

21世紀にふさわしい 車両をめざして ~ AC Train の開発 ~

JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター 大澤 光行

JR東日本グループの中期経営構想「ニューフロンティア21」に、安全性・正確性を向上させるとともに、多様化するお客様のニーズに対応した新しいサービスを低コストで提供する、新たな鉄道システム「**eetrain**」の構築に向け研究開発を行うことが盛り込まれています。私たちは、この「**eetrain**」を実現する車両として「AC Train(Advanced Commuter Train)」の開発を進めてきましたが、様々な技術要素を盛り込み製作した試験車が完成し、現在各種の評価試験を行っています。ここでは、AC Trainの開発経緯や内容・試験経過等について、その概要を報告します。

1 AC Train 開発の経緯

JR東日本の通勤・近郊電車は、図1のように開発が進められてきました。これらの車両は、103系や201系等の旧形式車両と比較すると、車体は、鋼製から軽量ステンレス車体にかわり、台車は、ボルスタ(揺れ枕)付台車からボルスタレス方式へと、大幅に簡素化・軽量化されています。

これらの車両の中で特に重要な位置をしめるのが、「重量半分・寿命半分・価格半分」のコンセプトのもとに開発が進められた901系(量産車が209系)です。901系では、主電動機を従来の直流電動機から誘導電動機にかえ、10両編成あたりのMT比(動力車と付随車の比率)を6M4Tから4M6Tとしました。台車は構成部品を減らした軸はり式のボルスタレス方式、制御指令をデジタル化した「制御伝送装置」、電気式ドア装置等、その後の車両の標準型となった新技術の導入に積極的に取り組み、ライフサイクルコストの大幅な低減がはかられました。その後、制御装置の主回路素子は、パワーエレクトロニクスの進展によりGTOからIGBTへと進化し、一層の効率向上とコストダウンがはかられました。

さらに、車両のインテリジェント化についても、機器動作状況の単なるモニタリング装置から、制御指令のデジタル伝送化をへて、209系 950代電車では出区点検の自動化等の機能向上をはかるとともに車両間の引き通し配線を約80%削減したTIMS(Train Information Management System)と呼ばれる総合的な車両情報管理システムに到達しました。

当社の通勤・近郊電車として、現在投入が進められているE231系は、これらの技術の集大成であり、コストダウン、信頼性向上、旅客サービス向上、省エネ・エコロジーの改善等、鉄道車両に要求される各項目について大幅な改善が達成されました。

901系の開発以降10年を経過し、これらの新系列と呼ばれる車両も既に3000両以上(2002年度首現在)投入され、更なる改善が求められる時期になってきました。しかし各技術は既にかかなり成熟してきており、現行の延長線上の技術で一層の改善をはかることは、なかなか厳しい状況になっています。

そこで、21世紀にふさわしい車両を目指して、従来の車両に対し基本構造面での見直しを行う等、革新的な改善のアプローチを行ったものがAC Trainです。

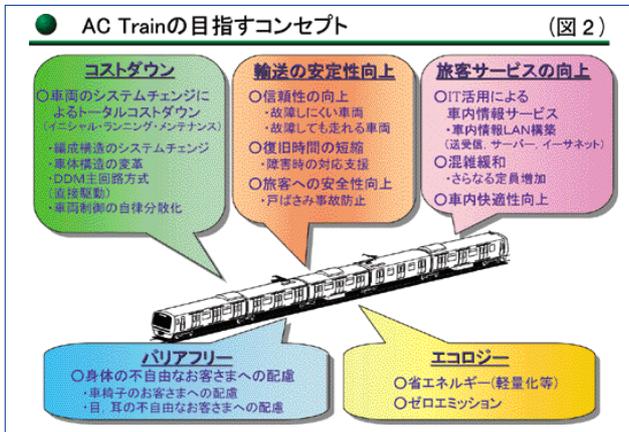
● 通勤・近郊電車(commuter train)の開発経緯(図1)



2 開発の考え方

21世紀の車両には、まず経営面からは「コストダウン」「お客様へのサービス向上」「輸送の安定性向上」等のニーズがあります。AC Trainでは、これらニーズに対して、「システムチェンジ」と「IT(Information Technology)の活用」の2つを柱に開発を進めました。

また社会的な要請としての「バリアフリー」や「エコロジー」についても、「人と環境にやさしい車両」の考え方のもと、現行の技術を最大限に活用し取り組みました。



3 開発概要

(1) システムチェンジ

AC Trainでは、車両の基本構造面から見直しを行い、車両構成として連節方式、車体構造にダブルスキン構造・外吊りドア方式、主電動機に直接駆動電動機 (DDM: Direct Drive Motor) を採用しました。これらは主にコストダウンを主目的に開発を進めてきたものです。

連節方式は、編成あたりの台車等の機器数が削減できるなどコストダウンや、曲線通過時の乗り心地向上などが期待できますが、一方軸重の増大やメンテナンス時の車体と台車の分割作業が複雑となる等の課題があり、当社の通勤電車のように乗車率の高い線区では例がありませんでした。しかし、近年車両の軽量化が飛躍的に進んだこと、またメンテナンスの革新により、新系列車両では既に編成単位の新しい保全方式に転換していることなどを考慮し連節方式を採用しました。

また、アルミニウムのダブルスキン構造は、製作工数が削減できることなどから既に特急車両では一般的になっていますが、ドア構造の多い通勤電車では、その長所が発揮しにくいという課題がありました。AC Trainでは、戸袋構造を無くした外吊りドア方式を採ることによりこの課題に対応するとともに、あらたにステンレス材のダブルスキンパネルによる車体構造にも取り組みました。また、外吊りドア方式は、室内幅の拡大にもつながり、連節部のスペースとともに混雑緩和にも役立つことが期待されます。

もう一つの重要なシステムチェンジが、主電動機にDDMを用いたことです。従来の電車では、途中で歯車装

置を介してトルクを増大させ、主電動機の動力を車軸に伝えていました。DDMでは、歯車装置を用いずモータの回転を直接車軸に伝達します。このため、DDMを採用する上での課題は、モータトルクの増大と、軸に掛かるモータ質量の負担軽減です。AC Trainでは、従来の誘導モータから強力な磁石を内蔵した同期モータへシステムチェンジを行い、また車軸とのゴム継ぎ手を工夫することでDDMの導入をはかりました。これにより、動力効率の向上と歯車装置等による騒音低減がはかられます。

(2) ITの活用

現在のKeyテクノロジーであるITを「輸送の安定性向上」「コストダウン」「情報サービスの提供」など広範囲な分野に積極的に活用をはかりました。

稠密な首都圏の鉄道輸送においては、「輸送の安定性向上」は最優先の課題です。この課題には、車両の信頼性を向上させることが必要ですが、とくに、大きな輸送障害につながる致命的な故障を防止することが重要です。このような視点から最近の車両故障事例をみると、主回路装置やドア装置・保安装置 (ATS-P) の制御部等がクローズアップされてきます。これらの故障に対応するため、AC Trainでは「システムの自律分散化」と「制御の相互バックアップ」という考え方を導入しました。

主回路システムやブレーキシステム等、従来の車両のシステム構成は、主にコストダウン上の要請から、機能の統合・集中化が進められてきています。しかし、この方式は一部分の故障影響を全体に及ぼしてしまう欠点があります。二重系などの冗長系にすれば、これらの欠点は解消しますが、コストの増大を招くこととなります。そこで、AC Trainでは、「システムの自律分散化」の考え方で、これらの両立を図ることを考えました。

主電動機は、同期モータの採用にあわせて、一台の制御装置が1台のモータを制御する1C1M方式になり、万一の故障時も運行が可能となります。補助電源装置 (SIV) も2台の並列同期運転制御の開発を行いました。これらの装置には、自己診断機能と応急処置操作の自動化を最大限盛り込みました。また、ブレーキシステムについても、AC Trainには搭載していませんが、各台車単位で独立した自律分散ブレーキの開発も平行して進めています。

ATS-Pの制御装置・ドアの制御装置 (LCU) ブレーキ制御装置 (BCU) のように、編成内に複数設置されてい

る制御装置については、どれかが故障しても他の制御装置が代わって制御を行い、情報伝送によって指令を行う「制御の相互バックアップ」システムを導入しました。これらのシステムにより、故障時の影響を最小限にする故障に強い (Fault tolerant) 車両を目指しました。

AC Trainの制御情報システムとしては、前述のTIMSを更に進めたAIMS (Advanced Train Information Management System) の開発を行いました。このシステムは、汎用伝送技術を用いてコストパフォーマンスの高い車両制御情報システムを指向しています。編成内伝送は世界標準の伝送技術であるイーサネットをベースとし、車両内は汎用通信チップの一つであるLON Worksを用いています。車両内配線を削減するとともに、汎用技術を用いたことで、今後のシステムの拡張性を向上しています。またこのシステムでは障害時などに、データ送受信装置により車両のデータ (故障情報や前方画像情報等) を地上へ配信することも可能です。

「情報サービス」では、山手線に投入されているE231系のVIS (Visual Information System) で、新たな取り組みがなされています。情報には、その内容によりマス情報/個人情報、また配信形態として一方向/双方向の区分があります。現行のVISでは、一方向・マス情報の環境が整備されたといえます。しかし情報環境へのニーズは、メールやインターネット接続等の双方向・個人情報のレベルになってきています。AC Trainでは、「お客様の欲しい情報を、いつでも、どこでも提供可能にする」ことをコンセプトに、車内に地上との送受信装置やサーバを備えたサービス系のLANを設置し、情報サービスの提供に必要な環境 (ATISS:Advanced Train Information Service System) を整備しました。本システムにより、通勤電車に限らず特急車両なども意識した情報サービスの提供について開発を進めています。

(3) 人と環境にやさしい車両

高齢化社会の急速な進展、障害を持った方の社会活動への参加等の観点から、鉄道をより利用しやすい環境を整備することが求められています。当社の車両においても、LED表示器による文字案内や車椅子対応トイレの設置等これまで様々な取り組みがなされてきました。AC Trainでは、新たに以下の取り組みを行いました。

車椅子ご利用のお客さまへの乗降対策として、車両から

スロープがホームに伸びる「車椅子スロープ」と、ドアの開閉に連動してホーム・車両間の隙間を埋める「車椅子用ステップ」を整備しました。また、車両の床高さを従来車より15mm低い1165mmとするとともに、外吊りドアの採用によりドアレールによる段差を解消しました。視覚障害者への配慮として、ドアの開閉時の音声や表示案内を行いました。室内の配色等についてもユニバーサルデザインにもとづいています。

環境の世紀と言われる21世紀、エコロジーへの対応は企業の社会的使命であり、技術開発の重要な課題です。AC Trainでは、さらなる省エネルギーに向けて高効率のDDMを採用するとともに、車両の軽量化を推進しました。

また、ゼロエミッションを目標に、床材や内装材料を中心に、よりリサイクルしやすい材料・構造を採用しています。

4 試験計画等

AC Train試験車は、昨年末に落成し本年2月より埼京・川越線や中央線で各種試験を実施してきました。

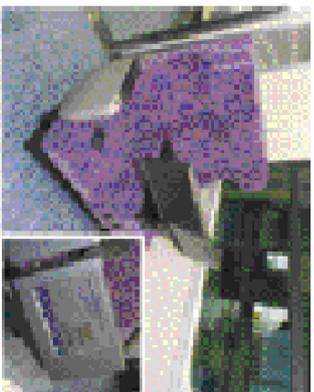
既に、走行安全性や力行・ブレーキ性能等の試験を行い、計画通りの性能を確認しています。また、今後は耐久走行試験を実施するとともに、導入した各技術項目の評価と実用化・量産化に向けての検討を進めていきます。

AC Trainで取り組んできた要素技術は、IT等各種技術の進展により、コスト面等漸く実用化の域に達してきました。今後も、急激に変化する状況を見極めながら、21世紀にふさわしい車両の実現にむけて、より高度な課題にチャレンジしていきます。



● AC Trainの開発概要

(図4)



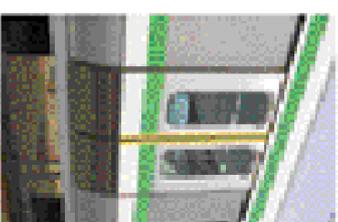
情報サービス (優待車)



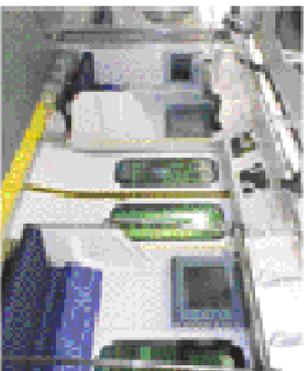
車内空間の拡大



LED統合表示計器盤



外吊式側扉



情報サービス (通勤車)



AC Trainの外観

先頭車両がアルミ車・奥3両がステンレス車先頭車は16.5m・中間車は13.4m



車椅子スロープ装置



4点空気ばね支持方式直前台車



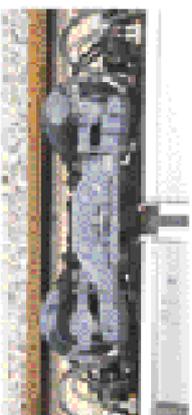
DDM (直線駆動電動機)



ステンレスダブルスキンパネル



車椅子スロープ装置



2点空気ばね支持方式直前台車