



# 生体工学×音による生体情報音楽化の可能性

後野, 光覚  
正田, 悠  
岡田, 志麻

---

## (Citation)

ヒューマンインタフェース学会誌, 20(4):228-231

## (Issue Date)

2018

## (Resource Type)

journal article

## (Version)

Version of Record

## (Rights)

本著作物の著作権は特定非営利活動法人ヒューマンインタフェース学会に帰属します。本著作物は著作権者であるヒューマンインタフェース学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」に従うことをお願い致します。

## (URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90006454>



## Special Issue

## 演奏のインタフェース 特集

## 生体工学 × 音による生体情報音楽化の可能性



後野 光寛 (のちのてるあき)

2015年立命館大学大学院理工学研究科博士課程前期課程卒業。現在、大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻博士課程後期課程に在籍。生体信号の計測解析や計測機器の開発研究に従事。修士(工学)。現在センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム若手連携研究ファンド課題の研究協力を実施。生体情報の計測、通信と信号処理を担当。



正田 悠 (しょうだ はるか)

2013年北海道大学大学院文学研究科人間システム科学専攻修了。日本学術振興会特別研究員PD(同志社大学文化情報学部)、英国 Royal College of Music ポスドク研究員、立命館グローバル・イノベーション研究機構専門研究員、立命館大学総合科学技術研究機構専門研究員を経て、2018年10月より神戸大学大学院国際文化研究科感性コミュニケーションコース助教。音楽演奏における感性情報処理に関する研究に従事。現在センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム若手連携研究ファンド分担課題代表。



岡田 志麻 (おかだ しま)

2002年立命館大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。三洋電機株式会社研究所勤務後、大阪大学大学院医学系研究科博士後期課程に入学、2009年に修了、学位取得。現在は立命館大学理工学部ロボティクス学科准教授。生体医学に関する研究に従事。現在センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム若手連携研究ファンド課題代表。主にウェアラブルな生体計測装置の開発を担当。

## 1. はじめに

今年の世界保健総会(World Health Assembly)では健康増進のために“2016をベースに、2030年までに身体的不活動の15%減少を目標とする”ことが決議された<sup>[1]</sup>。これを達成するにあたり、日本は早急に対策を講じなければならない。図1に運動習慣のある者の割合の年次推移(20歳以上)を示す。厚生労働省による平成28年度の「国民健康・栄養調査<sup>[2]</sup>」の結果によると、運動習慣がある者の割合は、男性35.1%、女性27.4%と報告されている。“運動習慣のある”とは、1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している者、と定義されている。この割合を一概に多い少ないと議論することは難しいが、2000年に厚生省(現:厚生労働省)が21世紀における国民健康づくり運動(通称:

健康日本21)を策定、策定した際に運動習慣のある者の割合の増加を目標のひとつに掲げており、少なくとも厚生労働省は運動習慣のある者の割合が少ないことを想定している。健康日本21は2000年から2012年まで行われ、その後は健康日本21(第二次)として引き継がれ、2022年まで行われる予定である。こうして行政が国民の運動習慣の増加に対して政策を打ち出しているが、2006年から2016年の間で、運動習慣のある者の割合は、男性で30.2%から35.1%、女性で28.1%から27.4%に変化しており運動習慣のないものを運動するように誘導することは難しいことがうかがえる。健康日本21(第二次)における運動習慣の割合の目標値は男性で36%、女性で33%としており、これについて、厚生労働省は男性においては有意な増減はなく、女性に

おいては減少傾向であると報告している。男性においては達成しうだろうが、女性においては現状では難しいといえる。つまり、国民の運動習慣の増加を促す手法が必要と考えられる。しかし、長時間労働化が進む日本社会において、健康のためとわかってはいるものの、運動を行う意欲をもちにくい状況である。

ところで、スポーツ庁による平成29年度の「スポーツの実施状況等に関する世論調査<sup>[3]</sup>」によると、運動やスポーツを実施した理由(複数回答)として、“健康のため”が75.2%、“運動不足を感じるから”が44.1%であるのに対して、“楽しみや気晴らしとして”が37.1%である。趣味や娯楽としての運動よりも健康のためという側面が強いといえる。さらに運動やスポーツの阻害要因として(複数回答)、“面倒くさいから”が

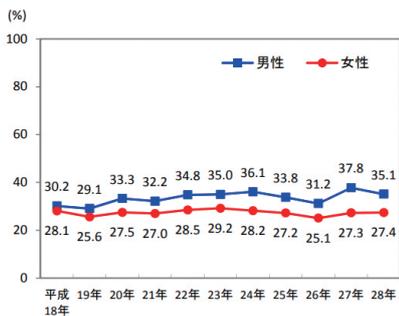


図1 運動習慣のある者の割合の年次推移 (20歳以上)

25.3%、”運動やスポーツが嫌いだから”が7.2%である。これを受けて我々は、健康のためという義務感のようなものではなく、趣味や娯楽のように能動的に運動を楽しめるようになるシステムが、運動習慣の増加=運動誘導を実現するのではないかと考えた。

そこで、我々の研究プロジェクトではバイタルデータアート化システムの開発を行っている。このシステムは、ユーザーの運動にともなって身体の筋で発生する筋電位や、心拍数の変化といった生体信号を音や音楽に変換し、可聴的に感覚へフィードバックするシステムである。音楽といえば古くから存在する身近な娯楽、芸術であるが、楽器の演奏には専門のスキルを要する場合が多い。しかし、このシステムを使用すれば自身の身体を使った行動、活動が楽器となり、高度なスキルを必要とせず、直感的に音を奏でること

が可能になる。これによって運動を娯楽もしくは芸術の一環として行うことができ、楽しみながら運動を始めるといふきっかけづくりになると想定している。

本稿では、バイタルデータアート化システムの概要と、機能の一部である筋電位を入力信号としてその振幅の強弱を音階の高低に変換する実証例を紹介する。

## 2. バイタルデータアート化システム

バイタルデータアートシステムの概要図を図2に示す。まず、小型の生体計測装置によりバイタルデータを計測する。計測対象となるバイタルデータは心電図や筋電図のように生体由来の電気信号といった特定のものに限定されないが、本システムにおいて音への変換もしくは音楽化することを考えれば、運動にともなって変化しやすいバイタルデータが適切である。

バイタルデータはArduinoなどのマイクロコンピュータ（マイコン）にて計測され、A/D変換を経たのちに音へ変換する。この際、利用しやすいよう信号処理され適切な信号に変換される。その後、変換されたバイタルデータをシリアル通信を用いてPCへ送信する。ヴァジュアルプログラミング言語であるMAX7 (Cycling'74 and MI7 Japan Inc.)にて取得したバイタルデータの数値に対して音階や、ピッチなどを割り当てることにより、バイタルデータの音

への変換または音楽化が可能になる。

音楽化の際には下記の2通りの手法があり、1つはバイタルデータの変化を用いた既存の楽曲の編曲である。バイタルデータの変化に従って、調やテンポ、楽曲の強弱を変化させる方法である。もう一方は、バイタルデータを音に変換する方法である。例えば、前者の手法の代表的な適用方法は、例えばダンスやヨガなどで正しく動作ができた場合は心地よい音量とテンポかつ音階の旋律の音楽が流れ、動作を誤れば不協和音が鳴るといったことも可能である。後者の手法の利用例としては、体の数カ所もしくは数種類のバイタルデータを計測し、それぞれに音を割り当てるなどすることで人体を楽器とし運動することで演奏するということも可能になる。体温を音の強弱のベース値に設定し、運動によって体温が上昇するほど大きな音でダイナミックな音になるという設定も可能である。左腕の筋電位の振幅を音の高低、右腕の筋電位を音の強弱と割り当てることも可能であり、計測対象となるバイタルデータの種類や箇所またそれらの音楽化の際の利用方法との組み合わせは多数ある。

ただし、適応するバイタルデータについてはいくつかの制限があると想定される。バイタルデータは運動にともなって変化するものの方が音への変換または音楽化の際に利用しやすく、例としては図2のように、心電図の

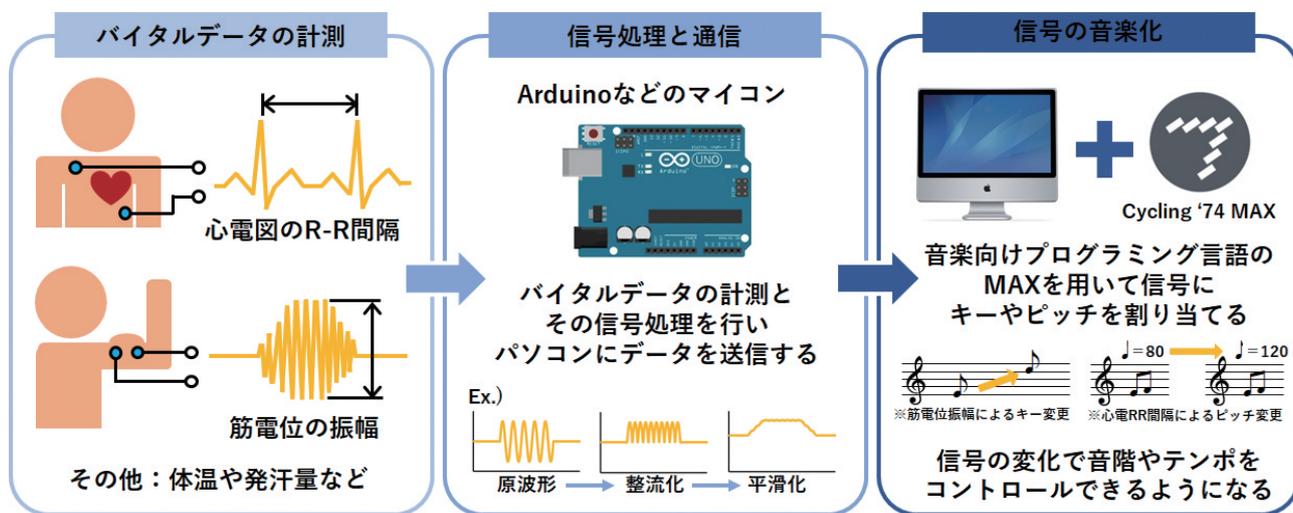


図2 バイタルデータアート化システムの概要

R-R 間隔がテンポに、筋電位の振幅がキーの高低に用いることが適当であると考えられる。

バイタルデータの計測については近年、着用するだけで心電図や筋電位が計測可能となるスマートシャツやスマートウォッチなどのウェアラブルデバイスが数多く開発されている<sup>[4,5]</sup>。それらを利用すれば通常運動する際と変化や違和感なくバイタルデータの計測が可能である。また小型無線機や蓄電池の技術革新により、ウェアラブルデバイスから無線でマイコンにバイタルデータを送信することも可能である。これにより有線の場合よりも拘束による不快感や行動範囲の制限が少ない状態でバイタルデータの計測が可能となる。ただし、計測したバイタルデータの信号処理においては、音楽化する際に利用しやすいよう信号を単純化する必要がある。そのためにノイズや不必要な周期変動をフィルタリングなどによりカットしなければならない。従来通りの臨床で用いられる信号処理方法やノイズカット方法以外に波形を合成したり再構成したりする技術も必要となる。

### 3. 筋電位を用いた本システムの実証例

前章ではバイタルデータアート化システムの概要について説明した。本章

では本システムを用いて筋電位を音に変換した実証例を示す。前腕にて計測した筋電位の振幅の大きさに音階を設定することによって、力の入れ具合で音の高低を表現できるようにした。筋電位の計測状況と使用したデバイスを図3に示す。全指屈曲や手の屈曲動作に関連する尺側手根屈筋の筋腹を挟むように探査電極を2つ貼付し、少し離しグランド電極を貼付<sup>[6]</sup>した。筋電位の計測には小型筋電計 MyoWare™ Muscle sensor (AT-04-001, Advancer Technologies) を用いた。実証実験においては、計測された筋電位信号を有線でマイコンである Arduino Leonardo with Headers (Arduino) に入力した。Arduino では時間制御を行い 100Hz で筋電位信号を取得した。実際に Arduino に入力された筋電位をと Arduino にて整流化と平滑化を行ったあとの波形を併せて図4に示す<sup>[7]</sup>。

平滑化には 50 ポイント (0.5 秒相当) の移動平均を用いた。筋電位の原波形は数 Hz から数 KHz を含む高い周波数で振動している。このまま広い周波数帯域を含む信号のままその振幅に音を割り当てると、ピアノの鍵盤を手のひらで高速にたたいたときのような音が再生される。そのため平滑化を行うことで信号を低周波数化し、緩やかに

振幅が変化するようにした。こうすることで単音の再生が可能となり、力の入れ具合による音の高低の操作が可能となった。しかし、一定の振幅で継続して筋電位を発生させることや、発生させる筋電位の振幅を段階的に操作することは人体の生理学上の理由で訓練を要する。これにより、今回の実験では狙った高さの音を出す、または出し続けるということが困難であった。この問題は、筋電位の最小値から最大値までに割り当てる音階の数を減らすことである程度改善されると考えられる。それにとまって、ひとつの計測箇所では表現できる音階の幅は狭まるが、計測箇所を複数にし、それぞれに異なる音階を割り当てることで全体的な表現の幅は確保できると考えられる。

以上のように、本検証において、筋電位の音への変換が実現した。今回は筋電位の振幅の変化を音の高低に変換したが、筋電位よりも持続可能で段階的に操作可能なバイタルデータを音階の変化に使い、その音の強弱を筋電位の振幅で操作する方法も考えられる。検証の結果、筋電位の振幅は意図的に変化させることが可能であり、直感的にその強弱を実現できるので音への変換、もしくは音楽化に用いるバイタルデータとして実用性が高いことが示された。

### 4. 今後の実用化に向けての検討

我々は娯楽もしくは芸術の一環として運動を行えるように、または運動を行いたいと思わせる = 自然な運動誘導を実現するようなデバイスを目指して、バイタルデータアート化システムを開発している。そのために次に目指すべきところは、システムを利用するまで

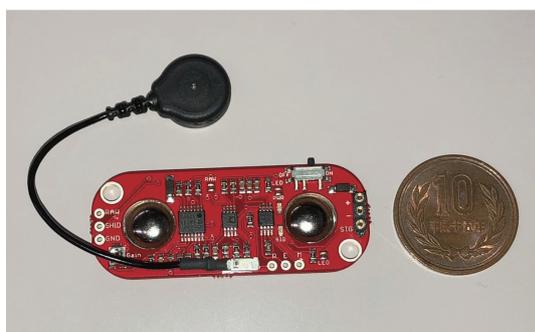
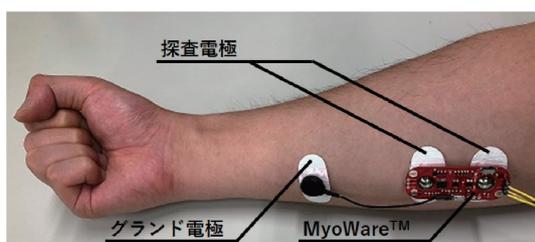


図3 筋電位計測用電極の貼付位置とデバイスの装着図(上)、筋電位計測用に使用した MyoWare™ (下)

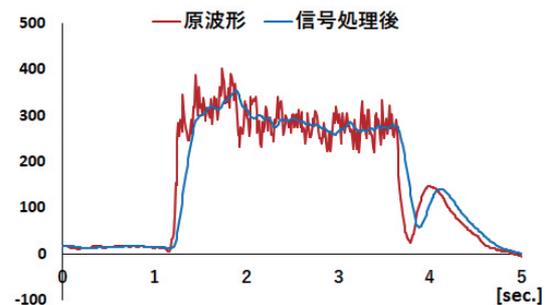


図4 筋電図とその信号処理後の波形

のハードルを下げることである。運動を妨げないのはもちろんのこと、バイタルデータ計測デバイスの装着や使用に不快感があってはならない。先述の通り、バイタルデータの計測デバイスはウェアラブル化とデータ送信の無線化が進んでいる。我々は最終的に、これらのウェアラブルデバイスによってバイタルデータを計測し、そのデータをスマートフォンに無線で送信、スマートフォンのアプリケーションにて信号処理と音もしくは音楽への変換を行い、アウトプットすることを想定している。

またバイタルデータアート化システムはソーシャルネットワークサービス(SNS)を利用することで、運動を習慣化することにつながると考える。先にも述べたように本システムに入力として使えるバイタルデータは数多くあり、それらを音の高低、強弱、音色に変換する組み合わせは多数ある。さまざまなバイタルデータの計測デバイスとスマートフォンに組み込んだ本システムを連携させれば、ユーザーが独自にバイタルデータを音もしくは音楽に変えて自己表現を行うことができる。これにより一種の芸術活動として運動を行うことができる。さらにそれらをSNSで他のユーザーと共有したり、その芸術性を競ったりすることで運動を習慣化させることも可能だと考える。

さらには、本システムは入力とするバイタルデータの種類は問わないため、運動や競技に生じやすい体力や世代間の壁が生じにくくなる。老若男女、健常者と障害者問わず、身体を動かし運動を行うことができれば誰でも使用することができ、音楽または芸術として楽しむことができる。それに加えて、新しいコミュニティ形成も可能となる。今後は実用化を目指してバイタルデータアート化システムの開発を進めて行く。

#### 謝辞

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム若手連携研究ファンド」の支援によって行われた。

#### 参考文献

- [1] World Health Organization: Physical activity for health -More active people for a healthier world: draft global action plan on physical activity 2018-2030, SEVENTY-FIRST WORLD HEALTH ASSEMBLY, Provisional agenda item 12.2, 2018.
- [2] 厚生労働省: 平成 28 年国民健康・栄養調査の結果.  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000177189.html>
- [3] スポーツ庁: スポーツの実施状況等に関する世論調査(平成 29 年 11 ~ 12 月調査).  
[http://www.mext.go.jp/sports/b\\_menu/toukei/chousa04/sports/1402343.htm](http://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/sports/1402343.htm)
- [4] Shiozawa N, Lee J, Okuno A, Makikawa M: Novel Under Wearable "Smart-Wear" with Stretchable and Flexible Electrodes Enables Insensible Monitoring Electrocardiograph. Proc World Engineering Conference and Convention 2015, OS7-6-3, pp.1-2, 2015.
- [5] T. Kobayashi, S. Okada, M. Makikawa, N. Shiozawa, M. Kosaka: Development of wearable muscle fatigue detection system using capacitance coupling electrodes. 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pp.833-836, 2017.
- [6] 三田勝己: 筋電位計測, BME, 5 号 1 巻, pp.33-40, 1991.
- [7] 原良昭, 吉田正樹, 松村雅史, 市橋則明: 積分筋電図による筋活動の評価, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), 124 巻 2 号, pp.431-435, 2004.