

## 6脚ロボットによる急斜面全方向移動

### Omni-directional Walking for Six-Legged Robot on Steep Slope

○上之郷将志, 小林洋介, 井上健司

○Masashi Kaminogo, Yosuke Kobayashi, Kenji Inoue

山形大学

Yamagata University

キーワード：脚ロボット(Legged-Robot), 全方向歩容(Omni-directional Walking), 急斜面(Steep Slope)

連絡先：〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学大学院理工学研究科 応用生命システム工学専攻  
井上健司, Tel & Fax: 0238-26-3335, E-mail: inoue@yz.yamagata-u.ac.jp

### 1. はじめに

ロボットが災害現場など危険な場所で活動するためには、一台が高い移動能力と作業能力を併せ持つ必要がある。そこで、著者らは、3つのモードを切り替えることで高い作業移動能力を発揮する6脚作業移動ロボットを開発している[1]。前報では、移動能力の一つとして森林などにみられる急斜面の移動を考え、ロボットの機構的特徴を生かして急斜面を登り降りする方法を提案した[2]。

本研究では、これを拡張して急斜面を全方向に移動する歩容を提案し、その移動能力を検証する。

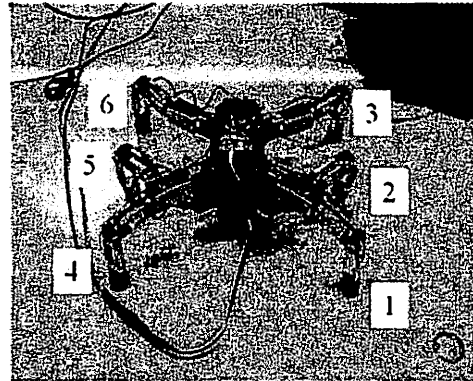


図1 6脚作業移動ロボット[2]

### 2. 6脚作業移動ロボット

開発中のロボットを図1に示す[1]。直方体のボディの下面四隅に4本の脚を、上面の二隅に2本の脚を配置している。脚の自由度は3、よってロボットの自由度は18である。関節には、ROBOTIS社のサーボモータ Dynamixel DX-117とRX-28を使用した。外部のコンピュータでロボットの動作を生成し、RS-485を介して関節角指令値をサーボモータに送り、ロボットを動かす。ロボットのサイズは、脚を水平に広げた状態で約620[mm]×650[mm]、重量は2.73[kg]である。ロボットは外部直流電源15[V]を用いて駆動する。脚先にはゴム製の半球を取り付けた。

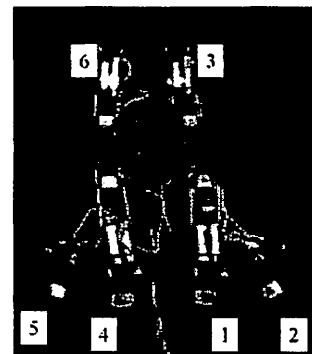


図2 斜面における脚の接地

### 3. 急斜面全方向移動

#### 3.1 斜面における脚の接地

斜面が急になるほど、斜面下側に接地した脚にかかるロボット自重による負荷は大きくなる。著者らが開発しているロボットは、図2のように、脚1, 2,

4, 5の4本を並べて斜面下側に接地できる。さらに、そのうちの2本を同時に持ち上げても、残りの2本で負荷を支えることができる。よって、脚1本が支える負荷が少なくなり、登坂可能な最大斜度が大きくなる。脚3, 6は、斜面上側に接地する。

### 3.2 全方向歩容

脚 1, 4, 6 を一組, 脚 2, 3, 5 を一組とし, この二組を交互に動かしながら斜面上を移動する。下側 4 脚を, 内側 2 脚と外側 2 脚の組み合わせたにしたのは, 左右の脚の負荷を均等にするためである。斜面上の全方向歩容法を以下に示す。

- 1) 6 脚すべてを接地した状態で 6 脚を動かし, ボディを指令速度で移動させる。
  - 2) 6 脚のうち, 最初に可動限界に到達した脚を含む組 A を遊脚, もう一方の組 B を支持脚とする。
  - 3) 支持脚の組 B は動かさず (よってボディは停止状態), 遊脚の組 A をボディ進行方向の可動限界まで移動させ, 着地させる。
  - 4) 組 A を支持脚, 組 B を遊脚に切り替え, 支持脚の組 A は動かさず, 遊脚の組 B をボディ進行方向の可動限界まで移動させ, 着地させる。
- 1)~4)を繰り返す。このとき, ボディの指令速度は任意の時点で変更可能なので, ロボットは全方向に移動する。なお, 脚の可動限界とは, 脚先が斜面上で動ける範囲の境界で, 全方向に移動するために円とした。円の直径が歩幅に相当する。

ボディ指令速度をジョイスティックで入力した時のロボットの斜面移動の様子を図 3 に示す。

[2] 上之郷, 李, 井上: 4 脚 2 腕ロボットによる急斜面登り, 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.673-674, 2012.

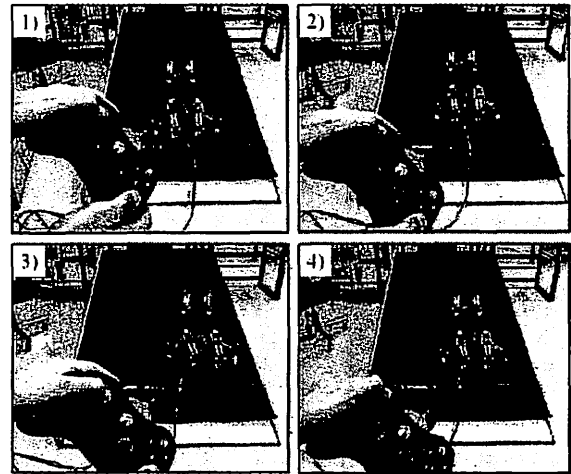


図 3 ジョイスティックによる操作で斜面を全方向に移動する 6 脚作業移動ロボット

### 4. 斜面移動実験

#### 4.1 実験方法

表面が人工芝, 滑り防止マット (図 4) の 2 つの斜面を用意し, 斜度を変えて斜面を登らせた。歩幅 50[mm]で, 上記 1)~4)のサイクルを 10 回繰り返したときの移動距離を測定した。

#### 4.2 実験結果

実験結果を図 5 に示す。比較として, 平地を移動する際の 6 脚步容法 [1] で斜面を移動させたときの結果も記載した。図から, 斜度が急になるほど滑りによる損失が増すものの, 安定に登ることができた。これに対して, 平地の 6 脚步容法では, 25 度以上の斜面になると, 急激に移動距離が減っている。これは, 滑りに加えて, ロボットが後ろに傾いて上側の脚が浮き, 安定な歩行ができなくなるためである。

### 5. おわりに

6 脚作業移動ロボットが急斜面を全方向に移動する方法を提案し, 実験によりその能力を検証した。

今後の課題は, 滑りにくい足先形状の開発, 不整地急斜面の移動などである

### 参考文献

[1] 井上, 大江: 3 つのモードを切り替え可能な 6 脚作業移動ロボットの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008 講演論文集, 1A1-E04, 2008.



①人工芝

②滑り防止シート

図 4 実験用斜面

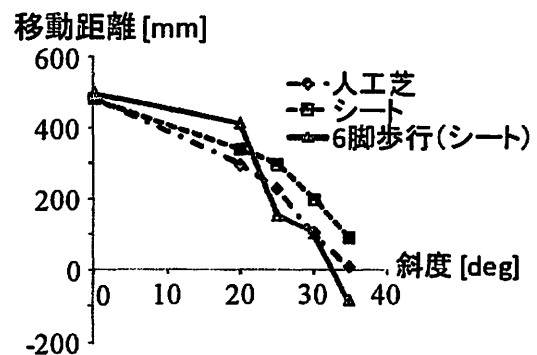


図 5 斜面移動の実験結果