

## エネルギー効率を考慮した多脚歩行ロボットの有用性の検討 A usability of multi legged robot with a little energy consumption

○柳瀬篤, 萩原義裕, 萩原由香里, アデルジャンイミティ, 三好扶, 高木基樹  
○Atsushi YANASE, Yoshihiro HAGIHARA, Yukari HAGIHARA, Adiljan Yimit,  
Tasuku MIYOSHI, Motogi TAKAGI

岩手大学

Iwate University

キーワード: 多脚歩行ロボット(multi legged robot), 重心(Center of Gravity), 効率化(Energy Efficiency)

連絡先: 〒020-5881 岩手県盛岡市上田 4-3-5 国立大学法人 岩手大学 工学部 機械システム工学科 萩原義裕

TEL.: (019) 621-6400, FAX.: (019) 621-6400, E-mail: [dhag@iwate-u.ac.jp](mailto:dhag@iwate-u.ac.jp)

### 1. 緒言

近年, 災害現場といった危険な場所でも作業をするレスキューロボットの研究が行われている。特に, 多脚ロボットは凹凸がある不整地において高い走破性を持ち, 危険物と非接触で歩行が可能という利点があるため, その将来性は大きく期待されている。しかし, 車輪移動やクローラ移動に比べて移動の際のエネルギー効率が悪いという問題があり, 実用化への大きな障害となっているのが現状である。

エネルギーロスの主な要因は, 重心の加減速と上下動である[1]。本研究では機体重心の移動を効率化した多脚歩行ロボットについて述べ[2,3], 製提案モデルをもとに制作した実機の歩行実験の結果を示す。

### 2. 高効率な歩行ロボット

#### 2.1 コンセプト

ロボットの効率的な移動のためには, ロボット自体は軽量でありながら強力なトルクを持つ必要がある。本研究の歩行ロボットは, 歩行動作に必要なトルクの大小によって分け, 強力

なトルクが必要な動作の自由度を抑えることによりトータルのエネルギー効率を高めることを目指している。

ロボットの重心が重力に対して垂直な等速運動をする場合には高いエネルギー効率を得られる。効率低下の要因には, 加減速, 上下動などがある。脚ロボットの場合, カーブなど進行方向の変更も加速, 減速と考えることができる。したがって, これらの要因を極力抑えた移動が望ましい。

強力なトルクを要するのは進行方向への重心の加速である。障害物を乗り越える際の脚の上下動などは, (1)脚が軽量で, (2)ロボットの回転モーメントが小さく, (3)重心の上下動がなければ, 強力なトルクが必要ないといえる。ロボット本体の重量が脚に加わる場合には姿勢保持にも強力なトルクが必要であるが, バックドライブがない機構を用いれば姿勢保持には強力なトルクは必要でなく, 小型で軽量の動力機が使用できる。

## 2.2 移動制御機構

本体の移動制御機構は、重心の加減速が少なく、自由度を小さくする必要がある。そこでロボットを大きく本体・内脚・外脚に分け、本体の重心移動を等速直線運動に近づけることにする。内脚と外脚は本体の姿勢と運動を保持するため、上下動のみ行う。

接地して本体を保持する脚を支持脚、接地していない脚を遊脚とする。本体は支持脚が静止している間に直動機構を用いて移動する。遊脚は次の支持脚となるため、本体よりもさらに進める機構が必要になる。以上を考慮し、2つの直動機構とその制御を行う動力機が本体の移動制御を担うようにする。

Fig.1 に提案するロボットのモデルを示す。

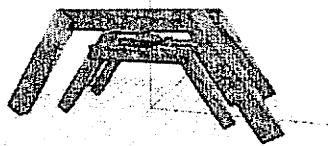
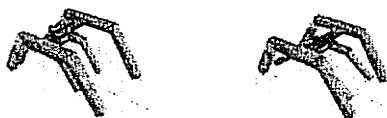


Fig.1 提案モデル

## 2.3 歩行方法

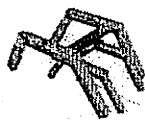
歩行の1サイクルにおける各動作を Fig.2 に示す。図中の各脚を結合している部分がロボット本体(重心位置)に相当する。また、内脚、外脚それぞれに結合している部分が脚ベースである。



(a) 基本姿勢



(b) 内脚上げ, 内脚ベース前進



(c) 内脚接地



(d) 外脚上げ, 外脚ベース前進



(e) 外脚接地

Fig.2 1サイクルの前進動作

## 3. 実機の開発

### 3.1 実機の構造

Fig.3 に製作した多脚歩行ロボットの外観を示す。

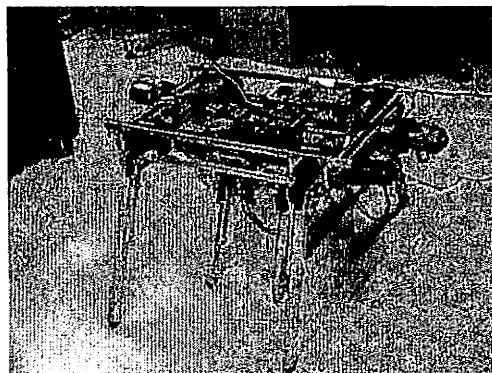


Fig.3 製作した実機

### 3.2 運動制御

ロボットの制御には STM32F4 マイコンを用いたワンボードコンピュータと VNH5019 モータドライバを用いた。このモータドライバを搭載したボードは2組の DC モータを PWM で制御できる。本機が制御するモータの自由度は 12 であり、モータドライバボードは合計 6 組である。Fig.4 に制御回路の外観を示す、

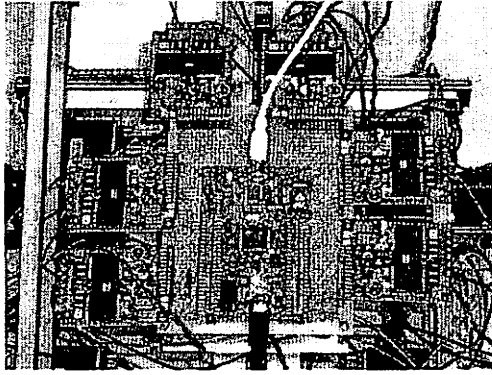


Fig.4 制御回路

### 3.3 実験と考察

製作した実機を用いて平地での連続歩行実験、傾斜の登坂実験を行った。

なお実験では手動により、DC モータの回転を時間で制御する信号を出力した。

#### 3.3.1 連続歩行実験

支持脚と遊脚の交替時、機体を持ち上げる動作により等速直線運動を維持できない期間があることが分かった。これはモータの回転量が負荷の有無で異なるため、脚が適正に接地できなかったからである。本実験では脚の上下、スライド機構の前後の制御はごく単純な繰り返しプロセスであるためこのような結果となったのである。シミュレーション上のエネルギーの効率化を実現するためには、負荷に対するモータの回転量をあらかじめ考慮した制御プログラムを利用するか、脚やスライドの回転量を把握するセンサーを搭載する必要があると考えられる。

#### 3.3.2 登坂実験

角度  $10^\circ$  および  $20^\circ$  での傾斜で登坂実験を行った。角度が大きくなると、支持脚と遊脚の交替時、特に下段での場合に滑ることが多かった。これは脚先と床面との摩擦力の不足により機体の姿勢の保持ができなかったこと、傾斜下

側にある 2 本の支持脚への荷重の負担が挙げられる。

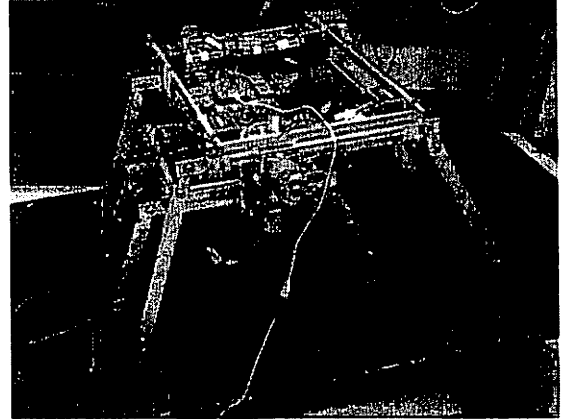


Fig.5 登坂実験中の様子

### 4. 結言

重心移動の効率化を目指した多脚歩行ロボットのモデルを提示した。また、提案モデルに基づいて制作した実機の歩行実験を行った。

今後の課題として、等速直線運動を実現するため、より最適な歩行制御方法を検討する必要がある。

### 参考文献

[1] 倉爪亮, 米田完, 広瀬茂男 “4 足歩行機械の 3D 遥動歩容” 日本ロボット学会誌 Vol.19 No.5, pp.632-637, 2001

[2] 高橋幸也, 萩原義裕, 原子剛, 萩原由香里, 橋元皓, 島地重幸, 箱崎義英 “重心移動の効率化を考慮した多脚歩行ロボット” 機械学会東北支部第 41 期講演論文集, pp153-154, 2006

[3] 川村 諒, 萩原義裕, 萩由香里, 橋元 皓, 島地重幸 “重心移動を効率化した多脚歩行ロボット” 日本機械学会東北支部第 38 回卒業研究発表講演会講演論文集, pp175-176, 2008