

## Fastech360の挑戦 —新幹線のさらなる進化を目指して—

東日本旅客鉄道株式会社 総合企画本部 技術企画部長 兼 JR東日本研究開発センター所長 遠藤 隆



### 1 はじめに

東日本の新幹線は、東北・上越・長野新幹線の3路線と、秋田・山形/新庄に向けた新幹線在来直通運転を合わせて、東京を起点とした5方面に延び、約1300kmに及ぶ高速ネットワークを形成しています。この結果、東日本の大半の主要都市は新幹線で結ばれています。

当社の新幹線の年間輸送量は1987年度には121億人キロでしたが、2003年度には187億人キロとなり、約55%増加しました。また、新幹線の売上収入も3,118億円から4,660億円へと約49%増加し、鉄道事業の大きな柱として成長し、高速輸送機関としての優位性を確立してきました。

これまで、当社は、5方面の新幹線ネットワークに対応して、新たな新幹線車両E2系、新幹線在来線直通車両E3系、首都圏への通勤用として最大座席数提供可能なオール2階建新幹線車両E4系等を開発し、営業投入してきました。今後は、さらに路線の延伸が予定され、航空機との競争が激しくなります。競争優位となるためには、さらなる高速化を進め到着時分の短縮を図ることが必要となってきます。同時に、さらなる安全性向上、環境への適合性、快適性の向上等のレベルアップも求められていきます。

そのために、JR東日本は最高速度360km/h運転を可能とする高速化技術の確立を目指して、研究開発プロジェクト

を推進しています。

### 2 さらなる高速化のねらい

世界の高速鉄道における到達時分と鉄道のシェア（対航空機）との相関を見ても明かなように、到達時分短縮は旅客シェア獲得の決定的な勝因となります。例えば、フランスにおいて、パリ～マルセイユのTGV高速運転が実現し、到達時分が4時間強から3時間となったとたん、鉄道シェアは約60%（従前40%弱）に跳ね上がりました。

東北新幹線は新青森に向け、北陸新幹線は富山に向けて、それぞれ延伸工事が進められています。さらに、北海道の函館、北陸の金沢までの延伸も決定され、着工されました。新青森まで新幹線が延伸されると、東京～新青森は約670kmとなります。現在、東京～青森間において、鉄道は航空機（青森、三沢両空港）に対して約67%（2004年度）のシェアを有していますが、これをさらに増大させるためには、さらなる到達時分短縮が必要となります。

もちろん、営業最高速度をどのレベルにもっていくかは、車両性能、設備条件、安全性、環境適合性、費用対効果など様々な点から検討する必要があります。また、所要時分は曲線通過速度、加減速度、停車駅の条件により変わってきます。したがって、最終的には経営・技術両面から総合的に判断することとなります。ただし、新幹線の360km/hレベルの高速化技術の確立は一朝一夕で可能なものではなく、将来の新幹線の事業戦略に大きなプライオリティーと選択肢を与えるためにも、目標を明確にした研究開発を推進しておくことが重要です。

また、高速化技術は、車両、軌道、電力、信号通信、土木構造、オペレーション及びメンテナンス等、全ての分野におけるイノベーションが進み、システムとしてバランス良く構成されたときに前進します。したがって、絶え間なく高速化の技術開発に取り組むことは新幹線の安全性や環境適合性を含め、新幹線を将来に向けより高いレベルに進化させていくために必要なことです。



図1 東日本の新幹線ネットワーク

### 3 次世代新幹線のめざすコンセプト

新幹線が将来ともに魅力的で競争優位な高速輸送機関であるためには、いくつかの必要条件が考えられます。

まず、第一に、安全性・信頼性の確保です。高速鉄道において、このことは基本的な要件となります。さらに、新潟中越地震のような万一の事態においても究極の安全が実現可能なように、万全の策を地道にとっておくことも重要です。

第二に、より安定した高速走行を実現することにより長距離都市間の到達時間短縮を進めることです。交通機関にとって、このことが競争力の源泉となります。

第三は、環境との調和です。走行に伴って発生する騒音・振動を許容されるレベル以下に抑さえ込むことは必須です。ある意味では、この対策が出来るかどうか今後の速度向上の鍵を握っているともいえます。

第四は、快適性の向上です。高速走行中であっても車内での乗り心地や静粛性に優れていることは乗り物として基本的な要件であり、ゆったりと快適に目的地に行けるのは、鉄道が航空機や自動車よりも優位に立てる点でもあります。

### 4 新幹線高速化への開発プロセス

JR東日本では、新幹線のさらなる高速化の実現を目指して、社内に「新幹線高速化プロジェクト」を設置し、高速化技術の開発についてはJR東日本研究開発センターが中心となり推進しています。図2に、「新幹線高速化プロジェクトの推進プロセス」を示します。



図2 新幹線高速化プロジェクトの状況

まず手始めに、新幹線の高速化に関して過去に蓄積されてきた知見を整理し、新たな目標を実現するために必要な開発課題を全ての領域において抽出し、要素技術の開発を進めました。要素開発においてはコンピューターによる解析やシミュレーションはもとより、機器・部品レベルから試作台車・試作構体に至るまで性能試験・耐久試験を繰り返して行ってきました。また、現有車両・設備における高速走行データを把握して要素開発に資するために上越・東北新幹線において、E2系、E3系車両を使用して、320km/h～360km/hの高速試験を実施しました。

さらに、要素技術開発で得られた成果を車両全体システムとしてまとめ上げて、新幹線高速試験電車Fastech360を、完成させました。Fastech360の走行安定性、地上設備・環境に与える影響、車内の快適性等を総合的に評価・検証するために、2005年6月25日から東北新幹線において走行試験が進められています。図3に、高速走行試験区間を示します。

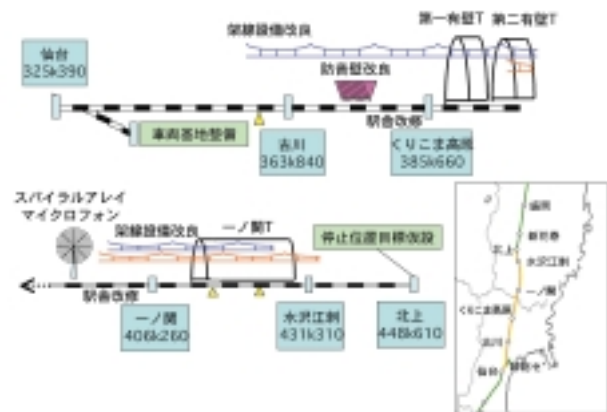


図3 高速走行試験区間（仙台～北上）

### 5 新幹線高速試験電車Fastech360Sの技術

#### 5.1 編成概要

今回完成した新幹線高速試験電車Fastech360S(E954系)は、新幹線専用車両です。

新幹線在来線直通車両のFastech360Z(E955系)は、現在製作中で来年春に完成予定です。2種類の試験電車を開発するのは、東北新幹線において、秋田や山形・新庄に向けて新幹線在来線直通運転がなされていて両タイプの併結運転が必須であり、ともに高速化を可能としておくことが必要

なためです。

Fastech360Sは、8両編成で両先頭車両は16mのロングノーズで、形状は大幅に異ります。図4に、両先頭からの編成の概



図4 Fastech360Sの先頭形状概観

観を示します。編成は電動車6両・付随車2両の6M2Tとなっています。最高運転速度は360km/hですが、設計最高速度400km/hの性能を有しています。

## 5.2 走行速度の向上

高速走行において発生する沿線騒音のうち、集電系から発生する騒音は高いウェイトを占めています。現在E2系10両編成においてパンタグラフは2台設置されていますが、騒音低減のために1台のパンタグラフによる集電システムをめざしました。このために、追随性の高い多分割型すり板を有して、空力騒音を低減したパンタグラフを開発しました。また、架線設備については、トロリー線の軽量化と高張力化によって波動伝播速度の向上を図ることとしました。

360km/hで安定的に運転可能な主回路システムを構成するために、高出力で小型・軽量化された主回路機器(主変換装置、主電動機、主変圧器)の開発を進めました。この際に車両の内外における騒音低減にも寄与するように工夫を行いました。具体的には、走行風冷・水循環冷却方式の主変換装置、自己通風型の永久磁石同期電動機、走行風冷併用の主変圧器、それぞれを特徴とする3方式の主回路を開発し、それぞれを2両1ユニットとして構成しています。

## 5.3 安全性・信頼性の確保

360km/h走行においては、走行装置の振動加速度が大きくなり、車軸軸受、駆動装置等台車各部品への負荷が増大します。今回、高速対応車軸軸受や高信頼性低騒音駆動装置を開発し、これらを装備した試作台車を、JR東日本研究開発センターの台車試験装置を使って約400km/hで連続60万kmに及ぶ実負荷耐久試験を実施し信頼性の確認を行いました。

高速走行においても、基本的なブレーキシステムは現行のシステムで対応可能ですが、基礎ブレーキを構成するブ

レーキディスクおよびライニングの磨耗や熱変形による寿命の低下等が予測されます。そこで、新たな素材によるディスクやライニングを導入するとともに、ディスクの取り付け方式等を変更し、基礎ブレーキの大幅な改良を行いました。

東日本の北エリアは、冬季には降雪が多くなります。北エリアで走行中に新幹線車両に付着した雪が氷塊となり南エリアで落下してバラストを飛散させるなど被害を及ぼします。さらに高速化が進むことにより、被害拡大が予想されます。そこで、台車周りや床下に雪を付着しにくくするための対策を実施しました。

地震等の非常時に、極力早く停止可能とすることはリスク低減のために極めて重要となります。このために、Fastech360Sにおいては基礎ブレーキの性能向上と合わせて、車両の屋根上に空気抵抗板を展開することにより列車を減速させる空気抵抗増加装置を装備しています。



図5 空気抵抗増加装置

(図5)これにより、

360km/hからの停止距離を現行E2系の275km/hからと同等以下となることを目指しています。

## 5.4 環境との調和

新幹線のさらなる高速化を進めるにあたって、最も大きな課題は沿線における騒音・振動対策です。日本には世界的に見ても厳しい騒音基準が存在しており、さらなる速度向上を実現するには車両及び地上設備に新たな環境対策が必要になります。

騒音対策において、まず音源を特定しその発生量を極小にすることが必要になります。音源を分類すると、集電系音、車体下部音(車輪・レールの転動音等)、車体上部の空力音、先頭部音、構造物音となります。

このうち、集電系音が高いウェイトを占めています。この低減対策として、1パンタグラフ化と合わせて、空力騒音をさらに低減可能な新型パンタグラフを2種類開発しました。一つは主枠を「くの字型」、もう一つは主枠を「一本棒型」とし、ともに台枠部分を流線型化している。さらに、集

電系音を低減するためにパンタグラフの両側に約7mの遮音板を設置しました。(図6)

○新型低騒音パンタグラフ



図6 集電系音の抑制

車体下部音の伝播対策として、ほぼ全線にわたって防音壁が設置されていますが、全ての騒音が遮音されるわけではなく、防音壁と車体の間で反射を繰り返して、防音壁上端で回折減衰して線路外に出ています。そこで、新幹線では初めて車体の下部外面や底面に吸音材を取り付けることにより、軌道面や防音壁内側から反射してくる騒音を吸収して、線路外騒音の低減を図ります。

車体上部や先頭部の空力音低減のためには、屋根上・側面・先頭部の完全な平滑化が必要になります。特に、車両間の繋ぎ部を全周にわたり平滑化することが有効であり、そのために、リンク機構を内在した金属製の車両間ホロを開発し編成全体に装備しました。

トンネルに新幹線車両が突入する際に、圧縮波が発生しトンネル内を音速で伝播し出口で衝撃波が発生します。この対策として車両の先頭形状を最適化することや、トンネル入り口に緩衝工を設けることで対処しています。さらなる高速化においても微気圧波を現状レベル以下に押さえ込む必要があります。このために、Fastech360では、先頭長さを16mに延伸するとともに、3次元のCFD解析による先頭形状の最適化、車両断面積の縮小を図りました(図7)。

### 5.5 快適性の向上

高速走行中における左右および上下の振動を大幅に低減するために、次世代型的高速新幹線台車の開発を進め、Fastech360Sには、3タイプの台車が装備されました。乗り心地や長期間の耐久試験を経て、最も優れた台車を将来の基本台車としていきます。

また、台車と車体の間にアクチュエーターを配置して、車体の揺れを制御して乗り心地の向上を図るのがアクティブ式の動揺防止装置(アクティブサスペンション)です。

新幹線では、すでにE2系で空気式が実用化されていますが、さらなる乗り心地向上を図るために、推力が大きく応答性の良い電磁アクチュエーター式の動揺防止装置を搭載しました。

曲線を高速で通過すると、車内の旅客に大きな遠心力がかかり乗り心地が悪化します。車体傾斜装置は、曲線で車体を内側に傾けることで遠心力の一部を相殺し、乗り心地の向上を図るものです。Fastech360では、コンピューター制御により曲線半径と速度に応じて台車外側の空気バネに空気を送り込み、車体を内側に傾斜させる「空気バネストローク式」を採用しています。

高速走行時においても車内の静粛性を実現することは旅客の快適性にとって重要です。そのために、車体の遮音性を大幅に向上させる必要があります。そこで、Fastech360では、客室床全体を弾性支持する「浮き床構造」、空気層を拡大した「高遮音複層窓ガラス」、新たな内装パネル構造等を導入して、従来の新幹線車体から大幅に改良を加えた次世代新幹線用の新車体としています。

## 6 おわりに

2005年6月末からFastech360Sによる高速試験が開始され、試験は順調に進んでいます。この間、400km/hレベルまでの速度向上試験を実施し、高速領域における安定した走行性能を有する車両であることが確認されました。また、車両を構成する基本的な諸機能についても十分な性能を有することも確認されています。

今後の約2年にわたる試験においては、次世代の新幹線として盛り込まれた様々な新技術に対して、360km/hの速度条件で、詳細な性能確認試験を実施し、必要な改良等も進めていきます。さらに、今年春には新幹線在来線直通タイプのFastech360Zが完成予定であり、2006年度には2編成を使ったすれ違い試験等も予定しています。

また、試験と平行して、ある段階からはFastech360をベースとした将来の営業用新幹線車両の詳細なスペックも検討していく予定であり、さらなる高速化をはじめとして、安全性、環境適合性、快適性等全てにおいてさらに進化した次世代の新幹線の完成を目指していきます。