

楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法の検討

土井 敦士¹ 中 久治¹ 根岸 佑也² 梶 克彦³

概要：迷惑な社会問題の1つにイヤホンからの音漏れが挙げられる。モバイル機器の普及により、音楽やゲームなど様々なコンテンツを持ち運べてどこでも楽しめるようになったが、普及に伴いイヤホンからの音漏れなど新たな問題が起こっている。従来の研究では、それらの問題に対して問題を検出し抑制する方向性であった。ところが、そのような禁止・抑制指向ではユーザは回避を試みてしまい、本質的な解決には繋がらないと考える。本研究では音漏れ抑制の手法として、従来の禁止や抑制する方向性ではなくユーザがコンテンツに満足感を得ながら音漏れの抑制が可能となる手法を提案する。本稿では、楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法として、状況に合わせた音漏れしにくい編曲を提案・検討する。楽曲聴取の満足感とは、元の楽曲聴取時と同等かそれ以上の満足感が得られる状態を指し、音漏れ抑制とは状況に合わせて音漏れしにくい状態を指す。旅行で電車を利用するシチュエーションを想定し、メタル調の元楽曲を旅の雰囲気に適するような曲調に編曲を行った。その過程を通して、どのように元楽曲の分析を行うか、またどのような編曲を行えば良いか検討した。

A Study of Method to Satisfaction of Music Listening and Sound Leakage Suppression

ATSUSHI DOI¹ HISAHARU NAKA¹ YUYA NEGISHI² KATSUHIKO KAJI³

1. はじめに

迷惑な社会問題の1つとして、イヤホンからの音漏れが挙げられる。モバイル機器の普及により、音楽やゲームなど様々なコンテンツを持ち運べてどこでも楽しめるようになった。しかし、普及に伴い歩きスマホや電車内でのイヤホンからの音漏れなど、普及前には見られなかった新たな問題が起こっている。音漏れは音楽を楽しんでいる本人が自身で音漏れを聞けないため、音漏れが発生していると気づくのは難しい。

従来の研究では、歩きスマホや音漏れ等の問題に対しそれらを検出し抑制する方向性であった。歩きスマホに対しては根岸らの歩きスマホを検出し画面ロックをする手法 [1]、イヤホンからの音漏れに対しては鈴木らの楽曲をクラスタリングし音漏れしているクラスタのみに帯域抑制フィルタを適用する手法 [2] などが挙げられる。ところが、

これらのような禁止・抑制指向ではユーザは回避を試みてしまい、本質的な解決には繋がらないと考える。

そこで、本研究では従来の禁止や抑制する方向性ではなく、ユーザがコンテンツに満足感を得ながら音漏れの抑制が可能となる手法の提案を目的とする。本稿では、楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法として、ある A という楽曲を聴取したいユーザに音漏れしにくい A' という楽曲を生成し推薦できる手法の検討を行う。ここで、楽曲聴取の満足感とは、元の楽曲聴取時と同等かそれ以上の満足感が得られる状態を指し、音漏れ抑制は状況に合わせて音漏れしにくい状態を指す。

2. 楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法に向けた課題の整理

まず、禁止志向の手法として、音漏れを検出した場合に楽曲の再生を停止する手法が考えられる。しかし、楽曲の再生を停止するとユーザが楽曲を聴取できず満足感が損なわれる。そのため、楽曲の聴取を禁止する手法ではユーザ

¹ 愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

² メタプロトコル株式会社

³ 愛知工業大学情報科学部

が満足できず禁止からの回避を試みてしまい、根本的な解決にならないと推測する。

また、従来の音漏れ抑制の手法では環境や機器の違いが考慮されていない。従来の音漏れ抑制手法としてAVLS(Automatic Volume Limiter System)や、オーディオオブジェクト個別操作法に基づくイヤホン漏洩雑音の低減手法が挙げられる。しかし、これらの手法では環境や機器によっては音漏れ抑制が十分にできず、音漏れが発生してしまうと考えられる。

そこで、環境や機器の違いを考慮した音漏れ抑制の手法を考える必要がある。我々は、環境や機器に応じて変化する音漏れをGMMで表現した音漏れモデルを提案した[3]。音漏れモデルを用いると、環境やイヤホン機器を考慮した音漏れの抑制が可能となる。そこで、環境や機器に応じた音漏れ抑制の手法として音漏れモデルを帯域抑制フィルタとして用いる手法を考える。

2.1 音漏れモデルを用いた帯域抑制フィルタによる音漏れ抑制

音漏れモデルを用いた帯域抑制フィルタによる音漏れ抑制手法の説明を行う。まず、音漏れモデルから帯域抑制フィルタを生成する手法を説明する。帯域抑制フィルタを生成する概要図を図1に示し、以下に手順を示す。

Step.1 音漏れモデルのGMMを読み込み、読み込んだ値の最大値が1.0となる正規化を行う。

Step.2 正規化されたGMMに0から1までの間の任意のフィルタの強度を掛け合わせる。このとき、掛け合わせるフィルタの強度が高いほど音漏れを強く抑制するフィルタとなる。図1では例として0.2を掛けている。

Step.3 Step.2で得られた値を抑制フィルタになるように値の反転を行う。このとき1.0からStep.2で得られた値を引いて反転を実現する。

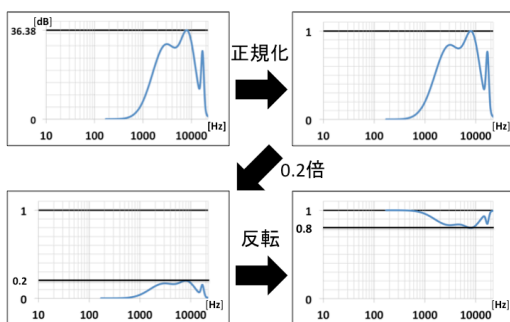


図1 帯域抑制フィルタ生成の概要図

次に、生成した帯域抑制フィルタを楽曲へ適用する手法を説明する。帯域抑制フィルタを楽曲に適用する概要図を図2に示し、以下に手順を示す。

(1) FFT(Fast Fourier Transform)を用いて楽曲の波形信号から周波数スペクトルを得る。

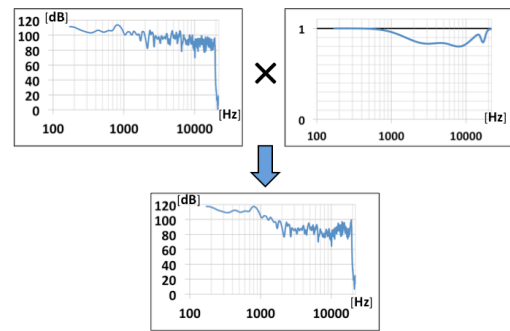


図2 帯域抑制フィルタの楽曲への適用の概要図

- (2) 得られた周波数スペクトルに前述の手法で生成した抑制フィルタを掛け合わせる。
- (3) 逆FFTを用いて加工された周波数スペクトルを波形信号に戻す。

2.2 帯域抑制フィルタによる手法の結果と考察

音漏れモデルを用いた帯域抑制フィルタによる音漏れ抑制手法の音漏れ抑制効果と楽曲への影響を調べるため実験を行った。手法で生成した楽曲の音漏れ抑制効果を音漏れの許容度、楽曲への影響を楽曲の満足度として調べた結果を次の図3に示す。

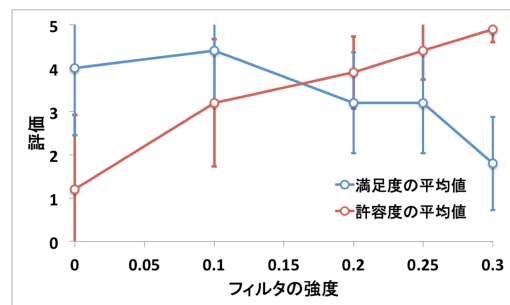


図3 帯域抑制フィルタを用いた手法による音漏れの許容度と楽曲の満足度の関係

音漏れの許容度とフィルタの強度との関係性を見ると、フィルタの強度を高めるにつれて許容度の評価が上がっている。これは、フィルタの強度を高めていくと音漏れの抑制が強くなる考えられ、この手法に音漏れ抑制の効果があると示している。

楽曲の満足度とフィルタの強度との関係性を見ると、フィルタの強度を高めるにつれて満足度の評価が下がっている。ここから、フィルタの強度を高めていくとユーザが楽曲に対して違和感を覚え、満足感が損なわれているとわかる。

2.3 禁止・抑制志向の問題点の整理

禁止・抑制志向の音漏れ抑制手法の問題点として次の2つが挙げられる。

- (1) 禁止するとユーザが楽曲を聴取できず満足度が低下する。

(2) 帯域抑制フィルタによる音漏れ抑制は満足度を低下させる傾向がある。

(1) では、楽曲の再生を聴取中に停止すると満足感が損なわれるため、禁止志向ではない手法を考える必要がある。(2) では、帯域抑制フィルタによって楽曲を直接抑制するため、聴取したユーザが違和感を覚えるため満足度が低下していると考えられる。そこで、帯域抑制フィルタを使用しない手法が求められる。

そのため、禁止・抑制志向ではユーザに何らかの形で我慢を強いる結果になってしまい、元のコンテンツより満足度が低下してしまうと考えられる。音漏れを検出した場合に楽曲の再生を停止するようなシステムでは、ユーザが楽曲を聴取しているときに強制的に停止されるため、満足度が低下すると考えられる。また、抑制フィルタを用いた手法では元のコンテンツからの劣化が避けられない。特定の周波数帯域を抑制すると元のコンテンツの音のバランスが崩れたり、抑制した結果音量が小さくなり満足度が低下すると考えられる。

3. 楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法の検討

2章での課題を踏まえ、禁止・抑制志向ではない手法について検討する。禁止・抑制せずに楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立するためには、状況にあった音漏れしにくい楽曲の聴取が効果的と考える。そこで、楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立させるために、状況の導入と音漏れしにくい編曲について考える。

状況に合わせた編曲の例として次の3つが挙げられる。

- (1) 旅行する際に、メタル調の楽曲を旅行の雰囲気にあった民族調の楽曲に編曲する。
- (2) 受験勉強をする際に、ハードロックの曲を勉強に集中できるような環境音楽に編曲する。
- (3) 喫茶店で作業する際に、EDM(Electric Dance Music)の楽曲を喫茶店の雰囲気にあったジャズ楽曲に編曲する。

これらの状況に合わせた編曲をする際に音漏れしにくい編曲が行えれば、楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立できると推測する。今回、(1)のシーンを想定した編曲を手動で行った。また、元楽曲は筆頭著者(土井)が制作した楽曲を用いた。元のメタル調の楽曲(<http://kajilab.net/mcd/original-metal.mp3>)。編曲後の民族調の楽曲(<http://kajilab.net/mcd/arrange-ethnic.mp3>)。

3.1 状況の導入

状況に応じた楽曲の聴取へのアプローチとして、ユーザに楽曲を推薦する手法が挙げられる。従来のユーザに音楽を推薦する手法として、我々の過去の研究で状況と嗜好に

合わせたプレイリストを提示する手法 [4] や、西尾らによる音楽推薦システムへ向けた手法 [5]、宇野によるライフログから個人の選曲傾向を把握しそれに従い推薦する手法 [6] など様々な手法が示されている。

しかし、これらの手法はある状況に対して合う楽曲の推薦を行うため、ユーザがあるAという曲を聴取したいと思ったときに、その状況に合わせた音漏れしにくい類似の曲を推薦する必要があるが、それぞれの状況ごとの音漏れしにくい曲を保持する必要が出てくるため、元の曲が何曲にもなると組み合わせが膨大になる。

3.2 状況に合わせた音漏れしにくい編曲

音漏れしにくい編曲を行うためには、元楽曲の何が音漏れしやすいかの分析と、編曲する上で音漏れしにくい楽器や音色の選定を行う必要がある。音漏れのしやすさは音漏れモデルを用いると判断できる。音漏れモデルを元のメタル調の楽曲と編曲後の民族調の楽曲の周波数スペクトルと照らし合わせた図を図4に示す。図4より、音漏れモデルと照らし合わせると元のメタル調の楽曲よりも編曲した民族調の楽曲のほうが音漏れしやすい周波数帯域のパワーが低減しているとわかる。

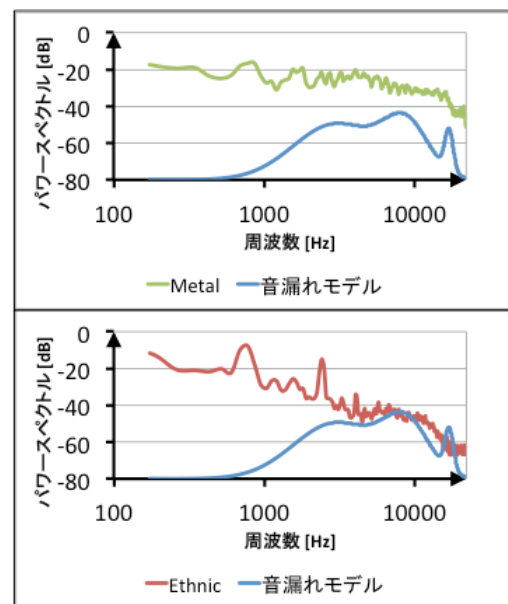


図4 音漏れモデルと照らし合わせたメタル調の楽曲の周波数スペクトル(上)と民族調の楽曲の周波数スペクトル(下)

3.2.1 元楽曲の分析

まず、元楽曲が目的とする状況に合っているか考える。旅行するシーンを考えると、旅行の雰囲気を感じられる曲が好ましい。しかし、メタル楽曲では旅行の雰囲気を感じられる楽曲は少ない。

今回の元楽曲であるメタル楽曲の特徴を、音漏れの観点から次に示す。

- 歪んだギターが用いられるが、歪ませた音は倍音成分

が多く含まれており音漏れしやすい高周波成分が多くなる。

- 連続して速くギターやドラムを演奏するため、瞬間的な音圧が高くなりやすい。
- ドラムセットの中でも特にハイハットやシンバルが高周波成分が多くよく音漏れしやすい。

これらの要因から、音漏れしにくく編曲するためには歪んだ音が少なく、楽器を連続して速く演奏せず、ハイハットやシンバルを極力使わない楽曲が良いと考えられる。

3.2.2 状況に合わせた音漏れを考慮した編曲

音漏れモデルを照らし合わせ音漏れしやすい周波数帯域を考慮しながら楽曲の作成を行う。編曲者は、旅行のときに聴く曲や勉強するときに聞く曲といった目的に合わせた曲を作る際に、音漏れしやすい周波数帯域を考慮して楽器や音色の選定を行う。また、ミックスやマスタリング等の曲の仕上げ作業でも、音漏れしやすい周波数帯域に補正を加えて音漏れしにくい編曲を実現する。

今回、メタル調の楽曲の音漏れしやすい特徴を踏まえ、次の点を考慮した民族調の曲に編曲を行った。

- 民族音楽でよく使用される歪みのないアコースティックギターを用いた。
- 瞬間的な音圧が高くなりにくいゆったりとしたテンポの曲に編曲した。
- 音漏れしやすいハイハットやシンバルを使用せず民族音楽によく使われるパーカッションを使用した。

楽器や音色の選定やミックスやマスタリング等の曲の仕上げ作業で、音漏れモデルを用いて音漏れを考慮する。楽器や音色の周波数帯域を音漏れモデルと照らし合わせると、音漏れしやすい周波数成分が多いかどうか判断できる。また、仕上げ作業でも音漏れモデルを用いて音漏れしやすい周波数帯域をわずかに低減する調整を施して、音漏れの抑制を行う。

編曲した楽曲に主観評価を行った。被験者は本稿の著者2名で、静かな環境で行った。主観評価の結果、元楽曲に比べて音漏れが少なく、旅番組のBGMのような雰囲気を感じ、元楽曲よりも旅に適した楽曲だと感じ取れた。

3.3 自動編曲への展望

音漏れモデルにより音漏れしやすい周波数帯域がモデルで表現されているため、音漏れを測定したデータをそのまま扱う場合よりも自動化が簡易化すると推測する。そのため、音漏れモデルを用いると自動編曲への応用も今後の展望として考えられる。

従来の自動編曲の手法として、長濱らのゲーム音楽を対象とした手法 [7] やユーザの感性に合わせた手法 [8] などが提案されている。これらの手法に音漏れモデルを用いると、楽器や音色の周波数特性が音漏れしやすいかどうか判

断できる。また、3.2.1 節の分析や 3.2.2 節の音漏れの考慮の方法論を確立できれば、音漏れを考慮した編曲が実現できると考える。

環境や機器への対応を綿密に行う場合、機器の種類は無数にあるため様々な機器への対応には大量に楽曲が必要になり手動では困難である。そこで、自動編曲に應用ができれば手動での作成が必要ないため簡易的に楽曲の編曲ができ、環境や機器への綿密な対応も可能となると考える。

4. おわりに

本稿では、従来の禁止・抑制志向ではない、楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法について検討した。楽曲聴取の満足感とは、元の楽曲聴取時と同等かそれ以上の満足感が得られる状態を指し、音漏れ抑制とは状況に合わせて音漏れしにくい状態を指す。

楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法として、状況に合った音漏れしにくい編曲を提案・検討した。旅行に適した音漏れしにくい編曲を行った楽曲に対して主観評価を行った結果、生成した楽曲は元楽曲に比べて音漏れが抑制されていたと感じた。また、旅番組のBGMのような雰囲気を感じ、元楽曲よりも旅に適した楽曲だと感じ取れた。

参考文献

- [1] 根岸匠, 田中二郎, 神場知成, “ながらスマートフォン” 防止システムの開発”, 第 76 回全国大会講演論文集, pp.301-302, 2014.
- [2] Suzuki, S., Miyabe, S., Kamado, N., et al., “Audio object individual operation and its application to earphone leakage noise reduction”, Proceedings of ISCCSP 2010, 3-5 March(2010).
- [3] 中久治, 土井敦士, 根岸佑也, 梶克彦, “音漏れモデルに基づくスマートフォンを用いた音漏れ検出手法”, DICOMO 2017, pp.1526-1533, 2017.
- [4] 梶克彦, 平田圭二, 長尾確, “状況と嗜好に関するアノテーションに基づくオンライン楽曲推薦システム”, 情報処理学会研究報告 2004-MUS-58, pp.301-302, 2004.
- [5] 西尾毅士, 田村哲嗣, 速水悟, “より良い音楽推薦システムへ向けた試み”, 人工知能学会全国大会論文集, pp.1-4, 2006.
- [6] 宇野愛, “MALL: ライフログを用いた楽曲推薦結果の一覧可視化”, 第 74 回全国大会講演論文集, pp.335-336, 2012.
- [7] 長濱裕太郎, 中村滋延, “ゲーム音楽を対象とした自動編曲ソフトウェアの制作”, 情報処理学会研究報告 2013-MUS-101, pp.1-4, 2013.
- [8] 沼尾正行, 高木将一, 中村啓佑, “ユーザの感性に合わせた自動編曲及び作曲”, 情報処理学会研究報告 2001-MUS-041, pp.49-54, 2001.