

自動車利用者を電気に転換させた場合の道路交通騒音の低減

九州工業大学大学院 学生会員 垣内 尚子
 九州工業大学大学院 幡手 和久
 九州工業大学大学院 隈 清悟
 九州工業大学工学部 正会員 渡辺 義則

1. はじめに

渋滞対策として交通需要マネジメント (TDM) 施策が注目されている。その一環として公共交通機関の利用促進が挙げられるが、そうした場合、道路交通騒音はどの程度低減されるのか明確ではない。そこで本研究では、自動車利用者を路面電気に転換させた場合の減音効果について検討した。

2. 自動車騒音

自動車は無指向性の移動点音源で、発生した音が幾何減衰すると仮定した時の、単独車走行時の騒音の無限長及び有限長 $[0, M]$ $Z_M=1$) での音の強さの積分値 S_G, S_G' (dB(A)) は、それぞれ以下の式で求められる。

$$\text{無限長} : S_G = \text{PWL} + 2.6 - 10 \log V - 10 \log d \quad \dots (1)$$

$$\text{有限長} : S_G' = \text{PWL} - 3.4 - 10 \log V - 10 \log d \quad \dots (2)$$

PWL : パワーレベル (dB(A)), V : 車両走行速度 (km/h)

d : 音源と受音点間の距離 (m)

乗用車 (日産 PULSAR) が速度 40km/h で走行した場合の 18 箇所の測点 (図 1) の PWL をパワー平均した。この平均 PWL を用いて式 (2) より S_G' の理論値を求め、 S_G' の分析により求めた値との比較を図 - 2 に示す。また、オールパス (AP) について実測値から理論値を引いた値の平均、標準偏差を表 - 1 に示す。以上の結果から乗用車は無指向性の移動点音源で、幾何減衰すると仮定して問題なく、PWL は 89.8dB(A) ということになる。この PWL を用いて等価騒音レベル L_{eq} を求めていく。

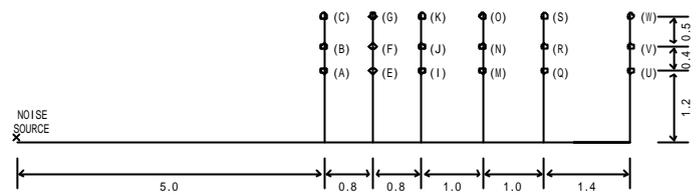


図 - 1 測定位置

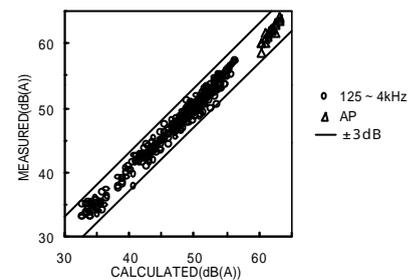


図 - 2 理論値との比較

表 - 1 実測値と理論値の比較

乗用車	
平均	-0.05
標準偏差	0.70
標本数	18

3. 路面電車のレール継ぎ目による騒音

継ぎ目は無指向性の固定点音源で、発生した音が時間に関係なく一定で、幾何減衰すると仮定すると、音源から d 離れた地点の音の強さの積分値 S は、以下の式で求められる。

$$S = S_0 - 20 \log(d/d_0) \quad \dots (3)$$

S_0 : 基準となる音源から d_0 離れた地点の音の強さの積分値

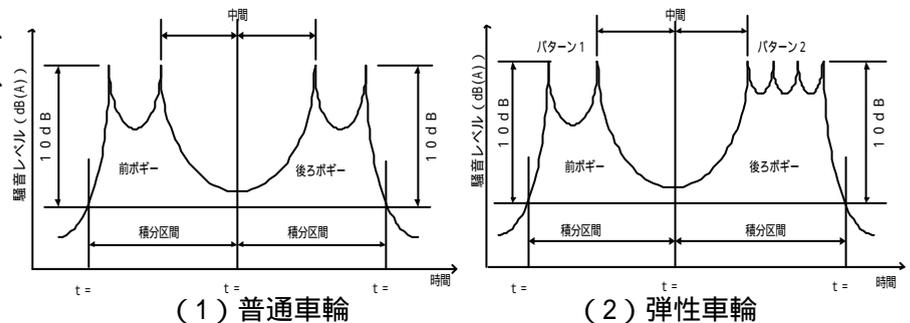


図 - 3 路面電車タイムパターン

音源から d_0 離れた地点と d 離れた

た地点の 2 点間の音の強さの積分値の差は、 $20 \log(d/d_0)$ である。なお、今回分析した電車では図 - 3 のよう

キーワード : 自動車利用者の削減、路面電車、弾性車輪、レール継ぎ目音、転動音、騒音低減

連絡先 : 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL : 093-884-3180

に弾性車輪はパターン 1、2 が対になっていた。

音源から 2.4m 地点と 7.6m 地点の実測により求めた差と、理論値 $20 \log(d/d_0)$ との差をオールパス (AP) について検討し、図 - 4 に示す。この結果、音は幾何減衰するといえる。積分は図 - 3 に示すようにボギー毎に行った。但し、弾性車輪パターン 2 だけは別に取り扱う。また、 L_{eq} を求める際は 7.6m 地点を基準とし、 S_0 として普通車輪で 76.4dB(A)、弾性車輪パターン 1 で 69.4dB(A)、パターン 2 で 72.3dB(A) という分析結果を使用する。

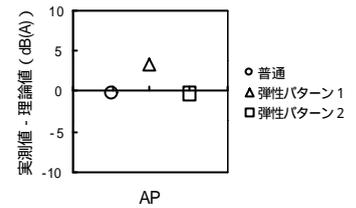


図 - 4 理論値との比較(AP)

4. 路面電車の転動音

指向性の有限長線音源で発生した音が幾何減衰すると仮定すると、以下の式が成り立つ。

$$PWL = L + 5 + 10 \log d - 10 \log \left[\frac{s/2d}{1 + (s/2d)^2} + \tan^{-1}(s/2d) \right] \dots (5)$$

L : 騒音レベル (dB(A)), s : 車両の長さ (m)

速度 40km/h での PWL は弾性車輪で 91.0 (dB(A)) であることが著者らの分析で得られたので、この PWL を用いて路面電車の転動音の等価騒音レベル L_{eq} を求める。

5. 自動車利用者を路面電車に転換した場合の交通騒音の低減

等価騒音レベル L_{eq} は以下の式で求められる。

$$\text{自動車} : L_{eq} = PWL + 10 \log Q - 10 \log V - 10 \log d - 33 \dots (5)$$

$$\begin{aligned} \text{レール継ぎ目} : L_{eq} &= S + 10 \log Q' - 35.6 \\ &= S_0 - 20 \log(d/d_0) + 10 \log Q' - 35.6 \dots (6) \end{aligned}$$

$$\text{転動音} : L_{eq} = \overline{L_{AE}} + 10 \log(N/T)$$

$$= PWL - 5 - 10 \log d + 10 \log(\pi s/2v) + 10 \log(N/T) \dots (7)$$

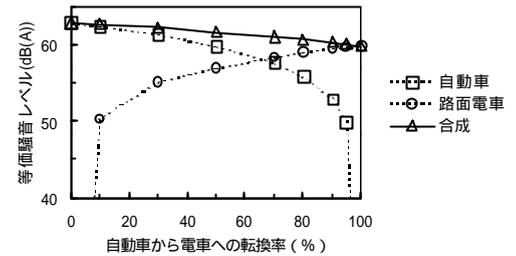
Q : 時間交通量 (台/時), Q' : 一時間当たりのボギー数 (ボギー/時), $\overline{L_{AE}}$: 単発騒音暴露レベル (L_{AE}) のエネルギー平均 (dB(A)), T : 対象とする評価時間 (s), N : 評価時間内の通過車両台数, v : 車両走行速度 (m/s)

2 車線道路を想定し、センターラインより 10m 高さ 1.2m 地点、路面電車軌道中心より 10m 高さ 1.2m 地点の騒音を考える。なお、時間交通量 1610 台/時 (平均乗車人員 1.2 人/台) 速度 40km/h、路面電車の定員は 72 人、速度 40km/h、車両長 18.55m とする。全て乗用車とし、電車への転換率を変えて検討した結果を図 - 5, 6 に示す。但し、乗用車も路面電車も同じ場所を走行するものとした。

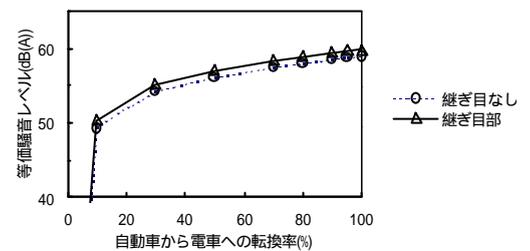
転換率 100% では、1932 人の利用者は路面電車 (1 車両に 2 ボギー) 27 台に転換することとなり、継ぎ目目において予測される減音量は弾性車輪で 3.0dB(A) となる。

6. まとめ

- (1) 乗用車、レール継ぎ目は無指向性の点音源、転動音は無指向性の線音源で音は各々幾何減衰している。
- (2) 転換率 100% としても継ぎ目目で予測される減音量は弾性車輪で 3.0dB(A) であり、期待したほどに減音効果は得られないことが分かった。転換することで渋滞だけでなく、音環境も改善しようとするならば路面電車を使用するには、レール継ぎ目をなくし、さらに転動音を減少させることが必要といえる。



(1) 弾性車輪 (継ぎ目部)



(2) 弾性車輪 (継ぎ目なしとの比較)

図 - 5 等価騒音レベル (dB(A))

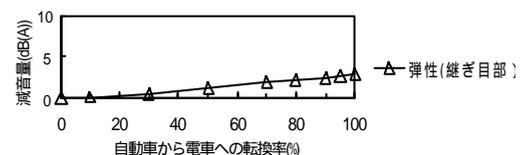


図 - 6 減音量 (dB(A))