



# VR を用いた人流シミュレーションにおける仮想群衆との相互作用の精緻化と知覚的効果

Refinement of Interaction and Perceptual Effects with Virtual Crowd  
in Pedestrian Traffic Simulation using Virtual Reality

徐 楚煒<sup>1)</sup>, 岡嶋 克典<sup>2)</sup>

- 1) 横浜国立大学大学院環境情報学府  
2) 横浜国立大学大学院環境情報研究院

(〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7, xu-chuwei-df@ynu.jp, okajima@ynu.ac.jp)

**概要:** 本研究では、エージェントベースシミュレーションを用いて仮想群衆を生成し、群衆の中の一人として実験参加者が仮想空間に入り込み人流の一部となれるシステムを開発した。群衆やインタラクション条件の違いによる人流の変化と参加者視点でどのように感じるかを評価する実験を実施し、よりリアルな人流シミュレーションを可能にする手法とその知覚的効果について検証した。

**キーワード:** 仮想現実, 群衆シミュレーション, テレプレゼンス

## 1. はじめに

仮想現実感(VR)技術の普及に伴い、現実空間を仮想空間で再現し、ユーザに高い没入感をもたらす群衆シミュレーションは、避難訓練や建築設計など幅広く活用されている。しかし、仮想現実内における群衆シミュレーションにおいて、観察者の視点から仮想群衆との相互作用を考慮した研究はほとんどない。視線は人と人のインタラクションの重要な側面であり、バーチャルキャラクターの行動の妥当性や没入型仮想環境の臨場感を高める[1]。しかし、仮想環境の様々なシチュエーションで、このようなインタラクションが人にどのような影響を与えるかは明らかではない。例えば、低密度の群衆からの視線は人に臨場感あるいは存在感を高める可能性があるが、高密度の群衆の中にいると、視線は人を恥ずかしいと感じさせる可能性もある。したがって、視線などのインタラクションを正確に利用するために、人の知覚に対する影響を明らかにすることが不可欠である

そこで本研究では、VRを用いてバーチャル群衆を生成し、人が仮想空間に入り込み、群衆の一人として人流に影響を与えつつ、バーチャル群衆に人を凝視するインタラクションを追加して、様々なシチュエーションにおいて生じられる実験参加者の感情を比較できるシミュレーションシステムを開発し、実験を実施した。

## 2. 人流シミュレーションシステム

Unreal Engine4 と HTC Vive Pro をプラットフォームとし、実験参加者は10×10mの範囲内を自由に歩行できた。

仮想環境として横浜クイーンズスクエアを再現し、男性8人と女性8人からなる16人の異なる服を着たヒューマンキャラクターを生成した。各キャラクターは47個の関節を持っており、ウォーキングや走るなど人間のよう動きを再現した。各キャラクターは、頭部の動きを制御することで実験参加者を凝視できた。

## 3. 感情の評価実験

### 3.1 目的

バーチャル群衆に人を凝視する動きを追加し、異なる群衆密度で人の感情にポジティブあるいはネガティブの影響を与えるかの実験を実施した。



図 1: 群衆密度の違い (左から低密度, 中密度, 高密度)

### 3.2 実験

仮想環境では、エージェントに40m×6mの範囲で歩行させた。Fruin[2]は歩行者の動きに対する異なる快適レベルを定義し、Fangkai[3]は群衆密度をエージェントのスポーン間隔で調整する方法を提案していることから、本研究ではエージェントを連続的にスポーンさせ、表1に示す低密度、中密度、高密度の群衆を生成した。実験参加者は合計8人(男性7人, 女性1人)で、平均年齢は24.4±1.65(歳)であった。今回は、バーチャル群衆と凝視の相互

作用が異なる群衆密度で人の感情に与える影響を調べるために、凝視ある／なし、低／中／高密度の 6 種の組合せを実験条件として設定した。

実験は、実験参加者は HMD を装着した状態で、4.2m×3m の領域で以下の①②の手順に沿って実施された。

① 一定の速度(標準歩行速度)で設定された線に沿って歩く練習。

② 仮想環境に 1 分間没入し、自分の感情状態を評価以上を、凝視と密度の条件を変えて計 6 回繰り返した。また、被験者が刺激の順応を考慮するために、条件の提出順番をランダムにした。なお、「PANAS 表」は仮想現実にも適用できることが示されている[4]ことから、本実験でも「PANAS 表」[5]を利用して、それぞれ被験者のネガティブ情動とポジティブ情動を評価した。ネガティブに関する評価は「びくびくした」、「おびえた」、「うろたえた」、「心配した」、「苦悩した」、「ぴりぴりした」、「恥じた」、「いらだった」の計 8 項目である。ポジティブに関する評価は「活気のある」、「誇らしい」、「強気な」、「気合の入った」、「きっぱりとした」、「わくわくした」、「機敏な」、「熱狂した」の計 8 項目である。評価は 1 点(まったく当てはまらない)~6 点(非常によく当てはまる)の 6 段階で回答した。

表 1 群衆密度のパラメーター

群衆密度	平均人数	平均密度 (m <sup>2</sup> /ped)	スポン間隔 (s)
低	18	13.4	5
中	60	4	2.5
高	170	1.41	1.67

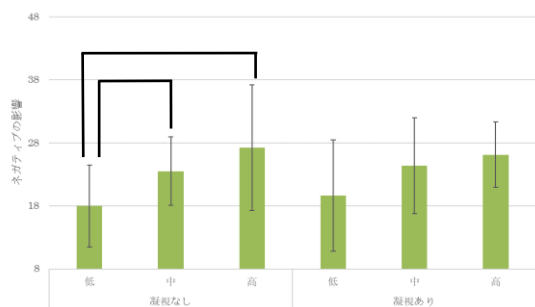


図 2 ネガティブの評価結果

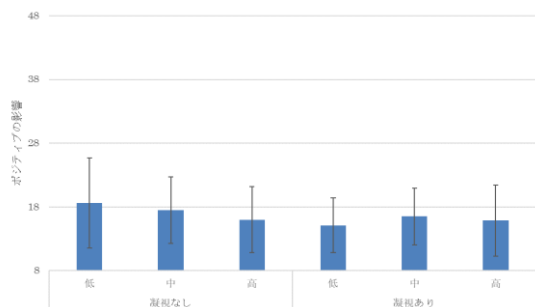


図 3 ポジティブの評価結果

### 3.4 結果と考察

ネガティブ感情の評価結果を図 2 に示す。いずれの条件においても、群衆密度の増加に伴い、実験参加者にネガティブの感情を与える傾向があることが示された。すなわち「凝視あり」のほうが、「低密度」と「中密度」でネガティブの影響の平均値が低い。「低密度」が「中密度」と「高密度」の間には有意差が見られた(それぞれ  $p = 0.026$ ,  $p = 0.014$ )。これは先行研究[4]の結果と一致しており、本研究で作成したシミュレーションシステムの妥当性を示している。しかし、凝視の間には有意差が見られなかった。次に、ポジティブ感情の評価結果を図 4 に示す。「凝視なし」の条件で、群衆密度が低いほうが、ポジティブの影響の平均値が最も高かったが、凝視においては有意差が見られなかった。

すべての実験が終わった後に、実験参加者から内観を得た。その中で、「すべてのバーチャルキャラクタが外人のため、自分が群衆の中にいる時、より不安を感じる」、「ただ普通に歩いているのに、全員が自分を凝視するのが不自然と感じた」、「アンケートを取る際、個別の単語の意味をよく理解できていない」等のコメントがあった。文化を共有するキャラクタ(今回は日本人)を使用するほうが、人の不安感を減らせる可能性がある。今回の実験では、周りの群衆を十分観察できるように、参加者に複雑なタスクを用意しなかったが、このような状態で「凝視あり」の条件では、逆に不自然を感じさせた可能性がある。アンケートに理解できない項目があったため、答えの差が大きくなったと考えられる。

### 参考文献

- [1] Narang S, Best A, Randhavane T, Shapiro A, Manocha D. Pedvr: simulating gaze-based interactions between a real user and virtual crowds. Proceedings of the ACM conference on virtual reality software and technology, VRST 16, ACM, New York, 2016, 91–100.
- [2] Fruin, JJ. Designing for Pedestrians. A Level of Service Concept. Polytechnical Institute of Brooklyn. Ph.D. 1996, 1(2), 201–206.
- [3] Yang F, Shabo J, Qureshi A, Peters C. Do you see groups?: The impact of crowd density and viewpoint on the perception of groups. In Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents. ACM, 2018, 313–318.
- [4] Dickinson P, Gerling K, Hicks K, Murray J, Shearer J, Greenwood J. Virtual reality crowd simulation: effects of agent density on user experience and behavior. Virtual Reality, 2019, 23(1): 19–32.
- [5] 佐藤 徳・安田朝子、日本語版 PANAS の作成 性格心理学研究, 2001, 9: 138–139.

