

遺伝的アルゴリズムを用いた類似歩行運動の生成

森 光輝^{†1} 築地 立家^{‡1}

東京電機大学理工学部^{†1} 東京電機大学理工学部^{‡1}

第1章 はじめに

遺伝的アルゴリズムは当初、巡回セールスマン問題^[1]やnクイーン^[2]などの最適解を導き出すために使われていた。現代では鉄道経路やパイプライン制御といったインフラ分野に関わるほか、たんばく質の構造決定や遺伝子情報解析といったバイオインフォマティクス分野にも応用されている。

「二足歩行ロボットの最適運動軌道計画」(2001, 川路茂保, 小笠原健一, 熊本大学大学院自然科学研究科)^[3]では, ロボットの二足歩行運動の突発的な外乱に対処できるようリズムベース型歩行運動制御を提案した。リズムベース型歩行運動制御では軌道・時間データから構成されるリズムパターンを参照する際の最適なパターンを求めるために遺伝的アルゴリズムを利用している。

第2章 研究背景

一般的な遺伝的アルゴリズムの概要及び本研究に基づく目的について述べる。

2.1 遺伝的アルゴリズムについて

遺伝的アルゴリズムとは生物進化における遺伝と適者生存による自然淘汰を用い、最適解を探索する手法である。具体的には、ある問題に対する解の候補を遺伝子として表し、その集合体を個体として複数用意して評価関数にそって評価していく。評価の高い遺伝子や決められた確率で交叉、突然変異を起こした遺伝子を次世代に残していく。これらを繰り返しながら最適解を探索していく。基本的なアルゴリズムの流れを以下の図1に示す。

2.2 問題提起・研究目的

昨今物理エンジンなどの仮想空間での実空間の忠実性やシミュレーションの拡張性の向上によって、より安易に、効率的に実空間で行っていたシミュレーションが実験できるのではと考えた。

そこで、簡易的な二足歩行の類似運動生成を目的とし、遺伝的アルゴリズムを用いて歩行の実測値と近似している遺伝子を高評価として、評価関数に沿って遺伝子を淘汰していく。

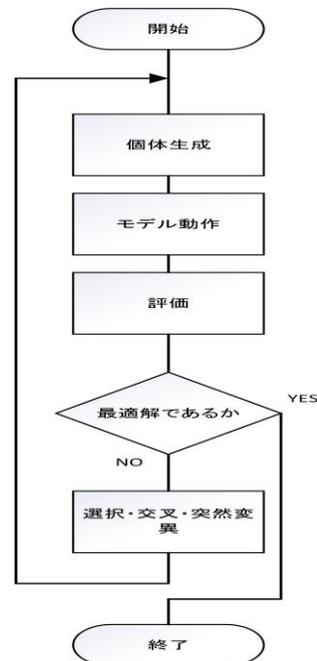


図1 アルゴリズムの流れ

第3章 研究概要

本研究では遺伝的アルゴリズム、物理エンジンであるUnityを用いた研究システムを使用した。

3.1 研究の検証方法

Unity上で人型の仮想モデルを用いる。モデルの下肢には稼動する関節が左右3個ずつあり、両足で合計6個の関節の遺伝子を遺伝的アルゴリズムで評価した。

3.2 人体モデルについて

使用するのは簡易的な人体モデルであり、身長体重は成人男性の平均値とした。モデル図を図2に示す。



図2 簡易モデル

第4章 実験内容

本研究では200個体の歩行を10秒間評価した。以下に遺伝子の符号化及び歩行運動評価をする関数を定義した。

4.1 遺伝子の符号化

各関節の歩行1周期分を10等分し、10個からなる配列構造として扱うことにした。配列内は0と1からなり、0は正方向、1は負方向回転するものとした。また、歩行実測値^[4]の歩行周期を考慮し1周期を1秒とした。

Genetic Algorithms for Synthesis of Human Bipedal Motion on Leg Joints

^{†1}Koki Mori, Tokyo Denki University School of Science and Engineering

^{‡1}Tatsuie Tsukiji, Tokyo Denki University School of Science and Engineering

4.2 評価関数の定義

歩行類似運動生成の際、評価関数は歩行実測値^[4]に基づいて評価を行う。以下の基準で探索を行った。

4.2.1 持続歩行基準^[6]

一定時間の移動距離 D と歩数 S の和 I_1 を最大化するような(1)式を使用し探索を行った。

$$I_1 = b_1 D + b_2 S \rightarrow \max \quad (1)$$

b : 重み係数, $b_1 = 1, b_2 = 0.1$ とした。

(1)式は移動距離と歩数にそれぞれ重みを付け、その和としている。

4.2.2 実歩行類似基準^[6]

一定数歩けるようになった後、1周期の歩幅を実測値^[4]に合わせるため(2)式の関数を加えた。

$$I_2 = b_4 - b_3 |L - \hat{L}| \rightarrow \max \quad (2)$$

L : 歩行周期, \hat{L} : 実測値として与えられる値 1.25m,

b : 重み係数 $b_3=5, b_4$ は $b_3|L - \hat{L}|$ より大きい 10 とした。

(2)式では、 I_2 は高評価な値ほど大きい値となる。歩行が可能になるまで(1)式で評価し、ある程度歩行ができる世代になってから(2)式を加えて評価した。

4.3 アルゴリズムモデルと交叉・突然変異

本研究では単純遺伝的アルゴリズムを用いる。

4.3.1 単純遺伝的アルゴリズムモデル

単純遺伝的アルゴリズム (Simple GA) モデルは評価の高かった遺伝子を選択するエリート選択、交叉・突然変異を用いて、親世代と同数の子個体を生成し、子個体のみを次世代を残すモデルである。

4.3.2 交叉・突然変異

本研究で行う交叉は二点交叉とした。二点交叉は2つの交叉点をランダムに決定しその間の遺伝子を入れ替える方法である。二点交叉の例を図3に示す。

```

10010111011101
10100111010111
    ↓
10010111011101
10100111000111
    
```

図3 二点交叉

第5章 実験結果

実験では 200 体のモデルを遺伝的アルゴリズムによって評価し 300 世代まで繰り返した。20 世代目、250 世代目の歩行の様子を図4と図5に示す。その時の各世代に対する平均歩行距離・平均歩幅を図6と図7に示す。

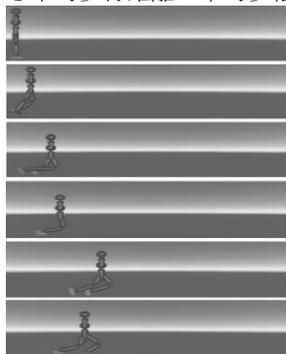


図4 20 世代の歩行様子

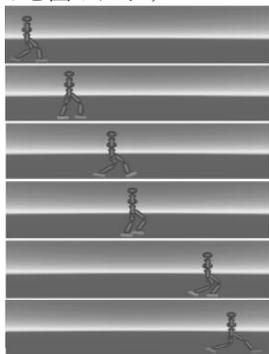


図5 250 世代の歩行様子

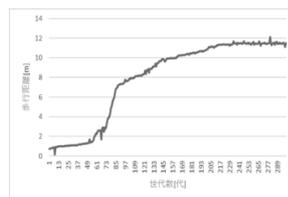


図6 世代別平均歩行距離

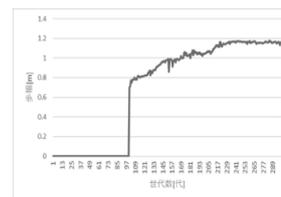


図7 世代別平均歩幅

5.1 平均歩行距離・平均歩幅

図6のグラフより、75 世代目から 85 世代目にかけて大幅に伸び、100 世代から 200 世代まで微増している。200 世代辺りで 11.4m に収束している。これは最適解が決定し、これ以上の遺伝子の向上がないためである。

図7のグラフより、歩幅評価はある程度歩行が可能後に評価したため、101 世代目から評価している。

評価を始めて 225 世代目まで多少の増減はあるが、300 世代目までに 1.18m 程度に収束しているのが分かる。

第6章 考察

実験結果より、収束する際に歩行距離が 70 から 90 世代目にかけて急伸びしている。これは、両足の歩行周期が半周期ずれている^[6]特徴を脚部に適用したことで、両脚部を対照的に評価することができ、早期に歩行パターンに合った遺伝子型が現れたからであると考えられる。また、収束した歩幅値は実測値とくらべて誤差が $-0.07m$ であった。225 世代周辺から値の変化がないことから交叉や突然変異による探索が限界であると考えられる。

本研究では歩行類似運動生成の評価対象が関節の可動方向、角速度のみであった。より最適な解を探索するためには評価対象を増やす必要がある^[7]と考えられる。

第7章 結論

遺伝的アルゴリズムを用いることで類似歩行生成を行うことができた。今後の展開として、上肢を組込んだ評価を用い、より人に近い類似歩行生成研究が挙げられる。

参考文献

- [1] 前川景示, 玉置久, 喜多一, 西川禧一. “遺伝的アルゴリズムによる巡回セールスマン問題の一解法”. 計測自動制御学会論文集, 1995, p. 598-605.
- [2] Homaiyar, A. “The N-queens problems and genetic algorithm”. Proc IEEE SOUTHEASTCON, 1992.
- [3] 川路茂保, 小笠原健一. “二足歩行ロボットの最適運動軌道計画”. 電気学会論文誌, 2001, p. 282-289.
- [4] 山崎信寿. “Primate Bipedal Walking”. 日本霊長類学会, 1979, p. 337-349.
- [5] 長谷和徳・山崎信寿. “神経振動子と遺伝的アルゴリズムを用いた実 2 足歩行類似運動の生成”. 計測自動制御学会論文集, 1997, p. 448-454.
- [6] 遠藤謙, 前野隆司, 北野宏明. “進化的計算手法を用いた 2 足歩行ロボットの形態と歩行パターンの生成-3 次元モデルを用いた手法の確立-”. 日本ロボット学会, 2002.
- [7] 小野徹郎. “知能生物に基づいた GA サーチ 遺伝的アルゴリズムによる構造信頼性評価法に関する研究 その 1”. 日本建築学会構造系論文集, 1995, p. 45-42.