

座位姿勢矯正システムにおけるサウンドデザイン

岡田 滉太郎^{1,a)} 平井重行^{†1,b)}

概要：

人は座位で無意識に猫背など身体負荷が高い、もしくは作業効率が悪くなる姿勢を取ることがある。しかし、それらは集中状態では自身で気付くことが難しい。しかし、Interactive Sonification を応用することで姿勢情報を可聴化すれば、作業を妨げない姿勢矯正が可能だと考えられる。本研究では、可聴化による座位姿勢矯正システムに求められるサウンドデザインについて検討する。本稿では、そのための提案として、試作したシステムの概要と姿勢検出、可聴化方法について説明する。

1. はじめに

住環境の変化やデスクワークでの就労形態の増加によって、近年の日本人の生活スタイルは座位中心へと変化した。睡眠を除いた一日の生活時間のうち、多くの時間を椅子に座って過ごしているが、このとき人は無意識に猫背や足を組むなどの身体負荷が高い姿勢を取ってしまうことがある。姿勢の悪化は椎間板への負荷増加や、骨盤の歪みを引き起こす可能性があるが、これらは集中状態下で発生することが多く、自身で気づいて矯正することは難しい。一方、ここ数十年で Interactive Sonification [1] と呼ばれる非言語音を用いてインタラクティブに情報提示する手法の認知度が高まっている。これは情報可聴化や聴覚ディスプレイ研究 [2] の一分野であり、音の高さや大きさ、音色や種類などの情報だけでなく、音楽的な表現なども含めた手法も含め、人の音響心理や音楽認知などの知見も含めたサウンドデザインを行うものである。音を使うという点で、情報の時間変化やタイミングなどの時間軸に沿った表現も多種多様に可能である。視覚情報と違い、基本的に音は頭の向きに依存せず聞こえることもあり、視覚的な情報提示では不向きな場面で活用することも多い。例えばデスクワークなどで視覚を占有されていたとしても、音で聴覚を介して情報提示することが可能、という特徴がある。この手法を応用することで、ユーザの作業を妨げることなく姿勢の悪化を伝達することが可能だと考えられるが、日常的にシステムを利用して姿勢矯正することを考慮すると、可聴化されたその音は作業への集中と姿勢悪化の通知を両立する

ようなサウンドデザインにする必要がある。

本研究は、姿勢に関する情報をインタラクティブに可聴化し、ユーザの作業を妨げない姿勢矯正システムのサウンドデザインについて検討することを目的とする。本稿では、そのための提案として試作したシステムの概要と姿勢検出、及び可聴化方法について述べる。

2. 関連研究

2.1 Interactive Sonification

Interactive Sonification の応用に関する研究として、平井らの Bathonify [3] や野村らの研究 [4] が挙げられる。平井らの Bathonify は、浴槽に入浴した人の動きや生体情報を効果音や音楽に変換することで、入浴者自身の UX 向上や健康状態の管理、浴室外部からの安全管理を行う。野村らの研究では、人の毛髪の表面状態を音楽に変換することで、UX の向上と髪の健康状態の把握、特徴の分析を行う。

2.2 可聴化による姿勢矯正

姿勢の可聴化に関する研究として、榎堀らの姿勢改善補助システム [5] や伊丹らのシステム [6] が挙げられる。榎堀らのシステムは、小型のウェアラブル加速度センサを身につけることで姿勢の悪化の種類とその悪化度合いを検出し、姿勢の悪化状態を警告音の種類や音高の高低、発音テンポに反映してユーザに通知する。伊丹らのシステムは、傾斜角センサで背部の傾きを測定し、傾斜が2段階の閾値を越えるとそれぞれ異なる周波数の警告音でユーザに通知する。これらの関連研究では、本研究と同じく音によってユーザに姿勢情報を伝達しているが、サウンドデザインの観点から見た作業への集中度に関しては考慮されていない。

¹ 京都産業大学大学院 先端情報学研究所

^{†1} 現在、京都産業大学 情報理工学部

^{a)} i1888024@cc.kyoto-su.ac.jp

^{b)} hirai@cse.kyoto-su.ac.jp

2.3 可視化による姿勢矯正

また、視覚情報を利用した姿勢矯正に関する研究として、菊川らのシステム [7]、石松らのシステム [8] が挙げられる。菊川らのシステムは、Kinect でユーザの頭部とディスプレイの距離を測定することで前傾姿勢を検出し、その度合いを画面をぼやけ具合に反映させることで通知する。石松らのシステムでは、Kinect と圧力センサによってユーザの前傾具合と脚組みを検出し、ディスプレイにポップアップウィンドウを表示させることで通知する。これらの関連研究では、視覚情報による姿勢矯正の有効性が評価されている。本システムの有用性を評価する際には、これらの視覚的アプローチとの比較検証が必要だと考える。

3. システム概要

本稿のシステムは、椅子に座って PC を用いたデスクワークを行なっている状態での利用を想定している。座位で作業を行なっているユーザの、上半身を RGBD カメラで撮影、また座面下に設置したひずみゲージで座位時の座面の荷重バランスを計測することでユーザの姿勢情報を取得する。これを音響情報へと変換し、ユーザが装着しているヘッドフォンから音を出力することで姿勢情報をフィードバックし姿勢矯正を促す (図 1 参照)。この時のシステムの処理概要としては、RGBD カメラの深度画像をコンピュータで処理することで座位中のユーザの各関節部位の空間座標と関節部位の角度を、またひずみゲージの信号値を前処理して計算することで座面の荷重重心を、それぞれ取得し、現在の姿勢の種類と姿勢の悪化度合いを計算する。これらの情報を、サウンドデザインされた内容に基づいてインタラクティブに可聴化する (図 2 参照)。ここで検出する姿勢悪化の種類は、首垂れと猫背、重心の偏り、の 3 種である。以下に、本システムのハードウェア構成と、姿勢検出、および可聴化処理の内容について述べる。

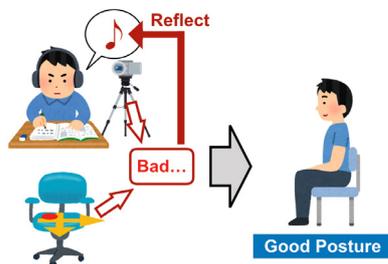


図 1 システム利用イメージ

3.1 ハードウェア構成

本システムは、現時点では RGBD カメラとして Microsoft 社の Kinect v2、ひずみゲージ、計装アンプとして LT1167、Arduino、コンピュータ 2 台で構成されている。ひずみゲージは 2 枚の鉄板で挟まれており、四隅にネジで固定されて

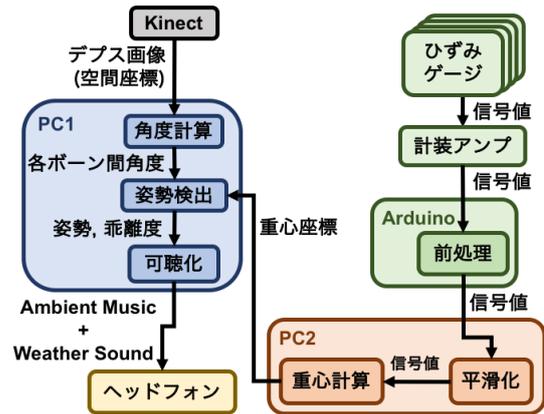


図 2 システム処理概要

いる。これを座面下、あるいは座面に設置することで荷重状態のセンシングを行なっている。

3.2 姿勢検出

姿勢検出処理は、姿勢の種類と、その悪化度合い (以降、乖離度と記述) の計算部分、座面の重心計測部分の 2 つから構成されている。(図 3)

各関節部位のうち、本システムでは頭部、胸部、右肩、左肩、腰の 5 点を使用する。右肩、左肩、腰の 3 点からなる面の法線ベクトルを計算し、腰と胸部からなるベクトルと法線ベクトルの成す角、胸部と頭部からなるベクトルと法線ベクトルの成す角をそれぞれ求める。この 2 つの角度について、理想姿勢の時と現在の角度変化の組み合わせで姿勢の種類を、各角度の変化量に係数を掛けてから足し合わせることで乖離度を、それぞれ求める。法線ベクトルは、胸部と頭部からなるベクトルと成す角の変化について計算する際はリアルタイムの値を、腰と胸部からなるベクトルと成す角の変化について計算する際は理想姿勢の時の値を用いて計算する。

重心計測に関しては、座面のひずみゲージから得られる信号に、座標の原点を合わせるための前処理と、移動平均でフィルタをかけた後、係数を掛け足し合わせることで計算している。その後、理想姿勢の時と現在の座標の差分を取ることで重心の偏りを求める。本システムでは、ユーザの正面に対して横方向の重心の偏りのみ使用している。重心の偏りは別の音表現の制御に利用して可聴化するため、上記の乖離度などとは別で処理を行う。

3.3 サウンドデザイン

本システムの利用が想定される状況を元に、サウンドデザインにおいて考慮した点を以下に挙げる。

3 章冒頭でも述べた通り、本システムはデスクワークでの利用を想定している。そのため、理想姿勢の時は気にならず作業に集中でき、姿勢が悪化した際は音の変化に気づくことができるような音である必要があった。激しすぎる

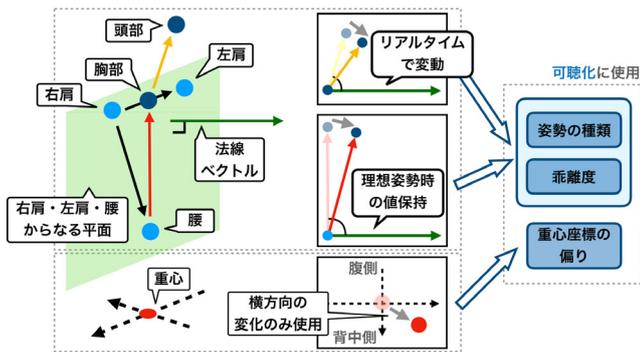


図 3 姿勢検出

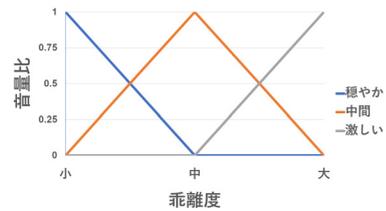


図 4 各音源の音量制御

音は作業を妨げる可能性があるため、使用を避けた。音源の音量変化で情報伝達する方法は、時間あたりの音の発音密度が低いとユーザが変化に気づかない可能性が高いため、音色を変化させる方向でデザインを考えた。また、音の変化する要素は、多すぎるとユーザを混乱させる可能性があるため、できるだけ少なくすることを意識した。

これらの前提を踏まえた上で、本システムのサウンドデザインを行なった。本稿では、環境音楽と環境音を使用したサウンドデザインの例について紹介する。本例では、ユーザが理想姿勢を取っている時は環境音楽のみがヘッドフォンから聞こえており、姿勢が悪化すると風や雨が降る音など、環境音が同時に聞こえてくるように設計した。これにより、環境音で姿勢状態をユーザに伝達しつつ、環境音楽によって作業への集中を保つ狙いがある。姿勢検出によって推定した、姿勢の種類と乖離度、重心の偏りといった姿勢情報は、環境音の各種音表現の制御に利用することで可聴化される。

3.3.1 姿勢の種類

本例では、検出された姿勢の種類によって、再生される環境音の種類が変化している。ユーザが首垂れの姿勢を取っているときは風が吹きつけるような音、猫背の姿勢のときは雨が降る音が環境音より選択され、ヘッドフォンから出力される。これは、悪天候の音から姿勢の悪化を連想させる狙いがある。

3.3.2 乖離度

本例では、乖離度の大小によって再生される環境音の激しさの度合いが変化している。例として、ユーザが同じ猫背の姿勢を取っているときでも、乖離度が小さい時は小雨の音が聞こえ、乖離度が大きくなると降雨量が増える。これは、時間あたりの発音密度と音量を上げることで変化に対して気付きやすくする狙いがある。激しさの変化は、環境音の種類ごとに激しさの度合いが異なる3つの音源を用意し、乖離度の推移に合わせてそれぞれの音量比率を制御して同時に再生することで実装している(図4参照)。

3.3.3 重心の偏り

本例では、横方向の重心の偏りが音源の左右の定位に反映されるよう設計した。ユーザが右手方向に体重をかけた場合は左手方向から音が、逆方向であれば音源も逆から聞こえてくるようになっている。これは、姿勢を正す時に音が聞こえてくる方向へ荷重バランスを戻すことで、正しい姿勢に導くという狙いがある。重心の変化と定位の変化を直線的に対応させると、定位の変化が感じづかったため、シグモイド関数を利用して重心の変化をより強調するようにした。

4. おわりに

本研究は、可聴化によって座位姿勢矯正を促すシステムを構築し、そのサウンドデザインについて検討を行なった。本稿では、試作したシステムについて、概要と処理の流れ、姿勢検出、可聴化処理とそのサウンドデザインについて述べた。今後は、異なるサウンドデザインで可聴化した場合の矯正への影響の比較検証と、視覚情報による矯正を行った場合の比較検証、システムの性能評価やユーザ評価によるシステムの有用性の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] Thomas Hermann, Andy Hunt: Interactive Sonification Webpage, 入手先 (<http://interactive-sonification.org>) (2018.12.17).
- [2] Thomas Hemann, Andy Huntm John G, Nueffoff(2011): Sonification Handbook, Logos Publishing House.
- [3] 平井重行, et al. "新たなアメニティ空間を目指した浴室: 入浴状態を音で表現する風呂システム." ヒューマンインタフェース学会論文誌 6.3 (2004): 287-294.
- [4] Nomura, Mariko, et al. "Translating the human hair surface state into sound." (2017).
- [5] 榎堀優, 森祐馬, and 間瀬健二. "音声通知型姿勢維持補助システムの日常利用を想定した長時間・繰り返し利用における性能評価." 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI) 2015.11 (2015): 1-6.
- [6] 伊丹 君和, 久留島 美紀子. "看護動作姿勢改善をめざした危険角度での「音」発生機能を搭載したボディメカニクス学習システム開発とその評価." 日本看護研究学会雑誌 Vol.33 No.2, 日本看護研究学会雑誌 2010.
- [7] 菊川真理子, and 金井秀明. "行動の長期的結果提示による癖の矯正効果の検討." Interaction 2012 (2012): 696-700.
- [8] Ishimatsu, Haruna, and Ryoko Ueoka. "BITAIKA: development of self posture adjustment system." Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference. ACM, 2014.