

パーテーションの高さの違いによる防音効果の違い

2年4組 中城 伊織 2年4組 長谷 然
2年3組 福本 穂 2年3組 小山 爽太
指導者 大上 千智

1 課題設定の理由

今後 30 年以内に約 80%の確率で南海トラフ地震が発生するといわれており、避難所での生活を余儀なくされると考えられる。実際に 2018 年の西日本豪雨災害のときも大勢の人が避難所での生活を余儀なくされた。避難所開設にあたっては、パーソナルスペースの確保のために段ボールで作製したパーテーションが使われるが、隣の個室の人の話し声が聞こえてくるなどの騒音問題が発生する。そこで私たちは、この騒音問題を解決するためにパーテーションの研究を行った。先行研究により防音効果が高く、作りやすい形状は T 字型だとわかった。本研究では、防音効果を損なわず段ボールの使用量を最小限に抑えられるパーテーションの高さについて研究を行った。

2 先行研究

高田らによると、パーテーションの回折音について 1/3 スケールでシミュレーションした結果、回折を低減する形は T 字型だとわかった（図 1）。また、宇和島市の避難所用のサイズである縦および横 280 cm、高さ 180 cm に基づき、回折音以外の現象による影響を排除し、屋根の長さを変えて実験した結果、男女の話し声に対する騒音低減効果が最も高まるのは、屋根の長さの半分を 1 とするときのパーテーションの縦横：高さの比が 5.3 : 3.4 だとわかった（図 2）。

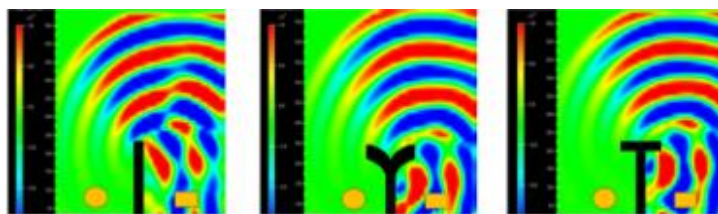


図 1 形状別音の伝わり方

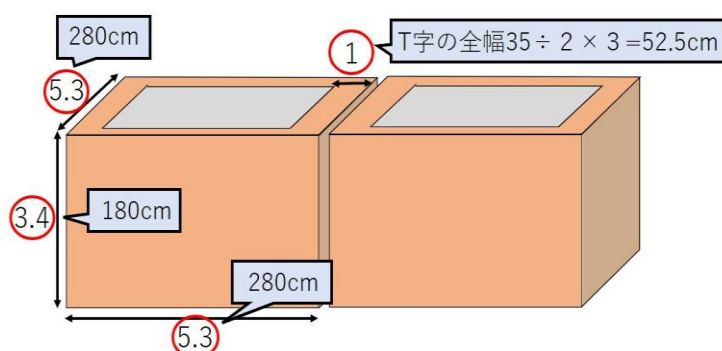


図 2 段ボール個室のサイズ比

3 研究内容

回折音と透過音の両方に注目して、隣り合った個室間で影響しあう音の低減のため、実験ⅠおよびⅡにおいて、回折音と透過音のどちらの音の成分が大きいのかを調べる。その結果をもとに、実験Ⅲにおいて、音を低減できる高さを調べ、資源が限られる災害時においても適切に避難所個室を運用できるような高さを提案する。

4 実験Ⅰ

(1) 実験方法

- ①図 2 のサイズ比を用い、段ボールで自作した原寸大 1/3 スケールの個室模型に対し、段ボールパーテーション（図 3）、木製パーテーション（図 4）を用いて個室を仕切った。なお、パーテーションの高さは 180 cm の 1/3 倍の 60 cm とした。
- ②男性および女性の声の平均波長の 1/3 倍の波長の純音（周波数は 3 倍で、男声 1500 Hz、女声 3000 Hz）を空間の中心の高さ 29 cm（高校生男女の平均座高 87 cm の 1/3）の位置から流した。

隣の個室の高さ 29 cm の位置で測音器を用いて 3 回測音を行った。木製では透過音が無視できると仮定し、段ボールと木製のパーテーションにおいて回折音と透過音のどちらの影響が大きいかを調査した。



図 3 段ボール製パーテーション



図 4 木製パーテーション

(2) 仮説

段ボールパーテーションより木製パーテーションの方が、測定値は小さくなる。また回折音と透過音では、回折音の影響の方が大きい。

(3) 結果と考察

段ボールパーテーションと木製パーテーションとを比較すると、段ボール製の方が木製のパーテーションより男声で約 10 dB、女声で約 6 dB、透過音が大きくなった（表 1）。段ボールの密度が 0.042 g/cm^3 であるのに対し、木の密度は 0.4 g/cm^3 程度である。このことにより、木製では透過音の影響を小さくできたと考えられる。木製において透過音が無視できるとすると、段ボール製では、透過音が約 10 dB、回折音が約 60 dB であると予想される。以上より、避難所個室での回折音の影響は透過音より大きいと考えられる。

表 1 実験 I の結果

	段ボール	木
男声	72.1dB	58.2dB
女声	67.5dB	61.2dB

5 実験 II

(1) 実験方法

- ①段ボールで自作した原寸大 1/3 スケールの個室模型に対し、段ボール、アクリル板（密度 1.18 g/cm^3 ）を用いて個室を仕切った。T 字型屋根については、先行研究のとおりとし、52.5 cm の 1/3 とした。パーテーションの高さは 150 cm の 1/3 倍の 50 cm とした。なお、図 5、図 6 は手前側の壁を外している。
- ②男声 1500 Hz、女声 3000 Hz の純音を高さ 29 cm の位置から流し、パーテーションを取り付けずに高さ 29 cm の位置で測音し、これを直接音とした。
- ③男声 1500 Hz、女声 3000 Hz の純音を高さ 29 cm の位置から流し、隣の個室の高さ 29 cm の位置で測音器を用いて 3 回測音を行った。アクリル製では透過音が無視できると仮定し、回折音と透過音について調査を行った。



図5 段ボールパーテーション (T字型)



図6 アクリルパーテーション (T字型)

(2) 仮説

段ボールパーテーションよりアクリル板パーテーションの方が、透過音の影響をなくすることができるため、測定値は小さくなる。

(3) 結果と考察

男声については、段ボールよりもアクリル板の方が小さくなった。しかし、女声は仮説とは異なり、アクリル板にした時の測定値の方が大きくなった (図7)。

この要因として、試行回数が少なく正確な値を求められなかった可能性があるほか、女声では共鳴が起きた可能性があると考えられる。今後、アクリル板の上面に粒体をまき、振動を与えることでクラドニ図形ができるかどうかを調査することで、共鳴の検証を行う。

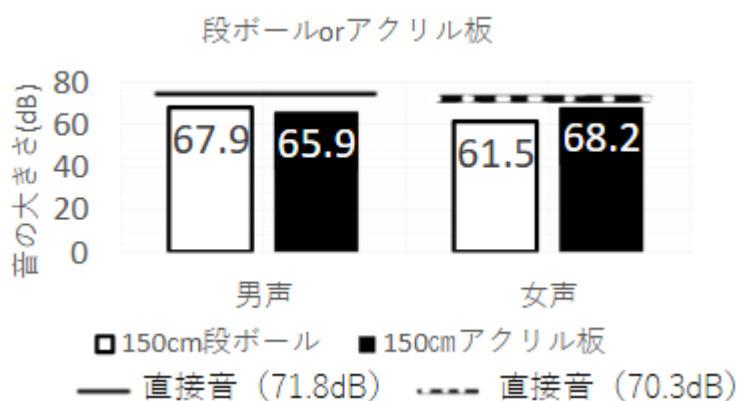


図7 実験Ⅱの結果

6 実験Ⅲ

(1) 実験方法

実験Ⅰ、Ⅱより、透過音より回折音の方が大きいことが明らかとなった。回折音を遮断するためのパーテーションの高さを変更した。

①段ボールで自作した図5のような原寸大 1/3 スケールの個室模型 (縦横は 280 cm) に対し、高さのみ 110 cm・120 cm・130 cm・140 cm・150 cm と変更する (なお、パーテーションのサイズは 1/3 スケールである)。

②男声 1500 Hz、女声 3000 Hz の純音を高さ 29 cm の位置から流し、パーテーションを取り付けずに高さ 29 cm の位置で測音し、これを直接音とした。

③男声 1500 Hz、女声 3000 Hz の波長の純音を高さ 29 cm の位置から流し、隣の個室の高さ 29 cm の位置で測音器を用いて 4 回測音を行った。

(2) 仮説

男女ともにパーテーションの高さを低くするにつれて、測定値は大きくなる。

(3) 結果と考察

男声は仮説通り高さを低くするにつれて測定値が大きくなり、パーテーションの高さが 110 cm の時に、急激に音が大きくなったことがわかる（図 8）。しかし、女声は仮説とは異なりパーテーションの高さが 140 cm と 120 cm の時に測定値が大きくなり、150 cm・130 cm・110 cm を見ると、右肩上がりのグラフであるという相関がみられる（図 9）。よって、女声ではパーテーションの高さは 110 cm・130 cm が適しており、男声ではパーテーションの高さは 120 cm・130 cm が適していると考えられる。

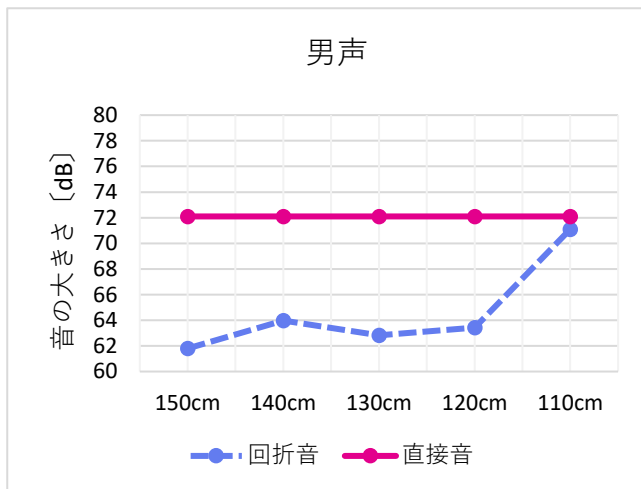


図 8 実験Ⅲの結果（男声）

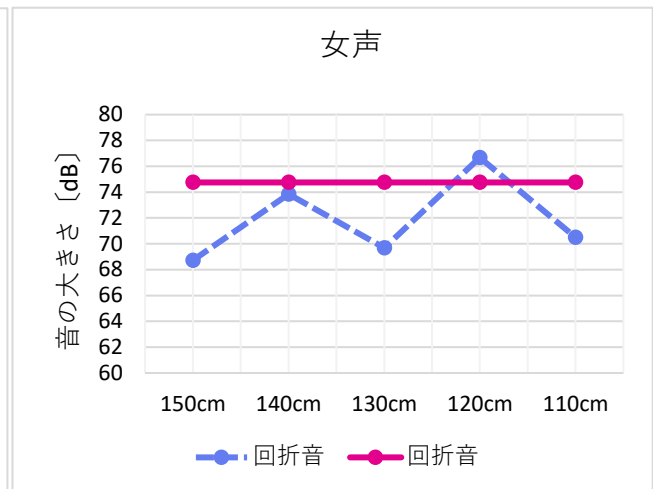


図 9 実験Ⅲの結果（女声）

7 まとめ

実験Ⅰでは、回折音と透過音の割合を出すことはできなかったが、木製を用いることで透過音の影響を減らすことができた。実験Ⅱでは、アクリル板において、透過音が無視できるため防音効果が高まると予想したが、結果は異なった。そのため、実験の試行回数を増やし正確性を高めたり、測定値が大きくなった原因を追究し修正したりする必要がある。また、実際に能登半島地震の際に使用されたものや販売されているパーテーションは、高齢者の安否確認の必要性や資源の確保などの観点から、100 cm～140 cm の製品が多い。このことと実験Ⅲの結果より、パーテーションの高さとして 130 cm が適切だと考える。

8 今後の課題と展望

試行回数を増やして再度実験を行い、アクリル板において測定音が大きくなった原因および回折音と透過音割合を求める。今回は実寸大の 1/3 で実験を行ったため、実寸大でも同じ結果が得られるのかを調べる。また、段ボール製においては湿度による吸湿が考えられる。湿度の変化が大きい日本における避難所開設においては、これにより防音効果の違いがあるかを調査することが課題である。最終的には、製品化に向けて誰でも簡単に組み立てられる構造の研究を進める。

参考文献

- ・濱田妃夏ら「段ボールによる防音効果」 令和 3 年度 SSH 生徒課題研究論文集
- ・高田剣志ら「段ボールの形状の違いによる避難所での防音効果」
- ・永幡幸司ら「避難所における生活環境の問題とストレスとの関係について」