

ノイズキャンセリングミュージック

松田滉平^{†1} 松井啓司^{†1}
佐藤剣太^{†1} 久保田夏美^{†1} 佐々木美香子^{†1}
斎藤光^{†1} 中村聡史^{†1}

日常生活で我々が雑音の中に身を置くことは少なくない。こうした雑音の対策として、ヘッドフォンやイヤフォンなどで音楽を大音量で聴くことや、ノイズキャンセリングヘッドホンなどを利用した雑音の遮断があるが、他人から話しかけられたことに気づかないことや、重要な情報を聞き逃すなどの問題がある。そこで本研究では、雑音を遮断するのではなく、雑音とそれに合った音楽を同時に聞くことで、雑音を楽曲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た。また、雑音に適した楽曲の提示により、雑音が小さい音として認識されることを実験により明らかにした。

Noise Canceling Music

KOUHEI MATSUDA^{†1} KEIJI MATSUI^{†1}
KENTA SATO^{†1} NATSUMI KUBOTA^{†1} MIKAKO SASAKI^{†1}
HIKARU SAITO^{†1} SATOSHI NAKAMURA^{†1}

People usually are surrounded by noises. Then, they would like to shut out sound by listening music at loud volume using headphones or earphones or using noise canceling headphones. However, they sometimes miss hearing a call from friends and valuable information by using these methods. In this paper, we proposed a method to reduce the influence of noise by playing a suitable music to the target ones. We call this method "Noise Canceling Music." Also, we clarified that the proper music to the target noise reduced the sound volume of the noise by conducting the evaluation test.

1. はじめに

日常生活を送るうえで我々は常に雑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、外出すれば雑音を耳にするのはほぼ確実であり、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、食事を食べる音など、家の窓を閉めて閉じこもって生活している場合でも雑音と接触する機会が多い。このように、我々の日常生活と雑音は切っても切り離せない関係にあると言える。

こうした日常的に発生する雑音の対策例として、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く方法が考えられるが、耳を悪くしてしまう問題や、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、雑音への対策として、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も考えられる。密閉型ヘッドフォンは、耳と振動板の間の空間をイヤパッドにより密閉することによって、外部の空気振動を遮断することが可能であり、結果として雑音から逃れることができる。また、ノイズキャンセリングヘッドフォンは、ヘッドフォンの外側から伝わってくる雑音と逆位相の音波を生成し、雑

音と互いに打ち消し合うことにより、ユーザはヘッドフォンから再生される音声のみを鮮明に聞くことを可能としている。しかし、これらのヘッドフォンは、周囲の雑音から受けるストレスを軽減することが可能な一方、ユーザが生活するのに必要な音までも遮断してしまう。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ったり、訪問者がベルを鳴らしたのに気づかなかったり、人に話しかけられても気づかなかったり、警報機の音に気づかなかったりするなど、全ての生活音を聞こえなくすることは人々の行動を阻害する可能性もはらんでいる。

そこで本稿では、雑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雑音の問題を解決する手法を提案する。具体的には、ユーザの周囲で雑音が発生した際に、その雑音とイメージが適切に組み合わせる楽曲をスピーカーから提示し、雑音を楽曲内に溶け込ませることで、ユーザの雑音に対する音量評価値を低減させ、雑音が気にならないようにするものである。ここで言う「適切な楽曲」とは、例えば図1に示すように、「夏」によく聞かれる雑音であるセミの鳴き声に対して、聞き手が「夏」をイメージするような楽曲のことを意味する。本研究では、このような適切な楽曲の提示が、雑音の主観的な聞こえ方にどう影響するかを実験により明らかにする。

本研究における貢献は、日常的な雑音に対して適切な組

^{†1} 明治大学
Meiji University

み合わせの楽曲を同時に提示することによって、雑音を気にならなくする手法の提案と、実験により実際にその雑音に対する音量評価値が小さくなることを明らかにした点である。

本稿の構成は次の通りである。まず、2章で音声および雑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、日常的な雑音に対して適切な楽曲を同時提示することで雑音を心理的に聞こえにくくする提案手法（以下、ノイズキャンセリングミュージック）について述べる。4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うとともに、実験結果をもとに考察も行う。最後に、5章で本稿のまとめと今後の展望について述べる。

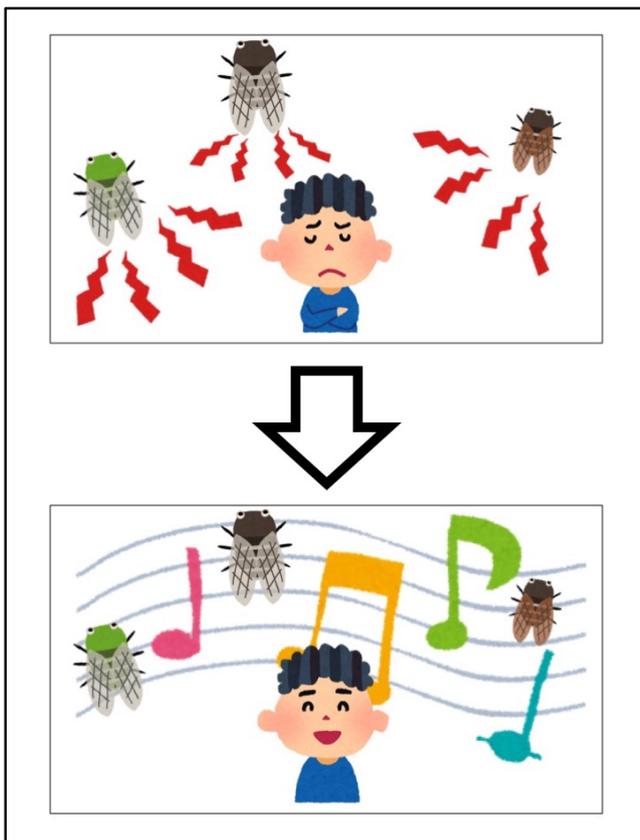


図1 提案手法のイメージ図
Figure 1 Image of our proposed method.

2. 関連研究

雑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。

門間ら[1]は、言語情報を含む音楽が提示されると言語処理作業に影響を及ぼすという仮説のもと、無音・歌詞のない音楽・歌詞のある音楽の3条件で文章読解をユーザに行わせ、作業数及び誤答数の変化を検証している。その結果、歌詞を含む音楽を流しながらの作業は、歌詞のない音楽お

よび無音の場合よりも誤答数が増加するということが明らかになっている。志水[2]らは、4桁÷2桁の除算問題を解く作業実験において、「歌詞のない Instrumental」「歌詞の理解が可能な J-pop」「歌詞の理解が不可能な K-pop」の3条件でそれぞれ計算作業量および心理的印象の変化について検証した。実験の結果、K-popの提示は、InstrumentalおよびJ-popよりも心理的負担を少なくして作業が進んだということが明らかになっている。我々の手法では歌詞のない楽曲と歌詞のある楽曲の両方を用いる可能性がある。ここで、楽曲によって雑音が気にならなくなったとしても、提示する楽曲自体が気になってしまうことにより作業の妨害となってしまう可能性がある。そのため、ユーザが認知的負担のかかる作業を行っている場合には、歌詞のある楽曲を提示しないなど工夫することが考えられる。

藤井ら[3]は、1桁の加算問題を解く作業中に白色雑音を提示し、これ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様々な雑音に着目し、これを対象として手法を検討している。

高橋ら[4]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、動画の内容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に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[5]は、雑音に対して別の音声（無意味定常雑音やBGMなど）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なっている。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雑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ということを明らかにしている。Mehtaら[6]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、雑音が人間に好影響を及ぼしていることが分かっている。これらの研究の結果より、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。我々の手法もこれらと同様に雑音に対して用い、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。

人の認知能力の1つとして、街中の雑踏のような多数の雑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[7]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するという方向性で類似していると言えるが、赤木らの研究はその音を曖昧にするものであり、雑音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するものであるが、我々は雑音と雰囲気のにた楽曲を再生することで雑音を楽曲に溶け込ませ、統合されたイメージとしてユーザに聴取させることで気にならなくさせることを目的とするものである。

井上ら[8]は、雑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雑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。この研究も方向性として我々の研究と類似しているが、ここで対象となる雑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。本研究は楽曲と近いイメージを持つ雑音を対象としているため、リズムに依存しない様々な雑音に対して楽曲を提示することが可能である。

3. 提案手法

本研究の目的は、日常的に耳にする様々な雑音を心理的に気にならなくさせることである。ここで、前章で述べたようにある音声と別の音声を組み合わせることで、特定の音声への注意度が向上するカクテルパーティ効果などが存在することも広く知られている。

そこで我々はこのカクテルパーティ効果とは反対に、雑音に適した楽曲を提示し、雑音を楽曲内に溶け込ませることにより、人の雑音に対する注意度を低減させる手法を提案する。本稿では本手法を「ノイズキャンセリングミュージック」と呼ぶ。動作イメージを図2に示す。

ノイズキャンセリングミュージックは消臭剤のように、ユーザの近くに設置されたデバイスで雑音を検知し、その雑音に対応した楽曲を自動提示することで雑音を気にならなくさせ、消音剤として機能するシステムである。例えば図2の場合であれば、机の上に置かれた本システムがセミの鳴き声を検知し、その雑音が「夏」を想起させるものと判定した場合に、「夏」を想起させるような楽曲を自動的に再生し、雑音を気にならなくさせる。このシステムは、密閉型ヘッドフォンやノイズキャンセリングヘッドフォンのように周囲の音を遮断しないため、雑音や提示する楽曲以外の音声情報も把握可能である。また、[5]などで扱われているマスキング音とも異なり、雑音を楽曲に溶け込

ませることで楽曲の一部とし、雑音を楽しむことさえも可能となり、ストレスなどの生理的指標にも好影響が与えられると期待される。

なお、本システムは基本的にスピーカータイプのものを想定しているが、その個人化されたものとして、ヘッドフォンに接続された音楽プレイヤーが周囲の音楽に合わせて雑音が気にならなくなるような楽曲をリストから選定し、ユーザに提示するなどの方法も考えられる。これにより、完全に外部の音声を遮断するような大きな音を再生せずに、雑音が気にならなくなると期待される。

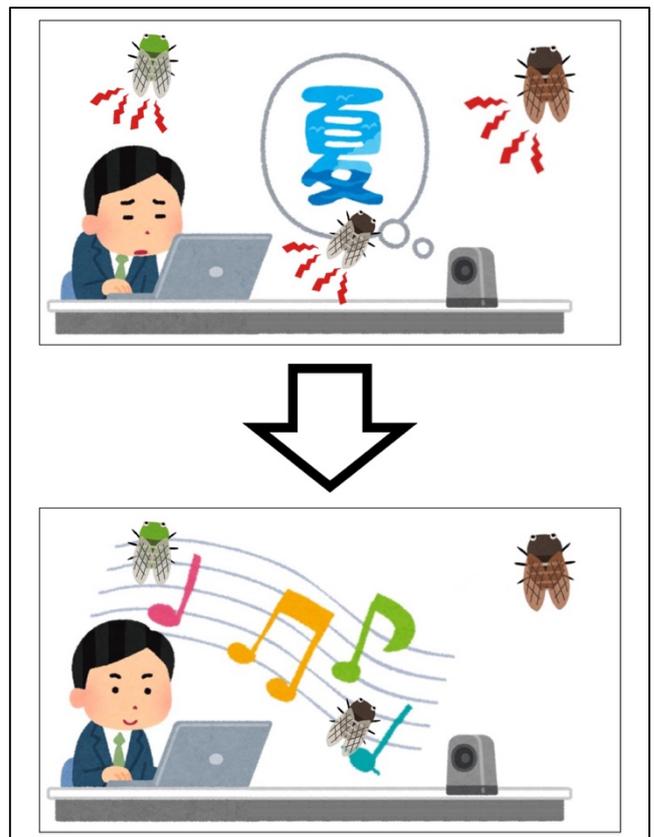


図2 ノイズキャンセリングミュージックの動作イメージ
Figure 2 Image of Noise Canceling Music.

4. 実験

4.1 実験目的

我々はまず、適切な楽曲と組み合わせることで雑音を聞いた際に、より小さく音量が評価されるという仮説を立てた。そこで実験により日常的な雑音を聞いた際に、適切な楽曲と組み合わせることで雑音が気にならなくなるかどうかを調査する。ここで言う適切な楽曲とは、はじめに述べた通り、「夏」によく聞かれる雑音であるセミの鳴き声に対して、聞き手が「夏」をイメージするような楽曲のことを意味している。

実験では、実験協力者にランダムな雑音と楽曲を組み合

わせて同時に提示し、その時の雑音に対する主観的な音量評価を分析することで提案手法の効果を調査する。

4.2 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雑音と楽曲を同時に聞くことで雑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。

まずシステムを起動すると、ユーザ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ユーザ名と同名の csv ファイルが作成される。ユーザ名の入力完了すると画面が遷移し、システムが雑音および楽曲の再生可能状態となる。このシステムでは、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「雑音と楽曲を組み合わせたもの」と「雑音のみ」が交互に再生される仕組みとなっている。

「雑音と楽曲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「Music を再生中」というテキストが表示される（ここでスライダーのようなインターフェースがあるが、ここでは実験協力者は何も操作はできない）。再生が終了し、テキストの表示が消えた状態で再び Play ボタンを押すと今度は「雑音のみ」が単体で再生される。この雑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ー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ーを操作して、「雑音と楽曲を組み合わせたもの」を聞いていた時の雑音単体の音量を再現するよう教示した。なお、「雑音のみ」のときのスライダーの初期位置はスライダーの中央になっている。またスライダーでは 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、実験協力者は場所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「雑音と楽曲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。このタスクを複数回行い、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、スライダー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。

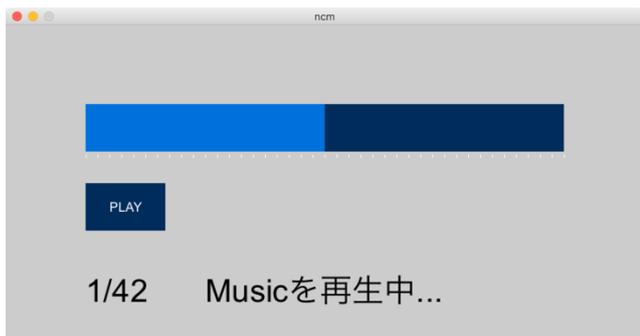


図 3 楽曲再生中の画面

Figure 3 A screenshot while playing music.

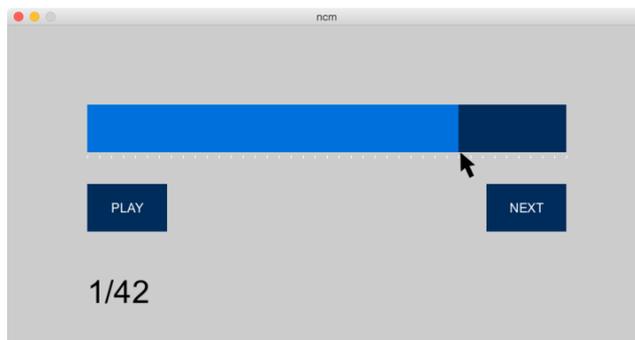


図 4 音量調整中の画面

Figure 4 A screenshot while adjusting the volume of noise.

4.3 実験手順

事前準備として、我々が日常的によく耳にし、不快感を伴うと判断した雑音と各雑音に適していると判断した楽曲についてディスカッションを行い、その雑音や楽曲のリストを列挙した。次に、その雑音と楽曲について各カテゴリに分け、1 雑音につき 1 楽曲を選定した。実験に用いた雑音と楽曲の内訳、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。

表 1 雑音と楽曲の対応表

Table 1 The correspondence between noises and music.

	カテゴリ	雑音	楽曲
			アーティストなど
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
			T-SQUARE
3	運動	運動部の掛け声	燃焼系アミノ式
			CM ソング
4	エンジン	ロケットの打ち上げ音	I Don't Want to Miss a Thing
			Aerosmith
5	話し声	人混み	Moanin'
			Art Blakey
6	悪天候	雷	He's a Pirate
			パイレーツオブカリビアン

ロケットのエンジン音については日常的に耳にすることは少ないが、航空機の飛行音や強風、掃除機や洗濯機の稼働音など、類似した雰囲気を持つ雑音が多いと判断したため今回の選定に至った。これらの選定された雑音 6 個と

楽曲 7 個（各雑音に適していると判断した楽曲 6 個と無音の音声ファイル 1 個）をそれぞれ組み合わせ、42 個の雑音と楽曲のペアを作成した。なお、これらの 6 個の雑音と、無音を除く 6 個の楽曲については、事前に再生時の音量のピーク（最大値）が同一になるよう波形編集ソフト（Audacity）を用いて編集を行っている。これらの組み合わせを実験協力者ごとに異なる順番で再生できるようにランダムに並び替えて実験に用いた。

実験協力者は、明治大学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 10 名である。実験協力者の年齢は 19～23 歳で、男性と女性はそれぞれ 5 名ずつであった。実験は周囲の環境音が遮断されている防音室で実施し、システム動作用に 2 台の MacBook Pro と、2 台の BOSE 社製のスピーカー（Bose Mini II SoundLink）を用いた。また、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、雑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、楽曲は近いスピーカー（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、雑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考慮したためである。

以上の条件のもと、実験協力者は実験用システムを用いて、雑音と楽曲を同時に再生したものを 30 秒間聞き、その後、雑音を単体で聞きながら実験システムのスライダーを操作して、雑音と楽曲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 6 個の雑音タイプ、7 個の楽曲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。

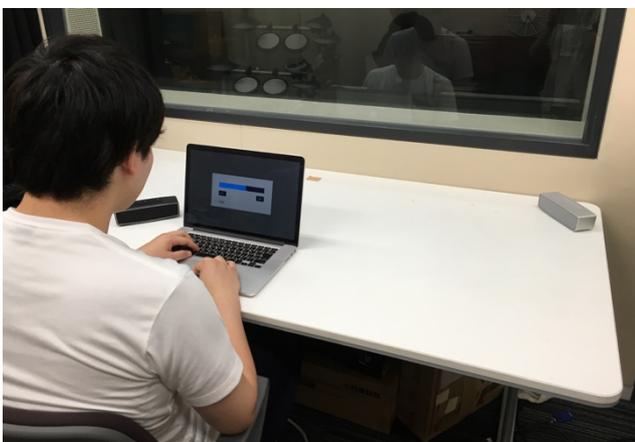


図 5 実験の様子

Figure 5 The appearance of an experiment.

4.4 実験結果

まず、今回の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・カテゴリごとに正規化を行った。正規化では表 2 のように雑音単体（楽曲が無

音だった際の組み合わせ）で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、各評価値を 29 で除算したものが正規化後の値となっている。

表 2 正規化の例

Table 2 An example of normalization.

雑音	楽曲	音量評価値	正規化後の値
夏	無音	29	1.00
夏	夏	25	0.86
夏	車	34	1.17
夏	運動	37	1.28
夏	エンジン	40	1.38
夏	話し声	34	1.17
夏	悪天候	37	1.28

図 6 は実験協力者 10 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。また、「夏」カテゴリの雑音に対して同じく「夏」カテゴリの楽曲を合わせて聞いた際の評価値の平均が左側に、それ以外のランダムなカテゴリの楽曲と合わせて聞いた際の評価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。また、雑音と楽曲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 は行に雑音が、列に楽曲がそれぞれ対応している。例えば「夏」カテゴリの雑音に対して「車」カテゴリの楽曲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。表 3 では、雑音ごとに最も値が小さくなったセルに色を付与してある。

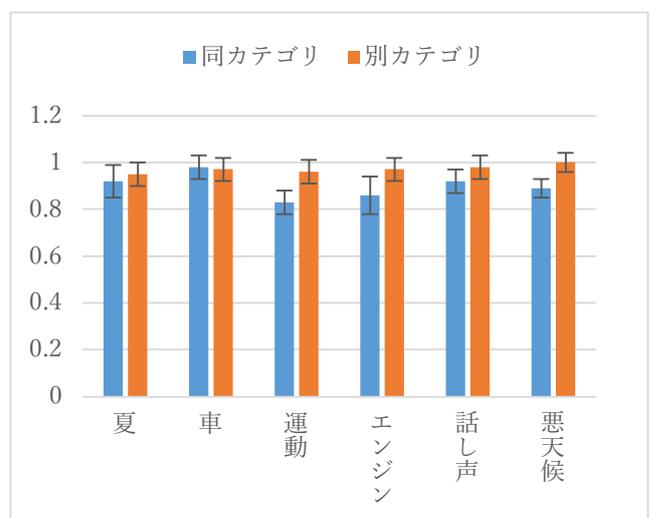


図 6 正規化された音量評価値

Figure 6 Normalized evaluation values of the noises.

表3 音量評価値

Table 3 The evaluation values of noises.

楽曲 雑音	無音	夏	車	運動	エンジン	話し声	悪天候
夏	1.00	0.92	0.96	0.99	0.96	1.02	1.01
車	1.00	0.94	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00
運動	1.00	1.00	0.94	0.83	0.95	0.96	1.02
エンジン	1.00	0.97	0.98	0.95	0.86	0.93	0.97
話し声	1.00	0.93	0.99	0.97	1.01	0.92	1.01
悪天候	1.00	0.89	0.97	0.96	0.90	0.98	0.89

4.5 考察

まず、図6において「車」カテゴリ以外の全てのカテゴリで、同じカテゴリの楽曲と合わせて聞いた際の音量が小さく評価されるという結果になった。つまり、同一の音量で再生された場合であっても、関連性のない楽曲と組み合わせる場合よりも、適切な楽曲と組み合わせる場合よりも、適切な楽曲と組み合わせる雑音を聞く際に心理的に音量を（平均して約7%）小さく評価する傾向があることが示された。実際に、実験協力者からは「ある組み合わせにおいて雑音が気にならず楽曲がより鮮明に聞こえた」などのフィードバックが得られており、提案手法の有用性が示される結果となった。また、同カテゴリの評価値6個の平均と、別カテゴリの評価値6個の平均を対応のある2標本のt検定にかけたところ、有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

しかし、「車」カテゴリのように、関連性のないランダムな楽曲との組み合わせで聞く方が雑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。これは選定した楽曲に対するイメージが、我々と実験協力者の間で若干異なっていたことが原因であると考えられる。そこで実際に実験に参加した10名に対して実験後、Web上でのアンケート調査を行った。楽曲に関するアンケートとして、「実験以前にこの楽曲を聞いたことがあったか」「楽曲を聞いて何を連想するか」「この楽曲に対する好感度はどれほどか」を6楽曲それぞれについてアンケートした。また、雑音に関するアンケートとして、「この雑音に対する好感度はどれほどか」を楽曲同様、6雑音それぞれに対してアンケートした。楽曲を聞いたことがあるかはYesかNoの二択形式、楽曲を聞いて何を連想するかは自由記述形式、楽曲や雑音に対する好感度は7段階のリッカート尺度によって回答させた。なお、実験に用いた楽曲や雑音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。

このアンケートにおいて、「楽曲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楽曲数と異なっていた楽

曲数を以下の表4に示す。10人がそれぞれ6楽曲について回答していたため、合計回答数は60であるが、そのうちのおよそ2割にあたる14楽曲において異なるものが連想されていた。具体的には、Summerに対して夕方、Truthに対してプロレス、I Don't Want to Miss a Thingに対してお笑い芸人のネタといったものが連想されていた。これらが連想された理由としては、実験に用いた楽曲が有名なものであったために、オリジナル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。

表4

楽曲から連想するものが同じだった数と異なっていた数

Table 4

The numbers of what is associated with from music are same or different between subjects and authors.

	同じ	異なる	合計
楽曲数	46	14	60

これらの14件の回答を省き、同じものを連想した46件の回答のみで実験結果を再計算すると図7左部のようになった。また、異なるものを連想した14件の回答のみで計算を行った結果も図7右部に示す。図6ではカテゴリごとに計算を行っていたが、図7では全体の結果を平均したのみを示している。これは分析に用いたデータの件数が少なく、カテゴリごとに分類を行うと用いられるデータ件数に偏りが生じてしまうことを考慮したためである。

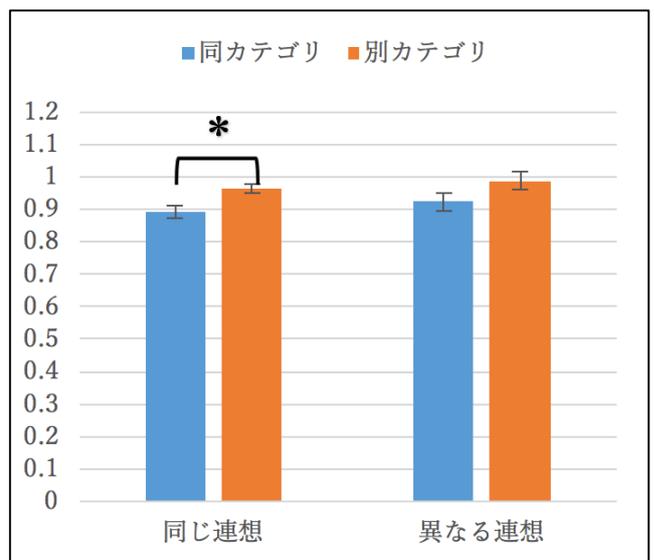


図7 同じものを連想していた回答と違うものを連想していた回答の音量評価値の違い

Figure 7 The difference of evaluation values of noises using the only music of same association and different association.

図 7 から、同じものを連想していた際の音量評価値は、異なるものを連想していた際の音量評価値よりも平均的に小さいことが分かる。ここで、同じものを連想した際の回答のみ、異なるものを連想した際の回答のみについてそれぞれ t 検定にかけたところ、同じものを連想した際については有意差が認められた ($p < 0.05$) もの、異なるものを連想した際については有意差が認められなかった。この結果は、楽曲から連想されるものが異なる場合に、提案手法が有効に働かない可能性を示唆している。つまり、人によって楽曲から連想するものが異なる場合に、必ずしも効果的に働かないことを明らかにしている。その一方で、雑音と楽曲に対して似たイメージを連想する場合には提案手法が有用であるということも同時に示している。このイメージの齟齬を解消し、その場にいる人のできるだけ多くの人と同じものを連想できるような楽曲を提示することが提案手法の有効性に大きな影響を及ぼすと考えられる。この、できるだけ多い人が連想するものの推定などについては、今後の研究において検討する予定である。

次に表 3 について、「夏」の雑音に対して「夏」の楽曲が効果的であるなど、仮説を支持するような結果が多く見られた。しかし、「車」雑音と「悪天候」雑音では我々の予想に反する結果が見られた。具体的には、これらの 2 つの結果においては、適していない楽曲を合わせて聞いた際にも雑音の音量評価値が小さくなっていった。この原因として考えられるのは、やはり雑音や楽曲からの連想である。「車」雑音に対して「運動」楽曲が効果的であると評価されたのは、運動に対してロードレースやラリーなど、車を用いるモータースポーツのイメージをもっていたことが原因として考えられる。また、「悪天候」雑音に対して「夏」楽曲が効果的であると評価されたのは、夏の雷雨や台風などのように、夏における一時的な悪天候のイメージをもっていたことが原因と考えられる。こうした原因については今回のアンケート内容などから判断することもできないため、今後の実験などにより改めて明らかにする予定である。

ここで、実験協力者が雑音を単体で聞いた際の音量評価値の平均を表 5 に示す。表 5 によると、実験協力者 G および J が明らかに他の実験協力者と比較して、音量を明らかに小さく評価していることが分かる。今回実施された実験の条件は統制されており、実験協力者が実験中に聴く音量はいずれも一定であるため、この 2 名の評価値は明らかに異常であると考えられる。そこで、この 2 名が外れ値であるかを、表 5 の結果をもとにして四分位数に基づき箱ひげ図を作ったものが図 8 である。ここで図 8 のエラーバーの上限は 29.7 であり、下限は 20.9 であった。つまり、29.7 以上の値と 20.9 以下の値は外れ値であるということになる。

この外れ値の判定をもとに、この 2 名の実験結果を除外して求めた実験結果が表 6 になる。表 6 では、表 3 と比較して雑音に対して適した楽曲を提示した際の音量評価値が

車の場合を除き、やや小さくなっていることがわかる。また、それ以外の楽曲を提示した際の音量評価値が大きくなる傾向が見られており、提案手法の有用性をより強く示す結果となった。

表 5 雑音単体での音量評価値

Table 5 The evaluation values of noises using only noise.

実験協力者	音量評価値
A	28.5
B	28.2
C	29.5
D	29.7
E	28.8
F	29.0
G	20.8
H	29.7
I	28.8
J	20.3

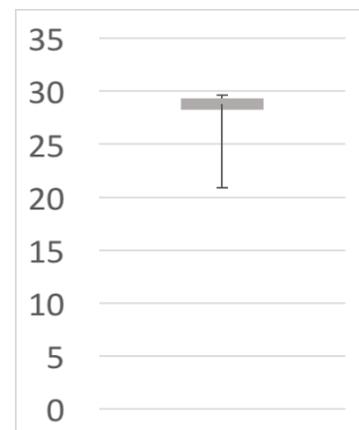


図 8 表 5 の結果を用いた箱ひげ図

Figure 8 Box-and-whisker plot created from Table 5.

表 6 G と J の結果を除いた音量評価値

Table 6 The evaluation values of noises without the result of G and J.

雑音 \ 楽曲	無音	夏	車	運動	エンジン	話し声	悪天候
夏	1.00	0.90	0.98	0.96	0.96	1.05	1.04
車	1.00	0.97	1.00	0.92	1.03	1.05	0.98
運動	1.00	1.01	0.99	0.83	0.96	0.95	1.05
エンジン	1.00	0.96	0.99	0.97	0.84	0.96	0.98
話し声	1.00	0.95	1.00	0.97	1.03	0.90	1.04
悪天候	1.00	0.87	0.99	0.99	0.92	1.06	0.90

5. まとめと今後の展望

本稿では、日常的に耳にする雑音に対して適切な楽曲を組み合わせて提示することで、雑音が楽曲に溶け込んだような感覚を与え、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た。また、実際に複数の雑音と楽曲を組み合わせた実験を実施し、雑音と楽曲のイメージが合致している際に、雑音の音量が小さく評価される傾向にあることが明らかになった。

今回の実験は、雑音を楽曲により雑音でなくするという研究の第一歩目であるため様々な要因を網羅できていない。そこで今後の研究ではまず実験人数を追加し、本稿では用いなかった他のカテゴリに適用できるような事例の収集などについても合わせて進める予定である。

なお、雑音に適した楽曲については、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。例えば、特定のイメージの楽曲を提示する場合でも認識されたユーザが日本人ならば J-pop を、英語圏の人ならば洋楽を提示することで、ユーザの楽曲に対するイメージと雑音のイメージの整合性を高める可能性がある。また、そのユーザが小さい頃に聴いていた楽曲などにも左右されると考えられる。そこで今後の研究において、このユーザごとに適した楽曲について明らかにしていく予定である。

一方、世の中では集中を促すものとして、波の音などの環境音が収録された CD などが発売されている。こうした環境音も雑音を消すのに有効に働くと考えられる。そこで今後の研究では、雑音に対するこうした環境音の提示の影響などについても実験を行うことにより明らかにしていく予定である。

こうした点を明らかにした後、将来的には実際の雑音を認識し、その雑音に適した楽曲を自動提示するシステムの実装を目指す。その場合、今回の実験で見られたような雑音と楽曲に対するイメージの齟齬をどう解消するかを検討する必要があるため、こちらについても調査する予定である。また、今回は著者らが雑音および楽曲を選定したが、実際にはその雑音およびその場にいるユーザに適した楽曲の推定自体も行っていく予定である。可能であれば実際にセミがいる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きたい。

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) 門間政亮, 本多薫. 音楽に含まれる言語情報が文章課題に与える影響に関する検討. 人間工学. 2009, vol.29, no.3, p. 170-172.
- 2) 志水佳和, 菅千索. 計算課題の遂行に及ぼす BGM の影響について(2) - BGM 音楽の歌詞の理解を中心として -. 和歌山大学教育

学部教育実践総合センター紀要. 2014, no.14, p. 103-112.

- 3) 藤井健生, 佐伯徹郎, 山口静馬. 無意味雑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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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雑音・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.