

## 研究報告

# 動作情報を用いたインタラクティブな定位情報の制御による 空間音響の操作に関する考察

高野 衛, 安藤 大地, 串山 久美子

Mamoru TAKANO, Daichi ANDO, Kumiko KUSHIYAMA

首都大学東京

Tokyo Metropolitan University

## 概要

空間音響作品における定位情報の操作は、ミキサーによるリアルタイムでのフェーダー操作やオートメーション機能によるパンニングの設定によるものが主流である。近年では、センシング・デバイスの発展に伴い、動作情報を用いた音響パラメータの操作によるパフォーマンス作品が制作されている。本研究では動作情報を用いた空間音響の操作を主題として、リアルタイムでのジェスチャラブルな空間音響操作手法についての提案を行う。本稿ではタッチパネルやセンサーなどを用いた場合の音響パラメータへのマッピングや定位情報の操作性について検討を行う。

## 1. はじめに

マルチチャンネルを用いた音響作品では、音源の定位操作による空間的な表現が用いられる。一般的に、オートメーションにより事前に時系列的な定位移動情報を記録した状態の音源が用いられることが多い。また、アコースモニウムのようなリアルタイムでのフェーダー操作を用いた演奏形式によるものもある。ミキサーによる操作では、各チャンネルに対する音量の設定によって定位移動や音源の広がり演出を可能にしている。一方で、近年ではセンシング・デバイスの発展に伴い、動作情報を用いた音響パラメータの操作によるパフォーマンス作品が制作されている。ミキサーでは音量の各チャンネルの操作のみに限定されるが、動作情報を取得するセンサーを用いた場合はリアルタイムで多変数のパラメータの操作が可能となる。

筆者らは動作情報を用いたパラメータの操作によるリアルタイムでの音響生成手法を提案してきた(高野 2016)。本稿では、動作情報を用いた空間音響のリアルタイムでの操作を主題として、リアルタイムでのジェスチャラブルな空間音響操作手法についての提案を行う。本稿ではタッチパネルやセンサーなどを用いた場

合の音響パラメータへのマッピングや定位情報の操作性について検討を行う。

## 2. 空間音響作品における操作方法

従来のミキサーによる演奏形式では、各チャンネルに対応したボリューム・フェーダーにより定位操作や空間演出を行っている。フェーダーによる操作では単一のスピーカーに限定して音源を設定し、特定の位置から音源を提示することが可能である。また、複数のフェーダーの操作によって、いくつかの全方位での音の提示も可能となる。操作する音源は一つのトラックであり、操作可能なパラメータも音量に限定されるが、限定されることでシンプルな操作で空間音響表現が可能であるという利便性はある。

近年では、センサーやタブレットなどのデバイスを用いた定位情報の操作による空間音響作品も制作されている(Vaillant 2014)。多くの作品では、コンピュータ内部で音響プログラミング言語を用いた各チャンネルへの出力に対してのマッピングが行われている。デバイスから得られる入力情報をもとに、音源の定位情報を操作することで各チャンネルへの出力を決定している。さらに、ミキサーの操作では限定的なパラメータのみであったが、複数の音源や音響パラメータの同時並列的な操作が可能となる。

著者らはこれまで、動作情報を取得するセンサーやタブレットデバイスを用いた音響パラメータの操作について研究を行ってきた。次節では、デバイスを用いた空間音響操作に関する手法の特徴について考察を行う。

## 3. センサーデバイスの比較

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 2018)。

表 1: デフォルトのマッピングの設定

取得情報	計算処理	マッピング値
位置情報 x	Pan(左右) = (x)	(-1~1)
位置情報 z or y	Pan(前後) = (z or y)	(-1~1)

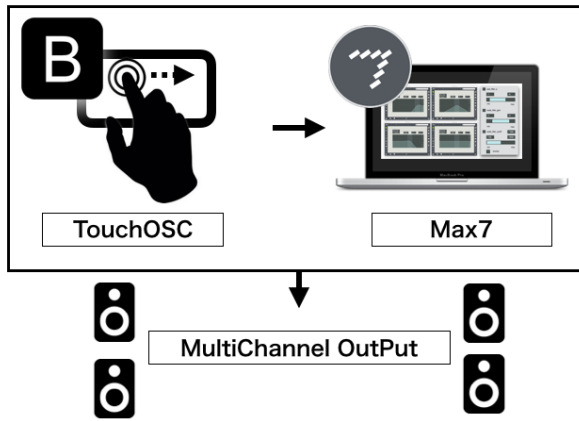


図 1: トラックパッドやタッチパネルの座標情報を Max7 の音響パラメータへマッピング

本節では、これまで制作してきたいくつかのデバイスによる音響パラメータの操作手法について詳述していく。

接触デバイスを用いた手法として、トラックパッドとタッチパネルによるパラメータの操作を行った。また、非接触センサーの Kinect や Leapmotion を用いたパラメータの操作を行った。それぞれのデバイスでは、位置情報を定位情報にマッピングして空間音響操作を行っている（表 1）。

### 3.1. 接触センサー・デバイスを用いた操作

筆者らは接触センサー・デバイスを用いた手法として、MacBook 内蔵のトラックパッドによるものと、iOS デバイスのタッチパネルを用いた操作手法の提案を行った（高野 2019）。トラックパッドやタッチパネルから得られる座標情報を入力情報として、Max7 内で設定した音響パラメータの操作を行っている（図）。以下ではそれぞれの接触センサー・デバイスを用いた手法について詳述する。

#### 3.1.1. トラックパッドによる操作

Mac Book 内蔵のトラックパッドによる操作では、画面上におけるポインタの位置情報から空間音響の操作

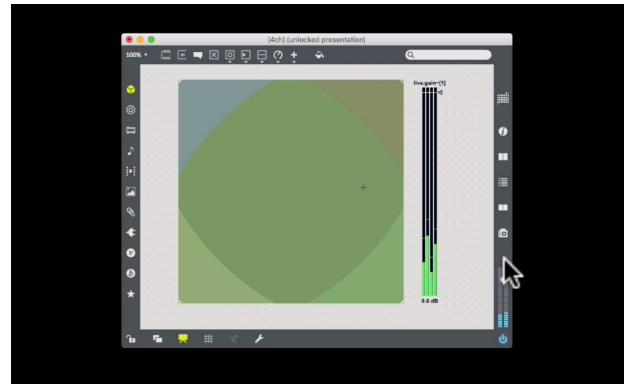


図 2: トラックパッドにより操作されたポインタの位置情報を定位情報にマッピング

を行った。ポインタの情報は Max7 のオブジェクトによって取得した。ポインタの位置情報は画面サイズの範囲の値が出力されるので、値をスケーリングし定位情報へのマッピングを行なった。ポインタにより操作された音源は 4 チャンネル・スピーカーで出力される設定になっている。さらに制作したプログラムでは、ポインタの位置情報のフレームごとの差分から計算した加速度の値を用いることができる。ここではこの値を、動きの強弱を表現する要素として音量へのマッピングを行なった。今回はトラックパッドによる定位操作を行ったが、外部接続されたポインティング・デバイスによる定位操作も可能である。また、内部環境にてポインタの移動速度を設定できるため、定位情報の移動速度の微調整が可能である。

#### 3.1.2. タッチパネルによる操作

iPod や iPad のタッチパネルによる操作では、TouchOSC によるタッチ情報の取得を行なった。TouchOSC ではデフォルト設定で 0.0 から 1.0 の値を出力するので、それらの値を Max7 内部で定位情報へマッピングを行なった。タッチパネルの入力情報では、複数の指の情報を取得することが可能となる。著者らが制作したプログラムでは、TouchOSC 内でマルチタッチが可能な領域の設定や、タッチパネルをいくつかの領域に分割し領域毎に特定の音源操作に対応した設定などを行った。TouchOSC ではフェーダーのインタフェースを用いることができるため、ミキサーと同様な操作を行うことが可能である。タッチパネルの多くはコンパクトであるため、ダイナミックな動きを必要としない場合には有効である。また、マルチタッチによる操作が可能なることから、複数の音源や音響パラメータを操作する場合はタッチパネルデバイスを用いることが有効と思われる。

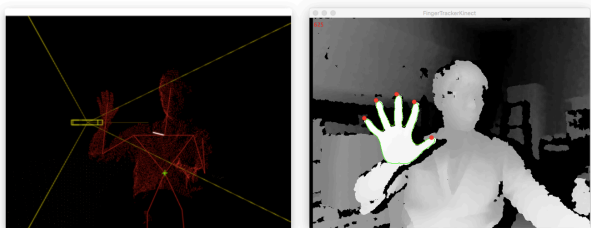


図 3: Kinect での姿勢情報や手の状態の取得  
広範囲の動作を扱えるが処理に負荷がかかる

### 3.2. 非接触センサー・デバイス

Leapmotion や Kinect などの非接触センサーでは、動作情報を用いたジェスチャブルな空間音響の操作が可能である。筆者らはこれまでに、非接触センサーデバイスを用いたインスタレーションやパフォーマンス作品の制作を行ってきた(高野 2016,1)(高野 2018)。以下ではそれぞれの非接触センサー・デバイスを用いた手法について詳述していく。

#### 3.2.1. Kinect を用いた手法

Kinect は赤外線センサーにより深度を検出することで、姿勢情報の取得を行う非接触センサー・デバイスである。広範囲の情報が取得可能であるため、ダイナミックな動きを必要とする場合の演奏に関しては有効なデバイスである。ソフトウェアの内部で関節の情報を判別できるので、各関節の位置情報を入力値として用いることが可能である。Processing ではライブラリを用いることで、指の位置情報も取得することも可能である。身体の広範囲の姿勢情報を検知することが可能ではあるが、画像での処理に負荷が大きいためフレームレートが 30fps 程度になってしまう。そのため、Kinect の情報を入力値として用いる場合には、パラメータに送る際に値を補完する必要がある。

#### 3.2.2. Leapmotion を用いた手法

Leapmotion は赤外線カメラと赤外線照射 LED によって手の形状を検知することが可能な非接触センサーである。センサー上で手を動かすことで、手の甲や各指の位置、加速度、方向などの情報が入力値として取得することが可能である。筆者らが制作した Leapmotion を用いた空間音響作品では、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った。ここでは、手の甲の位置情報をもとに、音源の定位情報の操作を行っている。Leapmotion では取

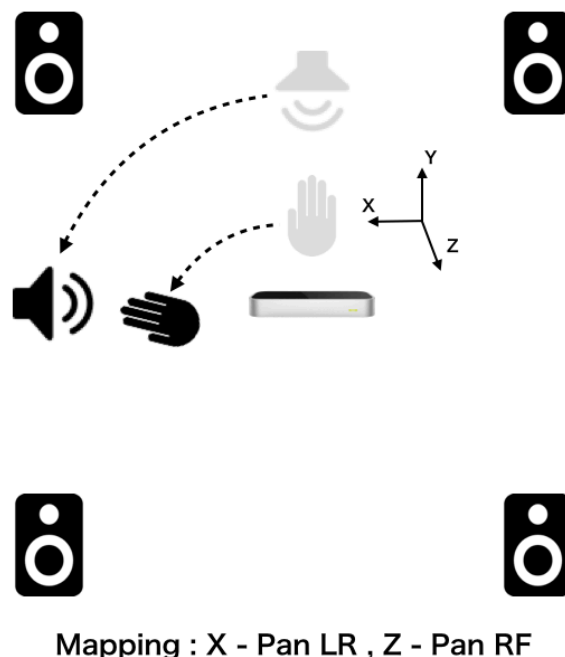


図 4: Leapmotion により手の位置情報を取得し  
4 チャンネルの空間音響を操作

得範囲が限定されているため、使用する際には事前に動作可能な範囲を把握する必要がある。

## 4. 考察

著者らはこれまで、動作情報を取得する接触センサーや非接触センサーのデバイスを用いた音響パラメータの操作について研究を行ってきた。各デバイスの取得範囲やフレームレートなどの特性は表 2 に示す。

取得可能な情報に関しては、各デバイスで一般的に定位操作に用いられる位置情報を取得することが可能である。タッチパネルでは主に 2 次元の座標情報に限定されるが、非接触センサでは三次元の情報を扱うことが可能である。筆者らが制作した非接触センサを用いたプログラムでは、水平面方向の動きと音の位置を対応させるために X 軸と Z 軸を用いているが、Y 軸の値も用いることは可能であり、それが特性となる。三次元空間でのスピーカー配置を用いた表現の場合には、3 軸の動作情報の利用が有効であると考えられる。

動作の取得範囲に関しては、Kinect では広範囲の動作情報の検知が可能だが、タッチパネルや Leapmotion ではセンサの取得範囲に限定される。ダイナミックな動きを必要とするようなパフォーマンスの際には、Kinect を用いることが有効であると思われる。一方、Kinect はフレームレートが他のセンサよりも遅いため、微細な動

表 2: 各デバイス毎の比較

	取得情報	動作・取得範囲	接触/非接触	レート
TrackPad	2次元座標	狭い	接触	5-15ms
TouchPanel	平面座標位置 +面積	狭い	接触	10-30ms
Kinect	姿勢情報	広い	非接触	30ms以上
Leapmotion	各指・手の甲 位置, 加速, 方向	狭い	非接触	10-30ms

きには対応が難しいと思われる。ダイナミックな動きを必要としない比較的狭い範囲における指先での微細な操作を行う場合には、タッチパネルや Leapmotion を用いるとよいと思われる。

接触センサー・デバイスであるトラックパッドやタッチパネルにおける操作では、ミキサーと同様に触覚情報が付随するため、操作に関する感覚情報がより正確に体感可能であると思われる。非接触により動作情報を取得するセンサーでは、触覚を伴わないという特徴がある。そのため、Leapmotion のような狭い範囲のセンサー・デバイスにおいては、取得範囲をあらかじめ把握しておくか、検出状態を視覚的に提示するなどの工夫が必要となる。

また、フレームレートに関しては、タッチパネルと Leapmotion では比較的 10-30ms の範囲での情報の取得が可能であった。一方で、Kinect では 30ms 以上のフレームレートとなった。フレームレートが 30ms 以上では、動作と音の同期している感覚が得られないため、プログラム内部での入力値の補間処理を行う必要がある。

## 5. おわりに

本稿では空間音響に関するリアルタイムでの定位操作に関する手法の考察と提案を行った。アコースティックで用いられるミキサーでの手法では、各チャンネルへの音量に対する操作に限定されている。その

ため、各チャンネルに正確に音を割り振ることが可能である。

動作情報を用いたジェスチャラブルな手法としては、タッチパネルや非接触センサーを用いた方法がある。タッチパネルでは複数の指の情報を同時に取得することが可能である。TouchOSC を用いることで、画面を領域毎に分割することで複数の音源を同時に操作することが可能となる。また、フェーダーを複数設定することも可能なので、ミキサーとしての用途でも利用することができる。

非接触センサーでは、Kinect や Leapmotion などのセンサーによる身体的位置情報の取得が可能である。Kinect では広範囲の情報を取得することが可能なため、ダイナミックな動作を必要とする際には有効である。しかし、フレームレートが 30fps となるため、パラメータを操作する際には値を補完する必要があると思われる。Leapmotion では手の情報が詳細に取れるため、指や手の甲などの位置情報や加速度情報を音響パラメータにマッピングすることが可能である。Kinect のように広範囲の情報は取得できないが、ダイナミックな動作が必要でない場合には有効であると思われる。

今回行った空間音響の操作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、操作される音源に動作の強弱に関するニュアンスを追加することは可能である。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を用いた空間音響表現について検討を行う。

## 6. 参考文献

Gwendal Le Vaillant, Rudi Giot, “Multi-touch Interface for Acousmatic Music Spatialization”, *Proceedings ICMC/SMC2014*, pp.697—703, 2014.

高野 衛, 安藤 大地, 笠原 信一, “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.

高野 衛, 須田 拓也, 安藤 大地, 馬場 哲晃, 串山 久美子, “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”, 情報処理学会 インタラクション 2019, 2019.

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, 2016.

高野 衛, 安藤 大地, 馬場 哲晃, 串山 久美子, “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”, 先端芸術音楽創作学会会報, *Vol.10, No.2*, pp.1-4, 2018.

## 7. 著者プロフィール

### 高野 衛

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/> をご覧頂るか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。