

地震避難シミュレーションから本校の課題を考察する
－ 1次元セルオートマトンを活用して－

愛媛県立宇和島東高等学校 2年

【校舎内避難チーム】

岩本拓哉 大宿陽輝 安永光希 浅井明日 土居涼子

【校門前交差点チーム】

川上愛奈 上田未郁 幸田美咲 成宮菜津子

地震避難シミュレーションから本校の課題を考察する － 1次元セルオートマトンを活用して－

愛媛県立宇和島東高等学校 2年

【校舎内避難チーム】 岩本拓哉 大宿陽輝 安永光希 浅井明日 土居涼子

【校門前交差点チーム】 川上愛奈 上田未郁 幸田美咲 成宮菜津子

1 課題設定の理由

私たちは、南海トラフ地震に備え、防災意識をより高めるとともに、最善の避難のしかたを検討し、その対策を急がなければならない。そこで、本校卒業生が取り組んだ先行研究「津波からの避難」（谷口ら、2015）で使われていた、表計算アプリケーションを使用したセルオートマトンの手法を、①校舎内の最上階からの避難、②校門前の交差点を横断する避難行動のそれぞれに適用し、避難のしかたについて、現状や課題を洗い出すことにした。

2 仮説

校舎内避難経路については、図1のように、最も遠くから避難する2年6組(2-6)の前出口をスタート地点(赤色Ⓢ)とし、緑色実線を廊下、黄色実線を階段と表し、その階段を使って避難する12クラスを取り上げ、校舎外への出口をゴール地点(赤色ⓐ)とする。避難経路の途中にある青色●は合流地点(●の大きさは合流する人数)とし、合流地点付近での人の動きや、廊下や階段での人の移動の速さを制御し、シミュレーションを行うことで、実際の避難行動を再現でき、渋滞の発生や解消の特性を明らかにできる。

同様に、図2の校門前交差点の横断においては、信号を守らずに(自動車の走行を停止させて)横断することで、避難時間を大きく短縮できる。また、歩いて避難するか走って避難するかによって、さらに避難時間を大きく短縮できる。

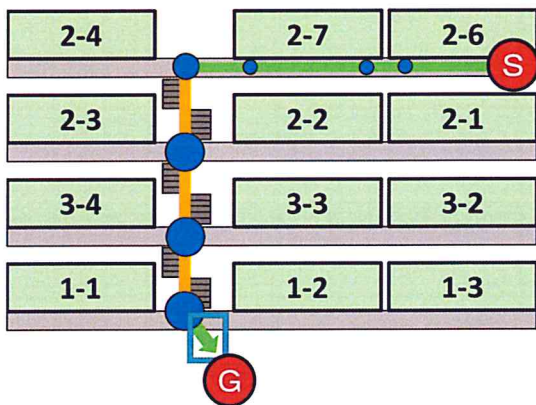


図1 校舎内避難経路の概略図

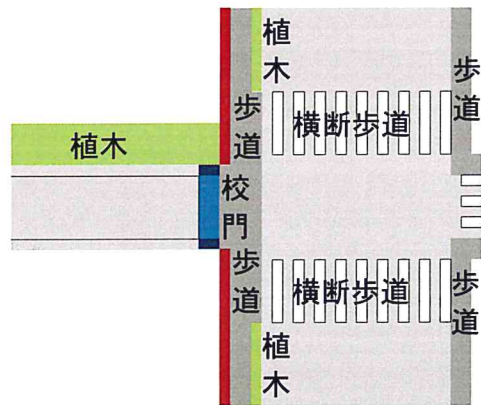


図2 校門前交差点の概略図

3 調査方法

(1) 校舎内避難経路について

①避難経路のモデル化

図1から避難経路を抽出し、図3のように、1次元セルオートマトンを適用するためにモデル化する。

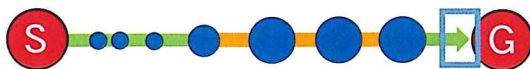


図3 校舎内避難経路のモデル化

②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、表1の条件を用いて、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	

③1次元セルオートマトンを活用したシミュレーション

図4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。

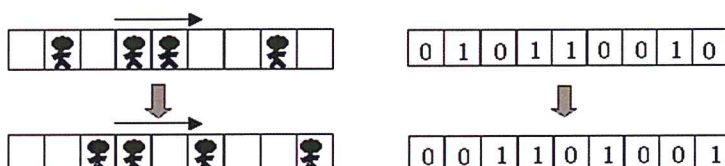


図4 1次元セルオートマトンを活用したシミュレーション (階段を降りるとき)

そして、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、1秒後には1マス進み、そこに人がいるとき、1秒後には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ことにした。

また、廊下では、速足で移動が可能になるので、前方の2マスまで誰もいないとき、1秒後には2マス進み、前方の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秒後には動かないというルールを設定する。

(2) 校門前交差点の横断について

図5のように、校門の幅、歩道や横断歩道の長さなどを計測し、図5のように、人(黒色●)が校門前の車道を横断するための進路をモデル化し、それにかかる時間をシミュレーションする。

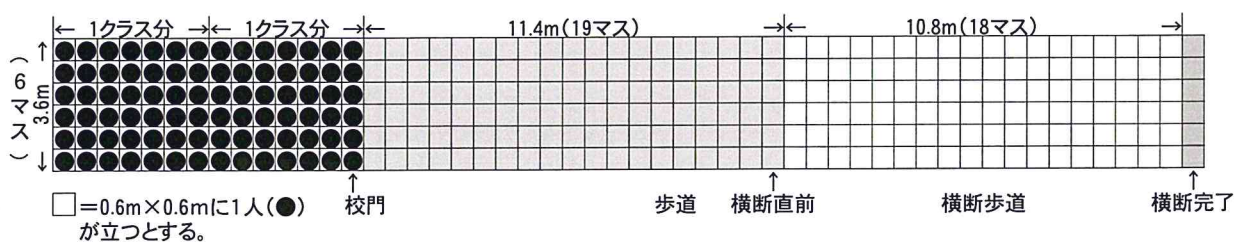


図5 校門前の車道を横断するための進路のモデル化

全校生徒及び職員900人(6人×150行)が校門を出て校門前の車道を横断する場合のシミュレーションを、表2の条件を設定してシミュレーションする。

表2 シミュレーションの条件

【条件1】	信号を守らずに、歩いて避難する場合
【条件2】	信号を守らずに、走って避難する場合
【条件3】	信号を守って、歩いて避難する場合
【条件4】	信号を守って、走って避難する場合

(1)の③の下線部で階段や廊下を移動するルールと同様な設定を行う。つまり、「歩く」とは、前方の1マスが空いていれば、1秒後に1マス進むルールとし、また、「走る」とは、前方の2マスが空いていれば、1秒後に2マス進み、前方の1マスしか空いていなければ、1秒後に1マス進むルールとする。

※ 信号は、赤2'05" → 緑0'20" → 緑点滅0'05" → 赤2'05" → …である。

4 結果と考察

(1) 校舎内避難経路について

図6は、図1や図3の黄色実線で表す階段を使って校舎外へ避難する480人について、1次元セルオートマトンを活用してシミュレーションを行った結果である。濃い緑色は渋滞を、中程度の緑色はゆっくり移動、薄い緑色は、速く移動することを意味する。

なお、色付きのセルは人の存在を意味し、その人は左から右に移動する。縦軸は経過時間を意味し、n行目の色付きのセルの並びは、n秒後にそれぞれの人がどこに存在するかを意味する。

図6より、次のことが考察できる。

- 480人の校舎外への避難が完了するまでの時間は、約380秒（約6分20秒）であると算定できた。
- 一斉避難を開始して約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。
- 1階階段口から2階階段口までの階段の渋滞は、避難開始の約60秒後から解消され始め、15秒間ほどで完全に解消される。
- 2階階段口より上の階段の渋滞は、避難開始の約150秒後から解消され始め、1分間ほどで完全に解消される。

(2) 校門前交差点の横断について

図7は、表2の【条件1】【条件2】で校門から先頭の60人（6人×10行）が避難する場合について、シミュレーションを行った結果である。

なお、図6と同様に、それぞれのシミュレーションにおいて、色付きのセルは人の存在を、右端の縦に並ぶ数字は経過時間〔秒〕を意味する。

【条件1】【条件2】については、表3に、【条件3】【条件4】については、横断歩道を渡ることだけに着眼して、表4のとおりまとめた。

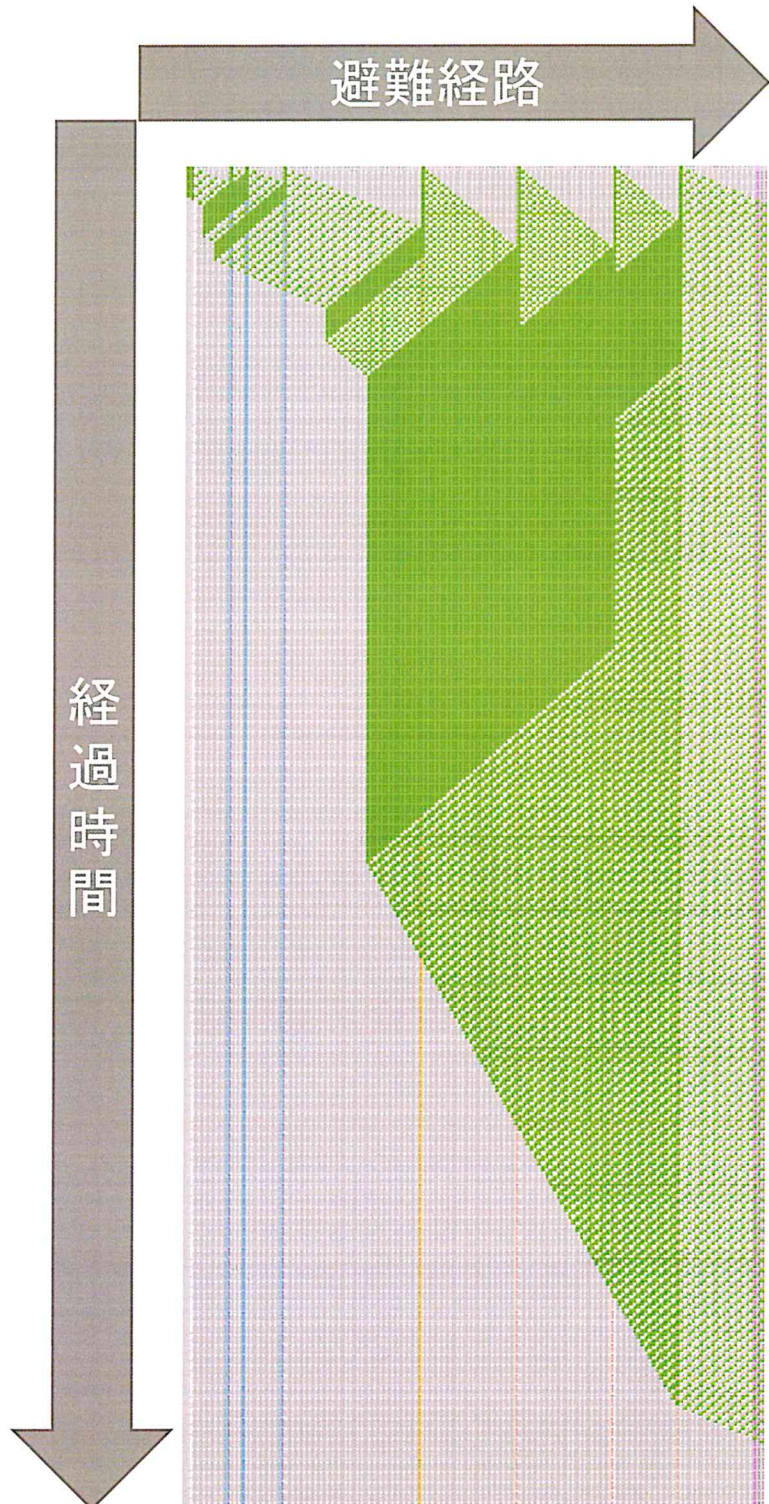


図6 校舎内避難シミュレーションの結果

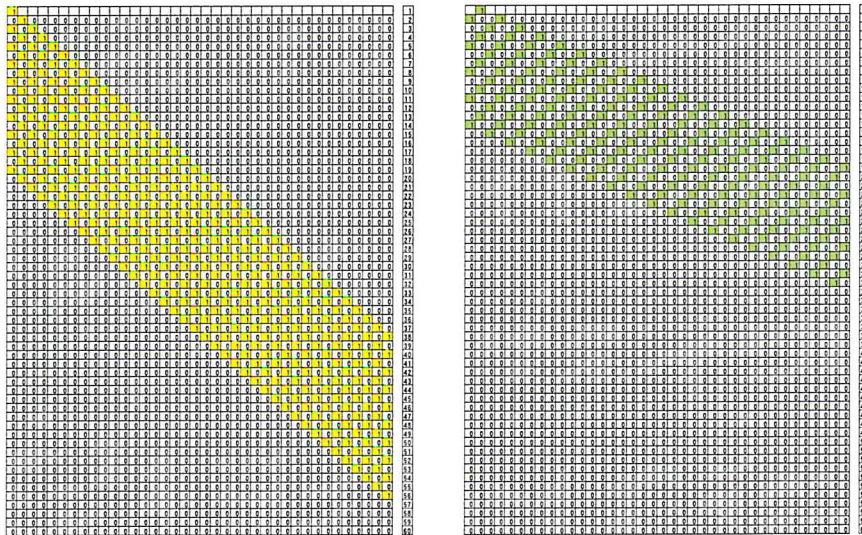


図7 校門前交差点の避難シミュレーションの結果
(左:【条件1】、右:【条件2】)

表3 【条件1】【条件2】の結果

	最初の1人が横断を完了する時間	6人×10行=60人が横断を完了する時間【秒】	6人×150行=900人が横断を完了する時間【秒】
【条件1】	38.0秒	56.0秒	360秒 (6分00秒)
【条件2】	19.0秒	32.5秒	262秒 (4分22秒)

表4 【条件3】【条件4】の結果

	信号が青のとき横断歩道を渡れる人数	900人÷(信号が青のとき横断歩道を渡れる人数)	6人×150行=900人が横断を完了する時間
【条件3】	6人×4行=24人	37.5	5645秒 (94分05秒)
【条件4】	6人×11行=66人	13.6	2060秒 (34分20秒)

5 まとめと今後の課題

(1) 校舎内避難経路について

通常の避難訓練で、避難が完了する時間と比較しても、現実的な避難シミュレーションが行えたと思う。渋滞が発生する場所や時間、それが解消される特性を捉えることができたことも成果である。

また、人の避難行動についての条件をさらに詳細に設定し、現実によく、実際の避難行動に問題点や改良点を提案できる研究に工夫していきたい。

(2) 校門前交差点の横断について

校門前交差点において、信号を守らずに（自動車の走行を停止させて）一斉に横断することでその横断に要する時間を1割程度の5分前後にできる。また、歩くより走って避難すると、さらに避難時間を3～6割を短縮できる。

現実的には、【条件4】と併せて、校門を出て左折した先にある交差点も避難経路として活用する。その場合、校門前の車道を横断する時間を概算すると、34分20秒の半分の17分10秒と推測できる。そのことを詳しくシミュレーションする課題も考えられる。

謝辞

先行研究を指導されていた富永教諭から参考文献をお借りしました。ありがとうございました。

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p31, 32
「津波災害から身を守るために」（谷口ら）
- 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p121～124
「津波からの避難」（谷口ら）
- 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