

研究報告

# 空間音響による身体イメージの変化を用いたインスタレーション “quad” sonification for hand stroke

高野 衛, 安藤 大地, 馬場 哲晃, 串山 久美子

Mamoru TAKANO, Daichi ANDO, Tetsuaki BABA, Kumiko KUSHIYAMA

首都大学東京システムデザイン

Tokyo Metropolitan University Faculty of System Design

## 概要

認知心理学領域の研究において、視覚や触覚などの感覚情報に基づいて身体イメージの認識が変化する事例が発見されている。この事例を背景として、腕の動作情報から4チャンネルによる空間的な音響情報を生成することによって、音による身体イメージの変化や拡大を得ることを目的としたインスタレーション作品 “quad” の製作を行った。

この作品では Leapmotion を用いて腕の動作情報を取得し、それらを複数の音響パラメータにマッピングし音響生成を行う。主に位置情報や加速度情報に基づいて音響生成を行い、それらの動作情報は Max による GUI によってパラメータマッピングの選択やスケール値の調節が可能となっている。

## 1. はじめに

人間は、通常の動作において内部感覚とともに動作に伴う環境からのフィードバックによって身体イメージを作り上げている。拡張現実 (Augmented Reality) の分野において、情報の知覚化を応用し、デジタル技術によって生成した視覚情報や触覚情報による様々な形でのフィードバック情報を実空間に重ねることによる身体感覚の拡張を体感する手法が用いられている。一般的には触覚情報と視覚情報を用いた研究や制作が行われているが、その一方で、聴覚情報を用いたフィードバックによる身体感覚の拡張に関する事例が近年報告されており、音を用いたフィードバックによる拡張手法の可能性も考察されている。

音響情報を用いる利点としては以下のような点が挙げられる。人間の聴覚は時間分解能が視覚より高いため、情報の時間的な変化を認識しやすい。また、聴覚は音源分離と呼ばれる機能により複数の音を分割して聞き分けることが可能であり、複数の情報の変化を音の変化として同時並列的に提示する際にも有効である。

全方位からの聴取が可能のため、フィードバック時に頭部の動作の制限がされない。

著者らは音響情報を用いた知覚化手法の可聴化による動作情報の提示手法の提案を行ってきた (高野 2016)。新たに4チャンネルのスピーカーによる空間音響を用いた動作情報に伴う音響フィードバックを提示するインスタレーション “quad” の制作を行った。本稿では、2節においてフィードバックを用いた身体拡張表現の事例を示し、3節にて本作品で用いた空間音響提示手法を用いた動作情報の可聴化に関して、制作したシステムの詳細について述べる。そして、4節にてこれまでの制作に関する考察と今後の展望について述べる。

## 2. 聴覚フィードバックによる身体拡張

認知心理学の研究においてフィードバックを付加することによって、身体感覚やイメージが変化する錯覚に関する事例が観察されている。視覚情報による身体感覚に関する事例が多い一方で、聴覚情報による錯覚の事例もここ数年で示されている (北川 2013)。

Jiménez らの研究では音の発生位置を変えることによって腕の身体イメージが伸びる事例が発見されている (Jiménez 2012)。また、北川らの研究では音響情報によって触覚感覚を喚起することが示されている (Kitagawa 2013)。これらの研究では音響情報を提示することによって、他の感覚の喚起や変化を促すことが示されている。

前述の事例では音響情報によって感覚の変化をもたらす条件として、音響情報の提示位置が重要であると考察されている。提示される音響情報が身体とある範囲空間に納まっている場合に身体感覚の喚起が生じるが、その範囲外から音が生じた場合には身体感覚の変化は生じていない。認知心理学の研究分野ではペリパーソナルスペース (Sugawara 2012) という概念があり、手の届く範囲に保有していると感じている空間があるとされている。この空間は動作を補助するツールやフィー

ドバックを付加することによって拡張するという報告が Cardinali らの研究で示されている (Cardinali 2009). この認知における身体保有空間は、フィードバック情報と身体動作を結びつける要素として関係しているのではないかと考えられている。

保有しているパーソナルスペースの空間は、正面が広く背面や側面の保有空間は狭い傾向が示されている。しかし、後方の空間に関しては聴覚と触覚における把握の役割が重要になるという報告もある (Zampini 2005). Zampini らの研究では前方の空間に関しては視覚と聴覚の相互作用はあるが、後方の空間に関しては視覚ではなく触覚と聴覚の相互作用が強く生じると考察されている。このような点から全方位における空間把握には聴覚情報が有効ということが示唆される。

以上の既存研究から音響情報と身体動作の関連性あることが示されており、身体動作を用いて音響情報を生成することによって身体感覚の拡張を促す研究や創作の応用が可能であると考察される。このような事例を背景として、筆者は4チャンネルのスピーカーによる空間的な音響情報の提示を用いたインスタレーションを製作した。次章では製作したインスタレーションの技術について説明を行う。

### 3. 空間音響提示を用いた可聴化

著者らはこれまでの研究で多次元マッピングが可能な音響生成プログラムを制作し、パフォーマンス作品と体験型システムの展示発表を行ってきた (高野 2016). 本節ではインスタレーション作品“quad”において用いた、空間音響提示や多変数マッピングを用いた音楽的アプローチによる可聴化手法について詳述を行う。

#### 3.1. システム

本作品では Leapmotion によって取得した腕の動作情報をもとに、4チャンネルのスピーカーによる空間音響提示を行う。先行事例において音響情報の提示位置が離れることによって身体感覚の喚起が生じづらくなるということから、スピーカーの距離はユーザーから2メートルの範囲内に設置している。Leapmotion が取得する情報は、加速度、位置情報、方向などである。これらを入力情報として、多変数の音響生成パラメータにマッピングし音響の提示を行う。今回はデフォルトセッティングとして X 軸方向の情報を左右の定位にマッピングし、Z 軸方向の情報を前後の定位にマッピングしている。

音色に関しては、周波数帯域が広帯域の音響情報が定位感覚を認識しやすいという理由からノイズを使用している。ノイズの音色を用いる際には、バンドパス・フィルターのカットオフ周波数によって音高のコント

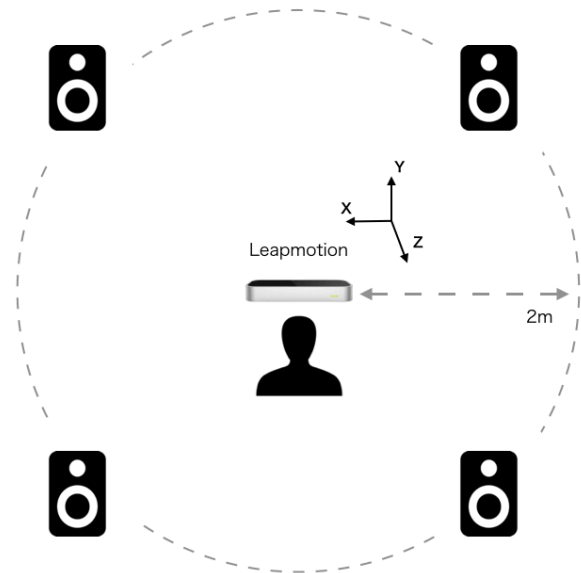


図 1: quad のセッティング図

ロールを行える設定になっている。広域の周波数帯を提示するため、デフォルトでは Q 値を 1.0 以上の設定にした。その他の音響パラメータに関しては Max による GUI によってマッピングの選択やスケージングの調整を自由に行えるようになっている。以下にデフォルト設定における音響パラメータへのマッピングを示す。

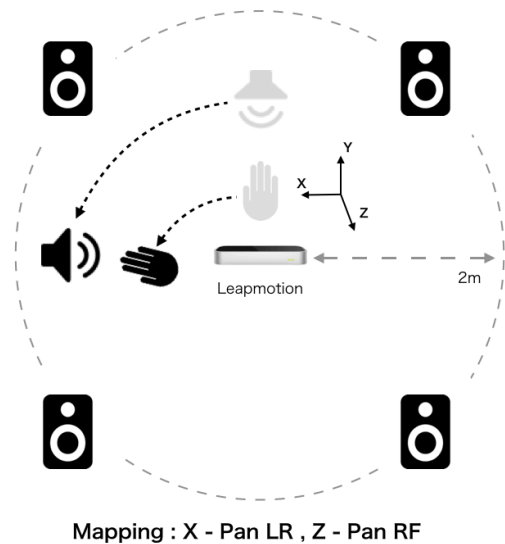
表 1: デフォルト設定のマッピング (音色: ノイズ)

取得情報	計算処理	マッピング値
動的加速度	$Amp(t) = Amp(t-1) + (x+y+z)$	(0,0.1)
位置情報 x	Pan(左右) = (x)	(-1 1)
位置情報 z	Pan(前後) = (z)	(-1 1)
位置情報 y	Filter Cutoff = (y)	(200,2000)

図 3 に示す Max による GUI では、複数の動作情報に対する多次元マッピングに関する音響パラメータの選択が可能となっている。音響パラメータは、音量、周波数、定位などの基本的な音響パラメータの他に、FM 合成の周波数や振幅、フィルターにおけるカットオフや Q 値などを用いることができる。また、周波数においてはいくつかの音階の選択も可能になっている。入力値のスケージング値を調整するコントローラーがついており、各パラメータで変化幅を調整することが可能である。



図 2: 音響パラメータへのマッピング



Mapping : X - Pan LR , Z - Pan RF

図 4: 操作イメージ

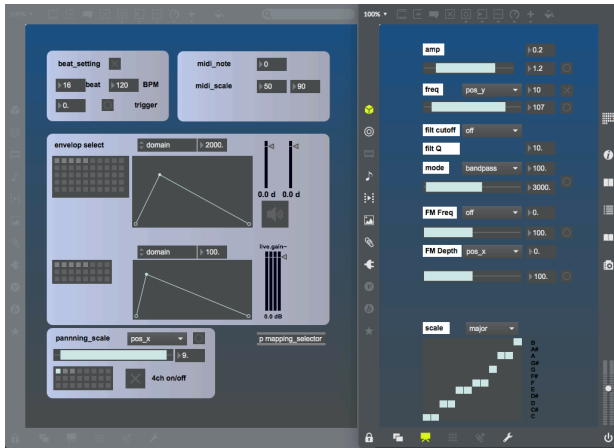


図 3: Max による GUI

#### 4. 考察

ここでは作品制作者である筆者による設定の空間音響提示に関する評価を示す。デフォルト設定における空間提示に関しては、フロント・スピーカーにおける左右における定位感覚に関しては詳細な認識が可能であるが、一方で、リア・スピーカーにおける左右の移動は詳細な認識が難しいと考察された。これについては人間の聴覚は前方からの定位移動の認識の解像度が高く、側面や背面の解像度が低いという特性が原因であると思われる。リア・スピーカー有効に用いる場合には側面や背面の情報を強調するために、リア・スピーカーからの音響情報の提示のみ音響パラメータの追加やスケールの強調などの工夫が有効と考えられる。または、スピーカーの距離を調節することも有効であると考えられる。

音響パラメータの選択に関しては、ノイズの場合はカットオフ周波数の違いによって定位感覚の違いは大きくは見られなかった。一般的に低い周波数では定位把握が困難とされているため、純音のような狭い周波数帯域の音源を用いずに、その他の波形やノイズなど広い周波数帯域を持つ音源を用いたことが要因と思われる。

#### 5. おわりに

本稿では4チャンネルの空間音響を用いたインスタレーション”quad”の手法の作品のシステムについて述べ考察を行った。動作に行動音として音響情報を付加することによって身体イメージの変化を得られる事例から、身体保有空間の範囲を考慮した上での空間音響提示システムの設計を行った。身体動作に音響情報を結びつける際には、身体保有空間における解像度の違いを考慮する必要があることが考察された。特に側面と背面の定位認識においては、リア・スピーカーでの出力に関して音響パラメータや提示距離などに工夫を加える必要があると思われる。

今回行った提示に関してはデフォルトの設定に加えて、その他の入力情報や音響パラメータを加えることが可能となっている。このような多変数マッピングを用いることで、フィードバックされる音響情報をより音楽的な変化のニュアンスとして知覚することができる。今後は追加可能な音響パラメータを用いて、音楽的アプローチによる多次元的な音響情報の提示によって動作の細かなニュアンスが把握可能なパラメータの設定を考察していく。

今後の展望としては、いくつかマッピングの設定を比較し、アンケート形式などでユーザーの身体感覚の差異や感じ方を評価していく。定位情報のスケールの差異による聞こえ方の違いや、動作の細かなニュアンスを把握する際に適切と思われるパラメータの選択などに関して考察していく。なお、本作品は8月に開催される International Computer Music Conference 2018(韓国, 大邱)にて採択されている。

## 6. 参考文献

- 高野 衛, 安藤 大地, 笠原 信一 2016, “インタラクティブな可聴化システムの検討のための動作分析への可聴化の応用における現状の考察”, 先端芸術音楽創作学会会報, Vol.8, No.1, pp.1-8, 2016.
- 北川 智利 2013, “聴くことと身体を感じることのかかわり (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.
- Ana Tajadura-Jiménez Email and Ana Tajadura-Jiménez and Aleksander Väljamäe and Iwaki Toshima and Toshitaka Kimura and Manos Tsakiris and Norimichi Kitagawa 2012, “Action sounds recalibrate perceived tactile distance”, *Curr.Biol*, Vol.22, No.13, pp.516-517.
- Kitagawa, N., & Igarashi, Y 2013, “Subjective experience of touch induced by hearing a sound”, *Poster presented at the meeting of the 4th International Multisensory Research Forum, Hamilton, Canada*.
- 菅原光晴, 前田真治 2012, “神経心理学—まだこんなことがわからない—半側空間無視”, 月刊神経内科, Vol.77, pp.512—520.
- Cardinali, L., Frassinetti, F., Brozzoli, C., Urquizar, C., Roy, A.C., and Farnè, A. 2009, “Tool-use induces morphological updating of the body schema”, *Curr.Biol*, Vol.19, No.13, pp.478—479.
- Zampini, M., Brown, T., Shore, D. I., Maravita, A., Röder, B., & Spence, C. 2005, “Audiotactile temporal order judgments”, *Acta Psychologica*, Vol.118, No.3, pp.277—291.
- 高野 衛, 安藤 大地, 笠原 信一 2016, “動作情報を用いた可聴化における変換手法の考察-パフォーマンス実演による検証-”, 先端芸術音楽創作学会会報, Vol.8, No.3, pp.1-4.

## 7. 著者プロフィール

### 高野 衛 (Mamoru TAKANO)

首都大学東京システムデザイン研究科博士課程後期所属。大学時代より現在にかけてコンピュータを用いた音響作品や映像作品の制作を行っている。2009年に玉川大学メディア・アーツ学科に入学。音響プログラミングや作曲をジョナサン・リー、キャシー・コックス、高岡明に師事。2012年、国立音楽大学大学院作曲専攻コンピュータ音楽学科に入学し、作曲と音響プロ

プログラミングを今井慎太郎に師事。2016年、首都大学東京システムデザイン・インダストリアルアート研究科に入学し、音響プログラミングを安藤大地に師事。



この作品は、クリエイティブ・コモンズの表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際ライセンスで提供されています。ライセンスの写しをご覧になるには、<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> をご覧くださいか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。