

発進加速する単独の大型車の音響パワー レベルに影響する要因

渡辺義則*・角 知憲**・吉松正浩***

有料道路の料金所などから単独車両が発進加速する時に発生する騒音の音響パワーレベルの大きさがどのような要因に影響されているかは明らかでない。そこで本論文では、既に著者らが発表した単独車両の発進挙動に基づく音響パワーレベル推定法を大型車に適用して、最大積載量、積載率、道路勾配、ドライバーの希望する運転挙動などの諸要因が音響パワーレベルの発生にいかなる影響を与えるかを検討した。

Keywords: road traffic noise, sound power level, a starting truck, toll, booth

1. はじめに

単独車両が発進加速する時に発生する騒音の音響パワーレベル (PWL) は、有料道路の料金所において調査されているが¹⁾、その結果がどのような要因に影響されているのかは明らかでない。このノートでは、既に著者らが報告した方法²⁾を大型車に適用して、これらのこととを検討した。なお、要因として、最大積載量、積載率、道路勾配、ドライバーの希望する運転挙動を選んだ。

2. 発進加速する単独車両の音響パワーレベル推定法

(1) 音響パワーレベル (PWL) 推定計算式

表-1にPWLの推定計算式を示す。ただし、

$$B = C_o \log \frac{W_o / \sqrt{PS}}{W_o / \sqrt{PS_o}} + 5 \log \frac{W}{W_o} \quad \dots \dots \dots (1)$$

W_o : 対象車両の総重量 (kgf)

PS : 同上の機関出力 (仮馬力)

W : 同上の走行重量 (kgf)

W_o : 供試車の総重量, 7 825 kgf

PS_o : 同上の機関出力, 135 馬力

なお、 C_o の値は最大積載量が 4.5 tf 以下の場合には 35、同じく 4.5 tf より大きい場合には 15 とする。

(2) 単独車両走行挙動の推定法

① ドライバーの希望する走行挙動を実現するために必要な加速度 (希望加速度曲線、図-1 a) の一点鎖線) を後述の式 (4) と表-4 を用いて計算する。

② 段位毎に加速可能な限界 (余裕加速度曲線、図-1 a) の実線) を式 (2) から計算する。ただし、

* 正会員 工博 九州工業大学助教授 工学部設計生産工学科 (〒804 北九州市戸畠区仙水町 1-1)

** 正会員 工博 九州大学教授 工学部土木工学科

*** 学生員 九州工業大学大学院工学研究科博士前期課程

表-1 音響パワーレベル (PWL) 推定計算式

車種	使用段位	音響パワーレベル推定計算式
大型車	1速	$L = 94.2 + 1.205V + 0.0547A + B$
	2速	$L = 94.2 + 0.719V + 0.0547A + B$
	3速	$L = 94.2 + 0.429V + 0.0547A + B$
	4速	$L = 94.2 + 0.283V + 0.0547A + B$
	5速	$L = 94.2 + 0.220V + 0.0547A + B$

(注) L: 音響パワーレベル dB(A)
V: 車の走行速度 km/h, A: 加速度 Gal
B: 最大積載量と車両走行重量の補正

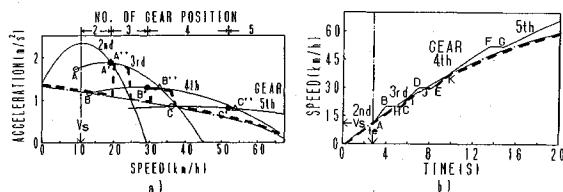


図-1 走行挙動推定例 (車名: いすゞ KSSZ 451 D, 最大積載量: 10.7 tf, 希望挙動: CASE 2, 積載率: 10%)

余裕駆動力 (Ta) = 車両性能駆動力 - 走行抵抗 (2)

$$Ta = \frac{1+\epsilon}{3.6} \cdot \frac{W}{9.8} \cdot \frac{dV}{dt}$$

V: 車の走行速度 (km/h)

t: 時間 (s)

ε: 相当質量係数

③ 上記加速度曲線の交点 (図-1 a) の B, C), つまり、フルスロットル走行時の変速速度、そして、それに応する機関回転数 N_f (rpm) を段位毎に計算する。もし、交点が無い場合 (図-1 a) の 3rd) には、その段位の最低回転数 ($N_{f_{min}}$) に対応する速度 (図-1 a) の A) をフルスロットル走行時の変速速度とする。

④ ドライバーは必ずしもフルスロットルで変速しないので、式 (3) の K を上記③の変速速度に乗じて、実際の変速速度 (図-1 a) の A', B', C') を求める。もし、これが可能速度 (表-3 の最高回転数と余裕加速

表-2 K曲線を利用する時の N_f の適用範囲

車種	適用範囲	1→2速	2→3速	3→4速	4→5速
大型車	$N_f \text{min}$	— rpm	760	630	790
	$N_f \text{max}$	(2460)	2460	2240	1880

注) $N_f \text{min}$ は下限値で、 $N_f \text{max}$ は上限値、() 内は仮定した値

表-3 各段位の最高回転数

車種	1速	2速	3速	4速	5速
大型車	(4000)	4000	4000	3300	(3300)

注) () 内は仮定した値

度曲線の交点に対応する速度のうちで小さい方：図-1 a) では A'', B'', C'' をこえる場合には、可能速度が変速速度となる。いま、 $X = N_f / 700$ とすれば、

$$K = 4.47 - 3.32X + 1.117X^2 - 0.130X^3 \dots \dots \dots (3)$$

⑤ 半クラッチ終了時間 t_e まではドライバーの希望どおり車両を走行させ、その後は各変速速度までフルスロットルで走行した場合の速度の時間変化（フルスロットル速度曲線、図-1 b) の実線）を計算する。なお、変速空費時間（図-1 b) の BC, DE, FG) は 1.3 秒、半クラッチ終了速度 V_s は、2速発進では後掲の表-4、1速発進では 5.3 km/h を仮定した。

⑥ フルスロットル速度曲線とドライバーの希望する速度（希望速度曲線、図-1 b) の一点鎖線）を比較して、車両の加速度と速度を推定する。なお、この時、後者が前者を上回ったならば、希望速度に達する時点までフルスロットルで走行する（図-1 b) の HCI, JEK) と仮定する。図-1において、破線がその結果である。

3. 料金所からの距離による音響パワーレベルの変化

(1) 計算条件

発進加速時にドライバーが希望する速度は、式 (4) と表-4 から求める²⁾。ここでは料金所における乗用車の速度調査（平均値と分散）から¹⁾、希望挙動を急から緩まで CASE 1~4 に分けた。乗用車は余裕駆動力が大きいので、通常その発進挙動から希望速度を求めてよい。

$$V = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + A_3 t^3 \dots \dots \dots (4)$$

表-5 に検討の対象とした車とその諸元を示す。なお、車両走行重量 = 積載率 × 最大積載量 + 車体重量

$$\dots \dots \dots (5)$$

(2) 計算結果

図-2 は TRUCK 2 (最大積載量 3.5 tf) が 0.6% の下り勾配の道路を発進する時に、ドライバーの希望挙動と積載率によって PWL がどのように変化するか、料金所からの距離毎に求めたものである。勾配の影響は式 (2) 中の走行抵抗に組み入れるので、料金所を発進した時から PWL にその影響が及ぶ。文献 2 を参照でき

表-4 希望速度曲線を表す式に含まれる係数

希望挙動	A_0	A_1	A_2	A_3	V_s
CASE1	-0.233	6.898	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-3}$	km/h
CASE2	-0.156	4.795	-1.998	1.555	12.4
CASE3	-0.160	3.699	-1.011	0.5560	10.9
CASE4	-0.242	2.501	-0.7043	0.4679	9.7
			-0.4081	0.3892	8.2

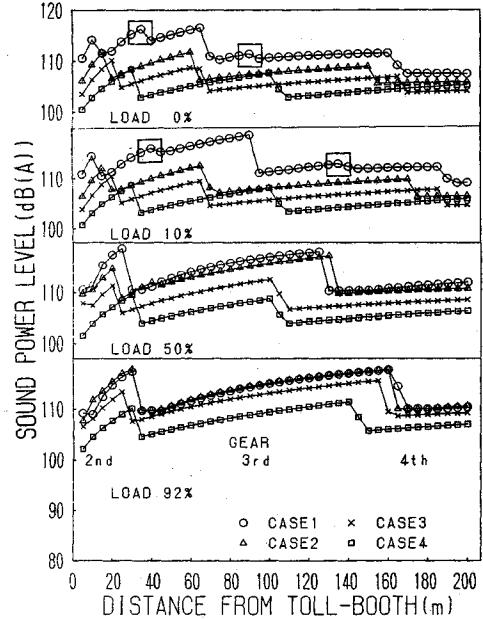


図-2 希望挙動及び積載率と PWL

るよう勾配を 0 ではなく -0.6% とした。これから、

① ドライバーが使用段位をえるところで PWL が急減する。それ以外の所 (□の部分) でも若干の PWL の変化が認められるが、これはドライバーが希望通りの速度を実現させようと、一時、フルスロットルで走行し、加速度が急増するためである (図-1a 参照)。
 ② ドライバーが CASE 1 から CASE 4 と、より緩やかな発進を希望するほど、全体的に PWL が小さい傾向にある。
 ③ 積載率が大きくなると、a) 低段位を使用する区間が長くなる、b) CASE 1~3 の PWL の差が小さくなる。これらはともに、荷物を積載して車両走行重量が増え、余裕加速度が小さくなつたのが原因である。つまり、a) の現象は、ドライバーが希望する発進挙動を実現するために、駆動力の大きい低段位を長時間、長区間使用するために生じる。一方、b) の現象は、ドライバーが急な発進を希望しても、余裕加速度が小さいので叶えられず、大部分でフルスロットル走行を余儀なくされるために生じる。

低段位を使用する区間が長くなることは PWL の増加につながるので、積載率及び道路勾配が変速位置に与える影響を図-3 に例示する。なお、変速位置はドライバーの希望挙動 (CASE 1~4) によって異なるが、こ

表-5 選定車両とその諸元

車両 番号	車名	最大積載量 (t f)	車体重量 (t f)
TRUCK1	いすゞKTL34(A)	2.0	2.3
TRUCK2	いすゞKKS22(RA)	3.5	2.8
TRUCK3	三菱KFK102H	4.3	3.5
TRUCK4	日野KTC303D	11.2	8.5

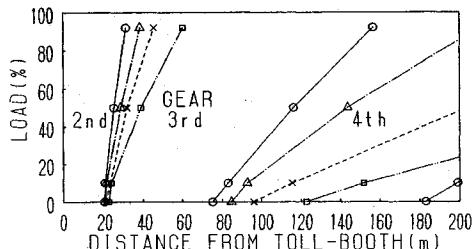


図-3 道路勾配及び積載率と変速位置 (TRUCK 2, ○△×□が道路勾配-0.6, 1, 3, 5%に対応)

こでは単純平均した。また、積載率0, 10, 50, 92%について計算してそれらを直線で結び、各段位の使用範囲を示した。図-3から、積載率が大きくなるほど、また、道路勾配が急になるほど、料金所から遠方において変速する傾向が認められる。加速度、速度が同じであれば、一般に低段位ほどPWLは大きいので、このことはPWLの上昇につながる。

4. 各種要因が平均パワーレベルに与える影響

車両が発進した時のPWLは料金所からの距離によって大きく変化する(図-2)。それゆえ本章では20m~200mの5m毎のPWLの値を算術平均したものと平均PWLと定義し、表-5に示す車両毎に、この値がドライバーの希望挙動、積載率、道路勾配などの要因によってどの程度影響されるかを検討した。図-4にドライバーの希望挙動(CASE 1~4)毎に、道路勾配が-0.6, 1, 3, 5%と、また、積載率も0, 10, 50, 92%と次第に大きくなつた場合について計算した結果を示す。これから、道路勾配が平均PWLに与える影響についてまとめる。①ドライバーの希望挙動、最大積載量、積載率が同じであれば、道路勾配が-0.6~5%程度異なっても、平均PWLにあまり大きな差は生じない。4dB以下の差が9割を占める。②特に最大積載量の大きいTRUCK 4においてその差が小さく、2dB以下が殆どである。③4dBより大きい差は、最大積載量が小さい車両で、ドライバーが緩やかな発進を希望する場合に生じる。

とはいひ詳細にみれば図-4においては車両やドライバーの希望挙動が同一でも平均PWLは条件によって様々変化している。そこで、これを車両の走行挙動の視点から若干考察する。

① 積載率、道路勾配が大きくなつても、ドライバーの希望通り走行可能な場合には、平均PWLは上昇す

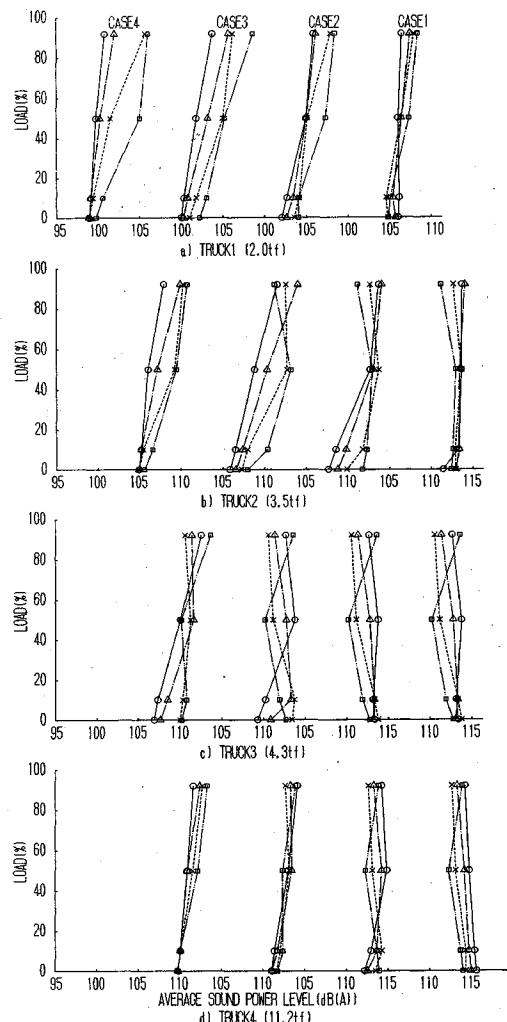


図-4 道路勾配及び積載率と平均PWL (○△×□が道路勾配-0.6, 1, 3, 5%に対応)

る(図-4 b), CASE 3の○と△、図-2のCASE 3)。式(2)から明らかなように、積載率が大きくなつて車両走行重量が増加すれば、あるいはまた、道路勾配が大きくなつて余裕駆動力が低下すれば、ともに余裕加速度が低下する。それにもかかわらずドライバーが希望どおり走行しようとするれば、変速速度は上昇し、それに伴つて変速位置が料金所から遠方にずれ、低段位を使用する時間、区間が増加する。低段位を使用した方が同一の速度、加速度でもPWLは上昇する。

② 各要因の変化により余裕加速度が小さくなつて、ドライバーがフルスロットル走行あるいはそれに近い走行を余儀なくされる場合には、平均PWLは次のようになる。加速度、速度が低下するので、一方では、i) PWLが小さくなるし、他方では、ii) 変速速度(フルスロットル走行では余裕加速度曲線の交点が変速速度と

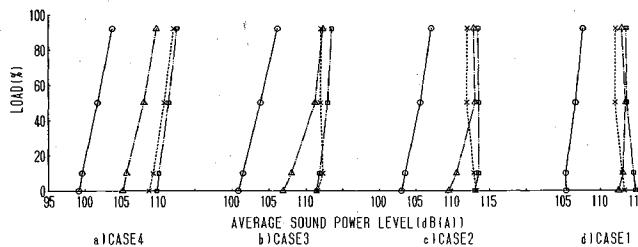


図-5 希望挙動及び積載率と平均 PWL (○△×□が TRUCK 1~4 に対応)

表-6 希望挙動により平均 PWL に生じる差

		最大積載量 (t f)	
		2.0, 3.5	4.3, 11.2
積載率 (%)	0	dB(A) 6 ~ 7	4 ~ 5
	10		
	50	4 ~ 5	0 ~ 2
92			

なり、積載率、道路勾配が変化してもほぼ同じ値を示す)に到達するまでに時間がかかるので低段位を使用する時間、区間が増加する。また、積載率が大きくなれば、Ⅲ)式(1)中の $5 \log W/W_0$ の値も増える。平均 PWL の増減は、これらの変化の合計によって決まる。例えば、図-4 b) TRUCK 4 CASE 1において、○×△は i) が、一方、□の積載率 92% では ii) と iii) の現象がそれぞれ優っている。

次に、図-5にドライバーの希望挙動によって平均 PWL に生じる差を示す。これは図-4を道路勾配について単純平均し、その結果を対象車両別にまとめたものである。これより全体的な傾向として、ドライバーが急な発進を望むほど、すなわち、CASE 4→CASE 1の順に平均 PWL は大きくなる。ただ、その様子は表-6に示すように複雑である。すなわち、最大積載量と積載率が小さくて、大型車といえどもドライバーの希望に近い発進挙動が可能な場合には、ドライバーの希望挙動によって平均 PWL に生じる差は比較的大きい。その逆で、最大積載量と積載率が大きく、ドライバーが余裕加速度でフルスロットル走行を余儀なくさせられる場合のそれは小さい。

一方、図-6に CASE 1~4 の希望挙動別に、最大積

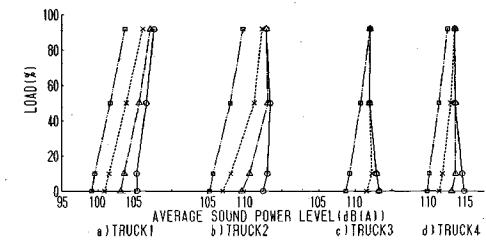


図-6 最大積載量及び積載率と平均 PWL (○△×□が CASE 1~4 に対応)

表-7 TRUCK 4 (11.2 tf) との平均 PWL の差

		最大積載量 (t f)		
		2.0	3.5	4.3
積載率 (%)	0	dB(A)	3 ~ 5	
	10	6 ~ 11		0 ~ 2
	50		0 ~ 2	
92				

載量が異なる車両によって平均 PWL がどのように変化するかを示す。また、表-7に各車両と TRUCK 4との平均 PWL の差を示す。これらの図表より、①最大積載量 2 tf の車両は平均 PWL が小さい。また、積載率が変化するとドライバーが急発進を希望する CASE 1 で 2 dB、その他では 5 dB 程度平均 PWL が増加する。②最大積載量 4.3, 11.2 tf、そして、3.5 tf でも積載率が大きい場合にはほぼ同じ平均 PWL を示す。また、これらの車両の平均 PWL は積載率にあまり影響されない。

5. おわりに

2. の推定法を用いての計算結果が実際の現象と一致するのか、また、結論に影響する式(1)中の C_o の値などについては、今後とも検討していきたい。

参考文献

- 1) 岸 憲之・末田元二：料金所における騒音実態調査、日本道路公团試験所報告、pp. 268~273, 1982.
- 2) 渡辺義則・角 知憲・川崎 孝・吉松正浩：単独車両の発進挙動に基づく音響パワーレベル推定法、土木学会論文集第425号/IV-14, pp. 155~164, 1991.

(1991.2.21 受付)

REGARDING FACTORS INFLUENCING SOUND POWER LEVEL RADIATED FROM A STARTING TRUCK

Yoshinori WATANABE, Tomonori SUMI and Masahiro YOSHIMATSU

There are several survey reports on the sound power level radiated from a single truck which starts from a toll-booth. But in these reports, what mainly influences the level have not been sufficiently explained. So, we shall try to clarify how the factors, such as maximum pay load, gradient of road and vehicle operation desired by a driver, influence the level, using the calculation method proposed in the previous paper.