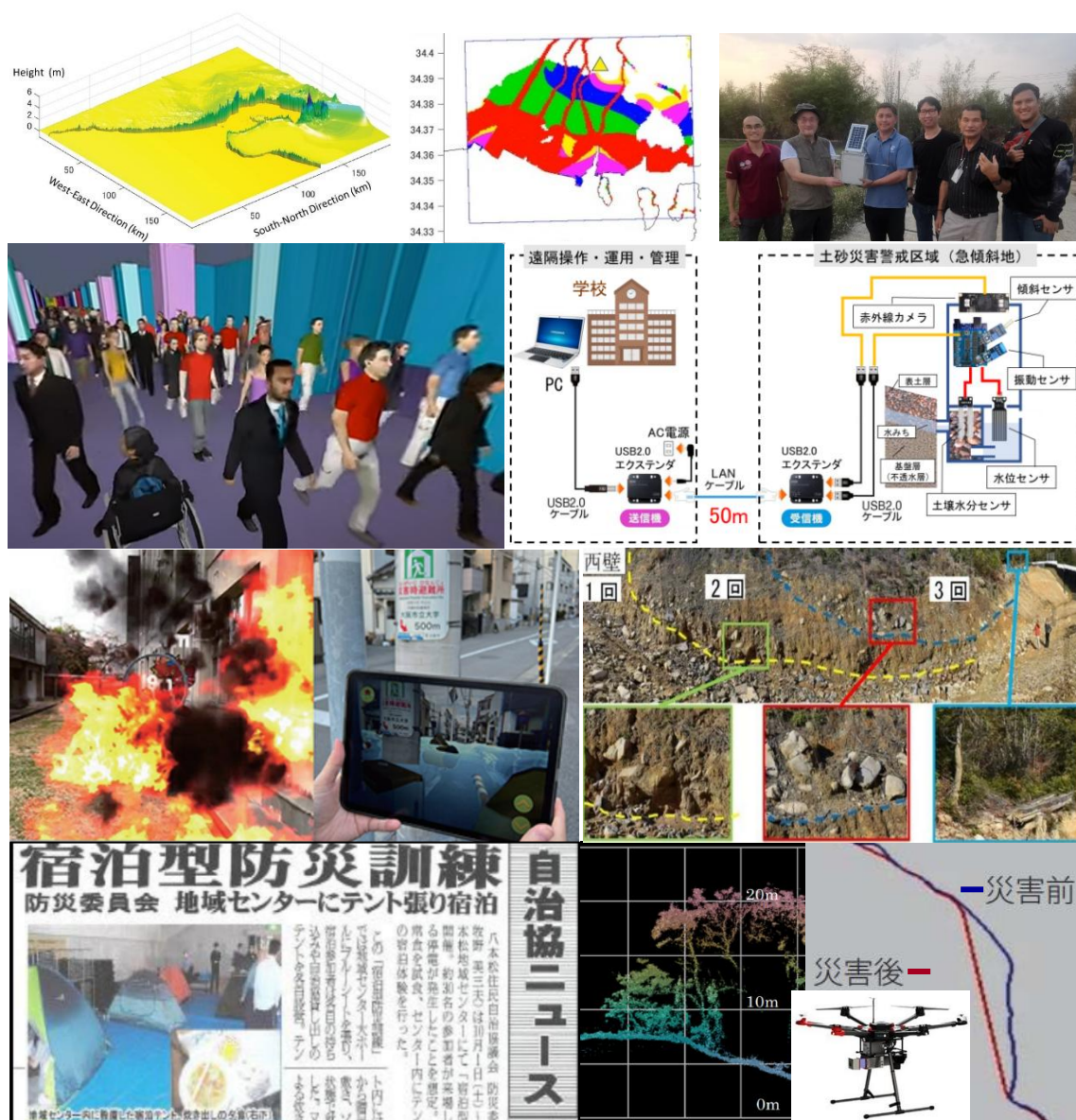


日本図学会 公開シンポジウム

「図学が拓く新しい防災」

ー最新防災システムと災害死0を目指す防災教育ー



日時: 2024年12月7日(土)16:00-

場所: 東広島芸術文化ホールくらら小ホール 広島県東広島市西条栄町7番19号

主催: 日本図学会

協賛: 日本3Dプリンター株式会社, マイクロンメモリ ジャパン株式会社,
マツダ株式会社, 株式会社 計測リサーチコンサルタント

後援: 東広島市, 東広島市教育委員会, 広島県教育委員会, 広島国際大学

日本図学会公開シンポジウム「図学が拓く新しい防災」開催にあたって



この度の日本図学会大会シンポジウムの開催、誠におめでとうございます。今大会は、『「図学が拓く新しい防災」—最新防災システムと災害死0を目指す防災教育—』と掲げておられます。

シンポジウムでは頻発する災害に対して最新防災システムをもとに市民の方々と共に災害死0を目指す防災教育を推進しておられます。また、図学の知見を活かし研究者の皆さまが、広島をはじめとする市街地の津波、避難シミュレーション、溪流の過去の土石流の分析、避難情報、警報システム、停電にも対応可能な避難所の早期設置、自治協議会運営等の専門家の皆さまとも議論される大変重要な内容と期待をしております。

激甚化・頻発化する自然災害への備えは喫緊の課題です。今後の国土強靱化に向けては、河川の流域全体で水害を防ぐ「流域治水」の加速や上下水道の耐震化などを進める必要があると考えます。また、自然災害からの復旧・復興を加速化するため、被災地からの声を丁寧に聴き、暮らしやなりわいの再建、インフラ復旧、地域の復興に当たって参ります。そして、今後、国が進める「防災庁」設置に向け、国交省、関係省庁と連携を図っていきます。

結びに、今大会に御尽力いただきました関係者の皆様に心から感謝を申し上げ、ご挨拶とさせていただきます。

衆議院議員(前国土交通大臣) 斉藤 鉄夫



日本図学会2024年度大会が、ここ東広島市で盛大に開催されますことを心からお喜び申し上げます。

図学会におかれましては、「機械工学」、「情報工学」、「建築」、「美術」、「デザイン」、「認知科学」など、幅広い分野の専門家が図形に関わる多様な研究成果を交換されるとともに、国際的な学術交流も積極的に展開され、高い評価を得られておりますことに対し、衷心より敬意を表する次第でございます。

さて、今大会では「図学が拓く新しい防災」をテーマとしたシンポジウムが開催され、本市の八本松住民自治協議会自主防災部会の取組みが紹介されますことは、図学を通じた新しい防災の学術振興のみならず、本市の地域防災の向上につながる誠に意義深いものでございます。本市におきましても、これまで地域、行政が一体となった防災の取組みを進めて参りましたが、貴学会の新たな視点による防災も参考としながら、引き続き、市民の安全・安心の確保に全力を注いで参りたいと考えております。

結びに、貴学会の今後益々のご発展と関係の皆様のごさらなるご活躍及び会員の皆様方のご健勝とご多幸を祈念申しあげ、お祝いの言葉とさせていただきます。

東広島市長 高垣 廣徳



日本図学会公開シンポジウム「図学が拓く新しい防災」の開催、誠におめでとうございます。本シンポジウムでは、防災教育の在り方や、新しい技術を活用した災害予測と課題抽出、さらには、地域における防災組織の役割など、多角的視点から防災・減災に向けた活発な議論が行われます。このような重要なテーマを扱うシンポジウムに、広島国際大学が後援させていただくことを大変光栄に思います。

広島国際大学は、健康・医療・福祉分野の専門家を育成する大学として、多くの卒業生が災害時に特に支援を必要とする「災害弱者」へのケアに携わっております。本学ではそのような背景から、防災に関する科目を1年生の必修授業として導入し、防災教育に力を注いでおります。2018年の西日本豪雨では、本学のキャンパスが所在する東広島市や呉市も大きな被害を受け、防災教育の重要性を改めて痛感いたしました。

近年の豪雨災害の激甚化や想定される南海トラフ地震のような大災害に備えるためには、多くの人々が協力し、共に防災に取り組むことが不可欠です。本シンポジウムが、地域全体の防災意識を高め、災害に強い社会の実現に寄与することを心より願っております。

広島国際大学相談役(前学長) 焼廣 益秀

日本図学会全国大会開催にあたり、役所や住民代表の方々に地域社会の課題と学会へのご要望をお聞きし、「図学が拓く新しい防災－最新防災システムと災害死0をめざす防災教育－」を企画しました。

近年、災害時に避難情報を確実に受けとっていても避難率が大変低く、被害が大きくなっていることが大きな問題となっています。人間の脳は、感情によって早く処理する「自動システム」と理性による意識的で処理の遅い「熟慮システム」があると言われ、通常「自動システム」が「熟慮システム」より優先されます。そこで、我々は心に響くほどリアルなシミュレーションの体験や実際の避難につながるように工夫した遠隔危険情報提示システム等の開発と周囲の人に働きかけるファシリテート能力を育成してきました。このような事前体験を通して「自動システム」に働きかける動機づけを行うとともに、それらの体験を冷静な判断に基づく「熟慮システム」に結び付けて、皆で安全で確実な避難を事前に考えることで大幅に避難率を上げる取り組みをモンスーン地帯の国内外で行ってきました。

また、①街歩きや話し合いで作成した避難マップを掲示している。②行政から配られたハザードマップを掲示している。③掲示していない。の3つで比較すると、①×②×③の順に様々な側面で高い意識と知識を得て安全な行動をしていることが我々の研究グループの大規模調査で明らかになりました。

遠隔観測やAR拡張現実、シミュレーション、ドローン等を活用した図学が拓く最新の技術は、人々の心と連動してこそ効果を発揮すると考えられます。大阪大学安福健祐氏、広島国際大学石原茂和氏、石原恵子氏をはじめ、これまで多くのご準備をいただいた皆様、また、ご多忙の中、ご参集頂きました皆様に深く感謝いたしますとともに、2022年夏の世界大会と同様に、本シンポジウムにおきましても、最新の各分野の専門家と住民が自由に活発な議論を行いながら、多くの方々の命を守る実効性のあるものになることを心から願っております。

日本図学会全国大会実行委員長 岡田大爾

目 次

1) 国家強靱化に資する人材の育成とTKB チャレンジー国内と海外の支援ー	3
岡田大爾、井山慶信、石原茂和、清水希功、石原恵子(広島国際大学)、越智秀二(広島県自主防災アドバイザー)、久田健一郎(前筑波大学)、澤口隆(東洋大学)、田島大輔(福岡工業大学)、巫仲明(台湾、逢甲大学)、Montri CHOOWONG (タイ、Chulalongkorn University)	
2) 能登半島地震の6年前の検討と実際の被害から学んだこと	7
大堀道広(滋賀県立大学)、益川優里(建設技術研究所)、小嶋啓介(福井大学)	
3) 3D-CG による都市空間モデルを活用した津波避難シミュレーション	11
安福健祐(大阪大学)	
4) 地域の災害状況を可視化する防災教育 AR アプリを活用した地域防災の取り組み	15
吉田大介(大阪公立大学)	
5) 土砂災害の早期避難意識を高めるクロス情報の提案	17
竹野英敏(広島工業大学)	
6) 防災組織作りの成果と課題	19
牧野美三夫(八本松自治協議会)、上田崇(東広島市)	

国家強靱化に資する人材の育成とTKBチャレンジ ―国内と海外の支援―

岡田 大爾 Daiji OKADA 井山 慶信 Yoshinobu IYAMA 石原 茂和 Shigekazu ISHIIHARA 清水 希功 Kiyoshi SHIMIZU
石原 恵子 Keiko ISHIIHARA 越智 秀二 Shuji OCHI 久田 健一郎 Kenichiro HISADA 澤口 隆 Takashi SAWAGUCHI
田島 大輔 Daisuke TASHIMA 巫 仲明 WU Chung-Ming モントリ チュウオング Montri CHOOWONG

概要: 広島国際大学では、2014年の広島土砂災害を機に防災カリキュラムの改革を進め、2018年の西日本豪雨時大きな土石流を受けながら死傷者0であった。地震・津波・土石流・洪水等の映像を見て大変怖いと感じた感情からそれだけで終わらず、理性的な対策へとつなげ、さらに学修後の学生が小学校や地域に出前授業を行うプログラムを作って大学生減災リーダーの育成をはかり、その教育効果の評価を行った。開発したデータ遠隔収集システムを国内とともに、モンスーン地帯の被災地で台湾やタイの大学とテストし、両国の官庁と本システムの運用協議を行った。台湾でTKB設置3時間を調査後、日本に帰国し、1時間以内に縮め、孤立停電になっても5-7万円の格安畜発電で関連死を防ぐシステムの開発とそれらを使いこなす人材の育成を広げた。

キーワード: 土石流／TKB／畜発電システム／人材育成

1. 問題の所在

ハード面の整備だけで国家強靱化を図ることは、財政と時間の面で困難で、安全な早期避難が必要である。しかし、避難を呼びかけても正常性バイアス等が働いて避難率が上がらず、急激に起こる土石流や津波から逃げ遅れ、大きな被害が続いていた。感情によるSystem 1の方が理性的に熟慮判断するSystem 2よりも優先される^[1]ことから、System 1を導入として人々を引き込み、そこから最終的にSystem 2へつなげる取り組みを行うことで避難率を上げる。毎年教育を受けた学生1000人が各自2人に広め、3000人の減災リーダーを育成して国家強靱化を推進したい。

2. 研究の方法

2.1. 対象と期間

- ①各種病院スタッフを目指す大学生約 1000 名
 - ②小学生 52 名
 - ③地域住民約 40 名
 - ④外国の研究者・ボランティア・住民約 40 名
- 期間:2020 年～2024 年

2.2. 分析方法

- ①アンケート, 感想
- ②アンケート, 行動観察
- ③会話分析, 行動観察, 我が町マップ
- ④研究者:会議, ボランティア・住民:インタビュー

3. 結果

3.1. 大学生への取り組み

まず、避難を迷って最終決断して玄関まで来た時に土砂災害に見舞われ、2名が死亡、2名が重度の障害を受けた再現ドラマを見せ、自分がどんなことを感じたか今後どうしたいかを記述させた。その後、図1の自分の大学の災害時の写真を見せ、気づきを問うた。学生はほぼすべての谷で土石流が発生していること、高圧線の鉄塔が1本も倒れていないこと、大学の手前で土石流が急カーブしていること、AとBのグラウンドに全く流れ込んでいないことに気づいた。そこで、それらの原因と考えられることをあげさせた。

その結果、高圧線の位置が尾根部分で地盤が強固な安全な場所に建てられていること、大学や学生寮が台形の高い所に建っていて土石流が取り巻くように流れ、グラウンド等がそのままだった、科学的に根拠をもって安全な場所に建てている、自分たちは本気でメカニズムを理解して、自分自身や周囲の人の命を救う必要がある等の意見が見られた。



図1 土石流の流れた場所の考察(朝日航空2018に加筆)^[2]

さらに、Google Earthのように自由に拡大できるGIGAPan画像(図2)で土石流が到達した高さや土石流の回数等の仮説を立てそれを検証する目的意識をもって現地調査した。土石流現場の谷底に立たせて上流側を向かせ、周りの木が倒れ、ダムの一部が欠けていることに気づかせた後に、今土石流が秒速10mで流れてきたら逃げられそうか問うたところ、とても逃げられない、土石流が発生した谷を絶対見

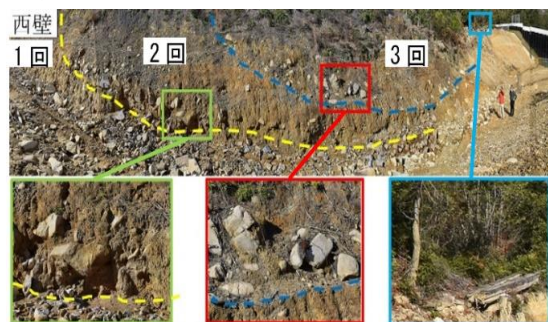


図2 GigaPanで土石流の回数, 高さ, 破壊力を推測

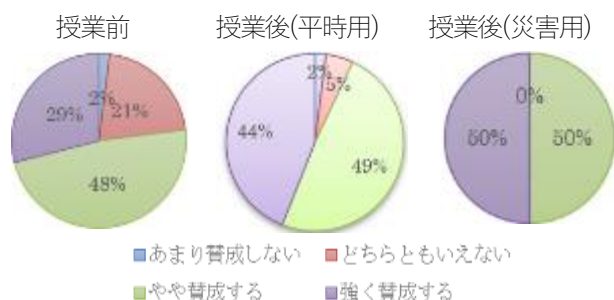


図3 IPEはチーム医療の助けとなるに対する学生の反応

分けられるようにしたいとの回答だった。

さらに、IPE(看護師、薬剤師、放射線技師、医療技術士、管理栄養士、リハビリ、健康運動指導士、介護福祉士、心理士、病院経営の専門職連携教育)のチーム医療演習において平時と災害時のシナリオを使ってチームで問題解決した。学修前と学修後の同一内容のアンケートの1例のIPE学修がよいチーム医療者の助けとなるかどうかの調査(図3)のように、災害時の方が教育効果が大きい傾向が見られた^[3]。

以上から学生は平時に比べて災害時は特に自分が科学的に深く理解して、周囲の人を協力して救うことの大切さをより強く意識したものと考えられる。

3.2. 小学生への取り組み

科学実験の授業の中で大学3年生と1年生が東広島市や呉市の派遣の要望があった小学校に防災教育をする取り組みを行った。自分たちが小学生に教える責任と興味があって、普通の授業の何倍も積極的に防災グッズの使い方をマスターしようとしていた。そこで、避難所の倉庫を探していたらこれが出てきましたが、これは何でしょう？ 発電機はどうやって電気をおこすのですか？ どうやってエンジンをかけますか？ 発電機で電気器具を動かしますか？の大学教員の発問後、電気のスイッチを見つけたり、チョークの使い方を考えたりして、皆で相談しながらエンジンをかけることができたことを全員が喜んでた。段ボールベッドの意義やテントと空気マット、キャンプで使う調理器具等も使えるように主体的に探っていた。1年生でも十分実力を発揮できるので、その後の発展のため次年度から1年生で実施した。その後、小学生を引き付けるために、指導計画やクイズを



図4 小学校への出前授業の前に学生が発電機教材を研究

取り入れて、本番の小学生への授業では、小学生の大学生へのあこがれや期待感もあって珍しい避難グッズを走って取りに来て喜々として仲間と夢中になって取り組み、大変積極的に気づき等を発表した(図5)。小学生の熱気に影響されて3年生で実施した時も1年生に実施した時ともに普段はおとなしい学生が優等生以上の活躍で、伝え方を工夫して小学生に熱心に働きかけ、大学生自身が成長した。小学生も大変ハッスルして取り組んだ。



図5 小学校での防災教育中の児童の積極的な発表

3.3. 地域住民への取り組み

行政サイドの「ハザードマップ」は、地域の人たちから見れば必ずしも歓迎されるものではない上、地図に不慣れなことや、地域の特性があまり描かれていないこともあって、配布されてもそのまま片づけられてしまうことが多い。こうした点を改善する意味から、地域住民が自ら地元を調査して作成する「わがまち防災マップ」が推奨され、広島市では、



図6 住民主体の危険地域と対策の洗い出し



図7 住民指摘の危険箇所を入れたわがまち防災マップ

平成26年8月豪雨後からとくに力を入れて推進している。広島市ではこの豪雨災害で寄せられた義援金をもとにした「防災まちづくり基金」から「わがまち防災マップ」の印刷費も拠出する体制を取っている。広島市福田地区では、近くの住民同士が集まって、過去の水害等を振り返り、街歩きも行って各種災害の想定や避難路や要支援者の補助等も確認した。このような洗い出しで高齢者のみを知る山の上のため池や昔の水の通り道等の埋もれかかった昔の災害やその対応策、避難路や災害弱者の救援等も同時に解決でき、我が町マップへの関心は大変高まった^[4]。

また、能登地震時 1 本道しかなく、道や電気ガス水道等のインフラが破壊された。そこで、遮断された時に大変安価に電力を供給し、体温保持や井戸水の吸い上げや調理等ができるような大変安価で手間なしで即席の簡易発電蓄電システムを開発した。

各家庭で畳サイズの太陽光パネルを廃棄用パレットの上において斜面に杭で固定すれば台風でも飛ばない即席の400W1枚約2万円の太陽光パネル代のみの大変安価な発電システムが可能でこれを自動車用の12V鉛バッテリー4個を直列にして蓄電可能となり、もし、①約5000円のチャージコントローラーと接続すると大変安価な発電蓄電システム(岡田ほか,2023)が作れ、②約10万円のハイブリットインバーターと接続すると太陽光パネル10枚でも接続でき、2人世帯の電力は十分賄え、①より効率よく蓄電可能である。土砂災害危険地域の1本道のみ被災地に設置した図8のシステムは、広範囲の被災の場合、これらを切り離して別の被災地に軽トラックですぐに運んで発電できる点で大変便利であると住民から大変喜ばれ、価格と便利さで普及が広がる可能性がある。



図8 パレット上に太陽光パネルを固定した簡易型発電

能登半島では、一時115か所が孤立状態となり、苛烈な環境のもとで多くの災害関連死をもたらした。特に、数日～1週間停電が解消されなくても、最低限の電力を畜発電することで100V電源が確保できると暖かいお湯や食事が短時間で用意でき、電気毛布等で体温保持が可能となり、災害関連死を減らすことができる。それも数万円で用意できれば広く普及が可能である。そこで、100Wの太陽光パネルと30Aチャージコントローラー、配線のセットで約12,000円+12V100Ah鉛バッテリー2万円+1,000～2,500Wインバーター(約



図9 格安畜発電で空調作動 図10 マンホールトイレ



図11 空気ベッドとテント 図12 キッチンカー出動

12,000～33,000円)で扇風機や冷蔵庫、電子レンジ等は5万円以下で空調も7万円以下で畜発電セットを構築でき(図9)、孤立解消までの生活環境と命を守りやすくなる。

熊本地震では死者全体の8割を災害関連死が占めた。熊本地震の際、避難生活の初期で最も困ったことを聞いたアンケート調査でも眠れる環境(66%)、トイレ(62%)、食事(50%)と1～3位をT(トイレ)、K(キッチン)、B(ベッド)に関する内容が占めた。イタリアでは、自治体がトレーラー式の大型キッチンカーやトイレを所有して被災地に周辺自治体から駆け付け、冷暖房の大型テントが48時間以内に整備される。台湾で3時間で体育館にプライバシーに配慮したテントを設営する方法を学んで帰国後、災害発生後大学を出発後マンホールトイレを設置(図10)し、段ボールベッド組み立て、その上に空気ベッドを膨らませ、プライバシーに配慮した個人用/家族用テント、キッチンカーの食事を1時間で終えた(図11,12)。

3.4. 外国研究者・ボランティア・住民への取り組み

齋が地域防災・減災の活動に向けた、近隣の、良く知った場所の現地データを取得、蓄積、参照し、避難をする意思決定の一助となるシステム作り、製作した安価で遠方(障害物が少なければ10km近く)まで届くことを国内で確認^[5]後、これらを土石流や水害が多発するタイ・台湾の研究者と協議した。タイでは、2011年の大水害で日本の数多くの企業が長期間機能不全となり、大きな問題となった。



図13 細い鉄骨の小学校で水害後の災害復旧



図 14 1km離れた小学校(右)へ水位や土砂移動を通報

その後も 2022 年の水害でプラチンブリー、ナディ地区、ブープラムのバーンタップラーン小学校では、ジャングルに囲まれた細い鉄骨の校舎(図 13)で、ジャングルに遮られ、洪水がどこまで迫っているか全くわからず、2 階へ避難が遅れ、大変危険であった。

図 14 左の全く見えない 1km 以上離れた 2 年前の鉄砲水発生地域から図 10 右の小学校の 2 階に GPS データ等の各種データが送られることを確認^[6]して一同歓喜の声を上げた。その後、日曜日の小学校に何事が起こっているのかと集まってきた住民も小学校の教員から 2022 年水害で大変危険であった状況を日本から贈られた装置で早期発見でき、子供の命が助かると聞いて我々研究チームに対して深く感謝され、2022 年の水害がいかに大変だったかを詳しく訴えられたので当時の状況をインタビューすることができ、その後、当時の災害時の写真を受け取ることができた。

その後、タイの Chulalongkorn 大学や鉱物資源局、台湾の逢甲大学や水土保持署との会議で、製作費の 3 倍以上の価格を保証するので大量に作って、あらゆる危険箇所に設置したいと言われた。現時点で気温・湿度・雨量・水位と高性能 GPS による表層の移動を検知できるが、現在研究者間でさらなる土中水分量や気圧等の機能をつけ加えることを検討している。

台湾では、能登地震も含め全世界の被災地に大変早く救援に駆け付け、花蓮の地震でも発生から 3 時間後に個人用テント付きの睡眠しやすい避難所を開設した慈善団体の日頃の計画準備と高い危機管理意識を学ぶことができた。

日本の消防団に近い組織も別にあるが、日本と違い無報酬である。無報酬なのに高いモチベーションを保てる理由等を団員たちにインタビューした。その結果「①多民族で自分たちの地区を自分たちで守る意識が高い。②研修会もあり、装備も支給されるため進んだ減災復興活動ができる。③それでも次の世代の若者の育成の悩みもある。」こと等が分かった。

4. 考察

地震も水害も多い台湾の周到な対策と準備の意識の高さとタイの強い向上意欲を肌で感じ、各国が抱える悩みや長所短所が明らかになり、各自の長所を共有すべきと強く感じられた。新しい視点を含め、調査数を増やし、各効果の

検証を行う必要がある。

5. おわりに

2024 年 4 月の台湾の花蓮の地震の 1 か月前に台湾の避難所設営の早さを学び、帰国後すぐ日本で挑戦した。外国から日本を見て、多くの課題と工夫、可能性を感じた。日本は世界から深く学び、一緒に悩み、互いに知恵を絞ればいくらかでも世界と協力して豊かに発展できると心から確信した次第である。

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22H01069 の助成を受けている。写真を使用させていただいた朝日航空や遠隔データ集積システムの開発及び国内外の住民の意識向上に多大なご支援をいただいた齋礼氏に深く感謝申し上げる。

参考文献

- [1] Slovic, P. (2007): "If I look at the mass I will never act": Psychic numbing and genocide, *Judgment and Decision Making*, 2, 2, 79-95.
- [2] 朝日航空(2018): <https://www.aeroasahi.co.jp/news/188/> (参照日 2024.10.02)。
- [3] 清水希功, 清水壽一郎(2022): 専門職連携教育を活用した減災リーダー育成の試み, *教育論叢*, 14, 70-84.
- [4] 越智秀二, 岡田大爾(2021): 主体的な地域防災体制づくりの事例的研究, *教育論叢*, 14, 51-65.
- [5] 齋礼, 岡田大爾(2023): ソーラーパネルと充電制御回路を有する防災・減災支援のための無線ネットワーク型情報システムの試作, *教育論叢*, 15, 23-40.
- [6] 岡田大爾, 木村玲欧, 澤口隆, 田島大輔, 久田健一郎, 張俊彦, CHARUSIRI, Punya, CHOOWONG, Montri(2023): 感情・理性視点からの早期避難啓発・教育プログラムの開発(I), *日本科学教育学会年会論文*, 47, 337-340.

著者紹介

おかだ だいじ : 広島国際大学教職教室 〒739-2695
東広島市黒瀬学園台 555-36 d-okada@hirokoku-u.ac.jp
いやま よしのぶ : 広島国際大学健康科学部
いしはら しげかず : 広島国際大学健康科学部
しみず きよし : 広島国際大学保健医療学部
いしはら けいこ : 広島国際大学健康科学部
おち しゅうじ : 広島県自主防災アドバイザー
ひさだ けんいちろう : 前筑波大学生命環境科学研究科
さわぐち たかし : 東洋大学経済学部
たしま だいすけ : 福岡工業大学工学部
ウー チュンミン : 台湾逢甲大学営建及防災研究センター
モントリ チュウオング : Chulalongkorn University

能登半島地震の6年前の検討と実際の被害から学んだこと

大堀 道広 Michihiro OHORI

益川 優里 Yuri MASUKAWA

小嶋 啓介 Keisuke KOJIMA

概要: 石川県能登地方では、2020年頃から地震活動が活発になる中、M5.4、M6.5の被害地震も相次いで発生し、地震に対する警戒感が高まっていた中で、2024年1月1日に能登半島地震(M7.6)が発生した。同地震の震源域は陸域から海域にまで及び、地震の強い揺れによる被害は広域に広がり、海岸隆起や津波被害も生じた。死者401人、重傷者359人、軽傷者977人の人的被害と、全壊6,421棟、半壊22,823棟、一部破損103,768棟の住家被害が報じられた。筆者らは、2018年に北陸3県の地震・津波に対するハザード評価を統一行的に行い、地域全体を俯瞰した上で、今後、防災教育において優先すべき地域を抽出しようと検討を行った。その際、想定した海域断層の一つである能登半島北方沖地震(M7.6)は能登半島地震とほぼ一致するものであった。本報告では、当時の検討結果を振り返るとともに、今回の地震被害から学んだことを共有する。

キーワード: CG／地震／津波／シミュレーション／ハザード評価／防災／能登半島地震

1. はじめに

筆者ら^[1]は、2018年に北陸3県(福井県、石川県、富山県)の地震・津波に対するハザード評価を統一行的に行い、地域全体を俯瞰した上で、今後の防災教育において優先すべきモデル地区を抽出しようと検討を行った。その際、3県の地震被害想定で検討されている海域断層を対象に、震度、液状化発生率、津波高さ、津波遡上高さ等のハザードマップを作成し、これらを俯瞰することで各県の被害の類似点と相違点を理解しようと試みた。この時、対象地震の一つであった能登半島北方沖地震(M7.6)は、断層の位置や地震規模などにおいて、2024年能登半島地震とほぼ一致するものであった。本報告では、当時の検討を振り返るとともに、今回の地震被害から学んだことを共有する。

2. 対象とした海域断層と解析条件

図1に対象地域の全体を示す。同図中の四角の枠線は、津波の詳細検討を行う範囲であり、西端(左端)の沿岸が福井県丹生郡越前町、東端(右端)の沿岸が新潟県糸魚川市にあたる。検討対象とする地震断層は、図1中に折れ線で

示しており、左から若狭海丘列付近断層(F1)、能登半島北方沖断層(F2)、能登半島東方沖断層(F3)を表す。いずれの断層も、走向の異なる2ないし3枚の小断層で構成されている。地震断層モデルを規定する断層パラメータは、文献^[2]を参照して設定している。3つの地震断層の地震規模はMw7.6とした。断層面上のすべり分布を一樣として、破壊の伝播は考慮しないものとする。津波の解析コードには(株)構造計画研究所のTSUNAMI-K^[3]を用いた。解析コードの基礎理論は文献^[4]を参照されたい。

なお、2011年東北地方太平洋沖地震の教訓とされる“想定外をなくすこと”を意識して、筆者ら^[1]はすべり量のみ2倍とした解析条件(Mw7.8)での検討も行っているが、ここでは、能登半島北方沖断層による地震(Mw7.6)に焦点をあてることにする。

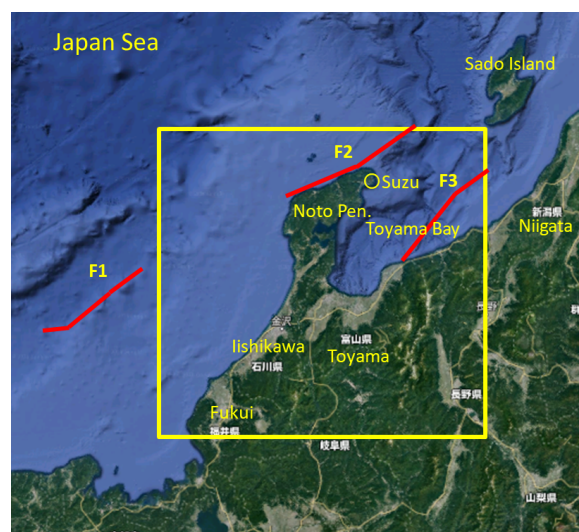


図1 計算範囲と断層の位置(背景はGoogle Mapsによる)

3. 解析結果

3.1. 震度および液状化発生率

地震の揺れや地盤の液状化は津波に先立つ現象であることから、これらも含めた複合災害として津波を理解するために、断層による地震の揺れと液状化発生率の算出を行った。なお、震度と液状化発生率の算出法は、最大速度の距離減衰特性^[5]、表層地盤の増幅特性を考慮した震度^[6,7]、震度と微地形区分^[8]に基づく液状化発生率^[9]などの要素技術

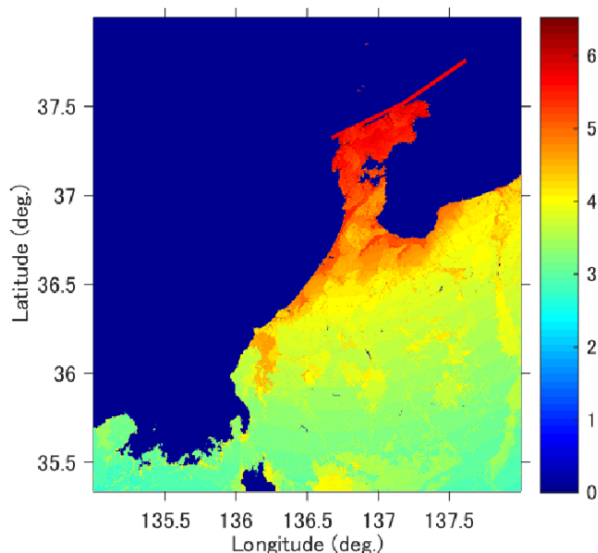


図2 広域の震度分布

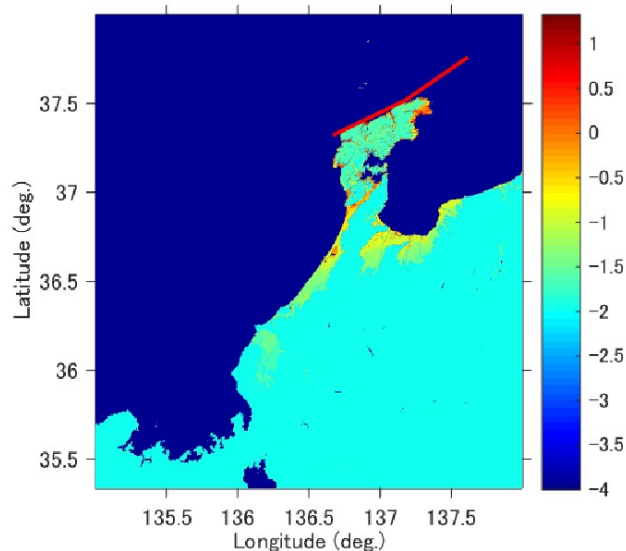


図4 広域の液状化発生率分布

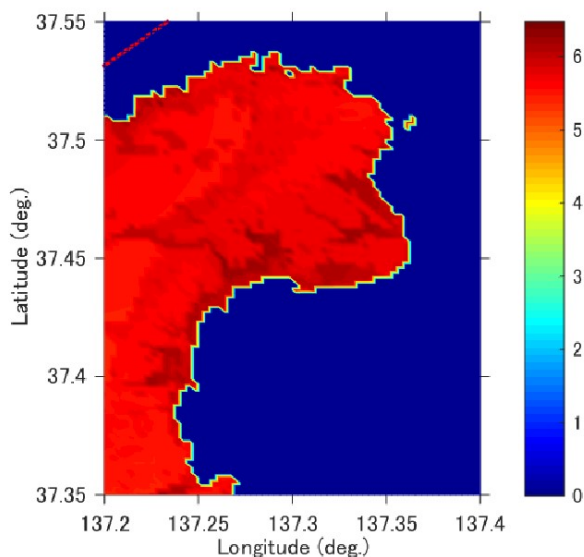


図3 能登半島北東部を拡大した震度分布

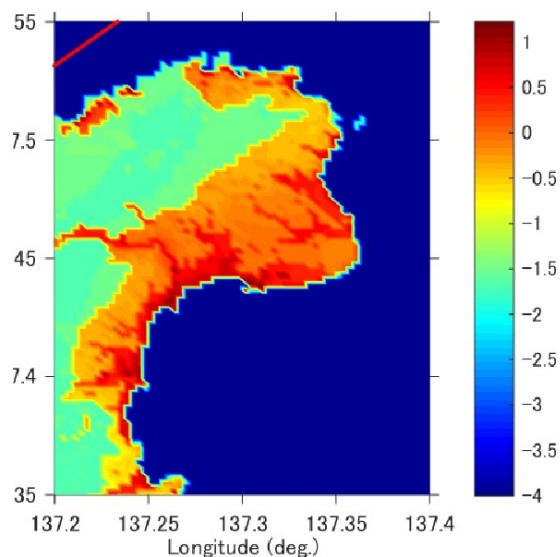


図5 能登半島北東部を拡大した液状化発生率分布

の組み合わせにより構成されている。

能登半島北方沖断層の地震による広域の震度分布を図2に示す。最大震度は、対象領域全体では震度6強となった。断層に近い能登半島北東部では震度が高くなっていることがわかる。津波の浸水が懸念される海岸沿いの低地部や金沢、富山、福井などの平野部では軟らかい堆積層による地震動の増幅により震度値が周辺よりも増加している。

図2より能登半島北東部を拡大し、図3に示す。これより、同地域は断層に近いため、震度5強から6強の強い揺れが広く分布しており、海岸沿いの低地部や川沿いの場所で震度値が高いことが観察される。

続いて、液状化発生率を図4に示す。カラースケールは液状化発生率(百分率)の常用対数に対応し、-1, 0, 1は

それぞれ0.1%, 1%, 10%に対応する。対象領域全体で最大液状化発生率は21%となった。液状化発生率は震度と微地形区分を考慮して算出されるため、震度分布と同様に、海岸低地部や金沢、富山、福井などの大きな平野部では周辺より相対的に高くなっている。

図4より能登半島北東部を拡大し、図5に示す。これより、同地域は断層に近く、図3からも明らかに震度値が高いことから、液状化発生率も高くなっている。海岸沿いの低地部や川沿いに加え、海岸から離れた砂礫質台地まで液状化発生率が高くなっていることが注目される。

3.2. 津波高さ

能登半島北方沖断層の地震による津波の高さ分布を図6

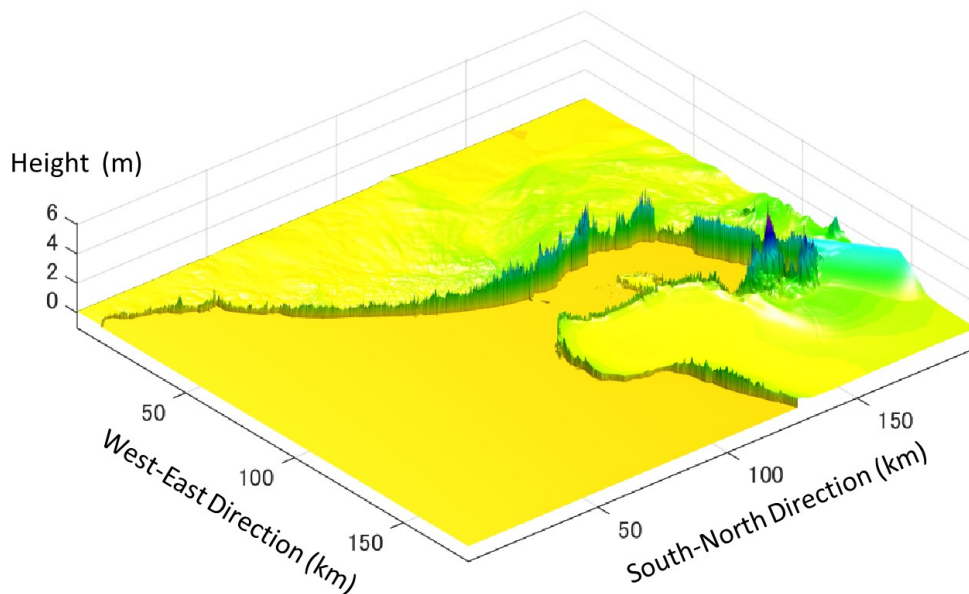


図6 津波高さの分布

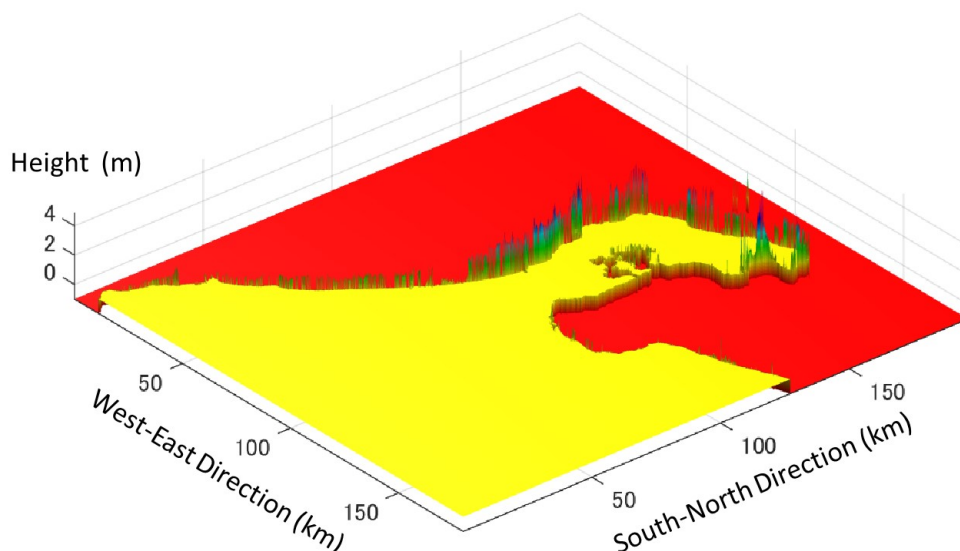


図7 津波の浸水深の分布

に示す。津波高さは、珠洲市で最大津波高さ7.1 mとなり、震源断層に近い能登半島北側では1.0～3.5 m前後、富山県では0.5～2.0 m前後、金沢市周辺の沿岸では1.0～2.0 m前後、福井県坂井市(三国町)では0.5～1.0 mとなっている。

津波の浸水深の分布を図7に示す。これは図6に示す津波高さの分布に類似した特徴を示すが、海岸沿いの土地の標高が影響により、違いが生じている。これより、能登半島の北東部から同半島の西側沿岸にかけて浸水する地域が多数見られる。最大浸水深は石川県珠洲市(宝立町周辺)で発生し、4.0 mに達する。この他、珠洲市の他の沿岸では1～3 m、輪島市(輪島港周辺)では1～4 mの範囲の浸水深

となっている。なお、浸水面積が最も大きくなるのは珠洲市で226 haと推定された。これに、志賀町、輪島市が順に136 ha, 98 haと続く。

6. 2024年能登半島地震で学んだこと

2018年に筆者ら^[1]が作成した震度、液状化発生率、津波高さ、津波の浸水深等のハザードマップは、標準的な手法に基づくものであるが、2024年能登半島地震における各種の観測値とおおむね調和的であったと考えている。例えば、珠洲市内の浸水面積は226 haと推定されていたが、この値は公表^[10]された同市の浸水面積128 ha(珠洲市狼煙町～三

崎町において約22 ha, 同市三崎町～宝立町において約106 haの合計)の2倍近いが, 断層面上のすべりを一様としていることを考えれば, おおむね対応していると思われる。これは, 仮定した断層の位置および地震の規模が2024年能登半島地震のそれとほぼ一致していたことに尽きる。言い換えれば, 国土交通省のプロジェクト^[2]で想定されていた地震が発生したと言える。地震・津波ハザードマップにおいては, 断層の位置と地震の規模を想定することが極めて重要なことは, 今回の地震を通じて学んだことの一つである。

7. まとめ

最後に, 2024年能登半島地震の発生を受けて, 今強く感じていることを述べる。それは, いつ起きるかがわからない地震に対して私たちが生き延びるためには, やはり建物の耐震性が重要であると言うことである。建物の耐震性を高めることで, 地震の強い揺れが続く数十秒間をやり過ごすことができれば, その後, 近隣の住民を救出することもできるし, 津波から避難することもできるからである。今回の能登半島地震においても, 新しい建物ほど耐震基準が厳しくなるため, 被害が少なかったとされている^[11]。“建物の耐震性を高めること”, これは1995年兵庫県南部地震における重要な教訓の一つであり^[12], 今回の地震でもその重要性が確認されたと考えている。

本研究は, 科研費基盤研究(20K04663)の支援も頂きました。防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(J-SHIS)の微地形データを利用させて頂きました。数値計算にあたり, ご助言を頂きました(株)構造計画研究所の安重晃氏に謝意を表します。記して感謝申し上げます。最後になりますが, 能登半島における一連の地震により, 犠牲になられた方々に心より哀悼の意を表します。

参考文献

- [1] Ohori, M., Y. Masukawa, K. Kojima, “Tsunami hazard assessment for Hokuriku region, Japan: Towards the disaster mitigation for future earthquakes”. Natural Hazards - Risk Assessment and Vulnerability Reduction (edited by José Simão Antunes do Carmo), Chapter 8, InTech (2018), 127-147.
- [2] 国土交通省・日本海における大規模地震に関する調査検討会, “日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(本文)”, 2014年9月, http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinhouse/, (参照 2024-10-20).

- [3] (株)構造計画研究所, “TSUNAMI-K”, <https://kaiseki-kke.jp/consulting/software/page10.html>, (参照 2024-10-20).
- [4] 後藤智明, “津波数値計算”, B-3-1-B-3-21, (1986), library.jsce.or.jp/jsce/open/00027/1986/22-B03.pdf, (参照 2024-10-20).
- [5] 司 宏俊・翠川三郎, “断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式”, 日本建築学会構造系論文集, 第523号, (1999), 63-70.
- [6] 防災科学技術研究所, “地震ハザードステーション”, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>, (参照 2024-10-20).
- [7] 藤本一雄・翠川三郎, “近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法”, 地域安全学会論文集, No.7, (2005), 241-246.
- [8] 藤本一雄・翠川三郎, “近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係”, 日本地震工学会論文集, 第6巻, 第1号, (2006), 11-22.
- [9] 松岡昌志・若松加寿江・橋本光史, “地形・地盤分類250mメッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法”, 日本地震工学会論文集, 第11巻, 第2号, (2011), 20-39.
- [10] 国土交通省, “令和6年能登半島地震 津波による浸水および海岸保全施設の被害状況(速報)”, 2014年2月2日, https://www.mlit.go.jp/river/bousai/240101_noto/pdf/tsunamishinsui_higai_240202.pdf, (参照 2024-10-20).
- [11] 村田 晶, “令和5年奥能登地震, 令和6年能登半島地震における建物被害について”, 日本地震工学会誌, No.52, (2024), 18-21.
- [12] 目黒公郎, “間違いだらけの地震対策”, 旬報社, (2007).

著者紹介

おおほり みちひろ : 滋賀県立大学環境科学部,
〒522-8533 滋賀県彦根市八坂町2500,

ohori.m@ses.shiga.usp.ac.jp

ますかわ ゆり : 株式会社建設技術研究所,
〒330-0075 埼玉県さいたま市針ヶ谷4-2-20,

yur-masukawa@ctie.co.jp

こじま けいすけ : 福井大学工学部建築都市環境学科,
〒910-8507 福井県福井市文京3-9-1,

k_kojima@u-fukui.ac.jp

3D-CGによる都市空間モデルを活用した津波避難シミュレーション

安福 健祐 Kensuke YASUFUKU

概要:本研究は3D-CGによる都市空間モデルを活用して、エージェントベースの避難シミュレーションを実施し、津波災害時の避難リスクの評価を行った。対象エリアとして広島紙屋町地下街、大阪梅田地下街、および大阪市港区を選定し、各地域の津波浸水想定に基づく避難シナリオを策定した。シミュレーション結果を可視化することで、避難時間や避難経路の選択による混雑状況を明らかにし、避難計画の改善に資する具体的な課題を提示した。また、都市空間の詳細な形状データを利用することで、より精度の高い避難シナリオの構築とリスク評価が可能であることを示した。

キーワード:CG/形状処理/避難シミュレーション

1. はじめに

我が国では南海トラフ巨大地震に起因する津波災害への対応として、防災意識の醸成と包括的な津波防災施策の推進が喫緊の課題となっている。特に東日本大震災を契機として2011年12月に制定された「津波防災地域づくりに関する法律」では、浸水の危険性が指摘される都市の地下空間において、管理者等に対し津波発生時の避難確保計画の策定と公表を義務付けている。避難確保計画を定量的に評価する手法として、コンピュータを活用した避難シミュレーションの有効性が挙げられる。中でも、個々の避難者の行動を詳細にモデル化したエージェントベースの避難シミュレーションは、より精緻な分析を可能とする手法として注目を集めている。

エージェントベースの避難シミュレーションを高精度で実施するためには、避難者(エージェント)が通行可能な領域を表す図形データの作成が不可欠である。この点において、図形科学分野におけるCAD/CGを用いたデータ活用の知見を活かすことができる。本研究は、3D-CGの技術を応用し、複雑な都市の地下街から広域都市空間形状までを正確に再現した上で、エージェントベースの避難シミュレーションを実施することで、津波災害に対する避難リスクの評価を精緻に行うことを目的とする。

2. 対象エリア

避難リスク評価を行う具体的なエリアとして、(1)広島紙屋町地下街、(2)大阪梅田地下街、(3)大阪市港区を選定した。これらの地域は、その地理的特性や都市構造の複雑さから、

津波災害時の避難行動に関する詳細な分析が有用となる代表的な事例である。エージェントベースの避難シミュレーションPathfinder^[1]を適用して、想定され得る避難状況を可視化し、ステークホルダーとの情報共有を行うことで、具体的な課題の抽出と対策立案が期待される。

2.1. 広島紙屋町地下街

広島市の中心に位置する広島紙屋町地下街(紙屋町シャレオ)を対象に、南海トラフ巨大地震による津波災害が発生したときを想定した避難シミュレーションを行う。避難シナリオは、地下街の管理会社へのメールヒアリング結果に基づいている。

広島県津波浸水想定図^[2]によると、広島県沿岸に最大クラスの津波がもたらす浸水想定は紙屋町地区周辺で0.3m以上、1.0m未満となっている(図1)。また、浸水開始時間は地震発生後210分から240分とされている。一方、外水氾濫による浸水を想定した場合、「太田川下流はん濫危険情報」や「千田ポンプ場着水井水位」が5.66 mに達した情報を受信した場合に速やかに避難を開始するとある。地下街への浸水開始想定時間は、破堤後1時間以上あることから、避難誘導開始から30分を想定して避難を完了することを目標にしている。

広島紙屋町地下街の空間形状を3D-CGにより再現したものを図2に示す。これをエージェントベースの避難シミュレーション用のデータとして入力することで、避難者(エージェント)が通行可能な空間形状が正確に抽出できる。使用する避難階段については、接続施設の2階以上と避難誘導計画で定めている。それ以外の階段を選択した場合は、地上に出たあと、指定津波避難ビルまで避難を行うことも想定する。

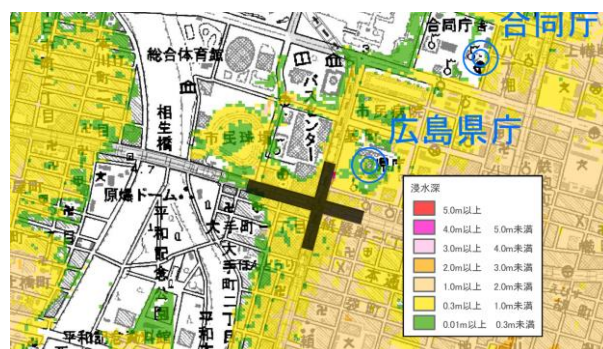


図1 広島紙屋町地下街周辺の津波浸水想定

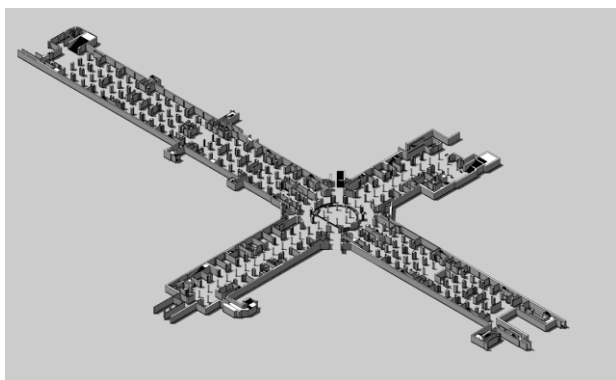


図2 3D-CGIによる広島紙屋町地下街の空間形状

2.2. 大阪梅田地下街

大阪梅田地下街の一部(ホワイトティーム)を対象に、南海トラフ巨大地震による津波災害が発生したときを想定した避難シミュレーションを行う。避難シナリオは、地下街の管理会社が想定している避難確保計画に基づく。大阪駅周辺地区地下空間浸水対策計画^[3]では、対象エリア周辺は南海トラフ巨大地震により最大で約2 mの浸水が想定されている(図3)。

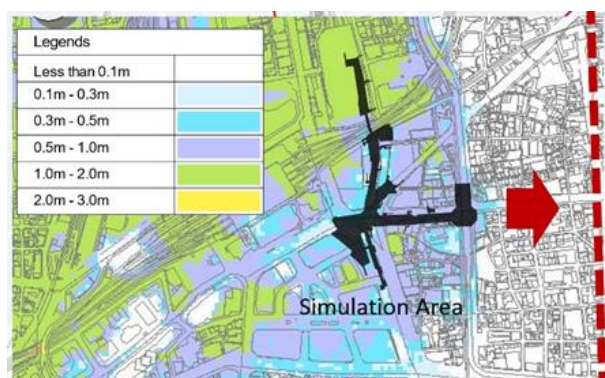


図3 大阪駅周辺地区の津波浸水想定

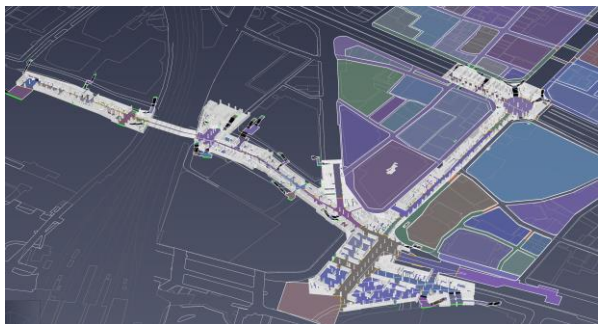


図4 3D-CGIによる大阪梅田地下街の空間形状

大阪梅田地下街は様々な地下鉄と接続されており、そのため災害時の避難タイムライン作成は極めて重要となる。シミュレーションにおける避難人数は、最も混雑しているとされる時間帯を想定し、約18,000人とする。地下街における浸水時の避難は各接続ビルへの避難を想定することが多い

が、今回は接続ビルに全員が収容しきれないという制約から、地上に出て浸水区域外に向かって水平避難することを基本とする。避難誘導計画では、大部分の人々を浸水区域外方向に位置する広場に誘導し、幅員の広い階段から地上に避難させることになっている。

2.3. 大阪市港区

大阪市港区の防災計画^[4]では、津波発生時の一時避難場所として、3階建て以上の建物を津波避難ビルとして指定する取り組みを進めている。港区域の想定避難人口達成率は、平成30年3月31日時点で、昼間想定避難人口達成率で184%、夜間想定避難人口達成率207%と十分な確保がなされており、その後も継続的に整備が進んでいる。ただし、地域によっては達成率が目標数値に届いておらず、最寄りの津波避難ビルでは収容人数が不足することが懸念されている。

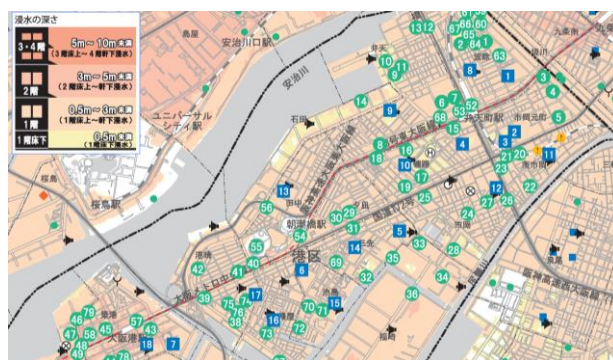


図5 大阪市港区の津波浸水想定



図6 3D-CGIによる大阪市港区の空間形状



図7 3D-CGIによる大阪市港区の道路形状

そこで、大阪市港区全体を対象に、南海トラフ巨大地震による津波災害が発生したときを想定した避難シミュレーションを行う。避難シナリオとしては、最寄りの津波避難ビルに向かって避難を行った場合の収容人数が不足するエリアを定量的に把握する。大阪市港区の水害ハザードマップ^[5]によると、南海トラフ巨大地震による津波の浸水想定は港区のほぼ全域で0.5mから3m未満となっており(図5)、大阪港への津波到達時間は地震発生後114分と予測されている。

大阪市港区全体の都市空間形状を再現した3D-CGを図6に示す。これには国土交通省が主導して整備・オープンデータ化している3D都市モデル(PLATEAU)^[6]を利用して編集・加工を行ったものである。一方、大阪市港区全体(約7.86平方キロメートル)の複雑な都市空間形状を避難シミュレーション用データとして使用することは困難であったことから、別途道路ネットワークから生成したナビゲーション用データと津波避難ビル位置のデータ(図7)を組み合わせることで、現実的な時間でのシミュレーション実行を可能としている。

3. 結果と考察

3.1. 広島紙屋町地下街の浸水避難リスクの評価

シミュレーションの結果、地下街に浸水が開始する時間よりも余裕をもって避難が完了することが示された。途中の避難状況と群集密度の分布を図8に示す。避難時に使用する階段と避難場所は、火災時と同様、通路ごとにブロック単位で設定されている。原則としては、店舗から通路、通路から広場、広場から広場に面した階段を使って地上に避難する。

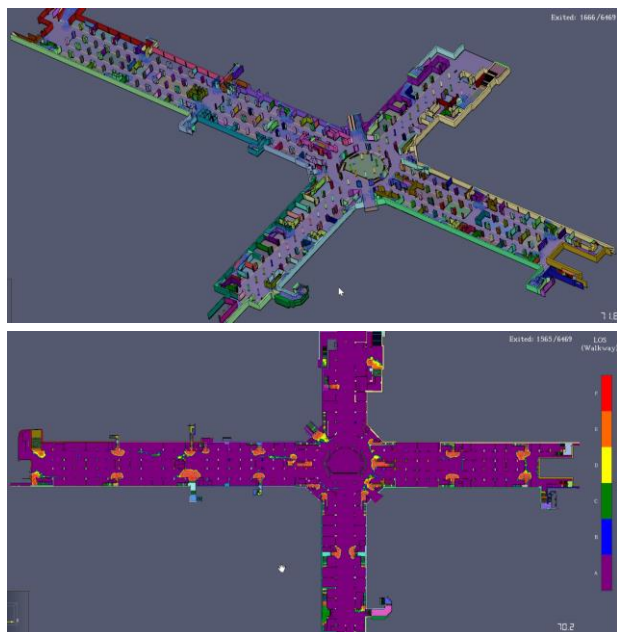


図8 広島紙屋町地下街の避難シミュレーションの可視化

避難シミュレーションでは、一部の避難者を車椅子利用者に設定することもできる(図9)。車椅子利用者はエレベータもしくは介助者を伴う避難によって、他の避難者と交錯する場合あり、優先した避難誘導が必要である。

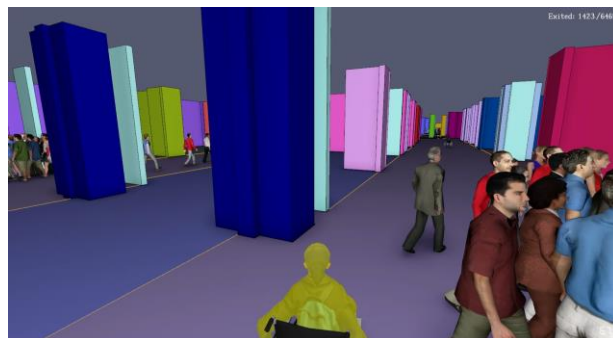


図9 車椅子利用者の避難シミュレーション

3.2. 大阪梅田地下街一部の津波避難リスクの評価

シミュレーションの結果、地上への避難は目標時間の120分以内に余裕をもって完了することが示された。その避難状況は、エージェントベースの避難シミュレーションにより時系列で可視化され、混雑する箇所や時間帯を確認することができる(図10上参照)。これは適切な避難誘導が行われた場合の結果であるが、各避難者が最初にいた位置から最短経路にある階段を用いるよりも、距離は遠いが幅員の大きい階段を選択して誘導する方が、結果的に全体の避難時間を短縮することが明らかとなった。

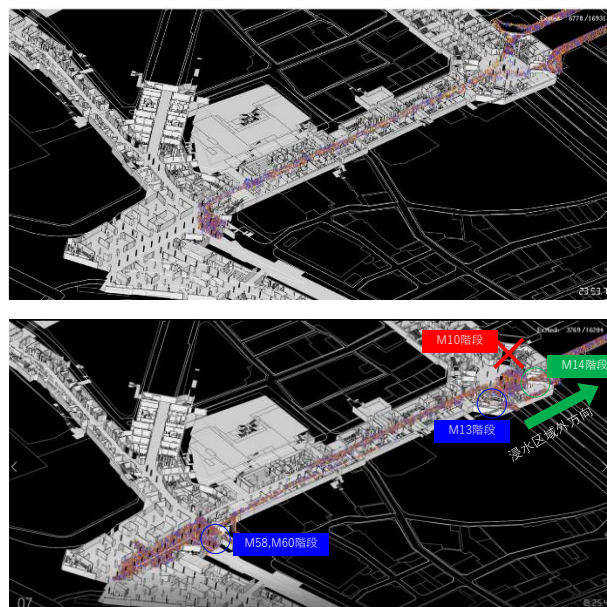


図10 大阪梅田地下街の避難シミュレーションの可視化

さらに、避難誘導計画において要所となる2つの階段(図2のM10、M14)のうち、何らかの理由で一方が使用不可能になったシナリオについての検証も行った。避難誘導計画の

セカンドプランとして他の階段を利用する避難ルートを設定した場合でも避難安全性は確保されたが、地上での合流地点がボトルネックとなり、スムーズな避難が妨げられる可能性も示された(図10下)。

地下街が最も混雑した時間帯において、避難中に滞留が発生している場合でも、適切な順序に従って避難していくことが重要である。今回の避難シナリオにおいて、後方にいる人は、滞留時間が長引くにつれて、恐怖や不安からパニックを引き起こす可能性が出てくるが、それを抑制するためには、誘導に従えば、津波が地下街に到達する前に全員が余裕を持って避難できることを理解していることが不可欠である。

3.3. 大阪市港区の津波避難リスクの評価

シミュレーションの結果、津波避難ビルまでの避難は目標時間の114分以内に余裕をもって完了することが示された。一方で、地域によっては、想定する避難者数に対して最寄りの津波避難ビルで収容人数が不足し、より遠くにある津波避難ビルへの移動を余儀なくされる避難者が存在しており、その人数や移動距離をシミュレーションによって把握することが可能となった(図11)。

図12は想定した避難者全員が津波避難ビルに到達し避難が完了したときの、各津波避難ビルの収容率を可視化したものである。



図11 大阪市港区の避難シミュレーションの可視化

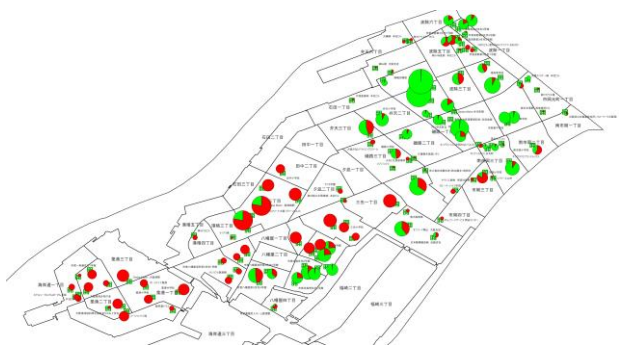


図12 大阪市港区の津波避難ビルの収容率の可視化

4. まとめ

本研究では、3D-CGによる都市空間モデルを活用したエージェントベースの津波避難シミュレーションを通じて、避難行動のリスク評価を行った。シミュレーション結果の可視化は、避難時間や混雑箇所の特定に役立ち、ステークホルダーとの効果的な情報共有に貢献した。また、都市空間の詳細なモデルを用いることで、実際の避難シナリオにおける現実的な課題を浮き彫りにし、今後の防災計画に対する改善策を示唆した。

本研究はJSPS科研費JP22H01664, JP22H01069, JST未来社会創造事業JPMJMI20D1の助成を受けたものである。記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Thunderhead Engineering Consultants Inc., Pathfinder, <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/> (参照 2024-10-20)
- [2] 「広島県津波浸水想定図」の作成について, <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/kikitorikumi/tsunamisinsuisouteizu.html> (参照 2024-10-20)
- [3] 大阪市地下空間浸水対策協議会, 大阪駅周辺地区地下空間浸水対策計画 Ver.2 (2024).
- [4] 大阪市港区役所, 災害に強いまちをめざして大阪市港区防災計画(2016).
- [5] 大阪市, 水害ハザードマップ(港区), <https://www.city.osaka.lg.jp/kikikanrishitsu/page/0000300826.html> (参照 2024-10-20)
- [6] 国土交通省, PLATEAU by MLIT, <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (参照 2024-10-20)

著者紹介

やすふくけんすけ:大阪大学D3センター,
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘5-1

地域の災害状況を可視化する防災教育ARアプリを活用した地域防災の取り組み

吉田 大介 Daisuke YOSHIDA

概要:大阪公立大学都市科学・防災研究センター(UReC)では、防災まち歩き等の防災教育において、地域の様々な災害リスクを子どもたちや住民の方々に分かりやすく可視化するために、拡張現実(AR)機能を実装した地図アプリの開発を行い、地域防災の取り組みの中で活用を進めてきた。このアプリを活用することで、災害が起こりえる場所で、浸水や火災などの災害状況を、仮想的な災害アニメーションとしてAR表示することができ、リアリティのある災害体験を訓練の参加者に提供することができる。本稿では、近年実装したARアプリの新機能と、地域防災での活用事例について解説する。

キーワード: CG/拡張現実(AR)/防災教育/オープンソースソフトウェア/オープンデータ

1. はじめに

これまでの本学が担当してきた地域防災の取り組みの中で、地域の様々な情報(災害リスクや防災関連施設)を可視化するために、地図アプリを開発し、地域住民向けの公開講座や防災まち歩き等に活用してきた^[1]。その中で明らかになった課題として、単にデジタルマップ上でハザード情報を提示するだけでは、実際の現場がどのようになっているかについて、地理的・空間的な理解が十分に伝わらないという課題があった。特に、土地に不慣れな人や子どもたちにとっては、ハザードマップのような2次元の地図情報を示しただけでは、現実の地理空間に置き換えて理解することは難しい。また、その他の課題として、地域防災の取り組みが定型的でマンネリ化しており、臨場感や危機感が感じられないため、災害や防災の「自分ごと」につながらないという課題があげられる。

本研究では、リアリティのある災害体験を訓練の参加者に提供するために、地域で起こりえる災害を、拡張現実(AR)により分かりやすく可視化できるスマート端末アプリ「MUSUBOU-AR」(以下、ARアプリ)を開発し、多くの地域防災の取り組みで活用してきた。本稿では、近年開発したARアプリの新機能の解説や、いくつかの防災教育での活用事例について紹介する。

2. リアルな災害仮想体験を可能にする防災教育ARアプリ

2.1. ARアプリの特徴

ARアプリを用いることで、訓練対象エリアにどのような災害リスクが潜在するのか、近くどのような防災関連施設が用意されているのかなどを、現地で地理空間的な理解を助けることが可能となる。ARアプリでは仮想災害(火災、浸水、土砂崩れ、家屋倒壊、ブロック塀倒壊、液状化現象)を任意の地点に設定でき、アプリ利用者が災害範囲に侵入すると、警告音とともに仮想災害がアニメーション表示される(図1)。この仮想災害は、タイマー設定することができ、刻々と変化する災害状況を仮想的に作りだすことが可能である。例えば、時間の経過とともに火災が延焼するシナリオや、浸水範囲が拡大していく状況をARアプリで設定でき、災害訓練や防災まち歩きに臨場感をもたせることが可能となる。



図1 仮想災害アニメーションのAR表示画面

(左から火災、浸水、家屋倒壊、液状化現象)

2.2. AR表示機能の改良

本研究では、よりリアルなAR表示機能を実現するために、近年のiPhone ProやiPad Proに搭載されているLiDAR(レーザー測距機能)対応を、Unityを用いて実装した。iPhone Pro/iPad ProのLiDAR機能を活用することで、周りの空間をより正確に認識することができ、空間に応じた仮想災害アニメーションの表示が可能となる。例えば、浸水災害の場合であれば、地表面を認識し、地表から1mの位置に水面を表示する浸水アニメーションを再生する(アプリデータで水位パラメータを指定することで、浸水の水位を変化させることが可能)。

2.2. ARアプリの新しいデータ作成ツール

ARアプリは、自治体が公開するオープンデータや、国土地理院など国が配信する様々な地理情報システム(GIS)データを活用することで、様々な地域のアプリデータを準備することができる。近年、大阪府等の自治体や大学を中心に、ARアプリの活用が進み始めているが、アプリ活用にお

ける課題の一つとして、ARアプリのデータ作成作業があげられる。現行のデータ作成ツールは、地理院地図のソースコードをカスタマイズしたWebシステムであり、このツールを用いることで最低限のARアプリデータの作成・編集・出力ができる。しかしながら、このツールの機能が限られているため、データ作成における難易度は高く、アプリ活用の妨げの要因になっている。そこで本研究では、国土交通省が進めるProject PLATEUでオープンソースとして公開されているViewerをカスタマイズし、より高機能で操作性の良いデータ作成ツールを開発した(図2)。新ツールでは、ARアプリで使用するすべてのデータ(ポイント、ルート、GISデータ)を、Webツールで容易に作成・編集・出力が可能となる。

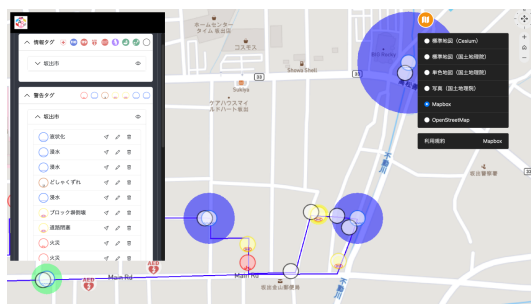


図2 ARアプリの新しいデータ作成ツールの画面

3. ARアプリを活用した地域防災の事例

3.1. 大阪府大阪狭山市での防災ARさんぽ

大阪狭山市の市民団体である狭山防災レンジャーが主催する「さくら防災フェス」(2024年3月30日開催)において、小学生親子を対象とした「防災ARさんぽ」を実施した。このまち歩きでは、過去の大地震と狭山池の歴史について博物館職員から講義を受け、地域のことを学んだ後に、ARアプリを活用しまち歩きをおこなった。まち歩きは狭山池の周辺を30分程度歩くルートで、歴史街道沿いの木造家屋があるエリアで、家屋倒壊や火災の仮想体験をおこない、古い民家のブロック塀のあるエリアでは、ブロック塀倒壊のAR体験をした。まち歩きルートの検討には、狭山防災レンジャーの地元の方と共に現地の下見をしてルート作成をおこなった。また、まち歩き中の安全確認のサポートを大阪狭山防災士の会の方々にご協力を頂いた。

3.2. 香川県坂出市立東部小学校での防災ARまち歩き

2023年10月には、坂出市立東部小学校の4年生児童(約60名)を対象に防災ARまち歩きを実施した。まち歩きは、3班を児童20名に分け、2つのルートを同時に歩いた(ただし、1つのルートは、時計回りと反時計回りで実施)。まち歩きルートは、前年度に児童が防災学習のために収集した情報(危険な場所や、災害時に役立つ場所など)をもとに作成した。同年8月には、小学校教員と自主防災会を対象に、防

災ARまち歩きを実施し、その際のフィードバックをもとに、10月の小学生向けのまち歩きを実施した。

3.3. 大阪府豊中市もしもフェスタでの防災AR体験

近年、大阪府(都市整備部)を中心に大阪府下の地域でARアプリの活用が進んでいる。2024年10月5日に豊中市主催で開催した「もしもフェスタ」では、ARアプリを用いてイベント会場内のいくつかのポイントを歩き、浸水や火災などの仮想体験と、それらの災害に関連するクイズ動画を視聴する防災啓発活動を実施した。このAR体験では、自治体のゆるキャラをAR表示するARアプリのカスタマイズを実施し、クイズ動画と連動するような工夫をおこなった(図3)。



図3 自治体のゆるキャラをARアプリで活用している画面
(左:AR表示画面, 右:防災クイズ動画の画面)

4. おわりに

本研究で開発したARアプリは、Apple社のApp Storeを通じて無償配布を行うだけでなく、アプリを自由にカスタマイズできるように、プログラムコードをオープンライセンスとしてすでに公開している。この目的は、“オープン”なリソースとして提供することで、防災教育の機会で広く活用されるだけでなく、他機関との連携につなげ、ARアプリの継続的な研究開発につなげている。その一環として、近年に新しいデータ作成ツールの開発を進めた。今後は、地域防災の取り組みでさらに活用が広がるように、わかりやすいドキュメントや解説動画の整備を進める予定である。

本研究は、JST共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT) JPMJPF2115の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] 三田村宗樹, 重松孝昌, 生田英輔, 吉田大介, 増田裕子, コミュニティ防災人材育成プログラム入門, 大阪公立大学出版会 (2024).

著者紹介

よしだ だいすけ : 大阪公立大学大学院 情報学研究科学際情報学専攻,
〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3-3-138,
daisuke@omu.ac.jp

竹野 英敏 Hidetoshi TAKENO

キーワード:教育評価／土砂災害／防災学習／防災情報

そこで本提案は、今後の早期避難意識を高めることを目的として、小学校高学年期の段階において、気象庁等の防災情報、身近な警戒区域(例えば急傾斜地)の前兆現象のデータ収集と分析のしかたを主体的に行うことができ、自ら判断しようとする態度が育成できる教材を提案する。

指導の効果を高めるため、地域や学校及び児童生徒の実態等に応じ、教育的見地からみて有益適切な補助教材を有効に活用することが重要であるとされている^[3]. そのため、学校の置かれている現状把握(図1)をさせることにより、防災学習の意義を持たせることができる教材であることが

17

兆をつかむ学習。理科や算数の教科でセンサ類(図2)を用いたブロックプログラミング(図3)でデータ収集し、判断するシステムを構築する学習が考えられる。

2.1.3. 学年や発達段階に適した内容

教材は、使用される学年の児童生徒の心身の発達の段階に即していることとされている^[3]。発達段階としては、身体的発達、知的発達、情緒的発達、社会的発達等が想定され、文部科学省は、小学校高学年では、次のような学習を想定している^[4]。

身体的発達を促すためには、細かい作業や実験、プロジェクト型の学習を取り入れる。そして、知的発達を促すためには、抽象的な思考ができるような理論的な内容や問題解決型の学習を取り入れる。また、情緒的発達を促すためには、自己肯定感や他者との協力ができるようなグループ活動やディスカッションを取り入れる。最後に、社会的発達を促すためには、より複雑な社会の仕組みや役割を理解するような学習を取り入れることが考えられる。

以上のことから、本提案では、「学校防災プロジェクト」として、①土砂災害の調査・判断能力の向上、②ハザードマップ理解力の向上、③公的機関の警戒避難情報の理解力の向上などについて、実測データと公的機関の発表情報とを比較しながら、グループ活動を通して、防災意識を高め、地域の防災問題を解決していこうとする児童を育成していくことが考えられる。

2.1.4. 正確性と中立性

多様な見方や考え方のできる事柄、未確定な事柄を取り上げる場合には、特定の事柄を強調し過ぎたり、一面的な見解を十分な配慮なく取り上げたりするなど、特定の見方や考え方に偏った取扱いとならないこととされている^[3]。

今日、公的機関が発表する「警戒レベル4の避難指示」を信用せず、行動しようしない人々が存在することを踏まえ、本提案では、身近な警戒区域(在籍する小学校から直線距離50m)の急傾斜地のデータ収集を行い、小学生に多様な見方や判断ができる材料を提供するデータ収集システム(図4)教材の構築を考えた。

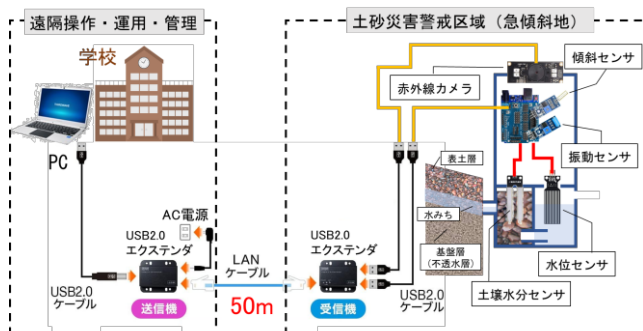


図4 身近なデータ収集システム教材の提案

2.1.5. 経済的負担の考慮

補助教材の購入に関して保護者等に経済的負担が生じる場合は、その負担が過重なものとならないよう留意することとされている^[3]。

本提案では、身近なデータ収集システム教材(図4)を構築するためには、パソコンを除いて、約25,000円の費用を要する。しかし、プログラミング学習や理科・数学用補助教材としては、Arduino Unoボード(約1,000円)、センサ(傾斜・振動・水位・土壌水分)(約400円)、赤外線カメラモジュール(約2,000円)で実施可能である。グループ活動として実施すれば、1グループ当たり3,500円程度の負担と考えられ、学校が整備する補助教材として妥当な負担と考える。

3. おわりに

土砂災害の早期避難意識を高めるために、我が事として考えられるような身近な場所での客観的なデータを主体的に収集できるしくみ、公的機関のデータと主体的・体験的な活動を通して得た情報をクロスさせながら判断する習慣、グループ活動を通して、得た情報をもとに自ら考え判断する姿勢を小学校高学年から刷り込むことを提案した。

今後は、小学校等において実践し、効果を明らかにする所存である。

本提案は、一部JSPS科研費 22H01069の助成を受けています。

参考文献

- [1] 竹野英敏, 齋礼, 岡田大爾, “早期避難意識を高める情報収集システムの開発”, 日本科学教育学会年会論文集47(2023), 347-350.
- [2] 竹野英敏, “簡易脳波測定を用いた防災情報(土砂災害)の評価”, 日本科学教育学会年会論文集48(2024), 263-266.
- [3] 文部科学省, “現行制度における教材の取扱いについて”, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/110/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2015/12/24/1365538_3.pdf, (参照 2024-10-20).
- [4] 文部科学省, “児童生徒の発達の支援”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseioun/mext_01502.html, (参照 2024-10-20).

著者紹介

たけの ひでとし : 広島工業大学情報学部情報コミュニケーション学科, 〒731-5193 広島市佐伯区三宅2-1-1

防災組織づくりの成果と課題 ―東広島市八本松住民自治協議会の取り組み―

牧野 美三夫 Misao MAKINO

上田 崇 Takashi UEDA

概要: 東広島市八本松住民自治協議会では、2014年に防災部会を発足し、以来、2018年(平成30年)7月豪雨災害の経験も踏まえ、地域が一体となった安全、安心のための組織づくり、住民自身による地域ごとの防災マップづくり、災害時の避難行動の支援など、地域防災の取り組みを強化してきた。一方で、避難率が上がらないなどの課題もあり、引き続き、自助、共助による地域防災力向上について不断の取り組み強化を図っている。

キーワード: 地域防災／組織づくり／災害時避難

1. はじめに

地域防災力向上の取り組みは、災害時等に、住民一人ひとりの命を守るための重要な要素であり、災害大国の我が国では、住民、地域、行政、企業等に課せられた、欠かすことのできない使命でもある。1995年(平成7年)1月に発生した阪神淡路大震災では、震度7の強い揺れを観測し、

建物倒壊による死者が多数を占める甚大な被害が生じた。一方で、多くの倒壊した建物から救出された人の約8割が、家族や近所の住民によって救出され、公的機関による救出はわずかだった。この経験から、自助、共助の地域防災力の重要性が更に言及されるようになった。

2. 八本松住民自治協議会の組織

図1□の八本松地域の住民自治協議会では、防災をはじめ、自治、防犯・交通、福祉など8つの部会を設けている(図2)。



図1 東広島市地域図^[1]

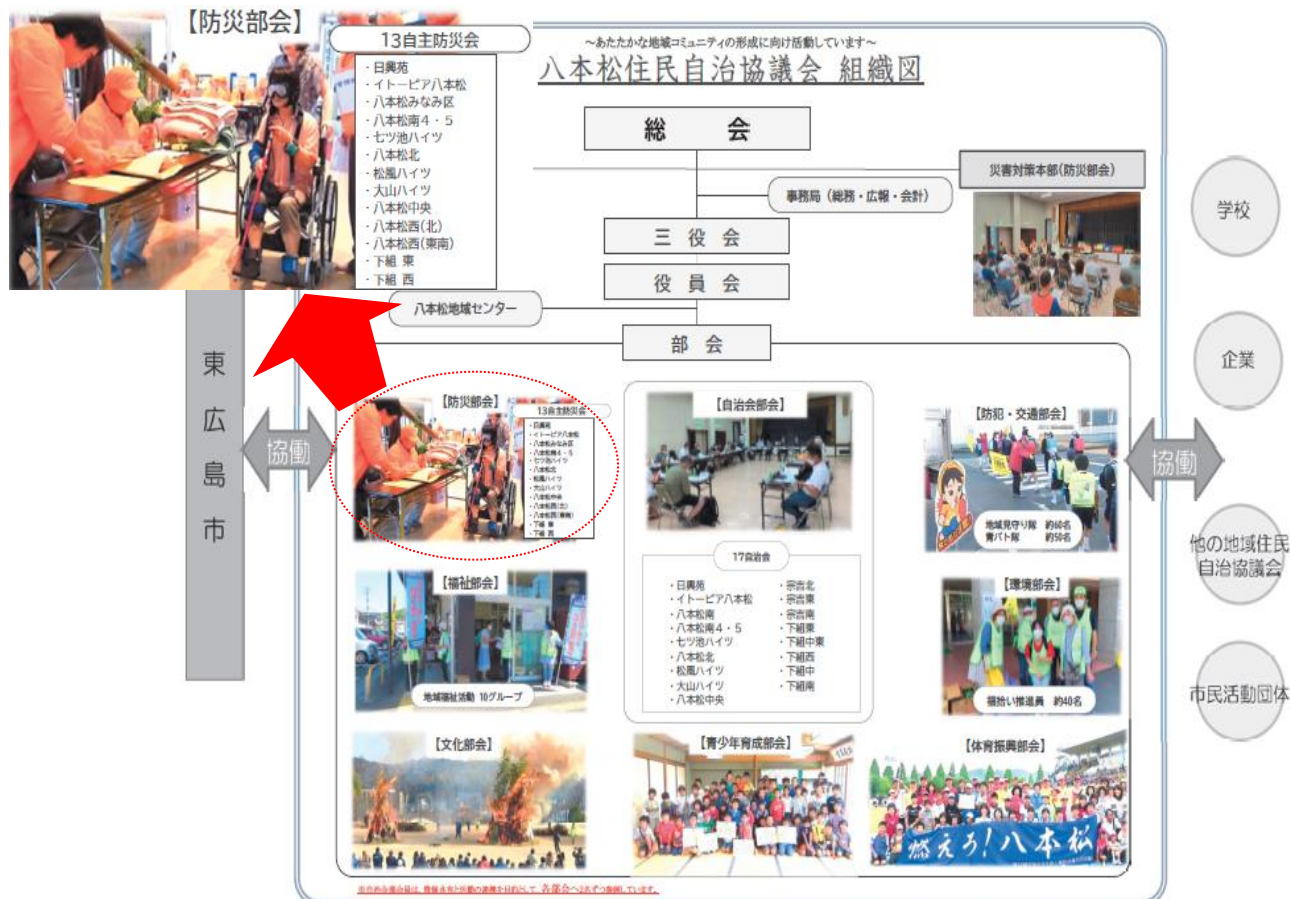


図2 八本松住民自治協議会組織図^[2]

3. 防災組織づくりの成果と課題

3.1. 防災組織づくりの成果

八本松地域の防災部会は13地区の自主防災会により組織されており、広い面積(1,087ha)の自治協議会内の住民に対するきめ細かい連携や、啓発等を可能にする組織体制が構築できている。

3.2. 防災組織づくりの課題

13地区の自主防災会は、それぞれ会長を頂点に組織を構成しているが、一部の地域を除いては、会長職は1～2年の輪番制を敷いている。背景には、地域住民の高齢化を踏まえ、長期間担当による負担感を軽減させる点がある。視

点を変えると、防災に関わる地域住民が増えるというメリットと捉えることもできる。多方で、昨今の国内の自然災害発生の状況から、会長職は非常に重責であるため敬遠されがちな面もあるとともに、定年延長などの社会環境の変化も地域の防災人材登用に影響していると分析する。

4. 防災部会の取り組みの成果と課題

4.1. 防災部会の取り組みの成果

これまで、防災に関する様々な取り組みを進めてきたが、ここでは13地区の自主防災会ごとに作成している防災マップの一例(図3)を紹介する。

作成にあたっては13地区の住民がそれぞれ自分達の地域をまち歩きし、誰にでもわかりやすく見せることをポイントとした。また、2018年(平成30年)7月豪雨では八本松地区でも甚大な被害が生じた。特に八本松西・宗吉地区



図4 宗吉付近土砂災害^[2]
(写真の上側が南)
★:溝迫交差点

では、大規模な土砂災害が発生した(図4)。この豪雨災害により、防災マップを再作成(図5)し、住民説明会を実施した。いつどこで起こるか分からない災害に備え、地域を守りながら、災害を経験する度に、更なる備えの強化に取り組んだ。

その他に、2022年(令和4年)には、初めて宿泊型避難訓練を実施し、災害時の避難について、住民が宿泊体験を通じて訓練、研修を実施した。

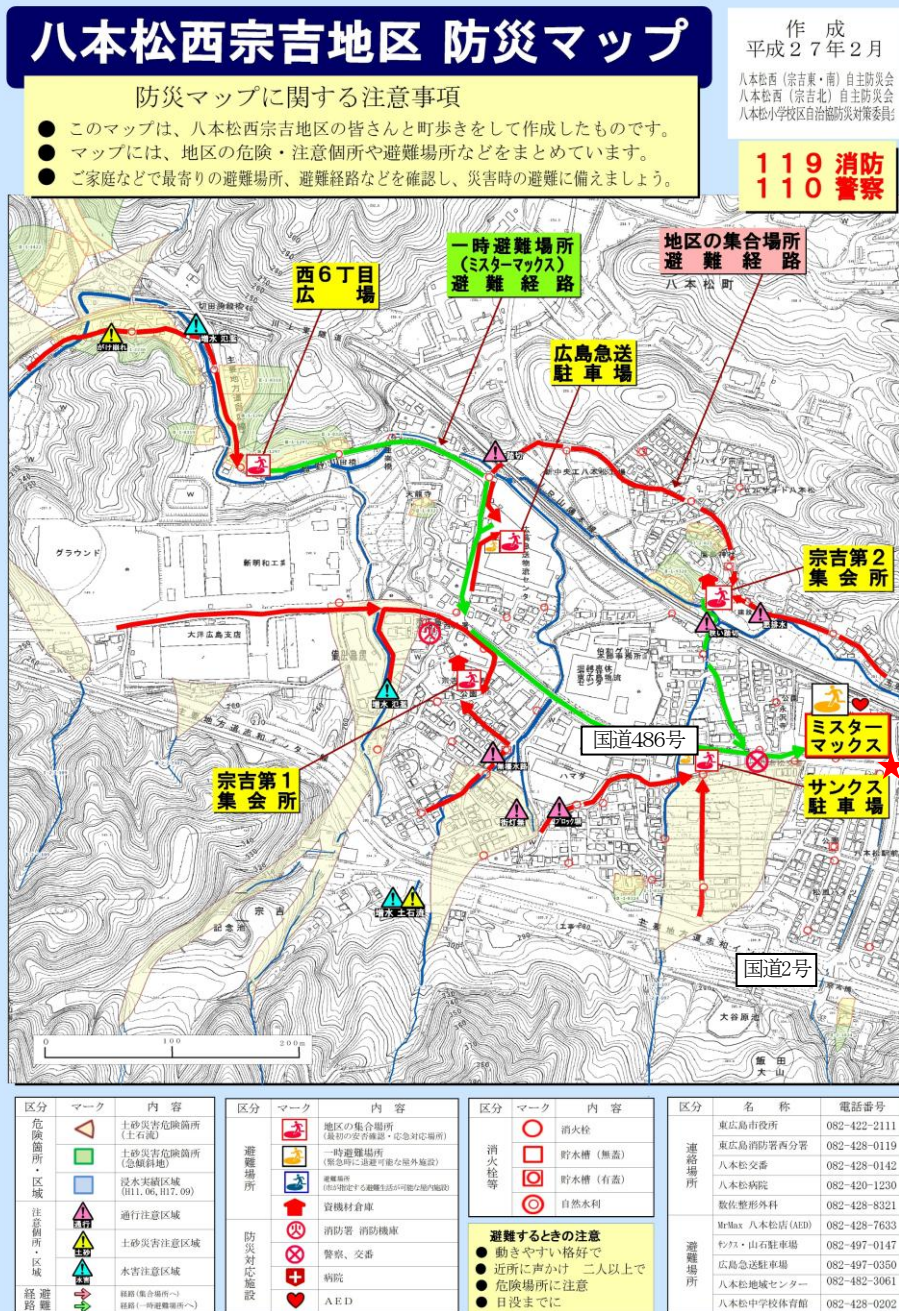
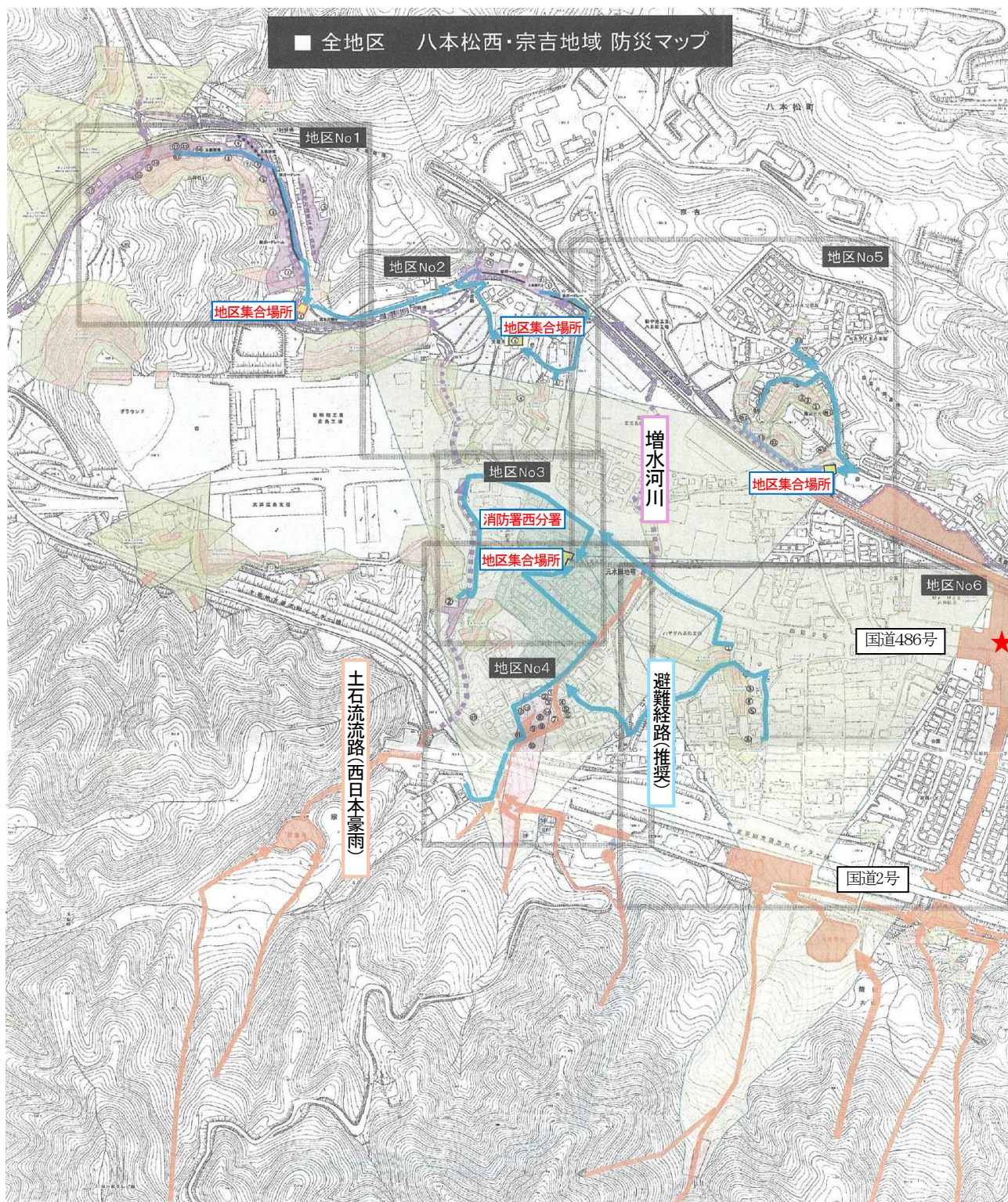


図3 八本松西・宗吉地区の防災マップ(上側が北)★:溝迫交差点



土砂警戒区域・特別警戒区域一覧表

☑ あなたがお住いの地区に☑を入れましょう

地区 番号	警戒 区域 番号	☑	警戒区域のある 地区名	地区内の警戒区域	警戒区域の種類	災害区分	防災マップ (警戒区域) 表示ページ	情報と対策 表示ページ
NO1	9	☐	八本松西6丁目	特別警戒区域	がけ崩れ		3-4	5-6
NO2	11	☐	八本松西6丁目	特別警戒区域	がけ崩れ		7-8	9-10
NO3	12	☐	八本松西5丁目	特別警戒区域	がけ崩れ		11-12	13-14
NO4	6	☒	八本松西5丁目	指定前	土石流		15-16	17-18
NO5	14	☐	八本松西1丁目・宗吉	特別警戒区域	がけ崩れ		19-20	21-22
NO6	8	☐	八本松西1・3・4丁目	指定前	土石流		23-24	25-26
	41	☐		特別警戒区域	がけ崩れ			

☞ あなたがお住いの地区の防災マップや情報と対策で自宅の災害危険度を把握しましょう

防災マップ 凡例

警戒区域	土砂災害のおそれがある地域
特別警戒区域 (レッドゾーン)	土砂災害で建物が破壊され住民に大きな被害が生ずるおそれがある地域
増水河川(H30.7.6豪雨)	
河川氾濫区域(H30.7.6豪雨)	
土石流流路(H30.7.6豪雨)	
土石流堆積(H30.7.6豪雨)	
がけ崩れ(H30.7.6豪雨)	
避難経路(推奨)	
地区避難所	集会所等
地区集合場所	安否確認等集合場所(屋外)

図5 2018年(平成30年)7月豪雨災害後見直しした八本松西・宗吉地域 防災マップ(上側が北)²⁾ ★:溝迫交差点

4.2. 防災部会の取り組みの課題

地域の防災力向上のための様々な取り組みを行っているが、防災部会結成以降、変わることのない課題が、避難率の低さである。防災部会では、基本的に自治体からの避難情報に基づき、公設避難所を開設するケースと、天候の悪化が危惧されるようなケースでは、事前に地域の状況を確認し、洪水、土砂災害など予測される危険の要因に応じて地域の避難所を開設するなど努めているが、実際に避難する住民は少ない。正常性バイアスの働き、避難所の環境になじめない、ペット同伴の避難ができない、住民同士の避難の呼びかけができないことなどを課題として捉えている。

5. 防災部会の今後の取り組み

多くの課題はあるが、最も強化すべきは、避難所環境改善である。

5.1. 避難所の環境改善

避難所での食の改善に取り組む。最近の備蓄食品は味も良く食べやすくなっている中で、行政の備蓄や個人の備蓄以外にも、防災部会として、それらを補完する非常食の拡充を図っていきたいと考えている。

5.2. ペット同伴避難

ペット同伴避難については、人と動物が一緒に避難所で暮らすためには、避難所や避難者ごとの課題があるが、平時から、ゲージでの生活に慣れさせることが、まずは重要であるため、ゲージの購入を補充することも考えている。

5.3. 避難情報発令地域への避難の呼びかけ

東広島市では高齢者等避難や避難指示の避難情報は大字単位で発令される。防災部会としての発令地域への避難の呼びかけは、現在は電話やライン、消防団による広報車、直接訪問による避難の呼びかけを行っているが、新たな取り組みとして、広島県みんなで減災推進課と広島大学でAIを活用した地域情報の提供の共同事業を実施している。

5.4. 宿泊型避難訓練の実施

令和4年に、八本松地域センター（公設避難所）において、はじめての宿泊型避難訓練を実施した。実際の宿泊を通じて、主に避難に関する座学研修を行い、今後もこうした取り組みにより避難行動についての意識醸成、スキル向上を図っていく。

6. おわりに

今年の夏には、国内初めての南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）が発表された。豪雨災害だけでなく、地震災害への備えも引き続いて強化が必要である。地域住民の



図6 宿泊型防災訓練^[2]

尊い命を守るために、住民一人ひとりが地域とともに自然災害に立ち向かう意識の醸成を図りながら、いつでもどこでおこるかわからない脅威について、次世代へしっかりと継承していくことも我々の責務と認識している。

参考文献

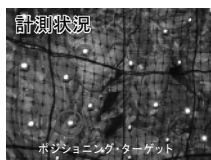
- [1] 東広島市のプロフィール, 東広島市ホームページ
https://www.city.higashihiroshima.lg.jp/soshiki/somu/2_1/5/5071.html (2024. 10. 15. 確認)
- [2] 八本松住民自治協議会資料

著者紹介

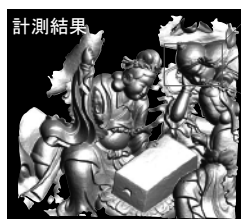
まきの みさお: 東広島市八本松自治協議会防災部会長
電話: 090-8997-5922
メールアドレス: makino5572@yahoo.co.jp
うえだ たかし: 東広島市総務部次長兼危機管理課長

当社は3Dレーザ計測を始めデジタル写真測量、CG技術等の最先端の技術を駆使してあらゆる現場の形状取得、計測管理において、最適なソリューションをご提案します。計測だけで終わらず、情報をわかりやすく皆さまに伝えるための活用にも取り組んでいます。これまでは世界遺産である原爆ドームの記録・保存や軍艦島の展示コンテンツ制作などの文化財支援も行っていました。

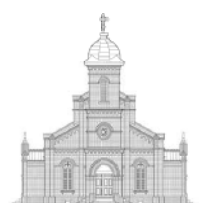
直接触ることができない精巧な彫刻を高精細に計測したい



対象が非常に脆く、直接ポジショニング・ターゲットを貼り付けることができないため、ターゲットをメッシュに貼り、それを彫刻の前面にかぶせて計測を行いました。



図面が残っていない建造物の現状の図面を作成したい

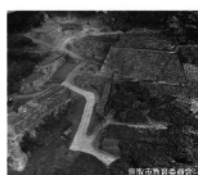
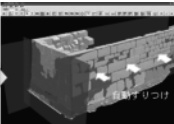
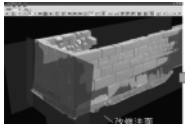


リアリティのある3Dを作成し、現状を記録・保存・活用したい



日々老朽化が進み崩れていく中、現在の軍艦島を記録・保存、そして展示までの文化財活用支援に携わりました。

その他事例 モノレール、トンネル、ダム、橋梁などのインフラ構造物や石垣、古墳などの文化財の調査も行っています。取得したデータを活用して維持管理システムやAR・VRへの展開も取り組んでいます。



地形測量からインフラの維持管理、文化財保存など
様々な目的や状況に合わせて、3次元データを活用した
最適なソリューションをご提案します。

計測機器一覧

空間の三次元情報

狭小な範囲

KEYENCE LJ-V7300



高速・高精度(2000z、繰返し精度1μm)のレーザ変位計

Artec EVA



高速撮影された写真から高精細な3Dデータを構築
形状データと同時に対象物の色情報も取得が可能

KEYENCE WM-6225



2種類のプローブにより穴ピッチなどの寸法測定から
断面などの複雑な形状測定まで可能

Scanning



XVS vSLAM

Visual SLAMにより歩きながら高精度な3次元情報を
計測

Stencil i



高密度・高速で形状が取得可能なモバイル3Dスキャナ

FARO Focus Premium



地上型3Dレーザスキャナ(測定距離0.5~350m)

DJI Matrice 300



フルサイズのカメラやレーザなど搭載可能なドローン

UAVレーザ



空から樹木下の地形形状の取得が可能

広大な範囲

水中の三次元情報

BlueView BV5000



水中音波技術で計測する水中3Dスキャナ

株式会社 計測リサーチコンサルタント



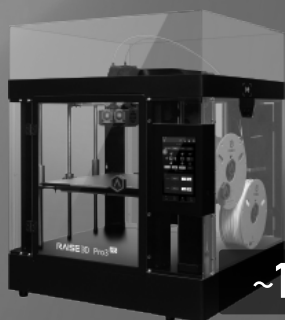
KEISOKU
RESEARCH
CONSULTANT CO.

〒732-0029 広島市東区福田1丁目
代表TEL: 082-899-5471
http://www.krcnet.co.jp E-mail: krc@krcnet.co.jp

3Dプリンター



扱いやすさ × 高性能 × 安心サポート！
ものづくり教育に最適な Raise3D の 3D プリンター



~100万円

Raise3D Pro3 HS

大型ワークでも高速造形が可能な フラッグシップモデル

Pro3 HS は、プロ向け FFF3D プリンターとして定評のある Raise3D Pro シリーズの最新機種です。最大 30×30×30cm の造形ボリュームを持ち、ABS や PLA を使用した高速造形が可能です。造形ボリュームが 30×30×60cm の Pro3 Plus HS というモデルもあります。



~50万円

Raise3D E2

機能を省かず扱いやすい エントリーモデル

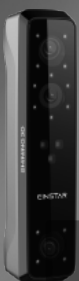
左右独立型のデュアル押出機とコストパフォーマンスが魅力の E2 は、高校・大学等の教育機関に人気のモデルです。初心者から上級者まで、誰にでも扱いやすいソフトウェアと、7 インチ大型タッチパネルでクリエイティビティを後押しします。

3Dスキャナー



SHINING 3D

人体スキャンから工業部品の計測まで
用途に応じて選べる SHINING3D の 3D スキャナー



~50万円

EinStar

高コスパなエントリーモデル

SHINING3D の持つ 3D デジタイズング技術を詰め込みながらも低価格を実現した EinStar は、初めてのハンディ 3D スキャンに最適の一台です。同クラスで抜きん出たトラッキング性能で、中～大型ワークも楽にスキャン出来ます。



~100万円

EinScan H2

可視光 /LED のデュアル光源

EinScan H2 は、ストラクチャードライトと赤外線レーザーの 2 つの光源を搭載し、彫像・陶器・油絵などの芸術・工芸品、家具やテキスタイル、または義肢装具や自助具のための人体スキャンに最適です。



~400万円

FreeScan Combo

検査品質のスキャンを手軽に

検査測定に使用可能な高精度を実現するブルーレーザーと、マーカレスでのスキャンに対応した赤外線レーザーの両方を搭載する FreeScan Combo は、ハンディならではの可搬性を最大限に活かすメトロロジーソリューションです。

国内の様々な大学・研究機関への納入実績があります。購入条件、ご予算等お気軽にご相談ください。



東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



常翔学園
広島国際大学



道総研



日本3Dプリンター株式会社

〒104-0053 東京都中央区晴海 4-7-4 CROSS DOCK HARUMI 1F

Tel : 03-3520-8928 Web サイト : <https://3dprinter.co.jp/> Mail : info@3dprinter.co.jp





Advancing the future with AI

AIで未来を切り拓く

半導体メモリの設計・開発・製造を通じて、人々の生活の豊かさに貢献するマイクロン。マイクロンの広島工場には先進的な重要技術が集積されており、生成AI革命の実現を支えています。

マイクロンメモリ ジャパン株式会社
広島県東広島市吉川工業団地7-10

jp.micron.com

© 2024 Micron Technology, Inc. 無断複写・転載を禁じます。
Micron、Micronロゴ、およびIntelligence AcceleratedはMicron Technology, Inc.の登録商標です。その他の商標は各所有者に帰属します。



それぞれの道を、それぞれの人生を、応援したい。
すべての人に、Be a driver. を。



日本図学会公開シンポジウム

「図学が拓く新しい防災」－最新防災システムと災害死0を目指す防災教育－

令和6(2024)年 12月 7日 発行

編著者 日本図学会 2024年全国大会 実行委員会

印刷所 青木印刷株式会社

〒737-2518 広島県呉市安浦町内海北2-1-6

電話 0823-84-2104 (代表)