

第113回

鉄道騒音の予測法

はじめに

1872年10月14日、我が国ではじめて鉄道が開業しました。その時代から、沿線には鉄道の走行音が聞こえていたことでしょう。1964年10月には東海道新幹線が開業します。新幹線の開業後、沿線の騒音が注目され、対策が求められるようになりました。その後、新幹線の建設が進み、営業速度が向上するにしたがって、騒音低減対策の研究が進められました。沿線騒音の対策の多くは、省庁から出される法令など(表1)などに沿って行われます。

効果的な騒音対策を行うには音源の特性を十分に理解し、さまざまな条件下において騒音を予測する手法の構築が必要不可欠です。騒音の予測法は、騒音対策の効果の試算や新線建設時などの環境アセスメント(環境影響評価)に用いられます。近年の環境問題に対する社会的意識の向上から、騒音対策効果を精緻に見積もり、環境アセスメントの精度を高めるため、鉄道沿線騒音の予測法はより精度の高いものが求められています。鉄道の沿線騒音は列車や周辺構造物の条件によって変化するため、実際に即した条件での騒音予

測が必要です。そのため、騒音予測法の適用条件は、旧来の単純なものから、より複雑で実態に即したものへと進展してきました。

我が国における鉄道騒音の予測法には、大きく分けて在来鉄道と新幹線鉄道のものがあります。これは、列車速度などの両者の違いによって沿線騒音の特性が異なることや、表1に示すように環境省(環境庁)から出される法令などが両者で別に定められているためです。ここでは、在来鉄道と新幹線鉄道の沿線騒音の予測法の誕生と発展を中心として、今後の展開についてもあわせて示します。

在来鉄道の騒音予測法の誕生と発展

東京都建設局が(財)都市計画協会に委託して提案された手法が、在来鉄道の最初の騒音予測法となります。この手法は、当時東京都で進められていた鉄道と道路との立体交差化事業に対応し、バラスト軌道の高架上を走行する中距離通勤電車を対象として1980年に発表されました¹⁾。これがいわゆる「東京都の方法」で、当時は環境ア

セスメントの分野などで広く用いられていました。この手法では列車騒音を、車輪とレールの振動に起因する転動音、および高架構造物の振動に起因する構造物音の2種類の音源でモデル化します(図1)。これらによって位置と速度特性が異なる音源を表現し、列車速度、観測点や防音壁高さの違いなどに対応した予測ができます。

1988年に開通した津軽海峡線や瀬戸大橋線で騒音問題が顕在化したことから、騒音問題を未然に防止することを目的として、1995(平成7)年には、当時の環境庁が「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について」の通知を出します。在来鉄道のさまざまな状況に対応できるよう、この指針に呼応して鉄道総研では新しい予測手法²⁾を提案しました。この手法では、基本的な計算式としては「東京都の方法」を踏襲しつつも図1に示すように、適用条件の拡張を図りました。拡張にあたっては、さまざまな条件での騒音の実測データをもとに、各条件に対応した音源の強さを決定しました。提案された予測法では、鉄道の構造物条件には平地と盛土が、軌道条件にはスラブ軌道が追加されました。

表1 環境省(環境庁)から出された鉄道騒音に関する法令など

在来鉄道	新幹線鉄道
1995(平成7)年環境庁通知 「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について」	1975(昭和50)年環境庁告示 「新幹線鉄道騒音に係る環境基準について」

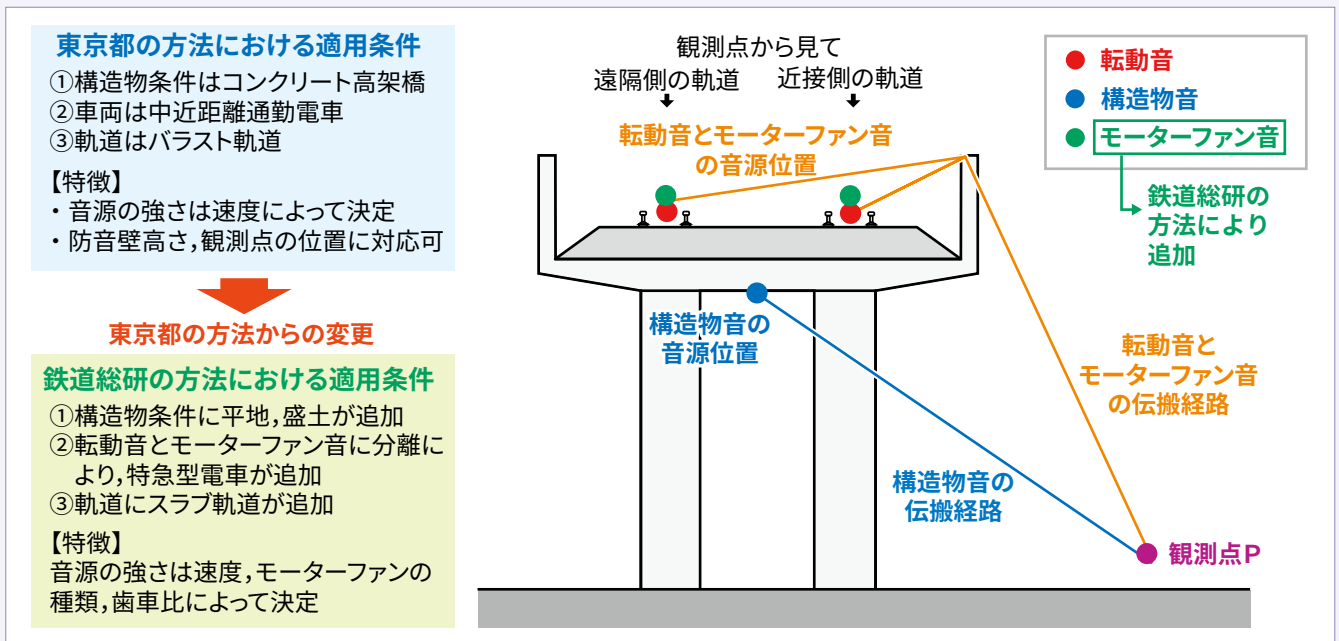


図1 在来鉄道の騒音予測法の概要

また、東京都の方法では、在来鉄道電車の主要な音源であるモーターファン音（モーターの冷却用のファンから発生する音）は転動音の一部として評価されていましたが、モーターを搭載した車両（駆動車）としない車両（付随車）の騒音の実測値の違いを評価することにより、転動音からモーターファン音を分離して評価しました。分離された個々の音源の特性を加味することにより、特急型電車を含めたすべての電車の騒音予測が可能となりました。

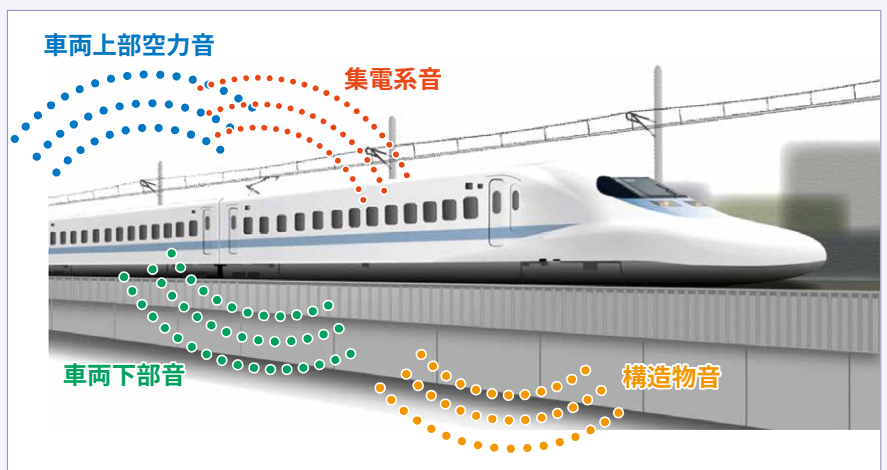


図2 新幹線沿線騒音の音源分類

新幹線鉄道の騒音予測法の誕生と発展

(1) 予測法の誕生

新幹線の開業以降、防音壁設置などの騒音対策が行われていましたが、依然として沿線騒音は社会問題としてとらえられていました。このような状況のもと、新幹線騒音の環境基準設定が政府で議論され、1975（昭和50）年に当時の環境庁が「新幹線鉄道騒音に係る環境基準について」を制定しました。環境基準の制定後に建設が始まった整

備新幹線では、開業後ただちに基準を達成することが求められたため、当時の新幹線騒音に関する知見に基づき、環境アセスメントが行われました。しかしこれらで用いられた騒音予測法は特定の条件のみに対応したもので、それ以外の条件には適用できず、実測値との比較による予測精度の検討も限定的でした。そのような状況から、鉄道総研では1998（平成10）年に当時の環境庁委託研究として「新幹線鉄道騒音対策手法調査」を実施しました。この中では、学識経験者などからなる検討

会が設置され、これまでに実施された音源解析や対策技術に関する研究結果をもとに騒音予測技術に関する検討が行われました。この検討結果をもとに、新幹線の沿線騒音を予測する統一的手法が提案され、2000年に公表されました³⁾。

この予測法では、新幹線の走行音は発生部位別に、車両下部音、構造物音、車両上部空力音および集電系音の4つに分類し、これらの和により騒音レベルを算出します（図2）。この4つの分類は、列車速度や車両・軌道などの状

況が在来鉄道とは異なる条件での、音源の位置と強さを詳細に調べる音源解析の研究結果によるものであり、その結果からそれぞれの音源の強さが決定されました。この予測法により、車両種別や列車速度、騒音対策の条件に合わせた沿線騒音の予測が可能となり、その後の整備新幹線の環境アセスメントや既設新幹線の騒音対策における事前予測などに広く使われています。

(2) 予測法の発展

2000年当時の予測手法の適用範囲は表2のとおりですが、鉄道総研では

表2 2000年当時の新幹線沿線騒音予測手法の適用範囲

車両	2000年9月当時の新幹線のすべての営業車両
列車速度	150km/h から各車両形式の営業最高速度(km/h)での定常走行
軌道	バラスト軌道、スラブ軌道、各種防振軌道
鉄道構造物	コンクリート高架橋、盛土、平地
防音壁	直立型防音壁、防音壁高さの制限なし、吸音材の効果は考慮に入れる
騒音観測点	上下線中心からの水平距離が12.5m~50m、防音壁上端より低い位置

※この表以外の構造物は考慮しない。

表3 2000年当時の新幹線沿線騒音予測手法の適用範囲からの拡張例

車両	2000年以降に採用された新幹線車両
鉄道構造物	切土、トンネル坑口
騒音観測点	防音壁上端より高い位置も可
沿線構造物	こ線橋、建物ありも可（複合する場合、住宅密集地も可）

表3および以下に示すとおり、この適用範囲を拡張する取り組みを行っています。

(a) 適用車両の更新

車両の表面の平滑化や列車速度の向上など、車両の更新によって、沿線騒音の大きさは変化します。とくに、列車の速度向上にともなって、空気の流れが音の大きさに影響する割合が高くなることから、沿線騒音全体に対する4種の音源の強さは変化します。そのため、車両の更新や列車速度の向上に対応して、正確な音源分離を行い、

騒音予測法の更新を進めています。

(b) 沿線条件などの適用範囲の拡張

鉄道事業者や地方自治体などによる測定結果から、沿線の騒音レベルが大きい箇所としては、トンネル坑口付近、道路などの線路上空構造物（こ線橋）周辺部、切土区間などがありました。それらには2000年当時の予測法の適用範囲外の箇所が多く含まれており、これらの条件での予測が必要となりました。

鉄道総研で適用範囲を拡張した例を表3に示します⁴⁾⁵⁾。代表例として、図3にトンネル坑口騒音の予測モデルを示します。観測点におけるトンネル坑口音は、直達音と反響音の和です。これにより、トンネル坑口周辺部の防音壁のかさ上げやトンネル内壁吸音材の効果を加味して予測することができるようになりました。図4にこ線橋裏面反射音を加味したこ線橋周辺部における騒音の予測モデルを示します。こちらでは、こ線橋を新たに建設する場合など、あらかじめ沿線騒音に対する影響を評価し、騒音低減対策の効果を試算することができるようになりました。

図3および図4に示すように、音源

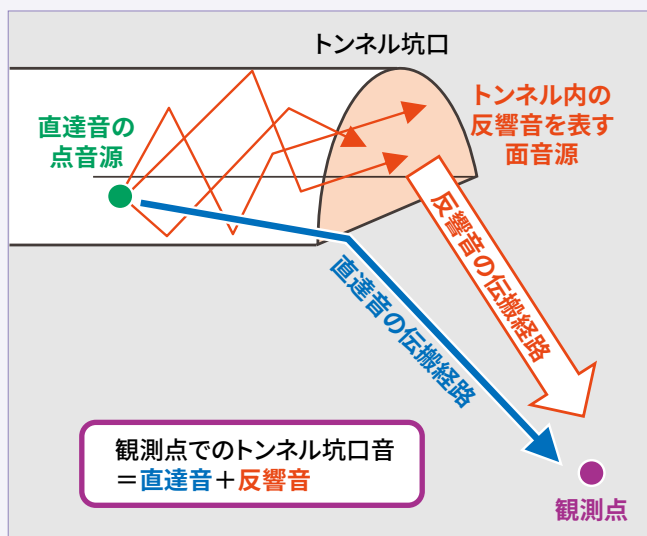


図3 トンネル坑口騒音の予測モデル

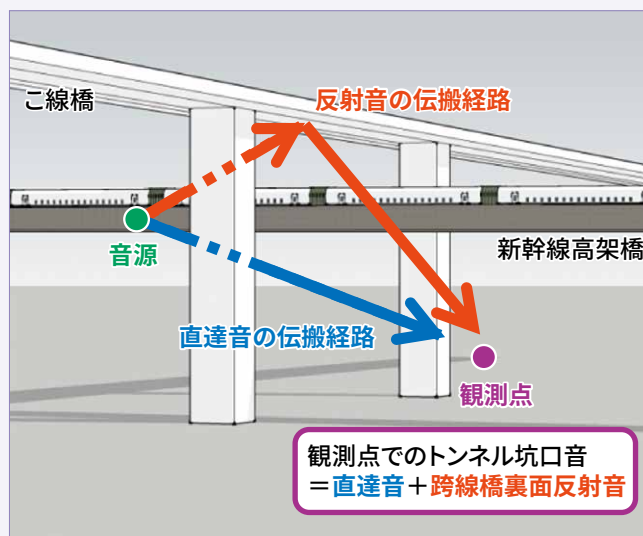


図4 こ線橋周辺部における騒音の予測モデル

や音の伝搬としては簡易なモデルを用いていますが、騒音の予測精度を保証するためには、音源の強さや音源モデルおよび伝搬モデルを定量的に定める必要があります。鉄道総研では、この定量評価のために以下に示す音響模型試験などの手法を用いています。

(c) 沿線条件の拡張に用いる手法

鉄道総研では、予測法の適用範囲の拡張を目的とした音響模型試験を実施しています。音響模型試験では、無響室とよばれる音響実験室内に、車両や鉄道構造物などの縮尺模型と音源を設置し、沿線に相当する位置での騒音を測定して沿線騒音を評価します(図5)。音響模型試験では、実際に鉄道沿線において設定が容易でない条件での騒音の測定が可能であり、騒音伝搬に関わるさまざまなパラメーターの影響を系統立てて定量的に評価することができます。

加えて、道路交通騒音を予測する際に用いられる手法を鉄道の沿線騒音の予測に応用する場合があります。これは、音が音源から発生して沿線の観測点まで伝搬する、という点が自動車と鉄道で同じ現象だからです。道路交通騒音の手法と鉄道に特化した音響模型試験を組み合わせることで、鉄道の騒音予測法の拡張を行っています。

ちなみに、ここで紹介した拡張例は、新幹線鉄道のみならず在来鉄道にも応用することができます。

今後の展開

先に紹介した鉄道の沿線騒音の予測手法は環境アセスメントや騒音対策評価に使用されるもので、いずれも現車試験や音響模型試験の結果に基づいて構築されました。そのため、音源分離や騒音の測定手法などは、引き続き進展させる必要があります。たとえば、

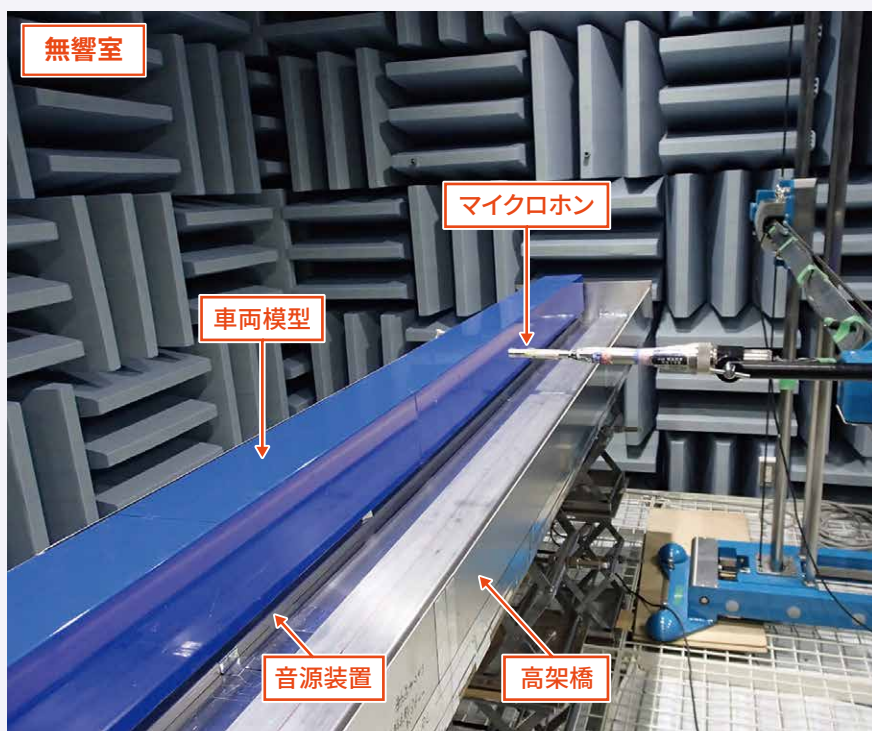


図5 音響模型試験の様子

図2の新幹線の騒音予測における車両下部音は、現在は1つの音源とされていますが、今後はレールや車輪の振動によって発生する音と空気の流れによって発生する音に分類することも想定されます。音源が細分化されることで、対策すべき箇所が明確になり、より効果的な対策方法の検討が期待できます。一方で沿線騒音の伝搬現象の解明に関しては、数値シミュレーション技術の進展にともない、さらなる深度化も可能となるでしょう。中高層建物が複数存在する場合など、音響模型試験の利用は今後も続くと考えられます

が、数値シミュレーションは音響模型試験の代替、あるいは補完として活用できる可能性がある有望な手法です。

列車速度の向上や鉄道構造物の改良など、鉄道に関わる技術は日進月歩で発展しています。それに対応するためには、沿線騒音の予測法の改修を継続して続けなければなりません。鉄道総研では、沿線騒音をより高い精度で予測する手法の構築に向けて、これからも継続して取り組む予定です。

(小方幸恵/環境工学研究部
騒音解析研究室)

文献

- 1) 石井聖光, 子安勝, 長裕二, 木庭啓紀: 在来線高架鉄道からの騒音予測手法案について, 騒音制御, Vol.4, No.2, pp.4-10, 1980
- 2) 森藤良夫, 長倉清, 立川裕隆, 緒方正剛: 在来鉄道騒音の予測評価手法について, 騒音制御, Vol.20, No.3, pp.32-37, 1996
- 3) 長倉清, 善田康雄: 新幹線沿線騒音予測手法, 鉄道総研報告, Vol.14, No.9, pp.5-10, 2000
- 4) 長倉清: 鉄道騒音の予測手法の適用範囲を拡げる, RRR, Vol.69, No.7, pp.8-11, 2012
- 5) 小方幸恵, 阿久津真理子, 北川敏樹: 鉄道沿線における騒音予測手法を拡張する, RRR, Vol.75, No.7, pp.24-27, 2018