

シミュレーションを用いた避難経路の最適化

1年2組 中村 祐太 1年2組 土居 茂樹 1年2組 越智 康太
 1年1組 神田 一 1年3組 木下 太陽 1年4組 清家 孝之
 指導者 森脇 由衣

1 研究の目的

近年の相次いで起こる大きな自然災害に、国民の防災に関する意識は高まっている。特に、南海トラフ地震の発生に備え、私たちは迅速かつ効果的な対策を考えなければならない。そこで、本校卒業生が行った「校内での地震避難シミュレーション」の研究を参考にし、校内での地震発生時の避難方法のシミュレーションを行った。(1)最上階から校舎外への避難、(2)屋上への垂直避難について、セルオートマトンの手法を用いることで、現状や課題を発見し、最適な避難経路を導き出すことにした。

2 仮説

最上階から校舎外への避難において、出口を複数箇所用いることで混雑を緩和し、さらに速く避難できると考えた。屋上への垂直避難において、垂直避難における課題明らかにし、特別教棟からの避難経路を工夫することで、避難時間の短縮や混雑の緩和につながる糸口を発見できると考えた。

3 調査方法

(1) 避難シミュレーションの条件

廊下や階段の幅が約2mであるので、3人が横並びで避難できると判断する。セルオートマトンを用いたシミュレーションで「1」と表示する場合、その「1」は3人分を意味するものとする。人はおよそ面積0.5m×0.5mに立つと設定し、シミュレーションを行う。

避難経路・避難する生徒数の条件は、以下のとおりである。

ア 最上階から校舎外への避難条件(表1)

表1 最上階から校舎外への避難 避難経路パターン

	避難経路	避難する生徒数
1	2年6組→普通教棟南側出口→正門	480名(40名×12クラス)
2	2年5組→普通教棟北側出口→裏門	360名(40名×9クラス)
3	2年6組→普通教棟南側出口→正門	420名(40名×9クラス+20名×3クラス)
4	2年5組→普通教棟北側出口→裏門	320名(40名×9クラス+20名×2クラス)

※パターン3・4の普通教棟1階の生徒は半数が窓から避難すると考える。

イ 屋上への垂直避難条件(表2)

表2 屋上への垂直避難 避難経路パターン

	避難経路	避難する生徒数
1	442教室→3階の渡り廊下→普通教棟3階→普通教棟屋上	680名(17クラス分)
2	3年7組→普通教棟3階→普通教棟屋上	520名(13クラス分)
3	理科教棟3階→理科教棟屋上	160名(4クラス分)
4	442教室→特別教棟1階→校舎外→理科教棟3階→理科教棟屋上	320(8クラス分)

(2) 1次元セルオートマトンを活用したシミュレーション

人がいるマス「1(黒)」、人がいないマス「0(白)」として表示する。人の進み方は、以下のとおりである。

【階段における進み方】

前方1マスが「0」のとき、1秒後には1マス進み、「1」のとき、1秒後には動かない。

【廊下における進み方】

前方2マスが「00」のとき、1秒後には2マス進み、前方1マスだけ「1」(10)のとき、1秒後には1マス進み、「11」のとき、1秒後には動かない。

4 結果と考察

(1) 最上階から校舎外への避難(表3)

表3 最上階から校舎外への避難のシミュレーション結果

	避難完了時間	混雑の様子
1	305 秒 (5分5秒)	避難開始後 20 秒後から 1 階階段口から 4 階階段口まで数秒間のうちに渋滞が起こる。2 階より下の階段の渋滞は 60 秒後から解消され始め、15 秒ほどで解消される。2 階より上の階段の渋滞は 150 秒後から解消され始め、60 秒ほどで完全に解消される。
2	186 秒 (3分6秒)	避難開始後 5 秒後から 17 秒後に 2 年 5 組教室の入り口前で渋滞が起こり、42 秒後から 97 秒後に 3 階の階段で渋滞が起こった。また、24 秒後から 66 秒後に 2 階の階段、24 秒後から 41 秒後に 1 階で渋滞が起こった。
3	287 秒 (4分47秒)	避難開始 15 秒後に 1 階階段口で渋滞が発生し、その 15 秒後に渋滞は完全に解消した。避難開始約 25 秒後に 2 階階段口から 4 階まで大きな渋滞が発生し、その 35 秒後に解消し始める。避難開始 115 秒後に完全に解消される。
4	181 秒 (3分1秒)	避難開始後 5 秒後から 17 秒後に 2 年 5 組教室の入り口前で渋滞が起こり、42 秒後から 97 秒後に 3 階の階段で渋滞が起こった。また、24 秒後から 66 秒後に 2 階の階段で渋滞が起こり、1 階では渋滞が起こらなかった。

パターン 1・3、パターン 2・4 の避難完了時間を比較すると、1・3 では 18 秒、2・4 では 5 秒の差であった。1 階の生徒の半数を窓から避難させることは、全体の避難完了時間に大きな影響がないと考えられる。各階で起こる渋滞の様子にも大きな違いは見られなかった。

(2) 屋上への垂直避難 (表 4)

表 4 屋上への垂直避難のシミュレーション結果

	避難完了時間	混雑の様子
1	750 秒 (12分30秒)	避難開始後数秒後から多くの箇所で、渋滞が発生する。特に、普通教棟 4 階の階段口では、避難開始約 25 秒後大きな渋滞が発生し、その約 250 秒後には特別教棟まで渋滞が広がる。避難開始約 200 秒後から解消し始め、その約 250 秒後に完全に解消される。
2	525 秒 (8分45秒)	避難開始後数秒後から多くの箇所で、渋滞が発生する。3 年 7 組から 4 階階段口では、避難開始約 25 秒後から約 180 秒間ほど渋滞が発生する。渋滞が完全に解消されるのは、避難開始約 345 秒後である。
3	200 秒 (3分20秒)	避難開始約 5 秒後、生物実験室前で約 35 秒間の渋滞が発生する。4 階階段口の渋滞は避難開始約 30 秒後発生し、その約 35 秒後に 3 階階段口まで渋滞が広がる。避難開始約 80 秒後から解消され始め、その約 35 秒後完全に解消される。
4	410 秒 (6分50秒)	避難開始約 10 秒後、4 階階段口で渋滞が発生し、その約 5 秒後に 3 階階段口でも渋滞が発生する。3 階階段口の渋滞は避難開始約 40 秒後に、4 階階段口の渋滞は約 95 秒後に解消し始め、避難開始約 110 秒後完全に解消する。理科教棟へ入った後は、南北の 4 階階段口(4 階廊下の出入り口)で軽度の渋滞(ゆっくり動く状態)が発生する。

※パターン 4 の避難完了時間について、特別教棟から避難する生徒は避難開始後 90 秒(特別教棟から 1 人目の生徒が脱出する時間は約 60 秒、校舎外を移動する時間は約 30 秒)後に理科教棟北側入り口に到着すると考える。

パターン 1・2 の避難完了時間を比較すると 225 秒(3分45秒)短縮できることから、特別教棟を利用する生徒は普通教棟の屋上ではない場所へ避難する方がいいと考えられる。パターン 4 の方がパターン 2 より約 115 秒(1分55秒)避難時間を短縮できることから、理科教棟の生徒だけでなく、普通教棟の一部の生徒も理科教棟の屋上へ避難した方が早いと考えられる。

5 まとめと今後の課題

本研究を通して、窓から 1 階のクラスの半数を避難させることは、全体の避難行動に影響を及ぼさないことが分かった。垂直避難においては、特別教棟から避難する生徒の避難場所を検討することで、避難完了時間の短縮につながる可能性がある。

また、今後の課題として 1 階を利用する生徒の避難方法や避難経路の最適化を考える必要がある。さらに、通行困難箇所や怪我人の有無などの細かい条件を設定できるシミュレーションや道幅や人数の変化に対応し、条件を途中で変更できるシミュレーションを考えたい。

参考文献

- ・岩本ら (2019)「地震避難シミュレーションから本校の課題を考察するー1 次元セルオートマトンを活用してー」愛媛県立宇和島高等学校
- ・北栄輔、脇田佑希子 (2011)「Excel で学ぶセルオートマトン」オーム社