

令和6年度卒業論文

不快感を覚える音の持つ音響的特徴についての研究

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

学籍番号 建21-0036

氏名 熊淵遥介

指導教員 豊田政弘

目次

第一章 序論	1
1.1 本研究の背景	1
1.2 本研究の目的	2
第二章 実験	3
2.1 研究対象の選定	3
2.2 対象音の調整	4
2.3 聴感実験	10
第三章 結果	11
3.1 実験結果	11
3.2 考察	26
第四章 結論	27
参考文献	28

第一章 序論

1.1 本研究の背景

我々にとって音というのは生活に欠かせない存在である。人間の持つ五感の一つである聴覚は、我々が音を通じて外界から情報を得る重要な手段となっている。人が耳にする音の中には心地よく感じるものもあれば、反対に不快感を覚える音も存在する。しかしながら、音の快・不快は人の主観によるものであり、音を聴く環境や当人の精神状態など多く要素が絡むものであるため、それら快・不快を引き起こす原因については未だ十分には明らかになっていない。そこで、日常で聴かれる環境音の中でも多くの人が不快感を覚える音に焦点を当て、そのような音の持つ特徴を音響的観点から追求したいと考え、本研究に取り組むこととした。

1.2 本研究の目的

ここでは不快な音をテーマとした既往研究について触れる。まず、平松らによる「生活環境音を用いた大きさ、うるささ、不快感の評定実験」[1]を紹介する。これは59種類の生活環境音を対象として、被験者に音の大きさ、うるささ、不快感、経験、比較の5項目での評価をさせ、得られた結果から項目間の相互関係などを調べるという研究であり、結果として、不快な音の「大きさ」の判定が「不快感」によって影響を受けると指摘している。

次に、島井らによる「環境音の快-不快評価と音圧の関係」[2]を紹介する。この研究では平松らの研究[1]において明らかにされていなかった音の分類ごとの快-不快評価と音圧の関係に着目し、131種類の環境音についての快-不快評価を検討している。結果として、音圧を徐々に高くすると、ある程度に達したところで不快に感じ始めることを示した。

最後に、不快な音のもつ成分に着目した既往研究を紹介する。竹崎らによる「黒板をひっかく時に出る寒気がするほどの不快音の研究」[3]では、一般的に不快に感じる音として挙げられる黒板をひっかいた時に発生する音に注目し、収録した音から特定の周波数の音圧をカットした音を作成、それらを用いて不快感の増減を評価した。結果として、最も不快感が増大したのは1000~5000 Hzの周波数の音圧をカットした時であったと述べている。

上記既往研究を踏まえ、本論文では音に対する不快感と音圧の関係に焦点を当て、実験の対象とする不快な音の種類を増やして、そのような音には不快感を生じさせる特徴があるのか、またその特徴は不快な音で共通したものなのかを明らかにすることを目的とする。

第二章 実験

2.1 研究対象の選定

実験を行うにあたって対象とする音は以下の三つを選定した。

- ① 黒板をひっかいた時に発生する音
- ② 発泡スチロールどうしを擦り合わせた時に発生する音
- ③ 陶器の食器どうしがぶつかったときに発生する音

また、選定に際して、

- ・多くの人が不快に思う音
- ・その中で音源の収集、録音が容易なもの

以上の二つの基準を設けた。一つ目の基準を満たすため、指導教員が担当する授業中に行われた数年にわたるアンケート調査結果を参考とした。

2.2 対象音の調整

選定した三つの音を収録した後、単発騒音暴露レベル(L_{EA})が一定になるようにそれぞれの音量を調節した。また、特定の周波数の音圧レベルを下げる調整を行った。周波数の調整は2 kHz～6 kHzの1 kHzごとにノッチフィルタをかけて作成した。結果、1つの音につき5個、計15個の調整音を作成した。以下の図1～6に音源と調整音の周波数特性を示す。

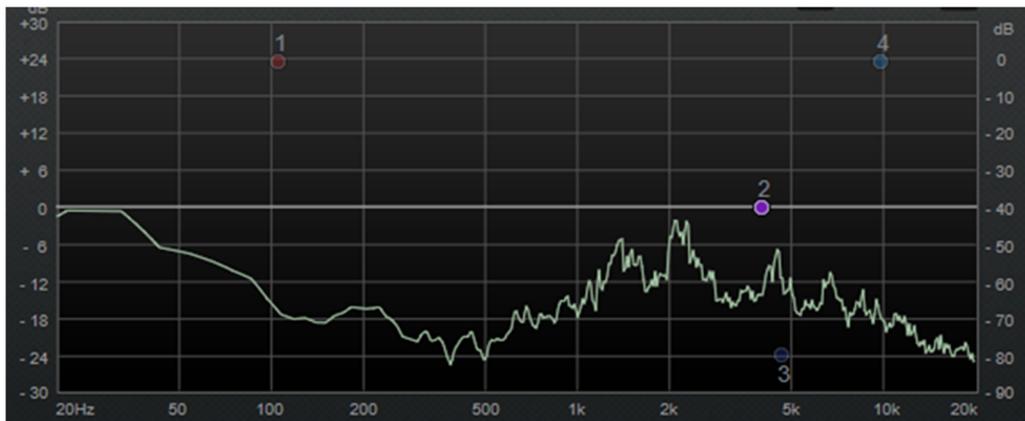


図1 黒板（無調整）

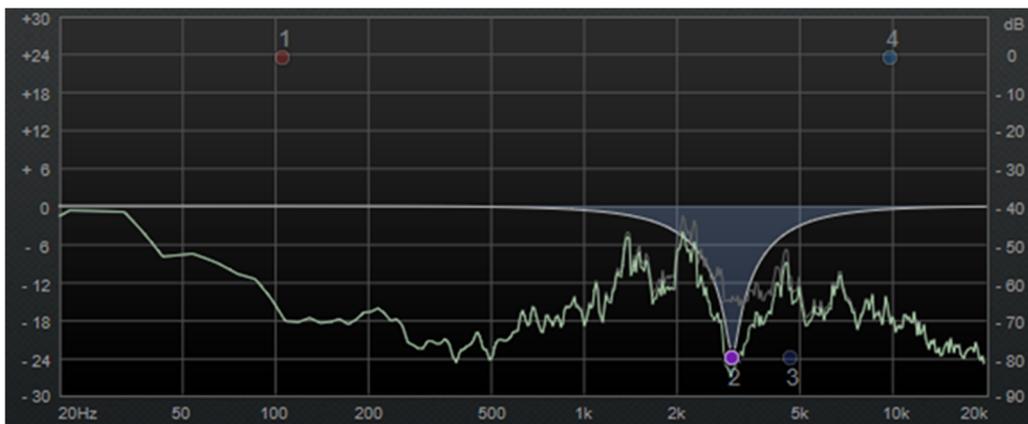


図2 図1の3 kHz成分のレベルを調整した時の様子

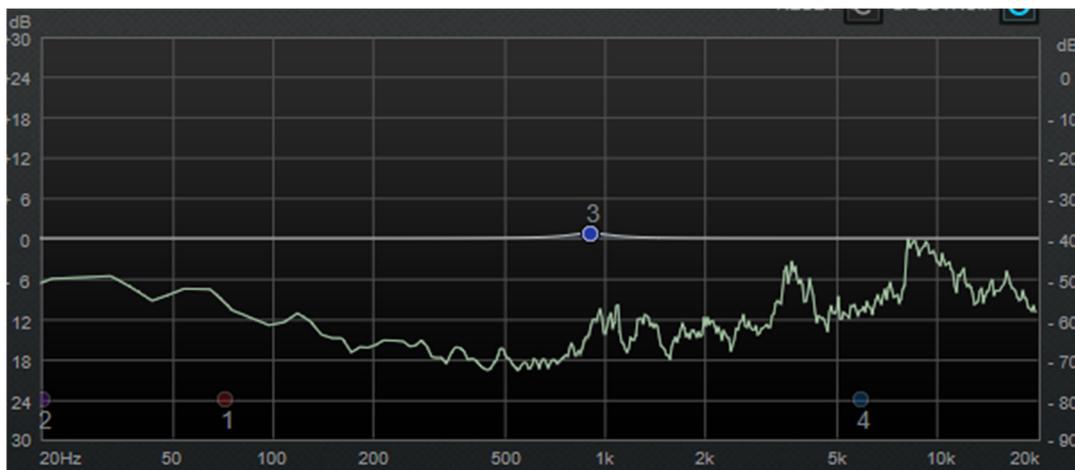


図3 発泡スチロール（無調整）

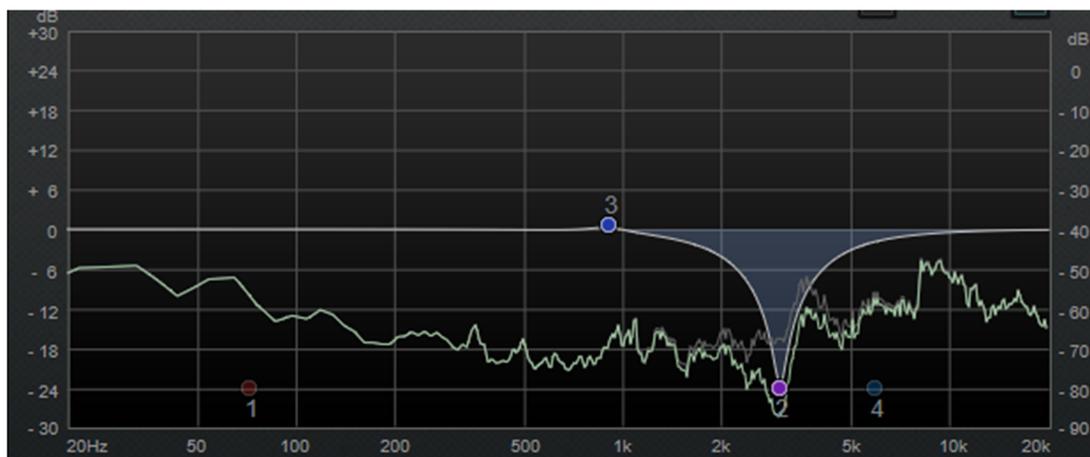


図4 図3の3kHz成分のレベルを調整した時の様子

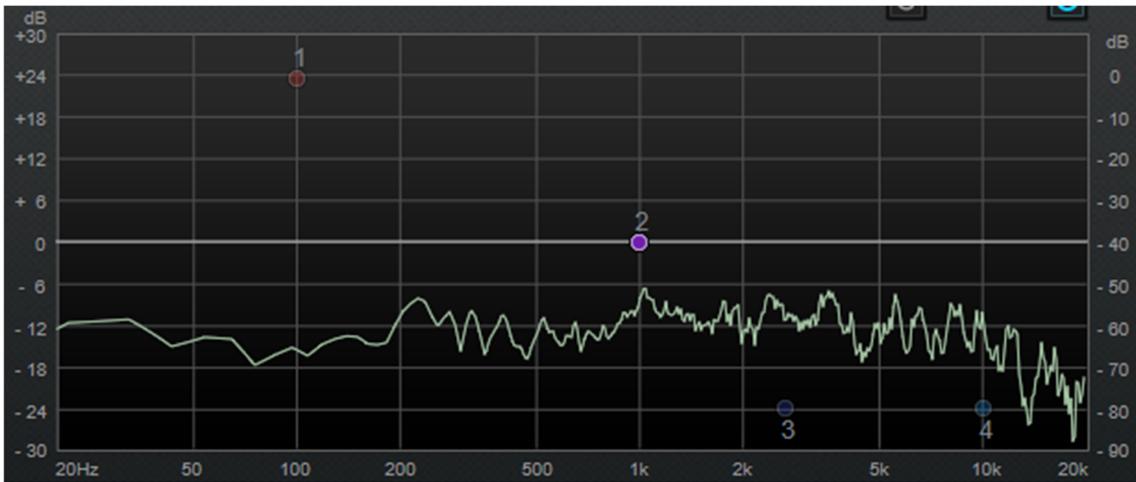


図5 食器（無調整）

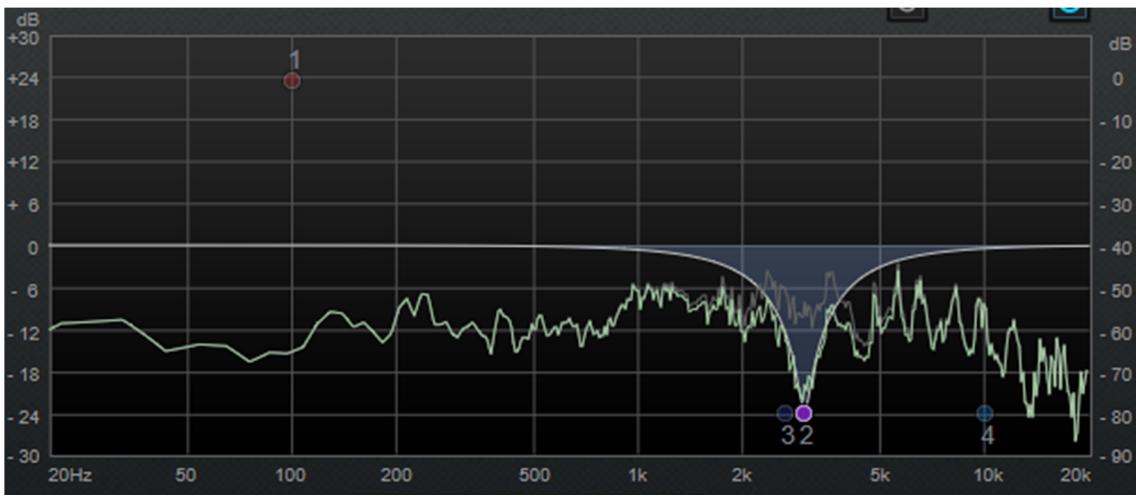


図6 図5の3 kHz成分のレベルを調整した時の様子

なお、調整に用いたソフトウェアは Steinberg 社の音楽制作ソフトウェア「Cubase Pro 12」である(図7)。

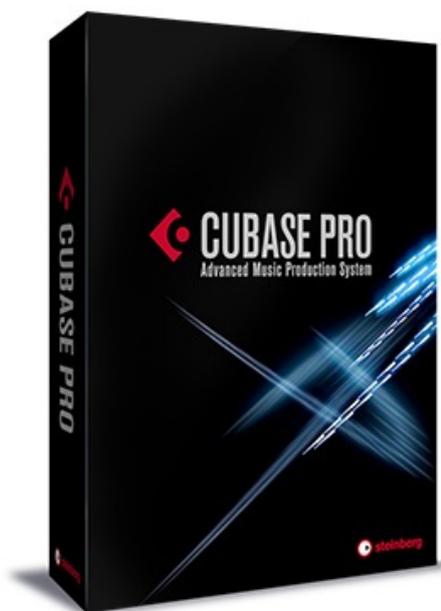


図7 Cubase Pro 12

引用 <https://eesoftwares.com/product/steinberg-cubase-pro-12/>

図8に示す通り、調整音の作成はCubase Pro12内のプラグイン「Studio EQ」を用いて行った。ノッチフィルタの設定として、Qを10.0、GAINを-24.0 dBとした



図8 調整音作成中の画面

収録に使用した機器は SONY 社のレコーダー「PCM-M10」である(図9)。



図9 PCM-M10

引用 <https://www.sony.jp/ic-recorder/products/PCM-M10/>

2.3 聴感実験

無調整の3つの音と、調整音15個を用いてアンケート形式での聴感実験を行ったところ、10名からの回答が得られた。実験手順としては、まず被験者に無調整の音を呈示し、その後5つの調整音を聴かせ、無調整の音と比較したときの不快感の増減について回答させた。また、なるべく聴取環境を揃えるために、イヤホンまたはヘッドホンでの聴取を条件として定めた。

図10に示す通り、評価は0~10の11段階になっており、5を不快感の増減なし、5よりも数字が小さくなるほど不快感が減少、大きくなるほど増大するものとした。

音源

https://drive.google.com/file/d/1JmUfHCwhdoe45vJoAbfTpDTGB9xJ3URc/view?usp=drive_link

調整音1

https://drive.google.com/file/d/1-L-ULu60B4WvPvb3ewZK6o_907v3pErg/view?usp=drive_link

音源と比較したときの調整音1の不快感の増減を回答してください。(5が不快感 *
の変化なし)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

図10 アンケート

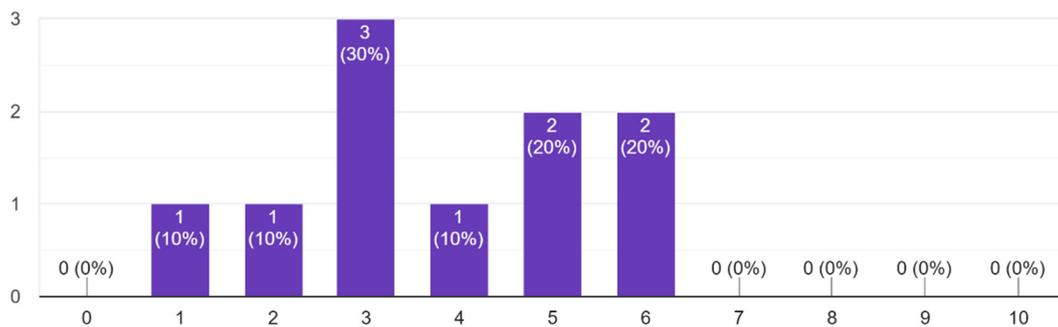
第三章 結果

3.1 実験結果

以下に聴感実験の結果を図 11～25 に示す。また、以降はそれぞれの調整音を以下のよ
うな表記で示す。

- (例)・黒板をひっかいた時の音の内、2 kHz 成分を調整した音…黒板調整音 1
・発泡スチロールどうしを擦り合わせた音の内、5 kHz 成分を調整した音

音源と比較したときの調整音1の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答



…発泡スチロール調整音 4

図 11 黒板調整音 1

図 11 を見ると、全体的に不快感が減少したという回答が多かった。平均点は 3.8 点となっ
た。

音源と比較したときの調整音2の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)

10件の回答

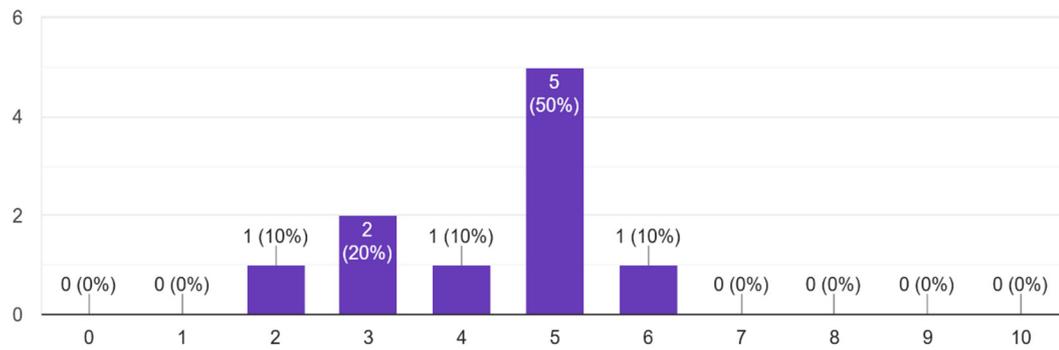


図 12 黒板調整音 2

図 12 を見ると、黒板調整音 1 よりも不快感の減少は小さくなっている。平均点は 4.3 点となった。

音源と比較したときの調整音3の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

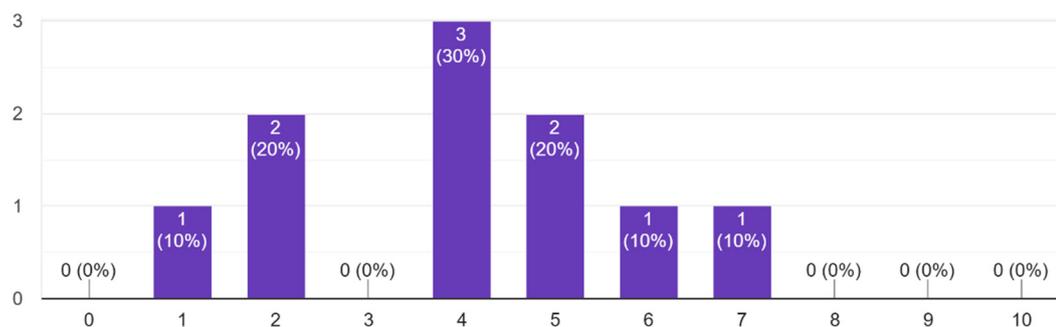


図 13 黒板調整音 3

図 13 を見ると、不快感が大きく減少したという回答があった一方で不快感が増大したという回答もみられるようになった。平均点は 4.0 点であった。

音源と比較したときの調整音4の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)

10件の回答

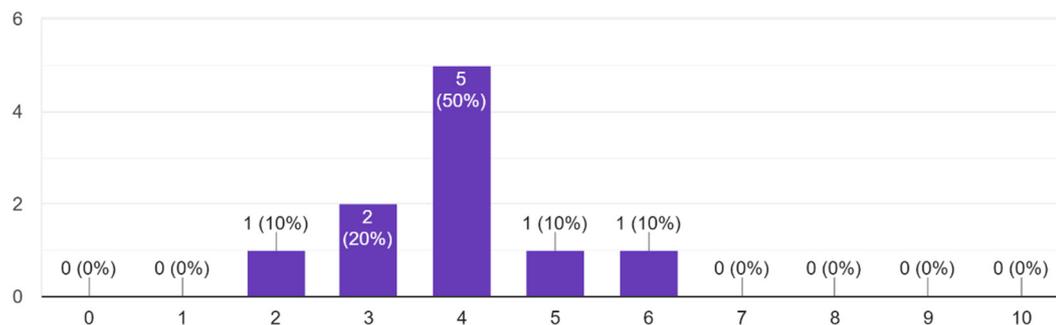


図 14 黒板調整音 3

図 14 を見ると、全体的に回答が 5 付近に集中しており、不快感の変化はあまりなかったと読み取れる。平均点は 3.9 点であった。

音源と比較したときの調整音5の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

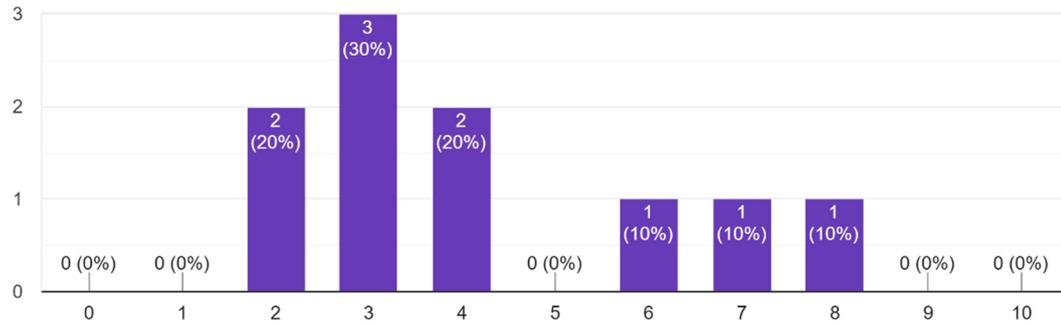


図 15 黒板調整音 5

図 15 を見ると、割合は不快感の減少する側の方が多いが、反対に大きく増大したという回答も見られる。平均点は 4.2 点であった。

音源と比較したときの調整音1の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

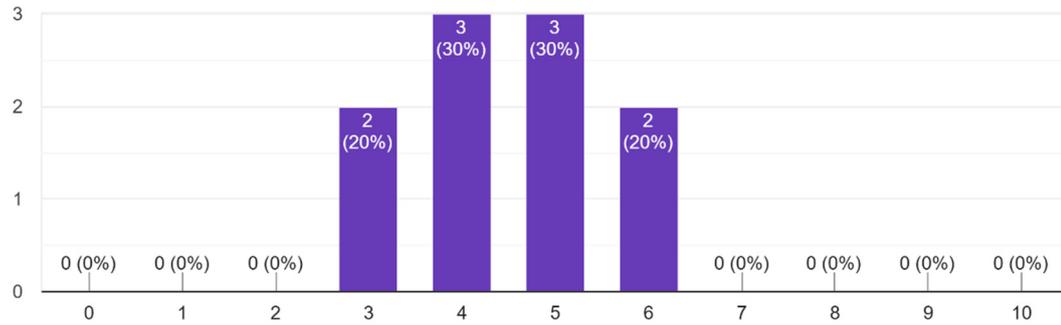


図 16 発泡スチロール調整音 1

図 16 を見ると、調整音 1 の不快感の変化はほとんどないと読み取れる。平均点は 4.5 点であった。

音源と比較したときの調整音2の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

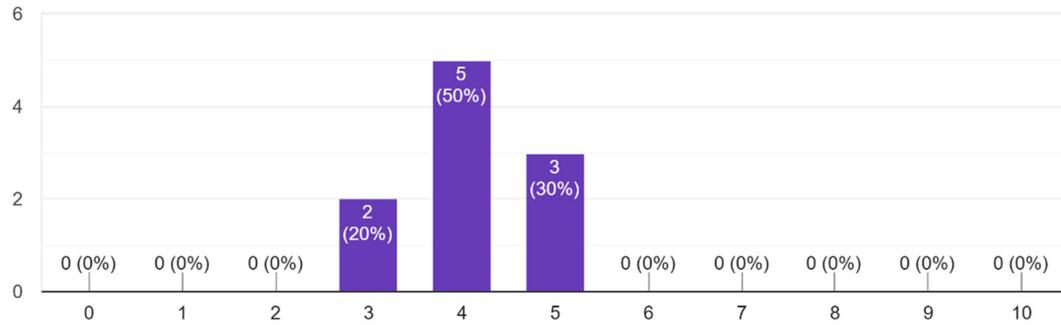


図 17 発泡スチロール調整音 2

図 17 を見ると、図 16 と同様、不快感の変化は少なかったと思われる。平均点は 4.1 点であった。

音源と比較したときの調整音3の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

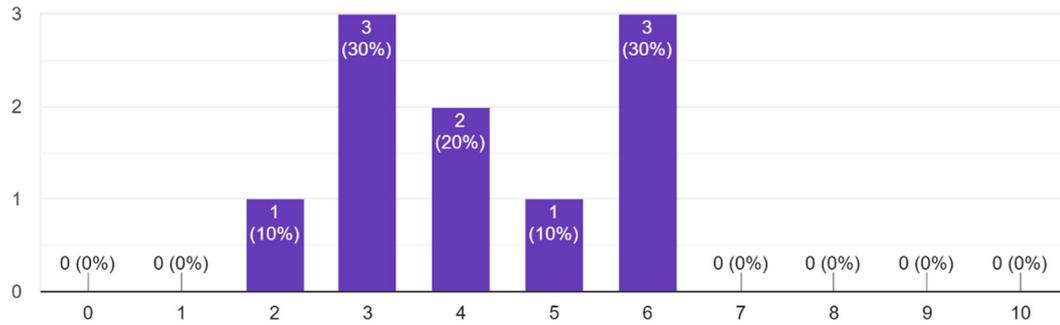


図 18 発泡スチロール調整音 3

図 18 を見ると、不快感が減少する方の回答が多かった。平均点は 4.2 点であった。

音源と比較したときの調整音4の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

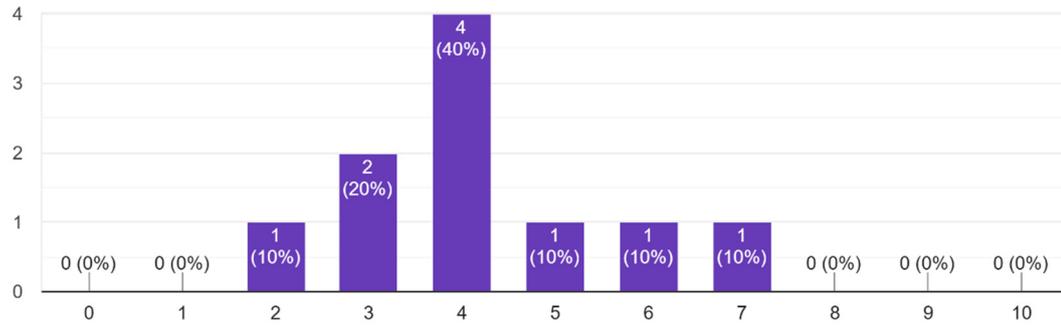


図 19 発泡スチロール調整音 4

図 19 を見ると、不快感が減少する方にも増大する方にも同じくらいの割合での回答があった。平均点は 4.2 点であった。

音源と比較したときの調整音5の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

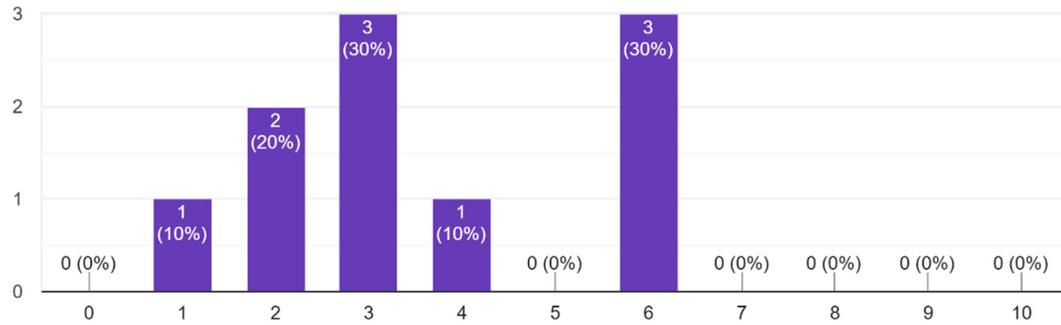


図 20 発泡スチロール調整音 5

図 20 を見ると、不快感が減少する方への回答がかなり多く見られた。平均点は 3.6 点であった。

音源と比較したときの調整音1の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

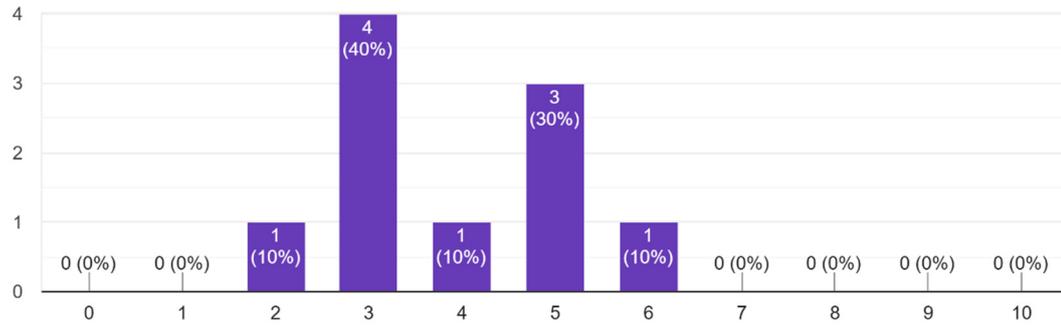


図 21 食器調整音 1

図 21 を見ると、不快感が減少する方への回答が多かった。平均点は 3.9 点であった。

音源と比較したときの調整音2の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

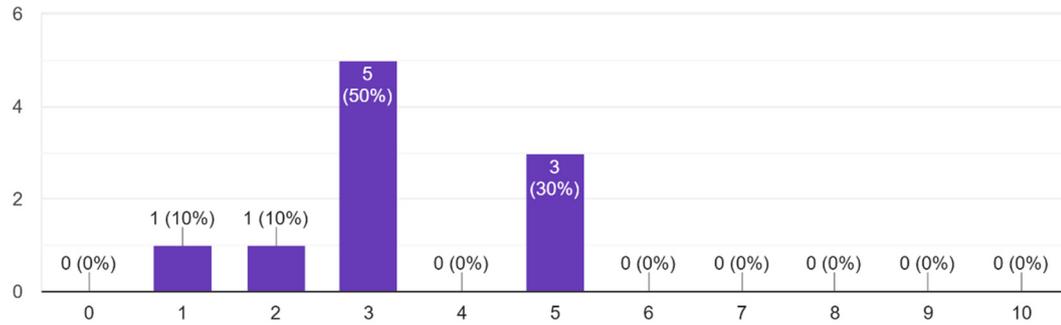


図 22 食器調整音 2

図 22 を見ると、不快感が減少したという回答がかなりの割合で見られた。平均点は 3.3 点であった。

音源と比較したときの調整音3の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

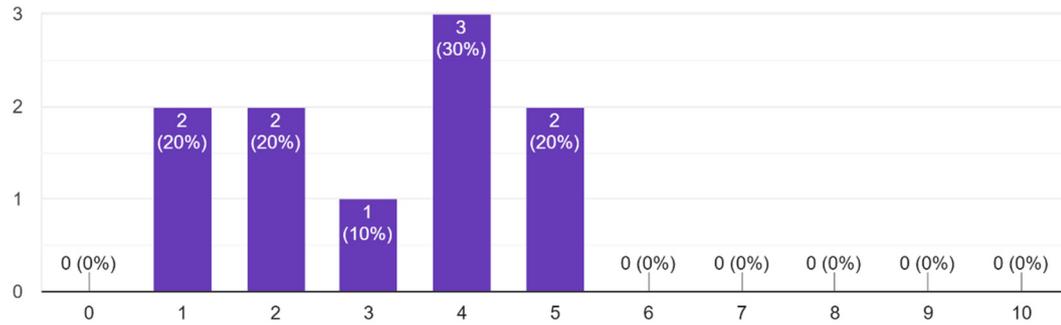


図 23 食器調整音 3

図 23 を見ると、程度にばらつきはあるものの全体的に不快感が減少していたと読み取れる。平均点は 3.0 点であった。

音源と比較したときの調整音4の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

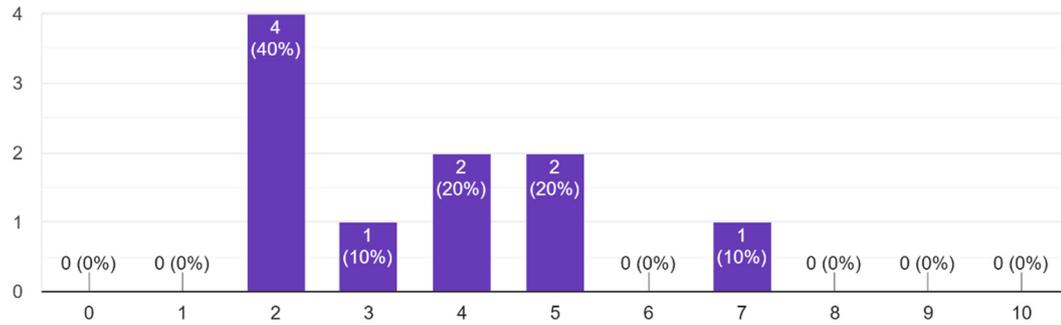


図 24 食器調整音 4

図 24 を見ると、不快感が減少したという回答がほとんどであった。平均点は 3.6 点であった。

音源と比較したときの調整音5の不快感の増減を回答してください。(5が不快感の変化なし)
10件の回答

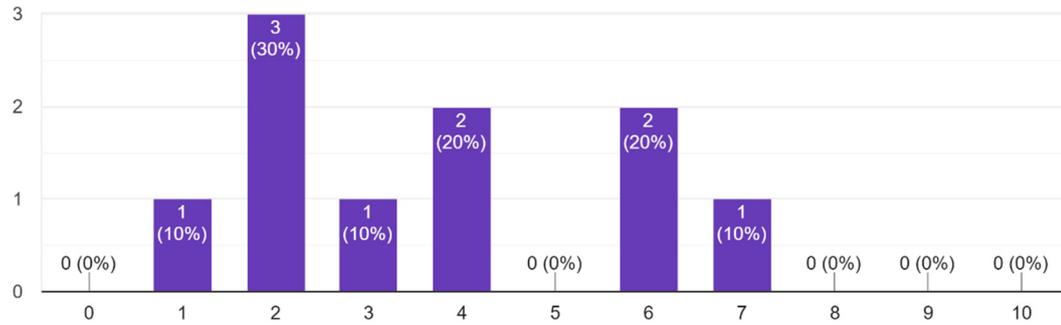


図 25 食器調整音 5

図 25 を見ると、図 21～24 の傾向と異なり不快感の増減の程度に大きなばらつきが見られた。平均点は 3.7 点であった。

3.2 考察

3.1 節の実験結果を踏まえて、各音源についての考察を以下に記す。

まず、1つ目の黒板をひっかいた時の音について、調整音1が平均点3.8点で最も不快感の減少が大きかった。考えられる要因として、図1で示した波形によると2kHz周辺の音圧レベルが最も大きかったため、その部分の音量を下げた調整音は他と比較して不快感が減少したのではないかと考えられる。

2つ目の発泡スチロールどうしを擦り合わせた時の音について、これは調整音5が平均点3.6点で最も不快感を軽減できていた。図3に示す通り、この音は黒板の音の時と異なり、5kHz～10kHzの高周波帯域の音が大きかったため、やはりその部分の音圧レベルを調整した(今回は6kHz)調整音の与える不快感は他4つと比較して少なかったものと考えられる。

3つ目の食器どうしがぶつかったときの音について、この音は先ほど述べた2つの音と異なり、5つの調整音すべてにおいて平均点が3点台であり、不快感が減少したと回答した割合が多かった。他2音と同様に音源の波形(図5)を見ると、すべての周波数帯域において音圧レベルがほとんど同じになっており、これによってどの周波数成分の音量を調整しても不快感の減少量はほとんど変わらないという結果になったと考えられる。

さらに実験結果で述べた点数の平均値を見ると、調整音3、すなわち4kHz成分をカットした音が5つの調整音の中で音源によらず最も不快感を軽減していたという結果になったが、ほかの調整音との大きな差は見られなかった。

第四章 結論

本研究では不快な音の持つ音響的特徴を示すことを目的として、多くの人が不快に感じる音に焦点を当てて実験を行った。前提として快、不快は主観に大きく左右されるものであり、この実験で得られた結果が不快な音すべてに適用されるものではないが、今回の実験の結果、周波数成分の中でより音量の大きい成分が不快感に強い影響を及ぼしているということがわかった。また、本研究で目的としていた「不快感を覚える音の持つ音響的特徴」については、今回対象とした3つの音の間で明確に共通する特徴を示すことはできなかった。

また、今回の研究では実験の対象とする音の種類をさらに増やす、収集するデータ数を増やすこと、7 kHz 以上の調整音も検討するなど、今後研究を行うにあたって検討、改善すべき点も見られた。

参考文献

- [1] 平松幸三・小林聡・松井利仁・高木興一・山本剛夫,生活環境音を用いた大きさ、うるささ、不快感の評定実験,日本音響学会誌 44 巻 5 号, 350 頁, 1988.
- [2] 島井哲志・田中正敏,環境音の快－不快評価と音圧の関係,日本音響学会誌 49 巻 4 号, 243 頁, 1993.
- [3] 竹崎弥侑・渡邊都,黒板をひっかく時に出る寒気がするほどの不快音の研究, 岡山県立玉島高等学校理数科.

謝辞

本研究の遂行にあたり、授業アンケートのご提供ならびに終始多大なるご指導を賜った関西大学環境都市工学部建築学科の豊田政弘教授、また、実験に際して不快な音を聴いてくださった実験参加者の皆様に厚く御礼申し上げます。