

JR-EAST Innovation 2019 基調講演

「次世代新幹線の実現を目指して ～新幹線試験プラットフォームALFA-X～」

東日本旅客鉄道株式会社 先端鉄道システム開発センター所長 浅野 浩二

浅野 浩二

1988年JR東日本入社。本社、研究所などの主に研究開発部門で、鉄道車両の走行安全性、乗り心地向上などの開発に従事する。1995年に鉄道車両の走行安全性に関する研究で博士号(工学)取得。現在は先端鉄道システム開発センターにて新幹線・在来線車両、信号通信システム、輸送システムの開発を担当する。



先端鉄道システム開発センターの浅野です。『次世代新幹線の実現を目指して』ということで、次世代新幹線はまだ少し先の実現ということになりますが、どのような新幹線にするかというものを、いろいろ考えてきました。それを具現化するためにどうするか、実際に試験車両を造って試験を行っています。

今日お話しすることですが、大きく四つに分かれています。まずはJR東日本が、今までどのような新幹線を造ってきたかという開発の経緯です。その後、次世代の新幹線の検討経緯とコンセプト、ALFA-Xの概要、今行っている走行試験の内容についてお話しします。

まずは、今までの新幹線の概要と、どのような開発をしてきたかという経緯です。

JR東日本の新幹線ネットワークは、東京起点にして5方面に延びています。東北新幹線が一番長く、他に上越や山形、秋田、北陸新幹線があります。特に、東北新幹線は新青森から新函館北斗まで、JR北海道の路線に乗り入れており、2030年には札幌まで北海道新幹線が延伸する予定です。こちらに向けて次世代の新幹線を開発していこうというのが我々の目的です。

お話しすること

1. JR東日本の新幹線の概要と車両開発経緯
2. 次世代新幹線検討経緯とコンセプト
3. ALFA-Xの概要
4. 走行試験概要

©2020 East Japan Railway Company. All Rights Reserved.



©2020 East Japan Railway Company. All Rights Reserved.

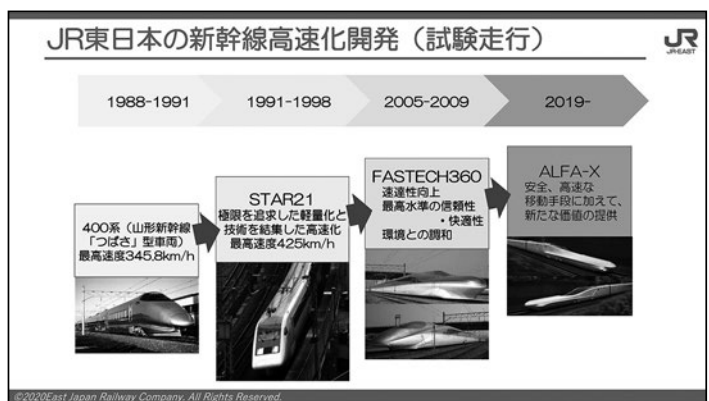
JR東日本の新幹線営業車両の種類は多岐にわたっています。標準タイプといわれているものと、新在直通タイプというものがあります。また近郊タイプとして、2階建ての大量輸送のタイプもあります。その他に、乗って楽しい列車として、とれいゆつばさ、現美新幹線という新幹線車両も運行しています。



それではJR東日本の新幹線高速化の開発はどのように行われてきたか紹介します。

1980年代に、400系新幹線（現在の山形新幹線）の試験車両で、最高速度345.8キロまで試験を行っています。

1990年代になり、STAR21という試験車両を開発しました。これは極限を追求しようということで、軽量化するとともに技術を集結し、高速化を目指しました。このときは最高速度時速425キロを記録しています。ちなみに

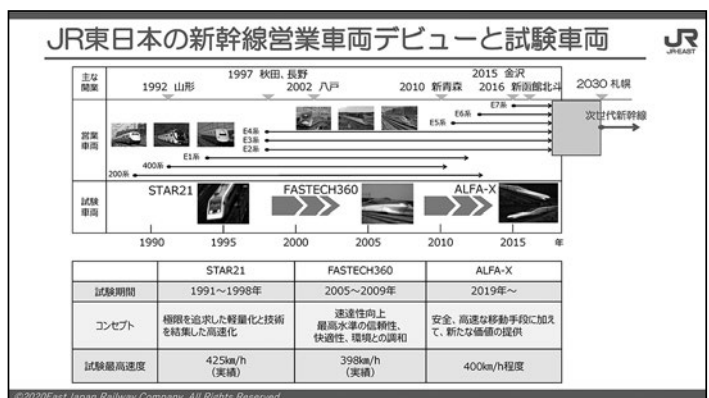


に日本の新幹線試験車両の最高速度記録としては、JR東海の300Xの時速443キロです。

2005年から2009年にかけては、FASTECH360という試験車両を開発しています。こちらはただ単に高速化するだけでなく、信頼性や快適性、環境との調和を目指す目的で開発しました。

そして2019年からALFA-Xということで、後ほどご紹介しますが、安全・高速な移動手段に加えて、新たな価値の提供をコンセプトに試験車両を開発してきました。

新幹線営業車両と開発している試験車両との関係ですが、例えばSTAR21の開発をした後に、E3系、E4系が営業車としてデビューしました。さらにFASTECH360の開発を行った後、新幹線の営業車両としてE5系、E6系、E7系がデビューしています。



現在、ALFA-Xで走行試験を行っています。2030年に北海道新幹線が札幌延伸開業する際には、次世代新幹線の営業車をデビューさせるべく開発を行っています。

これまでこの次世代新幹線をどのようなものにするか検討してまいりましたので、検討経緯とコンセプトをご紹介します。

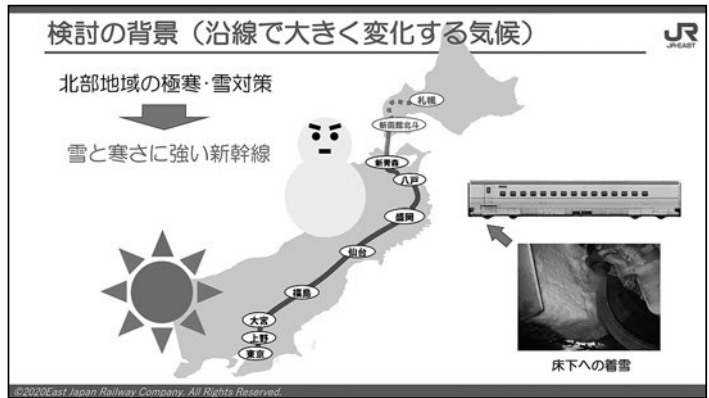
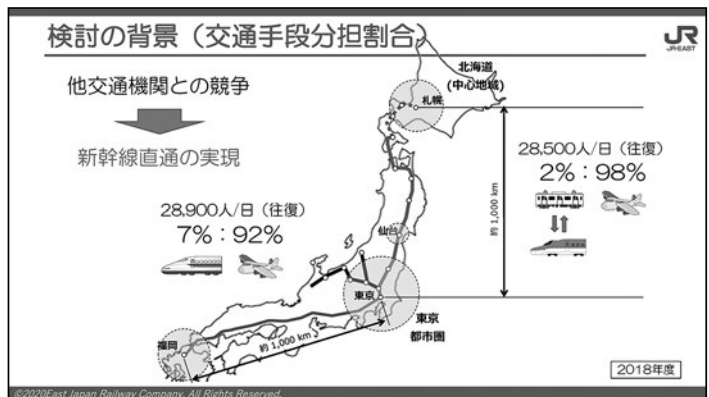
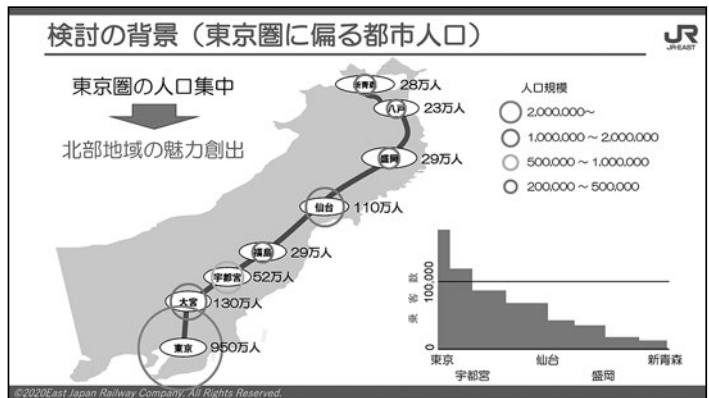
まず検討の背景です。東京圏に偏る都市人口ということですが、東北新幹線の主な駅について、人口規模として、東京圏は1000万人規模、次が大宮と仙台で100万人規模、その次が宇都宮で50万人規模、その他の都市は約20万人規模で北へ向かって人口は少なくなります。また、乗客数は東京から北に向かうほど次第に先細りになっているという状況です。そのため、北部地域の魅力を創出することが必要であるということを考えました。

次に、交通手段の分担割合です。東京・福岡間は約1,000キロありますが、新幹線と航空機の割合は、7対92となっています。

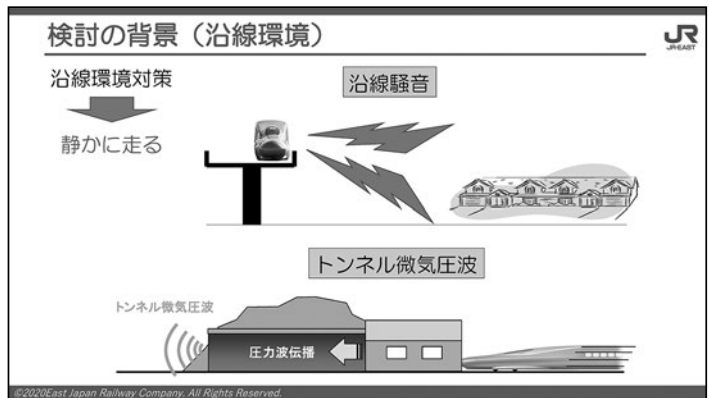
一方、東京・札幌間も、約1,000キロですが、現在は新幹線から途中で在来線に乗り換えるということもあり、航空機とは2対98と大きく差をつけられています。そのため、他の交通機関との競争を考えた場合、東京から札幌まで新幹線を直通させることが必要であるということが二つ目の背景です。

次に、東北新幹線は北へ向かって長い距離を走りますので、沿線で大きく気候が変化します。冬の場合、東京は晴れていたとしても、北に行くと雪が降っていることが多いため、走行中に車両床下に着雪してしまいます。それが走行中に落下することで地上設備に非常に大きな被害を与える恐れがあるため、北部地域の極寒・雪対策としては、雪と寒さに強い新幹線を実現しなくてはならないということが背景にあります。

次に、地震対策です。ご存知のように、中越地震が2004年に発生しました。さらに2011年には東日本大震災が起こっています。地震が多い日本では地震対策の必要性があるため、構造物の耐震補強の他、車両の対地震性能の向上、あるいは早く安全に止まるといったことが新幹線には必要であると考えています。



次は、沿線環境です。高速で車両が走行すると、沿線の方々大きな騒音を被ってしまうことが考えられます。また、トンネル微気圧波というものがあり、高速で車両がトンネルに突入するとトンネル内の空気を圧縮して圧力波が伝播し、反対側出口で大きな音が発生します。これら沿線環境対策として、静かに走る新幹線を実現する必要があります。



次に、日本の人口推移です。このグラフは日本の年齢区分別の将来人口推計です。2020年の日本の総人口は約1億2,500万人ですが、40年後には9,000万人を割ることが想定されています。

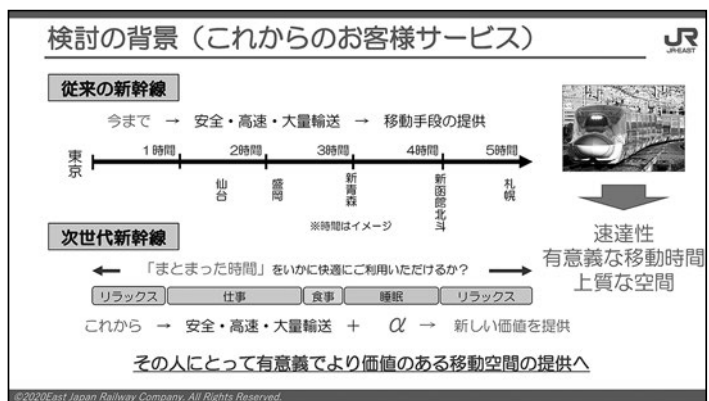


その特徴的なところは、15歳から59歳の人口で、他の年齢区分に比べて人口減少の割合が大きくなっています。将来は全体の人口減少、特に生産年齢人口の減少ということが、今後想定されます。

人口減少
生産年齢人口の減少
↓
・人手のかからない鉄道システム
・地上・車両のモニタリングとCBM

こうしたことから手間のかからない鉄道システム、あるいはメンテナンスの手間がかからないようにモニタリング (CBM) を実現させるということが必要と考えています。

従来の新幹線は安全高速大量輸送、つまり移動手段をご提供することを主体としてきました。東京を起点にしますと、現時点で仙台までで約1時間半、新青森までで約3時間、新函館北斗までで約4時間かかりますが、札幌まで行くためには直通であったとしても5時間程度かかるので航空機と比べてディスアドバンテージがあります。



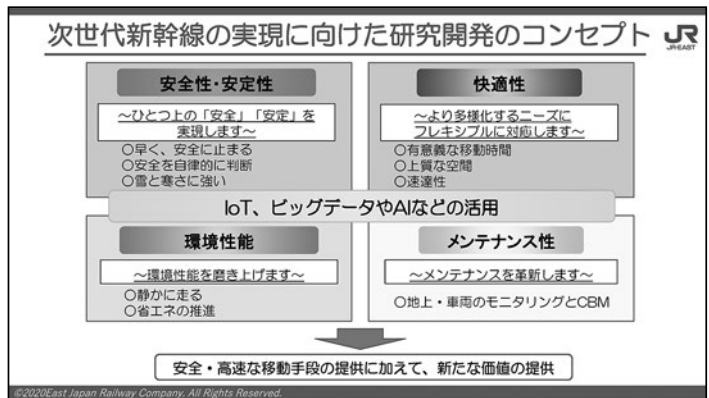
一方で、航空機は電車を乗り換えて空港まで行き、搭乗手続きをして飛行機に搭乗、そして目的地の空港からの移動と言うように、細切れの時間でゆっくりできません。それに対して新幹線は、東京駅から乗車すると札幌駅までまとまった時間が持てるため、お客さまにその時間をいかに快適かつ便利に過ごしていただくかというのを考えようというのが、我々の考えです。つまり、今までの安全高速大量輸送に、プラスアルファとして新しい価値を提供しようとしています。そのためには速達性はもちろんですが、有意義な移動時間、上質な空間を実現し、お客さまにとって有意義で、より価値のある移動空間の提供をしようと考えています。

速達性
有意義な移動時間
上質な空間

このような背景を基に、我々は四つのコンセプトを考えました。安全性・安定性、快適性、環境性能、メンテナンス性の四つで、それぞれの目指すものの実現に向けて新しい新幹線を開発しています。

今まで要素開発を進めてきていますが、現在、IoTやビッグデータ、AIなどの技術が進展していますので、それも活用した新幹線とし、新たな価値を提供していこうと考えています。

2017年からこのプロジェクトは始まっていますが、これまでの要素開発を評価していく段階にきましたので、次世代の新幹線を見据えたインテリジェントな試験プラットフォームとして、ALFA-Xを開発しました。

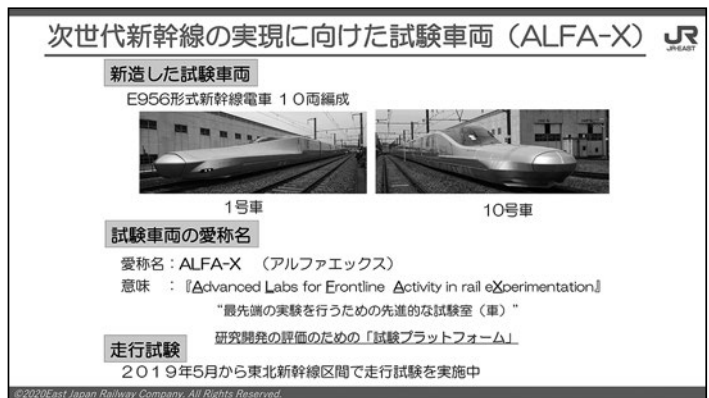


ALFA-Xの概要についてご紹介します。ALFA-Xの正式名はE956形式新幹線電車、10両編成です。1号車と10号車は違った顔つきとなっています。

愛称名であるALFA-Xの由来ですが、日本語の意味としては、最先端の実験を行うための先進的な試験室、試験車ということで、これまでの要素開発の評価のための試験プラットフォームとして名付けました。

走行試験は、2019年5月から東北新幹線区間で実施しています。

エクステリアデザインですが、先頭形状はある仕様に従って設計していますが、1号車は川崎重工製、10号車は日立製作所製であり、車両メーカーのデザイナーがそれぞれの特長を生かしてデザインしました。同時にカラーリングについても、数種類を提案していただき、その中から選定しました。



主要な諸元です。10両編成で、高出力を出すため全てがモーターカーになっています。試験最高速度としては、営業最高速度360キロを目指していますので、その1割増の400キロ程度が出せる性能をこの試験車は持っています。

その他、特徴的なところは温度仕様です。マイナス30度としていますが、JR東日本管内ですと、最低気温はマイナス20度の仕様になっています。今後、北海道に乗り入れるため、函館・札幌間ではマイナス30度まで気温が低下するという地域もあり、それに耐え得る車両設備にすべきであることから温度仕様はマイナス30度としています。

ALFA-X編成の主な特徴ですが、1号車はE5系と同等の室内空間を確保した先頭形状としています。窓の形、大きさを見ていただくと、2号車、4号車、6号車は今の新幹線とほぼ同じ大きさですが、例えば3号車は小さく、A4版ぐらいの大きさです。あるいは5号車は窓がありません。これは窓の大きさや有無によって、車両構造、強度、室内環境、温度、車内騒音などがどう変わるかというものを評価するための構造としています。7号車は航空機の窓と同じぐらいの大きさにしています。8号車は、E5系のグランクラスに相当した内装ですが、室内を二つに分けて、室内環境を比較評価できるような仕組みにしています。

10号車は1号車と違い、トンネルの微気圧波を抑えて環境性能を追求した先頭形状にしています。

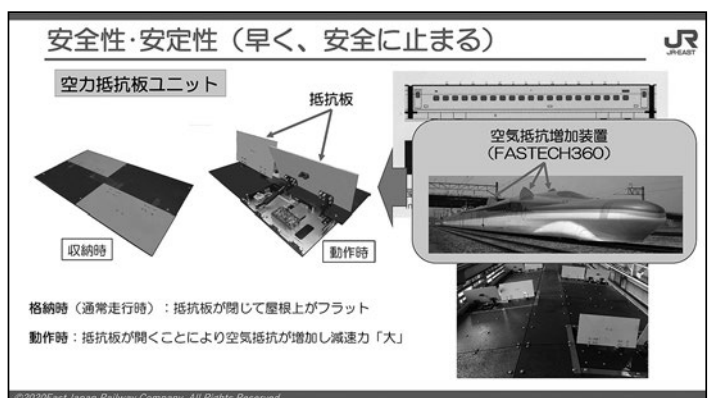
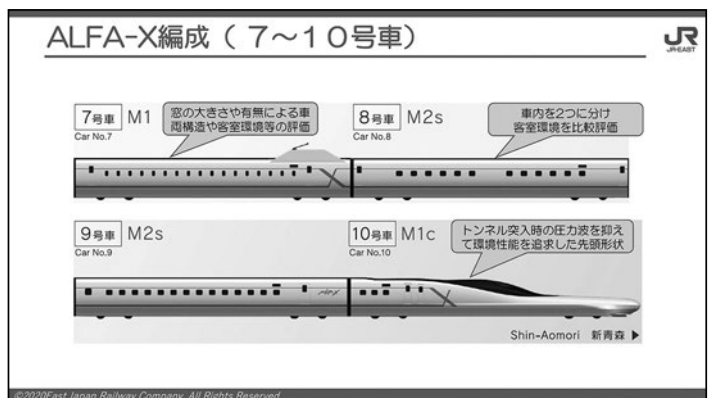
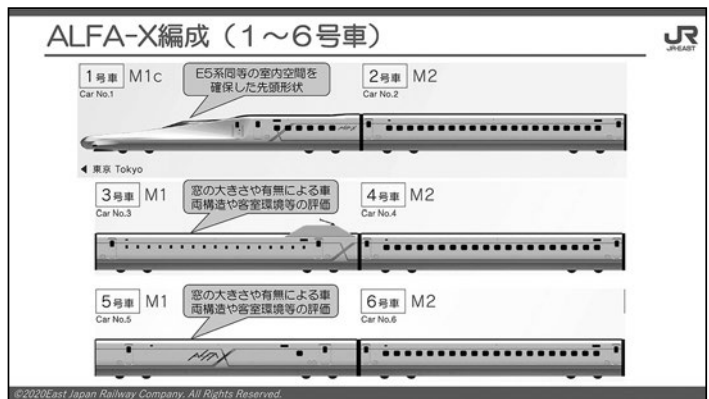
次に、要素技術について紹介します。まずは空力抵抗板ユニットです。先ほど紹介しましたFASTECH360には、空気抵抗増加装置というブレーキ時に減速度を増加させる装置がありますが、収納時に客室空間を狭めていたため、小型分散化しようと考えました。

ALFA-X[E956形式]の主要諸元

項目	
10両編成 (10M)	
試験最高速度	400km/h程度
車体構造	アルミ合金製 気密構体
台車構造	ボルスタレス台車 (全車フルアクティブ制御、空気ばね式車体傾斜2度)
電機方式	50Hz専用、AC25,000V
制御方式	VVVFインバータ制御方式
ブレーキ方式	回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ (応荷重制御付)
温度仕様	-30℃~40℃

ALFA-X ロゴマーク

©2020East Japan Railway Company. All Rights Reserved.



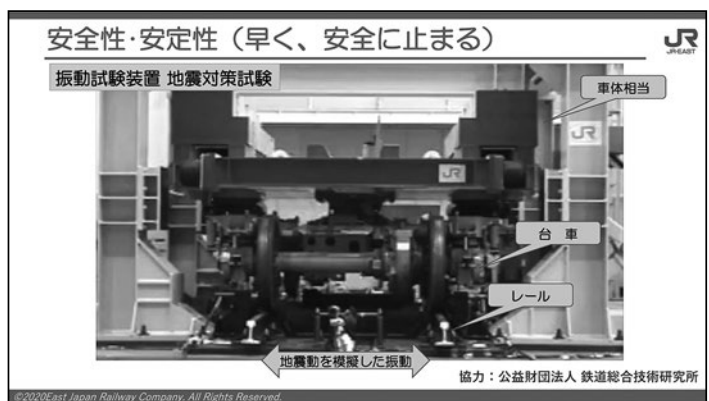
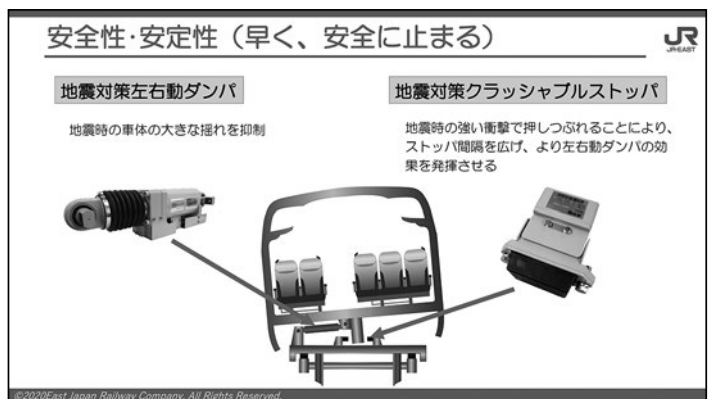
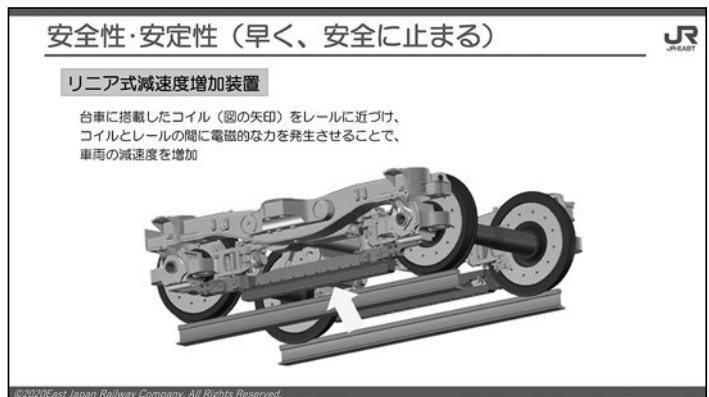
多数の小さな抵抗板ユニットを屋根上に搭載し、収納時は抵抗板が閉じて屋根上がフラットなのですが、動作時は抵抗板が開くことによって空気抵抗が増加します。小型分散化した抵抗板は、1両当たり最大で14台取り付けるようになっています。

鉄道総研の米原風洞で実際に走行風を模擬した試験を行いました。抵抗板ユニットがちょっとだけでも開くと風圧で自動的に抵抗板が全部開きます。反対側の抵抗板もリンク機構により開きますので、どちらの方向に車両が走行する場合でも開くというような仕組みになっています。

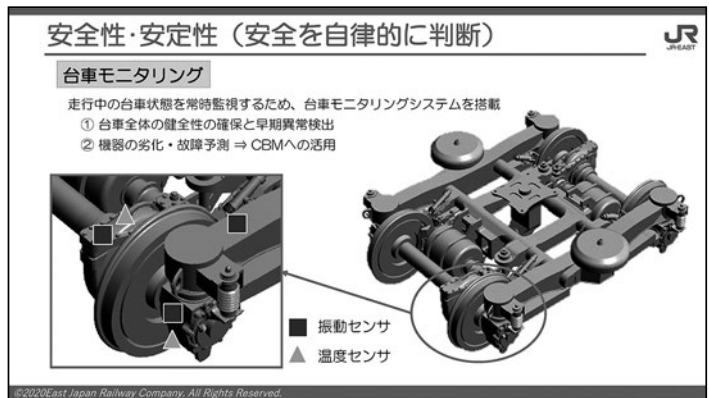
さらに、早く安全に止まるためのリニア式減速度増加装置を装備しています。これは台車にコイルを取り付け、非常時にはコイルをレールに近づけることによって、電磁的な力を発生することで減速度を増加させるというものです。

次は地震対策としての地震対策左右動ダンパとクラッシュャブルストoppaです。左右動ダンパは、車体と台車の間に取り付けられており、地震時の車体の大きな揺れを抑制します。また、クラッシュャブルストoppaについてですが、車体中心ピンと台車枠の間にこのストoppaが設置されており、地震のときに大きな衝撃を受けることでストoppaがつぶれます。それによって車体と台車枠間の間隔が広がり、先ほどの左右動ダンパの効きが、よりいっそう効果的となる仕組みになっています。

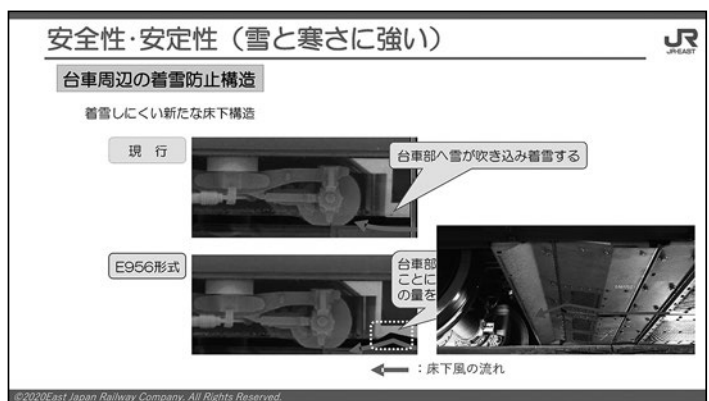
鉄道総研の大型振動試験装置において、実際の台車に車体相当の荷重を載せて、下から地震動を模擬した振動を与え、対策品の効果があるかどうか検証しました。



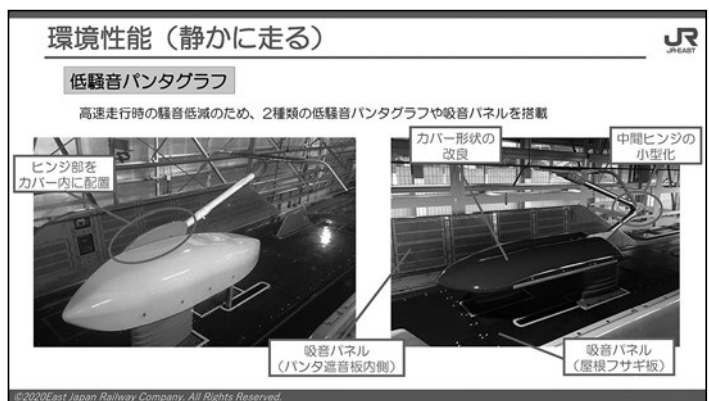
次に、車両走行中の安全性を自律的に判断する仕組みとして、台車モニタリング装置を搭載しています。高速で走行している間、台車枠や軸箱に設置された振動センサーや温度センサーで常時車両の状態をモニタリングして、車両全体の健全性を確認し、何か異常が発生したときにはすぐに検出、通知できる仕組みになっています。また機器の状態データを常時収集していますので、機器の劣化、故障予兆を分析するCBMにも活用できます。



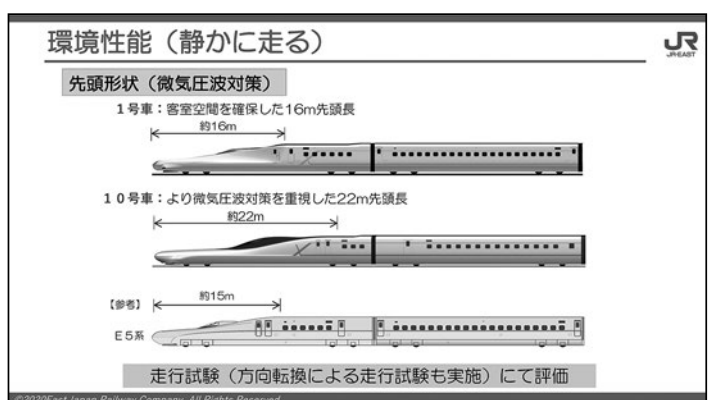
次に雪対策ですが、床下のふさぎ板には着雪抑制のためのヒーターを取り付けています。また、走行中は床下風が巻き込むことにより雪が台車周辺に付着しますが、台車部前後の床下形状を変更することにより、床下風を整流し、台車部に巻き込まない構造にしています。



次に環境性能で静かに走るための設備です。屋根上のパンタグラフで主に音が発生す場所は、ヒンジ部、カバー部ですが、これらの音を低減させることが課題となっています。現在、ALFA-Xには2種類の低騒音パンタグラフを搭載しています。一つのパンタグラフはヒンジ部をカバーの中に隠してしまう構造、もう一つはヒンジ部を小型化し、またカバーの形状を改良した構造です。併せて両方のパンタグラフの周りですが、屋根上に吸音パネルを搭載して低騒音化を図っています。



また、微気圧波抑制に関してですが、両先頭の形状を変えて効果の比較をしています。1号車の先頭長は約16mであり、E5系の先頭長15mとほぼ同じ長さです。客室空間はE5系とほぼ同じ空間を確保しながら、先頭長を1m長くして、微気圧波に対してどの程度の効果があるか試そうと考えています。10号車の場合、側面図で分かるように窓が3つしかありません。新幹線の車両長は通

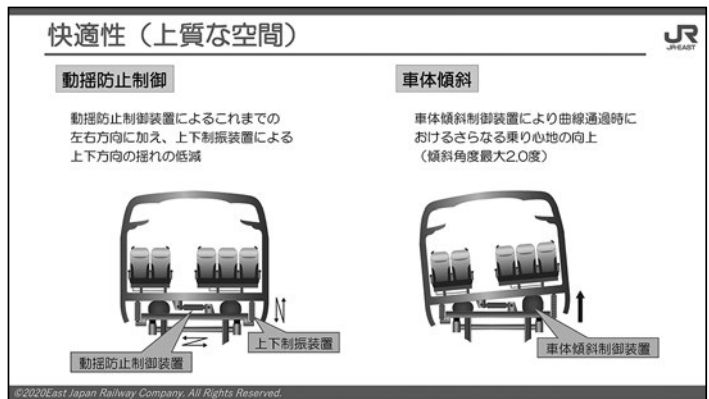


常は25mですが、微気圧波対策を重視して先頭長を22mまで延ばしています。この両方の先頭形状で、微気圧波に関する試験を行っています。1号車と10号車を逆先頭に取りつけてトンネルに突入するといった試験も行っていきます。

速達性としては、主回路、つまりモーターやモーターを制御する機器については、高出力化の開発を行いました。また最近採用事例が増えてきたシリコンカーバイド(SiC)を使用することにより、主回路の高効率化、小型化を目指しました。



乗り心地対策としては、動揺防止制御、車体傾斜制御を搭載しています。E5系、E6系でも左右方向の揺れを抑える動揺防止制御装置を搭載していましたが、ALFA-Xではそれに加えて上下方向の揺れを抑えるために、上下振動の制振装置も搭載しています。車体傾斜装置は、E5系の場合には最大傾斜角度1.5度ですが、ALFA-Xの場合にはさらに速度を向上させるため、最大傾斜角度は2度となっています。



次に腰掛です。お客さまが直接座るところであるため、乗り心地をいかに向上するかとともに、メンテナンスに関しても、いかに効率化するか、シンプル化するかということも検討しています。



次に空調です。いわゆるエアコンですが、小型軽量化、静音化はもちろんですが、北海道地域のマイナス30度の外気温にも対応する機構にしています。

快適性（上質な空間）

空調機器

- ・ 現行空調と比べ冷房性能は維持しつつ小型軽量化、静音化を実現
- ・ 暖房性能を向上（-30℃の外気温対応）
- ・ 空調制御装置の操作性が向上し、文字情報で動作状況などが確認可能



©2020East Japan Railway Company. All Rights Reserved.

最後にモニタリング（CBM）ですが、将来的にはALFA-Xで収集したデータをサーバーを通してメンテナンスセンター等に送る仕組みを作っていきます。それらを活用してCBMを実現していこうと考えています。さらに、将来の自動運転を目指した開発も今後行っていきます。

メンテナンス性（地上・車両のモニタリングとCBM）他

モニタリング、CBM

- ・ 地上設備や車両の各機器をモニタリングする装置を搭載
- ・ 試験を通じてデータを収集し、それらを活用してCBM（状態基準安全）を実現



自動運転を目指した開発
将来の自動運転を視野に入れて、基礎的な研究開発を実施予定

©2020East Japan Railway Company. All Rights Reserved.

次に、走行試験の概要です。ALFA-Xの走行試験は、2019年の5月から開始されました。フェーズ1、フェーズ2とフェーズが分かれており、フェーズ1の場合は基本的な走行技術の確立、安全性の徹底検証として360キロ域（一部400キロ域）まで走行状態の確認を行ってきています。特に安全性・信頼性に関してはフェーズ2において耐久性も含めてしっかり確認していきます。

ALFA-X走行試験


走行試験スケジュール

2019年5月走行試験開始
フェーズ1：走行技術の確立・安全性の徹底検証
フェーズ2：新たな価値創造の試験プラットフォーム

走行試験検証項目

- 確認走行試験
- 速度向上試験
- 環境確認試験
- ブレーキ試験
- フェール試験
- 軌道・架線測定 等

※2020年2月12日
北海道新幹線区間乗入れ



©2020East Japan Railway Company. All Rights Reserved.

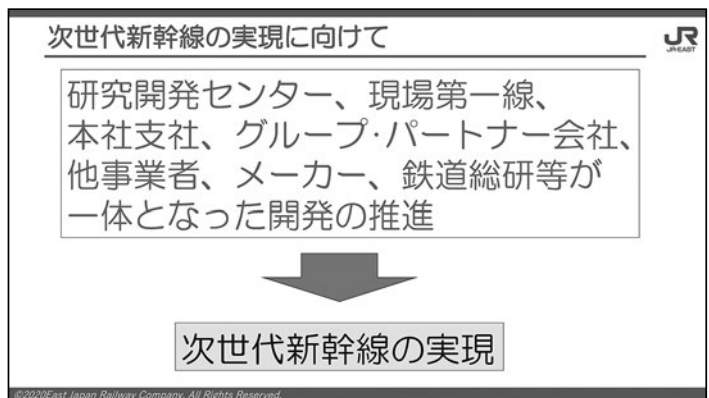
フェーズ2では先ほどの耐久試験も行いますが、もう一つの目標の新たな価値創造の試験プラットフォームとして、さまざまなサービス機器に関する試験も実施します。これに関しては現状の技術で実現できるものもありますが、10年後は今とは全然違う技術が出てくると思いますので、あくまでも試験プラットフォームとして、その車内を有効に活用して様々な試験を行っていきます。この中では弊社内の技術だけではなく、外部の方々のお知恵を拝借して、例えば実際にALFA-Xの1両分をお貸ししているいろいろな方とサービスに関する技術開発を一緒にできればと考えています。

試験区間は主に東北新幹線区間が中心ですが、北海道新幹線区間でも特に冬季に走行試験を行うことになります。

走行試験の検証項目としては、機器性能の確認走行以外に環境騒音の確認、ブレーキ試験、その他いろいろな機器の動作をわざとフェイルさせ、その際の安全性を確認する試験も行います。

2月12日(水)に初めてJR北海道の新幹線区間に乗り入れており、本日の夜も北海道新幹線区間に乗り入れます。今回は3日、4日かけてブレーキ性能等の試験を行っていきます。

次世代新幹線の実現に向けて、このようにALFA-Xによる各種試験を行っています。主体となっているJR東日本研究開発センター以外にも、現場の方々、本社・支社、グループ会社、パートナー会社、他にもJR北海道さんといった他の事業者の皆さま、車両メーカーさん、鉄道総研さん等が一体となって開発を推進しており、その結果、次世代新幹線が実現できると考えています。



このように全社一丸となって試験に取り組んでいるという状況が分かるよう企業CMを作りました。開発に携わっている主に若手が出演しています。CMは15秒、30秒、60秒と3パターンあります。

次世代新幹線の実現に向けて、ALFA-Xを試験プラットフォームとして各種試験を行ってきています。ただ、試験走行を始めてから1年もたっていません。次世代の新幹線の実現は2030年となりますが、今後もグループ企業一丸となって、次世代の新幹線の実現に向けて取り組んでいきたいと考えています。

ご清聴ありがとうございました。

