

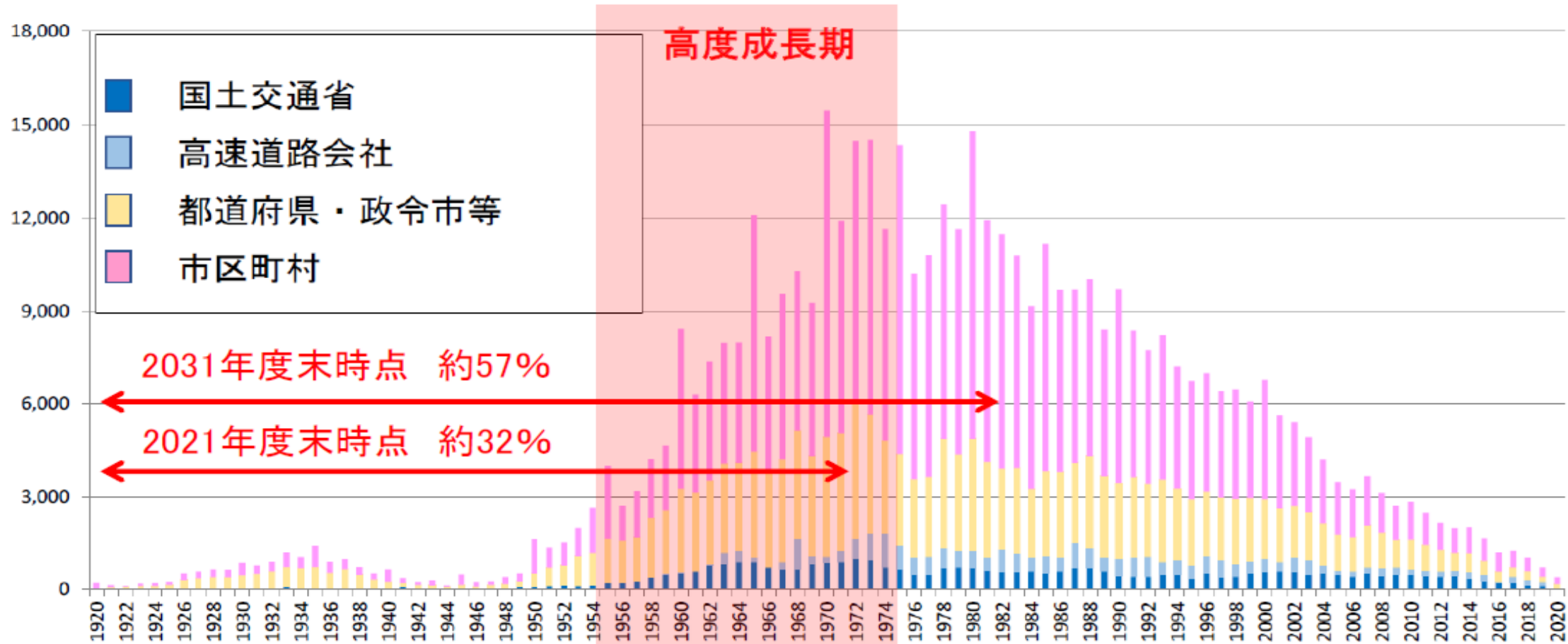
環境発電による橋梁の 構造健全性モニタリングシステム

関西大学 システム理工学部 機械工学科
教授 小金沢 新治

2025年9月18日

老朽化の急激な進展

日本には橋梁が約73万橋ある。ただし、この他に建設年度不明な橋梁が23万橋ある。
大半が市町村管理の橋長15m未満の橋梁。
建設後50年を経過した橋梁は2022年時点で34%。2032年には59%に急増。



終戦前後の10年ほどの建設数は極端に少ない

<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>

道路メンテナンス年報（2023年度 国土交通省）

定期点検2巡目の結果（2024.8発表）

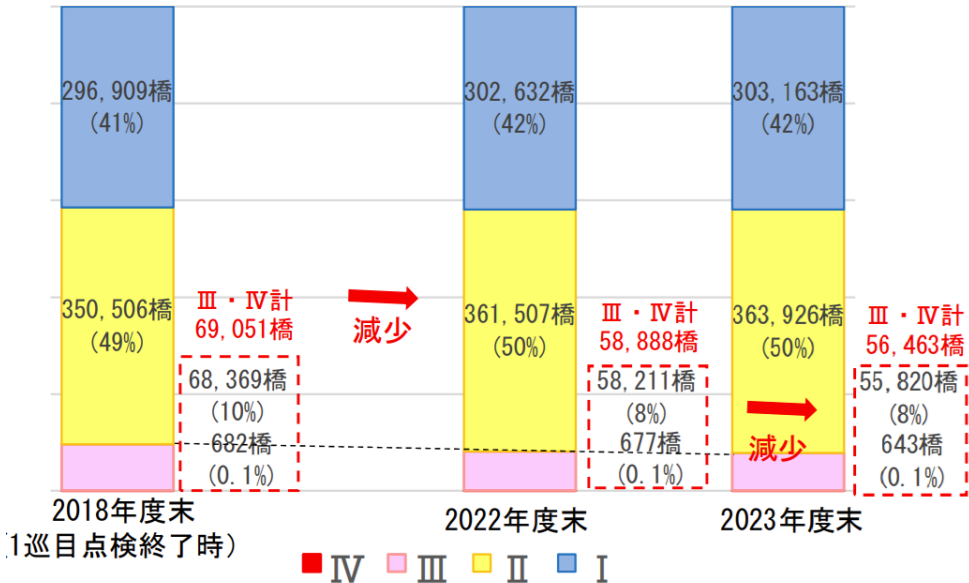
1 巡目点検で修繕が必要とされた橋梁の修繕等措置状況

管理者	措置が必要な 施設数 ※1	措置に着手済み の施設数	うち完了
国土 交通省	3,340	3,340 (100%)	2,724 (82%)
高速 道路会社	2,532	2,532 (100%)	2,164 (85%)
地方 公共団体	60,482	50,129 (83%)	39,688 (66%)

地方公共団体の修繕が必要な橋梁の 措置着手・完了率が低水準

※1: 判定区分Ⅰ～Ⅳのうち、判定区分Ⅲ（早期措置段階）及び判定区分Ⅳ（緊急措置段階）の橋梁数
※2: 判定区分Ⅲ・Ⅳである橋梁は次回点検まで（5年以内）に措置を講ずべきとされている

橋梁の判定区分毎の施設数と割合

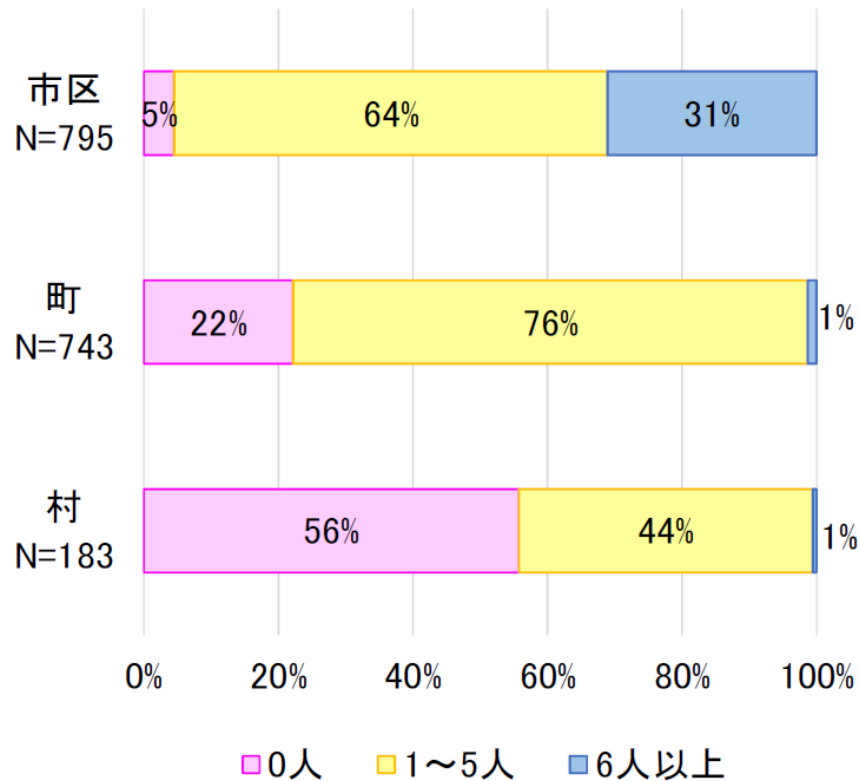


1 巡目点検終了時と比較して、建設後50年を経過した橋梁数は増加している一方で、修繕等が必要な判定区分Ⅲ・Ⅳの橋梁は56,463橋であり、年々着実に減少している

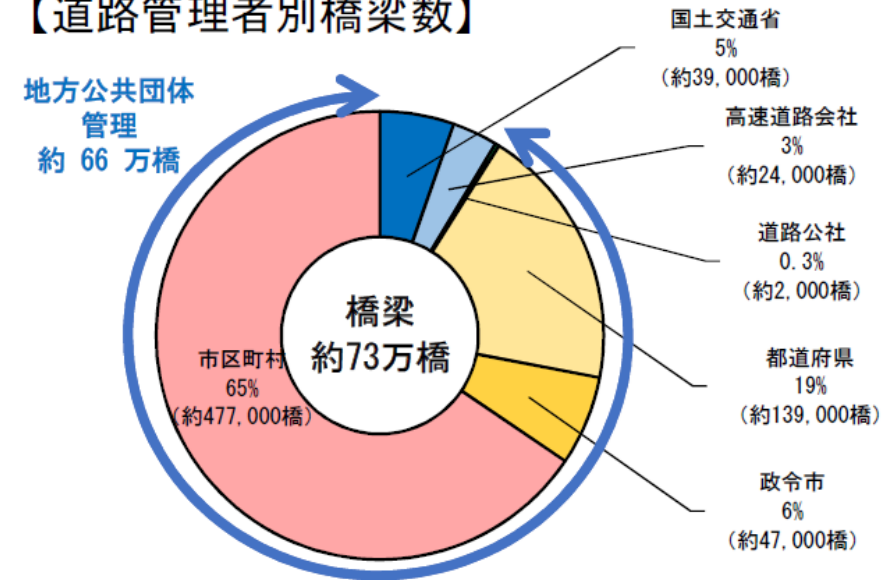
市町村の土木技術者の不足と土木予算の減少

73万の橋梁の9割以上が地方公共団体の管理下にある
(この他に建設年度不明な橋梁が23万橋が市町村管理)
橋梁管理に携わる土木技術者が存在しない市町村の割合高い
土木費用の減少: 1993年から44%減少

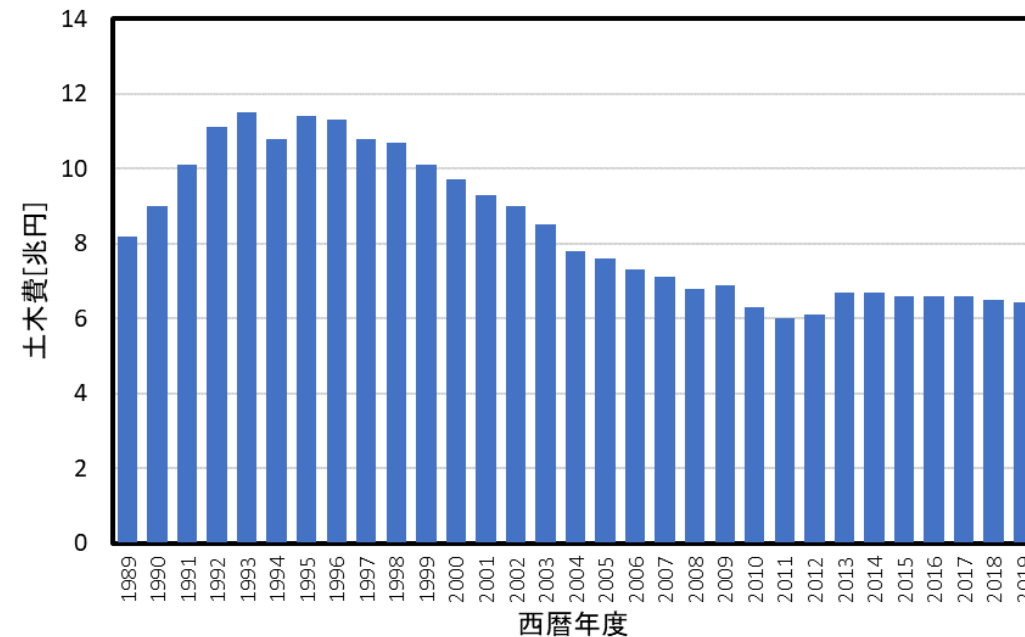
<2022年5月時点>



【道路管理者別橋梁数】



市町村における土木費の推移



橋梁の老朽化の進展と点検に関する法令 ～健全性の点検では何をしなければならないのか～

法令化により、必要な知識及び技能を有する者が、近接目視により、5年に1回の点検を行い、健全性を4段階で評価しなければならない。

橋梁のほとんどを管理する地方公共団体の、土木技術者不足と
予算の縮小により、措置が必要な橋梁の17%が未着手。

市町村の手助けになるような、低コスト(導入・運用コスト)の
技術開発が必要である。

背景・目的

■構造物の振動検出にセンサを使った研究例

- ・出力を増幅するためのアンプの**電源**や、無線通信のために**電源**が必要。
このため、配線工事などによって電源確保が必要。

圧電型加速度センサ

主にセラミックスなどの脆性材料
衝撃力に弱く、耐久性の面で適用箇所が絞られる

ひずみゲージ

ブリッジ回路への通電のための電力や、
電位差検出のための電力が必要

システムを広く普及させるには、
電源施設工事をなくし、環境発電など発電機能を持ったシステムが必要

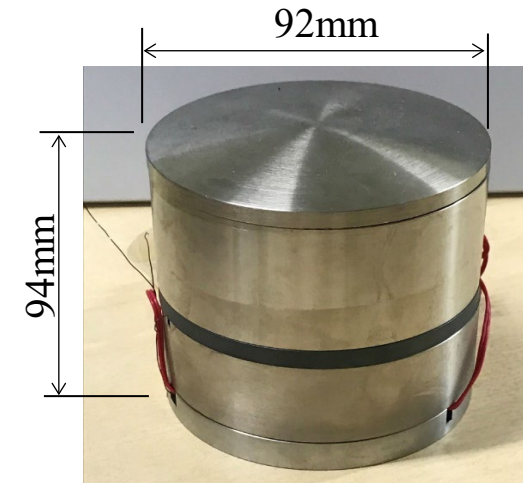
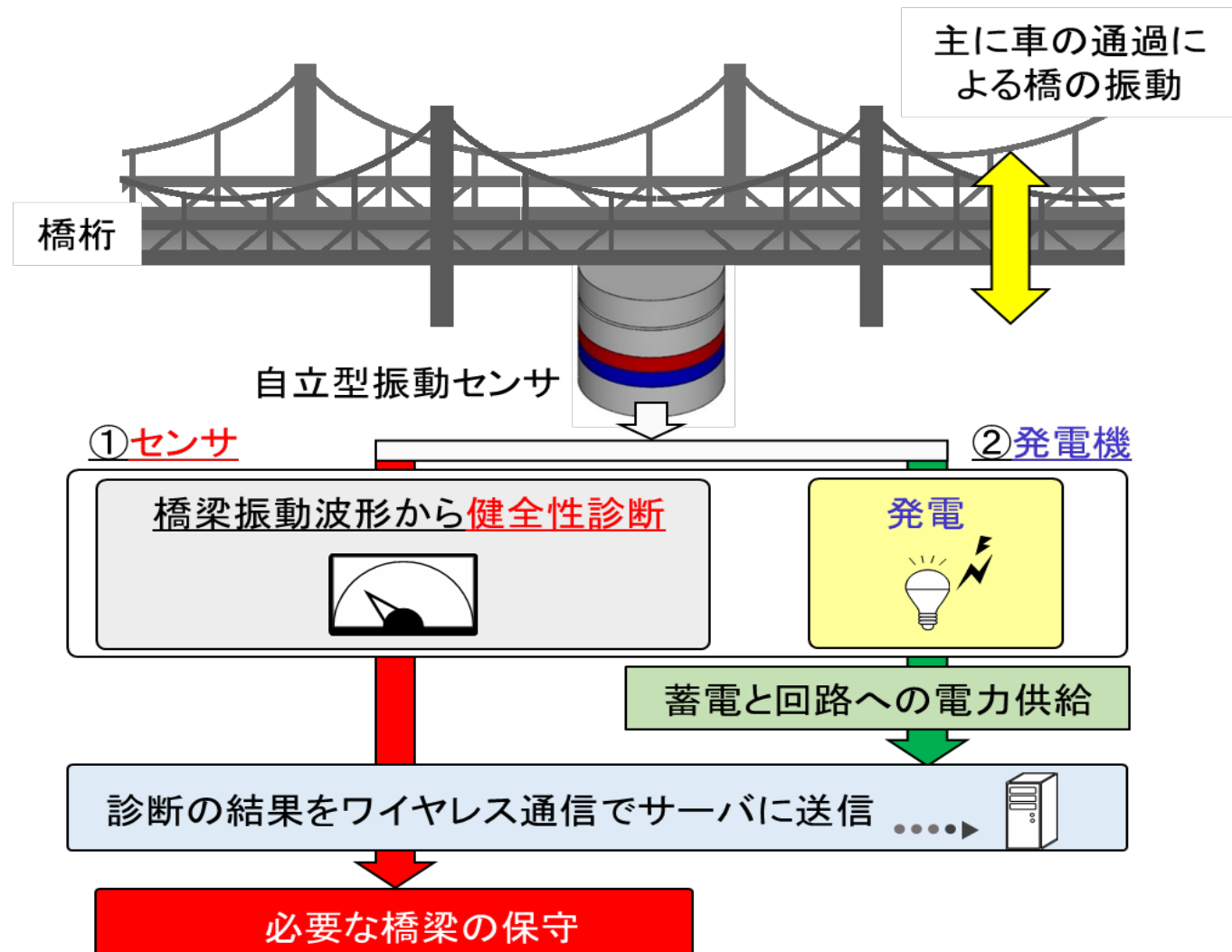
【目的】



高架橋の健全性診断を行うための**電源不要の健全性診断システム**を開発

研究の概要

橋の振動から自前で発電し、
その電力で健全性診断を行う電源不要のシステムの開発

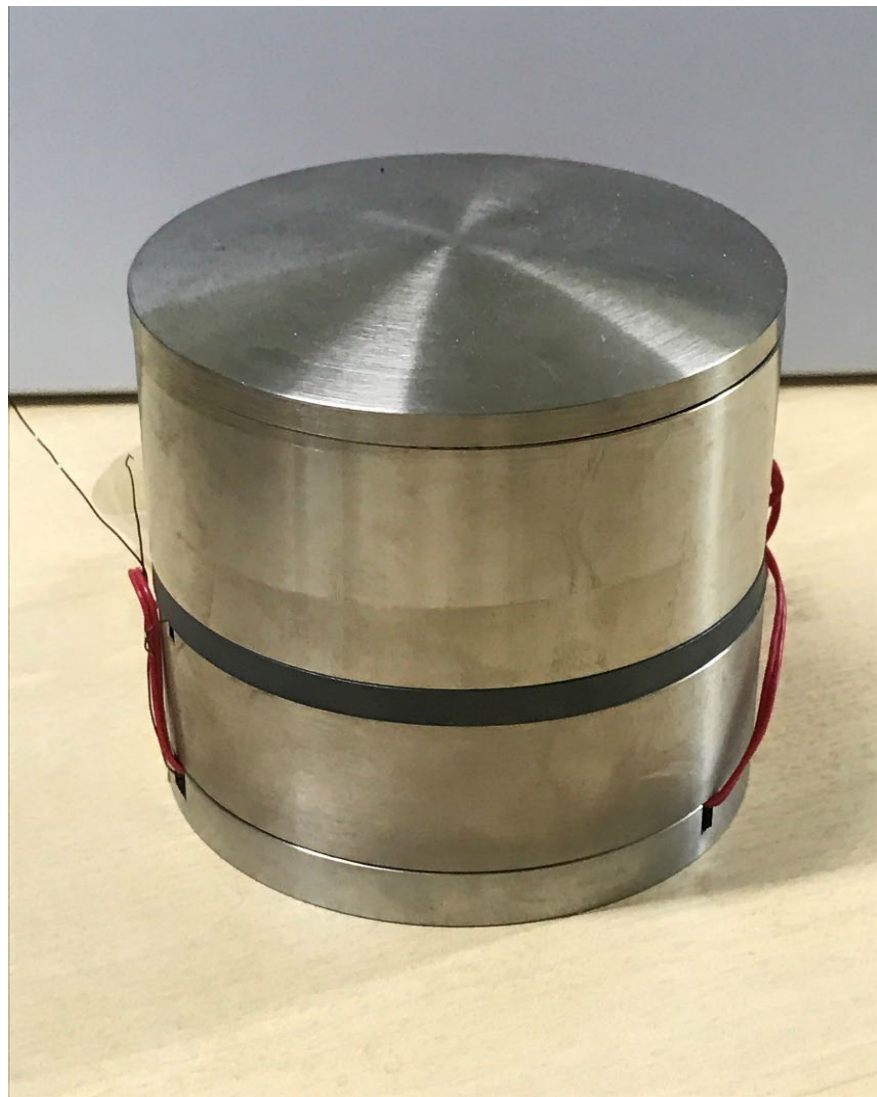


自立型振動センサ
(特許第7256526号)

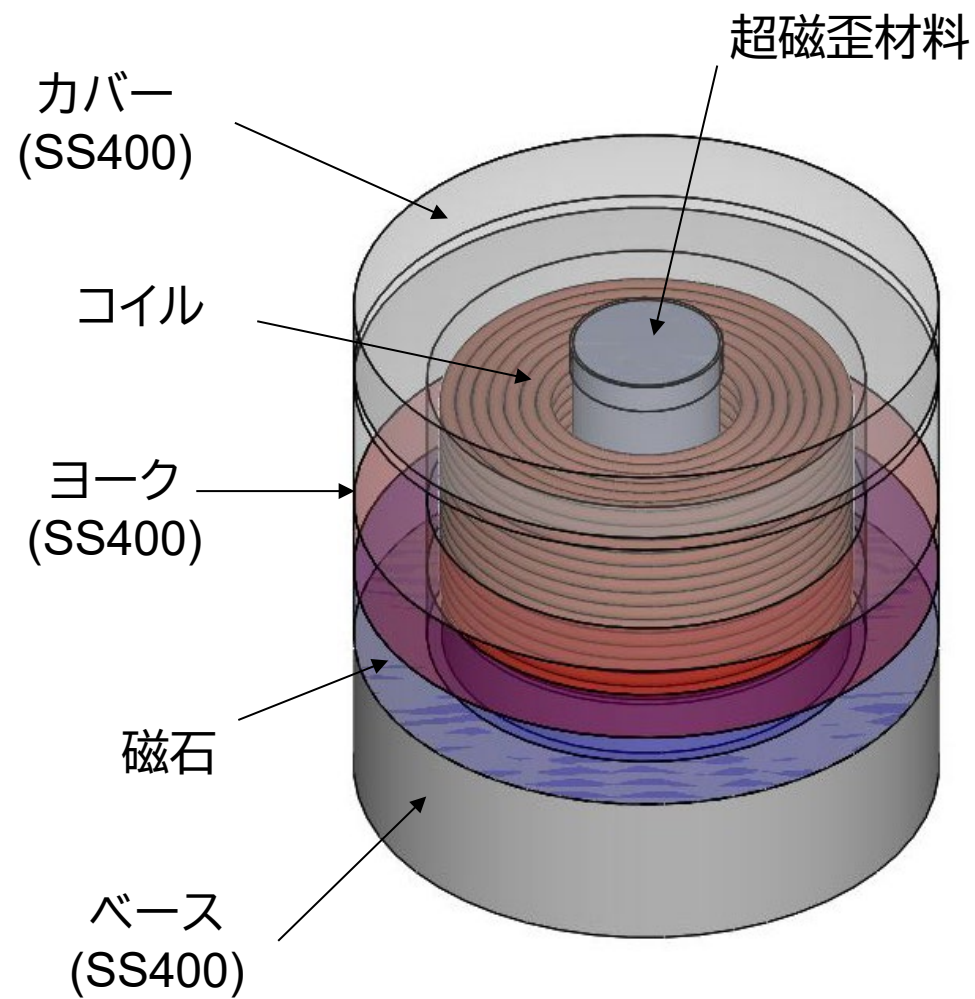


蓄電データ送信モジュール
[2023年度試作品]
(W52mm×D65mm×H27mm)

自立型振動センサの構造



自立型振動センサ

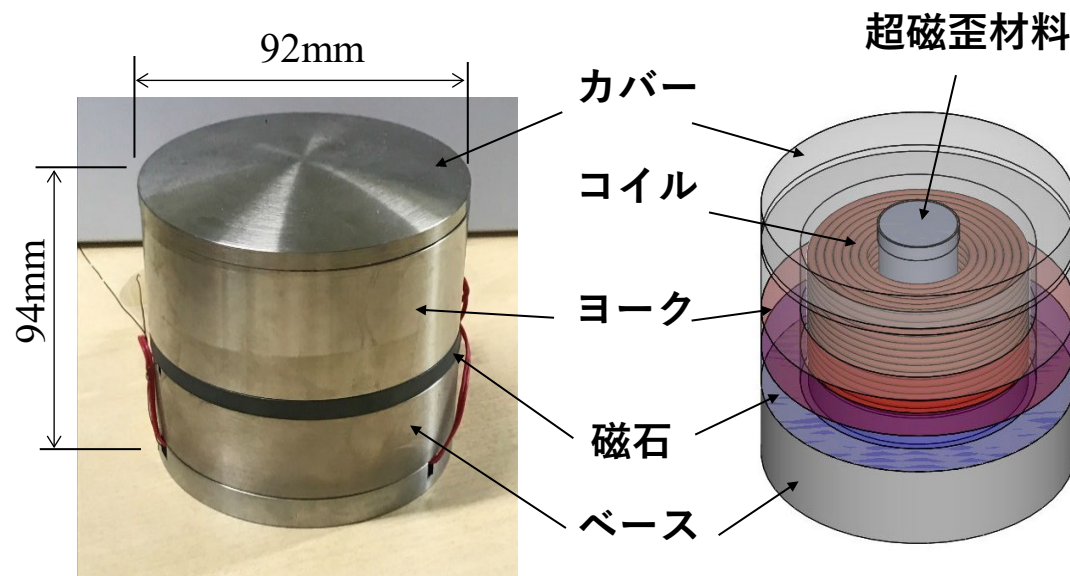


自立型振動センサの構造

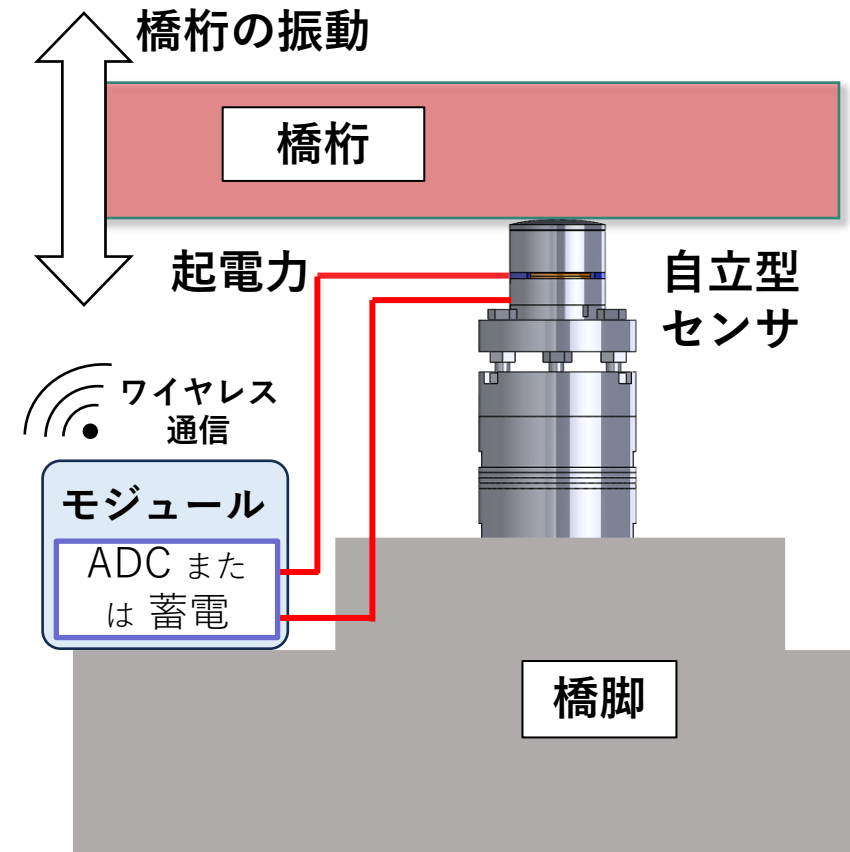
特許72565226 振動発電装置

自立型振動センサ(自立型センサ)とその使い方の特徴

- **超磁歪材料**を利用した振動センサ。(延性材料を使用し,高耐久)
- 橋脚の**支承付近に設置**する。(設置が容易)
- **車重を利用**することで, 大きな電力が得られる。(非慣性力型センサ)
- **非共振型発電**のため, 安定した発電量が得られる。(温度などの変化にロバスト)
- 簡単な構造であるため, **長寿命 & 低コスト** である。



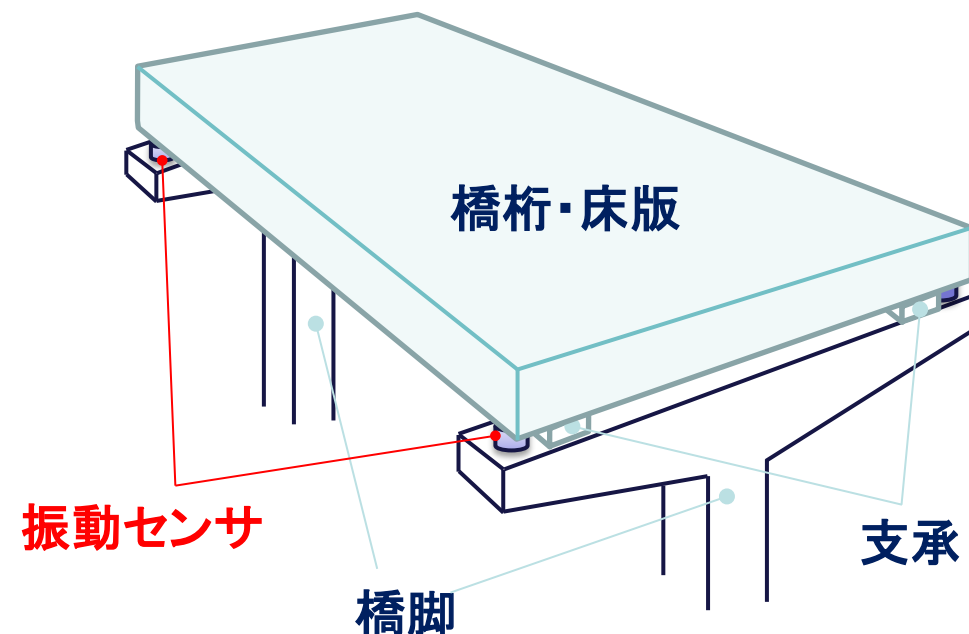
自立型センサの構造



磁歪材料を利用した発電方式



Fig.4 設置場所



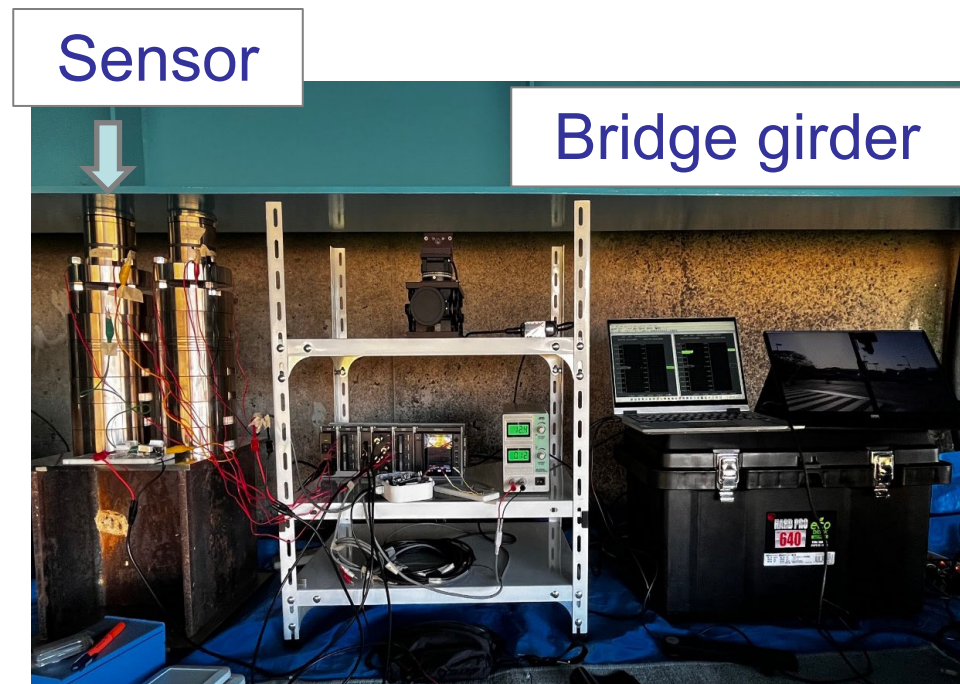
超磁歪材料を用いた逆磁歪効果による電磁誘導方式を採用

車両の通過や風によって発生する橋梁の振動は、周波数が低く、振幅も小さいが、小さな振動振幅でも大きな磁束密度変化が得られ、大出力が期待できる

実地実験



実地試験橋梁全体写真



センサ設置位置

実験装置の設置



センサ設置位置(下)



センサ設置位置(上)



設置場所付近の支承

センサ設置の様子

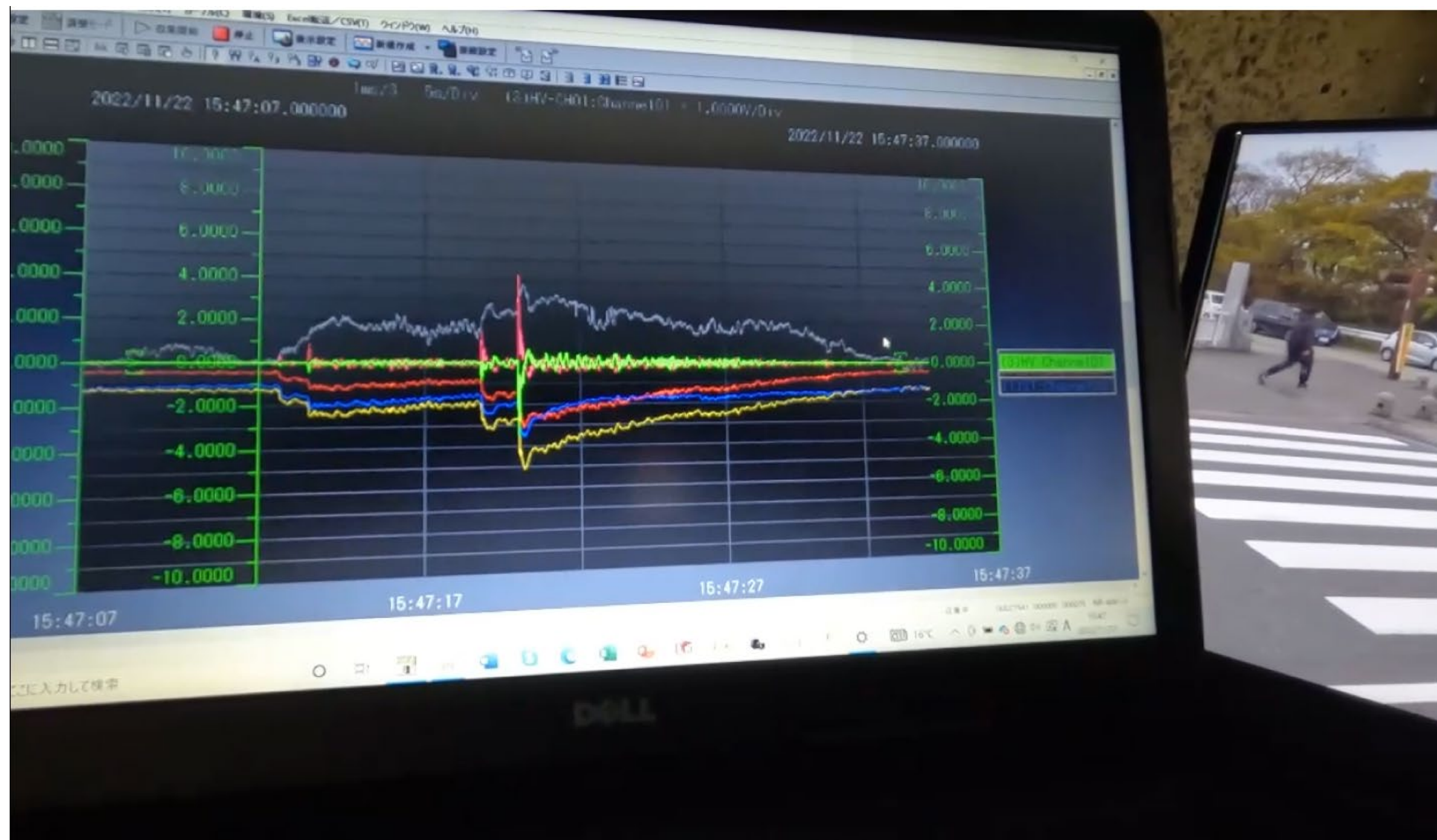




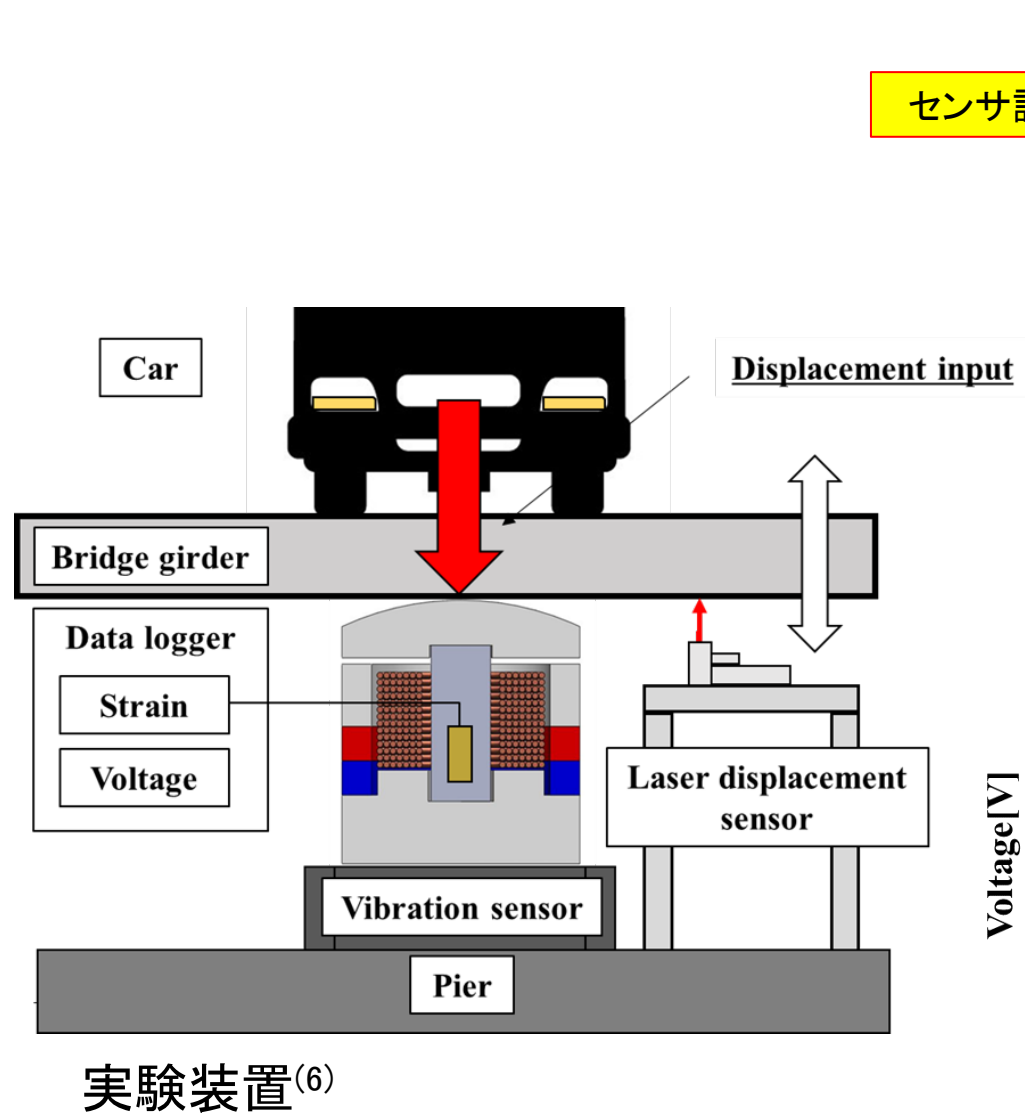


実験の様子(動画)

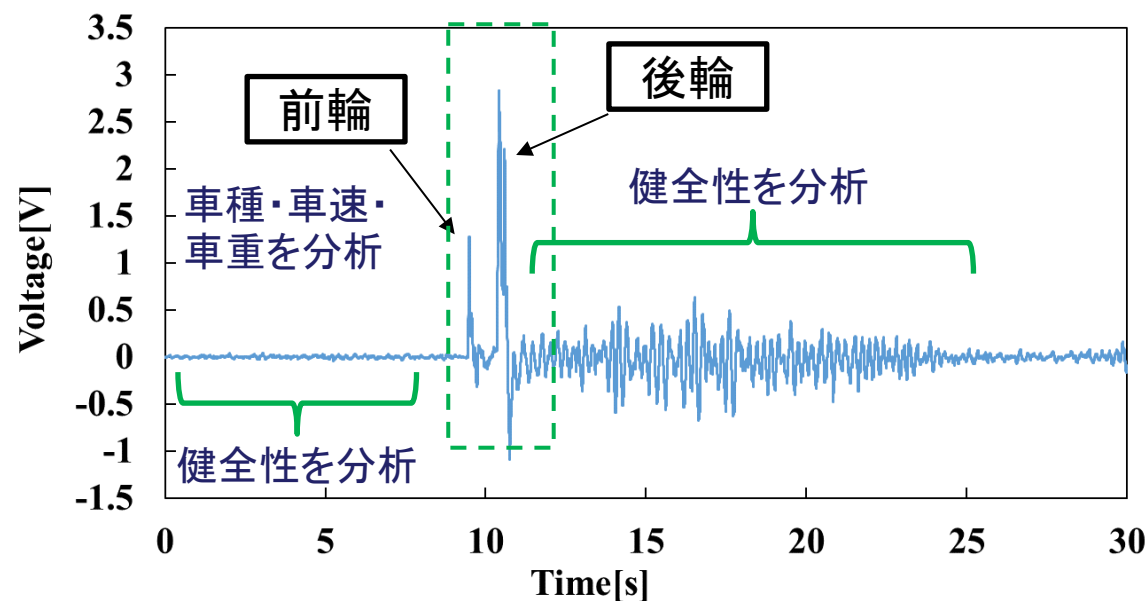




基礎となる研究成果（実地実験2）



センサ設置位置



電圧波形(大型車両通過時)

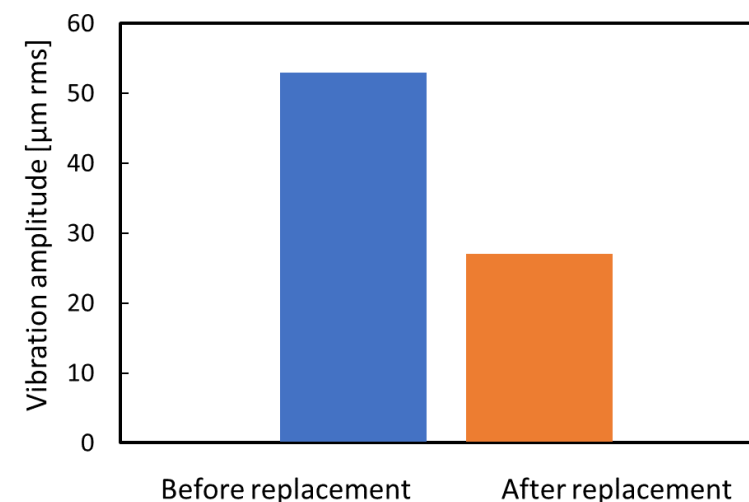
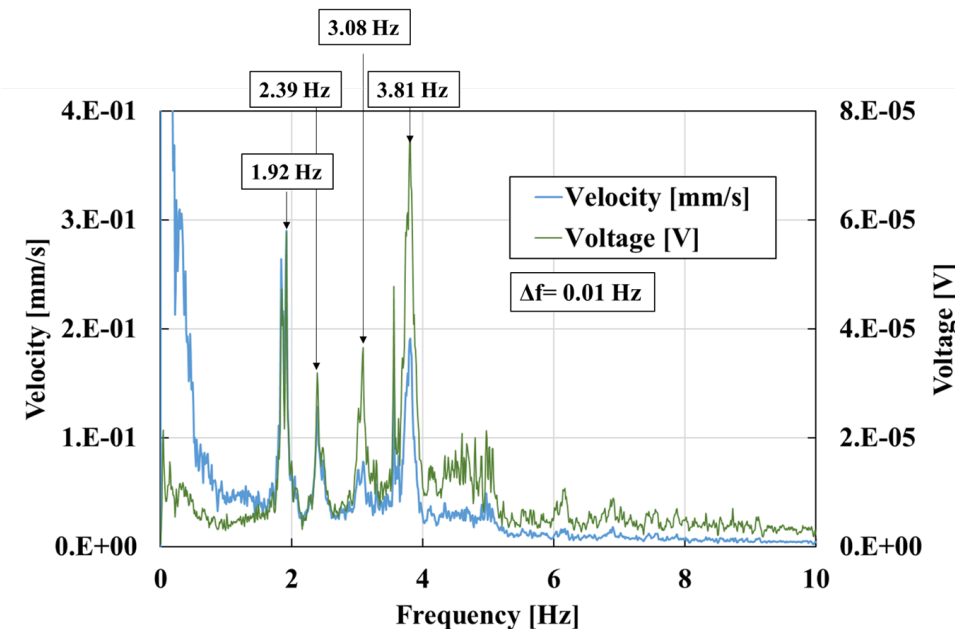
健全性診断システムでできること

□ 橋桁、橋脚の固有振動数・減衰係数の検知

- 構造のダメージ
- 支承の劣化
- 災害前後での構造の変化
- 橋脚の洗堀状態

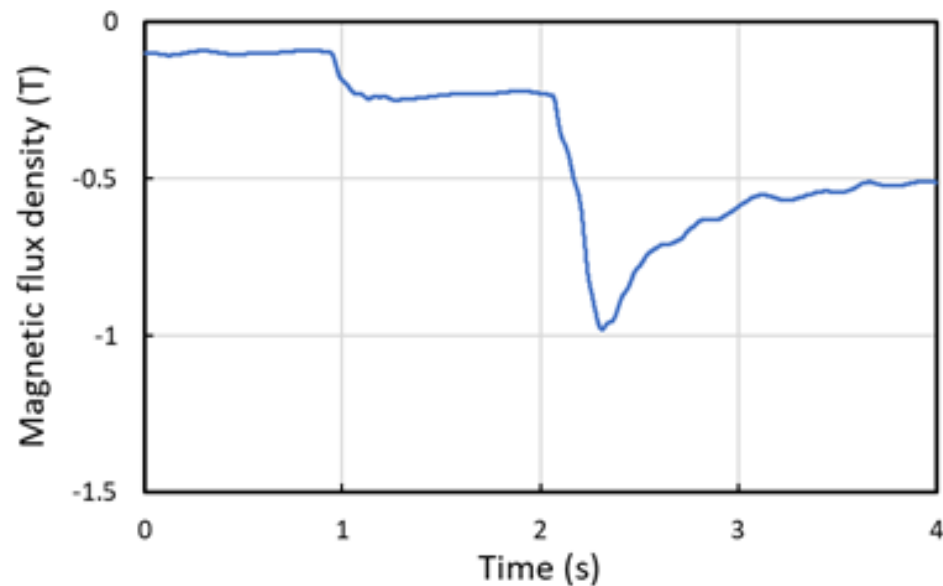
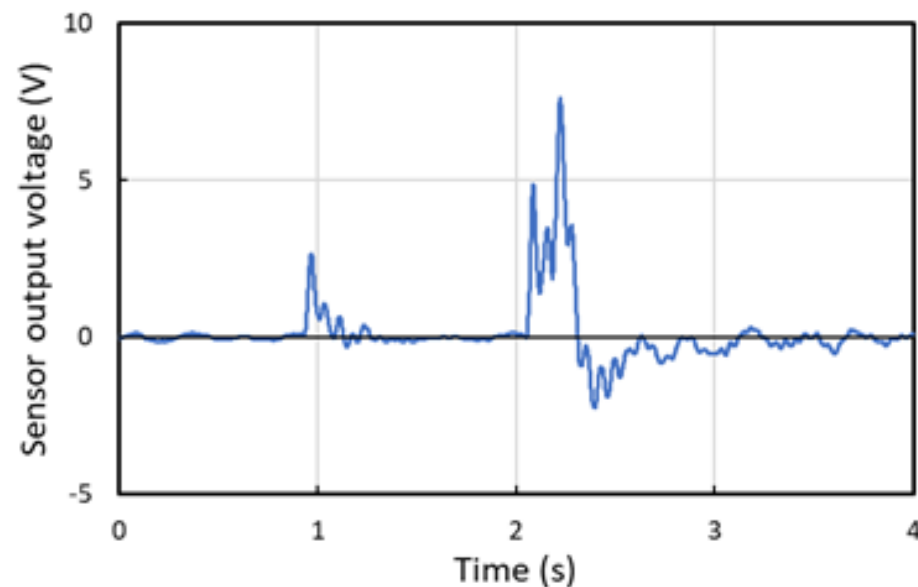


■ 発生電圧の周波数解析

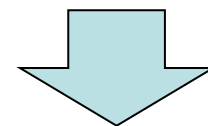


健全性診断システムでできること

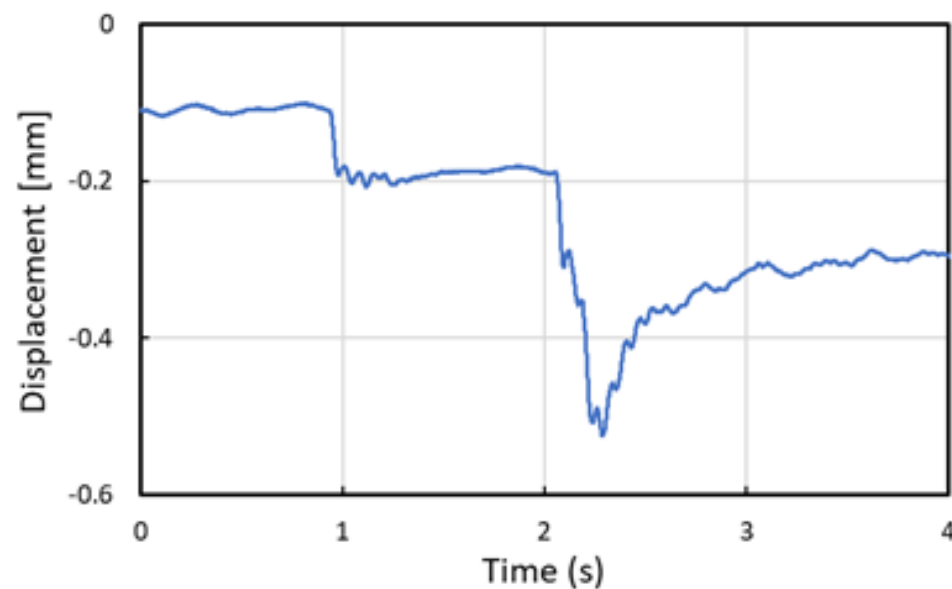
車両通過時のセンサ出力



車両の軸重計測が可能

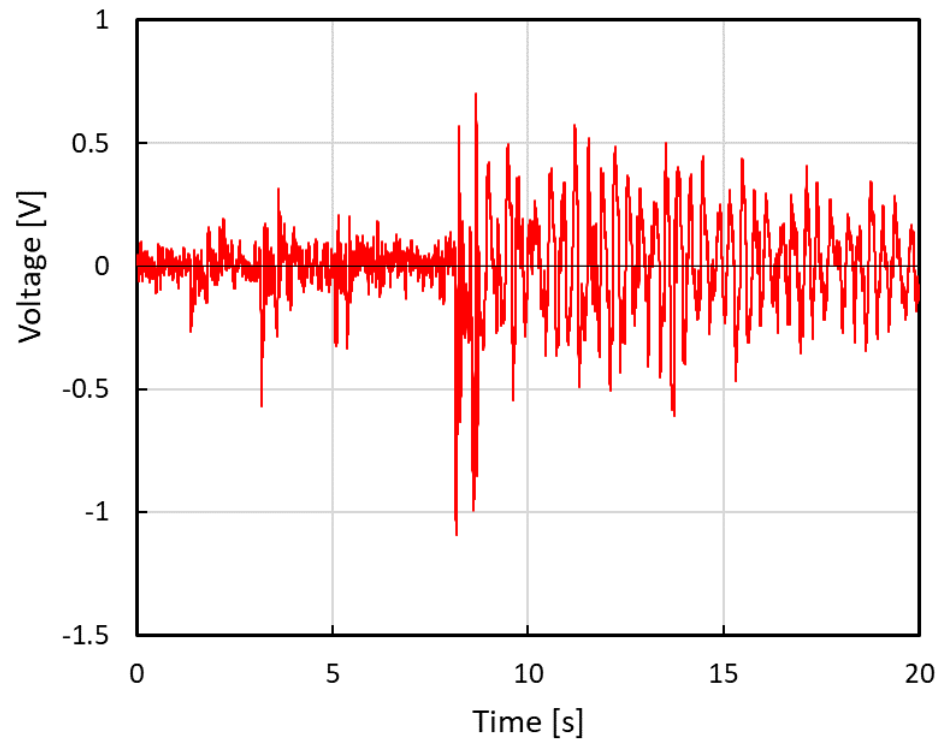


- BWIMへの応用
- 構造の疲労状態を推定

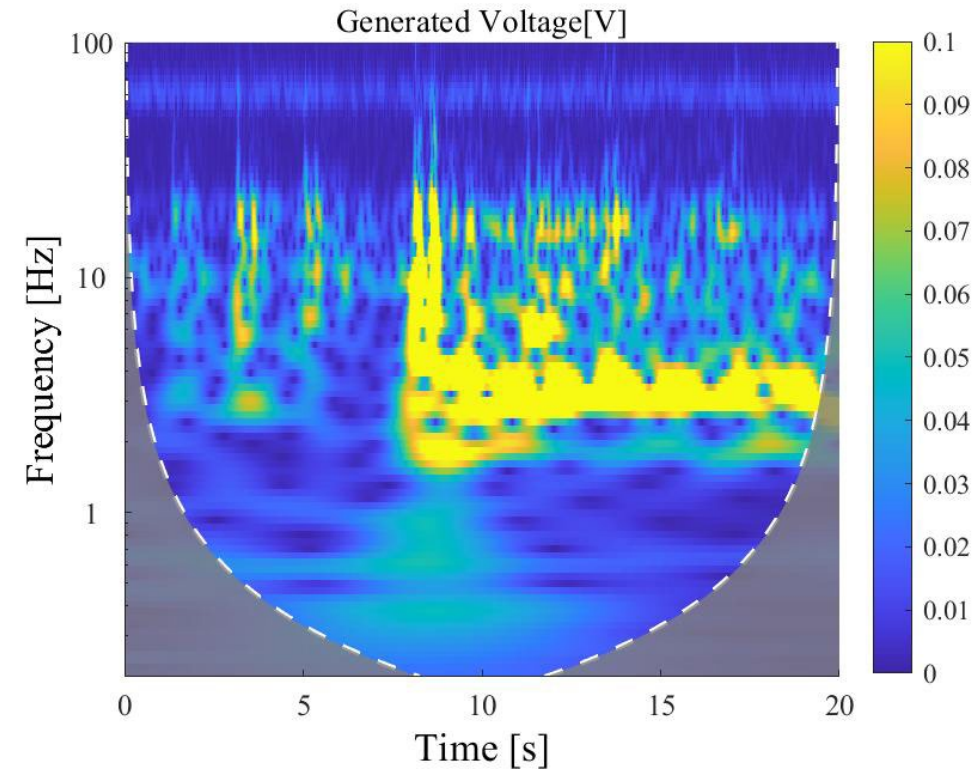


健全性診断システムでできること

車両通過による発生電圧



発生電圧のスカログラム

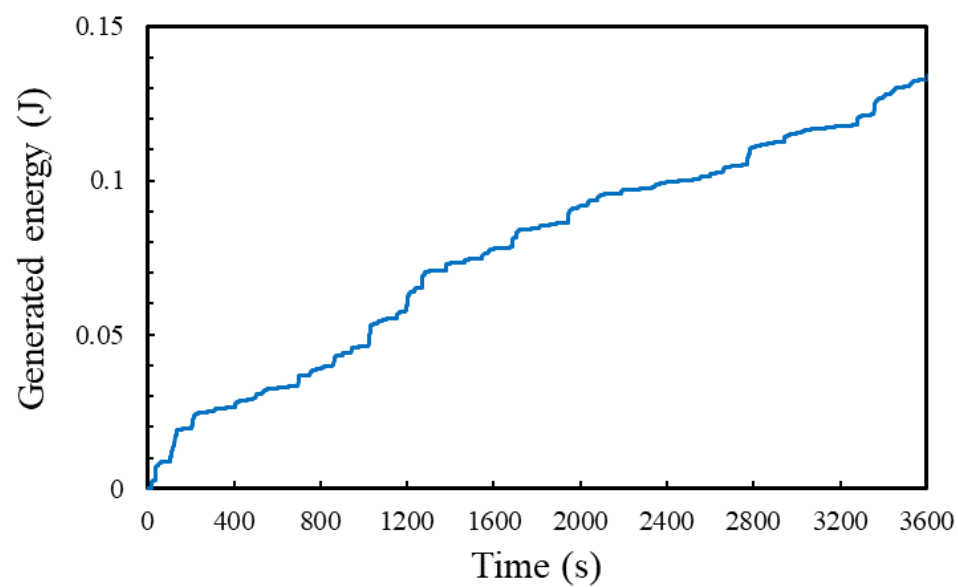
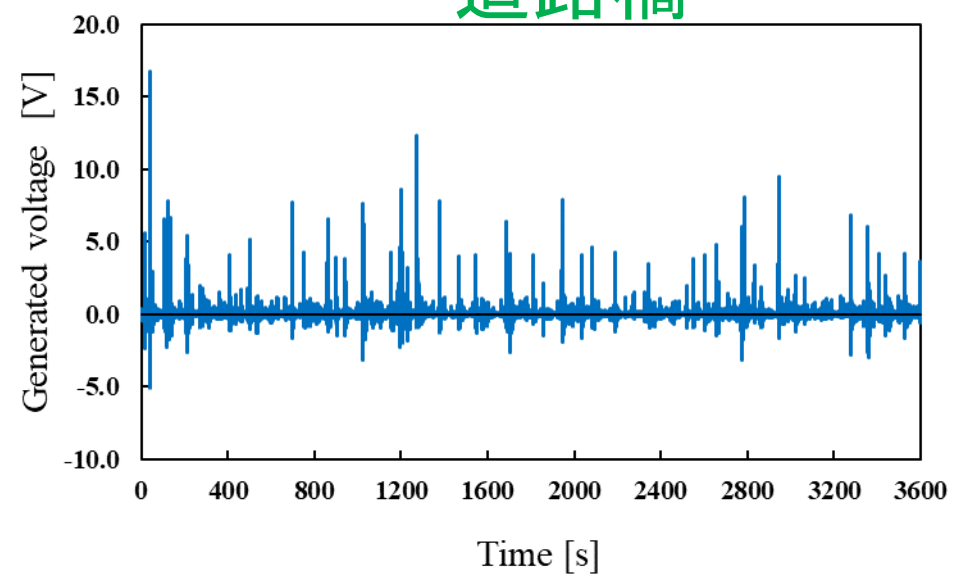


□ 交通状況の検知

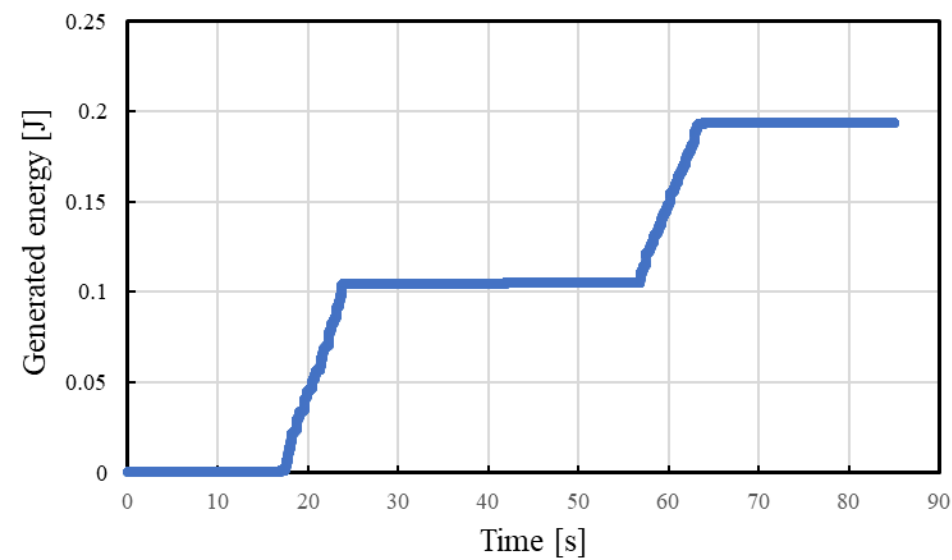
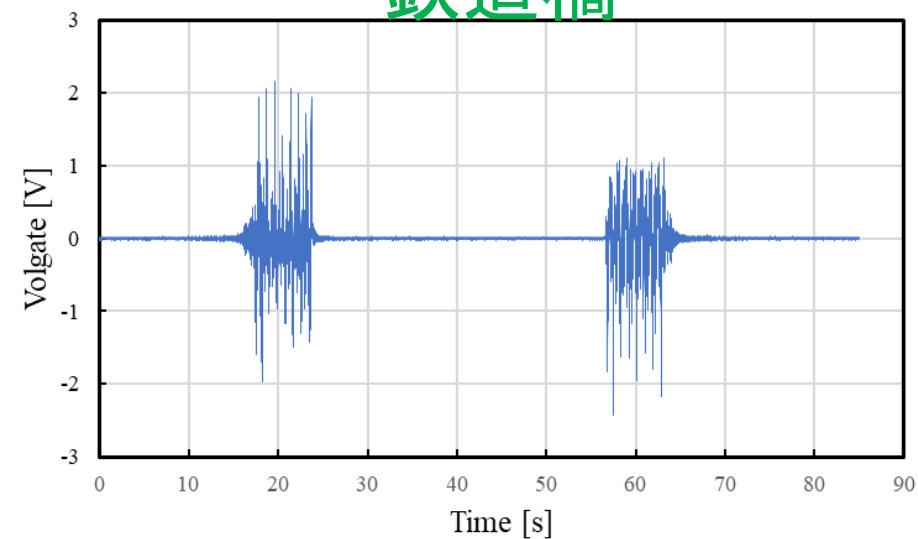
- 通過車両の重量計測
- 車両サイズの同定
- 車速の計測

発電性能

道路橋



鉄道橋



社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・自立型振動センサ・蓄電データ送信モジュールの設計が完了	
現在	・道路橋・鉄道橋での実証実験が実現 ・新たな実験場所の打診	
1年後	・実証実験の進展 ・自立型振動センサの環境試験の実施 ・蓄電データ送信モジュールの性能評価	新たな実験場所の確保
2年後	・実証実験の進展 ・通信システムの実証 ・AIによるデータ解析	道路橋・鉄道橋への常設設置
3年後	・実証実験の進展 ・通信システムの確立 ・使用者用アプリの開発	複数拠点での常時計測 使用者によるデータ評価 起業向けの助成制度の活用

企業への期待

- 常設設置には耐候性の付与が必要。
- 耐候性コーティング技術を有する企業との共同研究を希望。
- 橋梁あるいは振動を発する環境における実証実験の機会の提供。
- 使用者用アプリの開発への協力。

企業への貢献、PRポイント

- 道路橋、鉄道橋での常時状態監視、メンテナンスの効果確認。
- 道路橋における通過車両の計測及び寿命予測。
- 現在は道路橋、鉄道橋等の橋梁が対象であるが、振動が発生する環境下であればその振動量の計測が可能。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：振動発電装置およびそれを用いた電子デバイス
 - 出願番号：特許7256526
 - 出願人：関西大学
 - 発明者：小金沢新治
-
- 発明の名称：振動検出装置および計測システム
 - 出願番号：特願2025-023620
 - 出願人：関西大学
 - 発明者：小金沢新治

産学連携の経歴

採択補助金

- 国土交通省

- 令和7年度交通運輸技術開発推進制度

- 科学技術振興機構

- 令和3年度社会還元加速プログラム(SCORE)

実験場所

- 兵庫県伊丹市 神津大橋

- 京都府八幡市 宇治川橋梁

お問い合わせ先

関西大学 社会連携部
産学官連携センター

T E L 06 - 6368 - 1245

e-mail sangakukan-mm@ml.kandai.jp