

bioTones : 生体電位信号に基づく装着型音響提示デバイス

坪内 靖憲[†] 鈴木 健嗣^{††}

bioTones : Wearable Sound Feedback Device based on Bioelectrical Signals

YASUNORI TSUBOUCHI[†] and KENJI SUZUKI^{††}

1. はじめに

我々は、表面筋電信号に基づく音響を実時間で提示する装着型デバイス bioTones の開発を進めている。これにより高周波成分を含む表面筋電信号をその特徴を保持したまま可聴域の音響に適切に変換することにより、身体動作に伴う筋緊張を明瞭に生体へフィードバックすることが可能となる。生体電位信号を音響・音楽に変換する研究として、パフォーマンスのための bioMuse¹⁾ や、脈波から癒し効果のある音楽を提供する研究²⁾ があるが、これらに比べ bioTones は、装着型で、信号取得から音響変換・生成まで行うために他の外部機器に接続する必要がないこと、より様々な場面において多様な身体動作を音響に変換し提示できる応答性を有するという特長がある。

bioTones はスポーツトレーニング、エンターテインメント等への応用とともに、心身医学的治療の柱として位置づけられる生体バイオフィードバック療法への適用を検討している。これにより、従来の方法では解決が困難な問題を克服する有力な手法を提供するものである。

生体バイオフィードバック療法とは自身では感知できない生理情報を視聴覚などの知覚可能な情報に変換して生体に還元し、セルフコントロールによる治療を行う手法である。副作用が少ない、認知面・行動面の変容の効果が見やすいという利点がある。現在の一般的なバイオフィードバック療法では、通院と家庭でのセルフコントロールの実践の繰り返しが必要であるためバイオフィードバック療法の実施には時間的、距離的制約があるうえ、治療初期時のモチベーションの維持が課題であると言われる³⁾。

2. 開発したデバイスの概要

2.1 システム

ここでは、1チャンネルのディスポーザブル電極を用い、生体アンプ（同相除去比約 100dB）によって数百倍程度に差動増幅された表面筋電信号を 12 ビット A/D 変換器を通して取得する。得られた信号は DSP アーキテクチャにより後述する信号処理を施した後に音響へ変換し、利用者へ聴覚フィードバックする。

2.2 生体信号処理

計測した信号に含まれる基線揺れや交流ノイズなどのアーチファクトを除去するため、1kHz でサンプリングした表面筋電信号を通過帯域 10Hz ~ 350Hz の帯

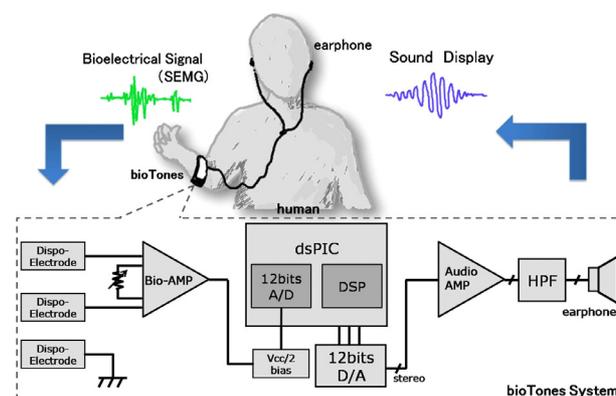


図 1 bioTones のシステムとインタラクション

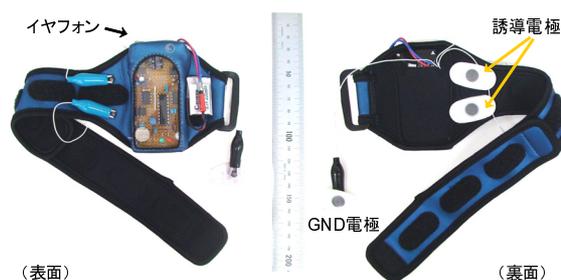


図 2 bioTones の外観

[†] 筑波大学 工学システム学類

College of Engineering Systems, University of Tsukuba

^{††} 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

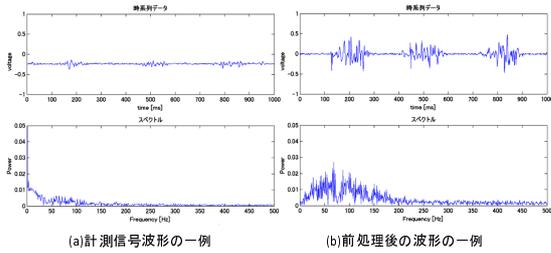


図 3 計測波形と前処理を施した波形

域通過フィルタに通す．さらに，筋量の個人差や電極の貼付位置のわずかな違いの影響を軽減するため，50% MVC法を用いて正規化する．ここでは利用者が起動時に最大随意の半分程度の筋収縮を行うことで正規化係数を設定する．正規化後再び帯域通過フィルタを通すことで，正規化によって発生する DC 成分や，高調波成分を再び除去する．図 3 に左前腕部で計測した信号 (a) と，一連の処理後の信号 (b) の波形およびスペクトルの一例を示す．

2.3 音響マッピング

bioTones は，生体電位信号の波形に含まれる情報を可能な限り損なわずに音響変換を行い，実時間で生体へフィードバックすることが目的である．バイオフィードバック療法では，筋緊張の度合いがセルフコントロールの指標とされること，さらに筋電位信号の中心周波数によって筋疲労度を推定できるということから，これを次のような式

$$S(t) = \log_{10} \alpha (G + 1.0) \sin(\beta f_c t) \quad (1)$$

$$G = \sum_{i=1}^{N_1} |EMG_i| / N_1 \quad (2)$$

$$f_c = \min_k \left(f_k \left| \sum_{i=1}^{N_2} P(f_i) \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_2} P(f_i) \right. \right) \quad (3)$$

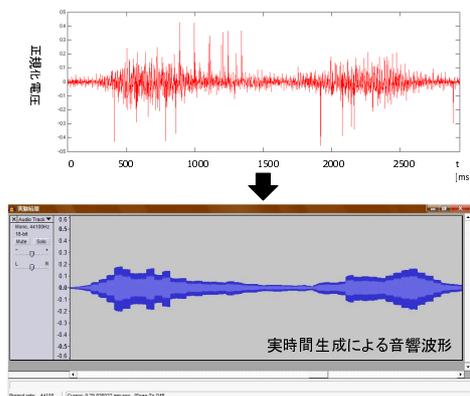


図 4 表面筋電信号がマッピングされた音響波形の一例



図 5 bioTones の使用例

に基づいて音響信号に変換する．ここで EMG_i は i 番目のサンプリング値で 1.15 固定小数点数である．また FFT により生体電位信号のスペクトルを生成し， $P(f_i)$ は周波数 f_i におけるパワーを表す．すなわち，生体信号のパワーと周波数を音響のゲインと周波数にそれぞれマッピングした例である．なお α, β, N_1, N_2 は定数である．

実験の結果，随意運動による筋緊張に応じて，十分な応答性を有するとともに，直感的にもわかりやすい音響提示ができていることを確認した．

3. 最後 に

本論では，生体信号として表面筋電信号に基づく音響提示を可能とする装着型デバイスの開発を行い，バイオフィードバック療法への応用というアプローチから音響変換手法を提案した．目的に応じた適切な形で音響変換することで，bioTones の更なる発展が可能である．例えば，腕に装着しドラムビートを刻むような楽器の利用を行った様子を図 5 (a) に示す．我々は特に偏頭痛，緊張型頭痛に対するバイオフィードバック療法への応用を目指し，後頸筋から筋電信号を計測し頭痛の発作の兆候を利用者にフィードバックすることで，未然に発作を防ぐという試みを行っている (図 5(b))．提示手法により，日常的に使用できるだけでなく，音響提示を通じてモチベーションの維持にも貢献できると考えており，従来のバイオフィードバック療法の課題の解決に向けて開発を続けていく．

参 考 文 献

- 1) Tanaka Ataru: Musical Performance Practice on Sensor-based Instruments, *Trends in Gestural Control of Music, Science et musique*, pp.389-405, IRCAM - Centre Pompidou (2000) .
- 2) 伊藤英則: 個人生体信号から癒しの映像・音楽を生成するシステム, 人工知能学会誌 Vol.23 No.3, pp.334-341(2008).
- 3) 端詰勝敬: 心療内科におけるバイオフィードバック療法の実際, バイオフィードバック研究 35 刊第 1 号, pp.65-68(2008) .