

# ウェアラブルナビゲーションの検証を目的とした 歩行者ダイナミックシミュレータの開発

篠田 孝祐, 大山英明, 野田五十樹 産業技術総合研究所

## A Study on Crowd Simulation Considering Wearable Navigation

Kosuke Shinoda, Emei Oyama, Ituki Noda National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

**Abstract:** It is important problem to take appropriate measures to ensure the safety of crowded spaces such as station's platform and concert venue. There are a lot of problematic situations that people encounter in real life, especially in emergency. In this paper, we explain some wearable devices to use navigation system, and discuss the target situation of crowd simulation.

## 1 はじめに

歩行者ダイナミックスの分析は、緊急時はもちろんのこと、デパートや駅、コンサート会場での混雑状況における安心・安全の観点から重要な研究課題である。同様の研究は、様々な分野で行われている [1, 2] が、実空間での実験は時間的・空間的なコストが高く、安全性の面からも難しい。そのため、コンピュータシミュレーションを用いた手法が注目されている。この手法で取り組んでいる研究の一つに、災害時の避難シミュレーション [1] があり、主に避難行動の効率化のための環境構築を目的としている。我々は、現在、特定の個人を対象とした明示的 [3]、もしくは暗黙的 [4] なサポートを行うことを目的とした新しいデバイスを開発している。同様の目的をもつデバイスは多数開発されており、一般的にウェアラブルデバイスと呼ばれている。本研究では、ウェアラブルデバイスが利用されている環境を想定し、それらを直接的・間接的に活用することで可能となるナビゲーションシステムの開発によって、既存のアプローチとは異なる視点から安心・安全の提供を試みる歩行者ダイナミックシミュレータを開発する。

## 2 歩行者ダイナミックシミュレータ

### 2.1 シミュレータの概要

歩行者ダイナミックスのモデルには、主に、粒子モデル、セルオートマトンモデル、マルチエージェントモデルなどが利用されている [2]。既存モデルをふまえた上で、本研究の目的を満たすような歩行者ダイナミックスを再現するために最低限必要とする要素として、1) 単純な物理モデル、2) 単純な動作をするエージェント群、3) PHによる支援を内包したエージェントモデル、の3要素が必要と考える。物理モデルとは本格的な三次元物理シミュレーションではなく、ナビゲーションの妥当性を示すのに必要となる最低限の現象の再現要素を含むモデルを意味する。そして、デバイスの有効性の検証が目的であるため、デバイスの効果を測定するには可能な限り単純なモデルが望ましい。そして、研究の対象である、ウェアラブルナビゲーションシステムを装着することで、エージェントにどのような影響を与えるのかを表現する必要がある。以上から、本研究では、空間はセルオートマトンに近い表現を持ちながら、エージェントとして歩行者を扱うモデルを用いる。

### 2.2 エージェントの動作モデル

個々のエージェントは、格子空間を移動する。動作は、自身の現在値を含め、前後左右のセルを対象とするが、障害物もしくは他のエージェントなどが近隣に存在する場合には、除外する。移動先となるセルは、候補からルーレット選択により選択するが、その選択確率は、Boidモデル [5] で定義される力を選択確率としている。その際、一定の閾値以下の場合には、現在値に留まる選択確率を増加させる。

### 2.3 シミュレータの妥当性の検証

#### 2.3.1 ブリッジ現象、排除体積効果の確認

一般的なマイクロレベルでの歩行者ダイナミックシミュレータで扱われる現象の一つとして、ブリッジ現象がある。この現象は、主に出口など、広い空間から狭い空間への群の移動において、群が半円状に詰まって移動できない状況のことである。同様の現象の再現を確認している (fig.1 参照)。既存研究 [2] では、この現象が生じる要因として、排除体積効果をあげている。本研究のモデルも、同効果が実装されているかを、fig.2 で示す状況下で、出口の大きさを変えることでの避難時間の変化を調べるシミュレーションを行った。Fig.4 は、その実験結果である。これから、エージェントの避難完了時間は、出口の大きさに関わらず一定以上のエージェントの数を境として急激に上昇し、その閾値は出口の広さにより異なっていることが分かる。これより、シミュレーションにおいて、排除体積効果が生じていることが確認できた。

#### 2.3.2 ウェアラブルナビゲーションの可能性の検討

避難状況下でのウェアラブルナビゲーションシステムの検証として、2つの実験を行った。Case1として、fig.3で示すように、複数出口ある場合に、室内にいるエージェントにランダムに出口を指定することで、適切な経路配分をすることで、個々のエージェントへのナビゲーションが有効であるか検討する。このシミュレーション設定において、視認が容易であるが狭い出口である経路1と、視認が難しいが出口が広い経路2があり、無条件で避難を行うならば経路1が選択されやすいであろう状況を想定している。

Fig.5, fig.6の横軸は、出口2を選択割合であり、fig.5の縦軸は避難完了時間の平均、fig.6の縦軸は避難完了割

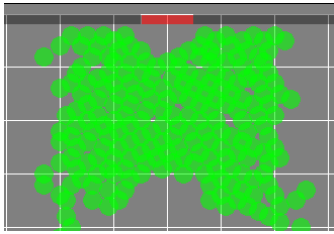


Fig. 1: An arching at exit



Fig. 2: one exit case

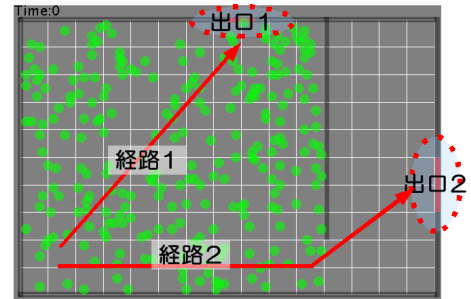


Fig. 3: Case1, Case2: two exits

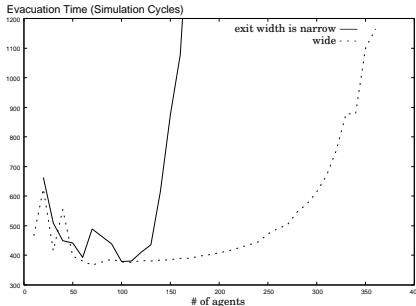


Fig. 4: Evacuation Time

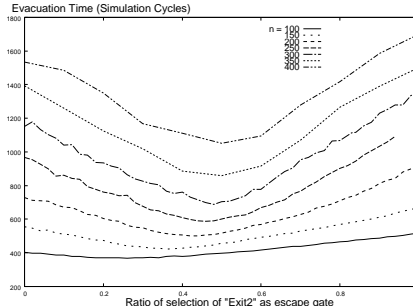


Fig. 5: Case1: Evacuation Time

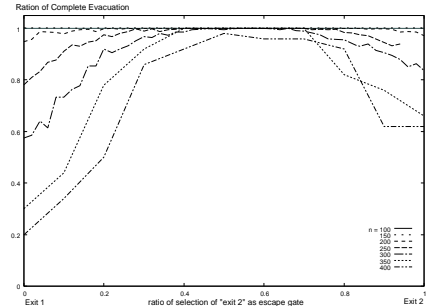


Fig. 6: Case1: Complete Ratio

合を示している。Fig.5では、横軸の両端、つまりいずれかの経路が極端に選択された場合に、出口が混雑していることを示している。Fig.5から、およそ、均等に分けた場合に平均的に短い時間での避難が行えることが分かる。そして、fig.6では、出口1を選択した場合が、出口2よりも避難完了割合がすくないことを意味している。これらから、視認しやすい出口1の方が、短時間での避難も期待できるが、場合によっては混雑で避難が完了しない場合があり、そのような場合には、出口2につながる経路に適切な割合で誘導することが望ましいことがわかる。

効率の改善が期待できることを示している。

### 3 まとめ

我々は、ナビゲーションの開発をするにあたり、単純な歩行者ダイナミクスシミュレータの開発、妥当性の検証を行った。日常生活でウェアラブルデバイスを全てのユーザが利用する状況を想定するのは難しく、利用者以外への安全・安心の提供が可能となるナビゲーションも想定したシミュレータの開発を行う予定である。

### 謝辞

本研究は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業 (CREST) における研究領域「パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導」のもとに推進されました。

### 参考文献

- [1] Adriana Braun, Soraia R. Musse, Luiz P. L. de Oliveira, and Bardo E. J. Bodmann. Modeling individual behaviors in crowd simulation. In *Proceeding of International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA 2003)*, pp. 143–148, 2003.
- [2] Dirk Helbing, Illés Farkas, and Tamás Vicsek. Simulating dynamical features of escape panic. *Letters to Nature*, No. 407, pp. 487–490, 2000.
- [3] Takeshi Kurata, Masakatsu Kouroggi, Nobuchika Sakata, Umi Kawamoto, and Takashi Okuma. Recent progress on augmented-reality interaction in aist. In *The 2nd International Digital Image Forum: The Future Direction and Current Development of User-centered Digital Imaging Technology and Art*, 2007.
- [4] Taro MAEDA, Hideyuki ANDO, and Maki SUGIMOTO. Virtual acceleration with galvanic vestibular stimulation in a virtual reality environment. In *Proceedings of IEEE VR 2005*, pp. 289–290, 2005.
- [5] Craig W. Reynolds. Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. In *Computer Graphics*, Vol. 21, pp. 25–34, 1987.

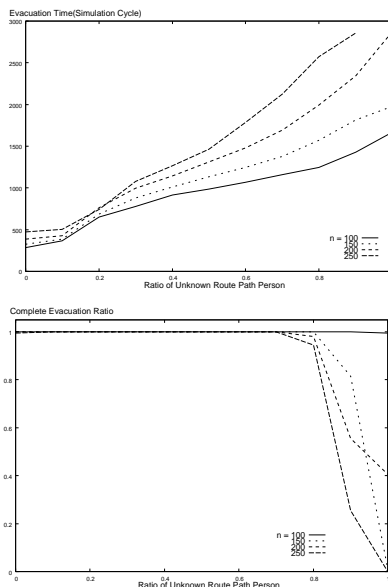


Fig. 7: Case2: Ratio of Wearable Navigation Device User つづいて、Case2では追従行動を考慮したナビゲーションを検討する。環境条件は、fig.3と同じで、エージェントに出口を知らず追従行動をとるエージェントを加えた場合のシミュレーションを行った。Fig.7の示す結果から言えることは、人の追従行動を有効に利用するように、ウェアラブルナビゲーションの利用者を誘導することで、避難