

鉄道の信号通信設備の 信頼性を向上する



新井 英樹
Hideki Arai
信号技術研究部長

はじめに

鉄道の電気設備には、電気車に電力を供給するための変電設備や電車線路設備、駅など鉄道沿線に点在する電気機器に電力を供給するための配電設備といった電力設備以外に、列車の安全・安定運行を支える信号保安設備や通信設備

があります。これらの電気設備に故障や動作停止などの障害が発生すると鉄道の安定輸送に大きな影響を及ぼすことから、各設備には高い信頼性が求められます。

信号保安設備や通信設備のなかには、仮に故障が発生した場合においても機能を維持するた

図1 信号通信設備の概要



めにバックアップ装置を設け、稼働率を上げる対策が施されているものもありますが、本質的に設備の信頼性向上を図るためには、装置や機器の状態などをセンシングし、障害の発生や寿命の予兆をとらえる技術、あるいは落雷などの外乱に対して耐力をもたせる技術が重要となります。ここでは、信号通信設備の信頼性向上への鉄道総研の最近の取り組みを紹介します。

信号通信設備の概略と装置別障害発生割合

信号通信設備は、列車の安全・安定運行を確保するための設備として、鉄道の沿線に点在して設置されています(図1)。列車の在線を検知する軌道回路、先行列車の在線時に後続列車が衝突しないようにするための閉そく装置、信号機、そして運転保安装置(ATSなど)、列車の進路を転換するための転てつ装置、駅構内の進路制御を行う連動装置、ダイヤ情報に基づき運行制御を行う運行管理装置(CTCなど)、踏切制御装置といった信号保安設備と運行管理装置と連動装置との情報伝送や駅におけるお客様への案内情報を伝送するための通信設備があります。信号通信設備が故障した場合でも、列車の衝突・追突、脱線が起こらないように安全側に制御する仕組みが構築されていますが、故障した設備が復旧するまでの間、列車の運行が停止する、あるいは列車の遅延が発生することになり、お客さまへの輸送サービスの提供に影響が生じます。そのため、信号通信設備の信頼性向上は、とくに列車の安定運行にとって重要です。

2015年度までの13年間に発生した、信号通信設備が起因する約3,000件の輸送障害などを分析した結果によると、装置別では転てつ装置と軌道回路がそれぞれ約23%、閉そく装置と連動装置がそれぞれ約14%を占めています(図2)。障害発生要因としては、装置や機器の劣化や不良、使用環境の変化、雷害・水害・雪害といった外乱が大部分を占めます。

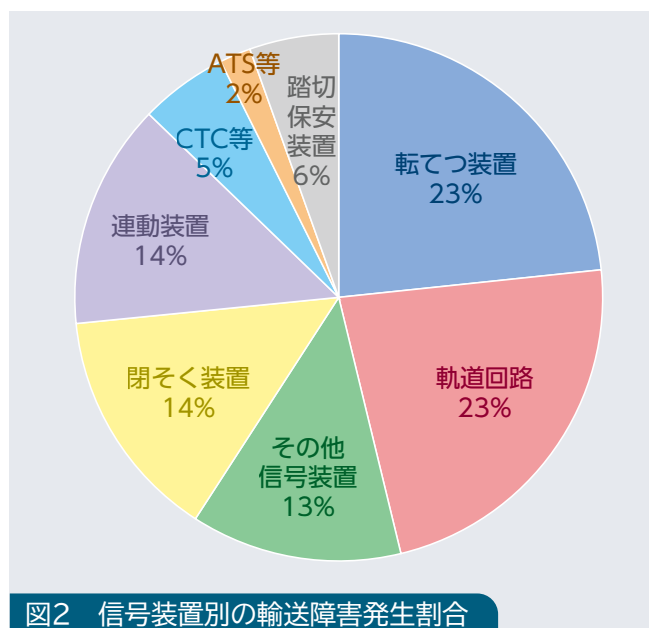


図2 信号装置別の輸送障害発生割合

信号通信設備の信頼性向上への取り組み メンテナンスの重要性

信号通信設備の信頼性向上のために、連動装置などの故障した際の輸送影響が大きい設備に関しては、装置・機器を2重系化[※]する対策も一部設備では行われていますが、コストがかかること、また、列車の進路を転換する転てつ装置をはじめとし、そもそも2重系化が困難な信号通信設備もあります。そのため、装置・機器の状態を監視し、故障の予兆をとらえることや設備の寿命を予測することにより、故障が発生する前に設備をメンテナンスすることが信頼性向上につながります。また、故障の予兆や寿命の予測技術がメンテナンスの効率化につながるといえます。一方、落雷などの外乱に対しては、設備の耐力向上が信頼性向上につながります。

※ (信号通信設備の) 2重系化

同じ機能を有する装置を2台(I系とⅡ系とよびます)設備し、通常時はI系で処理や出力制御を行い、I系が故障した場合には、Ⅱ系に切り替え、Ⅱ系で処理や出力制御を継続して行うことにより、装置の停止を防ぐ手法を2重系化といいます。また、通常時は出力制御を行わないⅡ系についても、電源を入れ、I系と同じ処理をさせて待機させることをホットスタンバイとよびます。

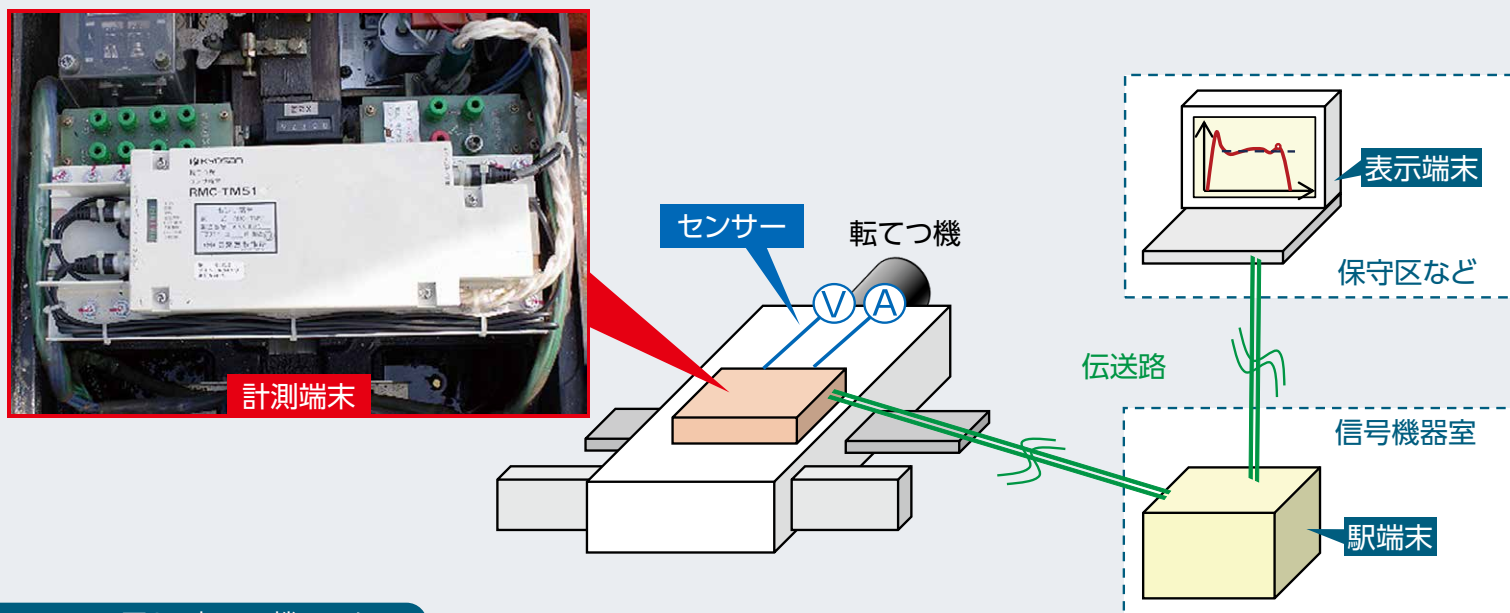


図3 転てつ機モニター

転てつ装置の転換不能の予兆検出に関する研究

在来線，新幹線問わず使用されている電気転てつ機は，いったん，転換不能が発生すると駅構内での列車の振り分けができなくなるなど，列車の安定運行に直接影響します。転換不能は，電気転てつ機が分岐器を動かす際に必要となる力（転換力）や負荷（転換負荷）の変化によって発生しますが，転換負荷が増加して転換力との差が小さくなる状態が，転換不能の予兆といえます。転換力や転換負荷の変化は，使用

環境の変化によっても生じます。近年，電気転てつ機の動作状態を監視する「転てつ機モニター（図3）」が導入されて来ておりますが，このモニターから取得できる転てつ機のモーターの電流と，モーターの電流波形から判別できる転換時間（転換動作の開始から終了までの時間）から転換不能の予兆を検出するための研究に取り組んでいます。また，電流の増加傾向や転換時間の増加傾向に着目することにより，転換不能の原因推定が可能となります。これらについて，本号で紹介します。

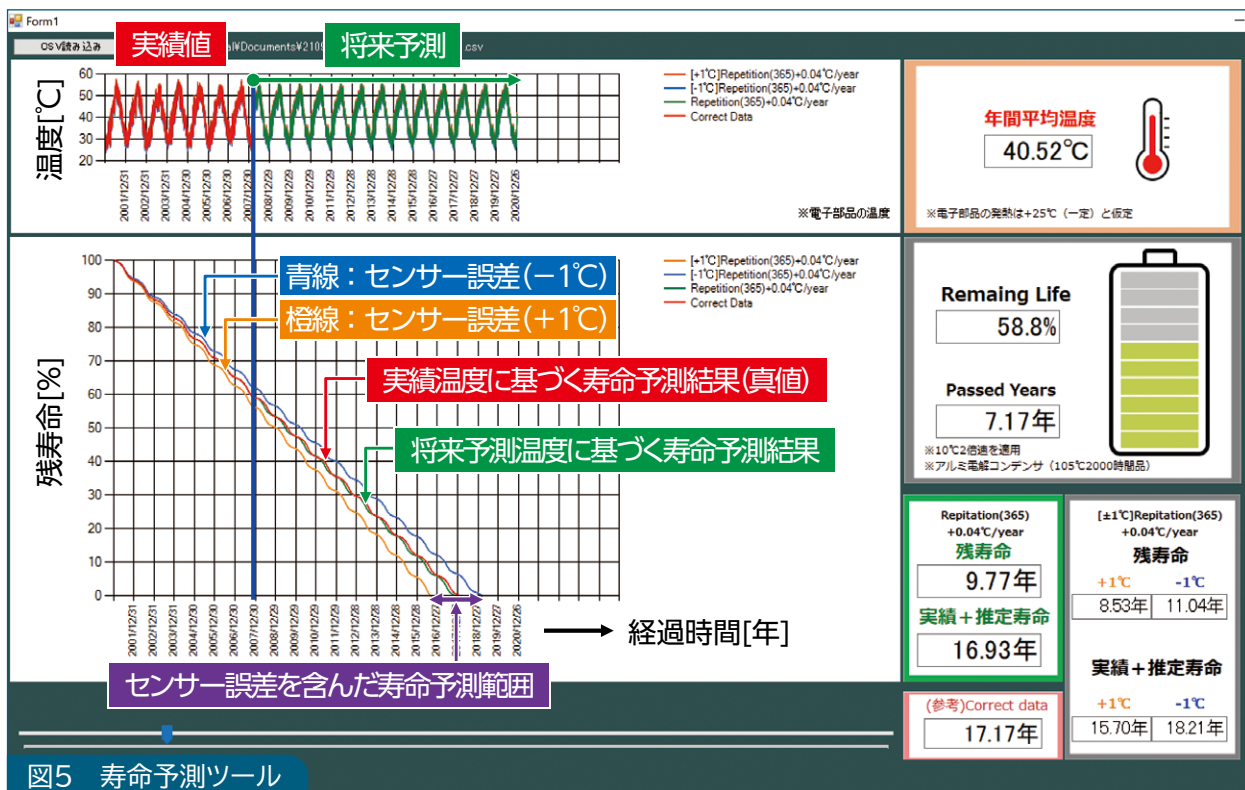
信号用電子機器の寿命予測に関する研究

信号通信設備の高機能化や小型化のために，電子機器の採用が進んでいます。一方で，電子機器は故障時期の事前把握が難しく，故障する前の適切な更新の実施が課題となっています。

信号用電子機器の寿命に影響するストレス要因は，温湿度，振動，腐食性ガス，雷サージなどの環境ストレスと通電による動作ストレスに分類できます。とくに環境ストレス要因の種類が多いため，使用環境の現地調査や撤去品調査を実施し，環境ストレスのうち温湿度が電子機器の寿命に対し支配的であることを明らかにしました¹⁾。さらに，信号用電子機器の中長期的な寿命予測として，温度などの使用環境のセン

図4 センサー設置箇所の検証試験





シング情報を活用した寿命予測手法を提案し、予測に必要なセンシング項目やセンサー設置箇所を選定するとともに(図4)、予測アルゴリズムを構築しました。本アルゴリズムに基づく寿命予測ツールを用いたケーススタディーの結果、寿命到達の10年前の時点における予測誤差が半年以内であることを確認しました(図5)²⁾。今後、信号通信設備の状態監視保全への適用をめざします。

通信設備の雷害対策に関する研究

近年の情報通信技術の発展とともに、鉄道の通信設備においても半導体部品を多く使用した電子機器が導入されていますが、これら半導体部品は雷サージをはじめとした異常電圧に対して脆弱であるという課題があります。列車の安定運行を確保するためには、ある程度の外乱に対しても、設備障害が発生しない耐力をもたせることが必要です。そこで、通信設備の雷サージに対する耐性向上に関する研究に取り組んでいます。とくに、通信回線を通して、設備に侵入してくる雷サージを大地に逃がすための接地極の設計・施工方法の提案やその際の効果の評

価を行いました。通信設備は、情報伝送が主機能であるため、今後、接地極の施工方法によるノイズの影響を明らかにしていく予定です。これらについて、本号で紹介します。

おわりに

列車の安定運行には、電気設備のみならず、施設、軌道、車両といった設備の信頼性向上も重要です。鉄道総研では、設備の状態を把握するためのセンシング情報として画像情報を活用する研究開発やメンテナンスの効率化のための状態監視保全につながるデータ取得に関する基礎研究なども行っております。また、昨今、列車運行に係る省人化、省力化に対するニーズが高まっていることから、引き続き、鉄道設備の信頼性向上に資する研究開発を推進していきます。**RRR**

文 献

- 1) 国崎愛子, 藤田浩由, 野村拓也, 石井琢: 鉄道沿線信号設備における電子機器の寿命予測手法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.7, pp.11-16, 2020
- 2) 藤田浩由, 椿健太郎, 高崎建, 往古直之: 使用環境センシングによる信号用電子機器の寿命予測手法, 鉄道総研報告, Vol.36, No.8, pp.37-44, 2022