

新幹線高速試験電車E955形式 (FASTECH360Z)の概要

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 堀内 雅彦



1. はじめに

当社では、到達時分短縮・快適性向上によるお客さまサービス向上、競争力強化を目的として2002年4月に「新幹線高速化プロジェクト」を設置し、新幹線高速化の技術開発を進めています。そして、2005年6月には新幹線専用タイプの高速試験電車E954形式（FASTECH360S）を落成させて、現在、各種の走行試験を続けているところです。

一方、ミニ新幹線（新在直通運転）を有する当社の新幹線ネットワークでは、将来高速化を行う場合においても新幹線専用車両と新在直通用車両の併結走行による輸送体系を維持することは必須であり、新幹線専用車両と同レベルの高速走行性能や環境性能等を有する新在直通用車両の開発が不可欠です。そこで、本プロジェクトでは新幹線専用車両とは異なった技術的課題を有する新在直通車両についても試験電車を製作して各種試験を行うこととし、このほどE955形式（FASTECH360Z）として落成しました。



図1 E955形式外観

2. 開発課題

新幹線が長距離都市間輸送での競争力を確保していくためには到達時分の短縮が効果的であり、走行速度の向上が必要ですが、そのためには信頼性、環境適合性、快適性等のあらゆる面における技術水準の向上が必要です。

そこで、本プロジェクトでは、新幹線高速化の課題を

- 走行速度の向上
- 信頼性の確保
- 環境への適合
- 快適性の向上

の四つの視点から整理して開発を進めています。

3. E955形式の概要

3.1 E955形式の基本構成

E955形式は6両編成ですが、中間車両はM車、両先頭車両は先頭台車がT台車、他台車がM台車という0.5M0.5Tとなっています。これは、6両編成という短編成の中で、編成総質量を抑制しつつ高速走行に必要な動軸数を確保した結果です。

またE955形式では、騒音対策として防音壁上部からの車体露出量を少なくするために、E3系に対して車体高さを下げています。E3系は空調装置の一部が屋根上搭載となっているためにE2系よりも車体高さが370mm高くなっていますが、E955形式ではこれを床下搭載とすることによりE954形式と同じ屋根高さ（3,650mm）に収めています。

3.2 E955形式の技術的な特徴

3.2.1 走行速度の向上

(1) 主回路システム

360km/hで安定して走行するための出力を確保しつつ機器の小型・軽量化を図った点はE954形式と同様ですが、車体が小さいE955形式では、主変換装置等の大型機器について機器フタと側スカートを用いて二重構造を廃止しており、一層のスペース有効活用を図っています。

E955形式では、比較検討のために片方のユニットを誘導電動機方式、他方のユニットを永久磁石同期電動機方式としています。このうち、永久磁石同期電動機方式では、E954形式の場合と同様に主電動機を自己通風冷却方式として、主電動機用の電動送風機を廃止しています。

前述のように、E955形式では先頭車両が0.5M0.5Tとなっていますが、この片台車の主電動機を駆動するための主変換装置は隣接の中間車両に搭載しています。このため、E955-2とE955-5はそれぞれ隣接先頭車分を含む6電動機分の主変換装置を搭載しています。

(2) 台車

E955形式の台車は、E954形式の場合と同様に、軸箱支持装置の違い等によって3種類に大別されます。それぞれの基本構成はE954形式のものと共通ですが、在来線の急

曲線を走行するための工夫が加えられています。

軸距は、E3系の場合には在来線区間での曲線通過性能を重視して2,250mmとしています³、360km/hまでの高速走行安定性をこの軸距で実現することは困難なため、E955形式では新幹線専用車両と同じ2,500mmとしました。しかし、このままでは在来線の急曲線区間で横圧が大きくなる懸念されるため、ヨーダンパを切替式として在来線走行中は減衰力を低下するようにしています。

また、E955形式ではブレーキディスク・ライニングの性能向上を踏まえてT軸の軸ディスクブレーキ装置を全廃しており、T台車ばね下質量を大幅に軽減しています。

(3) 集電システム

安定した高速集電性能を確保するための方策の一つとして、パンタグラフについては、E954形式と同様の多分割スリ板（すり板を細かく分割し、それぞれをばねで支えて振動する架線へ柔軟に追随する構造）付の舟体を搭載しました。

(4) 編成トルク制御・ブレーキ制御

車輪の駆動力・ブレーキ力を有効にレールに伝えるために、空転・滑走が発生した場合には、編成内の軸位に応じた最適なトルク・ブレーキ配分を行って編成全体の

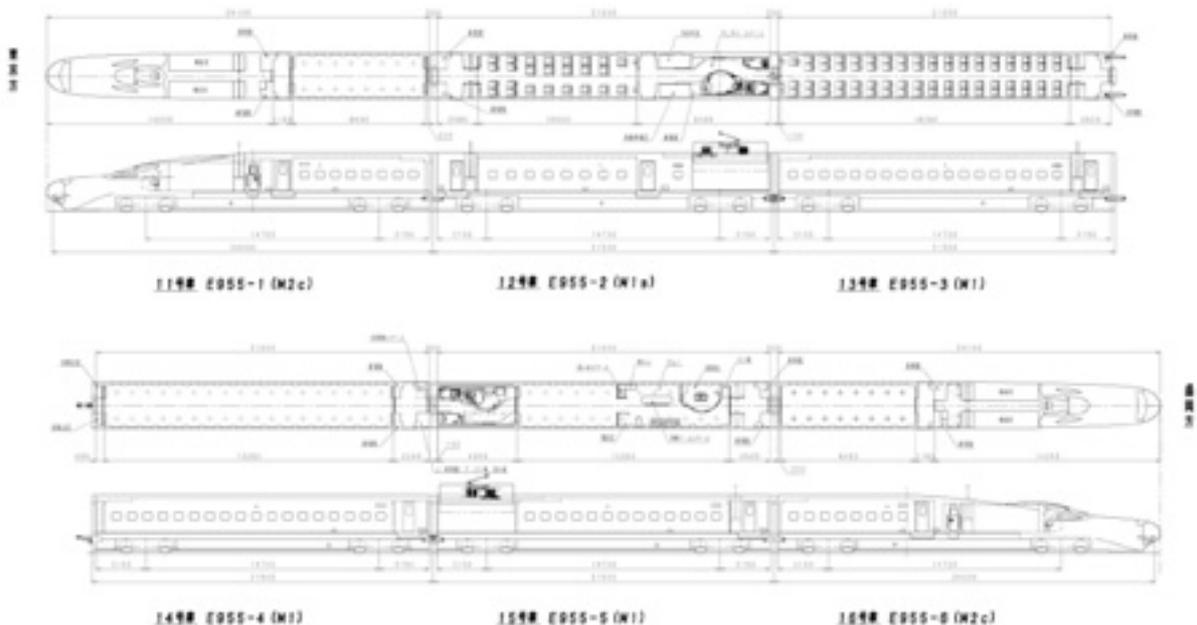


図2 E955形式 編成図

加速力やブレーキ力を確保できるようにする、編成トルク制御・ブレーキ制御を採用しています。

3.2.2 信頼性の確保

(1) 台車および台車部品の信頼性確保

前述のように、E955形式の台車の基本構成はE954形式のものと同一であり、台車枠や輪軸の強度についてはその実績をベースに設計しています。

駆動装置についてもE954形式と同じくトルク伝達時にスラスト力が発生しないヤマバ歯車を使用した新方式としています。これにより、軸受負荷が低減して高速走行時の信頼性を向上することができるとともに、噛み合わせのスムーズなヤマバ歯車を使用することで、騒音や振動の低減にも寄与しています。

(2) 基礎ブレーキ装置の性能向上

基礎ブレーキ装置は比較試験のために2種類を搭載していますが、いずれも高速化に伴う負荷増大に対応して現状品より摩擦係数・温度特性に優れたものとしています。ブレーキディスクの締結方式は、現状の内周締結方式からディスクの熱変形量が小さい中央締結方式に変更し、ブレーキライニングもディスクのヒートスポット発生を抑える分割型を採用しています。

またブレーキキャリパは、従来の空油圧変換を廃止した空圧式とし、構造の簡素化と軽量化を図っています。

(3) 台車モニタリングシステム

台車の走行状態を常時監視し、異常が発生した場合には直ちに警報を発するために、E954形式と同じ台車モニタリングシステムを搭載しています。これは、高速走行時の安全性に直接影響を及ぼす可能性がある台車蛇行動、車軸軸受の異常、駆動装置の異常を検知するシステムであり、台車各部に取り付けられた加速度センサ・温度センサからの情報をもとに制御装置が台車の状態を判定し、異常を検知したら車両情報制御装置に信号を送ります。

(4) 雪害対策

車体への着雪量を減らすため、台車周りの車体形状を気流の巻き込みを少なくするように改善するとともに、ヒーターによる融雪を行う構造としています。

(5) 地震に対する安全性

地震等の非常時の安全を確保するために、非常ブレーキ性能を向上するほか、補助的に非常停止距離を短縮する手段として空気抵抗増加装置を搭載しています。

地震発生時の安全対策については、2004年の新潟県中越地震における上越新幹線の脱線対策として引き続き検討がなされており、必要に応じて高速試験電車でもさまざまな検証試験を行う予定です。

3.2.3 環境への適合

(1) 騒音の抑制

高速走行時の騒音を抑制するために、E954形式と同じく、低騒音パンタグラフ、パンタグラフ遮音板、車両間全周ホロ、スノープラウカバー、車体下部吸音構造等を装備していますが、新在直通車両特有の制約等により、下記の点が異なっています。

①低騒音パンタグラフ

E954形式では「くの字」型主枠タイプと一本主枠タイプの2種類の低騒音パンタグラフを搭載して比較試験を行っていますが、E955形式は在来線区間に直通するために作用高さの幅が大きく、一本主枠タイプのパンタグラフでは追従が困難なために、「くの字」型主枠タイプのみを採用しました。

また、パンタグラフ折りたたみ高さを在来線限界に収めるためにE954形式の場合とは支持構造（ガイシの配置）を変更しており、ガイシを左右方向に配置したPS9037Aと前後方向に配置したPS9037Bがあります。これらについては、主に空力騒音の点から比較評価することになっています。



図3 低騒音パンタグラフ (左: PS9037A 右: PS9037B)

②パンタグラフ遮音板

FASTECHでは、目標速度が高いため低騒音パンタグラフに加えてパンタグラフ遮音板を装備していますが、固定式のパンタグラフ遮音板は在来線の車両限界をオーバーするため、E955形式では遮音板を可動式として在来線区間で格納することになっています。

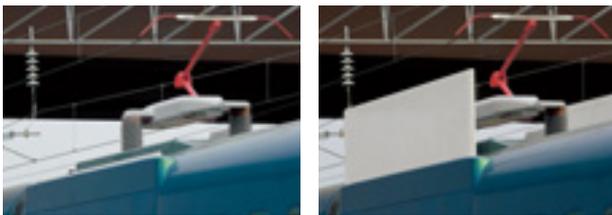


図4 可動式パンタグラフ遮音板
(左: 下げ状態 右: 上げ状態)

③車両間全周ホロ

車両間の間隙から発生する空力騒音を抑制するために、FASTECHでは車両間に全周ホロを設けています。E954形式ではリンク機構によるハードタイプのホロを搭載しましたが、E955形式ではこれと比較するためにゴム板によるソフトタイプのホロを搭載しています。

このホロはゴム板の伸縮だけで変位に追従するのではなく、ゴム板の取付部に設けたチューブに空気を出し入れしてゴム板の「張り」を変えられるようにしてあり、新幹線区間の110km/h以上でゴム板が張り、90km/h以下で緩むようにしています。在来線区間では「張り」の動作は行いません。



図5 ソフトタイプ全周ホロ
(左: 外観 右上: 張り状態 右下: 緩み状態)

④スノープラウカバー

高速走行時にスノープラウから発生する空力騒音を抑制するために、使用しない時にはスノープラウをカバーで覆うようにしていることはE954形式と同様ですが、E955形式では可動構造を簡素化して動作の確実性向上を図っています。



図6 スノープラウカバー (左: 閉状態 右: 開状態)

(2) トンネル微気圧波の抑制

トンネル微気圧波の抑制効果に影響する先頭形状は、E954形式の場合には断面積変化率の異なる2形状 (Arrow-lineとStream-line) を製作して比較試験を行いました。E955形式では類似の断面積変化率の形状 (Arrow-line) について先頭長の違いの影響を確認することになっています。このため、E955-1は13m、E955-6は16mの先頭長となっています。

先頭長の比較試験に際しては、E954形式では両先頭車のみの入替えを行いました。E955形式では編成全体を方向転換することにしており、新車搬入時はE955-1が八戸方16号車、E955-6が東京方11号車という反転状態となっています。これは主回路構成上、先頭車のみの入替えが困難なためです。

(3) 地盤振動の抑制

E955形式の軸重・軸配置はE954形式の場合と同様に地盤振動を抑制する観点からシミュレーションにより決定し、編成平均軸重11.5t、最大軸重12.5tの非連節車両としました。

3.2.4 快適性の向上

(1) 乗り心地

E954形式と同様、電磁アクチュエータ式の動揺防止装置、空気ばねストローク片上げ方式の車体傾斜機構（最大傾斜角2度）を導入し、乗り心地の向上を図っています。

(2) 車内静粛性

E955-4の屋根構体に新たな薄型ダブルスキン構造を試用しました。これは現行のアルミニウムダブルスキン型材を薄型化し、強度の不足を梁状のフレームで補う構造です。これにより、外板に相当するパネルの面積当たり質量が大幅に低減して内装パネルとの質量差が小さくなり、外板と内装パネルの二重パネル構造における遮音性向上が期待できます。

その他の車体構造はE954形式のものをほぼそのまま踏襲しており、内装材の弾性支持や浮床、側窓の空気層拡大などの構造を採り入れています。

(3) 車内デザイン・腰掛

車内のデザインに関しては、試験電車を「近未来型快適移動空間の提案ステージ」と位置付けており、E955-2に特別車想定のお客様を、E955-3に普通車想定のお客様を設置しています。それぞれについてはE954形式で試みたデザインとは違ったものとなっており、比較評価の幅を広げています。



図7 室内（左：E955-2 右：E955-3）

サニタリースペースについてはE954形式と基本構造は同一ですが、色彩等の細かい部分を変更しています。なお、E955形式のサニタリースペースはパンタグラフ遮音板の格納スペースと重なっており、在来線の車体幅という制約以上に有効幅が狭くなっていますが、仕切壁等に曲面を多用したデザインにより狭さを感じにくい空間となっています。

(4) 空調装置

E954形式と同様にダクト構成や温度制御等に特徴を有する3種類の空調装置を搭載しており、比較評価を行う予定です。いずれの空調装置も連続換気装置と一体化した集中型で、従来の冷暖房機能、除湿機能に加えて冬季暖房中の加湿機能を有しています。

4. 高速走行試験

E955形式は2006年3月に落成し、4月6日より東北新幹線 仙台～北上間および秋田新幹線（在来線区間）で走行試験を行っています。当面はE955形式単独走行で走行安全性や環境性能の確認を行います。本年夏からはE954形式との高速すれ違い試験を、秋にはE954形式との併結走行試験を開始する予定です。これらの試験はE954形式と合わせて2007年度いっぱいまで実施する計画です。