

# 動的グループ形成による災害現場適応型シミュレーション Disaster Adaptive Simulation by Applying Dynamic Group Formation

山本 大輔<sup>†</sup>  
Daisuke Yamamoto

島川 博光<sup>†</sup>  
Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

地震などの災害が発生して建物から脱出するさい、人間はパニック状態に陥り冷静な判断能力を失ってしまう。安心して安全に逃げるためには避難誘導が必要不可欠である。しかし、既存の避難誘導システムは個人を対象としており、同じ場所にいる避難者に対して違う指示を出して混乱させてしまう危険性がある [5]。

本論文では、混乱をさけるために実際の避難訓練がグループでの移動に基づいていることを鑑み、グループごとに避難のための指示を与える手法を提案する。提案手法は人数分布に応じてグループを形成し、そのグループごとに避難誘導を行う。また、避難状況に応じてグループを動的に再形成する。

## 2. 災害発生時の避難誘導

### 2.1 個人別避難誘導の問題点

既存研究 [5] では、個人ごとに避難誘導を行っており、一か所に人が集まっている場合に指示を出すのが困難である。さらに一人ひとりをシミュレーションしているため、同じ場所にいる避難者に対して違う指示を出してしまう可能性もある。この手法は、ただでさえパニック状態にある避難者をさらに混乱させてしまう。避難支援システムは、避難者に安心感を与えることが重要な目的なので、個人ごとの指示は適切ではない。

### 2.2 グループでの避難

建物内で火災や地震などの災害が発生した場合、中にいる人々が幾通りもの避難経路から安全かつ最短時間で避難を終えられるものを落ち着いて選べるようにするためには、グループごとに移動することが実際の避難訓練では推奨されている。グループでの移動は避難者による経路上の混乱を避ける上で有効である。また、各避難者に安心感を与えることができ、落ち着いた行動に導くという利点もある。

## 3. グループ別の避難誘導

建物全体の危険箇所を考慮し混雑させないように、本提案ではグループ化の概念を取り入れる。

### 3.1 危険度マップと近視眼的なシミュレーション

シミュレーションを行う対象の建物内の通路の通りくさを危険度という指標で表現する。危険度は以下の要因により変化する。

- 通路の広さ
- 人の混雑度
- 火災発生場所などの危険箇所

この危険度を建物の見取図に反映させた図を危険度マップとよぶ。危険度マップの例を図1に示す。格子状に区切られた各区画に格納されている数値が危険度であり、高い値ほどその場所が危険であることを表している。各区画には UHF 帯の RFID リーダが備え付けられており、RFID タグを所持した避難者がある場所を通過した時刻が分かる仕組みとなっている。現在の危険度を  $d_c$ 、更新後の危険度を  $d_u$ 、区切られた各区画への到着時刻の遅延を  $l$  としたとき、

$$d_u = d_c + k \cdot l (k \text{ は定数}) \quad (1)$$

として危険度を更新する。

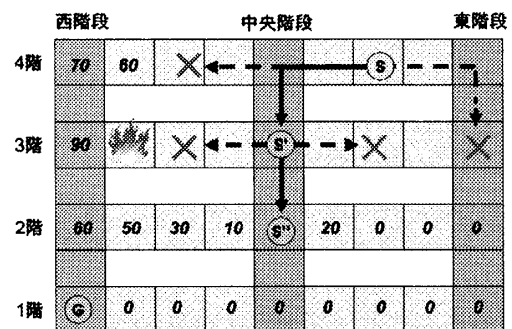


図 1: 危険度マップ

上記で作成した危険度マップを用いて複数の避難経路を想定したシミュレーションを行い、最も安全で効率のよい最適な避難経路を決定する。本研究では正確性の向上を図るために近視眼的にシミュレーションする。その様子を図1の危険度マップ上に示す。図に示す各矢印がシミュレーション結果である。一度に避難完了までシミュレーションするのではなく、短い時間だけ未来の状態を段階的に繰り返しシミュレーションする。

### 3.2 避難者の移動速度

シミュレーションを行うためには、避難者の移動速度を求める必要がある。本研究では、混雑度と移動速度の関係 [4] の実験結果を利用し、グループごとの速度を求める。グループ内に移動速度の遅い人が存在する場合に関しては、それほど大きな差は存在しない [1] ので、今回は考慮しない。

### 3.3 グループの認識

避難者の密集度を考慮し、人と人との間隔が狭い集まりを1グループとする。まずは全ての避難者にいずれかの RFID リーダを通過してもらい、間隔を取得する。次に、どれくらいの間隔を1グループとするかを決定する。その間隔を  $t_i$  秒と仮定して、はじめは小さな値を設定し、避難者全体のグループ所属率を調べる。このさい、

<sup>†</sup>立命館大学大学院理工学研究科

なるべく多くの避難者をグループに所属させることを考える。 $t_i$ の値を上げれば、グループを形成するしきい値が緩くなるので、グループ所属率も高くなる。この所属率が8割以上になるまで $t_i$ の値を上げていく。図2に $t_i$ の値を上げることで、より多くの人々がグループに所属している様子を示す。以後、ここで求めた $t_i$ の値を避難完了まで使用する。どのグループにも属さない避難者が存在することとなるが、システムからは個人として認識され個別に指示が出される。

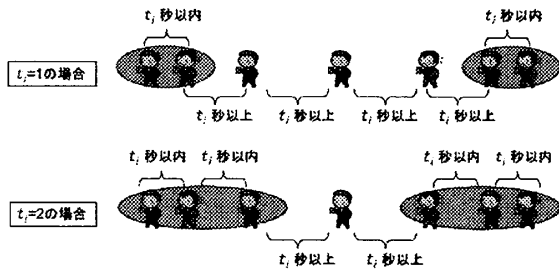


図2: グループの認識方法

### 3.4 離脱と吸収

たとえグループにいったん所属しても、避難完了までそのグループに所属しているとは限らない。グループについていけなくなったり、逆に先を急いでしまうことは十分に考えられる。そこで、グループ離脱と吸収のルールを定める。図3の上段に離脱の様子を、下段に吸収の様子を示す。グループの先頭もしくは後方より $t_0$ 秒以上間隔が開いた場合に離脱したと判断する。ここでの $t_0$ 秒は $t_i$ 秒より大きな値とし、グループに入りやすいが離脱しにくいヒステリシスな値を取ることとする。もし $t_i$ 秒以内に別のグループが存在すればそのグループに吸収される。この判定は避難者がRFIDリーダを通過するたびに行われる。

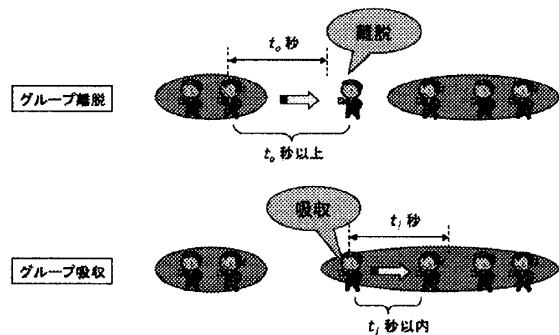


図3: 離脱と吸収

### 3.5 グループの合流

グループどうしが合流する場合の例を図4に示す。上段の例は、後方よりグループが接近した場合である。前方グループの最後尾と後方グループの先頭の間隔が $t_i$ 秒以内であれば、前方グループに後方グループが吸収され、後方グループは消滅したと認識される。下段の例は、別々の経路から1つの経路に合流する場合である。先に到着

した避難者が所属しているグループにもう一方のグループが合流する形となり、他方のグループは消滅する。

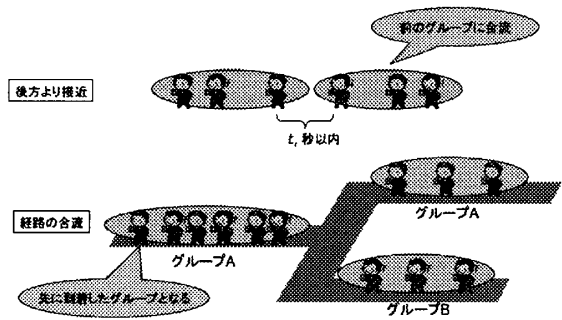


図4: グループの合流

## 4. 関連研究との比較

本研究と類似した研究として、超越型誘導のための仮想都市シミュレータ [2] がある。CCDカメラで避難現場を把握し、携帯電話を経由して指示を出す手法が述べられている。一度にグループに対しての指示は可能であるが、手動でグループの範囲を指定しなければならない。故に、指示の漏れが生じたり、指示が間に合わなかったりすることが考えられる。本研究では、自動でグループを形成して指示を出すので、このような問題点を回避できる。

## 5. おわりに

本稿では安心感を与える避難誘導を目標とし、グループ化の概念を取り入れた手法を提案した。同じ場所にいる避難者に対して一度に指示を行うことで、混乱を最小限に抑えることが可能である。

## 参考文献

- [1] 藤原 大三郎, 渡辺 大地 “群集流動シミュレーションにおけるグループ歩行表現導入の有効性”, 東京工科大学卒業論文, 2003
- [2] 中西 英之, 小泉 智史, 石田 亨, 伊藤 英明 “超越型誘導のための仮想都市シミュレータ” 第18回人工知能学会全国大会, 2004
- [3] Okazaki, S. and Matsushita, S. “A Study of Simulation Model for Pedestrian Movement with Evacuation and Queuing” International Conference on Engineering for Crowd Safety, 1993, pp.271-280
- [4] 末松 孝司 “密集空間を対象とした総合避難誘導シミュレーションシステム研究” 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト, <http://www.kedm.bosai.go.jp/japanese/seikahoukou/h15/III-2.3-4.pdf>, 2004
- [5] 山本 大輔, 島川 博光 “実データと仮想データの差分を用いた危険度の導出” 第4回情報科学技術フォーラム, 2005