

生体情報センシングと内受容感覚 コミュニケーションの可能性について

長嶋 洋一†

†静岡文化芸術大学 〒430-8533 静岡県浜松市中区中央2-1-1

E-mail: † nagasm@suac.ac.jp

あらまし 生体情報センシング技術とメディアアート/感性情報処理との融合/活用という視点から、専用の感覚器による外受容感覚(視覚/聴覚など)よりも、内受容感覚(臓器/横紋筋など)が情動や意思決定に関与するというウェルネス/ウェルビーイング等の福祉/リハビリ領域における重要性を研究している。本稿では、筋電センサ群やPhysical Reactionを持つTactile/Rubbingセンサ群が内受容感覚的にヒトの情動にもたらす効果の可視化/可聴化と、メンタルヘルスのためのコミュニケーションシステムの可能性についての実験と検討について報告する。

キーワード 生体情報, 内需要感覚, ウェルネス, ウェルビーイング, バイオフィードバック

The Possibility of Bio-sensing and Interoception Communication

Yoichi Nagashima†

† Shizuoka University of Art and Culture 2-1-1 Chuo, Naka-ku, Hamamatsu, Shizuoka, 430-8533 Japan

E-mail: † nagasm@suac.ac.jp

1.はじめに

生物の本質は自己増殖/エネルギー変換/恒常性(ホメオスタシス)維持にあり、このうち恒常性は狭義には「生体の内部や外部の環境因子の変化にかかわらず生体の状態が一定に保たれるという性質あるいはその状態」とされる。脳内で主に司っているのは間脳視床下部、その指令の伝達網の役割は自律神経系や内分泌系であり、情動/感情に関わる部位と近接/重複しているため「こころの恒常性」という重要なテーマに発展しうる。

筆者は従来より続けてきた生体情報センシング技術とメディアアート/感性情報処理との融合/活用によるバイオフィードバックの応用という視点から、専用の感覚器による外受容感覚(視覚/聴覚など)よりも、内受容感覚(臓器/横紋筋など)が情動や意思決定に関与するというウェルネス/ウェルビーイング等の福祉/リハビリ領域における応用を研究している。

本稿では、筆者が新たに開発した筋電センサ群やPhysical Reactionを持つTactile/Rubbingセンサ群についてまず紹介し、内受容感覚的にヒトの情動にもたらす効果の可視化/可聴化へのチャレンジと、その応用としてのメンタルヘルスのためのコミュニケーションシステムの可能性についての実験と検討について報告する。

2.生体情報センサ

2.1.筋電(EMG)センサ

EMG:ElectroMyoGram(筋電図)とは、生体情報の接触計測(化学的/物理的/電気的)のうち電気的計測の対象となる神経系のインパルス信号に由来する、脳波(EEG)/心電(ECG)と並ぶ、筋肉の制御に関する生体情報である。図(gram)という用語は計測プロッタ紙を後で分析した歴史に由来するが、現在ではリアルタイム情報をそのまま扱うので本稿では単に「筋電」と呼ぶ。筆者は約20年にわたって第1世代~第4世代のオリジナル筋電センサの開発研究を進めてきたが、CQ出版「インターフェース」誌の生体情報センシング特集記事[1]執筆を機に第5世代目の新筋電センサを開発し[2]、これをベースとした4チャンネル筋電センシングシステム「VPP-SUAC」(図1)を

2017年に全情報を無償公開する形で発表した[3]。

高ゲイン/高入力インピーダンス/ローノイズが必須条件となる筋電センシングのフロントエンド回路の実現には特殊な回路技術が必要だったが、21世紀になってAnalog Devices社やMaxim社などから多くの高性能OPアンプが出現すると、海外でも多くの筋電信号計測コンシューマ製品が出現した。ポルトガルISEL研究所のJose Guerreiro氏が生体信号検出システムの実例として実現したシステム”BITalino”[4]は、EMG/ECG/EDA/LUX/ACC/という5種類の生体情報をBluetoothでホストに送信する基板である(149ユーロ)。スペインLibelium社の製品”e-Health”[5]はホストマイコンにArduinoやRaspberry Piを想定したセンサシールドとして脈拍/心電/呼吸/体温/血圧/姿勢/皮膚電気抵抗/血糖値/筋電を計測するという基板であり(75ユーロ)、MySignalsという製品モジュールも登場した。米国シリコンバレーSparkfun社の筋電センサ・フロントエンド回路部分の小型基板”MyoWare”[6](38ドル)、中国・深センSeeed社の筋電センサ・フロントエンド回路部分の小型基板”Grove”[7](30ドル)も登場した。カナダThalmic Labs社が提供している8チャンネルの筋電センサバンド”Myo”[8](199ドル)は、専用USB dongleに対してBluetoothで8チャンネル筋電情報と3次元ジャイロ/3次元加速度/3次元方向ベクトル情報を転送するが、「腕専用」のシステムであり脚に装着すると計測停止する。

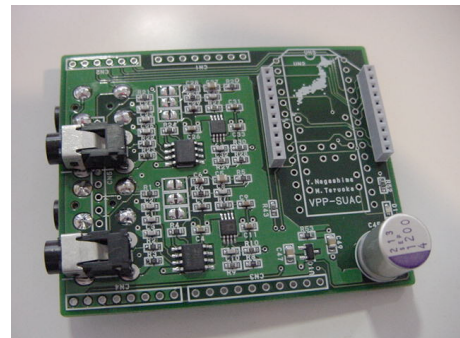


図1 新・筋電センサシステム「VPP-SUAC」

図1の4チャンネル筋電センシングシステム「VPP-SUAC」は、オリジナル筋電センサを開発してきたチームVPP(共同研究者: 照岡正樹)の最新システムである[3]。2レベルの筋電ゲイン+脳波センシングゲインの3種類の可変ジャンパを持った4チャンネル生体計測アンプと、ホストにデータのWiFi伝送を実現するXBeeを搭載し、基板全体がArduinoシールド互換のピン構成となっている。筆者が公開した応用システムではArduinoでなく高性能なmbedファミリのNucleoF401REマイコンに搭載した上で、プラットフォーム「Max7」上で4チャンネルのリアルタイム筋電データ処理システムを簡単に構築できる。

2.2.振動フィードバック

生体情報コミュニケーションのためには、センシングだけでなく生体へのフィードバックも重要である。生体センシングからの一般的なバイオフィードバックは視覚チャンネルおよび聴覚チャンネルを利用したマルチメディア/マルチモーダルを指向するが、より重要な触覚チャンネルに関しても新しいシステムを開発研究した。これまでスマホや携帯のバイブ機能を実現してきた偏心振動モータは小型モータの軸に偏心重りを取り付けた構造で回転し振動を発生していた。これに対してコバル社社の「リニア振動アクチュエータ」LD14-002は内部の重りが小刻みに往復直線運動する小型/薄型の振動アクチュエータであり、ブラシレス駆動なので電氣的ノイズが出にくいメリットがある。

図2はこのリニア振動アクチュエータ10個を手袋上に配置してコンピュータから直接に制御するシステム「VFB10」であり、小数点以下のHz精度と瞬時のON/OFF(回転型の偏心振動モータでは実現不可能)を容易に実現した[9][10]。アプリケーション実験として試作したシステムではビートの強い音楽素材としてマイケルジャクソンの3曲を使用して、中心周波数を100Hz/200Hz/400Hz/800Hz/1600Hz、Q=11.7に設定した超狭帯域バンドパスフィルタによって各周波数バンドの積分強度が閾値を超えたら一定時間(60ms/80ms/100ms)だけ振動する動作を実装して「振動で音楽を聴く」を目指した。

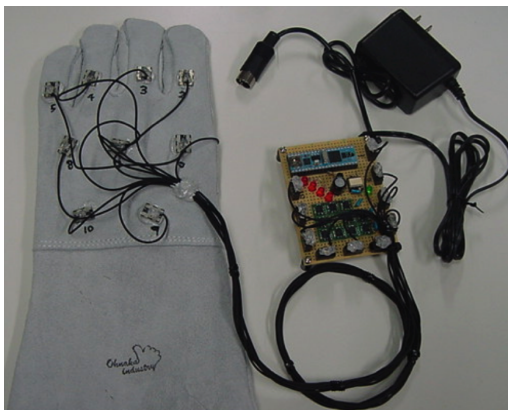


図2 振動インターフェースシステム「VFB10」

実はこの実験には伏線があり、2002年にIAMASから依頼され、メディアアートのインターフェースとしてコンピュータ制御により人体に電気刺激を与える多チャンネルシステム「PIRIPIRI」を開発した[11]。市販の電気マッサージ機を改造しMIDI制御にて任意の電圧/パルス幅/時間密度/パルス形状の電気信号を電極に送ったが、実験中に高電圧に昇圧した生の音楽サウンドを電極に与えてみた際の印象も報告した。バスドラムやベースの重低音は皮膚の深部から骨に響くような反応で、一方でシンバルなど高音成分は皮膚表面にシャリシャリする反応があり、聴覚障害者などが生体フィードバックによって音楽を聴くという可能性、あるいは複数の電気刺激を和音のように知覚してそれぞれの音源分離を行うという可能性を示唆していると指摘した。この意味で、本システムは一種の生体センサとしての可能性も持っている。

2.3.Tactile/Rubbingセンサ

アールティ社が開発した「PAWセンサ」は、直径15mm×高さ10mmほどの円筒形のウレタンが21.5mm×25mmの基板の上に密着して載っている構造である。PAWセンサの動作原理は非常にシンプルで、ウレタン充填密封された空間内にあるLEDとフォトトランジスタのペアからLED点灯時の受光電圧を出力する。内部にはLEDとフォトトランジスタがそれぞれ2個、離れて配置されており、全て相互に影響し合う位置関係になっている。つまり2個のフォトトランジスタの出力電圧は、LED1を点灯させた時とLED2を点灯させた時では異なるので、2個のLEDを時分割点灯させてセンシングすることで、たった2本のアナログ出力電圧から4通りの領域に対応した異なった変化を検出できる。ここで重要なのが、このセンサをうにうにと触るのは、人間の体性感覚野/運動感覚野のいずれでも感度最大である「掌の指先」というところで、弾力のある円筒形のシンプルなウレタンをうにうにするには最上のクリチカルな制御チャンネル/センサである。

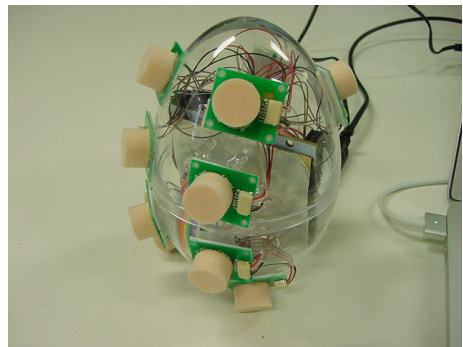


図3 新楽器「MRTI2015」

図3は、このPAWセンサを両手の指先10本の操作に対応させるために、東急ハンズから仕入れたプラスチック製の「卵型の透明ケース」に取り付けた新楽器「MRTI2015」(Multi Rubbing Tactile Instrument)である[12][13]。透明ケースの採用によって、内部でmbed基板と配線ジャングルが見えること、さらにセンシング情報をホストから還流させてLEDのPWM制御で光らせることで、筆者がこれまで提唱した「光る楽器」路線[14][15]とも合致している。この楽器は、2015年から2016年にかけて計4回の筆者の海外ツアー/公演/講演(USA, Singapore, Australia, France, Holland, Spain, Russia)において活躍してきたが、酷使が祟って罅割れしたのでセミリタイア状態にある。

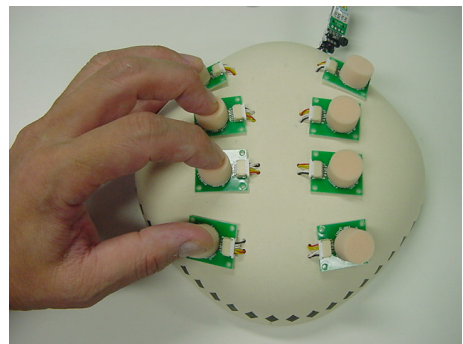


図4 新インターフェース「PAW-eight」

図4は、両手の指先10本といっても現実には薬指と小指は個別に制御できない点を改良して開発した新インターフェース「PAW-eight」であり、8チャンネルながらダイソーの108円サラダボウルにmbedを内蔵して強度を上げたシステムとなっている[16]。新楽器というよりもバイオフィードバック・ウェルネスシステムとしてのインターフェース(後述)に重点を置いて開発しており、まだ発展途上である。

3.内受容感覚と情動/感情とバイオフィードバック

3.1.広義のエンタテインメント

本研究に至るモチベーションの原点の一つとして、メディアアートが一般的に持つエンタテインメント(いわゆるゲーム)概念の拡張がある。広義の「エンタテインメント」について検討を進め、15世紀から続く”entertain”の語源からその3つの意味「ゲストをもてなす」「人々を楽しませる」「心の中に何かを持つ」をまず指摘し、対象としてだけでなくエンタテインメントそれ自体を深く考察する中から新研究のアイデアを、という逆転の発想を提案し、人間の脳/心の活性化の視点から、デザイナーのデザイン活動そのものをエンタテインメントとして支援する環境を提案した[17][18]。

3.2.内受容感覚とバイオフィードバック

筋電情報は脳から制御指令する随意筋(横紋筋)への神経インパルスを計測したものであるが、一般に「五感」と呼ばれる外界に向けた感覚器(視覚・聴覚・味覚・嗅覚・触覚)からなる「外受容感覚」に対して、内蔵や血管の状態、内分泌系・横紋筋等の情報である「内受容感覚」は、Damacioの提唱するソマティック・マーカー仮説(SMH)[19-22]とともに、人間の感情[23]や意思決定[24]に大きく関係している、という新たな報告は、脳機能を外受容感覚と内受容感覚の両方に対する予測マシンとしてモデル化したSethの研究[25]とともに注目されている。

筆者は多チャンネル筋電センシングによるジェスチャ認識の研究において、随意筋に対するスポーツ科学的な能動的制御とは別に、詳細を理解できない無意識下の筋電バイオフィードバックにおける内受容感覚的なウェルネス感(癒し効果)を報告した[26][27]。実験ではあらかじめ画面内に表示される29種類の手首から先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29次元距離を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グラフを被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ももど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た。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して、多くの被験者はウェルネス感(癒し効果)という印象/感想を表明した。

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を果たす可能性が高い[19-22]。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。例えば音楽の世界でこれまで議論されてきた「音楽と感情」のテーマにおいても、予測/期待などの情動から生まれる音楽的感情に対する新たなモデルを提供すると期待されている。「癒し」とは決して安静/平穏な方向だけでなく、期待の裏切りや予測誤差の修正など脳内の一種のストレス(良い意味での刺激)によって、結果としてカタルシス効果を生み出すと考えられる。

4.生体情報センサのバイオフィードバック

4.1.”VPP-SUAC”のBF

生体センシング情報の可視化の一例としてまず紹介するのは、CQ出版「インターフェース」誌の生体情報センシング特集記事[1]において提案した、筋電情報に特有の性質を最大限に活用した筋電ジェスチャ認識の手法「リサージュ認識」である[28]。リサージュ図形(あるいはリサージュ曲線)の元々の意味は、互いに直行する2つの単振動の変位量を(x,y)という2次元のベクトルと解釈して2次元平面にプロットした時に描かれる曲線を言うが、ここでの「リサージュ解析」とは「2次元変数(x,y)に何らかの関係性や規則性があればシンプルな図形として可視化される」ことを目指したものであり、筋

電バイオフィードバックへの活用が期待される。

筋肉というのは非常に個人差が大きく、筋電エンベロープ信号の絶対値にはほとんど意味がなく、その時間的変化パターンと多チャンネル筋電情報の相互の関係性こそが本質である。そこで本手法では、2チャンネルの筋電情報(xとyとする)において、 $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ 「直線 $y=x$ からの符号付き距離」がその2チャンネル筋電の差分として重要であるという考察から、zにベクトル(x,y)の絶対値を乗じた値を「筋電差分情報」としてパターン認識システムに与えた。これにより、2チャンネル共に弱い(脱力)・2チャンネル共に強い(緊張)という状態はいずれも効果的に抑制されつつ両チャンネルの差分が強調され、過去に実験したFFT方式に比べて1/10程度のパラメータ数と軽い計算処理でも同等以上の筋電ジェスチャ認識を実現できた。図5はこの研究段階の実験で、上段は2チャンネルの筋電エンベロープ(前腕の異なる位置に電極ペアを装着)であり、その時間的領域を8分割して、下段にそれぞれの時間帯の両チャンネル筋電を(x,y)としたリサージュ図形をプロットした様子であり、筋電エンベロープ信号の差分によって大きく傾向が異なっていることがわかる。

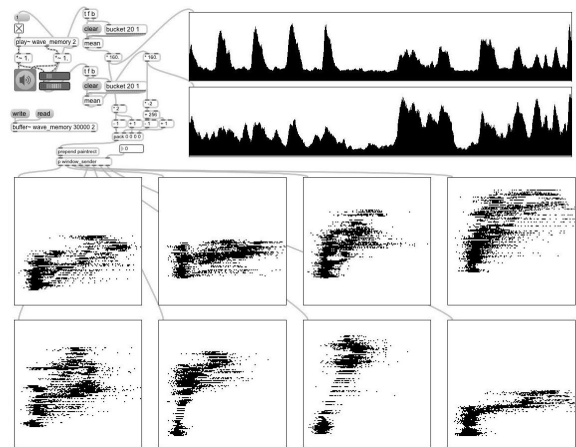


図5 筋電「リサージュ解析」実験の様子

4.2.”DoubleMyo”+”MuseOSC”のBF

筆者はポータブル筋電センサバンド”Myo”を標準的な使い方(グー/パー/掌を曲げる/掌を反らせる/リラックスという5種類のジェスチャを登録してアプリの任意のキーに割り当てる)でなく技術情報を解析し、同時に最大3台までのMyoを利用しつつ、8チャンネル筋電情報と3次元ジャイロ/3次元加速度/3次元方向ベクトル情報を全てリアルタイム取得するプログラムを開発した[10][16]。さらに筋電だけではなく脳波バンド”MUSE”についても標準的な使い方(専用アプリでのリラックス訓練)でなく技術情報を解析し、4チャンネルの脳波バンド情報/3次元方向ベクトル情報を全てリアルタイム取得するプログラムを開発して楽器としての可能性を検討した[29][30]。



図6 作品”Bordeaux Power”公演での可視化例

図6は、この”DoubleMyo”と”MuseOSC”を同時に楽器として活用したコンピュータ音楽作品”Bordeaux Power”を、2016年の欧露ツアー[31]において公演した時の模様(Moscow)であるが、演奏者(筆者)も聴衆も、リアルタイムに計測取得される生体パフォーマンス情報によって生成される音響とCG画像をバイオフィードバック・エンタテインメントとして体験している。作曲の基本方針として事前にサウンド素材や動画素材などを一切用意せず、全てのサウンドとグラフィクスをライブ生成するという点にこだわっている[32]。

4.3.”MRTI2015”のBF

前節2.3で紹介した新楽器”MRTI2015”[12][13][33]については、開発実験の際にデモ用に試作した可視化(バイオフィードバック)プログラムはあるものの、実際に作品公演した事がない稀な事例である。図7はこのバイオフィードバック(可視化可聴化)の実験の様子[34]であるが、計10本の指を4ペア+2本に分割して、1ペア(親指/人差し指、中指/薬指)がそれぞれ1音のフォルマント合成アルゴリズム(計4音ポリフォニック)のピッチ/モジュレーション/音量を制御し、余った2本でフォルマント原波形の変形とビジュアルライズのデプスを制御している。ライブグラフィクスはフラクタルのアルゴリズムによってライブ生成している。

この試作プログラムでのデモンストレーションは筆者の想像を超えて非常に好評で、専門家が集う米国での国際会議Sketching2015[35]や、シンガポールでの国際会議SI15の併設サイエンスミュージアム一般公開展示[36]の際には、大人も子供のように無邪気にこの不思議な「触感と音響とビジュアル」の関係性を楽しんでいたのが印象的だった。

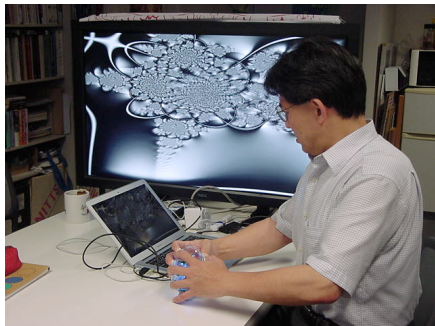


図7 新楽器”MRTI2015”の可視化可聴化例

4.4.”PAW-eight”のBF

同じPAWセンサを利用しているものの、上記”MRTI2015”から新インターフェース”PAW-eight”の開発には約2年半のブランクがあった。この間に研究テーマとして「バイオフィードバックの(認知症)リハビリ応用」が浮上してきて、本稿では紙面の都合で紹介できないが、画像認識センサleap motionを活用した認知症リハビリゲームなども開発した。そして”PAW-eight”のバイオフィードバック(可視化可聴化)の実験として、図8のようなシステムを試作した[37]。

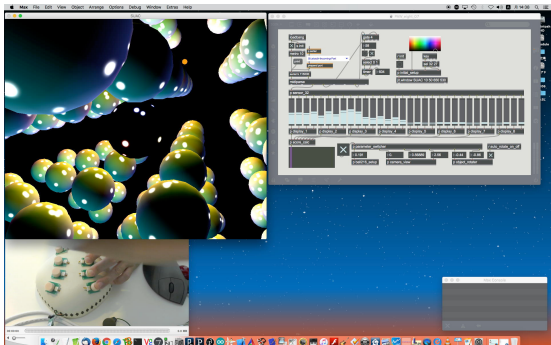


図8 インターフェース”PAW-eight”の可視化可聴化例

ここでは小指を除く両手の8本の指を対等な8パラメータとして定義し、Open-GLによって描画される3次元空間内の立方体の8頂点に置かれた輝点から中心(重心)に向かう距離としてマッピングしている。この空間内には整然と並ぶ多数の反射球体がリアルタイムに回転しており、8本の指からの触覚制御(傾かず平坦に押さない)と有効データとならないように調整)によって中心に近づく輝点が反射球体を照らす。中心からの距離に比例したピッチのサウンドとともに8個の輝点を全て中心にあるブラックホールに収めるというバイオフィードバックゲームであるが、指先にただ強く力を入れると反対側に通る過ぎるようにしてあり、中途半端な力加減のとりついでに8本の指先を均等にリラックスしつつバランスをとりつつ優しく押し込む、というのは相当に難易度が高い。高齢者の認知症リハビリには「指先を使う」というアプローチがあり、そのマルチメディア版としての実現を目指した。この試作システムは、看護/介護/理学療法などの専門家と共同で検討する場(バイオフィードバックセミナー)で提案予定である。

5.内受容感覚コミュニケーションに向けて

5.1.ウェルネスとウェルビーイング

ここで、本研究テーマの基盤となっているウェルネス(Wellness)あるいはウェルビーイング(Well-being)について整理確認する。この考え方の根元には人間のホメオスタシス(恒常性)本能に注目した、人間の「健康」についての生物進化論的・生態学的な視点がある。WHOの定義「健康」(1948)によれば、健康とは「身体的/精神的/社会的に完全に良好な状態であり、単に病気/虚弱でないことではない」とある。またHalbert L. Dunnはこれを拡張して「個々が前進/成長して、より高い機能を獲得する可能性に向かって向上する変化の状態」(1961)という健康の概念を提示した。このような健康な状態をウェルネス/ウェルビーイングとして指向する動きは世界的なものであり、医学的な物理療法だけでなくストレス社会におけるメンタル領域を対象とした心理療法まで含めた概念として定着している。

5.2.リハビリテーションとハビリテーション

上記ウェルネス/ウェルビーイングの状態にないクライアントをウェルネス/ウェルビーイングの状態に導く/支援する、という概念がいわゆるリハビリである。WHOによればリハビリテーション(rehabilitation)とは「能力低下の状態を改善し、障害者の社会的統合を達成するための手段、障害者が環境に適応するための訓練」(1981)であり、国連・障害者に関する世界行動計画によれば「身体的/精神的/社会的に最も適した生活水準を達成することで、各人が自らの人生を変革していくことを目指す過程」(1982)とある。一般にリハビリテーションは「獲得済みの機能が何らかの原因で失われたときに行われる」とされるが、これに対してAnthony L. Brooksは対照的な概念/用語としてハビリテーション(habilitation)を「出生前後に罹患した病気や外傷によって起きる先天的な障害を持った者の、もともと獲得されていない機能の獲得」と提案し、多くのアプリケーション/システムを開発しつつ啓蒙する活動を続けている[38]。

5.3.バイオフィードバック再考

過去に筆者が進めてきたメディアアートにおける生体センシングとインタラクティブ、という組み合わせの最大の本質は、狭義のリハビリテーション(運動療法/物理療法/心理療法など)で必須となるバイオフィードバック(Biofeedback、BF)そのものであった。BFとは、通常は自覚/制御が難しい身体状況や生体情報をセンシングにより検出し、人間が感覚できる音/光/振動などのメディアに変換/提示して対象者(クライアント)に自覚させるフィードバック、さらには、その利用により対象者が自身の身体状況などを意識的あるいは無意識的に制御する(→これにより自分自身について深く気付く)、

という概念である。日本BF学会(1983～)の前身のBF研究会の開催は1973年から、とこの領域の歴史は古く、例えば脳波/筋電/心拍/皮膚電気抵抗(緊張)/体温/呼吸などの計測情報を対象者が知覚できるような情報として提示し、この情報をもとにリラックス状態など身体の状態を希望する方向へ導くトレーニングによって、実際にリハビリ療法を行ったりストレス解消のメンタルトレーニングを実現する、という製品や手法が数多く提案されてきた。本研究ではこのBFというインタラクティブが単なる機械的な「刺激-反応」に留まらず、メディアアートの支援によって、人間の意識/心理の領域でより深い可能性を持つことを追求している。

5.4.内受容感覚コミュニケーションの可能性

本稿で紹介したような実験から、筆者はウェルネス/ウェルビーイングを目指したリハビリテーション/ハビリテーションの支援を大きな目標として、提唱者のAnthony L. Brooks氏とも情報交換している。現時点ではクライアントが生体センシングシステムを装着して、自分自身が「気付いていない自己」に気付く、というプロセスに限定されているが、本命はコミュニケーションにおける効果であると考えている。多くの領域でのセラピー(療法)において、例えばリハビリ療法における理学療法士、音楽療法における音楽セラピストなどの事例報告は、クライアントが「自分自身の可能性に気付いて自分でより良き状態になっていく」過程での支援(寄り添い効果)の重要性を示しており、ここで注目すべきはクライアントとセラピストとのコミュニケーション、さらに集団セラピーの場ではクライアント同士のコミュニケーションだからである。

例えば、筆者の筋電センシングシステム「VPP-SUAC」(図1)を装着したクライアントに、あわせて振動インターフェースシステム「VFB10」(図2)を装着してもらって、自分自身の筋肉のコントロール(スポーツのような筋力計測ゲームでなく、ジェスチャー操作のような無意識的/微妙な制御)に関するバイオフィードバックゲームを開発提案する、というのがこれまでのアプローチの延長であり、自分の発する生体情報が自分に返ってくるスタンドアロンシステムとなる。

これに対する新しい提案として、「VPP-SUAC」の信号はXBeeによるWiFiとしてケーブルで繋がっていないので、「クライアントAの筋電情報を受けてクライアントBに振動フィードバックを返すシステム(1)」と、「クライアントBの筋電情報を受けてクライアントAに振動フィードバックを返すシステム(2)」とがたすき掛けのように組み合わせられた生体情報コミュニケーションシステム、という新しいアイデアを検討している。これをネットワーク版に拡張した場合には、多数のクライアントから発信される生体センシング情報に基づく環境的な情報が、それぞれのクライアントに「謎な関係性」をもって降り注いでくる、というような図式である。

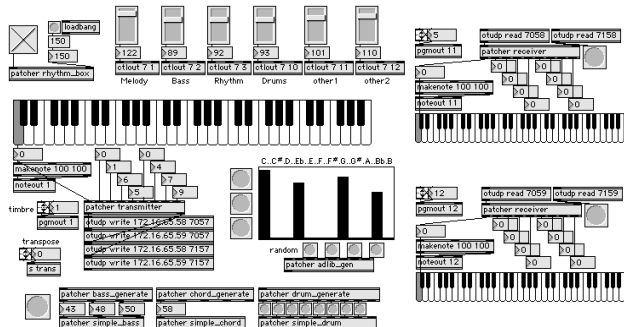


図9 ネットワーク音楽セッションシステム

筆者は過去にネットワークを介して複数のメンバーで双方向の音楽セッションを行うシステム(図9)の実現を発表しており[39-42]、本稿で紹介したようなマルチメディア・シス

テムをCNMATのOSC(Open Sound Control)[43]などのプロトコルでマルチメンバー化するのは容易であり、クライアント同士の内受容感覚に起因するメンタルヘルス(広義のエンタテインメント)の支援の可能性は高いと期待している。

6.おわりに

筆者が新たに開発した筋電センサ群やPhysical Reactionを持つTactile/Rubbingセンサ群について紹介し、内受容感覚的にヒトの情動にもたらす効果の可視化/可聴化へのチャレンジと、その応用としてのメンタルヘルスのためのコミュニケーションシステムの可能性についての実験と検討について報告した。本研究においては、バイオフィードバック領域での専門家(奈良学園大・辻下弘氏)や多くの領域の専門家とのコラボレーションによって、筆者が予想だにできなかった面白い知見などにも遭遇している。社会的要請も市場の可能性も広大なこの分野に新たに取り組む人々が増えることに期待しつつ、さらに研究を進めていきたい。

文 献

1. 長嶋洋一, 生体センシング入門, インターフェース, 第41巻, 第4号, pp.34-114, CQ出版社, 2015年4月.
2. 長嶋洋一, 筋電センサ関係情報, http://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html
3. VPP-SUAC, <http://nagasm.org/Sketching/VPP-SUAC.html>
4. BITalino, <http://bitalino.com/en/>
5. e-Health, <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>
6. MyoWare, <http://www.sparkfun.com/products/13723>
7. Grove, <http://www.seeedstudio.com/Grove-EMG-Detector-p-1737.html>
8. Myo, <http://www.myo.com/>
9. 長嶋洋一, 皮膚から音を聞く可能性・第2弾, 情報処理学会研究報告(2016-MUS-111), 情報処理学会, 2016
10. Yoichi Nagashima, Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments: DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015, Proceedings of 2016 International Computer Music Conference, ICMA, 2016
11. 長嶋洋一, 電気刺激フィードバック装置の開発と音楽パフォーマンスへの応用. <http://nagasm.org/ASL/SIGMUSO205/>
12. Yoichi Nagashima, Multi Rubbing Tactile Instrument, Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME, 2016
13. 長嶋洋一, お触り楽器, 情報処理学会研究報告(2015-MUS-108), 情報処理学会, 2015
14. 長嶋洋一, GHIプロジェクト:楽器が光ってもいいじゃないか, 情報処理学会研究報告(2007-MUS-70)/(2007-EC-7), 情報処理学会, 2007
15. 長嶋洋一, GHI2014:楽器が光ってもいいじゃないか, 情報処理学会研究報告(2014-MUS-104), 情報処理学会, 2014
16. Yoichi Nagashima, Bio-Sensing and Bio-Feedback Interfaces: doubleMyo, MuseOSC, PAWsensor, <http://nagasm.org/ASL/TUA2017/>
17. 長嶋洋一, 『エンタテインメント科学』から『エンタテインメント学』へ, 情報処理学会研究報告(2014-EC-33), 情報処理学会, 2014
18. Yoichi Nagashima, Consumer Generated Media and

- Media Entertainment, Journal of International Scientific Publication: Media & Mass Communication, ISSN 1313-2339, Published at: <http://www.science-journals.eu>, 2014
19. Antonio R. Damasio, 田中三彦(訳), デカルトの誤り 情動、理性、人間の脳, 講談社, 2000
 20. Antonio R. Damasio, 田中三彦(訳), 無意識の脳 自己意識の脳, 講談社, 2003
 21. Antonio R. Damasio, 田中三彦(訳), 感じる脳 情動と感情の脳科学 よみがえるスピノザ, 講談社, 2005
 22. Antonio R. Damasio, 山形浩生(訳), 自己が心にやってくる, 早川書房, 2013
 23. 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, 49-76, 2014
 24. 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, 140-154, 2014
 25. Anil K. Seth, Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. Trends of Cognitive Science, 17, 565-573, 2013.
 26. 長嶋洋一, 内受容感覚コントローラとしての筋電楽器: 癒し系エンタテインメントのために, 日本音楽知覚認知学会2015年春季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2015
 27. Yoichi Nagashima, Towards the BioFeedback Game: with Interoception and Rehabilitation, Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications, 2016
 28. 長嶋洋一, 筋電センサのジェスチャ認識に関する新手法, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会研究会資料(技術研究報告) PRMU2015-54, 電子情報通信学会, 2015
 29. 長嶋洋一, 脳波センサ”MUSE”は新楽器として使えるか, 情報処理学会研究報告(2015-MUS-110), 情報処理学会, 2016
 30. 長嶋洋一, 脳波バンド”MUSE”による心理計測の可能性について, 日本音楽知覚認知学会2016年春季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2016
 31. <http://nagasm.org/1106/news5/docs/Tour2016.html>
 32. 作品”Bordeaux Power”リハーサル(フランス・ボルドー) http://www.youtube.com/watch?v=zeoBzi_Cq-I
 33. <http://nagasm.org/ASL/Xcode3/>
 34. <http://www.youtube.com/watch?v=2SD84alrN1A>
 35. <http://nagasm.org/1106/Sketch2015/Happy.html>
 36. <http://nagasm.org/1106/SI2015/Happy.html>
 37. http://nagasm.org/ASL/Max7_part2_1/, http://nagasm.org/ASL/Max7_part2_2/, http://nagasm.org/ASL/Max7_part2_3/, <https://www.youtube.com/watch?v=0bDPpRR5oiE>
 38. Brooks, A. L., Active and Non-Active Volumetric Information Spaces to Supplement Traditional Rehabilitation, Journal of Research and Practice in Information Technology, 45(2), 2013
 39. 長嶋洋一, “Improvisession”: ネットワークを利用した即興セッション演奏支援システム, 情報処理学会研究報告(97-MUS-21), 情報処理学会, 1997
 40. 長嶋洋一, ネットワーク上の分散マルチメディア環境とセンサを活用した即興セッションシステム, 平成10年度前期全国大会講演論文集2, 情報処理学会, 1998
 41. 長嶋洋一, GDS Music: ネットワーク遅延を伴う音楽セッション・モデル, 情報処理学会研究報告(2001-MUS-46), 情報処理学会, 2002
 42. Yoichi Nagashima, GDS(Global Delayed Session) Music: new improvisational music with network latency, Proceedings of 2003 International Computer Music Conference, ICMA, 2003
 43. Open Sound Control, <http://cnmat.org/OpenSoundControl/>