

# 2次元セルオートマトンによる避難シミュレーション

2年4組 岡田 暖生      2年4組 田中 智也  
 2年4組 兵頭 佳      2年4組 古谷 瑠伽  
 指導者 田中 善久

## 1 課題設定の理由

南海トラフ地震に備えた避難行動において、地震発生から津波到達までの時間がおよそ50分と想定される中で、校舎内からの避難に時間がかかるという課題が本校にある。そこで、先輩方は先行研究の「津波災害から身を守るために」（谷口ら，2016）、「津波からの避難」（谷口ら，2017）、「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」（幸田ら，2018）に取り組んできた。それらを継続研究することにし、これまで使われてきたExcelの1次元セルオートマトンの手法（直進だけのシミュレーション）を、2次元セルオートマトンの手法（直進に加えて左か右に進路を移るシミュレーション）に改良することにより、現実の避難行動により近づける工夫を施す。その成果を効率の良い避難のしかたを検討するために活用しようと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

図1や図2の普通教棟東側階段を使った避難シミュレーションでは、「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」（幸田ら，2018）の先行研究では、人が合流する地点や、廊下や階段での人の移動の速さを制御した。校内の廊下や階段は、3人横並びで進む幅がある。しかし、人が左や右の進路に移る制御は行っていないかった。

そこで、人の避難行動を2次元化へ向かわせるために、その制御を取り入れることで、現実の避難行動の再現化により近づけることができる。渋滞の発生や解消の特性も、より現実的に理解しやすくなる。

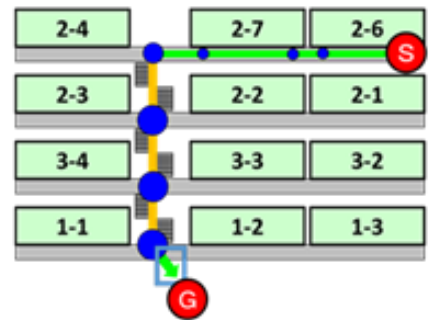


図1 普通教棟東側階段を使った避難経路

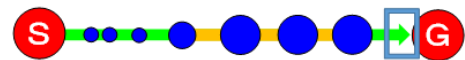


図2 避難経路のモデル化

## 3 調査方法

(1) 1次元セルオートマトンを用いたシミュレーションの条件

校内の廊下や階段の幅が約2mであるので、3人横並びで避難できる。1次元セルオートマトンを用いたシミュレーションで、「1」という表示は3人分を意味するものとする。人はおよその面積0.5m×0.5mに立つと考え、表1の条件を用いて、1次元シミュレーションを行う。

表1 避難シミュレーションの条件

避難経路での通過点	2年6組 前出口	2年6組 後出口	2年7組 前出口	2年7組 後出口	4階 階段口	3階 階段口	2階 階段口	1階 階段口	普通教棟 南側出口
合流する人数	20人	20人	20人	20人	40人	120人	120人	120人	
合流する「1」の個数	7	7	7	7	14	40	40	40	
隣り合う通過点の間の距離		5m	2m	5m	18m	12.5m	12.5m	8.5m	10m

(2) 1次元セルオートマトンを用いたシミュレーション

図3のように、人がいるマスに「1」、人がいないマスに「0」として表示する。

また、階段では、比較的ゆっくり移動するので、1つ前方のマスに誰もいないときは1秒後には1マス進み、そこに人がいるときは1秒後に動かないというルールを設定してシミュレーションを行う。

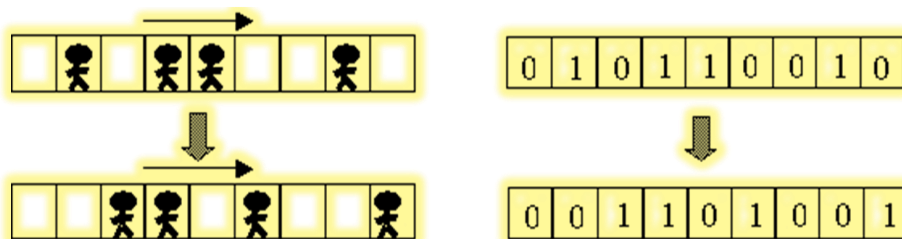


図3 1次元セルオートマトンを用いたシミュレーション（階段を下りるとき）

出典：山本和弘「セルオートマトン法を用いた避難行動のモデル化と予測」

<http://www.jsme.or.jp/ted/NL49/plaza/yamamoto.html>

さらに、廊下では、速足などの比較的早い移動が可能になると考えられるため、前方の2マスまで誰もいないときには1秒後には2マス進み、1マスだけ誰もいないときには1秒後に1マス進み、そこに人がいるときには1秒後に動かないというルールを設定して、シミュレーションを行う。

(3) 2次元セルオートマトンを用いたシミュレーション（2列）

図4のように、2次元シミュレーションでも、人がいるマスに「1」、人がいないマスに「0」として表示する。廊下の壁は「2」として表示する。1秒後には1マス進むとするが、1つ前方のマスに人がいて、横のマスとその後ろのマスに人がいないと、1秒後には横のマスに移動するとする。

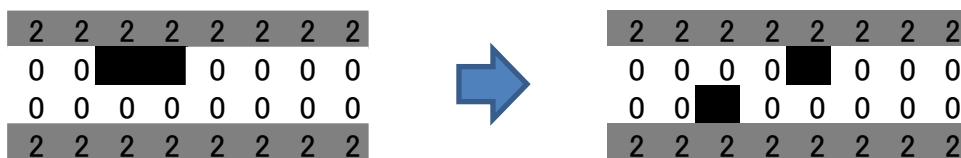


図4 2次元シミュレーション①

図5のように、横に人がいなくても、移ろうとするマスの1マス後ろに人がいれば、横に移ることはできないとする。



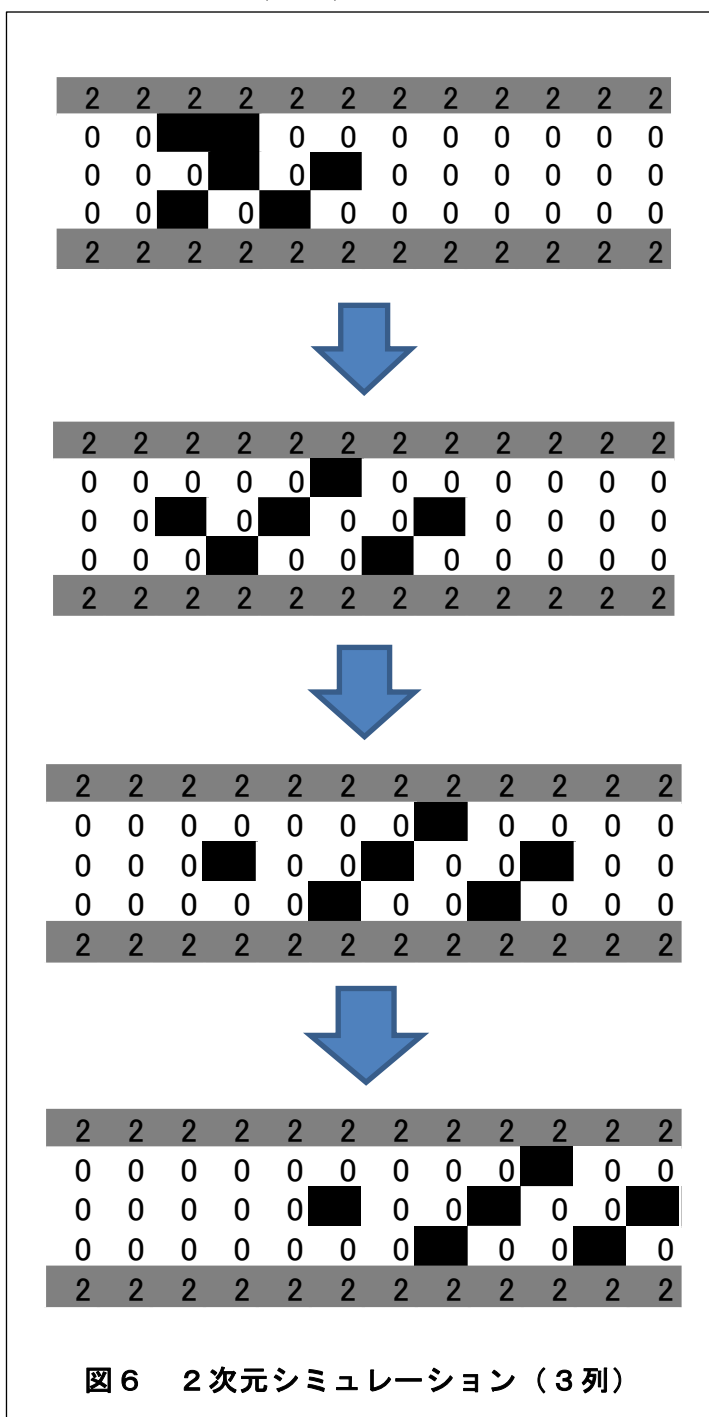
図5 2次元シミュレーション②

(4) 2次元セルオートマトンを用いたシミュレーション（3列）

図6のように、廊下の幅から判断して、3人横並びで避難するよう変更する。(3)と同様に2次元シミュレーションを行うが、ここで新しいルールを導入する。

- ・ 1つ前方のマスと2つ前方のマスに人がいない場合、1秒後に2マス進む。
- ・ 2つ前方のマスに人がいて、1つ前方のマスに人がいない場合1秒後に1マス進む。
- ・ 1つ前方のマスに人がいて、横のマスと1つ後方のマスと2つ後方のマスに人がいない場合、1秒後に横に1マス進む。
- ・ 1つ前方のマスに人がいて、両横のマスに移ることが可能な場合、右横に進む。

これらの新しいルールを用いると、3列で1秒後に2マス進むといった、より現実の避難行動に近づいたシミュレーションを行うことができる。



#### 4 結果と考察

(1) 1次元セルオートマトンを用いたシミュレーション

図7は、調査方法の(1), (2)の結果である。普通教棟東側階段を使って校舎外へ避難する480人の避難行動についてシミュレーションを行った。人がいるマスを緑色で表している。濃い緑色に見えるところは渋滞を表している。図7の結果から、このシミュレーションでは次のことが考察できる。

- ・ 生徒480人全員が避難完了するまでにかかった時間は、約380秒（約6分20秒）であることが分かった。

- ・避難開始から約 20 秒後から数秒間の間に、1 階から 4 階までの渋滞が起こる。
- ・1 階から 2 階までの渋滞は、約 60 秒後から解消され始めて、約 15 秒で解消される。
- ・2 階から 4 階は約 150 秒後から徐々に解消され始め、60 秒後の約 210 秒の時に完全に解消される。

(2) 2次元セルオートマトンを用いたシミュレーション

3人横並びの廊下における避難行動を、2次元セルオートマトンを用いたシミュレーションで表現することができたが、3万通りを超える「Rule」のプログラムに誤りが見つかり、解決できていない。

5 今後の課題

私たちの研究では、2次元セルオートマトンを用いたシミュレーションの「Rule」のプログラムについて、誤りを修正したい。校舎内の廊下や階段はもちろん、宇和島城周辺の避難経路にも適用したい。

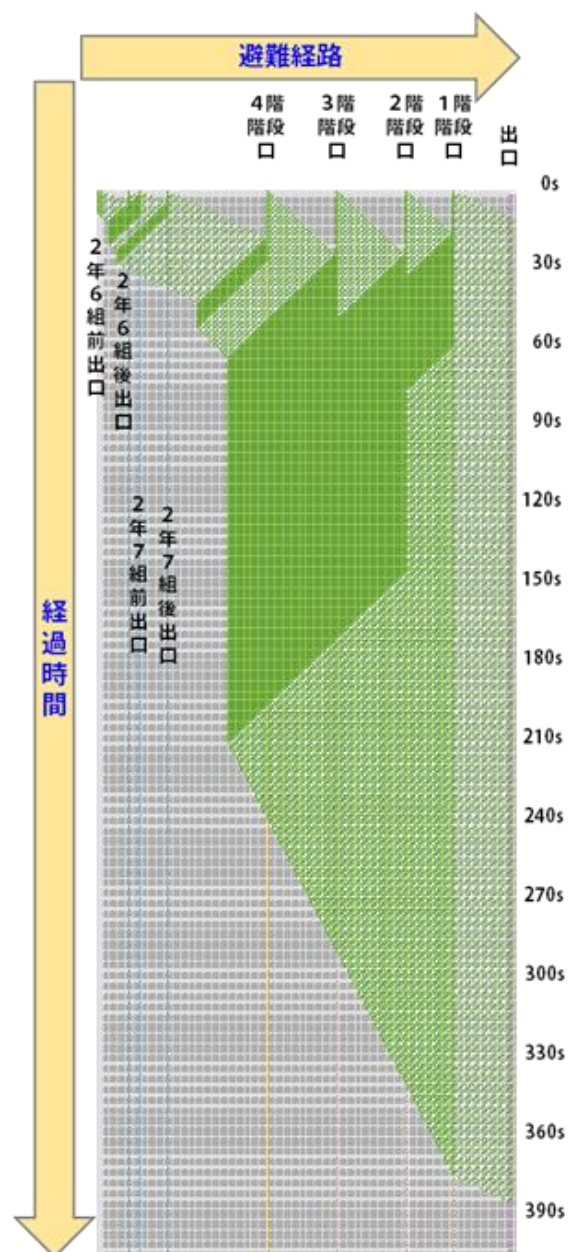


図7 1次元セルオートマトンを用いたシミュレーションの結果

参考文献

- ・愛媛県立宇和島東高等学校（平成 27 年 3 月）平成 26 年度 SSH 生徒課題研究論文集「津波災害から身を守るために」（谷口ら，2016）
- ・愛媛県立宇和島東高等学校（平成 28 年 3 月）平成 27 年度 SSH 生徒課題研究論文集「津波からの避難」（谷口ら，2017）
- ・愛媛県立宇和島東高等学校（平成 29 年 3 月）平成 28 年度 SSH 生徒課題研究論文集「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」（幸田ら，2018）
- ・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
- ・山本和弘「セルオートマトン法を用いた避難行動のモデル化と予測」