

研究課題別評価書

1. 研究課題名

空間型メディア作品を強化する7つ道具型対話デバイス

2. 氏名

木村 朝子

3. 研究のねらい

空間型のインタラクティブ・アート&エンターテインメントに幅広く用いられ、対話型操作を円滑にしてメディア作品の価値を高めるとともに、創作者の創作意欲を増すような新しい道具型対話デバイスの各種提案・提供をねらいとする。既存の道具の形状とその道具ならではの操作感を活用した対話デバイスを各種開発し、空間型メディア作品に適用するとともに、道具型対話デバイスに求められる要件を分析する。

4. 研究成果

「インタラクティブ」で魅力的なメディア作品が増加する中、作品の表現力を拡大する上で、対話デバイスの役割がますます重要となってきている。しかし空間型のインタラクティブ・アート&エンターテインメント分野において、現在使用可能な対話デバイスの種類は非常に少なく、同分野の発展には新しい使いやすい対話デバイスの存在が必要不可欠であると考えられる。本研究は、同分野の作品鑑賞者が、はじめてでも容易に使用することのできる対話デバイスとして「道具型対話デバイス(以降、道具型デバイスと略す)」を提案・開発し、これらのデバイスを使用した空間型メディア作品を様々な形で実現する研究を行った。実際に大きさや内蔵機構など様々な条件で各種道具型デバイスを開発し、評価実験や運用を行う中で、道具型対話デバイスに求められる要件の分析を行った。また同種の対話デバイスにおいて必要不可欠であった、精度が高く、デバイスの美観を損ねにくい位置姿勢検出方法についても研究を行った。以下、それぞれの研究内容を記す。

(1) 道具型対話デバイスの各種提案・開発とメディア作品への応用

長い歴史をもつ既存の道具は、良いアフォーダンスを有すると同時に、幼少からの利用経験で、我々の中に操作に関するメンタルモデルが形成されていると考えられる。本研究で取り組んだ道具型デバイスは、慣れ親しんできた既存の道具の形状とその道具ならではの操作感(触感や操作音)を活用することで、ユーザに正しい操作イメージを与えるだけでなく、その用途や利用方法を直観的に把握させようとするものである。

本研究では、デバイスをより直観的なものとするため、1つのデバイスに多種多様な機能をもたせた万能型デバイスではなく、目的に応じて異なった道具に持ち替えて利用する汎用型のツールセットを目指した。考え得る道具の全てを実現するのではなく、まずは空間型の作業で重要と考えられる操作を分類・抽象化し、その操作に適した道具型デバイスを実現した。具体的には、広い作業領域が必要な設計作業、多種多様なデータを一挙に取り扱うレイアウト作業、3次元物体操作と奥行き知覚が必要な立体造形作業等を想定し、それらを実現する操作として「選択・移動」「加工」「描画」の3種類に絞り込んだ。

道具型デバイスの製作にあたっては、度重なる展示にも耐えうる堅牢なデバイスを実現するために、プロダクトデザイナーに依頼した。

① 選択・移動用デバイス

コンピュータのデータ操作ではマウスによるドラッグ&ドロップで実現される選択・移動操作を、実世界でモノを移動するための道具であるピンセットに関連付けた。ピンセットはその先端でモノを挟む道具で、選択・移動専用の道具である。側面を指で押すことにより、その間にある物体を挟むことができる。また、挟んだ物体の硬さや大きさを把持に必要な力から推測することができるという特徴がある。

そこで選択・移動用デバイスであるピンセット型デバイス(図 1)も、一見してピンセットを容易にイメージできるデザインとし、その位置姿勢、挟み幅の検出機構を内蔵するとともに、ピンセットらしい触感や操作音を再現するために、反力提示機構、振動モータ、小型スピーカ、動作確認用に RGB カラーLED を内蔵した。これまでもピンセットを模した対話デバイスを研究してきたが、本研究では振動モータ、小型スピーカ等を内蔵することでより表現力が増したとともに、反力提示機構として操作対象に応じた硬さ・柔らかさを提示可能なドラムブレーキ方式を新たに考案し、実物体・仮想物体を問わずよりピンセットらしい操作感を実現した。

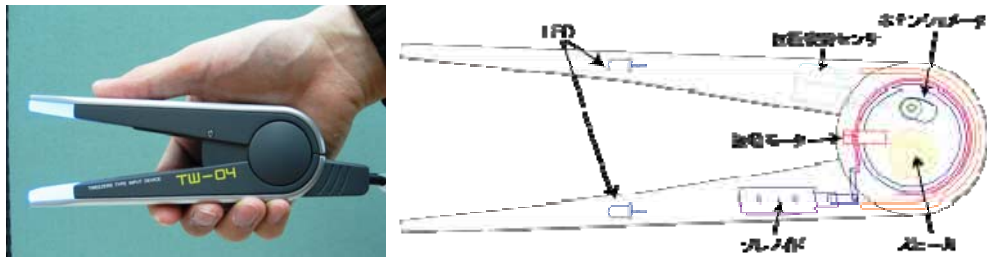


図 1:ピンセット型デバイス(左から、外観、内部機構)

②加工用デバイス

加工操作には、切る、削る、穴を開ける、叩く、曲げる等、多種多様な操作が考えられる。一方、道具型デバイスは、目的に応じて道具を持ち替える点に特徴があるが、細かい用途ごとに個別デバイスを制作しては数が膨大になる。そこで、ツールセットを指向するという道具型デバイスの特徴を残しつつ、これらの課題を解決する「先端着脱式道具型デバイス(以降、着脱型デバイスと略す)」を考案し、一部加工用デバイスへの適用を試みた。

着脱型デバイスは、把持する「本体」と機能を表現する「着脱部」を組み合わせて使用するデバイスで、各道具に共通して必要な機構は本体に、道具固有の機構は着脱部に実装することで、共通の機構や PC とデバイス本体をつなぐケーブル、コネクタ等を一元化することができる。この際、着脱部を道具らしい外観とすることで直観性を保ち、形状や重さのバランス、触力覚機構の導入等によりそれぞれの道具らしい操作感を提供する。

本研究では、実際に「切る」「叩く」操作をそれぞれナイフとハンマに関連付けた着脱型デバイスの開発を行った(図 2)。本体に着脱部 ID 識別機構、位置姿勢検出、触感や操作音を再現するための振動モータ、小型スピーカを、着脱部に接触判定用のスイッチ機構、動作確認用の RGB カラーLED、ハンマには「叩く」強さを検出するため加速度センサを内蔵した。

本デバイスを運用したところ、着脱式としても十分道具型デバイスの直観性を保つこと、但し着脱部の取替え頻度が高い場合には本方式はあまり適さないことが分かった。

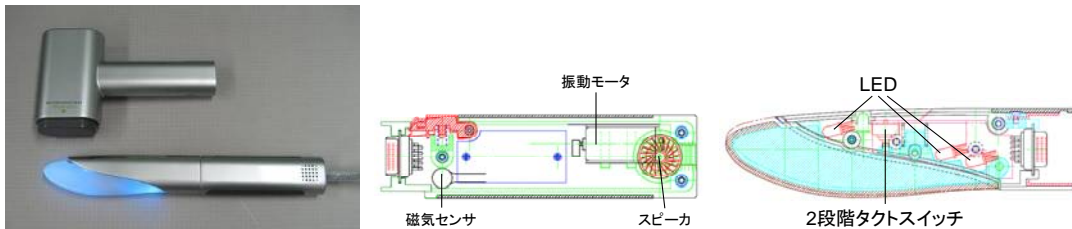


図 2:ナイフ・ハンマ型デバイス(左から、外観、本体内部機構、先端(ナイフ)内部機構)

③描画用デバイス

描画用デバイスには、鉛筆、ペン、筆、クレヨン等様々なものが考えられるが、本研究では表現力豊かな筆を模した道具型デバイスを開発した。過去にも筆を模したデバイスの研究は存在するが、描画対象がスクリーン平面に限られていた。これに対して本研究では平面・立体物ともに描画できるデバイスを目指した。

現実世界の筆は、大きく丸筆と平筆の2種類に分類され、それぞれ目的に応じて異なる太さの筆が使い分けられている。筆型デバイス(図3)では、このような様々な筆先を先端着脱方式によって切り替えることとした。また筆による微妙なタッチを再現するために、描画される筆の軌跡の太さを現実の筆同様の方法でコントロールできる機構(位置姿勢センサとアナログステックコントローラ)を組み込んだ。筆先部分は、エラストマーの骨組みに肉厚の薄いウレタンゴムのカバーを被せ、それにフロック(毛)を静電植毛することで、筆先のしなり、やわらかさ、滑らかさを実現した。

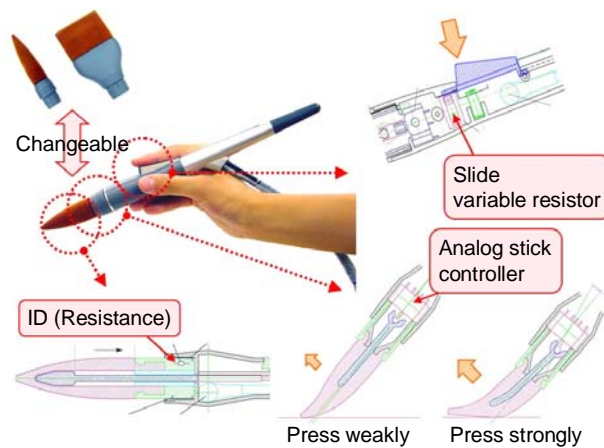


図3: 筆型デバイス

メディア作品への応用

2007年度より、立命館大学情報理工学部メディア情報学科の学部3年生に対して道具型デバイスと複合現実感(Mixed Reality; MR)システムを利用したメディア作品の制作というテーマでアイデアを募集した。多くの作品案が提案される中、ピンセット型デバイスを使って仮想のゴミを実物のゴミ箱に分別する「ごみごみぼいぼい」、筆型デバイスとピンセット型デバイスを使用しマネキンに特殊メイクを施す「MAKE RE」が制作された(図4上段)。このうち「ごみごみぼいぼい」は、ヒューマンインタフェースシンポジウム2008、UIST2008、予感研究所2で展示を行い、ヒューマンインタフェースシンポジウム2008において最優秀プレゼンテーション賞を受賞した。



図4: 制作された作品(左上「ごみごみぼいぼい」、右上「MAKE RE」、左下「木材加工システム」、右下「描画システム」)

その他にも、道具型デバイスをタイワデバイスとして使用した応用事例として、各種道具型デバイスを併用した「木材加工システム」、筆型デバイスを使用した「描画システム」(図 4 下段)等を制作し、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009, UIST2009, SIGGRAPH ASIA 2009 にて展示を行った。

上記展示において、多くの体験者が操作している様子を1度見ただけで操作方法を学習し、仮想物体を容易に操作していた。また、デバイスに導入した機構に関しては、聴覚・触覚・力覚ともに操作感が向上すると好評価であった。特に予感研究所2では、子供達が繰り返し並んで体験していたことが印象的であった。

(2) 道具型対話デバイスに求められる要件の分析

本研究では、4種のピンセット型デバイス、2種類のナイフ用デバイス、1種類のハンマ型デバイス、3種類の筆型デバイスの設計・製作を行い、これらを利用・提供して実際に様々なメディア作品の制作を行った。これら大きさや内蔵機構など条件の異なる各種道具型デバイスの評価・運用を行った経験から、道具型対話デバイスに求められる要件を分析した。

①操作と道具のマッピング:作業を抽象化した後、その作業に適した既存の道具を選択する。評価実験の結果、道具の形状からその操作をすぐに思いつくというだけでなく、他の用途に利用されない道具を選択する必要があることが分かっている。このようにすることで、ユーザはデバイスの形状からその操作を一意にイメージすることが可能となる。

②道具らしい触力覚感の実現:デバイスに「道具らしい触力覚感」を提示する機構を導入することで、実物の道具の操作感により近づけることが可能となる。ここで述べる「道具らしい触力覚感」とは、入力が正しく行えたかどうかのフィードバックを意味するのではなく、ユーザに道具らしい操作感を提示することを意味する。各デバイスについて、組み込み可能なサイズであり、かつユーザの操作を妨げない提示手法について検討する必要がある。また、あえて力覚提示装置は組み込まずに振動による触覚提示と LED による視覚提示、スピーカによる聴覚提示の組み合わせで擬似的な力覚提示を行う方法も考えられる。

③操作の自由度:作業空間を2次元(空間内に設定した平面上)とするか、3次元(空間全体)とするのかで、デバイスの実装形態が大きく異なる。後者の場合、多自由度の動きを長時間で取得できる方法と④の検討が必要である。

④入力の強弱:「切る」「描く」等の操作では、より実世界の道具に近い感覚でデバイスを操作できるよう、その位置姿勢に加え、入力の強弱を取得する必要がある。特に、仮想物体や空間を対象としたときは押し付けるべき対象が存在しないため、デバイスの動きやデバイスを持つ力等、入力された他の要素を強弱へ写像する方法を検討する必要がある。

(3) 複合現実空間操作対話デバイスのためのハイブリッド型位置姿勢決定法

これまで磁気センサの利用等に止まっていた MR 空間におけるデバイス利用のための位置姿勢決定法として、対話デバイスの特性を考慮し、姿勢センサとLEDマーカ、さらに形状情報を利用した、ハイブリッド型位置姿勢決定法を提案した。

本手法では、精度の低い LED と姿勢センサを利用した位置姿勢決定法と、精度が高いが破綻することがある形状情報と姿勢センサを用いた位置姿勢追跡法という、種類の位置姿勢推定法を組み合わせることで、

- ・追跡が破綻した際、自動的に LED と姿勢センサによる位置決定に切り替えることで、十分な処理速度と安定した追跡を実現し、選択・移動デバイスに必要な十分な精度を確保
- ・画像情報を用いた推定を行うことで、視覚的なずれの小さい処理を行うことができ、デバイスと仮想物体の前後関係を正しく表現することが可能

という処理を実現し(図 5)、この結果、デバイスの利便性の向上にも寄与できると考える。

本手法は環境設置型の大掛かりなセンサシステムを必要としないため、簡易な機器構成で対話デバイスの位置姿勢を推定することが可能である。このためカメラ位置姿勢推定法と組み合わせることで、可搬性が高く、インタラクション可能な MR システムの構築が可能になり、対話機能の充実につながると考えられる。



図 5: 提案手法による仮想物体の選択・移動結果

5. 自己評価

本研究は、空間型のインタラクティブ・アート&エンターテインメントに幅広く用いられ、対話型操作を円滑にしてメディア作品の価値を高めるとともに、創作者の創作意欲を増すような新しい道具型対話デバイスの各種提案・提供をねらいとしていた。研究成果として、4種類のピンセット型デバイス、2種類のナイフ用デバイス、1種類のハンマー型デバイス、3種類の筆型デバイスの設計・製作を行い、これらを利用・提供して多数のメディア作品の制作を行った。これら大きさや内蔵機構など条件の異なる各種道具型デバイスの評価・運用を行うことで、道具型デバイスに求められる要件を分析することができ、今後新たに道具型デバイスを製作する際の知見を得ることができたと考える。また、道具型デバイスを使用した各種メディア作品を、国内外で展示することで、道具型デバイスを広くアピールすることができた。当初の研究計画では予定していなかったが、実際運用する中で、同種の対話デバイスを実現する際必要不可欠な精度が高く、デバイスの美観を損ねにくい位置姿勢検出方法についての研究も行うことができた。しかし、外部のアーティストとのコラボレーションができなかった点では、宿題が残った。

6. 研究総括の見解

コンピュータが多くの人に使用されるにつれ、人が実世界で実物に触るような感覚で、情報やデータを操作する方法が注目されている。本研究は、複合現実感(Mixed Reality;MR)技術を駆使し誰もが実物に触るような感覚で使える道具型対話デバイスの技術開発に取り組んだものであり、用途が特定されない汎用性がある。

道具型対話デバイスに求められる三次元空間での立体造形作業として、「選択・移動」「加工」「描画」の3つを、重要な操作として抽出し、それぞれに適した道具型対話デバイスを制作した。具体的には、選択・移動用デバイスは、モノを移動する道具であるピンセット型とした。加工用デバイスは、手でもつ部分を共通の本体にして、多種多様な加工操作部を着脱式にし、今回はハンマー型とナイフ型とした。描画用デバイスは、筆型にして筆先を着脱式の丸筆と平筆とした。メディア作品への応用として、「ごみごみぼいぼい」や「MAKE RE」などを制作し、また研究では、操作と道具の形状の関係や、道具らしい触力覚などについての要件分析も行われた。

今回の研究では、道具の制作と併行し、展示をとおして、触ったり楽しんだりした多くの人たちからの意見をフィードバックさせながら、研究が進められた。科学と文化が融合する当分野での新しい研究の進め方でもあり、今後、アーティストのみならず、より多くの一般の人との連携により、今回の研究がさらに発展していくことを期待する。

7. 研究成果リスト

A: 「さきがけ個人研究者主導で得られた成果で主なもの」

(1)論文(原著論文)発表

- ・ 木村朝子, 上坂晃雅, 柴田史久, 田村秀行:空間型作業での選択・移動操作に適した道具型デバイスの機能設計と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 51 No. 2 314-323

(2010.02)

- ・石黒祥生, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 複合現実空間操作対話デバイスのためのハイブリッド型位置姿勢決定法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 14, No. 3, pp. 381 - 389 (2009.9)

(2)特許出願

発 明 者: 木村朝子, 田村秀行
発明の名称: 操作システム
出 願 人: 学校法人立命館
出 願 日: 2008 年 7 月 10 日

(3)受賞

(社)情報処理学会 平成 20 年度「山下記念研究賞」(2009.3)

(4)解説論文

木村朝子, 田村秀行: 複合現実空間との新しいマルチモーダル・インタフェース, 画像ラボ, Vol. 20, No. 4, pp. 17 - 22 (2009.4)

(5)展示

- ・ Yusuke Takami, Mai Otsuki, Asako Kimura, Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura: Daichi's artworking: enjoyable painting and handcrafting with new ToolDevices, SIGGRAPH ASIA 2009, Emerging Technologies, pp. 64 - 65 (2009.12)
- ・ Mai Otsuki, Masashi Tsukadaira, Asako Kimura, Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura: Daichi's Painting: Brushing up painting skills with BrushDevice, Adjunct Proc. 22nd Annual ACM Symp. on User Interface Software and Technology (UIST 2009), pp. 1 - 2 (2009.10)
- ・ 高見雄介, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 道具型デバイスを活用した新しい幾何形状モデリングの実現, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 予稿集, pp. 547 - 550 (2009.9)
- ・ Akimasa Uesaka, Kengo Fukuda, Asako Kimura, Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura: TweezersDevice: A device facilitating pick and move manipulation in spatial works, Adjunct Proc. 21st Annual ACM Symp. on User Interface Software and Technology (UIST 2008), pp. 55 - 56 (2008.10)
- ・ 大槻麻衣, 高見雄介, 塚平将司, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 空間型作業での選択・移動操作を容易にするピンセット型デバイスの実現, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 予稿集, pp. 549 - 552 (2008.9)

(6)学会発表

- ・ 高見雄介, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 道具型デバイスを活用した複合現実空間での木材加工, 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会, 信学技報, Vol. 109, No. 374, PRMU2009-167, pp. 91 - 96 (2010.1)
- ・ 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 空間型メディア作品を強化する7つ道具型対話デバイス, 第 52 回自動制御連合講演会予稿集 (2009.11)
- ・ Mai Otsuki, Masashi Tsukadaira, Asako Kimura, Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura: Development of BrushDevice facilitating painting operation in 2D/3D space, Proc. SICE Annu. Conf. 2009, pp. 4323 - 4326 (2009.8)
- ・ 石黒祥生, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 複合現実空間操作対話デバイスのハイブリッド型位置姿勢決定法, 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会, 信学技報, Vol. 108, No. 374, PRMU2008-191, pp. 13 - 18 (2009.1)

- . Mai Otsuki, Asako Kimura, Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura: Novel interaction methods with mixed reality space, Proc. SICE Annu. Conf. 2008, pp. 456 – 460 (2008.8)