

# 平行リンク脚部を有する小型ヒューマノイドロボットの研究

## Study of Parallelogram Linkage Leg Structure for Small-sized Humanoid Robot

フィルダウス ビン スカルマン, 大久保重範

Firdaus bin Sukarman, Shigenori Okubo

山形大学工学部

Faculty of Engineering Yamagata University

キーワード : Parallelogram linkage , Serial linkage, Small-sized humanoid robot, Vibration , Body posture

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

### 1. はじめに

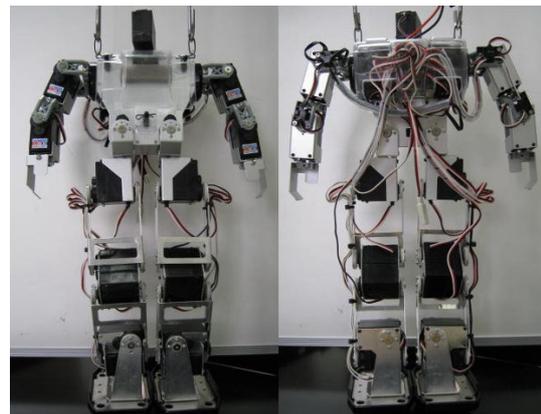
人型ロボットとは二本足で歩行するのがその特徴であり, バランスを取りながら歩行するには足の構造が重要である. 脚部のアクチュエータに大きい負荷がかかり, 機体をサポートするための力が不足するのを防ぐ必要がある.

そこで, 本研究では平行リンク機構の脚部を使用し, どのように有用性があるのかを調べ, 安定した歩行をさせることを目的とする.

### 2. ヒューマノイドロボットの概要

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 を西置賜産業会所属のロボットチームの方が脚部に改造したものである. ロボットの外観は Fig.1 に示す. このロボットのサーボモータは全て KRS-788HV Red Version を使用し, 最大トルクは 10.0[kgf・cm] である. ロボットのスペックは Table 1 に表示する. 片方の脚部は 6 つのサーボモータを使用

し, 腰と足首にそれぞれロール軸は一つ, 大腿と膝下にピッチ軸は 4 つのサーボモータで構成される.



Front

Rear

Fig. 1 Appearance of KHR-2HV

### 3. 平行リンク機構の脚部

研究で設計し, 製作した平行リンク脚部を Fig.3. に示す. 使用するサーボモータの個数はシリア

Table 1 KHR-2HV specifications

Size[mm]	116 × 190 × 390 (Length × Width × Height)
Weight[kg]	1.42
Degrees Of Freedom	19(upper body:7, leg:6x2)
Control Board	RCB-3J

ルリンク機構と比較するため、同じく6個のサーボモータを使う。この脚部は2つの平行リンク機構で構成され、組み合わせた部分は脚部の膝となる。サーボモータにかかるトルクを減らす目的として、1つの平行リンク機構を2つのサーボモータで構成する。受動間接はボールベアリングを使用し、摩擦を減らした。大腿部と膝下の長さを同じにすることによって重心がずれることを防止できると考えられる。

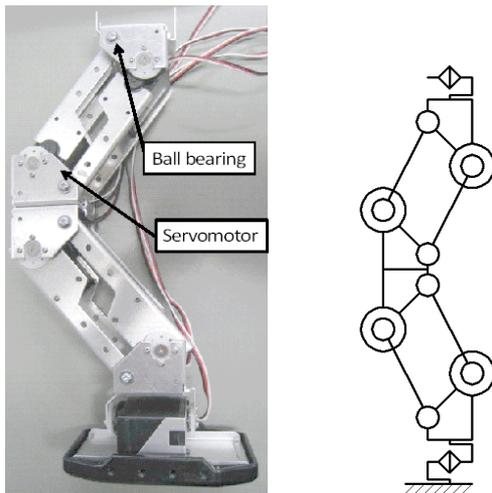


Fig. 2 Parallel leg mechanism

## 4. 実験方法

### 4.1 サーボモータにかかるトルク

サーボモータにかかるトルクは流れる電流に比例している。シリアルリンクと平行リンクにのトルク比較をするために Fig.3 に示すような実験を行う。平行リンクのフレームを使用し、先に 0.1~0.5[kg] のおもりを吊り下げる。サーボ

モータにフレームを水平に保たせた状態で、サーボモータに流れる電流を計測する。ここでは、H8/3069F マイコンを使用し、電流センサからの値を A/D 変換処理を行う。電流センサの値を正確に求めるため、不要なノイズを消し、取得した値を平均化する。

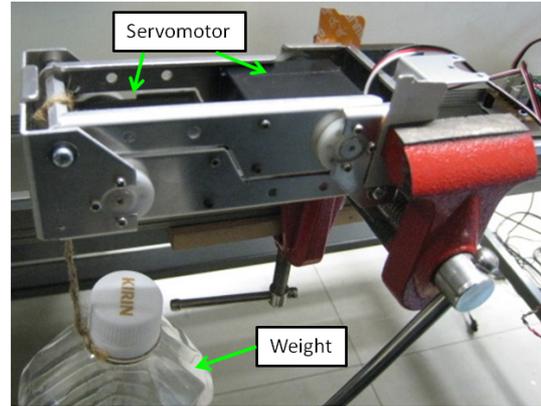


Fig. 3 Torque measurement using parallel link

### 4.2 機体の傾き

シリアルリンク脚部と平行リンク脚部の機体の傾きを比較するため、同一の条件で実験を行う。歩幅を 40[mm]、歩行数を 6 歩とする。傾きの測定は傾斜センサを使い、これをロボットの機体上部に取り付け、歩行中に検出された値を記録する。

## 5. 実験結果および考察

Fig.4 はシリアルリンクと平行リンクのサーボモータに流れる電流を示す。同じ負荷で、シリアルリンクより平行リンク脚部のサーボモータに流れる電流が低いことがわかる。つまり、平行リンク脚部使用することにより、脚部のサーボモータにかかる負荷が軽減することができる。

Fig.5 ではロボット重心の前後 (X-軸) の傾きを表すグラフである。Fig.5 では、平行リンク脚部の振幅が少ないことがわかる。これは脚部をどの位置に持ってきてても、平行リンクの機構上いつも足裏の面が地面と水平になり、機体も地

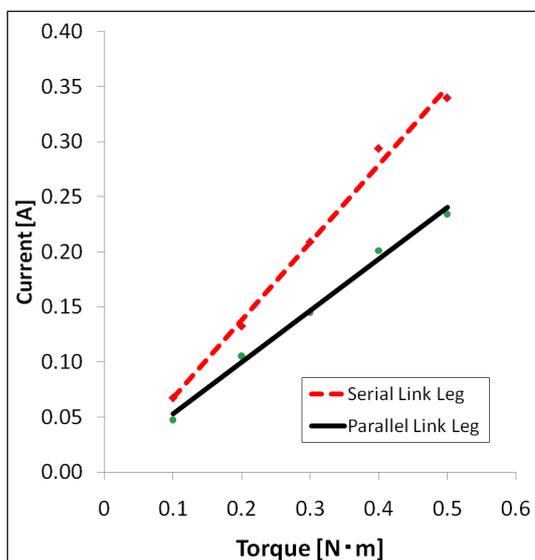


Fig. 4 Servomotor current

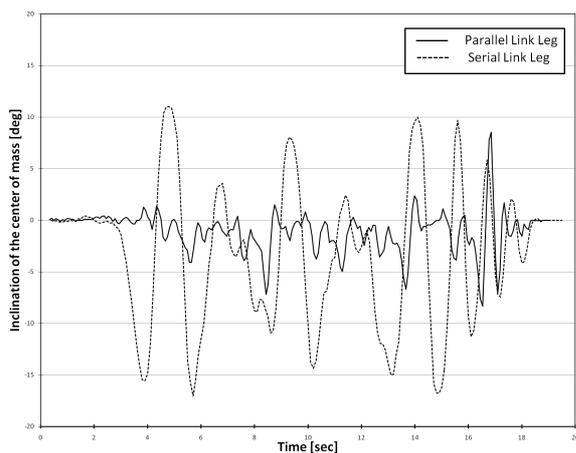


Fig. 5 Inclination of the center of mass during walking

面と水平になる．これにより，姿勢の維持ができ，安定した歩行が再現できると考える．また，足裏が地面と接触する際，足裏が常に床面と水平になるため，不要な進入角を減少することができ，機体のブレを少なくすることが可能であるからだと考えられる．

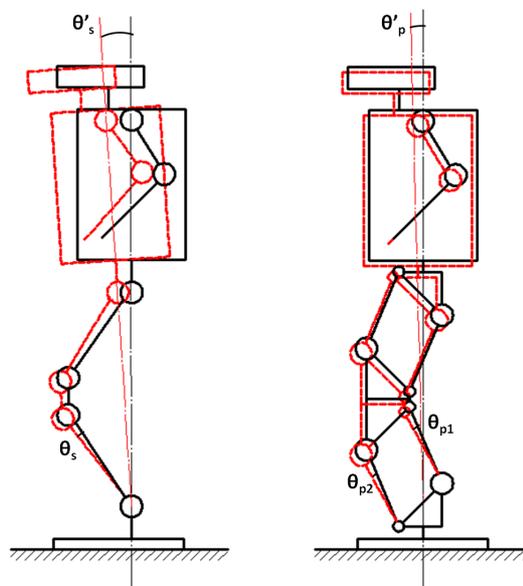


Fig. 6 Difference between two leg structure at toe joint

Fig.6は二つの機構の足首の保持力を図に表したものである．ロボットが動いている時に，足首のサーボモータにずれが生じると仮定する．各リンクに同じずれの角度が発生し，次の関係が得られる．

$$\theta_s = \theta_{p1} = \theta_{p2} \quad (1)$$

剛体の傾きは平行リンク脚部よりシリアルリンク脚部ロボットの方が剛体の傾きが大きいと見られる．

$$\theta'_s > \theta'_p \quad (2)$$

その原因は，シリアルリンク機構は足首を中心として全身が傾くのに対し，平行リンク機構は足首を中心として動くのは膝までとなる．これより，平行リンクの脚部は胴体の傾きに影響が出にくく，重心のずれが少なくなると考えられる．

## 6. おわりに

今回は平行リンク機構を使うことにより，サーボモータにかかる負荷が減少することが確認できた．これにより，脚部のサーボモータに大きな負荷がかかる大型の機体でも安定した歩行をさせることが可能であると考えられる．

実験では，開発した脚部により，小型ヒューマノイドロボットの歩行中の重心のずれまたは機体のブレが少なくなることを確認できた．平行リンク機構の脚部を設計し，製作した脚部をロボットに取り付け，安定した歩行をさせることができた．

## 参考文献

- 1) 福多利夫：二足歩行最強ロボット KHR-2HV 完全ガイド，株式会社福大洋図書 (2006)
- 2) 米田完，坪内孝司，大隅久：はじめてのロボット創造設計，株式会社講談社 (2005)
- 3) 近藤科学株式会社公式ホームページ：  
<http://www.kondo-robot.com>