

軌道検測車の車両床下騒音を用いた 新幹線の沿線騒音予測手法



川口 二俊
Tsugutoshi Kawaguchi
空力・騒音研究部
騒音解析研究室
主任研究員



中川 隼
Hayato Nakagawa
東海旅客鉄道株式会社
新幹線鉄道事業本部
施設部管理課



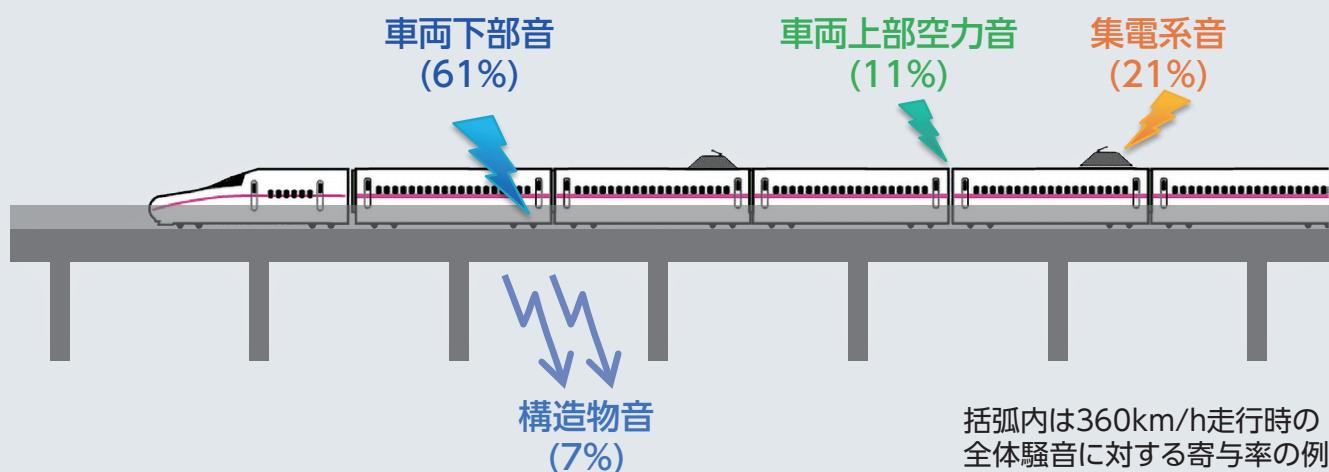
佐原 孝紀
Takanori Sawara
西日本旅客鉄道株式会社
山陽新幹線統括本部
施設部企画課

はじめに

鉄道は沿線環境への負荷が小さい輸送機関のひとつです。しかし、新幹線沿線の騒音に関しては厳しい環境基準が設定されているため、さらなる負荷低減に向けた取り組みを継続していく必要があります。鉄道事業者では、沿線騒音の現地測定により、現状把握あるいは低減対策

指針の検討を行っていますが、対象範囲が広く非常に労力がかかるため、現状の騒音を予測によって把握できると効率的です。このため、鉄道総研では、列車の走行地点や時期による転動音の違いを考慮した沿線騒音予測手法を開発しています。本稿では、この沿線騒音予測手法の考え方と予測結果を紹介します。

図1 新幹線車両走行時の騒音発生状況



- ▶ 車両下部音 転動音や台車部などから発生する空力音
- ▶ 車両上部空力音 車両間隙部を含む車両上部から発生する空力音 (先頭部空力音を含む)
- ▶ 集電系音 パンタグラフから発生する空力音やスパーク音
- ▶ 構造物音 列車走行時の振動に起因して、高架橋などから放射される音

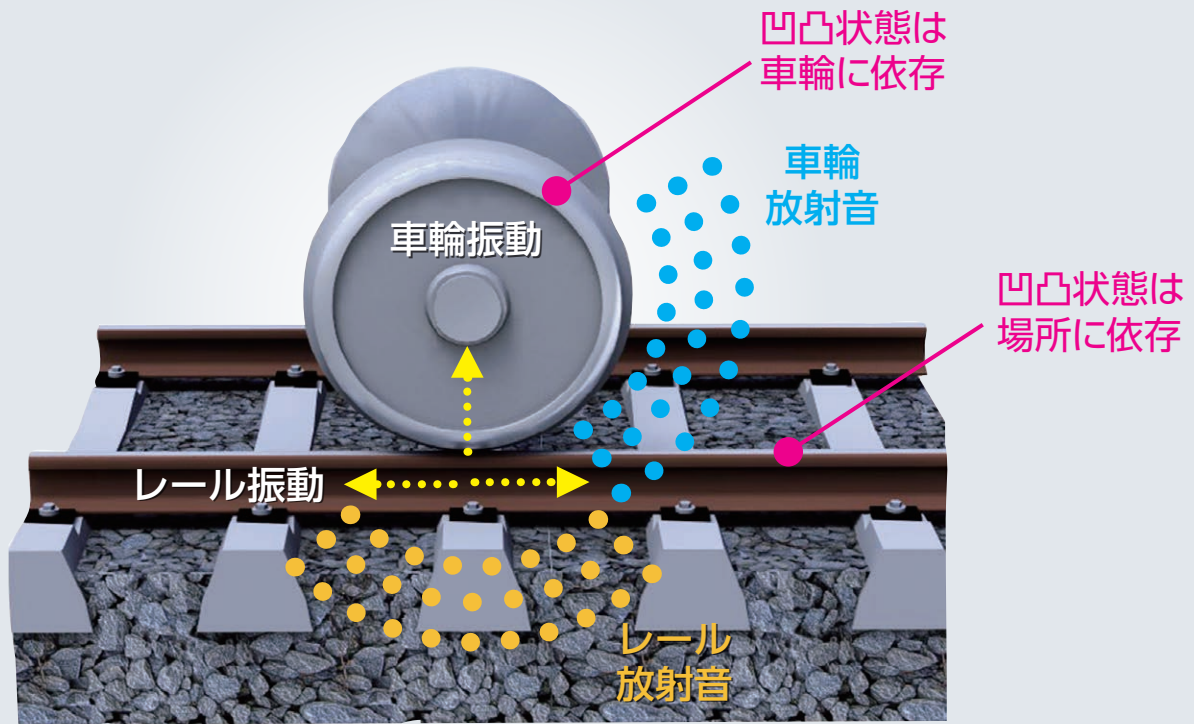


図2 転動音の発生イメージ

既存の新幹線沿線騒音予測手法

新幹線の沿線騒音（環境基準の標準的な測定点である地上25m点での騒音）を予測する手法として、すでに新幹線沿線騒音予測手法¹⁾（以下、既存手法）が開発されています。既存手法では、図1のように新幹線まわりの各音源（車両下部音，車両上部空力音，集電系音および構造物音）を点音源²⁾でモデル化し，点音源の音響パワーレベル³⁾と沿線の観測点までの音の伝搬特性を組み合わせて予測を行います。同図中の括弧内の数字は，全体騒音に対する寄与率（一例）を意味しています²⁾。これより，新幹線車両の大きな騒音源は，車両下部（台車部）であることが

点音源

音響パワーレベルのみをもった無限に小さい一点の音源。この音源から放射される音波は，球面波面を構成します。

音響パワーレベル

音源から単位時間に放出される音の全エネルギー（音響パワー）を対数表示した値。

わかります。車両下部の騒音源は，主に列車走行時に台車から発生する風切り音（空力音）³⁾と車輪とレールの接触面に存在する微小な凹凸等に起因して発生する転動音（図2）に大別されます。このうち転動音については，走行地点の軌道条件に依存して発生状況が変化するという特徴があり，これに伴って沿線騒音も変化します。

床下騒音を用いた沿線騒音の予測方法

既存手法で用いる車両下部音の音響パワーレベルは，地上側の観測点で測定された転動音をもとに定められているため，必ずしも予測地点（地上25m点での騒音を予測する走行地点）での転動音を反映しているとは限りません。そこで，車両側から騒音をリアルタイムに測定し，その結果を用いて走行地点ごとに変動する車両下部音の音響パワーレベルを求めることを考えました。具体的には，軌道検測車の台車近傍に設置されたマイクロホンを用いて，台車近傍の音（以下，床下騒音）を取得しました。

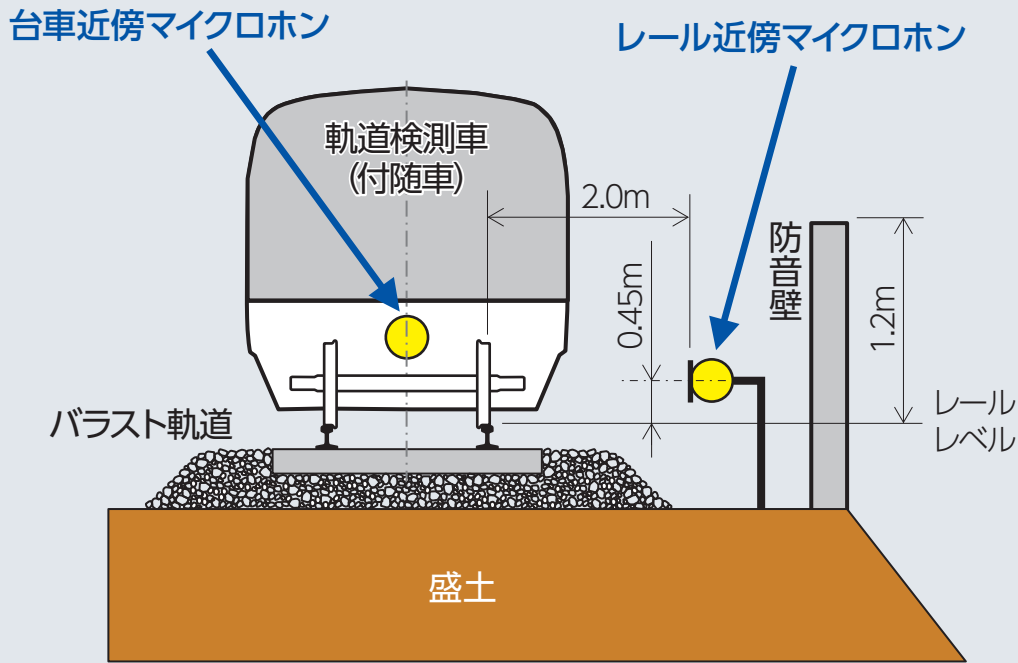


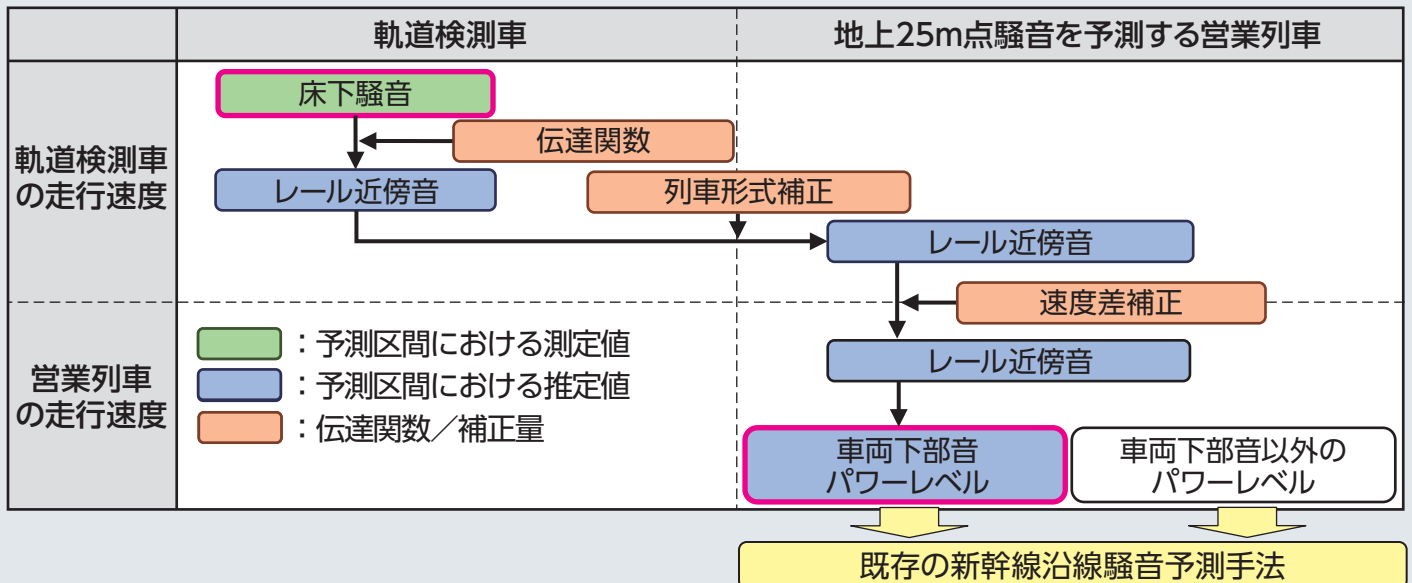
図3 車上・地上同時測定の実施状況

予測手法構築のための現地試験

既存手法における車両下部音の音響パワーレベルは、地上側で測定したレール近傍における音（以下、レール近傍音）から求められます。このため、車上・地上の同時測定により床下騒音との関係性を把握することができ

ば、床下騒音からレール近傍音を推定することができます。そこで、床下騒音とレール近傍音の同時測定を行いました（図3）。なお、レール近傍音に関しては、データ数を確保するために、マイクロホンを線路方向100mの範囲に等間隔で5点設置して測定を行いました。

図4 床下騒音から車両下部音の音響パワーレベル推定フロー

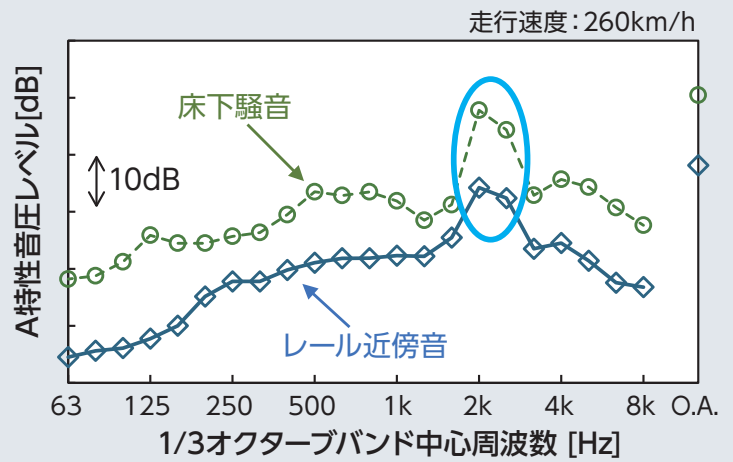


車両下部音パワーレベルの推定フロー

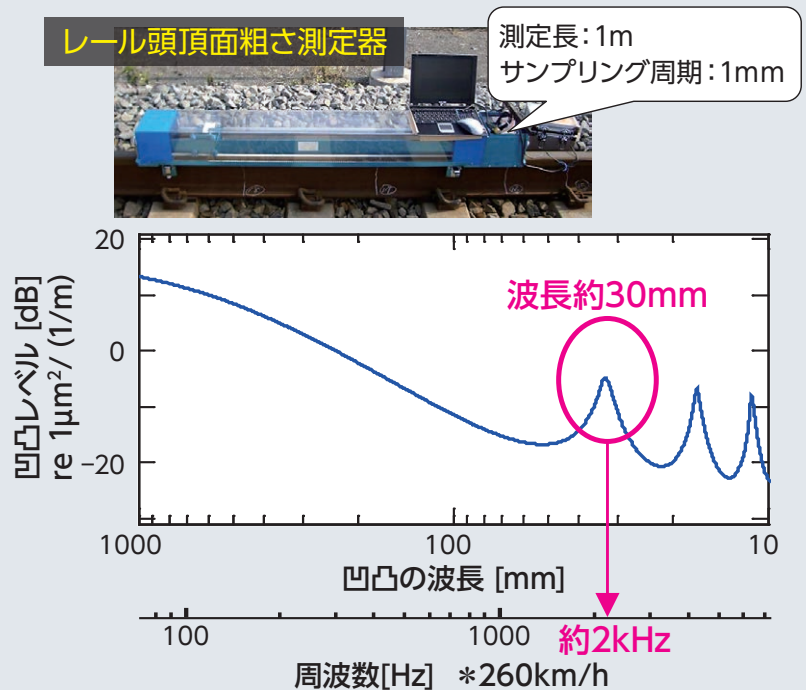
図4に、床下騒音から営業列車に対応する車両下部音の音響パワーレベルを推定する流れを示します。床下騒音に、レール近傍音との関係性を表す伝達関数、列車形式や速度の違いを表す補正を加えることで、営業列車に対応する車両下部音の音響パワーレベルが求まり、さらにこれを既存手法に適用することにより沿線騒音を予測します。なお以降では、床下騒音にもとづく車両下部音の音響パワーレベルと既存手法を組み合わせた沿線騒音予測を提案手法と称します。

軌道検測車の床下騒音とレール近傍音の特性

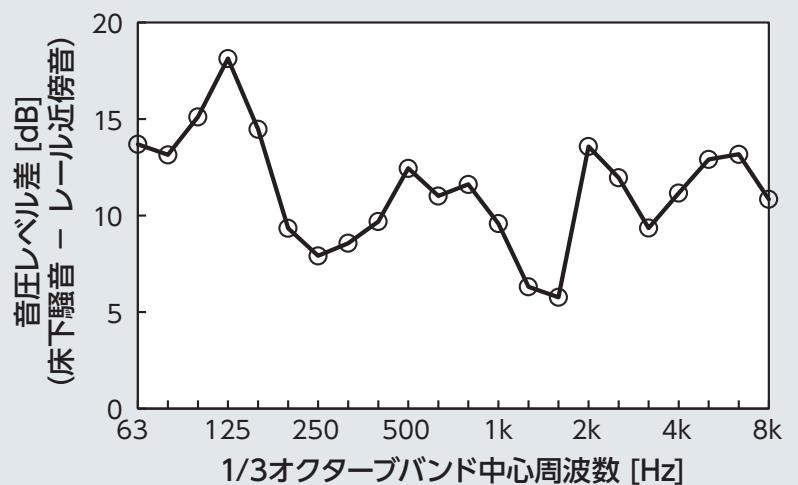
図5は、軌道検測車が車上・地上の同時測定区間を約260km/hで通過した時の床下騒音とレール近傍音の周波数特性です。図5(a)に示した水色の丸で囲った箇所を見ると、両者のスペクトルに共通して、2kHz帯にピークが発生していることを確認できます。このピーク周波数は、図5(b)に示した、地上測定区間のレール頭頂面に存在する波長約30mmの凹凸(桃色の丸で囲った箇所)の周期と軌道検測車の通過速度から求まる周波数に対応することから、床下騒音とレール近傍音の双方に転動音の影響が含まれていると考えられます。図5(c)には、床下騒音からレール近傍音を差し引いた



(a) 軌道検測車走行時の周波数特性



(b) 地上測定点のレール凹凸分布



(c) 床下騒音・レール近傍音間の伝達関数

図5 軌道検測車走行時の床下騒音・レール近傍音とレール凹凸の関係性

予測区間の 構造物・列車条件

《構造物》

- 盛土・バラスト軌道
- 防音壁高さ レール面
+1.3m (吸音板なし)

《営業車》

- 16両編成
- 260~283km/h
- 複線の近い側の軌道を走行

予測区間における 床下騒音の測定・分析条件

- 予測地点±50m通過時間
における時間平均の騒音
レベル
- 216~261km/h
- 複線の近い側の軌道を
走行 (5回)

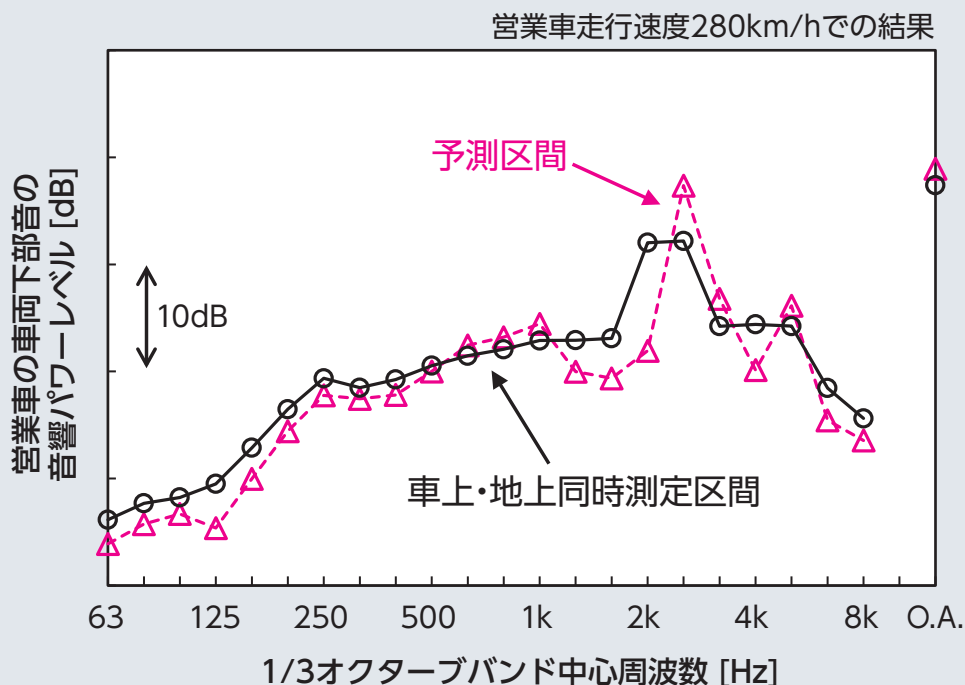


図6 営業車に対応する車両下部音の音響パワーレベル推定結果

音圧レベル差（伝達関数）を周波数帯ごとに示しています。周波数帯によって音圧レベル差が異なっていますが、これは台車格納部で発生する転動音、台車部空力音の音源特性（卓越周波数、発生位置や特定の方向に音が強く放射される指向性など）や、各音源から床下マイクロホン、あるいはレール近傍マイクロホンまでの音の伝搬状況の違いによる影響が反映されているためです。

沿線騒音の予測結果

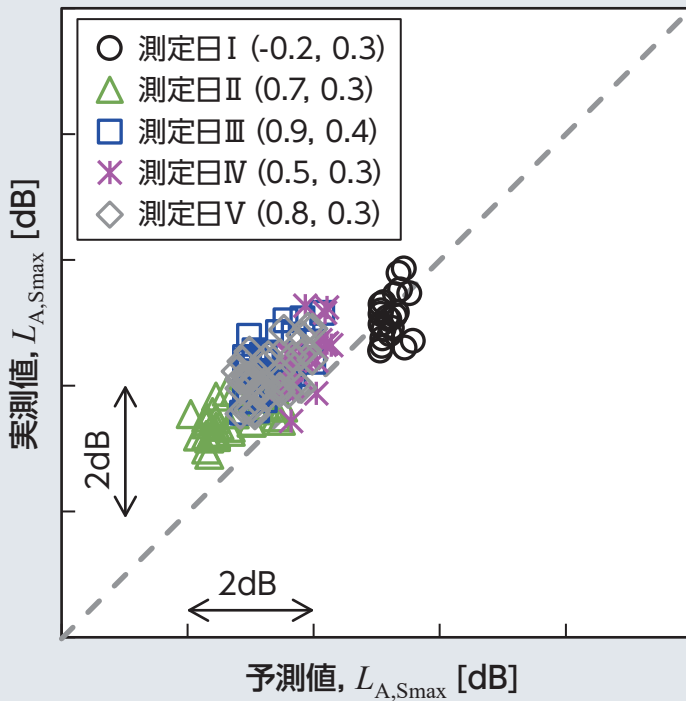
沿線騒音の予測区間を走行した際の床下騒音に、レール近傍音との関係性を表す伝達関数（図5(c)）、列車形式や速度の違いを表す補正を加え、同一区間を走行する営業列車に対応する車両下部音の音響パワーレベルを推定しま

した（図6）。周波数特性を見ると、特に2kHz帯～2.5kHz帯において、車上・地上の同時測定区間と予測区間の結果に差異が認められます。これは、前述の通り、走行地点によるレール頭頂面での凹凸状態などの違いを反映しているものと考えられます。

図7は、営業列車通過時の地上25m点における最大騒音レベルの予測値と実測値について、測定日ごとに凡例を分けて示したものです。プロットが図中の破線に近いほど予測値が実測値に近いことを意味していますが、提案手法による予測値と実測値との差の絶対値は、全ての測定日においておおむね1dB未満であり、十分な予測精度を有していると考えられます。また、測定日ごとの実測値の違いも反映した予測ができていたことが確認できます。一方、走行地点

提案手法

【実測値－予測値[dB]】の
(平均, 標準偏差)



既存手法

【実測値－予測値[dB]】の
(平均, 標準偏差)

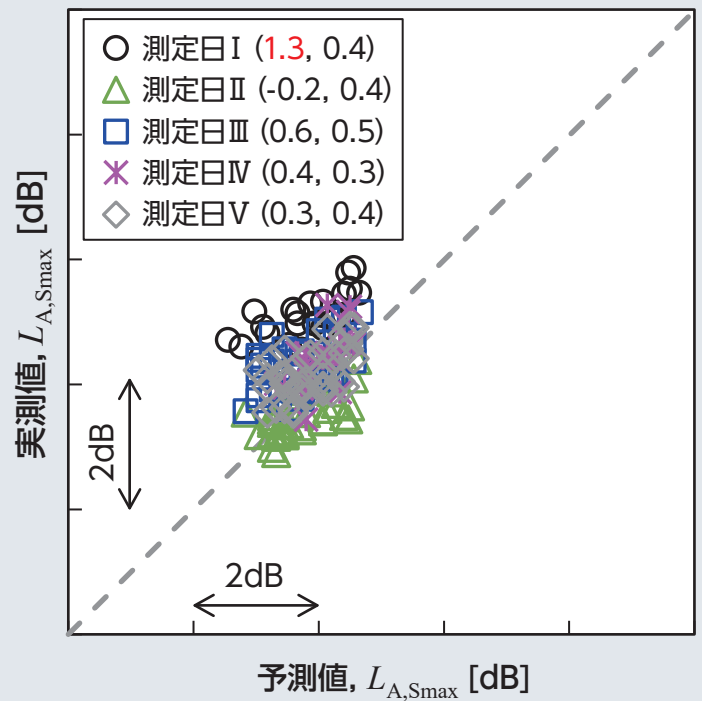


図7 地上25m点騒音の予測結果と既存予測手法による結果との比較

や時期によって転動音の音響パワーレベルが変化しない既存手法による結果を見てみると、測定日によって予測精度が1 dBを超える場合があることがわかります。

以上の結果から、本提案手法により走行地点や時期ごとのレール凹凸状態を反映した沿線騒音を的確に予測できることを示しました。

おわりに

本稿では、床下騒音を活用することにより、高速走行する新幹線車両の走行地点や時期による転動音の違いを反映できる沿線騒音予測手法を紹介しました。この予測手法は、沿線騒音の的確な把握だけでなく、例えば転動音の発生に係る軌道側の低減対策効果の評価などに役立つことが期待されます。今後も鉄道事業者と連携

しながら沿線騒音の負荷低減に向けた実用的な研究開発、ならびに省人化、省力化に貢献できる技術開発を推進します。RRR

文献

- 1) 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
- 2) 飯田雅宜: 高速化のための沿線環境の評価・対策, RRR, Vol.72, No.7, pp.44-47, 2015
- 3) 宇田東樹, 阿久津真理子, 兎内龍也: 台車から発生する空力音を低減する, RRR, Vol.81, No.2, pp.14-19, 2024