

## ナノファイバーからなる静電誘導型振動センサの開発

### Development of electrostatic induction vibration sensor consisting of nanofibers

大阪大学・産業科学研究所  
野田祐樹

大分類 土木  
小分類 防災・減災・復興

1/16

## 災害から誰もが守られる社会の構築を目指して

平常時

災害時



クルマ・ヒトの流れ → マーケティング  
振動・騒音 → 生活環境情報

地震・土砂災害 → 建物被害 交通マヒ  
クルマ・ヒトの流れ → 避難経路の確保

市場活性化・住民サービス  
防災計画の策定を支援

避難行動の意思決定を支援  
救助・復旧の策定を支援

2/16

## コンクリートインフラの老朽化対策は急務

約53%の建造物が  
経過年数30年以上!!



首都高の橋梁  
<http://carinobluedoll.blog28.fc2.com/blog-entry-2297.html>



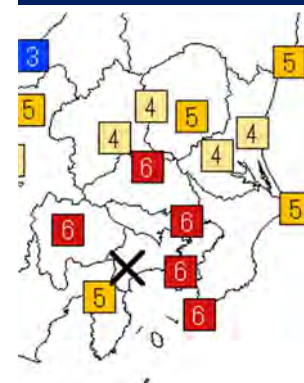
コンクリート1.3トン分落下 JR神戸線の高架橋  
2019/8/25  
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZ048978150V20C19A800000/>

(2014年現在)首都高速会社HP資料より  
<https://nikkan-spa.jp/854340>

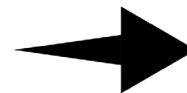
3/16

## センサと情報密度

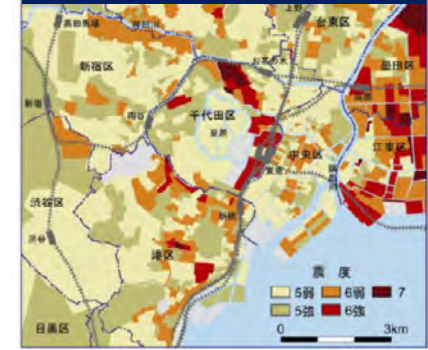
現状の震度マップ  
(イメージ図)



センサ数増大  
情報密度の向上



想定図  
(現実の解像度ではない)



今いる場所の危険性を明確化・次の行動の指針へ

4/16

## 実際のセンサ密度

● : 気象庁 ● : 地方公共団体 ● : 国立研究開発法人防災科学技術研究所



地震関連のセンサ密度

	東京	日本
震度観測点	132点	4372点
センサ密度	6点/100km <sup>2</sup>	1点/100km <sup>2</sup>

\* 気象庁HP, “震度観測点”より

センサ密度が低く (センサの設置数が少ない) 理想にほど遠い

5 / 16

## 既存のセンサ

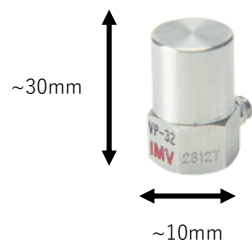
	周波数	加速度	電力 (センサのみの見積)	コスト
サーボ式	△ (DC-100Hz)	◎ (30m/s <sup>2</sup> )	△ (数W)	× (65万円)
加速度 ピックアップ	○ (10Hz-10kHz)	◎ (9,800m/s <sup>2</sup> )	◎ (0 W)	× (8万円)
MEMS式1	△ (DC-1,000Hz)	○ (20m/s <sup>2</sup> )	△(数W)	× (35万円)
MEMS式2	△ (DC-200Hz)	◎ (80m/s <sup>2</sup> )	○ (数mW)	◎ (< 1000円)

価格と性能のバランスがとれた振動センサが必要

6 / 16

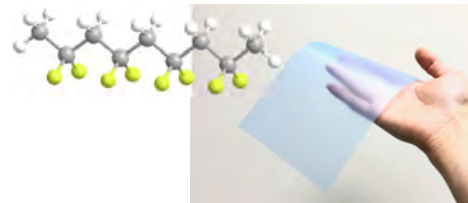
## 材料の観点

無機圧電体  
(加速度ピックアップ)



1ch : 約8万円  
(xyz 3成分で約24万円)  
計測システム含めると数百万

有機圧電体



無機圧電体

- ✓ 高感度
- 高価
- 希少金属

有機圧電体

- ✓ 成膜性・柔軟性
- ✓ 大面積化
- ✓ 低コスト(数百円/g)

7 / 16

## 社会課題と目的

社会課題

- ・情報が**広域**
- ・情報にリアルタイム性がない  
➡ 災害時は、**危機を自分のものとして捉えられない**

原因

- ➡ 震度計が高価で多点配置できない
- ・情報システムの整備

目的

- ・安価で高性能な振動センサの開発  
➡ 振動・震度情報を検出できるセンサを数多く設置

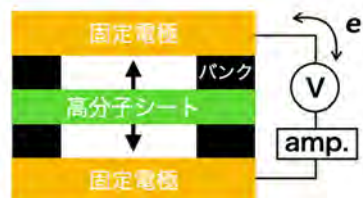
8 / 16

# 有限要素法を用いた振動センサの設計

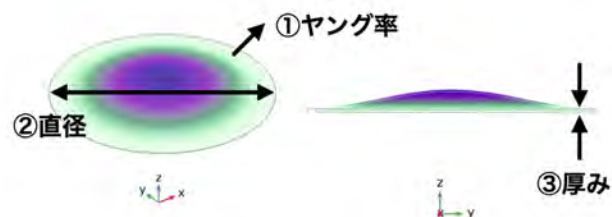
## センサ設計指針

- 計測対象の振動帯域からセンサ自体の共振を避ける
- 最大周波数10 kHz以下の周波数帯域で共振が発生しない構造を設計

## センサ構造



## 検討項目(3点)



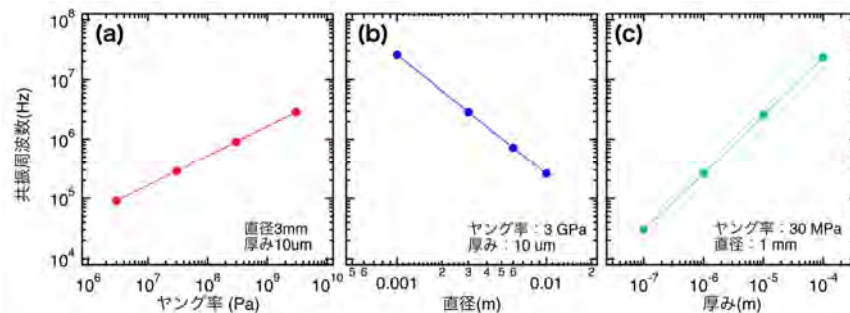
9 / 16

# 有限要素法を用いた振動センサの設計

## ①ヤング率

## ②直径

## ③厚み

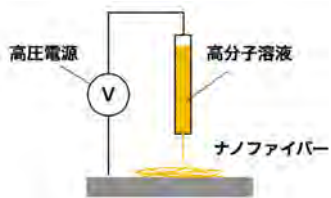


共振点10KHz以上を実現：ヤング率 > 1 MPa, 直径 < 10mm, 厚み > 0.1um

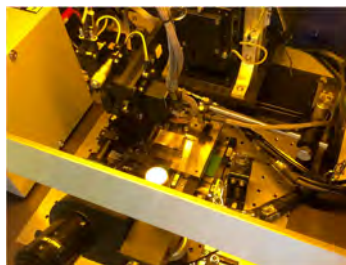
10 / 16

# 電気紡糸技術（エレクトロスピニング）を用いた印刷形成プロセスの確立

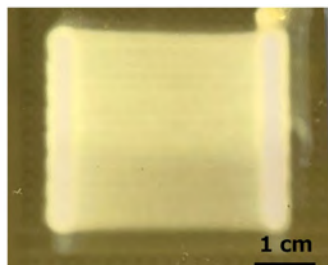
## 原理



## 動画



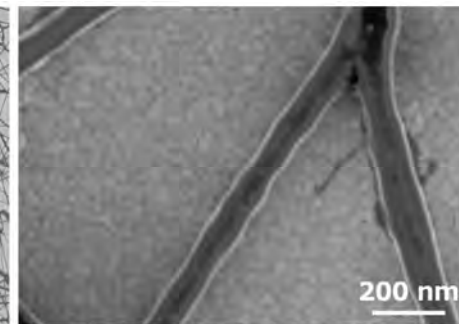
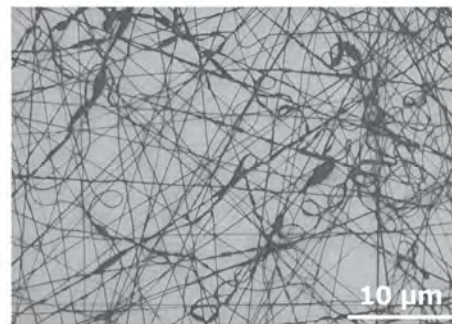
## ナノファイバーシート



P(VDF-TrFE)溶液をエレクトロスピニングで紡糸  
ナノファイバーシートの形成に成功

11 / 16

# SEMによるファイバー形状の確認

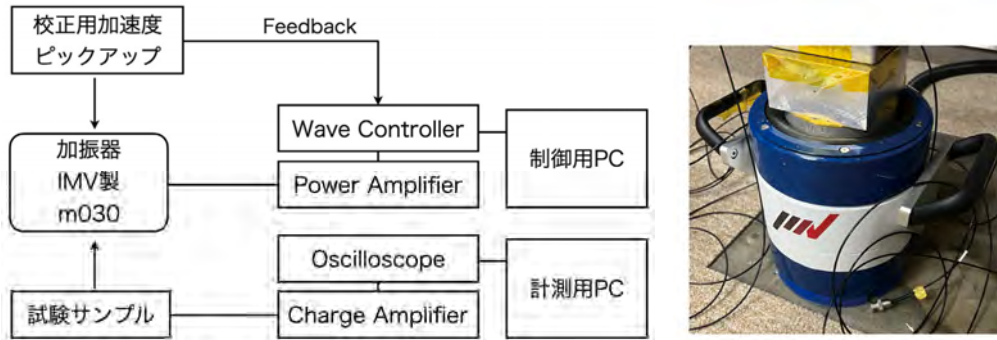


直径が約100 nmのP(VDF-TrFE)ファイバーの印刷形成に成功  
材料費：数百円以下で形成可能

12 / 16



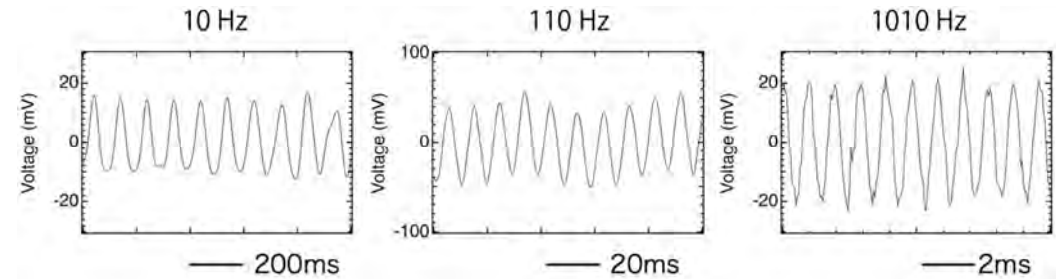
## 振動センサの評価環境



動電式振動試験器で正弦波を印加・FFT

13 / 16

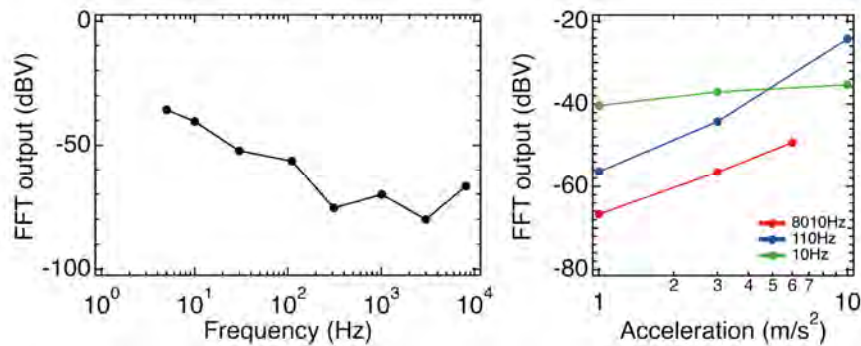
## 時間領域波形



印加した周波数に相当する正弦波を再現

14 / 16

## 周波数領域と出力直線性



- ✓ 5Hz-8010kHzの振動検出に成功
- ✓ 110Hz, 8010Hzは優れた直線性
- ✓ 10Hzは変位量の増大による頭打ちを示唆

15 / 16

## まとめ

- ✓ 災害から誰もが守られる社会の構築を目指す
- ✓ 震度情報の密度を向上させる
- ✓ 安価で高性能な振動センサの開発
- ✓ ナノファイバーからなる静電誘導型振動センサを提案
- ✓ 有限要素法を用いた振動センサの設計
- ✓ 電気紡糸技術（エレクトロスピニング）を用いた印刷形成プロセスを確立しナノファイバーシートの形成に成功
- ✓ 5Hz-8010kHzの振動検出に成功
- ✓ 材料費は数百円以下

ご静聴ありがとうございました

16 / 16