

ノイズキャンセリングミュージック： 音楽の印象誘導による騒音の不快感軽減効果の検証

横山幸大^{†1} 徳久弘樹^{†1} 中村聡史^{†1}

概要：日常生活で我々が耳にする騒音の対策として、ヘッドフォンやイヤフォンで音楽を聴くことや耳栓などを利用した騒音の遮断が考えられるが、呼びかけやアナウンスに気づかず、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という手法を提案してきた。我々はこれまでに、騒音のイメージに適した音楽を提示することで、騒音の音量が元々の音量より小さく認識される傾向があることを明らかにしてきた。しかし、これまでの実験では、実験監督者と実験協力者の間で、音楽から連想するイメージに相違がある場合に、提案手法の効果にばらつきがあった。そこで本研究では、音楽に合わせて適切な映像を直前に提示し、その音楽に特定のイメージを植え付けたうえで、本手法の有効性について再検証を行った。実験の結果、映像提示により、全く異なる連想をする人はいなくなり、手法の効果が強まる傾向が示された。しかし、映像刺激を画像群にし、音楽を特定の印象をもたないニュートラルなものに変更したところ、騒音の不快感を下げることはできるが、心理的な音量には変化は見られないことが示された。

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の中にいる。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、食事をする音（咀嚼音）など、家で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だけでなく、その不快感はストレスの要因にもなりうる。

こうした日常的に発生する騒音の対策例として、通常のヘッドフォンやイヤフォンを利用して耳を塞ぎつつ、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、聴力の悪化や、音漏れにより他者に迷惑をかけてしまうといった問題がある。また、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、背後から人に話しかけられても気づけない、警報機の音に気づかないなど、全ての音を遮断することはかえって人々の生活を阻害する可能性もはらんでいる。

我々はこれまでの研究[1][2]において、騒音を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ノイズキャンセリングミュージックを提案してきた。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適切に組み合わさる音楽や、騒

音の不快感を低減するようにイメージを変容させるような音楽をユーザに提示することで、ユーザが聴く騒音の音量を心理的に低減させ、騒音を気にならなくさせるものである。具体例は下記の通りである。

- 騒音と音楽の一致：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/ヘッドライト・テールライト（作詞作曲：中島みゆき）』を提示

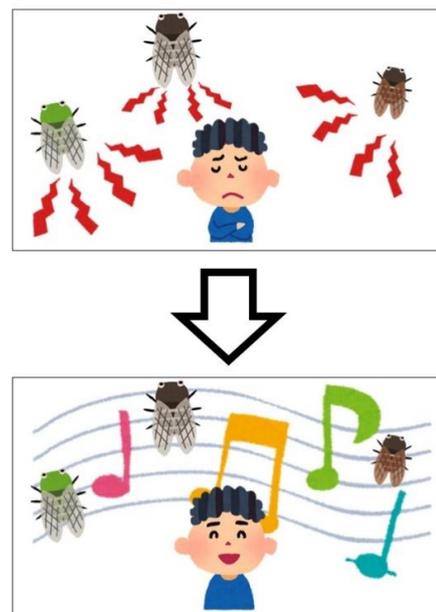


図1 ノイズキャンセリングミュージック

^{†1} 明治大学
Meiji University

我々のこれまでの研究[1][2]では、騒音のイメージに適した音楽を提示することで、騒音の音量が元々の音量より小さく認識される傾向があることを実験により明らかにしてきた。その一方で、騒音と音楽のイメージが一致しない場合には、提案手法の効果が薄いことも示唆された。例えば、音楽が『Summer（作曲：久石譲）』の場合に我々が想定していたイメージは「夏」であったのに対して、実験協力者が「切ない」「静か」などの我々と異なるイメージをする場合に、提案手法の効果がなかった。また、実験協力者に実験で使用した音楽に対して「この音楽からイメージするものは何か」というアンケートを取ったところ、半数以上が我々の抱いていたイメージと異なる回答をしており、「騒音に適したイメージの音楽を提示する」という点で、提案手法の効果の検証としては不十分であった。我々の提案する手法は、騒音と音楽のイメージが一致することによって騒音の印象を変化させることを目的としているため、適切な音楽を提示するという点は不可欠であるが、これまでの実験より、万人の連想するイメージが1つに定まる音楽の選定をすることは非常に困難であると予想される。

そこで本研究では、ユーザが音楽に対して抱くイメージを誘導することで、騒音の音量を心理的に低減させ、騒音を気にならなくさせる手法を提案し、その有用性を実験により明らかにする。本実験では、映像により音楽の印象を誘導し騒音に効果があるかどうか、またそもそも連想するものが存在しないような音楽（ニュートラル音楽）を、画像群により印象誘導したものが騒音に効果があるかの2点について検証を行う。

2. 関連研究

日常的に発生する騒音対策については、これまでに様々な研究が行われている。

Noah[3]は、ヘッドフォンなどのデバイス内で騒音に対してデジタル信号処理（DSP）を施し、聴いている音楽に溶け込ませる Ambient Addition を提案している。この手法は、周囲の情報を遮断せずに騒音の不快感のみを取り除くという点で我々の手法と方向性が似ているが、我々の研究は、騒音の不快感を取り除くだけでなく、騒音のポジティブな印象に変化させることまでを視野に入れている。これにより、ユーザの生活の質を向上させるといった効果も期待できる。Haiyanら[4]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の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ている。また、Karlら[5]は静かな地域における風力タービンの騒音に着目し、マスキング音として風や波の音といった自然音を用いた際の効果を検証している。この結果、騒音の近く音量が減少されたことを報告している。こうした研究では、騒音に重ねる音は自然音に限定しており、人が

制作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、騒音の不快感を低減するという目的は同様であり、音楽にも同様の効果が確認されれば、より多くの騒音に対応することができるようになると思われる。また、為末ら[6]は騒音に対して無意味定常雑音や音楽などの音声を付与し、騒音に対するマスキング効果の検証を行っている。ここでは、マスキング音として無意味定常雑音を用いた場合には騒音から受けるストレスは上昇する傾向が見られた一方で、音楽を用いた場合には大きな影響が見られなかったことを報告している。

井上ら[7]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。この研究も騒音を心理的に気にならなくさせるものとして我々の研究と方向性が類似しているが、ここで対象とな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られる。本研究では騒音と音楽のイメージを合わせることで、騒音の不快感を低減することを狙ったもので、騒音のリズムに依存することなく様々な音楽を提示することができる。

音楽が人間の知覚に及ぼす影響についても様々な研究が行われている。

Alexandarら[8]は、BGMのジャンル（ヒップホップ、ジャズ、クラシック、ロック）が食べ物の味や刺激に及ぼす影響について調査し、4つの音楽ジャンルに対して抱く印象に応じて、チョコレートのような感情的な食べ物の刺激の印象を変化させることを報告している。Yamasakiら[9]は、環境の知覚に対して音楽を及ぼす影響を調査しており、知覚された環境と音楽の特性が一致しない場合において、環境の評価が音楽の特性の方向に影響されることを明らかにしている。これらの報告より、不快な騒音の環境も、音楽を混ぜることで真逆の印象に変える可能性が考えられる。

3. 映像の印象誘導による検証実験

我々が提案してきたノイズキャンセリングミュージック[1][2]は、「騒音と音楽を同時に提示すると、騒音と音楽の印象が一致する場合に、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、映像提示により音楽の印象を誘導することで提案手法の有用性を再検証することを目的とする。以下で具体的な実験内容と結果、考察に関して述べる。

3.1 実験設計

本節では事前に対象とする音楽と映像を同時に提示して、音楽から受ける印象を特定のものに誘導したうえで、その音楽と騒音を同時に聞いた時の聞こえ方がどのように変わるかを調査するための実験について述べる。

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	工事	削岩機	地上の星/中島みゆき
3	子供	子供の はしゃぎ声	Baroque Hoedown/ ペリー&キングスレイ
4	車	車の走行音	TRUTH/安藤まさひろ



図 2 「夏」カテゴリで使用した映像の一部

まず、カテゴリと映像の選定について述べる。我々は、本実験で映像提示以外の影響をなくすために、前回の報告から有効性が限定的、または、印象誘導が困難であると考えた「悪天候」「話し声」「駆動音」「音漏れ」「食事」を排除した4つのカテゴリを実験の対象として選定した。各カテゴリに対する騒音、音楽は前回の報告と同じものを使用し、映像は無料映像サイトの「Pixabay」,「YouTube」から、著者らの合議により、各カテゴリに適したポジティブな印象を与える可能性のある映像を選定した。

実験に使用した騒音、音楽をカテゴリごとに対応させたものを表1に示し、映像の例として「夏」の映像の一部を図2に示す。本実験では歌詞の影響を排除するため、日本語の歌詞のある「地上の星」については歌声のないカラオケバージョンの音楽を使用した。騒音と音楽については、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。

3.2 実験用システム

3.1 節で述べたように、映像提示により音楽の印象付けをした後に一定時間をおいて、適切な組み合わせの騒音と音楽を同時に聴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。実験のため、下記に述べる2つのシステムを Processing で実装した。

映像提示用のシステムでは、白い背景に黒い再生ボタンの描かれた画面を全画面表示し、再生ボタンをクリックすると、全画面表示のまま映像と音声ランダムな順番で各カテゴリの組み合わせで提示するようにした。また、1回につき30秒間ずつ再生され、再生が終わり次第、同様の操作を繰り返すことで4回再生できる仕組みになっており、すべての再生が終わると終了となる。

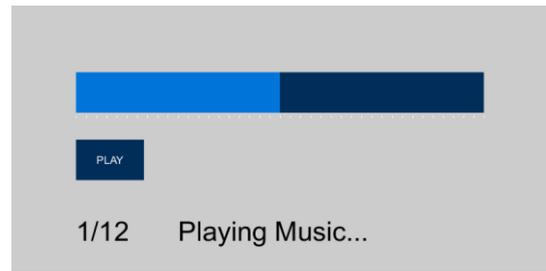


図 3 音楽再生中の画面

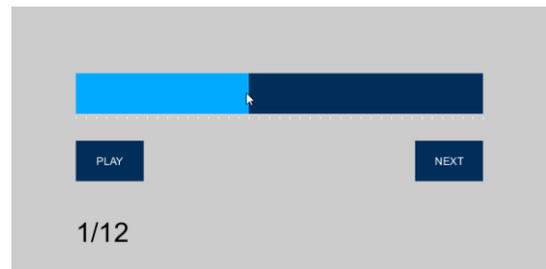


図 4 音量調整中の画面

騒音の聞こえ方調査用システムでは、まず実験協力者を入力するためのフォームが表示する。このフォームに名前を入力すると、実験モードへと画面が遷移し、システムにより騒音及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 ボタンを押すと、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、図3のように「Playing Music...」というテキストが表示され、「騒音と音楽を組み合わせたもの」が30秒間再生される（ここでスライド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ると、続いてチャイムが2回鳴った後、「騒音のみ」が再生される。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ドで騒音の音量調節が可能になる。実験協力者は、このスライドを操作して、音楽と騒音を同時に聞いていた時に聞こえた騒音の音量を再現するよう教示した。「騒音のみ」が再生されるときスライドの初期位置はスライドの中央の値である20となっている。スライドは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ド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。実験では実験モードに遷移してから、ここまでのタスクを1つのタスクとして、このタスクを8回行い、各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、スライドの操作によって調節された音量は数値として記録するようにした。

3.3 実験手順

実験協力者は、明治大学総合数理学部に所属する学生 14 名（男性 11 名と女性 3 名）で年齢は 18～21 歳であった。実験は周囲の環境音が遮断されている防音室で実施し、システム動作用パソコンの VAIO Pro 11 と JBL 社製のスピーカー（JBL PEBBLES）を用いた。また、音楽ファイルは右チャンネルからのみの出力になっており、騒音の音声ファイルは左チャンネルからのみの出力になっている。2 つのスピーカーと実験協力者の距離はそれぞれ 0.5m, 1m とし、左チャンネルを遠く（1m 離れた位置）に、右チャンネルを近く（0.5m 離れた位置）に設置した。これは実際にシステムに用いる際に、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。

実験の流れは図 5 の通りである。まず、実験協力者 14 名を実験で映像提示するグループとしないグループに 7 名ずつランダムに分けた。映像提示を行うグループには映像提示用実験システムを用い、音楽とそれに対応した映像を 30 秒間ずつ視聴してもらい、視聴が終わるたびにアンケートに回答してもらった。その後、騒音の聞こえ方調査用の実験システムを用いて、騒音と音楽を同時に再生したものを 30 秒間聴いた後、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。ここまでの過程をもう一度繰り返し、次に騒音の不快感に関して 7 段階で評価してもらった。映像を提示するグループは図 2 の①から、映像を提示しないグループは③から実験を行い、後者のグループには赤い矢印の手順は踏まないようにした。

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聴いたことがあったか（Yes か No の二択形式）、②音楽を聴いて何を連想するか（自由記述）を音楽 4 曲それぞれについて質問した。なお、アンケート回答中に必要であれば、実験に使用した音楽の参照を行うよう指示し、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。1 人当たりの実験時間は 30 分程度であった。

3.4 結果

実験における音量評価値は実験協力者ごとの音の聞こえ方の違いから、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聴いた時の音量評価値を基準とし、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。

各騒音の評価値を映像提示あり、なしのグループごとに回答された音量評価値の平均を表 3 に示す。また、試行回数別に整理したものを表 4 に示す。

表 3 は行に各騒音、音楽のカテゴリが、列に映像提示のありなしがそれぞれに対応している。なお、各カテゴリで

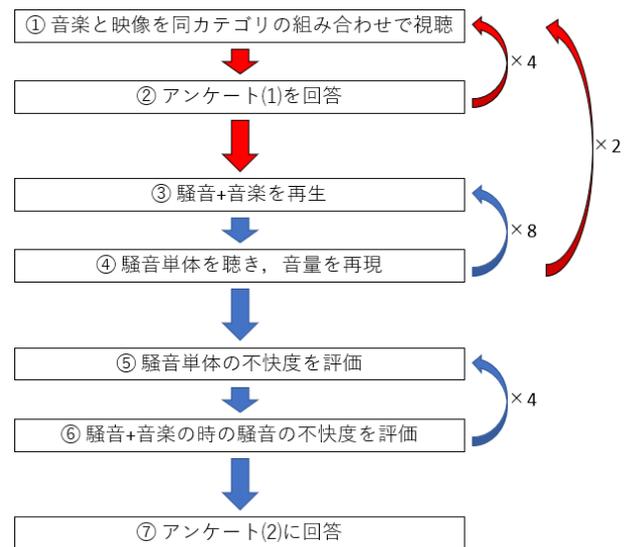


図 5 映像による印象誘導の検証実験の流れ

表 2 正規化の例（1 人）

騒音	音楽	音量評価値	正規後の値
夏	無音	24	1.00
夏	夏	13	0.54
工事	無音	20	1.00
工事	工事	18	0.90
子供	無音	21	1.00
子供	子供	15	0.71
車	無音	20	1.00
車	車	16	0.80

表 3 グループごと音量平均値の平均

カテゴリ	映像あり	映像なし
夏	0.93	0.93
工事	0.91	0.96
子供	0.76	0.88
車	0.83	0.88

表 4 グループにおける回数ごとの音量評価値の平均

カテゴリ	1 回目		2 回目	
	映像あり	映像なし	映像あり	映像なし
夏	1.00	0.96	0.85	0.90
工事	0.93	0.95	0.89	0.97
子供	0.64	0.87	0.87	0.88
車	0.86	0.89	0.79	0.87

評価値が小さい値になったセルを灰色で塗りつぶした。この結果より、「夏」カテゴリ以外の3カテゴリにおいて映像提示を行ったグループの方が、映像提示を行っていないグループに比べて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。

また表4は、行に各カテゴリ、列に映像提示ありなしと提示回数ごとの4条件がそれぞれ対応している。なお、提示回数ごとに映像提示ありなしを比較し、各カテゴリの音量評価値が小さくなっているセルを灰色に塗りつぶしている。この結果より、映像提示を1回行った場合の「夏」カテゴリ以外は映像提示を行った場合の方が行わない場合よりも音量評価値が小さくなっていることと、「子供」以外のカテゴリは、映像提示回数が増えるに従い、音量評価値が小さくなっていることがわかる。

映像視聴を終える度に行ったアンケートの「映像を見て連想したものは何か」という質問に対して、複数回答された回答を各カテゴリで回答数の多かった順に5つ抽出したものを表5に示す。この結果から、唯一「子供」のカテゴリにおいて、我々の想定していた「子供」という回答が少なく、多くの人が異なる連想をしたことがわかる。

次に、実験協力者に騒音単体4種類と、同カテゴリの騒音と音楽を合わせた4種類について、山口ら[10]の研究で用いられた指標を用いて不快度を尋ねた結果を映像提示ありなしのグループごとにしたものを表6に示す。

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。映像提示のありなしで再生条件を比較し、各カテゴリにおいて、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た。両グループにおいて、すべてのカテゴリで騒音に音楽を合わせたときの不快度が騒音単体の不快度を下回る結果となった。

表5 映像から連想したものの回答として多かったもの

夏/回答数	工事/回答数	子供/回答数	車/回答数
夏/8	工事/6	遊園地/13	車/10
森/6	仕事/6	クリスマス/6	CM/6
太陽/5	テレビ番組/5	家族/4	レース/5
リラックス/4	職人/3	子供/4	ドライブ/3
公園/3	危険/3	パレード/3	スピード感/3

表6 グループ別の騒音の不快度

カテゴリ	映像あり		映像なし	
	騒音のみ	騒音+音楽	騒音のみ	騒音+音楽
夏	5.8	4.9	5.4	4.4
工事	4.8	4.3	5.6	4.8
子供	3.6	2.9	3.0	2.2
車	4.1	3.6	3.8	3.0

3.5 考察

まず表3の結果から、音楽に合わせて適切な映像提示を行うことで、音量評価値がより小さくなり、我々の提案するノイズキャンセリングミュージックの有用性が示された。また、表4から「夏」「工事」「車」カテゴリにおいては、映像提示回数が増えるにつれて、心理的音量を小さくする効果が強まる傾向があると考えられる。映像提示ありの条件において「子供」カテゴリは提示回数を増やした場合に音量評価値が高くなってしまった。これは表5で示されている通り、「子供」カテゴリで選定した映像が赤いトナカイのメリーゴーランドが映った映像であったためか、「クリスマス」や「家族」、「遊園地」などの回答があった。そのため、回を増やすことで、違う印象にミスリードされてしまった可能性があり、このことが逆効果につながってしまったと考えられる。しかし、「遊園地」という回答は15回答中で13回ととても多かったのにも関わらず全体として音量評価値が小さくなる傾向があった。このことから、「子供のはしゃぎ声」という騒音と「遊園地」という連想物の印象が実験協力者の中で一致したのではないかと考える。

また、騒音に対する不快度調査の結果については、どちらのグループもすべてのカテゴリにおいて、騒音+音楽で聴いた場合のほうが騒音単体で聴いた時よりも不快度が軽減する傾向が示されたが、映像ありとなしのグループ間有意な差はみられなかった。

以上より、直前に映像提示を行うことで提案手法の有効性を高められる可能性が示されたとともに、映像提示では連続的な情報を与えてしまうため連想するものが、分散してしまい、印象を我々の狙ったものに誘導することがうまくできていなかったと考えられる。

4. 画像群による印象付与による検証実験

3章で行った実験では、元々ユーザが何らかのイメージを抱いていた音楽に対して、そのイメージを誘導することでノイズキャンセリングミュージックの有用性を検討した。ここでは、新たに「印象をもたない音楽に対しても特定の印象を付与することで、同様の効果が得られる」という仮説を立てた。また、先述の実験で映像が必ずしも印象誘導に効果的でないことがあったことから、仮説の検証をする際に、画像群を用いて実験を行った。以下に具体的な実験内容と結果、考察を述べる。

4.1 実験設計

本節では特定の印象をもたないニュートラル音楽に合わせて、同時に画像群を提示することにより、音楽に印象を付与できるか、またその音楽と同時に聴く騒音の間こえ方にどのような変化があるかを調査するための実験について述べる。

まず、映像提示が印象誘導で効果的でないこともあった

理由は、映像刺激の場合、連続的かつ与える情報量が多く、連想するものが多くなり、印象を1つに収束させにくかったことが原因として考えられる。そこで我々は、映像を画像群にし、実験協力者に画像の関連性を考えさせるようにすることで、印象を1つに収束させやすくできるのではないかと考えた。例えば、「夏」の印象を与えたい場合、夏で連想される「海」「スイカ」「花火」「お盆」「浴衣」などの画像を提示することで、これらの画像の関連性は「夏」だと考えさせることができれば、印象を1つに収束させることができるのではないかと考えたためである。

次にニュートラル音楽と画像群の選定について述べる。ニュートラル音楽はすべて YouTube のオーディオライブラリーから、画像は「Unsplash」「Pixabay」「Burst」「Flickr」から選定を行った。

ニュートラル音楽の選定において、今回は完全にニュートラルなものを選定するのではなく、夏なら弦楽器を使用している、工事ならドラマチックなジャンルを、子供ならスタッカートを、車ならアップテンポをといたように、印象にやや近い特徴をもつ音楽を選定した。各カテゴリにおいて、著者らの合議によって定義した特徴と実際に用いた音楽を表7に示す。

画像群は、2つの条件に当てはまるものを選定した。1つ目の条件はネガティブな印象をもたないことで、2つ目の条件は先述した理由から画像の関連性を考えさせ、狙った印象のみの画像だけでなく、関連性をもった様々な画像群になるようにすることとした。なお選定した枚数は各カテゴリにおいて8枚ずつであり、実際に実験で「夏」カテゴリとして用いた画像を図6に示す。

表7 各カテゴリにおいて定義した特徴

カテゴリ	特徴	音楽
夏	弦楽器を使用	Mr. Sunny Face
工事	ドラマチックジャンル	Plenty Step
子供	スタッカートを多用	Rainbow Forest
車	アップテンポ	Puppets Pulling Strings



図6 「夏」で用いた画像群

4.2 実験用システム

前節で述べたように、特定の印象をもたないニュートラル音楽に合わせて同時に画像群を提示することで、音楽に印象を付与できるか、またその音楽と同時に聴く騒音の聞こえ方がどのように変わるかを調査する。そのための実験用システムを Processing で実装した。

画像群提示用のシステムを起動すると、映像提示の実験で用いたシステム同様に、白い背景に黒い再生ボタンの描かれた画面が全画面表示される。再生ボタンをクリックすると、全画面表示のまま画像群と音楽がランダムな順番で各カテゴリの組み合わせで提示される。1回につき30秒間ずつ再生され、再生が終わり次第、同様の操作を繰り返すことで4回再生できる仕組みになっている。また、すべての再生が終わると終了となっている。

騒音の聞こえ方調査用システムは、音楽ファイルをニュートラル音楽に変更し、3章の実験で用いたものをそのまま使用した。

4.3 実験手順

実験協力者は、3章の実験に協力してもらった明治大学総合数理学部に所属する学生14名(男性11名と女性3名、年齢は18~21歳)に依頼し、実験環境も前の実験と変わらない条件にした。

また、本実験も画像群提示を行った場合と行わない場合で比較を行うため、画像群提示あり、なしの2グループに分けた。実験の流れを図7に示す。なお変更点は、特定の印象をもつ音楽からニュートラル音楽に、映像提示から画像群提示にしたことのみであり、それらの変更点以外は3章の実験と同様の手順で行った。

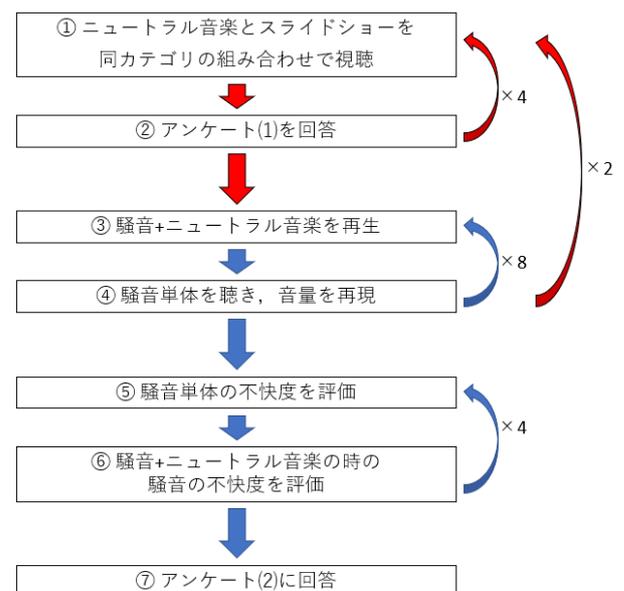


図7 画像群による印象付与の検証実験の流れ

4.4 結果

実験同様、音量評価値は騒音+無音で聞いた後の音量評価値を基準値として正規化を行った。各騒音の評価値を画像群提示あり、なしのグループごとに回答された音量評価値の平均を表 8、回数別にまとめたものを表 9 に示す。

表 8 は、行に各騒音と音楽のカテゴリが、列に画像群の提示のありなしがそれぞれに対応しており、各カテゴリで評価値が小さい値になったセルを灰色で塗りつぶした。表 9 は行に各カテゴリと列に画像群の提示ありなしで、それぞれ評価回数 1 回目と 2 回目に分けた 4 条件がそれぞれに対応している。なお、評価回数ごとに画像群提示ありなしを比較し、各カテゴリの音量評価値が小さくなっているセルを灰色に塗りつぶしている。この結果より、評価回数 1 回目の「夏」を除いて、画像群提示を行ったグループの方が画像群提示を行っていないグループに比べて音楽と合わせて聞いた際の騒音の音量が大きく評価されていることがわかる。これは映像提示の実験時と逆転しており興味深い。

また、画像群提示を終えた後に行ったアンケート調査でカテゴリごとに「画像群と音楽の印象がどれほど合っていたか」について 7 段階評価してもらった値の平均と、「画像群から何を連想したか」について回答数が最も多かった単語とその回数を表 10 に示す。この結果から、映像提示から画像群提示に変更したことによって受ける印象を狙ったものに定めやすくなったことがわかる。また、画像群から連想するものの狙いが良く反映されたにもかかわらず「車」と「工事」の印象評価値が低めに出たことから、この 2 つのカテゴリにおいて、ニュートラル音楽の選定が悪かった、もしくは、カテゴリの印象付与が比較的困難であったことがわかる。

次に、実験協力者に騒音単体 4 種類、同カテゴリの騒音とニュートラル音楽を合わせた 4 種類について、前の実験同様に不快度を質問した結果を画像群提示ありなしのグループごとに整理したものを表 11 に示す。画像群の提示ありなしで再生条件を比較し、各カテゴリにおいて、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た。この結果から、「子供」「車」においては画像群提示を行った場合は騒音単体よりも騒音+音楽で再生したほうが騒音の不快度は軽減し、反対に、画像群の提示を行わない場合は、騒音+音楽で再生したほうが騒音の不快度が増していることがわかる。「夏」については、画像群提示のありなしにかかわらず、騒音+音楽で再生することで、騒音単体で聴くよりも騒音の不快度が軽減するという結果になった。「工事」においては画像群提示のありなしにかかわらず、騒音+音楽で再生することで、騒音単体よりも騒音の不快度が増してしまうことがわかる。

4.5 考察

表 8、表 9 の音量評価の結果から、画像群提示を行った

表 8 グループごと音量評価値の平均

カテゴリ	画像群提示あり	画像群提示なし
夏	1.00	1.00
工事	0.98	0.88
子供	0.99	0.88
車	0.96	0.89

表 9 グループにおける回数ごとの音量評価値の平均

カテゴリ	1 回目		2 回目	
	画像群あり	画像群なし	画像群あり	画像群なし
夏	1.10	1.10	0.93	0.92
工事	1.00	0.87	0.97	0.89
子供	1.00	0.82	0.98	0.94
車	0.93	0.92	0.98	0.86

表 10 カテゴリごとのアンケート結果

カテゴリ	印象評価値の平均	最も連想された単語/回数
夏	5.58	夏/12 回
工事	4.34	工事/8 回
子供	6.08	子供/9 回
車	4.08	車/10 回

表 11 2 グループ別の騒音の不快度

カテゴリ	画像群提示あり		画像群提示なし	
	騒音のみ	騒音+音楽	騒音のみ	騒音+音楽
夏	5.6	5.1	5.4	4.8
工事	4.9	5.1	4.8	5.6
子供	4.4	4.0	3.0	3.4
車	4.3	4.0	4.2	4.8

場合は、提案手法の効果があまり見られず、仮説の立証には至らなかった。ここでは、画像群に変更したことと、ニュートラル音楽に変更したことのどちらが、この結果の要因なのか判断できない。しかし、表 10 から映像刺激を画像群にすることで、与える印象を狙ったものに合わせやすくなったことがわかる。そのため、ニュートラル音楽にしたことがうまくいかなかったことか、逆に印象づけすぎたことによって騒音が強調されたことが原因である可能性が高いと考えられる。また、実験後に実験協力者から「耳慣れない音楽が聞こえた場合に、その音楽に意識が向くため、少し、時間がたってから騒音に意識がいった」というフィードバックがあり、画像群提示を行ったグループは、提示を行わないグループよりもニュートラル音楽を聴く回数が多いため、耳慣れない音楽への反応が弱まり、騒音へ意識

が向きやすくなってしまったのではないかと考える。また、画像群を提示したことで、騒音の印象を強調してしまった可能性も原因の1つとして考えられる。

騒音の不快感調査に関しては、表 10, 11 の結果から考察を述べる。「夏」カテゴリがどちらの条件でも騒音+音楽の場合に騒音単体で聴くよりも、不快感が軽減したのは、本実験に用いた「夏」のニュートラル音楽が、ウクレレで演奏されたものを選定したためではないかと考える。ウクレレは、ハワイアン音楽に使用されることが多く、もともと夏との関連性が高いため、このような結果になったと考えられる。また「工事」においては、どちらの条件でも音楽と再生することで騒音の不快感が増す傾向となった。今回、実験で画像群を提示するたびに行ったアンケートでは「画像群から何を連想したか」の回答で「大変」「工事の辛さ」「過酷な労働」「悲壮感」などが多く見られた。これは我々の狙った印象が「働く人の格好良さ」であったため、工事の作業現場の写真を選定したが、ニュートラル音楽の曲調がやや暗めであったことから、実験協力者に画像をネガティブなイメージで捉えさせてしまい、逆効果につながってしまったのではないかと考えられる。「子供」「車」においては、画像群提示を行った場合のほうが、騒音+音楽で聴いた時に騒音単体よりも不快感が軽減する結果になった。これは、騒音の印象を強調してしまった可能性があるが、ポジティブな印象を植え付けられることはできたため不快感は軽減したのではないかと考える。

5. まとめと展望

本稿では、我々がこれまでに提案してきた、日常的な騒音に対して適切な音楽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、事前に印象誘導のためのコンテンツ提示を行うことで、音楽から受ける印象を誘導または付与し、手法の有効性を再検討することを目的とした実験をした。ここでは、特定の印象をもつ音楽とまたない音楽の2つを対象として、2種類の実験を行った。その結果を各印象誘導手法と各対象音楽に対応させたものを表 12 に示す。表 12 に示す通り、映像提示を行うことで特定の印象をもつ音楽をより、適切な印象へ誘導し、提案手法の効果がより効果的に働く可能性が示された。その一方で、画像群提示を行ってニュートラル音楽への印象付与は、画像がネガティブな印象をもたず、印象付与を容易にするヒントをもった音楽の場合に提案手法の効果が得られることが示された。

今回の実験において、映像の場合は音楽提示における騒音の音量が低く評価され、画像群の場合は音楽提示における騒音の音量が高く評価されてしまったのは、画像群により印象づけに成功しすぎたために、その騒音が強調された可能性もある。そこで今後は、この点について引き続き調

査を行っていく予定である。また今回行った実験だけでは、映像提示方法の比較と音楽条件の比較を行うには根拠が乏しい。そこで今後は、表 12 の斜線で示されている特定の印象をもつ音楽に画像群を提示する実験と、ニュートラル音楽に対して映像提示を行う実験、または他の印象誘導手法を検討する予定である。

今回行った実験では、狙った結果が出なかったが、ニュートラル音楽に印象付与する手法が発見できれば、将来的には、個人の好みの音楽で提案手法の効果を生み出すことができる可能性が考えられる。そのため、今後も印象誘導、印象付与の手法を模索していく予定である。

表 12 誘導手法と対象音楽

対象音楽 \ 誘導手法	映像 音量評価/不快感	画像群 音量評価/不快感
印象のある音楽	低減/低減	
ニュートラル音楽		効果なし/低減

謝辞 本研究の一部は、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.
- [2] 徳久弘樹, 佐藤剣太, 松田滉平, 松井啓司, 中村聡史. 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. 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション. Vol. 2018-HCI-178, no. 16, p. 1-8.
- [3] Vawter, N. Ambient Addition: How to Turn Urban Noise into Music. MIT. Dept. of Architecture. Program In Media Arts and Sciences. 2006. p.99-103.
- [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] Karl, B., Mats, E. N. The Potential of Natural Sounds to Mask Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica. 2010. vol. 96, p. 131-137.
- [6] 為末隆弘, 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.
- [7] 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.
- [8] Alexandra, F. Jean-François, M. Robert, J. H. Rachel, H. Han-Seok, S. Background music genre can modulate flavor pleasantness and overall impression of food stimuli. Appetite. 2014. vol. 76, p. 144-152.
- [9] Teruo, Y. Keiko, Y. Petri, L. Viewing the world through the prism of music: Effects of music on perceptions of the environment. Psychology of Music. 2013. vol. 43, p. 61-74.
- [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. 1997. vol. 53, no. 10, p. 788-797.