

研究報告

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 -

高野 衛, 安藤大地, 笠原信一

Mamoru Takano, Daichi Ando, Shinich Kasahara

首都大学東京

Tokyo Metropolitan University

概要

近年、動作情報の分析や運動支援において感覚フィードバックが用いられている。視覚情報による動作情報の俯瞰的な考察が多く行われている一方で、聴覚情報による動作情報のリアルタイムな考察の有効性も注目されている。本稿では、非接触センサと接触センサにおける変換方法について考察を行った。さらに、この考察をもとにパフォーマンスによる実演を通じたセンサを用いた変換手法の検証を行った。パフォーマンスでは複数の動作情報によって音が持つパラメータを操作し、楽曲の時間軸上でいくつかのマッピング方法の変換手法を提示していく。

1. はじめに

近年、MEMS センサやウェアラブルデバイスの発展によって、デバイスによって得られた身体情報は様々な分野で広く用いられている。このような身体情報に関する研究の一つとして、動作支援を目的とした感覚フィードバックという知覚化手法の研究がある。感覚フィードバックは動作情報を人間の五感で知覚可能な情報へ変換して伝達することで、自身の行う動作を視覚や触覚、聴覚などの様々な角度で分析することを可能にする知覚化手法である。感覚フィードバックの手法の中でも動作情報を聴覚情報に変換して伝達する可聴化手法は、瞬時に情報を提示することが可能という点や時系列情報に対する有効性から様々な研究分野でその有効性が注目されている。

動作情報の可聴化はスポーツやパフォーマンスなどにおける運動学習支援やリハビリのような動作支援などの目的で研究されており、ダンスやエアロビクスなどの「リズム運動」を対象とした研究 [1][2] や、スポーツ種目における特定の動作に対する「ストローク情報」の変換などの研究 [3] が行われている。これらの研究で可聴化を用いる理由としては、視野を制限せずに全

方位から瞬時に自身の動作を音として知覚することできるという点が挙げられている。

可聴化研究は対象とする情報ごとにどのような変換方法が有効かが検証されている段階にある。現在行われている身体情報の可聴化では、主に各身体部位ごとに音響を当てはめる変換手法が多く取り入れられている。このような方法を取り入れた場合、取得する情報が多い場合に人間が伝達された情報の一部や全体像を認識することが難しくなる。音楽や音響に関する知識や能力がある人は音を階層的に聞き分ける能力を持っているが、無い場合は聞き分けることの出来る音の数には限界がある。このような場合には聴覚認識能力や取得情報の数によって変換手法を考慮する必要がある。

解決策の一つとしては、センサから取得した情報を統合し音を生成する音響パラメータへ入力することで、複数の特徴的な動作を一音で提示する手法である。ある情報の時間的変化を一音の持つ様々なパラメータへ変換することで、情報量が多い場合にも聞き分けることが可能な提示する音の数へと制限することが出来る。さらにもう一つの解決策としては、対象とする情報にとって重要な情報を選別するという手法がある。動作の場合にはある対象とする動作の特性を予め設定する、またはジェスチャー認識により分析することで必要な動作情報のみを取り出し音響情報へ変換することが考えられる。

前報 [4] では動作分析における可聴化手法の機能の考察と課題点の考察を行った。本論文では身体情報の取得方法を中心に扱い、身体部位のもつ特徴的な動作における変換方法を先行研究を踏まえて考察する。その後、片腕の動作情報の可聴化をテーマとしたパフォーマンス作品の中で、腕の動作をモチーフとして動作を把握する際に有効と思われる変換方法を検証する。

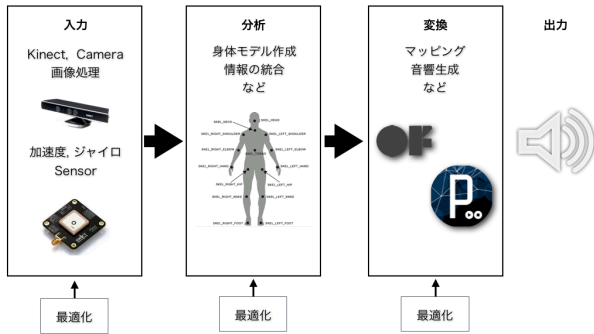


図 1. 動作情報の可聴化の流れ

2. 動作情報の可聴化手法

動作情報の可聴化手法の構造は「入力」「分析」「変換」「出力」という機能から成り立っている。入力情報に関しては身体情報の取得方法として「接触」か「非接触」の2つの手法に分類することができる。この節では接触センサと非接触センサ双方について、先行研究をもとに音響情報へのマッピング方法や変換手法の考察を行う。

2.1. 非接触センサによる動作情報の取得

今回は入力部分への最適化のためにセンサについての考察を行う。非接触センサによる手法はカメラや Kinect など画像情報を用いた方法である。PC の内蔵のカメラや外部カメラを用いたカラートラッキングや、Kinect による深度情報から得た身体情報の取得などによって身体モデルを作り位置情報を取得することが可能である。非接触センサの手法の特徴はカメラ一台で身体情報が得られる簡易性が挙げられる。

しかし、非接触センサだけでは詳細な動作を取得することは困難なため、回転運動のような情報は接触センサを用いる必要がある。位置情報の可聴化においては、主に位置と音高が関連づけられた変換手法が取られている。多くの研究で位置情報が音高にマッピングされる理由としては、音の高さは空間的なイメージと関連づけられているからだと思われる。また、身体モデルを生成した場合には、音高を部位ごとに固定した状態で各部位の動作の変位を音量にマッピングする手法も取られている。

位置情報の可聴化において Smith らの研究 [5] では、高さ情報を音量に設定し、動作情報をエンベロープとして用いる方法が採用されている。この手法を用いた研究では教師データのパス情報を再現する際に有効な手法として位置情報を音量にマッピングしている。Jensenius らの研究 [6] では位置情報から得た動作情報

よってサンプル音源やグラニューラー・シンセシスにおける再生位置の操作を行う手法が取り入れられている。

2.2. 接触センサによる動作情報の取得

接触センサは加速度や角速度、圧力、筋電位などの身体情報を取得することが可能で、個々の身体部位の詳細な情報が得られる。主に加速度センサが用いられており、コンピュータの処理によって加速度から傾きを得ることも可能となる。多くの可聴化研究で加速度は音量に関連付けられており、ムチ動作のような流れるような動作の特徴を持った動作の場合に各部位の連動や動作の流れが音響情報として把握することが可能になる。筋電位も同様に音量に関連付けられることが多く、装着した部位には固定された音高が当てはめられている。圧力センサは靴のソールに内蔵した状態で、足のステップのタイミングを音として提示するトリガーとした手法があり、リズム運動を提示する際に有効な取得方法として用いられることが考えられる [2]。接触センサの短所としては、同様な環境を作ることが難しいという点と、取得情報が多くなった場合に装着の負担や提示される音響情報が複雑になり瞬間的な把握が難しくなる可能性があるという点が挙げられる。

モーションキャプチャは接触と非接触の双方の利点を備えた取得方法である。カメラやセンサなど多くの装置を用いるため簡易的ではないが、これを用いた身体モデル作り教師データとして保存することによって、入力情報の異なる環境においても同様な情報を呈示することが可能になると思われる。多くの研究ではモーションキャプチャは動作情報の教師データとして用いられ、対象とする動作にとって重要な部位の検証が行われる [7]。

3. 非接触センサによる可聴化の検証：

「LEAPMOTION」と「カラートラッキング」

ここでは筆者自身がこれまで作成した動作情報の可聴化について述べる。筆者がこれまでに行った可聴化は非接触センサを用いており、LeapMotion やカメラから得られた身体情報をパラメータとして SuperCollider を用いて音響生成を行った。

LeapMotion を用いた可聴化は Processing で作成したプログラムで SuperCollider と OSC 通信を行い、キーボード操作によって音響や入力情報の選択を行った。音響生成の方法として「連続的な音」と「離散的な音」のどちらかを選択できるようになっており、連続的な音の場合は位置情報を音高に変換し、離散的な音の場合は位置情報をいくつかのスケールに分解できるようにしている。また、入力情報に関しては「部位ごとの可聴化」と「統合した可聴化」を選択できるようになっ

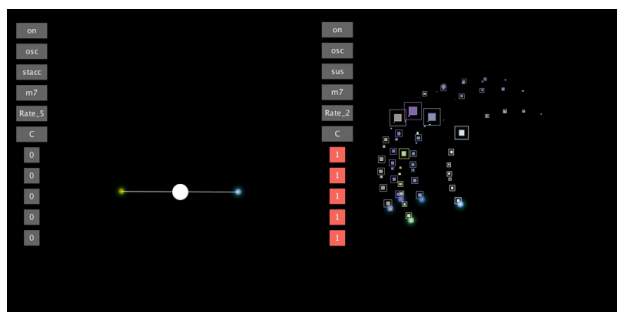


図 2. LeapMotion を用いた可聴化

ている。部位ごとの可聴化では、それぞれの指に一つの音を割り当て位置情報から音高を設定している。統合した可聴化では、音響情報が多くなると並列的に聴取することが困難になる場合を考慮して、二点間の重心から音高の設定を行った。また、2点間の距離感を提示するために、距離情報をFM合成のモジュレーター周波数にマッピングし音の揺れで距離感を知覚できるように設定している。

またカラートラッキングを用いた身体情報の可聴化も同時に行った。このプログラムは前述のものと同様に SuperCollider に取得情報を送り音響を生成している。

4. 接触センサを用いた可聴化の検証 パフォーマンス作品での実演

前述した接触センサを用いた変換方法の考察を行うため、パフォーマンス作品「Form Riddle」においてモチーフとする片腕の動作と音響パラメータの関連付けの実演を行った。今回は腕の動作は肘関節と手関節の屈曲・伸展運動と内外旋運動、回内回外運動に分類し、ここの運動の特徴を加速度センサと画像情報を用いて検出を行った。屈曲・伸展運動は関節の動きであり、曲げた関節の先の部位における移動に携わる動作である。この動作に関しては、手首の動作と肘の動作を取得し、肘と肩の屈曲・伸展運動を考慮することを検討する。

今回は主に画像情報による位置情報とセンサによる加速度を取得して音響生成を行った。内外旋運動は上腕、回内回外運動は前腕の回転の動きである。これらは加速度センサを用いた傾きの計算によってパラメータ化を行った。さらに、位置情報による身体情報を統合し、位置情報から重心の設定を出来るようにプログラムを制作した。Processing によって編集された入力情報によって、複数の情報を様々な音響パラメータへマッピングを行っている。

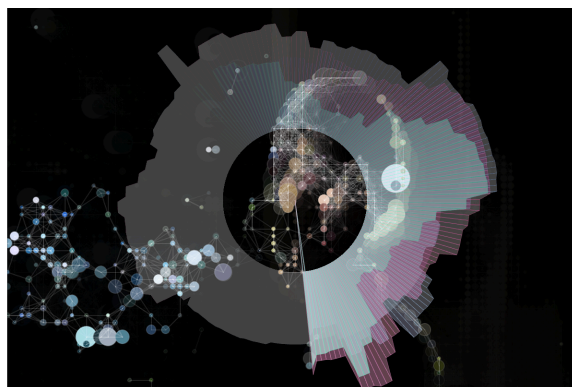


図 3. パフォーマンス作品「Form Riddle」の映像

4.1. 動作情報の変換手法

ここでは主に行った変換手法を説明する。作品内では「オシレータ」「オーディオファイル」「ノイズ」の三つの音源を用いた動作情報の可聴化を行った。オーディオファイルは主にグラニュークシンセシスを用いた変換を行い、ここではピクセル情報や加速度による再生位置と音量の操作を行っている。ノイズには位置情報によるバンドパス・フィルタのカットオフの操作と加速度による音量の操作を行った。

オシレータはサイン波とノコギリ波、パルス波を用いて生成した音響のパラメータに身体情報をマッピングし操作を行った。この音源には動作の持つ特徴と音響パラメータを関連づけてマッピングを行っている。加速度は主に先行研究で多く用いられている音量へマッピングし、動作が行われると音が提示されるように設定した。また、加速度から得た角速度をFM合成のモジュレータ周波数にマッピングし、音源の揺れとしての提示を行った。位置情報は主に音高の変化として変換を行っている。

以上のように基本は加速度を音量、位置情報を音高、角速度からモジュレータ周波数というようなマッピングを行っている。これらのマッピングは作品のシーケンスが進む段階で、入力情報の統合を行うことで複数の音への変換から一音の持つパラメータへの変換へと展開していく。ここでは位置情報から前腕の重心を計算し、二点間の動作情報を一音の音響パラメータに統合した変換を行った。

5. おわりに

本論文では接触と非接触による取得方法の考察を行い、それらをふまえてパフォーマンス作品内での片腕の可聴化手法の考察を行った。今回は手首と肘の角速度と加速度、位置情報を用いて、各部位の動作情報から複数の音響情報の提示と入力情報を統合して前腕の重心の情報として提示する手法を試みた。

非接触を用いた画像情報の可聴化に関しては身体部位の位置情報の把握に適しているため、今回は主に用いられている音高への変換を採用している。音高への変換では周波数の差による各身体部位の空間的変化への把握において有効である。また、オシレータや音源、ノイズによるバンドパスフィルタの操作など音色の違いによって各部位の情報を提示することで複数の情報を聞き分けることが可能となった。

接触センサの変換手法は加速度を音量へマッピングし、角速度をFM合成やAM合成などの音の揺れとしての提示を行った。音高は主に取得部位ごとに固定した状態で設定する方法が多いため、今回は接触センサのみの可聴化の場合には各部位に固定した音高を定めている。今回は先行研究における変換手法を主に取り入れているが、今後は他に考慮できる音響パラメータを検証し動作特性に最適な変換方法を考察していく。

作品内では片腕のみの可聴化を行っているため、今後は全体的な動作情報を考慮した入力情報の統合や選別を検討する。今回制作した可聴化プログラムを改良し、様々な動作情報に応用が可能な運動学習支援の変換手法を研究していく。

6. 参考文献

- [1] Thomas Hermann and Sebastian Zehe, “SONIFIED AEROBICS – INTERACTIVE SONIFICATION OF COORDINATED BODY MOVEMENTS ” *International Conference on Auditory Display (ICAD) 2011*, 2011.
- [2] T. Grosshauser, B. Bläsing, C. Spieth, T. Hermann, “WEARABLE SENSOR BASED REAL-TIME SONIFICATION OF MOTION AND FOOT PRESSURE IN DANCE TEACHING AND TRAINING ” *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 1, No. 1, 2011 October, pp.1–10, 2011.
- [3] Toshitaka Kimura, Takemi Mochida, Tetsuya Ijiri, and Makio Kashino, “Body-mind Sonification to Improve Players Actions in Sports”, https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr201601ra1_s.html, 2015. (2016.6.2 取得)
- [4] 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.1-6, 2016.
- [5] Kevin M. Smith, David Claveau, “The Sonification and Learning of Human Motion”, *Proceedings of the International Community for Auditory Display (ICAD) 2014*, 2014.
- [6] Alexander Refsum Jensenius, Rolf Inge Godøy, “Sonifying The Shape Of Human Body Motion Using Motiongrams”, *Empirical Musicology Review Vol.8, No.2*, pp.73–83, 2013.
- [7] Ajay Kapur, George Tzanetakis, Naznin, Virji-Babul, Ge Wang, Perry R. Cook, “A Framework For Sonification Of Vicon Motion Capture Data”, *Digital Audio Effects (DAFX-05)*, pp.73–83, 2013.

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・アート学科に入学。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、高岡明に師事する。同年、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する。学科主催のコンサート“Sonic Interaction”にて演奏作品とアコースマティック作品を発表している。2012年オーディオ・ヴィジュアル作品“Unvision”を“インターカレッジ・コンピュータ音楽コンサート”にて発表。翌年、同作品を玉川大学メディアアート学科卒業展示“Contemporary Computer Music Concert 2013”へ出品。