

マルチエージェントシステムを用いた 津波避難に関する解析 -輪島市臨港地域を対象とした事例研究-

小坂 陽介¹・野村 尚樹²・大藤 愛子³・宮島 昌克⁴

¹非会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 博士前期課程 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: sp10atletico@yahoo.co.jp

²正会員 (株)日本海コンサルタント 技術事業本部 (〒921-8042 石川県金沢市泉本町2-126)
E-mail: n-nomura@nihonkai.co.jp

³非会員 オリエンタルコンサルタンツ 河川港湾部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)
E-mail: popdod722@gmail.com

⁴正会員 金沢大学教授 理工研究域 環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: miyajima@se.kanazawa-u.ac.jp

本研究では、2007年に能登半島地震を経験した輪島市臨港地域周辺を対象とし、輪島市が保有するGISデータを活用して、マルチエージェントシステムを用いた地震津波避難シミュレーションを利用し、避難誘導に着目した避難シミュレーションを行うことによって、避難経路について検討することを目的とする。

Key Words : *evacuation simulation , multi agent system , GIS , tsunami , Wajima city*

1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災は未曾有の大惨事となった。その教訓を踏まえて、災害に強い国づくり地域づくりを目指し、ハード対策とソフト対策を組み合わせた事前防災とともに、地域社会の特性に応じた効果的できめ細やかな防災体制を構築することが求められる。そのためには、自主防災組織をはじめとした地域コミュニティの防災力を向上させていく必要がある¹⁾。しかし、地方自治体では財政状況が厳しいことや防災の専門家がないことから、防災教育や地域防災力向上が思うように進んでいないことが考えられる。また、地域におけるリスク認知度に大きな個人差があり、防災協働社会構築の弊害になっている可能性もある。

そこで本研究では、石川県輪島市臨港地域を対象としている。対象地域のような地方都市における防災教育や地域防災力向上のツールとして、市が保有するGISデータを活用してマルチエージェントシステム(MAS)を用いた地震津波避難シミュレーションを作成した。その中で様々なケースでのシミュレーションを行うことで、避難に対する問題・課題等を明らかにすることを目的とする。

2. 既往の研究

藤岡ら²⁾はマルチエージェントシステムを用いて津波避難者行動をモデル化し、シミュレーション結果を分析することで避難場所の規模、避難誘導法など津波避難対策の評価を行っている。渡辺・近藤³⁾は、津波防災まちづくりに関するソフト的施策の効果を避難者数で評価した避難シミュレーションモデルの開発を行っている。藤村⁴⁾は、住民への意識調査を行い、年代や災害意識を反映させた避難行動シミュレーションから、人口密集地域の避難行動について考察している。本研究では、あらかじめ町会毎等で避難経路を決めておくことで、効率の良い避難をさせることを“避難誘導”とし、シミュレーション分析を行い、避難に対する問題・課題等を把握する。

3. 輪島市臨港地域の概要

石川県の能登半島の北西にある輪島市は、総人口28,624人(平成28年6月1日現在)、世帯数12,941世帯の町である。今回の研究対象とした輪島市臨港地域(以下、輪島



図-1 輪島市臨港地域(輪島地区)の概要図

地区)を図-1に示すが、人口12,823人、世帯数5,286戸を有し、輪島市の約半数が対象となる中心地区である。輪島地区の特徴として以下の三つを挙げる。1つ目に近年に大きな地震を経験していることが挙げられる。2007年にはM6.9、輪島で最大震度6強の能登半島沖地震を経験しており、さらに、1993年には輪島で最大震度5強の能登半島沖地震など、揺れの大きな地震を頻繁に観測している。2つ目は日本海に面していることが挙げられ、地震発生と共に津波襲来の危険が伴うといえる。3つ目は、輪島地区には多くの観光客が訪れる観光エリアが海岸付近に存在するが挙げられる。観光先の災害情報に疎い観光客が多数存在する観光エリアでは、地震発生時には大きな混乱を招き、避難に支障をきたす可能性が高い。これらの3つの特徴により、輪島地区は地震津波の災害リスクが高い地域と言える。

4. マルチエージェントの概要

マルチエージェントとは、複数のエージェント(人)から構成されるシステムであり、エージェント自らの価値基準に従って自分の行為を自由に選択できる自立したエージェントが多数共存する環境をいう。システム構成としては、交差点(ノード)と道路や階段等(ライン)によって構成され、ノード起終点間の複数ラインの総称をリンクと言い、ノード、ライン、リンクの複合体としてネットワークを構成し、このノードやライン上をエージェントが移動するシステムである。そこで本研究では、地震津波発生時の避難行動において

避難者をエージェントとして定義し、個人(男女、年齢)や家族、観光客などの属性に行動ルールをそれぞれ与えることで、より現実に近い避難行動を再現することとした。なお、マルチエージェントシステムは、(株)構造計画研究所のartisoc4.0を使用した。

(1) エージェントの避難速度設定

本研究では、全員が徒歩で避難することとする。理由としては、総務省消防庁防災マニュアルにより、地震時の避難方法は原則徒歩としているからである。また、輪島地区はセンターラインのない比較的細い道が多く、地震時家屋倒壊による瓦礫の幅も考慮すると、車避難をするには困難な道路が増え、車の渋滞が発生し避難が遅れたり、緊急車両の妨げにもなるなど、避難の際に悪影響を及ぼすと考えたためである。

エージェントの避難速度は以下のように設定した。

- ・ 冬季以外避難速度： $V_1 = V_{s1} \times C_1 \times C_2$
- ・ 冬季避難速度： $V_2 = V_{s1} \times C_1 \times C_2 \times C_3$
- ・ 冬季以外階段部避難速度： $V_3 = V_{s2} \times C_1 \times C_2$
- ・ 冬季階段部避難速度： $V_4 = V_{s2} \times C_1 \times C_2 \times C_3$

以下に各変数の説明と設定根拠を示す。

a) 避難歩行速度基本値： V_{s1}

避難歩行速度基本値は2012年に輪島地区で行った実験結果⁵⁾を基に設定した。避難速度実験では、昼間よりも夜間の歩行速度の方が速いという結果となった。そこで今回、エージェントの昼間と夜間の両方の避難速度において、避難速度実験で遅い結果となった昼間の避難速度を基本値とした。

b) 階段部避難歩行速度基本値： V_{s2}

階段部の避難歩行速度は、「津波対策推進マニュアル検討報告書、2002」⁶⁾より、基本速度を0.5m/sとして設定する。

c) 速度基本値に乗じる係数

避難速度実験では316mという短い距離で計測実験を繰り返し行っており、ある程度の学習効果や実際の避難では長距離の避難も考えられることから、「漁村における津波対策基本方針、2005」⁷⁾より、疲労係数(体力的疲労に速度低減の割合を疲労係数として定義) $C_1=0.9$ を考慮し、現実率(学習効果による影響や実際に被災した状況による速度低減の割合として定義) $C_2=0.8$ を考慮する。また、石川県輪島市は降雪地域であることを勘案し、「センターレポート通巻第166秋号」⁸⁾より冬季

表-1 エージェントの避難速度

		男性			女性			階段部	観光客
		~19才	20~60才	61才~	~19才	20~60才	61才~		
歩行速度 (m/s)	冬	1.22	1.09	0.95	1.1	1.04	0.95	0.3	0.95
	冬以外	1.47	1.3	1.14	1.32	1.25	1.14	0.36	1.14
	冬	1.22	1.09	0.95	1.1	1.04	0.95	0.3	0.95
	冬以外	1.47	1.3	1.14	1.32	1.25	1.14	0.36	1.14

における歩行速度の低減率として、冬季低減率（冬季における路面状況による速度低減の割合として定義） $C_3=0.833$ を考慮する。

計算結果により得られたエージェントの避難速度を表-1に示す。

(2) エージェントの設定

輪島地区の総人口と1日の観光客数を足し合わせた人数をエージェント数とする。輪島市輪島地区の総人口は、研究を開始した平成23年度の輪島市の人口集計表より設定した。また、シミュレーションの時間帯は、最も地域住民が自宅に存在し、観光客が多い“週末の午前中”を想定している。

a) 輪島市輪島地区のエージェント数の設定

輪島地区を88の町会に区分し、総勢12,338人を各町会の境界点（ノード）に均等に配置した。

b) 輪島地区の観光客数の設定

輪島市輪島地区の年間観光客数は、平成24年度輪島市統計書より986,000人と設定した。日単位の観光客数は明確になっていないことから、今回は以下に示すように設定した。

$$\bullet \text{ 平日昼間観光客数: } N_k = \frac{\sum N_k}{D_1 + D_2 \times k} = 2,063 \text{ 人}$$

$$\bullet \text{ 土日祝日観光客数: } N_l = N_k \times 2 = 4,126 \text{ 人}$$

ここに、

$\sum N_k$: 年間観光客数(986,000人)

D_1 : 年間の平日数(252日)

D_2 : 年間の土日祝日数(113日)

k : 平日と土日祝日の比で2倍と仮定した。

c) エージェントの行動設定

エージェントとなる地域住民の避難行動は多種多様かつ複雑であるが、本研究では避難時の渋滞状況や避難場所毎の状況等を把握するために、避難行動をできる限り単純化した。すなわちエージェントとなる地域住民は、避難場所の位置を事前に正しく認知しているという条件下で、最短避難ルートで避難する設定とした。また、観光客の行動設定を地域住民と同じにすると、現実との乖離が大きいことから、観光客は避難開始時に周辺を見渡し地域住民の避難者を見つけ次第、地域住民避難者と一緒に避難する行動条件とした。よって、観光客は地域住民避難者を見つけるまで行動を開始しない設定とした。

最短避難ルートの設定は、GIS情報から取得した道路情報（ノード情報やリンク情報）を基に3次元的な距離を算出するダイクストラ法を用いた。また、避難者は最も近い避難場所に避難するが、避難場所の収容量を超えた場合や避難所が使用不可の場合は、現地点の避難場所から最も近い次の避難場所へ移動を開始する設定とした。

d) 避難開始時間の設定

エージェントの避難開始時間設定は、「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について（第3版）」⁹⁾より、東日本大震災の実績を参考にして、地震発生後5分で15%の地域住民が避難開始し、15分で50%、45分で90%、90分で100%と設定し、想定浸水域内外での避難意識の違いについては調査しておらず、今回は各町会全て同じ配分で避難開始を始めるという設定とした。

e) 避難路閉塞の設定

地震時に沿道建築物等の倒壊などにより避難路上に生じた瓦礫による閉塞幅は、「STAテクノロジー・ショーケース2013」¹⁰⁾より、以下に示す算式を用いて閉塞幅を算出した。

$$\text{瓦礫幅 } a = 2.32X_1^{0.379} + 0.189X_2^{2.23} + 4.41X_3^{1.20}$$

ここに、

X_1 : 建物全壊率（輪島市の「危険度マップ」の建物全壊率を使用）

X_2 : 平均階層（延床面積/建築面積）（輪島市から入手した固定資産台帳データの「階上」を使用）

X_3 : 建築密度（建築面積/宅地面積）（輪島市が公表している輪島市用途地域指定区域の地区ごとの建ぺい率を使用）

まず、道路リンクに面している家屋1軒ごとの瓦礫幅(a_n)と道路リンクに面している家屋1軒ごとの幅(b_n)を算出し、以下の式にてノード間の道路リンク単位で平均瓦礫幅を求め、ノード間の既往道路幅(W)から平均瓦礫幅(A)を差し引くこととした。

$$\text{道路リンク単位の平均瓦礫幅: } A = \frac{\sum (a_n + b_n)}{\sum b_n}$$

ここに、

a_n : 道路リンクに面する家屋1軒毎の瓦礫幅(m)

b_n : 道路リンクに面する家屋1軒毎の幅(m)

$\sum b_n$: 道路リンクに面する家屋の総幅(m)

(3) 避難場所の設定

平成24年4月に設定された輪島地区における避難場所と収容人数を図-2、表-2に示す。高台に位置する避難場所は、No.2, 3, 9, 12, 101の5箇所であり、No.9と12は市街地から離れている。また、津波想定浸水エリア内もしくは近接している避難場所No.1は、岸沿いでありながら、2階建てで収容人数も少なく、地震津波時の避難場所としては不適切であると判断し、使用不可とした。（表-2にて灰色で着色）。一人あたりの占有面積に関して、想定浸水域内では 1.0m^2 、それ以外は全て畳一畳にあたる 1.65m^2 とした。

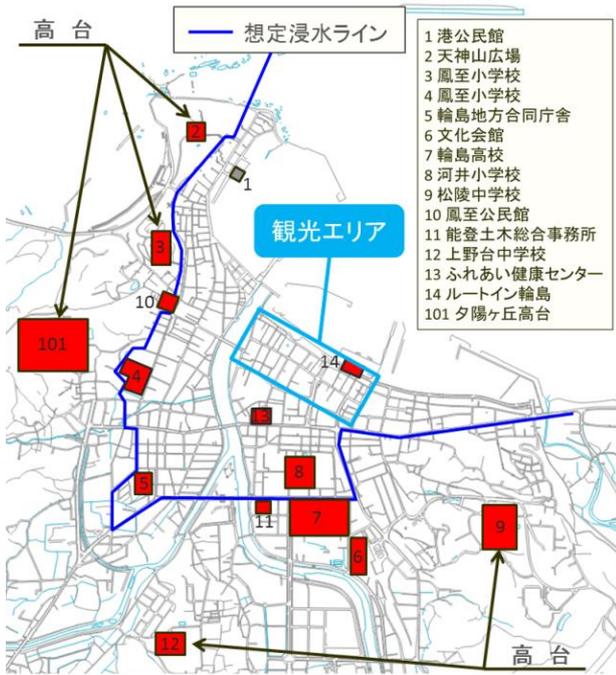


図-2 輪島地区避難場所一覧

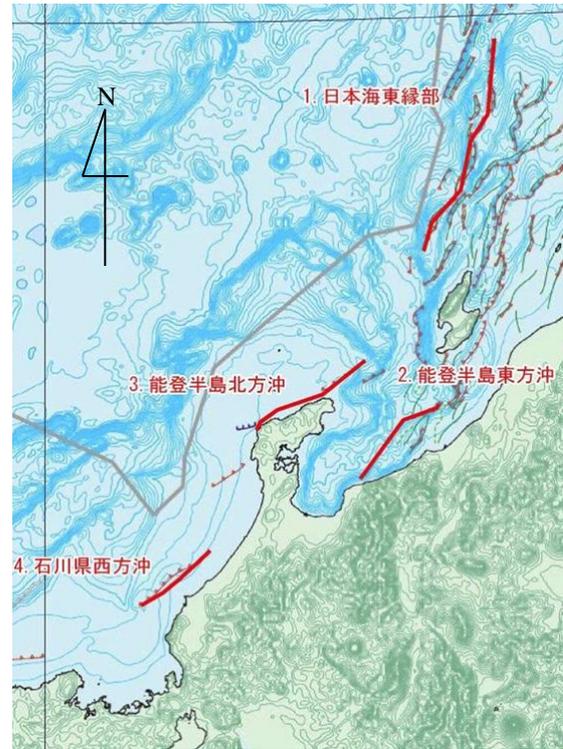


図-3 日本海側で想定する想定波源図¹⁾

表-2 避難場所諸元

No.	避難場所	収容人数(人)		使用可否		想定浸水域 内外判定	1人当たりの 占有面積(m ²)	
		屋内	屋外	昼	夜		屋内	屋外
1	港公民館	94	0	不可	不可	内		
2	天神山広場(高台)	0	2,094	可	可	外		1.65
3	鳳来山公園(高台)	0	10,123	可	可	外		1.65
4	鳳至小学校	1,213	0	可	可	内	1.0	1.0
5	輪島地方合同庁舎	803	0	可	可	内	1.0	
6	文化会館	2,342	0	可	可	外	1.65	
7	輪島高校	1,587	8,694	可	可	外	1.65	1.65
8	河井小学校	2,518	0	可	可	内	1.0	1.0
9	松陵中学校(高台)	568	13,203	可	可	外	1.65	1.65
10	鳳至公民館	778	0	可	可	内	1.0	
11	奥能登土木 総合事務所	550	0	可	可	内	1.0	
12	上野台中学校 (高台)	0	8,078	可	可	外		1.65
13	ふれあい健康 センター	390	0	可	可	内	1.0	
14	ルートイン輪島	301	0	可	可	内	1.0	
101	夕陽ヶ丘高台	0	30,000	可	可	外		
合計		11,050	72,192					

(4) 津波想定到達時間の設定

津波到達時間の設定は、「平成 23 年度石川県津波浸水想定調査, 2012」¹⁾より, 以下の図-3 に示す 4 つの想定波源から求められる輪島地区への津波到達時間を基に設定する。石川県では 4 つの想定波源を設定し津波解析を行い, 最大津波高と津波到達時間を各市町村別に算出している。輪島市輪島地区の数値を表-3 に示すが, 今回の研究に用いる津波想定到達時間は, 最大津波高となる 1. 日本海東縁部の数値を用いて 50 分とする。

表-3 輪島地区における波源諸元と結果概要¹⁾

想定波限	1	2	3	4
	東縁部	東方沖	北方沖	四方沖
最大津波高	7.6m	4.0m	6.3m	2.3m
津波到達時間	50分	42分	5分	53分
想定モーメント マグニチュード	7.99	7.58	7.66	7.44
断層長(km)	167	82	95	65
断層幅(km)	17.32	17.32	17.32	17.32
地震モーメント (N-m)	1.22 E+21	2.95 E+20	3.89 E+20	1.82 E+20
すべり量 (m)	12.01	5.94	6.76	4.62
傾斜角(度)	60	60	60	60
すべり角(度)	90	90	90	90

5. 避難誘導に着目した地震津波避難シミュレーション

本研究の地震津波避難シミュレーションは, 前述した条件下でのシミュレーションを基本ケースとし, 新たにケースを作成する。基本ケースの渋滞エリアを図-4 に示す。

鳳至エリア, 河井エリアに渋滞が発生してしまった大きな原因として以下の点が考えられる。

- ・最短経路を通るという条件によりエージェントが幅員 1m 以下の道を通ってしまうことで, 避難速度が低減してしまった。
- ・収容量がオーバーした場合, 次に最も近い避難所へ移動するという条件により, すでに収容量がオーバーしている避難所へ再避難してしまった。

このような結果を踏まえ, 以下の点に着目し, 3 つの

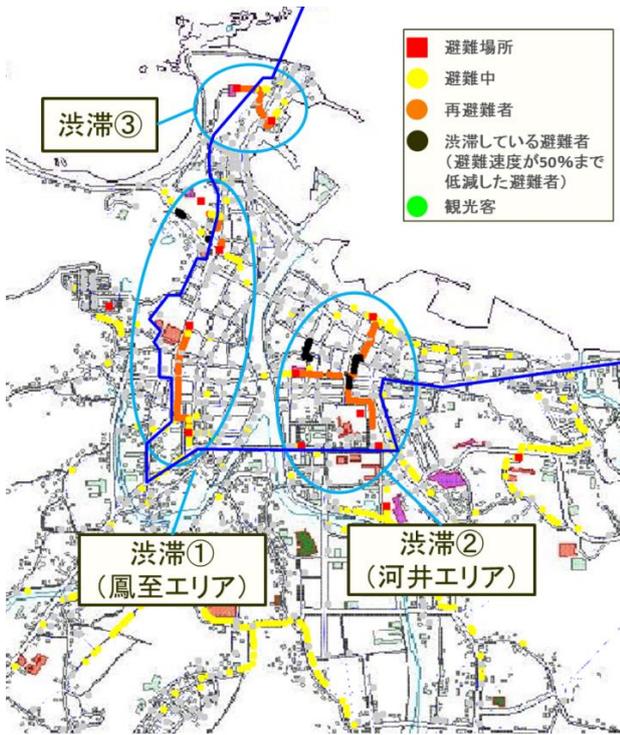


図4 基本ケースの渋滞エリア

ケースを設定した。

- ・最短経路よりも 3m 以上の幅員を選択するように、避難経路を指定して避難者を避難場所へ誘導することで、狭い道避け渋滞を緩和させる。
- ・収容人数が多い高台へ再避難誘導を行うことで、さらなる再避難者が生じることを避け、かつ高台に向かわせることで浸水域内からの早期避難を図る。
- ・海岸のホテル付近で大規模な渋滞が発生していたことから、海岸のホテル付近で海から離れるような位置にある避難場所へ避難誘導を行うこととし、無駄な再避難時間の短縮、収容人数が多い避難場所への誘導を図る。

設定した3つのケースを表4に、ケース1, 2, 3それぞれの指定避難経路を図5, 6, 7に示す。

基本ケースでにおいて鳳至エリアで輪島地方合同庁舎の収容人数が超過したので、次の最寄り避難所の鳳至小学校へ再避難を行っていたが、ケース1では渋滞解消のため勾配の高い夕陽ヶ丘高台へ再避難者を誘導する。また、最短経路を考慮しつつ、幅員 3m 以上の経路を選択している。河井エリアでは海岸のホテルとふれあい健康センターからの再避難者をそれぞれ誘導する。基本ケースでは再避難者が河井小学校へ押し寄せたため、河井小学校付近の手前で大規模な渋滞が発生していた。よって、ふれあい健康センターからの再避難者を奥能登土木総合事務所に、海岸のホテルから輪島高校へ誘導を行う。海岸のホテルから輪島高校への経路は鳳至エリアと同様に、幅員 3m 以上の経路を選択した。他ケースにおいてもケース1と同様の考え方で経路を想定する。

表4 ケース1,2,3の概要

	基本ケース+
ケース1	避難経路を指定 (ルートイン輪島付近での避難誘導なし)
ケース2	避難経路を指定 (ルートイン輪島付近での避難誘導あり)
ケース3	避難経路の途中で分散 (ルートイン輪島付近での避難誘導あり)

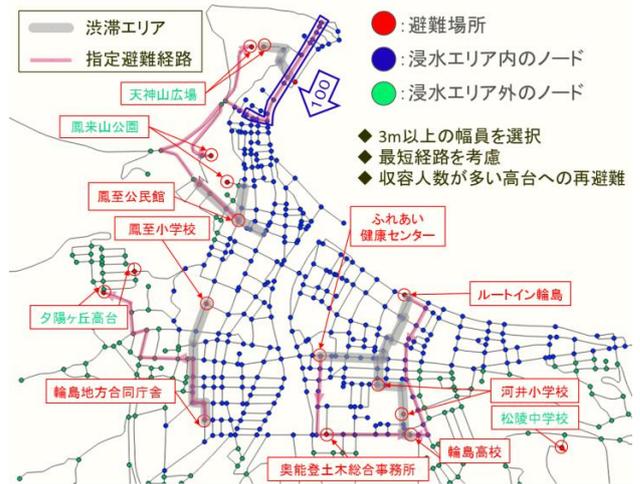


図5 ケース1の指定避難経路

ケース2では、鳳至エリアではケース1と同様に誘導を行う。河井エリアではふれあい健康センターからの再避難者についてもケース1と同様であるが、基本ケースにおいて海岸のホテルからの再避難者が 3000 人を超えていたことから、観光客や地域住民を海岸のホテルに一次避難をさせず、避難経路に到達した避難者を河井小学校と輪島高校へ二手に分けそれぞれ誘導する。

ケース3では、鳳至エリアでは合同庁舎から夕陽ヶ丘高台への誘導を行うが、鳳至小学校と夕陽ヶ丘高台との分岐点で、幅員比を用いて経路の分散を行う。河井エリアでは、避難経路はケース2と同様とする。ただし、ふれあい健康センターからの再避難者を、幅員比を用いて分散する。また、ふれあい健康センターからの再避難者と海岸のホテルから河井小学校への再避難者の合流地点で渋滞が予想されるため、幅員比を用いて分散する。

全ケースのシミュレーション結果を表5を、ケース1, 2, 3の50分後のシミュレーションの様子を図9, 10, 11に示す。

ケース1では、基本ケースで発生した渋滞地点は緩和されたが、新たな場所で渋滞や再避難者が発生していることがわかる。しかし表5に示すように、50分後に想定浸水域内に存在した人数は813人となり、基本ケースと比べて2,962人減少した。だが、避難済みの人数つまり避難場所に収容された人数はケース1と比べて235人



図-6 ケース2の指定避難経路

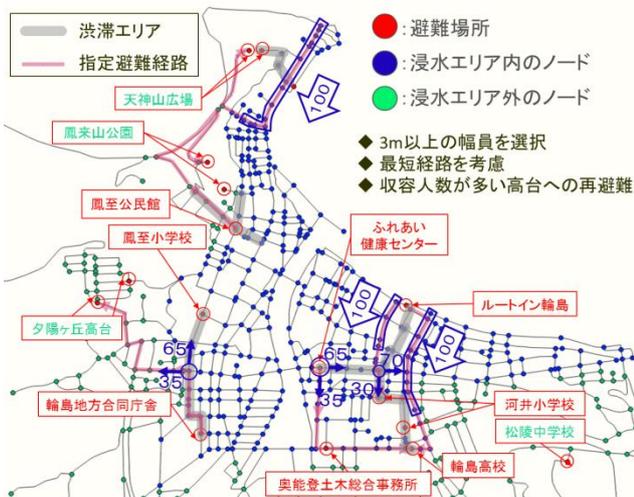


図-7 ケース3の指定避難経路

表-5 全ケースのシミュレーション結果

ケース名	50分後の避難状況(人)						
	避難済	想定浸水域内に存在			想定浸水域外に存在		
	避難前	避難中	合計	避難前	避難中	合計	
ケース1	11723	614	3161	3775	487	477	964
ケース2	11488	626	187	813	476	3686	4162
ケース3	13927	625	183	808	486	1242	1728
ケース4	13688	616	221	837	483	1455	1938

減少した。避難済みの人数が減少してしまった理由としては、高台へ避難誘導したことによって、避難距離が延び、避難時間がかかったためであると考えられる。また、高台へ誘導したことによって、想定浸水域外に人数が増加した。

ケース2では、ケース1と同様に、基本ケースで発生した渋滞地点は緩和されたが、別の場所で渋滞や再避難者が発生した。しかし、海岸のホテル付近の渋滞は解消された。ケース2ではケース1の条件に加えて海岸のホテル付近の避難誘導に関する変更を行ったが、表-10をみると、避難中的人数がケース1では187人、ケース2



図-8 ケース1の50分後のシミュレーションの様子

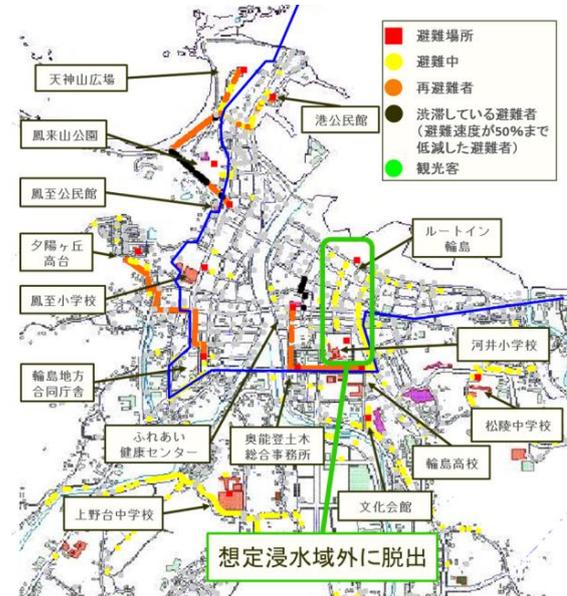


図-9 ケース2の50分後のシミュレーションの様子

では183人となり、ほとんど変わらないという結果となった。しかし、避難済みの人数つまり避難場所に収容された人数がケース1では11,488人、ケース2では13,927人と、ケース1に比べて2,441人増加した。浸水域内に存在した人数はほとんど変わらなかったが、避難済みの人数が増加した理由として、海岸のホテル付近で行った避難誘導が考えられる。

ケース3では、表-5より避難開始から50分後に浸水域内に存在した人数は、基本ケースに比べて2,939人減少し、ケース2に比べ28人増加する結果となった。この原因として、次のことが考えられる。

まず鳳至エリアでは、ケース2では鳳至小学校手前の道路は避難経路ではなかったが、ケース3では避難経路

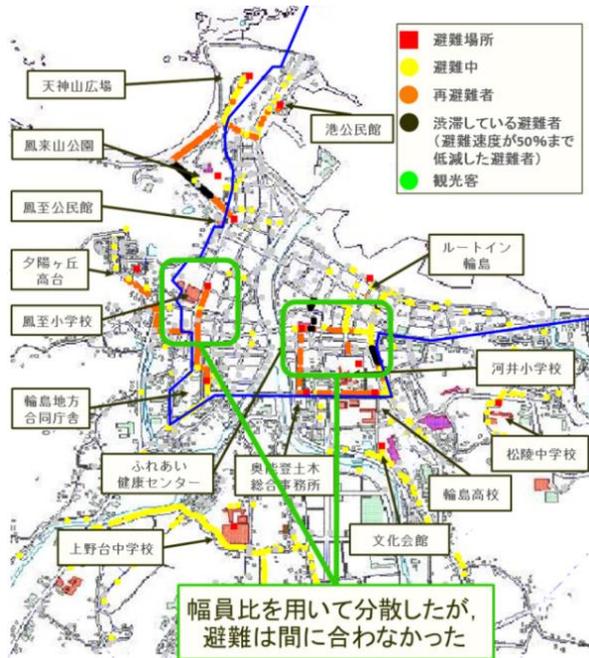


図-10 ケース3の50分後のシミュレーションの様子

上で分散を行っており、図-10をみると、想定浸水域内である鳳至小学校手前に再避難者が存在していることから、避難開始から50分後に浸水域内に存在した人数が増加したと考えられる。

また、河井エリアでは、ふれあい健康センターからの再避難者を河井小学校方面と奥能登土木総合事務所方面に分散したため、ふれあい健康センターから河井小学校、さらに輪島高校へと向かう途中の浸水域内で避難開始50分後に達したと考えられる。

6. 結論

本研究では避難誘導に着目し、避難経路の指定、経路の幅員比を用いての避難者の分散をしたケースについてシミュレーションを行った。その結果、幅員の大小によらず最短経路を選択するよりも少し遠回りであるが幅員の大きい経路を選択した方が、避難時間が短くなり、多くの避難者が避難場所に避難できるということが明らかになった。また、幅員が大きい経路を選択すると、地震の影響で家屋や塀等が倒れてきても回避しやすいなどの安全面においても利点があり、有効であるといえる。そして、観光客にとって最も近く海沿いにある避難場所よりも、遠くても海から離れた位置にある避難場所の方が、避難場所に入れず再避難せざるを得ないというような混乱状態を回避し、より津波から逃れられる可能性が高いということが明らかになった。ただし、シミュレーション上では、地域住民が観光客を連れて避難するという設定となっている。実際には、観光客にとって最も近い海

沿いの避難場所に向かうと考えられるので、観光エリア付近に住んでいる地域住民に協力してもらい、海から遠ざかるように避難誘導することで、シミュレーション上のように多くの観光客が助かることに繋がると考える。

ただし、避難誘導時に避難距離が延びた場合、避難済みの人数が少なくなる場合もあることもわかった。幅員比を用いた避難誘導については、特に避難状況に良い影響は与えなかった。

ここで、同様のシミュレーションと比較する。藤岡ら²⁾は避難誘導員を必要とするケースでの津波避難シミュレーションを行った。それに対して、本研究では、あらかじめ避難経路を決めておくというものであり、避難誘導員を必要としないケースである。藤岡らのシミュレーション結果では、避難誘導員による避難者への避難方法を指示したことで効率的に避難者を避難場所へ誘導できたが、避難場所付近では渋滞してしまう結果となった。本研究では、避難経路を指定して避難者を避難場所へ誘導したが、避難場所付近では道が一つとなり、かつ多くの避難者が避難場所に押し寄せるとい理由から、同様に渋滞が発生していることがわかった。よって、避難場所付近の避難経路を検討することが今後の課題といえる。

また、本研究のこれまでのシミュレーションでは、避難者の避難開始時間が、3章で述べたように、東日本大震災での実績を利用している。そこで今後は、研究対象地域である輪島地区の住民を対象とした避難開始時間に関するアンケートを行うことで危機意識を明らかにし、さらに輪島地区住民の避難開始時間を反映させた場合のシミュレーションを実施する。

これを地震発生すぐに全員が避難を開始した場合のシミュレーションの結果と比較し分析を行うことで、避難開始時間による避難状況の違いを明らかにする。また、実際に輪島地区住民に対しても避難開始時間の違いによる避難状況の変化を見てもらうことで、津波避難に対する危機意識を持ってもらうことができると考える。

さらに、これまで検討したケースは、研究者目線で考えられたケースである。そこで今後は、輪島地区住民向けのワークショップを行うことを考えている。目的としては、本研究で明らかになった、「幅員の大小によらず最短経路よりも少し遠回りであるが幅員の大きい経路を選択した方が、避難状況が良い」という結果についての地域住民の意見や、地域住民が考える避難経路の優先事項等を得ることとしている。また、避難経路や危険な場所など、地区住民ならではの情報を得て、それをシミュレーションに反映させることで、より現実的なシミュレーションを作成し、地域に適した避難経路を検討するべきであると考えられる。

参考文献

- 1) 内閣府防災担当部局：防災に関してとった措置の概況
平成 25 度の防災対策に関する計画, p. 7, 2013.
- 2) 藤岡正樹, 石橋建一, 梶秀樹, 塚越功：津波避難対策の
マルチエージェントモデルによる評価, 日本建築学会計
画系論文集, No. 562, pp. 231-236, 2002. 12.
- 3) 渡辺公次郎, 近藤光男：津波防災まちづくり計画支援の
ための津波避難シミュレーションモデルの開発, 日本建
築学会計画系論文集, Vol. 74, pp. 627-634, 2009.
- 4) 藤村和正：大田区蒲田地域における自然災害意識調査と
避難行動シミュレーション, 日本建築学会大会学術講演
梗概集, pp. 941-942, 2014.
- 5) 野村尚樹：地震津波に関するリスクコミュニケーション
と避難シミュレーションに関する研究, 平成 25 年度金沢
大学博士論文, pp. 80-85, 2013.
- 6) 津波対策推進マニュアル検討委員会：津波対策マニユア
ル検討報告書, p. 38, 2002.
- 7) 高知県海洋局漁港課：漁村における津波対策基本方針,
pp. 5-23, 2005.
- 8) 北海道建築指導センター：センターレポート, 通巻第 166
号秋号, pp. 2-5, 2008.
- 9) 津波避難を想定した避難路, 避難施設の配置及び避難誘
導について (第 3 版), 概要-3, 2013.
- 10) 国土交通省国土技術政策総合研究所, STA テクノロジー・
ショーケース, p. 61, 2013.
- 11) 石川県：平成 23 年度石川県津波浸水想定調査概要版,
pp. 13-24, 2011.

(2016.12.4 受付 , 2017.2.26 修正 , 2017.2.27 受理)

ANALYSIS ON TSUNAMI EVACUATION
BY USING MULTI AGENT SYSTEM
~CASE STUDY OF WAJIMA DISTRICT IN WAJIMA CITY~

Yosuke KOSAKA, Naoki NOMURA, Aiko OTO and Masakatsu MIYAJIMA

In this study, the surrounding of the Wajima City harbor area where the Noto Hanto Earthquake was experienced in 2007 is targeted. The evacuation route in the region is discussed by simulating the cases that a refuge instruction are parameters, Earthquake tsunami evacuation simulation using the GIS data which Wajima City held and multi agent system is conducted.