

東海旅客鉄道(株) N700A 新幹線電車用 電機品

Electrical Equipment for N700A Shinkansen Trains

寺門 康弘

小泉 聡志

■TERAKADO Yasuhiro

■KOIZUMI Satoshi

東芝は、鉄道車両の設計・製造メーカーとして車両の開発に参画してきた。東海道新幹線の新型電車であるN700系1000番代電車(愛称N700A(A:Advanced))向けの車両用電機品についても、今まで同様に車両の開発に参画し、このたび量産車用製品を納入した。

N700Aでは、N700系で納入してきた製品に加え、速度信号に沿った走行を精度良く自動的に行う定速走行制御装置や、N700系より更に15%軽量化した主変換装置など、多くの装置に当社の最新技術が採用され、N700Aが目指す安全性、信頼性、快適性、及び環境性能という四つの柱の“更なる進化”を実現する役割を担っている。

Toshiba has been actively engaged in technology development as a core manufacturer since the beginning of the Shinkansen project, and has now supplied electrical equipment for the mass-produced N700-1000 series (N700A) Shinkansen trains running on the Tokaido Shinkansen Line of Central Japan Railway Company.

In addition to equipment supplied for the N700 series Shinkansen trains, we have developed new equipment for the N700A Shinkansen including constant speed control equipment that automatically controls the train at a constant speed in response to the speed signal with sufficient accuracy, and main converter/inverter equipment that achieves a reduction in weight of 15% compared with that for the N700 series, in order to realize advanced safety, reliability, riding comfort, and environmental friendliness.

1 まえがき

2013年2月8日に東海道新幹線に新たに導入され、その後山陽新幹線への直通運転も開始したN700Aは、従来のN700系の高速性、快適性、及び省エネ性の特長はそのままに、安全性、信頼性、快適性、及び環境性能を更に追求した車両として開発が進められた。

N700A(図1)では、N700系で導入した技術をベースにして、“更なる進化”を実現する東芝の種々の技術が導入されている(表1)。

ここでは、N700Aの車両システムを構成する当社の電機品及び技術の特長について述べる。

2 車両システムにおける主要な東芝製電機品

新幹線電車の走行、停止、電源供給、及び情報伝送などの制御機能を担う各種車両システムは、車体の中や下に設置される種々の電機品で構成される。

代表的な車両システムとしては、次のようなものがある。

- (1) 主回路システム 列車を走行させるために主電動機の駆動を制御する。
- (2) ブレーキシステム 列車を停止させるために車両に装備された各種ブレーキ手段を制御する。



図1. N700A新幹線電車 — N700Aの外形デザインは、N700系のそれを踏襲している。

N700A Shinkansen

- (3) 補助回路システム 列車で使用する空調装置、照明、及び電源コンセントなどの電気設備へ電源を供給する。
- (4) 情報制御システム 列車内の機器を制御するための情報を伝送したり、列車に装備された各装置の状態を監視(モニタリング)する。
- (5) 台車関係システム 車体を支える台車の監視や車体の制振制御を行う。
- (6) 保安システムと列車制御システム 列車の安全を確

表1. N700AとN700系新幹線電車の主な仕様
Main specifications of N700A and N700 series Shinkansen

項目	仕様	
	N700A	N700系
MT比	14M2T	
ユニット構成	4両1ユニット	
定員 (人)	1,323	
最高速度 (km/h)	270 (東海道新幹線) 300 (山陽新幹線)	
編成出力 (kW)	305 kW × 56台 = 17,080	
ブレーキ種別	常用, 非常, 緊急, 地震	常用, 非常, 緊急
ブレーキディスク	中央締結方式	内周締結方式
定速走行制御装置	搭載	—
台車振動検知システム	搭載	—

M: 電動車
T: 付随車
MT比: 1編成におけるMとTの構成

保するため又は運転士を支援するため、自動的に列車速度を制御する。

当社は、N700系から引き続き、主変圧器、主変換装置、主電動機、静止型変換装置、インバータ装置、モニタ装置、車体傾斜制御装置、自動列車制御装置 (ATC)、及び空気調和装置の製造を担当した。

また、N700Aから当社の技術が新規に採用された装置として、情報制御システムを担うモニタ幹線データ記録装置、台車関係システムを担う振動制御装置、及び保安・列車制御システムを担う定速走行制御装置の製造も担当した。

以下では、これらの装置のうち定速走行制御装置、主変換装置、モニタ装置、及びモニタ幹線データ記録装置について、技術と特長の詳細を述べる。

3 主要な東芝製電機品の技術と特長

3.1 定速走行制御装置

保安・列車制御システムの装置としてN700Aから新たに加わった定速走行制御装置は、信号速度の範囲内で一定速度を保つために、運転士の運転操作と同様に、自動車のアクセルやブレーキに相当する、ノッチ指令と呼ばれる制御信号によって列車制御を行う装置である。

東海道新幹線では、列車速度が制限速度を超えると、保安システムの装置であるATCが自動的にブレーキをかけることで安全が保たれている。運転士が回復運転のために制限速度ぎりぎりで行きようとした場合、制限速度を超えないように注意を払いながら運転する必要がある、運転士の負担が大きくなっている。

N700Aでは、東海旅客鉄道(株)、(株)日立製作所、及び当社が、運転士による前述の回復運転操作と同様の機能を果たす、定速走行制御装置と定速走行機能を共同開発した。

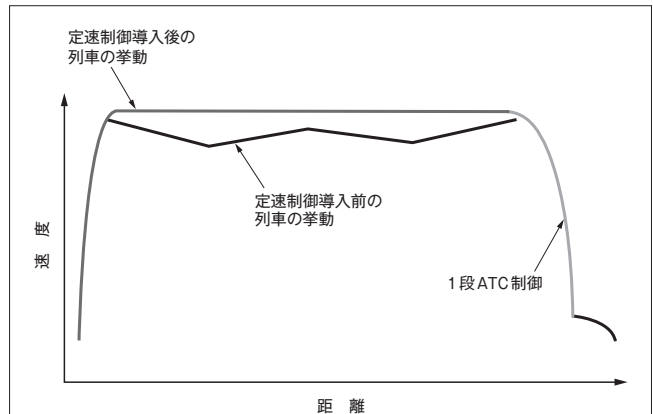


図2. 定速走行機能の概念 — 定速制御の導入により、列車速度を高速で一定に制御できるようになる。

Conceptual diagram of constant speed control function

定速走行機能の概念を図2に示す。定速走行機能は、精度良く速度信号に沿った走行を実現するために、ATCが持っている勾配やトンネルといった路線情報を用いて、定速走行制御装置が最適なノッチ指令を出せるようにした。この機能により、制限速度ぎりぎりを一定速度で走行でき、運転士の負担を減らすことができるようになった点と、列車ダイヤの遅延をすばやく回復させる効果を発揮できるようになった点が、N700Aの大きな特長である。

定速走行制御装置は、同じ機能を持つ2系統のシステムを内部に備えており、通常は1系が動作するが、1系が故障したときには2系が動作を引き継げるよう、待機二重系構成とした。CPUには、ATCや車体傾斜制御装置で実績を積んだフェイルセーフCPU技術をベースに新たに開発した、高性能CPU基板を採用した。

3.2 主変換装置

新幹線の走行において、モータへの電流や電圧を制御することで駆動制御を行う主変換装置については、N700系に導入されている走行風冷却方式の装置を更に小型化した主変換装置が採用され、当社は設計の取りまとめ役を務めるとともに、信頼性の高い装置を納入した。

N700Aでは、N700系での実績をベースにして、走行風冷却方式の主変換装置が、列車前後の先頭車を除く全車両に採用されている。走行風冷却方式は、電気機器が作動する際に発生する熱を走行中に受ける風を利用して冷却する方式で、車体の底面に冷却部を設けることで冷却用のブローが不要になり、質量やスペースを低減できるという特長がある。

N700AとN700系の主変換装置の主な仕様を表2に、また、N700Aの主変換装置の外観を図3に示す。N700Aの主変換装置は、N700系用と比較し、性能を落とすことなく容積で約25%、質量で約15%の小型・軽量化を実現した。

表2. N700AとN700系新幹線電車の変換装置の主な仕様
Main specifications of power converters for N700A and N700 series Shinkansen trains

項目	仕様	
	N700A	N700系
型式	TCI101	TCI100
冷却方式	走行風冷却方式	
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	最大：1,340 kW 定格：1,220 kW	
コンバータIGBT素子	3,300 V -1,200 A (2並列接続) トレンチゲート方式	
インバータIGBT素子	3,300 V -1,200 A トレンチゲート方式	
容積 (相対値) (%)	約 75	100
質量 (相対値) (%)	約 85	100

PWM：パルス幅変調
VVVF：可変電圧可変周波数
IGBT：絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ

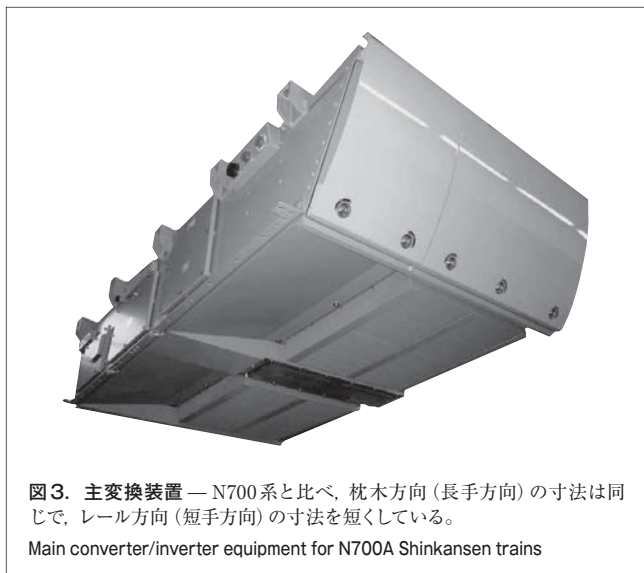


図3. 主変換装置 — N700系と比べ、枕木方向（長手方向）の寸法は同じで、レール方向（短手方向）の寸法を短くしている。

Main converter/inverter equipment for N700A Shinkansen trains

3.3 モニタ装置

N700Aのモニタ装置は、列車前後の先頭車両に搭載されて編成全体の情報の管理や処理を行うモニタ中央装置、各車両に搭載されてそれぞれの号車の他機器と情報の送受信を行うモニタ端末器、及び乗務員へのインタフェースを提供する表示器で構成される。

N700Aでは、機器の構成はN700系から変わっていないが、モニタ中央装置と各車両のモニタ端末器を接続する幹線伝送路の伝送容量が、100 Mビット/sから1 Gビット/sへと約10倍に向上している。N700系での幹線伝送路はGI (Graded-Index) 型光ファイバで構成し、IEEE 802.3 (電気電子技術者協会規格802.3) の100BASE-FX規格に準拠したEthernet伝送路であった。N700Aの開発にあたり、高速伝送が必要に

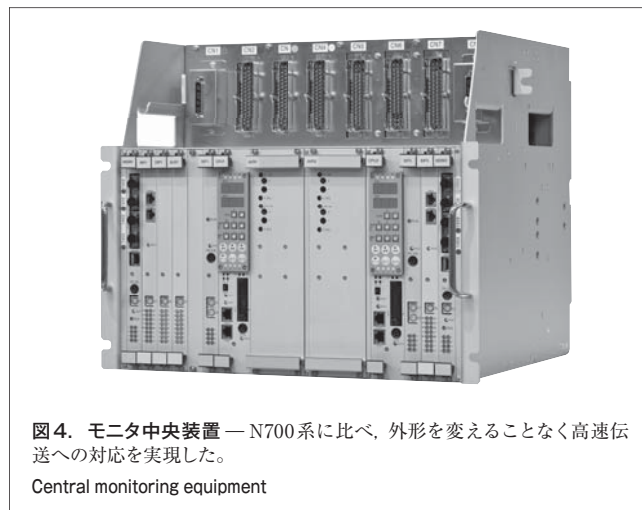


図4. モニタ中央装置 — N700系に比べ、外形を変えることなく高速伝送への対応を実現した。

Central monitoring equipment

なったことや、幹線伝送容量の向上を目的として、新規伝送基板を開発し採用した。

新規伝送基板は、従来基板からの上位互換となることを前提として、従来の光ファイバをそのまま使用できるようにし、Ethernetは1000BASE-LX規格に準拠するようにした。これにより、車両のぎ装線やコネクタを変更することなく、基板を差し替えるだけで伝送容量を100 Mビット/sから1 Gビット/sに向上させることができた。

また、N700系で当社の幹線伝送の特長であったトークン方式によるリアルタイム性確保機能や、幹線伝送路が故障したときの冗長切替え機能は、N700Aでも踏襲している。

N700Aのモニタ中央装置の外観を図4に示す。

N700Aのモニタ中央装置は、各機器を監視 (モニタリング) するだけでなく、N700系の運用開始時に比べて様々な機能が付加されてきている。

モニタ機能では、種々の機器から故障情報を受け取って表示するだけでなく、一部の機器について故障の予兆を検知する機能が付加されている。データ記録機能では、運転士の運転操作を常時記録する運転状況記録機能が付加されている。また、地上との連携機能では、地上の運行管理画面を表示する運行情報表示機能が追加されている。

モニタ端末器と他機器間の伝送は、シリアル伝送の規格であるRS-485を使用する場合が大勢であるが、近年、新たに設計された機器では、Ethernetが採用されることも多くなってきている。そのため、モニタ端末器のEthernet接続ポートを増設し、拡張性を確保するようにした。他機器とのEthernet接続については、10BASE-T及び100BASE-TXの両規格に準拠しており、ツイストペア線を用いたメタル伝送を行う。

表示器は、N700系から引き続き12.1型のTFT (薄膜トランジスタ) カラーLCD (液晶ディスプレイ) を採用している。タッチパネル式であり、運転士や車掌による直感的な操作が可能である。

3.4 モニタ幹線データ記録装置

情報制御システムの装置としてN700Aから新たに加わったモニタ幹線データ記録装置は、モニタ装置が扱う接続機器からの伝送情報など全ての情報を、常時記録する装置である。記録した情報は、地上設備として整備されている解析装置により自由に編集することができるため、目的に応じたデータ解析ができるという特長がある。

今回、前記のような情報処理に特化した装置を東海旅客鉄道(株)と共同開発し、N700Aでの新規装置として採用された。

モニタ幹線データ記録装置は、モニタ装置の幹線伝送路にEthernet接続し、幹線伝送路を流れるモニタ情報を受信し、決められた周期で膨大なデータを記録する。このため、情報処理に適したCPUを採用することで、毎時Gバイトオーダのデータを記録できる性能を確保した。また、記録媒体には、新幹線では初めて2.5型の大容量SSD(ソリッドステートドライブ)を採用した。SSDは、従来のHDD(ハードディスクドライブ)と比べて耐振動性に優れており、振動条件の厳しい車両環境により適していると考えられる。HDDと外形サイズやインタフェースが同一のため、SSDの普及に伴い主流になっていくと考えられる。

SSDには大量のデータが記録されているため、データを読み出すには膨大な時間が掛かることが想定された。そこで、SSDを装置から容易に取り外せる構造にし、SSDごと取り外すことでデータの取り出しが容易になるように工夫した。

また、小容量のバッテリーを装置内部に搭載することで、装置の電源が意図せず遮断された場合などには自動的にバッテリーから給電され、正常に装置をシャットダウンする時間を確保できるようにした。これにより、突然の電源断でデータが破壊されるのを防ぐことができる。

4 あとがき

N700Aは、外観はN700系と変わらないが、安全性、信頼性、快適性、及び環境性能といった様々な面でN700系から進化しており、車両システムを構成する多くの装置に、当社の最新技術が盛り込まれている。

今後も、当社の技術力を更に向上させながら装置の信頼性をいっそう高め、最重要幹線である東海道新幹線の安全で安定した輸送に貢献していきたい。

文 献

- (1) 吉田憲二. 東海旅客鉄道(株)及び西日本旅客鉄道(株)向け新型新幹線用電機品. 東芝レビュー. 62, 10, 2007. p.50-53.
- (2) 森田政次 他. 国内新幹線向け車両システムと電気品. 東芝レビュー. 64, 9, 2009. p.19-22.



寺門 康弘 TERAKADO Yasuhiro

社会インフラシステム社 鉄道・自動車システム事業部 車両システム技術部。鉄道車両システムのエンジニアリング業務に従事。

Railway & Automotive Systems Div.



小泉 聡志 KOIZUMI Satoshi

社会インフラシステム社 鉄道・自動車システム事業部 車両システム技術部参事。鉄道車両システムのエンジニアリング業務に従事。

Railway & Automotive Systems Div.