

セルオートマトン法を用いた地下街の避難行動シミュレーションに関する一考察

九州大学大学院 学生員 内田 広明 九州大学大学院 正会員 松田 泰治
九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲 九州大学大学院 フェロー 樗木 武

1. はじめに

地下街などの閉鎖的空間における災害時の避難行動には混乱が生じやすいと考えられる。迅速かつ安全に避難する為には人間行動等のあらゆる事態を予測し、防災対策を練ることも重要である。まずその第1ステップとして、本研究では天神地下街の一部を例にとり、出口に向かう人間の行動を人工生命体の一つであるセルオートマトン法を用いてシミュレーションした。

2. セルオートマトン法 (CA法)¹⁾

空間を一様に格子分割し、各格子点に有限の状態を持つセルを配置する。そしてこのセルが局所的な相互作用を積み重ねていくうちに組織が自然に形作られる。このような局所的な相互作用の原理に基づく計算手法をCA法という。CA法は簡単なモデルで複雑な現象を不規則性を含めて自己組織化させることができるので、避難行動などの複雑現象を解明する手法として有望と考えられている。CA法による解析手順のフローを図-1に示す。

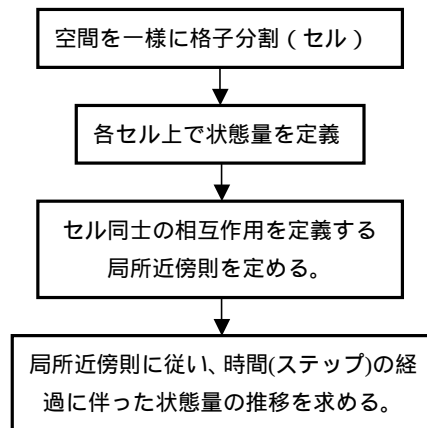


図-1 解析手順のフロー

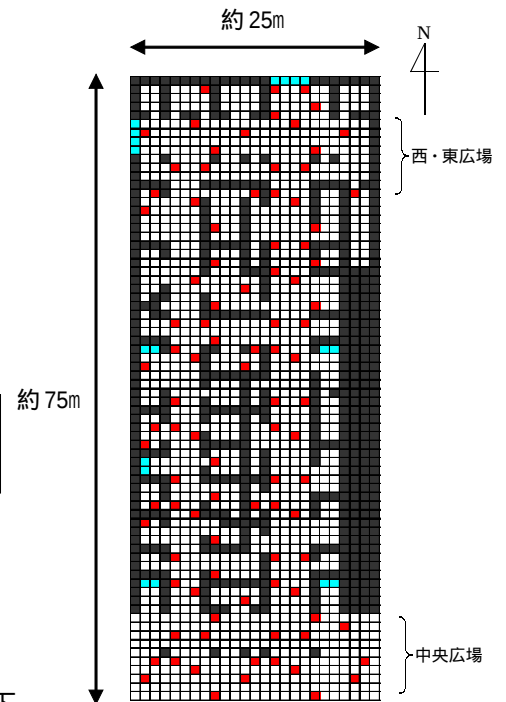


図-2 モデル図
(天神地下街一部)

3. 避難行動シミュレーション手法

3.1 空間のモデル化

検討対象とした天神地下街は南北方向に約200m、東西方向に約25m、地下2階からなる大規模な地下空間である。地下2階は駐車場として利用され、地下1階には南北に2本、東西に6本の主要な通路があり、その両側に店舗が存在する。本研究では地下1階の西・東広場から中央広場までの南北約75mを対象空間とし、モデル化を行った。モデル図を図-2に示す。対象空間は72×25の二次元セル(1辺:約1m)に分割した。各セルにつき「障害物」「通路」「人間」「出口」という4つの状態を定義し、それぞれの状態量を「100」「10」「50」「0」とした。これは状態量が大きいセルに対して移動が困難になるという行動ルール²⁾を考慮したものである。

3.2 行動ルール

「人間」の行動ルールは、局所的近傍則に基づいており、自分から見て進みやすく一番近い出口を判断し、それに向かって状態量の総和が一番低いセルに移動する。移動可能な領域は「障害物」を除く周囲8セルである。移動のフローを図-3に示す。

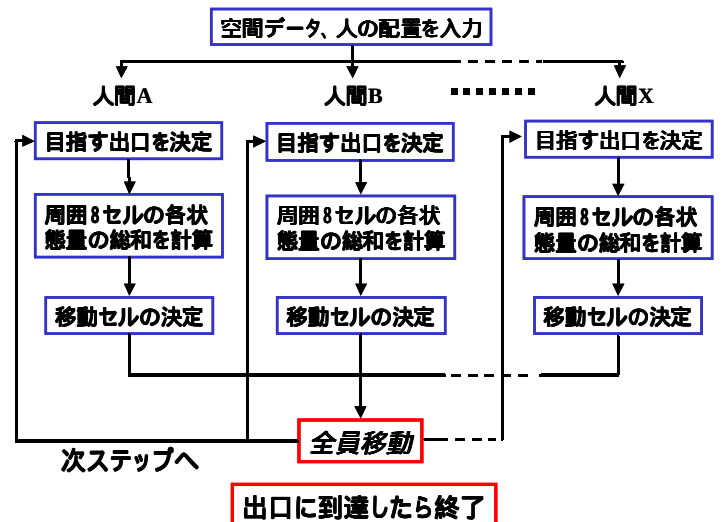


図-3 移動フロー

(a) 出口の選定

出口選定のフローを図-4に示す。ここで壁率というのは、人間がその出口に向かうにあたり通過するであろうと考えられる領域にどれだけ障害物が存在するかを表す指標であり、移動の困難さを表す。壁率は次式で定義する。

キーワード：地下街、避難行動、セルオートマトン法

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 工学部本館336号室 TEL:(092)641-3131(8653)

(壁率)=(状態が障害物のセル数)/(通過領域の総セル数)
通過領域は人間と出口を対角とした四角形の領域で定義する。

(b)局所近傍則に従った状態量の総和

本研究では、出口までの距離状態量、壁周りの状態量、堂々回りを防ぐ状態量、環境を表す状態量の四つの状態量を定義し、状態が「人間」セルの周囲8セルについてそれぞれ算出する。そしてそれらの総和が一番低いセルに移動する。

() 出口までの距離状態量:最短の道筋で移動するという考えから出口までの直線距離を対象空間の幅で除し、無次元化した値を状態量として与えた。

() 壁周りの状態量:障害物近傍における自由度の制約を考慮して、状態量を障害物近傍に+5、障害物の端点に+2と差をつけて与えた。

() 堂々回りを防ぐ状態量:一度通過した場所は覚えていくという考えから通過したセルに+10の状態量を与えた。

() 環境を表す状態量:周囲の状況を見て、障害物が多く存在する方向には移動しないという考えから2ステップ先の周囲8セル状態を調べ、それに応じた状態量を算出した。

以上の4つの状態量にそれぞれ係数 α 、 β 、 γ 、 δ をかけ、その和が状態量の総和である。次式で表す。

$$\begin{aligned} (\text{状態量の総和}) = & \alpha (\text{出口までの距離状態量}) \\ & + \beta (\text{壁周りの状態量}) \\ & + \gamma (\text{堂々回りを防ぐ状態量}) \\ & + \delta (\text{環境を表す状態量}) \end{aligned}$$

数ケースシミュレーションした結果、本研究では係数を $\alpha=100$ 、 $\beta=0.1$ 、 $\gamma=1.8$ 、 $\delta=0.001$ を採用した。

4. 計算結果

天神地下街の一部を対象空間にし、前章に述べた遷移則に従ってシミュレーションを行った。各ステップごとの状態を図-5に示す。初期状態において、「人間」はランダムに97人配置した。図を見るとステップを重ねることによって、「人間」が出口に向かって移動している事が分かる。また、人間の歩行速度が $1.0 \sim 2.0\text{m/sec}^2$ 、1セル間の距離が1mであると仮定すると、44ステップで全員出口に到達しているので44~88秒で避難完了となっている。これらの事より「人間」の進路を事前に決めることなく、CA法の局所近傍則のみによって出口に向かう行動がほぼ再現できている。

5. まとめ

今回構築したCA法を用いたプログラムによって出口に向かう人間の行動をある程度表現できる可能性を明らかにした。今後の課題として避難という状況を考慮し、火災などの災害や人間の心理などの新しい状態量を、また時間の概念について検討する必要がある。

< 参考文献 >

- 1)加藤、光成、築山(1998)、「セルオートマトン法 - 複雑系の自己組織化と超並列処理 - 」 森北出版
- 2)横山、目黒、片山(1995)、避難行動へのポテンシャルモデルの応用、土木学会論文集 No.513/I - 31、225-232

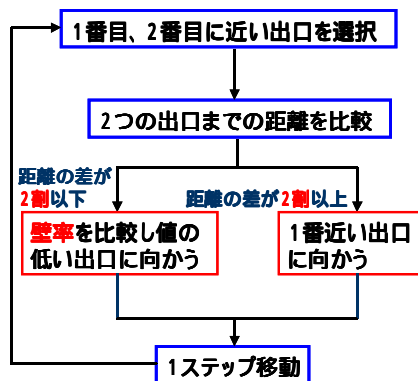


図-4 出口選定フロー

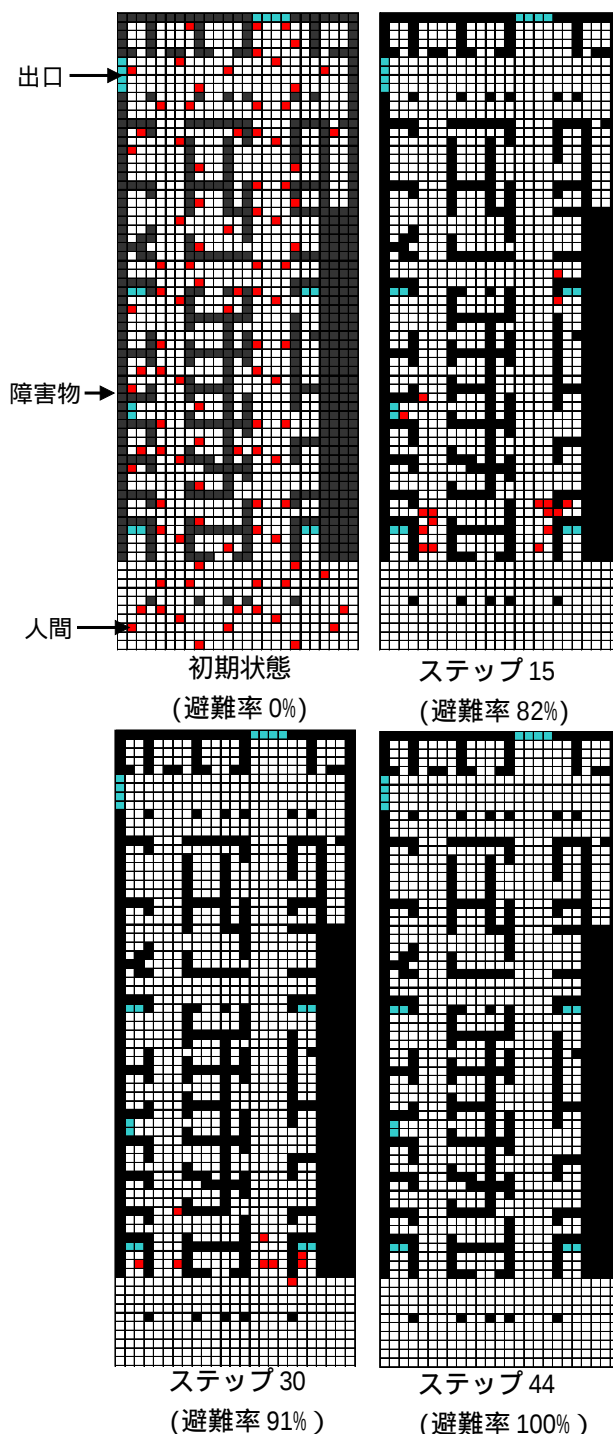


図-5 各ステップにおける

「人間」の分布状態