

新幹線高速化の技術開発概要

東日本旅客鉄道株式会社 執行役員
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

荒井 稔



JR東日本では2002年4月新幹線高速化プロジェクトを立ち上げ、「走行速度の向上」、「安全性・信頼性の確保」、「快適性の向上」、「環境への適合」をテーマに営業最高速度360km/hを技術目標とした新幹線高速化の技術開発を行ってきました。新幹線高速試験車「FASTECH360S（新幹線専用タイプ）」「FASTECH360Z（新在直通タイプ）」を製作するとともに地上設備を改良して、実環境、実負荷状態での車両・地上設備の総合的な検証を目的に東北新幹線の仙台・北上間を主体に高速走行試験を2005年6月から2009年6まで行ってきました。また、2009年度末までに解体調査を行い、現在、これらの成果は次期量産先行車に反映されています。

このFASTECH360に関する試験・調査がすべて終了し、一定の成果が得られたことから、今回の春号No.31では、新幹線高速化プロジェクト発足、走行試験、解体調査、量産先行車への反映内容まで総括した特集号としてご紹介します。

1. はじめに

JR東日本の新幹線は東京を中心に東北、上越、長野、山形・新庄、秋田の5方面に延びて、当社管内の主要都市を結んでいます。東北新幹線は2010年度に新青森開業、2015年度に新函館開業、北陸新幹線は2014年度に富山・金沢開業する予定でさらなるネットワーク拡大にむけて着々と準備が進められています。一方、ヨーロッパにおいて2002年8月に開業した高速新線（ケルン～フランクフルト間）では最高速度300km/h、2007年6月に開通したTGV東線（パリ～ストラスブール間）では最高速度320km/hなど、世界の高速鉄道は、300km/h超の領域に入ったといっても過言ではありません。



図1 新幹線ネットワークの拡大

このような状況下、新幹線ネットワークの拡大に伴うサービス向上、航空機との競争力強化、世界最高レベルの高速化技術を目指して、「走行速度の向上」、「安全性・信頼性の確保」、「環境への適合」、「快適性の向上」を大きなテーマとして掲げ、営業最高速度360km/hを技術目標とした技術開発を進めてきました。これまでに、新幹線高速試験車FASTECH360（以下、「FASTECH360」という。）の製作や地上設備の改良により、環境、実負荷状態での車両・地上設備の総合的な検証を行うことで、320km/hの営業運転に向けた技術的な課題が解決され、新型高速新幹線（E5系）量産先行車が設計・製造されました。また、320km/h運転の実現に向けた新在直通タイプの新型高速新幹線（E6系）量産先行車の設計・製造も行われていますが、研究開発部門では引き続き360km/h運転を実現する技術開発に向けて挑戦し続けています。



図2 新幹線高速化の開発課題

2. FASTECH360開発までの経緯

2002年4月、新幹線の高速化に向けて「新幹線高速化推進プロジェクト（以下、「プロジェクト」という。）」が立ち上がりました。

このプロジェクトでは、まず初めに、STAR21（1992～1997年に走行した試験電車で最高速度425km/hを達成）をはじめとするこれまでの社内外の研究開発成果や現在の営業運転における各種データをもとに、知見の整理と目標達成のための課題の明確化を行いました。



図3 STAR 21試験電車

これは、技術開発における重複や漏れを防止するとともに、技術分野が多岐にわたる高速鉄道において、車両のみならず、軌道、電力、信号、土木などの各分野の技術者が認識を一つにして短期間で効率良く技術開発を進めるために大変重要となります。最終的に70余件の課題を設定、それぞれの開発スケジュールを策定しました。抽出した高速化の課題は図4のとおりです。設定した課題に対する要素開発では、それぞれの内容に応じて、コンピュータシミュレーション、機器・部品の試作・試験、JR東日本研究開発センター保有の台車試験装置を活用した台車・主回路の各種性能試験、鉄道総合技術研究所（以下、「鉄道総研」という。）保有の車両試験台、大型風洞試験装置を活用した性能試験、空力騒音試験などを実施しました。また、2003年にはE2系1000番代車両、E3系車両を使用した高速走行試験などを実施し、可能な限りの現車試験データを取得するとともに、その時点における各種要素開発の検証試験を行いました。

これらの結果を2003年秋までに一旦集約して検討を行った結果、以下のような結論に至りました。

- ・環境面や乗り心地、車内静粛性などの面で解決すべき課題があるものの、360km/hレベルでの高速運転に向けて一定の技術的蓄積はできた。

- ・高速運転に向けてより精度の高い技術的見通しを得るためには、専用の高速試験電車を製作して走行試験を実施し、さまざまな項目について実環境・実負荷のもとで、総合的に評価・検証する必要がある。



図4 新幹線高速化の課題

このプロジェクトの体制は、初期段階では基礎的な研究開発の推進を計画したものでしたが、その後、E2系1000番代車両、E3系車両やFASTECH360を使用した高速走行試験が始まるにつれて、これを確実に推進するための役割を迫りました。また、高速試験電車による走行試験結果がある程度まとまり、いわゆる研究開発段階から高速化の施策検討段階になるにつれて体制が実態にそぐわなくなってきたため、一部の分科会やワーキンググループを改編するとともに役割の見直しも行ってきました。

このプロジェクトには社内関係者のほかに、新幹線高速化に関する技術開発の総括的指導として鉄道総研が参画していま

す。鉄道総研には新幹線高速化に必要なそれぞれの専門分野に関する技術的蓄積があり、研究開発を効率的に進めていくためには緊密な連携を図っていくことが重要です。そこで、「高速化研究開発検討会」を設置して、新幹線高速化に関する研究開発全般について「高速化に関わる情報交換」、「高速化における研究開発課題の共有化」「鉄道総研と当社の研究開発の分担」などの検討を行ってきました。また、「環境ワーキング」、「架線・パンタワーキング」、「快適性ワーキング」、「粘着勉強会」などのワーキンググループについては鉄道総研も参加しており、それぞれの技術的な課題について共に検討を進めてきました。

なお、関係メーカーは、それぞれ個別の開発テーマにおける契約相手という立場で開発に関与してきました。

3. FASTECH360の開発概要

このプロジェクトのもとで、「360km/h運転車両のプロトタイプ」、「高速走行時の現象解明の実験プラットフォーム」、「近未来快適移動空間の提案ステージ」をコンセプトとした試験専用車FASTECH360が開発されました。このFASTECH360は2編成あり、2005年6月に新幹線専用タイプのE954形式新幹線高速試験電車 FASTECH360S（以下、「FASTECH360S」という）が製作され、2006年4月には新在直通タイプのE955形式新幹線高速試験車FASTECH360Z（以下、「FASTECH360Z」という）を製作されました。これらの製作とともに、地上設備を改良し、実環境、実負荷状態で車両・地上設備の総合的な検証を目的とした高速走行試験を2005年6月から行ってきました。

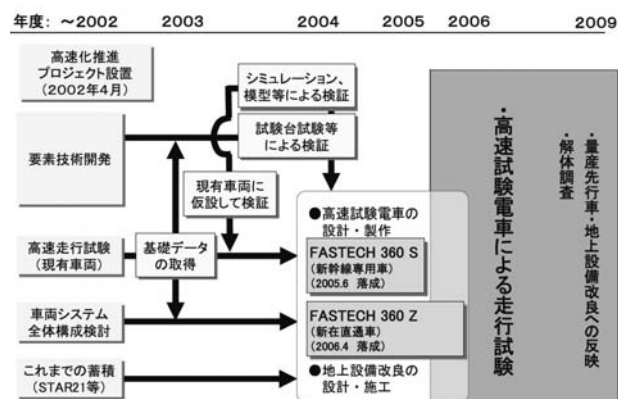


図5 FASTECH360の開発までの経緯と試験について

3.1 FASTECH360S

FASTECH360Sは、8両編成の新幹線専用タイプ試験車で、両先頭車が付随車、中間の6両が電動車の6M2Tの構成です。先頭はトンネル微気圧波対策のために16mのロングノーズとなっており、微気圧波性能比較のために両先頭で異なる先頭形状となっています。その他の外観上の特徴として

は、空気抵抗増加装置、車両間全周ホロ、車体下部に取り付けた吸音パネル、片持ち式シングルアームパンタグラフ等があります。

主回路は2両1ユニットが3ユニットあり、比較評価のためにそれぞれ異なるシステムを搭載しています。

曲線通過時の乗り心地向上のために、最大2度傾斜する空気ばねストローク式車体傾斜制御装置を備えています。



図6 FASTECH360S（上：1号車、下：8号車）

3.2 FASTECH360Z

FASTECH360Zは、6両編成の新在直通タイプ試験車で、両先頭台車のみが付随台車（先頭車両の後ろ側の台車と中間車両の全台車は電動台車）となっており、編成全体のMT比は5M1Tに相当します。新在直通運転のために車体が小さいことと直通運転に必要な機器を装備していることを除けば、高速走行や環境対策のための主要装備はFASTECH360Sと共通となります。

新在直通用台車は、新幹線区間での高速走行性能と在来線区間での小曲線通過性能を確保するため、現在営業運転を行なっているE3系車両では台車軸距を2250mmとしていますが、新幹線区間での速度向上を目指す新在直通試験車FASTECH360Zでは高速走行時の安定性を重視して台車軸距を新幹線専用試験車と同じ2500mmとしました。ただし、在来線区間における小曲線通過時の横圧低減を図るために台車ヨーダンパを切替式として在来線走行中は減衰力を小さくしました。



図7 FASTECH360Z



図8 FASTECH360の主な開発項目

4. FASTECH360走行試験概要

高速走行試験は東北新幹線の仙台・北上間を主体とするほか、新幹線専用試験車FASTECH360Sは盛岡-八戸間、新在直通試験車FASTECH360Zは盛岡-秋田間（秋田新幹線区間）も含めた線区で、走行性能評価試験、環境評価試験、すれ違い試験、併合試験、耐久性評価試験を実施し、2009年5月には、当初より目標とされた長期耐久走行試験（約60万キロ走行）を終えました。最後に、北陸新幹線 軽井沢～高崎間の下り急勾配区間（210km/h制限区間）におけるブレーキ性能試験（260km/hまで速度向上）も追加され、FASTECH360による走行試験は終了しました。

走行試験終了後は今後の新幹線車両設計・開発に反映させるための解体調査を行いました。高速走行による劣化評価や新技術により製作した機器および部品の評価などであり、FASTECH360Sは2009年10月から2010年3月に調査を行いました。（FASTECH360Zについては2008年10月に実施）

5. FASTECH開発成果の量産車への適用

当社は2007年末に「2010年度から東北新幹線で段階的な高速化を行い、2012年度末に320km/h営業運転を行う予定」と発表しました。これはFASTECH360の試験結果などから、高速化に必要な環境対策や費用対効果を考慮し、当面の高速化としては320km/hが妥当であると判断したためです。これにともない新型高速新幹線車両（E5系）の量産先行車は320km/hの車両性能で設計・製作され、2009年度から性能試験、耐久試験が行われており、2011年春に東北新幹線で営業を開始する予定です。また、2010年7月に落成する新型高速新幹線（E6系）の量産先行車も同様にFASTECH360の成果が反映されており、2013年度末には最高速度320km/hで営業運転を開始する予定です。

6. さらなる高速化への取組み

新幹線の高速化について目標としていた最高速度360km/h運転の実現にはいたりませんでした。引き続き次の速度向上に向けた技術開発に挑戦していきます。FASTECH360の研究開発を通じて、360km/hの速度域を目指すための課題はかなり絞り込まれてきましたが、残された課題のハードルはそれぞれ非常に高いことははっきりしています。これらは一朝一夕に解決できる課題ではありませんが、次なる飛躍を目指して今回の経験をもとに、沿線騒音低減対策、トンネル微気圧波対策、曲線通過時等の乗り心地の向上対策などについて、現象解明のための基礎研究の深度化、新たな視点からの再アプローチ、各種地上対策のコストダウンの研究に引き続き取り組んでいきます。

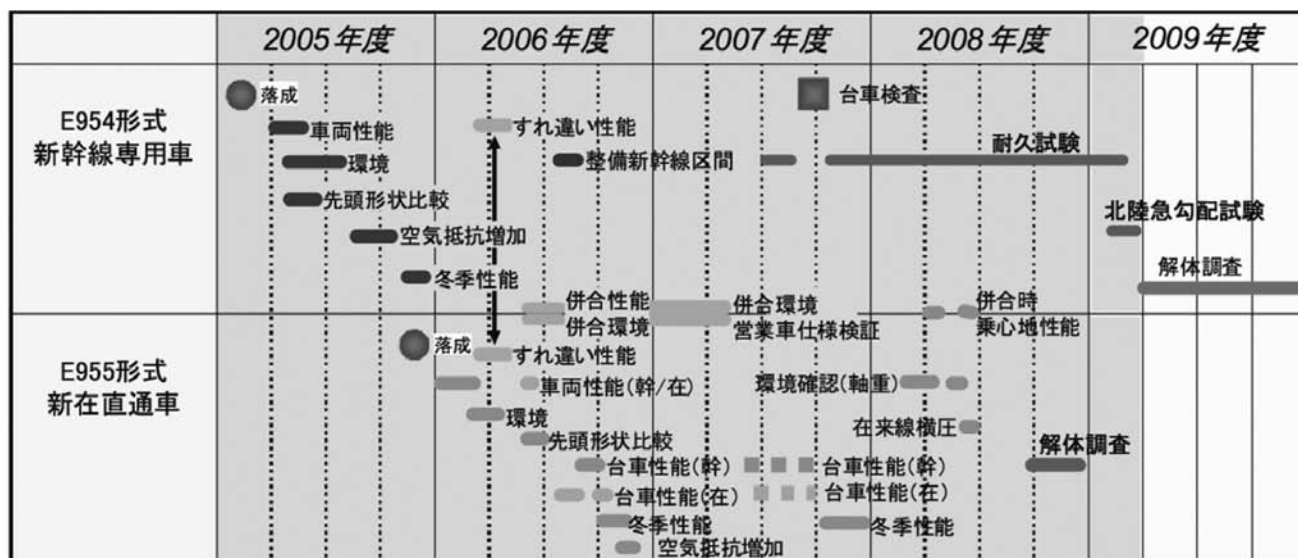


図9 高速走行試験実績