

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—

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[†]

概要：本研究では視覚情報の変化・差分提示による視覚障がい者支援システムの開発を目指し、光学的流動を模擬した情報による環境把握の有効性検証のためのシミュレーションシステムの開発および基礎検証を行う。仮想環境内で特定視点の現在の座標と 0.5 秒前の座標を結んだ矢印および、矢印の情報から傾きを含まない情報として 2 点を直径とする円を提示するシステムを構築した。検証実験として、首振り時に発生する提示情報のみによって空間構造を選択肢から回答してもらうタスクを設け、正答率で評価した。矢印の提示の場合 91.2%、円の場合 77.8%の正答率で正しく選択することを確認した。以上から光学的流動を模擬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

内閣府の調査によると、日本国内には視覚障がい者が約 31.2 万人生活している[1]。視覚障がい者の環境把握支援システムとしては、Electronic Travel Aids(ETAs)[2][3]を代表として多くの研究が行われている。これらのシステムでは、センサ入力を触覚などの非視覚刺激に変換することで情報をユーザに提示する手法が主流である。しかし、これらのシステムではユーザの動作にかかわらず振動刺激等により情報提示が常時・連続的になされ、継続的なストレス要因となりうる。これに対し、ユーザの動作に応じた微分情報、すなわち変化・差分のみの情報提示の場合、ユーザが動いたときに刺激が発生するため、ストレス性は低いと考えられる。これは著者らも基礎実験において定性的に確認済みであり、変化・差分が有用と考える。

一方で、生態心理学の知見では、視覚健常者は周囲環境の認識において包囲光の変動である光学的流動が重要な役割を果たしているという知見がある[4]。また、環境中の壁との接触までの時間は視覚的には対象物の拡大率、音響的には音圧の増大率すなわち、変化・差分が重要であり、モダリティによらないという説がある[5]。変化・差分が重要であることがここでも支持されたといえる。

以上の議論を念頭におき、本研究ではこの光学的流動に着想を得た視覚情報の変化・差分のモダリティ変換による視覚障がい者の環境把握支援を目指す。詳細は 2 章で述べるが、本研究では光学的流動を模擬した情報を視覚として受けた場合において周囲環境の認識が可能であるかを検証することを目的とし、シミュレーション環境の構築および、基礎検証を行う。

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、基礎的なプロトタイプの開発を行ってきた[6]。プロトタイプのシステム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。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。本稿では特に各課題解決のためのシミュレーション環境の構築および課題(2)に関する基礎実験を行う。

3. 光学的流動を模擬した情報提示

(1) システム概要

本システムは使用者の視覚情報の変化・差分の提示を行うことを目的とする。静的環境における視覚情報の変化にはユーザの首振りおよび移動に基づいている。したがって、本システムは HMD およびトラッカーを用いたユーザの頭部位置、姿勢情報に基づき視覚情報に反映させる。また、

多様な条件を考慮することを念頭に、周囲環境の構築、変更が比較的容易なシミュレーション環境を構築する。視覚情報の変化・差分提示には特定視点の移動量を矢印で結ぶことでユーザが直感的に理解できることを目指す。さらに、矢印の表示量の変更、変化・差分の表示方法の変更、外部出力等の機能も実装する。

(2) システム構成

本システムの構成図を Fig. 1 に示す。本システムは HMD、計算機、振動デバイスで構成される。ユーザは HMD のトラッカーより取得した姿勢、位置情報に基づきシミュレーション環境内の視点情報とする。その後、視点変化に基づき光学的流動を模擬した情報を映像に描画する。ユーザは HMD より変化情報が描画された映像を観ることができる。また、計算機上で視点変化に基づき振動強度を算出し、マイコンモジュールで電圧指令値に変換した後、振動デバイスの振動モータを駆動させる。

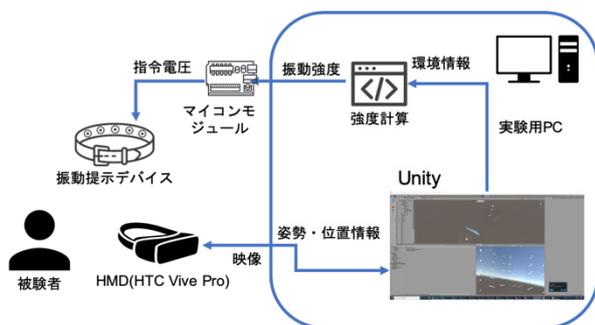


Fig. 1 システム構成図

(3) 光学的流動を模擬した描画方法

構築したシミュレーションシステムを Fig. 1 に示す。

Fig. 2(a) は構築したシミュレーションにおいて、右から左に首を振ったときに提示される情報である。本システムでは、特定視点の肌理の動きを視覚情報として表現している。特定視点の先にある障害物の座標を記録し、現在の座標と 0.5 秒前の座標とを結んで矢印を提示する。矢印の終点の座標が 0.5 秒前に矢印の始点であったことを示している。この提示方法では、視点と矢印までの距離と移動量で大きさが変化し、視点と肌理の相対角度によって矢印の角度が変化する性質を持つ。この性質によって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。また、Fig. 2(b) に示すように、シミュレーション上の環境を非表示にし、提示情報のみを表示することで、光学的流動を模擬した情報提示による環境知覚の検証を行う。

本研究では振動提示システムの開発を行うことを目的とし、二次元の測域センサによって得られる距離情報から振動提示を行うデバイスを製作し検証を行っている。この製作したデバイスとの提示方法の比較を行うために、提示する矢印の数を Fig. 2(c) に示すように一行に変換する。ま

た、振動は強度情報のみを提示することから、矢印の大きさは再現できるものの傾きの情報を表現するには振動子を複数連動させて流れを再現する必要がある。本稿では場の流れの表現については行わないため、提示する矢印の情報から傾きを削減して大きさのみを提示する。そのため Fig. 2(d) に示すように矢印の始点と終点を直径とした円で提示を行う。例として円描画の場合の情報提示を Fig. 3 に示す。Fig. 3 は上段が提示情報、下段がその時のユーザの姿勢であり、左から右に向かって変化している。Fig. 3 のように首の姿勢が変化すると描画される円の大きさが変化しており、変化量および障害物との距離に比例して描画される円の直径が大きくなる。実験では描画される情報のみに基づいて周囲環境の把握を検証する。

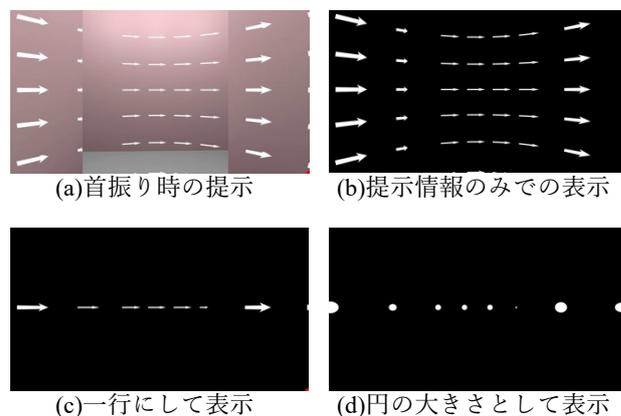


Fig. 2 光学的流動を模擬したシミュレーション

4. シミュレーションシステムを用いた環境知覚基礎実験

4.1 実験内容

シミュレーション環境を用いて、光学的流動を模擬した、流れの大きさと傾きを含む矢印の情報と、流れの大きさのみを含む円の情報による空間認知の有効性を比較検証する。今回は基礎検証として首振り動作による環境把握を検証する。

本実験では、3名の被験者に HMD を装着させ、光学的流動を模擬した情報を、視差を含む三次元映像として HMD 内に提示し、その情報を元に、予め提示した空間の選択肢から空間を選択してもらったタスクを与える。本実験では訓練フェーズと検証フェーズにわける。訓練フェーズでは、空間の表示の有無と Fig. 4 (a) に示す 2 種類の空間を被験者の操作によって自由に切り替えることで、提示情報と実際の環境の比較によって訓練を行う。訓練時間は 6 分間で行い、学習が足りないと申告があった場合は 2 分間追加で訓練を行う。検証フェーズでは、Fig. 4(b) に示す 4 種類の環境をランダムに提示し、知覚した環境を選択肢から選択するタスクを与え、正答率から評価する。実験は 2 日に分け、1 日目は矢印の提示検証に関して訓練と検証を行い、2 日目は円の提示検証に関して同様に訓練と検証を行う。

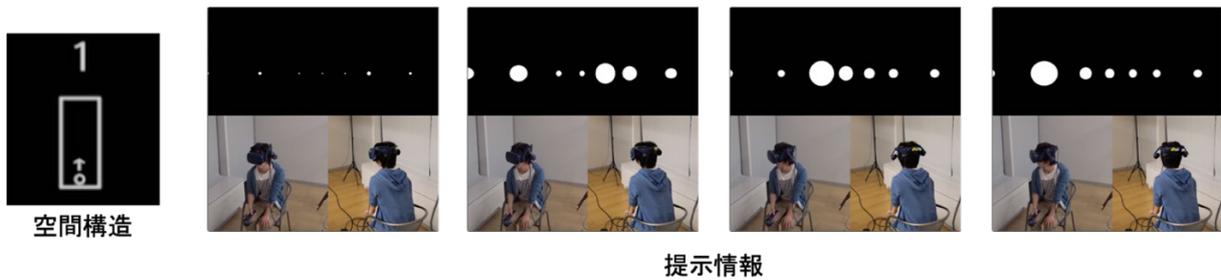


Fig. 3 情報描画例

4.2 実験手順

訓練フェーズでは、Fig. 4(a)に示すように、検証フェーズで用いる空間の要素を含んだ空間 2 種類を被験者が自由に切り替える事で訓練を行う。また、Fig. 2(a)に示すような空間構造が視覚可能な状態で情報提示を行う状態と、Fig. 2(b)に示すように情報提示のみの状態を被験者の手元のコントローラから切り替えることで、空間構造と検証環境における提示情報の比較を行いながら訓練をすすめる。

検証時は、Fig. 4(b)に示す 4 種類の空間を提示し、HMD 内に表示する選択肢パネルから知覚した空間を選択することで正答率によって評価を行う。順序効果を考慮し、4 種類の空間をそれぞれ 3 回ずつの計 12 試行に対し、順番をシャッフルして提示する。

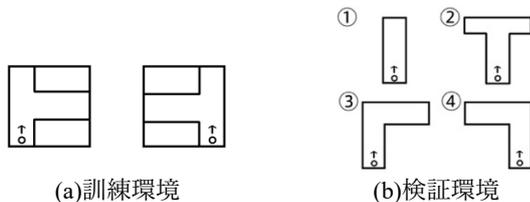


Fig. 4 提示環境

4.3 実験結果

被験者 3 名に対し、シミュレーションシステムによる検証実験を実施した。Table 1 に各被験者の提示方法毎の正答率を示す。

Table 1 各被験者の提示方法ごとの正答率

被験者名	A	B	C	平均
矢印[%]	91.7	100	100	91.2
円[%]	41.7	100	91.7	77.8

Table 1 より、矢印と円の提示方法において、矢印の提示方法では 91.2%の正答率で正しく知覚することができた。また、円の提示方法においても 77.8%の正答率で知覚することができた。被験者 A に関して矢印を提示した場合の正答率は 91.7%であったが、円の場合の正答率は 41.7%となった。これは、他の被験者と比較して首を振る速度が速かった事から、提示情報の認識が正しく行えなかった可能性がある。HMD の動作ログを収集し、動作解析を行うことで、環境知覚と首振り動作の相関性を調査する事を今後の

展望とする。

5. デモ展示

デモ展示では実験時に用いた矢印描画による提示、円描画による提示に加え円の直径に対応した振動刺激の提示の 3 種類を展示する。装着者に提示される情報を逐次変更しシミュレーション環境内の構造把握ができるか否か体験していただく。

6. 結論

光学的流動を模擬した情報を視覚として受けた場合において周囲環境の認識が可能であることを検証することを目的とし、シミュレーション環境の構築および基礎検証を行った。光学的流動を模擬した情報提示として 0.5 秒間の視点変化を結んだ矢印と、2 点を直径とした円を提示した。実験では、十分に学習を行った環境において、矢印の場合 91.2%、円の場合は 77.8%の正答率で通路構造を把握することが可能であった。従って、構築したシミュレーションシステムの環境において、周囲環境の認識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] 厚生労働省, “平成 28 年生活のしづらさなどに関する調査 (全国在宅障害児・者等実態調査)”, p.10, 2018.
- [2] 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.
- [3] A. Cassinelli, E. Sampaio, S.Joffily, H. Lima and B. Gusmao “Do Blind People Move More Confidently with the Tactile Radar?,” Technology and Disability, Vol. 26, pp.161-170, 2014.
- [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] 森田慎一郎, 井上淳, 小林春美, 武川直樹, 中村明生, “視覚障がい者支援システムのためのアフォーダンス知覚支援 -光学的流動を模擬した振動刺激提示による定位実験-”, 第 34 回ライフサポート学会大会 (LIFE2018) 予稿集, pp.422-424, 2018.