

#### 4. 振動関連

##### 4 - 1 基準値

振動に関する規制基準、その他の環境保全目標（地方自治体事例）を表4 - 1に示す。

表4 - 1 (1) 振動規制法に基づく特定工場等における規制基準

時間の区分 区域の区分	昼 間	夜 間
第一種区域	60 デシベル～65 デシベル	55 デシベル～60 デシベル
第二種区域	65 デシベル～70 デシベル	60 デシベル～65 デシベル

1. 第一種区域：良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域及び住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域  
 第二種区域：住居の用に併せて商業、工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、振動の発生を防止する必要がある区域及び主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい振動の発生を防止する必要がある区域
2. 昼間：午前5時、6時、7時又は8時から午後7時、8時、9時又は10時まで  
 夜間：午後7時、8時、9時又は10時から翌日の午前5時、6時、7時又は8時まで

表4 - 1 (2) 振動規制法に基づく自動車振動の要請基準

区域の区分 時間の区分	昼 間	夜 間
第一種区域	65 デシベル	60 デシベル
第二種区域	70 デシベル	65 デシベル

##### 備考

- 1 第一種区域及び第二種区域とは、それぞれ次の各号に掲げる区域として都道府県知事が定めた区域をいう。
  - 一 第一種区域 良好な住居の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域及び住民の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域
  - 二 第二種区域 住居の用に併せて商業、工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、振動の発生を防止する必要がある区域及び主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい振動の発生を防止する必要がある区域
- 2 昼間及び夜間とは、それぞれ次の各号に掲げる時間の範囲内において都道府県知事が定めた時間をいう。
  - 一 昼間 午前5時、6時、7時又は8時から午後7時、8時、9時又は10時まで
  - 二 夜間 午後7時、8時、9時又は10時から翌日の午後5時、6時、7時又は8時まで

表 4 - 1 (3) 地域環境管理計画における地区別環境保全水準の例（川崎市）

(1) 工場等

地区	時間帯	午前 8 時～午後 7 時	午後 7 時～午前 8 時
	第 1 種		60 (65) デシベル以下
第 2 種		65 デシベル以下	60 デシベル以下
第 3 種		70 (70) デシベル以下	60 (65) デシベル以下

- (注) 1 この表において、第 1 種地区とは都市計画法（昭和 43 年法律第 100 号）第 8 条第 1 項第 1 号の規定により定められた第 1 種低層住居専用地域、第 2 種低層住居専用地域、第 1 種中高層住居専用地域、第 2 種中高層住居専用地域、第 1 種住居地域、第 2 種住居地域、準住居地域及びその他の地域をいう。  
 2 第 1 種地区の（ ）内の数値は、第 1 種住居地域、第 2 種住居地域、準住居地域及びその他の地域に適用する。  
 3 第 3 種地区の（ ）内の数値は、工業専用地域に適用する  
 4 測定場所は、工場等の敷地境界線とする。

(2) 道路

区域の区分	時間	昼 間 (午前 6 時から午後 10 時まで)	夜 間 (午後 10 時から翌日午前 6 時まで)
	第 1 種区域		65 デシベル以下
第 2 種区域		70 デシベル以下	65 デシベル以下

- (注) 1 第 1 種区域：都市計画法（昭和 43 年法律第 100 号）第 8 条第 1 項第 1 号の規定により定められた第 1 種低層住居専用地域、第 2 種低層住居専用地域、第 1 種中高層住居専用地域、第 2 種中高層住居専用地域、第 1 種住居地域、第 2 種住居地域、準住居地域及びその他の地域をいう。  
 2 第 2 種区域：近隣商業地域、商業地域、準工業地域及び工業地域をいう。  
 3 工業専用地域は除く  
 4 振動測定場所は、道路の敷地境界線とする。

## 4 - 2 調査方法一覧

### (1) 調査地点（現地調査を実施する場合）

#### ア 施設振動

- ・新設施設の場合、現地調査地点は、調査対象地域の中から適宜設定する。振動の測定場所は、敷地境界を含む事業予定区域内、もしくは周辺の住居、病院、学校等の用に供されている建物を対象とし、新設施設の振動源の配置を勘案して設定する。
- ・既存施設の変更となる場合も同様であるが、新設設備の振動源の配置とともに、既存施設の振動源の配置にも留意して、測定場所を設定する。

#### イ 道路交通振動レベル

- ・搬入ルート上の代表的な地点を想定して測定する。
- ・振動の測定場所は、道路の敷地の境界線とする。

#### ウ 交通量

- ・道路交通振動調査地点を通過する車輛交通量が車種別に測定できるよう地点を設定する。

### (2) 調査方法

#### ア 振動の測定

振動の測定方法は、JIS Z 8735 に定める振動レベル測定方法に準拠し、JIS C 1510 に定める振動レベル計を用いて、鉛直方向の振動感覚補正特性を加重した振動加速度実効値を計測する。

振動レベルの整理方法については、振動の時間変動により次のように代表レベルを設定する必要がある。

- ・測定器の指示値が変動せず、または変動が少ない場合は、その指示レベル又は平均値とする。
- ・測定器の指示値が周期的または間欠的に変動する場合は、その変動ごとの指示値の平均値とする。
- ・測定器の指示値が不規則かつ大幅に変動する場合は、5秒間隔、100個またはこれに準ずる間隔、個数の測定値の80%レンジの上端の数値とする。

振動レベルは、大幅に変動する場合の振動では、80%レンジの上端値を代表値とする点が騒音の場合と異なる。なお、衝撃振動の定義はなく、したがって間欠的な振動として取り扱うことになる（資料編 3 . 騒音関連 表3 - 4 参照）。

測定時の注意事項は、騒音の場合とほぼ同様であるが、振動ピックアップの設置には、

- ・緩衝物がなく、かつ、十分踏み固め等の行われている堅い場所
- ・傾斜及び凹凸がない水平面を確保できる場所
- ・温度、電気、磁気等の外因条件の影響を受けない場所

を選ぶこととされている。

#### イ 測定器

振動の測定には、振動計あるいは振動レベル計（JIS C 1510）を用いる。振動レベル計は通称「公害用振動計」とも呼ばれ、環境振動測定用の計測器である。

振動計は、振動を感知してこれを電気信号に変換するピックアップと信号を処理して振動レベルをメータに表示するアンプ部から構成される。振動レベル計のピックアップとしては現在、圧電素子を用いた加速度計が最も多く用いられている。

この加速度計で発生し得る電流は極めて微弱であり、長いケーブルを通すと信号の減衰が著しい。このため、加速度ピックアップのすぐ傍らにプリアンプを置き、ケーブルの延長を可能としている。市販の振動レベル計では、ピックアップ内にプリアンプを内蔵した型が多い。振動の記録計にレベルレコーダ、データレ

コーダ、分析器に周波数分析器などがあり、騒音の場合と同様レベルレコーダを用いることが望ましい。

#### 4 - 3 既存文献、資料

振動に関する既設文献・資料の例は次に示すとおりである。

項目	既存文献、資料の例
振動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生源の状況（種類、規模、分布、振動パワーレベル） 「環境白書」、「公害白書」、「振動実態調査報告書」等</li> <li>・公害苦情の状況（振動に係る苦情の発生状況） 「公害苦情届出台帳」等</li> <li>・その他予測・考察に必要な事項 ( 土質・地盤、土質・地盤の周波数特性等 )</li> </ul>

#### 4 - 4 予測式

##### (1) 処理フロー

振動の一般的な予測手順の概要は図4 - 1 に示すとおりである。

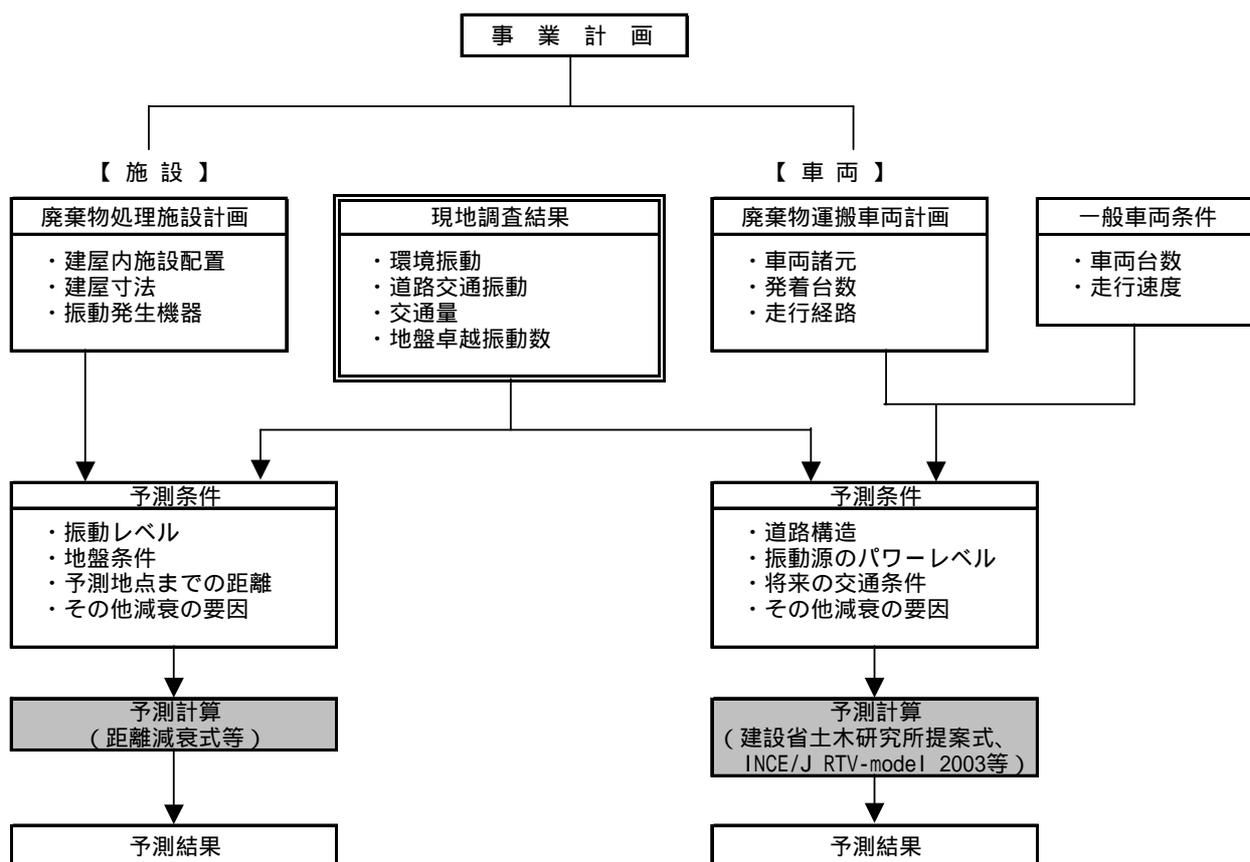


図4 - 1 振動予測フロー

(2) 予測式

ア 施設稼働による振動（工場振動）

振動の予測は、振動の伝播が主として地盤であることから、現状では一般的に正確な予測を行うことは困難とされている。

振動源から地面を伝わる波動の距離による減衰は、土質、地層、地下水、振動数、振動方向などによって多少の影響を受けるため、音の距離減衰のような単純な減衰ばかりにならないことが多い。もし、地面を均質な弾性体とすれば、距離による振動減衰は、幾何学的減衰と土の内部摩擦などによる減衰によって表され、振動から r m離れた点の振動レベルは次の距離減衰式より求められる。

$$VL = VL_0 + 20 \log_{10} \left( \frac{r_0}{r} \right)^n + (20 \log_{10} e)(r_0 - r)\alpha$$

ここに VL 予測点の振動レベル（デシベル）

VL<sub>0</sub> 基準点の振動レベル（デシベル）

r 振動源から予測点までの距離（m）

r<sub>0</sub> 振動源から基準点までの距離（m）

20 log<sub>10</sub> e = 8.68

n 幾何減衰定数

α 地盤減衰定数（摩擦性減衰係数ともいう）

幾何減衰定数と地盤減衰定数（摩擦性減衰係数）は表 4 - 2 及び表 4 - 3 に示すとおりである。

これらの定数は、地域の特性（事業計画地周辺の特性）によって定められることになるが、予測地点の条件に応じて定数を定める。

表 4 - 2 幾何減衰定数及び地盤減衰定数

幾何減衰定数 (n)	表面波	0.5
	無限体を伝わる実体波	1
	半無限自由表面を伝わる実体波	2
地盤減衰定数 (α)	粘土	0.02 ~ 0.01
	砂・シルト	0.03 ~ 0.02

（出典：「地盤振動の伝播経路における対策」（騒音制御 vol2.No.2）

表 4 - 3 摩擦性減衰係数

地層	摩擦性減衰係数
シルト層	0.03 ~ 0.02
粘土層	0.02 ~ 0.01
関東ローム層	0.01

（出典：塩田、産業公害 昭和 55 年 13 巻第 10 号）

イ 廃棄物運搬車両による振動（道路交通振動）

自動車交通振動の80%レンジの上端値（ $L_{10}$ ）の予測には、以下に示す建設省土木研究所提案式、またはINCE/J RTV-model 2003（日本騒音制御工学会式）を用いる。

(7) 建設省土木研究所提案式

a. 予測式

$$L_{10} = L_{10}^* - \alpha_l$$

$$L_{10}^* = a \log_{10}(\log_{10} Q^*) + b \log_{10} V + c \log_{10} M + d + \alpha_\sigma + \alpha_f + \alpha_s$$

ここで、

- $L_{10}$  : 振動レベルの80%レンジの上端値の予測値（dB）
- $L_{10}^*$  : 基準点における振動レベルの80%レンジの上端値の予測値（dB）
- $Q^*$  : 500秒間の1車線当たり等価交通量（台/500秒/車線）

$$Q^* = \frac{500}{3600} \times \frac{1}{M} \times (Q_1 + KQ_2)$$

- $Q_1$  : 小型車時間交通量（台/時）
- $Q_2$  : 大型車時間交通量（台/時）
- $V$  : 平均走行速度（km/時）
- $M$  : 上下車線合計の車線数
- $K$  : 大型車の小型車への換算係数
- $\alpha_\sigma$  : 路面の平坦性による補正值（dB）
- $\alpha_f$  : 地盤卓越振動数による補正值（dB）
- $\alpha_s$  : 道路構造による補正值（dB）
- $\alpha_l$  : 距離減衰値（dB）
- $a, b, c, d$  : 定数

また、予測断面における現況の振動レベルを現地調査において把握できている場合には、廃棄物運搬車両及び将来増加交通量による振動レベルの増分を計算し、現況振動レベルに加算する方式を用いてもよい。

$$L_{10} = L_{10}^* + \Delta L$$

$$\Delta L = a \cdot \log_{10}(\log_{10} Q') - a \cdot \log_{10}(\log_{10} Q)$$

- $L_{10}$  : 振動レベルの80%レンジの上端値の予測値（デシベル）
- $L_{10}^*$  : 現況の振動レベルの80%レンジの上端値（デシベル）
- $\Delta L$  : 廃棄物運搬車両車両及び将来増加交通量による振動レベルの増分（デシベル）
- $a$  : 定数（平面道路 = 47）
- $Q$  : 廃棄物運搬車両及び将来増加交通量の上乗せ時の500秒間の1車線当たり等価交通量（台/500秒/車線）
- $Q'$  : 現況の500秒間の1車線当たり等価交通量（台/500秒/車線）

$Q'$ 及び $Q$ については、以下の式より求める。

$$Q = \frac{500}{3600} \cdot \frac{1}{M} \cdot (N_1 + KN_2)$$

- $N_1$  : 小型車時間交通量（台/時）
- $N_2$  : 大型車時間交通量（台/時）
- $M$  : 上下車線合計の車線数
- $K$  : 大型車の小型車への換算係数

b. 予測式の係数値及び補正項

上記予測式の係数値及び補正項は次表に示すとおりである。

表 4 - 4 道路交通振動予測式の計数値及び補正值

道路構造	$K$	$a$	$b$	$c$	$d$		$f$	$s$	$r_i = \log(r/5+1)/\log 2$ $r$ : 基準点から予測地点までの距離(m)			
平面道路	$100 < V < 140 \text{ km/h}$ のとき 14 $V < 100 \text{ km/h}$ のとき 13	47	12	3.5	27.3	アスファルト舗装では $8.2 \log_{10}$ コンクリート舗装では $19.4 \log_{10}$ :3mプロファイルメータによる路面凹凸の標準偏差(mm)	$f > 8 \text{ Hz}$ のとき $-17.3 \log_{10} f$	0	: 粘土地盤では $0.068 L_{10}^{-2.0}$ : 砂地盤では $0.130 L_{10}^{-3.9}$			
高架道路に併設された場合を除く							$f < 8 \text{ Hz}$ のとき $-9.2 \log_{10} f - 7.3$		-1.4H-0.7 H: 盛土高さ(m)	: $0.081 L_{10}^{-2.2}$		
盛土道路							f: 地盤卓越振動数(Hz)		-0.7H-3.5 H: 切土高さ(m)	: $0.187 L_{10}^{-5.8}$		
切土道路				$100 < V < 140 \text{ km/h}$ のとき 14 $V < 100 \text{ km/h}$ のとき 13	47	12	7.9	1本橋脚では 7.5 2本以上橋脚では8.1	1.9 $\log_{10} H_p$ $H_p$ : 伸縮継手部より ±5m 範囲内の最大高低差(mm)	$f > 8 \text{ Hz}$ のとき $-6.3 \log_{10} f$	0	: $0.073 L_{10}^{-2.3}$
掘削道路										$f < 8 \text{ Hz}$ のとき $-5.7$		
高架道路				$100 < V < 140 \text{ km/h}$ のとき 14 $V < 100 \text{ km/h}$ のとき 13	47	12	3.5	21.4	アスファルト舗装では $8.2 \log_{10}$ コンクリート舗装では $19.4 \log_{10}$	$f > 8 \text{ Hz}$ のとき $-17.3 \log_{10} f$	0	: $0.073 L_{10}^{-2.3}$
高架道路に併設された平面道路	$f < 8 \text{ Hz}$ のとき $-9.2 \log_{10} f - 7.3$											

c. その他

- ・地盤卓越振動数（予測地点における調査結果を用いる。）
- ・道路条件（道路交通騒音予測と同様。）
- ・交通条件（道路交通騒音予測と同様。）

(1) INCE/J RTV-model 2003（日本騒音制御工学会式）

社団法人日本騒音制御工学会道路交通振動予測式作成分科会による道路交通振動予測計算方法（INCE/J RTV-model 2003）は、以下に示すとおりである。詳細は、「騒音制御」28巻3号（平成16年）を参照のこと。

a. 予測手順

INCE/J RTV-model 2003 は、図 4 - 2 に示す手順に従って予測を行う。

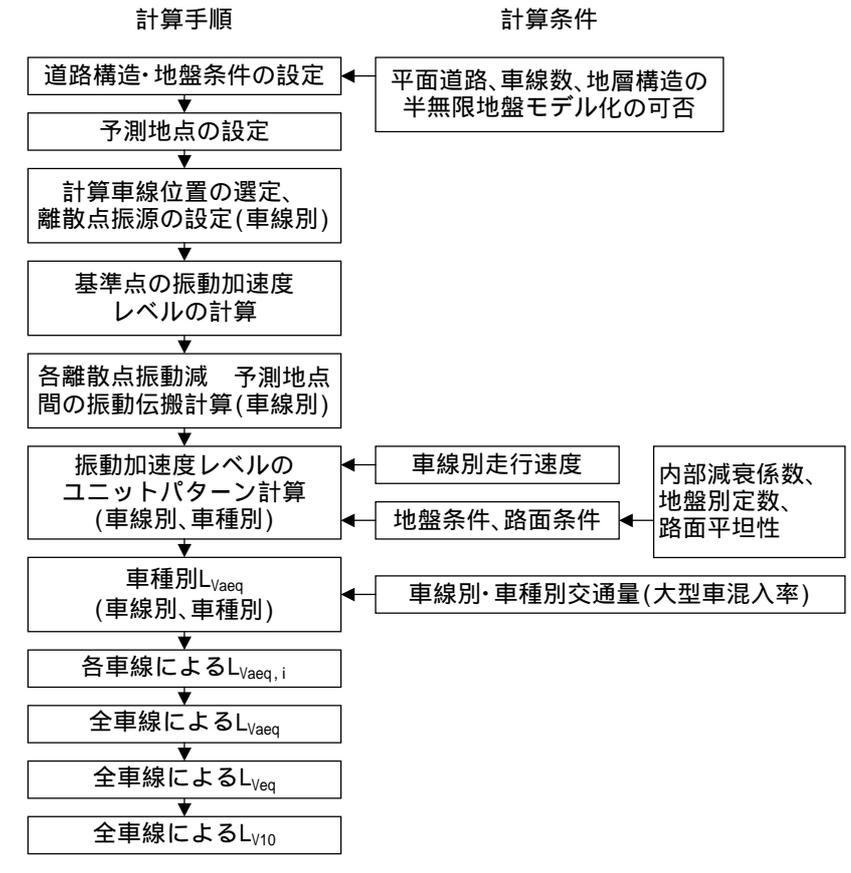


図4 - 2 INCE/J RTV-model における振動予測フロー

b. 予測式

(a) 振動加速度レベルの距離減衰計算式

$$L_{Va,i} = \begin{cases} L_{Va,REF} - 20 \log_{10} r_i - 8.68\alpha(r_i - 1) + 20 \log_{10} [f(\theta_i)] & r_i < r_T \\ L_{Va,REF} - 20 \log_{10} r_T + 20 \log_{10} (r_i / r_T) - 8.68\alpha(r_i - 1) + 20 \log_{10} [f(\theta_i)] & r_i \geq r_T \end{cases}$$

ここに、

- $L_{Va,i}$  : 点振源  $i$  からの振動加速度レベル[dB]
- $L_{Va,REF}$  : 基準点 (車線中央から予測地点方向へ 1m 離れた地点) の振動加速度レベル[dB]
- $r_i$  : 点振源  $i$  から予測地点までの距離[m]
- $r_{T=15m}$  : 実体波動的な減衰特性と表面波動的な減衰特性の変曲点
- $\alpha$  : 内部減衰係数[1/m] (ローム地盤 ; 0.014、砂礫地盤 ; 0.031、沖積地盤 ; 0.020)  $f(\theta_i)$  : 振動伝搬の指向特性 [ $f(\theta_i) = 1 - 0.0083 \theta_i$ ]
- $\theta_i$  : 点振源  $i$  と予測地点を結ぶ直線と道路垂線のなす角度[°] (図4 - 3 参照)

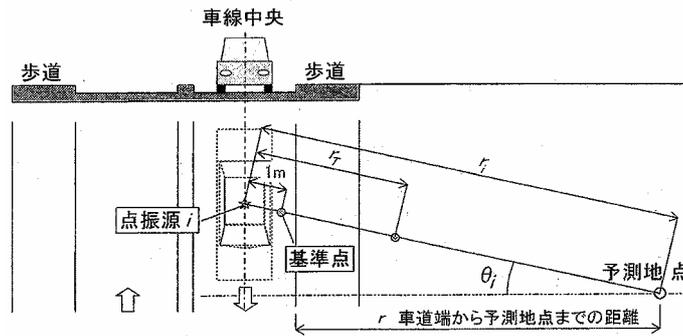


図4-3 一台の自動車と予測地点との位置関係(ただし、 $r_i$   $r_T$ )

(b)基準点における振動加速度レベル

$$L_{Va,REF} = 60 + 23.3 \log_{10} \sigma - 19.1 \log_{10} T_A + 28.8 \log_{10} V + C_V + C_g$$

ここに、

- $\sigma$  : 路面の平坦性[mm] (3m プロフィルメータによる路面凹凸の標準偏差)
- $T_A$  : 路盤舗装の等値層厚[cm]
- $V$  : 走行速度[km/h]
- $C_V$  : 車種別の定数[dB] (大型自動車 ; 0dB、小型自動車 ; -8dB)
- $C_g$  : 地盤別の定数[dB] (ローム地盤 ; -6dB、砂礫地盤 ; -5.8dB、沖積地盤 ; -10dB)

(c)ユニットパターン計算のための条件

- (1)道路縦断方向範囲 : 予測地点から車線中央に下した垂線の交点を中心に、左右に垂線距離の10倍の範囲とする。
- (2)時間間隔 : 上記範囲内に等間隔で最低40ポイントの振動源の配置できる時間間隔

(c)等価振動加速度レベル  $L_{Vaeq}$  の計算

・予測地点から見て  $j$  番目の車線を走行する大型車を振動源とした場合の予測地点における等価振動加速度レベル  $L_{Vaeq,h,j}$

$$L_{Vaeq,h,j} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^N \left( 10^{L_{Va,i,h,j}/10} \cdot \Delta t_{i,h} \right) + 10 \log_{10} (Q_{h,j} / 3600)$$

ここに、

- $L_{Vaiq,h,j}$  :  $i$  番目の区間に大型車が位置する場合の予測地点における振動加速度レベル[dB]
- $Q_{h,j}$  :  $j$  番目の車線の大型車交通量[台/h]
- $\Delta t_j$  :  $j$  番目の車線の1区間に自動車が存在する時間[s] ( $\Delta t_i = 3.6 \Delta l / V_j$ )
- $\Delta l$  : 分割区間の長さ[m] ( $\Delta l = 20 r_{i, \theta i=0} / N$ )
- $r_{i, \theta i=0}$  : 点振源  $i$  と予測地点を結ぶ直線と道路垂線のなす角度  $\theta_i$  が  $0[^\circ]$  の場合の点振源  $i$  から予測地点までの距離[m]
- $V_j$  :  $j$  番目の車線の自動車の走行速度[km/h]
- $N$  : 全区間数 ( $i = 1 \sim N$ )

なお、小型車の場合は、上式において、添字  $h$  を  $k$  と読み替えて求める。

- ・ j 番目の車線を走行する自動車による予測地点における等価振動加速度レベル  $L_{Vaeq,j}$

$$L_{Vaeq,j} = 10 \log_{10} \left( 10^{L_{Vaeq,h,j}/10} + 10^{L_{Vaeq,k,j}/10} \right)$$

ここに、

$L_{Vaeq,h,j}$  : 予測地点における j 番目の車線を走行する大型車による等価振動加速度レベル[dB]

$L_{Vaeq,k,j}$  : 予測地点における j 番目の車線を走行する小型車による等価振動加速度レベル[dB]

- ・ 予測地点における等価振動加速度レベル  $L_{Vaeq}$

$$L_{Vaeq} = 10 \log_{10} \sum_{j=1}^M 10^{L_{Vaeq,h,j}/10}$$

(d) 等価振動レベル  $L_{Veq}$  及び 80%レンジ上端値  $L_{V10}$  への変換

- ・ 等価振動レベル  $L_{Veq}$  への変換

$$L_{Veq} = L_{Vaeq} + \Delta L_A \quad \dots \text{式(F)}$$

ここに、

$\Delta L_A$  : 振動加速度レベルから振動レベルを推定する際の補正值[dB] (ローム地盤 ; -5.0dB、砂礫地盤 ; -9.1dB、沖積地盤 ; -(4.7-0.1r)dB、r は車道端から予測地点までの距離[m])

- ・ 80%レンジ上端値  $L_{V10}$  への変換

$$L_{V10} = L_{Veq} + \Delta L_{10} \quad \dots \text{式(G)}$$

ここに、

$L_{V10}$  : 振動レベルの 80%レンジ上端値[dB]

$\Delta L_{10}$  : 等価振動レベルから振動レベルの 80%上端値を推定する際の補正值(3dB)