

機械式の接触センサを利用した 貨車の脱線検知

材料技術研究部 防振材料研究室
主任研究員 太田 達哉

背景・目的

- 長大編成の貨物列車: 脱線の認識が遅れるケースがある

⇒地上設備の被害を拡大させる恐れ

脱線を早期に検知し、運転士に通知する**脱線検知システム**が求められる

- これまでに検討された脱線検知: 旅客車用のシステムの適用

振動加速度の異常検知 ⇒しきい値の設定や脱線との区別に課題

- 新たな脱線検知手法の提案

機械式の接触センサを用いた脱線検知センサ + **無線**による通信装置 ➡ 脱線検知システム

・脱線時の物理的な衝撃箇所に設置可能
・判定が容易

・配線が不要で、設置が容易



脱線検知センサ

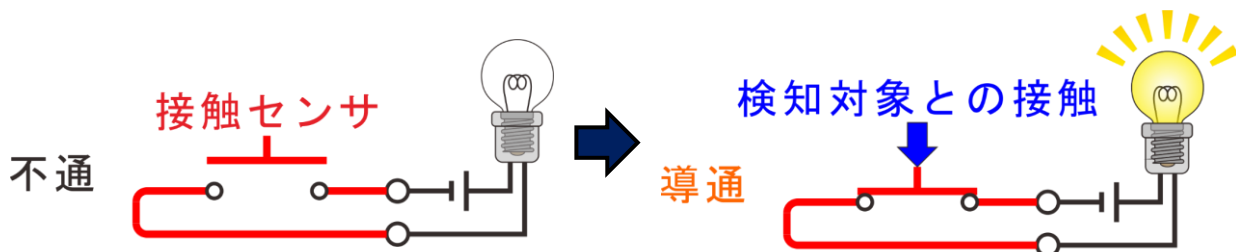
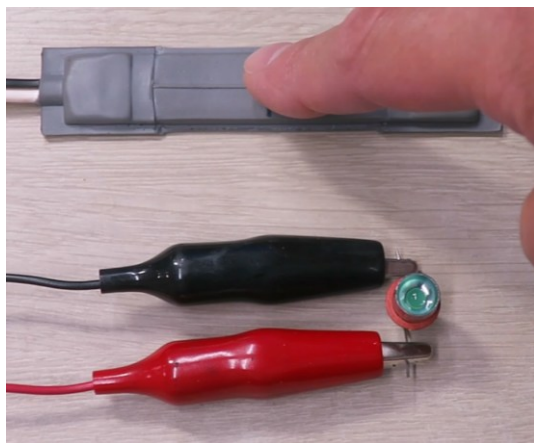
通信装置による通知

- 脱線検知センサの概要
- 通信装置の概要
- 脱線検知システムの評価
- まとめと成果の活用

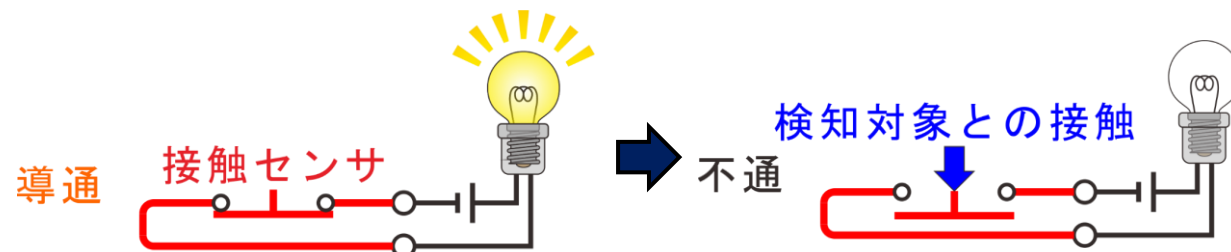
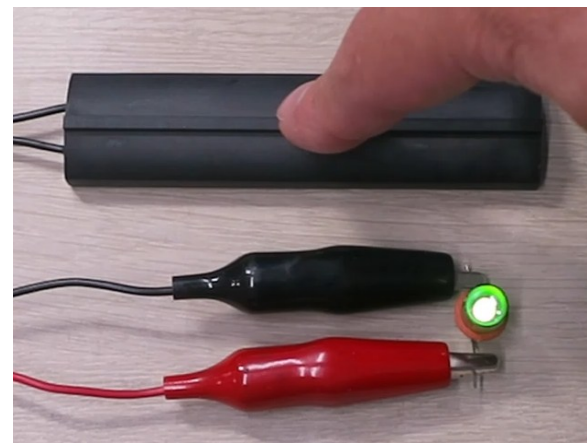
脱線検知センサの概要

● 接触センサ

A接点方式(不通⇒導通)



B接点方式(導通⇒不通)

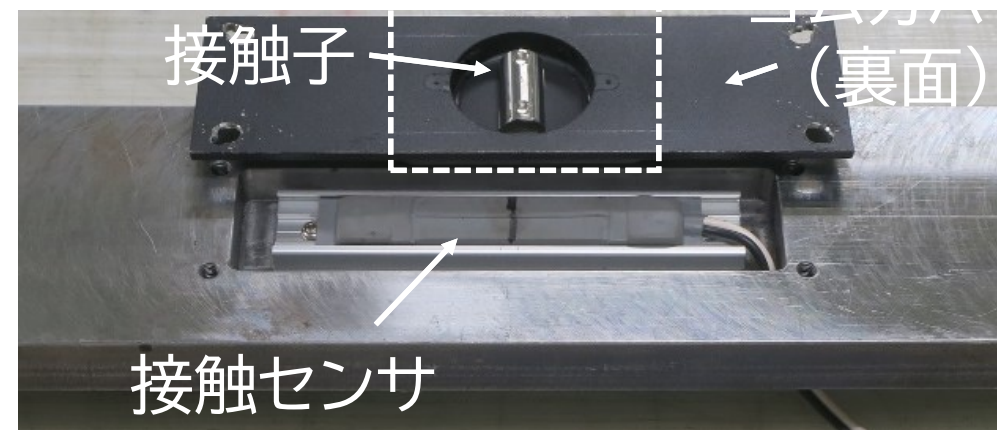
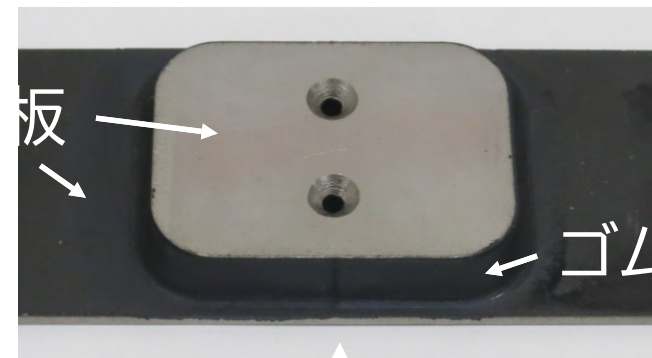
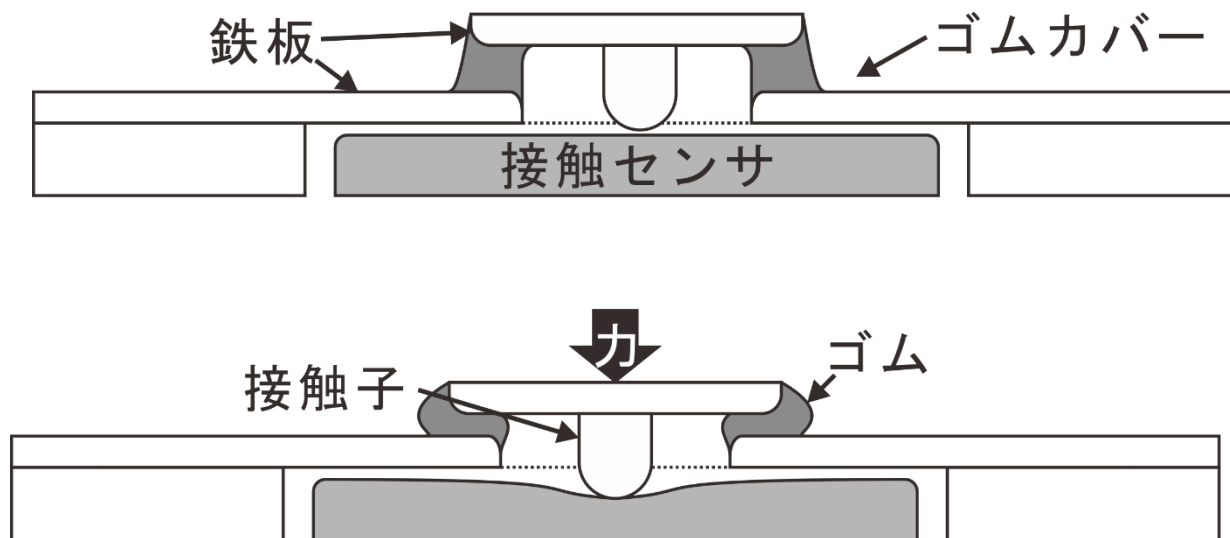


検知性能(ON/OFF切替): 10~15N ⇒そのままでは使えない

脱線検知センサの概要

● 接触センサの保護

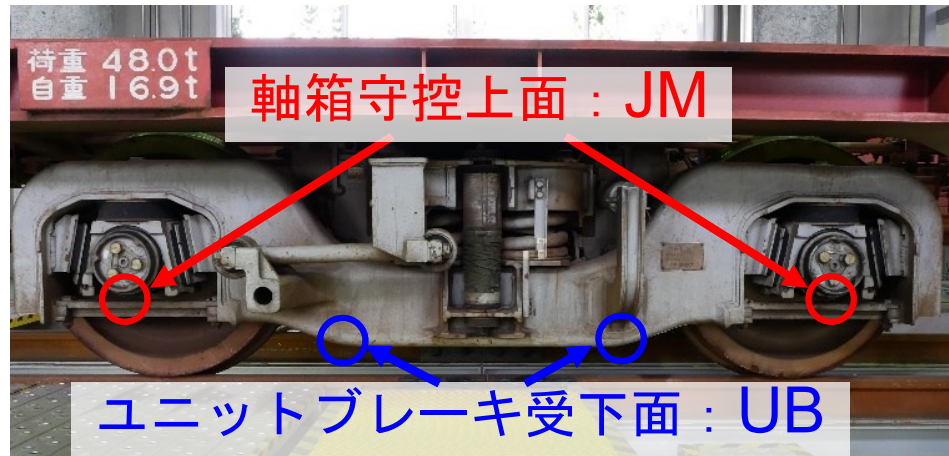
接触センサ + ゴムカバー ⇒ 脱線検知センサ



検知性能(ON/OFF切替): 数kN ⇒ 高荷重(脱線による衝撃)が加わった時のみ検知

脱線検知センサの概要

● 脱線検知センサの設置箇所



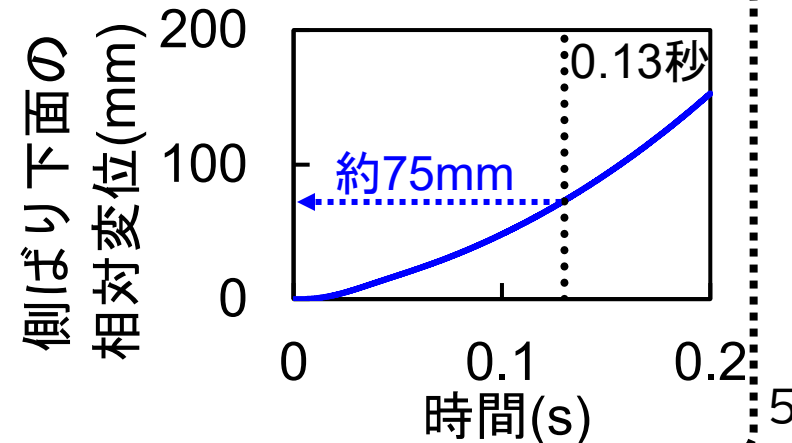
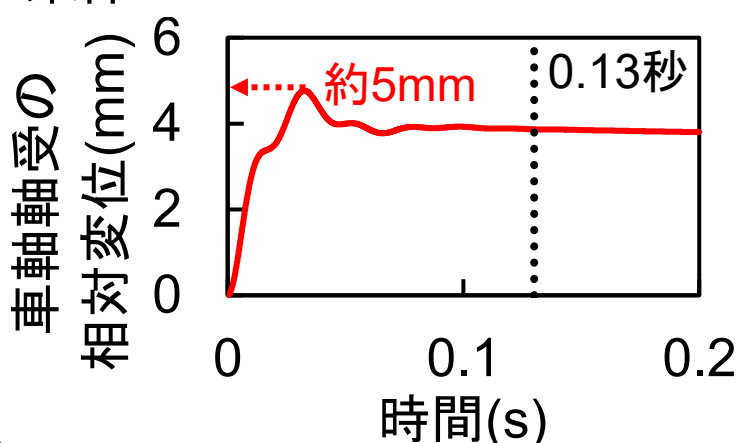
条件1 : 過去の事故調査で接触したことがある箇所

条件2 : 数値計算で車輪がレールから落下する時間 (0.13秒) に大きく変位する箇所

条件1



条件2



脱線検知センサの概要

● 脱線検知センサの種類

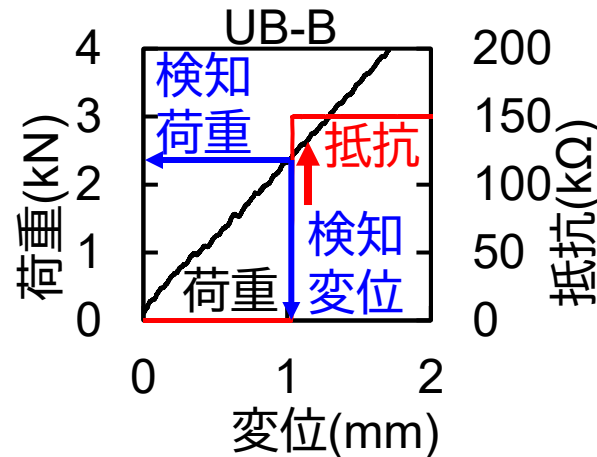
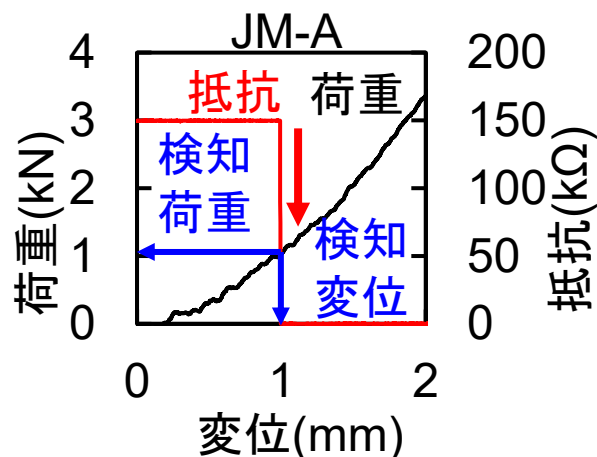
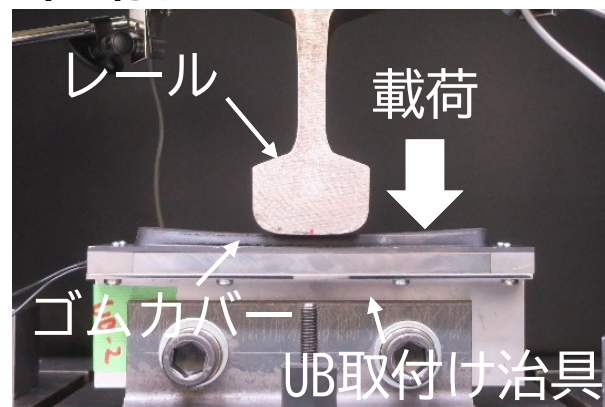
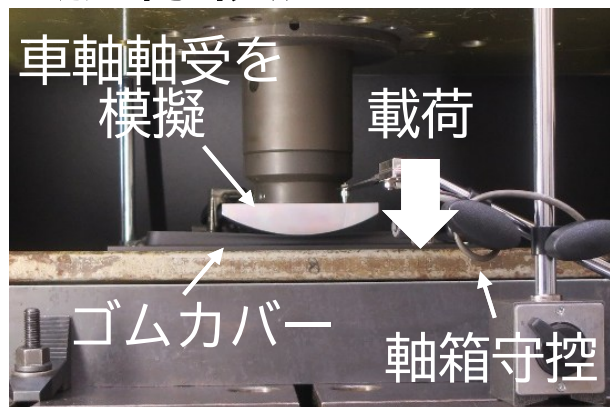
..... JMタイプ(軸箱守控上面)

A接点: **JM-A** B接点: **JM-B**

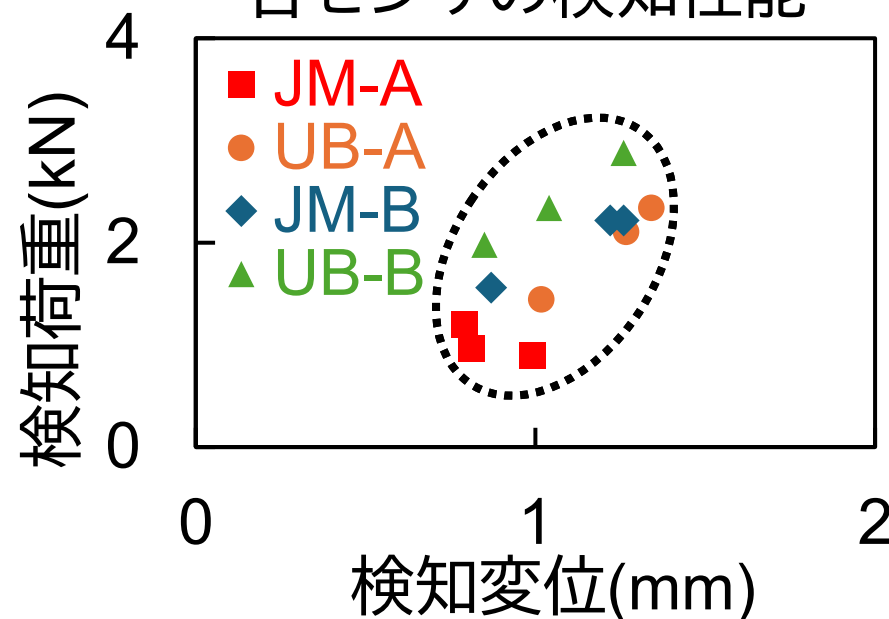
..... UBタイプ(ユニットブレーキ受下面)

A接点: **UB-A** B接点: **UB-B**

● 脱線検知センサの検知性能



各センサの検知性能

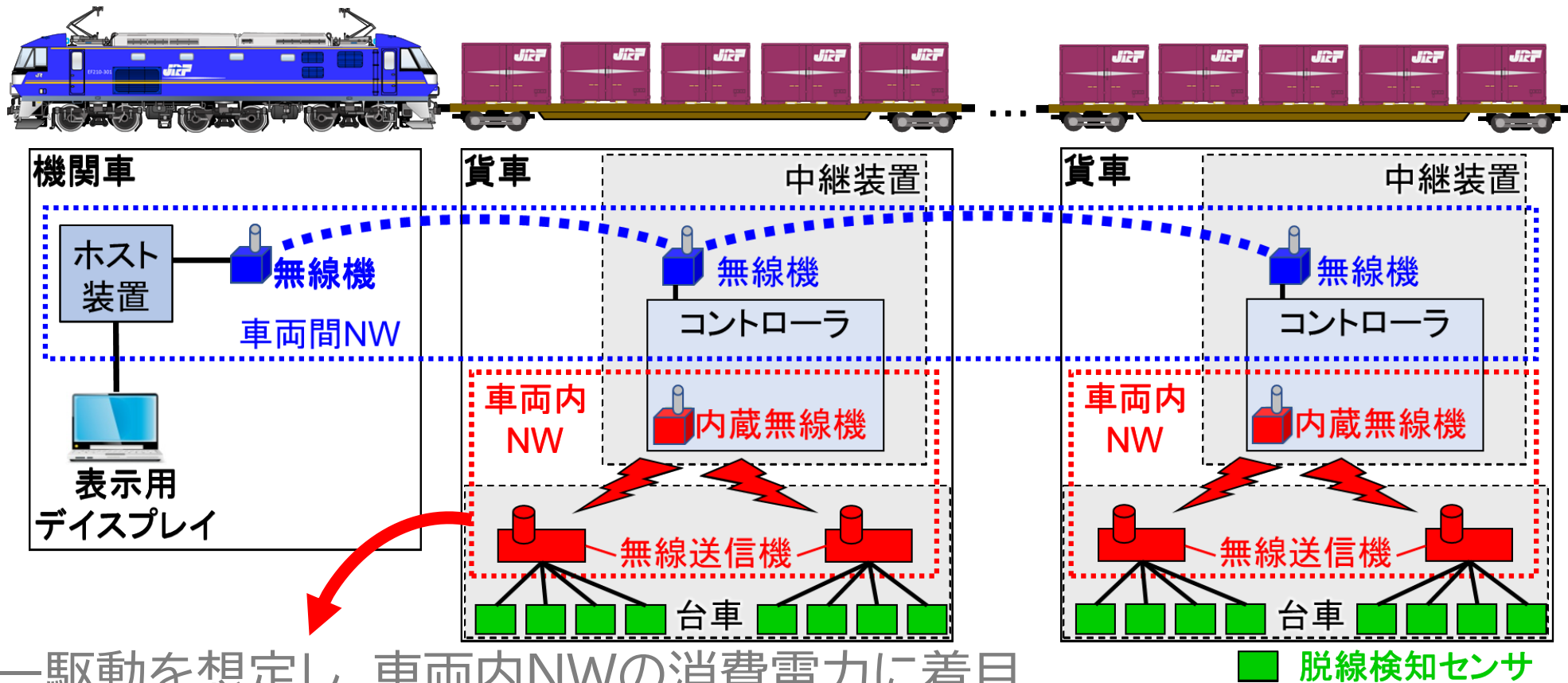


- 検知変位: $1.0\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$
- 検知荷重: $2\text{kN} \pm 1\text{kN}$

通信装置の概要

● 通信装置の構成

車両内ネットワーク(NW)+ 車両間ネットワーク(NW)=脱線の検知情報を運転士に通知



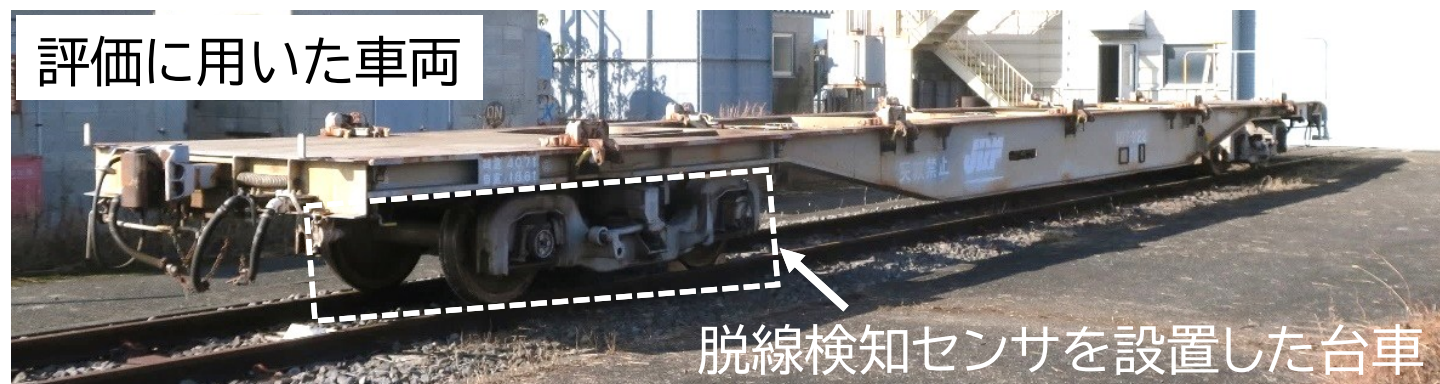
バッテリー駆動を想定し、車両内NWの消費電力に着目

- 通常モード: 情報伝送までの時間が短い ⇔ 消費電力が大きい
 - 省電力モード: 消費電力が小さい ⇔ 情報伝送までに時間を要する
- 2条件
検討

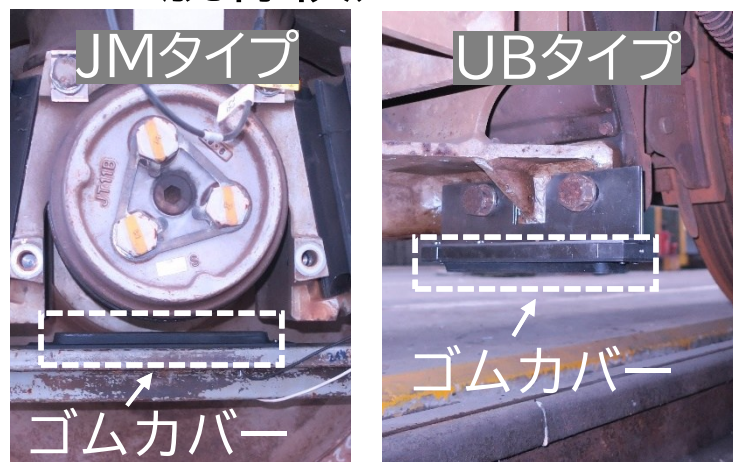
脱線検知システムの評価

● 評価方法

脱線検知システムを設置した車両を脱線⇒脱線の検知状況、情報の伝送状況を把握

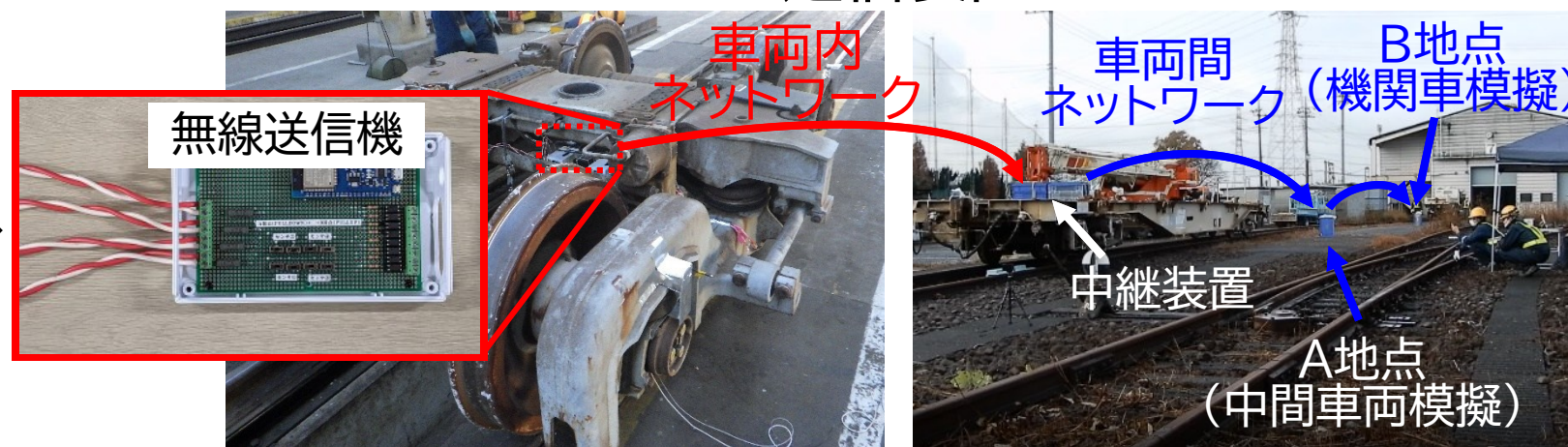


脱線検知センサ



A接点とB接点いずれも検討

通信装置



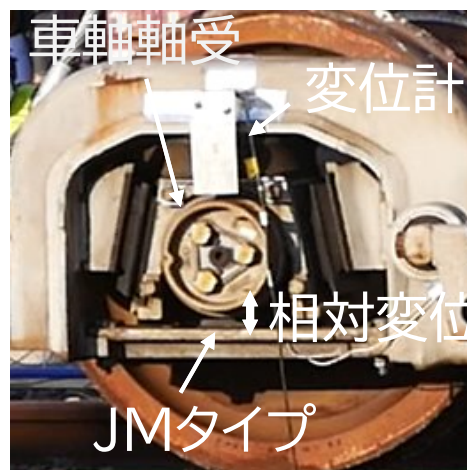
脱線検知システムの評価

● 脱線試験の状況



● 測定項目

- 脱線検知センサの検知波形
- 車軸軸受とJMタイプの**相対変位**
- 脱線検知情報の伝送時間



● 脱線時の速度

- 速度10km/h以下
- 速度10km/h～20km/h



A接点とB接点ともに3試番ずつ

脱線検知システムの評価

Railway Technical Research Institute

- 脱線時の台車の状況

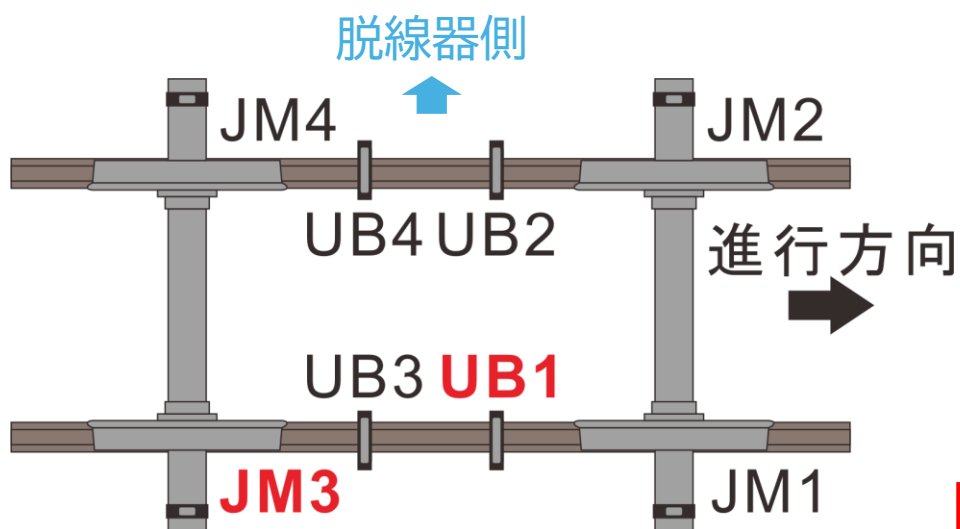
脱線時の速度: 5.6km/h



脱線時の速度: 15.6km/h



- 検知した脱線検知センサ



脱線後の脱線検知センサ

5.6km/h

15.6km/h

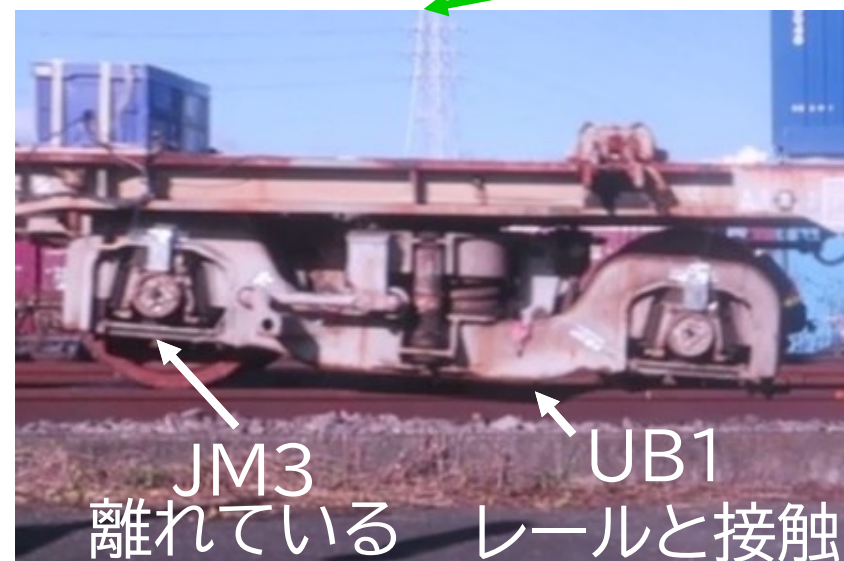
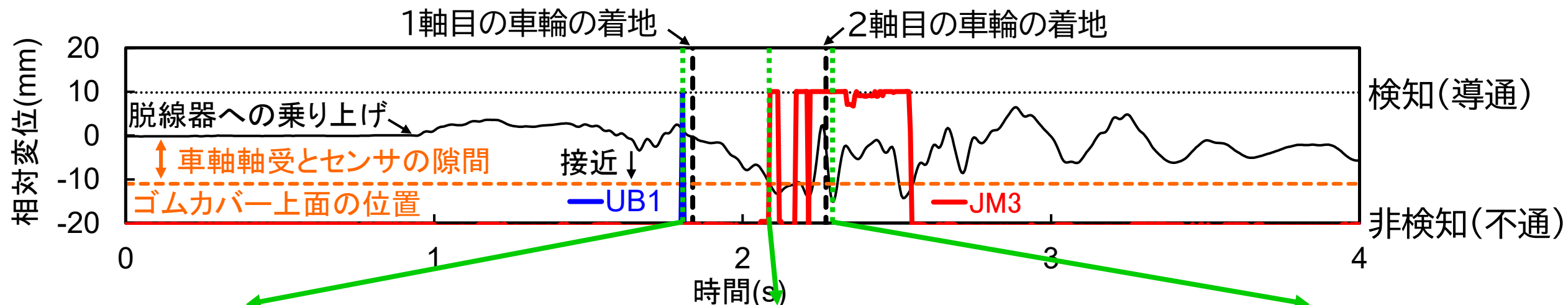


B接点: 接触の痕跡のないセンサでも発報⇒誤発報? 10

脱線検知システムの評価

Railway Technical Research Institute

- JM3の相対変位と検知波形(脱線時の速度:15.6km/h、接触センサ:A)



1軸目の車輪の着地直前



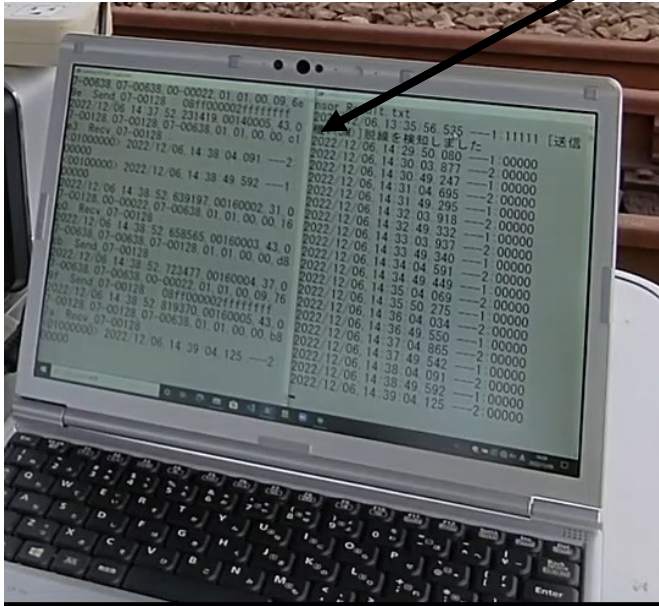
2軸目の車輪の落下直後



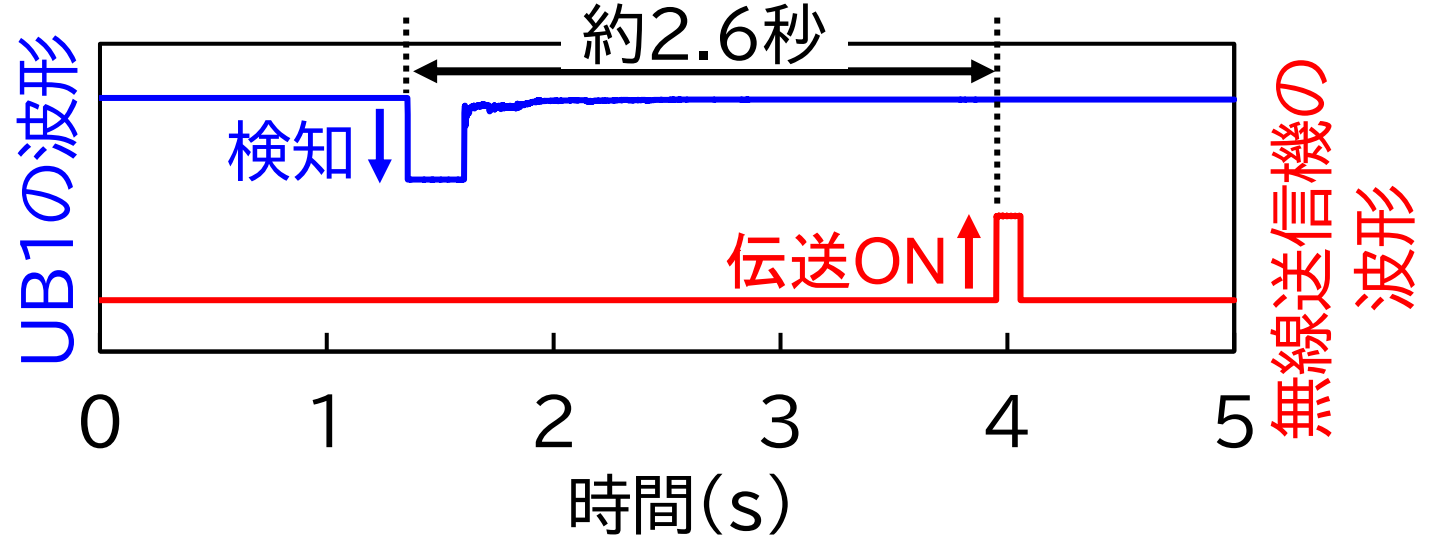
側はりがレールに乗り上げ

脱線検知システムの評価

● 通信装置の評価結果



省電力モードでの検知波形と伝送波形



○車両内NWが省電力モード

車両内NW: 約2.6秒 + 車両間NW: 約0.23秒 = 約2.83秒

○車両内NWが通常モード

車両内NW: 約0.01秒 + 車両間NW: 約0.23秒 = 約0.24秒

試験結果から最後尾(26両)で脱線した際の伝送時間を算出

➡ 省電力モードで4秒以内

脱線検知システムの評価

● 評価結果のまとめ

- 脱線の検知状況 ➡ 設置箇所による比較

JMタイプ(JM3は全て接触)
16箇所／計24箇所(6試番×4箇所)

UBタイプ(UB1は全て接触)
11箇所／計24箇所(6試番×4箇所)

⇒検知できた箇所:JMタイプ>UBタイプ

- 情報の検知状況
➡ 伝送モードによる比較

車両内NWが省電力モード:約2.83秒

車両内NWが通常モード:約0.24秒

⇒省電力モードでも4秒以内に運転士に通知できる見通し

- ➡ 接触センサの方式による比較

A接点方式
接触した場合に全て検知情報が伝送

B接点方式
接触していない場合でも発報

⇒信頼性:A接点方式>B接点方式

実用化に向けては、今後課題の抽出や仕様の整理が必要

● まとめ

- 設置場所を軸箱守控上面(JM)とユニットブレーキ受下面(UB)の2箇所を選定した。
- 接触センサとゴムカバーで構成した脱線検知センサと通信装置を組み合わせた脱線検知システムを開発した。
- 脱線検知システムを台車に設置して車両を脱線させた結果、全ての試番で1軸目の脱線で前方UB、2軸目の脱線で2軸目のJMの脱線検知センサが検知した。
- 省電力な通信装置でも26両編成想定で4秒以内に機関車に通知できる見通しを得た。
- B接点方式の接触センサについては、誤発報のリスクが懸念された。

● 成果の活用

- 貨車に脱線検知センサおよび通信装置を取り付け、早期に脱線を運転台に通知することで地上設備の被害を最小化する。

間々田祥吾, 太田達哉, 宮原宏平, 小杉一斗 : 機械式の接触センサを用いた
貨車の脱線検知, 鉄道総研報告, Vol.39, No.6, pp.1-9, 2025