

単独走行車両の接近時と離脱時のノイズパターンについて

古田 修一, 樋田 昌良

Study of Car Noise Pattern on the Road where a car is driving

Shuichi Furuta, Masayoshi Toida

はじめに

単独走行の自動車接近してくときの騒音レベルの立ち上がりはやや急激で、反対に遠ざかっていくときの減衰はゆるやかになる傾向が見られる。

この現象の原因としては自動車が移動していることと関連していると考えられる。

そこで自動車の走行モデルを作り考察してみた。

現象のメカニズム

自動車走行時のノイズパターン生成のメカニズムを簡単な例で考えてみた。

車速 34m/s (音速は 340m/s とする) として、時刻 0 に受音点の後方 340m 地点に車がいるとすると、そのとき発生した音は 1 秒後に受音点にとどく。1 秒後には車は後方 306m 地点にいるので、そのときの発生音は 1+9/10 秒後にとどく。同様に受音点の前方 340m 地点に車が行くのは 20 秒後で、そのときの発生音は 20+1 秒後にとどく。

音が発生した時刻と受音点にとどいた時刻の関係を表 1 に示した。

受音点正面に車が来たときの時刻を 0 として車の位置と音が受音点にとどく時刻との関係を表 2 に書き直した。

距離が等しい位置においては騒音レベルは同じになることから、車が接近してくるときには時間軸が圧縮され離脱していくときには引き伸ばされることがわかる。すなわち近づいてくるときにはノイズパターンの立ち上がりが急になり遠ざかるときには緩やかになる。ノイズパターンのイメージを図 1 に示した。

走行モデル

車速が v m/s (音速は V_0 m/s), 車の音源高さ h_o m, 受音点の高さ h_s m, 受音点と車の垂直距離 d m, 車の位置を S m (受音点を起点として) とする。ただし, d は 1 秒間に音が進む距離に比べて小さいものとする。

図 2 にその概略図を示した。

音源と受音点の距離 r m は,

$$r^2 = S^2 + d^2 + (h_o - h_s)^2$$

ここで

$$d_1 = d^2 + (h_o - h_s)^2$$

とおく。また車が現在位置から受音点まで行くのにかかる時間を t_0 秒とすると

$$S = v t_0$$

となる。

さらに音が受音点に達するまでの時間 t_1 秒は

$$t_1 = r / V_0$$

である。受音点通過時の時刻を 0 としたとき、任意の時刻 t において受音点で音を受けたとき接近時には,

$$t = t_0 - t_1$$

$$t = t_0 - r/V_0$$

$$t_0 - t = (v^2 t_0^2 + d_1)^{1/2} / V_0$$

同様に遠ざかって行くときには

$$t = t_0 + t_1$$

$$t_0 - t = -(v^2 t_0^2 + d_1)^{1/2} / V_0$$

となり、両辺二乗して整理すると同じ二次方程式が得られ,

$$(1 - v^2/V_0^2) t_0^2 - 2t t_0 + t^2 - d_1/V_0^2 = 0$$

$$a = 1 - v^2/V_0^2, \quad b = t^2 - d_1/V_0^2$$

とおくと二次方程式の根から, t が正のとき接近時には $t_0 > t$ となることから,

$$t_0 = -b/2a + (b^2 - 4ac)^{1/2} / 2a$$

となる。

離脱時には $t_0 < t$ となることから、

$$t_0 = -b/2a - (b^2 - 4ac)^{1/2} / 2a$$

となる。

よって任意の時刻 t を与えれば、そのときの車の位置までの時刻 t_0 がわかり距離 S が求まる。

距離減衰は点音源の距離の逆二乗則に従うものとする、車の位置における減衰値（受音点と比べて）は、

$$\Delta L = -10 \log_{10} ((S^2 + d^2)/d^2)$$

で表される。

実測値との比較

中川区富田町の県道西条中川線で自動車騒音（A 特性）を 24 時間測定した。

この地点は夜中には交通量が少なくなる。そこで単独走行と思われるノイズパターンを 28 台分取りだして減衰係数 Q （ r^2 ：距離）を最小二乗法で調べた。

接近時には $Q = 2.381$ ，離脱時には $Q = 2.026$ となり、わずかではあるが接近時の方が立ち上がりが急になった。

この地点の道路データ（車速推定 $v=40\text{km/h}$ ， $d=4.2\text{m}$ ， $h_o=0.3\text{m}$ ， $h_s=2.3\text{m}$ ）を走行モデル式に入力して減衰係数を求めたところ、接近時には $Q = 2.037$ ，離脱時には $Q = 1.971$ となった。

同じく南区笠寺町の県道緑瑞穂線において夜間のノイズパターン（道路データは車速推定 $v=40\text{km/h}$ ， $d=3.3\text{m}$ ， $h_o=0.3\text{m}$ ， $h_s=1.9\text{m}$ ）を 24 台分取りだして減衰係数を調べたところ、接近時には $Q = 1.992$ ，離脱時には $Q = 1.930$ となった。計算値は接近時には $Q = 2.036$ ，離脱時には $Q = 1.968$ となった。

考察

実測値において単独走行車が接近してくるときの騒音レベルの立ち上がりはやや急激で、遠ざかっていくときの減衰はゆるやかになることが確認され、走行モデルの有効性がわかった。

ただし実測値の減衰係数が逆二乗則と異なっているのは、点音源近似の信頼性や反射の影響や見通し角などが考えられ今後の課題と思われる。

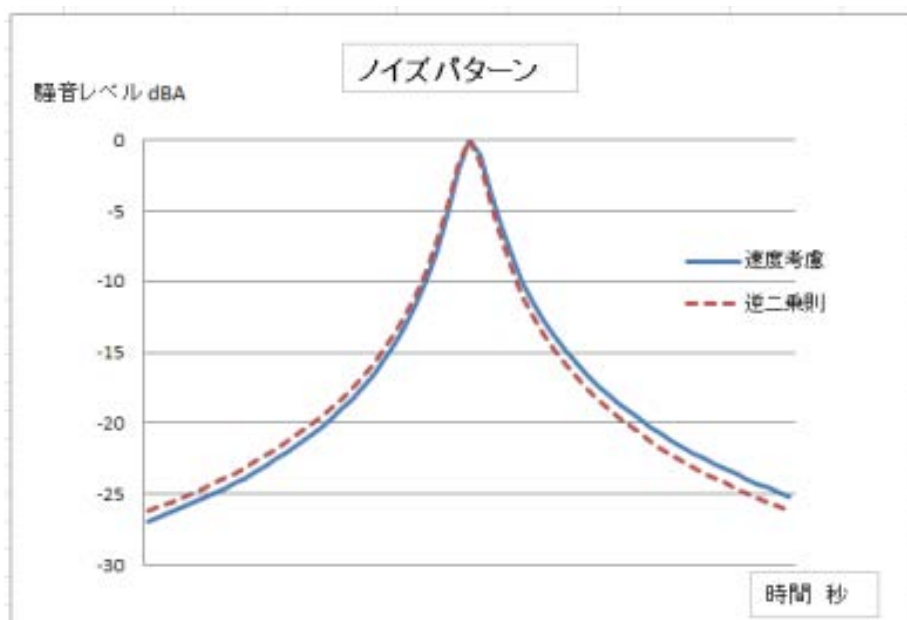


図1 ノイズパターンのイメージ

表 1 音が発生した時刻と受音点にとどく時刻の関係

音が発生した時刻	0	1	2	……	9	10
受音点にとどく時刻	1	$1 + 9/10$	$2 + 8/10$	……	$9 + 1/10$	10
音が発生した時刻	11	12	……	……	19	20
受音点にとどく時刻	$11 + 1/10$	$12 + 2/10$	……	……	$19 + 9/10$	$20 + 1$

単位：秒

表 2 車の位置と受音点にとどく時刻の関係

車の位置（後方）	340 m	306 m	272 m	……	34 m	正面
受音点にとどく時刻	-9.0	-8.1	-7.2	……	-0.9	0.0
車の位置（前方）	340 m	306 m	……	68 m	34 m	
受音点にとどく時刻	11.0	9.9	……	2.2	1.1	

単位：秒

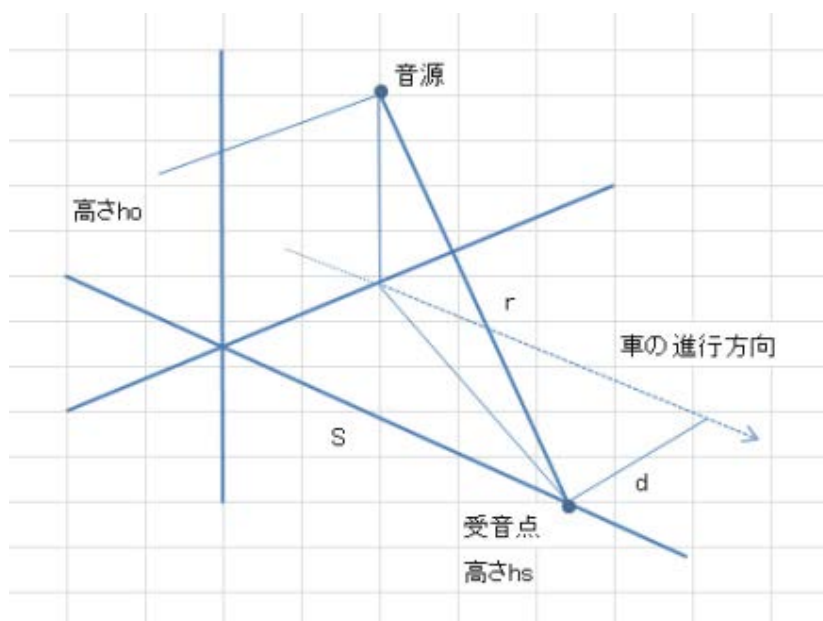


図 2 走行モデル概略