

数値逆ラプラス変換法を併用した2次元における音波解析 —複数媒質における時間刻み幅制限検証—

Two-dimensional sound wave analysis using the numerical inverse Laplace transform method Time step width limitation verification in multiple media

○石川直也¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²Naoya Ishikawa¹, Seiya Kishimoto², Shinnichiro Ohnuki²

Abstract: Simulation of the sound field propagating gas is useful for hall design, etc. The FDTD (Finite-difference Time-domain) is a typical simulation method for the visualizing the time-evolving field. However, since the time resolution is limited to the spatial discrete interval, it may take a huge amount of calculation time to obtain the steady response. In this report, we propose an analysis method with no resolution limitation in sound field time analysis. The dominant equation of the sound field is extended to the complex frequency domain, and the solution in the time domain is obtained by the numerical inverse Laplace transform (FILT) method. This proposal shows that there is no time step limit.

気体を伝播する音場のシミュレーションは、ホール設計等に有用である^[1]。その代表的なシミュレーション方法として FDTD (Finite-difference Time-domain)法がある^[2]。本手法は時間発展する場の可視化に優れるが、時間分解能が空間離散間隔に制限されるため、定常応答までの計算に膨大な計算時間を要する問題となる場合がある。

本報告では、音場時間解析にて時間分解能の制限がない解析手法を提案する。音場の支配方程式を複素周波数領域に拡張し、数値逆ラプラス変換 (FILT: fast inverse Laplace transform)法^[3]により時間領域の解を求める。本提案が時間刻み幅の制限がないことを示す。

本報告における提案法を説明する。複素周波数領域における音場解析法について、時間領域における音場の支配方程式を Laplace 変換により複素周波数領域における気体粒子に対する運動方程式に変換する。これを解くため粒子速度ベクトルおよび音圧を離散化し中心差分を適用する。得られた連立一次方程式を解くことで、複素周波数領域における粒子速度ベクトルと音圧が求まる。最終的に求めた複素周波数領域の関数を FILT 法により時間領域に変換する。

本手法を用い空気とヘリウムにおける2次元音場伝搬を解析する。解析モデルを図1に示す。音源は線音源、周波数440 Hzで正弦的に振動するとした。解析領域以外の境界条件は音圧 $p=0$ 、観測点を音源より距離0.20 m離れた点とする。提案法により得られた観測点における音圧の時間応答波形を解析する。従来の FDTD 法と比較し、提案法の時間刻み幅の制限がない特性について検討する。

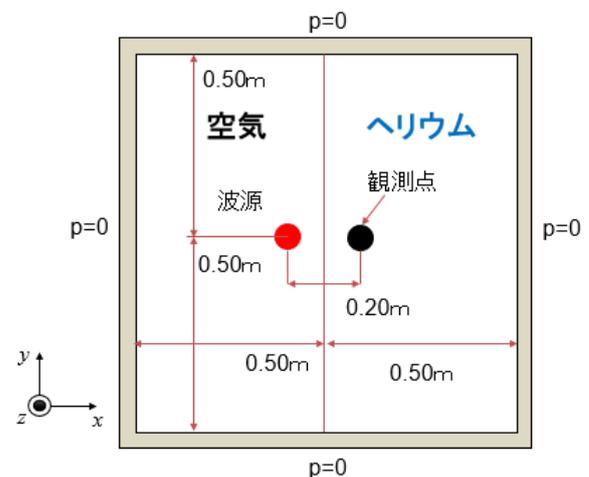


図1. 二次元の解析モデル

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K17753 及び、日本大学理工学部研究助成金の援助を受けて行われた。

参考文献

- [1] 坂本 慎一, “ホール内音響伝搬のシミュレーション,” 日本音響学会誌, vol. 67, no. 7, pp. 284-289, 2011.
 [2] A. Taflove and S. C. Hagness, Boston, MA, USA; Artech House, 2005.
 [3] S. Kishimoto et al., Prog. In Electromagn. Res. M, vol. 99, pp.45-55, 2021.