

避難行動予測のための計測に基づくマルチエージェントシミュレータの開発

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○犬飼 洋平

東京大学地震研究所 正会員 小国 健二

東京大学地震研究所 正会員 堀 宗朗

1. はじめに

高層ビル・大規模地下構造物など、出口の少ない閉空間において災害が発生した場合、人的被害を軽減するために群集の流れ・動きといったものを予測し、これに基づく安全な避難誘導を行う必要がある。このような現象の実験は倫理上の問題等により非常に困難であり、現象の計測と計算による予測に基づいたダイナミックな避難誘導の実現のためには、計算機上での数値シミュレーションが重要な役割を果たす。

シミュレーションを行う際に気を付けなければならないのは、シミュレーションで用いる行動ルールのパラメータの妥当性とその客観性である。実際の群集の動きの計測結果から客観的に抽出されるルールやパラメータのみを入力とするシミュレーションが理想的である。避難行動を予測するための数値シミュレーションの現状を見ると、ポテンシャルモデルを用いた手法、セルオートマトンを用いた手法など様々な手法が存在している。これらの手法は計算の単純化による計算効率の高さや簡単な追従行動の再現能力などの長所を持っている。しかし、ポテンシャルモデルでは設定されるポテンシャルの客観性の低さ、通路閉塞のような非線形現象の予測の困難さ、といった問題がある。また、セルオートマトンを用いた手法ではルールの妥当性・客観性に問題がある。

以上の考察から、本研究では大規模な閉空間からの群衆避難行動予測への適用を念頭に、群衆の歩行に関して、客観的な入力パラメータのみに基づくエージェントを用いたマルチエージェントシミュレータを開発することを目的とする。

2. 画像解析による人流計測

ビデオカメラで撮影した映像を画像処理で解析する手法で行った人流計測の概要と結果を述べる。2004年7月18日に横浜みなとみらいで行われた花火大会の際、大栈橋入口交差点においてデジタルビデオカメラを用い、およそ35分間撮影を行った。この映像をPIVと同様の画像解析手法を用いて解析した結果、図-1に示す歩行速度分布を得た。以下に述べるマルチエージェントシミュレータを用いた解析では、

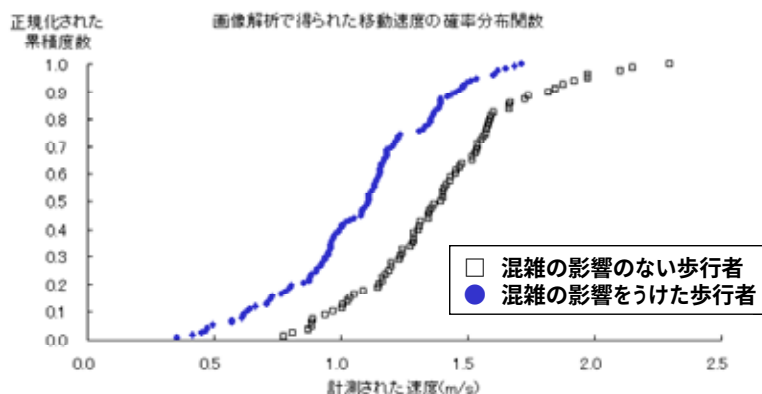


図-1 画像解析で得られた移動速度の確率分布

図-1に□でプロットした「混雑の影響のない歩行者」の移動速度の確率分布関数と、人数・交差点の形状のみをインプットとして用い、エージェント間の相互作用により図-1に●でプロットした「混雑の影響を受けた歩行者」の移動速度の確率分布の再現を目指す。

3. 群衆歩行を対象としたシミュレーション

3.1 エージェントの行動ルール

歩行者エージェントは図-2に示すルールによって群衆の中を歩行する。図-2のルールは我々が実際に歩く際の判断をできる限り単純に模したもので、「混雑度」といった新たなパラメータは導入されていない。具体的には、他のエージェントを追い抜く際に、①前・右・左に存在するエージェントの位置を確認、②左右両

キーワード 避難行動シミュレーション, マルチエージェント, 群衆行動計測

連絡先 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1 東京大学地震研究所 TEL 03-5841-5692

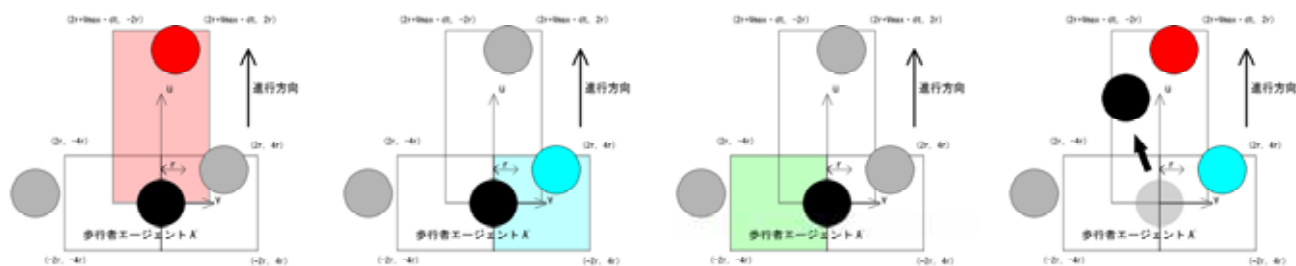


図-2 歩行者エージェントの行動ルール

方がふさがっている場合には前方のエージェントを追従, ③左右のどちらかが塞がっている場合には、塞がっていない方向に避けて進む, ③' 左右両方とも塞がっていない場合には、前方の歩行者エージェントとの位置関係をみて、自分より左にいれば右へ、自分より右にいれば左へ避けて進む、というルールである。

3.1 外部環境の設定

前節で解析した映像を再現するべく、交差点での人流シミュレーションを構築した。モデルとしたのは解析した映像を録画した横浜市中区の大栈橋入口交差点で、幅 16m の車道とその両側に幅 4m の歩道を備えた道が交差する。歩行者エージェントは上側と左側に向かう人のみが存在する。それらの歩行者エージェントが車両等の障害物を避けつつ目的の方向に歩くというものである。歩行者エージェントは時刻 $t=0$ の時に配置され、自分の周囲に存在する他の歩行者エージェントや壁の位置情報などを更新しつつ目的地に向かって移動する。目的地にたどり着いた歩行者エージェントはそこで消滅する。混雑などの影響を受けず自由に歩く事ができる状況における歩行者エージェントの移動速度は、計測の結果を元に平均を $1.40(\text{m/s})$ 、分散を $0.315(\text{m/s})$ と設定した。

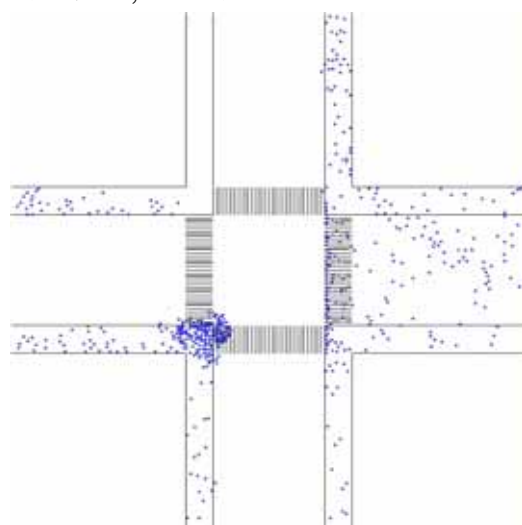


図-3 解析モデルとスナップショット

4. 解析結果

図-3 に 600 人(計測から得られた人数)のエージェントを用いた解析のスナップショットを示す。このエージェントには図-1 に示す「混雑の影響のない歩行者」の移動速度の確率分布が入力パラメータとして与えられている。解析結果と実測結果を「混雑の影響を受けた歩行者」の移動速度分布により、比較する、図-4 に●でプロットしたものが実測結果、●でプロットしたものがシミュレーションの結果である。両者はよい一致を見せている。

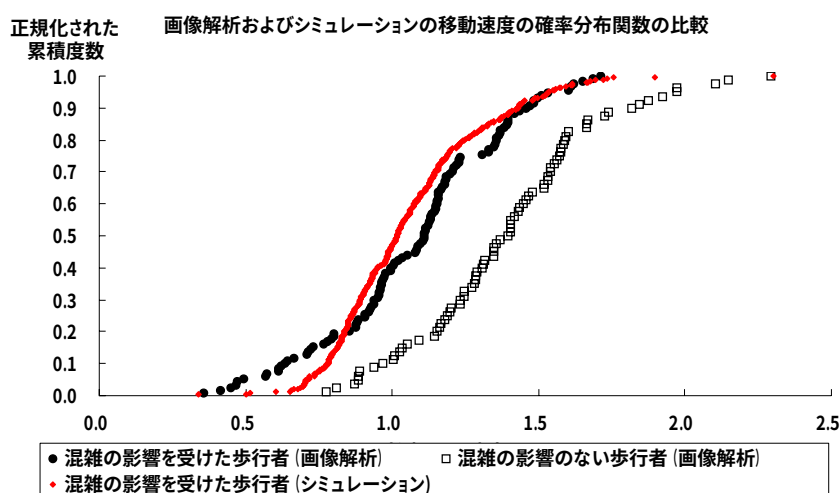


図-4 解析結果と実測結果の比較

参考文献

- ・ 犬飼洋平, 計測に基づく避難行動マルチエージェントシミュレータの開発 (東京大学修士論文, 2005)
- ・ 目黒公郎, 津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発, 大大特成果報告書, III-2, 3. 3. 4, 2003.
- ・ J. M. Epstein & R. Axtell, 人工社会- 複雑系とマルチエージェント・シミュレーション-, 共立出版, 1999.