

マルチエージェントシミュレーションによる 避難方法の検討と改善

2020SS036 松野春香

指導教員：小市俊悟

1 はじめに

近年、日本全体で地震が頻発に発生している。地震動予測地図 [1] によれば、いつ中部地方で大地震が起きてもおかしくないとされる。加えて、2020 年から南山大学はコロナ禍でオンライン授業となる時期があり、避難経路どころか大学の構造もはっきり知らない人が多いと考える。そこで本研究では、南山大学の S 棟に注目し、その棟の構造や各教室の収容定員、推奨の避難経路から避難時にどこで混雑が発生するのか、どこの出口で人が集中するのかをマルチエージェントシミュレーションにより調査・検証をする。特に、step 数の平均や分散の大きさの違いから推奨避難経路の提案、加えて整列や待機する人をつくるなどいくつかの状況も検証し、災害時にも迅速な避難が可能な方法を探ることを目的とする。

2 マルチエージェントシミュレーション

本研究では避難時の人の行動パターンを再現するために、マルチエージェントシミュレーション (MAS) を利用する。MAS とは、人間のように内部状態や行動ルールを持ち、自律的に意思決定を行うエージェントと呼ばれるオブジェクトを多数用いて、興味のある現象を再現するシミュレーションである [2]。この MAS を利用するにあたって、本研究では構造計画研究所が開発している artisoc と呼ばれるアプリケーションソフトウェアを利用する。

3 シミュレーション設定

本研究で避難シミュレーションの対象となる空間は南山大学の S 棟である。ただし、研究室棟とあまり使われない B1 階、1 階、3 階は除くものとする。避難シミュレーションを現実に近いものとするため、次に説明することを試みた。

本研究の対象となる南山大学 S 棟の見取り図に合わせて空間モデルを作成した。廊下や教室の長さ、幅について正確な距離はわからなかったが、教室の面積がわかったため、その情報をもとに再現した。

各教室の人数の設定は 2023 年 Q3 の 2 限の教室の利用状況を参考にした。

避難方法は 3 つ用意した。1 つ目は順次避難と呼び、教室から出た人から順次、出口へ避難する一番シンプルな方法である。すべての空間で検証する。2 つ目は待機避難と呼び、一部の人待機してから避難する方法である。順次避難で人との接触が多く、避難に必要な時間の分散が大きい空間を対象に行う。3 つ目は整列避難と呼び、教室を出た後、各部屋の person エージェントが整列し、整列が完

了してから避難していく方法である。待機避難で効果的であった教室かつ 40 人未満の規模である教室を対象に行う。

用意したエージェントのルールを説明する。person エージェントは図 1 のドットで示される。生成位置から出口または階段まで避難するようにプログラムされた人を表すエージェントである。色、教室名は図 1 の右の凡例に示す。図 2 のコントロールパネルによって各教室の person エージェントの生成数を設定することができる。wall エージェントは図 1 の灰色の四角で示したもので、部屋や外壁などを表すエージェントである。stair エージェントは図 1 の桃色の網目状で示したもので、階段を表すエージェントである。桃色が続いた先にある赤色が終わりとし、その空間の階の避難が完了したとする。exit エージェントは図 1 の緑色の網目状で示したもので出口を意味する。

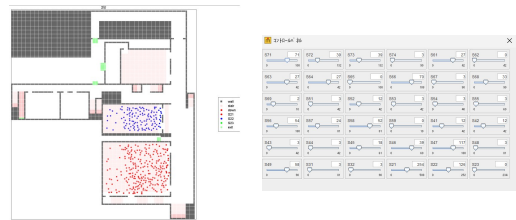


図 1 S 棟 2 階の
空間モデル

図 2 コントロール
パネル

当初は S 棟全体を対象にしたシミュレーションを行い、評価する予定だったが、実行に時間がかかるため、各階でシミュレーションを行い評価する方法に改めた。評価方法はそれぞれ 10 回シミュレーションを行い、全体の人数の 90% 以上が避難するまでにかかった step 数で比較する。100% にしてしまうと異常に時間がかかるエージェントがいるため、90% の person エージェントが避難できた時点で避難完了という条件にした。

4 予備実験

S 棟における避難時のシミュレーションをする前に、図 3 に示す 50 × 88 のセルからなる 3 つの部屋で構成された空間モデルを利用して、行動のシミュレーションの基盤をつくった。出口は 2 つ設定してあり、生成数は各部屋に person エージェントを 30 人としてシミュレーションを行う。まず、順次避難と待機避難の比較を行った結果、待機

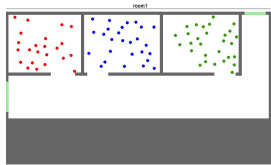


図3 3つの部屋の空間モデル

避難は順次避難に比べて平均の増加は待機時間の増加よりも小さく、また分散も小さくなった。次に順次避難と整列避難の比較を行った結果、順次避難するより平均の比較で約 25step かかってしまうが分散は小さく、いつも同じような step 数で避難ができることがわかる。これは自己判断が弱い、小学生などの避難には適した特徴であるとも考えられる。これらの予備実験の結果も踏まえて、S 棟でのシミュレーションを行う。

5 実験と結果

S 棟のシミュレーション結果の一部を示す。6 階以外の最適避難方法は順次避難であり、順次避難を前提に、求めた最適避難経路は接触が少ない経路であった。そのような経路は分散が比較的小さくなり、平均などにも良い結果が出る傾向となった。その例として表 1 は 2 階の 3 つの経路を比較した結果である。(c) の経路は、平均、分散などすべての結果において他の経路よりよい結果を得られ、2 階の最適避難経路は (c) であると考えられる。

表 1 2 階の順次避難の比較

経路	最短	最長	平均	分散	標準偏差
(a)	630	1041	836.6	12740.84	112.8753
(b)	695	917	792.8	7687.56	87.67873
(c)	608	703	641.3	908.81	30.14648

(単位: step)

6 階は避難経路として図 4 のような経路を採用し、順次避難と待機避難を比較する。この経路は S61~64 までのエージェントが階段 1 に向かうことにより密集し、混乱が発生すると考えられる。

避難方法 (a) を順次避難とし、(d) を待機避難とする。具体的な待機方法は、S64 のエージェントが 10step 待機、S61 のエージェントが 10step 待機である。比較結果を表 2 にまとめる。

表 2 6 階の避難方法の比較

避難方法	最短	最長	平均	分散	標準偏差
(a)	296	405	326.2	1285.56	35.85471
(d)	300	317	308.2	26.16	5.114685

(単位: step)

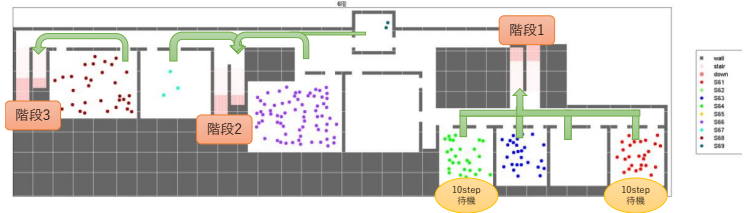


図4 6 階 (d) の避難経路

表 2 から (d) の待機避難は (a) の順次避難より平均が短く、分散が小さくなった。よって、6 階は待機避難が有効であると考えられる。

6 おわりに

接触が少ない避難方法が分散が比較的小さくなり、平均などにも良い結果がでる傾向となった。6 階以外の各階では順次避難で良い結果を得られたことから、南山大学の S 棟は十分に避難経路が確保され、授業の教室の割り当ては満遍なく振り分けることで密集を避けられていることが分かる。6 階は 1 つの階段に向かう人数が多いため、待機避難を取り入れることとなったが、空き教室を移動すれば、順次避難でも迅速な避難が可能ではないかと考える。

今後の課題は 2 点ある。1 つ目は南山大学の S 棟では順次避難で良い結果を得られた階が多く、待機避難を十分に試すことができなかつた点である。2 つ目は整列避難にとりかかれなかつた点である。予備実験によれば、整列避難は他の避難方法より避難が完了する step 数は多くなるが、分散が小さくなるという結果が得られた。自己判断が弱い、小学生などの避難には適していると考えられる方法であるが、S 棟のような構造を持つ空間でもそれを確認できるか試行することが出来ればよかったと考える。

参考文献

- [1] 地震調査研究推進本部:『確率論的地震動予測地図 中部地方』(2023/09/01 アクセス).
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20-yosokuchizu/yosokuchizu2020_chizu_24.pdf
- [2] 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』. 有限会社 書籍工房早山, 2017.