

新幹線保守用車線路開通システムの開発

技術開発部 信号通信技術チーム 鉄道通信グループ 主幹研究員 小西 渉
主幹研究員 柳 良治
上級上席研究員 松村 善洋

1 はじめに

東海道新幹線では、安全・安定輸送を守るため、毎晩、約 50 編成もの保守用車を用いて軌道や電気設備の保守作業を行っています。保守用車は、基地から作業現場へ向かう際、駅構内の線路で方向転換や走行線路の変更を行って移動しており、駅におけるこれらの移動を「入換」、この一連の「入換」を順番も含めて整理したものを「入換表」と呼んでいます。入換を実施するには駅係員が線路を切り換える転てつ機を操作する必要があります。

現在は日中に保線所員が入換表を手作業で作成し、夜間の保守作業時は、保守作業責任者と駅係員が打合せを行い、入換表に基づいた入換を実施するなど、多くの係員が関わる作業となっています。今回、業務改革の一環として、これらの業務を大幅に効率化する「新幹線保守用車線路開通システム」を開発しましたので紹介します。

2 開発方針

これまで手作業で作成していた入換表をシステムにより自動で作成することで、入換表作成・確認業務の省力化を図ります。また、入換を行う際、駅を介して入換経路上の転てつ機を所定の方に転換する「線路開通」を作業員自身で実施可能とすることで夜間駅業務の削減、入換時間短縮による保守作業時間の拡大も図ります。これら保守用車の入換に関する業務の効率化を実現するためのシステム開発方針としては、現行以上の安全性を確保したシステムとすることと、開発、導入コストを抑えるために既存設備と汎用技術、汎用機器を有効に活用することとしました。

3 新幹線保守用車線路開通システムの開発

(1) 開発概要

図 1 にシステム構成の概要図を示します。システム開発では、「作業計画から入換表を自動で作成する入換表自動作成機能の開発」と、「安全性を確保した上で作業員自身により転てつ機を転換させる線路開通機能の開発」を行いました。

入換表自動作成機能の開発では、既存設備である保守作業管理システムが持つ作業計画(保守用車ダイヤ情報)を用い、入換表自動作成装置が入換表を作成します。そして、作成した入換表のデータは線路開通中央装置に伝送します。線路開通中央装置と作業員が所持するタブレット端末(汎用機器)は携帯電話回線(閉域網)を利用して接続します。線路開通機能の開発では、線路開通要求をタブレット端末から線路開通中央装置を経由して信号保安装置である電子連動装置に伝達することで、作業員自身による転てつ機操作を実現します。

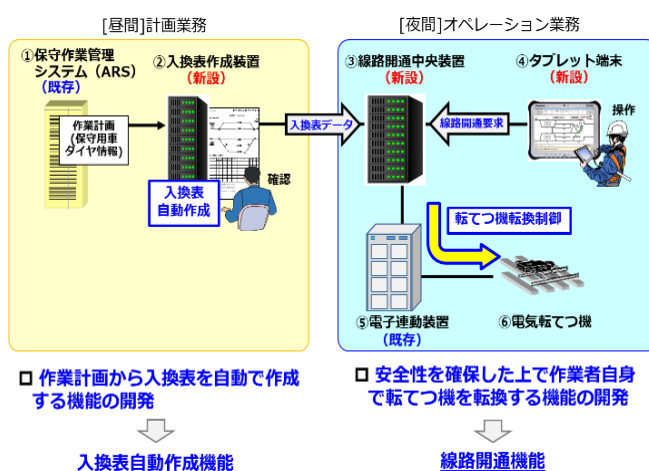


図 1 システム構成概要図

東海道新幹線では開業以来、夜間、保守用車入換のための転てつ機操作は駅の信号扱所で連動制御盤と呼ばれる専用の装置を用いて行ってきました。作業員自身による転てつ機操作の実現に向け、汎用機器を用いて携帯電話回線を利用し、信号保安設備を操作するというのは当社初の試みです。

(2) 入換表自動作成機能の開発

入換表の自動作成には保守用車ダイヤ情報を利用します。図 2 に保守用車ダイヤと入換のイメージを示します。実際は保守用車の台数も多く入換は複雑となりますが、本稿では簡略化したもので紹介します。

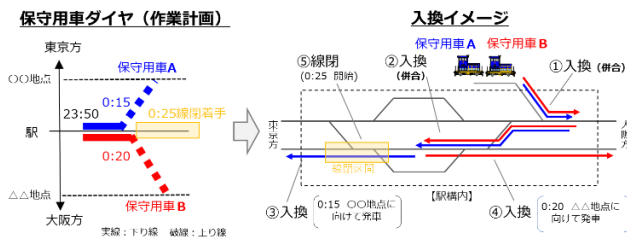


図 2 保守用車ダイヤと入換のイメージ

この保守用車ダイヤは、ある駅において 2 台の保守用車が 23:50 に基地を出発し、保守用車 A が 0:15 に上り線東京方へ、0:20 に保守用車 B が上り線大阪方へ進出すること、保守用車進出後の 0:25 から線路閉鎖工事(以下、線閉という)を着手することを示しています。

駅構内の線路配線が図 2 右側に示す配線であった場合、図中の矢印で示すような経路と順番で入換を計画します。まず保守基地から 2 台の保守用車は同時に基地を出発しますが、①の入換と②の入換は同一経路になる

ため、保守用車 2 台が同時に移動する「併合入換」を設定します。その後 2 台の保守用車をそれぞれの作業地点に向けて駅を進出(③入換、④入換)させます。⑤の線閉は保守用車が駅を進出してから着手します。入換表自動作成機能では駅毎に異なる配線を考慮し、入換経路・順序等を入換表として出力します。

システムが自動作成する入換表は、作業員自身で入換経路上の転てつ機を転換させることから、入換に必要な事柄を記載しつつ、線路開通システムの操作に合わせた帳票としています。システムが自動作成する入換表(開発段階)を表 1 に示します。

表の各行が 1 入換に対応し、上段から下段に向かうのが基本的な入換順序です。各項目は 1 入換に必要な経路や併合入換の設定などの情報を示しており、これに基づき、作業員が線路開通操作を行います。線閉についても入換との順序管理が必要となるため、表中に記載するようにしています。また、特徴的なのがこれまでの入換表には記載していない赤枠で囲った開始条件欄です。これは、これまで線路開通を行うタイミングは構内すべての入換と地上作業を把握している駅係員が判断していました。システム導入後は、入換の進捗状況と地上作業の進捗状況をシステムが管理するため、線路開通操作が可能となる 1 つの条件として開始条件欄を設けています。この入換表の入換イメージは図 2 の右側になり、例えば入換番号 5 の線閉では入換番号 4 の入換終了後ではなく、入換番号 3 の入換終了後に着手できることから、開始条件欄に「3 終了」を設定しています。こうすることでシステムによる順序管理を行っています。な

表 1 自動作成した入換表 (開発段階)

入換番号	作業番号	作業補助番号	作業責任者	線路開通		併合入換		連続操作	確認経路	開始条件	線閉関連入換	使用分岐器	着手予定時間	終了予定時間	車輪止扱	編成長 (m)	記事
				構内進入	構内進出	開始責任者	終了責任者										
1-1	ホ4581	-	〇〇 〇〇	●						最初			23:50	0:00	開	11.0	架線修繕 器材運搬
1-2	ホ1204	-	△△ △△	●			〇〇 〇〇	△△ △△								67.7	
2-1	ホ1204	-	△△ △△				△△ △△	〇〇 〇〇		1終了			0:02	0:10		67.7	
2-2	ホ4581	-	〇〇 〇〇													11.0	
																計 80.7	
3	ホ1204	-	△△ △△		●		単独	単独		2終了			0:15	0:20		67.7	
4	ホ4581	-	〇〇 〇〇		●		単独	単独		2終了			0:20	0:25		11.0	
5	開1201	-	□□ □□				-	-		3終了		51,53	0:25	2:00		-	〇〇K〇〇m~ 〇〇K〇〇m

お、着手予定時刻も線路開通操作開始の 1 つの条件としていますが、時刻以外の条件が満たされている場合、見張員が立哨する 20 分前までを限度として着手可能とし、安全性と効率性を両立させています。

(3) 線路開通機能の開発

これまででは連動装置と接続されている連動制御盤上の転てつ機を取り扱って転てつ機を転換させていましたが、今回開発したシステムでは汎用機器であるタブレット端末から携帯電話回線（閉域網）を用いて、転てつ機を操作します。また、これまで転てつ機を取り扱うのは転てつ機を操作する駅係員 1 人でしたが、システム化後は取扱いが複数となります。システムの安全性を確保するためには、汎用機器からの操作情報の健全性確保や操作誤り等のヒューマンエラー対策が十分でなければなりません。

a. 安全性確保手法

検討・開発してきた安全性確保手法のイメージを図 3 に示します。タブレット端末から 1 回の操作で転てつ機を転換させることは行わず、複数回の操作、応答をもって転換させます。

タブレット端末からの操作情報は、フェールセーフ装置である電子連動装置が保持し、操作手順についてシステム上で確認し、手順と合わない情報が送信された場合は情報が破棄されます。線路開通の操作においては「始端」「終端」「設定」の手順で操作を行い、それぞれの操作情報を電子連動装置が保持し、保持情報をタブレット端末側へ応答します。タブレット端末においても送信した情報と応答してきた情報が一致することをもって次の操作を可能とする仕組みとしています。

操作最終段での確認設定においては、これまで送信してきた情報を再度送信し、これを電子連動装置で保持していた情報と照合し、一致することをもって転てつ機に対して転換制御命令を出力します。この他にも初めの操作時にタブレット端末で乱数を生成、送信し、操作最終段で再度同じ乱数を送信することで同一タブレット端末からの一貫した操作を担保する等、操作情報の健全性

を高める仕組みを考案、実装し、安全性を確保しました。また伝送路においても安全関連伝送に関する国際規格 IEC62280 に準拠した対応を行い、十分な安全性を確保しています。

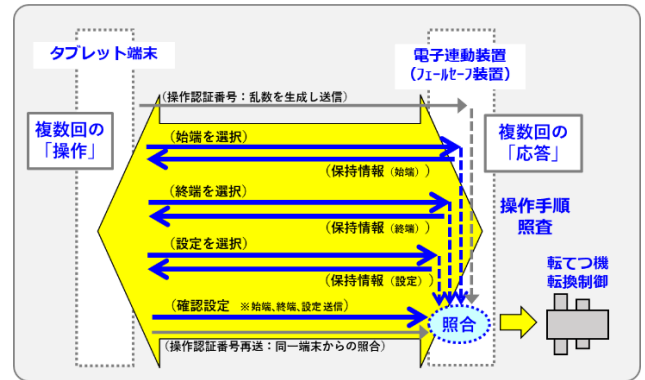


図 3 安全性確保手法のイメージ

これら検討してきた安全性確保手法は公益財団法人鉄道総合技術研究所による安全性検証においても妥当であるとの評価を受けています。

b. ヒューマンエラー防止

今回開発したシステムでは、作業者がタブレット端末を操作し、線路開通や転てつ機転換を行うことになるため、ボタンの押し間違いや誤操作を防止する対策を仕様で反映しています。図 4 に線路開通の操作画面イメージ、図 5 に転てつ機の操作画面イメージを示します。

線路開通機能では入換表データを基に操作入力を行います。入換の進捗に応じて操作できるボタンを制限することで誤った取扱いを防止します。例えば線路開通操作が可能な条件が整った際、操作開始ボタンが押下できるようになり、次に押下できるボタンは線路開通しようとしている入換の「始端」ボタンのみとしており、誤って他のボタンを押下できない仕組みとしています。

線路開通システムでは、線閉など入換と競合する地上作業も順序管理の対象としていますが、地上作業で取り扱う転てつ機の操作も可能としています。転てつ機単体を取り扱う転てつ機操作画面では、事前に作業を計画していた転てつ機のみ操作を可能とし、誤扱いを防止します。

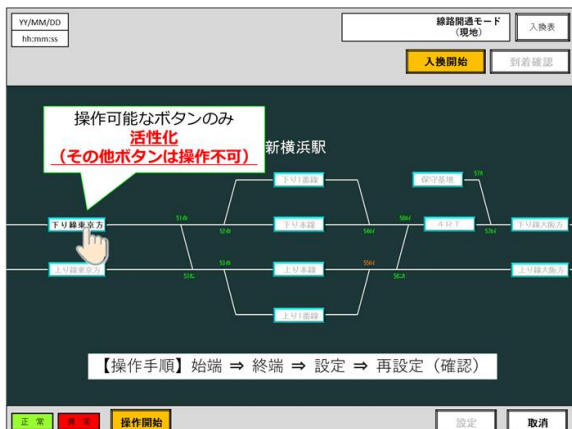


図 4 線路開通の操作画面イメージ



図 5 転てつ機の操作画面イメージ

これらの安全性確保手法とヒューマンエラー対策を試験装置に実装し、実際の駅にて現地検証試験を実施しました。試験では試験装置を電子連動装置に接続し、保守用車上からの線路開通操作、地上での転てつ機操作について動作確認を実施し、良好な試験結果を得ました。(写真 1)

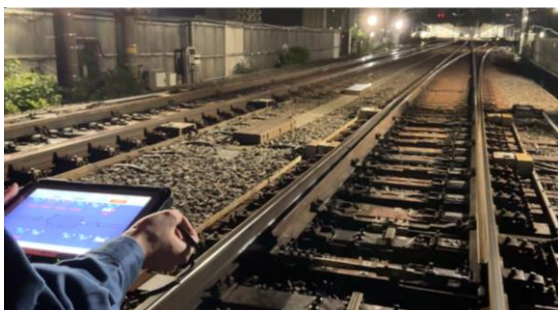


写真 1 タブレット端末による転てつ機転換試験

5 おわりに

本開発にあたっては電気、施設系統が密に連携することで、多くの課題を解決しシステム開発を完了することができました。開発したシステムの導入効果は、夜間駅業務の削減、保線所入換表作成等の業務削減、保守作業時間の拡大、システム化による安全性向上などです。今後は、約 3 年間でシステムを構築し、訓練移行期間を経て 2029 年度、新幹線各駅で本導入を予定しています。

本稿では、夜間保守作業時における業務体系の見直しに繋がる新幹線保守用車線路開通システムの開発について紹介しました。引き続き、安全を最優先に業務の効率化に繋がる技術開発に取り組みます。



小面 渉

信号通信技術チーム 鉄道通信グループ (保安システムグループ兼務)、電気学会員

世の中の技術動向を踏まえ、知恵と工夫でより良い設備となるように今後も技術開発を通じて信号通信設備の発展に取り組んでいきます。



柳 良治

軌道技術チーム 軌道構造技術グループ (信号通信技術チーム 鉄道通信グループ兼務) 技術士 (建設)、土木学会員

入換表の作成という業務は、ベテラン社員の“匠の技”により行われていました。そこには多くの暗黙知が存在しましたが、粘り強く分析を行うことで、自動作成を実現しました。今後も様々な開発に挑戦し続け、技術の発展に貢献して参りたいと思います。



松村 善洋

信号通信技術チーム 鉄道通信グループ 博士 (工学)、技術士 (電気・電子) 電子情報通信学会員、電気学会員

発展が目覚ましい通信技術を、過去からの経験が蓄積された信号分野へ導入することは、緻密な理論の他、勇気も必要です。最新の考え方に基づいた技術の導入により、メンテナンスの革新や大幅な省力化に資する開発を今後も続けていきます。