

2025年3月7日 JSCA東北支部 技術発表会

小型地震計測 **NAMISII**TM と

2点計測による建物モード特性評価



建築営業部 カスタマーサポートセンター 榎本 祐実

技術研究所 研究開発グループ 第四研究室 佐藤 匠



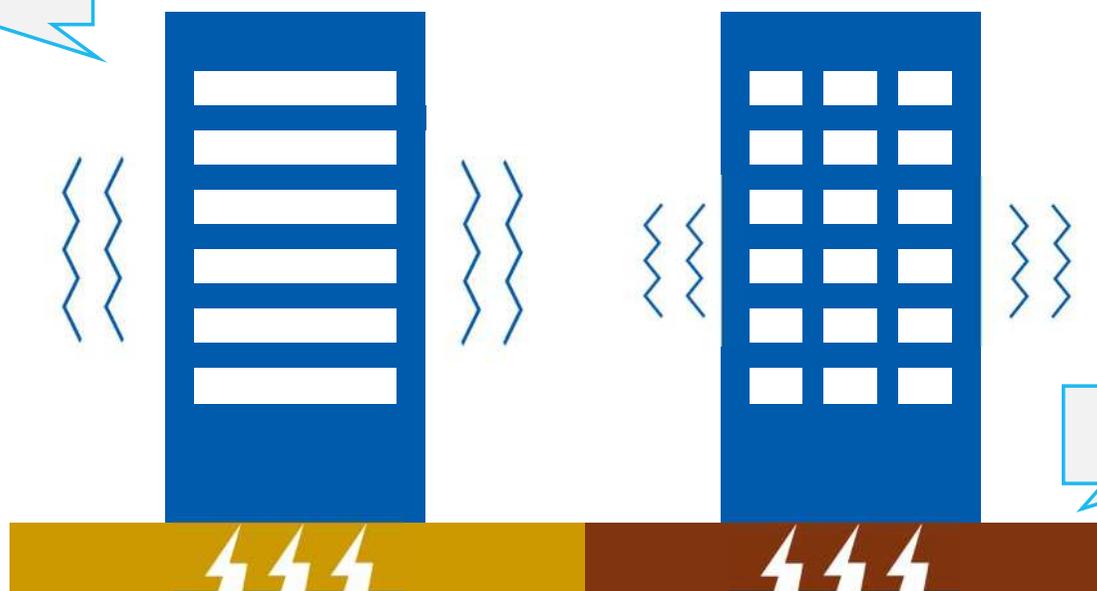
小型地震計 NAMISIIL™ について



背景

同じ震度でも建物固有の揺れがあり、被災度が異なる

形状の差



地盤の差



背景

南海トラフ地震や首都直下地震などの大型の地震へのBCP対策

地震計測システムのニーズ

高



背景

従来の地震計測システム = ハードルが高い



300万～1000万程度の

高額な初期費用



複数の機器を設置する

スペース確保





NAMISIIL™とは

飛島が開発した安価で設置の容易な小型地震計測システム

**計測・分析・記録・制御
全てこれ1つで完結**





NAMISIIL™とは

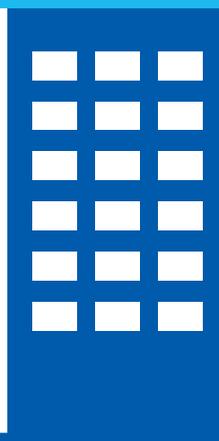
中小規模の建物や既存建物に設置しやすい地震計測システム

従来の

1/10のコスト

簡単施工

省スペース





システム導入によるお客様のメリット

- **応急危険度判定よりも迅速**な建物の安全性確認
- **遠隔地**からの建物の安全性確認
- 素早い状況把握による**迅速な復興支援**
- 常時小規模な揺れを計測し、**異常を早期発見**
- 中規模建物でも**安価**で地震計の設置が可能



2点計測による鉄骨造建物のモード特性評価※

※参考文献) 佐藤匠：忘却係数付き逐次最小二乗法により評価した鉄骨造建物のモード特性, とびしま技報, 第72号, 2024.11
(https://www.tobishima.co.jp/laboratory/technique/pdf/72/gihou_72-2024-08.pdf)



建物概要

表-1 当該建物概要

項目	内容
所在地	福井県福井市
竣工	2001年11月
構造	鉄骨造（トグル制震）
階数	地上9階，塔屋1階
最高高さ	55.2m
基礎	場所打ち杭基礎
建築面積	6,091m ²
延床面積	19,642m ²

●：地震計設置位置

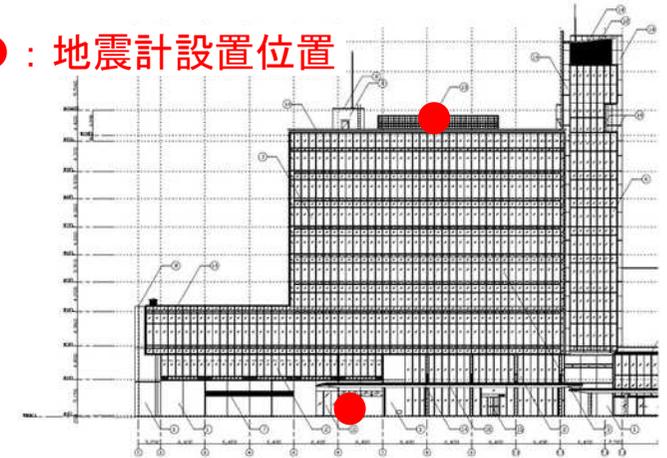


図-1 南立面図



図-2 6階平面図



写真-1 建物全景



立体解析モデルの固有値解析結果

表-2 立体応答解析モデルの固有値解析結果

モード	固有振動数 [Hz]	備考
1次	0.799	Y方向1次モード
2次	0.845	X方向1次モード
3次	1.026	ねじれ方向1次モード
4次	2.105	Y方向2次モード
5次	2.262	X方向2次モード
6次	2.410	ねじれ方向2次モード

MODE 1

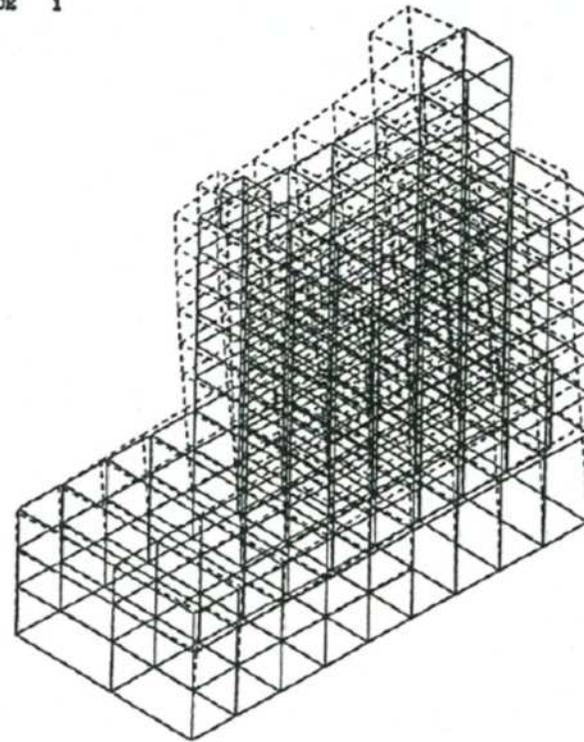


図-3 立体解析モデルによるモード図



地震観測記録

表-3 地震記録の概要

地震発生日	計測震度 (1階)	震央地名・地震名 (震源深さ[km])	M _w
2024/1/1	4.1	能登半島地震 (16.0)	7.6
2024/1/6	2.0	石川県能登地方 (12.0)	5.4

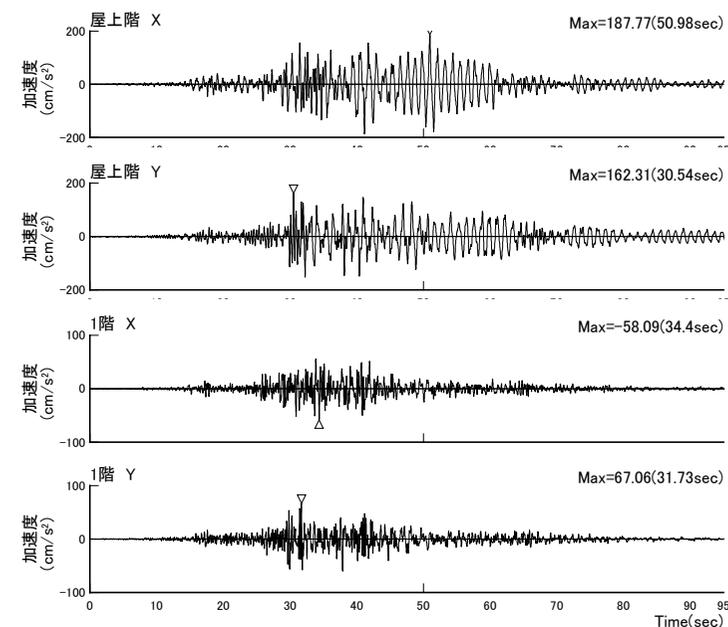


図-3 地震動の観測加速度波形
(c) 2024/1/1発生地震(抜粋)

地震記録の分析手法

ARXモデルとして同定

<特徴>

- ✓ 物理情報に寄らない**数値情報のみ**でモデル化
- ✓ 複雑な情報を比較的**単純なモデル**に置き換える
- ⇒ **主に計測記録のみ**で検証可能
- ⇒ **実状のみ**を正確に把握できる



1階地震記録 Z



ARXモデル

$$Y = \theta \times Z$$



屋上階地震記録 Y



パラメータベクトル： θ ⇒ 固有振動数、減衰比、刺激関数を算出可能

地震記録の分析手法

忘却係数付き逐次最小二乗法※

時刻歴で変化するパラメータベクトル（固有振動数、減衰比など）を時間軸による重み付けにより同定する手法。瞬間的な減衰比の上昇や、地震入力低下後の固有振動数の回復などの時間変化を表現できる。

$$y_N = z_N^T \theta_N \quad (1)$$

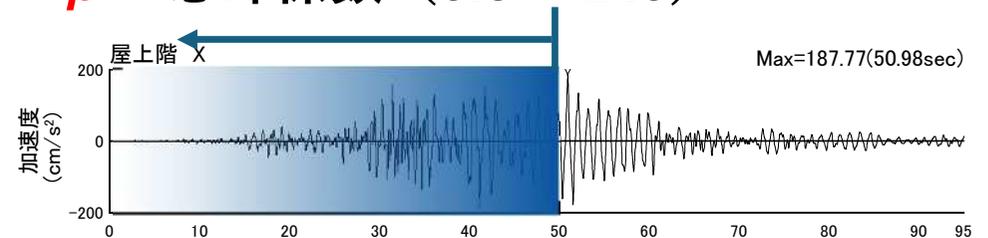
$$\hat{\theta}_N = \hat{\theta}_{N-1} + \frac{P_{N-1} z_N}{\rho + z_N^T P_{N-1} z_N} (y_N - z_N^T \hat{\theta}_{N-1}) \quad (2)$$

$$P_N = \frac{1}{\rho} \left(P_{N-1} - \frac{P_{N-1} z_N z_N^T P_{N-1}}{\rho + z_N^T P_{N-1} z_N} \right) \quad (3)$$

$$z_N = \{y_{N-1} \quad y_{N-2} \quad u_N \quad u_{N-1} \quad u_{N-2}\}^T \quad (4)$$

$$\theta_N = \{a_1 \quad a_2 \quad b_0 \quad b_1 \quad b_2\}^T \quad (5)$$

ρ : 忘却係数 (0.9 ~ 1.0)



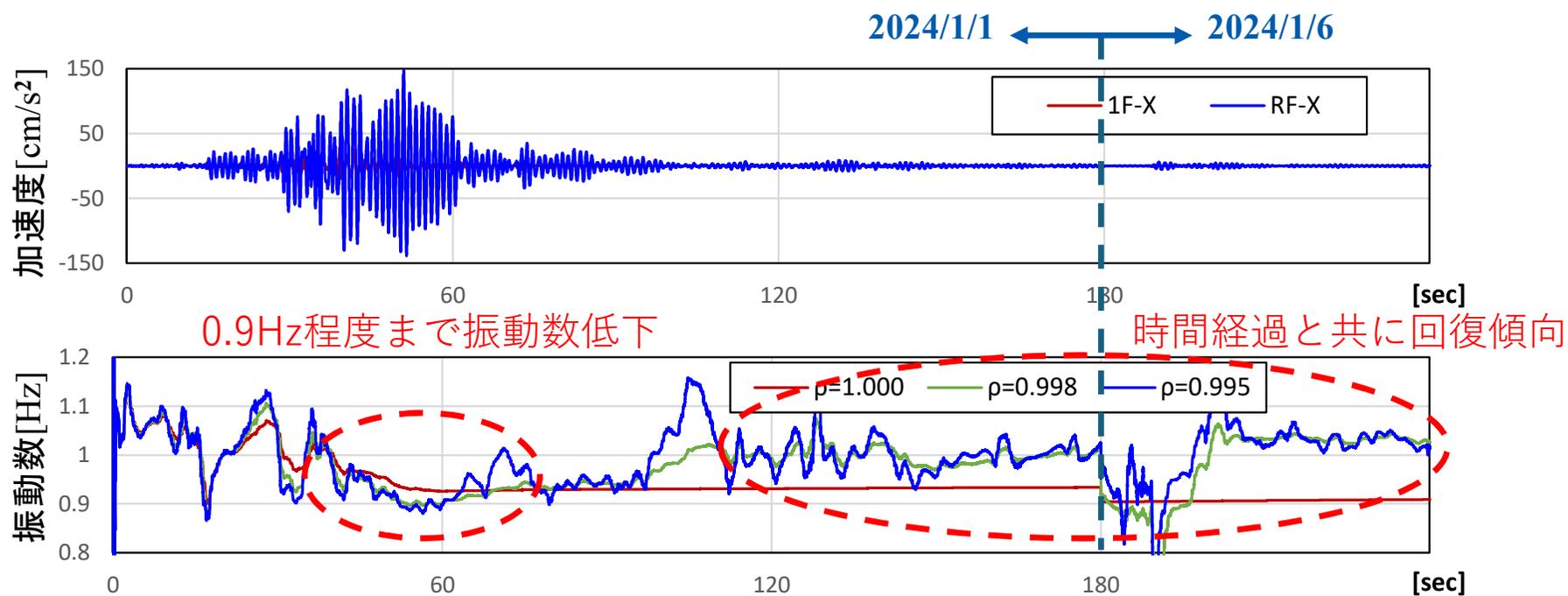
対象時刻に近いデータに重きを置いて同定できる。

※参考文献) 池田芳樹 : 忘却係数付き逐次最小二乗法による建物動特性の地震時変化の評価, 日本建築学会技術報告集, 第18巻, 第38号, pp.51-54, 2012.2



地震記録の分析結果

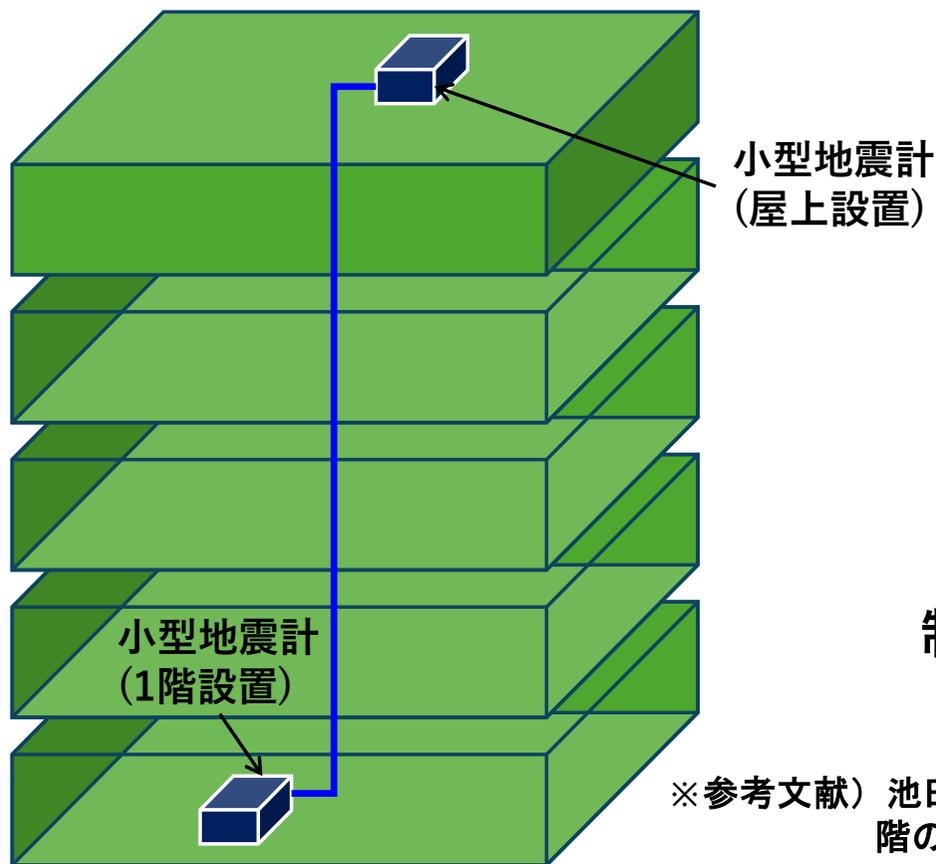
2024年1月1日発生地震 + 2024年1月6日発生地震



(a) X方向

図-1-1 連続した観測記録の同定結果

ARXモデルのその他の活用法※



図面情報等のない建物に地震計設置



地震記録からARXモデルを作成



付加減衰を想定して応答解析



制振補強の概算検討を行い、補強提案

※参考文献) 池田芳樹: ARXモデルに基づく減衰配置と地震観測されていない階の応答の近似値推定, 日本地震工学会大会梗概集, 第4巻, pp.166-167, 2005.11



まとめ

- **小型地震計「NAMISIIL」** について概要と導入メリットについて説明
- 鉄骨造事務所ビルの **1階および屋上階の2点の地震記録** からモード特性を評価するため、ARXモデルの同定を行った。
- 固有振動数の回復などの**時間変化を評価**することが出来た。
- 飛島建設では自社施工建築物を対象にNAMISIILの**導入費用無料**での標準装備を進めている。そのほか偏心建物や歴史的建築物など、**研究対象としての構造物の強震観測**も進めている。



END

