

# 触覚を伴う CG モデルの作成・体験システムの開発 —Pen de Draw—

## 1. 背景

これまで、3DCG のモデリングツールとして、数多くのソフトウェアやシステムが開発されてきた。一般のモデリングソフトウェアの多くは、モニタを見ながらマウスやペンタブレットを用いて操作を行うことで形状を作り上げていくもので、ユーザが所望のモデルを作成するためには、数多くの複雑な操作に精通する必要があった。このような 3DCG モデリングを誰でも簡単にに行えるようにするための研究として、Igarashi らによる Teddy が挙げられる。Teddy はユーザがウィンドウ内に描いた二次元の線画から自動的に三次元形状を生成するものであり、これにより様々な形状を簡単に作成することが可能となっている。しかしながら、このような研究においても用いられているのはあくまでユーザの二次元的な動作のみであり、三次元の形状を生成するにあたって入力次元が制限されていることにより、モデリングの直感性が損なわれている。また、従来のシステムにおいては、完成した 3D のモデルの体験は、主にモーション付けやレンダリングのような、視覚的な表現によってのみ行われていた。

## 2. 目的

本プロジェクトの目的は、直感的な 3DCG モデルの作成と、作成したモデルの視覚以上の感覚モダリティに基づく体験を可能にするシステムの構築を行うことである。目的とするシステムのコンセプト図を図 1 に示す。ユーザの空間的な動作を入力として用いることにより、空中で絵を描くような感覚でのモデリングを実現する。操作のためのインタフェースとして触覚ディスプレイを応用することにより、モデルの作成を触覚提示により支援すると共に、作成したモデルを映像として見るだけでなく触って体験することを可能にする。

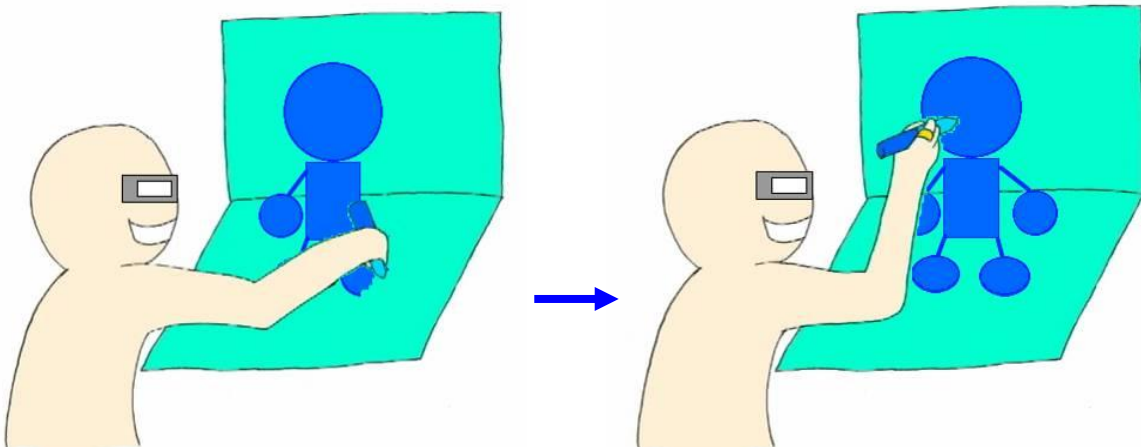


図 1: 本プロジェクトにより実現されるシステムの概念図。空中に絵を描くかのような感覚で立体形状の生成を行うことが可能であると共に、作成したモデルを触ることで形状の確認や体験が行える。

### 3. 開発の内容

開発したシステムの外観を図 2 に示す。ユーザは 3D 眼鏡を装着し、右手に開発者がこれまでに研究を行ってきたペン型触覚ディスプレイ Pen de Touch を把持した状態で、筐体の前に立つ。筐体前面に配置されたパレットによって行いたい操作を選んだ上で、空中で円、長方形、自由閉曲線などの二次元図形を描くと、それらが球や直方体といった立体形状となって生成される。図形を描く際にユーザの指先に力覚フィードバックが行われることにより、空中での描画作業に対する支援が実現されている。また、出来上がった形状は立体映像として様々な方向から視覚的に観察できるだけでなく、デバイスでつつくことで形状を触った感覚が得られる。

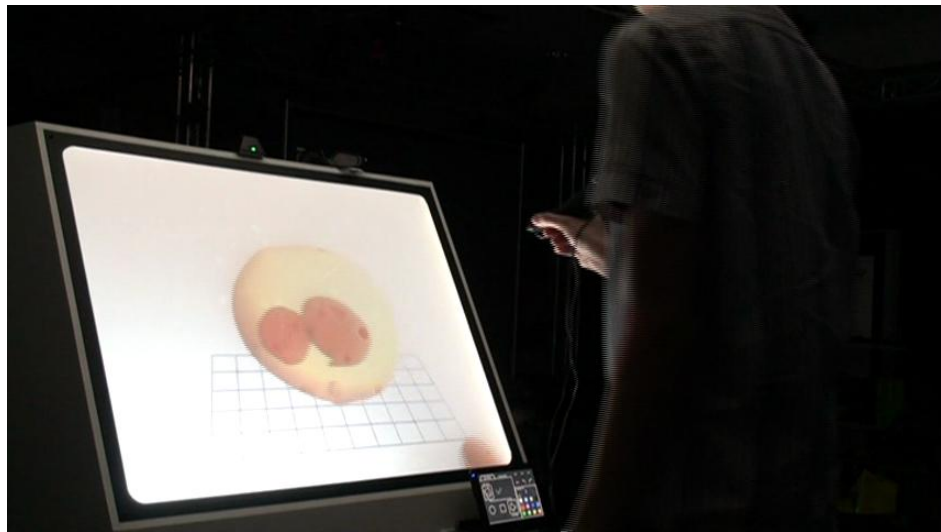


図 2：構築した 3DCG モデリングシステムの体験の様子

二次元図形の描画は空中に直接行うことが可能であるほか、バーチャルなキャンバスを空間中に配置してその上に線を描くこともでき、適切な力覚フィードバックにより作業の支援が行われる。ユーザが空中に描いた動作軌跡に応じて、物理シミュレーションエンジンである PhysX を用いて構築した環境内に、リアルタイムで形状が生成される(図 3)。生成された形状とユーザが持ったデバイスとの衝突力の算出を行い、得られた力を Pen de Touch デバイスによりユーザに提示することで、形状との触覚インタラクションを実現した。

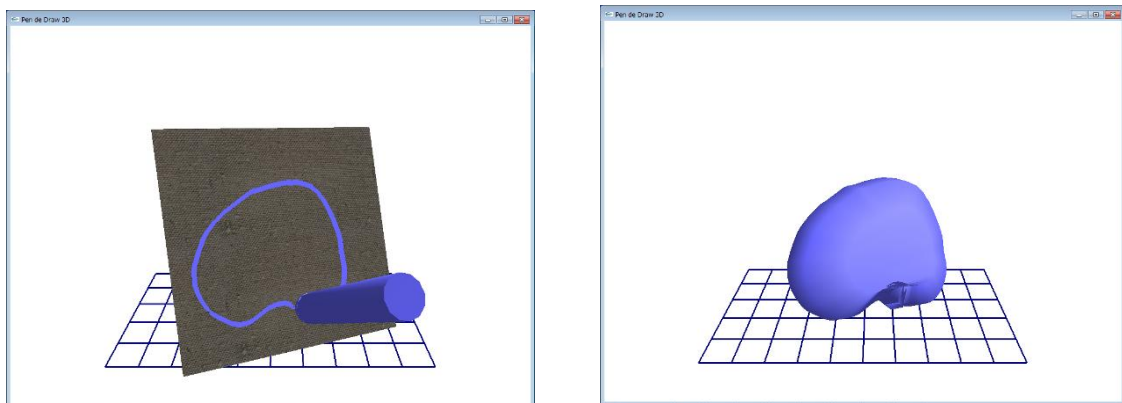


図 3：キャンバス上に描いた線画からの立体形状の生成

#### 4. 従来の技術(または機能)との相違

本プロジェクトの大きな特徴の1つとして、ユーザの空間的な動作に基づいて立体形状の生成を行う点がある。Teddyのように直感的な立体形状生成を目的とした研究は多く存在するものの、それらの多くは二次元的な動作を入力とするものであり、空中で3DCGモデルを直接描くようなシステムはこれまで報告されていない。

第2の特徴として、触覚ディスプレイによるフィードバックを行うことで、上記のような空中でのモデリング作業を支援している点が挙げられる。多様な動作に対して触覚フィードバックによる支援を行う研究は、これまでも数多くなされてきた。しかしながら、従来のデバイスは、物体に触った際に生じるような力覚を提示可能なものについては力の支点を定めるために外界に対して固定される必要があるため、ユーザの動作可能範囲に大きな制限が加わるため空中の広い範囲での自由な動作には用いることができず、ユーザの動作を妨げないようなデバイスについては提示される刺激が振動のみである場合が多く、物体に触れた感覚を効果的に再現できないため、触覚による作業支援を効果的に行うことができなかった。本プロジェクトにおいては、開発者がこれまでに研究を行ってきたペン型力覚ディスプレイ Pen de Touch をインタフェースとして用いている。これにより、ユーザの広い動作範囲を許容しながら、指先に対する詳細な力覚フィードバックを行うことが可能となっている。空中での描画作業に対して、バーチャルなキャンバスが存在するかのような感覚を提示するという支援方法の実現は従来行われていなかったものであり、三次元入力インタフェースにおける作業支援に対して新たな指針を示すものであると言える。

第3の特徴として、3DCGのモデリングと体験を一体化して行えるシステムが実現された点である。本システムでは、作成された形状はリアルタイムで物理シミュレーション環境中に生成され、ユーザはモデリングを行いながら触ることで作成された形状の確認を行うことができる。それと同時に、作成した3DCGモデルについて、第三者への体験を同一のシステムでもって提供することが可能となっている。このような、作成したモデルを立体映像として見て、さらに触って体験できることから、作成したモデルを「触れる3DCGモデル」という新しい表現の形態として展示が行えるような枠組みを提供するシステムとなっている。

#### 5. 期待される効果

近年、立体映像提示技術が家庭にまで普及を開始している。これにより提示される立体映像は、視覚的には高い存在感を持つが、存在する位置に手を伸ばしても触れることができず、それが存在感の喪失につながるという問題点がある。将来的には、このような立体映像を触るという行為を可能にする触覚ディスプレイが普及していくと考えられる。そのような中で、本プロジェクトによって構築したシステムにより、触ることが可能な3DCGモデルの直感的な作成と、作成したモデルとの触覚インタラクションという体験が実現された。本システムを用いることで、触覚情報を含んだコンテンツの作成が、人間の知覚特性等に関する専門的な知識がなくても簡単に行えるようになる。触覚コンテンツの充実は、将来的な触覚

ディスプレイの普及に対して必要不可欠であり、本プロジェクトにおいて開発したシステムはそのような触覚産業の発展を促すものであると言える。

## 6. 普及(または活用)の見通し

本プロジェクトにおいて開発したシステム自体は、モーショントラックカメラや 3D プロジェクタといった高価な機材を用いたものであり、触覚コンテンツの作成を行いたいと考える企業向けとしては問題ないが、現在のままの形で一般家庭に普及するようなことは困難であると言える。しかしながら、近年の 3D テレビの普及や、主に家庭用ゲーム機において三次元モーショントラックの利用が広まっていることなどを考慮すると、現在のシステムにおいてコスト面でネックとなる要素は、近い将来には家庭において誰もが利用可能なものとなっていると予想される。そのような中で、本システムにおいて開発した触れる形状の PhysX 環境内への直感的な生成を行うことが可能なソフトウェアを公開することで、多くのユーザが気軽に触れる 3DCG の作成を行うことが可能になる。これにより、前述した触覚産業の発展に大きく貢献することができると考えている。

## 7. クリエータ名(所属)

家室 証(東京大学大学院 情報理工学系研究科 システム第 3 研究室)