

構造情報の重畳表示による一枚のイラスト画像からの3Dモデリングの簡易化

Simplification of 3D modeling from a single illustration by superimposing its structural information

安藤 聖真¹⁾ 前田 慶博¹⁾ 亀田 裕介¹⁾ 浜本 隆之¹⁾
Seima Ando Yoshihiro Maeda Yusuke Kameda Takayuki Hamamoto

1 はじめに

3Dプリンタや仮想現実、拡張現実の普及により、専門知識のない一般ユーザが3Dモデルを作成するシステムの需要が教育やエンタテインメントなどの分野において高まっている。一般的な3Dモデリングシステムでは複雑で非直感的なシステム操作や多くの専門知識が必要となる。それに対し、イラスト画像やスケッチなどの2次元情報を利用することで、モデリング過程を直感的で容易な操作で行うことを目的としたシステム [1, 2] が提案されている。

文献 [1] のシステムは、ユーザが2次元画面上に閉曲線を描くだけで、その曲線に対応した3Dモデルを作成できる。また、複雑な3Dモデルを作成する際には、既に作成した立体を回転させ、さらに閉曲線を加えて別の立体を組み合わせていく。このシステムでは、ユーザは事前に目標の3Dモデルを近似する立体の組み合わせを把握し、視点を変更しながら操作しなければならない。

この問題に対し文献 [2] のシステムでは、3Dモデルとして作成したい対象物体のイラスト画像を用いることで、単一視点の操作で3Dモデリングを可能としている。対象物体のパーツとなる立体の骨格や輪郭を制御する構造情報を直感的に描画・操作し、立体の接続関係等を入力することで3Dモデルが作成される。しかし、たとえば描画すべき構造情報の種類を事前に指示されたとしても、対象物体の構造情報を手動で適切に描画する必要がある。そのため、非熟練者や初心者など、描画が得意でない者は構造情報の適切な描画が困難であるという問題が生じる。この問題の一つの解決法は、描画のガイドとなる情報をユーザに提示することにあると考えられる。

本稿では、文献 [2] のシステムで、対象物体の各パーツに対する立体を作成する際に必要な構造情報をイラスト画像から自動抽出して重畳表示することで、描画操作を簡易化する手法を提案する。具体的には、まず事前にパーツ毎に領域分割したイラスト画像から、骨格や輪郭に対応する曲線や閉曲線を推定する。そして、各パーツの立体を適切な形状に編集するために必要となる制御点を各パーツのイラスト画像から推定する。そして、この構造情報を重畳したイラスト画像を提示する。

2 3Dモデリングシステム

文献 [2] の3Dモデリングシステムについて説明する。まず、3Dモデルを作成する際のガイドとなるイラスト画像を入力する。そして、入力したイラスト画像を基に、目標の3Dモデルの各パーツに対応したプリミティブモデルと呼ばれる単純な立体を作成し、その形状を編集する。次にプリミティブモデル間の角度や長さ、対称性、位置関係の指定を行う。以上の2段階の工程により、3Dモデルを作成する。本研究では、プリミティブ

1) 東京理科大学大学院 工学研究科 電気工学専攻
Graduate School of Engineering, Tokyo Univ. of Science

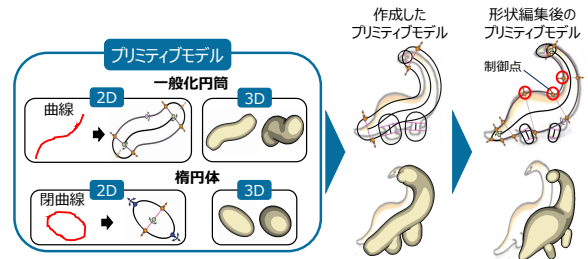


図1 3Dモデリングシステム [2] のプリミティブモデルのための構造情報；一般化円筒の軸の曲線、楕円体断面の閉曲線、輪郭形状を制御する制御点（赤線分に対応）

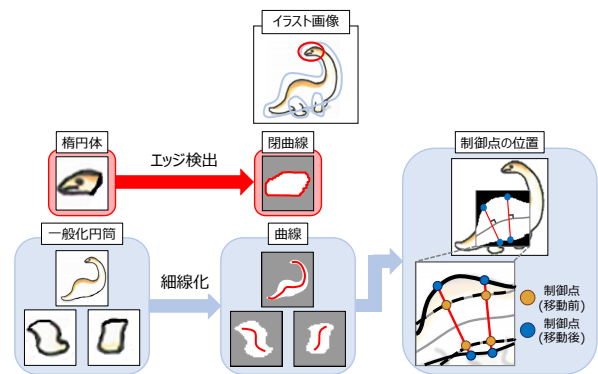


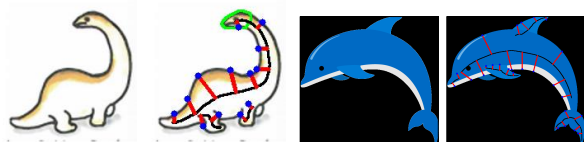
図2 提案法による構造情報抽出と重畳表示

モデルの作成と形状編集の過程について簡易化する。

文献 [2] のシステムで用いるプリミティブモデルは一般化円筒と楕円体の2種類であり、図1に示すようにそれぞれ異なる描画操作で作成される。一般化円筒は円筒とその円筒の両端に半球が結合した立体であり、円筒の中心軸となる曲線を引くことで一般化円筒が作成される。楕円体は楕円の軸を回転させて得られる立体であり、閉曲線を描くことで楕円に近似され、その楕円を基に楕円体を作成される。作成されたプリミティブモデルは図1に示すように制御点の位置を基に輪郭で表される。そして、この制御点を動かすことでプリミティブモデルの形状を編集する。制御点は、楕円体の場合は短軸、一般化円筒の場合は中心軸に対称となるように対となって配置され、対となる制御点同士を結んだ線分と共に表される。また、一般化円筒の場合のみ、制御点を追加することでより詳細な形状を表現することも可能である。本研究では、これらの曲線、閉曲線、制御点を構造情報と呼ぶ。

3 提案手法

提案手法の流れを図2に示す。最初にパーツ毎のマスク画像を求める。このとき、パーツ毎のプリミティブモデルの種類は既知とする。次に各パーツのマスク画像から、一般化円筒の軸となる曲線、または楕円体を作成す



(a) イラスト画像1 (b) イラスト画像2
(左:元画像, 右:重畳表示) (左:元画像, 右:重畳表示)

図3 評価用画像 (黒線:一般化円筒の軸となる曲線, 緑閉曲線:楕円体断面の閉曲線, 青点:制御点, 赤線:曲線を挟んだ両側の制御点を結ぶ線分(片側のみ表示))

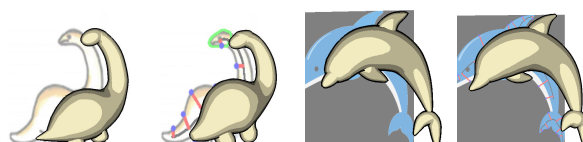
る閉曲線を抽出する。最後に、一般化円筒の形状を決定するために必要な制御点群の位置や数を抽出した曲線とマスク画像から推定する。以上により、イラスト画像からプリミティブモデルを作成するために必要な構造情報を自動抽出する。そして、構造情報を重畳したイラスト画像を提示することで、ユーザは構造情報の描画作業を簡易化できる。

まず各パーツのマスク画像に対し、Canny法[3]を用いてエッジ検出を行うことでパーツの輪郭を検出する。求めるプリミティブモデルの種類が楕円体である場合は、この輪郭を閉曲線とする。一般化円筒の場合は、パーツのマスク画像に対してスケルトン法[4]を用いて軸となる曲線を推定する。この手法は、領域の厚さを1画素に細線化する。この細線は、領域の中央部に位置するため、一般化円筒の軸となる曲線として扱うことができる。続いて、一般化円筒におけるパーツ細部の凹凸を再現するための制御点の位置を推定する。スケルトン法[4]で推定した曲線から一定間隔で両側に法線を引き、輪郭との交点を取得する。

4 評価実験

評価実験は、文献[2]のシステムの使用経験が無い20代男女9名の被験者に対して行った。文献[2]のシステムを用いて約10分の練習を行った後、図3に示す評価用の2種類のイラスト画像を基にプリミティブモデルを作成する。被験者の半数は、まず従来法同様にイラストのみの元画像1, 2からプリミティブモデルを作成し、数日空けて、提案手法の重畳表示イラスト画像1, 2から同様に作成した。もう一方の半数は、提案法と従来法の実施順序を逆にした。なお、各イラスト画像のパーツの数や箇所及び対応するプリミティブモデルの種類は事前に被験者に指示した。そして被験者が両手法で2種のプリミティブモデルを作成した後、アンケート(5段階評価)に回答してもらった。アンケート内容は、提案法と従来法についてイラスト画像毎に、質問1:プリミティブモデルの形状に大きな相違はないか、質問2:どちらが作成しやすかったか、質問3:曲線や閉曲線の情報が作成時に役に立ったか、質問4:制御点の位置の情報が作成時に役に立ったかの4つであり、各質問の点数は高いほど提案手法が、逆に低いほど従来手法が有用であることを意味する。

まず、被験者がプリミティブモデルを作成するまでにかかった平均時間を比較することで定量評価を行った。被験者が各画像を基にプリミティブモデルを作成した際の平均時間を表1に示す。表1より、イラスト画像1では従来手法に比べ提案手法の方が、作成時間の短縮ができていたことが確認できる。しかし、イラスト画像2ではほとんど作成時間の短縮は見られなかった。これは、



(a) イラスト画像1 (b) イラスト画像2

図4 作成された3Dモデルの一例
(各図左:従来手法, 右:提案手法)

表1 9名の被験者によるプリミティブモデルの平均作成時間(±標準偏差)

	イラスト画像1	イラスト画像2
従来手法	517(±118)秒	388(±58)秒
提案手法	282(±200)秒	385(±182)秒

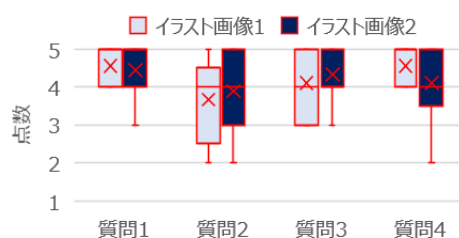


図5 被験者による5段階評価結果
(点数高:提案手法が有用, 点数低:従来手法が有用)

イラスト画像2の小さなパーツに対して、提案手法で推定した制御点の数が多く、操作が複雑になったためと考えられる。

次に、アンケート結果により定性評価を行った。被験者が回答した4つの質問に対するアンケート結果を図5に示す。図5より、2種類のイラスト画像において全ての質問で高得点の評価が得られていることが確認できることから、おおよそ提案手法に有効性があることが示された。なお、イラスト画像1において質問4が質問3より点数が高い理由は、ユーザにとって制御点の位置が曲線や閉曲線より予想しやすかったからであると考えられる。また、イラスト画像2に対する質問4において若干点数が低い理由は、前述の作成時間に関連して、イラスト画像2の制御点の位置がユーザの想定と異なったためと考えられる。

5 まとめと今後の課題

本稿では、文献[2]のシステムで用いる各パーツの3Dモデルを作成する際に必要な構造情報をイラスト画像から自動抽出する手法を提案した。また、評価実験を通して提案手法の有効性を確認した。今後の課題として、より操作量を減らすために、制御点の数を減らしても正確にプリミティブモデルを作成できる最適な制御点の位置を推定することが考えられる。

参考文献

- [1] Igarashi T. et al., "Teddy: A sketching interface for 3d freeform design," *SIGGRAPH '99*, p. 409-416, 1999.
- [2] Gingold Y. et al., "Structured annotations for 2D-to-3D modeling," *ACM Trans. on Graphics*, vol. 28, no. 5, pp. 148-157, 2009.
- [3] Canny J. "A Computational Approach to Edge Detection" *IEEE PATT A*, vol. PAMI-8, no. 6, pp.679-698, 1986.
- [4] Zhang T. Y. and Suen C. Y. "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Commun. ACM*, vol. 27, no. 3, pp. 236-239, 1984.