

CAを用いた歩行シミュレーションモデルの構築

金沢大学工学部 学生会員 ○ 廣瀬智士
 金沢大学工学部 正会員 近田康夫
 金沢大学工学部 正会員 城戸隆良

1. はじめに

構造物は構造的に安全であることはもちろんだが、それに加え歩行行動が快適かつ安全な空間を有する必要がある。また、特に不特定多数が利用する場合は混雑時や非常時に問題が生じないようにせねばならない。しかし、設計段階で人の動きを実際に検証することは不可能であり、また災害時の避難行動などは実際に検証するには危険を伴う。そのために、人間の歩行行動をシミュレートする試みがなされている。例えば群集歩行のシミュレーションモデルとして、清野¹⁾や森下²⁾の研究がある。

本研究では単独歩行行動をモデル化し、それを発展させて群集歩行のシミュレーションモデルを構築することを目的としている。本研究の特徴としては、歩行シミュレーションモデルの構築にCA(Cellular Automaton)を用いること、また開発言語にJAVAを用いることにより、プラットフォームに依存しない汎用性のあるシミュレーターを構築すること、また、歩行行動をビジュアル的に理解できるモデルである点が挙げられる。

2. Cellular Automaton

CAは同一にプログラムされ、他と相互作用するオートマトン、すなわちセルを配列させたものである。今回は2次元セルラーオートマトンを用いる。CAは、状態、近傍、遷移規則の三つの要素をもつ。状態はセルの性質を示し、近傍は注目しているセルの周辺のセル、遷移規則はあるセルの現在の状態とその近傍の状態をもとにそのセルの状態を変化させるための規則である。

群衆の流れは、定量化が困難であり典型的な複雑系に分類される。しかし、個人個人はなんらかの規則を持って行動しており、その相互作用が群衆としての流れを形成しているものと推測される。よって群衆歩行をシミュレートする方法として、CAは適していると考えられる。

3. 空間及び歩行者のモデル化

空間をモデル化するにあたり空間を0.5mメッシュで分割する。分割されたセルは、障害物、人間、無(なにもない)のいずれかの状態をとることとする。それを図-1に示す。

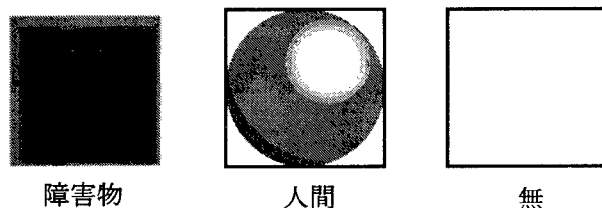


図-1 セルの状態

本来人間の占有面積は楕円形であるが、正円としてモデル化した。またセルの状態が「人間」の場合、その状態にはセルの移動方向も含まれている。この点において、このモデルはベクトル値をもったCAモデルと行うことができる。また状態が障害物の場合は、時間が経過してもその状態が変化することはない。

次に、歩行者の行動特性(遷移規則)は以下のように設定した。

- ① 障害物を越えて進むことはできない。
- ② 障害物に近づく、またはぶつかる場合は回避行動をとる。

これらのルールに従い各セルの状態を1ステップごとに推移させる。今回は人間の歩行速度を約1m/sと設定し、隣接するセルにしか移動できないものとした。このことから、1ステップは0.5sでモデル化される。

4. 単独歩行シミュレーション

単独歩行シミュレーションを行うにあたり、実際に行われた実験³⁾を参考にしてその行動特性の検証を行った。

その空間モデルと、歩行パターンの例を図-2に示す。

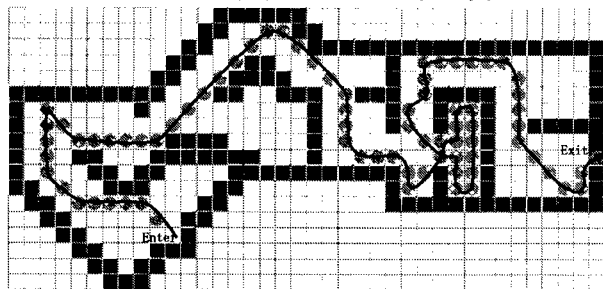


図-2 単独歩行シミュレーション

図-2では歩行パターンを容易に判断できるように一度歩行したセルにその痕跡を残したが、本来は前段階で「人間」がいたセルは現段階では「無」の状態であることに注意して欲しい。

Key Words: Cellular Automaton, 歩行行動, 群集, JAVA

〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 金沢大学土木建設工学科 TEL 076-234-4634

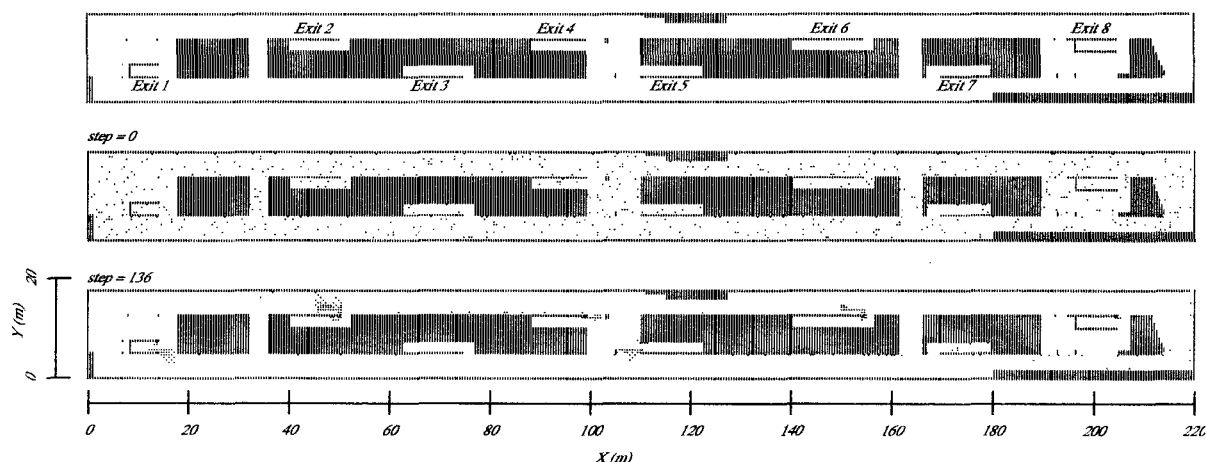


図-3 群集歩行シミュレーション

実験では開く扉、開かない扉、急に照明が消える等の条件で心理的な分析を行っているが、シミュレートではこれらのことは考慮していない。

図-2 で示した歩行パターンは横山ら³⁾が「体系的な探索行動によって脱出したパターン」と分類したものに類似している。回避行動時に乱数を使用する場合があるので、全てがこのパターンではないのだが上記の単純な規則だけでも基本的な歩行シミュレーションができると考える。しかし本来ならば人間の歩行はもっと滑らかであるべきであり、その点で改良のよちがあるだろう。

5. 群集歩行シミュレーション

群集歩行シミュレーションを行うにあたり清野ら¹⁾が構築したシミュレーションモデルと比較することによりその特性を検証した。

先の単独歩行と異なり、他の人間が存在するので次の遷移規則を付加した。

Ⓒ 他の人に衝突しそうになったら回避行動をとる。

また、さらに次の規則も付加した。

Ⓓ 出口に近づいたらまっすぐ出口を目指す。

Ⓔ 近傍にいる一番近い他の人間と同方向をとる。

Ⓒ は空間からの脱出を目的としている場合は単独歩行モデルでも当然付加すべきものであるが、単独歩行シミュレーションに用いた空間の場合はこの規則なしでも空間から出ることができたので、先ほどは付加しなかった。Ⓓ は群集としての心理を考慮したものである。付加しなかった場合に比べ避難時間が短縮された。

図-3 に空間モデルと Step = 0, Step = 136 の場合の避難者の位置を示す。Step = 0 の場合「人間」の状態のセルの数は575であり、重なることがないように乱数で配置した。この空間は地下空間であり、本来出口は階段を上ったところになるが、本研究では階段の上り口を出口とみな

した。

図-3 をみると、時間が経過すると出口に人間が集まってきた混雑が生じていることが分かる。また、すでに空間から脱出した人間がいることも分かる。

清野ら¹⁾がシミュレートした空間をモデルにしたが、その結果(行動特性や避難時間)は同様ではなかった。これは清野らのモデルの場合、「一番近い出口を目指す」という条件や、追い越し行動も考えられているモデルであるためと思われる。

6. 結論

本研究ではCAを用いることにより、歩行シミュレーションモデルの構築を試みた。単体が相互に作用し合い全体としての系を形成する群集歩行のシミュレーションに、CAが適していることが示せた。

また、簡単な遷移規則で単独歩行シミュレーションモデルが構築でき、それを発展させることで群集歩行のシミュレーションモデルの基礎が構築できた。このことから単独歩行に比べ群集歩行では、行動の起因となる心理的・物理的要因が増加するものと考えられる。

図-2、図-3 は実際のシミュレート途中の画面であり、このモデルがビジュアル的なモデルであることを示している。

今回は単純な5つのルールのみを遷移規則としたが、今後はさらに人間の心理に沿うような規則を加えることで、より人間らしさをだせるシミュレーションモデルへと改良していきたい。

参考文献

- 1) 清野純史, 三浦房紀, 八木宏晃: 個別要素法を用いた被災時の避難行動シミュレーション, 土木学会論文集 No.591/ I-43, pp365-378, 1998.4.
- 2) 森下信, 山本英臣, 中野孝昭: セルラーオートマトン法による群集の流れ解析, 第46回応用力学連合講演会 講演予稿集, pp.179-180, 1996.12.
- 3) 横山秀史, 永田茂, 山崎文雄, 海老原学: 迷路実験による緊急時の人間行動特性, 土木学会論文集 No.441/ I-18, pp.107-115, 1992.1.