

相模鉄道 12000 系電車における sustina コンセプトの適用

Application of the “sustina” Concept to Sagami Railway Series 12000

西岡 伸博 Nobuhiro NISHIOKA
 関根 眞一 Shinichi SEKINE
 深澤 悦史 Yoshihito FUKASAWA

横川 浩大 Kota YOKOKAWA
 長谷部 和則 Kazunori HASEBE

相模鉄道 12000 系は、これまでの sustina で培ったストレート車体の構体構造を拡幅車体に適用した量産車である。その一方で、相模鉄道グループ内で掲げる「デザインブランドアッププロジェクト」のデザインイメージへの設計対応、外板への塗装など、通常とは仕様が大きく異なっている。また、2019年11月30日より開始された JR 東日本との相互乗り入れに対応するため、乗り入れ先に合わせた仕様にもなっており、従来はこのような仕様を満たすために、個別に設計を行っており、高コストとなる問題があった。そこで当社は、ユーザの多様なニーズを低コストで実現する sustina のコンセプトを適用し、共通プラットフォーム設計に基づく部品、システムを積極的に採用することで、開発・設計・製造を実現した。

The Sagami Railway 12000 series is a mass-produced vehicle applying the wide width carbody based on the straight body structure established in “sustina” up to now. Unlike the normal specifications, the design image of the "Design Brand Up Project" advocated within the Sagami Railway Group, and coating on the outer panels, etc. were specified. Also, some of the specifications were intended for co-service with JR East. Individual design conventionally required entailing high cost has been saved by adoption of “sustina” concept of J-TREC. Various needs of the customer were satisfied at low cost, for which parts and system based on the common platform were positively used in developing, designing and manufacturing.

1 はじめに

相模鉄道12000系は、レーザ溶接の採用によりフラットな側構体を実現した sustina 構体初の拡幅車体である、S24シリーズ（車体長さ20m、片側4扉車）の新型車両である（図1）。

本形式は、横浜から海老名までの本線と、二俣川から湘南台までのいずみ野線で運用されるとともに、2019年11月30日からは相模鉄道と東日本旅客鉄道（以下、JR東日本）の直通線（相鉄・JR直通線）として西谷から羽沢横浜国大までが新規開業し、JR東日本との相互乗り入れ

によって新宿方面への運用が実現している。

本形式は sustina 構体で初めての拡幅車体であるが、共通プラットフォームを導入することによって部品を共通化し、イニシャルコストを低減している。その一方で、個性的な先頭形状と外板塗装、インテリアデザインについても共通部品を採用しつつ対応した。特に先頭デザイン形状が先に決まる中、先頭部、乗務員室内の設計に3D-CADを活用したことで、検証や仕様決定を容易にした。また、JR東日本路線への乗り入れ用車両であるため、主回路およびシステム構成はJR東日本E233系と共通の設計とした。本稿ではこれらの特長について、詳細を述べる。



図1 車両外観

2 構造および特徴

2.1 お客様の安全確保

本形式を始めとした sustina シリーズでは、「お客様の安全確保」を優先とした側面衝突対策、オフセット衝突対策を構体に採用するとともに、前頭強化構造を採用している。また本形式はシステム面において、相鉄・JR直通線羽沢横浜国大駅での地上と車両間の無線通信により実現する、「無線式ホームドア連携システム」を採用している。



図2 構体外観



図3 室内

2. 2 共通プラットフォーム化の推進

量産化においては、後続車種への共通プラットフォーム展開を見据え、共通部品・部材のベース化に取り組み、イニシャルコストを低減させた。以下にその例を示す。

- ・構体断面形状の共通化
- ・側出入口かまいの型材形状の共通化
- ・風道構造、側戸袋内柱、側窓ユニット、側引戸、側開戸、腰掛の内装部品の共通化
- ・相互直通運転を見据えた乗降口位置の共通化
- ・運転室背面ユニットフリージアコンソールの採用

2. 2. 1 sustina共通プラットフォーム構体構造

当社の主力製品である sustina S24ストレート構体が生産されている中、拡幅車体／すそ絞り断面車体においても、側出入口や側窓のフレーム、側外板の継ぎ目の凹凸をなくし、フラット構造とした構体の量産化を、本形式で初めて実現した（図2）。

構体部材の主要骨材は新規金型を作らず、sustina S24ストレート構体部品を使用することで、共通プラットフォームを意識した設計としており、側窓フレーム、側出入口フレームを側外板の内側に配置している。なお車体剛性は、従来構造と同程度となっている。

これらによって、今後フルフラットな sustina 構体を採用する拡幅車体の供給拡大を進めるにあたり、その基本となる構造を本形式の製造によって構築できた。

2. 2. 2 運転室背面ユニット「フリージアコンソール」

sustina シリーズで取り入れているフリージアコンソールだが、本形式では初の背面ユニット版として製作している。

背面ユニットを各構成部材ごとに分割して組み立てる構成で、溶接ひずみ軽減と他車種への適用も考慮したよりアジャスタブルな構造としている。

2. 3 デザイン

相模鉄道グループ内で掲げる「デザインブランドアッププロジェクト」にて検討されたデザインを基に、当社の sustina コンセプト・共通プラットフォームを融合させた。

エクステリアデザインについて、先頭の前面ガラス形状は実績のある板厚と大きさで構成し、運転台は共通部品を使用することで共通プラットフォームの思想を取り入れている。先頭部は前部標識灯、後部標識灯等の配置を工夫し、各々がバランスをとるように外観フォルムを構成することで、sustina S24シリーズに調和し、洗練されたデザイン形状とした。

インテリアデザインについて、側壁、天井、妻壁、側かまいのそれぞれの部品には、シンプルな色調の sustina 標準形状を取り入れた。またアルミ型材、アルミ鋳物とガラスを使用することで、袖仕切や荷物棚は、開放感のあるデザインを損なわないよう車体割付をした（図3）。

2. 4 その他の特徴

2. 4. 1 3D-CADを活用した設計

従来車では頭線図で先頭形状の設計を進めていたが、本形式ではデザイン形状が先行する中、車両前面強度や運転台構成、運転台視野、乗務員の外部からの視認性確認、機器配置について、それぞれ機能等を満たした上で、限られた空間に納まるように3D-CAD（以下、3D設計）を用いた事前検討を行った（図4）。デザイン、車体設計、ギ装設計が1つの図の中で設計し、それぞれが最適となる構造を共有し設計していく必要があった。

前面ガラスの傾斜、運転室内機器配置構成、運転士位置検討、ワイパ手動ハンドル操作性確認など、2D-CAD（以下、2D設計）では表現しにくい確認も、3D設計の導入により仕様決定が促進された（図5、6）。また2D設計では表現しにくい乗務員の動線確認は、マネキンを動かす3D設計ソフトを活用して検証を行った（図7）。

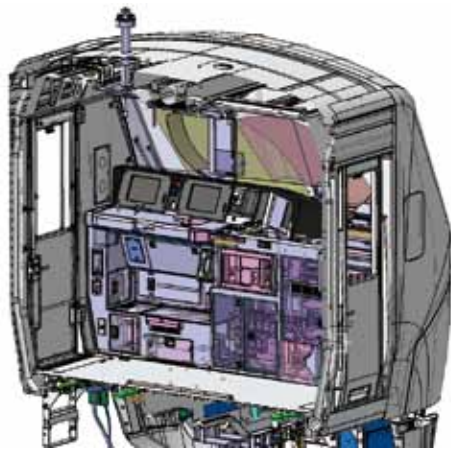


図4 乗務員室運転台配置検討



図8 塗装外観

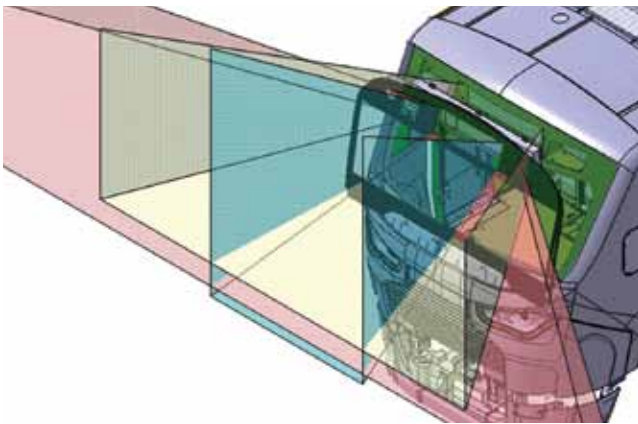


図5 前面ガラス形状と表示器の視認性確認

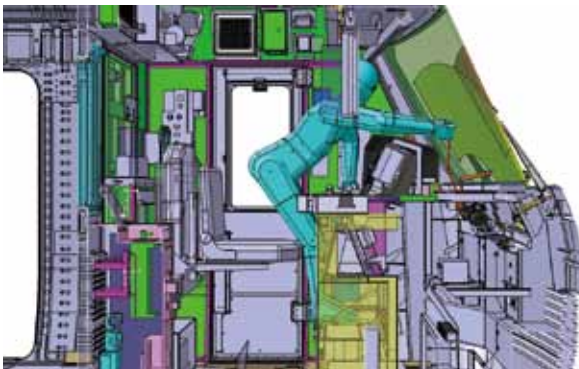


図6 ワイパ手动ハンドル操作性確認



図7 乗務員の動線確認

2. 4. 2 ステンレス外板の塗装

sustina シリーズでは無塗装構体を標準仕様としているが、本形式では外板を初の全面塗装とした(図8)。これにより、塗装のオプション対応を新たな sustina カラーバリエーションとして提供することを実現した。

2. 4. 3 直結型低圧つなぎ箱の採用

sustina シリーズで採り入れている車外に車体配線が露出しない転線箱と直結型低圧つなぎ箱を、本形式でも採用している。また、さらなる品質向上と工数低減を目指した構造を、つなぎ箱メーカーとの共同検討の上、実現している。

2. 4. 4 JR東日本-相模鉄道切換回路

本形式は、JR東日本への相互乗り入れ用として製造される車両である。相模鉄道区間とJR東日本区間では、一部の仕様が異なり、両者の境界駅である羽沢横浜国大駅で回路切換が発生する。切換される回路の詳細は、表1を参照されたい。

回路切換には①マスコンキーによるもの、②行路ICカードによるもの、③あらかじめ設定されたTIMSの案内パターンによるもの、がある。

マスコンキーによる路線認識では、各鉄道会社でマスコンキー形状が異なることを利用し、この形状の違いにより相模鉄道キー投入で加圧する線、JR東日本キー投入で加圧する線をマスコンより出力し、この線を元に切換回路を構成した。他路線向けの車両でも実績があるが、本形式の切換回路は以下の点がこれまでの車両の回路と異なっている。

①路線認識維持機能の追加

マスコンキー抜き取り状態で、さらに車両電源切後の再投入となっても、直前状態を保持して路線認識を維持する機能を設けた。

表 1 相模鉄道・JR 東日本境界での切替が発生する回路

No.	切替方法	該当する回路, 装置
1	マスコンキーによる切替回路にて, 直接路線認識信号を入力する回路	TIMS装置 防護無線装置 保安装置 (ATS-P, ATACS) ホームドア装置
2	マスコンキーによる切替回路にてTIMSの路線認識が切替されることにより, TIMSから切替信号を出力する回路	TIMSメータ表示 力行加速度 自動放送
3	行路ICカードの交換により切替する回路	列車無線装置 運行番号表示
4	あらかじめ設定されたTIMSの案内パターンにより切替する回路	行先表示 車内案内表示



(昼白色) (電球色)

図 9 車内照明

② 路線強制選択スイッチの新設

リレーコイル固渋など, 何らかの理由で切替回路が正しく動作しない状態となった時のために, 強制的に路線認識回路を切り換えるスイッチを設けた。これにより, 故障原因不明のために走行不能となる状態を回避した。

2. 4. 5 室内灯調光・調色回路

相模鉄道では新製車両, リニューアル車両にて室内灯の調光・調色を行っており, 本形式についても本回路を導入した。照明の色を4段階 (昼白色～電球色), 照明の明るさを2段階 (通常または10%カット) に分け, 季節や走行時間帯によって色と明るさの組合せを変えることで車内の雰囲気を変化させている (図9)。導入にあたっては, TIMSによるカレンダー, 時刻データを基に, 調色, 調光の組合せパターンを決定して指令を出力し, この信号に対応した色, 明るさを変化させることが可能なLED照明を使用している。通常は自動制御で照明が切り換わるが, 手動切替も可能としており, 切替時は20秒の時間をかけ, 少しずつ変化する仕様となっている。

3 試験・検証

3. 1 誘導障害試験

車両に搭載する製品の中で, 自らノイズを発生し, 地上側にある機器に影響を与える「誘導障害」を起こす可能性がある機器を対象に, 実際に車両を運転させてノイズ発生量を測定する誘導障害試験を行った。

該当機器はVVVFインバータ装置, 主電動機, SIV装置があり, 一連の試験手順を以下にまとめる。

- ① 地上設備側対象機器の調査
- ② 対象機器の評価基準等の調査
- ③ 試験方法の検討, 試験場所の調査
- ④ 試験項目の確立, 要領書の作成, 最終確認
- ⑤ 試験実行
- ⑥ 試験結果のまとめ, 報告

また, 試験内容については以下の通りである。

① 直達ノイズ測定

①-1 定置試験 (SIV車)

直上ノイズによる影響を調査するため, SIV車を対象信号設備の直上で停車させて, 車両の電源入切や稼働する負荷を変える等の操作をして, ノイズ量の測定を行う。

①-2 走行試験 (VVVF車)

直達ノイズによる影響を調査するため, VVVF車を測定点の直上で, 力行・回生通過走行させて, VVVF装置や主電動機が通過している時のノイズ量の測定を行う。走行するに当たっては, 試験実施区間における最高速度や回生ブレーキ発生時の電気の消費方法等をあらかじめ調査しておく。

② 帰線ノイズ測定

主開閉器箱 (MS箱) のパンタグラフ側主回路線, VVVF主回路線にログスキーコイルを設置して信号線を車内に取り込み, 車内に設置する測定器類に接続して測定する。

4 おわりに

本形式は、鉄道利用者の安全確保を優先に、鉄道事業者の要求による個性的なエクステリアデザイン、独自のインテリアデザインとの調和など、鉄道事業者、鉄道利用者の多様な要求を、共通プラットフォームによって低コストで実現した次世代ステンレス車両である。このように sustina は、鉄道事業者、そして鉄道利用者の多様な要求に応えつつ、ライフサイクルコストの低減を実現している。

本稿をまとめるにあたり、相模鉄道の関係者、また東日本旅客鉄道の関係者におかれては、多大なご協力を賜った。この場を借りて厚く感謝を申し上げる。

参考文献

- (1) 相模鉄道12000系技術資料 (2019), 相模鉄道 (株)
- (2) 関根雅人, 二塚浩平, 大谷学途, 長谷部和則, 麻生和夫, 城田一: 「相模鉄道12000系直流電車」, 車両技術, Vol.258 (2019), pp.121-143, (一社) 日本鉄道車両工業会

著者紹介



西岡伸博
技術本部
技術部 (車体設計) 主任



関根眞一
技術本部
技術部 (ぎ装設計) 主査



深澤悦史
技術本部
技術部 (システム設計) 主任



横川浩大
技術本部
技術部 (デザイン) 主査



長谷部和則
技術本部
技術部 部長 (次世代システム)

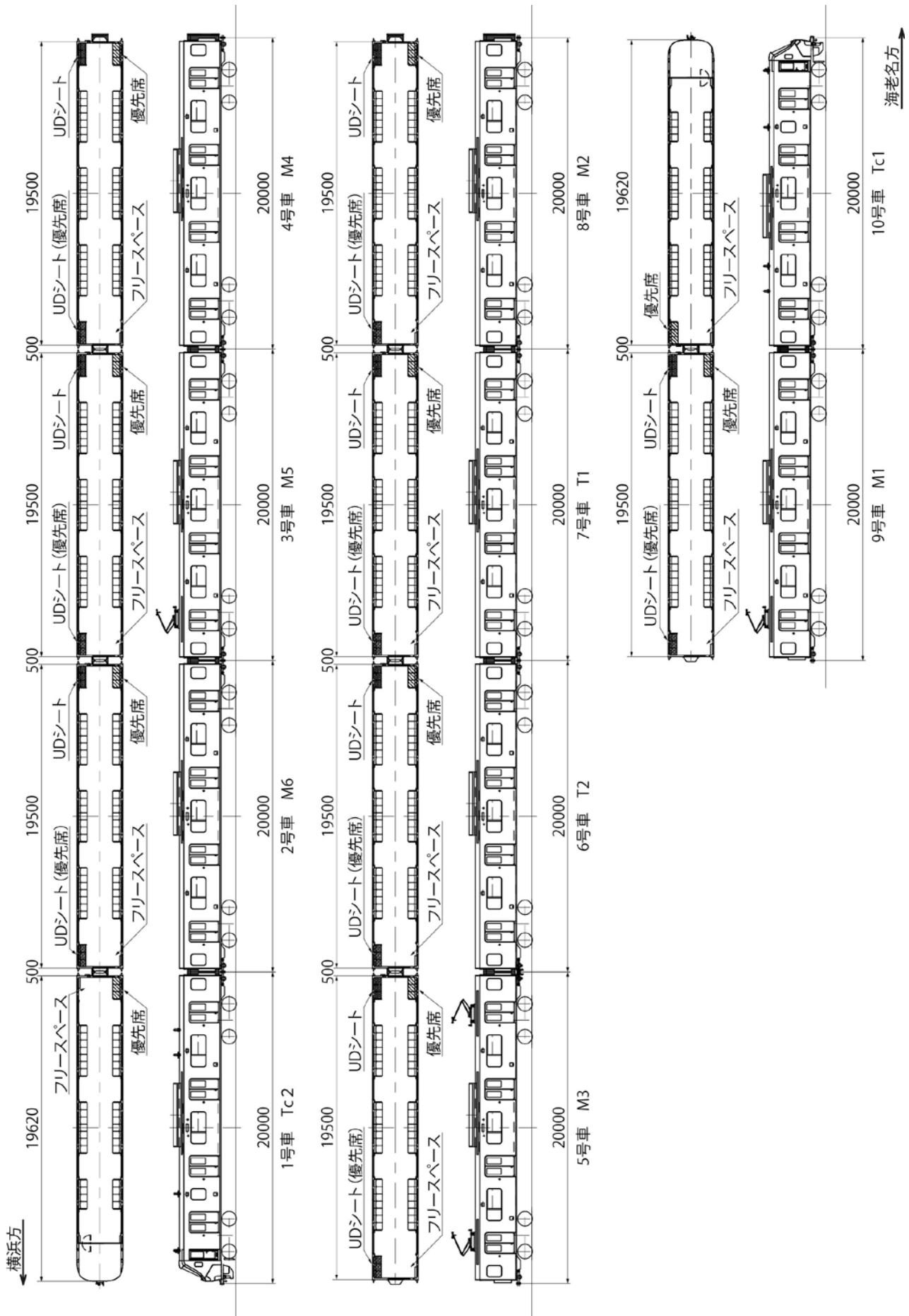


図 11 編成図

表 2 主要諸元表

項目	諸元									
編成と車種	←横浜 海老名→									
定員（内座席）	140(39)		159 (51)						140(39)	
質量	31.6t	31.1t	33.1t	34.0t	34.0t	29.7t	30.3t	34.0t	33.4t	31.3t
最大寸法	長さ (連結面間)	20000mm								
	幅	2950mm(最大 2998mm)								
	高さ	3620mm(最大 4016.5mm)								
用途	普通鉄道旅客車(通勤車)									
車種	オールステンレス鋼製 2 軸ボギー電動車, 制御車および付随車									
電気方式・軌間	DC1500V 架空電車線式・1067mm									
集電装置	シングルアーム型									
制御装置	VVVF インバータ制御方式, 回生ブレーキ付き									
ブレーキ装置	回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ(応荷重機能付き・直通予備ブレーキ・耐雪ブレーキ・抑速ブレーキ) T 台車(ディスク・踏面ブレーキ併用) M 台車(踏面ブレーキ)									
台車構造	空気ばね・ボルスタレス台車									
台車形式	ST-TR225-1 ST-TR255A-1	ST-DT71 B-1	ST-DT71 A-1	ST-DT71 A-1	ST-DT71 A-1	ST-TR255 A-1	ST-TR255 A-1	ST-DT71 A-1	ST-DT71 A-1	ST-TR225-1 ST-TR255A-1
主電動機	三相かご型誘導電動機(自己通風形) 140kW									
低電圧電源装置	IGBT-SIV(待機二重系), 260kVA/台 [M2, M4]									
蓄電池	アルカリ蓄電池, 70Ah(5 時間率) [Tc1, Tc2]									
空気圧縮機	VV180-T 1381L/min オイルフリー式[M2, M4, M6]									
冷房装置	ST-AU726A-G4 天井集中式空気調和装置 58.1kW(50000kcal/h) × 1 台/両									
暖房装置	腰掛下シーズ線ヒータ									
戸閉め装置	DSED-10-20 電動モータ駆動ラック&ピニオン式(戸挟み防止制御, 半自動動作付き)									
信号保安装置	ATS-P(ATC/P 統合型保安装置)									
列車無線装置	デジタル列車無線装置, 防護無線装置									
車両情報管理装置	TIMS									
表示装置	車外:フルカラーLED 行先表示器, 車内:各ドアかもい部及び室内中央部 17 インチ横長 LCD 表示器									
照明装置	調光・調色機能付 LED 室内灯									
前尾灯	前照灯: 2 灯 LED 式, 尾灯: LED 式, 装飾灯: LED 式									
放送装置	自動音量調整機能付 自動放送・車外放送可能									
車両性能	設計最高速度 120km/h, 加速度 0.833m/s ² (3.0km/h/s) ・ 0.694 m/s ² (2.5km/h/s)切替式									
	常用減速度(最大) 1.389m/s ² (5.0km/h/s), 非常減速度 1.389m/s ² (5.0km/h/s)									