

地域減災研究ワークショップ 講演概要集

Vol. **3**

2023年8月

地震火山観測研究

耐震建築研究 災害情報研究

土木構造・地盤災害研究

地域防災力研究 災害環境マネジメント研究

地域減災学

歴史災害研究 災害医療・心理 水災害軽減研究

経済被害・事業継続研究

防災教育手法研究

強震動研究 都市計画・まちづくり

活断層・地震断層研究

名古屋大学減災連携研究センター

2023 年 地域減災研究ワークショップ

2023 年 8 月 3 日・4 日

名古屋大学減災連携研究センター

2023年 減災連携研究センター 地域減災研究ワークショップ

I. 研究発表

- 日時： 2023年8月3日(木) 13時00分～17時50分
2023年8月4日(金) 9時00分～11時50分
- 開催場所：減災ホールおよびオンライン発表(ハイブリッド)

II. 交流会

- 日時： 2023年8月3日(金) 18時00分～20時00分
- 開催場所：シェジロー

8月3日(木)

開会式：13時00分～13時10分

挨拶 飛田潤 減災連携研究センター センター長

セッション1：活断層・地震断層研究 【13時10分～14時30分】

座長：千葉啓広(名古屋大学)

- 1-1 不確定性を含む活断層に関する情報提供についての検討
○橋富彰吾, 鷺谷威(名古屋大学)
- 1-2 2016年熊本地震の地表地震断層周辺における変形特性に関する予察的分析結果
○山下日和(名古屋大学)
- 1-3 光ファイバDASによるマルチハザードセンシングの可能性
○中村洋光, 内藤昌平, 功刀卓, 藤原広行(防災科学技術研究所)
- 1-4 1943年鳥取地震の震度分布図の再考とNk値による考察
○中井春香, 阪本真由美(兵庫県立大学)

セッション2：都市計画・まちづくり・水災害軽減研究 【14時50分～16時10分】

座長：長江拓也(名古屋大学)

- 2-1 一般向け救助訓練プログラム開発に向けた1995年兵庫県南部地震における地域住民の脱出・救出活動の再整理
○四井早紀(東京大学), 片寄圭一郎(岐阜大学), 村上ひとみ(山口大学), 中嶋唯貴(北海道大学), 小山真紀(岐阜大学)
- 2-2 The study of post-disaster reconstruction satisfaction in Dujiangyan rural area
○Qiu Rui, Otsuyama Kensuke, and Hiroi U (The University of Tokyo)
- 2-3 伊勢湾台風による名古屋市避難者分布
○荒木裕子(京都府立大学), 倉田和己(株式会社ファルコン), 田代喬(名古屋大学)
- 2-4 水害多発地域に住み続ける動機に関する分析
○山口泰輝, 阪本真由美(兵庫県立大学)

セッション 3：地域防災力研究・経済被害・事業継続研究 【16 時 30 分～17 時 50 分】

座長：阪本真由美（兵庫県立大学）

- 3-1 地区防災力向上についての考察
○石原宏（名古屋大学）
- 3-2 Methods of Evaluating Nature-Based Solutions (NBS) in Disaster Management
○MARTY Joeylyn Nato, Otsuyama Kensuke, and Hiroi U（The University of Tokyo）
- 3-3 Development of Self-Evaluation Tools in the Business Continuity Management of the Large-Scale Operating Mining Companies in the Philippines
○Jhumar SIOSON, Nagahisa HIRAYAMA（Nagoya Univ.）
- 3-4 大阪府吹田市における不発弾処理対応に係る要配慮者避難支援の事例報告
○有吉恭子，柴野将行（吹田市），越山建治（関西大学）

8 月 4 日（金）

セッション 4：耐震建築研究・地域防災力研究 【9 時 00 分～10 時 20 分】

座長：中村洋光（防災科学技術研究所）

- 4-1 非定常振幅スペクトルを用いた低層建物 1 点計測による地震時卓越振動数の変化の把握
○大西亮（株式会社中電シーティーアイ）
- 4-2 カーテンウォール内蔵型センサ・アラートシステムに向けた 2023 年 E-ディフェンス実験分析
○鈴木里佳子，長江拓也（名古屋大学）
- 4-3 災害によるライフライン途絶時のエネルギー確保に関する研究
○小沢裕治（名古屋大学）
- 4-4 南海トラフ地震が時間差で発生した場合の行動を考える勉強会ツール
○岡田恵実（豊橋市），町屋弦一郎（豊田市），西尾吏啓（津島市），千葉啓広（名古屋大学），荒木裕子（京都府立大学），平山修久（名古屋大学）

セッション 5：災害環境マネジメント・耐震建築研究 【10 時 40 分～12 時 00 分】

座長：幸山寛和（名古屋大学）

- 5-1 MEMS 地震計による木造戸建住宅の地震応答と不同沈下のモニタリング
○奥祥平（一条工務店）
- 5-2 建築資材の炭素貯蔵量に基づく地震後の家屋解体に伴う CO₂ 排出量の評価手法の構築
○大杉裕康，平山修久（名古屋大学）
- 5-3 高耐震木造住宅の確率論を用いた地震時損失費用評価
○高谷和樹，長江拓也（名古屋大学）
- 5-4 高耐震木造住宅における耐震性能評価
○太田和杜，長江拓也（名古屋大学）

閉会式：12 時 00 分～12 時 10 分

挨拶 鷺谷威 減災連携研究センター 副センター長

名古屋大学減災連携研究センター

2023 年 地域減災研究ワークショップ

2023 年 8 月 3 日・4 日

名古屋大学減災連携研究センター

目 次

1-1	不確定性を含む活断層に関する情報提供についての検討 ○橋富彰吾, 鷺谷威 (名古屋大学)	1
1-2	2016年熊本地震の地表地震断層周辺における変形特性に関する予察的分析結果 ○山下日和 (名古屋大学)	2
1-3	光ファイバ DAS によるマルチハザードセンシングの可能性 ○中村洋光, 内藤昌平, 功刀卓, 藤原広行 (防災科学技術研究所)	3
1-4	1943年鳥取地震の震度分布図の再考と Nk 値による考察 ○中井春香, 阪本真由美 (兵庫県立大学)	4
2-1	一般向け救助訓練プログラム開発に向けた 1995年兵庫県南部地震における地域住民の 脱出・救出活動の再整理 ○四井早紀 (東京大学), 片寄圭一郎 (岐阜大学), 村上ひとみ (山口大学) 中嶋唯貴 (北海道大学), 小山真紀 (岐阜大学)	5
2-2	The study of post-disaster reconstruction satisfaction in Dujiangyan rural area ○Qiu Rui, Otsuyama Kensuke, and Hiroi U (The University of Tokyo)	6
2-3	伊勢湾台風による名古屋市避難者分布 ○荒木裕子 (京都府立大学), 倉田和己 (株式会社ファルコン), 田代喬 (名古屋大学)	7
2-4	水害多発地域に住み続ける動機に関する分析 ○山口泰輝, 阪本真由美 (兵庫県立大学)	8
3-1	地区防災力向上についての考察 ○石原宏 (名古屋大学)	9
3-2	Methods of Evaluating Nature-Based Solutions (NBS) in Disaster Management ○MARTY Joeylyn Nato, Otsuyama Kensuke, and Hiroi U (The University of Tokyo)	10
3-3	Development of Self-Evaluation Tools in the Business Continuity Management of the Large- Scale Operating Mining Companies in the Philippines ○Jhumar SIOSON, Nagahisa HIRAYAMA (Nagoya Univ.)	11
3-4	大阪府吹田市における不発弾処理対応に係る要配慮者避難支援の事例報告 ○有吉恭子, 柴野将行 (吹田市), 越山建治 (関西大学)	12
4-1	非定常振幅スペクトルを用いた低層建物 1 点計測による地震時卓越振動数の変化の把握 ○大西亮 (株式会社中電シーティーアイ)	13

4-2	カーテンウォール内蔵型センサ・アラートシステムに向けた 2023 年 E-ディフェンス実験分析	○鈴木里佳子, 長江拓也 (名古屋大学) …………… 14
4-3	災害によるライフライン途絶時のエネルギー確保に関する研究	○小沢裕治 (名古屋大学) …………… 15
4-4	南海トラフ地震が時間差で発生した場合の行動を考える勉強会ツール	○岡田恵実 (豊橋市), 町屋弦一郎 (豊田市), 西尾吏啓 (津島市) 千葉啓広 (名古屋大学), 荒木裕子 (京都府立大学), 平山修久 (名古屋大学) …………… 16
5-1	MEMS 地震計による木造戸建住宅の地震応答と不同沈下のモニタリング	○奥祥平 (一条工務店) …………… 17
5-2	建築資材の炭素貯蔵量に基づく地震後の家屋解体に伴う CO ₂ 排出量の評価手法の構築	○大杉裕康, 平山修久 (名古屋大学) …………… 18
5-3	高耐震木造住宅の確率論を用いた地震時損失費用評価	○高谷和樹, 長江拓也 (名古屋大学) …………… 19
5-4	高耐震木造住宅における耐震性能評価	○太田和杜, 長江拓也 (名古屋大学) …………… 20

不確定性を含む活断層に関する情報提供についての検討

○橋富彰吾・鷺谷威（名古屋大学）

1. はじめに

活断層は活動間隔が非常に長いうえ、その間隔もばらつきがある。しかも、いまだ不明な点もあり、一般住民に提供される情報は、不確定性を含むことになる。本検討は、このような不確定性を含む情報の提供についてWEBアンケートを実施し、住民がどういった情報に興味を持ち、どういった方法なら情報を受け取るのか、長期評価の情報に対してはどのような反応を示すのかといったことを調査した。

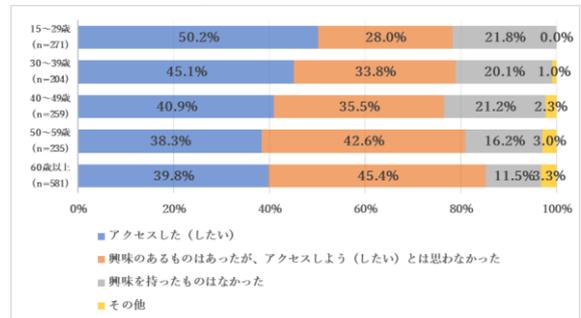
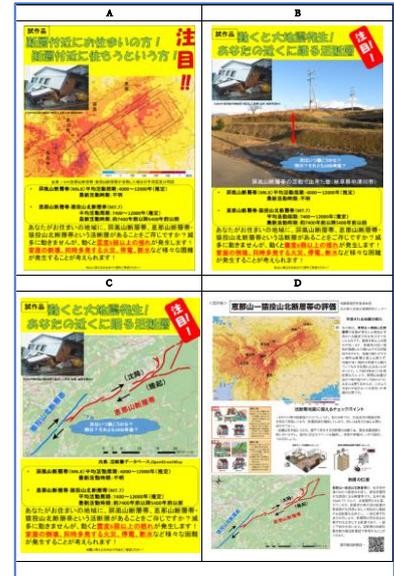
2. アンケート調査とその結果

株式会社マクロミルに依頼しWEBアンケート調査を実施した。対象は、カテゴリ1：屏風山・恵那山断層帯および猿投山断層帯沿いの自治体（岐阜県）、カテゴリ2：同（愛知県）、カテゴリ3 愛知県内で震度6弱以上の揺れが想定されている地域、この3つのカテゴリのいずれかに属する自治体に居住している人とした。調査期間は2023年3月17日～3月23日であり、計1550人から回答を得た。

まず、屏風山断層帯、恵那山断層帯、猿投山北断層帯の認知度であるが、「初めて聞いたし、何も知らない」と回答した人の比率は屏風山断層帯（79.4%）、恵那山断層帯（75.4%）、猿投山北断層帯（74.0%）であった。なお、比較対象として南海トラフ（南海トラフ地震）も同時に尋ねたが、こちらの同じ選択をした人は8.5%であった。次に4種類のチラシを見せ、どのような内容がより人目を惹くか確認した。その結果、チラシADCBの順に最も目を引いたものを選択されていた。多くの人が、震度予測図に興味があることが示された。

次にチラシの裏面として2種類を見せ選んでもらった。チラシ裏面にはどちらもQRコードが掲載されており、関連するサイトに容易にアクセスできるようにした。回答者に対して、このQRコードにアクセスした、あるいはしようと思ったか尋ねた。その結果を年齢別にまとめた。興味を持つ人の比率は年齢層が上昇するほど増えていたが、より詳しい情報に「アクセスする（したい）」という人の比率は年齢層が上がるほど低下していた。これは年齢層が低いほど詳細な情報にアクセスする意思を持っている可能性が高いことを示している。

最後に長期評価に対する回答者の反応を調べた。この質問群では、何も示さず回答してもらおうグループ（甲）恵那山断層帯の長期評価（30年確率ほぼ0～2%）を示したうえで回答してもらおうグループ（乙）に分け、いくつかの危機事象の30年発生確率を示し、それぞれに対する認識を問うた。その結果、乙の方がよりも各種危機事象に対して「安心する」と回答した人の比率は多くなった。また、別の質問では、Aマグニチュードと活動周期・最新活動時期の情報、Bマグニチュードと30年以内の地震発生確率の情報を示し、どちらの情報が、1.直感的に分かりやすい、2.危機感を感じる、3.地震への備えをしようと思う、4.安心する、5.この断層について詳しく知りたい、と思うか選んでもらった。その後、阪神・淡路大震災や熊本地震を起こした断層の発生直前時点での30年確率を示し、同様の質問をしたところ、「安心する」以外の項目でBを選択する人の比率は上昇した。この点から、実際の事例とセットで情報を提供することが重要であると示唆された。



2016年熊本地震の地表地震断層周辺における変形特性に関する予察的分析結果

○山下 日和（名古屋大学大学院環境学研究科）

2016年熊本地震の地表地震断層は、現地調査により詳細な報告がされてきたが、それらは目視による地震断層近傍の観察結果であり、地震断層から離れた範囲を含む地表変形は明らかにされていない。断層変位と地震規模等との関係を検討するためには、断層周辺における長波長変形（ドラッグ、撓曲等）を含めた変位量把握が必要である。そこで、本研究は熊本県益城町および西原村を対象に、地震断層周辺における地表変位の空間分布や特徴について、地震前後のLiDAR計測データや航空写真の比較から明らかにすることを目的としている。

本研究は、①LiDAR計測データから数値地形画像マッチング解析(3D-GIV)で算出された変位量データと、②オルソ航空写真から光学画像相関解析で得られた変位量データ¹を使用した。ArcGISで地震断層に直交する複数の測線を作成し、測線周辺の変位量データを分析した。その結果、地震断層から数十～数百mの範囲においてドラッグや撓曲が生じており、その特徴は地震断層ごとに異なっていることが明らかになった(図1, 2)。この変形を考慮すると、並走する地震断層の周辺でみられる総変位量は、現地計測変位量²の合算値に比べて1.2～2.7倍程度大きくなる可能性があることがわかった。

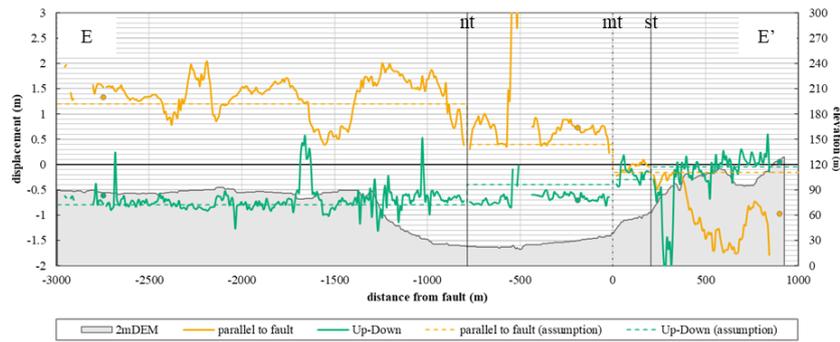


図1 3D-GIVで算出された変位量データの分析結果(測線e)

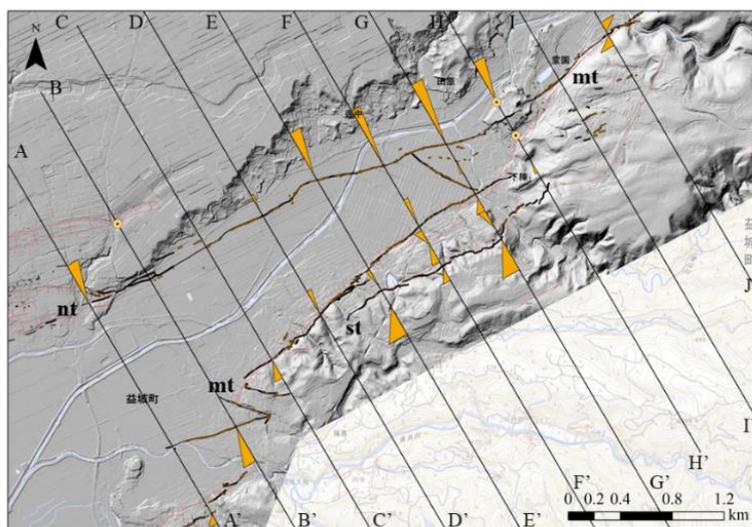


図2 3D-GIVで算出された変位量データの分析でみられたドラッグの分布

¹ 杉本ほか 2021. 日本活断層学会 2021年度秋季学術大会講演予稿集: 17-18.

² 熊原ほか 2016. 日本活断層学会 2016年度秋季学術大会講演予稿集: 76-77.

光ファイバ DAS によるマルチハザードセンシングの可能性

中村洋光、内藤昌平、功刀卓、藤原広行（防災科学技術研究所）

災害に強いレジリエンスな都市を構築するためには、都市の時々刻々変化する状態をリアルタイムに長期間モニタリングすることで、弱点をあぶり出し、適切な対策をしていくことが重要である。光ファイバをセンサとして用いた DAS（Distributed acoustic sensing の略、以下では「光ファイバ DAS」と記す）によるセンシング技術は、環境監視や境界警備、産業用途等の多岐にわたる分野での利用が期待され、世界中で研究が進められている。

一方、日本国内において、通信や電力、鉄道、国道、高速道路、河川堤防などの社会インフラに設置されている既設の光ファイバ（通称ダークファイバ）は、数十万 km 以上に及ぶと考えられ、それらを利用することができれば、都市を 3 次元的に網羅する稠密な光ファイバネットワークを利用したモニタリングシステムの構築が可能となる。また、光ファイバセンサでは振動のほか温度、歪、音なども計測することが可能であり、それぞれの特性を踏まえ組み合わせた計測を行うことで、都市防災での多様なニーズに対応するモニタリングが可能になると考えられる。

防災科学技術研究所では、大都市が立地する堆積平野の地盤リスク評価手法の高度化を目指し、光ファイバ DAS と微動探査の融合による高密度・高精度な広域での詳細地盤モニタリングのための基礎的な基盤技術の開発に着手している。具体的には、光ファイバ DAS の観測性能評価のため、理想的な状態で複数種類の光ファイバを埋設した試験場において、複数種類のインテロゲータを用いた光ファイバ DAS による振動（常時微動、かけやによる人工振動、交通振動、地震動等）を計測し（図）、得られた振幅や位相速度などを 3 成分計測可能な微動計で計測した記録と比較等を行っている。また、既設の光ファイバネットワークを活用した観測データを得るため、深さ 1.6km 程度の鉛直観測孔でマルチモードのケーブルを用いた観測や、総延長約 120km に及ぶ相模湾海底ケーブルを用いた試験観測を実施してきた。

これらの進捗状況を報告するとともに、光ファイバ DAS によるマルチハザードセンシングに基づく都市の異常検知への活用の可能性や課題等について議論できればと考えている。

謝辞：本研究は防衛装備庁「安全保障技術研究推進制度」の一環として行われた。

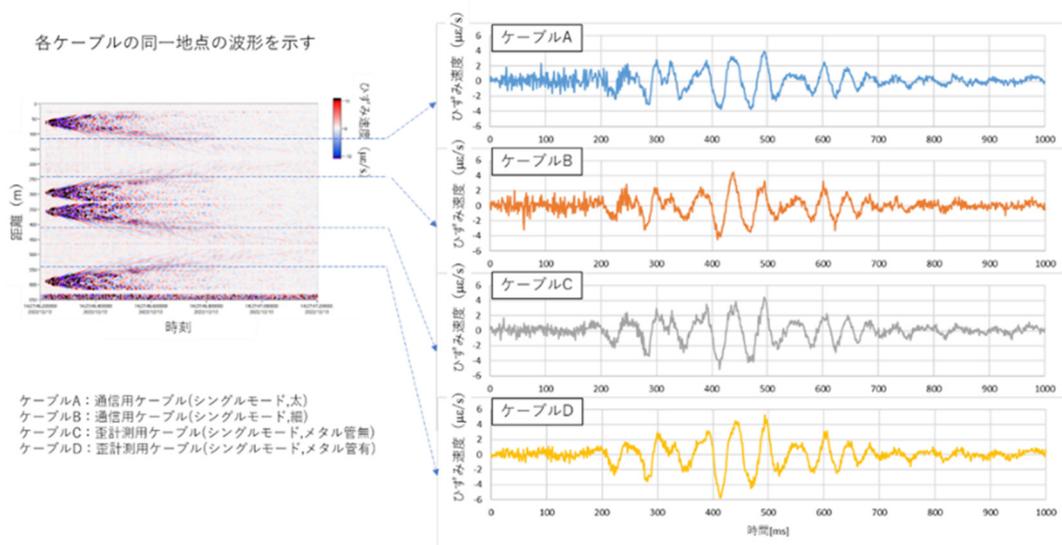


図 同一地点における 4 種類の光ファイバによって得られた記録例（かけや起震）

1943 年鳥取地震の震度分布図の再考と Nk 値による考察

中井 春香、阪本真由美（兵庫県立大学減災復興政策研究科）

歴史地震学における被害要因を検討する際に、歴史学的なアプローチの一つとして、社会科学的なアプローチを融合するという方策がある。一方で、その手法や方法論については、多様であり、再現性と汎用性をもって手法として確立されているものは少ない。本研究では、Nk 値を用いた手法について、その地震被害データの再現性と汎用性を検証する。Nk 値とは、全潰家屋数を死者数で割った数値（ $Nk = \text{全潰家屋数} / \text{死者数}$ ）であり、比較的正確な被害統計のある明治以降の被害地震に対し、強い揺れによって被害が出る通常の地震では 10 戸／人程度の値になるが、火災や津波、集団疎開など特別のことが起こると死者数が急激に増えて値が小さくなることを示している。ここで、家屋喪失数とは全潰・全焼・流失・埋没など完全に失われた家屋数である。本研究で扱う地震は、明治以降の被害地震であり、戦前戦後の日本で 1000 人以上の死者を出した、1943 年鳥取地震を分析対象とする。そこから、Nk 値の課題や必要となるデータの種類などを明らかにすることで、今後どのような歴史地震災害において、この手法が用いることができるのかを明確にし、モデル化を行うことで、今後の歴史地震学における手法の一つとして提案をすることを目指す。まず、中央气象台「鳥取地震概報」に収録されている市町村被害データを用いて、市町村単位の詳細な震度図を作成した。震度評価については、中井・武村（2015）による三河地震の被害統計資料の再整理と整合させるために、住家全潰率 Y をベースに計算した。さらに住家被害データベースから全潰率の分布を求め、その値に基づき鳥取地震被害領域にわたる震度分布を推定した。日本では、1920 年（大正 9）以来定期的に国勢調査がなされている。このため、本稿では地震の前の最も近い調査結果のうち、市町村別世帯数を用いる。その結果、震度別に並べた結果、鳥取市と内陸部の地表地震断層近傍で震度が高い地域が見られた。この結果は、気象庁の結果とも類似している。Nk 値の数値では、低い順に青谷町 6.6、鳥取市 6.7、正篠村 7.0、湖山村 7.4 となった。それ以外の町村は 13 以上であった。沿岸部の鳥取市や青谷町では Nk 値が小さく、軟弱地盤の影響で大きな被害を受けたと考えられる。また、Nk 値が小さい順で並べると、必ずしも震度 7 の地域が並ぶわけではなかった。この結果は、人的被害の分布と震度の分布が必ずしも一致しないことを示している。また、震度分布と Nk 値の被害が一致しない要因としては、その他に、市街地と農村部、疎開、徴兵などの社会的要因や河川流域の地盤特性、地表地震断層などの自然科学的要因などが考えられる。Nk 値を用いて検証する際には、社会的要因を定性的、定量的に考察することが重要となる。



図 1 鳥取市、気高郡の市町村別震度分布図（中央气象台『鳥取地震概報』昭和 18 年 11 月）

一般向け救助訓練プログラム開発に向けた 1995 年兵庫県南部地震における

地域住民の脱出・救出活動の再整理

- 四井 早紀 (東京大学)
- 片寄 圭一郎 (岐阜大学)
- 村上 ひとみ (山口大学)
- 中嶋 唯貴 (北海道大学)
- 小山 真紀 (岐阜大学)

1995 年兵庫県南部地震では、直接死 5,488 人 (1996 年厚生省大臣官房統計情報部人口動態統計課・発表) のうち約 8 割は、家屋倒壊により即死状態だったと報告されている。近年の内陸地震である 2004 年新潟県中越地震、2007 年新潟県中越沖地震、2008 年岩手・宮城内陸地震、2016 年熊本地震においても、直接死のうち家屋倒壊による死者は、2008 年岩手・宮城内陸地震を除き、約 60~80% であった。兵庫県南部地震や熊本地震では、消防・警察・自衛隊・地域住民などを中心に倒壊家屋からの救助活動が多数行われた。このように、日本の地震災害では倒壊家屋からの救助活動が必要となる蓋然性が高い。

住宅の耐震化率の向上により家屋倒壊による死者の減少は見込まれるが、建物の耐震化が進んだとしても住民による救出活動を行わざるをえない状況は想定される。しかし、一般住民が適切に自身の安全を確保しながら救助活動を行える訓練プログラムや、それぞれのスキルに応じて対応できる住家被害状況や救助活動内容の明示はされていない。そこで、本研究では、1995 年兵庫県南部地震における北淡町と神戸市東灘区の住民に対するアンケート調査を再整理し、一般住民の救助活動に着目し、住家被害程度と行動支障の状況、救助状況との関係について明らかにした。その結果、自力で脱出できた人が多い一方で、救助のプロではない隣人またはその他によって救出活動が多数行われ、救助困難度が高い場合において救出された人がいたことが明らかになった。したがって、訓練を受けていない住民が対応するには危険すぎる現場で活動していたことが把握され、一般向けの適切な訓練プログラムの構築の重要性が示唆された。

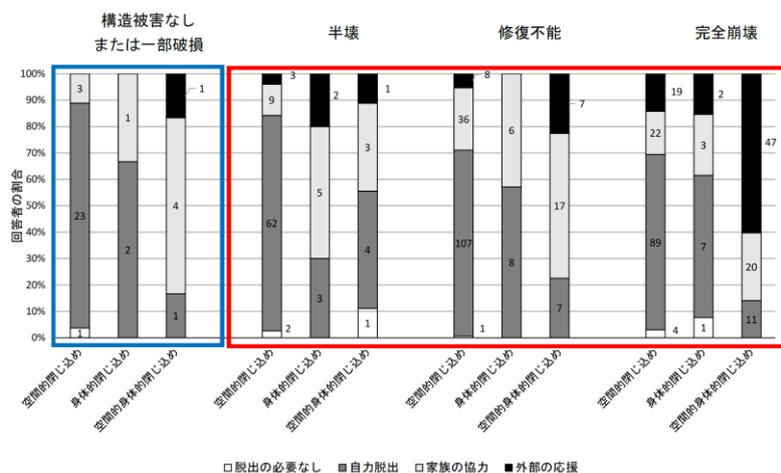


図 1 従来型の普通構造と新工法木造における

閉じ込め状況と住家構造被害、脱出・救出方法の関係性 (図内数字は人数を示す)

The study of post-disaster reconstruction satisfaction in Dujiangyan rural area

○ QIU RUI (The University of Tokyo, Department of Urban Engineering)

OTSUYAMA Kensuke, HIROI U (The University of Tokyo, Department of Urban Engineering)

In May 2008, a massive 8.0 magnitude earthquake struck Wenchuan County, Sichuan Province of China. It wreaked damage on the neighboring areas and rural communities in Dujiangyan. Along with the immense destruction caused by this disaster, there is an urgent need for comprehensive post-disaster reconstruction efforts to restore normalcy, rebuild communities, and increase resilience to future disasters. The Dujiangyan rural area contains three different types of reconstruction: government type, market-based type, and self-built type. The purpose of this study is to evaluate the satisfaction of the work of different reconstruction modes in Dujiangyan, to understand the actual situation of the development of rural areas as well as to find out the problems of reconstruction. Using qualitative and quantitative data analysis methods, this study obtained satisfaction survey data from four communities with three different reconstruction modes in rural Dujiangyan through fields study, questionnaire and interview survey.

Through statistical analysis of data, it concludes that the government-based reconstruction mode is superior to the market-based and self-built reconstruction models and the specific reasons leading to the variability in satisfaction. The study reveals the profound effects of post-disaster rebuilding on rural environments, disrupting traditional lifestyles and promoting urbanized living. This shift has hampered farming practices, increased living costs, but improved safety and infrastructure. However, the delay in restoring agricultural conditions has decreased productivity and caused labor migration. The research criticizes the lack of scientific and humanistic considerations in reconstruction planning and the scarcity of space allocated for rural needs, which has increased residents' discomfort. Post-reconstruction management is also inadequate, with facilities becoming unusable due to lack of maintenance. In essence, the study emphasizes a balanced reconstruction approach, considering socio-economic well-being in addition to physical reconstruction in rural Dujiangyan post-disaster. The findings offer insights for future similar situations, recommending future research to overcome this study's limitations through deeper investigation, considering more influencing factors, and expanding the evaluation sample size.

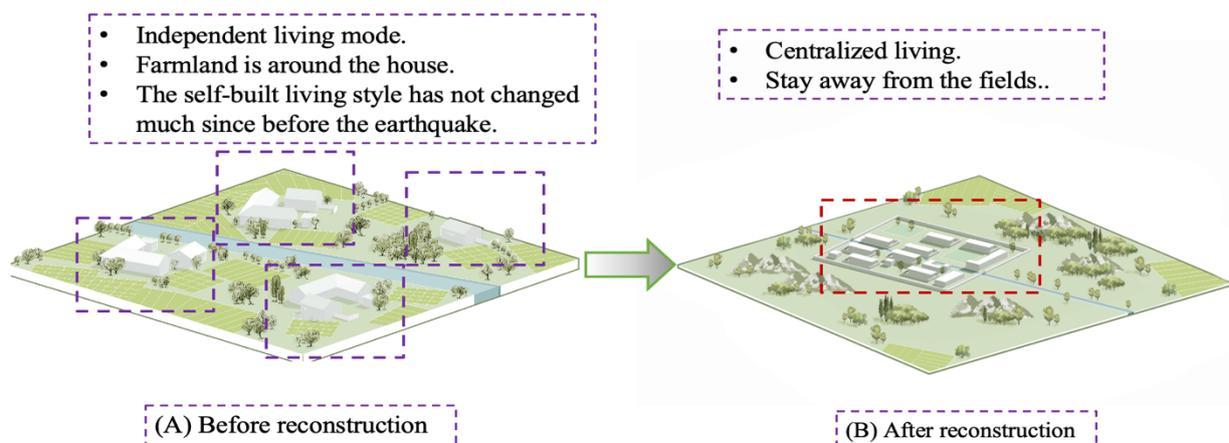


Figure 1. Comparison of community settlement patterns before and after reconstruction

伊勢湾台風による名古屋市の避難者分布

荒木裕子（京都府立大学生命環境科学研究科）

倉田和己（株式会社ファルコン / 名古屋大学減災連携研究センター）

田代喬（名古屋大学減災連携研究センター）

筆者らは1959年伊勢湾台風による避難の状況を明らかにすることに取り組んでいる。これまで伊勢湾台風後の避難については、内陸への集団避難が行われた一方で、浸水域内でも避難が継続していたことが当時の映像、記録資料等から明らかになっている。しかし避難者の定量的、空間的分布及びその変化、浸水範囲との関係は不明であった。

本研究では当時の記録資料・報道資料を基に、発災から10日目にあたる10月4日以前及び、発災20日目にあたる10月17日時点の避難者分布と湛水期間図の重ね合わせを行った。名古屋市の集団避難は10月3日から行われており、10月4日以前と比較して10月17日時点では、浸水していない地域、及び排水した地域への避難が進んだ一方で、浸水地域内でも多数の避難が継続していたことが明らかになった。

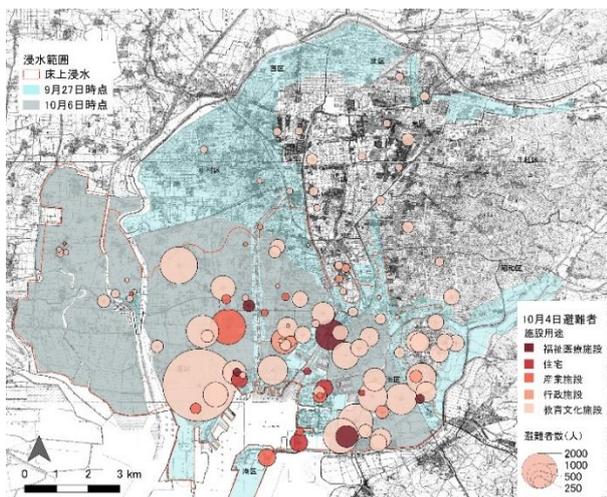


図-1 浸水範囲と避難者の分布（10月4日以前）

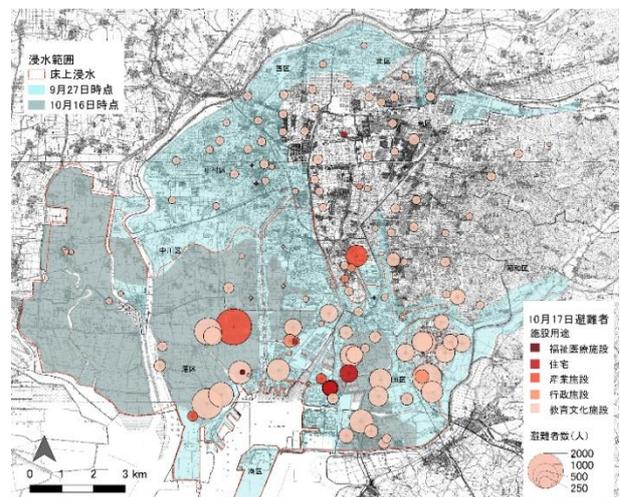


図-2 浸水範囲と避難者の分布（10月17日）

水害多発地域に住み続ける動機に関する分析

○山口泰輝・阪本真由美（兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科）

1. はじめに

水害が繰り返し発生している地域に、なぜ人々は住み続けるのだろうか。本研究の目的は、水害が多発する地域に住み続ける動機を、居留意向調査の結果から明らかにすることである。約 10 年に 1 度の頻度で水害が起きている地域の住民らを対象に実施されたヒアリング調査結果の分析を行い、上述の問いに対する考察を試みる。研究対象地域は、大分県日田市天瀬町の天ヶ瀬温泉街である（図 1）。同町では 1972～2020 年までに、少なくとも 10 件の水害が発生し、大小さまざまな被害を受けてきた¹⁾。近年だと、20 年 7 月の記録的豪雨による玖珠川の氾濫で町民 1 名が死亡した²⁾。川の両岸に立ち並ぶ天ヶ瀬温泉街の土産物店や旅館には泥や流木、がれきが流れ込み、旅館組合に加盟する 13 軒のうち 9 軒が「壊滅的な被害に遭った」とされる³⁾。

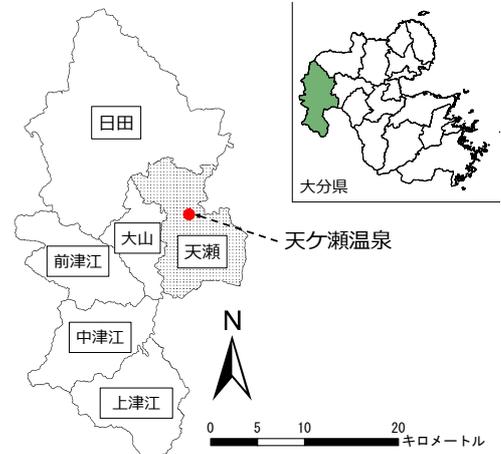


図 1 日田市地区別地図

2. 分析方法

分析では、天ヶ瀬温泉街の住民ら 52 人を対象に実施されたヒアリング調査結果（21 年 11 月実施）⁴⁾に着目する。この調査は 20 年 7 月豪雨後に、将来の居留意向について調査されたものであるから、その回答のテキストデータを分析することで、住み続ける動機を把握できると考えた。分析は、KH Coder 3.Beta.03i⁵⁾を用いてテキスト分析を行い、頻出語や頻出語同士の共起関係を現地調査と照らしながら考察する。

3. 結果および考察

分析の結果、「住む」「天ヶ瀬」「好き」が上位を占めた（表 1）。注目すべきは、「温泉」「川」など地域固有の自然環境の存在が、そこに住み続ける動機になっている点である。たとえば、「温泉がない生活は考えられない」「川があるからこそその天ヶ瀬」というテキストがあった。復興過程を検証するにあたって、今後は地域固有の自然環境の存在にも注目していくべきである。

参考文献

- 1) NHK 大分放送局, 大分大学減災・復興デザイン教育研究センター: 大分県災害データアーカイブ. <https://archive.cerd-edison.com/>. (2023 年 7 月 26 日閲覧).
- 2) 大分県: 被害集計表 (令和 3 年 5 月 31 日時点). (2023 年 7 月 26 日閲覧).
- 3) 朝日新聞: 濁流・土砂, 各地に牙 温泉旅館, 9 軒「壊滅的」 「自粛解除の矢先」大分・日田. 2020 年 7 月 8 日付東京本社朝刊.
- 4) 天ヶ瀬温泉つなぐ会議: 令和 3 年 11 月 26 日, 27 日 住民インタビュー内容まとめ. 2022.
- 5) 樋口耕一: 社会調査のための計量テキスト分析 [第 2 版] ー内容分析の継承と発展を目指してー. ナカニシヤ出版. 2020.

表 1 出現回数が多かった上位 30 語

順位	抽出語	出現回数	順位	抽出語	出現回数
1	住む	23	16	人	3
2	天ヶ瀬	18	17	他	3
3	好き	12	18	大切	3
4	温泉	9	19	不便	3
5	考える	6	20	良い	3
6	場所	6	21	嫁ぐ	2
7	川	6	22	共生	2
8	車	5	23	共存	2
9	水	5	24	近所	2
10	育つ	4	25	苦勞	2
11	残る	4	26	決める	2
12	生まれる	4	27	故郷	2
13	田舎	4	28	自分	2
14	行く	3	29	住宅	2
15	出る	3	30	親	2

地域防災力向上についての考察

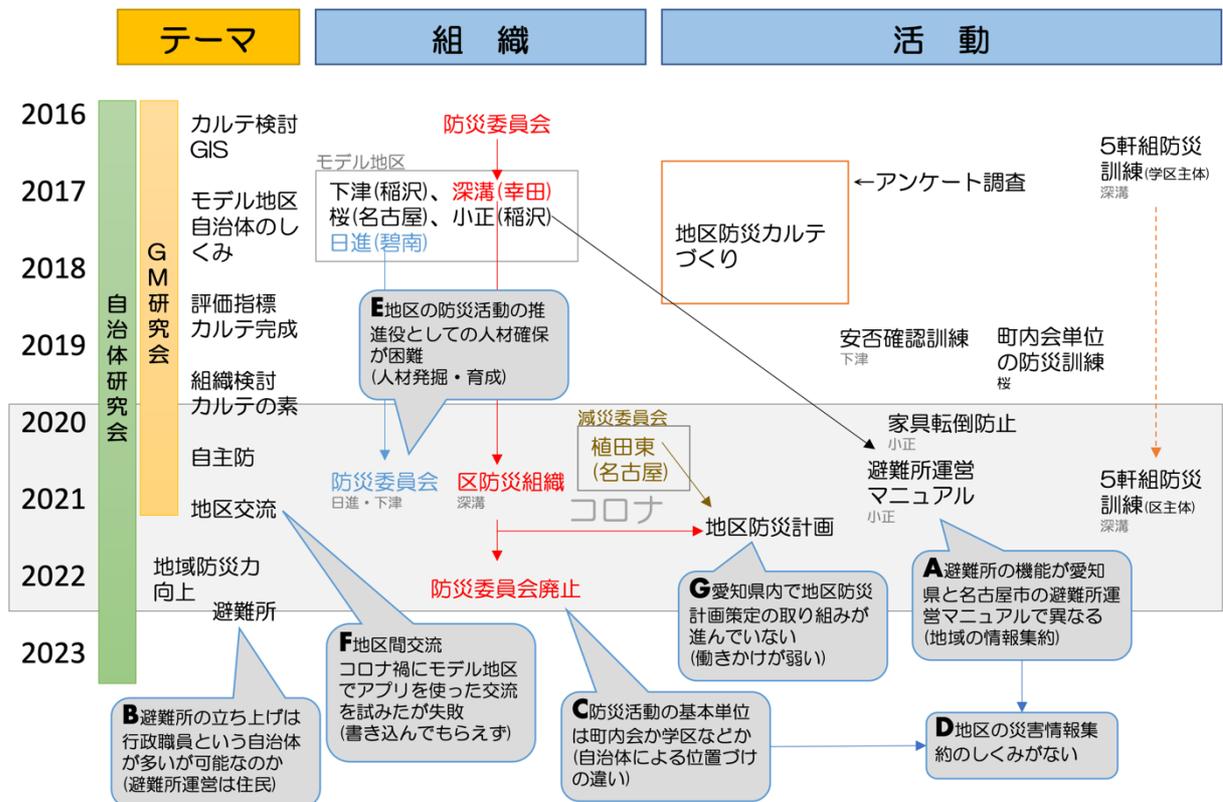
石原 宏 (名古屋大学)

大規模災害時には、地域の共助が重要であるが、高齢化、町内会加入率の低下など地域活動を取り巻く環境は厳しい。モデル地区での地区防災カルテづくり、その後の活動などを通じて、今後の取り組みに寄与するため地域防災力向上についての課題整理を行う。

5つのモデル地区と発表者自身の地区での取り組みから、7つの課題を抽出した。これらの課題についての考察から4つの行政課題にまとめた。

地域の活動は所属する自治体の取り組みの枠内で動くことが多く、1自治体内だけをみていても気が付かないことが多い。複数の自治体の取り組みを比較することで見えてくる課題や解決策のヒントもあることから自治体間の情報交換、意見交換などを通じて施策を検討する意義は大きい。その際に最終的に地域防災力の向上という視点を忘れずに進めることが重要である。

地区の防災・減災への関わりと課題



Methods of evaluating the benefits and disbenefits of Nature-based Solutions (NBS) in disaster management: A review of the literature

○ MARTY Jocelyn Nato (The University of Tokyo, Department of Urban Engineering)
OTSUYAMA Kensuke, HIROI U (The University of Tokyo, Department of Urban Engineering)

Nature-based solutions (NBS) have been gaining traction over the years in the field of disaster risk reduction and mitigation, as well as climate change adaptation. NBS have been widely applied to many disaster management projects around the world in varying scales and methods. However, there remains a research gap on the benefits and disbenefits of employing NBS in disaster planning in urban areas.

It is commonly accepted that NBS are important in the enhancement of well-being and restoration of urban areas, ecosystem services, and overall urban resilience through the integration of green and gray infrastructure, but the rate of acceptance remains low due to several factors, such as seemingly high costs, long-term performance, and lack of information on assessing their multidimensional effects quantitatively. Furthermore, there is no existing internationally accepted standard way of measuring the effects of NBS.

In this study, the current evaluation frameworks for NBS effectiveness and performance were probed to identify their strengths and weaknesses, and to ascertain which method or combination of methods would yield the best assessment results. On the other hand, the disbenefits that could emerge from using NBS are also indispensable when verifying this approach as an instrument for disaster management, but there is also a shortage of documentation on this aspect. The purpose of this review is to look into existing literature on assessing the effectiveness of using NBS in the context of disaster management with main focus on urban flooding that takes into account both the advantages and disadvantages, and to elaborate the various principles and techniques that can be further improved and applied to the future evaluation which in turn could contribute to the mainstreaming and upscaling of NBS implementation. From the analysis of the NBS evaluation literature, a few prospects for future research are provided.

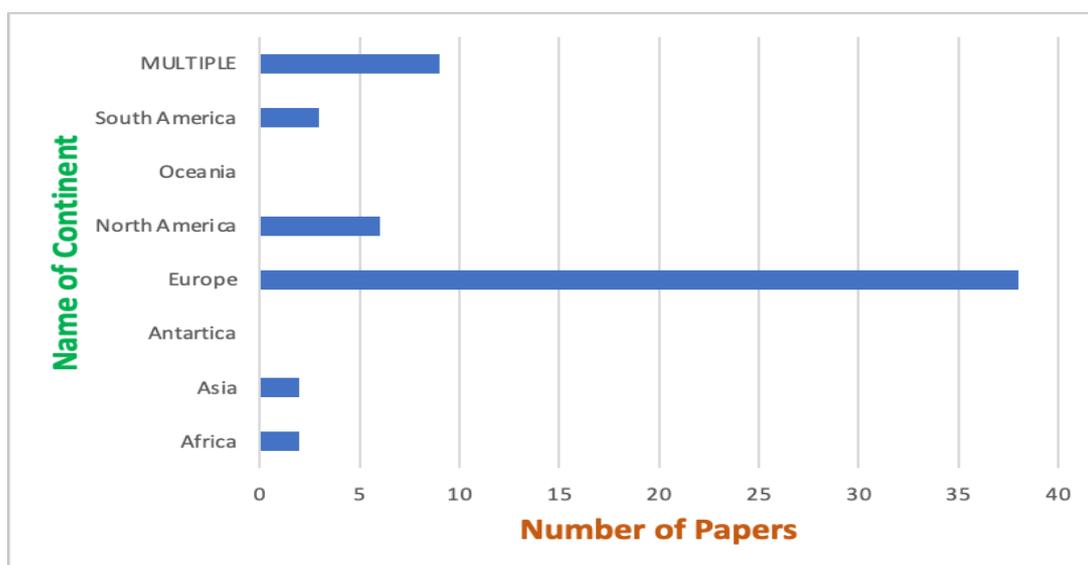


Figure 1. Comparison of the number of papers reviewed per continent (N=59)

Development of Self-Evaluation Tools in the Business Continuity Management of the Large-Scale Operating Mining Companies in the Philippines

○Sioson, Jhumar (Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies)
Hirayama, Nagahisa (Nagoya University, Disaster Mitigation Research Center)

The objective of this study is to develop business continuity management self-evaluation tools tailor-made for the large-scale mining industry of the Philippines. This is fundamental in addressing the vulnerability of the sector from numerous internal and external socio-economic challenges despite its role and potential towards the nation's economic growth.

The developed self-evaluation tools were in the form of questionnaire survey and scorecard. The questionnaire survey was composed of a total of 9 key areas with 53 questions between them, as shown in Table 1. The effectiveness of the said self-evaluation tools was tested using a comprehensive analysis of 10 case studies and 5 key informant interviews wherein the strengths, weaknesses and points for improvement were identified. The research findings assert that the developed self-evaluation tools have proven to be vital in increasing the resilience of an organization while acknowledging that it can be further modified to address the specific concerns encountered by the mining company.

Table 1. The features of the developed self-evaluation tools

Item	Category	Questions
I	Policy/Plan	8
II	Organizational structure	4
III	Ensuring Safety	13
IV	Disaster Damage Reduction	4
V	Backup/financial allowance	5
VI	Training	6
VII	Government Compliance	4
VIII	Communication	4
IX	Review	5
Total		53

大阪府吹田市における不発弾処理対応に係る要配慮者避難行動対策（支援）の事例報告

○有吉恭子，柴野将行，越山健治(吹田市)

日本では近年でも年間 1500～2000 件の不発弾発見・処理が行われている。処理に際しては、発見現場付近の住民の安全を確保した上で処理を実施する。しかし不発弾処理のための費用負担や補償制度、警戒区域・避難等に関する法体系が明確に定められておらず、法的整備の必要性が議論されている。近年の不発弾処理時においても、警戒区域内の要配慮者避難支援について対応が統一されていない実態がある。以上のことから本研究では、吹田市における不発弾処理対応における要配慮者避難支援に着目し、業務の種類と量を整理し、要配慮者避難行動支援に関する地方自治体ができる手法と限界について考察することを目的とする。

研究対象となる不発弾処理対応の概要を示す。2022 年 4 月 27 日(水)大阪府吹田市内の工事現場において、地中約 1m の位置から 1 トンの大きさの不発弾が発見された。市は会議体を設置し、情報共有と広報を実施し、発見から約 3 か月後の 7 月 24 日(日)不発弾発見場所から半径約 300m 以内の警戒区域内全住民の避難、JR の一部運休や生活道路の通行規制及び大阪国際空港への着陸航路にて一部調整を行い、自衛隊不発弾処理隊によって不発弾の信管除去処理が行われた。当該警戒区域内には約 1,000 名の居住者がおり、要配慮者は、1) 警戒区域内にある特別養護老人ホーム居住者 52 名、2) サービス付き高齢者住宅居住者約 50 名、3) 在宅者で施設等への入所はしていないが避難行動に支援もしくは配慮が必要な方 5 名、4) 新型コロナウイルス感染症在宅療養者及び濃厚接触者（当日は約 20 名おられたと推定）と整理した。吹田市は一時避難場所を 4 種類準備し、一般避難者用と、要配慮者用はⅠ) 特別養護老人ホーム居住者用、Ⅱ) 在宅で避難行動に支援もしくは配慮が必要な方用、Ⅲ) 新型コロナウイルス感染症在宅療養者等とした。また、避難行動支援として、Ⅰ) 施設職員が付き添い、市内福祉施設ネットワークが相互連携で準備した介護車両と、市が手配した介護タクシー、Ⅱ) 民生児童委員が付き添い介護タクシー、Ⅲ) 保健所が準備した移送用車両であった。

吹田市危機管理室が行った各部の業務量調査データ、不発弾処理実施後に地域の民生児童委員に実施したインタビューデータを基に分析した。業務量については、要配慮者が一時避難場所に確実に避難するための業務の種類と量を抽出した。吹田市が当該不発弾処理対応にかけた業務時間は総量で 9274 時間、うち避難対策にかけた時間数は 4601 時間で全体の 49.6% である。避難対策の中でも、事前に実施した一般的な避難広報に 1552 時間、事前に実施した要配慮者への意向アンケートや避難場所調整に 1342 時間、当日の避難行動支援に 1077 時間、うち要配慮者の避難行動支援に 442 時間であった。

吹田市危機管理室が行った要配慮者避難行動支援の一部を担った地域の民生・児童委員へのインタビューデータによると、円滑な避難に繋がった要因として、「事前に、近所の人同士と一緒に避難車両に乗ろうと約束しあっていたこと」、「避難する場所に冷房が効いており、不発弾処理の映像や安全宣言などの中継がされることが知られていた」ことを挙げており、避難手段の確保と避難場所の機能周知が重要だったと思われる。

今回の不発弾処理に際し、市役所職員がどれだけ投入されたかという点で見ると、総時間量では職員が対応しきれぬ量であるが、もし警戒範囲が 2 倍になった時や要配慮者がもっと多い地域などより多くの職員を動員しなければならないことが発生した場合、また対応期間が短くなった場合には、業務内容を変更しなければならない。今回の事例を職員動員の限界を含めた考え方のきっかけとし、算定式をもっておくことも必要であり、そうすることで対応の規模感を考慮し、要配慮者に対しての対応などに活かしていくことができる。特に避難行動に繋がった要因が、「避難行動支援手段」と「避難場所の機能」であったことを重視し、今後の職員の投入量と時間、業務の丁寧さとして実施する項目をあらかじめ見据えておくことが大事である。

非定常振幅スペクトルを用いた低層建物 1 点計測による地震時卓越振動数の変化の把握

○大西 亮 (株式会社中電シーティーアイ)
 永坂 英明 (株式会社中電シーティーアイ)
 伊藤 一成 (株式会社中電シーティーアイ)
 飛田 潤 (名古屋大学減災連携研究センター)

地震時の安全確保や事業継続のための構造ヘルスマモニタリングの検討が進んでいるが、中高層建物で複数センサを用いるものが多い。本研究では低層建物を対象に、簡易な計測により被災情報を得ることを目的として、上階 1 点の加速度記録からマルチ・フィルターの原理を強震記録解析に応用した非定常振幅スペクトルを用いて地震時卓越振動数とその経時変化の抽出を試みた。1994 年三陸はるか沖地震で被災した RC 造 3 階建物の多点観測記録を用い、屋上 1 点による提案手法と、1 階も含む 2 点から ARX モデルで求めた卓越振動数の経時変化の比較を行った結果、1 点の簡易な計測でも低層建物の被災判定につながる変化を捉えうることを確認した。

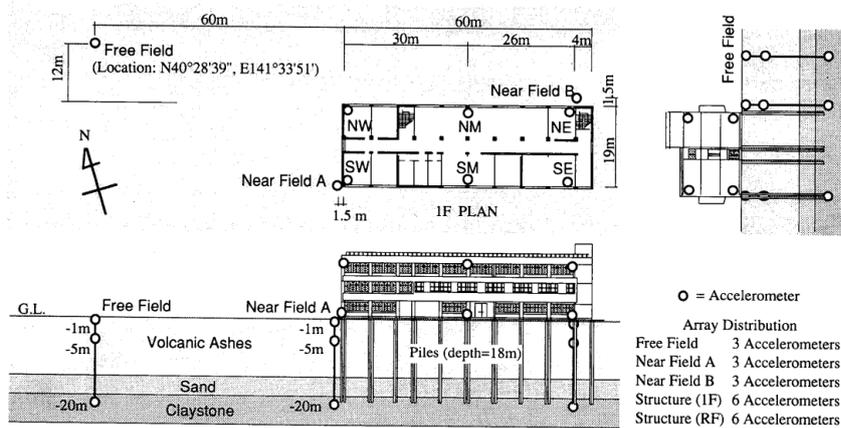


図 1 八戸工業大学における高密度地震動観測システムの概要

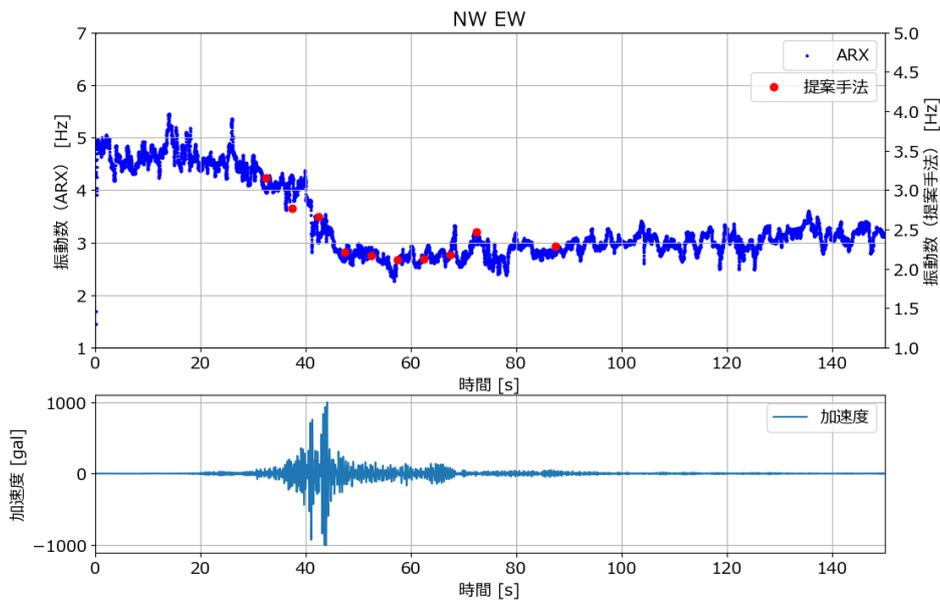


図 2 建物屋上 1 点から提案手法で求めた卓越振動数変化と ARX モデルで求めた建物固有振動数の比較

カーテンウォール内蔵型センサ・アラートシステムに向けた 2023年 E-Defense 実験分析

○鈴木里佳子・長江拓也(名古屋大学)

建物は1回の大地震で倒壊しなくとも、その地震で構造上深刻な損傷を受けた場合には次の地震で倒壊する可能性があり、地震後に倒壊せずに建っている建物にも注意が必要である。このような状況下で、地震発生直後に躯体損傷を評価・表示することで、人々の正しい行動を誘発し二次災害を防ぐことができると考えられる。また、建物継続使用のためには、二次部材や設備機器の損傷評価が必要であり、地震発生後早い段階での構造躯体・非構造部材を含む建物全体の損傷評価は重要な課題である。本研究ではカーテンウォールの設計・施工に合わせてセンシング技術を普及することを目指して、カーテンウォール内蔵センサを用いて建物全体の損傷を評価し、カーテンウォールに設置するLEDライトを用いて可視化するシステムの開発を行っている。

カーテンウォールは多くの建物に使用される外装材である。接合部のディティールなどから、地震で生じる躯体変形への追従性能が確保されており、過去の実験でも性能の高さが確認されている。この躯体追従性能を建物全体評価に利用する。

センサ・アラートシステムでは、地震時にカーテンウォール内蔵センサ（角速度計・傾斜計）で計測を行い、層間変形角や加速度を算出する。それらから、構造躯体・二次部材・設備機器の損傷評価を行い、利用者やオーナーへの情報伝達をカーテンウォールに設置したLED発光表示で行う(図1)。2023年E-ディフェンス10層鋼構造オフィス実験では、全面にカーテンウォールを施工し、センサ・アラートシステムの実証実験を実施した(図2)。

今後は、実建物にセンサを設置し、実地震において計測運用体制の構築や、損傷評価方法の妥当性の検討を行う。

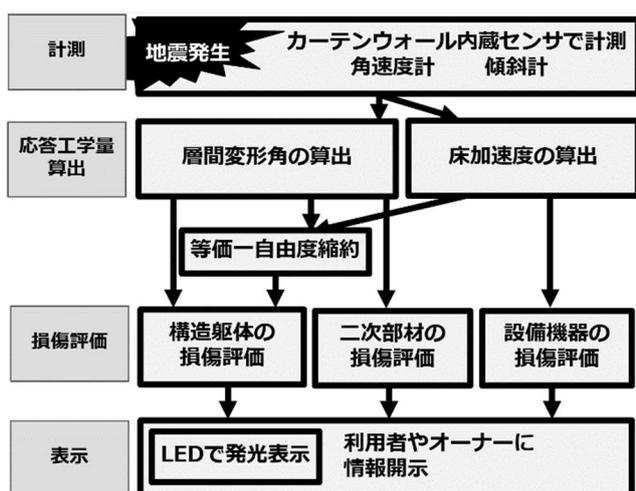


図1 カーテンウォール内蔵型
センサ・アラートシステム概要



図2 試験体全景

謝辞：本研究開発は、不二サッシ株式会社，文化シャッター株式会社，国立研究開発法人防災科学技術研究所，名古屋大学による共同研究に基づき実施されました。関係各位に深く感謝申し上げます。

災害によるライフライン途絶時のエネルギー確保に関する研究

小沢裕治、橋富彰吾、富田孝史（減災連携研究センター）

本研究では、南海トラフ巨大地震発生時に、ライフラインとして商用電力が途絶し、非常用発電機によるバックアップを行う場合の使用可能期間から復旧までの期間の間の燃料の補充について、愛知県を例としてその現状を調査すると共にその制約について考察した。

自治体庁舎、災害拠点病院（以下、双方を総称して「重要拠点」と記す）等の防災拠点では、大規模災害等の非常事態への備えとして、ライフラインについては、例えば電力の途絶に対して非常用発電機の設置と72時間分の燃料の備蓄など、代替手段とその使用可能期間（備蓄量）について官庁、自治体による要求事項がある。しかし、内閣府公表の南海トラフ巨大地震発生時の被害想定で想定されているライフラインの復旧所要期間は、東海地方では最短の電力で約1週間とされており（表1）、その間は外部から各拠点に向け、適切に燃料等の補充が行われる必要がある。

表1 南海トラフ地震発生時の復旧(95%)予想日数

項目	基本ケース	陸側ケース
電力	約1週間	約1週間
水(上水道)	約6週間	約7週間
通信(携帯電話)	数日間	約1週間
ガス	約4週間(低圧)	約6週間(低圧)

重要拠点、および燃料となる石油製品を備蓄する油槽所間を結ぶ道路、および各拠点に面する道路は、南海トラフ地震発生時は「中部版 くしの歯作戦」（中部地方整備局）、「名古屋市道路啓開計画」によって、優先的に啓開すべき道路に指定され、発災後72時間以内に復旧することとされている。

非常用発電機用の燃料として、重要拠点の70~80%でA重油、10~13%で軽油が使用されており、年度、季節によって変動はあるが、それぞれの燃料は月平均使用量の60%程度の備蓄がある。

一方、石油製品を運搬するためのタンクローリーは、A重油の運搬が可能な「黒油用」は愛知県内に200台程度（積載可能量14kL/台、計2,800kL）である。重要拠点の非常用発電機について、各拠点の延床面積との相関から平均想定発電容量を試算(式2)、次いで一般的な発電機の熱効率から想定燃料消費量を試算(式2)した結果、各拠点に72時間分の燃料を供給する場合、他の用途を一切無視しても92%程度の稼働が必要となることが判明した(表2)。

$$(\text{平均想定発電容量})[\text{W}] = 44.5 \times (\text{延床面積})[\text{m}^2] \quad (\text{式1})$$

$$(\text{想定燃料消費量})[\text{L}] = (\text{平均想定発電容量})[\text{kW}] \cdot 3.6 / 0.33 / 39.1[\text{MJ/L}] \quad (\text{式2})$$

表2 重要拠点での非常用発電機の想定燃料消費量(愛知県)(2023年7月現在)

拠点	拠点数	想定燃料消費量		1日当り消費量[kL/d]	対応可能ローリー数[台]	1台当り容量[kL/台]	補給可能量[kL/回]
		[kL/h/拠点]	[kL/d/拠点]				
自治体庁舎	72	0.15	3.6	260	200	14	2,800
災害拠点病院	36	0.7	16.8	600			

南海トラフ地震が時間差で発生した場合の行動を考える勉強会ツール

○岡田 恵実（豊橋市役所）

町屋 弦一郎（豊田市役所）

西尾 吏啓（津島市役所）

千葉 啓広（名古屋大学減災連携研究センター）

荒木 裕子（京都府立大学生命環境科学研究科）

平山 修久（名古屋大学減災連携研究センター）

住民や自治体職員自身が南海トラフ地震と臨時情報の仕組みを理解し対応を考えることが出来るのかという課題に取り組むため、令和4年4月に自治体研究会内に南海トラフ地震臨時情報研究グループを立ち上げ、自治体受託研究員と名古屋大学減災連携研究センターの研究者でおおよそ月に1度ミーティングを実施し検討を進めた。この中で、南海トラフ地震の発災メカニズムだけでなく、臨時情報の内容や発表までの仕組みが複雑で、自治体職員にとっても説明を行うことが難しいこと、説明を行っても住民がその内容を理解しているのかがわからないという課題を認識するに至った。このため、地域の状況に応じた分かりやすい勉強会資料を作成するだけでなく、南海トラフ地震に関する理解を深め自らが発災時の状況を想定し備えることに結び付く災害行動想定ワークを作成し、パッケージ化した勉強会ツールを開発することとした。

この勉強会ツールを用いて勉強会を実践し、その中で収集したアンケートやワークシートを検証したところ、南海トラフ地震および臨時情報について参加者の理解が促進されることを示した。特に、勉強会実施前のアンケートで低い値を示していた臨時情報の理解は、資料による説明だけでなく災害行動想定ワークを組み合わせて実施することにより、より正しい認識に基づいた検討となる可能性が示される結果となった。

表1 臨時情報グループの活動と勉強会ツールの開発プロセス

R4 月	検討の流れ	臨時情報グループ活動	自治体での実施		検討内容
			自治体	対象	
4	基本構想 ↑ 検討 ↑ 勉強会資料 ↓ 勉強会資料 ↓	臨時情報の課題を検討			<ul style="list-style-type: none"> ・臨時情報について住民にどう伝えるか ・発表により起こり得る自治体の課題洗い出し
5		豊橋市の勉強会について検証 ワークシート開発開始			<ul style="list-style-type: none"> ・豊橋市の先行事例の検証 ・住民と一緒に考えるためのワークの検討
6		豊田市の勉強会資料の検討			<ul style="list-style-type: none"> ・豊田市版の検討、作成 ・勉強会及びワークシートの検討
7	ワーク ↑ 検討 ↑ 勉強会実践・検証 ↓ ワーク ↓		豊橋市	経営者	<ul style="list-style-type: none"> ・検討したワークの実施
8		東三河地域問題セミナーから資料とワークシートの検討	豊田市	高校生	<ul style="list-style-type: none"> ・勉強会及びワークの実施 ・アンケートの実施
9		これまで実施した勉強会・ワークの検証	豊橋市	消防団員	<ul style="list-style-type: none"> ・実践についての検証 ・専門家からの意見
10		自治体職員向けに実施	豊田市	自治区	<ul style="list-style-type: none"> ・検討したワークの実施
11					
12		グループワーク版ワークシートの検討と開発			<ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートの検討（グループ版）
1			豊橋市	職員	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークの検討
2		ワークの検証	あま市	住民	<ul style="list-style-type: none"> ・グループワーク版についての検討
3		今後の検討			<ul style="list-style-type: none"> ・今後の検討

MEMS 地震計による木造戸建住宅の地震応答と不同沈下のモニタリング

○奥祥平（一条工務店）

近年、MEMS センサの地震観測への適用が数多く研究されている。

地震による被災度判定のために建物に地震計を設置することは有効だが、地震計の精度を高くすればするほど、コストが大きくなる。戸建て住宅に安価で地震計を普及させることが出来れば、個々の住宅の被災度判定を迅速に行えらるとともに、地震観測網の緻密化にも貢献できる。しかし、戸建て住宅は他の建築物に比べ建築資金が小さいため、導入コストを小さくしなければ地震計の設置を普及することは難しい。

そのため本研究では、木造戸建て住宅の観測に用いることを想定して、精度とコストのバランスの取れた MEMS 地震計を新たに開発した。100 円程度の安価な MEMS センサを 4 個並列で使用し、それらの平均を取ることでノイズを片振幅 1 ガル程度まで低減した。加震実験を行った結果、JMA 計測震度 1.5 以上の地震観測時のデータは、高精度の地震計と MEMS 震度計の計測震度の差は 0.1 以下であった。

加えて、戸建て住宅では、地震動によるものだけでなく、長期的な建物荷重や地盤沈下による不同沈下も稀に発生する。そこで、この MEMS 地震計の長期間のデータ平均を用いて不同沈下のモニタリングをできないかと考えた。この地震計にはもちろん、常時のノイズの他に温度変化による加速度データの変動も含まれるが、1 時間程度のデータを平均することで、新築時以降の 6/1000 の傾き（健康被害など、人体に影響が出る目安）の沈下傾斜を検知することが可能になった。

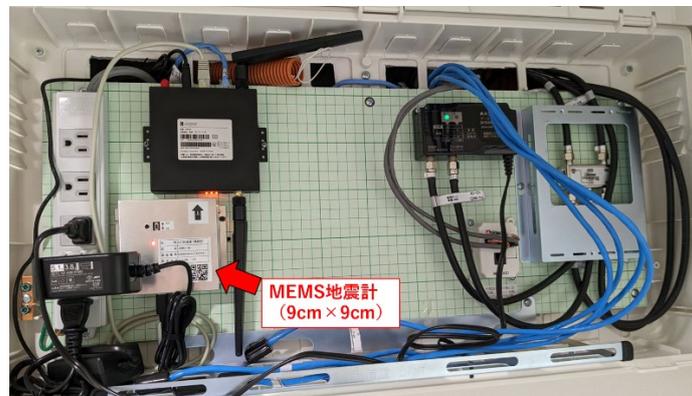


図1 宅内への設置例（情報機器を集約しているボックスの中）

建築資材の炭素貯蔵量に基づく地震後の家屋解体に伴う CO₂ 排出量の評価手法の構築

○大杉 裕康 (名古屋大学大学院環境学研究科)

平山 修久 (名古屋大学減災連携研究センター)

1. はじめに

災害時、住家被害による家屋解体で生じた災害廃棄物処理においては、住宅で使用されていた木材に固定されていた炭素が CO₂ として排出されるなど、膨大な量の災害廃棄物の処理に伴い、CO₂ 排出がなされる。カーボンニュートラルの達成のためには、温室効果ガスの排出量の削減、吸収作用の保全及び強化を推進することが必要である。本研究では、住家被害による家屋解体に伴う災害廃棄物からの温室効果ガス排出量の推定手法を構築することを目的とする。本稿では、地震災害を対象として、家屋解体に伴い住宅で使用されていた木材に固定されていた炭素が CO₂ として排出される量を推定し、家屋解体に伴う CO₂ 排出量を評価する。

2. 地震後の家屋解体に伴う CO₂ 排出量評価手法の構築

国勢調査に関する地域メッシュ別に災害廃棄物量を把握する手法(平山ら, 2017)を拡張することで、家屋解体に伴う災害廃棄物からの CO₂ 排出量を推定する手法を構築する。地域メッシュ別災害廃棄物量の推定手法により算出された地域メッシュ別での木造、非木造の構造別の全壊棟数、半壊棟数に対して解体率を乗じることで、地域メッシュ別での構造別の被害住宅の解体棟数を算出する。本稿では、全壊に対する解体率を 1.0、半壊に対する解体率を 0.1~0.9 として、算出するものとした。建築着工統計調査における都道府県別、構造別の建築物の数と床面積の合計から、構造別の棟数当りの延べ床面積を算出し、地域メッシュ別の構造別住宅解体棟数に乘じることで、構造別被害家屋延べ床面積を推定する。谷川ら(1999)が整理している延べ床面積あたりの建築構造別資源消費原単位を用いてこれに乘じることで、地域メッシュ別の解体家屋に係る木材使用量を算出することができる。算出した地域メッシュ別の解体家屋に係る木造使用量に、木材の炭素含有率を乘じることで家屋解体に伴い住宅木材に固定されていた炭素の排出量を地域メッシュ別に算出する。

3. 2016 年熊本地震での家屋解体に伴う CO₂ 排出量の試算

2016 年熊本地震をケーススタディとして、2016 年 4 月 16 日 01 時 25 分、M7.1 の震度分布データを用いる。平成 27 年国勢調査に関する地域メッシュ統計、平成 25 年住宅・土地統計調査、2016 年度建築着工統計調査より算出した熊本県における木造棟数当り延べ床面積 122.88(m²/棟)、非木造棟数あたり延べ床面積 483.72(m²/棟)、床面積当りの木材使用量として木造 0.162(t/m²)及び非木造住宅(戸建・S 造)0.022(t/m²)を用いて、4 分の 1 地域メッシュ別の解体家屋に係る木材使用量を算出した。木材の全乾状態の質量における炭素含有率は 0.51(t-C/t-d.m)と報告されている(環境省, 2022)。この値を用いて、熊本地震における住宅被災に伴う CO₂ 排出量は、半壊住宅の解体割合 10%~90%の間で 741,720t~1,974,780t と推定された。



図 1 2016 年熊本地震における家屋解体に伴う CO₂ 排出量の推定結果

高耐震木造住宅の確率論を用いた地震時損失費用評価

○高谷 和樹 (名古屋大学)

長江 拓也 (名古屋大学)

本研究では、日本の3層木造住宅を対象に、地震時の建物損傷に対する損失費用の評価を通して、木造住宅のレジリエンス能力の体系的な評価を目指す。特に基礎スラブが地盤上で滑ることに着目する。日本の木造住宅における地震時の耐震設計手法は、被災経験を経るごとに向上し、十分な構造安全性を確保しつつある。一方で、継続使用性が建物性能として求められるようになり、設備機器や内外装材などの2次部材までを含む被害度の評価手法が検討されている。確率論的耐震性能評価手法は、地震ハザード⇒建物地震応答値⇒損傷度⇒性能評価値の順に各項目で生じる不確定性を確率関数により定義し積分することで、2次部材を含む建物全体を対象とした被害度を損失費用や死者数、復旧時間の期待値で評価する機能を持つ。

耐震等級3の実大3層木造住宅を対象とした振動台実験の基礎地盤条件(Fig. 1)では、設計想定を超える大地震動が入力された際、基礎スラブと地盤の間で水平滑りが生じ、上部構造の応答低減が確認されている。熊本地震などで被害のばらつきの原因とされた基礎の滑りは、上部構造の水平せん断力が基礎地盤間の摩擦耐力を上回ることで生じる。上部構造が高い耐力を発揮することにより、現状の設計実務では全く想定されていない挙動となった。基礎の滑りによる上部構造の応答低減や滑り量の評価のみでなく、安全性・継続使用性を踏まえた耐震性能評価を行うことで、実際の高耐震木造住宅におけるレジリエンス能力の把握につながる。実験では、基礎が滑る基礎地盤条件の他に、基礎免震条件と基礎固定条件による加振も実施された。また、2009年には同一平面・立面を持つ耐震等級1と2の木造住宅振動台実験が行われている。そこで、木造住宅を対象に確率論的耐震性能評価法による損失費用計算手順を整備し、各種基礎条件と耐震等級をパラメータに損失費用を計算することで、基礎免震条件や基礎固定条件に対し、基礎が滑ることによる安全性・継続使用性への影響を検討した。

基礎地盤条件試験体

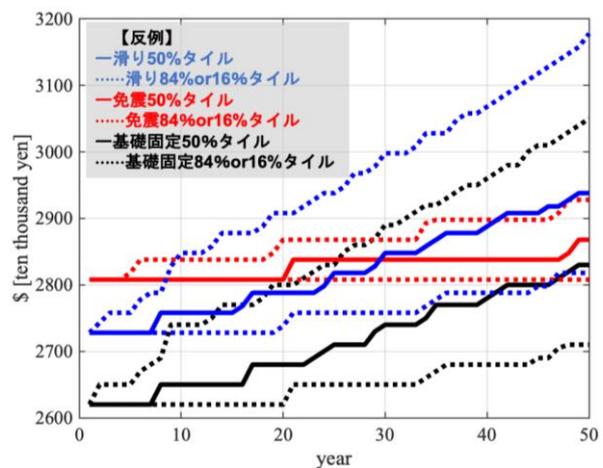


Fig. 1 実大3層木造住宅試験体と地震による損失期待値

謝辞：実大震動台実験は首都レジリエンス PJ (2017.4-2022.3) において実施されました。関係各位に感謝申し上げます。

高耐震木造住宅における耐震性能評価

○太田 和杜 (名古屋大学大学院環境学研究科)

長江 拓也 (名古屋大学減災連携研究センター)

木造住宅は兵庫県南部地震以降、建築基準法の改正や品確法などにより、木造住宅の構造性能は向上している。しかし、設計レベルを超える大地震時の耐震性能の評価については不明確な部分も多い。部材要素レベルでの強度評価で一定の信頼性が確保できていても、それらが複雑に関する建物レベルでは、詳細な強度は評価できていない。2019年にE-ディフェンスで実験実施された、3階建て高耐震木造住宅実大震動台実験では、許容せん断耐力相当のせん断力が設計値の2～4倍であることを確認している。

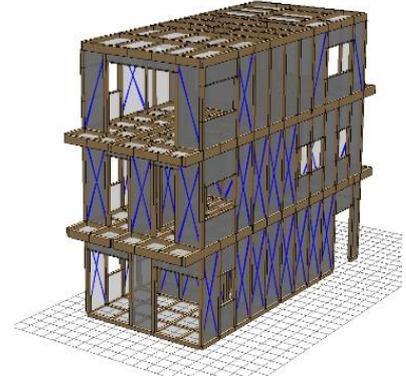


図1 木造住宅試験体と数値解析モデル

木造住宅の余剰耐力の要因を明確にし、大地震に対する真の耐震性能を評価することができれば、地震前の事前被害予測、地震時の即時危険度判定、地震後の継続利用の判断など防災・減災の面で多岐に役立つと考えられる。

そこで、震動台実験の試験体において、余剰耐力の要因を考慮したモデルを数値解析プログラム「wallstat」を用いて作成し、耐力差の要因として考えられる項目の検討と実験の再現性の確認を行った(図1)。本研究では、非構造材による影響、内外装材による筋交いの座屈拘束効果、立体効果による影響に着目し、それぞれ余剰耐力の要因について、条件を変えた5つの数値解析モデルを作成した。解析から得られた耐力差から各要因の負担耐力量を算定した(図2)。また、上記の余剰耐力を考慮したモデルにおいて、実験を再現する動的解析を実施することで、構造全体の終局までの地震応答を概ね評価できることを確認した。

今後は、動的解析の結果より各部材の強度、変形量、損傷状況や損傷タイミングなどマイクロな部分の分析を行い、損傷メカニズムを把握する。

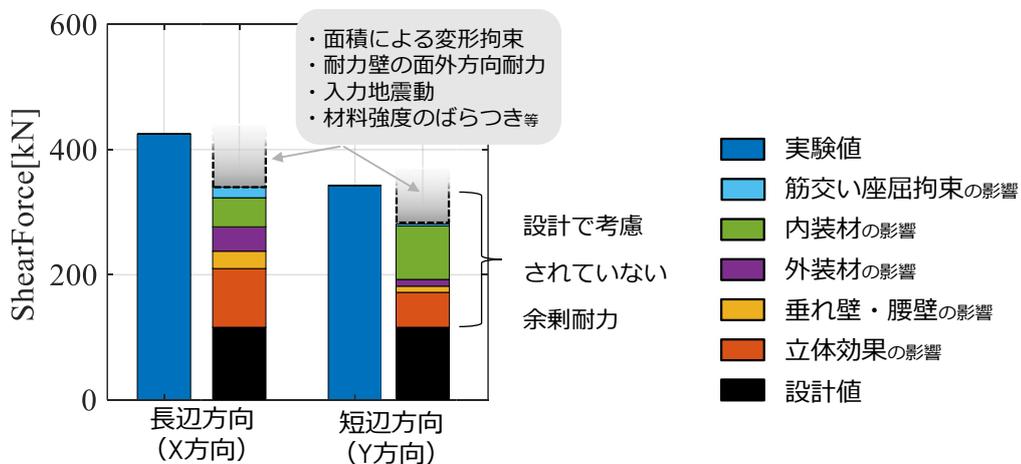


図2 各検討要素における許容せん断耐力の負担量

謝辞：実大震動台実験は首都レジリエンスPJ(2017.4-2022.3)において実施されました。解析研究は京都大学防災研究所一般共同研究の一環として実施されています。関係各位に感謝申し上げます。