

学生食堂における災害時の人間行動に関する研究 ～マルチエージェントを用いた検証～

R10003-2 浅利 貴大
指導教員 堤 和敏

1. 研究の目的と背景

東日本大震災が起き、人々の災害に対する恐怖心が強まっている。大学では大勢の人がいるなか、災害が起きた場合は、迅速でかつ全員が無事に避難する必要がある。学生食堂（以下学食）は昼食時には大量な人数が入る施設である。もし大きな災害が起きた場合、避難限界時間内に大勢の人が避難できるのか、確かではない。また、大学内は様々な人が入ってくるため、何が起こるか予測不可能である。不審者が侵入し、大学内で変質者が放火する可能性もないとはいえない。

本研究では厨房での火災が起きた場合の避難を考える。現状のレイアウトでは出口へのルートが狭いため、避難者が混乱に陥り、パニックが起き、人同士の事故が起きる可能性が高い。そこでレイアウトの改善、出入り口の増加等の処置をし、避難者がスムーズに避難し、全員が負傷なしに避難できるレイアウトを考える必要がある。本研究の目的は芝浦工業大学大宮キャンパス学生食堂を対象とし、マルチエージェントシステムを用いたコンピュータでの人工社会を作成し、シミュレーションを行い避難時間や人口密度といった人の流れを検証し、改善プランを提案することである。

2. 研究の手順

2.1 人間行動の調査

現地調査から、学食に来る人数、列待ち人数等を調べる。その調査と参考文献から人間の避難する行動や、心理をシステムに反映させる。学食の従業員は裏入口があるため、今回は学食を利用している学生のみ考えるものとする。シミュレーションは、**artisoc(1)**を用いる。

2.2 モデル作成

学食のマップを作成し、シミュレーションに必要なエージェントのルールを作成する。エージェントは人間だけではなく、出入り口、障害物等もあり、それぞれに調査した内容や、人間行動のルール化を行う。

2.3 シミュレーション実行と分析

現状のレイアウトでシミュレーションを行い、避難時間や、人間の動きを計測し、課題を分析し解決する。自分の考えた改善レイアウトを作成し、シミュレーションを行う。複数のパターンを作成し、避難時間と人口密度で評価し、どのパターンがよいか検証する。

3. 現地調査

3.1 現地調査 11 月 12 日(火曜)

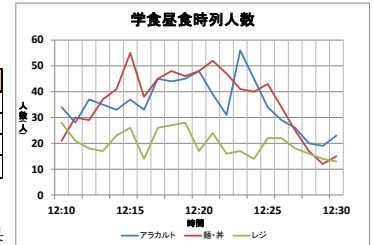
学食で、待ち列人数がどの程度いるのか計測した。調査の条件としては、昼の来客人数ピーク時（12:10～12:30）に、最も使用人数が多い火曜日に 1 分ごとに人数を計測した。計測した人数は、アラカルトコーナーへの待ち列人数・麺・丼コーナーへの待ち列人数・レジ待ち列人数である。

計測した結果が表 1、図 1 である。図は青線がアラカルト、赤線が麺・丼、緑線がレジ待ち人数である。待ち人数にはそれぞれの平均人数と、最低最高人数、標準偏差を表した。結果を見ると、平均・標準偏差両方、麺・丼が多い。シミュレーションでは学食にいる最大人数で行いたいため、この図から、最大値の人数を使用する。

表 1 調査結果

	アラカルト	麺・丼	レジ
平均	35.3	36.4	20.4
最大	56	55	28
最少	19	12	14
標準偏差	9.34	12.22	4.91

図 1 調査結果



4. 避難シミュレーションシステムの構成

4.1 全体フロー

- ・図 2 にシミュレーションの流れの処理フローを示す。
- ・緑の枠が全体の動きを表し、オレンジ色は人間の動き、青の枠は出口の動きを表している。

4.2 空間のモデル化

- ・シミュレーションシステムでは空間の設定を、約 50cm×50cm のセルで分割する。
- ・一つのセルに一人の人間が入り、避難者はその空間上を避難する。

4.3 人のエージェントモデル化

- ・人は学食に満席状態で配置される。
- ・席についていない人（待ち列人、商品選んでいる人、レジを待っている人）も混雑ピーク時の人数で配置される。
- ・人は一斉に距離が近い出口へ避難開始するものとする。
- ・人の歩行速度は、表 2 より、1.2m/s、障害物が周囲 1 セルの位置にある空間では 1.0m/s とする。
- ・フローの 1 周分をシミュレーションの 1step とする。

4.4 出口のエージェントのモデル化

- ・出口は普段学生が出入りする出入り口の 2 か所を使用する。
- ・出口は 1 秒間に通過できる人数が流動係数として定まっている。表 2 より、水平な出入り口の流動係数は 1.5 人/ms である。

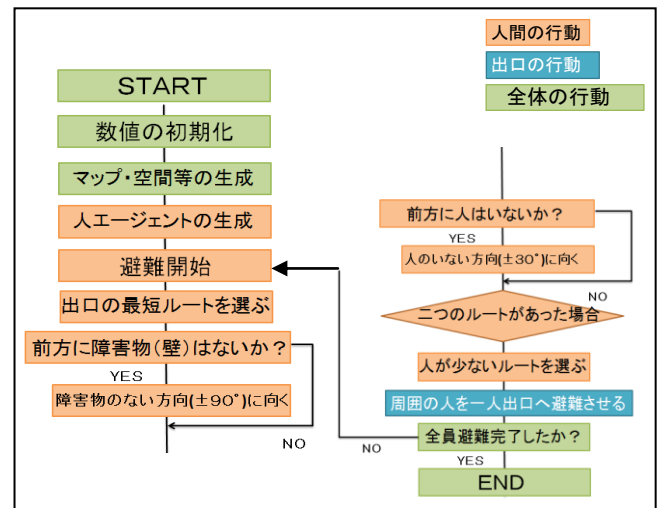


図 2 シミュレーション全体フロー

4.5 障害物エージェント

- ・学食内にある、机をエージェントとして作成する。
- ・机以外には壁、柱、レジ等がある。
- ・人は1セル前に障害物がある場合、方向転換、減速、停止の判断をする。

4.6 ルートに関するエージェントのモデル化

出口までのルートのチェックポイントとしてDummyエージェントを図3の赤色の部分に設置する。Dummyエージェントにたどり着いた人エージェントは、次のDummyエージェント・目的地に向かう。この繰り返りで人エージェントは出口へ避難する。

4.7 人口密度のグラフ化

シミュレーション避難を実行するにあたって、人口密度が高くなり、パニックや群集事故が起きやすいエリアの人口密度をグラフ化する。図3の青丸は、人口密度のグラフ計測点である。

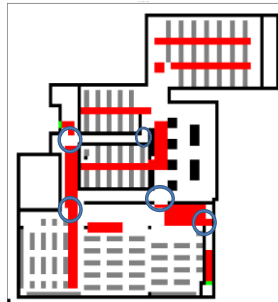


図3 Dummyと密度計測点

5. 結果の評価基準と現状のレイアウト結果

5.1 結果の評価基準

①全体避難時間

人エージェントが全員避難できた時間を表示させる。30stepで1秒となっている。

②人口密度グラフ

全5ヵ所における人口密度のグラフを1秒ごとに更新していく。グラフは横軸が時間(秒)で縦軸が人口密度(人/m²)である。

①、②の二つを現状・改善レイアウトでそれぞれ算出し、現状に対してどの程度改善されるかを見比べる。

5.2 群集事故

群集事故には「将棋倒し」と「群集なだれ」の二種類がある。参考文献より、将棋倒しと群集なだれの比較を表3に表す。

5.3 現状のレイアウト結果(図4・5)

現状のレイアウトでは、平均避難時間 65.4 秒、どの範囲でも密度が4人/m²を超えてしまうため、事故が起きやすい状態である。特に昼用出口への通路では非常に密度が高く、群集なだれが起きてしまう可能性がある。また、狭い通路が多いため、密度を測っていないエリアでも事故やパニックを起こしてしまう危険性もある。

表2 流動係数

用と記号	居室内 Vr(m/sec)	廊下・車路 Vc(m/sec)	段差(水平) Vs(m/sec)	避難出口の流動係数 N(人/m*sec)
V1	1	1.2	0.6	1.5
V2	0.5	0.6	0.3	0.8
V3	0.5	0.6	0.3	

V1:主な利用者の避難能力が高い空間(事務室、店舗等)

V2:避難能力の劣る利用者がかなり見込まれる空間(住宅、保健所、幼稚園、酒場等)

V3:避難能力が著しく劣る利用者がかなり見込まれる空間(病室、老人施設等)

表3 群集事故

密度(人/m ²)	将棋倒し	群集なだれ
発生する群集密度	密度3~5人/m ² でも発生	密度10人/m ² 以上でないとは発生しない
力の作用	転倒時に力が発生	転倒前から力が作用
転倒の順序	後ろから前に	前から後ろに
転倒の形状	線状に1方向	塊状に多方向

6. 改善レイアウトシミュレーション結果・考察

6.1 壁なしレイアウト(図6・7)

壁なしレイアウトは、図7の青丸の部分の壁をなくした。平均避難時間が52.4秒で、現状に比べて10秒以上短くなった。人口密度を比べると、最も多い所は変わらないが、それ以外のところでは、ほぼ4人以下に収めることができた。

6.2 総合的な最終レイアウト(図8・9)

いくつかのレイアウトで検証し、避難時間が短縮され、且つ人口密度が群集事故の危険性が低い値になるレイアウトを考えた。改善レイアウトは主に出口を増加したものと、壁を移動・無くしたものの二つに分かれる。出口を増加したものは避難時間を大きく短縮できた。それに比べ、壁をなくしたものは人口密度を減少させることができた。どちらも良い点があったが、今回著しく見られた密度の問題を重視し、壁を減らし、通路を広くした(図9の青丸)レイアウトを最終的な改善レイアウトとした(図9)。グラフを比べてみると、どの範囲もほぼ4人以下の値を出すことができた。平均避難時間は50.4秒でどちらも良い結果を出すことができた。

7. 終わりに

本研究ではマルチエージェントシステムを用い、人工社会を創ることができた。シミュレーションではレイアウトを改善させることができたが、人間の行動はもっと複雑で、シミュレーション通りの避難ができるとは限らない。しかし、相対的な評価は可能なので、この改善案とシステムは有効といえるであろう。

<参考文献>

- (1)MAS コミュニティ <http://mas.kke.co.jp/index.php>
- (2)山影進 人口社会構築指南 書籍工房早山
- (3)山影進 歩行者エージェントシミュレーション 構造計画研究所

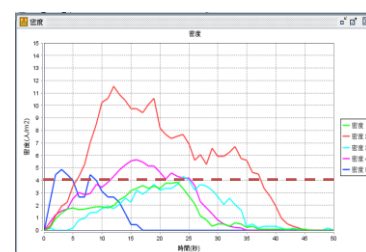


図4 現状の人口密度グラフ



図5 現状のシミュレーション様子

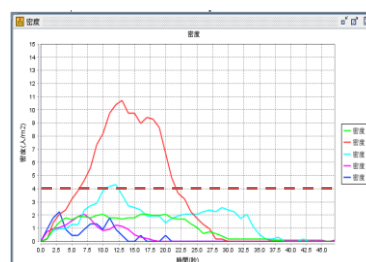


図6 壁なしレイアウトの人口密度

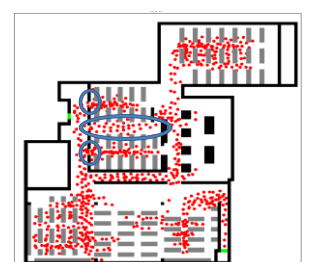


図7 シミュレーション様子

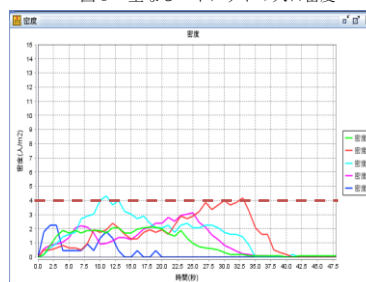


図8 最終レイアウトの人口密度

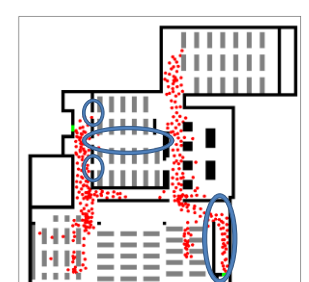


図9 シミュレーション様子