

# 非電力スピーカーの音が大きくなる原理の追求

田中 彩乃 寺田 穂乃花 奈古 風花

## 1 要旨

現在、様々なスマホを置くだけのスピーカーが販売されていることを知り、どのような原理で音が大きくなっているか解明することを目的として研究を行った。

この研究ではまず MDF と杉を用いて非電力スピーカーを作り、市販スピーカーと比較して有用性を確かめるとともに、材質による音の大きさの違いを探った。その結果、自作スピーカーの有用性は確認できたが、材質による違いは楽曲でも単音でもあまり見られなかった。これらの実験から、強制振動が影響しているのではないかという仮説を立て、さらに実験を行った。

音叉を用いた実験では、2枚の板の間隔が作る空間によって共鳴で音が大きくなることが分かった。またスピーカーユニットを用いた実験では、特定の周波数でのみ板が共振し音が大きくなることが分かった。

実験を通して共鳴や共振では特定の周波数でのみ音が大きくなることが分かり、すべての音域で音が大きくなる要因は強制振動なのではないかという1つの結論を導き出した。

## 2 動機・目的

現在、形状も出力形式も違う様々なスピーカーが販売されている。その中で私たちは、スマホを置くだけでスピーカー本体が電気を使わない非電力スピーカーがあることを知った。非電力スピーカーの中でも、木でできているものやプラスチックでできているもの、さらに内部がメガホンのようになっている構造や箱に丸い穴を開けただけのような構造のものまで、様々な種類のもが販売されている。そこで私たちは、そのような非電力スピーカーの中でも木でできたものに注目して音が大きくなる原理を解明し、今ある形状の改良につなげていきたいと考えこの研究を開始した。空間で音が響くときと板が振動するときを区別して考察するために、本研究では空間で音が響く現象を共鳴、音源の振動と物体との固有振動数の関係で音が大きくなる現象を共振、音源の振動が伝わって音が大きくなる現象を強制振動と定義し、研究を進めた。

## 3 先行研究

先行研究では、電気を使わずに音を大きくするための共鳴箱の形状について記述があった。そこから音源と非電力スピーカーが触れていないときは素材、構造、内部で反響する回数が音の大きさに関係していることが分かった。つまり、非電力スピーカー内部で音が干渉し、音が大きくなっているということである。しかし、音源が非電力スピーカーに触れているときについては記述がなく分からなかった。そのため、本研究では音源と非電力スピーカーが触れているときに絞って研究を進めていく。

## 4 予備実験

<目的>

本実験で使用する非電力スピーカーを用いて曲を流したとき、スマホのみのときより音が大きくなるかを調べる。

<材質について>

非電力スピーカーの材質に着目して実験を行うために、非電力スピーカーを自作した（以下、自作スピーカーと呼ぶ）。自作スピーカーを作るにあたって MDF と杉を使用した。MDF は木材の端材から木の繊維を取り出して固めることで人工的に作った板であり、エコな素材である。MDF は非電力スピーカーだけでなく、様々な種類のスピーカーによく使われている素材であること、杉は安価で加工がしやすく手に入りやすかったことから選んだ。

<実験場所>

高松第一高等学校 校舎棟5階 練習室8（防音室）

<準備物>

スマートフォン（iPhone14 音源は吹奏楽の曲の一部）、自作スピーカー（MDF、杉）、市販スピーカー（山喜建設株式会社、飛騨杉製）、騒音計（株式会社カスタム デジタル騒音計 SL-200U）

<実験方法>

- 1、 スマートフォンで同じ曲の同じフレーズを流す。
- 2、 スマートフォンを中心として中心から騒音計を 50 cm 離し、 8 方位で音の最大値を計測する（正面から時計回りに 8 方位（図 b 参照）。各方位 3 回ずつ測り平均を出す）。
- 3、 中心をスマートフォンのみ、 自作スピーカー（MDF、 杉）、 市販スピーカー（杉）に置き換えて 1、 2 を行う。



図 a 実験で用いたスピーカー



図 b 騒音計を置いた場所（①～⑧）

<結果・考察>（1 から 8 は騒音計の場所）

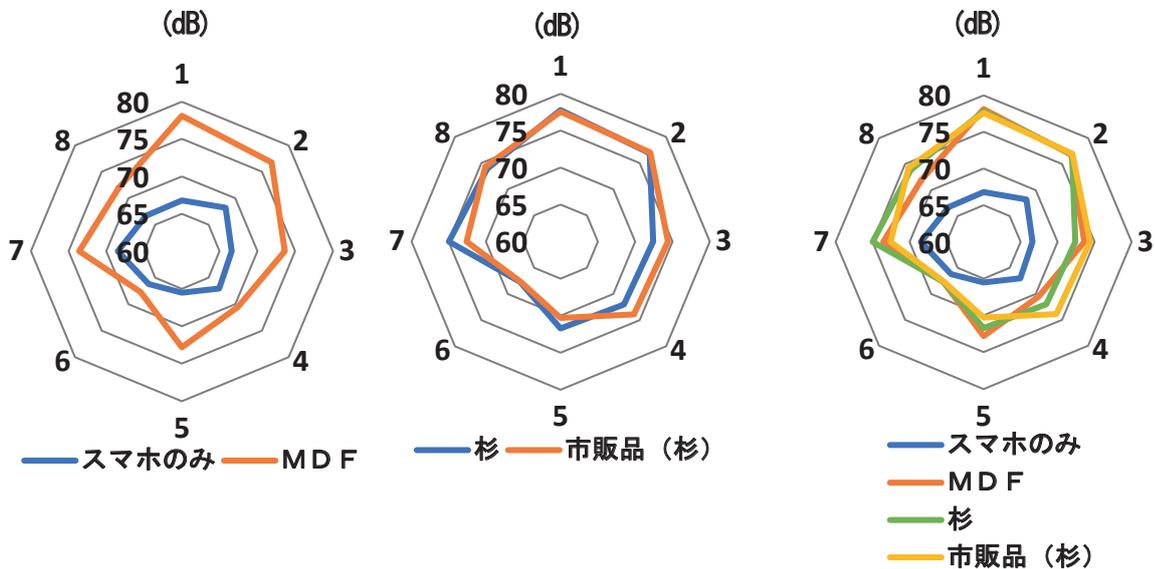


図 c 予備実験の結果

- ・左のグラフより、 スマホのみの音の大きさより自作スピーカー（MDF）を用いたときに音が大きくなった。  
→非電力スピーカーは音を大きくする効果がある。
- ・左のグラフより、 スピーカー前方（図 b ①）で音が最も大きくなった。  
→自作スピーカー（MDF）は指向性がある。
- ・中央のグラフより、 自作スピーカー（杉）と市販スピーカー（杉）の音の大きさに、 大きな違いは見られなかった。  
→自作スピーカーは有用性がある。
- ・右のグラフより、 スピーカーを用いたときの材質（MDF、 杉）による音の大きさの違いは見られなかった。  
→曲を流した時、 材質は音の大きさにほとんど影響しないといえる。

5 本実験

5-1. 実験 1

<目的>

単音の周波数を変えたときの材質による音の大きさの違いを調べる。

<準備物>

スマートフォン (iPhone14 音源は f Generator), 自作スピーカー (MDF, 杉), 市販スピーカー (山喜建設株式会社, 飛騨杉製), パソコン (WaveSpectra), マイク (エレコム株式会社 HS-MC05BK)

<実験場所>

高松第一高等学校 校舎棟5階 練習室8 (防音室)

<実験方法>

- 1、市販スピーカー (杉) の前方 50 cm (図 b ①) にパソコンと接続したマイクを設置する。
- 2、スマホから 440, 880, 1760Hz の 3 種類の周波数の音をそれぞれ流す。
- 3、パソコン上で WaveSpectra を用い、マイクを通して拾った周波数ごとの音の大きさを計測する (3 回ずつ測り平均を出す)。
- 4、市販スピーカー (杉) を自作スピーカー (MDF, 杉) に置き換えて 1~3 を行う。

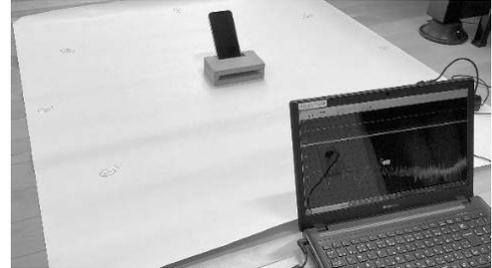


図 d 実験 1 の様子

<3種類の周波数について>

整数倍音をもつ音 (440Hz) を基準とし、2 オクターブ上, 3 オクターブ上で比較を行った。

<比較方法について>

材質による違いを見るために、市販スピーカーの音の大きさを 1 として比をとったものを折れ線グラフで表した。グラフの左軸が音の大きさ, 右軸が比を表す。

<結果・考察>

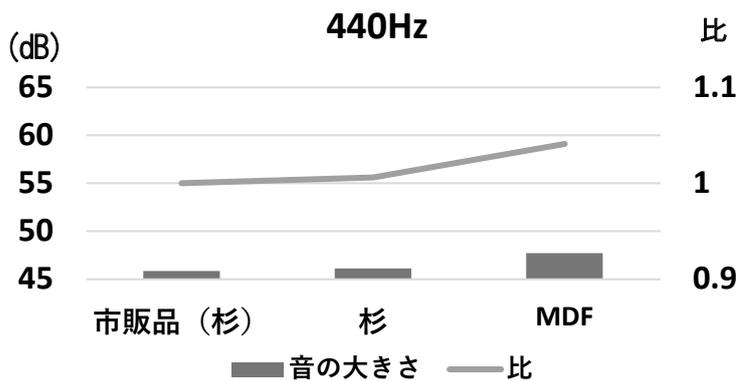


図 e 実験 1 の結果 (440Hz)

○440Hz

- ・あまり音が大きくならなかった。
- 440Hz では非電力スピーカーの効果があまり得られなかった。
- ・杉より MDF で音が少し大きくなった。
- 大きな差ではないため材質による違いはあまり見られなかったといえる。

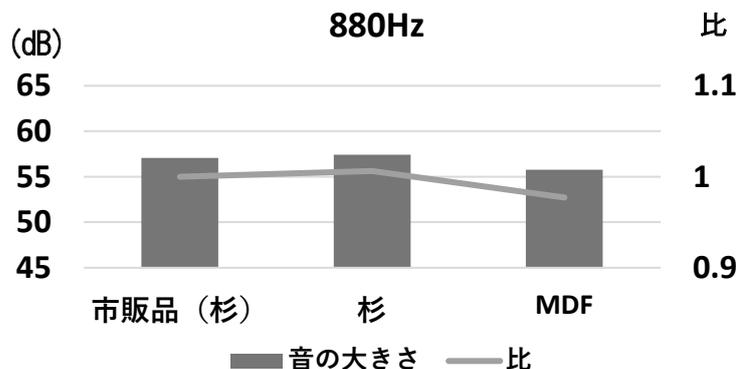


図 f 実験 1 の結果 (880Hz)

○880Hz

- ・440Hz と比べると音が大きくなった。
- ・材質による違いはあまり見られなかった。

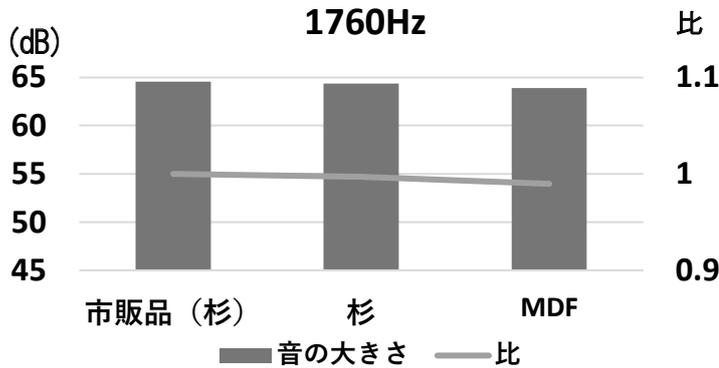


図 g 実験 1 の結果 (1760Hz)

○1760Hz

- ・最も音が大きくなった。
- 高周波ほどスピーカーの効果が見られた。
- ・材質による違いはあまり見られなかった。
- 440Hz, 880Hz の結果とともに考えると、材質による影響は小さい。

#### 【仮説】

材質に関係のある共振ではなく、材質に関係のない強制振動の影響が最も大きいのではないかと。

#### 5-2. 実験 2

<目的>

音叉を音源とし、共鳴で音が大きくなる板と板の間隔を調べる。

<準備物>

音叉 440Hz (理科教材), 音叉 1024Hz (松吉医科器械株式会社 規格 CK-910), MDF 板 2 枚 (520×300 mm, 厚さ 2.5 mm, 5.0 mm, 15 mm), パソコン (WaveSpectra), マイク (エレコム株式会社 HS-MC05BK), 昇降機(株式会社 テラオカ 20-23 型)

<実験場所>

高松第一高校 校舎棟 3 階 第 2 物理実験室

<実験方法>

- 1、2 枚の MDF 板の間に 2 つの昇降機を設置する (図 h 参照)。
- 2、上の板の中心部分に印をつけ、中心部分から高さ 5 cm, 直線距離 3 cm 離れた位置にマイクを設置する。
- 3、振動させた音叉を上板の中心部分に置く (上の板を振動させることで上の板が音源となり、2 枚の板の間で共鳴がおこる)。
- 4、3 のときの音の大きさをパソコン (WaveSpectra) で計測する (3 回ずつ測り平均を出す)。
- 5、昇降機を用いて板の間隔を 10~30 cm の間で変化させ、1~3 を行う。
- 6、1024Hz の音叉でも同様の実験を行う。

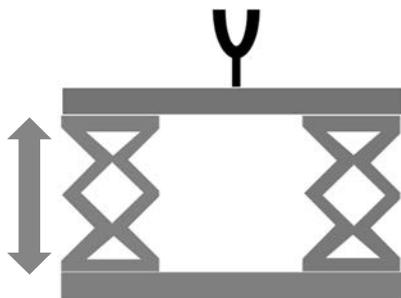


図 i 実験 2 の様子

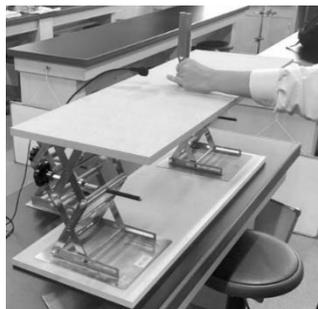


図 h 実験装置の模式図 (実験 2)

<結果・考察>

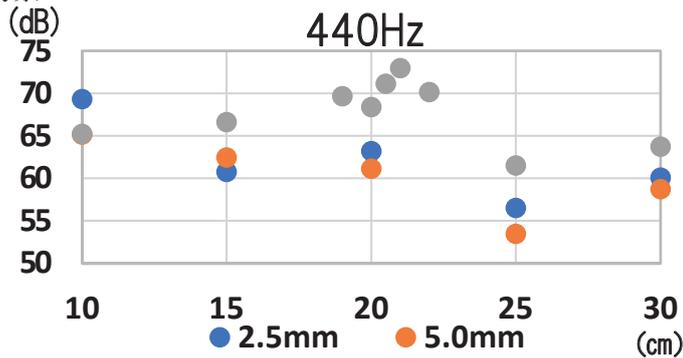


図 j 実験 2 の結果 (440Hz)

○440Hz

- ・板の厚さ 15 mm, 板と板の間隔 20 cm 付近で明らかに音が大きくなった。
- 20 cm  $\approx \lambda/4$  (音速 340m/s で考える) より, 2 枚の板の間で共鳴が起こっている。  
しかし 20 cm は非電力スピーカーの隙間より大きいので, 板と板の間隔が狭いと共鳴はあまり起こらないと考える。
- 音叉自体の振動が大きかったため厚い板はうまく振動したが, 薄い板では振動しすぎてしまった。

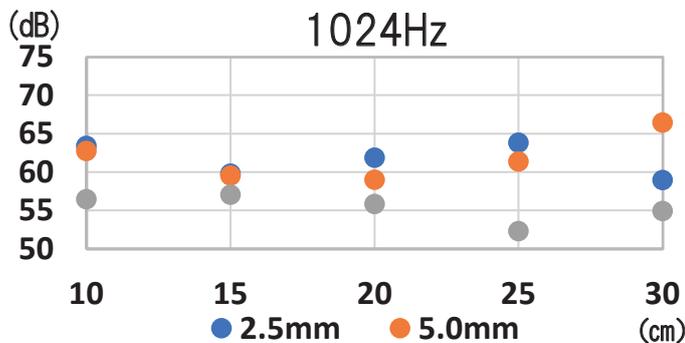


図 k 実験 2 の結果 (1024Hz)

○1024Hz

- ・薄い板 (2.5, 5.0 mm) は, すべての計測値で厚い板 (15 mm) より音が大きくなった。
  - 音源の振動が板に伝わることで板自体が振動し, 音が大きくなる。1024Hz の音叉では音叉自体の振動が小さいため, 明確に音が大きくなる点が見つからなかった。
  - 1024Hz では共鳴で音が大きくならなかった。
- 実験 2 の結果より, 周波数ごとに共鳴する 2 枚の板の間隔が決まっているといえる。

### 5-3. 実験 3

<目的>

スピーカーユニットを音源とし, 共振で音が大きくなる周波数を調べる。

<準備物>

スピーカーユニット (8 $\Omega$  5W 径 10 cm), アンプ (Lepy LP-V3 $\boxtimes$ ), パソコン (WaveSpectra, Hatune), マイク (エレコム株式会社 HS-MC05BK), 騒音計 (株式会社カスタム デジタル騒音計 SL-200U), 物理スタンド (SHIMADZU), MDF 板 2 枚 (520 $\times$ 300 $\times$ 15 mm), 杉板 2 枚 (590 $\times$ 150 $\times$ 15 mm)

<実験場所>

高松第一高校 校舎棟 3 階 第 2 物理実験室

<実験方法>

- 1、2 枚の MDF 板の間に昇降機を設置する (2 枚の板の間隔は実験 2 より 20 cm とした)。
- 2、スピーカーユニットをアンプにつなぎ, パソコン (Hatune) と接続する。
- 3、上の板の中心部分にスピーカーユニットをコーン紙が上になる向きで置く。
- 4、マイクを板間の中心部分に設置する。

- 5、パソコン (Hatune) を使い、スピーカーユニットから単音 (300~2000Hz の周波数を 100Hz ごとに変える) を流す。
- 6、パソコン (WaveSpectra) を用いて、周波数ごとの音の大きさを計測する(3回ずつ測り平均を出す)。
- 7、杉板に変え、1~7を行う。また比較をするために上の板を外して物理スタンドにスピーカーユニットをはさみ3と同じ場所に設置し、スピーカーユニットのみの音の大きさも計測する。
- 8、スピーカーユニットのみのほうが板にくっつけた時より音が大きいため、(スピーカーユニットのみ) - (板にくっつけた時) を計算し、差を求める。

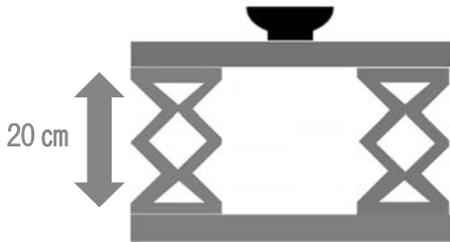
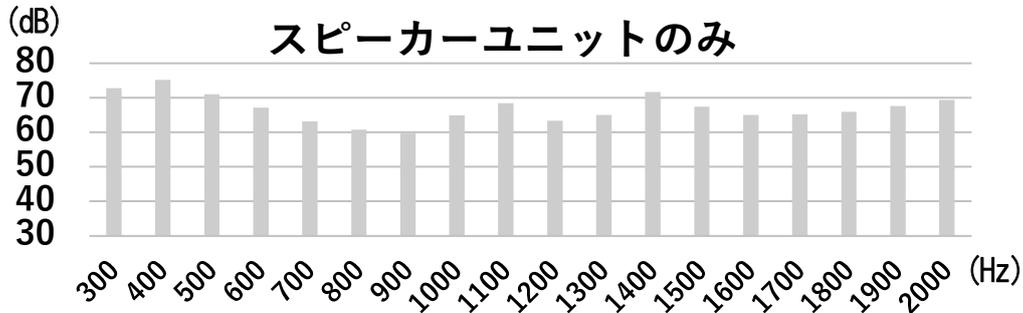


図1 実験装置の模式図 (実験3)

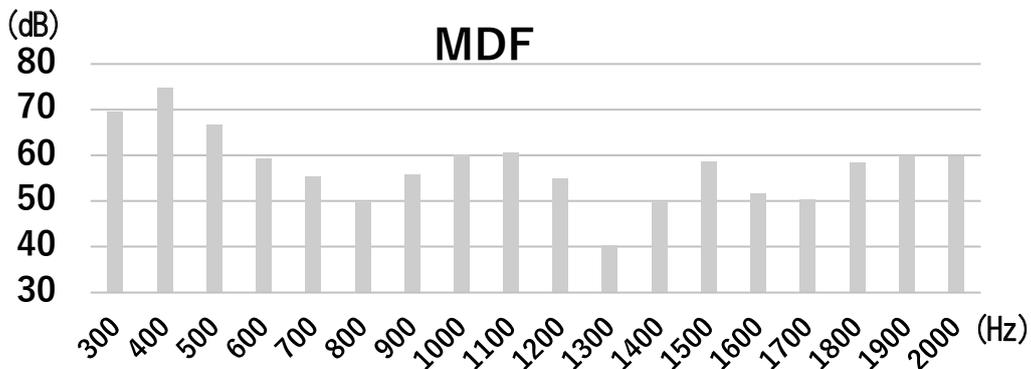


図m 実験3の様子

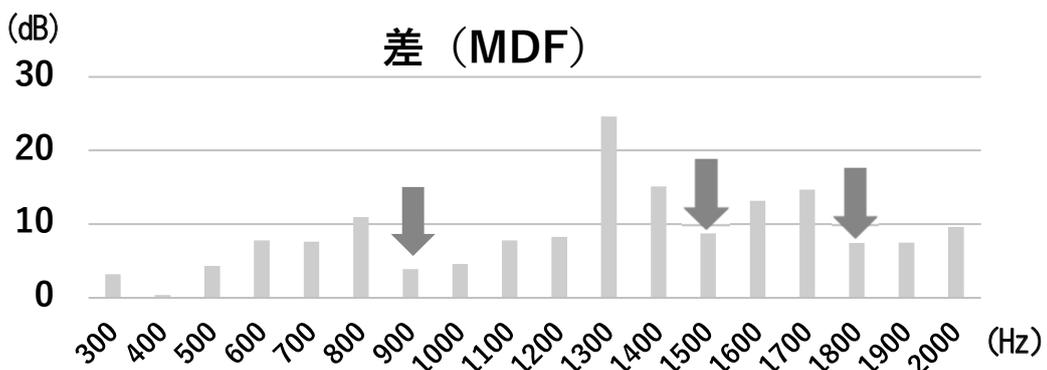
<結果・考察>



図n 実験3の結果 (スピーカーユニットのみ)



図o 実験3の結果 (MDF)



図p 差 (MDF)

○MDF

- ・ 図 n と 図 o を比較すると、スピーカーユニットのみのときとピークが少しずれていた。
- ・ 差をとると 900Hz や 1500Hz, 1800H で音が大きくなっており、また 図 o と 図 p より、差をとっていないグラフのピークとずれていた。

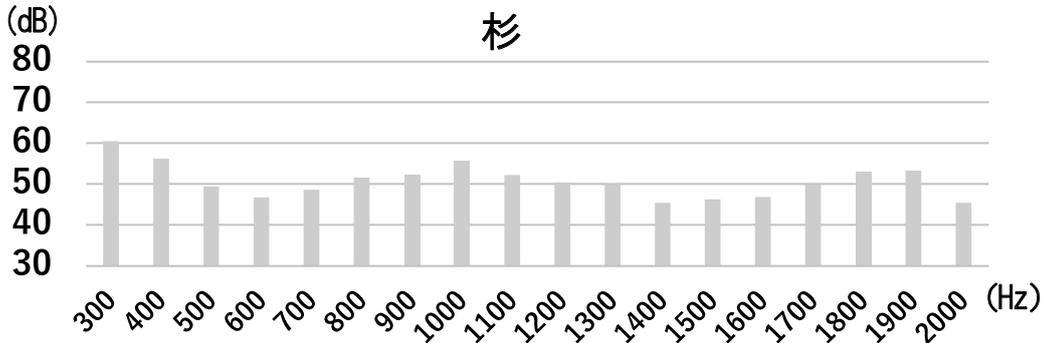


図 q 実験 3 の結果 (杉)

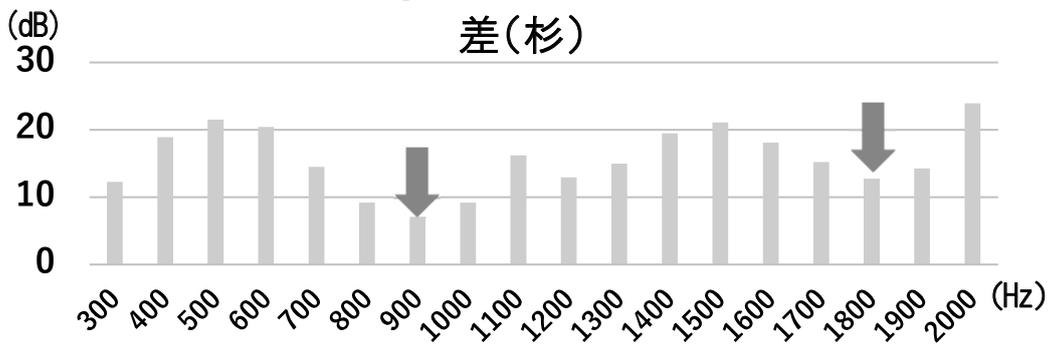


図 r 差 (杉)

○杉

- ・ MDF と同様に 図 n と 図 q を比較すると、スピーカーユニットのみのときとピークが少しずれていた。
- ・ 差をとると 900Hz や 1800Hz で音が大きくなっており、差をとったときも MDF と同様に差をとっていないグラフのピークとずれていた。

MDF と 杉 で比較すると、MDF で見られた 1500Hz のピークが杉では見られなかったことから、周波数特性が見られたといえる。

→ 特定の周波数でのみ音が大きく、材質によってピークが異なる。

→ 物体の固有振動数に関係のある共振がおこっている。

実験 3 の結果より、特定の周波数で共振がおこるといえる。

【結論】

実験 2, 実験 3 より、共振や共鳴では特定の間隔や周波数でのみ音が大きくなることが分かった。しかし、非電力スピーカーで曲を聴いたときにどこかの音域だけ音が大きく聴こえることはない。そのためすべての周波数で音が大きくなる現象は、共鳴や共振ではないといえる。よって、非電力スピーカーによって音が大きくなる要因として、音源の振動が物体を振動させる強制振動が最も影響していると考えられる。

6 今後の計画

- ・ さらに周波数を変えて実験 2 と同様の実験を行い、板と板の間隔や板の厚さが音の大きさにどのように影響するか調べる。
- ・ 板の厚さをさらに細かく変えたり、木材以外の材質で実験したりする。
- ・ 内部構造について考察する。
- ・ 板を伝わる波の様子を考える。
- ・ 先行研究のような反射について考察する。
- ・ 音質についての評価を行う。

## 7 謝辞

スマホスピーカーと杉材を譲ってくださった山喜建設株式会社様に深くお礼申し上げます。また、お忙しい中様々な場面で研究活動を支えてくださった小谷先生に深く感謝申し上げます。

## 8 参考・引用文献

- ・R3 大分県立大分舞鶴高等学校  
非電力スピーカーによるエネルギーの効率化  
(令和3年度 理数科24期生課題研究論文集 p23~p27)
- ・置だけで音が響く！木製スピーカーの作り方  
<https://www.hiro-secondwork.com/entry-smartphone-speaker/> (最終閲覧日：2025/7/22)