

ポインティング・デバイスの操作感覚に影響を与えることを目的とした音響フィードバック

高野 衛¹ 須田 拓也¹ 安藤 大地¹ 馬場 哲晃¹ 串山 久美子¹

概要：人間は環境から得られるフィードバックをもとに動作を認識する特性を備えている。この認知特性を背景に拡張現実の分野では、デジタル・フィードバックを用いた感覚の拡張手法の研究が行われている。音響フィードバックを用いた研究においては、音響パラメーターの変化によって体性感覚や空間認識における印象の変容に関する事例が報告されている。これらの事例をもとに、操作印象の拡張を目的とした動的な多変数の音響パラメーターの操作が可能なシステムを用いたフィードバック手法の提案を行う。

1. はじめに

1.1 背景

人間は、動作において内部感覚と動作に伴う環境フィードバックによって身体や動作のイメージを作り上げている。拡張現実やクロスモーダルの研究分野においては、情報の知覚化を利用した体性感覚の拡張に関する研究が行われている。一般的に視覚フィードバックを用いた感覚への影響についての研究が多く行われている。一方で、聴覚フィードバックに関する事例が近年いくつか報告されており、音を用いたフィードバックによる拡張手法の可能性も示唆されている。本研究では音響フィードバックを用いることでデバイスの操作感覚に影響を与え、動作や身体イメージの変容が可能な手法の提案を行う。

著者らは、これまで動作情報をもちいた音響フィードバック手法の提案を行ってきた [1]。本稿ではタッチパネルやトラックパッドなどから得られた入力情報をもとに音響情報を生成することにより、ポインティング・デバイスの操作感覚に影響を及ぼすことが可能なフィードバック手法の提案を行う。入力情報によって音が持つ周波数や音量などの複数の音響パラメータを動的にコントロールすることで、ポインティング・デバイスの操作印象の拡張を目指す。このような音響フィードバックを用いることで、ドローイングアプリにおける操作性の向上や、拡張現実や仮想現実における動作のニュアンス表現を向上することが可能になる。本稿では、背景となる事例をもとに設計したシステムについての詳細と、今回行ったフィードバック手法についての考察を行う。

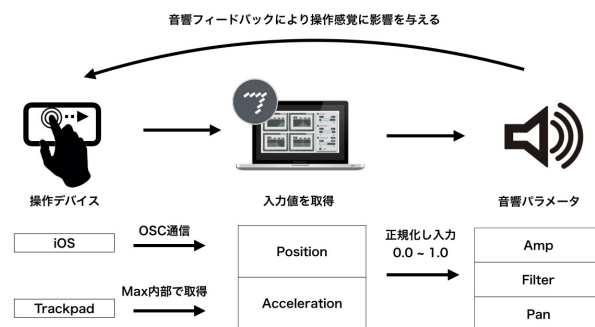


図 1 システム概要図

1.2 関連研究

本節では関連する先行研究や実装事例を提示し、本論文のシステム設計に至る背景を説明する。ポインティング・デバイスを用いた事例では、視覚情報による操作の印象を変化させる手法が多く存在する。代表的な事例としては、渡辺が行ったマウス・ポインタの視覚情報を用いたコンテンツが挙げられる [2]。この作品ではマウスの動作を視覚情報と関連づけてインタラクティブに変化させることで、重みや手触りなどの触覚知覚や体性感覚への影響を与えることことに成功している。このような事例から、入力情報をもとに感覚フィードバックを生成することで、他の感覚や体性感覚を変調することが可能であることが示されている。

一方で、聴覚情報を用いた操作印象の変容事例も近年報告されている。Jousmäki らの研究 [3] や Guest らの研究 [4] では、操作により発生する音響の高周波数帯域を変調することにより、自身の掌の手触りや研磨剤などの手触りの印象が変化することが報告されている。双方の事例では、触る素材から得られた触覚情報によるクロスモーダルな影響もあると示唆されているが、音の特定の周波数帯域

¹ 首都大学東京大学院システムデザイン研究科
Tokyo Metropolitan University Faculty of System Design

の増減による感覚への影響は与えることが可能であると判断できる。

1.3 本研究の目的

前述のような事例から、デバイスの入力情報に音響フィードバックを付加することで操作印象を変化させることが可能であると推測できる。本稿ではタッチパネルやトラックパッドなどの操作ツールの情報を複数の音響パラメータにマッピングすることで、操作印象の変化を加えることが可能な音響情報の提示手法を提案する。筆者らはこれまで多変数マッピングによる動作情報の可聴化研究を行い、個々の音響パラメータが与える知覚への相互作用や動作への結びつきに関して考察を行ってきた。前述の事例における触覚知覚への影響のみならず、音響パラメータの変化によって体性感覚や空間認識における印象の変容事例がいくつか報告されている [5][6]。これらの研究事例をもとに、音響パラメータを効果的に用いたフィードバックを付加することで、操作感覚の変容や動作イメージの拡張が可能になる。このような事例を背景として本研究では、操作感覚の拡張を目的とした、多変数の音響パラメータの操作が可能なシステムを用いた動的なフィードバック手法の提案を行う。

2. システム設計

本システムはトラックパッドやタッチパネルの操作情報を取得し、それらから得た情報をコンピュータにより処理することで音響情報への変換を行なっている。今回のシステムでは、音響プログラミング言語である Max7 を用いた音響処理を行なった。トラックパッドについては MacBook 内蔵のものや USB 接続のデバイスからの情報の取得が可能となっている。タッチパネルに関しては OSC 通信を用いた位置に関する情報の送受信を行なった。

2.1 音響情報

ここでは採用した音響パラメータとマッピング手法について説明を行う。本システムでは前述の研究を背景に、主に周波数帯域のコントロールが可能な仕様になっている。デバイスの操作に関する変数を計算し、その値を正規化し 0 - 1 の範囲に変換している。マッピング時には、それぞれの音響パラメータに適した数値の範囲に正規化した入力情報を再度スケーリングすることが可能となっている。

音色に関してはホワイト・ノイズを用いており、フィルタのカット・オフ周波数や Q 値、ゲインなどの値を調整することによる音色の変換が可能になっている。複数種類のフィルタの形状 (Lowpass, Highpass, Lowshelf, Highshelf, Bandpass, Allpass) を選択することが可能となっている。これらフィルタの特性の違いによって操作時の音の印象を変化させることが可能である。フィルタが持つパラメータ

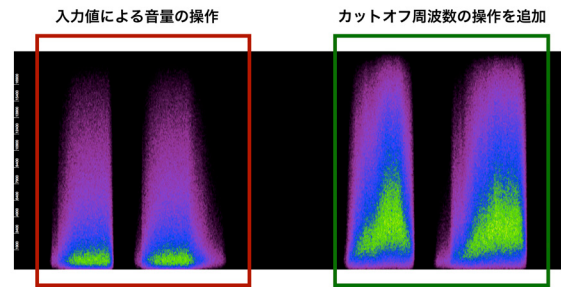


図 2 動的なパラメータ操作によるスペクトルの変化
バンドパスフィルタにより音響処理されたホワイト・ノイズ

については、固定値での静的なパラメータによる音響提示と、入力情報に応じて値を変化させる動的なパラメータ変換を用いた音響提示が可能となっている。主観評価実験のために、動的なパラメータ変換に関しては、Max7 で制作した GUI を用いてスケーリング値の調整や変化方向の指定が可能となっている。音響パラメータのスケーリング値に関しては、表 1 で示した範囲での調整が可能となっている。

また、サウンドファイルの音を用いたフィードバックも可能となっている。ここでは電子音楽 (electro-acoustic music) の音響生成で一般的な手法である、「グラニュラー・サンプリング」を用いた。グラニュラー・サンプリングはサウンドファイルの一部の時間帯の音を取り出し、音を粒子状に連続して再生する手法である。サウンドファイルもホワイト・ノイズと同様に、フィルタによる周波数帯域の調整が行える。

表 1 マッピングとスケーリング値

音響パラメータ	マッピング値
Amp	(0,1.0)
Filter Cutoff	(100.0, 10000.0)
Filter Gain	(0.01, 5.0)
Filter Q	(0.01, 5.0)
Panning	(0.0, 1.0)

音の生成にはポインティング・デバイスをスクロールした時の変数をトリガーとして用いており、その速度に対応して音量を段階的に変化させることが可能になっている。聴覚は対数的な知覚特性を持っているため、物理的な刺激が倍増することで等間隔に音が増加していると知覚される。このような知覚特性を考慮し、入力値を指数補間することで知覚特性に対応した処理を行なった。この聴覚の知覚特性に合わせた処理を行うことで、実世界のフィードバックに近い状態で強弱のニュアンスを表現することが可能となる。

3. 考察

ここでは本研究で制作したシステムの考察を行う。今回

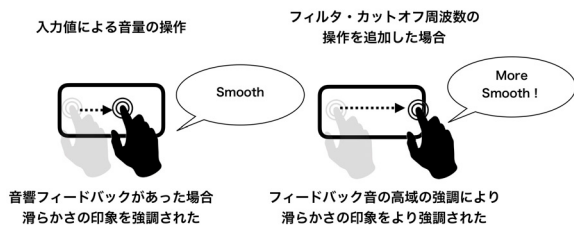


図 3 操作感覚の強調イメージ

の手法では、操作情報をもとにフィルタが持つ変数を変換することで、動的に音色の調整を行うことが可能となっている。前述の先行事例では音響パラメータを固定した状態での提示手法が用いられていたが、この動的な提示手法を用いることでユーザの指の圧力や動きの速度などに関する変化を音の変化のニュアンスとして表現することが可能となる。周波数帯域の操作に関しては、ラウドネス加算やピッチの印象変化など他の音響パラメータへの認知的変化も加わるため、多変数のパラメータのコントロールを用いることでより実環境に近いフィードバックやそれを拡張した表現が可能となる。

前述の Jousmäki らの研究や Guest らの研究では、素材の滑らかさや荒さの印象の変化や、ユーザの動作イメージが変容することが報告されている。本研究で用いたマッピングのスケール値の範囲によっては、操作感覚の印象の変化の強度が変わってくるのではないかと考えられる。今回は被験者による評価実験は行っていないが、制作したシステムでは操作情報の記録やアンケートによる印象評価が可能となっている。今後の展望としては、本稿で提案した動的なパラメータ操作による操作感覚の印象評価についてのアンケートや、操作情報の変化について検証を行っていく。

音響フィードバックにおいて、操作と音響フィードバックの同期性が保証されていることが重要な課題点として挙げられる。同期に関する印象においては遅延を感じさせないようリアルタイムな提示が重要となる。今回用いたデバイスやシステムでは、トラックパッドにおいてはフレームレートが平均 10ms だったため、遅延がない状態で操作との同期性は保たれていたと著者らは感じた。タッチパネルによる OSC 通信を用いた手法では平均 20-30ms となっていたが、同期度合いに関しては問題のない範囲であると思われた。このことから、双方のデバイスで同期性は保たれていたと著者らは推測している。

4. おわりに

本稿では音響フィードバックによる動作や知覚印象の変容事例を背景に、タッチパネルやトラックパッドの操作情報を用いた音響フィードバックシステムを提案してきた。

本来はあまり意識されない音響的な側面を、フィードバックを付加することにより操作に関する動きの印象を音で拡張することが可能となる。今回用いた手法は研究事例を踏まえたうえで、主にフィルタの特性や周波数帯域の操作が可能な仕様になっている。事例では、素材の印象が変化することが示唆されており、今回の手法を用いることで操作時のデバイスに対する触覚知覚や操作の印象を変容することが可能になる。今後の展望としては、本稿で提案した動的なパラメータ操作による操作感覚の印象評価についてのアンケートや、操作情報の変化について検証を行っていく。

参考文献

- [1] 高野 衛, 安藤 大地, 馬場 哲晃, 串山 久美子, 動作情報に関する複数の音響パラメータへの多変数マッピングを用いた可聴化手法の考察, 先端芸術音楽創作学会 会報 Vol.9 No.1 pp.18-23
- [2] 渡邊 恵太, VisualHaptics カールを用いた手触り感提示システム, <http://www.persistent.org/VisualHapticsWeb.html>.
- [3] V. Jousmäki and R. Hari: *Parchment-skin illusion: sound-biased touch*, Current Biology, Volume 8, Issue 6, 12 March 1998, Pages R190-R191
- [4] Guest, S., Catmur, C., Lloyd, D, *Audiotactile Interactions In Roughness Perception*, Exp Brain Res, September 2002, Volume 146, Issue2, pp 161-171
- [5] Ana Tajadura-JiménezEmail and Ana Tajadura-Jiménez and Aleksander Väljamäe and Iwaki Toshima and Toshi-taka Kimura and Manos Tsakiris and Norimichi Kitagawa 2012, "Action sounds recalibrate perceived tactile distance", *Curr.Biol.*, Vol.22, No.13, pp.516-517.
- [6] 北川 智利 2013, "聴くことと身体を感じるのかかわり (特集 ころまで伝わるコミュニケーションを支える音声言語と聴覚研究の最前線)", *NTT 技術ジャーナル*, Vol.25, No.9, pp.30-33.