

環境アセスメントにおける
定量的予測手法に関するセミナー
(騒音予測編)
第2日

一般財団法人 九州環境管理協会
環境部環境技術課 田中 憲一

第2日の内容

- 第1日の復習
- **【解説】**
アセスでよくある騒音予測
- **【解説】**
ASJ RTN-Model 2013の概要
- **【実習】**
ASJ RTN-Model 2013を作ってみましょう。

【解説】

アセスでよくある騒音予測

環境アセスメントでは、様々な音源からの騒音予測が実施されます。

どのような音源が対象となるか、またその影響がどのように予測評価されるのか、よくある代表的な例を挙げて説明します。

アセスでよくある騒音予測

- **工事中**
 - 建設機械の稼働（建設工事を伴う事業全て）
 - 工事用車両の運行（建設工事を伴う事業全て）
- **存在・供用時**
 - 施設の稼働（工場・事業場、発電所など）
 - 自動車の走行（道路）
 - 利用車両の運行（工場・事業場、埋立など）
 - 航空機、鉄道の運行（飛行場、鉄道など）

予測の対象で分類すると...

- **自動車騒音**
 - 多くは、一般部の沿道における断面予測
 - まれに、特殊部周辺における平面予測
 - 走行経路を細分化して離散点音源を配置し、各音源からの騒音レベルをエネルギー合成
- **機械騒音(建屋外、建屋内)**
 - 敷地境界周辺における平面予測
 - ほとんどは点音源(固定発生源、移動発生源)からの伝搬計算
 - 建屋内の機械では、室内残響音や壁面通過時の透過損失を考慮
- **その他**
 - 航空機騒音
 - 鉄道騒音

予測の概要 (1) 自動車騒音

- 日本音響学会のASJ RTN-Modelを用いて、**昼夜の等価騒音レベル**を予測する例がほとんど。
- 車種分類は**2車種分類**(大型車類、小型車類)が多い。
- 時間交通量や車速は、実測値や道路交通センサスなどの現況値を参考に、計画交通量から設定される。ただし車速は、安全をみて高めに設定されることもある。
- **新設道路**では予測値がそのまま評価値とされる。**既設道路**(工事用車両運行の影響評価など)では現況と将来の騒音レベル差を現況騒音測定値に加えた値が評価値とされる。
- 整合を図るべき基準として「騒音に係る環境基準(道路に面する地域)」が用いられることが多い。
- このため予測地点は**敷地の境界線上**(近接空間)と**敷地の境界線から15mまたは20m**(非近接空間)に置かれることが多い。
- 予測高さは**地上1.2m**が基本であり、2階建て以上の建物を評価対象とする場合には1階あたりの高さを3mとして床面高さが設定されることが多い。
- 超過減衰(回折減衰、地表面効果など)や排水性舗装の効果(性能が経年劣化する)など、予測値を下げる側の補正は、安全をみて無視されることもある。

予測の概要 (2)機械騒音

- 建設機械の稼働については日本音響学会のASJ CN-Modelが、また工場等の定置機械については点音源の距離減衰式が、それぞれよく用いられる。
- 移動発生源の位置設定については、「想定される移動範囲を微小面積に区分して離散点音源を置く」、「影響最大時の大凡の稼働位置に点音源を置く」、「安全をみて敷地の境界線付近に点音源を置く」など様々。
- 整合を図るべき基準としては「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」が用いられることが多い。
- このため予測地点は敷地の境界線上の地上1.2mに置かれることが多い。
- この場合、評価値は騒音規制法での規定量(例:変動騒音の場合は L_{A5})となるが、複数機械の同時稼働をどう評価すべきかなど、明確な判断が難しい点もあり、評価の方法は様々。

まとめ【再掲】

(主に騒音予測の視点から)

- これだけ覚えていれば何とかなる？

- 半自由音場における距離減衰式

$$L_I = L_W - 8 - 20 \log_{10} r \quad L_I = L_{I1} - 20 \log_{10} (r / r_1)$$

- レベルのエネルギー和とエネルギー平均

$$L_S = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad L_e = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right)$$

- 等価騒音レベル

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{L_A(t)/10} dt \right] = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{Ai}/10} \right]$$

- 単発騒音暴露レベルからの等価騒音レベル計算

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left[\frac{\Delta t}{T_0} \sum_{i=1}^N 10^{L_{Ai}/10} \right] \quad L_{Aeq,T} = L_{AE} + 10 \log_{10} \frac{nT_0}{T}$$

【解説】

ASJ RTN-Model 2013の概要

道路交通騒音の予測モデルのスタンダードと言える、日本音響学会のASJ RTN-Modelについて、どのような原理や手順で予測が進められているのか、最新モデルの2013を題材として、できるだけ簡単に説明します。

説明の流れ

1. 道路交通騒音予測モデルの沿革
2. 学習・利用のポイント
3. ASJ RTN-Model 2013の内容
 1. 適用範囲、用語の意味
 2. 予測の原理と基本式
 3. 予測計算の手順

日本音響学会による道路交通騒音 予測モデル開発の沿革

年	できごと	備考
1975年(昭和50年)	ASJ Model 1975発表	L_{A50} ベース
1993年(平成5年)	ASJ Model 1993発表	L_{Aeq} ベース、道路一般部のみ
1997年(平成9年)	環境影響評価法の公布	
1998年(平成10年)	騒音に係る環境基準の改正	評価量が L_{A50} から L_{Aeq} へ
1999年(平成11年)	ASJ Model 1998発表	現在の騒音予測の基礎となる
2003年(平成15年)	ASJ CN-Model 2002発表	L_{Aeq} ベースの建設作業騒音予測モデル
2004年(平成16年)	ASJ RTN-Model 2003発表	1998の改良版
2008年(平成20年)	ASJ CN-Model 2007発表	2002の改良版
2009年(平成21年)	ASJ RTN-Model 2008発表	2003の改良版
2014年(平成26年)	ASJ RTN-Model 2013発表	2008の改良版

ASJ RTN-Model 2013の構成

章	節	章	節
1. 予測計算手法の概要	1.1 適用範囲	4. 道路特殊箇所の騒音	4.4 トンネル坑口周辺部
	1.2 用語の意味		4.5 掘割・半地下部
	1.3 予測計算の流れと基本式		4.6 高架・平面道路併設部、複層高架部
2. 音源特性	2.1 車種分類	5. 高架構造物音	5.1 適用範囲
	2.2 自動車走行騒音パワーレベルのモデル式		5.2 高架構造物音の計算方法
	2.3 各種要因による補正	6. 建物・建物群背後における騒音	6.1 単独建物の背後における騒音
	2.4 自動車走行騒音の周波数特性		6.2 建物群背後における騒音
3. 伝搬計算	3.1 伝搬計算の基本式	付属資料	A1 自動車走行騒音の周波数特性
	3.2 回折に伴う減衰に関する補正量 ΔL_{dir}		A2 周波数ごとの伝搬計算法
	3.3 地表面効果に関する補正量 ΔL_{grnd}		A3 信号交差点部の騒音の計算方法
	3.4 空気の音響吸収に関する補正量 ΔL_{air}		A4 波動数値解析による騒音の計算方法
	3.5 反射音の計算方法	参考資料	R1 ハイブリッド・電気自動車の走行騒音のパワーレベル
	3.6 気象の影響		R2 二層式排水性舗装の騒音低減効果
4. 道路特殊箇所の騒音	4.1 インターチェンジ部	R3 先端改良型遮音壁に関する伝搬計算法	
	4.2 連結部	R4 単純条件下での $L_{Aeq,T}$ の簡易計算法	
	4.3 信号交差点部	R5 予測精度に関する検討	

学習・利用のポイント(私見)(1)

- 基本、「●●を予測するにはこうすれば良い」的な論調で、「こういう場合はこうなさい」的な論調ではない。
 - 「普通はどこまで考慮に入れるのか?」「●●は考慮しなくて良いのか?」的な疑問に対しては、答えを探してもなかなか見つからない。
 - 「必須事項」と「オプション」の区別が明確ではなく、初心者が学習素材として使うにはとっつきにくい。
 - 「基本的な予測の流れ」や「最低限どこまで考慮に入れるべきか」などは、むしろ「道路環境影響評価の技術手法」の方がわかりやすく、具体的な計算式やその適用範囲など細部が知りたい場合にこれを参照する、という使い方が良いかも。

学習・利用のポイント(私見)(2)

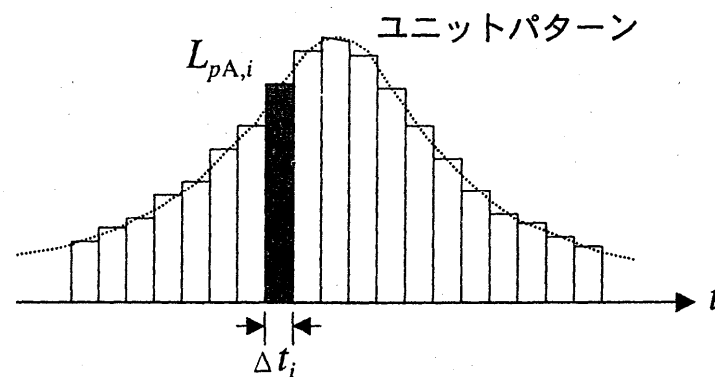
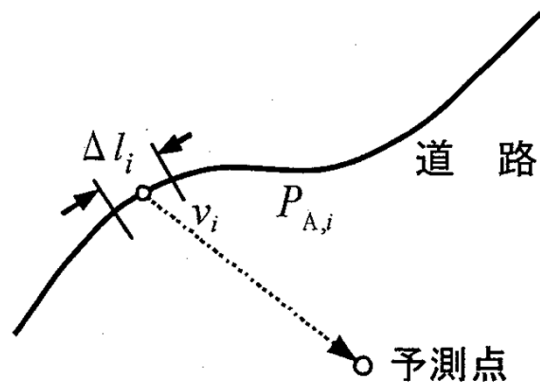
- 面倒な計算のほとんどは「減音」に関するものであり、アセスの中では「計算はできるが安全をみて無視」とされることも多い。
 - 安全をみて無視される例
多重回折、地表面効果、空気吸収、排水性舗装、指向性、建物群による減衰、など
 - 安全側ではないけど計算が複雑になるため無視される例
反射音(高架道路裏面、沿道の建物間など)
 - 適切なモデルがないため無視せざるを得ない例
ノイズレデューサや生け垣による減音、丘陵地など自然地形の起伏下での回折や反射、など

適用範囲

- 対象道路
 - 道路一般部(平面、盛土、切土、高架)
 - 道路特殊箇所(インターチェンジ部、連結部、信号交差点部、トンネル坑口周辺部、掘割・半地下部、高架・平面道路併設部、複層高架部)
- 交通量
 - 制限なし
- 自動車の走行速度
 - 自専道、一般道の定常走行区間:40-140km/h
 - 一般道の非定常走行区間:10-60km/h
 - 自専道IC部などの加減速・停止区間:0-80km/h
 - 一般道信号交差点付近などの加減速・停止区間:0-60km/h
- 予測範囲
 - 道路から水平距離200mまで、高さ12mまで
※検証した範囲がこの範囲というだけで、原理的には制限はない。
- 気象条件
 - 無風で特に強い気温勾配が生じていない状態

予測の原理と基本式(1)

- 自動車の走行経路を細分化・離散化し、その1つ1つを点音源と考える。
- 各点音源からの騒音伝播計算を行い、自動車が1台通過したときの予測点での騒音レベル $L_{pA,i}$ の時間変化(ユニットパターン)を求める。



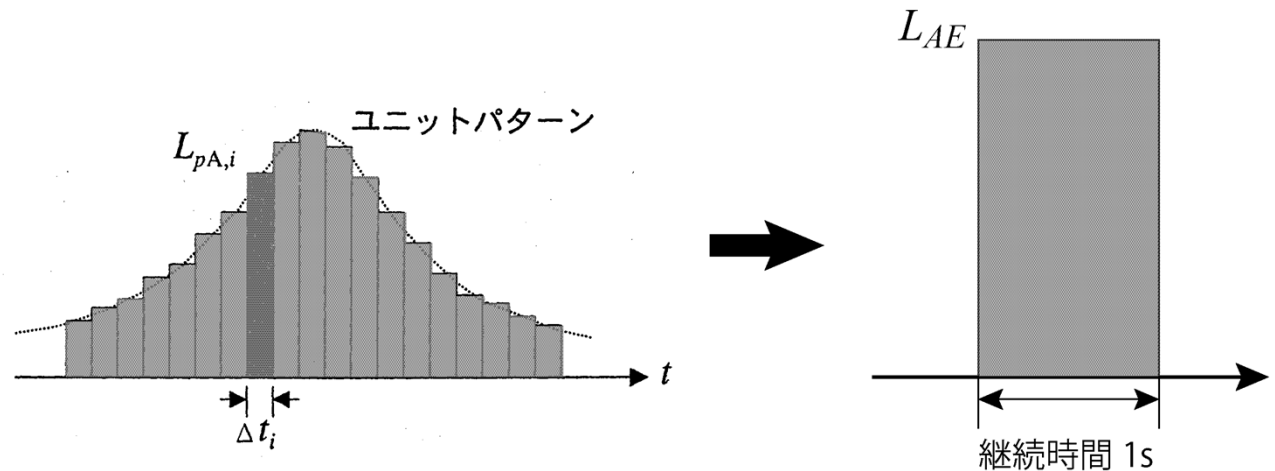
離散点音源から予測点への音の伝搬

ユニットパターン

予測の原理と基本式(2)

- ユニットパターンを時間積分し、1台の自動車
が通過したときの単発騒音暴露レベル(L_{AE})
を求める。

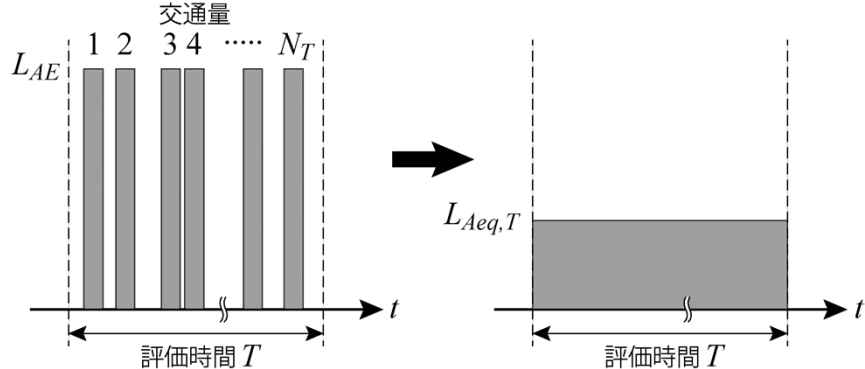
$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_0} \sum_i \left(10^{L_{A,i}/10} \cdot \Delta t_i \right) \right]$$



ユニットパターンの時間積分と、単発騒音暴露レベル L_{AE} の算出

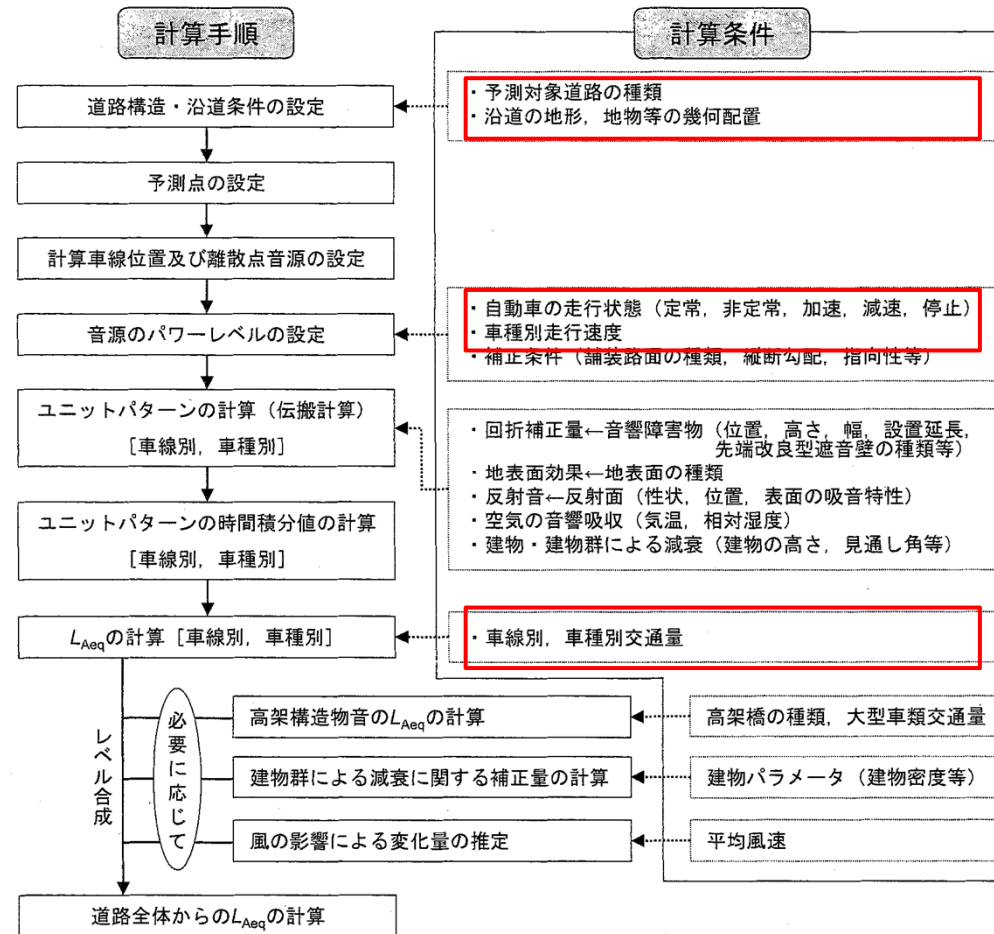
予測の原理と基本式(3)

- これと、評価時間 T [s]内の通過台数 N_T [台]から、時間平均エネルギーを求めてレベル表示したものが等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ となる。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left(10^{L_{AE}/10} \cdot \frac{N_T}{T} \right)$$
$$= L_{AE} + 10 \log_{10} \frac{N_T}{T}$$


- たとえば昼間の16時間に3,000台が通過するとすれば、 L_{AE} をエネルギー的に3,000倍し、 $(16 \times 3,600)$ 秒で割った値をレベル表示すれば良い。

予測計算の手順



 : 最低限必要となる情報

手順(1) 道路構造・沿道条件・予測点

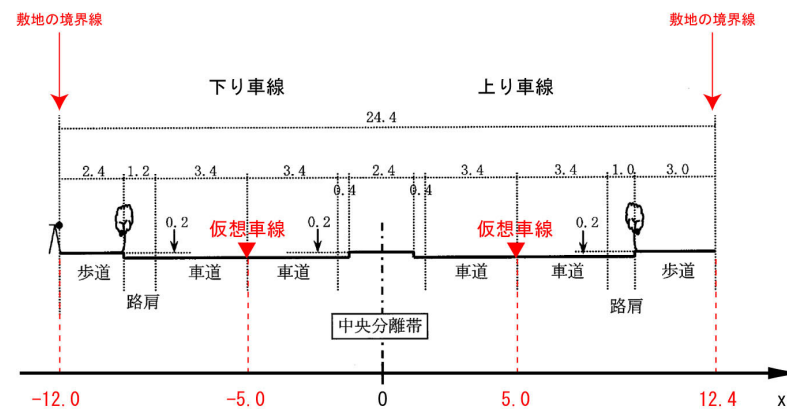
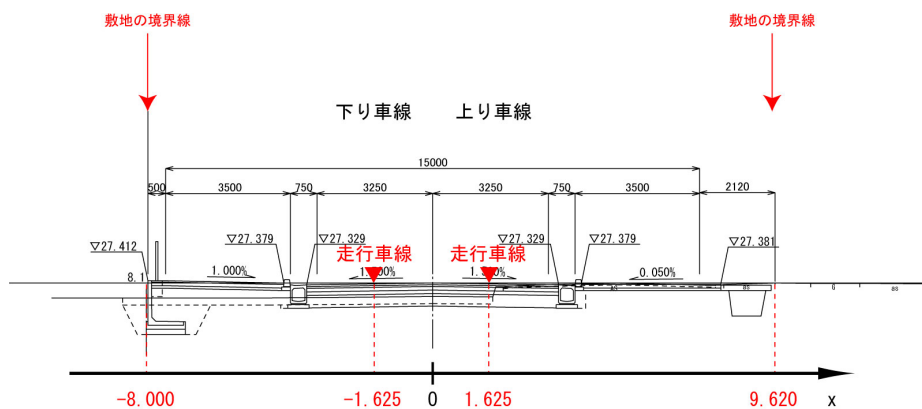
- 道路構造の設定
 - 平面、盛土、切土、高架など
- 沿道条件の設定
 - 伝搬経路上に存在する音響障害物(障壁、築堤など)の位置
- 予測点の設定
 - 原文には特に記載はないが、アセスでは次のような場所に設定されることが多い。
 - 横断方向:敷地の境界線上、近接空間と非近接空間の境目(敷地の境界線から15-20m)など
 - 高さ方向:各階高さ(1階あたり3m)の床上1.2mなど

手順(2) 計算車線位置

- 実際の車線中心に1車線ずつ配置。
- 複数車線を一つの仮想的車線に集約させることも可能。

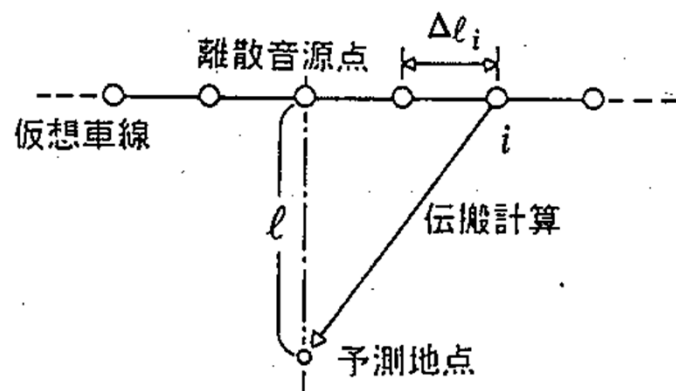
【実際の車線中心に配置した例】

【複数車線を一つの仮想的車線に集約させた例】



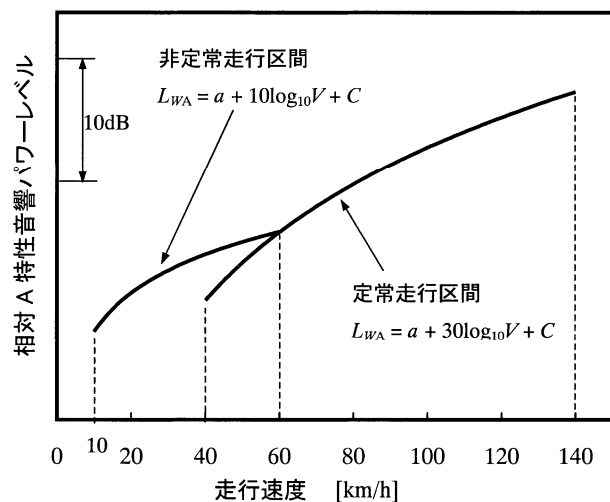
手順(3) 離散点音源の設定

- 道路一般部のように、音源位置による伝搬特性の変化が小さい場合には、道路に対する予測点からの垂線と車線の交点を中心として、 $\pm 20L$ (L は計算車線から予測点までの最短距離)の範囲に、 L 以下の間隔で配置すれば良い。



手順(4) 音源のパワーレベル設定(1)

- 定常走行区間・非定常走行区間の場合



$$L_{WA,i} = a + b \log_{10} V + C$$

- V 走行速度[km/h]
- a 車種別の定数
- b 速度依存性を表す係数
- C 各種要因による補正項

【4車種分類】

車種分類	定常走行区間 (40 km/h ≤ V ≤ 140 km/h)		非常走行区間 (10 km/h ≤ V ≤ 60 km/h)	
	a	b	a	b
乗用車	46.4	30	82.0	10
小型貨物車	47.6	30	83.2	10
中型車	51.5	30	87.1	10
大型車	54.4	30	90.0	10

【2車種分類】

車種分類	定常走行区間 (40 km/h ≤ V ≤ 140 km/h)		非常走行区間 (10 km/h ≤ V ≤ 60 km/h)	
	a	b	a	b
小型車類 (乗用車+小型貨物車)	46.7	30	82.3	10
大型車類 (中型車+大型車)	53.2	30	88.8	10

【二輪車】

車種分類	定常走行区間 (40 km/h ≤ V ≤ 140 km/h)		非常走行区間 (10 km/h ≤ V ≤ 60 km/h)	
	a	b	a	b
二輪車	49.6	30	85.2	10

自動車の走行状態について

- 定常走行区間
 - 自動車専用道路、または信号交差点から十分離れた一般道路で、自動車がトップギヤに近いギヤ位置で走行する区間。
- 非定常走行区間
 - 信号交差点を含む一般道路で、自動車が頻繁に加速・減速を繰り返しながら走行する区間。
- その他
 - 自動車専用道路の料金所付近での加速走行・減速走行
 - 連結部付近・信号交差点付近での加速走行・減速走行

手順(4) 音源のパワーレベル設定(2)

- パワーレベル計算式中の補正項C

$$L_{WA,i} = a + b \log_{10} V + C$$

$$C = \Delta L_{surf} + \Delta L_{grad} + \Delta L_{dir} + \Delta L_{etc}$$

ΔL_{surf} 排水性舗装等による騒音低減に関する補正量[dB]

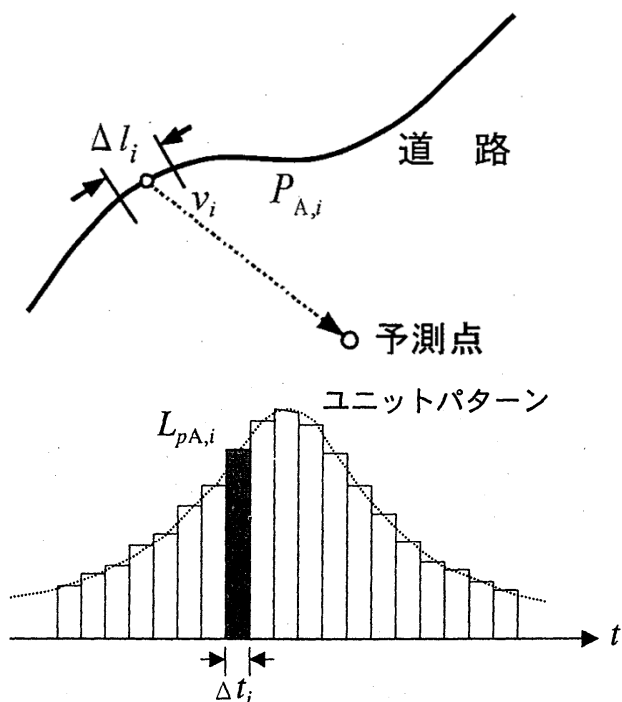
ΔL_{grad} 道路の縦断勾配による走行騒音の変化に関する補正量[dB]

ΔL_{dir} 自動車走行騒音の指向性に関する補正量[dB]

ΔL_{etc} その他の要因に関する補正量[dB]

手順(5) ユニットパターンの計算(1)

- 1台の自動車が道路上を単独で走行するときの、予測点におけるユニットパターン $L_{A,i}$ を、車線別・車種別に求める。



$$L_{A,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log_{10} r_i + \Delta L_{cor,i}$$

$L_{A,i}$ i 番目の音源位置からのA特性音圧レベル[dB]

$L_{WA,i}$ i 番目の音源位置でのA特性音響パワーレベル[dB]

r_i i 番目の音源位置から予測点までの直達距離[m]

$\Delta L_{cor,i}$ 各種の減衰に関する補正量[dB]

手順(5) ユニットパターンの計算(2)

- 音源位置から予測点に至る音の伝搬に影響を与える各種の減衰に関する補正量 $\Delta L_{cor,i}$

$$L_{A,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log_{10} r_i + \Delta L_{cor,i}$$

$$\Delta L_{cor,i} = \Delta L_{dif,i} + \Delta L_{grnd,i} + \Delta L_{air,i}$$

$\Delta L_{dif,i}$ 回折に伴う減衰に関する補正量[dB]

$\Delta L_{grnd,i}$ 地表面効果による減衰に関する補正量[dB]

$\Delta L_{air,i}$ 空気の音響吸収による減衰に関する補正量[dB]

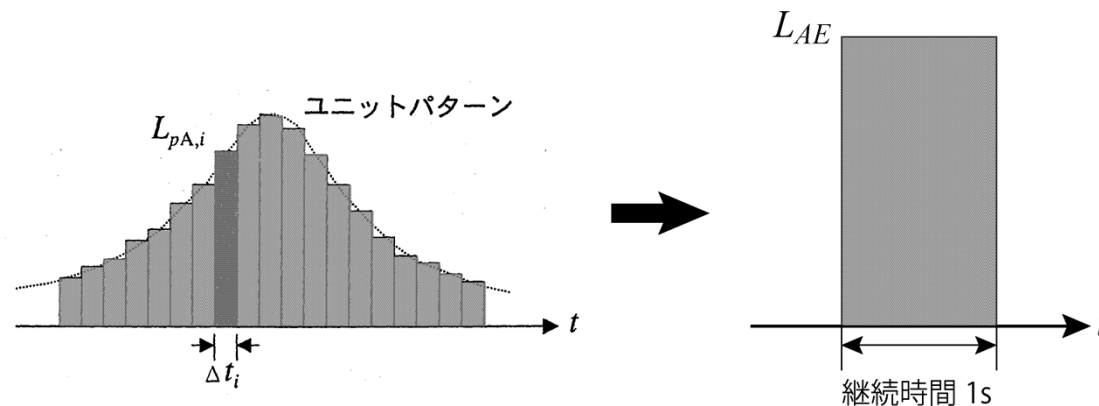
手順(6) ユニットパターンのエネルギー積分と L_{Aeq} の計算(1)

- ユニットパターンの時間積分値(単発騒音暴露レベル L_{AE})を計算する。

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_0} \sum_i \left(10^{L_{A,i}/10} \cdot \Delta t_i \right) \right]$$

T_0 基準時間[1s]

Δt_i 音源が*i*番目の区間に滞在する時間[s]



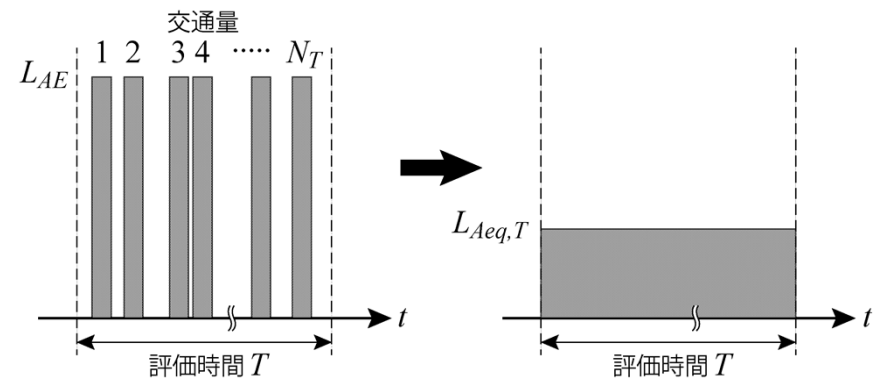
手順(6) ユニットパターンのエネルギー積分と L_{Aeq} の計算(2)

- 対象とする時間 T [s]内の交通量 N_T [台]を考慮し、その時間のエネルギー平均レベルである等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ を求める。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left(10^{L_{AE}/10} \cdot \frac{N_T}{T} \right)$$
$$= L_{AE} + 10 \log_{10} \frac{N_T}{T}$$

T 評価時間[s]

N_T T [s]時間内の交通量[台]



手順(7) 道路全体からの騒音の $L_{Aeq,T}$

- 以上の計算を車線別・車種別に行い、それらの結果のレベル合成値を計算して、予測点における道路全体からの騒音の $L_{Aeq,T}$ とする。
- たとえば2車種分類なら...

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_{Aeq,T, \text{下り車線の小型車類}}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,T, \text{下り車線の大型車類}}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,T, \text{上り車線の小型車類}}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,T, \text{上り車線の大型車類}}}{10}} \right)$$