

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

新田 孝宏[†] 上坂 晃雅[‡] 木村 朝子^{*} 柴田 史久[†] 田村 秀行[†]
立命館大学 情報理工学部[†] 同 大学院理工学研究科[‡] 科学技術振興機構 さきがけ^{*}

1. はじめに

我々は、道具のメタファを活用し、誰もが直観的に操作方法を理解でき、空間型作業に幅広く使用できる道具型デバイスの研究を行っている。これまでに選択・移動操作のための道具型デバイスとしてピンセット型デバイスを実現している[1]。本稿では、このピンセット型デバイスの直観性、操作性に関する評価実験とその結果について報告する。

2. ピンセット型デバイス

2.1 概要

我々が提案する「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触感や操作音（道具のメタファ）を活用することで、ユーザに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。この道具型デバイスは、目的に応じて異なったデバイスに持ち替えるツールセットを指向しており[2]、我々は1つ目のツールとして、選択・移動操作を行うピンセット型デバイスを実現した。ピンセットは選択・移動に特化した道具で、その形状から選択・移動以外の用途を想像する余地がほとんどないため、外観をただで用途と、その使い方を容易に想像できると考えられる。

2.2 試作デバイス

我々が試作したピンセット型デバイスと操作イメージを図1に示す。ピンセット型デバイスの外観は、一般的なピンセットを容易にイメージできるデザインとしている。また、既存のピンセットと同様の機能や操作感を実現するとともに、操作者に操作状況を明確に示すため、以下の機構を内蔵している[1]。

- ・デバイスの位置姿勢検出機構（磁気センサ）
- ・デバイスの挟み幅検出機構（ポテンショメータ）
- ・デバイスの先端で仮想物体を挟んだ（衝突した）触感を提示するための反力提示機構（ラチェット方式、またはドラムブレーキ方式）
- ・操作状況を操作者に知らせるための視聴触覚提示機構（カラーLED、スピーカ、振動モータ）

2.3 ピンセット型デバイスによるインタラクション

ピンセット型デバイスを用いることで、以下のようなインタラクションを実現できる。

- 選択**：ピンセット型デバイスで仮想物体を挟むことでその物体の選択を行う。この際、3次元空間にある仮想物体を直接選択することができる。
- 移動・回転**：選択された仮想物体を、3次元空間の任意の場所へ移動・回転することができる。
- 解除**：仮想物体を把持している力を緩め、デバイスの先端を開くことで、仮想物体を放すことができる。

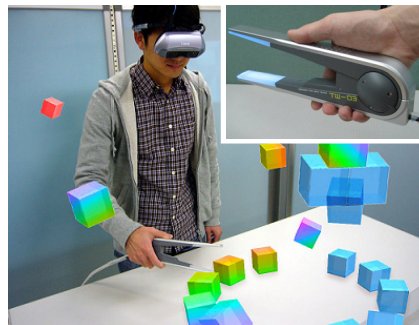


図1 ピンセット型デバイスと操作イメージ

3. 実験 1

3.1 実験目的

ピンセット型デバイスの直観性を確認するために、操作方法（表1）を説明せず、図2の4種類のデバイスで仮想物体を選択・移動させるタスクを課し、それぞれの主観評価とタスク達成時間を比較する。スティック型、ハンマ型デバイスは、ピンセット型デバイス同様、直接操作が可能で、道具のメタファを使用している。スティックは、叩く、回すなど、選択・移動以外の用途にも使用される道具であるのに対して、ハンマは選択・移動には使用されず、叩くという用途にのみ使用される。ゲームパッドは、間接操作インタフェースで、3次元空間を移動するためには多くのボタン操作を必要とする。

3.2 実験内容

実験で使用するシステムは文献[1]と同様である。実験では、3次元空間に配置された直径8cmの球を選択し、1辺の長さが15cmの半透明の立方体領域に移動・解除するタスクを被験者に与える。この際、各デバイスの操作方法は一切説明しない。また、被験者にはできるだけ早くタスクを実行することを求め、球を選択してから立方体領域で解除されるまでの時間を測定する。なお各デバイスを体験する順序は被験者ごとにランダムとした。実験終了後、各デバイスを操作方法の分かりやすい順に並べさせるとともに、なぜそのような評価にしたかコメントさせる。被験者は、各デバイスを初めて使用する成人10名である。

3.3 結果と考察

図3に主観評価の結果を示す。図より、すべての被験者がピンセット型デバイスの操作方法を非常に分かりやすいと回答しており、他のデバイスの結果と比べると、操作方法が格段に分かりやすいことが分かる。

その他のデバイスでは、ハンマ型デバイス、ゲームパッド、スティック型デバイスの順で評価が高い。実験中の被験者の様子やコメントを分析すると、スティック型デバイスは、叩く、回すなど様々な操作を試みるものの「刺す」という操作方法をなかなか思いつかず評価が低くなったと考えられる（断念する被験者もいた）。ハンマ型デバイスは、叩く以外の操作方法を思いつかないため、試行錯誤する中で操作方法を発見できていた。ゲー

Usability Evaluation of TweezersDevice Facilitating Pick and Move Operation

[†]College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

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

^{*}PRESTO, Japan Science and Technology Agency

表 1 操作方法

	選択	解除
ピンセット型デバイス	掴む	放す
スティック型デバイス	刺す	振る
ハンマ型デバイス	叩く	振る
ゲームパッド	ボタンを押す	ボタンを押す



(a) スティック型デバイス (Polhemus 社製 ST-8)



(b) ハンマ型デバイス[2]



(c) ゲームパッド (サンワサプライ社製 JY-PS9UG)

図 2 比較する対話デバイス

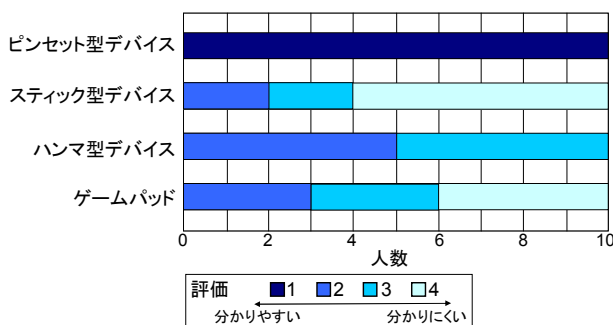


図 3 実験 1 の主観評価結果

ムパッドは、ボタン数が多くどのボタンを押せばよいのか迷う被験者が多かったが、ボタンを押す以外の操作方法がないので、これも試行錯誤で操作方法を発見できていた。各デバイスの平均タスク実行時間は、ピンセット型デバイスが 7.21 sec と最も速く、3 次元空間に対して直接操作を行うハンマ型デバイスが 46.38 sec, スティック型デバイスが 95.38 sec, 操作ステップ数の多いゲームパッドが 142.46 sec と続いた。

以上より、操作方法の直観性を実現するためには、道具のメタファ、その道具の用途・操作方法の少なさ、直接操作が重要な鍵となることが分かった。

4. 実験 2

4.1 実験目的

被験者に操作対象物体の正確な位置と角度の調整を求める物体配置のタスクを課し、ピンセット型デバイスの操作性を以下の 3 点から評価する。

- ・ 静止／移動している仮想物体の選択の容易さ
- ・ 仮想物体の移動、回転の容易さ
- ・ 仮想物体を正確配置することの容易さ

4.2 実験内容

本実験では、あらかじめ決められた 4 箇所初期位置 $I_1 \sim I_4$ に 1 辺 8 cm の立方体が順次 1 箇所ずつ表示される (図 4)。被験者は、これをピンセット型デバイスで掴み、ターゲット (同サイズ、半透明の立方体) に、できるだけ正確に重ね合わせる。立方体は姿勢を一意に決定するため、1 面のみ三角形の模様が入っている (図 4)。被験者は正しく重ね合わせたと判断した時点で別途用意したテンキーを押し、1 試行を確定させ、同様の試行を 30 回行う。なお前半の試行 (1~15 回目) では奇数回目は I_1 から、偶数回目は I_2 から立方体が表示される。後半の試行 (16~30 回目) では I_1 から反時計回りに順次表示

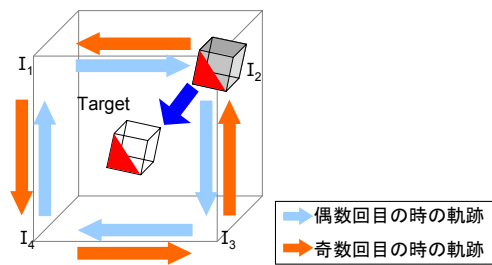


図 4 実験 2 の操作イメージ

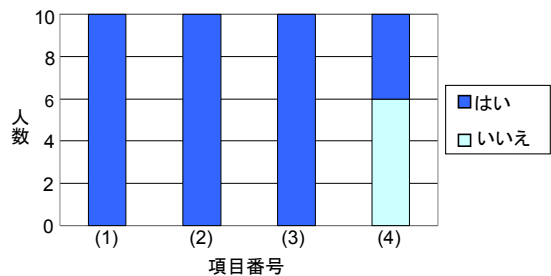


図 5 実験 2 の主観評価結果

され、 $I_1 \sim I_4$ の辺上を一定速度で移動する (偶数回目は時計回り、奇数回目は反時計回り)。

実験終了後、被験者には以下の (1) ~ (4) の主観評価項目に 2 択 (はい・いいえ) で答えさせる。

- (1) 静止している仮想物体を容易に掴むことができたか
- (2) 移動している仮想物体を容易に掴むことができたか
- (3) 仮想物体の移動・回転を容易に行うことができたか
- (4) 仮想物体を正確に配置することができたか

被験者はピンセット型デバイスに触ったことがない成人 10 名で、実験 1 の被験者とは重複しない。

4.3 結果と考察

図 5 に主観評価の結果を示す。横軸は評価項目、縦軸は回答人数を表す。(1) ~ (3) の結果より、仮想物体の選択、移動、回転操作に関しては、仮想物体の静止／移動にかかわらず容易に行っていたことが分かる。しかし、(4) で「いいえ」と回答した被験者の「手振れが気になった」「細かい調整がうまくできなかった」というコメントから、ピンセット型デバイスは大まかな配置はできるが、精度の高い配置操作は苦手なことが分かる。

5. むすび

ピンセット型デバイスの直観性、操作性に関する評価実験を行った。実験 1 から、ピンセット型デバイスの操作方法が非常に分かりやすいこと、用途・操作法が限定された道具のメタファを採用することで、デバイスの直観性が高まることが示された。また実験 2 から、ピンセット型デバイスは、選択、移動、回転操作や大まかな配置操作を得意とし、精度を要する配置操作は苦手なことが分かった。

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] 福田 他, “Top-AttachableToolDevice : 先端部が着脱可能な新しい道具型デバイス”, 本大会, 2009.