J-Rail 2017 特別セッション

N700Sにおける新技術の紹介

~技術開発成果による新技術の採用 徹底した小型軽量化による標準車両の実現~





平成29年12月13日 東海旅客鉄道株式会社 上野 雅之



- ○東海道新幹線について
- O「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント



○東海道新幹線について

- O「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

東海道新幹線の特徴



① 安全性と信頼性

・乗車中のお客様の死亡事故 : ゼロ

•運行1列車あたり平均遅延時分 : 0.4分

② 大量輸送

■一日あたりの列車本数 : 365 本/日

・一日あたりの輸送人員 : 約45.2万人/日

③ 高速輸送

•最高速度 : 285km/h

•東京~新大阪(515km) : 最速 2時間22分

④ 環境との調和

対飛行機でのエネルギー消費量 : 1座席あたり約1/8

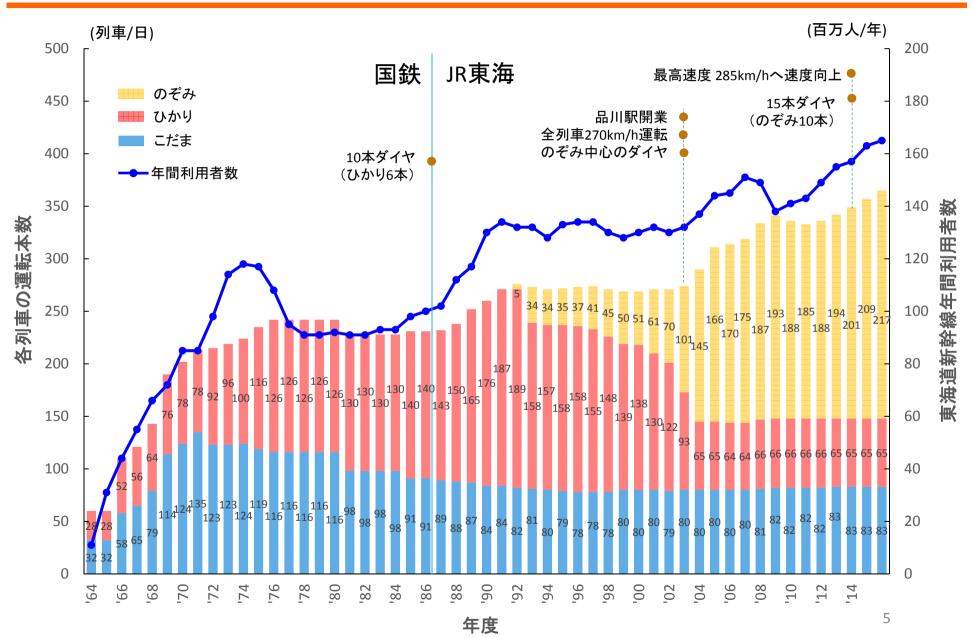
対飛行機でのCO₂排出量 : 約1/12

※東海道新幹線N700系対、航空機B777-200での比較



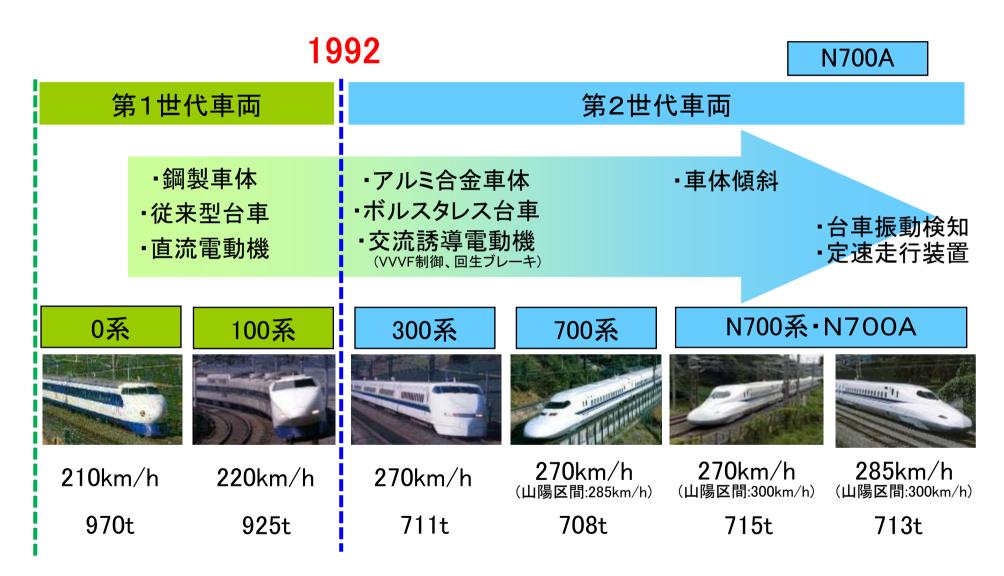
列車本数と利用者数の推移





東海道新幹線の車両の変遷





速度向上と大幅な軽量化により、300系以降第2世代へ



- ○東海道新幹線について
- O「N700S」の概要
 - •新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

「N700S」車両について



〇概要

- ・SiCデバイスを採用した駆動システムをはじめ、これまでの技術開発成果を盛り込み、N700系以来のフルモデチェンジとなる次期新幹線車両
- 様々な新幹線に適用可能な「標準車両」を実現
- ・次期営業車両に反映する新技術の最終確認を行う確認試験車を製作中、 平成30年(2018年)3月完成予定

Oコンセプト

- 1. さらなる安全・安定輸送の追求
- 2. 様々な線区に適用可能な標準車両の実現
- 3. 東海道新幹線の競争力の強化
- 4.トータルコスト削減



「N700S」に採用する新技術



大容量フィールドデータの活用

人合重ノイールトナータの活用

(1-2次車)(3次車)

安全性の更なる向上

小牧研究施設で実証

②台車振動検知システム 機能の向上



- •重大事故防止
- ・乗心地の常時監視に よる品質の維持向上

信頼性の更なる向上

16両走行試験で実証

③駆動システム

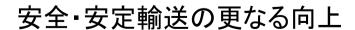
SiC素子の採用と 走行風冷却方式の組合せ



徹底した小型・軽量化の実現

(駆動システムの軽量化△20%)

※(㈱東芝、三菱電機(㈱、㈱日立製作所、富士電機(㈱ と当社で開発



床下機器配置の最適化

東海道新幹線の技術による「標準車両」の実現



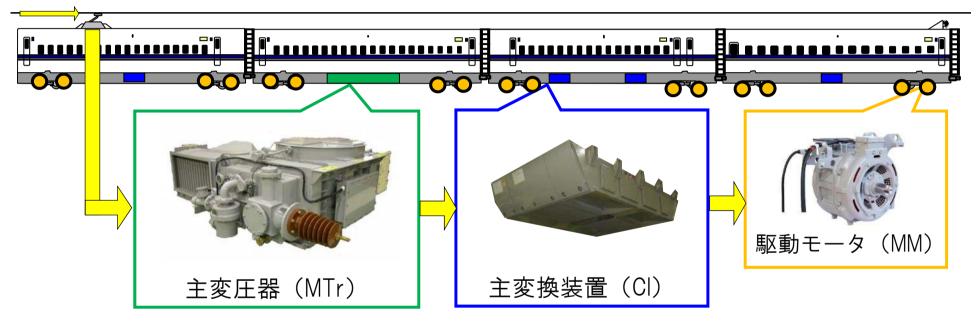
- ○東海道新幹線について
- O「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

新幹線の駆動システム



→:電気の流れ

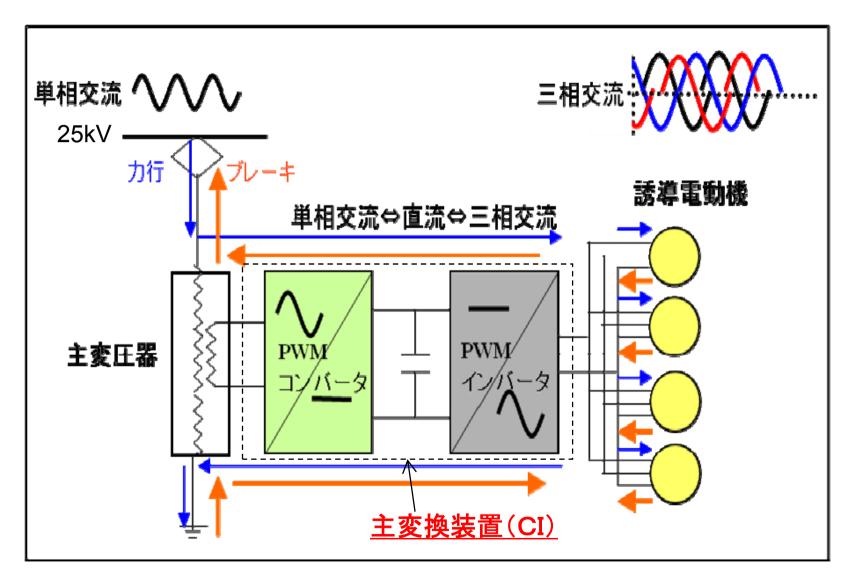
パンタグラフ



- ・現在の新幹線の駆動システムは主に 主変圧器、主変換装置(CI)、駆動モータで構成
- ・主変圧器、主変換装置は車体の床下、駆動モータは台車に搭載 ⇒小型・軽量化が重要

新幹線の駆動システム~主回路システムとは~





新幹線の駆動システム(編成)





:モータのある車両(M車) ×14両

:モータのない車両(T車) ×2両

N700系の場合、4ユニット、14M2Tで16両の編成を構成



- ○東海道新幹線について
- O「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - -標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

駆動システムとパワー半導体の変遷

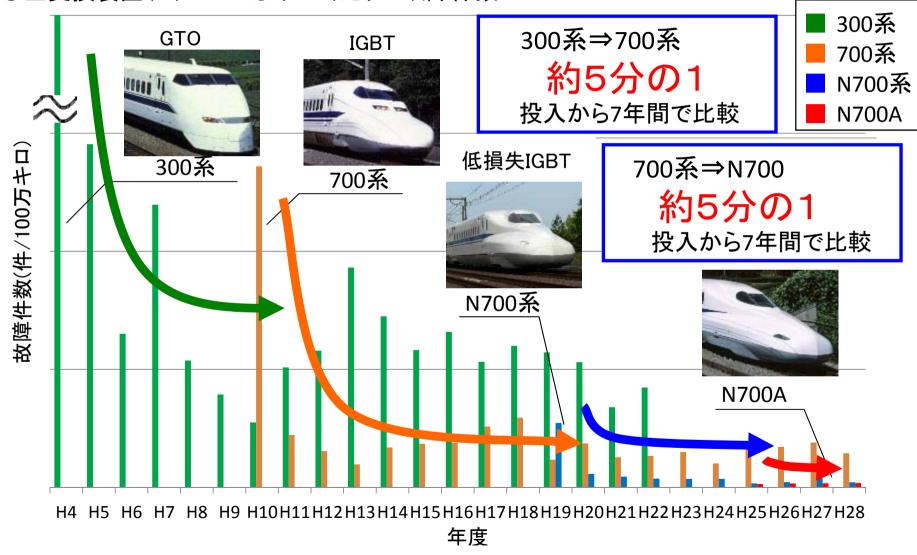


形式						
	0系	100系	300系	700系	N700系 N700A	N700S
年	1964	1985	1992	1999	2007	2018
最高速度	210km/h	220km/h	270km/h	270km/h 山陽区間285km/h	285km/h 山陽区間300km/h	285km/h 山陽区間300km/h
半導体素子	ダイオード	サイリスタ	GTO サイリスタ	IGBT	低損失 IGBT	SiC
制御方式	タップ制御	サイリスタ 位相制御	PWM コンバータ・インバータ制御			
冷却方式	強制風冷却方式			走行風冷却方式		
取動工一力	直流		三相誘導			
駆動モータ 			4極			6極
加速度	1.0km/h/s	1.6km	n/h/s 2.0km/h		2.6km/h/s	高性能化
ブレーキ	発電ブレーキ			電力回生ブレーキ		

主変換装置(CI)の信頼性向上



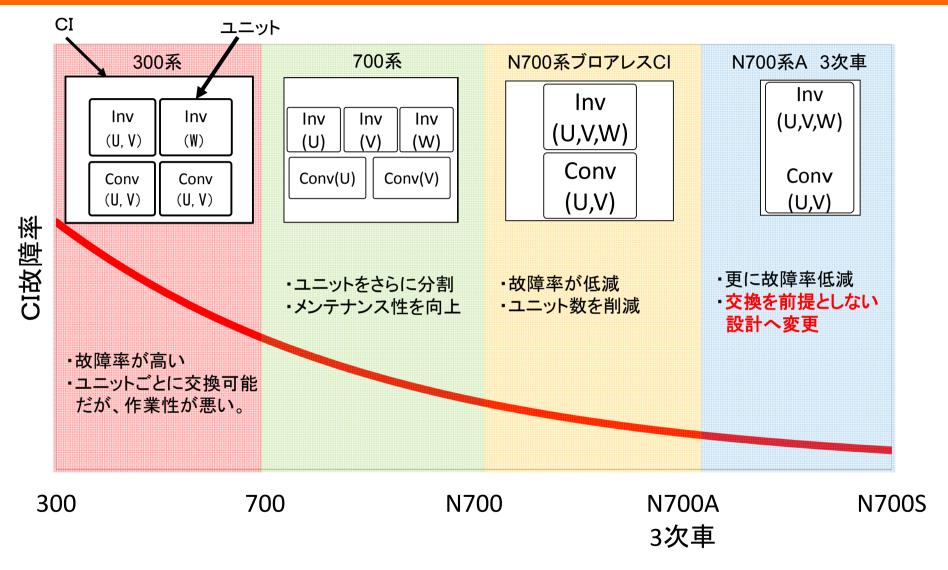




主変換装置の進化とともに、故障件数が大幅に減少

故障率と内部構造の見直し①

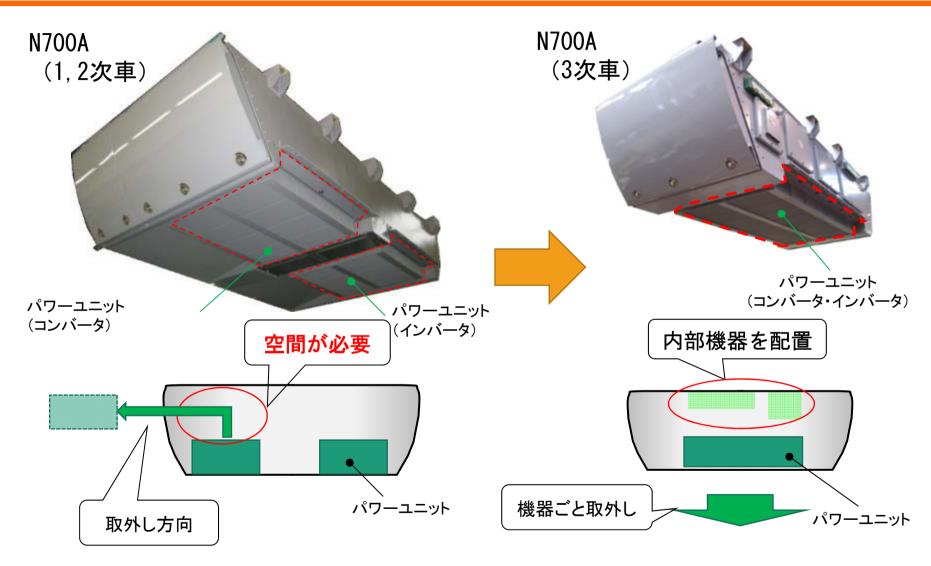




故障率が低下したため機器を集約

故障率と内部構造見直し2





CIの修繕方法・内部構造の見直しで更なる小型軽量化を実現



- ○東海道新幹線について
- O「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

新しい素子SiCのCIへの活用について



O SiC素子採用の検討

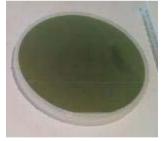
	300系	700系	N700S	
素子種別	GTO (ケ゛ートターンオフサイリスタ)	IGBT (絶縁ケ゛ート型ハ゛イホ゜ーラ トランシ゛スタ)	SiC (炭化ケイ素)	
素子周辺回路	複雑	簡単	簡単	
価格	比較的高値	比較的安値	比較的高值	

新しい素子SiCのCIへの活用について



O SiC素子採用の検討

特徴	SiC/Si
高温動作化	3倍
低損失化	1/100倍
高速•高周波化	数倍~10倍



SiCウェハー



SiCパワーモジュール 出典:2015.6.25 富士電機殿プレス資料

SiCは高温動作化、低損失、高耐圧、高速スイッチングの特性を有する

SiCデバイスを採用した駆動システムの開発



JR東海

走行風冷却式CI(ブロアレスCI)



- •走行条件(許容条件)
- ・状態監視データ
- ・保守データ
- •走行試験(温度上昇等)

共同開発メーカ SiC素子



SiCパワーモジュール

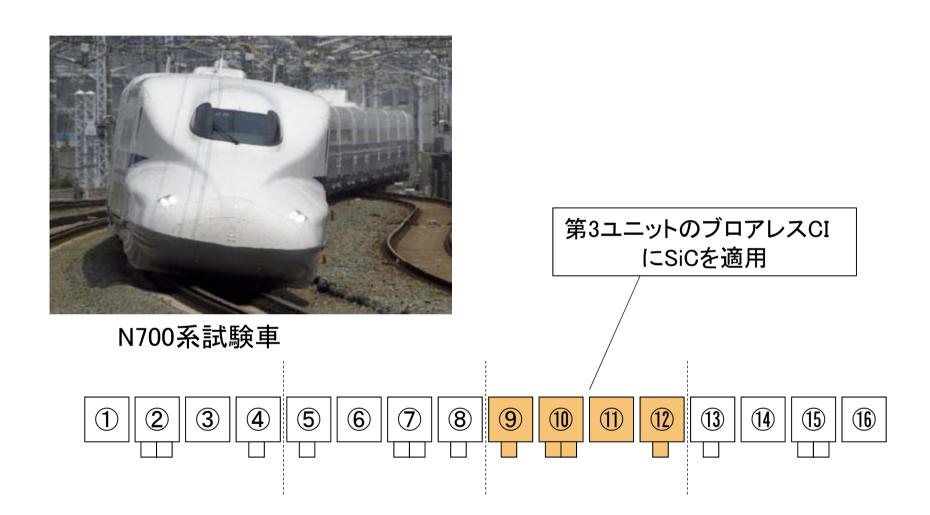
- •半導体素子の特性
- ・素子配置、スイッチング
- •内部回路構成
- ・温度シミュレーション

共同開発メーカ (株)東芝殿、(株)日立殿、富士電機(株)殿、三菱電機(株)殿 (五十音順)

走行風冷却式CIとSiCデバイスを組合わせた駆動システム (高速鉄道車両として世界初)

N700系(試験車)を用いた性能評価



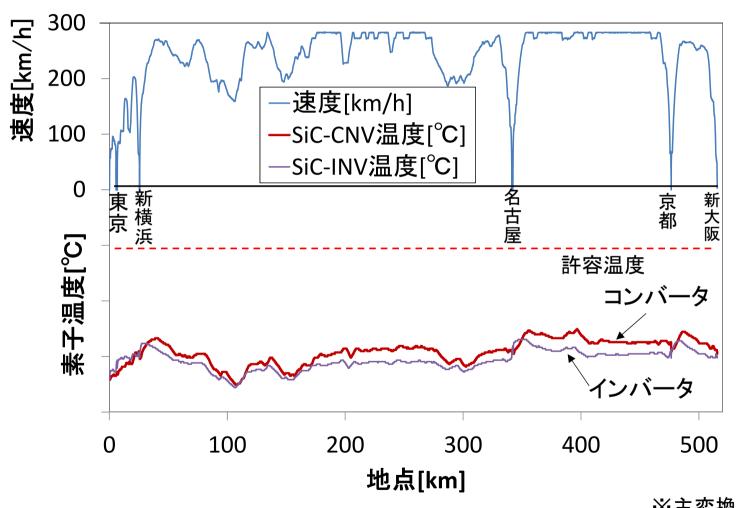


試験車両(16両編成)に搭載し、制御性能・冷却性能を評価

現車走行試験



〇 主変換装置 素子温度



適正な温度の余裕を確認

※主変換装置は開発品

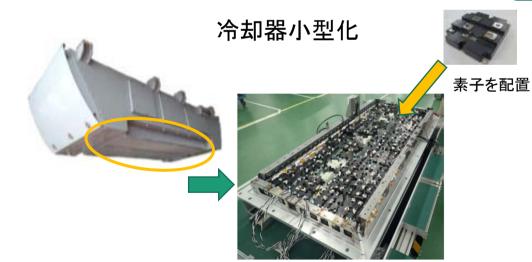
SiC素子の特徴の活かし方



SiC素子の特徴 低損失 高周波 大電流



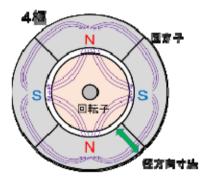
主変換装置の小型軽量化



冷却器を上から見た写真

駆動モータの小型軽量化

通電電流増 極数増(4極→6極)





SiC素子の特徴を主変換装置と駆動モータの両方に活用

300系とN700SのCI比較



300系



素子	GTO		
冷却方式	ブロア冷却		

N700S

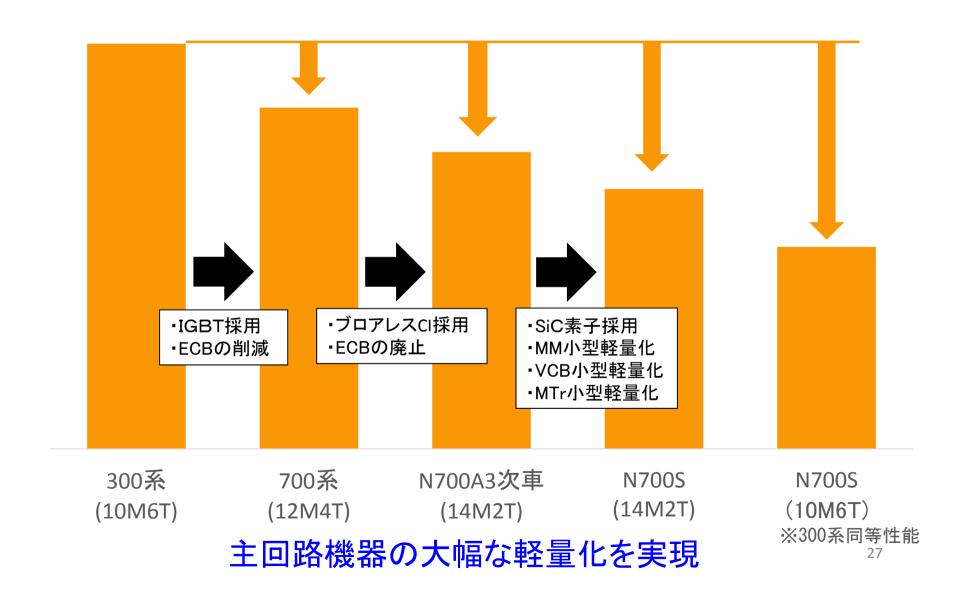


素子	SiC		
冷却方式	走行風冷却 (ブロアレス)		

N700S確認試験車として来年3月に完成し、今後の技術開発に活用

主回路機器の小型軽量化の変遷





軽量化による効果



貢献分野	導入技術
速度向上	 ・編成出力向上(10M6T⇒14M2T) ※直線270⇒300km/h ・車体傾斜 ※曲線250⇒270km/h
乗り心地向上	・車体間ダンパ・車体間ロールダンパ・セミアクティブダンパ
静粛性向上	・構体のダブルスキン化 ・全周ホロ
信頼性向上	・台車振動制御装置 ・パンタグラフ状態監視装置
安定性向上	・定速走行装置 ・雪害防止(着雪防止ヒーター、台車カバー) ・先頭車予備ブレーキ
合計	

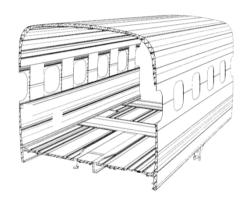
東海道新幹線の更なる競争力強化に貢献

軽量化による効果



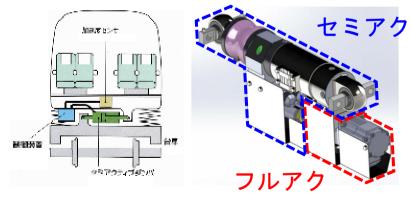
〇静粛性向上

・構体のダブルスキン化



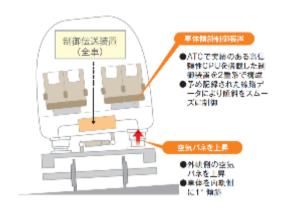
〇乗り心地向上

アクティブダンパの導入



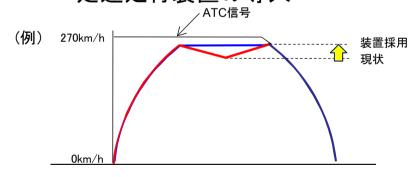
〇速度向上

・車体傾斜システムの導入



〇安定性向上

・定速走行装置の導入



その他、全周ホロ、パンタグラフ状態監視なども導入

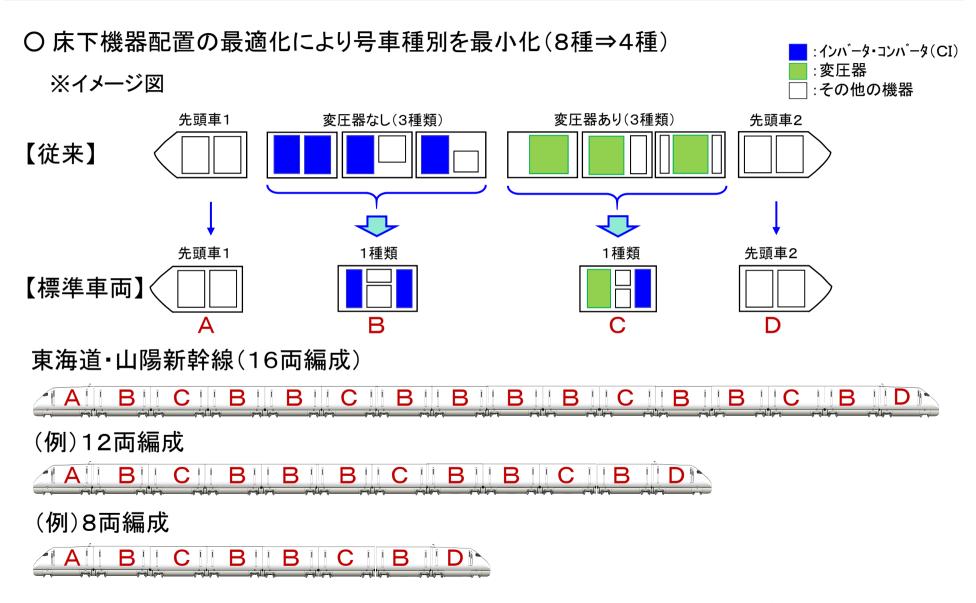
東海道新幹線の更なる競争力強化に貢献



- ○東海道新幹線について
- ○「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

様々な新幹線に適用可能な「標準車両」の実現①





基本設計の変更なく、様々な編成構成に対応が可能

様々な新幹線に適用可能な「標準車両」の実現②



両数	MT比	編成構成			
16両	14M2T (N700S)	3M1T	4M	4M	3M1T
	16M	4M	4M	4M	4M
12両	10M2T	3M1T	4M	3M1T	
8両	8M	4M	4M		
7両	7M	4M 3M			
6両	6M	3M 3M			

徹底した小型・軽量化により、低コストな標準車両を実現

従来の床下機器配置と配線経路



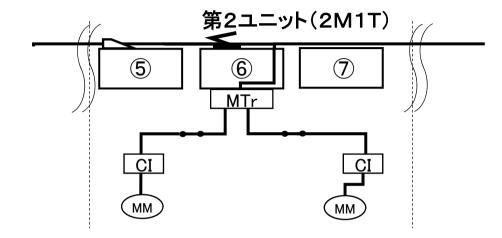
300系

<u>編成構成:10M6T</u>

MTr:主変圧器

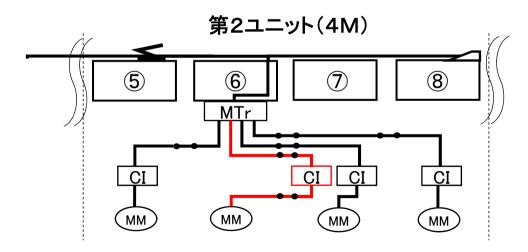
CI:主変換装置

MM:主電動機(モータ)



N700系

編成構成:14M2T



編成出力を向上させるため、MTr搭載車は隣接号車にCIを搭載

床下機器配置と配線経路



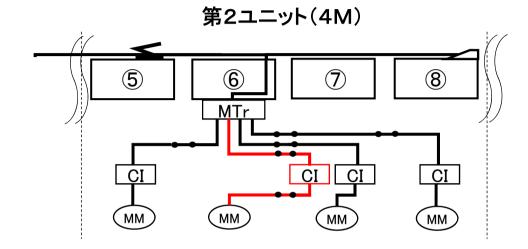
N700系

編成構成:14M2T

MTr:主変圧器

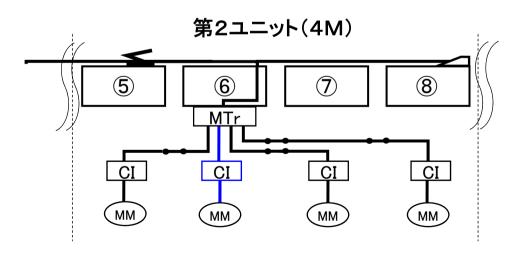
CI:主変換装置

MM:主電動機(モータ)



N700S

編成構成:14M2T



MTr・CIの共存により、隣接号車への往復の 主回路及び制御回路配線を削減



- ○東海道新幹線について
- ○「N700S」の概要
 - 新技術を採用した駆動システムの紹介
 - 一新幹線の駆動システム
 - 一駆動システムとパワー半導体の変遷
 - 一新しい素子SiCのCIへの活用
 - •標準化車両の実現
- ○技術開発におけるポイント

技術開発におけるポイント



- 1. 新技術を導入しやすい設計手法の確立 各社に自由度を与えることで競争原理を働かせつつ、 一定の互換性を持たせることで各社のノウハウを 活かしやすい環境を作る
- 2. 絶え間のない新技術の検証体制の構築 新たな技術について営業車と同じ16両編成の試験車 (XO編成)を用いて絶え間なく試験を行い、営業車 での検証を踏まえて設計へ反映させる

CIはメーカーの独自性を許容しつつ技術を高める方法の先駆け (新ATC、制御伝送、車体傾斜、定速走行装置等でも応用)

J-Rail 2017 特別セッション

N700Sにおける新技術の紹介

~技術開発成果による新技術の採用 徹底した小型軽量化による標準車両の実現~





平成29年12月13日 東海旅客鉄道株式会社 上野 雅之