

脳波センサ“Muse 2”・“Muse S”は新楽器として使えるか

長嶋洋一^{†1}

概要: 数年前に登場した脳波センシング・ヘッドバンド“MUSE”について、筆者は2016年3月に「脳波センサ“MUSE”は新楽器として使えるか」というタイトルで音楽情報科学研究会にて発表し、その詳細を報告するとともに「脳波音楽のための楽器」としての可能性について議論した。COVID-19環境下で改めて“MUSE”について調べてみると、完全公開されていた技術情報が全て閉鎖されるとともに、詳細を非公開とした新モデルの“Muse 2”と“Muse S”が提供されるという状況に変貌していた。本稿ではまず、前回の報告に続いて調べた脳波センサ“OpenBCI”について紹介し、その問題点と現状について報告する。次に、最近でも欧州を中心に活発化する脳波プロジェクトの現況について報告し、“Muse 2”と“Muse S”においてオープンソース文化に背を向けた脳波リラクセーション・ビジネスの背景について考察するとともに、非公開となった情報の発掘/復元について述べる。そしてこの新しいモデルからリアルタイム生体情報を取得する手法を確立・検証したので報告し、改めて「脳波音楽のための楽器」としての可能性について議論したい。

キーワード: 脳波センサ, MUSE 2, MUSE S, 新楽器

Can we use the brain sensing headband "Muse 2" and "Muse S" as new musical instruments ?

YOICHI NAGASHIMA^{†1}

Abstract: In March 2016, I presented a paper titled "Can we use the brain sensing headband MUSE as new musical instruments ?". When I investigated "MUSE" again under COVID-19, I found that all the technical information has been fully closed, and new models "Muse 2" and "Muse S" were provided without disclosing the details. This paper first discusses the background of the EEG relaxation business against the open-source culture, describes the excavation and recovery of information that was withheld from the public, and describes a method for obtaining bio-sensing information from the new models. I will also report on the current status of the EEG project in Europe, and discuss its potential as an "instrument for EEG music" again.

Keywords: Brain Sensor, Muse 2, Muse S, New Instruments for Musical Expression

1. はじめに

筆者はこれまでComputer Musicを中心とするメディアアート領域で活動してきた[1-3]。2016年3月には「脳波センサ“MUSE”は新楽器として使えるか」というタイトルで音楽情報科学研究会にて発表し、その詳細を報告するとともに「脳波音楽のための楽器」としての可能性について議論した[4]。その後も継続的に生体情報センシングについての調査/議論をコラボレータである照岡正樹氏(公益財団法人レイ・パストゥール医学研究センターAIデバイス研究室)と進めてきたが[5-13]、世界的にCOVID-19環境下となった2020年にも欧州を中心に活発化する脳波プロジェクト情報は届いており、この領域への注目は継続している。

2020年5月下旬には、ある大学(東大ではないT大学とする)の4回生から突然に「卒業研究に取り組み始めてテーマを脳に関するものと考えている。脳波関係の論文を調べているとOpenBCIに辿り着き、長嶋に辿り着いたので話を聞きたい」というような脳関連研究をえらく舐めたメールも舞い込んできたが、“MUSE”に続いて実験・調査したOpenBCIについてはまだ報告していなかった。

一方、2020年8月に浜松市が支援する某アートプロジェクトに関して「脳波通信」について問い合わせを受けたところで改めて“MUSE”について調べてみると、完全公開されていた技術情報が全て閉鎖されるとともに、詳細を非公開とした新モデルの“Muse 2”と“Muse S”が提供されるという状況に変貌していた。

そこで本稿では、前回の報告[4]に続く“MUSE”関連の報告[14-15]に続いて調べた脳波センサ“OpenBCI”についてまず紹介し、その課題と現状について報告する。次に、最近でも欧州を中心に活発化している「脳波アート」プロジェクトの現況について報告する。そして“Muse 2”と“Muse S”においてオープンソース文化に背を向けた脳波リラクセーション・ビジネスの背景について考察するとともに、非公開となった情報の発掘/復元について述べる。そしてこの新しいモデルからリアルタイム生体情報を取得する手法を確立・検証したので報告し、改めて「脳波音楽のための楽器」としての可能性について議論したい。

2. OpenBCI

情報処理学会では研究報告の電子化に伴って予稿のページ数上限を定めないという太っ腹な時期もあったが[16]、昨今では再び予稿ページ数に制限があるのでOpenBCIにつ

^{†1} 静岡文化芸術大学
Shizuoka University of Art and Culture

いて本稿ではごく一部を紹介するに止めざるを得ない。某T大学4回生からのメールに対する筆者の返信[17]の中にOpenBCI関連情報のリンクが多数あるので、興味のある方はそちらを参照されたい。

その名の通りにオープンソース文化で脳波関係のセンシング環境を提供するプロジェクトであるOpenBCI[18]は、脳波ヘッドギア部分の3Dプリンタ情報を公開していて(3Dプリンタ出力を有償で購入可能[19])、そこに従来の湿式でなく、スプリングで剣山のような乾式電極[20]を配置している点が最大の特長である。ただし最近になって新製品として導電ジェルべたべたの湿式電極も販売してきたところを見ると、意外に痛いこの電極は万能ではないらしい。組み立てたヘッドギアに電極と専用ボード“Cyton”を取り付けると、標準的な8箇所脳波センシング情報がBluetoothで専用のUSB dongleに飛んでくれる。

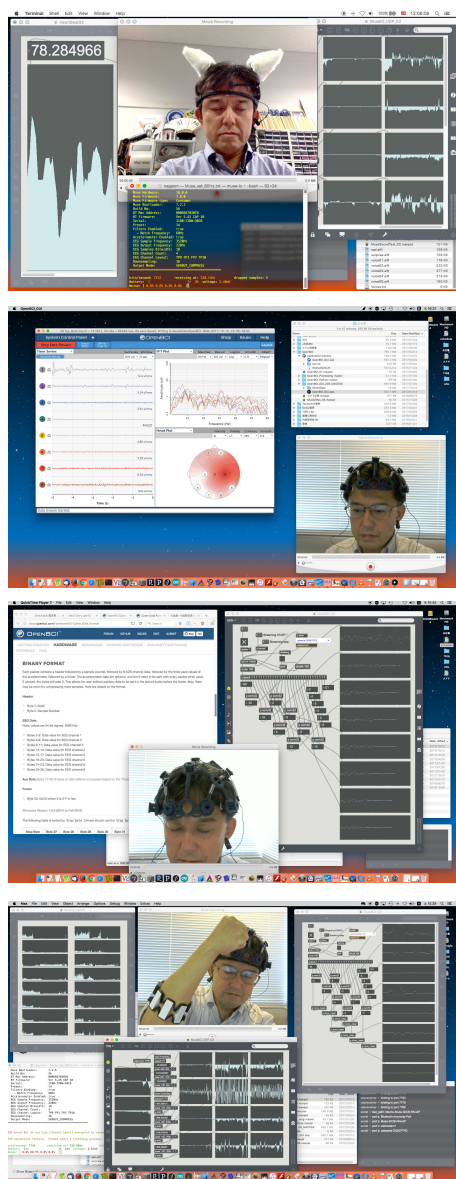


図1 OpenBCI+Muse+Myo+Max
Figure 1 OpenBCI+Muse+Myo+Max.

オープンソースなのでSDKを含む全情報が公開されていて、PythonやMATLABなどのサンプルもあるが、MacのMax環

境で使いたい筆者は、Bluetooth受信USB dongleからFTDIドライバを経てシリアル受信する部分で苦労することになった(Windowsについては不明)。USBシリアル・インターフェースICを提供しているFTDI社が提供してきたUSBシリアルドライバとMacOSとの相性はそれぞれのバージョンにおいてごくしゃくしており、さらに途中からApple社が最新版として提供したUSBシリアルドライバには「脳波ストリーミング」が出来ないというバグがあるために、OpenBCIのサイトには「自己責任において最新のUSBシリアルドライバを完全に消去し、推奨される旧版FTDIドライバに入れ替えるための方法」という膨大なノウハウが紹介されており、この問題点と解決策は2020年9月時点でもいまだ現存している。筆者はこれをマスターした上で、図1のようにMUSEと“ネコミミ”を共存させ[23]、提供されたツールでOpenBCIからの脳波を取得し[24]、Max7によってOpenBCIからの脳波を取得し[25]、両手のダブルMyoとMUSEとOpenBCIからの生体情報を全てMax7で取得表示[26]、というところまで進めた2017年10月の時点で、他にも進めているプロジェクトのために実験を終了していた。

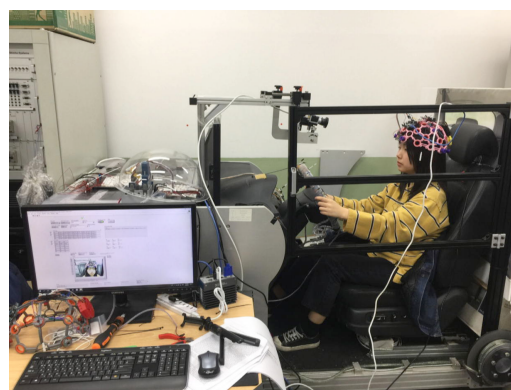


図2 OpenBCIの活用例
Figure 2 Application of OpenBCI.

図2は、2020年9月にOpenBCIからユーザMLに届いた記事の中にあつたOpenBCIを活用した研究事例(IEEE論文)の一つであり、脳波、ジャイロセンサによる頭部の動き、さらに正面のカメラによる表情認識から、運転者の疲労を検出するという研究[27]の実験風景である。

3. 欧州の脳波アート・プロジェクト

ICMCやNIMEやSketchingなど多くのコミュニティに参加している筆者には、COVID-19環境下でも、同じように世界中で頑張っている仲間たちからの情報が刻々と届いている。ここでは2件、いずれも欧州からの情報として、まだまだ世界が「脳波センシング」応用に注目していると実感できる事例を紹介する。

2020年5月にNIMEコミュニティのMLから届いたのは、BioMuseを生み出したAtau Tanakaからの案内で、「Internet radio streaming -Transformation II- BCI, neuro-feedback and music, Lecture and performances: curated by 1+1=3 & Node for Antivirus」というものだった。COVID-19により会場(ホール/クラブ等)でのコンサートが出来ないとなって、世界中のComputer Musicコ

コミュニティの音楽家/研究者たちは、ネット上でのコンサートやレクチャーを発信し始めている。時差の関係でこのライブを鑑賞することは出来なかったが、案内にあった“1+1=3”というプロジェクト[28]は非常にユニークな活動[29]を進めている。紙面の関係で写真を置かずURLで紹介するが、[30]から[31]までのURLの末尾の[024.jpg]から[033.jpg]まで全て連番で参照されたい。(図3)



図3 1+1=3
Figure 3 1+1=3.

過去に筆者は10回ほど参加[32]している、オーストリアのリンツで毎年開催されている世界最大のメディアアート・フェスティバルのArs Electronicaも、COVID-19のために2020年はin-personのイベントとしては消滅した。しかし2020年8月にArs Electronicaから届いた情報[33]では、“BR41N. IO Hackathon”というタイトルの「脳の活動に関するハッカソン」の案内があり、オンラインとごく少数のin-personによる意欲的な「脳テーマ」のイベントが開催されたようである(図4)。



図4 BR41N. IO Hackathon
Figure 4 BR41N. IO Hackathon.

4. 非公開となった“MUSE”の情報

2020年8月、COVID-19のため来日できない(ベトナムにいる)アーティストと国内とで「通信」して、そのアーティストの「感情」や「夢」をセンシングして取り出したいというやや無謀なアイデアについて問い合わせ打診を受けた筆者は、MUSEを実験してから5年ほど放置していたので久しぶりにカナダのInteraXon社Webサイトをアクセスすると、新モデルとして「Muse 2」と「Muse S」という新しい脳波センシング製品が登場していた(これらについては後述)。MUSEではすでに報告[4]したように、オリジナル制御するための動作モード遷移(図5)とか、脳波情報をストリーミング伝送するためのデータパケット(図6)など、詳細な技術仕様が全てWebに公開されていた。

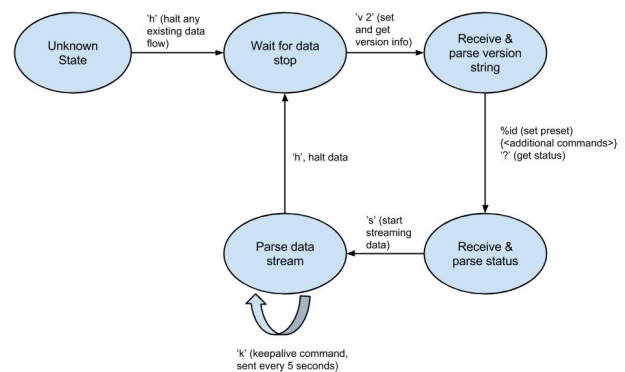


図5 MUSEの動作モード遷移
Figure 5 Mode Flowchart of MUSE.

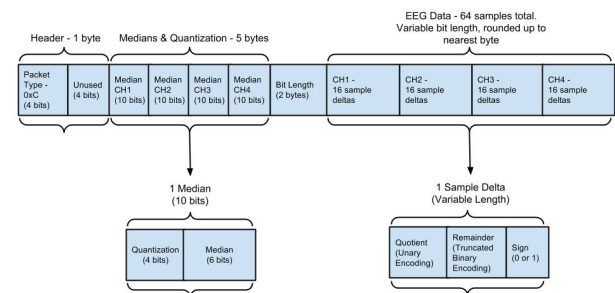


図6 MUSEのデータパケットの仕様
Figure 6 Data Packets Definition of MUSE.

そこで新製品2種を発注するとともにInteraXon社のWebサイトを調べてみると、過去にはリンクが並んで簡単にアクセスして詳細を入手・分析できていた図5/6のような技術情報が、まったく見当たらなくなっていた。これにはちょっと当惑して、以前はメールで技術的な質問をすれば即答だったので「私はかつてMUSEを活用して研究/公演などやってきた者です。技術情報がちょっと見当たらないのですがどこにありますか？」と質問のメールを出したが、翌日に返ってきたメール(DeepL翻訳)は意外にも以下のようだった。

洋一さん、こんにちは。
Muse Customer Care!ご連絡いただきありがとうございます。
研究やクリエイティブなアプリケーションのための新しい方向性でMuseを推進するために、あなたやより広い範囲のMuseコミュニティが行っている作業を聞けて、とても嬉しいです。MuseのSDKや研究ツールのおかげで、Museは世界でベストセラーの脳波シス

テムになりました。また、これらのツールを維持するためには、膨大な量の技術サポートが必要とされていますが、これは私たちにとって困難なことでした。Museの成長に伴い、開発者の皆様にはコミュニティにふさわしいサポートを提供することが難しくなってきました。そのため、Museソフトウェア開発キット（SDK）の積極的なサポートを中止せざるを得なくなり、現在は一般公開されていません。

オプションとして、Mind Monitor for Muse 2というサードパーティ製のアプリがあります。サードパーティのアプリを推奨しているわけではありませんが、多くのユーザーがMuseアプリとMind Monitorの両方を使用しています。Mind Monitorについてご質問がある場合は、そちらのチームに直接お問い合わせください。私たちは、Museがこれまで以上に良くなるように、またコミュニティに最高のツールを提供できるように、より持続可能なソリューションを提供できるように努力していきたいと考えています。それまでの間、皆様のご活躍をお祈りしております。

それでも、おそらくMUSEの開発のために相当な労力をかけて構築した技術環境は、たぶん新製品でも同じなのではないか（筆者が開発したスクリプトでMaxにOSCストリームが届いてくれればOK）と考えていたが、実際に新製品が届いてみるとMUSEに対するコマンドに反応せず、せっかく届いた新製品にまったく手出し出来ないという状況に陥った（後述）。同社のFeatured research with Museというページ[34]には図7のような写真があった。明らかに、チベットあたりの修行僧にMUSEを付けて瞑想とかの脳波データを取っているという風景であるが、これは初代（販売終了）のMUSEで技術情報を公開していたからこそ出来た研究なのだった。



図7 MUSEの活用例

Figure 7 Application of MUSE.

MUSEユーザーのコミュニティが拡大するにつれて[専門性の高くないユーザーからのゴミのような初歩的な]質問が増えてきて、スタッフが対応しきれなくなったので非公開とした、という同社の言い分は、最近のユーザーフォーラムに載っている質問のレベルからも容易に同情できた。そしてさらにここで思い出したのが、何ヶ月か前に入手して読んでいた、IEEE会誌の論文 **A Blockchain-Based Non-Invasive Cyber-Physical Occupational Therapy Framework: BCI Perspective** [35]である。ここには、脳波リラクセーション・ビジネスに関する、もっと大きな政治的/経済的/文化的な背景があったのだった。

MUSEの一般ユーザーはまず、フリーで標準提供される脳波リラクセーション用アプリ（iPhone/iPad）に自分のdefault脳波状況とともにユーザー登録し、毎回のトレーニングが刻々と記録/比較されて、次第に「鳥の音が聞こえて来る（リラックス状態の証拠）」頻度を上げるなどのリラクセーション向上がサポートされる[4]。ただし環境設定には「個人情報と伏せた上で脳波研究のために取得されたデータのサーバーへの蓄積に同意する」という項目がある。もち

ろん今の時代は暗号化していようが個人情報と紐付けられる危険性が高く、自分の生体情報がどこかの分からないところに吸い上げられるのはマイナンバーカード同様あまりに気持ち悪いために筆者はここに同意せず、さらには標準提供のアプリも一切使わないようになったが、実はここにInteraxon社の重要なビジネスの種があるのだった。カナダを中心とした研究機関などと強く連携している同社にとって、多くのユーザーがここに同意してくれば、将来の脳研究のために活用できる膨大な脳波ビッグデータが日々刻々と獲得できるのである。この狙いはAppleが数年前からなかなか成功しなかったAppleWatchでの生体情報取得によって狙っているビジネスフィールドと同じものである。そしておそらくInteraxon社にとって、初代MUSEの時にはまずはユーザー（と応援してくれる援軍）を獲得してメジャーになるために大盤振る舞いで全公開していた技術情報も、今後はユーザーの一部にとって不満があるとしても秘密にしておく方がビジネス的に有益だ、という判断に至ったであろう事は明確である。

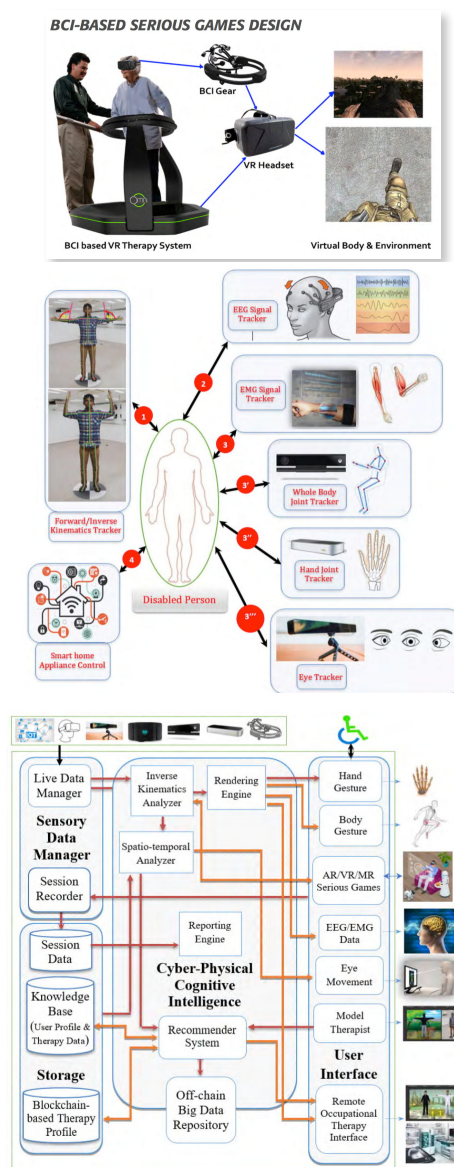


図8 Blockchain-Basedセラピー

Figure 8 Blockchain-Based Therapy.

ここで、図8のようにMUSEやMyoを使っているものの見たところあまり目新しくなかった上述の論文[35]の真意がようやく理解できた。この論文を読んだ時には、現代の仮想通貨を支える技術である**ブロックチェーン技術**がどうやって「脳波セラピー」と関係するのかピンと来なかったのだが、まさにその狙いはInteraXon社やApple社と同じところであり、さらにはGoogle/Twitter/Facebookなども全てこの覇権を狙っているところなのである。つまりは**Internet of Things**、あらゆるものがインターネットに繋がって全ての情報がビッグデータとして蓄積・分析される時代を考えれば、AppleWatchを装着している人々の日々刻々の生体情報が知らないうちにGPS位置情報とともに記録されることで、個人を超えた地球上の人間の生理状態を分析可能となる。同様に、MUSEでメンタルエクササイズしている人々の日々刻々の脳波の状態を吸い上げ、論文[35]のシステムでセラピーしている人々の生体情報とセラピー成績を日々刻々と吸い上げることで、人間の本質的**ウェルビーイング**状態についての統計的な研究(→ビジネスチャンス!!)を行うことが可能になる。そのためには、**個人のプライバシー情報と絶対に紐付けできないことを確約して生体情報を収集するための枠組み**が必要であり、これはまさに仮想通貨が先行して実現している筈のものなのだった。

5. 非公開となった情報の発掘/復元

初代MUSEの頃[4]には全ての技術情報が簡単にアクセスできる状態で提供されていたので、いちいちこれを手元に保存していなかったため、InteraXon社から届いた「**SDKはもう公開していない**」というメールに最初は凹んだが、考えてみればDeveloper向けの情報を公開しなくなったと言っても、実は基本的な枠組みはそのまま継承させて発展している可能性も無いわけではない。そこで手元に残っていたMUSE関係の情報を発掘してみると、SDKなどツール類の中に**readme.txt**というのを発見して、そこの「**You can read Muse Lab tutorial here:**」と書かれているURLを叩くと、ブラウザにほんの一瞬だけ、**Muse Developer Resources**というページが出たが、リダイレクトが仕込まれていて、**Muse Direct**という、現在のほとんど内容の無いページに飛ばされることが判明した。つまりこれは**大元は消されずに残してある**ということである。そこでLANの(高速)お仕事Mac miniからWiFiの(やや遅い)MacBookAirに移動して、そのURLで目的のページが出ているうちに(リダイレクトされるより前に)そのページを保存する、というスゴ技に挑戦して何回かトライするうちに、そのHTMLをローカルに保存することに成功した。さらに**Website Downloader**というツールをゲットして、Developer向けトップページもローカルに取得できた。そしてこれ以降はほぼ以下同文なので詳細は省略するが、結果として、MUSEの頃に公開されていた全ての技術情報を手元に復元することに成功した。これは新製品については全く関係ないかもしれないものの、**わざわざ隠して保管してある重要な情報**である。この詳細については[36](2020年8月11日(火)以降)を参照されたい。

6. Muse 2 と Muse S

さて、ようやくここでMuse 2とMuse Sである。海外発注していた **Muse 2** [37]と **Muse S** [38] (図9)が届いたが、いきなり最初から初代MUSEとの違いに驚いたのは、「Bluetoothをペアリングする」というステップが存在していなかった事である。これでは筆者が開発したスクリプトを指令できないので、スタートラインから互換性は消滅していたことになる。後に判明したことが、初代MUSEは通常のBluetooth(ホストのiPadやMacとペアリングを樹立してからやりとりする)であるのに対して、2種の新製品は**BLE**なのだった。

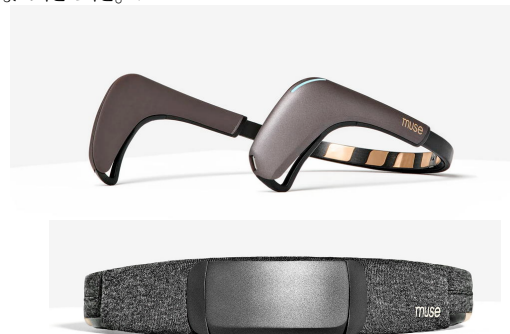


図9 Muse 2 と Muse S

Figure 9 Muse 2 and Muse S.

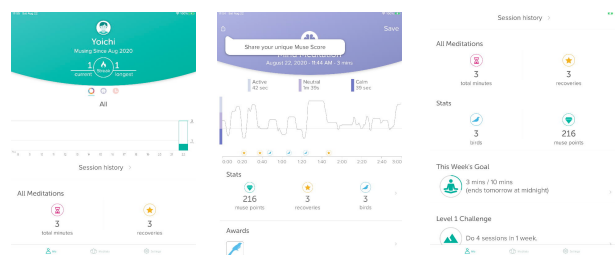


図10 Museアプリ

Figure 10 Muse Application.

ペアリングが無かったのでMuse10でのOSC接続を諦めて、Max8のserialのプルダウンメニューにあるBluetoothあたりをテストしてみたが、やはりウンともスンとも言わなかった。そこでようやく、一般ユーザが真っ先にしているように**Museアプリケーション**をAppStoreから無料ダウンロードしサインインして、新しいMuse 2で図10のように動かしてみた。するとやはり、**iPadのBluetoothをONにして!**と叱られた。そこでBluetoothをONにするとサッとMuseアプリと接続するのに、iPadの**Setting**で見てみると、iPadは「Bluetoothのペアリングの相手を探している」状態のままだった。つまりMuse 2になって一般のBluetooth機器の(Wiiリモコンとかでもそうだったし初代MUSEもそうだった)ように、OSレベルでBluetoothをペアリングしていないのに、どこか不思議なチャンネルでMuseアプリとの通信を成立させていた。

ここでいよいよ最後の望みとして、InteraXon社に問い合わせた時の返事「オプションとして、Mind Monitorというサードパーティ製のアプリがあります」というサードパーティを調べてみた。そのサイト[39]ではMuseサイト

[40]と似たような画面が出てきたが、Technical Manualというリンク[41]を見てみると、なんと「OSC Streaming lets you stream data directly from Mind Monitor to an OSC data receiver such as Interaxon MuseLab.」などという素晴らしいことが書いてあった。そこでダウンロードするために App Store に行ってみると、Macの画面では「This app is available only on the App Store for iPhone and iPad.」と断られた。しかしMuseアプリ用に一緒に購入していたiPadからApp Storeに行って、無事に14.99ドルで「Mind Monitor」をゲットした。

7. Mind Monitor for Muse 2

このアプリMind Monitorを起動して、こちらでもBluetoothをONにしろ!と叱られて、ONにしてみたらズラズラ出てきたのが、図11の様なスクリーンショットである。

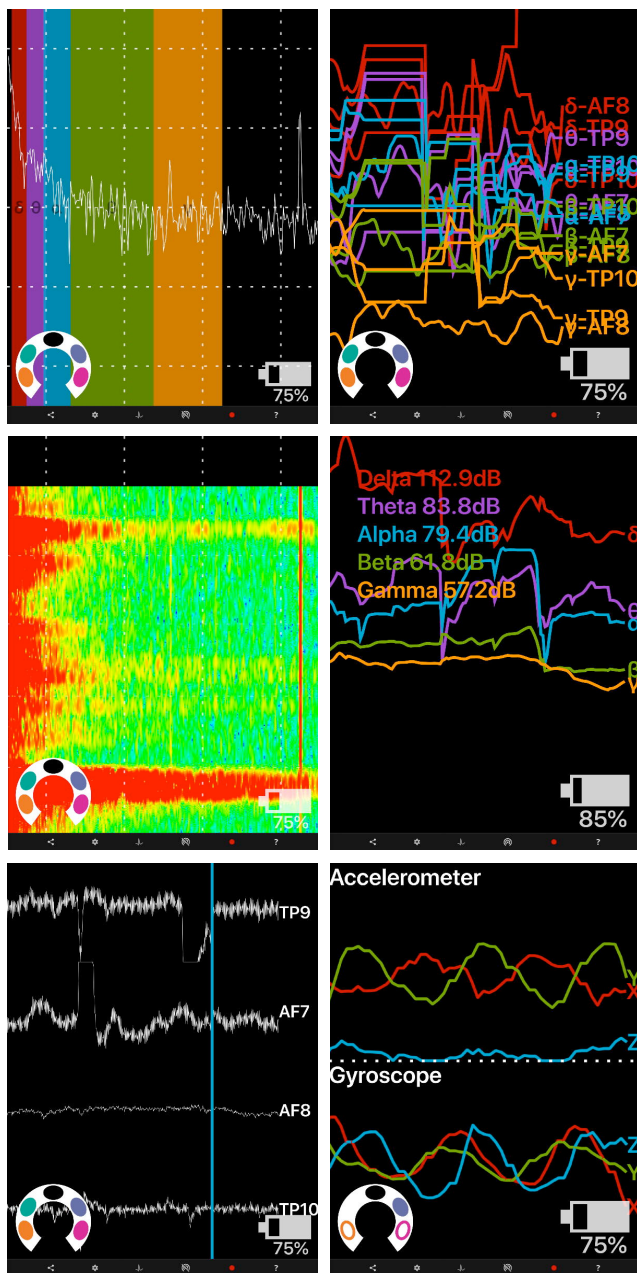


図11 Mind Monitor画面例

Figure 11 Mind Monitor.

出るわ出るわ、デルタ・シータ・アルファ・ベータ・ガンマの脳波、スペクトログラム、そして「OSCストリーミング」というのをONにして、ホストのIPアドレスとポート番号を指定すると、過去にMuseIOで取得していたそのままのMaxパッチを開いただけで無調整なのに、スケールリングまでそのままMaxにグラフがわらわらと出てきた。iPad側のMind Monitor環境設定で「iPadでのグラフ表示」をOFFにすると、Maxの方のストリーミングのデータがサクサクと流れて、「iPadでのグラフ表示」をONにすると、OSCで受けたMaxのグラフがカクカクと間引かれるあたり、動作は完璧である。MuseとMacとの間にこの有償アプリ「Mind Monitor」を介する必要があるものの、これでどうやら「MaxでMuse2の脳波を直接に受けられる」という事実が判明した。

- MU-01 - Muse - Released 2014, Bluetooth, SDKサポート有
- MU-02 - Muse - Released 2016, Bluetooth LE, サポート無
- MU-03 - Muse 2 - Released 2018, Bluetooth LE, サポート無

その後、Technical Manualの近くにあったUsers Forumを見て回っていくと、どうもMuseには上のような3世代があり(その後に出たのがMuse S)、初代だけSDKのサポートがあったものの、その後(BLE)は非公開/非サポートとなったために、欲求不満になっているユーザ(開発者)がたくさんいるのだった。初代だけが一般的なBluetoothペアリングをしているが、これまで頻繁に使ってきた人たちのMU-01はバッテリーが寿命を迎えているようだった。買い換えればSDKの使えないMuseしかない、というのでは怒るのも当然である。このサイトのオーナーは自力で新しいMuseとのBluetooth通信を開拓して、さらに本家がやらなくなったOSCストリーミングもサポートしているようだ。

ただし、ここからは全くの筆者の私見(下衆の勘ぐり)であるが、このサイトのオーナーはおそらく「Interaxon社の中の人」か、相当に密接な関係を持った人物であると推定される。新しいMuseでまったく技術仕様が公開されていない状況下で、このMind Monitorのように「従来のMUSEで実現されていたオープン技術」を実現するというのはちょっと無理っぽい。筆者の読みとしては「Muse開発に関与していて、オープンソース文化の賛同者で、デベロッパからの質問や議論を受け止める真摯な姿勢を持った人物」が、なかばボランティア(パートタイム?)として、この「補完的なサイト」を個人的に運用しているのでは、と想像する。Interaxon社も「自己責任で勝手にMind Monitorを使うのはどうぞどうぞ」と良好的な関係として黙認している、という雰囲気が、筆者への返信の行間に漂っていた気がする。

その後、あらためて図12のように、iPadのセッティングから「Mind Monitor」のセッティング、そしてOSCで受け取った情報のテストをしてみた[42]。初代MUSEでは3軸加速度だけだったのが、さらに3軸ジャイロ(角加速度)までMax8で得られて、脳波も初代で4チャンネルだったのが、こちらは周波数帯域ごとにデルタ・シータ・アルファ・ベータ・ガンマの5種類の脳波データを受け取れる、と確認するところまで進められた。ユーザフォーラムでのやり

とりを眺めてみると、Mind Monitorをインターフェースとして新しいMuseを脳波研究にしたいデベロッパにとって、Mind Monitorから流れてくる情報は初代MUSEのような「生データのストリーム」でないところが不満らしく、「MATLABに生データを出して」というような切なる希望が出ていたが、サイトのオーナーからは「子供のお守りなど家庭の仕事もあるのでスグには出来なくてすいません」という感じのノリでやりとりしていたのが面白かった。筆者としては、5チャンネルの帯域ごとの脳波データがOSCでMax8にストリーム出力されて、さらに3軸加速度と3軸ジャイロの情報も同様に得られるので、途中にiPad(Mind Monitor)が挟まったものの、過去にやっていたところまでは「追いついた」という実感である。

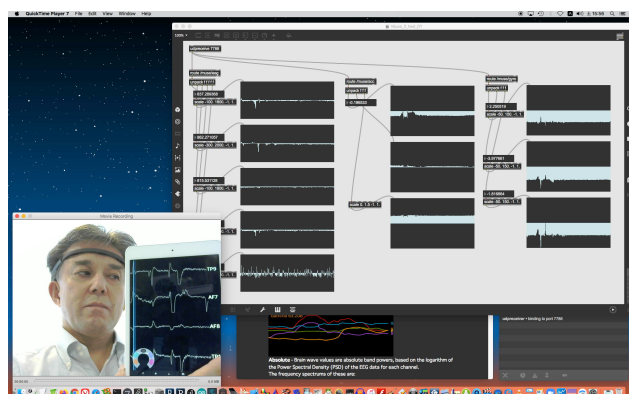


図12 Max8での実験画面例

Figure 12 Experiment with Max8.

8. ポータビリティの解決

筆者の欧露ツアー2016[43-45]において、ダブルMyoとともにMUSEを持参して、ボルドーでのTemporaミーティング最終日のコンサートでのパフォーマンス(リハーサル動画は[46])、さらにロシア・エカテリンブルクでのレクチャーやモスクワでのワークショップ[47-49]のデモンストレーション等において、筆者は実際にMUSEを一種の楽器としてコンピュータサウンドの生成に利用してきた。ただし「脳波」でなく「3軸加速度」、つまり「首振り楽器」としてであった。この時には、持参したMacBookAirとMUSEとはBluetoothペアリングによって通信しているので、現地(ホールやギャラリー)にネットワーク接続環境がなくても「楽器としてのMUSE」が活用できた。

しかし新しいMuseでは上述のように、MuseとMacの間にiPad(Mind Monitor)がインターフェースとして介在することでOSC通信が成立するので、OSCの送り手であるiPadと、受け手であるMacとが、いずれもネットワークに接続されていること(IPアドレスを明示的に設定)が必要条件となった。これはコンサートホールやレクチャー会場などの環境としては、かなりポータビリティの点でデメリットであると言える。例えばWiFiも飛んでいないような京都の禅寺の「座禅体験」で脳波を計測したい場合には、ちょっとMuse 2 / Muse S では困ってしまう。

そこで、WiFiルータを使えば出来る[50]という情報から実際に新しいWiFiルータを購入して「スタンドアロンの

DHCPサーバとして動く」ように設定を変更し、インターネットに繋がっていない状態での「Muse 2 → iPad → Mac(Max8)」という動作を確認した。ただし当然のことであるが、このサーバは起動してiPadやMacをWiFi接続したときに適当なIPアドレスを返すので、いちいちMuse 2からのOSC情報について、Macのシステム環境からその時のIPアドレスを見て、Mind Monitorの設定メニューから「転送先のIPアドレス」を入れてやる必要がある。それでも、スタンドアロン環境で使えるという重要な確認ができた。

9. 脳波音楽と脳波楽器とMUSE

以上の報告に続いて、ここで再びMUSEの脳波楽器としての可能性について検討する。前回の報告[4]では、「結論として筆者は作曲家として、現時点では脳波音楽を出来るともやりたいとは思っていない」と書いていた。



図13 猫耳脳波カチューシャ

Figure 13 NEKOMIMI.

筆者は2017年に、ヤフオクで1円出品(送料1万円)の「猫耳脳波カチューシャ」(図13)を入手した[51]。これは「額の1点にだけ電極を当てて脳波を検出し精神状態に応じて耳が動く」というちょっと専門家の間では眉唾っぽいシステムであり、耳を動かすためのモーター音が騒々しい代物だった。装着したゼミの学生ではうまく動かなかったが、筆者はアッサリと動かすことが出来た。これは怪我の功名みたいなもので、幼児期に小児喘息に苦しめられた筆者は、子供心に無意識に代謝を低下させて発作から逃れる術を体得していて[52]、例えば脈をとってもらっている状態で今から低下させますと宣言してスッと脈拍を落とせる。この「意識的に身体/精神をリラックスさせて無意識状態になる」というのをやったところ、脳波パターンが明確に変わったらしく、ちゃんと猫耳が動いた[53]。

このような「脳波モノ」には常に怪しさが付き纏い、さらに日本ではオウム真理教のヘッドギアの悪しきイメージのために脳波電極を使用する分野では世界の脳研究から10年は立ち遅れているという印象がある。かといってfMRIやNIRSなどの脳内センシング施設は非常に高額で大規模であり、とても「fMRI楽器」「NIRS楽器」という代物は想像もできなければ実現も困難である。OpenBCIに比べて正統的な電極配置でないMUSEがこれほど注目されるのも、その「お手軽さ」にある。新しいMuseでは、脳波が周波数帯域ごとにデルタ・シータ・アルファ・ベータ・ガンマの5種類の脳波データとして受け取れるとされている。真偽はともかく、これで「脳波楽器」の前段である「脳波インター

フェース」として十分な時代になったと考えられる。時間的に変化する脳波データが得られれば、後段の楽音合成システムのパラメータとしてマッピングするだけであり、つまりは「脳波楽器」の道具立ては揃ったことになる。

そこで問題は「脳波音楽」である。「脳波楽器」の出力である楽音合成システムは一般的な人間の聴覚帯域の音響信号を生成するだろうから(ここでは脳波フィードバックがややこしくなるのでハイパーソニック帯域[20kHz~100kHz]は除外する)、音楽であるかどうかの検討は、その音響信号の「変化」に関する時間学的な視点が非常に重要となる。果たしてこれは「音楽」なのか?

ここで想起されるのが、2020年9月に流れたニュース[54-55]である。John Cageの作品”ORGAN/ASLAP”(楽譜に従うと演奏に639年ほどかかるオルガン曲)が、7年ぶりに新しい音になるというもので、筆者は2006年にSUACでの講義「メディア・アーツ論」の中で以下のように当時の記事から紹介していた[56]。

[ハルバーシュタット(ドイツ東部) 2006年5月4日 共同]

演奏時間639年という「世界で最も長い曲」のオルガン演奏が、ドイツ東部ハルバーシュタットの教会跡地で続いている。2001年9月の演奏開始から4年8カ月が経過して、やっと6番目の音が5月5日に奏でられるという気の長いプロジェクトだ。

演奏されているのは米作曲家ジョン・ケージ(1912-92年)の「オルガン2/ASLAP」。通常演奏で約20分の曲だが、地元音楽家や技術者が「できる限りゆっくり」との指定に従えば600年以上かかると計算。まだ1小節目だ。

2001年9月5日に曲の出だしの「無音のパート」が始まり、実際に音が出たのは2003年2月。演奏は鍵盤に重りを置く形で行われ、5日にパイプの一部を交換するまで5番目の音が鳴り続けている。

10. おわりに

脳波センサMUSEに関連して、脳波センサ”OpenBCI”について課題と現状を報告し、また欧州を中心に活発化する「脳波アート」プロジェクトの現況について報告した。そして新しく登場した”Muse 2”と”Muse S”においてオープンソース文化に背を向けた脳波リラクセーション・ビジネスの背景について考察するとともに、非公開となった情報の発掘/復元について述べた。さらにこの新しいモデルからリアルタイム生体情報を取得する手法を確立・検証したので報告し、改めて「脳波音楽のための楽器」としての可能性について検討した。「こころ」「感情」などの基盤である「脳」に関しては誰しもが興味のあるところだが、生体情報ビッグデータの時代になって新たな可能性も湧き上がってきている。直接的に「脳波音楽」と結びつける発想から離れても、より身近なツールとして脳波センシングを活用する可能性を模索していきたい。

参考文献

1. Art & Science Laboratory. <http://nagasm.org>
2. 長嶋洋一, 新楽器へのアプローチ.
https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201508_2.pdf
3. 長嶋洋一, 筋電センサ関係情報.
https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html
4. 長嶋洋一, 脳波センサ”MUSE”は新楽器として使えるか.

- <https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201603.pdf>
5. <https://nagasm.org/1106/MDW2018/cfw.html>
6. <https://nagasm.org/1106/news5/20180210/>
7. <https://nagasm.org/1106/news5/20180211/>
8. <https://nagasm.org/1106/MDW2019/cfw.html>
9. <https://nagasm.org/1106/news5/20190202/>
10. <https://nagasm.org/1106/news5/20190203/>
11. <https://nagasm.org/1106/news5/20190205/>
12. <https://nagasm.org/1106/MDW2020/cfw.html>
13. <https://nagasm.org/1106/news5/MDW2020report/>
14. 脳波バンド”MUSE”による心理計測の可能性について.
<https://nagasm.org/ASL/paper/onchi201605.pdf>
15. Yoichi Nagashime. Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments --- DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015 ---. Proceedings of 2016 International Computer Music Conference, 2016.
16. https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201802_2.pdf
17. <https://nagasm.org/1106/news6/docs/email.txt>
18. <https://nagasm.org/ASL/postGainer2/fig1/CrazyGif.gif>
19. <https://nagasm.org/1106/news5/20170110/>
20. <https://nagasm.org/ASL/postGainer2/fig1/MechParts.gif>
21. <https://nagasm.org/1106/news5/20170128/DSC00106.JPG>
22. <https://nagasm.org/1106/news5/20170128/DSC00095.JPG>
23. <https://www.youtube.com/watch?v=Lu8DxrXqS>
24. <https://www.youtube.com/watch?v=DzxPJwBwMac>
25. <https://www.youtube.com/watch?v=hfkeAyJskP4>
26. <https://www.youtube.com/watch?v=RFFM7IBnQi8>
27. N.S.Karuppusary, Bo-Yeong Kang. Multimodal System to Detect Driver Fatigue Using EEG, Gyroscope, and Image Processing. IEEE Access, DOI 10.1109/ACCESS.2020.3009226.
28. <https://www.oneplusoneisthree.org/>
29. <https://www.youtube.com/watch?v=jDnIpGBBrRg>
30. <https://nagasm.org/ASL/Sketch04/fig10/024.jpg>
31. <https://nagasm.org/ASL/Sketch04/fig10/033.jpg>
32. <https://nagasm.org/ASL/abroad.html>
33. <https://nagasm.org/ASL/Sketch06/Ars2020.html>
34. <https://choosemuse.com/muse-research/>
35. M.A.Rahman, M.S.Hossain, M.M.Rasid, S.J.Barnes, M.F.Alhamid, M.Guizani. A Blockchain-Based Non-Invasive Cyber-Physical Occupational Therapy Framework: BCI Perspective. IEEE Access, DOI 10.1109/ACCESS.2019.2903024
36. <https://nagasm.org/ASL/Sketch06/>
37. <https://nagasm.org/1106/news6/20200817/>
38. <https://nagasm.org/1106/news6/20200819/>
39. <https://mind-monitor.com/>
40. <https://choosemuse.com/>
41. https://mind-monitor.com/Technical_Manual.php
42. <https://www.youtube.com/watch?v=InavLISePIM>
43. <https://nagasm.org/1106/news5/docs/Tour2016.html>
44. https://nagasm.org/ASL/Max7_2/index.html#start
45. <https://nagasm.org/Sabbatical2016/>
46. https://nagasm.org/Sabbatical2016/tempora2016_rehearsal.mp4
47. https://nagasm.org/1106/news5/Mars_Photo/Mars01.jpg
48. https://nagasm.org/1106/news5/Mars_Photo/Mars04.jpg
49. https://nagasm.org/1106/news5/Mars_Photo/Mars10.jpg
50. <https://www.buffalo.jp/support/faq/detail/15920.html>
51. <https://nagasm.org/1106/news5/20170412/>
52. https://nagasm.org/ASL/paper/KCUA_nagasm_final.pdf
53. <https://www.youtube.com/watch?v=AAp09-kUN5Q>
54. <https://www.classicfm.com/composers/cage/as-slow-as-possible-organ-chord-change/>
55. <https://www.msn.com/en-us/music/news/slow-music-chord-change-in-germany-of-639-year-organ-piece/ar-BB18K1lj>
56. <https://nagasm.org/1106/art/index2006.html>