

欧州規格対応信号システムの開発

Alexandra Girardi

小岩 博明
Koiwa Hiroaki

辻 雅樹
Tsuji Masaki

細井戸 隆博
Hosoido Takahiro

勝田 敬一
Katsuta Keiichi

近年、鉄道交通の利便性向上と世界的な鉄道輸送の需要拡大を背景として、信号システムの標準化に向けた準備が進められている。欧州では、国境を越えた主要都市間の長距離鉄道において、相互乗り入れを円滑にすべく、統一規格信号システムであるETCSの導入が進められている。日立では、安全度水準の最高レベルSIL4に準拠した

認証を取得するとともに、欧州相互乗り入れ技術要求に準拠したETCS車上信号装置を製品化することに成功した。この製品は日立が納入する英国都市間高速鉄道（IEP）車両に搭載される予定で、グローバル市場への本格参入を加速していく。

1. はじめに

日立では、グローバル市場において、交通ビジネス拡大を積極的に進めている。現在英国では、HS1(High Speed 1)線向け高速車両であるClass 395車両や、ロンドン近郊区間を走行するClass 465車両向けインバータ装置が稼働中であり、いずれも高い信頼性で好評を得ている。また、こ

れらの実績が評価され、次期都市間高速車両であるIEP(Intercity Express Programme)車両製作および保守作業の受注も獲得した(図1参照)。

信号ビジネスについてもグローバル市場展開を図るべく、欧州統一規格信号システムであるETCS(European Train Control System)の開発に着手、完遂した。なお、こ



図1 | IEP車両

日立が納入する英国IEP(Intercity Express Programme:都市間高速鉄道)向け車両のイメージ図を示す。

の開発は、英国の鉄道インフラ保有会社である Network Rail 社（以下、「NR社」と記す。）との共同開発プロジェクトである。日立がETCS車上装置の開発・設計・製作を行う一方、NR社は路線・車両・乗務員などの試験環境を提供し、共同で走行試験を実施するスキームである。得られた知見を設計・開発にフィードバックすることで、運用面の要求とエルゴノミクスに配慮したETCSの製品開発に成功した。

2. ETCSの概要

2.1 導入状況

ETCSとは欧州連合主導で開発整備が進められている統一規格信号システムの総称である。ETCSは、EU(European Union)加盟国間で共通に使用でき、相互乗り入れを可能にすることで、すなわちインターオペラビリティの実現を最大の目標としていることが特徴である。機能仕様やインタフェースを定義する関連仕様書が公開されていることもあって、中国やインドなど、欧州以外の地域においてもETCS導入が進められている。現時点で、全世界で延べ68,000 km以上の路線、および、9,000編成以上の車両にETCSに対応した車上装置が搭載されている。

2.2 システム構成

ETCSの全体システム構成を図2に示す。位置基準や特定の制御情報を送るために、「ユーロバリス」と呼ばれる地上子が設置されている。点制御方式ではLEU (Lineside Electronic Unit) と呼ばれる地上装置が、信号機の現示に応じた走行許可位置情報 (Movement Authority：以下、「MA」と記す。)を生成し、「バリス」を介して車上装置に伝達する。一方、連続制御方式では、RBC (Radio Block Centre) と呼ばれる地上装置がMAを生成し、GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway) 無線ネットワークを介して車上装置に伝達する。いずれの場合も、列車検知は地上側 (軌道回路など)で行う。

車上装置は、EVC (European Vital Computer) と呼ばれる論理部が主体となり、速度・自列車位置の算出、地上から受信したMAに基づくブレーキパターンの生成、パターン超過時のブレーキ制御などの、保安装置としての機能全般を担っている。パターン速度や走行許可位置までの距離、前方路線条件などの情報はDMI (Driver Machine Interface) に表示される。また、表示だけではなく、運転士識別番号や列車長といった車両特有の情報の入力端末としての機能も有している。列車の運転状態や、ETCS車上装置の動作状態は、JRU (Juridical Recording Unit) と呼ばれる装置に記録される。これは事故時の原因調査のために

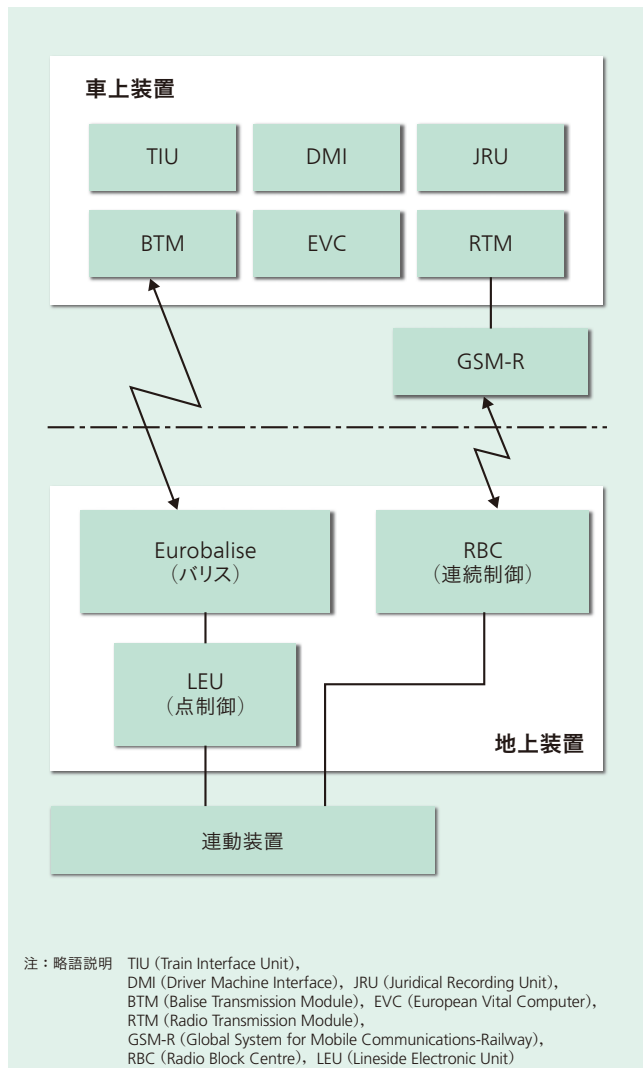


図2 | ETCS全体システム構成

欧州指令にて規定されているETCS (European Train Control System) 全体システム構成を示す。

設置が義務付けられているもので、耐水・耐火・耐衝撃性が考慮されている。

3. ETCS車上装置の開発

3.1 開発課題

ETCS車上装置開発における主要な開発課題は以下の通りである。

- ・多様なETCS機能に対応できるプラットフォームの開発
- ・欧州規格への適合
- ・インターオペラビリティの確保

以下、これらの課題に対する取り組みを示す。

3.2 多様なETCS機能に対応できるプラットフォームの開発

ETCSは従来の信号保安装置と比較して大量のデータを処理する必要がある。これに対応するため、高速・高機能の専用フェイルセーフCPU (Central Processing Unit) を採用した「E-OPE」モジュールを開発した。主要諸元を

表1 | E-OPEモジュールの主要諸元

ETCS車上装置開発にて採用した「E-OPE」モジュールの主要諸元を示す。

項目	仕様
CPU	GEMINI
動作周波数	64 MHz
速度照査ブレーキ出力	ATC-LSI
シリアル通信点数	12点
入出力点数	入力：96点 出力：48点

注：略語説明 CPU (Central Processing Unit), ATC (Automatic Train Control), LSI (Large-scale Integration)

表1に示す。

このモジュールの特徴は以下の通りである。

- ・2つのCPUコアと、その動作を比較するバス照合回路をワンチップに一体化した独自開発フェイルセーフCPU「GEMINI」を採用
- ・動作周波数向上、内蔵RAM (Random Access Memory) 容量増加、基板間伝送量削減により、速度照査制御の処理能力が従来比10倍に向上
- ・12点のシリアル通信ポートを有し、多様な周辺機器との接続が可能
- ・従来から使用している、速度照査機能に特化した専用のフェイルセーフLSI (Large-scale Integration) を引き続き使用し、「GEMINI」と併用することによって、安全性のさらなる向上を実現

3.3 欧州規格への適合

ETCSが準拠すべき規格は、欧州内で相互乗り入れするための膨大な技術要件を信号・車両などの分野ごとに定めたTSI (Technical Specification for Interoperability) の中で、CCS TSI (Control Command and Signalling TSI) と呼ばれる欧州指令に規定されている。サプライヤーが製品を市場に送り出すためには、NoBo (Notified Body) と呼ばれる認証機関の査定を受け、これらの規格に適合していることの認証を受ける必要がある。規格は大きく分けて以下の3種類に大別される。

- ・電氣的・機械的仕様に関する規格
- ・ETCS機能に関する代表的な規格
- ・RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) に関する規格

欧州規格で定められた安全性基準の満足と、その証明が求められる。一般に、安全性設計の基本はフェイルセーフな出力を確保することであるが、欧州規格の中には、例えば、これを実現するための開発プロセスの規定がある。実績ある日立グループの安全性設計に基づきながらも、これらの規定にも完全に満足する必要があった。

今回開発したETCS車上装置について、これらの規格で

定められた手法に従って設計・検証を実施していること、設定された信頼性 (稼働率) および安全性 (危険側故障率) の目標値を達成していることを、NoBo、特に安全性については、独立安全認証機関であるISA (Independent Safety Assessment) の査定を受け、認証を取得した。

3.4 インターオペラビリティの確保

欧州相互乗り入れ技術要求の根幹を成すインターオペラビリティは、欧州で認められた独立試験機関において、機能試験を行い、合格することで証明される。この開発では、ベルギーに本社を置くMULTITEL社をパートナーとして採用した。用いられる試験仕様書はTSIの一部として公開されているが、93の走行シナリオ、約1,800のテストケース、数万件のステップから成る膨大なもので、全ての試験ステップごとに合否結果が判定されるものである。試験環境構築を含めて、1回の評価試験の完遂には約3か月の期間を要した (図3参照)。

これに加えて、他社製の地上装置が設置されている英国の路線での走行試験を通じた実証試験も実施した。NR社が保有するClass 97ディーゼル機関車に、今回開発した車上装置を搭載し、英国ウェールズ地方北部のカンプリアン線にて走行試験を実施した。2013年4月から同年9月にかけて以下の項目についての検証を行い、保安装置として正常に動作することを確認した (図4参照)。

- ・他社製RBC (Radio Block Centre) との無線接続
- ・速度および位置認識機能
- ・ユーロバリス読み取り
- ・MAに対する速度照査
- ・固定速度制限および臨時速度制限
- ・緊急停止
- ・レベル転換

試験では延べ1,200 km余りを走行し、この間大きなト

**図3 | MULTITEL社のインターオペラビリティ試験風景**

MULTITEL社の研究施設で撮影した、インターオペラビリティ機能確認試験風景を示す。



図4 | Class 97ディーゼル機関車

Porthmadogにて撮影した、Class 97ディーゼル機関車を示す。

ラブルの発生もなく、NR社や運行事業者からも高い評価を得た。また、この試験は、英国における最初の異なるサプライヤー間のインターオペラビリティ確認事例となった。

4. 実案件への適用

今回開発したETCS車上装置は、日立が納入する英国都市間高速鉄道 (IEP) 向けの車両に搭載される。また、前述の実証試験の高い評価を受けて、英国カンブリアン線を走行するClass 37ディーゼル機関車へのETCS車上装置搭載案件も受注し、2015年度の運用開始に向けて、設計・製作を進めている。

5. おわりに

今回開発したETCS車上装置は、欧州以外のサプライヤーが開発した保安装置として初めてSIL (Safety Integrity Level) 4の安全性および欧州規格に適合する認証を取得した。また、英国での実証試験を通じて、所定の機能・操作性を含めた走行性能を発揮していること、および、他社製地上装置とのインターオペラビリティを確認した。日立では、英国をはじめとするグローバル市場にて、この製品の

積極的な拡販を鋭意進めている。

謝辞

今回の製品化にあたり、インターオペラビリティの証明という難題に関して、最後まで粘り強く対応していただいたMULTITEL社の関係各位に感謝の意を表す次第である。

参考文献など

- 1) K. Jordan, 外：欧州における鉄道事業展開と研究開発, 日立評論, 94, 8, 570～573 (2012.8)
- 2) UNIFEホームページ, <http://www.unife.org/home.asp>

執筆者紹介



Alexandra Girardi

MULTITEL社 Head of Certification Department
現在、ETCS規格適合を証明する共通試験機関での取りまとめに従事



小岩 博明

日立レールヨーロッパ社 エンジニアリングチーム 所属
現在、英国を中心とした欧州市場への保安装置関連製品の拡販に従事
IRSE (Institution of Railway Signal Engineers) 学会会員



辻 雅樹

日立製作所 交通システム社 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属
現在、英国既存車向けETCS車上装置搭載案件の設計・開発に従事



細井戸 隆博

日立製作所 交通システム社 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属
現在、英国IEP向け保安装置関連機器の取りまとめに従事



勝田 敬一

日立製作所 日立研究所 輸送システム研究部 所属
現在、信号システムの国際規格対応業務、次世代信号システムの研究開発に従事
電気学会会員, MIET (Meerut Institute of Engineering & Technology)