

## 運転支援情報伝送に関する妨害対策の実列車走行実験による検証

交通システム研究部 ※林田守正 工藤希 長谷川智紀 小林貴  
 東京大学 水間毅

### ○概要

- ・近年、無線通信を活用した列車制御や運転支援が普及しつつあり、その情報伝送に関する信頼性が重要に。
- ・踏切事故防止支援システムをモデルとした情報伝送への偶発的／人為的妨害の対策に関するケーススタディを実施。
- ・列車走行実験により検証し、対策効果を確認した結果を報告し、国際規格IEC 62280との関連を考察。

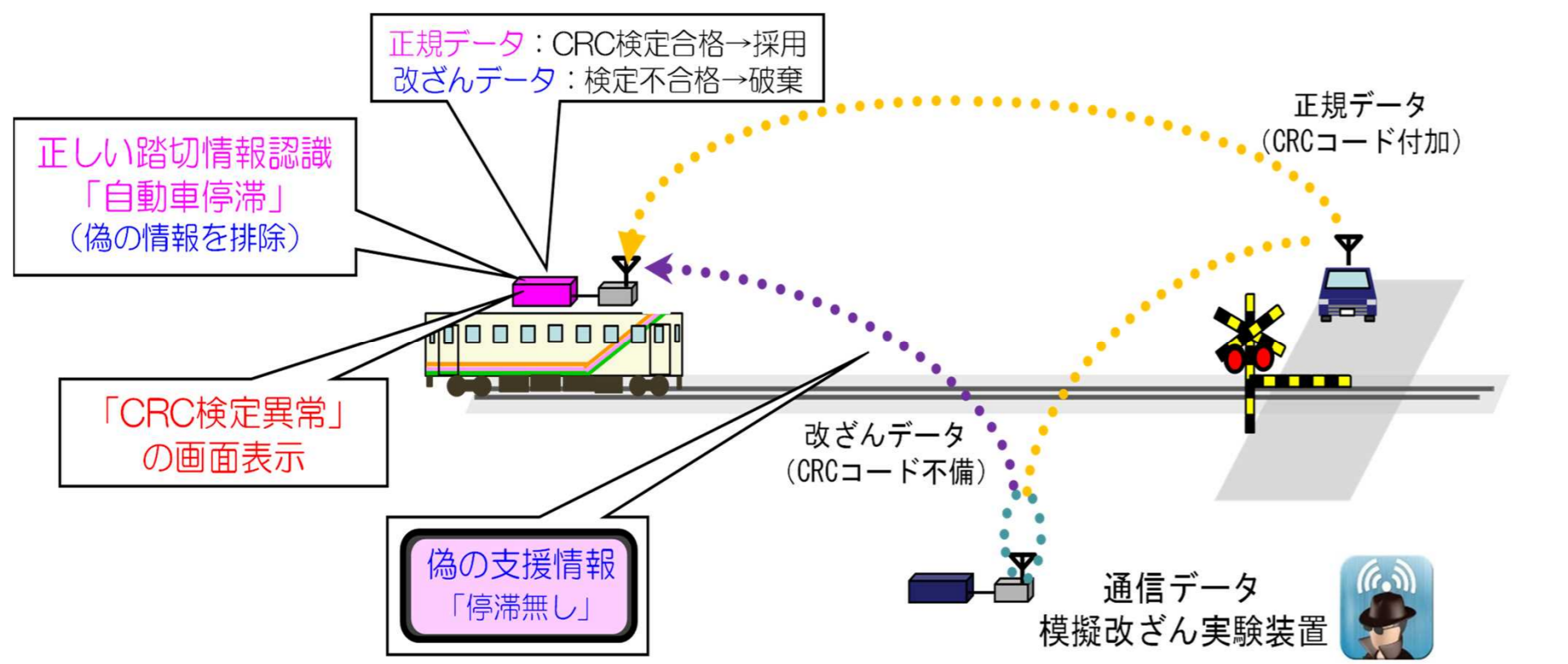
### ○モデルとした伝送システム

- ・ケーススタディ対象は当研究所が構築した踏切事故防止支援システム(実機)。
- ・踏切近傍の自動車から接近中の列車に「踏切情報」を送信し運転台に支援画面表示。
- ・自動車が踏切に停滞の場合は列車側で警告画面を表示し非常ブレーキ操作等を支援。



モデルとした伝送システム概念

### ○ケーススタディ(模擬的な伝送の妨害と対策の設定)



模擬的な「なりすまし妨害」と対策 (他に「ノイズ妨害」と対策を設定)

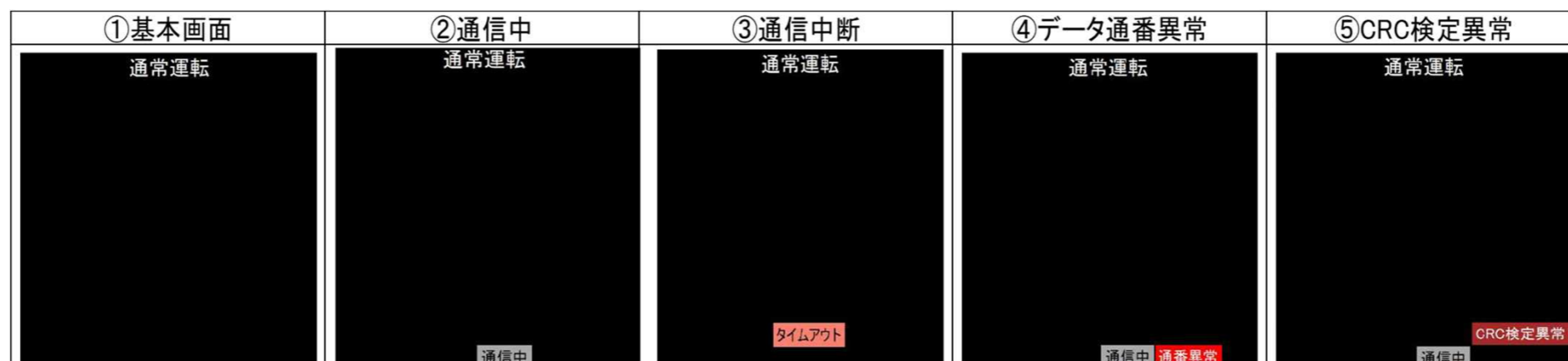
### 伝送システムに対する脅威と防護対策(IEC 62280)との関連

IEC 62280で定義される7つの脅威	IEC 62280に記述される防護対策(○:有効 △:条件付で有効)							
	通番	タイムスタンプ	タイムアウト	送信元/受信先ID	フィードバックメッセージ	同一証明手順	安全符号	暗号化技術
繰り返し	○	○						
削除 (本実験:ノイズ妨害)	○ (採用)		(採用)					
挿入	○			△	△	△		
再順序	○	○						
劣化							○	○
遅延 (過負荷起因)		○	○					
なりすまし (本実験:なりすまし妨害)					△	△	(採用)	○

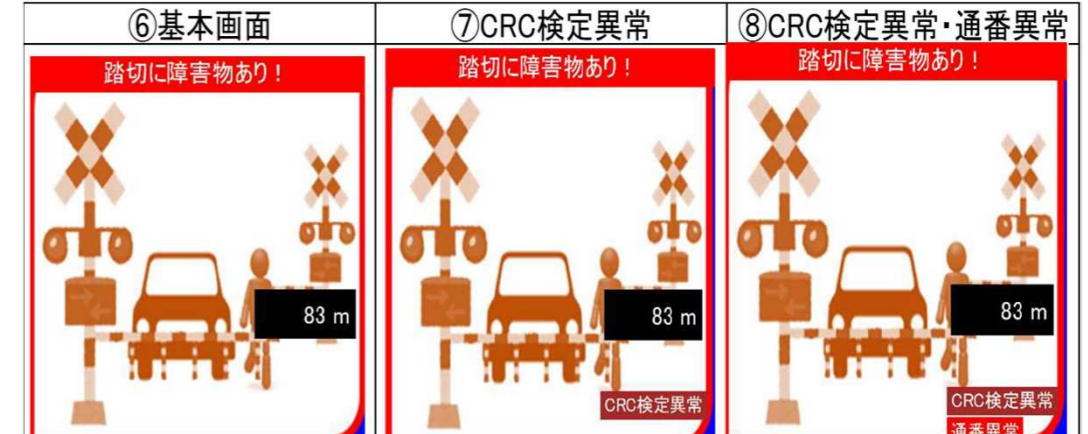
### 異常検知と画面表示併記の機能

	検知の指標	標準値	異常検知のしきい値	検知・画面追記のタイミング
CRC異常	CRC関数値(余り)	送信側と受信側の一致	送信側と受信側の不一致	送信側と受信側の不一致時点
通番異常	データ通番から次データ通番の増分	1	15番(3s相当)以上の飛躍	次データ受信(再開)時点
タイムアウト	前データ受信後、次データ受信までの経過時間	200ms	6s以上	前データ受信後、次データ未受信のまま6s経過時点

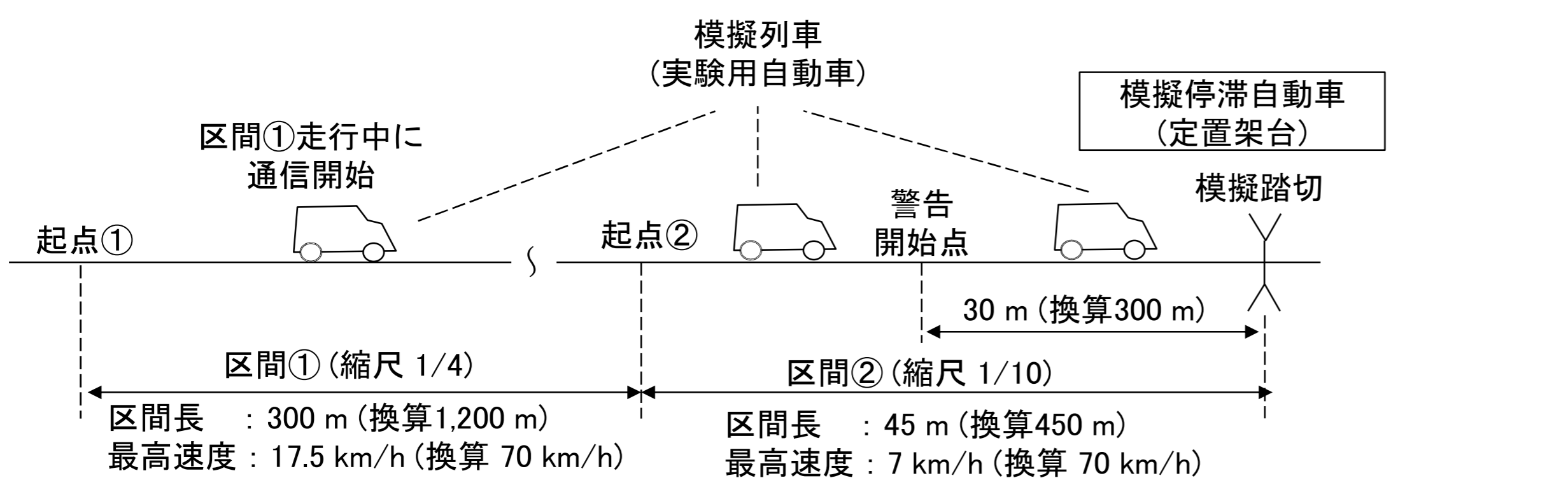
### 運転士支援画面 a) 踏切情報:「停滞無し」(通常画面)



### b) 踏切情報:「停滞有り」(警告画面)



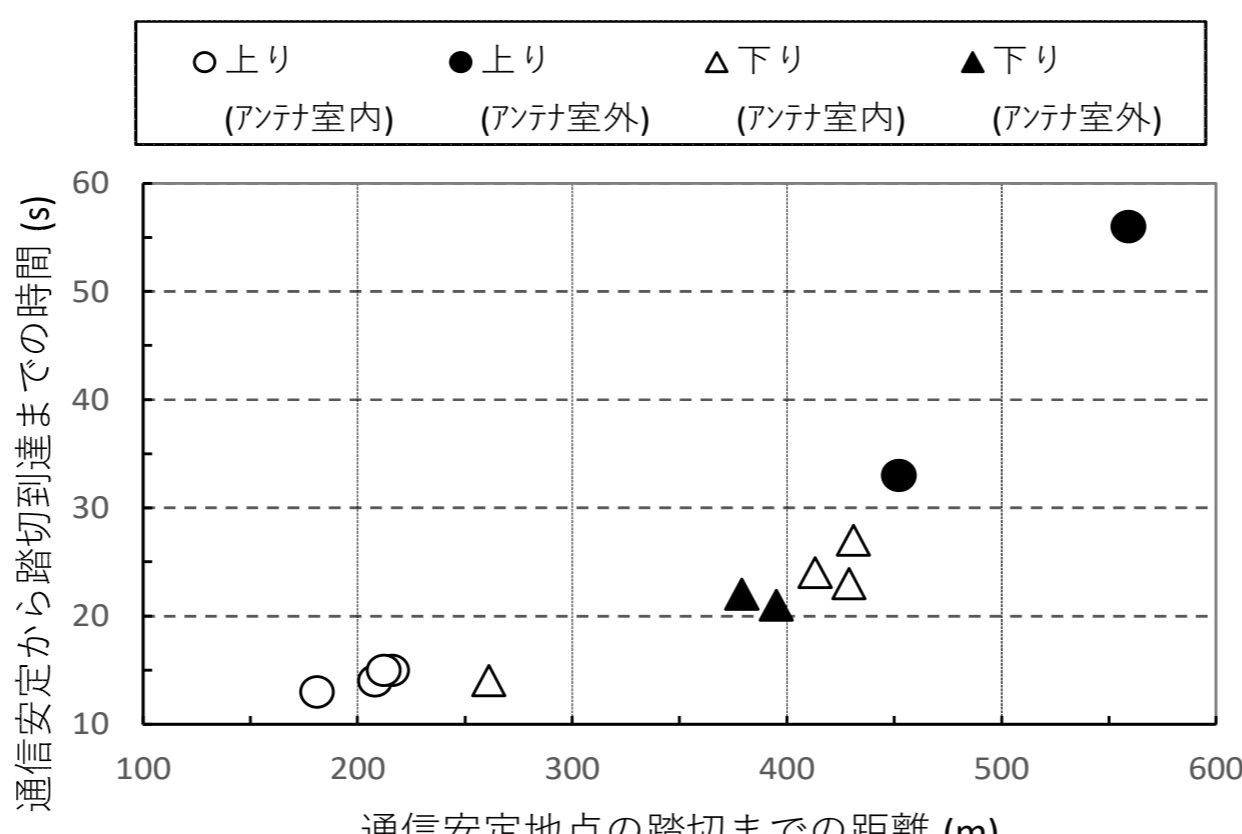
### ○模擬走行実験／実列車走行実験による機能確認・検証



模擬走行実験のコース



実列車走行実験の状況



支援時点の踏切までの距離及び時間

### 実列車走行実験による検証結果

No.	走行方向	踏切情報	模擬妨害	運転士支援画面表示の確認事項	結果	備考
1	上り(南向き)	停滞有り	ノイズ	・通信可能となった時点で画面①から②へ遷移 ・警告点を越えた時点で画面②から⑥へ遷移 ・ノイズ印加時点で画面⑥から①へ遷移 ・ノイズ印加を停止した時点で画面①から⑥へ遷移	OK	画面⑥に遷移後にノイズ添加、その後添加停止
2	下り(北向き)	停滞有り	無	・通信可能となった時点で画面①から②へ遷移 ・警告点を越えた時点で画面②から⑥へ遷移	OK	ノイズ妨害無しでの動作を確認
3	上り	停滞有り	なりすまし(CRC検定無)	・通信可能となった時点で画面①から②へ遷移 ・警告点を越えた時点で画面②⑥の交互表示へ遷移	OK	正規データと改ざんデータを同時採用
4	下り	停滞有り	なりすまし(CRC検定有)	・通信可能となった時点で画面①から⑤へ遷移 ・警告点を越えた時点で画面⑦または⑧へ遷移	OK	改ざんデータを破棄し正規データのみを採用すると共に、なりすましの存在を通知
5	上り	停滞有り	なりすまし(CRC検定有)	・通信可能となった時点で画面①から⑤へ遷移 ・警告点を越えた時点で画面⑦または⑧へ遷移	OK	改ざんデータを破棄し正規データのみを採用すると共に、なりすましの存在を通知

### ○考察と今後の方向性

- ・「なりすまし妨害」に対する偽データ破棄及び「ノイズ妨害」を含めた妨害検知時の画面表示による踏切安全性向上の支援効果は実験レベルで検証された。  
→必要な通信距離の確保等の観点から、試行したITS無線通信仕様の鉄道への応用については、使用条件の差異や無線環境を含め、更に検討が必要。
- ・実用性の点から、画面表示への追記は、シンボルマーク化等の最適化の検討が必要。  
→運転士を対象としたモニタ調査等による検証を重ねたい。
- ・妨害検知機能の画面表示以外への応用も今後検討したい。
- ・本実験で試行した「削除」と「なりすまし」以外の、IEC 62280の脅威と対策の5種類の脅威についても検討を重ねたい。