

# 津波からの避難

2年4組 谷口 瑛穂 2年4組 明神 里香 2年4組 吉田紗弥子  
指導者 富永 満生

## 1 課題設定の理由

私たちは1年時に、おはじきを人に見立て、津波からの避難の様子をシミュレーションした。しかし、おはじきは人の手で動かすため、どうしても誤差がある。そこで、エクセルを使って道路を図形化し、どのぐらいの時間で避難が完了するのか、どのような場所で渋滞が予想されるのかを、より正確に調べようと考え、本課題を設定した。

## 2 実験の目的

- (1) どのくらいで避難が完了するのかを調べ、地震発生から何分後までに避難開始すれば良いのか、調べる。
- (2) どの場所が渋滞しやすいかを調べる。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 方法

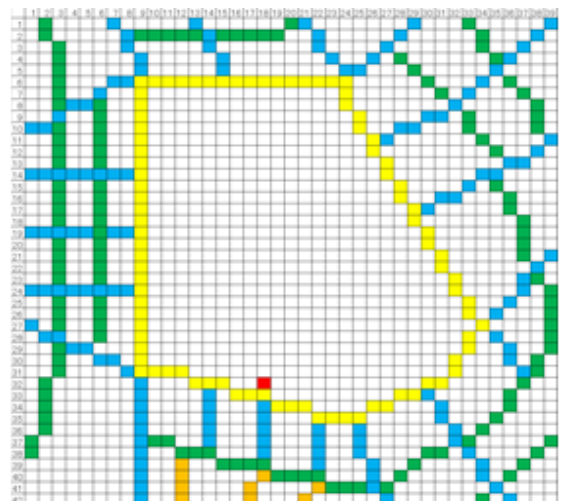
- ① 宇和島城を中心として、地図の範囲を定める(図1)。
- ② エクセル上に、地図上の道路を表示する(セル化)。ゴールを赤、城山の周囲の道路を黄、この道路に接している道路を青、さらにそこから枝分かれしている道路を緑、その他の道路を橙とする(図2)。
- ③ ゴールまでの最短距離を分かりやすくするため、図2をさらに直線化する(図3)。
- ④ この範囲に入ってくる主な道路は19本である(図3(b))。この19本の道路から同時に10人の集団がゴールまで移動すると仮定し、最短でゴールにたどり着くセルの数を求め、一番セルの数が多かった集団が移動した時間をこの範囲の避難完了時間とする。

### (2) 実験条件

- ① 人の平均速度を100m/分とする。
- ② 地図の縮尺を考慮して、20m/マスとする。
- ③ 集団が移動する中で、同じセルに集団が重なった場合、ゴールまでのセル数が多い方の集団をその場で1回留まらせることとし(ゴールまでのセルを1個多くする)、この現象を「渋滞」と呼ぶ。

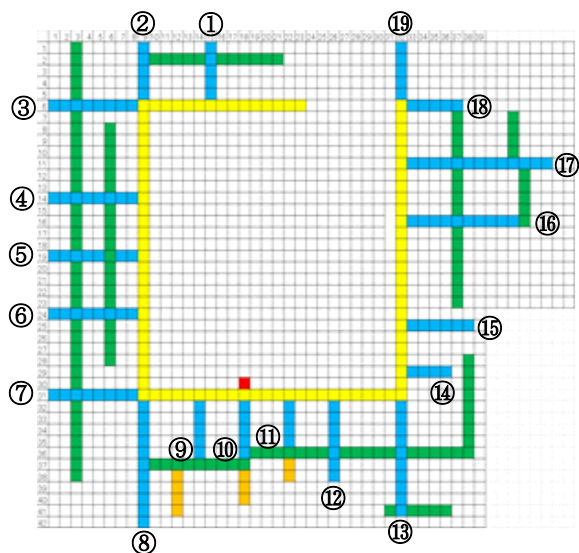


図1 宇和島城の周辺地図  
(Yahoo!地図より引用)

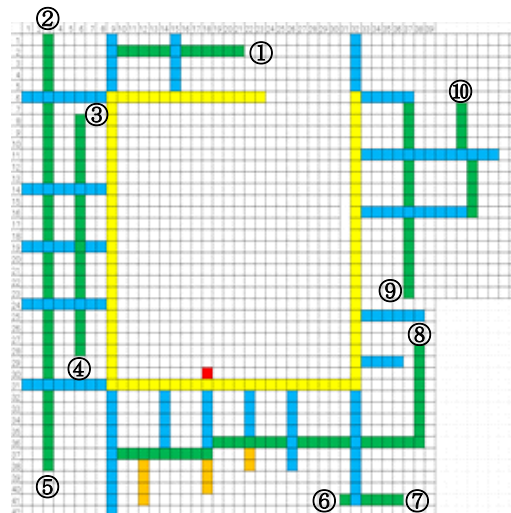


- 赤(■) : ゴール 黄(■) : 城山周辺の道路  
青(■) : 城山周辺の道路と接する道路  
緑(■) : 城山周辺の道路と接する道路から枝分かれする道路  
橙(■) : その他の道路

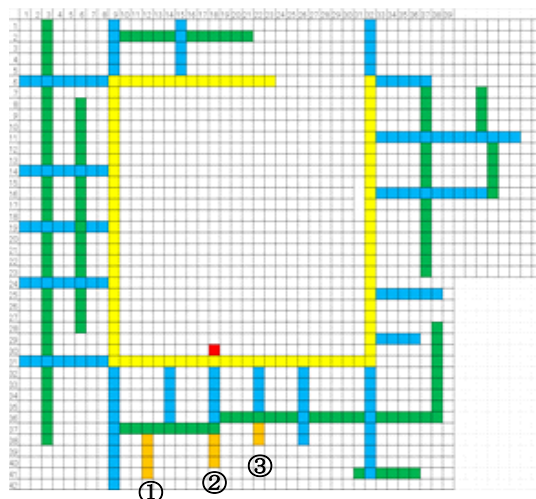
図2 エクセルでセル化した周辺地図



(a) 青(■)を末端として道路①～⑱を設定



(b) 緑(■)を末端として道路①～⑩を設定



(c) 橙(■)を末端として道路①～③を設定

図3 図2を直線化した図

#### 4 結果と考察

##### (1) 各道路からの避難完了時間

図3(a)～(c)で設定した各道路からゴールまでの移動セル数を表1にまとめた。なお、この範囲で「渋滞」は見られなかった。

19本の道路から同時に10人の集団がゴールまで移動すると仮定した図3(a)において、最もゴールまでのセル数が多かった(移動時間が長かった)のは表1(a)の⑱で、49マスであった。この結果から避難完了時間を求めると、以下の通り10分だと分かった。

$$\frac{49\text{マス} \times 20\text{m}}{100(\text{m/s})} = 9.8\text{分} \div 10\text{分}$$

さらに、図3(b)のように枝分かれする道路も考慮に入れると、10分を超える場合も出てくる(表1(c)の①の場合10.4分)。南海トラフ地震発生から宇和島市に津波が到達するまでの予想時間は29分であり、地震の揺れは約4分間継続する。よって、揺れが止まっ

てから避難すると仮定すると、少なくとも地震発生後約 15 分間以内に避難を開始する必要があると考えられる。

表 1 各道路からゴールまでの移動セル数

(a) 青(■)を末端としたとき				(b) 緑(■)を末端としたとき		(c) 橙(■)を末端としたとき	
道路の番号	セル数	道路の番号	セル数	道路の番号	セル数	道路の番号	セル数
①	47	⑪	10	①	52	①	18
②	41	⑫	17	②	47	②	11
③	45	⑬	26	③	37	③	13
④	36	⑭	22	④	25		
⑤	31	⑮	28	⑤	24		
⑥	26	⑯	41	⑥	27		
⑦	19	⑰	49	⑦	30		
⑧	22	⑱	46	⑧	35		
⑨	11		46	⑨	43		
⑩	7			⑩	50		

(2) 昨年の研究との比較

ア 前回の実験の手法

- ① 初めに、宇和島城(緊急津波避難場所)周辺の地図と、宇和島城の模型を作製する。
- ② おはじき 1 個につき 10 人と仮定し、地図上で一定時間ごとに一定距離動かす。
- ③ 結果をもとに避難が完了した時間を調べる。

イ 考察

前回の実験と比べ、エクセルを用いて調べたので、より正確な結果が得られたのではないかと考えられる。

5 まとめと今後の課題

今回の実験の条件からは実際に城山に避難するであろう地域と人口、また、城山を登り、天守閣に到達するまでの時間が考慮されていない。よって、より避難完了時間を正確にするために次のような改善策を考えた。

- ① 城山と、城山周辺の津波発生時の避難場所との中間をとり、城山に避難する地域の予想(表 2)を反映させる。
- ② ①で決定した範囲の道路をエクセル上に色分けして表し、今回の実験と同様に、渋滞を考慮しながら 10 人の塊をゴール地点まで移動させ、最長時間を調べる。
- ③ 城山の登り口から天守閣までの移動時間を計測する。  
これらをふまえて、さらに広い範囲で、実際の人口の避難時間を調べたい。

表 2 予想される地区別避難人数

地域	人数(人)
丸の内1	149
丸の内3	116
丸の内5	137
榊形町1	196
文京町	197
中央町1	234
栄町港1	186
栄町港3	264
新町1	148
恵美須町2	90
寿町2	244
本町追手1	275
本町追手2	279
堀端町	172
合計	2687

謝辞

本研究を進めるにあたり、土屋卓也教授(愛媛大学理学部)の指導助言・調査協力をいただいた。心から感謝申し上げます。

## 参考文献

- ・ 門脇香奈子 (2015) 「Excel マクロ&VBA プロ技セレクション」 技術評論社 p.1-352.
- ・ 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 p.1-200.
- ・ 木津直昭・稲島司 (2014) 『血管を強くする歩き方』 東洋経済新報社 p.1-223.
- ・ 西成活裕 (2009) 『図解雑学 よくわかる渋滞学』 ナツメ社 p.1-216
- ・ 牧野真也 (2011) 「Excel による社会シミュレーション I –セル・オートマトン–」 『Working Paper Series』 和歌山大学 No.11-2 p.1-27.
- ・ Yahoo!地図 <http://map.yahoo.co.jp/>
- ・ 地理院地図(電子国土 Web) <http://maps.gsi.go.jp/>
- ・ Mapion <http://www.mapion.co.jp/>
- ・ ALT 防災情報ポータル <http://www.bousai459.jp/>
- ・ 朝日新聞 DIGITAL <http://www.asahi.com/>
- ・ ポスティング.com <http://www.posting-nihon.com/>