

(408) メディア情報

触覚を伴う複合型仮想空間内運動における視覚情報の影響

Effect of Visual Information during Tactile Motion Control in MR Space

江草 亜美[†]

大山 剛史[†]

伊藤 照明[†]

Ami Egusa[†]

Takashi Oyama[†]

Teruaki Ito[†]

[†]岡山県立大学 情報工学部

1 はじめに

仮想空間 (VR: バーチャルリアリティ) における触覚情報提示は、提供できる体験の拡張や臨場感の向上のために重要であり、とりわけ VR で最も用いられている視覚との関係について様々な研究が行われてきている [1-3]. 仮想空間での触覚提示は本来提示される触覚刺激とは異なる感覚を視覚刺激により誘発することが認められており、仮想空間での利用における応用が期待されている. 例えば、ピストン状デバイスによる反力やノブ型デバイスのトルク感覚、視覚からのフィードバックによる知覚増減、マウスカーソルの動きに緩急を付随することで粘性感覚、粒子運動の CG による力場の表現で力覚提示などがあげられる. この現象を逆に辿ることで、触覚ディスプレイを動作させるヒトの運動との関係を明らかにし、それにより運動を視覚化することが可能であると考えられる.

一方で、現実空間を重畳表示させる複合型仮想空間 [4] においては、仮想空間のみを対象とするのではなく、現実空間での視覚情報を用いることができる特徴を有している. 上記の方法と組み合わせることでヒトの運動を複合空間内で視覚化できれば、運動制御情報の視覚化にもつながる可能性があるが、そうした試みは行われていない.

本研究では、触覚を伴う複合型仮想空間内運動における運動の視覚化に取り組み、そうした運動における視覚情報の影響についての知見を得ることを目指す.

2 目的

運動制御理論では、目的とする運動を行うための脳・脊髄 (中枢神経系) の機能の関わり、関節や筋肉の強調した動きが実行されるまでの処理や伝達方法、運動の課題や環境による影響、受け取った感覚情報の知覚・認知とそれによる運動などの解明を目的としている. 運動は、運動を行う人 (個体)、どのような運動を行うか (運動課題)、運動を行う環境 (環境) の相互作用から構成される. そこで行われる運動制御の解明はリハビリテーションにとって重要であるが、運動制御理論においても十分に解明されていない.

本研究では、ヒトが運動しているときの、目で見ることのできない運動情報を、MR システムを用いて現実世界にリアルタイムで見えるようにすることで運動制御の解明につながる仕組みについての知見を得ることを目的とする. また、様々な仮想物体を現実に出現させ、あるいは触覚情報の条件を変えることで被験者の感覚を変化させ、そうした実験条件が運動制御情報へ及ぼす影響について考察し、運動制御のための生理モデルの提案を目指す.

3 実験環境

本研究で用いる複合現実型仮想空間環境は、VR 用 HMD (Oculus Rift, Oculus VR 社製) と VR 対応ステレオカメラ (ZED Mini, STEREO LABS 社製) を用いて MR システムを構築する. また、被験者に力覚感覚を呈示するために 3 次元力覚入出力デバイス (Phantom, 3D Systems 社製) を統合したシステムとした. さらに、仮想空間の構築および呈示には VR コンテンツ作成環境ソフト (Unity, Unity Technology 社製) を使用した. Unity で作成した VR アプリケーションを PC 上で実行し、力覚入出力デバイスとの条件の切り替えや制御を行った. 被験者にはステレオカメラ付 HMD と力覚入出力デバイス用スタイラスを使用させ、実験を行える環境を構築した. この複合現実型仮想空間環境は、ステレオカメラを用いて現実世界の映像を仮想空間内に反映させるため、HMD を装着した被験者が見ている映像は HMD を装着していない時と変わらない現実世界が見えている. そこに VR コンテンツ作成環境ソフトを用いて、様々な仮想物体を出現させることで現実世界には存在しない物体が HMD を装着するとまるで現実にあるかのように見ることができ. 以下に複合現実型仮想空間環境の映像の例を示す (図 1).

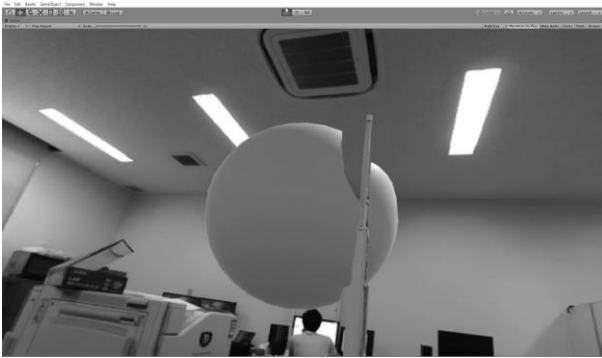


図 1. HMD を介して被験者に呈示される映像の例

4 反力の視覚化と運動情報の視覚化

現実空間においてヒトが指で物体を押したとき、物体からの反力は物体を押している人には伝わる感覚である。しかし、そうした反力は第三者からはもとより、本人でさえも見ることはできない。複合型仮想空間を介してヒトが物体との相互作用を施す場合には、こうした見えない反力を視覚化する（図 2）だけでなく、反力を作用する運動を視覚化することも可能となる。



図 2. 反力の視覚化

5 複合現実型仮想空間環境を用いた官能評価実験

本実験で使用する 3 次元力覚入出力デバイスは、ペン型スタイラスに力を加えることにより、仮想空間内の物体との触覚による相互作用を可能とする装置である（図 3）。加える力の大小により仮想空間内のオブジェクトの動作挙動を連動させることができる。実験に使用する視覚情報刺激（例えば素材、寸法、形状など）および触覚情報パラメータ（力覚パラメータの値の範囲など）の組み合わせについて検討し、実験条件を設定する。

5.1 実験方法（反力の視覚化）

1. 標準の仮想物体に対し、目的位置までの移動を指示（図 4）。
2. 仮想物体の素材を変えて（例えば石、スポンジ、

鉄等）、目的位置までの移動を指示（図 5）。

3. 仮想物体の寸法を変えて（例えば、2 倍、3 倍等）、目的位置までの移動を指示（図 5）。
4. 力覚パラメータを変化させ（例えば、2 倍、3 倍等）、目的位置までの移動を指示。
5. 視覚情報の変化が及ぼす触覚情報を伴う運動制御情報への影響を見る。

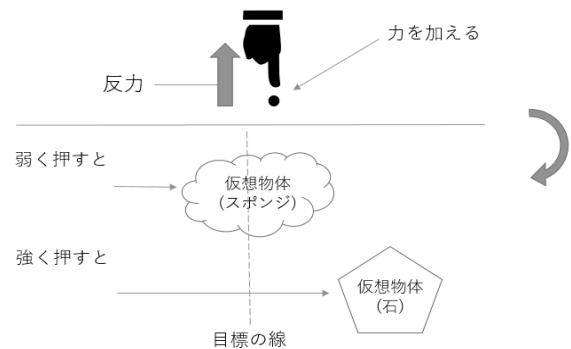


図 4. 評価実験（反力）概要

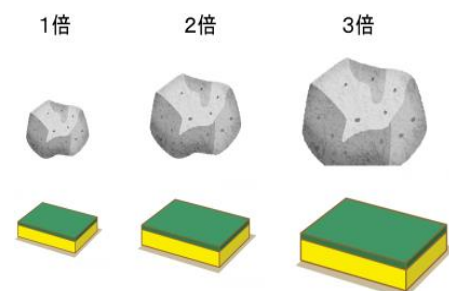


図 5. 評価実験において被験者に見せる対象例

5.2 実験方法（運動の視覚化）

5.1 節の実験とは異なり、被験者の腕に筋電を貼り、出現する様々な仮想物体を押した瞬間の筋電位を用いて視覚情報が変化したときのヒトの運動の変化を見る（図 6）。

1. ディスプレイ上に仮想物体を表示し、被験者にスタイラスを押すことで仮想物体を押すように指示する。
2. 仮想物体を押した時の筋電位を測る。
3. 仮想物体の質量について、視覚情報を変化（図 5）させることで被験者が知覚し得る仮想物体の質量を変化させる。
4. 仮想物体を押した被験者に対して、その物体の質量や重い／軽いといった内観を回答させる。

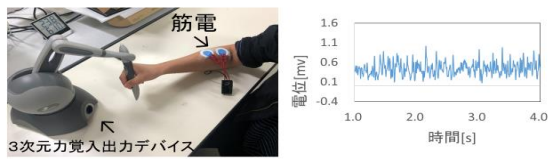


図 6. 筋電位計測実験

6 おわりに

本稿では、ヒトが運動しているときの、目で見ることのできない反力や触覚情報を、MR システムを用いて現実世界にリアルタイムで可視化するためのシステム構築について述べた。このシステムを使用することで、視覚情報が運動に及ぼす影響を調べるための実験について述べた。さらに、運動制御の解明につなげるような取り組みについて述べた。まず、現実には見ることのできない反力を視覚化することについて述べた。さらに、反力を引き起こす身体運動の履歴データから動きを算出し、その視覚化についても検討を行っているところである。

謝辞

本研究の一部は岡山県立大学独創的研究助成費 2019D52 の支援を受けて実施された。

参考文献

- [1] 前田太郎, 舘暲, “ホロプタ現象における視空間幾何学の機序に関する一考察,” 信学論 D-II, Vol. J81-D-II, No. 1, pp. 162-173, 1998.
- [2] 藤田貴大, 中山健, 片山正純, “把持運動における視覚と運動の独立性,” 日本認知心理学会第 7 回大会論文集, 2009.
- [3] 鳴海拓志, “Pseudo-haptics 応用インタフェースの展望-疑似触力覚提示からその先へ,” システム／制御／情報, Vol. 61, No. 11, pp. 463-468, 2017.
- [4] 大河内 悠生, 小木 哲朗, “仮想空間を利用した内的・外的要因による時間感覚の制御” 日本機械学会第 29 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 2019