鉄道作業員の安全度向上に向けた列車接近警報装置の開発

西日本旅客鉄道㈱　正会員　○井上　淳太
西日本旅客鉄道㈱　正会員　溝口　敦司

１．はじめに

建設土木業は３ｋ職種であり、その中でも“危険”に関しては、鉄道保守作業が列車運行状況下で余儀なくされることもあり安全の確保についてはいうまでもなく事業者としての重要事項である。当社では、線路作業員の触車死亡事故を撲滅するために、ハード対策について平成１４年から鉄道システムとＩＴ技術を融合させた新しいタイプの列車接近警報装置の開発を進めてきた。ここではこれまでの開発概要と効果・課題について以下に報告する。

２．線路作業・検査に関する現状

２．１列車見張体制による作業・調査

鉄道における保守作業・調査は、列車の運行密度と作業・検査の内容を考慮して列車を進入させないための措置をとる線路閉鎖工事方式と列車の進来を目視あるいはダイヤにより現場責任者へ連絡して列車が接近する前に線路から待避する列車見張方式がある。列車見張方式では、列車見張員の連絡により作業員が待避するため列車見張員にエラーが生じるとバックアップが利かないフェールアウトの状況に陥る。そこで、バックアップ装置として各種列車接近装置が開発されてきた。

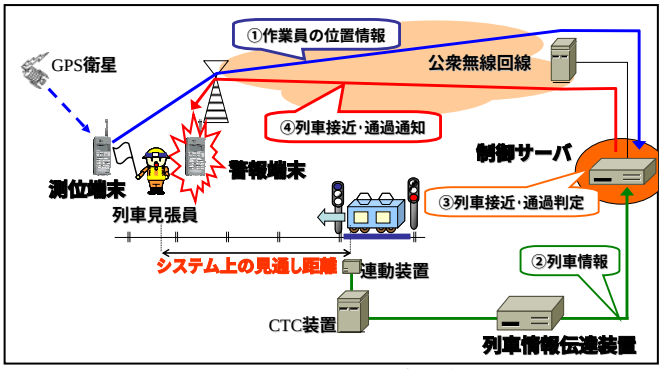
２．２これまでに導入されてきた列車接近警報装置

列車が接近している状況を現場の列車見張員に伝達するために列車位置の情報については軌道回路の短絡情報を活用して、軌道短絡が生じれば装置が鳴動して、その装置の付近の作業員に対して警報を促す装置が初期において導入された。この装置は故障すれば鳴動しないという欠点があったので、鳴動と合わせて現地のＬＥＤ照明が点滅し、仮に装置が故障すればＬＥＤ照明が消去することで装置の故障状況が分かるフェールセーフ機能を持った装置が導入されることとなった。これらの装置は、線路沿線に鳴動デバイスを設置していたので鳴動デバイス付近において活用できるものの、鳴動や点滅を確認できないデバイスから離れた箇所では効果が発揮できないので、現場からデバイスまでの視認性を考慮し一定間隔でデバイスを設置する必要があった。そこで、現地の鳴動に頼らず現場へ接近情報を通知するあらたな方式として接近情報を把握する基地局から無線により現場の列車見張員が所持する携帯端末に音声通知する方式が他社において開発され、当社においても一部導入を行った。但し、この装置は、無線による伝送ロスを考慮したことにより接近対象とする軌道回路を現地から遠い箇所に設定していたので、過剰に鳴動するという悩みがあり、そのため構内のような長時間鳴動箇所は、対象外としたためエリアが限定され整備された。

３．携帯電話を用いた新しい列車接近警報装置の開発

３．１ＩＴ技術の活用

他方、世の中では携帯電話を用いた情報通信技術が飛躍的に進展し、いつでもどこでも情報を取得したいユビキタス志向が高まっていた。その頃から携帯電話にＧＰＳデバイスが搭載され始めたのを機に、作業員の位置はＧＰＳから、列車位置はＰＲＣ等からサーバーに取り込み、列車が作業員に対して接近すればその情報を現地携帯電話端末に送信し、情報を受けた携帯端末は画面に列車番号を表示すると共に警報音、音声を通知するシステムを構築した。



図－１　システム概要

キーワード　列車接近警報装置、ＧＰＳデバイス、警報、フェールセーフ
連絡先　〒530-8341　大阪市北区芝田 2-4-24　ＪＲ西日本鉄道本部技術部（保安技術）　ＴＥＬ06-6375-8734

４．ＩＴ技術を安全装置に適用する場合の検討事項

４．１マンマシーンインターフェースの検証

（１）ユーザビリティ

現在は既に少子高齢化社会が到来、又年給需給の不安とも相まって、列車見張員には高齢者の方も従事されている。今後ともこの傾向が続くと予想され、高齢者に対する配慮として、携帯電話そのものの操作に対する不快感を解消するために装置の起動についてはパスワード、ログイン方式は採らず自動ログイン方式とした。又、画面の表示・デバイスについては表示情報を列車番号と線別という必要最小限に留め文字サイズを大きくすると共に昼間、夜間の両使用において輝度の最適化を図った。（図－２画面構成）

図－２　画面構成

（２）鳴動時間の最適化

人間－機械系の研究から人間の信頼度を高めるには、人間の弱点を機械によってカバーする方向で考慮する必要があるとされているが、一方、装置には、“適切な警報”ということが前提条件として求められる。

例えば複線区間の待避線においては通過列車の待ち合わせのため長時間停車する場合があり、そのためにそのままの機能では長時間“警報”が鳴動する事態が発生した。そこで、出発信号機の情報を新たに接近判定ロジックに取り入れ停車中においては接近鳴動とは違う音声と音色及び鳴動間隔を設定し、警報との区別をユーザーが認識できるように改良を実施した。

４．２信頼性

本システムはソフトの部分ではＯＳＳや汎用のミドルウェア及び開発ソフトウェア、ハードの部分では汎用の警報及び表示デバイスで構成されている。従って、信頼性について評価するには厳密にＦＭＥＡを実施して対策をとるのが最善であるが、本装置では、各々の故障事象について網羅的に分析はせず、代表的な故障事例として、電源切れや断線による“装置の機能停止”を故障対策の対象とした。なお、対策は、端末－サーバー間で１３Ｓ秒周期で定期監視することでデータ伝送に遅延が生じれば故障であると判定する診断機能をロジックとして組み込んだ。

５．本システムによる安全度の向上

５．１マンマシーンシステムとしての評価

一般に人とシステムが共存する場合において、特にシステムがフェールセーフやフェールソフトを全体系で維持できない場合は、人がシステムに依存してはならないとされており、システム設計においては人がシステムを制御するような全体系が望ましい。そもそも警報装置の警報という定義は、「人に注意を促す」とされており、前段に述べたことと真逆である。従って、人が警報に依存にするようになることを認識したうえで、教育や基本動作に関する訓練についても従来通り丁寧にまた効果的に行うと認識している。

５．２装置の故障

安全性と可用性は表裏一体の関係があるとされており、装置の稼動率が低下すればするほど人は装置を頼りにしなくなる。つまり、警報としての機能を果たさなくなる。従って、装置の設計・製作においては故障分析及び故障対策を実施して可能な限り稼働率を上げると共に故障が生じた場合に必要最低限の安全は維持できるようなシステム構築を目指さなければならい。この点が人の命を守る警報装置の大事な役割であると認識しており、システムライフサイクル全体を踏まえた設計・製作を心がけたい。

［参考文献］

１）溝口敦司他：ＧＰＳ式列車接近警報装置の単線自動閉そく（特殊）式区間への適用の検討第 63 回土木学会年講、2008.9

２）大関親：新しい時代の安全管理の全て、安全工学協会：新安全工学便覧