

情報取得に伴う流れに逆行する行動を考慮した 群衆避難シミュレーションモデルの提案

内藤 輝[†] 高井 峰生[‡] 石原 進[†]

[†] 静岡大学 [‡] 大阪大学/UCLA

1 はじめに

大規模災害発生時、不通箇所や避難所の位置に基づいて、適切な避難経路を避難者に提供することは迅速な避難に有用と見込まれる。しかしながら、避難路を通知するシステムにおいて、避難者は必ずしも通知された経路で避難することができるとは限らない。情報の有無や避難者の特性によって避難行動は変化する他、他避難者の移動方向や密度などにより、望んだ方向に進めない可能性があるためである。

例えば、大勢の避難者がT字路にさしかかり、大半が右に曲がろうとしているとする。しかし、一部の避難者が避難支援システムから得た情報によって、左に曲がろうとするでしょう。こうした場合、大半の避難者の動きに反して、左に曲がるという行動が取れるであろうか。仮にできるのだとしたら、避難者の密度や移動の傾向がどれくらいの時なのであろうか。避難誘導を実際に行うためにはこうした疑問に答える必要がある。マルチエージェントモデルに基づく避難シミュレーションでは、人流に沿う・逆らう場合の人の動き差異を考慮できるモビリティモデルとして、Social Force Model[1]が利用されている。

本稿では、セルオートマトンによる群衆避難シミュレーションにおいて、セルの収容人数を限定的に変化させることで、避難指示情報に従った行動に伴う周辺の避難者の流れに逆らう動きを反映させた移動モデルを提案する。

2 提案モデル

2.1 前提条件

提案モデルは正方形セルからなる二次元セルオートマトンを前提とする。各セルには最大収容人数 N_{\max} が設定されており、避難者は最大収容人数を超えて移動することはできない。避難者はタイムステップごとに、上下左右及び停止の移動候補それぞれについて確率を算出する。

2.2 移動確率の計算

移動確率の計算には目的地までの距離に加えて、隣接セルの避難者の移動方向と情報取得に伴う周囲の流れに逆らう強引な行動を考慮する。セル i に滞在する避難者がセル j へ移動する時の移動確率は以下のように計算される。

$$p_{i,j} = \frac{N \exp(\Delta f_{i,j}) \exp(F_{i,j})}{\sum p_{i,k}} \quad (1)$$

N はセルの収容人数に関する変数であり、情報の有無で場合分けして計算される。また、 $\Delta f_{i,j}$ は目的地までの距離、 $F_{i,j}$ は隣接セルの避難者の移動方向及び周囲の流れに逆らう強引な移動を避難者の行動に反映させるために用いる。これらの変数については以降で詳細に説明する。

2.3 Floor field

目的地までの距離を避難者の行動に反映させるために floor field を用いる。各セルは floor field の値それぞれ1つを持っており、最終目的地から近いセルほど小さい値を持つように設定される。例えばセル i からセル j へ移動する時、その floor field 値を $f(i), f(j)$ とすると floor field の差は $\Delta f_{i,j} = f_i - f_j$ と計算され、目的地までの距離を移動確率に反映するために用いる。

2.4 情報取得に伴う周辺の流れに逆らう行動

与えられた避難経路情報に従って、周囲の避難者の移動方向に逆らっても、あるいはスペースが少ない場合にも移動しようとする行動をモデルに反映する。このような移動をする強さを実行力 E と定義する。

隣接セルの避難者の移動方向による影響 $F_{i,j}$ は、前述した実行力 E と移動先セルに滞在する避難者の1step前の移動方向から算出する。自身の移動方向に対して逆方向、垂直方向へ移動、また、停止している避難者の数をそれぞれ N_r, N_x, N_s とすると、 $F_{i,j}$ は以下のように計算される。

$$F_{i,j} = E - \alpha N_r - \beta N_x - \gamma N_s \quad (2)$$

α, β, γ は移動を妨げる度合いを決定するための重みであり、 $0 \leq \gamma \leq \beta \leq \alpha \leq 1$ とする。これは移動している避難者、特に逆方向に進む避難者が最も移動を妨げると考えられるためである。

A Proposal of an Individual Evacuation Simulation Model Considering Actions Against the Flow Accompanied by Information Acquisition

Hikaru NAITO[†], Mineo TAKAI[‡] and Susumu ISHIHARA[†]

[†]Shizuoka University [‡]Osaka University, University of California, Los

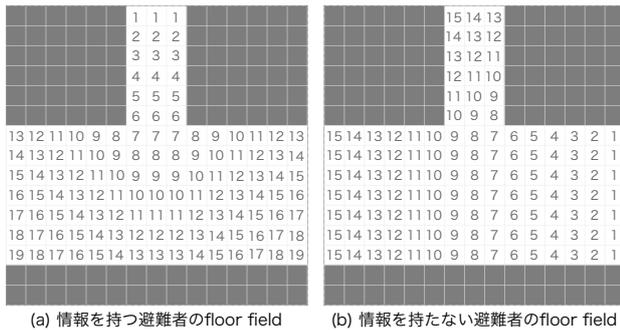


図 1: Floor field 値

表 1: パラメータ

N_{\max}	N_{add}	E	α	β	γ
3	1	[0, 1]	0.3	0.2	0.1

情報を取得した避難者の移動先のスペースが少ない場合の強引な移動は、セルの最大収容人数 N_{\max} に追加の収容人数 N_{add} を与えることでモデルに反映する。情報を取得した避難者は、移動先のセルに滞在する避難者の数を N_j とした時、 $N_{\max} \leq N_j < N_{\max} + N_{\text{add}}$ の場合でも移動可能とする。式 (1) の N は避難者の情報の有無で場合分けされ、以下のように計算する。

$$N = \begin{cases} N_{\max} - N_j & \text{情報を持たない避難者} \\ N_{\max} + N_{\text{add}} - N_j & \text{情報を持つ避難者} \end{cases}$$

3 シミュレーション

シミュレーション諸元を図 1, 表 1 に示す。避難者は東西方向の道路上に 250 人ランダムに初期配置され、東端を目的地として移動する。一定のタイムステップが経過した後、東方向へ移動している避難者の一部に北端を目的地として避難するように情報を与えた。実行力 E は情報を持たない避難者は $E = 0$, 情報を持つ避難者は $E = (0, 1]$ となるように一様分布に従った乱数で与えた。この時、情報を与える対象となる避難者の割合や道路上での位置等を変更し、避難者の移動時間が情報を与える対象の位置や避難者の密度によってどのように変化するかを評価した。

図 2 に情報を与える対象を道路上からランダム (Random) に選択し、情報を与える避難者数を (25, 75, 125 人) の 3 パターンで変更した際の移動時間の累積分布関数を示す。情報を与える避難者数が増加すると、情報を持つ避難者、持たない避難者ともに移動時間が増加している。特に情報を持たない避難者については、自身の移動方向に対して移動を妨げる避難者数が増加するために移動時間が増加していることが本結果から推測される。

図 3 に情報を与える避難者数を 75 人、情報を与える対象を道路上からランダム (Random), 道路上半分 (Up side), 道路下半分 (Down side) の 3 パターンに変

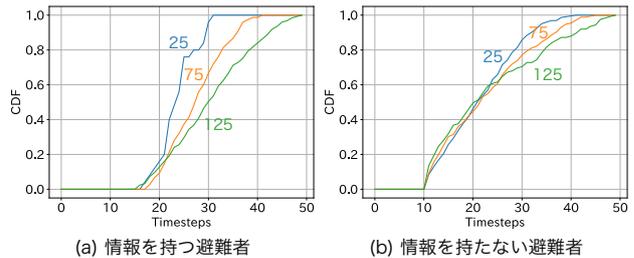


図 2: 情報を与える避難者数を変更した時の移動時間の CDF

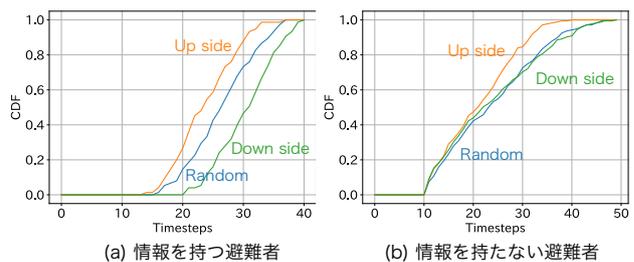


図 3: 情報を与える位置を変更した時の移動時間の CDF

更した際の移動時間の累積分布関数を示す。道路上半分の避難者に情報を与えた場合、情報をもつ避難者、情報を持たない避難者ともに、移動時間が短い傾向にある。これは情報を持つ避難者は目的地までの距離が近くなることに加え、自身の移動を妨げる他避難者が少なくなることから移動時間が短くなったためだと考えられる。

4 まとめ

本稿では、セルオートマトンによる避難移動モデルに対し、避難指示情報に従った行動に伴う周辺の避難者の流れに逆らう動きを反映させた移動モデルを提案した。シミュレーションを実施し、情報を与える対象の位置や避難者の密度によって避難者の移動時間や避難者の移動の傾向が変化することを確認した。今後は、矢原ら [2] の避難行動シミュレーションに提案モデルを適用することで、より現実的なシナリオでの DTN による避難支援情報の共有効果について検証する予定としている。

謝辞

本研究は科学研究費補助金 22H03579 の助成による。

参考文献

[1] Helbing, D., Farkas, I., Vicsek, T. Simulating dynamical features of escape panic. Nature 407, pp.487490 (2000).
 [2] 矢原裕大, 加藤新良太, 高井峰生, 石原進: 避難行動シミュレーションを用いた異種無線混合 DTN による災害情報共有が避難に与える影響の評価, 情報処理学会研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS), vol.2022-DPS-190, no.32, pp.1-8 (2022).