

## 無線式ATCの開発

### 1. はじめに

当社では、鉄道オペレーションのシステムチェンジの基盤技術という位置付けで2007年度から無線式ATC（以下、「本システム」）の開発を進めてきました。これは、当社の列車の運行形態および保守作業における様々な条件を考慮し、無線による連続制御を用いた運転支援機能の充実と地上設備のシンプル化を目的に開発したものです。

この度、本システムを和歌山線橋本駅～和歌山駅間に導入を決定しました。本稿では、本システムの基本的な機能や実運用に向け開発した内容を紹介します。

### 2. 無線式ATCの概要

無線式ATCは、連続的な無線通信によって、各列車の位置を地上装置が認識し、列車間隔制御、速度制限制御、ルート制御、踏切制御を行うことで列車の安全を確保する保安システムです。

本システムの導入によって、踏切での自動車の立ち往生などの異常時や、大雨や地震などの自然災害に伴う突発な速度規制の際に、その情報を列車に送信し、運転士の主体的なブレーキ操作を基本としつつ、運転士がブレーキ操作を失念した場合は、ブレーキを自動で作動させることが可能となることから、運転支援機能が充実します。また、無線技術の活用やIPネットワーク技術の活用をすることで、地上設備を集中化、統合化し、シンプルにすることができます。

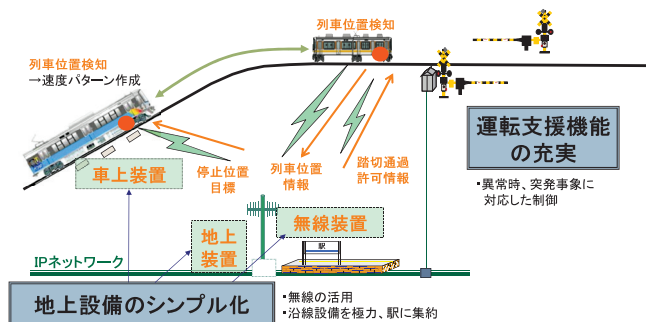


図1：無線式ATCの概要

#### (1) システム構成と各装置の主な役割

本システムは、図2に示すように、車上制御装置、車上送信装置、車上無線装置、車内信号機などの車上装置と、拠点装置、現場装置、踏切制御装置、地上無線装置、集中管理装置などの地上装置で構成されます。

車上装置のうち、車上制御装置は、地上装置から受信した自列車が走行可能な位置情報に基づき、この位置までに停止できる速度照査パターンの作成と、パターンを超えた際のブレーキ制御を行っています。また、車上送信装置は、車上制御装

置と車上無線装置および、車上制御装置と運転台表示器（車内信号器）間の情報のやり取りを行っています。

地上装置のうち、拠点装置は、列車の在線状態や沿線設備の状態を把握し、これをもとに列車間隔制御、ルート制御、速度制限制御機能を実現しています。踏切制御装置は、拠点装置から列車の情報を受け取り、これをもとに踏切制御機能を実現しています。また、現場装置は、転てつ器などの沿線設備と拠点装置の情報をやり取りするための役割をもち、集中管理装置は、拠点装置のバックアップのために別系統で列車の情報を管理する役割をもっています。

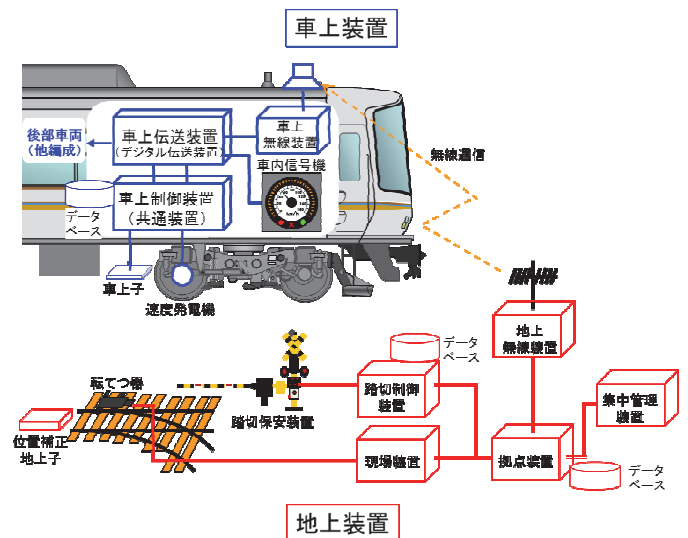


図2：システムの主な構成

#### (2) 基本的な機能

##### ① 列車間隔制御機能

列車は、位置補正地上子および速度発電機からの情報により自列車の位置を検知し、その情報を拠点装置に送信します。次に、拠点装置は、後続列車に対してどこまでの走行を許可するかを示す「停止限界」を送信します。

それをもとに後続列車は、停止限界を超えないように列車速度を制御するための速度パターンを作成します。列車速度が速度パターンを超過した場合は、自動的にブレーキ制御を行います。

##### ② 速度制限制御機能

車上装置にはあらかじめデータベースとして線路の曲線・勾配等の固定速度制限に関する情報を搭載し、それをもとに制限速度を超えないよう列車を制御するための速度パターンを作成します。臨時速度制限のような突発的な事象に対しては、拠点装置から制限速度の情報を無線通信により列車に送信し、列車は制限速度に応じた速度パターンを作成します。

### ③ルート制御機能

拠点装置は、連動装置と同様な機能を有し、各列車在線位置、転てつ器の制御状態などに基づき、設定要求のあったルート構成を行います。

### ④踏切制御機能

拠点装置が列車位置、速度、車両性能等の列車情報を連続的に認識していることを活用し、踏切制御装置は踏切までの到達時間を計算し、警報時間を最適化します。

また、踏切制御装置は、踏切障害物検知装置や踏切非常ボタン等の踏切支障報知装置の検知情報を認識し、拠点装置を通じて列車に送信します。列車は、受信した情報を基に踏切の手前で停車できるように列車速度を制御するための速度パターンを作成します。

## 3. 実運用に向けた開発

無線式ATCの導入に向けて、より実運用に即した具体的な検討を、分野ごとに設けた部会で行っています。そこで検討された、さらなる運転支援機能の充実や保守性の向上が可能なニーズを実現するため、車上装置や地上装置の開発を行いました。その開発内容について紹介します。

### (1)車上装置の開発

当社では、異常時・緊急事態の運転士の対応および運転操縦技能向上のために、本システム導入後でも運転士が普段から主体的にブレーキ操作を行うことを前提に開発を進めています。この前提に基づき発生する、運転士の主体的なブレーキ操作を支援するパターン当たりの軽減や、主体的なブレーキ操作をより支援できるような情報表示の開発を行いました。

#### ①列車長補正值によるパターン当たりの軽減

本システムでは、車上装置は速度発電機による速度情報に基づいた走行距離を算出することで自列車の位置を認識しています。このとき、速度発電機による速度検知の誤差分を列車長補正值として実際の列車長に加えたものをシステムが認識する列車長としています。

速度検知の誤差分のうち速度発電機が検知できない速度(極低速)で列車が移動すると想定される距離について、列車先頭に最大値を列車長補正值として加えていました。しかし、それでは補正值が大きくなりすぎて前方のパターンに補正後の列車先頭位置が当たり、運転士が通常ブレーキを扱う手前でパターンによるブレーキ動作が発生することが判明しました。そのため、極低速で走行していると想定される距離を時間に比例して列車長補正值として加える機能を開発しました(図3)。

これにより、列車長補正值を必要最小限とすることで上記によるブレーキ動作を防ぐことができます。

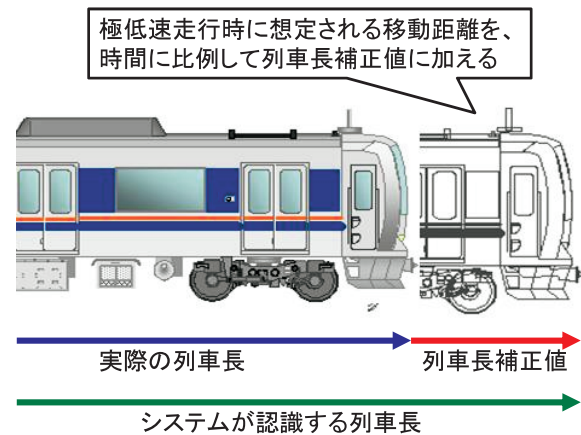


図3：極低速走行時の列車長補正值

#### ②主体的なブレーキ操作の為の情報提示

運転士が前方を注視し、必要な時にブレーキ操作を行うようにするため、車内信号がR現示に変化する手前で音と画面表示の色により車内信号の変化を伝える前方予告機能を開発しました(図4)。

これにより、車内信号がR現示となることを事前に運転士が認識することで停止位置に対してより主体的なブレーキ操作を行うことができます。

車内信号が「R」現示に変化する手前で、表示の色変化と共に警報音を鳴動させる。(色変化の箇所・色は、ニーズに応じ変更可能)



図4：前方予告機能

#### (2)地上装置の開発

安全な列車間隔制御を行うためには、拠点装置が全ての列車の在線状態を把握する必要があります。しかしながら、拠点装置の電源を投入した時、列車の電源が切れていれば、無線通信ができず、列車の在線状態を把握できないことから、



電源投入時の拠点装置の立ち上げ時は、人の取扱いにより安全を確保する必要があります。こうした人の取り扱いを可能な限り減らすため、電源投入時の拠点装置の自動立ち上げ機能を開発しました。

また、拠点装置が持つ列車の在線情報を活用することで踏切制御装置の立ち上げ時も人の取り扱いを減らすことが可能となることから、踏切制御装置の自動立ち上げ機能も開発しました。

### ①電源投入時の拠点装置の自動立ち上げ

拠点装置の電源投入時、電源が切れている列車があれば、無線通信ができないため、拠点装置はその列車を認識することができません。つまり、列車が存在しないこととなり、衝突の恐れがあります。電源が切れている列車も把握するため、軌道回路や地上子で列車の在線を把握する「集中管理装置」を構築し、この装置が管理している在線情報と拠点装置の把握する在線情報が一致すれば拠点装置は正常な状態に立ち上がることとしました(図5上図)。

さらに、集中管理装置が故障等により使えない場合の拠点装置の立ち上げについては、確認列車を走行させ、この列車が通過した区間においては拠点装置の立ち上げを認めるロジックを導入しました(図5下図)。

これらにより、人の取り扱いを可能な限り減らす仕組みを構築しました。

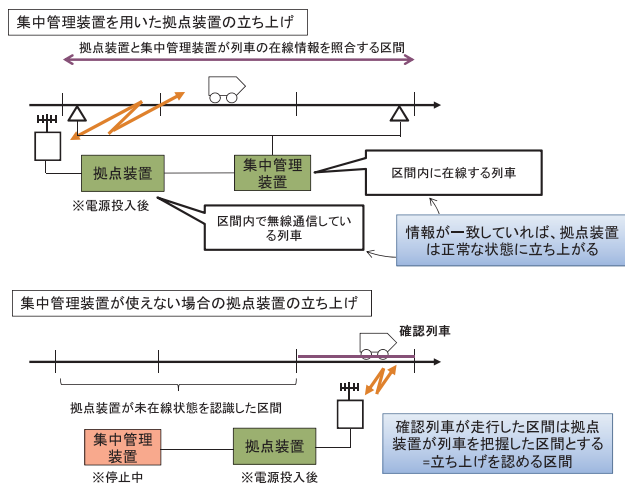


図5：拠点装置の立ち上げ

### ②踏切制御装置の自動立ち上げ

踏切制御装置の電源投入後は、接近する列車の有無を確認するまで踏切を安全に制御することはできません。これまで、保守員が踏切に接近する列車の有無を確認したうえで装置の電源を投入することとしていましたが、拠点装置が持つ列車の在線状態を活用し、踏切制御装置が

自動的に立ち上がることとしました。具体的には、踏切制御装置の電源投入直後は、踏切の鳴動を継続させ、拠点装置が列車をすべて把握している状態、すなわち、拠点装置が正常である状態の情報を踏切制御装置が受信した場合に限り、立ち上がることとしました(図6)。

これらにより、踏切制御装置においても人の取り扱いを可能な限り減らす仕組みを構築しました。

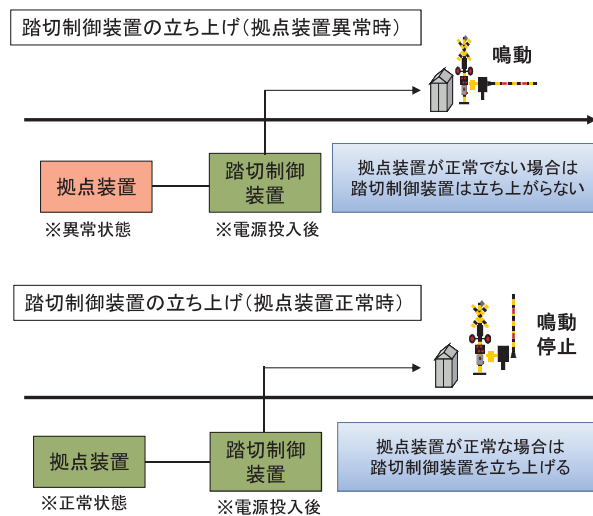


図6：踏切制御装置の立ち上げ

## 4. おわりに

本システムは、当社でのおよそ10年の開発期間を経て、和歌山線に導入することになりました。今後も、絶えず変化する社会環境や技術動向に鑑み、システムの更なる発展に向けた取り組みを進めていきます。