



実測加速度データを用いた リアルタイム震度(SIL) 算出可視化システム

日本大学 工学部 建築学科
教授 ガン ブンタラ ステンリー

2025年12月23日



日本における耐震設計の歴史

1891年 濃尾地震

耐震建築技術開発の契機となる

1919年 市街地建築物法

耐震設計の法的義務化が開始

現在

大地震による倒壊被害が、常に技術革新と法改正の原動力となってきた

耐震設計の目的は「倒壊防止」
→固く丈夫な建物になる

現状の課題:「強度」の概念

強度設計

- ・動的特性の不足
- ・「壊れない」ことを物理的指標
(層せん断力・層間変形角 他)
によって保証する必要がある

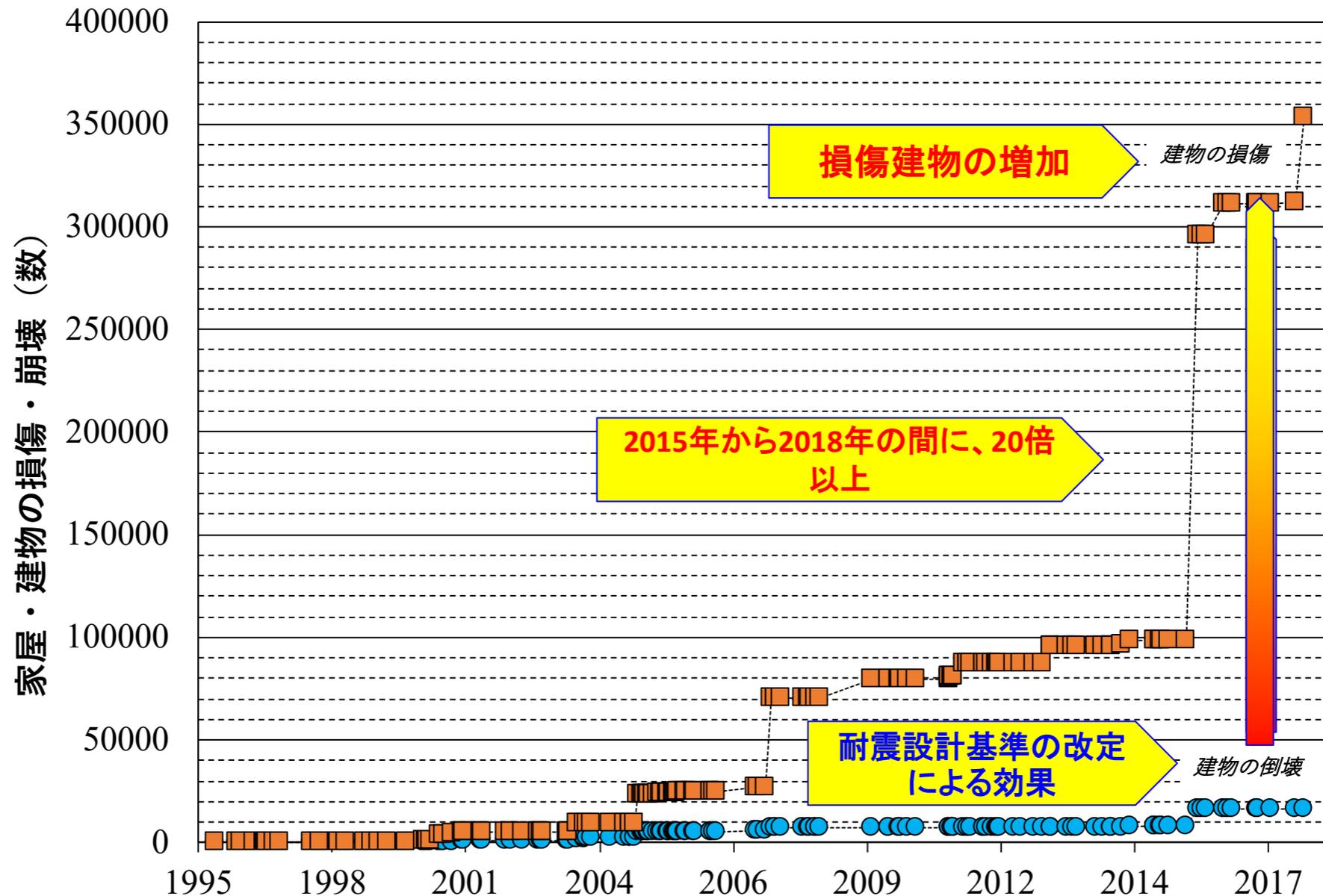
居住者への伝わりにくさ

専門的な構造指標は居住者にとって理解が難しく、より直感的な指標が求められている

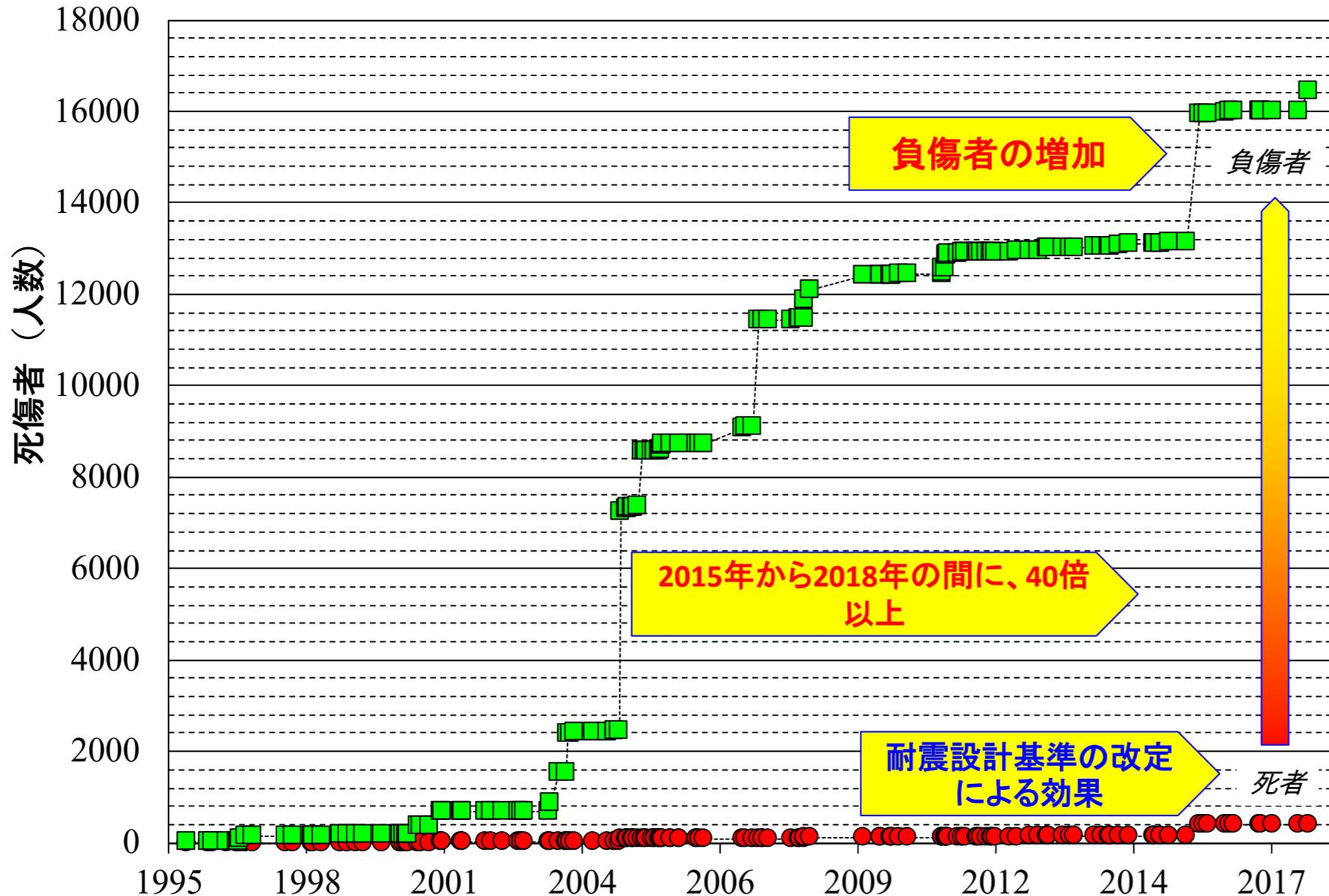
→建物の丈夫さが居住者に及ぼす
問題も懸念されている



建物倒壊に関する統計(気象庁、1995～2018)



人的被害に関する統計(気象庁、1995~2018)



建築物の耐震性の向上
建物自体の揺れの増幅

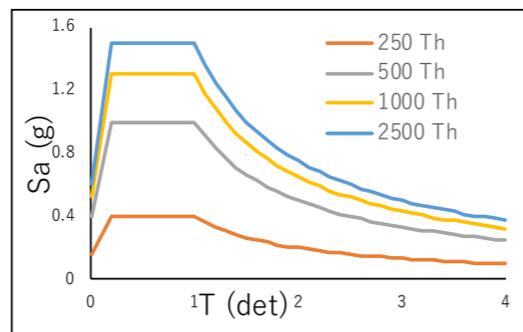
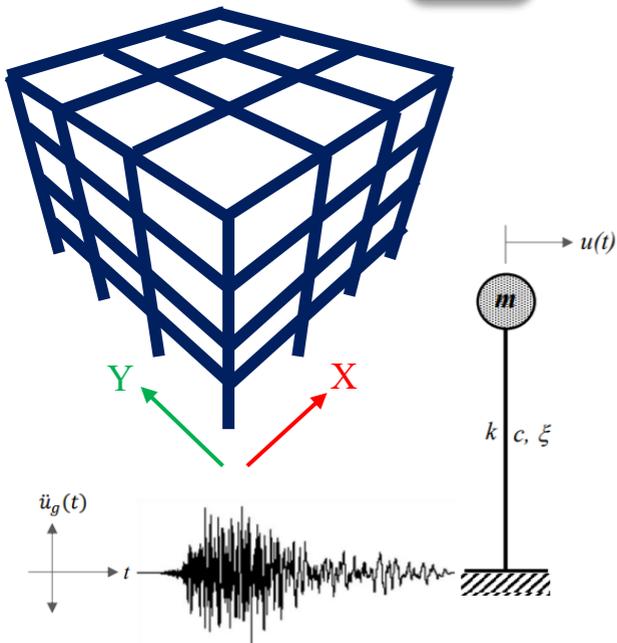
死亡数→軽減
負傷者→約40倍に増加

強い揺れによる
家具転倒、
精神的ストレスなど

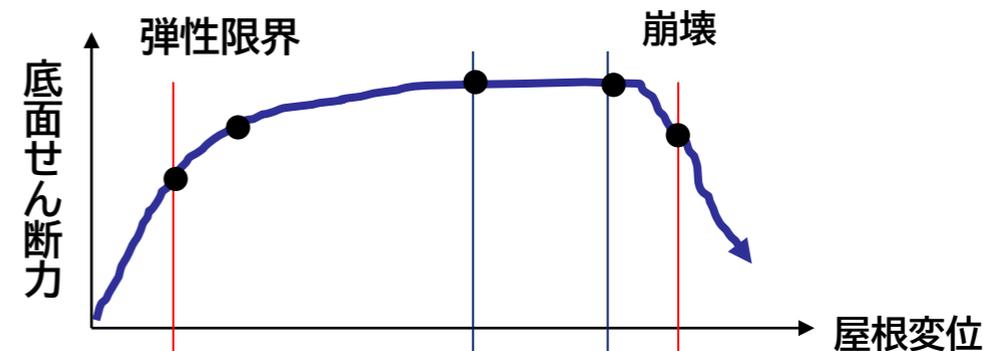
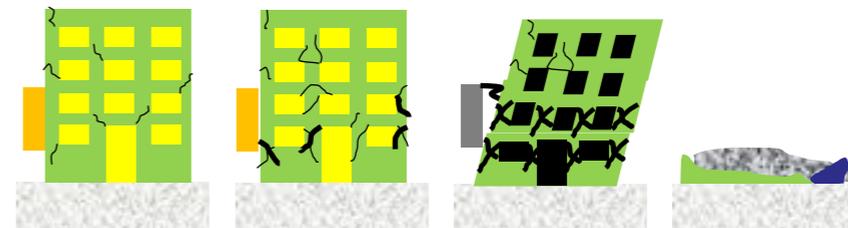
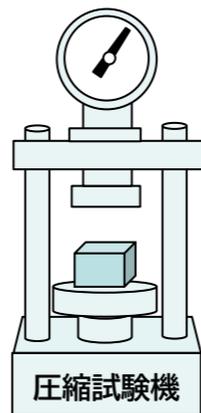
居住性・快適性
が損なわれる



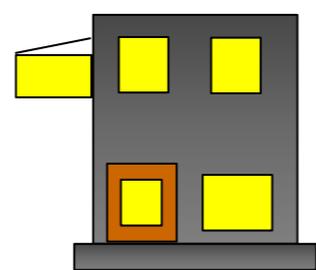
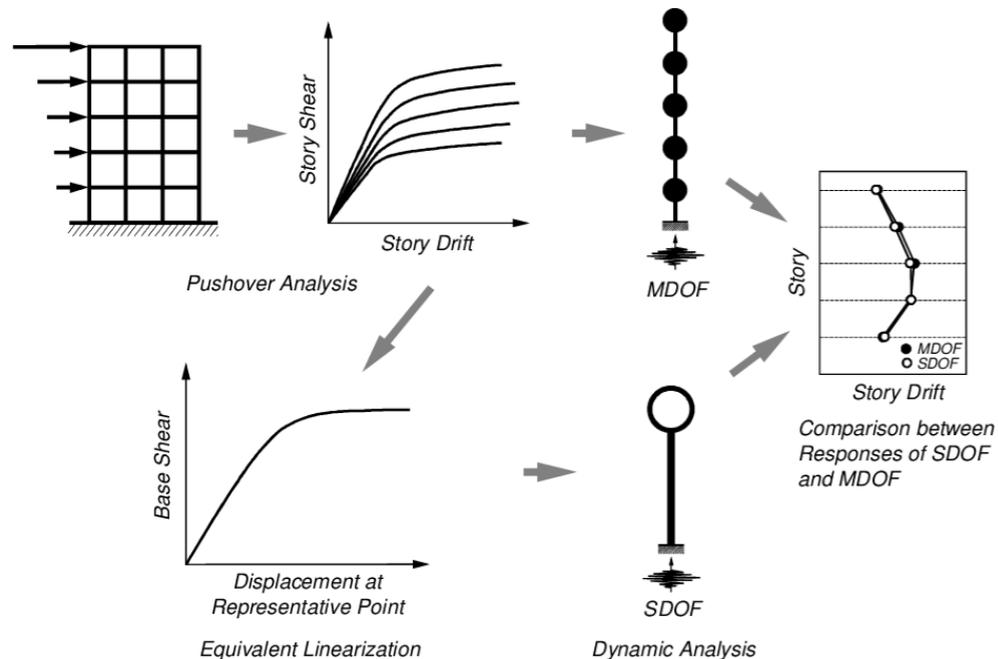
現状の耐震設計:「強度」の概念



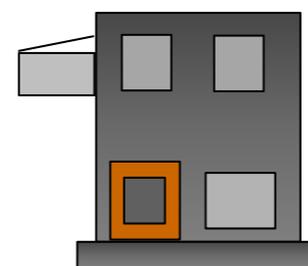
・「壊れない」
・「倒れない」
専門的な構造指標は居住者
にとって理解が難しい



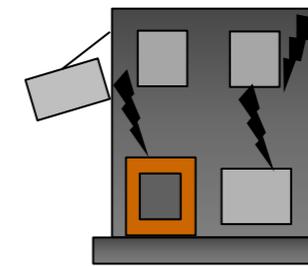
ATC-40やFEMA273(米連邦緊急事態管理庁のガイドライン)



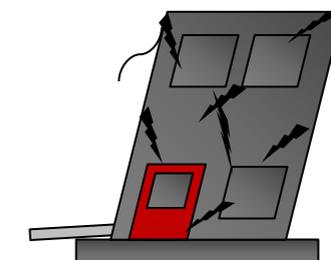
地震後も損傷なく
完全に機能する状態



軽微な損傷はあるが、
即時使用可能な状態



構造的な損傷は大きい
人命が保護され、倒壊は
免れている状態



倒壊は防がれているが、
建物は使用不能な状態

地震工学におけるプッシュオーバー解析と動的解析のアプローチ

ASCE 41-17 既存の建物が地震に耐えられるかを評価し、補強するための手順や基準を定めた、アメリカ土木学会(ASCE)の基準



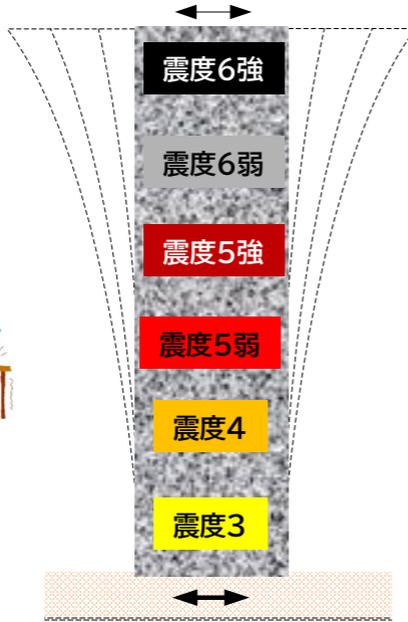
従来技術とその問題点

- 既に実用化されているものには、加速度計による簡易震度推定法などがあるが、建物内で即時判断指標としての効果が十分に発揮されないことに加え、
- 従来は加速度データが計測されても構造解析との統合が行われておらず、建物応答を反映した震度評価へと発展していないといった問題があり、広く利用されるまでには至っていない。

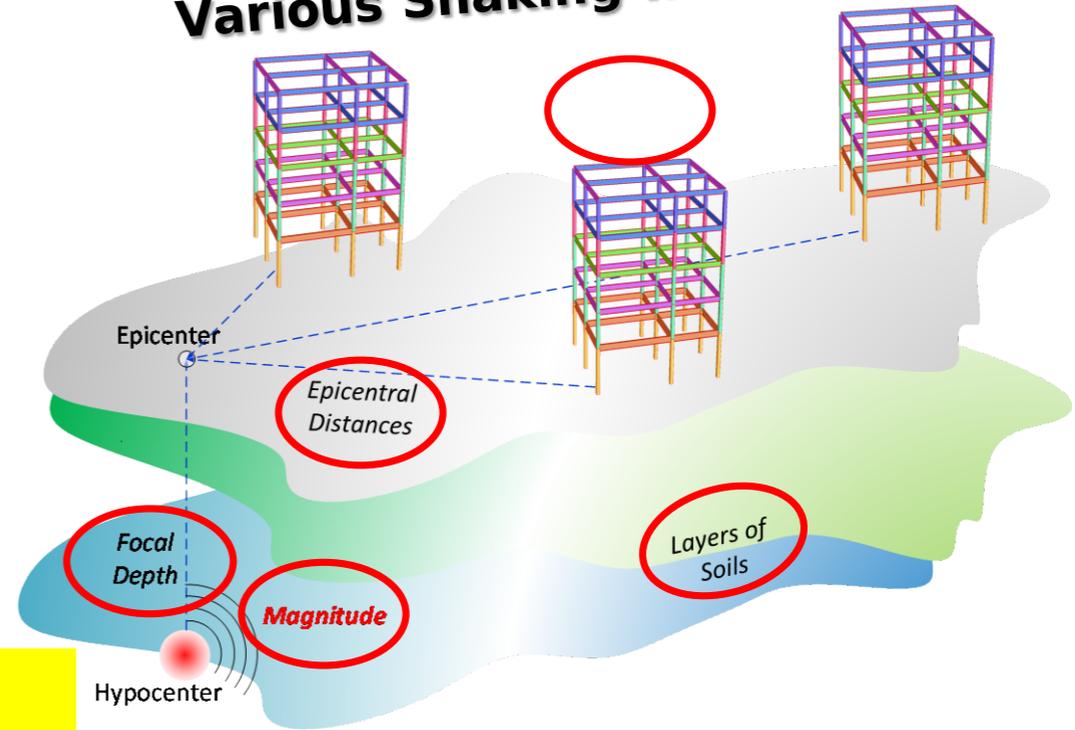


現状の耐震設計の課題とその定量的評価への転換

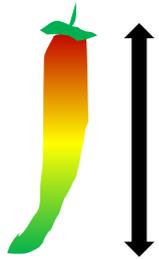
STRONG... but ...**Shaking**



Various Shaking Intensities



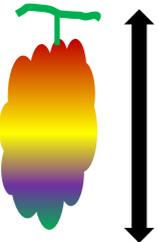
辛味度スケール



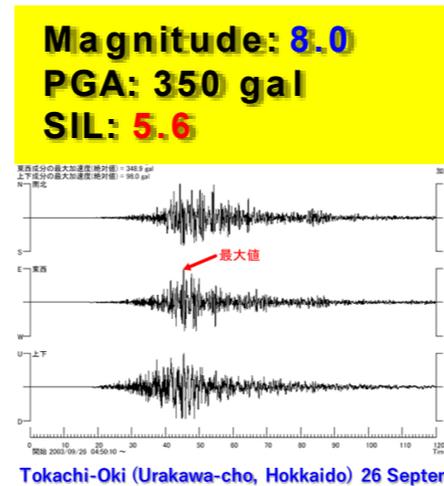
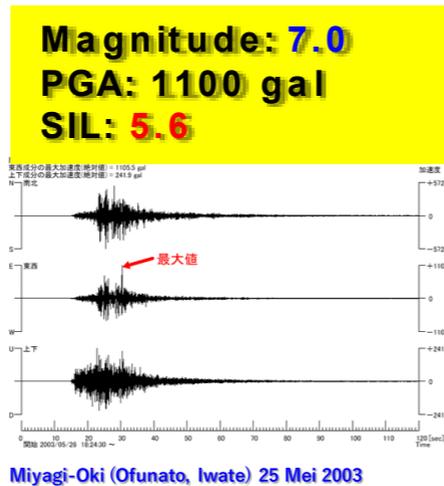
気象庁震度階級

震度0	震度1	震度2	震度3
震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱
震度6強	震度7		

甘味度スケール



Magnitude vs 震度

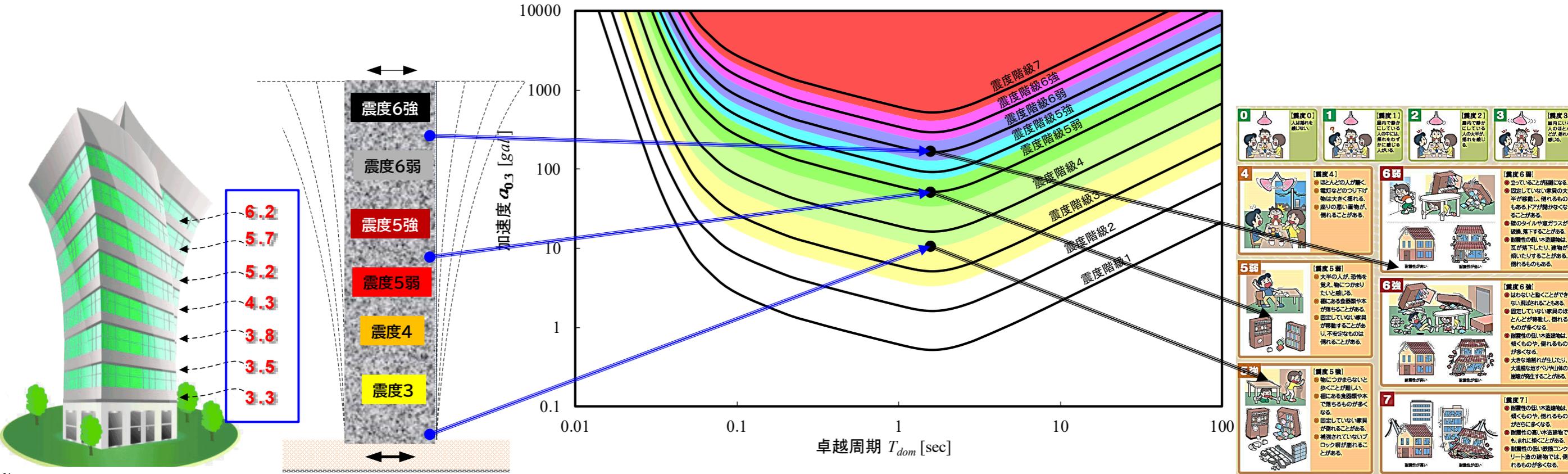


5. NEW SEISMIC DESIGN CONCEPT

強度 + 快適性

定量的動的指標が必要!

「強度」概念に加えて“ゆれ”による被害対策・防止



https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/s_hindo/index.html

震度レベル (SIL) を活用した居住性を定量化するアプローチ

新技術の特徴・従来技術との比較

従来の耐震設計 (定性的な評価)

1. 「**倒壊しない**」ことを前提とした判断
2. 「**地震に強い**」といった概念的・経験的評価
3. 規準値の「**合否**」による性能判定
4. 静的変形量(**ドリフト**)を主指標とする評価
5. 「**目視**」を中心とした耐震診断

新技術の快適設計 (定量的な判定)

1. 建物の「**階別**」加速度を用いたSILの数値化
2. 人間の「**体感・応答**」をSIL指標で評価
3. SILしきい値による「**安全度＋快適度**」の分類
4. **動的応答**に基づくリアルタイム震度・振動分析
5. 動的構造解析結果と震度分析を統合した**客観的評価**

包括的な振動評価

耐震設計による構造的安全性



居住者の居住性・快適性

震度レベル(SIL)による定量評価

リアルタイム SIL モニタリングシステム

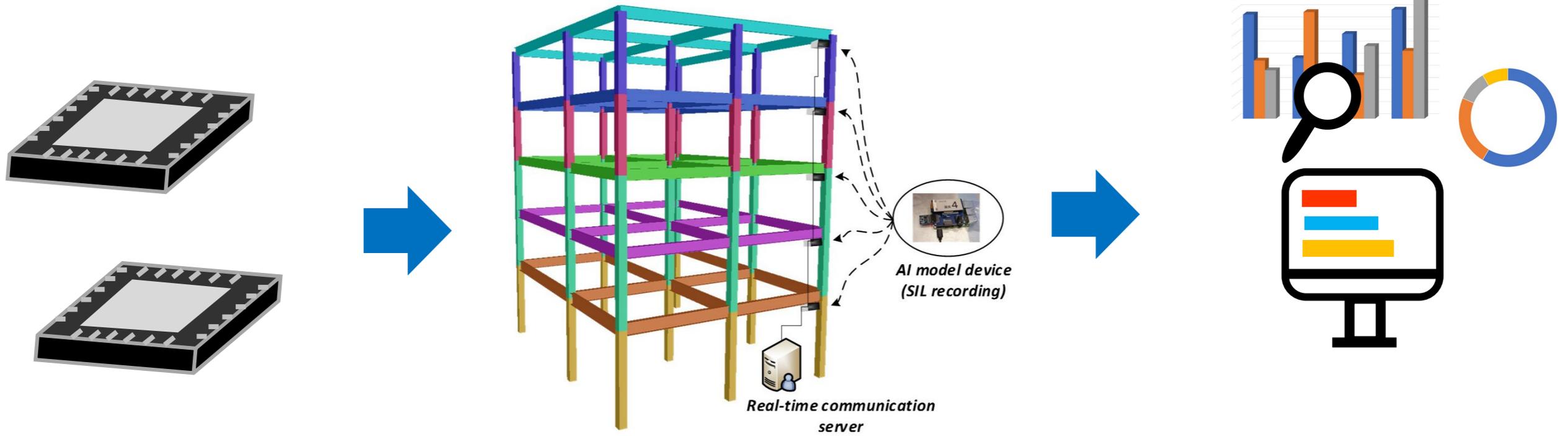
MEMSセンサーによる実測



信号処理

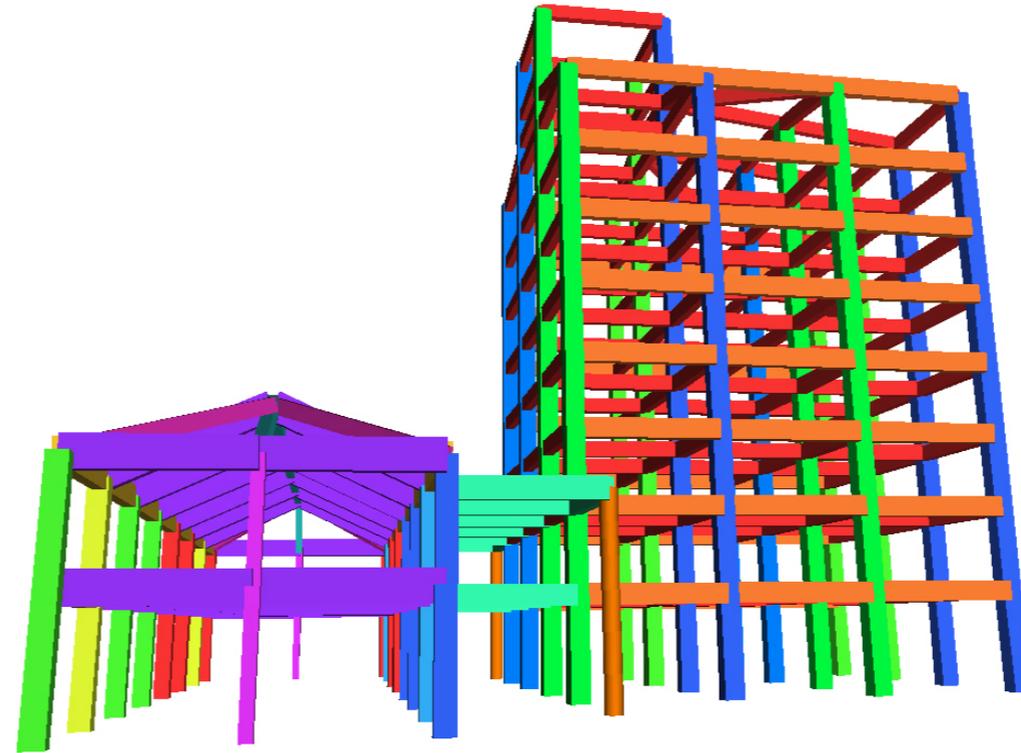
SILをリアルタイムで算出する
モニタリングシステムの
開発・実測を行った

→SILを用いることで、地震時の迅速な意思決定(避難判断等)を促す





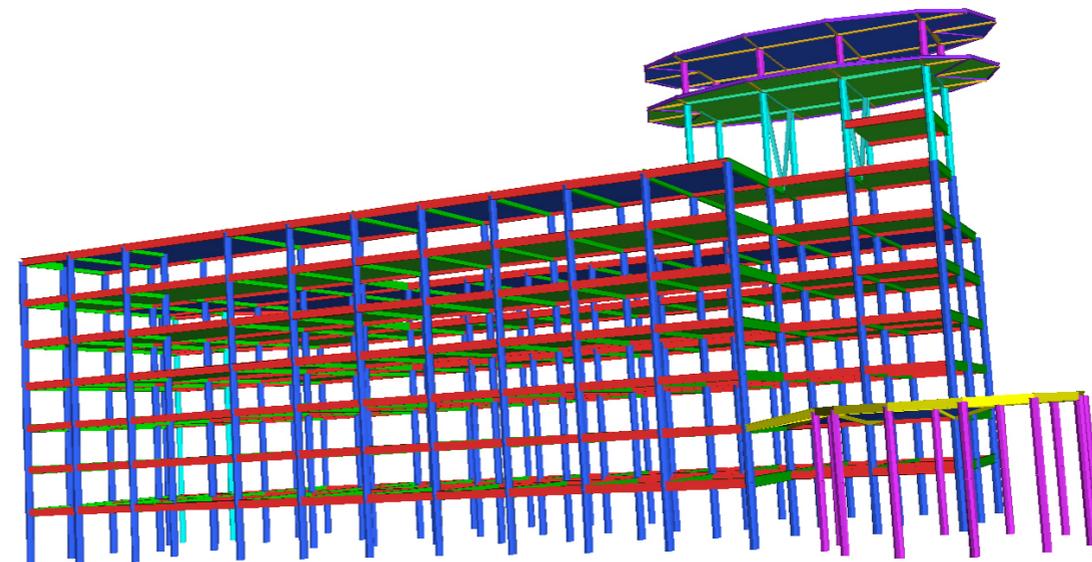
55号館
(情報研究棟)



55号館 FEM
(有限要素) モデル



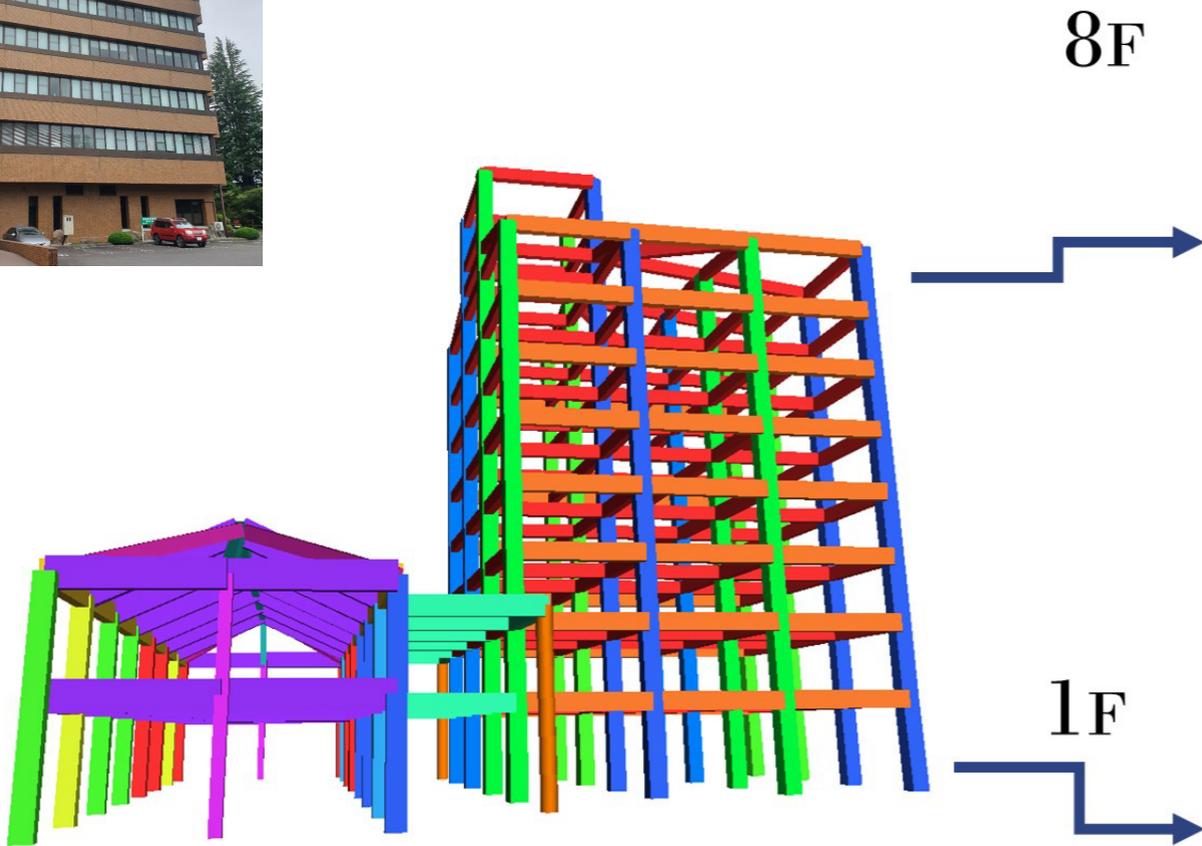
70号館
(教室棟)



70号館 FEM
(有限要素) モデル

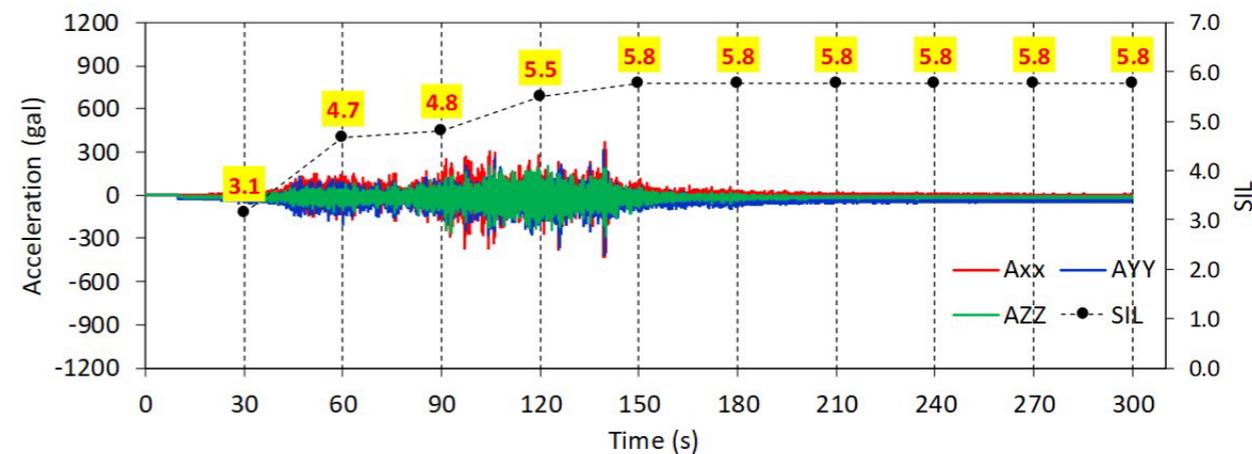
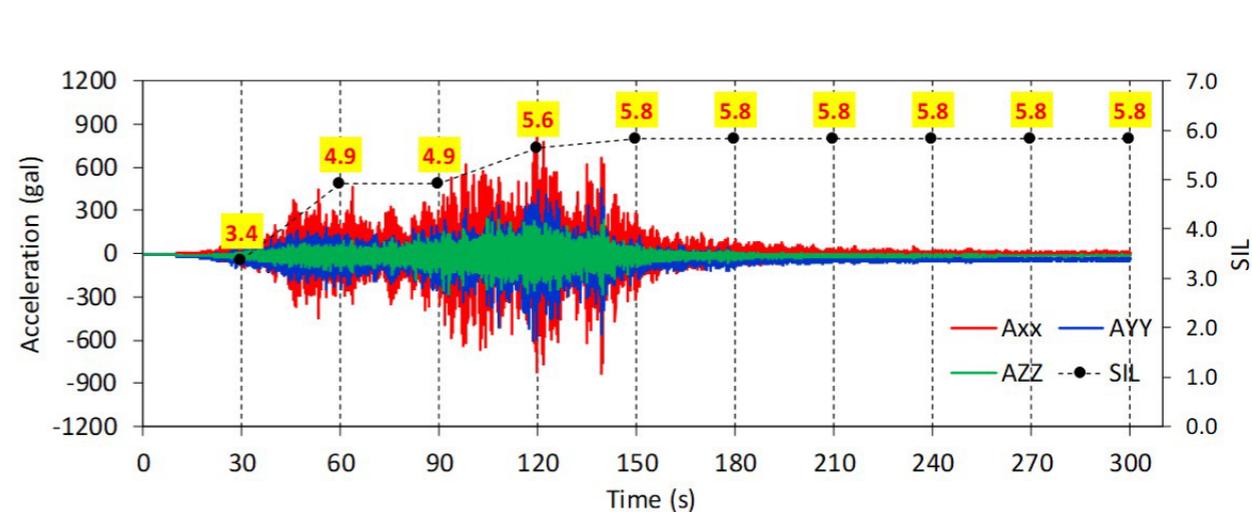
日本大学工学部キャンパス内の55号館を対象

55号館
(情報研究棟)



観測地点	1F	8F
6.4	5.8	5.8

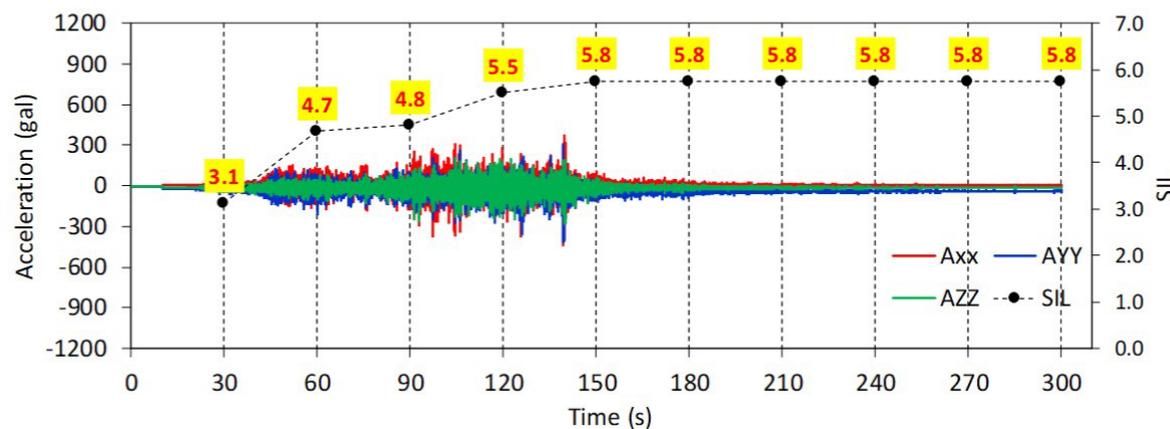
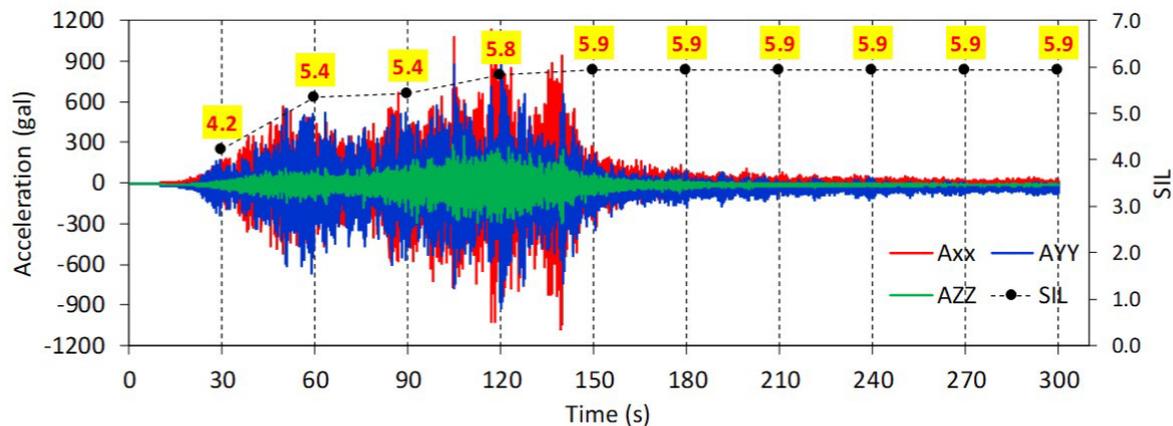
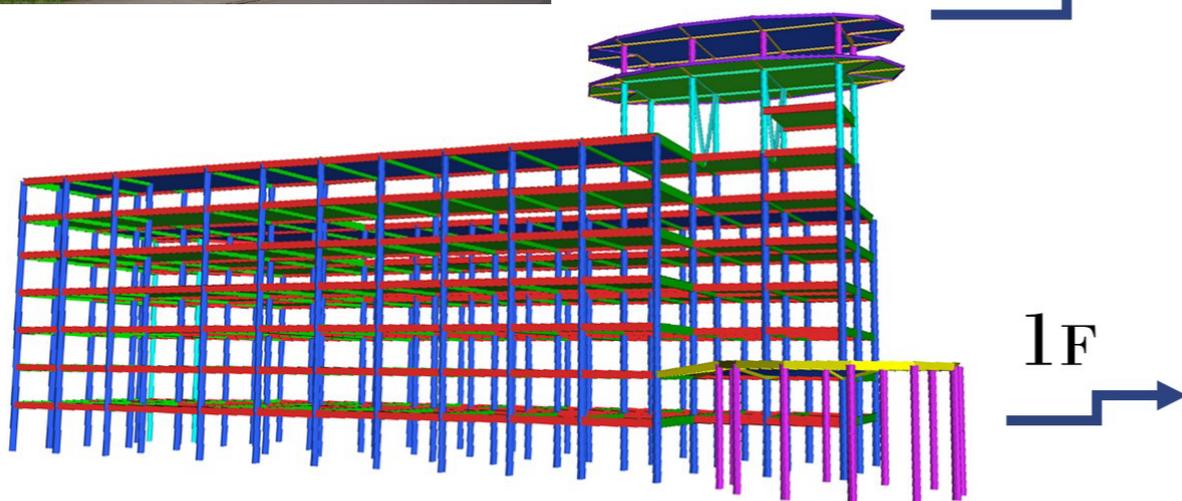
東日本大震災の地震動



→上層階で加速度応答が増幅



70号館
(教室棟)



観測地点	1F	9F
6.4	5.8	5.9

東日本大震災の地震動

→階層による揺れの増幅 + SILの増加

階層によって体感震度が大きくなることを数値的に再現

キャンパス内の55号館と70号館に実測による検証



↓

ミニPC

- ・ Windowsのプラットフォーム
- ・ 液晶画面付きミニPC

→ 加速度計

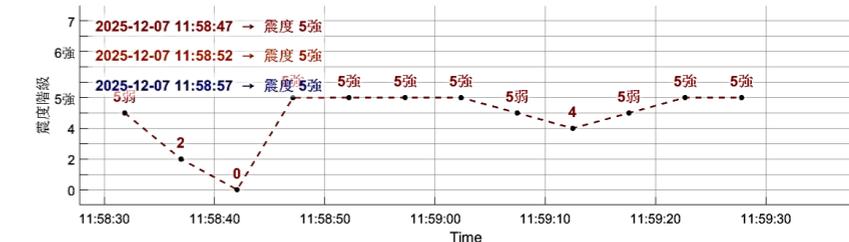
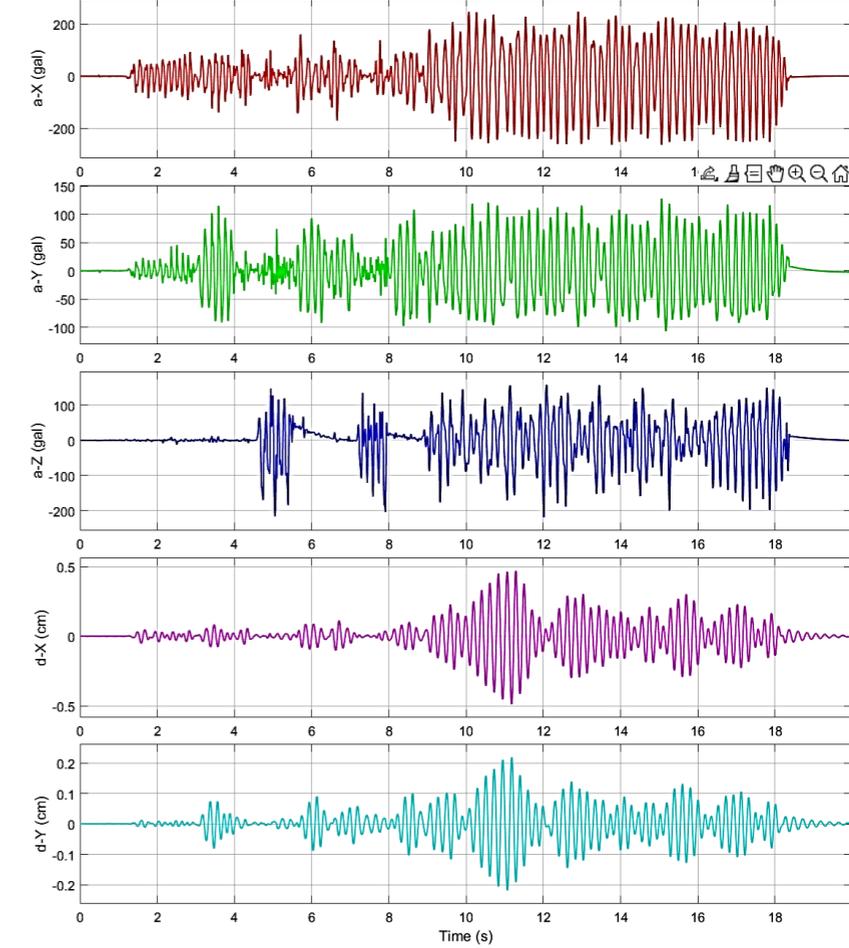
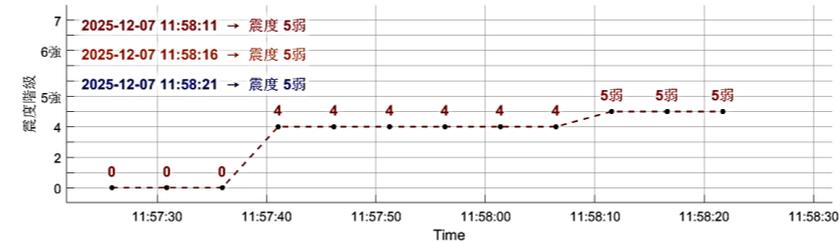
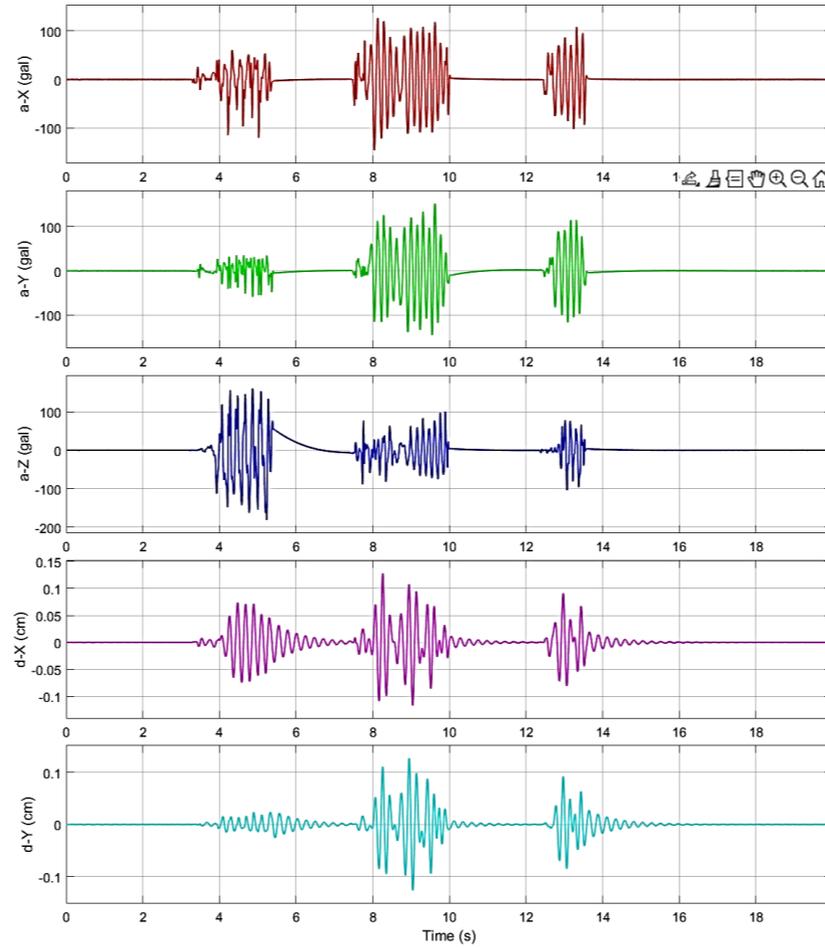
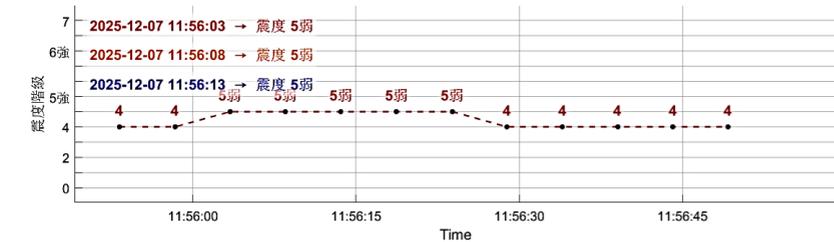
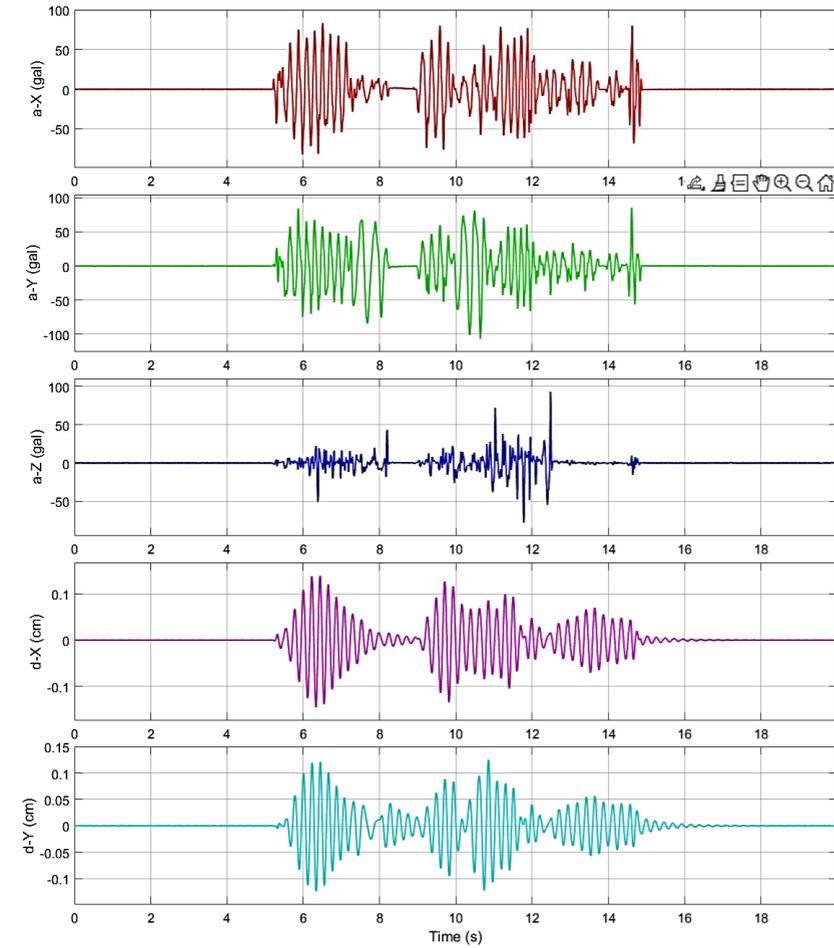
- ・ MEMSセンサー
- ・ 低コストで運用可能



- ・ 小規模で計測
- ・ 随時記録・計算が可能



実測用の自作プログラム(一例)



キャンパス内の55号館と70号館に実測による検証

55号館



55号館
(情報研究棟)



1階 EV前



8階 EV前

70号館



70号館
(教室棟)



1階 西側



9階 西側



7階 西側 → 計測不可

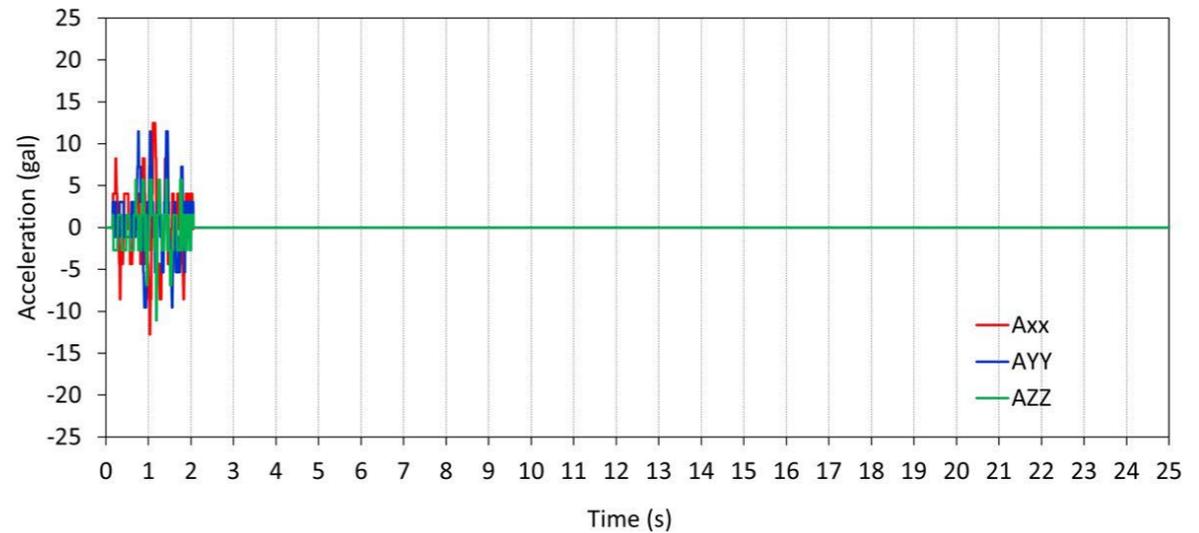
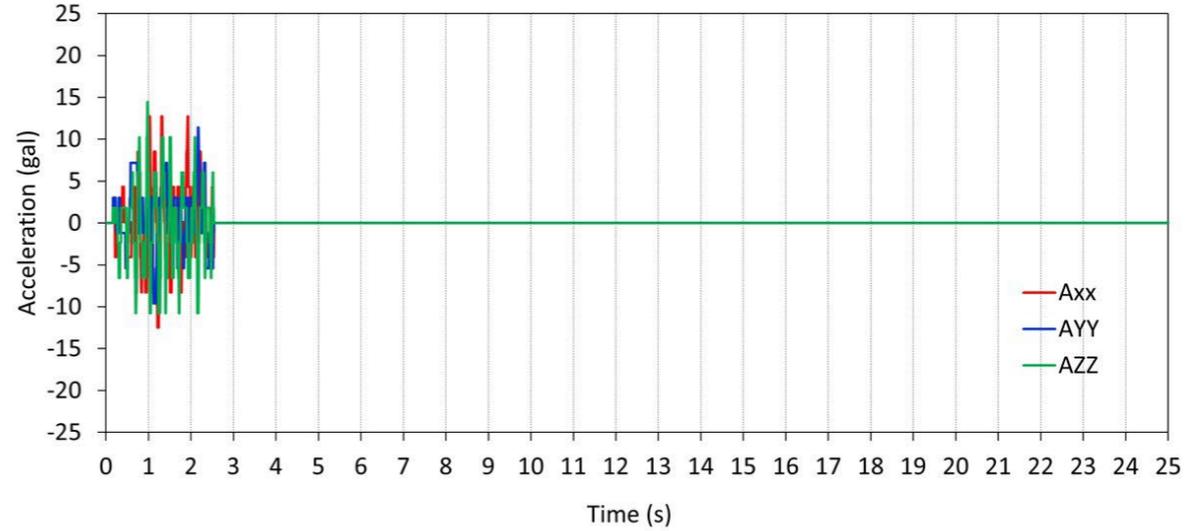


55号館



8F
→

1F
→



観測地点	1F	8F
1.3	2.3	2.4

10月24日6時10分頃

→増幅傾向+SILの増加

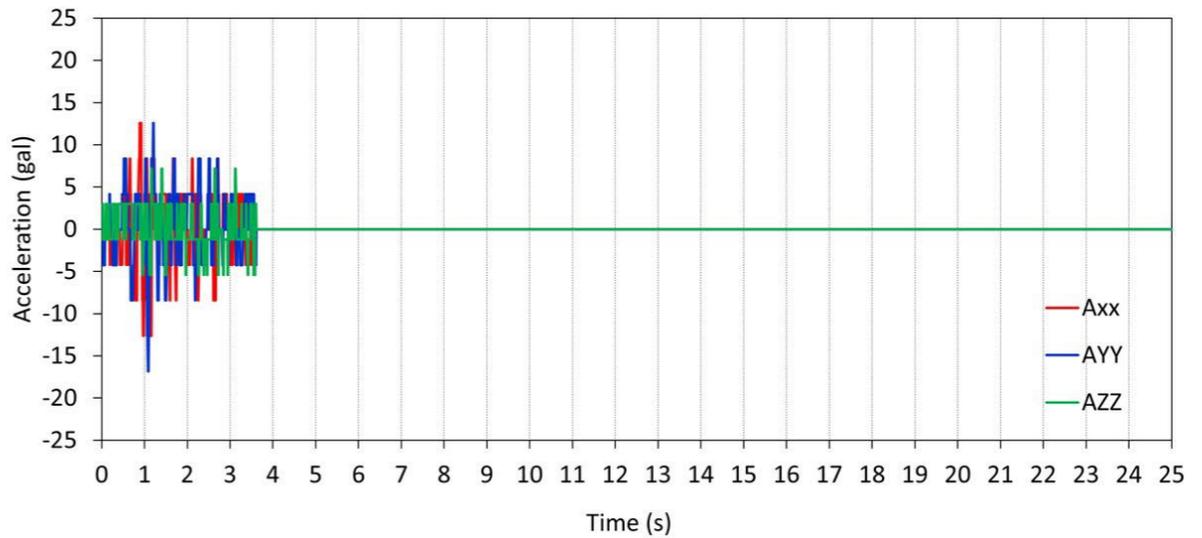
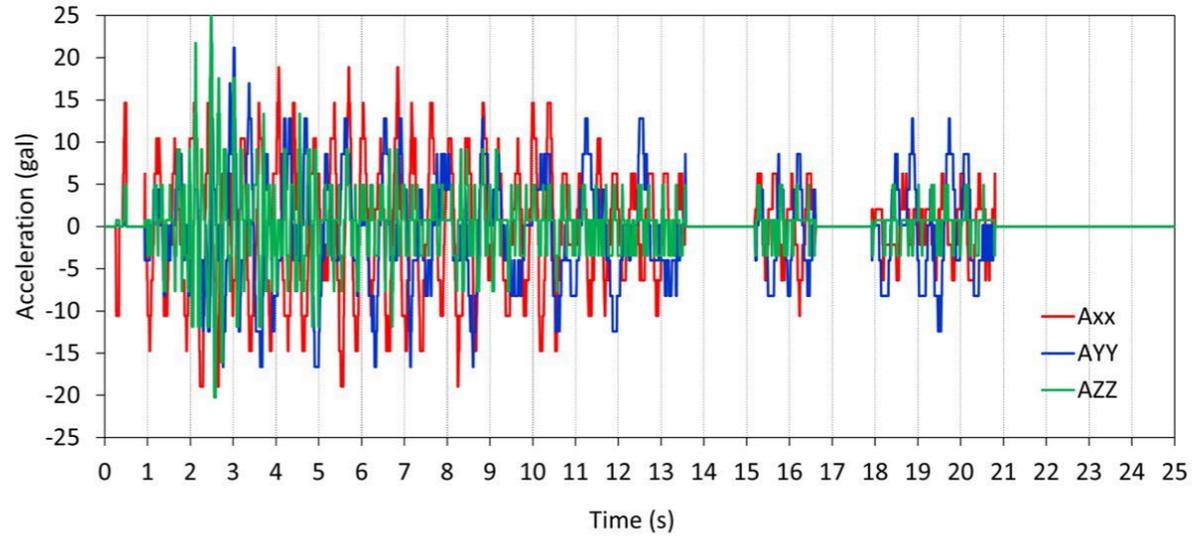
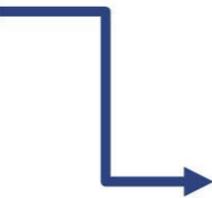
70号館



9F



1F



観測地点	1F	9F
1.3	2.2	3.1

10月24日6時10分頃

→増幅傾向＋大幅なSILの増加



想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、建物内リアルタイム震度（SIL）可視化システムとして施工・維持管理プロセスに適用することで、地震時の即時安全判断や被害把握の迅速化といったメリットが大きいと考えられる。
- また、上記以外に、テナント・居住者向けの安全情報提供、設備機器の自動停止・自動復旧制御などの効果が得られることも期待される。
- さらに、SILしきい値を活用したスマートビルディング管理として、避難発報の自動化や地震時の行動指針（避難開始・待機・入館停止など）の明確化、地震後における入館可否を示すサインボード運用、ならびにSILを組み込んだ防災訓練計画への応用など、多様な展開が可能である。

実用化に向けた課題

- 今後、建物種別・階高・基礎条件の異なる構造物に対して追加の実測データを取得し、SIL算出モデルを多様な建物へ適用していく際の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けては、低ノイズ環境下でも安定した震度算出が可能となるよう、演算アルゴリズムおよび補正処理の精度をさらに向上させる技術を確立する必要がある。



企業への期待

- センサデバイス開発や建物モニタリング技術を有する企業との共同研究を希望する。
- また、スマートビル管理システムを開発中の企業や、防災・減災分野へのサービス展開を検討している企業にとっても、本技術の導入は有効であると考えられる。



企業への貢献、PRポイント

- 本技術は、建物内のリアルタイム震度（SIL）を即時に可視化することが可能であるため、地震発生時の迅速な安全判断支援や建物管理の高度化を通じて、企業に大きく貢献できると考えている。
- また、本技術の導入に際して必要となる追加実験や検証データの取得を通じて、SIL算出モデルに科学的裏付けを与えることが可能である。
- さらに、本格導入に向けた技術指導、システム設定、運用アドバイスについても支援を行う。



本技術に関する知的財産権

発明の名称	階層毎震度情報算出装置およびプログラム
出願番号	特願2023-167742
出願人	学校法人日本大学、有限会社住環境設計室
発明者	ガン ブンタラステンリー、影山 千秋



お問い合わせ先

日本大学産官学連携知財センター

TEL 03-5275-8139

e-mail: nubic@nihon-u.ac.jp