

第4種踏切に対する支援装置の 技術的検証と社会的課題への 取組

三好 正太

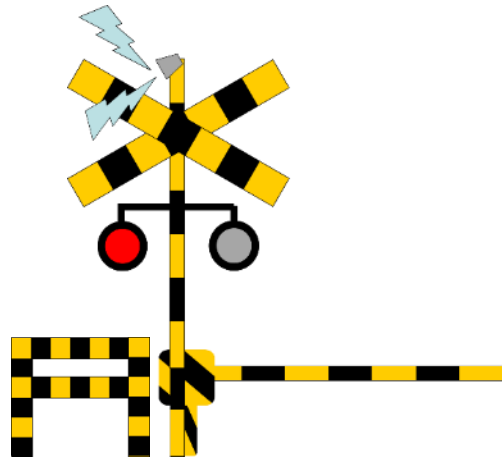
交通システム研究部

講演内容

- 1 . 取組に至った背景
- 2 . 踏切支援装置の技術的検討
- 3 . 現在までの取組状況
- 4 . 支援装置に対する社会的課題の検討
- 5 . むすび

1. 取組に至った背景

踏切の種別及び令和4年度末の設置数



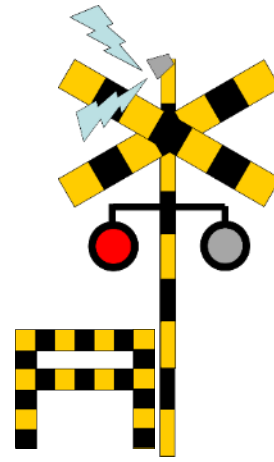
第1種踏切

(警報機有・遮断機有)

29,442箇所 (91%)

うち中小民鉄+路面電車では

6,167箇所 (81%)

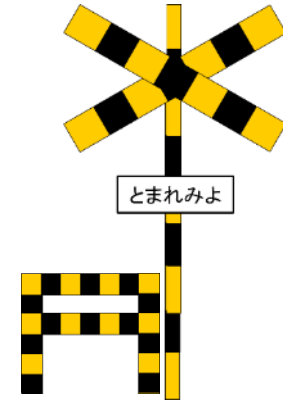


第3種踏切

(警報機有・遮断機無)

592箇所 (2%)

212箇所 (3%)



第4種踏切

(警報機無・遮断機無)

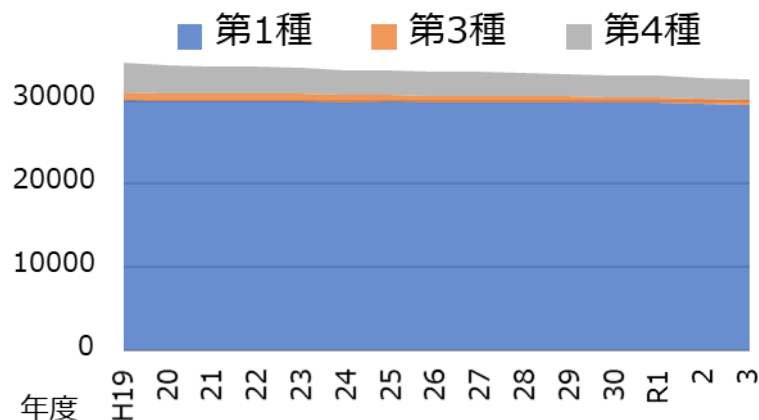
2,408箇所 (7%)

1,211箇所 (16%)

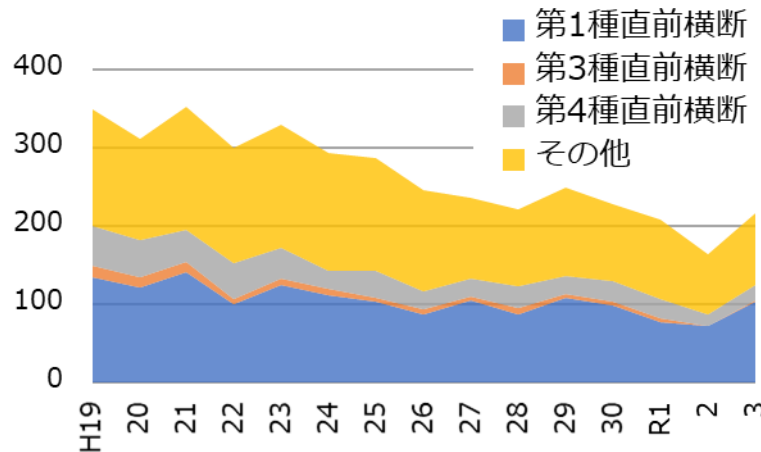
※第2種踏切（一部時間のみ人手による警報機・遮断機操作）は、現在国内に存在せず。

踏切事故の発生状況

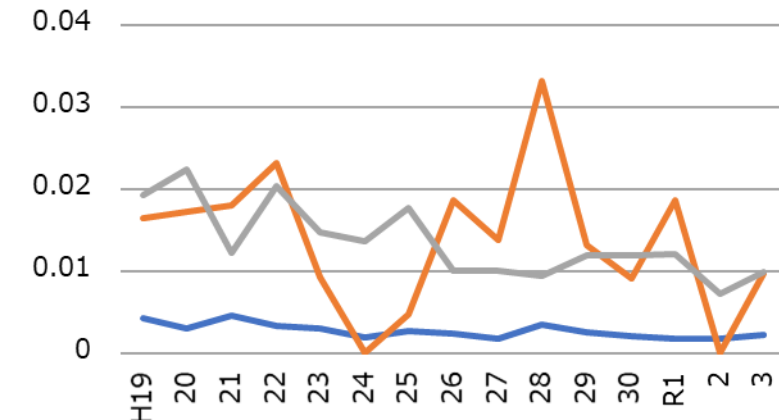
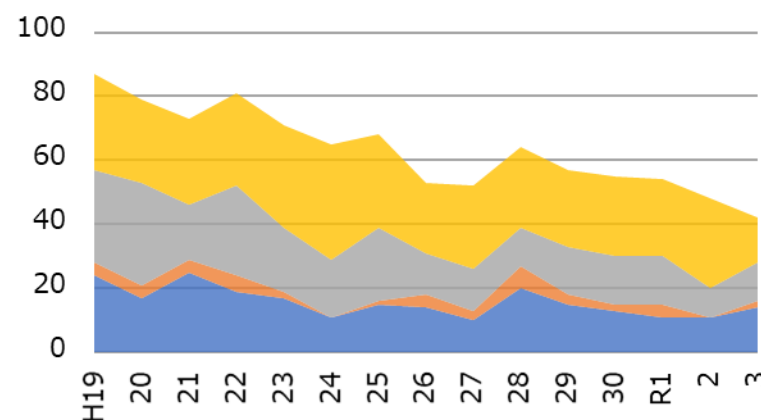
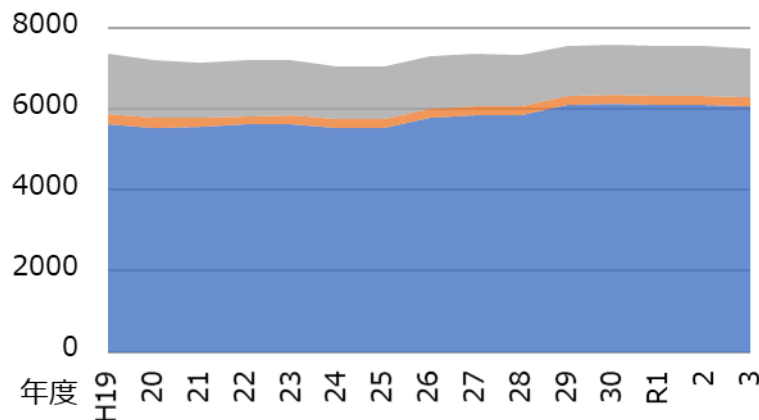
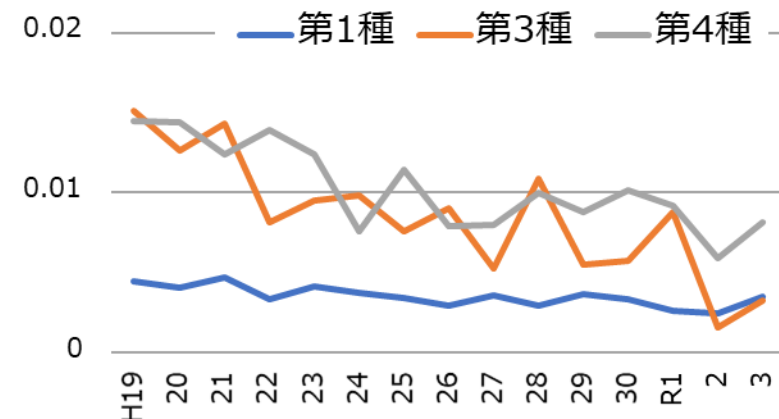
踏切数



踏切事故件数



踏切あたり 直前横断事故件数



第3, 4種踏切は減少傾向

原因の大半が直前横断

4種 > 3種 > 1種の傾向

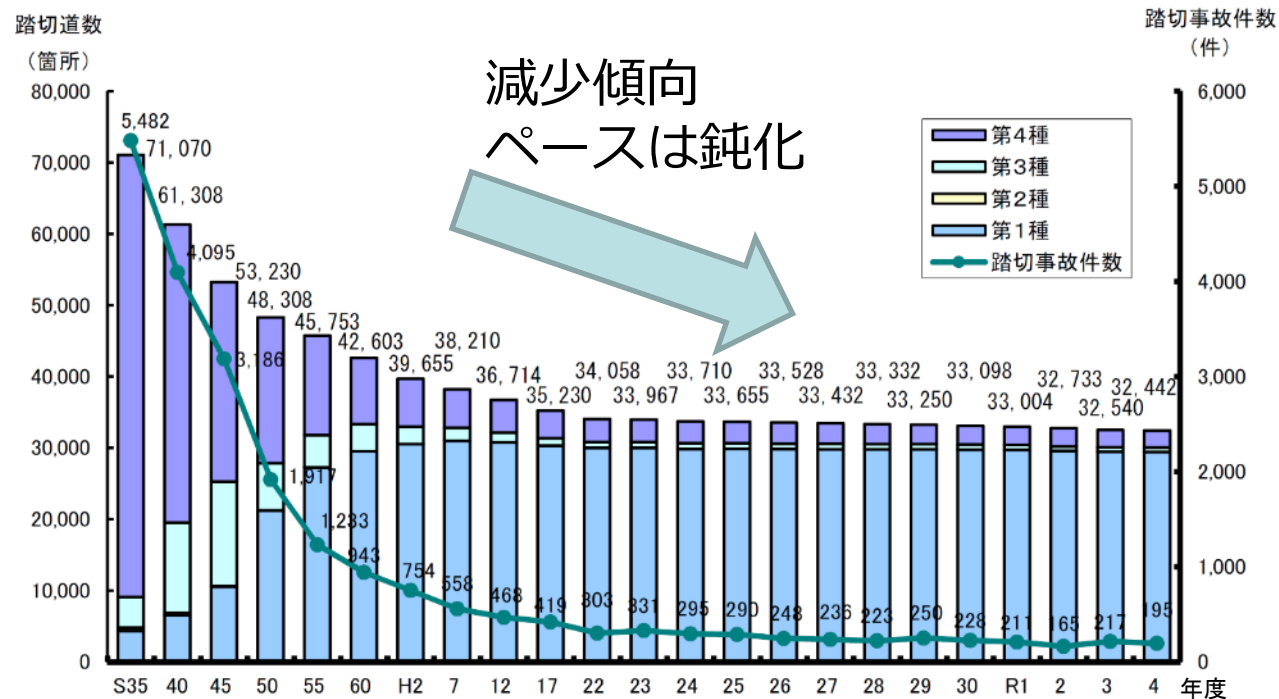
全鉄軌道

中小民鉄・公営

第4種踏切に対する国の取組

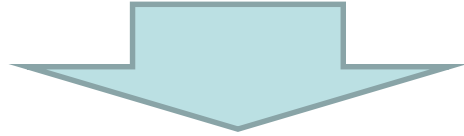
第4種踏切は、廃止または第1種化の促進

- 踏切道改良促進法による指定 踏切道改良促進法施行規則第二条六
- 鉄道施設総合安全対策事業費補助 一定の条件のもと整備費用の一部を補助
- 地方踏切道改良協議会合同会議の都道府県への設置

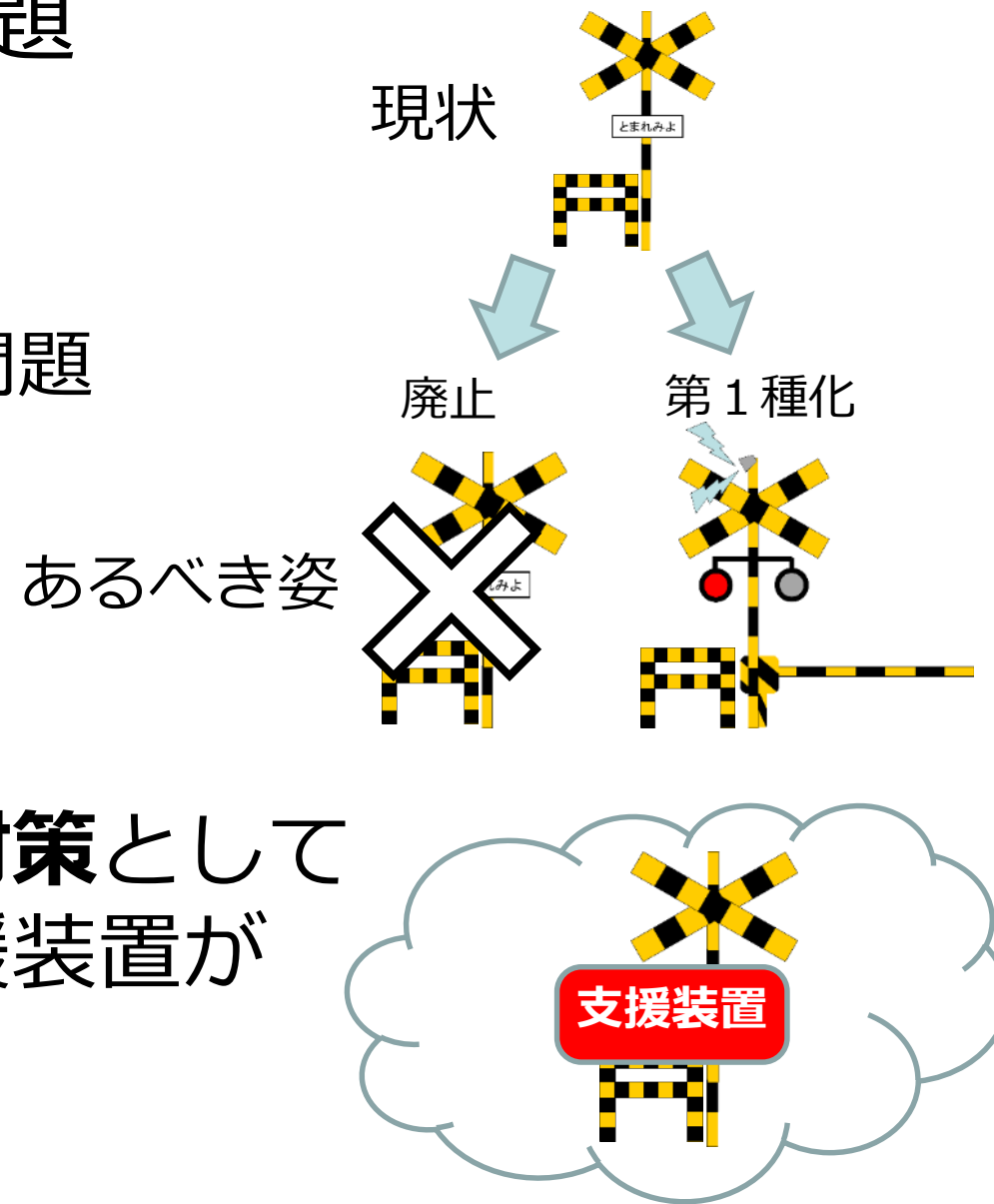


第4種踏切に対する取組の課題

- 廃止は地元との調整が難しい
 - 第1種化は設置費用大
 - 第1種踏切維持のコストや労力も問題
- 経営が厳しい地方鉄道において
依然として第4種踏切が残存



廃止または第1種化までの暫定対策として
踏切保安装置ではなく、踏切支援装置が
有効ではないかと考えた



先行事例：第4種踏切安全性向上の様々な取組

踏切道内標示

踏切の存在を通行者に提示

看板・柵・ポール等

通行者の一時停止・

左右確認の促進



簡易ゲート

手動で開閉

直前横断の物理的対策



列車接近表示・警報機

列車接近を通行者に

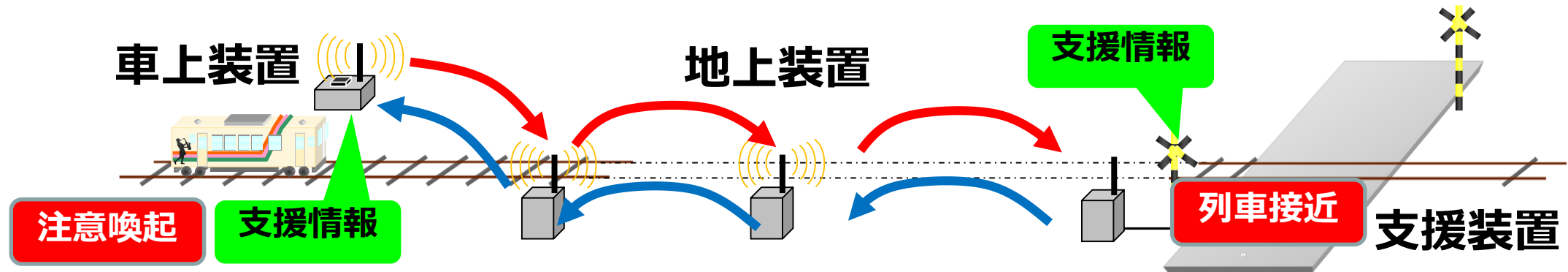
知らせる対策



踏切通行者に
対する支援

2. 踏切支援装置の技術的検討

踏切支援装置の目的 通行者・列車運転士両方を支援



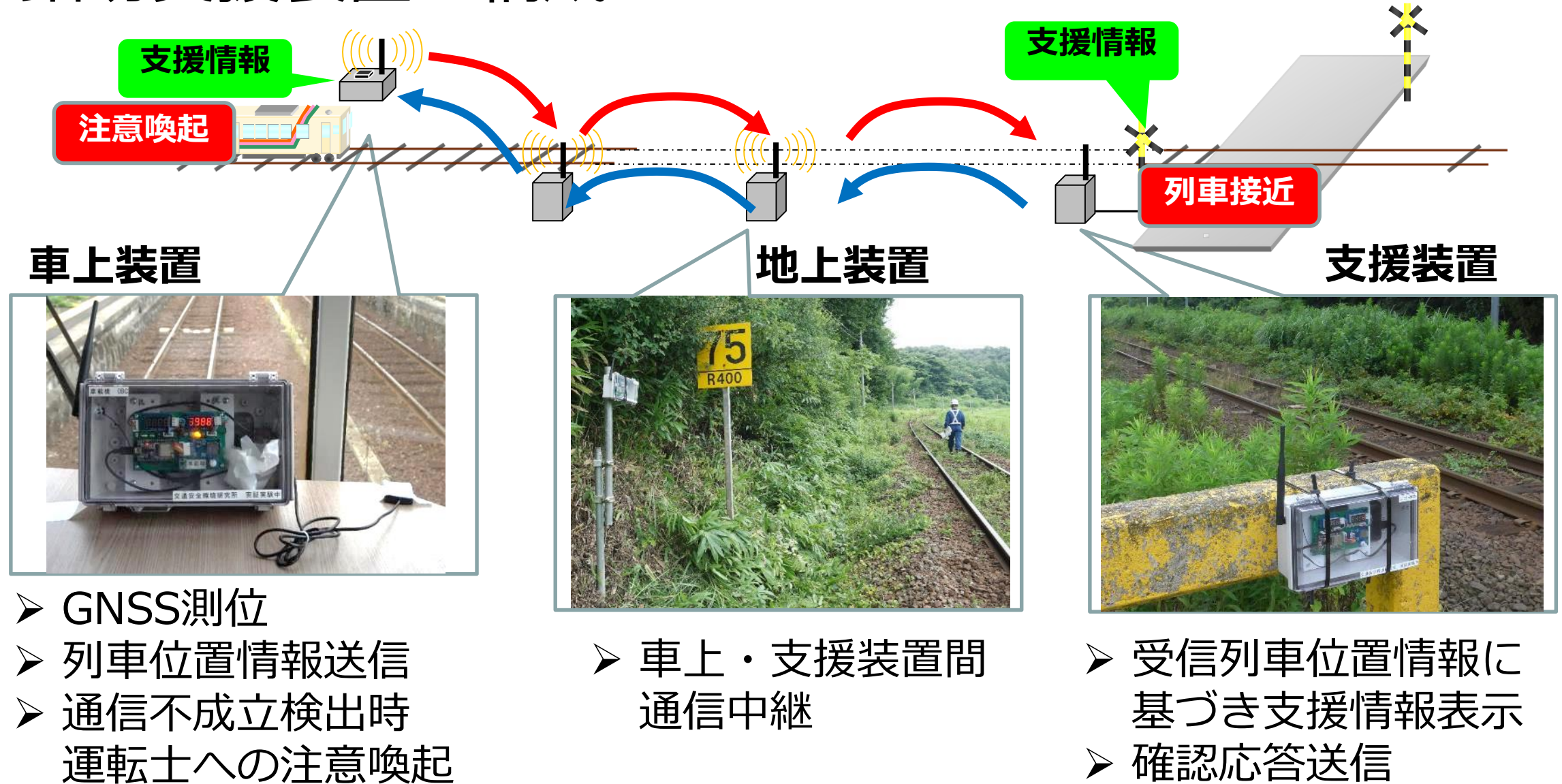
車上・地上間の双方向無線通信により

- 通行者へ列車接近を報知可能
- 列車運転士へ支援装置の故障を通知可能

支援装置は踏切保安装置より低コストの位置づけ ⇒ 故障リスクを無視しない

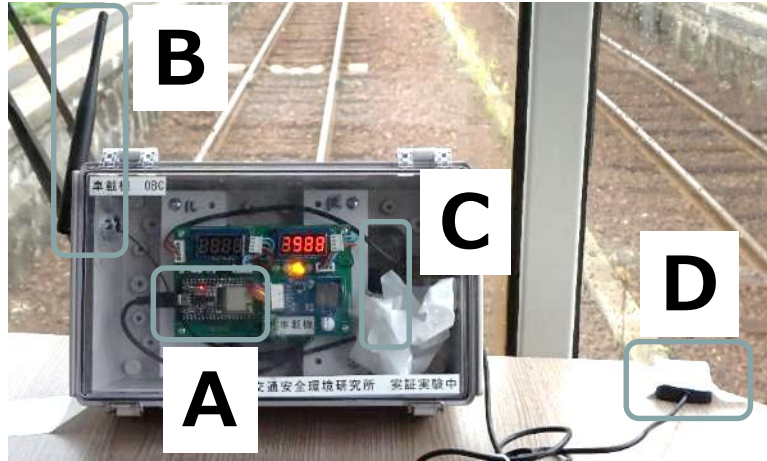
通行者の安全確認・列車運転士の運転行動・支援装置
を併せて踏切の安全性を確保

踏切支援装置の構成



踏切支援装置の構成要素

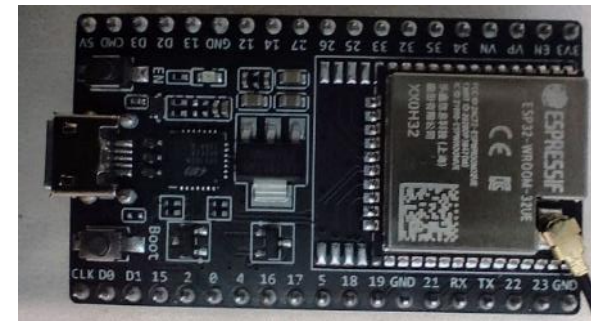
車上装置



- A) 組み込みマイコン
- B) Wi-Fiアンテナ
- C) モバイルバッテリー
- D) GNSS受信器 (車上装置のみ)

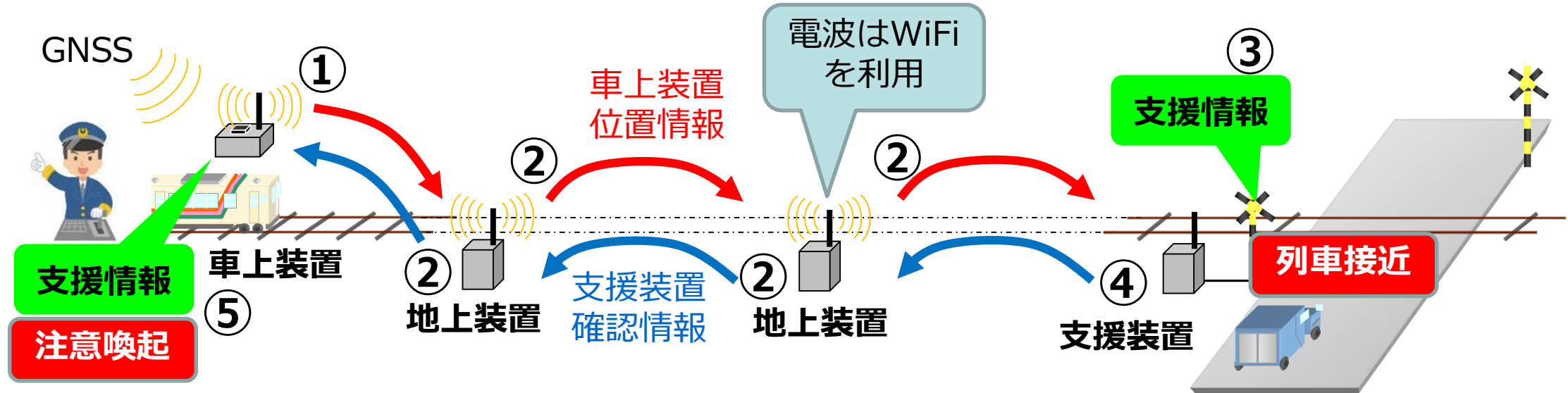
将来、地上・支援装置に付加予定
E) ソーラーパネル
F) 支援情報報知装置

地上装置
支援装置



A) 組み込みマイコン(ESP32)

踏切支援装置の動作



- ① 車上装置は、GNSS測位に基づくキロ程+進行方向等の情報を送信
- ② 地上装置は、受信メッセージを転送再送信
- ③ 支援装置は、踏切のキロ程と列車のキロ程の比較及び列車進行方向に基づき支援情報を報知
- ④ 支援装置は、列車のキロ程を受信したとき、確認情報を送信
- ⑤ 車上装置は、列車が踏切に近づき、かつ支援装置の確認情報を受信できない場合に、運転士に注意喚起を報知

➡ フェイルセーフハードウェアを使用せず低コスト・故障リスクあり
無線通信を用いた閉ループにより故障検知もある程度可能

3. 現在までの取組状況

踏切支援装置のコンセプト検証

2022年度 山形鉄道

地上・車上装置間の通信機能試験

2023年度 京都丹後鉄道

複数地上装置・支援装置と車上装置間の通信機能試験

**踏切支援装置の根幹となる通信機能の
実行可能性検証を行ってきた**

2022年度 山形鉄道



○実験項目

- 見通しの良い踏切における車上・支援装置間通信の基礎試験
- 時速72km/hで踏切通過までに30秒確保
⇒600mの通信距離が必要

○実験結果

- 中継用の地上装置なしで800m以上の通信距離を達成

2023年度 京都丹後鉄道



○実験項目

- (浜分踏切) 見通しの悪い踏切における車上・支援装置間通信試験
- (矢立踏切) 地上装置を経由した車上・複数支援装置間通信試験

○実験結果

- 浜分踏切では、前後140-250m程度において通信成立
- 矢立踏切・第二森の下踏切では、支援装置前後の電波到達距離短い
⇒地上装置を経由することで通信成立
通信距離は各踏切位置より800m以上

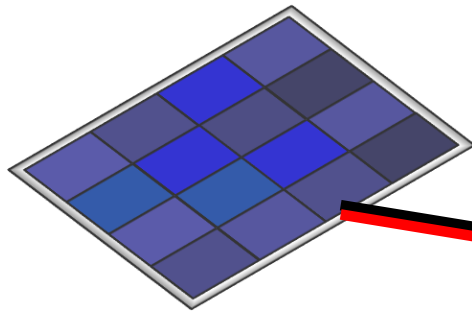
通信機能試験の総括

- 電波の見通し良い場所：地上装置のみで800-1000m以上の通信距離
- 電波の見通し悪い場所：150-200m程度 特に水分を含んだ草木に弱い
- 中継用の地上装置を追加することで、装置間通信距離を任意に延長可能
- 通信機能の目標：800m程度（時速72km/hで踏切通過までに40秒確保）を達成

通信機能の有効性が実証できた

今後検討予定の課題

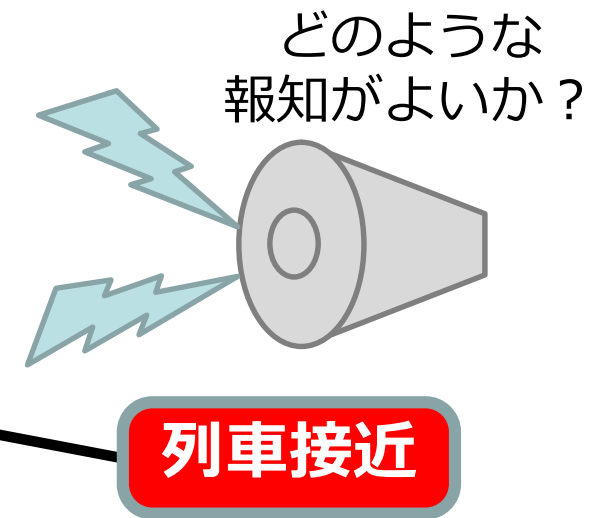
- 電源の設計 太陽電池と蓄電池を予定
- 長期間フィールド運用時の耐久性
- 報知方法（光・音・・・）



太陽電池



支援装置



報知装置

報知方法では、技術的な課題に留まらず社会受容性も課題

4. 支援装置に対する社会的課題の検討

技術的には実現可能だと確かめられたが・・・

支援装置の社会実装のために、3点が技術要件に加えて重要

- 報知の確実性
- 通常動作時及び故障時に支援装置が発すべき情報
- 支援に伴う責任の問題

**技術的検証だけでなく、法的・社会的課題も確認し
クリアする必要あり**

踏切支援装置の設置に関するリスク

リスク分類	鉄道事業者のリスク	通行者のリスク
支援装置を設置しないことにより存在するリスク	・ 運行中に通行者と接触する ・ 事故対策に後ろ向きであると見なされる	・ 通行中に列車と接触する ・ 列車の接近が全く知らされない
支援装置を設置することにより発生するリスク	・ 支援装置の誤動作・不動作時の踏切事故は、支援装置の責任とされる可能性がある ・ 支援装置が破壊される	・ 誤動作・不動作した支援装置に惑わされる ・ 報知の光や音が迷惑になる ・ 支援装置が交通の阻害になる
支援装置を設置しようとするとき阻害するリスク	・ 地元との調整が難しい ・ 踏切関連の現状の基準を適用できない	—

踏切支援装置の鉄道事業者にとってのリスク評価

リスク分類	高リスク箇所 例：見通し悪い箇所	低リスク箇所 例：見通し良い箇所
支援装置を設置しないことにより存在するリスク	見通しの悪さを放置したことの過失	通行者（確認義務・回避行動義務）の過失
支援装置を設置することにより発生するリスク	支援装置が誤動作すると、製造物責任・管理責任の過失	支援装置が誤動作すると、製造物責任・管理責任の過失

民事裁判例における過失相殺

鉄道：運転士の安全確認・回避操作義務
踏切道設備の管理義務
通行者：安全確認・危険回避義務

支援装置も
この点を
問われる

支援装置は保安装置より高い故障リスクを持つ
⇒踏切支援装置を設置する踏切を
設置しないリスクが高い箇所のみに限定することも考えられる

通行者に対する表示内容の基礎検討

踏切支援装置の目的：通行者・列車運転士両方を支援

通行者と鉄道事業者それぞれの義務

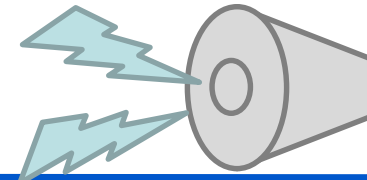
- 踏切では、車両等は止まり、見て、聞いて安全確認を行ってから通行しなければならない 道路交通法第三十三条・交通の方法に関する教則2章4節
- 運転士が運転中、線路内支障物を発見する法的義務は、鉄道法規には規定されていない 鉄道における自動運転技術検討会とりまとめ



通行者が行うべきことを行うことを前提として、

- 通行者の注意を促す判断材料となる報知
- 新たなリスクが発生しにくい報知を設計したい

列車接近



支援情報



5. むすび

- 現在までの取組
 - 汎用装置と無線通信を用いる踏切支援装置の設計コンセプトを提案
 - 無線通信機能の動作を確認・実証
- 今後の取組
 - 技術的課題（電源・表示装置・耐久性）
 - 社会的課題（支援対象踏切選定・通行者への表示内容）

鉄道事業者の協力の下、実路線での試験で検証していく

ご清聴ありがとうございました

謝辞

踏切支援装置実験にご協力いただいた
山形鉄道株式会社
WILLER TRAINS株式会社
北近畿タンゴ鉄道株式会社
へここに謝意を示します