

大震時火災延焼・避難シミュレータを活用した 防災教育への展開研究

松山 優貴¹・二神 透²・河合 玲奈³

¹学生 愛媛大学大学院 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: matsuyama.yuki.09@cee.ehime-u.ac.jp

²正会員 愛媛大学准教授 防災情報研究センター (〒790-8577 松山市文京町3番地)

E-mail: futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp

³学生 愛媛大学 工学部 環境建設工学科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: kawai.rena.11@cee.ehime-u.ac.jp

東日本大震災では、想定外の津波に対する判断ミスによって、大川小学校の教員・児童の多くが犠牲となった。今後発生すると予測されている、巨大地震では、市街地における地震火災等の二次災害の発生が懸念されており、気象条件等によれば甚大な人的被害も予測されている。東日本大震災以降、防災教育に関する実践研究が行われているが、ICTを活用した地域の地震火災リスクの提示と、具体の行動に関する研究は行われていない。本研究では、地震火災から逃げるイメージを高めるための避難シミュレータの開発を行い、大学生を対象として、アンケート調査を実施した。それらの結果、地震火災のリスクを知ること、それらから避難のイメージを高めることが、避難意識を高めることに繋がることを示唆することができた。今後は、小学生高学年を対象にアンケート調査を実施していくことを考えている。

Key Words : *risk-communication, refuge-simulation, earthquake-fire, questionnaire*

1. はじめに

東日本大震災以降、各地域で東海地震や南海・東南海地震の地震被害の見直しが行われている。都市部においては、地震火災などの二次災害の発生が予測されており、早急な防災・減災対策が求められる¹⁾。建物の耐震補強や家具の固定等のハード対策の実施は被害低減に効果的であるが、地盤強度が弱い場合や周辺家屋で対策が実施されていない場合は、建物倒壊や地震火災に巻き込まれる恐れがある。そのため、ハード対策だけではなく、防災避難訓練の実施や防災意識の向上といったソフト対策も充実させる必要がある。

現在、著者らは、地震時の二次災害の一つである地震火災による被害を再現するためのシステムとして、同時多発火災を取り扱う大震時火災延焼シミュレーション・システムを開発している^{2,4)}。これまで、大震時火災延焼シミュレーション・システムを用いて、住民や行政を対象としたリスク・コミュニケーションを実施している。それらの結果、香川県丸亀市の城北コミュニティーでは、システム利用によるソフト対策強化について一定の成果を得ている³⁾。

しかし、その対象は成人の住民であり、より持続的で地域社会に根付いたリスク・コミュニケーションの場を

模索する必要があると考えている。また、開発した大震時火災避難シミュレーション・システムを提示した際の意識変化についても分析は行われていない。地域に根付いた教育効果が期待できる場としては、学校教育、地域の防災訓練などのイベントが考えられるが、本研究では初等教育の場である小学校の授業におけるリスク・コミュニケーションを検討することとした。さらに、平成23年度より改訂される小学校の学習指導要領の重点項目として「防災教育」が挙げられており、小学校としても専門家との協働による授業プログラムを模索することに比較的正面的なタイミングでもあると考えられる。

そこで、防災教育にICTを効果的に活用することで、地域の防災力向上を促すことを本研究の目的とする。そのために、著者らが開発した大震時火災延焼シミュレーション・システムと大震時火災避難シミュレーション・システムがもたらす意識変化について分析を行う。

2. シミュレーション・システムの概要

(1) 都市構造マップデータの作成方法について

基盤地図情報とは、電子地図における位置の基準となる情報のことである⁵⁾。現在、基盤地図情報と位置が同



図-1 基盤地図情報ダウンロードサービス

じ地理空間情報を、国や地方公共団体、また民間事業者など、様々な関係者が整備しており、地理空間情報の効率的あるいは高度な利用が可能となっている。整備された基盤地図情報は、インターネットを経由した無償提供が行われており、ここで紹介する都市構造マップデータ作成方法では、その基盤地図情報データを用いる。なお、基盤地図情報データは、国土地理院が運営する「基盤地図情報ダウンロードサービス⁶⁾」からダウンロードが可能である。

国土地理院の基盤地図情報データを用いた都市構造マップデータ作成は、著者らによって、データ作成システムが開発された⁷⁾。従来は前項に記したとおり、一軒一軒の家屋に対して建物形状データ並びに建物属性データを入力していたため、都市構造マップデータの作成には多大な時間を要していたが、システムの開発により、任意のエリアにおける都市構造マップデータの自動採取が可能となった。このシステムでは、図-1内の「基盤地図情報 縮尺レベル 2500 JPGIS (GML) 形式」からダウンロードしたデータを用いる。次に、任意の対象地域の道路線ならびに建築物の外周線データを選択し、各種データファイルを保存する。

保存したデータを専用のシステムで読み込むと図-2のように表示される。道路と建物が表示されるため、地図の拡大により、図-3のように、任意のエリアを選択することができる。シミュレーションの対象としたいエリアを選択後、「データフォルダとして建物データ保存」をクリックすると、前項では手作業で入力していたデータが自動的に生成される。そのため、基盤地図情報データが配信されているエリアについては、ほぼ自動的に都市構造マップデータの作成が可能であり、手作業で入力するよりも格段に早くデータが作成される。なお、細かい建物データの修正は、前項で説明した方法を用いての対

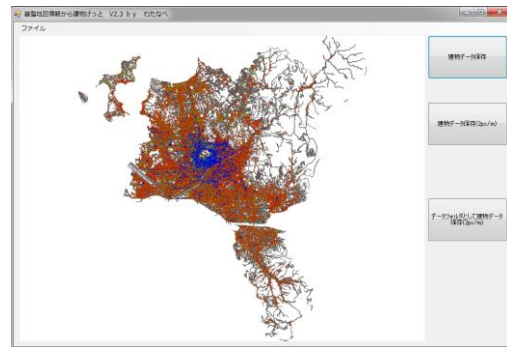


図-2 基盤地図情報データの読み込み



図-3 シミュレーション対象エリアの決定

応が可能である。最新版の基盤地図情報データが数年前に配信されたものである場合は、実際の街並みと基盤地図情報に一部整合しない箇所があるため、自動的に作成されたデータを過信せず、目視での確認をすることが極めて重要となる。本節では、クリックによる入力ならびに基盤地図情報データの利用による都市構造マップデータの作成方法について紹介した。それぞれの方法で建物データの入力を終えた後は、そのデータをメッシュ・データとして書き出す必要がある。メッシュ・データへの書き出しには、前節で述べた都市構造マップデータ作成システムを用いる。操作は同様にマウスによるクリックのみであるため、短時間での書き出しが可能である。なお、本研究で扱うシミュレーションでは、すべて10メートル・メッシュでのデータ書き出しを行っている。

(2) 大震時火災延焼シミュレーション・システム

本研究で用いる大震時火災延焼シミュレーション・システム(図-4)は、火災延焼状況を視覚的かつ定量的に表現する点に最大の特徴を有している。風向・風速条件と出火点を設定し、シミュレーションを開始すると、図-5に示すように、火災の延焼状況が2色の色で表現される。青色の建物は既に焼失してしまった建物を、

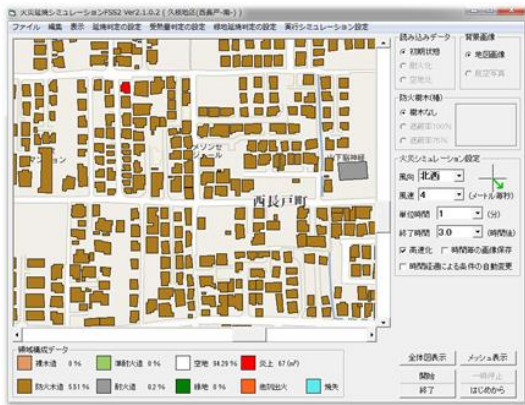


図4 大震時火災延焼シミュレーション・システム

赤色の建物はその時点では炎上中の建物をそれぞれ表している。出火からの経過時間も合わせて表示されるため、地震火災の被害状況をイメージしやすいシステムである。なお現在は、松山市内の消防署職員からの意見を受け、図-6に示すように火災の延焼状況を経過時間ごとに色分けする機能を追加しており、避難時に役立つ情報の提供を可能としている。

シミュレーションの実施にあたり、対象地域の都市構造マップデータが必要となる。都市構造マップデータは、電子地図をもとに、地域に存在する建物の形状や属性を入力することで作成可能である。また現在は、国土地理院が提供している基盤地図情報データを活用してのデータ作成も可能としており、作成に要する時間が短縮化された。

(3) 大震時火災避難シミュレーション・システム

地震火災避難シミュレータを使用するためには、避難経路と避難者を設定する必要がある。図-7に作成画面を示す。その手順としては、まず、図-7に示した画面右にある「交差点作成」を選択し、地図上の道路の交差点をクリックすることで青い印でマーキングを行う。この際、地図上の端で途切れている道路にも印を打つ。次に、その下にある「道路作成」を選択し、先ほどマーキングした印同士を繋いでいく。この作業により道路設定がされる。途中選択を誤ってしまった場合、「図形選択」の部分にチェックを入れ、青い印を選択し、「選択図形を削除」のボタンをクリックすることで削除可能である。すべての道路作成が終了した後、その下にある「簡易道路ネット保存」のボタンをクリックする。そして、「全建物に避難者設定」のボタンをクリックすると図-8のような画面が表示され「避難者設定を保存」のボタンをクリックする。最後に、「ペトリネット作成」をクリックした後に「ペトリネット保存」をクリックすれば、避難経路と避難者の設定は完了である。

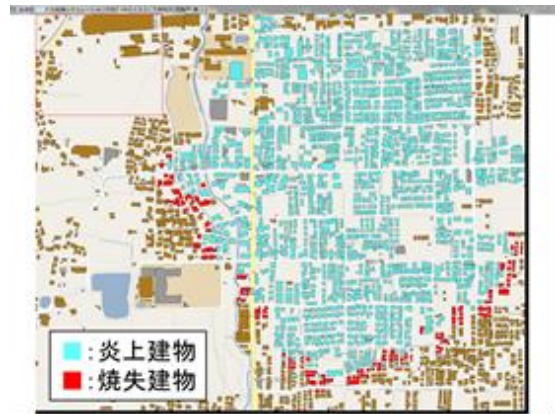


図5 大震時火災延焼シミュレーション・システムによる火災状況の表現(2色)

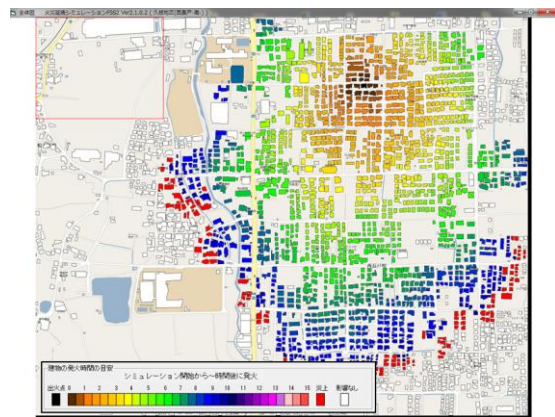


図6 大震時火災延焼シミュレーション・システムによる火災状況の表現(グラデーション)



図7 避難経路の設定画面

地震火災避難シミュレータのシミュレーション実行時の画面を図-9に示す。地震火災避難シミュレータの最大の特徴は、火災延焼状況と重ね合わせて避難状況を視認することができる点にある。入力するのは都市構造マッ

ブ、風向・風速・出火点・避難経路・避難場所で、出力されるのは(経過時間ごとの)火災延焼状況、火災延焼面積、避難状況である。出火点や風向・風速を決定するまでは火災延焼シミュレータと同様の手順で行う。その後、火災発生時に避難を開始する建物、避難経路、避難場所を自分で設定することができ、地震火災から逃げる様子が視覚的に表現されるため、地震火災時の避難行動をイメージしやすいシステムである。また、避難するタイミング、避難速度などを設定でき、運動能力の異なる不特定多数の人々の個人単位の避難行動がシミュレーションできる。本システムも地震火災延焼シミュレータと同様に火災状況がグラデーションで表現され、シミュレーションの実行時には、経過時間、焼失面積が表示される。全体画面の表示も行える機能も有している。

2つに分け、リスク・コミュニケーションを行った。グループ①は、大震時火災延焼シミュレーションのみを利用し、グループ②は、さらに大震時火災避難シミュレー



図-8 住宅への避難者設定画面

3. 事前事後アンケートによるリスク・コミュニケーションの評価分析

(1) 評価対象について

今回は、愛媛大学2回生を対象とし、実験的にリスク・コミュニケーションを行った。目的は、小学生に提供する前にシミュレーションが与える意識変化を評価し、小学生に行うリスク・コミュニケーションの参考にするためである。

(2) リスク・コミュニケーションの流れ

本研究では、図-10に示すフローに従い、リスク・コミュニケーションを実施し、情報提供を行った。リスク・コミュニケーションの内容において、大震時避難シミュレーションのもたらす効果分析を行うため、グループを

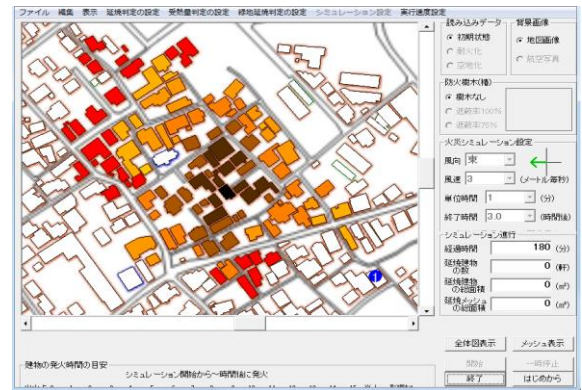


図-9 地震火災避難シミュレータの実行時画面

表-1 事前事後アンケート項目

番号	質問項目	分類
1	あなたの地区で大きな地震が発生した場合、地震火災の危険性があると思いますか。	リスク認知
2	あなたの住んでいる地域では、どのような災害が発生すると思いますか。	
3	もしも地震が発生した時、あなたの住んでいる地域で一番被害が大きと思われる災害は何ですか。	自助
4	あなたの地区で地震火災への対策を考える講演会等が開かれた場合、積極的に参加したいと思いますか。	
5	風が強い日に、あなたの家の周辺で地震時に火災が発生した場合、あなたは避難しますか。	
6	地震により、複数の場所で同時に火災が発生する等、様々な状況を考えることが重要だと思いますか。	共助
7	あなたは地震時に避難場所・避難経路の安全性を考えて避難する必要があると思いますか。	
8	地震火災に備え、食料の確保や家具の転倒防止等の地震対策を行う必要があると思いますか。	
9	あなたの住んでいる地域で、地震火災を考えた避難訓練を行う必要があると思いますか。	公助
10	あなたの住んでいる地域で地震時に火災が発生した場合、あなたは、近所に住んでいるひとりで避難できない人を支援しますか。	
11	あなたの地区では行政だけに頼らず、地域住民が協力し、地震火災の対策を行う必要があると思いますか。	
12	災害時に、住民同士がひとりで避難できない人を補助すべきだと思いますか。	家庭での防災対策
13	地震が発生し、近所の家から出火しました。近所の人と協力して消火活動を行おうと思いますか。	
14	地震火災に備え、消防が利用できる貯水槽などの水の確保が重要であると思いますか。	
15	行政がひとりで避難できない人を補助すべきだと思いますか。	公助
16	消防や警察と一緒に防災訓練を行う必要があると思いますか。	
17	行政から災害時におけるひとりで避難できない人の情報提供が必要だと思いますか。	
18	行政によって、災害時に消防車や救急車が通る道路の確保や建物の補強が必要だと思いますか。	家庭での防災対策
19	あなたの家では、地震などの災害に備え、家で食料や医薬品などを蓄えていますか。	
20	あなたの家では地震が起こった時に、たんす・たな・冷蔵庫などが倒れないように何か対策をしていますか。	
21	家族で避難場所、避難経路について話し合っていますか。	

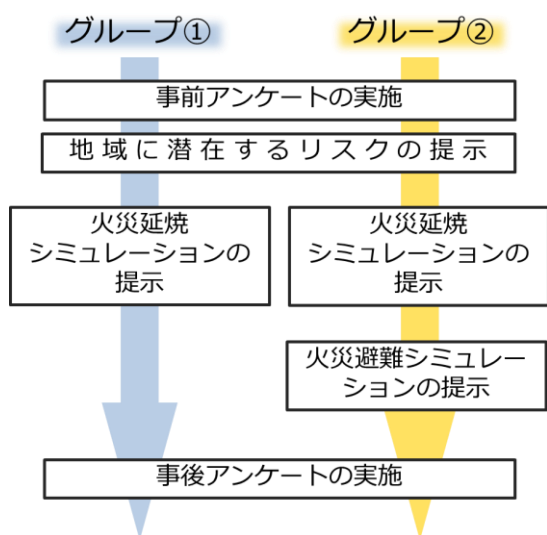


図-10 リスク・コミュニケーションの流れ

シミュレーションを利用した。

地域に潜在する災害リスクに関する情報提供では、地震をはじめとした災害に関する情報を、パワーポイント資料を用いながら口頭にて提供した。南海トラフ巨大地震が発生した場合の最大震度や愛媛県内での予想被害者数、災・減災行動の重要性などについての情報提供を行った。

大震時火災延焼シミュレーション・システムを用いた情報提供では、愛媛県松山市の都市構造マップデータを用いて、シミュレーションによる視覚的な情報提供を行った。出火点を任意に決定し、風速が2m/sの場合と8m/sの場合で延焼状況の違いと出火点の数を1か所の場合と4か所の場合でシミュレーションによる情報提供を行った。

事前事後アンケートは、リスク・コミュニケーションへの参加による学生の防災意識の変化を調べることを目的とし、実施した。質問は、個人属性に関する質問と事前事後で共通の防災意識を問う質問の大きく2つを扱っている。事前事後で共通の質問は、表-1に示している通り、リスク認知に関する質問、自助に関する質問、共助に関する質問、公助に関する質問に分類している。

(3) 事前事後アンケート分析について

先に述べたように、本研究では、大学生を対象としたリスク・コミュニケーション活動を行い、事前事後アンケート調査を実施した。防災意識を問う、リスク認知・共助・公助・自助に関する質問は、5段階の選択肢の中から回答していただく形式を取っている。そのため、分析の際には、5段階の主観的評価を、「非常にそう思う」は+2、「そう思う」は+1、「どちらともいえない」は0、「あまりそう思わない」は-1、「全くそう思わない」は-2と数値化した。そして、アンケート結果を集計し、グループごとに事前・事後それぞれの平均値を算出

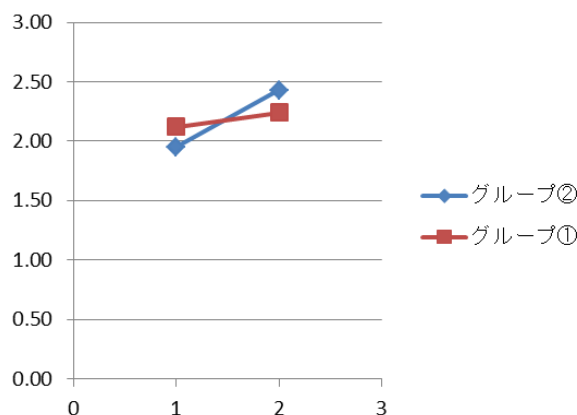


図-11 アンケート結果 (問6)

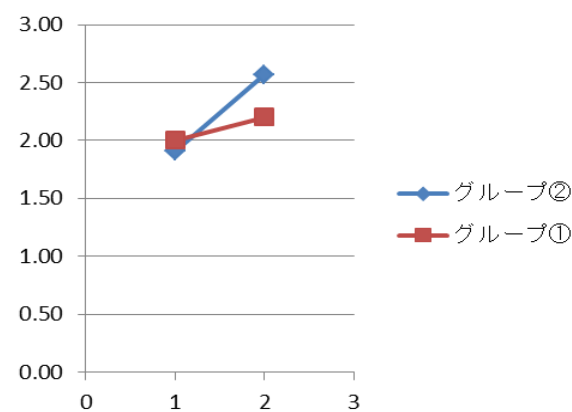


図-12 アンケート結果 (問7)

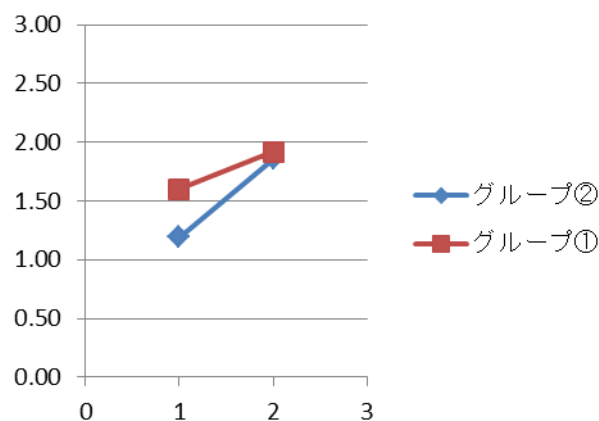


図-13 アンケート結果 (問11)

した。算出された平均値に対して、平均値の差の検定を行い、住民の回答の差の有無を調査する。これにより、シミュレーションが住民に与える効果について分析する。なお、有意性は検定で算出されるt値を用いて検討する。

(4) 事前事後アンケート結果と考察

アンケートの21の質問うち、抜粋した3問の回答結果についての考察を以下に記す。今回は自助に関する質問で有意差の違いが見られた。そのため、自助に関する質問(問6, 7)の結果(図-11, 12)と共助に関する質問で有意差が見られた質問(問11)の結果(図-13)に示す。

問6, 7ともに数値が増加している。まず問6についてだが、大震時火災延焼シミュレーション・システムで風速や出火点を変えて視聴してもらうことで、延焼速度や延焼面積が大きく変わることを視覚的にとらえることができ、避難する際にその時の状況を考慮しなければならないという意識が向上したと考察できる。また、グループ②の方が数値の上昇がみられる。これは、風速が大きくなったり、出火点が増えることで、安全だった経路が火災により通れなくなる様子を視聴することで、より数値が上昇したと考察できる。次に問7だが、こちらもグループ①, ②ともに数値の上昇がみられる。火災延焼シミュレーションを視聴することで、安全な経路を確認することができ、実際に避難する際に考慮する必要があると意識の変化が起きたことが考えられる。そして、こちらもグループ②の方が数値の上昇が大きい。避難シミュレーションにより、避難経路によって安全に避難できるか、火災に巻き込まれるかといった様々なケースの避難を視聴することで、避難経路の安全性を考慮しなければならないといった意識が向上したと推測できる。

公助に関する質問項目ではあまりグループ①, ②で有意差が見られなかったが、問11においては、上の質問2つ同様にグループ①よりグループ②のほうが数値の上昇がみられる。まず大震時火災延焼シミュレーション・システムで火災の延焼を見ることで建物の耐震化や道路の拡張といったハード面での整備や避難訓練などのソフト対策を行う必要性を感じたため意識の向上が見られたことが考えられる。そして、さらにグループ②においては、大震時火災避難シミュレーション・システムで避難した際に、鉄筋構造の建物や周囲の空き地に避難できたとしても火災が周り混む様子や細い道路においては、道路を挟んだ建物が火災によって燃え広がる様子を視聴することによって行政に頼るだけではなく、避難を行う際は地域住民と連携して避難場所への早期移動や要援護者の安全な救助を行う必要性を感じたため、数値の上昇が見られたと推測できる。

4. まとめ

本研究では、大学生を対象に著者らが開発した大震時火災延焼シミュレーション・システム、大震時火災避難

シミュレーション・システムの効果検証を行った。アンケート分析から、システム利用により、自助・共助・公助の意識が向上することが確認できた。また、新たに開発した大震時火災避難シミュレーション・システムを利用することで、避難のイメージを視覚的に得ることができ、自助意識の向上につながるという結果となった。

今後は、これらのシステムを防災教育に取り入れていくことを考えている。また、児童の防災意識向上はもちろんのこと、児童を中心として、学校、家族、地域全体と周りの人々の防災意識向上に繋がる取り組みを目指していくことを計画している。そのために、まずは小学生にも扱いやすいシミュレーションマニュアルやシステムの構築を行い、専門家による講演や避難訓練だけでなく、システムを汎用化し、日頃から利用しやすいシステムを提供していく必要がある。

参考文献

- 1) 防災対策推進検討会議 南海トラフ対策検討ワーキンググループ(第一次報告)(平成24年8月29日発表)南海トラフ巨大地震の被害想定について
(http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/)
- 2) 二神透, 木俣昇: 住民参加のための大震時火災延焼シミュレーション・システム開発, 土木情報利用技術論文集, Vol.17, pp.39-46, 2008.
- 3) 二神透, 大本翔平, 濱本憲一郎: 大地震時の火災延焼シミュレーション・システムを用いた地域防災力向上支援研究, 土木学会論文集F6(安全問題) Vol. 67 No.2, pp.179-184, 2011.
- 4) 二神透, 大本翔平, 細川雅博: 大震時火災延焼シミュレーション・システムの提示による住民意識変化に関する研究, 土木学会論文集F6(安全問題) Vol. 68 No.2, pp.161-166, 2012.
- 5) 片田敏孝, 金井昌信, 望月準: 住民に対する土砂災害教育のあり方とその波及に関する研究, 第31回土木計画学研究・講演集(CD-ROM), 10項, 2005
- 6) 国土地理院: 基盤地図情報とは
(<http://www.gsi.go.jp/kiban/towa.html>)
- 7) 基盤地図情報ダウンロードサービス
(<http://fgd.gsi.go.jp/download/>)
- 8) 二神透, 渡部正康: 基盤地図情報を用いた大震時火災延焼シミュレーション・システムの開発と適用, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM)46巻, 論文No.8, 2012
- 9) 学校防災のための参考資料 「生きる力」を育む防災教育の展開
(http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1289310.htm)

(2014.8.1受付)