

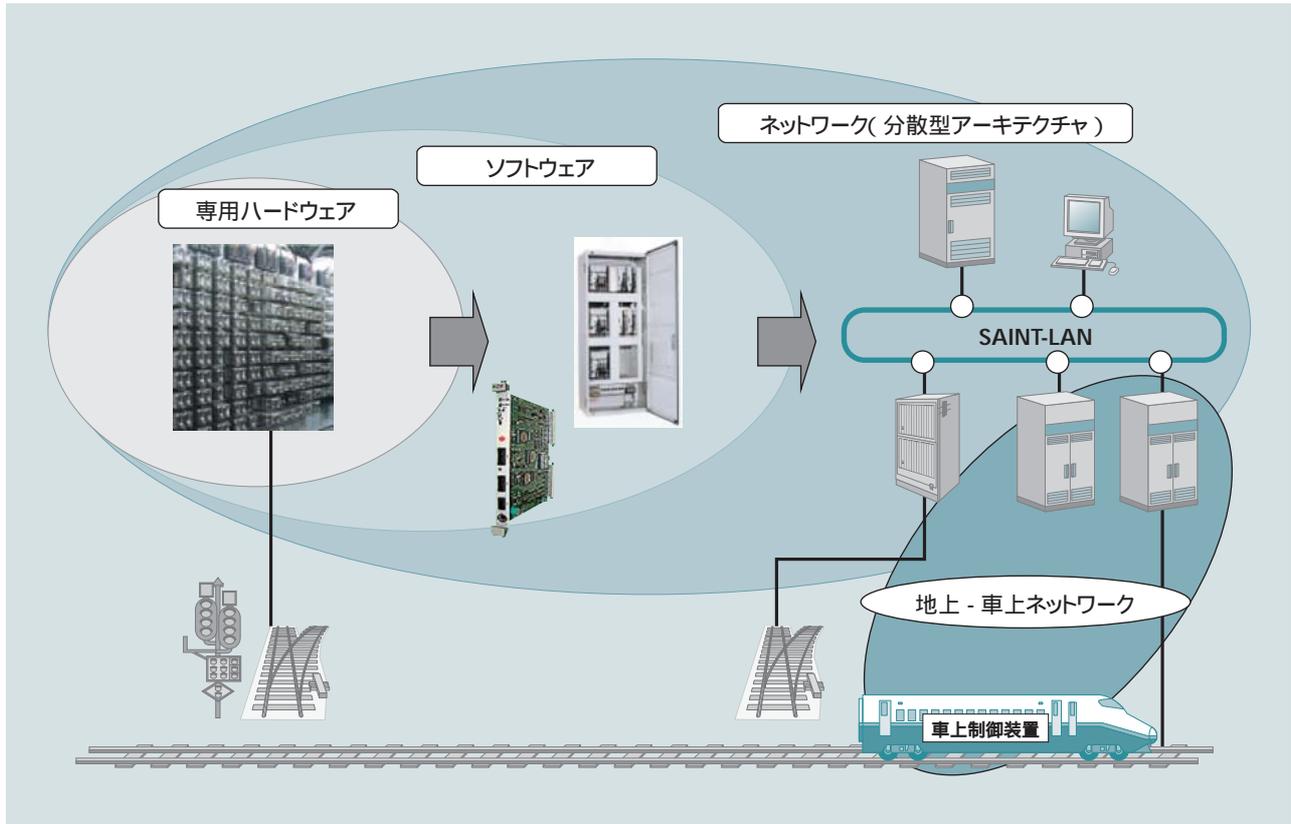
# 高信頼・高安全を実現する 統合型信号保安システム「SAINT」

SAINT Integrated Signaling System with High Reliability and Safety

佐々木 英二 Eiji Sasaki

本戸 慎治 Shinji Honda

江淵 智浩 Tomohiro Ebuchi



注:略語説明 SAINT-LAN( Shinkansen ATC and Interlocking System - Local Area Network ), ATC( Automatic Train Control )

図1 信号保安システムの技術変遷と統合型信号保安システム「SAINT」

日立製作所は、信号保安システムの積極的な技術革新を行い、汎用形電子連動装置やデジタルATCシステムをはじめとする新しい製品、ソリューションを日々提供し続けている。

鉄道における基本原則は安全・安定輸送であり、これを支えているのが信号保安システムである。高い安全性と信頼性が要求される信号保安システムにおいて、日立製作所は積極的な技術革新を行い、汎用形電子連動装置やデジタルATC(自動列車制御装置)システムなどの新しい製品を開発し、安全性と高機能化を実現させてきた。

統合型信号保安システム「SAINT」は、独立した装置であった連動装置とATCシステムを一体化させ、さらなる効率化、省スペース化、低コストをねらいとしている。また、これまでの技術の積み上げによって初めて実現できたものであり、新幹線の信号保安システムの集大成とも言える。

日立製作所は、今回の開発にとどまることなく、今後もコー

ザーニーズに応え、社会に貢献することをめざし、日々、技術開発に取り組んでいく。

## 1.はじめに

鉄道システムにおける信号保安装置とは、列車の衝突や脱線などを防ぎ、列車の運転を安全かつ能率的にサポートするための装置である。また、装置にどのような故障が生じたとしても安全側に制御するフェイルセーフという考え方に基づいて構成され、安全の要に位置づけられるものである。日立製作所は、この信号保安装置の中核である連動装置とATC( Automatic Train Control )システムの開発に積極的に取り組んできた。

一方、鉄道事業者においても、(1)安全性・信頼性の向上、(2)輸送需要への柔軟な対応、(3)設備コストの低減、(4)信号専門技術者の減少に伴うメンテナンス業務の効率化など、信号保安装置に対するニーズは依然として高い。

ここでは、従来は独立した装置として個別に存在していた連動装置、ATCシステムの発展の過程と、ユーザーニーズに対応すべく、従来の方式を抜本から革新した新しい信号システムである連動・ATC統合型装置「SAINT(Shinkansen ATC and Interlocking System)」について述べる(図1参照)。

## 2. 汎用形電子連動装置

連動装置とは信号機や転てつ器などの間に相互関係を持たせて安全に進路構成を行うための装置である。

古くは機械式連動装置に始まり、1950年代からフェイルセーフ性を保証するための非対象誤り特性を有する電磁リレーを使用して制御論理を構築した継電連動装置が主流となった。これに対して日立製作所は、1980年代から計算機技術を核とした汎用形電子連動装置の開発に着手し、1993年に初号機を出荷した。これは汎用計算機を多重系構成したフェイルセーフな処理装置とし、制御論理も独自の連動表内蔵形論理と呼ばれる標準の制御論理と駅個別の制御データを分離したソフトウェアとして実装した。これにより、従来の継電連動装置と同等の安全性を確保しつつ、高機能化と保守性の向上を実現させた。

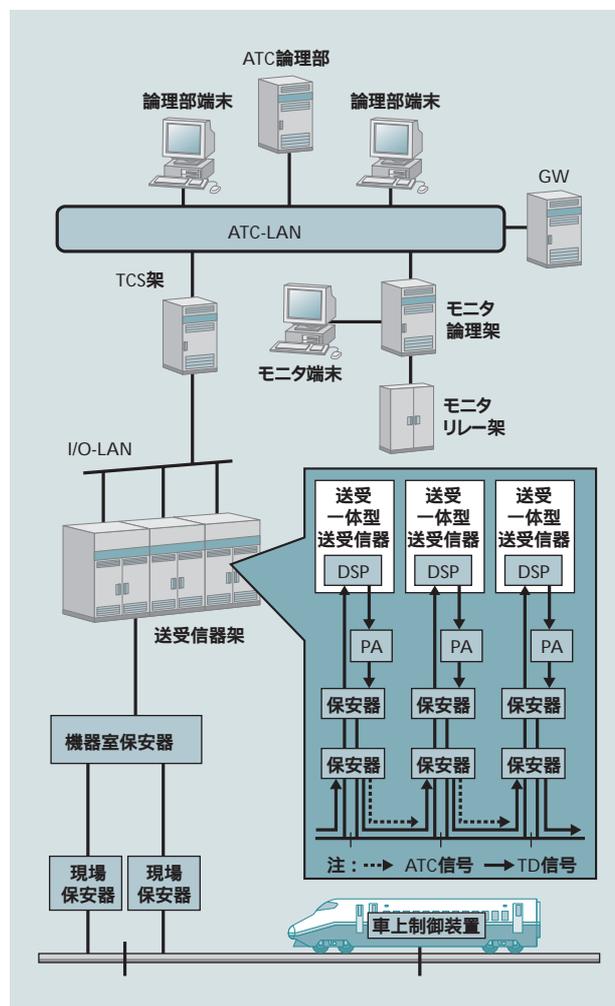
## 3. デジタルATCシステム

ATCとは列車どうしの間隔と速度を安全に制御するための装置であり、軌道回路による列車検知を行い、列車の在線状況に応じて軌道回路ごとに許容される速度信号を送信し、車上に伝達することにより、列車速度を制御するものである。従来のアナログATCシステムでは、継電連動装置同様に電磁リレーを使用した列車検知と制御論理によって各軌道回路に対する許容速度を求め、その許容速度を決められた周波数信号に割り当てて伝送するアナログ技術を主体に発展してきた。そのため、専用のハードウェアによる装置構成となり、高機能化が難しく、かつ重厚長大な設備となっていた。日立製作所は、これに対して、1990年代から情報処理技術とネットワーク技術を主体としたデジタルATCシステムの開発に着手し、2002年12月に東北新幹線(盛岡 八戸間)で使用開始された。以下、デジタルATCシステムについて述べる。

### 3.1 デジタルATCシステムの構成

デジタルATCシステムでは、車上制御装置に送信されるATC信号は停止位置情報・速度制限情報であり、車上装置では列車のブレーキ性能や線路データに基づいて適切な速

度制御を実行する。デジタルATCシステムの構成を図2に示す。従来のアナログATCシステムではハードウェアで構成していた列車位置検知と各列車に対する停止点算出の機能は、すべてATC論理部と送受信器にソフトウェアとして実装された。列車検知のためのTD(Train Detection)電文とATC電文はATC-LAN(Local Area Network)・TCS(Track Communication Server)・I/O-LAN(Input and Output-LAN)を通してDSP(Digital Signal Processor)で構成する送受信器へ伝送される。電文はDSPによってデジタル符号としてMSK(Minimum Shift Keying)変調され、軌道回路へ送信される。また、軌道回路から受信するTD信号の復調も送受信器のDSPによって処理される。このように複数のTD信号やATC信号をDSPによって処理することから、デジタルATCシステムの送受信器を大幅に小型化した。



注:略語説明 I/O-LAN( Input and Output-LAN ),GW( Gateway )  
TCS( Track Communication Server )  
DSP( Digital Signal Processor ),PA( Power Amplifier )  
TD( Train Detection )

図2 デジタルATCシステム構成

従来、ハードウェアで行っていた列車検知と停止点算出の機能をソフトウェアで行い、ATC論理部と送受信器の中に実装した。

### 3.2 技術的特徴

#### (1) ネットワーク主体の構成

ATC論理部と送受信器はネットワーク接続された構成をとることにより、従来のアナログ主体の技術からデジタル情報伝送と情報処理によって構成されるシステムへと変革することで、各装置の小型化と高信頼性を実現した。また、フェイルセーフな情報処理装置とその装置間のフェイルセーフ伝送により、システム全体としてのフェイルセーフを実現することで、各装置(機能)をネットワーク上に分散配置させたシステム構成を実現することができた。この結果、各装置(機能)の独立性を保証するとともに保守性・拡張性を大幅に向上させ、システム改修に際しても変更/使用停止箇所を局所化することができることから、システムの段階的構築を可能とした。

#### (2) DSPを活用した送受信器

従来のアナログATCシステムではTD信号とATC信号のそれぞれに対応した異なる周波数ごと、および送信/受信器個別に異なるユニットが必要であった。しかし、デジタルATCシステムではすべてデジタル信号として処理し、そのデジタル信号の送受信ユニットとしてDSPを活用したATC送受信器を開発した。このATC送受信器はATCとして使用する周波数帯の最大10チャンネルのデジタル信号の同時処理と電文信号のフィルタリング、電文モニタなどの処理を可能とした。これにより一つのATC送受信器でTD信号とATC信号の両方の処理が可能となり、飛躍的な装置の小型化を実現した。さらに同一基板上に送受信ユニットとPA( Power Amplifier:増幅部)を実装することにより、送受信器架当たりの実装密度をさらに高め、機器の省スペース化を実現した(図3参照)。

#### (3) 車上主体型制御

従来のアナログATCシステムでは軌道回路に送信する信号は周波数変調された許容速度信号であったが、デジタルATCシステムでは信号をデジタル信号に変更することで、車上に伝送する情報量を飛躍的に増大した。また、車上制御装置に線路データや車両データを持つことで、列車制御の手法

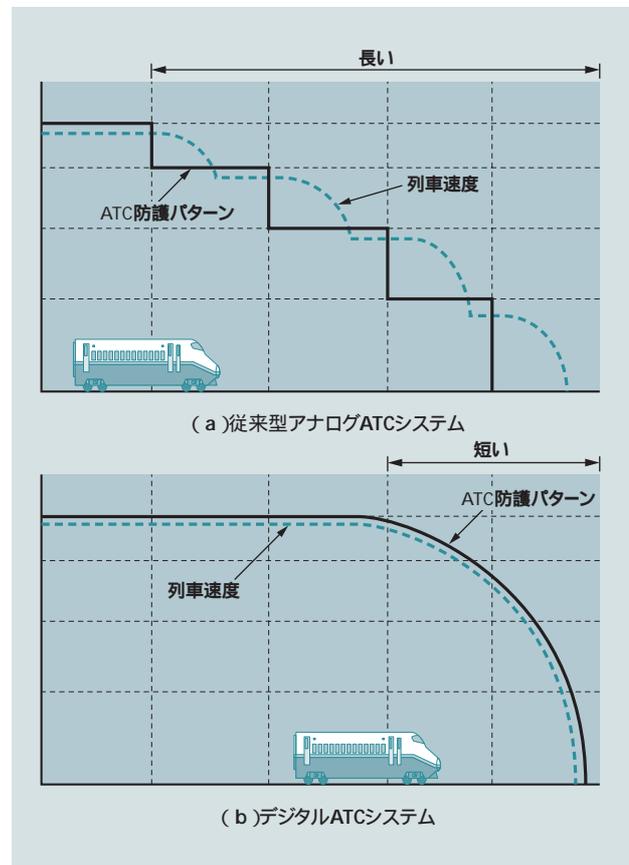


図4 アナログATCシステムとデジタルATCシステムの制御方式比較

デジタルATCシステムでは地上装置からの停止点情報に基づく一段ブレーキ制御により、アナログATCシステムと比較して同一速度からの停止必要距離を短縮することで、時隔短縮を実現している。

を従来の軌道回路単位の数値制御から列車ごとの停止点目標制御へと改善し、さらに地上装置と車上装置の機能分担の見直しを行い、最適な制御を実現した(図4参照)。

#### (4) アシユアランス性

新旧ATCの混在を可能とするため、ATC電文に切り替え情報を設定した。これにより、デジタルATCシステムと従来のアナログATCシステムの切り替えを円滑にし、段階的な更新工事を円滑に実施することを可能とした。

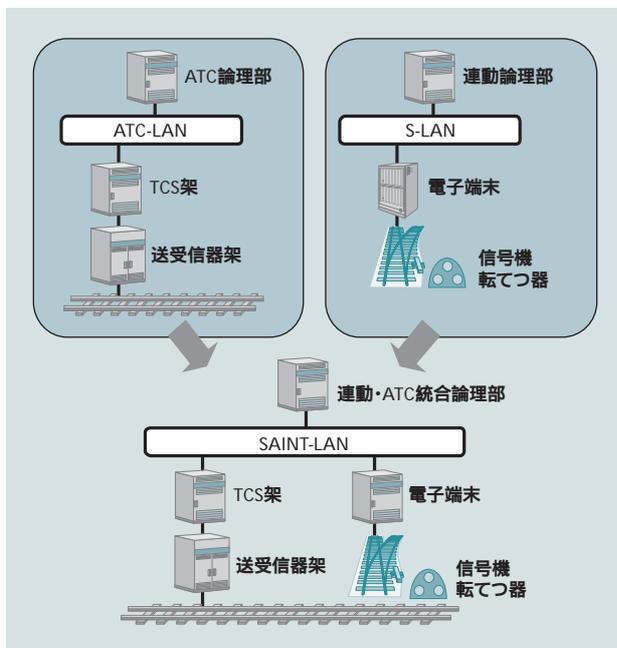
## 4. 連動・ATC統合型システムSAINT

### 4.1 連動装置とATCの一体化

これまで述べてきたように、連動装置とATCシステムは制御対象がそれぞれ異なるために、ハードウェア論理を主体にして独立した装置として存在した。これに対して、計算機技術、ソフトウェア技術、ネットワーク技術、新しいフェイルセーフ技術の適用と、その技術の積み重ねにより、双方の装置とシステムの親和性を向上させたことで、初めて連動・ATC統合型システムSAINTが実現された。なお、アプリケーションソフトウェアの統合にあたり、これまで連動機能とATC機能の双方に重複した機能を有していたことから、これを排除し、共通テーブルの設計、おのおのの機能の入出力順序の最適化を



図3 DSP/PA送受信ユニット  
DSPとPAを一体化し、送受信器の実装密度を高め、省スペース化を実現した。



注:略語説明 S-LAN(Signal-LAN)

図5 連動とATCの一体化

ATC論理部と連動論理部を同一ハードウェア上に構築することにより、いっそうの高信頼化と省スペースを図っている。

図ること、システムの応答性を向上させた。また、SAINTの特徴の一つとして、連動機能において、新幹線では初となる現場機器を直接制御できる電子端末を開発した。電子端末部はリレーレス化した完全二重系構成とし、新幹線では在来線と比較して耐圧基準が高いため、各制御基板の大幅な見直しと耐圧強化を行った。SAINTは現在、東北新幹線の盛岡 東京間に使用開始済みであり、順調に稼働を続けている。今後、上越新幹線においても順次、使用開始を迎える予定である(図5参照)。

#### 4.2 システム導入の効果

連動機能とATC機能を合わせ持つSAINTは、顧客ニーズに対応した以下の優れた特徴を有している。

#### (1) 列車運転間隔、運転所要時分の短縮

停止点情報に基づく一段ブレーキ制御により、従来の多段制御型ATCのブレーキ制御による時間のロス解消と、車種ごとの車両性能に合わせた最適な制御を実現し、時隔・到達時分の短縮を実現した。

#### (2) 乗り心地と運転操縦性の向上

一段ブレーキ制御に沿った滑らかな減速と緩和ブレーキを用いたフィードバック制御によって乗り心地と運転操縦性を大幅に向上した。

#### (3) 地上装置の簡素化とコスト低減、省スペース化

汎用情報機器の採用、ソフトウェア化による機器の小型化に加え、連動装置・ATCシステムの統合化、送受信ユニット・PAの一体化による機器実装効率向上と現場機器直接制御によるリレーレス化により、従来機器と比較してトータルコストの低減、および大幅な機器設置スペースの削減を可能とした。

#### (4) 保全性の向上・障害時の早期復旧

機器動作状態などの常時モニタリングとデータに基づく適切な保全を可能とし、障害発生時の迅速な原因究明や回復を可能とした。

## 5. おわりに

ここでは、連動装置、ATCシステムの発展の過程と連動・ATC統合型装置SAINTについて述べた。

日立製作所は、今後も、時代とともに変わっていくさまざまな鉄道システムのニーズに対応すべく、日々、技術革新を続け、新しい製品、ソリューションの提供を通して、社会に貢献していきたいと考える。

#### 参考文献

飛田,外:最新の情報制御技術を適用した信号保安システム,日立評論,85,8,573~576(2003.8)

#### 執筆者紹介



佐々木 英二  
1992年日立製作所入社,電機グループ 交通システム事業部 システムソリューション部 所属  
現在,鉄道信号保安システムの開発に従事



江淵 智浩  
2001年日立製作所入社,電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属  
現在,ATC地上システムの設計に従事



本戸 慎治  
1992年日立製作所入社,電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属  
現在,ATC地上システムの設計に従事