

新幹線延伸に伴うDS-ATC車上装置の機能向上

横山 啓之
Yokoyama Hiroyuki

嶺崎 里美
Minesaki Satomi

木立 智英
Kidachi Tomohide

池口 信行
Ikeguchi Nobuyuki

鈴木 一也
Suzuki Kazuya

有馬 雅紀
Arima Masanori

DS-ATC車上装置において、新幹線車両の会社間相互直通運転に対応するため、(1) 車上データベース(速度照査パターン)を会社ごとに分割管理する、(2) 会社境界で走行中に車上データベースの切り換えを行うという新機能の開発を行った。

車上データベースは安全に関わる重要な要素であるため、まずは車上データベースを構築するための組織体制を立

ち上げ、顧客各社の意見・要望を取り入れながら連携して開発を進めてきた。そして、既存のDS-ATCシステムへの変更を軽微に抑えつつ、またシステムを稼働させながら、新機能の導入を実現した。

現在、本システムは、北陸新幹線および北海道新幹線の会社間相互直通運転において順調に稼働中である。

1. はじめに

整備新幹線開業に伴う新幹線車両の会社間相互直通運転[東日本旅客鉄道株式会社(以下、「JR東日本」と記す。)&西日本旅客鉄道株式会社(以下、「JR西日本」と記す。)&および北海道旅客鉄道株式会社(以下、「JR北海道」と記す。)]に対応するため、DS-ATC(Digital communication & control for Shinkansen - Automatic Train Control)車上データベース(DB: Database)を会社ごとに分割管理する新たな開発を行った。DS-ATC車上システムでは、従来は全線を1つのDBで管理していたが、相互直通運転に伴い、DBの内容は安全に関わる重要な要素であることから、おのこの鉄道事業者において責任を持って管理する必要がある、DS-ATC車上装置(以下、「車上装置」と記す。)に搭載するDBは会社ごとに分割して管理できる仕組みとした。また、会社境界のDB切り換えは運用上の都合を考慮し、走行中に駅中間で実施しなければならない。

本稿では、DS-ATC車上DBの分割管理および会社境界でのDB切り換え制御の概要について述べる。

2. 車上装置の概要

車上装置は、位置補正用トランスポンダ地上子からの地点情報によって自列車位置を確定し、速度発電機からのパルスの積算値を基に残距離を減算して自列車位置を連続的

に把握している。この自列車位置と地上装置から送信されるATC電文内の停止位置情報などを基に、停止位置までに停止するための速度照査パターンをDBから検索する。

DBには、停止位置となりうるすべての軌道回路に対する速度照査パターンをあらかじめ保有している。この速度照査パターンには、線路の勾配や曲線、分岐器などを走行する際の制限速度、および自車両のブレーキ性能などが反映されている(図1参照)。

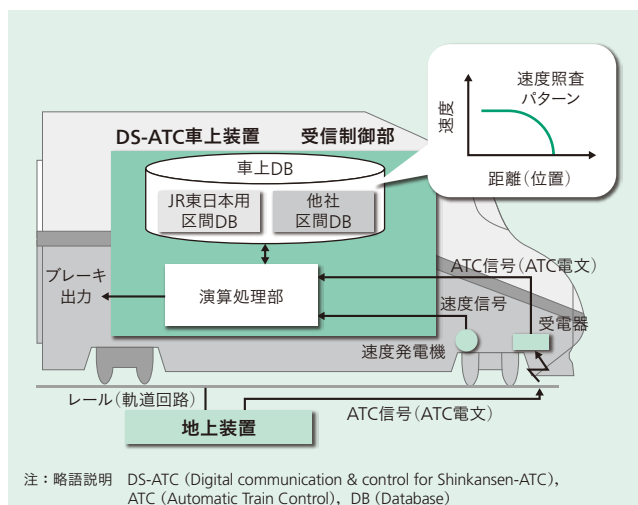


図1 | DS-ATC車上装置の構成

車上装置の中核を成す受信制御部には、停止位置となりうるすべての軌道回路に対する速度照査パターン(DB)を保有している。

3. 車上DB切り換え機能の開発

3.1 開発の目的

開発の目的を以下に示す。

- (1) 事業者ごとのDB管理を可能とし、運用面での省力化を図る。
- (2) DBの更新作業を円滑にする(会社ごとのDBは新旧2面ずつ保有する)。
- (3) 走行中のDB切り換え時の安全性を確保する(会社識別情報を用いたDB切り換え制御の開発)。

3.2 車上DBの構成

従来はJR東日本管内を1つのDBで管理しており、DB更新時にはJR東日本で保有する新幹線全車両のDB改修を行っていた。しかし、相互直通運転開始後も現状の方式を踏襲した場合、JR東日本管内の一部箇所でDB更新を行った際に地上装置から送信されるATC電文内の地理バージョン情報(地上設備とDBをひも付けるための情報)も全エリア一括で更新する必要があるため、他会社エリアのDBも更新することになり大きな影響を及ぼしてしまう。このため、自社内のDB更新時に他会社に影響を及ぼさないために、DBを会社ごとに管理することとした。

具体的には、これまで1つであったDBを、「JR東日本用区間DB(以下、「JR東DB」と記す。）」、「JR西日本用区間DB(以下、「JR西DB」と記す。）」、「JR北海道用区間DB(以下、「JR北DB」と記す。）」の3つに分割した。ただし、会社境界において走行中のDB切り換えを実現するために、会社境界前後の一定範囲の速度照査パターンデータは、両社で重複して保有することとした。

一方、JR東日本およびJR西日本とJR北海道すべてのDBを搭載するには、従来のメモリ基板(以下、「MEM基板」と記す。)ではメモリ容量が不足しており、すべての速度照査パターンを保有できない。また、MEM基板1枚当たり新旧2面のDBを保有しなければならないため、メモリ容量を従来の4倍に増やした新しいMEM基板を開発した。

このMEM基板を会社ごとに割り付け、車上装置の片系当たり2枚ずつ搭載することとした。1枚目にはJR東DB、もう1枚にはJR西DBまたはJR北DBを搭載した(図2、図3参照)。

3.3 会社識別情報

会社境界でDBを切り換えるために、地上装置から送信されるATC電文内に会社識別情報を追加した。車上装置は、自列車位置をATC電文内の論理部番号(駅単位の固有番号)と軌道回路番号から特定している。しかし、DS-

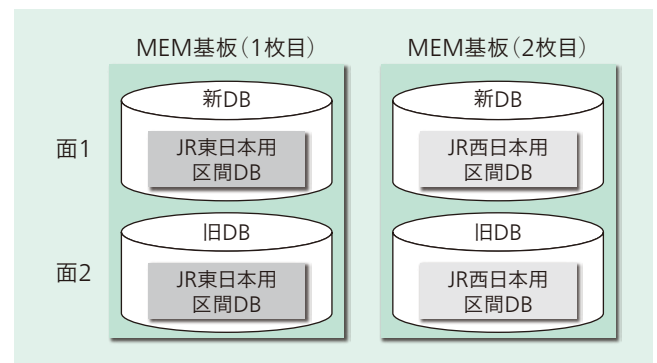


図2 | 北陸新幹線車両に搭載する車上DB

JR東日本用区間DBとJR西日本用区間DBの双方を搭載する。

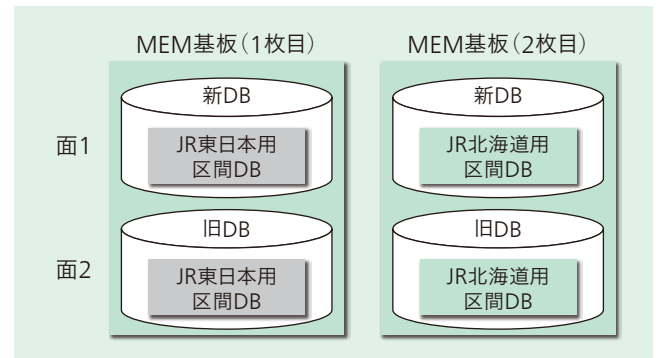


図3 | 北海道新幹線車両に搭載する車上DB

JR東日本用区間DBとJR北海道用区間DBの双方を搭載する。

ATCシステムは2000年頃の開発当時はJR東日本以外に乗り入れることを想定していなかったため、論理部番号に空きがなく、JR西日本区間とJR北海道区間の論理部番号を割り付けることができなかった。そのため、ATC電文内の未使用ビットに「会社識別情報」というJR東日本(自社)とそれ以外(他社)を区別するための情報を追加し、車上装置はATC電文内の会社識別情報と論理部番号のセットで自列車位置(在線している駅)を特定することとした。同様に、位置補正用のトランスポンダ地上子電文についても論理部番号を使用しているため、未使用ビットに会社識別情報を追加した。

会社識別情報の追加により、地上装置、車上装置ともに最小限の改修で会社間乗り入れを実現することができた。

3.4 車上DB切り換え制御

会社境界でのDB切り換え制御の概要を以下に示す。JR東日本からJR西日本への直通運転を例に説明する。

(1) 車上装置立ち上げ時

車上装置立ち上げ時、JR東日本区間に在線中のため、地上装置から会社識別情報「自社」のATC電文を受信する。車上装置はJR東DBを選択し、ATC電文内の在線論理部番号と停止論理部番号に合致する速度照査パターンをJR東DBから検索する(図4参照)。また、JR東DB内の新DBまたは旧DBの選択は、ATC電文内の地理バージョン

情報と一致する側を選択する。

(2) 車上DB切り換え前

JR東日本区間において、会社識別情報「自社」のATC電文を常に受信する。車上装置はJR東DBを継続して使用する(図5参照)。

(3) 車上DB切り換え時

車両がJR東日本区間からJR西日本区間(他社区間)に進入すると、地上装置から会社識別情報「他社」のATC電文を受信する。車上装置は会社識別情報が「他社」に切り換わったため、使用中の車上DBをJR東DBからJR西DBに切り換え、ATC電文内の在線論理部番号と停止論理部番号に合致する速度照査パターンをJR西DBから検索する(図6参照)。

また、会社境界以外で誤ってDB切り換えを行わないようにするために、DB内に切り換え許可軌道回路の情報をあらかじめ登録している。このため、車上装置は常に在線中の軌道回路がDB切り換えを許可しているか否かを分かっていることから、仮に会社境界以外で会社識別情報が変化しても、車上装置側でATC電文を破棄する(DB切り換えを行わない)仕組みとしている。

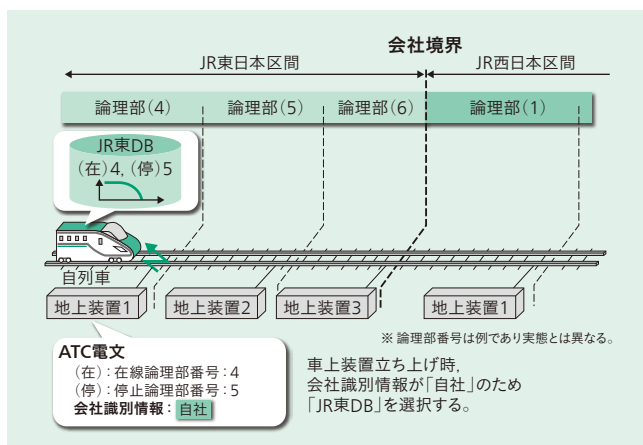


図4 | 車上装置立ち上げ時の制御

ATC電文と合致する速度照査パターンをDBから検索して制御に使用する。

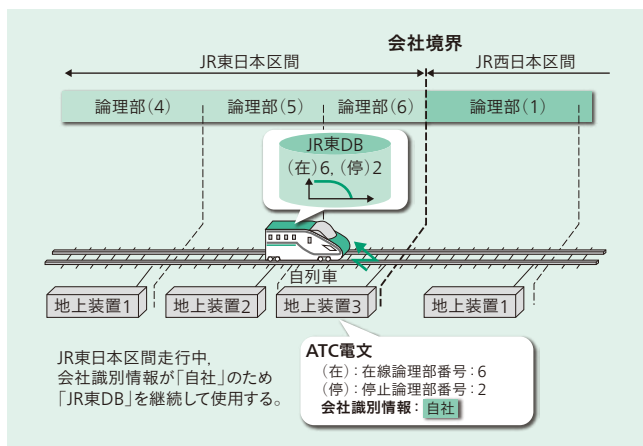


図5 | 車上DB切り換え前の制御

会社境界をまたぐ直前まで切り換え前のDBを使用する。

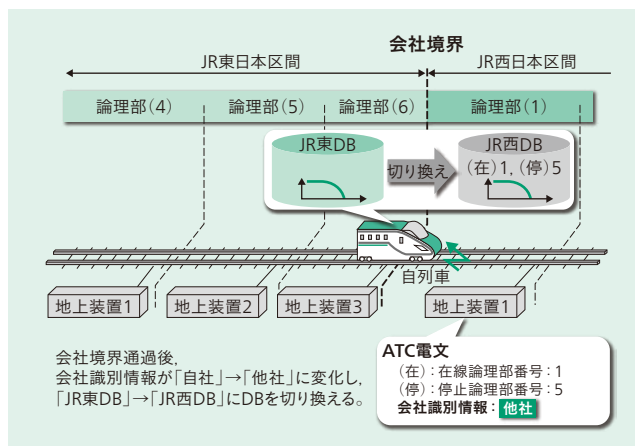


図6 | 車上DB切り換え時の制御

会社境界をまたいだ先のATC電文を受信した後にDB切り換えを行う。

(4) 異常検知

車上装置は、常にATC電文内の会社識別情報と車上DB内にあらかじめ登録されている会社情報の照合を行っている。そのため、会社境界をまたいだ後にDB切り換えが正常に完了しなかった場合は、ATC電文と車上DBの会社情報が不一致となるため、照合エラーで故障を検知し、非常ブレーキ指令を出力する。

3.5 JR東日本管内におけるDB分割

JR東日本管内は1つのDBで管理しているため、車両運用上DB更新箇所へ乗り入れない車両についても、ATC電文内の地理バージョンが全エリア一括で更新されると新幹線全車両のDB更新をしなければならなかった。今回開発したDBの分割管理を応用し、JR東日本管内を従来の1つから4つの区間(東北北、東北南、上越、北陸の4つ)に分割することで、区間境界でのDB切り換えを可能とした。なお、JR東日本管内のATC電文内の会社識別情報は全エリアで「自社」(JR東日本)とすることから、区間境界でDBを切り換えるために、地上装置側でATC電文内の地理バージョン情報を全エリア一括ではなく区間ごとに設定することとした。

これにより、JR東日本管内でのDB更新の際、DB更新箇所へ乗り入れない車両のDB更新は不要となるため、DB更新作業の大幅な軽減を図ることが可能となった。

3.6 本線走行試験

開発した製品を試験車両に搭載し、本線走行試験を実施した。他会社への乗り入れ前であったため、JR東日本管内の4分割した区間境界で行った。東北新幹線の盛岡駅～北上駅間の区間境界において延べ6日間にわたって合計48回のDB切り換えを行い、所定どおりDB切り換えが行えることを確認し、良好な結果を得た。なお、区間境界の

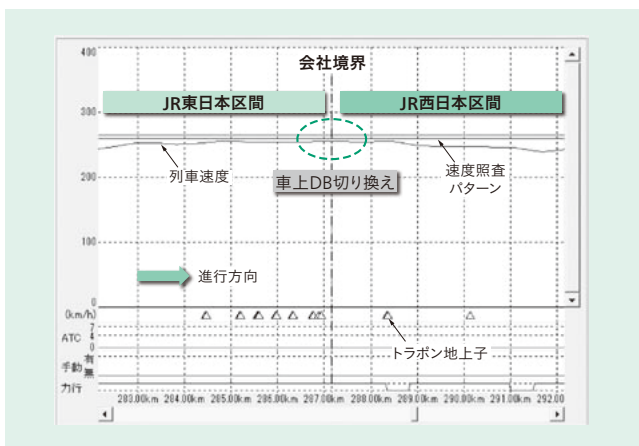


図7 北陸新幹線の走行データ(車上装置の記録データ読み出し結果)
JR東日本とJR西日本の会社境界において走行中にDB切り換えを行う。

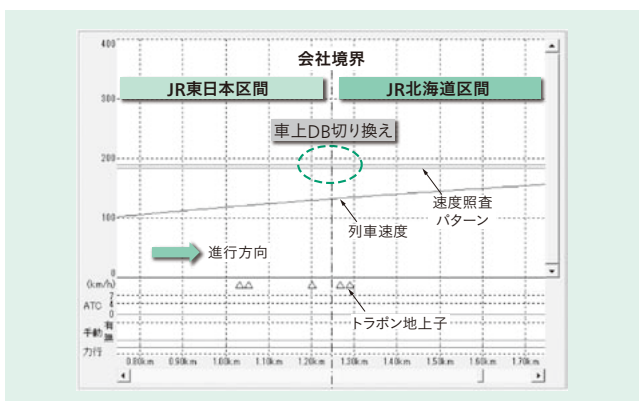


図8 北海道新幹線の走行データ(車上装置の記録データ読み出し結果)
JR東日本とJR北海道の会社境界において走行中にDB切り換えを行う。

DB切り換え処理は会社境界のDB切り換えと同等の処理であるため、会社境界でも正常にDB切り換えが行えるという見通しを得た。

4. 営業列車への導入

2015年3月の北陸新幹線金沢開業により、JR東日本区間からJR西日本区間への直通運転が始まり、今回開発したDB切り換え制御は稼働を開始した。また、2016年3月の北海道新幹線新函館北斗開業後はJR北海道区間への直通運転も始まっており、現在まで順調に稼働している(図7、図8参照)。

5. おわりに

新幹線車両の会社間相互直通運転に対応するため、DBを会社ごとに分割管理する新たな開発を行った。

ただし、DBを会社ごとに分割管理するためには、メモリ基板のメモリ容量不足や、ATC電文に自社と他社を区別するための情報がないといった課題があり、新しいメモリ基板の開発や、地上装置側も含めたATC電文への会社識別情報追加の開発を行い、ハードウェアとシステムを構築するに至った。この結果、自社内のDB更新時に他会社

のDBには影響を与えず、かつ、DB更新の車両数も最小限に抑えることを実現した。

本開発は、既存のDS-ATCシステムへの変更を軽微に抑えつつ、またシステムを稼働させながら、新機能を導入することができたという点でも意義深いものである。

謝辞

今回の開発にあたり、技術的な面のみならず、DB管理や会社間調整、現車走行試験など、多くの関係者のご尽力を頂いた、東日本旅客鉄道株式会社、北海道旅客鉄道株式会社および西日本旅客鉄道株式会社の関係各位に対して、改めて御礼申し上げる次第である。

執筆者紹介



横山 啓之

東日本旅客鉄道株式会社 運輸車両部 所属
現在、鉄道車両用保安装置、主回路、補助電源装置、ホームドア装置の開発取りまとめに従事
技術士(機械部門)



嶺崎 里美

東日本旅客鉄道株式会社 運輸車両部 所属
現在、鉄道車両用保安装置の開発・設計に従事



木立 智英

北海道旅客鉄道株式会社 車両部 所属
現在、鉄道車両用保安装置の設計、改造工事全般の設計取りまとめに従事



池口 信行

西日本旅客鉄道株式会社 車両部 車両設計室 所属
現在、新幹線車両の電気機器全般の取りまとめに従事
鉄道設計技士(鉄道車両)



鈴木 一也

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 水戸交通システム本部
信号システム設計部 所属
現在、鉄道車両用保安装置の開発・設計取りまとめに従事



有馬 雅紀

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 水戸交通システム本部
信号システム設計部 所属
現在、鉄道車両用保安装置の開発・設計取りまとめに従事