

〔基調講演〕

新幹線のさらなる高速化
—360 km/h 運転をめざした高速化技術の開発—

Speed Up of Shinkansen
-Development of High Speed Technology
Aiming at 360km/h Shinkansen Operation-

正 [機] 遠藤 隆 (東日本旅客鉄道 (株))

Takashi ENDO, East Japan Railway Company, 2-0, Nisshin-cho, Kita-ku, Saitama-shi

JR East's Shinkansen network provides a high-speed network linking major cities in eastern Japan area. The network has expanded and is still planned some extensions, which compete with airlines. To be attractive transportation for passengers, we started a project to develop next generation Shinkansen. We decided four development concepts: improvement of running speed, securing of safety, harmony with the environment, and improvement of comfort. This paper shows problems and developments to achieve high speed Shinkansen operation to satisfy four concepts.

Key Word: speed-up, running safety, reliability, environment, riding comfort

1. はじめに

日本の新幹線は、現在総延長約 2250km に及ぶ。このうち、東日本エリアの新幹線は約 1053km である。その特徴は、東京を起点として 5 方面に延びていて、高速ネットワークを形成していることである。したがって、東日本の大半の主要都市は新幹線で結ばれている。Fig.1 に東日本の新幹線ネットワークを示す。



Fig.1 Shinkansen Network of JR East

JR 東日本の新幹線の年間輸送量は 1987 年度には 121 億人キロであったのが、2002 年度には 182 億人キロとなり、約 50% 増加した。また、新幹線の売上収入も 3118 億円から 4573 億円へと、約 47% 増加した。この間、新幹線は航空路線の撤退を促進したり、シェアを逆転するなど高速輸送機

関としての優位性を発揮している。Fig.2 に新幹線の輸送量の推移を示す。

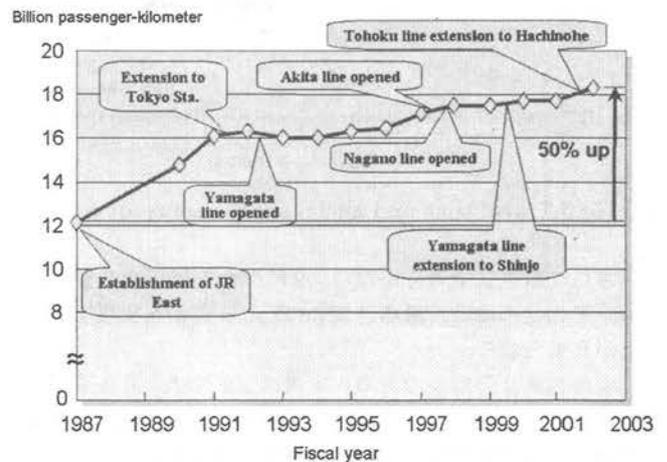


Fig.2 Growth of Shinkansen Traffic Volume in JR East

最近の話題としては、2002 年 12 月に東北新幹線が盛岡から八戸まで約 97km 延伸された。この結果、この区間における鉄道利用客は約 50% 増加した。

今後は、さらに路線の延伸が予定されている。路線総延長が延びるにしたいが、航空機との競争が激しくなる。競争に勝つためには、さらなる高速化を進め到達時間の短縮

をすることが重要になる。同時に、快適性や環境への適合性も確保しなければならない。

そこで、JR東日本は最高速度 360km/h 運転を目指して、研究開発プロジェクトを立ち上げた。

2. 新幹線ネットワークの拡大と高速化の必要性

東北新幹線は新青森に向けて、延伸が予定されている。また、北陸新幹線についても長野から北陸地方の富山まで延伸の予定である。

新青森まで新幹線が延伸されると、東京～新青森は約 670 km となり、現在の速度レベルでは約 3 時間 20 分かかる。東京～青森間の鉄道輸送の対航空機輸送シェア（青森、三沢両空港）は現在 54% であるが、これを増大させるためには、少なくとも 3 時間以下にしていく必要がある。Fig.3 に到達時間に対する鉄道対航空機シェアのグラフを示す。

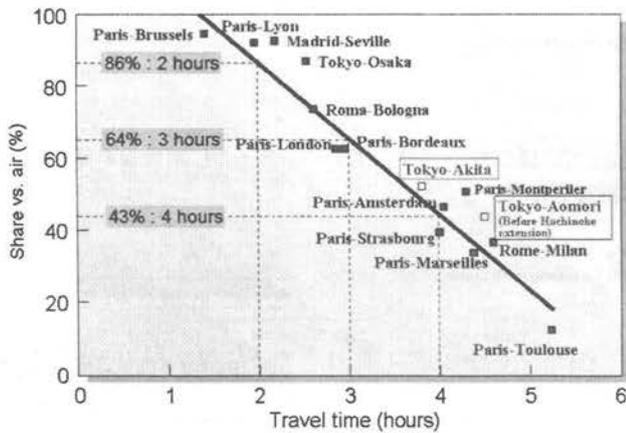


Fig.3 Travel time and modal share versus air traffic

さらに撤退まで考えるなら、2 時間台を目指す必要がある。そのためには、最高速度 360km/h 運転を実現することが必要となる。

現在の東北新幹線の営業用車両の E2 系は、最高速度 315km/h で設計されているが、営業最高速度は 275km/h である。最高速度は、現実には世界で最も厳しいと言われている環境基準から制約を受けている。

したがって、さらなる高速化を進めるためには、安定した高速走行を実現するのみでなく、環境問題を解決することが絶対条件となる。

3. 次世代新幹線のめざすコンセプト

我々が目指す次世代新幹線システムのコンセプトは以下の 4 点である。

- (1) 安定した 360km/h 走行の実現
- (2) 安全性の確保
- (3) 環境との調和
- (4) 快適性の向上

これらを実現することにより、新幹線は航空機や高速道路に比較して、より魅力的な交通機関になりうる。

安定した 360km/h 走行の実現により長距離都市間輸送の時間短縮が進み鉄道の優位性が向上する。この際、旅客の信頼にこたえるためにも、あらゆる面から安全性の確保を最優先にする。また、走行に伴う沿線騒音・振動を許容されるレベル以下にすることや省エネルギーを図ることが環境との調和において必要である。さらに、高速走行においても車内での乗り心地や静粛性を良好にすることが求められる。これらをまとめたものを Fig.4 に示す。

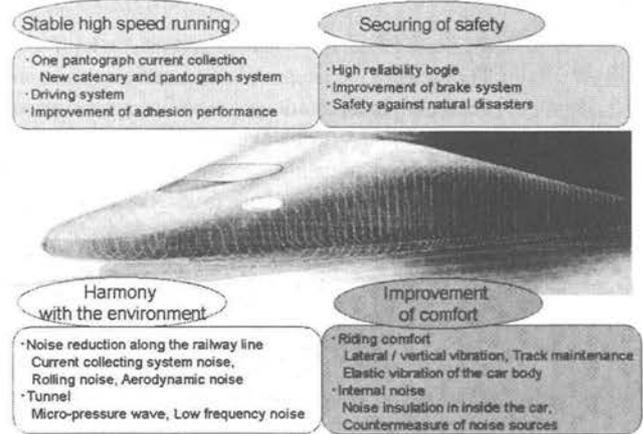


Fig.4 Four Concepts for Next Generation Shinkansen

以上のコンセプトを実現するために必要な技術と開発の方向を次に述べる。

4. 走行速度の向上

4.1 1パンタグラフ集電

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のウエイトは大変高い。現在 E2 系 10 両編成においてパンタグラフは 2 台設置されている。騒音低減のために 1 台の低騒音型パンタグラフによる集電システムを目指すこととした。

このために、追従性の高い舟体を有して、空力による騒音の最も低いパンタグラフの開発を進めている。さらに高追従性をめざしたアクティブ制御の開発も開始した。

また、架線設備については、トロリー線の軽量化、高張力化による波動伝播速度の向上が効果的である。JR東日本の架線設備は「コンパウンド架線」と「シンプル架線」の 2 タイプで構成されているが、集電性能を向上するため、それぞれのタイプに対して改良開発を進めている。Fig.5 に開発中の新型パンタグラフのイメージを示す。

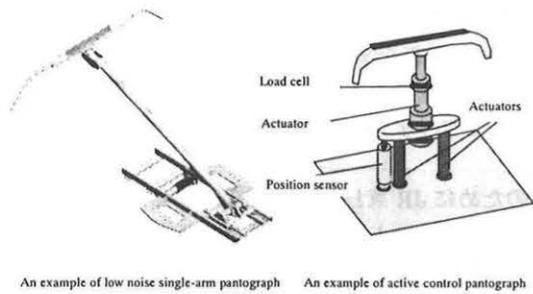


Fig.5 Image of New Pantograph System

4.2 駆動システム

360km/h で安定的に運転可能な主回路システムを構成する必要がある。このため、高出力で小型・軽量化された主回路機器（電動機、主変換装置、主変圧器）を開発している。この際に車両の内外における騒音低減にも留意する。

また、新幹線用の電動機は誘導電動機であるが、さらに高効率をめざして同期電動機の開発にも取り組んでいる。

4.3 粘着性能の向上

高速域において、安定的に粘着性能を確保する必要がある。このため、現有の新幹線車両を使った高速試験を実施して、粘着係数の体系的な把握を行った。この結果、電動機方式に応じた空転滑走制御、レール・車輪摩擦係数維持管理方法、増粘着方式を適切に組み合わせることにより、安定した粘着性能の確保は可能との見通しが得られた。

5. 安全性の確保

5.1 台車および台車部品の信頼性

360km/h 走行においては、車軸の回転数が増加し、振動加速度が大きくなる。この結果、台車枠、輪軸、駆動装置、車軸 軸受等台車各部品への負荷が増大する。

台車枠・輪軸については過去に製作された試験車両 STAR21 で最高速度 425km/h までの強度確認がなされている。車軸軸受・駆動装置については、構造の見直しを行い高速走行に対する長期の耐久性を十分に検証する必要がある。このため、高速対応車軸軸受や高信頼性低騒音駆動装置の開発を進めている。

5.2 ブレーキシステム

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ある。ただし、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る。また、ブレーキディスクやキャリパーの軽量化も必要である。そこで、新たな素材によるディスクやライニングの開発、ディスクの取り付け方式・キャリパー構造の変更を進めている。

5.3 自然災害に対する安全

東日本の北エリアは、冬季には降雪が多くなる。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す。さらに高速化が進むことにより、被害が拡大することが予想される。そこで、走行風を利用して台車回りや床下に雪を巻きこまないようにする方法や、融雪方法についての開発を進めている。

日本の新幹線は地震発生時における安全を考慮して、地震の早期検知システムにより素早く走行中の新幹線を停止させる体制となっている。今後速度向上となってもリスク増加とならないような方策を検討していく。

横風に対しての評価手法は確立されているので、開発を進めている車両の車体断面や先頭形状から風洞試験等により横風転覆限界速度を算出していく。

6. 環境との調和

6.1 騒音の抑制

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・振動問題である。日本には世界的に見ても最も厳しい騒音基準が存在している。現在の最高速度 275km/h から速度を向上させるには車両および地上設備の更なる環境対策が必要になる。ちなみに、現有車両で 360km/h で走行すると約 6dB の騒音増加となる。

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である。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、台車周りの空力音）、車体上部の空力音、先頭部音、構造物音である。

このうち、集電系音のウエイトが最も高い。この低減対策として、4.1 で述べたように 1 パンタグラフ化は効果的である。さらにパンタグラフの構造・形状を低騒音型にするために新型パンタグラフを開発している。

車輪・レールの転動音については、音源対策として防音車輪の開発、伝播対策として台車回りの内側・外側吸音構造の開発を進めている。また地上対策として路盤面吸音材や新型の防音壁構造の効果について高速試験において確認をしている。

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である。特に、車両間のホコを全周にわたり平滑化するための構造開発を進めている。

また、今後音源の状況を詳細に測定・分析するために大規模なスパイラルアレイを開発した。このアレイには約 140 個のマイクロホンがスパイラル状に装備され直径が約 4m である。走行中の車両の映像と組み合わせて、部品レベルまで音源の寄与度が定量的に把握できる。Fig.6 に開発された新型スパイラルアレイを示す。

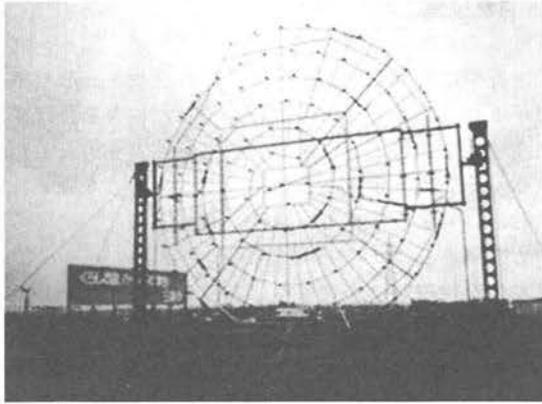


Fig.6 Spiral Microphone Array

6.2 微気圧波の抑制

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を発生する。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る。

さらなる高速走行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る。このために、3次元のCFD解析により車両の断面積の縮小・先頭長さの延長・先頭形状の最適化を進めている。車両の対策で達成できない分は、低コストな緩衝工やトンネル内での圧力波減衰対策についての開発を進めていく。

7. 快適性の向上

7.1 乗り心地の向上

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、次世代高速新幹線台車の開発を開始した。この開発において、台車の様々な諸元を基本から見直すとともに、台車車体間の振動伝達低減に取り組む。さらに、構体の強度を上げて曲げ固有振動数を高めて、車体の弾性振動低減にも取り組む。

アクティブサスペンションについては、さらに機能を向上させるため新タイプの開発を進めている。また、軌道管理のレベルが乗り心地に大きな影響を与えるため軌道整備基準について、合理的な目標と手法を定める。

曲線通過速度の向上に伴い、乗り心地を悪化させないために車体傾斜制御機構の導入を検討している。

7.2 車内の静粛性向上

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ある。そのために、車体の遮音性を大幅に向上させる必要がある。そこで床構造・内装構造・窓構造を従来の新幹線車体から大幅に変更した試作構体を試作し、次世代新幹線用の新車体を開発している。

また、騒音源対策も必要である。そのため、床下騒音低減策として駆動装置の低騒音化、防音制振車輪の開発、主回路機器の低騒音化、レール頭頂面削正手法に取り組んでいる。

8. おわりに

360km/h 運転を実現するためには、上述のように多岐にわたる研究開発を確実に進める必要がある。特に環境基準をクリアすることが最もハードルの高い課題である。

そのために JR 東日本では研究開発センターを中心に全社的なプロジェクトを立ち上げた。研究開発の対象となる領域は、車両・軌道・電力・信号通信・構造物・オペレーション・メンテナンスであり、鉄道技術の全ての分野が関係している。

2003年3月～6月には、現有のE2系、E3系を活用して上越新幹線、東北新幹線で320km/h～360km/hの高速試験を実施した。Fig.7に高速走行試験における騒音低減対策を示す。この結果、高速試験を実施するために必要な、さまざまなデータを得ることができた。

360km/h high speed running test

Tested train: Series E2-1000 (Newest Shinkansen in operation)
Tested route: Joetsu line, Urasa - Niigata

The series E2-1000 was modified for tests of developed devices for noise reduction. Effects of these devices were verified at the speed of 360km/h.

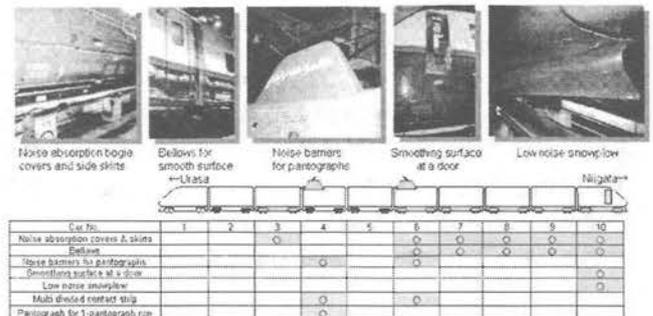


Fig.7 Tests of Noise Reduction at High Speed Running Tests

今後はこれらのデータを活用するとともに、現在進めている多くの要素開発の成果をまとめあげて、次世代新幹線のプロトタイプの開発をめざしていく。