

内受容感覚とバイオフィードバックに注目した 筋電情報ジェスチャ認識によるエンタテインメント

Entertainment of EMG Gesture Recognition by Interoception and Bio-Feedback

長嶋 洋一 †
Yoichi Nagashima

1 はじめに

本稿では、生体情報処理に関するエンタテインメントを実現する感性情報処理システムに関する新たな提案を行う。筋電センサ情報に対するジェスチャ認識システムに視覚的バイオフィードバックを組み合わせ、ソマティック・マーカーモデル仮説(SMH)に対応した内受容感覚と情動・感情との関係を捉えるメディア心理学的実験システムを試作した。これにより、被験者の心理状態(注意と無意識下の随意筋制御によるリラクセス)を検出する生体センサによって広義のエンタテインメントに繋がる仮説の検証を目指していきたい。

2 いろいろな筋電センサ

過去の情報処理学会音楽情報科学研究会や日本音楽知覚認知学会やなどの場で報告しているため、筆者オリジナル(第1世代~第4世代)の筋電センサ楽器については参考文献[1]にて公開しているドキュメントを参照されたい。例えば第3世代の筋電楽器“MiniBioMuse-III”を活用したライブ音楽作品の公演は、海外に限定してもKassel, Hamburg, Montreal, Amsterdam, Paris, Vancouver, Taipei, Yekaterinburg, Osloで行っており、そのYouTube記録動画へのリンクもここに置かれている。

第5世代の筋電センサとして、筆者はCQ出版「インターフェース」2015年4月号の「生体情報処理」特集記事[1]を執筆したが、海外でも生体情報計測や筋電情報に注目が集まっているのか、新しいシステムが3つ登場した。

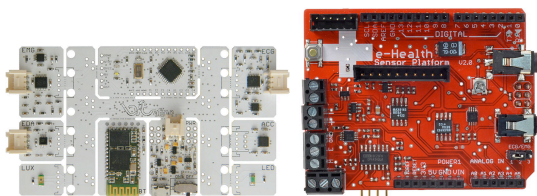


Fig. 1 BITalino(左)とe-Health(右).

図1(左)のBITalinoは、リスボンの研究所ISELのJose Guerreiro氏の修士論文[2]で開発しクラウドファンディングで提供している生体信号検出システムである。ネットショップでは、皮膚に貼り付ける電極5枚と3電極(筋電・心電)と2電極(皮膚電気抵抗)の電極ケーブル各1本とリチウムポリマー電池1個とメイン基板のベーシックセットが149ユーロである。

BITalinoの内蔵マイコンはATMEGA328PでArduino互換であるが、ユーザがファームウェアをオリジナルに改編できないので「Arduino風のAVRマイコン」というのが正しい。またBluetoothモジュール専用でArduinoのような宿主PCと接続するUSBコネクタが無く、ユーザはBluetooth経由でBITalinoから送られてくる

EMG・ECG・EDA・LUX・ACCという5種類のセンサ情報パケットを受信する。表示用のアプリケーションの提供とともに、自作するためのツールやAPIも公開されていて、PythonやJavascriptでセンサ情報を利用したアプリケーションを開発できる。

図1(右)のe-Healthは、ホストとしてArduinoやRaspberryPiに対応した生体センサシールドである。基板上的コネクタはArduino対応だが「RaspberryPiに変換するアダプタ基板」も一緒に出していて両方に対応している。この生体センサシールド単体の価格は75ユーロだが、周辺機器として提供される全てを含むセットは450ユーロになる。注意点として、e-Healthは8種類の生体情報を計測できるとしているが、実は完成品の計測器を外部オプション装置として繋ぐだけという生体情報が多数ある。



Fig. 2 Myo.

BITalinoやe-Healthとほぼ同時期(2014年前半)に世界的にリリース(オンライン予約受付)されたものの実際には2015年に提供されたのが図2の“Myo”(199ドル)である。これはUSB Dongleに対してBluetoothで「9軸センサ(3次元方向・3次元加速度・3次元ジャイロ)」と「8チャンネル筋電情報」を送信するという完結した(改変不可、Firmware Updateを待つのみ)アームバンドセンサ製品である。

Myoを使うためには標準の「Myoコントローラ」というアプリケーションを起動して、USB DongleとMyoとでBluetooth通信を確立する必要がある。このツールのジェスチャー登録機能を使うと、脱力/グー/パー/パーで手首を屈曲/パーで手首を反らせる、という5種類のジェスチャーを学習して必要なパラメータをMyo本体に伝送し、Myoからはセンサ生データでなく5種類のジェスチャー番号をシンプルに取得して、一般のアプリケーションの操作(プレゼンソフトのページめくり、ムービーのスタート/ストップ等)に割り当てて、新しい入力デバイスとして手軽に使える。

3 Myoによるジェスチャ認識

筆者の第3世代筋電センサのように代替品が無い(フロントエンド回路に使用した東芝dualFETは既に製造中止)という心配のない市販システムMyoを、より高性能な筋電センサとして活用する事にした。具体的にはオリジナルインターフェースアプリケーションによりMyoから受けとった8チャンネル・ライブ筋電情報をOSCプロトコルでMax7に送り、ここにインターフェース誌2015年4月号特集記事([1]で紹介した信号処理として、(1)全波整流(絶対値)、(2)40段の移動平均(積分)、という前処理を施して8チャンネル筋電エンベ

† 静岡文化芸術大学

ローブ情報とした上で、よくあるFFT解析でなく、筆者が提唱した「リサージュ解析」のアルゴリズム[3]によって28チャンネルの筋電解析情報をリアルタイム取得した。この28チャンネルの筋電解析情報を、第4世代のジェスチャー認識ツール[4]の200バンドFFT情報から置き換えたMaxパッチとして開発したのが、図3のMyo筋電ジェスチャー認識システムであり、この動作紹介のデモ動画もYouTube[5]に上げた。

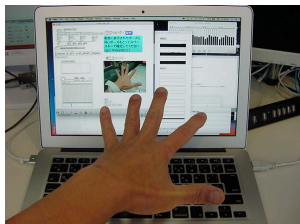


Fig. 3 Myo Gesture Recognition System.

ここで重要な点は、あらかじめ画面内に表示される29種類のポーズを真似た筋電解析情報をまず全て記録し、次に再び画面内の表示を真似た筋電解析情報との距離を刻々とリアルタイム計算し、最小値のポーズを1ポイントずつ増加させる、というグラフを体験者本人が視覚的に確認して、そのポイントを上げるために、個々のポーズ再現中もぞもぞと脱力と緊張を繰り返す、というバイオフィードバックとなっている事である。随意筋とはいえこの微調整はかなり無意識下であるにもかかわらず、面白いようにヒットする。

4 内受容感覚とSMHと情動/感情

外受容感覚Exteroception(視覚・聴覚・味覚・嗅覚・触覚)に対して、内蔵や血管の状態、内分泌系・横紋筋等から脳が受容する内受容感覚Interoceptionは、Damacioの提唱するソマティック・マーカー仮説(SMH)とともに、人間の感情[6]や意思決定[7]に大きく関係している。身体の恒常性を維持するために無意識下で脳に送られる内受容感覚に従った脳内の状況予測マップが何らかの原因で予測から外れた場合に喚起されるのが情動であり、原初的には危機回避の感情(怒り・怖れ)に至った、という説明は生物進化論的にも納得できるし、ジャズのテンションノートを愛好する音楽心理的現象とも符丁している。

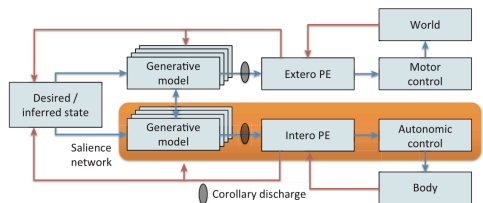


Fig. 4 Model of Interoceptive Inference.

一方、脳機能をバイズモデルと予測符号化に基づく予測マシンとして捉えた研究[9]において、Sethはこれまでの外受容感覚だけでなく内受容感覚も同様に関係することでSMHと結び付く(図4)と提案した。このモデルは、Damacioが「あたかもループ」(As if Loop)として提唱した、時間的な遅延の大きい内受容感覚でも瞬時に危機回避するための情動生起のバイパス経路とも対応している。

エンタテインメント用に開発したバイオフィードバックゲームを臨床医の意見を取り入れトレーニングシステムに改良して、医療分野での応用を試みた棟方の報告[10]は、このDamacioのSMHと情動・感情との結び付きという視点から多くの示唆を与えた。

これらの先行研究/報告を並べて検討すると、身体と感情、注意と自己、予測/期待と感情、意識と無意識、などの重要な視点を見出せる。今回の筋電ジェスチャー認識システムでは、あらかじめ登録した自分の29種類のポーズに対応した筋電解析情報とリアルタイム照合する際に、狙ったポーズと客観的にもっとも「近い」場合にスコアが伸びるというバイオフィードバックによって、随意筋とはいっても皮膚電気活動と同様にほぼ無意識下のリラックスと緊張の微調整から得られる成功(達成)の充実感/意外感の感情は、明らかに一種のエンタテインメントであった。

5 筋電認識によるエンタテインメントへ

筋電ジェスチャー認識システム[5]の最終ステップで行った一種のゲームモードは、予備的実験の段階でも情動/感情を伴う結果を予感させた。これを明確に計測するために、BITalinoとe-Healthを活用して、自律神経系と深く関わる皮膚電気抵抗(GSR)センシングや心拍情報・呼吸情報と組み合わせた実験環境(図5)を構築して、筋電ジェスチャー認識実験の一部として、能動的な随意筋の無意識下のバイオフィードバック微調整の際の情動と結び付く検出に取りかかった。これにより、筋電を介した内受容感覚センシングへと繋がる可能性が期待できる。

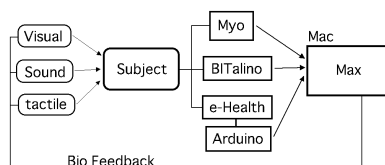


Fig. 5 New Experiment System.

Damacioによれば、内受容感覚は生物学的なホメオスタシス(物理的・化学的)のためだけでなく、メンタルなホメオスタシス(自己意識)のためにも中心的な役割りを果たしている可能性が高い。これは「心」そのものに繋がる、エンタテインメントの本質を検討する議論と直結している。医療エンタテインメントだけでなく、内受容感覚という新たな視点から、色々なエンタテインメントの可能性を追求していきたい。

6 参考文献

- [1] 長嶋洋一, 筋電センサ関係情報, http://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html
- [2] Jose Guerreiro, A Biosignal Embedded System for Physiological Computing. Thesis submitted in the fulfilment of the requirements for the Degree of Master in Electronic and Telecommunications Engineering, Instituto Superior de Engenharia de LISBOA.
- [3] 長嶋洋一, 筋電センサのジェスチャー認識に関する新手法. 信学技報 2015-06-WIT-SP-H-PRMU
- [4] 長嶋洋一, 新しい筋電楽器のジェスチャー・表現の検討について. 日本音楽知覚認知学会2010年春季研究発表会資料.
- [5] 長嶋洋一, 筋電ジェスチャー認識システムのデモ. <http://www.youtube.com/watch?v=K4JPBpFCcyU>
- [6] 寺澤悠理・梅田聡, 内受容感覚と感情をつなぐ心理・神経メカニズム. 心理学評論, Vol. 57, No. 1.
- [7] 大平英樹, 感情的意思決定を支える脳と身体の機能的関連. 心理学評論, Vol. 57, No. 1.
- [8] 村尾忠廣, 音楽の分析・解釈. bit別冊 コンピュータと音楽の世界-基礎からフロンティアまで-. 共立出版. 216-223.
- [9] Anil K. Seth, Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. Trends of Cognitive Science, 17, 565-573.
- [10] 棟方渚, バイオフィードバックゲームの医療応用. 情報処理学会研究報告 (2014-EC-33).