

## 海外高速鉄道における運転保安技術

### 1. はじめに

当社の新幹線の歴史は1972年（昭和47年）、新大阪駅～岡山駅間の開業に始まり、運転保安装置であるATC（Automatic Train Control）は、新幹線の安全運行を支える重要な技術として現在も使用されています。そして、昨年の2017年2月19日、更新時期を迎えたATCは、車上主体型の新しいATCとして生まれ変わりました。約20年ぶりに更新されたATCは従来の段階的にブレーキを掛けていく方式から、一段でブレーキをかける方式（一段ATC）に変更されており、新幹線の安全確保のためだけでなく、お客様の乗り心地向上にも貢献しています。

### 2. 一段ATCのしくみ

一段ATCでは列車が地上の設備や構造物の情報をデータベースとして保有しており、車両の性能と地上の情報を組み合わせることで運転をするよう、列車側で速度を計算しながら、運転する速度を制御する仕組みとなっています。

これにより、車両の性能に合わせた細やかな運転が可能となっています。

### 3. 海外の運転保安装置

約20年ぶりに更新を行ったATCですが、日本に限らず世界にも様々な運転保安装置があります。今回の更新をきっかけに海外で使われている運転保安装置がどのような仕組みとなっているのか調査してみることにしました。

日本と同様に交通手段として鉄道網が発達しているヨーロッパの鉄道システムでは、1989年代まで各国が独自の鉄道システムを導入していました。しかしながら、国境を越えて運行するヨーロッパの鉄道では運転安全規格がそれぞれ異なることが大きな弊害となっていました。そこで、1993年にERTMSと呼ばれる統一列車制御システムの開発が始まり、2006年3月28日に発表されたのがTSI（Technical Specification）と呼ばれる欧州鉄道の統一規格です。このTSIには機能と技術の仕様やシステムとインターフェイス、システムの試験要領、運用と整備のガイドラインが定められており、欧州各国の鉄道事業者は各国で定められていたルールより優先して守らなければならない事項となっています。

### 4. TSIに定められている事項

欧州の鉄道輸送管理システムはERTMS（European Railway Traffic Management System）と呼ばれ、それらの構成要素として信号制御を規程したETCS（European Train Control System）と通信プラットフォームを規程したGSM-R

（Global System for Mobile communications Railway）に細分化されます。

### 5. ETCSの構造

ETCSはレベル0～3に分けられレベルが高くなるほどより高い安全性を実現する仕組みとして規定されています。

#### (1) ETCSレベル0

ETCSレベル0では、ETCSを搭載した車両が、ETCS非対応の路線を走る場合の状況を差します。レベル0の状態ではETCSはその路線の最高速度のみを監視しており、運転士は地上に設置された信号機のみを見て運転します。

#### (2) ETCSレベル1

ETCSレベル1では、地上側に設けられたバリスと呼ばれる地上子が車上のETCS装置と通信し、停止位置までの情報を伝え、車上の計算機がブレーキパターンを計算し、速度超過時に自動的にブレーキをかける仕組みとなっています。

#### (3) ETCSレベル2

ETCSレベル2では、列車の位置検知の仕組みはレベル1と同様にバリスを使いますが、走行許可の仕組みにGSM-Rと呼ばれる無線通信を使用します。これにより列車がバリス通過時でなくても、随時許可情報を更新できる列車を「連続」で制御する仕組みとなっているため、安全性がより向上した仕組みとなっています。

#### (4) ETCSレベル3

ETCSレベル3では地上側に列車の位置検知の仕組みはなく、車上で認識している自列車の位置をGSM-Rで地上装置に通知し列車位置を特定する仕組みとなっています。また、地上装置は位置情報から走行許可情報を車上へ伝達します。この仕組みによって、ETCSレベル3では移動閉そく制御が可能となっています。

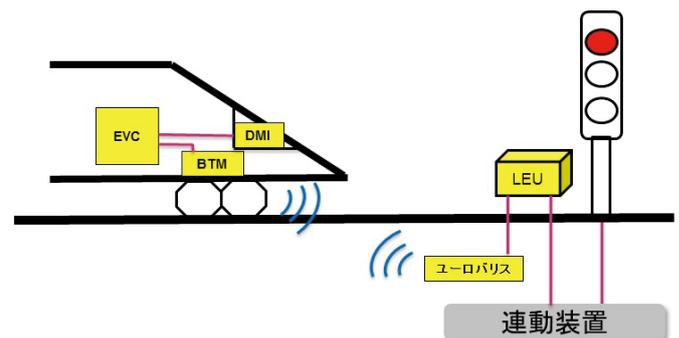


図1：ETCSレベル1

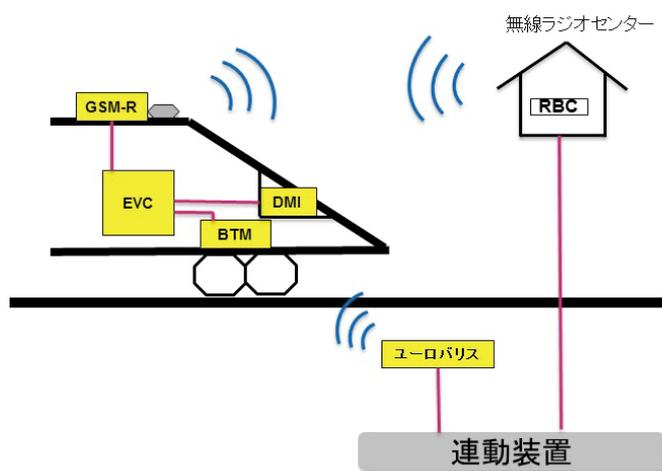


図2：ETCSレベル2

## 6. インターオペラビリティ

これまでETCSレベル0～3について説明してきましたが、ヨーロッパではこれらが路線ごとに統一されているわけではありません。走行する区間によって国や鉄道事業者も変わってきますので、ETCSレベル0の区間もあれば、レベル1の区間もあり、様々なETCSのレベルが混在した路線を列車が走行することになります。そのような状況においても、それぞれの装置が相互に連携して運用できる、インターオペラリティ（相互運用性）を考慮した規格となっています。

## 7. その他

### (1) 日本とヨーロッパの考え方の違い

日本とヨーロッパの鉄道における大きな違いは、事故に対する捉え方です。日本では「事故は絶対に防がなければならない」という認識がありますが、ヨーロッパでは「事故を完全になくすことは不可能である」という捉え方が一般的です。

この違いは対策の取り組み方に表れており、事故をなくすことに重点を置く日本に対し、事故の被害を最小限にとどめることに重点を置く欧州とで大きな違いがあります。

一方で、安全に対する評価手法については、RAMS、SILなどの指標があり、安全度が明確に数値化されています。一方、日本では過去の事例や実績に基づく評価が重視されおり、この点についても大きな違いがあります。

### (2) 欧州鉄道システムの今後について

欧州各国の鉄道システムの統一を目標に定められたERTMSでしたが、現在はこれを更に拡大し、世界の統一規格となるよう展開を積極的に進めています。実際にERTMSは欧州だけでなく、中国、トルコなどでも既に導入されており、オーストラ

リアやタイでも今後導入が予定されています。規格の統一は鉄道事業者や鉄道メーカーの海外への進出のほか、コスト面でもスケールメリットを得られるなど大きなメリットがあり、今後もますます加速していくと思われます。

また技術面では、NGTC (Next Generation Train Control) と呼ばれる次世代型鉄道コントロールシステムが検討されており、ETCSレベル3の移動閉そくと自動運転を同時に実現する規格の検討が進められています。

## 7. 今回の取り組みについて

今回、ATCの更新という大きな機会を踏まえて、海外高速鉄道ではどのような運転保安装置が使われているのか調査を行いました。調査を進めていく中で、私たち新幹線統括部だけでなく、新幹線に関係する多くの方にも改めて運転保安装置について考える機会になればと思い、私たちの調査に協力して頂いた、イギリスのコンサルティング会社であるArupのシステムエンジニアの方に来日して頂き、海外高速鉄道の運転保安装置について講演を開催しました。当社からは普段、新幹線に関わっている本社、支社、現場の多くの方に参加して頂きました。講演では説明の途中途中でディスカッションの時間を設け、一方的に聴くだけでなく、参加者からも積極的に意見を出して頂ける形式を取りました。講演会後は普段あまり接する機会のない海外と日本における鉄道事情の違いや、今後の新幹線鉄道のあり方などを検討するよい機会となったとのこと意見を頂きました。

## 8. おわりに

新幹線の運転保安装置は約20年に一度という長い年月を得て更新が行われます。これは、JRWEST 5月号の毛利衛さんのインタビュー記事にもある伊勢神宮の式年遷宮が行われる期間とまったく同じです。式年遷宮の目的は今でははっきりと分かりませんが、その目的の一つは技術継承とも言われています。山陽新幹線の更新は終わったばかりですが、次の20年先を見越して新幹線の安全性向上のために鉄道事業者としてなにかができるのか、国内だけでなく今よりもっと広い視野を持って考えていけたらと思います。