



新幹線の進化に貢献する 鉄道総研の研究開発

公益財団法人鉄道総合技術研究所 理事 古川 敦

はじめに

東海道新幹線は、今年10月1日で開業から60周年を迎えます。コロナ禍前の2018年度には新幹線全体で1日あたり約119万人のお客様にご利用いただいております。今ではビジネスや観光に不可欠な交通機関となりました。加えて東海道新幹線の成功は、世界各国で高速鉄道の開発・建設を進めるきっかけとなり、世界鉄道連合(UIC)によると、2023年10月1日現在、最高速度200km/h以上の高速鉄道は、世界45か国・地域の総延長59,498km¹⁾の区間で運行されています。東海道新幹線は、まさに世界の鉄道を変えたといっても過言ではないでしょう。

鉄道総研は、その前身である鉄道技術研究所時代から、東海道新幹線の実現、および開業後の新たな技術課題の解決に取り組んできました。新幹線のような巨大なシステムでは、安全かつ安定して走行するための車両技術、地震時においても安全を確保する技術、および高速化にともなって増大する騒音への対策技術など、多くの要素技術を効果的に融合する必要があります。本稿では、これらの技術のうち、国鉄分割民営化以降、鉄道総研が所有する大型試験設備や解析技術が貢献したもののいくつかをご紹介します。

車両の進化

～ボルスタレス台車の登場～

東海道新幹線開業時の営業車両0系の営業最高速度は210km/hでした。その後、東海道新幹線では1985年に100系が、1982年に開業した東北・上越新幹線では耐雪構造を採用した200系が導入され、1992年に本格的なフルモデルチェンジ車両として300系が登場しました。300系には国鉄末期から民営化初期にかけて開発された数々の新機軸が採用されました。中でも特筆すべきは、新幹線で初めて**ボルスタレス台車**[®]が採用されたことです。開発にあたっては、鉄道総研の車両試験装置(図1)によって高速域での走行安定性や防振性能を確認し、さらにJR東海の100系電車を用いた本線上での走行試験を経て、300系への搭載に至りました。

ボルスタレス台車の採用などにより、16両編成全体での重量は0系の970トンから710トンに減少し、270km/h運転の実現に大きく貢献しました。300系以降に登場した新幹線車両では全てボルスタレス台車が採用されています。

図1 ボルスタレス台車

車体からの荷重を台車枠へ伝える「まくらばり(ボルスタ)」を無くした(レス)台車。ボルスタレス台車では、車体は台車枠との間にある空気ばねで直接支持される。まくらばりを無くすことで、台車の大幅な軽量化を実現できる。



図1 新幹線用車両を載せた車両試験装置

大規模地震への対応

～早期地震警報システムと新幹線脱線対策～

大規模地震が多発する日本では、地震時における新幹線の安全確保は重要な課題です。新幹線は高速で走行するため、緊急時に非常ブレーキをかけてもすぐには止まりません。これに対し、地震の際は、まず地盤を伝わる速度が高く振幅は小さいP波が到達し、続いて主要動であるS波が到達するという特性を用いて、S波が到達する前に列車を減速させようというのが早期地震警報システムの考え方です。この考え方を取り入れたユレダスは、1992年に東海道新幹線で導入されました。一方、ユレダスでは地震の諸元（震央位置とマグニチュード）の推定精度に課題がありました。これに対し、1995

年に発生した兵庫県南部地震以降に、防災科学技術研究所などの公的機関によって整備された地震観測網で得られた多くのデータの解析結果に基づき、これらの精度を改善した新たな早期地震警報システムが2004年に開業した九州新幹線に導入されました。この新たなシステムは、その後、既設の新幹線にも順次展開されています。また、海溝型の大地震をより早く検知するために、公的機関により整備されている海底地震津波観測網を活用した早期地震警報システムが開発され、2017年以降JR各社の新幹線に導入されています。

一方、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、とき325号が、お客様を乗せて走行中の新幹線列車として初めて脱線しました。

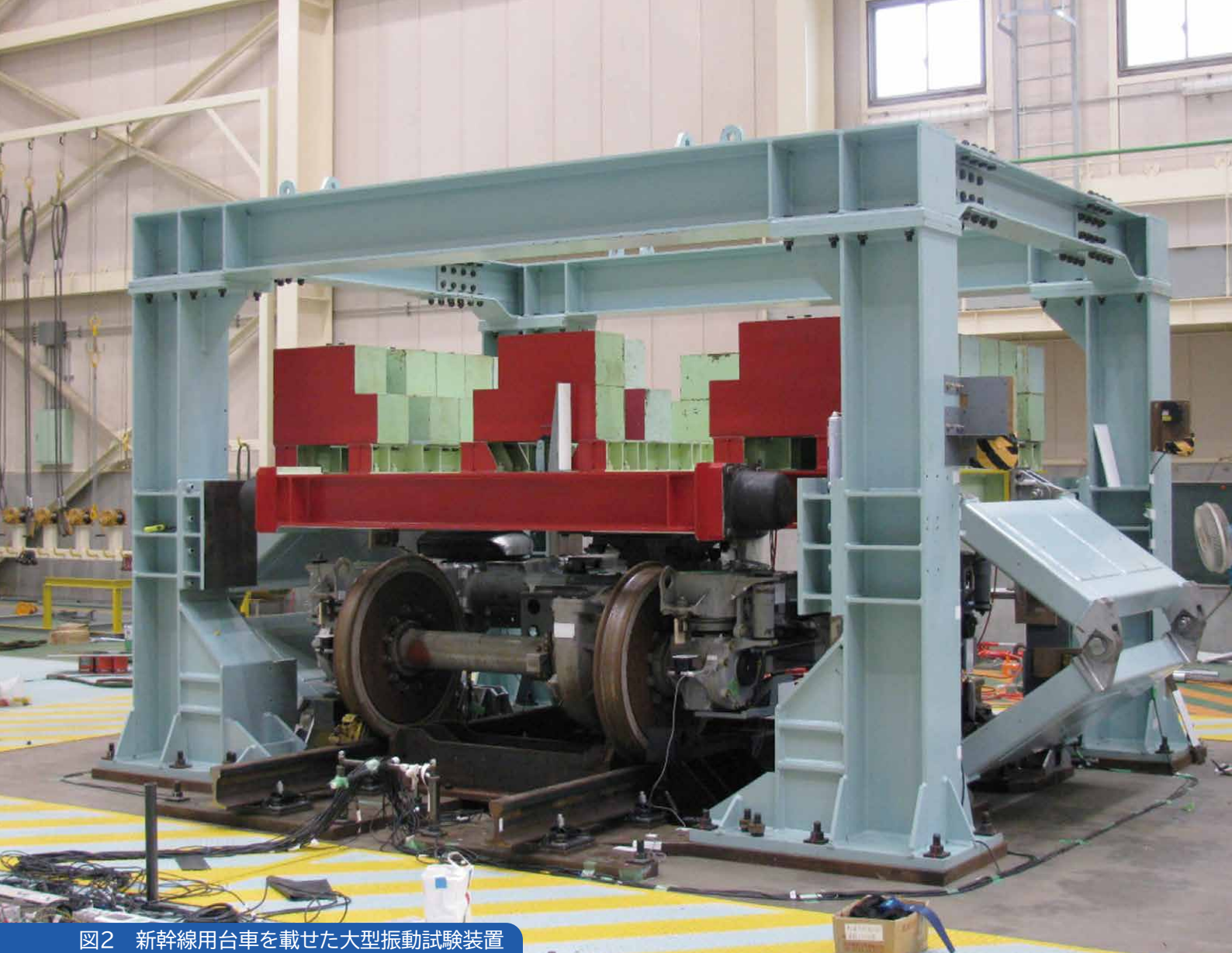


図2 新幹線用台車を載せた大型振動試験装置

これを受けて、鉄道総研は、新幹線を運行するJR各社と協力して新幹線の脱線や脱線後の逸脱を防ぐための技術開発を進めました。これらの技術開発にあたっては、鉄道総研が所有する大型振動試験装置（図2）やさまざまなシミュレーション技術が貢献しています。

沿線環境との調和 ～空気力学的諸課題の解決～

開業当初の新幹線は、高速で走行するために発生する騒音が在来線よりも大きいという課題がありました。

騒音を低減するためには、①どこから音が発生しているのかを知ること（音源探索）、②対

策によってどの程度音が小さくなるのかを知ること（騒音の評価・予測）が重要となります。このため、マイクロフォンを2次元的に配列したアレイ式指向性マイクロフォンによる音源探索技術や、大型低騒音風洞（図3）を活用した、車両各部から発する空力騒音の評価技術、あるいは音源別の騒音の伝搬特性を利用した沿線騒音の予測技術を開発し、新幹線の騒音低減に活用しています。

また、山陽新幹線が博多まで延伸された1975年以降、列車がトンネルに突入した際に、トンネルの反対側の出口側で大きな発破音が発生する「微気圧波」が問題となりました。この微気圧波は、列車先頭部が高速でトンネルに突

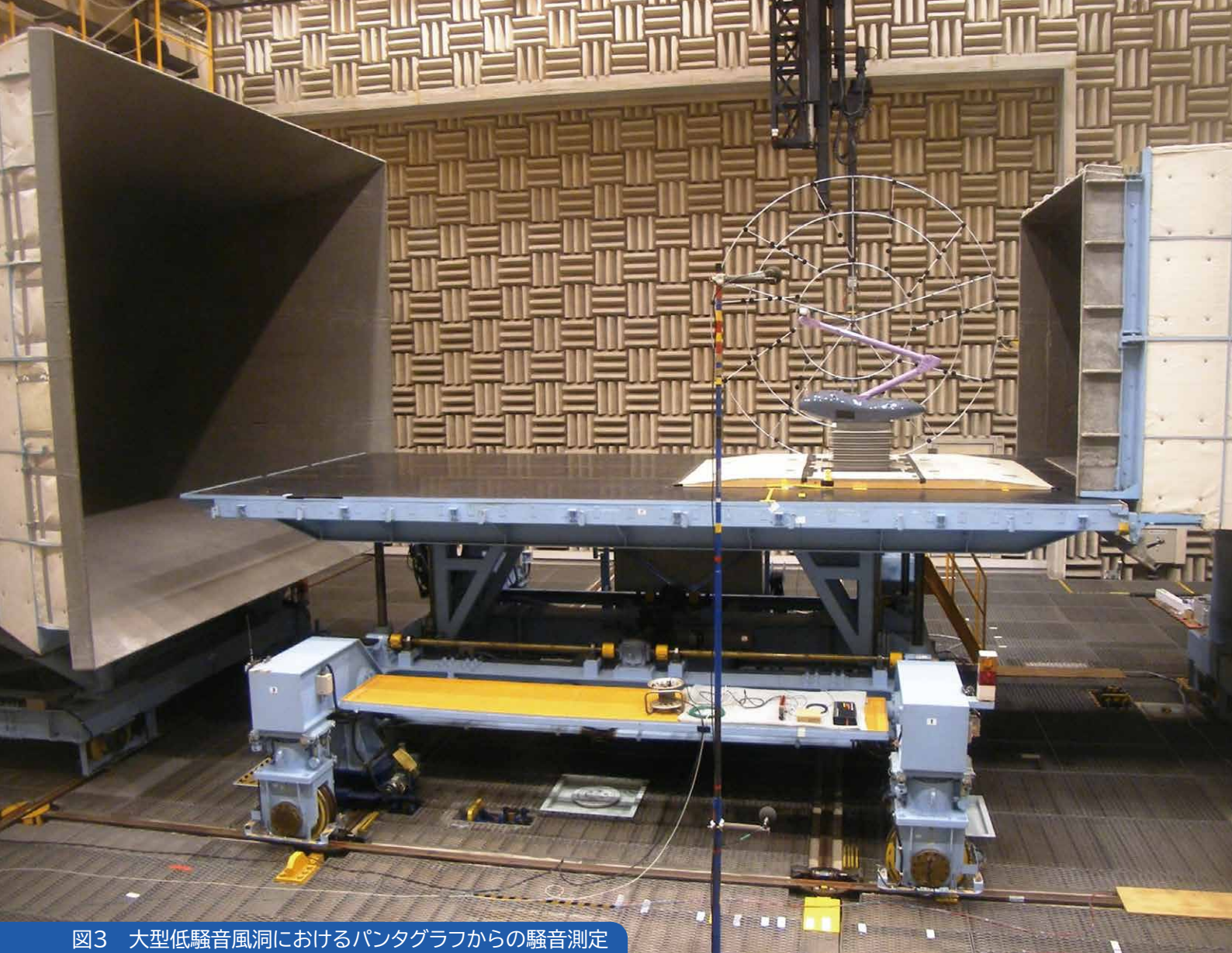


図3 大型低騒音風洞におけるパンタグラフからの騒音測定

入した際に、列車前方の空気が圧縮されて圧力が上昇し、これが圧縮波となってほぼ音速でトンネル内を伝播し、出口に到達するとパルス状の圧力波として外部に放射される、というメカニズムで発生します。これに対し、トンネル内圧縮波の圧力の変化率を緩和する方策、具体的にはトンネル緩衝工の設置と車両先頭部形状の改良策を提案しました。これらの対策により、営業最高速度は1997年には300km/hに、2013年には320km/hに向上し、現在に至っています。

さらなる進化に向けて

新幹線には、その高速性だけではなく、自動

車や飛行機と比較して環境性能に優れているという特徴があります。とりわけ欧州では、脱炭素社会の実現に向けて環境に優しい高速鉄道を積極的に活用し、2030年までに旅客数を2倍に増やすという野心的な計画が進められています²⁾。日本の新幹線も、さらなる消費エネルギーの削減や沿線環境負荷の軽減が、今後の進化の方向となっていくことでしょう。

鉄道総研は、今後の新幹線の高速化に向けて、縮尺1/20の車両模型を最高速度400km/hでトンネル模型に突入させて微気圧波を再現できる低騒音列車模型走行試験装置(図4)や、トロリー線を取り付けた円盤を最高速度500km/hで回転させ、実パンタグラフの集電性能確認な

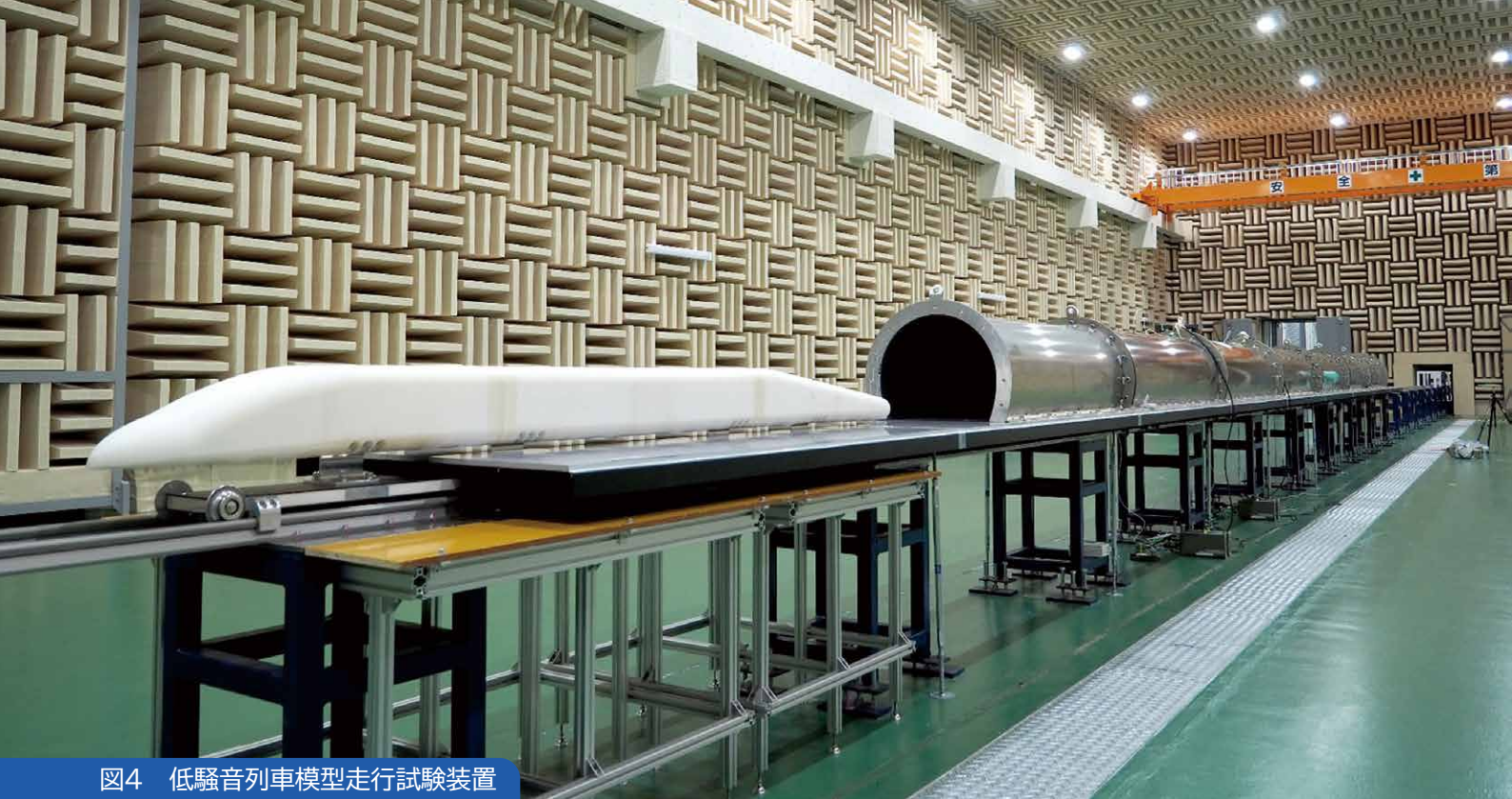


図4 低騒音列車模型走行試験装置

どを行える高速パンタグラフ試験装置(図5)などを前基本計画RESEARCH 2020で建設しました。これらの新たな試験装置や本文で紹介したユニークな試験設備、および独自の解析技術などを通じて、さらなる新幹線の進化に貢献してまいります。

文献

- 1) UIC : High Speed Lines in the World 2022, https://uic.org/IMG/pdf/20231001_high_speed_lines_in_the_world.pdf (入手日: 2024年5月7日)
- 2) EU : Sustainable and Smart Mobility Strategy, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF (入手日: 2024年5月7日)

図5 高速パンタグラフ試験装置



■ 2024年9・10月号の訂正とお詫び

RRR誌2024年9・10月号に誤植がございました。ここに訂正してお詫び申し上げます。

頁	記事	箇所	誤	正
10	新幹線の進化に貢献する鉄道総研の研究開発	10行目	世界45か国	世界21か国