

加え、開発手法について述べる。

2. プロジェクト概要

2014年10月にオランダに本拠を置くAbellio社が ScotRailの営業運行権を獲得し、翌2015年4月より Abellio ScotRail(以下、「ASR」と記す。)として営業運行を開始した。

一方、総事業費7億ポンドを超える Edinburgh Glasgow Improvement Programme (EGIP) と呼ばれる鉄道網整備事業がスコットランド政府によって2013年から進められており、エディンバラ、グラスゴー間および両都市近郊の総延長150 kmに及ぶ線路の電化や駅舎、プラットフォームの改修などが予定されている。

今回開発した Class 385 は、EGIP による整備区間を含む路線へ2017年12月から順次投入される予定であり、ASR による Class 385 の投入と EGIP による地上側の整備によってエディンバラ、グラスゴー間は最短42分で結ばれ、2019年までに両都市近郊の鉄道輸送能力は対2013年比30%の増加が見込まれている(図1参照)。

3. Class 385の概要

3.1 基本仕様

Class 385の開発にあたり、車体は、スコットランド内の路線、プラットフォームや橋梁(りょう)を含むインフラ条件に対応する形状とした。

適合規格は、最新の欧州相互乗り入れ技術要求(TSI: Technical Specifications for Interoperability)をはじめとす

る最新の欧州規格および英国鉄道規格(RGS: Railway Group Standard)とした。

車両の編成図を図2に、主要諸元を表1にそれぞれ示す。編成は1編成3両または4両で構成され、編成の併結時は最大12両で営業運転する。両先頭車の前面には自動連結器および貫通ほろを装備し、編成車両の併合時には、自動連結器の連結に併せて貫通ほろが結合して貫通路を構成することで、乗客および乗務員が通過可能な構造となっている。

表1 | 車両の主要諸元

Class 385の主要諸元を示す。

項目	主要諸元
車種	英国 Class 385
編成	3両 (DMS2+TPS1+DTMS1) 4両 (DMC1+TPS1+TS1+DMS1)
座席定員	3両編成:スタンダードクラス190人 4両編成:ファーストクラス20人, スタンダードクラス237人
電気方式	交流25 kV
軌道間	1,435 mm
最高運転速度	161 km/h
加速度	0.84 m/s ²
減速度	常用1.0 m/s ² , 非常1.20 m/s ²
勾配条件	1/37=27‰
ブレーキ制御	電気指令式空気ブレーキ
主変換装置	IGBTコンバータ・インバータ
主電動機	250 kW連続
補助電源装置	3両編成: 80 kVA×3台 4両編成: 80 kVA×4台
車体	アルミダブルスキン構造
台車	ボルスタレス台車
空調	ヒータ暖房形冷暖房機(換気ファン内蔵)

注: 略語説明 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

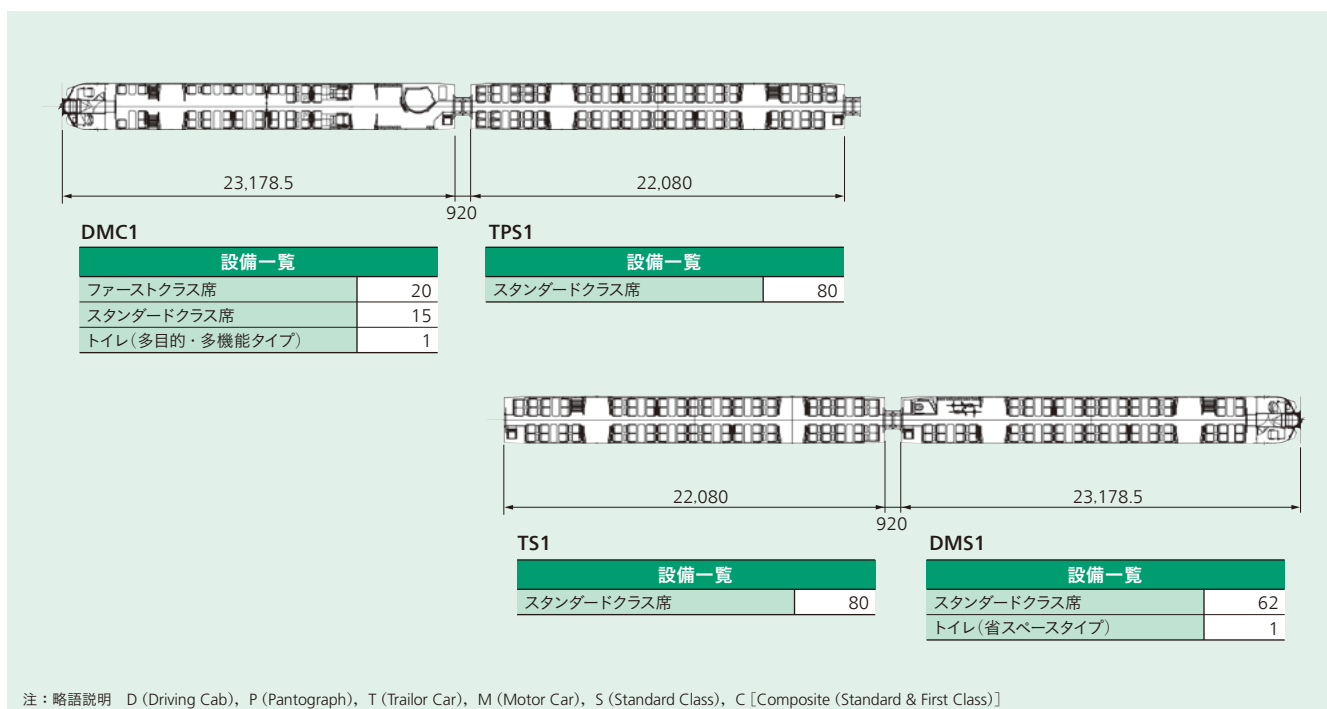


図2 | 編成図(4両編成)

編成は1編成3両または4両で構成される。両先頭車には貫通ほろを装備し、最大4編成を連結した12両で営業運転する。

いる。

車体はアルミニウム合金製とし、先頭部は貫通路を構成しつつ、最新の欧州規格に準拠した衝突安全構造とした。

客室はファーストクラスおよびスタンダードクラスの2つのコンパートメントで構成し、腰掛けやテーブルなどの設備品はTSI、RGSおよびTSIの障がい者対応要求（PRM-TSI：Persons with Reduced Mobility-TSI）に適合し、衝突安全性、耐火性、および障がい者の利用に配慮した構成・配置とした。これらは、デザイン段階で鉄道運行会社、車両保有会社、関連団体および第三者機関による審査を受けながら仕様を決定した。

3.2 デザイン

Class 385のデザインは、近郊車両の標準車として将来的な受注を見据え、あらかじめ近郊車両に必要なとされる各種要件を検討し、先行的にデザイン開発を進めたものである（図3参照）。

近郊車両のデザインにおいて、これまでに実績のあった高速車両と大きく異なる点は、先頭車の前面形状である。

近郊車両という特性上、先頭車の前面中央に連結用ほろを搭載することが基本的な要件とされた。短い先頭長の中で、ほろの収納や衝突安全性、運転士の視界など、複雑に絡み合う各種の規格や仕様を満足するデザインが求めら

れた。

デザイン検討においては、まず、枕木方向の断面をAT-300と同一とすることで、主要な部品の共通化を図っている。先頭形状については、屋根部から前面への滑らかな面の流れを構成しつつ、衝突吸収構造や運転視界の確保など想定される諸条件を踏まえ、理想的なデザインの方向性を定めた。次に、実際に使用するほろなどの機器が決定した時点で、具体的な条件に合わせてデザインを調整していった。最終的には規格上必要な運転士の視界を確保しつつ、バランスの取れたデザインにまとめることができた。

標準型車両のデザイン開発では、部品共通化を図ることが前提となるが、同時に顧客の要求に柔軟に答えることが重要である。今回のデザイン開発では、AT-300と共通化を図りながら、近郊車両に求められる要件をあらかじめ盛り込むことで、短期間に進めることができた。現在、さらなる展開をめざし、内装のデザインについても、標準化を図りながら柔軟に顧客の嗜（し）好に応えることのできるデザインを進めている。

3.3 電気システム

Class 385は第4章で後述するとおり、主要電気品はAT-300と共通化を図った。ただし、以下の電気システムについては、Class 385に適したシステムを採用した。



図3 | Class 385の外観イメージ

先頭車両には、ほろの収納や衝突安全性、運転士の視界など、複雑に絡み合う各種の規格や仕様を満足するデザインが求められた。

(1) 主回路システム

英国には鉄道事業者として、車両保有会社、車両運行会社および路線保有・管理会社が存在する。この中で車両運行会社には、Track Access Chargeと呼ばれる車両の質量・走行距離に応じた乗り入れ費用と、車両を運行するために使用した電力費を路線保有・管理会社に支払う義務がある。車両質量が低減すると路線に掛かる負荷が軽減するためTrack Access Chargeは低減する。同様に、車両が軽くなれば運行に必要な電力も少なくなるため、車両運行会社からは契約前より車両質量低減について強い要望を受けていた。

Class 385には4両編成と3両編成の2種類が存在する。4両編成は運用に必要な駆動力を基に、M車(電動車)2両とT車(付随車)2両の2M2T構成を採用した。一方、3両編成は必要な駆動力がM車1.5両分で十分である。そこで、1台の主変換装置内で駆動システムを2群に分け、1両当たり2台搭載される主電動機付きのM台車(駆動台車)を個別に制御するシステムを採用した(図4参照)。このシステムの採用により、3両編成のM車1両の2台ある台車のうち1台をT台車(付随台車)とし、主電動機2台と主変換装置内の駆動システムを1群削減することで1.5M1.5T構成を実現した。本構成により、3両編成の編成質量を約1.5t低減することができた。

(2) ブレーキシステム

主回路システムを各台車制御としたことに伴い、1両当たり2台のブレーキ制御装置を搭載し、ブレーキについても各台車独立に制御するシステムを採用した。

(3) ドアシステム

AT-300は高速車両であるため、気密式の戸袋式側引戸

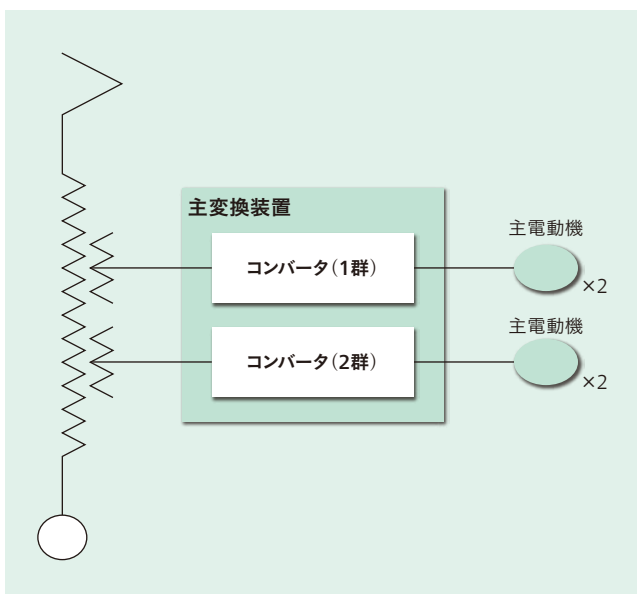


図4 | 主回路システム

主変換装置内のコンバータが各台車の主電動機を駆動する。主電動機は1台車当たり2台搭載されている。

システムを採用している。一方、Class 385は近郊車両であり気密性を必要としないため、欧州で一般的なプラグドアシステムを採用した。プラグドアは、ドアリーフが車両の外側をスライドして開閉するため、車両内に戸袋を構成する必要がなく、室内構造の簡素化を実現できた。

4. Class 385の開発

4.1 マザーデザインの採用

Class 385の開発にあたっては、AT-200に加え、Class 800/801に代表されるAT-300の開発成果をマザーデザインとし、可能なかぎり設計を共通化することで、英国鉄道システム・関連規格への適合、信頼性の確保に加え、競争力の高いリードタイムを実現した。

車体の側・屋根・床を構成する押し出し薄肉形材によるダブルスキン構造は、AT-300と共通設計とし、窓の大型化などのマイナーチェンジを施して適用した。客室(インテリアモジュール)では、床や天井などの主要構造品や、照明や仕切りドアなどの主要電気品はAT-300と共通設計とした。一方、腰掛けやテーブル、カーペット、出入台の仕切りなどの設備品は、英国鉄道運行会社および車両保有会社の要求を反映した構成および配置とした(図5参照)。

台車および空調装置は、AT-300と共通設計としつつ、Class 385の走行速度や路線条件を考慮し、台車のばね系の最適化などのマイナーチェンジを施して適用することで、部品の共通化および短納期設計に対応した。



図5 | インテリアモジュール

主要構造品(床・天井など)、電気品(照明や仕切りドアなど)は、AT-300と共通設計とした。

4.2 英国での車両製作に対する取り組み

(配線ハーネスの3D設計による作業性向上)

車両の配線、配管は下ごしらえ、敷設、接続などの各作業手順において細かな調整が多く、図面指示も複雑なものが多い。これまで、これらの作業は日立製作所笠戸事業所内の熟練作業者によって行われてきた。Class 385は第8編成以降の量産車の配線、配管作業を日立の英国工場で行う予定である。そこで、現地採用の作業者が図面の読解や細かな調整作業に慣れていない場合でも、問題なく実施できるように配線、配管の設計手法から見直した。笠戸事業所では配線、配管ともに場内の職場で切断・曲げなどの下ごしらえや部分組み立てを実施するが、英国工場向けには配線、配管ともにこれらの作業をアウトソーシングし、英国工場では車両への取り付け、接続作業だけで済むようモジュール設計を行った。ここでは、配線設計について詳細を述べる。

これまで車両の配線設計は2D(二次元)で行っていたが、電線は曲げ癖を完全に取り除くことができないことや、異なるサイズの電線を束ねた場合に、その曲げRを2D図面上では完全に表現できないことなどの問題により、配線ハーネスの長さに余裕を持たせた設計となっていた。また、余長処理や敷設経路の微調整は作業者の技能によるところが大きく、英国生産において改善すべき点であった。そこで、産業・医療用機器向けで多数の配線ハーネス設計・製造実績がある日立金属株式会社と共同で、車両向け配線ハーネスの3D(三次元)設計・製作に取り組んだ。

配線経路が複雑で狭所作業となる運転室の3D設計をまず実施し、その効果を検証した。車両の3Dモデル上で、最適な電線の経路、長さおよび電線量を検討できるため、2D設計と比較してこれらに対する精度が向上し、敷設が容易なハーネスの設計・製作が可能となった。また、図面に加えて、各ハーネスの取り付け状態を3Dモデルで示した敷設要領書による作業指示を実施したため、配線作業者は完成状態がイメージしやすくなり作業効率が向上した(図6参照)。この結果、敷設作業時間は従来設計と比較して50%低減した。この設計手法の有用性が確認できたため、適用範囲を全部位に拡大し、短時間での配線敷設を実現した。

Class 385の3D設計を通して、英国生産に対応した敷設作業が容易な配線ハーネスの供給体制が確立できた。この設計手法を今後のAT-200の配線ハーネス設計の標準とし、英国での円滑な車両生産を推進していく考えである。

4.3 VR技術を用いたヴァーチャルモックアップ

運転室エリアの設計は、運転士や乗務員の快適で安全な

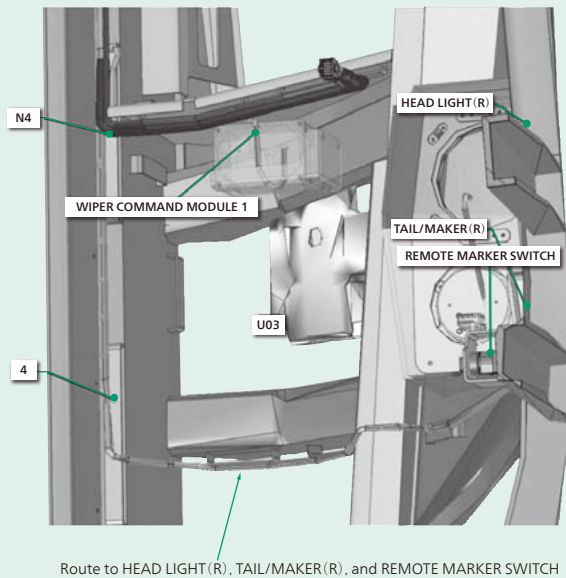
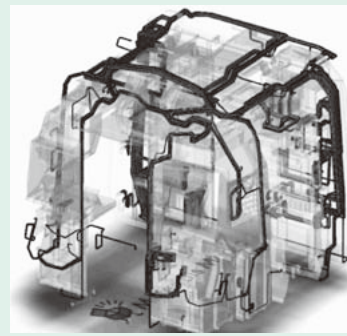


図6 | 運転室ハーネスの3D設計

運転室ハーネスの3D(三次元)設計について、上に設計検討状況を、下に敷設作業指示の一例を示す。

業務遂行のため、各種操作機器(計器、モニター類)の操作性や路線・地上設備の視認性、非常時の脱出性など、人間工学に基づいた基本設計を行っている。

一方で運転室エリアの構造に対しては、鉄道運行会社固有の経験的な仕様や、保有する既存車両との整合性を求められる場合が多く、Class 800/801では原寸大のモックアップを製作してレビューを重ねることで承認を得てきた。

Class 385の開発ではモックアップの製作に必要な期間が十分になく、モックアップレスでの設計が課題であった。そこで、VR(Virtual Reality: 仮想現実)技術を活用したヴァーチャルモックアップの開発を英国リヴァプール大学(The University of Liverpool)およびOPTIS Northern Europe Ltd.と共に産学共同で行った(図7参照)。

VRへの設計情報入力には運転室エリアで採用しているフル3D設計のCAD(Computer-aided Design)データを用い、ヴァーチャルモックアップによる顧客レビューに活用



図7 | 運転室エリアのヴァーチャルモックアップ

リヴァプール大学構内のVirtual Engineering Centreにおいて、スクリーン投影型のVR (Virtual Reality) を用いた顧客レビューを実施した。

した。

顧客要望に対する変更提案をVR上に直接フィードバックできることがヴァーチャルモックアップの利点であり、結果として従来のモックアップに対して約 $\frac{1}{3}$ と大幅に仕様決定期間を低減することを可能とした。

5. おわりに

ここでは、グローバル市場向け標準型近郊車両Class 385の概要と開発手法について述べた。

日立は、セミオーダーメイドタイプの標準型車両であるグローバルA-trainのラインアップを拡充させ、競争力の高いリードタイムを維持しながら、鉄道事業者のニーズに合った車両を提供することで、英国市場だけでなく、欧州市場や新興国市場での鉄道システムの高度化に貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) 日立ニュースリリース、英国市場向けに開発したセミ・オーダーメイドタイプの標準型近郊車両「AT-200」を公開 (2014.7), <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2014/07/0722.html>
- 2) 日立ニュースリリース、日立が鉄道運行会社のAbellio社から標準型近郊車両「AT-200」の優先交渉権を獲得 (2014.10), <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2014/10/1010.html>
- 3) 日立ニュースリリース、日立が鉄道運行会社のAbellio社と標準型近郊車両「AT-200」の納入および保守に関する正式契約を締結 (2015.3), <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2015/03/0312.html>
- 4) EGIP - Edinburgh Glasgow Improvement Programme, <http://www.egip.info/>
- 5) 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)
- 6) 岩間, 外: 日立製作所における英国向け鉄道車両デザインへの取り組み, 鉄道車両と技術, No.237 (2016.6)

執筆者紹介



岩崎 充雄

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 笠戸事業所
笠戸交通システム本部 グローバル統括プロジェクト 所属
現在、輸出車両の設計取りまとめ業務に従事



古川 和彦

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 笠戸事業所
笠戸交通システム本部 グローバル統括プロジェクト 所属
現在、欧州向け鉄道車両の設計に従事



岡本 健司

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 笠戸事業所
笠戸交通システム本部 グローバル統括プロジェクト 所属
現在、欧州向け鉄道車両の設計に従事



是石 一任

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 笠戸事業所
笠戸交通システム本部 グローバル統括プロジェクト 所属
現在、欧州向け鉄道車両の設計に従事



金保 忠正

日立製作所 鉄道ビジネスユニット 笠戸事業所
笠戸交通システム本部 グローバル統括プロジェクト 所属
現在、欧州向け鉄道車両の設計に従事



高田 裕一郎

日立製作所 研究開発グループ 東京社会イノベーション協創センター
製品デザイン部 所属
現在、国内外の鉄道車両のデザインに従事



川瀬 賢司

日立金属株式会社 電線材料カンパニー 電線統括部 技術部 所属
現在、国内外の鉄道車両線および配線の設計に従事
IEC TC20およびTC9専門家委員



Andy Radford

Hitachi Rail Europe Ltd. 所属
現在、ASRプロジェクトの取りまとめ業務に従事
MBA (Master of Business Administration)