

GIS を用いた津波避難計画における避難時間の可視化 と関連施設の配置計画に関する研究

○山田 悟史^{*1} 吉川 優矢^{*2}
大山 智基^{*3} 宗本 晋作^{*4}

キーワード：津波避難計画，可視化，避難時間，施設配置計画，GIS

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震以降、津波に対する避難計画に関する取り組みが各地で行われている。その中でも社会的に着目されている地震には南海トラフ地震が挙げられ、内閣府から被害想定が発表されている¹⁾。公開された津波に関する被害想定において、L2 レベルという極めて稀に発生する地震を想定した場合にはあるが、過去の震災を超える広範な範囲に津波が及ぶ想定が発表された。このような被害想定を社会的課題としてとらえ、被害想定に含まれる自治体を主に避難計画の取り組みや学術研究が行われている。その中には、地理空間情報 (GIS) などの情報システム技術を用いた取り組みも多い。自治体が実際の計画案の策定に用いた事例には、GIS を用いて対象地域の現況やリスクを視覚的な情報として住民と共有し、計画案を共同で策定するという事例が見られる。学術研究においては、情報システム技術を用いたリスクの把握と可視化だけでなく、計画案を数理的に検討し、客観的な視点から計画案を提示している。前者には、日建設計震災復興ボランティア部の「逃げ地図」²⁾ がある。逃げ地図では住民参加型ワークショップを行い、避難経路・避難施設・高台移転等の方策の避難時間を可視化している。手法として誰もが理解出来る単純な方法かつ手作業を採用しており、参加者のアクティブラーニングを意図していると考えられる。筆者らもこの観点から、青森県おいらせ町にて自治体・民間コンサルタント・住民と連携して開催された津波避難計画に関わるワークショップに参加し、ワークショップ内で提案された計画を定量的かつ視覚的に共有可能な資料とすることで、合意形成と計画を支援し津波避難計画の策定に携わった³⁾。後者については、藤岡⁴⁾・渡辺⁵⁾・村上⁶⁾・鈴木⁷⁾ などがあり、避難時間を評価指標の一つとして対象地の評価と避難計画に関する研究が行われている。時間的指標を用いた施設配置計画については筆者らもドクターヘリ基地病院の配置計画の検討を行ってきた⁸⁾。津波避難計画については上述のような取り組みが各地で行われているが、広範かつ大きな被害が想定¹⁾⁹⁾¹⁰⁾ されている和歌山市の津波避難計画を避難時間の視点から定量的に評価し、自治体や住民が共有可能な視覚的な資料とした事例や、避難施設の配置計画を検討した資料や研究は見当たらない。そこで本研究は、和歌山市を対象に津波避難計画における避難時間の

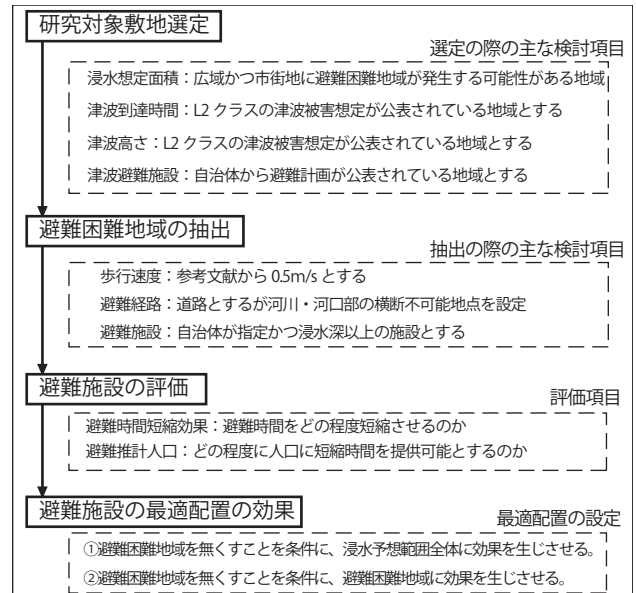


図 1 研究の流れ

可視化と関連施設の配置計画の検討を行う。具体的には、避難時間と人口を用いて、現況及び和歌山市が公表した津波避難協力ビル協力¹¹⁾ 指定の定量的な評価と可視化を行い、避難施設の配置計画を数理的に検討すること目的とする。なお本論文は、平成 25 年度本シンポジウムの報告¹⁵⁾ をもとに、川を渡らない設定や現地調査にて把握した道路を加えた上で再解析を行い、数理的な最適配置を行ったものである。

2. 研究概要

2.1. 研究の流れ

研究の流れを図 1 に示す。本研究は図 1 に示した検討項目から研究対象地を和歌山市とした。和歌山県は、静岡県に次いで 2 番目に多い 8 万人という死者想定がされている。そして和歌山市は県内で最も浸水想定域が広域かつ市街地であり、広域の避難計画が必要とされている。そこで本研究は、和歌山県から発表されている津波浸水想定域や津波到達想定時間等の被害想定を基に、避難計画の評価と避難施設の配置計画の検討を行う。解析においてはまず、任意地点から津波浸水想定域外である最寄りの高地への避難のみを想定した場合 (case1) の避難時間を解析する^{注 1)}。次に、和歌山市が指定する津波避難協力ビルへの避難も含めた場合 (case2) の避難時間を解析する。この結果を地図上に布置することで避難計画の

評価を可視化し、定量値と併せて評価を行う。評価においては任意地点からの避難時間が第一波到達想定時間以上となる範囲（以降、避難困難地域と称する）に着目して行い、範囲内に含まれる人口も推計する。そして、避難困難地域を無くすことに着目し、避難施設の配置計画（case3 及び case4）を検討する。

2.2. 解析方法

・避難時間の解析と避難困難地域の抽出

本研究では、津波浸水想定域内の任意地点からの避難時間を網羅的に解析し、時間的指標を算出するとともに、避難困難地域を抽出することで、定量的かつ視覚的な避難計画の評価を行う。地図に解析結果を布置するのは、避難困難地域を具体的に把握するためであり、研究内容の社会的な共有のためでもある。避難時間の算出方法は、任意地点から避難場所までの最短経路距離を歩行速度で除する単純な方式とし、関わる設定についても、避難速度は一律の 0.5m/s （注2）、避難開始は地震発生時に全時点同時、人の流入に拠る混在を加味しない、とした。解析に用いるデータ構成を表1に示す。避難時間の解析は道路ネットワークを対象とし、GISmap for Roadの道路中心線を基本とし、現地調査、ZmapTown II・都市計画図の道路を参考に補った。避難開始地点は、津波浸水想定域を覆う50mメッシュの中心点とし、メッシュ内に複数の道路がある場合は中心点から最も近い道路を用いて避難する設定とした。最寄りの高地への避難のみ想定したcase1の避難先は、津波浸水予想域の境界と道路の交点とした（以降、一次避難場所と称する）。和歌山市が計画した避難計画の部分的な評価に該当するcase2においては、避難先に和歌山市が指定する津波避難協力ビルを加えた。以上の設定により避難時間を解析し、平成25年3月に和歌山県が発表した津波第一波到達想定時間の40分¹⁾⁹⁾¹⁰⁾との比較により避難困難地域を抽出した。なお新設の避難施設の配置計画の検討に該当するcase3及びcase4においては、数理的に配置した避難施設を避難先に加えている。解析にはArcGIS 10.2 for Desktopを用いた。

・人口の算出方法

避難計画の評価指標として人口を算出する。具体的には、避難困難地域の人口、case2～case4において追加する避難先毎の避難推計人口の算出である。人口の算出においては、図2のように建物を基準に人口を算出する。これは、町丁目として人口密度が同じであっても、建物の分布には偏りがあるためである。解析では準備として、町丁目の人口と建物形状から地区毎に建物1㎡当りの人口密度を算出し、建物床面積により建物毎に人口を属性データに格納した。以上の準備を行った上で解析を行い、抽出された避難困難地域の人口をメッシュ内の建物から

表1 解析データ構成

項目	使用データ・用途
道路中心線	GISmap for Road・都市計画地図 デジタルデータに現地調査と地図で確認した道路を加えた経路をネットワーク解析に使用する。
津波浸水想定域	H25年3月 和歌山県発表資料 避難時間の対象範囲として使用する。
津波到達時間	H25年3月 和歌山県発表資料 避難目標時間の設定に使用する。
解析メッシュ	50m 正方形メッシュ 総数18539メッシュ 中心点をネットワーク解析の解析開始地点として使用する。
一次避難場所	道路中心線と浸水域の交点 853箇所 地形を使った避難時の浸水域外の避難目標地点に使用する。
津波避難協力ビル	和歌山市役所指定の津波浸水想定域内の津波避難協力ビル 26箇所 浸水深以上の建物を避難ビルとして設定する。
建物形状	Zmap Town II 建物に一件当りの人口を格納して人口の算出に使用する。
行政界面人口	H22年 統計局国勢調査 町丁目単位で人口が格納されている。 建物形状に人口を格納するための元データに使用する。



図2 人口算出の概念図

人口を算出する。避難先毎の避難推計人口の算出においては、避難先が同一となるメッシュの範囲（以降、避難単位と称する）内に含まれる建物から人口を算出する。

・避難施設の配置計画の検討（case3, case4）

避難困難地域を無くすことを前提に避難施設の配置計画の検討を行う。本研究では、全解析メッシュの避難時間を40分以内にするための最小施設数を、避難時間の合計値が最小となるよう避難施設を配置し、その効果を把握する。解析メッシュ全体を避難時間最小化の対象とした場合をcase3と呼称し、避難困難地域となったメッシュのみを避難時間最小化の対象とする場合をcase4と呼称する。配置候補地点は道路の交差点とした。解析メッシュの中心点としなかったのは、前掲の取り組み³⁾の際に、候補地の特定が今後の避難施設配置の実施において影響を及ぼす可能性がある旨指摘されたためである。

3. 避難計画の評価と避難困難地域の把握

図1にcase1、図2にcase2の避難時間分布地図を示す。この図はメッシュの避難時間を0分から40分のグラデーションとして可視化した図である。40分以上は全て紫色としている。表1は解析結果を定量値として示したものである。case1とcase2の避難時間分布地図を比較すると、浸水想定域内の内陸部の避難時間が改善されている。この結果を定量的に評価すると、避難協力ビルを指定する

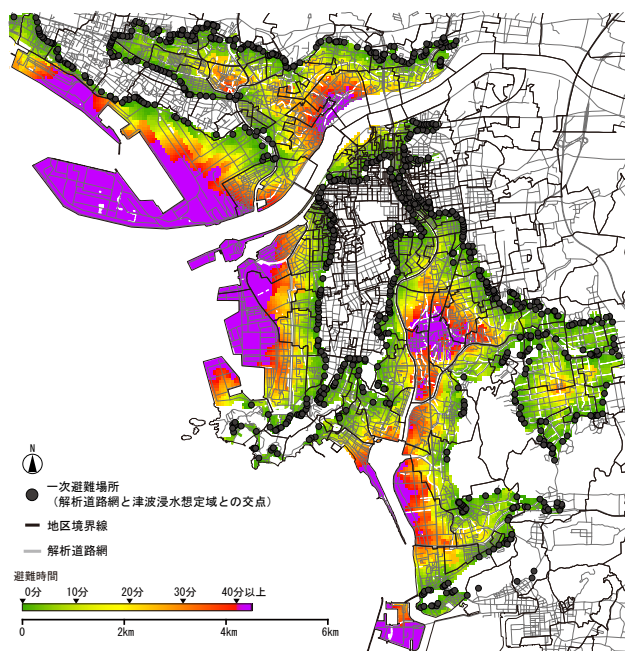


図3 case1の避難時間分布地図

表2 case1とcase2の比較

	case①	case②
避難時間の合計値(分)	499402.61	424025.61
平均避難時間(分)	26.94	22.87
短縮時間の合計(分)		75377.01
短縮時間が生じたメッシュ数		4308
平均短縮時間(分)		17.50
40分以上のメッシュ数	3570	2320
40分以上の建物数	5295	1601
40分以上の推計人口	8150.56	2194.06

ことで、平均避難時間を4.07分短縮させ、40分以上の地点を1250メッシュ減少させていることが分かる。避難困難地域が残っているが、これは避難協力ビルの指定が既存のビルを前提としており、避難困難地域を無くすことを前提条件にしていなかったためである。避難困難地域が残り、避難困難推計人口が2194人となったが5956人減少させcase1の約26%となっている。メッシュ数が約64%となったことと比較すると、人口が多い避難困難地域のビルを津波避難協力ビルに指定したと評価出来ると考えられる。case2における津波避難協力ビル毎の避難時間の短縮時間と避難推計人口を表3に示す。ビル毎に効果をみると、広範に避難時間を短縮させているビルは、No.2市営湊薬種畑団地、No.6湊パーソナルヴィラ、No.16紀州技研工業株式会社である。短縮時間の合計においては、No.2市営湊薬種畑団地が突出して高く、No.4青岸クリーンセンター、No.16紀州技研工業株式会社、No.18ロイヤルパインズホテルも高い。平均短縮時間（短縮時間が生じたメッシュの短縮時間の平均。施設毎の値は避難単位内が対象）では、No.3青岸エネルギーセンター、No.4青岸クリーンセンターが高く、No.2市営湊薬種畑団地、No.18ロイヤルパインズホテルも高い。No.2市営湊薬種畑団地は複数の指標において上位であり、case1において避難困難地域であった範囲に位置していることから、効果

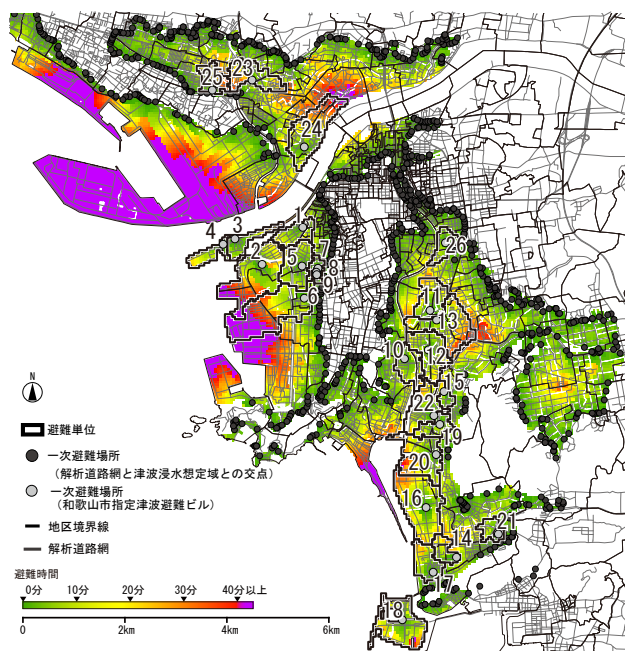


図4 case2の避難時間分布地図

表3 case2における避難ビルの評価

No.	名称	避難者推計人口(人)	最寄り建物戸数(戸)	最寄りメッシュ数	短縮時間合計(分)	平均短縮時間(分)
1	和歌山県歯科医師会館	735.84	560	114	1622.27	14.23
2	市営湊薬種畑団地	1163.11	1133	395	12215.00	30.92
3	青岸エネルギーセンター	0.00	141	102	5103.50	50.03
4	青岸クリーンセンター	0.00	62	91	6777.74	74.48
5	湊御殿第2団地	2033.19	1129	188	2430.33	12.93
6	湊パーソナルヴィラ	2193.09	823	432	3962.34	9.17
7	近畿財務局和歌山合同庁舎1号棟	467.65	254	33	133.57	4.05
8	近畿財務局和歌山合同庁舎2号棟	60.65	49	8	47.06	5.88
9	近畿財務局和歌山合同庁舎3号棟	90.09	56	11	19.96	1.81
10	ライオンズマンション和歌山塩屋	1193.72	549	129	1532.86	11.88
11	Nビル ハルスNAKASHIMA	1650.29	1156	154	2853.68	18.53
12	グリーンフル小雑賀	1870.70	1121	211	4835.49	22.92
13	オーグワ教育研修センター	3811.23	1950	281	5483.99	19.52
14	紀三井寺陸上競技場	343.39	166	79	952.22	12.05
15	中央終末処理場	383.38	156	35	326.46	9.33
16	紀州技研工業株式会社	1453.58	676	365	6529.14	17.89
17	ファシナオン毛見Ⅱ	1083.44	608	132	844.30	6.40
18	ロイヤルパインズホテル	286.00	104	285	8851.27	31.06
19	外ロビーズ	913.59	412	90	1160.59	12.90
20	紀三井寺ガーデンホテルはやし	2372.05	699	261	1653.13	6.33
21	雇用促進住宅	536.09	301	68	316.19	4.65
22	ローバス三葛	1392.04	668	201	3336.52	16.60
23	マスターズエル延時	2024.98	965	168	607.66	3.62
24	市営北島団地	3746.75	2122	292	3308.28	11.33
25	市営プリー松江	1673.52	788	98	66.89	0.68
26	イズミヤ和歌山店	983.35	493	85	406.57	4.78

の高い避難協力ビルの指定であると考えられる。避難困難地域の観点からとらえると、定量値がやや低いビルも含まれるがNo.3・No.4・No.11・No.12・No.16・No.18・No.24は避難困難地域を減少させたと評価出来る。なお、No.3. 青岸エネルギーセンター、No.4. 青岸クリーンセンターの0人を代表に、避難単位内に建物があるにも関わらず避難推計人口が0人または少ないビルがあるが、これは非常住人口を加味していないためである^{注3)}。特に、No.3・No.4の周辺は工業地帯であるため就業者が勤務しており、実際には避難時間だけでなく人口という指標においても効果がある避難協力ビルの指定と評価出来る可能性もあると考えられる。



図5 case3の避難時間分布地図

表5 case3における最適配置地点毎の効果

No.	避難者推計人口(人)	最寄り建物戸数(戸)	最寄りメッシュ数	短縮時間合計(分)	平均短縮時間(分)
27	48.05	129	231	4462.88	19.32
28	0.03	3	341	54566.00	160.02
29	21.69	145	236	7810.65	33.10
30	2.15	19	255	33003.79	129.43
31	23.55	181	287	23114.34	80.54
32	148.22	407	321	9438.57	29.40
33	496.83	45	206	4998.86	24.27
34	1286.33	996	328	9855.62	30.05
35	1219.84	389	397	10342.76	26.05
36	1852.89	1077	389	7859.81	20.21
37	4989.03	2496	342	5958.16	17.42
38	256.02	136	138	5543.96	40.17
39	7.18	72	163	6243.16	38.30
40	0.08	2	63	7844.97	124.52

表4 各caseの比較

	case①	case②	case③	case④
避難時間の合計値(分)	499402.61	424025.61	232982.07	236923.05
平均避難時間(分)	26.94	22.87	12.57	12.78
短縮時間の合計(分)		75377.01	191043.54	187102.56
短縮時間が生じたメッシュ数		4308	3697	3697
平均短縮時間(分)		17.50	51.68	50.61
40分以上のメッシュ数	3570	2320	0	0
40分以上の建物数	5295	1601	0	0
40分以上の推計人口	8150.56	2194.06	0	0
40分以上のメッシュを短縮した合計時間		169924.30	174483.56	

4. 避難施設の配置計画の検討

case2で抽出した避難困難地域の避難時間を40分以内とすることを条件にした場合、14未満の施設数では何れの配置パターンでも避難困難地域が残った。そのため14施設を本研究で配置する避難施設数とした。case3においては、候補地点に14施設配置する全組合せのうち、避難困難地域が発生せず全メッシュからの避難時間が最小化する組合せを配置した。避難時間分布図を図5に示す。避難困難地域となったメッシュのみを対象としたcase4は図6に示す。表4はその定量的な評価をcase同士で比

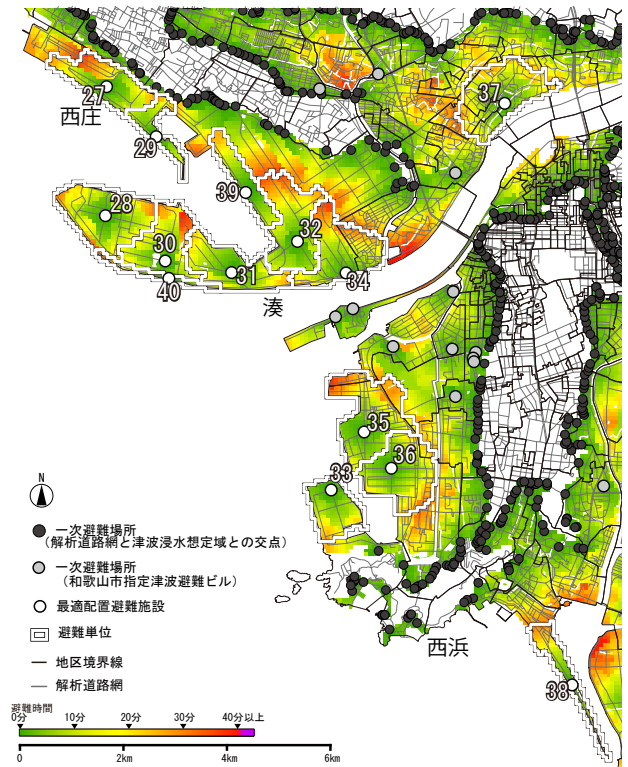


図6 case4の避難時間分布地図

表6 case4における最適配置地点毎の効果

No.	避難者推計人口(人)	最寄り建物戸数(戸)	最寄りメッシュ数	短縮時間合計(分)	平均短縮時間(分)
27	48.36	165	231	7230.58	31.30
28	0.03	3	341	54566.00	160.02
29	10.15	65	112	4154.54	37.09
30	2.15	19	255	33003.79	129.43
31	20.13	135	258	21633.23	83.85
32	141.27	363	300	11294.36	37.65
33	447.21	40	179	4489.49	25.08
34	1107.59	852	298	9307.05	31.23
35	1114.26	323	355	9539.81	26.87
36	1461.26	651	307	7677.40	25.01
37	4626.42	2349	327	5555.02	16.99
38	256.02	136	138	5543.96	40.17
39	7.15	71	144	5262.35	36.54
40	0.08	2	63	7844.97	124.52

較したものである。全体としての評価を表4からを見ると、まず避難困難地域が0となっている。図5・図6から避難困難地域が顕著に改善された地域は西庄・湊・西浜地区であることが視覚的に確認出来る。平均避難時間は両ケースとも約13分となっており、case2の約56%となり10分程度を短縮させている。配置地点毎の効果を示した表5及び表6を見ると、共通する傾向としてNo.28・No.30・31の短縮時間の合計が高く、平均短縮時間でもNo.28・No.30・No.40が共通の傾向として高い。配置地点が最寄りメッシュとなるメッシュ数でも共通の傾向となり、No.28・No.32・No.34・No.35・No.36・No.37が高く、避難推計人口においても、No.37が突出して高く、次いでNo.34・No.35・No.36が高いという共通の傾向となった。No.28・No.30・No.31は避難短縮時間とメッシュ数の観点からは効果が高いが、人口が少ない点でもある。しかしながら、該当する範囲は釣り場や公園が位置しており、工場が建設中でもあるため、実際には非常住人口をふま

え優先順位を評価する必要があると考えられる。人口の観点からはNo. 37が突出して高い一方で短縮時間が低い、避難困難地域をなくすためには近傍だとしても配置が必須ということを踏まえると、配置の優先順位は高いと考えられる。

一方で両 case の違いに着目すると、短縮時間が case3 の方が高い値だが、差は約 2% 程度であり、避難時間分布図においても視覚的な把握が困難な程度となった。しかしながら、ビル毎の短縮時間の違いをみると、case3 に対して No. 29 は約 53%, No. 27 は約 162%, No. 39 は約 84% となり比較的差が大きい。一方で差が数 % 前後の地点もある。位置についても、視覚的に違いを認識容易な No. 27・No. 33・No. 35・No. 36・No. 37 がある一方で、認識困難な地点もある。前述の No. 37 を優先的に配置する場合でも、位置を共通解として指定出来ず、下位の地点を段階的に配置するための優先順位も入れ替わる結果となった。避難時間を最小化する配置地点は配置計画の目安になるが、解析対象の設定によって配置地点が異なるため、避難困難地域を無くすことを目的にした避難施設の配置計画においては、今回示した地点から移動が許容される近傍領域、移動によって生じる短縮時間の減少も加味して検討することが望ましいと考えられる。

5. まとめ

本研究では以上のように、最寄りの高地への避難のみを想定した場合(case1)との比較から、和歌山市が行った津波避難協力ビル指定(case2)の評価を行い、避難困難地域をなくすための14施設の数理的な配置を2パターン検討した。今後、津波避難協力ビルにおける円滑な避難に向けた外部階段等の設置や、地震発生後の生活用品の備蓄を行うとした場合、case2において避難短縮時間または避難推計人口が高かった避難協力ビルの優先順位が高いと考えられる。また、避難施設を追加する際には、case3 または case4 にて示した地点を目安に配置することが効果的であり、短縮時間の観点からは No. 28 の優先順位が高いと考えられる。また自治体の行う施策としては、公共施設の配置計画に用いられる人積の視点をふまえ、常住人口のみではあるが避難推計人口の観点からは No. 37 の優先順位も高いと考えられる。しかし、配置地点と効果は、解析対象メッシュの設定だけでも異なり、優先順位の判断材料となる指標毎の順位にも変化が生じた。また、避難時間を最小化する配置だとしても、現実的には配置が困難な場合もある。今後は、避難困難地域を無くすという条件を満たす適正範囲の検出と、最適配置からずれることによって生じる避難時間の減少を把握する予定である。また、年齢別歩行速度・避難行動・道路閉塞・非常住人口を加味することも今後の課題とする。

謝辞

本研究で用いたデータの一部は、東京大学空間情報科学センターとの共同研究「地理空間情報を用いた避難施設及び避難経路の計画手法に関する研究」として借用した物である。記して謝意を表する。

注

- 注 1) 本研究では命を守るために逃げることを避難とした。そのため本研究が設定した避難先の多くは生活機能は保有しておらず、避難先に一時的に避難し、避難先にて津波が引くの待ちその後生活機能を有した避難施設に向かうことになる。この配置計画も重要な課題であるが、本研究ではまず命を守る、という視点で研究を行った。
- 注 2) 一律の速度については内閣府の発表資料(参考文献12))において1m/sと指定されているが、自治体の取り組みや研究では様々な値が用いられており、適切な値を断定することは困難である。参考文献8)の取り組みの際には、地形に起伏があること、高齢者がいること、時間によって変動すること、道路の状態が変化する可能性があること、など配慮した値にする事が望ましいとの意見が住民から出され、避難時間を用いた評価においては不利な値となるが、内閣府発表資料の半分の値となる0.5m/sとした。今回の研究では現地での住民参加型WSを開催してはいないが、前述の経緯をふまえ本研究でも0.5m/s値とした。人の属性・道路状態・時間帯・避難時の心理に応じた避難時の歩行速度や行動の調査は、本研究や避難計画に関わる学術研究や自治体の取り組みにおいても今後の課題と言える。
- 注 3) 就業人口やパーソントリップ調査を加味したとしても人口は統計値であること、変動する不確定要素であることから、評価指標として明確に採用することが難しい面もある。そのため本研究では、避難困難地域を無くすることが重要であると考え、最小施設配置数を決定し、避難時間を最小化することを目的に数理的な配置を行った。但し実際の取り組みを考慮すると、人口に対する効果が高い地域などを把握して段階的には現実化する必要があると考えられるため、非常住人口を加味した人口の算出も行うことも今後の課題である。

参考文献

- 1) 内閣府南海トラフ地震対策HP: <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/>
- 2) 逃げ地図HP <http://www.nigechizuproject.com/>
- 3) 山田悟史, 吉川優矢, 大山智基, 石井政雄:GISを用いた津波災害に対する避難計画の作成支援手法-避難地図の作成と一次避難場所・避難施設及び避難経路の配置計画-, 東日本大震災2周年シンポジウム, 一般公募(口頭発表), pp. 265-270, 2012. 3, 日本建築学会
- 4) 藤岡正樹, 石橋健一, 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, 日本建築学会
- 5) 渡辺次郎, 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, No. 637, pp. 627-634, 2009. 3, 日本建築学会
- 6) 村上正浩, 他9名:住民・自治体協働による防災活動を支援する情報収集・共有システムの開発, 日本地震工学会論文集第9巻, 第2号, pp.200-222, (特集号)2009. 3, 日本地震工学会
- 7) 鈴木猛康, 秦康範, 佐々木邦明, 大山勲:住民・行政協働による減災活動を支援する情報共有システムの開発と適用, 災害情報, No. 9, pp. 46-59, 2011
- 8) 山田悟史, 吉川優矢, 大山智基, 大内宏友, 及川清昭:ドクターヘリ運用効果の可視化と関連施設の配置計画に関する研究-医療行為開始までの短縮時間と救命率の向上率及び人口を用いた検証-, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 78, No. 692, pp. 2163-2172, 2013. 10, 日本建築学会
- 9) 和歌山県津波浸水想定図, 和歌山県地震・津波被害想定検討委員会, 2013. 3
- 10) 「南海トラフの巨大地震」及び「東海・東南海・南海・3連動地震」による津波浸水想定について, 和歌山県地震・津波被害想定検討委員会, 2013. 3
- 11) 和歌山市の津波避難協力ビルに関するHP: http://www.city.wakayama.wakayama.jp/menu_2/tsunamihinan.html
- 12) 津波避難ビル等に関わるガイドライン, 津波ビル等に関わるガイドライン検討会 内閣府政策統括官(防災担当), 2005. 6
- 13) 岡部篤行, 鈴木敦夫:最適配置の数値, 朝倉出版, 1992. 4
- 14) 藤澤克樹, 後藤順哉, 安井雄一郎:Excelで学ぶOR, オーム社, 2011. 7
- 15) 吉川優矢, 大山智基, 山田悟史, 石井政雄:地理情報システムを用いた津波避難計画の避難時間の可視化と関連施設の配置計画, 第36回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(報告部門) pp. 225-228, 2013. 12, 日本建築学会

* 1 中央大学 理工学部 人間総合理工学科 助教・博士(工学)

* 2 大和ハウス工業株式会社 修士(工学)

* 3 愛知県庁 修士(工学)

* 4 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科
准教授・博士(工学)

Visualization of Evacuation Time and Planning of Evacuation Facilities for Seismic Surges using GIS

○Satoshi YAMADA^{*1} Yuya YOSHIKAWA^{*2}
Tomoki Oyama^{*3} Shisaku MUNEMOTO^{*4}

Keywords : Evacuation Planning for Seismic Surges, Visualization, Evacuation Time, Facilities Arrangement Planning, GIS

Evacuation plans of tsunami have been discussed in many communities since the 2011 Tohoku Earthquake in Japan. There are many plans used GIS in these plans. For example, there is a case in which people in the community share visualized information used GIS about present states or risks in covered areas, and develop the plan collectively. Researchers have proposed not only the understanding and visualization of the risk used GIS but also the plan mathematically. However, there are no studies about evacuation plans of tsunami from the viewpoint of evacuation times quantitatively in Wakayama city assumed large and extensive damages. In addition, there are also no studies and reports which are discussing arrangement plans of evacuation facilities mathematically. The purpose of the present study is to discuss the visualization of evacuation times and arrangement plans of evacuation facilities. We evaluate and visualize evacuation buildings which are pointed and announced in Wakayama city by using evacuation times and population, and discuss arrangement plans of evacuation facilities mathematically.

First of all, evacuation times are analyzed in the case (case 1) which is only the prediction of evacuations from arbitrary points to near highest points out of areas rushed by the tsunami. Next, evacuation times are also analyzed in the case (case 2) included evacuation buildings which are pointed by Wakayama city. We visualize the evaluation about evacuation plans by arranging these results. In particular, we focus areas which evaluation times from arbitrary points over times of first reached tsunami, and we calculate evacuation population. If difficult evacuation areas are found, we discuss arrangement plans of evacuation facilities (case 3 or 4) to reduce these areas.

In this study, we discuss 2 patterns (case 3 and 4) of arrangement plans based on the quantitative evaluation of evacuation buildings announced by Wakayama city and 14 facilities mathematically to reduce difficult evacuation areas. In the future, it is hoped that the people preferentially use evacuation buildings which evacuation times are short and estimate evacuation figures were high in case 2 when they set outside staircase to improve access for smooth evacuation and stockpiled livingwares in preparation for the disaster. In addition, it is also hoped that evacuation facilities were added to points in case 3 or 4, and arranged preferentially as No.28 from the viewpoint of evacuation times. Furthermore, No.37 was important from the viewpoint of estimated evacuation figures based on man space used by arrangement plans of public facilities in a policy by a self-governing body.

* 1 Assistant Prof., Dept. of Integrated Science and Engineering for Sustainable Society, Institute of Science and Engineering, Chuo Univ., Dr. Eng.

* 2 Daiwa House Industry Corporation, M.Eng.

* 3 Aichi prefecture, M.Eng.

* 4 Associate Prof., Dept. of Architecture and Urban Design, Faculty of Science & Eng., Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.