

京王電鉄 5000 系電車における sustina コンセプトの適用

Application of the “sustina” Concept to Keio Series 5000

佐藤 仁 Hitoshi SATO
半田直一 Naoichi HANDA
杉山隆幸 Takayuki SUGIYAMA

川上清温 Kiyoharu KAWAKAMI
佐藤祐三 Yuzo SATO
浅賀哲也 Tetsuya ASAKA

京王電鉄 5000 系電車は、フルコンセプト sustina 最初の量産車種として開発した S24 シリーズの sustina である。本形式は、有料ライナー運用のためのロング／クロス転換腰掛や、先頭部左側に配置した貫通扉、軌間 1372mm のボルスタレス台車など、独自の要素が多い。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、sustina のコンセプトを適用して、共通プラットフォーム設計により開発・設計・製造を低コストで実現した。

Keio series 5000 vehicle is S24 series “sustina”, developed as the first mass-produced “sustina”. This model has unique characteristics e.g. cross and long convertible seats, gangway located on the left side of the front mask in the vehicle and the bolster-less bogies for 1372 mm track gauge. It used to be indispensable to design individually to meet various specifications, which raised the cost. Therefore, J-TREC have applied the concept of “sustina” common platform design for development, designing, and manufacturing to enable to meet various needs of the customer at lower cost.

1 はじめに

京王電鉄5000系（図1）は、新宿から京王線の京王八王子、高尾線の高尾山口、相模原線の橋本までの区間における、有料座席指定のクロスシートによるライナー運用と、同区間あるいは相互直通先である都営新宿線本八幡までの区間を、ロングシートによって通常運用される新型車両である。

本形式は、車両長さ20m、片側4扉で、地下鉄区間乗入れのため前頭部左側に貫通路を設けた左右非対称のデザインであり、複雑な運転台を搭載している。また安全設計もこれまで同様に重視し、万が一の事故時の乗客乗員の安全確保のための構造を採用している。

従来は、これらの特徴である鉄道事業者の要求を満た



図1 車両外観⁽¹⁾

すために、開発・設計・製造プロセスを専用としており、コスト低減の阻害要因となっていた。そこで当社は、sustina のコンセプトである鉄道利用者の安全確保と、鉄道事業者の要求であるライフサイクルコスト低減について、共通プラットフォームを採用することで実現した。

本稿では、衝突安全構造を採用した車体構造や、新たに京王電鉄、腰掛メーカー、および当社の3社共同で開発したロング／クロス転換腰掛（以下、L/C腰掛）、運転台コンソールを分割・共通ブロック構造化するフリージアコンソールなど、共通プラットフォームを駆使して量産化した本形式の特徴と技術開発について述べる。

2 構造および特長

2.1 お客様の安全確保

万が一の側面衝突やオフセット衝突による車体損傷の軽減、室内空間の確保を目的とした安全対策を、sustina の基本仕様として開発し、採用している。

側面衝突への備えとしては、衝突時の室内空間の確保を目的としたロールバー（室内天井部枕木方向に取付）を設置した（図2）。

オフセット衝突への備えとしては、構体台わく端部に乗り上げ防止の部材を配置し、衝突時に双方の車両が離反し、損傷を軽減させる構造としている。



図2 室内ロールバー

2. 2 共通プラットフォーム化の推進

sustina シリーズの量産化においては、後続車種への共通プラットフォーム展開のため、共通部品・部材のベース化に取り組んだ。

- ・構体断面形状の共通化・乗降口位置の共通化
- ・L/C腰掛の開発、共通部品化
- ・フリージアコンソールの開発

2. 2. 1 sustina 共通プラットフォーム構体構造

構体の断面形状・寸法および乗降口の配置位置を共通化することにより、構体部材の共通化が図れる。これにより、設計・製造のイニシャルコストの低減が可能となり、同じ形状の部材を製作することで、製品品質の安定化にも寄与する。

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構造の量産化では、外板突合せ溶接部の品質確保を重要課題として取り組み、実現に結び付けた。これにより外板周りの水密シールレス化が可能となり、納入後のメンテナンスの省力化を大きく前進させることができた。

2. 2. 2 運転台「フリージアコンソール」

① 「フリージアコンソール」の開発

運転台の設計・構造は、鉄道事業者の仕様やニーズ、線区の特徴および制約、操作性や視認性等を考慮するため、共通化が困難であった。また、メンテナンス性を維持しつつ、近年はIoT (Internet of Things) による状態監視等、幅広い分野にわたる多くの機器を納める運転台は、先頭形状や前面貫通扉の有無、位置などにも大きく影響し、ユーザごと、形式ごとに設計を行っていた。そこで当社は、sustina 運転台として共通プラットフォーム化を実現するため、2015年より設計、試作、検証など



図3 「フリージアコンソール」最終試作品 (2017年1月)

表1 フリージア (Freesia) の由来

Free	Free	自由自在
s	safety, speedy, stylish	安全, 迅速, スタイリッシュ
i	identity	独自性, 主体性
a	advance	進める

Freesia 花言葉：「純潔」, 「親愛の情」, 「期待」

試行錯誤を繰り返し、ブロック構造とアウトワーク化が可能な運転台ユニット「フリージアコンソール」の最終試作を2017年に完成させた (図3, 表1)。

② 「フリージアコンソール」の利点

「フリージアコンソール」の基本構造は、各部位がモノコック構造のブロックである。そのため製作面では、熱ひずみが極端に少なく精度が出しやすい利点があり、生産性に優れている。また、運転台の大きさや前面貫通扉の有無、あるいは異なる位置に対応させる場合に、変化部位のみの設計変更で対応可能な構造とすることで、共通プラットフォーム化を可能としている。納車後の機器更新の際でも、ブロック単位での改造が可能であることから、鉄道事業者の改造時の工期短縮、コストミニマムという付加価値性が高い。さらに、機器の取付ピッチ、外形の変更にも対応可能であることから、設計の変更等にも最小限の変更で柔軟に対応できる利点があり、鉄道事業者の車両改造時の省力化、コストダウンにも寄与する。

③ 「フリージアコンソール」の組立

近年の運転台ユニットと同様、ブロック構造の「フリージアコンソール」も運転台の配線、配管、機器取付、結線のアウトワーク化を実現しており、剛性を持っている。



図4 「フリージアコンソール」第1号



図5 「フリージアコンソール」ロゴ⁽²⁾

④ 「フリージアコンソール」と車体の結合

アウトワークで完成した「フリージアコンソール」を車体に搭載し、端子メーカと共同開発した作業性に優れる省スペース型中継コネクタを用いて車体配線と接続している。

⑤ 「フリージアコンソール」の採用

当社初のフルコンセプト sustina S24シリーズとして開発した本形式が、「フリージアコンソール」としても最初の採用例となった(図4)。運転台ユニットには「フリージアコンソール」の証である「Freesia」のロゴ銘板を取り付けている(図5)。

その後は、S13シリーズ東京都交通局5500形、S24シリーズ東急電鉄2020系、3020系、6020系と続き、さらにS24相模鉄道12000系では、初の背面ユニット版の「フリージアコンソール」を採用している。

2. 3 その他の特徴

2. 3. 1 3D-CADを活用した設計

先頭形状が流線型の通勤電車においては、乗務員室内の機器配置や配管・配線作業は困難を極める。そこで本形式ではこれまで用いてきた2D-CAD(以下、2D設計)に対して、初めて3D-CAD(以下、3D設計)を導入した。



図6 運転台の3D設計

2D設計においては設計者の意図が細かく伝わらないことがあったが、3D設計の導入によって、設計会議や社内検討会などにおいて2D設計では表現しにくい形状を事前確認することが可能となり、完成状態がイメージしやすくなることでスムーズな仕様決定に役立った。

また2D設計の場合、製造面でも熟練作業者の腕に頼らざるを得ない状況が発生していたが、3D設計の導入により前工程での事前検討が容易となり、下拵え作業や事前準備が可能となった(図6)。

① 運転台

運転台は、安全運行に欠かすことができない操作性や日々のメンテナンス性を考慮した人間工学に基づいた設計を取り入れている。機器の取り付けには、アジャスタブルな取り付け構造を採用することで、将来における改造工事や機器更新での作業の容易化を考慮している。

今後受注を目指す sustina シリーズにおいては、一部をカスタマイズすることで設計の共通化が多く図られ、コストダウンが期待される。

② 構体

設計段階で3D設計データができ上がるため、これを2D設計に投影することで効率よく製作図を作図することができる。また従来は、製作図完成後に構体強度解析に着手していたが、3D設計のデータを活用することで、製作図の作図と平行して解析を行うことが可能になり、設計工程の短縮にも寄与している。

③ 先頭部

先頭部の外装品（前面覆い・前面ガラス・前面非常扉・台枠下部覆い・前尾灯・取手など）についても、3D設計を用いて設計を行った。3D設計データは、デザイン時に作成したものを設計に流用し、さらに設計からサプライヤに提供することで製品の製作にも流用している。同じ3D設計データを共通使用したことで、品質や精度のよい製品を効率よく製作することを可能とした。

さらに先頭部の3D設計データは、前面表示器（行先・種別・運行番号）の設計にも活用した。本形式は曲面ガラスを傾けて取り付けられているため、表示器の車体中心寄りおよび下側はガラスから離れ、表示が隠れる恐れがあった。これを避けるために、作成済の3D設計データを活用して表示器の取付位置・表示器内での表示面の位置、および表示文字の配置について走行中やホーム上での見え方を3Dによりシミュレーションし、視認性の条件を満足する設計を行った。

2. 3. 2 L/C腰掛の開発・共通部品化

通常時と座席指定列車時のマルチな利用を目的として、京王電鉄・腰掛メーカーと共同開発を行い、L/C腰掛として採用した。

同腰掛は、通勤・通学や帰宅時の着席需要はもちろんのこと、インバウンドの高まりからミシュラン三ツ星に認定されている高尾山へのレジャー需要を見越し、座席指定列車として運用する際のクロスシートや通常列車として運用する際のロングシートの両方に対応可能な転換座席機能を有している。さらに同腰掛は、本形式にて製品化を実現した後、共通部品として後続車種への提供が続いている（図7）。

3 試験・検証

3. 1 車体偏倚の検証

本形式は既存車に比べ、先頭車の車体長が500mm長い。そこで、救援列車による重連回送時の走行安全性を確認するため、先頭部同士を連結した状態での偏倚検証を行った。

連結の条件は本形式同士のほか、京王線の既存車3形式（7000系、8000系、9000系）、都営新宿線からの乗り入れ車2形式（10-000形（2018年全廃）、10-300形）3タイプを合わせると7種類の組み合わせとなる。さらに線路条件也多岐に亘るため、これらの検証を2D設計で行った場合は膨大な検討図を作図しなければならない。そこで偏倚検証に3D設計を用いることとし、これによって線路条件に対してリアルタイムで偏倚の状態を確認するこ



（ロングシート時）



（クロスシート時）

図7 L/C腰掛

とができ、最も厳しい条件を探してピンポイントで検証することが可能となった。これは都度の作図の手間も省けるため、効率化にも貢献している。

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L/C腰掛や、地下鉄区間での運用のための前面貫通路を採用した運転台、鉄道利用者の快適・安心の向上のためのユニバーサルデザインなど、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。

今後展開する sustina は、鉄道事業者の、そして鉄道利用者の、さらなる多様な要求に応える。

最後に、本稿をまとめるに当たり、京王電鉄の関係者におかれては多大なご協力を受け賜った。この場を借りて厚く感謝を申し上げたい。

参考文献

- (1) 河村多計士, 浅賀哲也, 佐藤仁, 門脇文俊, 側垣正:
「フルフラット構造 sustina の技術」, 総合車両製作
所技報, Vol.6 (2017), pp.4-7, (株) 総合車両製作
所
- (2) 半田直一, 齊藤和彦, 天沼秀章, 藤谷晃, 三原啓輔,
池田大樹, 上関仁護, 川上清温:「フリーズアコンソ
ール」, 総合車両製作所技報, Vol.5 (2016), pp.48-
51, (株) 総合車両製作所

著者紹介



佐藤 仁
技術本部
技術部 (車体設計) 主任技師



半田直一
技術本部
技術部 (ぎ装設計) 主任技師



杉山隆幸
技術本部
技術部 (車体設計) 主査



川上清温
営業本部
国内営業部 (車両) (元ぎ装設計)



佐藤祐三
技術本部
技術部 (台車設計) 主査



浅賀哲也
技術本部
技術部 部長 (設計)

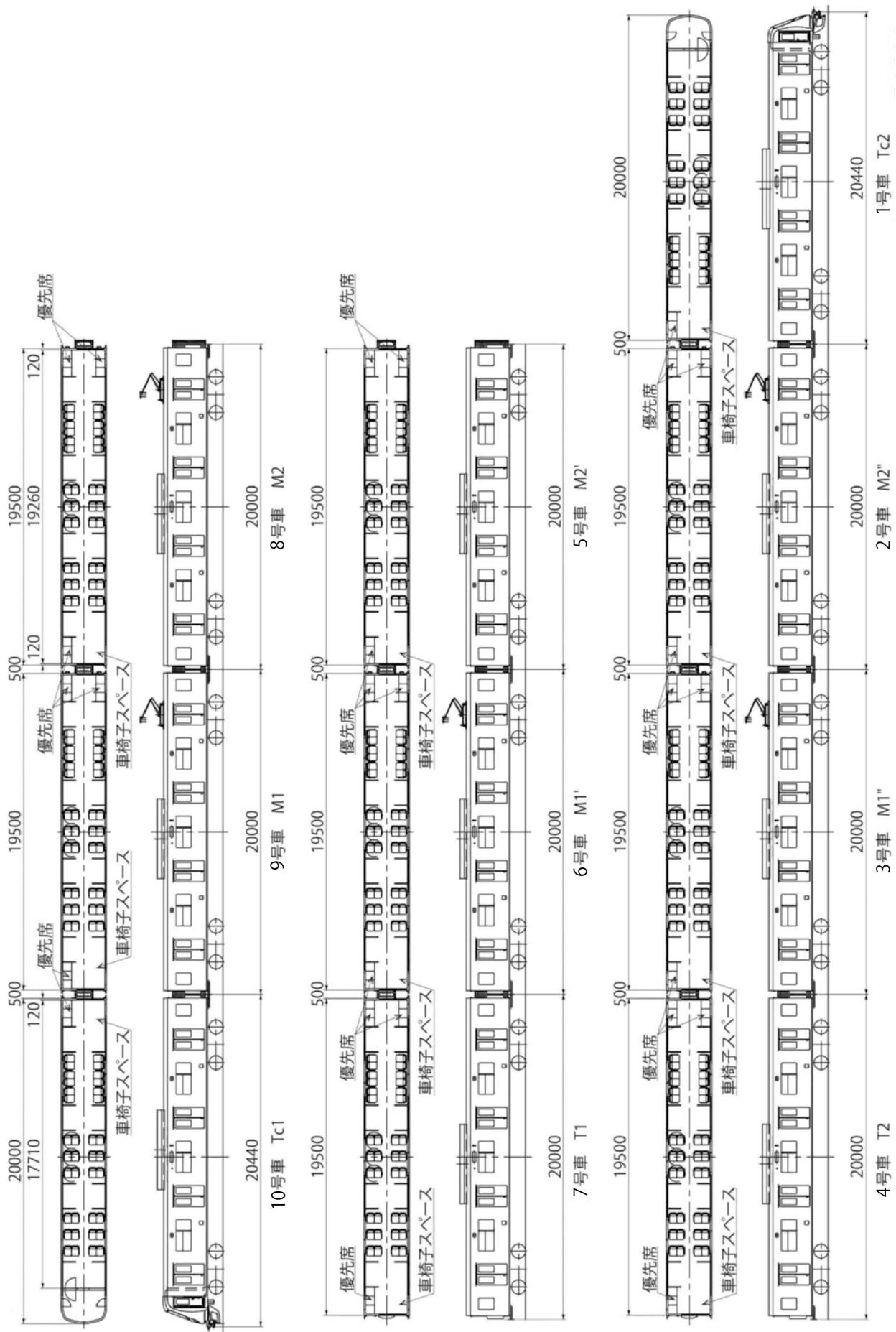


図9 編成図

表 3 主要諸元表

編成と車種	←本八幡										京王八王子→
											()は号車
定員 (内座席)	クロス	115(39)	126 (45)							115(39)	
	ロング	119(39)	130 (45)							119(39)	
質量		30.2t	36.3t	35.8t	26.8t	35.4t	34.0t	26.7t	36.3t	35.6t	29.8t
最大寸法	長さ (連結間)	20440mm	20000mm							20440mm	
	幅	2778mm(最大 2826mm)									
	高さ	3680mm	3620mm, 4090mm(パンタ折りたたみ時) [M1, M2, M1', M1'', M2']							3680mm	
用途	普通鉄道旅客車(通勤車)										
車種	オールステンレス合金製 2 軸ボギー連結電車										
電気方式・軌間	DC1500V 架空電車線式・1372mm										
集電装置	シングルアーム式, ばね上昇空気下降式										
制御装置	VVVF インバータ制御方式, 回生ブレーキ付き, 車上蓄電池システム付き										
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・保安ブレーキ・耐雪ブレーキ) T 台車(片押踏面ブレーキ) M 台車(片押踏面ブレーキ)										
台車構造	空気ばね・ボルスタレス台車										
台車形式	TS-1018CD	TS-1017C	TS-1017C	TS-1018CD	TS-1017C	TS-1017C	TS-1018CD	TS-1017C	TS-1017C	TS-1018CD	
主電動機	かご形 3 相誘導電動機(全閉内冷式, 全閉内扇型) 150kw × 4 台/両										
低電圧電源装置	3 レベル IGBT-SIV(待機二重系), 260kVA/台 [M2, M2']										
蓄電池	アルカリ蓄電池, 105Ah (5 時間率) [Tc1, Tc2]										
車上蓄電池	リチウムイオン電池, 電池モジュール 4 直列 4 並列, 680V, 15.2kWh										
空気圧縮機	三相交流誘導電動機駆動レシプロ式オイルフリー 1750L/min/台 [M2, M2']										
冷房装置	CU711D-G1 形集中式冷房装置 58.1kW (50000kcal/h) × 1 台/両										
暖房装置	腰掛下シース線ヒータ										
戸閉め装置	マイコン制御型電気式側引戸 電動モータ駆動方式 (モータ部: DC ブラシレスモータ&遊星ギア方式, 駆動・伝達部: ラック&ピニオン方式)										
信号保安装置	京王 ATC 車上装置, 東京都 D-ATC 装置(TASC 機能付)										
列車無線装置	空間波無線装置(京王・都), 列車情報装置(列番装置)・車内中継放送付き										
車両情報管理装置	K-TIMS										
表示装置	車外: フルカラーLED 行先表示器, 車内: 各ドアかまい部および室内中央部 17 インチ横長 LCD 表示器 28 画面/両										
照明装置	客室灯 LED 照明 40W 型 乗務員室灯 20W 型										
前尾灯	前照灯: 31W/15W × 2 灯 LED 式, 尾灯: LED 式, 識別灯: LED 式, 装飾灯: LED 灯										
放送装置	高音質ステレオスピーカ, 車外スピーカ										
車両性能	運転最高速度 京王線: 110km/h, 都営地下鉄線: 80km/h, 設計最高速度 130km/h, 加速度 0.92m/s ² (3.3km/h/s)										
	常用減速度 1.11m/s ² (4.0km/h/s), 非常・保安減速度 1.25m/s ² (4.5km/h/s)										