

D2-33

## 2 脚ロボットの研究 群知能アルゴリズムを用いた歩行動作の検討

Study on Walking Movement of a Two-Leg Robot  
used Swarm Intelligence Algorithm

○鈴木虹太<sup>1)</sup>, 猪原知俊<sup>2)</sup>, 入江寿弘<sup>3)</sup>, 城内博<sup>4)</sup>

Kohta Suzuki, Tomotoshi Inohara, Toshihiro Irie and Hiroshi Jonai

We research walking behavior of a two-leg robot used swarm intelligent algorithm and would apply to the amusement usage such as the welfare usage, attraction, entertainment, and so on. Springs are used to reduce the shock of landing, and the energy of shock is reused with motor output. The parameters of walking were optimized by using ABC algorithm.

### 1. はじめに

人間の代わりに単純作業や介護・福祉などを行うことが期待され、近年様々な移動ロボットの研究開発が行われている。そこで、本研究では人間の作業負担を減らす事ができ、更に人間と同じ生活環境で動作できる実用的な移動ロボットである2脚ロボットの開発を目標としている。

2 脚歩行ロボットは一般的に自立・歩行などを行うために大出力のアクチュエータが必要とされる。また、歩行のたびに脚の衝撃がロボット全体に伝わるため、衝撃を吸収できる機構も考える必要がある。そこで本研究ではアクチュエータとしてバネとモータを組み合わせたものを使用した2脚歩行ロボットを考案する。このロボットは歩行動作に必要な片足バランスをとるといった動作をとれるようにし、また着地時の衝撃をバネで吸収することで歩行のエネルギーに活用することができる。更に、バネだけで自立できるようにすることでロボットの静止状態での必要なモータの出力を小さくすることも可能となる。

### 2. 歩行方法

本研究では以下の①～⑥の動作を繰り返すことで歩行を試みる。図-1 にその流れを示す。

- ① 重心を右に移動し、左足を持ち上げ半歩前に出す
- ② 左足を更に半歩前に出す
- ③ 右足を半歩後ろに下げ左足を着地させる
- ④ 重心を左に移動し、右足を持ち上げ半歩前に出す
- ⑤ 右足を更に半歩前に出す
- ⑥ 左足を半歩後ろに下げ右足を着地させる

### 3. 2脚ロボットの機構

対象にしている2脚歩行ロボットの脚部のリンク機構を Figure-1 に示す。

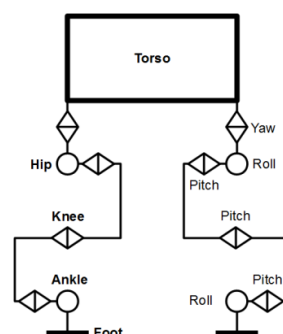


Figure 1. Linkage Mechanism of Leg

### 4. 動作解析

2 脚歩行ロボットの動作を効率よく検討するために、コンピュータ上で動的モデルの動作のシミュレーションを行う。本研究ではシミュレーションの物理計算エンジンとしてオープンソースの Open Dynamic Engine(ODE) <sup>[1]</sup>を使用した。

Figure-2 に Table-1 に動的モデルの寸法を示す。また、今回は直立姿勢からこの動的モデルに歩幅や歩行周期などといったパラメータを設定して歩行を行わせる。

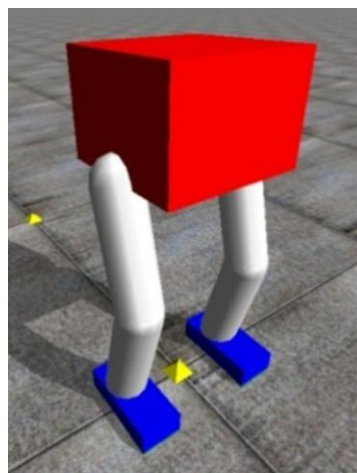


Figure 2. Movement Model

Table 1.  
Size of Movement  
Model

全長 [mm]	755.0
重量 [kg]	6.0
股の 幅 [mm]	300.0
脚の 長さ [mm]	555.0

1)日本大学 医療・福祉工学専攻 2)日本大学 精密機械工学専攻

3)日本大学 精密機械工学科 教授 4)日本大学 医療福祉工学科 教授

### 5. ABCアルゴリズム

このシミュレーションでは歩行パラメータの組み合わせが重要となる。そこで本研究では Artificial Bee Colony (ABC) アルゴリズムという群知能アルゴリズムを用いて最適化を試みる。これは極最近トルコの研究者 Dervis Karaboga により提案された、ミツバチの餌場探索を元にしたメタヒューリスティックなアルゴリズムで数値最適化問題などに良く使用されている。

ABC アルゴリズムではミツバチの巣の中には「Employed bee」、「Onlooker bee」、「Scout bee」の3つのグループがあると定義している。また餌場はその座標が最適化問題の変数を、蜜の量が解の適合度を表している。以下に ABC アルゴリズムによる最適化の手順は次の①～④で、これを指定回数繰り返して最適化を行う。

- ① Scout bee がランダムに新しい餌場を探してきて記憶する。
- ② Employed bee が他のミツバチの持つ餌場の情報を元に周辺により良い餌場がないか探索する。
- ③ Onlooker bee が優秀な Employed bee を優先して更に探索を行わせる
- ④ 周辺にそれ以上良い餌場が見つからなくなったらその餌場周辺の探索を止め、Scout bee がランダムに新しい餌場を探して記憶する。

### 6. 歩行パターンの最適化

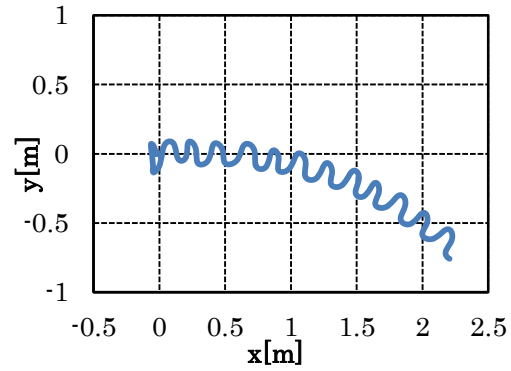
今回はこのアルゴリズムを用いて最適なパラメータを求める。求め方としてはアルゴリズムを用いて変数の集合体(歩幅や周期など)を探索しそれを動的モデルに入力し移動距離を計測し、それについての評価を行うといった動作を繰り返して最適化を行う。

最適化された歩行動作は同じ評価式でも幾つかのパターン Table-2 (Case 1~Case 4) になった。

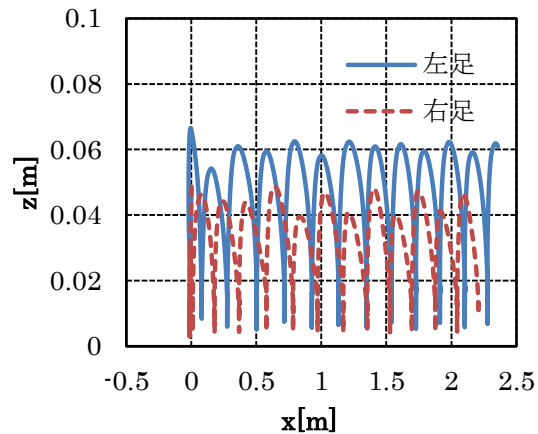
**Table 2.** A result of operation of Optimization Walking Parameter

	歩幅 [m]	歩行周期 [s]	左右の重心移動量 [m]	足を持ち上げる高さ [m]	移動距離 [m]
Case 1	0.0402	0.143	0.0229	0.0050	2.227
Case 2	0.0372	0.172	0.0230	0.0083	2.627
Case 3	0.0376	0.171	0.0229	0.0087	2.600
Case 4	0.0425	0.144	0.0093	0.0030	1.583

また1例としてロボットを上方から見た場合の重心位置の移動軌跡を Figure-3 に、左右の足の上った高さ  $z$  と  $x$  の軌跡を Figure-4 に示す。



**Figure 3.** The locus of movement (Case 2)



**Figure 4.** The locus of a leg on either side (Case 2)

動作パターンはそれぞれ違うがどれも前進していることがわかる。Figure-3 ではロボットの移動の軌跡が右に僅かに曲がっているが、これは歩行開始時に姿勢が大きく崩れた状態で地面に接触してしまい、それ以降の足の振り方に影響が出ているためと考えられる。

またFigure-4より足は交互に上下動作し前進していることがわかる。Figure-4の右足の動作が左足に比べて値が小さいのは先に述べた歩行開始時に姿勢が大きく崩れた状態で地面に接触したことが原因と考えられる。

### 7. まとめ

2脚歩行ロボットの最適な歩行動作を行わせるために ODE によるシミュレーションと群知能アルゴリズムの一つの ABC アルゴリズムを用いた最適化を行った。最適化結果は同じ評価値でも異なる歩行動作となり複数の動作パターン(多目的な解)を求めることが出来た。実際のロボットへ、この動作パターンを適用する場合はシミュレーションを十分検討する必要がある。

#### 参考文献

- [1] 出村公成: 簡単!実践!ロボットシミュレーション-Open Dynamics Engine によるロボットプログラミング, 森北出版