

車上主体型進路制御による列車制御システムの開発

信号・情報技術研究部 列車制御研究室

副主任研究員 北野 隆康

1. はじめに

近年、列車制御システムの低コスト化、安全性向上および高機能化などを目的として、無線を用いた列車制御システムの開発や導入が進んでいる。無線を用いた列車制御システムでは、列車位置検知などの機能を車上に搭載することでコスト低減を図っているが、高機能な装置で構成されている部分もあり、地方交通線区にそのまま適用すると必ずしも低コストであるとはいえない。一方、地方交通線区を対象とした列車制御システムについても検討や開発がなされているが、これらは従来と同じく地上装置が主体となって制御を行うものが多く、制御の主体を車上に搭載して地上設備を削減すると、さらなるコスト低減が期待できる。そこで、地上設備の削減を目的として、従来は地上装置に割り当てられていた進路制御に関する一部の機能を車上に搭載する列車制御システムについて開発を進めている。特に、列車の運用が線区内に限定されていることや線区全線に渡って無線エリアが確保できないなどの地方線区で想定される条件や前提を設定し、進路制御に関する機能を車上に搭載するシステムを検討している。

本発表では、開発中の車上主体の進路制御により地上設備の削減を目指すシステムの概要について述べる。

2. システムの概要と基本構成

本システムは主体的に制御を行う車上装置のほか、地上の設備である閉そく管理装置と制御端末から構成される（図1）。

車上装置は、自列車が在線する位置の情報に基づいて閉そくや転てつ機を制御して自らの進路を構成する装置であり、車上地点検知の機能や、進路決定・閉そく確保の機能、速度照査等のATP相当の機能を有している。線区内の列車の進路と対応する閉そくの情報については地上の閉そく

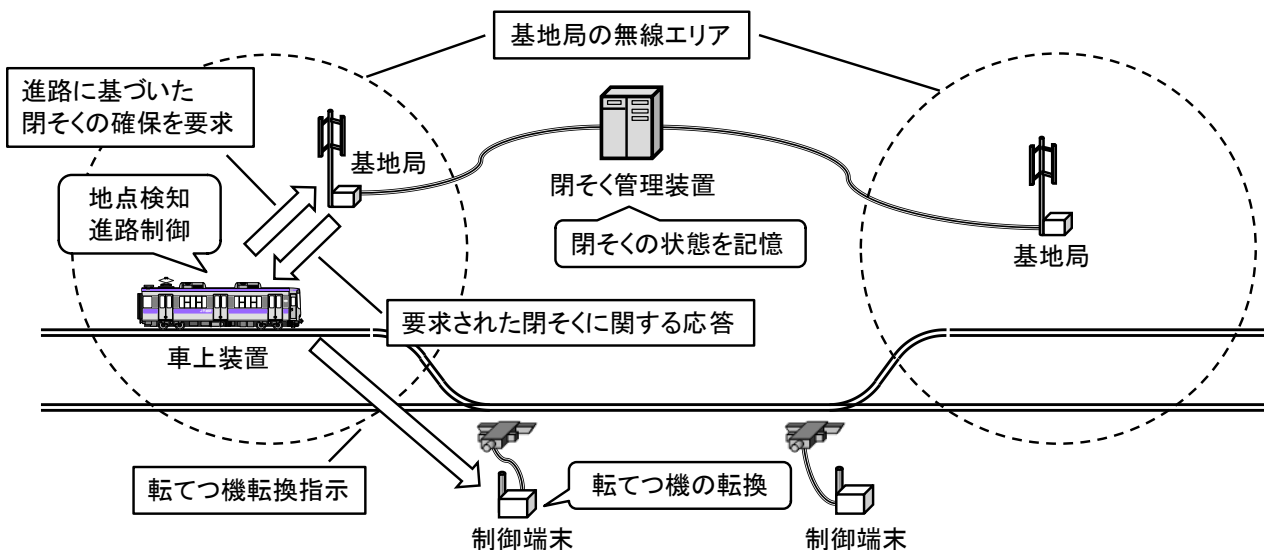


図1 システムの概要と基本構成

管理装置に記憶されており、この情報に基づいて車上装置が進路を構成することで複数列車による進路の競合を防護する。なお、本システムにおける閉そくの状態は、車上装置が進路を構成し列車の進入や在線が予定されている状態（以下、この状態を閉そく確保と呼ぶ）や、進路が構成されていない状態（以下、閉そく解放と呼ぶ）で取扱う。

閉そく管理装置では、車上装置が構成した進路に対応した閉そく区間を、閉そく確保時の車上装置の ID と対応付けて記憶する。閉そく管理装置に記憶された情報については、確保時と同じ ID を持つ車上装置からの指示や要求がない限り、情報の上書きや更新ができない。具体的には、進路を構成する際に、車上装置は閉そく管理装置に対して閉そく確保を要求するが、該当する区間が別の車上装置によって既に確保されていた場合には該当する区間の状態を上書きできず、新たに進路を構成することもできない。本システムでは、以上のように地上の閉そく管理装置に閉そくの状態を記憶させて利用することで、車上装置間で直接、情報伝送することなく競合進路への対策が可能となる。

制御端末は、車上装置から送信される転換指示に従って転てつ機を転換させる。本システムでは、確保された区間内には最大で 1 列車のみが存在できるため、閉そくを確保している車上装置のみが該当する制御端末を制御できる。

3. 進路構成と閉そく制御

本システムにおいて進路を構成する際、車上位置検知、車上装置での進路の決定、閉そく確保要求、転てつ機制御の順で制御を行う。そのため、従来のシステムにおける鎖錠の概念の多くが閉そく制御に含まれることになり、閉そく制御がより重要な要素となっている。以下、閉そく制御について述べる。

閉そく制御の概要を図 2 に示す。前提として、車上装置は、線区内における閉そくや転てつ機の制御を開始する地点（制御開始点）の情報を記載したデータベース、進路構成に必要な経路情報を有している。車上装置が閉そく制御開始点への到達を検知すると、検知した位置情報とデータベースに登録されている情報に基づき自列車の進路を認識する。なお、この時点では閉そくが確保されていないため進路は未確定な状態であり、列車は次の進路に含まれる閉そくには進入することができない（この時点では、他の車上装置が該当閉そくを確保することも可能である）。次のステップとして、車上装置は閉そく管理装置に対して、認識した進路に基づいた閉そく区間の確保を要求する。閉そく管理装置では、車上装置から要求された閉そく区間の状態を保持している情報と照合し、解放されている状態であれば車上装置の ID とその区間を対応付けて登録した上で、車上装置に対して閉そく確保したことを応答する。一方、該当閉そく区間が他列車によって既に確保されている場合は、閉そく確保が不可（閉そく未確保）であることを応答する。閉そくが確保されている場合は、該当する区間を確保した車上装置に限り在線や走行が許可されるのに加えて、該当区間内に設備された転てつ機を直接制御することが可能となる。

列車が閉そくを進出すると、後続列車による進入を可能にするため、該当する閉そくを解放する必要がある。閉そく解放の処理についても閉そく確保時と同様の流れであり、制御開始点検知後に進出した区間の閉そく解放を要求する。閉そく管理装置は要求送信元の車上装置の ID を照合した後、要求に従って該当する閉そく区間を閉そく解放状態として記憶する。なお、閉そく解放については、伝送異常などの理由により解放できないような場合でも閉そく確保の状態が継続されるため、他の列車が進入することはできないため安全側となる。

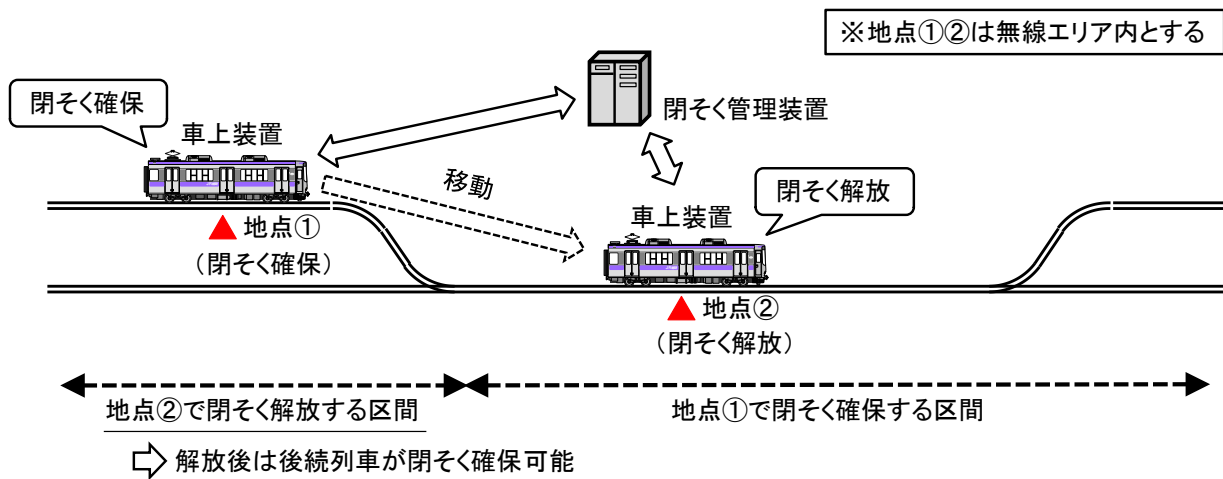


図 2 閉そく制御の概要

4. 転てつ機制御

本システムでは、地上装置の機能を可能な範囲で削減することや、伝送回線の削減のため制御端末と閉そく管理装置間の情報伝送を行わないことから、車上装置が制御端末に転換指示を行うことで転てつ機を制御する。転てつ機制御の概要について図 3 に示す。

転てつ機の制御を開始する点は車上のデータベースに登録されており、列車が到達した時点で、閉そく確保している方向に転てつ機を転換するよう制御端末に対して指示する。制御端末は車上装置からの指示に従って転換を行い、転換後の開通方向などの情報を車上装置に応答する。車上装置は、制御端末から送信された転てつ機の開通方向に関する応答を受信すると、確保している閉そく区間と転てつ機の開通方向に矛盾がないことを確認した上で、次の閉そくへの進入を可能とする。

本システムでは、基本的には転てつ機が存在する閉そくを確保した車上装置のみが転換指示を送信することが可能である。ただし、制御端末と閉そく管理装置間の情報伝送を考慮していないため、制御指示を送信した車上装置の正当性を制御端末で確認する方法が別途、必要になる。これについては、情報処理分野で検討されているような情報送信元の正当性を確認する技術を応用することで、対策が可能である。

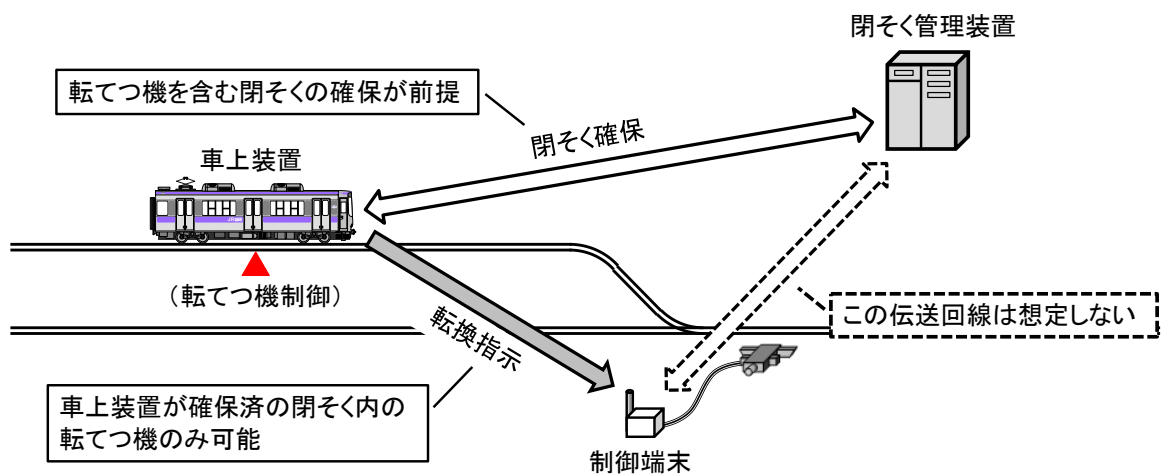


図 3 転てつ機制御

5. 車上地点検知

開発中のシステムを実現する上で、車上地点検知は重要な要素である。一方、システム全体としてさらなる低コスト化を目的とするには、汎用技術を用いて地点を検知する方法についても検討する余地がある。以下、汎用技術を車上位置検知に用いる方法について示す。

5.1. 汎用デバイスの使用に関する課題と適用例

(1) 課題

汎用デバイスとして、RFID (IC タグ) の使用を検討している。RFID などの汎用デバイスを用いると、地上設備のさらなるコスト低減を図ることができるが、装置自体がフェールセーフの用途を想定して製作されていないため、そのままでは保安システムに使用することができない。

そこで、速度発電機などの既存のシステムと併用することで、車上位置検知に RFID を使用することを検討している。以下、RFID の適用を想定して述べるが、本システムは、従来と同じ ATS などの地上子を用いてシステムを設計することも可能である。

(2) 適用例

本システムへの RFID の適用例を図 4 に示す。車上には、タグの情報と位置を対応づけたデータベースを搭載することを前提とする。タグが敷設されている箇所を列車が通過し、車上装置がタグの情報を受信すると、データベースと照合して位置を確定する。それ以外のタグの情報を受信しない箇所を走行している間、車上装置は次に通過するタグの位置を記憶しておき、速度発電機などの車上取り付けられた別の速度検知装置で算出した走行距離と比較しながら走行する。データベースに記録されている次のタグを検出すべき位置に列車が到達したにもかかわらず、タグの情報が受信できない場合は、装置の異常、または、タグ情報の受信エラーとして列車を緊急停止させる。

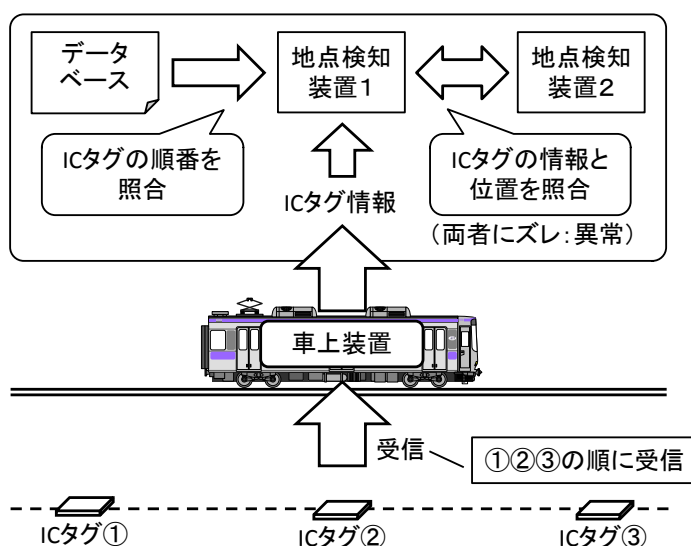


図 4 IC タグの適用例

6. まとめ

地方交通線区を対象とした車上主体で進路制御を行う列車制御システムについて述べた。本システムでは、車上装置が主体となって閉そくや転てつ機の制御を行い、進路を構成する。進路制御機能を車上に搭載することで、地上設備や伝送回線の省略が可能であり、コストの低減が可能になる。また、本システムへの適用を考慮して、RFID などの汎用デバイスの使用例について示し、さらなるコスト低減への見通しを得ることができた。今後の課題としては、本システムの試作装置を用いた性能評価試験や、さらなる安全性検討などがあげられる。

なお、本研究開発については、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施したものである。