

CPG 型学習システムを用いたヒューマノイドロボットの歩行動作の獲得

情報科学科 松原 弘晃

指導教員：小林 邦和

1 はじめに

近年ロボットについての研究が盛んに行われている。その中でもヒューマノイドロボットは人間に身体構造が類似していることから、生活空間における人間の動作をロボットに適用できる利点があり、日本が大きくリードする開発分野である。本研究では、CPG(Central Pattern Generator) モデル [1] と、遺伝アルゴリズム [2] を組み合わせた CPG 型学習システムを利用することでシミュレーションにおける上半身付きロボットの歩行動作の獲得を行う。 [3]

2 CPG 型学習システム

< 2・1 > CPG モデル CPG は、生物のリズム運動を制御していると考えられている神経系であり、複数の制御結合を持つ神経振動子と呼ばれる多数のニューロンモデルから構成される。神経振動子は以下の微分方程式で表される。

$$\tau_i \dot{u}_i = -u_i + \sum_{ij=1}^{12} w_{ij} y_j - \beta v_i + u_{0i} + F_{eedi}(x, \dot{x}, F_g(x, \dot{x})) \quad (1)$$

$$\tau_i \dot{v}_i = -v_i + y_i \quad (2)$$

$$y_i = f(u_i) \quad (f(u_i) = \max(0, u_i)) \quad (i = 1, \dots, 12) \quad (3)$$

ここで、 u_i , y_i , u_{0i} , v_i はそれぞれニューロン i の内部状態、出力、外部入力、内部状態の自己抑制因子を示す変数を表しており、 τ , τ' は時定数、 w はニューロン間の結合定数、 β は定数を表す。

F_{eedi} は感覚器によって伝えられる筋骨格系の運動に関する知覚情報であり、関節角度 x 、角速度 \dot{x} 、脚が地面についたかどうかを検知する情報 $F_g(x, \dot{x})$ に、係数 $a_i (i=1, \dots, 8)$ をかけた式で構成されている [1]。そこで遺伝アルゴリズムをパラメータ最適化に使用することで、歩行を行うために適している係数 a_i を求めていく。

< 2・2 > 遺伝アルゴリズム (GA) 進化計算の一種であり、生物が環境に適応して進化していく過程を工学的に模倣した学習的アルゴリズムである。自然界における生物の進化過程では、ある世代を形成している個体の集合の中で環境に適応した個体が高い確率で生き残り、次の世代に子を残す。このメカニズムをモデル化し、環境に対して最もよく適応した個体、すなわち目的関数に対して最適値を与えるような解を求めようというのが GA の概念である。

3 計算機シミュレーション

シミュレーションを行う際に定義した GA の条件を表 1 に示す。選択は歩行距離が長い上位 10 個の遺伝子コードを選ぶエリート保存戦略を使っている。交叉は上位 10 個の遺伝子コードをそれぞれ 3 つ複製する。突然変異は複製した 3 つの遺伝子コードの 8 個の遺伝子のうちランダムに 2 個変化させる。これを終了条件を満たすまで繰り返す。シミュレーション環境は OpenDynamicsEngine と呼ばれる 3 次元動力学シミュレータを使用した。CPG は多賀モデルを参考にした [1]。

表 1 パラメータ設定

Parameter	Value
Generations	100
Population	40
Learning target	$a_i, i=1, \dots, 8$
Sampling time	3ms
Evaluation	Walk distance
End condition	Walk distance > 5m
Mutation probability	1/4

4 結果

計算機シミュレーションにおいて CPG 型学習システムを用いてヒューマノイドロボットの歩行動作の獲得を行った。世代数と歩行距離の関係を表す結果を図 1 に示す。図 1 から世代数が増えるにつれて歩行距離も伸びているので、学習できている事が分かる。

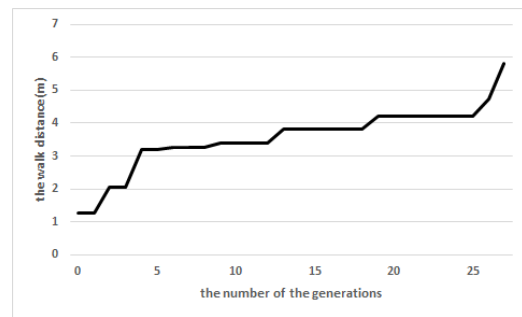


図 1 世代数と歩行距離の関係

5 まとめ

本研究では CPG 型学習システムを用いる事でシミュレーションにおけるヒューマノイドロボットの歩行動作を獲得した。しかし、本研究では遺伝アルゴリズムの評価基準を歩行距離しか考慮していないので、歩行動作は改良の余地がある。今後の課題として、身体の安定性も遺伝アルゴリズムの評価に取り入れることで、歩行動作の改良を目指す。また実機のヒューマノイドロボットの歩行動作を獲得する事も目指す。

参考文献

- [1] G. Taga, Y. Yamaguchi, and H. Shimizu, "Self-organized Control of Bipedal Locomotion by Neural Oscillators in Unpredictable Environment", *Biological Cybernetics*, Vol.65, pp.147-159 (1991)
- [2] D. E. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Longman Publishing (1989)
- [3] 松原 弘晃, 小林 邦和: "CPG 型強化学習システムを用いたヒューマノイドロボットの歩行動作の獲得", 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.F1-3 (2014)