

II-388 音源の大きさを考慮した騒音伝搬の予測式について

京都大学大学院 学生員 松井 利 仁
 京都大学工学部 正 員 高木 興 一
 京都大学工学部 正 員 山本 剛 夫

1. はしがき

屋外における騒音の伝搬については、多くの予測式が報告されているが、そのほとんどが理想的な点音源を仮定している。しかし、実際の騒音源には大きさがあると考えられることから、音源の大きさを考慮できる予測方法を導いた。音源の大きさを考慮する場合、従来は数値的に積分を行う必要があったが、今回導いた式は、点音源としての計算値から比較的簡単に求めることができる。

2. 平坦な地表面上での伝搬

図1のような平坦でかつ均質な地表面上における音波の伝搬については、点音源を仮定した次のような近似式¹⁾が報告されている。

$$\phi_p = \frac{e^{ikR_1}}{R_1} + Q \frac{e^{ikR_2}}{R_2} \quad (1)$$

これより、領域 D の範囲に非干渉性の点音源が分布する場合、 $w(D)$ を単位領域当りの音響パワーとすると、速度ポテンシャル ϕ は、

$$|\phi|^2 = \int_D w(D) \left| \frac{1}{R_1} + \frac{Q}{R_2} e^{ik(R_2-R_1)} \right|^2 dD \quad (2)$$

と表される。上式において R_1, R_2, Q が変化するが、音源と受音点の距離が近く、音源の大きさの影響が大きい場合を考えると、 $e^{ik(R_2-R_1)}$ 以外の部分は変化が小さいため、定数とみなすことにする。さらに、 $\tau = k(R_2-R_1)$ とし、領域 D の範囲で $w(D) \cdot dD$ が $d\tau$ で近似でき、 τ が τ_1 から τ_2 まで分布するとすると、次の近似式が導かれる。

$$\begin{aligned} |\phi|^2 &= \frac{1}{\tau_2 - \tau_1} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \left| \frac{1}{R_1} + Q \frac{e^{i\tau}}{R_2} \right|^2 d\tau \\ &= \frac{1}{R_1^2} + \frac{|Q|^2}{R_2^2} + \frac{2}{R_1 R_2} \\ &\quad \times \text{Image} \left[Q \frac{e^{i\tau_2} - e^{i\tau_1}}{\tau_2 - \tau_1} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

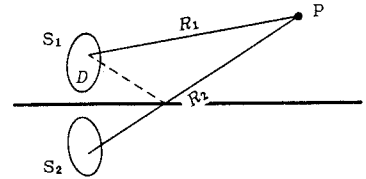


図1 大きさのある音源からの音波の伝搬
 S_1 が音源、 P が受音点。

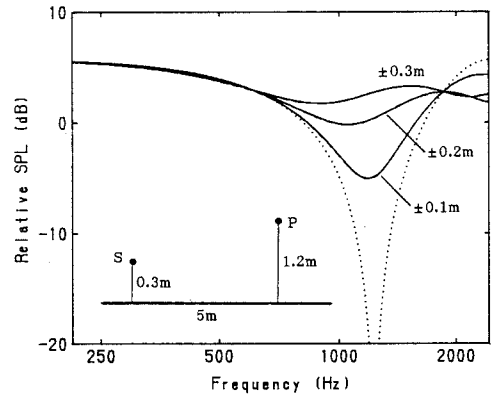


図2 騒音の伝搬に及ぼす音源の大きさの影響
 実線；近似式、破線；数値積分による値、点線；点音源の場合。反射性地表面。

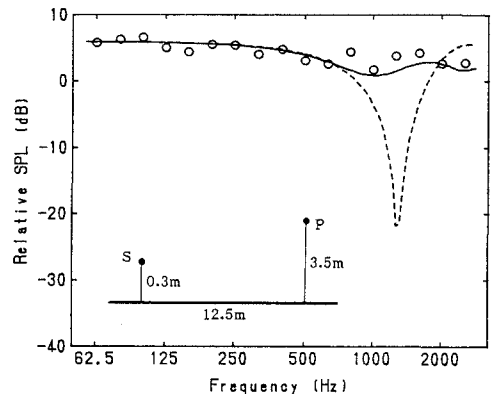


図3 平坦な地表面上での伝搬特性(模型実験)
 実線；近似式(音源高さは 30 ± 25 cm)、破線；点音源の場合。反射性地表面。

ただし、 R_1, R_2, Q は音源の中心に点音源があるとしたときの値を用いる。図2に(3)式と数値積分による値の対応を示す。音源は地面に垂直な有限長の線音源で、一様な音響パワーを仮定している。この図の場合、(3)式による値は数値積分による結果とほとんど一致しており、破線と実線が重なっている。図3は模型実験²⁾の結果と比較したもので、この実験の場合は音源の大きさを考慮することにより、実験値と計算値が良く対応している。

3. 障壁がある場合

図4のように平坦な地表面上に障壁があり、音源から受音点が見通せないような場合を考える。音源が点音源の場合については、次式のような近似式³⁾が報告されている。

$$\phi_P = \phi_{11} + Q_P \phi_{12} + Q_S \phi_{21} + Q_S' Q_P' \phi_{22} \quad (4)$$

図4において、行路 S_1P_1 の行路長を R_a 、 S_2P_1 の行路長を R_b とし、 $\tau = k(R_b - R_a)$ と定義する。 τ が τ_1 から τ_2 の範囲に音源が分布するとすると、次式を導くことができる。

$$\begin{aligned} |\phi^2| = & |\phi_R^2| + |\phi_I^2| + \text{Image} \left[2 \overline{\phi_R} \phi_I \right. \\ & \left. \times e^{-i\tau_0} \frac{e^{i\tau_2} - e^{i\tau_1}}{\tau_2 - \tau_1} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

$$\phi_R = \phi_{11} + Q_P \phi_{12} \quad (6)$$

$$\phi_I = Q_S \phi_{21} + Q_S' Q_P' \phi_{22} \quad (7)$$

ただし、 ϕ_R, ϕ_I, τ_0 は音源の中心での値を用いる。図5は上式と数値積分による値を比較したものである。また、図6は模型実験の結果との対応を示したものである。なお、上式は音源から受音点が見通せない場合を仮定しているが、平坦で地表面性状の不連続がある場合や、盛土、切土構造の道路など、より一般的なケースへの応用も可能である。実際の騒音源をどのような音源として扱えばよいかという点については、今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) 川井孝雄, 音響学会誌 39, 374-379 (1983).
- 2) 音響学会, 道路交通騒音調査研究委員会59年度報告書
- 3) H. G. Jonasson, J. Sound Vib. 22, 113-126 (1972).

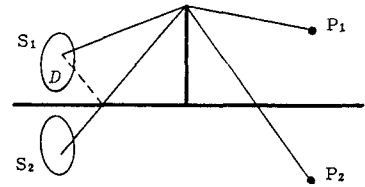


図4 大きさのある音源からの音波の伝搬

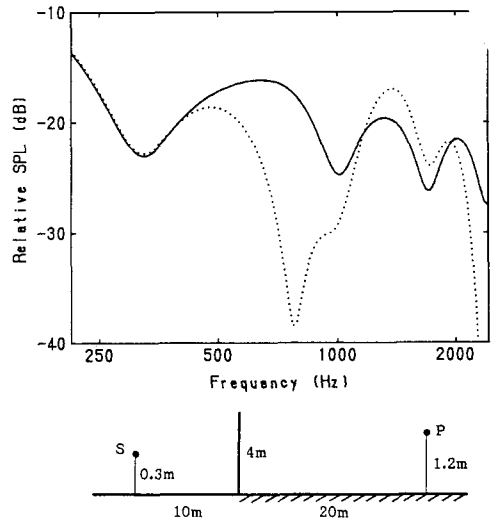


図5 障壁のある地表面上での伝搬特性
実線；近似式（音源高さは $30 \pm 30\text{cm}$ ），
破線；数値積分による値，点線；点音源。
斜線部分は吸音性，その他は反射性地表面。

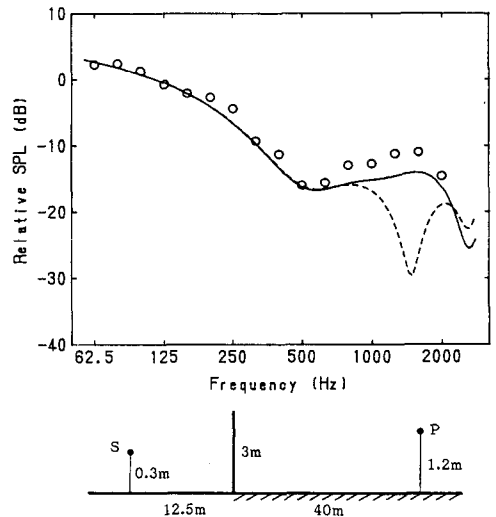


図6 障壁のある地表面上での伝搬特性（模型実験）
実線；近似式（音源高さは $30 \pm 25\text{cm}$ ），
破線；点音源。