

自己効力感の獲得による不快音の認知的マスキング

椎久翔太^{1,a)} 竹内勇剛²

概要: 日常に溢れる不快音に対して、私たちは不快に感じる音環境を遮断するといった対応をする。音環境を遮断するという選択は、人間が不快音に対して干渉することができないという無力感も要因の一つとしてあげられるはずである。しかしながら音環境を遮断するということは、音の取捨選択の幅を狭めてしまう。本研究では音環境を遮断するのではなく、不快音を音楽の一部とみなすことで実質的に不快音が気にならなくなることを目指す。被験者が不快音が存在する音環境に自ら介入し、その音環境はコントロール可能であるということを知り、不快音の不快度を軽減する効果を期待する。不快音が自身の操作可能な音環境の一部であると感じることができれば、不快音が気にならない音環境ができると考えられる。本稿では不快音のリズムを基に生成した音楽を流し、音楽の調整が可能であることから、音環境への干渉が可能であるという認知を軸として不快音を認知的にマスキングする実験について述べる。

1. はじめに

環境音は日常の中で常に接している音であり、日常生活の中にも溢れている。生活環境音の中でもうるささなどから不快感を感じるようなものもある [1]。不快音は作業効率にも影響を及ぼすことがあるため [2]、自分が置かれている音環境に対して何らかの形でアプローチし、不快感を取り除こうとする試みが行われている [3]。不快音に対する対策としては、遮断して聴かないようにすることや、ノイズキャンセリング機能などを用いることで軽減することが挙げられる。ノイズキャンセリング機能はイヤホンやヘッドホンに搭載されているマイクが外部の環境音を収集し、収集した音の逆位相の音を再生することによって互いの音を打ち消し合うという仕組みである。ノイズキャンセリング機能は周りの環境音全てに働いてしまうため、音の取捨選択も困難であり、必要である音も実質的に遮断してしまう。一方で、ある音の影響で他の音の最少可聴域が上昇するマスキングと呼ばれる現象があり、スピーチプライバシーに注目して対象となる音を取捨選択するような試みもある [4]。このように、自分の周りの音環境を全て実質遮断してしまうノイズキャンセリングと比べ、マスキングは適応範囲が広く、必要な音が聞こえなくなることが望ましくない場面で効果を発揮することがわかる。

しかし、これらのような不快音に言えることは、不快音は不快だと認知しなければ不快音にはなり得ないというこ

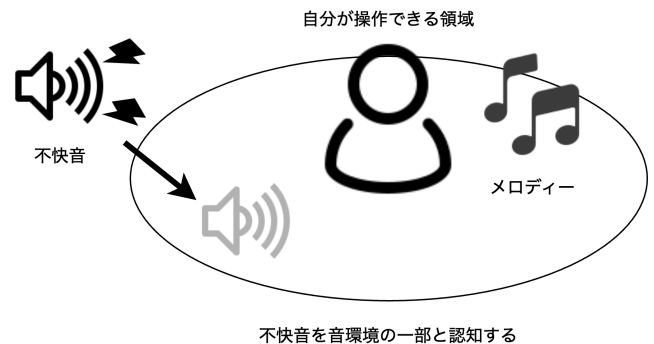


図 1 不快音軽減イメージ

とである。不快音は自分自身がコントロールできない状況で生じているものが多く、その状況によって不快感が生じている。自分自身がコントロールできない状況で生じている音に起因する不快音に着目すると、その発生と抑制に関して自分自身が操作できるとすれば、不快さは低減したり消失したりする可能性を示唆している。すなわち、発生している不快な環境音を操作できるならば、不快音としての認知も操作可能になるはずである。そこで本研究では、不快音のリズムに基づいて生成した音楽を再生し、図 1 に示すように音環境を遮断するのではなく、不快音を音楽の一部とみなす。その際に音楽のパラメーターを変更可能にすることで、自分が音環境を自由に変更可能であるというフィードバックによって、心理的にも不快感が軽減されることを期待している。

¹ 静岡大学総合科学技術研究科

² 静岡大学創造科学技術大学院

^{a)} shiiku.shota.19@shizuoka.ac.jp

2. 関連研究

不快音に対する不快度を低減する試みや音環境に対しての印象を操作するといった研究はすでに様々に行われている。

生藤らは、聴覚マスキングの原理に着目し、可能な限り小さい音圧の制御音で騒音の不快感を低減できる手法を提案している [5]。騒音の特に不快感を与える周波数値い気进行分析した上でそこに対する防御音を生成するという形で、音の物理的特性に対してのアプローチを行なっている例である。本研究では不快音の特徴を分析してマスキングを行うわけではないが、音環境の操作によって心理的に気にならないようにすることで不快度を軽減することを目的としている。

徳久 (2018) は、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気にならなくさせるという心理的効果について検証している。さらに、音楽に合わせて特定の騒音のイメージに合う映像を流すことによって騒音の音量を心理的に軽減し、騒音の不快度を下げることを実証している [6]。映像刺激による相乗効果を狙っているように、本研究では音によるフィードバックの効果も検証するため、心理的な効果に着目しているという点において類似している研究である。横山らの研究では既存の音楽を用いているが、本研究では生成した音楽をインタラクティブに変更していくなど、音環境への介入にあたって自由度があるという観点から、生成した音楽を用いている。

井上 (2007) では、雑音をリズム楽器に見立てることで、雑音の存在を許容しつつ音楽の中にうまく溶け込ませ、音楽そのものを聴きやすくするという手法を提案している [7]。この研究の雑音の存在を許容し、遮断はしないものの、音楽を用いて感覚的に気にならなくさせるという方向性は本研究と一致している。井上らの研究では音楽のビートを雑音と一致するように変換して再生している。本研究では、不快音を音楽に変換する過程でリズムの一致が起こるが、音楽の再生段階では不快音の低減を目的とした音響処理は加えず、認知的に気にならなくなることに比重を置いている。

タスクに無関係な逸脱音が、反復する標準音から逸脱することで、不随意に注意を引き付け、逸脱した刺激に反応を向、その結果、進行中のタスクでの反応時間が長くなるのがよく知られている [8]。Parmentier(2023) では、逸脱音に対する方向づけ反応から注意資源が枯渇するため、注意力散漫が減少する可能性があるという説明を比較した [9]。ここでは逸脱音の予測の手がかりを提示することの効果を示している。本研究ではメロディーの操作による音環境の方向づけを行い、注意資源の枯渇を防ぐという見方も可能であろう。

以上のように不快音、あるいは人に対して何らかの形で刺激を加えることによって不快感を減少させる手法を検証する研究が行われてきた。そこで本研究では、音環境に対する介入によるフィードバックは不快感の軽減に効果があるか、さらに視覚的なフィードバックによる相乗効果について検討する。積極的な介入から得られるフィードバックをと大して不快音に対する認知の変化が働くことにより、無力ゆえに発生する不快感軽減できるはずである。

3. メロディーの生成と音環境の操作

3.1 不快音の選定

不快音に対して不快感を感じる要因は主に音圧や特徴的な周波数などが挙げられる [10]。総務省の公害苦情調査では、典型7公害では、騒音の33.2%が最も多く、個々の公害の発生要因として工事・建設作業の14.8%が2番目に多いと報告している [11]。このような不快音に対して、人は基本的に無力であり、その事実はより不快感を増大させる要因だと考えられる。本研究では、不快音を基に音楽を生成することで擬似的に自分の領域に不快音と音楽が存在する音環境を構築する。このように不快音を自分の領域に引き込み音楽の一部とすることで、音楽を操作するとその音環境に対して自分の意思を反映することが可能になる。これによって不快音への干渉の可能性を得ることができれば、その不快音に対しての無力感が解消され、不快音が気にならなくなるのではないかと仮定する。本研究では、公害の発生要因の中でも、音として最も不快とされていた工事・建設作業の音を採用した。

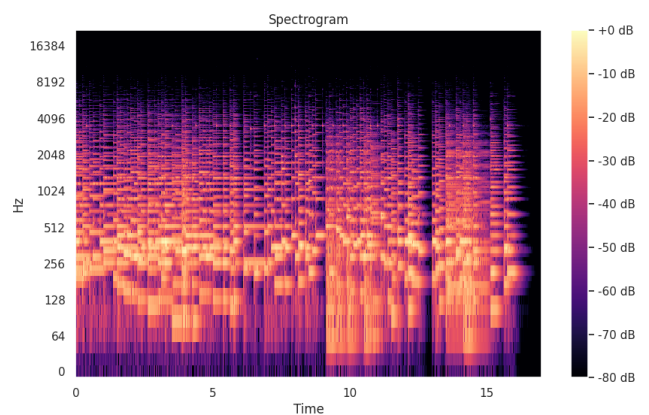


図2 不快音のスペクトログラム

3.2 メロディーの生成

不快音を音楽として処理するためにMIDIに変換する。ピアノのソロ演奏を生音からMIDIに変換することができるモデルであるOnset and Frames[12]を用いて、不快音をピアノ音に見立てることでMIDIに変換する。このモデルはオンセットとフレームを予測するように訓練され

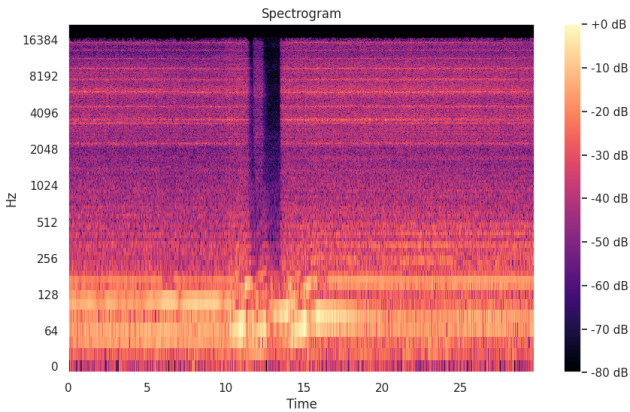


図 3 メロディーのスペクトログラム

た畳み込みリカレントニューラルネットワークを用いており、従来の音楽転写技術と比べて高い精度を出している。この処理を行うことは、不快感をピアノ音として音楽生成の入力に用いるという目的のためである。

不快感から変換した MIDI を入力とすることで AWS DeepComposer Music Studio を用いて音楽の生成を行う。AWS DeepComposer Music Studio では「AR-CNN, GANs, Transformers」の 3 種類モデルが使用できる。本研究では音楽生成に自己回帰畳み込みニューラルネットワークの手法である AR-CNN モデルを使用する。上記のモデルでは入力された音楽に対して、音の追加と削除を繰り返してバッハが作曲した曲に近づけていくものである。これによって一定のリズムを持たない不快感に音楽と知覚できる程度にリズムを付与することが可能になる。生成した音楽はピアノ音で再生される。不快感とそこから変換したメロディーのスペクトログラムをそれぞれ図 2, 3 に示す。

3.3 音環境の操作

Weiyi(2015)では、単一音源の環境音について、ピッチ、強度、速度を調整することで知覚される情動が変化することが見出されている [13]。

再生する音楽のパラメータを変更可能にすることで、情動の変化から音環境に対する認知の変化が起こるのではないかと仮定する。実験では、オーディオエフェクトライブラリ pedalboard を用いてメロディーに Phaser 効果及び Chorus 効果を付与する [14]。Phaser 効果は、音楽制作に使われるオーディオエフェクトで、周波数依存の遅延を使用する。これは、スペクトル上に多くの null を作成するが、これらの null は、対数間隔上の一定間隔で発生する。この間隔が、メロディーを金属のような音に近づける。Chorus 効果も音楽制作においてよく用いられ、1つの音源から複数の音源を生成するオーディオエフェクトである。Chorus 効果は可変ディレイを使用することで実現され、ディレイ時間によって元の波形を少しずつ異なるピッチで再生する [15]。Phaser 効果について、軸となる周波数であ

る `centre_frequency_hz` を 0hz から 3000hz の範囲でリアルタイム変換することができる。Chorus 効果はエフェクトの低周波オシレーター (LFO) の速度を 0hz から 100hz の範囲でリアルタイムで制御することができる。

4. 実験

予備実験として実験協力者 12 名 (男性 11 名, 女性 1 名) に対してダイアル操作によってメロディーに音響効果がかかるというフィードバックを通してメロディー不快感への不快感が軽減されるかを検証したが、前後で有意な差は見られなかった。

そこで、メロディーへの音響効果というフィードバックのみではなく、自身の心拍数が表示された時、その様子が自身の操作によって落ち着いて見えるように視覚的フィードバックを与えることで影響を受けやすくなるのではないかと考え、心拍数による視覚的フィードバックを条件に加えた。また、主観評価のみでなく、被験者のふるまいに影響がないかを調べるために短期記憶タスクとして神経衰弱課題を行う。よって、本実験では実際の室内環境において、前章で生成したメロディーを用いてダイアルの操作によるパラメータの変更によって音環境への介入を行う。操作のフィードバックとして自身の心拍メータを表示しながら不快感が気にならないと感じるように操作をさせ、その音環境においてタスクのパフォーマンスが向上するかどうかを検証する。

4.1 実験用システム

不快感とメロディーが混在し、それが操作可能となる実験用システムを実装した。図 4 に示すように Python で GUI を実装し、不快感及びメロディーの再生、パラメータの調整を GUI 上で行うことができる。ウィンドウ上のボタンを押すことで該当の音源が再生される。音源は課題が終わるまで再生される。ウィンドウ下部に表示されているダイアルを回すことで、メロディーに対してパラメータの調節が可能である。また、ダイアルは物理ダイアルである Surface Dial と連動しており、実験では実際に Surface Dial を操作することでパラメータを調節する。全ての音声データについて、音圧にばらつきないようにするため、ノーマライズ処理を施した。実際に実験に用いた GUI を図 4 に示す。

また、心拍数を測定するために vivosmart5 を用いる。CBH 条件では被験者のダイアル操作に応じてランダム的に心拍数が本来のものよりも下がって見えるようにバイアスを付与する、

4.2 実験課題

音の侵入性は、その強さに関係なく、特に短期記憶処理を必要とするタスクの場合、認知処理とパフォーマンスを



図 4 実験システム GUI

混乱させる可能性があることが示唆されている [16]. 本実験では不快音への介入によって認知的に不快感を軽減することを明確にするため、短期記憶処理が必要となる神経衰弱課題を選定した. 使用した課題を図 5 示す.



図 5 神経衰弱課題

4.3 実験手順

実験協力者は 18 名 (男性 16 名, 女性 2 名) であった. 実験は周囲の環境音がない状態で行った. 被験者は神経衰弱を課題として行う. 練習で 1 回, 音環境の操作あり (Condition with Sound Manipulation, abbreviated as "CSM") と操作なしの条件 (Condition without Sound Manipulation, abbreviated as "CNSM") それぞれで 1 回ずつの計 3 回行った. まず練習で課題を 1 回行った後, 不快音とメロディーを同時に再生した音環境で課題を行った. 操作が有りの条件ではモニターに表示される被験者自身の心拍数を見せながらダイヤルによって音環境を操作した後に課題を行う. なお, 順序効果を考慮して操作なしの条件と有りの条件は順不同で行った. さらに, 操作が有りの条件でモニターに表示される心拍数にバイアスがかかっている条件 (Condition with Heart Rate Bias, abbreviated as

"CBH") とかかっている条件 (Condition without Heart Rate Bias, abbreviated as "CNBH") を加えた.

課題終了後に不快音の気になり具合について主観評価を行う. 評価は 1-7 の 7 段階で選択するものであり, 数値が大きいくほど不快度が高いことを示している. 評価は Google Form を用いて行い, 不快音がどれくらい気にならなくなったかを選択する.

5. 実験結果

神経衰弱課題のカードクリック数, 回答された不快度評価値, 測定した心拍数のそれぞれの条件ごとの平均値を表 1, そのグラフを図 6-8 に示す. 図の青の実線は CNBH 条件を示し, 赤の実線は CBH 条件を示す. 縦軸はクリック数, 評価値, 心拍数それぞれの平均を表す.

また, 神経衰弱課題のカードクリック数, 回答された不快度評価値, 測定した心拍数のそれぞれの結果に対して 2 要因分散分析を行った結果, クリック数と不快度評価に対して操作要因 (CNSM, CSM) ($F(1, 16) = 9.61, p < .01, \eta^2 = 0.38$), ($F(1, 16) = 12.82, p < .01, \eta^2 = 0.44$) に優位差が見られた. しかし, バイアス要因 (CNBH, CBH) ($F(1, 16) = 9.61, p > .090, \eta^2 = 0.00, ns$), ($F(1, 16) = 0.04, p > .090, \eta^2 = 0.02, ns$) には優位差が見られなかった. 心拍数に対しては両要因に対して, ($F(1, 16) = 0.22, p > .090, \eta^2 = 0.01, ns$), ($F(1, 16) = 0.06, p > .090, \eta^2 = 0.00, ns$) 優位差が見られなかった. またいずれの結果についても交互作用は見られなかった. このことから, メロディーの操作は効果があることがわかり, バイアスによる視覚的フィードバックは効果が無いことがわかる.

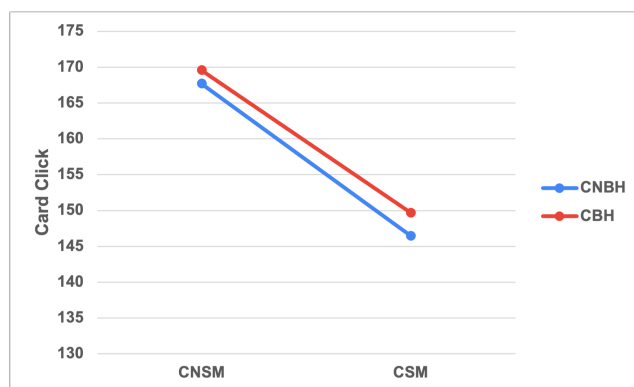


図 6 カードクリック数平均

6. 考察

表 1 と図 6, 7 の結果により, CSM 条件においてカードのクリック数と不快音評価値が下がっていることから, 音環境の操作によってタスクのパフォーマンスが向上していること, 不快音への不快感が軽減されていることがわかる. しかし, 表 1 と図 6, 7, 8 にも示されているように CBH 条

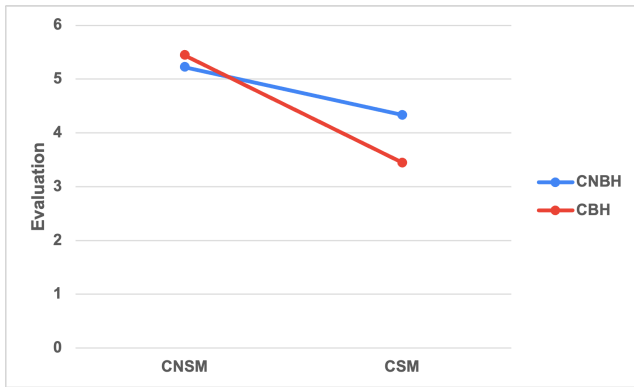


図 7 評価値平均

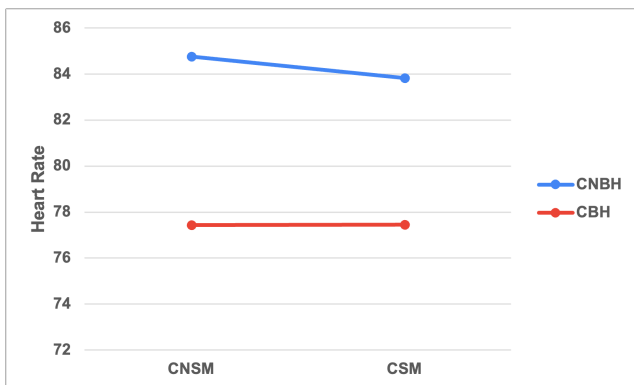


図 8 心拍数平均

表 1 実験条件

種別		CNSM	CSM
CNBH	クリック数	167.67	146.44
CBH		169.57	149.67
CNBH	主観評価値	5.22	4.33
CBH		5.44	3.44
CNBH	心拍数	84.76	83.83
CBH		77.45	77.46

件による効果は確認されず、心拍数のバイアスによる視覚的なフィードバックの効果はほとんどなかったということがわかる。これは予備実験を踏まえた仮説とは異なっており、タスクが追加されるだけでも、音環境の操作による不快感軽減の効果は十分に確認されることがわかった。神経衰弱のパフォーマンスの向上からも同様のことが言える。しかし、心拍数の結果に関してはクリック数及び評価値とは異なっており、CSM条件とCBH条件の双方で効果がなかったことがわかる。これは実際の不快感と心拍数の関係やリアルタイムの反映が十分に検討できていないことが原因として挙げられる。不快感の心拍数への反映を踏まえた厳密な心拍データの前処理が必要である可能性がある。

以上のことから、不快感とメロディーが混在する音環境において、短期記憶を要するタスクを行う際、音環境への積極的な介入を行うことで得られる音響効果のフィードバックが不快感の認知を変化させ、不快感の不快感が軽減する

こと、タスクのパフォーマンスが向上することが示唆された。この結果について、自分がある目標を達成するために必要な能力を持っているという信念である自己効力感が関係している可能性がある [17]。自己効力感是人間の行動や思考、感情に大きな影響を与え、自己効力感が高い人は、困難な状況でも挑戦的な態度を保ち、タスクのパフォーマンスが向上することが知られている。本来自己効力感教育の場などで引用される長期的なものであるが、タスクに対して特有の自己効力感も発揮されると考えられる。自己効力感の決定要因には内的要因（気分、健康など）と外的要因（騒音、天気など）が存在し、外的要因は内的要因に影響し、間接的に自己効力感に影響を与えることが知られている [18]。基本的に外的要因はコントロールが困難であるが、そこにあえて介入することで内的要因を統制することを示すアプローチといえる。また、本実験の結果から、自己効力感の獲得においては外的なフィードバックは効果がなく、音環境を操作したという自身の行動に効果があった可能性が示唆された。外的フィードバックよりも実際の行動が不快感の軽減につながるという結果は能動的な行動によって不快感を軽減するあらゆる状況に応用できる可能性も示唆している。

7. まとめ

本研究では、不快感のリズムに基づいて生成された音楽を用い、被験者が音楽のパラメーターを調整可能な状態にした。このアプローチにより、不快感を認知的にマスキングする実験を行った。被験者が不快感が存在する音環境に自ら介入し、その音環境はコントロール可能であるということを知り、不快感の不快感を軽減する効果を期待した。その結果、音環境への積極的な介入によって得られる音響効果のフィードバックが不快感の認知を変化させ、不快感を軽減し、タスクのパフォーマンスが向上することが示唆された。この成果は自己効力感という概念と関連しており、自分がある目標を達成するために必要な能力を持っているという信念を保つことでタスクのパフォーマンスが向上することが知られている。研究結果から、外的フィードバックよりも実際の行動が不快感の軽減につながることが示され、能動的な行動によって不快感を軽減する可能性が示唆された。

謝辞

本研究は静岡大学情報学部で実施されている先端情報学実習の一環で行われている研究プロジェクト「インタラクティブデザイン」（代表：大本義正准教授）での議論に基づいている。

参考文献

- [1] 山口星香, 小野貴史, 山本理人. 正面及び背面からの接近音に対する距離と不快感の対応. 信州大学教育学部研究論集, Vol. 15, pp. 33–49, 2021.
- [2] 岩田紀. 音響環境が作業遂行に及ぼす影響の規定因としての注意の集中度. 心理学研究, Vol. 46, No. 2, pp. 91–99, 1975.
- [3] 橋本修, 茨木大輔. 主観的評価に基づくオーブンプランオフィスにおける執務作業時のサウンドマスキングの適用に関する検討. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 80, No. 716, pp. 877–885, 2015.
- [4] 佐伯徹郎, 山口静馬, 為末隆弘. マスキングノイズによるスピーチプライバシー保護に関する一考察. 日本音響学会誌, Vol. 61, No. 10, pp. 571–575, 2005.
- [5] 生藤大典, 辻川美沙貴, 中山雅人, 西浦敬信. 聴覚マスキングに基づく室内騒音の不快感低減手法. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 96, No. 8, pp. 511–519, 2013.
- [6] 徳久弘樹, 佐藤剣太, 松田滉平, 松井啓司, 中村聡史ほか. 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. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2018, No. 16, pp. 1–8, 2018.
- [7] 井上亮文, 備瀬翔平, 市村哲, 松下温ほか. 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, Vol. 48, No. 3, pp. 1251–1261, 2007.
- [8] Erich Schröger. A neural mechanism for involuntary attention shifts to changes in auditory stimulation. *Journal of cognitive neuroscience*, Vol. 8, No. 6, pp. 527–539, 1996.
- [9] Fabrice BR Parmentier and Maria Hebrero. Cognitive control of involuntary distraction by deviant sounds. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, Vol. 39, No. 5, p. 1635, 2013.
- [10] Sukhbinder Kumar, Helen M Forster, Peter Bailey, and Timothy D Griffiths. Mapping unpleasantness of sounds to their auditory representation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 124, No. 6, pp. 3810–3817, 2008.
- [11] 内閣府. 令和元年度公害苦情調査, 2019. Accessed: 2023-04-18.
- [12] Curtis Hawthorne, Erich Elsen, Jialin Song, Adam Roberts, Ian Simon, Colin Raffel, Jesse Engel, Sageev Oore, and Douglas Eck. Onsets and frames: Dual-objective piano transcription. *arXiv preprint arXiv:1710.11153*, 2017.
- [13] Weiyi Ma and William Forde Thompson. Human emotions track changes in the acoustic environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112, No. 47, pp. 14563–14568, 2015.
- [14] Peter Sobot. Pedalboard, July 2021.
- [15] Pablo Fernández-Cid and Fco Javier Casajús-Quirós. Enhanced quality and variety for chorus/flange units. In *Proc. 1st COST G-6 Workshop on Digital Audio Effects (DAFx98)*, pp. 35–39. Citeseer, 1998.
- [16] Robert Hughes, Dylan M Jones, et al. The intrusiveness of sound: Laboratory findings and their implications for noise abatement. *Noise and Health*, Vol. 4, No. 13, p. 51, 2001.
- [17] Albert Bandura. Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist*, Vol. 37, No. 2, p. 122, 1982.
- [18] Bernard Weiner. An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological review*, Vol. 92, No. 4, p. 548, 1985.