

(株) 総合技術コンサルタント 正員 三宅龍雄
 京大 衛生工学 正員 高木興一
 京大 衛生工学 正員 山本剛夫

1. はしがき 点音源とみなされる車が、直線道路上を車頭間隔が指数分布をする状態で走行している。いわゆる指数分布モデルの解析が従来より進められてきた。ここでは、互いに独立な変動音の和のレベル分布を数値計算することによって指数分布モデルの L_{α} の回折減衰量を求めたので結果を報告する。

2. レベル分布の合成 互いに独立な二つの変動音の音圧レベルの確率変数を L_A, L_B として、これらがレベル l を越える確率を $F_A(l), F_B(l)$ とすると、その合成変動音 L_C の超過確率分布 $F_C(l)$ は、

$$F_C(l) = \int_{-\infty}^{\infty} F_A(10 \log(10^{L/10} - 10^{\tau/10})) dF_B(\tau) \quad (1)$$

と表わされ、これをレベル合成積と称する。上式は、 $L_C = 10 \log(10^{L_A/10} + 10^{L_B/10}) \geq l$ を満足する主要な L_A と L_B の組み合わせ確率の和で計算される。^{1),2)}

指数分布モデルでは、道路上の車は互いに独立に一様分布していると仮定するから、1台の車による音圧レベルの分布が与えられるとレベル合成積によって任意の台数の車による分布が計算される。直線道路長 T 、平均車頭間隔 S 、道路より距離 d の位置における受音点での1台の車による音圧レベルの超過確率分布 $F_1(l)$ は、距離減衰だけを考えれば、

$$F_1(l) = \frac{2}{T} \sqrt{\frac{1}{4\pi}} 10^{(PWL-l)/10} - d^2 \quad (2)$$

となり、 n 台の車による超過確率を $F_n(l)$ とすると、指数分布モデルの超過確率分布は、 $\lambda = T/S$ として

$$G_{\lambda}(l) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda} F_n(l) \quad (3)$$

となる。図1は、 $F_{\lambda}(l)$ と $G_{\lambda}(l)$ による音圧レベルの密度関数を示したもので、 λ が大きくなるにつれて両者は一致するようになる。図2は、0.5 dB ステップで計算された $F_{\lambda}(l)$ とモンテカルロシミュレーションによる L_{α} 値を比較したものであり、両者の相違は最大でも 1 dB 以下となっている。

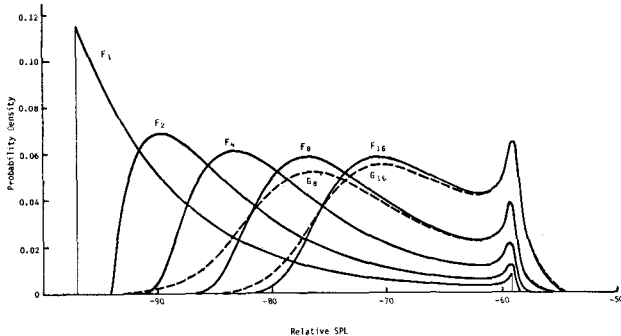


図1. 音圧レベルの密度関数 ($T=40 \text{ km}$, $d=256 \text{ m}$)

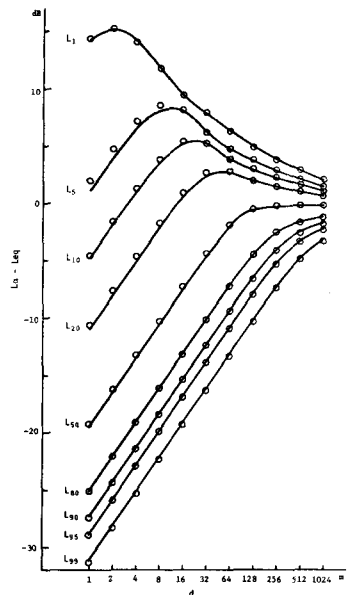


図2. $L_{\alpha} - Leq$ と d の関係
 —; $F_{\lambda}(l)$, O; モンテカルロシミュレーション ($S=400 \text{ m}$)

3. 回折減衰 厚さのない半無限障壁の影の領域での回折問題の解は、入射波と反射波による回折波の和で与えられる。BOWMAN & SENIORによるMACDONALDの厳密解の近似式によれば、^{3), 4)}

$$\phi = \phi_d(R) + \phi_d(R') \quad (4)$$

$$\phi_d(R) = \sqrt{\frac{2}{\pi R_1(R_1 + R)}} e^{i(kR - \pi/4)} \times \int_{-\tau_R}^{\infty} e^{i\tau^2} d\tau \quad (5)$$

$$\tau_R = -\sqrt{k(R_1 - R)} \quad (6)$$

ここで、 R は音源からエッジを乗越して受音点までの最短距離、 R 及び R' はそれぞれ実音源及び虚音源から受音点までの距離であり、 k は波長定数である。

4. 計算結果 式(4)によって指数分布モデルの L_α の回折減衰量 ΔL_α を調べた。図3は、 $S=400 \sim 50$ mについて、道路から2mの位置の高さ2mの障壁による減衰量を計算したものである。 $\Delta L_0, \Delta L_{eq}$ はそれぞれ点音源及び線音源による回折減衰であり、障壁背面で最大となって単調減少するのに対し、 ΔL_α は S 及び d の値によって変化しており、 ΔL_{50} や ΔL_{95} は、障壁への音波の入射角が小さくなるとフレネル数が大きくなるため、 S が小さくなるか d が大きくなると減衰量が増大し ΔL_{eq} に漸近する。 ΔL_5 と ΔL_{10} は特異な様式となっておりそれぞれ d/S が0.04と0.08付近でピークが見られる。尚、本図には破線で等間隔モデルによる ΔL_α も並記してあり指数分布モデルの場合と同様な減衰を示している。図4は、 d/S をパラメータとして $\Delta L_{50} - \Delta L_{eq}$ とフレネル数 N の関係を示したものである。 $d/S > 0.32$ では $\Delta L_{50} = \Delta L_{eq}$ であるが、 d/S がこれより小さくなり N が大きくなるほど両者の差は大きくなる。従って、障壁付近や交通量の少ない所で、中央値の回折減衰量として線音源のものを代用すると、減衰量を過大に見積ることになる。

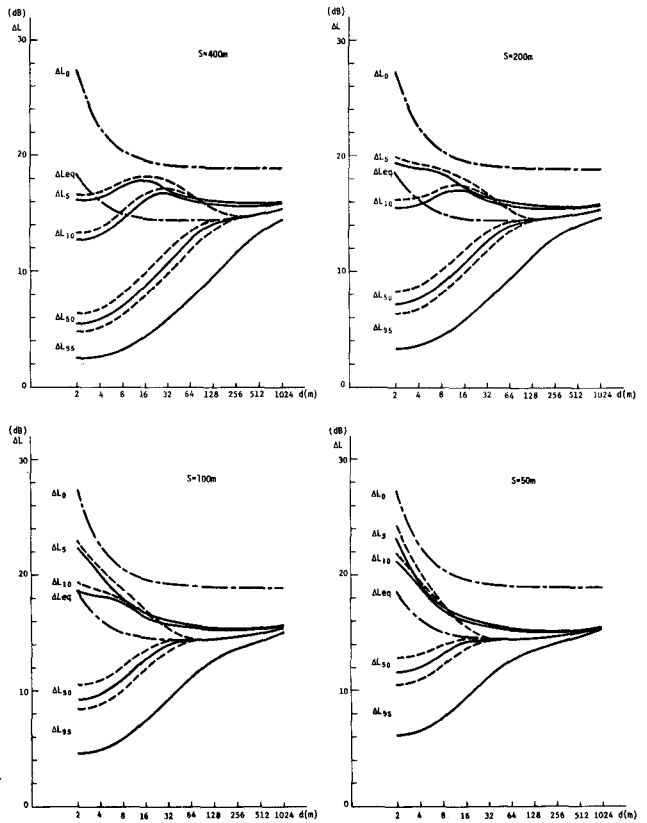


図3. L_α の回折減衰量
(—; 指数分布モデル, ---; 等間隔モデル)

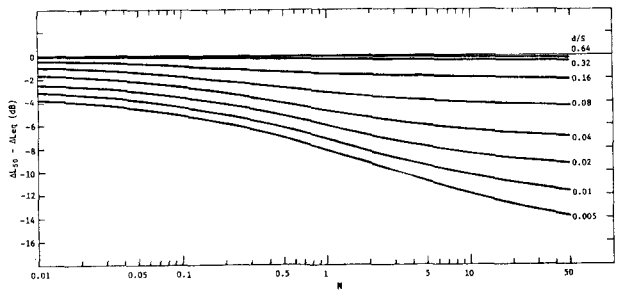


図4. $\Delta L_{50} - \Delta L_{eq}$

参考文献

- 1) P.M.Nelson; Applied Acoustics, Vol.16, 1973 2) 高木, 平松, 山本, 三宅; 音響学会講演論文集, 1978.5
3) H.M.Macdonald; London Math. Soc., Vol.14, 1915 4) 川井, 伊藤; 音響学会誌, Vol.32, 1976