

避難経路モデルの自動構築とマルチエージェントシミュレーション

東京大学大学院 学生会員 ○宮嶋 宙

東京大学大学院 正会員 堀 宗朗

東京大学大学院 正会員 小国 健二

1. はじめに

大地震などの災害発生時は、密集空間において群集はパニックに陥ることが懸念される。特に逃げ場の限られた大規模地下空間では、パニックの発生は大惨事につながる可能性がある。著者らの調べた限りパニック時の群集の定量的な行動データはなく、避難行動を再現し予測することには限界がある。

昨年度開発された避難行動推定シミュレーションはマルチエージェントシミュレーションである。「見る」「考える」「動く」の三つの機能を持つエージェントは、壁や出口といった外部の環境を判断し、周囲の他のエージェントを追い越しながら、出口に向かって自律的に動く。避難行動を推定するためには避難経路モデルが必要である。これまでの研究では、避難経路モデルはホームページなどに掲載されている見取り図から多大な手間をかけて作成していた。しかしシミュレーションが広く社会で使われるためには避難経路モデルが自動構築、あるいは最小限の手間で構築されることが望ましい。そこで本論文は、避難経路モデルの自動構築手法の成果と、CAD データを基に自動構築された大規模地下空間から、スマトラ島地震の画像解析より得られたパニック時の歩行速度を持つエージェントの避難行動推定シミュレーションの結果を報告するものである。

2. 避難経路モデルの自動構築手法

2-1. 自動構築の方針

CAD データのようなデジタルデータは、対象とする構造物を壁や柱のような部材の集合として与えている。これに対応して、避難経路モデルは「回廊」の集合として構築することを考える。回廊とは多角形の領域であり、エージェントは壁に対応する多角形の各辺を超えることはできないが、「回廊」が隣接す

る場合、共有される辺を「通路」として設定し、エージェントは隣の回廊へ移動できることにする。「通路」には避難経路モデルから脱出する「出口」、回廊には、異なる階の通路間を結ぶ「階段」の役目も設定する。「回廊」のサブクラスとして「階段」を、「通路」のサブクラスとして「出口」とすることから、自動構築では、「回廊」と「通路」の作成を目標に、部材の情報から必要なデータを抽出し「回廊」を「通路」で繋ぎ合わせることで避難経路モデルを構築する。

2-2. 自動構築の手順

避難経路モデルの自動構築の成否は、部材情報から必要な情報のみを抽出することが鍵となる。CAD データに示される構造物の領域から、部材から構成される構造部が占める領域を取り除くと、その空いた領域が避難経路に対応する。構造設計に使われるという CAD データの性質から避難経路そのものの情報が指定されていないが、部材を避難経路の境界とすることができる。以下にモデル構築のアルゴリズムを示す。

1. データ形式の変更

CAD 図面の dwg 形式を数値情報が取り出せる dxf 形式の ASCII ファイルに変換する。

2. 境界指定

CAD データに示される構造物の部材を使って、地下空間の構造部の領域と避難経路の領域の境界線を指定する。

3. 格子化

地下空間を正方格子で細かく分割する。この格子を使って構造物と避難経路を分割する。

4. 領域設定

避難経路の格子の組と境界の格子の組を使って「通路」と「回廊」を設定する。

キーワード：CAD データ，自動構築，マルチエージェントシミュレーション，

連絡先：東京大学大学院工学系研究科(〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1 TEL:03-5841-5756)

3. CAD データからの地下鉄駅の自動構築

2. で示したアルゴリズムの妥当性を検証するため、ある地下鉄駅の CAD データを基に避難経路モデルの自動構築を試みた。地下鉄駅 CAD データから変換した ASCII ファイルには約 700 の直線（構造物の輪郭を形成）が含まれており構造物の詳細が記されている。直線群の中には改札機の細かい形状などを表す線も含まれており、非常に複雑な箇所は自動構築に成功していない。避難経路の完全な構築には人手を加える必要があるが、これらを組み合わせてできた避難経路モデルを、図-1、図-2 に示す。

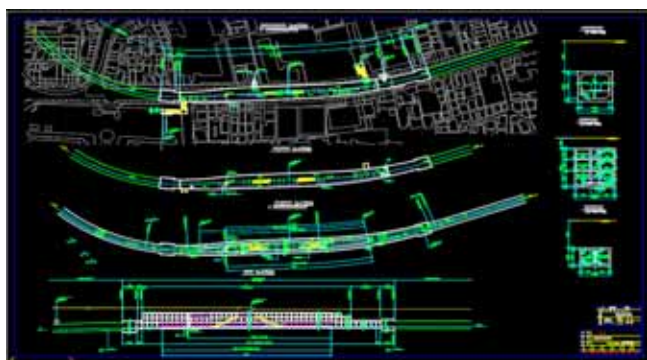


図 1 CAD データ

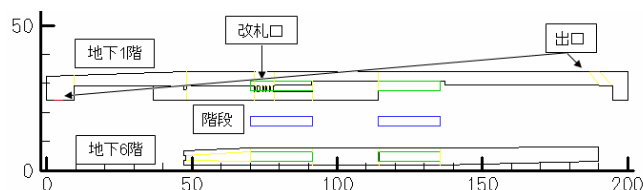


図 2 地下鉄駅自動構築結果

4. 地下鉄駅からの避難行動シミュレーション

3. により構築した地下鉄駅避難経路モデルを用いて、地震発生などの非常時の人の避難行動をシミュレーションすることを試みた。

エージェントの数や物理パラメータなどシミュレーションの特性を表-1 に示す。また、図-3 にシミュレーションパターン 200 個における、避難者エージェントの人数でパターン分けした全群集が地下鉄駅から脱出した避難完了時間の確率分布を示す。この駅の 1 日の乗降人員は 22000 人余りで、駅の営業時間を午前 6 時から午後 11 時の 17 時間とすると 1 時間当たり 1300 人であることから、災害発生時の駅利用者は 100 人のオーダーと考えられる。そこで、エージェントの数は 70, 200, 300 人の 3 通りの設定を行

った。当然の結果であるが、図-3 には人数が増えるほど避難完了時間が長くなっていることがわかる。エージェントの歩行速度は正規分布で与えたため、避難完了時間分布は正規分布であると予想したが、グラフの形状はワイブル分布のようにテイルが長くなっている。実際、エージェントの人数が 70 人でも、エージェントの初期位置の状態によっては避難完了時間が特異的に遅くなったり早くなる場合がある。このような場合があることをシミュレートできたことは注目に値する。

表 1 地下鉄駅でのシミュレーションの設定

エージェントの数	70/200/300
歩行速度の平均速度	3.200
歩行速度の標準偏差	0.768
追越時の角度[deg]	75.
追越時の速度低下率[%]	0.25
遅判断のエージェントの割合	0.50

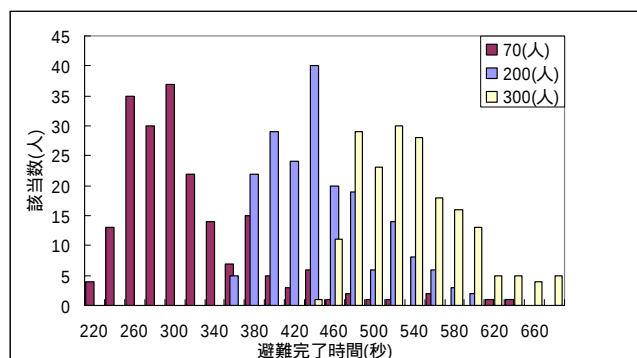


図 3 避難完了時間分布

5. 結論

現状では、避難経路モデルの自動構築は、地下鉄駅の改札口付近など、空間構造が複雑な場所のデータ抽出が完全ではないが、dwg 形式や inp 形式の CAD データを利用することで、ある程度自動構築することが可能であることがわかった。地下空間に応用したシミュレーションでは、群集の避難開始位置を変えた複数パターンについて繰り返し推定を行うことで、対象空間からの避難完了時間の大概が把握できた。また、地下鉄駅の場合など「出口」がエージェントが現在いる「回廊」のレベルにない場合でも「出口」に向かって進む様子をシミュレーションできたことは大きい。