

踏切安全性向上のための センシング・制御技術

信号・情報技術研究部（信号システム）
室長 新井 英樹

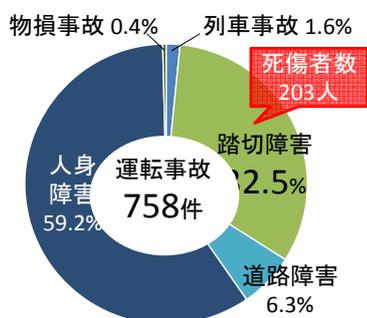


Railway Technical Research Institute

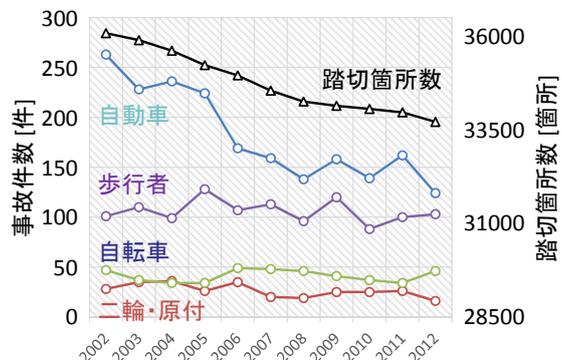
踏切事故件数

踏切事故の実態

- ・踏切は鉄道の運転事故／死傷事故で大きな割合を占めている
- ・踏切数の減少と共に踏切事故件数は減少しているが、歩行者や軽車両の件数は横ばい傾向



出典：国交省「鉄軌道輸送の安全にかかわる情報(平成26年度)」
運転事故の種類別件数(2014年度)

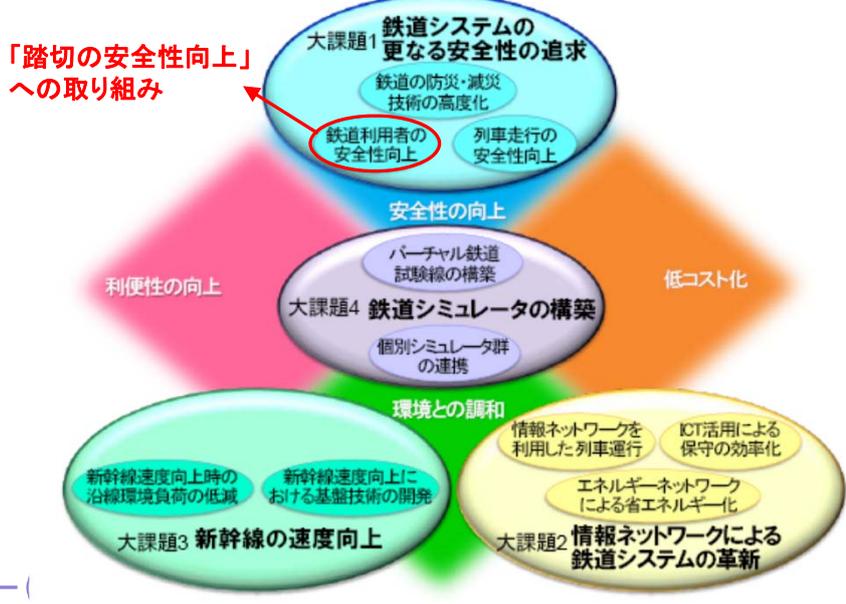


踏切箇所数と踏切事故件数の推移



Railway Technical Research Institute

鉄道総研将来指向課題(2015~2019年度)

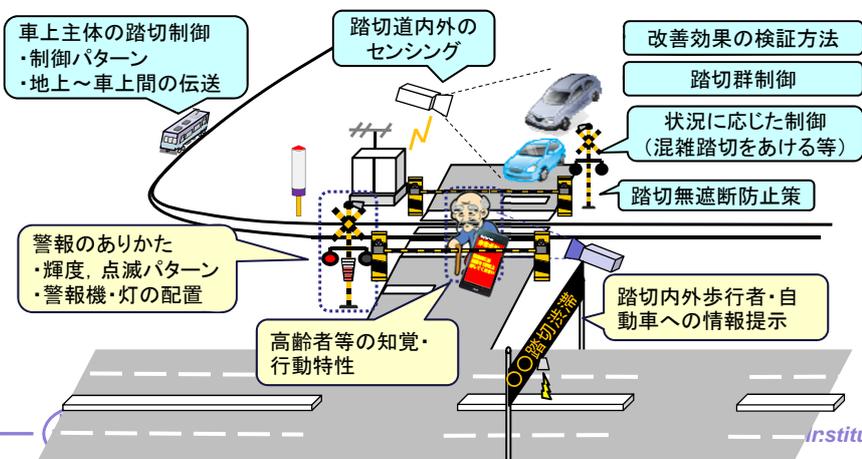


踏切安全性向上に係わる研究開発

目標 踏切制御および歩行者・自動車への情報提示により踏切における安全性向上(事故率低減)を目指す

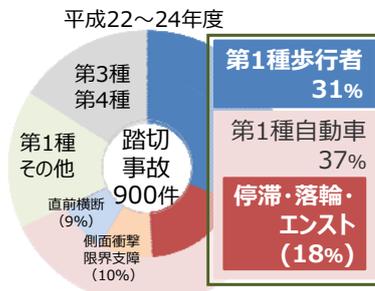
①情報提示に関する課題

②センシング・制御に関する課題

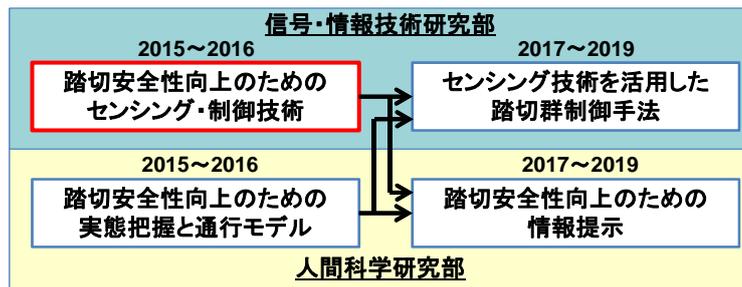


踏切安全性向上への取り組み

第1種踏切での自動車事故
(停滞・落輪・エンスト)と
歩行者事故の低減を目指す



研究部横断的に推進

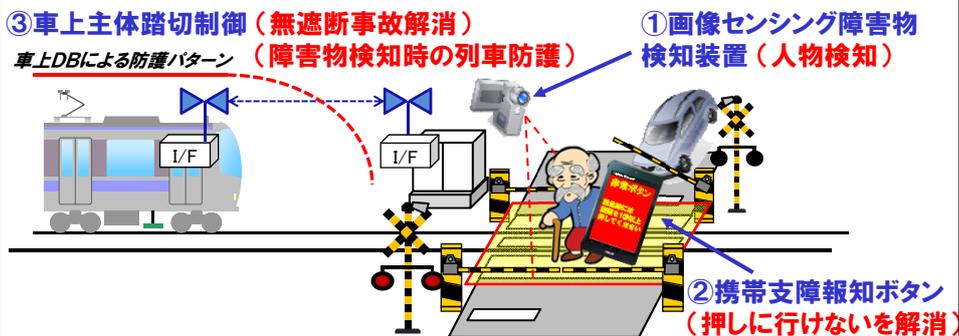


Railway Technical Research Institute

踏切安全性向上のためのセンシング・制御技術

主要な開発項目

- ① 画像センシングによる踏切障害物検知装置の開発
- ② 交通弱者向け携帯支障報知ボタンの開発
- ③ 無線利用による車上主体踏切制御の開発



高安全踏切システムのための基盤技術を開発



Railway Technical Research Institute

画像式障害物検知装置の要求仕様

NEC, 日本信号, 鉄道総研で共同開発中

- 人物検知として既存障検に+αする装置を開発
 - 遠赤外線カメラによる画像センシング
 - 自己診断・フェールセーフ機能を搭載
 - 検知対象の位置, 速度を辺別
 - 既存障検では検知できない転倒者も含めて検知する
 - いたずら対策・事故証拠として監視カメラ機能を付加する

運転台への
モニタ表示

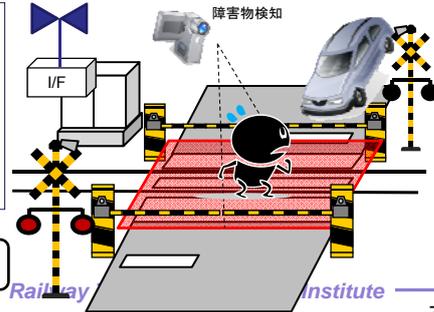


検知目標

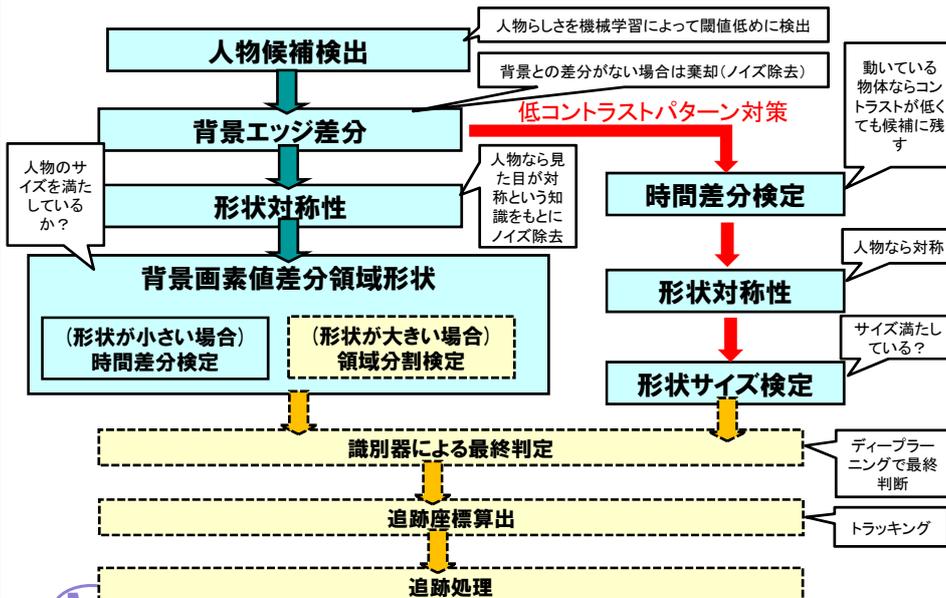
社会的ニーズを考慮し, 目標は3歳児とする

1. 人物を検知 (Φ200mm, 高さ1000mm以上)
(倒れても検知できること)
2. 自転車, 車いすの検出
3. 雨・霧・雪などの悪天候でも使用可能
(ただし 運転規制となるような天候は除く)
4. 施工性, 保守性, 耐久性に優れたもの

線間に設置せず, さらに設置後にシステムとして調整をなるべく必要としないものとする

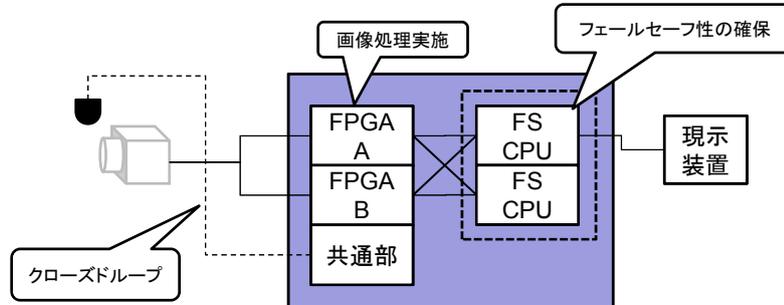


画像処理アルゴリズム



ハードウェア構成イメージ

画像処理をFPGAで実現する構成



➤画像処理アルゴリズムをFPGA上に乗せることでハードウェアとしてフェールセーフを構築



Railway Technical Research Institute 9

検知評価用の踏切画像取得



踏切に遠赤外線カメラを設置し、検知性能検証を実施中



Railway Technical Research Institute

10

検知評価の考え方

踏切条件(例)

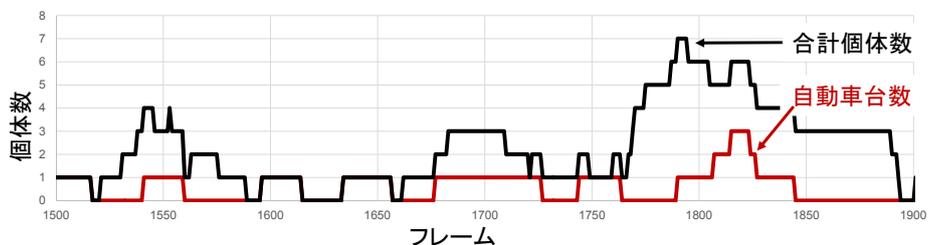
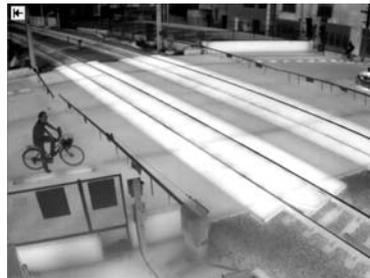
- 踏切長15m(全国の93%以上をカバー)
- 歩行速度2.0m/s
 - 通過まで 7.5秒
 - 処理周期 7.5Hz(遠赤外線カメラのフレームレート)
 - 合計処理回数 56回

評価指標

判定基準	閾値
全体の3/4以上を検知できること	$56C_{42}$
全体の1/3以上が連続検知できること	連続15回以上検知
1秒以上の検知漏れがないこと	未検知は8回以上はNG



検知評価(実際との比較)



評価用画像内の物体数の推移(フレーム毎に人間の目のカウント数と比較)

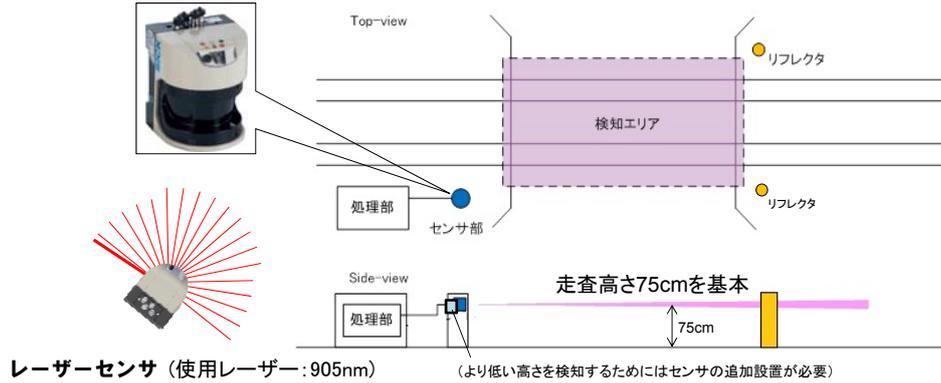


低廉な障害物検知装置(2Dレーザ式)

日本信号、鉄道総研で共同開発中

2次元走査レーザセンサにより、踏切道内全てのエリアで走査高さの障害物の検知が安価で実現できる装置の開発に取り組んでいる。

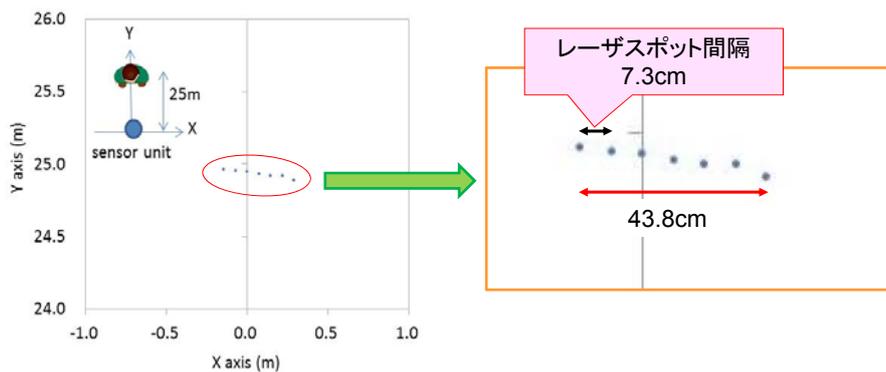
■システム構成



Railway Technical Research Institute

13

センサによる物体検知例①



距離25mにおける人の検知結果

- ①検知範囲 : $-5^{\circ} \sim 185^{\circ}$ (センサ部正面が 90°)
- ②角度分解能 : 0.167°
- ③走査周波数 : 25Hz
- ④走査高さ : 0.75m
- ⑤測定場所(天候): 屋外(晴天)

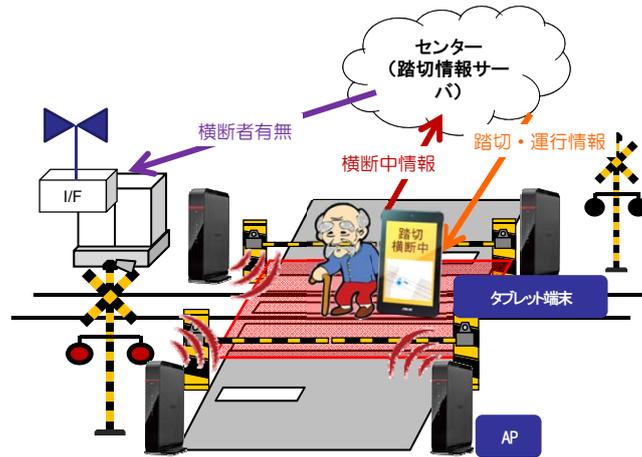


Railway Technical Research Institute

14

交通弱者対策(携帯支障報知ボタン)

- 交通弱者に検知タグ(タブレット端末イメージ)を所持してもらう。
- APからの電波強度による位置検出精度: 約3m
- 携帯支障報知ボタン(端末アプリケーション)への適用検討。



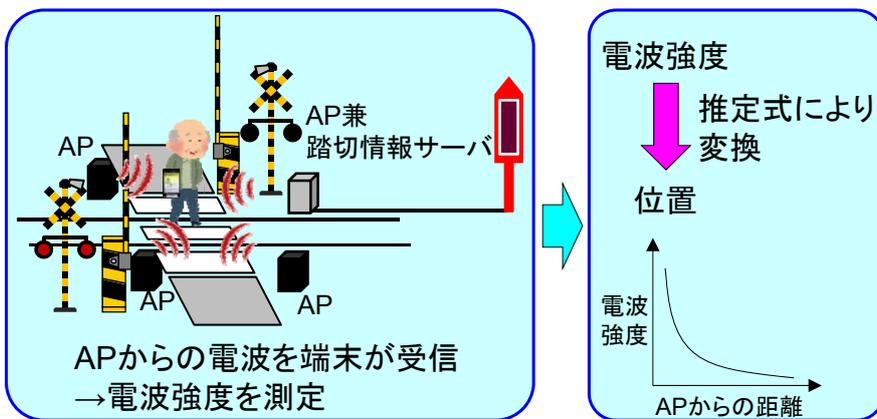
Railway Technical Research Institute

15

携帯支障報知ボタン

【事前の設定】

- 踏切の四隅にアクセスポイント(AP)を設置
- 端末に各踏切のAPの名称、位置情報、推定式を登録



Railway Technical Research Institute

16

無線利用による車上主体踏切制御

開発コンセプト

【システムによる制御介入】

踏切障害物検知装置(障検)との連携により, 支障時は確実に列車を踏切に進入させない

- ・踏切単位での導入が可能
- ・無遮断対策に限らず, 障検動作を考慮した連続防護を実現

車上主体の警報制御・防護方式を採用

車上/地上間
情報伝送に
無線通信を採用

車上データベース式の
保安装置搭載車両
による運用

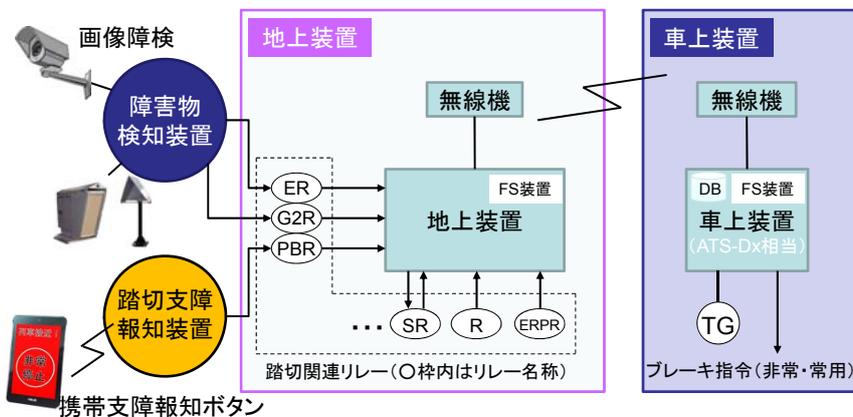
本コンセプトを元に
システム構成を検討した



システム構成

構成概要

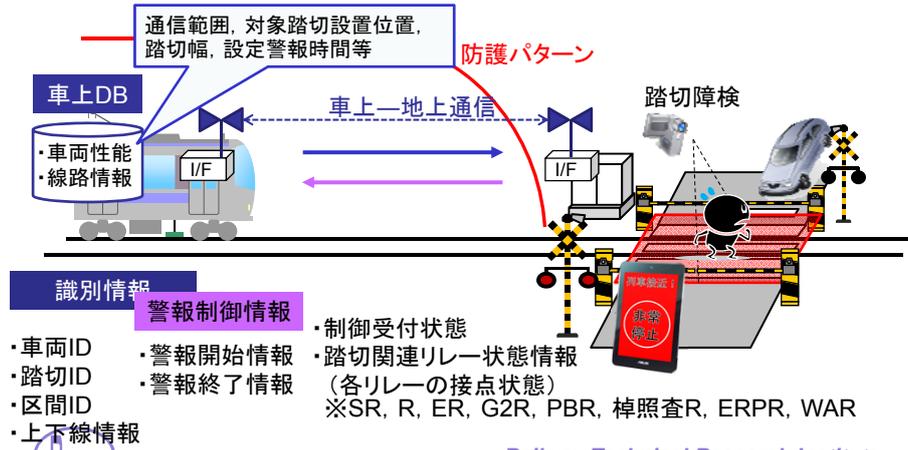
- ・地上装置: 踏切関連リレーとのI/F+無線I/F
- ・車上装置: 車上保安装置相当の機能+無線I/F



制御概要

制御に必要な情報

車上主体警報制御ならびに適切な防護パターン制御を実施するため、車上／地上装置間で制御情報の送受信を行っている

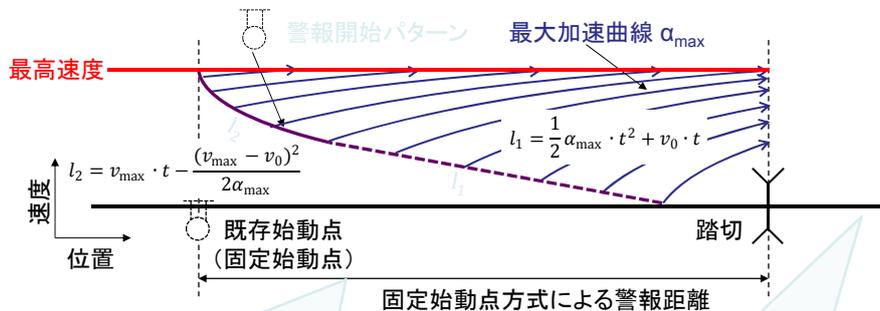


制御概要

踏切警報制御

- ・車上主体の警報制御手法として、警報開始パターン方式を検討
- ・警報開始パターンを超過した際に、警報制御を実施

→ 警報開始要求を車上から地上へ送信



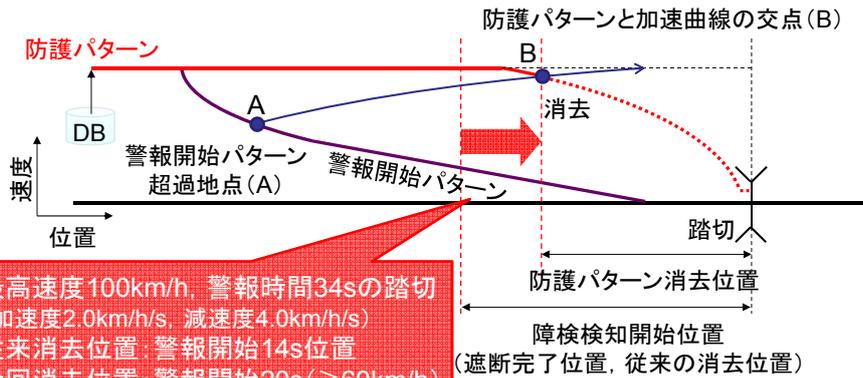
低速接近時に警報時間が延長されず、より最適化された定時間制御が可能

内方に列車長分進入した時点で警報終了要求を送信

制御概要

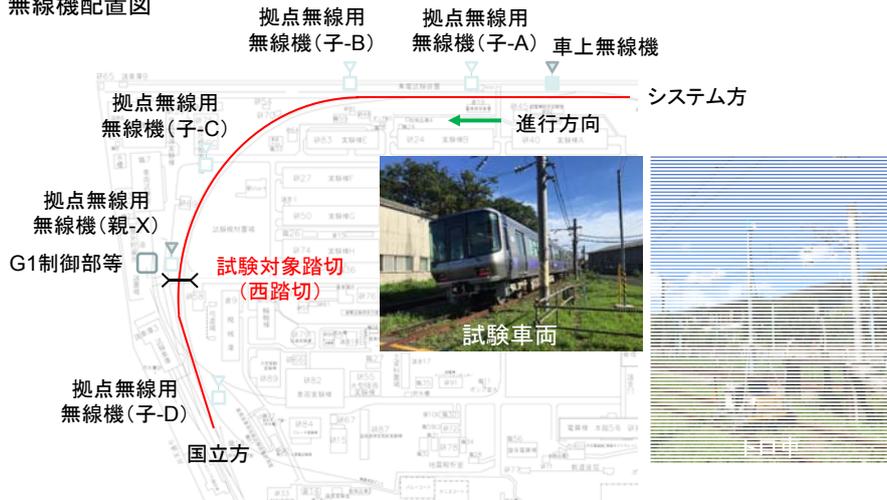
防護パターン制御(画像式障検との組合せ)

列車運行に支障しない範囲で防護パターンを継続させ、直前の踏切支障に対する保安度の向上を図る



電波伝搬特性確認試験

総研構内試験線
無線機配置図

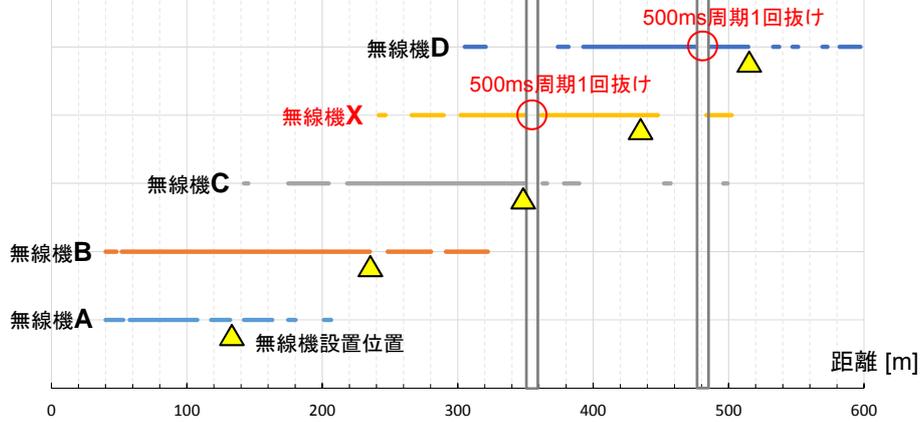


車上無線機をトロ車および試験車両に仮設し、地上無線機との電波伝搬特性について測定(通信連続性の確認)

電波伝搬特性確認試験

通信連続性確認結果

※復調後のデータにて判定



通信連続性確認の結果, 本システムでの許容通信断時間3s以内であることを確認した⇒通信環境の安定性を確認



Railway Technical Research Institute

プロトタイプによる機能検証

装置イメージ

- ・地上装置: 地上装置(PC) + リレー-I/F + 地上無線機
- ・車上装置: 車上DB搭載保安装置(ATS-DK改) + 車上無線機



Railway Technical Research Institute

プロトタイプによる機能検証

機能検証試験

- ・鉄道総研構内試験線をモデル線区とした
- ・警報制御機能および防護パターン制御機能の検証を主に実施
(システム仕様通りに動作することの確認)

【機能検証項目例】

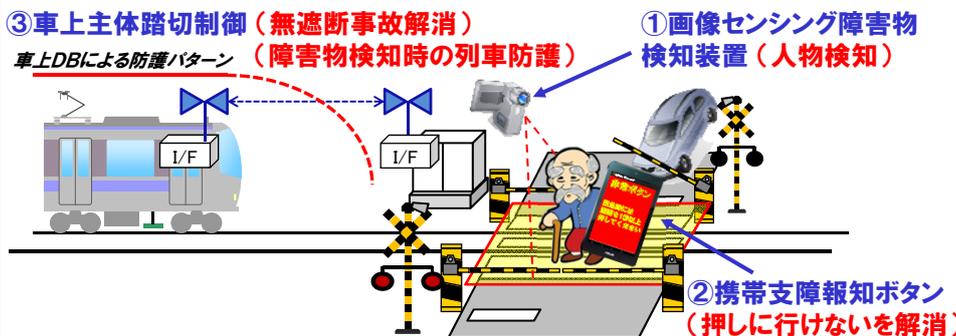
確認機能	状態	確認内容	判定
警報制御	正常時	警報開始パターン超過で警報開始	○
	異常時	指定した通信断許容時間超過による即時非常	○
防護パターン制御	正常時	防護パターン消去(加速曲線との交点で消去)	○
	異常時	踏切リレー条件に応じた防護パターン制御	○
	故障時	徐行パターン継続	○
車両ID判別・保持	正常時	制御中IDに対してのみ踏切状態情報が有効	○
	正常時	車両IDに応じた踏切制御(続行, 待避)	○



まとめと今後の計画

- ① 画像センシングによる踏切障害物検知装置の開発
- ② 交通弱者向け携帯支障報知ボタンの開発
- ③ 無線利用による車上主体踏切制御の開発

H28年度末, 総研ループ線での統合機能検証試験を実施



フィールドでの画像式障害物検知装置の耐候検知試験(H29年度)

