

## 実空間の触覚情報を付与した没入型仮想空間での一人称視点と三人称視点における迷路脱出の比較

入江 匠\*† 小池 崇文\*

\* 法政大学情報科学部 † 法政大学大学院情報科学研究科

### 1. 研究背景

普段私たちがみている視点は一人称視点である。自分から離れた位置で見る視点を三人称視点という。三人称視点は自分の周りを見渡すことができ、一人称視点よりも得られる視覚情報が多い。そのためアクションゲームやレースゲームなどのビデオゲームや車の駐車を補助するアラウンドビューモニターなどに用いられている。一人称視点では得られない視覚情報が得られる三人称視点で作業を行うことで作業の効率が上がることが分かっている。

HMD は主に 360 度映像やゲームで用いられ、HMD に映す映像によってさまざまな体験ができる。HMD に三人称視点の映像を映すことで三人称視点を体験できる。西山ら [1] は仮想環境内で三人称視点を体験できるシステムを実装した。実験結果から被験者が仮想空間内での作業に現実感を感じにくかったことが課題となっている。また、松本ら [2] は Redirected walking (視覚効果を引き起こす技術) と Visio-Haptic Interaction (触覚効果を引き起こす技術) を組み合わせ、視触覚相互作用によって被験者の空間知覚を操作するシステムを提案した。実験では、被験者が触覚情報を得ることで、被験者が感じる現実感が増していた。

そこで本研究では、実空間内に仮想環境内と同じ構造の障害物を設置し、仮想空間内の三人称視点での作業に触覚情報を付与する。仮想空間内での現実感を増やすことで、三人称視点の作業効率が上がると考える。

### 2. 関連研究

#### 2.1. HMD を用いた三人称視点の研究

西山ら [1] は仮想環境内に実験環境を作成し、仮想カメラの位置を変えることで、一人称視点と三人称視点を切り替えられるように実装した。仮想環境内の迷路をクリアする作業 (maze) を一人称視点、自分を頭上後方から見下ろす追従型三人称視点、作業している空間全体を見渡せる俯瞰型三人称視点で行い、maze の達成時間と迷路の壁への衝突回数を計測した。実験の結果、作業達成時間は追従型三人称視点が多く、壁との衝突回数は一人称視点が多かった。三人称視点の習熟度が低い被験者は追従型三人称視点、俯瞰型三人称視点どちらでも一人称視点より優位な結果は残せなかった。

#### 2.2. 仮想空間内での作業に触覚情報を付与した研究

松本ら [2] は Redirected walking (視覚効果を引き起こす技術) と Visio-Haptic Interaction (触覚効果を引き起こす技術) を組み合わせ、視触覚相互作用によって被験者の空間知覚を操作するシステムを提案した。HMD を装着した被験者は円筒状の壁を触りながら回り歩くと、HMD に表示されている直線の道の映像を見ることで、実際に直線を歩いていると感じる。

### 3. 提案手法

本研究では、実空間内に仮想環境内と同じ構造の障害物を設置し、仮想空間内の三人称視点での作業に触覚情報を付与する手法を提示する。西山らの手法 [1] の maze に、現実

空間に設置した迷路からの触覚情報を付与することで、三人称視点より一人称視点より有利になると予想する。西山らの研究に対し、実空間に仮想環境内と同じ構造の迷路を作成し、被験者が触れながら作業できるようにする。触れながら進むことによって、三人称視点での現実感を増やし、追従型三人称視点および俯瞰型三人称視点より優位な視点になることを期待する。

### 4. ユーザの視点

#### 4.1. 一人称視点

一人称視点は普段私たちが見ている視点である。そのため、違和感なく作業ができるはずである。

アバターの頭部にカメラを設置し実装する。普段の生活で経験する一人称視点は自分の体が見えているが、本研究では、視覚情報をより多く得られるように一人称視点ではアバターを表示させない。一人称視点の例を図 1 に示す。



図 1. 一人称視点の例 図 2. 追従型三人称視点の例 図 3. 俯瞰型三人称視点の例

#### 4.2. 追従型三人称視点

追従型三人称視点は頭の後方から空間を眺める視点である。そのため、一人称視点より可視範囲が広く、得られる情報量が多い。しかし、西山らの研究では、カメラがアバターから離れているため壁との距離感の把握が難しく、壁と接触してしまうことが多かった。本研究では実空間に迷路を設置することで、壁との距離感がより把握でき、作業達成時間がより早くなると期待する。

追従型三人称視点はカメラをアバター頭部後方に設置し、アバターを中心に球面上を動く視点である。カメラが回転するときアバターも回転するので、追従型三人称視点の仮想カメラは基本的にアバターの背後に位置する。追従型三人称視点の例を図 2 に示す。

#### 4.3. 俯瞰型三人称視点

俯瞰型三人称視点はカメラを迷路上方に設置し、迷路全体を見渡す視点である。迷路全体を見渡せるため得られる情報量は最も多い。俯瞰型三人称視点の例を図 3 に示す。

### 5. 実験環境

#### 5.1. 実空間

高さ 100cm の段ボールで仮想空間内と同じ構造の迷路を作成した。この高さは被験者が迷路に触れながら作業できる高さである。また、HTC VIVE がベースステーションからの同期パルスとレーザー光線を検知できる高さである。実験を行う際、すべての視点で同じ迷路を使用すると被験者が迷路の構造を覚えてしまい、作業達成時間が正しく計測できない可能性がある。そのため、視点の切り替えごとに迷路の構造を変更する必要がある。実空間の迷路の変更を素早く行えるよう、50cm の幅を持った自立する壁を作成した。

Comparisons of Maze Escaping at First Person Viewpoint and Third Person Viewpoint in Immersive Virtual Space with Tactile Information in Real World

Takumi IRIE, Takafumi KOIKE

Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo, Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-cho

5.2. 仮想空間

仮想空間は西山ら [1] の maze で使用した迷路を使用する。仮想空間はゲームエンジンの Unity で作成されている。本実験では各視点の実験結果に差異が出ることを期待するため、迷路の難易度は難しいほど好ましい。迷路の難易度はマス数が多いほど難しくなるので、迷路を HTC VIVE の最大移動範囲 4m × 3m 全体に設置する。このとき、迷路の縦・横の比率は 4:3 となるので 4n × 3n マス (n = 1, 2, 3, ...) の迷路ならば道幅が一定になる。8 × 6 マス (n=2) のときに道幅が 0.5m となり、人がギリギリ通れたため、本実験で使う迷路は 8 × 6 マスとした。

6. 実験

初めに、Simulator Sickness Questionnaire(以下、SSQ) アンケートを行う。その後、触覚情報有り と触覚情報無しの実験を行う。どちらを先に実験するかはランダムにする。各実験では、まず、一人称視点で maze を行ったあと、SSQ と Slater-Usch-Steed(以下、SUS) アンケートを行う。次に、追従型三人称視点でも同様に maze と SSQ と SUS を行う。最後に、俯瞰型三人称視点でも同様に maze と SSQ と SUS を行う。

6.1. 評価方法

maze の作業達成時間を計測し、作業達成時間が短い視点を maze に適した視点とする。また、壁との衝突回数も計測し、触覚情報の有無で作業達成時間にどのような影響があるか検証する。また、SSQ と SUS アンケートの結果から、視点の違いによって、シミュレーション酔いと現実感の程度に差があるか検証する。

6.2. maze

表 1 は、触覚情報の有り無しでの maze の視点別の作業達成時間の平均値である。触覚情報の有無に関わらず、作業達成時間が最も早い視点は追従型三人称視点となった。また、触覚情報が付与されている場合のみ、俯瞰型三人称視点の作業達成時間が一人称視点より早くなった。

表 2 は、触覚情報の有り無しでの maze の視点別の壁との衝突回数の平均値である。触覚情報有り で maze を行うと触覚情報無しで maze を行ったときより、壁との衝突回数が多くなった。また、触覚情報の有無に関わらず、壁との接触回数が最も少ない視点は一人称視点となった。

表 1. 触覚情報の有り無しでの MAZE の視点別の作業達成時間の平均値

	触覚情報有りでの作業達成時間 (秒)	触覚情報無しでの作業達成時間 (秒)
一人称視点	249.00	64.14
追従型三人称視点	199.34	63.10
俯瞰型三人称視点	202.603	128.53

表 2. 触覚情報の有り無しでの MAZE の視点別の壁との衝突回数の平均値

	触覚情報有りでの衝突回数 (回)	触覚情報無しでの衝突回数 (回)
一人称視点	20.33	5.33
追従型三人称視点	29.00	63.10
俯瞰型三人称視点	25.33	18.66

6.3. アンケート結果

SSQ のアンケート結果を表 3 に示す。SSQ は、作業前と作業後の TotalScore の差が大きいほど、シミュレーション酔いの程度が増す。各視点の TotalScore の数値が上がっている

ので、各視点でシミュレーション酔いが発生した。追従型三人称視点の場合のみ、触覚情報が付与されていない時のほうがシミュレーション酔いが少なかった。

SUS のアンケート結果を表 4 に示す。SUS は、各項目の合計値が大きいほど、3DCG の仮想空間での体験に現実感があると示せる。追従型三人称視点と俯瞰型三人称視点の場合のみ、触覚情報が付与されている時、現実感が増した。一人称視点の場合のみ、触覚情報が付与されていない時のほうが現実感が増した。

表 3. 触覚情報の有り無しでの MAZE の SSQ アンケートの結果

	触覚情報有り	触覚情報無し
一人称視点	2.00	2.00
追従型三人称視点	2.33	1.33
俯瞰型三人称視点	1.33	1.33

表 4. 触覚情報の有り無しでの MAZE の SUS アンケートの結果

	触覚情報有り	触覚情報無し
一人称視点	27.00	31.33
追従型三人称視点	18.40	12.33
俯瞰型三人称視点	12.40	9.00

7. 考察

どの視点でも触覚情報が付与されても作業達成時間は早くならなかった。これは、被験者が実空間に設置してある迷路の壁を確かめながら慎重に maze を行ったからだと考える。また、実空間の迷路と仮想空間の迷路の位置がずれているときに被験者は不快感を感じたようだった。よって、追従型三人称視点での SSQ の結果が触覚情報無しの方が良い結果になったと考える。仮想環境内と完全に一致した触覚情報を付与するのは本手法では難しいと考える。UnlimitedHand[3] のような仮想的な触覚情報を与えることができれば、より正確な触覚情報を付与できると考える。

次に、触覚情報が付与されているときの接触回数が触覚情報を付与されていない時より多くなってしまった原因を考える。被験者はどの視点で maze を行う時も、迷路の構造を把握するために下を向いて作業していた。仮想空間内のキャラクターの中心位置は HTC VIVE のヘッドセットの位置となっている。被験者は実空間の迷路に触れながら maze を行っているため、ヘッドセットの位置が実空間の壁を越えてしまうため、接触回数が多くなってしまったと考える。

8. 結論

実験結果より、触覚情報を付与することで maze の作業達成時間を短くすることはできなかった。しかし、触覚情報があることで仮想空間内での作業中に被験者が感じる現実感増やすことができた。

今後、より正確な触覚情報を提示することができれば、被験者がより不快感を感じず、作業達成時間が短くなる可能性があると考えられる。

参考文献

[1] 西山雄弥, 小池崇文, “ヘッドマウントディスプレイを用いた 3DCG の仮想空間での一人称視点と三人称視点における作業の比較,” 情報処理学会第 79 回全国大会 2017, 2017.

[2] Keigo Matsumoto, Yuki Ban, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose, “Unlimited Corridor: Redirected Walking Techniques using Visuo Haptic Interaction,” SIGGRAPH '16 ACM SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies Article No. 20

[3] UnlimitedHand - Touch and feel the game world., “http://unlimitedhand.com/,” (2019 年 01 月 11 日現在)