



福島秀樹*

交通システムの将来展望

Future Prospects of Transportation Systems

Hideki Fukushima

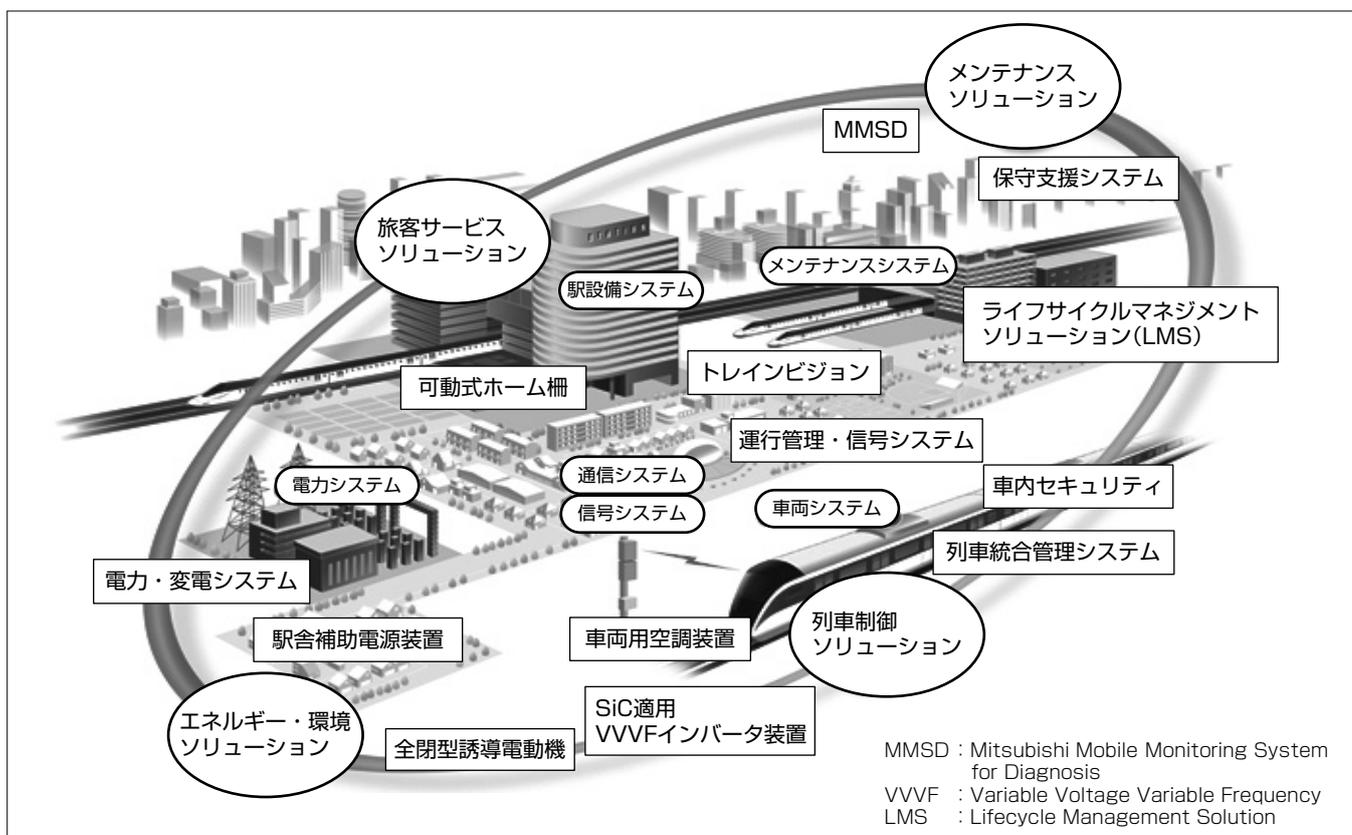
要 旨

鉄道は、環境負荷が少なく、安全で安定した大量輸送を可能とする極めて重要な社会インフラである。その基本となる安全性・信頼性の更なる追求とともに、人口減少・少子高齢化、震災を契機としたエネルギーの制約、シニア層や訪日外国人を含む利用者利便性の一層の向上など、現代社会が求めるニーズは多様化し、様々な分野の技術を統合したシステム技術が求められている⁽¹⁾。

三菱電機では、このようなニーズに応えるため情報通信技術やパワーエレクトロニクス技術を用いて、各種製品・システムの開発を行ってきた。基幹製品である車両システムでは、小型・軽量化、省エネルギー化やメンテナンス性の向上を図った。また、地上システムでは、スマート

コミュニティなどのエネルギー有効活用の取組みや実績ある技術を融合したシステムを提供してきた。さらに、ICT (Information and Communication Technology) を用いた車上・地上システムのシームレスな連携によって、鉄道システム全体の最適化を図る“次世代交通ソリューション”を打ち出し、交通システムメーカー世界No.1を目指している。

この特集号は、“交通システムの将来展望”をテーマに、“次世代交通ソリューション”を構成する列車制御、メンテナンス、エネルギー・環境、旅客サービスの各ソリューションを実現する当社の車上、地上システムの最新技術の特集である。



次世代交通ソリューション

当社は、安全で安定した鉄道輸送の実現に向け、基幹製品の車上システムや地上システムで、高品質な製品を提供してきた。さらに、ICTによって、列車制御、メンテナンス、エネルギー・環境、旅客サービスの分野で、各々のシステムをシームレスに連携した次世代交通ソリューションを提供する。それによって、鉄道システムの全体最適化を実現し、社会の課題・ニーズに対応する。

1. ま え が き

鉄道は、土木、建築、軌道、車両、電力、信号・通信など、各種インフラで構成される。各々は、“安全・安心”と“安定性・高信頼性”が要求される重要な社会インフラであり、電力・制御・通信など各分野の技術を統合したシステム技術が常に要求されている。また、近年では人口減少・少子高齢化社会の到来による生産人口の減少、シニア層の社会進出への対応、震災以降のエネルギー政策の見直しや電力供給事情の変化、訪日外国人旅行者の増加など、鉄道における課題やニーズは多様化してきている⁽¹⁾。当社は、これまでこれらの課題・ニーズに対し、鉄道車両用電機品やこれらを統合する車上システム、電力・変電、信号・運行の監視・制御や情報システムなどの地上システム、地上と車上を結ぶ無線通信システムなどの製品を提供してきた。さらに、これからはICTやスマートコミュニティ関連技術などを用い、車上から地上までトータルなソリューションの提供を目指している。

本稿では、鉄道システムの全体最適化を実現する次世代交通ソリューションに関する当社の取組みと将来展望について述べる。

2. 交通事業を構成する各種システム

交通事業を構成するシステムは、車両システムと地上の電力・交通情報システム、さらに、車両と地上を有機的に接続する移動体通信システムで構成される(図1)。

2.1 車両システム

当社は、鉄道の必須機能の“走る・止まる・制御する”だけでなく、旅客への“快適・サービス”まで含めて1社で実現できるメーカーで、これまで多くの鉄道車両用電機品を開発・納入してきた。車両システムは、“走る”ための推進制御・駆動装置、“止まる”ための“ブレーキ・保安装置”、これらを統括的に管理・制御する“列車統合管理システム(TCMS)”で構成される。また、空調装置、車内情報提供装置、車内防犯用カメラも提供している。

鉄道の基本サービスとされる“安全・安心”を実現するた

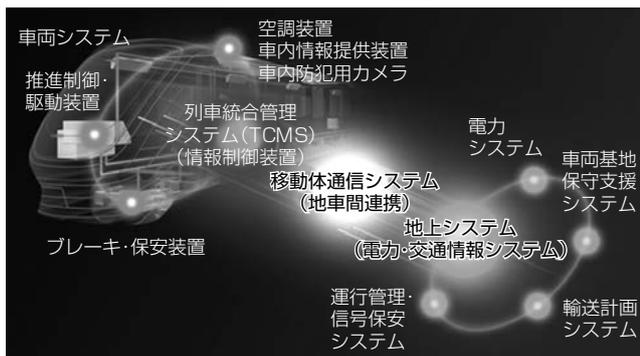


図1. 交通事業を構成する各種システム

めに、各製品で品質を追求し、最近の社会ニーズを踏まえて、小型・軽量化、高性能・高効率化を図り、省資源・省電力化による環境負荷低減を実現してきた。

2.2 電力システム

電力システムは、列車や駅などへ電力を安定的に供給する重要なシステムである。電力会社からの受電後に変電し、中央から列車や駅設備にスケジュール運転やピークカット制御など、使用状況に基づいた電力供給制御を行う。また、最近では東日本大震災以降のエネルギー政策の見直しや電力供給事情の変化を背景に、スマートグリッド、スマートメータと呼ばれる新たな取組みが加速化している。

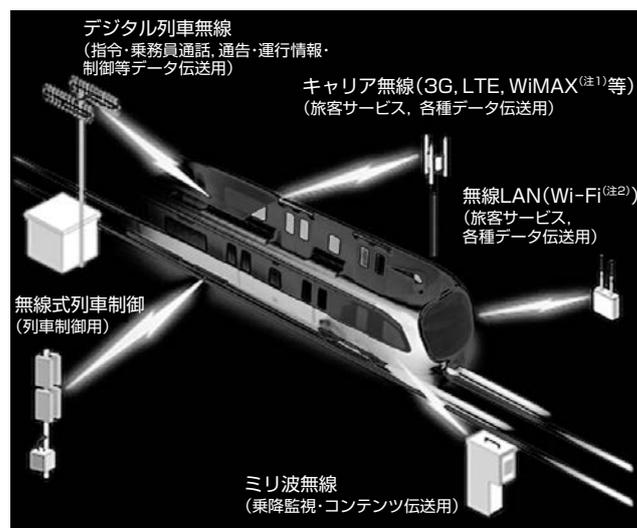
2.3 交通情報システム

電力システムとともに、“安全・安定”輸送を実現するのに欠くことのできないのが交通情報システムである。運行管理・信号保安/輸送計画/車両基地・保守支援など幅広いシステムで構成されている。

当社は、信号保安システムで電子連動装置やデジタルATC(Automatic Train Control)システム等を手掛け、ダイヤ作成や乗務員運用計画などの計画系機能を含めた運行管理システムとともに、列車の安全・安定運行や計画・指令業務の負荷軽減、効率化を図ってきた。車両基地では、車両システムの各種試験装置や後に述べる地車間連携システムを活用し、保守員の業務効率化を目指した保守支援システムの提供を行っている。

2.4 移動体通信システム

鉄道での移動体通信システムで、代表的かつ重要なシステムに列車無線がある。列車無線は指令員と乗務員間の通話機能から始まり、当社は、新幹線LCXデジタル列車無線システムや在来線デジタル列車無線システムなど数多く



LTE : Long Term Evolution
 WiMAX : Worldwide interoperability for Microwave Access
 Wi-Fi : Wireless Fidelity
 (注1) WiMAXは、WiMAX Forumの登録商標である。
 (注2) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。

図2. 各種移動体通信システム

の納入実績を持つ。また、2000年以降デジタル化による周波数を有効に活用し、通話機能以外に通告伝達や旅客への運行状況提供など、データ伝送アプリケーションを実現している。さらに、ワンマン運転を支援するホーム画像伝送やトレインビジョンシステムの広告コンテンツの配信用にミリ波通信システムやISM(Industry Science Medical)帯無線システムを開発して提供するなど多くの無線システムを持っている(図2)。

3. 鉄道トータルソリューションの取組み

2章で述べた各種システムをICT、IoT(Internet of Things)を活用して結合し、鉄道システムの全体最適化を目指すため、当社では、車両と地上を移動体通信で連携した地車間連携システムとして、列車制御、メンテナンス、エネルギー・環境、旅客サービスの4つのソリューションを推進している(図3)。

3.1 列車制御ソリューション

安全・安定輸送を目指す列車制御ソリューションとして、従来の地上設備を中心としたシステムから、無線を活用した先進システムまで幅広く取り組んでいる。

列車制御は、これまで軌道回路による方式が主流であったが、近年では設備点数が少なくメンテナンス性に優れた無線列車制御システム(Communications-Based Train Control: CBTC)が注目されており、国内でも導入検討が進んでいる。

無線列車制御システムは、列車が自ら位置を検知しその位置を無線で送信、地上では各列車の在線位置から、列車個々の停止限界位置を算出し各列車へ配信する。列車は停止限界位置を受信し、その位置までの防護パターンを生成し走行するシステムである。既にCBTCとして、多くの国・地域で稼働している。国内では、2011年秋に東日本旅客鉄道(株)の仙石線でATACS(Advanced Train Administration and Communications System)が使用開始された。ATACSは、使用する無線周波数帯がCBTCと異なる無線列車制御システムで、運行管理システムを含ま



図3. 鉄道トータルソリューション

ない等の違いがある。当社は、このATACSの車両制御装置、無線装置の開発を担当した。2014年には、世界初(注3)となる無線による踏切制御を実用化し、使用開始以来、安定稼働している。

当社は、無線列車制御システムの優位性を更に向上させるため、非接触速度センサやCBTC専用無線などの技術開発にも積極的に取り組んでいる。非接触速度センサは、従来のセンサに比べ滑走空転による誤差が小さく、低速域での精度が高く、制御性能の向上や位置補正用地上子の削減等の効果が期待できる。当社のCBTC専用無線は、ISM帯無線でありながら、都市圏の劣悪な電波環境でも耐干渉性に優れており、高い安定性と通信品質を実現している(図4)。

(注3) 2014年12月11日現在、当社調べ

3.2 メンテナンスソリューション(2)

“安全・安心”輸送を行うには、土木・軌道・構造建築物設備の状態変化を把握し、維持管理に努める必要がある。当社は、計測車両で鉄道沿線設備の状態を計測・解析する“MMSD”を開発した。計測車両を軌陸車に搭載し、走行するだけで、短時間で高精度な三次元データを計測し、高精度な三次元デジタルマップを生成するサービスを提供している。これによって、土木・建築等の設備の形状変化を詳細に捉えることができる。地上子や信号機など信号設備の自動検出機能を活用し、無線列車制御システム導入前に必要となる線路データ作成の効率化にも寄与できる。

また、鉄道分野ではIoT、センサネットワークやビッグデータを活用した状態監視保全(Condition Based Maintenance: CBM)の取組みが加速化している。当社では、車両の状態変化を、管理・保守部門でリアルタイムに把握する仕組みとして、LMSの研究開発に取り組んでいる。これまで鉄道車両の保守はBM(Breakdown Maintenance)／TBM(Time Based Maintenance)という事後保全／予防保全が主流であった。定期点検で車両搭載機器の不具合を未然に防ぐのがTBM、不具合が発生した後に修理を行うのがBMであるのに対し、車両搭載機器の状態を監視し、不具合の予兆を事前に検出して、修理・修繕を行うのがLMS(CBM)である。列車統合管理システム(TCMS)が収集する各種車両電機品の動作・状態情報を、無線で地上システムへ伝送し活用するシステム基盤の構築を目指している(図5)。

これらによって、故障発生頻度を抑制しつつ鉄道事業者のメンテナンスに要する負荷を軽減することで、安定した輸送の提供に貢献できると考えている。

3.3 エネルギー・環境ソリューション

鉄道は、環境に優しい公共交通機関であるが、東日本大震災後の電力使用制限などによって、省・創エネルギー化のニーズが増大し、ますます鉄道への期待が高まっている。当社は、製品単体での環境配慮への取組みとともに、低炭

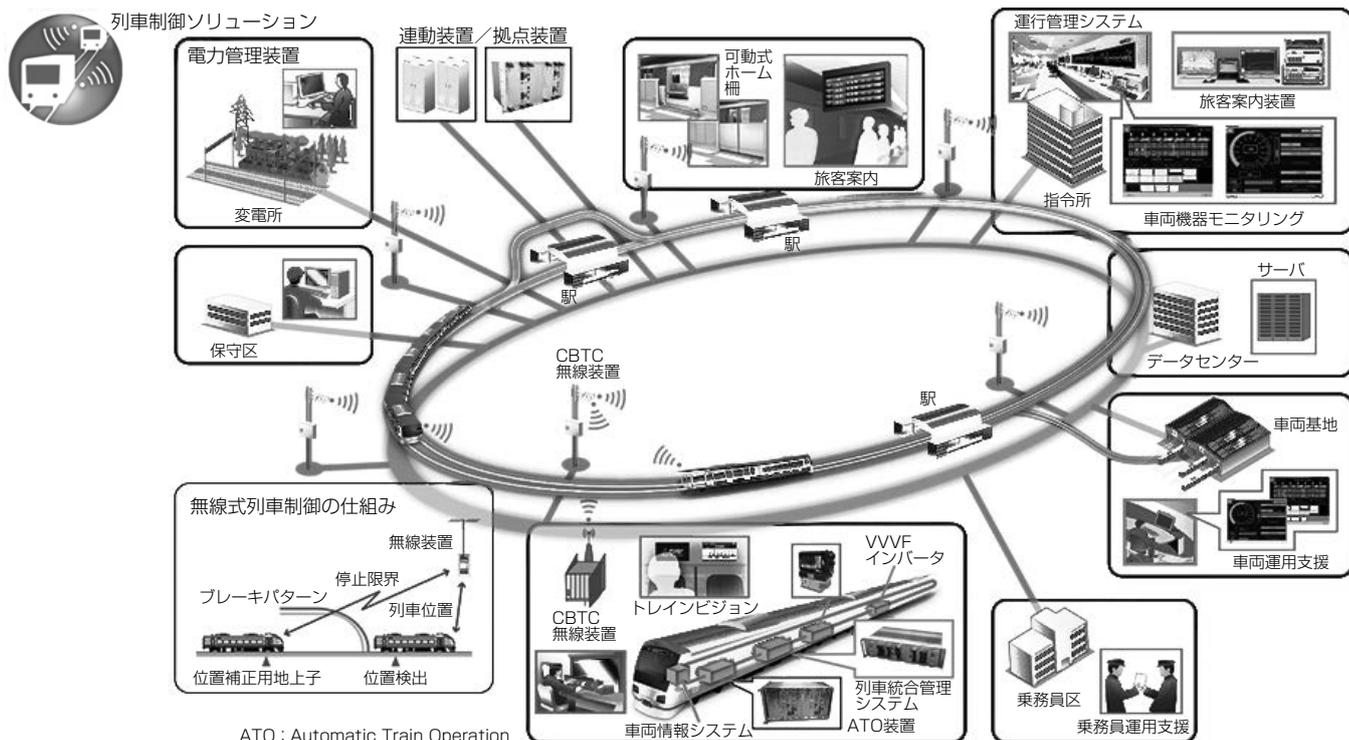


図4. 安全・安定輸送を目指す列車制御ソリューション



図5. LMSのイメージ

素社会のけん引役を担う鉄道のエネルギー全体最適化を目指し、車両・駅・車両基地などで個々の製品が連携したエネルギー管理システム(EMS)や、ICTを活用した路線全体でのエネルギー管理システムを追求している。

車両システムでの機器の効率改善・機能向上の取組みの1つは、推進制御装置や補助電源装置の主回路素子への次世代パワーデバイス、SiC(シリコンカーバイド)の適用である。2014年に、フルSiC適用のVVVFインバータ装置を世界で初めて(注4)製品化し、装置の小型・軽量化及び全速

度域での電力回生ブレーキの実現によって、従来製品比40%以上の省エネルギー化を実現した。

また、複数機器の連携制御による改善では、TCMSを活用した編成ブレーキブレンディング制御や、機器稼働タイミング制御の最適化による省エネルギー機器制御などによって、車両エネルギー全体の最適化を実現している。

SiC適用によって増大した車両回生エネルギーの活用として、車両と駅の間での電力融通を実現する駅舎補助電源装置“S-EIV(Station Energy Saving InVerter)”を開発した。これは、車両停止時に発生する回生エネルギーを近くの駅負荷で効率的に消費することを狙ったもので、

小容量のコンパクトな装置であるが、高価な回生インバータと同等のメリットを実現する。

さらに、当社では路線全体での電力最適化制御を行うシステムの開発を推進している。省エネルギーを優先したダイヤ作成システムはその一例である。また、先に述べた列車制御ソリューションと連携し、列車の位置や運転状態に応じて変電所の出力電圧をリアルタイムに制御することによって、電車線損失を低減するとともに、車両回生絞込みをなくし、回生エネルギーの有効活用を図るき電最適制御

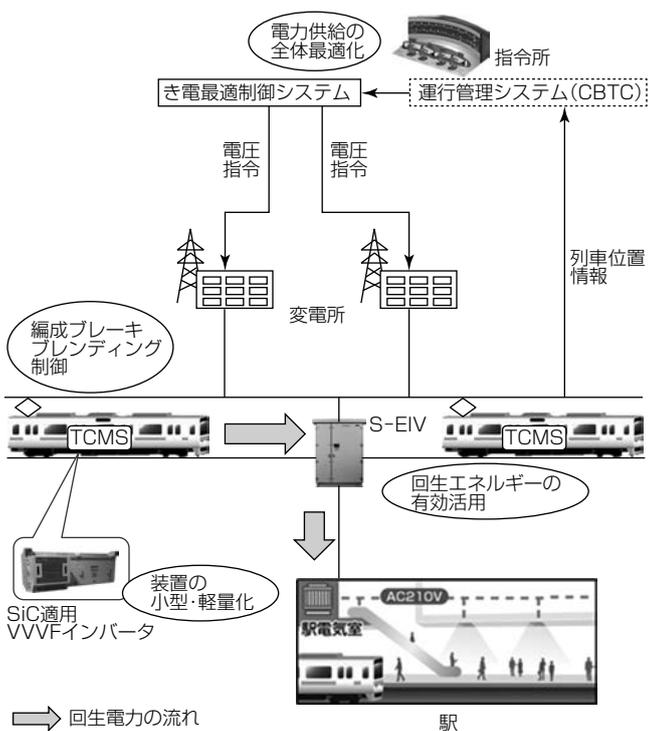


図6. 環境・エネルギーソリューションのイメージ

システムを開発している(図6)。

(注4) 2014年4月30日現在, 当社調べ

3.4 旅客サービスソリューション

旅客サービスには情報提供サービスと安全サービスがある。情報提供サービスの当社の代表的なシステムがトレインビジョンである。乗務員の車内放送やLEDによるテキスト表示の案内システムに液晶モニターを用い、コンテンツにはユニバーサルデザインを採用することで、万人に分かりやすい情報提供を目指している。

初期のトレインビジョンは、車両の扉上に2面のLCDを設置し、運行案内と広告を表示していた。現在は、首都圏における相互直通運転への対応や訪日旅客増加対策としての多言語表示など、旅客へ提供すべき情報が多様化してきていることから、2画面一体メディア表示器の開発を行い、情報の多様化や情報の詳細化に対応している。

最近ではスマートフォンの普及によって、車両内で旅客自らがスマートフォンで様々な情報を入手している。また、トレインビジョンによる情報提供サービスとして、列車の運行情報や広告など、地上からの情報配信を行っている。そこでトレインビジョンとスマートフォンを連携させ、各個人に対してより必要とされる情報を提供する仕組みなど、将来の情報提供についての研究開発にも取り組んでいる。

また、安全サービスとしては可動式ホーム柵の開発や、単なるカメラ監視から映像解析技術やセンサ技術を応用したリアルタイムでの危険・異常や旅客の流動・滞留を検知するセキュリティサービスの開発にも取り組んでいる。

4. 今後の展望

今後も、経済成長と環境保全の両立した社会の発展に向け、環境負荷の少ない輸送手段である鉄道の貢献度は、世界規模でますます高まると考える。当社では伸びていく市場に対して、次のような世界各地の市場戦略と機種戦略の実行に取り組んでいる。

4.1 海外市場の攻略

海外市場で欧州は大きな市場でありながら、これまで欧州企業などに参入を阻まれてきた。2014年度に参入を果たしたドイツ鉄道の更新案件を通じ、車両用電機品を中心に、客先の信頼を得てシェアを拡大していくことが重要と捉えている。欧州の次世代型列車制御(Next Generation Train Control: NGTC)への対応や、堅実な需要が見込まれるLRV(Light Rail Vehicle)等戦略機種の開発、東欧を中心に補助電源や推進制御装置を展開するMEDCOM社との協業のほか、欧州でのエンジニアリング拠点の強化も進めていく。

4.2 信号システムの拡大

列車制御ソリューションを構成する信号システムは、成長が期待される分野で、世界各国で注目されている。市場の大きい海外での信号システムを展開するに当たり、鉄道国際安全規格SIL4(Safety Integrity Level 4)に準拠した安全性と信頼性の高いシステムを開発し、NYCTA(New York City Transit Authority)のCBTC 3rdサプライヤー認定に向けてのプロジェクトに取り組んでいる。また、特に都市圏ではモバイルの増大などによって、電波環境はますます厳しくなる。そのため、無線システムには耐干渉性の強化が求められる。当社は、独自技術によって環境に強い無線システムを構築し、高い信頼性を確保している。

5. むすび

安全で安定したシステム及び上質な旅客サービスの提供という基本的な要請のほか、環境・省エネルギー化への取り組みや設備の削減を含めたメンテナンス性の向上、防犯への期待など、顧客ニーズや社会環境の変化を背景に、鉄道システムへの要請は今後ますます多様化していくと思われる。こうした状況のもと、長い歴史の中で培ってきた技術と最新技術を巧みに融合し、当社製品を世界中の鉄道に拡販して、世界No.1の交通システムメーカーを目指すという強い信念のもと、最新技術を活用した研究開発や製品化を推進し、業界の発展に貢献していく。

参考文献

- (1) 国交省ホームページ：鉄道
http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html
- (2) 中島 募：感じる鉄道, 日経エレクトロニクス2016年3月号, 29~42 (2016)