

II-338

騒音の伝搬に対する地形とその表面性状の影響を予測する方法について

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は、地形、障害物、気象条件など多くの因子が影響を及ぼしている。本研究では、地形、障壁等の単純な形状として、表面が吸音性であるようなウェッジを取り上げ、騒音の伝搬に対する地形とその表面性状の影響を予測する方法を導いた。

2. 吸音性1重ウェッジ

ウェッジ表面が完全反射である場合については、Kouyoumjian ら¹⁾が精度の良い漸近解を与えている。ここでは、この近似解を用い、ウェッジ表面が吸音性の場合の近似式を導く。図1のウェッジにおいて、音源 S_i から受音点 P_j への開き角を θ_{ij} で表す。 $\pi - \nu\pi \leq \theta_{ij} \leq \pi + \nu\pi$ であるとして、Kouyoumjian らの式において、 θ_{ij} の値により不連続な値を取っていたパラメータを確定することができ、回折波 U_d は次式のように簡略化できる。

$$U_d = \phi_d(\theta_{11}) + \phi_d(\theta_{12}) + \phi_d(\theta_{21}) + \phi_d(\theta_{22}) \quad (1)$$

$$\phi_d(\theta) = \frac{e^{ikR_w}}{R_w} \frac{i}{\sqrt{\pi\nu}} e^{i\pi/4} \left| \sin\left(\frac{\pi-\theta}{2}\right) \right| \cdot \cot\left(\frac{\pi-\theta}{2\nu}\right) \times F\left(\tau(\theta)\right) \quad (2)$$

$$\tau(\theta) = k \frac{R_w^2 - R_d(\theta)^2}{2R_w} \quad (3)$$

$$F(x) = e^{-ix} \int_{\sqrt{x}}^{\infty} e^{it^2} dt \quad (4)$$

(1)式の各項は図1の $S_1 P_1$, $S_1 P_2$, $S_2 P_1$, $S_2 P_2$ の各行路に対応しており、 R_w はウェッジを通る最短距離、 $R_d(\theta)$ は各行路の音源から受音点への直線距離である。したがって、全音場 U に対する各行路の寄与は、各行路の幾何光学波を $\phi_g(\theta)$ とすると次式で表される。

$$\phi(\theta) = \phi_g(\theta) + \phi_d(\theta) \quad (5)$$

これより、吸音性ウェッジの場合の全音場を次式で表す。

$$U = \phi(\theta_{11}) + Q_p \phi(\theta_{12}) + Q_s \phi(\theta_{21}) + Q_p Q_s \phi(\theta_{22}) \quad (6)$$

Q_s , Q_p は音源側、受音点側での球面波の反射係数²⁾であり、上式は障壁 ($\nu=2$)、平坦 ($\nu=1$) など、任意の開き角の吸音性ウェッジに適用可能である。図2,3は本予測計算方法と模型実験による結果を比較したものである。なお、地表面の比音響インピーダンスは Delany らのモデル式³⁾を用い

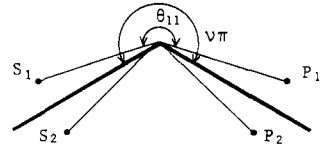


図1 ウェッジ上での伝搬行路

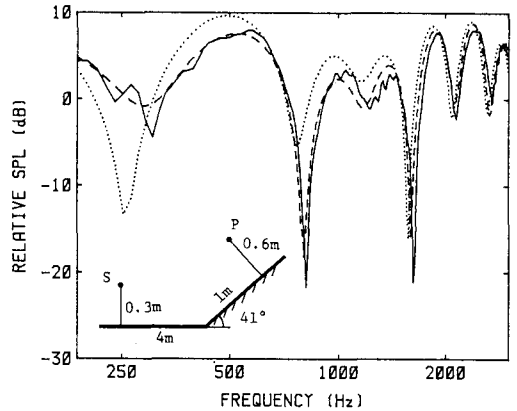


図2 1重ウェッジ上の伝搬特性

音源側が反射性 ($\sigma=10000$ cgs units)
受音点側が吸音性 ($\sigma=1000$ cgs units)
縦軸は自由空間を基準とした相対レベル
実線は模型実験による値、破線が計算値
点線は回折波を無視した場合の計算値

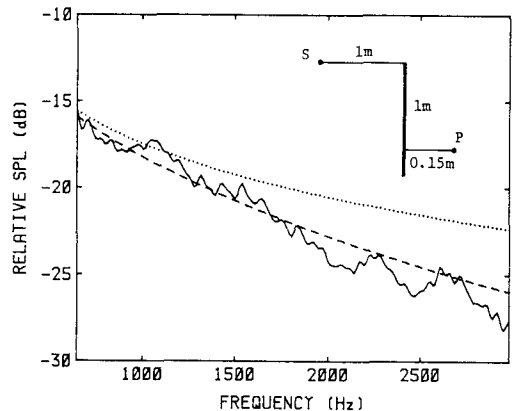


図3 1重ウェッジ（障壁）上の伝搬特性

音源側が反射性、受音点側が吸音性
実線は模型実験による値、破線が計算値
点線は湯沢⁴⁾の方法による計算値

ている。

3. 吸音性多重ウェッジ

上記の式を多重のウェッジに応用する。図1の1つの行路に注目し、音源から受音点への直線距離を R_d 、ウェッジの頂点を通る最短距離を R_w 、またそのときの開き角を θ とする。ウェッジが完全反射の場合、全音場に対するこの行路の寄与は行路長を R （ウェッジがある場合の最短距離）とすると次式のように表すことができる。

$$\phi = \frac{e^{ikR}}{R} \cdot D \quad (7)$$

$$D = \begin{cases} 0 & \text{for } \theta \geq \pi + \nu\pi \\ \frac{e^{-i\pi/4}}{\sqrt{\pi\nu}} \cos \frac{\theta}{2} \cdot \cot \left(\frac{\pi - \theta}{2\nu} \right) F(\tau) & \text{for } \pi + \nu\pi > \theta \geq \pi \\ 1 - \frac{e^{-i\pi/4}}{\sqrt{\pi\nu}} \cos \frac{\theta}{2} \cdot \cot \left(\frac{\pi - \theta}{2\nu} \right) F(\tau) & \text{for } \pi > \theta \geq \pi - \nu\pi \\ \times \frac{R_d}{R_w} e^{ik(R_w - R_d)} & \text{for } \pi > \theta \geq \pi - \nu\pi \\ 1 & \text{for } \pi - \nu\pi > \theta \end{cases} \quad (8)$$

$$\tau = k \frac{R_w^2 - R_d^2}{2R_w} \quad (9)$$

ここで、(8)式で表される D を単一のウェッジによる回折係数と考え、多重ウェッジへの適用を試みる。図4の行路SPによる寄与 ϕ_{SP} を次式で近似する。

$$\phi_{SP} = \frac{e^{ikR}}{R} \cdot D_A \cdot D_B \quad (10)$$

D_A 、 D_B は、ウェッジA、ウェッジBでの回折係数であり、 D_A は行路 SAP での回折係数を用い、 D_B は行路 S'BP での回折係数を用いることにする。図5、6は2重ウェッジについて模型実験の結果と本予測方法による計算値を比較したものである。2重ウェッジの場合、地表面での反射を考えると、最低でも8つの行路を考慮しなければならない。また、反射をする行路については、その地表面での反射係数を乗じる必要がある。

4. 謝辞

本研究の模型実験にあたり、多大な援助を頂いた国立公害研究所、田村正行氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) Kouyoumjian, Pathak: Proc. IEEE, 62, 1448 (1974)
- 2) 川井: 音響学会誌, 39, 6 (1983)
- 3) Delany, Bazley: Appl. Acoust., 3, 105 (1970)
- 4) 湯沢: 音響学会誌, 33, 12 (1977)

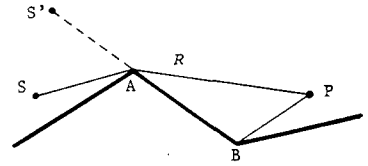


図4 2重ウェッジ上での伝搬行路
S'はウェッジBでの回折係数を求める際の仮定の音源

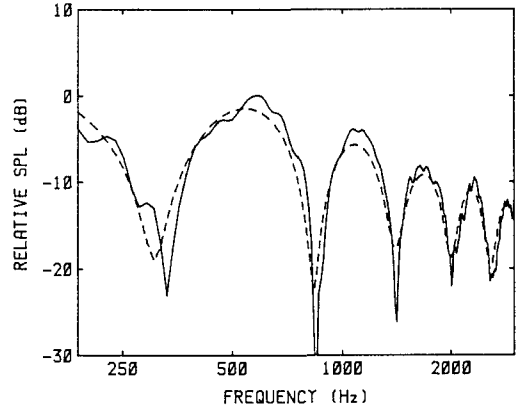


図5 2重ウェッジ(盛土構造)上の伝搬特性
実線は模型実験による値、破線が計算値
斜線部分が吸音性

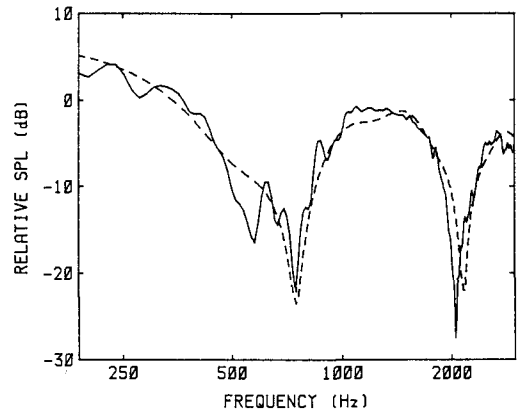


図6 2重ウェッジ(切土構造)上の伝搬特性
実線は模型実験による値、破線が計算値
斜線部分が吸音性