

バイオフィードバック・リハビリテーションを実現するメディアアート

Media Art for Biofeedback Rehabilitation

長嶋洋一（静岡文化芸術大）

Yoichi Nagashima, Shizuoka University of Art and Culture

Abstract: We are researching "wellness entertainment" as a source of self-awareness for mental and physical health. At first, we discuss about wellness (well-being), biofeedback and "interoception" as important keywords. Next, we discuss to deepen and develop the design of interactive media art and bioinformation sensing from the perspective of "sketching" (physical computing) and serious (useful) games. A framework/toolkit was presented and released so that even medical and welfare professionals who are not IT specialists can easily implement effective systems by utilizing open source information.

Key Words: Wellness Entertainment, Interactive Media Art, Biofeedback Rehabilitation, Interoception, Sketching

【背景】

筆者の30年以上にわたるメインフィールドはメディアアートおよび関連したインタラクティブ・システム・デザインである[1]。特にComputer Musicの研究者/作曲家として各種のセンサ/新楽器を開発する中で、1990年代後半からは生体情報センシング[2]に興味を持ち、筋電センサ[3-4]を中心に多くの生体センサを活用した音楽公演[5-6]およびインスタレーション作品発表[7-8]を進めてきた。併せて筆者は技術士として福祉工学分野でも介護施設でのシステム試作などを行ってきたが、筋電[3]繋がりからバイオフィードバックの専門家とのコラボレーションが始まり、研究テーマが「ウェルネス・エンタテインメントやバイオフィードバックを実現するフレームワーク/ツールキットとしてのメディアアート」として進展してきた[9]。本発表はこの概要の報告である。

生体センシングを活用した新楽器によるライブComputer Music公演というのは、本質的にバイオフィードバックそのものである。各種生体センサシステムを装着した演奏家の身振り/身体動作/脳波などのセンシング情報に対応して、リアルタイムにサウンドやグラフィックをライブ生成した結果は、聴衆に届くと共に演奏家自身にフィードバックされる事でライブの即興演奏を実現する[10-16]。筋電センサの研究の中では、スポーツ的に最強に力を込める領域よりも「脱力」「リラックス」の領域で情動的な満足感を発見し、「内受容感覚」(Interoception)の視点から新たなバイオフィードバックの可能性を追求することになった[17-20]。

【目的】

リハビリテーションにおいて重要なのは、クライアントが自分の身体状況を客観的に把握/理解することで、他者から与えられたタスクとしてでなく、自身の意思と共に体感しつつ自身がよりWell-Beingな状態になっていく事実を実感できる(→Wellness)ことである。最終的な目標はここであるが、本研究の目的としては、(1)オープンソース文化と共にインタラクティブなシステムデザインが誰にでも(療法士/介護士/看護師)実現できるというプラットフォーム/ツールキットを提供する[21]、(2)新たなオリジナル生体センサを開発してオープンソース公開する[22-23]、(3)心身医学と通じる「自分が自分を治す(Wellnessになる)」という関係性を生体センシング応用の「シリアスゲーム」(役に立つゲーム)の視点から構築する[24]、と定めた。

【方法】

世界的なオープンソース文化の浸透によって、高度なコンピュータ・エレクトロニクス技術の詳細はブラックボックスとなることで、理工系の専門家でもなくてもインタラクティブなシステムを実現できる時代となった。そこでまず、文系の芸術系/デザイン系学生を対象としたチュートリアル/ワークショップ等を開催して参加者との議論を重ねることで、より効果的なプラットフォーム/ツールキットの実現を目指した。本稿で詳細を述べる紙面がないので参考文献[25-46]を参照されたい。また、実際にリハビリ/介護などの現場の関係者や専門家を対象とした「バイオフィードバックセミナー」の機会に、試作システムを体験してもらって議論を進めた[47-49]。ただしCOVID-19のためにフィールド実験については棚上げする状態となった。

【結果】

筆者のゼミ(デザイン学科)には「絵心」ある学生もおり、可愛い女の子のイラストなどをタブレットで数分もあれば描き上げてしまう。PCから等間隔に届くタップ音に合わせてスペースキーを等間隔で叩くという認知機能リハビリ・ソフトの画面が無愛想な数字と目盛りだけだったため、タッチングの正確さに合わせて「良好」(笑顔)とか「頑張れ」(応援)とか「ヤル気あんの?」(冷たい視線)とかが女の子の表情でフィードバックさせる試作版を作ったところ(4枚の絵[Fig. 1]を計20分で完成、プログラミングも10分で完成)、リハビリテーションの専門家から高評価を得た。これは、デザイン系(アート系)の学生とリハビリ系の学生によるコラボレーション・プロジェクトの可能性を提起した。



Fig.1 Example of the Screen

筋電センサを用いた「手首から先のジェスチャー認識」の実験の際に得られた知見として、一種の「筋電バイオフィードバック・ゲーム」において無意識的に掌から指先まで脱力することで過去に登録した自分のジェスチャーとヒットする(報酬あり)、という行為が内受容感覚からくるWellness情動に繋がる可能性を得た[20]。この方向性を追求するために、柔らかなウレタン製の触覚/触感センサを活用したインタラクティブ・インスタレーション(両手10本ないし8本の指を「優しく」途中あたりまで均等に押すと、不思議なサウンドとライブ・グラフィクスを体験できる[Fig. 2])を試作したところ、国際会議の場で計3回、錚々たるデザインの専門家が子供のように笑顔になって操作する風景を体験した[50-53]。そしてこの試作システムを奈良学園大学リハビリテーション学科のオープンキャンパスの場で展示したところ、予備知識のない高校生からもリハビリ専門家(教員)からも高評価を得た。これをMCI予防や認知症リハビリのために改良する計画も、COVID-19のためにフィールド実験について棚上げされた状態が続いている。



Fig. 2 Example of the Prototype

【考察】

従来、多くのインタラクティブ・メディアアート(インスタレーション作品など)のシステムで使われてきたユーザーインターフェースを検討してみると、五感のチャンネルのうち、視覚および聴覚は主としてシステムから人に対するリアクションとして活用され(一部はマイクによる音響センサ)、嗅覚および味覚ははまだ発展途上にある。そして触覚/身体感覚においては、人からシステムへのアクションには物理的なコントローラ(スイッチ/ダイヤル/スライダー/タッチパネル/レバー/ペダル/ジョイスティック/マウス/トラックボール等々)に対する操作、さらに身体動作(身振り)センサとしての画像認識(CV)/関節センサ群/モーションキャプチャ/データグローブ等が用いられてきた。この五感(外受

容感覚)における反応性の速さに対して、Damasioは内受容感覚の遅さを克服するソマティック・マーカー仮説を提唱し[54-57]、Sethもこれを支持する「自己の身体からくる情動」モデルを提唱し[58]、内受容感覚が感情/意思決定に大きく影響することは仮説の域から事実となった[59-60]。

一方、ゲーム学の領域で「バイオフィードバックゲーム」として、生来のてんかん患者に対して皮膚電気反応を用いた一種のゲームと言えるシステムを開発して有効な効果を得たという棟方らの報告は、生体情報センシングをエンタテインメント性のあるバイオフィードバックとして活用することの有効性を強く示した[61-63]。ここからアイデアを得て、筆者が開発したシステム”PAW-eight” [Fig. 3]では、8個の触覚/触感センサを両手で全て均等に半分ほど押すというゲームにおいて、センサからの物理的リアクション(ウレタン素材からそれぞれの指先に伝わる柔らかな反発力)が内受容感覚のチャンネルから生み出される「優しい情動」「幸福な脱力感」を求めた。リアルタイムCGにより3次元空間内の立方体の頂点に相当する8箇所にある輝点は、触覚/触感センサからの情報に対応して立方体の中心のブラックホールに向かって移動するが、均等でなくセンサが傾いた状態では軌道が逸れ、さらに力が強すぎれば反対側まで突き抜けてしまう。8本の指に対応した8個の輝点から中心までの距離に応じた[耳障りな]正弦波サウンドが生成されるので、体験者はそれぞれの輝点を中心のブラックホール内部に移動させる(ピッチがゼロに近づけば聞こえなくなり、音響の残響が心地よく増大する)ことで静穏な宇宙空間を生み出すことが、ゲームとしての目標となる。

認知科学/脳科学的には、このバイオフィードバックゲームを上手く進めるためには「目」「耳」「指先(8本)」という多くの脳領域を同時に活性化させる必要があり、MCI予防や認知症リハビリのために実験してきた他のシステム同様に、その有効性/可能性について多くの専門家から指摘いただいた。実際に試作を体験してみれば、相当に難しいアクションの末に幸せなゴールが待っているために、これを「ウェルネス・エンタテインメント」と呼ぶことに多くの体験者の同意を得ることが出来た。パソコン画面よりも、大型モニタの表示やスクリーンへのプロジェクションによってさらに没入感(→満足感)の効果が増大したという知見も重要であると考えている。今後の課題として、いっそのことHMDによって完全に視野を占有するとどうなるのかも検討していきたい。

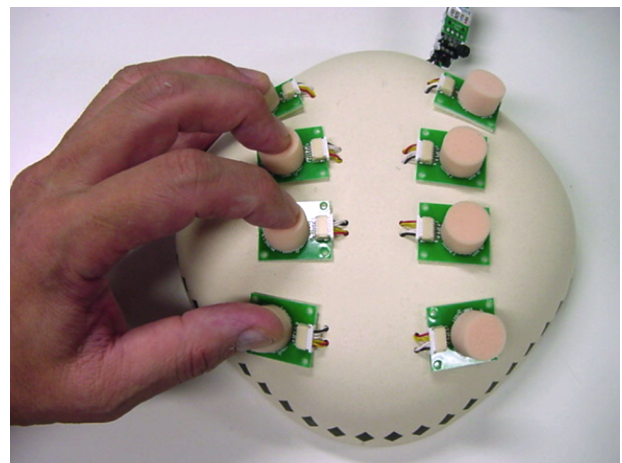


Fig. 3 “PAW-eight”

【結論】

人間の持つ能力は未だ解明されていない部分が多く、1960年代頃から始まったバイオフィードバックの歴史は新しい科学パラダイムが登場するたびに浮沈(適用しての成功例と懐疑論)を繰り返しているものの、その本質「自分で自分を治す」(心身医学)は真実であると思われる。21世紀のオープンソース文化によって出現した「物理コンピューティング(スケッチング)」は、電子情報工学の専門家でもなくても容易に高度なシステムを実現できる環境を生み出した。インタラクティブ・メディアアートが実現する生体情報センシングと、ゲーム学の領域で医療/福祉/介護などの専門家が進めてきた「シリアス(役立つ)ゲーム」の潮流と、基礎心理学/認知科学/脳科学などの領域から報告された「ウェルネス」の情動/感情と内受容感覚との関係、とが合流合体することで、「ウェルネス・エンタテインメント」として新しいバイオフィードバック・リハビリテーションの可能性を見出しつつあるというのが筆者の感触であり、今後も異なる領域の専門家とのコラボレーションによって探求を続けていきたい。

【付記】

筆者は技術士(情報工学部門/電気電子部門)として「ASL(Art & Science Laboratory)代表」である[1]と共に、兼職として2000年4月(開学)から静岡文化芸術大学(SUAC)での活動を進めてきたが、これは2024年3月で終了となってフリーに戻る。ASLでは1993年以降、多くの作家/大学/組織などから依頼されて特注の新システムを開発したり、特別講義/チュートリアル/ワークショップ等を開催してきたが、今後もこの活動を継続/拡大する予定である。ある大学の非常勤講師を既に受諾したところだが、2022年からは、集中講義形式、あるいは単発のワークショップ等での依頼にもなるべく対応することで、ウェルネス・エンタテインメントのシステムデザインを志す若者を支援したり、バイオフィードバック・リハビリテーションのためのオリジナル・システムの開発/実験に協力することで、持てる力を生かして社会貢献を目指したい。興味ある方々からのコンタクト/紹介をお待ちしている。

倫理的配慮

該当なし

研究資金・利益相反

開示すべき利益相反はない

参考文献

- (1) Yoichi Nagashima, Art & Science Laboratory, <https://nagasm.org/ASL/>, 2022.
- (2) 長嶋洋一, メディア・アートと生体コミュニケーション, <https://nagasm.org/ASL/suac2002/>, 2002.
- (3) 長嶋洋一, 筋電センサ関係情報, https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html, 2015.
- (4) 長嶋洋一, 新・筋電センサシステム「VPP-SUAC」, <https://nagasm.org/Sketching/VPP-SUAC.html>, 2016.
- (5) 長嶋洋一, インタラクティブアートの統合的システム・プラットフォームとしてのMax/MSP, <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/>, 2002.
- (6) Yoichi Nagashima, Computer Music Works, <https://nagasm.org/ASL/YouTube.html>, 2016.
- (7) 長嶋洋一, センサを利用したメディア・アートとインスタレーションの創作, <https://nagasm.org/ASL/sensor01/>, 1997.
- (8) 長嶋洋一, SUACインスタレーション(1), <https://nagasm.org/1106/installation/>, 2022. (part2-5もあり)
- (9) 長嶋洋一, ウェルネス・エンタテインメントを実現するメディアアート, 京都市立芸術大学美術研究科(メディアアート)博士(後期)課程 博士論文, https://nagasm.org/ASL/paper/KCUA_nagasm_final.pdf, 2019.
- (10) Yoichi Nagashima, BioSensorFusion:New Interfaces for Interactive Multimedia Art, Proceedings of 1998 International Computer Music Conference, <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc98.pdf>, 1998.
- (11) Yoichi Nagashima, "It's SHO time" --- An Interactive Environment for SHO(Sheng) Performance, Proceedings of 1999 International Computer Music Conference, <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc99.pdf>, 1999.
- (12) Yoichi Nagashima, Interactive Multi-Media Performance with Bio-Sensing and Bio-Feedback, Proceedings of International Conference on Audible Display, <https://nagasm.org/ASL/paper/ICAD2002.pdf>, 2002.
- (13) Yoichi Nagashima, Interactive Multimedia Art with Biological Interfaces, Proceedings of 17th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics, <https://nagasm.org/ASL/paper/IAEA2002.pdf>, 2002.
- (14) Yoichi Nagashima, Bio-Sensing Systems and Bio-Feedback Systems for Interactive Media Arts, Proceedings of 3rd International Conference on New Interfaces for Musical Expression, <https://nagasm.org/ASL/NIME03/>, 2003.
- (15) Yoichi Nagashima, Combined Force Display System of EMG Sensor for Interactive Performance, Proceedings of 2003 International Computer Music Conference, <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc2003-1.pdf>, 2003.
- (16) Yoichi Nagashima, Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments --- DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015 ---, Proceedings of 2016 International Computer Music Conference, https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2016_nagasm.pdf, 2016.
- (17) 長嶋洋一, 新しい筋電楽器のジェスチャ・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, <https://nagasm.org/ASL/paper/onchi201005.pdf>, 2010.
- (18) 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, <https://nagasm.org/ASL/paper/onchi201506.pdf>, 2015.
- (19) Yoichi Nagashima, Towards the BioFeedback Game --- with Interoception and Rehabilitation ---, Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications, <https://nagasm.org/ASL/paper/VS-Games2016.pdf>, 2016.
- (20) 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, 電気学会 知覚情報研究会・研究報告, <https://nagasm.org/ASL/paper/IEE2017nagasm.pdf>, 2017.
- (21) 長嶋洋一, ウェルネス・エンタテインメントやバイオフィードバックを実現するフレームワーク/ツールキットとしてのメディアアート, スケッチング(物理コン

- ピューティング) チュートリアル/ワークショップ, <https://nagasm.org/Sketching/>, 2019.
- (22) 長嶋洋一, 新・筋電センサシステム「VPP-SUAC」, <https://nagasm.org/Sketching/VPP-SUAC.html>, 2017.
- (23) 長嶋洋一, 新・触覚センサシステム「PAW-double」, <https://nagasm.org/Sketching/PAW-double.html>, 2018.
- (24) Yoichi Nagashima, Bio-sensing Platforms for "Wellness Entertainment" System Design, ICEC2018 Tutorial Workshop, <https://nagasm.org/ICEC2018workshop/>, 2018.
- (25) Yoichi Nagashima, Art & Science Laboratory, <https://nagasm.org/ASL/ASL.html>, 2022.
- (26) 長嶋洋一, インタラクティブ・アートのための技術講座--センサとMIDIシステムによるインタラクション入門--, <https://nagasm.org/ASL/lecture01/>, 1997.
- (27) Yoichi Nagashima, Sensor@ComputerMusic, <https://nagasm.org/ASL/withatau/>, 1999.
- (28) Yoichi Nagashima, Sensors for Interactive Music Performance, <https://nagasm.org/ASL/workshop/icmc2000/>, 2000.
- (29) Yoichi Nagashima, Sensors for Interactive Music Performance, <https://nagasm.org/ASL/paris/>, 2001.
- (30) Yoichi Nagashima, Interactive Media Art with Biological Interfaces, <https://nagasm.org/Sabbatical2004/0826/steim02.html>, 2004.
- (31) Yoichi Nagashima, Interactive Multi-Media Art with New Technology, <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20070711/>, 2007.
- (32) Yoichi Nagashima, Sensor/Microelectronics Technology for Interactive Multi-Media Art, <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20070808-12/>, 2007.
- (33) Yoichi Nagashima, Parallel Processing Platform for Interactive Systems Design, <https://nagasm.org/ASL/ICEC2009/>, 2009.
- (34) Yoichi Nagashima, Technology for Computer Music / Interactive Multi-Media Performance with New Interfaces, https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_1/, 2010.
- (35) Yoichi Nagashima, SUAC Installation - Case Studies as "Physical Computing" -, https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_2/, 2010.
- (36) Yoichi Nagashima, Interactive Art with Bio-Interfaces, https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_3/, 2010.
- (37) 長嶋洋一, 「フィジカル・コンピューティング2014」ワークショップ, <https://nagasm.org/1106/MDW2014/report.html>, 2014.
- (38) 長嶋洋一, 電子工作ワークショップ, https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_1/, https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_2/, 2014.
- (39) 長嶋洋一, 「フィジカル・コンピューティング2015」ワークショップ, <https://nagasm.org/1106/MDW2015/report.html>, 2015.
- (40) 長嶋洋一, Arduinoワークショップ, https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_3/, 2015.
- (41) 長嶋洋一, 「スケッチング」ワークショップ, <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20150702-03/>, 2015.
- (42) Yoichi Nagashima, Introduction of Programming - Creating Art Objects, https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Workshop_1/, 2016.
- (43) Yoichi Nagashima, Interactive System Design - Creating Media Arts, https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Workshop_2/, 2016.
- (44) 長嶋洋一, 「スケッチング」ワークショップ, <https://nagasm.org/1106/news5/20180210/>, <https://nagasm.org/1106/news5/20180211/>, 2018.
- (45) Yoichi Nagashima, Bio-sensing Platforms for "Wellness Entertainment" System Design, <https://nagasm.org/ICEC2018workshop/>, 2018.
- (46) 長嶋洋一, 「スケッチング」ワークショップ, <https://nagasm.org/1106/news5/MDW2020report/>, 2020.
- (47) 長嶋洋一, マルチメディアアートツールMaxを用いたバイオフィードバックシステムの開発入門, バイオフィードバック療法セミナー, <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20151012/>, 2015.
- (48) 長嶋洋一, マルチメディアアートツールMaxを用いたバイオフィードバックシステムの開発入門, バイオフィードバック療法セミナー, <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20160228/>, 2016.
- (49) 長嶋洋一, 生体情報センシングとメディア・アートを用いたバイオフィードバックとリハビリテーションの可能性, バイオフィードバック療法セミナー, <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20180331/>, 2018.
- (50) <https://nagasm.org/1106/Sketch2015/Happy.html>
- (51) <https://nagasm.org/1106/SI2015/Happy.html>
- (52) <https://nagasm.org/1106/Sketch2019/Happy.html>
- (53) <https://www.youtube.com/watch?v=FM1Af3TyXNk>, <https://www.youtube.com/watch?v=LF7KojKRP2Y>, <https://www.youtube.com/watch?v=2SD84alrN1A>, https://www.youtube.com/watch?v=eO_BEA6vakU
- (54) 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.
- (55) Antonio R. Damasio, 田中三彦(訳), 無意識の脳 自己意識の脳, 講談社, 2003.
- (56) 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.
- (57) Antonio R. Damasio, 山形浩生(訳), 自分が心によってくる. 早川書房, 2013.
- (58) Anil K. Seth, Interoceptive inference, emotion, and the embodied self, Trends of Cognitive Science, 17, pp.565-573, 2013.
- (59) 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, pp. 49-76, 2014.
- (60) 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, pp. 140-154, 2014.
- (61) 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), pp. 1-3, 2014.
- (62) 棟方渚/櫻井高太郎/中村光寿/吉川浩/小野哲雄, バイオフィードバックゲーム"The ZEN"のトレーニング効果とエンタテインメント性 - 長期実験観察と治療応用の一症例の報告 -, デジタルゲーム学研究, 第7巻第2号, 日本デジタルゲーム学会, pp. 67-78, 2015.
- (63) 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, pp. 103-112, 2011.