

安全な保守作業のための技術開発

JP東日本研究開発センター 安全研究所 安全システム・保守作業
佐々木 敦



今年度から新たな安全5ヵ年計画として「安全ビジョン2013」が策定され、「安全に関する人材育成、体制の充実」と「想定されるリスク評価による事故の未然防止」という新たな2つの視点に力を注ぐこととなりました。安全研究所では保守作業の安全性向上をめざして、1993年9月から保守作業検討チームを立ち上げて触車事故防止に関する検討を始めました。そして、1996年度の第14回本社安全総点検を受けて、本社内に発足した保守作業安全システム検討チームと連動し、1997年から「保守作業の安全性に関する研究」に着手しました。本論文では安全研究所で取り組んできた、安全な保守作業のための技術開発について述べさせていただきます。

1. はじめに

安全研究所は1988年に、安全の確保および、事故防止のための調査、技術開発を行い、当社の安全レベルの総合的な向上を図ることを使命として、図1に示す組織構成でJR新宿ビルの5階に20名の体制で発足しました。

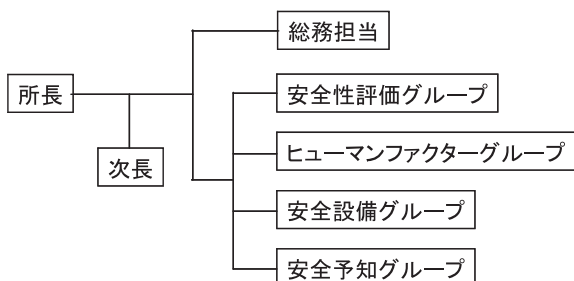


図1 発足時の組織構成

その後、新宿ビルから有楽町の交通会館の7階に移転し、2001年12月に日進のJR東日本研究開発センターに移っております。

安全設備グループから名称が変更となった安全システムグループでは、1991年より、保守作業の効率化という観点から、新幹線の新型確認車を開発しました。これは、作業後に線路内に置き忘れた工具などを人間の目により見つける確認業務を、400m前方の支障物を画像処理により検知する技術と、車上自律型の自動運転技術を組合わせたシステムです。この新型確認車は、1997年に開業した長野新幹線から導入を始め、2007年には当社管内のすべての新幹線に導入されています。

本稿では、安全研究所が保守作業安全のために取り組んできた研究開発の着手から導入までの経緯などを述べさせていただきます。

2. 当社での安全に関する取組み

当社の安全に関する主な取組みとして、会社発足後のチャレンジ・セイフティ運動（CS運動）と安全総点検および、1989年度から継続的に策定されている安全5ヵ年計画などがあげられます。

保守作業の安全確保については、1996年の第14回本社安全総点検の結果を受け、1997年2月に本社内に検討チームが発足し、図2に示すような議論交わされ、4つのワーキンググループで検討を行うことになりました。

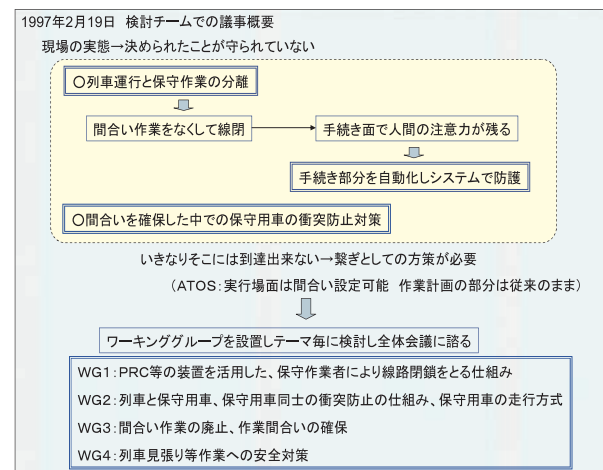


図2 検討チームの議事概要

ワーキンググループでの検討結果を、1998年1月21日の支社長会議に諮り、図3に示すような本社で取り組む技術開発の内容が明示されました。

現在は、安全ビジョン2013の、4本柱の一つである「安全設備重点整備計画の推進」の中で、継続的に整備を拡大するものとして「線路閉鎖手続きのシステム化」が掲げられており、今後の取組みとして「新たな列車接近警報装置の開発（軌道回路によらないタイプ）」が明記され

ております。

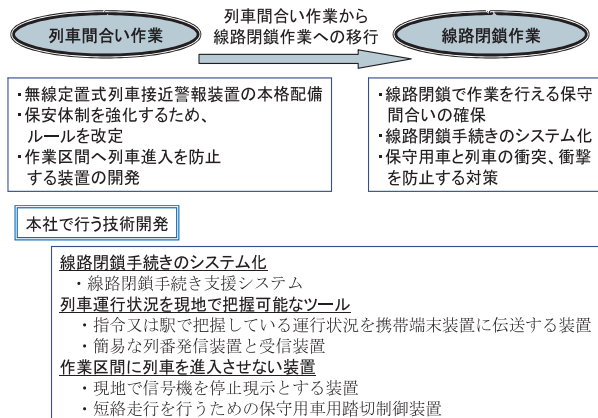


図3 支社長会議での具体的な方策

3. 安全研究所での取組み

保守作業安全に対する取組みは、1993年9月から所内にグループ間を横断する保守作業検討チームを立ち上げて触車事故防止に関する検討を始めました。

3.1 在来線の保守作業安全

1997年から安全研究所で取組んでいた「保守作業の安全性に関する研究」で実施した、現状の保守作業の実態調査と過去の事故事例の分析結果を以下に示します。

- ①線路閉鎖工事手続きなどにおける煩雑な連絡、打合せが原因となっている事故がある。
- ②現業区で管理している列車ダイヤから線路開始列車などを抽出する線路閉鎖申請書の作成が煩雑である。
- ③線路閉鎖申請書の作成や着手および、終了時のFAXや電話でのやり取りにヒューマンエラーが発生しやすい。

以上のような連絡、打合せ中心の作業形態から脱却し、作業計画の作成時から可能な限りシステム化することで、ヒューマンエラーの発生を少なくすることが事故の軽減に効果があるという提言を行いました。

この提言と前述した支社長会議で明確になった開発項目から、「新しい線路閉鎖の仕組み」構築に向けた技術開発に1998年度から着手しました。

3.2 新幹線の保守作業安全

新幹線では、列車を運行する運転時間帯と保守作業を行う作業時間帯とが明確に区分されているが、JR他社の新幹線における保守用車同士の衝突事故を受けて、当社では新幹線での保守用車同士の衝突事故を起こさないための技術開発を1999年の下期から着手しました。

この保守用車の衝突防止システムは、地上側の線閉用送受信機と作業員用携帯受信機を統合した「新幹線保守作業安全システム」として導入されております。

4. 新しい線路閉鎖の仕組みの構築

列車運行と保守作業を分離し、作業区間を信号で防護して、煩雑な線路閉鎖工事の手続きをシステム化した「新しい線路閉鎖の仕組み」を構築する機能は図4のとおりであり、機能概要を以下に示します。

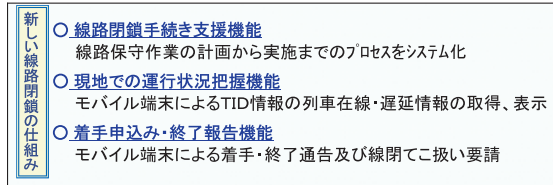


図4 新しい線路閉鎖の仕組みと機能

4.1 線路閉鎖手続き支援機能

線路閉鎖申請は、現業区で管理している基本ダイヤから人手により、列車番号などを抽出するという人間の注意力に依存した作業計画の作成により行われていました。これを当時から見張りダイヤ等に活用されている輸送総合システムの列車ダイヤデータを画面に表示して、図5に示すようにマウスでクリックすることで、作業計画がシステムに入力できるようにしました。また、列車との競合チェックをシステムが実施することで、確実な作業計画の作成が可能となるシステムとしました。

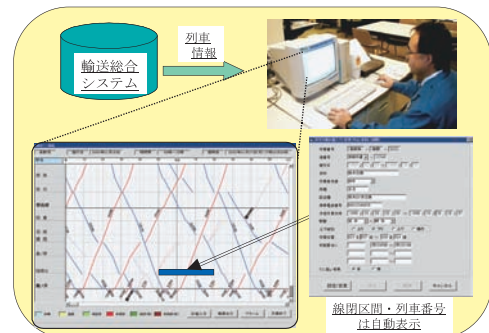


図5 保守区端末での計画入力

4.2 現地での列車運行状況把握機能

当時は、線路開始列車などの確認のために3つ前の列車から現地で指令などに電話で確認することがルール化されていました。この確認作業を簡素化するため、列車がどこの駅構内か、あるいは、駅中間に在線しているかを駅のモニターに表示させるTID情報がありますが、このTID情報をモバイル端末に表示させることにより、作業現場の作業責任者が目の前を走行している列車の番号などが把握できるシステムを構築しました。運行状況把握機能におけるモバイル端末の表示画面を図6に示します。

4.3 作業区間に列車を進入させない機能

線路保守作業を行っている作業区間に列車を進入させない方法としては、閉そく信号機にリモコン装置で停止表示を表示させるということも検討され、技術的には可能でしたが、安定稼働している信号機に新しい装置を取り付けることは現実的でないという判断がなされました。そこで、当時も一部線区では使用されていた、踏切を鳴動させない新しい軌道短絡器を活用することが有効であ



図6 運行状況把握の画面

るという結論に至りました。

当時の軌道短絡器の使用方法は、使用計画段階から事前に短絡器使用の申込みを行い、作業着手時に短絡器を装着することを指令などに連絡して承認を得てから短絡器をレールにセットすることとなっていました。ところがヨーロッパの鉄道における保守作業の実態調査の中で、スウェーデン国鉄が上下分離して発足した「国有鉄道インフラ管理機関」(Banverket:BV) のボーレンゲにある本社での意見交換の席上で当社の保守作業の実態を説明していると、突然、軌道短絡器は列車の通過直後にレールへ装着しないと危険ではないかという指摘を受けました。この指摘を安全研究所の報告会で紹介したところ、確かにそのとおりであるとの結論に至り、先に短絡器をセットしてから線路閉鎖作業の申込みをする方向で技術開発を進めることになりました。

長野支社で導入されているシステムでは、輸送指令の線閉てこ操作による停止信号により作業区間を防護しています。

4.4 作業の着手申込み、終了報告機能

電話での作業着手申込みでは、指令と線閉責任者との間で復唱を前提としたやり取りで、コミュニケーションエラーなどを発生させないようにしていますが、電話での打合せには限界があります。そこで、モバイル端末の画面に入力された作業内容を表示して画面タッチの操作することで、指令に設置したダイヤ表示装置に着手、終了などの必要事項が表示されるシステムを構築しました。

5. 進路構成機能の開発

今まで述べてきました「新しい線路閉鎖の仕組み」を実現する各種機能については、線路閉鎖手続き支援システムとして長野支社の中央東線、篠ノ井線で現地検証試験を行い、2001年度末からの試行期間を経て、2004年度末から本使用開始となりました。

試行期間中から線路閉鎖作業は着手、終了時の電話でのやり取りはなくなりましたが、保守用車の使用については、保守用車の移動進路ごとに指令が進路構成をするという煩雑な手続きが残されていたことから、進路要求時

の打合せ誤りや進路構成誤りを防止する方策として、保守用車の進路構成も指令を介さないでモバイル端末から保守係員が進路構成をすることが可能なシステムを開発しました。

5.1 停止信号で防護された区間

進路構成機能は、新幹線で実施されている列車運行と分離された作業時間帯の中で保守用車の進路構成を保守係員自ら端末装置（ハンディターミナル）を用いて行うことが出来るCOSMOSの保守作業管理システムを参考に開発しました。したがって、保守係員自らがモバイル端末で進路構成するための前提条件を停止信号で防護された複数駅間のエリア内（システム作時帯）としました。

5.2 CTC 中央装置との接続

このシステムはモバイル端末により保守用車進路を構成するために、CTC中央装置と進路構成用の保守用制御サーバを接続して、現場のモバイル端末から分岐器を転換する機能を実現しました。また、このシステムでは、当該エリア内の線閉てこが扱われて停止信号で防護されていないと作業着手すら出来ない仕組みになっております。さらに、ハード故障などがあっても列車運行に支障をきたさないように、進路構成機能側のハードを強制的に切り離す機能を持っています。

5.3 ビジュアルな進路計画入力

保守用車の進路構成は、モバイル端末で進路てこを操作することであり、本システムにおいても指令から操作できる進路に限定されます。そこで、図7に示すように保守用車の入換え進路を計画する保守区端末の画面に構内配線図を表示して、保守用車の発点と着点をクリックすることにより、進路てこに対応した進路だけを入力することが出来ます。これにより誤った進路計画の作成を防止しています。

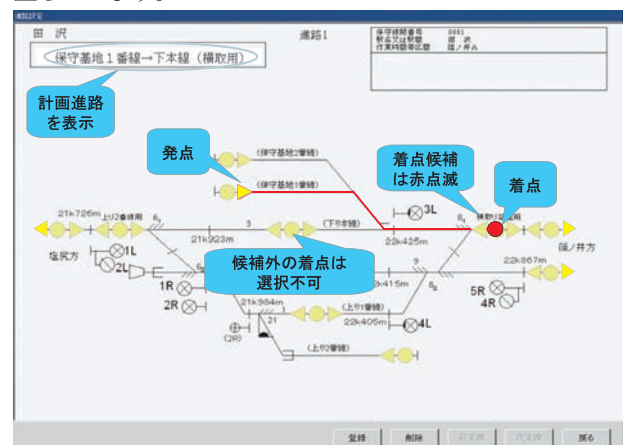


図7 進路計画の入力画面

5.4 進路競合チェック機能

本システムでは、進路構成のために進路てこを操作することから、今までの作業位置と時間の作業競合チェッ

ク機能のほかに、2つ先の進路までの進路競合をチェックする機能を付加して保守用車が予定行路を移動できなくなることがないようにしています。また、横取り装置などを着手承認前に扱うと軌道回路の短絡情報により、指令に警報が表示される機能も持っております。

6. 新しい線路閉鎖の仕組みの導入、展開

今まで述べてきた新しい線路閉鎖の仕組みを実現するトータルシステムとして、「線路閉鎖手続き支援システム（保守用車進路構成機能付き）」の開発を行い2005年2月から篠ノ井線で試行を開始して、2006年4月から本使用をしております。

2008年度は、この進路構成機能付きの線路閉鎖手続き支援システムをCTC線区に展開していくことを目指し、本社主管部と共に各支社で説明会を実施してきました。今後の技術開発としては、より作業件数の多い複線区間における、作業区間の安全確保の仕組みや、保守用車が駅の中線で待避して駅中間の線路閉鎖を一旦解除するような場合の安全確保の仕組みの開発、実現に向けて取組んでいきます。

7. 新幹線保守作業安全システムの開発

東北、上越新幹線の開業当初から保守用車には、衝突事故を防止するための「保守用車接近警報装置」が装備されていましたが、この装置は他の保守用車からの電波を受信すると、警報を発する仕組みであるため、警報の鳴動する距離が一定でなく、保守用車のオペレーターに不信感を与えていました。そこで、保守用車の走行位置を把握して双方の接近距離が走行速度に対応した一定距離に接近した場合に警報を発するとともに、一定時分以内にオペレーターがブレーキ操作を行わず、速度が下がらなかった場合には、自動的に非常ブレーキを動作させて、衝突事故を未然に防ぐという、新しい衝突事故防止システムを開発しました。

7.1 位置検知機能の実現

このシステムの要となる位置検知の仕組みは、図8に示すように、速度パルスと地上子による位置補正を組合

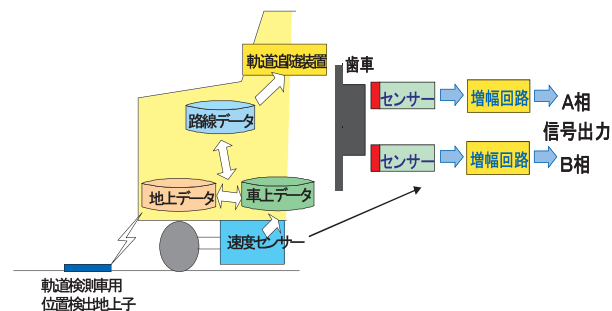


図8 確認車の位置検知システム

せた位置検知システムであり、安全研究所で開発した新型確認車の自動運転システムに使用されています。

7.2 分岐器割出し防止機能の開発

開発した衝突防止機能は、2003年度までにすべての新幹線保守用車に導入されましたが、駅構内での入換え作業時における分岐器の開通方向の確認は、依然として人間の注意力に依存しており、分岐器割出しなどにより脱線事故に至る可能性が残されています。そこで、2005年度より、さらなる安全性向上を図るため、分岐器割出し事故などを未然に防止する新幹線保守作業安全システム（分岐器割出し防止機能付）を開発しました。

これは、COSMOSのハンディターミナルからの進路構成情報を取込み、分岐器の位置などのキロ程を持った路線データベースなどにより、保守用車がどこまで進行可能かをシステムが判断して、未承認エリアへ進出しようとする、警報、ブレーキを出力して保守用車を停車させるシステムです。このシステムでは、図9に示すように運転台モニタの構内配線図上に進行可能なエリアを表示しています。

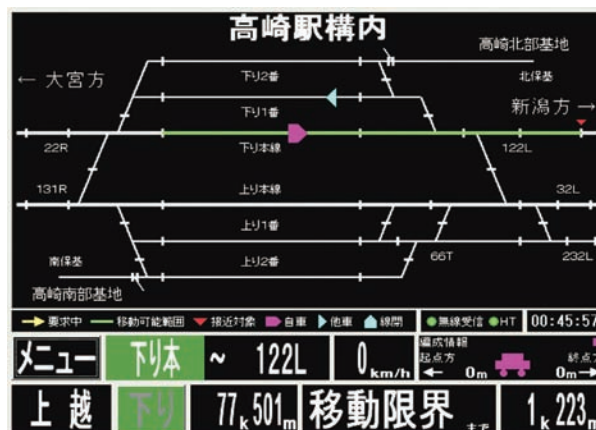


図9 運転台モニタの表示例

この運転台モニタでのビジュアルな表示手法は、係員の目からの情報を増やして、ヒューマンエラーを防止するという線路閉鎖手続き支援システムと同じ考え方で、マンマシンインターフェースを構築しています。

この分岐器割出し防止機能を付加したシステムは2006年度末にすべての新幹線の保守用車に導入されています。

8. 今後の取組み

これからの保守作業安全に向けた取組みとしては、最新の技術動向を見極めながら、今までに開発導入してきた各種システムの要となる要素技術やマンマシンインターフェースを活用して、

- ・軌道回路のない区間の列車接近警報装置の開発
- ・複線区間の線路閉鎖手続き支援システムの開発
- ・新幹線保守作業安全システムの新型線閉装置の開発などの研究、技術開発に取り組んでいきます。