

無線を用いた列車制御システム ATACSの概要



樋浦 昇*

弊社では、2011年10月に、仙石線（あおば通～東塩釜）において、無線を用いた列車制御システム（ATACS）を使用開始し、現在、順調に稼働している。従来の列車制御システムは、列車を検知し列車を制御するために、線路近傍に多くの地上装置を設置しなければならない。一方、ATACSは、車上装置が主体となって列車の位置を検知し列車を制御するため、地上装置のスリム化が可能となった。

以下に、ATACSの導入経緯、主な特徴、無線を用いた列車制御システムの動向などについて述べる。

●キーワード：列車制御システム、無線通信技術、列車位置検知、軌道回路、移動閉そく

1. はじめに

弊社では、2011年10月10日に、仙石線（あおば通～東塩釜）において、無線を用いた列車制御システムATACS（Advanced Train Administration and Communications System）を使用開始した。

無線を用いた列車制御システムの開発、導入は世界各地で進められているところであるが、踏切制御機能等を包含したシステムとしては、ATACSが世界で初めてのシステムとなる。

従来の列車制御システムは、線路を適宜区切った区間（軌道回路）に電気を流し、軌道回路が列車の車軸で短絡することで列車を検知し、その情報をもとに列車を制御している。一方、ATACSは、車上装置で列車位置を検知し、無線を用いて制御情報を地上・車上装置間で送受信することで列車を制御するシステムである。

ATACSは、鉄道総合技術研究所で基礎研究を進めていたCARAT（Computer And Radio Aided Train control system）の実用化を目指し、1995年に弊社の研究開発センターで開発に着手した。その後、第I・II期開発、プロトタイプ走行試験を順次実施してきた。また、社内外の有識者による「システム評価委員会」を設置し、そのなかでシステムの安全性等の検証を実施してきた。

これらの開発、試験結果とシステム評価委員会での検証結果を踏まえ、仙石線でATACSの実用化を目指すこととし、2006年には、ATACSプロジェクト（PT）が発足した。その後、PTを中心として、実用化に向けた機能検討、工事の設計、施工、各種機能確認試験、訓練運転などを実施してきた。

そして、ATACSは、東日本大震災（2011年3月）、台風（2011年9月）の影響により、2度使用開始が延期となったが、2011年10月、無事使用開始することができた。【図1】

ATACSは、使用開始以降、順調に稼働している。

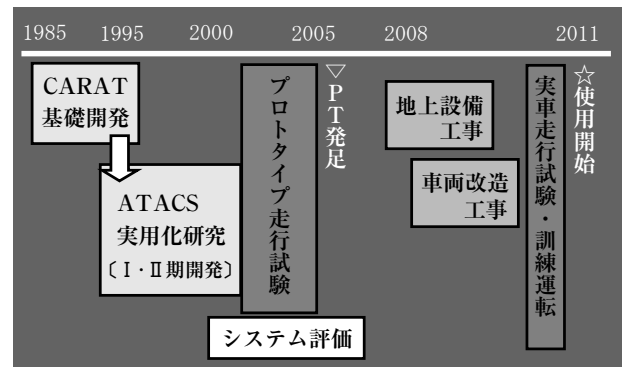


図1 ATACS使用開始までの経緯

2. ATACS 導入の背景・目的

2.1 背景

従来の列車制御システムは、列車の検知や信号を表示するための機能を地上設備が担っているため、線路近傍に多くの装置を設置しなければならない。また、これらの装置は、粉塵や振動等の悪環境下に設置されているため故障し易い。うえ、保守管理に多くの労力とコストが必要となる。さらに、保守従事員の労働災害が発生するおそれもあり、地上設備のスリム化が課題であった。

これに対し、ATACSは、車上装置が主体となって列車の位置を検知し、無線を用いて車内に信号を表示することで、地上設備のスリム化を実現している。

2.2 目的

ATACSを導入する主な目的は、【表1】に示すとおり以下の4点である。

- ・地上設備のスリム化
- ・安全性、信頼性のさらなる向上
- ・変化に対する追従性の向上
- ・高機能化

表1 ATACS導入の主な目的

地上設備のスリム化	・軌道回路をはじめとした地上設備の削減 ・設備数の削減による保守費用の低減
安全性、信頼性のさらなる向上	・設備数量減による輸送障害の減少 ・設備数の削減による線路近傍での作業の減少
変化に対する追従性の向上	・線路設備変更に伴う信号改良工事の軽減 ・車両性能の向上に対応した信号改良工事の軽減
高機能化	・臨時速度制限、誤通過防止等の支援機能の充実 ・踏切警報時間の適正化

3. ATACSの主な特徴

ATACSは、無線を用いて地上・車上装置間で双方向通信を行う。このため、地上装置は、列車の詳細な位置情報を得ることができ、車上装置は、地上の進路の状態や各種の防護情報等を取り込み、それらの情報をリアルタイムに列車制御に反映することができる。

これにより、以下が可能となる。

- ・効率的な列車間隔制御（移動閉そく）
- ・地上・車上装置間の大容量情報伝送
- ・実車走行試験の効率化

現行方式とATACSの比較、ATACSの動作概要をそれぞれ【図2】、【図3】に示す。

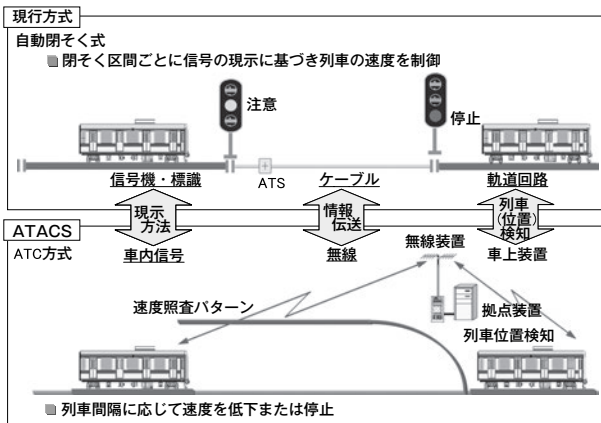


図2 現行方式とATACSの比較

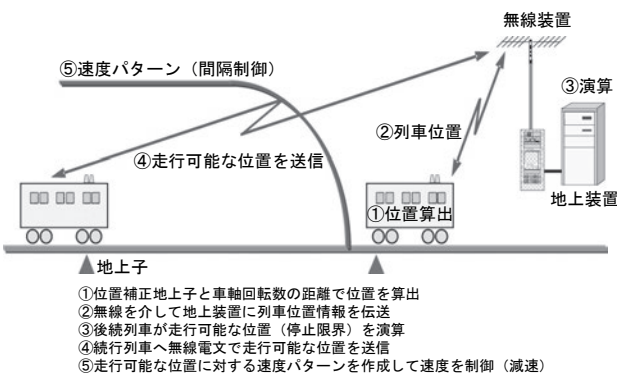


図3 ATACSの動作概要

(1) 効率的な列車間隔制御（移動閉そく）

ATACSでは、全ての列車の位置検知を車上装置が行っている。このため、先行列車に対して後続列車が走行可能な位置は、先行列車の後尾位置(先頭位置+列車の編成長)を基準に算出しており、先行列車と後続列車の間隔を効率的に制御することができる。

(2) 地上・車上装置間の大容量情報伝送

ATACSの列車制御情報は、無線を介して地上・車上装置間で送受信する。無線を用いることで、地上・車上装置間で双方向に大容量の情報伝送が可能となる。

車上装置は、自らが算出した列車位置情報を無線を介して地上装置に送信する。地上装置は、先行列車の位置情報に基づき走行可能な位置情報を算出し、その情報を後続列車の車上装置に対して無線を介して送信する。

(3) 実車走行試験の効率化

ATACSは、地上・車上装置間で共有しているデータベースに基づき列車位置を認識している。このため、地上、車上装置をメーカーの工場内で接続し、模擬的な列車走行データを用いることで、実車走行とはほぼ同じ状態を再現することができる。

したがって、ATACSでは、地上、車上装置を現地に設置して実施する実車走行試験の前に、メーカーの工場内で列車走行状態を模擬した試験が実施できる。これにより、現地での実車走行試験を効率的に実施することができる。

4. ATACSの主な装置

ATACSは、列車検知を、100年以上用いてきた軌道回路によらず、走行する列車自らが列車位置を検知し車上・地上装置間の無線による双方向通信で列車を制御するシステムである。

ATACSシステムは、「地上装置」、「車上装置」、両者間の情報伝送を行う「無線装置」から構成される。各装置の概要を以下に示す。

4.1 地上装置

(1) 拠点装置 【図4】

拠点装置は、地上装置の根幹をなす制御装置で、

- ・車上制御装置からの情報による列車位置の把握
- ・要求された進路を安全に構成する進路制御
- ・進路と列車位置による列車間隔制御
- ・システム境界で列車の出入りを管理する境界制御などの機能を有する。

(2) 在線管理装置 【図4】

在線管理装置は、各拠点装置と接続し、ATACSエリア全体の列車の在線を管理し、システム故障の発生時、回復時の安全を確保する機能などを有する。

(3) システム管理装置 【図5】

システム管理装置は、臨時速度制限機能等の設定、システム全体の動作状況を監視する機能などを有する。



図4

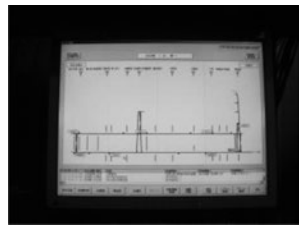


図5

(4) 現場端末 【図6】

現場端末は、拠点装置と転てつ器、踏切、無線基地局などの現場機器とを接続する装置である。

(5) 位置補正地上子 【図7】

位置補正地上子は、車上制御装置における自列車位置検知の精度をあげるため、車上制御装置に対して、キロ程情報を送信する装置であり、1Km毎に設置する。



図6



図7

4.2 車上装置

- 仙石線ATACSの車上装置は、
- ・列車の制御を行う車上制御装置
- ・運転士に情報を提供する表示装置

を運転台に設置し、あおば通方の先頭車に制御を行う装置を集中させた構成としている。

車上装置の構成イメージ、車上装置の外観をそれぞれ【図8】、【図9】に示す。

(1) 車上制御装置

車上制御装置は、列車自らが列車位置検知を行い、その位置情報を無線装置を用いて拠点装置へ送信し、拠点装置から無線装置により停止限界位置情報を受信し、線路こう配や速度制限等を考慮したブレーキパターンを作成し、速度照査とブレーキ制御を行う装置である。

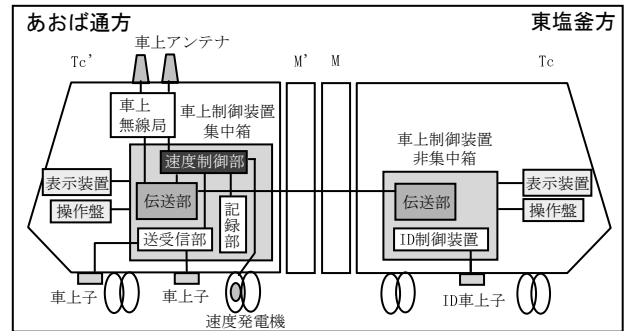


図8 車上装置の構成イメージ

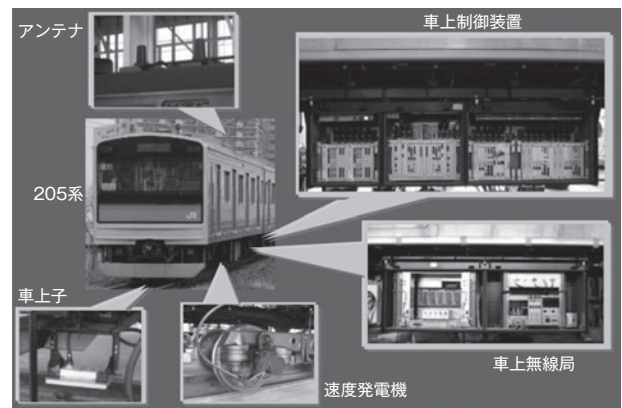


図9 車上装置の外観

(2) 表示装置

表示装置は、運転台に搭載し、運転に必要な情報を表示するモニタ装置である。外観を【図10】に示す。



図10 表示装置の外観

4.3 無線装置

無線装置は、

- ・無線基地局（拠点装置に接続）
- ・車上無線局（車上制御装置に接続）

で構成され、ともに待機二重系である。また、無線装置は、電波法で定める狭帯域デジタル無線の規格に対応し、4周波繰返し方式を基本として基地局間の干渉対策と電波の有効活用を図っている。なお、無線基地局は、1局の制御範囲が2～3kmとなるように配置している。

無線基地局の配置イメージを【図11】に示す。

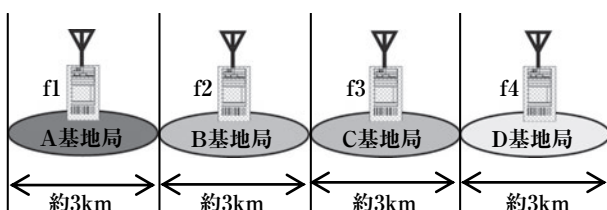


図11 無線基地局の配置イメージ

5. 無線を用いた列車制御システムの動向

列車制御に無線通信技術を用いる際、これまでは品質、伝送容量が不十分であったため、トランスポンダ等を限定的に使用してきた。しかし、移動体無線通信技術の進展や、無線通信のデジタル化技術等により、列車制御に無線通信技術を用いるシステムが実用化されてきている。具体的には、以下の無線を用いた列車制御システムが、欧州、北米などで実用化されている。

- ・ETCS (European Train Control System)
- ・PTC (Positive Train Control system)
- ・CBTC (Communication Based Train Control system)

無線を用いた列車制御システムは、前述したように設備を最小限に抑えることができるため、アジア、南米等を中心に新線建設が盛んになっている都市鉄道に採用されるケースも増えている。

また、無線を用いた列車制御システムを導入することにより、各国間で異なる列車制御方式の統一が容易となるため、欧州では、国境を越えて走行する高速列車の運転取扱の共通化（インターオペラビリティ）を進める効果も期待されている。

6. おわりに

仙石線ATACSは、第1ステップとして、次の基本機能を使用開始した。

- ・列車自らが列車位置を検知する機能
- ・安全に列車の進路を構成する進路制御
- ・列車同士が衝突しないようにする列車間隔制御

また、第2ステップとして、臨時速度制限機能を2012年12月に使用開始した。現在は、踏切制御機能の試験を実施するとともに、ATACSの首都圏への早期導入を目指し、必要な機能と最適なシステム構成の検討を関係者と進めているところである。

日本では、仙石線へのATACSの導入が、常用の列車制御システムに初めて無線を用いたケースとなった。これを契機として、今後、無線を用いた列車制御システムが、日本でも広く導入されていくことを期待している。

参考文献

- 1) 樋浦, 「無線を用いた列車制御システムATACSの概要」, 電気設備学会, 2013年5月
- 2) 黒岩, 保坂, 「無線を用いた列車制御システム(ATACS)におけるメンテナンス」, JREA, 2012年10月
- 3) 佐藤, 「JR東日本の列車制御、運行管理システム」, 電気評論, 2012年4月
- 4) 久保田, 「無線を用いた新しい列車制御システム 仙石線ATACS」, サイバネティクス, 2012年4月
- 5) 黒岩, 「無線による列車制御システム「ATACS」の使用開始」, JRガゼット, 2012年4月