

# 個人の状態や環境を考慮した避難経路動的指示システム

深谷 亮† 相場 亮‡

芝浦工業大学大学院工学研究科§

## 1. はじめに

狭い土地に人口が集中する大都市では、大規模なビルやタワーを利用することで問題の解決を図っている。しかしながら、これらの大規模な建築物での火災による死傷者の数は増加の一途を辿っており、消防白書によると、2007 年度の火災による死傷者数は 1475 人に達している。近年にも雑居ビルの問題点が明らかになった新宿歌舞伎町の雑居ビル火災や圧縮陳列などの問題が発覚したドン・キホーテ放火事件などが発生しており、多数の死傷者が発生している。このように、これからは高密度・高層化が続いていくと考えられる日本の居住事情においては、火災防止や円滑な避難活動の必要性は益々高まっていくと考える。

しかし、現在行われている火災対策の手法は、火災の検知や消化などの対火、燃えにくい材質で建築をするなどの防火などの手法が主であり、実際に火災が発生した後の、避難に直接かかわる対策は少ない。また、建築基準法には「建築物は 2 つの避難経路を確保しなければならない」程度の規定しかないので、避難経路の設置は設計者の裁量に委ねられている。

これらのことから、現在のところ、火災が発生した後に有効な火災対策は不十分であるといえる。

先行研究では、山室[1]は小松[2]の研究を踏まえ、火災時に動的に避難経路を設定する最適避難経路動適設定を実現したシミュレータのアルゴリズムを提唱した。また、南ら[3]は実世界における実験結果を解析し、マルチエージェントを用いた避難シミュレーションで実世界と同様の動きを再現することが可能になった。

しかし、先行研究では車椅子利用者などの避難者毎の移動能力の違いや、出口に避難者が殺到し、混雑が発生する状況などは考慮されていない。

そこで、本研究では上述した先行研究の問題点を踏まえ、シミュレータをより現実に即した形に改良するため、これらの部分を再現できるようにした。そして、これらを再現した上で、移動能力の違いや出口の混雑状況を考慮して避難指示を与えることで、避難成功率や避難時間が変わらないか、検証する。

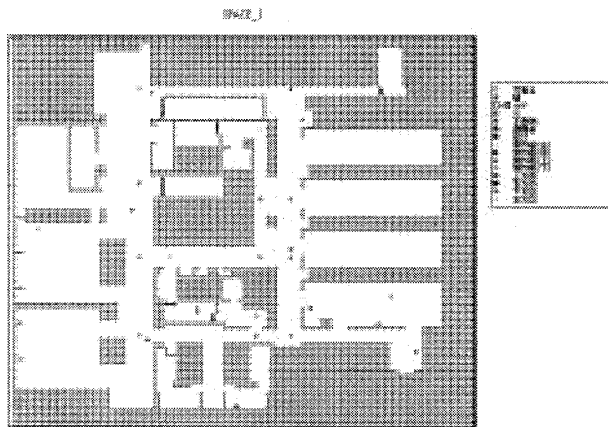


図 1モデル平面図 (小松 2003)

## 2. シミュレータについて

先行研究で使用されたシミュレータはセル・オートマトン型マルチエージェントシミュレータ『KK-MAS』(構造計画研究所)がプラットフォームとなっている。今回の実験でも基本的に同じものを使用した。現実世界に近づけるために、さらに以下の要素を追加した。

### 2.1 低移動力避難者

避難者が車椅子利用者や老人であるなど、通常の歩行者に比べて移動速度が劣る者がいる場合を想定している。今回は簡単に移動速度を通常の歩行者の半分としている。

### 2.2 ペア避難者

子連れである場合や負傷者を運んでいるなど、2 人の人間が組んで移動している場合を想定している。今回は 3 人以上の組は想定していない。

### 2.3 混雑の発生

先行研究では出口にたどり着いた場合は即時脱出できていたが、今回の実験では出口が通過できなくなる状態が発生するようにした。

## 3. 避難指示について

### 3.1 避難経路探索

避難経路探索は「火を避けつつ、同時にその場所にいる避難者にとって最も近い非常口にいたる避難経路」を、最短経路問題として扱い、Dijkstra 法を用いて求めた。

Escape route dynamic instruction system that considered individual state and environment

† Ryo Fukaya

‡ Akira Aiba

§ Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology

### 3.2 個別指示

本実験では、避難者の何割かを無作為に抽出し、移動力を低下させた。また、同様にペア避難者とした。その結果、避難者は「単体・通常移動」「単体・低速移動」「ペア・通常移動」「ペア・低速移動」の4種類となった。

そして、通常移動力を持つ避難者は遠くの出口へ、ペア避難者は近くの出口へ誘導するように指示を出した。また、ある出口で混雑が発生しているときは、その出口よりも遠い出口に誘導した。このとき、到着までに混雑が解消される可能性があるため、距離によっては低速移動の避難者は近い出口へ誘導した。

### 4. 実験結果

本実験では以下のような4つのパターンでシミュレーションを行った。

人数	50人	100人	200人	300人
低位動力避難者	2割	2割	2割	2割
ペア避難者	2割	2割	2割	2割
試行回数	60回	60回	60回	60回

表1 実験パターン

#### 4.1 避難割合

避難成功者の割合は以下ようになった。

表1からわかるように、避難成功者の割合については指示の仕方を変えても大きな差は出なかった。

これは混雑が発生しても、その出口まで火が迫らなかったため、出口へたどり着けなかった避難者以外は時間がかかっても脱出できたと考える。

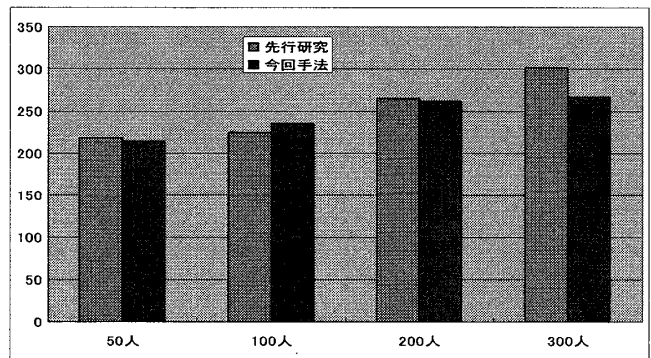
	50人	100人	200人	300人
避難人数	0.64(0.66)	0.57(0.55)	0.54(0.50)	0.46(0.43)
低速移動	0.31(0.33)	0.27(0.26)	0.40(0.36)	0.35(0.33)
ペア避難者	0.78(0.80)	0.74(0.66)	0.53(0.49)	0.47(0.43)

表2 避難成功割合 ( )の中は先行研究

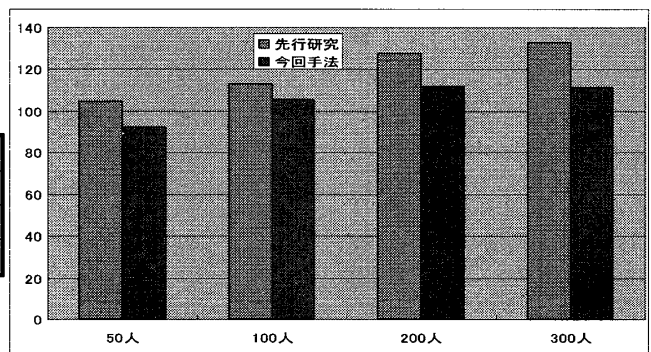
#### 4.2 避難時間

避難時間は以下ようになった。最終避難時間とは最後に避難者が脱出した時間であり、7割避難時間とは避難成功者の7割が避難を完了した時間である。

結果として、最終避難時間では多少ながら差が見られたが、それ以上に7割避難時間では棄却域5%で帰無仮説 $\mu_0 - \mu_1 = 0$ が棄却されるような大きな差が見られた。ここで、 $\mu_0$ は先行研究の7割避難時間の平均値であり $\mu_1$ は提案手法の7割避難時間の平均値である。



グラフ1 最終避難時間



グラフ2 7割避難時間

この結果から、出口に殺到する人数が多い避難初期に、避難者を多少遠くても混雑していない出口に誘導することにより、早い時間で多くの避難者が避難を完了できた、と言える。

### 5. 結論

実験の結果、避難成功人数については差が出なかったものの、避難時間に差が出たことから、個別指示による避難が有効なことが確認できた。

特に、避難者の7割が避難するまでの時間については大きな差が見られ、早期避難が実現できている。これは、煙の影響による死者の軽減や救助にきた消防員の負担の軽減に繋がると言える。

今後は、煙など、より現実に即したシミュレータを開発すると共に、より効率の良い避難指示の方法を検討していく。

### 参考文献

- [1] 山室裕太, 『避難経路動的設定災害シミュレーション』(芝浦工業大学)
- [2] 小松祥平, 『災害時における避難経路動的設定シミュレーション』(東京工科大学)
- [3] 南一久, 村上陽平, 河添智幸, 石田亨, 『マルチエージェントシステムによる避難シミュレーション』, 第16回人工知能学会全国大会