

日本写真測量学会関西支部
第106回空間情報話題交換会
2021年4月30日(金)

地域住民と考える 道路閉塞の危険性と避難に与える影響 ～GISとARを活用して～



摂南大学 理工学部
住環境デザイン学科
榎 愛

2 今日の流れ

- ① 自己紹介
- ② はじめに
- ③ 住民ワークショップ「地震時避難地図づくり」
- ④ GISを用いた道路閉塞シミュレーション
- ⑤ 道路閉塞AR体験ツールの制作
- ⑥ おわりに

7 自己紹介

2010～ 摂南大学 理工学部 住環境デザイン学科  2010年新設

住環境デザイン・・・・・・・・・・人が**住**まう空間



環境技術×空間デザイン+IT
= サスティナビリティ

快適性とデザイン性を両立する
持続可能な住環境を創造

<http://www.setsunan.ac.jp/led/>

8 空間情報デザイン研究室

xR・GISなど、空間に関わる**情報技術を活用して**
安全で快適に暮らせる住環境の創造に貢献する



コンピュータを用いた調査

客観的な視点で考える



GISを用いた
シミュレーション



VR・ARを用いた
被験者実験



人を中心とした調査

住まう人の声を聞く



インタビュー



ワークショップ

虫の目 

12 テーマ「道路閉塞」との出会い

2014～2018年度：内閣府 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）
「被災者のヘルスリテラシー向上を目的とした

地域の医療防災ネットワークの構築
—避難所・病院・自治体・薬局をつなぐ新たな試み—



大切な物が届かないことが原因で
地震直後には守られた命が
その後、奪われたことを知った

13 道路閉塞が与える影響

大地震による道路閉塞

- ➡ **避難への影響**
安全な場所に避難できない
- ➡ **消火・救助への影響**
緊急車両が通れない
- ➡ **二次災害への影響**
余震による倒壊に巻き込まれる
- ➡ **物資配達への影響**
物資が届かない

食料はもちろん医薬品など
命に関わる物資もある
地震直後に守られた命を
つなぐには？

21 通行実績情報マップからの学び

これまでは、発災後に
閉塞情報の収集を考えていた

『通れない道はどこ？』
しかし
被災情報のない道が
必ず通れるとは限らない



効率的・安全な移動に
着目すると

『通れた道はどこ？』
つまり
他の人が通れた道は
通れる可能性が高い

- 平常時から
発災後に「通れそうな
道」を考えておく
- 発災後には
「通れた道」情報を地域
に詳しい住民が集約する



23 住民ワークショップの企画・開催

「地震時避難地図づくり」のねらい

- ① 発災後に「通れそうな道」を可視化する
- ② 「通れそうな道」を増やす重要性を地域で共有する
- ③ 発災後、住民による「通れた道マップづくり」につなげる

- 2015年度 門真市 五月田小学校区
- 2016年度 寝屋川市 清水町 [池田・大利地区]
- 2017年度 寝屋川市 萱島東 [萱島東地区]
- 2018年度 寝屋川市 寿町 [香里地区]
- 2019年度 寝屋川市 大利町 [池田・大利地区]

2015年度五月田校区での実施には、あいまち門真ステーションと摂南大学建築防災研究室の皆様にご協力頂きました。
2016年度以降のワークショップは、大阪府、大阪府枚方土木事務所、寝屋川市、寝屋川市消防団、各自治会との共催です。
お忙しい中ご参加くださった住民の皆様には、感謝いたします。

24 「地震時避難地図」とは

大地震発生後の通行可否を予想して、地域内道路を色分けした地図



発災時に通れる／通れない可能性が可視化され、住民同士で共有できる

■ 「地震時避難地図づくり」ワークショップの目的

個人 ・減災の視点から「いつもの道」を見直す
 ・より安全性の高い避難路を自身で把握する

地域 ・発災後に通れる道を増やすため、ハード面・ソフト面の課題を共有して対策につなげる

住民が安全に避難できる地域
 ||
 消火・救助・物資配達が円滑にできる地域

30 「地震時避難地図づくり」主な内容



①通行可否予測
 大地震発生を想像して人の通行可否を予測して道路を色分けする



②まちあるき
 避難の妨げになるもの・役立つものを点検する



③まとめ
 住民が安全に避難できるまちを目指して個人／地域ができる取り組みを共有する

31 ①通行可否予測

1) 地図上の道路の通行可否を話し合い3色で色分け

—青色：通行できる道路
 —赤色：通行できない道路
 —橙色：通行できるかわからない道路

この道路は何色だと思いますか？

なぜ●色だと思いますか？



2) 色分け理由を付箋に書いて地図に貼る

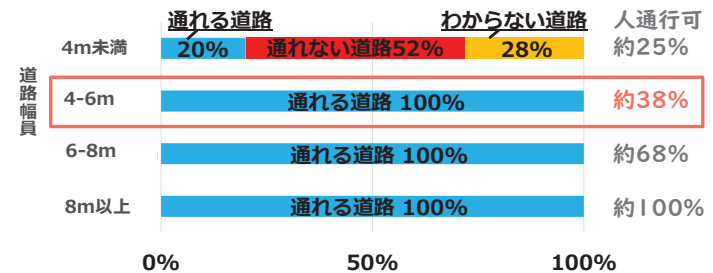
通行可否予測を

- ①ワークショップ（WS）開始直後
 - ②まちあるき後
- 2回実施して結果を比較
 →普段の意識とWS効果を確認

全部の道路を色分けできたら完成！

32 WS開始直後の意見（普段の意識）

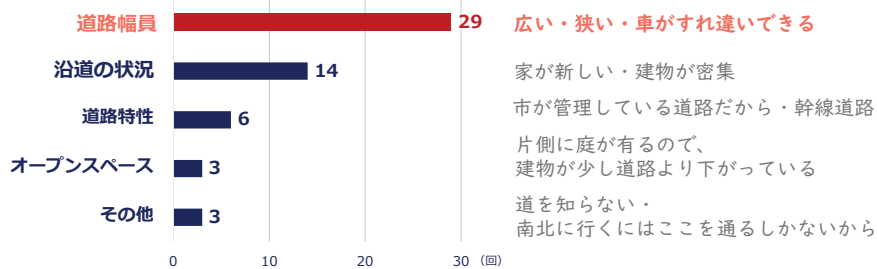
通行可否予測の色分け結果（開始直後）



幅員4m以上の道路は「発災後も通れるだろう」と考えている

33 WS開始直後の意見（普段の意識）

通行可否予測の色分け理由の出現回数結果（開始直後）



- ・「道路幅員」の出現回数が多い
- ・沿道の状況（建物や塀やオープンスペースなど）の出現回数は多くない
⇒普段は沿道の状況をあまり意識していない

37 ②まちあるき

グループごとに地域を歩き

- ・避難時に**役立つもの**
 - ・避難時に**妨げになるもの**
- をチェックして地図に記入する



役立つもの

オープンスペース 消火器・消火栓 など

妨げになるもの

古そうな建物 倒れそうな塀 落ちそうな吊看板 倒れそうな自販機

道路閉塞の原因=道路閉塞要素

行き止まり など

38 調査対象「道路閉塞要素」の選定

先行研究に基づく道路閉塞要素^{[1][2][3]}

建物 煙突 看板 電柱 鉄道 信号 電灯 街路樹
自動販売機 ポール類 電線 公衆電話

先行研究・先行調査で倒壊確率が明らかにされている要素を抽出

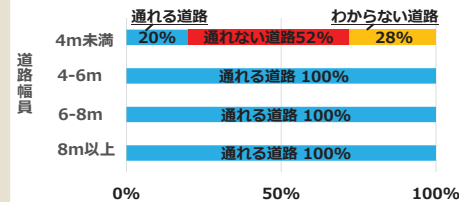
本研究における道路閉塞要素



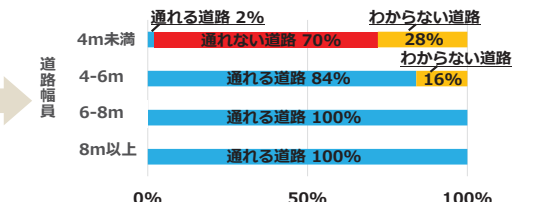
[1]家田ら：「阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響」、土木学会論文集、1997年10月、第37巻、第576号、P.69~P.82
[2]塚口ら：「阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究」、国際交通安全学会誌、1996年9月、第22巻、第2号、P.21~P.31
[3]野村：「震災時における都市密集地の道路閉塞率について」、土木学会第64回年次学術講演会、2009年9月、P.397~P.398

39 まち歩き前後の通行可否予測結果 比較

通行可否予測（まちあるき前）



通行可否予測（まちあるき後）



まち歩き後に「通れない道路」が増えた

新たな視点でまちあるきをしたことで
普段見逃している危険性を意識することにつながった

40 まちあるき後の意見

通行可否予測の色分け理由の出現回数結果（まちあるき後）



沿道にある建物や塀に関する発言が最も多かった
⇒道路幅員だけでなく、沿道の状況を意識した

45 ③まとめ

地震に備えて

「だれ」自分／地域が
「いつ」すぐ／時間をかけて
取り組むことを話し合い、発表



バランス良く意見が出るように。
WSの後、できることから始められるように。

51 道路閉塞シミュレーションと避難困難性の評価



道路閉塞予測
通行可能性を
客観的に・相対的に示す

GIS [SIS]
VB.NET



住民避難予測
避難の可否、避難所要時間を予測
避難困難となる要因を調べる

MAS [SimTread]

- ・同じ条件で異なる地域を比較できる
- ・対策効果を示すことができる

52 道路閉塞シミュレーション 先行研究

道路閉塞予測に関する先行研究 (例：石橋ら^[1]，熊谷ら^[2])

「車の通行」を想定 → 幅の狭い道路の大半は「閉塞」する結果

↓
密集市街地では、大半の道路が「閉塞」と判定

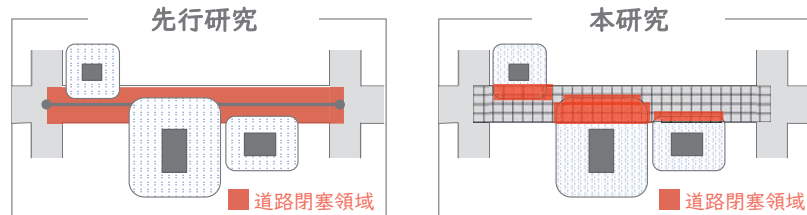
↓
「人の通行」に適したシミュレーション手法を開発
徒歩避難を想定して、人が通行可能な空間の可視化を試みる



阪神・淡路大震災記念 人と防災
未来センター提供

54 人を対象とした道路閉塞シミュレーション

車の通行を想定した熊谷らの先行研究^[※]を参考に
人の通行を想定した1mメッシュを用いた道路閉塞シミュレーションを実施



評価単位：リンク
閉塞判定：車の通行を想定

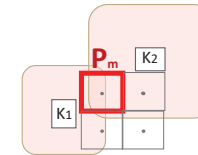
メッシュ
人の通行を想定

[※] 熊谷樹一郎：災害時の道路閉塞に着目した避難経路の変化について，平成23年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，2011，IV-10

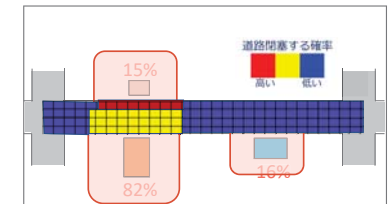
59 閉塞確率 (P) の算出

- ①震度の想定
- ②建物倒壊率 (K) の設定
- ③瓦礫流出モデルの設定
- ④閉塞判定基準の設定
- ⑤閉塞確率 (P) の算出

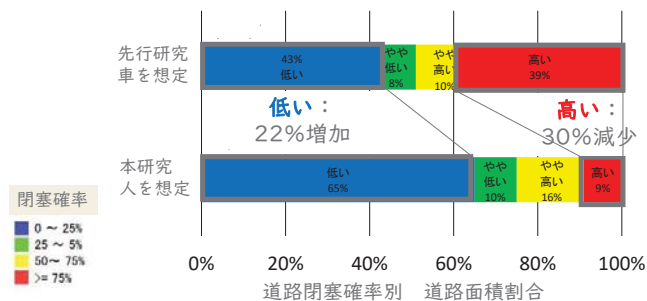
瓦礫流出範囲との位置に基づいて
各メッシュの閉塞確率 (P) を算出



$$P_m = \{1 - (1 - K_1) \times (1 - K_2)\} \times 100 (\%)$$



60 手法の違いによる結果の比較



人の通行を想定して道路閉塞箇所を
詳細に可視化することができた

63 住民による通行可否予測 まとめ

- ① 閉塞危険性を理解している道 ≠ 通れない道
→ 閉塞可能性をわかった上で「通れる道」
→ 地域にとって大切な道は、重要性を共有して安全性を高めることが必要
- ② 道路幅員 > 道路閉塞要素
「広い」と思っている道（幅員4~6m）は沿道の危険性を見逃してしまう
→ 客観的な視点から、正しいスケールで予測できる工夫が重要
- ③ 建物の築年数を見分けるのは困難
1981年以前築の建物を見分けることは難しい
→ 具体的な特徴を伝えるなど、工夫が重要

69 道路閉塞AR体験ツールを開発

■目的

ICT 専門家ではない教育者が防災教育の場で活用しやすいツールを開発する
⇒ARを使って**自分のまちの被災後の様子を想像することを支援**する
⇒いつでも・どこでも・誰でも・簡単に使えることで防災教育が広がる

■特徴

ブラウザ型AR（アプリインストール不要）
端末のOSに関わらず使用できる
特定の場所に限定されない



70 ARとは

Augmented Reality（拡張現実）

現実世界にデジタル情報（アノテーション）を重ねあわせて表示し
現実世界の意味を拡張する技術

71 試作品1：マーカー型AR

- ・2019年度にマーカー型ARを用いて開発。
- ・住民・行政職員に実証実験を実施。

方法

AR.js , A-frame , Blenderなど

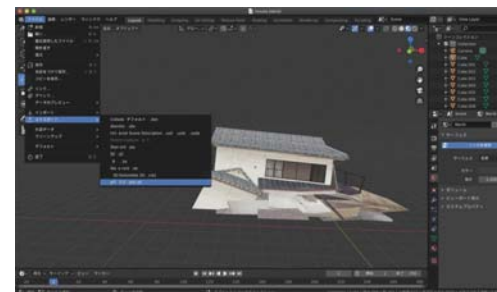


実証実験の様子(2019年11月16日寝屋川市)

72 試作品1：マーカー型AR

- ・倒壊物3Dモデル
3Dモデリングソフト「Blender」で作成

熊本地震の文献(2016)を参考に、
地震後の倒壊状況を再現するモデルを作成



3Dモデル(住宅)



自動販売機



ブロック塀

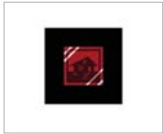


吊り看板



住宅

73 試作品1 「マーカー型道路閉塞AR体験ツール」使用方法



① ARマーカーを420mm四方で印刷して準備



② 実施協力者がARマーカーを道路と垂直に持って固定

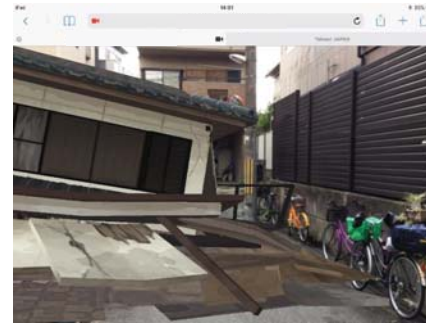


③ 体験者が携帯端末のカメラでARマーカーを映す

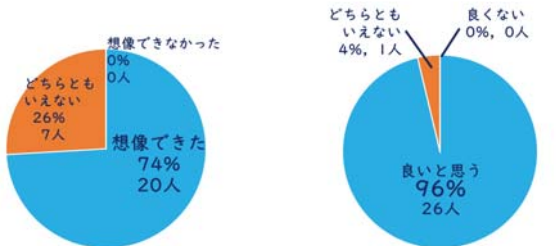


マーカー型道路閉塞AR体験ツールのイメージ図

74 試作品1：AR表示例



77 試作品1：主なアンケート結果



地震後のまちの様子を想像可否 (n=27)

- ・画面が見にくい (光の反射・画面輝度設定)
- ・AR表示にちらつきが発生など、今後の改善の余地がある

防災体験や学習の場におけるタブレットの使用 (n=27)

- ・高齢の参加者が多かったが本ツールを使用するには年齢の問題はなかったと考えられる

行政職員からの意見

- ・マーカーを持つ人の存在に違和感がある
- ・動作が不安定である

対策

マーカーレス型のARを採用

78 試作品2：マーカーレス型AR

- ・2020年度にマーカーレス型ARに改良
- ・AR開発プラットフォーム「8thwall」を使用



79 試作品2：実証実験概要

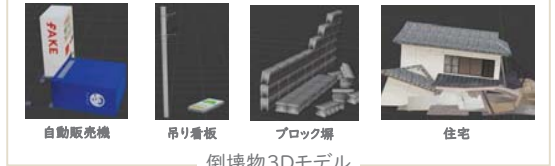
評価者	人数	実施日	実験場所	倒壊物3Dモデル		
				倒壊前	倒壊後	スケール付き
小学校教員	6人	2020年11月6日	小学校南側の幅員約4mの道路上	×	○	×
消防署職員	10人	2020年11月30日	消防署東側の幅員約6mの道路上	○	○	×
行政職員	5人	2020年12月11日	市役所北側の幅員約4mの道路上	○	○	○

- ・ 小学校教員：小学生が道路閉塞の危険性を十分に理解できるかなどの意見を得る。
- ・ 消防署職員：本ツールの被災現場の再現性や改善点などの意見を得る。
- ・ 建築系行政職員：建築の専門家としての意見や、行政として地域の特性や地域住民を理解している視点からの意見を得る。

80 試作品2：実証実験方法

使用機器

- ・ **モバイルWiFi**
- ・ **iPad (第5世代)**
ディスプレイ:9.7インチ
解像度:2,048 × 1,536ピクセル
重さ:469g



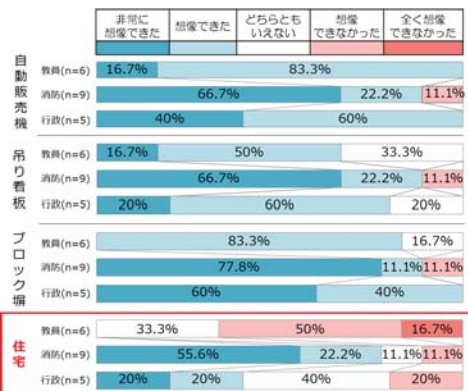
倒壊物3Dモデル

3Dモデルを見て地震後のまちの様子を想像できたか	5段階評価
ARで表示した3Dモデルと現実空間に違和感があったか	5段階評価
本ツールは操作しやすかったか	5段階評価
本ツールを使用した際にどのようなことを学べると思うか	7項目から選択(複数回答)
感想・意見	自由記述

評価項目

81 試作品2：実証実験結果

「3Dモデルを見て被災後のまちの様子を想像できたか」



住宅モデルは他のモデルより「想像できない」の回答が多い。

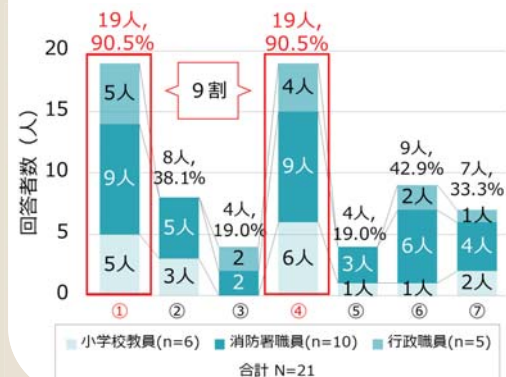
スケール感が掴みにくい、画面に収まらずスケール調整が難しい。

スケール調整の操作性の改良、工夫が必要

小学校教員の評価が全体的に低い

82 試作品2：実証実験結果

「本ツールを使用した際にどのようなことを学べると思うか」



- ①地震時に身近なものが倒れる危険性があること
- ②地震直後に身の安全を確保する大切さ
- ③避難訓練の重要性
- ④通学路や普段よく通る道の危険そうなものを考えておくこと
- ⑤余震による二次災害の可能性があること
- ⑥避難所までの避難経路を複数考えておくこと
- ⑦家族と地震発生後の行動を話し合っておくこと

実際の防災訓練等で、参加者が身近なものの危険性について理解できるという教育的効果を期待できる

83 今後の展開

- 防災教育が広がるには、**子どもが理解できるツールにすることが大事。**
- 評価者の9割が身近なものの危険性について理解できる。
 - **教育的効果が認められた。**
- 規模が大きい3Dモデルは扱いが困難で想像性に欠ける。
 - **スケール調整の改良やモデルを実寸で取り込めるようにするなどの工夫が必要である。**

謝辞

本研究に対してご助言・ご協力くださった皆様に深く御礼申し上げます。

本研究成果・地域活動はすべて、卒業生・修了生との共同で実施しました。50名の卒業生、2名の修了生に深く感謝致します。

コロナ禍にも負けず、何事にも全力で取り組むパワフルな研究室の9名の学生には、いつも力を頂いています。ありがとうございます。