

Top-AttachableToolDevice : 先端部が着脱可能な新しい道具型デバイス

福田 健悟[†] 木村 朝子[‡] 柴田 史久[†] 田村 秀行[†]
立命館大学大学院 理工学研究所[†] 科学技術振興機構 さきがけ[‡]

1. はじめに

我々は、空間型作業（ここで言う「空間型」は複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術を利用する立体視可能なシステムや、プロジェクタ投影タイプを含む）に幅広く用いられ、対話操作を円滑にする「道具型デバイス」の研究を行なっている[1]。本稿では、道具型デバイスを実現する新しい方式として、先端部を付け替えることで多様な機能を切り替える「先端着脱式道具型デバイス（先端着脱型デバイス）」を提案する。

2. 道具型デバイス

道具型デバイスは、慣れ親しんだ既存の道具の形状とその道具ならではの触感・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、直観的な操作を可能にするものである。

先行研究の多くは、単一のデバイスによって様々な作業が可能で万能型のデバイスを目指しているのに対し、本研究では、実世界での作業により近づけるため、目的に応じて異なったデバイスに持ち替えて利用できる「ツールセット」を指向している（図 1）。このような考え方を、我々は「最も適した道具を手にして使う」という意味で WYTIWIMF (What You Take Is What Is Most Fitting) と呼ぶ。

本研究では、広い空間に適した作業として、広い作業領域が必要な各種設計作業、多種多様なデータを一挙に扱うレイアウト作業、3次元物体の操作が必要な造形作業を想定し、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（図 2）に絞り込みツールセットの開発を行っている。

3. 先端着脱式道具型デバイス

3.1 概要

空間型作業には、選択・移動のように1つの道具で頻繁に行う操作もあるが、加工や描画のようにさらに細かい用途に応じて、道具を持ち替えて行う操作もある。前述の通り、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その数は膨大になる。デバイスの台数が増加すると、制御、電源用の機器やケーブルが煩雑になることや、PCの処理能力、コネクタ数が不足するといった問題が起こりうる。これらの解決策としては、無線化や HUB の利用、PCの台数追加などが考えられるが、コストの増加や制御の複雑化につながるため非現実的である。

そこで、本研究では、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新しい方式のデバイスとして「先端着脱式道具型デバイス」を提案する。先端着脱型デバイスは、把持する

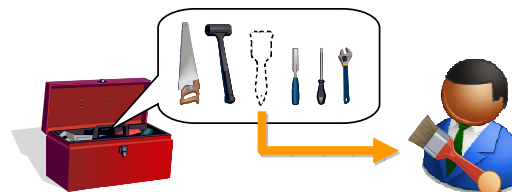


図 1 ツールセット



(a) 選択・移動 (b) 加工 (c) 描画

図 2 想定する3種類の操作

「本体」（デバイス制御用 I/O BOX を含む）と機能を表現する「着脱部」を組み合わせ使用デバイスである。電気掃除機のアタッチメントの感覚で先端部を着脱、交換することで機能を切り替える。各道具に共通に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、PC とデバイス本体をつなぐケーブルやコネクタを一元化することができる。着脱部には、道具のメタファやアフォーダンスを利用することで直観的な操作を可能とし、着脱部の道具の形状や重さにより道具らしい操作感を提供する。本研究では、まず多種多様な道具を必要とする操作として「加工」を想定し、一般的な「切る」、操作が特徴的な「叩く」を対象とした道具型デバイスの開発を行う。

3.2 試作デバイス

道具型デバイスは、その道具ならではの触感を提示することを特徴としている。テーブル上に重畳描画された仮想の紙を切ったり、実物の模型に重畳描画された仮想物体を叩くなど、デバイスの操作対象が実在する場合は、デバイスがそれと接触するので、力覚提示機構を組み込む必要がない。ところが、操作対象が実在しない、完全な仮想物体の場合は、それらしい接触感、衝突感を提示するために、デバイスに力覚提示機構を組み込む必要がある。本研究では、まず実現の容易な対象が実在する場合を想定し、デバイスを試作する。

【外觀】図 3 に本研究で試作した先端着脱型デバイスを示す。「切る」には「ナイフ」を、「叩く」には「ハンマ」をマッピングした。操作方法が多岐にわたる道具のメタファをマッピングすると、操作方法の発見が難しくなるため[2]、単機能な道具を採用した。着脱部の外觀は、一般的な「ナイフ」「ハンマ」を容易にイメージできるデザインとした。

【内部機構】図 4 に先端着脱型デバイス本体の内部機構を示す。本体には以下の機能、機構を内蔵している。

着脱部 ID 識別：着脱部の ID を識別する機能。ID の識別は、コネクタの 4 つのピンを利用した ON/OFF の組み合わせで識別している（16 種類の ID 識別が可能）。

Top-AttachableToolDevice: Novel ToolDevice with Removable Attachments

[†]Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡]PRESTO, Japan Science and Technology Agency

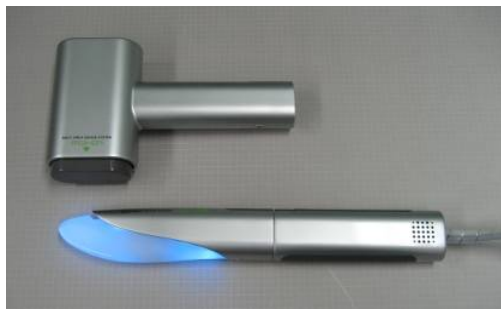


図3 先端着脱型デバイス

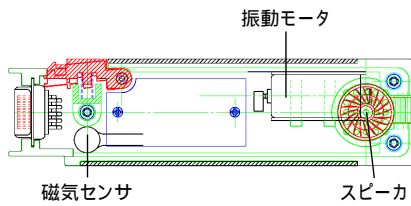


図4 本体の内部機構

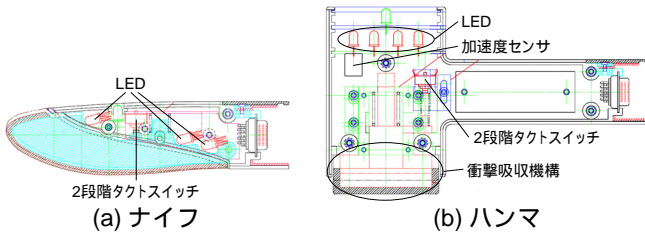


図5 着脱部の内部機構

位置姿勢検出: デバイスが仮想物体を操作可能な位置にあるかを判定するために利用。磁気センサ (Polhemus社製 LIBERTY) のレシーバを内蔵している。

聴覚提示: デバイスが仮想物体と接触したことで音が発生したように印象付けるため、音をデバイス本体から提示する機能。小型スピーカを内蔵している。

触覚提示: 仮想物体を「切る」「叩く」操作をした際の触感を提示する機能。振動モータを内蔵している。

図5に着脱部の内部機構を示す。ナイフ型の着脱部には以下の機能、機構を内蔵している。

視覚提示: 操作内容の確認のため、デバイスの状況を光で提示する機能。RGB 3色のLEDを内蔵している。

接触判定: 実物との接触を検出する機能。2段階タクトスイッチを内蔵し、接触部分が可動することで、デバイスが操作面に接触する強さの検出を行う。

また、ハンマ型の着脱部には上記に加えて以下の機能、機構を内蔵している。

加速度検出: 「叩く」強さを検出するために、加速度センサを内蔵している。

4. インタラクション事例の実現

4.1 システム構成

先端着脱型デバイスの機能を確認するために、ナイフ型、ハンマ型デバイスでMR空間中の仮想物体を「切る」「叩く」操作が可能なシステムを構築した(図6)。先端着脱型デバイスの入出力制御は、デバイス制御用I/O BOXを介してシリアル通信で行う。MR空間の提示には、ビデオスルー型HMD (Canon VH-2002)を利用する。

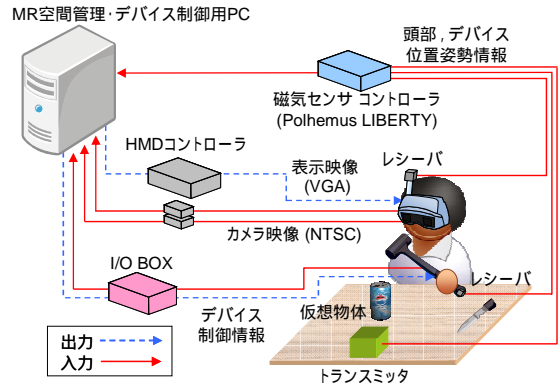


図6 システム構成



図7 操作風景

4.2 インタラクション事例

前述のシステムに、ナイフ型デバイスを利用して、テーブル上に表示した仮想画像を切断する事例を実装した(図7(a))。デバイスがテーブルに接触すると切断線のガイドを表示し、接触を解除することで切断を確定する。ガイド表示中にはLEDを青に、確定時には赤に点灯させ、画像が切れた音を提示する。また、ハンマ型デバイスを利用することで、テーブル上に置かれた仮想の缶を変形する事例も実装した(図7(b))。デバイスがテーブルに接触すると、加速度の値に応じて缶を潰す(変形させる)。叩いたと判定したと同時に、缶との接触音と振動を提示する。

これらの事例を数人に体験させたところ、各デバイス进行操作している様子を一度見ただけで操作方法を理解し、自身で実際に操作することができた。また、スイッチによる接触判定は非常にわかりやすく、ほとんどの体験者は戸惑うことなく容易に操作していた。音や振動、LEDの点灯は、操作と同時に瞬時に提示されることで、操作感が増すというコメントがあった。

5. むすび

道具型デバイスを実現する新しい方式として、「先端着脱型デバイス」を提案し、その実現例として加工用のデバイスを試作した。今後は、対象が仮想物体の場合における力覚提示機構や、他の着脱部について検討を行う。また、単一デバイスで複数機能を実現するタイプとの比較を行うなどの評価実験も行う。

謝辞 本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業(さきがけタイプ)「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」による。

参考文献

- [1] 上坂 他, “複合現実空間との対話操作のための道具型デバイス”, 信学技報, Vol. 107, No. 427, PRMU2007-170, pp. 81 - 86, 2008.
- [2] 新田 他, “選択・移動操作に適したピンセット型デバイスの操作性評価と考察”, 本大会, 2009.