

# 小型で安定性を向上させた在来線向けATS装置

Compact and High-Stability Onboard Automatic Train Protection Equipment for Conventional Railway Lines

村井 純

宮島 康行

横山 啓之

池永 真英

■ MURAI Jun

■ MIYAJIMA Yasuyuki

■ YOKOYAMA Hiroyuki

■ IKENAGA Shinei

首都圏稠密(ちゆうみつ)区間で運用される通勤電車において、重要機器の故障による影響を後続列車の運行に与えないようにするため、片系統が故障しても運行を継続できる二重系構成を適用する車両が増加している。

東日本旅客鉄道(株)(以下、JR東日本と呼ぶ)では、ATS(自動列車停止装置)車上装置の安定性向上のため、車上装置の二重系構成を進めているだけでなく、受信部と速度照査部の統合による部品点数削減、小型化を図るとともに、車両情報システムを利用した“車上検査機能”によりメンテナンス性も高めた車上装置の導入を進めている。更に次世代の保安装置では、各線区で多様化した保安システムを一つの車上装置に統合することも計画している。

東芝は、JR東日本の要請に基づき、二重系統合型ATS-P(パターン制御式速度照査機能付きATS)の開発と量産化に続いて、ATS-P送受信部とATS-SN区間及びATS-Ps区間向けの直交同期検波方式<sup>(注1)</sup>を用いたATS送受信部とを備え、高性能CPUに照査パターンを計算させるATS-P・Ps統合型車上装置を完成させた。

To avoid malfunctions of important onboard equipment that affect the services of the train concerned and subsequent trains, commuter trains have been increasingly equipped with dual-type equipment to realize redundant systems in recent years.

In order to improve the stability of onboard automatic train stop (ATS) equipment, East Japan Railway Company ("JR East") is actively promoting the reduction of parts through integration of the transmission unit and speed collation unit as well as miniaturization, in addition to employing redundant onboard ATS equipment on its trains. JR East is also paying attention to maintainability and promoting the incorporation of onboard testing functions into onboard ATS equipment by means of a train control and management system (TCMS). For next-generation systems, the integration of various types of ATS systems, which can be used on ATS-P (ATS using pattern renewal transponder) sections in metropolitan areas and on ATS-SN (ATS using s-type transponder) sections in suburban areas, is being planned.

At the request of JR East, Toshiba has developed the "ATS-P-Ps" onboard equipment integrating the ATS-P and ATS-SN systems that can calculate ATS patterns to check the train speed using a high-speed central processing unit (CPU), and implemented the mass-production of dual-type ATS-P systems for E233 series commuter trains on the Keiyo Line.

## 1 まえがき

ATS(自動列車停止装置)は停止信号機までに列車を停止させ、また曲線や勾配などで制限速度を超えないように、自動的にブレーキを働かせて減速や停車をさせる保安装置である。ATSの不具合が発生すると、ATSを開放した状態での運転継続は安全上の問題があることから、列車の運休を引き起こし、多くの乗客に迷惑を掛ける事象となる。近年導入されたJR東日本のE233系電車は、車上機器の二重系構成の採用を進めたため、機器内部品の単品故障や片系統故障では安易に運転を止めずに済み、安定性が向上している。

JR東日本の首都圏を運行するATC(自動列車制御装置)

搭載車両では、従来から車上装置の二重系化を行っていたが、E233系電車以降に導入されている車両では、ATS-P車上装置も二重系構成となってきた。ATS-PはJR東日本の首都圏をカバーする代表的な保安システムの形式で、地上からのATS-P電文(信号のビット列)に対応した速度照査パターンを計算し、車両速度が速度照査パターンを超えた場合には自動的にブレーキを動作させる装置である。ATS-Pでは地上と車上間の伝送情報を電文で送るため、信号情報以外にも車種、勾配、及び曲線など様々な情報を送受信できるという特徴がある。

一方、地方線区の保安システムにはATS-Sの改良型であるATS-SNやATS-Psなど様々なATSが存在しており、動作仕様は異なる。信号送受信方式は、地上子(地上側アンテナ)のLC(コイルとコンデンサ)共振周波数を車上子(車上側アンテナ)と受信器の帰還発振回路の周波数変化として検出する方式であり、ATS-Pとは異なる動作原理で信号を受信している。したがって、首都圏と地方線区両方を走る列車は、路線の信

(注1) 車上子から入力した地上子からの受信信号と車上子から送信している地上子検出信号を同期させた同期検波と、前述の入力受信信号及び送信信号の位相を90°ずらした信号との直交検波(信号を1/4サイクルずらして復調する検波方式)の2成分を使用して信号処理を行う地上子共振周波数の検出方式。



図1. JR東日本 京葉線E233系電車 — 京葉線E233系電車に二重系ATS-P量産品を納入した。  
E233 series commuter train on Keiyo Line of JR East

号方式やブレーキ制御に適応した複数形式のATS車上装置を搭載する必要がある。

ATS-Pに様々なATSの制御機能を統合することができれば複数タイプの車上保安装置を搭載せずに済み、車上装置の小型化と速度発電機をはじめとする車上装置への入出力を軽減し、車両への装備を容易化できる利点がある。

## 2 ATS装置の技術動向

東芝は、ATS-P送受信部と速度照査制御部を統合し更に車上検査機能も備えた、送受信制御部一体型ATS-Pを205系電車向けに開発した。その後、E331系電車向けATS-P装置で、二重系構成方法と東芝製車両情報システム(AIMS)を

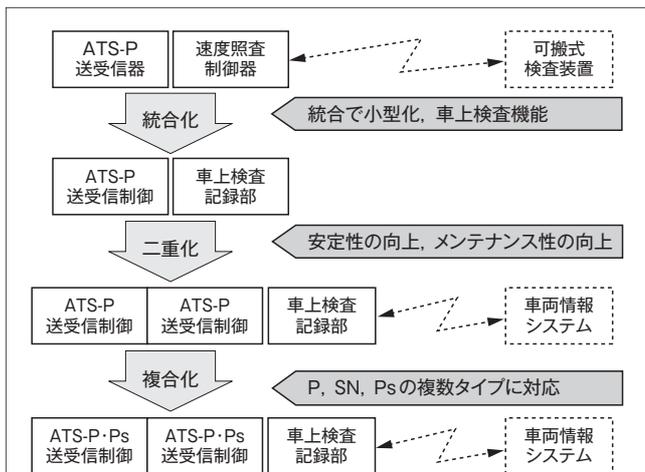


図2. ATS装置の技術動向 — ATSの開発は、送受信及び制御の統合による小型化から、二重系化による安定性の向上、車上検査機能によるメンテナンス性の向上、P・Ps方式の統合化による複数路線対応へと進んでいる。  
Technological trends in onboard ATS equipment

用いた車上検査機能を開発し、二重系化による安定性の向上と、車両情報システムを用いたメンテナンス性の向上を実現した<sup>(1)</sup>。

これを皮切りに高性能で高信頼の保安装置の開発及び製造を本格化させ、JR東日本 京葉線E233系電車(図1)向けATS-P装置の量産に発展させてきた。更に、ATS-P機能とATS-Ps機能を併せ持ったATS-P・Ps統合型車上装置を完成し、ATS-P、ATS-Ps、及びATS-SN各区間の本線走行で機能確認を完了した(図2)。

ATSの開発は、送受信機能と制御機能の統合による小型化、二重系化による安定性の向上、車上検査機能によるメンテナンス性の向上、及びATS-P・Ps方式の複合化による複数路線対応へと進んでいる。

## 3 二重系の構成と特徴

ATS-P車上装置は、部品の単品故障によるシステム機能の全喪失を回避することが首都圏を走る列車でのニーズであり、並列二重系構成にすることで稼働率を向上させてきた。二重系構成を設計する際、ATS-Pの二重化だけでなく接続される車両情報システムの二重化にどうインタフェースするかが課題となる。各系ごとの入力ラインと出力ラインに独立性を持たせ、仮に入力値や出力値が両系で一致しなくても稼働し続けることを設計思想とし、車上子のように二重化できないもののインタフェースは、受信は両系へ分配し、送信だけ主系に接続するシステム構成を確立した。

通常は1系を主系に設定し、1系に故障が発生した場合には従系であった2系を主系に切り換えて運用するシステム構成が大勢であったが、いざというときに2系が動作しないリスクがあった。東芝は、通常の1系を主系に設定できる従来機能に加え、電源投入タイミングで1系と2系を交互に主系に設定

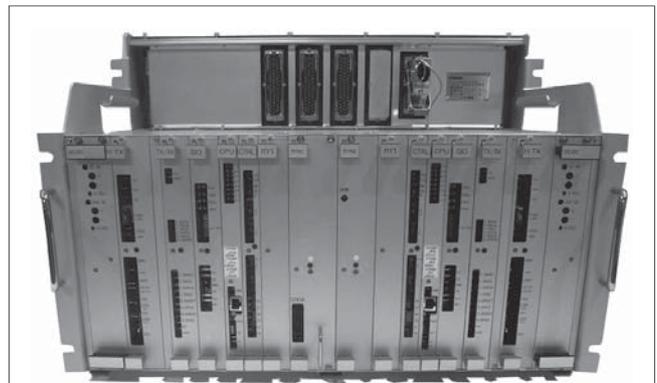


図3. JR東日本 京葉線E233系電車向けATS-P車上装置(二重系) — 向かって左半分が1系, 右半分が2系である。  
ATS-P dual-type onboard equipment for E233 series commuter trains on Keiyo Line

し運用できる新機能を備えて両系とも故障がないことを把握しておくことで、このリスクを軽減している<sup>(1)</sup>。また、E331向けATS-Pでは東芝製の車両情報システムとの接続を実現したが、E233系向けATS-Pでは他メーカーの車両情報システムとの接続も実現した。これにより、車両情報システムメーカーに依存せずに接続でき、乗務員にリアルタイムなATS-P情報を伝達できるようになった。更に、車両情報システムを利用した車上検査機能を活用することで、メンテナンスの負荷軽減を実現した(図3)。

#### 4 ATS-P・Ps 統合型車上装置の開発

首都圏と地方線区を走行する特急列車などでは、首都圏用のATS-P装置と地方線区用のATS-SN装置又はATS-Ps装置を搭載する必要があり、消費電力、装置の搭載スペース、2種類の保安装置に共通する機器類への2重配線、煩雑なメンテナンスなどの課題があった。

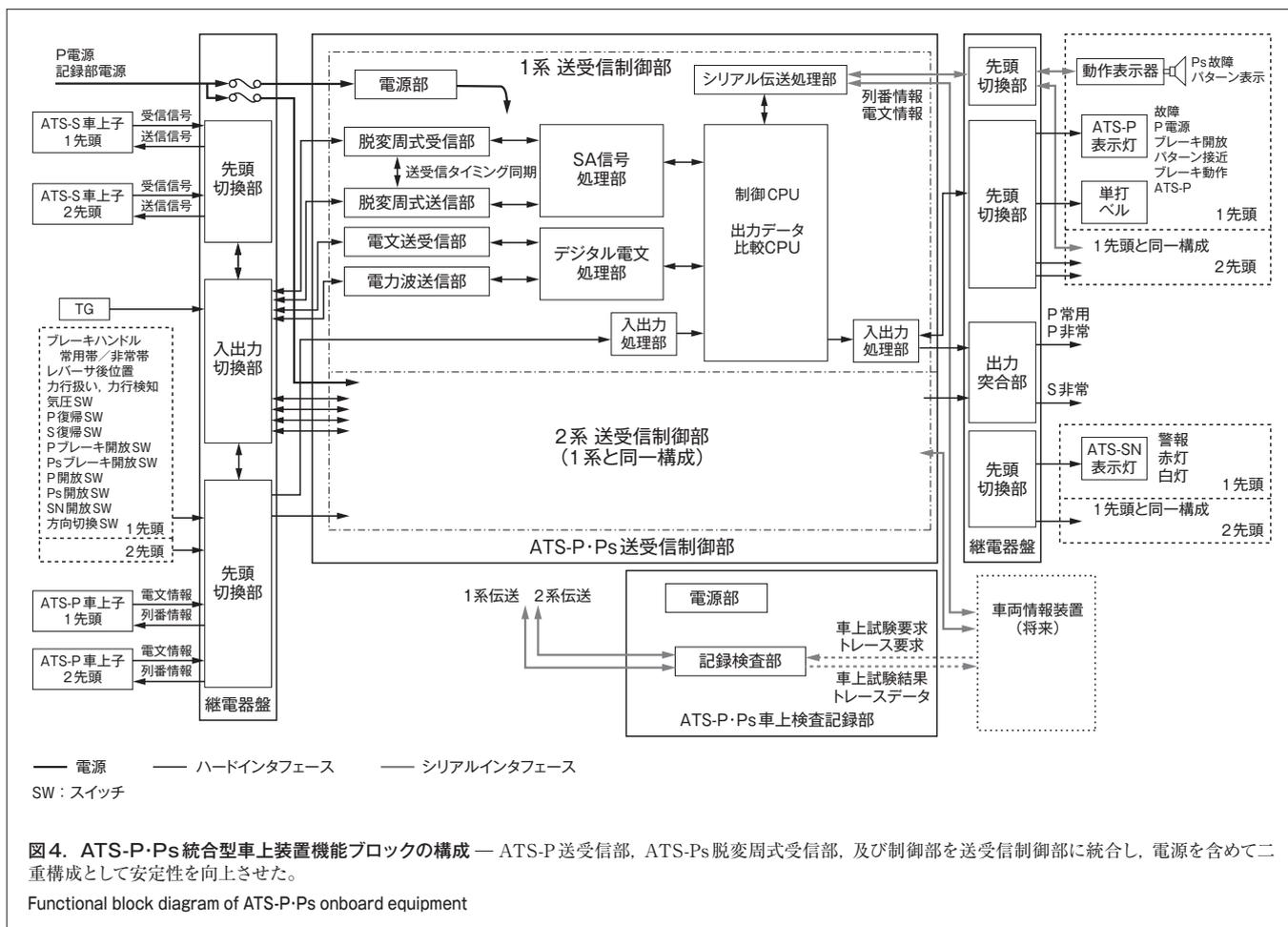
ATS-SNの発展形であるATS-Psは、地上から9種類の信号周波数を検波し、その組合せで速度照査パターンを作成して列車速度を節制することが主な機能となる。

従来の信号検波方式は、列車が地上側の地上子上を通過する際に、車上側の送受信部が地上子のLC回路と共振して周波数が変化することで信号波数を検出する変周式を用いていた。今回は、耐ノイズ性能の向上と、車上検査装置での検査、メンテナンス性の向上を目指して、“直行同期検波方式”の脱変周式送受信部を開発した。

直交同期検波方式は、検出したい地上子の信号波を車上から検出したい順番に送信し、車上子2次側の信号(同期検波)と位相を90°ずらした信号(直交検波)のベクトル和を受信信号とすることで検波する方式であり、地上子ごとに異なる周波数特性もノイズと区別しやすく確実に判定できる利点がある。

図4は今回開発したATS-P・Ps統合型車上装置の機能ブロック構成を示しており、電源も含めて二重化した送受信制御部と、検査記録部、車上子切換回路、1台のATSで両先頭の運転台に対応するための先頭切換回路、表示装置、確認スイッチ類などから構成されている。

ATS-P機能では12種類の速度照査パターンを、ATS-Ps(ATS-SN)機能では9種類の速度照査パターンを常時計算している。これらの機能を複合化し、重複した照査パターンを制御するには逐次計算を高速に処理できるプロセッサが必要



になる。新幹線保安装置に適用実績のあるプロセッサを採用し、ATS-PとATS-Psの同時制御ができるようにした(図5)。

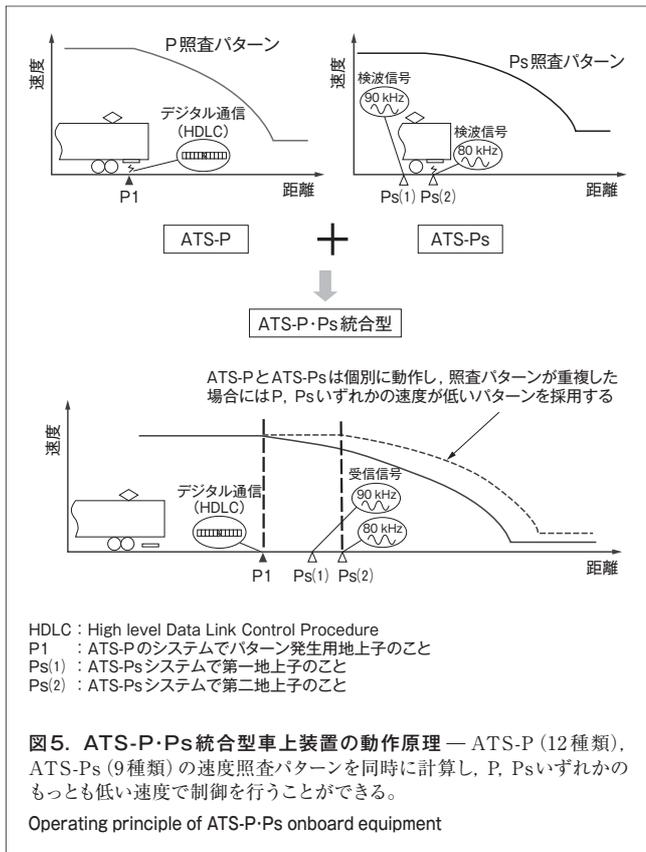


表1. クモハ142-52形事業用電車のATS-P·Ps統合型車上装置(二重系)の諸元

Specifications of ATS-P·Ps onboard equipment

項目	諸元	
電源電圧	直流100 $\pm$ 3% V	
消費電力	250 W以下	
対応列車速度	160 km/h (ATS-P)	
	130 km/h (ATS-Ps)	
ブレーキ出力	常用最大ブレーキ、非常ブレーキ	
ATS-P伝送方式	デジタル通信方式 (HDLC)	
ATS-P使用周波数	地上子⇒車上子 (情報波)	1,708 $\pm$ 32 kHz
	車上子⇒地上子 (情報波)	3,000 $\pm$ 32 kHz
	車上子⇒地上子 (電力波)	245 kHz
Ps検波方式	直交同期検波方式	
検波周波数	80 $\pm$ 1 kHz	
	85 $\pm$ 1 kHz	
	90 $\pm$ 1 kHz	
	95 $\pm$ 1 kHz	
	103 $\pm$ 1 kHz	
	108.5 $\pm$ 1 kHz	
	123 $\pm$ 1 kHz	
	129.3 $\pm$ 1 kHz	
130 $\pm$ 1 kHz		

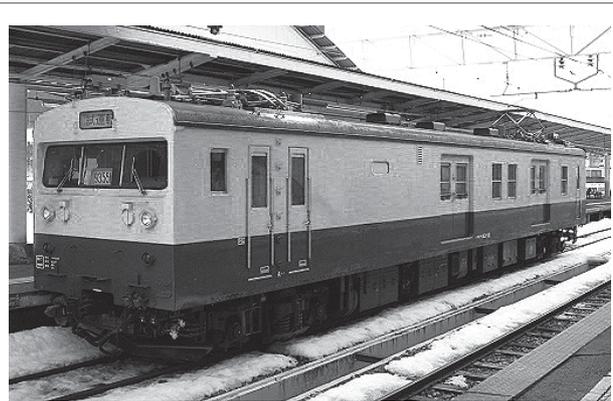


図6. クモヤ143形事業用電車 — ATS-P·Ps統合型車上装置をクモヤ143形事業用電車に搭載した。

Kumoya 143 series test train



図7. クモヤ143形事業用電車上での試験風景 — ATS-P·Ps統合型車上装置の試験を、クモヤ143形事業用電車で行った。

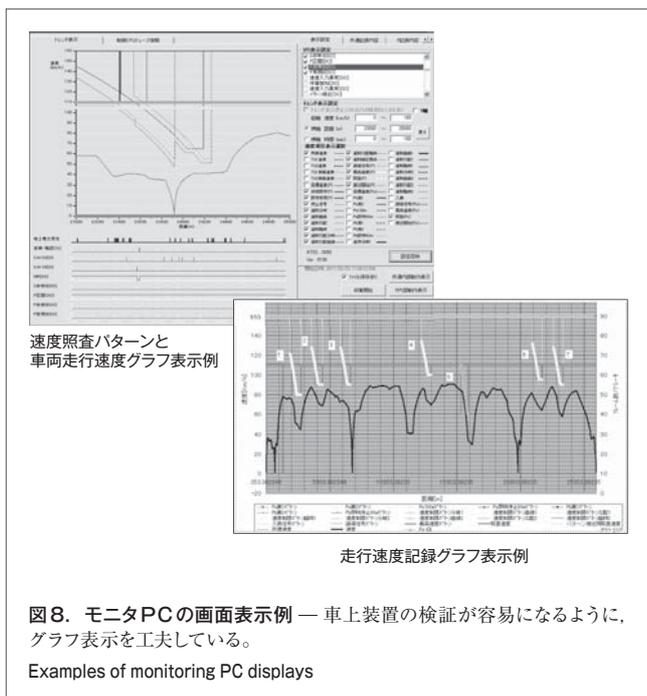
Onboard test of ATS-P·Ps on Kumoya 143 series test train

ただし、現状ではATS-PとATS-Psが同時に動作する線区はない。

ATS-P·Ps統合型車上装置の諸元を表1に示す。

今回開発したATS-P·Ps統合型車上装置は、JR東日本所有の事業用電車クモヤ143形(図6)に搭載され、現車による性能確認試験を行った(図7)。

試験の主な目的は、地上設備上に配置された個々の地上子をまちがいに検出すること、そして検出した地上子情報に従い照査パターンをリアルタイムに発生させ制御することであった。この結果、個々の地上子にまちがいや抜けはなく、また照査パターンがリアルタイムに制御されていることを確認した。試験中は車上装置にモニタパソコン(PC)を接続して車上装置の送受信状態や制御をリアルタイムで監視するとともに、計測器を接続して車上装置の動作を確認するダブルチェックで計測結果を確認した(図8)。



## 5 あとがき

首都圏など運行密度が高い路線における輸送障害低減を目指して、ATS-P送受信部と速度照査部の統合化で小型化を実現した。更に二重系構成とすることで安定性を向上させた二重系統合型ATS-PをJR東日本京葉線E233系電車通勤電車向けに量産した。その結果、2010年7月の運用開始以来、重大な故障は報告されておらず、安定した稼働を続けている。

国内のどこでも走れる保安装置を理想として開発したATS-P・Ps統合型車上装置はP区間、ATS-SN区間及びATS-Ps区間での試験を完了し首都圏と地方を結ぶ車両に適用する準備ができた。

この装置は高性能なCPUを採用しているので、ATSに車上データベースを持たせたATS-Dへの拡張も可能と考えている。

今後、いっそうの小型化を図り“どこでも保安装置”の理想に近づくために改良努力を続けていく。

なお、この車上装置の開発にあたり、JR東日本千葉支社、長野支社、京葉車両センター、及び松本車両センターの関係各位に現車試験のご協力をいただいた。また、この車上装置受信部の製作には、(株)京三製作所のご協力をいただいた。

## 文献

- (1) 佐藤春雄 他, “送受信部一体型二重系ATS-Pの開発”, 第43回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 東京, 2006-12, 日本鉄道技術協会. 論文番号517.



村井 純 MURAI Jun

社会インフラシステム社 府中事業所 交通車両情報システム部  
グループ長。鉄道車両システムの設計に従事。  
Fuchu Complex



宮島 康行 MIYAJIMA Yasuyuki

社会インフラシステム社 鉄道・自動車システム事業部 鉄道  
システム統括部参事。鉄道車両システムのエンジニアリング  
業務に従事。電気学会会員。  
Railway & Automotive Systems Div.



横山 啓之 YOKOYAMA Hiroyuki

東日本旅客鉄道(株) 運輸車両部 車両技術センター副課長。  
鉄道車両保安システムの開発・設計に従事。技術士(機械  
部門)。  
East Japan Railway Co.



池永 真英 IKENAGA Shinei

東日本旅客鉄道(株) 運輸車両部 車両技術センター副課長。  
鉄道車両保安システム及び補助電源装置の開発・設計に  
従事。  
East Japan Railway Co.