

# インタラクティブコンピューティングの世界

五十嵐 健夫

TAKEO IGARASHI

東京大学

THE UNIVERSITY OF TOKYO\*

## 1 概要

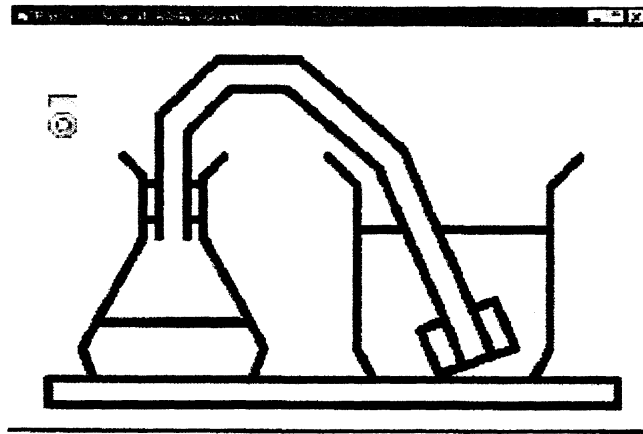
現在のコンピュータで何か作業を行うには、ユーザがメニューやボタンで細かく動作を指示しなければならない。このような操作方法は、ユーザが本来対象としている作業に集中することを防ぎ、特に創造的な活動を阻害していると考えられる。このような問題を解決するため、我々は、コンピュータがユーザのしたい作業内容を理解し、必要な支援を（ユーザからの細かい操作を待たずに）適切に提供するようなインタフェースの開発を行っている。本講演では、そのようなシステムの例をいくつか紹介する。具体的には、電子ホワイトボードシステム、手書きスケッチによる3次元モデリングシステム、自動ズームインインタフェース、2次元の絵を直感的に操作するためのインタフェースなどについて紹介する。

## 2 対話的整形による幾何学的図形の高速度描画

本研究では、幾何学的な図形を計算機上で手早く描くことを可能にする対話的整形という描画手法を提案し、そのアルゴリズムおよびプロトタイプシステムを用いた評価実験を行った。既存の描画システムでは、平行や対称といった性質を満たす幾何学的図形を描画するために回転や複製といった複雑な編集操作を適切に組み合わせて用いなくてはならず、特に初心者にとって短期間に正確な描画を行うことは困難である。対話的整形とは、計算機がユーザの手書き入力を受け取り必要な幾何学的制約を自動的に推測して整形を行うものであり、編集操作をいっさい使用することなく幾何学的制約を満たすことを可能にする。対話的整形では、図形全体でなくストローク1本1本に対して整形を行うことで意図と大幅に異なる変形を防ぎ、もっともらしい整形結果の候補を複数生成してユーザに提示することで入力の曖昧性に対処している。アルゴリズムは、手書きの入力図形から必要な幾何学的制約を推測して抽出する制約抽出部と、抽出された幾何学的制約から整形図形を生成する制約解消系からなっており、実時間での効率的な動作を実現している。直線のみからなる図形を描くことのできるプロトタイプシステムが実装されており、描画実験により、既存の描画システムに比べて描画時間が短縮され、かつ図形の幾何学的制約の充足度も改善されていることを確認した。

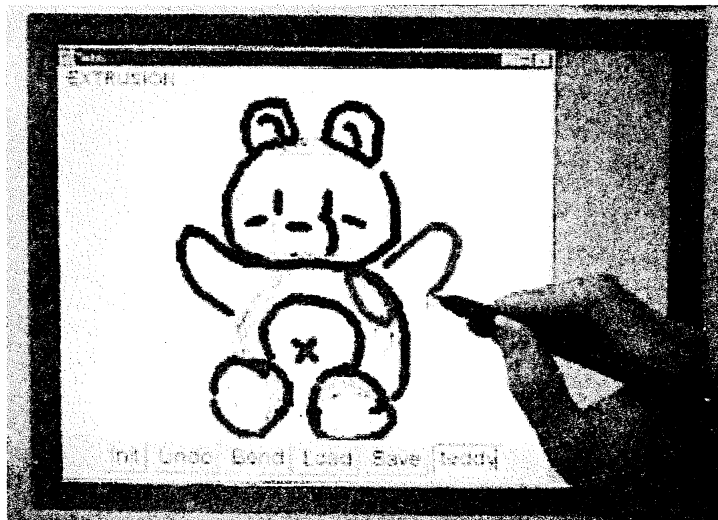
---

\*takeo@acm.org



### 3 手書きスケッチによる3次元モデリング

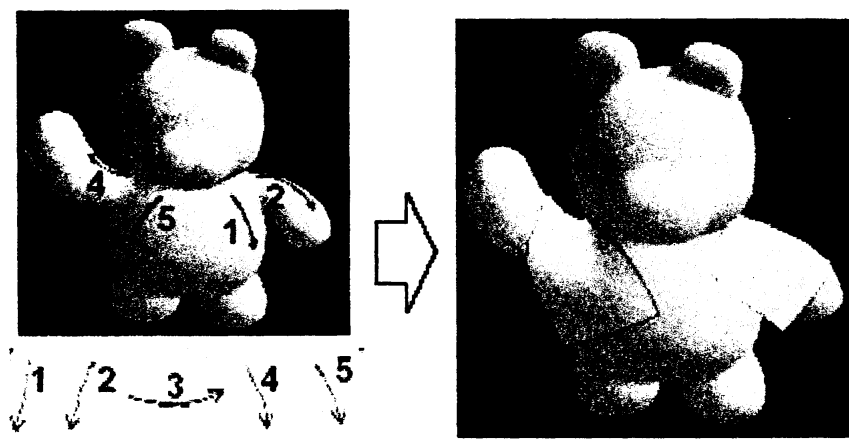
ディスプレイ一体型タブレットや通常のマウス等を利用し、平面上に手書き自由曲線を描いていくことにより3次元モデルを対話的に構成する手法を提案した。本手法により、コンピュータグラフィックスの知識のない初心者でも、紙と鉛筆をつかってスケッチするのと変わらない手間で自由に3次元モデルを生成することが可能となる。既存のスケッチによるモデリングシステムが、主に直方体のように平面で囲まれた人工的なオブジェクトの生成を目的としていたのに対し、本手法は動物や植物といった曲面を主体とするオブジェクトの生成を目的としている点で革新的である。具体的には、2次元の手書き閉曲線を縦方向に膨らませることで新たにモデルを生成する手法、手書き自由曲線により物体を切断したり隆起させたりする手法等について説明する。手書き風リアルタイムレンダリングを利用したプロトタイプシステム (Teddy) が実装されており、有効性を確認している。



### 4 3次元キャラクターに衣服を着せるためのインタフェース

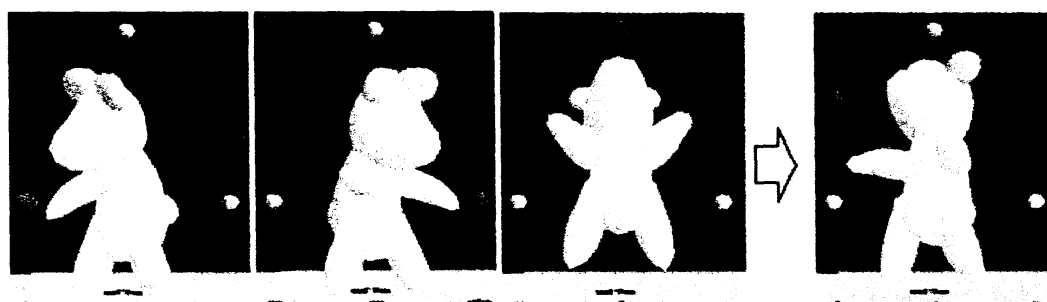
本稿では、3次元CGキャラクターに衣服を着せるためのインタフェースを提案する。第一の手法は2次元の衣服パターンを3次元キャラクターの上に着せるもので、キャラクターの表面と衣服の上に手書きの線を描

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ーの上に配置する。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ー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ー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。



## 5 空間的キーフレーム法によるキャラクターアニメーション

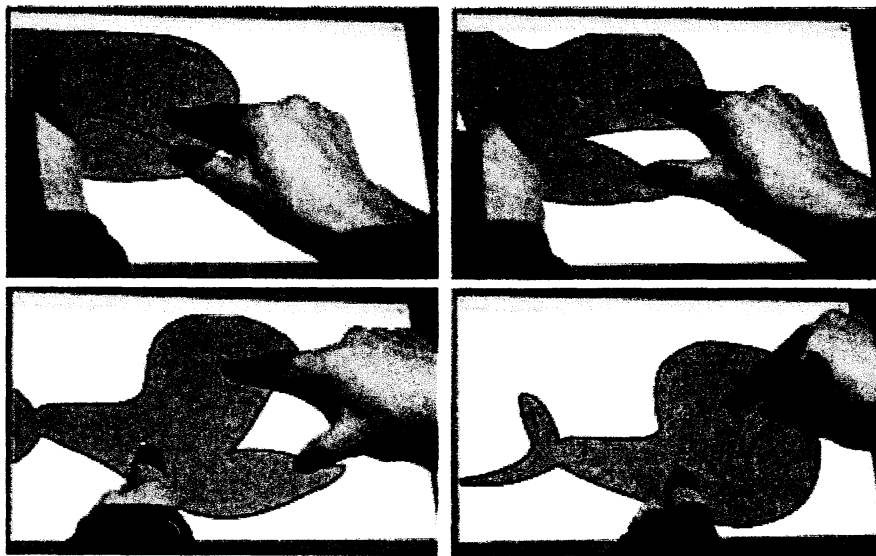
初心者でも直感的に利用できる手法として、ユーザによる操作をそのまま実時間で記録してアニメーションとする手法を提案し、それを支える諸技術の開発を行っている。特に、マウスのような通常の入力デバイスを用いて、多数の関節を持つ3Dキャラクターに対して複雑な動きを与えることのできる空間的キーフレーム法について開発を行った。具体的には、ユーザはまず、3Dキャラクターの姿勢と、3次元空間中のハンドルの位置を結びつける「空間的キーフレーム」を設定する。あとは、ハンドルの位置をインタラクティブに変化させることで、複雑なアニメーションを手軽に生成することができるようになる。



## 6 物体の堅さを表現した2D形状の操作手法

2次元形状をつかんで自由に回転・移動したり変形したりすることのできる手法を提案している。骨組み等をあらかじめ仕込むことなくこのような操作を実現するための手法としては空間を歪ませる方法が通常用いられるが、物体の形状を考慮していないため実世界の物体をつかんで動かしているような効果を得る

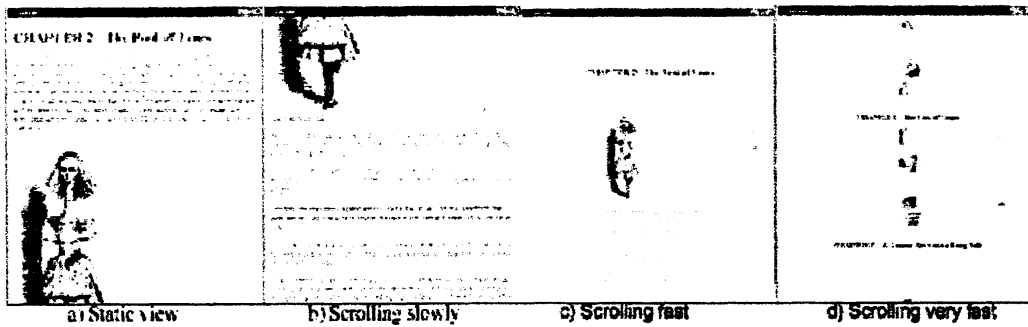
ことが困難である。また、バネモデルや物理シミュレーションによる方法もあるが、計算に時間がかかるという問題がある。我々の提案する手法は、ユーザが掴んで動かしている点を制約として、それらの制約を満たしつつ、図形の局所的なゆがみが最小になるように形状を瞬時に決定するというものである。アルゴリズムとしては、メッシュ内の3角形要素の拡大縮小を許しつつ変形させる第一ステップと、その結果を受けて3角形要素の大きさを補正する第二ステップからなる2段階の方法を提案している。入力デバイスとして、ユーザの手指を追跡できるスマートスキンのような多点入力デバイスを用いることで、実際の物体を掴んで操っているかのような結果を得ることが可能となる。また、同様のアルゴリズムを曲線に適用することで、掴んで引っ張るといった曲線変形操作をより自然に行えるようになる。



## 7 移動速度に応じた自動ズーム手法

情報空間のナビゲーションのための基本手法として、表示位置を動的に制御するスクロールと表示の拡大縮小を行うズームがあげられる。スクロールには通常スクロールバーが使用されるが、わざわざカーソルを画面の端へもって行って小さいつまみをつかまなければならない他、文章が長い場合にはつまみの微小な移動で表示内容が急激に変化するという問題がある。これに変わる手法として、マイクロソフトのホイールマウスのようにスクロールの速度を連続的に調整することによって移動を実現する方法があるが、移動速度を上げすぎると表示に目がついていかなくなってしまうという問題がある。ズームに関しては、ユーザがスクロール操作とは別に明示的に操作しなくてはならず、負担が大きく混乱を招きやすい。

本研究では、このような問題点を解決する手法として、速度によるスクロール操作において、速度に応じてズームレベルを自動的に調整するインタフェースを開発している。ユーザが移動速度を上げた場合には、目的地が遠くにあると考えられるので、自動的にズームアウトがおこり大局的な情報が提示される。逆に、ユーザが速度を落とした場合には、目的地に近いと考えられるので、自動的にズームインがおこり文書の詳細が提示される。これによって、明示的にズーム操作を行うことなく、スムーズに拡大・縮小表示の間を行き来できるようになるほか、スクリーン上でのみかけの移動速度が一定に保つことが可能となる具体的なアプリケーション例として、WWWブラウザや地図ビューワ、写真ビューワなどを実装した。簡単なユーザテストを行った結果、とくにビデオゲーム等になれている若いユーザには好評であったが、高齢者などには多少操作が困難なようであった。



## 参 考 文 献

- [1] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Sachiko Kawachiya, Hidehiko Tanaka, Interactive Beautification: A Technique for Rapid Geometric Design, UIST'97 (ACM Annual Symposium on User Interface Software and Technology) Banff, Canada, 14-17 October, 1997, pp.105-114.
- [2] Elizabeth D. Mynatt, Takeo Igarashi, W. Keith Edwards, Anthony LaMarca, Flatland: New Dimensions in Office Whiteboards, ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM CHI'99, Pittsburgh, May 15-20, 1999, pp.346-353.
- [3] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Hidehiko Tanaka, Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design, ACM SIGGRAPH'99, Los Angeles, 1999, pp.409-416.
- [4] Takeo Igarashi, John F. Hughes, Clothing Manipulation, 15th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, ACM UIST'02, Paris, France, October 27-30, 2002, pp.91-100.
- [5] Takeo Igarashi, Tomer Moscovich, John F. Hughes, Spatial Keyframing for Performance-driven Animation, ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation, 2005, pp.107-115.
- [6] 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.
- [7] Takeo Igarashi, Ken Hinckley, Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents, 13th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, ACM UIST'00, San Diego, CA, November 5-8, 2000, pp.139-148.
- [8] Takeo Igarashi, John F. Hughes, Voice as Sound: Using Non-verbal Voice Input for Interactive Control, 14th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, ACM UIST'01, Orlando, Florida, November 11-14, 2001, pp.155-156.
- [9] (国内大会、研究会論文集例) 川上三郎, 川口四郎, 紫外域半導体レーザ, 2001 画像電子学会年次大会予稿集, 一般セッション 14, pp.20-21, Jun.2001.