

防音に適した素材とは

静岡県立浜松工業高等学校 理数工学科 2年 2名

1 研究背景

コロナ以降、騒音に係る苦情の件数は、前年から約32%増加している(図1)。そこで、音が伝わりにくい、防音に適した素材にはどのような性質を持っているのかを研究する。

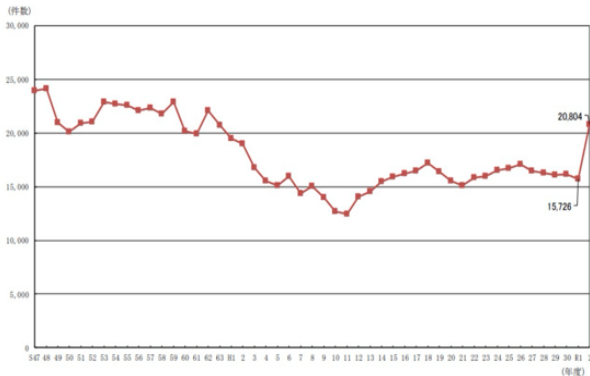


図1 苦情件数の推移

出典:環境省「令和2年度騒音規制法等施行状況調査結果について」

2 研究目的

1つ目は、外からの騒音を防ぐのに適した素材を発見すること、2つ目は、発見した素材らの特徴を調べ、騒音を防ぐことに対して、素材のどのような性質が影響するのかを明確にすることを目的として今回研究を行った。

3 実験器具・使用機器

器具(素材)

- ・ダンボール
- ・プラスチックダンボール(以降「プラ段」)
- ・ポリウレタン板
- ・タオル
- ・スポンジ
- ・グラスウール
- ・吸音板
- ・コルクボード
- ・ステンレスウール
- ・吸音スポンジ

機器

- ・パソコン
- ・マイク(無指向)
- ・スピーカー
- ・iPad



図7-1 素材(左からタオル、ポリウレタン、プラ段)



図7-2 素材(スポンジ)



図7-3 素材(左:吸音スポンジ、右:コルクボード)



図7-4 素材(左:ステンレスウール、右:吸音板)

4 実験方法

スピーカーの周辺を様々な素材で囲み、外部から騒音となる音を流した。その音声を「REW」というソフトにて計測し、素材ごとの音圧の違いを測定した。

今回は車や電車の音が同時に流れる市街地を想定し、Spotifyにて配信されている市街地の音源を使用した。

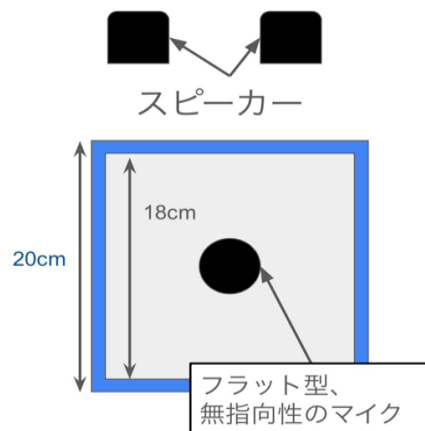


図2-1 実験図



図 2-2 実験装置の配置

使う材料の種類などを変えて、今回は大きく分けて4種類の実験を行った。

- <実験①> 身近な素材ごとの変化を確かめる実験
- <実験②> 柔性の高い素材を使った実験
- <実験③> 防音材などを使った実験
- <実験④> 表面を加工した状態での実験

実験では主に dBFS という単位で測定し、比較を行った。実験③以降では、記録した音圧をより正確に比較するため、dB(A)で測定した場合の結果も記録した。

<実験①>身近な素材ごとの変化を確かめる実験

用意した素材2枚を重ね合わせ、20cm×20cm×20cmの立方体を作成した。それを使ってマイクを囲い、何も音を出さない状態とスピーカーから音を出した状態の2パターンを記録した。



図 3 マイクを囲う立方体

<実験②>柔性の高い素材を使った実験

実験①と同サイズの段ボールに両面テープを使って貼り付け、同様の方法で実験を行う。



図 4 実験②の装置

<実験③>防音材などを使った実験

これまでの実験と同様に、段ボールに素材を各素材を

貼り付けて実験を行った。音圧は dBFS と dB(A)で測定する。また、実験③で使用した吸音材と吸音スポンジは加工が難しいため、他素材に比べて囲う範囲が少し広くなっている。



図 5-1 左:吸音板 右:スチールウール



図 5-2 左:グラスウール 右:コルクボード



図 5-3 吸音スポンジ

<実験④>表面を加工した状態での実験

段ボールを複数枚重ね、厚さを1cmに整えたものと、同じ厚さで、表面に穴を開けたものを用意する。加工した段ボールをそれぞれ組み合わせ、以下の計4パターンでこれまでと同じ方法で実験を行い、その結果をdBFS、dB(A)で記録する。

- ・厚さ1cmの段ボール
 - ・厚さ1cmかつ表面に穴の空いた段ボール
 - ・段ボール二枚を重ねて表面に穴を開けたもの
 - ・段ボール二枚を重ねただけのもの
- 囲う面積は20×20×20 (cm) とする。



図 6-1 表面に穴を開けた段ボール



図 6-2 実験④の様子
左:厚さを 1 cm にした段ボール
右:厚さ 1cm で表面に穴を開けた段ボール

5 実験結果

〈実験①〉身近な素材ごとの変化を確かめる実験

実験①では、段ボール、プラ段、ポリウレタン板の 3 種類で実験を行ったが、下記の表 1 から分かる通り、素材ごとの大きな音圧の差が確認できなかった。

表 1-1 市街地音の時の音圧 単位：dBFS

	段ボール	プラ段	ポリウレタン
段ボール	-24	-24.5	-24
プラ段	-24.5		-25.5
ポリウレタン板	-24	-25.5	

表 1-2 市街地音なしの時の音圧 単位：dBFS

	段ボール	プラ段	ポリウレタン
段ボール	-39	-38.5	-38
プラ段	-38.5		-38
ポリウレタン板	-38	-38	

〈実験②〉柔性の高い素材を使った実験

実験②では、①で使った素材と質感の大きく異なるタオルとスポンジを使った。その結果、数値の負の値が大きい方が音を抑えることができるので、①よりも遥かに低い音圧を測定することができた(表 2)。

表 2 音圧 単位：dBFS

	市街地音あり	市街地音なし
スポンジ	-27.5	-37.5
タオル	-30	-38

〈実験③〉防音材などを使った実験

吸音スポンジだけではなく、防音材、グラスウールなどでもこれまでの実験よりも低い音圧を記録することができた(表 3-1)。

また、実験③では dBFS の他に、dB(A)でも結果を記録したが、dBFS と dB(A)のどちらでも音圧の結果は

おおむね同じだといえた(表 3-2)。

表 3-1 音圧 単位：dBFS

	市街地音あり	市街地音なし
防音材 (市販)	-32	-39
コルクボード	-25	-38
グラスウール	-33.4	-38.5
スチールウール	-28.6	-40.2
吸音スポンジ	-34.4	-38.2

表 3-2 音圧単位：dB(A)

	市街地音あり	市街地音なし
防音材 (市販)	78.8	52.8
コルクボード	86.5	55.2
グラスウール	77	53.1
スチールウール	81.6	53
吸音スポンジ	76.2	54.2

〈実験④〉表面を加工した状態での実験

同じ素材でも、表面が同じ状態の段ボールならば厚いものの方が、厚みが同じ段ボールならば表面に穴のあるものの方が低い音圧を記録することができた。

(表 4-1、表 4-2)

表 4-1 音圧単位：dBFS

	市街地音あり	市街地音なし
段ボール (1 cm)	-36.3	-37.6
段ボール (1 cm) 穴あき	-36.4	-37.2
段ボール二枚 穴あき	-33.3	-38.1
段ボール二枚	-24	-39

表 4-2 音圧単位：dB(A)

	市街地音あり	市街地音なし
段ボール (1 cm)	73.2	54
段ボール (1 cm) 穴あき	72.4	52.5
段ボール二枚 穴あき	76.2	56.3
段ボール二枚	88.5	56

6 考察

以上の実験結果より、防音に適した素材について、以下の 3 つの要素が関係していると考えられる。

1. 柔軟性について

実験①では、使用した段ボールやプラ段のような素材は -24dBFS や -25.5dBFS など、高い音圧だったのに対して、実験②で使ったタオルやスポンジは -30dBFS など、遥かに低い音圧を記録できた。このことから、素材の柔軟性が防音に関わっている要素の 1 つなのではない

かと考えた。

しかし、柔軟性以外の防音に関わる要素を調べるため、実験③では柔軟性が高いだけでなく、様々な性質を持つ素材を用意し、実験を行った。

実験③で使用した素材には、コルクボードやグラスウールといった素材が含まれていた。同じ柔らかい素材でもコルクボードは-24dBFS、グラスウールは-33.4dBFSと、グラスウールの方が低い音圧を記録した。このことから、実験①②で考察したように、素材の柔軟性以外の要素が防音に関わることが考えられる。

2. 厚さについて

実験④では、段ボールを2枚にしたものより段ボールを複数枚重ね、1cmしたものの方が低い音圧を記録した。また、素材が薄かったコルクボードの音圧が他素材よりも高くなったことから、使用する素材の圧さも防音に関わる要素の1つだと考えられる。

3. 表面の構造について

グラスウールや吸音スポンジ、実験②で使用したタオルなど、低い音圧を記録した素材の共通点として、素材の柔軟性の他に、表面の構造が関係しており、表面の凹凸の有無が防音に関わるのではないかと考えた。

これをふまえて行った実験④では、段ボールに凹凸をつけたものにつけていないものでは、10dB(A)以上の違いが記録された。これは、吸音スポンジと同じぐらいの差であり、表面に凹凸のある場合の方が遥かに低い音圧となることが分かった。

このことについて、実験④をおこなった時の実験場所がとても静かだったことや、気温の変化による音の伝わり方の変化など、外的要因によるものの可能性も考えられた。しかし、市街地音を流さなかった場合の音圧がこれまでの実験と大きく変わっていなかったことから、実験④の音圧の変化は表面の凹凸によって起きた可能性が高いと考えられる。

また、厚さ1cmの時よりも段ボール2枚の時の方が凹凸による変化が大きく出たことから、凹凸による変化は、素材の厚さが薄い程効果が出やすいのではないかと考察できる。

7 今後の課題

今回の研究では、素材の柔軟性の変化による音圧の変化をあまり実験することができなかったため、これからの実験では素材の硬さなどを変えた、より多くの素材で実験を行いたい。

また、素材の表面の構造と音圧の関係性が確認できたため、これからの実験では表面の構造との関係性についてより詳しく調べたい。例えば、実験④では、穴を無作為に開けて実験を行ったため、穴を明ける間隔や穴の大きさを変えた状態での実験などを行いたい。

8 主要引用・参考文献

1 環境省「令和2年度騒音規制法等施行状況調査結果について」<https://www.env.go.jp/press/110584.html>

2 コストを抑えてしっかり防音！防音対策として使える素材

<https://www.pialiving.com/blog/soundproofing-item/soundproofing-absorbing/affordable-absorbers-top3>

3 市街地音の音源

<https://open.spotify.com/track/1hfnp2GTNxETyNusuqHf2?si=CuTZfdpeQQm5Tke95B01IA>

4 ホワイトノイズの音源

<https://open.spotify.com/track/6WFenfUtkKDxaLzg09j3y0?si=-GquGw81TwS2FRjpknoPLA>

謝辞

本研究を行うにあたって指導を行なってくれた理科の先生、建築科の先生に深く感謝を申し上げます。

9 マレーシア研修を終えて

マレーシアは、多文化社会の国なため地域によって音の大きさなどが異なっていた。日中は車などの音、コーランの音などの様々な音で溢れかえっていたため、マレーシアでは日本と異なって音に関して敏感ではないと研修から感じる事ができた。また、大学の先生からの講義から音の伝わり方を追加情報として知ることができた。これらの知識を活かせるように今後、研究に努めていきたい。

また、海外研修を通して、英語を学ぶ重要性を身をもって感じる事ができ、私は、簡単な英語しか話すことができなかつたため、日々の英語の授業を大切に、取り組みたい。

日本とは気候、文化などが異なり研修は大変だったが、研修を楽しむ事ができた。このような、体験などを今後も大事にしたい。

マレーシアのモスクでは音を上手く反射させ、響かせるための特別な構造になっていることや、使われている素材に関する事など、音響に関する工夫を知ることができ、とても興味深かった。

また、Roland マレーシア工場では、音響の専門知識を持った第三者の方々に自分達の研究を知ってもらい、アドバイスをいただくことで、自分達の研究への理解をより深める事ができた。

今回の海外研修で、海外の街を歩き、現地の方々と交流したことで、日本では得ることができない特別な経験、知識をこれからの研究だけでなく人生にも活かしていきたい。