

研究報告

脳波のリアルタイムデータを活用した楽曲生成 Music generation using real-time data of EEG

井上 英章

Hideaki INOUE

名古屋市立大学大学院芸術工学研究科

Graduate School of Design & Architecture, Nagoya City University

概要

本発表では、脳波のリアルタイムデータを活用し、これをリアルタイムに MIDI 変換して楽曲生成を試みを紹介する。脳波は刻々と変化しており、その脳波データを可聴化することで、その瞬時の脳の様相を和音で表現する。前回の発表では、脳波データファイルを事後処理して楽曲生成を行なったが、今回は、WebSocket および JSON-RPC を用いて脳波計のクラウドサーバからリアルタイムにデータを取得することが可能となった。本研究では、脳波データのうちの EEG データではなく、フーリエ変換された周波数帯を用いる。感情入力への積極的な抑制に関与していると言われる α 波、言語や音楽に関連しているとされる γ 波のデータを活用し楽曲生成を行った。

This paper aims to introduce an attempt to generate music by converting real-time MIDI using real-time data of EEG. The brain waves change every moment, and the brain wave data is audible, which expresses the instantaneous appearance of the brain through chords. In the previous presentation, the EEG data file was post-processed to generate music, but now, it can be retrieved in real-time from the cloud server of the EEG using WebSocket and JSON-RPC. In this study, the frequency band by FFT is used instead of the raw EEG data. The music was generated using data from alpha waves, which are involved in active suppression of emotion input, and gamma waves, which are related to language and music.

1. はじめに

メジャーな音楽が幸せに聞こえ、マイナーな音楽が悲しく聞こえるのはなぜだろうか？ 何千年もの間、作曲家、音楽研究家、自然哲学者によって、様々な音楽モードが様々な感情を表現しているという考えが示されてきた。Daniel L. Bowling(2013) は、音程と声の表

現の間には関係性があり、例えば、悲しいスピーチの時よりも喜びあるスピーチの方がダイナミックに周波数が変化している、と紹介している。また、逆にメロディーで表現されるモードの効果的な特徴は、物理的特性と発声の生物学的目的を最もよく表現している、とも言及している。しかし、このような様々なモードでの音楽を聴いた時の感情は、数値データとしては計測することはできない。本研究では、リアルタイムの脳波をトリガーとして、感情を楽曲にフィードバックできないかを試みた。

2. 音楽と脳波についての研究

Raoul Jenni(2017) らは、fMRI と EEG を用い、20 名のプロピアニスト、20 名のアマチュアピアニスト、19 名の非ミュージシャンに、2つのバイオリン、ピオラ、チェロの弦楽四重奏により、24 のすべての調性をカバーする 45 のマイナーモードと 45 のメジャーモード、合計 90 のオリジナル曲（平均持続時間～10 秒）を聞かせて脳波測定を行なっている。測定結果では、ミュージシャンや専門家は、マイナーモードの曲に反応して、主に脳の正面領域で、より持続的なベータおよびガンマ活動があることが報告されている。これによると、音楽の専門家と非専門家では脳の働きが異なることを示唆している。

また、Karen Johanne Pallesen (2015) らは、MEG(脳磁図) を用い、13 名のミュージシャンと同じく 13 名の非ミュージシャンに、 $AC^{\sharp}E$ 、 ACE 、 $AA^{\sharp}D^{\sharp}$ 、および C をミスチューニングした長三和音の 4 種類を聞かせて測定している。結果の一部では、非ミュージシャンは、後頭頂部センサーの γ 波の PL (位相ロック) が、マイナーコードに対して他のコードより強かったが、ミュージシャンでは、ミスチューニングに対する PL が、他のコードより強かったと報告している。これによると、音に対する脳活動は、音楽体験によって変動されることが示されている。さらに、非ミュージシャ

ンのマイナーコードへのPLの増加は、ミスチューニングおよび不協和音のコードと比較して、マイナーコードに適度な親しみを反映している可能性を示した。また、両者ともγ波が、コードタイプの応答に敏感であることが提示されている。

3. リアルタイム脳波データの取得

本発表では、前回同様、脳波計はEEGを簡易に測定できるEMOTIV INSIGHTおよび、データ処理アプリEMOTIV PROを使用した。前述のように、fMRIやMEGで計測したものもあるが、装置が大掛かりであり、リアルタイムでの楽曲生成にはそぐわないため、EEG方式を採用した。INSIGHTは、5chの脳波計測が可能で、測定箇所は標準電極配置法である拡張10-20法のうち、AF3,AF4,T7,T8,Pzである(図1)。音楽との関係性があるとされる、前頭葉と側頭葉のデータで必要十分とした。

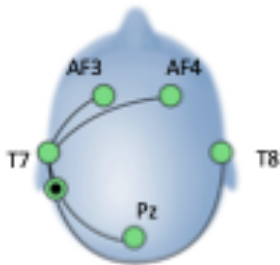


図1: INSIGHT EEG 測定箇所

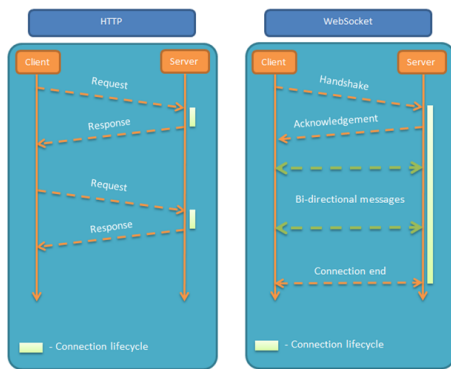


図2: WebSocketの仕組み(右側): 一度通信が確立すれば、データが受信できる。

リアルタイムデータは、EMOTIV INSIGHTの標準APIであるcortexを利用した。このcortexはWebSocketおよびJSON-RPCで実装されているため、これを用いて脳波計のクラウドサーバから取得する。WebSocketとは、サーバとの間で双方向通信をできるようにする

仕組みで、一旦接続した後は、能動的にデータを受信することができる(図2)。その遠隔手続呼び出しのプロトコルにJSON-RPCを用い、pythonで記述した。α波などの周波数帯の脳波データは、128ms毎に更新されるが、楽曲生成が目的のため、適度なテンポとして、250msおよび500msごとにデータを取得することにした。また、クラウドと通信を行うことによる遅延も楽曲生成には問題ないとした。

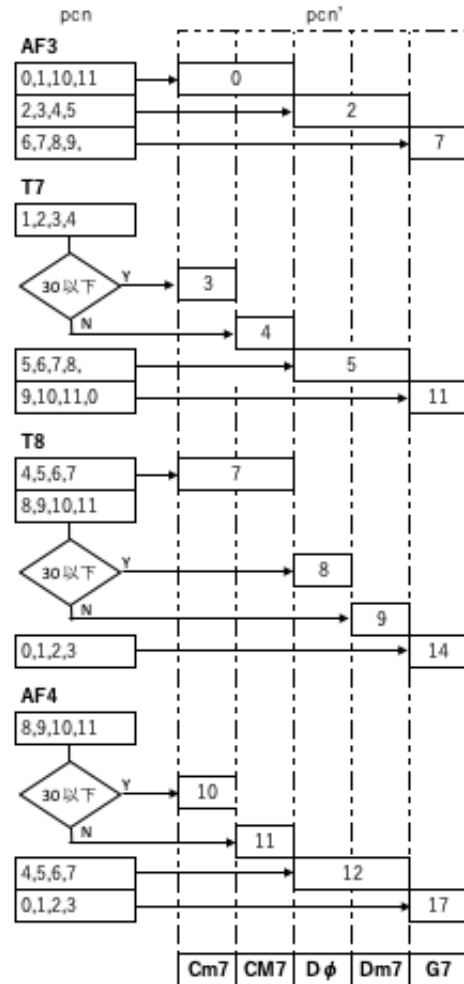


図3: ピッチクラス・ナンバー (pcn) をコードを構成している右の数字 (pcn') に変換

4. 楽曲生成

取得したリアルタイムデータをPythonでpcnに変換しMIDIデータのpitchパラメータ(音階)を変化させた。4箇所の測定ポイントにより、4声と音を奏でられるように組み立てを行った。和音は、CをトニックとするII-V-Iの4声和音とし、メジャーのCM7-Dm7-G7、マイナーのCm7-Dφ-G7の構成音が出るようにプログラミングした。

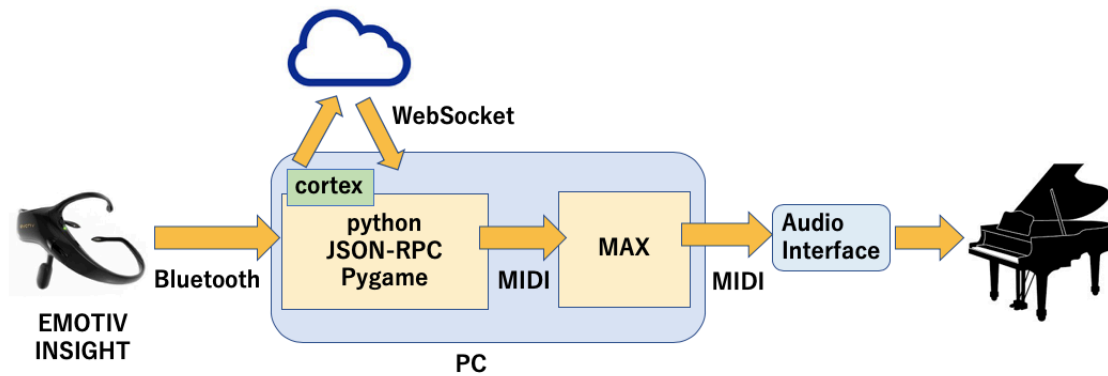


図 4: 脳波データを python で MIDI 変換し、ピアノを自動演奏する

生成アルゴリズムは、 α 波のバンドパワー値 30 をスレッシュホールドにして、生成されるコードが異なるようにした (図 3)。スレッシュホールド値はプログラム上の変数で任意に変換できる。測定したデータの傾向から 30 に設定した。

加えて、前述の論文によると、右側頭葉の γ 波が音楽の聴取時に変化が見られることから、T8 の γ 波データでメロディ生成を試みた。 γ 波が高いほど、高域の音が生成される。また、Pz の α 波の発生レベルによって、曲全体の Velocity 値を調性して強弱をつけ、さらにその値の偶数、奇数によってデータ取得時間を 250ms および 500ms とし、楽曲に変化をつけた。脳波データから変換した MIDI データは、pygame というライブラリを利用して MAX に送られる。さらに、MAX から noteout してオーディオインターフェイスに送り、名古屋市立大学芸術工学部音響デザイン室にある自動ピアノで演奏を試みた (図 4)。脳波データによる物理的な演奏を施すことで、表現力が高まったのではないかと思う。

5. まとめ

脳波のリアルタイムデータを MIDI 化することにより、今後は、楽しい、寂しい、といった映像の視聴や、寒い、暑いといった環境の変化に伴う脳波の変動を音楽にして表現することができる。今回、4 箇所測定ポイントで 4 声と音を構成したが、各ポイントのデータがスレッシュホールドを同時に越えるわけではないため、必ずしも (図 3) 下段にあるようなコードは発生しない。今後は、音程と感情の関係性に着目しつつ、例えば和音間距離の計算などを応用して、脳波の違いが明確に音楽に現れるようなアルゴリズムを作成することが課題である。

6. 参考文献

- Bowling, D.L. (2013) "A vocal basis for the affective character of musical mode in melody", *Frontiers in Psychology*, July 2013, Vol.4, pp.1-6
- Jenni, R., Oechslin, M.S., James, C.E. (2017) "Impact of major and minor mode on EEG frequency range activities of music processing as a function of expertise", *Neuroscience Letter*, Apr 24 2017, 647, pp.159-164.
- Pallesen, K.J., Bailey, C.J., Brattico, E., Gjedde, A., Palva, J.M., Palva, S. (2015) "Experience Drives Synchronization: The phase and Amplitude Dynamics of Neural Oscillations to Musical Chords Are Differentially Modulated by Musical Expertise", *PLOS ONE*, August 20 2015.
- 成瀬康 (2015) 「脳波データの振動成分の信号解析」, システム/制御/情報, 2015, Vol.59, No.9, pp.348-352.
- Cortex API の WEB サイト
<https://emotiv.gitbook.io/cortex-api/connecting-to-the-cortex-api>.
- Gage, N.M., Baars, B.J. (2018) *Fundamentals of cognitive neuroscience: A beginner's guide: Second Edition*, Academic Press.
- 浦上裕子, 川村光毅, 鷺沢嘉一, 日吉和子, アンジェイ・チホツキ (2013) 「音楽認知における γ 活動の意義 - 意識・認知との関連から -」, 臨床神経生理学, 2013, 41(4): pp.209-219.
- 東条敏, 平田圭二 (2018) 『音楽・数学・言語: 情報科学が拓く音楽の地平』, 近代科学社.
- 入野野宏 (2017) 『事象関連電位ハンドブック』, 北大路書房.
- 井上英章 (2020) 「長調と短調を聴取時の脳波データを活用した音場コントロールおよび楽曲生

成」, 先端芸術音楽創作学会, 2020, Vol.12, No.1,
pp.1-5.

7. 著者プロフィール

井上 英章 (Hideaki INOUE)

名古屋市立大学大学院芸術工学研究科博士前期課程に社会人大学院生として在学中。名古屋テレビ放送在籍。かつては、音声技術者としての業務にあたり、駅伝・サッカーなどのスポーツ中継、ワイドショー、ドラマ、長野オリンピック、ソルトレークオリンピックなどを経験。現在、名古屋市立大学水野研究室にて、脳波と音楽について研究中。



この作品は、クリエイティブ・コモンズ の表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際 ライセンスで提供されています。ライセンスの写しをご覧になるには、<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> をご覧頂るか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。