

マルチエージェントシミュレーションによる避難再現モデルの構築

金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻 学生会員 橋爪直人
 金沢大学地球社会基盤学系 正会員 池本敏和
 金沢大学総合技術部 正会員 小川福嗣
 金沢大学地球社会基盤学系 正会員 宮島昌克

1. 研究の背景

地震による災害避難時には建物や塀の倒壊、電柱の転倒などで避難路が封鎖される可能性があり、経路選択を誤ると命に関わる二次災害に繋がりがねない。この問題に対し、携帯端末による位置情報共有を伴う避難実験¹⁾が行われ、最適経路の選定に対する情報共有の重要性が検証された。本研究では、実験データの分析と応用のために、マルチエージェントシミュレーションを用いて、避難実験における被験者の避難行動の再現を試みる。

2. 避難実験の概要

平成30年8月に金沢市総合防災訓練が金沢市野町地区を対象として行われた。森本富樫断層を震源とするマグニチュード7.2の直下型地震を想定し、被験者は、一次避難所から二次避難所までの避難訓練を行った。参加人数は住民528名を数人ずつに分けた140班と学生23名であった。この機会を利用し、金沢大学地震工学研究室では、携帯端末の双方向通信アプリケーションを導入した避難に関する実験を行った。通行不可能箇所を5箇所設定したうえで、被験者を2つのグループに分け、一方のグループにのみ携帯端末を持たせることにより、端末を持たない被験者との避難行動の違いを観察した¹⁾。

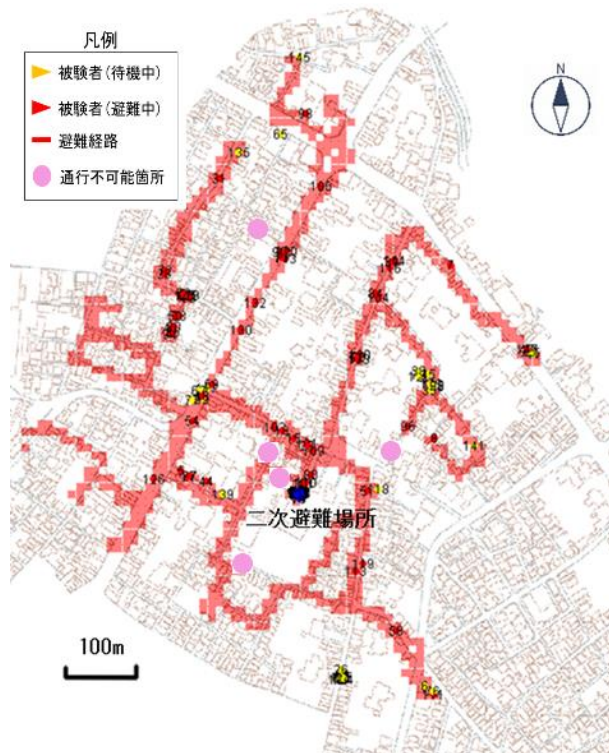
3. 実験データの可視化と避難行動に関する分析

避難実験の再現モデルを作成するには、被験者の経路選択の判断基準となっている基本的な考え方を理解する必要がある。

被験者の行動を俯瞰的に観察するために、実験で得られた被験者の移動データログ(数値データ)を、地図上で二次元の時刻歴データログとして、可視化(動画化)した。被験者の経路選択の傾向を分析して分かったことは、被験者は必ずしも最短経路を通っ

ていないことである。避難者は分岐に差し掛かった時、目的地までの経路距離だけでなく、道幅も主な判断要因として考え、安全性を意識した上で経路を選択していると考えられる。

図-1 避難実験のデータログの可視化



4. 安全意識を考慮した再現モデル

被験者は道幅も主な判断要因として考え、安全性を意識した上で経路を選択しているという分析を元に、マルチエージェントシミュレーションにおける被験者(エージェント)の行動ルールを考案した。

以下にその内容をまとめる。

- ・歩行速度：実験時の速度データを代入する。
- ・経路選択：(安全を考慮した道のり)が最短になる経路を選ぶ。

なお、以下の関係式によって安全を考慮する。

$$(\text{重み}) = 1 - (6 - \text{道幅} - 1/\text{道幅}) \div 6$$

ただし $(0 < \text{道幅(m)} \leq 10)$

(安全意識を考慮した道のり) = (距離) ÷ (重み)

重みの関係式に関して、片側 1 車線道路の標準幅 6m (=3m×2) に対する重みが 1 となるように仮定した。代入する道幅は上限を 10m とした。なぜなら、それ以上に広い道幅は経路選択に寄与しないと考えたためである。

- 半径 2m 以内では、通行不可能箇所の情報はロコミで入手する。ロコミを受けた被験者は相手の持っている通行不可能箇所の位置情報を受け取る。
- タイプ A の被験者（実験時、携帯端末を持っていた被験者）は、通行不可能箇所の位置情報を端末で共有し、迂回する。
- タイプ B の被験者（実験時、携帯端末を持っていなかった被験者）は通行不可能箇所に突き当たったら引き返す。

以上の行動ルールを元に、マルチエージェントシミュレーション (artisoc) を用いて再現モデルを構築した。シミュレーション動画の一部を図-2 に示す。

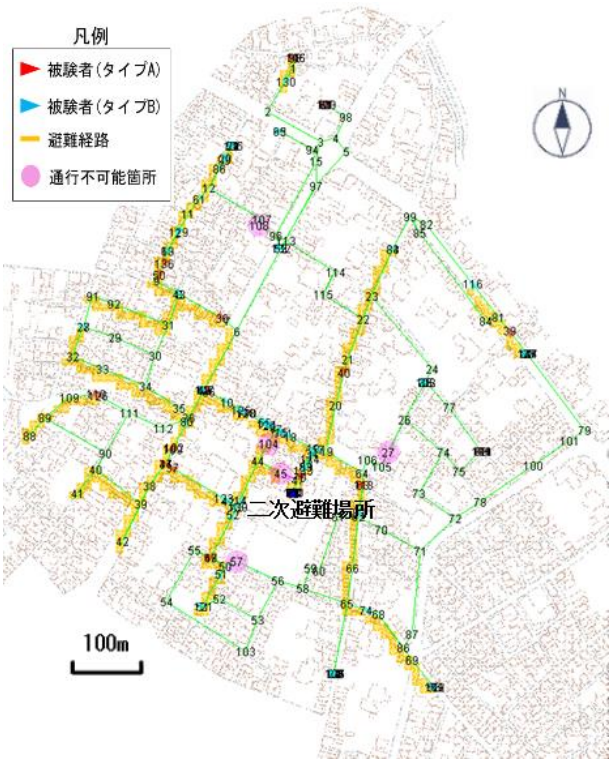


図-2 行動ルールを元にした実験の再現モデル

5. モデルの再現性

モデルの再現性を定量評価するために、被験者の避難時間に着目して、(モデルの再現率)を以下のよう

(モデルの再現率)

$$= \left[1 - \text{average} \left(\frac{|\text{避難時間(実験データ)} - \text{避難時間(モデル)}|}{\text{避難時間(実験データ)}} \right) \right] \times 100 (\%)$$

ロコミの有無と道幅の考慮・無視を掛け合わせた 4 パターンでシミュレーションを行い、被験者のタイプごとに、各パターンの (モデルの再現率) を求めた。表-1, 2 にその結果を示す。

表-1 モデルの再現率 (被験者タイプ A)

(%)	道幅考慮	道幅無視
ロコミ有	92.7	91.7
ロコミ無	92.9	91.3

表-2 モデルの再現率 (被験者タイプ B)

(%)	道幅考慮	道幅無視
ロコミ有	83.2	82.4
ロコミ無	82.7	80.3

実験時には、今回用いた行動ルールでは表現しきれない行動をした被験者が存在したため、10%程度のズレが生じているものと考えられる。

被験者タイプ A の再現率の方が高いことから、携帯端末の保持により、避難行動が画一化されやすくなる (統一的な行動ルールで表現しやすくなる) ことが分かった。

また、ロコミのルールの導入と、道幅の考慮によってモデルの再現性が高まったと言える。

6. 謝辞

実験を実施、整理するにあたり、本学大学院の山崎智大氏に多大な協力を得たことに謝意を表します。本研究の一部は、一般社団法人北陸地域づくり協会の令和2年度の助成及び平成30年度公益社団法人土木学会中部支部の調査研究委員会補助金を得ている。

7. 参考文献

1) 吉田成宏, 下田滉貴, 池本敏和, 山口裕通, 高田良宏, 宮島昌克, 災害時における携帯端末を用いた避難共助支援システムの開発及び小規模避難実験, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.73, No.2, pp.91-96, 2017.

2) 山崎智大, 避難時における位置情報共有アプリケーションの効果を示す大規模避難実験, 平成30年度金沢大学学士学位論文, 2019.