

## 研究課題別評価

1 研究課題名: 思考支援とコミュニケーションのための3次元CG製作・利用技術の開発

2 研究者氏名: 五十嵐 健夫

3 研究の狙い:

計算機による3次元コンピュータグラフィクス(CG)に関する研究は長く行われてきているが、近年映画やコマーシャルフィルムやビデオゲームに大量に利用されるなど、単にプロダクトとして美しい映像や動画を提示する手法に関しては成熟期を迎えているといえる。一方で、CGのコンテンツ作成は依然として困難な作業であり、技術を習得したエキスパートが膨大な時間をかけて作成しているのが現状である。例えば、3次元アニメーションを生成する際には、各コマにおける3次元モデルの位置や姿勢を基本的にすべて明示的に指定していく必要がある。CG研究者らの間でもこのようなCG作成にかかる労力の軽減が大きな研究課題として認識されはじめており、国内外、特に米国において活発に研究活動が行われている。しかし、これらの研究の対象はあくまでCG制作を専門とする技術者の労力低減および作業の効率化を目的としたものである。我々の研究の目的は、これらの取り組みをさらに一歩進め、ワープロや電子メールのような日常的な知的生産活動の道具として利用することのできる3次元CGモデルやアニメーションの構築・利用環境を実現することである。

4 研究成果:

研究を進めるにあたっては、アルゴリズムの開発と並んで、インタフェースのデザインが重要な課題となる。研究にあたっては、新しい手法に基づくプロトタイプシステムを個別に作成した後、自分達や外部のユーザによるテストを繰り返すことによって最適なインタフェースの設計を行った。できあがったシステムは使いやすい形にして外部に公開し、成果を社会に還元するとともに、得られるフィードバックを元に改良を進めてきた。

具体的な成果としては、以下のようなものが得られている。

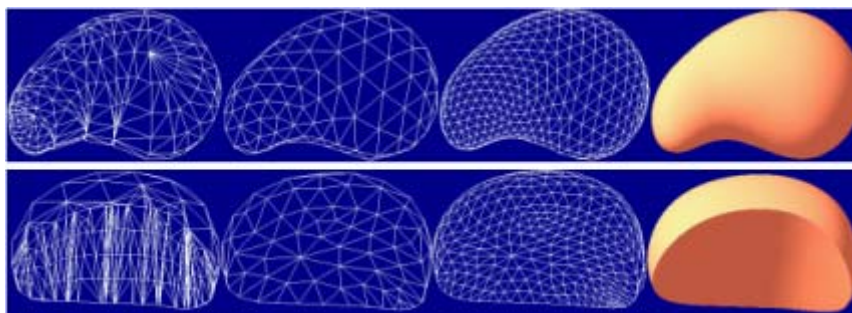
1). 形状を即座に表現する技術

これはいわゆる3次元モデリングに相当する項目である。

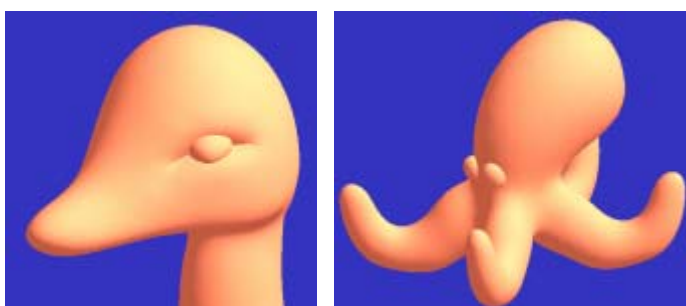
1-1) 手書きスケッチモデリングにおける滑らかな表面の表現

まず、提案者が過去に開発した手書きスケッチによるモデリングでは不完全であった滑らかで高品質なモデル表面の表現を追求した。これには、陰関数による表現などが有効と思われるが、単純な陰関数の利用では皺や尖った先端などが表現できないので、それらを表現できるような拡張を行った。また、元の手書きスケッチによるシステムでは、表現できる形状が限られていたので、皺やフィレットなど、より詳細な形状の表現が可能となるようにアルゴリズムおよびインタフェース

の拡張を行った。



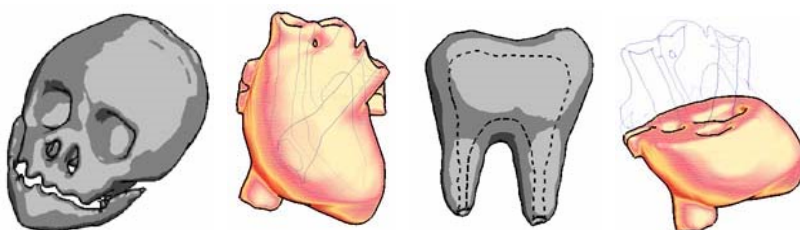
メッシュの生成プロセス。右から、初期生成、整形後、詳細化後、スムーズシェーディング



モデリング例

#### 1-2) 内部構造を持った形状の表現

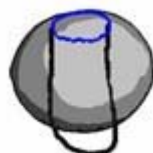
本研究では、内部構造を持つ物体をモデリングするためのスケッチベース手法を提案した。この手法では物体生成時に複数の輪郭線を定義したり、一時的な切断を行い、その断面にストロークを描きこんだりするなど、穴や空洞を持つ物体を定義するいくつかの操作が実装されている。また、ボリュームデータ構造を採用することにより、自己交差を起こすことなく物体のトポロジーを変化させることが容易に実現できる。また、エディット操作において必要な回転動作を自動化することによって、ユーザの操作が簡略化された。我々のシステムは、初心者にとっても非常に使いやすいものである。



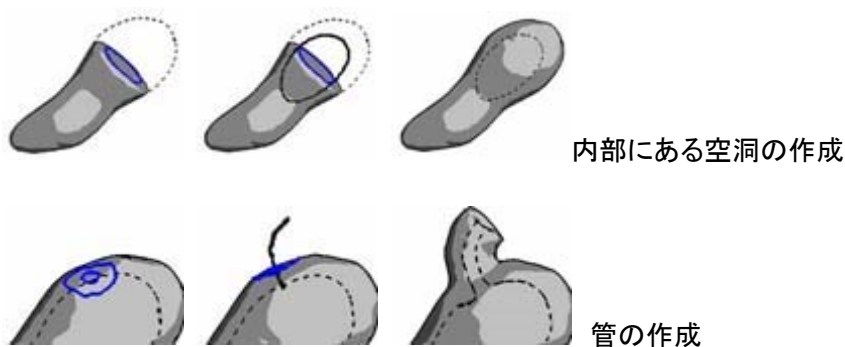
モデリング例



新規生成操作

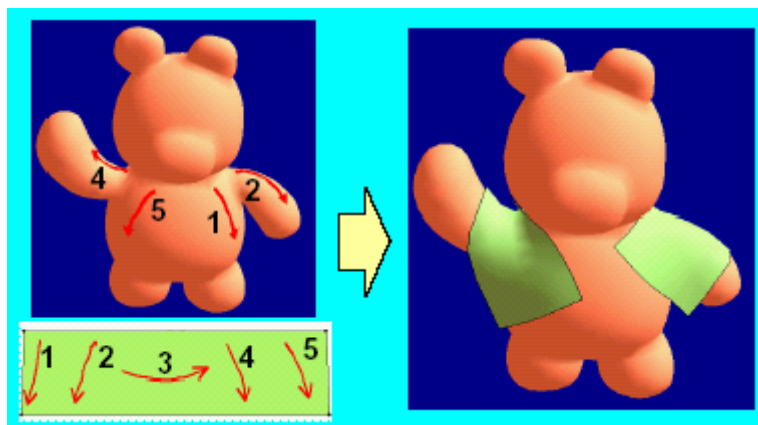


穴開け操作

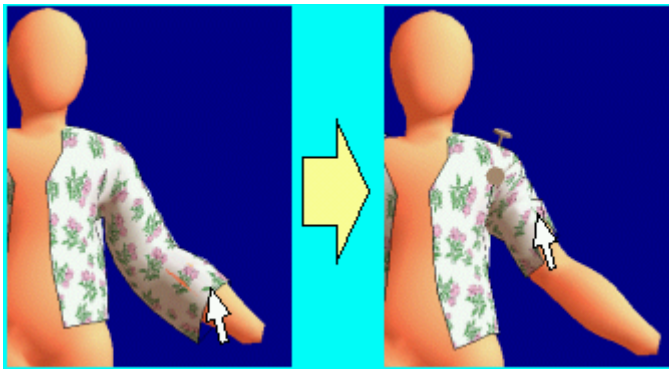


### 1-3) 衣服の形状表現

より複雑な形状表現の例として、衣服の形状表現についても研究を行った。現在、衣服の物理的なシミュレーションについては多くの研究が進められているが、ゼロから衣服の形状をデザインし、それを簡単に3次元CGキャラクタに着せつける、というインタフェースはいまだ未成熟であるので、この点についての技術開発を行った。これらは、CGキャラクタに手軽に服を着せるための道具として、あるいは実世界における衣装について議論する際のツールとしての利用が期待できる。具体的には2つの手法を提案している。第一の手法は2次元の衣服パターンを3次元キャラクタの上に着せるもので、キャラクタの表面と衣服の上に手書きの線を描くと、システムの方で対応する線同士が重なるように衣服をキャラクタの上に配置する。第二の手法は、着せた後の服の位置を調整するもので、服をつまんでキャラクタの表面上を移動することができる。通常の頂点のドラッグ操作とは異なり、マウスによる移動分をキャラクタの表面に沿って衣服全体に明示的に伝播することで、より大きな動きを実現することができる。



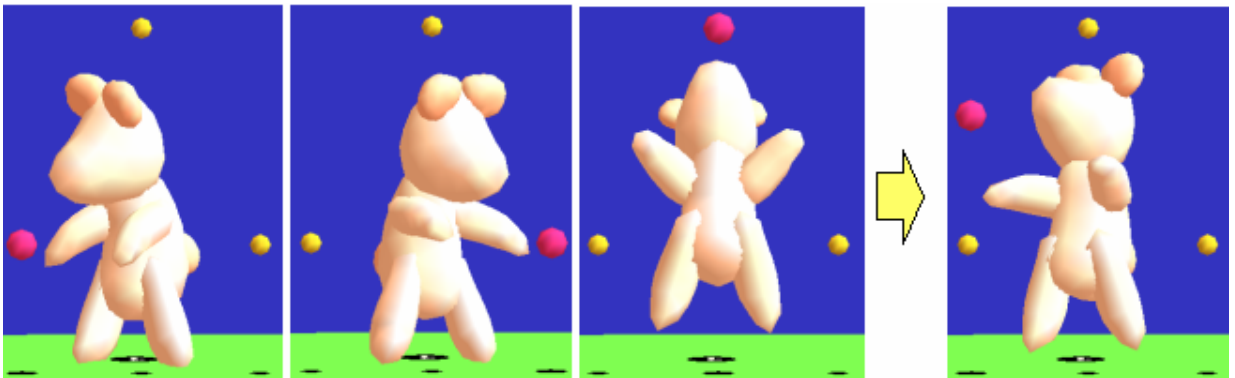
衣服の着せつけ



着衣後の衣服の操作

## 2) 動きを即座に表現する技術

これはいわゆるコンピュータアニメーションといわれる分野に関する研究である。現在、アニメーションの作成に用いられている手法としては、いくつかのポーズを指定して間を補完するキーフレーミング、詳細な物理モデルを元に計算を行う物理シミュレーション、実際の人間の動きを記録して利用するモーションキャプチャーなどがあるが、どれも、詳細な検討を元に時間と手間をかけて作成するための手法であり、手書きスケッチのようにアイデアをすぐに形にして表現するといった目的には適していない。本プロジェクトでは、動きについての表現を、手早く簡単に生成することのできる手法の開発を行った。具体的には、「対象オブジェクトを直接操作して、その様子をそのまま記録してアニメーションとする」という考え方を元に、それをサポートする手法群の開発を行った。その際に、多数の関節を持つ CG キャラクタをいかに操作するかという点が問題になるが、あらかじめ動きに関する情報をうまく与えることにより、リアルタイムで表情豊かな動作を表現することを実現した。

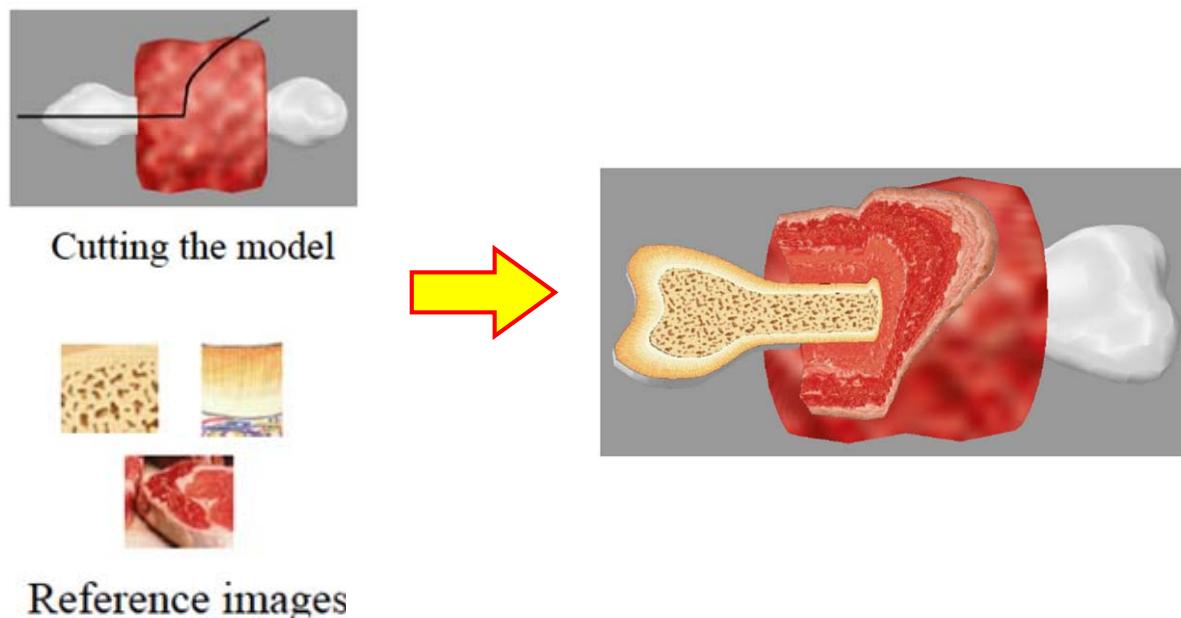


動きの設定例。左の3つがキーとなるポーズ。右の画像がキーのブレンドによるポーズ例。

## 3) 立体構造や中身の理解を助けるための技術

これは、外見上の形状だけでなく、内部に複雑な構造を持つ3次元モデルを作成、およびブラウジングするための手法である。複雑な情報の理解を助けるための手法として、大規模データの情報視覚化の研究が行われてきているが、複雑な3次元構造を説明用に作成し、かつ分かりやすく提示するといった研究はあまり行われていない。現状では、角度を変えて見る他は、パラメータを手作業で調整したり、あらかじめ用意されたシナリオに従って開いたり閉じたりする程度で、実世界でものを手にして自由自在に観察するといった行為に対応するような操作はあまり実現されてい

ない。本研究では、ただ単に一枚の絵として結果を提示するのではなく、ユーザの操作に対するシステムの返答といった一連の操作を通じて内容を理解させるという、よりダイナミックな表現を実現した。具体的には、自在に物体の一部を切り開いて中を観察したり、自由な場所で切断して断面図を得る手法を開発した。



断面画像の生成。ユーザが画像を切断すると、あらかじめ与えられていたサンプル画像を元に、断面のテクスチャを自動的に生成する。

#### 5 自己評価：

当初の目標は、3次元 CG を身近に使えるようにするためのインタフェース技術を開発することであった。成果として様々なインタフェースを提案、実装し、3次元 CG の可能性を世に示したという点で一定の成果が挙げられたものと考えている。対外的な成果としても16編の国際会議論文、5件の新聞・雑誌報道などが得られている。また、当該研究テーマに関連した国際的なワークショップや、有名雑誌の特集が組まれるなど、学術分野において大きな反響が得られている。しかし、今回の研究期間中に開発したものはあくまでもプロトタイプシステムであり、実際に使えるソフトウェアを開発し、世の中で広く使われるようにする部分はまだ今後の課題として残されている。

#### 6 研究総括の見解：

誰もが3次元 CG を表現手法として利用できるという独創的・画期的な研究をさらに進化させた。多くの国際会議における論文発表、また新聞・雑誌報道などにもたびたび取り上げられるなど、大きな反響が得られている。今後は、これまでさがけプログラムで開発してきた基礎技術をさらに発展させるとともに、医療、デザイン、教育などの分野で、より実用化を目指した技術開発や実証実験を行い、真に誰もが広く3次元 CG を使えるような取り組みをしてもらいたい。

## 7 主な論文等:

### 論文

(1) Makoto Okabe, Shigeru Owada, Takeo Igarashi, "Interactive Design of Botanical Trees Using Freehand Sketches and Example-based Editing", Computer Graphics Forum, Vol. 24, Issue 3, (Eurographics 2005), Trinity College, Dublin, Ireland, Aug 29 – Sep 02, 2005.

(2) Takeo Igarashi, Tomer Moscovich, John F. Hughes, "As-Rigid-As-Possible Shape Manipulation", ACM Transactions on Computer Graphics, Vol.24, No.3, ACM SIGGRAPH 2005, Los Angeles, USA, 2005, pp. 1134–1141.

(3) Takashi Ijiri, Makoto Okabe, Shigeru Owada, Takeo Igarashi, "Floral diagrams and inflorescences: Interactive flower modeling using botanical structural constraints" ACM Transactions on Computer Graphics, Vol.24, No.3, ACM SIGGRAPH 2005, Los Angeles, USA, 2005.

(4) Shigeru Owada, Frank Nielsen, Makoto Okabe, Takeo Igarashi, "Volumetric Illustration: Designing 3D Models with Internal Textures", ACM Transactions on Computer Graphics, Vol.23, No.3, ACM SIGGRAPH 2004, pp.322–328, Los Angeles, USA, August 8–12, 2004.

(5) Takeo Igarashi, Tomer Moscovich, John F. Hughes, "Spatial Keyframing for Performance-driven Animation", ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation, 2005.

### 特許

(1) 特願 2004–107691(2004/3/31)

五十嵐健夫、岡部誠「3次元樹木形状生成装置、3次元樹木形状生成プログラム及び記録媒体」

(2) 特願 2004–165039(2004/6/2)

五十嵐健夫、大和田茂「発明の名称:切断面画像生成装置、切断面画像生成プログラム及び記録媒体」

### 受賞

(1)平成 17 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞「計算機分野における使いやすい 3 次元 CG 作成利用環境の研究」文部科学省, 2005 年 4 月 13 日

(2)日本 IBM 科学賞「スケッチ入力によるユーザインタフェースに関する研究」日本 IBM, 2004 年 11 月 4 日

#### 招待講演

- (1) “3D Graphics for Everyone”, The 2004 Kyoto Prize Workshop, Future of Personal Computing and Education, November 12, 2004, Kyoto.
- (2) “Interactive Smart Computers”, Invited Talk, The International Conference on Creating, Connecting, and Collaborating through Computing, Shiran Kaikan, Kyoto University, Kyoto, Japan, Jan. 28–19, 2005.
- (3) “Freeform User Interfaces for Graphical Computing”, Keynote Talk, Eurographics Workshop on Sketch-based Modeling and Interface, Grenoble, France, Aug, 2004
- (4) “物体の堅さを表現した 2 次元形状の操作手法”, WISS 第 13 回 インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 2005