

講演 4. 通信技術等を活用した鉄軌道・道路交通間における安全性向上に関する取組

交通システム研究部 ※竹内 俊裕 廣瀬 道雄 長谷川 智紀 林田 守正 森 裕貴
 国際調和推進部 山口 大助 工藤 希 伊藤 昇（客員研究員）
 自動車研究部 坂本 一朗
 児島 亨 松村 英樹 宝渦 寛之

1. まえがき

鉄軌道輸送において安全の確保は最大の使命であるが、近年、我が国においては、鉄道における事故件数は図 1 に示すように下げ止まりの傾向を見せており、さらなる安全性向上のための対策が必要とされている。

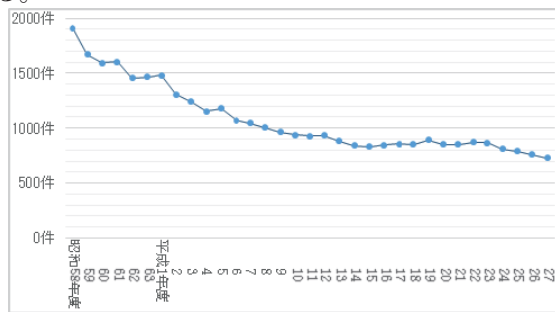


図 1 鉄道運転事故件数の推移¹⁾

一方、自動車の分野においては、国土交通省自動車局が交通事故による死傷者数の削減を目的として推進している ASV 推進計画²⁾において、衝突被害軽減ブレーキ等の自律検知型安全運転支援技術が開発・実用化され、普及が進んでいる。さらに、道路交通が抱える安全・環境問題への対応を目的とした ITS（高度道路交通システム）技術についても、開発、実用化が進められているところである。また、自動車分野に限らず、高精度なセンシングデバイスや高速・大容量な通信デバイス等が汎用技術として安価に使用できる環境が整ってきている。鉄道分野においても、こうした新たな技術を安全対策に取り入れていくことにより省コストで安全性向上を図ることができるものと考えられるが、そのためには適切な技術提案及び検証が必要となる。

このため、交通安全環境研究所においては、自動車と軌道系交通システム（鉄道、路面電車等）の双方の研究を所管している特長を生かし、このような技術の進展を背景として、これらの安全技術やデバイスを軌

道系交通システムへ活用し、道路交通との協調を図ることで双方の安全性向上に資する研究を進めている。

本稿では、鉄道と道路交通が交差する踏切において、列車と自動車や歩行者が衝突する事故を防止する取り組みや、道路を共用している路面電車と自動車が衝突する事故を防止する取り組みについて述べる。

2. 踏切事故防止のための取組

2. 1. 事故データの分析

踏切における事故は、図 2 に示す様に、立体交差化や踏切部の道路拡幅等の対策により年々減少しているものの、平成 27 年度においては、全鉄道運転事故 727 件のうち、約 3 割にあたる 236 件が依然として踏切で発生しており、踏切事故対策は鉄道の安全性を向上するうえで重要な課題となっている。

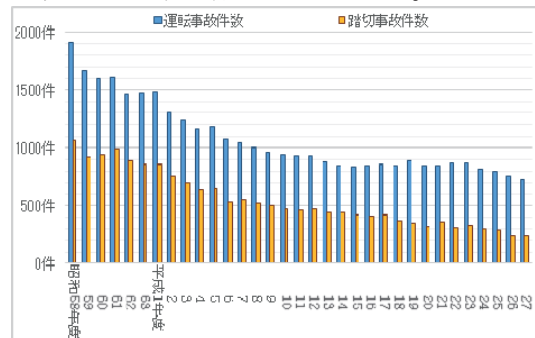


図 2 鉄道運転事故件数と踏切事故件数の比較¹⁾

そこで、踏切事故防止のための取り組みを行うに際し、踏切事故の実態について分析を行った。

平成 27 年度時点の国内の踏切数は、33,432 箇所となっており、その内訳は、第 1 種踏切（踏切遮断機を設置し、すべての列車又は車両に対して遮断機を閉じ道路を遮断する踏切）が 29,811 箇所、第 3 種踏切（警報機が設置されているが、遮断機が設置されていない踏切）が 757 箇所、第 4 種踏切（遮断機も警報機も設置されていない踏切）が 2,864 箇所となっている。なお、第 2 種踏切（一部の時間帯のみ踏切保安係が遮断

機を操作する踏切)は、現在国内には存在していない。

踏切における事故実態については、原因別事故件数において、直前横断と停滞・落輪・エンストが全体の82%を占めており、関係者の年代別では、60歳以上の高齢者が約6割を占めている。

踏切事故の防止対策として、踏切内で自動車の脱輪やエンスト等が発生して踏切が支障した場合、踏切支障押しボタン等の手動操作又は踏切障害物検知装置による自動検知により、踏切に接近する列車に危険を報知するための踏切支障報知装置がある。しかしながら、その装置が備え付けられている踏切数は、全ての鉄道事業者で22,494箇所、設置率は67.3%であるのに対し、中小民鉄のみに注目すると、設置率が35.5%まで下がり(図3)、中でも設置にコストを要する障害物検知装置の設置には難しさがうかがえる。また、高齢者が踏切を渡り切れなかったり、踏切内で転倒したりすることにより事故にあうケースも見受けられ、現状の踏切障害物検知装置では防護できないこうした事故に対しても対策が求められている。

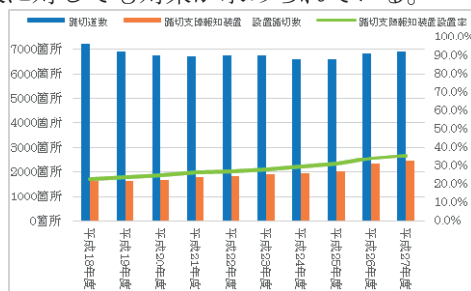


図3 中小民鉄における踏切支障報知装置設置状況¹⁾

このように踏切事故の実態を分析した結果、以下のことが可能となれば、踏切事故防止に効果があると考え、これらの機能を有する踏切事故防止支援システムを構築することとした。

- ①踏切へ接近する自動車に対して、踏切保安設備の動作状態を報知する。
- ②踏切内で停滞した自動車や歩行者を検出し、その情報を接近する列車に報知するとともに、列車の接近を当該自動車・歩行者へ報知する。

また、地方鉄道にも設置できるよう、汎用技術を活用することで低コスト化を図ることとした。

2. 2. 踏切事故防止支援システムの概要

踏切事故防止支援システム(図4)は、3つのクライアント端末(列車、踏切、自動車)と、各クライアント端末からの情報をもとに様々な支援を行うクラウドサーバーで構成し、各装置間では汎用回線を利用して情報伝送を行うクラウド型システムとして構築した。主な機能としては、踏切へ接近する自動車に対して、踏切保安設備の動作状態を送信し、踏切保安設

備が動作中の場合は、その時の自動車の速度や踏切までの距離等の情報に基づきドライバーに情報提供や注意喚起を行う踏切接近支援機能を有している。

また、踏切への自動車や歩行者の進入を検知し、一定時間経過しても進出が検知できない場合には、踏切内停滞と認識し、接近中の列車の運転士に情報を提供するとともに、停滞している自動車や歩行者に対し、列車の到達時間に応じて情報提供や注意喚起等の支援を行う踏切停滞支援機能を有している。

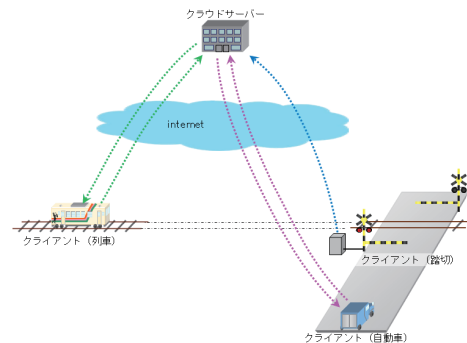


図4 踏切事故防止支援システム

本取り組みは、このような機能を有する踏切事故防止支援システムの構築を目指しており、今回、基本機能を有する試験システムを構築し、現車試験を実施したので、その結果を以下に述べる。

2. 3. 機能確認試験

試験システムの実車試験は、山形鉄道フラワー長井線赤湯〜荒砥間および第二勸進代踏切において実施し(図5)、汎用回線を利用した通信機能の確認を中心として、踏切接近支援機能、踏切停滞支援機能の基本機能について確認した。

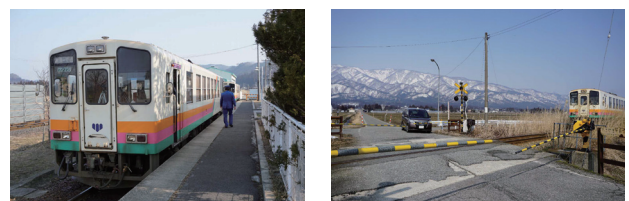


図5 試験車両(左)と試験を実施した踏切

(1)汎用回線を利用した通信機能は、各クライアント端末とクラウドサーバー間の情報伝送を担っている。通信機能の確認試験は、走行する列車内にクライアント端末を設置し、当研究所に設置したクラウドサーバーとの間における通信状況をモニターすることにより実施した。その結果、数レコードの伝送エラーが確認されたが、伝送エラーが連続して発生することはなく、次の伝送タイミングでは正常に伝送されており、短周期で繰り返し情報伝送を行う仕様としている

ことから、システムの動作に影響を与えるような伝送途絶や遅延の発生は見られなかった。また、誤った情報が伝送されるような事象は発生しておらず、通信機能の信頼性は確保できる見通しが得られた。

(2) 踏切接近支援機能については、クライアント端末と位置検知用 GPS 受信機を搭載した自動車(図6)を踏切保安設備が動作している踏切に向かって時速40kmで走らせて検証した結果、当該自動車が踏切に到達するまでの TTC (Time To Collision 衝突予測時間) に応じて、3.7sec (約42m) で情報提供、3.2sec (約36m) で注意喚起の支援が行われることを確認した(図7)。

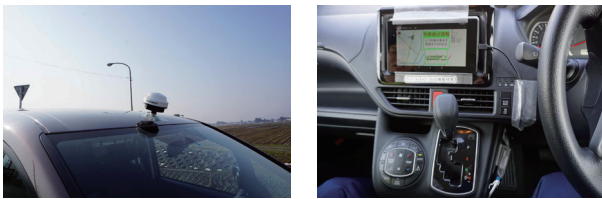


図6 GPS 受信機とクライアント端末(自動車)

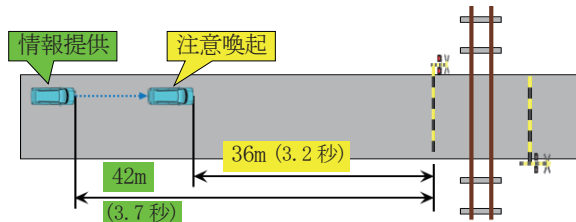


図7 支援タイミング

(3) 踏切停滞支援機能については、クライアント端末(踏切)上で踏切内停滞の状態を模擬し、その情報をクラウドサーバーへ伝送し、クラウドサーバーからの指令により、列車と自動車に搭載されたクライアント端末において情報提供、注意喚起、警報の各支援が行われることを確認した(図8)。



図8 列車及び自動車に搭載したクライアント端末

上記の通り、各支援動作はクラウドサーバー経由の通信機能で実現しているが、実車試験の結果、支援に支障が生じるような応答の遅れは発生しておらず、クラウド型システムにより支援機能を実現できる見通しが得られた。

今後は、今回得られた結果をもとに、踏切内で停滞した自動車等を検知する機能の追加等を実施し、踏切

事故防止支援システムの構築および実車試験による検証を進めていく予定である。

3. 路面電車と自動車の衝突事故防止のための取組

3. 1. 背景

近年、路面電車は環境負荷の小さい公共交通機関として見直されているが、自動車と道路を共用していることから、路面電車と自動車との間の事故防止を図ることが安全を確保するうえで重要である。そのため、ASV 推進計画で検討が進められてきた通信利用型安全運転支援システムを路面電車と自動車間に活用して位置や速度等の情報を交換し、路面電車の運転士と自動車のドライバーに情報提供や注意喚起の支援を行うことにより、接触事故や衝突事故を防止することを目的として、路面電車・自動車間衝突事故防止支援システムを構築し、事故削減効果が見込まれる場面における支援について取り組んできた³⁾。当研究所は、2013年に開催された ITS 世界会議東京 2013において、広島地区 ITS 公道実証実験連絡協議会の一員として、東京大学、広島電鉄、マツダとともに、広島地区 ITS 共同研究体を組織し、「広島における世界初の路面電車-自動車間通信型 ASV デモ」を実施している。

3. 2. これまでの取組

これまでに構築した路面電車・自動車間衝突事故防止支援システム(図9)は、処理装置を中心として、自車両の位置検知を行う GPS 受信機、自動車と通信を行う ITS 無線機とアンテナ、運転士への支援を表示と音声で行うための支援モニタと支援スピーカで構成している。

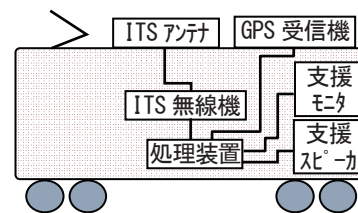


図9 システム構成

また、支援を行う場面は、路面電車事業者の意見や事故事例等から、支援による事故削減効果が見込まれる6場面を選定してシステムを構築するとともに、その中から、特に支援の有効性が高いと思われる2場면을対象に検討の深度化を図ってきた(図10)。

これらの2場面については、実証実験や路面電車シミュレータを活用して路面電車の運転士による評価を行い、自動車と路面電車が接近して接触の可能性があるときに場面に応じた支援が確実に行われること

を確認するとともに、最適な支援タイミング等を検証し、事故防止に効果があることを確認した（図11）。

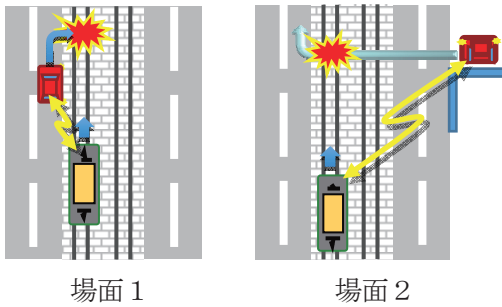


図10 支援場面



図11 路面電車シミュレータ

3. 3. 現在の取組

支援により路面電車と自動車の衝突や接触事故を削減する効果が見込まれる場面は、前述の2場面以外にも考えられることから、対象場面を拡充して検討を行うこととした。その場面選定の方法として、路面電車の運転士へのヒアリングを実施した結果、図12に示すように、大型車の陰に存在する右折待ち自動車と路面電車の接触の可能性がある場面（場面3）と対向路面電車の陰に存在する対向右折自動車と路面電車の接触の可能性がある場面（場面4）の2場面が、支援の効果が大きいとの結果が得られた。

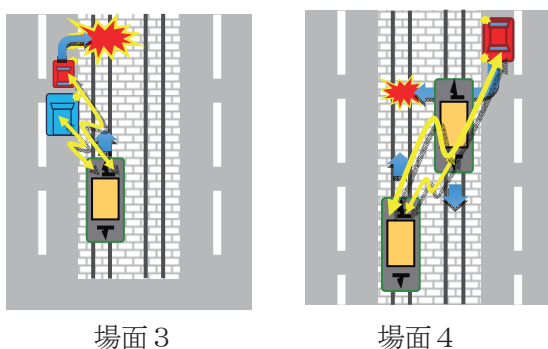


図12 検討中の支援場面

路面電車・自動車間における無線通信で使用するメッセージセットについては、車車間通信の実験用に策定されたガイドライン⁴⁾に準拠して検討を進めており、追加場面を含めた支援タイミングや支援方法については、実証実験による機能確認と路面電車シミュレータによる効果評価を通じて進めることとしている。

また、将来的に車車間通信の普及が進み、車載無線機を搭載した自動車が多数存在する環境下（図13）において、的確に支援を行うための方法及びタイミング等に関する検討や、支援の対象となる自動車が複数存在する場合における優先順位等の検討についても進めていく予定である。

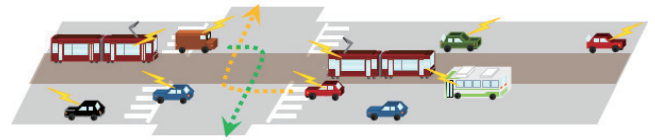


図13 多数の環境における支援のイメージ

4. まとめ

通信技術を活用した軌道系交通システムの安全性向上に関する取り組みとして、踏切における列車と自動車・歩行者の事故防止および道路上における路面電車と自動車の事故防止への取り組みについて述べた。

踏切における列車と自動車等の事故防止については、試験システムを構築し、踏切へ接近する自動車に対して踏切保安設備の動作状況を報知する機能の確認や、踏切内で停滞した自動車の情報に基づき、列車や自動車に情報提供等の支援を行う機能の確認を現車にて実施し、支援システムの実現に向けた見通しを得た。今後は、踏切内で停滞した自動車や歩行者を検知する機能等を追加し、踏切事故防止支援システムとしての有効性を検証していく予定である。

また、路面電車と自動車の事故防止については、これまでの研究成果を基礎として、事故削減効果が期待される場面の追加や多数の自動車等が存在する環境下における支援方法等の検討を進め、今後は、実証実験や路面電車シミュレータを通して機能検証や効果評価を実施し、有効性を確認していく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局 鉄軌道輸送の安全に関わる情報
- 2) 国土交通省自動車局 ASVパンフレット
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anken/01asv/japanese/planning5.html>
- 3) 長谷川、“ITS技術を応用した鉄道の安全性向上への取り組み—車車間通信を活用したLRTの安全運転支援システム—”、平成26年度交通安全環境研究所講演会、pp.27-40
- 4) ITS情報通信システム推進会議 700MHz帯高度道路交通システム 実験用車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 1.0版（平成26年3月31日策定）