交通システムの変遷と将来展望

社会システム事業本部
交通事業部 交通システム推進部長
木村尚史

1. まえがき

鉄道は，社会インフラとして欠くことができないと同時に，“安全性”と“信頼性”が極めて重要なシステムである。当社交通システム事業は，80年以上の長い歴史を持っており，三菱電機技報1929年７月号で，“電気鉄道の建設，蒸気鉄道の電化等に対しては統一ある計画，建設，設備が必要であることを痛感し，電気鉄道各方面のエキスパートを以て新たに電気鉄道課を組織せしめ主としてこの方面の一括受注に力を致さしめた。”と述べている。いつの時代も，鉄道は各方面の技術を統合したシステム技術を求めている。

当社の交通システム事業のビジョンを**図１**に示す。

当社は，次の２点に焦点を絞り，鉄道の価値向上につながる製品を提供することを目指している。

(1) 車両システムのグローバル展開

車両システム（推進駆動装置・制動保安装置・情報制御装置・空調装置等の車両用電機品）の全てを供給できる国内唯一のメーカーとして，国内外に幅広く製品を提供している。今後，更にグローバル化を加速し，世界No.1の車両用電機品メーカーを目指す。

(2) 地上と車上の情報連携による交通システムの革新

車両システムを基幹製品とし，移動体通信システムと地上システムについても豊富な実績を積み重ねて総合エンジニアリング力を蓄積してきた。

今後は，次代を担う交通システムインテグレータとして，ICT（Information and Communication Technology）技術を用いた地上と車上の情報連携による交通システムの革新をリードする。

本稿では，交通システム事業を取り巻く環境とこれまでの適用技術の変遷及び将来展望について，鉄道における車両システム，電力システム，交通情報システムそれぞれについて述べる。

2. 交通システム事業を取り巻く環境

2.1 車両システム

鉄道車両の必須機能を実現する車両システムは，“走る”ための推進駆動装置，“止まる”ための制動保安装置，快適な車内環境を実現するための空調装置と，これらを有機的に結合・制御する情報制御装置で構成される。

現在，車両システムには，“高速走行”“定時性”“大量輸送”といった基本機能に加えて，“環境保全”“経済性”“利便性”がこれまで以上に強く求められている。

特に，環境負荷の少ない輸送手段である鉄道の重要性は世界的に高まっており，当社車両システムでも“省エネルギー化”の取組みはとどまることはない。一方，空調装置は，暖房が主体であった欧州では地球温暖化の影響による冷房需要の増加など，新たな変化への対応も求められている。

図１．交通システム事業のビジョン

2.2　電力システム

電力システムは，車両や駅設備など全てのシステムに電力を供給し，安定大量輸送という鉄道サービスの根幹を支える非常に重要なシステムであり，高い信頼性，安全性，保守性とともに社会・環境との調和が求められてきた。また，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，スマートコミュニティ，スマートグリッドと呼ばれる新たな取組みが加速している。

2.3　交通情報システム

交通情報システムは，信号／基地／運行管理／輸送計画を提供する地上システムと，これらと車両とを有機的に結合するための移動体通信システムによって構成される。

従来，輸送力向上を目的とした高密度運転，路線間の乗換え・直通運転等の利便性の向上，異常時における正常運転への早期復旧が求められてきた。このような状勢を背景に，1970年代以降，計画されたダイヤに基づき，人手による信号扱いを解放し，自動で列車の進路を構成する運行管理システムや，駅発車標表示，案内放送の自動化を行う旅客案内システムが導入されてきた。現在では，導入がほぼ一巡し，老朽化に伴う更新が進んでいる。

この間，システムの高信頼化に加え，計算機の高速化，ネットワークの大容量化，表示デバイスの高精細化等の技術の変遷に適応し，従来はベテランの精通者が手作業で行ってきたダイヤ・車両・乗務員運用の計画業務・指令業務ノウハウのソフトウェア化を実現し，業務の負担軽減，効率化を図ってきた。

今後は，移動体無線の高速化を背景に，地上と車上の情報連携による異常時の対応の強化及び乗客への情報提供の迅速化・高度化がより進むものと考える。

3.　交通システム製品の変遷

当社の主な交通システム製品の変遷を**図2**に示す。

3.1　車両システム

1970年代のチョッパ制御装置に始まる主回路装置の無接点化や通勤電車への空調装置普及促進，1980年頃からのパワーエレクトロニクス技術やマイクロエレクトロニクス技術の急激な進歩によって，VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)インバータ制御装置による交流モータ制御を実用化した。

さらに，1990年代にはIPM(Intelligent Power Module)素子応用主変換装置などによって，主回路機器の軽量化，省エネルギー化，メンテナンスフリー化を実現し，空調装置では当社独自のファジー制御による設定温度への早期収束やフルロード／アンロード機能付き圧縮機による多段階のきめ細かな空調能力制御の実現等，世界トップクラスの製品を送り出してきた。

2000年代には，車両システムの核として最適な列車制御を行う車両統合管理システムやユニバーサルデザインを支援するトレインビジョンといった新しいシステムの実現，フェイルセーフ性が要求される列車保安装置へのマイクロコンピュータの適用やICT技術を導入した地上と車上の情報連携強化等によって，車両システム技術を大幅に進化させてきた。

車両統合管理システムが核となり，“走る”から“止まる”まで主要電機品を全て製作できるメーカーとしての幅広い技術力を駆使し，各機器で次のように小型軽量化，省エネルギー化を推進している。

“安全安定に車両を走らせる”推進制御装置・補助電源装置には，主回路素子に低損失で高温動作可能なSiC(Silicon Carbide)を世界初導入してパワーユニットと周辺回路を大幅に小型軽量化し，誘導電動機は低損失化と冷却性能の向上によって全閉型タイプを可能として省保守・低騒音化を実現している。

“車両を安全確実に止める”ブレーキ機器は，電機制御部

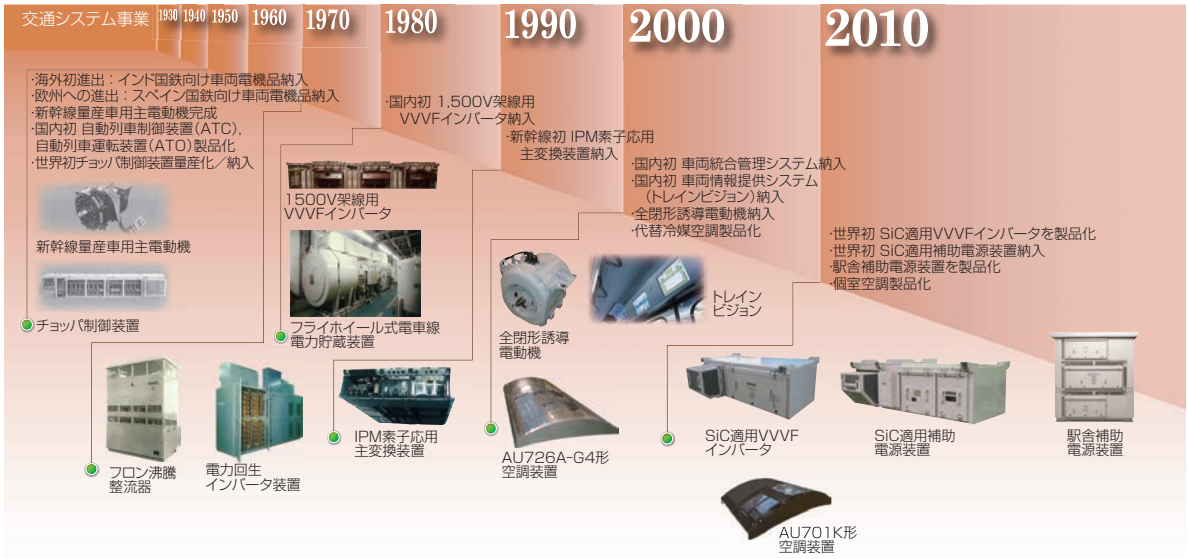

図2．交通システム製品の変遷

と空気制御部を一体化したブレーキ制御装置によって，大幅な小型軽量化を実現し，列車保安装置はデジタル化や伝送の多重化によって性能と信頼性を大幅に向上させている。

“快適空間を提供する”空調装置は，車両ごとの温度設定や乗車率を考慮した制御，個室列車における各室の個別制御，電気ヒーターを用いて除湿に伴う温度低下を抑制した再熱除湿制御及び厳寒期の急速暖房等によって，空調制御の高機能化，低騒音・低振動化や省エネルギー化を実現している。

3. 2　電力システム

電力システムでは，業界のリーダーとして，常に新しい技術を他社に先駆けて実用化してきた。

例えば，1925年交流電力から直流電力を変換生成する回転変流機を，1929年には水銀整流器を開発した。半導体技術の進歩に従い，1960年シリコンダイオードを使用した風冷式1,000kW／1,500Vを開発し，1965年鉄道用では初となる変圧器と一体化したレクチフォーマを製作した。1973年世界初となるフロン冷媒による沸騰冷却式を開発し，高信頼性，小型化，不燃性，保守性を実現した。

回生ブレーキ付き電気車は回生電力を有効活用する目的で多くの技術を生み出し，1975年には，回生電力を交流電源で活用するサイリスタ回生インバータを開発した。回生融通を促進するサイリスタ整流器，回生電力を貯蔵するフライホイール式電車線電力貯蔵装置，蓄電池電力貯蔵システム等，回生エネルギーの有効活用は直流き電方式の電力システムの発展を担っている。

さらに，2013年には回生電力を駅設備負荷に供給する駅舎補助電源装置を開発した。回生電力を駅電気設備（照明や空調，エレベーター等）へ供給することで余剰回生エネルギーの有効活用と省エネルギーが実現できる。

3. 3　交通情報システム

運行管理システムを始めとする交通情報システムの実現に当たっては，その時代の最先端技術をいち早く適用し，より高機能，高性能，高信頼なシステムを提供してきた。

運行管理システムや旅客案内では，1970年代の専用ミニコンを応用した集中型システムからスタートし，1980年代には，ミニコンを各駅に分散配置した分散型システムを開発し，より高密度な運転を実現した。

1990年代には，EWS（Engineering WorkStation）を適用し，装置の小型化，高速化，高精細化，操作性向上に加え，当社独自のシミュレーション方式を開発した。ダイヤ，車両・乗務員運用計画，運転整理支援等をシステム化し，計画業務の負担軽減と効率化を実現した。

2000年代に入ると，移動体無線によるデータ伝送が可能になり，列車の情報を地上へ，地上の情報を列車の乗務員又は乗客へ伝達する地上・車上連携システムを開発し，異常時における指令業務の効率化を図るとともに，乗客への情報提供も実現した。

交通情報システムのコンセプトを**図3**に示す。

4.　今後の展望

4. 1　車両システム

推進制御装置や補助電源装置に使用される主回路素子は，これまで飛躍的な発展を遂げ，省エネルギー化に貢献してきた。現在は，SiCが次世代パワーデバイス材料として期待されており，その適用範囲を広げるための更なる高耐圧化と大電流化が，今後の重点開発課題となっている。

また，SiCデバイス適用推進制御装置と高効率全閉形誘導電動機を組み合わせた主回路システム及び高速度域まで回生ブレーキをフルに動作させた“全領域回生ブレーキ”を開発し，従来の主回路システムで行われていた高速度域での空気ブレーキとの併用をなくした。これによって，制輪子などの保守部品の交換周期を延長できるなど，省エネルギー以外の効果も期待できる。

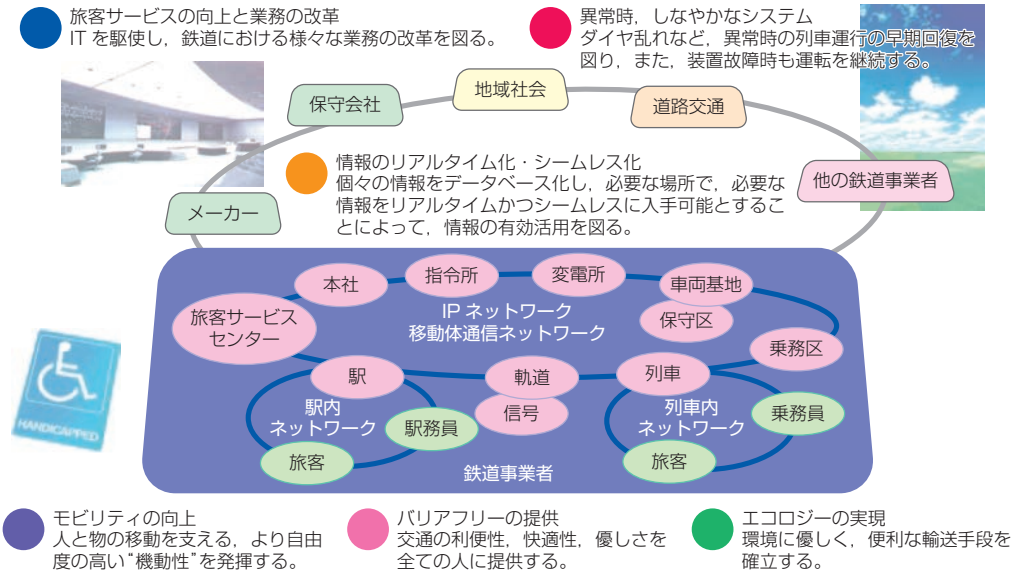

図3．交通情報システムのコンセプト

空調装置では，車両統合管理システムとの連携を更に強化し，車両運行データの活用，ファンと圧縮機のインバータによる可変速化，及び寒冷地でも暖房性能を確保できるヒートポンプの導入等によって，更なる快適性の向上や省エネルギー化に取り組んでいる。

鉄道事業全体がグローバル化している中で，国際規格や地域規格を踏まえた安全・品質・性能の確保が車両システムにも要求されている。今後も，顧客の要求事項を先取りした世界初，日本初の製品によって信頼を勝ち取り，鉄道事業者と車両メーカー双方から指名を受ける“世界No.1の製品とサービスの提供”を目指して，世界中の鉄道に当社製品を提供していく。

4.2　電力システム

電力システムでは，回生余剰電力を駅舎で利用する駅舎補助電源装置，蓄電デバイスを用いた電力貯蔵システムなどの更なる発展を図る。また，車上・地上の各機器が連携し，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，車両回生絞り込みをなくし回生エネルギーの有効活用を図る，“き電最適制御システム”の開発を進めている。このように，複数システムの再構築による全体最適化を図っていく。

4.3　交通情報システム

運行管理システムの技術動向としては，無線の高速化，セキュリティ技術の向上，端末のコンパクト化，モビリティ性の向上，映像デバイスの高精細化が一層進むものと考える。このような動向を踏まえ，無線を利用した列車制御システムCBTC(Communications-Based Train Control)型運行管理システムや，運行管理システム及び旅客案内システムの連携と無線内蔵のモビリティ端末・大型高精細映像デバイスを活用した乗客への情報提供の高度化を実現し，製品力の強化を図る。

さらに，地上・車上連携システムの発展によって，車上走行データを活用することでメンテナンス作業の効率化や装置の適切な交換周期を割り出す分析が可能となる。鉄道事業者とメーカー間とで車上走行データ・基地検査データ・製造履歴／加修履歴データを情報共有し，クラウド環境上に構築することで，交通システムの統合データシステムを全世界に張り巡らせていく。一方，安全・安心の更なる強化のため，単なるカメラ監視から，画像やセンサからのデータをリアルタムで分析し問題を事前予知できる仕組みを提供していく。

4.4　トータルシステムへの取組み

これまで個々に開発・構築されてきた装置・システムをICT技術の発展によって相互に連携させ，鉄道システム全体で最適化を図ることが重要となっている。

当社では，その代表例として，“鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション”（**図4**）の実現に取り組んでいる。このソリューションは，創エネルギー，蓄エネルギーを実現する新たな機器を導入し，ICT技術の活用によって機器・設備群を協調・連携させ，高効率運用を実現することで，鉄道システム全体のエネルギー最適化を目指すものである。

5. む　す　び

交通システム事業を取り巻く環境とこれまでの適用技術の変遷，及び将来展望について述べた。

鉄道システムでは，安全・高品質な製品及び上質な旅客サービスの提供だけでなく，バリアフリー環境の提供，エネルギー最適化によるエコロジーの実現等，顧客ニーズ及び社会環境からの要請がますます多様化してくると考えられる。当社はこれまでに蓄積してきた幅広い技術と今後の研究開発による新技術を次世代システムに反映し，鉄道システムの発展に貢献していく所存である。

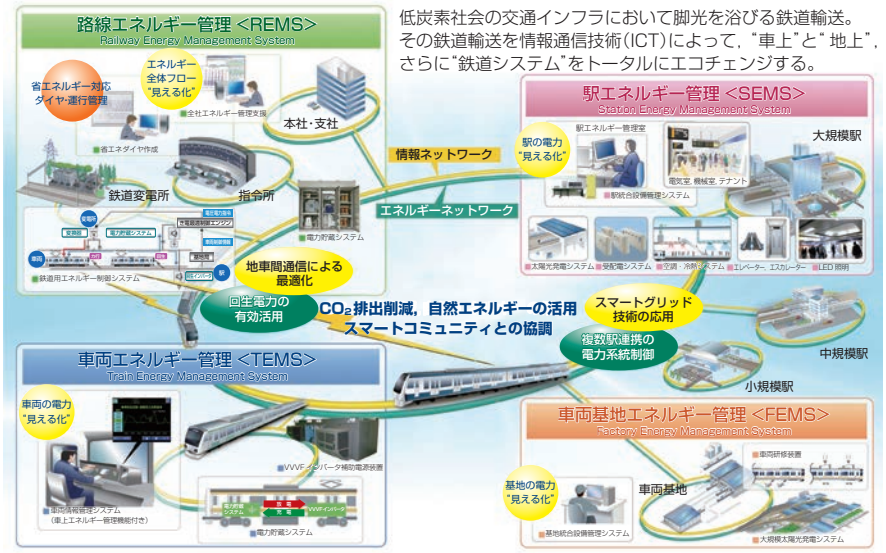

図4．鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション