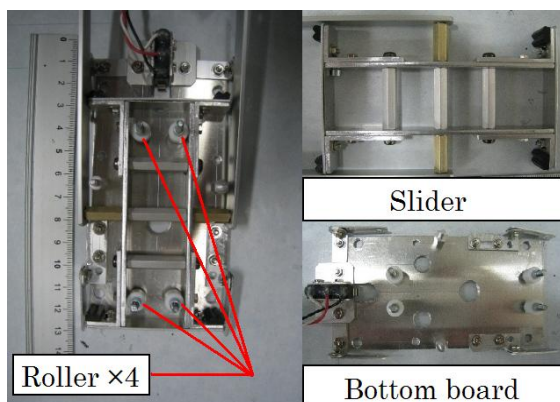


Fig. 3 Slider and bottom board

Fig.3 は内部スライダと下板であり , 下板に付いた四つのローラーでスライダの左右のプレを防いでいる .

3.2 踏破性能

設計上では高低差 35mm 以下の段差と勾配 20°以下の斜面の上り下りが可能である . ただし , 床や障害物の剛性が高いことが前提である .

4. 歩行試験 1

4.1 動作原理

ここではマイクロスイッチを使わない動作原理を説明する．動作の流れを Fig.5 に示す．

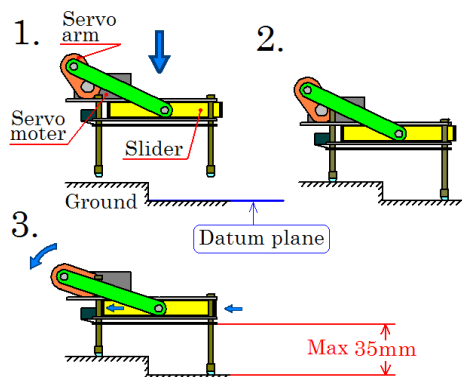


Fig. 5 The principles of movement

- 1) 遊脚の足底を支持脚の足底と平行になるように下ろす (床が水平ならば床と平行になるように下ろす事となる) ．
- 2) モーションにより支持脚と遊脚の足底の高さが同じになるまで足を下降させる ．
- 3) サーボが動き，内部のスライダが移動し，支柱を固定する ．

4.2 試験と結果

歩行試験は Fig.6 のようなコースで行った．このコースは全長 300[mm] であり，障害物 (高さ 30[mm] 以下)，坂道，波上の床，の 3 コースを用意した．足裏機構を使用することで一つのモーションでこれらの不整地を踏破することが可能である．概ねコースを踏破することができたが，姿勢の傾きを補正するシステムが無いため，安定性を失い転倒する事もあった．

また，この動作では，はじめの立ち位置が基準面となるため，階段のような徐々に高さが増えていく床は踏破することができない．そのため，スイッチを使い，常に基準面を更新する必要がある．

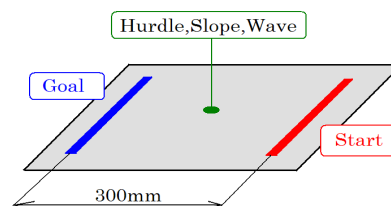


Fig. 6 Course1

5. 歩行試験 2

5.1 動作原理

ここではスイッチを使用する場合の動作原理について説明を行う．動作の流れを Fig.7 に示す ．

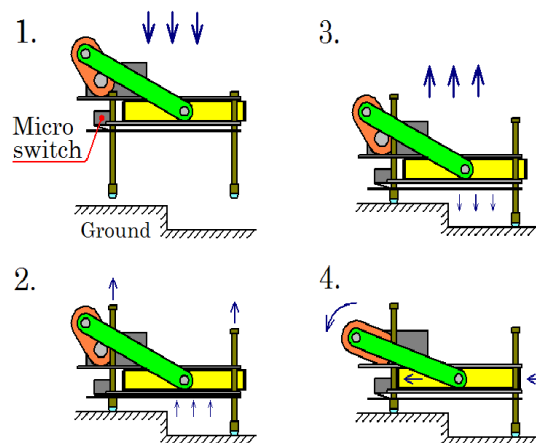


Fig. 7 The principles of movement

- 1) 遊脚の足底を支持脚の足底と平行になるように下ろす ．
- 2) モーションの再生により遊脚のスイッチが ON になるまで足を下降させる ．
- 3) 踏み込み過ぎによる足裏の傾きを直すために，遊脚のスイッチが OFF になるまで足を上昇させる．このときの遊脚の高さが新しい基準面となる ．
- 4) サーボが動き，内部のスライダが移動し，支柱を固定する．遊脚と支持脚の高低差に合わせたモーションが再生される ．

5.2 試験と結果

試験は坂道と階段で行った (Fig.8) . いずれも頭頂部が 30[mm] を越えるコースである . まだ完全なモーションができていないため , バランスを崩すことがあったが , スイッチによる基準面更新の有用性は確認できた .

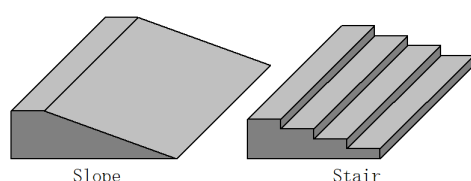


Fig. 8 Course2

6. 考察

6.1 問題点

- 脚部全体の負荷の増加
足裏の重量の増加により , 脚部全体のサーボが短時間で熱を持つようになり , 故障の危険性が上がった .
- 長距離歩行が困難
微小なズレを修正するプログラムがないため一度バランスを崩すと , 数歩で転倒してしまう .
- モーションの複雑化
現在は遊脚と支持脚の高低差に合わせたモーションを作成しており , それを RCB-3HV から呼び出すことで不整地を歩いているが , 設計上の踏破性能を引き出すには , 大量のモーションが必要となる .

6.2 改善案

- つま先のサーボを低トルク小型サーボに交換し , 足裏の小型軽量化を行い , 脚部全体に掛かる負荷を軽減する .
- 足裏を水平に保つために , センサー等を追加し , 傾きに応じて補正をかける制御を行う .
- 平行リンクなどを使い , モーションを簡略化させるか , サーボの変化量を加算・減算させる形で一つのモーションから , 複数の条件に対応させるなど .

7. 結言

今回は足裏機構の有用性の確認 , 基準面更新による踏破可能領域の拡大を行った . 今後は長距離歩行を実現するために , サーボの発熱対策 , 機体の姿勢制御の方法 , モーションの最適化について考えていく .

参考文献

- 1) 山田 学:めっちゃ、メカメカ!リンク機構 99 機構のアイデア発想のネタ帳, 日刊工業新聞社 (2009)
- 2) 尾田十八, 室津義定:機械設計工学 1, 培風館 (1982)
- 3) 打越二彌:図解機械材料, 東京電機大学出版局 (1987)