

# 国内新幹線向け 車両システムと電気品

Vehicle Systems and Electrical Equipment for Domestic Shinkansen Trains

森田 政次

小泉 聡志

■ MORITA Masatsugu

■ KOIZUMI Satoshi

1964年10月1日、東京オリンピックの開催に合わせ、東海道新幹線（東京～新大阪間）が開業した。更に、需要の増加していた山陽本線の輸送力増強と高速化を目的として、1975年3月には山陽新幹線として博多まで延伸され、新幹線は高速・大量輸送機関として確固たる地位を確立した。その後、東北、上越、秋田、山形の各新幹線、及び九州新幹線が開業して各地に延伸され、将来は更に、北陸や北海道など日本全国に新幹線ネットワークの構築が計画されている。

東芝は、このような背景のなか、旧日本国有鉄道（国鉄）の分割・民営化後も各旅客鉄道（株）（以下、JR各社と言う）における新幹線新型電車の開発・製作に参画し、JR各社の開発コンセプトや要求仕様に対応する、高性能で高品質の電気品やシステムを提案し受注してきた。

The Tokaido Shinkansen (running between Tokyo and Shin-Osaka) was put into service on October 1, 1964, in time for the Tokyo Olympic Games that year. Then, to meet the growing demand for increased transportation capacity and higher speeds on the Sanyo Main Line, it was extended as the Sanyo Shinkansen on March 10, 1975. This firmly established the status of the Shinkansen as a high-speed mass transportation system. The Tohoku, Joetsu, Akita, Yamagata, and Kyushu Shinkansen services were subsequently launched, and there are plans to expand the Shinkansen network to the Hokuriku and Hokkaido regions in the future.

With this as a background, since the division and privatization of Japan National Railways, Toshiba has proposed and supplied optimized vehicle systems for domestic Shinkansen trains based on our experience in responding to the development concepts and required specifications of each of the JR companies.

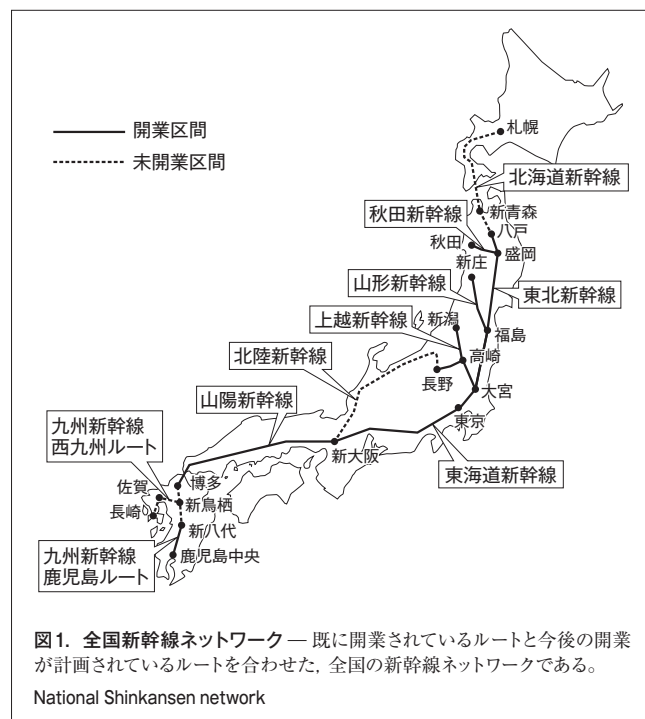
## 1 まえがき

近年、環境への配慮や人々の価値観の多様化、ゆとりや快適性の重視といった風潮から、鉄道システムに対する期待が高まってきている。

新幹線の車両及びシステム技術は、旧国鉄時代の東海道新幹線0系車両の開発から始まり、分割・民営化後もJR各社にその基礎技術が継承されるとともに、それをベースとした各社独自の開発が継続され、それにより新幹線は、日本の高速・大量輸送の大動脈として成長してきた（図1）。

東芝は、JR各社の新幹線新型電車の開発に参画し、各社の基本コンセプトに基づいて、高付加価値で高品質の電気品やシステムを提案してきた。更に、地球環境保護や省資源といった社会的なニーズにも対応するため、小型・軽量化、省エネ化、環境適合性、信頼性の向上に合致した電気品の開発に取り組んでいる。

ここでは、国内新幹線電車向けの電気品やシステムの最新事例をもとに、当社の取組み、納入状況、及び今後の展開について述べる。



## 2 東海道・山陽新幹線直通用 N700系電車

N700系新幹線電車（以下、N700系と呼ぶ）（図2）は、東海

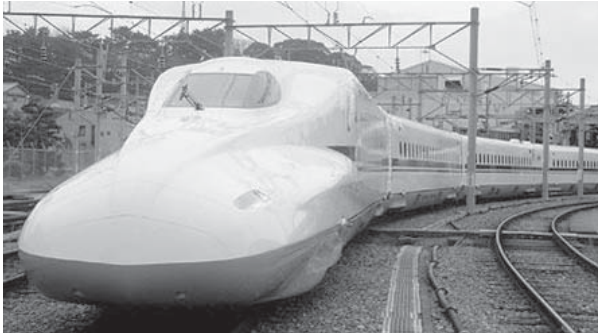


図2. N700系新幹線電車 — 架線電圧はAC25 kV (60 Hz)で、1編成は14M2Tで構成されている。最高速度は東海道路線が270 km/h、山陽路線が300 km/hである。

N700 series Shinkansen train

旅客鉄道(株)及び西日本旅客鉄道(株)において、2002年6月から次世代の東海道・山陽新幹線直通用電車として共同開発されてきたものである。N700系は、700系を基本としながら、あらゆる点で進化しており、開発の車両基本コンセプトは以下のとおりである。

- (1) 東海道・山陽新幹線として最速のハイテク車両
- (2) 車内快適性の向上
- (3) 環境への適合と省エネ化の実現

これらのコンセプトを実現するため、車体傾斜制御システムや制御伝送システムなど数多くの最新技術が開発されて、当社は、主回路電気品及び補助電源装置、情報系・制御伝送系システム用機器、車体傾斜制御装置、ATC(自動列車制御装置)などを納入した。N700系の主な仕様を表1に示す。

表1. N700系新幹線電車の主な仕様

Main specifications of N700 series Shinkansen train

項目	仕様	
	N700系	700系
MT比	14M2T	12M4T
ユニット構成	4両1ユニット	同左
定員 (人)	1,323	同左
最高速度 (km/h)	270 (東海道) 300 (山陽)	270 (東海道) 285 (山陽)
曲線通過速度 (km/h) (R=2,500m)	270	250
起動加速度 ((km/h)/s)	2.6 (東海道・山陽)	1.6 (東海道) 2.0 (山陽)
編成出力 (kW)	305×56台=17,080	275×48台=13,200
編成質量 (t)	約700	708
制御方式	VVVF制御による誘導電動機駆動	同左
力行ブレーキ指令回路	制御伝送方式(デジタル)+バックアップ指令	引通し線による順次加圧方式
車体傾斜装置	空気バネ式(1°傾斜)	—
セミアクティブ制御装置	全号車設置	7両に設置

VVVF : Variable Voltage Variable Frequency

## 2.1 ユニット構成

700系と同様に16両編成で、4両を1ユニットとしている。編成出力向上のため電動車(M車)を2両増やし、第1と第4ユニットはM車3両+付随車(T車)1両、第2と第3ユニットはM車4両の14M2Tとしている。

## 2.2 主回路システム

編成出力の増強による機器質量の増加や大型化を抑制するため、高効率かつコンパクトなシステムを実現した。N700系における主回路システムの出力/質量比は、700系と比較し約20%向上している。1ユニット当たり、4両のM車と3両のM車を有するユニットが存在するが、主変圧器を4M車用と3M車用に種別化することで、主変換装置と主電動機の全車共通化を図った。

4M車用の主変圧器は一次容量5,600 kVAを有しており、国内最大容量<sup>(注1)</sup>である。主変換装置は大容量の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)素子を採用し、3レベル制御による騒音低減及び中間直流電圧を上げることによる損失低減を実現している。更に、近年の半導体素子の進歩により走行風冷却方式の適用が可能となり、新幹線電車としては初めてとなる走行風冷却方式の主変換装置を1編成当たり6台搭載

表2. N700系用主変換装置の主な仕様

Comparison of train-draft-cooled and forced-ventilation-cooled power converters

項目	仕様	
	TCI100 (JR東海) WPC203 (JR西日本)	TCI3 (JR東海) WPC202 (JR西日本)
冷却方式	走行風冷却方式	強制風冷沸騰冷却方式
コンバータ	3レベル変調単相電圧形PWMコンバータ	
インバータ	3レベル変調三相電圧形VVVFインバータ	
出力容量 (kW)	最大:1,340, 定格:1,220	
装置外形 (mm)	3,250 (幅)×2,180 (長さ)×700 (高さ)	
装置質量 (kg)	1,315	1,538
コンバータ用IGBT	3,300 V-1,200 A (2並列接続) トレンチゲート方式	3,300 V-1,200 A (2並列接続)
インバータ用IGBT	3,300 V-1,200 A トレンチゲート方式	3,300 V-1,200 A

PWM : Pulse Width Modulation IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor



図3. 走行風冷却方式の主変換装置 — 低損失装置の開発と床下走行風の解明により、新幹線では初めて走行風冷却方式の主変換装置がN700系で実用化された。

Train-draft-cooled power converter

(注1) 2002年6月現在、当社調べ。

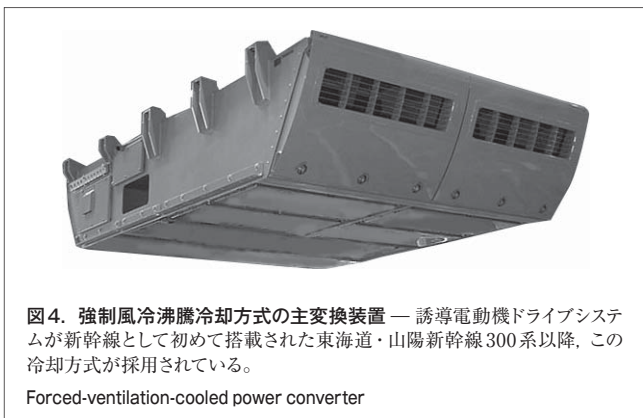


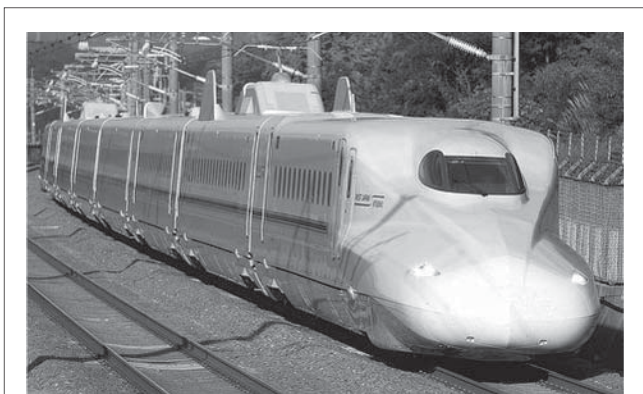
図4. 強制風冷沸騰冷却方式の主変換装置 — 誘導電動機ドライブシステムが新幹線として初めて搭載された東海道・山陽新幹線300系以降、この冷却方式が採用されている。

Forced-ventilation-cooled power converter

(主変換装置は1編成当たり14台搭載)し、主回路システムのいっそうの軽量化と信頼性向上を図っている。主変換装置の主な仕様の比較を表2に、走行風冷却方式主変換装置の外観を図3に、及び強制風冷沸騰冷却方式主変換装置の外観を図4に示す。走行風冷却方式は、主変換装置の小型・軽量化や保守作業の軽減に寄与するだけでなく、温室効果ガスの削減効果もあり、他編成への展開が期待されている。また、主電動機は、回転子バーの改良により温度上昇の抑制と騒音の低減を実現している。

### 3 山陽・九州新幹線直通用 N700系7000番代・8000番代電車

西日本旅客鉄道(株)及び九州旅客鉄道(株)において、2011年に予定されている九州新幹線の全線開業(博多～新八代間)に向け、関西圏と九州(鹿児島)を結ぶ直通用新幹線電車として開発され、東海道・山陽新幹線直通用のN700系16両編成の電車をベースにして8両編成化されたものである。



資料提供：西日本旅客鉄道(株)

図5. N700系7000番代・8000番代新幹線電車 — 山陽・九州新幹線直通用で、N700系16両編成の車両をベースとして8両編成化されたものである。7000番代及び8000番代共に同一の外観と仕様である。

N700-7000/N700-8000 series Shinkansen train

表3. N700系7000番代・8000番代新幹線電車の主な仕様  
Main specifications of N700-7000/N700-8000 series Shinkansen train

項目	仕様
MT比	8M
ユニット構成	4両1ユニット
定員	546名
最高速度	300 km/h (山陽), 260 km/h (九州)
起動加速度	2.6 (km/h)/s
編成出力	305 kW×32台 = 9,760 kW
制御方式	VVVF制御による誘導電動機駆動
力行ブレーキ指令回路	制御伝送方式(デジタル) + バックアップ指令
セミアクティブ制御装置	全号車設置

車両番号は、西日本旅客鉄道(株)の製作車両が7000番代、九州旅客鉄道(株)の製作車両が8000番代となっている(図5)。

N700系7000番代及び8000番代新幹線電車の主な仕様を表3に示す。

#### 3.1 車両システムの特徴

山陽新幹線区間と九州新幹線区間を相互に直通運転できる車両システムにした。N700系と同様に4両を1ユニットとしているが、九州新幹線区間の35%(パーミル)の急こう配に対応するため、N700系ではT車であった両端の先頭車もM車にし、8両全部をM車にした。また、ユニットを開放するときに、上り35%での急こう配起動を可能としている。更に、8両編成のため、M車開放時の運転時分の遅延対策として、主電動機電流の限流値の増加や補助電源装置の最適配置などを行い、システムの冗長化も図られている。

#### 3.2 主回路システム

すべてがM車で4両を1ユニットとしており、N700系の第2、第3ユニットと同様の構成である。主変圧器はN700系の4M車用と同じであり、一次容量は5,600 kVAである。主変換装置は、強制風冷沸騰冷却方式を採用するとともに、保守性向上のため、コンバータユニット及びインバータユニットは装置側面から引き出して点検でき、また、制御装置も車両側面から点検できる構造にした。主電動機は低騒音で低損失の三相誘導電動機を採用し、先頭車がM車であるため、ATCへのノイズ侵入対策として、先頭車向け主電動機には本体下部にシールドカバー及び配線にジッパーチューブを取り付けるなど、直達ノイズにも配慮した設計としている。

当社は、N700系新幹線電車と同様、主回路システムの電気品をはじめとして、補助回路、情報、及び保安の各システム用機器を納入している。特に、九州新幹線区間に存在する急こう配に対応するため、主変圧器、主変換装置及び主電動機の高温度シミュレーションと、更に、この急こう配を模擬した条件での定置試験及び山陽新幹線区間における実機検証を行い、直通運転時に問題が発生しないよう十分な確認を行った。

## 4 九州新幹線 800系電車

九州旅客鉄道(株)において、2004年3月の九州新幹線部分開業(鹿児島中央～新八代)に伴い、東海道・山陽新幹線の700系をベースにした800系として6編成(1編成6両)計36両が製作され、営業投入された(図6)。また、2011年に予定されている博多までの延伸開業に合わせ、更に3編成が製作される。なお、後者の製作仕様は前者と基本的に同一であるが、博多駅への乗入れがあるため、ATCは前者の1段機能と山陽新幹線区間での多段機能の両方を備えている。

当社は、主変圧器、主変換装置、主電動機で構成される主回路システム機器をはじめとして、補助電源システム機器、ATC装置など保安システム機器を一括して納入した。



図6. 800系新幹線電車 — 九州路線の35%の急こう配を考慮し、1編成がすべてM車の6Mで構成されている。

800 series Shinkansen train

## 5 E5系高速新幹線電車

東日本旅客鉄道(株)において、2011年3月に予定される東北新幹線の新青森までの延伸開業に合わせ新型の高速新幹線電車E5系の開発が進められており、現在、量産先行車の製作が行われている(図7)。当社は、主変換装置をはじめと



資料提供：東日本旅客鉄道(株)

図7. E5系高速新幹線電車の完成予想図 — 架線電圧はAC25 kV (50 Hz)で、1編成は8M2Tで構成されており、最高速度は320 km/hである。

E5 series high-speed Shinkansen train

する各システム機器の開発・設計に携わるとともに、それらのとりまとめに大きく貢献している。今後、各種の現車試験を行い、車両システム及び各機器の性能確認が行われていく計画である。当社は、これら現車試験にも積極的に参画していく。

## 6 軌間可変電車(フリーゲージトレイン)

軌間可変電車は、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構からの委託により、フリーゲージトレイン技術研究組合において、新幹線と在来線各区間の直通運転を目的として開発が進められているシステムである。

当社は、2002年度の技術研究組合発足当初から参画し、駆動系及び情報・保安系、更には軌間変換制御部を含めたほぼすべての電気品を一括して納入してきた。現在は、新幹線区間での現車による走行試験が継続されており、今後、新幹線と在来線の直通運転が実現すると、新幹線による高速移動の効果が広範囲に波及することが期待できる。

## 7 あとがき

当社は、各新幹線電車向け車両システムの開発を通して日本の高速・大量輸送の発展に貢献してきた。今後も新技術の導入を行い、環境に優しい車両用パワーエレクトロニクス装置を目指したコンセプトとコア技術を用い、安定かつ安全な新幹線高速輸送に取り組んでいくとともに、これらの技術蓄積を生かして、鉄道輸送システム全般に幅広く貢献していきたい。

## 文 献

- (1) 東海旅客鉄道(株)・西日本旅客鉄道(株)。「N700系」量産車の概要. Japan Railway Engineers Association. 49, 7, 2006, p.18-22.
- (2) 西日本旅客鉄道(株)・九州旅客鉄道(株)。山陽・九州直通用新幹線車両の概要. Rolling Stock & Machinery. 2009-02, p.4-11.



森田 政次 MORITA Masatsugu

電力流通・産業システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術部グループ長。鉄道車両システムのエンジニアリング業務に従事。

Transportation Systems Div.



小泉 聡志 KOIZUMI Satoshi

電力流通・産業システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術部主務。鉄道車両システムのエンジニアリング業務に従事。

Transportation Systems Div.