

重量床衝撃音の多点数値解析による検討

関西大学環境都市工学部建築学科

建築環境工学第 I 研究室

建 19-0039 小谷美侑

指導教員 豊田政弘

目次

第 1 章 序論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	3
第 2 章 研究方法.....	4
2.1 研究対象.....	4
2.2 shade3D.....	6
2.3 VA-FDTD.....	7
第 3 章 結果と考察.....	15
3.1 実測と計算の結果の比較.....	15
3.1 減衰無しの計算結果と全点平均と 5 点平均の比較.....	19
第 4 章 結論.....	22
参考文献.....	23

第1章 序論

1.1 研究背景

2023年4月、日本建築学会環境工学本委員会傘下の音響数値解析小委員会内に床衝撃音検討ワーキンググループ（WG）が設置された。このWGには、マンション等において、子供がはしゃいだり、バタバタしたりする時の床衝撃音を無くしたいという最終目的がある。その為に、建築音響分野における騒音問題の筆頭である床衝撃音について、近年発展の著しい音響数値解析手法を援用することにより、関連研究や技術を普及・促進する活動を行っている。

具体的には、測定法や対策の検討へのフィードバック、可聴化による現象理解の促進、音響数値解析手法のさらなる計算精度向上等を企図している。以下にWGの活動計画を記す。

WGの活動計画

（設置期間 2023年4月～2025年3月）

1年目

重量床衝撃音の数値解析結果と比較する上で有用な実測データ取得

床の振動加速度をはじめとする物理的な基本データを取得

上記に対応する数値解析データの取得

2年目

床衝撃音に関する音響振動数値解析の現状と今後の可能性について議論し、

初年度得た実測データとの対応を考慮しつつ、有用なベンチマーク問題を作成

1.2 研究目的

JIS A 1418-2 [1]で重量床衝撃音の測定は、受音室内で天井，周壁，床面などから 50 cm 以上離れた空間内に，互いに 70 cm 以上離れた 4 点以上の測定点を空間的に均等に分布させ、その 4 点以上の測定点で音圧を測って平均し、その平均値を実験結果とすると規定されている。しかし、4 点以上だけでは少なすぎるのではないかという疑問がある。

本研究では、受音室に限なく均等に配置した全 693 点での音圧を取得しており、この 693 点の平均値と 5 点だけの平均値を比較し、一致するかどうか、また、一致しないならどの程度の差が生じるのかを検討する。

第2章 研究方法

2.1 研究対象

図1は立断面図、図2は1階平面図、図3は2階平面図である。赤色で示している箇所はコンクリート躯体である。

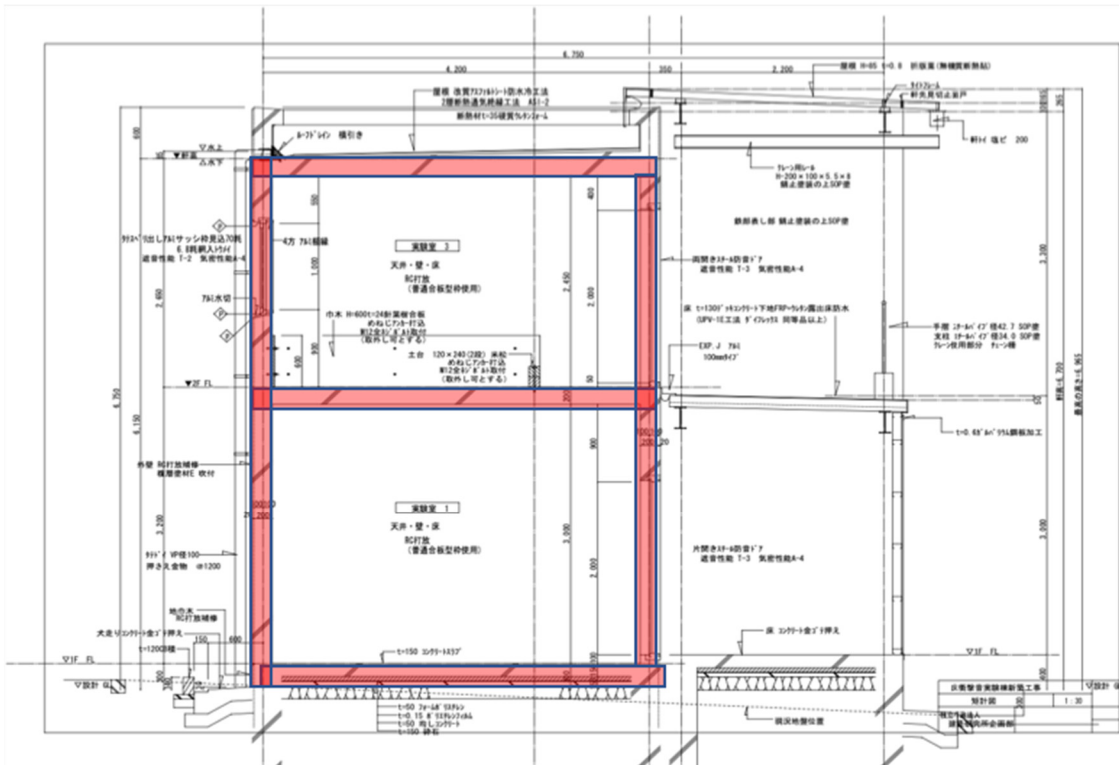


図1 立断面図

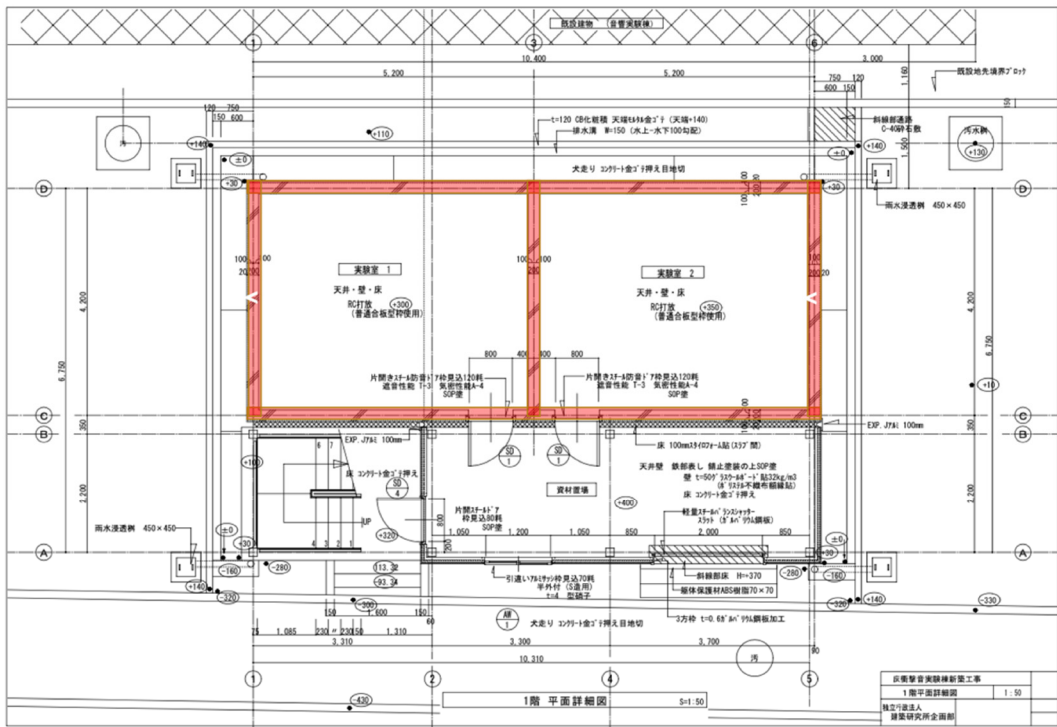


図2 1階平面図

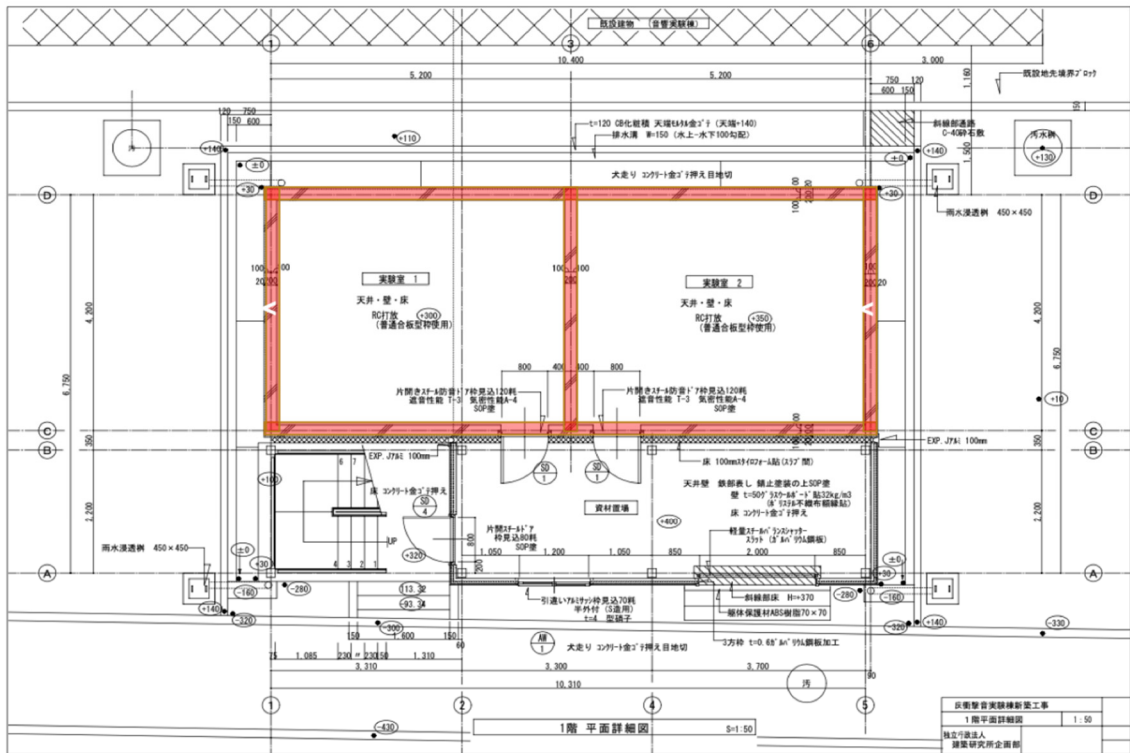


図3 2階平面図

2.2 Shade3D [2]

Shade3D で 2.1 の立面図 (図 1)、1 階平面図 (図 2)、2 階平面図 (図 3) を元に、数値解析用の形状を作成した。(図 4)

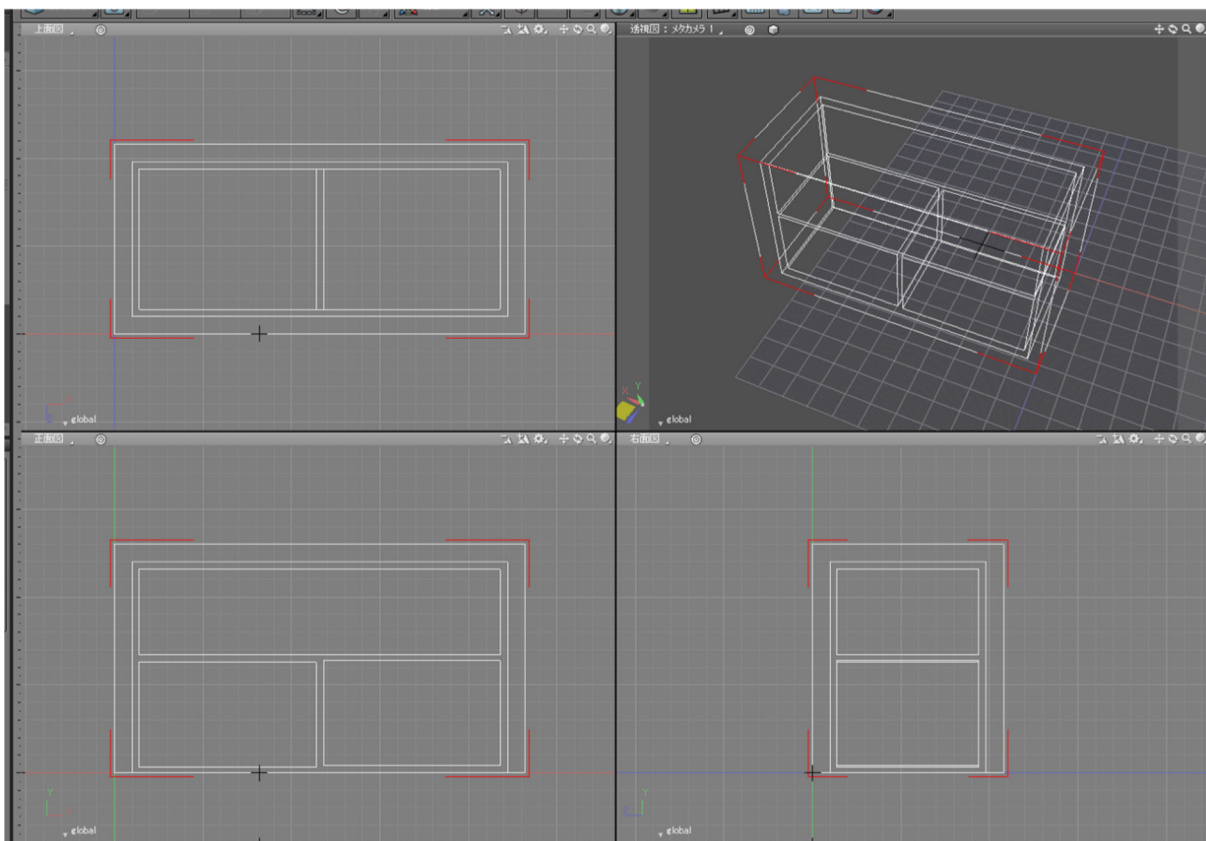


図 4 Shade3D 画面

2.3 VA-FDTD [3]

Shade3D で作成した形状を VA-FDTD に読み込み、計算条件（受音点等）を設定した。

計算条件の設定を以下に示す。

- ・ Global Settings（図 5）

Length Unit(長さ単位)は mm、Time Unit（時間単位）は ms、Frequency Unit（周波数単位）は Hz と設定。

Target Frequency Range（対象周波数範囲）の Maximum（最大）は 680Hz と設定。

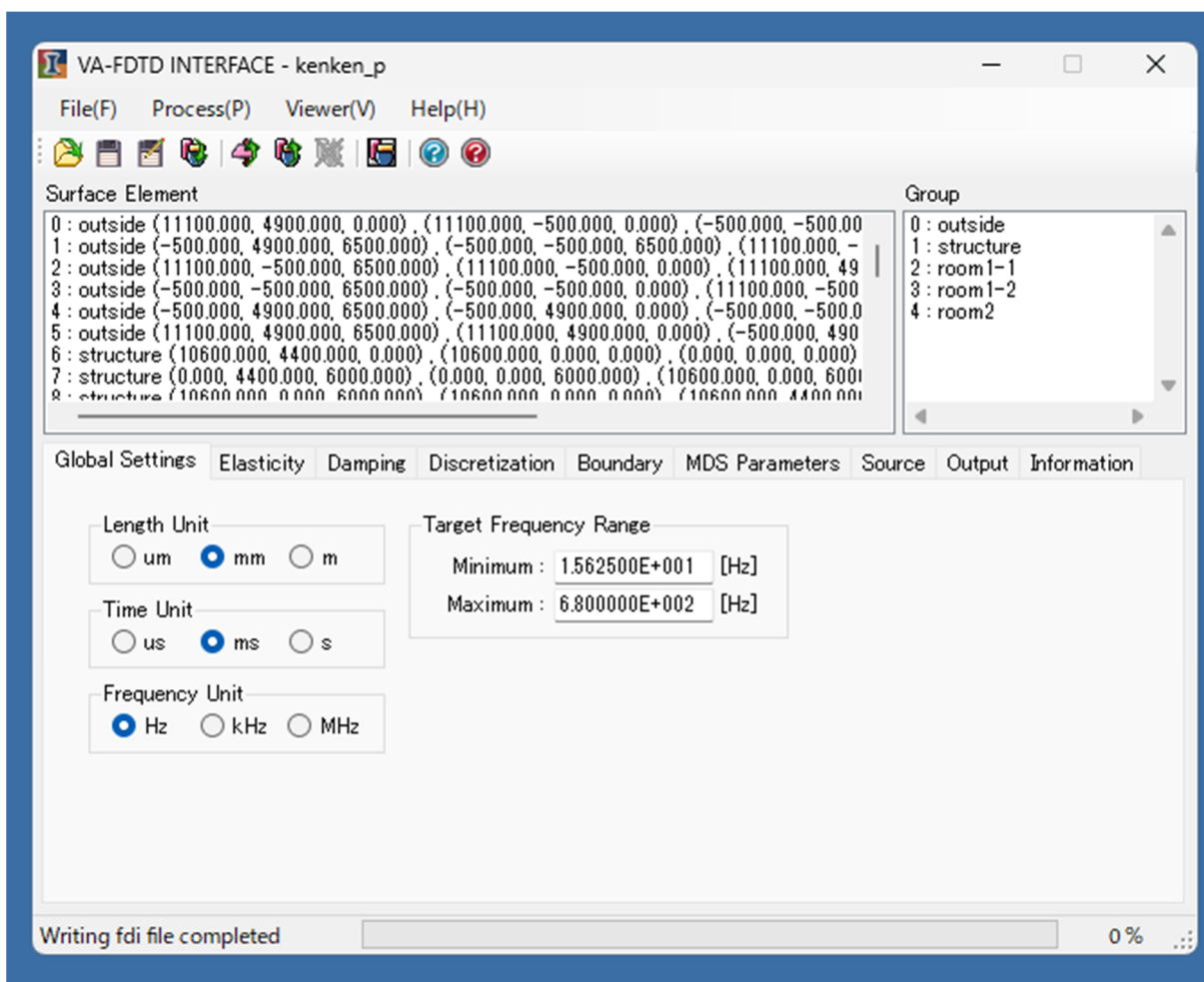


図 5 Global Settings

・ Elasticity (図 6)

材料の設定

0 : outside、2 : room1-1、3 : room1-2、4 : room2 は空気、1 : structure はコンクリートと設定。

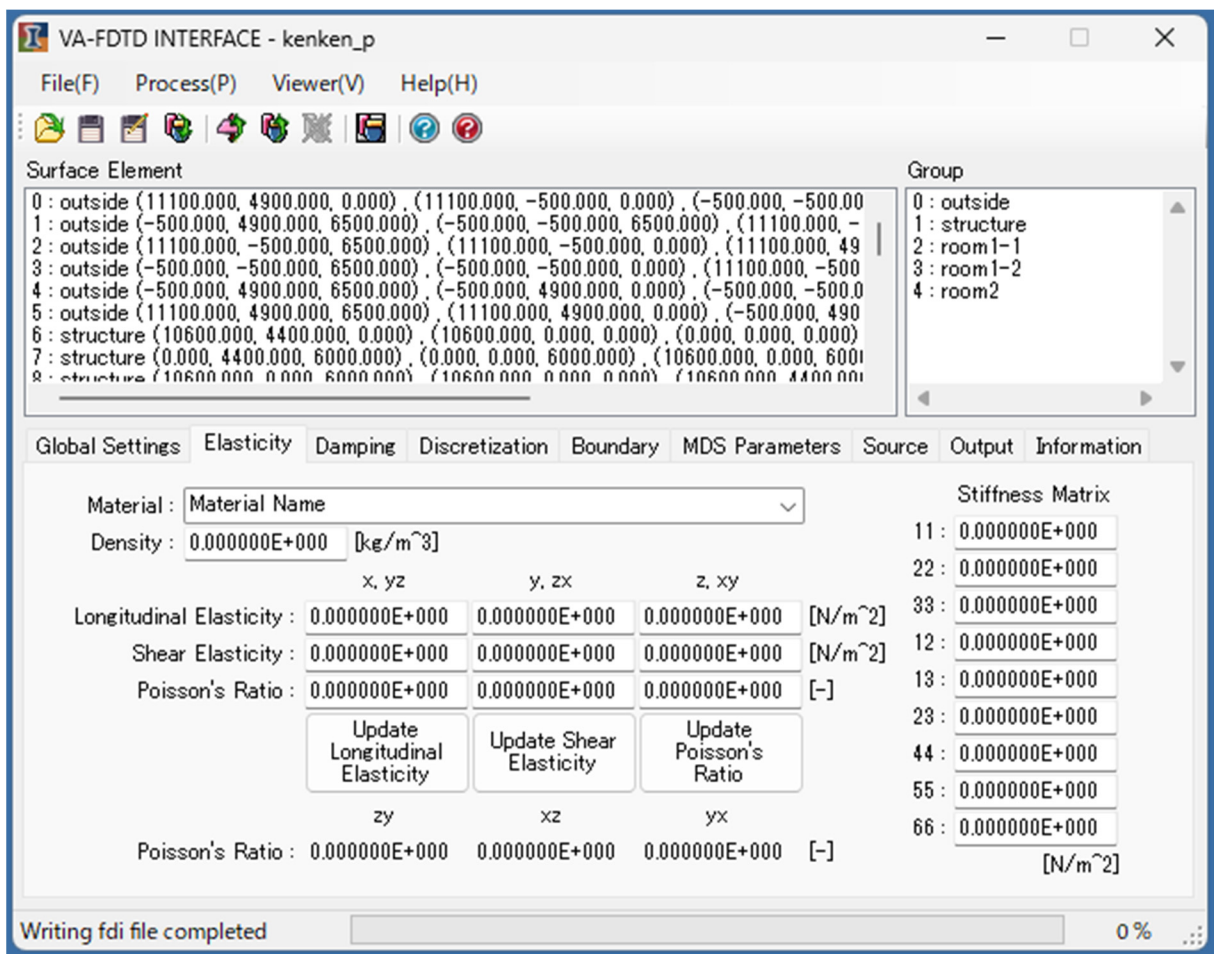


図 6 Elasticity 画面

・ Damping (図 7)

流れ抵抗と粘性抵抗の設定。

空気部分の流れ抵抗は $5\text{Ns}/\text{m}^4$ 、粘性抵抗は $1.8 \times 10^{-5}\text{Ns}/\text{m}^2$

コンクリート部分の流れ抵抗は $25000\text{Ns}/\text{m}^4$ 、粘性抵抗は $2.49 \times 10^{-5}\text{Ns}/\text{m}^2$ と設定。

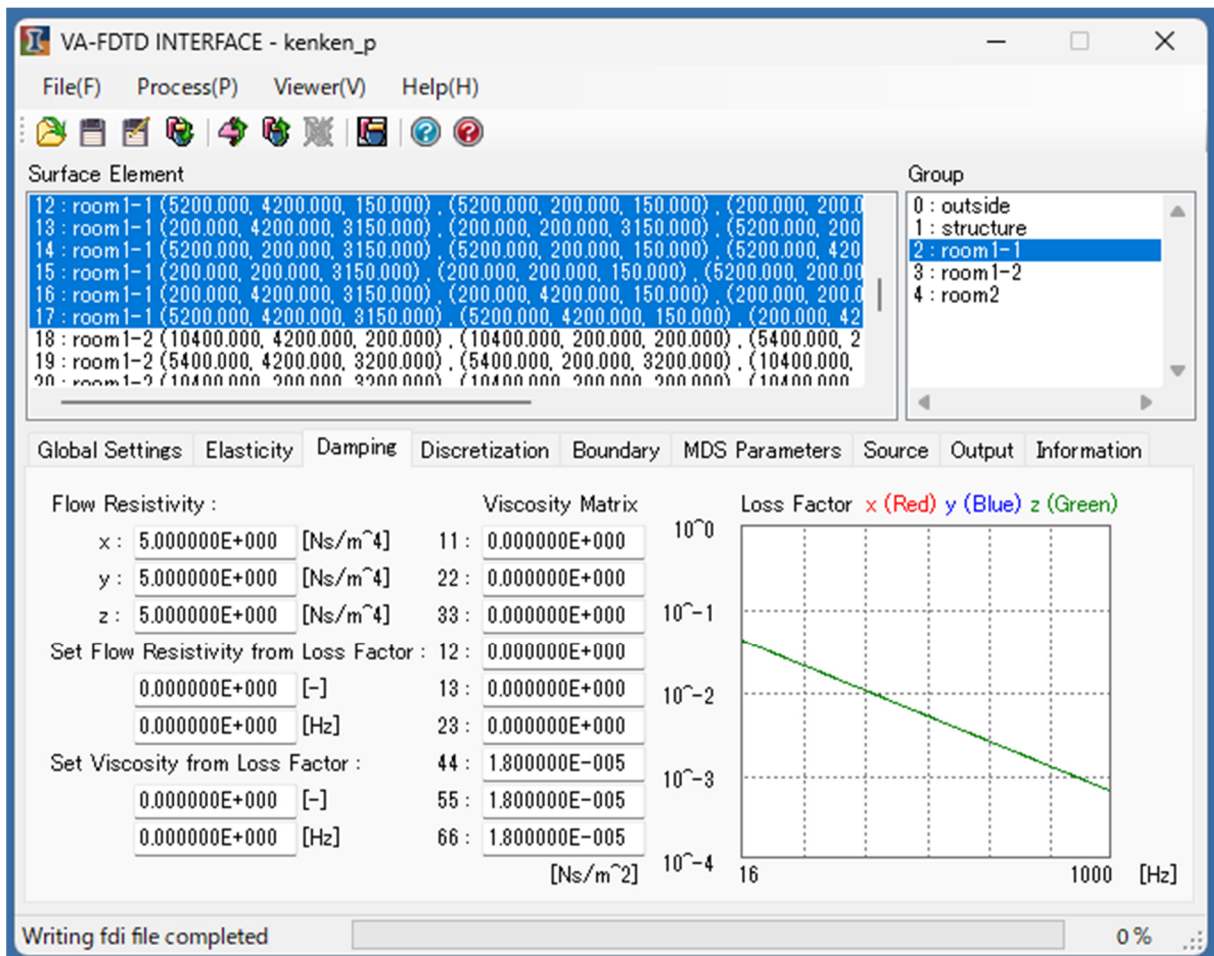


図 7 Damping 画面

・ Discretization (図 8)

空間離散化幅は 25mm、時間離散化幅は 3.74×10^{-4} ms、最大時間は 1000ms と設定。

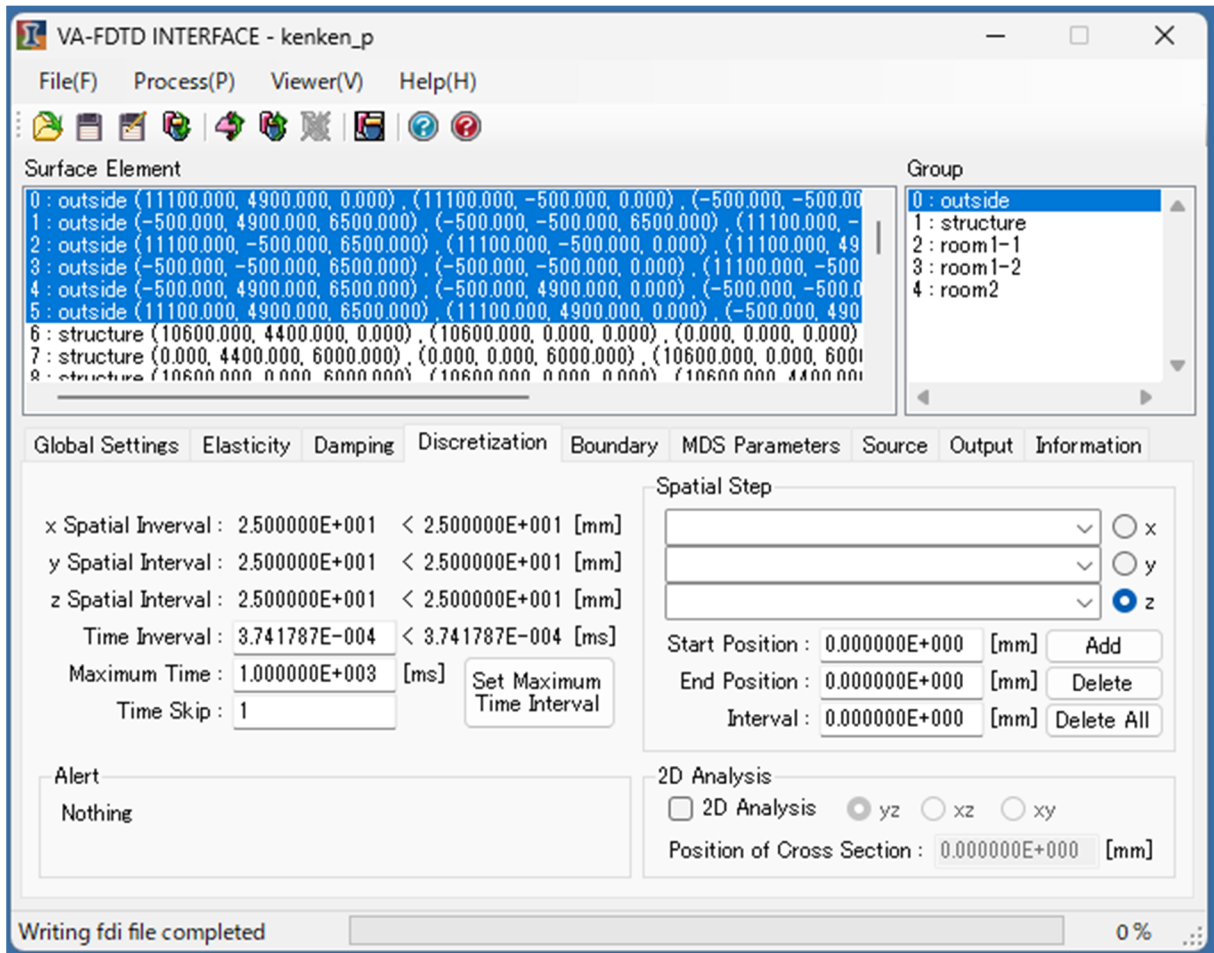


図 8 Discretization 画面

- Boundary (図9)

地面を固定境界に設定。

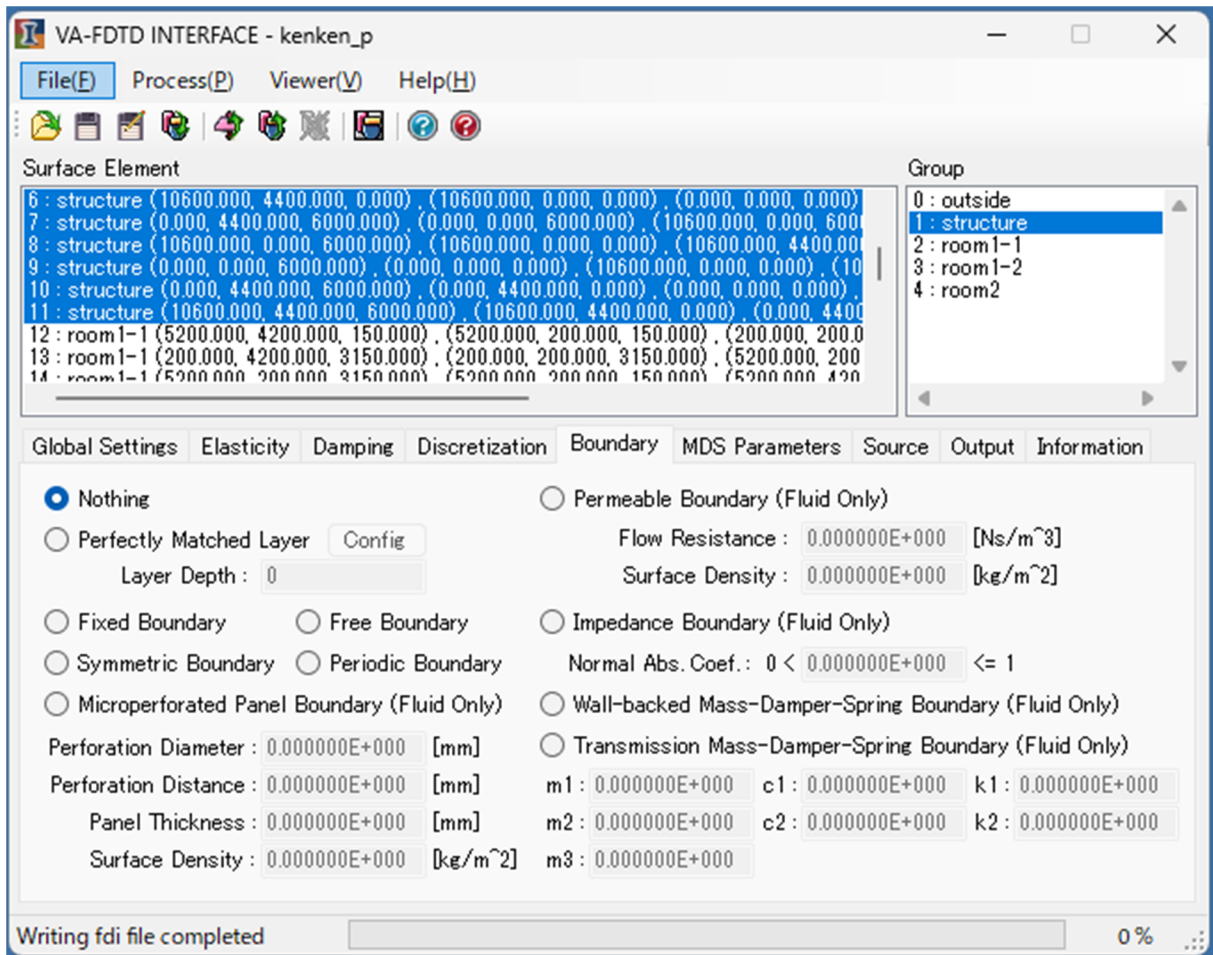


図9 Boundary画面

・ Source (図 10)

重量衝撃源 (ゴムボール) の衝撃力波形を入力

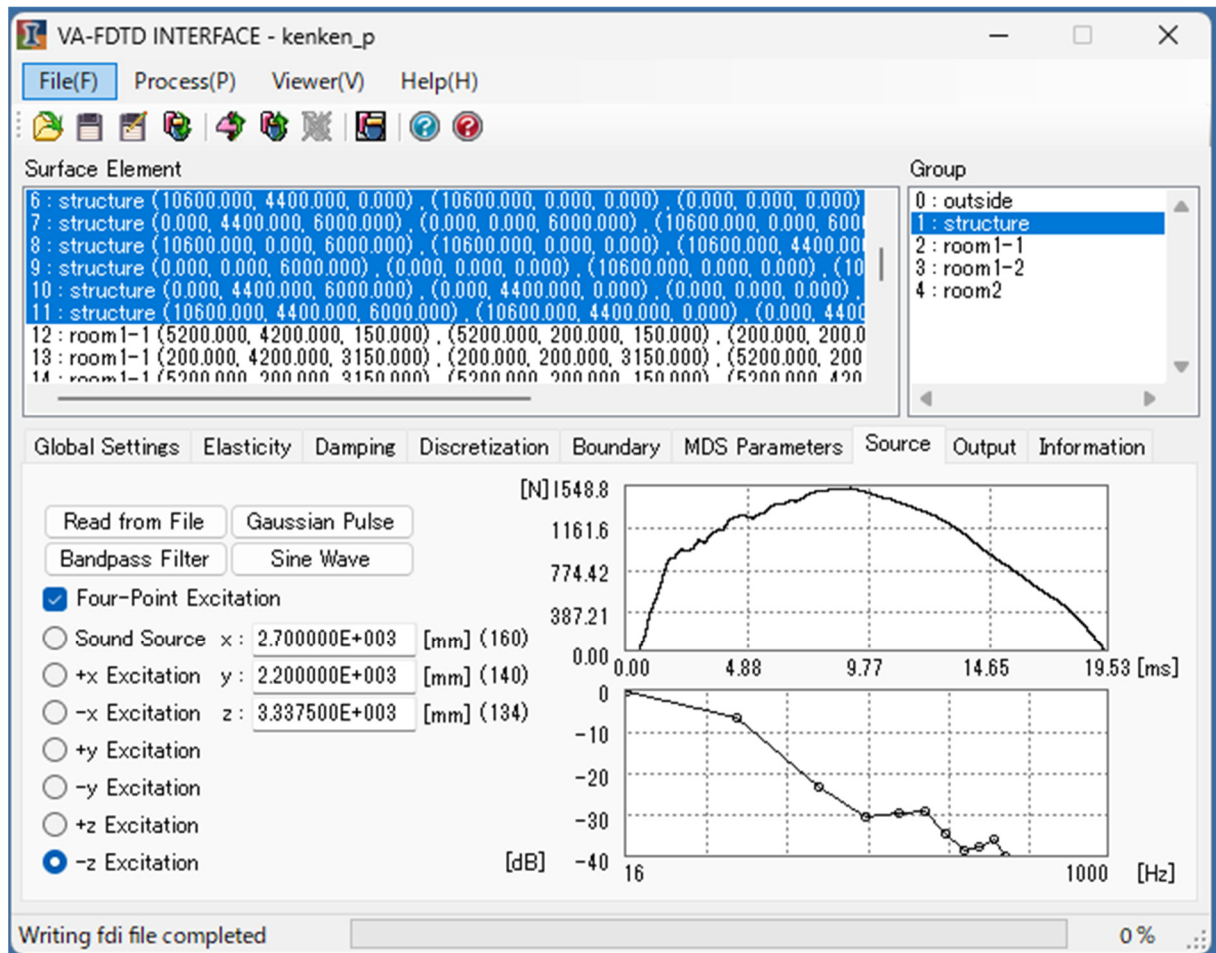


図 10 Source 画面

・ Output (図 11)

500 mm 間隔で室内全点に均等に受音点を設定。青い点が受音点である。(図 12)

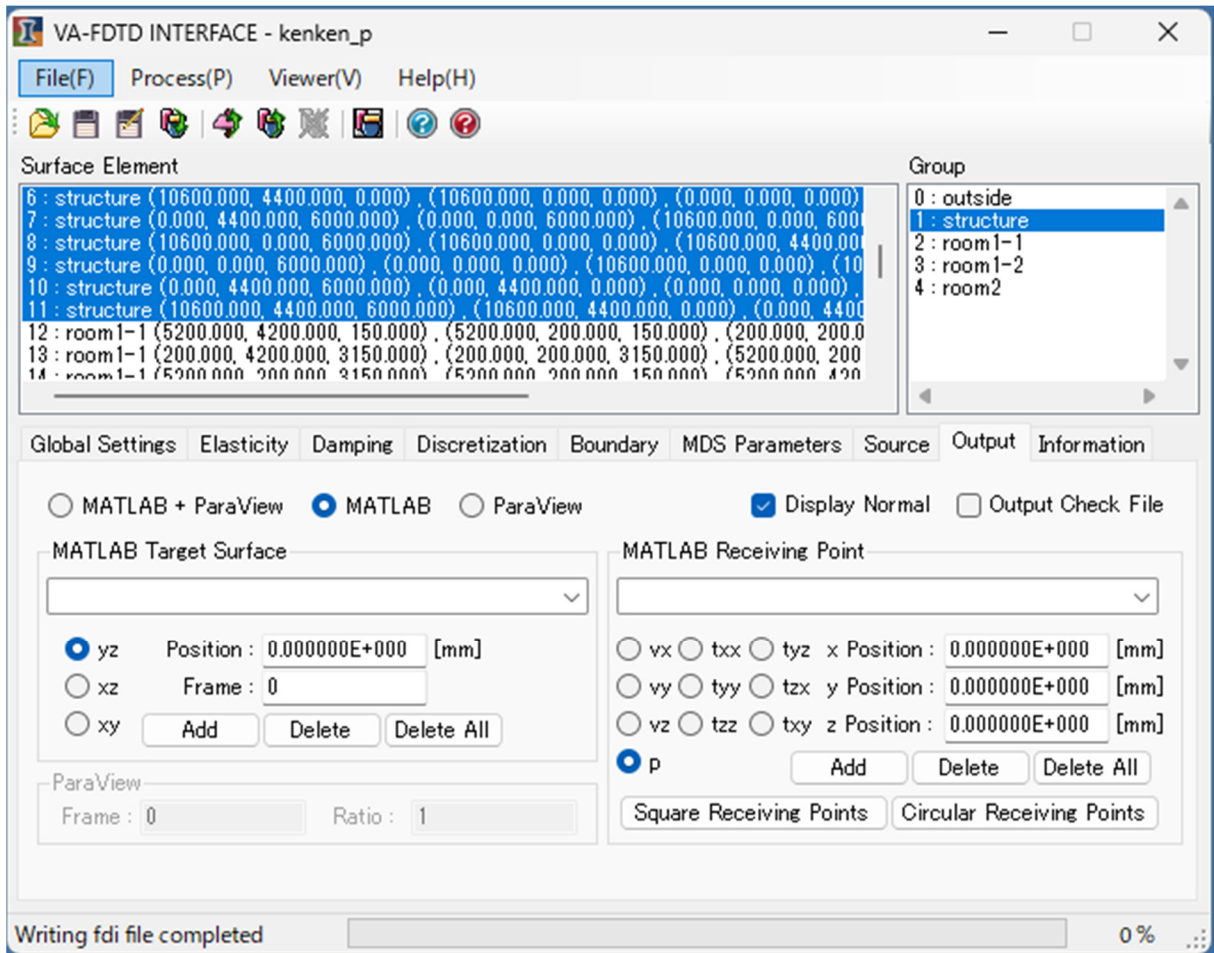


図 11 Output 画面

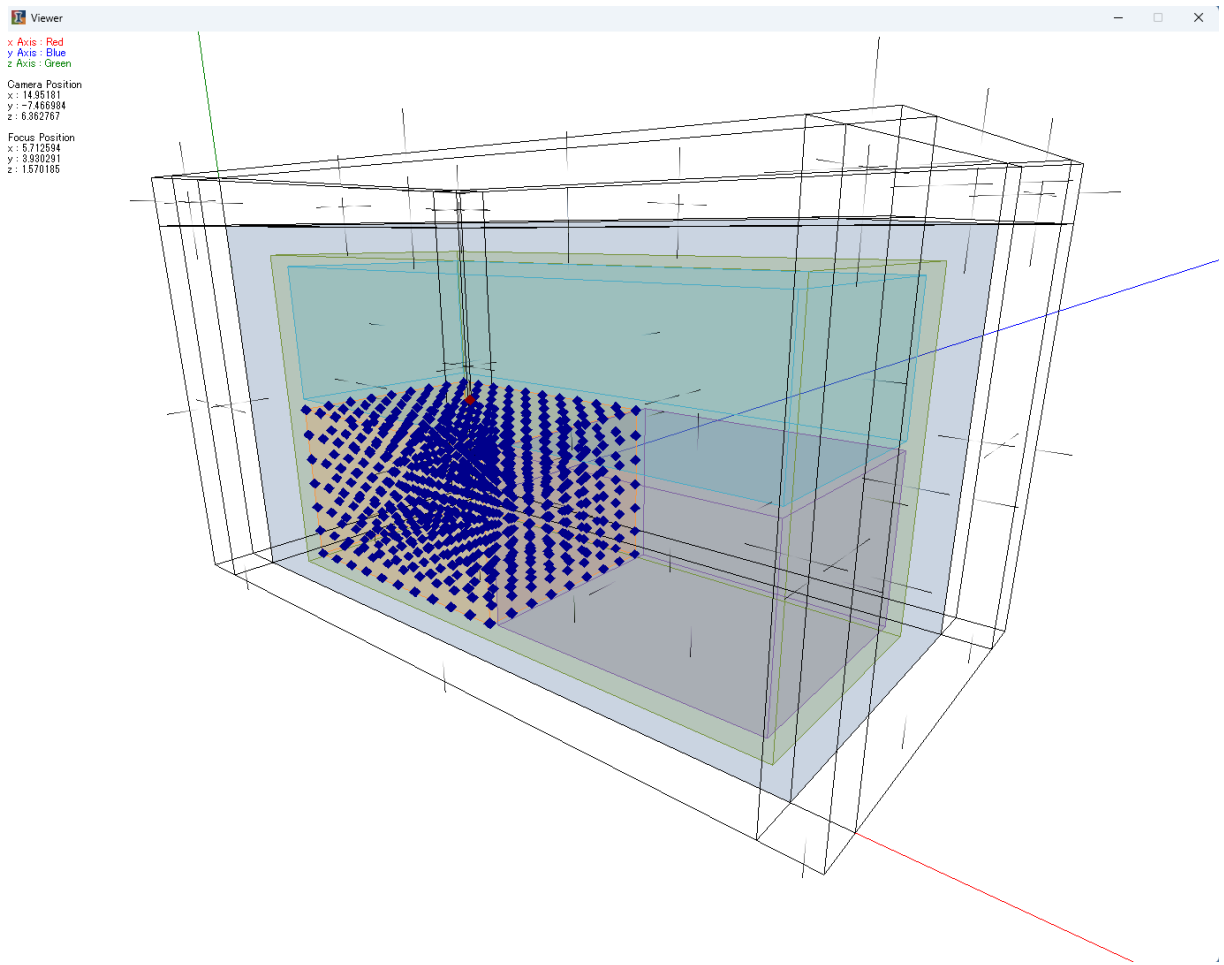


图 12 受音点位置

第3章 結果・考察

3.1 実測と計算の結果の比較

まず、適当な減衰値を設定した状態で計算を行った。全 693 点の中から受音室中央と特段幾何学的特徴のない点の 2 点を抜粋し、音圧レベルの比較を行う。図 13 は室中央（図 2 の室内左下を原点として座標 (2.5 m, 2.0 m, 1.5 m) 位置、以下座標はこの表記に従う）のグラフ、図 14 は幾何学的特徴のない点（座標 (1.5 m, 1.0 m, 0.6 m) 位置）のグラフである。青色は実測結果、赤色は計算結果のグラフである。図 13 と図 14 から、計算結果のピークよりも実測結果のピークのほうがかなり急峻であるように見えたので、減衰が全く無い状態を設定し、再度計算を行った。

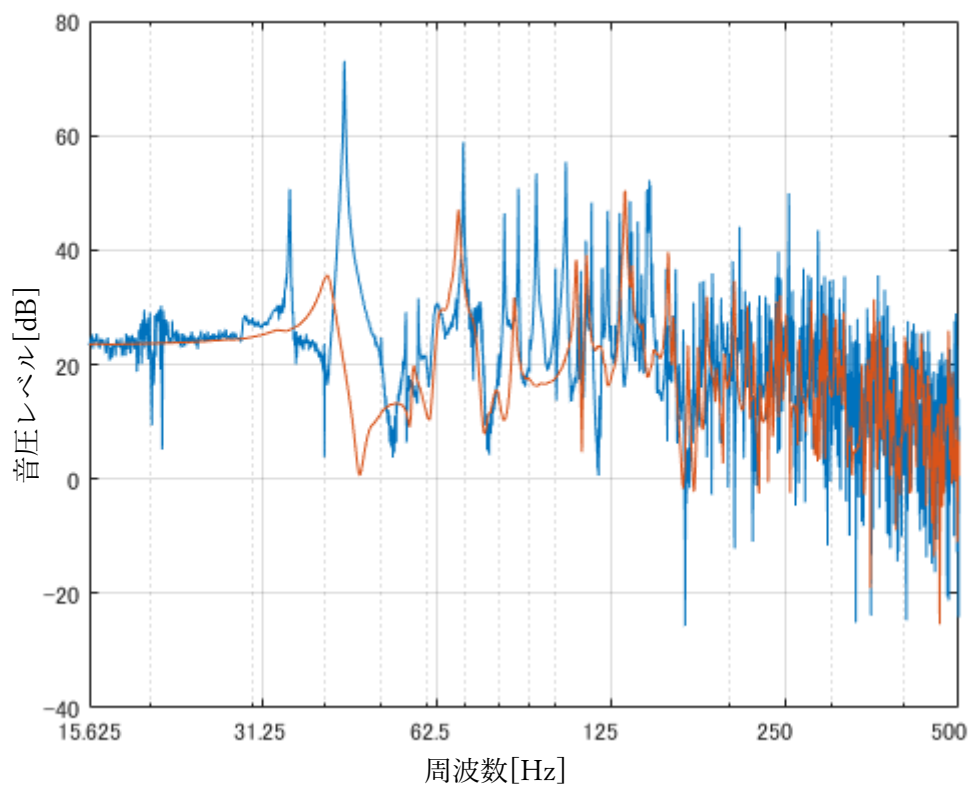


図 13 室中央の点のグラフ（減衰有）

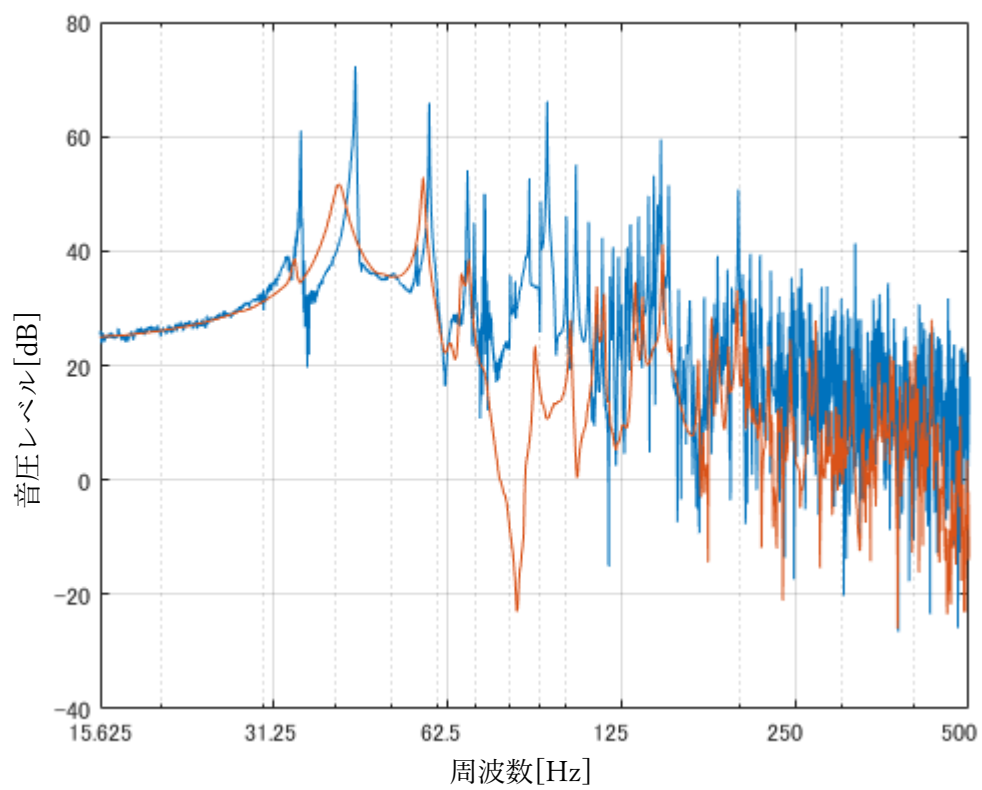


図 14 幾何的特徴のない点のグラフ (減衰有)

図 15 は室中央の点（座標（2.5 m, 2.0 m, 1.5 m）位置）のグラフ、図 16 は幾何的特徴のない点（座標（1.5 m, 1.0 m, 0.6 m）位置）のグラフであり、青色は実験結果、赤色は計算結果のグラフである。図 15、図 16 から、減衰有りの場合より減衰無しの場合の方が計算結果により強いピークが観測された。具体的には、図 13、図 15 から約 40 Hz の時の計算結果を比べると、減衰有りの時は約 35 dB であったが、減衰無しの時は約 55 dB までピーク値が上昇した。また、図 14、図 16 から約 80 Hz の時の計算結果を比べると、減衰有りの時は約 -23 dB であったが、減衰無しの時は約 23 dB となった。実験結果と計算結果が完全に一致したわけではないが、減衰有りの場合より減衰無しの場合の方がより良い一致を得られた。

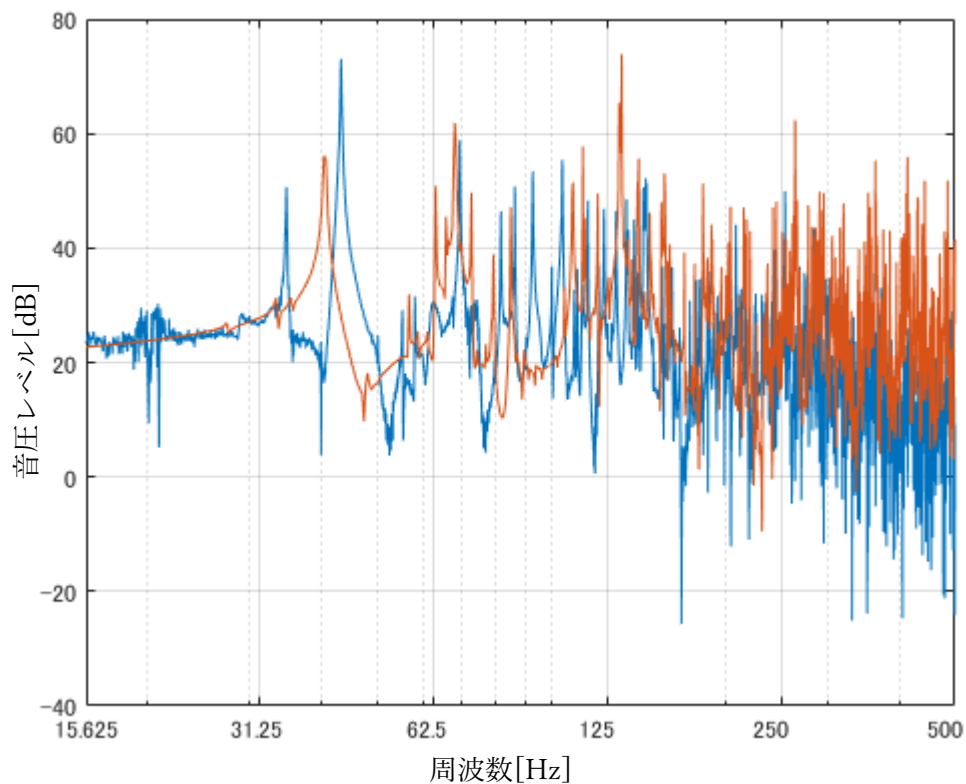


図 15 室中央の点のグラフ（減衰無）

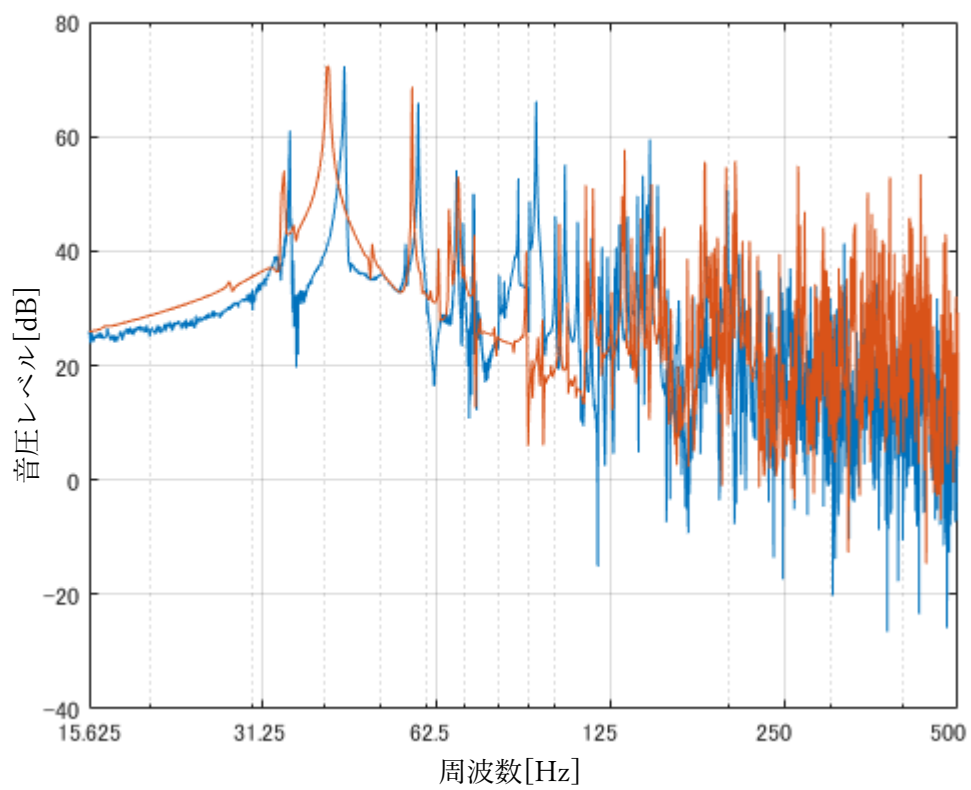


図 16 幾何的特徴のない点のグラフ (減衰無)

3.2 減衰無しの場合の計算結果の全点平均と5点平均の比較

ここでは、前節の考察を踏まえ、減衰無しの場合の計算結果を用い、全点平均と5点平均を比較する。図17は、全693点の音圧レベルの算術平均のグラフである。赤色は693点の各グラフであり、黒色は693点の平均のグラフを表している。

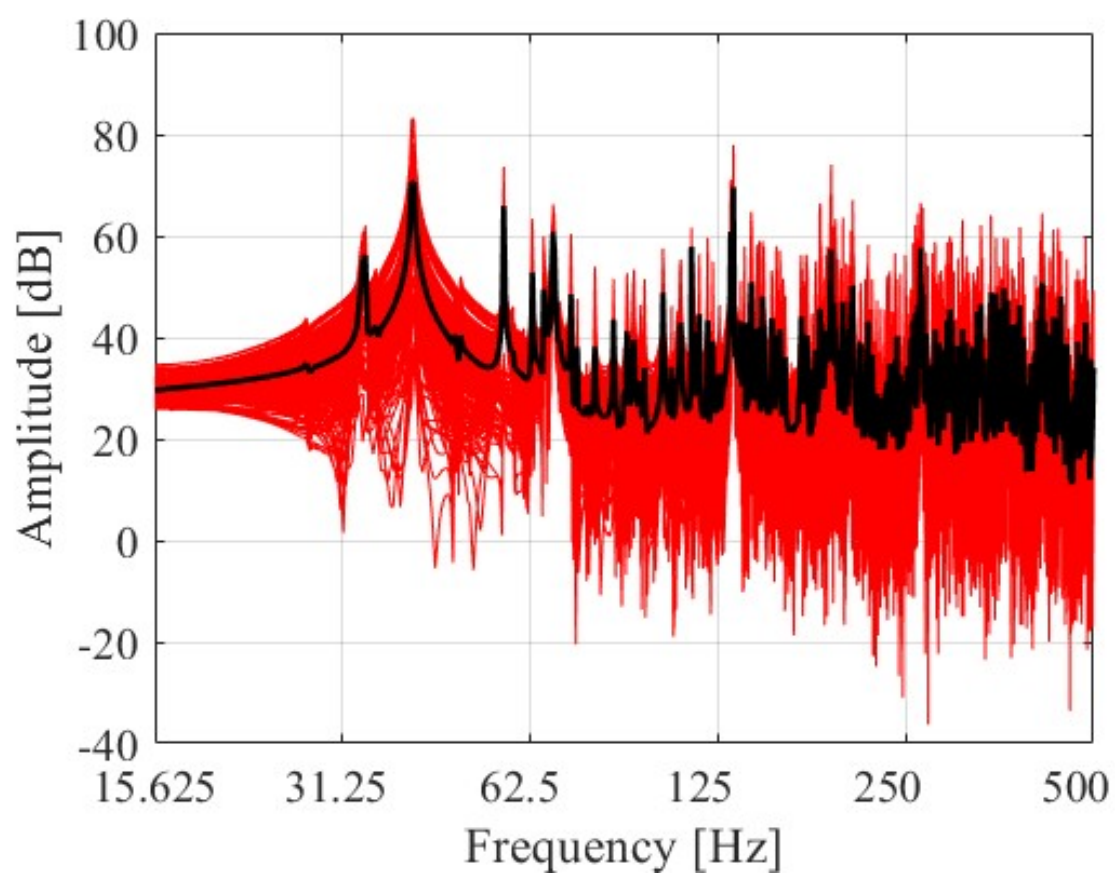


図17 減衰無しの場合の計算結果の全点平均と5点平均のグラフ

次に、全 693 点の中から、JIS の基準に当てはまる 5 点を抜粋した。抜粋した 5 点は座標 (2.5 m, 2.0 m, 1.5 m)、(0.5 m, 1.0 m, 0.5 m)、(1.5 m, 1.5 m, 1.0 m)、(3.5 m, 2.5 m, 2.0 m)、(4.5 m, 3.5 m, 2.5 m) の点である。図 18 は 5 点の算術平均のグラフである。赤色は 5 点の各グラフ、黒色は 5 点平均のグラフを表している。

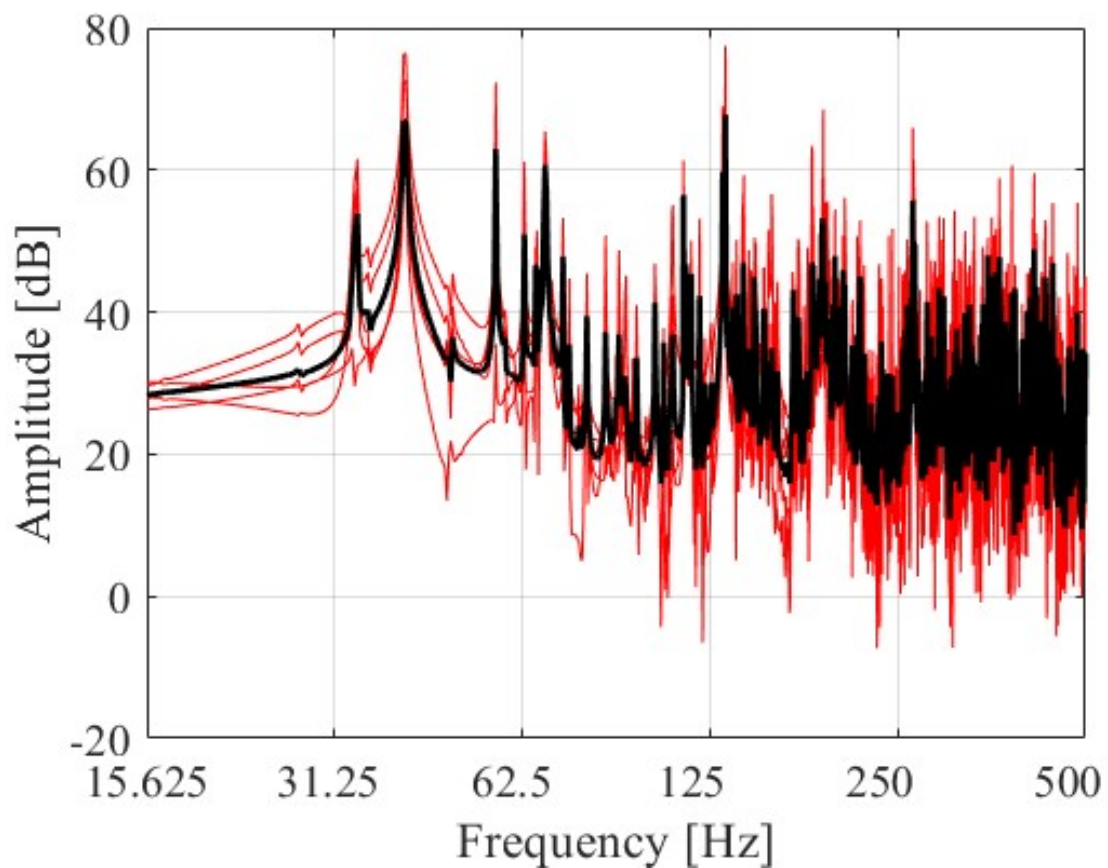


図 18 抜粋した 5 点と 5 点平均のグラフ

図 19 は、全 693 点の平均と抜粋した 5 点の平均を比較したグラフである。赤色は全 693 点の平均、青色は 5 点の平均を表している。図 19 から、693 点の平均と、5 点の平均はほぼ差異の無い結果となった。

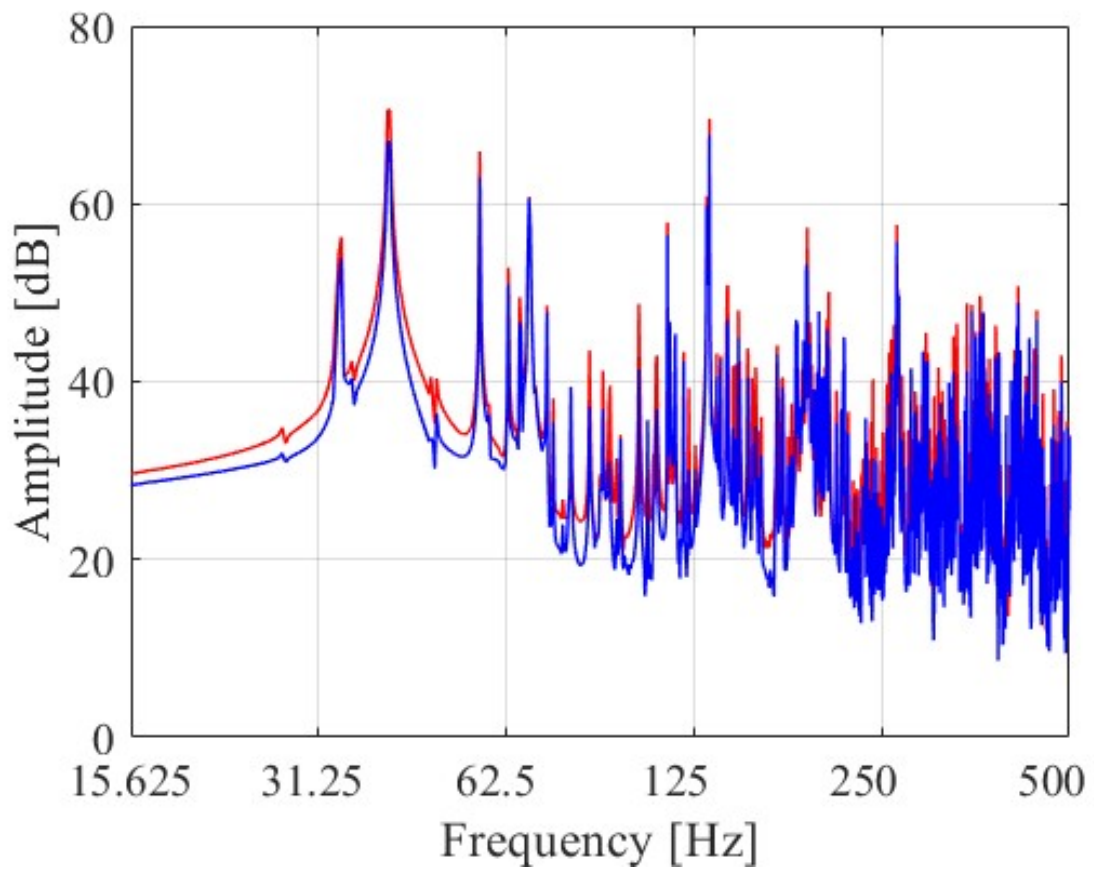


図 19 全点平均と抜粋した 5 点平均のグラフ

第 4 章 結論

本論文での目的であった「全 693 点の平均値と 5 点だけの平均値が一致するかどうか」は、第 3 章での結果、および、考察により、ほぼ差異が無かったと言えるので、JIS に規定されている 4 点以上（例えば 5 点）だけで測定しても評価に影響がないことがわかった。

参考文献

- [1] JIS A 1418-2, 建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法－第2部：標準重量衝撃源による方法
- [2] Shade3D, <https://www.shade3d.jp>
- [3] VA-FDTD, https://www2.kansai-u.ac.jp/va-fdtd/index_jp.html