

1. 車車間通信システムを活用した軌道系公共交通の安全性向上への取り組み

交通システム研究領域 ※竹内 俊裕 長谷川 智紀 山口 大助
環境研究領域 坂本 一朗

1. まえがき

自動車分野における安全性向上については、国土交通省自動車局が交通事故死傷者数削減を目的として推進しているASV推進計画において、衝突被害軽減ブレーキやレーンキープアシストシステム等の自律検知型安全運転支援システムの開発・実用化を推進しており、普及が進んできている。しかし、平成25年における交通事故の被害者数は、死亡者が約4400人、負傷者が約78万人となっており¹⁾、依然として深刻な状況にある。そのため、見通しの悪い交差点での出会い頭事故等、自律検知型システムで防ぐことのできない事故に対して、車車間通信等を利用して情報提供や注意喚起を行う通信利用型安全運転支援システムの実用化に向けた検討も進められているところである。

一方、鉄道分野においては、列車の運転保安に直結する列車位置検知は、実績のある軌道回路が引き続き主要な方式となっているが、運行管理や保守管理などの業務を対象にGPS等による新たな位置検知技術が取り入れられてきている状況にある。また近年では、地上～車上間の無線通信システムに基づく新たな方式の運転保安装置も実用化されている。

このように、自動車、鉄道のそれぞれの分野において、通信技術を効果的に活用することにより安全を確保するための研究開発、実用化が進められている状況にある。

そのような状況の中、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徴を活かし、通信技術を活用して、双方の交通モードにかかわる事故を防止し、安全性を向上するための研究を進めている。本稿では、そのような当研究所の取り組みの一端を紹介する。

2. 通信を活用した安全性向上への取り組み

2. 1. 通信を活用した鉄道での取り組み

自動車と鉄道の接触点となる踏切では、表1に示すように、鉄道事故全体の約4割に上る事故が発生しており、鉄道の安全にとって踏切事故防止対策は重要な課題となっている。

表1 鉄道事故件数における踏切事故件数²⁾

	鉄道事故件数	踏切事故件数
平成18年度	849	367
平成19年度	892	350
平成20年度	849	312
平成21年度	851	353
平成22年度	872	301
平成23年度	867	329
平成24年度	811	294

そのため、当研究所では、図1のように、踏切内で立ち往生した自動車と列車の衝突を防止することを目的とした双方向衝突防止システムを構築し、評価実験を行ってきた。

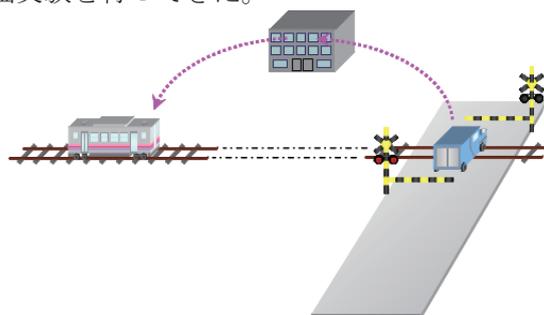


図1 双方向衝突防止システムイメージ図

このシステムは、自動車が踏切内で立ち往生した状態を、自動車に搭載した装置（実用時にはカーナビゲーションシステムに組み込む形態を想定）により検出し、汎用通信を利用してインターネット経由で鉄道の運行管理センタに伝送する。情報を受け取った運行管理センタは、踏切に接近しつつある列車に対して、汎用通信を利用してインターネット経由

で情報を伝送する。さらに、その情報を受信した列車の車上処理装置は、GPSにより検知した列車の位置に基づき、踏切までの距離と到達時間を運転曲線から算出し、衝突までの余裕時分に応じて、運転士に対し注意喚起や警報を出力するものである。また、GPSによる列車の位置情報は、車上処理装置から運行管理センタに伝送され、運行管理センタでも注意喚起等の情報を出力するとともに、さらにその情報を自動車の車載装置に伝送し、自動車側でも状況が把握できるシステムとしている。

評価実験は、自動車の車載装置を模擬する模擬ナビゲーション装置と鉄道の運行管理センタを模擬するセンタ処理装置を製作し、車上処理装置を実際の列車に設置して実施した。その際、踏切に自動車が立ち往生している状態は、踏切近くに駐車した自動車の位置を踏切上にマップマッチング補正することで模擬した(図2)。また、運転士に提示する情報は、列車が踏切に到達するまでの余裕時分が1~3分の場合は注意喚起、1分未満の場合は警報を出力するように設定した。

実験の結果を図3に示す。まず、自動車に設置した模擬ナビゲーション装置が踏切内での立ち往生を検知し、携帯回線でセンタ処理装置に伝送する(①)。センタ処理装置は、受信した情報を接近中の列車の車上処理装置に伝送する(②)。情報を受信した車上処理装置は、現在位置と当該踏切までの距離から余裕時分を算出し、1~3分の場合は運転士に注意喚起を出力する(③)と同時に、その情報をセンタ処理装置へ伝送する(④)。情報を受信したセンタ処理装置は、画面上に注意喚起を表示するとともに、自動車の模擬ナビゲーション装置にも注意喚起の情報を伝送する(⑤)。その後、列車が進行し、余裕時分が1分未満となったところで、注意喚起から警報に出力が切り替わることを確認した。

評価実験により、自動車の立ち往生の検知状況、汎用通信による通信状況、到達までの余裕時分に応じた注意喚起と警報の出力状況および各装置間における情報の同期等について検証を行い、本システムが踏切における自動車と列車の衝突事故を防止できる可能性があることを確認した。



図2 模擬ナビゲーション装置とセンタ処理装置(左)、車上処理装置(中)、立ち往生を模擬した自動車(右)

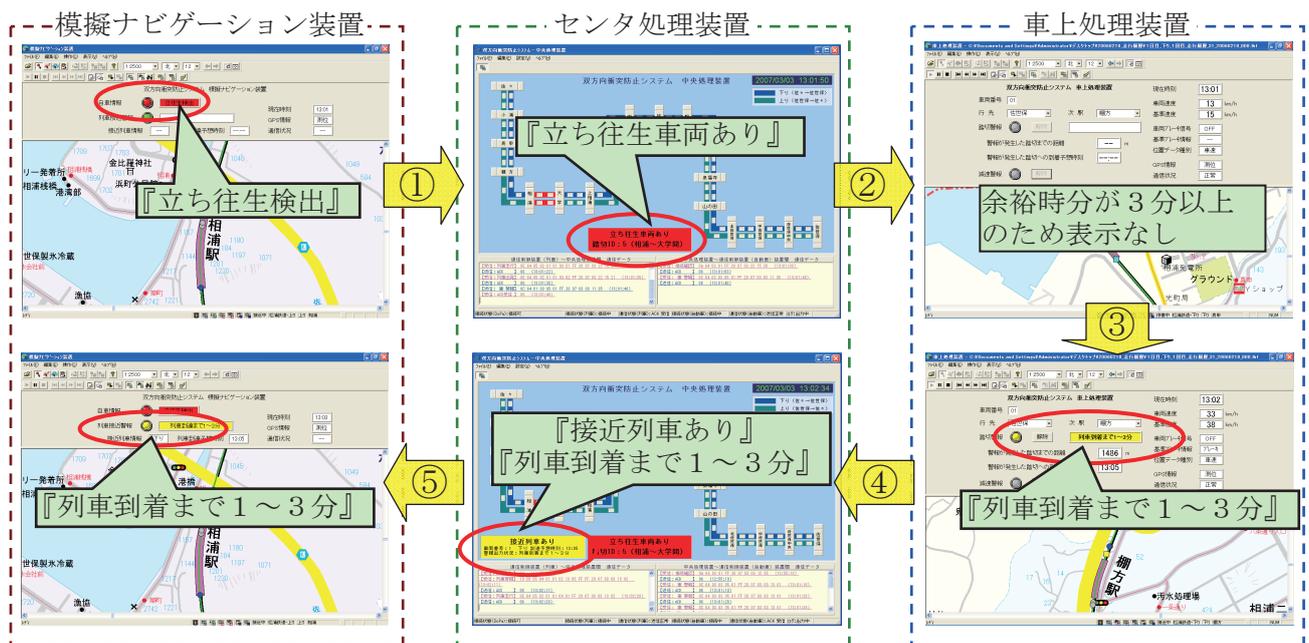


図3 双方向衝突防止システムの実験結果

2. 2. 通信を活用した路面電車での取り組み

近年、路面電車は、環境負荷が少なく大量輸送が可能という点から見直されてきているが、自動車と道路を共有することから、自動車と接触する事故が多く、年間 60～90 件程度の道路障害事故が発生しており、その半数以上が交差点において発生している³⁾。そこで、ITS 技術を活用し、路面電車と自動車の双方の安全性を高め、道路を共用する両者が共存できる交通社会を構築することを目的として、東京大学、マツダ(株)、広島電鉄(株)、当研究所による広島地区 ITS 共同研究体を組織し、第 5 期 ASV 推進計画で実用化の検討が進められている通信利用型安全運転支援システムを活用して、路面電車と自動車の双方へ支援するシステムを構築し、公道での実証実験を実施してきた。

その集大成として、2013 年 10 月に開催された ITS 世界会議東京 2013 のポストコングレスツアーにおいて、世界初の路面電車・自動車間通信による安全運転支援システムを公開し、実証実験を行うとともに、このような取り組みを世界に発信した。

具体的な実施内容は以下の通りである。

構築した路面電車・自動車間通信による安全運転支援システムは、見通しの悪い路地から軌道敷を横断して右折する自動車と接近する路面電車が接触する可能性がある場面(図 4 (1))や、交差点で右折待ちをしている自動車と後方から接近する路面電車が接触する可能性がある場面(図 4 (2))を支援対象場面とした。支援は自動車のドライバーと路面電車の運転士双方に行い、両者に相手の情報を伝え、接近の警報を出すことで、支援をより効果的なものとした。路面電車側での支援の流れとしては、GPS により検出した位置、進行方向、速度と車車間通信で受信した自動車の位置、進行方向、速度、ウィンカー情報から、支援の必要があると判断した場合に、運転席に設置した支援モニタにより、場面に応じた画面表示と音声メッセージで注意喚起を行うこととした⁴⁾。

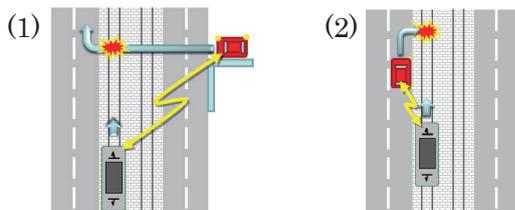


図 4 運転支援を実施した場面

実証実験では、自動車、路面電車それぞれの情報が通信システムにより確実に伝送されることや、両者が接近し接触の可能性があるかと判断した場合に、ドライバーと運転士に場面に応じた支援が行われることを検証し、自動車と路面電車の接触事故の防止に効果があることを確認した。

2. 3. 通信を活用した歩行者と自動車間の取り組み

自動車と他のモードとの間の安全性の向上については、鉄道や路面電車との事故の防止に加え、歩行者事故の防止も取り組むべき課題の一つとなっている。

近年普及が進んでいるハイブリッド車や電気自動車は、低速でのモーター走行において、一般のエンジン車に比べ走行音が小さく、車両の接近に気がつきにくいとの指摘が、視覚障害者団体や一部の専門家から寄せられている。そのため、国土交通省では「ハイブリッド車等の静音性に関する対策」のガイドラインを定め、当面の対策として、自動車から注意を促すための音を出すこととなった。しかしながら、電動車両は今後も増加傾向にあり、全ての電動車両から音を出すことになると、新たな騒音源となる可能性がある。そこで、IT 技術を活用し、視覚障害者と自動車の安全性を確保するために歩車間通信を活用した研究に取り組んでいる。歩車間通信については、2011 年度から実施されている第 5 期 ASV⁵⁾でも検討が進められているが、ASV では自動車のドライバーへ歩行者の存在を知らせることを目的としているのに対し、本研究では、歩行者に自動車の接近を知らせることを目的とした検討を進めている(図 5)。

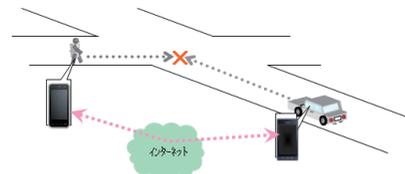


図 5 歩車間通信システムイメージ図

検討中の歩車間通信システムは、普及が進んでいるスマートホンを活用し、自動車と歩行者双方で位置情報や進行方向、速度等を伝送し、自身の端末の情報と伝送された相手端末の情報から、単路で対向している場合等、接触の可能性がある場面において、衝突予測時間(TTC: Time To Collision)に応

じて情報提供や注意喚起を出力することとし、出力するタイミングや提供方法についても検討を進めているところである。今後、試作、評価実験を行い、歩車間通信の性能等について検証を行うこととしている。さらに、このシステムを路面電車にも適用可能か、検討を行っている。

3. 今後の展望

3. 1. 踏切事故防止への取り組み

これまで述べたように、当研究所では、通信技術を利用して自動車と鉄道、路面電車、さらに歩行者との接触事故を防止することを目的とした取り組みを行ってきた。

今後は、これらにより培った知見を活用し、特に鉄道分野では、鉄道事故の約4割を占める踏切事故の防止に向けた研究をさらに進展させていきたいと考えている。踏切の事故防止対策は、鉄道事業者が踏切保安設備の高度化（1種踏切化、遮断時間の適切化）や踏切障害物検知装置の設置を進めており効果を上げているが、事故の態様により依然として接触・衝突に至るケースが認められる。そのことから、一層の安全性向上を図るためには、新たな踏切事故防止対策が求められている状況にある。そのため、2. 1で述べた双方向衝突防止システムをベースに、地方鉄道での活用も視野に入れ、より低コストで、踏切に接近する自動車に対し列車の接近を知らせることができるシステムの検討を行うこととしている。

通常、踏切保安設備の制御は、列車の接近を検知して踏切警報機、遮断機を動作させ、列車の通過完了を検知してそれぞれの動作を終了させる。そのため、本システムは、列車の接近を検知した際に落下するリレーを用いて、踏切に接近する自動車に対して列車の接近情報を提供する（図6）。

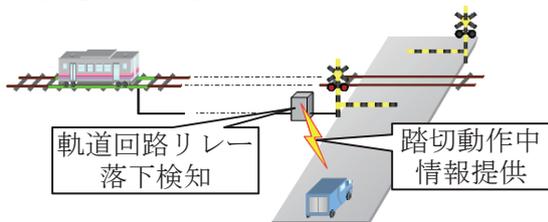


図6 踏切動作状態の伝送イメージ

自動車の車載装置をカーナビゲーションシステムに組み込めば、列車の接近情報をそのHMI (Human Machine Interface) を通してドライバーに報知することができ、今までは目視のみで安全確

認を行っていたドライバーに対し、新たな安全運転支援を行うことが可能となる。

さらに、踏切保安設備が動作中であるにも関わらず自動車が踏切内に進入した場合は、ドライバーが正常な運転ができない状態となっていることが想定されるため、自動車の自位置（踏切内）を列車に通信することにより、接触事故の防止や被害の軽減につながるものと考えられる。

なお、このシステムは、踏切内に進入した自動車の検知だけでなく、悪天候等で視界不良の状態、踏切から線路へ誤進入してしまった自動車や、遮断機が降りるまでに渡りきれず、踏切内に取り残されてしまった歩行者等を検知することに応用することもできると思われる（図7）。

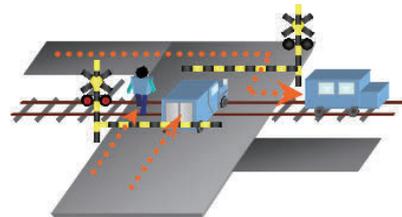


図7 システム応用例

4. まとめ

通信技術を利用した、自動車と鉄道、路面電車、歩行者との間の安全性向上への取り組みについて紹介した。

特に踏切事故の防止は、鉄道の安全対策の中で依然として重要な課題となっていることから、さらなる安全性向上に貢献できる研究に継続的に注力していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 警察庁「平成25年中の30日以内交通事故死者の状況」
- 2) 国土交通省鉄道局「鉄軌道輸送の安全にかかわる情報」（平成18年度～平成24年度）
- 3) 平成24年度軌道事業者道路障害事故の場所別割合、公益財団法人鉄道総合技術研究所作成の「鉄道安全データベース」より
- 4) 長谷川智紀、「ITS技術を応用した鉄道の安全性向上への取り組みー車車間通信を活用したLRTの安全運転支援システムー」、平成26年度交通研講演会、pp.27-40
- 5) 国土交通省ASVパンフレット
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anken/01asv/japanese/planning5.html>