

E-11

郡知能を応用した最適化アルゴリズムによる脚機構ロボットの歩行方法
The walk method of the leg mechanism robot by the optimization algorithm adapting county intelligence

○猪原知俊¹, 山崎卓哉¹, 鈴木 虹太², 入江寿弘³
Tomotoshi Inohara¹, Takuya Yamazaki¹, Kohta Suzuki², Toshihiro Irie³

Various algorithms are studied in recent years and it is used for the numerical optimization problem. By this research, the algorithm which imitated the groups of the honeybee advocated by optimization of walking behavior by Dervis Karaboga in 2005 action verified also in it whether it would be applicable to optimization of a walk of a leg mechanism robot.

1. はじめに

近年様々なアルゴリズムが研究され数値最適化問題に使用されている。その中でも本研究では歩行方法の最適化に 2005 年に Dervis Karaboga によって提唱されたミツバチの群れの行動を模したアルゴリズムが脚機構ロボットの歩行の最適化に応用可能かを検証した。

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してみる。Figure 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 左足をさらに半歩前に出す
- 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。

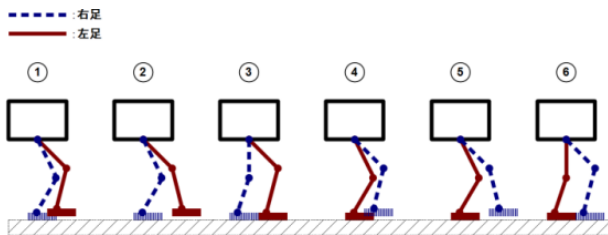


Figure 1 歩行パターン

Table 1 動的モデルの寸法

全長 [mm]	755.0
重量 [kg]	3.0
股の幅 [mm]	300.0
脚の長さ [mm]	555.0

3. 動作解析

2 脚歩行ロボットの効率を検討するためにコンピュータ上で動的モデルの動作シミュレーションを行い、実機を試作した。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 Opne Dynamic Engine(ODE)^[1]を使用した。Figure2 実機と ODE 上で作成した動的モデルを、Table 1 にその寸法を示す

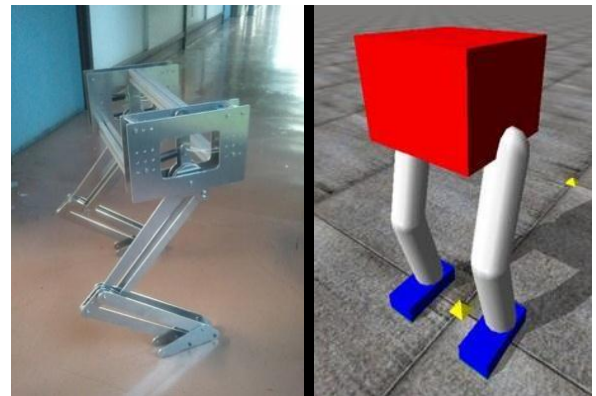


Figure 2 動的モデル

4. 最適化手法

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 Artificial Bee Colony (ABC) アルゴリズム^[2]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最近使用されている。これは、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。餌場はその座標が最適化問題の変数を、蜜の量が解の最適度を表している。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

1 : 日本大学・学部・精機 2 : 日本大学・院 (前)・医療 3 : 日本大学・教員・精機

- 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

5. 歩行パターンの最適化

前述のアルゴリズムを用いて 15 秒間歩行させた場合の最適なパラメータを求める. Table2 に ABC アルゴリズムの各種パラメータを示す.

Table 2 ABC アルゴリズムの各種パラメータ

Employed bee の数	8
Onlooker bee の数	8
餌場の数	8
アルゴリズムを繰り返す回数	300
Scout bee が呼び出される連続探索失敗回数	100
歩幅[m] の探索範囲	[0.00, 0.090]
歩行ステップにかかる時間[s] の探索範囲	[0.08, 0.170]
左右の重心移動量[m] の探索範囲	[0.00, 0.090]
足を上げる高さ[m] の探索範囲	[0.00, 0.050]

また、解の評価には(1)式を使用する.

$$fit_m(x, y, s) = s\sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

$fit_m(x, y, s)$ は解の適合度を, x と y は 15 秒後のロボットの座標を表している. また, s はロボットが転倒した場合は $1e-300$, 転倒しなかった場合は 1 とし, 転倒した場合はどんなに移動していても評価が低くなるようにしている.

6. 結果

ロバスト性を考慮して本アルゴリズムを 4 回実行した. それぞれ最適化の結果を Table3 に、左右の足の軌跡を Figure3,4 に 1 例として示す.

Table 3 最適化した歩行パラメータを用いた動作結果

	歩幅[m]	歩行周期[s]	左右の重心移動量[m]	足をもち上げる高さ[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

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. Figure3 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. またこれらの結果より足は交互に上下動作し前進して、歩行動作を行っている.

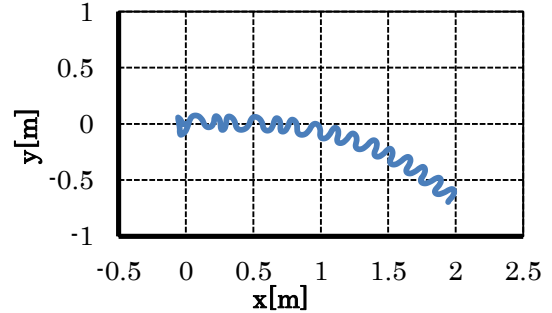


Figure 3 移動の軌跡(Case 1)

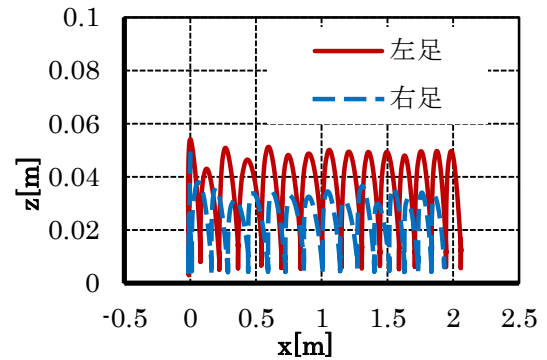


Figure 4 移動の軌跡 (Case 1)

7. まとめ

2 脚歩行ロボットの歩行動作最適化のために、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を求めることが出来た. 実機へ適用する場合は十分検討する必要がある.

8. 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
 [2] D.Karaboga: An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization, TECHNICAL REPORT-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering,2005 (PDF)