

メディアデザインにおけるバイオフィードバック応用の事例報告

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 インタラクティブなインストールや体感ゲームなどのマルチメディア・デザイン教育を行うなかで、情動/感情や意思決定に深く関係している「内受容感覚」や、リハビリテーション・認知症予防・メンタルヘルスケアなどに深く関係している「バイオフィードバック」に注目して、生体情報センシングの応用を目指した実験や試作を進めている。本発表では、(1)触覚フィードバックを持つ触覚/触感センサを活用したウェルネス指向のインタラクティブ・マルチメディアシステム、(2)筋電センサを活用したバイオフィードバック・インストールシステム、(3)頭部の傾きをセンシングするシューティングゲーム(→コロナ禍での肩凝り/首凝りを解消するリラクゼーション)、という3件のデザイン事例を取り上げ、オープンソース文化によって理工系でないデザイン系学生でも実際に稼働するシステムを実現している事例を紹介する。

キーワード メディアデザイン, 内受容感覚, バイオフィードバック, リハビリテーション

A Case Study of Biofeedback Application in Media Design

Yoichi NAGASHIMA†

†Shizuoka University of Art and Culture 2-1-1 Chuo, Naka-ku, Hamamatsu Shizuoka, 40-8533 Japan

E-mail: †nagasm@suac.ac.jp

Abstract While conducting multimedia design education such as interactive installations and experiential games, we have been focusing on "interoception," which is deeply related to emotion/feeling and decision-making, and "biofeedback," which is deeply related to rehabilitation, dementia prevention, and mental health care. We have been conducting experiments and prototyping for the application of bio-sensing. In this presentation, we present (1) a wellness-oriented interactive multimedia system using tactile/kinesthetic sensors with haptic feedback, (2) a biofeedback installation system using EMG sensors, and (3) a shooting game that senses the tilt of the head (→ Relaxation for stiff shoulders/neck in the COVID-19 disaster). Three design cases will be discussed, and examples of how open-source culture has made it possible for design students who are not science and engineering majors to realize systems that actually work will be introduced.

Keywords Media design, Interoception, Biofeedback, Rehabilitation

1.はじめに

メディアアートの領域でインタラクティブなインストールや体感ゲームなどのマルチメディア・デザイン教育を行うなかで、情動/感情や意思決定に深く関係している「内受容感覚」[1-3]や、リハビリテーション[4-7]・認知症予防・メンタルヘルスケアなどに深く関係する「バイオフィードバック」(BF: Biofeedback) [8-15]に注目して、生体情報センシングの応用を目指した実験や試作を進めている[16-18]。この、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本質は、スポーツ医学やリハビリ治療で必須となっているBFそのものと言える。古典的な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技術により検出し、人間が感覚できる音/光/振動などのメディアに変換/提示してクライアントに自覚させることと定義される。そして発展的なBFとして筆者が注目しているのは、クライアントが自身の身体状況を意識的あるいは無意識的に制御することで、自分自身について深く気づき、いわゆるウェルネス・エンタテインメントとして「自力で治っていく」ことの支援である。「病は気から」(神経系→免疫系の連携)は科学的に立証されているが、臨床の場でもクライアントが自身の「内なる能力」に気づききっかけを与えるツールとしてのBFの意義が提唱されてきた。本研究ではバイオフィードバックというインタラクションが単なる物理的/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「気づき(→脳活性化)」・「癒

し(ウェルネス)」・「充足感(→治癒)」の可能性を持つという発展を目指している。本稿は研究会発表申込みの時点での構成からやや変更し、まず次節で背景となっている考え方について検討/整理し、次々節で生体情報センシングと筋電センサについて解説してから、(1)触覚フィードバックを持つ触覚/触感センサ[19]を活用したウェルネス指向のインタラクティブ・マルチメディアシステムについて詳細に報告する。(2)筋電センサ[20]を活用したバイオフィードバック・インストールシステム、(3)頭部の傾きをセンシングするシューティングゲーム(→コロナ禍での肩凝り/首凝りを解消するリラクゼーション)[21]、という2件については、現在進行中の学生プロジェクトなのでごく簡単に報告する。

2.背景とその考察

ボルツは「知覚の問題とは眼や耳など感覚器官でなく脳の構造(つくり)の問題である」と指摘した[22-25]。メディアアートはこれまで、主として人間の視覚/聴覚/触覚へ、あるいは「五感」のチャンネルに働きかけることを指向してきたが、これらの感覚/知覚は専用の感覚器によって得られた情報が神経系を通じて脳に届くもので、「外受容感覚」と総称される。この情報は脳内処理によって意味化/言語化/顕在化されるが、脳の処理能力には限りがあるため、生命維持本能によって瞬時の判断が求められるプライオリティ(優先度)がある。そこでヒトの脳の生物進化的な戦略として、無意識下

にモニタされている情報/刺激のうち、生存に有利なものや潜在的予想/期待から逸脱したものが優先して意識/注意のレベルに浮上する境界が生まれ、このメカニズムをフロイトは「前意識」、ダマシオは「原自己」、下條信輔は「前注意過程」と呼んだ[26-32]。意識/覚醒のレベルに到達した情報は脳の知覚認知処理の対象として、外界と自己の認識、様相性/統一性/志向性、共感性/親近性、図と地/ゲシュタルトなどの特徴処理を受けて人間の判断/行動/記憶などに高速に反映される。

これに対して、内臓や血管の状態や内分泌系・横紋筋などから神経系/化学物質によって脳が知覚するのが「内受容感覚」(interoception)である[1-3]。情動emotionを誘発する刺激(ECS)が出現すると、身体各部(筋肉/関節/内臓)の情報は末梢神経→脊髄→脳幹→体性感覚皮質と集まってくるとともに、身体の活動によって生じた化学物質も血流から脳に作用する。意識としてECSに気付いていなくても扁桃体が反応し、さらに前脳基底/視床下部/脳幹が対応して機能する。これは「情動反応」として脳から身体各部に神経系の作用が届くもので、自律(内臓)神経系の信号は進化的に古い領域から、また筋骨格神経系の信号は運動皮質と皮質下運動核から出る。脳から血液中の化学物質として身体各部に分泌放出されると、身体内部の環境変化や内臓/筋骨格などの一時的変化や特定の行動が起きる。下層の情動には「欲求(空腹感/喉の渇き/好奇心/探究心/気晴らし/性欲)」、中層には「苦(→事後の罰)」や「快(→事前の報酬)」と結びついた行動、上層には「喜び/悲しみ/恐れ/嫌悪/プライド/恥/共感」などの社会的情動があり、その統合された最上位に感情feelingが位置する。

ヒトは生物進化において生存に有利な恒常性(ホメオスタシス)維持のために、間脳視床下部や自律神経系・内分泌系を高度に発達させてきた。その結果、脳は内受容感覚によって身体/環境と結びついて意識/自己を形成し、無意識下の予測/期待に対応した瞬時の判断を行う情動として、特に「快」の報酬系を発達させてきた。ダマシオのソマティック・マーカー仮説(SMH)によれば、実際に神経系や化学物質が到達しなくても脳内の仮説ループが情動として瞬時の判断を行い、結果を評価/補正することで無意識下の予測が強化/学習される[29-32][3]。そして、潜在的な予測と感覚/知覚が一致すると「親近性原理」から「快」となり、潜在的な予測が感覚/知覚に裏切られると「新奇性原理」から「快」となり、いずれも学習において「予測」への高速反応が進む脳へとヒトの進化が加速された(感覚皮質の暴走仮説)[26-28]。ポピュラー音楽やクラシックが大衆に好まれるのは予定調和的な親近性に基づき、一方でフリージャズや即興音楽は新奇性にアピールして好まれる。ドゥルーズやキットラーも、テレビやネットから常に「繰り返し」「刺激的な」情報が届く現代メディアにおける「過度の親近性/新奇性の強調」という社会的/文化的傾向について警鐘を鳴らしていた[33-36]。

生物的本能であるホメオスタシス維持に対する最大の脅威は、健康あるいは日常的活動が阻害された状態、すなわち「病気/障害/不自由」などのトラブルである。医学は主として生命に関係するトラブルからの復帰を目指す、生命の危機を脱して機能低下の状態が残った障害者(クライアント)に必要なのがリハビリテーション(rehabilitation)である[4-7]。これは「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」(WHO1981)、さらに前向きに「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」(国連1982)、と定義され、その歴史は長い。リハビリテーションには物理療法・作業療法・言語療法・心理療法・音楽療法・芸術療法など、相互に重複しつつ多くの領域がある。本研究では特に高齢化社会を意識して、ウェルネス/ウェルビーイングと通じる「認知症リハビリ・認知症予防」というテーマに注目している。脳内の異なる部位を同時に活性化させることは認知症予防に有効であるとされ、バイオフィードバック[8-15]によって視覚・聴覚・触覚・運動感覚など複数のチャンネルから同時に「体験」するようなメディアアートはそのまま認知症予防ゲームとなる可能性が大きい。

Halbert L. Dunn(1961)が提唱したウェルネス/ウェルビー

イングとは、「個々人が前進/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」という概念である。これをゴールと目指す医学的な物理療法/作業療法だけでなく、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においてもウェルネスが再注目されている。Dunnの定義で注目すべきなのは、定常的(static)状態ではなく「向上する変化」という動的(dynamic)状態、という点である。これはプリゴジン[37-40]・ベルタランフィ[41]・ストロガッツ[42-43]などが提案した「複雑系(非線形現象)」の基本的概念と対応する。まず生物は個体として「開放系システム」(ホメオスタシスを保持するためにstaticでなくdynamicに外部エネルギーを活用してエントロピー増大に対抗する)であり、さらに「種」としての生殖/遺伝/進化のために、無意識下にもstaticでなくdynamicな生存(競争)戦略が必須となる宿命がある。この生存戦略を無意識に継承させるために進化の過程で強化されてきたのが「報酬系」と結びついた情動/感情である。

副交感神経系から分泌されるホルモンは身体/精神を鎮静化の方向に誘うが、「広義のエンタテインメント」を目指すセラピーは副交感神経系の活性化だけをターゲットにすればいいわけではない。ひたすら交感神経系を鎮静化させ、すなわちアドレナリンが減る方向だけに進めば、つまりは単に「寝て」しまう。「睡眠は活力の源」というのは真実だが、いつでも何でも眠たくすればいいわけではない。適切な生体リズム[44-46]に従った、そして周囲の日リズムに同期した睡眠であればいいが、細切れに寝てしまっただけでは生体リズムが壊れた「時差ぼけ」状態(不健康)に陥るだけである。そしてこれと反対に、薬物中毒のような過度な興奮状態に牽引するのでなく、適切なダイナミズムでアドレナリンが出るような「知的興奮」(「新奇性」に対する報酬系の反応。脳の活性化→認知症予防としても注目)は、情動/感情とともに生命体をリフレッシュする刺激(ストレス解消)として役立ち、次に続く休息期に深く良好な睡眠をもたらすことにも繋がる。本研究ではこれまでも、マルチメディア環境で色々な「錯覚」(→意外感・開放感)を提供することで「新奇性」を刺激して「脳の活性化→認知症予防」を目指した多くの事例を報告してきた[18][47]。

3. 生体情報センシングと筋電センサ

筆者は1990年代前半より、コラボレータの照岡正樹氏(公益財団法人 ルイ・パストゥール医学研究センター AIデバイス研究室)とともに、生体情報センシング[48-55]、特に筋電センシングのメディアアートへの応用について研究してきた。本稿では紙面の都合で開発してきた各世代の詳細は省略するので、時系列的に[56]および[20]を参照されたい。ここではその中で能動的センシングから内受容感覚/ウェルネス方面にテーマが拡大したターニングポイントとして、第4世代の筋電センサによるジェスチャ認識システムの研究[57-60]の際に発見した知見のみ再録しておく。

第4世代の筋電センサはセンサ電極を「ゲーム用リモコンの手首ストラップ」上に設置するという条件から、ペア電極として4チャンネル(8電極+接地電極の計9個)を配置、フロントエンドには新世代の高性能OPアンプを採用して、4チャンネル筋電情報を50バンドFFTシステム(計200チャンネル)でリアルタイム・パターン認識処理した。研究の目的は「手首から先のジェスチャ」を認識できるかどうかであり、手首から先の29種類のポーズを筋電システムで学習/再現/比較するという心理学実験を学生を被験者として行った。結果として被験者ごとに29種類のジェスチャの中で再現性の良好な5種類を選んで自在に選択再現できる、という成果を得たが、「万人に共通するジェスチャは存在しない」という結論も報告した。

ここで本研究に繋がる知見として、筋電ジェスチャ認識機能を発展させた一種のゲームモードを開発した際の発見がとても大きな意義を持つ。まず被験者が29種類のポーズを次々に真似た筋電解析情報を記録し、次に再び画面内の各ポーズを順に被験者が真似た筋電解析情報との距離を刻々と比較して、被験者ごとに「再現性の良好な」5種類のポーズを選んだ。そして、この5種類のポーズ画像が画面の下端に並んで、現在の筋電解析情報と最も類似したポーズ画像だけが

刻々と1ピクセルずつ上昇する、というゲームモードを開始した。これは画面を被験者本人が視覚的に確認して、あるポーズを選んでその画像を上げるためにポーズ再現中に試行錯誤的に「もぞもぞと脱力と緊張を繰り返す」、という典型的な「曖昧バイオフィードバック」である。随意筋とは言ってもこの微調整はかなり曖昧な「無意識下の操作」であったが、意外にも面白いようにヒットした。この知見と先行研究を並べて検討することで、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た。この「無意識下・曖昧」バイオフィードバックによって発見した、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/意外感の情動は、明らかに一種のウェルネス・エンタテインメントであった[47]。

4. 触覚/触感センサの応用

4.1. PAWセンサ

本研究において筋電センサと並んで新たに色々な応用を求めているニューフェイスが、「触覚/触感」を実現するシリーズとしての、アールティ社が開発したPAWセンサである。これは直径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た構造である。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中にある2個の赤外LEDと2個のフォトセンサにより、LEDを点灯させた時のセンサ受光電圧を出力する。ただしPAWセンサの内部では空間的に異なる位置にLEDとフォトセンサが配置され、全て相互に影響し合う位置関係になっている。つまり、2個のフォトセンサの出力電圧は、LED1を点灯させた時とLED2を点灯させた時では光路が違っているので、2個のLEDを交互に時分割点灯(250 μ sec)させ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通りの光路/領域に対応した異なった変化を検出できる。このセンサをうにうにと触るのが、人間の体性感覚野/運動感覚野のいずれでも感度最大の「指先」なのがポイントとなる。「指先」は、弾力のある円筒形のシンプルなウレタンを成形させる最上のクリチカルな制御チャンネルであり、同時にウレタンの軟らかなリアクション(触感)を感じ取り「情動が喚起される」センサでもある[61-66]。

本研究でこのPAWセンサを活用したシステム/プログラムにおいて、敢えて「錯覚」テーマを多く取り上げているのには理由がある。本研究ではウェルネス・エンタテインメントの重要な要素として、内受容感覚とも通じる「脳活性化」・「気付きの[快]情動」に注目してきた。認知症予防やリハビリのためには、脳の複数の領域を同時に活性化させることが有効であり、PAWセンサを用いたシステムからの視覚的/聴覚的ディスプレイ(これだけでもマルチモーダル)に加えて、センサを「押す」身体動作と関連する筋肉から来る内受容感覚、さらにウレタンの反発による「触覚」というモードまで連携してくる。お手軽にはセンサをうにうに操作して「AHA!」感を生み出す錯覚の体験を自分で生成する体感ゲーム、さらにはより「脳の複数領域の同時活性化」を指向した福祉(リハビリ)目的のゲームをデザインする、という方向の発展を想定している。

リハビリテーション領域やスポーツ領域での「触覚」バイオフィードバックといえは、大部分は「ピーク値」の検出とその増大/回復支援に重点が置かれてきたが、PAWセンサは物理的には繊細な機構なので、人間の筋力をそのまま与えるような機構には向いていない。どうしても筋力ピークを検出したい場合には「加わる力の大部分を受け止める」ような力学的バッファが必要であり、例えば強力スプリングで加わる荷重の95%を受け止めつつ荷重に比例して最大10mm以内のストロークで変形するような「からくり」を設計しなければならぬ。これに対して後述の「PAW-eight」の例では、PAWセンサのスポンジを押し潰すのではなく、中庸付近の押し込みレンジで各センサの4系統センシング出力をがほぼ同じになるように「平坦に」「優しく」押すことを求める(それも8個のセンサ全てにおいて)、という「癒し系」内受容感覚エンタテインメントのアプローチは本研究の大きな特異性であり、ウェルネス・エンタテインメントの実現に向けた最大のメリットであると思われる。

4.2. PAW-UzuPicture

事例 “PAW-UzuPicture”は汎用・触覚/触感センサシステム「PAW-double」[19]を活用した、「癒し系」ゲームとして認知症予防効果を視野に入れたインストール・パッチである。まず最初に、特定のBFゲームを想定せず「汎用」を意識して試作した、グラフィック表示用の「ソフトウェア部品」としてのMaxパッチ“Uzu-Tool”を制作し、ここに生体センサとして「PAW-double」を適用して完成した。“Uzu-Tool”はクライアントからの連続量センシング生体情報が与えられることを想定して、パッチ内にはその連続値に相当するスライダーを置いてマウス操作できるようになっている。まずランダムに17種類のいずれかの「表示モード」が選ばれ、連続値スライダーの値に応じて、この各表示モードの順番に従って、用意された390枚の素材写真から選ばれた写真の上を真っ黒に塗りつぶしているセル(全体を横16分割×縦12分割したセル)が開いていくことで、次第に「その写真が何か」が分かってくる・・・というよくある「絵を当てるゲーム」の「見せる」部分の機構である。17種類の「表示モード」は、「順番にライオンが並ぶ(縦横×上下=4)」・「ライオンがジグザグに連なる(縦横×上下=4)」・「右回りの渦状(中外×上下=4)」・「左回りの渦状(中外×上下=4)」というもので、あと17番目としてランダムにセルが開く。

「PAW-double」の2系統各4チャンネルの出力は、それぞれ「センサ出力の真ん中付近で4チャンネルがなるべく平坦に」なると出力値が急に大きくなるようなアルゴリズムとしてあり、両手で2個のPAWセンサを操作する場合には、両方のセンサを押す指先に「集中」する必要がある。イメージ的には、「一定の流量で流れ下っている川を遡る魚の推力」として出力値の積算データが作用するので、一瞬だけ出力値が良好でも駄目でも押し流されてしまう。出力値が連続的に出てくると、積算データが次第に大きくなって川の流れを上回り、そこから次第にスライダーが上昇して画面を隠しているセルが次々に開いて、その写真が見えてくる・・・というゲームである。ここで喜んで指先のバランスが崩れると途端に出力値が下がって、川の流れに負けてスライダーはゼロまで下がると「表示モード」の変更とともに素材写真がランダムに切り替わってしまう。「両手の指先を同時に優しく」コントロールしていると、スライダーが面白いように上昇してセルが開いて写真が登場するので、この「ハマった」感じの瞬間には、まさに筋肉調整の曖昧ゾーンから来る内受容感覚的な「やった」感がある。多くの人々に体験してもらった[67]感想として、インタラクティブなゲームとしての難易度はかなり高いと評価されている(判定値を変更すれば難易度を下げるのは容易)。何だか分からない写真が次第に開いていくのを当てるゲームというのはある意味で認知症予防の王道であるが、この素材として使用する画像をクライアントの懐かしい写真(家族、友達、旅行・・・)などとする事で、認知症リハビリなどに最適な「思い出が蘇る」という機能を実現したいと考えている。

4.3. MRTI2015

事例 “MRTI2015”は「PAWセンサを10個使った新楽器」である。指が両手で10本あるとすれば、表現可能性として最大10個のPAWセンサを配置したい。ここから「操作子」としての楽器のフォルムについて考慮検討して、最終的にはプラスチック製の卵型の透明ケース(東急ハンズ)を採用した。透明ケース(内部のmbed NucleoF401RE基板と配線ジャングルが圧巻)を採用したことで、パフォーマンス要素として「見せる」メリットとなり、センシング情報に対応して青色LEDを内部で点灯/点滅させるアイデアも加わった。実は10本の指の全てが4チャンネル計測されているわけではなく、互いに連携して独立に動きにくい薬指と小指はそれぞれ2チャンネル検出と減縮しているが、全ての指を使って卵型のケースを包み込むように操作するフォルムは、デモ体験展示に参加した人々に高く評価された。

このPAWセンサ10個の新楽器を”MRTI2015”(Multi Rubbing Tactile Instrument)と名付けて関連情報を全てWeb公開したが、実際にはコンサートで作品公演した事がないという稀な事例である。PAWセンサの操作とリアルタイム画像生成/音響生成との関係、すなわちバイオフィードバック(可

視化可聴化)Maxパッチ“MRTI2015”では、生成するサウンドはフォルマント合成をベースにアレンジした音声生成アルゴリズムを用い、人間の声というよりは猫の鳴き声のようなサウンドを微妙な表情変化とともに生成した。さらにフラクタル描画アルゴリズムを改良してライブ・パラメータ制御化し、センサ出力に対応した美しいリアルタイム・フラクタルCGによるグラフィック生成を組み合わせた。

操作と生成されるライブサウンド/グラフィックとの関係性が明確でないにも関わらず、この試作システムのデモンストレーションは想像を超えて非常に好評で、デザインの専門家が集う国際会議Sketching2015(Arizona)[68]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[69]の際には、大人も子供のように目を輝かせて無邪気に不思議な「触感と音響とビジュアル」の関係を楽しんでいったのが印象的だった。この楽器は、2015~2018年の計5回8カ国の海外ツアーでのデモンストレーション(USA/Singapore/Australia/France/Holland/Spain/Russia/Poland)において活躍してきた[70]。本研究に通ずる「癒し楽器」・「癒しエンタテインメント」という可能性としては、インターフェース「MRTI2015」はそのまま、生成されるサウンドとグラフィックス、というマルチメディア情報をバイオフィードバックとして今後さらに改訂/創作して、ウェルネス・エンタテインメントのシステムに生まれ変わる可能性を感じている。

4.4. PAW-eight

上述の“MRTI2015”において、両手の指先10本といても人間は薬指/小指は個別制御できない点に対応して開発したのが、新インターフェース“PAW-eight”であり、センサが8個と減ったものの、サラダボウル(ダイソー)を曲面筐体として活用して強度を上げたシステムとなった。“MRTI2015”から約2年後の開発であり、その間に認知症リハビリシステムなどの実験/検討で得られた知見を応用して、新楽器というよりも最初から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に重点を置いた。互いに影響し合う薬指と小指については、小指は筐体を保持するのみとしてPAWセンサ操作から分離し、薬指の操作/感覚に集中する仕様とした。このシステムについても、制作するための技術情報は全てWebで公開した。

8個のPAWセンサからの計32チャンネル・アナログ情報は小指を除く両手の8本指を対等な8チャンネル(各4パラメータ)と定義し、そのバリューを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(光源)から中心(重心)に向かう距離としてマッピングした。この8個の輝点を、全て中心にあるブラックホール内部に収めるといふバイオフィードバックゲームである。ただし各センサ毎の4チャンネル出力がアンバランスだと移動軸が逸れて中心に向かわず、指先に強く力を入れると反対側に通り過ぎるようにしてある。中間あたりの力加減のところでは8本の指先を全て均等にリラックスしてバランスをとりつつ優しく押し込む、というこのタスクは相当に難易度が高いが、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「PAW-eight」によるマルチメディア・バイオフィードバックシステムは、プロの療法士などの専門家から一般の参加者/高校生まで、多くの体験者に体験してもらった。いずれも最初は「恐々と」触り始めるものの、慣れてシステムの反応と触感の関係性が理解されてくると、プロア/年齢に関係なく嵌まり込んでくれて、困難さを訴える人もいれば素晴らしく上達する人もいた。ゲーム世代の若者(関係性を理解してマルチメディアを楽しむ)にはある意味で新鮮なインターフェースであったようで、短期間にマスターする高校生もいた。認知症予防や認知症リハビリなどの目標に対して、実際に脳からの随意筋チャンネルで行われる筋電/PAWコントロールに対するバイオフィードバックを実装する実験として、このような情動/感情からくる充実感が有効である、と試作機を体験した何人もの専門家から評価された。国際会議Sketching2019(Detroit)において成果を体験し合うデモンストレーションで実際に“PAW-eight”を置いて触れ合ってみると、Google/Intel/MicrosoftのエンジニアもMITメディアラボの研究者も、みんな子供のような顔で目を輝かせ、笑

顔でこの不思議なインタラクティブ・マルチメディア体験を楽しんだ[67]。本研究において注目した「曖昧な触覚が思わず笑顔を引き出す」という視点は「内受容感覚ウェルネス」への追求の柱として今後も重視していきたい。

5. 筋電バイオフィードバックの応用

ここでは、筆者のゼミ学生(梅田那菜)が「卒業制作」として取り組んでいる、筋電センサを活用したバイオフィードバック・インストールシステム事例を紹介する。ただし研究会に提出する予稿の提出期限の関係で、本稿執筆時点ではまだ制作途中であることをご承知いただきたい。順調に推移した場合、いずれ「SUACインストールセッション(5)」のページ[71]に記録が掲載される予定である。この作品の概要と進捗については企画書[72]と中間報告[73]を参照されたい。

この学生は2020年2月に筆者が開催した「SUACメディアデザインウィーク・ワークショップ」[74-75]に参加し、筆者の共同研究者である、辻下守弘氏(奈良学園大学リハビリテーション学科)の講演に触発されたところからバイオフィードバックについて調査検討した。2020年夏にはリハビリテーションの専門家を対象としたBFについてのアンケートを実施し、最終的に「筋電センシングによるバイオフィードバック」システムの制作を目指すことになった。筋電センシングの部分についてはMyo[63]を活用する方針のため、体験者が腕にグッと筋力を与えた時に、実際に「(ポパイの腕のように)グッと膨らむ」造形、というやや無謀なチャレンジを続けている。筋電センシングの情報によってPC画面内の「CGで描かれた腕」が太くなる・・・というのであれば2回生でも簡単であるが、リアルな「腕の造形」が実際に自分の「力み」と同期して膨らむとすれば、その臨場感/一体感は、おそらくウェルネス・エンタテインメント(意外感/満足感)に繋がるであろう、と筆者も支援している。

6. 頭部コントローラの応用

ここでは、筆者のゼミ学生(杉山みき)が「総合演習I」として取り組んでいる、頭部の傾きをセンシングするシューティングゲームのデザイン事例を紹介する。ただし研究会に提出する予稿の提出期限の関係で、本稿執筆時点ではまだ制作途中であることをご承知いただきたい。順調に推移した場合、いずれ「SUACインストールセッション(5)」のページ[71]に記録が掲載される予定である。この作品の概要と進捗については、企画書[76]と中間報告[77]を参照されたい。

この学生は2020年前期のCOVID-19のコロナ禍での体験から、肩凝り/首凝りを解消するリラクゼーションを目指し、同時に身体動作を伴うエンタテインメントとしてのゲーム制作を企画した。「笑いをとる」系のゲームデザインを強く志向するこの学生は、COVID-19ウイルスに模した「ゾンビ」が歩き回る中で、世界中で活躍する「非接触体温計」をガンに見立てて撃つ、というシューティングゲームを目指した。ガンの照準器に相当するアイコンは、頭部の「ウサギの被り物」に仕込んだ3次元加速度センサによって検出される、頭部の角度(前後と左右)で移動する。結果として、ゲーム体験者は酔歩ランダムに移動するゾンビを追いかけて照準器を合わせるために、コロナ禍で凝り固まった肩と首をぐりぐりと動かすことになる。ゾンビと照準器の座標が一致したタイミングで非接触体温計ガンの引き金を引くと、ゾンビが消えて代わりに可愛いウサギのキャラクタが出現し、これはゲームの進行とともに最大10匹まで増えていき、画面内で可愛いポーズで動き回る。この絵心あふれる世界観が、ややもすると荒んでいる2021年を救うゲームとなるよう、筆者も支援している。

7. おわりに

メディアデザインにおけるバイオフィードバック応用の事例報告というタイトルで、ここ数年にわたって取り組んできた研究に関する一部を紹介した。2000年4月のSUAC(静岡文化芸術大学)開学以来、筆者が支援してきた学生作品の中には、上述で紹介した最新のpart5[71]より前にpart1~part4[78-81]もあり、その中には本稿のテーマと関係した作品も少なくない。メディアデザインが人間の本質的な部分(情動/感情)と密接に関係していることから、これからは新たなチャレンジを続けていきたい。

文 献

1. 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, pp49-76, 2014
2. 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, pp140-154, 2014
3. Anil K.Seth (2013). Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. Trends of Cognitive Science, 17, pp565-573, 2013
4. 里宇明元/佐藤禮子. リハビリテーション. 放送大学教育振興会, 2007
5. 鹿島晴雄/加藤元一郎/本田哲三. 認知リハビリテーション. 医学書院, 1999
6. 澤田雄二. 考える作業療法: 活動能力障害に対して. 文光堂, 2008
7. 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
8. G.E.シュワルツ, 平井久(他編訳). バイオフィードバック, 上巻, 下巻. 誠信書房, 1975
9. ロバート・M. スターン, ウィリアム・J. レイ, 石川中(他訳). バイオフィードバックとは何か: 心と身体の健康法. 紀伊国屋書店, 1983
10. マーヴィン・カーリンズ/L.M.アンドリュース, 平井久(訳). バイオフィードバック—心身コントロールの現代医学. 白揚社, 1979
11. 辻下守弘. 薬を使わず病をなおすバイオフィードバック入門. 秀和システム, 2011
12. 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), 情報処理学会, 2014
13. Munekata, Yoshida, Sakurazawa, Tsukahara, Matsubara. Design of positive biofeedback using a robot's behaviors as motion media. Proceedings of the 5th international conference on Entertainment Computing, 2006
14. Nacke, L.E. et al. Biofeedback Game Design - Using Direct and Indirect Physiological Control to Enhance Game Interaction. Proceedings of the 2011 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems, pp103-112, 2011
15. Nagai, Goldstein, Fenwick, Trimble. Clinical efficacy of galvanic skin response biofeedback training in reducing seizures in adult epilepsy: a preliminary randomized controlled study. Epilepsy & Behavior, Vol.5 (2), pp216-223, 2004
16. <https://nagasm.org/ASL/>
17. <https://nagasm.org/ASL/ASL.html>
18. <https://nagasm.org/Sketching/>
19. <https://nagasm.org/Sketching/PAW-double.html>
20. <https://nagasm.org/Sketching/VPP-SUAC.html>
21. <https://nagasm.org/1106/>
22. ノルベルト・ボルツ, 識名章喜/足立典子(訳). グーテンベルク銀河系の終焉: 新しいコミュニケーションのすがた. 法政大学出版局, 1999
23. ノルベルト・ボルツ, 山本允(訳). カオスとシミュレーション. 法政大学出版局, 2000
24. ノルベルト・ボルツ, 村上淳一(訳). 世界コミュニケーション. 東京大学出版会, 2002
25. ノルベルト・ボルツ/アンドレアス・ミュンケル, 壽福眞美(訳). 人間とは何か: その誕生からネット化社会まで. 法政大学出版局, 2009
26. 下條信輔. サプリミナル・マインド—潜在的人間観のゆくえ. 中央公論社, 1996
27. 下條信輔. 「意識」とは何だろうか—脳の来歴、知覚の錯誤. 講談社, 1999
28. 下條信輔. サプリミナル・インパクト—情動と潜在認知の現代. 筑摩書房, 2008
29. 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
30. Antonio R.Damasio, 田中三彦(訳). 無意識の脳 自己意識の脳. 講談社, 2003
31. 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
32. Antonio R.Damasio, 山形浩生(訳). 自己が心にやってくる. 早川書房, 2013
33. 千葉雅也. 動きすぎではいけない: ジル・ドゥルーズと生成変化の哲学. 河出書房新社, 2013
34. 国分浩一郎. ドゥルーズの哲学原理. 岩波書店, 2013
35. フリードリヒ・キットラー, 原克/他(訳). ドラキュラの遺言: ソフトウェアなど存在しない. 産業図書, 1998
36. フリードリヒ・キットラー, 石光泰夫/石光輝子(訳). グラモフォン・フィルム・タイプライター[上・下]. 筑摩書房, 2006
37. I.プリゴジン/G.ニコリス, 小島陽之助(訳). 散逸構造—自己秩序形成の物理学的基礎. 岩波書店, 1980
38. I.プリゴジン, 小出昭一郎/安孫子誠也(訳). 存在から発展へ—物理科学における時間と多様性. みすず書房, 1984
39. I.プリゴジン/I.スタンジェール, 伏見康治/伏見讓/松枝秀明(訳). 混沌からの秩序. みすず書房, 1887
40. I.プリゴジン, 安孫子誠也/谷口佳津宏(訳). 確実性の終焉—時間と量子論、二つのパラドクスの解決. みすず書房, 1997
41. L.フォン・ベルタランフィ, 長野敬/太田邦昌(訳). 一般システム理論—その基礎・発展・応用. みすず書房, 1973
42. S.H.Strogatz. Nonlinear Dynamics and Chaos. Westview Press, 1994
43. スティーヴン・ストロガッツ, 長尾力(訳). SYNC なぜ自然はシンクロしたがるのか. 早川書房, 2005
44. L.クラークス, 杉浦実(訳). リズムの本質. みすず書房, 1994
45. 蔵本由紀. リズム現象の世界. 東京大学出版会, 2005
46. 郡宏. 生物リズムと力学系. 共立出版, 2011
47. https://nagasm.org/ASL/paper/KCUA_nagasm_final.pdf
48. 木塚朝博/木竜徹/増田正/佐渡山亜兵/バイオメカニズム学会(編). 表面筋電図. 東京電機大学出版局, 2006
49. 佐藤俊輔/吉川昭/木竜徹. 生体信号処理の基礎. コロナ社, 2004
50. 谷口慶治/若松秀俊. 医用電子・生体情報. 共立出版, 1996
51. 星宮望. 生体情報計測. 森北出版, 1997
52. 赤澤堅造. 生体情報工学. 東京電機大学出版局, 2001
53. 福田忠彦. 生体情報システム論. 産業図書, 1995
54. 生体情報の可視化技術編集委員会. 生体情報の可視化技術. コロナ社, 1997
55. 戸川達男. 生体計測とセンサ. コロナ社, 1986
56. https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html
57. 長嶋洋一. 内受容感覚コントローラとしての筋電器 --- 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
58. 長嶋洋一. 内受容感覚バイオフィードバックによる"癒し系エンタテインメント"の考察. エンタテインメントコンピューティング2015論文集, EC2015実行委員会, 2015

59. 長嶋洋一. 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. 情報科学技術フォーラム2015講演論文集, 情報処理学会/電子情報通信学会, 2015
60. Yoichi Nagashima. Towards the BioFeedback Game --- with Interoception and Rehabilitation ---. Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications, VS-Games, 2016
61. 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
62. Yoichi Nagashima. Multi Rubbing Tactile Instrument. Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME, 2016
63. Yoichi Nagashima. Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments --- DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015 ---. Proceedings of ICMC2016, ICMA, 2016
64. 長嶋洋一. 触覚バイオフィードバック」汎用プラットフォームの提案 -メディアアートのウェルネスデザイン応用を目指して-. 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会技術研究報告(HIP2018-39), 2018
65. 長嶋洋一. 生体情報センシングのバイオフィードバック療法への応用について. 知覚情報研究会・研究報告, 電気学会, 2017
66. 長嶋洋一. 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, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会資料 (技術研究報告) HCS2017-102, 電子情報通信学会, 2018
67. <https://nagasm.org/1106/Sketch2019/Happy.html>
68. <https://nagasm.org/1106/Sketch2015/Happy.html>
69. <https://nagasm.org/1106/SI2015/Happy.html>
70. https://nagasm.org/1106/news5/Mars_Photo/
71. <https://nagasm.org/1106/installation5/>
72. <https://nagasm.org/ASL/Sketch08/fig2/nana1.pdf>
73. <https://nagasm.org/ASL/Sketch08/fig2/nana2.pdf>
74. <https://nagasm.org/1106/MDW2020/cfw.html>
75. <https://nagasm.org/1106/news5/MDW2020report/>
76. <https://nagasm.org/ASL/Sketch08/fig2/miki1.png>
77. <https://nagasm.org/ASL/Sketch08/fig2/miki2.jpg>
78. <https://nagasm.org/1106/installation/>
79. <https://nagasm.org/1106/installation2/>
80. <https://nagasm.org/1106/installation3/>
81. <https://nagasm.org/1106/installation4/>