

局在化した聴覚刺激による視覚的注意の誘導

徳永 恵太 藤代 一成
慶應義塾大学 理工学部情報工学科

1 背景と目的

現在、バーチャルリアリティ (VR) 技術の多くが現実空間での動きと仮想空間での動きを連動させているため、ユーザに現実空間以上の広さを体験させることはできない。この状況を打開するために、人間の生物学的、心理学的性質を利用し、より広い仮想空間を体験させるリダイレクトウォーキング (Redirected walking: RDW) という技術が知られている [1]。人間が外部から得る情報の 8 割は視覚から取得されているともいわれているため、現在のところ RDW においても視覚を利用したものが主流となっている。しかし、感覚チャンネル間の相互作用によって我々は統合的に外界を知覚するため、視覚刺激だけでなく他の感覚器にも刺激を与えることで、より鋭敏な反応が得られるはずである。また、厳密な視覚刺激を利用する場合、眼球運動を観察する必要があるが、一般的なハードウェアにはそのような機能が無いものが多い。そこで、眼球運動を、視覚以外の感覚刺激で誘導することで、この問題の解決を図ることを考える。

視覚刺激以外の感覚刺激としてまず挙げられるのは聴覚刺激である。聴覚刺激は現在ほとんどのハードウェアで行え、触覚や嗅覚、味覚に比べると実装が容易だからである。しかし、聴覚刺激を意図的に操作し、ユーザの視線を誘導する研究はあまり知られていない。そこで本研究では、聴覚刺激に着目し、それが視覚的注意に与える影響を調べ、複数の感覚刺激を考慮した RDW への応用の可能性を調査する。

2 関連研究

視覚刺激を利用した RDW の研究として、Sun ら [2] が挙げられる。彼らは眼球運動の一つであるサッケード運動に着目し、RDW のシステムに組み込んでいる。このようなシステムにおいて、聴覚刺激による補助が可能になれば、性能の改良が見込める。

聴覚刺激が視覚的な動きに影響を与える結果を示している研究は数多く知られている。大澤ら [3] や Zambarbieri ら [4] は、視線の移動に聴覚刺激が作用していることに加え、聴覚刺激の種類によってその効果が異なることを示している。また、大澤ら [3] によると、聴覚刺激により視覚刺激への反応速度が向上していることから、聴覚刺激のみでも視覚的な影響が生じると期待できる。

人間が音源の高さを認識する際、頭部伝達関数 (HRTF) が大きく影響している。飯田 [5] によると、HRTF には個人差があり、その影響が大きいため、ヘッドフォンを使用する場合に HRTF を考慮することは難しい。RDW では人の物理的な位置と仮想空間での位置が対応しない場合が多いことや、複数のユーザが同じ空間で同時に VR を体験する場合を想定すると、固定されたスピーカーよりも、ヘッドフォンやイヤフォンといったウェアラブルデバイスを使用することが望ましい。そこで、聴覚も併用する RDW 環境では、音源の高さを認識させるための工夫が必要になる。

3 予備実験

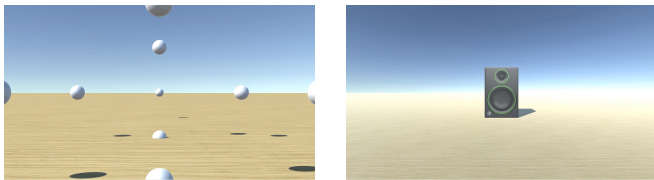
この研究ではまず、立体音響を利用して、指向性のある音を聴覚刺激として複数与えた場合、視線にどのような変化が現れるかを調べた。ディスプレイ (アスペクト比 16:9, 23.8 インチ) 上にシンプルな屋内シーンを表示し、実験参加者はディスプレイから 50cm ほど離れた位置に座り、ヘッドフォンをつけた状態で実験した。それぞれのシーンには音源の高さを認識しやすくするため、音の反響がある床面を作成した。立体音響の作成には Resonance Audio を、シーンの作成には Unity を用いた。使用した音は 800Hz のパルス音である。視線追跡を行う機器として Tobii Pro スペクトラム (最大サンプリングレート 150Hz) を、解析ソフトウェアとして Tobii Pro ラボを用いた。

3.1 実験 1a : 立体音響の視線への影響

特定の方向から音を発したときに、音の方向へ視線が誘導されるかどうか調べた。音源の位置の目安となるように、図 1(a) のように、9 箇所ある音源の位置に球体を配置し、音を 20 回発した。このとき、音源は各回 9 箇所からランダムに選択されている。また、音の間隔は 2 秒から 5 秒の間でランダムになるように設定した。

3.2 実験 1b : 音源の移動による視線への影響

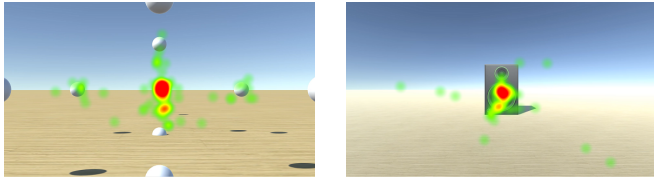
実験 1a では音源の位置が把握できるよう球体を配置したが、視覚的な目標が聴覚刺激による視線誘導にどの程度影響を与えているのかは不明である。実験 1b では図 1(b) のような静止したシーンを作成し、音源の位置だけを変化させた。音源は左右に実空間で 20cm から 40cm に相当するいずれかの位置に 20 秒かけて移動させた。



(a) 実験 1a

(b) 実験 1b

図 1: 実験 1 で用いたシーン.



(a) 実験 1a

(b) 実験 1b

図 2: 実験 1 の結果. 赤い部分は視線が向いている頻度が高く, 緑色の部分は低い.

4 実験結果

図 2 に本実験の結果を示す. 注視点の分布が聴覚刺激によらず変化がないことがわかる. 実験 1a, 実験 1b はそれぞれ 3 回行ったが, 結論として単純な聴覚刺激だけでは視線の誘導は行えないことが判明した.



図 3: 実験 2 で用いる予定のシーン.

5 考察と追加実験

5.1 考察

実験 1 では聴覚刺激による視線の変化はみられなかった. この実験で視線の誘導を行えなかった理由として, ユーザ側に視線を動かす動機が少ないことが挙げられる. 視線誘導の研究では, ユーザへ警告や注意を促すための音を用いていることに対し, 今回の実験では誘導を意図する聴覚刺激を使用しなかったことも原因と考えられる. 今回, 視線誘導の根拠として大澤らや Zambambieri らの研究を挙げたが, これらは誘目性の高い視覚刺激を用いており, その効果を聴覚刺激により補助する形となっている. 一方, 本実験のように聴覚刺激のみに着目した場合は, これらの研究とは異なり視覚刺激が乏しいため, 視線誘導への影響がみられなかったと考えられる.

人の注意を引き付ける音の研究として, 下倉ら [6] や伊福部ら [7] の研究がある. これらの研究では騒音暴露レベルの立ち上がりの鋭さ, 不協和音など不快感を与える音が人の注意を引きやすいという結果がある. 今回用いた音は単純なパルス音であったが, 今後の実験ではこのような影響も考慮するべきである.

5.2 実験 2

前項の考察を踏まえ追加実験を設計する. 実験 2 では聴覚刺激として, 下倉らの研究で最も騒音暴露レベルの立ち上がりの鋭い鳴き声とされたカッコウの鳴き声を用い, またその聴覚刺激があることに違和感のなく, かつ見えにくいカッコウの位置を確かめようとする意図が生じやすい雑木林のようなシーン (図 3) を作成する. このようなシーンを用いて視線と聴覚刺激の関係を調べた結果は本発表で報告する.

6 結論と今後の課題

本稿では聴覚刺激が視線に与える影響について調査した. 現在はシーンに合わせた音を選び, 視線の誘導を試みているが, 今後はシーンによらず利用できる音やその特徴についても調査する必要がある. また, 今後 RDW に利用した際に, 視覚刺激のみを用いたシステムとの性能差を比較する予定である.

謝辞

本研究を進めるにあたり, 山梨大学大学院総合研究部の小澤賢司教授から多くの助言をいただいた.

本研究の一部は, 令和元年度科研費挑戦的研究 (開拓)19H05576 の支援により実施された.

参考文献

- [1] Sharif Razzaque, Zachariah Kohn, and Mary C. Whitton: "Redirected Walking," *Proc. EUROGRAPHICS 2001*, pp.105–106, 2001.
- [2] Qi SUN, Anjul Patney, Li-Yi Wei, Omer Shapira, Jingwan Lu, and Paul Asente, Suwen Zhu, Morgan Mcguire, David Luebke, and Arie Kaufman: "Towards Virtual Reality Infinite Walking: Dynamic Saccadic Redirection," *ACM Trans. Graph.*, vol. 37, no. 4, Article 67, 2018.
- [3] 大澤理恵, 白山晋: "音刺激を用いた視線誘導に関する基礎的研究", 映像情報メディア学会技術報告, vol. 43, no. 8, pp. 33–36, 2019.
- [4] D.Zambambieri, R.Schmid, G.Magenes, and C.Prablanc: "Saccadic Responses Evoked by Presentation of Visual and Auditory Targets," *Experimental Brain Research*, vol. 47, no. 3, pp. 417–427, 1982.
- [5] 飯田一博: "頭部伝達関数の個人性", 日本音響学会誌 73 巻 3 号, 181–188 頁, 2017.
- [6] 下倉良太, 添田喜治: "鳥の鳴き声に対する反応速度", 日本音響学会講演論文集, pp. 1247–1248, 2019.
- [7] 伊福部達, 今井篤: "緊急地震速報チャイムができるまで", 日本音響学会大会講論集, pp. 1497–1498, 2012.
- [8] 清水俊宏, 矢野澄男: "広視野視覚刺激と聴覚刺激の同時提示による重心動揺への誘導効果", 映像情報メディア学会技術報告, vol. 23, no. 44, pp. 49–54, 1999.