九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

対話型進化計算を利用した3次元モデル作成の一手法

賀川，経夫
大分大学工学部

西野，浩明
大分大学工学部

宇都宮，孝一
大分大学工学部

髙木，英行
九州大学大学院芸術工学研究院 ： 教授

https://hdl.handle.net/2324/1670077

出版情報：ファジィシステムシンポジウム講演論文集. 20, pp.697-700, 2004-06-02. 日本知能情報ファジィ学会
バージョン：
権利関係：

対話型進化計算を利用した3次元モデル作成の一手法

A Method of 3D modeling using Interactive Evolutionary Computation

賀川 経夫 Tsuneo Kagawa　西野 浩明 Hiroaki Nishino　宇津宮 孝一 Kouichi Utsumiya
大分大学工学部 Oita University

高木 英行 Hideyuki Takagi
九州大学大学院 Kyushu University

Abstract: We propose a new 3D modeling method using deformation of real objects scanned by range finders. A 3D object obtained by the range finder is typically represented as a triangle mesh representation (a set of polygons) in the computer. First, we show a method for transforming such 3D polygon data into a 2D gray scale image format using Fourier series. Then, the proposed method allows users to easily perform some 3D geometric operations such as deformations, shape blending and texture mapping by editing and retouching the corresponding 2D image. A method called interactive evolutionary computation (IEC) is adapted to realize the method. The users can easily find a new 3D model easily.

1. はじめに

コンピュータの高速化とソフトウェアの高機能化により，コンピュータグラフィックス（Computer Graphics）技術は，ゲームや遠隔教育などの多くの分野で活用されている．これに伴い，３次元コンピュータグラフィックスで利用するモデル形状の造形操作を容易に行なうことができる手法やツールの開発に対する要望が高まっており，これまでに多くの研究がなされている[1]．しかしながら，３次元モデルのデザインに関しては，ユーザの意図したものを簡単に実現する機能は必ずしも充実しているとはいえない．

レンジファインダで計測した3次元計測値は，通常，三角形メッシュ（ポリゴンの集まり）としてその形状が表現される．三角形メッシュとして得られた物体形状を幾何モデルに変換する手法も数多く提案されてきたが，得られたモデルに造形や変形操作を施すことは，いまだに困難である．そこで，本研究では，図１に示すように，レンジファインダで計測したポリゴンモデルを輪切りにして３次元モデルを表現する手法に取り組んでいる[2]．本手法では，各輪切り断面をフーリエ級数に変換することにより多様な変形操作を実現しているが，このモデルのもう一つの大きな特徴として画像処理を利用して３次元モデルの変形が可能であるということが挙げられる．

本論文では，このモデルを利用した３次元モデルの作成方法について述べる．本手法では，ユーザが選択した３次元モデルに対して，様々な画像処理を組み合わせることにより，多様な変形を実現する．さらに，曖昧で主観的なユーザの好みに柔軟に対応することができるように対話型進化計算（Interactive Evolutionary Computation，以下 IEC）を利用する[3]．このように，３次元モデルに様々な変形や着色を行なうことにより所望する３次元モデルを直観的に作成することができる．

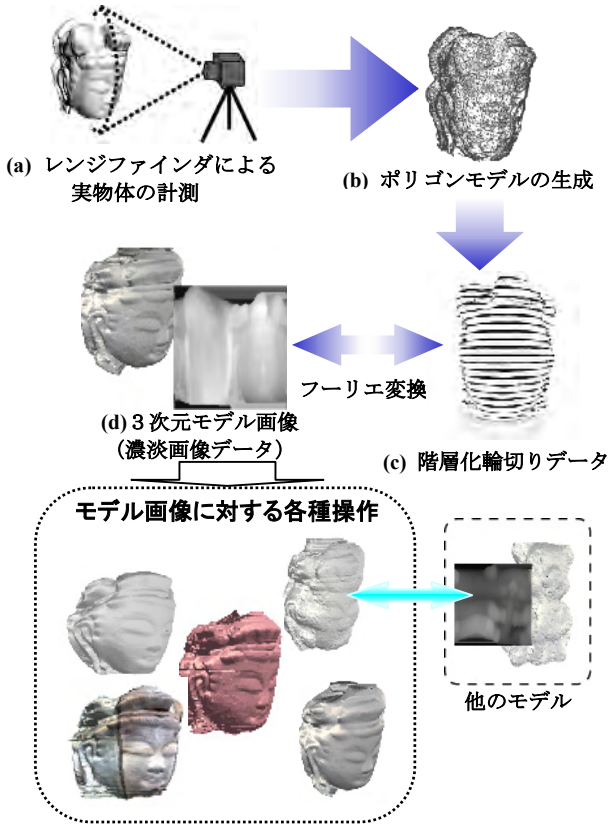


図1　モデル画像による造形操作

2. ３次元モデル

2. 1. ３次元モデル

本手法では，図１（c）のようにポリゴンで表現された３次元モデルを，等間隔に輪切りにすることにより，２次元輪切り線（断面図）の積み重ねとして扱うことができる．以下に輪切り線への変換アルゴリズムを述べる．

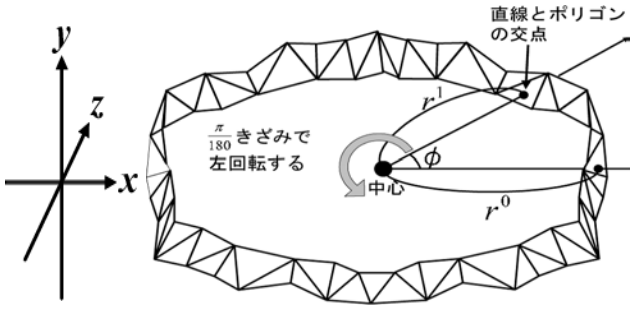


図2　輪切り処理

(1) ３次元データの中心軸を決定し，その軸が x-z平面に垂直になるようにモデルを回転する．任意のy_iについて，すべてのポリゴンから$Y=y_i$平面と交差するポリゴンを取り出す．

(2) 図２に示すように，反時計回りにきざみ角ϕずつ回転する直線と（１）で取り出したポリゴンとの交点を計算し，中心からその交点までの距離r_i^k（k=0,1,⋯ ,$2\pi/\phi$-1）を算出する．この処理によって得られた点を順に結んだものが$Y=y_i$平面に対する輪切り面（断面図）になる．この処理を輪切り線数m回繰り返す．

輪切りにより，３次元データは$2\pi/\phi$個の距離データr_i^kを要素とするm個のベクトルの集合として表現される．

2．2．モデル画像

積層されたフーリエ輪切り面で表現された3次元データは，図３に示すように各輪切り面を表すi成分（$0 \leqq i \leqq m-1$）とその復元きざみ角γによる回転を表すk成分（$0 \leqq k \leqq (2\pi/\gamma)-1$）における距離値$r_i^k$を階調値とする２次元画像データとして捉えることができる．以後，図３の全ての距離データを256階調の濃淡値に変換したものをモデル画像と呼ぶ．図４にモデル画像の例を示す．なお，本手法で扱う全てのモデルについて，輪切り回数m=200，輪切りきざみ角$\phi=\pi/360$，復元きざみ角$\gamma=\pi/100$，フーリエ級数の最終項n=180である．したがって，モデル画像の解像度は，200×200画素となる．また，対応する頂点が存在しない場合は，画素値を微小な一定値とする．

3．造形操作

3．1．画像処理を用いた造形操作

３次元モデルの各頂点とモデル画像中の各画素は一対一に対応する．したがって，モデル画像に対して，一般的なスムージングなどの画像処理がそのまま３次元モデルに適用できる．つ

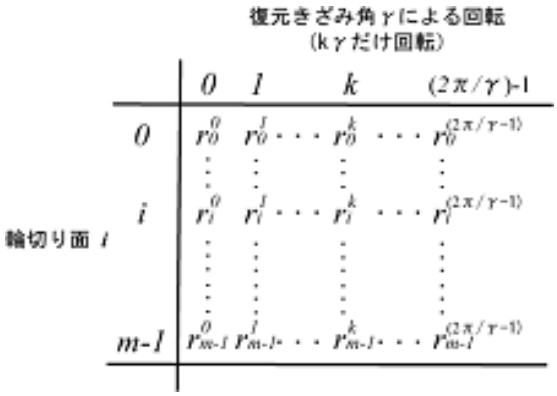


図3　モデル画像

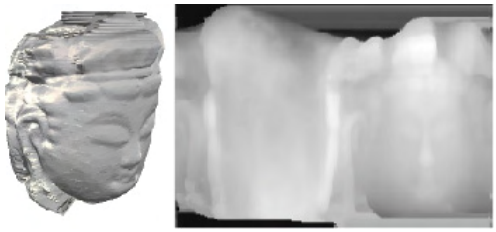


図4　モデル画像の例

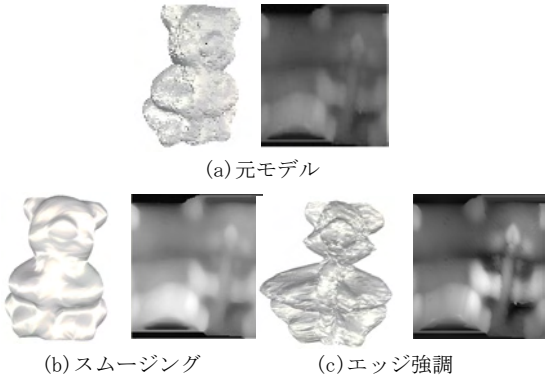
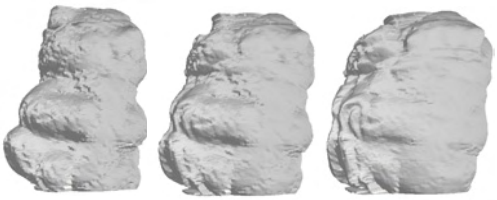


図5　モデルの変形

まり，画像処理による３次元モデルの造形や変形操作が可能である．ここでは，平滑化に代表されるフィルタを適用する処理と算術関数を重ね合わせる処理について説明する．

(１)フィルタの利用

スムージングやエッジ抽出においては，４近傍や８近傍のフィルタが適用される．本手法においても，モデル画像に対して様々なオペレータが適用可能である．モデル画像に対して平滑化処理の１つであるメディアンフィルタを適用し，その結果を３次元モデルに反映させる．メディアンフィルタは，画像中の注目画素とその８近傍から求めた画素値の中央値を注目画素の新たな濃度値とするものであり，画質を損なわずに平滑化をすることができる．したがって，幾何形状を劣化させずにモデル表面の平滑化が可能となる．図



α=0.25　　α=0.5　　α=0.75

図６　モーフィング

５(a)のモデルに対してメディアンフィルタを５回適用した例を同図(b)に示す.

(２)算術関数の利用

本手法では，モデルの各断面がフーリエ級数を利用して表現されているために各種の数学関数との親和性が高い(詳細は文献[2]を参照）．例えば，モデル画像中の各距離値r_i^kにsin関数を重ね合わせることにより，図５(b)のように凹凸を強調する処理が可能である.

3．2．モーフィング

複数モデルの混合やモーフィングの機能は，形状デザインにおける強力な手段として多くの手法が提案されてきた．モーフィングの実現には複数モデル間で混合や補間演算のための幾何学的な対応づけが必要であり，そのための有効な手法の開発が大きな課題となっている.

本手法では，複数モデル間で同一の輪切り回数mと輪切りきざみ角ϕでのサンプリングが行なわれていれば，形状が全く異なるモデルに対して同一解像度のモデル画像が生成できる．そこで，両者の対応する画素間で補間演算を実行すれば，異なるモデル形状間で滑らかなモーフィングを容易に実現することができる．図６に示すモーフィングの例は，熊のモデル画像を$F(i,j)$，石仏のモデル画像を$G(i,j)$として以下の演算を施したものである.

$$H(i,j) = \alpha F(i,j) + \beta G(i,j) \quad (\text{ただし}\ \alpha + \beta = 1)$$

ただし，$F(i,j)$はモデル画像中の画素値を表す.

さらに，モーフィングにおける画像間の対応は一意ではなく，自由に変化させることができるため，適当な対応づけにより多様なモーフィング処理を容易に実現することができる.

図７　テクスチャマッピング

3．3．テクスチャマッピング

モデル画像中の画素に対して適当な*RGB* 値を対応させることにより，３次元モデルへの着色ができる．したがって，図７のようにモデルの色情報も画像の形式で表現される．さらに，色情報を適当なテクスチャ画像に変えることにより，テクスチャマッピングを容易に行なうことができる．また，モーフィングと同様にテクスチャ画像との対応付けを適宜変化させることにより様々なテクスチャを貼り付けることが可能である.

4．対話型進化計算

本手法では，主観的なユーザのイメージに柔軟に対応できるように遺伝的アルゴリズム(GA)に基づくIECを利用する．IECは，遺伝子としてコーディングされた対象に対して，交叉，突然変異というGA操作を繰り返しながら，ユーザが各世代の遺伝子に適合度を直接与えることができ，計算機上では記述し難い問題解決を行なうことができる.

図８にIECの枠組みを示す。本手法では，３節で挙げた（１）画像処理，（２）モーフィング，（３）テクスチャマッピングと着色処理におけるパラメータ（処理を行なうか否かを含む）を遺伝子としてコーディングし，進化シミュレーションを進めていく．各世代では，遺伝子コードに従ってモデル画像に対する様々な処理が適用される．また，モーフィングを行なうための３次元モデルやテクスチャマッピングのためのテクスチャ画像などはあらかじめユーザが気に入ったものを与えておき，それらの選択操作もGAで実行する.

図９に本手法のインタフェースを示す。ユーザは気に入ったものに対して適当な適合度を与えることによりインタラクティブに所望する３次元モデルを作成することができる.

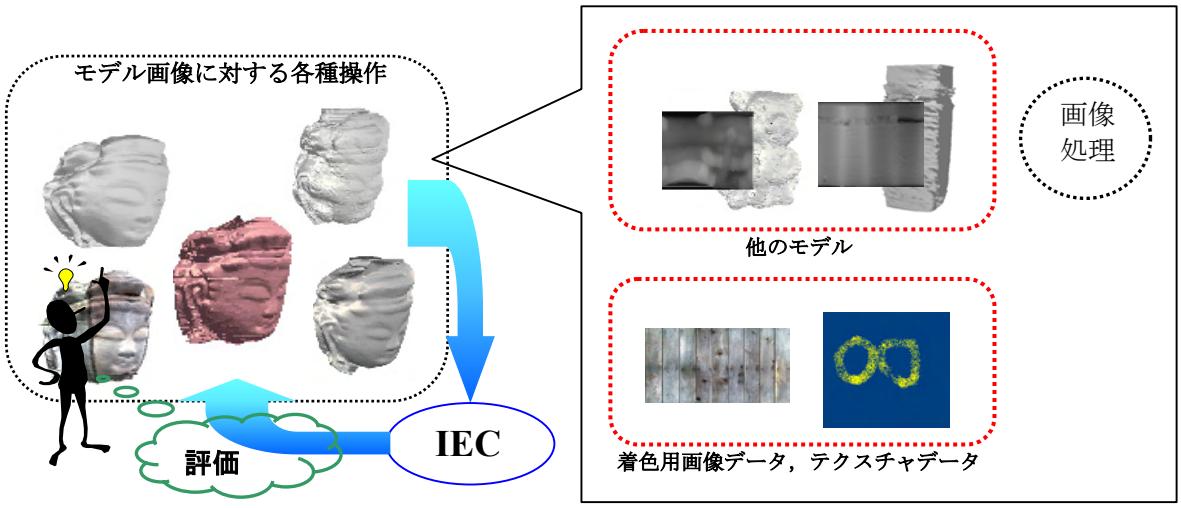


図８　対話型進化計算

図９　インターフェース

5. おわりに

本論文では，３次元モデルを画像として捉え，それらに対して様々な処理を適用することにより新たな３次元モデルを作成する手法について述べた．利用者がレンジファインダで取り込んだ３次元モデルを素材としたデザインや３次元モデルを用いたモンタージュシステムへの応用など，３次元CG作成の経験や技能をさほど必要としない新たなモデリング手法として有効である．造形操作の制御にIECを導入することにより，ユーザの意図を即座に反映することができる柔軟な手法を構築することができる．また，GA独特の突然変異などの考え方により，ユーザにとって予期できない形状の出現が期待できる．また，本手法ではレンジファインダで取り込んだ３次元形状を素材として３次元モデルの作成を行なっているが，IECにより全く新しい形状を作成する手法にも取り組んでおり，有効な成果を得ている[4].

今後の課題として，モデルの表現能力の向上があげられる．現状では，輪切り線の距離値が定まらない場合（断面が開曲線）や逆に距離値が複数存在する場合（ドーナツ形や凹凸の激しい複雑な曲線等）には，本手法が適用できない．現在では簡略化した各モデルに対して変形を行なうといった手法の開発を検討している．

さらに，本手法を実際の３次元モデルのデザインに適用し，詳細な評価を得る必要がある．その評価を基に市販の画像処理ツールとの併用に有効な機能を付加することも重要である．また，提案手法とFFD[1]などの３次元直接変形を組み合わせた新しい造形環境の構成法についても検討していきたい．

参考文献

[1] Thomas W. Sederberg and Scott R. Parry : Free-Form Deformation of Solid Geometric Models, Proc. ACM SIGGRAPH'86, pp.151--160, 1986.

[2]稗田正樹, 賀川経夫, 西野浩明, 宇津宮孝一：フーリエ級数を利用した３次元データ表現法とその応用－２次元画像フィルタによる３次元モデル造形法－，情報処理学会論文誌，Vol.44, No.11, pp.2873-2883, 2003.

[3] H.Takagi, Interactive evolutionary computation : Fusion of the capacities of EC optimization and human evaluation, Proc. IEEE, vol. 89, no. 9, pp.1275--1296, 2001.

[4] 西野浩明，高木英行，宇津宮孝一：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.

連絡先：
賀川 経夫
大分大学工学部知能情報システム工学科
〒870-1192 大分県大分市旦野原 700 番地
Phone: 097-554-7877／FAX:097-554-7886
E-mail: kagawa@csis.oita-u.ac.jp