

# 圧電素子及び無線送信機を内蔵させた 防振ゴムによる車軸軸受損傷検知

材料技術研究部 防振材料研究室

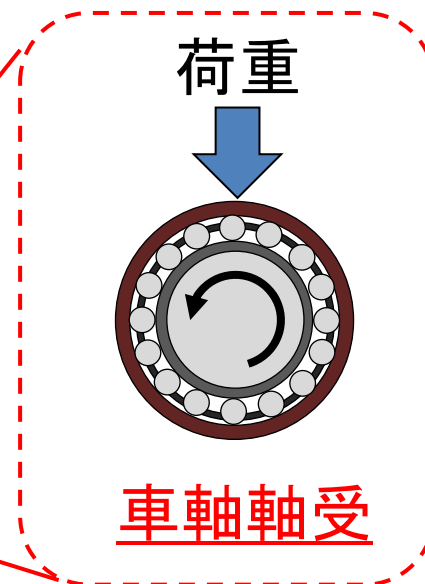
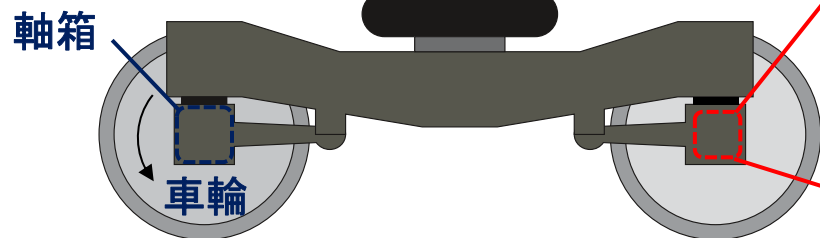
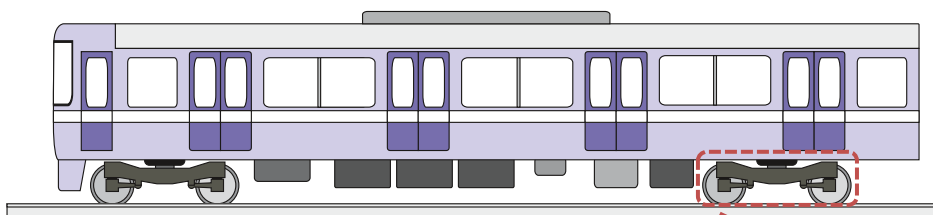
副主任研究員 太田 達哉

# 本日の発表

- ◆ 背景
- ◆ 車軸軸受損傷検知システム
- ◆ 損傷検知軸ばね防振ゴムの性能評価
- ◆ まとめ
- ◆ 成果の活用

# 背景

車軸軸受 ➡ 鉄道車両走行中、車体重量による荷重を受けながら輪軸の回転を保持



車軸軸受の損傷発生

軸受の焼付き、車軸の損傷リスク

そのため、常に温度を監視

## 軸箱温度の監視技術



軸箱が高温となった場合、  
車軸軸受の損傷が相当進行  
している可能性

早期発見が  
求められる

車軸軸受の損傷による異常を**早期に発見**できるセンサを台車に導入

➡ 軸箱の直上に設置される**軸ばね防振ゴム**に着目

## 軸ばね防振ゴムの役割

- ・ 金属部材同士の接触の防止
- ・ 軸箱から台車枠への振動の伝達抑制

↳ **軸ばね防振ゴム**に**軸箱からの振動**が直接伝搬

➡ **軸ばね防振ゴム**に**振動センサ**を内蔵

➡ **圧電素子**を選定

機械エネルギー(振動)

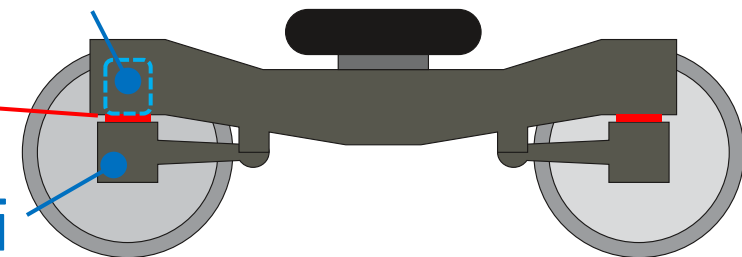
電気エネルギー

相互に変換



コイルばね

軸箱



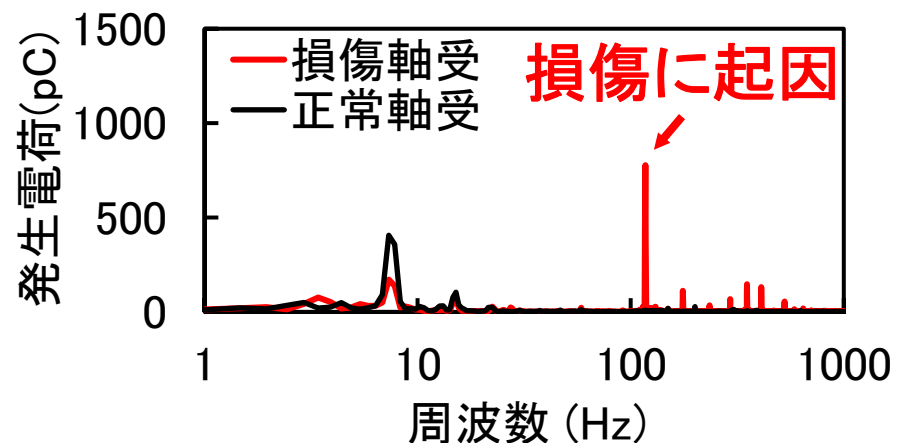
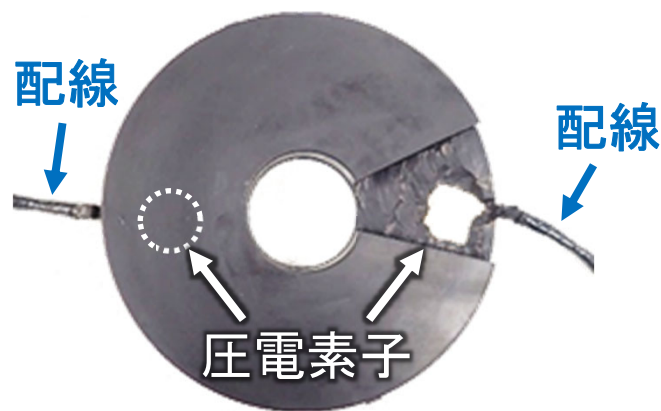
発生するエネルギーは比例関係

振動センサとしての活用  
(電気信号から換算して  
振動を測定)

## 過去の検討

圧電素子を内蔵した軸ばね防振ゴム = センサ軸ばね防振ゴム

センサ軸ばね防振ゴムを作製 → 車軸軸受の回転試験機で性能評価



### 課題

- 車体まで配線
- 信号の解析

## 本研究の目的

- 無線によって圧電素子からの情報を発信（配線レス）
- 複雑な解析をせずに車軸軸受の損傷に起因した異常を検知（解析レス）
- **無線レスかつ解析レスのセンサ軸ばね防振ゴム**を作製し、基礎的な検知性能を把握

# 車軸軸受損傷検知システム

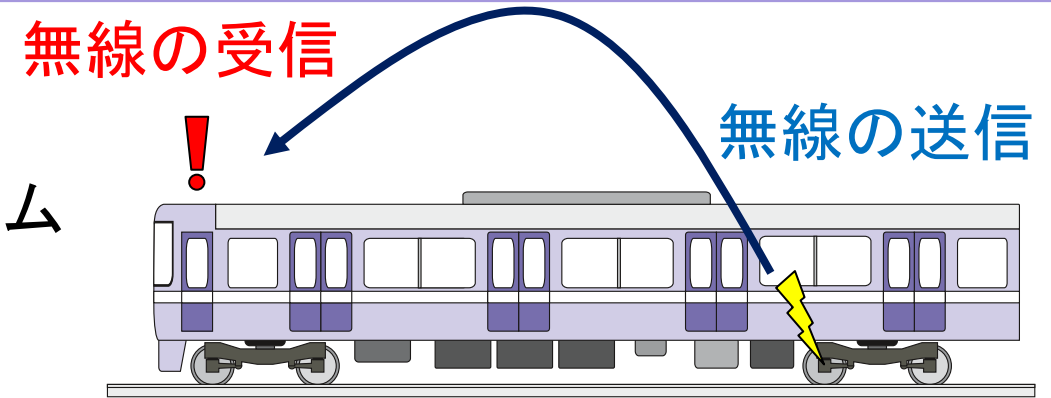
## 構成

- 圧電素子と無線装置を内蔵させた軸ばね防振ゴム（＝ 損傷検知軸ばね防振ゴム）
- 無線装置の受信機

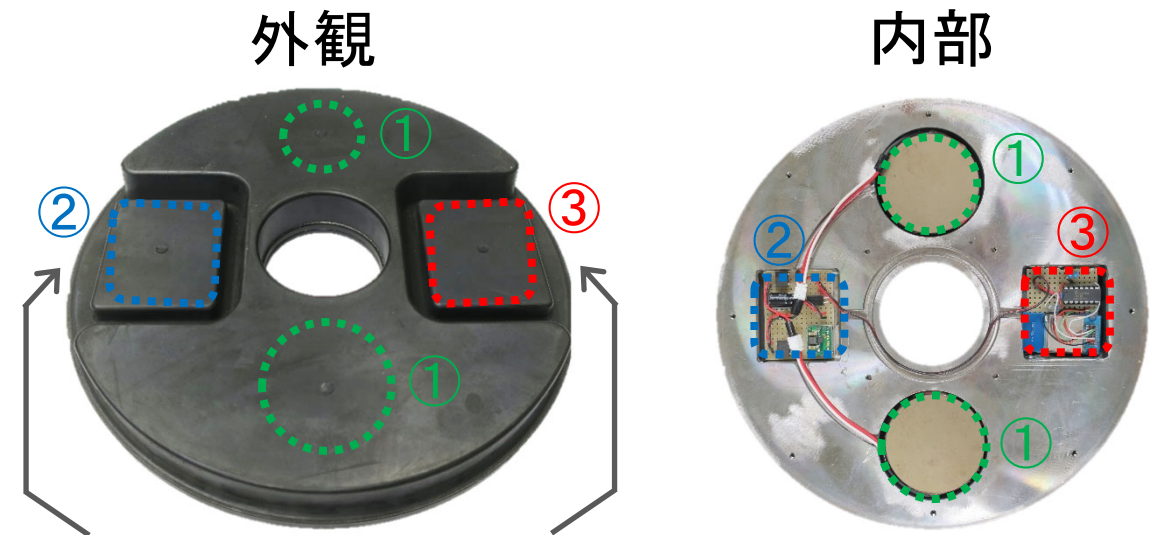
➡ 損傷の発生を配線レスで通知

## 損傷検知軸ばね防振ゴムの構造

- ① 発電部位：圧電素子を収納
- ② 蓄電部位：圧電素子で発生した電気信号を蓄電するキャパシタを収納
- ③ 送信部位：無線装置の送信機を収納



自律型損傷検知システムのイメージ図

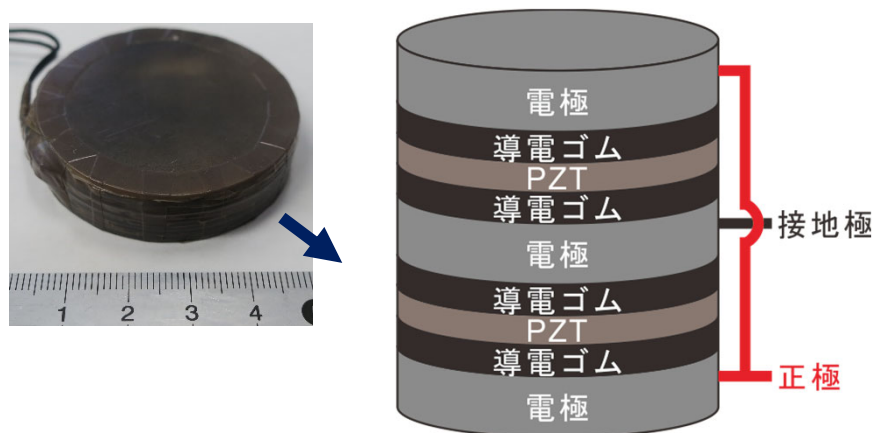


蓄電部位と送信部位には直接荷重が加わらない

## 各部位の詳細

### ① 発電部位

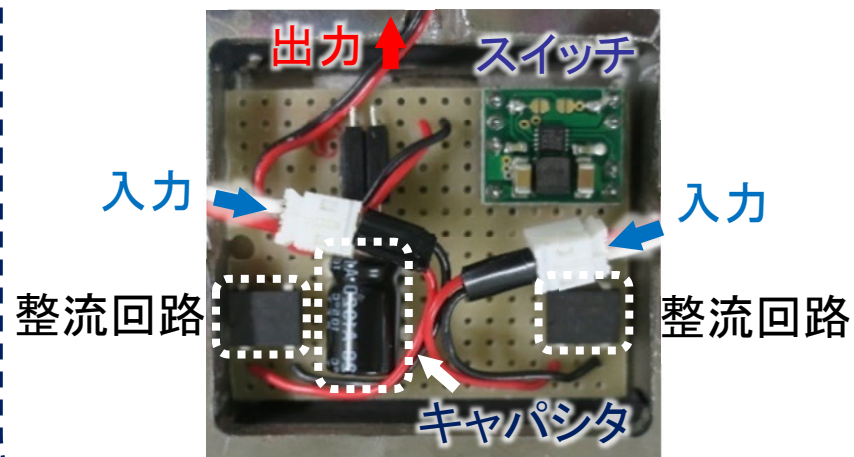
- 直径50mm、厚さ2mmの円盤状のチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を利用した発電モジュール



※ 1体の損傷検知軸ばね防振ゴムに  
2体の発電モジュールを内蔵

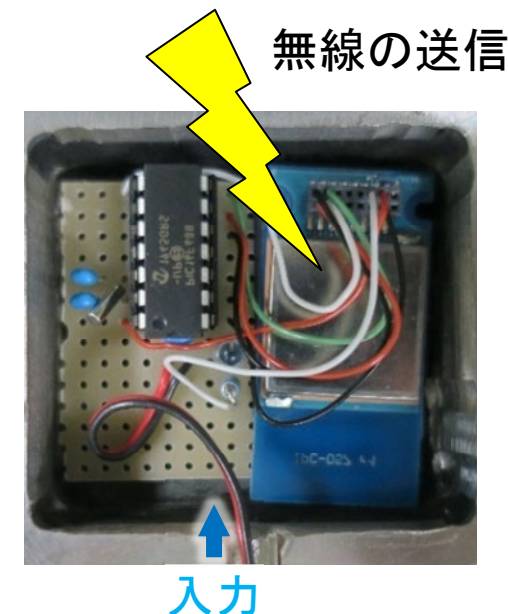
### ② 蓄電部位

- 整流回路: 交流⇒直流
- キャパシタ: 220 $\mu$ F
- スイッチ: 5Vで出力



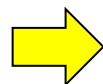
### ③ 送信部位

- 送信機: 315MHz

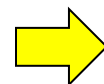


※ 入力の電力で駆動

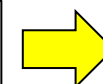
軸箱の振動により発電



蓄電



キャパシタ端子間電圧5V以上



無線の送信

※ キャパシタの放電のため、発電量が小さいと蓄電できず無線は送信されない。

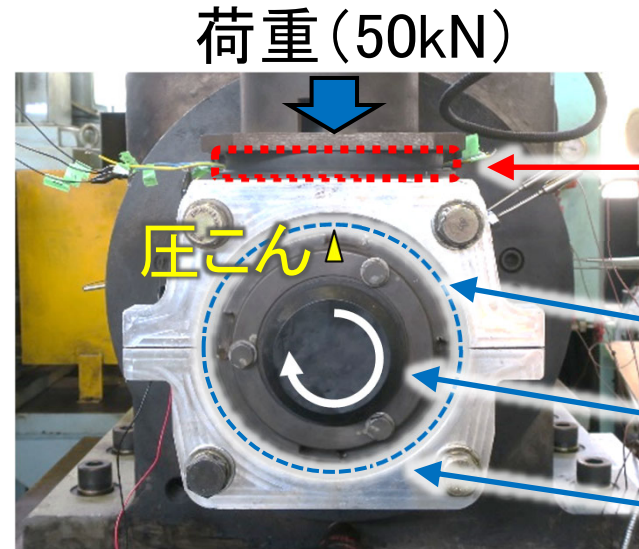


# 損傷検知軸ばね防振ゴムの性能評価

## 実験概要

車軸軸受耐久試験装置を使用  
(鉄道総研保有)

- 車軸軸受損傷の進展
- 各損傷程度で性能評価試験



損傷検知軸ばね防振ゴム

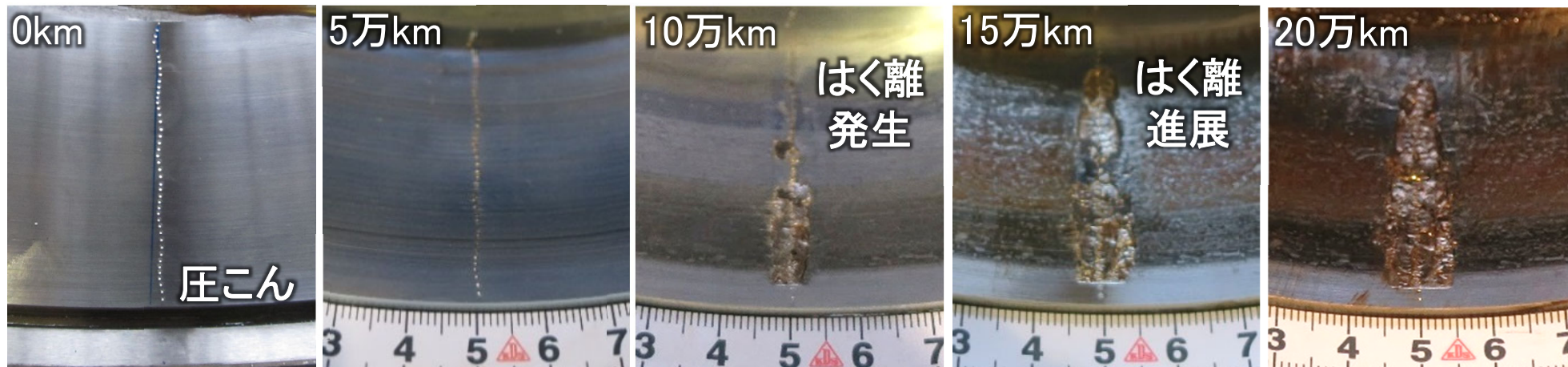
損傷させた車軸軸受を取付け

主軸 (台車の輪軸に相当)

軸箱

## 車軸軸受損傷の進展

- 車軸軸受の外輪に人工の圧こんを付与
- 荷重を加えながら主軸を回転



※ この程度のはく離の発生および進展では、温度での検知は困難

Railway Technical Research Institute

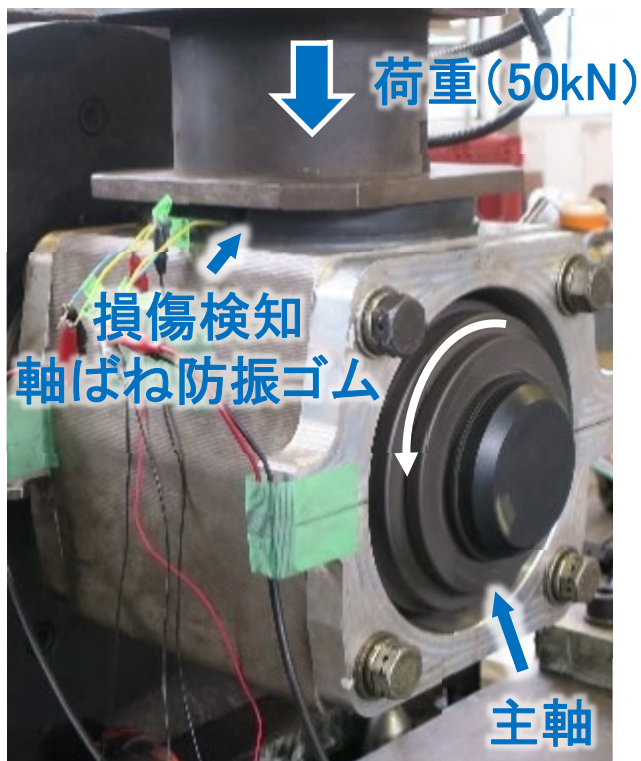


## 各損傷程度での性能評価試験

- 走行距離50万km相当ごとに損傷検知軸ばね防振ゴムの性能評価試験を実施
- 主軸を走行速度30～300km/h相当の回転数で約5分間回転
- 蓄電部位キャパシタの端子間電圧および発電モジュールからの発生電圧を測定

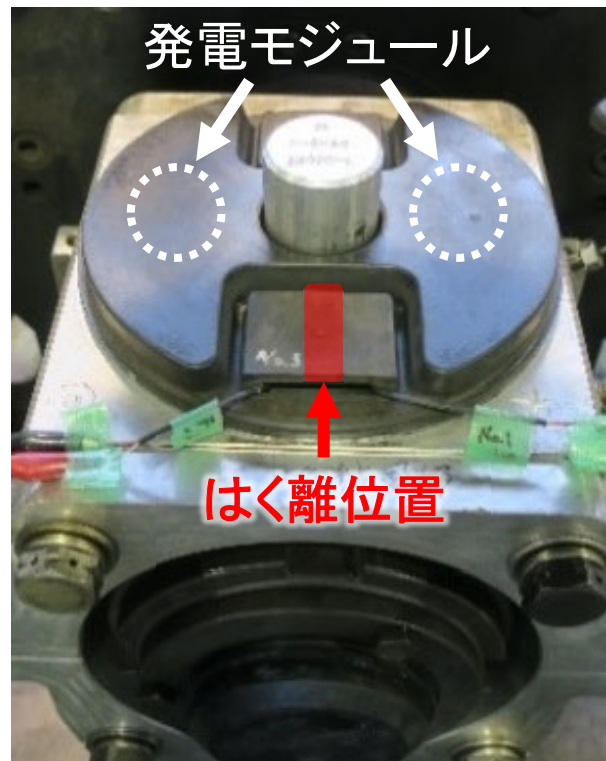
5Vで出力

試験状況



軸受耐久試験装置

損傷検知軸ばね防振ゴムの配置



配置A

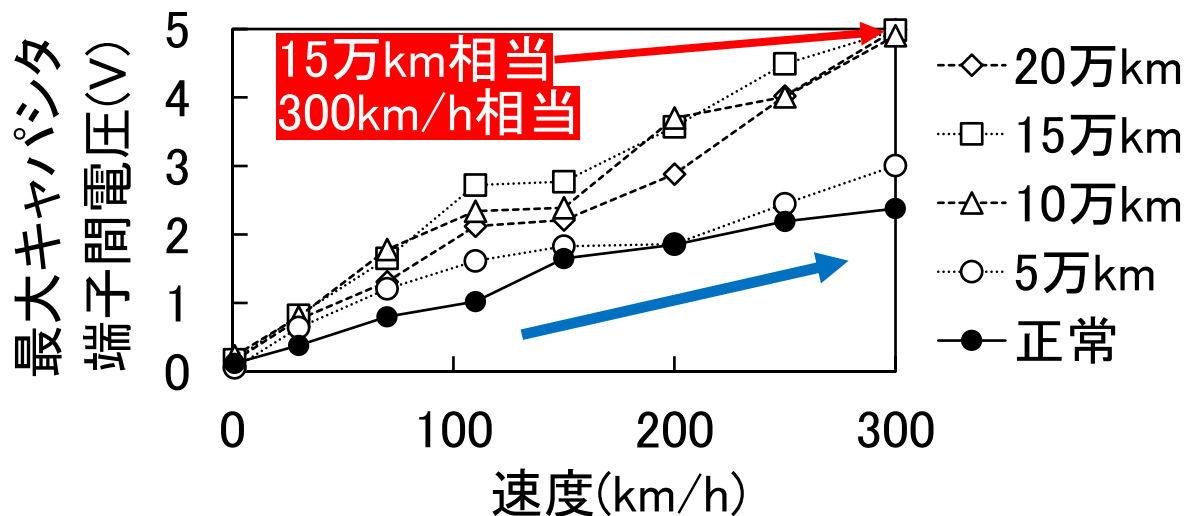


配置B

## 性能評価試験の結果

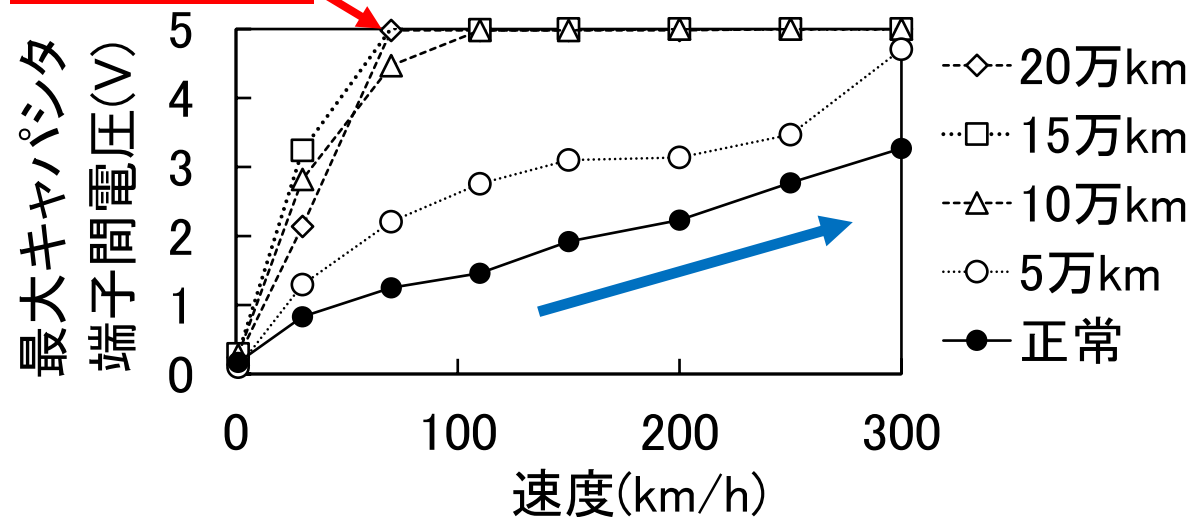
キャパシタへの充電によりの端子間電圧が5Vに到達 → 送信機が駆動し、無線を送信

配置A: はく離位置から離れて  
発電モジュールを設置



配置B: はく離位置の直上に  
発電モジュールを配置

10万km相当  
110km/h相当



- 走行速度および走行距離 大 ⇒ 最大キャパシタ端子間電圧 大
- 最大キャパシタ端子間電圧5Vに到達する条件 配置A < 配置B
- 配置Bでは、はく離発生(10万km相当走行以内)を早期に検知可能。

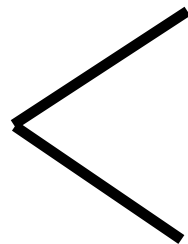
5Vに到達すると無線送信により電圧が落ちるため、5Vを超えることない。

## 配置Aと配置Bによる違い

配置A



## 検知性能

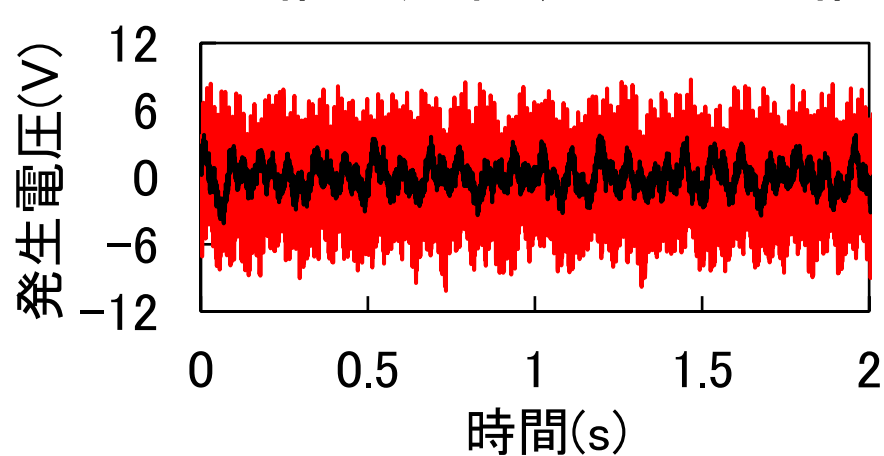


配置B



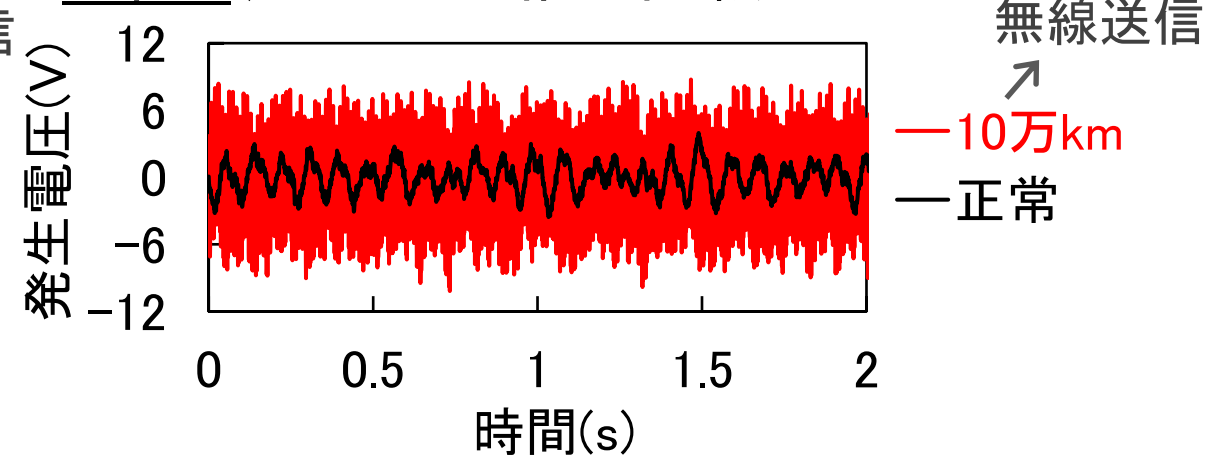
## 発電モジュールからの発生電圧を比較

➤ 10万km相当走行、110km/h相当回転



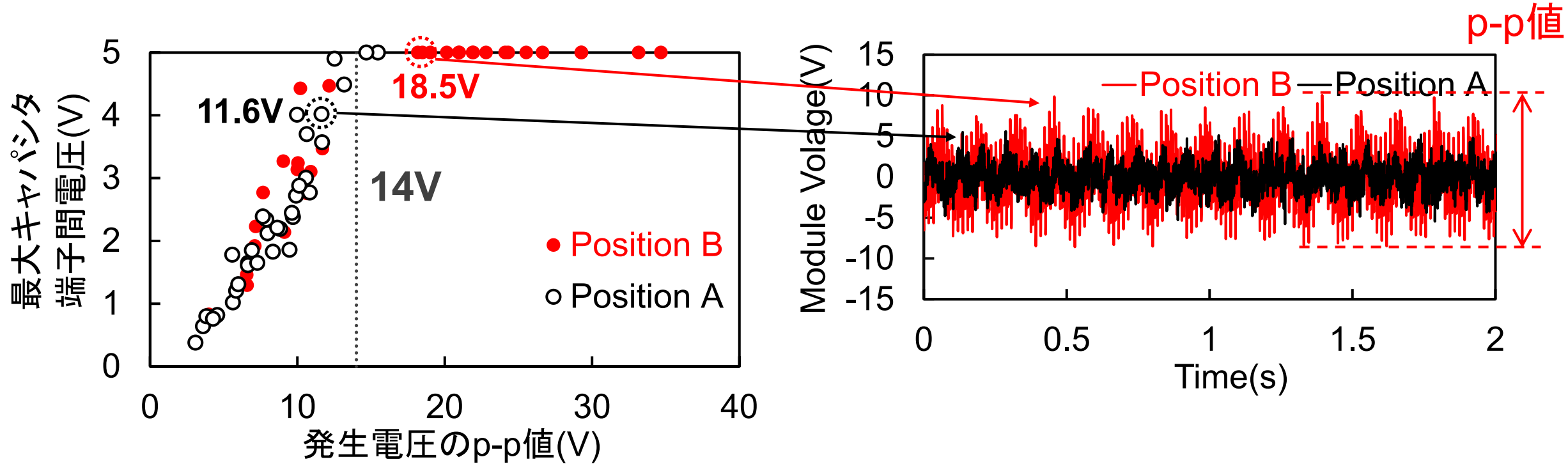
- 配置Bの方が明確に振幅 大

➤ 配置B、110km/h相当回転



- はく離発生に対応して無線送信
- ➡ 通知のみで判断 ➡ 解析レスに期待

- 発電モジュールからの発生電圧とキャパシタの端子間電圧の関係を整理



キャパシタの端子間電圧 5V以上

- 無線送信機を駆動させる条件  
⇒ 発電モジュールの発生電圧のp-p値が14V以上
- 配置Bは、発電モジュールにはく離による振動が加わりやすく、電圧が発生しやすい。





# まとめ

- 車軸軸受の損傷検知 ➡ 軸箱の直上に設置される**軸ばね防振ゴム**に着目
- 軸ばね防振ゴムに**センサ(圧電モジュール)**を内蔵 ➡ **配線レス**を実現

➡ キャパシタと無線装置(送信機)も内蔵

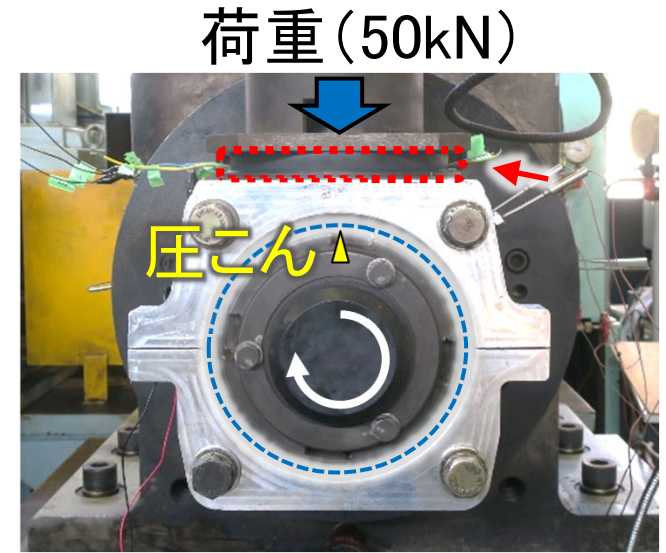
圧電モジュールが発電した電力をキャパシタが蓄電  
⇒キャパシタ端子間電圧が5V以上で無線装置駆動

- 車軸軸受耐久試験装置で軸受の損傷を進行させ、  
車軸軸受の損傷に対する基礎的な性能を評価
- はく離の直上に圧電モジュールを配置した場合、  
**10万km相当走行**させ損傷を進行させた軸受に対して  
**走行速度110km/h相当**で軸受を回転させた際に、  
**無線装置を駆動**できた。

※ はく離は10万km以内に発生

はく離の早期検知が期待

- 無線の有無で損傷検知を判断 ➡ **解析レス**を実現





# 成果の活用

## 評価試験における無線の通信状況



## 自律型損傷検知システムによる異常検知のイメージ

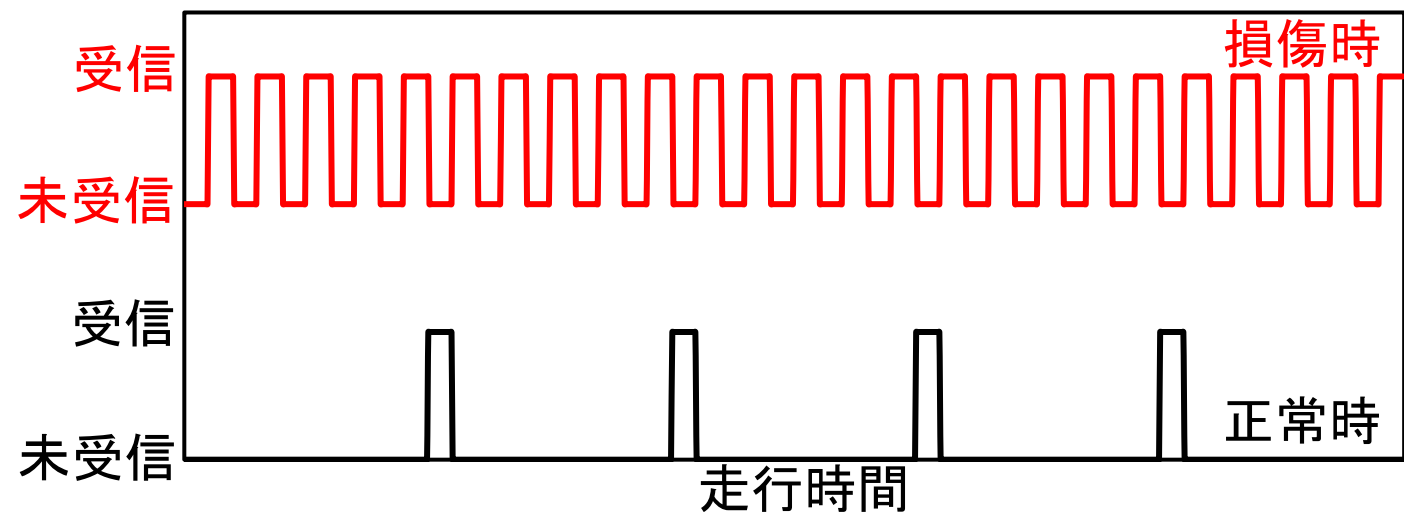
損傷によって異常振動が発生



正常時よりも受信間隔が短縮



異常検知



課題: 正常時に発生する可能性のある振動との区別