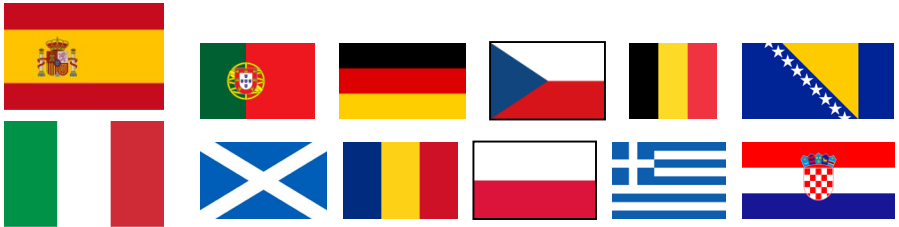
壊さない耐震診断：
微動計測とBIMモデルで弱点を可視化

信州大学
持続可能社会･循環型経済国際研究拠点　拠点長
工学部　准教授
NEDO NEP事業　委嘱FR
遠藤　洋平





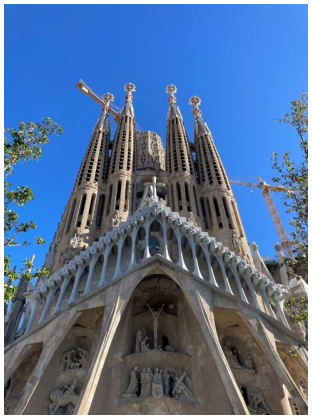


2026年8月6日

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

1.1 事業背景: 社会課題･想定される用途

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!







東京スカイツリーでエレベータが一時停止、乗客20人が
められる

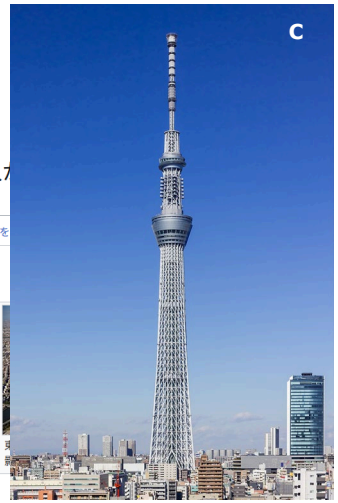
記事　トーク　　閲覧　ソースを

【2026年2月23日】

2月22日午後8時20分頃、東京都墨田区にある東京スカイツリーのエレベータが一時停止する事故が発生した。これにより子どもを含む乗客20人がエレベータ内に一時閉じ込められた。エレベータに閉じ込められた乗客は、約5時間半後の午前2時頃に全員が救助された。けが人や体調不良者はいないという[1][2]。

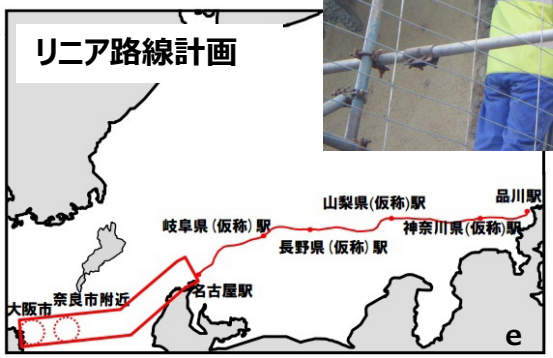
午後8時20頃に20人が乗るエレベータが急降下し地上30メートルの地点で急停止した後、エレベータ内に閉じ込められた乗客から消防に通報があり、警察や消防が救助活動を行った[2]。東京スカイツリー周辺は捜査車両や緊急車両が並び一時騒然となった。事故の原因は特定されていない[1]。

エレベータの停止により、地上約350メートルの高さにある「天望デッキ」と地上約450メートルにある「天望回廊」にいた客ら約1200人も地上に降りることができず足止めされることとなったが、稼働しているエレベータを使い順次地上に降りた[1][2]。



①文化財、建造物や都市インフラの安全・老朽化管理





②建設中の建造物、インフラ構造物の安全管理

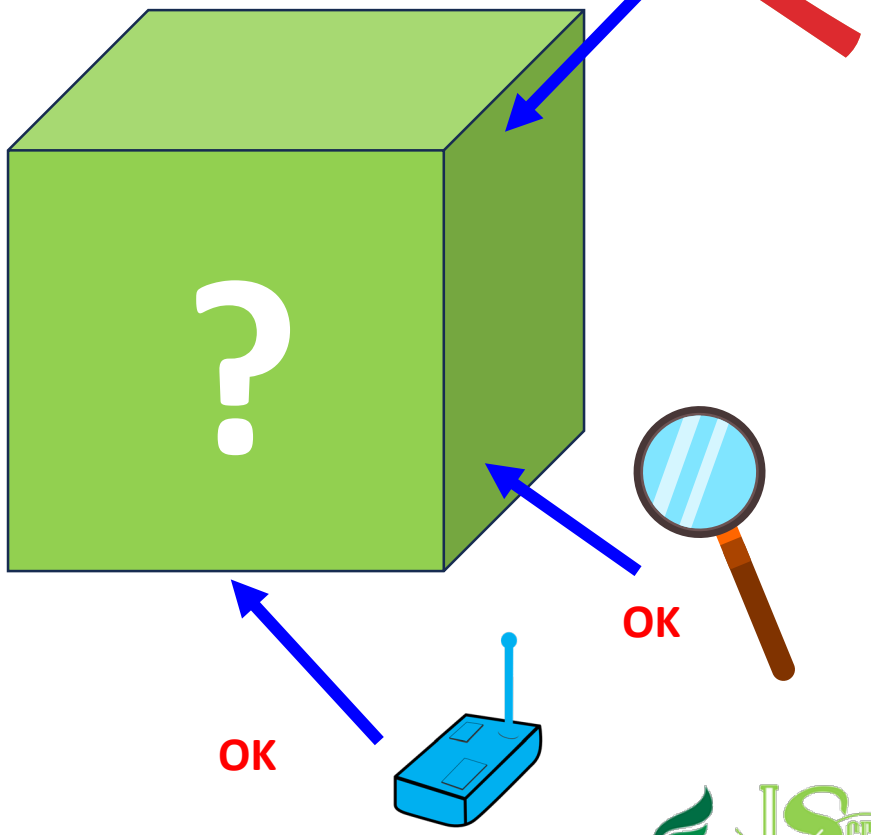


③大型プラント、発電所などの保全

1.2 事業背景: 従来技術の問題点







1.2 事業背景: 従来技術の問題点

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

①現地試験/ サンプル試験



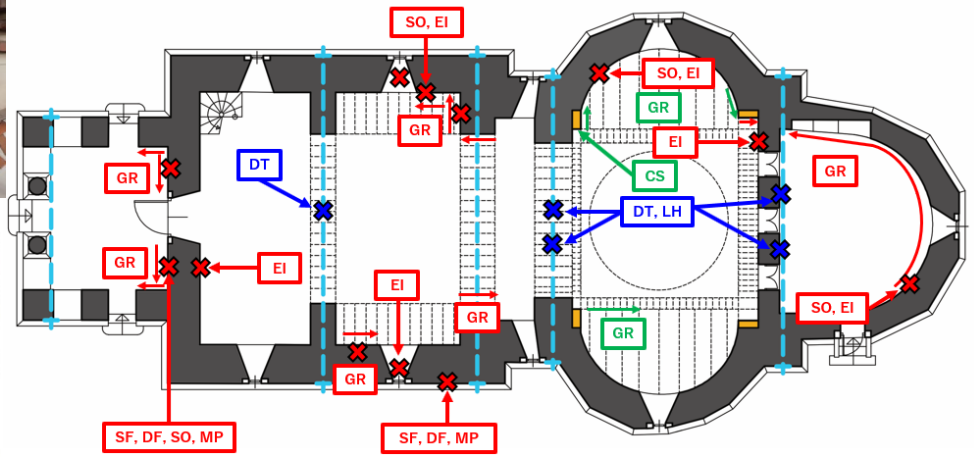
ルーマニア正教会耐震改修
（2024年より実施中）



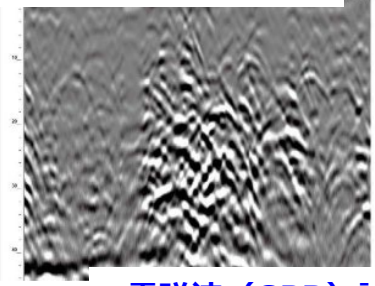
微動実験



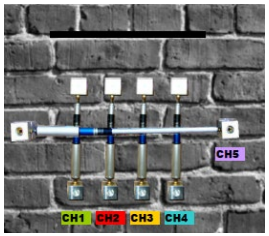
内視鏡試験





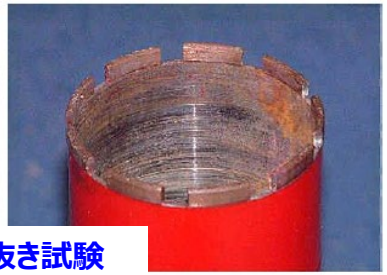


電磁波（GPR）試験



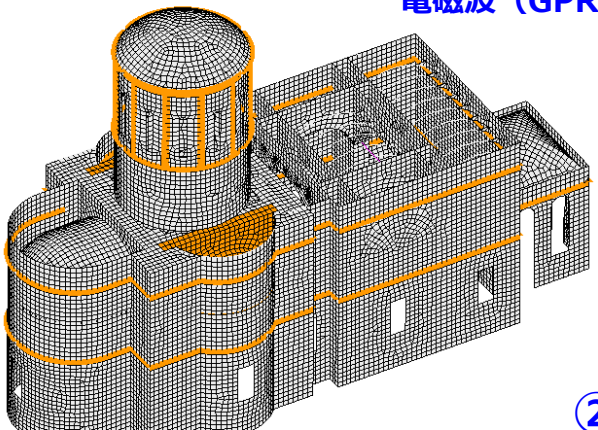
フラットジャック試験

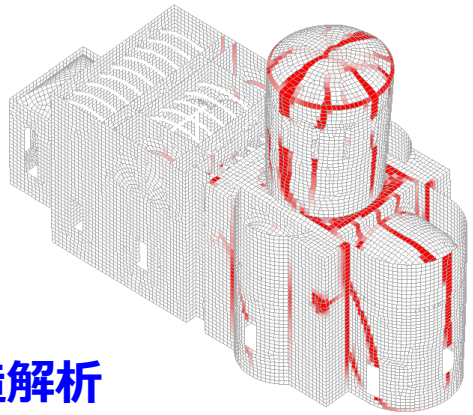


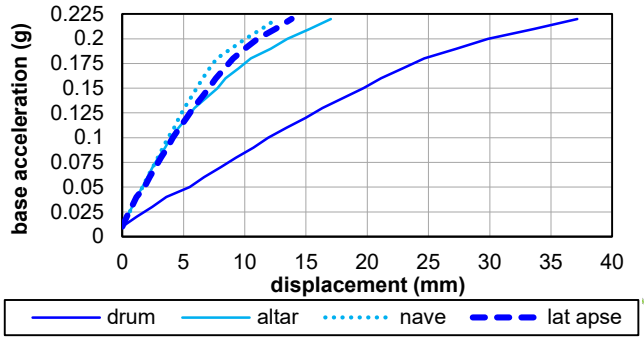


コア抜き試験

②構造解析





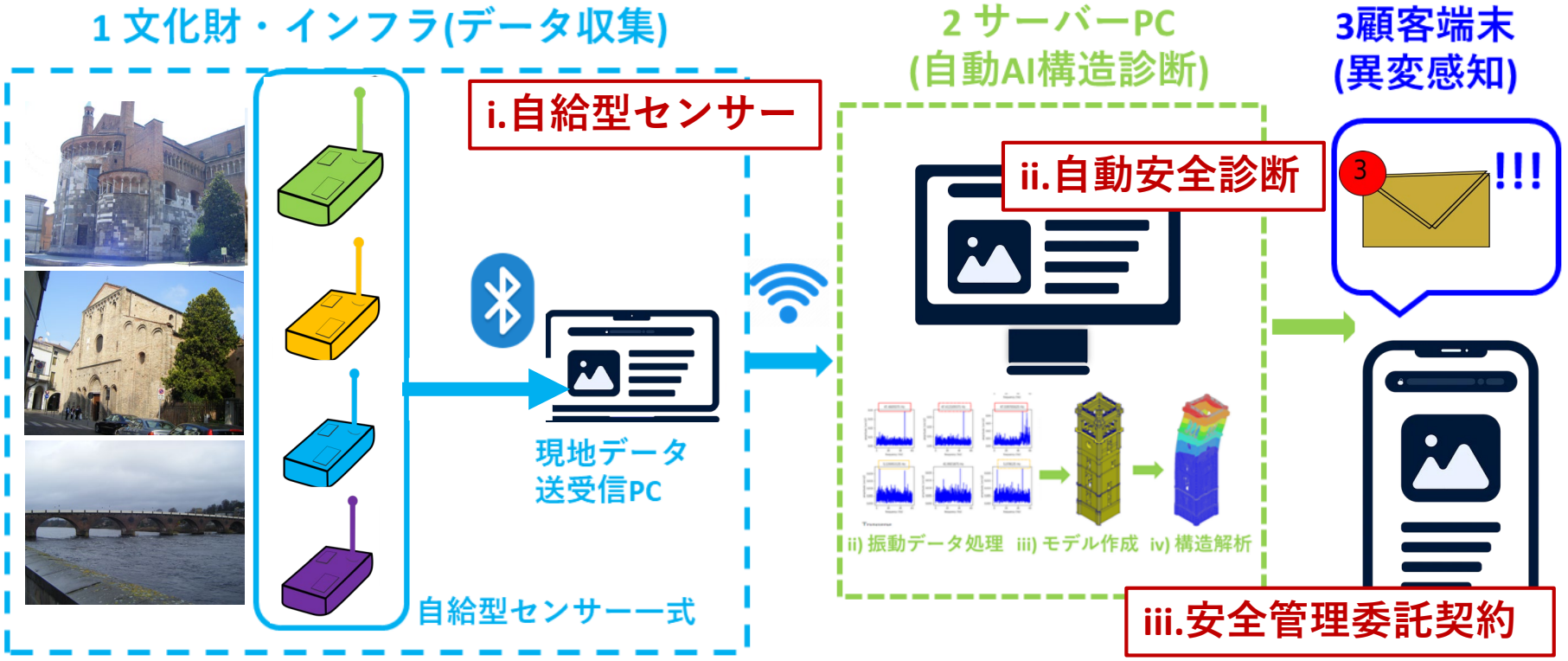


新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

2.1 技術紹介:概要

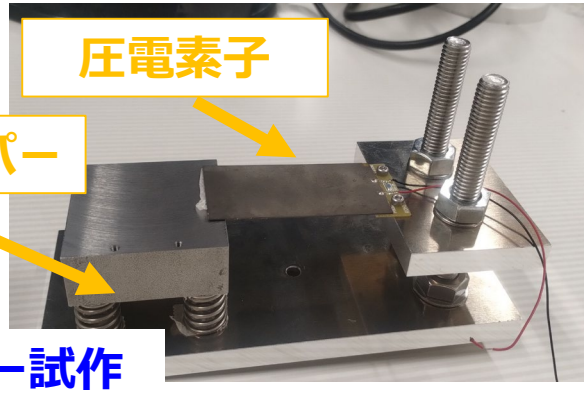
- 国内外の文化財・インフラの安全管理のための2本立ての技術である。
  - i. 自給型センサー
  - ii. センサーから得られた振動データ処理及び安全評価を自動で行うAI解析プログラム

自給型センサーを現地に設置さえすれば 、**電源確保を含め完全自動自立型の安全管理システムを提供する**ことが最大の特徴である。



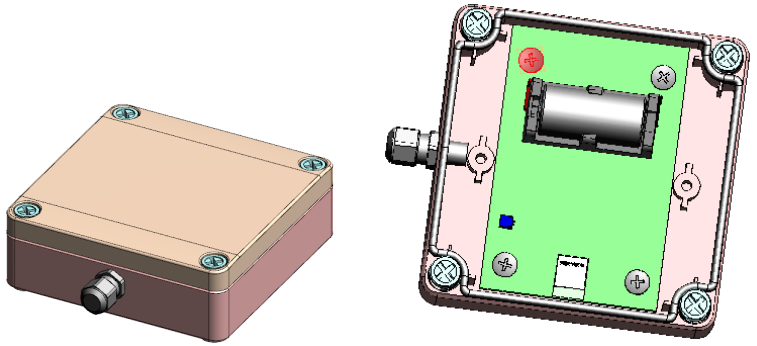
歴史的建造物・インフラを管理する自治体等に向けて、異常検知のためのワンストップソリューション
(コンサル、アプリケーション提供、センサー施工、保守、運用)を提供

2.2技術概要:①振動発電センサー



制振ダンパー試作

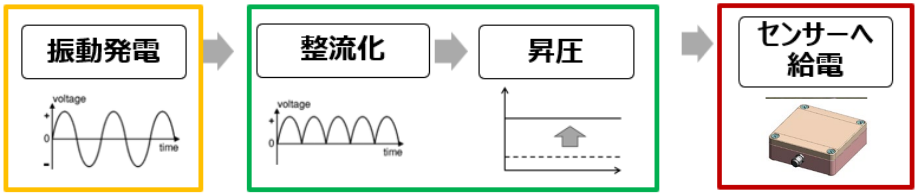
（100㎜x 100㎜ x 40㎜ ）



試作センサー完成イメージ図

環境発電部分
- 制振ダンパーで電力を増幅させる。
- 制振ダンパーは特許出願準備中

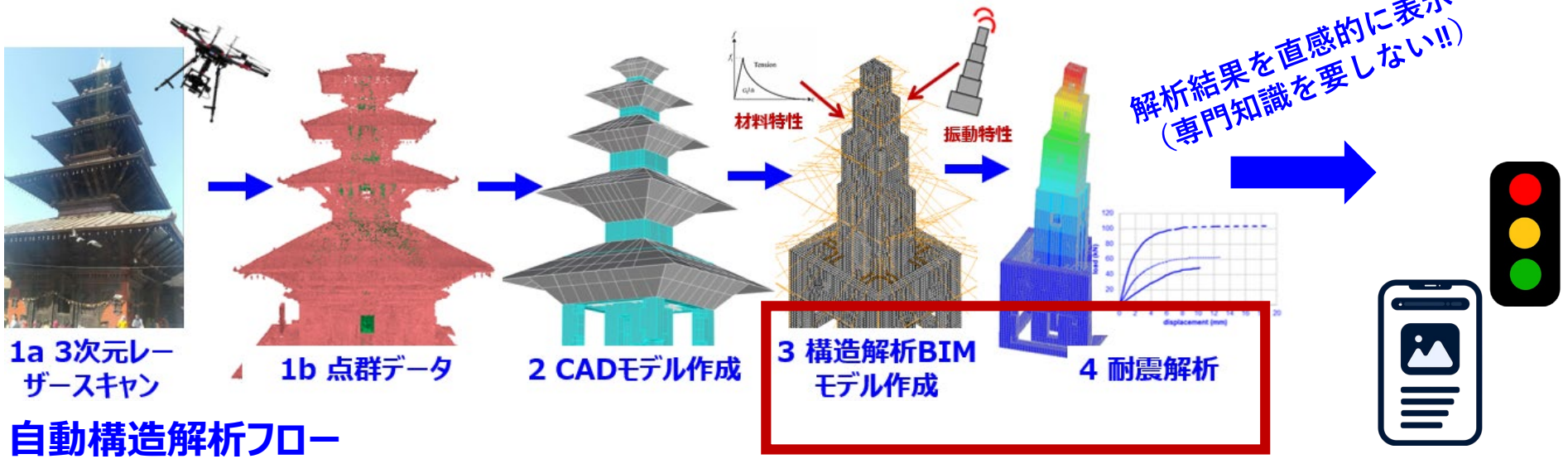
センサー部分
- 価格を抑えつつ省電力、センサー精度向上を念頭に置いた開発を行っている。



振動発電から給電までのフロー

技術シーズの優位性
- サイズ、省電力、センサー精度において**国内外の既存センサーを圧倒する**。
- 制振ダンパーを利用した**発電量増幅システムは世界初である**。
- 地下鉄振動（0.1g, 50-70 Hz）のような低振動で発電し、100 μWを安定して供給する振動発電システムが**実用化した事例は国内外に存在しない**。

2.2技術概要: ②自動構造安全診断プログラム



自動構造解析フロー

特許出願中(特願2026-051011)
名称：建造物耐震診断方法及び建造物耐震診断プログラム
出願人：信州大学
発明者：遠藤洋平

技術シーズの優位性

- 契約から**2週間～1か月**で初回の耐震性能評価が可能（通常は半年～1年）。
- 一度解析ができれば、その後は**リアルタイムで結果を提示**し続ける（新規性の高い技術）。
- 管理責任者は現場に行かずとも、手元のPC, スマートフォンにて**直感的に状況を把握**できる。
- 既存の設備（実験機器、PC）で対応ができ、**初期投資の必要がない**。

2.3自動構造安全診断プログラム: ①点群データのCADモデル化

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

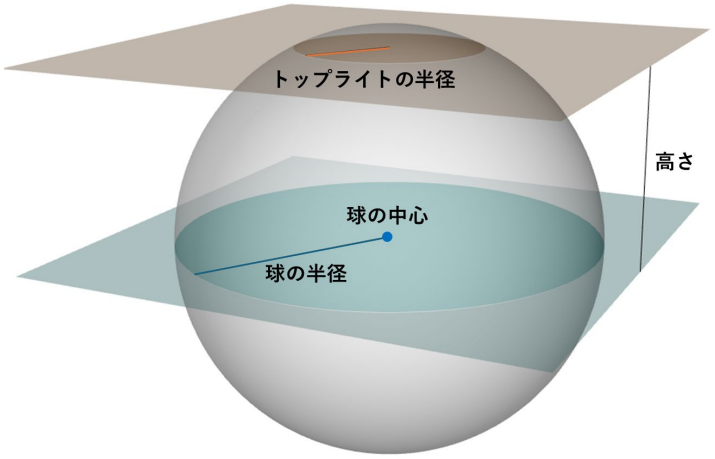
- イタリア・ローマの教会のドームを対象とし、解析モデル作成の自動化を行った。



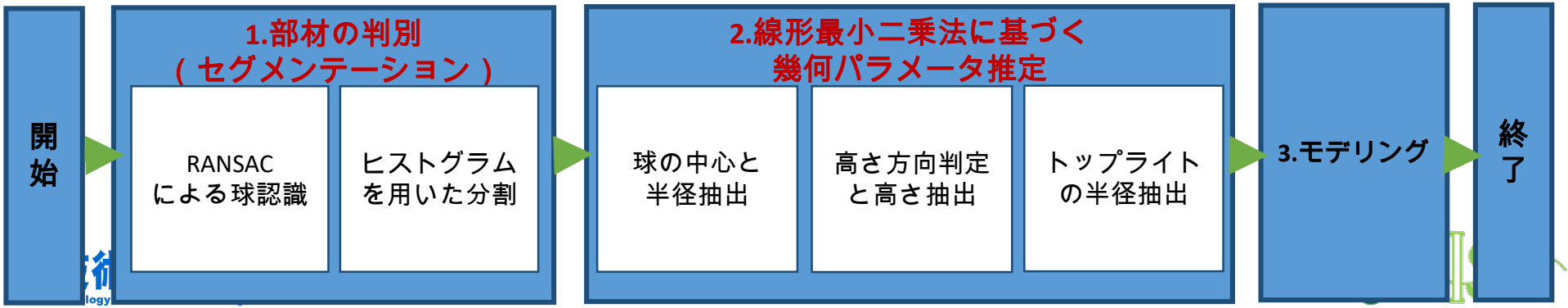
ドームの内観



点群データ



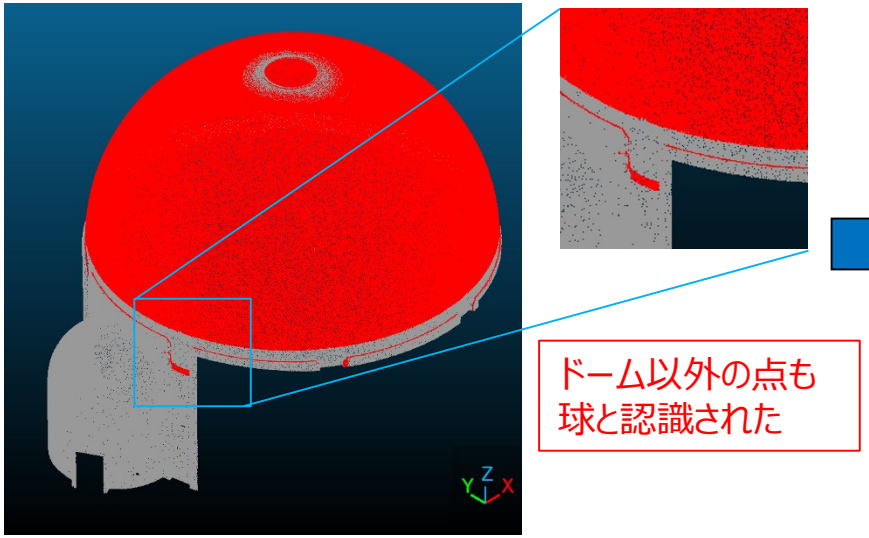
求めるパラメータ



モデル化課題A: 球体

- RANSACとヒストグラムを組み合わせることでドームを構成する点群を識別した。

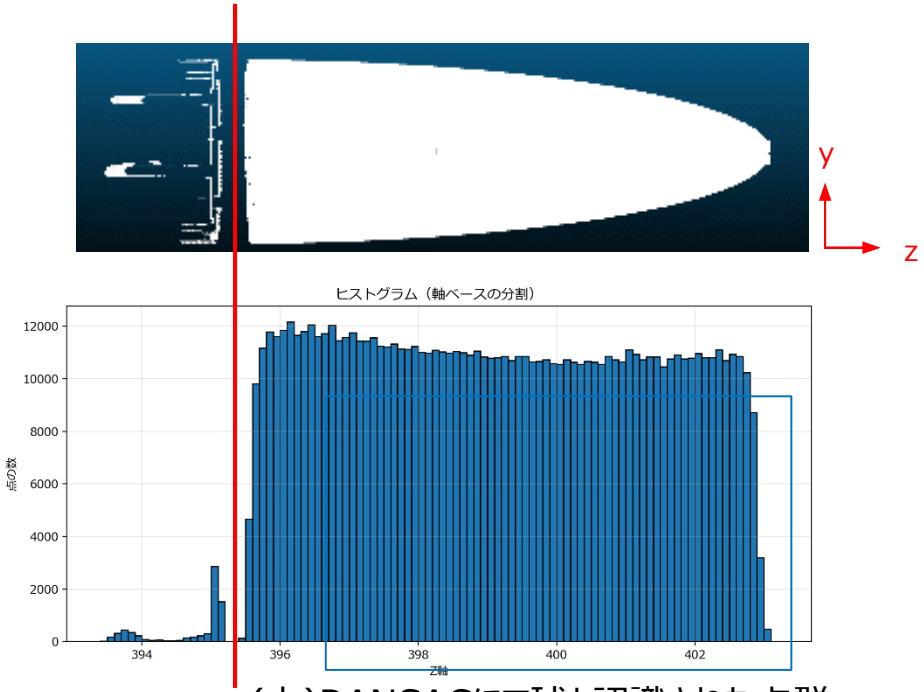
＜RANSAC*による球の認識＞



RANSACの結果(赤が球と認識された箇所)

- ドームに含まれる点群からランダムに4点を選ぶことで球を一意に定義する。
- その球とすべての点の距離を計算し、25 mm以上離れているものを外れ値とみなした。

＜ヒストグラムを用いた分割＞

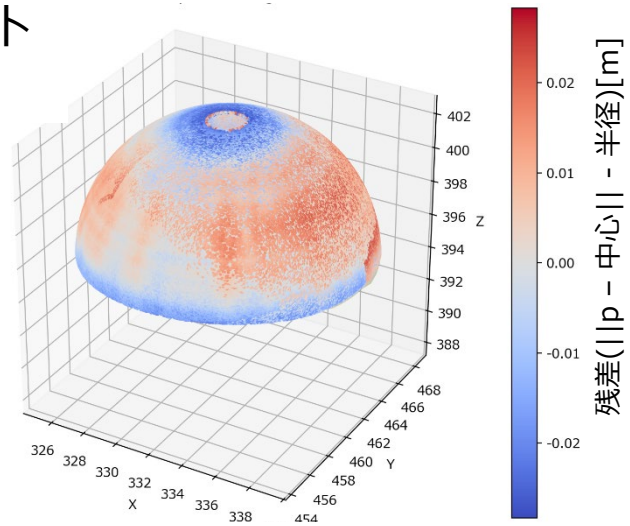


(上)RANSACにて球と認識された点群
(下)上に対応するヒストグラム

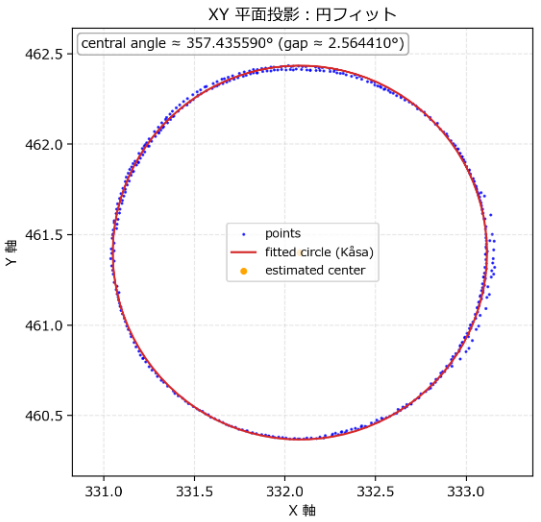
- 点群をZ軸方向に分割し、点が含まれない範囲を境にドームとそれ以外の部材に区別した。

* RANSAC（Random Sample Consensus)・・外れ値を取り除く手法

- ドームの半径 7.964m、トップライトの高さ 7.565m、トップライトの半径 1.033mが得られた。



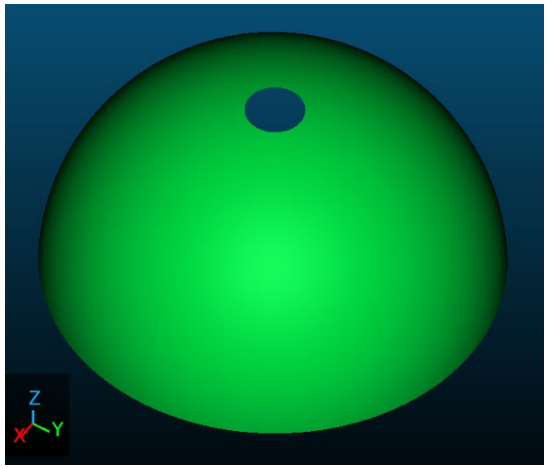
球フィッティング



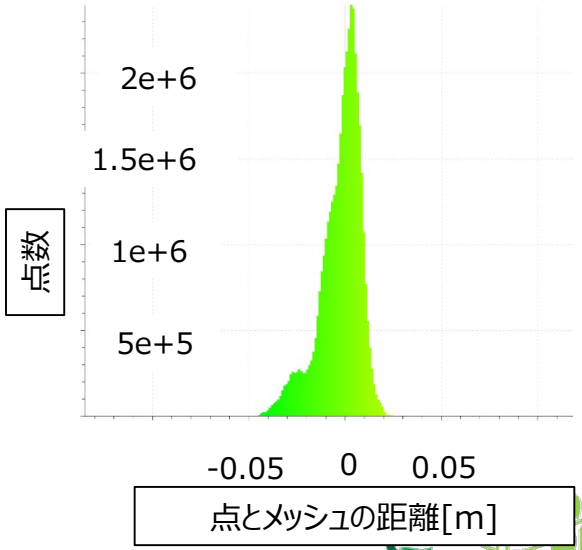
トップライト周辺点群への円フィット結果

3 自動生成したモデルの精度検証

- 点とメッシュの距離の分布を示す右のグラフより、全ての点で誤差が0.05 m以下であることがわかる。また、平均の誤差は0.00244 mである。

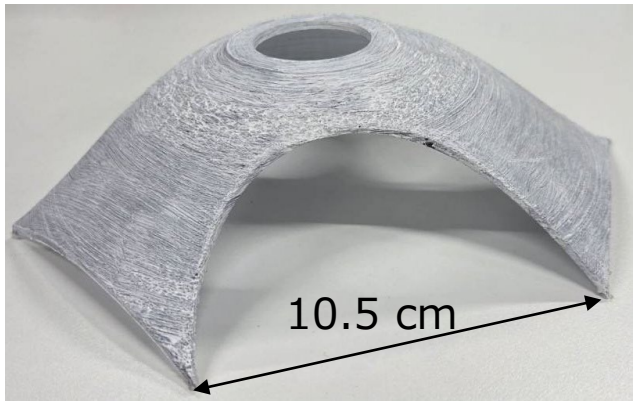


作成されたメッシュモデル



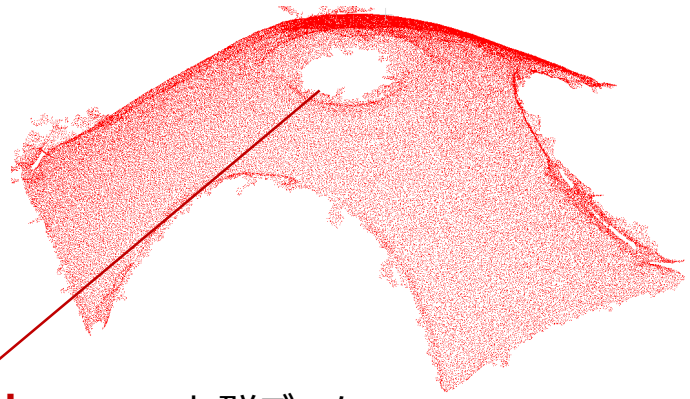
モデル化課題B: 曲面

- AIによるモデル化が難しいとされている。曲率が変わると解析結果も変わるため正確に曲面を再現する必要がある。手作業においては下の図のようにアーチのスパンと高さを計算し、円弧を利用しフィッティングする。
- 開口部付近で点群が粗くなり、円の形状の正確な推定は容易ではない。

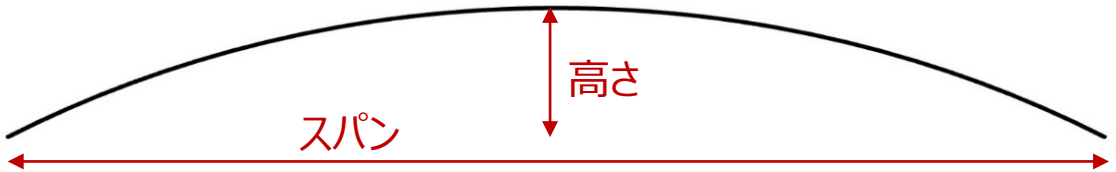


実物



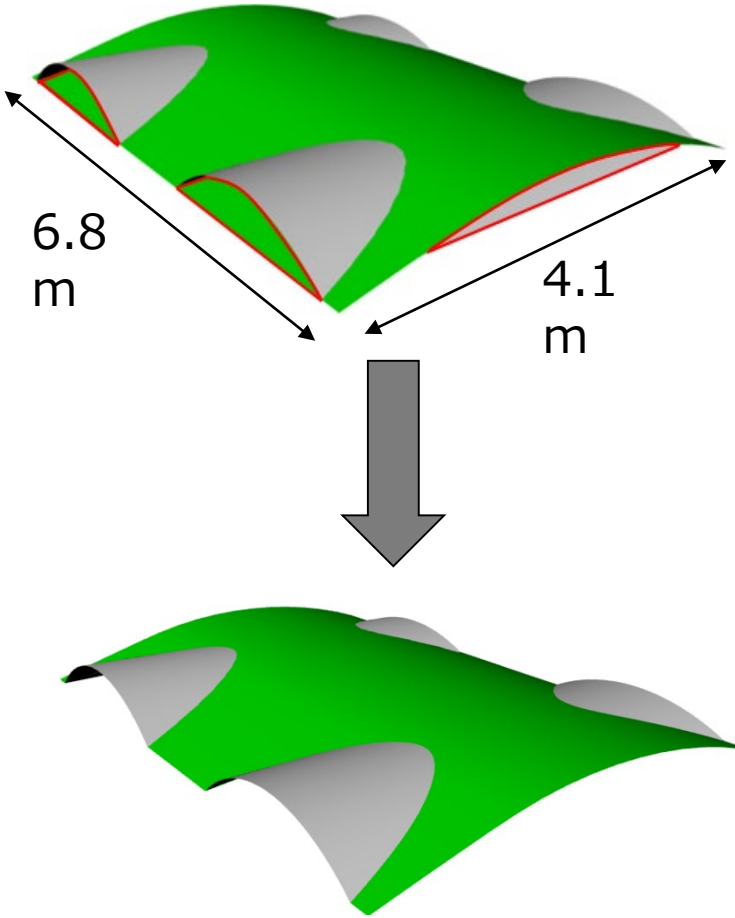


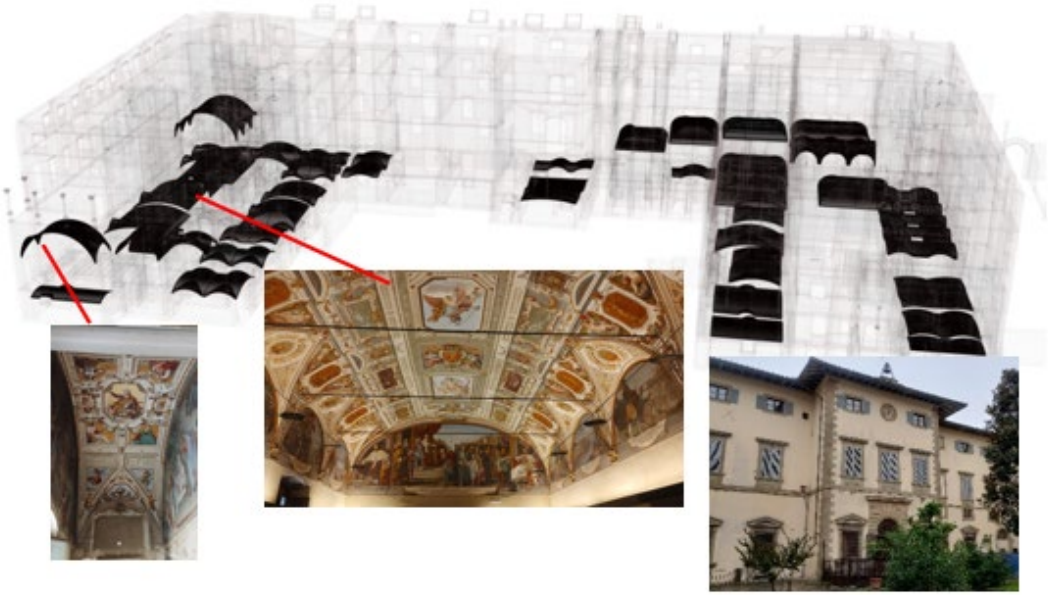
点群データ



アーチの作成

- 複数のヴォールトが直交する形状の場合は、それぞれのヴォールトをつくり、余計な部分を切り取ることで作成できる。
- 下記のモデルは点群データをもとに手動で作成したCAD図面である。これがあれば構造解析への移行がたやすい。

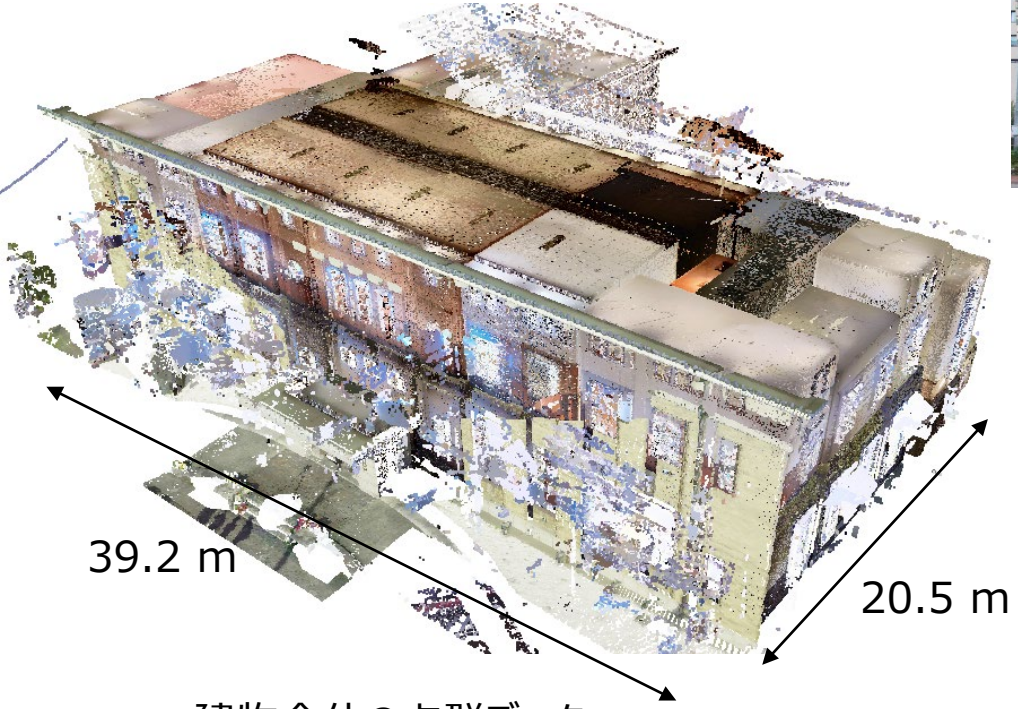




メディチ家宮殿（ヴォールト構造）

モデル化課題C: 部材間境界・開口部

- 柱、梁、壁、天井など部材を自動で判別し、部材間の接合部を明確にする必要がある。
- 開口部は太陽光の影響で窓枠が曖昧になっていることがあり、形の抽出が容易でない。



建物全体の点群データ

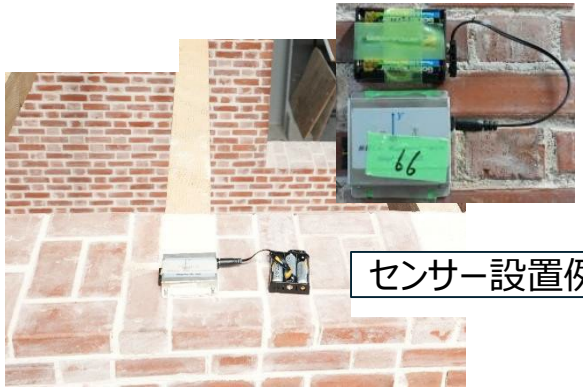


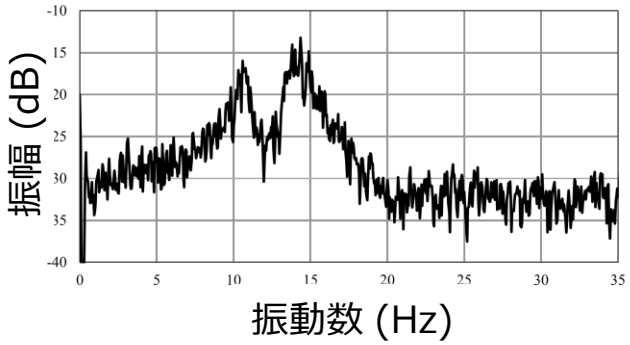
外観



内観

2.3自動構造安全診断プログラム:②構造解析

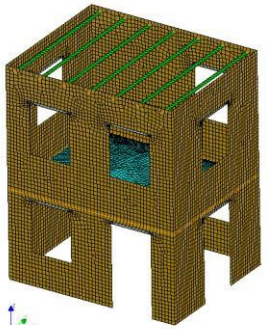


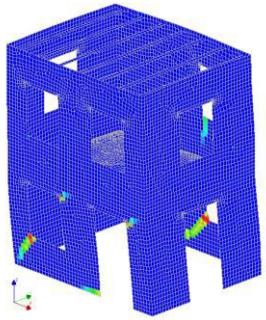


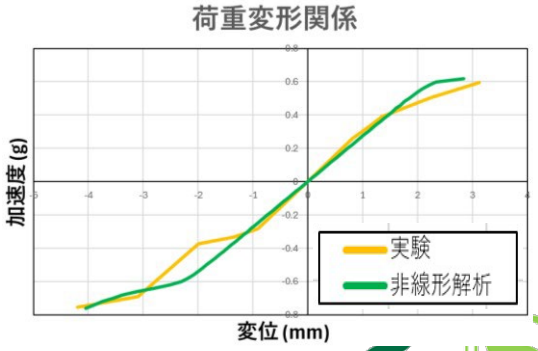
微動実験 → **振動データ処理**

モデル校正 → **耐震解析**



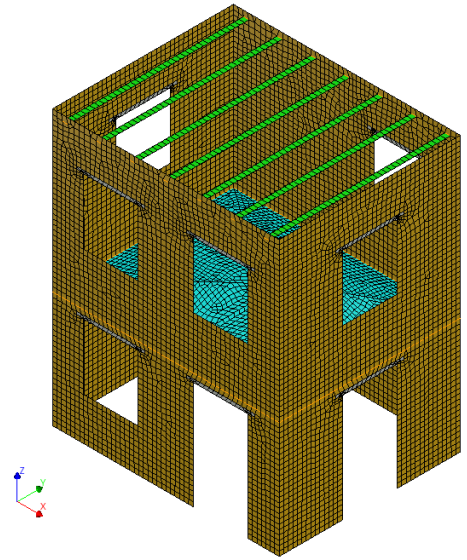






構造解析A: モデル校正

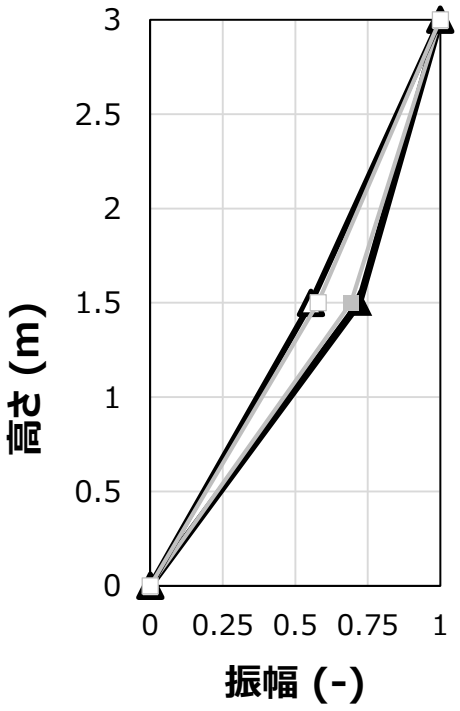
- 固有振動数はY方向の実験値と一致しており他のモードでも実験値と近い値をとっている。
- モード形状も実験値と概ね一致している。



解析モデル

実験値と解析モデルの固有振動数の比較

	X方向		Y方向		ねじれ	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
実験値 (Hz)	10.8	27.3	10.6	25.8	15.1	-
解析モデル (Hz)	11.7	27.4	10.6	22.6	16.8	19.1
誤差 (%)	-8.3	-0.4	0.1	12.4	-11.3	-

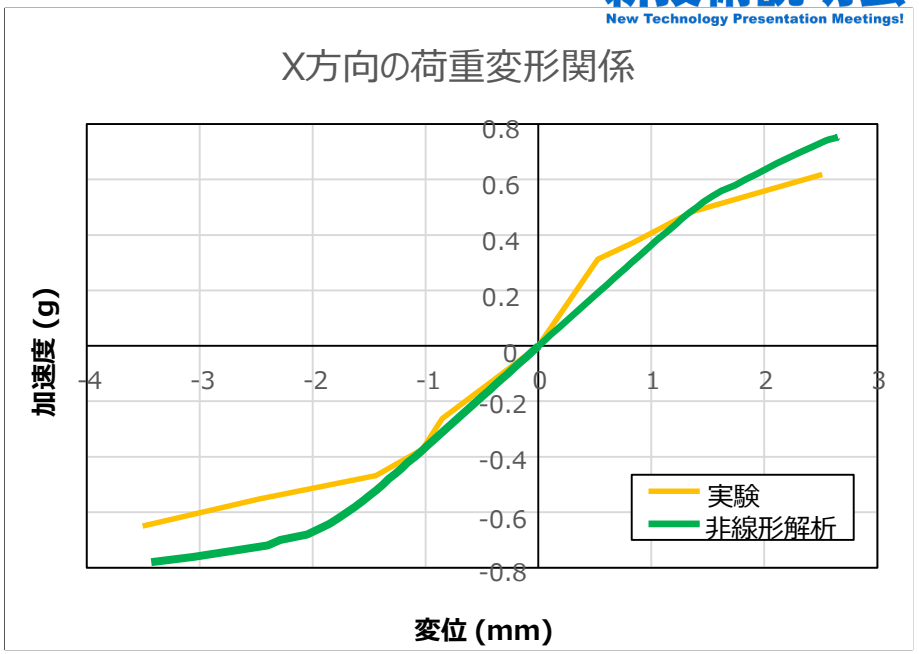


モード形状の比較

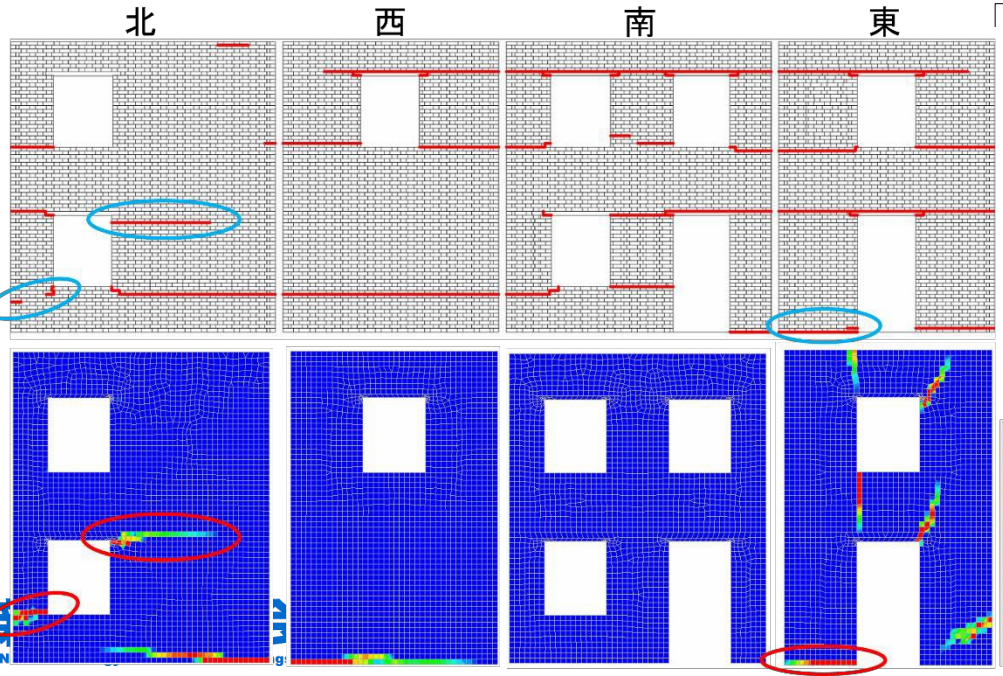
構造解析B: 耐震解析

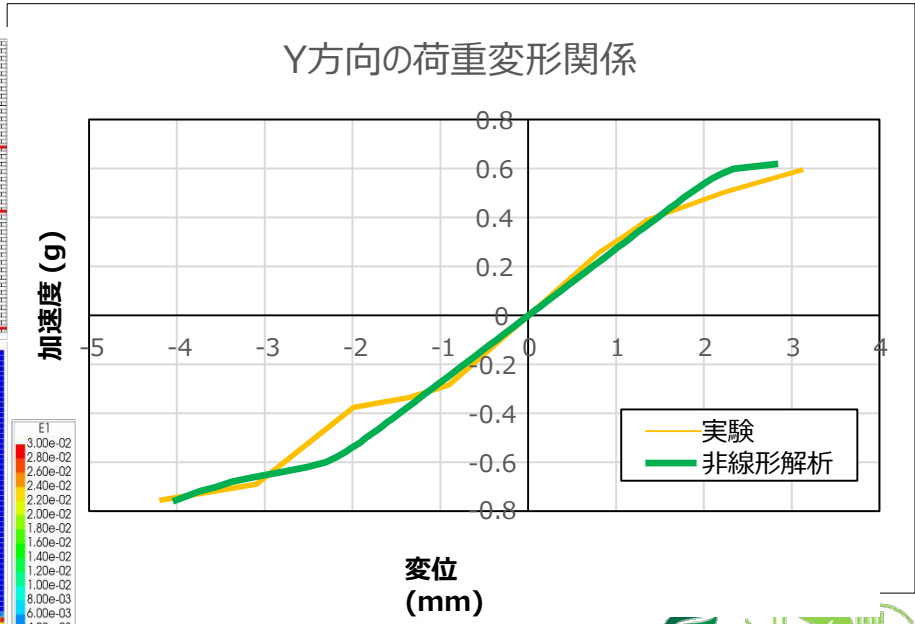
新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

- 荷重変形関係を比較すると、実験と解析でかなり近い値を示しており実構造物を高い精度で表現できている。
- ひずみ分布の図においても図中の丸印の損傷が一致している。



損傷分布比較:（上）実験（下）解析





3 社会実装イメージ:①想定するビジネスモデル

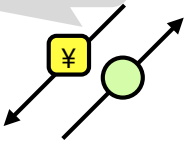
- センサー、システムの販売だけでなく、保守・運用まで一貫したバリューチェーンを本事業で提供。
- 単発的な売上の他に継続的なストック型収益が組み合わさっている点が特長。
- 下記の価格に関しては欧州の顧客候補と協議の上、設定した。



【見込み顧客】
バルセロナ市役所、バルセロナ地下鉄、イタリアのバルセロナ大学、設計事務所

欧州各国の自治体・設計事務所・建物所有者等

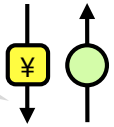
【常時モニタリング】
インフラの健全性や環境変化を把握



自給型センサーの販売

・売り切りモデル。
・センサーの販売を通じて次のAI構造診断システムの販売、管理・保守契約に繋げるため安価に設定。

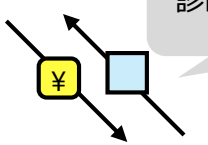
【独自アルゴニズム】
モニタリングデータから、劣化や損傷を自動診断



AI構造診断システムの販売

・売り切りモデル。
・システムは完成済みのため原価はゼロ。

【管理・保守まで提供】
診断結果を踏まえた最適なサービスを提供



文化財・インフラ管理・保守契約

・継続的かつ主たる事業収益となる想定。
・原価はゼロ。粗利率100%。

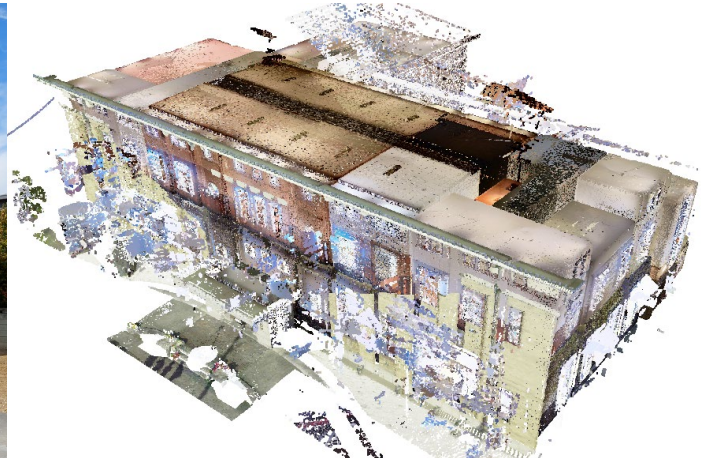
¥ お金　　モノ・システム　　サービス

4 本事業に関連する実績紹介: ①産学連携

2020年～2021年	ミツヤジーホームと耐水害住宅共同開発
2024年	上野石材商会と浅間噴石外装パネル共同開発
2024年～現在	NGK（日本ガイシ）・ムセンコネクト・イノラックスと振動発電センサーの共同研究開発
2025年～現在	ASOLABと自動モデリングプログラム共同研究開発
2026年～現在	経済産業省 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), ディープテック分野での人材発掘・起業家育成事業（NEP）開拓コース委嘱FR







4 本事業に関連する実績紹介: ②文化財修復事業（国内）

2017年～2020年	重要文化財旧第一銀行熊本支店構造補強アドバイザー
2020年～2022年	重要文化財旧日本郵船株式会社小樽支店、小樽市指定木骨石造倉庫群構造補強アドバイザー
2020年～2021年	登録有形文化財旧松本歩兵第五十連隊糧秣庫耐震改修アドバイザー
2021年～2022年	重要文化財旧田中家住宅構造補強アドバイザー
2021年～2023年	上田市指定文化財カネタの煙突構造補強アドバイザー
2025年～現在	登録有形文化財旧岡谷市役所耐震補強アドバイザー







4 本事業に関連する実績紹介: ③文化財修復事業（国外）

2016年～2019年	ネパール重要文化財塔上寺院4棟修復構造補強アドバイザー
2020年～2024年	イタリア重要文化財サン・ジョヴァンニ教会復元アドバイザー
2024年～現在	スペイン重要文化財バルセロナ大学時計塔耐震モニタリング
2024年～現在	スペイン重要文化財バルセロナ大学病院耐震モニタリング
2024年～現在	イタリア重要文化財メディチ家宮殿構造補強アドバイザー
2024年～現在	ルーマニア重要文化財大天使ミカエル・ガブリエル教会構造補強アドバイザー
2024年～現在	イタリア重要文化財サンタ・マリア デッラ ロトンダ教会耐震モニタリング









本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：建造物耐震診断方法及び建造物耐震診断プログラム
- 出願番号：特願2026-051011
- 出願人：信州大学
- 発明者：遠藤洋平

お問い合わせ先

株式会社信州TLO

TEL　0268－25－5181

e-mail: info@shinshu-tlo.co.jp

https://shinshu-tlo.co.jp/technology/

The images with alphabets are copied from the links below in accordance with the Creative Commons (CC) agreement.

a. https://ja.wikipedia.org/wiki/埼玉県八潮市道路陥没事故#/media/ファイル:Road_collapse_accident_in_Yashio_City_(2025-01-31)_MLIT_Japan.png
b. https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_Morandi_collapse#/media/File:Ponte_morandi_crollato.jpg
c. https://en.wikipedia.org/wiki/Florence#/media/File:Firenze_panorama_from_the_Giardino_Bardini.jpg
d. https://ja.wikinews.org/wiki/東京スカイツリーでエレベータが一時停止、乗客20人が閉じ込められる
e. https://ja.wikipedia.org/wiki/中央新幹線#/media/ファイル:2016年10月時点の中央新幹線計画路線.jpg
f. https://en.wikipedia.org/wiki/Power_station#/media/File:Kraftwerk_Niederaußem_2006.jpg(CCBY2.0)
g. https://ja.wikipedia.org/wiki/工場#/media/ファイル:Singur_Plant_(Chemical_factory)_of_Himadri_Speciality_Chemicals_Limited_in_Hooghly_district_(18_June_2022).jpg


MOLTES
GRÀCIES!!