

ヘルスケアのためのウェアラブルバイオフィードバックシステムの開発

岡本 一輝* 柳澤 一機†

日本大学大学院生産工学研究科機械工学専攻* 日本大学生産工学部機械工学科†

1 緒言

現在、精神的なストレスによる体調不良が問題となっている。ストレスに対する解消法としてヨガなどの様々な方法が存在しているが、ストレスの軽減効果は自身のみで主観で判断されるため、自身が自覚していないストレスに気づくことができず十分なストレス軽減効果が受けられない場合がある。

そこで、自主的に認識することが難しい脈波や脳波などの生体情報からストレスを客観的に評価し使用者にフィードバックすることで自身の制御を促すバイオフィードバック (BioFeedBack:以降 BFB) と呼ばれる方法がある。BFB について様々な研究がおこなわれてきたが、これまでの BFB は計測装置が大きかったため手軽に行えるものではなかった。しかし、現在普及している Raspberry Pi などの小型なシングルボードコンピュータを用いることで、システムを小型化しより手軽に BFB を行なうシステムを構築することが可能である。

辻らはフルカラー LED を用いてフィードバックを行なう小型 BFB システムの開発を行なっている [1]。しかしながら、渡部らは継続的な BFB を行なう上でフィードバック方法が単調であると使用者が飽きてしまい十分な効果が得られない可能性があることを指摘しているため [2]、色などの単調なものではなくフィードバックを工夫することでより高いストレス軽減効果が得られると考えられる。

本研究では脈波情報からストレス状態をフィードバックする小型 BFB システムの開発を行なう。さらに、使用者を飽きさせないような工夫としてキャラクターの動きによるフィードバック方法を採用し、その効果の検証を行なう。

2 脈波情報を用いたストレス状態の評価

本研究では計測が容易である脈波センサを使用し、脈波間隔からストレス状態の評価を行なった。

2.1 ローレンツプロットの面積による評価

ローレンツプロットとは n 番目の脈波間隔を縦軸、 $n+1$ 番目の脈波間隔を横軸にプロットする方法であり [3]、プロットされた部分の面積をその標準偏差により算出することでストレス評価を行なうことができる。高ストレス状態であるほど脈波間隔は小さく一定となることが知られているため、ローレンツプロット全体の面積が小さくな

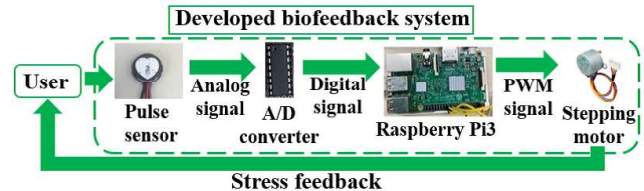


Fig. 1 Biofeedback system diagram

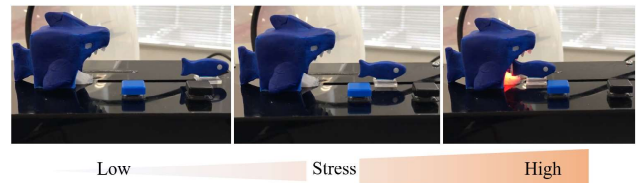


Fig. 2 Feedback method of the developed system

り、反対にリラックス状態であるほど面積が大きくなる特徴がある。

3 開発したシステム

3.1 概要

本研究では脈波センサによって脈波情報を計測し、キャラクターである小魚の位置が変わることでストレス状態のフィードバックを行なうシステムを開発した。システムの概略図を図 1 に示す。

本システムでは、まず手首に取り付けた脈波センサから得られるアナログ信号をデジタル信号に変換し、Raspberry Pi3 を用いて脈波間隔およびローレンツプロットの面積の算出を行なう。その後ローレンツプロットの面積を正規化した値にに応じてステッピングモータの角度を変化させることでシステム上部のキャラクターが動き、使用者にストレスのフィードバックを行なう。

脈波間隔をローレンツプロットした面積は、面積の最大値および最小値を用いて計測時点での面積を正規化した値を用いることでストレスの評価を行なっており、正規化した値が大きくなるほど高ストレス状態であるとしている。面積を正規化した値を LP_{score} とし、計測時点での面積を LP 、面積の最大値を LP_{max} 、面積の最小値 LP_{min} と設定し、以下の (1) 式を定義した。

$$LP_{score} = 100 - \frac{LP - LP_{min}}{LP_{max} - LP_{min}} \times 100 \quad (1)$$

また、昼食等でシステムを外す場合を考慮し、上部に取り付けられたボタンによって計測の一時中断および再開ができるように設計した。

3.2 ストレスのフィードバック方法

フィードバックの様子を図 2 に示す。本研究ではフィードバック方法において飽きさせないような工夫を取り入

* Kazuki Okamoto

† Kazuki Yanagisawa

*Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Industrial Technology, Nihon University

† Department of Mechanical Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University

れ、キャラクターである小魚がサメから逃げる様子を舞台とし、小魚の位置が変わることでストレスのフィードバックを行なう方法を採用した。

内部のステッピングモータの角度がローレンツプロットの面積を正規化した値によって変化することで、スライドレール機構によりシステム上部のキャラクターである小魚が前後に動くことでフィードバックを行なう。小魚が固定されたサメに近い状態であるほどストレス状態であることを示し、サメの口に入る高ストレスを示す状態では強調して表現させサメの舌が赤く発光するように設定した。

4 検証方法

今回開発したシステムを実験参加者が装着することで実験を行なった。BFBなしの場合でも装置は装着し、健康な20代男性実験参加者1名に対し午前11時から午後3時の間まで実験を行なった。実験中は修士論文のための解析や論文作成等の作業をしてもらい、BFBありの場合はシステムが高ストレス状態を示した時に休憩を取るよう教示した。

また、1回の実験はストレス状態をフィードバック方法により提示するBFBありの場合と、フィードバックを行わないBFBなしの場合をそれぞれ1日ずつ行ない、BFBあり・なしの場合で合計2日間行なった。

5 検証実験の結果

本実験から得られたBFBありとBFBなしの場合のローレンツプロットの面積の平均の推移の1例を図3に示す。

図3より、全体的にBFBありの方がローレンツプロットの面積が大きく、全体の平均値もBFBありの方が大きいことがわかる。この結果から、本システムを使用することでストレスが軽減されていることが確認できる。

また、フィードバック方法の違いによるストレス軽減効果の比較を行なうため、フルカラーLEDによってフィードバックを行っていた辻らの実験結果[1]も用いてローレンツプロットの面積を正規化した値であるLPscoreにおいて、BFBありの場合とBFBなしの場合の差の平均を算出した。辻らの実験より得られた有効実験者の平均値と今回得られた実験結果の1例を比較するため、BFBありとBFBなしの差をBFBありの場合の値からBFBなしの場合の値を引くことで算出した。LPscoreは大きいほど高ストレス状態を示しているため、BFBありの場合よりもBFBなしの方が値が大きい状態、つまり差が負の値であるほどより高いストレス軽減効果があることを示す。

辻らの有効実験者より得られた平均値の結果と本実験で得られた1例の結果を比較したものを図4に示す。図4より、キャラクターを用いてフィードバックを行なった方は値が負の値であることが分かる。辻らの結果は正の値を示しているが、辻らは唾液アミラーゼやPOMS2などの他の指標においてストレス軽減効果があることを確認しているが、ローレンツプロットの面積を正規化した値であるLPscoreにおいては、フィードバック方法を工夫した本研究の結果の方が高いストレス軽減効果が得られる可能性を確認した。

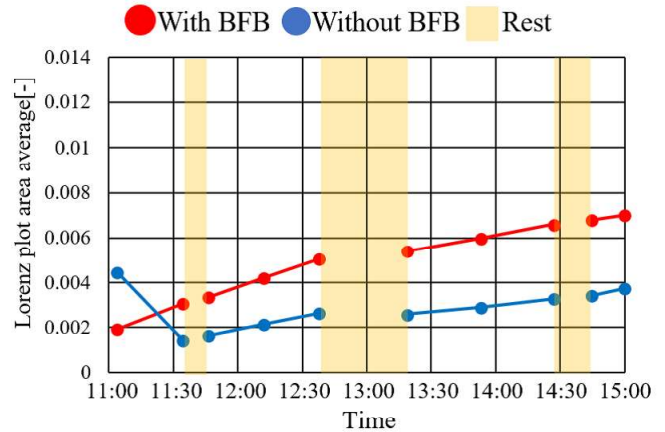


Fig. 3 Changes in Lorentz plot area

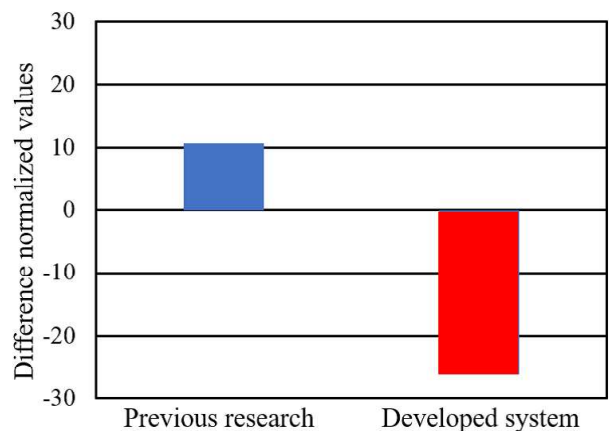


Fig. 4 Comparison of normalized values

6 結言

本研究では脈波情報よりローレンツプロットの面積の算出を行ない、ストレス状態を算出し使用者にフィードバックを自動で行なう小型BFBシステムの開発を行なった。さらに使用者を飽きさせないような工夫として動くキャラクターを利用したロボットによるフィードバック方法を採用し、その効果を検証した。検証実験の結果からフィードバック方法を工夫することでより高いストレス軽減効果を得られる可能性を確認できた。

今後は、心拍数を用いてストレス評価を行なう上でLF/HFなどの他のストレス指標を利用する小型BFBシステムの開発などを行なっていく。

参考文献

- [1] 辻 他, メンタルヘルスケアを目的とし小型バイオフィードバックシステムの開発, 日本大学生産工学部第52回学術講演会講演概要, pp.560-563, (2019)
- [2] 渡部 他, 視覚と聴覚のバイオフィードバックにおける集中力向上効果の比較検討, 科学・技術研究, Vol5, No.1, (2016), pp. 41-46
- [3] 松本 他, 心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究, ライフサポート, Vol22, No.3, (2010), pp.62-69