

車上速度照査式ATS-Xシステム

信号通信技術研究部 信号
主任研究員 新井 英樹

1. はじめに

現在、JR 在来線の大部分では、ATS-S 改良型¹⁾(以下、ATS-Sx と呼ぶ)が設備されており、信号冒進事故の低減に大きく貢献してきた。この ATS-Sx では、信号機が停止現示の際、信号機に付随する地上子から 130kHz の共振周波数を送信し、それを車上で受信することにより、乗務員に対して警報を促す仕組みとなっている。さらに、警報後 5 秒以内に乗務員による確認扱いが行われない場合には、自動的に非常ブレーキが動作する機能を有している。しかし、乗務員による確認扱い後は、自動列車停止機能が解除されてしまい、その後の運転誤りに対しては防護できないという課題を抱えている。

また、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」第 57 条が改正され、線路条件に応じた速度制限の実施が求められているが、ATS-Sx が有する速度制限機能では、車種別の速度制限への対応が困難といった課題も抱えている。このため、これらの課題が解決できる低廉で保安度の高い ATS の開発が望まれている。

このような背景の下、鉄道総研では、ATS-Sx のための既設インフラの積極的活用により導入コストの低減が図れ、ATS-Sx との機能互換性確保により段階的な導入が可能な車上速度照査式 ATS-X を開発した。ATS-X は、地上子からの情報により車上速度照査パターンを作成するだけでなく、地上設備の省略化、さらには将来の拡張性を考慮し、車上データベース(以下、車上 DB と呼ぶ)を活用した車上速度照査パターンの作成機能を有する。本発表では、ATS-X の特徴ならびに機能概要について報告する。

2. ATS-X の特徴

ATS-Sx が抱えている確認扱い後の信号冒進防護機能の消失という課題を解決するには、車上に停止信号機までの速度照査パターンを作成し、列車速度が速度照査パターンを超過したときに、自動的にブレーキを動作させる機能が必要となる。JR 東日本や JR 西日本の大都市通勤圏線区に導入されている ATS-P¹⁾が、この機能を実現している代表例である。しかし、ATS-P は、ATS-Sx との互換性を有していないため、ATS-P 専用の地上設備を新規に整備する必要があり、ATS-P と ATS-Sx の地上設備区間にまたがって運行される列車に対しては、2 種類(ATS-P と ATS-Sx)の車上子および車上装置を搭載する必要がある。

一方、ATS-X は、ATS-P 同様、車上速度照査機能の採用により高い保安度を有するが、ATS-Sx との互換性を確保している点が大きな特徴と言える。概念的には、ATS-Sx の機能に車上速度照査機能を付加したものが ATS-X であると言える。

ATS-X のシステム構成を図 1 に示す。車上装置は、ATS-X 車上送受信器と車上子、速度発電機、表示器等から構成される。なお、ATS-Sx のための車上子および接続ケーブルをそのまま使用でき、車両のぞ装変更を極力不要としているため、導入コストの低減が図れる。一方、地上装置には、

ATS-Sx 地上子と同じ共振周波数に加え、車上路速度照査パターンを作成に必要となる信号機までの距離情報等を MSK 変調によるデジタル信号として重畳送信できる ATS-X 地上子を用いる。なお、地上子の設置に際しては、ATS-Sx 地上子のための既設制御ケーブルを活用できる。

ATS-X 車上路送受信器の写真を図 2 に示す。ATS-Sx 車上路受信器と同じ機能を有する他、ATS-X 地上子から受信したデジタル情報または車上路 DB に基づき、速度照査パターンを作成する機能を有する。速度発電機から得られる列車速度が速度照査パターンを超過した際には、自動的に非常ブレーキを動作させる。

ATS-X は、ATS-Sx との機能互換性を確保しているため、ATS-X 導入移行期においても、ATS-Sx 車上路装置搭載車と ATS-X 車上路装置搭載車の混在運転が可能であり、かつ ATS-Sx 以上の保安度が確保できる。さらに、ATS-X および ATS-Sx のそれぞれの地上設備区間にまたがって運行される列車に対しても、2 種類の車上路子や車上路装置を搭載する必要がない。よって、一度に全面的なシステム変更を図る必要がなく、必要な車両あるいは必要な箇所から先行導入するといった段階的な設備工事が実施できる。

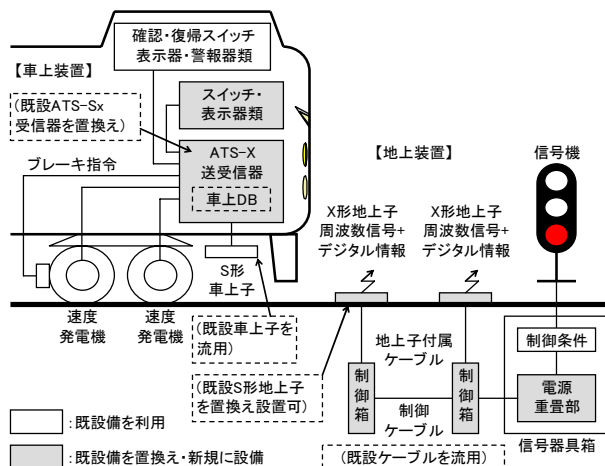


図 1 ATS-X システム構成



図 2 ATS-X 車上路送受信器

3. ATS-X の機能概要

ATS-Sx と機能互換性を有する車上路速度照査式 ATS-X は、主として以下の 3 つの要素技術から構成される。

- ① ATS-Sx と同じ共振周波数に加え、デジタル信号を重畳送信できる有電源 ATS-X 地上子
- ② 車上路 DB を活用した車上路速度照査機能
- ③ 電源ケーブルの敷設を必要としないバッテリー内蔵式の電源ケーブルレス ATS-X 地上子

3.1 有電源 ATS-X 地上子

有電源 ATS-X 地上子の伝送仕様を表 1 に、地上子の構成を図 3 に示す。表 1 に示すように、ATS-X 地上子から、ATS-Sx 地上子と同じ共振周波数を送信することにより、ATS-Sx との機能互換性を保つことができるとともに、信号機までの距離情報等のデジタル信号を重畳送信することにより、車上路において速度照査パターンを作成が可能となる。なお、表 1 の伝送仕様は、共振周波数とデジタル信号の重畳送信に伴い、相互干渉を起こさないように決定されている。また、図 3 に示すように、ATS-X 地上子は、ATS-Sx 地上子と取り替え設置可能としており、既設の制

表 1 有電源 ATS-X 地上子の伝送仕様

伝送信号	仕様項目	内容
共振周波数	ATS-Sx 地上子と同じ信号	103kHz, 108.5kHz, 123kHz, 130kHz
	伝送周波数	468±12kHz
デジタル信号	伝送速度	48kbps
	変調方式	MSK 変調
	伝送プロトコル	HDLG フォーマット
	電文長	80bits/電文 (情報部: 48bits/電文)
	対応可能列車速度	140km/h
	応動特性	1 回の結合時において最低 3 電文受信可能

御ケーブルを用いて電源供給を行う。電源として、ATS-Sx 地上子と同様に共振周波数を切り替えるための直流電源(DC24V)とデジタル信号を送信するための交流電源(AC400Hz 24V)を重畳して供給する。なお、ATS-X 地上子の形状・寸法は、ATS-Sx 地上子と同一である。

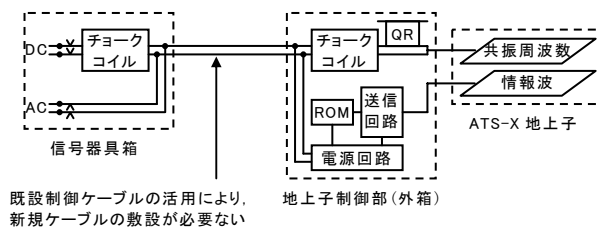


図3 有電源 ATS-X 地上子の構成

3.2 車上 DB を活用した車上速度照査機能

技術基準省令第 57 条が改正され、曲線や下り勾配区間といった速度制限箇所での速度超過防止をATS 等により実施することが要求されている。ATS-Sx や ATS-P では、速度制限箇所手前に地上子を設置し、速度制限を実施してきたが、このためには、地上設備を新規に整備する必要がある。

一方、速度制限を実施する際には、速度制限区間までの距離、制限区間長、そして制限速度を車上で知ることにより、速度照査機能が実現できるが、これらの情報は、その箇所固有の情報であり、変化するものではない。そこで、ATS-X では、地上設備の省略化ならびに将来の拡張性を考慮し、車上 DB に基づく車上速度照査機能を採用している。車上 DB の構成を図 4 に示す。車上 DB は、車両性能 DB と線路 DB から構成される。車両性能 DB には、制限速度に対する車種別の修正速度等が登録され、線路 DB には、速度制限実施の際に必要な速度制限箇所の位置等の固定情報が登録される。なお、車上 DB は、コンパクトフラッシュカードを用いて、車上送受信器にインストールされる。

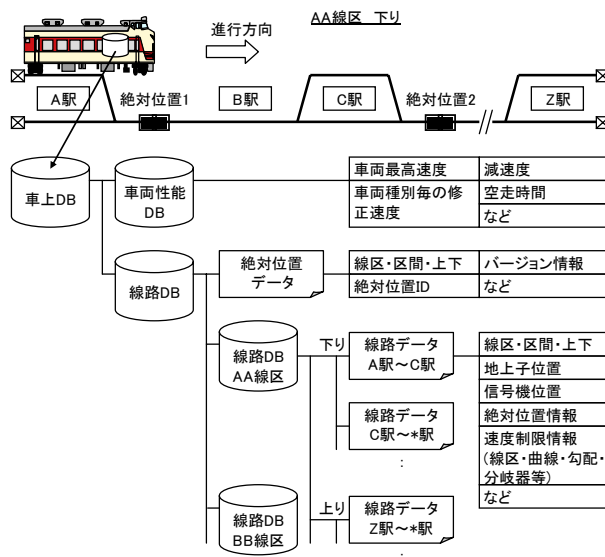


図4 車上 DB の構成

3.3 電源ケーブルレス ATS-X 地上子

車上 DB に基づく車上速度照査機能を実施するためには、車上において自列車位置を認識する必要がある。ATS-X では要が、ATS-P 同様、車軸に取り付けられた速度発電機からの信号により、列車の走行距離を積算するが、車上での絶対位置の確定のために、絶対位置確定用地上子を設置することとしている。なお、絶対位置確定用地上子を設置する際に、電源ケーブルの敷設を不要とするため、車両が通過した時のみ、バッテリーを電源とし固定のデジタル情報を送信する電源ケーブルレス地上子を使用する。電源

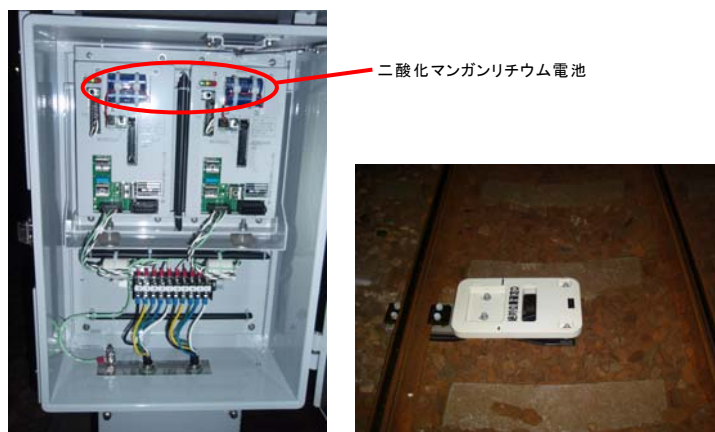


図5 電源ケーブルレス地上子(左:制御部, 右:地上子)

ケーブルレス地上子の写真を図 5 に示す。電源ケーブルレス地上子の制御部には、バッテリー(二酸化マンガンリチウム電池)が搭載されており、バッテリーの寿命は、起動回数 73 万回(通過列車 200 本/日×365 日×10 年)以上としている。

一方、車上 DB を使用するにあたり、車上 DB に登録された地上設備の位置と実際の地上設備の位置が一致していることが重要な要素となる。例えば、地上設備に変更があった場合、車上 DB の内容もこの変更後の内容に書き換える必要があるが、これを失念した場合でも、顕在化できるチェック機構が必要となる。そこで、車上 DB にバージョン情報を持たせるとともに、絶対位置確定用地上子にもバージョン情報を持たせ、列車が絶対位置確定用地上子を通じたときに受信するバージョン情報と車上 DB のバージョン情報の一致確認を行う。このとき、バージョン情報が不一致であれば、自動的に非常ブレーキを動作させ、安全性を確保する。

4. ATS-X による制御

3 章で述べた 3 つの要素技術を用いた ATS-X の制御概要を図 6 に示す。

信号機が停止現示の時、信号機に付随する ATS-X 地上子からは、ATS-Sx 地上子と同じ 130kHz の共振周波数と、信号機までの距離といったデジタル情報が同時に送信される。列車が ATS-X 地上子を通ると、車上では 130kHz の共振周波数受信をトリガとして、自列車のブレーキ性能に応じた停止信号機までの速度照査パターンを作成する。さらに、列車速度が速度照査パターンに接近した場合には、乗務員に対し警報を発生し、パターン超過時には、自動的に非常ブレーキを動作させる。

また、曲線区間等での速度制限の実施にあたっては、車上 DB を活用し、速度制限区間に接近することにより、速度照査パターンを作成する。これにより、速度制限箇所毎の地上設備を不要とすることができる。なお、車上 DB により、自列車の走行線区を車上で把握できるため、線区最高速度制限の実施も可能である。

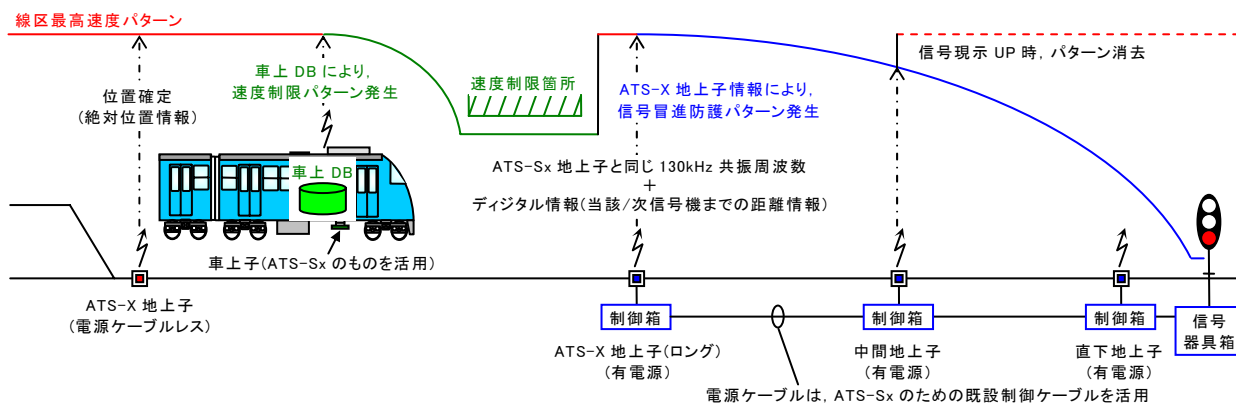


図 6 ATS-X による制御概要図

5. おわりに

ATS-X は、JR 会社の協力を得て、現車試験によるシステム機能検証試験ならびに安全性評価を実施し、営業線への導入が可能であることを確認している。

参考文献

- 1) (社)日本鉄道電気技術協会：鉄道技術者のための電気概論信号シリーズ 7 ATS・ATC(改訂版)，2001