

# 火災避難を対象としたマルチエージェントシミュレーション

安田 恭平<sup>†</sup> 水野 一徳<sup>†</sup>

<sup>†</sup>拓殖大学工学部情報工学科

## 1. 研究背景と目的

日本では様々な災害が発生しており、世界有数の災害大国である。その災害は様々であり地震、台風、火事などが挙げられる。近年の大規模災害の事例として、2011年の東日本大震災、2016年の熊本地震である。それに伴い近年ではシミュレーションを用いた災害対策の研究が盛んに行なわれている<sup>[1],[2]</sup>。

本研究では、現実存在する建物に対して、避難者や誘導者をエージェントとしてモデル化した、マルチエージェントを用いて避難シミュレーションを行う。その際に災害時における人間の避難行動に着目する。また、人間の行動の特性や心理的側面を踏まえ避難者の属性に組み込む。そのシミュレーションの結果に基づいて効率的な避難計画、およびより安全な避難計画の可能性を探る。

## 2. マルチエージェントシステム

### 2.1. エージェント

各々の内部属性に与えられた独自の意思や、周囲の環境によって意思決定し自律的に活動する主体をエージェント（図1）、そして多数のエージェントが相互作用しあう集合体をマルチエージェントという。

エージェントの特性には次の3つがあり、これらの特性から行動を決定する<sup>[1]</sup>。

- ①自律性 自分自身で意思を決定し、行動する。
- ②反応性 周りの環境を認知し、その変化に対して適切に応答する。
- ③社会性 互いに依存し、相互作用を及ぼす。

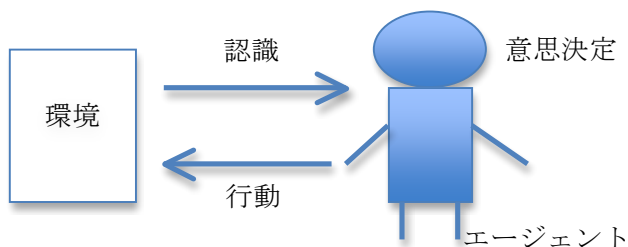


図1. エージェントと[1]

Multi-Agent Simulation for Fire Evacuation

Kyouhei Yasuda† Kazunori Mizuno†

†Department of Computer Science, Faculty of Engineering, Takushoku University

## 2.2. マルチエージェントシミュレーター

マルチエージェントシミュレーター『artisoc（アーティソック）』は、株式会社構造計画研究所が開発したソフトウェアである<sup>[3]</sup>。シミュレーションの実行や実行中のリアルタイムでの観察が容易である。artisocのプログラミング言語は、基本的にMicrosoftのVisualBasicに沿ったものである。

## 3. artisocによるモデル化

### 3.1. 避難時における人間の行動と心理特性

避難時における人間の行動の特性として、①常用行動、②危険回避行動、③同調行動、④開放空間志向、⑤リーダーの指示への移動、⑥攻撃的行動などが挙げられる。本研究では①と③と⑤の特性を考慮した。

#### ①常用行動

我々人間は普段行き慣れた道を避難経路としやすい。避難時には部分にとらわれ全体を見渡す能力が低下する。その結果、他の経路や出入り口を考慮に入れる前に、逃げ遅れる不安要素が重なり、日常利用する出入りする方向に殺到する<sup>[2]</sup>。

#### ③同調行動

出口などの目的地が認識できず、行くべき方向が定まっていない時、人は他者が向かう方向、または、他者が大勢集まっている方向に移動する。危機的場面で大勢が一気に逃げ出す時、その動きは心理的に強い誘引力となって人々に働きかける<sup>[2]</sup>。

#### ⑤リーダーの指示への移動

予期せぬ突然の災害発生に対して人々は動揺し冷静さや自己判断力を失う。恐怖状況下において人は著しく不安定であり極端に被暗示性に富む。そのため権威のあるものに依存し、その指示に従う<sup>[2]</sup>。

### 3.2. 空間とエージェントのモデル

#### 1) 空間の設定

実在する建物の1フロアを想定して空間をモデルした。空間サイズは50×50の大きさで、正方形のセルで区切られている。本研究ではセルの1辺を50cmとし、1stepの経過時間を0.5秒と定義する。空間上には避難者エージェント、障害物（壁）、脱出口として階段を設置した（図2）。

#### 2) 避難者エージェントの設定

避難者エージェントは顧客をモデル化したものである。顧客の中には高齢者もあり、高齢者は1stepに進む距離が短い。高齢者は歩行による速度の差異が存在するのでこのような設定にした。避難者の行動

は、以下の3点である。

- I) 出口がある方向に移動する。
  - II) 他のエージェントへ追従する。
  - III) 誘導者の指示する出口に向かう。
- II, IIIはそれぞれ3. 1. 節で述べた「同調行動」と「リーダーの指示への移動」から考慮した。

3) 誘導者エージェントの設定

誘導者エージェントはフロアで働いている従業員をモデル化したものである。誘導者エージェントの行動はI)に加えて以下の行動をする。

- IV) 避難者エージェントを出口までに誘導する。
- V) 避難者エージェントが全員脱出できているか確認する。

4) 火エージェントの設定

火エージェントは、1 step 毎に一定の確率で周囲の空きセルに対して延焼する。

### 4. シミュレーションの実験

避難シミュレーションの実験を行う。火や煙などを無くした状態と火災発生時の2つを想定する。

(1) 火災発生状態

表1に実験条件および結果を示す。ここでは、終了条件として、避難者エージェントと誘導者エージェントが全員脱出したか、もしくは死亡したかの時点でシミュレーション終了とする。

表1. 設定条件と実行結果からの平均死亡者数

	避難者	高齢者	誘導者	死亡者数
実験1	100	50	12	5.1
実験2	200	100	12	9.6
実験3	100	50	6	6.1
実験4	200	100	6	12.6
実験5	100	50	0	6.1
実験6	200	100	0	11.0

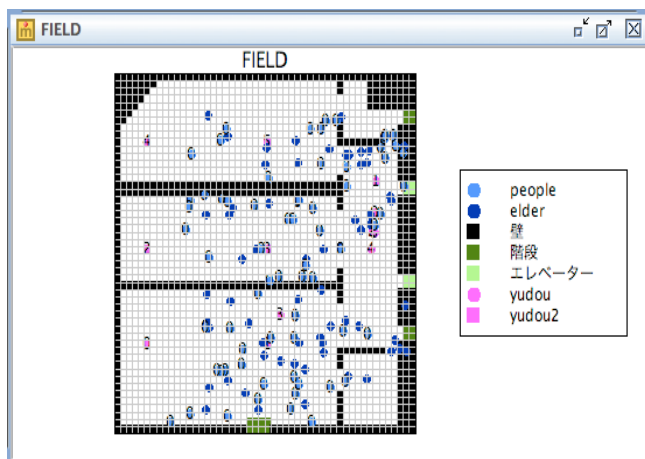


図2. 作成したシミュレーション環境

表2. 脱出するまでにかかった step 数

	平均 step	最長 step	最短 step
実験1	364step	413step	325step
実験2	490step	541step	421step
実験3	349step	385step	281step
実験4	431step	484step	362step
実験5	355step	557step	232step
実験6	394step	431step	351step

(2) 火災なしの状態 (地震を想定)

(1)と同等の条件で、実験を行った。ただし、終了条件としては、最大500stepとした。表2に実験結果を示す。この条件で避難できなかった平均人数は、実験1, ..., 実験6でそれぞれ、0.17, 0, 0, 0.34, 9.11, 19.5人であった。

両実験の結果、避難が遅れる原因として人数が多い、誘導者がいないことが分かった。実験5から実験6の結果から出口の分からない避難者が建物内をさまよい、脱出するまでに時間がかかったのが原因だと考えられる。しかし、実験3および実験5の結果から誘導者が多ければ多いほど避難が円滑に進むとは限らないと分かった。建物内をさまよう避難者は減ったものの、誘導者全員が脱出するまでに誘導者の人数の影響から脱出に時間がかかったからである。

### 5. おわりに

本報告ではマルチエージェントシステムを用いて避難者エージェントや誘導者エージェントをモデル化し、避難シミュレーションを行った。その際に災害時における人間の避難行動に着目し、避難者の属性に組み込んだ。避難が遅れる原因として、避難者の人数が多い、誘導者がいないことがわかった。また円滑な避難を行うには誘導者の存在、適切な誘導者人数の配置であると分かった。

今後は、避難者エージェントにさらなる不安要素の設定をし、モデルに信憑性を持たせること。大規模なフィールド(デパートや駅構内)での避難シミュレーションを行っていきたい。

### 参考文献

- [1] 丸井義章: スタミナを考慮した避難シミュレーション 芝浦工業大学システム工学部電子情報システム学科総合研究論文 (2010年度) .
- [2] 押野麻由子: マルチエージェントモデルを用いた避難行動のシミュレーション 中央大学理工学部情報工学科卒業研究論文 (2015年3月) .
- [3] 山影進: 人工社会構築指南-artisocによるマルチエージェント・シミュレーション入門, 書籍工房早山(2010).