

成田キャンパス防災訓練避難行動のマルチエージェントによるシミュレーション Multi-Agent-Based Simulation of Emergency Drill Dynamics at Narita Campus

宮嶋宏行
国際医療福祉大学総合教育センター（成田キャンパス）

1. 背景と目的

建物内で火災が発生した場合、的確な経路を通過して屋外へ避難する必要があります。通常、施設の防災責任者は、事前に、避難経路の確保と提示、災害発生時の避難誘導計画を策定し、避難訓練等を通じてその検証を実施している。本キャンパスのように、完成年度まで学生や教職員の数が段階的に増加していく場合、コンピューターを用いた避難シミュレーションによる検証も有効な1つの手段となる。2017年4月に3学部約900人が参加し実施した火災避難訓練の様子を動画撮影し、その映像をもとに群衆行動のエージェントベースモデルを構築し、避難行動のコンピューターシミュレーションを実施した。

本研究では、災害発生時の避難者の行動を忠実に再現し、避難行動計画を定量的に評価することを目的とする。

2. 避難訓練の動画撮影とモデル化

成田キャンパス防災訓練の様子を、EA棟1F、2F、6Fの通路や階段の4か所、最終的な避難場所に指定された多目的グラウンドの全景を5F体育館から撮影した。これらの動画を利用して各撮影場所を通過した単位時間当たりの人数や群衆の動きを記録し、群衆避難行動を模擬したコンピューターシミュレーションモデルを構築した。

本シミュレーションでは、Fig.1に示す成田キャンパスのEA棟、EB等の建物構造、部屋、通路、階段の実際の寸法を利用してモデル化した。火災発生場所に対応した避難経路の検討、避難経路のボトルネックの発見、避難誘導の提示方法の検討が可能になった。



3. 群衆行動モデルの設定

3.1 セルの状態

歩行空間をセルに分割し、各セルにおける歩行者の有無の状態遷移を模擬して、群衆行動を創発させる。

- 歩行者の存在あり(1)・なし(0)
- 歩行者の通行可能(0)・不可能(-1) ex)障害物等
- 避難の方向を示す情報 ex)標識や誘導

3.2 歩行者の速度

セルを0.8m×0.8mとし、1セルには歩行者1人が存在できる。1ステップを実時間0.2sに設定する。歩行速度を1m/s~1.2m/sの範囲で設定する。

3.3 移動先セルの決定

移動先決定には8つの方向に移動可能なムーア近傍を利用する。

以下の4つの影響を組み込んだFloor field modelによりセルに得点をつける。

- 歩行者の存在 人のいないところへ移動
- 歩行者の密度の影響 群衆の密度が高くなると点数増
- 壁や障害物の影響 壁や障害物の近くで点数増
- 標識や誘導の影響 標識や誘導方向への移動は点数減、出口へ移動で点数減

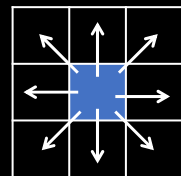


Fig. 2 ムーア近傍

セルの得点の最小化問題として定式化し、セルにいる人の移動先を決定する。ただし、競争を避けるために最適解、2番解、3番解を適当な確率(例えば70%,20%,10%)で選択する。このような操作をすべてのセルについて終了時間まで繰り返す。

4. 動画解析

- 2分30秒で特大講義室からの人流がなくなり、3分で500人が室外へ避難完了している。
- EA棟6階の大講義室からは1分程度で80人が室外へ退避している。
- EA棟の上階から1階へは3分程度人の流れがある。
- グラウンドへの学生・教職員の避難には7分30秒程度要している。



Fig.3 EB棟5階体育館から (左図)、EA棟1階 (事務室前) (右図)

5. シミュレーション結果

設定① EB棟2Fの特大講義室1・2の3学部1年生500人の避難をシミュレーション (横の移動)

- 歩行速度: 1 m/s
- 40×40のセルで特大講義室と通路をモデル化
- 4つの教室出口の位置や大きさ(0.8m)をモデル化
- 学生用机の影響を考えない。柱やAV機器を障害物としてモデル化

結果①

Fig.4に特大講義室1・2のシミュレーション画面、Fig.5に非常階段のみを利用して500人が避難した計算結果を示す。実際の避難訓練では、非常階段、東階段の2方向へ誘導して3分程度で非難が完了しているが、非常階段のみで避難した場合、教室からの避難には4分程度を要している。

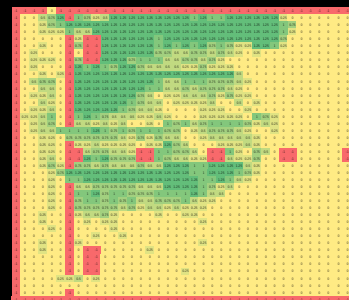


Fig.4 特大講義室1・2
赤色: 壁や障害物、黄色: 移動可能セル、緑色: 人がいるセル (数字は人数×単位時間)

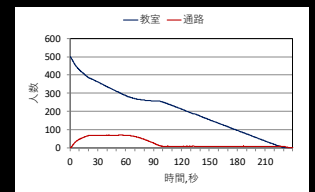


Fig.5 教室と通路の人数の変化

設定② EA棟2年生340人の階段を利用した避難 (縦の移動)

- 6階 ST, OT, MT 160人、5階 PT 80人、4階 NS 100人
- 1セル横の長さを柱と柱の間約6mとしてモデル化
- 1セル縦の長さを1階分の移動としてモデル化
- 2つの階段 (中央階段、東階段) を利用して1階まで移動

結果②

Fig.6にシミュレーション画面 (EA棟)、Fig.7に2つの階段を利用した場合 (実際の避難訓練と同じ条件) と中央階段のみを利用した場合の計算結果を示す。2つの階段を利用した場合は174秒、中央階段のみを利用した場合は227秒を要している。仮に、中央階段のみを利用して避難した場合は53秒増加する結果となった。

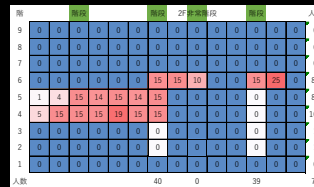


Fig.6 シミュレーション画面 (EA棟)

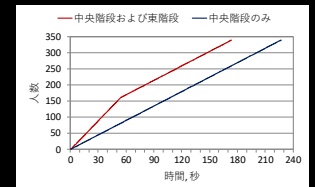


Fig.7 1階へ到達した人数の変化

6. まとめと今後の課題

2017年4月実施の成田キャンパス防災訓練において、3学部1年生約500人、2学部2年生約350人の避難行動を撮影した動画から各種パラメータを抽出し、エージェントベースの避難行動シミュレーションモデルを構築した。人数、移動速度、誘導方法、出口幅、障害物等の影響の解析が可能である。

今後は、段階的に学生数が増え2500人規模になった場合の避難誘導や避難経路の検討に利用する予定である。

また、今回の動画解析をもとに、モデル化に必要なデータを取得可能な撮影場所の選定も再検討する予定である。

謝辞 動画撮影に協力して下さった総合教育センター (成田キャンパス) の稲垣誠一教授、田中泰郎准教授、山元一晃助教に感謝いたします。また、防災訓練の準備に関わった防災対策員会および防災訓練WGの方々にも感謝いたします。