

# 混雑回避モデルを組み込んだエージェントベースの避難シミュレーション (Agent-based evacuation simulation incorporating congestion avoidance model)

市之瀬 克己 高橋 友一

名城大学大学院理工学研究科情報工学専攻 名城大学理工学研究科情報工学専攻

## 1. 目的と背景

高層ビルやデパートなどの大きな建物では、実際に避難訓練を行うことが困難である。その為に、避難シミュレーションを使用し、非常時の避難経路の効率を確かめる試みが増えている。避難シミュレーションには、現実の人の動きに則しているかという点が求められる。

個々の人の動きをエージェントモデルで表現したエージェントベースの避難シミュレーションがいくつか提案されている<sup>[1]</sup>。混雑時のエージェントの動きが現実の人間の動きと違うことがあげられる。これはエージェントが混雑など状態に応じた行動が十分にモデル化できないからである。

本論文では、避難時に発生する混雑時の振る舞いを実際の行動に近づけ避難シミュレーションについて考察する。

## 2. 混雑時の行動モデル

### 2.1 混雑認識

図1は避難シミュレーションを展示会館で行った時に発生した渋滞を示す。

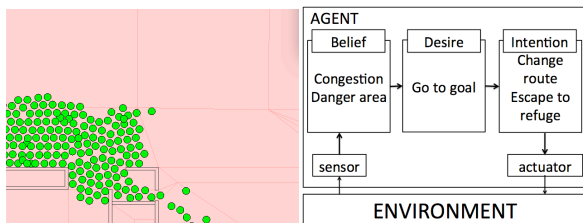


図1 発生する渋滞 図2 エージェントのモデル

このシミュレーションにおいて、すべてのエージェントは一番近い避難口へ移動する行動モデルしか持っていない。進行方向に空きスペースがあっても、回り道になる為、避難経路として選択することができない。

また、避難時における人の行動において、47%の人間は「放送や指示に従う」が、26%の人間は「危険から遠ざかる方向へ逃げる」とされている<sup>[2]</sup>。また、状況に応じて危険な場所の情報を取得し、危険エリアを避けた経路変更を行う。経路変更時に他に避難経路が存在しない場合、元

のルートを持続するか、元来た道に戻って他のルートを探すなどの行動をする。

### 2.2 混雑回避モデル

図2より、エージェントのBDIモデルによりBeliefとして視覚と移動距離、記憶をもとにした三つの情報が考える。

#### 視覚情報からの混雑状況:

TENDENKOではエージェントには、エージェントの周囲に存在する他のエージェントの情報が視覚情報として渡される。その情報内に複数 $n$ 以上のエージェントが存在する場合、混雑と判断する。

#### 移動距離からの混雑状況:

TENDENKOにおいてエージェントの移動速度は人間の歩行速度の時速5(km)としてシミュレーションしている。また、1stepは現実時間で6秒であることから、1stepに進む距離は約8.3mとなる。この距離を基準として1stepの移動距離が $d(m)$ 以下のとき混雑と判断する。

#### 記憶からの混雑状況:

エージェントの記憶は自身が混雑を認識したときにその情報を記憶として取得する。記憶情報を取得した以降、記憶内のエリアを避けた経路変更を行う。

Beliefの情報からエージェントは自身の信じるDesireとして早く避難することが挙げられ、Desireの実現方法のIntentionとして以下の行動が挙げられる。

#### (1) 最短距離で移動するルート

最短移動の行動では、混雑が発生した場合に経路変更を行わず、最初に与えられた最短の避難経路を保持し続ける

#### (2) 混雑時では他の経路へ変更する

混雑時では他の道へ、では混雑と判断した場合混雑したエリアや危険エリアを避けた経路変更を行う。

## 3. シミュレーション結果

シミュレーションで使用する展示会館はポー

トメッセ名古屋の展示館3であり、避難させるエージェントの人数は1000人である。エージェントはシミュレーション時間4stepの館内放送ですべてのエージェントが避難を開始し、以下の二つのシナリオをそれぞれ3回行った。

S1:経路変更を行わず避難するシナリオ

S2:n=10, d=1 の条件で混雑を判断し経路変更を行うシナリオ

シミュレーション結果を図2と図3に示す。

図2は二つのシナリオの実行し、避難者数の推移を示す。表1は図2の出力結果から各ステップの避難者と混雑回避の行動を行ったエージェントの推移を示す。表2では、S2やS3において混雑回避を行ったエージェントの移動距離と避難を完了する時間の差の平均をシナリオで比較した結果を示す。

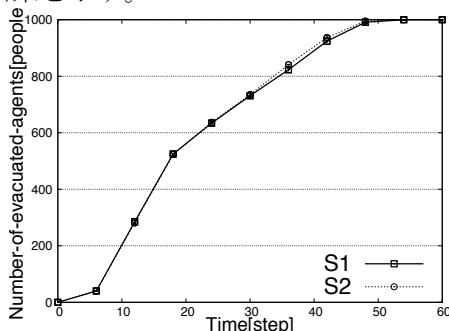


図2 避難者数の推移 (d = 1)

表1 シナリオ毎の避難者と回避人数の推移

時間 (step)	S1		S2	
	避難者	回避者	避難者	回避者
18	525 (8)	0 (0)	523 (3)	1 (1)
36	823 (4)	0 (0)	841 (1)	12 (2)
54	1000 (0)	0 (0)	1000 (0)	13 (2)

このとき、表1の()内は分散を表す。

### 考察1

表1より、18step目では、経路変更を行わないS1の方が避難率は高く、36step目では経路変更を行うS2の方が避難率は高くなる。これは混雑を認識したエージェントが混雑を回避するために新たなルートを取得し、迂回を行ったからことによる。

また、混雑回避を行ったエージェントの数よりも早くゴールにたどり着いたエージェントの数の方が多い。これらから混雑回避によって他の経路に分散することで、一部の混雑が解消されたのではないかと考える。

混雑認識の際、混雑と認識する移動速度 d を 0.5 に変更した S3 の結果を示す。(図3)

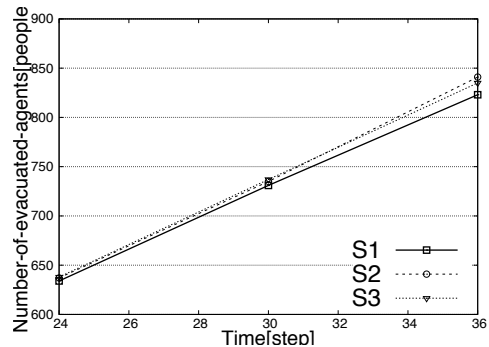


図3 避難率の推移 (d = 0.5)

混雑の境界を下げた場合、混雑を認識した人数は少なくなり、そのグラフは回避を行わないS1のグラフへと近づく。

### 考察2

S2で回避を行ったエージェントの移動距離とゴール時間をシナリオ1の時の移動距離とゴール時間を比較する。

表2 回避したエージェントの比較

	S1	S2	S3
移動距離(m)	64.7	60.6	59.7
ゴール時間(step)	27.5	23.1	22.9

表2において()内は分散を表す。

S1と比べ、S2では移動距離は増加しているが、ゴールに到達する時刻は早くなっている。このことから混雑時に待つより、迂回を行う方が避難率は向上するのではないかと考える。

このことからエージェントの動きが人間に近いものになったといえることができる。

### 4. まとめ

混雑度に応じて避難経路を変更するエージェントの行動モデルを取り入れた避難シミュレーションを実施した。これにより、従来の避難シミュレーションと比較し、結果としてエージェントの避難者数の向上も確認した。自分の見える範囲での知識ではなく、避難誘導放送といった広域的な情報など避難率の向上につながる要因を検討していく。

### 参考文献

- [1] M. Okaya and T. Takahashi. BDI agent model based evacuation simulation (demonstration). In The Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AA-MAS), pp. 1297-1298, 2011.
- [2] 西成 活裕 渋滞学 2006年 新潮選書