

## 2022年8月度 建築音響研究会 開催報告

8月度研究会はオンラインで開催いたしました。テーマ「数値解析」において5件の研究発表が行われました。研究発表では、「陽的時間領域有限要素法による大規模室内音響解析」、「時間領域有限要素法による曲面を含む室内音場の数値シミュレーション」、「幾何音響と波動音響のハイブリッド解析」、「FEMによる実験室環境における単板固定窓の音響透過損失の予測」、「PMLを有する厚板シェルの振動場の有限要素解析」の5題について幅広い議論が行われました。33名の皆様にご参加いただき、大変活発な質疑討論が行われ有意義な研究会となりました。

今後とも引き続き、積極的な話題提供と研究会への多数のご参加をお願い申し上げます。

### ■開催概要

日 時 : 2022年8月9日(火)13:30~17:30

場 所 : オンライン

議 題 : 数値解析

発表件数 : 研究発表5件

参加者 : 33名

■発表題目および内容概要（テーマ：床衝撃音）

※以下の概要は建築音響研究会資料の「内容概要」から転載したものです。

1. 陽的時間領域有限要素法による大規模室内音響解析

吉田 卓彌（安藤ハザマ技術研究所/神戸大院・工），  
奥園 健，阪上 公博（神戸大院・工）

【概要】波動音響学に基づく新しい室内音場予測手法として陽的時間領域 FEM による大規模音響解析手法を提案する。提案法は時空間離散化誤差を最適化することで音圧場の高精度な近似を可能とし、各種吸音体を局所作用性の周波数依存吸音境界条件によりモデル化できる。さらに、領域分割型の並列計算により高速な音場予測を実現している。まず、提案法の妥当性と計算性能のそれぞれを小立方体室を対象とした周波数領域 FEM と 2 次得精度の陰的 TD-FEM との比較により検証し、粗い時空間離散化でより高精度かつ高効率な解析ができることを示す。次に、512 コアを用いた MPI-OpenMP ハイブリッド並列のもと、1 億 5 千万自由度のオーディトリウムモデル内の 3 kHz までの周波数成分を含む 3 s 間のインパルス応答を 9,000 s 以内に解析可能なことを示す。

2. 時間領域有限要素法による曲面を含む室内音場の数値シミュレーション

富来 礼次，岡本 則子，大鶴 徹（大分大・理工），金城 優斗（大分大・院）

【概要】本報では、曲面を含む 3 種の室内音場を対象に、時間領域有限要素法 (TDFEM) により音波の伝搬を可視化した結果を紹介する。この中で、曲面へ吸音材を設置した場合や、曲面上にさらに凹凸がある場合の音場の変化について検討を行った。音圧の空間分布では、吸音材の効果を確認するのは難しかったものの、曲面上に設置された凹凸については、比較的長い波長の周波数帯域についても音場の変化が明確に示された。また、それぞれの音場で、音源が 2 つ存在し片方が対象音源、もう片方が妨害雑音となる場合の明瞭度の空間分布を算出し、それぞれの音源による音波の伝搬との関係を示した。

### 3. 幾何音響と波動音響のハイブリッド解析

坂吉 佑太 (日本環境アメニティ), 豊田 政弘 (関西大)

【概要】室内音場解析に用いられる統計音響理論, 幾何音響理論, 波動音響理論にはそれぞれ利点・欠点があるため, 対象とする空間や周波数に応じて適切な理論を選択することが重要である。一方で, 広帯域の予測結果を得るために, これらの中から複数の理論を組み合わせることが考えられる。本報では, 幾何音響理論に基づく手法として back-tracing 法を, 波動音響理論に基づく手法として FDTD 法を採用したハイブリッド解析を提案し, 広帯域のインパルス応答の取得を試みる。異なる理論に基づく結果を結合するために必要となるフィルタや補正に関して議論するとともに, 計算負荷の観点からハイブリッド解析の有用性を検証する。

### 4. FEM による実験室環境における単板固定窓の音響透過損失の予測

三村 茉莉絵 (YKK 株式会社), 奥園 健, 阪上 公博 (神戸大院・工)

【概要】本稿では, 実験室環境における単板固定窓のランダム入射音響透過損失を予測するための, 効率的な数値モデルについて議論した。入射条件として理想的な拡散入射を仮定した上で, 3 種の FEM モデルによる音響透過損失の予測値をサイズの異なる 5 種類の単板固定窓の実測値と比較し, 予測精度と計算コストを議論した。まず, 窓部のみを離散化するモデルについて, 2 種類の損失係数の与え方で音響透過損失を実測値と比較した。次に, 窓部近傍の入射側・透過側空間を半自由空間として離散化することで, 窓周辺のニッシュェまで含めた強連成モデルによる 1 kHz 以下での音響透過損失の予測精度を検証した。最後に, ニッシュェを含めた弱連成モデルの適用性を検証し, 強連成モデルと概ね同等の精度でより効率的な予測が可能であることを明らかにした。

## 5. PML を有する厚板シェルの振動場の有限要素解析

井上 尚久 (前橋工大), 曹 達, 佐久間 哲哉 (東大・工)

【概要】床衝撃音や壁の遮音の数値予測の際、隣接するスパンの打ち切り方法として無反射端が活用できる可能性がある。本研究では有限要素法において無反射端を実現するための Perfectly Matched Layer (PML)要素を Mindlin の厚板理論に基づく曲げ振動解析に適用する方法を提案する。また、交差する躯体をシェル振動場として表現し、その振動場での無反射端を再現するため、平面応力状態の振動場についても PML 要素の実装を行う。本稿では 3 次元弾性体の PML 内部の弱形式方程式に対し、変形の仮定を挿入することで各種 PML を導出する。提案した理論を実装し、自由振動場の基本解と数値解析解を比較し、提案した理論の妥当性を示す。

☆ 建築音響研究会の資料 (バックナンバー) に関する問合せ先:

建築音響研究委員会 HP ( <https://asj-aacom.acoustics.jp> ) にてバックナンバーのページをご確認いただき、研究会幹事団までお問合せ下さい。