

# P Q輪軸のせん断ひずみを活用した 横圧と車輪・レール接触位置の測定法

鉄道力学研究部 車両力学研究室

主任研究員 本堂 貴敏

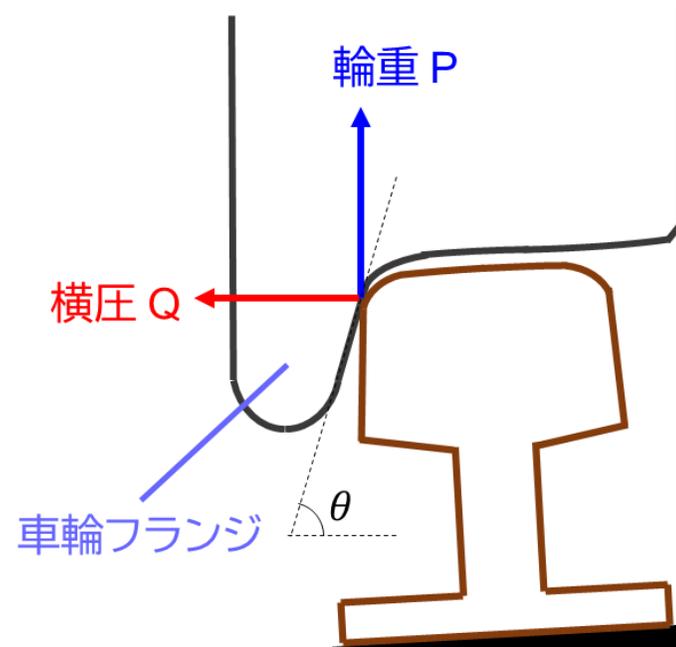
# 本日の発表

- 背景(輪重・横圧測定に基づく走行安全性評価)
- せん断ひずみを活用したPQ輪軸の構成方法
- 横圧測定法としての妥当性検証
- 脱線係数の測定精度向上効果の確認
- 提案法を応用した接触位置測定法の構築と精度評価
- まとめ・成果の活用

# 背景 -輪重・横圧測定に基づく車両の走行安全性評価-



鉄道車輪の断面形状の例



脱線係数 = 横圧Q / 輪重P

- 大きいほど「脱線に対するリスク大」と判断
- 実際に測定することで脱線に対する走行安全性を評価
- 新車両導入時や新線開業時等に走行試験を実施

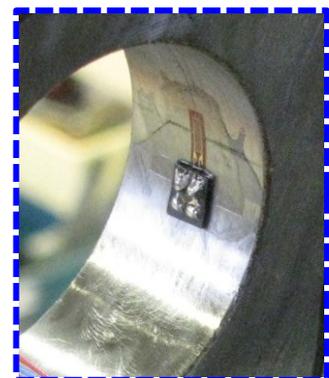
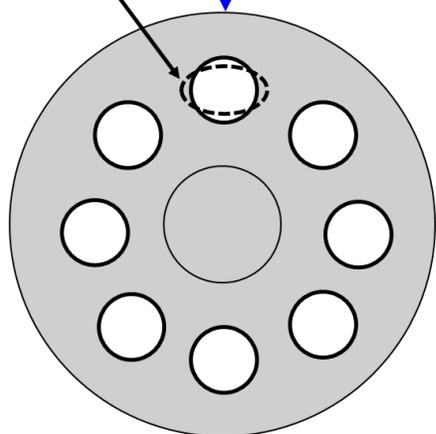
# 背景 - 輪重・横圧測定に基づく車両の走行安全性評価 -

- 輪重・横圧の測定方法: 「PQ輪軸」の活用
  - 車輪に貼付した複数のひずみゲージを用いて測定 (車輪をロードセル化)
  - 横圧: 車輪板部側面で曲げひずみを測定
  - 輪重: 車輪板部の孔の側面でひずみを測定

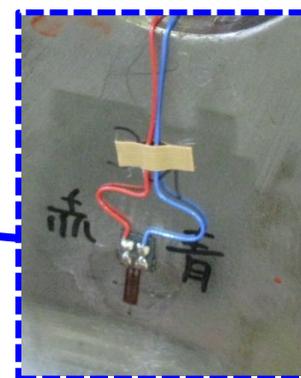
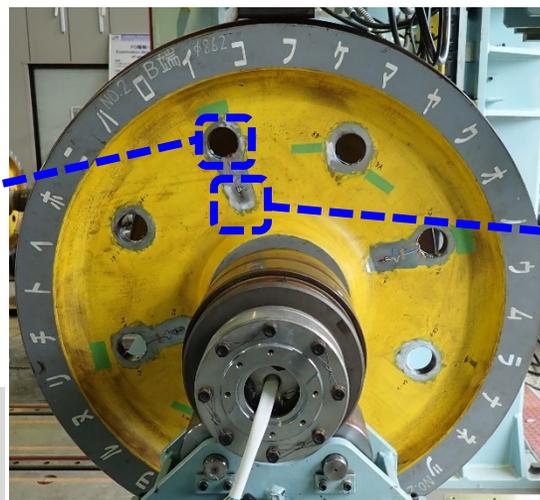


「PQ輪軸」の外観

孔の変形を測定 ↓ 輪重 P

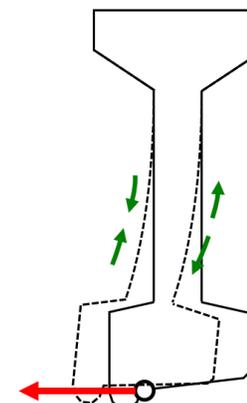


輪重測定用  
ひずみゲージ



横圧測定用  
ひずみゲージ

車輪の曲げ変形を測定

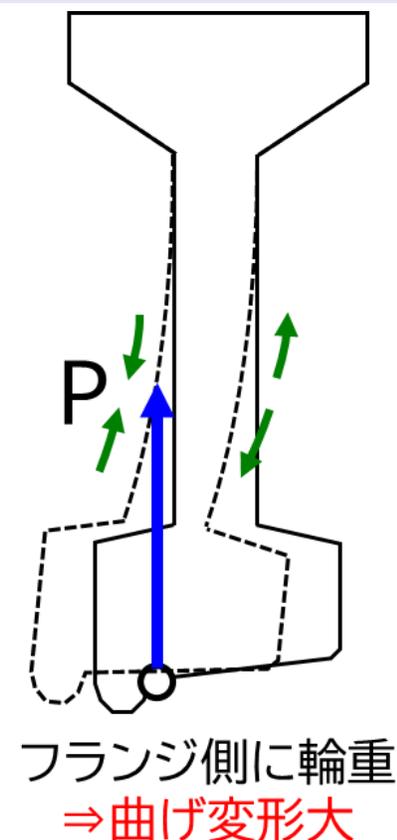
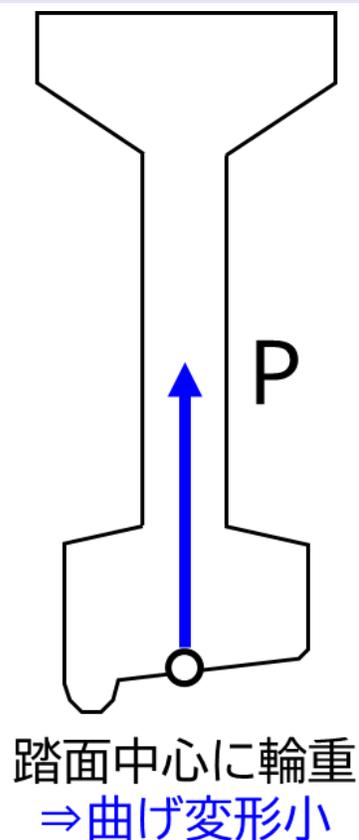
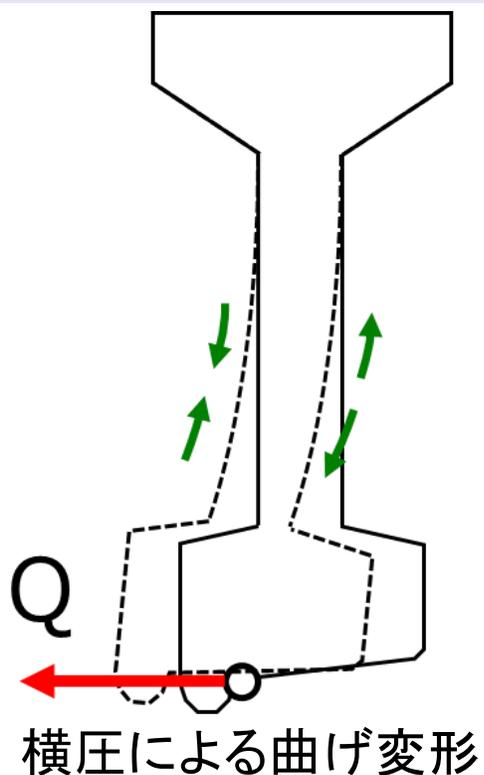


横圧 Q

現行法のひずみゲージ貼付位置と測定原理

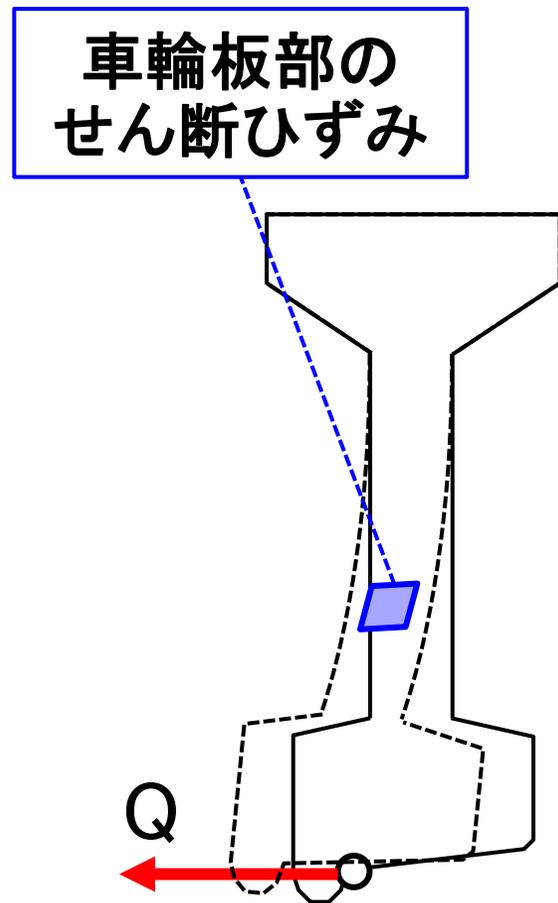
# 背景 -輪重・横圧測定に基づく車両の走行安全性評価-

- 現行の横圧測定法の課題: 輪重作用による横圧測定への影響
  - 横圧の測定精度低下 (「安全」であるにも関わらず「危険」と判定する場合あり)
  - 安全側の評価ではあるが、厳しすぎることに課題

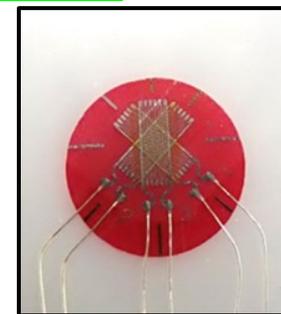
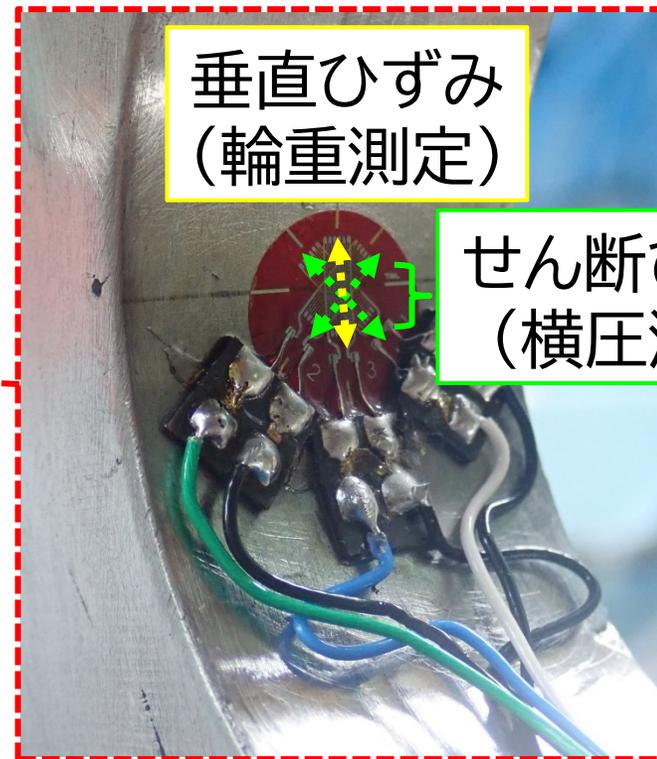
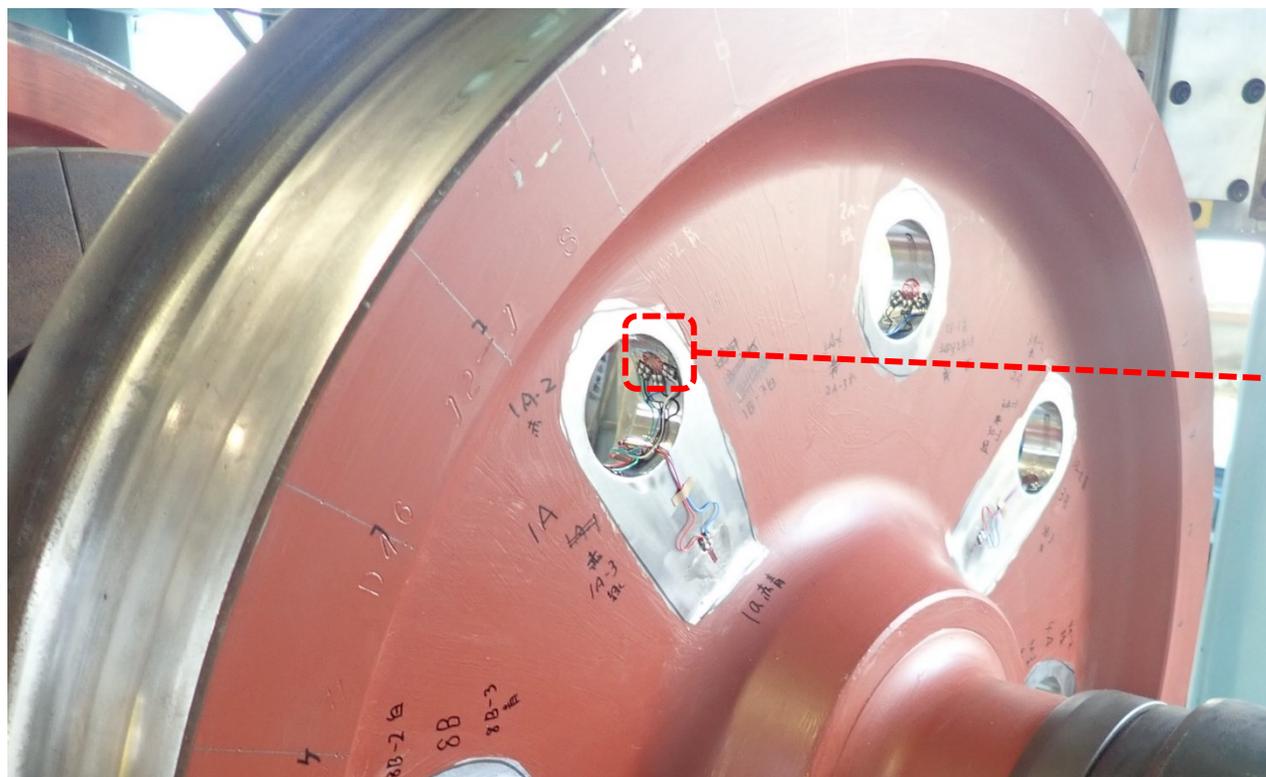


# 背景 -輪重・横圧測定に基づく車両の走行安全性評価-

- 本研究:車輪板部のせん断ひずみを尺度とした横圧測定法の提案
  - 主な狙い
    - 輪重作用の影響による測定誤差の低減
  - 副次的効果
    - ひずみゲージ貼付枚数の削減(省力化)
    - 車輪・レール接触位置測定への応用
  - 本発表の内容
    - せん断ひずみを活用したPQ輪軸の構成方法
    - 横圧測定法としての妥当性検証
    - 脱線係数の測定精度向上効果の確認
    - 提案法を応用した接触位置測定法の構築と精度評価



# せん断ひずみを活用したPQ輪軸の構成方法



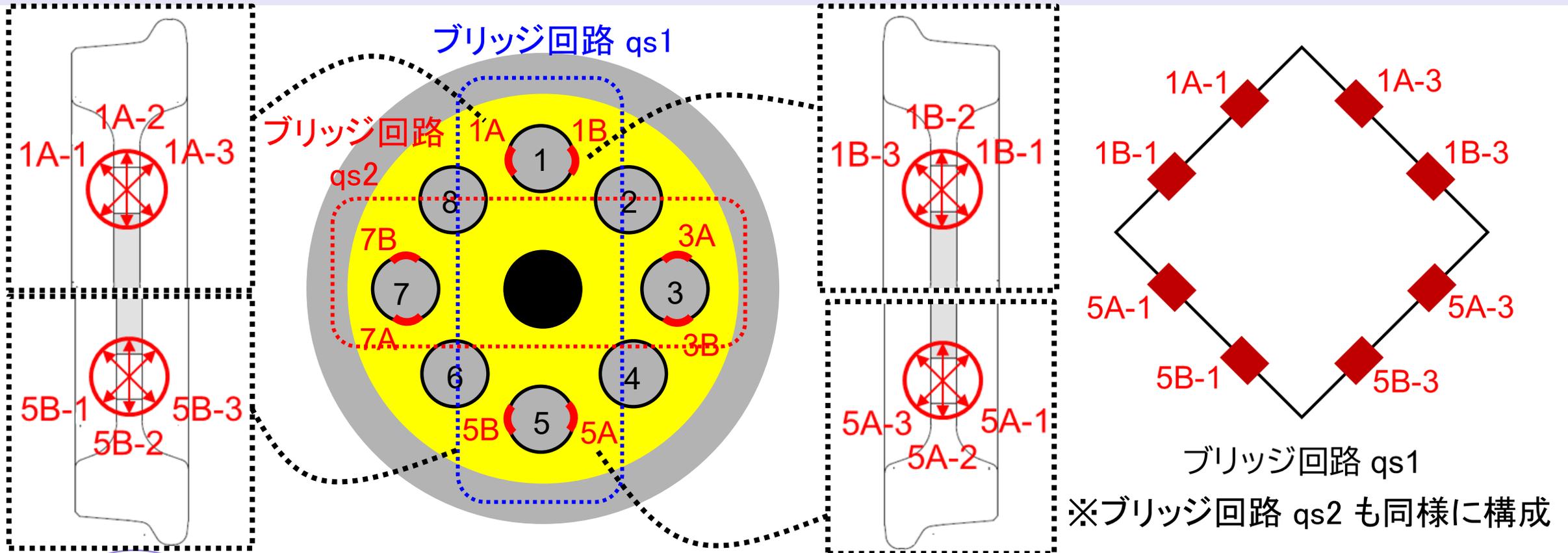
3軸ひずみゲージ

- 輪重測定用の孔の側面に3軸ひずみゲージを貼付
  - 中央の軸: 輪重測定に活用(現行法と同様)
  - 残り2軸: 横圧測定に活用(提案法)

# せん断ひずみを活用したPQ輪軸の構成方法

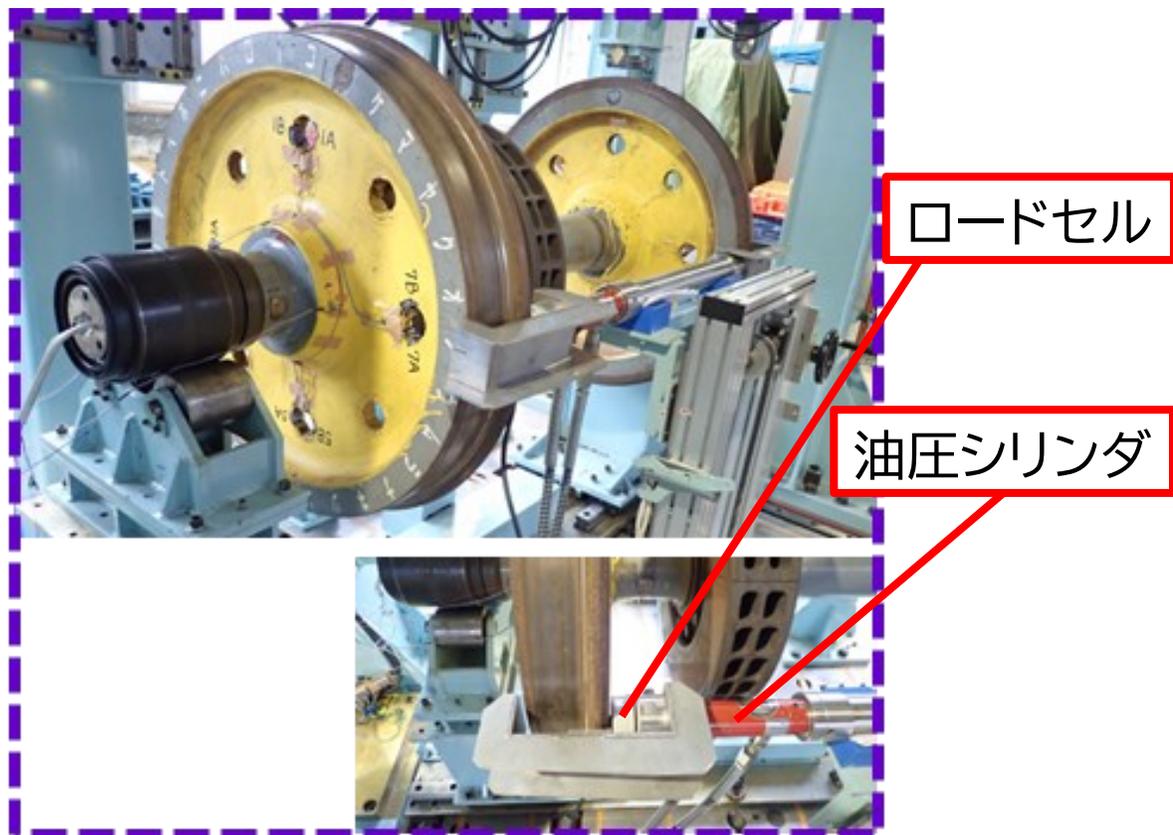
## ➤ ブリッジ回路の構成方法

- 全8枚の3軸ひずみゲージを用いて、2系統のブリッジ回路を構成
- 現行法のブリッジ回路と互換性有り→PQ輪軸以外は、従来と同じ測定装置を利用可

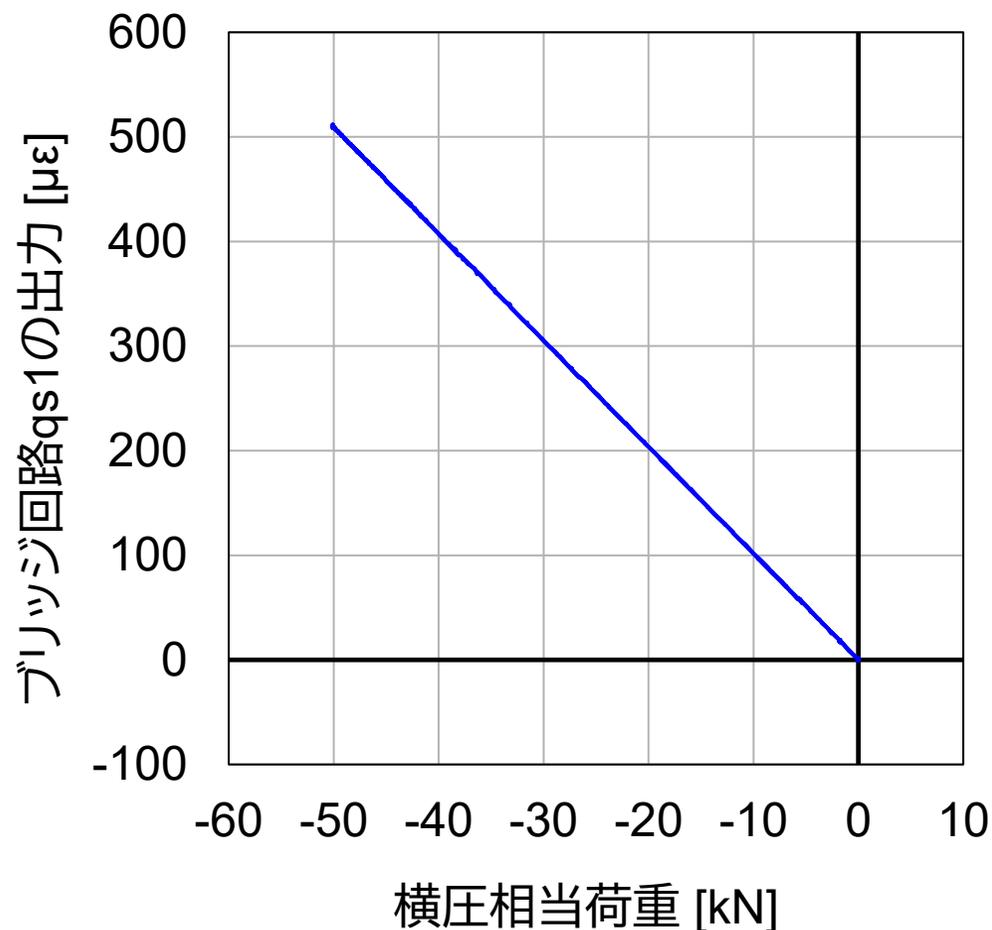


# 横圧測定法としての妥当性検証

静荷重試験を実施→横圧相当の荷重とブリッジ出力が比例関係にあることを確認



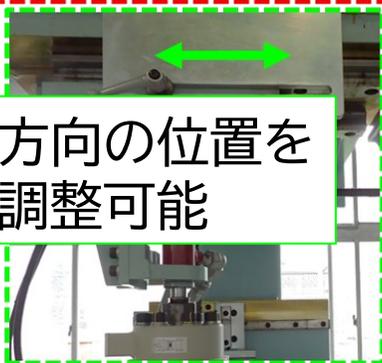
横圧载荷装置の概要



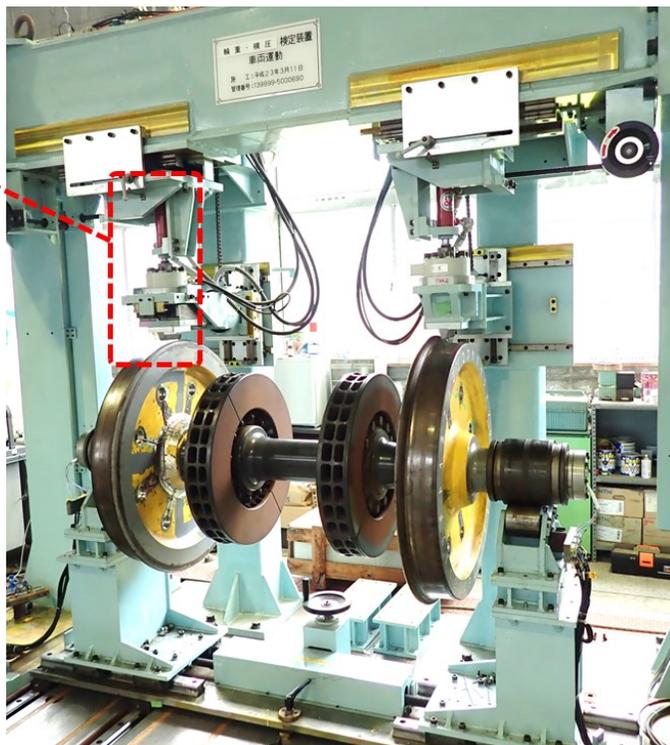
# 脱線係数の測定精度向上効果の確認

静荷重試験により、横圧に対する感度と輪重に対する感度を個別に測定

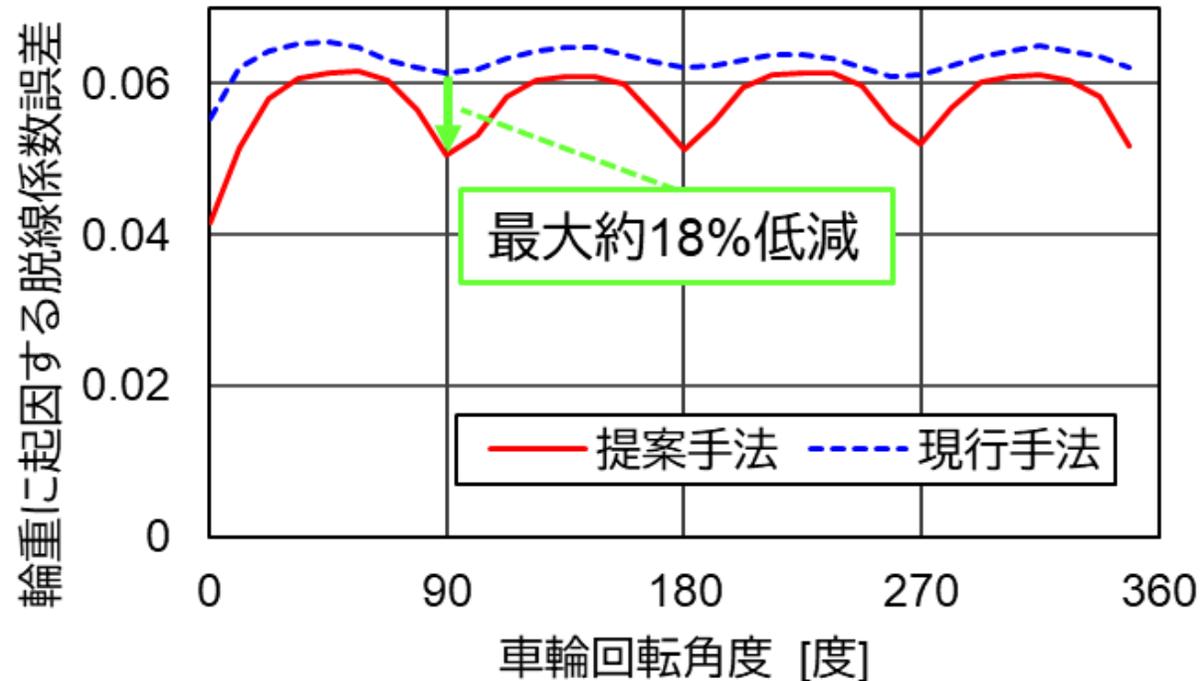
→これらの比から脱線係数誤差を評価



左右方向の位置を調整可能



輪重載荷装置の概要



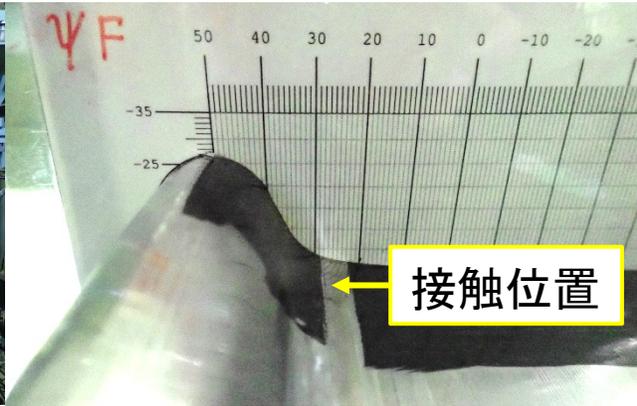
踏面中心位置から20 mmシフトした位置での脱線係数誤差評価結果

# 脱線係数の測定精度向上効果の確認

輪軸回転試験での検証：接触位置と脱線係数誤差の関係を静荷重試験結果と比較

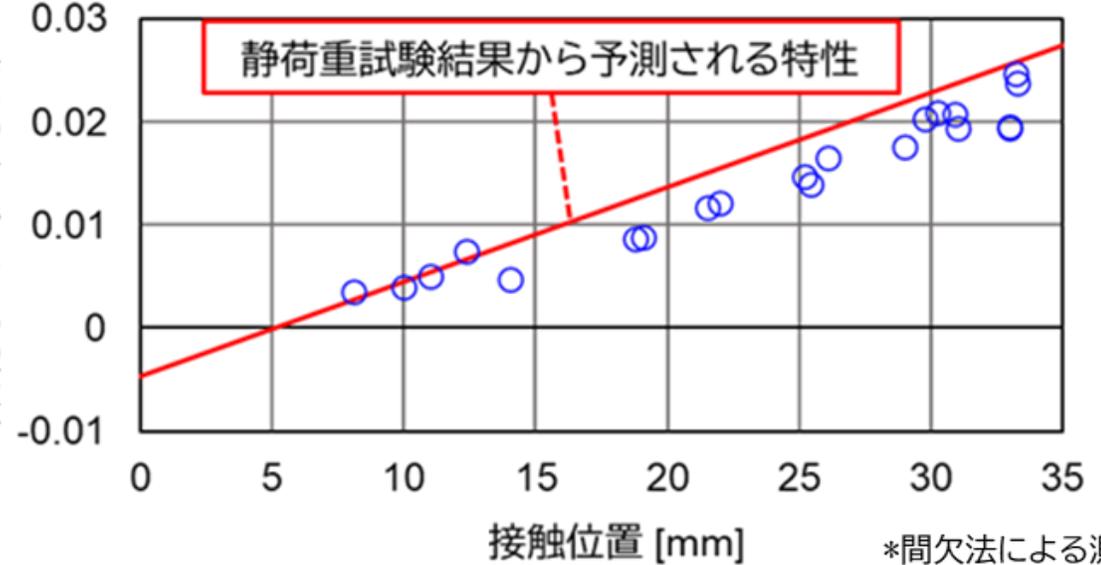


軌条輪

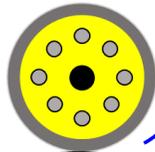


接触位置

脱線係数の差  
(現行手法－提案手法)



\*間欠法による測定



受動的に  
回転

駆動

軌条輪

## 検証用接触位置の測定方法

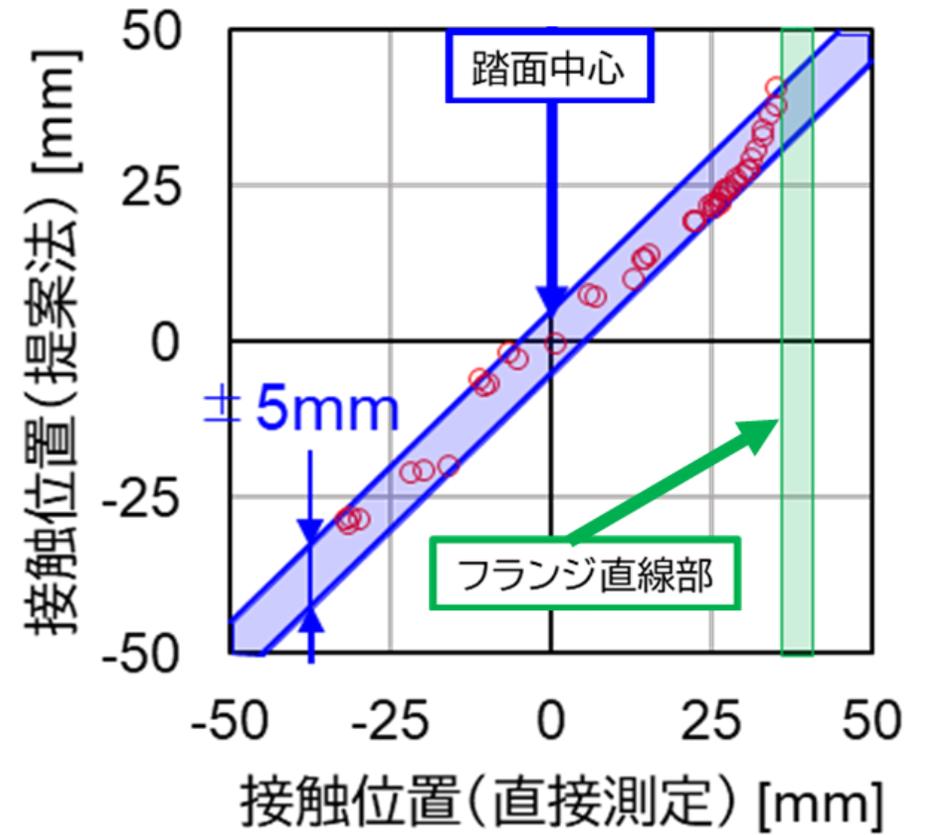
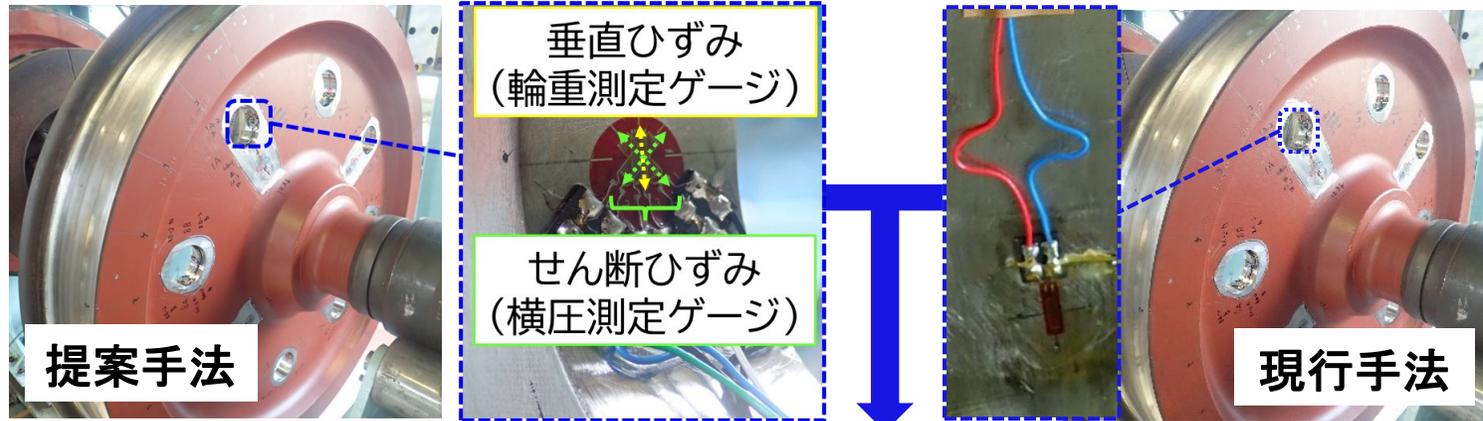
- 車輪回転前に油性マーカを車輪踏面に塗布
- 車輪回転後に油性マーカが剥がれた位置を測定

回転試験結果と静荷重試験から予測される特性が整合

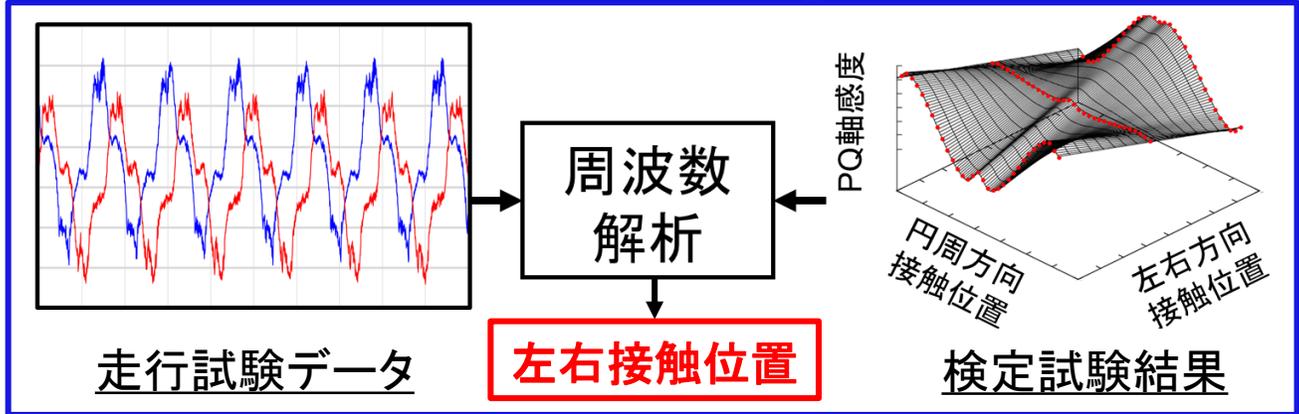
→ 輪軸回転状態での脱線係数精度向上効果を確認

# 提案法を応用した接触位置測定法の構築と精度評価

現行手法と提案手法の「輪重の影響の受けやすさ」の違いを接触位置測定に応用



フランジ接触に至らない範囲では 5 mm程度の誤差で測定可能



周波数特性に着目した信号処理手法



# まとめ

- 車輪板部のせん断ひずみを尺度とする新たな横圧測定法を提案
- 静荷重試験、輪軸回転試験を通じて、脱線係数の精度向上効果を確認
- 提案法を応用した車輪・レール接触位置測定法を開発し、フレンジ接触に至らない範囲では5 mm程度の誤差で測定できることを確認

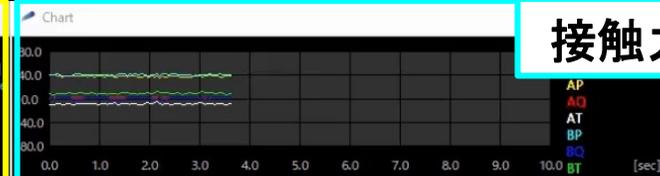
# 成果の活用

更なる横圧測定の高精度化 → 輪重・横圧測定の高精度化の標準仕様のひとつとして実用化を目指す

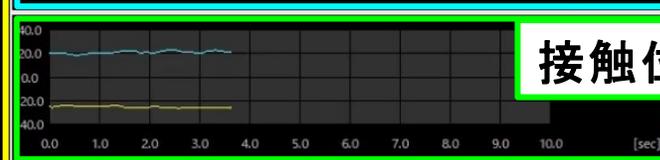
接触状態モニタ



接触力測定波形



接触位置測定波形

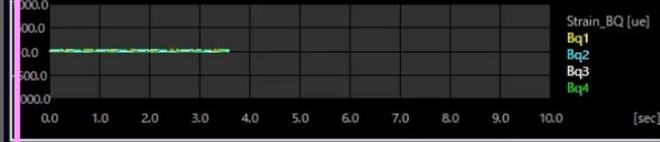
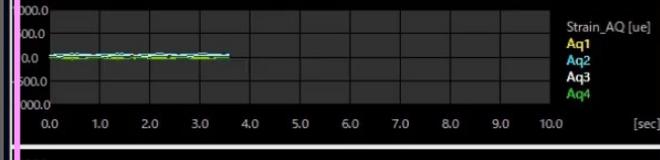
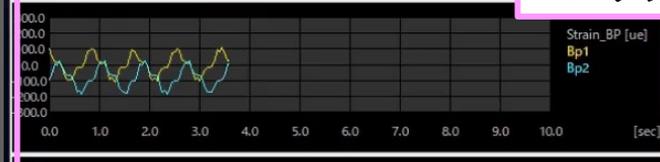
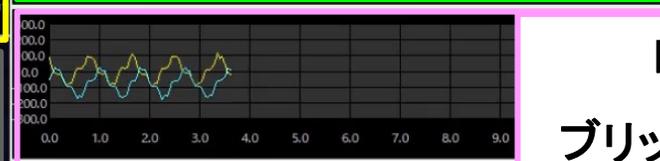


検証用比較映像



PQ輪軸

ブリッジ出力波形



開発中の高精度横圧測定処理システムイメージ

# 参考文献

本堂貴敏, 國行翔哉, 田中隆之, 鈴木貢: 輪重測定用孔内部のせん断ひずみを活用したPQ輪軸による横圧測定法, 鉄道総研報告, Vol. 35, No. 9, pp. 11-16, 2021

本堂貴敏: 車輪板部のせん断ひずみを活用した PQ 輪軸の転走試験, 鉄道総研報告, Vol. 37, No. 2, pp. 1-6, 2023

本堂貴敏: 車輪とレールの間に作用する力を測定する, RRR, Vol. 81, No. 81, pp. 34-39, 2024