

# 最新の列車制御システムと今後の動向

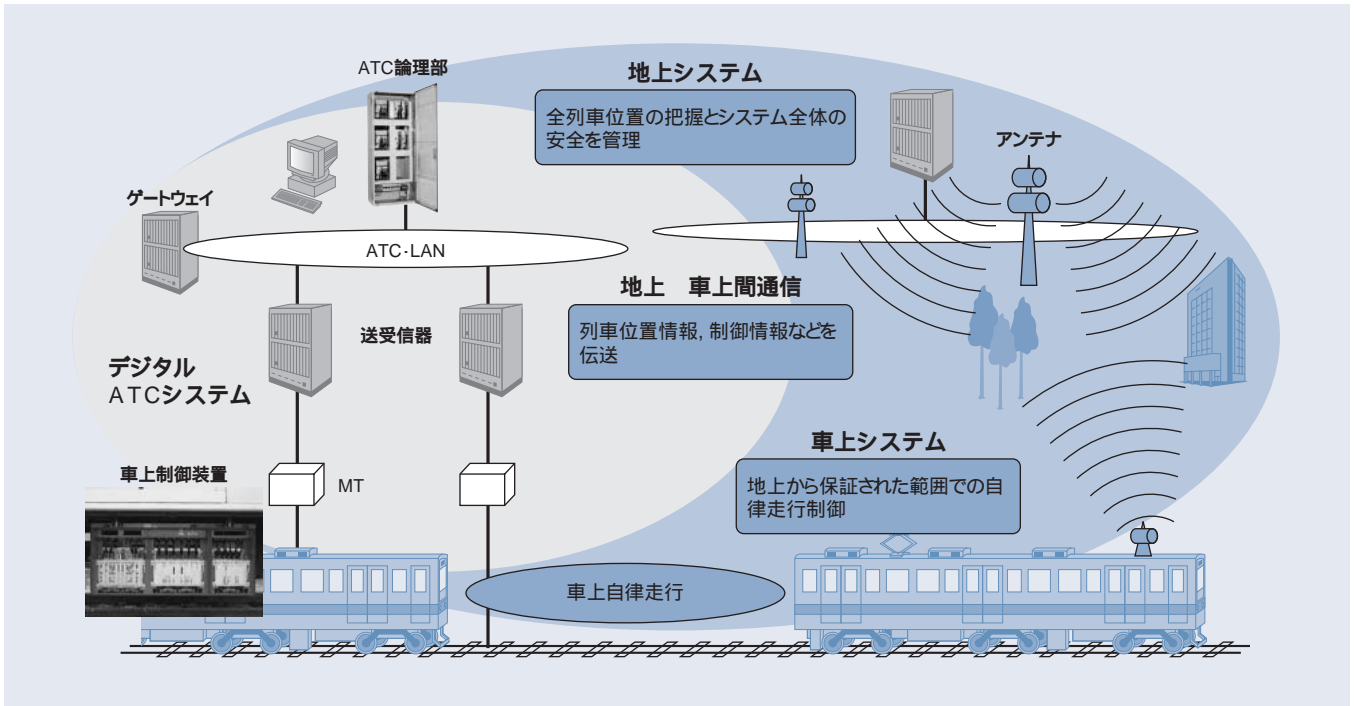
## Latest Signaling Systems for Train Control and Future Trends

佐々木英二 Eiji Sasaki

網谷 憲 晴 Noriharu Amiya

渡部 悌 Dai Watanabe

永次 由 英 Yoshihide Nagatsugu



注:略語説明 ATC( Automatic Train Control ), MT( Matching Transformer ), LAN( Local Area Network )

### 日立製作所の列車制御システムの概要

デジタルATCシステムをはじめ、地上システムと車上システムの統合化によるフレキシビリティを持った列車制御システムの開発を推進し、新しいソリューションを提案している。

鉄道における基本原則は安全・安定輸送であり、これを支えているのが列車制御システムである。日立製作所は、最新の情報制御技術を駆使し、高密度線区向け列車制御システムとしてデジタルATCシステムを開発し、列車運転間隔の短縮や、一段ブレーキ制御による乗り心地の向上、地上設備低減など、さまざまなユーザーニーズに応えてきた。一方、高密度線区に限らず、すべての線区で、いっそうの安全性の向上と地上設備および

メンテナンスコストの低減が求められている。これらに対応していくために、従来以上に地上と車上の連携を図り、車上自律走行が可能なフレキシビリティを持つ列車制御システムの開発が必要である。日立製作所は実績のある技術を核として、新しいシステムの開発を積極的に推進し、近未来の鉄道サービス向上のために、さまざまなソリューションを提案している。

## 1 はじめに

列車制御システムは、さまざまな鉄道システムの中で、安全な列車運行を確保するという重要な役割を担っている。現在の鉄道事業を取り巻く環境は、少子高齢化、利用者需要の多様化、鉄道事業者の厳しい経営環境への対応強化などさまざまな課題があり、列車制御システムに対しても、(1)安全・安定輸送、(2)設備コスト低減、(3)輸送需要へのフレキシブルな対応、(4)信号専

門技術者の減少に伴うメンテナンス業務の効率化など多くのニーズがある。

日立製作所は、鉄道総合システムインテグレーターとして、1990年代の電子連動装置をはじめ、エレクトロニクス技術とデジタルソフトウェア技術を適用した列車制御システムの開発に積極的に取り組んできた。

ここでは、これらのニーズに対応するソリューションとして、デジタルATC( Automatic Train Control )システムと、今後の列車制御システムの動向について述べる。

## 2 デジタルATCシステム

### 2.1 納入実績

日立製作所は、デジタルATCシステムで以下の納入実績を持ち、これらは現在も安定稼働を続けている。

- (1) 2002年12月、東北新幹線八戸延伸区間(盛岡八戸間)
- (2) 2003年12月、京浜東北線(南浦和 鶴見間)
- (3) 2005年5月、東京都交通局新宿線(新宿 本八幡間)

今後、東北・上越新幹線と山手・根岸線でも、順次デジタルATCシステムへの切替が予定されている。

### 2.2 デジタルATCシステムの概要

従来のアナログATCシステムでは、レールに流されるアナログ信号周波数ごとの速度情報によって、区間ごとに一律の速度制御を行って多段ブレーキを採用していたことから、運転効率の向上や到達時分の短縮など、近年の輸送ニーズに対応するためには、よりきめ細かな列車間隔制御を実現する必要性があった。

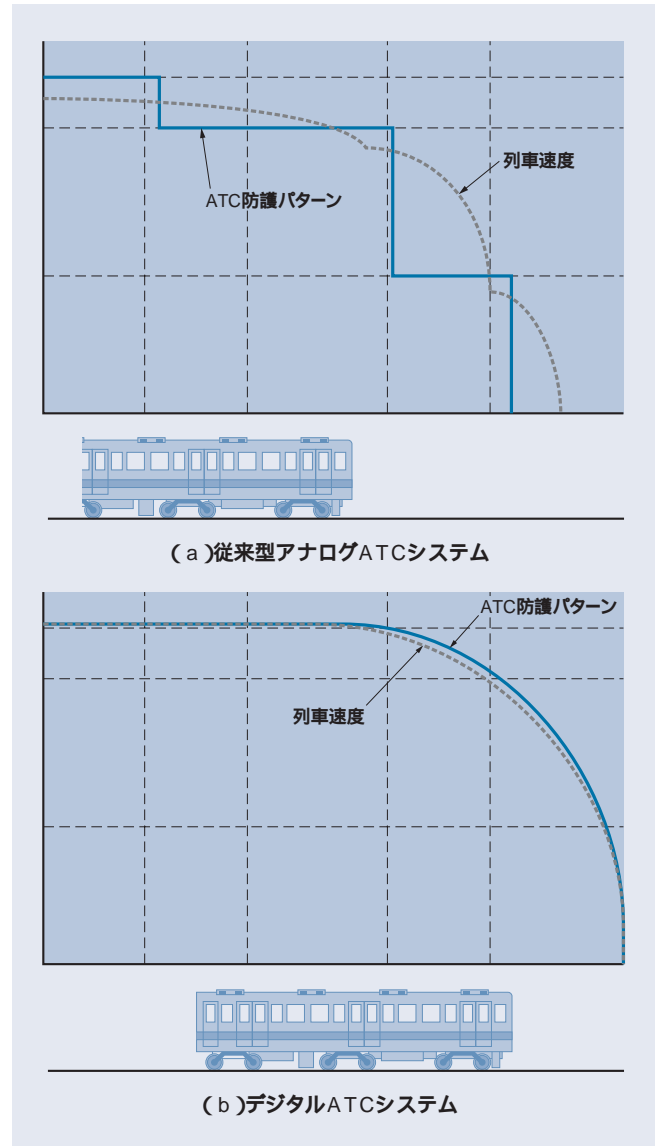
これに対して、デジタルATCシステムでは、軌道回路を通して地上装置で列車在線を検知し、先行列車の在線情報を基に停止点情報を作成し、軌道を利用した情報伝送により、この停止点情報をデジタル情報として車上装置に伝送している。

車上装置では路線データや個々の車両性能データをデータベースとして搭載し、地上装置から伝送される情報を車上装置で自律的に処理を行い、最適な一段ブレーキ制御を行っている(図1参照)。

### 2.3 デジタルATCシステムの導入効果

デジタルATCシステムの導入効果として、従来型ATCに対し、以下の事項があげられる。

- (1) 列車運転間隔、運転所要時分の短縮  
従来のATCの多段ブレーキ制御によるロスが解消され、列車の運転間隔や所要時分の短縮が可能となる。さらに、異なる性能の車両が混在して走行する場合でも、個々の車両性能が十分に発揮できる。
- (2) きめ細かな列車間隔制御  
従来のATCよりも地上 車上間の情報量が格段に多くなり、列車防護情報や先行列車情報などの送信ができる。これらの情報を運転台に表示することにより、きめ細かな列車間隔制御が可能となる。
- (3) 乗り心地の向上  
車上装置の速度照査パターンに沿った一段ブレーキ制御出力により、乗り心地を向上させることが可能となる。



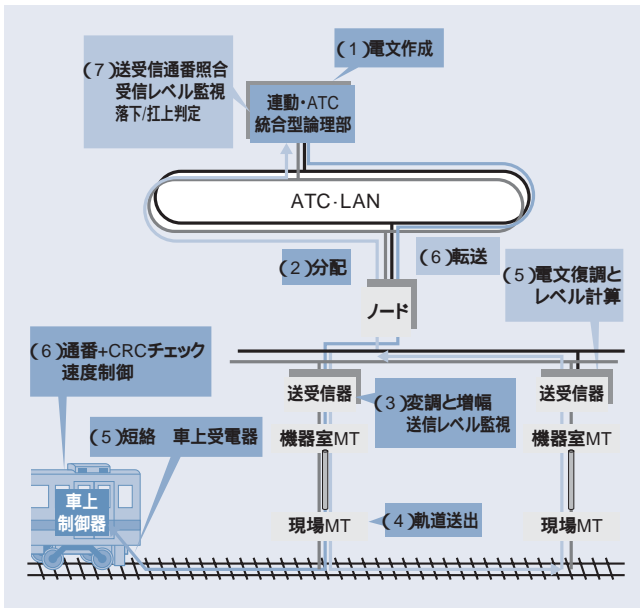
注: 略語説明 ATC( Automatic Train Control )

図1 アナログATCシステムとデジタルATCシステムの制御方式比較  
デジタルATCシステムでは、地上装置からの停止点情報に基づく一段ブレーキ制御により、従来型アナログATCに比較して同一速度からの停止必要距離を短縮することで、時隔短縮を実現している。

- (4) 地上装置の簡素化によるコスト削減と稼働率向上  
装置数が大幅に減少することで、設備の簡素化・コストダウンを実現でき、かつシステムの二重化が容易なため、故障率の低減と稼働率の向上に大きく寄与することができる。

### 2.4 ATC機能のデジタル化

デジタルATCシステムのシステム構成を図2に示す。ATC論理部と送受信器間はネットワークで結合され、ATC信号と列車検知信号は電文情報として送信される。送信器は電文情報をDSP(Digital Signal Processor)によってATC信号と列車検知信号にデジタル変調して軌道回路に送信する。受信器では、軌道回路の列車検知信号を受信し、DSPで復調して受信内容を電文



注:略語説明 LAN( Local Area Network ), MT( Matching Transformer )  
CRQ( Cyclic Redundancy Check )

**図2** デジタルATCのシステム構成と電文の流れ  
論理部で作成されたATC電文はネットワークを経由して送受信器に送られ、デジタル変調されて軌道回路に送出される。列車検知電文は受信器で復調され、論理部で落下/扛上が判定される。

としてネットワークを経由してATC論理部に送信する。

ネットワークによる情報伝送では伝送誤りの可能性があり、また、DSPについても信号処理誤りの可能性がある。仮にこれらの誤りが発生した場合でも、列車制御異常および列車検知異常という危険側事象に至らないように、通信方式と装置構成で対策を施している。

### 2.5 列車制御の安全性

列車制御情報であるATC信号は、フェイルセーフ装置であるATC論理部で生成される。ATC論理部に異常が発生した場合にはATC信号の伝送を停止することが保証されており、また、軌道回路上のATC信号が無信号となった場合には列車側の車上装置がブレーキをかけ、列車を停止するので安全である。ATC論理部では、ATC信号をネットワークで送信するにあたり、電文内容の正当性を車上装置でチェックして安全性を補償するために、以下の情報を付加する。

- (1) 通番:通番の更新をチェックすることにより、通信路上の固定故障発生がないことを確認する。
- (2) 送信先:ATC信号を送信する軌道回路番号を付加する。車上装置ではこの情報と自列車位置をチェックすることにより、誤った送信器からATC電文が送信されていないことを確認できる。
- (3) CRC:ユーザーデータ内にCRC( Cyclic Redundancy Check:巡回冗長検査 )機能を付加し、フェイルセーフな車上装置でこのCRC機能をチェックすることにより、ネットワーク上と軌道回路上での伝送誤りをチェック

する。

上記のいずれかのチェックで誤りが検出された場合にはATC電文を破棄して列車制御を保留し、一定時間以上正当なATC電文を受信できない場合には、列車を停止させて安全を確保する。

## 3 列車制御システムの今後の動向

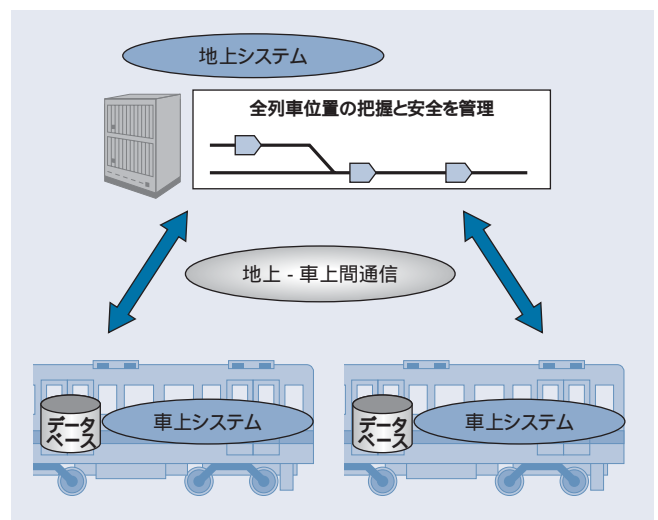
### 3.1 車上のインテリジェンス化に対応した列車制御システム

前章で述べたデジタルATCシステムにおける車上システムの機能は、これまでの列車制御システムと比較すると、車上機能が大幅に高機能化、インテリジェンス化されたものと考えられる。今後、デジタル処理技術の発展に伴い、車上システムの高機能化、インテリジェンス化がますます促進されるものと考えられる。

車上システムのインテリジェンス化に対応した列車制御システム全体の基本構成を図3に示す。地上システムは車上システムから送信されてくる情報(位置など)をすべて管理し、それぞれの列車の安全走行に必要な情報(停止位置、速度制限情報など)を列車に送信する。すなわち、(1)地上でシステム全体の安全を管理、(2)車上では地上から保証された範囲での自律走行制御、および(3)地上 車上間通信の三つの要素から構成される。地上 車上間通信には、デジタルATCのような軌道を利用した伝送およびLCX( Leaky Coaxial )ケーブル、空間波などの無線伝送の利用が考えられる。

### 3.2 車上システムによる自律走行

車上システムによる自立走行は車上に路線データなどのデータベースを保有し、それに基づいて安全制御を行



**図3** 車上のインテリジェンス化に対応したシステムの基本構成  
地上システム,車上システム,地上 車上間通信の3要素により構成される。

ものである。

具体的には、地上から送信されてくる停止位置に対して、車上で自列車位置を検出、管理し、現在の位置と曲線、こう配、分岐制限などの路線データから安全な走行が可能な速度照査パターンを、逐次演算によってみずから作成し、速度制御を行う。これは、地上から保証された範囲内で、各列車の自律的な、かつ線区の輸送需要に応じたフレキシブルな走行が可能になることを意味する。また、今後、地上 車上間伝送量の増加と車上の高機能化が進めば、乗務員への運転支援情報の充実なども可能になる。この車上のインテリジェンス化は、同時に従来の列車制御システムが持つ信号機、標識、地上子などの地上設備への依存性を下げることになり、地上設備削減とコスト低減が期待できる。さらに、システム全体としても柔軟性と拡張性を向上させるものと考ええる。

### 3.3 列車制御システムの世界的動向

以上に述べてきた車上のインテリジェンス化に対する動向は海外でも同様と考えられ、ETCS(European Rail Traffic Control System)やCBTC(Communications-Based Train Control)などの開発が促進されている。その基本は、停止点情報などの制御情報を主に無線を利用した地上 車上間の連続伝送によって行い、車上主体の列車制御を実現するものである。CBTCの導入実績と予定を図4に示す。先に述べた車上自律型システムの導入が進み始めていることがわかる。わが国でも東日本旅客鉄道株式会社が無線ベースの列車制御システムであるATACS(Advanced Train Administration and Communication System)の実証実験を進めている。

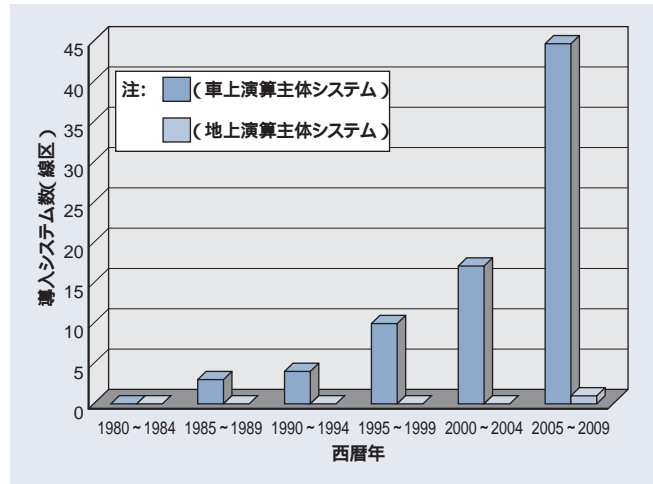
## 4 おわりに

ここでは、デジタルATCシステムと今後の列車制御システムの動向について述べた。

日立製作所は、今後もユーザーニーズに対応するため、情報通信技術を利用して地上と車上の協調を図ったシステムの提案を通して、近代的な列車制御システムの開発を強力に推進し、かつグローバルな展開に取り組んでいく考えである。

#### 参考文献など

- 1) 飛田, 外: 最新の情報制御技術を適用した信号保安システム, 日立評論, 85, 8, 573~576(2003.8)
- 2) 日立製作所: 新技術紹介 デジタルATC(D-ATC, DS-ATC), 鉄道と電気技術(2005.6)
- 3) 立石, 外: 無線による列車制御システム, JR EAST Technical Review(2003)



出典:第6回 CBTC国際会議資料

図4 CBTCの導入実績と今後の導入予定見通し  
地上からの停止位置情報に基づいて車上で速度制御パターンを演算し、制御を行う車上演算主体システムであるCBTC(Communications-Based Train Control)の導入が加速されることを示している。

#### 執筆者紹介



佐々木英二

1992年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 信号・変電システム部 所属  
現在, 鉄道信号システムの開発に従事  
E-mail: eiji\_sasaki@pis.hitachi.co.jp



渡部 倬

1987年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第2研究部 所属  
現在, 次世代鉄道信号システムの研究開発に従事  
電気学会会員, 情報処理学会会員  
E-mail: dai@gm.hrl.hitachi.co.jp



網谷 憲晴

1992年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属  
現在, ATC地上システムの設計に従事  
E-mail: nr-amiya@em.mito.hitachi.co.jp



永次由英

1992年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属  
現在, ATC車上システムの設計に従事  
E-mail: ys-nagatsugu@em.mito.hitachi.co.jp