

リニア新幹線 走行音予測について

JR東海の環境影響評価書を参考にリニア新幹線の走行音を予測した。

【予測の条件】

- 環境対策工：防音壁3.5m
- 高架橋高さ：5、10、15、20、25m
- 車両編成数：16両編成、5両編成
- 車両大きさ
 - 長さ：先頭車28m、中間車24.3m
(2019年8月22日閲覧=<https://linear-chuo-shinkansen.jr-central.co.jp/faq/>)
 - 幅：2.9m
 - 高さ：3.1m
(2019年8月22日閲覧=https://jr-central.co.jp/news/release/_pdf/000009381.pdf)
- 列車測度：500km/h
- マイクロホン高さ：地上1.2m
- 各音源の音響パワーレベル
 - 空力音(PWL_A)：先頭車両129dB、中間車両126dB/両、後尾車両128dB
 - 構造物音(PWL_S)：96dB/台車
(環境影響評価書p8-1-2-54)

参考文献

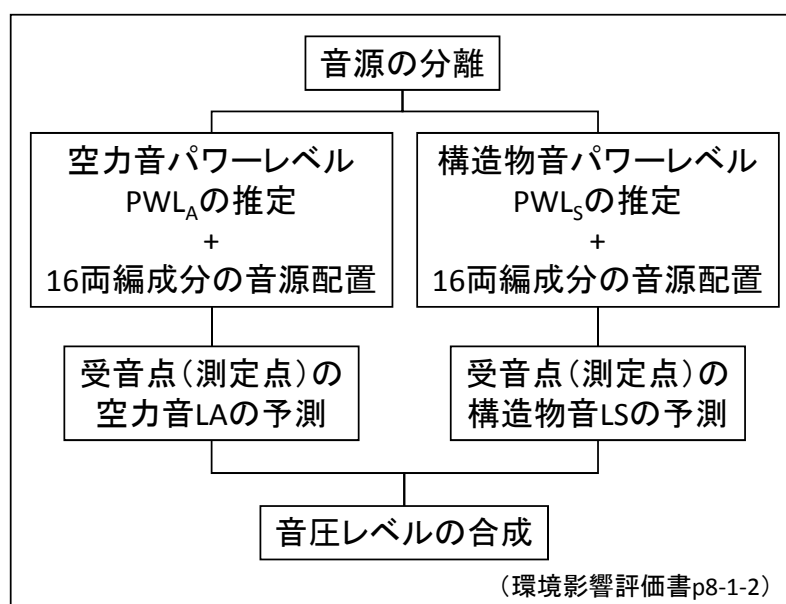
長倉, 善田: 新幹線騒音予測手法, 鉄道総研報告, 14(9), pp.5-10, (2000.9)

長倉, 善田, 橋: 新幹線騒音の予測手法について, 音響学会騒振研資料, N-2000-1,(2000.1.)

山本, 高木: 前川チャートの数式表示について, 騒音制御Vol.15, No.4(1991)p40-43

1

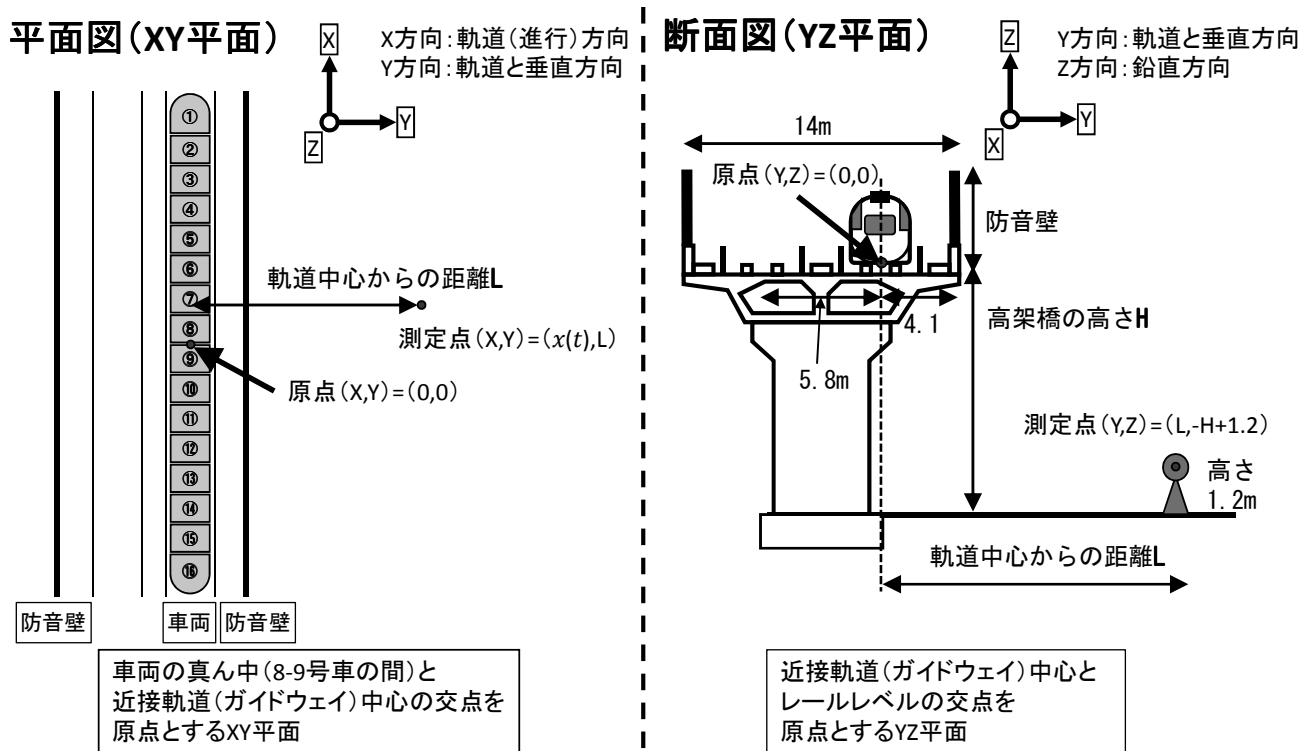
1 騒音予測フロー



- 音源配置(座標)は評価書を参考に独自に設定(環境影響評価書資料編2-10 環2-10-1)
- 計算式は環境影響評価書の式を使用(環境影響評価書p8-1-2-48~53)
- 回折減衰量を計算する際のスペクトルデータは第2回専門委員会の現地視察時小形山展望台において測定した結果を使用

2

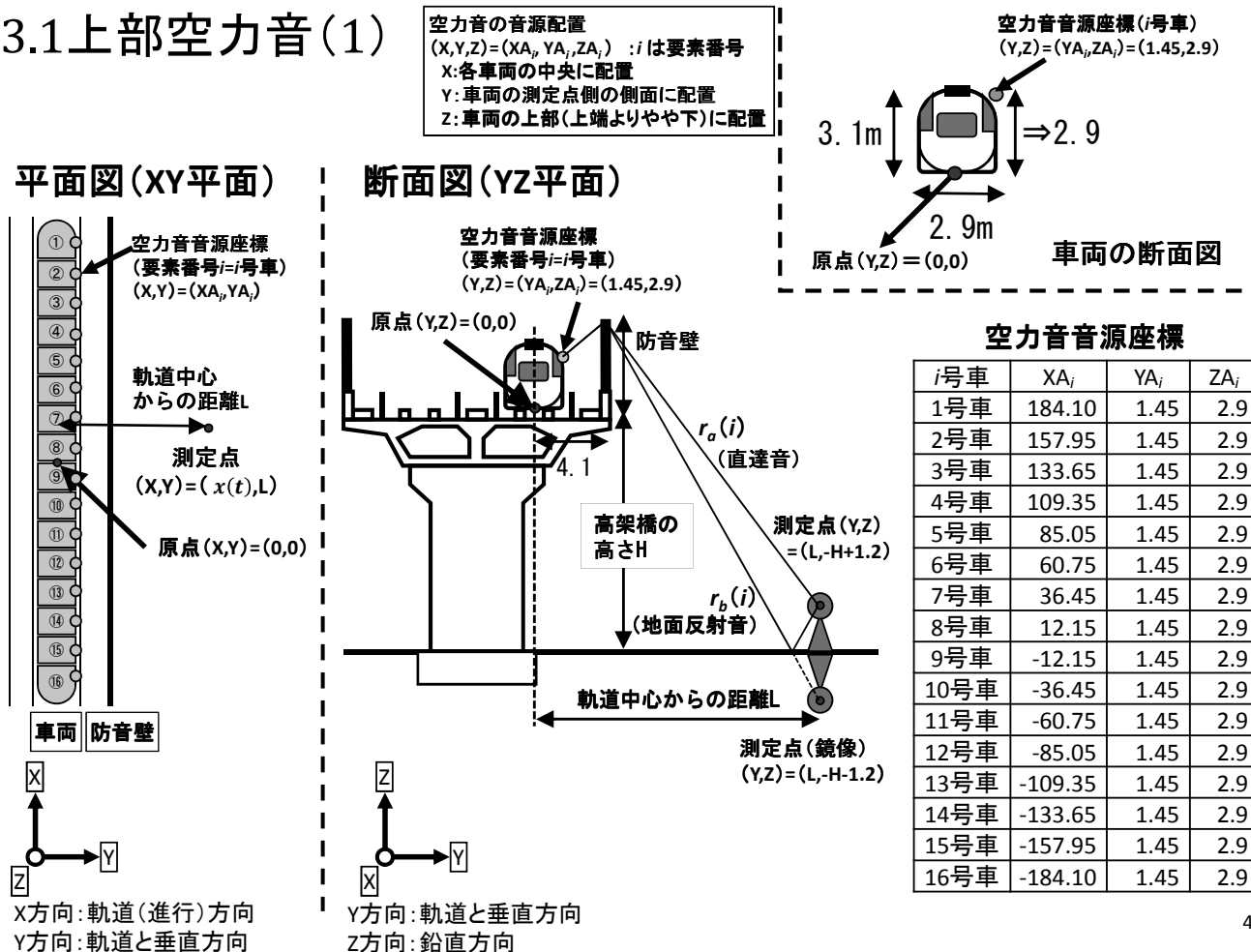
2 座標等



車両の走行は、測定点 $(X,Y,Z)=(x(t),L,-H+1.2)$ の $x(t)$ が変化したものとして、その時の騒音レベルを計算する。

3

3.1 上部空力音(1)



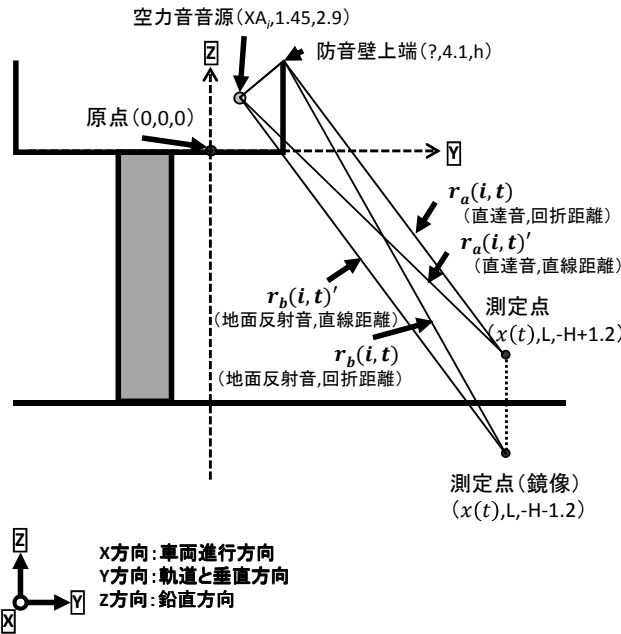
4

3.1上部空力音(2)

時刻 t (測定点X座標= x) の時の各地点の座標
(カッコ表記は(X,Y,Z)座標を示す)

高架橋の高さ: H
防音壁の高さ: h
近接軌道と測定点の水平距離: L

断面図(YZ平面)



空力音予測式

$$LA(t) = 10 \log_{10} (10^{LA_a(t)/10} + 10^{LA_b(t)/10})$$

$$LA_a(t) = 10 \log_{10} \sum_i 10^{LA_{a,i}(t)/10}$$

$$LA_{a,i}(t) = PWL_A(i) - 20 \log_{10}(r_a(i, t)) - 8 + \Delta L_{ad}(i, t)$$

$$LA_b(t) = 10 \log_{10} \sum_i 10^{LA_{b,i}(t)/10}$$

$$LA_{b,i}(t) = PWL_A(i) - 20 \log_{10}(r_b(i, t)) - 8 + \Delta L_{bd}(i, t)$$

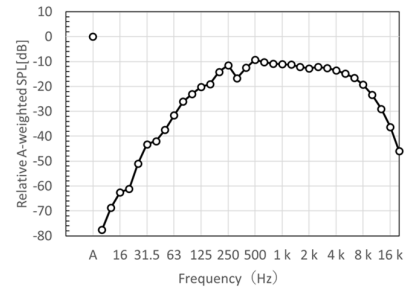
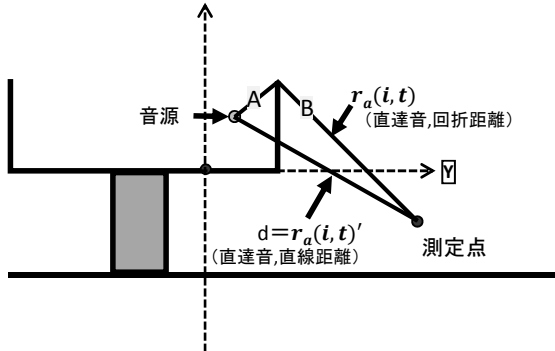
- $LA(t)$: 空力音の騒音レベル (dB)
- $LA_a(t)$: 直達音の音圧レベル (dB)
- $LA_b(t)$: 地面反射音の音圧レベル (dB)
- $LA_{a,i}(t)$: i 号車音源からの直達音の音圧レベル (dB)
- $LA_{b,i}(t)$: i 号車音源からの地面反射音の音圧レベル (dB)
- t : 時刻
- i : 点音源の要素番号 (i 号車に相当)
- $PWL_A(i)$: 空力音のパワーレベル (dB)
- $r_a(i, t)$: 音源から測定点までの距離 (防音壁の回折有) (m)
- $r_b(i, t)$: 地面反射音の音源から測定点までの距離 (回折有) (m)

- $\Delta L_{ad}(i, t)$: 音源から測定点までの回折減衰量 (dB)
- $\Delta L_{bd}(i, t)$: 地面反射音の音源から測定点までの回折減衰量 (dB)

3.1上部空力音(3) 回折減衰量の計算

リニア新幹線騒音のスペクトル@小形山展望台

断面図(YZ平面)



周波数分析 (1/3OCT中心周波数10~20kHzの34バンド)を実施。
測定した3列車について各バンドの最大値を算術平均した。
⇒各バンドの音圧レベルを $\Delta L_{max}(f_j)$ とする。

- 行路差 δ における
- ・各周波数毎の減衰量 $ATT(f_j)$ を計算
- ・以下の式で騒音レベルとしての回折減衰量 ΔL_d を計算

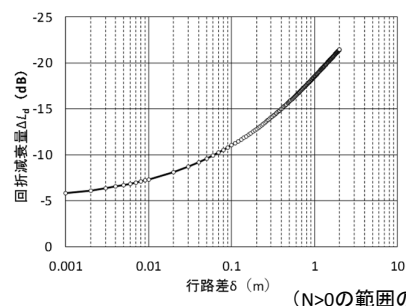
$$\Delta L_d = \log_{10} \frac{\sum_j 10^{\frac{\Delta L_{max}(f_j) + ATT(f_j)}{10}}}{\sum_j 10^{\frac{\Delta L_{max}(f_j)}{10}}}$$

前川チャートの数式表現 (山本(1991))

$$ATT = \begin{cases} 10 \log_{10} N + 13 & \text{for } N \geq 1 \\ 5 \pm \frac{8}{\sinh^{-1}(1)} \cdot \sinh^{-1}(|N|^{0.485}) & \text{for } -0.324 \leq N < 1 \\ 0 & \text{for } N < -0.324 \end{cases}$$

(±の符号: +は $N > 0$, -は $N < 0$ の場合)

- ATT : 前川による半無限障壁の減音量 (dB)
- N : フレネル数 $= \delta / (\lambda/2) = \delta \cdot f / c$
- δ : 行路差 (m) $= A + B - d = r_a(i, t) - r_a(i, t)'$
- λ : 波長 (m)
- f : 周波数 (Hz)
- c : 音速 (m/s)

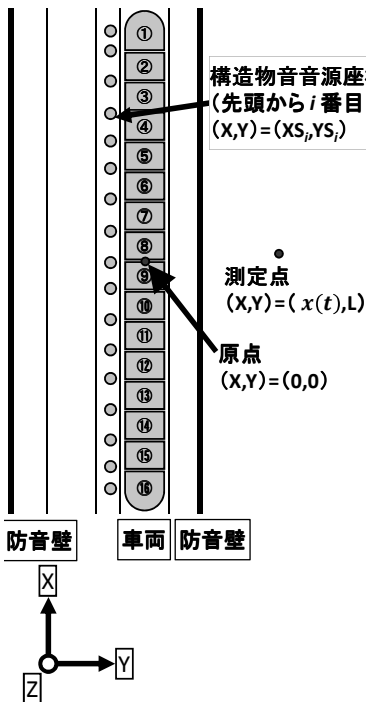


($N > 0$ の範囲のみ記載)

3.2 構造物音 (1)

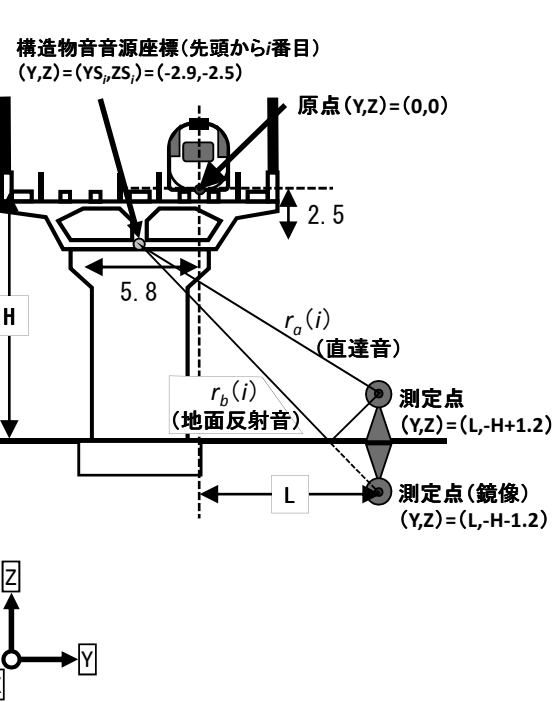
構造物音の音源配置
 $(X,Y,Z)=(X_{S_i}, Y_{S_i}, Z_{S_i})$: i は要素番号
 X: 車両の継目と先頭後尾車両の車両中央に配置
 Y: 橋梁の中央(上下軌道の中心)に配置
 Z: 橋脚上部に配置

平面図 (XY平面)



X方向: 軌道(進行)方向
 Y方向: 軌道と垂直方向

断面図 (YZ平面)



Y方向: 軌道と垂直方向
 Z方向: 鉛直方向

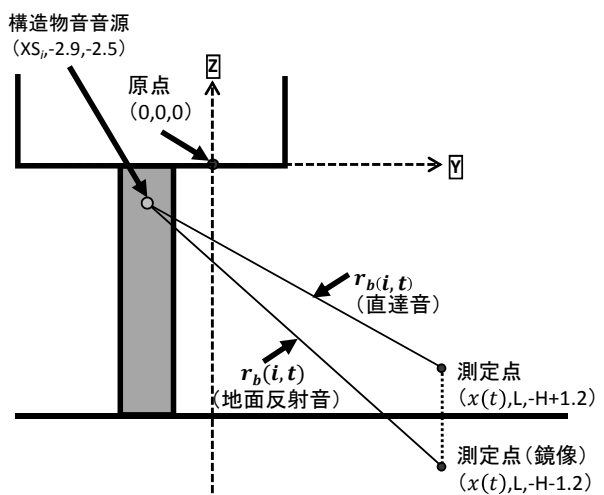
構造物音音源座標

要素番号 i	X_{S_i}	Y_{S_i}	Z_{S_i}
1	184.1	-2.9	-2.5
2	170.1	-2.9	-2.5
3	145.8	-2.9	-2.5
4	121.5	-2.9	-2.5
5	97.2	-2.9	-2.5
6	72.9	-2.9	-2.5
7	48.6	-2.9	-2.5
8	24.3	-2.9	-2.5
9	0	-2.9	-2.5
10	-24.3	-2.9	-2.5
11	-48.6	-2.9	-2.5
12	-72.9	-2.9	-2.5
13	-97.2	-2.9	-2.5
14	-121.5	-2.9	-2.5
15	-145.8	-2.9	-2.5
16	-170.1	-2.9	-2.5
17	-184.1	-2.9	-2.5

3.2 構造物音 (2)

時刻 t (測定点X座標 = $x(t)$) の時の各地点の座標
 (カッコ表記は(X,Y,Z)座標を示す)
 高架橋の高さ: H
 防音壁の高さ: h
 近接軌道と測定点の水平距離: L

断面図 (YZ平面)



X方向: 車両進行方向
 Y方向: 軌道と垂直方向
 Z方向: 鉛直方向

構造物音予測式

$$LS(t) = 10 \log_{10} (10^{LS_a(t)/10} + 10^{LS_b(t)/10})$$

$$LS_a(t) = 10 \log_{10} \sum_i 10^{LS_{a,i}(t)/10}$$

$$LS_{a,i}(t) = PWL_S(i) - 20 \log_{10}(r_a(i,t)) - 11$$

$$LS_b(t) = 10 \log_{10} \sum_i 10^{LS_{b,i}(t)/10}$$

$$LS_{b,i}(t) = PWL_S(i) - 20 \log_{10}(r_b(i,t)) - 11$$

- $LS(t)$: 空力音の騒音レベル (dB)
- $LS_a(t)$: 直達音の音圧レベル (dB)
- $LS_b(t)$: 地面反射音の音圧レベル (dB)
- $LS_{a,i}(t)$: i 号車音源からの直達音の音圧レベル (dB)
- $LS_{b,i}(t)$: i 号車音源からの地面反射音の音圧レベル (dB)
- t : 時刻
- i : 点音源の要素番号 (i 号車に相当)
- $PWL_S(i)$: 空力音のパワーレベル (dB)
- $r_a(i,t)$: 音源から測定点までの距離 (m)
- $r_b(i,t)$: 地面反射音の音源から測定点までの距離 (m)

3.3空力音と構造物音の合成

次式により、空力音と構造物音を合成し、走行に伴う騒音を計算

$$L(t) = 10 \log_{10} \left(10^{LA(t)/10} + 10^{LS(t)/10} \right)$$

$L(t)$: 時刻 t の時の騒音レベル
 $LA(t)$: 時刻 t の時の空力音の騒音レベル
 $LS(t)$: 時刻 t の時の構造物音の騒音レベル

3.4騒音レベル予測計算の方法

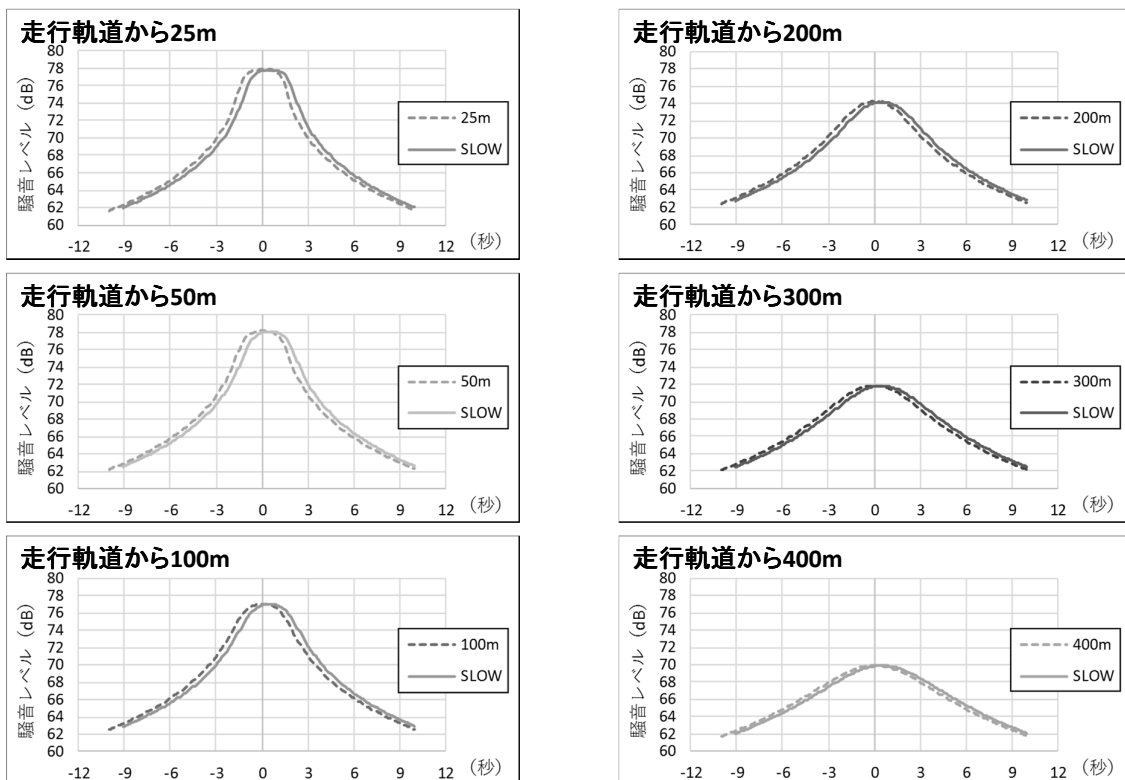
車両の走行は、測定点 $(X,Y,Z)=(x(t),L,-H+1.2)$ の $x(t)$ が変化したとして、その時の騒音レベルを計算($x(t) = vt$: v は列車速度)。

- 計算範囲: 車両が正面($x(t) = 0$)となる時刻を $t=0$ とし、その±10秒間を計算。
 $\Rightarrow x(t)$ は-1388.9~+1388.9の範囲で変化
- 計算間隔: 0.1秒毎
- 時間重み付け特性(SLOW): 求めた騒音レベルを1秒毎移動平均した後、計算範囲の最大値を求め、 L_{ASmax} とする。

4 結果

4.1計算結果例

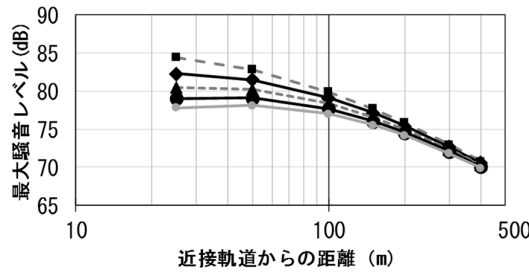
～16両編成、近接軌道走行時、防音壁高さ:3.5m、高架橋高さ25mの場合～



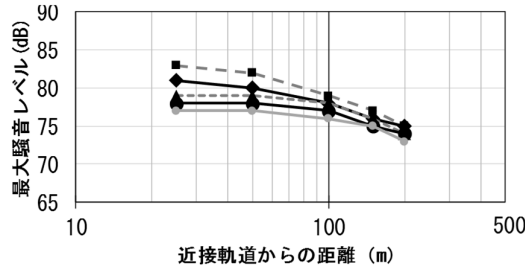
4.2 計算結果

16両編成、近接軌道走行時、防音壁高さ3.5m

計算結果



【参考】
評価書
予測値



高架橋高さ

- 5m
- ◆ 10m
- ▲ 15m
- 20m
- 25m

計算結果
(数値)

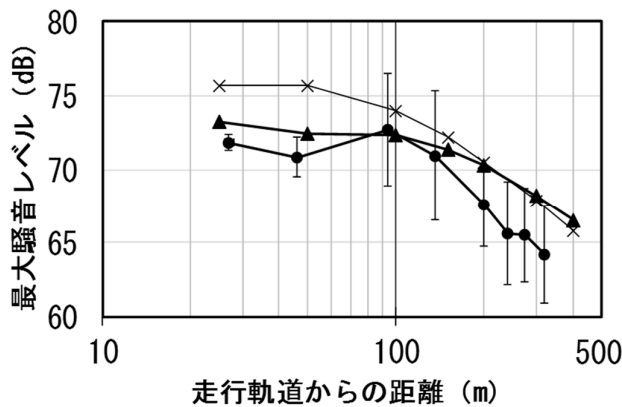
高架橋の高さ	近接軌道からの距離	
	200m	400m
5m	76	71
10m	75	71
15m	75	70
20m	75	70
25m	74	70

11

5 計算結果と実測値の比較

計算結果と実験線測定結果(H30.9実施)を比較した。

5両編成、防音壁高さ3.5m、高架橋高さ25m



- ▲ 評価書予測_計算値 (5両編成、遠隔軌道)
- × 評価書予測_計算値 (5両編成、近接軌道)
- H30.9実測値 (5両編成、遠隔軌道)

走行軌道との距離が離れるほど、実測値が小さくなる傾向がみられた。

(参考) 走行軌道中心から320mにおける騒音レベル

実測値: 平均値64.2dB、99%予測区間の上端値67.5dB

計算値: 68dB

12