

英国向け欧州統一規格鉄道信号システムの運用認可取得

頼重 毅
Yorishige Tsuyoshi

Andrew Ellison

高橋 直
Takahashi Nao

出口 直樹
Deguchi Naoki

吉田 康平
Yoshida Kohei

日立は欧州統一規格鉄道信号システムであるETCS車上装置の基礎製品開発に着手し、2013年にEUで指定された第三者規格適合性評価（認証）機関から欧州指令に基づき規定された技術仕様TSIへの適合証明を取得した。この基礎製品開発をきっかけとし、日立は欧州以外の企業で唯一、英国ETCS市場での入札資格を取得し、欧州信号市場への本格参入に向けた一歩を踏み出した。2014年5月、日立は英国の鉄道設備保有管理会社Network Rail社から、車両運用会社であるWest Coast Railways社が保有するClass37機関車向けのETCS車

上装置を初めて受注した。本装置の製作、ならびにTSIや英国規格への適合証明に加え、英国現地法人Hitachi Rail Europe Ltd.を通じて本装置の機関車への搭載および試験を実施し、その後、英国行政機関から運用認可取得を果たした。

今後、ETCSは世界各地での採用が計画されていることから、今回の経験を生かして本装置をグローバル信号システムにおけるキーコンポーネントの一つとし、ETCS車上装置の展開を進める。

1. はじめに

現在、英国ではWales地方の路線であるカンブリアン線（Shrewsbury - Pwllheli間の215 km）において、唯一ETCS（European Train Control System）[※]による運用が行われている。今後、2025年までに英国全土の主要路線を中心にETCSを整備する計画があり、ETCS車上装置においても、日立が納入する英国都市間高速鉄道IEP（Intercity Express Programme）¹⁾をはじめとする新製車両だけでなく、現在運用中の車両（既存車両）へもETCS車上装置の搭載が求められる。

日立は、2008年にETCS基礎製品開発プロジェクトを立ち上げ、欧州指令に基づいて規定された技術仕様TSI（Technical Specification for Interoperability）に適合したETCS車上装置の開発を開始し、2013年にEU（European Union）で指定された第三者規格適合性評価（認証）機関から当該装置に対する安全度水準SIL4（Safety Integrity Level 4）の準拠を含むTSI適合証明の取得に成功した。また、日立はNetwork Rail（NR）社と共同で、この基礎製品を

Class97機関車に搭載のうえ、カンブリアン線において試運転を実施し、他社製ETCS地上装置と日立製ETCS車上装置間での相互運用性を含めた実機関車におけるETCS機能確認を行った。その結果、実機関車に搭載された日立製ETCS車上装置と他社製ETCS地上装置との組み合わせにおいて、TSIに基づくETCS機能が実現されていることを証明した。この結果が功を奏し、英国市場において、ETCS案件の入札資格の獲得²⁾とClass37機関車向けの



図1 | 日立製ETCS車上装置を搭載したClass37機関車とカンブリアン線略図

West Coast Railways社によるカンブリアン線での運用のため、日立はClass37機関車のETCS（European Train Control System）車上装置の搭載と運用認可の取得を行った。

※) 車上装置・地上装置とも他社製。

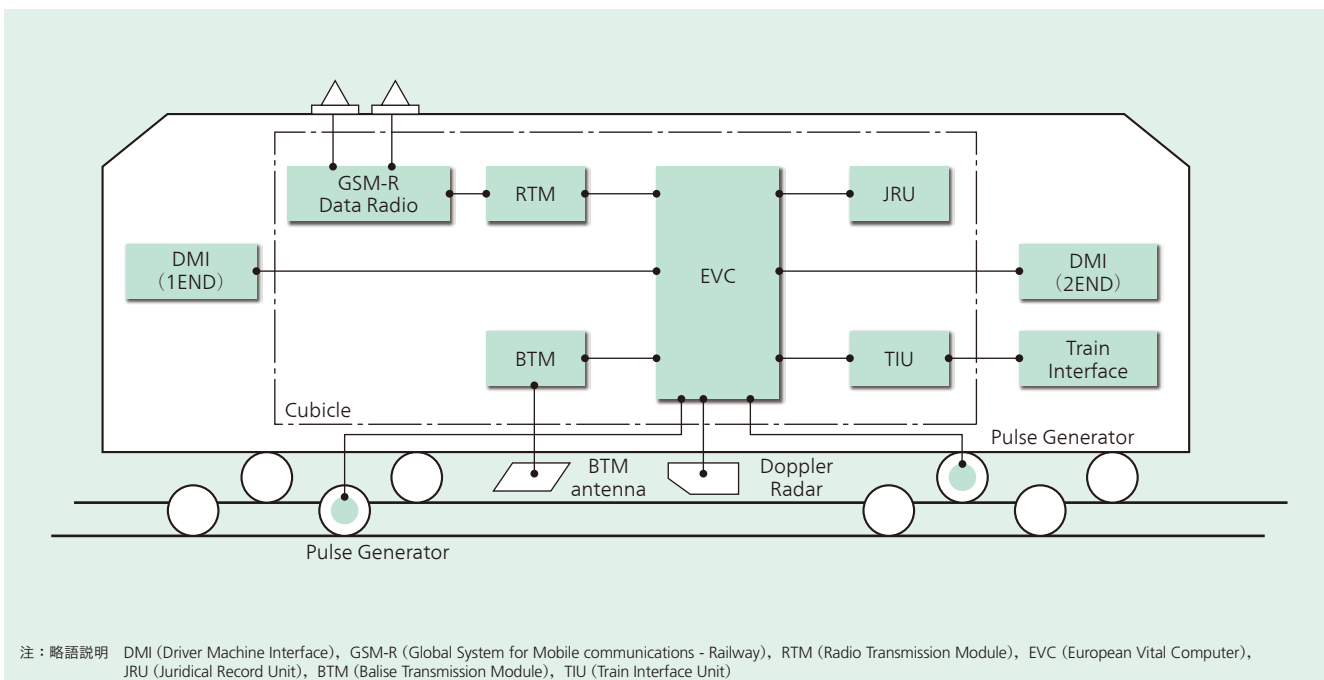


図2 | Class37機関車向けETCS車上装置の構成図

Class37機関車は、車両両端に運転台を有する構成であるため、ETCS車上装置は、1台の装置当たり2台のDMIを実装し、両方の運転台での運用に対応した装置構成となっている。

ETCS車上装置の製品受注につながった。

2. Class37機関車ETCSプロジェクト

英国では、主要路線において信号保安装置としてETCSを整備する計画が積極的に進められている。その中で、日立は、欧州他社に先駆け、West Coast Railways (WCR)社が保有するClass37機関車向けのETCS車上装置および、当該機関車への装置取り付け〔艀（ぎ）装〕をNR社から受注した（図1参照）。この受注は、装置の製作からETCS運用認可取得を経て運用開始までに至る、一連のプロセスを日立として実施するターンキープロジェクトである。

Class37機関車向けETCS車上装置の構成図を図2に、各機器の概略を表1にそれぞれ示す。日立製作所鉄道ビジ

表1 | ETCS車上装置を構成する機器の概略

日立は、各キーコンポーネントの開発とシステムインテグレーションを行い、ETCS車上装置として完成させた。

機器	概略機能
EVC	ETCS車上装置の制御部である。2 out of 2のフェイルセーフ構成となっており、地上設備からの情報に基づいた照査速度パターンの算出と速度照査によるブレーキ制御を行う。
RTM	無線送受信モジュールである。GSM-R網で受信するデータとアプリケーション電文の変換を行い、双方向伝送を実現する。
BTM	地上に設置されたBaliseから受信した電文を復調し、データ情報をEVCに伝える機能を有する。
TIU	ブレーキ出力接点リレーを有する車両インタフェースユニットである。
GSM-R Data Radio	GSM-Rネットワークと接続し、地上設備とのデータ送受信を行う。
JRU	ETCS機能動作を記録するためのトレインレコーダーである。
DMI	運転士用インタフェース装置であり、列車の実速度や制限速度など、ETCS車上装置が有する各種情報を表示し、運転士に提供する。

ネスユニット水戸交通システム本部では、ETCS車上装置の設計・製作を行い、装置単体としての規格適合証明（以下、「装置認証」と記す。）を取得した。一方、Hitachi Rail Europe Ltd. (HRE)では、ETCS車上装置の各機器を機関車に艀装するため、車両とのインタフェース回路の設計製作、また艀装機構設計と改造作業の取りまとめを実施し、さらにETCS車上装置艀装後の車両において規格適合証明（以下、「車両認証」と記す。）の取得を行い、この結果を基に行政機関から運用認可を取得した。

3. ETCS車上装置の製作と適用

3.1 製作課題

Class37機関車向けETCS車上装置の製作から実運用に至るまでの主要な課題は以下のとおりである（図3参照）。

- (1) 製作段階の定義
 - (2) 車両艀装と試験
 - (3) SA段階における車両認証と運用認可取得
- 以下、これらの課題に対する取り組みを示す。

3.2 製作段階の定義

日立におけるClass37機関車向けETCS車上装置の製作から、Class37機関車にETCS車上装置を搭載して運用開始するまでの段階を、次の(1)～(4)に整理して取り組むこととした（図4参照）。

(1) GP段階

GPとはGeneric Productの略であり、車上装置と地上装

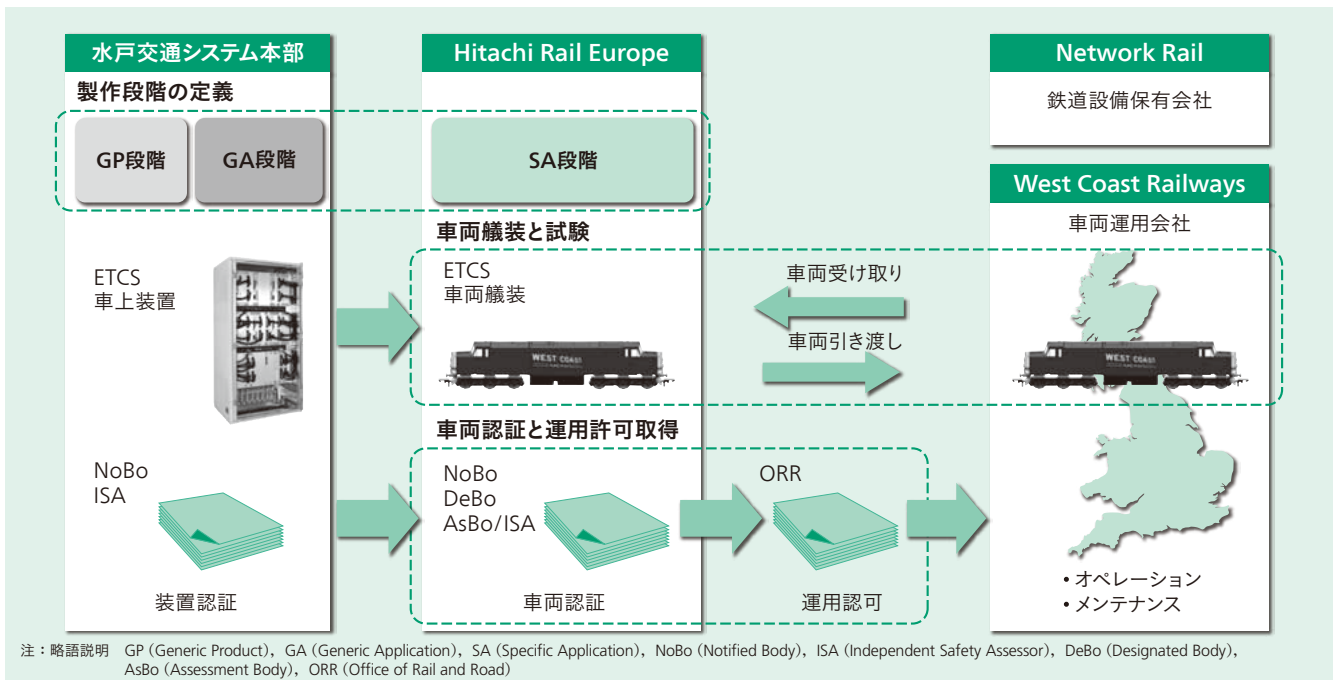


図3 | ETCS車上装置の製作と適用までの流れ

GP段階・GA段階は主に装置開発とその認証取得が範囲となる。SA段階では、現地法人による装置の車両搭載とその認証を担当する。さらに実運用のために行政機関ORRからの運用認可を取得し、ターンキーとして完成となる。

置間の相互運用性を含むETCS一般機能仕様の実装を目的とした段階である。この段階では、欧州指令で定められたTSIへの適合とその証明が必要である。この段階で製作した装置は、英国だけでなく、欧州各国やアジアなどグローバル市場への適用をめざしている。日立は先述の基礎製品開発で、認証機関からGPとしてTSI適合証明（GP装置認証）を取得済みである²⁾。

(2) GA段階

GAとはGeneric Applicationの略であり、各国・地域特有仕様の実装を目的とした段階である。英国では、法律であるRIR (The Railways Interoperability Regulations) に基

づき、要求される技術仕様NNTR (Notified National Technical Rules) とRGS (Railway Group Standards) で定められた要求の実現と、適合証明を示す必要がある。

英国特有仕様（例えば既存信号システムとの切り替え）は、上述のGP段階における基礎製品をベースに実装し、本プロジェクトにおいて認証機関からGA段階における規格適合証明（GA装置認証）の取得にも成功した。

(3) SA段階

SAとはSpecific Applicationの略であり、車両特有仕様の実装を目的とする段階である。車両への装置艤装に加え、車両特性や車両特有機能を考慮した実装が求められ

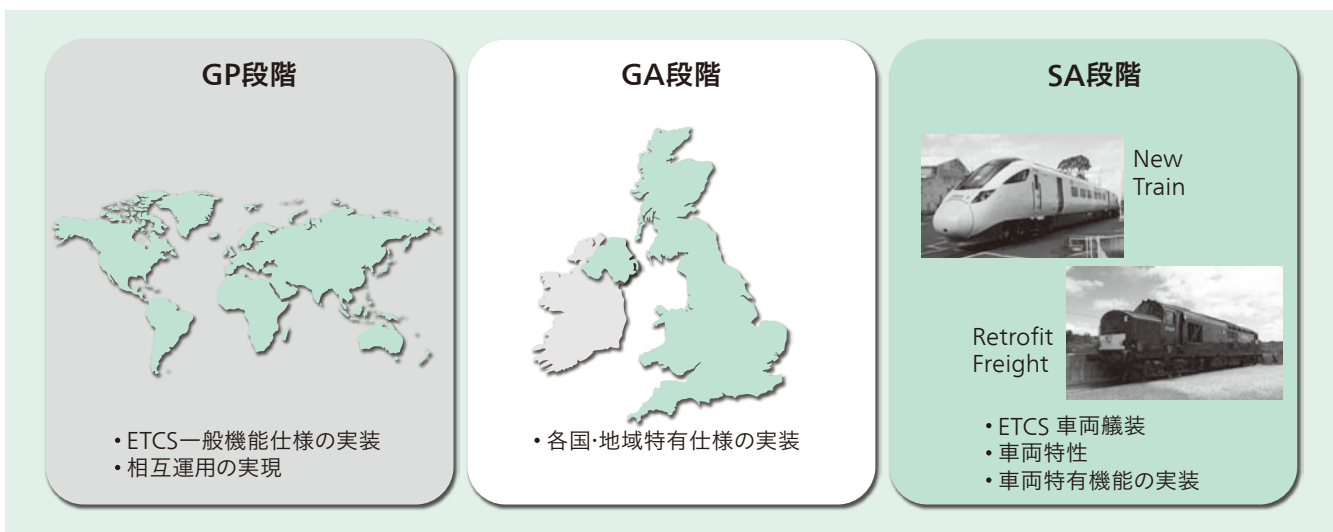


図4 | 開発スコープの定義

水戸交通システム本部がGP段階・GA段階を、Hitachi Rail EuropeがSA段階を担当する。各段階での機能実装と規格適合証明の取得を行う。

る。この段階では、車両に搭載したうえで欧州指令に基づいた一連のTSIや、RIRに基づいたNNTRなどへの適合証明（GP装置認証、GA装置認証）の照査に加え、英国の行政機関であるORR（Office of Rail and Road）が規定する安全性管理プロセス規範CSM RA（Common Safety Method for Risk evaluation and Assessment）に則したプロセスを実施し、車両認証の取得を行った。

(4) 運用認可

運用認可では、前述のGP装置認証とGA装置認証取得に関する書類に加え、車両認証取得に関する書類をORRに提出し、同機関における査定を経て、ORRから運用認可（APIS：The Authorisation to Placing into Service）を取得した。

日立は、今回定義した(1) GP、(2) GA、(3) SAの各段階での装置製作、車両艤装、規格適合性証明（認証）取得を行い、(4) 運用認可の各段階を踏まえた結果、英国において欧州の他企業に先駆け、日立製ETCS車上装置を搭載した車両の実路線運用許認可にあたる運用認可（APIS）を取得することに成功した。

以降、SA段階、ならびに運用認可における日立の取り組み内容について詳細を述べる。

3.3 車両艤装と試験

まずHREは、WCR社から対象のClass37機関車を受け取り、水戸交通システム本部で製作したETCS車上装置を艤装するため以下の4点を実施した。

(1) コンセプト設計

要求仕様に基づいた構想設計を行う。

(a) 各機器の艤装位置と固定方法

(b) ETCS車上装置と車両側機器とのインタフェース

(c) 運転士によるオペレーションと保守員によるメンテナンスの方法

(2) 詳細設計

コンセプトに従った詳細設計を行う。

(a) 機械構造設計、電気回路設計

(b) Human Factor Assessment [DMI (Driver Machine Interface) の視認性、サウンドレベル、各種計器の操作性確認]

(3) 艤装作業

(a) 車両の床上・床下、屋根上への各機器や配線、アンテナの設置作業

(b) 現場作業に関するRisk Assessmentの実施

(4) 車両試験

(a) ETCS静止試験

ETCS車上装置艤装後の車両において、車両側機器と

ETCS車上装置間の入出力インタフェース健全性確認の実施

(b) ETCS走行試験

- 他社製ETCS地上装置との組み合わせも含めた機能走行確認試験の実施

- 実運用に則したオペレーション確認試験の実施

これらのプロセスに基づき、車両への艤装と試験を問題なく完了させた。

3.4 SA段階における車両認証と運用認可取得

実際に日立製ETCS車上装置を供用した車両をカンブリアン線での運行に使用するためには、あらかじめORRからの運用認可取得が必要である。この運用認可取得には、GP装置認証、GA装置認証のほか、車両認証を取得したうえで、その関連書類をORRに提出し、運用認可の査定を受ける必要がある。本節では、車両認証の取得と、これを踏まえて運用認可を取得するまでの活動について述べる。

車両認証取得には、NoBo (Notified Body)、DeBo (Designated Body)、AsBo (Assessment Body) /ISA (Independent Safety Assessor) という大きく3つの査定活動を実施する必要がある（表2参照）。

(1) NoBoとDeBoにおける査定活動

NoBoは、欧州指令に基づいて規定されるTSIやEN (European Norm) 規格への適合性査定を実施する役割を担い、またDeBoは、英国のRIRに基づいて規定されるNNTRやRGSへの適合性査定を実施する役割を担う。

まず、HREは、各規格で要求される項目について、NoBo/DeBoに対し、規格要求に対する適合性根拠の説明を行う。具体的には、各規格の要求項目が、ETCS車上装置や艤装設計に反映されていることを示したうえで、試験の結果をもって要求項目を満たすことを証する説明を実施する必要がある。

表2 | SA段階における各査定フェーズ

日立からのアウトプットに対し、第三者認証機関が各査定を行い、各種規格への適合証明を行う。

査定者	適合要求	主な日立査定プロセスとアウトプット	査定者アウトプット
NoBo	(1) EU Directives (2) TSI (3) European Norms	(1) TSI 要求仕様レビュー (2) 適合性証明 (3) 試験実施&レポート作成	Technical Files
DeBo	(1) RIR (2) NNTR (3) RGS	(1) NNTR 要求仕様レビュー (2) 適合性証明 (3) 試験実施&レポート作成	Technical Files
AsBo/ISA	(1) CSM RA	(1) システム定義 (2) ハザードログ (3) 安全性検証	Safety Assessment Report

注：略語説明 EU Directives (European Union Directives), TSI (Technical Specification for Interoperability), RIR (The Railways Interoperability Regulations), NNTR (Notified National Technical Rules), RGS (Railway Group Standards), CSM RA (Common Safety Method for Risk evaluation and Assessment)

ETCS車上装置単体としては、GP装置認証、GA装置認証を取得済みであるため、これら認証取得に関する書類を参照し、SA段階で実施する車両機装の実装内容やETCS車上装置と車両を組み合わせて確認すべき機能は、各試験（ETCS静止試験、走行試験）の仕様をNR社・WCR社とのレビューを経て決定し、実際に試験を行うこととなる。その後、HREはこの試験結果を試験報告書にまとめて提出し、NoBo/DeBoが適合性説明と説明に関連するエビデンスの妥当性を査定し、その結果をTechnical Filesとして記録する。

(2) AsBo/ISA 査定活動

AsBo/ISAは、ORRが安全性管理プロセスを規定したCSM RAに則って査定を行う。具体的には、AsBoは、CSM RAに則し、安全性管理プロセスが遂行されているかを重点に査定し、一方、ISAは、前述のプロセスに則し、日立の安全性管理、検証の結果が妥当であるかを査定する。

CSM RAに則した対応として、HREは、最初にETCS車上装置、車両機装におけるコンポーネントごとにリスク解析と安全性レビューを行い、その結果に基づき、具体的に実装や対応が必要な項目と安全性要求を抽出する。さらに、この安全性要求の検証方法も明確にする。この検証方法に則し、そのプロセスの実行や安全性要求の実現を証するエビデンスを提出し、AsBo/ISAによる査定が行われる。AsBo/ISAは、この結果をSafety Assessment Reportに記録する。

上述の各査定完了後、車両認証としての査定記録（Technical FilesとSafety Assessment Report）とこれに関連する書類をORRに提出し、ORRで運用認可の査定を行った。この査定の結果、2016年7月、日立は、カンブリアン線において日立製ETCS車上装置を搭載したClass37機関車の運用認可（APIS）を取得した。この運用認可取得は、英国において、他社製ETCS地上装置との相互運用性を実現したETCS車上装置としては、欧州企業も含めて日立が初めてとなった。

4. おわりに

日立は、ターンキープロジェクトとして、ETCS車上装置の製作・納入から運用認可取得までを英国で初めて完成させた。このプロジェクトでの取り組みは、日立だけでなく、英国顧客や認証機関にとっても、今後本格的に英国で導入が進むETCS展開におけるモデルケースになったと言える。

また、欧州外の企業である日立が、ETCS車上装置を製品として完成させ、その相互運用性を実現したことは、さらなるETCSの市場参入の可能性に確信を持てる経験とな

り、その意義は大きいと言える。

今後、日立は本プロジェクトで得た経験を生かし、IEP車両のETCS車上装置の運用認可取得も進めることで、英国の鉄道社会に貢献するとともに、欧州のみならずグローバルな鉄道社会への貢献に向けてもETCSを展開していく所存である。

謝辞

本稿で述べた英国向け欧州統一規格鉄道信号システムの運用認可取得においては、Network Rail社 Anthony Wilkinson氏、West Coast Railways社 Matthew Bott氏、そしてSurebridge社 Simon Errington氏をはじめとする関係各位に、プロジェクトと規格適合証明活動の推進において、多くのご支援を頂いた。深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 岩崎, 外: 英国IEP (都市間高速鉄道計画) 向け高速車両Class 800/801の開発, 日立評論96, 9, 566~572 (2014.9)
- 2) Alexandra Girardi, 外: 欧州規格対応信号システムの開発, 日立評論, 96, 9, 573~576 (2014.9)

執筆者紹介



頼重 毅

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 水戸交通システム本部
信号システム設計部 所属
現在、英国向けETCS車上装置搭載案件のシステム設計・開発に従事



Andrew Ellison

Hitachi Rail Europe Ltd. 所属
現在、Class37機関車向けETCS車上装置製作プロジェクトの取りまとめ業務に従事
CEng (Chartered Engineer) IMechE (Institution of Mechanical Engineers) 会員



高橋 直

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 水戸交通システム本部
信号システム設計部 所属
現在、英国向けETCS車上装置搭載案件のソフトウェア設計・開発に従事



出口 直樹

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 水戸交通システム本部
信号システム設計部 所属
現在、英国向けETCS車上装置をはじめ、日立の信号ビジネスの認証取得取りまとめ業務に従事



吉田 康平

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 水戸交通システム本部
信号システム設計部 所属
現在、英国向けETCS車上装置搭載案件のシステム設計・開発に従事