

生活空間における音場設計に向けた波動音響シミュレーション法の開発

Development of Sound Wave Simulation Method for Acoustic Field in Life Space

椿英駿¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²Hidetoshi Tsubaki¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: This report is the development of a simulation method for designing acoustic fields in life space. We develop sound fields design using sound wave simulation, which has excellent calculation accuracy. We simulate a sound field in life space by changing the shape of the analysis space and the conditions such as sound reflection by materials.

近年、コンサートやライブ等のオンライン化が進んでおり、自宅で音楽を楽しむ機会が増加している。しかし、多チャンネルサラウンドの用意はスピーカーの置き場所を要する等の理由から厳しい。そのため、コンサートホールにいるような環境を自宅で再現するために、生活空間における音場の設計法確立を目的とする。本報告では幾何学音響より計算の正確性が高い波動音響を用い、生活空間の音響シミュレーションを行う。

本報告では、音波の時間発展を見るため波動方程式を用いたFDTD(Finite Difference Time Domain)法を用いて解析を行った。波動方程式(3)は運動方程式である式(1)と連続の式である式(2)を用いて導出した。次式において p :音圧、 \mathbf{v} :粒子速度、 ρ :密度、 V :体積、 κ :体積弾性率、 c :音速、解析方向を x, y とする。

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = -\nabla p \quad (1) \quad p = -\kappa \frac{\delta V}{V} = -\rho c^2 \frac{\delta V}{V} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = \frac{\kappa}{\rho} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

本検討では解析空間の形状変更や、材質等による音の反射等を条件変化し、生活空間に近い音場を再現したシミュレーションを行う。一般的な家庭における部屋の壁素材から音波が反射される様子を確認するために用いた解析モデルを図1に示す。解析領域は x 軸方向8.0m、 y 軸方向10.0mの空気媒質とし、短辺1.50m、長辺2.0m、 z 軸方向無限長、壁素材を模擬して吸音率0.2の角柱を配置する。そして、解析の際の離散化幅としては時間離散化幅 Δt : 1.0×10^{-4} s、空間離散化幅 Δx : 5.0×10^{-2} mとする。また、解析領域外側にPML(Perfectly matched layer)吸収境界条件を入れるものとする。入射波は x 軸方向2.0m、 y 軸方向3.0mの位置に、中心時間 $t_0 = 3.0$ ms、最大値 1.0 m³/sとしたガウシアンパルスを押加した。

解析モデルを使って得た音圧分布を図2に示す。押加した音源が内側の壁素材によって反射した波が観測できた。この反射波において、角柱の複数の面から反射される波が重なる部分では音圧の強さが増加していることがわかる。また、解析領域外からの反射波が干渉しないために用意したPML層では音波の吸収が確認できた。

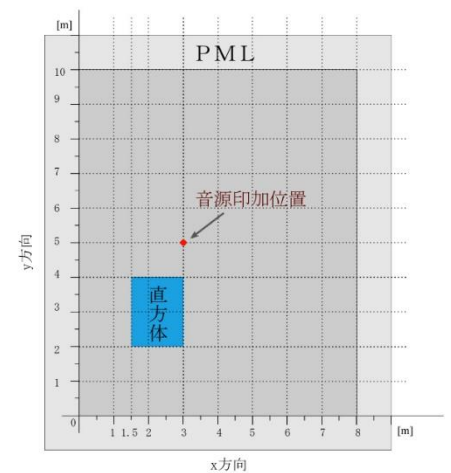


Figure1. Analysis model

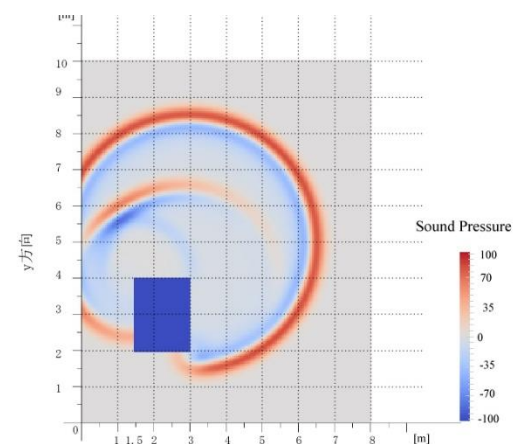


Figure2. Analysis result

参考文献

[1] 一般社団法人 日本音響学会:「FDTD法で見る音の世界」, pp.221-232, 2015年発行

[2] 技術評論社:「建築材料が一番わかる—建築技術の発展を支える建築材料を理解する—(しくみ図解)」, pp.164.165, 2014年発行

1:日大理工・学部・電気 2:日大理工・教員・電気