

視覚情報の変化・差分提示による環境把握の検証 —振動刺激提示シミュレーション環境の構築—

鬼頭 一帆[†] 森田 慎一郎[†]
小林 春美[†] 武川 直樹[†] 中村 明生[†]

概要：本研究では、視覚情報の変化・差分をモダリティ変換することで、環境把握が可能であるか検証することを目的とし、光学的流動を簡略表現し、振動刺激として提示するシステムの開発及び基礎検証を行う。仮想環境内で特定視点の現在の座標と0.5秒前の座標をもとにした円の大きさを表示するシステムを構築した。また、円の大きさを振動強度へ変換し提示するデバイスを開発した。検証として、ランダムに提示した空間構造を首振り動作と振動刺激から探索し、空間構造を選択肢から回答するタスクを設け、正答率で評価した。結果として、95.0%で正しく環境を選択できることを確認した。以上から光学的流動を簡略し、振動刺激に変換した情報提示による環境把握の有効性が示唆された。

1. 序論

視覚障害者の環境定位、移動を支援する目的で Electronic Travel Aids (ETAs) の開発がなされている[1]。ETAs は周囲環境をセンシングし視覚以外のモダリティに変換することでユーザに周囲情報を提供している。代表的な例として、距離センサで取得した値を振動モータの振動強度に変換した例があり、周辺環境の知覚支援に有効である[2]。

多くの ETAs システムはセンサ計測値を非視覚モダリティへ断続的に変換し情報提示している。しかし、連続的な情報提示がユーザのストレスになりうる可能性がある。したがって、ETAs の中には刺激発生のためのトリガーを内包している例[3]もあるが、意図していない情報をユーザが獲得することが困難であると想定される。

一方で、生態心理学の知見によると、人間が環境知覚をする上で重要な情報として変化・差分が挙げられ、特に視覚においては光学的流動が環境知覚に対し重要な役割を持つとされている[4][5]。変化・差分を基底として非視覚刺激を提示すれば、環境とユーザが相対的な変化がない場合は刺激が発生しない。またユーザの動作をトリガーとした刺激を発生でき、ユーザが停止している場合でも移動障害物など相対的に移動する対象から情報を獲得できる。

我々はこれまで視覚情報の変化・差分を簡略表現し周辺環境の定位が可能であるかを検証してきた[6]。その上で、本研究の目的を光学的流動を簡略表現し、振動刺激として提示するシステムの構築と設定する。具体的には、仮想環境内で光学的流動を簡略模擬し、光学的流動の強度を円の大きさとするとともに、振動モータの振動強度として被験者に伝達するシステムの構築を行い、周囲環境の構造知覚実験を行う。

2. 問題設定

本研究は光学的流動を模擬した振動刺激提示システムの開発を目指しており、頭部装着型ウェアラブルデバイスシステムのプロトタイプの開発を行ってきた。プロトタイプでは正面方向の壁面に対する性能に関して一定の成果は確認できている[7]。このシステムを周囲の通路環境の認識に関して拡張する際に以下の3点に関し追考の余地があるとした。

- (1) 情報提示の量が十分であるか
- (2) 提示している情報が十分であるか
- (3) 視覚情報と振動情報のギャップがあるか

以上の課題に対し、本稿では Head Mounted Display (HMD) を用いたシミュレーションシステムを開発し課題解決を目指す。(1)(2)の課題に対し HMD を用いて光学的流動を模擬した情報の視覚に対する提示を行う。これは、そもそも情報量が豊富な視覚に対して光学的流動を模擬した情報の提示を行い環境把握が不可能であるならば、視覚情報をモダリティ変換して情報提示も同様に環境把握が困難であると考えたためである。この結果を踏まえた上で(3)の課題に対し振動刺激への変換に検討を加える。

3. システム構成

3.1 振動刺激シミュレーション環境の構築

図1に本研究で構築したシステムの概要を示す。本システムではまず、トラッカーでユーザの頭部位置姿勢を推定し、PC上で構築された仮想環境上でのユーザの頭部動作を取得する。PC内で頭部の仮想環境に対する相対的な動作および視点を取得し、光学的流動の簡略化情報を算出し振動強度へと置換する。その後、振動強度を振動デバイスに送

[†] 東京電機大学 Tokyo Denki University

信し、振動モータの駆動電圧に変換し振動刺激を提示する。本システムではトラッカーに HTC 社の VIVE Tracker を採用し、仮想環境の構築および刺激量の算出は Unity で構築する。

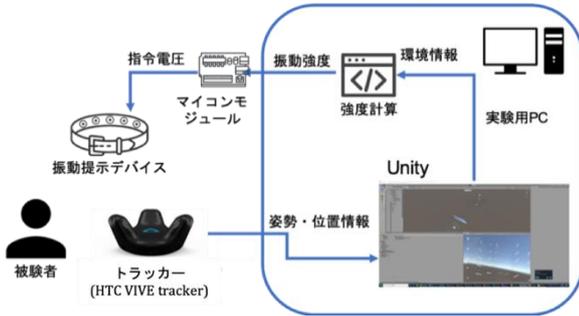


図1 システム構成

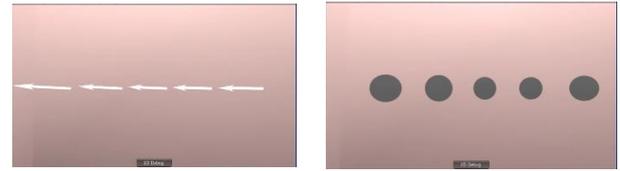
3.2 視覚変動の簡略表現手法

光学的流動を簡略表現した視覚情報を提示し、振動刺激に変換するシミュレーションシステムを構築する。図2に構築したシミュレーションシステムを用いて平面の壁に対して首を回したときの情報提示を示す。また、図3に簡易描画作成までの流れを示す。本システムでは、特定視点での肌理の動きを視覚情報として表現している。簡易描画は図2(a)に示した矢印での表示と図2(b)に示した円での表示の2種類である。簡易描画は環境情報の取得、単一時間での移動量の算出、簡易描画表示の流れで作成する。環境情報の取得では、主観映像の特定視点の先にある障害物と視点方向の衝突点との座標を取得する。移動量算出では、0.5秒前のフレームの取得座標と現在のフレームの取得座標との距離を算出する。簡易描画表示では、取得した座標情報と距離情報を元に光学的流動の簡易描画を表示する。

矢印での表示では現在のフレームの衝突点の座標を始点、0.5秒前のフレームの衝突点の座標を終点として矢印を作成する。これにより、主観座標と肌理との相対的な移動や角度変化により矢印が変化する。これは環境の配置に対する光学的流動の情報を再現できていると考えられる。

円での表示では距離情報を元に、定数ゲインを掛けることで表示する円の直径を算出し、現在のフレームの衝突点の座標を円の中心として描画する。定数ゲインによってそれぞれの円が独立した情報として提示されるようにする。円の大きさは、視点と肌理の距離と相対的な移動量に応じて変化する。これは、環境の構造に対する光学的流動の大きさの情報を再現できていると考えられる。

作成した光学的流動の簡易描画を元に、振動刺激量を算出する。簡易描画した円が占める視角の大きさを算出し、その大きさをもとに振動刺激強度を決定する。これにより、円の大きさと主観映像と円との距離に応じて刺激量が変化する。これは振動刺激量としても光学的流動の大きさの性質を再現しているといえる。



(a)矢印での表示 (b)円での表示

図2 光学的流動の簡易描画

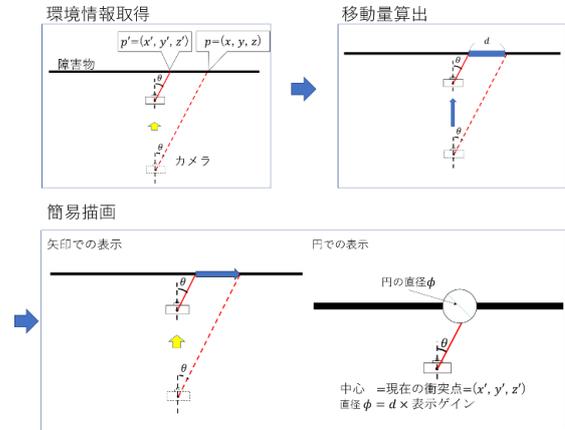


図3 簡易描画の作成の流れ

4. 振動刺激による環境知覚基礎検証

4.1 検証内容

提案システムを用いて、光学的流動を簡易化した振動刺激提示による環境知覚の有効性を調査する。今回は基礎検証として、首振り動作による環境要素の把握を検証する。図4に検証で使用した振動提示デバイスの外観を示す。

本検証では、システムに知悉した熟練被験者1名に提案システムを装着させ、頭部に提示される振動刺激を元に、予め提示した選択肢から、環境を選択した後、それぞれの環境の方向を手元のコントローラで指し示すタスクを与える。環境は図5に示す4種類の環境を使用する。環境は被験者を中心とした半径2mの半円の接点位置にランダムに提示する。それぞれの環境において指し示す方向は、平面に対して直交する方向、隙間の中央部の方向、凸部、凹部のそれぞれエッジ方向とする。提示は各環境5試行ずつ計20回をランダムに提示する。検証前には、シミュレーションで環境と簡易描画を表示させながら、各環境に対してどのような振動刺激が提示されるか説明する。

本検証では、環境の正答率、方向定位の角度の誤差量、提示開始からタスク達成までの時間を評価項目とする。角度の誤差量とタスク達成までの時間は正しく環境を選択できた場合のみ評価する。参考値として方向定位の達成率を2.50deg、15.0 deg、45.0 degを閾値としてどれだけ達成できているか評価する。2.50deg以内の場合は弁別視野の範囲内、15.0 deg以内の場合は有効視野の範囲内、45.0 deg以内の場合は安定注視野内として対象の方向定位できたとして評価する。

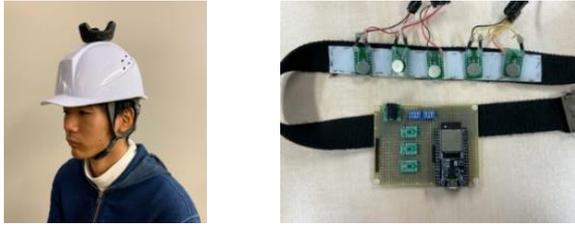


図4 振動提示デバイス

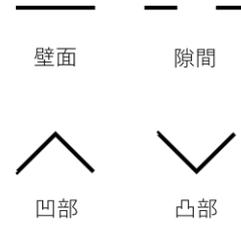


図5 検証環境

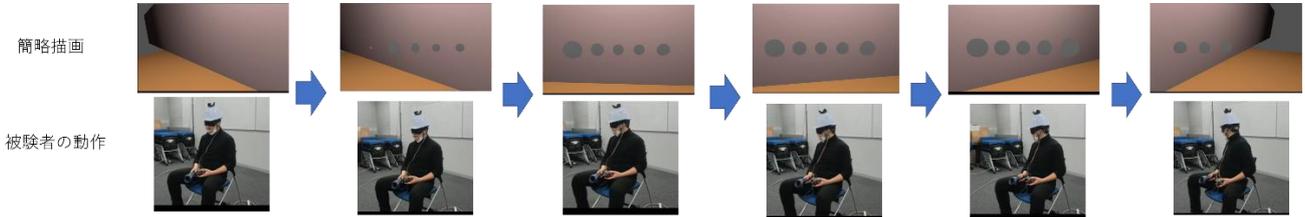


図6 検証の様子

4.2 検証結果

システムに知悉した熟練被験者に被験者1名に対し、提案システムによる検証実験を実施した。表1に各環境での検証結果を示す。また、表2に各環境の方向定位の達成率を示す。

表1 各環境の検証結果

環境名	平面	隙間	凸部	凹部	平均
正答率[%]	100	80.0	100	100	95.0
角度[deg]	8.19	10.5	8.95	23.2	12.7
知覚時間[s]	22.2	17.0	22.6	41.2	25.8

表2 各環境の方向定位における達成率[%]

環境名	平面	隙間	凸部	凹部	平均
$\theta < 2.50$	20.0	0	20.0	0	10.0
$\theta < 15.0$	80.0	75.0	100	20.0	68.4
$\theta < 45.0$	100	100	100	100	100

表1より、振動刺激により、95.0%の正答率で環境を正しく知覚することができた。表2より、方向定位に関しては、2.50 deg 以内では方向定位を行うことができなかったが、凹部を除いた環境においては、15.0 deg 以内での大まかな方向定位は達成できたと言える。また、すべての環境において、45 deg 以内で方向定位ができたことから、目標の方向をある程度示すことができたと考えられる。

以上の結果から、光学的流動を簡易化した振動刺激によって環境を知覚できる可能性があることを確認した。

5. デモ展示

デモ展示では、今回提案したシステムを展示し、光学的流動の簡易描画や振動刺激による提示情報から、環境の把握ができるか否かを体験していただく。

6. 結論

視覚情報の変化・差分をモダリティ変換し周囲環境把握可能であるかを検証するため、光学的流動を簡略表現し、振動刺激として提示するシステムの構築および基礎検証を行った。光学的流動の簡略表現として、0.5秒間の視点変化をもとに円を表示し、大きさに応じた振動刺激を提示するシステムを構築した。検証では、基礎的な環境に対して、95.0%で環境を把握することが可能であった。したがって、光学的流動を視覚刺激から振動刺激へモダリティ変換することによる周囲環境把握の可能性が示唆された。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費JP19K12881の助成を受けた。

参考文献

- [1] D. Dakopoulos and N. Bourbakis, "Wearable Obstacle Avoidance Electronic Travel Aids," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics- Part C: Applications and Reviews, Vol. 40, No. 1, pp.25-35, 2010.
- [2] Cassinelli, A., Sampaio, E., Joffily, S. B., Lima, H. R. S., and Gusmão, B. P. G. R., "Do Blind People Move More Confidently with the Tactile Radar?," Technology and Disability, Vol. 26, pp.161-170, 2014.
- [3] WA, Shanaka P. Abeyasiriwardhana; RM, Maheshi Ruwanthika; AM, Harsha S. Abeykoon. "Vibro-Haptic White Cane with Enhanced Vibro Sensitivity." In: 2018 2nd International Conference On Electrical Engineering, p. 156-161, 2018.
- [4] J. J. ギブソン, "生態学的視覚論", サイエンス社, 1985.
- [5] 佐々木正人, 三嶋博之, "アフォーダンスの構想 知覚研究の生体心理学的デザイン", 東京大学出版会, 2001.
- [6] 谷部航太郎, 森田慎一郎, 鬼頭一帆, 小林春美, 武川直樹, 中村明生, "視覚情報の変化・差分提示による環境把握の検証:HMDを用いたシミュレーションシステムの構築", インタラクション2020論文集, pp.279-281, 2020.
- [7] Shinichiro Morita, Yoshihiro Kanehara, Kazuho Kito, Harumi Kobayashi, Naoki Mukawa, and Akio Nakamura, "Environment Understanding During Walking via Modality Conversion from Visual to Haptic Information," International Workshop on Advanced Image Technology 2020, pp.1-6, January 2020.