

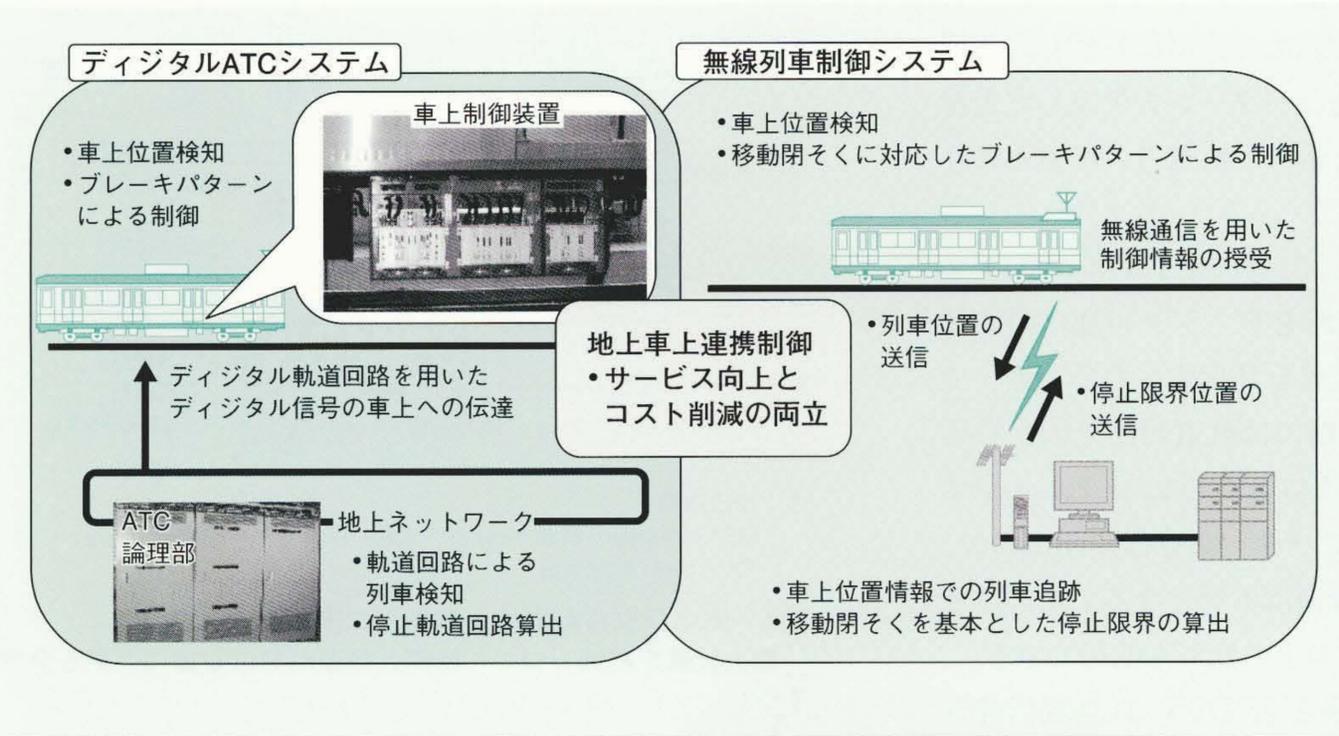
# 高密度輸送に貢献する地上車上統合型次世代信号システム

Advanced Signaling System Based on Transmission Technology for High-Density Traffic

松本 雅行 Masayuki Matsumoto  
横須賀 靖 Yasushi Yokosuka

渡部 悌 Dai Watanabe  
網谷 憲晴 Noriharu Amiya

永次由英 Yoshihide Nagatsugu  
佐々木英二 Eiji Sasaki



注：略語説明  
ATC(Automatic Train Control)

## 地上車上統合型次世代信号システムの開発装置とイメージ

東日本旅客鉄道株式会社と日立製作所は、情報通信を基盤とした「地上車上統合型次世代信号システム」を開発している。デジタル化技術により、地上設備の削減や到達時分の短縮、滑らかな停止制御などを実現し、鉄道サービスの向上を図っていく。

大都市部の通勤・通学時間帯の電車の混雑率は依然として高く、輸送力の増強と快適性やサービスの向上が望まれている。そのためには、首都圏の山手線や京浜東北線などで使用されている従来のATCを改革する新信号制御手法の実現がカギとなる。課題を解決する次世代信号システムの一つに、実用化が決定され開発が進められている「デジタルATCシステム」がある。軌道回路にデジタル信号を流し、車上で位置を検知しながらブレーキパターンを自律生成する。もう一つは、無線情報通信技術を駆使する「無線列車制御システム」である。列車運行間隔を短縮でき、高密度運行が可能になるほか、地上設備を大幅に簡素化し、メンテナンスコストの低減と乗り心地の改善を図る。これら新しい信号システムソリューションとしての次世代信号システムの開発を通して、近未来の鉄道サービスの向上に貢献していく。

## 1 はじめに

首都圏や京阪神の大都市での交通機関は、経済活動のボトルネックとならないことを主目的として、これまで輸送力の増強などの整備がなされてきた。現在、わが国は経済的に世界有数の国となり、生活意識の面では、豊かさや快適性、サービスの質への要求に関心が強く向けられている。

このような背景の中で、国は環境問題への対応や防災も考慮して、幾つかの社会施策を提言している。鉄道は、自動車や飛行機など他の交通機関に比べて環境負荷が低く、また安全度も高い輸送手段であることから、都市交通の中で、今後とも非常に大きな役割を担うことになる。鉄道の輸送力は着実に増強されているが、1990年代初頭までの都市部の人口の増加率は非常に高いものがあり、

通勤時間帯の混雑度は依然として高く、輸送力と乗り心地の両方の改善が望まれている。

ここでは、高密度輸送に貢献する信号システムとして「デジタルATC(Automatic Train Control)システム」、および高密度輸送に適するとともに、情報通信技術を駆使した次世代信号システムとして期待されている、「無線列車制御システム」について述べる。

## 2 地上車上統合システムの動向と取組み

大都市圏や新幹線などの鉄道輸送力を増強するためには、いっそう高速・高密度な運転を可能とする信号システムへの転換が必要である。

従来は、軌道回路で列車の在線を検知し、速度情報や進路の開通状態を地上側システムの論理で算出し、地上の信号機や軌道回路を通して速度制限情報を列車に知ら

せる手法が中心であった。現在、進歩が著しいエレクトロニクス技術とデジタル通信技術を利用して、地上と車上を連携させ、輸送力を向上させる信号システムへの改良を進めている。この制御の基本は、従来の軌道回路単位での段階的な速度制限方式から、地上システムで各列車の前方の停止限界位置を求めて列車に送信し、各列車は性能に合わせて最適な防護パターンを生成して走行することにある。この方式を基に、輸送力の増強と乗り心地の改善などを図る。

こうした取組みの一つとして、「デジタルATCシステム」の開発がある。軌道回路をデジタル通信の媒体として利用し、上記改善の達成を目指すものである。従来のATC方式では、時隔短縮には軌道回路分割が必要であり、軌道回路増加によるコスト増につながりやすかった。この方式では車上でパターンを作成するので、基本的に短小軌道回路への分割は不要となる。このことから、設備やメンテナンスコストの低減も期待できる。

もう一つには、軌道回路からも脱却する「無線信号システム」の開発がある。車上と地上を双方向通信で連携させて列車の走行を制御し、より密接に統合したシステムである。このシステムは車上主体の信号システムであり、地上システムを大きく削減し、設備コストとメンテナンスコストを抑えつつ、異常発生時などにも臨機に対応できることを目指している。

### 3 デジタルATCシステム

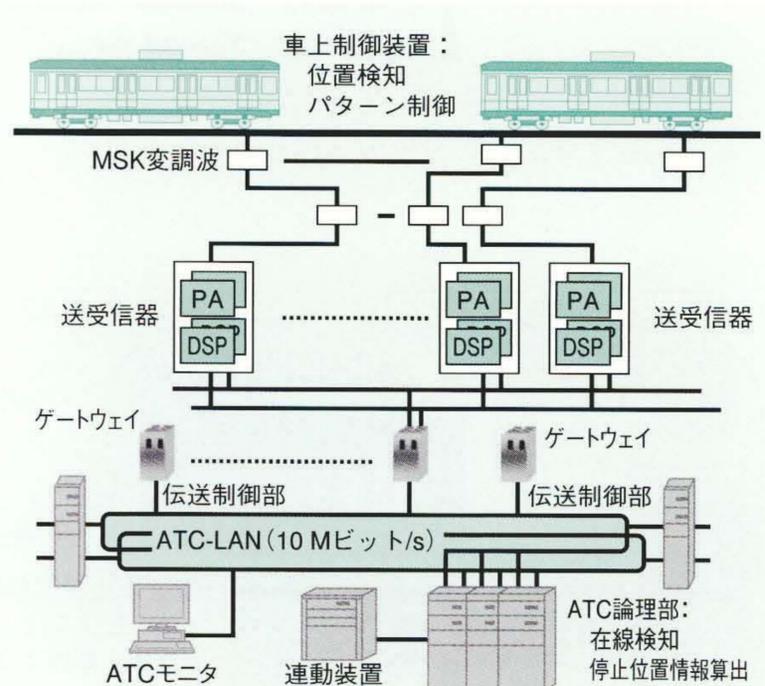
#### 3.1 デジタルATCの全体構成と制御概要

デジタルATCシステムは、従来の走行許容速度としてのアナログ信号(周波数信号)を軌道回路を通して伝送する代わりに、前方列車条件や進路構成情報に応じて、列車の進入可能な軌道回路や閉そくとして定義される停止位置情報を地上制御システムで算出し、デジタル電文で車上制御システムに伝送することを特徴とする。デジタル電文を受信した車上制御システムは、受信した停止位置情報に応じた停止パターンを生成し、停止パターンに追従した一段ブレーキ制御を実施する。

この方式では、軌道回路単位の多段減速制御による制御ロスが発生しないことに加え、車両性能に応じた停止パターンが生成できることから、理想的な停止制御が可能となり、時隔や運転時分の短縮に大きな効果が得られる。

#### 3.2 地上制御システム

地上制御システムは、連動駅単位に設置されるATC論理部をシステムマスタとして動作する。ATC論理部は



注：略語説明

MSK (Minimum Shift Keying), DSP (Digital Signal Processor)  
PA (Power Amplifier)

図1 デジタルATC地上制御システムの全体構成

地上設備を削減しつつ、時隔と到達時分の短縮に効果を発揮する。

フェイルセーフ三重系装置で構成され、列車の在線検知、在線判定結果や連動装置からの連動情報によって停止位置情報を算出し、ATC電文を生成する。

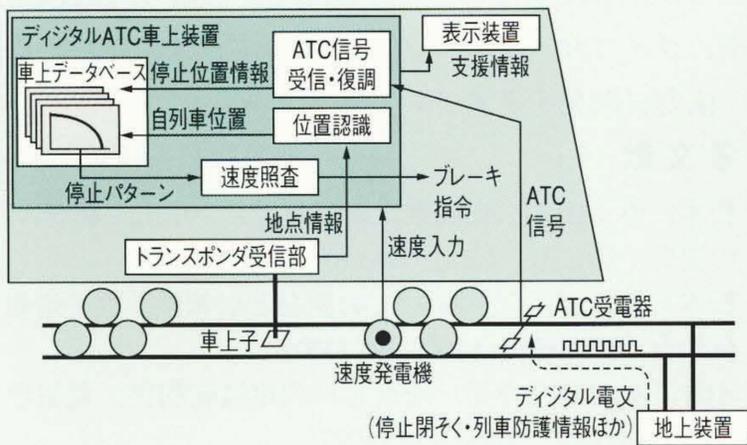
ATC論理部が生成したATC電文をMSK (Minimum Shift Keying) 変調してレールに送出するとともに、列車位置検知信号を送受信する機能を持つ装置が送受信器である。送受信器は、変復調とレベル演算を実施するDSP (Digital Signal Processor) 部と、電力増幅を行うPA (Power Amplifier) がおのおの二重系で構成され、さらに送受信器を管理する伝送制御部により、自動系切換を実施する。

隣接連動駅に設置されたATC論理部との在線情報や連動情報の交換は、ゲートウェイ装置によって実施し、10 Mビット/s伝送を前提として、最大到達可能距離40 kmの能力を持つATC-LANで接続する。これらの構成とすることで、部品点数を減らし、コスト削減も実現している(図1参照)。

さらに、軌道回路受信レベル情報を最大1年分保有し、統計処理によるトレンド表示、リアルタイム表示、変化監視による予防保全機能を持つATCモニタや、軌道回路のレベル調整、ATC電文確認用の可搬型測定器の提供などで、保守性の向上を図っている。

#### 3.3 車上制御システム

デジタルATCにおける最大の特徴は、車両がみずか



**図2 デジタルATC車上制御システムの全体構成**  
停止軌道回路位置に応じたパターン生成やブレーキ制御などを実施する。

ら位置を認識し、地上から送られてくる停止軌道回路情報に基づいて自律的に制御を行う点である。

デジタルATC車上制御システムでは、ブレーキパターンの健全性の検証と検索速度向上のため、車上にあらかじめオフラインで生成した線区内のすべての停止軌道回路に対応したパターンを記憶し、受信した停止軌道回路情報と、車上みずから検知する自列車位置から、適合するパターンを生成し、停止制御を行う。

このほか、(1) 緩和ブレーキの導入による乗り心地向上、(2) 列車先頭の位置、ATCブレーキ開始時機など乗務員支援機能の拡充、(3) ログ機能の強化などによる保守性向上も図っている。

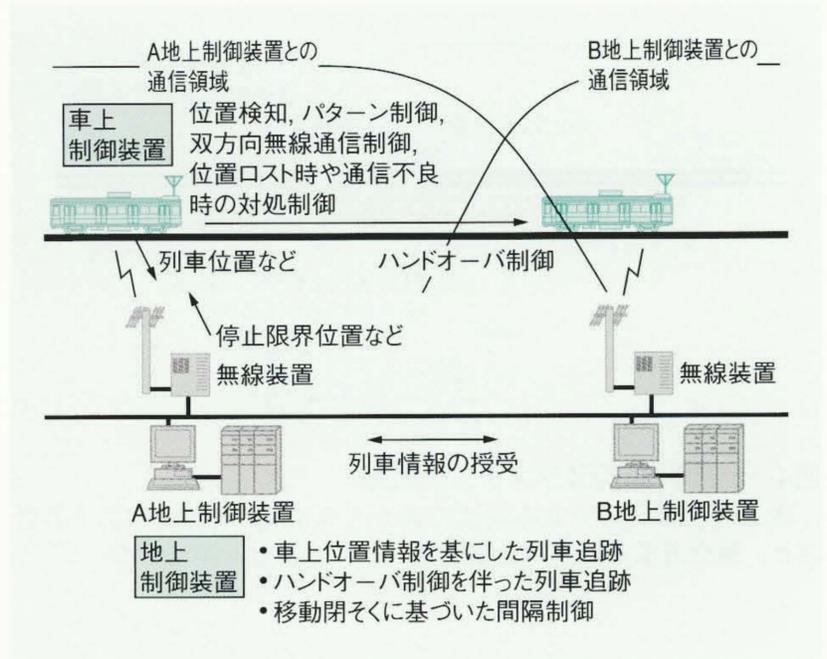
ハードウェア面では、従来別ユニットであった受信部と速度照査部を統合し、小型化とともに機能アップしてコストパフォーマンスを向上させた。今回開発した受信制御部では、デジタルATC信号のほか、現行ATC信号も同時に処理可能としている。デジタルATCと現行ATCの切替は自律的に行われるため、デジタルATCへの移行をスムーズに行うことが可能である(図2参照)。

## 4 無線列車制御システム

### 4.1 無線列車制御システムの概要

無線列車制御システムは、軌道回路ベースの安全制御から脱却するものである。その基本は、車上で位置を検知して無線通信を通して地上制御システムに送信し、地上制御システムでは受信した車上からの情報を基に全列車の位置を把握し、各列車に対して走行可能な限界位置を送信することである。

このシステムは車上制御主体となり、車上制御装置に一般的な機能として、(1) デジタルATCと同様の自列



**図3 無線列車制御システムの概要**  
軌道回路を不要とし、車上主体の制御システムとすることで地上側システムを削減している。

車位置を検知する機能、(2) 地上車上間の双方向通信機能、(3) 連続的に変化する前方支障に適切に対応する防護パターンの生成、(4) 通信異常や位置異常などへの対処機能などが要求される。

地上側制御システムには、軌道回路単位での追跡処理ではなく、車上位置情報に従って追跡情報を作成する機能が必要となる。車上位置情報は、従来の軌道回路単位の閉そく情報ではなく、地点情報であるので、いわゆる移動閉そく制御も可能となる。また、線区が長くなると、地上側に設置した一つの無線通信装置で全線区をカバーすることが難しく、地上制御システムで、携帯電話システムと同様のハンドオーバー制御をしながら、列車を追跡することが必要となる。以上のような追跡手法を用いて、全線区にわたって列車の位置を車上位置情報を基に正しく把握することが求められる(図3参照)。

無線列車制御システムは、このように地上と車上を双方向無線通信を通して統合し、高度な列車制御システムの実現を目指す列車制御システムである。

### 4.2 無線列車制御システムの長所と開発状況

無線列車制御システムの長所として、以下の事項があげられる(図4参照)。

- (1) 従来、安全制御の基本としていた軌道回路や地上信号装置が削減でき、設備コストやメンテナンスコストの低減が可能
- (2) いわゆる移動閉そく制御が可能となり、高密度運行を実現し、また、目的地への到達時間を短縮
- (3) 基本的に双方向通信を利用するので、通信ビット数

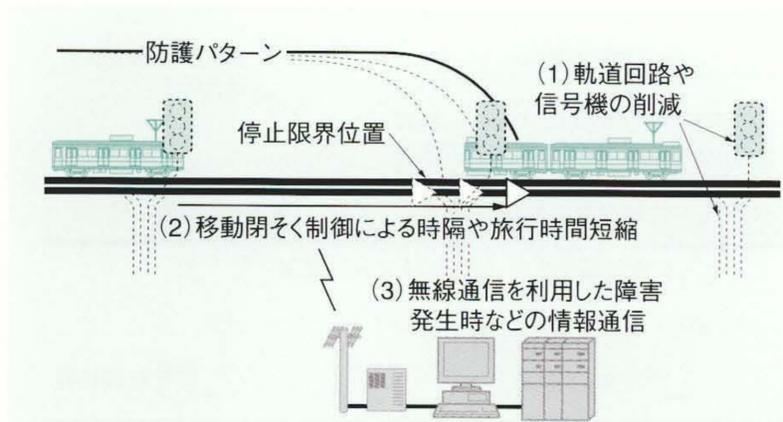


図4 無線列車制御システムの長所

地上側制御システムの削減によってライフサイクルコストの低減と、無線通信を利用した輸送サービスの向上を実現する。

に余裕があれば、信号情報以外に障害情報などの連絡が可能

現在、国内外で無線列車制御システムの開発が進められている。主なものに、EU(European Union)が検討を進めているERTMS(European Rail Traffic Management System)や、ニューヨーク地下鉄の信号システムの刷新計画がある。ERTMSには、無線列車制御システムで信号方式を統一し、各国で信号方式が異なることによる列車走行の不都合を解消する目的も含まれている。ニューヨーク地下鉄のシステム開発では、地上と車上システムの双方向通信を用いた制御について、2003年の開業に向けた動作確認を、今後1年程度で終了することが計画されている。

わが国では、鉄道総合技術研究所で1989年から1993年にかけてCARAT(Computer and Radio Aided Train Control System)の開発が行われ、その後、このシステムを発展させたATACS(Advanced Train Administration and Communications System)の開発を東日本旅客鉄道株式会社が行っている。ATACSでは、車上位置や車上速度を考慮しての踏切警報時間のばらつきの改善や、無線通信を利用した保守作業の安全性向上なども目的としている。ATACSの開発で日立製作所は、地上制御と車上制御用の試験システムの開発を担当し、約1秒の周期で列車制御が可能であることを確認した。

## 5 おわりに

ここでは、次世代信号システムとして開発を進めている軌道回路ベースのデジタルATCシステムと、無線列車制御システムについて述べた。

日立製作所は、鉄道総合システムインテグレータとして、これまで信号システムの抱える課題を解決するシステムを提案してきた。今後は、情報通信技術を利用して

地上と車上の連携をいっそう強化し、旅客サービスの向上や、ライフサイクルコスト低減のニーズにこたえるため、強力に開発を進めていく考えである。

## 参考文献

- 1) 松本, 外: 山手・京浜東北線用の新しい車上主体型ATCの開発, JREA, Vol.42, No.10(1999.10)
- 2) 松本, 外: デジタルATCの開発と信頼性, 電子情報通信学会, FTS研究会2000-18(2000.6)
- 3) 小林: 無線通信を用いた新しい列車運転制御, 電気学会誌, 117巻10号, 695~698(1997)
- 4) T. Kobayashi, et al.: ATACS(Advanced Train Administration and Communications System), Proceeding of COMPRAIL 96, Vol.2, pp.199-205(1996)
- 5) 長谷川: 列車運転制御の新しい入方向とCARATシステム, 鉄道総研報告, Vol.7, No.5(1993.5)

## 執筆者紹介



### 松本 雅行

1972年日本国有鉄道入社, 東日本旅客鉄道株式会社 運輸車両部 所属  
現在, デジタルATCシステムの開発に従事  
電気学会会員, 電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員  
E-mail: m-matsumoto@head.jreast.co.jp



### 横須賀 靖

1984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, 鉄道情報制御システムの研究開発に従事  
電気学会会員, 電子情報通信学会会員  
E-mail: yokos@hrl.hitachi.co.jp



### 渡部 梯

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@hrl.hitachi.co.jp



### 網谷 憲晴

1992年日立製作所入社, 電力・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, 東北・上越新幹線, 山手・京浜東北線次期ATC製作に従事  
E-mail: nr-amiya@em.mito.hitachi.co.jp



### 永次 由英

1992年日立製作所入社, 電力・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, デジタルATC車上システムの設計に従事  
E-mail: ys-nagatsugu@em.mito.hitachi.co.jp



### 佐々木英二

1992年日立製作所入社, 電力・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