

環境配慮型の車両技術

Environmentally-friendly Railway-cars Technology

堀畑 勝利 Katsutoshi Horihata
坂本 博文 Hirofumi Sakamoto

北林 英朗 Hideo Kitabayashi
石川 彰弘 Akihiro Ishikawa

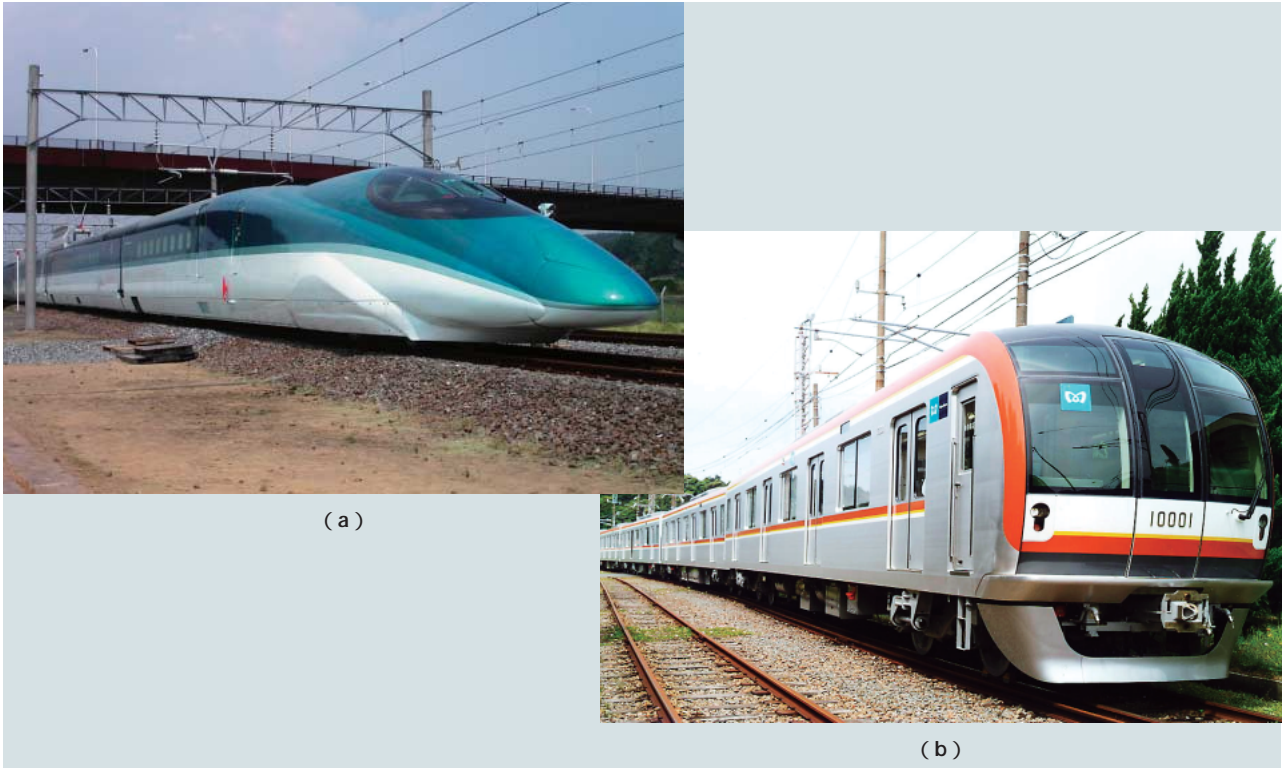


図1 東日本旅客鉄道株式会社のE954形式新幹線高速試験電車と東京地下鉄株式会社の10000系電車
環境に配慮した鉄道車両システム技術が盛り込まれた新幹線車両(a)と、通勤電車(b)の外観を示す。

鉄道車両では到達時間の短縮や快適性に加えて地球環境への対応が重要なものとなってきている。日立製作所は、環境に配慮した車両づくりをめざし、東日本旅客鉄道株式会社のE954形式車両をはじめとする高速新幹線車両では高速化を図るとともに低騒音化技術を開発した。また、東京地下鉄株式会社の副都心線向け10000系車両をはじめとする通勤電車では、これまで培った、剛性が高く、軽量車体を大形型材とFSW(摩擦かくはん接合)によりクリーンに製作するA-train技術をさらに進化させ、使用するアルミニウム合金の種類の統一などを図ってリサイクル性を向上させた。それと同時に、省令改正に伴う火災対策として塩化ビニルやFRP(繊維強化プラスチック)などの樹脂系材料をできるかぎり使用しないことで、火災・有毒ガスへの対策を高めている。

1.はじめに

近年、環境に対する関心が高まる中でエネルギー消費の少ない公共交通機関としての鉄道が注目されている。中でも鉄道車両に対する要求は到達時間の短縮や快適性に加え、沿線、さらには地球環境への対応が重要なものとなってきている。

これらの要求を受けて、鉄道車両は軽量化によるエネルギー消費の低減や高速化を図ってきた。日立製作所は、新幹線に代表される高速車両、A-trainとして開花した通勤用車両のいずれにも軽量で加工性のよいアルミニウム(以下、アルミと言う。)合金をいち早く用いることで対応してきたが、これらの車両技術はさらなる進化を続けている。

ここでは、日立製作所が高速車両・通勤用車両それぞれに対して地球環境への対応に向けて取り組む新たな車両技術と、最近のソリューションについて述べる(図1参照)。



図2 E955形式新幹線高速試験電車「FASTECH360Z」（新在直通用車両）

E955形式車両は営業最高速度360 km/hを目標にした新幹線と在来線乗り換えなしで結ぶ新幹線車両である。

2. 高速新幹線車両の技術

2.1 新幹線車両の高速化

新幹線の都市間輸送で効率を上げるには、到達時間の短縮が効果的であり、走行速度の向上が必要である。そのためには安全性の確保・環境への配慮・省エネルギーを推進し、さらに快適性などのあらゆる面における技術水準の向上が求められる。2005年6月には、世界最高水準と言える営業最高速度360 km/hを開発目標にした新幹線専用タイプのE954形式新幹線高速試験電車が、2006年4月には在来線も走行可能な新在直通タイプのE955形式車両が完成した（図2参照）。

E954形式車両およびE955形式車両で採用されている、日立製作所が手がけた高速車両技術について以下に述べる。

2.2 走行速度の向上

駆動システムとして必要な出力を確保しつつ機器の小型・軽量・低騒音化を図るため、制御装置の冷却に走行風を利用した水循環冷却方式を採用し、騒音源となっていた電動送風機を廃止した（図3参照）。

台車については、走行速度向上に対応して蛇行動限界速度を高め、安全性の確保を図った。また、車両の左右振動を抑えるために電動リアアクチュエータを採用したことにより、従来に比べて応答性が向上し、乗り心地が改善された。さらに台車と車体間の空気バネを柔らかくし、車両の上下振動を緩和して乗り心地の改善を図った（図4参照）。



図3 走行風利用水循環冷却方式主変換装置の外観
電動送風機を廃止し、走行風を利用した水循環冷却方式の主変換装置で小型・軽量・低騒音を図った。

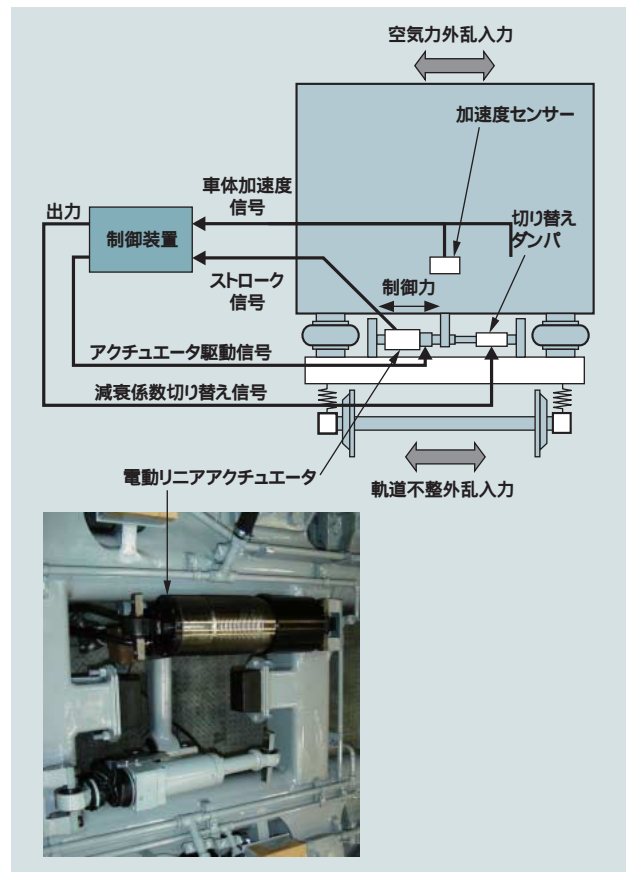


図4 電動リアアクチュエータ方式動揺防止制御装置
新幹線車両の左右振動を検出して抑制させる電動リアアクチュエータによって振動を抑制させる。

2.3 環境への配慮

新幹線電車が高速で走行するためには、さまざまな環境問題と向き合う必要がある。

E954形式・E955形式車両では最高速度の向上に伴う空力問題に取り組んだ。これらは主にトンネル微気圧波と車外騒音である。

トンネル微気圧波の問題は、高速車両がトンネルに突入する際に形成される圧縮波に起因し、トンネル出口に達した圧縮波が反射する際に一部がトンネル外に放出され、これに伴う騒音が環境問題を引き起こす。

トンネル微気圧波を低減するためには、先頭部を一定の断面積変化率で、かつ緩やかにすることが最も有効な手段である。しかし、先頭部を伸ばすと、乗客定員の減少や運転設備への悪影響といった問題が生じることから、最新の解析手法を用いて空力的寄与度から最適な断面積変化率を導くことで先頭形状を決めた。

車外騒音対策では、車体表面の平滑化をいっそう進めるために車両間に全周ぼろを採用し、集電部には低騒音遮音板を採用した。さらに車両下部から発生した騒音は車体と地上側設備である防音壁との間で多重反射を繰り返しながら防音壁の外側に出ていくため、車両の下部表面に吸音材を取り付けることでこの騒音を吸収し、車外騒音の低減を図った。

2.4 快適性の向上

高速走行中の車内を静粛に保つことは、乗客の快適性にとって重要である。車内静粛性を向上するためには、車体の遮音性向上や、機器などの音源を低騒音化することが必要であり、E954形式・E955形式車両ではその両面から開発を行った。

車体の遮音性向上に関しては、現有車両の騒音侵入経路を明らかにするとともに、透過損失向上に関しては、質量増加しないように側面、屋根などの構体と室内パネル間に軽量吸音材を挿入した。また、床下の振動・騒音源である主変圧器などを車体に防振マウントし、床構造に振動遮断構造を採用することで固体伝播(ば)音の低減を図った。

3. 通勤電車の技術

3.1 進化するA-train

「A-train次世代アルミ車両システム」は、(1)環境負荷の低減、(2)ライフサイクルコストの削減、および(3)今後予想される熟練就業者人口の減少への対応をコンセプトに材料・構造および生産方式を抜本的に見直した車両であり、通勤電車から特急電車に至る各車種に適用されてきている(図5参照)。2003年から現在に至るまで、首都圏新都市鉄道株式会社のつくばエクスプレスTX-2000系電車、福岡市交通局の七隈線3000系電車、東日本旅客鉄道株式会社の外房・内房線E257系特急電車、東京地下鉄株式会社の東西線05系電車、有楽町線・副都心線10000系電車、東葉高速鉄道株式会社の東西線乗り入れ2000系電車、東武鉄道株式会社の東上線50000系電車、阪急電鉄株式会社の京都線9300系電車、神戸線9000系電車と、通勤電車から特急電車に至る

各車種で着実にファミリーを増やしている。

さらに、鉄道輸送の経営環境変化を見据え、日立製作所はA-trainのいっそうの上質化に取り組んでいる。

通勤電車においては、客室空間の快適性を向上するため、天井に曲面を持たせたアルミ型材と真空断熱材を一体化させ、屋根構体のダブルスキンに取り付ける構造(トリプルスキン構造)とし、あわせて送風機の向きを変え、空調ダクトの位置を車両外側方向にずらすことで天井高さを拡大して開放的な室内空間を確保するなどの取り組みを継続している。

最近の通勤電車で行っているリサイクル性向上技術ならびに火災・有毒ガス対策技術について以下に述べる。

3.2 リサイクル性の向上

通勤電車では、廃車時のリサイクル性を考慮して車体のダブルスキン構体だけでなく、はり・柱など特に強度が必要とされる部位は肉厚とすることでアルミ合金の種類を統一している(図6参照)。

また、内装部品に使用する材料も側出入口部の握り棒や空調吹出口、荷棚など、極力アルミ合金を使用することによって他の金属の使用を抑え、リサイクル時の分別を容易にするのと同時に、再生したアルミ合金の品質向上を図っている。

さらに、車体外板はアルミダブルスキン型材を高精度・高品位なFSW(Friction Stir Welding:摩擦かくはん接合)によって無塗装化を実現するとともに、アルミ合金の耐腐食性能から戸袋や台枠下面もアンダーシールを廃止することで、リサイクル性の向上を図ると同時に塗装などの環境負荷を軽減している。

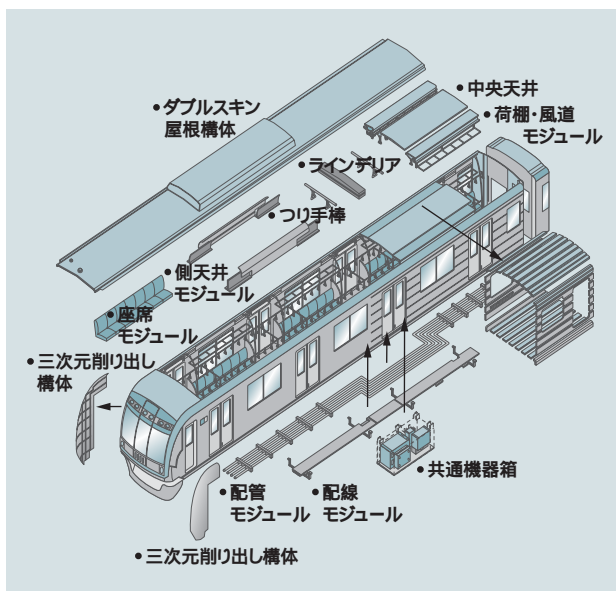


図5 A-trainの基本構成
アルミダブルスキン構体と一体成形したマウンティングレールに自立型モジュールをボルトで取り付ける構造としている。

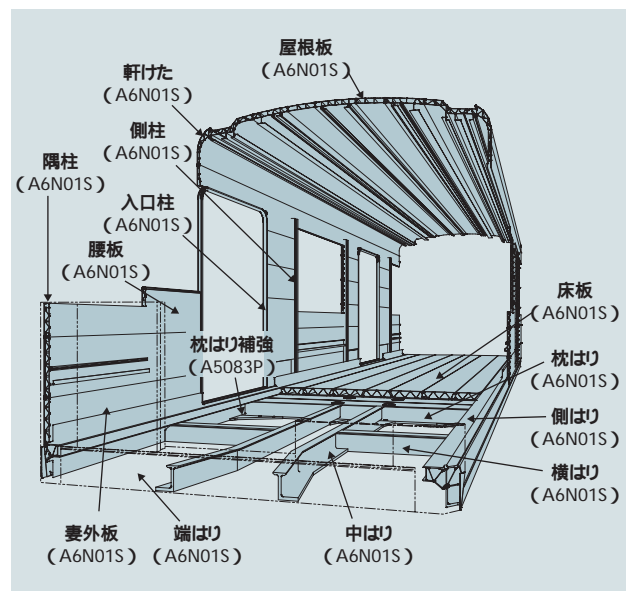
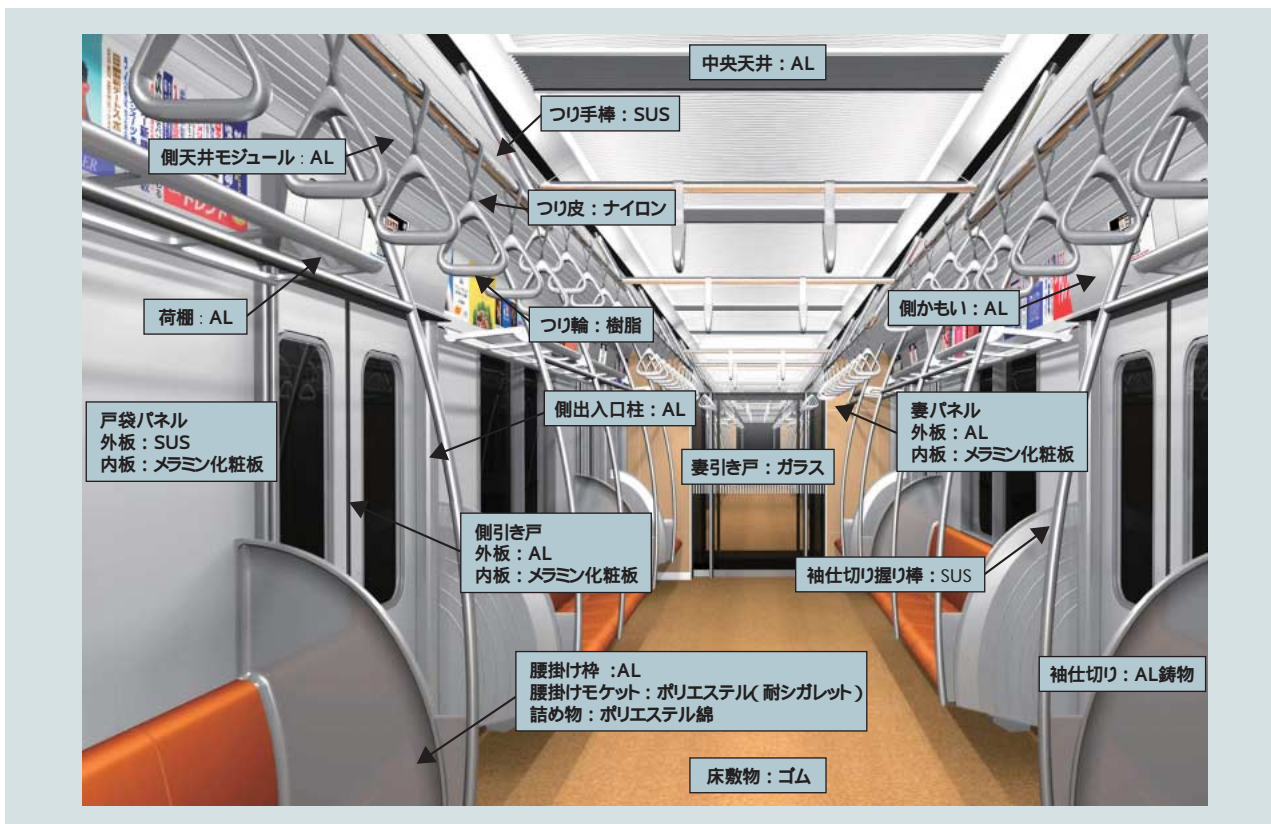


図6 構体に使用するアルミニウム合金の統一
ダブルスキン構体以外でも、はり・柱などに使用するアルミニウム合金もA6N01Sに種類を統一している。



注:略語説明 AL(アルミニウム), SUS(ステンレス)

図7 客室内設備の火災・有毒ガス対策

天井から座席・床材まで可能なかぎり有毒ガスの発生を抑える材質としている。

3.3 火災・有毒ガス対策

鉄道車両は火災発生時でも人体に有毒な塩素ガスやシアン化系の有毒ガスを発生する塩化ビニルやFRP(Fiber Reinforced Plastics)などの樹脂系材料をできるかぎり使用しないことが望まれる。

このため、冷房吹出口はFRPからアルミ材に変更することで不燃化し、座席シートの生地はアラミド繊維を混入することでさらに燃えにくくするとともに、有毒ガスを防ぐ対策として、床材とつり革をゴム系やナイロン系合成繊維系に変更している(図7参照)。

4. おわりに

ここでは、鉄道経営を支える鉄道車両システムのための日立製作所のソリューションの例として、高速新幹線車両、A-train次世代アルミ車両システムにおける環境への取り組みについて述べた。

鉄道車両としては、特に高速新幹線技術をはじめとして世界的に見ても、わが国の技術は欧州やアジアなど各国からの注目も高く、ますますグローバルな展開が期待されている。

日立製作所は、今後も鉄道車両に求められるさまざまなニーズを先取りした新しい形を示すことで技術をリードし、また、不変の要求である安全性と信頼性に応えるため、さらに技術の開発に努めていく考えである。

執筆者紹介



堀畑 勝利
1991年日立製作所入社、電機グループ 交通システム事業部 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属
現在、新幹線電車の車体設計に従事



北林 英朗
1990年日立製作所入社、電機グループ 交通システム事業部 車両システム本部 車両技術部 所属
現在、新幹線電車のシステムエンジニアリングに従事



坂本 博文
1992年日立製作所入社、電機グループ 交通システム事業部 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属
現在、公民鉄車両の設計取りまとめに従事



石川 彰弘
1993年日立製作所入社、電機グループ 交通システム事業部 車両システム本部 車両技術部 所属
現在、公民鉄車両のシステムエンジニアリングに従事
電気学会会員