

デジタルATC

高重 哲夫(株式会社ジェイアール総研電気システム 専務取締役)

はじめに

ATC(自動列車制御装置)は新幹線では開業時から使用されており、信頼性、安全性ともに十分実績があるシステムです。ATCでは、地上からその区間で安全に走行できる許容速度を車上に伝送し、車上では走行速度が地上から伝送された許容速度より高ければ自動的にブレーキをかけて減速し、低ければブレーキを緩解します(図1)。自動的に加速する機能はありません。その後、半導体の技術革新や高速運転に伴って、マイクロコンピュータ(ME)化や速度段の見直し、高速域の許容速度の追加等が行われましたが、地上から許容速度を伝送し、車上で走行速度と許容速度を比較して、自動的にブレーキ制御するというATCの概念は変わりませんでした。しかし、許容速度を表示している区間内で列車速度を許容速度以下にするために、区間長は減速度が最も悪い列車に合わせる必要があり、減速区間の無駄ができます。そのため、運転時隔が長くなります。また、車上でいつブレーキがかかるのかわからず、常に最大減速度のブレーキがかかるので乗り心地が悪いという欠点がありました。

デジタルATCの概要

先行列車に衝突しないように、先行列車の後部までに確実に停止できれば安全であるということを考えると、地上から許容速度を伝送する必要はありません。デジタル

ATCは、地上からは先行列車までの距離を伝送し、車上で、個々の列車性能の範囲でブレーキを制御して確実に停止させるものです。車上でブレーキパターンを発生するので、ブレーキのかけ始めの減速度を弱めにすることで、乗り心地をよくすることができます。また、減速途中でブレーキを緩めないで、高速で走行する区間が長くなり、運転時隔を短くできます。地上から列車へは、走行区間の軌道回路番号や開通区間数、駅のホーム番線などを送信します。車上では、地上からのデータを基に開通距離を求め、曲線、勾配等の情報と合わせて、安全に停止するためのブレーキ曲線を計算し、その曲線にしたがってブレーキがかかります。地上から列車への伝送量が従来の速度段方式に比較してたくさん必要なので、軌道回路を経由してデジタル符号で伝送することから、デジタルATCといいます。

デジタルATCの開発

25年ほど前から、車上に前方列車の後部までの距離を伝送し、車上で車両性能に合わせたブレーキ制御を行うことにより、主として運転時隔を縮める研究が始まりました。最初は、軌道回路に流れる信号電流を使って、送信端からの列車までの短絡インピーダンスを測定して列車の位置を検知し、その距離を車上にデジタル符号で伝送する方式を研究しました。しかし、短絡インピーダンスは列車の先頭車軸の短絡抵抗や天候による漏れコンダクタンスにより変化することから、実用化にいたりませんでした。

民営分割後、JR北海道から、安価な車内信号方式の研究課題の要請がありました。JR北海道では同一線路に貨物列車を含め、いろいろな車両性能の列車が走行することから、地上では軌道回路による列車検知を行い、デジタル伝送で、軌道回路番号、開通区間数を送信し、車上で列車の性能に合わせたブレーキ曲線を作成する機器分散形ATCを提案し、研究をはじめました。開通区間数は「前方の軌道回路の値+1」とするだけでよく、機器を分散しても

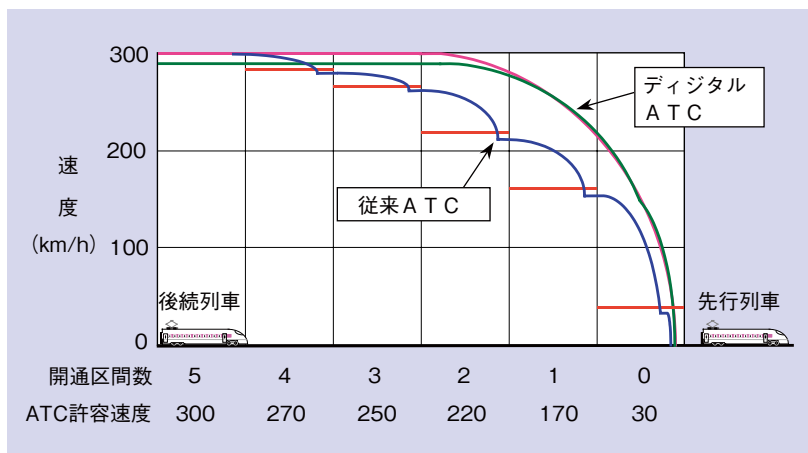


図1 従来ATCとデジタルATCの運転の違い

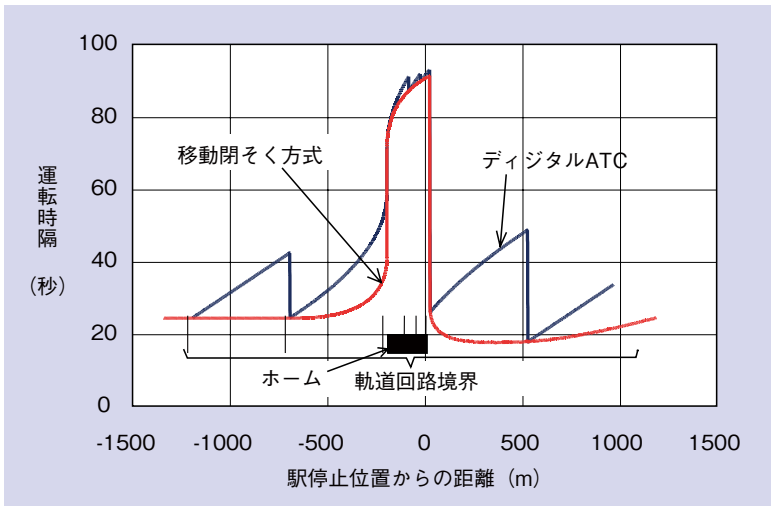


図2 デジタルATCと移動閉そく方式の運転時隔の比較 (ホーム1面)

ケーブルで情報を集めなくてもすみ、工事費が安価になります。車上で列車位置を把握することは、無線を使った運転制御システムの開発でも研究しており、実用化は十分可能と考えました。

図2は、通勤線区をモデルにして、駅の前後の各地点における、デジタルATCと移動閉そく方式の運転時隔を比較したものです。駅中間では、差がありますが、運転時隔が最も大きくなる駅内ではほとんど差がないことがわかりました。

デジタルATCでは、軌道回路にデジタル符号を送るために、同じレールに流れている電車電流の妨害があっても車上で確実に受信できることが、開発のポイント1つでした。安定に伝送するためにはATC信号電流は電

車電流の高調波電流の周波数を避ける必要があります。狭い帯域幅で伝送速度を大きくするには、MSK (minimum shift keying) という通信方式が最適でした。車両の制御装置がVVVF制御方式になったことにより、サイリスタ位相制御方式よりもATC周波数帯の電源の偶数次高調波が比較的小さくなり、デジタル伝送が容易になりました。

デジタル符号の伝送が確実にされるか、伝送データを基にブレーキ曲線を計算して、ブレーキ制御が確実にできるか、を中心に、函館本線、鹿児島本線の在来線と山陽新幹線(図3)で現地試験を行い、十分な性能が得られることを確認しました。また、中国高速線に採用されるように中国の

ループ試験線でも試験を行い(図4)、十分実用できることを確認しました。

おわりに

デジタルATCは、JRでも実用化のための試験を行い、新幹線や山手線等のATC設備更新時にはデジタルATCが導入されています。デジタルATCは、開発のとりかかりが、JR北海道の安価な車内信号であったように、地上からは、前方の開通区間数(距離相当)を伝送し、車上で列車の性能に合わせたブレーキ制御を行います。いろいろな性能が混在して走行する区間に導入することが、最も利点があると考えており、そのような区間に導入されていくことを期待します。



図3 山陽新幹線での試験



図4 中国試験線での試験