

発進加速車からの騒音の音響パワーレベルについて

九州工業大学 正員 ○渡辺 義則
九州工業大学 境 光郎
九州大学 正員 角 知憲

1. まえがき 車が発進し、加速する時の騒音の音響パワーレベル(PWL)は、荷物の積載状況、道路縦断勾配、ドライバーの運転状況によって、定性的・定量的に変化することが十分考えられる。そこで本研究ではこの時のPWLの推定法を自動車工学の知識を利用して検討した。

2. パワーレベル推定式および使用変速段位の推定法 表-1にパワーレベル推定式を示す¹⁾。また、ドライバーは次のような考えで変速段位を決めると仮定した。①ドライバーは心の中に自分の希望する発進挙動(以後、希望走行曲線と呼ぶ)を持つ。②しかし、現実には車には与えられた性能があり、道路条件との関係で加速可能な範囲がある(以後、性能走行曲線と呼ぶ)。③このような制約があったとしても、できるだけ希望走行曲線に近づくように変速段位を決める。

表-1 パワーレベル 推定式

車 種	変速段位	パワーレベル推定式
乗用車	1 速	$L=78.1+0.477V+21.6A$
	2 速	$L=78.1+0.362V+21.6A$
	3 速	$L=78.1+0.291V+21.6A$
	4 速	$L=78.1+0.256V+21.6A$
大型車 (空積)	1 速	$L=84.3+1.399V+29.2A$
	2 速	$L=84.3+0.825V+29.2A$
	3 速	$L=84.3+0.483V+29.2A$
	4 速	$L=84.3+0.311V+29.2A$
大型車 (定積)	1 速	$L=86.2+1.205V+54.7A$
	2 速	$L=86.2+0.719V+54.7A$
	3 速	$L=86.2+0.429V+54.7A$
	4 速	$L=86.2+0.283V+54.7A$
	5 速	$L=86.2+0.220V+54.7A$

(注) V: 車速 km/h, A: 加速度 g
L: パワーレベル dB(A)

3. 適用例 自動車専用道路の料金所における調査²⁾に上記の考え方を適用してみた。

3.1 性能走行曲線の算出 自動車工学理論によれば³⁾、余裕駆動力 T_r があれば加速可能であり
余裕駆動力=車両性能駆動力(T_r) - 走行抵抗(R) $\cdots$ ①

$$T_r = \frac{1+\epsilon}{3.6} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{dV}{dt} \quad \epsilon: \text{相当質量係数}, g: \text{重力加速度}, \theta: \text{路面の傾斜角}$$

$$R = (\sin\theta + \mu_r \cos\theta)W + \mu_a S V^2 \quad \mu_r: \text{ころがり抵抗係数}, V: \text{速度(km/h)}$$

$$T_r = K(\epsilon + 2bV - CV^2) \quad \mu_a: \text{空気抵抗係数}, S: \text{車両前面投影面積}, W: \text{車重}$$

$$K = \eta_t \cdot i Q_m / r, \quad b = (1-\epsilon)\lambda / n_t \quad i_k: \text{変速比}, i: \text{総減速比}, r: \text{駆動輪の有効半径}$$

$$C = b^2 / (1-\epsilon), \quad \lambda = 30i / 3.6\pi r \quad K: \text{最大駆動力}, \eta_t: \text{伝動装置のトルク伝達効率}$$

$$e = 0.045 + 0.04i_k^2 \quad (乗用車), \quad e = 0.065 + 0.04i_k^2 \quad (トラック) \quad n_t: \text{最大トルク発生機関回転数}, Q_m: \text{最大トルク}$$

3.2 希望走行曲線の算出 乗用車の走行速度とその標準偏差が車両発進位置から20m毎に200mまで求められているので²⁾、式②を仮定して回帰分析を行い表-2の結果を得た。また、加速度 α (m/s²)と速度の関係は式③より、時間と速度の関係は数値積分によって求めた。

$$l = A_1 + A_2 V + A_3 V^2 + A_4 V^3 \quad \cdots \text{②}$$

$$\alpha = V / (A_2 + 2A_3 V + 3A_4 V^2) \quad \cdots \text{③}$$

l: 発進位置からの距離(m)

A_1, A_2, A_3, A_4 : 定数

表-2 希望走行曲線を表す式の係数と発生確率

走行曲線	A_1	A_2	A_3	A_4	発生確率
ケース 1	0.10280	5.45005	-0.83344	0.05935	0.159
ケース 2	0.26536	5.15946	-0.82630	0.07461	0.341
ケース 3	0.22776	5.54220	-0.88598	0.09653	0.341
ケース 4	0.40282	5.06422	-0.90280	0.13211	0.159

3.3 変速位置とPWLの算出

希望走行に必要な加速度と車両の余裕加速度を比較して変速速度を決定し、これに対応する変速位置を算出するがその一例を図-1に示す。 $X_1 \sim X_3$ が2、3、4速への変速速度である。BC間で希望走行曲線が性能走行曲線A~Hを上回るので車両は希望走行できずに性能走行し、それは希望の速度に到達するDまで続く。なお、各変速段位には使用可能な最低速度と最高速度(ノッキングと最大出力発生回転数に対応)を設ける。例えば、希望走行曲線のOJ間は2速の最低速度を下回るので必然的に1速で走行する。なお乗用車(1300~2000cc)は16台、一方、大型車(特大、大、中、小を含む)は8台で荷物を満載している場合(定積)と空の場合(空積)に分けて検討した。車両発進位置からの距離別にPWL及び挙動の推定値と実測値²⁾

を比較して表-3に示す。ただし、定積と空積はそれぞれ0.8と0.2、車両総重量が10トン未満とその他のクラスの比率はそれぞれ0.72と0.28である。なお、乗用車の発進の状況は表-2に示す4ケースを考える。ただし、車両の音響出力は車両重量 M （走行時）に比例すると考えられるので、表-1のパワーレベル推定式を求めたときの車両の重量 M_0 を基準にして、 $10\log(M/M_0)$ ほどPWLを補正した。

この結果から次のことがいえる。①大型車のPWLの推定値は、一部を除き、実測値との差は比較的小さい。②乗用車のPWLの推定値は、一部を除き、推定値のほうが約4dB小さい。③大型車の発進挙動にはドライバーの希望どおりに走行できない場合も含まれているが、速度に関しては推定値と実測値の間には比較的差がない。次に、図-2に発進位置の距離別に乗用車の変速割合を示す。この結果から、上記②の現象が生じる理由は、乗用車の変速が早く行われるからであることが推察される。つまり、発進加速車から発生する騒音のPWLは車両の発進位置からの距離によって大きく変化するので、車両の発進挙動を適確に表現できないと、両者の関係は正確に把握できない。本研究で示した推定方法では余裕加速度（アクセルはフルスロットルであり、性能いっぱいで行った場合に相当する。）を利用して変速位置を決定しているので、現実には生じている状態よりも早め

に変速していることは避けられない。また紙面の都合で割愛したが、この他に次の結果が得られた。①乗用車はケース1の一部（発進直後の数秒間）を除き、希望走行する。②大型車（定積）はケース4の一部（特大の発進直後の数秒間）を除き性能走行する。③大型車（空積）はケース1が発進位置から100m付近まで性能走行することを除けば、全て希望走行する。④乗用車は1速で発進するが大型車のそのほとんどが2速で発進する。⑤乗用車の変速位置は、メーカー、排気量によってほとんど差がない。車両の加速発進挙動によって差が生じる。⑥大型車の変速位置は車両重量によって差が生じる。メーカーによる差は少ない。また、加速発進挙動に起因する差は乗用車より小さい。

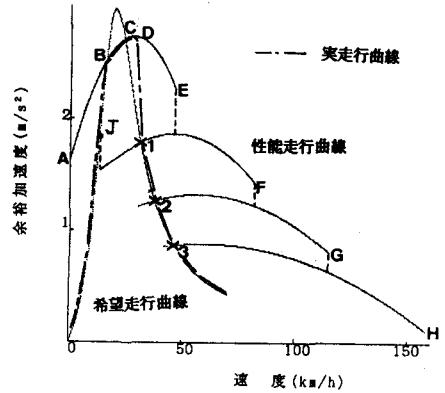


図-1 変速速度の算出例

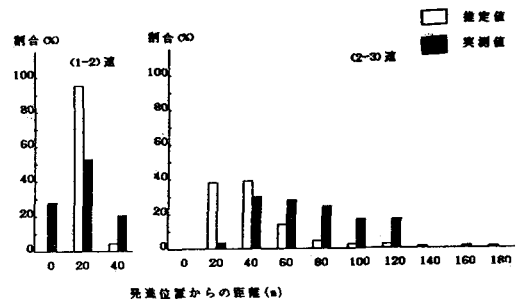


図-2 乗用車の変速位置

表-3 パワーレベル及び挙動の推定値と実測値

発進位置からの距離 (m)	乗 用 車				大 型 車			
	パ ワー レー ベ ル		速 度		パ ワー レー ベ ル		速 度	
	推定値	実測値	推定値	実測値	推定値	実測値	推定値	実測値
2 0	90.5	94.0	21.8	20.8	103.3	103.2	18.8	20.5
4 0	90.3	96.3	32.2	32.4	101.5	105.8	28.0	29.3
6 0	90.9	94.9	37.9	38.2	101.9	103.9	33.7	34.8
8 0	91.0	94.8	42.0	41.8	102.7	103.6	37.9	38.0
1 0 0	91.5	96.2	45.3	45.5	100.6	103.8	41.2	41.5
1 2 0	91.8	95.2	48.1	49.2	100.6	104.0	43.8	45.5
1 4 0	92.4	—	50.5	—	101.0	—	46.1	—
1 6 0	92.7	94.6	52.7	51.0	101.4	103.1	48.2	47.5
1 8 0	93.1	94.0	54.7	55.0	101.4	102.1	50.2	52.2
2 0 0	93.5	93.3	56.5	56.6	101.7	101.7	51.9	54.0

- 1) 渡辺義則・若菜和之・久鍋保・角知憲：発進加速車からの騒音の音響パワーレベル推定法に関する一考察，土木学会第41回年次学術講演会，1986
- 2) 岸 憲之・末田 元二：料金所における騒音実態調査，日本道路公団試験所報告，1982
- 3) 稲葉 正太郎：理論自動車工学入門，日刊工業新聞社，1980