

# 進行方向の計算回数削減による ソーシャルフォースモデルを用いた人流シミュレーションの高速化

(指導教員 前川 仁孝 教授)  
前川研究室 2281011 片寄 颯人

## 1. はじめに

駅や商業施設などのように人が多く集まる場所では、利便性や災害時の逃げ遅れ防止などの安全性の観点から、混雑や滞留の対策が重要であり、混雑や滞留の対策には、ソーシャルフォースモデル (SFM) を用いた人流シミュレーションが広く用いられている<sup>1)</sup>。SFM は、人を運動方程式に基づくエージェントとして解析する手法である。SFM を用いた人流シミュレーションは、解析人数が多いほど進行方向の計算回数やエージェント間距離の計算回数が増加し、解析時間が膨大になるため、高速化が求められている。そこで、本稿では、SFM を用いた人流シミュレーションを高速化するために、エージェント間距離の計算回数を削減する手法およびエージェントの進行方向の計算回数を削減する手法を提案する。

## 2. ソーシャルフォースモデル (SFM)

SFM は、時間ステップごとに各エージェントの進行方向を決定する運動方程式を解くことで、人々の流れを解析する手法である。SFM の運動方程式は、目的地に向かう力、周囲のエージェントを避ける力、障害物を避ける力の合力を用いてエージェントの動きを決定する。目的地に向かう力は、エージェントが目的地に向かうベクトル (ベクトル  $e$ ) であり、エージェントの座標と目的地の座標から算出する。周囲のエージェントや障害物を避ける力は、影響半径内に存在するエージェントや障害物から距離に応じた力を受ける。SFM は、必要に応じてパラメータを追加することでシミュレーション精度を高めることができる。例えば、避難時の人の流れを再現する際には、視野を再現するパラメータを追加し、SFM のシミュレーションの精度を向上することが有効であると知られている<sup>2)</sup>。視野を用いた SFM (FSFM) は、周囲のエージェントを避ける力の影響範囲を視野に近似した領域内に限定することで人間の視野を再現する手法である。視野は扇状であり、運動方式を算出する際にはエージェント間距離と角度を用いた視野内外の判定処理が必要となる。

## 3. エージェント間距離の計算回数削減手法

FSFM は、視野の範囲がエージェントの進行方向前方の扇状の範囲であり、後方のセルに存在する他のエージェントが視野の範囲内に存在するかという判定が不要になる。正確に視野範囲のセルを選択するには、エージェントの座標や視野角度などの情報から視野範囲を計算し、正確にセルを選択する必要があるため、時間がかかる。そこで、本稿では、セルの選択にかかる処理時間を小さくするために、図??の5つのパターンを用いることで、視野範囲内であるかの判定に用いるセルを削減し、FSFM を高速化する。図??の例では、提案手法のエージェントの進行方向から右の削減パターンを適用することで、エージェント 4、6 とのエージェント間距離の計算と視野範囲内かどうかの判定を減らすことができる。

## 4. 進行方向の計算回数削減手法

aaaa

## 5. 評価

提案手法の人流シミュレーションに対する有効性を確認するために、セル分割法と提案手法のエージェント間計算回数と実行時間を測定する。評価環境は、CPU が Intel Xeon

E5-2687W v2、メモリが 64GB である。測定に用いる初期配置は、図??に示すように、交差と直進の配置である。表 2 にセル分割法と提案手法の実行時間と高速化率、削減率を示す。高速化率、削減率は式 (1)、式 (2) を用いる。式 (1) 中の  $T_k$  は既存手法のエージェント間距離の計算回数、 $T_t$  は、提案手法のエージェント間距離の計算回数である。

$$\text{高速化率 [倍]} = \frac{\text{セル分割法の実行時間 [s]}}{\text{提案手法の実行時間 [s]}} \quad (1)$$

$$\text{削減率 [\%]} = \frac{T_k - T_t}{T_k} \times 100 \quad (2)$$

表 2 より、提案手法は、既存手法よりも高速に解析できることが確認できた。また、提案手法のエージェント間距離の計算回数の削減率は、交差の配置で約 21%、直進の配置で約 31% であり、提案手法の高速化率は、既存手法に対して約 1.5 倍であることが確認できた。これは、提案手法によるエージェント間距離の計算回数が削減により、解析時間の短縮に繋がったからと考えられる。また、直進の配置の方が削減率が高いのは、後ろに近傍のエージェントが存在することが多いことが要因であると考えられる。

表 2 セル分割法と提案手法の実行時間と高速化率と削減率

	既存手法 [s]	提案手法 [s]	高速化率	削減率
5000 人交差	8321	5522	1.51	21
10000 人交差	33898	22231	1.52	22
5000 人直進	29790	19337	1.54	31
10000 人直進	118212	77265	1.54	31

## 6. おわりに

本稿では、視野を用いた人流シミュレーションを高速化するために、SFM のエージェント間距離の計算回数を削減する手法を提案し、その有効性を評価した。評価の結果、提案手法の実行時間は、セル分割法に対して約 1.5 倍高速化することが確認できた。

## 参考文献

- Helbing, D. and Molnar, P.: Social force model for pedestrian dynamics, *Physical review E*, Vol.51, No.5, p.4282 (1995).
- 磯崎勝吾, 中辻隆: Social force model を基にした歩行者の避難シミュレーションモデルに関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.66 (2009).