

地理空間情報と環境情報を活用した災害避難共助支援による減災力向上に関する研究開発 – 初年度進捗報告 –

Research and development of a cloud system utilizing geospatial information and environmental information for disaster mitigation by self-help efforts and mutual assistance – Progress report covering the first year –

都築伸二[†] 二神透[‡] 渡部正康[†] 山田芳郎[†]

[†] 愛媛大学工学部 [‡] 同防災情報研究センター

概要 南海トラフ等の巨大地震が懸念されており、こうした地震火災や津波被害からの減災力を、共助・自助によって向上させることが求められている。本研究では、地域住民による災害避難計画の立案を支援し、その結果を住民どうしで共有するためのクラウドシステムを3ヵ年計画で開発し実践する。地域住民が持ち寄った地理空間情報と、その土地固有の気象や気候等の環境情報を活用することによって、避難経路や気象条件をより直感的に設定できるようにしたコミュニティベースの避難支援システムを開発し、実践する点に特徴を有する。また、持ち寄った情報によるハザードマップ作りや、まち作りコミュニティ活動等を支援する機能を開発することによって、平時から使えるシステムとすることを目標にしている。本稿では、初年度の進捗状況について述べる。

1 はじめに

南海トラフ等の巨大地震が懸念されている。こうした地震に伴う火災や津波被害からの減災力を、共助・自助によって向上させることが、本研究¹の目的である。

筆者(二神)は、火災延焼 [1] や津波遡上 [2]、およびそれらからの避難シミュレータを独自に開発し、地域住民を対象にした減災対策や避難計画立案のためのワークショップ、あるいは小中学校での防災教育に、活用してきた。しかし、これらのシミュレータは二神が持ち込むスタンドアロンの Windows PC 上で動作していたため、ワークショップ参加者が立案した計画を持ち帰って参加していなかった人に伝える、といった住民同士で計画を共有することは困難であった。そこで本研究では、これらのシミュレータをクラウドシステム上で統合し、スマートフォン等でも閲覧できるようにすることによって共有を容易に行えるようにする。さらに、以下の機能をスタンドアロン版に加えることにした。

- 地域住民が持ち寄った地理空間情報と、その土地固有の気象や気候等の環境情報を活用
- 避難経路や気象条件をより直感的に設定可能

- 平時は、住民によるハザードマップ作りや、まち作りコミュニティ活動を支援

これらの機能を以下の計画にて実装し、その効果を検証することになっている。

初年度：あらかじめ設定した(ワークショップを開催する)場所で発生した火災が延焼する様子や、事前に取り決めた計画に沿って助け合いながら避難する様子を、スマートフォンからでも閲覧可能にする。

2-3年目：

- (1) スマートフォンの GPS 情報に基づく現在位置周辺の地理空間情報を自動取得し、シミュレーション用データに変換する機能を追加。これにより、全国どこでも国土地理院の地図が使える場所であればシミュレーションできるようにする。
- (2) 「街並み設定ツール」を開発し、建物や宅地情報等の更新が容易に行えるようにする。
- (3) 「避難シナリオ作成・変更ツール」を開発し、住民自らが避難計画をカスタマイズできるようにする。

以下では、関連研究についてまず述べ、3章では提案システムの概要を、4章では初年度の進捗状況を、5章では次年度の計画を述べる。そして最後にまとめる。

¹本研究は、総務省 SCOPE 事業 (162309002)、JGN プロジェクト (JGN-A16007)、NICT 共同研究「大規模スマート ICT サービス基盤を用いたスマート環境センシング基盤の構築と地域デザインへの応用に関する研究開発」の成果の一部である。

2 関連研究

東日本大震災以降、自助、共助及び公助があわさって初めて大規模広域災害後の災害対策がうまく働くことが改めて強く認識されている。こうした緊急事態における公助と共助とが連携するための必要最小限の要求事項については、ISO 規格 22320 が 2011 年に発行されており、その JIS 規格が「社会セキュリティ-緊急事態管理-危機対応に関する要求事項」である [3]。

東日本大震災以降の行政の取り組みとしては、平成 25 年 6 月に災害対策基本法が改正され、市町村の一定の地区内居住者及び事業（等）による自発的な防災活動に関する「地区防災計画制度」が創設された（平成 26 年 4 月 1 日施行）。本制度は、市町村の判断で地区防災計画を市町村地域防災計画に規定するほか、地区居住者等が、市町村防災会議に対し、市町村地域防災計画に地域計画区を定めることを提案することができる仕組み（計画提案）を定めている。またこの制度に先立ち、内閣府では、「地区防災計画ガイドライン」を作成している。地区防災計画の活動主体のひとつが本稿で対象とする地域住民による自主防災組織である [4]²。

こうした背景のなか前述のとおり、二神らは従来から自主防災組織による避難行動計画立案支援ツールとして、災害避難シミュレータを WindowsPC 上で開発してきた。そのうち火災延焼シミュレータ [1] については、大学のホームページからだれでも無料でダウンロードできるようにしており³、その普及に努めてきた。このシミュレータを活用した住民とのワークショップ等の開催実績例は以下のとおりである。

- 愛媛県西予市明浜町俵津地区：東日本大震災発生の 2011 年 3 月より津波避難計画を策定している。
- 高知県須崎市：2014 年 8 月より、要援護者の津波避難計画を策定している。
- 愛媛県松山市の 41 の連合自主防災会：火災延焼シミュレータを用いて、同時多発火災から命を守るためのルール作りを、行政・住民・専門家（二神他）が一体となって実施している
- ダウンロードしたシミュレータを、地域や小学生の防災教育に活用：ボランティア団体（代表：牧野創太氏、早稲田大学修士 2 年生（当時））

このシミュレータは、国土地理院の基盤地図データ [5] を用いて、木造と耐火建物のポリゴン情報をピ

クセル処理することで、地震火災の延焼計算に必要な都市構造データを自動採取する。換言すれば、国土地理院のデータがあれば、全国どこでも地震火災リスクをシミュレーションできるシステムである。

津波が遡上する様は、自治体から提供されるハザードマップの根拠データに基づき再現している。住宅の情報は、同様に基盤地図データを用いているが、世帯情報、道路以外の避難経路、地震時に通行不能になると想定される個所や、災害時避難行動要支援者の位置情報などは、住民ならではの情報が必要となる。よって、住民と行政とのリスク・コミュニケーションによる、各種データの取り込みによる基本データの整備が前提となる。

両シミュレータを統合して、火災延焼や津波遡上の様と重ね合わせることによって、より多様な状況を想定した避難計画を立案できるようになる。しかし、事前データ整備のためのユーザインターフェイスの改良、統合した際の操作性の検討、シミュレーション結果のデータベース（DB）化、スマートフォンやパソコンでその DB の内容を共有化するためのシステム化が課題となっていたことが、本研究の動機となった。

本研究に関連が強い、公助による防災・減災力向上の取り組みの例としては、「G 空間シティ構築事業」が挙げられる。地理空間（G 空間と呼ぶ）情報の ICT による利活用を促進し、経済の成長力の底上げ及び国土の強靱化を図るための実証プロジェクト（総務省の委託事業；平成 25 年度補正予算）として実施された。また国レベルでは、GEOINT（Governmental Geospatial Intelligence；防衛と国土安全保障向けデジタルマッピング、地理情報システム（GIS）、クラウドベースの地理解析と地理データ開発等がキーワード）も挙げられる。経済性を加味しつつ、都市全体を見渡したマクロな防災計画支援にはこうした取り組みは必要であり有益であるが、自主防災組織の構成員一人一人の顔が見えるミクロな支援システムとは、目的が異なる。また、ミクロになればなるほど、地価への影響や個人情報への配慮上、詳細な地理空間情報は行政から住民へは出さないジレンマに陥る課題があった。

地震火災のシミュレータは、総務省消防研究センターや、東京消防庁、他大学の研究者によって開発が行われている。例えば、消防研究センターの火災延焼シミュレータによる、糸魚川市大規模火災への適用結果が示されている [6]。また、自助共助の観点からは、災害時に情報端末を積極的に活用して情報を収集し、複数ユーザ間で共有する様々な試みもなされている。例えば、文献 [7] は、危険箇所を避けながら目的地まで移動することを目的に、共有された情報を利用して火災延焼シミュレーションを行う。しかし、これらのシス

² 自主防災組織以外に、企業、地域の協議会、学校、病院、社会福祉法人等多様な者が想定されている。

³ <http://cdmir.jp/simulator/>

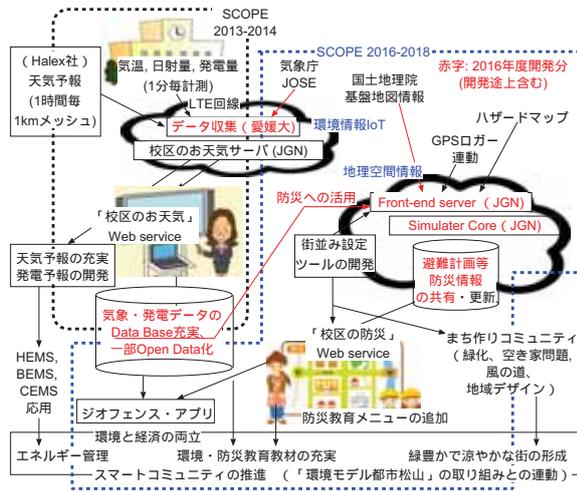


図 1: 開発するシステムの全貌

テムは一般公開されていない。またこれらと比べて、本研究では国土地理院の基盤地図 [5] を用いた汎用性に特徴がある。また、データ修正機能を有し、建物の追加削除や、火災熱リスクの評価機能、防火樹木による防火機能など、住民がデータを更新しながら、様々な対策の効果も評価できる点にも優位性があると考えている。

3 システム概要

図 1 に本研究で開発するシステムの全貌を示す。図中の防災対策システムがコア部であり、既存の地震火災延焼シミュレータと津波避難シミュレータをクラウドサーバ上で統合した Web システムである。

環境情報の収集は、松山市殿、広島市殿、及び国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) 殿のご協力ご理解により行っており、集めたデータの二次利用を許可して頂いている。なお、図中の JOSE (Japan-wide Orchestrated Smart/Sensor Environment の略号) は、その NICT が運用する大規模スマート ICT サービス基盤テストベッドであり、本研究では、広島市内の環境センサ情報をリアルタイムで収集している [8]。

2017 年度からは、

- (1) スマートフォンの GPS 情報に基づく現在位置周辺の地理空間情報を自動取得し、シミュレーション用データに変換する。
- (2) 空き家や空き地を緑地化して災害に強い街づくりを検討するためのツールを開発する。
- (3) 住民自らが避難計画をカスタマイズできるようにする。

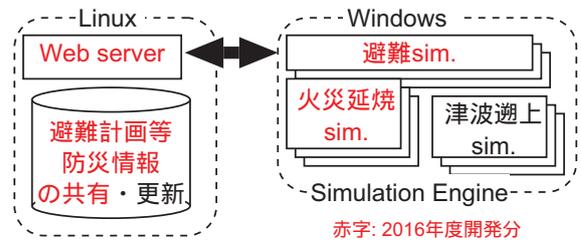


図 2: 火災延焼シミュレータの実現方法



図 3: 火災延焼シミュレータの top ページの様子

4 進捗状況

4.1 火災延焼シミュレータのクラウド化

既存システムのうち火災延焼シミュレータを先行して取り上げ、これがクラウド化できるか検証した。図 2 に示すように、シミュレーションのエンジン部分は、JGN の仮想サーバ上に構築した Windows マシンに移植した。複数同時にシミュレーションできるようにマルチプロセス化している。それらの計算入出力データの受け渡しは、同じく新規に構築した Linux マシン上の Web server にて実現した。

火災延焼シミュレータの top ページ [9] の様子を図 3 に示す。ここからさらに、

- (あ) 「新規設定」画面に遷移すると、新たな ID が作られる。図 4 の場合は 2017 年 1 月 4 日に行う初めてのシミュレーションだったので、2017-1-4-0000 という ID である。
- (い) ワークショップを開催する場所周辺 (図 4 では西予市依津地区) を選択すると、その地区の地図⁴が表示される。地図に付与されている建築物の外周線から家屋毎にポリゴン化している。またその外周線の種別に基づき、家屋ポリゴン毎にその燃えやすさに応じた色をつけている (木造が茶色、鉄筋コンクリートが青色等)。次に、

⁴国土地理院の基盤地図情報 [5] を使用。オープンデータの一種であり、無料で利用可。



図 4: 火災延焼シミュレータの手順。(2017年1月4日現在)

- (う) シミュレーションする時間長(デフォルトは3時間)を設定し、
- (え) 風向きと風速を設定する⁵。
- (お) 地図上で、出火点にしたい場所をタップまたはクリックすると、設定画面が出てくるので、シミュレーション開始時を0としたときの、出火する時刻を設定する。
- (か) 避難を開始する時刻、避難速度、目的地までの避難経路を設定後、
- (き) アイコンをドラッグして避難開始場所と目的地を設定する。風向きに配慮しながら、通過する交差点を指定して避難経路を設定する。
- (く) ボタンを押すと、シミュレーションが開始される。

図4のシミュレーション結果画面を、図5に示す。(さ)は、図4で設定した気象状況とシミュレーション現在時刻の延焼状況概要である。シミュレーション現在時刻は、開始後28分であることが(し)に表示されている。この時避難者は、(す)の位置にあり、避難途上である。避難経路最寄の木造家屋は(せ)のとおり26分後に発火することを示している。なお白い建物はシミュレーション時間現在発火していないことを示す。シミュレーション結果は(そ)シミュレーションID、つまりWebページのURLをアクセスすれば、ワークショップで立案した避難計画を何度でもスマートフォン等のブラウザから振り返ることができる。

4.2 「校区のお天気」サーバの改修

図1に示した「校区のお天気」サーバは、2013年度総務省SCOPE事業でJGN上に構築したもので、松

⁵現状では手動設定であるが、今後は「校区のお天気」サーバから自動的に設定する予定である。



図 5: 図4のシミュレーション結果画面例。(シミュレーション現在時刻28分の場合)

山市内24箇所の小中学校の気温、日射量、そして太陽光発電量データを1分毎に、LTE無線回線等を用いて、リアルタイム収集している[10]。この機能に加えて、気象庁のwebページから近隣のアメダスや気象台の10分毎データを1日1回まとめて収集し、これを加工、編集するマッシュアッププログラムを追加した。また収集したデータのうち、所望の年月日の気象状況を入力するためのAPI(Application Programming Interface)も開発した[11]。これらによって4.1節の火災延焼シミュレータに、気象情報を反映することは可能になっている。

ただし、ワークショップにおいては、実況の気象情報よりも、ワークショップ開催地における火災が延焼しやすい典型的な気象状況を自動反映することのほうが重要である。収集したデータを統計処理し、当該地区における過去の典型的な気候等をDB化する機能も開発済みであり、次年度結合する予定である。

4.3 アンケート調査結果

開発したシミュレータを操作する前後での意識の変化具合を調べるために、2016年12月に連携研究者の愛媛県西予市役所危機管理課殿にお願いして、同市役所職員23名を対象としたアンケートを実施した。その結果、統計的に有意となった項目は、

- 「風が強い日に、あなたの近くで地震によって火災が発生した場合、あなたは風向きを考えて避難しますか」 $p = 0.03$
- 「あなたの住んでいる地域で、地震火災への対策を考える勉強会が開かれる場合、積極的に参加したいと思いますか」 $p = 0.00$
- 「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」 $p = 0.00$

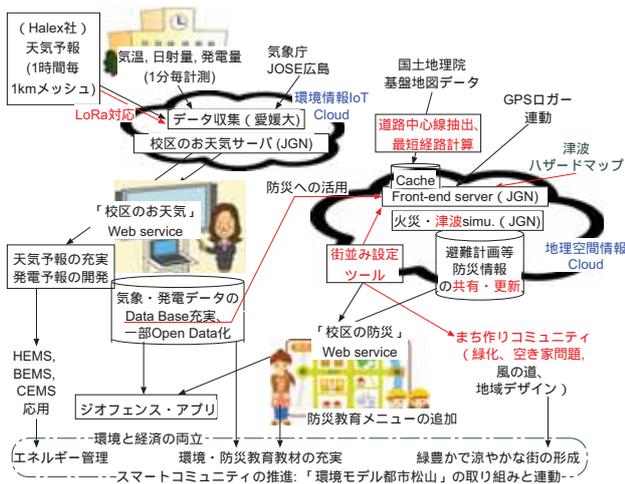


図 6: 29 年度の研究計画.(朱書き部)

であった⁶。つまり、本シミュレータを使うことによって、地震火災に対するリスク認知、自助および共助の意識に好影響を与えることが明らかになった。一方で、

- 「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りますか」 $p = 0.29$

と、減災の意識高揚に対しては直接には結びつかないことも分かった。

5 29 年度の研究計画

2 年目となる平成 29 年度は、図 6 内朱書き部分の改修、改善を行う予定である。

5.1 シミュレータ関連

1. 選択メニュー内にプリセットされている地図を、平成 28 年度の 9 箇所に加えて 10 箇所（合計 19 箇所）に増やす。これに伴い操作が煩雑にならないように選択メニューを作り変える。
2. 「街並み設定ツール」を開発して、建物や宅地情報の更新が容易に行えるようにする。図 4 に示した家屋毎のポリゴン属性を変更するツールであり、空き家になった家屋を更地にしたり緑地にしたりすることによって、どの程度火災に強い街並みになるかシミュレーション検証する使い方を想定している。

⁶併記している p 値は統計的な分析の結果が有意であるかを判断するための値である。有意水準 α を 0.05 としたので、 p 値が α より小さい、つまり $0 \leq p < 0.05$ であれば有意であるという。

3. 2016 年度に開発した火災延焼シミュレータの結果表示部をレイヤ化し、津波遡上ハザードマップを表示するレイヤを増設することによって両者を統合する。

4. 基盤地図情報の道路縁データを用いて、道路中心線を求める機能の開発。さらに、求めた道路中心線とその標高情報を用いることによって、与えられた 2 地点間の最短避難経路と、その所要時間を計算するソフトウェアを開発する。

5.2 災害避難計画の立案と共有・更新の実践に関する研究開発

2 章で述べた個人情報や被災に使うためのジレンマに対しては、同じコミュニティ内の住民が情報を持ち寄り、これを共有することによって解決を図る。具体的には、「街並み設定ツール」によって、地域住民ならではの情報（空き家や更地ができた、避難行動要支援者が増えた等）を、住人自らが記録・更新でき、かつ共有できるようにする。

なお、図 5 で述べたとおり、シミュレーションを行った Web ページの URL を記録しておけば、住民どうしで情報を共有できる仕組みにしているが、今後は、個人情報の秘密度に応じたパスワードの導入も必要であろうと考えている。

ただし高齢者も使うことを想定した使いやすさにも考慮する必要がある。開発したシステムを住民対象のワークショップで使ってもらいながら、そのあなばいを調整する。

5.3 「校区のお天気」センサーネットワーク用の無線回線の LoRa 対応

図 1 のとおり、「校区のお天気」センサーネットワーク用の無線回線は LTE（一部、地域 BWA）を用いているが、そのランニングコストが課題となっている。

近年免許不要で長距離通信に使うことができる LoRa が注目されている。本研究でも可能であれば乗り換えたいと考えており、その検討を行う [12]。

6 おわりに

本稿では、筆者らが 3 年かけて取り組む大災害時の避難共助支援のためのクラウドシステムについて、その背景と概要を述べた。初年度の開発を終えた現時点で、あらかじめ設定した（ワークショップを開催する）場所で発生した火災が延焼する様子や、事前に取り決

めた計画に沿って助け合いながら避難する様子を、スマートフォンからでも閲覧可能になったことを述べた。

2年目の今年度は、津波災害にも対応するとともに、街並み設定ツールを開発し、平素からコミュニティ住民同士の共助を支援できる機能を追加していく予定である。

なお当初計画にはなかったが、糸魚川市大規模火災(2016年12月22-23日)のような過去の災害を記録する機能も、減災に有効であると考えており、今後の課題である。

参考文献

- [1] 二神透、防災対策システム、特願 2013 - 170027, 2013年8月20日出願; 特開 2015-41110.
- [2] 二神透、津波対策システム、特願 2014-108770, 2014年5月27日出願、特開 2015-225425.
- [3] 日本工業規格 JIS Q22320:2013(ISO 22320:2011), 社会セキュリティ -緊急事態管理- 危機対応に関する要求事項.
- [4] 地区防災計画ガイドライン～地域防災力の向上と地域コミュニティの活性化に向けて～, 内閣府(防災担当), 平成26年3月.
- [5] 国土交通省国土地理院、基盤地図情報サイト、<http://www.gsi.go.jp/kiban/>, (参照日:2017年5月5日)
- [6] 火災延焼シミュレーションについて, 総務省消防庁 消防大学校 消防研究センター, 平成29年2月24日, URL: http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h28/itoigawa_daikibokasai/02/shiryo2.pdf (2017.6.20 参照).
- [7] 丹羽、大佛、沖、災害情報投稿・閲覧のためのリアルタイム同期型 Web アプリケーションの開発, 地理情報システム学会学術講演発表会, 地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM), 地理情報システム学会, Vol. 23, Nov. 2014.
- [8] 渡部、河合、NICT のテストベッドを活用した IoT データエクステンションについて、広帯域ネットワーク利用に関するワークショップ ADVNET2016, 東京大学、2016/10/14.
- [9] 火災延焼シミュレータのページによろこそ、<http://disastersim-01.ee.ehime-u.ac.jp/>, (参照

日)2017年5月5日.



- [10] 都築、森脇、山田、柴田、森本、阿部、越智、須東、スマート環境センシング基盤の構築と地域デザインへの応用に関する研究開発、総務省 SCOPE 事業 (132309007), 2013年8月2日から2カ年.
- [11] 都築、日野、山田、環境情報 IoT 基盤を用いた「校区のお天気」の可視化と広域化、平成28年度電気関係学会四国支部連合大会、12-22, 徳島大学、2016.9.17.
- [12] 都築、合田、山田、LoRa-SF12 の伝搬特性、WIT2017, 松山市、2017年6月23日(予定).