

病院避難におけるシミュレーション手法の適用

01308180 (株) 構造計画研究所 * 友松 恵子 TOMOMATSU Keiko
(株) 竹中工務店 上原 茂男 UEHARA Shigeo

1. はじめに

建築物の設計を行う際に災害時の安全が確保されていることは必要不可欠である。しかし、実際の建築物は、機能・形態などが様々で、安全が確保されたものかどうかを確認することが容易ではない。そこで、最近まで静的な計算による避難状況の予測モデルを用いて、建築物の確認申請の認可が行われてきた。ところが、今年6月から性能（ここでは安全性の確保）を満たす基準を掲げ、具体化の方法を問わない「性能規定」が設けられ、その対応が迫られている。

そこで、われわれは、シミュレーションによって、建築物内の避難状況を再現し、避難時間を算出し、動的に避難状況を人の滞留等を見ながら確認することで、法的「性能規定」を準拠する建築物の評価を行う手法の開発を行っている。

今回は、特に劇場に対する避難のシミュレーションを考えた（劇場避難におけるシミュレーション手法の適用 [1]）。劇場には、不特定多数の人が高密度に入場するという特殊な空間特性がある。このような空間特性のある空間では、ネックとなる部分での滞留が起こりやすい。しかし、防災計画指針 [2] で避難計画の安全性を確認するために用いている、避難を群集流モデルとして捉える避難状況の予測モデルとして捉えた場合はネックでの滞留状況を確認することは難しい。そこで、ネックとなる部分での滞留状況を確認できるように、避難者個々の動きを設定することができ、避難状況を動的に確認できるようなモデルを作成した。また、避難を群集流モデルとして捉える避難状況の予測モデルとの比較を行い、劇場避難の特性を確認することができた。

しかし、前述したように建築物はそれぞれの機能・形態が様々であり、前回のシミュレーションモデルでは避難状況を予測するために使用できない建築物も存在する。中でも、病院は在館者に特徴があり、避難の際の在館者行動モデルが複雑である。そのため、今回は病院での避難者の行動をモデルに組み込む改造を行った。

2. 病院避難の特性とシミュレーションモデル

今回、対象となる病院では水平避難（図1）、およびバルコニー避難と呼ばれる避難方式が一般的である。これらの避難方法は、病院での避難が、避難者に対して介助を行う人が少なく、避難者全員を避難

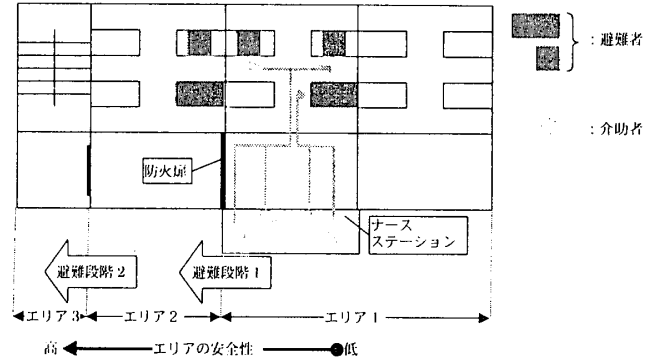


図1 水平避難方式のイメージ図

させることが非常に長時間を要することを考慮した避難方式である。考え方としては、もっとも危険が迫っているところから、順次、安全と思われる場所に避難者を移動していく避難方法である。

以上の避難方式の特性を以下に示す。

1. 病院での避難形態は一般に独歩、護送、担送である。それぞれの形態で介助者数、避難速度が変化する。
2. 特に、護送、担送では、介助者が介助の必要な人の介助を行う。
3. 介助者は避難者を安全区画へと誘導する。また、誘導が終われば、次に誘導が必要な避難者を安全区画へ誘導する。
4. 状況を確認し、順次地上まで誘導を行う。

これらの特性に対しては、前回開発したシミュレーションモデルでは対応していない。そこで、今回のモデル化の特徴を以下に示す。

- ① 介助者として、避難方向とは逆方向へ進む要素をモデル化する。ブロック内でのデッドロックを考慮し、ブロックの流入には、密度の影響を受けない。介助に向かう速度は、各ブロックでの密度の影響を受ける。
- ② 順次安全区画となるゾーンを、ブロックをエリアごとに区分けすることで識別する。
- ③ 介助の必要な避難者については、ゾーンごとに、必要な介助者数を指定することができる。また、各避難者には介助プライオリティ値の設定可能。
- ④ 介助者には誘導ゾーン順の設定が可能。

3. シミュレーションモデル

避難者個々の流れをモデル化するために、離散「もの」中心型のモデル化手法を用いた。避難する人の

動きのモデルについては、劇場避難におけるシミュレーション手法の適用を参照されたい。

3.1 在館者の属性

在館者は、動作の特性で分類すると、単独避難者と介助の必要な避難者、介助者という3種類に分類することができる。それぞれの属性ごとに異なる性質をまとめる。

- ・単独避難者

指定された避難開始時刻に移動を開始し、移動するブロックの方向付けに従い、出口へと避難する人。(既存のモデルに組み込まれている避難者)

- ・介助の必要な避難者

避難に必要な人数の介助者が到着してから、避難準備時間に設定されている時間後に移動を開始し、移動するブロックの方向付けにしたがって出口または、他エリアへと避難する人。避難開始時刻は介助者が到着し、介助者到着から避難を開始するまでの準備時間後となる。設定される移動速度は、避難に必要な介助者とともに移動する時の速度を設定。ただし、占有面積比率は避難者自身の移動時の大きさを設定。

介助の必要な避難者の例は、車椅子利用者、ストレッチャー利用者など。

- ・介助者

指定された介助開始時刻になると、割り当てられた介助の必要な避難者に向かって移動。

介助者が向かうべき介助の必要な避難者の割り当ては、指定されたエリアから順に行い、エリア内では各介助の必要な避難者ごとに設定された介助プライオリティ値が優先されるものから決定する(図2)。必要な避難者が残っている場合は次のエリアへの移動ができないこととする。そのため、エリア外に移動した介助の必要な避難者はエリアを出た場所で、次のエリアの介助者が到着するまで待つこととなる。介助時の速度の設定は介助する避難者の設定速度となる。

3.2 介助者の経路設定

介助者は介助が割り当てられた避難者までの経路

介助者は介助エリアリストの先頭エリアの介助の必要な避難者のうち、プライオリティの高い避難者から介助する。ここでストレッチャー利用者は2人の介助者が必要であるとする。

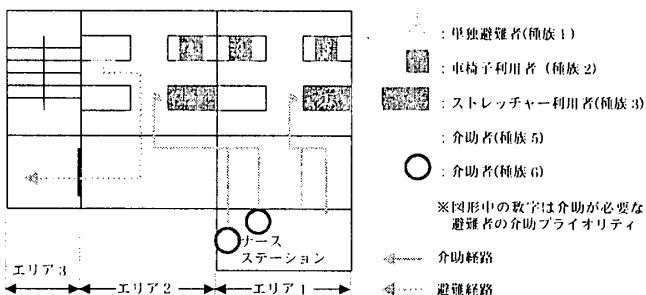


図2 介助者と介助が必要な避難者との対応付け例

を知る必要がある。しかし、避難者の位置および介助者の現在位置は、介助者が避難者に向かう時点になるまで、わからない。そこで、介助者の割当を行う時点で、介助者の現在位置と介助対象避難者の位置から経路を自動設定することとした。自動設定には最短経路問題を利用する。各ブロックをノード、隣接ブロックへの移動可能な場合に当該ブロックと隣接ブロックにアークを設定したグラフを構築し、各アークの重みを接続する2ブロックの中心点間距離とした。

4. 結果出力

本シミュレーションモデルでは安全性を評価する指標として、前回モデルでの出力のほか、介助までの時間および統計値を評価値として追加する。

5. 適用事例

対象フロアでの総病室数18室、39床である病院3F部分についてシミュレーションを行った。

結果から、介助者の人数の増加に伴い、避難終了時刻が改善されることが確認できた。また、プライオリティの付け方によっても、全体の避難終了時刻が改善されることも確認できた。以上のことにより、建物全体の形状に加え、介助者の運用も重要なファクターであることが判明した。

6. おわりに

災害弱者と呼ばれる、成人健常者とは同等の避難行動をとりえない人の避難行動をモデル化したシミュレーションを紹介した。しかし、今回のモデル化では火災が発生した際に、どのゾーンが安全区画になるかについては、考慮していない。安全区画は、防火扉の設置位置と煙や延焼の伝播状態によって変化すると考えられる。煙や延焼の伝播状態も動的に変化し、また避難の状況に応じてその伝播状態が動的に変化する。避難シミュレーションと煙や延焼の伝播シミュレーションは相互に影響するため、同時シミュレーションすることが必要である。今後は煙や延焼の伝播状態をシミュレーションしたものを、避難シミュレーションに組み込むことも課題である。

【参考文献】

[1] 友松恵子, 福嶋朗, 上原茂男, "劇場避難におけるシミュレーション手法の適用", 1999年度日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp118-119, (1999)
 [2] 監修 建設省住宅局建築指導課 日本建築主事会議, "新・建築防災計画指針-建築物の防火・避難計画の解説書-", 財団法人 日本建築センター, (1995)