

地域減災研究ワークショップ 講演概要集

Vol. **2**
2022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
2022年 地域減災研究ワークショップ

2022年8月5日，減災ホール＋オンライン開催

名古屋大学減災連携研究センター

2022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

1. 日時： 2022年8月5日（金） 12時30分～
2. 開催方法：減災ホールおよびオンライン発表（Zoom）

II. 交流会

1. 日時： 2022年8月5日（金） 18時40分～20時00分
2. 開催方法：減災館411号室およびオンライン（Zoom）

8月5日（金）

開会式：12時30分～12時40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：水災害研究 【12時40分～13時40分】

座長：羽田野拓己（名古屋大学）

- 1-1 明治用水頭首工大規模漏水によって起こりえたワーストシナリオの検討
○橋富彰吾（名古屋大学）
- 1-2 豊川霞堤による流域治水およびその周辺地域の利用に関する研究に向けて
○高橋大聖，富田孝史（名古屋大学）
- 1-3 河川整備と都市計画の連携に着目した実現可能な流域治水施策の検討
○山田拓実，廣井悠（東京大学）

セッション2：災害対応 【13時50分～15時10分】

座長：木作尚子（名古屋大学）

- 2-1 市街地火災避難における最適な行動規範の検討
○釘崎理，廣井悠（東京大学）
- 2-2 Quantifying the Benefits of Nature-based Solutions in Disaster Management: A Review of Literature
○MARTY Joeylyn Nato, HIROI U, Otsuyama Kensuke (University of Tokyo)
- 2-3 南海トラフ地震における水道事業者の応急給水活動への災害暴露評価
○瀧石さくら，平山修久（名古屋大学）
- 2-4 災害時の道路啓開に関する効率的戦略導出に資する研修ツールの開発
○倉田和己（名古屋大学）
新井伸夫（日本気象協会）

セッション3：耐震建築・免震 【15時20分～16時40分】

座長：平井敬（名古屋大学）

- 3-1 10層鋼構造骨組におけるカーテンウォールセンシング技術を用いた建築耐震性能評価のための実験と解析
○金家良，鈴木里佳子（名古屋大学）
- 3-2 都市建物の確率論的性能評価手法を用いた地震時終局性能評価
○高谷和樹，太田和杜（名古屋大学）
- 3-3 鉄筋コンクリート造建物の耐震性向上の実験を再現する数値解析と確率論的性能評価手法
○浅井健志郎（名古屋大学）
- 3-4 動的加力実験に基づく免震用オイルダンパーの減衰性能に関する研究
○角空音，中村悠太，飛田潤，福和伸夫（名古屋大学）

セッション4：地震・活断層研究，防災教育 【16時50分～18時30分】

座長：蛭川理紗（名古屋大学）

- 4-1 地震危険度測定調査から見た帝都復興事業とその後の東京
○武村雅之（名古屋大学）
- 4-2 MEMS地震計を利用した高密度地震観測網の展開
○斎藤侑賢，飛田潤，都築充雄（名古屋大学）
- 4-3 2016年熊本地震の地表地震断層周辺における地表変位解析
○山下日和（名古屋大学）
- 4-4 地域連携型災害対応を目指した基礎自治体間の事前検討過程の整理
○千葉啓広，野村一保，平山修久，福和伸夫（名古屋大学）
- 4-5 児童の経験と発想を生かした防災教育の実践 - 災害発生メカニズムに着目して -
○長島雄介，阪本真由美（兵庫県立大学）

閉会式：18時30分～18時40分

挨拶 鷺谷威 減災連携研究センター 副センター長

目 次

1-1	明治用水頭首工大規模漏水によって起こりえたワーストシナリオの検討 ○橋富彰吾（名古屋大学）	1
1-2	豊川霞堤による流域治水およびその周辺地域の利用に関する研究に向けて ○高橋大聖，富田孝史（名古屋大学）	2
1-3	河川整備と都市計画の連携に着目した実現可能な流域治水施策の検討 ○山田拓実，廣井悠（東京大学）	3
2-1	市街地火災避難における最適な行動規範の検討 ○釘崎理，廣井悠（東京大学）	4
2-2	Quantifying the Benefits of Nature-based Solutions in Disaster Management: A Review of Literature ○MARTY Joeylyn Nato, HIROI U, Otsuyama Kensuke (University of Tokyo)	5
2-3	南海トラフ地震における水道事業体の応急給水活動への災害暴露評価 ○瀧石さくら，平山修久（名古屋大学）	7
2-4	災害時の道路啓開に関する効率的戦略導出に資する研修ツールの開発 ○倉田和己（名古屋大学） 新井伸夫（日本気象協会）	8
3-1	10層鋼構造骨組におけるカーテンウォールセンシング技術を用いた建築耐震性能評価のための 実験と解析 ○金家良，鈴木里佳子（名古屋大学）	9
3-2	都市建物の確率論的性能評価手法を用いた地震時終局性能評価 ○高谷和樹，太田和杜（名古屋大学）	10
3-3	鉄筋コンクリート造建物の耐震性向上の実験を再現する数値解析と確率論的性能評価手法 ○浅井健志郎（名古屋大学）	11
3-4	動的加力実験に基づく免震用オイルダンパーの減衰性能に関する研究 ○角空音，中村悠太，飛田潤，福和伸夫（名古屋大学）	12
4-1	地震危険度測定調査から見た帝都復興事業とその後の東京 ○武村雅之（名古屋大学）	13
4-2	MEMS地震計を利用した高密度地震観測網の展開 ○斎藤侑賢，飛田潤，都築充雄（名古屋大学）	14
4-3	2016年熊本地震の地表地震断層周辺における地表変位解析 ○山下日和（名古屋大学）	15
4-4	地域連携型災害対応を目指した基礎自治体間の事前検討過程の整理 ○千葉啓広，野村一保，平山修久，福和伸夫（名古屋大学）	17
4-5	児童の経験と発想を生かした防災教育の実践 - 災害発生メカニズムに着目して - ○長島雄介，阪本真由美（兵庫県立大学）	18

明治用水頭首工大規模漏水によって起こりえたワーストシナリオの検討

○橋富彰吾（名古屋大学 減災連携研究センター）

1. はじめに

明治用水頭首工において発生した大規模漏水事故は、連続滝状災害の要素があり、①漏水が発生し、上流側の水位が大幅に低下した。②-1 水位低下が発生したことで取水できず農水・工水が断水した。また並行して②-2 水位が低下したことで魚道が干上がり、アユが遡上できなくなった。断水は、③-1 農水が断水したことで、田植えや農薬散布などに支障が生じた。③-2 工水が断水したことで碧南火力発電所の出力を落とさざるをえなくなった。このように「被害」が次の「被害」を引き起こす様相であったが、幸いにして現時点では稲作も実施されており、停電も発生しなかった。本発表は、大規模漏水について、発生時期を実際とは別の時期に発生したと仮定したときに、被害の程度がどのように変化するのかを 1. 電力需給、2. 農業用水、3. 内水面漁業（アユ）の 3 点から検討を試みた。

2. 電力需給

電力需給について、中部電力 WEB サイトに掲載されている日々の供給実績と供給力のデータより 2022 年の 8 月 1 日から 7 月 28 日のデータから各日の供給実績（万 kW）と供給力（万 kW）の最大値を抽出し、それらから月別の最大値、最小値、平均値を抽出した。次に、中部電力管内の火力発電（JERA）+水力発電の発電能力と比較した。次に、碧南火力発電所の出力が 50%に制限された場合と比較した。その結果、供給実績がこれらの発電能力を上回ることはなかった。

3. 農業用水

農業用水は、季節によってその利用量が極端に変動する。灌漑期と非灌漑期に分けることができ、明治用水では 4/1～4/14 と 10/1～3/31 の期間は $3\text{m}^3/\text{s}$ 、4/15～9/30 の期間は $30\text{m}^3/\text{s}$ の利水権が設定されている。このうち 4/15～9/30 についても、時期によって需要は大きく変動する。これは、稲の成長段階によって水の使用方法が異なることが起因している。特に 5 月の田植えの時期と 8 月を中心とする出穂期に水の需要が大きい。農水需要と工水需要、そして実際の漏水後の水の供給状況から検討した。

4. 内水面漁業（アユ）

今回、山本ら（2022）と矢作川漁業協同組合の WEB サイトに掲載されているデータをもとに、今回の漏水がアユの遡上にどの程度影響を与えたか検討した。2010 年から 2021 年の期間で年別に 3 月下旬以降の遡上確認日～6 月 30 日までの期間の日ごとの遡上数を積算していき 6 月 30 日時点での積算数を 100%とした場合の各時点での遡上達成率を求めた。その結果、漏水が発生した 2022 年 5 月 15 日時点での達成率の 12 年間の平均は 57.4%であった。この日の時点で、60 万 3673 匹遡上していたことから 6 月 30 日には 105 万 1695 匹遡上できていた可能性があることが明らかになった。

5. まとめ

今回、明治用水頭首工の大規模漏水のワーストシナリオについて検討を試みた。電力については 12 月～2 月頃と 6～8 月頃の電力需要が増大する時期の断水が危険である。また、農業用水は水稻栽培で大量に水を使用する 4 月下旬から 5 月と 8 月の被災が特に重大であると考えられた。内水面漁業（アユ）は、5 月以前の被災が致命的であったが、魚道の復旧が翌年の 4 月中旬に間に合わなければ、翌年のアユ漁は困難である。以上を踏まえると、電力需要が大きく、農業用水需要も大きい 7 月～8 月の発生が最も影響が大きかったと考えられた。

豊川霞堤による流域治水およびその周辺地域の利用に関する研究に向けて

○高橋大聖（名古屋大学大学院環境学研究科）

富田孝史（名古屋大学大学院環境学研究科）

気候変動の影響による洪水被害の激甚化および頻発化を受け、流域全体を俯瞰しあらゆる関係者が協力して治水に取り組む流域治水の実現が図られている。霞堤は、洪水時に河川の上流側であえて氾濫を起し遊水させることで下流側の街を守る日本の伝統的治水工法であり、流域治水の考えに沿った治水方法であることから近年注目されている。一方で氾濫を許容するその仕組みから、氾濫の起こる地域では霞堤の存続に反対する意見が目立つ。愛知県豊川市および豊橋市にまたがる豊川には金沢、賀茂、下条、牛川の4つの霞堤が現存し、2年から3年に一度霞堤周辺地域で氾濫が起こっている。これら4つの地域では地元住民の意向により霞堤の機能を低下させるような動きが見られる。

存続に対し反対意見が目立つ霞堤だが、その治水機能に関する定量的な研究がされ始めたのは最近であり、総合的な観点から霞堤の機能を評価する必要がある。本報告は霞堤の治水機能を評価する研究の一端として、単純化した霞堤の洪水流への影響を平面二次元流解析ソフトにより評価した。解析の結果、霞堤が存在する場合洪水時のピーク流量およびピーク水位の低下が見られた。さらに霞堤に加え河道内植生を配置した場合は、それらの低減効果は増大することがわかった。この結果は霞堤が下流側の治水安全度を高め、さらに河道内に植生がある場合ではその治水効果が高まることを示している。

今後は、流域治水における霞堤の機能、あるいは霞堤が持つ環境保全などの多面的な機能について、関係者との意見交換を交えて研究していきたい。

河川整備と都市計画の連携に着目した実現可能な流域治水施策の検討

○山田 拓実（東京大学大学院工学系研究科）

廣井 悠（東京大学大学院工学系研究科）

本研究では河川整備の効果を踏まえ、将来の世帯変化を考慮しながら即地的かつ流域全体を見据えた形で都市における実現可能な流域治水の施策案を検討することを目的に、大阪府安威川流域を対象にケーススタディを行った。河川整備による効果を検証するために 100 年確率の洪水を想定し、越水時の浸水リスクを河川整備の前後（2018/2048 年）で比較した結果、現行の浸水想定区域の約 8 割で浸水リスクが軽減する一方、約 15%は浸水リスクが変化せず、その多くで床上浸水することが明らかになったほか、流域自治体ごとに河川整備の効果が異なることも分かった。さらに河川整備後も床上浸水する区域に対し、将来の人口・世帯の増減を町丁目レベルで予測したうえで都市における治水施策を下図のように検討した。この結果、河川整備計画における整備年次よりも長期的な都市の変化や、立地適正化計画のような自治体などが主に策定する権限を持つ都市計画制度と国が主体となって進める流域治水との整合性を重視して対策を行う必要があることが示唆された。なお本研究は定量的な分析にとどまっているため、今後は地域特性の把握をはじめとした定性的な分析のほか、施策の実現可能性をコスト面などの観点から検証することが必要である。

表 河川整備前後の越水時の浸水リスクの変化（5m メッシュ単位で分析）
（青色：リスクが減少、赤色：リスクが増加、白色：変化なし）

総メッシュ (1,288,398 メッシュ)	河川整備後の危険度			
	危険度なし	0.0-0.5m	0.5-3.0m	3.0m-
危険度なし	-	-	-	-
現行の危険度				
0.0-0.5m	14.9%	0.5%	0.0%	-
0.5-3.0m	57.0%	10.3%	13.9%	0.0%
3.0m-	1.5%	0.1%	1.6%	0.3%

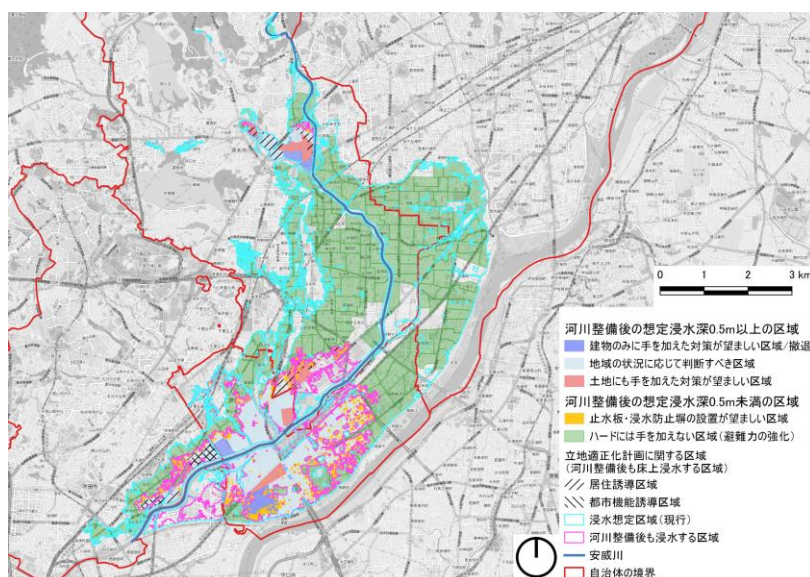


図 都市側で行う治水対策の検討結果

市街地火災避難における最適な行動規範の検討

○釘崎 理（東京大学大学院工学系研究科）

廣井 悠（東京大学大学院工学系研究科）

本研究では、市街地火災避難における住民の相互作用に着目し、一時集合場所の妥当性や、住民による初期消火・救助活動といった共助の効果を検証する。まず、市街地火災避難行動の新たな視点を明らかにするため、関東大震災の体験談 36 人分を M-GTA の手法で定性分析を行った結果、住民の呼びかけや避難行動が他住民の避難行動にそれぞれ異なる影響を与えることがわかった。また、避難行動全体において他住民の避難行動に追従するタイプの他、自身が想定していた避難経路が火災等により閉塞していた場合にのみ避難目的地や経路を他住民に追従するタイプの存在も明らかになった。これらの相互作用は、二段階避難における避難目的地選択等に影響を及ぼすと考えられる。d

次に、東京都 23 区の地域防災計画における市街地火災避難誘導計画の調査・ヒアリング調査を行った。現段階でヒアリング調査を終えたのは港区・文京区の 2 区のみであるが、区の重要視することや地域の実情により、二段階避難の方針にはかなり違いがあることがわかった。しかしそれらの定量的な根拠は明らかになっていない。

今後は、住民の相互作用を行動モデルに組み込んだシミュレーションを行うことで、大規模な市街地火災避難において死傷者を減らす行動規範を明らかにするとともに、避難誘導や情報提供のあり方を検討したい。

表 住民の呼びかけや避難行動が他住民に与える影響

住民の情報		他住民のとり避難行動
火災発生情報の呼びかけ・避難行動の様子	➡	危機感の増幅・避難準備
具体的な目的地・経路を含んだ 避難行動の呼びかけ	➡	避難開始・避難目的地の追従
避難目的地や経路の火災情報	➡	避難目的地・経路の変更

Quantifying the Benefits of Nature-Based Solutions in Disaster Management: A Review of Literature

○Marty Joeylyn Nato (Department of Urban Engineering, The University of Tokyo)
Hiroi U (Department of Urban Engineering, The University of Tokyo)
Otsuyama Kensuke (Department of Urban Engineering, The University of Tokyo)

Nature-based solutions (NBS) have been increasingly gaining traction in recent years in the fields of climate change adaptation as well as disaster risk reduction and mitigation. Nature-based solutions (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 of employing NBS in disaster planning in specifically in urban areas wherein a large majority of spaces have been already developed and built in.

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 but the rate of acceptance remains low due to several factors, such as seemingly high costs and “uncertainty and lack of information on their long-term behavior as well as quantitatively valuing their multidimensional impacts” (Pagano et al., 2019). The absence of an internationally accepted standard methodology to measure the performance of NBS and to broaden their implementation make it even more challenging (Kumar., et al 2021). With this background, this study aims to review existing literature on calculating the benefits and co-benefits of using NBS in the context of disaster management and to clarify some important issues surrounding this approach.

One of the most significant aspects in the process of evaluating the benefits and co-benefits of NBS is establishing its role in the field of disaster management. According to Kabisch, et al. (2016), there are three main areas for future science and policy agenda for NBS: (i) producing stronger evidence for climate change adaptation and mitigation; (ii) adapting reflexive approaches for governance in NBS implementation; and (iii) integrating socio-environmental justice and social cohesion in the application of NBS. These are indispensable in giving directions not only for the scientific community but also for governments and advocacy groups.

Indicators for evaluating the effectiveness of NBS have been formulated in the past and these are considered vital for their use in climate change adaptation and mitigation. Kabisch et al. (2016) categorized these indicators into four groups namely (i) integrated environmental performance, (ii) health and well-being, (iii) transferability and monitoring, and (iv) citizen’s involvement. Furthermore, the design of NBS is highly dependent on the context of the urban areas where it would be implemented, hence, the method of assessment also tends to be different.

At present, there are several techniques and models used to evaluate the efficiency as well as the values of the benefits of using NBS in terms of economic, ecosystem services, and sustainability (Wild et al., 2017).

- (1) Quantitative methods use numerical models to compute the performance of NBS primarily in terms of disaster risk reduction and against a few selected hazards such as storm surges and flooding. The hydrological, hydraulic, and aerodynamics numerical models are typically used in the assessment of NBS effectiveness in disaster mitigation.
- (2) Qualitative methods are also used in the evaluation process of NBS effectiveness and benefits, and there are a few evaluation frameworks that measure NBS benefits qualitatively (Watkin et al., 2019).
- (3) The combination of quantitative and qualitative evaluation methods is becoming more widely used to attempt to capture all the aspects of NBS evaluation that cannot be measured by a qualitative or quantitative method alone.

Current numerical models are lacking modules to optimize different NBS measures (Kumar et al., 2021), but some of these could be used to assess efficiency when some enhancements are made. The evaluation methods currently available have greatly improved in incorporating various important concepts and values in assessing the effectiveness, benefits and co-benefits brought by NBS. However, different ideas on placing “values” on such nature-inspired interventions exist, hence, encapsulating all the key aspects of quantifying NBS benefits and co-benefits remains a challenge. Moreover, valuation can be determined by utilitarian perspective and demographic characteristics (Włodarczyk-Marciniak et al., 2020). Evaluating the benefits and co-benefits of NBS is crucial to support the upscaling of their application as well as improving their acceptability among various policymakers, decision-makers, and stakeholders as a major approach to disaster management.

Bringing NBS closer to the stakeholders has been one of the major gaps that researchers and urban planners have been trying to address for years. Most of the existing assessment frameworks mainly emphasize the effectiveness of NBS in terms of disaster risk reduction but seldomly focus on stakeholders’ involvement in the planning and implementation stages. An example of participatory NBS effectiveness evaluation was conducted by Pagano et al. (2019) in Glinscica River, Ljubljana, Slovenia to help the beneficiary communities visualize the possible impacts as well as the benefits and co-benefits of the approach.

The participatory System Dynamics Model (SDM) was used for the Glinscica River case study, and it was composed of qualitative and quantitative phases. The process itself was divided into three main parts, (i) identifying the risk management goal and positive effects, (ii) selecting the most suitable NBS and benchmarks, and (iii) SDM scenario co-design and analysis. The participants in the said study were able to generate several scenarios using different combinations of NBS and flood risk reduction strategies, leading to a better understanding of the approach and more importantly, to “...breaking down some socio-institutional barriers related to the limited knowledge and bringing together different stakeholders in the discussion” (Pagano et al., 2019).

The assessment of NBS benefits and co-benefits basically addresses two of the three future science and policy agenda articulated by Kabisch et al. Evaluating the multifunctional benefits and co-benefits of NBS can significantly contribute to the creation of a stronger evidence base for their use in tackling climate change and its adverse effects, especially in disaster management. Accurate assessment can also aid in the integration of social justice and socio-environmental justice concepts in disaster planning, since most of the time, these two concepts are usually overlooked.

Moving forward, this study will further probe into the use of NBS in major rivers in the selected urban areas in Japan and in the Philippines for flood disaster planning and formulation of an encompassing framework or method for quantifying the benefits and co-benefits of NBS.

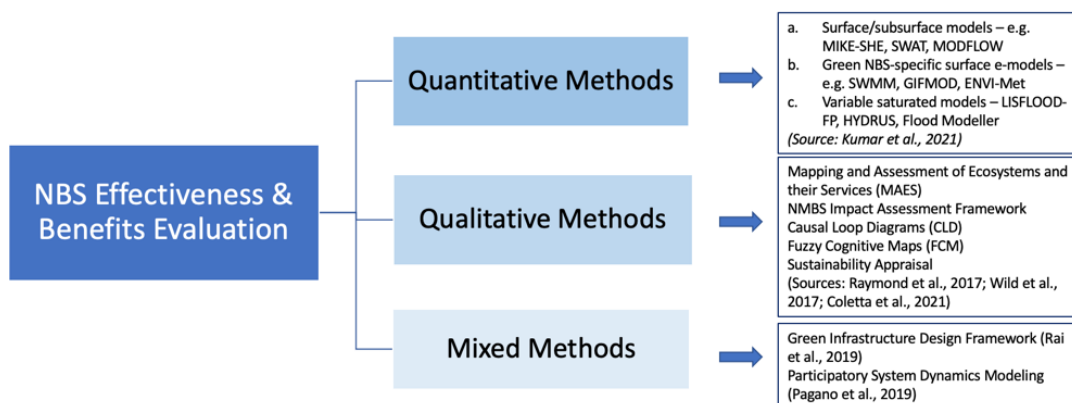


Figure 1 Existing methods of evaluating NBS effectiveness & benefits

南海トラフ地震における水道事業者の応急給水活動への災害暴露評価

○瀧石さくら (名古屋大学工学部環境土木・建築学科)

平山修久 (名古屋大学減災連携研究センター)

本研究では、南海トラフ地震防災対策推進地域における水道事業者の本庁舎、浄水場、給水車数、給水タンク容量に対する津波浸水と地震動の災害暴露リスクを定量的に明らかにする。南海トラフ地震のハザードデータは、津波高においては駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域+超大すべり域を設定したケースを用い、地震動に関しては強震動生成域陸側ケースを用いて解析を行った。

南海トラフ地震による津波高の災害暴露評価をした結果、解析対象地域にある水道事業者 368 庁舎のうち 97 庁舎、26.3%が津波浸水による被害をうけることがわかった。給水車は 374 台のうち 23.3%の 87 台、車載用給水タンクは総容量 11,778m³のうち 60.5%の 7,121m³が津波による浸水暴露リスクがあることを示した。浄水場の津波浸水暴露量は、津波浸水深 2.0m 以上が 13 箇所存在し、1 箇所が津波浸水により孤立する とわかった。地震動暴露評価を行った結果、解析対象地域にある全水道事業者のうち 45.1%の 166 庁舎が震度 6 強以上の震度暴露リスクがあるとわかった。そのうち 98 の水道事業者庁舎で 185 台の給水車と 4,142m³の車載用給水タンクを保有している。これより、災害発生時の応急給水活動において重要な多くの水道事業者の本庁舎、浄水場、給水車、給水タンクが深刻な災害リスクに曝されていると明らかになった。

府県別に災害拠点病院数と水道事業者本庁舎を集計した。結果、津波浸水被害の想定がない病院と事業者は、平時のケースと比較すると、災害拠点病院あたりの水道事業者数が低減していることがわかった。平時よりも少ない水道事業者数で災害拠点病院への継続給水が求められる。したがって、今後は、災害暴露を考慮した応急給水数値解析により、南海トラフ地震災害時応急給水戦略を検討する必要がある。

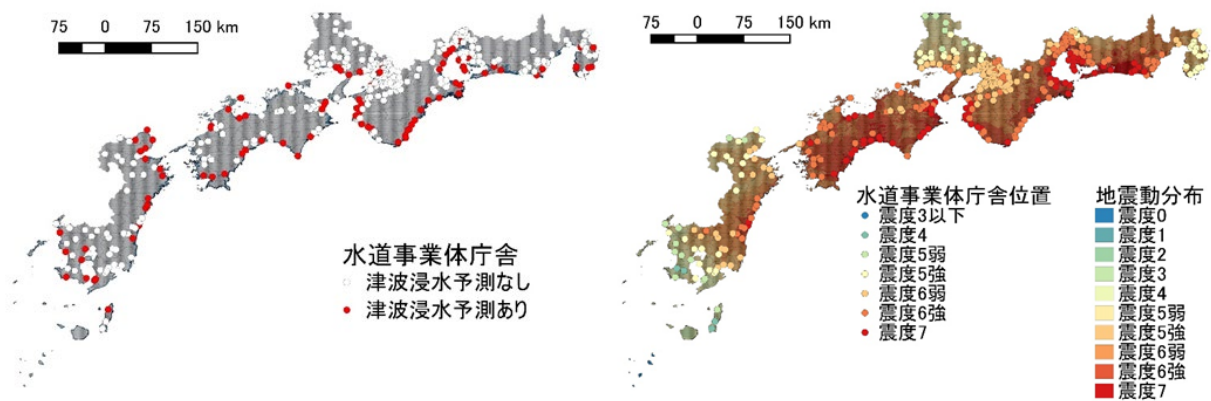


図1 南海トラフ地震での水道事業者本庁舎の津波暴露評価マップ(左)と震度暴露評価マップ(右)

災害時の道路啓開に関する効率的戦略導出に資する研修ツールの開発

○倉田和己（名古屋大学減災連携研究センター）

新井伸夫（日本気象協会）

現代社会は複雑な社会インフラの上に成立している。災害から人命を守り、速やかな復旧を成し遂げるためには、社会インフラの早期復旧がカギとなる。本研究では、数ある社会インフラの中から道路に注目し、災害時の道路啓開作業を疑似体験することによって、組織を超えた連携による災害対応の必要性や、そのための事前調整の重要性を実感することのできる研修ツールを開発している（図）。

東海地域における道路啓開戦略として、中部地方整備局の「中部版くしの歯作戦」が知られている。また、これに呼応する形で、県・市町村の緊急輸送道路が指定されている。ここには幾つかの課題を指摘することができ、例えば「網羅的に指定された緊急輸送道路には優先復旧順位が明示されていない」「機材・人員など復旧のために必要な資源の総量が極端に不足する」「国・県・市町村という管理者の階層化によって、あるルートが通行可能になるために何段階もの工事が必要となる」などが考えられる。さらに先行研究では社会の交通需要の多様性が指摘されており、例として倉田（2020）では愛知県内の製造業における実際の物流取引調査に基づいた分析から、企業の業種によって必要となる道路に大きく差異があり、道路の復旧優先順位決定にはジレンマが生じる事が示されている。

このような現状を踏まえ、災害復旧の当事者となる自治体職員が社会インフラ復旧の課題と取り組みの必要性を認識するためのツールが必要と考えた。先行して開発したボードゲームを Web 版に改良しており、時代に即した利用方法とともに検討を行っている。

参考文献① 倉田和己，千葉啓広，西川智，新井伸夫：南海トラフ地震からの道路復旧優先順位決定に関する課題の考察～産業物流実態調査に基づく復旧ジレンマの空間的可視化，日本地震工学会大会，2020.12

参考文献② 上園智美，新井信夫，倉田和己，浦谷裕明，穴井英之，坂上 寛之，丸田雅靖：社会基盤の災害時連携対応を考える啓発ツールの効果～道路啓開をテーマとして～，地域安全学会梗概集，No.43，pp.123-124，2018.11.

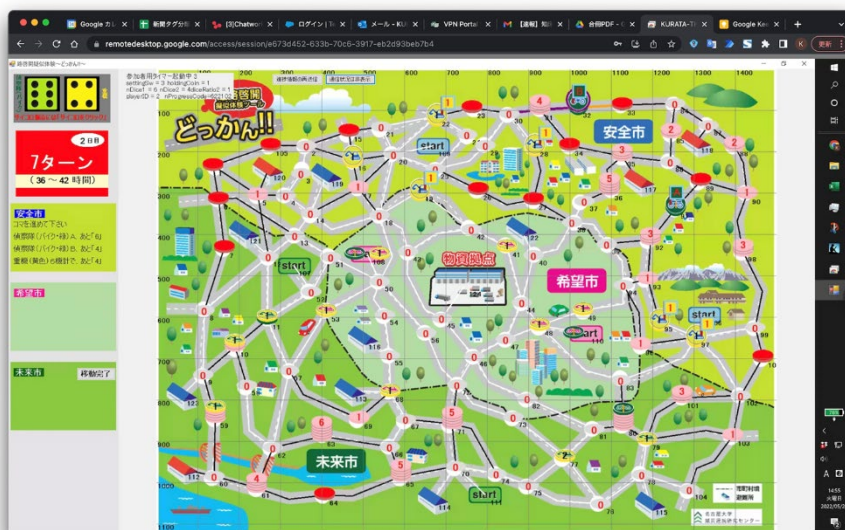


図 道路啓開疑似体験ツールの動作画面（開発中）

10 層鋼構造骨組におけるカーテンウォールセンシング技術を用いた建築耐震性能評価のための実験と解析

○金 家良（名古屋大学大学院環境学研究科）

鈴木 里佳子（名古屋大学大学院環境学研究科）

大地震時における鉄骨造オフィスビルの総合的な耐震性能を評価するため、2023 年に E-ディフェンスで 10 層鋼構造骨組の実大実験を予定しており、カーテンウォールセンシング技術を用いた建築耐震性能を評価する。本研究では、(1) 10 層骨組の試験体の設計を支援するために、事前数値シミュレーションを実施し、さらに、(2) 鋼構造建物の耐震性能を決定づける重要な要素である柱梁接合部の累積損傷に伴う劣化や疲労破断挙動に反映し、構造性能評価手法の高度化に取り組んだ。一方、(3) 建築センシング機能を持つカーテンウォール開発の一環として、実験分析、数値解析検証を行った。

(1) 10 層骨組試験体の梁端の剛塑性回転バネには履歴エネルギーを基準に繰り返し変形に伴う剛性・耐力の劣化を表現できる Ibarra-Medina-Krawinkler モデル (IMK モデル) を採用した。UC Berkeley 開発の解析ツール OpenSees を用いて骨組全体をモデル化した (Fig. 1)。過去の E-ディフェンス振動台実験 (2008 年) のデータ分析に基づき、スラブ合成効果が骨組全体の動的挙動に及ぼす影響を、静的漸増解析、非線形時刻歴解析、およびサイクリック漸増解析によって評価した。スラブ合成効果により、試験体の水平剛性と強度が向上する。スラブ合成効果を反映した応答変形評価は、正確な性能評価に不可欠である。

(2) 2017-2019 年につくば大型耐震施設で実施の、鋼構造柱梁接合部の破壊試験データを用いて、柱梁接合部の変形性能に及ぼす接合ディテールの影響をモデルに反映した。柱梁接合部のみでなく、座屈拘束ブレース (BRB) においても破断挙動を考慮し、10 層鋼構造骨組モデルの骨組終局性能をシミュレートした。

(3) カーテンウォールを利用したセンシング技術については、サッシ縦材をモデル化し、この 10 層鋼構造骨組モデルと結合し、各種地震動に対する地震応答解析を実施することにより、センシング技術開発に必要な技術検証を進めている。(Fig. 2)

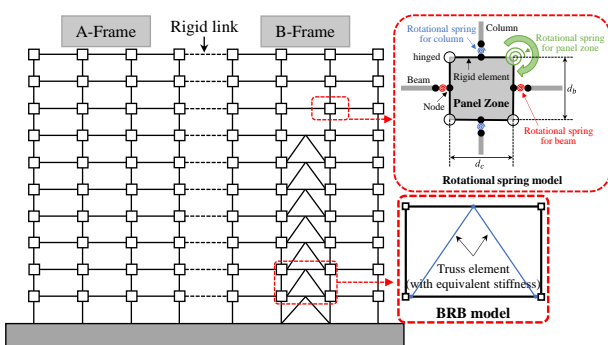


Fig. 1 Numerical model of the 10-story test specimen

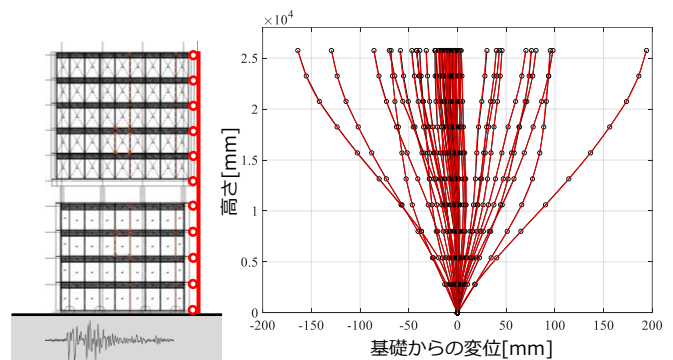


Fig. 2 Numerical results of curtain wall

都市建物の確率論的性能評価手法を用いた地震時終局性能評価

○高谷 和樹 (名古屋大学大学院環境学研究科)

太田 和杜 (名古屋大学大学院環境学研究科)

2019年にE-Defenseで行われた3階建て木造住宅振動台実験(図1)では、現行基準に従い、同じ設計基準で作られた工法の異なる2つの試験体が用意され、倒壊まで加振が行われた。軸組工法ではせん断による破壊、桝組壁工法では引抜きによる破壊が生じ、終局破壊メカニズムが異なる結果となった

木造住宅の終局破壊メカニズムの違いを、最大強度と最大強度発揮後の強度低下性状の違いとしてとらえると、壁量計算と許容応力度設計の域を出ない現行設計法では、安全限界を超えた崩壊までの変形を考慮した全体性能評価は容易ではない。長江らは、RCフレーム構造モデルの確率論的性能評価において、強度低下モデルと非強度低下モデルの履歴吸収エネルギー推移に着目し、さまざまな強度低下性状を持つ解析モデルの崩壊再現期間を推定する手法を提案している。

本研究では、木造住宅振動台実験(図1)の軸組試験体と桝組試験体の数値解析モデルに対し、本手法を適用することで、上部構造の崩壊再現期間を評価し、強度低下性状が崩壊余裕度に与える影響を崩壊ハザードマップ(図2)により確認した。軸組工法に対し桝組壁工法の崩壊確率は3~4倍となり、強度劣化とピンチングパラメータの影響が考えられる。また、強度消滅点が0.1radから0.04radに変化することで崩壊確率がおよそ10倍になり、強度低下性状の評価は極めて重要な項目であると考えられる。



桝組壁工法 軸組工法
図1 2019年E-Defense振動台実験

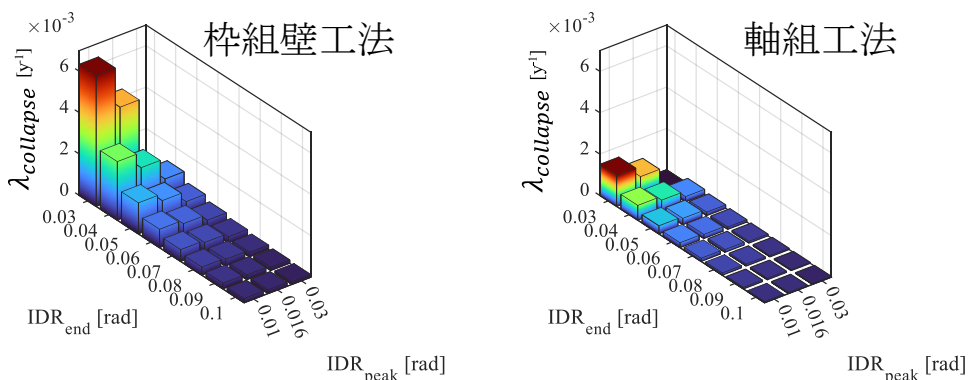


図2 崩壊ハザードマップ

鉄筋コンクリート造建物の耐震性向上の実験を再現する数値解析と確率論的性能評価

○浅井 健志郎（名古屋大学大学院環境学研究科）

地震が多い地域において耐震設計規定の整備が進めれているが、主に過去の中低層建築の被害に基づく検証に基づいている。一方で、超高層建築においてはこれらの規定を直接適用することができず、これについて超高層建築の耐震性に対する設計の整備が進められている。そこでは、より直接的に建物の限界状態に基づき性能を評価し、それを社会一般が理解しやすい形で明示する手法の開発が重要とされている。近年、米国の太平洋地震工学研究センター（以下、PEER）では、超高層建築物のための性能に基づいた耐震設計に関する報告書やガイドラインの作成が進められている。RC造超高層建築で頻繁に採用されるコア壁形式の建物に対して、詳細な数値解析による応答工学量に基づき性能評価を行う一貫した手順が提案され、最終的には確率論的アプローチにより、経済的損失という形で建物性能が推定されている。これはまさに社会一般が理解しやすい形で建物性能を検証している事例であるが、応答工学量の制限値と損傷、破壊に関して、実験的な実証例はいまだ十分でない。本研究はこの一連の手順に対して、実験データに基づく数値解析検証を実施し、知見を提供することを目的とする。

前半では、建物の崩壊限界、即ち大変形領域までの履歴特性に寄与する損傷現象を解析モデルに組み込むべきという考えから、繰り返し大変形を受けるRC造構造物の劣化を表現する解析に取り組む。REERが実際に提案した多くの崩壊評価例でも使用されるIMKモデルを、E-Defense実験データに適用する形でその劣化表現に重要なパラメータを特定する。そして、終局性能の確率論的性能評価手法に適用する。

後半では、上述した超高層建築の性能評価事例でも取り扱われているRC造コア壁設計に基づく、3次元FEM解析に取り組む。PEERの耐震設計例で使用されるファイバーモデルも用意し、今年度実施の中国清華大学実験のコア壁損傷情報、破壊機構情報と比較し、コア壁について技術的知見を蓄積する。

なお、世界的に主流のコア壁形式と日本で主流の純フレーム構造を比較し、国内のRC造超高層建築における新たな提案へと繋げることを視野に入れている。

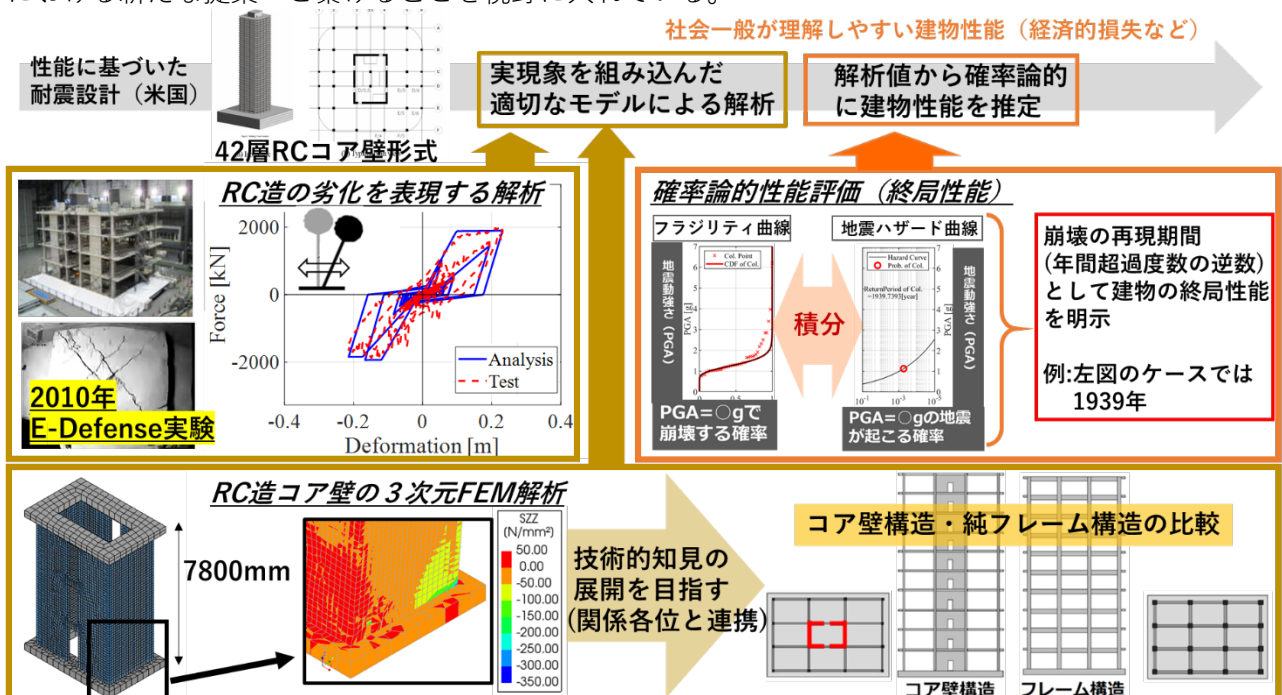


図1 関連研究の全体像

動的加力実験に基づく免震用オイルダンパーの減衰性能に関する研究

○角 空音 (名古屋大学大学院環境学研究科)
 中村 悠太 (名古屋大学減災連携研究センター)
 飛田 潤 (名古屋大学減災連携研究センター)
 福和 伸夫 (名古屋大学減災連携研究センター)

地震大国である日本はこれまで多くの地震を経験し、近い将来にも巨大地震の発生が危惧されている。特に南海トラフで発生する地震について、政府の地震調査委員会は M8~9 クラスの地震の発生確率が今後 30 年以内で 70~80% であると報告している。上記の想定を踏まえ、人命確保・機能維持の観点から免震建物は今後も需要が高まると推測し、免震建物の応答性状を明確にすることは重要であると考えられる。しかし一方で、検査体制の問題も発生していることから、現行の免震建物の設計のように建物全体のモデル化による免震性能の評価だけでなく、個々の免震装置についても免震性能を評価することも必要である。

実験・観測に基づく既往の研究では、オイルダンパー (以下 OD) において検査時に用いられる Maxwell モデルでは説明のつかない非線形な減衰力の立ち上がり特性が存在することが指摘されているが、詳細は明らかになっていない。本報では、免震層の相対速度の立ち上がり直後に OD の減衰力が十分に発揮されない現象を空走(図 1)と呼ぶこととし、OD の複筒構造の影響を加味した上で本現象の支配的な要因を探ることを目的として実施した、種々の加振実験の結果を報告する。

加振開始時の OD 内の圧力を 3 段階に変化させたときの空走距離の大きさを比較した (図 2)。結果として、圧力が低いほど空走距離が大きくなり、これは油の蒸気圧と内筒内の圧力が等しくなったために油の中に溶け込んでいた空気が気体として現れたためであると考えられる。また、上下逆にした状態の OD を加振する実験を行った。繰り返し加振が行われるほど空走距離が大きくなり、OD の構造上、下側に存在する空気の吐き出し口が上側になることで空気層の空気が内筒に入り込むことが原因であると考えられる。上記の実験より、空走は OD の内筒内の空気が主要な原因と強く疑われることが分かった。今後は、空走による免震建物応答への影響の検討を予定している。

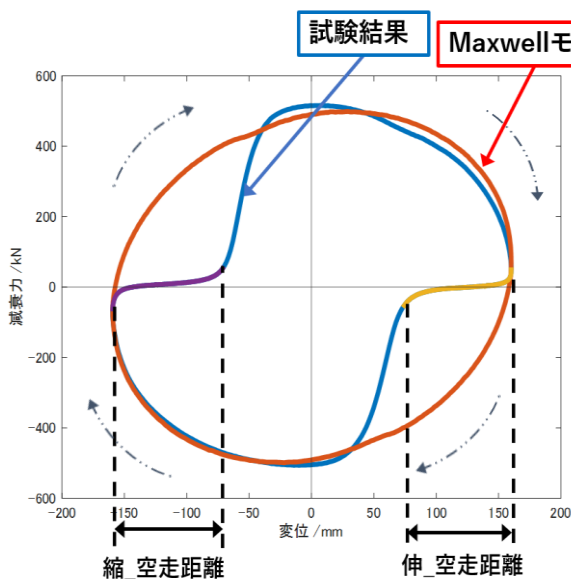


図 1 オイルダンパー加力試験の履歴特性と理想的な Maxwell モデルの比較

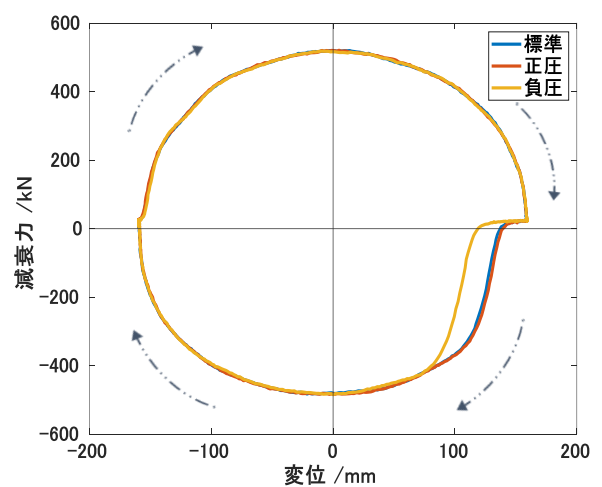


図 2 オイルダンパー内の圧力の条件による履歴特性と空走の相違

地震危険度測定調査から見た帝都復興事業とその後の東京

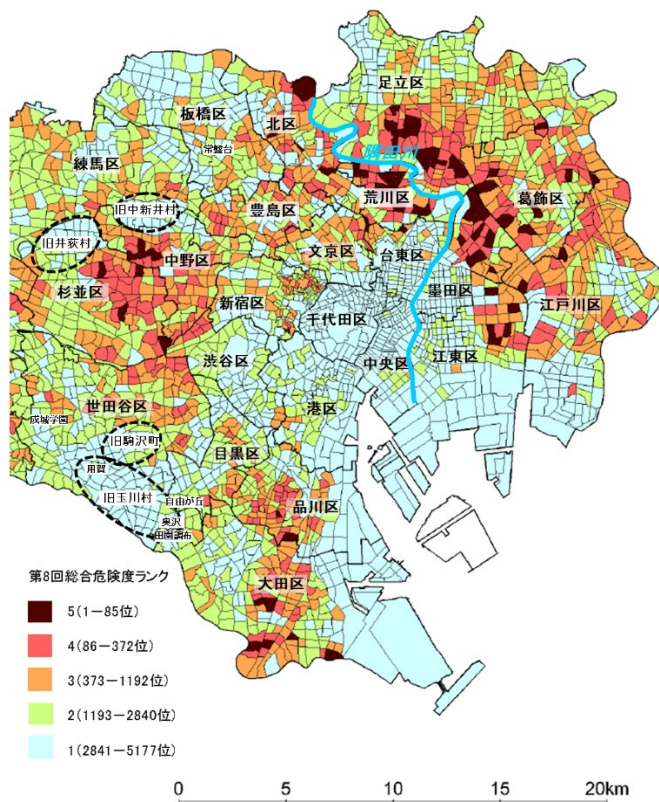
名古屋大学減災連携研究センター

武村雅之

東京都では昭和 50（1975）年から概ね 5 年ごとに地震に関する地域危険度を調査し、公表している。図は平成 30（2018）年に発表された第 8 回目の総合危険度の 23 区部分である。帝都復興事業によって、幹線道路が整備され、土地区画整理が行われた現在の千代田区、中央区、港区、台東区と、向島を除く墨田区（旧本所区）、横十間川より東側を除く江東区（旧深川区）では危険度が低い。

帝都復興事業が東京市内の焼失地域に限って行われた結果、東京市内に取り残された部分とその周辺地域においては、当時すではじまっていたスプロール化がそのまま放置される結果となった。東京市では、昭和 7 年に 35 区へ拡大するのを挟んで、昭和 5 年から昭和 18 年にかけて、新市域の全域にわたって「細道路網」として幅 10m 前後の都市計画道路がきめ細かく決定されたが、整備は遅々として進まず終戦までに土地区画整理がすんだのは市域のわずか 31.3%にとどまった。

そのような中で、郊外 15 区をよく見るとところどころに地震危険度の低いところがある。多くは震災直後から戦後までかかって土地区画整理が行われた場所である。豊多摩郡井荻村、荏原郡玉川村では、当時の村長が、荏原郡駒込町では全町ではないが、地元の地主によって、下馬、新町、深沢、上馬、野沢、弦巻など広範囲にわたって土地区画整理が断行された。これらの地域はいずれも現在、広範囲に渡って良好住宅地となっている。指導者の先見の明の賜物である。発表では、東京都とは異なり帝都復興事業を見習い、戦後復興にも成功した名古屋市についても言及する。関東大震災の東京市復興の後継者は名古屋市である。



東京都による地震危険度測定調査結果（加筆）

MEMS 地震計を利用した高密度地震観測網の展開

○斎藤 侑賢（名古屋大学大学院環境学研究科）
 飛田 潤（名古屋大学減災連携研究センター）
 都築 充雄（名古屋大学減災連携研究センター）

地震災害時の被災状況の早期の把握、初動対応や二次災害抑制のために面的な地震動分布把握は重要である。そこで従来の地震計と比べ安価・小型な MEMS 地震計を利用した高密度な観測網展開を試みるとともに、地震観測記録の分析を行う。観測網は西三河地域の河川をはじめとした多様な地質を横切る測線で配置した。

現在までに「震源が遠く規模が大きい地震(EQ2)」、「震源が近く規模が小さい地震 (EQ3)」、「距離・規模共に中間の地震 (EQ1)」という 3 種類の主要な地震観測記録を得た。3 地震の速度応答スペクトルを比較すると地震による周期特性の差を見ることができる。図に示した地点 11 での観測記録の擬似速度応答スペクトルをみると EQ2 は長周期、EQ3 は短周期成分が多いことがわかる。また、地点による地盤構造の差は、浅部地盤構造は短周期に、深部地盤構造は長周期の増幅特性に反映される。深部地盤構造データより作成した地盤増幅スペクトルと比較すると、地盤増幅のピークと観測記録のピークが対応している部分があることが分かる。

地震観測記録をさらに蓄積し地盤情報の分析を行うことで、振動特性をさらに正確に把握できると考えられる。今後、特性の地盤・建物の情報との整合と検証、他の地理情報との統合利用環境の構築、建物のモニタリングなどを予定している。

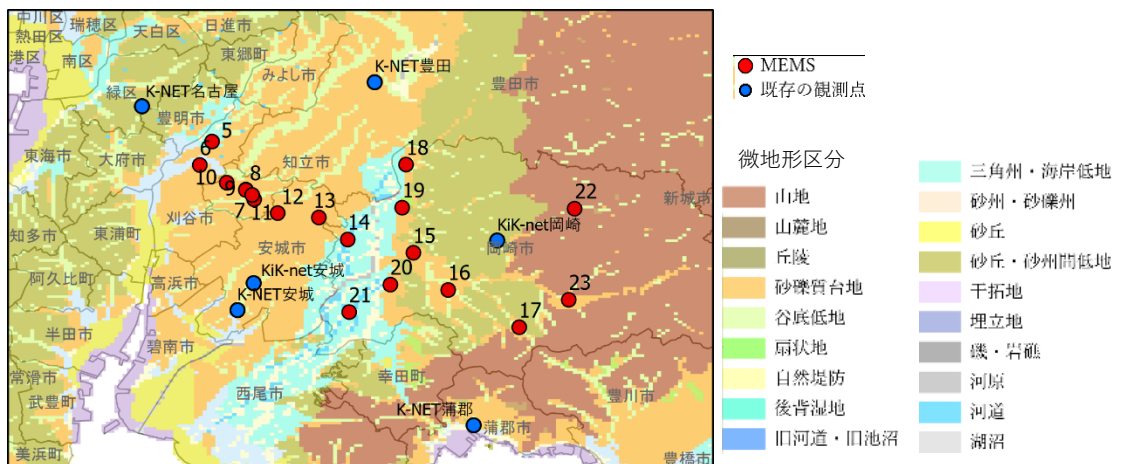


図 1 MEMS 地震計設置箇所と微地形区分図

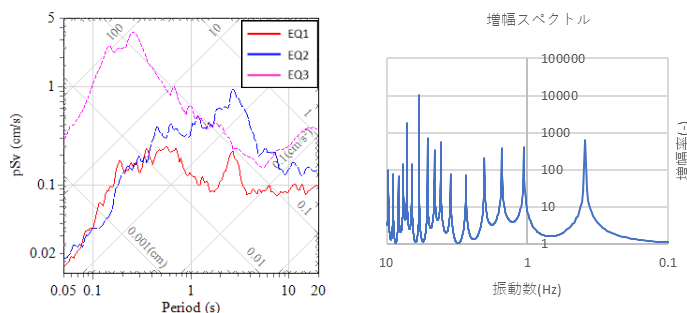


図 2 地点 11 の速度応答スペクトルと増幅スペクトル

2016年熊本地震の地表地震断層周辺における地表変位解析

○山下 日和（名古屋大学大学院環境学研究科）

2016年熊本地震においては、長さ約31kmに及ぶ明瞭な地表地震断層が出現し、益城町堂園では約2.25mの最大右横ずれ変位が観測された¹⁾。これは、近年国内で発生した活断層型地震の中でも最大規模であった。地震断層の変位量分布調査は、地震と被害との関連性および破壊伝播過程の理解に役立つと考えられ²⁾、熊本地震の地震断層は熊原ほか¹⁾などによって詳細に調査されてきた。ところが、こうした変位量分布調査は断層沿いにおいて確認できる短波長変形に限られ、断層から例えば1km程度の範囲に生じている可能性のある長波長変形を検出できていない。

そこで、本研究は、地震前後のLiDARによる地表計測結果の差分解析データを用いて、地震断層周辺の地表変位の分析を試みる。このLiDAR差分データはMukoyama³⁾の手法を用い、発表者らの共同研究において初めて解析可能となったものである。断層トレース（黒線）に対する任意の測線（赤線）上一定間隔の変位量を抽出することで広域的な変位量の空間分布を計測する（図1）。また、変形パターンには地域差が確認される可能性があり、建物被害分布や地震波生成箇所との関連性も考察予定である。

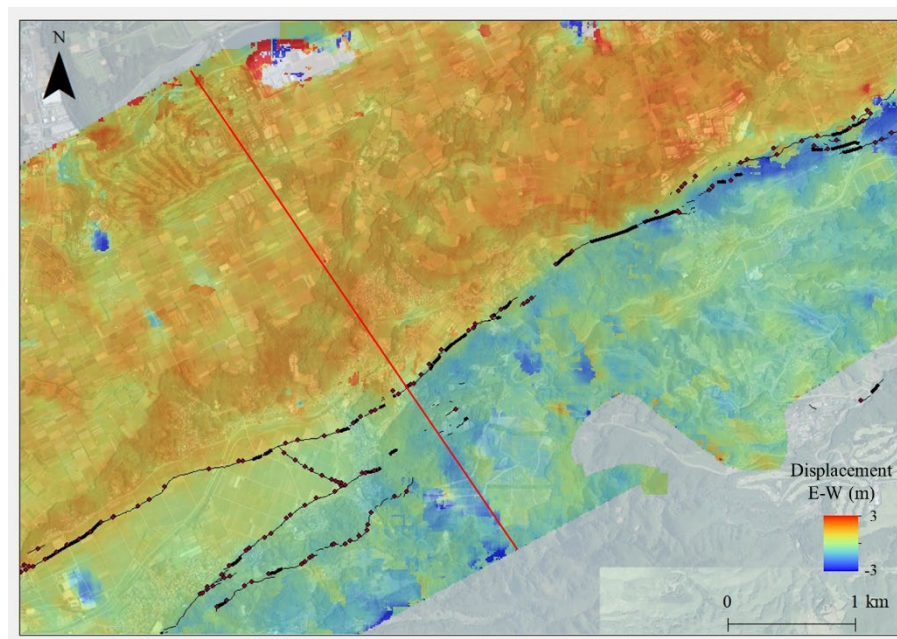


図1 地表変位解析方法のイメージ図

黒線は断層トレース¹⁾、トレース上のポイントは変位量計測地点¹⁾、カラー表示はLiDAR差分データ（提供：国際航業株式会社）の東西成分を示す。差分データは補正前のものであるため今後値が変わる可能性がある。背景地図には全国最新写真⁴⁾を使用している。

- 1) 熊原康博・大学合同調査グループ（2016）2016年熊本地震に伴う地表地震断層の特徴，日本活断層学会2016年学術大会講演予稿集：p.14.
- 2) 阿部恒平・三輪敦志・飛田健二・岡田真介・船越和也・高山陶子・小野田敏・千葉達朗（2018）航空レーザー測量と地表踏査を併用した平成28年熊本地震の地表地震断層調査，応用地質59(3)：pp.134-143.
- 3) Sakae Mukoyama（2011）Estimation of ground deformation caused by the earthquake (M7.2) in Japan, 2008, from the geomorphic image analysis of high resolution LiDAR DEMs, Journal of Mountain Science 8(2)：pp.239-245.

- 4) 国土地理院, 全国最新写真 (シームレス) , <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>.

地域連携型災害対応を目指した基礎自治体間の事前検討過程の整理

- 千葉 啓広（名古屋大学減災連携研究センター）
- 野村 一保（名古屋大学減災連携研究センター）
- 平山 修久（名古屋大学減災連携研究センター）
- 福和 伸夫（名古屋大学減災連携研究センター）

災害対策に欠かせないのが、状況認識の統一（COP:Common Operational Pictures）である。大規模広域災害においては、支援を行うべき対象が広範囲かつ多数発生することが推測され、近隣の基礎自治体間の地域連携による災害対応（以下、地域連携型対応とする）も重要になる。災害に事前に備え、発災後の対応を連携して行うためには、関係するすべての基礎自治体やステークホルダーと状況認識を統一することが必要である。一方で、発災後の対応については、国や県の基本的な方針や計画に基づいて、各基礎自治体が地域防災計画等の災害対応計画を策定し、事前の備えや発災後の対応について、個々の自治体はその責任を担う。この為、地域連携型災害対応を行う上では、関係する自治体間で、災害への備えや発災後の対応について、課題の共有に基づいた事前調整を行い、各基礎自治体の災害対応計画に、具体的に位置づける必要がある。

本稿では、愛知県西三河地域を対象地域に、状況認識の統一を目的としたワークショップを契機とした、基礎自治体における災害対応計画の改訂プロセスの整理を行い、事前の状況認識の統一（課題の共有）がその後の検討に与える影響を担当者へのヒアリングやアンケートに基づいて評価した。

この結果、状況認識の統一を目的としたワークショップにおける、(1) 課題の共有に加え、(2) 取り組みの方針・戦略の合意、(3) 具体的な協議の3段階を経て、地域防災計画の改訂に至る過程が整理された。担当者へのヒアリングから、ワークショップでの状況認識の統一が、続く2つの段階及び、自機関における検討を進める上での根拠となる重要な過程であったことが示された。また、それ以降の段階で合意された事項は、以降の検討をスムーズに進める上でも重要であったことが確認された（図1）。従って、地域連携型災害対応を事前に検討する上で、3つの段階を一つ一つ実行していくことが、地域連携型対応に関する事項を各基礎自治体の災害対応計画に具体的に位置づける上で重要であることが明らかとなった。

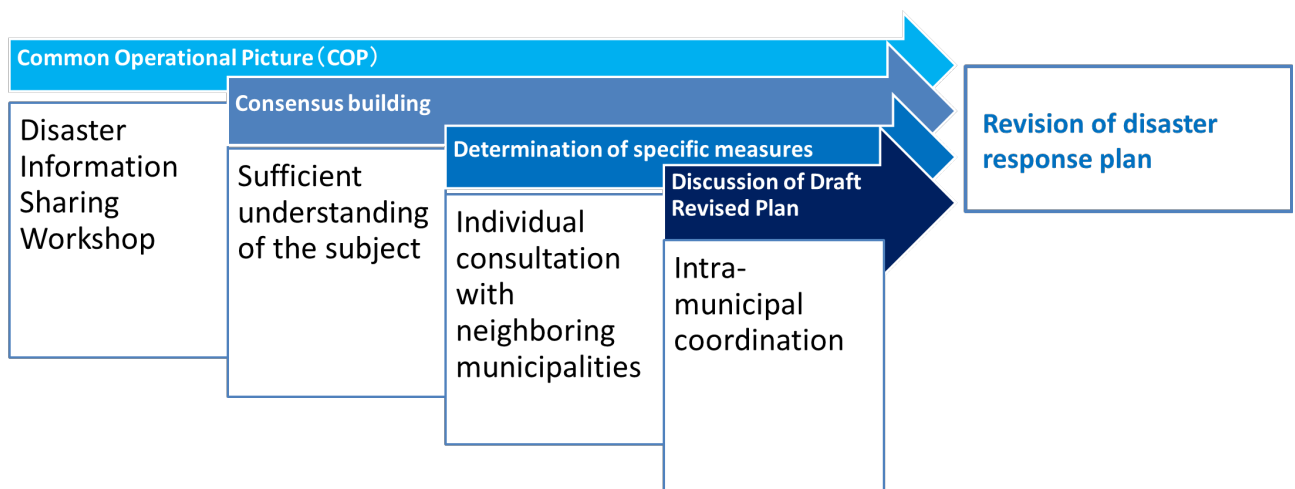


図1. 状況認識の統一と災害対応計画の改訂過程の整理

児童の経験と発想を生かした防災教育の実践 - 災害発生のメカニズムに着目して -

○長島 雄介（兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科）

阪本真由美（兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科）

近年、多くの自然災害が日本列島を襲っており、各地でいつ自然災害が起きてもおかしくない状況になっている。学校で定期的に行われる避難訓練は、一般に地震や火災を想定したものであり、速やかな避難行動を反復練習する形がとられる。これに対して、ここ数年多発している、大雨が原因で起きる自然災害は地震や火災とは異なり、雨が降り始めた後、時間的に遅れたタイミングで危険が近づくという特徴がある。その一因として、堤防決壊のメカニズムが関係している。また、近い将来、高い確率で南海トラフ巨大地震が起きるといわれているが、小学校理科で地震について学ぶ第6学年の内容には、地震発生のメカニズムに触れることまでは求められていない。しかし、自然現象を理解し、自らの避難行動の際の根拠とするためには、児童が地震発生のメカニズムについて関心をもつことが必要だと考える。

本研究では、児童の遊びの経験を基にして堤防決壊のメカニズムについて議論したり（図1）、児童の発想を生かして地震発生のメカニズムを可視化したり（図2）しながら、災害発生のメカニズムについて、児童に実感を伴った学びを促すことを試みた。避難訓練や教科書の記述を中心とした学習だけでなく、児童の経験や発想を生かして、「自然災害はなぜ起きるのか」について学習することによって、学習そのものに現実味が増し、将来起こり得る自然災害について、児童がより自分事として考えられるようになった。



図1 泥団子作りの経験を生かした堤防決壊メカニズムについての議論



図2 牛乳パックを大陸プレートに、茶葉をマンテル対流に見立て地震発生メカニズムを可視化した実験



名古屋大学

減災連携研究センター