

講演 8. 第 4 種踏切安全通行支援システムに関する取組

交通システム研究部 ※山口 大助 三好 正太 長谷川 智紀 八木 誠（客員研究員）

1. はじめに

鉄道と道路交通が交差する踏切での安全の確保は最も重要である。踏切には現在、第 1 種、第 3 種、第 4 種の 3 種類が存在し、このうち警報機も遮断機もない第 4 種踏切での事故の発生可能性が高い。安全確保の観点から、第 4 種踏切については廃止、または警報機と遮断機が備わった第 1 種化が進められているものの、地方の鉄道を中心に多く残存しており、廃止または第 1 種化に至るまでの間も第 4 種踏切は存在し続けるため、第 4 種踏切の当面の安全性の向上が求められている。このような状況を受け、物理的に遮断するバーを設置し、踏切通行者が持ち上げて初めて通行可能となる仕組みが実用化されている¹⁾。

この遮断用のバーとは別に、交通安全環境研究所では「第 4 種踏切安全通行支援システム」の研究開発に取り組んでいる^{2), 3), 4)}。本システムは、踏切通行者が横断前に安全確認を行うことを前提に、「踏切通行者への列車接近の情報提供による支援」、「列車運転士への本システム動作状態の情報提供による支援」を通じて安全性の向上を図るものである。

本稿では第 4 種踏切安全通行支援システムの概要を紹介し、システムの技術仕様の検討に資するデータの取得のために行った現地試験について報告する。

2. 踏切と踏切事故の現状把握

踏切には、列車通過時に常に稼働する遮断機と警報機が備わった第 1 種、警報機のみ備わった第 3 種、警報機も遮断機もない第 4 種の 3 種類が存在する（図 1）。令和 5 年度末時点で、全国における各種踏切の箇所数及び中小民鉄及び路面電車における箇所数は図 1 中に示す通りで、特に第 4 種踏切の設置数は中小民鉄及び路面電車が約半数である⁵⁾。中小民鉄は地方に多く見られる事業者であることから、第 4 種踏切は地方の鉄道に多く残存しているといえる。

ここで、踏切事故の発生状況を見ると、列車接近時の直前横断が原因の事故が 51%を占めている⁵⁾。第 4

種踏切と他種の踏切を比較すると、第 4 種踏切では踏切 1 か所あたりの直前横断事故件数が多いことが既往の調査で判明している²⁾。このことから第 4 種踏切の安全性の向上が必要であるといえる。

このように、第 4 種踏切では列車との接触事故の発生率が特に高いことから、第 4 種踏切については廃止または第 1 種化が安全対策の基本方針となっている。この方針を受けて第 4 種踏切の箇所数は年々減少してきているものの、前述の通り地方の鉄道において第 4 種踏切が多く残存している。その要因として、踏切の廃止によって迂回が生じ、通行者に不便を強いることになるために、地域との調整が困難となっていることが指摘されている⁴⁾。また、第 1 種化は機器の設置だけでなく、踏切の機能の維持にも費用と労力を必要とするため、経営が厳しく人材が不足がちな地方の鉄道事業者においては早期の第 1 種化は難しい状況にあると推察される。

廃止または第 1 種化に至るまでの間も第 4 種踏切は存在し続けることから、第 4 種踏切の当面の安全性の向上が求められる。既往の調査²⁾によれば、第 1 種と第 3 種の警報機には直前横断事故の防止効果があることが示唆されており、列車接近の情報を踏切通行者に知らせ、安全な通行を促すことを目的とした支援装置を構築すれば、第 4 種踏切の安全性の向上に寄与するものと考えられる。交通安全環境研究所ではこの点に着目して、「第 4 種踏切安全通行支援システム」の研究開発に取り組んでいるところである。

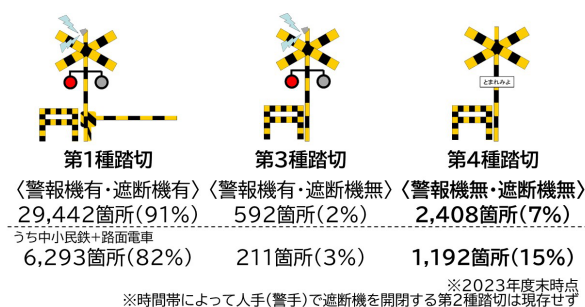


図 1 2023 年度末現在の踏切各種の設置箇所数

3. 第4種踏切安全通行支援システム

3. 1. システムのコンセプト

前述の通り、列車接近を知らせることで直前横断事故の防止効果があると示唆されている。そこで、「第4種踏切安全通行支援システム」（以下、支援システム）のコンセプトは、踏切通行者が横前に安全確認を行うことを前提に、「踏切通行者への列車接近の情報提供による支援」と、「列車運転士への支援システム動作状態の情報提供による支援」を通じて第4種踏切の安全性の向上を図ることとしている。このコンセプトに沿った支援システムの基本構成を図2に示す。

列車～踏切間の双方向の無線通信を用いて、列車から踏切に設置した地上装置へ列車位置の情報を送信し（図2中の①）、列車が一定距離内に踏切に接近すると踏切通行者に列車の接近情報を報知する（同②）。この報知を参考にしつつ、踏切通行者自身も安全を確認して踏切を通行する。踏切通行者への報知とともに、この報知動作が実行されていることを列車に対して返信することで（同③）、地上装置の動作状態を列車運転士へ報知する（同④）。地上装置が正常に動作していることの報知であれば列車運転士は通常の運転にて踏切に進入し、正常に動作していないことの報知であれば減速や手前で停止などの運転操作を実行する。

踏切通行者、列車運転士双方への報知によって、踏切通行者の安全確認と列車運転士の踏切通過時の適切な運転操作を促すとともに、報知を実行する支援システムの構築が一体となって、第4種踏切の安全性の向上を図る仕組みとなっている。

この支援システムは第3種踏切と同様に見えるが、踏切保安装置とは異なるものと位置付けている。これは汎用技術を利用して低コスト化することによって

誤作動や不作動の可能性があることを前提としているためである。支援と位置付けて低コスト化を図り、導入しやすくすることで、第4種踏切の安全性の向上を早期に実現できるものと考えている。

ところで、第4種踏切に安全対策が実施されていない状態において、踏切からの見通しや列車接近の聞こえが悪い場合には踏切道設備の欠陥が認められるリスクが元々存在する³⁾。支援システムを第4種踏切に設置した場合に、支援システムが正常に動作するほとんどの状況においては踏切事故発生リスクの低減が期待されるが、その一方で、支援システムの誤作動や不作動によって事故が発生すると、設備の維持管理の不備を問われるリスクが存在する。支援システムを適切に運用するためには、踏切事故発生リスクの低減は然ることながら、支援システムの設置によって鉄道事業者が設備の維持管理の不備を指摘されるリスクを増加させないことが求められる。このリスクを低減するには、鉄道事業者や支援システム設置踏切周辺の想定通行者との間で支援システムのコンセプトを共有することが必要と考えられる。

3. 2. システムの技術仕様

支援システムは、衛星測位システム（GNSS: Global Navigation Satellite System）、IoT（Internet of Things）デバイス、Wi-Fi（Wireless Fidelity）通信等の汎用技術で構成される²⁾。

車上装置は図3に示す通りで、列車の現在位置及び速度の情報をGNSS受信機によって取得し、これらの情報を図2中のWi-Fi通信によって車上装置から地上装置へ送信する。地上装置が設置された踏切に列車が接近しているときは、当該踏切の地上装置の動作状態をWi-Fi通信によって車上装置へ送信する。運転士には地上装置の動作状態を支援情報として提示し、

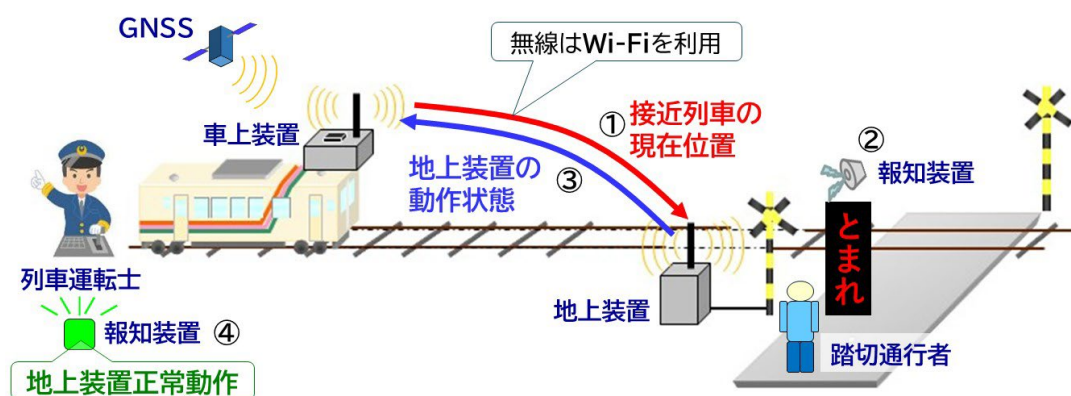


図2 第4種踏切安全通行支援システムの基本構成図



図3 車上装置

地上装置が正常動作している場合は図3中のように車上用報知装置が緑色に点灯し、正常動作していない場合は緑色以外に点灯する。

地上装置は図4に示す通りで、車上装置から受信した列車の位置及び速度の情報から当該列車の踏切への接近を判断する。接近と判断されると、図4中の地上用報知装置が視覚や音声によって踏切通行者に対して列車接近を示す支援情報を報知する。同時に車上装置へ動作状態を返信する。地上装置や報知装置の動作には電源が必要であるが、第4種踏切が設置されている場所は外部からの電源の供給が困難であると予想されるため、図4中のソーラーパネルと蓄電池を用いて、昼間の充電により地上装置の動作に必要な電源の確保を目指している。ソーラーパネルの発電能力と蓄電池の容量は、地上装置の動作時間や報知装置による報知回数に応じた消費電力量、晴天日数の傾向等に基づき決定する必要がある。

支援システムは地上装置と車上装置の間の直接通信を基本とするが、例えば山間部や曲線区間のインカーブ側に家屋が建っている箇所のように、第4種踏切の周辺環境によっては直接通信が困難な場合がある。



図4 地上装置

このような地点には地上装置と車上装置の間の通信を中継することを目的とした中継装置を設置する。中継装置は地上装置と車上装置の間の通信を長距離で確保する場合にも設置する。

4. 第4種踏切安全通行支援システムの現地試験

4. 1. 現地試験の評価項目と実験系の構成

支援システムの通信機能及び報知機能の動作確認を目的とする現地試験を京都丹後鉄道の協力を得て実施した。この試験では以下を中心に確認した。

- (1) 地上装置または中継装置と車上装置の間の通信成立距離
- (2) 地上及び車上で報知開始時の列車位置

なお、ソーラーパネルと蓄電池による地上装置の電源の自給については、現地試験時が曇天でソーラーパネル発電量が想定を下回り不十分であったことから試験の対象外とした。

現地試験における地上装置及び中継装置の配置を図5に示す。地上装置を第4種踏切である第三小寺踏切に、この踏切から丹後由良方面の3か所に中継装置を設置し、中継装置を介した地上装置と車上装置の間の通信の可能性を確認した。図5に示すように、当該踏切から宮津方面と丹後由良方面の中継装置Ⅱまでは直線であるが、中継装置ⅡとⅢの間は曲線区間でインカーブ側には藪がある。

4. 2. 現地試験の結果

4. 2. 1. 地上装置または中継装置と車上装置の間の通信成立距離

地上装置または中継装置と車上装置の間の通信成立距離は図6に示す結果となった。地上装置と車上装置の間で直接通信が成立する範囲は、第三小寺踏切から宮津方面に499m、丹後由良方面に399mであった。第三小寺踏切から丹後由良方面に設置した中継装置による通信成立距離の延伸については、中継装置ⅠとⅡによって踏切から699mの範囲において中継装置を介した通信が成立した。中継装置ⅡとⅢの間は藪の影響で電波が到達せず、通信は成立しなかった。このことから中継装置Ⅲによる通信成立距離の延伸効果は見られなかった。中継装置ⅠとⅡの間は通信が成立したことから、中継装置は問題なく動作していることが確認された。

以上より、中継装置の適切な配置によって支援システムは地上装置と車上装置の間の通信をより確実な

ものにすることが可能といえる。中継装置を複数設置する場合は中継装置同士の通信が成立するように配置を調整することが実用上の注意点である。

4. 2. 2. 地上及び車上での報知開始時の列車位置

列車が踏切を通過する 30 秒前に地上及び車上で支援情報の報知を開始することを要件とした上で、列車の運転速度を考慮して、丹後由良方面に向かって走行する列車は踏切手前 300m、宮津方面に向かって走行する列車は踏切手前 600m を報知開始点に設定した。この設定値に対して、試験結果を平均したところ、丹後由良方面に向かって走行する列車では踏切手前 297m、宮津方面に向かって走行する列車では踏切手前 586m であり、報知開始位置が設定値より十数メートルほど第三小寺踏切寄りの結果となった。列車速度を考慮すると、この差は 1 秒以内の時間遅延と推測される。遅延の要因として、車上装置における衛星測位からデータ送信までの処理や中継装置を介した通信の間に列車が移動することが考えられる。実際の運用では、この遅延を考慮して報知開始点を設定することで、報知タイミングを適切に設定可能であると考えられる。

5. おわりに

本稿では第 4 種踏切安全通行支援システムの概要を紹介し、システムの技術仕様の検討に資するデータの取得のために行った現地試験について報告した。

現地試験の結果、地上装置と車上装置の間の無線通信機能、列車位置に基づく支援情報の報知機能が問題なく動作することを確認した。

第 4 種踏切の安全対策は早期の対応が求められている。支援システムの技術仕様については、鉄道事業者とも連携して導入地域に即したものとなるよう検討を継続している。また、電源の自給についても検討を進めている。今回の現地試験を踏まえて、今後は長期のフィールド試験を計画しており、支援システムの社会実装に向けて引き続き研究開発を進めていく。

謝辞

現地試験にご協力いただいた京都丹後鉄道 (WILLER TRAINS 株式会社、北近畿タンゴ鉄道株式会社) に謝意を表します。



図 5 現地試験における各装置の配置



図 6 現地試験における通信成立距離

参考文献

- 1) JR 西日本ホームページ, <https://media.jrw-ip.jp/solution-product/products/5791/>
- 2) 八木 誠, 長谷川 智紀, “第 4 種踏切に対する安全性向上支援装置に関する検討”, 令和 5 年電気学会全国大会, No.5-166, (2023)
- 3) 三好 正太, “第 4 種踏切に対する支援装置の技術的検討と社会的課題への取組”, 交通安全環境研究所講演会 2024, pp.57-69, (2024)
- 4) 三好 正太, 山口 大助, 長谷川 智紀, 八木 誠, “第 4 種踏切の支援装置に関する取組”, 交通安全環境研究所フォーラム 2024, pp.75-76, (2024)
- 5) 国土交通省鉄道局, “鉄軌道輸送の安全に関わる情報 (令和 5 年度)”, (2024)