

# 環境負荷低減に貢献する東芝の鉄道ソリューション

Toshiba Railway Solutions Supporting Reduction of Global Environmental Impact

石井 秀明

■ ISHII Hideaki

近年の地球温暖化に加え、2011年3月に発生した東日本大震災を契機に、省エネ及び消費電力削減への要求が以前にも増して高まっている。鉄道は、本来環境にやさしい交通手段と言われており、これまでもパワーエレクトロニクスやICT（情報通信技術）などの先進技術の積極的な採用により高効率化を図ることで、省エネに貢献してきた。昨今では、使用するエネルギーの効率的な管理や再生可能エネルギーの活用により低炭素社会を実現する、スマートコミュニティへの取組みも進められている。

東芝は、鉄道システムがスマートコミュニティを構成する重要な要素の一つとして捉え、環境負荷低減を目指した都市交通全体を最適化するソリューションの提供に取り組んでいる。

Energy saving and the reduction of power consumption have become increasingly important issues in Japan, as countermeasures against both global warming and the shortages of electricity since the Great East Japan Earthquake. To achieve a low-carbon society through the use of renewable energy and efficient management of energy, the concept of smart communities has progressed in recent years. With these trends as a background, railway transportation systems, as an environmentally friendly means of transportation, are contributing to lower electricity usage with the latest developments in power electronics technologies and information and communication technology systems.

Toshiba is committed to delivering railway solutions that can optimize an overall urban transportation system by positioning the railway system as a key element in a smart community aimed at reducing the environmental burden.

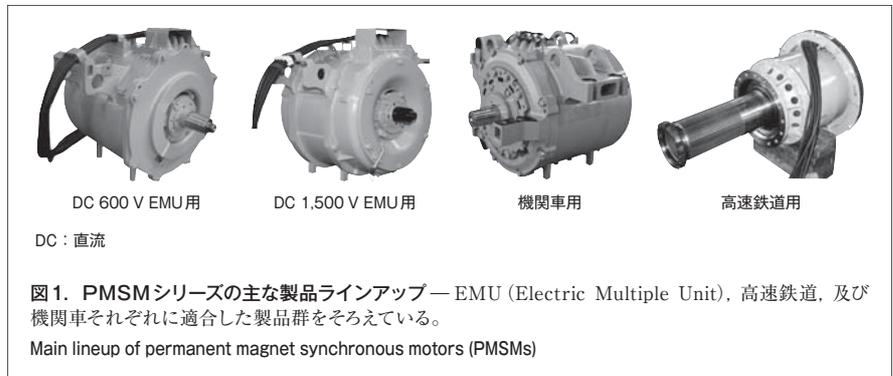
## 鉄道システムへのニーズ

近年、人口の急速な増加と都市部への集中による世界規模でのエネルギー問題、及び二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量の増加による地球温暖化が深刻化している。国内では、東日本大震災以後の電力供給事情の先行きが懸念されている。

このような背景から、省エネ及び消費電力削減による環境負荷低減への要求がますます高まっている。更に、非常時や災害時への考慮も重要視されている。

また国内では、少子高齢化への対応として、省メンテナンスやバリアフリーを含むサービス向上の必要性も重要な課題となっている。

鉄道システムは、本来環境にやさしいシステムであり、このような社会の要求にもタイムリーにこたえていくことが必要である。東芝は、環境負荷低減のための省電力化、小形・軽量化、統合化、ソフトウェア化、及び分散化の実現や、



省メンテナンス化の実現、非常時の対応などに向けて、車両、制御、及び電力の各分野で最適な技術開発に取り組んでいる。

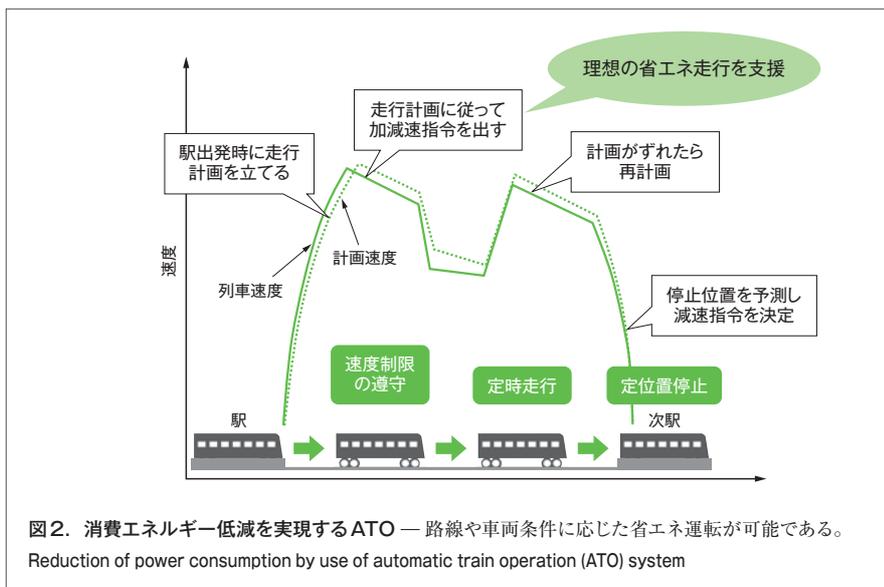
## 環境負荷低減への取組み

### ■省電力への取組み

移動体である鉄道車両の主要な装置である主回路システムは、直流電動機を用いた抵抗制御やチョップ制御から、交

流誘導電動機（IM：Induction Motor）を用いたVVVF（Variable Voltage Variable Frequency）インバータ制御へと進化を遂げてきた。更に高効率を実現するため永久磁石同期電動機（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）の導入が進んでいる（図1）。高効率である特長を生かし全密閉形とすることで、大幅な騒音低減とメンテナンス性向上も実現している。

一方、駅のホームドア設置やワンマン



運転への対応に伴い、ATO（自動列車運転装置）の導入が進んでいる。当社のATOは、乗り心地と停止精度を両立させるとともに、路線条件に応じて惰行を多用する駅間走行計画を算出することで消費エネルギー低減を図っている（図2）。

また、鉄道の再生可能エネルギーと言える回生エネルギーの有効活用も進んでいる。当社は、日本貨物鉄道（株）と共同で、蓄電池を搭載したHD300形式ハイブリッド機関車を開発し、既に量産車の納入を続けている（図3）。動力源としてエンジン発電機と蓄電池を持ち、力行時には状況に応じて蓄電池と発電



図3. 日本貨物鉄道（株）HD300形式ハイブリッド機関車 — 蓄電池を搭載したハイブリッド方式のディーゼル電気機関車であり、燃料消費量、NO<sub>x</sub>排出量、及び騒音レベルを大幅に低減した。

Type HD300 hybrid shunting locomotive of Japan Freight Railway Company

機同時に、あるいは蓄電池だけで電動機を駆動し、回生時には蓄電池に充電する。電動機には高効率の全閉PMSMを採用し、燃料消費量を大幅に低減するとともに窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）排出量と騒音レベルも大きく低減している。

また、路線全体の回生電力を有効活用するため、変電所への回生蓄電装置の設置を検討している。

### ■小形・軽量化への取組み

パワーエレクトロニクス技術及び制御技術の進歩により装置の小形・軽量化への取組みが更に進んでいる。

前述したPMSM駆動用として、4台の電動機を駆動する回路を1台のパワーユニットに実装した、4in1 VVVFインバータ装置を開発し、当社の従来機種と比べて体積の60%削減、及び質量の50%削減を実現した（図4）。4in1 VVVFインバータ装置は、2回路分を1パッケージに内蔵した高耐熱のIGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）を採用している。この装置は従来のIM駆動用とほぼ同等まで小型化しているため、既設の装置の置換えにも対応が可能である。

新幹線では、走行風を用いたプロワレス主変換装置の更なる小型化を進め、東海旅客鉄道（株）N700A（N700系



図4. PMSM駆動用4in1 VVVFインバータ装置 — 4台の電動機を駆動する回路を1台のパワーユニットに実装して、小型・軽量化を実現した。  
4-in-1 variable-voltage variable-frequency (VVVF) inverter



図5. 東海旅客鉄道（株）N700A用小型プロワレス主変換装置 — 走行風による冷却を用いた主変換装置を元に、更なる小型化を実現した。  
Small-size converter-inverter without cooling fan

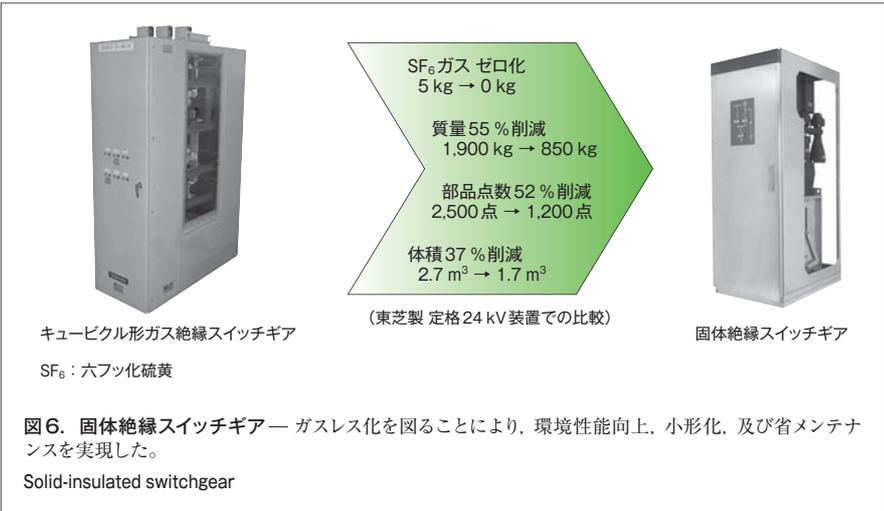
1000番代車）用に納入している（図5）。

電力システムでも、従来の気体絶縁方式を固体絶縁方式に変更することでガスレス化を図ることにより、環境性能向上、小形化、及び省メンテナンスを実現した固体絶縁スイッチギア（図6）の導入が進んでいる。

### ■統合化及びソフトウェア化への取組み

ICTの進化により、従来複数の機器で実現していた機能の統合化や、ハードウェアで実現していた機能のソフトウェア化も進んでいる。

京成電鉄（株）新AE形特急電車用に納入した車両情報統合システム（SLIMS）は、幹線伝送に当社が開発した鉄道車両用ネットワークである、伝送速度100 Mビット/sのTEBus（Train Ethernet Bus）を用いることで、監視カ



メラによるセキュリティ機能、大型液晶ディスプレイ (LCD) による情報案内機能、及びモニタ機能を統合したものである (図7)。

この100 Mビット/sのTEBusは制御指令を伝送する車両情報システムにも適用されており、東武鉄道(株)に納入したシステムでは、運転台表示器との接続もEthernetとし、計器類の削減を図っている。

一方、CPU処理能力やメモリ容量の向上によるデジタル化とソフトウェア化も

ますます進んでいる。保安装置や列車無線のデジタル化技術を応用した無線式列車制御システムの開発とその実用化が進められており、当社もWEL-TRAC™として試験車を用いた検証を進めている。

### ■分散化への取組み

クラウドコンピューティング活用の検討も進んでいる。ハードウェアやミドルウェアの維持を不要にするほか、資源の有効活用や、初期コストの低減、災害時



のリスク回避など、活用のメリットは大きい。当社は、クラウドコンピューティングを活用した輸送計画システムとGIS (Geographic Information System) 運行監視システムの開発を進めている (図8)。

### 省メンテナンスへの取組み

PMSMに代表される全閉電動機の導入により、これまで定期的に必要であった機内清掃が不要になり、メンテナンス性が飛躍的に向上する。電動機でメンテナンスが必要な部品は軸受だけとなるため、モータを分解せずに軸受部をメンテナンスできる構造を開発して適用した (図9)。

機器の状態監視データの活用検討も進められている。大容量ネットワークであるTEBusを適用することで収集可能なデータ量を大幅に増大させることが可能である。今後は地上システムとの結合がいっそう強化されることで、予防保全実現へ向けた動きが活発になると考えられる。

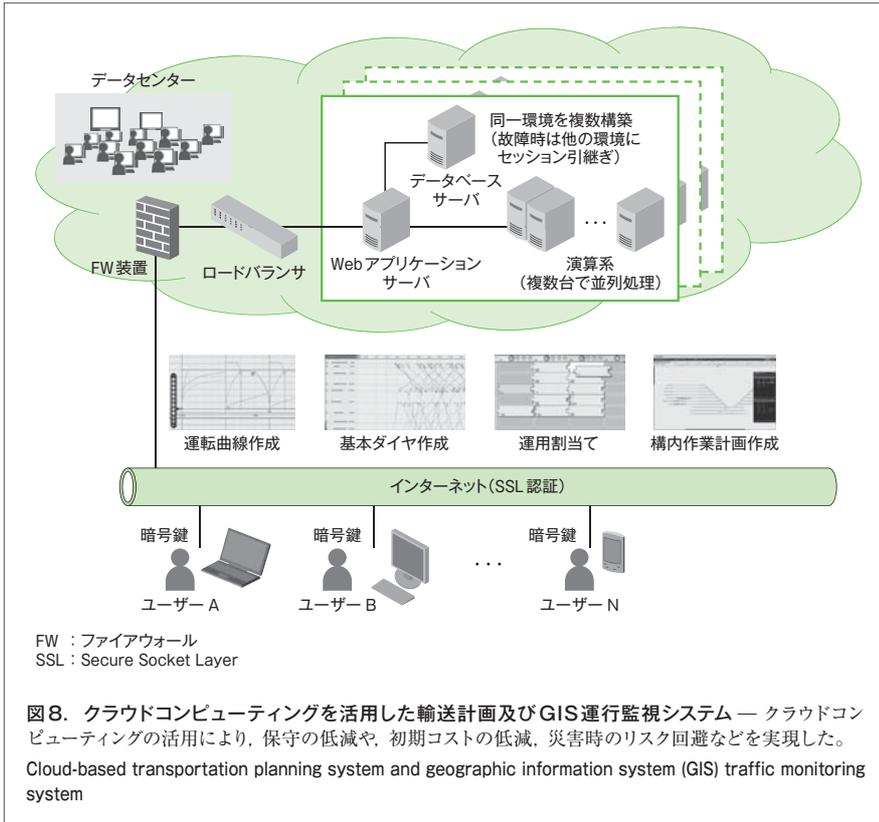
### 非常時対応への取組み

これまでも重要機器については冗長性を考慮してきているが、昨今では地震発生時などの電力供給停止時への緊急対応についても関心が高まってきている。具体的には、停電時でも車両に搭載した蓄電池から電力を供給して最寄り駅まで走行させるなどの対応が検討されている。災害以外の場合に対しても、架線や第三軌条<sup>(注1)</sup>などの電力線のない区間を走行するために蓄電池の適用が検討されている。

### 国際標準化への取組み

これまで述べた取組みをグローバルに進めていくためには、わが国で適用さ

(注1) 第三軌条  
走行用のレールとは別に敷設される、給電用の第三のレール。



れる規格が国際標準に適合したものである必要がある。当社は、IEC/TC9 (国際電気標準会議 鉄道電気設備とシステム専門委員会) の国内審議団体である公益財団法人 鉄道総合技術研究所内鉄道国際規格センターのけん引の下、関連するワーキンググループに積極的に参画している。またISO (国際標準化機構) においても、鉄道分野専門委員会 (TC269) の設立が決定し、車体関連の国際標準化活動が今後活発化するものと考えられる。

### 鉄道のエネルギーマネジメント及び交通ソリューションへの取組み

当社は、これまで述べてきたように、車両、制御、及び電力それぞれの分野で環境負荷低減に向けた取組みを進めているが、スマートコミュニティやスマートグリッドの考え方と比べると、まだ部分最適の段階である。今後は、鉄道システム全体としてのエネルギー管理の最適化や、鉄道を含めた最適な交通ソ

リューションの実現を目指していく必要がある。

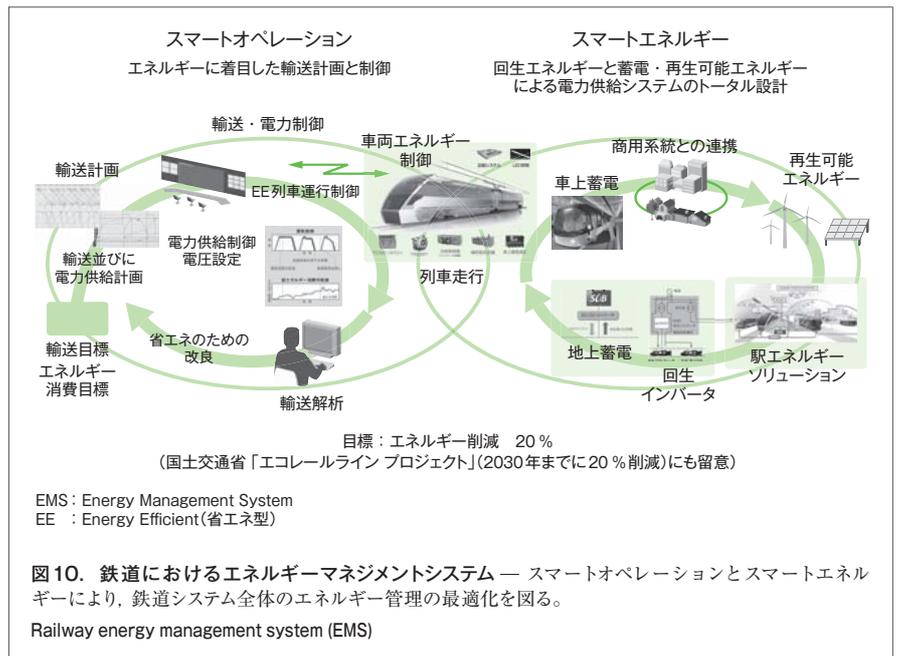
当社が考える鉄道のエネルギーマネジメントシステムとは、エネルギーに着目した輸送計画と制御を意味する“スマートオペレーション”と、回生エネルギーと



図9. 全閉電動機の非分解軸受部交換 — 電動機を分解せずに軸受部をメンテナンスできる。  
Replacement of bearings of fully enclosed motor

蓄電・再生可能エネルギーを適用した電力供給システムのトータル設計を意味する“スマートエネルギー”により鉄道システム全体のエネルギー管理の最適化を図るものである (図10)。

また、コミュニティというコンパクトな街作りに適合する交通システムとして考えられるのは、ライトレール (LRT: Light Rail Transit) や専用車線バスシステム (BRT: Bus Rapid Transit) であり、コミュニティ交通への電気自動車 (EV) バスの適用も検討されている (囲み記事参照)。駅や停留所を接続点として、人、情報、及び電力が最適に行き来できる交通ソリューションの実現が求められている (図11)。



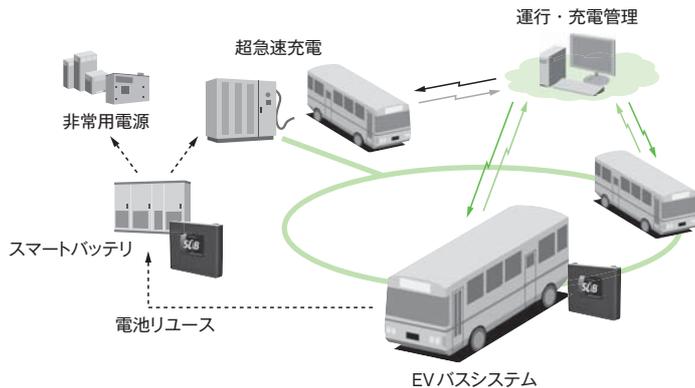
## EVバスへの二次電池 SCiB™ 適用とその効果

当社は、環境省が公募した「平成24年度地球温暖化対策技術開発・実証研究事業」の、東京都港区での「EVバス早期普及に向けた長寿命電池による5分間充電運行と電池リユースの実証研究」の委託先として選定された。この実証研究は2012年度から2014年度までの予定で進められる。

従来、コミュニティバスは短い停車時間を挟んだ連続運行を終日行っているため、EV化には課題があった。今回の実証研究では、バスの電池に当社製二次電池 SCiB™ を用いることで電池容量を乗用車型EV並みの容量に抑え、1日に6～8回の急速充電を行う予定である。

SCiB™ は急速充電性能及び長寿命特性に優れているため、電池交換サイクルの長期化が可能であり、次のような効果をもたらす。

- (1) 超急速充電 EVバス電池搭載量の削減と停車中や待機時間内に超急速充電
- (2) 運行管理 運行管理と充電管理



SCiB™を適用したEVバスシステム

の一体連携

- (3) 電池リユース 電池残存価値評価技術により車載寿命後の電池を定置用にリユース

EVバス用の充電システムには、当社が開発した定置用蓄電池“スマートバッテリー”を適用することで電力系統への影響を抑えながら、走行余力として必要である電池容量の50%の充電状態からフル充電が完

了するまでの時間を約5分と、ガソリン車の給油時間に近い時間にまで短縮できる。これにより、運行スケジュールや配車計画への影響を低減できる。

また、当社の電池残存容量の評価技術によって、出力の低下した車載用電池を定置用蓄電池 スマートバッテリーに再利用する技術を検証し、EVの大量普及に伴う廃棄電池問題に対応する。

## 東芝の鉄道ソリューションが 目指すもの

これまで鉄道は常に社会の要求に応

えて進化してきた。今後は、環境負荷低減を目指す都市交通ソリューションの中核を担うインフラとして、更に重要性を増していくと考えられる。

当社は、常に将来と足もとの両方を見ながら研究開発を進め、全体最適な交通ソリューションを提供していく。

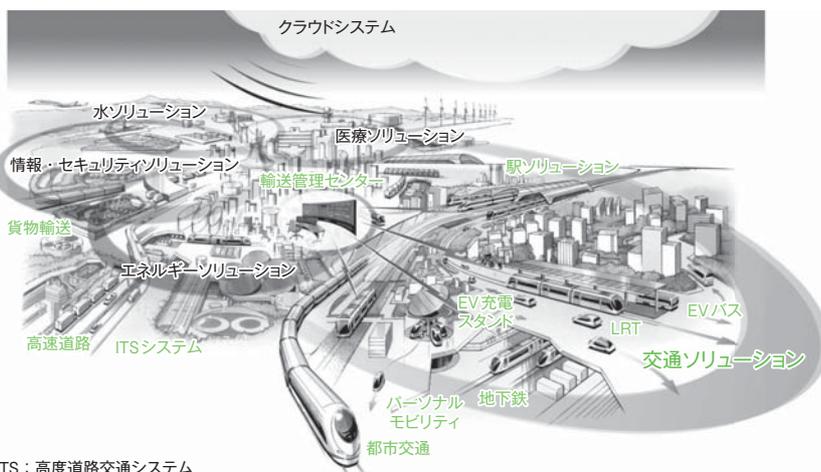
## 文 献

- (1) 石井 秀明, サステイナブルな社会に向けたスマートコミュニティソリューション. 鉄道と電気技術. 23, 4, 2012, p.3-10.



石井 秀明  
ISHII Hideaki

社会インフラシステム社 鉄道システム技師長。  
日本機械学会会員。  
Social Infrastructure Systems Co.



ITS：高度道路交通システム

図11. 都市交通ソリューション — LRTや、BRT、EVバスなどを含めた最適な都市交通ソリューションの実現を図る。

Solution for urban transportation