

# 輸送密度の低い線区に適した信号保安装置

山本 春生  
信号通信技術研究部  
(列車制御 研究室長)

五十嵐義信  
同  
(信号 主任研究員)

平栗 滋人  
同  
(信号 研究室長)

寺田 夏樹  
同  
(同 主任研究員)



やまもと はるお ひらぐり しげと いがらし よしのぶ てらだ なつき

## はじめに

輸送密度の低い地方閑散線区は厳しい経営環境にあります。そのため、列車運行の安全を確保する信号保安装置についても、導入コストが低くまた保守性に優れていることが求められます。本稿では、主に鉄道総研において開発中の輸送密度の低い線区に適した信号保安装置について述べます。

## 輸送密度の低い線区の信号保安装置

信号保安装置は、列車の衝突や脱線を防ぎ、列車を安全かつ効率的に運転するための装置類を総称して言います。信号保安装置には、閉そく装置、信号装置、軌道回路装置、転てつ装置、連動装置、自動列車停止装置 (ATS)、列車集中制御装置 (CTC) などがあります。輸送密度の低い線区に設備する信号保安装置は、コスト要求が厳しくなりますが、だからといって装置に対する安全性要求レベルが低いということではありません。列車本数が少なく運行形態が単純であることを利用して機能を簡略化していると言えます。

例えば、単線で行き違いをする駅と駅の間は、先行列車が次の行き違い駅に到着するまでに後追いで列車を運行することがなければ、一つの閉そく区間に簡略化できます。つまり、長大にはなりますが1つの軌道回路にできる可能性があります。さらに、駅間への出入りだけをしっかり管理する仕組みを作れば、長大な軌道回路を省略することもできます。次は転てつ機の例です。行き違いの駅が亀の甲のような配線の場合は、列車の運転方向が一定している場合が多いので、このような箇所のポイントには発条転てつ機を設置しています。発条転てつ機は、対向列車に対してはばね圧で密着を確保し、背向で通過する場合は車輪がばねを圧してトングレールを割り出し、通過後はばねの力により自動的に復帰する仕組みになっているので、列車の走行速度は制限されますが転てつ機を転換するための動力は

不要となります。輸送密度が低い線区では、以上のように輸送形態に合わせて装置を簡略化することが行われています。

このような特徴を持つ輸送密度の低い線区に適した信号保安設備ですが、さらなる低コスト化、保安度向上、保全性向上のため、様々な技術開発が行われてきました。

## 無線を用いた閉そく装置

閉そく装置は、列車運行の安全を確保するため、列車同士の間隔が一定以下にならないようにするための装置で、閉そく区間に列車が存在するとき、他の列車がその閉そく区間に進入できないようにする機能が基本です。線区の特徴に合わせた様々な閉そく方式が考えられ、国鉄時代から輸送密度の低い線区に適した閉そく装置が開発されてきました。従来の通票閉そくによる運転は、列車の出発側と到着側の両駅長が電話連絡により通票閉そく器を取り扱い、同時に転てつ機、信号機などを操作のうえ、運転士との間で通票を授受することにより行われていましたが、多くの駅員を必要とし、また国鉄末期には設備の老朽化などが問題となっていました。このような状況の下で、地方交通線の省力化、近代化を図るため、当時のマイクロエレクトロニクス技術と無線通信技術を背景として、閉そく機能、連動機能およびCTC的機能を合わせ持つ電子閉そく装置が導入されました(図1)。

電子閉そく装置では、列車が地上設備との間で識別番号を送受信するのに、400MHz帯の専用無線を利用しています。この識別番号と駅構内の軌道回路による列車検知を合わせて、閉そく区間への列車進入・進出を自動的に検知して安全を確保することから、信号技術と通信技術が融合した最初のシステムであると言われています。駅出発時に運転士が車載器を操作して出発要求を出すことで地上の運転保安要員が不要となり、CTCよりも少ない投資でCTCと同程度に線区の経営改善が図られ、民営化後のJRの経

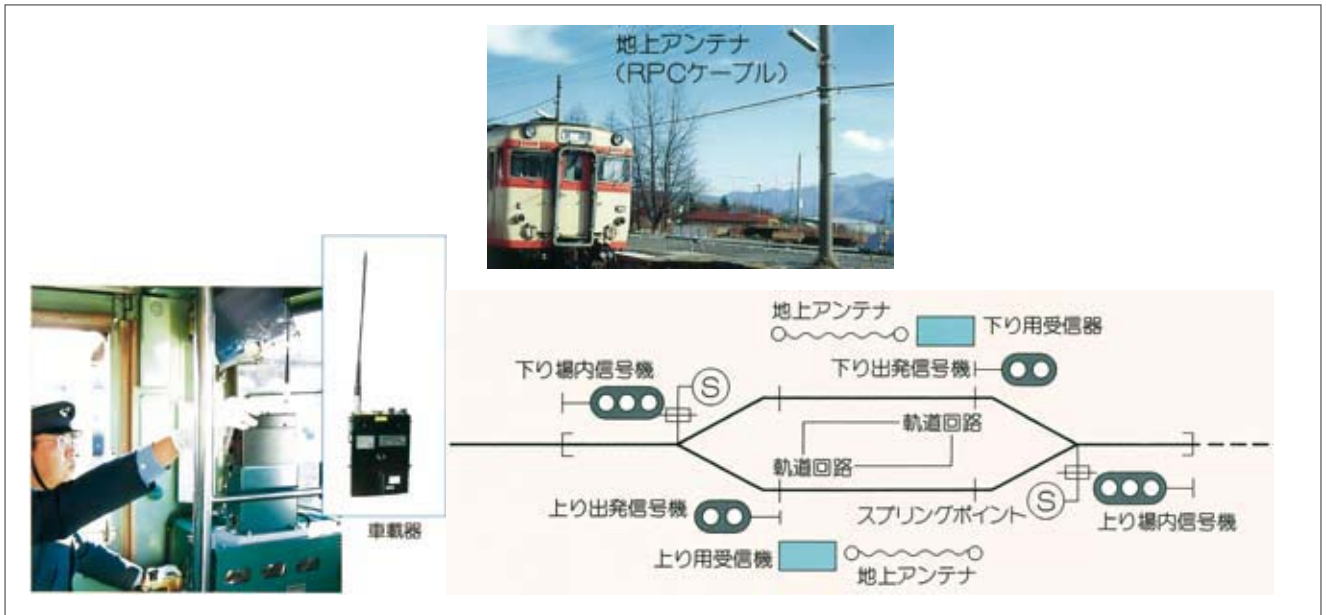


図1 電子閉そく装置の仕組み

営安定化に多大な貢献をしました。

### 転換鎖錠装置の安全性向上策

転換鎖錠装置は列車の走行方向を振り分ける分岐器の転換制御を行うもので、転換制御を行う転てつ機と、転てつ機とレールを接続する部品から構成されます。転換鎖錠装置は使用環境が厳しく、転換不能などの不具合を未然に防ぐためには適切な保全を行うことが重要ですが、人手を必要とする場合が多くあります。また、輸送密度の低い線区では、保守区からの距離が遠い場合があり、故障時の対応や効率的な保全を行う上での課題となっています。

そこで、転換鎖錠装置の状態をモニタリングすることで、適切な保全を効率的に行う装置の開発に取り組んでいます。転換不能を起こす要因の内、特に考慮すべきものには次の2つがあります。

- ①気温の変化、軌道狂いやふく進によるロック狂い
- ②転換負荷力の変動増加

ロックとは、転換鎖錠装置の転換動作が終了し列車を通過させられる状態になった場合に、分岐器のトングレールを動かさないように固定（鎖錠）させることです。軌道狂いなどによって鎖錠を行うための機構にズレが生じ、適切に鎖錠を行えない状態がロック狂いです。トングレールを転換するために必要な力のことを転換負荷力と呼びますが、これが増加して転換鎖錠装置の能力を超えると、分岐器を制御できなくなってしまいます。

開発を進めているモニタ装置の構成を図2に示します。ロック機構部とスイッチアジャスタに取り付けたセンサで、ロックと転換負荷力の状態を計測します。これらのセンサは比較的簡易な構成としていますので、主に輸送密度の低い線区で使用されている発条転てつ機に適用することもできます。計測したデータは保守区などに伝送することで、現場に出向くことなく状態を把握することができます。また、伝送には専用の設備を設けることなく、インターネットなど汎用の通信手段を使用することで安価に導入することができると考えています。

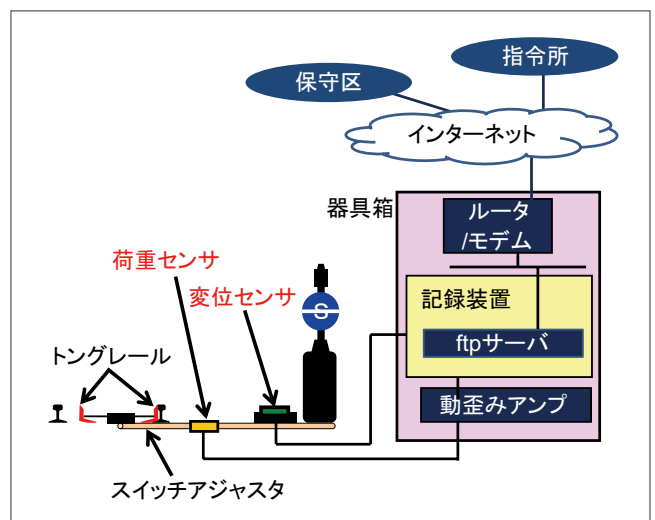


図2 転換鎖錠装置のモニタリング装置

## 長大軌道回路の性能向上対策

軌道回路は一定の区間内にレールに信号電流を流し、列車在線の有無によって、信号の流れ方が変わることを利用して列車を検知するものです。送信器から2本の平行するレールに信号を送信し、列車が存在しなければ信号は受信器まで到達しますが、列車が存在する場合は輪軸でレール間が電氣的に短絡されることによって受信器まで届かなくなる、という現象を利用しています。一方、レールには電車などのモータを駆動させるための電流も流れています。この電流の流れ方によっては、軌道回路が誤動作する可能性があります。例えば、レールが折れた場合には信号が受信器に届いてはいけませんが、車両からの電流が軌道回路にとってはノイズとなり、信号を誤認識する可能性があります。そこで新しい車両を製造するときには、軌道回路に影響を与えないように対策を行い、確認するための試験を実施しています。

輸送密度の低い線区で使用される軌道回路として、長大軌道回路と呼ばれるものがあります。これは電化区間で5km、非電化区間で6kmまでの範囲で列車を検知できるものです。しかし長大軌道回路では車両からの電流の影響を受けやすいという課題があります。そこで、これまで列車在線を信号の有無だけで判定していたのに対し、軌道回路電流をデジタル符号にして、受信器において決められた符号であるかどうかを判断する方式を開発しました(図3)。これにより、列車を検知する電流を車両からの電流と区別できるので安全性が高まるとともに、車両開発の負担が軽減できます。この装置では、デジタル符号化装置は外付けできるものを開発し、送信器については従来のものを利用することができます。また、レール周辺の機器や

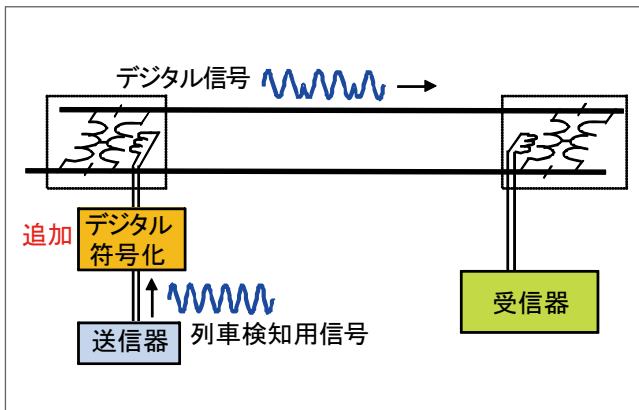


図3 拠点無線式列車制御システムの構成イメージ

信号を送るためのケーブルの交換も不要です。

現地試験を通じて、方式の有効性や列車検知性能が従来以上であることを確認しており、今後の実用化が期待されます。

## 列車制御システムの開発

国鉄からJRへ移行する前の時期に導入された電子閉そく装置は、現在でも使用されていますが、一部部品の入手が困難になるなど更新時期を迎えており、これに代わるシステムが望まれています。

鉄道総研が2002年度に開発を終えたバリス式列車検知形閉そく装置 (COMBAT: Computer and Microwave Balise Aided Train control system) は、線路を挟んで設置した質問器と地上応答器、車両側面に取り付けた車上応答器から成るバリス検知器を用い、ここを通過するとき車体により質問器と地上応答器の通信が遮断され車上応答器から編成IDを受信することにより非接触で列車検知を行います。現行の軌道回路が列車の在線/非在線の0/1のみの検知であるのに対して、車上応答器の列車IDにより列車(編成番号)を特定でき、さらに1車両に取り付けた複数の車上応答器からのIDの受信順序により進入/進出方向も検知できることから、高い安全性・信頼性を実現しました。しかし、高さの異なる車両が混在して運行される線区では、質問器と地上応答器を複数の高さに対応させなければならず、適用が困難でした。そのような経緯もあり、現在は、既存の設備を活用することで、全面的に設備を置き換える必要がなく、移行性を確保するとともに、機能の発展性も持つ「拠点無線式列車制御システム」と称するシステムの開発を進めています。

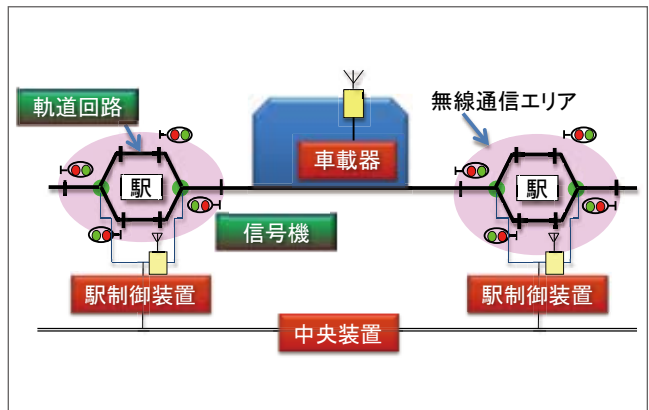


図4 拠点無線式列車制御システムの構成イメージ

システムの構成イメージを図4に示します。中央装置は運行状況の表示、簡単なダイヤ管理や運転整理の機能を持ちます。この装置にはパソコンレベルのコンピュータを使用します。駅制御装置は、駅間の列車運行の安全を確保する閉そく機能、駅構内の信号機や転てつ機の制御を行う連動機能を持ちます。その他、列車に搭載する車載器との通信を行う駅無線機と接続します。駅制御装置には、他の信号保安装置にも使用されるような高レベルの安全性を確保できるよう設計されたコンピュータを使用します。なお、駅構内の連動機能は、外部の継電連動装置で実現する構成も可能です。また、隣接する駅制御装置の間で閉そく処理に関する情報伝送を行いますが、これには既設の閉そく回線の使用を基本に考えています。

車上のシステムは無線アンテナと、地上との間の情報伝送制御を行う車載器で構成します。また、車上速度照査機能を持つATS車上装置と接続する(図5)ことによって、後で述べる踏切防護機能を追加できるなどの発展性も持っています。特にATSに鉄道総研が開発したATS-Xを使用する場合には、ハードウェアを改修することなくソフトウェアの変更だけで機能向上が可能な構成としています。

無線については、免許取得の必要がない2.4GHzの周波数帯を使用し、耐ノイズ性に優れるとされるスペクトラム拡散方式を利用します。

システムの基本となる閉そく機能については、駅発車時に車載器のIDを駅制御装置に送信し、隣接する駅制御装置間との間で閉そくを確保する処理を行い、出発信号機を進行に制御します。列車が隣接駅に到着した際には、無線通信で受信した車載器IDが発車時のものと一致していることによって、閉そくを解除します。このように基本的な考え方は電子閉そくと大きく変わってはいませんが、このシステムでは現在の電子閉そくで必要となっている駅出発時の列車乗務員による車載器押ボタン操作をなくし、進路設定を自動的に行う方式も採用できる構成としています。

次に、先に述べた車載器と速度照査機能付きのATSとの接続によって実現できる機能の例として踏切防護への適用を図5に示します。ここでは、ATSに車上データベースを使用して連続的な位置検知を行う機能を持つATS-Xを使用した場合を例とします。

踏切の警報制御は軌道回路や、これと同じ原理による踏切制御子による列車検知を利用する方式が主に使用されています。ところが、輸送密度の低い線区ではレール面の錆など悪条件が重なった場合に、短絡性能が不安定になることがあります。踏切防護機能は、万一、警報が行われない場合には、列車を踏切手前に停止させるものです。車上データベースに踏切の位置を設定することによって、列車は踏切に接近すると踏切手前に停止できる速度パターンを発生します。列車が踏切の警報開始地点を通過すると、踏切警報が開始されるので、この条件を無線を使用して列車に送信します。列車は、この情報を受信したことによって停止パターンを消去します。

このシステムについては、現地試験を行う予定となっています。

## おわりに

主に鉄道総研において開発中の輸送密度の低い線区に適した信号保安装置について述べました。地域鉄道のための技術開発は地味ですが、厳しい経営を迫られている鉄道事業者の切実な要望があり、地域の足を守るためにも重要です。このようなニーズに応えるため、引き続き輸送密度の低い線区を維持するための技術開発について取り組む所存です。RRR

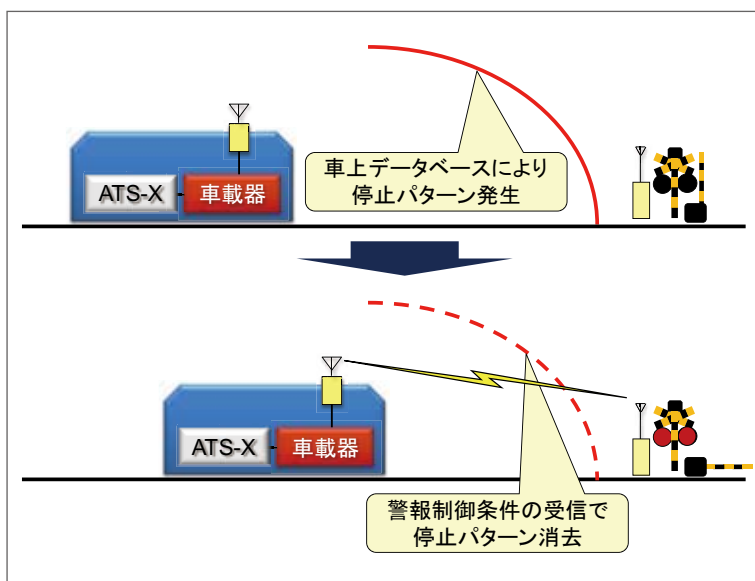


図5 踏切防護機能