

電気自動車の導入による自動車騒音の低減量の推定*

A Consideration on Reducing Road Traffic Noise by Prevailing Electric Vehicles*

渡辺義則**・出口忠義***

By Yoshinori WATANABE** and Tadayoshi DEGUCHI***

1. まえがき

これまで、政府が法的拘束力のある自動車の許容基準を設定して、エンジン騒音の減少を図ってきた。本研究では、その究極に近いものとして、電気自動車を導入した場合の自動車騒音の低減量を推定する。具体的には、

- (1) 推定精度を高めるために、電気自動車（バンクラス）が一定の速度で単独で走行した時に発生する騒音の大きさを把握する。
- (2) 最大積載量 2 tf 以上のトラックが電気自動車になった時の音響パワーレベルを最大積載量別に算出可能にする。
- (3) 電気自動車の導入状況（シナリオ）をいくつか想定して自動車騒音の低減量を推定する。

2. ガソリン車とディーゼル車の走行音

(1) 定常走行時のパワーレベル

ガソリン車とディーゼル車の定常走行時の音を予測計算する式として本研究では第2段階規制（昭和61年規制）適合の車を対象とした次式¹⁾を用いた。

$$PWL = 0.2V + 86 + 10 \log_{10}((1-A) + 5A) \cdots (1)$$

A : 大型車混入率

V : 車両の平均速度 (km/h)

(2) 惰行走行音の予測計算式

本節ではエンジン系の音を削減したものとして、ガソリン車とディーゼル車の惰行走行時の音を予測計算する式を既往の報告^{2)~8)}から導く。なお、リブ

*キーワード：交通公害、道路計画、環境計画

**正員、工博、九州工業大学工学部設計生産工学科
(福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号、TEL 093-884-3108、FAX 093-884-3100)

***正員、工修、パシフィックコンサルタンツ
(大阪府大阪市淀川区西中島4丁目3番24号新大阪木村第3ビル、TEL 06-886-8437、FAX 06-301-8460)

タイヤを対象にする。惰行走行音が車の大きさに比例して変化する何らかの物理量に關係するのは事実であり、Waterはこれを次式で表現している。

$$dB(A) = 30 \log_{10} V + 30 \log_{10} W_T - 50.2 \cdots (2)$$

dB(A) : 車両中心から7.5m側方の音

V : 速度 (km/h)

W_T : タイヤの公称幅 (mm)

次に自動車騒音規制の自動車の種別⁵⁾に従って、トラックについて車両総重量、原動機の最高出力をもとに大、中、小型車に分類した後に、自動車諸元表⁶⁾から車種別・最大積載量別にタイヤの公称幅の平均値 W_{TM} を算出した。最大積載量 X (tf) と C_T (= 30 log₁₀ W_{TM}) の關係を図-1に示す。図中 HEAVY, MEDIUM, LIGHT は大、中、小型車に対応し、実線は回帰直線と平均値である。

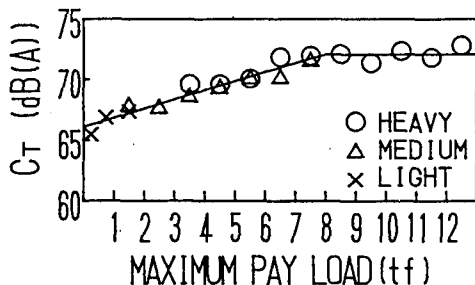


図-1 最大積載量による惰行走行音の変化

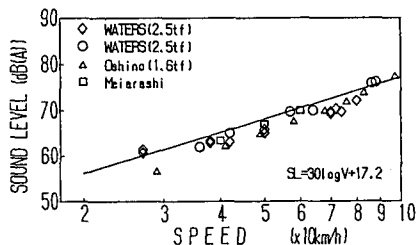


図-2 惰行走行音の実測値と予測値の比較（乗用車）

$$C_T = 66.1 + 0.76X \quad 0.1 \leq X < 8$$

(相関係数0.96) . . . (3)

$$C_T = 72.1 \quad X \geq 8$$

(総データ数212) . . . (4)

乗用車についてはタイヤの公称幅の平均値 $W_{1M} = 177\text{mm}$ を使用した。つまり、

$$C_T = 67.5 \quad (\text{総データ数1046}) \quad \dots (5)$$

次に既に報告されているガソリンと車ディゼル車の情行走行音の測定結果^{2) 3) 7) 8)}と式(2)~(5)を利用して導いた式を比較した結果、両者はよく一致した。従って、式(2)~(5)は乗用車、トラックの情行走行音を比較的精度良く予測計算できると考えてよい。一例として、図-2に乗用車の結果を示す。

$$\text{乗用車: } SL = 30 \log_{10} V + 17.2 \quad \dots (6)$$

SL : 車両中心から7.5m側方の音(dB(A))

3. 電気自動車の走行音

電気自動車2台と天然ガス車の著者らの騒音測定結果(ECAR-1、ECAR-2、NCAR)に、電気自動車の騒音に関する他の報告の結果⁹⁾(ECAR A,B,C)も追加して図-3に示す。なお、図中の一点鎖線は、ガソリン車の定常走行音で、式(7)を用いて計算した。また、実線は式(6)から求めた情行走行音である。

$$L_1 = 0.2V + 60.5 \quad \dots (7)$$

式(7)と電気自動車及び天然ガス車の定常走行音の平均値との差を求めて表-1に示す。ガソリン車の定常走行音との差は30km/h以上の速度では約3 dB(A)である。更に、電気自動車(バンクラス)の定常走行音はガソリン車(乗用車)の情行走行音に近いので、

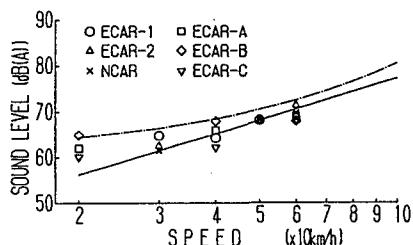


図-3 電気自動車及び天然ガス車の定常走行音

表-1 電気自動車等の騒音レベルの平均値並びにガソリン車との差

速度(km/h)	20	30	40	50	60
平均値(dB(A))	62.3	62.9	64.7	68.1	70.0
ガソリン車との差	1.8	3.6	3.8	2.4	2.5

式(6)を利用して、電気自動車のパワーレベルを推定できる。

4. 電気自動車の導入状況とその減音効果

電気自動車を導入すると言っても、すべての車両を電気自動車に換えることができるとは、現時点では考え難い。現実には大きな積載量のディーゼルトラックも混在して走行することが予想される。従って、このような場合の平均パワーレベルを算出して、電気自動車の導入に伴う騒音の低減量を推定する。

(1) 平均パワーレベルの算出方法

平均パワーレベルは次の要領で算出した。まず、大型車類についても、電気自動車になるとその定常走行音は式(2)~(4)で予測できると仮定する。なお、文献10では自動車騒音規制と若干異なった要領で、大型車類を大、中、小型車に分けて式(1)を導出しているが、ここでは大型車類の台数比率 P_1 、 P_2 、 P_3 を文献10と同じ要領で求めた。つまり文献11中の車両総重量別自動車保有車両数のうち、貨物用普通車、乗合用及び特殊用途用の車両を、便宜上、以下のように区分した。

大型車：車両総重量13tfを超えるもの

中型車：車両総重量4tfを超え、13tf以下のもの

小型車：車両総重量4tf以下のもの

その結果、 $P_1 = 0.192$ 、 $P_2 = 0.627$ 、 $P_3 = 0.181$ を得た。

第2段階規制(昭和62年規制)における大型車類の大、中、小型車のパワーレベル及び小型車類のそれを算出すると、

$$\text{大型車: } L_A = 0.2V + 94 \quad \dots (8)$$

$$\text{中型車: } L_B = 0.2V + 93 \quad \dots (9)$$

$$\text{小型車: } L_C = 0.2V + 92 \quad \dots (10)$$

$$\text{小型車類: } L_S = 0.2V + 86 \quad \dots (11)$$

前述の様に大型車類の台数比率は車両総重量別自動車保有車両数から求められる。一方、 C_T は最大積載量の関数(式(3)、(4))である。それゆえ、ここでは、各車両総重量に対応する最大積載量(平均値)を文献6から求めた後に、式(3)、(4)から C_T の値を求めた。つまり、大型車類の情行走行音のパワーレベル L_2 は、次の様にして求める。

$$N_{1,2} = 30 \log_{10} V + 0.76X_{1,2} + 41.4$$

($0.1 \leq X_{1,2} < 8$) . . . (12)

$$N_{1,2} = 30 \log_{10} V + 47.4 \quad (8 \leq X_{1,2}) \quad \dots (13)$$

$$M_i = 10 \log \sum_{j=1}^{k_i} 10^{N_{ij}/10} \times Q_{ij} \quad \dots (14)$$

$$L_i = 10 \log \sum_{i=1}^3 10^{M_i/10} \times P_i \quad \dots (15)$$

N_{ij} :車両総重量別のパワーレベル

M_i :車種(大、中、小型車)別のパワーレベル

(大型車: $K_1=1$, 中型車: $K_2=9$, 小型車: $K_3=4$)

Q_{ij} :車両総重量別の台数比率

例えば式(14)を用いてすべて電気自動車に変わった場合のパワーレベルを車種毎に計算すると、

$$\text{大型車: } M_1 = 30 \log_{10} V + 47.4 \quad \dots (16)$$

表-2 パワーレベルの計算に使用した数値

	j	車両総重量	最大積載量 の平均 Kgf	台数比率 %	
				Q_{ij}	P_i
小型車 ($i=3$)	1	1000kgf以下	204	0.7	18.1
	2	1001- 2000	402	19.7	
	3	2001- 3000	851	58.9	
	4	3001- 4000	1444	20.7	
中型車 ($i=2$)	1	4001- 5000	1989	25.1	62.7
	2	5001- 6000	2656	14.2	
	3	6001- 7000	3523	7.7	
	4	7001- 8000	4052	36.5	
	5	8001- 9000	4833	1.1	
	6	9001-10000	5600	2.3	
	7	10001-11tf	—	0.8	
	8	11001-12tf	7000	0.9	
	9	12001-13tf	7600	11.4	
大型車 ($i=1$)	1	13tf超	7464~ 11338	100	19.2

表-3 電気自動車の導入状況

導入状況	CASE
すべて電気自動車に換える	2
小・中型車・乗用車を電気自動車に換える	3
小型車・乗用車を電気自動車に換える	4
中型車のうち車両総重量8tf(最大積載量4tf)以下の車・小型車・乗用車を電気自動車に換える	5
中型車のうち車両総重量6tf(最大積載量2.5tf)以下の車・小型車・乗用車を電気自動車に換える	6
中型車のうち車両総重量5tf(最大積載量2tf)以下の車・小型車・乗用車を電気自動車に換える	7

$$\text{中型車: } M_2 = 30 \log_{10} V + 44.5 \quad \dots (17)$$

$$\text{小型車: } M_3 = 30 \log_{10} V + 42.1 \quad \dots (18)$$

表-2に計算に使用した数値をまとめて示す。

一方、小型車類のパワーレベル L_i は式(2)(5)を利用して

$$L_i = 30 \log_{10} V + 42.8 \quad \dots (19)$$

(2) 導入状況とその減音効果

ここでは、電気自動車の導入状況(シナリオ)を表-3に示すようにいくつか想定してその減音効果を推定する。まず、現状では電気自動車が普及していない(ケース1)ので、その平均パワーレベルは式(1)で計算する。更に、導入状況別に

$$PWL = 0.2V + 84 + FA_i \quad \dots (20)$$

の形で平均パワーレベルを表現すると、大型車混入による影響項 FA_i は

$$(\text{ケース1}) FA_1 = 10 \log_{10} (1.6(1-A) + 8A) \quad \dots (21)$$

$$(\text{ケース2}) FA_2 = 10 \log_{10} ((1-A) + 1.6A) \quad \dots (22)$$

$$(\text{ケース3}) FA_3 = 10 \log_{10} ((1-A) + 3.2A) \quad \dots (23)$$

$$(\text{ケース4}) FA_4 = 10 \log_{10} ((1-A) + 7.8A) \quad \dots (24)$$

$$(\text{ケース5}) FA_5 = 10 \log_{10} ((1-A) + 4.0A) \quad \dots (25)$$

$$(\text{ケース6}) FA_6 = 10 \log_{10} ((1-A) + 5.0A) \quad \dots (26)$$

表-4 導入状況と平均パワーレベルの減音量

大型車混入率	導入状況(ケース)					
	2	3	4	5	6	7
10%	3.1	2.7	1.2	2.4	2.0	1.7
80%	5.7	4.1	0.1	3.0	2.0	1.3

単位: dB(A)

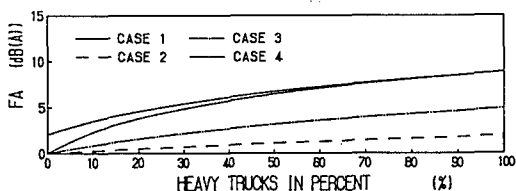


図-4 電気自動車の導入状況と大型車混入による影響項

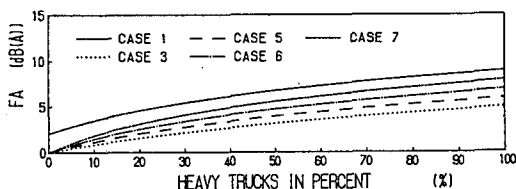


図-5 電気自動車の導入状況と大型車混入による影響項(中型車を細分)

(ケース7) $FA_7=10\log_{10}((1-A)+6.3A) \cdots (27)$

式(21)~(27)の計算値を図-4, 5に示す。例えば、大型車混入率10%,大型車混入率80%の場合について、現状からの騒音低減音量を求めて表-4に示す。

5. おわりに

本研究で得られた結果を以下にまとめて示す。

(1) リブタイヤを装着したガソリン車とディーゼル車の情行走行音は、小型車類は式(6)、トラックは式(2)と最大積載量の関数である式(3),(4)で比較的精度良く計算できる。

(2) 著者らの騒音測定結果と電気自動車の騒音に関する他の報告の結果の平均値から、電気自動車の定常走行音はガソリン車の情行走行音に近いので、式(6)を用いて、電気自動車(バンクラス)の定常走行音を推定できる。

(3) 電気自動車の導入状況をいくつか想定して平均パワーレベルを算出して、導入に伴う騒音減音量を推定した結果、

- a) 騒音低減量は大型車混入率によって異なる。
- b) 大型車混入率が10%でその殆どが小型車類の時でも、大型車類の中の小型車と小型車類を電気自動車に換えただけでは約1 dB(A)しか騒音の低減は見込まれない。
- c) すべて電気自動車に換えた場合には、大型車混入率10%では約3 dB(A)、80%では約6 dB(A)の減音効果が見込まれる。また、小・中型車と小型車類を電気自動車に換えた場合には、大型車混入率10%では約3 dB(A)、80%では約4 dB(A)の減音が見込まれる。大

型車混入率が高い場合の方が減音効果は大きい。

d) 有意な減音効果を得るためには、大型車類の中の小型車と小型車類だけではなく、中・大型車をも電気自動車、あるいは、エンジン系の音を削減して電気自動車と同等の音の大きさを持つ車に換える必要があると考えられる。

最後に本研究に対してご助力いただいた九州工業大学工学部 浦 英樹氏に感謝します。

参考文献

- 1)清水博他：道路環境，山海堂，1987.
- 2)押野康夫：自動車の騒音放射特性と道路交通騒音の予測に関する研究（博士論文），1993.
- 3)WATERS,P.E.:Commercial Road Vehicle Noise,Journal of Sound and Vibration,pp.191~199,1974.
- 4)坂上丈寿他：中型トラック用タイヤのタイヤ騒音に関する研究（その2）、日本自動車研究所報告第6号，pp.41~115，1972.
- 5)環境庁：道路周辺の交通騒音状況，1994.
- 6)自動車技術会：1994年版自動車諸元表，1994.
- 7)明嵐政司他：排水性舗装の騒音低減要因に関する考察，日本音響学会誌，49-10，pp.691~698，1993.
- 8)押野康夫他：マイクロホンアレイシステムを用いた大型自動車の部位別発生騒音の測定，日本音響学会誌，47-12，pp.918~927，1991.
- 9)大阪自動車公害対策推進会議：大阪における自動車公害対策の歩み（その23），1993.
- 10)日本道路協会：道路環境整備マニュアル，1989.
- 11)自動車検査登録協会：諸分類別自動車保有台数（NO.7），1995.