

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 9 日現在

機関番号：12606

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03175

研究課題名(和文) 共鳴の輪の中で：音楽の場とその形成について

研究課題名(英文) In the resonance-loop: Musical field and its formation

研究代表者

古川 聖 (Furukawa, Kiyoshi)

東京藝術大学・美術学部・教授

研究者番号：40323761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,700,000円

研究成果の概要(和文)：3人～5人の参加者の脳波計測データの実時間分析しそのデータを音や映像に変換し芸術表現を行った、さらにこのシステムを双方向化、つまり、参加者がその音や映像を再び体験し、その結果を脳波が変化し音や映像も変化するという、フィードバックループする状況をインスタレーションとして発表した。多数の人が簡単に装着できる脳波計を開発し、10人以上の人が同時に脳波計測できるシステムの準備をおこなっており、次のフェーズで実施公開する。

研究成果の概要(英文)：3 to 5 participants have subjected themselves to electroencephalogram (EEG): a noninvasive test that records electrical patterns of the brain. The extracted data was later on transformed into artistic expressions sound and visual images. The participants were again invited to be analyzed after being exposed to such expressions. It became evident that brainwaves and expressions do affect one another. An installation in which this experiment result can be recognized was created in a form of a feedback loop. In the next phase, the team hopes to publicly analyze more than 10 participants' EEG, using an easily wearable EEG measurement tool.

研究分野：実験音楽

キーワード：実験音楽 音楽認知 人工知能 作曲 脳科学 ソニフィケーション アルゴリズム作曲 コンピュータ音楽

## 1. 研究開始当初の背景

背景:

本研究の特徴は、研究が主に次に述べる三つの異なる研究領域の交差する地点において遂行されることである。

背景 音楽心理学と脳科学の領域における音楽情動研究の状況

本研究は音、音楽または芸術表現の認知時の脳波分析に基盤を置いているが、音楽または芸術表現の内実は心理空間の変容、変化であり多くの場合それは感情、情動である。現在、音楽における感情、情動の発生についても詳しく研究が進められ、そのメカニズムが7種類あるというBRECHEMA仮説を始め、特定の音楽聴取時に報酬系でドーパミンが確認されるなど、神経基盤の研究、解明も進みつつある。

背景 BCI(Brain Computer Interface)の領域での背景

人間の脳とコンピュータなどの外部装置を直接に脳計測によってむすぶ工学の分野であるBCI(Brain Computer Interface)は1990年代以降、MRIなどといった非侵襲に脳の活動を観測する脳機能イメージング技術と共に現れてきた若い研究領域である。音楽の本質的な特徴は一個人の脳波よりもむしろ同時に音楽をする、複数の人間の脳波の関係性に観測されるという仮説を持つにいたり、脳波計測を同時複数計測(3~5台)へと発展させた。Neurocinematicsの分野での成果などを踏まえた研究は進められた。

背景 芸術表現領域での背景

本研究において脳波からの解析データを使って音・音楽の生成が行われるが、このような生体情報を使う手法は、純粋な数的な構造を扱う典型的なコンピュータ音楽の手法とは一線を画する領域を形成している。本研究の出発点となるシステムの特徴は、脳波データを直接にはなく、脳波という生体情報の持つ複雑さを保持したまま特徴抽出を行い、音合成により認知可能なたちで聴覚化する方法を採っていることである。

Sänger(2012)らのアンサンブル演奏時の脳波の同期などの研究を踏まえ、本研究は実時間でその分析データを同時に視覚化し、視聴覚体験として表現を行っている。

参考文献: J. Sänger et al., *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 312, 2012.

## 2. 研究の目的

たくさんの人間によって形成された“場”のような複数の人間間に心理的共振がおこる“場”に音楽という現象の本質の一側面が現れると考えられる。本研究はこれまでに筆者らが開発した3~5台程度の脳波計の実時間同時計測の手法を拡大し実時間測定により、双方向、つまり参加者の脳波を音や映像

として表現したものが実験参加者によって認知、享受され、それが新たに脳波の変化を生む、というようなフィードバック実験システムの構築し、何が“場”の質的な変化を決定する要因になるかを観察、分析し、“場”の機能モデルを提案する。そしてこの知見を生かし多人数が参加し、様々に変化する“場”を共有するメディア芸術としての視聴覚体験型のインスタレーションを完成、公開イベントとして展示することを目標とした。

## 3. 研究の方法

本研究は音楽などが形成する“場”の形成及びに機能原理を多数の脳波計測データの実時間分析と視聴覚フィードバック実験システムを用い、構成論的に研究しようとするものだが、その研究は以下の五つの作業段階に分かれ逐次実行される。

基本的なインフラの設計、実装

実験システムを構成する各ユニットの準備、実装

構成論的方法による実験ループの中で上記の各ユニットの調整、精緻化

フィードバック実験システムの構成、実装と多数人の参加者の脳波データを使った本実験

研究発表と展示(メディア芸術としてのインスタレーションの制作と公開展示イベント、学会において成果発表)

## 4. 研究成果

1) 本研究期間、3年間の内の前半に5台までの脳波計の同時計測による、フィードバック実験システムの構築し、展示、研究発表を行ったがその間に複数の脳波計の購入を計画したが市販の脳波計では、頑健さ、メンテナンス可能性、装着の容易さなどに問題があり、展示、実験システムの安定的な運用、とくに10台以上の脳波計を使った同時計測は困難であることがわかり、慶應大学の三木教授、研究分担者の寺澤と三木研究室開発のキャンドル型微小針電極を安定的に、かつ被験者への負荷を最小限に固定する機構を開発する、低負荷脳波計測システムの開発を開始した。現在までに、十分な精度があり、自ら部品を3Dプリンターで製作し自ら組み立て可能なプロトタイプが完成している。



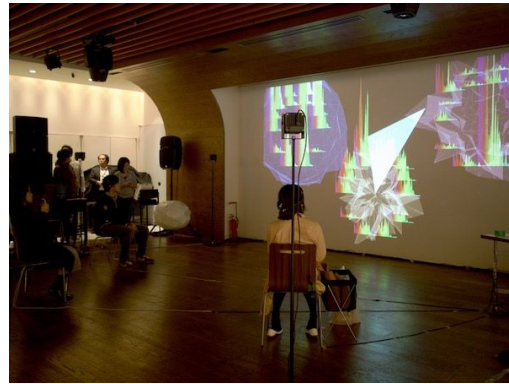
(帽子製作者ダブルリボンと作成したデザイン性と機能性を持つ脳波キャップ、電極は内側に配置されている)

2) 上記のように脳波計の自己開発を行ったために、本研究の目標である、多数の10台以上の脳波計の同時計測による、フィードバック実験システムの構築、公開は研究期間終了後に持ち越されているが、18年度中には完成、展示およびにその実験システムで得られた成果を公表する。

3) 2015年、国際学会 Music & the Brain Symposium において「それはほとんど歌のよう」の複数者参加型バージョンが展示され、世界から集まったアーティスト、研究者がインストールを体験した。また、そのインストールにおけるテクノロジーを説明する研究発表も行った。インストールは山梨学院大の音楽ホール全体に音と映像を配置し聴衆に強いインパクトを与えた。

4) また International Workshop on Time Series Data Sonification in conjunction with Tsukuba Global Science Week(2015)においても「それはほとんど歌のよう」が展示された。

5) 2015年、毎年行われる東京、六本木での大きなアートイベント、六本木アートナイトにてにおいても体験型のインストール、「脳が夢見る音楽」が一夜限定で六本木ヒルズカフェにて展示され、音刺激から感じられる複数の聴衆の脳波の分析データの個別性、共通性を視覚化、聴覚化し、のべ3500人を超える聴衆が作品を楽しんだ。



(六本木アートナイトの展示風景)

雑誌論文(計2件)

#### 5. 主な発表論文等

長谷川阿華把, 小松原峻, 中川隆, 情報処理、査読あり

"VRとニューロフィードバックによるマインドフルネス実践システムの検討", 学会インタラクション2017論文集, pp 333-336, 2017年3月

寺澤洋子 "生体信号の「動き」を音にする", 招待講演 日本音響学会 2017年 秋季研究発表会 講演論文集 pp. 1475-1476

学会発表(計14件)

Gen Hori et al. "Variant of Viterbi algorithm based on p-norm," 査読あり Proc. 22nd International Conference on Digital Signal Processing (DSP2017), pp.1-5, 2017

大村英史, 湯浅将英, 中川隆, "音による雰囲気と色による雰囲気の関係についての検討", 査読あり、電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会 「コミュニケーションと雰囲気」, 東京, 2017年6月, 信学技報, vol. 117, no. 72, AI2017-4, pp. 19-22, 東京, 2017

Ryu Nakagawa, Shotaro Hirata, "AEVE: An Audiovisual Experience Using VRHMD and EEG", 査読あり, NIME 2017 Papers and Posters Proceedings, 497-498, 2017年、

Gen Hori, Takayuki Hamano Hidefumi Ohmura, Ryu Nakagawa, Kiyoshi Furukawa and Kazuo Okanoya, "Musical Chord Progression and Alpha Band Desynchronization of EEG", 査読あり, CogMIR2016, Columbia University, New York City, USA, August 12, 2016.

大村英史, 柴山拓郎, "音高と音価の情報量操作による音楽と言語の構造", 査読あり, 第30回人工知能学会全国大会, 3G3-OS-15a-1, 北九州, 2016

H. Ohmura, T. Shibayama, and T. Hamano, "Generative Music System with Quantitative Controllers Based on Expectation for Pitch and Rhythm Structure", 査読あり, Proceeding of The Eighth International Conference on

Knowledge and Systems Engineering (KSE2016), Hanoi, Vietnam, Oct, 2016.

中川隆, 松本直也, 古川聖: 空間楽器: 全身没入型ワイヤレス VR 環境におけるインタラクティブ・オーディオビジュアル・システムの試作, 審査あり、情報処理学会インタラクシオン 2016, 2016

Hiroko Terasawa, Yota Morimoto, Masaki Matsubara, Akira Sato, Makoto, Ohara, Masatoshi Kawarasaki " Guiding auditory attention toward the subtle components in electrocardiography sonification "、査読あり、Proceedings of International Conference on Auditory Display、2015年7月, Graz, Austria

11) Shiba R, Furukawa K, Nemoto I "The brain activities of the expectation of cadence -A preliminary study"、査読あり The 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2015年07月, Kobe  
12) 古川聖 "脳が夢見る音楽" 体験型インスタレーション, 六本木アートナイト, 六本木ヒルズカフェ, 2015 (招待公演)

13) Kiyoshi Furukawa, Takayuki Hamano, Hiriko Terasawa, Nakagawa, Shiba, "it's almost a song...": Interactive EEG audiovisual installation、International Workshop on Time Series Data Sonification in conjunction with Tsukuba Global Science Week (招待講演) 2015年09月, 筑波大学

14) Kiyoshi Furukawa, Takayuki Hamano, Hiriko Terasawa, Nakagawa, Shiba "it's almost a song...": Interactive EEG audiovisual installation Music & the Brain Symposium (招待講演) 2015年10月、山梨学院大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://furukawalab.org>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

古川聖 (Furukawa, Kiyoshi)  
東京芸術大学・美術学部・教授  
研究者番号: 40323761

### (2) 研究分担者

堀 玄 (Hori, Gen)

亜細亜大学・経営学部・教授

研究者番号: 60322658

中川 隆 (Nakagawa, Ryu)

名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科・准教授

研究者番号: 60631124

寺澤 洋子 (Terasawa, Hiroko)

筑波大学・図書館情報メディア系・助教

研究者番号: 70579094

小林 祐貴 (Kobayashi, Yuki)

東京工業大学・大学院理工学研究科(工学系)・助教

研究者番号: 70756668

(H28より分担者として参加)

星 玲子 (柴玲子) (Hoshi-Shiba, Reiko)

東京電機大学・研究員

研究者番号: 90291921

大村 英史 (Ohmura, Hidefumi)

東京理科大学・理工学部情報科学科・助教

研究者番号: 90645277