

三次元メッシュシミュレーションによる 避難誘導方式の有効性の検討



研究ノート

吉村 英 祐*

Dynamic Evacuation Guidance System Using Three-dimensional Mesh Simulator

Key Words : Evacuation, Three-dimensional Mesh, Simulation, Building Fire

1. はじめに

近年、建物の巨大化・多層化や用途の複合化がすすむにつれて建築空間が一層複雑化し、火災が発生した場合に建物内の人間を安全に避難させることが困難になりつつある。しかし現在のところ、建物内の廊下や避難階段の前に設置されている避難誘導灯は、煙の伝播状況とは無関係に一定の方向を指示する固定標示のため、すでに煙に汚染されている方向を指示する場合は、避難者をかえって危険にさらすことになる。

われわれの研究室では、長年にわたって避難シミュレーションシステムの開発に取り組んできたが、今までの成果をふまえ、従来の避難誘導灯にかわって、要所に配置された感知センサから伝えられる熱や煙の伝播情報に基づき、火災拡大状況に応じて、より安全な避難方向をダイナミックに指示する誘導標示システムを試作した。

2. 避難誘導システムの概要

本研究で開発した避難誘導システム (GS-1) は Turbo C (Ver.2.0) を用い、NEC の PC-

9801RA 上で作動する。GS-1 は実行命令、データ入出力等のすべての操作をマウスで行うため、非常に高い操作性を実現している。また避難状況、煙の伝播状況、避難誘導標示の向きの変化などの途中経過が、リアルタイムで CRT 上に表示される (図 1)。

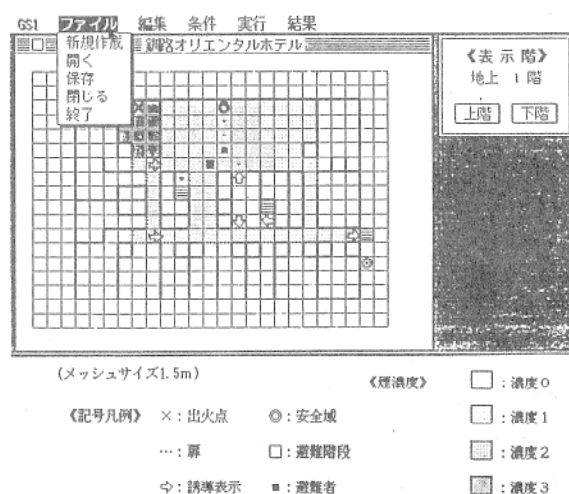


図1 避難誘導シミュレーションの実行画面

建築空間は任意サイズの正方形メッシュでモデル化し、メッシュ空間を6種類のゾーンに分類した (表1)。壁はメッシュライン上に配置され、実際の建築空間の特質に対応して、人間の行動や煙の挙動を制限する (表2)。

煙は障害物がない限り、斜め方向を含む隣接する8方向のメッシュの中心に向かって前後左右4方向へは単位距離 (時間) の1.0倍、斜め4方向へは単位距離 (時間) の1.4倍で伝播す

*Hidemasa YOSHIMURA

1955年7月11日生

1980年大阪大学院工学研究科建築工学専攻修了

現在、大阪大学工学部建築工学科、助手、工学博士、建築計画学、建築防災計画

TEL 06-877-5111 (内線 4983)



表1 メッシュ空間のゾーニング

ゾーン名称	対応する空間	避難者の移動目標	移動目標に対する避難者の行動特性
ROOM	室内	部屋の出口	最短経路をとる
PATH	廊下	階段室	①最短経路をとる ②避難に有効な階段への最短経路をとる ③誘導標示を探索しその指示方向に従う
STAIR	階段室	避難階	避難階に向かう
HALL	ホール	安全域	最短経路をとる
SAFETY	安全域	避難階屋外	避難行動を終了する
NONE	指定なし	-	-

表2 壁の属性別性質

壁の属性	NONE	WALL	MAJI	TARE	DOOR
人間に対して	○	×	×	○	△
煙に対して	○	×	○	△	△

《記号凡例》○…自由に通過(伝播)できる
△…通過(伝播)時間が遅れる。遅れ時間は任意に設定可能
×…通過(伝播)不能

る。また煙の濃度は、煙侵入後の経過時間にしたがって、4段階で次第に高くなる(図1)。

3. 避難行動のモデル化

避難者の水平歩行速度は、煙が来ていない状態では1.0m/sであるが、4段階の煙濃度に応じて段階的に低下し、視界も妨げられる。垂直歩行速度は、人が1階分の高さを上下するのに要する時間(秒/階)で表す。

移動可能方向は、煙と同じく障害物がない限り、斜め方向を含む8方向とする。避難者は、累積煙被曝時間が一定値をこえると死亡する。

避難経路選択のルールとしては、以下の3通りを考える。

a. 最短経路選択型

その階にあるすべての避難階段を対象にして距離を計算し、最も近い避難階段に向かう方向に移動する。

b. 有効階段選択型

煙に汚染されていない避難階段のうち、最も近いところにあるものに向かう方向に移動する。

c. 誘導標示探索型

避難者は、以下のルールに従って移動する。

①避難者が室内ゾーンにいるときは、誘導標示に関係なく、部屋の出口に向かう。

②避難者が誘導標示のあるメッシュにあれば、その指示方向にしたがって移動する。

③避難者が誘導標示のない交差点のメッシュにいるときは、移動方向(前方)と左右を探索し、一定距離内にある誘導標示が見つければ、そのうち最も近くにある誘導標示の方向へ移動する。

なお、避難誘導方向を算定するアルゴリズムは、次の2種類である。

①最短経路指示型……すべての避難階段のうち、最短距離にあるものに向かう方向を指示する。

②有効階段指示型……煙に汚染されていない避難階段のうち、最短距離にあるものに向かう方向を指示する。

4. シミュレーションの実行結果

図2のような簡単なモデルプランを設定し、1階右下の階段室前の廊下(図中の×印)から出火した直後に、2階にはほぼ均等に分布している32人(図中の・印)が避難誘導標示(図中の矢印)にしたがって避難を開始する場合を考え

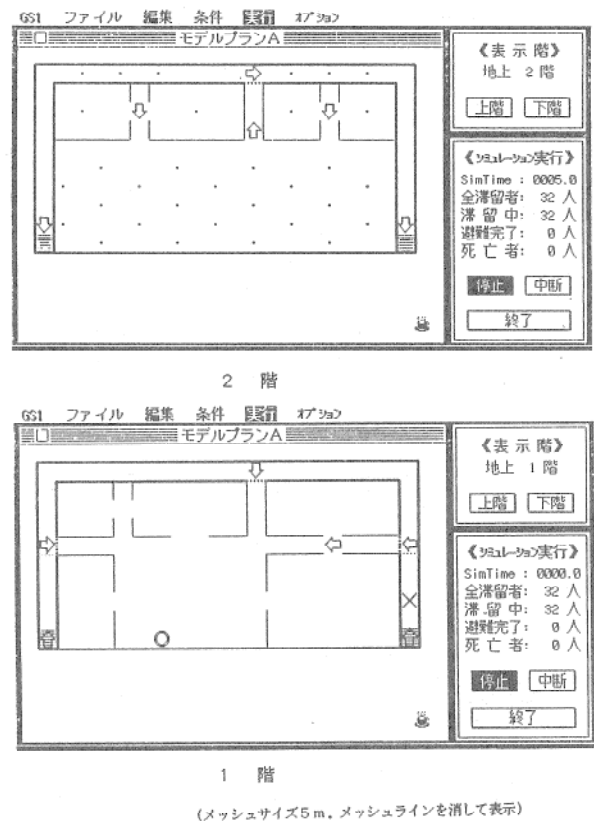


図2 モデルプランの初期表示状

表3 シミュレーション条件

条件項目	設定値	
避難開始時刻	出火と同時に全館一斉避難	
初期避難人数	32人(すべて2階に分布)	
死亡条件	累積煙被曝時間30秒以上	
遅延時間	TARE	煙伝播:30秒
	DOOR	人の通過:3秒, 煙伝播:120秒
煙の伝播開始時刻	出火と同時に	
フラッシュオーバータイム	出火後120秒	
煙の水平伝播速度	F.O.T.以前:	1.0m/s
	F.O.T.以後:	1.0m/s(変化なし)
煙の垂直伝播時間	3.0秒/階	
煙濃度の変化時間	濃度0→1:	出火後20秒
	濃度1→2:	出火後50秒
	濃度2→3:	出火後100秒

表4 モデルプランにおけるシミュレーション結果

避難者の避難行動方式	誘導	避難完了者	死亡者	方向転換時刻	避難完了時刻
①最短距離選択	無	3人	29人	-	164秒
②有効階段選択	無	29人	3人	38秒	284秒
③右階段固定指示	有	0人	32人	-	130秒
④左階段固定指示	有	32人	0人	-	271秒
⑤有効階段指示	有	24人	8人	38秒	271秒
⑥⑤に誘導標示追加	有	25人	7人	38秒	271秒

る(表3)。シミュレーションは、表4に示す6通りを実行したが、以下にいくつかのケースについて簡単に考察する。

煙の伝播情報に与えられずに避難開始時点から最寄りの避難階段に向かった場合(ケース①)は32人中3人しか助からないが、その時点で煙に汚染されていない最寄り階段を指示する場合(ケース⑤)は、避難開始38秒後に右階段室内の2階に設置されたセンサが煙を感知したのを受けて、すべての誘導標示の指示方向が左側

の避難階段に誘導するように転換したため、厳しい火災条件下にもかかわらず8人の死亡者で済んでいる。また、初めから全員が出火点と反対にある左側の避難階段に誘導された場合(ケース④)は、全員助かっている。

なお、実際に火災に遭った建物をモデル化して本システムを適用してみると、避難者の行動や死亡者の発生場所が実際とかなりよく一致する場合があります、非常に興味深い(図1は実際に火災が発生したKホテルの1階のシミュレーション状況を示す)、なおシステムの改良を続ける必要があり、今後の課題としたい。

8. おわりに

避難方向を固定的に標示するだけの従来の誘導標示方式に比べて、煙の伝播状況に応じて誘導方向をダイナミックに変化させる誘導標示方法が、死亡者を減らすのに有効であることが示された。

しかし、避難誘導システムの実用化は、信頼性の高いセンサの開発や、誘導指示を避難者に確実に伝える方法の研究に負うところが大きく、今後その方面での成果があげられることを切に期待しているところである。

参考文献

- 1) 建設省建築研究所：建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の防火設計法の開発」報告集第3巻 避難安全設計法，1988. 3
- 2) 田中哮義，高橋清：建物火災時の避難性状予測モデル，建築研究報告，No.119，建設省建築研究所，1989. 1
- 3) 萩原一郎：避難設計の位置づけ，建築技術，No.442. pp.128-134，1988. 6