

ノイズキャンセリングミュージック： 音楽の提示により騒音の不快感を低減する手法

徳久弘樹^{†1} 佐藤剣太^{†1} 松田滉平^{†1} 松井啓司^{†1} 中村聡史^{†1}

概要：日常生活で我々が騒音の中に身を置くことは少なくない。こうした騒音の対策として、ヘッドフォンやイヤフォンで音楽を聴くことや、ノイズキャンセリングヘッドフォンなどを利用した騒音の遮断が考えられるが、他人から話しかけられたことに気づかない、重要な情報を聞き逃すなどの問題が発生する。この問題に対して我々は、騒音を遮断するのではなく、騒音に合った音楽を提示することで、騒音を音楽に溶け込ませて心理的に気にならなくさせるノイズキャンセリングミュージックを提案してきた。これまでに、騒音のイメージに適した音楽を提示することで、騒音の音量がより小さく認識されることを実験により明らかにしてきたが、実験に用いた騒音の選定が不十分であるなどの問題点があった。そこで本稿ではこれまでの実験で使用した騒音や音楽の再選定を行い、より多くの騒音に対しても同様の効果が見られるかを実験により検証した。実験の結果、ノイズキャンセリングミュージックが現実的な騒音に適用できることを確認する一方で、音楽に対するイメージが異なる場合にあまり効果がないことも明らかになった。

キーワード：騒音、音楽、ノイズキャンセリング、ノイズキャンセリングミュージック、音量評価、不快感

1. はじめに

日常生活を送るうえで我々は常に騒音にさらされている。家の付近を通過する電車や航空機の音、動物の鳴き声や子供の声、選挙演説やパトカーのサイレンなど、外出すれば騒音を耳にすることが多くあり、わずらわしく感じることも少なくない。そればかりか、食器を洗う音、掃除機をかける音、洗濯機を回す音、貧乏ゆすりの音、キーボードを叩く音、食事を食べる音（咀嚼音）など、家の窓を閉めて生活している場合でも騒音と接触する機会は多い。このように、騒音は我々の日常生活と切っても切り離せない関係にある対処すべき問題であると言える。

こうした日常的に発生する騒音の対策例として、ヘッドフォンやイヤフォンを利用して大音量で音楽を聴き、騒音をかき消す方法が考えられるが、聴力の悪化につながるという問題や、音漏れなどにより他者に迷惑をかけてしまうという問題がある。また、騒音への対策としては他にも、密閉型のヘッドフォンやノイズキャンセリングヘッドフォンの利用が考えられるが、これらは、周囲の騒音から受けるストレスを軽減することが可能である一方で、聞き逃したくない音までも遮断してしまう可能性がある。例えば、電車内でアナウンスを聞き逃して乗り過ごしてしまう、訪問者がベルを鳴らしたのに気づかない背後から人に話しかけられても気づかない、警報機の音に気づかないなど、全ての生活音を聞こえなくすることはかえって人々の行動を阻害する可能性をはらんでいる。

我々はこれまでの研究[1]において、騒音を音として遮断するのではなく、心理的に気にならなくさせることにより騒音の問題を解決する手法を提案してきた。具体的には、ユーザの周囲で騒音が発生した際に、その騒音とイメージが一致するような音楽や、その騒音の印象をポジティブな

方向に変容させるような音楽をユーザに提示することで、ユーザの騒音に対する主観的な音の大きさを低減させ、騒音が気にならないようにするものである。それぞれの例は下記の通りである。

- 騒音と音楽のイメージの一致：セミの鳴き声が騒音である場合に、夏をイメージする『Summer（作曲：久石譲）』を提示（図1）
- 騒音の印象変容：工場の音が騒音である場合に、工事現場で働く人の格好良さをイメージしてしまうような『地上の星（作詞作曲：中島みゆき）』を提示



図1 提案手法のイメージ図

^{†1} 明治大学
Meiji University

上記のような、騒音に対する音楽の提示方法としては、広く普及しつつある Google Home や Amazon Alexa などの環境に設置されたスマートスピーカによる方法と、暦本[2]の提案する耳介を塞がない頭皮装着型の常時装着音響デバイスによる方法が考えられる。環境に設置されたスマートスピーカによる方法だと、音楽の提示によりその場にいる人全員の不快度を低減させることができると期待されるが、人によっては好みでない音楽が提示される可能性もある。一方、暦本の提案する常時装着音響デバイスによる方法では、装着の手間はあるものの、個々の好みに合った音楽を利用することで不快度を低減させることができると期待される。

我々のこれまでの研究[1]では、適切な音楽の提示によって、騒音の主観的な聞こえ方が低減する傾向を明らかにしてきたが、実験に用いた騒音が「ロケットのエンジン音」のように限定的すぎる点や、「運動部の掛け声」のように不快な騒音としての認知度が低いなどの問題があった。また、これまでの実験で使用した騒音の種類は6種類と少なく、日常的に耳にする騒音を十分に網羅しきれていないと言えなかった。さらに、歌があるものもあり、その歌詞に影響されている可能性もあった。

そこで本研究では、実験に使用する騒音の種類を再選定を行ったうえで、使用する騒音の種類を増やし、それらに対してノイズキャンセリングミュージック手法を適用したとき、過去の報告[1]と同様の効果が見られるかを検証する。ここでは、一般に不快度が高いと考えられる、子供がはしゃぐ声や、エアコンの駆動音、イヤフォンの音漏れや、咀嚼音などを騒音として追加した。また、菓子の影響を排除するため、音楽としてもできるだけ歌がないものか、歌があるものについても実験協力者が日本人であることから、日本語以外の言語のものを選定し、実験を実施した。

本研究の構成は次の通りである。まず、2章で音声および騒音がユーザに与える影響に関する関連研究を紹介し、本研究の位置付けを行う。3章では実験の手順を説明し、実装した実験用システムについての説明を行い、実験結果について述べる。また、4章にて考察を行い、5章で本研究のまとめと今後の展望について述べる。

2. 関連研究

騒音がユーザの行動に与える影響は、すでに様々な研究によって調査されている。

人の認知能力の1つとして、街中の雑踏のような多数の騒音が入り混じる状況下においても、特定の音声だけを聞き分けることが可能であるというカクテルパーティ効果が知られている。赤木ら[3]は、このカクテルパーティ効果の原因と考えられる音情景解析に着目し、人の話し声の音韻性を曖昧にする音を再生することで、会話内容のプライバ

シーを第三者から保護する手法を提案している。対象とする音が気にならなくなるまたは聞こえなくなるという方向性で類似しているといえるが、この研究はその音を曖昧にするものであり、騒音に対する注意度を低減できるものではない。また、赤木らは会話から音を作り出して提示しているものであるが、我々の手法は騒音と雰囲気の似た音楽を再生することで騒音を音楽に溶け込ませ、統合されたイメージとしてユーザに聴取させることで注意度を低減することを目的としている。

Haiyan[4]らは、リラックス効果のある川のせせらぎや鳥の鳴き声といった自然音を生活中的騒音に対して重ねて聴かせることでマスキング効果を狙った手法を提案した。ここでは、騒音に重ねる音は自然音に限定しており、人が作曲した音楽については議論されていない。本研究の狙いはマスキング効果ではないが、騒音に音を被せて騒音への注意度を下げるといった目的は同様であり、音楽にも同様の効果が確認されれば、ユーザの好みの音楽を使うことができつつより多くの騒音に対応できると考えられる。

藤井ら[5]は、1桁の加算問題を解く作業中に白色雑音を提示し、白色雑音が作業効率に及ぼす影響と疲れなどの心理的印象についての検証を行っている。白色雑音の音圧レベルと作業効率の低下度合いに関連性は見られないものの、気が散る、作業に集中できないなどの心理的印象は静穏時と比較して強まる傾向にあった。しかし、日常生活の中で白色雑音を聞く機会は非常に限られているため、我々はより日常的に発生すると考えられる様々な騒音に着目し、これを対象として手法を検討している。

井上ら[6]は、騒音を一定のリズムを刻む演奏とみなし、そのリズムに一致する音楽を提示することによって騒音を感覚的に気にならなくさせるという手法を提案している。この研究は方向性として我々の研究と類似しているが、ここで井上らが対象としている騒音は、電車の走行音のような「一定のリズムを刻む」ものに限定されている。本研究は音楽と近いイメージを持つ騒音を対象としているため、リズムに依存しない様々な騒音に対して音楽を提示することが可能になると期待される。

Mehtaら[7]の実験によると、70デシベル前後の環境音が聞こえる場合、それよりも低い音圧(約50デシベル)を聞いていた時と比べて、積み木を使ったアイデア発想作業がより円滑に進み騒音が人間に好影響を及ぼす場合があることが分かっている。この研究結果より、環境に適度な音量の音声を新たに提示することは、必ずしもユーザの心理的印象や作業効率に悪影響を与えるわけではなく、むしろ良い方向に働きかける場合もあると考えられる。我々の手法においてもこれらと同様に、心理的にその音量を小さく感じさせることで心理的印象などに好影響を及ぼすことを期待している。

高橋ら[8]は、ユーザ間で情報伝達を行う過程で生じる要

素を「環境情報」と定義し、周囲の環境音が聞き手の認知処理に与える影響について検証している。この研究では、動画内容の記憶をタスクとして課しており、周囲に環境音が存在したほうが時間経過後も動画の内容を記憶しやすいということを明らかにしている。高橋らはこの結果について、視聴内容と環境音を結びつけて記憶できていることが要因であると述べている。為末ら[9]は、無意味定常雑音やBGMなどの音声を付与し、同時に提示した際に感じるうるさを検証するために、単純な計算作業を採用した実験を行っている。実験の結果、マスキング音として無意味定常雑音を用いた場合に騒音から受けるストレスが上昇する傾向が見られた一方、BGMを用いた場合にはあまり大きな影響が見られなかったことを明らかにしている。

3. 実験

3.1 実験目的

我々が提案するノイズキャンセリングミュージックは、「騒音に適切な音楽を組み合わせると、その騒音はより小さい音として評価される」という仮説をベースとしている。そこで本研究では、日常的な騒音を聞いた際に、適切な音楽と組み合わせることで騒音が気にならなくなるかどうかを、実験を再設計することにより調査する。

実験では、実験協力者にランダムな騒音と音楽を組み合わせることで同時に提示する。その時の騒音に対する主観的な音量評価を音量評価値とし、これを分析することで提案手法の効果を調査する。

3.2 騒音と音楽の選定

騒音と音楽の選定にあたっては、著者らの合議により我々が日常的によく耳にし、不快感を伴うと判断した騒音を選定し、またその各騒音に適していると判断した音楽を選定することにより、その騒音や音楽のリストを列挙した。

以前の報告[1]で使用していたカテゴリの「エンジン」と「運動」は、先述した通りそれぞれ「日常的に耳にする機会が限られている」、「不快な騒音としての認識が低い」という理由から本実験では排除した。そして新たに、それらの条件を満たした騒音として「子供」「機械の駆動音」「工事」「音漏れ」「食事」の5つのカテゴリを追加し、全9カテゴリの騒音と音楽を用いて行う。次に、その騒音と音楽について各カテゴリに分け、1つの騒音につき音楽を1曲選定した。

実験に用いた騒音と音楽の内訳、およびそれらに共通すると判断したカテゴリを以下の表1に示す。本実験では歌詞の影響については議論しないため、音楽には日本語の歌詞がないものを選定した。「工事」カテゴリで使用した音楽「地上の星」については、本来は日本語の歌詞のある曲であるが、実験では歌声のないカラオケバージョンの音声を

使用した。なお、これ以降は、例えば「夏」カテゴリの騒音については「『夏』の騒音」と表記する。ここで選定された騒音9個と音楽10個をそれぞれ組み合わせ、90個の騒音と音楽のペアを作成した。なお、これらの9個の騒音と、無音を除く9個の音楽については、事前に再生時の音量の最大値が同一になるように、波形編集ソフト Audacity を用いて編集を行っている。

表1 騒音と音楽の対応表

	カテゴリ	騒音	音楽/作曲
0	無音		無音
1	夏	セミの鳴き声	Summer/久石譲
2	車	車の走行音	TRUTH/安藤まさひろ
3	子供	子供のはしゃぎ声	エレクトリカルパレード/ ガーション・キングスレイ他
4	悪天候	強風	He's a Pirate/クラウド・バデルト
5	話し声	人混み	Moanin'/ボビー・ティモンズ
6	機械の駆動音	エアコンの駆動音	Bataille Décisive/鷲巣詩郎
7	工事	削岩機	地上の星/中島みゆき
8	音漏れ	イヤフォンの音漏れ	One more time/トーマ・バンガルテル他
9	食事	咀嚼音	Attack on Titan/澤野弘之

3.3 実験用システム

前節で述べたように、適切な組み合わせの騒音と音楽を同時に聞くことで騒音の聞こえ方にどのような影響が起きるのかを調査するため、実験用のシステムを実装した。使用した言語は Processing である。

実験では、まずシステムを起動すると、実験協力者名を入力するためのフォームが表示される。このフォームに名前を入力することで実験協力者名と同名の CSV ファイルが作成される。実験協力者名の入力完了すると実験モードへと画面が遷移し、システムにより騒音および音楽の再生が可能となる。この実験モードでは、実験協力者が Play ボタンを押すごとにあらかじめ用意された「騒音と音楽を組み合わせたもの」と「騒音のみ」が交互に再生される仕組みとなっている。

実験の流れを図2に示す。実験協力者が Play ボタンを押すと、1秒おきに「ボン」というチャイムが3回鳴った後に「騒音と音楽を組み合わせたもの」が再生される。「騒音と音楽を組み合わせたもの」が再生されている最中は図3

のように「Playing Music...」というテキストが表示される。ここでスライダ状のインタフェースが設置されているが、実験協力者は何も操作を行うことはできない。再生が終了し、テキストの表示が消えた状態で再び Play ボタンを押すとチャイムが 2 回鳴った後に「騒音単体」の音声再生される。この騒音単体での再生時のみ図 4 のように画面中央部のスライダで音量の調節が可能になる。実験協力者にはこのスライダを操作して、「騒音と音楽を組み合わせたもの」を聞いていた時の騒音単体の音量を再現するよう教示した。なお、「騒音単体」のときのスライダの初期位置はスライダの中央である値は 20 となっている。またスライダでは 0 から 40 までの数値を指定可能であるが、実際には数値情報は提示されず、実験協力者はスライダの位置で値を指定することになる。

音量の調節が完了すると、Next ボタンを押すことで次の「騒音と音楽を組み合わせたもの」が再生可能になる。実験ではここまでの動作を 1 つのタスクとした。このタスクを 90 回行い、適切な組み合わせで聞いた後に再現された音量評価値と、そうでない組み合わせで聞いた後に再現された音量評価値を比較する。なお、スライダの操作によって調節された音量は、随時 CSV ファイルに数値として記録するようにした。



図 2 実験の流れ

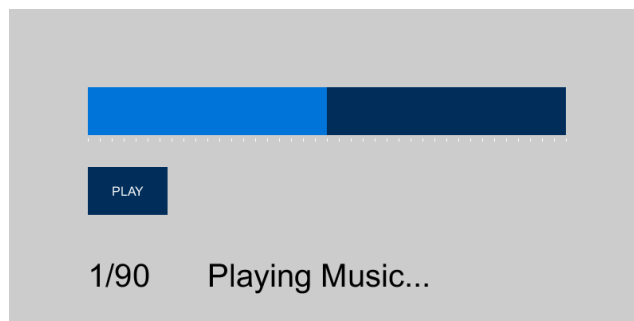


図 3 音楽再生中の画面

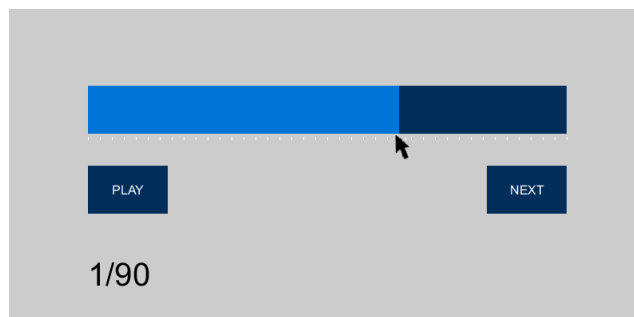


図 4 音量調整中の画面

3.4 実験手順

実験協力者は、明治大学国際日本学部、総合数理学部および同大学大学院先端数理科学研究科に所属する学生 15 名（男性 6 名と女性 9 名）で、実験協力者の年齢は 19～23 歳であった。そのうち男性 1 名は実験データに不備があったため、分析は男性 5 名と女性 9 名の計 14 名分のデータを用いて行った。実験は周囲の環境音が遮断されている防音室で実施し、システム動作用パソコンの Surface Book と、2 台の JBL 社製のスピーカー（JBL PEBBLES）を用いた。2 台のスピーカーはどちらも 1 台のパソコンに接続をするが、スピーカーごとに騒音と音楽は別で再生されるように設定をした。2 つのスピーカーと実験協力者の距離はそれぞれ 50cm, 1m とし、騒音は遠くのスピーカー（1m 離れた位置にあるスピーカー）から、音楽は近いスピーカー（50cm 離れた位置にあるスピーカー）から流れるようにした。これは実際にシステムを用いる際に、騒音の発生源とシステムで用いる音声の発生源が一致しないことを想定したためである。

以上の条件のもと、実験協力者には実験用システムを用いて、騒音と音楽を同時に再生したものを 30 秒間聞き、その後、騒音を単体で聞きながら実験システムのスライダを操作して、騒音と音楽を同時に再生したものの音量を再現してもらった。これにより実験協力者の主観的な音量評価を 9 個の騒音タイプ、10 個の音楽条件について整数値として収集した。実験の様子を図 5 に示す。

なお、実験では騒音及び音楽について、実験協力者によって順序をランダムに変更することにより、順序効果など

に配慮した。

また、実験後に Web 上でのアンケート調査を行った。音楽に関するアンケートとして、①実験以前にこの音楽を聞いたことがあったか (Yes か No の二択形式)、②音楽を聞いて何を連想するか (自由記述) を音楽 9 曲それぞれについてアンケートを行った。なお、連想したものがなかった場合は「なし」という回答も許可した。また、実験に用いた音楽を改めて聞けるように、音声の再生が可能な Web ページのリンクもアンケート上に掲載した。1 人当たりの実験時間は 90 分程度であった。実験においては、自由に休憩をとることを許可した。



図 5 実験の様子

3.5 実験結果

実験における音量評価値は実験協力者ごとに分散が大きく見られたため、人物・騒音のカテゴリごとに正規化を行った。正規化では表 2 のように騒音と無音の組み合わせを聞いた時の音量評価値を基準値とし、それぞれの評価値を基準値で除算することで正規化後の値を算出する。表 2 の例の場合、無音以外の音楽との組み合わせを聞いた際の各評価値を 17 で除算したものが正規化後の値となっている。

図 6 は実験協力者 14 名が回答した音量評価値を平均し

たものである。この図においてエラーバーは標準誤差を表している。あるカテゴリの騒音に対して同カテゴリの音楽を合わせて聞いた際の評価値の平均が左側に、それ以外のカテゴリの音楽と合わせて聞いた際の音量評価値の平均が右側に提示されている。なお、図 6 では上述の正規化を行った後の値を用いて計算している。

実験結果より、「話し声」「音漏れ」カテゴリを除いた 7 つのカテゴリにおいて、同じカテゴリの音楽と合わせて聞いた際の騒音の音量評価値が小さくなるという結果になっていることがわかる。一方、「話し声」「音漏れ」カテゴリについては、同カテゴリと別カテゴリの音楽を合わせて聞いた際の騒音の音量評価にほとんど差は見られなかった。

騒音と音楽の組み合わせごとに回答された音量評価値の平均を表 3 に示す。表 3 は行に騒音が、列に音楽がそれぞれ対応している。例えば「夏」の騒音に対して「車」の音楽を合わせて聞いた際の評価値が 2 行 4 列目に記載されている。なお、各騒音について評価値が最も小さくなった音楽との組み合わせのセルを灰色で塗りつぶした。この結果より、「夏」「子供」「悪天候」「駆動音」「工事」の 5 つのカテゴリで、同じカテゴリの音楽と合わせて聞いた際の騒音の音量が小さく評価されるという結果になっていることがわかる。また、最も小さい値ではないものの、「車」「食事」についても騒音の音量が小さく評価されていることがわかる。一方、「話し声」「音漏れ」については、特に他の音楽に比べ効果があるわけではないことがわかる。

表 2 正規化の例 (一部)

騒音	音楽	音量評価値	正規化後の値
夏	無音	17	1.00
夏	夏	9	0.53
夏	車	11	0.65
夏	子供	12	0.71
夏	悪天候	19	1.12
夏	話し声	16	0.94

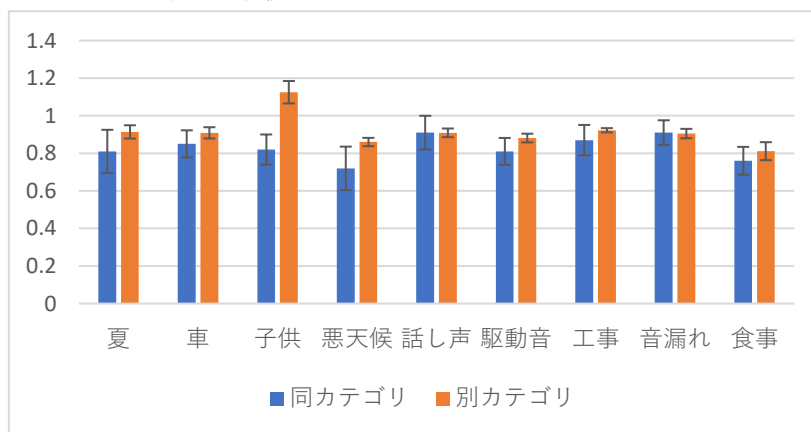


図 6 正規化された音量評価値の平均

表3 音量評価値の平均

音楽 騒音	夏	車	子供	悪天候	話し声	駆動音	工事	音漏れ	食事
夏	0.81	0.89	1.00	1.1	0.82	0.84	0.83	0.97	0.86
車	1.04	0.85	0.94	0.94	0.76	0.82	0.91	0.92	0.94
子供	0.9	1.05	0.82	1.31	1.24	1.38	1.04	0.97	1.11
悪天候	0.88	0.77	0.92	0.72	0.95	0.89	0.81	0.86	0.80
話し声	0.90	0.90	0.81	0.83	0.91	0.97	0.91	0.95	1.00
駆動音	0.82	0.91	0.99	0.93	0.92	0.81	0.82	0.85	0.81
工事	0.94	0.96	0.97	0.89	0.88	0.91	0.87	0.92	0.91
音漏れ	0.97	0.86	0.96	0.95	0.81	0.88	0.99	0.91	0.82
食事	0.95	0.84	0.74	0.62	1.03	0.79	0.84	0.68	0.76

表4は、実験後アンケートの「音楽を聞いて何を連想するか」が我々と実験協力者で同じだった音楽数と異なっていた音楽数をカウントしたものである。この結果より、約半数は我々の想定と一致しているものの、残りの半数については我々の想定と異なるものが連想されたことがわかる。具体的に想定と異なるものについては、Summer に対して「切ない」「静か」、TRUTH に対して「格闘技」、エレクトロカルパレードに対して「イルミネーション」といったものが連想されていた。また、「駆動音」「工事」「食事」カテゴリに用いた音楽から、我々と同じ連想をした実験協力者はそれぞれ3人以下と非常に少なかった。

表4 音楽から連想するものが同じだった数と異なっていた数

騒音	同じ連想	異なる連想
夏	7	7
車	7	7
子供	12	2
悪天候	12	2
話し声	8	6
駆動音	2	12
工事	3	11
音漏れ	8	6
食事	1	13
合計	60	66

いられた指標を用いて不快度を尋ねた結果が表5である。ここでは「全く気にならない」を不快度1、「非常にうるさい」を不快度7とし、各カテゴリの不快度の平均を算出した。各カテゴリについて、数値が小さいほうの音楽提示方法のセルを灰色に塗りつぶしてある。

まず、「話し声」カテゴリを除いた8つのカテゴリにおいて、騒音に音楽を合わせた音声が騒音単体の不快度を下回る結果となった。また、それぞれのカテゴリについて、騒音単体の不快度と騒音+音楽の不快度を対応のある t 検定を行ったところ、「車」「子供」「悪天候」「食事」カテゴリにおいては騒音+音楽の不快度が有意に低くなった（「車」「食事」は $p < 0.05$ 、「子供」「悪天候」は $p < 0.01$ ）。

表5 音声の不快度

カテゴリ	騒音のみ	騒音+音楽
夏	5.36	5.29
車	3.57	3.14
子供	3.57	2.86
悪天候	2.93	1.57
話し声	4.00	4.71
駆動音	4.29	4.00
工事	4.79	4.50
音漏れ	4.57	4.43
食事	5.50	4.71

次に、実験協力者に騒音単体9種類と同カテゴリの騒音と音楽を合わせた9種類について、山口ら[10]の研究で用

4. 考察

図6と表3の結果より、「話し声」「音漏れ」以外の7カテゴリにおいて、関連性のない音楽と組み合わせる場合よりも、適切な音楽と組み合わせる場合に心理的に音量を小さく評価する傾向があることが示された。具体的には、平均して音量を約17%小さく評価している結果となった。特に、「夏」「悪天候」カテゴリについては過去の報告[1]と同様の結果が得られている。

一方、「車」カテゴリのように、関連性のない音楽との組み合わせで聞く方が騒音の音量を小さく感じると評価している結果も数件見られた。ここで、音楽から連想されるものが我々と実験協力者で異なる場合、提案手法の効果が正しく働かない場合が考えられる。実際、表4のように、半数の状況において音楽が我々の想定とは異なる連想がされていた。なお、異なる連想をされた理由としては、実験に用いた音楽が有名なものであったために、我々の意図していたシチュエーション以外の様々なイベントやテレビ番組で使用され、そこから別のイメージが定着してしまったことが考えられる。今後は、できるだけイメージが一致するものを提示することにより再度検証を行っていく必要があるが、暦本[2]の提案する常時装着型音響デバイスが広く普及すれば、耳介を塞ぐことなく音楽を聴くことが可能となるため、その人その人にあった音楽を提示することが考えられる。

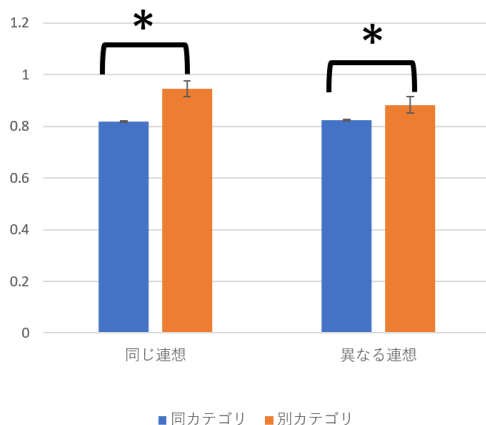


図7 同じものを連想していた回答と違うものを連想していた回答の音量評価値の違い

同じものを連想した回答60件と異なるものを連想した回答66件において、それぞれ同カテゴリと別カテゴリの音量評価値の平均を比較した結果を図7に示す。ここで連想したものがなかったという回答は異なる連想として集計した。それぞれの回答において同カテゴリの音量評価値の平均と別カテゴリの音量評価値の平均についてt検定を行ったところ、両者において同カテゴリの音量評価値が有意に低くなった ($p < 0.05$)。つまり、連想するものが異なっ

ても、騒音の印象を変容させるような音楽であれば、騒音の音量評価値を下げる傾向があることが示された。一方、別カテゴリにおいては、同じものを連想した際の音量評価値が異なるものを連想した際の音量評価値を上回る結果となっている。これは「夏」の音楽に対して「昔の思い出」と連想した実験協力者が「子供」の騒音の音量評価値を低くするなどのように、実験協力者の連想が我々の意図しないところで騒音のイメージと一致してしまったことが原因と考えられる。

表5において、「話し声」カテゴリ以外では、音楽を重ねた時に不快度が下がっていたことから、これらのカテゴリについては、騒音単体で聴くよりもイメージに合った音楽を被せることで不快度が低減される傾向があることがわかる。一方、「話し声」カテゴリで音楽を被せた際に不快度が上昇したことに関しては、採用した音楽が静かな喫茶店やバーをイメージさせるジャズミュージックであったため、「話し声」の騒音は声の大きいマナーの悪い客を彷彿とさせるといった意見が実験協力者からフィードバックとして得られた。こうした点からも、個々のユーザ、騒音に適した音楽が重要になると考えられる。

次に、実験協力者が音楽から連想するものが我々と同じだった60件の回答に限定した騒音に関する不快度の集計結果を表6に示す。表5の回答と比べると、新たに「夏」「音漏れ」カテゴリでも騒音+音楽の音声が騒音単体の不快度を上回る結果となった。これらに関して、実験協力者からの意見によると「知っている曲なので純粋に音楽を楽しみたい」といった意見が出ており、騒音と音楽のイメージの一致が必ずしも不快度の低減に繋がるとは限らないことを示唆している。また、「食事」カテゴリについては騒音に音楽を重ねることで不快度の低減傾向が確認できるが、騒音+音楽の下でも不快度は5.00と比較的高い数値を記録しており、元々の不快度が高い雑音に対しては提案手法の有用性は限定的であることがわかる。

表6 音楽から同じ連想をしていたときの騒音の不快度

カテゴリ	騒音のみ	騒音+音楽
夏	4.83	5.17
車	3.29	2.71
子供	3.67	2.75
悪天候	2.92	1.58
話し声	3.75	4.50
駆動音	3.50	2.50
工事	5.00	4.33
音漏れ	4.63	4.75
食事	6.00	5.00

5. まとめと今後の展望

本稿では、我々のこれまでの研究において提案してきた、日常的な騒音に対して適切な楽曲を組み合わせて提示することで心理的に気にならなくさせるノイズキャンセリングミュージックについて、騒音の種類および音楽を選定し直したうえで、再度実験を行った。その結果、新たに提案手法の有用性が確認された騒音の種類として「子供の声」「削岩機」「エアコンの駆動音」が明らかになった。しかしこれまでの実験同様に、選定した音楽に我々と実験協力者の持つイメージが一致しないものが多くみられた。騒音に適した音楽については、ユーザの出身地域や育った環境、文化、ユーザの使用言語などを考慮する必要があると考えられるため、実験協力者全員に同じイメージを抱かせる音楽を選出することは非常に困難であると考えられる。しかし、本研究の結果は、音楽から連想するものが必ずしも騒音のイメージと一致しなくても効果があることを示唆しており、今後は騒音に被せる音楽のイメージに左右されずに音量評価値を低くする手法についても検討する予定である。

また、騒音の種類に応じて音楽を被せることで騒音への不快感を低減する傾向があることを確認できたが、咀嚼音のように元々の不快感が特に高い騒音に対しては効果が薄いことや、知っている音楽を重ねてしまうと騒音の鬱陶しさがより際立ってしまう可能性があるといった問題も明らかになった。そこで今後は極度に不快感の高い騒音を実験対象に含め、実験協力者にとって未知であると思われるフリー音源の音楽などを用いた実験も行う予定である。

提案手法の効果については、未だ明らかになっていない点が多々存在する。例えば手法の効果が音楽のコンテキストに依存するものなのか、周波数に依存するものなのか、または別のものに依存するものなのかが明らかになっていない。そのため、こうした点について今後実験を行って調査することにより明らかにする必要がある。

一方、これまでの実験では、騒音と音楽の印象の一致を考慮していたが、はじめに述べたように、騒音の印象を変容させるような方向性も考えられる。そもそも、映画やドラマ、アニメなどで出てくる様々な音は、作られた音であることが多い。例えば、波の音は箱に小豆を入れて作られており、馬の足音もお椀と木の箱により作られている。つまり、騒音を別の何かであると認識を変えてしまうことによって、騒音の影響をなくすることができる可能性もある。この印象変容の可能性については、今後の研究により明らかにしていく予定である。

今回は実験によりその有用性の検証を行ったが、将来的には騒音の不快感を低減させるための音楽をパターン化し、騒音に適した音楽を自動提示するシステムの実装を目指す。また、今回は著者らが雑音および音楽を選定したが、実際にはその雑音およびその場にいるユーザに適した音楽の推

定自体も行っていく予定である。さらに、実際に騒音が鳴り響く環境などで実験を行い、システムの効果をより詳細に検討していく予定である。

謝辞 この研究は JST ACCEL (グラント番号 JPMJAC1602) の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 松田滉平, 松井啓司, 佐藤剣太, 久保田夏美, 佐々木美香子, 斎藤光, 中村聡史. ノイズキャンセリングミュージック. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集. 2017, vol. 2017, p. 249-256.
- [2] 暦本純一. 分割磁界供給型骨伝導による常時装着音響デバイス. 情報処理学会インタラクティブ 2018 論文集. 2018, p. 1-6.
- [3] 赤木正人, 入江佳洋. 音情景概念の解析にもとづいた音声プライバシー保護. 電子情報通信学会論文誌 A. 2014, vol. J97-A, no. 4, p. 247-255.
- [4] Haiyan, S., Ying, S., Huan, Z.. HIGH ANNOYANCE NOISE MASKING. IEEE 2nd International Conference on Signal and Image Processing. 2017, p. 380-384.
- [5] 藤井健生, 佐伯徹郎, 山口静馬. 無意味騒音存在下での単純計算作業時におけるうるささ・疲労感および作業成績. 人間工学. 2001, vol. 37, no. 1, p. 19-28.
- [6] 井上亮文, 備瀬翔平, 市村哲, 松下温. 携帯型音楽プレイヤーのための騒音・音楽融合型再生方式の評価. 情報処理学会論文誌. 2007, vol. 48, no. 3, p. 1251-1261.
- [7] Mehta, R., Zhu, R., and Cheema, A. Is noise always bad? Exploring the effects of ambient noise on creative cognition. Journal of Consumer Research. 2012, vol. 39, no. 4, p. 784-799.
- [8] 高橋翔人, 野本弘平. 周囲環境音が情報伝達における情報認知に与える効果の研究. 第 8 回情報処理学会東北支部大会講演論文集. 2012, p. 1-8.
- [9] 為末隆広, 山口静馬, 佐伯徹郎, 加藤裕一. 定常及び変動音を用いたマスキング効果によるうるささの低減. 日本音響学会誌. 2005, vol. 61, no. 7, p. 365-370.
- [10] 山口静馬, 佐伯徹郎, 加藤祐一. 断続音声聴取時の異種音声雑音に対する心理的評価. 日本音響学会誌, vol.53. 1997, no.10, p. 788-797.