

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 : 人型ロボット (Humanoid robot), 足裏機構 (Sole mechanism), 四本の支柱 (Four pillars), 不整地歩行 (Walking on uneven ground), 平行リンク脚 (Parallel linked leg)

連絡先 : 〒 992-8510 米沢市城南 4-3-16 山形大学 理工学研究科機械システム工学専攻 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.

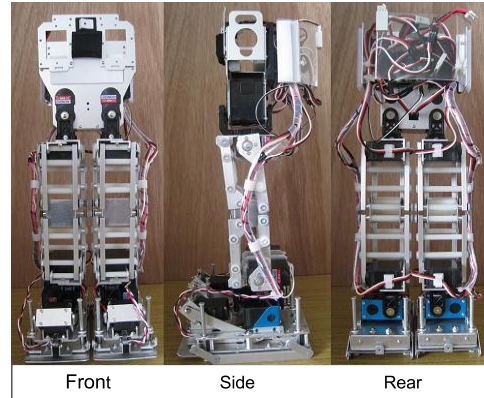


Fig. 1 Appearance of humanoid robot

Table 1 Specification of robot

Size[mm]	130 × 135 × 369 (Length × Width × Height)
Weight[kg]	1.36
Freedom	8
Servo moter	RC306MD/KRS-2350ICS
Torque[kgf · cm]	5.0(788)/20.0(2350)
Control board	RCB-3HV
Voltage[V]	8.4

2. 使用ロボットの概要

本研究で使用するロボットは, 近藤科学製のフレーム及びサーボ, 双葉電子工業製のサーボ, 自身で作成したパーツで構成されてる. 外観を Fig.1 に, 仕様を Table 1 に示す.

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.

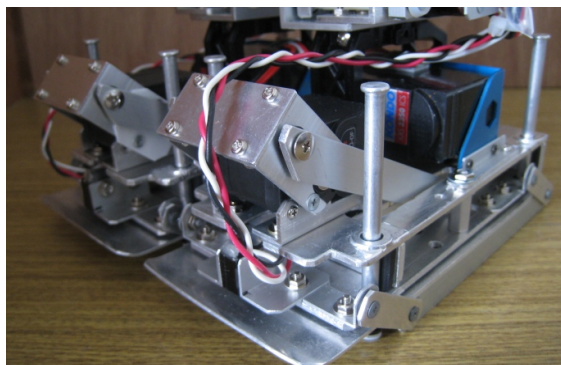


Fig. 2 Appearance of sole mechanism

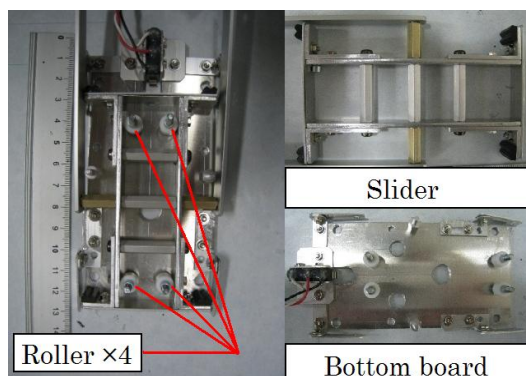


Fig. 3 Slider and bottom board

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ブレを防いでいる. 支柱の固定にはウレタンゴムを使用している.

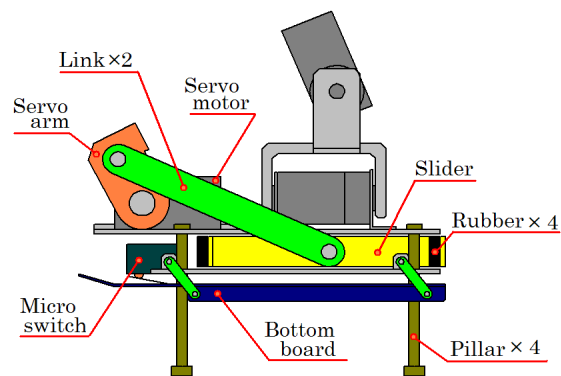


Fig. 4 Structure of sole mechanism

Table 2 Specification of sole mechanism

Size[mm]	130 × 66 × 27~63 (Length × Width × Thickness)
Weight[g]	220
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, A6063) を使用した.

4. 脚部機構

足裏機構は標準の足裏と比べ非常に重いため, シリアルリンクの脚部ではへたりやブレが目立ち, 目標角との誤差が頻繁に生じた. そこで脚部全体の剛性と保持力を向上させるために, 現在は平行リンク脚部を使用している. また, この脚部は, 足裏と胴体部が常に水平となるように駆動するため, 足裏機構と非常に相性がよい. 製作した平行リンク脚を Fig.5 に示す. なお, 材料は足裏機構と同様である.

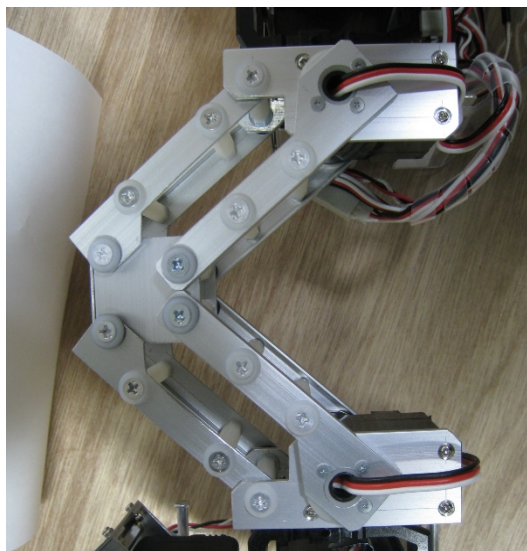


Fig. 5 Parallel linked leg

5. 歩行試験

5.1 動作原理

不整地を歩行するための、足裏機構の動作原理について説明を行う。動作の流れを Fig.6 に示す。

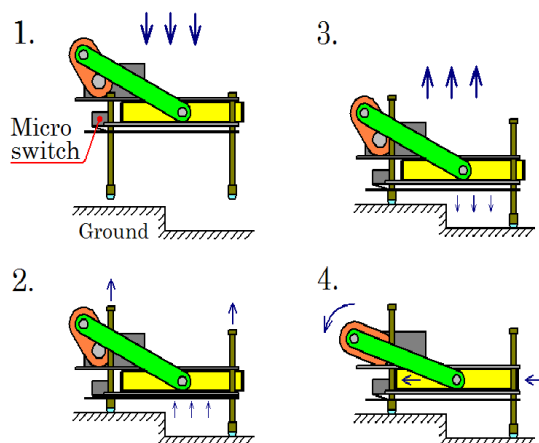


Fig. 6 The principles of movement

- 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 踏破性能

設計上では歩幅 120mm 以内にある高低差 30mm 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く、滑りにくい素材である必要がある。

5.3 試験と結果

試験は坂道と階段で行った (Fig.7)。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、どちらも踏破することができ、足裏機構の有用性を確認できた。なお、今回は上りと下りはそれぞれ異なるモーションを使用した。これらを統一することで、同じモーションで坂道、階段の昇降が可能となる。

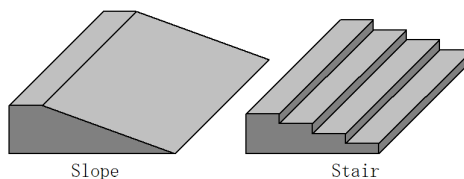


Fig. 7 Course

6. 考察

この足裏は機構が完全であれば姿勢を崩すことなく不整地を踏破できるが、実際は精度や外乱の問題があるため姿勢を維持し続けることはできず、現在それを修正する機構や制御もない。このように、ロバスト性が欠如しているため、今後どのように補っていくかが問題となる。

現在、姿勢を戻す方法として、遊脚側の足裏に三軸加速度センサを搭載し、足裏が最初の基準面と水平になるように、足首のピッチ軸ロール軸で調整できないかを検討している。三軸加速度センサはカイオニクス社製のものを使用している (Fig.8).

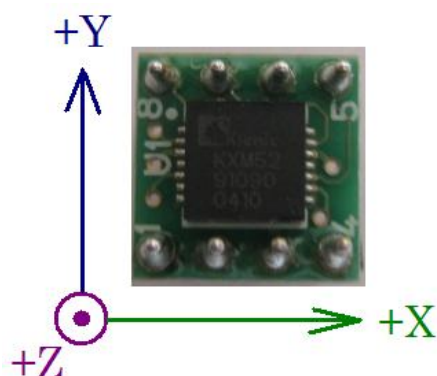


Fig. 8 KXM52-1050

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、平行リンク脚部を使った歩行速度の向上、足裏機構の軽量化を行った。今後は長距離歩行を実現するために、足裏機構及び機体全体の軽量化、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) Dream Drive!!: <http://dream-drive.net/>
- 2) 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)
- 3) 尾田十八, 室津義定:機械設計工学 1, 培風館 (1982)
- 4) 打越二彌:図解機械材料, 東京電機大学出版局 (1987)