

## 特集 「快適な都市環境をめざして」

## 都市部における鉄道騒音の影響と制御

— 高層ビルにおける対策 —



池上 雅之



藤沢 康仁



渡辺 充敏



坪井 政義



縄岡 好人

## Influence and Control of Railroad Noise in City

— Measure at High-rise Buildings —

Masayuki Ikegami Yasuhito Fujisawa Mitsutoshi Watanabe Masayoshi Tsuboi Yoshihito Nawaoka

## Abstract

In redevelopment projects, high-rise buildings are often constructed around train stations, and are thus influenced by railroad noise. However, housing requires quiet conditions and requires a large transmission loss. The level of railroad noise is related to many parameters. In this report, hundreds of measurement data were reduced and qualitative analysis was carried out of the level of railroad noise caused by factors such as the kinds of cars and the distance between the noise source and the receiving point. Time transformation of noise level and equivalent noise level were simulated to compare the influence on neighboring buildings. Railroad noise at the wall of a building was related to the kind of car and its location. Economical construction planning requires a lot of research.

## 概 要

再開発等に関連して駅の近傍等に高層ビルが建設されるケースが増えてきたが、室内騒音に対する静寂性の要求度合いが高い反面、近接する鉄道騒音の影響を受けやすいため必要低減量が大きいなどの特徴がある。鉄道騒音の大きさには様々な要因が影響すると言われているが、本報では現場測定データ約600個を整理して車両の種類や軌道からの距離の違いによる騒音の大きさの定性的な傾向を把握した。また計画建物の周辺に高層ビルが建設された場合の影響を比較するため、代表的なケースについて騒音レベルの時間変動と等価騒音レベルをシミュレーションした。鉄道による外壁面近傍の騒音の大きさは、車両等の状況や近隣の建物など立地に応じた影響を受けるため、十分な現場調査が必要である。

## 1. まえがき

最近、住居場所の都心回帰傾向や再開発に関連して、駅の近傍等に高層ビルが建設されるケースが増えてきた。これらのビルでは、立地上付加価値を高く設定する場合が多く、室内騒音に対する静寂性の要求度合いが高い。一方、近接する鉄道騒音の影響を受けやすいため必要低減量が大きく、また高層であるため施工面積が広く対策内容がコストに大きく影響するといった特徴がある。

本報では、まず鉄道騒音の概要として伝搬経路や低減方法の基本について述べた後、都市部における鉄道騒音の実態等を示す。また都市部に多い立地条件が騒音の大きさに及ぼす影響として近隣にも高層ビルが建設された場合のシミュレーション結果についても述べる。

## 2. 鉄道騒音の伝搬経路と低減方法

一般に居室を有する建物の計画では、室内騒音を用途

に応じた適切な状態とするため、外部騒音等の制御を行うが、鉄道に近接した高層ビルの計画では、鉄道騒音が主たる外部騒音となることが多い。

鉄道騒音の伝搬経路の模式図をFig. 1に示した<sup>1)</sup>。居室に伝搬する鉄道騒音は、車両等から直接空气中に放射されて伝搬する空気伝搬音（図中赤い経路）と、車両の振動が建物躯体に伝搬し躯体から二次的に音として放射される固体伝搬音（図中青い経路）に大別される。鉄道に近接する通常仕様のビル地上居室では、固体伝搬音に比較して空気伝搬音の影響が大きいことが多い。

一般に空気伝搬音の低減では騒音源の対策が効率的だが、鉄道騒音では騒音源対策が難しいため、伝搬経路上にある外壁面や建具によって低減する。外壁面や建具の仕様は、外壁面近傍の騒音の大きさと居室の騒音の目標値の差を参考に調整する。外壁面近傍の騒音の大きさは、後述する車両等の状況や近隣建物など立地に応じた影響を受けるため、十分な現場調査が必要となる。なお地下階や低層階の場合、中高層階でも空気伝搬音の影響

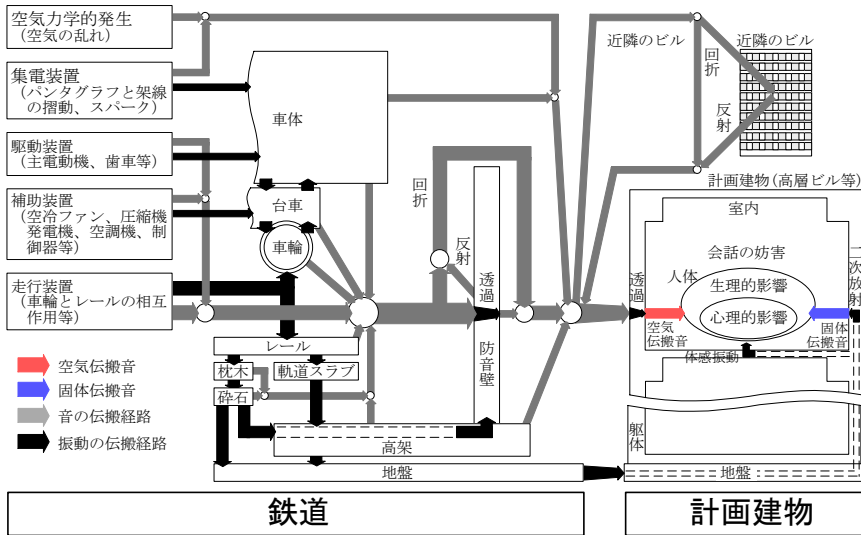


Fig. 1 鉄道騒音の伝搬経路  
Propagation of Railroad Noise

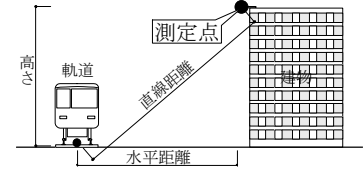


Fig. 2 軌道と測定点の位置  
Position of Rail and Measuring Point

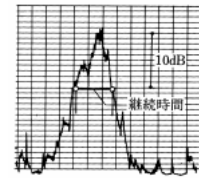


Fig. 3 間欠騒音の継続時間  
Duration Time of Intermittent Noise

Table 1 鉄道騒音に影響する要因  
Factor of Railroad Noise

鉄道関連		
車両構造の影響		
集電装置	パンタグラフの構造、状態	
駆動装置	主電動機の構造、状態	
補助装置	圧縮機等の構造、状態	
走行装置	車輪の構造、状態	
その他	車両の軽量化	
軌道構造の影響		
レール	曲率、平滑状態、重量化	
ポイント	ポイントの構造、状態	
継目	締結方法、間隔	
枕木	弾性化、重量化、防振	
バラスト	砕石の構造、状態	
スラブ	構造、防振、浮きの状態	
ポイント構造	弾性ポイントの採用	
架線	支持・平滑状態	
防音壁	構造、範囲、吸音処理	
路盤構造の影響		
素地	地盤の状態	
掘削、盛土	地盤の状態、深さ・高さ	
高架橋、橋梁	構造、高さ	
トンネル	開口部の構造	
運行の影響		
列車の種類	新型旧型、在来線・新幹線	
列車編成	車両数	
傾度	ダイヤ	
速度	加速、減速、惰性走行	
乗客数、積載量		
周辺状況関連		
標高の影響		
起伏	軌道の遮蔽や露出	
近隣建物の影響		
位置関係	反射、回折	
気象の影響		
風、温度	風向、温度勾配	
計画建物関連		
配置、基本計画の影響		
軌道との位置関係	平面計画、高さ	
支持地盤の影響		
地盤構造	地中連続壁、地盤改良	
建物構造の影響		
基礎	構造	
柱・梁	構造	
バルコニー	構造	
内装材料の影響		
天井、壁、床	吸音、音響放射、浮き構造	
建具の影響		
窓、換気口	構造、遮断・消音性能	

が小さい場合、高度な静寂性が要求される場合等には、固体伝搬音の低減を検討するが、本報では割愛する。

### 3. 車両等の状況による影響

#### 3.1 車両の種類の影響

鉄道騒音の大きさには様々な要因が影響すると言われている (Table1)。ここでは車両の種類の違いによる騒音の大きさの定性的な傾向を確認するため、いくつかの現場で測定したデータを比較した。

測定点と軌道との位置関係をFig.2に示す。各現場の建物外壁近傍の測定点にマイクロホンを設置し、車両通過時の発生音を録音した。録音データは、日本建築学会推奨の間欠騒音の測定基準 (Fig.3に示すように「ピークマイナス10dB」を超える時間を間欠騒音の継続時間として、等価音圧レベル、等価騒音レベルを間欠騒音の発生毎に算出する方法 (時定数FAST利用)) に準拠して分析した。

車両の種類で分類した1/1オクターブバンド音圧レベル周波数特性をFig.4に示した。各周波数特性は縦軸1目盛りが10dBのレベル差を示す。測定現場毎にグループ分けしてあり、赤が下り (外回り) 黒が上り (内回り) を、またdBAは騒音レベルを表す。

新幹線1の周波数特性は、旧型では500Hz帯域の音圧レベルが大きく、新型では500~1kHz帯域の音圧レベルが大きい傾向が見られる。新幹線2は新旧の記録がないため参考データである。なおFig.4の新幹線は、いずれも在来線と同程度の速度で走行中のデータであり、高速走行時とは周波数特性が異なると考えられる。

在来線1~3は駅間距離が比較的短い路線である。これらの列車では、概ね左肩上がりの直線的な周波数特性が見られたが、一部軌道にポイント等がある現場では500~1kHz帯域付近の音圧レベルが増大していた。在来線1・

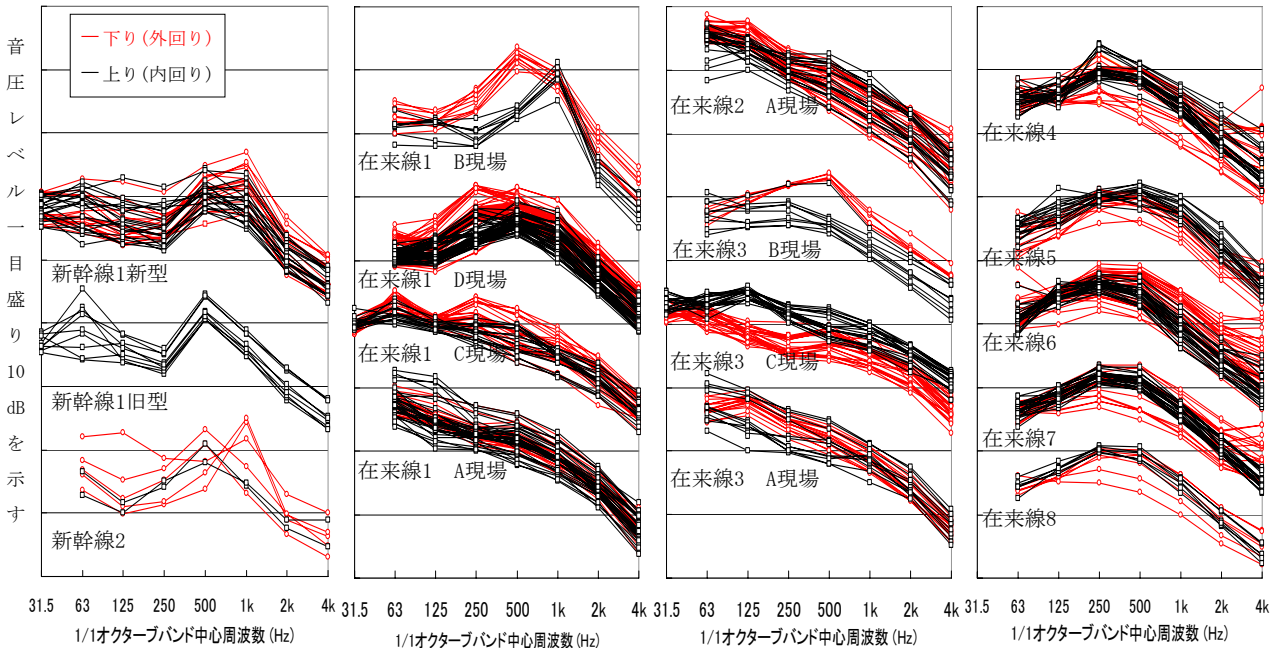


Fig. 4 車両で分類した周波数特性

Frequency Characteristic of Railroad Noise

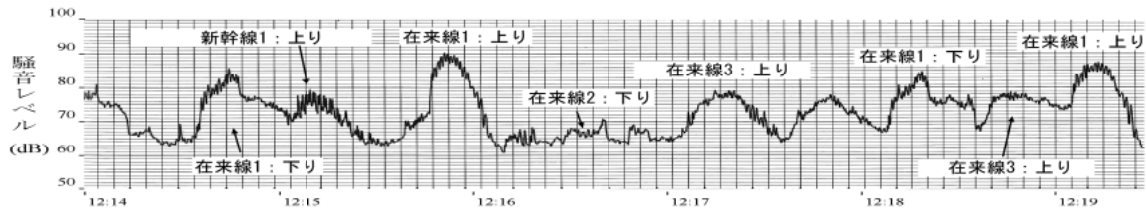


Fig. 5 鉄道騒音の重なり合いの例

Example of Overlap

B現場では上り下りで特性に差異が生じていた。

在来線4～8は駅間距離が比較的に長い路線である。これらの列車では、中音域が盛り上がったカマボコ型の周波数特性が見られた。

高層ビルの建具では10mm以上のガラスがよく使われるが、コインシデンス限界周波数による音響透過損失の落ち込みが、ガラス厚によって500～1kHz帯域付近に生じることがある。新幹線や軌道にポイント等がある在来線ではこれらの周波数帯域の音圧レベルが大きいため、ガラス選定等に注意が必要と考えられる。

### 3.2 鉄道騒音の重なり合いの影響

多数の路線が隣接する場所では、発生音同士が重なることがあり、停車・発車で滞留時間の長い駅近傍では特にその傾向が強い。建築学会の測定基準では「間欠騒音の発生毎」に分析を行うことが示されており、これを1編成の通過毎と見なすことが一般的である。一方発生音の重なり合いが避けられない場所では測定データに他の路線の影響を含むことがあるため、分析結果のバラツキが大きくなる可能性がある。Fig. 5は大型ターミナル駅近傍で得られたある路線の騒音レベルの時間変動波形の例であるが、発生音同士が重なっていることが分かる。

重なり合いは、列車運行のわずかなタイミングの差の影響を受けるので、現場測定の際には状況を確認することが望ましい。

### 3.3 外壁面近傍の騒音の大きさの目安

高層ビル外壁面の騒音の大きさの目安を得るため、軌道・測定点間の直線距離と騒音レベルの関係約600データをFig. 6にプロットした。図中点線は、列車長さ分10mおきに点音源を設定し列車をモデル化した時のレベル変化の傾きである。また図中実線は、軌道に点音源を1つ設定した時のレベル変化の傾きである（線路の段差等点音源と見なせる音源の影響が支配的ならば実線に沿う）。

より正確には騒音源の指向性の影響等を考慮する必要があるが、軌道からの水平・垂直距離を直線距離に換算するグラフ (Fig. 7) とFig. 6を組み合わせることで、高層ビル外壁面近傍の騒音の大きさの目安が得られる。

なお高層ビルは高層階になるほど周囲の見通しが良くなる傾向があり、周辺の建物に隠れて中低層階では影響しなかった鉄道騒音が、高層階のみ影響する場合がある。また環境騒音など鉄道騒音とは無関係の騒音が影響する場合も多く、低層階の測定結果だけで高層階の外壁面近傍の騒音の大きさを推定することには注意を要する。



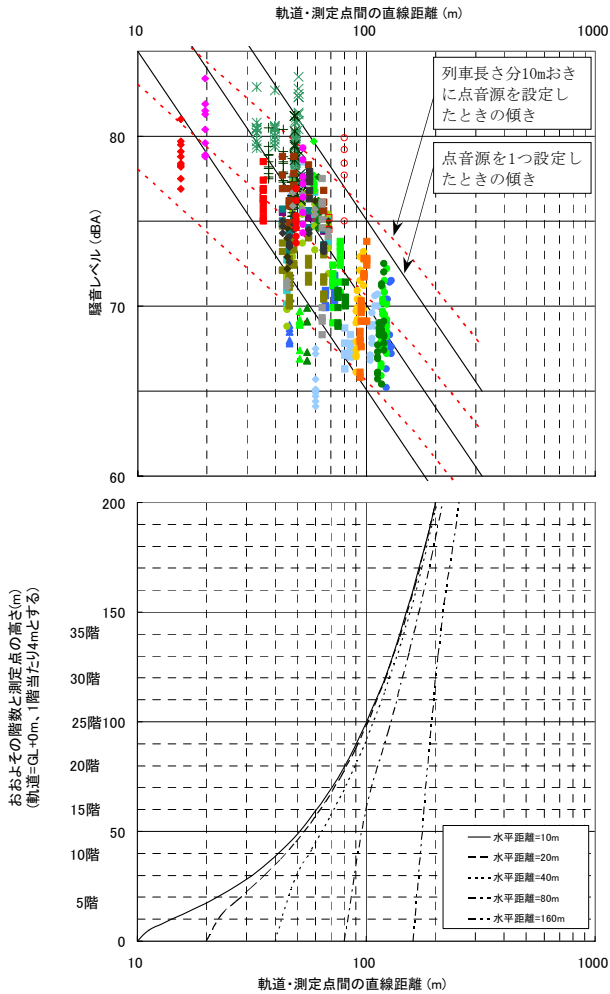


Fig. 6(上),7(下) 騒音レベルと直線距離の関係  
Relation of Noise Level and Distance

#### 4. 近隣の建物による影響

都市部の鉄道周辺では、鉄道に沿って高層ビルが林立するケースが多い。計画建物の周辺に高層ビルが建設された場合の影響を比較するため、Fig. 8, Table 2に示すようなケースそれぞれについてシミュレーションを行い、騒音レベルの時間変動と等価騒音レベルを比較した。なおシミュレーションの予測点は計画建物外壁面の鉄道側（正面）と側面に設定した。また各時刻の騒音レベルは、軌道上10mごとに配置した点音源からの影響を個々に求めておき、列車長さに相当する範囲を順次シフトしながら範囲内の点音源の影響を合成して求めた（1時刻あたり10m列車が移動することになる）。等価騒音レベルは間欠騒音の継続時間を現場測定と同様に設定して求めた。

騒音レベルの時間変動の予測結果をFig. 9に示す。予測点正面では向かいのビルがある（ケース2と4）とピーク値が1.3dB程度増大するものの時間変動の全体的な様子は4ケースともほぼ同様であった。一方予測点側面では隣接ビルの有無で時間変動の全体的な様子が大きく異なり、隣のビルがあるケース3と4では向かいのビルの有無でも差が生じた（時刻60秒前後の降下部分）。

Table 2 計算したケース  
Case of Simulation

ケース	条件
1	計画建物のみ
2	向い側にビル有
3	隣にビル有
4	向いと隣にビル有

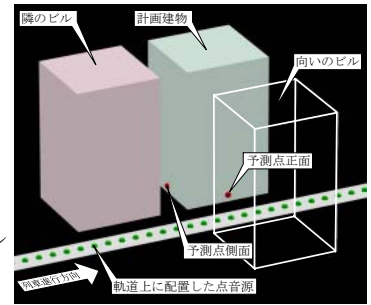


Fig. 8 計算モデル  
Simulation Model

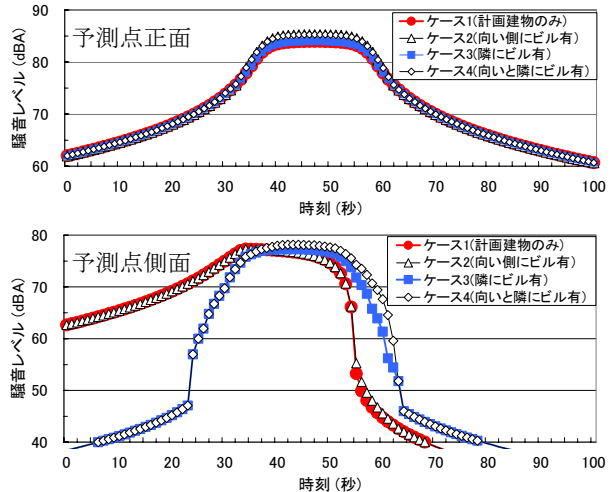


Fig. 9 騒音レベル時間変動の予測結果  
Estimation of Time Transformation

Table 3 等価騒音レベルの予測結果  
Estimation of Noise Level

	予測点正面		予測点側面	
	等価騒音レベル	レベル差 (ケース1基準)	等価騒音レベル	レベル差 (ケース1基準)
ケース1(計画建物のみ)	82.2		74.9	
ケース2(向い側にビル有)	83.7	1.5	74.9	0.0
ケース3(隣にビル有)	82.2	0.0	75.8	0.9
ケース4(向いと隣にビル有)	83.7	1.5	76.4	1.5

等価騒音レベルの予測結果をTable 3に示す。予測点正面では、向かいのビルがあると1.5dB等価騒音レベルが増大するが、隣のビルの有無は影響が見られなかった。一方予測点側面では、向かいのビルがある（ケース2）だけではケース1と比較してレベルが変化しないものの、隣のビルがある（ケース3）と0.9dB、向かいと隣の両方のビルがあると1.5dB等価騒音レベルが増大した。隣にビルがあり予測点から軌道の可視範囲が狭くなっても、建物間の反射等の影響でレベルが増大することがある場合があるので近隣建物の状況を含めた検討が必要である。

#### 5. まとめ

都市部における鉄道騒音の実態等や近隣に高層ビルが建設された場合の影響などを示し、調査や設計における要点に関して述べた。

#### 参考文献

- 1) 石井:在来線鉄道騒音の予測, 音響技術No.39,pp.19~25(1982, Aug)