

# 避難行動シミュレーションの実施と避難危険度の定量化の試み

大町 達夫<sup>1)</sup>, 橋本 佳代子<sup>2)</sup>, 井上 修作<sup>3)</sup>

- 1) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, ohmachi@enveng.titech.ac.jp
- 2) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, khashimo@enveng.titech.ac.jp
- 3) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, shusaku@enveng.titech.ac.jp

## 1. はじめに

近年、東南海・南海地震や首都直下地震のような大地震の発生が危惧されている。そのような大地震が発生すると、建物内に様々な危険物や出火、被災場所が散在している可能性が高い。そのような場所に長く留まることは危険であり、学校教職員はできるだけ速やかに児童生徒を安全な場所に避難させる必要がある。しかし、それに対応した避難方法は、形式化した避難訓練やマニュアルなどであり、これらが必ずしも適切な避難方法であるかどうかについては評価されていない。地震時の学校にとって、最も重要なのは児童生徒の身の安全を守ることであり、もしこれを客観的に評価する手法さえあれば、現状の避難訓練やマニュアルが適切であるかどうか評価し、より良い避難方法に改善していくことも容易になる。

本研究では、まず「全児童生徒の安全」を定量化し、さらに数値シミュレーションを用いて、「全児童生徒の安全を最大化する」ための避難方法について、これらを実験するツールを開発する。

## 2. 避難危険度

全児童生徒の安全を最大化するという事は、全児童生徒の危険を最小化することと同値である。そこで本研究では、全児童生徒の危険の定量化として「避難危険度」を数量化し、その定義は図-1 に示す。まず、学校にとって重要なのは全児童生徒の安全であるため、「避難危険度」は、一人一人の児童

生徒の受傷する危険を全児童生徒分足し合わせたものと考えた。そして、発災直後から避難が終了するまでは受傷する危険があり、避難に時間がかかるほど危険であるため、ある瞬間の危険を所要時間分加算した。教職員の対応を考慮しない場合、児童生徒が受傷する危険は、「場所の危険」と「児童生徒本人の災害回避能力」と「時間」の関数と考えられ、これは岡田ら<sup>1)</sup>が家具の転倒の影響に注目して提案した避難危険度の概念と近い。ただし、本研究の避難危険度は「教職員による保護効果」という他人の影響を考慮する点が異なり、その影響に注目するため、他のパラメータは単純化している。

## 3. 危険度パラメータの設定

図-1 の各パラメータには様々な要因の影響が考えられるが、今回は第一段階として、試行的に要因の重みの数値を表-1 及び表-2 のように設定した。なお、数値は大きいほど危険、小さいほど安全であることを示すこととするが、要因間の相対的重みの妥当性は未検証である。避難所要時間は、学校での集団避難に対して開発したマルチエージェントによる避難行動シミュレーション<sup>2)</sup>で各人の所要時間を予想することとした。

表-1 場所の危険パラメータ

場所の危険度	本震中	直後
屋内	一律 0.5	一律 0.03
屋外		一律 0.01

表-2 教職員による保護効果パラメータ

教員による保護効果	影響範囲	直後
避難誘導	誘導するクラス全員	一律 0.7
避難路の安全確認	見える範囲の場所を通過する生徒	一律 0.9

$$\begin{aligned} \text{「避難危険度」} &= \text{「全児童生徒の受傷する危険(直後～避難終了)」} \\ &= \sum [1 \text{ 人の児童生徒の受傷する危険(直後～避難終了)}] \\ &= \sum [ [1 \text{ 人の児童生徒の受傷する危険(ある瞬間)}] \times \text{時間} ] \\ &= \begin{cases} \text{教職員の対応を考慮しない場合} \\ \sum [ [ \text{「場所の危険」} \times \text{「児童生徒の災害回避能力」} ] \times \text{時間} ] \\ \text{教職員の対応を考慮する場合} \\ \sum [ [ \text{「場所の危険」} \times \text{「児童生徒の災害回避能力」} \\ \times \text{「避難誘導による災害回避効果」} \\ \times \text{「避難路の安全確認による災害回避効果」} ] \times \text{時間} ] \end{cases} \end{aligned}$$

図-1 避難危険度

#### 4. ケーススタディ

図-2 のシミュレーションは、以前開発した避難行動シミュレーションに、教職員の動きも加えて、学校全体の避難危険度を算出できるよう改良したものである。これを用いて、本研究では1クラス36人の生徒について、以下の(a)～(d)のケースの避難危険度を算出した例を紹介する。4つとも基本的な避難ルートは、教室→室内通路A→室内通路B→室内通路C→屋外通路の順で同じであり、歩行速度も一定とした。現実の状況を想像すると、担任が避難誘導を行うことになっているマニュアルはCase(b)を想定しているが、担任が生徒と一緒にいないときに地震が発生すれば、Case(a)やCase(d)にならざるを得ないというのが現状と思われる。

- (a) 生徒だけで、すぐに避難開始。
- (b) 教職員の避難誘導で、すぐに避難開始。
- (c) (b)+途中の屋内通路Bで、避難路の安全確認をしている教職員がいる。
- (d) 教職員が駆けつけるのを待ち、避難開始。

算出結果を表-3に示す。生徒だけで避難するCase(a)よりも避難誘導があるCase(b)の方が危険度は低くなり、Case(c)のように避難路の安全確認を行えばさらに低くなり、Case(d)のように教職員が駆けつけるまで待つと、待つ時間だけ危険は高まっている。このように1クラスだけの合計について

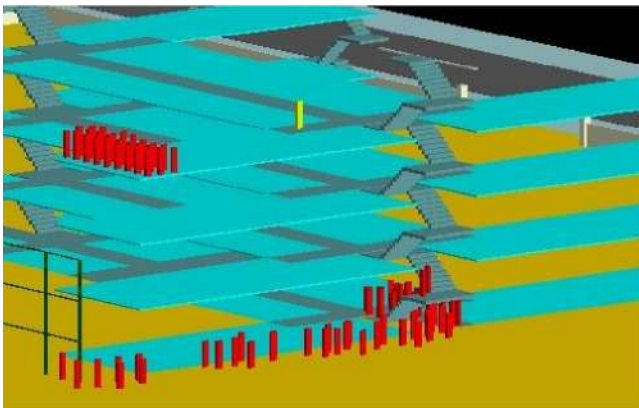


図-2 避難行動シミュレーション

は当然の結果と言えるが、全クラスの合計を最小化することを考えた場合、この避難危険度が有効になると考えられる。例えば、ある担任クラス以外の場所で教職員が被災した場合、1クラスだけを考慮した場合はCase(d)のようにクラスに駆けつけるようにするが、生徒が教室に確実に居る保証はなく、また移動時間のロスも大きい。全クラスを考えれば、近くに居る児童生徒を避難誘導したり、避難路の安全確認を行うことができる。また、避難誘導の場合も、全クラスを考えれば、屋外まで避難すれば危険は少なく、屋内にはまだ生徒が残っている可能性があるため、すぐに引き返すという対策も思い浮かぶ。このように、災害時の切迫した状況では、1クラスずつ別個に考えていたのでは効率が悪く、学校全体での連携が必要で、全クラスの合計が最小化する戦略を作ることが重要である。

#### 5. まとめと今後の展望

今回は、「全児童生徒の安全」をある瞬間の危険と時間の掛け合わせによる「避難危険度」として定量化した。避難誘導や避難路の安全確認などによる危険低減効果も考慮している。また、様々な避難方法における避難時間を算出し、「避難危険度」を求められる数値シミュレーションを開発した。今後は、各パラメータの詳細を検討し、このツールを用いて、「全児童生徒の安全を最大化する」ための避難方法へと改善していく手順を検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 岡田成幸:地震時の室内変容に伴う人的被害危険度評価に関する研究—その3—,日本建築学会構造系論文集, Vol. 563, pp. 83-89, 2003
- 2) 橋本佳代子ほか:実避難訓練と避難シミュレーションの比較に基づく集団避難行動の特徴, 日本地震工学シンポジウム論文集, 12, 321, 1390-1393, 2006

表-3 ケーススタディの結果「1クラス分の避難危険度」

動き・避難路	所要時間	Case (a)		Case (b)		Case (c)		Case (d)	
			risk		risk		risk		risk
本震中	10	0.5	5	0.5	5	0.5	5	0.5	5
教室待機	50							0.03	1.5
室内通路A	60	0.03	1.80	0.021	1.26	0.021	1.26	0.021	1.26
室内通路B	16	0.03	0.48	0.021	0.336	0.0189	0.302	0.021	0.336
室内通路C	17	0.03	0.51	0.021	0.357	0.021	0.357	0.021	0.357
屋外通路	25	0.01	0.25	0.007	0.175	0.007	0.175	0.007	0.175
TOTAL			8.04		7.128		7.094		8.628
1Class Total			274.8		252.9		251.5		292.7