

セルオートマトン法による騒音伝搬解析と屋外実験との比較

長岡技術科学大学 大学院	学生会員	○小野 太士
JFE シビル株式会社		木戸 正太
長岡技術科学大学 大学院	学生会員	富樫 孝介
長岡技術科学大学 環境・建設系	正会員	宮木 康幸

1. はじめに

騒音は日常生活に密接な関係があり、関心の高い環境問題の1つである。建設分野における交通騒音の対策手法として、遮音壁を設置する遮音対策がよく用いられている。この遮音壁の音響性能評価は、旧建設省告示による建設技術評価制度の方法に基づき、屋外フィールド試験で評価されている^{1,2)}。しかし、この方法では莫大な費用および時間を要する問題がある。そこで、数値解析を用いた遮音性能の評価法が求められている。これまで、富樫ら³⁾の研究によって、セルオートマトン(CA)法により、2次元騒音伝搬予測が可能であることがわかっている。CA法による騒音伝搬モデルは、従来、回折減衰の予測に用いられてきた前川チャートを表現できることがわかっている。

本研究では、実験による実測値および簡易計算(前川の実験式)とCA法による計算結果との比較を行なうことで、CA法が実現象をどの程度表現できているかを検討することを目的とする。

2. 前川の実験

音源と受音点の間に壁を設けると、受音点側で回折減衰によって、遮音効果が期待できる。回折減衰は光の回折に関するFresnel-Kirchhoffの光の近似理論(以下、Kirchhoffの近似理論)やそれをもとに前川が実験的に修正した図(通称前川チャート)によって求めることができる^{4,5)}。

3. CA法

CA法は計算対象をセルと称する均一な大きさの区分領域に分割し、各セル上に定義された離散的な状態量を近傍のセル間の相互作用を表わす局所近傍則によって、離散的時間を追って状態量を推移させ

る現象のモデル化手法である。2次元騒音伝搬解析へ適用する場合、計算領域は伝搬方向によって伝搬速度が変わらないように正方形(単位幅 dx)のセルに分割する。セルの状態は媒質セル、壁セル、音源セルを設定する。注目セルの状態量の算出に用いるセル(近傍セル)はノイマン近傍(注目セルの上下左右4セル)を定義し、局所近傍則は以下の形で定義する。媒質セルの局所近傍則は、

$$P(x, t+1) = P(x, t) + G(x, t+1) \quad (1)$$

$$G(x, t+1) = G(x, t) + N \cdot c_{CA}^2 \left\{ \sum_a \frac{P(x+dx_a, t)}{N} - P(x, t) \right\} \quad (2)$$

であり、近傍セルが壁の場合は次式に従う。

$$P(x+dx_a, t+1) = P_{wall} = P_{notice} \quad (3)$$

音源セルにも局所近傍則を適用する。局所近傍則によって求められた音圧値に余弦波による音源音圧の変化量を強制的に加算することで音源の入力を行なった。

$$P_{max} = P_0 \times 10^{\frac{L_{max}}{20}} \quad (4)$$

$$P_s(t) = P_{max} \times \cos \omega t \quad (5)$$

$$P(x, t+1) = P(x, t) + G(x, t+1) + P_s(x, t) \quad (6)$$

P : 音圧, t : 時間, N : 近傍数, L : 音圧レベル

P_0 : 最小可聴音圧, G : 音圧の時間変化量

c_{ca} : CAモデルにおける伝搬速度

$wall$: 壁セル, $notice$: 注目セル, max : 最大値

4. 実験

屋外にて音源と受音点の間に壁を配置し、回折減衰量の測定を行なった。測定現場は「ニュートウン

キーワード 騒音, セルオートマトン法, 回折減衰, 前川の実験

連絡先 〒940-2135 新潟県長岡市上富岡町1603-1, Phone:0258-47-9609

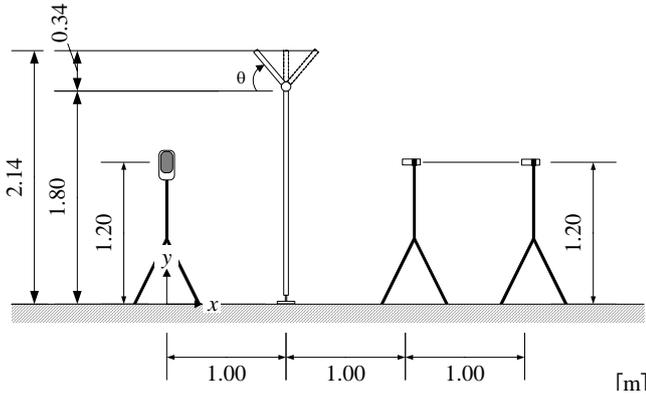


図1 実験状況側面図

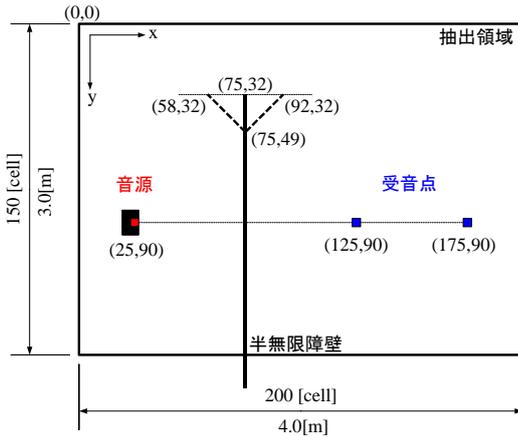


図2 CAモデル(実測値との比較)

いこいの広場(長岡市青葉台 3-3028-1)テニスコート」で行った。この場所は3面を森に、1面を壁で囲まれ、風の影響が少ないため実験場所を選定した。音源、壁、受信点の配置は図1のように行った。壁はおよそ2.0[m]の垂直壁の上に、高さ0.34[m]となるように羽部材を設置し、羽部材の設置角度を変えて実験を行った。測定対象とした壁形状は音源側水平面を基準とし、羽部材の角度を 90° (wall-90)、 45° (wall-45)、 135° (wall-135)とした3形状である。音源にはONKYO GX-70Aを用い、音源周波数500[Hz]、PWL=105[dB]の正弦波をPCにて作成して用いた。音圧レベルの測定にはRION NL-22を用いて、F特性、Fast、測定時間10[sec]、サンプリング周期100[msec]の条件にて観測を行った。

5. 数値実験

図2のように測定状況を2次元化したCAモデルを作成し、計算を行なった。測定で用いたスピーカ一の指向性を考慮し、音源の上下と後方の計5セルに壁セルを配置した。

6. 考察

実測値と計算結果の比較を図3,4に示す。図3,4は

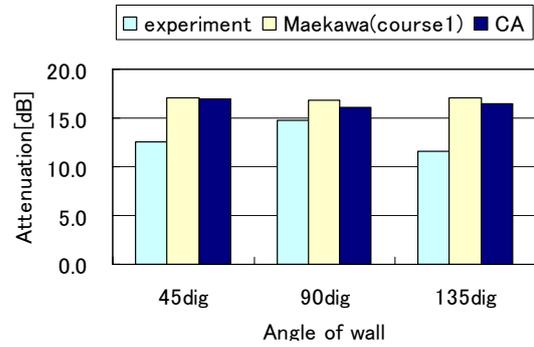


図3 音源からの距離2mにおける回折減衰量

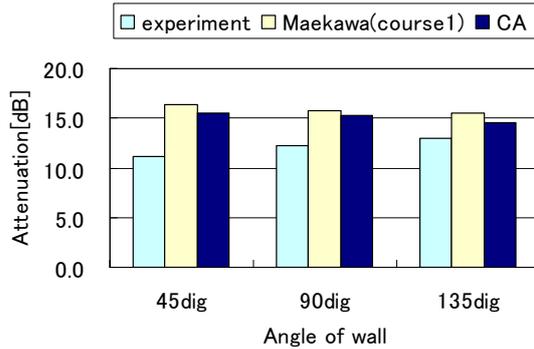


図4 音源からの距離3mにおける回折減衰量

音源周波数500[Hz]に対する回折減衰量を示している。実測値には壁の横からの回り込みによる音圧値の増加量を簡易計算⁵⁾によって求め、加算している。簡易計算値は反射のない経路のみを比較対象とした。CAモデル、簡易計算による結果は実測値に比べ大きな値を示している。これは計算においては壁が奥行き方向に無限に続いていると仮定されることや実測値においては壁からの反射などが含まれるためと考えられる。これらを考慮すると、どの壁形状においても計算値は概ね実測値を予測できていると言える。

7. まとめ

CA法を用いた騒音伝搬解析は、ある程度実現象を表現可能であることがわかった。

参考文献

- 1) 大久保朝直: 先端改良型遮音壁, 騒音制御, Vol.28, No.5, pp317-322, 2004.
- 2) 平成4年建設省告示1324号, 1992.
- 3) 富樫孝介: セルオートマトン法を用いた2次元騒音伝搬モデルの開発, 土木学会応用力学論文集, Vol.9, pp.305-372, 2006.
- 4) 前川純一ら: 建築・環境音響学, 共立出版, 第2版, 2000.
- 5) 渡辺義則: 都市鉄道の騒音に関する基礎的研究, 東京大学大学院工学研究科 学位論文, pp.224-225, 1975.