

## 火災時における避難誘導アシストシステムの構築

北海道工業大学 ○吉川陽介, 川上 敬, 中川 嘉宏, 木下 正博

### 要旨

近年、世界的に建物火災における防災意識が高まっている。2001年新宿歌舞伎町の雑居ビルの火災は44人の死亡者を出した大きい災害になった。火災による死亡のほとんどが逃げ遅れによる一酸化炭素中毒による死亡事故であると解っている。本研究では火災による死を防ぐためにどう避難誘導をするかを考察する。

### 1、はじめに

近年、世界的に建物火災における防災意識が高まっている。2001年に発生した歌舞伎町雑居ビル火災を受け消防庁が小規模雑居ビルの全国一斉立入検査を行った。消防法令違反を調査したところ92%が消防法令違反とり、ホテルニューオータニにおける火災ではスプリンクラーヘッドは設置されていたが水源を供給する水道管が施工されていなかった。こうした大規模な火災の背景には、防災設備を軽視していた事、コストを下げるために偽りの報告をしていた事等があげられる。このように設備等の不備に加えてこれら2つの事例においては避難者に対して避難誘導が行われなかった事が被害を拡大させたと指摘されている。たとえば白浜温泉ホテル天山閣の火災事例では宿泊客等の誘導を迅速に行う事により負傷者0という結果を残した。しかし火災現場では誘導する人員を火災発生後に改めて配置する事は難しい。

本研究では、火災報知設備との連動を前提とした避難誘導システムおよび装置の開発研究を目的とする。誘導員を配置することが極めて困難である環境を想定し、その火災の状況に応じて直接的に避難指示を行うシステムの構築を目指す。システム構築の実現のために、ここでは一つの手段として強化学習を用いて得られた行動価値を指示物として利用する。

### 2、火災における死亡要因と一酸化炭素との関係

火災における死亡者の血液検査結果から、短期間で大量の有毒ガスを吸ったことによる一酸化炭素中毒で死亡した可能性が高いということが解っており、火災現場では、わずか3呼吸程度で、一酸化中毒になり意識不明になってしまうことも考えられる。建物火災による死因(図1 2007年調べ)では一酸化炭素中毒・窒息死が最大の要因であることがわかる。

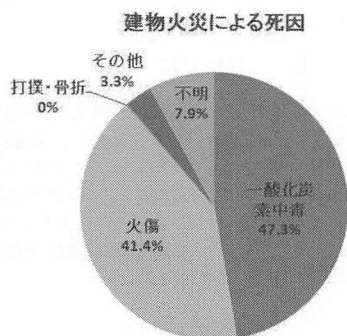


図1 建物火災による死因 (消防庁 2007)

火災による燃焼生成ガスのうち、発生量が多く、かつすべての有機物の燃焼から出るガスは一酸化炭素である逃げ

遅れによる死亡の原因のほとんどが一酸化炭素中毒による死因である。一酸化炭素は、窓や扉が締め切られた室内で火災が発生した場合、火災室内の一酸化炭素濃度は徐々に上昇する。一方、窓・扉などが開け放たれた部屋の火災の場合、炎が窓から噴出しているような最盛期の状況のときは、不完全燃焼とは無関係によく燃えているように見える。しかし、実際の火災室の状況は、急激な燃焼拡大のために空気の供給が追いつかず、極度の酸欠状態に陥る。そのため、火災室内の一酸化炭素濃度は、最高で5~6%にも達するようになり、締め切られた部屋の火災よりも数倍も高い濃度の一酸化炭素が発生していることが考察できる。火災室内で発生した一酸化炭素は、窓から外へ出るとき外気の酸素と結合して燃焼してしまうが、換気の悪い廊下などに流れ出した場合には、燃焼しないまま煙とともに建物内に拡散する。そのため煙の充満している建物内は、非常に危険な状態になっていることが予想される。(図2は一酸化炭素中毒の症状を一覧にしたもの)

濃度 (%)	暴露時間	症 状
0.03	1時間	頭重、頭痛
0.05	1時間	めまい、頭重、頭痛、顔面紅潮、CO-Hb20%、チアノーゼ、耳なり、不安感
0.07	1時間	頭痛著明、興奮、手足のしびれ感
0.10	1時間	CO-Hb30%、呼吸促進、脈拍数増大、動悸、めまい、悪心、嘔吐
	2時間	CO-Hb40%以上、激しい頭痛、興奮状態、手足麻痺、歩行不能、感覚麻痺、精神混濁
	3時間	CO-Hb50~60%、けいれん、虚脱、昏睡、チェーンストークス呼吸、死
0.15	1時間	危険
0.20	30分	危険
0.40以上	1時間以内	死

図2 一酸化炭素中毒の症状。

### 3、法令遵守と防災設備の必要性

近年における大規模な火災の事例としては千代田区 永田町 ホテルニュージャパン、新宿 歌舞伎町ビル火災、大阪 個室ビデオ店 放火事件等があげられる。この事例に共通して見受けられた結果は消防法違反、建築法違反どちらかの法令違反である。火災が発生した際に火災室では煙の発生と同時に一酸化炭素の発生が見受けられる。火災が発生し燃え広がり始めた場合、消火するのは困難である。酸素の供給を止める事、可燃物の除去、冷却による発火点以下の温度にする事、消火の三要素全て火災が発生した建物内に居る人たちが消火活動をするのは事実上不可能と言える。人命を守るためには逃げなければならないという事がわかる。

### 4、避難誘導アシストシステムの必要性

白浜温泉ホテル天山閣火災の事例より迅速かつ的確に誘

導を行う事により人命が守られる事が証明されている。しかし実際の火災が発生した際に避難誘導の人員を配置することは火災の危険性を考えると現実的ではない。そのため避難誘導を行う誘導員の代わりとなるアシストシステムを構築する必要がある。従来の誘導灯設備についてはあらかじめ床に埋め込み、火災の際に点滅する事で火災時に誘導を行う。しかし本研究ではあらかじめ決められたルートを表示させるのではなく火災の状況によって、より最適な誘導避難経路を状況によって変化させながら表示させる。アシストシステムを構築する上で、煙の濃度を感知するためのセンサー、避難経路を避難者へ示す誘導表示設備、そして避難経路を決定するシステムである。このシステムが実現することにより、避難者がどの様に逃げれば助かるかを示す事ができる。

### 5、避難誘導システムと火災報知設備の連動

本研究では避難誘導システムと火災報知設備を連動させ運用することを前提として考える。最大の死亡要因である煙を感知するためにセンサーを煙感知器として使用する。R型受信機、光電アナログ式スポット型感知器（煙感知器）を使用し煙の濃度を連続的な数値で取得する。

図3における避難誘導システムは連続的な信号を火災受信機より受診し、避難を行う経路として選択するかどうかの判断を行う。そしてその決定された経路を床面に設置された誘導指示装置で、より適切な経路を表示する。従来の床型誘導灯との大きな違いは誘導システムにより避難する経路が状況によって変化することである。

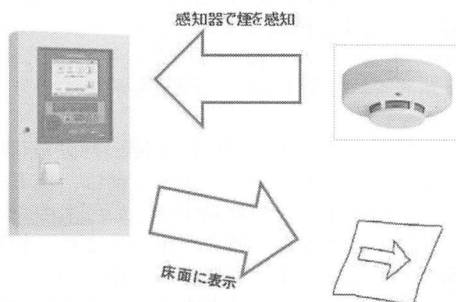


図3 全体のシステムのイメージ図

また現在は火災時に火災受信機よりエレベーター制御盤へ移報を行い避難階へ着床させているため、1Fエレベーターホールが火災になった場合でも同様に1Fに着床してしまう。火災が目まで発生し、避難者が逃げられない状況となってしまう問題を抱えている。したがって避難誘導システムは1Fエレベーターホールが火災の場合、2Fエレベーターホールへと避難階を変更するような状況によって変化させる柔軟性に優れた誘導システムが必要となる。

### 6、避難誘導システムの問題設定と実験

誘導を行うために必要な最適な避難経路を導き出すために強化学習によるシミュレーションの実験を行った。図4の初期状態の図であるが、これは小規模雑居ビルを想定している。今回は10\*10のセルを用意しその中に壁を設定した。図4画面右下の区画は雑居ビルの部屋の1室を想定して作成した。黒い丸は避難を行うエージェント、グレーのマスは避難口を示している。探索をはじめると図5のよう初期の段階では上方向へ避難しようとするが下方向への経路を見つけるに連れて図6のように最も近い避難口へと進

むようになる。出口へ到達した場合、ゴールに最も近いマスを評価の高いマスとし値を上げて矢印を表示させる。この矢印は経路を選択する評価関数となっており各マスに止まった際に上下左右のマスの値を参照し、その値が最も高いマスへと移動する。経路を何度も通る事によって評価の値が大きくなる。そのため最終的には左下の出口が最適な答として導き出される。

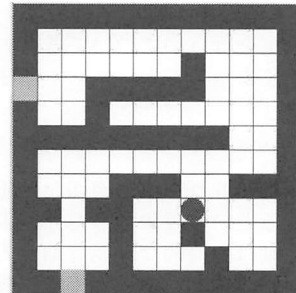


図4 強化学習による避難誘導のためのシミュレーション実験

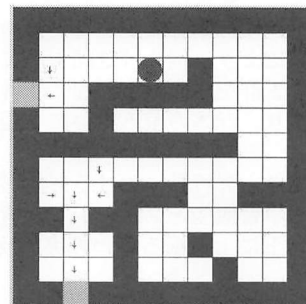


図5 最適避難経路の探索

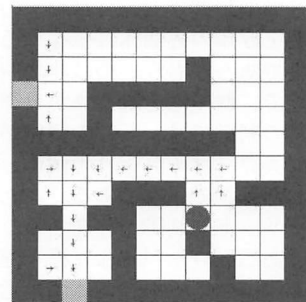


図6 エージェントの探索による最適避難経路

### 7、おわりに

本研究ではエージェントによる避難経路の決定をシミュレーションで行うに止まったが、現代の建築物における火災を防ぐために今後実際に避難誘導を行うシステムを実現するか課題が残っている。また今回はエージェントの数が1個だったがエージェントの数を増やす事や煙の発生、火災の同時発生発展が必要だと考えている。また問題設定としている建物が10\*10のセルで構成されているが、今後面積を広くし、より複雑な問題に挑戦する必要がある。

### 参考文献

- 1) 総務省 消防庁  
<http://www.fdma.go.jp/>
- 2) 日本建築学会技術報告集 第10号
- 3) 日本損害保険協会 2008 予防時報 233