

制御装置の相互バックアップシステムによる 輸送の安定性向上

吉田 耕治* 鈴木 勝彦*

JR東日本では、21世紀にふさわしい通勤・近郊電車を目指してAC Train (Advanced Commuter Train) の開発を進めてきたが、様々な要素技術の集大成である試験車両が昨年度完成し、走行試験を行なっている。ACトレインの開発コンセプトのひとつである「輸送の安定性向上」実現のため、万が一の故障発生時においても輸送への影響を極力少なくするという点に着目し、これまでにない考え方による「相互バックアップシステム」の開発に取り組んでいる。本稿では、AC Trainの開発の一環として、「ATS - P装置の相互バックアップシステム」及び「戸閉制御装置の相互バックアップシステム」の開発についての試作および現車試験を行ない、基本機能等が良好に動作することを確認した。

キーワード：輸送の安定性向上、相互バックアップシステム、情報伝送装置

1 はじめに

安定輸送の確保は鉄道会社の大きな使命の一つであり、これまで、個々の車両故障防止対策をはじめ、対策の水平展開による類似故障防止、設計見直しによる開発レベルへのフィードバック等、ハード面・ソフト面両面からの取り組みを行なってきた。しかし、お客様からのさらなる信頼を得るためには、様々な角度から輸送の安定性向上を図っていく必要がある。

ここでは、万が一の故障発生時にも輸送への影響を極力少なくすることを目的に、車両の情報伝送装置の機能を活用することにより、編成内の他の部位の同一機器が、故障した機器の機能をバックアップするという新たな発想によるシステムの構築に取り組んだ。

今回は、故障すると大きな輸送障害につながる機器として、保安装置である「ATS - P装置」及び、お客様の乗降用ドアの開閉を制御する「戸閉制御装置」についての相互バックアップシステムの開発を行なった。

2 ATS - P装置の相互バックアップ

2.1 システム概要

2.1.1 システムの考え方

ATS - Pシステムは、編成の先頭部と停止信号までの距離、勾配条件等から、車両の走行速度に応じてブレーキ指令を制御するシステムである。特に、出発信号機・場内信号機等が停止現示の場合、先頭部が当該信号

直下の地上子を通じた時点でブレーキ指令を出力する機能を満足するために、バックアップ制御時においても、地上からの制御電文は先頭車両に設置した車上子で受信し、制御する必要がある。バックアップ制御時、この電文を後部運転台のATS - P装置に送信する手段として、専用回線を用いずに、車両内の情報伝送装置を介してデータとして伝送する方式とした。

2.1.2 通常制御との比較

現行のATS - P装置のシステム概要を図1に、バックアップシステムの概要を図2に示す。ATS - P装置は両運転台に搭載されているが、現行はそれぞれを独立した装置としているため、先頭車のATS - P装置に故障が発生すると保安装置としての機能を果たすことができなくなる。バックアップシステムでは編成内の情報伝送装置を活用し、先頭車両で受信した制御電文により後部運転台のATS - P装置が先頭車両のATS - P装置の機能をバックアップできる構成としている。

2.2 システム

2.2.1 機器構成

制御電文の送受信機能に特化した簡易変換部（バックアップ送受信器）を両運転台のATS - P装置に搭載した。今回の試作にあたっては、システムの評価を早期に行なうことに重点を置き、既存のATS - P装置の基板を活用する方法をとった。主要諸元を表1に、試作品の外観を図3～5に示す。

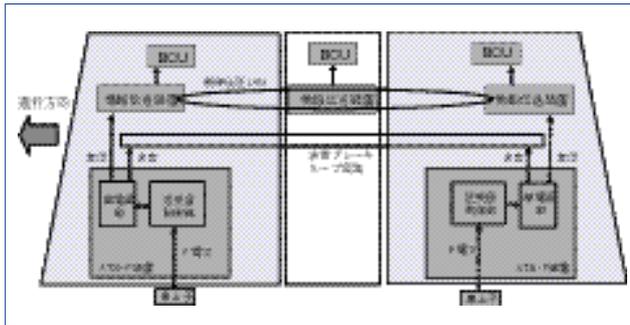


図1：現行システム

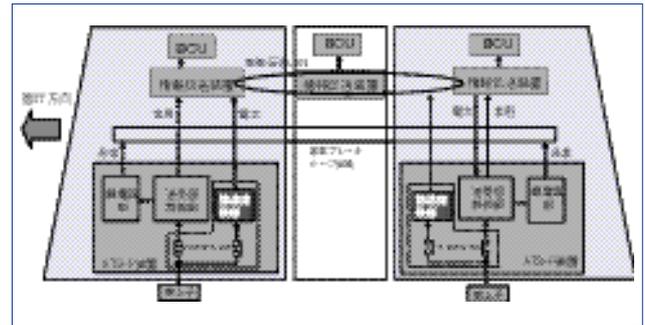


図2：バックアップシステム

表1：主要諸元

項目	仕様
基本機能	E231系用ATS-Pに準じる
主な構成機器	送受信制御部、簡易変換部、継電器部
電文受信位置	先頭車
電文伝送媒体	AC Train用情報伝送装置
バックアップ切替	手動

2.2.2 動作概要

制御電文の送受信機能に特化した簡易変換部を両運転台のATS-P装置に搭載し、送受信制御部故障の場合にはこの簡易変換部および情報伝送装置を介して後部運転台の送受信制御部に制御電文を伝送する。後部運転台では、受信した制御電文により、通常制御時と同様の速度照査等を行い各種ブレーキ指令を情報伝送装置へ出力

する。情報伝送装置は、後部運転台のATS-P装置からのブレーキ指令を受けて、ブレーキ制御装置(BCU)へのブレーキ指令を出力する。

2.2.3 制御上の考慮点

(1) 応答時間

現行のATS-Pシステムでは、制御電文受信からブレーキ指令出力までの時間遅れ(応答時間)の最大を500msとしてブレーキ照査パターンを設定している。バックアップ制御においては、通常制御に比べ、制御電文を前部から後部へ伝送する行程が追加となるため、応答時間の検討を行なった。バックアップ制御時の想定応答時間を表2に示す。



図3：送受信制御部

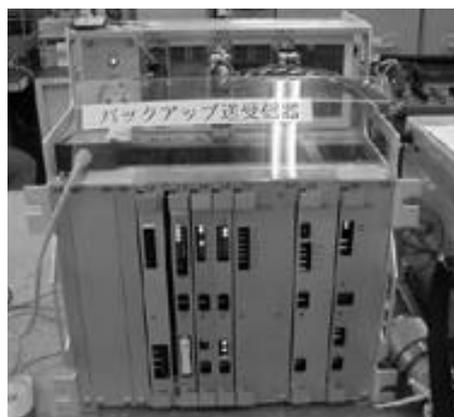


図4：簡易変換部



図5：継電器部

表2：応答時間（バックアップ制御時）

区間	想定時間	標準時間
車上子(前)→バックアップ受信部(前)	50ms	—
バックアップ受信部(前)→情報伝送装置(前)→(後)→制御部(後)	55ms	—
速度照査時間	280ms	—
制御部(後)→情報伝送装置(後)→(前)	55ms	—
情報伝送装置(前)→BCU	55ms	—
計	495ms	500ms

(2) 制御電文のチェック

バックアップ制御時は、先頭車の簡易変換部と後部運転台の送受信制御部間に情報伝送装置が介在することとなるため、電文の良否の判断をATS-P装置側で確認可能な仕組みとして、情報伝送装置との伝送状態確認のためのシリアル番号チェックとは別に、先頭車の簡易変換部で「通番」情報を付加させ、後部の送受信制御部で通番のチェックを行うことで異常時には故障扱いとし、非常・常用ブレーキを出力することとした。

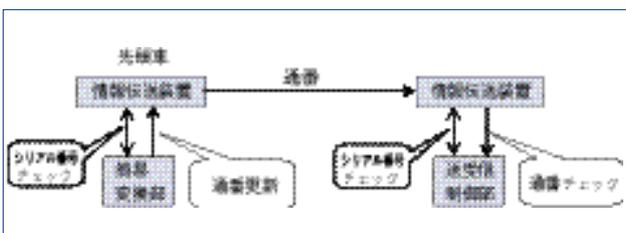


図6：通番情報

(3) 制御出力方法

ATS-P装置から情報伝送装置への常用ブレーキ指令については、従来はリレー回路によるワイヤー出力となっているが、現行、常用ブレーキの最終出力は情報伝送装置からブレーキ制御装置への伝送指令となっていることを鑑み、ATS-Pから直接伝送で出力することでリレー類の削減を行なった。また、これと連動する力行回路の遮断、回生有効指令等についても、同じ考え方により伝送化した。

また、ATS-P表示灯・単打ベル回路等についても伝送化することで、継電器の削減を図るとともに、バックアップ制御時の編成内の引き通し線の追加抑制を図っている。

(4) 運転扱い

バックアップ制御への切替えについては、先頭車のATS-P装置の故障を確認した上で切替えることを考慮し、運転台に、「ATS-Pバックアップ」スイッチを設け、乗務員によるスイッチ扱いで行なうこととした。また、万が一、バックアップ制御中に故障が発生した場合には、専用の開放スイッチを設けることなく、現行の「ATS-P開放」スイッチ扱いにより両運転台のATS-P装置の開放を可能とすることで扱い面の統一を行なった。

2.3 試験

AC Train用の車両情報伝送装置として開発したAIMS (Advanced Train Information Management System) と組み合わせての定置試験および現車での試験を行なった。

(1) 組合わせ試験

AIMS中央装置・端末装置と今回試作のATS-P装置2セットを組み合わせ、通常制御時・バックアップ制御時におけるATS-Pの各種基本機能試験、切替機能試験、応答時間測定等を行い問題のないことを確認した。測定例として、応答時間の測定結果を表図7、図8に示す。バックアップ制御時の応答時間は各伝送周期のタイミングによる最大遅れを想定した応答時間(495ms)に対し、実測で390msと、計画の性能を満足することを確認した。

(2) 現車試験

車上子から模擬のATS-P制御電文を入力し、通常制御時・バックアップ制御時におけるATS-Pの各種基本機能試験、切替機能試験等を行い問題のないことを確認した。

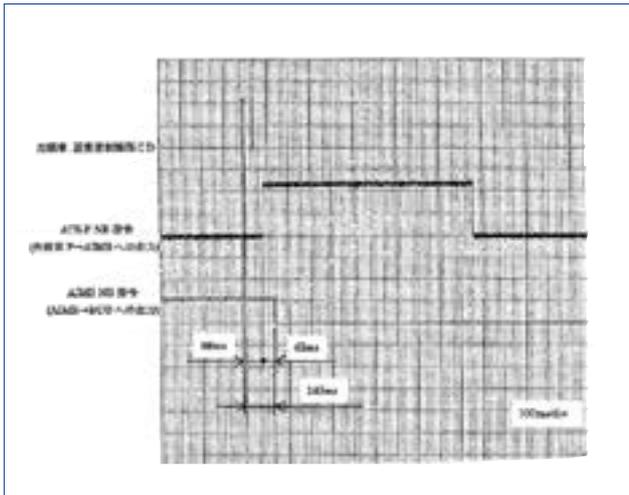


図7：応答時間（通常制御時）

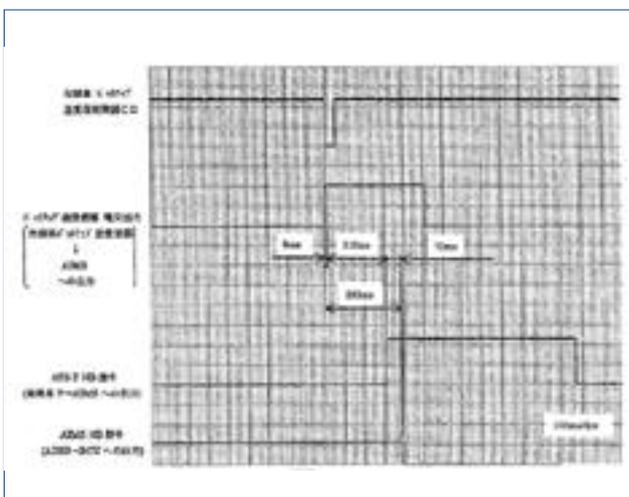


図8：応答時間（バックアップ制御時）

2.4 今後の課題

バックアップ制御に関わる基本機能は、これまでの試験で良好に動作することが確認できた。今後は、現車による走行試験での総合評価を行なうとともに、基板集約等による機器の小型化について取り組んでいく。

3 戸閉制御装置の相互バックアップ

3.1 システム概要

3.1.1 システムの考え方

電車には複数（AC Trainでは片側に3箇所）の出入口部があり、各出入口部の戸閉装置がドアの開閉を行っている。戸閉装置は機械的な部分と電気的な部分（戸閉制御装置）で構成されている。ドアの開閉を制御する戸閉制御装置に故障が発生した場合、その出入口から乗降出来なくなり、列車の遅れの原因となる。そこで、ある出入口部の戸閉制御装置が故障した場合はその戸閉制御装置に対して別の出入口部の戸閉制御装置がバックアップ（ドアを開閉）をする相互バックアップシステムを開発した。相互バックアップシステムの方式としては、進行方向に対し相反する側同士でバックアップを行う対向式と同じ側同士でバックアップを行う同側式がある（図9）。また、ドア駆動方式は量産車で使用している回転機駆動式とリニアモータ式において開発を行った。バックアップ方式の特徴を表3に示す。

表3：バックアップ方式の特徴

ドア駆動方式	バックアップ方式	開閉動作	特徴
回転機駆動式	同側式	同時開閉	パルスを用いたドアの位置検知をしていないため、直流モータを並列に接続することで動作可能。ただし、開閉速度は遅くなる。
リニアモータ式		順次開閉	パルスを用いたドアの位置検知をしているため、1箇所のドア制御が完了後、もう1箇所のドア制御を行う。
		対向式	対向側の制御装置を使用するので、ドアの開閉の速度や開閉動作を始めるタイミングを正常なドアと同様にすることが可能。

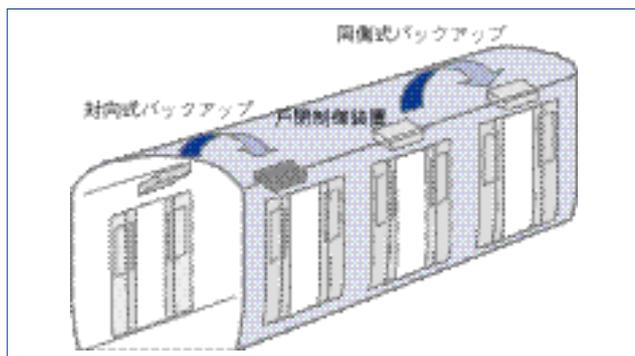


図9：バックアップ方式

3.1.2 動作フロー

ドア故障が発生した場合の本システムの動作フローは以下のとおりである。

車掌スイッチを扱い、ドア開時に故障が発生。

戸閉制御装置動作していないことをAIMSが認識する。

AIMSがドア故障を認識し、車掌スイッチ近傍に設置したドア故障表示ランプを点灯させる。

車掌がランプにて故障確認し、ランプ近傍にあるバックアップスイッチを押し、バックアップモードに切り替える。

AIMSからの指令を受け、故障している戸閉制御装

置に代わって正常な戸閉制御装置がドアを制御するモードに切り換わる。

ドア開閉スイッチ近傍に設置したバックアップ処置ランプが点灯。

車掌はバックアップ処置ランプ点灯を確認して、ドア開スイッチを再度扱いドアを開ける。

以上の操作を行い、バックアップ切替が完了できない場合は、機械部分等の故障が考えられるので、当該ドアの施錠等の処置が必要である。図10にバックアップ操作盤、図11にモニター表示を示す。

3.1.3 回転機駆動式

回転機駆動式の戸閉装置は、モータに加わる電圧と電流を検知することによりモータの回転数を計算しドアの位置を検出している。このため、パルスを用いたドアの位置検知をしていないので、2箇所を同時に動作させることができる。この利点を活用することにより、同側式の同時動作が可能である。制御装置の内部には、2つのバックアップ用のリレーを内蔵し、故障した部位へのモータ駆動用の電源等を正常な制御装置から送ることができる。この方式では、制御装置間の配線が比較的に少なくできる特徴がある。



図10：バックアップ操作盤

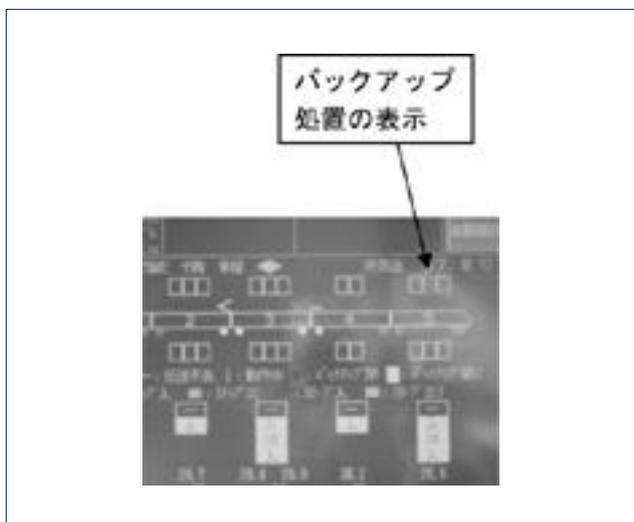


図11：モニター表示

3.1.4 リニアモータ式

モータの方式はリニア同期モータを用いており、基準位置からのパルス数の積算でドア位置を検知し制御を行っている。このため、2つのドア位置が多少でも異なった場合は、1台の制御装置で2箇所ドアを制御することが不可能となる。このようなことから、同側式は順次動作とした。ドアの制御の切換えは、ドアの動作が完了した全閉位置もしくは全開位置で行なう。一方、対向式は開閉を行う側と反対側の戸閉制御装置がバックアップを行うので、ドア開閉の速度や開閉動作を始めるタイミングを正常なドアと同様にすることが可能である。いずれの方式においても、ペアとなる2つの戸閉制御装置のうち1台が故障のときに、相互にバックアップをするためには、戸閉制御装置の開閉信号や位置検知信号の取り込み、モータへの出力切換えが必要となる。このため、従来の戸閉制御装置の機能に加え、切換え回路およびペアとなる戸閉制御装置の入力信号のインタフェース回路を追加した。そこで、追加となる回路の相互間の配線を少なくするために、戸閉制御装置2台分を1つの箱に収納した(図12)。ドアが開く場合は、AIMSからの開指令、引き通し線の開許可信号および各ドア位置の整合をとり動作を行う。これに加え、対向式では進行方向に

対し右側と左側の戸閉制御装置のコネクタ形状を変え、戸閉制御装置と車体配線の間違えを防止するとともに、コントローラボックス内の配線や基板上の信号を分離し、十分な距離をとって混触を防止している。

3.2 結果および今後の進め方

今回は、駆動方式と開閉動作において、3種類の戸閉制御装置の相互バックアップシステムを開発した。これらのシステムを AC Trainに搭載し現車試験を行った結果、各方式とも良好な動作を確認することができた。今後は、バックアップシステムの耐久性および最適な方式について検討を進める計画である。

4 まとめ

今回の開発において、情報伝送装置の活用によるバックアップシステムの有効性を確認できたことから、今後、他の機器への展開についての基盤ができたと考える。

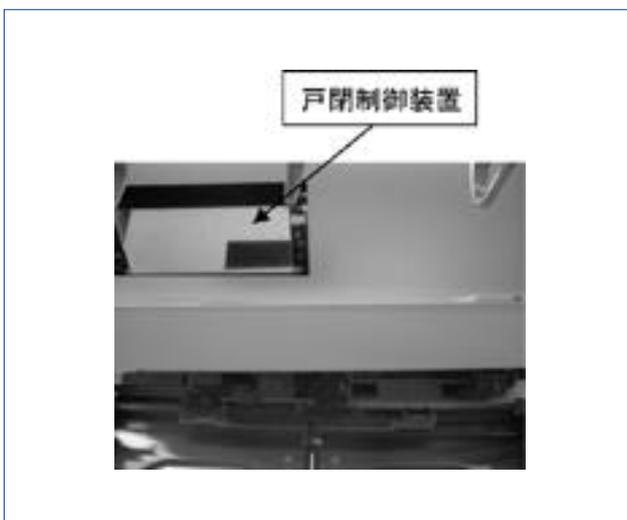


図12：バックアップ機能付き戸閉制御装置