

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

車上データベースの更新を省力化する

近年、車上データベース（以下、車上DB）を利用した運転保安装置が開発・導入されています。車上DBは、線路データや車両性能データなど走行時の安全性を保つ重要なデータであり、本データの更新は、現状、記録媒体を用いて装置ごとに行われるため、多くの労力を要しています。ここでは、車上DBの更新の省力化ならびに効率化を目指し、無線通信を活用した更新技術について、開発装置の概要を示すとともに、各種評価試験結果について紹介します。



藤田 浩由
Hiroiyuki Fujita
信号・情報技術研究部
信号システム研究室
副主任研究員
【専門分野】ATS、雷害対策、電子機器の劣化・寿命評価



小野 雄人
Yuto Ono
信号・情報技術研究部
信号システム研究室
副主任研究員
【専門分野】雷害対策



新井 英樹
Hideki Arai
信号・情報技術研究部
信号システム研究室
室長
【専門分野】信号システム一般

はじめに

車上DBを有する運転保安装置は、近年開発、導入が進んでおり、東海道新幹線のATC-NSをはじめ、山手線、京浜東北線のD-ATC、京王ATC、ATS-Dx¹⁾（DN：JR北海道、DK：JR九州）などがあげられます。いずれの装置も車上DBに地上設備位置などの線路データや車両性能などを登録することで、地上設備の削減や細かな速度制限設定および車両性能に応じた最適な速度照査（車上で安全に走行できる速度を演算し、その速度と現在速度を連続的に比較することで安全を担保する方式）を実現しています（図1）。このため、線形変更にもともなう速度制限箇所の位置およ

び制限速度の変更などが生じた場合に車上DBの更新が必要となります。

現状の運転保安装置で使用される列車制御用車上DBの更新は、車両基地において、装置単体ごとに記録媒体を用いて書き換え作業を行っており、更新対象車両数が多い場合、多大な時間と労力を要するという課題があります。そこで、更新時の省力化ならびに効率化を目的として、無線通信を活用した車上DBの更新技術を開発し、プロトタイプを用いた検証試験を行いました。なお、本件では、無線通信による車上DB更新の対象として、ATS-Dxを選定し、更新システムのプロトタイプを開発しました。

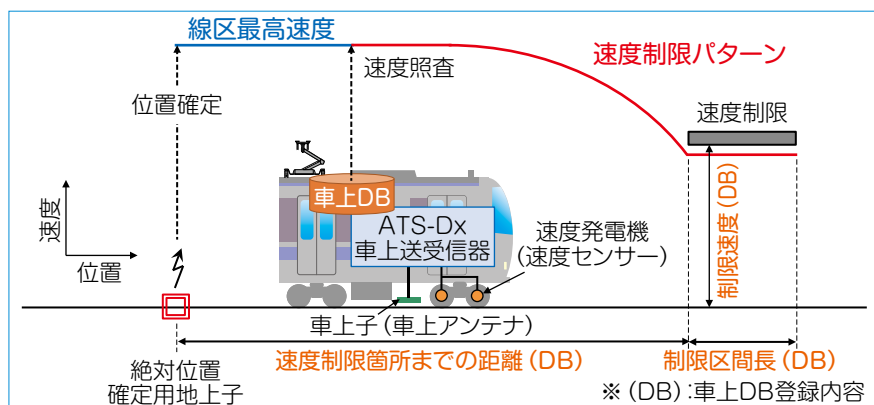


図1 制限区間における速度照査のイメージ

ATS-Dxにおける車上DBの概要

(1) 車上DBの構成

ATS-Dxの車上DBは、図2に示すように車両最高速度やブレーキ性能などの車両の基本性能を登録する車両性能DB、および地上設備位置や制限速度などを登録する線路DBから構成されています。線路DBは、区間境界に設置される絶対位置確定用地上子（区間先頭に必ず設置される区間内の位置基準となる地上子）から受信した情報を元に、線路データ参照先を確定するための絶対位置データと、地上子位置や信号機位置、曲線などの速度制限情報を列車の進行順に登録した線路データより構成されます。

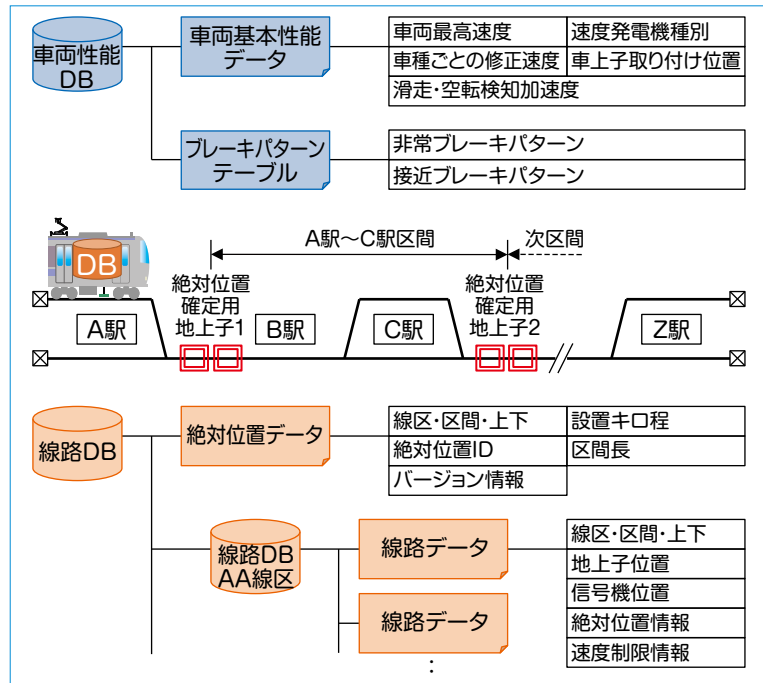


図2 ATS-Dxの車上DB登録内容

(2) 車上DBの作成・管理

車上DBに登録されるデータは、前述のとおり速度照査パターンの作成に直接使用されることから、データの安全性確保が非常に重要となります。このため、車上DBの構築にあたっては、図3に示すようにDB入力機能、DBシミュレーター機能、DB管理機能の3種類の機能により、DBの作成、検証、管理を行い、安全性に配慮することとしています。とくに管理装置は、車両基地などに設備されており、十分に検証されたデータが車上送受信器にインストールされるような仕組みとしています²⁾。

車上送受信器へのインストールには、CF (Compact Flash) カードを用いており、所定の車上送受信器に所定のCFカードが挿入され、適切に車上DBがインストールされたかを管理することが重要となります。そこで、車上送受信器にCFカードに対して製造番号をIDとして書き込む機能を設け、インストール後のCFカードを回収し、再度管理装置に読み込ませることで搭載状況の管理を行うこととしています。なお、車上DB更新時に重要となる

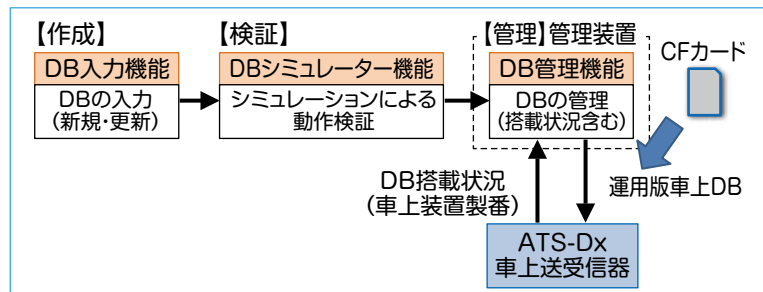


図3 車上DB作成からインストールまでの流れ

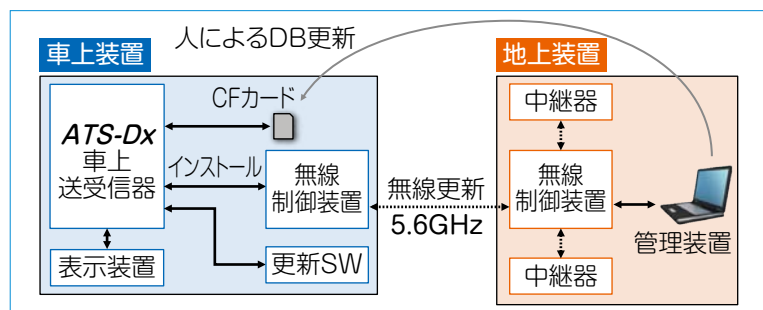


図4 プロトタイプの構成および仕様

DBのバージョン情報についても、管理対象としています。

無線通信による車上DB更新技術

(1) システム構成

無線通信による車上DB更新システムのプロトタイプ装置は、ATS-Dxを対象とし、開発にあたり極力現状のATS-Dx車上送受信器のハードウェア

改修が生じないように配慮することとしました。システム構成を図4に示します。

車上装置は、ATS-Dx車上送受信器と無線制御装置、更新対象車両であることを設定するための更新スイッチ（以下、更新SW）、音声の鳴動やLED表示を行う表示装置から構成されます。一方、地上装置は、車上DBを管理する管理装置と無線制御装置から構成さ

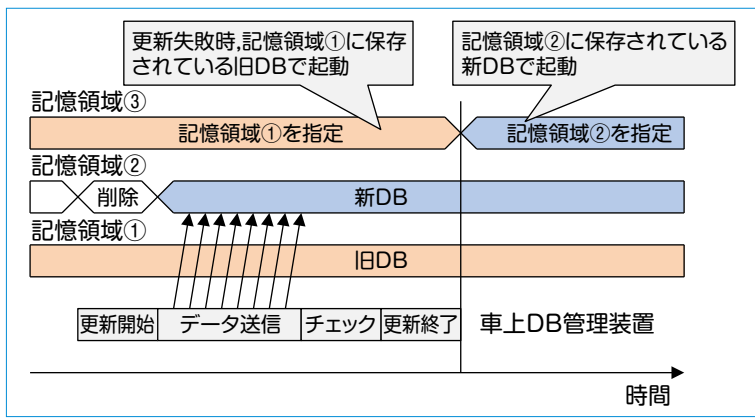


図5 記憶領域の切り換え方法

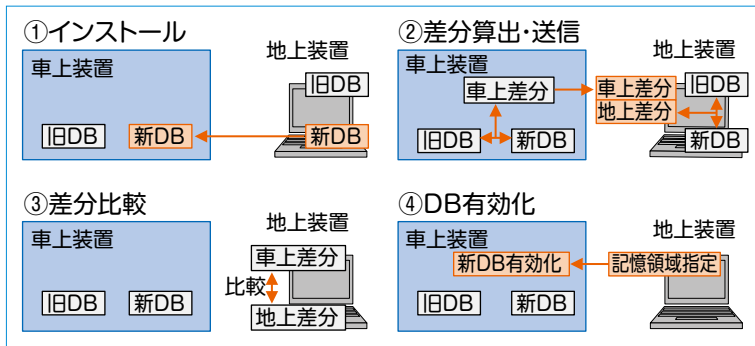


図6 差分方式による正当性確認の概要

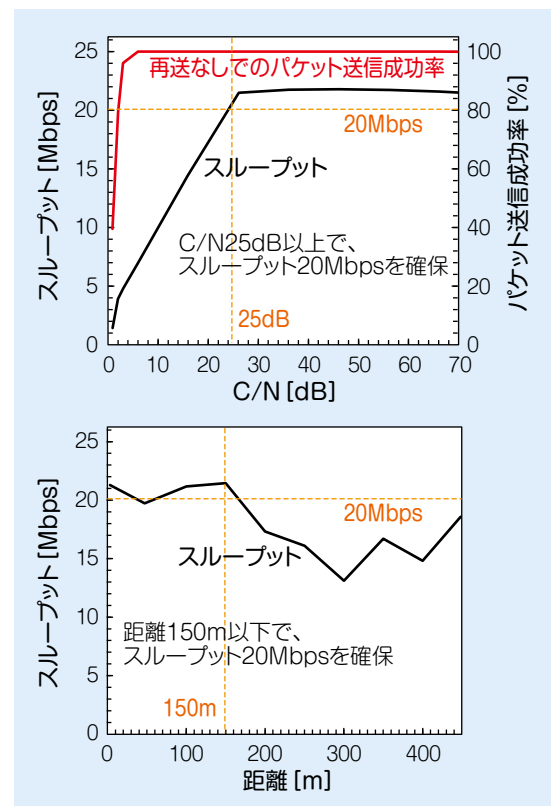


図7 無線特性試験結果

れます。ここで、プロトタイプ装置における無線制御装置は汎用の無線モデムおよびPCでの構成とし、管理装置は、簡素化のためにPCにて構成しました。なお、実用システムにおいては、管理装置にはフェールセーフ性(☞参照)が要求されます。

(2) 更新プロトコル

記憶領域の切り換え方法を図5に示します。プロトタイプ装置においては、更新SWが扱われた条件をトリガーとして、車上送受信器が車上DBの更新専用モード(以下、更新モード)に移行し、無線通信を開始します。

本システムの記憶領域は、旧DBと新DBをそれぞれ保持するための記憶領域

①と記憶領域②、そして車上送受信器が読み込む記憶領域を設定するための記憶領域③の3領域で構成されます。また、新旧DBはそれぞれ制御情報を2組分保持できるようにしており、基本的に新DBは現状使用しているバージョン(地上設備変更前)と変更後のバージョンを保持することとしています。旧DBと新DBの切り換えは、車上送受信器の起動時に読み込む車上DBを記憶領域③で指定する方式としました。

車上送受信器が更新モードに移行すると、記憶領域③で指定されていない記憶領域(図5では記憶領域②)を消去し、その記憶領域を新DBの保存領域として使用します。新DBの正当性が確認され、通信が正常に終了すると、記憶領域③で指定する記憶領域を②に変更します。更新終了後、車上送受信器を再起動すると、新DBで動作します。万一、更新に失敗した場合は、記憶領域③の内容が変更されないため、旧DBで起動します。なお、車上DBの搭載状況の管理は、地上管理装置で

一元的に行えるため、CFカードでの更新と比較して時間短縮を図れます。

(3) 車上DBの正当性確認

図6に無線伝送により更新された車上DBの正当性の確認手法の概要を示します。車上DBを更新する際、誤ったデータで車上DBが更新されると運転保安装置の安全が確保できないため、受信したデータの正当性を確認する必要があります。一般には、伝送データの正当性確認方法として、受信データを返送し、送信データと返送されたデータの一致を確認する方法が用いられています。ただし、この方法では、車上DBの全データを送信するため、データ伝送量が大きくなるとともに、同じ無線伝送特性の条件下ではデータ伝送量が大きくなる分だけ車上DB更新時間が長くなります。また、新DBと旧DBは、広域かつ大規模な地上側の線形変更が実施されない限り、同一の制御情報が数多く登録されている特徴を持っています。そこで、車上DB更新時間の短縮を目的としたデー

☞ フェールセーフ性

装置の一部に故障が発生した場合、その装置をあらかじめ定められた安全状態に固定し、故障の影響を限定することができるシステムの能力、あるいはこれを達成するような設計手法を指します。



図8 機能検証試験の様子

タ伝送量の縮小手法として、旧DBと新DBとの差分を車上装置と地上装置とでそれぞれ独立して算出し、地上装置内で、車上装置から送信された差分データと地上装置で算出した差分データを比較することとしました。差分の比較に誤りがある場合には、地上装置から新DBの使用が許可されないようにしました。

なお、本手法は、高い安全性を実現するため、フェールセーフCPUを搭載した地上装置と車上装置で、独立して算出した差分情報を比較することを基本としています。

(4) 無線仕様

無線制御装置は、導入のしやすさを考慮し、無線免許が不要な汎用品の使用を前提としました。本システムでは、車両基地内での電波環境測定を実施し、5.6GHz帯の無線LAN(IEEE802.11a)を使用することとしました。

(5) 無線通信における安全性・セキュリティ対策

汎用無線規格を用いてデータ伝送を

行う場合、保安情報の伝送に関する鉄道向け国際規格IEC62280に従った安全性およびセキュリティー対策を実施することが求められています³⁾。IEC62280では、無線LANをオープントランスミッションシステム(特性が未知・可変であり、かつ使用者が特定できない)と位置付けています。そこで、本システムにおいては、IEC62280で定義される脅威に対応した対策を採ることとしました。

検証試験

開発した無線更新技術について、無線特性ならびに機能検証のための試験を実施しました。

無線特性試験については、鉄道総研所内試験線において減衰特性および通信距離特性試験を実施し、20Mbps以上のスループット(実用上の最大伝送速度)を得るためにはC/N(信号成分とノイズ成分の比率)を25dB以上、無線制御装置間距離を150m以下とする必要があることを確認しました(図7)。一方、伝送品質の試験は図8に示すように車両区にて実施し、パケット送信成功率の時間推移を日中帯の2日間観測したところ、目立った特徴は見られず、5.6GHz帯の無線通信によるデータ伝送については信頼性に関して問題ない結果が得られました。また、機能検証試験については同じく車両区にて実施し、ここでは、正常動作ならびに異常発生時の動作として、他車両による遮蔽、無線通信の断絶および妨害波印加、更新データ誤りおよび更新SW誤扱いについて、動作確認を行いました。プロトタイプによる機能検証試験の結果、仕様通りの動作を

確認するとともに、従来と同等の正当性を確保したまま複数台の同時更新が可能であることを確認しました。なお、無線による更新時間は、正当性確認の結果を管理装置が送信するまで約3分(更新用DB:約700kByte)となりました。

無線DB更新技術の展望

今回開発したシステムにおいて、無線による車上保安装置用DB更新の基本機能に問題がないとともに、従来と同等の正当性を確保したまま複数台の同時更新が可能であり、単体ごとと比較して効率的に車上DBを更新できることが確認できました。これらの結果から、本システムの開発で得られた知見や技術は、現行の更新作業の省力化に寄与するとともに、今後の車上DBを活用した車上主体型の運転保安装置のさらなる導入拡大に貢献するものであると考えられます。

なお、ATS-Dxを対象にハードウェア構成を極力変更しない前提としたため、更新開始時に車上で更新SWを扱う必要があるなどの制約がありました。しかし、新たに無線を利用した車上DB更新を行う車上保安装置においては、事前に車上装置のハードウェア構成、データ管理ならびに使用無線などについて、十分な検討を行うことで制約をなくすことができます。RRR

文献

- 1) 藤田浩由, 新井英樹, 佐藤和敏, 門脇雅明, 貞刈路也: 車上データベースを用いたATS-Dxの開発, 鉄道総研報告, Vol.24, No.3, pp.5-10, 2010
- 2) 藤田浩由, 会津知晃, 森田隼史, 相馬清高: ATS-Dxの車上DB管理システムの開発, 第48回鉄道サイバネ・シンポジウム, No.608, 2011
- 3) 川崎邦弘: 安全関連伝送に関する国際規格IEC62280, 鉄道総研報告, Vo.27, No.2, pp.41-44, 2013