

5K-04 CG を用いた同形モジュールロボットの 3 次元構造進化システム

河野広伸 (慶應義塾大学理工学部)、萩原将文 (慶應義塾大学理工学部)

本稿では、3次元空間におけるロボットの構造進化システムを提案する。生物の進化的な構造獲得に着目することで、仮想環境に適応するロボット構造の獲得が可能である。進化手法として遺伝的プログラミング (GP) の枠組を用いている。

1 はじめに

工業社会の発展により、工業製品は高機能化し多様化が進んでいる。一般的に機械構造の設計には、人間によるモデルの構築が困難、革新的な新しい構造を得ることが困難、などの問題点がある [1]。

これに対し、機械の構造決定に生物の進化的な構造獲得を取入れた研究が行われている。澤らはマシンを仮想環境内で進化させるシステムを提案した [2]。これは、環境に適した構造獲得が可能だが、一次元文字列遺伝子を用いているため、一次元的な構造しか獲得することができない。また、物理的な制限があまり考慮されていない、パーツの自由度が大きすぎ非現実的な構造が獲得されることがあるなどの問題点がある。

そこで、同形モジュールで構成されるロボットの 3 次元構造進化システムを提案する。ロボット個体の構造は木構造で表現し、進化手法として GP [3] を用いた。ここで、同形モジュールとは機能は異なるが形が全く同じような機能パーツのことを表す。同形モジュールを用いることでより現実的な構造の獲得を目指す。

2 3 次元構造進化システム

2.1 進化システムの概要

ロボットは幾つかのモジュールを構成要素とする。各ロボット個体は遺伝子として表され、その情報から構造や構成を一意に決定することができる。

図 1 にシステムの概略図を示す。システムは全モジュールの種類と環境の 2 つを入力として受け取

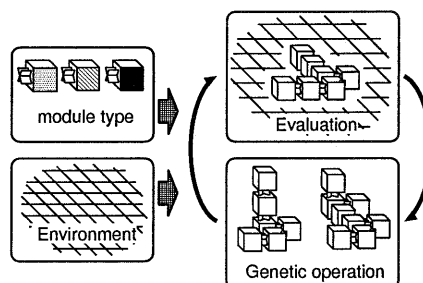


図 1: システムの概略図

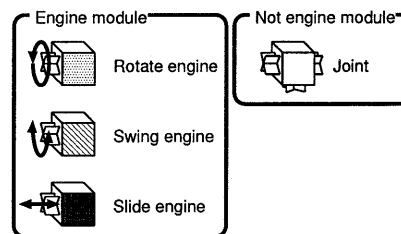


図 2: 使用したモジュール

る。ここで入力されたパーツの種類から初期個体群が生成される。各個体は仮想環境内に適応できるかが評価され、その情報を元にして遺伝的操作が適用される。これらを繰り返す事で構造進化が実現される。

2.2 遺伝子へのコーディング

個体の情報を格納する遺伝子の各要素には、モジュールの種類と接続情報の 2 つがコーディングされる。接続情報はそのモジュールの次に接続されるモジュールを表している。

2.3 遺伝的操作

遺伝的操作としては交叉、突然変異、重複を用いた。交叉は遺伝子の部分木の交換、突然変異は情報の書換え、および新規モジュールの追加により実現した。また、重複とは遺伝子内のある部分を複製し同一遺伝子内に付加する操作である [4]。実際には、あるノードの下の部分木を複製し、そのノードの別

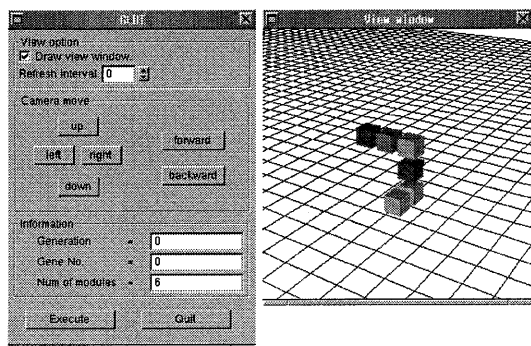


図 3: ユーザインタフェースの様子

の子として接続させた。

3 適用例

実際の適用にあたり、モジュールの形は立方体とした。図 2 に使用したモジュールを示す。モジュールの種類としては、回転エンジンと振り子エンジン、スライドエンジンの 3 つのエンジンとジョイントモジュールを用いた。エンジンはその次に接続されているモジュールを駆動させる。ジョイントは複数のモジュールを接続する事ができる。

4 計算機シミュレーション

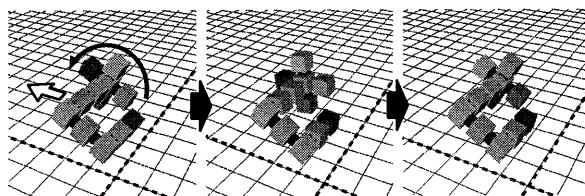
様々な仮想環境において個体を進化させる計算機シミュレーションを行った。図 3 に、ユーザインタフェースを示す。

図 4 に、シミュレーション実験の結果、獲得された個体の例を示す。各図には個体中のエンジンによる動きと、個体全体の大まかな進行方向が矢印で表されている。

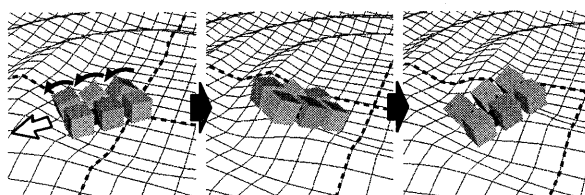
図 5 に、環境変化による段階的進化の結果を示す。ここでは、一度ある環境において進化させた個体を、別の環境に投入してさらに進化させた。

5 結論

本稿では、同形モジュールで構成されるロボットの 3 次元構造進化システムを提案した。GP を用いることで、設定された仮想環境内に適応するロボット構造を獲得する事が可能となった。シミュレーションにより、それぞれの環境に適応した構造の進化が確認された。



(a) 進化個体の例 1(平面)



(b) 進化個体の例 3(波面)

図 4: シミュレーション結果

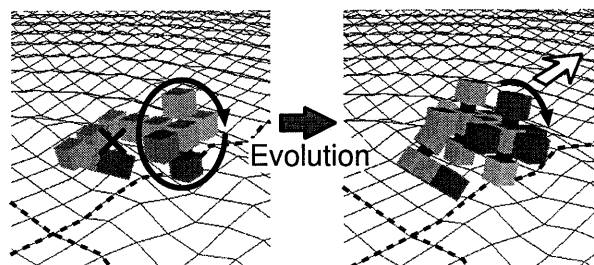


図 5: 環境変化による段階的進化

参考文献

- [1] 吉村允孝, 清水義仁: “生物の進化を模擬した創生的機械システム設計”, 機論 (C), vol.61-589, pp.3789-3797, 1995.
- [2] 澤亮治: “CG を用いたマシンの 3 次元構造進化システム”, 電子情報通信学会論文誌 C, vol.121, no.2, 掲載予定, 2001.
- [3] 伊庭斉志: “遺伝的プログラミング”, 東京電機大学出版局, 1996.
- [4] Susumu Ohno: “Evolution by Gene Duplication”, Springer-Verlag, 1970.