

令和4年度 国際防災・人道支援協議会(DRA)
代表者会議・活動報告会
@国際協力機構(JICA)関西2階体育館

2022年9月16日(金)
16:20-16:40

減災シミュレーションと まちづくり



兵庫県立大学大学院

減災復興政策研究科

Graduate School of Disaster Resilience and Governance

<https://drg-u-hyogo.jp/>



研究科長

教授 永野 康行

<https://nagano-lab.org/>

自己紹介：永野 康行（ながの やすゆき）



略歴

1966年9月 大阪府岸和田市にて誕生
1992年3月 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻修士課程 修了
1992年4月 建設会社（ゼネコン）
2003年7月 建築学専攻博士後期課程 修了
2005年3月 主に構造設計に従事
2005年4月 福井工業大学 建築学専攻、デザイン学科 助教授・准教授
2011年4月 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 教授 現在に至る
2015年6月 理化学研究所 総合防災・減災研究ユニット・客員研究員
2017年4月 理化学研究所 総合防災・減災研究ユニット・客員主管研究員
2018年4月 理化学研究所 計算科学研究センター（R-CCS）
総合防災・減災研究チーム・客員主管研究員（～2025年3月予定）
2021年4月 兵庫県立大学大学院情報科学研究科・教授（～2022年3月）
2021年11月 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科・教授 現在に至る
2022年4月 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科長 現在に至る



岸和田だんじり祭り



兵庫県立大学



理化学研究所
R-CCS

本日、講演する内容のポイント

【構造設計実務者として】耐震・制震・免震
どのように考え**建築構造物の構造設計**を実践してきたか

【**シミュレーション学**とは】

シミュレーションの考え方・技法を活用して、**社会の諸問題の解決に貢献**する学問体系

【**減災復興学**とは】

災害前 → 被災 → 復興（復旧） 全てを考慮する

【**これからのまちづくり**提言】

減災復興学の視点を持ち、まちづくりに活かす

耐震構造

時代を超えて生き残った伝統建築をさらに長生きさせる技術



拝殿の竣工写真

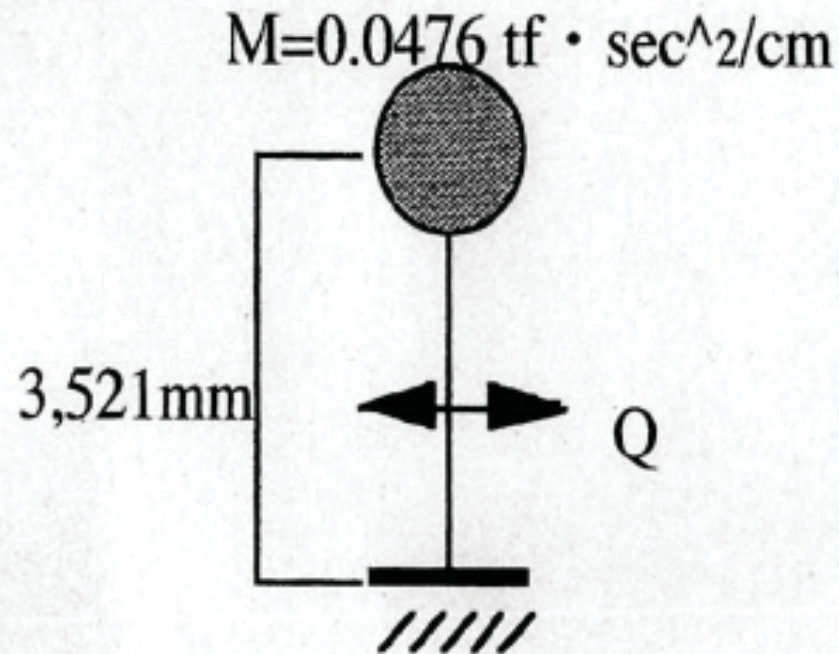


Fig.5 Structural Model for Response Analysis

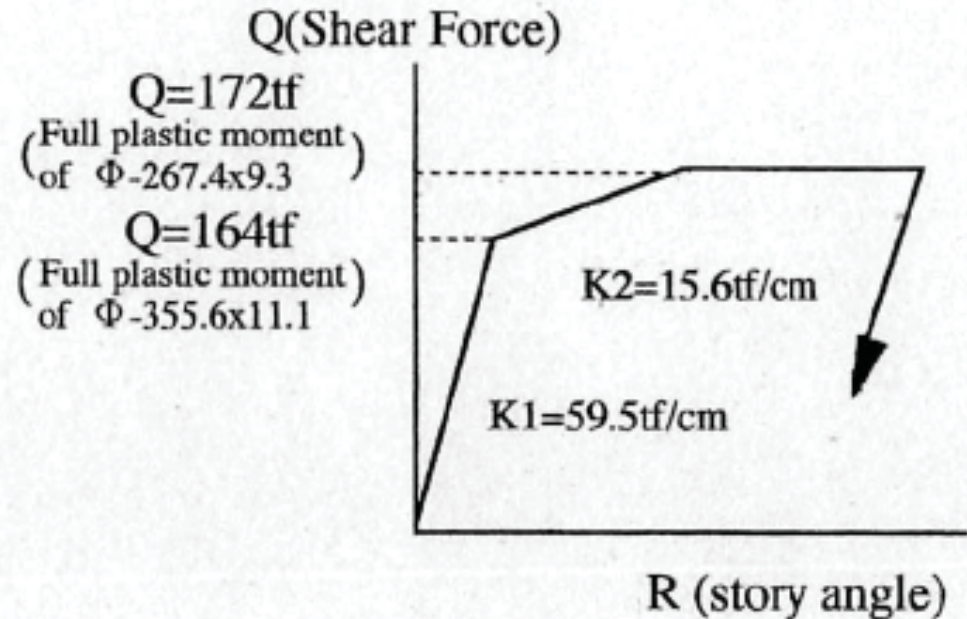


Fig. 6 Normal Tri-linear Skeleton Curve

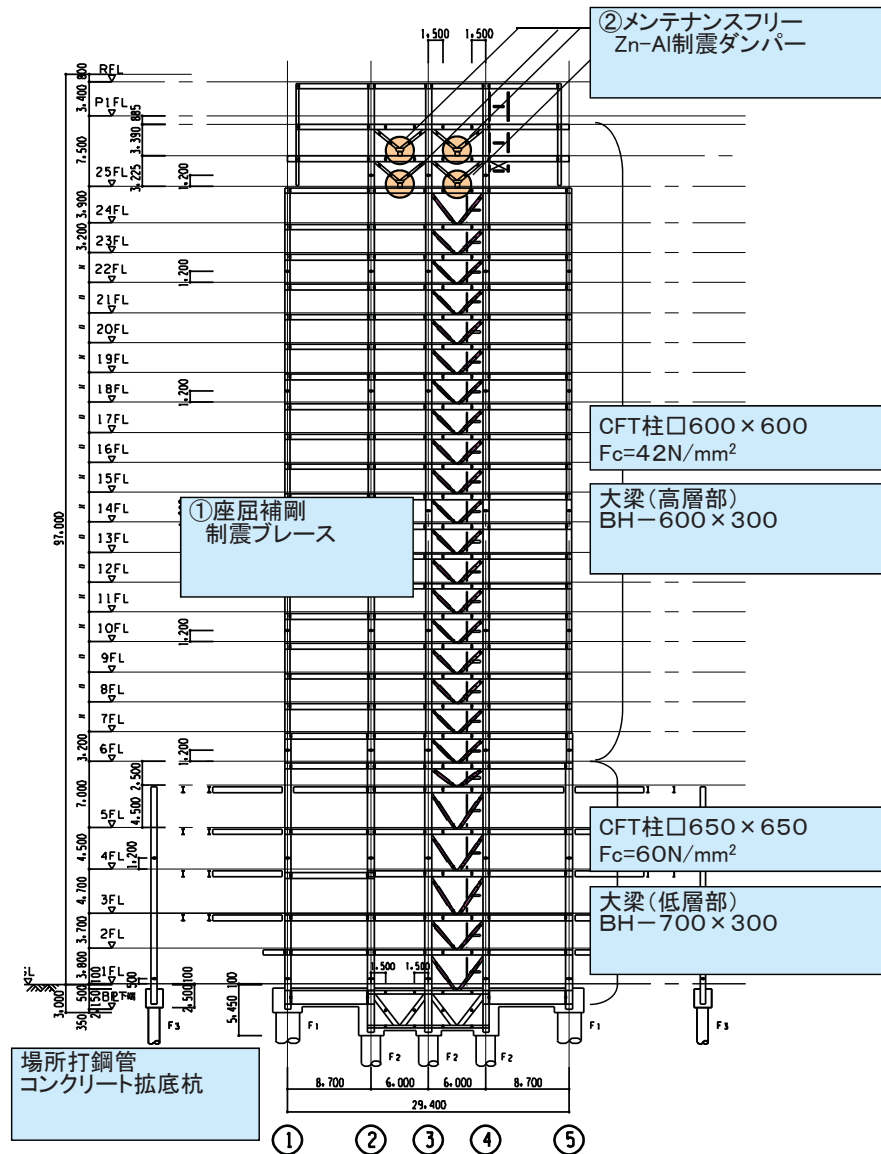
Table 4. Result of the response analysis

	Acceleration (gal)	Displacement (cm)	Shear force (tf)
NS Direction	1232	0.98	58.8
EW Direction	1517	1.21	72.3

Hisatoku, Toshiharu, Segawa, Teruo, Okamoto, Tatsuo, and Nagano, Yasuyuki :
 The Reconstruction of Ikuta Shrine Destroyed by The Hyogoken-Nanbu Earthquake Using Ultra
 High Strength Composite Column, *Proceedings of the Second International Conference on
 Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas (Stessa'97)* , pp.931-938, 1997

制震構造

座屈補剛された極低降伏点鋼制震ブレースの適用による損傷部指定設計及び
Zn-Al制震ダンパーの開発と適用によるメンテナンスフリーデバイスの実用化



竣工写真

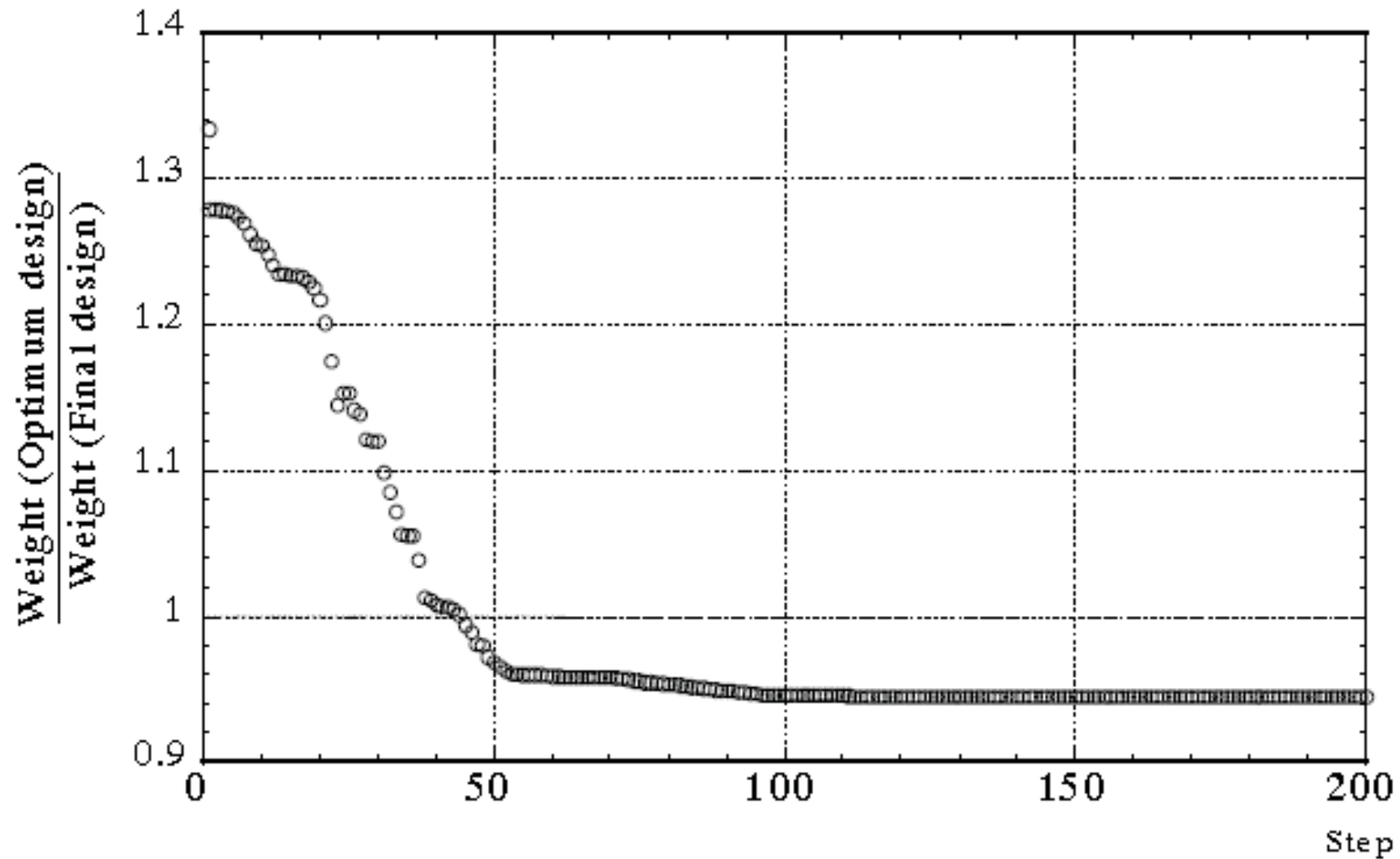


Figure 6: Variation of total steel weight

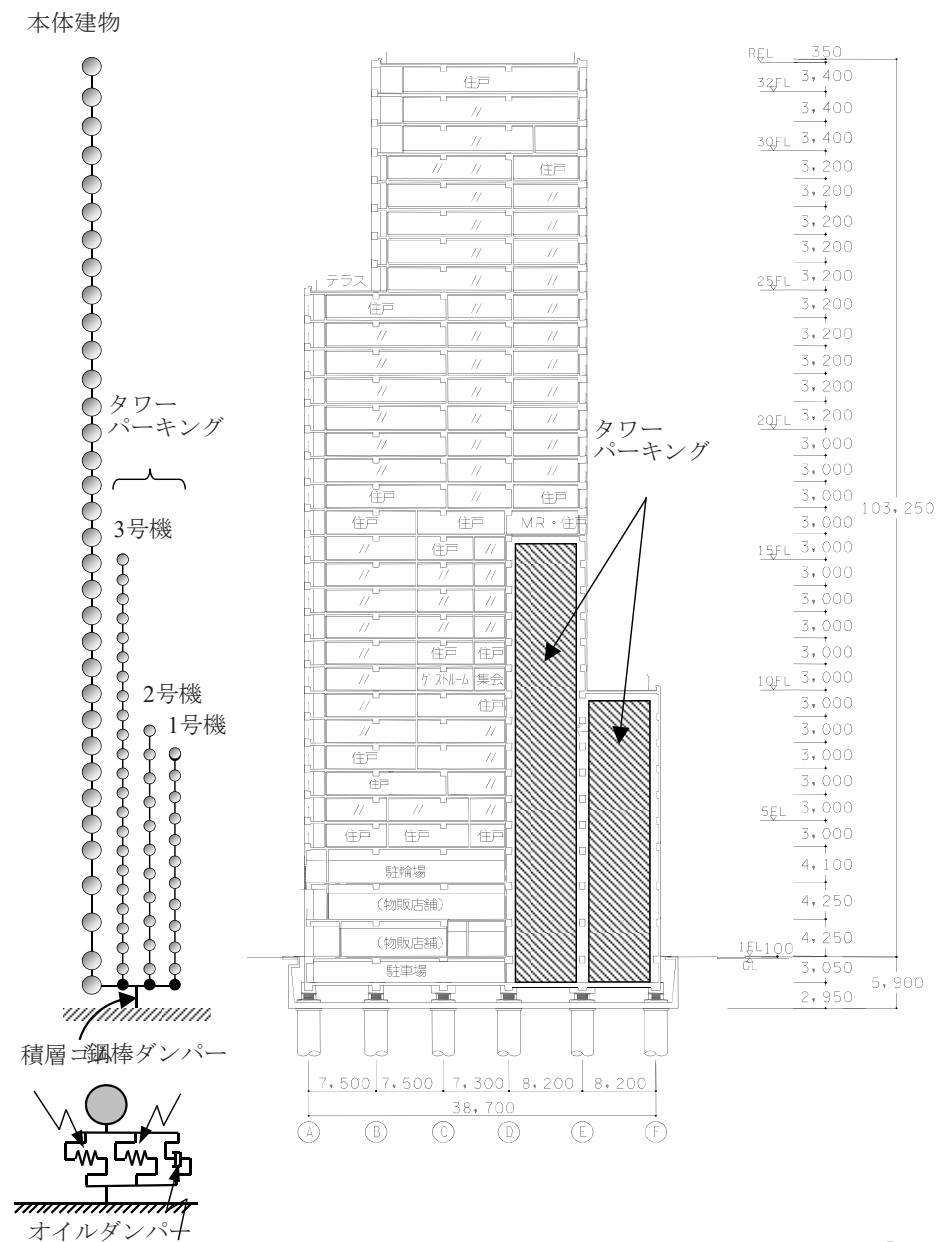
Nagano, Yasuyuki, Okamoto, Tatsuo, Tsuji, Masaaki, and Takewaki, Izuru:
 Application of Optimum Design Methods to Actual High-Rise Building with Hysteretic Dampers,
Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering , 2000

免震構造

タワーパーキングを内蔵する新世代超高層免震集合住宅の実現



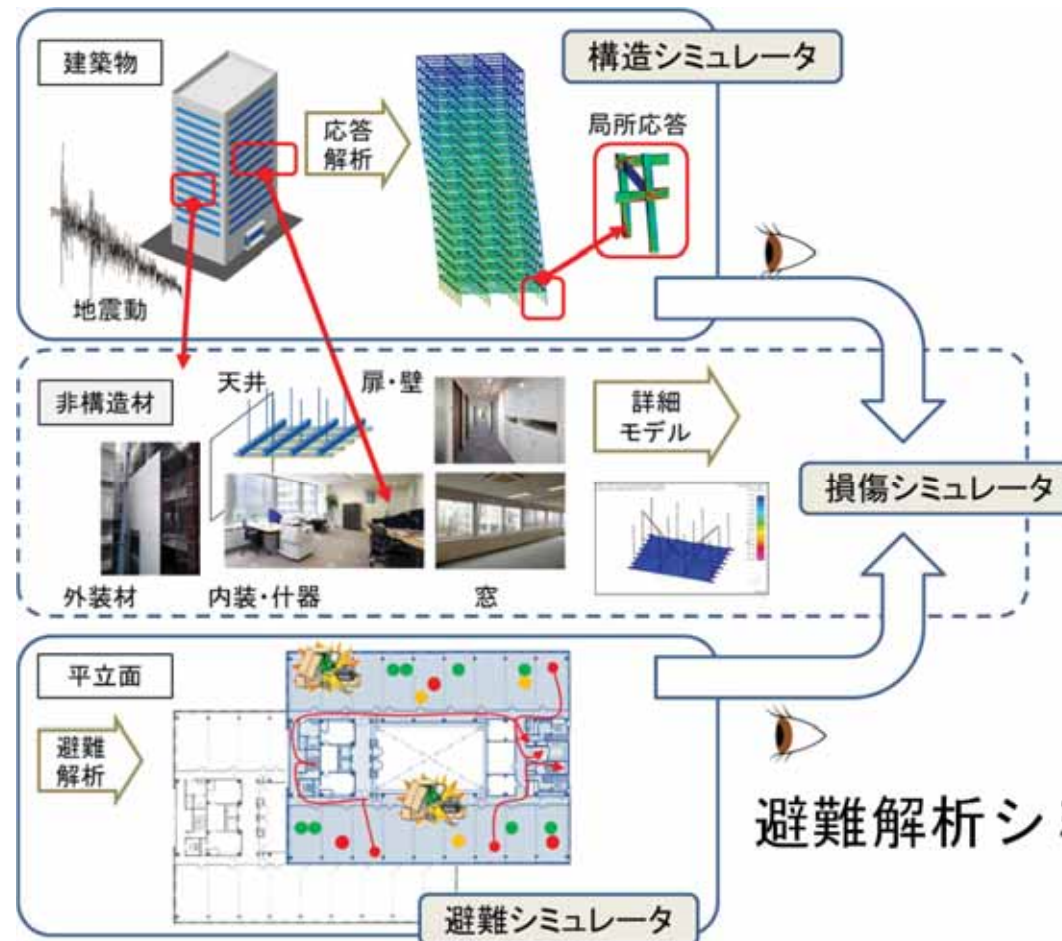
外観パース



避難安全性からみた非構造材のキーエレメントデザイン

大地震時に起こり得る建物内の避難経路閉塞（**非構造材**）パターンを列挙
→避難時間をマルチエージェントシステム¹⁾を用いて比較
→**避難安全性**から見た非構造材の**キーエレメントデザイン**の指標を得ること

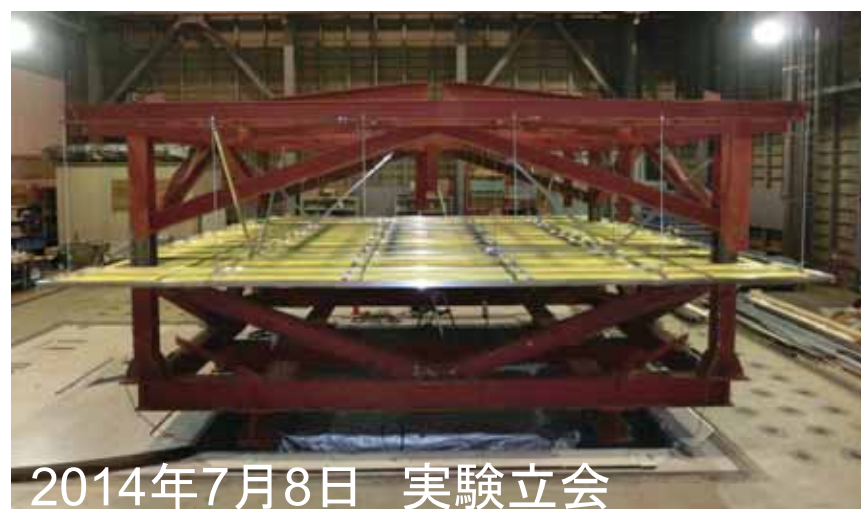
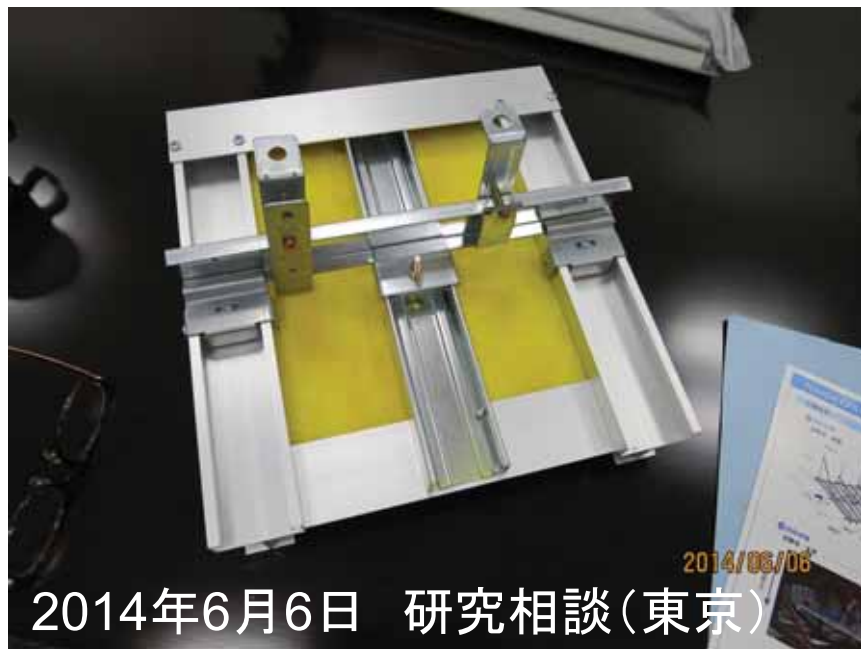
構造解析 シミュレーション



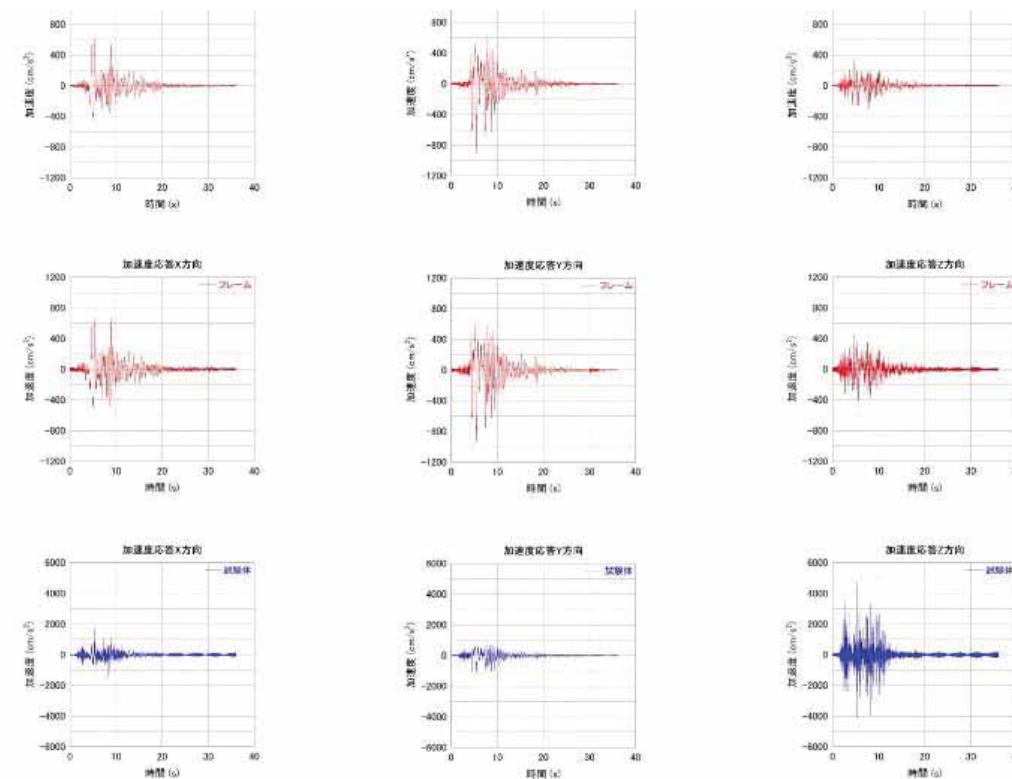
参考文献

- 1) 安福健祐: マルチエージェントシステムによる歩行者行列の再現と追従行動が及ぼす群集流動の分析, 日本建築学会計画系論文集 第81巻 第722号, pp.821-829, 2016.4
- 2) 安福健祐、永野康行: マルチエージェントシステムによる複数の経路障害を考慮した避難解析、日本建築学会学術講演梗概集(中国)、pp.387-388、2017.8

耐震天井振動実験および大地震時の振動シミュレーション

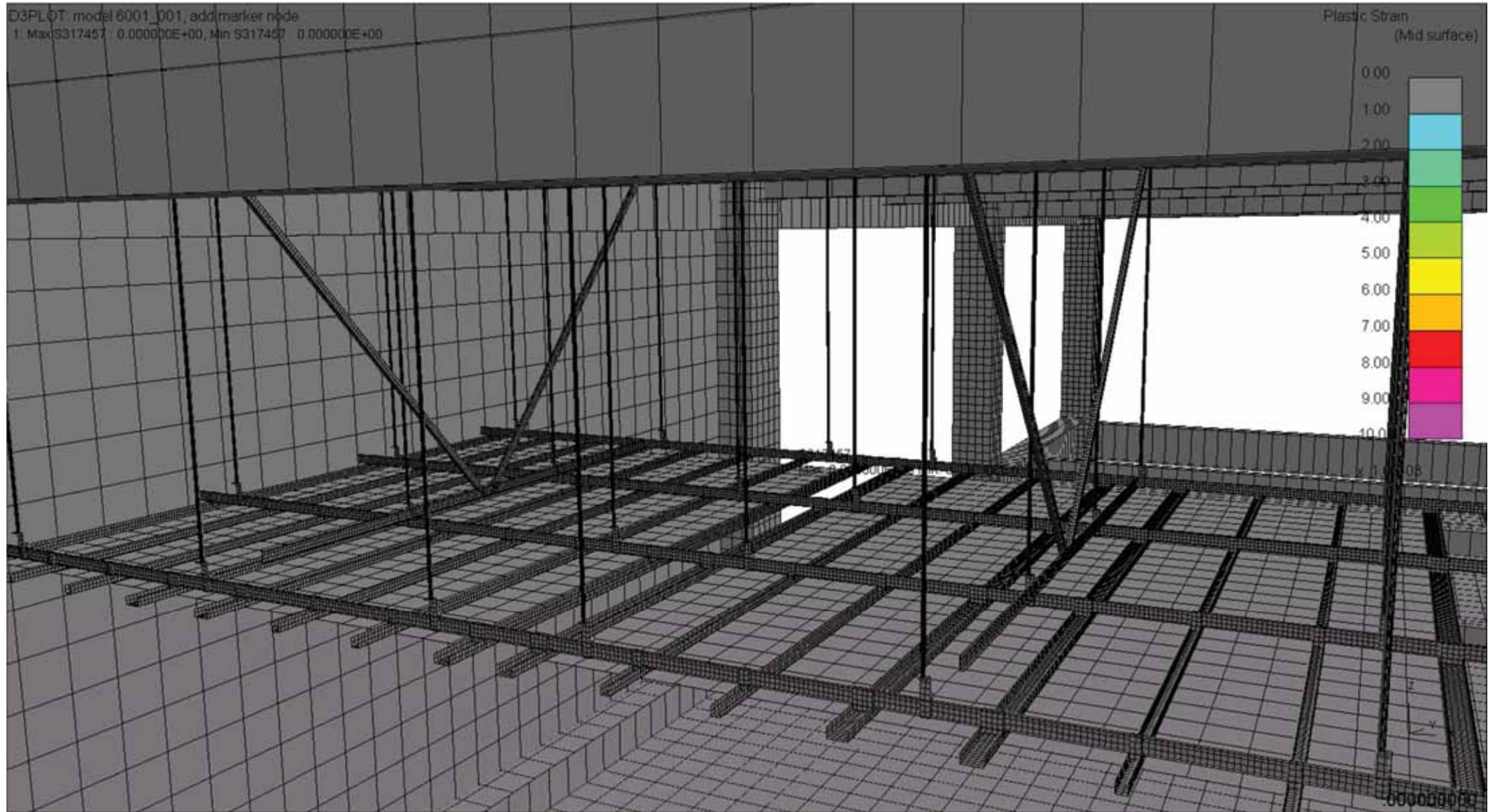


2005年宮城県沖の地震における被害事例



実験結果の例

建物内部の天井の揺れ方(壁との衝突、天井落下シミュレーション)

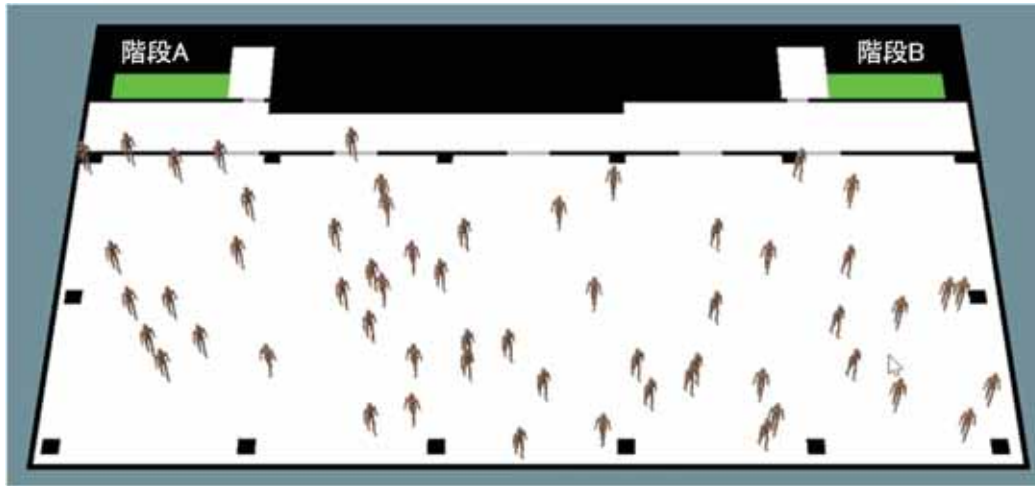


EARTHQUAKE RESPONSE ANALYSIS OF NON-STRUCTURAL MEMBERS OF BUILDING BY USING THE LARGE-SCALE PARALLEL CALCULATION METHOD (Oral)

T. SARUWATARI, Y. UMEZU, Y. USHIO, L. ZHILUN, Y. NAGANO

13th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XIII) and 2nd Pan American Congress on Computational mechanics (PANACM II), July, 2018, (New York City, USA)

事務室からの避難シミュレーション



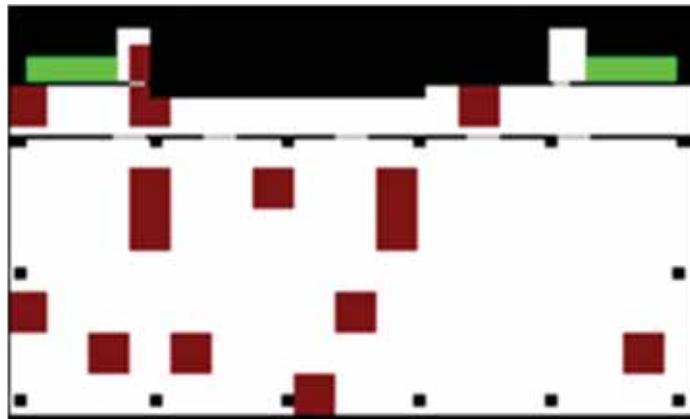
- ▶ 在館者57人（人口密度0.125人/m²）

図1 事務所ビル基準階平面図

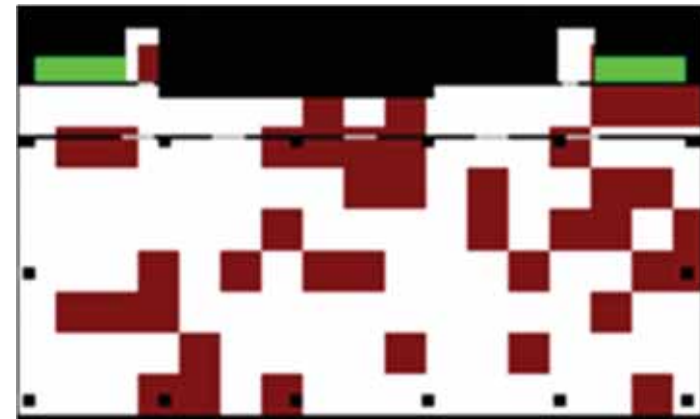


建物内の非構造材の損傷、家具の移動・転倒などを想定した経路障害

- ▶ 平面図を2mの正方形メッシュに分割して閉塞状態（通行可能・通行困難）を設定



閉塞率:10%の例



閉塞率:30%の例

図2 避難経路の閉塞パターン生成

共助行動を考慮した津波避難シミュレーション - 兵庫県南あわじ市阿万中西地区における事例 -

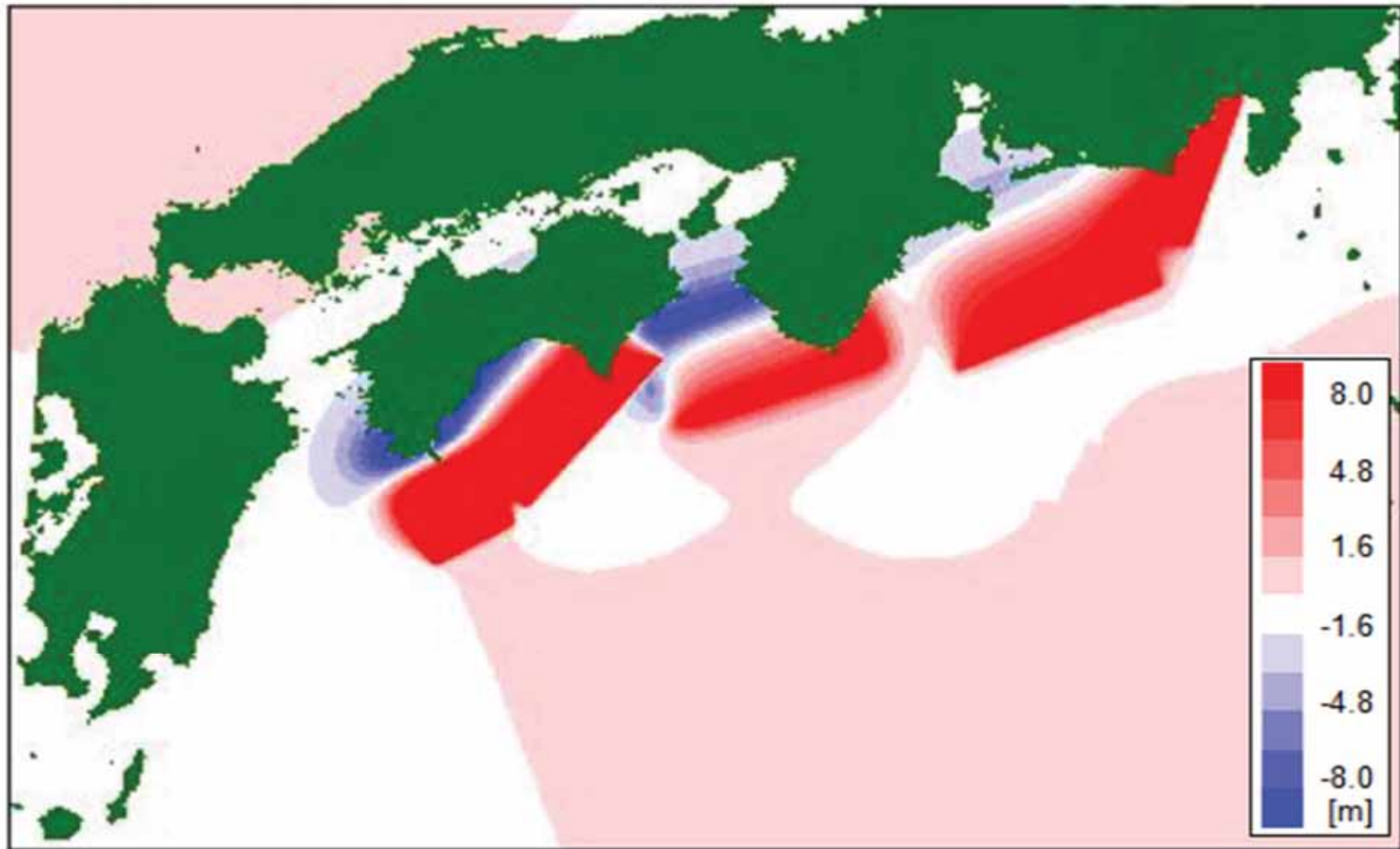
- ・日本は世界有数の地震国であり、沿岸部では常に津波の脅威
- ・東日本大震災で亡くなった方の多くは災害時要援護者
- ・災害時要援護者とは・・・

高齢者・障害者等、避難時に何らかの困難を感じている者

何らかの困難：移動の困難、情報の入手・利用の困難、
周囲の無理解による困難

- ・ 妊婦
- ・ 乳幼児
- ・ 外国人
- ・ 不案内な者
- ・ ケガ
- ・ メガネがない
- ・ 補聴器がない

津波シミュレーション(M9.0)の例



M9.0

Time = 000(min)

データ収集(歩行速度)

2013年11月17日(日)8:00～避難訓練に参加



標高28.0m

標高10.3m

図6 避難訓練中の様子

・歩行速度:撮影した映像から計測

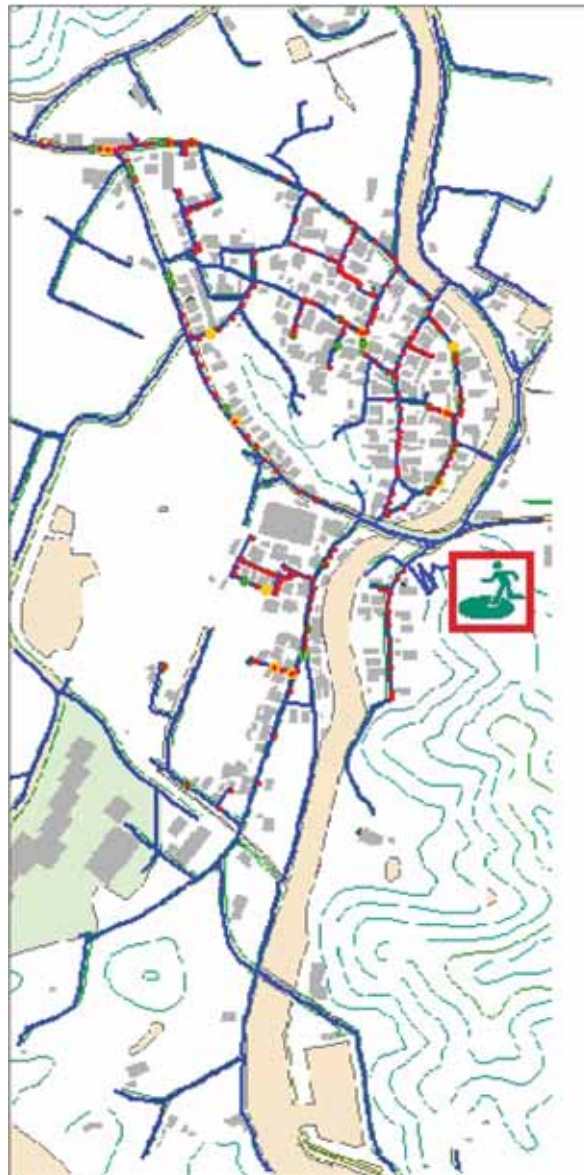
表1 測定した歩行速度 ※M1の村石・呂と協力し計測

	種類	平均歩行速度 [m/s]	標準偏差
階段	健常者(N = 106)	0.41	0.19
	要援護者を背負った健常者(N = 1)	0.43	-
	担架で要援護者を運ぶ(N = 1)	0.47	-
橋(平地)	健常者(N = 110)	1.04	0.37
	リアカーで要援護者を運ぶ(N = 2)	1.36	-
	担架で要援護者を運ぶ(N = 1)	1.22	-

津波からの避難シミュレーション



集合・安否確認する場合

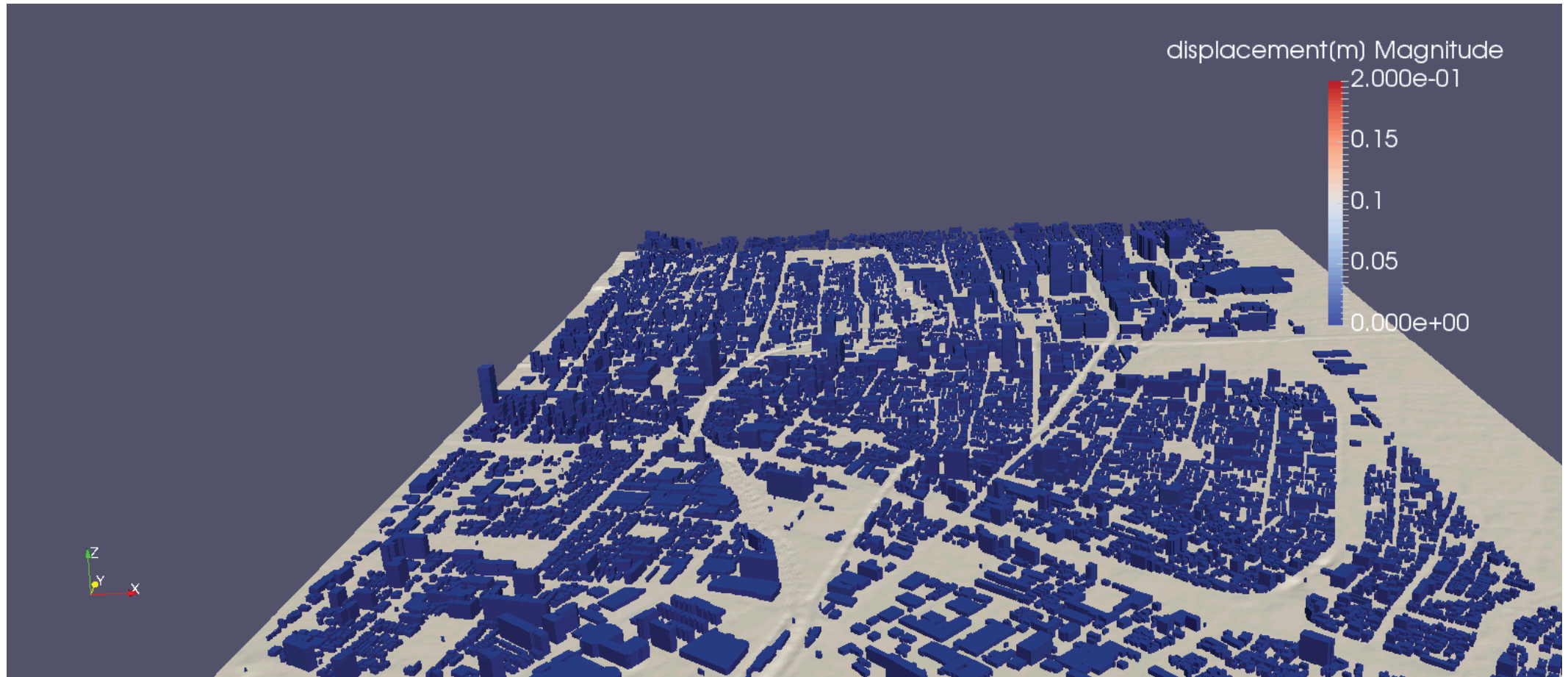


集合・安否確認しない場合

想定39分後に最大9m

地震発生から5分後に避難
共助行動で10分経過

関西地域を対象とした都市防災の計算科学研究

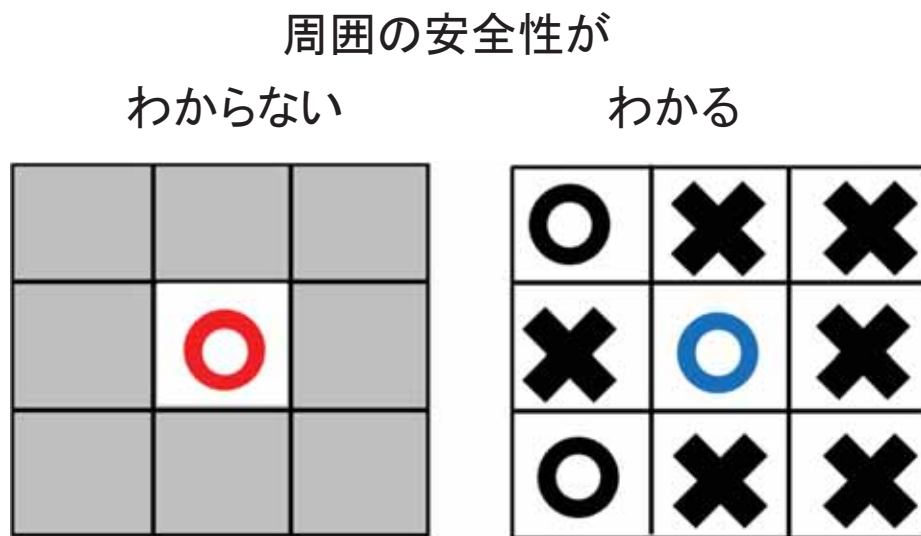


想定南海地震を受ける建物地震時挙動の例

IESの都市規模の地震応答解析の結果の利用

1. 周囲の耐震性と耐震化に対する意識調査^[11]

地震が発生することを想定した場合、一棟一棟の建物で検討されていると居住者の**安心**や**不安**という気持ちは居住している建物の性能に依存する
地震によって倒壊する建物は自分以外の周囲の建物の可能性も考えられる



	安全	危険
安心	○	×
不安	○	×

地震に対する啓蒙活動や
耐震化の推進、避難計画を考える材料になる

兵庫県南部地震時の被害



提供: 神戸市

[11] 吉岡幹広, 大谷英之, 永野康行: "シミュレーションに基づく周囲の耐震性と耐震化に対する意識調査", 日本建築学会学術講演梗概集(北陸), pp597-598, 2019.9.

IESの都市規模の地震応答解析の結果の利用

2. 想定南海地震における建物被害予測

想定南海地震に対する対策は急務であるが、具体的な施策を考えるにあたって、経験的手法のみの被害想定では具体的な対策を講じることは困難であると考えられる

都市規模の解析を行うことで、この課題を解決することが可能であると考えられる
兵庫県下の2都市に対してIESによる解析を行った

対象とした都市(加古川市、南あわじ市)

加古川市

- ・地区防災計画の作成
- ・津波の被害が想定される

また、IESによる解析結果をもとに
2019年11月23日(土)に行われた
加古川市尾上町南養田地区の
防災研修会に兵庫県立大学大学院
減災復興政策研究科の
阪本真由美准教授(当時)と参加した

○地区防災計画

住民が地区に適した災害管理計画に
取り組むことを可能にする枠組み



防災研修会の様子

まとめ：減災シミュレーションとまちづくり

減災復興学とは、「減災の総合化」という視点から減災と復興を一体的に捉えて、安全で安心できる社会の持続的发展を目指すための学問体系

