

# 仮想道具による身体像の拡張表現とその評価に関する研究

早大大学院 渡辺貴文, 早大科健機構 上杉繁, 早大理工学術院 三輪敬之

## Expression method and evaluation on expansion of body image enhanced by use of virtual tool

Takabumi WATANABE, Graduate School, Waseda Univ.

Shigeru WESUGI, Consolidated Research Institute for Advanced Science and Medical Care, Waseda Univ.

Yoshiyuki MIWA, Faculty of Science and Engineering, Waseda Univ.

**Abstract:** This research proposes an expression technique focused on expansion of body image by employing a tool. The expression technique integrates a three-dimensional virtual tool and a virtual shadow expression to increase degree of freedom of representation on bodily action. The authors have developed an interface that realizes this expression and mounted the Cross-modal interference experiment system to evaluate quantitatively effect of extension of a body image in the interface.

### 1. はじめに

我々は道具を使用することにより、運動機能のみならず、空間知覚などの身体の働きが道具の先端に拡張することを経験している<sup>1)</sup>。したがって、仮に映像を用いて道具を把持したグリップから仮想的に伸張表現したとき、この仮想道具の先端にまで身体の働きを拡張することが出来れば、映像で表現された仮想空間や遠隔の空間にまで身体の働きを拡張し、あたかも自身の身体を介したかのようなインタラクションが行える可能性がある。

このような観点から著者らはこれまでに、把持したグリップがあたかも伸びたかのような仮想影を、グリップ下の水平スクリーンにプロジェクタにて投影することで、道具の伸長感を創出する仮想道具インタフェースを開発してきた<sup>2)</sup>。また Maravita らが提案した道具による Cross-modal interference (以下 CMI) 実験手法<sup>3)</sup>を参考に、仮想道具インタフェースにおいて、身体イメージが仮想道具の先端にまで拡張することを定量的に評価する方法を提案してきた<sup>4)</sup>。

そこで、本稿ではこのような仮想道具表現において、身体行為の表現性をより高める手法として三次元的に映像提示された道具表現と、仮想影表現を組み合わせる手法を提案する。すなわち、把持した実体のグリップから、柄の仮想映像が連続的に接合し伸長した三次元映像と、そこからスクリーン上に落ちる仮想影を同時に表現する方法である(図1)。そして、映像表現された道具の実在感や、影による身体性の拡張効果<sup>5)</sup>に着目することで、仮想道具への身体の働きについて調査することを目的とする。上記のような表現を実現するインタフェースとその表現手法を検討するための実験システムを設計・開発したので報告する。

### 2. 仮想道具の設計と評価手法

映像による仮想道具を三次元的に実空間と重畳提示する手法として、ハーフミラーを用いた光学シースルーによる手法と、カメラによる映像を用いたビデオシースルーによる手法が挙げられる。しかし、仮想影の提示を考慮すると、前者の手法はハーフミラーの光学的特性から、実空間に存在するオブジェクトにあたかも実際の影が落ちているように表現することは困難である。また後者の手法では、仮想物体の影が落ちる実空間のオブジェクトの形状をあらかじめ限定しておくか、あるいはステレオ計測などを用いて逐一計測し把握する必要があるため<sup>6)</sup>、使用状況が制限されたり、計算コストが掛かり過ぎたりするという問題がある。そこで、著者らは光学

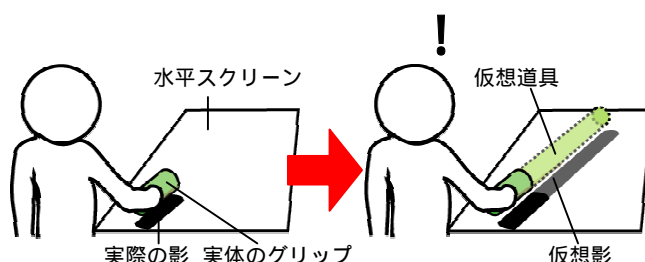


Fig.1 仮想道具インタフェースのイメージ

シースルー型の HMD において仮想道具を三次元提示し、同時に、プロジェクタにより上方から仮想道具が落とす影映像を投影する表現を統合する手法を考案した。これにより、任意の形状や自由度、更には動きを持つオブジェクトにも整合的に仮想影を、計算コストをほとんどかけず、投影することが出来る。

次に提案したインタフェースにおいて、身体の働きの拡張効果を定量評価する手法を検討する。そこで、著者らの先行研究<sup>4)</sup>にて用いた CMI 実験手法を適用することにした。この実験手法は、手にした道具の先端の視刺激によって、手元の触刺激が影響を受けること、すなわち、道具の利用による視・触覚統合への影響に着目した手法である。具体的には、道具の先端上下に取り付けたLEDによる視刺激の影響によって、道具のグリップ部上下に取り付けた振動子による触刺激の位置判別における反応時間、正誤率を算出することで道具の影響を調べる方法である。そこで上記の CMI 実験手法を実現するための機能を、提案するインタフェースシステムに実装することにした。

### 3. 仮想道具インタフェースと実験システムの開発

開発した実験システムの構成図を図2に示し、まずは仮想道具と仮想影の提示システムについて述べる。仮想道具の提示には、光学シースルー型の単眼 HMD(島津 DataGlass2/A)を立体視が行えるよう両眼用に改造したものを用いた。そして、HMD と把持したグリップ(45×160[mm])には三次元磁気トラックセンサを取り付け、頭部と把持したグリップの位置姿勢を計測する。この値を元に仮想道具を HMD を通して見たとき、把持したグリップがあたかも伸長したかのように連続的に提示されるよう、PC にて座標変換を行い、仮想映像を生成する。またスクリーン上方にプロジェクタを設置し、

仮想道具から実空間に落ちる仮想影を投影する。プロジェクタの光により身体や実体から落ちる実際の影と映像生成用PCにて生成される仮想影との位置関係が光学的に整合するよう、プロジェクタを光源に設定し、そこから水平スクリーンに投影される仮想影の位置、形状を算出する。そして、映像生成用PCにてHMDに提示する右目用映像と左目用映像、さらにはプロジェクタから投影する仮想影の3チャンネルの映像を同時に生成するソフトウェアと、出力するシステムを構築し、これらの映像提示を実現した。なお、仮想道具、仮想影の生成にはDirectXのライブラリを利用した。以上のシステムにおいて約20[Hz]のフレームレートを実現し(CPU:ペンティアム4 3.2[GHz], ビデオアダプタ: NVIDIA QuadroFX1400(2ch出力), NVS280), 仮想道具、仮想影の提示位置の精度は3[cm]の誤差以内となった。

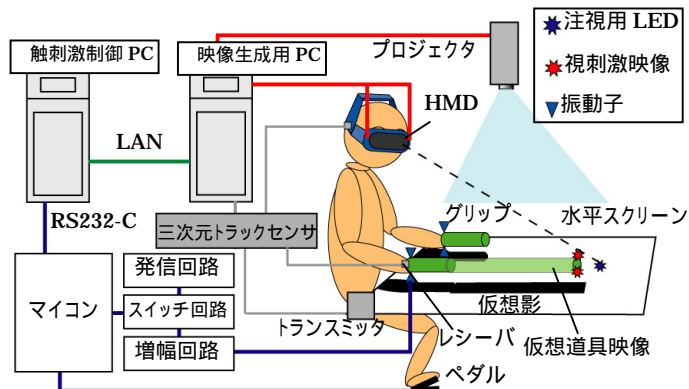


Fig.3 仮想道具インタフェースの構成とCMI実験システム

次に身体像の拡張を評価するCMI実験システムの実装について述べる。MaravitaらのCMI実験手法<sup>3)</sup>をふまえ、それを本インタフェースに適用するためには、以下の要件を満たすシステムの開発を新たに行う必要がある。

被験者に手元に振動子による触刺激と仮想道具先端からの視刺激の組み合わせをランダムに提示

触刺激判別の反応時間・正誤率などを計測

これらの要求諸元を満たす実験システム(図2)を実装したのでその詳細を以下に述べる。

著者らが提案したインタフェースにおいて、グリップより先の部分は映像で仮想的表現されるため、LEDを用いた視刺激を用いることは出来ない。そこで視刺激提示についてはHMDにてLEDを模した仮想オブジェクトを仮想道具の先端に提示し、これを映像生成用PCにより点滅表現(100[ms]周期、三回周期)を生成、提示することで視刺激を被験者に与えることにした。触刺激提示については、グリップに200[Hz]の50[V]<sub>p-p</sub>正弦波により振動する圧電素子を振動提示用素子として上下二つ取り付けた。正弦波の生成は発振回路によって生成された信号をオペアンプで増幅することにより行った。触刺激の提示は視刺激提示と同様に100[ms]周期、三回周期のON, OFFにて行う。触刺激の位置判断は足元に設置されたペダルを用いた。触刺激提示制御とペダルからの信号処理はマイコン(PIC16F74)を経由してRS232-C通信(9600[bps])を介して視触覚提示制御用PCにて行われる。また、CMIの効果が一番顕著に現れるとされている条件として<sup>3)</sup>、視刺激提示は触刺激提示より30[ms]先行して与える。この時間差を実現するためには触刺激提示用マイコンと映像生成用PCが正確に同期しなければならない。そこで視触覚提示制御用P

Cと映像生成用PCをLANで繋ぎTCP/IP通信を行い、さらに映像生成用PCと触刺激提示用マイコン間の通信によるタイムラグを考慮することでこの同期を実現した。

仮想道具の三次元表示と仮想道具から落ちる仮想影を統合して表現するインタフェースシステムを利用し、身体像の拡張を評価するCMI実験を行っている様子のイメージを図3に示す。

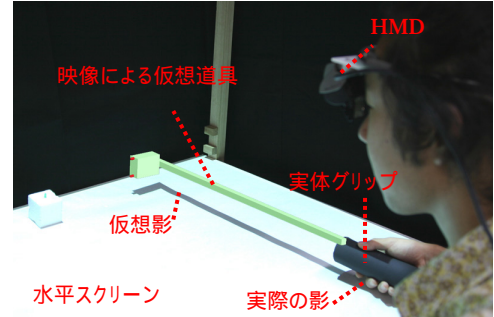


Fig.3 仮想道具インタフェースを用いたCMI実験のイメージ

#### 4. まとめ

本研究では道具による身体拡張効果に着目し、身体行為の表現性を高める仮想道具の三次元提示と、仮想影表現を組み合わせる表現手法を考案した。そしてHMDとプロジェクタを組み合わせたインタフェースの開発を行い、さらに身体像の拡張を定量評価するCMI実験システムをインタフェースに実装した。

今後は、映像提示された仮想道具表現とその仮想影表現との組み合わせによる身体像の拡張への影響について検討する。

#### 謝辞

本研究の一部は、岐阜県からの委託であるWABOT-HOUSEプロジェクトにより行われた。また、本研究において学部生小川拓樹君、川瀬新司君らの協力を得た。ここに謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 市川:「身」の構造 身体論を超えて; 講談社学術文庫(1993).
- 2) 久保, 上杉, 三輪: 実体と仮想の影の統合による身体性の拡張インタフェース; 情報処理学会 第66回全国大会講演論文集(4), pp.21-22 (2004).
- 3) A, Maravita., C, Spence., S, Kennett., J, Driver.: Tool-use changes multimodal spatial interactions between vision and touch in normal humans; Cognition, Vol.83, pp.B25-B34 (2002).
- 4) 渡辺, 片山, 上杉, 三輪: 仮想道具による身体像拡張の評価手法に関する研究; 信学技報, Vol.105, No.74, pp47-50 (2005).
- 5) Pavani, F., Castiello1, U.: Binding personal and extrapersonal space through body shadows; journal of Nature Neuroscience, Vol.7, No. 1, pp. 14-16, (2004).
- 6) 神原, 横矢: 仮想物体のテキストシャドウが表現可能なビジョンベース拡張現実感; 情報科学技術フォーラム(FIT)2003一般講演論文集, pp.93-94 (2003).