

新幹線鉄道沿線の環境を騒音から守る

長倉 清

環境工学研究部(騒音解析 研究室長)



ながくら きよし

新幹線鉄道騒音の経緯

昭和39年に登場した東海道新幹線は、当時の世界最高を誇る速度210km/hでの営業運転を実現しましたが、同時に新幹線鉄道沿線に騒音問題が発生しました。開業当初の騒音レベル(1列車通過時の時間重み特性Sでの騒音レベルの最大値)は、近接側軌道中心から25m離れ、地上高さ1.2mの観測点(以下、25m点)において90dBに近い値でした。その後、防音壁設置をはじめとする種々の対策が行われましたが、依然として騒音レベルは80dBに近い値でした。昭和47年に開業した山陽新幹線においても、騒音レベルは東海道新幹線とほぼ同等でした。

このような状況のもと、環境庁は昭和50年7月に「新幹線鉄道騒音に係る環境基準」を告示しました(表1)。この告示を受け、昭和51年3月に騒音対策の基本事項を定めた「新幹線鉄道騒音対策要綱」が閣議了解され、環境基準

表1 新幹線鉄道騒音に係る環境基準

地域の類型	基準値※
I (主として住居用に供される地域)	70dB以下
II (商工業の用に供される地域等 I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域)	75dB以下

※1列車通過時の時間重み特性Sでの最大騒音レベルについて、上り下りの列車を合せて連続して通行する20本の上位10本についてパワー平均した値

表2 75dB対策

	対策年次	75dB対策区間	
		東海道・山陽新幹線沿線	東北・上越新幹線沿線
第1次	昭和60～平成6年度	住宅密集地域が連続する地域	住宅が集合する地域(昭和63年度～)
第2次	平成4～8年度	住宅が集合する地域	住宅集合地域に準ずる地域
第3次	平成10～14年度	住宅集合地域に準ずる地域	住宅立地地域(住宅が点在する地域を除く)

※平成18年度より、対策地域の拡大を図り、現在も推進中

の早期かつ円滑な達成を図るべく、発生源対策、建物に対する障害対策、沿線地域の土地利用対策の諸対策を推進することとされました。一方、その後の環境基準の達成状況を踏まえて、いわゆる「75dB対策」(表2)が昭和60年度以降実施されてきました。これは、住宅密度の高い地域から積極的な発生源対策を実施することにより、騒音レベルを当面75dB以下とすることを目指したものです。防音壁の嵩上げ、レール削正等の地上対策や騒音低減を図った新型車両の投入が行われ、その結果、社会の要請に応えた速度向上を行いつつ、沿線の広範囲な地域において75dBの騒音レベルを達成しています。

新幹線鉄道騒音の音源と対策

新幹線鉄道騒音は、車輪・レールの振動から発生する転動音、コンクリート高架橋等の構造物の振動から発生する構造物音、パンタグラフをはじめとする車体各部と空気流との相互作用によって発生する車両空力音、パンタグラフが離線するときに発生するスパーク音、歯車装置等の車両機器から発生する音などから構成され、これらを発生部位別に見ると図1のように分類されます。以下では、新幹線鉄道騒音を構成する主な音源について、音源の性質および低減対策を個別に解説します。

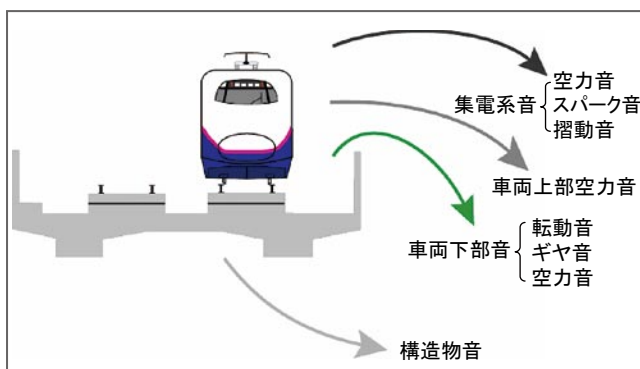


図1 新幹線鉄道騒音の音源

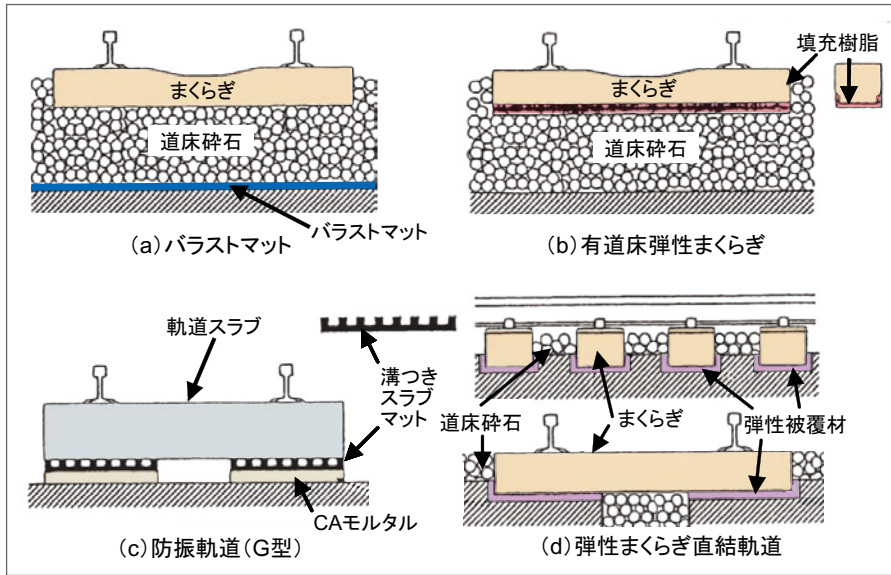


図2 構造物音対策の概略

転動音

転動音は、車輪・レール面上にある微小な振幅の凹凸に起因する加振力によって、車輪およびレールが振動して発生します。したがって、車輪とレールの表面状態が転動音の大きさを決める主要な因子となります。新幹線車両では、レジン製踏面研磨機の採用（昭和48年頃）以降、車輪の踏面状態は良好であるため、転動音の大きさはレールの頭頂面状態に大きく依存します。転動音対策として、昭和58-59年頃からレールの表面を平滑にする対策（レール削正）が実施されており、大きな効果を挙げています。

構造物音

構造物音は、車輪・レール間の相互作用により発生した振動がコンクリート高架橋等の構造物に伝わって放射される音です。構造物音の大きさを決める因子としては、車両の軸重、車輪・レールの表面状態、列車速度、振動の伝搬経路の条件等が挙げられます。車両の軽量化や転動音対策として実施されたレール削正は、構造物に働く加振力を低減し、構造物音の低減にも寄与しています。構造物音に対するもう一つの低減法は、車輪・レール系の振動がコンクリート構造物へ伝搬する経路で振動を遮断する方法です。図2に新幹線鉄道において実用化されている主な対策を示します。また、レール締結装置においてバネ定数の小さい軌道パッドを使用する防振方法も効果を挙げています。

車両空力音

空力音は、高速で走行する車両周囲の流れが時間的に変

動することにより発生する音で、新幹線の登場によって新たに問題になってきた騒音です。空力音の音響パワーは列車速度の約6乗に比例し、他の音源に比べて高い速度依存性を持ちます。

車両空力音の音源は、指向性マイクロホン等を用いた測定によって音源位置が明らかになったことにより、特定できるようになりました。図3にアレイ式指向性マイクロホンによる騒音レベル変動を示します。車両形式によりレベル変動パターンが異なりますが、この違いは各車両の形状や表面状態等の違いに対応しており、これらの測定結果により空力音の音源が明らかになってきました。また、風洞試験によって詳細な空力音源分布を得る試みも行われ

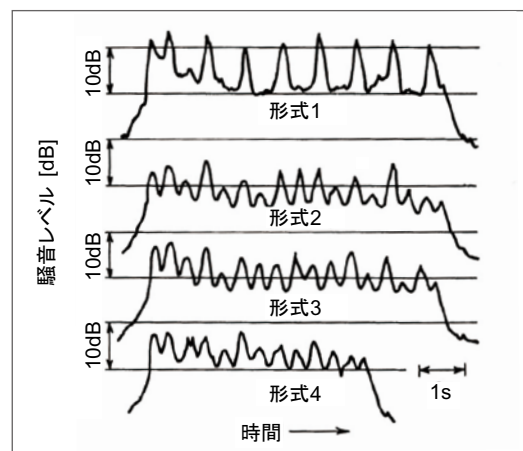


図3 アレイ式指向性マイクロホンによる騒音レベルの変動例

(測定点：25m点、列車速度＝220-240km/h、時定数＝35ms)

ています。図4は1/5縮尺新幹線車両模型を用いた風洞試験によって得られた車両空力音源分布であり、車両表面の各々の局所的不整から空力音が顕著に発生していることがわかります。これまでに、現車試験および風洞実験によって確認されている新幹線車両の主な空力音源としては、集電系、車両間隙、先頭部、給排気用ルーバ構造、特高圧母線引き通し用ケーブルヘッド、台車部などが挙げられます。

近年開発されている新幹線車両では、後述する通り、集電系空力音の低減が進んでおり、その他の音源についても給排気用ルーバ構造の車両下部への移設、特高圧母線引き通しの車間渡り装置の小型ジョイント化等の対策が行われました。最新のN700系車両では全周ホロにより、車両間隙部からの空力音も大幅に低減されています。これらの対策の結果、地上点から見通すことができる屋根上の不整が格段に少なくなり、車両から発生する空力音の地上点への寄与は大幅に低減されました。

集電系音

パンタグラフ部位から発生する音を総称して集電系音と呼んでいます。集電系音は、集電系空力音、パンタグラフの離線によって生じるスパーク音およびパンタグラフとトロリ線の摺（しゅう）動に伴う摺動音から成り立っています。このうち、摺動音は速度依存性が小さいため、200km/hを超える速度域では他の二者に比べると小さく、かつては主要な音源であったスパーク音も、複数のパンタグラフを電気的につなぐことでスパークの発生を防ぐ対策（特高圧母線引き通し）により、ほぼ解消されました。その結果、集電系音の主音源は空力音へ移行していきました。

集電系空力音が地上点における騒音に大きな寄与を持つのは、パンタグラフが車両屋根から大きく飛び出しているため乱れの小さい空気流れが直接当たること、パンタグラフが細い棒状の部材から構成されていること、車両の高い位置にあるため防音壁による遮蔽が困難であること等によります。集電系空力音対策としては、パンタグラフにあたる流れの制御と発生した音の遮蔽を意図したパンタグラフカバーが開発され、一定の効果を挙げました。その後、更なる高速化を目指す過程で、パンタグラフカバー自身からも空力音が発生していることがわかり、パンタグラフカ

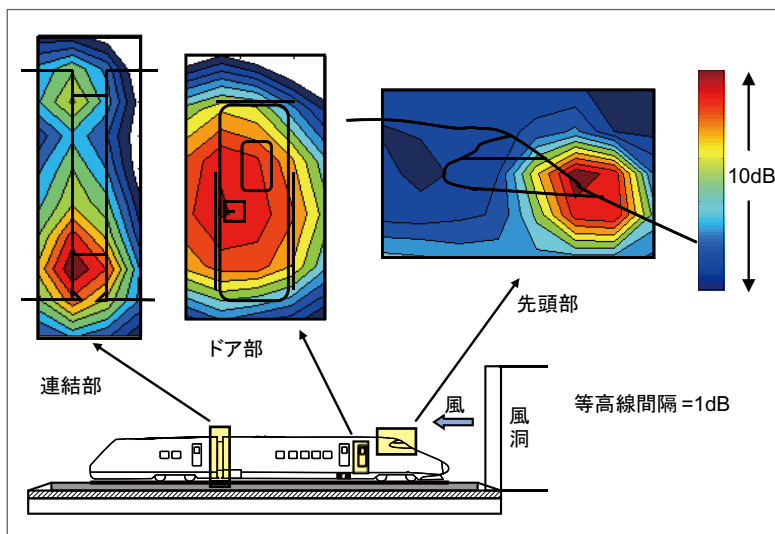


図4 1/5縮尺新幹線車両模型を用いた風洞試験での音源分布解析例

バーによる対策には限界があることが明らかになってきました。平成9年以降に登場した車両では、低騒音パンタグラフの開発および碍子カバーの採用（500系）、低騒音パンタグラフ+碍子カバー+2面側壁の組合せ（700系）、低騒音碍子の採用（E2系1000番代）等の対策が実用化され、集電系の低騒音化が進みました（図5）。

遮音・吸音対策

発生した騒音の遮蔽、吸収については、防音壁対策が広く行われています。また、低減効果の向上を狙って、種々の構造の防音壁について研究・開発が行われてきています。現在、新幹線で広く用いられている防音壁は直立型、逆L型（吸音材貼り付けを含む）ですが、干渉型、先端分岐型等の防音壁も実用化されています。

新幹線鉄道騒音の音源別寄与度の推移

東海道新幹線の開業当初は防音壁が設置されておらず、沿線における騒音は、ほぼ転動音を主成分とする車両下部音の寄与で占められていました。その後、防音壁の設置やレジン製踏面研磨子の採用による車輪踏面状態の改善により転動音をはじめとする車両下部音が低減された結果、転動音と並んでパンタグラフのスパーク音が新幹線鉄道騒音の中心となってきました。パンタグラフを含めた車両上部からの空力音の寄与度が目立ってきたのは、レール削正によって転動音が大幅に下がり、もう一つの大きな音源であったスパーク音も特高圧母線引き通し対策によってほぼ無くなってからのことです。

空力音は高い速度依存性を持つため、速度向上のために



図5 集電系の低騒音化

は、その対策が不可欠であることが認識されるようになってきました。240km/hを超える走行速度を目指して開発された車両では、車両上部の平滑化による空力音の低減、低騒音パンタグラフの開発による集電系空力音の低減等の新しい騒音低減技術が採り入れられ、騒音レベルの低減を実現しています。これらの車両においては、集電系を含む車両上部から発生する空力音の寄与度と転動音をはじめとする車両下部から発生する騒音の寄与度は拮抗しています。また、車両下部から発生する騒音の主体は、これまでは転動音と考えられていましたが、高速領域では車両下部で発生する空力音が地上点の騒音に影響を与えているのではないかと判断されるデータもあります。

今後の対策技術の展望

現時点での新幹線鉄道騒音の構成は車両下部から発生する騒音と集電系を含めた車両上部から発生する騒音の寄与度が拮抗しており、今後の騒音低減のためには、それぞれの音源について対策を行うことが必要となります。平成19年に営業運転を開始したN700系車両においては、エアロダブルウイング形先頭形状の採用、全周ホロや集電系部の低騒音化、屋根上の徹底した平滑化等の対策に加え、車両下部においても台車部騒音の遮蔽を考慮した台車カバーの採用、床下の徹底した平滑化等を実施しています¹⁾。また、高速試験車両「FASTECH360」においても、全周ホロ、集電系部の低騒音化、パンタグラフ数削減(1編成1パンタグラフ)に加えて、車体下部の吸音等の対策が試行されています²⁾。

遮音・吸音対策として、防音壁の嵩上げは騒音低減に効

果がありますが、高架橋の強度上の問題等から単純に大幅な嵩上げをすることは困難な状況にあります。一方、騒音低減効果を増すために先端部の形状を工夫した特殊形状防音壁の開発も行われており、車両下部から発生する騒音に対しては防音壁の高さをそれほど上げることなく、高防音壁以上の騒音低減効果が期待できます。ただし、これらの防音壁対策は車両上部から発生する騒音については効果が小さいため、それぞれの地点における騒音の音源別寄与度を把握しながら対策を進める必要があります。

まとめ

新幹線鉄道騒音を構成する音源とその対策について、歴史的経緯を含めて解説しました。騒音を効果的に低減するには、音源の性質およびその寄与度を理解し、寄与度の大きい音源に対して優先的に対策を行う必要があります。これまでの対策の経緯を振り返ると、概ね、この方針のもとに対策が行われてきており、その結果、騒音レベルは時代とともに低減されてきています。今後も鉄道騒音の低減へ向けての取り組みを継続して行うことが重要です。RRR

文献

- 1) 北山茂, 鳥居昭彦: N700系新幹線車両の低騒音化技術, 騒音制御 Vol.32, No.2, pp.133-137, 2008
- 2) 栗田健, 若林雄介, 山田晴夫, 堀内雅彦: 高速試験車「FASTECH360」における騒音低減の取組み, JR EAST Technical Review No.22, pp.15-20, 2008