

直観的に操作できるバーチャルリアリティシステムによる火災時の人の行動特性の解明

株式会社日建設シビル	正会員	○小野栄子
新潟大学工学部	非会員	棚橋重仁
新潟大学工学部	非会員	田部田晋
株式会社日建設シビル	正会員	大森高樹

1. はじめに

日本では1995年におきた阪神・淡路大震災から、2011年の東日本大震災、2016年の熊本地震、2018年の西日本豪雨、北海道胆振東部地震など大きな気象災害が続いてきた。これら災害が要因となって別種の災害が発生することが都市災害の最悪のケースの一つになる。例えば、2000年の東海豪雨水害で名古屋市の地下鉄の駅の近くの川が溢れ氾濫水が地下鉄に流入することがあった。地下にいれば雨に濡れないという理由で約3000人の人が避難していた。今後、都市部で大災害が起きたときに、地下街にいた人や避難してきた人が、地下街でゲリラ豪雨や満潮時の高潮被害に見舞われたり、火災と電気系統インフラの不具合に直面したりするなどの被害にあうことが考えられる。

2. 研究目的

地下街での災害を防ぐためには都市空間や構造物による対策だけでなく、個々人の防災に対する知識や対応力を向上させる必要がある。例えば、地下街で災害が起きた状況を安全でかつ高臨場感のコンテンツを多くの人に体験してもらうことも一つの方法である。そのためには、災害に直面した人がどのような行動を取るのかを正しく理解する必要がある。そこで本研究の目的を災害時の人の行動特性を明らかにすることとする。

これまでおこなわれてきた災害時の人の行動特性に関する研究として過去の災害事例調査、被験者実験やコンピュータシミュレーションが挙げられるが、どの手法も利点と欠点がある。また、近年の急激な映像呈示技術の発達にともないバーチャルリアリティ（Virtual Reality: VR）技術を応用した手法が提案される¹⁾。しかしながら、VR空間内での人の移動はゲームパッドやキーボード等でおこなう手法が一般的になっており、下肢の運動を全く使わないことから、システムを使う人によって直観的であるとは言えない。また、この手法では視覚とその他の感覚に入力される自己運動情報が矛盾することから、システムを使う人に車酔いや船酔いに似た不快症状である映像酔いが生じる。したがって、VR空間で災害時の人の行動特性を明らかにするためには、人にとってより直観的で不快症状のないシステムを開発することも本研究の目的とする必要がある。

以降、本発表資料では、人にとってより直観的で不快症状のないVRシステムの開発のみ記述する。

人にとってより直観的で不快症状のないシステムを開発するために、われわれはシステムを利用する人がVR空間内で知覚する自己が移動する感覚、移動感に着目した。現実空間で得られる人の移動感をVR空間で得ることができれば、より直観的なシステムになると考える。そこで、本研究ではVR空間の人の移動を足踏みでおこなう手法を提案する。これは足踏みで現実空間の歩行の感覚を再現する^{2,3)}ことができる人の特性を利用するものであり、広大なVR空間を制約された現実空間で自由に移動できるようになる可能性を示すものである。しかしながら、前述した歩行動作と足踏み動作の関係性を示す過去の研究では、研究対象者に提示される視覚情報の影響は考慮されていない。人は提示される視覚刺激の運動速度が同じであっても、視覚刺激に含まれる運動情報量やその提示位置の違いによって運動速度が異なって知覚する。したがって、足踏みによる自然な移動感を得るために、視覚情報の変化と足踏み動作の関係性を明らかにする実験をおこなう。

3. 実験方法

実験は $2 \times 2 \times 2 \text{ m}^3$ の準暗室内でおこなうものとし、視覚刺激を提示するヘッドマウントディスプレイ
キーワード バーチャルリアリティ、火災、避難行動

連絡先 〒112-0004 東京都文京区後楽1丁目4番27号 株式会社日建設シビル TEL03-5226-3070

(Pimax8K Plus, Pimax Technology), VR 空間内での移動を模すためにトラック (VIVE Tracker2018, HTC & Valve) と VR 空間内で動作を反映させるためにコントローラを用いた (VIVE Controller, HTC & Valve).

視覚刺激は下面に 1400 個の白球をランダムに配置した VR 空間とし, ゲームエンジン Unity (2019.2.10f1), SteamVR (v2.5) を用いてフレームレート 90 Hz で作成した.

研究対象者は, 矯正の有無問わず 3 m 視力検査による片眼視力が 0.7 以上かつステレオフライテストで視角 40°未満の立体視機能を有する成人男性 5 名 (年齢 22.0 ± 0.894 歳) とした.

ヘッドマウントディスプレイを頭部, トラックを両膝, コントローラを利き手に装着させた研究対象者に視覚刺激を呈示し, 知覚される視覚刺激の速度に一致するように足踏みをおこなわせた. 研究対象者には自身の足踏みと視覚刺激の速度を一致させた状態で 30 秒間, 足踏みを継続させた. このとき, 視覚刺激の速度は 4, 6, 8, 10, 12 km/h とした. また, 両膝に装着したトラックを用いて足踏み中の膝の位置情報を 90 Hz で取得した.

4. 実験結果と考察

視覚刺激によって与えられる速度知覚の変化が足踏み動作へ反映されることが示唆された. 視覚刺激の速度が上昇することで足踏みの周波数が高くなる傾向を示した (一元配置分散分析: $F(4, 26) = 3.40, p = 0.026$) (図 3). VR 空間における自然な移動感を足踏み動作から生成するために, 本実験で求めた足踏みの周波数と自然な移動感とを感じる視覚刺激の速度の関係を最小二乗法による累乗近似曲線 $v = 1.54f^{1.82}$ として導出した (図 4). この計算手法で現実空間での歩行サイクルの周波数と自然な移動感とを感じる視覚刺激の速度の関係を導出すると数式 $v = 0.40f^2$ となり, 足踏みの結果とは大きく異なる. したがって, 本研究で求めた数式を用いれば, 人の足踏みの周波数に合わせて VR 空間での自然な移動感を作り出すことができることを示唆することができた.

5. おわりに

本研究では VR 空間内の人の移動感を足踏みで再現することができた. このシステムを利用することで映像酔いのような不快症状を生じさせないかを実験的に確認することが次の実験目的となる.

参考文献

- 1) 目黒公郎ら: バーチャルリアリティの避難行動シミュレータへの応用, 土木学会論文誌 No. 556, I-38, 197-207, 1997.
- 2) Dean, G.: An analysis of the energy expenditure in level and grade walking, *Ergonomics*, 8 (1), 31-47, 1965.
- 3) Wendt, J. D. ら: Gait-understanding-driven walking-in-place, *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, 51-58, 2010.



図 1. 通常の地下街を模した VR 空間



図 2. 火災時の地下街を模した VR 空間

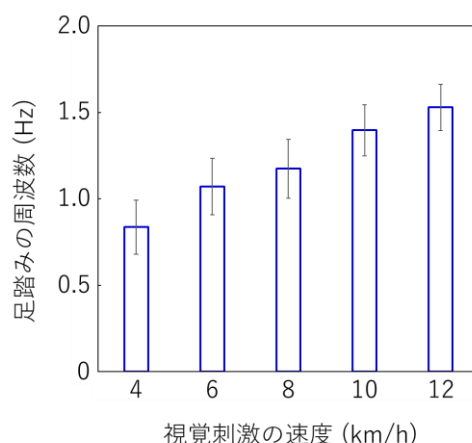


図 3. 視覚刺激の速度と足踏みの周波数 (Error bar は標準偏差)

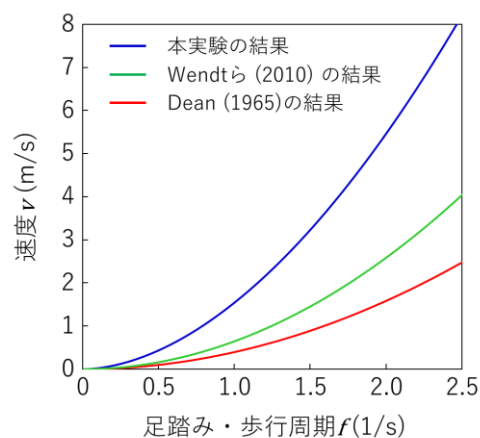


図 4. 歩行速度と足踏み周期の関係