

東急電鉄 2020 系電車, 3020 系電車, 6020 系電車における sustina コンセプトの適用

Application of the “sustina” Concept to Tokyu Series 2020, 3020, and 6020

根本 直 Tadashi NEMOTO
池田大樹 Daiki IKEDA
標 拓馬 Takuma SHIMEGI

三井健司 Kenji MITSUI
長谷部和則 Kazunori HASEBE

東急電鉄 2020 系 (10 両編成), 3020 系 (8 両編成・6 両編成), 6020 系 (7 両編成) は, フルコンセプト sustina の量産車両として開発した. 本系列は, 営業線区により編成両数が異なり, 一部車両はロング/クロス転換腰掛を搭載するなど, 各々で仕様が大きく異なっている. 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いたため, 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, 構体構造, システム構成, 床下機器配置などについて共通プラットフォームにより, 開発・設計・製造を実現した.

Tokyu Railways series 2020 (10-car trainset), series 3020 (8-car trainset and 6-car trainset), and series 6020 (7-car trainset) were mass produced with a common platform concept of “sustina”. Since the number of cars per trainset varies depending on service line to be operated on, and their specifications were significantly different, high cost used to be an issue in such a case because separate designs had to be prepared.

Therefore, J-TREC has applied the concept of “sustina” to satisfy the various needs of the customer at lower cost, by use of the common platform at major portion of the vehicle in developing, designing and manufacturing.

1 はじめに

東急電鉄2020系は, 田園都市線向けの10両編成, 3020系は目黒線向けの8両および6両編成, 6020系は大井町線向けの7両編成として運用される, 車体長さ20m, 片側4扉の新型車両である (図1). 2020系は, 東急電鉄田園都市線, 東京地下鉄半蔵門線, 東武鉄道スカイツリーライン・伊勢崎線・日光線にて運行され, 3020系は, 東急電鉄目黒線, 東京地下鉄南北線, 埼玉高速鉄道埼玉スタジアム線, 東京都交通局三田線にて運行されるとともに, 相模鉄道線乗入の準備工事を実施しており,

首都圏における相互直通路線のフルスペック仕様となっている. また6020系は, 東急電鉄大井町線にて運行され, 一部車両には有料座席指定サービスに使用するロング/クロス転換腰掛を採用している (図2, 図3).

従来はこれらの多様な仕様を網羅する車両を実現するには, 開発, 設計, 製造の各プロセスに, 多大なコストを要するという課題があった. 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, 鉄道事業者の要求であるライフサイクルコスト低減, および沿線の街や駅に調和する車両を目的としたデザイ



図1 車両外観 (左から 3020 系・6020 系・2020 系)



図2 ロング／クロス転換腰掛搭載車 室内
(ロングシート時)



図4 ロングシート車 室内



図3 ロング／クロス転換腰掛搭載車 室内
(クロスシート時)

ンなどについて、共通プラットフォームを採用して実現した。本稿では、衝突安全構造を採用した構体構造、設備構造、フリーエアコンソール、機器システム構成、狭軌ボルスタレス用の sustina 台車など、共通プラットフォームを駆使して量産化した東急電鉄2020系、3020系、6020系について述べる。

2 構造および特徴

2.1 お客様の安全確保

sustina の基本概念にある「鉄道利用者の安全確保」に基づき、前面衝突対策とともに、構体の結合強度を向上させる側面衝突対策と、車内に内装ロールバーを設置することにより車体剛性を向上させ、側面衝突時の室内空間保持性能の向上を図っている。また、連結妻端台枠隅に衝突時の離反性を高める構造を設け、オフセット衝突時の安全性を向上させている。なお、先頭部には非常に昇降はしご付き貫通口を配置した。

2.2 共通プラットフォーム化の推進

2.2.1 共通プラットフォーム構体構造

構体構造は、S24シリーズの軽量ステンレス車体で、レーザ溶接を積極的に採用し、側出入口や側窓のフレーム、外板の重ね部といった凹凸をなくしたフラットな構体である。先頭構体は、丸みを帯びた柔らか味のある顔をイメージしたデザインを、3D-CADによって強度検証、貫通口構成、ガラス形状やスカート形状の設計を行い、実現している。

ロング／クロス転換腰掛搭載車を含め、3形式ともに構体構造は共通としている。また sustina 共通プラットフォーム構体構造を採用することで、横浜事業所、新津事業所において同時かつ異なる形式の製造を実現している。なお、本系列が新津事業所における初のストレート車体S24シリーズの量産車両となった。

天井、側壁、妻壁は sustina 標準設備とする一方で、荷棚（特殊塗装棚板）、吊手（大型三角形）、腰掛（ハイバック・転換）、袖仕切（ガラス入り大型）、床敷物（柄入り）はオプション対応とすることで、東急電鉄向け車両としての差別化を実現している。各オプション設備は標準設備とインターフェイスを共通化することで、設計、検証期間の短縮を可能とした。

2.2.2 共通プラットフォーム機器システム構成

本系列は、2020系（10両編成）、3020系（8両編成・6両編成）、6020系（7両編成）の編成両数に、大幅な設計変更をすることなく対応を可能とし、また将来の他線区向けの編成長さにも対応可能なシステム構成および機器配置とした。

列車情報管理装置は、民鉄として初めてINTEROS[®]（注）を搭載した。INTEROS[®]は、100Mbpsの高速伝送により、制御、乗務員支援、検修支援機能の拡張性を向上させ、

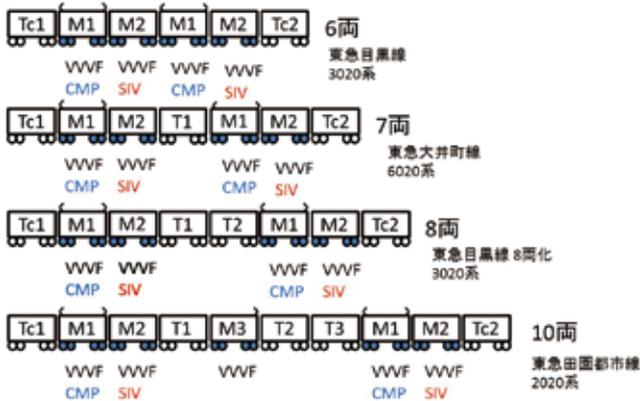


図5 システム構成および機器配置



図6 運転台

WiMAX等を利用した地車間通信にも対応する。演算機能は中央ユニットで実施する中央集約型のシンプルなソフトウェア構造としている。また、伝送路を制御系、状態監視系、情報系に分離し、制御系は二重系とすることで冗長性、信頼性を向上し、状態監視系も制御系に影響を与えることなく、機能拡張を可能にしている。

主回路は、1台のVVVFインバータ装置で主電動機4台を制御する1C4M (1 Controller 4 Motor) 方式としている。VVVFインバータ装置およびフィルタリアクトルはM1車、M2車、M3車に搭載したが、M2車用の高速度遮断器箱をM1車に集約し、M1車に2台搭載している。またVVVFインバータ装置および主電動機は、2020系の設計時に東急電鉄各線および相互直通運転を行う各線の走行シミュレーションを実施し、全線区の要求性能を満たす設計とすることで、基本設計の共通化を実現している。

電動空気圧縮機は、sustina シリーズで広く採用しているレシプロ式オイルフリーコンプレッサを採用し、M1車に搭載している。

補助電源装置は三相交流440V 260kVAの容量の装置をM2車に搭載している。

電動空気圧縮機、補助電源装置をM車に搭載することにより、T車の増減を容易にし、多様な編成両数に対応可能とした。

このように編成両数の変更柔軟に対応し、2020系、3020系、6020系の各形式の部品の共通化を図るとともに、機器間の配線を低減している。

客室内の情報提供装置として、各形式ともカモイ部にLCD表示器を2台設置するとともに、2020系のみ側窓上部および妻上部に広告、ニュース、天気予報等を放映するデジタルサイネージを配置している。このデジタルサイネージは、端末装置とLCD表示器を追加することによりオプションとして搭載可能な構成となっている。

2. 2. 3 運転台「フリージアコンソール」

運転台は、事業者はもとより同じ事業者でも線区によって機器の配置が異なる場合が多く、都度個別に設計対応を行っていた。そこで本シリーズでは、ブロックの組合せのような思想を取り入れ、設計時間の短縮を目指した。

また運転台は、相互直通運転の際に乗務員の運転取り扱いの負担にならないよう、スイッチの取付位置など機器の配置を可能な限り統一するよう設計した (図6)。

2. 2. 4 狭軌ボルスタレス sustina 台車

台車は、今後の sustina への標準搭載を見据えて、狭軌ボルスタレス sustina 台車を確立し、客先の仕様に合わせたカスタマイズ対応可能なオプションを取り揃えている。

今回採用された台車は、中間用電動台車がTS-1041、先頭用付随台車がTS-1042、中間用付随台車がTS-1042Aと称するボルスタレス台車である (図7)。

軸受は、客先の設備と車輪交換時の作業性を考慮してφ120密封複列円筒ころ軸受とし、車輪はゴム付き丸リング防音車輪を採用した。軸箱支持装置は、標準仕様の軸梁式で、軸ばねには空車時の輪重減少を防ぐ非線形コイルばねを採用した。軸ダンパは搭載していないが、後付けできる構造としている。また台車枠は、標準仕様の構造としている。

駆動装置は、車内外の騒音低減のため、全閉外扇主電動機と低騒音歯車装置・低騒音WN継手の組み合わせを採用した。

車体支持装置は、ボルスタレス方式とし、けん引装置は一本リンク方式である。台車吊り上げ時の水平保持を容易にするとともに、車体分離時に大径ボルト作業を不要とし、作業性向上を図った構造としている。

基礎ブレーキ装置は、電動台車は踏面片押しユニット方式、付随台車は踏面・ディスクブレーキ併用方式を



図7 狭軌ボルスタレス sustina 台車

表1 台車採用オプション

メンテナンス容易化	<ul style="list-style-type: none"> ・φ120密封複列円筒ころ軸受け ・台車吊り上げ時の水平保持と車体分離作業が容易な一本リンク牽引装置
輪重減少防止	<ul style="list-style-type: none"> ・非線形コイルばね
低騒音	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴム付き丸リング防音車輪 ・低騒音歯車装置 ・低騒音WN継手
制動力安定	<ul style="list-style-type: none"> ・踏面, ディスクブレーキ併用方式

採用している。これによって、付随台車の踏面摩耗低減と制動力の安定を両立した。ディスクブレーキは、メンテナンス性の向上と台車枠の溶接量削減のため、ブラケットと一体化したキャリパ方式を採用し、ライニングはワンタッチでの着脱が可能である。駐車ブレーキは、先頭台車のユニットブレーキに内蔵されている。

本台車に採用した代表的なオプションを表1にまとめる。

2. 3 その他の特徴

2. 3. 1 首都圏, 相互直通路線フルスペック仕様

2020系は、東急電鉄田園都市線, 東京地下鉄半蔵門線, 東武鉄道スカイツリーライン, 同伊勢崎線, 同日光線にて運用されるため、各線区に対応した保安装置を搭載している。無線装置についても、東急線, 東武線用の空間波無線装置 (SR) および半蔵門線用の誘導無線装置 (IR) を搭載するとともに、将来のデジタルSR化の準備工事を実施している。また、列車情報車上装置を搭載し、半蔵門線内の運行に対応している。

3020系は、東急電鉄目黒線, 東京地下鉄南北線, 埼玉高速鉄道埼玉スタジアム線, 東京都交通局三田線にて運用される。これらの路線はワンマン運転を行っており、それに対応したTASC・ATO装置, ITV装置, 運客仕切り扉の電気錠, ワンマン運転に必要なスイッチ類を搭載

している。無線装置についても、各線区のアナログSRからデジタルSRへの移行期間に当たるため、アナログ、デジタルどちらにも対応した構成としている。また、南北線のフルスクリーンホームドアに対応するため、側引き戸解錠ハンドルの搭載位置を変更している。またさらに、将来の8両編成化および相模鉄道線乗入の準備工事を実施している。

3 おわりに

東急電鉄2020系, 3020系, 6020系は、鉄道利用者の安全確保を最優先に、異なる編成両数への対応や一部ロング/クロス転換腰掛の採用などの多様な鉄道事業者による要求を、共通プラットフォームによって低コストで実現した。また一方で、東急電鉄のオリジナル・デザインについても、柔軟に対応し実現した。

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じていく。

本稿をまとめるに当たり、東急電鉄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) 2020系パンフレット, 東急電鉄株式会社
- (2) 6020系パンフレット, 東急電鉄株式会社
- (3) 6020系 Q SEATパンフレット, 東急電鉄株式会社

(注) INTEROS[®]は東日本旅客鉄道株式会社の登録商標である

著者紹介



根本 直
生産本部 和歌山事業所
設計課 主任 (元車体設計)



池田大樹
技術本部
技術部 (ぎ装設計) 主任



標 拓馬
技術本部
技術部 (システム設計) 主任



三井健司
東日本旅客鉄道株式会社 (元台車設計)



長谷部和則
技術本部
技術部 部長 (次世代システム)

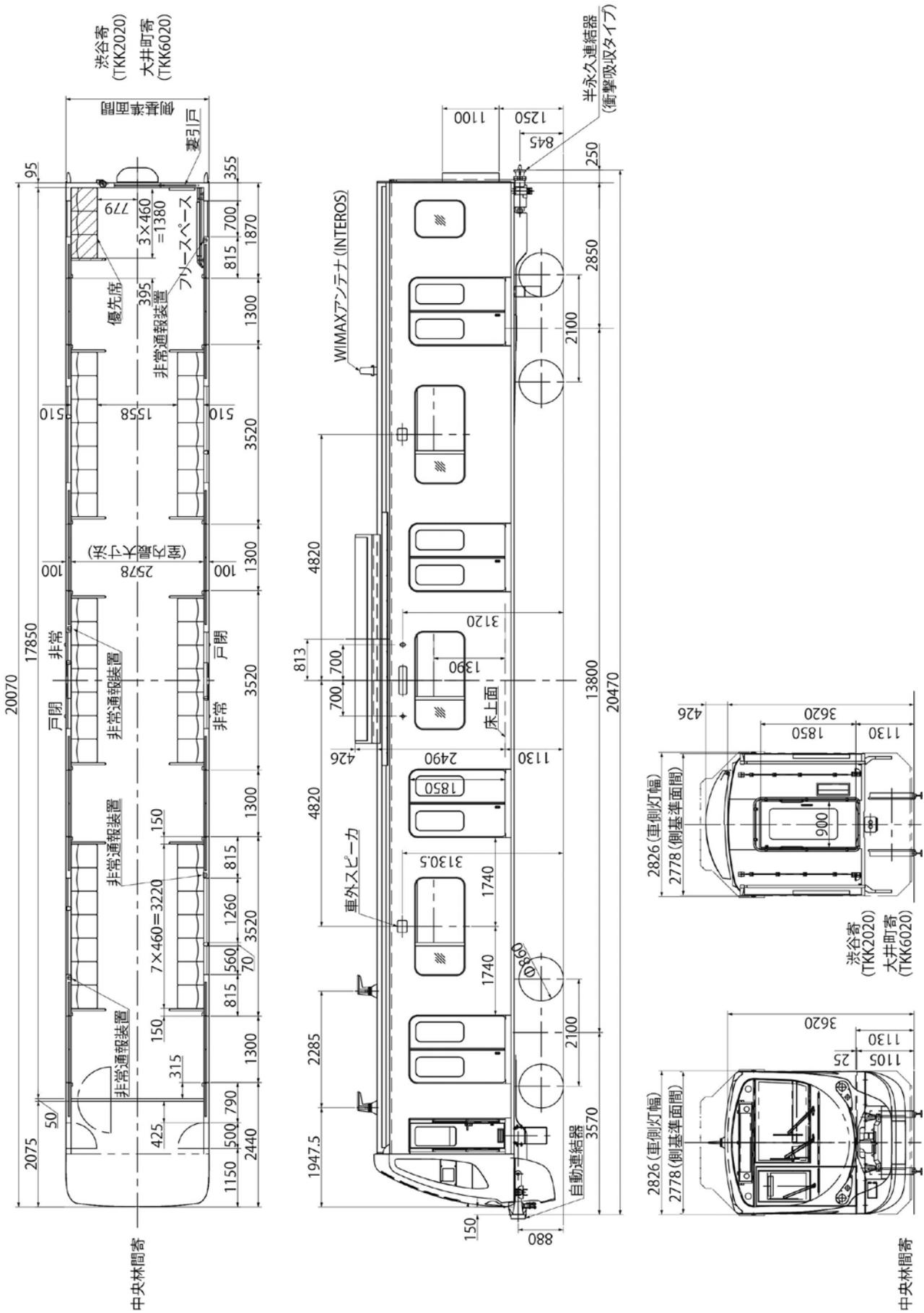


図 8 車両形式図 (2020系 : 先頭車)

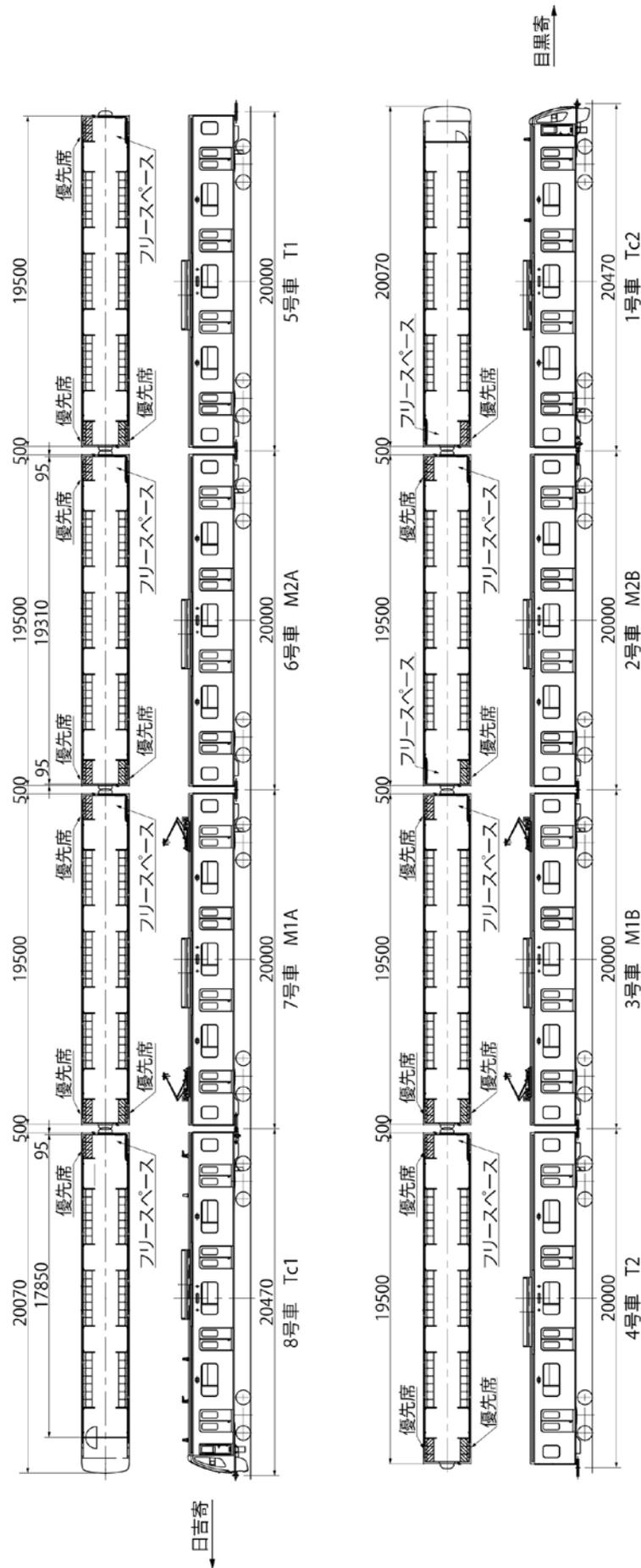


図 10 編成図 (3020系)

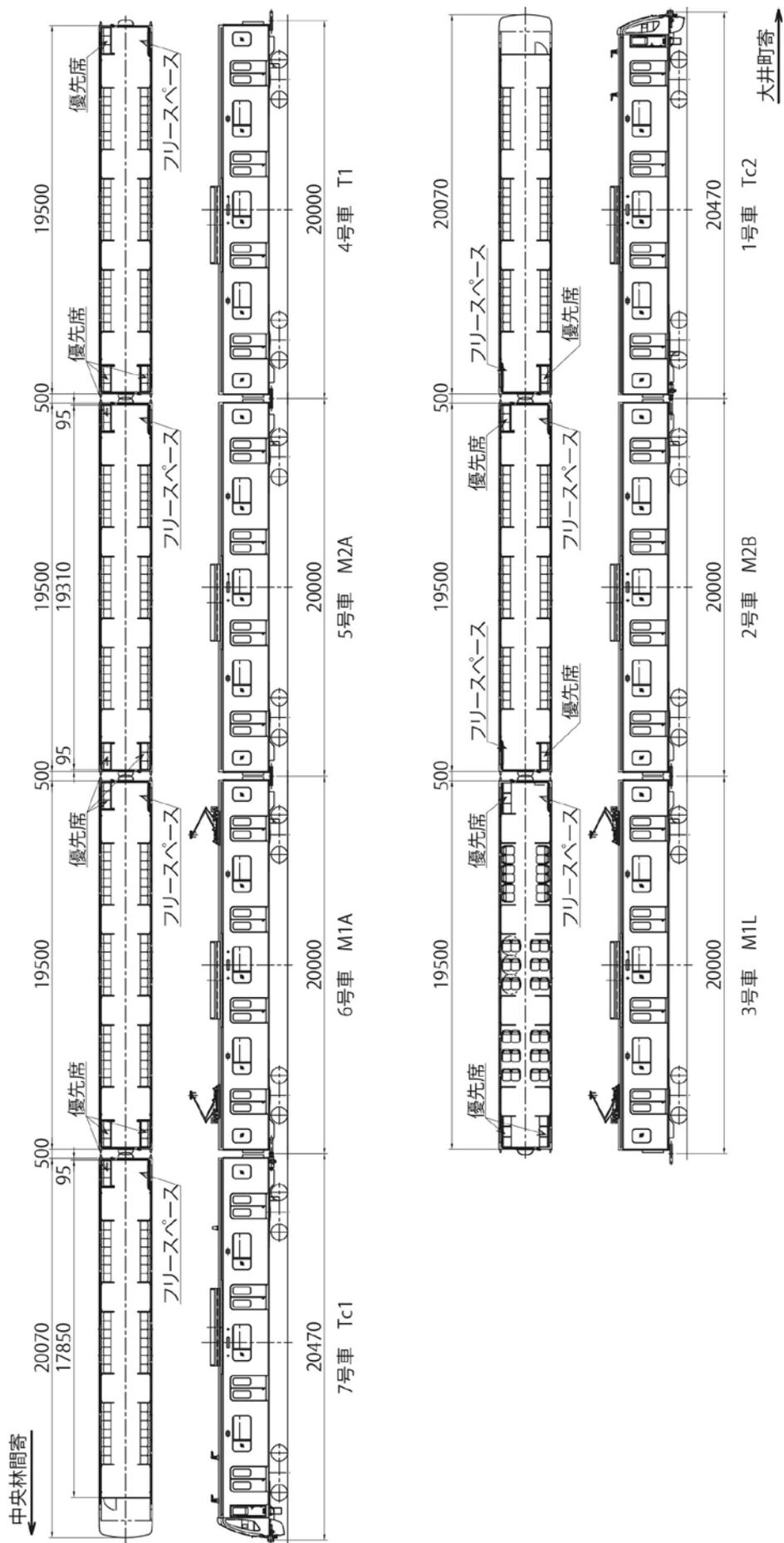


図 11 編成図 (6020 系)

表 2 主要諸元表 (2020系)

項目		諸元									
編成と車種		← 渋谷 中央林間 →									
		< > < > < > Tc2(1) M2(2) M1(3) T3(4) T2(5) M3(6) T1(7) M2(8) M1(9) Tc1(10) ()は号車									
定員 (内座席)	1次車	143(45)	155(48)	155(51)						143(45)	
	2次車	143(45)	155(48)	155(51)	156(45)		155(51)		156(45)	155(51)	143(45)
質量	1次車	31.5t	33.5t	33.5t	27.8t	27.5t	32.0t	27.5t	33.5t	33.5t	31.4t
	2次車	31.6t	33.5t	33.5t	27.8t	27.5t	32.1t	27.6t	33.5t	33.6t	31.5t
最大 寸法	長さ (連結面間)	20470mm	20000mm							20470mm	
	幅	2778mm(最大 2826mm)									
	高さ	3620mm(最大 4046mm)									
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・保安ブレーキ・耐雪ブレーキ) 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	TS-1042	TS-1041	TS-1041	TS-1042	TS-1042	TS-1041	TS-1042	TS-1041	TS-1041	TS-1041	TS-1042
主電動機	三相かご型誘導電動機(全閉外扇型)140kW										
低電圧電源装置	IGBT 静止形インバータ 260kVA 出力 3相 AC440V										
蓄電池	焼結式アルカリ蓄電池, DC100V/105Ah [Tc1, Tc2]										
空気圧縮機	オイルフリーレシプロ式 3相かご形誘導電動機 AC100 1750L/min[M1]										
冷房装置	天井集中式空調和装置 58.1kW (50000kcal/h) × 1台/両										
暖房装置	客室: シーズワイヤ形 座席式 450/750/1000W 車椅子スペース 450W, 運転室: 温風ヒータ 1700W										
戸閉め装置	電気式両開(ブラシレスモータ+ラックアンドピニオンで構成)										
信号保安装置	多段式 ATC-P 装置 東武 ATS 装置内蔵										
列車無線装置	個別選択式空間波無線 防護発報・非常発報付 誘導無線 非常発報付										
車両情報 管理装置	INTEROS [®] (注)(力行-ブレーキ編成制御等の走行制御/機器遠隔開放/自動出庫点検/ 乗務員支援/検修支援/お客様サービス機器への情報伝送) 基本伝送方式は 100Mbps イーサネット システムおよび搭載機器追加に対する拡張性を考慮										
表示装置	車外: フルカラーLED 表示器, 車内: 17 インチ × 2 台(ドア上) 21.5 インチ × 3 台(ドア間) 21.5 インチ × 1 台(両妻)										
照明装置	室内 LED 照明 AC254V/40W 11 本(中間車) 10 本(先頭車) DC100V/40W(予備灯兼用) 11 本(中間車) 10 本(先頭車)										
前尾灯	前照灯: LED 式, 尾灯: 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 3.3km/h/s										
	常用減速度 4.0km/h/s, 非常減速度 4.5km/h/s										

(注) INTEROS[®]は東日本旅客鉄道株式会社の登録商標である

表 3 主要諸元表 (3020 系)

項 目		諸 元							
編成と車種		←目黒 日吉→							
		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> < > < > </div> <p style="text-align: right;">()は号車</p>							
定員(内座席)		143(45)	155(48)	155(51)				143(45)	
質 量		31.5t	33.3t	33.3t	27.3t	27.3t	33.3t	33.3t	31.9t
最大 寸法	長さ (連結間隔)	20470mm	20000mm					20470mm	
	幅	2778mm(最大 2826mm)							
	高さ	3620mm(最大 4046mm)							
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・保安ブレーキ・耐雪ブレーキ) 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		TS-1042	TS-1041	TS-1041	TS-1042	TS-1042	TS-1041	TS-1041	TS-1042
主 電 動 機		三相かご型誘導電動機(全閉外扇型)140kW							
低電圧電源装置		IGBT 静止形インバータ 260kVA 出力 3 相 AC440V							
蓄 電 池		焼結式アルカリ蓄電池, DC100V/105Ah [Tc1, Tc2]							
空 気 圧 縮 機		オイルフリーレシプロ式 3 相かご形誘導電動機 AC100 1750L/min[M1]							
冷 房 装 置		天井集中式空気調和装置 58.1kW (50000kcal/h) × 1 台/両							
暖 房 装 置		客室:シーズワイヤ形 座席数 450/750/1000W 車椅子スペース 450W, 運転室:温風ヒータ 1700W							
戸 閉 め 装 置		電気式両開(ブラシレスモータ+ラックアンドピニオンで構成)							
信号保安装置		統合型保安装置 目黒線, 都営三田線, 東京メトロ南北線, 埼玉高速鉄道:ATC-P, 相鉄 ATS-P (都営三田線, 東京メトロ南北線, 埼玉高速鉄道:ATO, 目黒線:TASC に対応可能)							
列車無線装置		デジタル式空間波無線方式(目黒線, 三田線, 南北線, 埼玉高速鉄道用)							
		アナログ式空間波無線方式(目黒線, 三田線, 南北線, 埼玉高速鉄道用)							
		相模鉄道線用デジタル列車無線(準備)							
		防護発報ボタンと防護発報用の非常バッテリー搭載							
車 両 情 報 管 理 装 置		INTEROS [®] (力行-ブレーキ編成制御等の走行制御/機器遠隔開放/自動出庫点検/ 乗務員支援/検修支援/お客様サービス機器への情報伝送) 基本伝送方式は 100Mbps イーサネット システムおよび搭載機器追加に対する拡張性を考慮							
表 示 装 置		車外:フルカラーLED 表示器, 車内:17 インチ×2 台(ドア上)							
照 明 装 置		室内 LED 照明 AC254V/40W 11 本(中間車) 10 本(先頭車) DC100V/40W(予備灯兼用) 11 本(中間車) 10 本(先頭車)							
前 尾 灯		前照灯: LED 式, 尾灯: 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 3.3km/h/s							
		常用減速度 4.0km/h/s, 非常減速度 4.5km/h/s							

(注) INTEROS[®]は東日本旅客鉄道株式会社の登録商標である

表 4 主要諸元表 (6020系)

項 目		諸 元						
編成と車種		←大井町 中央林間→						
		()は号車						
定員 (内座席)	ロングシート時	143(45)	155(48)	133(45)	155(51)		143(45)	
	クロスシート時			129(45)				
質 量		31.2t	33.3t	34.8t	27.3t	33.3t	33.3t	
最大 寸法	長さ (連結面間)	20470mm	20000mm				20470mm	
	幅	2778mm(最大 2826mm)						
	高さ	3620mm(最大 4046mm)						
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・保安ブレーキ・耐雪ブレーキ) 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		TS-1042	TS-1041	TS-1041	TS-1042	TS-1041	TS-1041	
主電動機		三相かご型誘導電動機(全閉外扇型)140kW						
低電圧電源装置		IGBT 静止形インバータ 260kVA 出力3相 AC440V						
蓄電池		焼結式アルカリ蓄電池, DC100V/105Ah [Tc1, Tc2]						
空気圧縮機		オイルフリーレシプロ式 3相かご形誘導電動機 AC100 1750L/min[M1]						
冷房装置		天井集中式空調和装置 58.1kW (50000kcal/h) ×1台/両						
暖房装置		客室:シーズワイヤ形 座席式 450/750/1000W 車椅子スペース 450W, 運転室:温風ヒータ 1700W						
戸閉め装置		電気式両開(ブラシレスモータ+ラックアンドピニオンで構成)						
信号保安装置		多段式 ATC-P 装置						
列車無線装置		個別選択式空間波無線 防護発報・非常発報付						
車両情報 管理装置		INTEROS [®] (注)(力行-ブレーキ編成制御等の走行制御/機器遠隔開放/自動出庫点検/ 乗務員支援/検修支援/お客様サービス機器への情報伝送) 基本伝送方式は 100Mbps イーサネット システムおよび搭載機器追加に対する拡張性を考慮						
表示装置		車外:フルカラーLED表示器, 車内:17インチ×2台(ドア上)						
照明装置		室内LED照明 AC254V/40W 11本(中間車) 10本(先頭車) DC100V/40W(予備灯兼用) 11本(中間車) 10本(先頭車)						
前尾灯		前照灯: LED式, 尾灯: 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 3.3km/h/s						
		常用減速度 4.0km/h/s, 非常減速度 4.5km/h/s						

(注) INTEROS[®]は東日本旅客鉄道株式会社の登録商標である