

遺伝的アルゴリズムによる3次元形状モデルの進化的生成

菅河 雅哉[†] 米元 聡[†]九州産業大学大学院情報科学研究科[†]

1. はじめに

物体形状や画像を計算機により自動生成するアプローチは、ゲームマップの生成や、キャラクターの形状デザイン、テクスチャのデザインなどで用いられ、プロシージャル技術として近年盛んに研究されている。また、以前より対話型進化計算(IEC)による意匠デザインを目的とした生成手法[1]や、進化計算に基づくアート作品の生成、L-systemによる樹木の生成などにおいて多くの進化的生成手法が開発されている。

本研究では、1つの物体を生成の対象とする。まず、物体を表現するための3次元形状モデルの検討を行い、進化計算を用いた形状モデルの生成手法の実現を目指した。3次元形状モデルには様々なものが存在するが、本研究では、進化計算時に扱いやすい形状モデルの検討から始めた。そのような形状モデルに求められる性質としては、表現能力を高めるために複数のパーツから構成できること、少ないパラメータ数で「曲げ」などの大局的な形状を表現できること、交叉、突然変異などの遺伝子操作時に、親から子(子孫)への形状の遺伝が容易に表現できることなどが挙げられる。

2. 3次元形状モデル

本研究の3次元形状モデルについて説明する。物体は1つ以上のパーツから構成される。いくつかの形状プリミティブを組み合わせグルーピングすることでパーツを表現し、パーツ間の接続関係を物体の構造制約として定義しておく(図1)。図の数字は各パーツの接続数を表している。形状プリミティブとして、一般化円筒に基づく表現を採用する。これより、*deformable*な軸を表現でき、大局的な形状として曲げを表現できる。ただし、簡単のため断面形状は円とし、複

雑な断面形状は扱わないものとする(図2)。また側面形状は曲線セグメント群を用いて表現することも可能であり、比較的少ないパラメータで表すことができる(図3)。図の数字は用いたセグメント数を表しており、用いるセグメント数で側面形状の複雑さを制御することができる。

パーツ間は強い構造制約により接続するものとする。ただし、パーツ同士をつなぐ接続部分に変更可能とする。つまりパーツは接続する形状プリミティブを変更したり変形したりすることで多様な形状を表せるようにする。また形状プリミティブの数も可変とし、進化計算によって組み替えられる前提とする。各パーツの大きさ(アスペクト比)は物体モデルの性質に合わせて全体的に調整される。

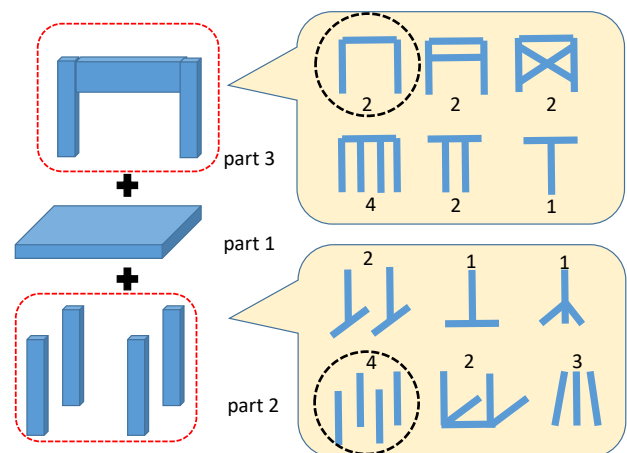


図1. 物体の構造制約とパーツ



図2. 形状プリミティブの変形例

Evolutionary generation of 3D shape models by genetic algorithm

[†]Masaya Sugawa, Satoshi Yonemoto

[†]Graduate School of Information Science and Technology, Kyushu Sangyo University

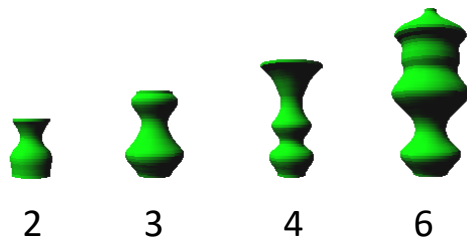


図 3. 曲線セグメント群による側面形状生成

3. 進化的生成

ユーザが行う操作は事前に物体の構造を決定する（インタラクティブなツールを用いて作成したい物体の構造制約，基本となるパーツを入力する），生成された形状の中から好きなものを選択する，の2つの操作である．

本研究では，全体的な構造はユーザにより事前に決定されるため，トポロジーの変化はパーツ内に限定される．例えば物体が「椅子」の場合，3，4つのパーツから成り，その接続関係は変わらないが，パーツである脚の部分に関しては1～4本と変わることがある．

物体の形状を進化的に生成するために，遺伝的アルゴリズム (GA) を用いる．物体の候補が個体に相当し，パーツ内の形状プリミティブの変更および変形が個体のもつ性質（すなわちパラメータ）に応じて行われる．適応度には，有限要素法などで用いる力学的特性の評価やユーザの主観評価などは反映せず，ユーザの指定した構造制約を基準として定義する．すなわち，構造制約を満たせば，パーツの変更，変形を通して多様な形状をとることができるが，明らかに制約を満たさないパーツが配置された個体は適応度が低くなり淘汰される．

4. 生成実験

進化的生成の実験では，比較的単純な形状である椅子，容器などを物体の例とした．椅子は複数パーツを接合した物体の典型例である．実験では，まずベースとなる物体を3次元形状モデルとして作成した．次に，この物体を参考に構造制約の定義を行った．椅子の例では，図1に示すように3～4個のパーツから成る物体とした．この例では側面形状は固定とした．図4に物体の生成結果を示す．実験では，基本となる

パーツをいくつか用意し，これらを初期集団として含めた．GAを用いれば，原理的には初期の遺伝子をランダムに与え制約を満たす任意のパーツを創作することが可能であるが，これでは膨大な種類のパーツを扱うことになり進化に要する時間もかかりすぎてしまう．そこでパーツの典型例をあらかじめ初期集団の中に加えるアプローチをとった[2]．これより，パーツは初期集団の子孫のみが表現されることになり，形状の発散を抑制することができる．また，容器は2個のパーツから成る物体として，側面形状の曲面による生成を適用した．

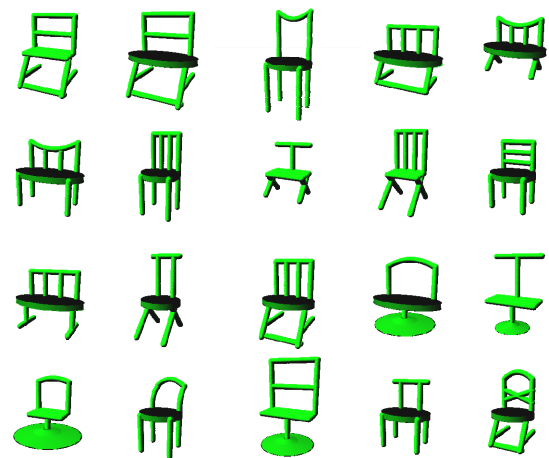


図 4. 物体（椅子）の生成結果

5. おわりに

本研究では，進化計算を適用可能な3次元形状モデルの検討を行い，実際に物体の進化的生成を試みた．今回，数種類の物体について進化的生成を実現したが，任意の形状の物体を扱うにはまだ改良の余地がある．現在の方法では，物体ごとにパーツ候補をあらかじめ初期集団に加える必要があるが，ベースとなるモデルのパーツから進化によりパーツを自動生成するなどの対策が必要となる．

参考文献

- [1] 西野ら，対話型進化計算を用いた創作支援型3次元モデラ，電子情報通信学会論文誌，vol. J85-D-II，No. 9，pp. 1473-1483，2002.
- [2] K. Xu, etc. Fit and diverse: set evolution for inspiring 3D shape galleries, ACM Transactions on Graphics, vol. 31, no. 4, 2012.