

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 新技術による地方交通線向けの列車制御システム

地方交通線向け列車制御システムでは、初期投資を含めたライフサイクルコストを低減できることが求められています。ここでは、無線通信技術を活用して、駅近傍などの限られたエリアで地上-車上間の無線通信を行うことで、既存の駅設備を活用した拠点無線式列車制御システムや、さらに設備数量とコストの低減を目指し、従来必要としていた軌道回路などの地上設備の機能を車上に搭載した列車制御システムなどについて、紹介します。



**寺田 夏樹**  
Natsuki Terada  
信号・情報技術研究部  
信号システム研究室  
主任研究員(上級)  
【専門分野】信号システム、軌道回路、ATC



**杉山 陽一**  
Yoichi Sugiyama  
信号・情報技術研究部  
列車制御研究室  
副主任研究員  
【専門分野】無線列車制御システム、RFIDタグ



**小野 雄人**  
Yuto Ono  
信号・情報技術研究部  
信号システム研究室  
研究員  
【専門分野】信号システム、雷害対策

## はじめに

列車制御システムは列車を安全に運行するために欠かせないものですが、地方交通線では、単に安全であるだけでなく、いかに少ない設備で安全を確保できるかが求められます。

単線区間の運転方式に着目すると、比較的輸送密度が高い路線では、レールに電流を流すことで列車の有無を検知する軌道回路を用い、その検知結果によって信号機を制御する単線自動閉そく式と呼ばれる方式が使用されていますが、地方交通線では、軌道回路はコスト高とされ、駅間には軌道回路が設備されていません。

かつてはこのような区間にタブレット式(タブレットと呼ばれる通行手形を運転士が携行する)と呼ばれる人手による方式などが使われていましたが、これを自動化するために、1980年ごろより特殊自動閉そく式(軌道回路検知式)という方式が導入されました。これは、駅間には軌道回路を設備しないものの、駅の進入・進出口に列車を検知するための短い軌道回路を設置し、それにより駅間の列車を1つだけに限定するシステムです。この特殊自

動閉そくが導入された線区では、遠隔で信号機を制御するCTC(Centralized Traffic Control: 列車集中制御装置)や、特定の地点を通過した時点で、あらかじめ定められた進路を確保しようとするARC(自動進路制御)を併用することで列車運行に関わる要員を減らすことができました。

また、車上に置いた車載器と地上装置との通信によって駅間の列車を制御する電子閉そくと呼ばれるシステム(これも特殊自動閉そく式の一つです)も開発され、このシステムも列車密度が低い線区に導入されています。しかしながら電子閉そくに関しては開発から25年以上が経過し、一部装置の継続的な使用が困難な状況となってしまいました。こういった問題への対応、またさらなるコストダウンへの要求に対応すべく、近年開発が行われている地方交通線向け列車制御システムについて紹介します。

## 拠点無線式列車制御システム

5年ほど前に電子閉そくシステムと同等の機能を持ち、これに置き換え可能な『拠点無線式列車制御システム』

を開発しました。システムの概要を図1に示します。

このシステムには以下に述べるような特徴があります。

**1. すでに使われている設備をできるだけ活用し、システムの移行を容易にしています。**

電子閉そくシステムでは、駅にいる列車を検知するための軌道回路、列車の進路制御を行うための連動装置や、信号機、駅と駅を結ぶ通信回線などの設備が使われています。これらの設備をそのまま活用することで、大規模な設備更新を行わずに、拠点無線式列車制御システムを使用することが可能になります。

このシステムのために新たに開発された設備は、列車ダイヤの管理などを行うための中央装置や、各駅に設置され、中央装置、現地設備、ほかの駅と通信を行うための駅制御装置、車上と地上の間で無線通信をするための無線機、車載器などになります。

**2. 駅の近くなどの限られたエリアで、地上と車上の間で無線通信を行います。**

線路上のすべての地点で、車上と地上の間の無線通信を行う列車制御システムがすでに実用化されていますが、コストが高くなるため、閑散線区で用いるには不適當です。拠点無線式列車制御システムでは、駅の近くのみで無線通信を行うこととしました。

また、無線通信には、免許が不要な2.4GHz帯の汎用無線技術を使用しています。

**3. 電子閉そくのシステム運用上の課題解決を図っています。**

電子閉そくシステムでは、線路上を走る列車のひとつひとつに車載器を搭載しています。駅を出発する際には、運

転士が車載器に取り付けられたボタンを押して、列車の進路を確保する必要がありました。閑散線区ではワンマン運転を行っていることも多く、ボタン操作は運転士の負担増大につながることもありました。また、個々の車載器と列車ダイヤとの結びつき方が固定されていたため、車載器が故障したときの取り扱い

の難しさ、運転再開までの時間の長さなどが課題となっていました。

拠点無線式列車制御システムでは、無線を使って列車の位置を検出する無線測距と呼ばれる技術を用い、始発駅で列車が移動する方向を検知することで駅制御装置が車載器を特定し、列車ダイヤと結びつけます。これにより、駅を出発するたびにボタンを操作する必要がなくなりました。また、故障した車載器の交換も容易になりました。

拠点無線式列車制御システムは、開発段階の機能に対して、無線測距を使わずに車載器の設定を用いて車載器と列車ダイヤと結びつけるなどの変更を加えたうえで、JR西日本の境線（米子

～境港）において実用化されています（図2）。

**RFIDタグを用いた車上主体の進路制御システム**

拠点無線式列車制御システムでは、駅構内の軌道回路については既存の設備を活用しています。しかし、軌道回路は信号機器室と線路をつなぐケーブルの敷設費用が大きいなど、コストがかかるのが現状です。この軌道回路を削減できれば、コストが削減できる可能性があります。

軌道回路以外にも列車の位置を把握するさまざまな手段が考えられます。位置認識の装置として代表的なもの

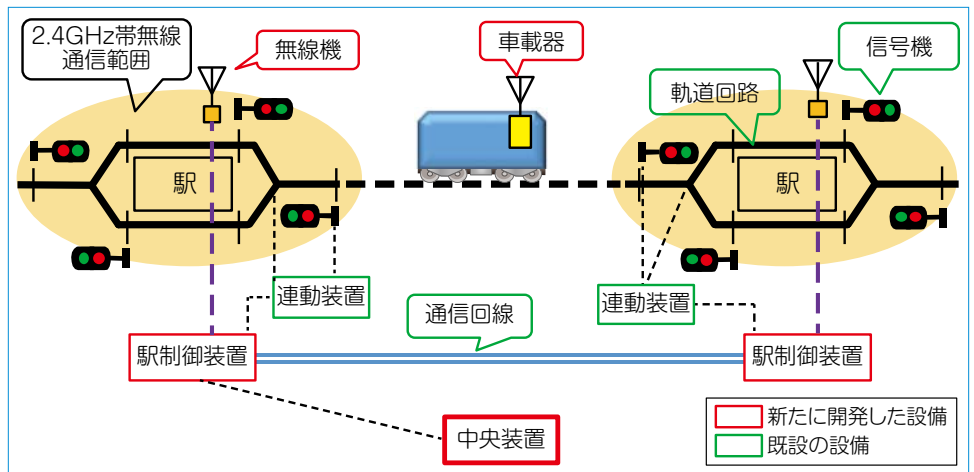


図1 拠点無線式列車制御システム



図2 境線システム各装置

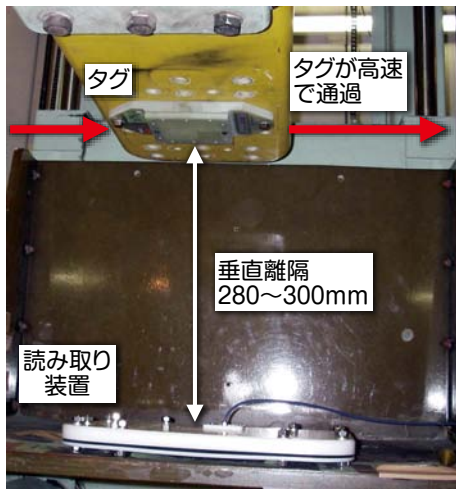


図3 RFIDタグ高速読み取り試験

にGPS (Global Positioning System) がありますが、鉄道に適用するには駅構内の隣接した線路を見分ける必要があります。GPSの精度をメートル以下にする方法もありますが、高性能な装置が必要で、位置確定時間も必要であり、最適とはいえません。

そこで、安価に製造できる汎用のRFID (Radio Frequency Identification) タグに着目しました。RFIDは交通系ICカードにも用いられている方式で、タグに情報を記録することができます。地点情報を記録したRFIDタグを線路内に設置し、車上装置がRFIDタグの地点情報を認識することで、より安価にかつ精度よく位置を認識できる可能性があります。また、地点情報を認識した車上装置が自ら列車の運行に必要な区間を確保したり進路を制御したりすることで、コストのかからない列車制御システムが期待できます。

このRFIDタグが地点検知に適用できないか、検討を行いました。RFIDタグには電源が必要なものと不要なもの(アンテナからの電力で誘導されます)がありますが、地上設備を少なく実現するためには電源が不要なタイプのタグが適しています。これに高速で通過する列車からタグの情報を読み取れるようにするための改良を加えたRFIDタグ読み取り装置を製作しまし

た。図3はその性能試験の様子を示したものです。本来の上下関係を反対にして、読み取り装置を地面に置き、その上でRFIDタグを高速で通過させています。130km/h程度以下の通過速度なら複数の電文を読み取りできることを確認し、100km/h以下の通過速度であれば十分に位置情報を伝送できることを確認しました。

この汎用RFIDタグと改良型の読み取り装置による位置検知を活用した列車制御システムを試作しました。概要を図4に示します。

現在は駅構内の信号機の制御は図5に示すように連動装置と呼ばれる保安装置で制御されています。この連動装置を用いて地上から係員が進路と呼ばれる駅構内の運行経路の設定を要求すると、それにともない転てつ機が制御され、設定が完了すると信号機が進行現示となり運転士に指示されています。

この連動装置の機能のうち、進路を要求する機能や転てつ機の転換を指示する機能、運転士に信号を現示する機

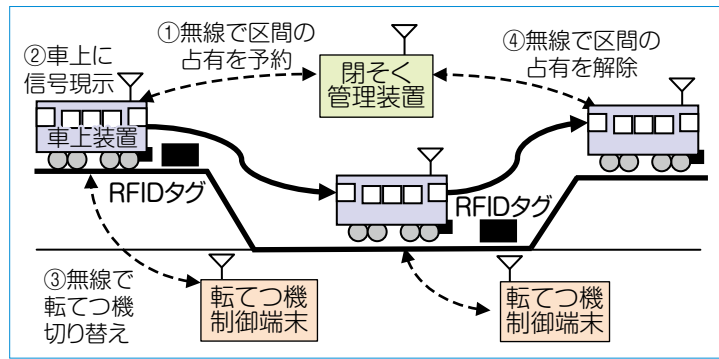


図4 RFIDタグを用いた列車制御システムの概要

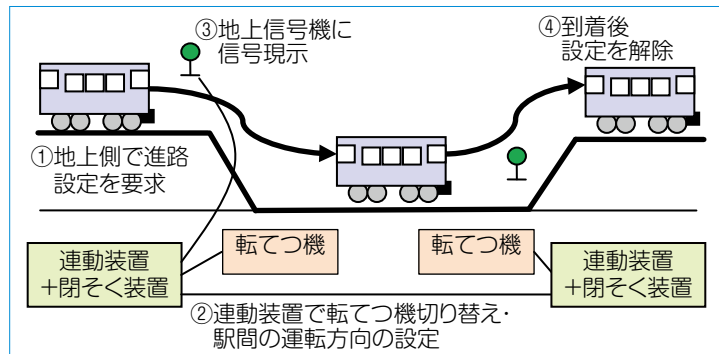


図5 特殊自動閉そく(軌道回路検知式)での列車制御

能を車上装置で実現します。

一方、駅構内には車上装置と無線指示を受けて転てつ機を制御する制御端末を設置します。

このような機能の整理により、地上信号機や軌道回路、ケーブル類などを大幅に省略することができます。

列車が駅構内の進路や駅間を安全に走行するためには、列車同士が衝突・追突しないように制御する必要があります。それを行うために線区をブロックと呼ばれる単位に分け、そのブロックを管理する閉そく管理装置を線区全体に1つ設けます。

車上装置はRFIDタグにより自列車の在線位置を認識しています。そしてこれから走行するブロックの確保を閉そく管理装置に要求します。たとえばある駅に在線している列車が次の駅まで行こうとする場合、車上装置が出発駅から到着駅までの連続したブロックの確保を要求します。

閉そく管理装置は要求されたブロックがまだほかの列車に確保されていな



ければ、要求を行った列車に対しブロックを占有することを許可し、確保されたブロックを車上装置に通知します。

列車が確保されたブロック内の転てつ機に近づくとき無線で転換指示を出します。転換が完了したことが確認されると次の安全なブロックまで走行することができます。また確保されたブロックの終端を超えないように停止パターンが設定され、安全を確保します。

このRFIDタグを用いた列車制御システムの試作装置を製作し、試験線で試験を実施しました。制御が実施できること、また各装置が故障した場合など、異常時においてもフェールセーフに制御し、衝突などの危険が発生しないことを確認しています。

### 現在開発中の列車制御システム

現在、車上主体の進路制御システムをもとに、新しい地方交通線向け列車制御システムを実用化に向けて開発中です(図6)。

実用化にあたっては、位置検知の仕組みはRFIDタグによる方式ではなく、互換性を重視しすでに導入されているATS-Dx(☞参照)の地上子を採用することで検討しています。ATS-Dxでは固定位置にある地上子から、その地上

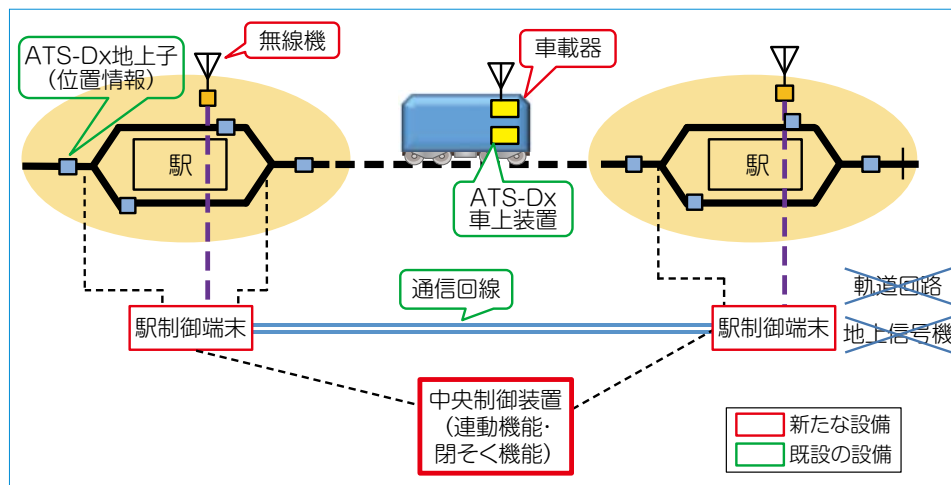


図6 現在開発中のシステム

子の位置情報を車両に送ることができます。これと、車両に搭載されている速度計(速度発電機)を用いた距離積算により、列車の位置を把握することができますようになってきました。ATS-Dx地上子を用いることで、ATS-Dx車上装置が敷設されていれば、床下に新たにアンテナを設置する必要がありません。

あとは、車上位置を中央制御装置に送ることで、中央制御装置では列車の位置を把握します。その情報をもとに、車両に対して走行許可を与えます。車上装置で停止位置までの防護パターン(位置と制限速度の関係)が与えられ、この防護パターンを超過するとブレーキがかかります。なお、転てつ機の制御は車上装置からではなく、中央制御装置から駅端末を通じて行うこととし、その結果ブロックが確保されて車上装

置に伝達される仕組みを検討しており、RFIDを使った列車制御システムとは転てつ機の転換のタイミングが微妙に異なります。

進路の要求を行ったり、進路の開通状況に応じて運転台に現示を示す新システム装置はATS-Dxの車上装置に接続することで、車上機器の改修も最低限にできると考えています。

RFIDタグを用いたシステム同様、駅構内の軌道回路や地上信号機は完全に省略される予定で、電子閉そくや拠点無線式列車制御システムとはこの点が大きく異なります。転てつ機の制御は残りますが、無線により制御情報を伝送することで、設備は大幅に簡略化されると考えています。

無線が通じるエリアは駅構内のみであり、本格的な無線式列車制御システムであるATACS(仙石線などに導入されています)などと比べると簡素化されたシステムとなります。

現在、運転取り扱いを含めた詳細を検討中ですが、近いうちに実用化に向けた試験を実施する予定です。

本記事の開発の一部(RFIDタグを用いた車上主体の進路制御システム)は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。[RRR]

#### ☞ ATS-Dxについて

ATS(Automatic Train Stop)とは停止信号に対して運転士が確認扱いを行わなかった時に非常ブレーキが自動的にかかるシステムです。停止信号の情報は地上に設置した地上子からの信号を車上に設置した車上子が受けることで伝達されます。この全面的な改良として、停止位置までの距離をデジタル方式で車両に伝送することで、停止位置までのブレーキパターン(位置と速度の関係を示すもの)を生成するATS-Pが1980年代に開発され、大都市圏などに導入されました。

しかし、ATS-Pと従来のATSの地上子には互換性がないのが問題でした。そこで従来型ATSと同じ形状の地上子で信号機までの距離情報を車上に伝送し、ATS-Pと同様のブレーキ制御を実現したものがATS-Dxです。

そのほかに位置情報と車両のデータベースを活用することで曲線速度制限などに対応しています。