

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656347

研究課題名(和文) 想定外被害低減のための住民啓発に向けた簡易型避難シミュレーションシステムの開発

研究課題名(英文) Development of the simplified simulation system to enlighten inhabitants in order to reduce their damages by large earth quake

研究代表者

横田 隆司 (YOKOTA, Takashi)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20182694

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円、(間接経費) 300,000円

研究成果の概要(和文)：大震災時の避難行動をシミュレートする新しいシミュレーションシステムの構築のための萌芽的研究として、大きくは東日本大震災における避難行動のモデル化とそれに基づいたシミュレーションシステムの開発の二つの内容の研究を行った。その結果、児童や障害者など多様な人間の避難行動への配慮の必要性が明らかになったと共に、浸水被害想定や津波可視化などの課題に対して住民が簡易に利用できるシステムを構築することができた。

研究成果の概要(英文)：I had conducted this study, which aims to develop new simulation system that can simulate various refuge behavior at the great earthquake. I investigated the various type of human such as disabled who should be cared. The system, which can be easily used for residents, had the bird view to show tsunami.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学

キーワード：地震 避難 シミュレーション 津波

1. 研究開始当初の背景

平成 23 年 3 月 11 日 14:46 に発生した海溝型大地震により引き起こされた東日本大震災は、太平洋沿岸部に巨大津波を襲来させ、約 19,000 名の死亡者・行方不明者が発生した。これは、阪神・淡路大震災において市街地への直下型大地震が早朝の住民が就寝している時間帯に発生したことで、多くの家屋が倒壊したことによる 6,437 名の死亡者・行方不明者が発生したものに続く、日本における大災害であった。

阪神・淡路大震災発生時においては、研究代表者は当時の研究室の一員として避難行動を分析研究することを分担し、その成果は「阪神・淡路大震災における避難所の研究、大阪大学出版会、1998」などで広く公開されている。今回の東日本大震災においては、津波による人的被害が主であった。つまり、建物の倒壊という避難行動を始める前に被害を受けた阪神・淡路大震災とは異なり、今回の大震災では津波襲来までにならずかでも時間もなかったことから、より避難行動の重要性が認知されるようになった。

2. 研究の目的

今回の大震災においては想定を大幅に超えた津波の発生により多くの人命が失われたが、それを想定外という言葉で片付けてはならないと考える。もちろん限られた資源の下では絶対安全という状況を作り出すこともできない。したがって本研究では、たとえ想定外の事態がおこっても柔軟に対応するには住民への啓発が大きな鍵を握るとの認識で、大地震直後の避難行動について、昼間時に地震が発生した東日本大震災の事例を自己収集したデータのみならず、多くの文献データを検証するとともに、早朝に地震が発生した阪神・淡路大震災における知見も加えてモデル化し、住民集会等でも簡易に扱うことができるシミュレーションシステムを開発することにより、今後発生すると予想される大地震への防災・減災に役立つ方策を提供することを目的とする。



写真-1 女川町における被害状況 (2011.5)

3. 研究の方法

本研究では、既にいろいろ指摘されている避難行動を再現するようなシミュレーション

システムを開発することが主眼ではなく、住民の今後の避難訓練などにフィードバックさせるような 3D 提示システムを組み込むことにより、今後の防災計画に資する知見を得ることを目的とする。

これは、震災時のシミュレーション自体は多くの既往研究(文 1,2,10 等)があるが、生活者が日常どのような行動をしているのかとの比較を行った研究は見当たらないし、さらにその結果を防災計画だけでなく平常時の街づくりに活かそうという研究も見当たらない。そもそも想定内と想定外という枠組みのままのシミュレーションは良くないと考えたことによる。

2 カ年計画の 1 年目は、避難行動のモデル化とパイロットシステムの開発を行う。すなわち、東日本大震災での避難行動に関して H23 年度中に収集したデータを用いて、さまざまな状況下にあった避難状況をシミュレーションにて再現できるようにシステムを構築する。それと平行して、地方部の生活行動の実態を把握するために、GIS 等を用いて地区を表現するための基礎的データの整備を行う。例えば生活に必要な施設、例えば商業店舗、各種公共施設などの地区データを収集する。

2 年目は、シミュレーションで得られた結果をより住民に説明しうる簡易プレゼンテーション手法の開発を試みる。すなわち、単に平面地図上に避難行動を示すのみならず、整備した地区データを用いた 3D 表示によってよりわかりやすい表示方法のあり方を 3D 提示実験にて検証する。最後に、住民への啓発が可能かどうかを実地に検証することを予定したものである。



写真-2 大槌町役場 (2014 年 6 月解体開始)

4. 研究成果

4-1. 地震発生後の避難行動

a) 文献収集による結果の一例

揺れがおさまった直後にすぐ避難した人の割合は約 5 割(災害と防災: 防犯・統計データ集 2014)という調査, 全体の 6 割(国土交通省: 津波からの避難実態調査結果(速報) H23.12.26)という調査報告もある。いずれにせよ、災害発生時において約半数の住民は避難するものではないという従来の知見を

再確認する結果であることがわかった。

なお、下図は筆者が作成した女川地区における被害実態を表した地図である。基本的には、浸水地区に多くの犠牲者が発生していること、それらが点在していることなどがわかる。

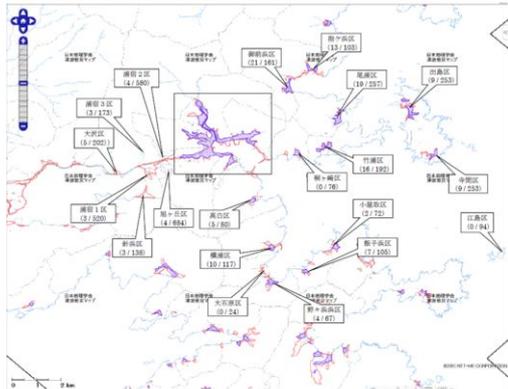


図-1 女川地区中心部における被害実態

そのほかの教訓としては、例えば、参考文献⑧の村井俊治氏著作は、多くの教訓が提示されており非常に価値が高い。

また、多くの文献において、車避難による交通渋滞が発生した事例が報告されており、都市部ではない地方における車利用の問題点は重要であり、車利用のルール作りと、複数の道路整備の必要性が求められることがわかる。

なお、大震災数日前の地震、当日の気象庁の3m情報など、危機感の醸成を損ねる情報があったのが大変残念である。というのは、浸水が始まるのはおよそ1時間後であり、おそらく津波はたいしたことはない家の中に滞在して命を落とした人が多数と思われるからである。津波は山からみると襲来がよくわかるが、おそらく地上部では何もわからないと思われる。海岸からすぐガケという土地では、海面上昇のため海岸部の建物は浸水するが流されはしない。一方、平地部分では、陸地内部まで浸水し、家屋は流される。防波堤が港にある所があった所は、いくらか時間稼ぎができたと思われる。

下図は、それらの情報を筆者がまとめたので、前提条件となる家族構成や地区特性はもとより、地震発生時の情報収集、避難行動、避難所での対応などさまざまなレベルにおいて課題が指摘できる。



図-2 避難行動のまとめ

その他に特記すべきことは、以下の通りであるが、それらは、個々の事情であることからシミュレーションにはなじみにくい事項

とは言え、注意が必要である。

- ・救命胴衣の設置の必要性
- ・消防団の仕事で流された人多し
- ・「水が引いてから津波が来る」という間違った言い伝え
- ・せっかく避難したのに自宅に戻って津波にあった人多し。
- ・障害者、付き添い者の避難
- ・30年もすると記憶が風化する。
- ・浸水範囲内に避難所が設置されている。
- ・お年寄り、それ以上、避難できない?
- ・ペットの避難
- ・観光客の避難

とくに観光客など地元民ではない人間は指示に従いやすいと見なされる一方で、今回の震災ではいくつかの観光地も巻き込まれているのが現状である。観光客のような地域の地理情報に疎い者への情報提供への3Dの効果については検証が必要である。

なお、雑誌論文で報告しているように、1)そもそも自治体によって収容避難者数などの想定が大きく異なっている。これは、統一された基準がないことが大きく影響しているものと考えられる。

2)避難する場合の対応も、集合場所や移動方法などが自治体あるいは自治会で異なっている。確かに住民だけであればよいが、他所あるいは観光客がいる場合なども考えられるので、統一化が望ましいのではないかな?

3)避難訓練に参加している住民であっても、避難所マップなどの認知度は低いことから、認知度向上は今後の課題である(図-3)。

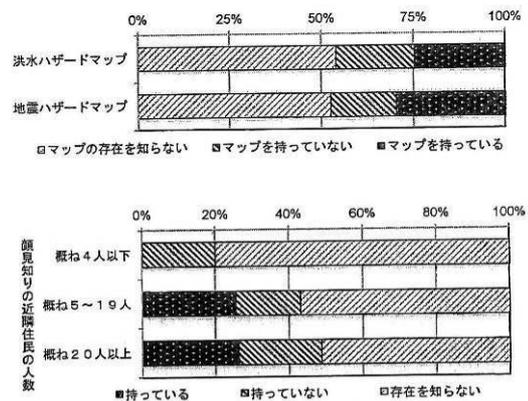


図-3 ハザードマップの認知傾向

b) 作文分析による児童の避難行動

文藝春秋増刊「つなみ 被災地のこども80人の作文集(2011年8月号)をもとに分析した結果は、雑誌論文に詳しいが、概要は以下の通りである。

1)子供たちは津波に関する情報を受動的に得ている。保護者への引き渡しも多く行われており、子供の避難行動は周囲の大人の行動に大きく依存する。

2)地震発生直後の行動は、揺れが収まるまでは自分の身を守り、じっとしている傾向にあり、揺れが収まった後、その場を離れる行

動をとる。

3) 避難場所の移動からみると、子供たちは一度の移動で最終避難場所に到達しており、あらかじめ避難場所を決めていたと考えられる。

表-1 阪神・淡路大震災との比較

		自分の身を守る	家族の安否確認	じっとしていた	被害の拡大防止	状況の把握	避難	物資の確保	呼びかけを聞く	会話	その他	合計
		(数)	(数)	(数)	(数)	(数)	(数)	(数)	(数)	(数)	(数)	(数)
東日本大震災	幼稚園児	1 (11.1)	1 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (66.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (11.1)	9 (100.0)
	低学年	12 (9.5)	11 (8.7)	4 (3.2)	1 (0.8)	10 (7.9)	54 (42.9)	3 (2.4)	16 (12.7)	3 (2.4)	9 (9.5)	128 (100.0)
	高学年	16 (8.7)	11 (6.0)	10 (5.4)	0 (0.0)	18 (9.8)	83 (45.1)	4 (2.2)	28 (15.2)	8 (4.3)	6 (3.3)	184 (100.0)
	中学生	5 (4.1)	8 (6.5)	15 (12.2)	3 (2.4)	15 (12.2)	46 (37.4)	7 (5.7)	17 (13.8)	0 (0.0)	7 (5.7)	123 (100.0)
	高校生	2 (3.9)	5 (9.8)	4 (7.8)	2 (3.9)	5 (9.8)	21 (41.2)	4 (7.8)	5 (9.8)	0 (0.0)	3 (5.9)	51 (100.0)
	合計	36 (7.9)	38 (7.2)	33 (6.7)	8 (1.2)	48 (9.7)	210 (42.9)	18 (3.7)	66 (13.4)	11 (2.2)	29 (5.9)	493 (100.0)
阪神・淡路大震災*	小学生 (4年/5年)	73 (19.7)	45 (12.1)	16 (4.3)	0 (0.0)	77 (20.8)	87 (18.1)	42 (11.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	51 (13.7)	371 (100.0)
	高校生	34 (18.1)	15 (8.0)	22 (11.7)	1 (0.5)	60 (31.9)	20 (9.0)	17 (9.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	19 (10.1)	188 (100.0)
	成人	50 (14.4)	46 (13.3)	37 (10.7)	7 (2.0)	43 (12.4)	42 (12.1)	33 (9.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	86 (25.4)	346 (100.0)
	合計	157 (17.3)	106 (11.7)	75 (8.3)	8 (0.9)	180 (19.9)	129 (14.3)	92 (10.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	156 (17.5)	905 (100.0)

今回の震災においては、大人が議論していた津波に巻き込まれ児童が多数亡くなった大川小学校の事例もあれば、児童がさっさと裏山奥まで避難してほぼ全員が無事であった釜石東小学校の事例もある。

なお、北海道南西沖地震での奥尻島被害の事例においても、必ずしも高台など安全地帯に近い所の住民が助かったわけではなく、ほぼランダムであることがわかっている。これには様々な事情が隠されているようであるが、これは住宅地の近くに避難所を設けるだけでは被害を少なくすることはできないということである。

c) 障害者の行動特性

b) より避難計画においては多様性への配慮が必要であることがわかったが、その中で車いす利用者について、非常時の実験は困難であるが、まずは萌芽的研究として平常時の外部空間における行動特性を把握した。詳細は雑誌報告③に詳しいが、概要は以下の通りである。

まず、平常時の車いす利用者については、1) 通路の端など一般人の少ない通路を選択

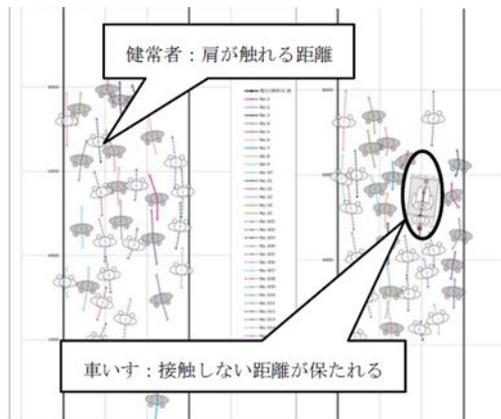


図-4 車いす利用者と一般人の対向すれ違い歩行実験の一例

する傾向にある

2) 速度は歩行者よりも早いことが多い。
3) 車いすよりも歩行者が回避行動をおこす傾向にある。

それらを歩行実験で確認すると、4) 一般人は肩が触れる距離で体勢を変えながら交差しているのに対し、車いすと一般人では交差するときお互いに触れない距離を保っていることがわかる。

5) 群集密度が低い場合には、車いす利用者と一般人の回避行動に差は少ないが、密度が高くなると一般人の方が大きく回避行動を行うことが確認できた。

d) 避難所の位置について

一般的には最寄りの避難所に避難することが過去の大震災の事例でも確認されている。ただし、今回の大震災においては、沿岸部がほぼ壊滅状態であったことから、沿岸部から遠く離れた陸側とくに山裾や山中の公共施設への避難が顕著であることが特徴である。

下図は代表者が作成した避難状況を表す地図である。宮城県気仙沼市における避難者の自宅と避難場所を希求線図として表した一例であり、非常に遠方に避難していることが分かる。



図-5 気仙沼市における避難傾向の一例

e) 特殊な事例調査：宗教施設への避難

雑誌論文 においては、とくに寺院などの宗教施設に特化して、避難所となった状況を調査している。その成果の概要として、阪神・淡路大震災よりも、今回の大震災の方が宗教施設をより多く避難所として利用していることが挙げられる。これは、都市部とは異なる地方での状況に対応したものであるが、宗教施設がもつ集会機能や全国的な支援活動に対応した現地での拠点機能を活用することができたことから、都市部においても、宗教施設に限定しないで、「道の駅」など拠点施設の整備が望まれる。

4-2. シミュレーションシステムの開発

a) パイロットシステムの開発

避難行動のみならず、さまざまな地域施設を配置可能なシミュレーションシステムを

構築し、実際に現実の行動とのマッチングを比較する。設備としては、パイロットシステムの開発のために安価なシミュレーションシステム (artiso) を必要とするだけで、パーソナルコンピュータなどは既存の設備を用いる。

b) 被害状況の可視化システム

下図は、津波被害MAP (日本地理学会作成) のデータをGISの標高データを取り入れた3Dソフト上に表現したものである。これらのシステムはフリーソフトで手軽に使えるのが利点で、専門家がブラックボックスのシミュレーションシステムを操作するのではなく、住民サイドでも充分利用ができるように拡充できると考えている。もちろん、シミュレーションの結果をこのような3Dシステムにダイレクトに表示できるようにすれば、住民への啓発にかなりの効果を発揮すると思われる。

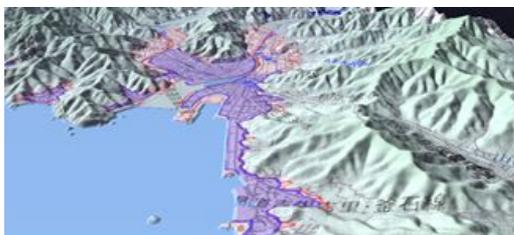


図-6 大槌町の浸水被害状況の可視化

c) 地上部における視界確認システム

前述したように自宅などにいる住民からみて津波がどのように認識されるかを確認するには、地上部の視界を提示する必要がある。図-7は、b)と同様、GISの標高データを取り入れた3Dフリーソフトで作成した事例で、大川小学校からみた図である。

図-8の現地写真と比較してもほぼ同じ画像が得られていることから、詳細な対策には向いていないが、震災前の簡易な住民向けシミュレーションには適用可能であると思われる。

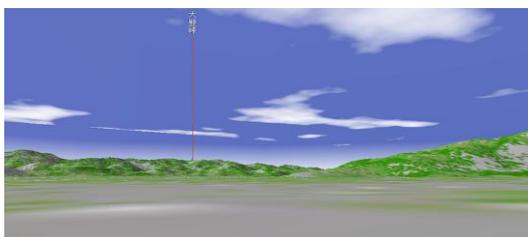


図-7 大川小学校地点から目線高さで海岸方向をみたCG



図-8 実際の現場写真 (2012.7)

d) シミュレーションシステムの開発

提案する簡易型システムは、以上のような個別の避難者の多様性に対応するには、エージェント型のシミュレーションが欠かせない。たとえば、今回の震災に対しても単に被害を少なくするのであれば沿岸部の多くの機能を全て高台に移転させることが最適となるが、人間の暮らしを考えた場合、どこにいつ滞在しているかということを考慮しないと前提が大きく異なってしまう。

以下、その検討事例を示す。



図 9-1 大槌町



図 9-2 石巻市



図 9-3 名取市関上



図 9-4 徳島県海部町

図 9-4 は、南海トラフ地震において被害が想定されている四国の太平洋側の市町村の事例として海部町をとりあげたものである。徳島県は、2013年11月25日に全国で初めて計画区域を指定した県である。紙面の都合で詳細は述べられないが、「津波災害警戒区域指定」は地価を下げるとして反発があると大手メディアでは伝えられているが、図-7のように太平洋側が見渡せないのは、図 9-4 の海部町も同じであることが視界確認システムでも確認できる。したがって、このような結果を広く住民に周知するようなことは今後検討する必要があると考える。

なお、萌芽的研究としてさらに、ヘッドマウントディスプレイ (Sony 製 HMZ-T3W) を用いた映像視覚化を試みたが、装着感は非常に大きく期待はもてたものの、通常のディスプレイと大差ない結果が現在のところ出ており、研究期間内に成果は出せなかったのは今後の課題としたい。

4-3. まとめ

以上、住民への啓発を目的とした簡易シミュレーションシステムの開発を通じて、大震災に向けた安全な防災システムを考察した。主な成果は以下の通りである。

1) 地震発生後の避難行動について、既発表文献や代表者が収集したデータによる、様々な観点でその特性を明らかにした。とくに、児童や障害者など避難者は多様なものである、また宗教施設など今後活用すべき特殊な避難拠点もあるうということが改めて認

識された。

2) 簡易シミュレーションシステムとして、マルチエージェントシステムを利用するのみならず、フリーソフトによる上空からの浸水被害の可視化システムや目線高さの津波認識システムなど住民が簡易に利用できるシステムの可能性を提示できた。

今後の課題

本文に記述したヘッドマウントディスプレイに関する継続研究の他には、避難ビルについての課題が残されている。避難ビルに指定されていた2階建の建物が今回の震災で津波に襲われたケースが見られ、日常的には利用されている建物を緊急時に使おうとする主旨は間違いとは言えないが、想定外の大災害になった折には、さらに高台に逃げ込めることができないと人命は救えない。むしろ地域に存在する学校なり集会所なり様々な地域施設を平屋ではなく、沿岸部からの距離に応じて高さを決めるべきではないか？というのが代表者の考えであるが、それらを含めた避難のありかたは今後の課題である。

謝辞

本研究を遂行するにあたって、岩手県や宮城県における関係各位には大変お世話になった。また、調査対象地のアンケートに回答いただいた住民の方々にも感謝します。

参考文献(紙面の都合で主だったもの)

- 石巻市における津波一時避難施設の配置シミュレーション, 日本建築学会技術報告集, Vol.20, No.44, pp.305-310, 2014.2
- ② 古川優矢, 大山智基, 山田悟史: 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, 日本建築学会情報システム利用技術シンポジウム, pp.225-229, 2013.12
- ③ 稲葉圭信, 黒崎浩行: 震災復興と宗教, 明石書店, 2013
NHKスペシャル取材班: 巨大津波, 岩波書店, 2013
三陸河北新報社編: 津波からの生還, 旬報社, 2012
- ⑥ 片田敏孝: 人が死なない防災, 集英社新書, 2012
- ⑦ 伊数見隆生編: 子供の命は守られたのか, かもがわ出版, 2011.12
- ⑧ 村井俊治: 東日本大震災の教訓-津万井に~助かった人の話, 古今書院, 2011.8
- ⑨ 畑村洋太郎: 「想定外」を想定せよ!, NHK出版, 2011
- ⑩ 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, No.637, pp.627-634, 2009.3
梶秀樹, 塚越功編: 都市防災学, 学芸出

版社, 2007.3

広瀬弘忠: 人はなぜ逃げ遅れるのか, 集英社新書, 2004

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

- 伊丹康二, 南未穂, 横田隆司, 飯田匡: 災害時における共助と公助が果たす役割と住民の認知度に関する研究, 地域施設計画研究, Vol.31, pp.199-206, 2013.
- ② 柳尚吾, 西森匠, 横田隆司, 飯田匡, 伊丹康二: 車いす利用者を含む群集の挙動に関する研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, Vol.53, pp.13-16, 2013
- ③ 伊丹康二, 麥谷隆之, 横田隆司, 飯田匡: 宗教施設における非日常時の対応と非常時に果たす役割に関する研究, 地域施設計画研究, Vol.30, pp.269-276, 2012.7
宗田明大, 横田隆司, 飯田匡, 伊丹康二: 東日本大震災における子どもの作文・手記からみた地震発生後の避難行動に関する研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, Vol.52, pp.69-72, 2012

[学会発表](計1件)

宗田明大, 横田隆司, 飯田匡, 伊丹康二: 東日本大震災における子どもの作文・手記からみた地震発生後の避難行動に関する研究, 日本建築学会大会, 2012.9

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横田 隆司 (YOKOTA, Takashi)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 20182694

以上