

CAによる災害時の人間の行動を考慮した避難シミュレーション

香川大学工学部 正会員 ○井面 仁志
 香川大学工学部 正会員 白木 渡
 関西大学工学部 正会員 堂垣 正博
 香川大学大学院 非会員 有友 春樹

1. はじめに

本研究では粒子の振る舞いや海流の流れなどに適応される複雑系のシミュレーション法として注目されている人工生命技術(ソフトコンピューティング)の1つであるセルオートマトンを用いて,災害時における人間の避難行動のシミュレーションを行う.建物内の出口の位置やサイズ,標識の位置や数,障害物の位置や大きさなどを変化させ,避難時間の変化や避難状況について検討する.

2. CA(セルオートマトン)

CAは空間的なセルの離散的な格子で構成されており,各セルは,有限な状態の1つを有し,以前の時間ステップにおける状態と近傍の状態,ならびに遷移規則によってその状態を変化させる.

CAの特徴を以下1)~8)に示す。

- 1) 空間的に離散である.
- 2) 時間的に離散である.
- 3) 離散状態をとる.
- 4) セルの均一性.
- 5) 同期的な状態更新.
- 6) 決定論的な規則.
- 7) 空間的に局所的な規則の適応.
- 8) 時間的に局所的な規則の適応.

3. 避難シミュレーションモデルの設定

空間をモデル化するにあたり,本研究では2次元セルオートマトンを用いて1辺が均等な空間格子をとる.セルの1辺を避難者の大きさに合わせ縦横0.5mとした.

また,セルが取りうる状態として以下の4パターンを考える.1)避難者,2)障害物,3)歩行可能空間(標識,出口を含む),4)炎.

シミュレーションの原則を以下に示す.

- ①空間一閉ざされた平面空間
- ②避難者一個人的特長はない
- ③避難者の目的一空間からの脱出
- ④避難者の移動一隣接する8つのセル

時間 t から時間 $t+1$ を1ステップとし,避難者は1ス

テップに1歩動く状態を表した.今回避難者の歩行速度を早歩きのスปีドと同程度と仮定して時速5kmとする.このことから,1ステップ0.36秒と設定する.

4. CAによる避難シミュレーションの適応例

3章で設定した条件下で,避難シミュレーションシステムを構築し,誘導用の標識の数,出口の位置と数によって避難時間に及ぼす影響について検討する.

(1) 出口の位置と配置数での避難ステップの比較

香川大学工学部第1研究棟11階のマップ(縦横45×75)を用いて出口の状況を変えてシミュレーションを行った.出口の状況の違いにより避難時間にどの程度の差が生ずるかを比較した.

図1(a)は普段使用する出口と非常出口がすべて使用可能な状態のマップ,図1(b)は(a)ケース1の状態から非常出口が閉じている状況のマップ,図1(c)ケース3は(a)ケース1の状態において,出口4箇所の扉が半分しか開かい状況のマップである.なお,避難者の人数はこの階の最大利用状況を想定して185人とした.

各マップにおいて10回のシミュレーションを行い,その平均避難ステップ数と残り避難者数を図2に示す.

また,平均避難ステップ数から避難時間を計算した結果を以下に示す.

【平均避難ステップ数】	【避難時間】
(a) ケース1 : 170.9step	(a) 61.524 秒
(b) ケース2 : 255.4step	(b) 91.944 秒
(c) ケース3 : 177.6step	(c) 63.936 秒

この結果から,非常口が使用可能な場合と使用できな



(a) ケース1 (b) ケース2 (c) ケース3

図1 出口の状況の違うマップ

キーワード 人工生命技術, セルオートマトン, 避難
 連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 香川大学工学部信頼性情報システム工学科

T E L 087-864-2245

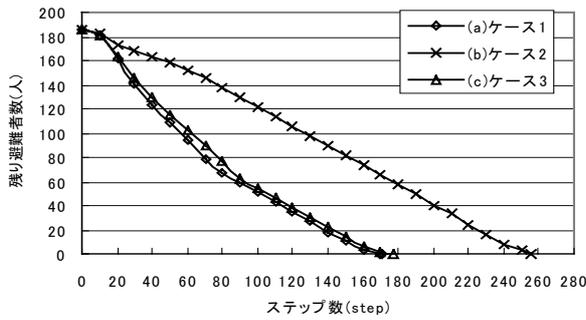


図2 出口の状況の違いによる避難ステップの比較



(a) ケース 1

(b) ケース 2



(c) ケース 3

図3 標識の数の違うマップ

い場合では約30秒の避難時間の違いがあることがわかる。30秒の避難の遅れは災害時に火災が発生している場合に被害の拡大が予想され、大変危険なものとなる。

(2) 標識の位置と配置数での避難ステップの比較

出口が多く、通路が入り組んでいるショッピングセンターをイメージして作成したマップ(縦横80×80)を用いて標識の数を変化させシミュレーションを行った。マップの十字路やT字路に出口の位置や標識の位置を指し示す標識を設置し、標識の数の違いにより避難時間の変化について比較を行った。

図3(a)は標識がない状態、図3(b)は標識を十字路やT字路に6個設置した状態、図3(c)は標識を十字路やT字路に12個設置した状態である。なお、避難者の人数は200人とした。

各マップにおいて10回のシミュレーションを行い、その平均避難ステップ数と残りの避難者数を図4に示す。

また、避難時間を計算した結果を以下に示す。

【平均避難ステップ数】 【避難時間】

(a) ケース1: 711.3step (a) 256.068秒

(b) ケース2: 385.7step (b) 138.852秒

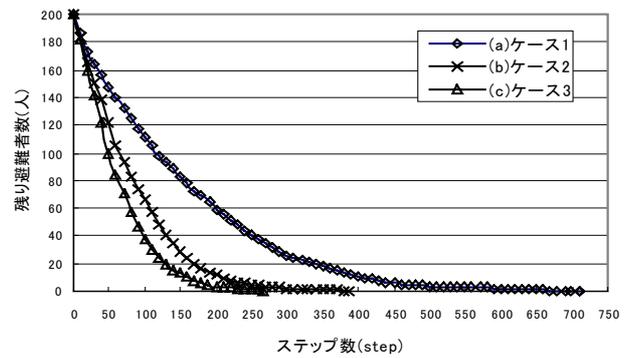


図4 標識の数の違いによる避難ステップの比較

(c) ケース3: 267.4step (c) 97.264秒

標識のないマップと標識を12個配置したマップとでは、空間の大きさは縦横40mの建物にすぎないが、159.804秒の差、約2分30秒もの違いがみられた。標識がないことによって避難時間が大幅に遅れることが分かる。避難時間が遅れば遅れるほど被害が拡大していくと考えられ、大変危険となる。

5. おわりに

本研究では、CAによる災害時の人間の行動を考慮した避難シミュレーションを行った。簡単な遷移規則でモデル化された人々が避難している状況を再現することができた。避難者が出口に殺到する様子、標識に従い行動する様子、さらにページの都合上本稿では紹介できなかったが、炎から逃げていく様子など従来の微分方程式では解けないような複雑な現象を視覚的に確認することができた。しかし、现阶段では簡単な遷移規則のみを用いているので現実を忠実に再現するまでには至っていない。避難者の心理的要因など、人間の行動は様々な環境や要因が複雑に絡み合って決定されているため、本研究で用いた規則ではまだ実際の現象を忠実に再現するのは難しい。

今後は避難者の行動のルールをより人間らしく、炎の拡散状況をより現実の延焼状況にあわせることによって現実に近いシミュレーションモデルを構築して行く必要がある。さらに、過去の災害時のデータなどをもとにシミュレーションモデルの妥当性を確認することも残された課題である。

しかし、本手法を用いることにより、建築物の設計段階で避難シミュレーションを実行し、その建築物の安全性の面についての検討を行うことは十分可能である。

参考文献

- 1) 上田完次・下原勝憲・伊庭斉志: 人工生命の方法 — そのパラダイムと研究最前線 —, 第一資料印刷株式会社(1995).