

研究報告

チェンバロとエレクトロニクスのための《ワンナップ》における
ハイブリッドサウンドの構築
Constructing a Hybrid Sound in "One Up" for Harpsichord and Electronics

松宮 圭太
Keita MATSUMIYA
大分県立芸術文化短期大学
Department of Music
Oita Prefectural College of Arts and Culture

城一裕
Kazuhiro JO
九州大学芸術工学研究院
Faculty of Design, Kyushu University

概要

本発表では、チェンバロのハイブリッド化における諸問題と音楽表現についての一例について述べる。チェンバロにトランスデューサーを設置して楽器を振動させミクスト音楽制作を試みた例は他に見当たらず、機材の取り付け方やその制御について検証するとともに、《ワンナップ》(2023)におけるハイブリッド化の具体例を上げながら、チェンバロの発音原理を鑑みた電子音響とのハイブリッドな音楽書法の構築について解説する。

In this presentation, I will discuss an example of the issues and musical expressions involved in hybridizing the harpsichord. There are no other known instances of attempting mixed music production by installing transducers on a harpsichord to induce vibration. We will scrutinize the installation methods and control mechanisms of the equipment while also providing specific examples of hybridization in "One Up" (2023). Through this, I aim to elucidate the construction of hybrid musical composition between the principles of harpsichord sound production and electronic sound, considering the instrument's acoustic principles.

1. はじめに

電子音響を伴う楽器演奏によるミクスト音楽表現においては、楽器から発せられるアコースティックな音響とラウドスピーカーから発せられる電子音響の、サウンドの調合や空間配置による聴取デザインが課題となる(水野 2023)。《ワンナップ》(2023)はこうした課題意識に基づき、楽器筐体に振動装置をアタッチメン

トとして付加することで楽器を損傷すること無く振動を加え、演奏と振動装置によるハイブリッドなサウンドを構築することで新たな音楽体験を得る試みとしてのミクスト音楽研究として制作された。チェンバロ奏者の染田真実子氏の委嘱によって制作された本作品は、奈良のいかるがホールにおいて2023年8月31日に、続く9月8日に東京のチャボヒバホールにおいて行われた同氏のリサイタルにおいて発表された。

チェンバロのハイブリッド化にあたり、チェンバロの通常の使用や演奏家の可動性を損なわないサウンドデザインを考慮し、同じく鍵盤楽器であるピアノのための《したたり》(松宮 2019)、弦楽器のための《水中の橋》(松宮 2020)、打楽器のための《五月雨》(松宮 2021)などでの経験を踏まえて、アタッチメントの方法を考察した。ハイブリッド・チェンバロを使用したミクスト音楽の制作においては、楽器固有の構造と歴史、音響と音質など様々な角度を考慮し、何がどのように鳴らされて聴取に至るのかという本質的な次元において、ハイブリッドなサウンドによる音楽の表現方法を模索した。

2. 本研究におけるチェンバロのハイブリッド化の手法

ハイブリッド・チェンバロは、ピックアップマイクを取り付けた楽器の共鳴体に、更に電氣的な振動装置であるトランスデューサーを圧着することで、楽器の共鳴体によってその振動を増幅させ、楽器演奏のアコースティック音響と電子音響を同じ筐体から発生させる試みである。以下に、その設置方法と設置場所について説明する。



図 1: チェンバロへのマイクの設置

2.1. チェンバロのコンタクトマイクとトランスデューサーの設置方法

《したたり》(松宮 2019)のピアノでは、通常のPAのオンマイクの手法と同じく、ハンマーの打鍵と響板の振動音がバランスよく集音できるとされる金属フレームの穴に向けてコンタクトマイクロフォンDPA4099をモノラルで取り付けしていた。しかし、チェンバロの発音機構部分に相当するプレクトラムで弾かれる弦の音圧はピアノのハンマーの打鍵のそれと比べて圧倒的に微弱であり、繊細であるため、DPA4099コンタクトマイクロフォンを図1のように、弦を弾くプレクトラムの音と響板の音を集音しやすく、かつ取り付けやすい位置であるチェンバロの譜面台に、ギター用クリップによって高音域と低音域の二箇所を設置している。

フルレンジ・トランスデューサー Visaton EX80S と低音用ミニ・バスシェーカー Dayton Audio TT25-8 の設置に当たって、最初はピアノの場合と同様に響板に圧着するのが妥当だと考えた。しかし、チェンバロはピアノと異なり、響板の全面に弦が張り巡らされているため、トランスデューサーを圧着するスペースを確保することができないことが分かった。そのため、別の方法を取らざるを得なかった。

どちらの楽器の場合も、トランスデューサーの設置位置は、マイクとトランスデューサーの間で発生するフィードバックを回避するために、集音用のコンタクトマイクロフォンからなるべく遠ざけるのが良い。ピアノの場合、低弦の左端のサウンドボードに設置したトランスデューサーに対して右端の金属フレームにコンタクトマイクを設置して距離を取ることで、フィードバックを回避した(松宮 2019)。しかし、チェンバロでは上方から二箇所集音しているマイクの設置位置を考慮し、楽器下部から圧着する方法を採用した。その設置方法と位置については、以下の各楽器におけるトランスデューサーの設置の事例を参考している。

2.2. 各楽器におけるトランスデューサーの設置の事例

楽器のハイブリッド化に当たってのトランスデューサーの設置位置は、楽器の発音機構を増幅する響板か、響板に準ずる位置が適しているように思われるが、実際、これまでの試みは様々である。

ヤマハのアップライト型トランスアコースティックピアノ(2016)では、響板上の弦がかからないスペースの、高音域と低音域の二箇所にトランスデューサーが設置されており、《したたり》(松宮 2019)ではグランドピアノの低弦の左脇の響板のスペースに垂直に二箇所設置されている。一方、ミカエル・レヴィナスの二人の鍵盤奏者のための《レ・デジナンス》(2014)においては、2台ピアノそれぞれの響板に対して、裏側から、ピアノの骨組みを利用しつつ設置可能な場所にトランスデューサーを挟み込んで圧着している。

また、弦楽器のハイブリッド化の例としては、ホアン・アロヨの《サイナタスカ》(2014)があげられる。この作品では、楽器を一度分解した上でチェロの裏板の内面にトランスデューサーを設置している(Maisonhaute 2018)。¹ さらに、《水中の橋》(松宮 2020)では、セス・ソーンが行ったアクティブショルダーレスト(Thorn 2019)を参考に、ヴァイオリンの肩当てにトランスデューサーを固定して楽器の裏板の表面に圧着する方法を考案している(松宮 2023)。

IRCAMにおけるハイブリッド楽器研究を中心的に担っていたアドリアン・マム=マニのハイブリッド・ギターは、初期の段階ではギターの裏板の外面に接着テープでトランスデューサーを固定していた(IMAREV 2011-2014)。しかし、マム=マニが後に製品化したHyVibe(2015)においては楽器の表板の内面から、ホルの脇のブリッジにおいてトランスデューサーを設置している。

このように、ハイブリッド楽器の設計や開発においては、様々な楽器に適したトランスデューサーの設置場所や方法が検討されている。響板の表面や裏面、またはそれぞれの部位にトランスデューサーを取り付けることで、楽器の特性や音響効果を引き出そうとしている。これらの事例は、ハイブリッド楽器の開発において、個々の楽器の構造や音響特性、または可搬性や見栄えなどを考慮して、トランスデューサーの設置位置を選択する必要があることを示している。

2.3. チェンバロにおけるトランスデューサーの設置位置の決定まで

ピアノの原型のひとつであり、またリュートの延長として発展した楽器であるチェンバロのハイブリッド化を検討する上で、上記のトランスデューサーの設置の

¹ 初演したチェロ奏者であるジャンヌ・メゾンオトがターナ弦楽四重奏団のメンバーであることにちなんで、この楽器をハイブリッド弦楽器のプロトタイプとして TanaCello と命名している。

事例はいずれも参考になり得る。これらの事例は、楽器の特性や演奏上の必要に応じてトランスデューサーの設置場所や方法を選択する際の有益な情報を提供しており、チェンバロの場合も、楽器の構造や音響特性を考慮しつつ、ハイブリッド化を実現するためのトランスデューサーの設置方法を検討することが重要となる。

チェンバロの筐体は、ポプラやケヤキなどの耐久性の高い木材で作られ、響板にはギターやヴァイオリンなどと同じ、音響的に優れているとされるスプルース材が使われている(紀井 2020)。響板には装飾のついた穴であるローズがあり、リュートやギターのサウンドホールと同じように、弦振動によって生じた筐体内の共鳴を外に向かって放出する役割を持つ。マム=マニのHyVibeの方法を参考にすれば、スプルース材の響板のローズの裏側周辺にトランスデューサーを設置することになるが、そのためには楽器の解体と加工が必要となり、大掛かりな作業が必要である。

本研究の目的は、楽器の加工を伴う唯一無二の拡張楽器の製造ではなく、楽器筐体に振動装置をアタッチメントとして付加することで、可搬性、再現性に富み、かつ一般的な楽器でも可能となる新たなミクスト音楽表現を追求することにある。そのためには、ハイブリッド楽器によるハイブリッド・サウンドを提唱したマム=マニの思想に基づきつつも、楽器を損壊すること無しに簡易的に設置できる方法が相応しいと考えた。このような観点から、レヴィナスの《レ・デジナンス》の方法を参考に、楽器の筐体の裏側から、楽器中央部のローズの裏辺りに位置する面に向かって、マイクスタンドを用いて圧着する方法を考案した(図2)。

2.4. トランスデューサーの設置方法

響棒がめぐらされたピアノ裏側の響板と異なり、チェンバロの筐体の裏側はフラットな底面である場合が多いため、トランスデューサーの設置には、以下の方法を用いた²。

まず、ローポジション・ブーム・マイクスタンドにステレオマイクブームを取り付け、はがせる粘着剤でトランスデューサーをブームに固定した。そして、マイクスタンドの調整によって下部から圧着する形でトランスデューサーを楽器に設置した。なお、トランスデューサーは取り外しを容易にするためにバナナプラグを設置した。この作業で使用した機材は次の通りである。

*Visaton EX80S

*Dayton Audio TT25-8

*K&M 23550

² モダン・チェンバロは、近代的なピアノのように底が開放された構造をとっており、響板の裏面に下部からアクセスできる。一方、歴史的なチェンバロはケースに包まれている

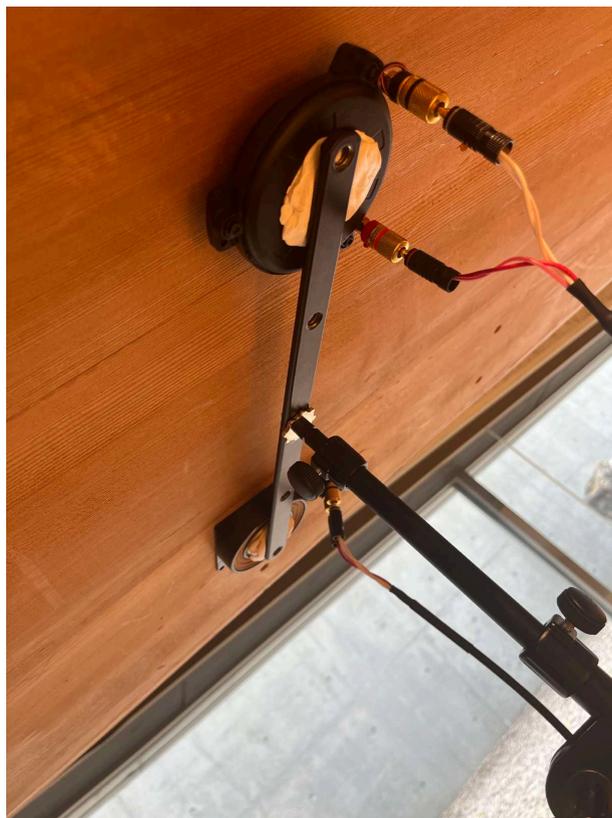


図2: チェンバロの底面へのトランスデューサーの圧着

*コクヨひっつき虫

*CLASSIC PRO MSST/BLACK

*CABLECRAFT 音光堂 CANARE カナレ 4S6 10m

*Nakamichi 12AWG-18AWG ゲージサイズ 4mm

3. トランスデューサーとスピーカーに関わる考察

チェンバロにトランスデューサーを設置して電子音響の再生テストを行った際に、トランスデューサーから発せられる低周波音が楽器の筐体が激しく共振させ、楽器の足を通じて床にまで不要な共振を招く現象が発生した。この現象は、トランスデューサーを楽器ケースの底面に圧着したことも原因のひとつであるが、楽器の筐体が想定される周波数を超える低周波音に共振しようとしたことによって生じたと考えられる。そのため、出力される電子音響の周波数帯を、250hz以上に制限するハイパスフィルターを使用することで、共振が収まり安定するという結果が得られた。

楽器のハイブリッド化においては、楽器の筐体の音響特性を考慮することが非常に重要であることが確認できた。特に、楽器の筐体が想定する周波数範囲外の電子音響が発生すると、共鳴や不要な振動が生じる可

能性があり、このような現象は、楽器の本来の音色や特性を損なうだけでなく、演奏者や聴衆に不快な体験をもたらすことにつながる。

またこのことから、ミクスト音楽における楽器の演奏音とスピーカーから発せられる電子音響との間の周波数特性の違いが、異質感を生んでいる可能性があることが分かった。楽器が持つ周波数特性が、フルレンジスピーカーから発せられる周波数範囲と大きく異なる場合、演奏音と電子音響との間で周波数バランスが乖離するその結果、演奏音とスピーカーの電子音響との音のバランスが崩れ、不自然な音響効果が生じ、統一感が損なわれ、異質な印象を与えているといえる。この問題を解決するためには、楽器の筐体や共鳴体の特性も考慮して、音響システム全体の調整を行うことが効果的かもしれない。

4. チェンバロの音響特性

チェンバロはプレクトラムで弦をかき鳴らすその発音機構から、瞬時に明瞭に発音され、残響は瞬時にフェードアウトするため、音色の印象は明瞭で鋭く、クリアな響きを持っている。ピアノが発する高周波音が 10kHz 程度が限界であるのに対して、チェンバロは 100kHz まで発するとも言われている(ナショナルジオグラフィック 2014)。音量はピアノに比べると遥かに小さく、主にルネサンス、バロック期においてサロンなどの小スペースで奏でられる室内楽作品において使用され、発展した。演奏者と観客との距離の近さ、その結果生じる音響空間それ自体の親密性(エスパス・アンティーム)が特徴といえる。また音域ごとの音色の特徴としては、最もきらびやかな高音域、豊かな中音域、柔らかい響きの低音域が挙げられる。

4.1. チェンバロの音楽書法を鑑みた過去の制作

そうしたチェンバロの発音機構を元に発展してきた繊細な音楽書法の豊かさに感化され、チェンバロと電子音響のための《ダングルベール讃》を制作した際には、バロック期のクラヴサン奏者で作曲家のジャン・アンリ・ダングルベールが体系化した装飾法の分類を元に、装飾的な音型を分類化して楽曲の制作にあたった(松宮 2011, 2019)。

5. 《ワンナップ》におけるチェンバロと 8BIT サウンド

《ワンナップ》では、《ダングルベール讃》で確認したチェンバロの発音機構と音楽書法との関係を発展させ、1980年代の半導体技術によって小型化した音源チップのシンセサイザーによる 8bit サウンドの音楽書法と重

ね合わせることで、楽譜と電子音響の双方向的な関係によってもハイブリッドなサウンドを構築しようと試みた。以下に示すのは、そのような組み合わせの一例である。

- *スティル・ブリゼ / アルペジエーター
- *装飾音 / 複数の発振器の高速スイッチング
- *オクターブトレモロ / オクターブディレイ
- *プレクトラムによるアタック音 / ノイズ発生装置による打撃音

このように、チェンバロの発音機構の特性に起因するリユートを模したスティル・ブリゼや装飾音を駆使した擬似的な持続音型と、三角波、矩形波、ノイズ発生装置などの限られた発振器とわずかな同時発音数の制約の中で発展してきた 8bit サウンドを対応させることで、楽器演奏と電子音響におけるハイブリッドなサウンドの音楽書法上のアプローチを図ることが可能と考えた。さらに、チェンバロの豊かな高次倍音と発振器に含まれる豊かな高次倍音の相性が良いだろうという認識の元、音型や音色において重ね合わせを行うアイデアを楽曲の中で進めていった³。

5.1. 8bit サウンドの「引用」について

作品のタイトルの元ともなった素材、アクションゲームのスーパーマリオブラザーズにおいて IUP キノコを取った時に発生する効果音は、この楽曲の楽譜、電子音響において随所に認められる要素である。しかし、原型の「ミソミドレソ」ではなく、敢えて「ミソミシドソ」「ミソレシドソ」などに常に外れた音型を使用しており、オリジナルの音型が出てくることは無い。その他、某 RPG ゲームや某アクションゲームの効果音などを想起させる音響や音型についても、それそのものを再現するのではなく、あくまでも 1980 年代の 8bit サウンドの象徴としての音響や音型をイメージして構成したものを、素材として楽曲の制作に用いている。

5.2. 《ワンナップ》における音響空間の構築

上記のように準備したハイブリッド・チェンバロとソフトウェアのシステム、そしてチェンバロの音楽書法に基づく素材を用いて制作したこの作品は、大きなホールで壮大に響く音楽ではなく、サロンなどの小スペースで奏でられる音楽を意識し、そのような場を楽しむ観客と演奏者との距離の近さ、親密性(エスパス・アンティーム)に基づく音響空間の構築を意図してい

³ 矩形波、三角波、ノイズ発生機などは Magical 8bit plug を主に利用して Ableton Live において MIDI で記譜し、加工編集を経て、演奏時にはオーディオデータで出力し、チェンバロのリアルタイム変調と重ね合わせている。

る。そしてまた、チェンバロ音楽書法と重ね合わされる 8bit サウンドによって、昭和末期のリビングで木製のテレビに向かってテレビゲームに興じる子供たちの親密性に基づく音響空間を、ハイブリッド化されたチェンバロの筐体に想起させることで、新たな体験を提供することを試みた。



図3: ハイブリッド・チェンバロのための《ワンナップ》公演、東京チャボヒバホール、2023年

6. ハイブリッド楽器とスピーカーによる音響空間

《ワンナップ》の演奏会本番では、音響デザイナーとして現場をともにした有馬純寿氏が用意したスピーカーシステムとは別の独立したシステムを使用しつつも、他の作品とホールの音響とのバランスを考慮し、最終的に有馬氏のスピーカーシステムからもチェンバロの演奏音と電子音響を出力することになったことは、自然な音響はどういうものかを考える上で重要なポイントであった。

藤倉大の新作チェンバロソロ作品《Jack》やカイヤ・サーリアホのミクスト音楽作品《秘密の庭II》などがプログラムに含まれた染田真実子氏のリサイタルでは、ミクスト音楽作品に限らず、上演された全ての作品が、有馬純寿氏が用意したスピーカーシステムによって、ほんのりと、かつ効果的に拡声されていた。

ハイブリッド楽器のプロジェクトでは、スピーカーに頼らず、楽器そのものから出力されるアコースティック音響と電子音響を融合させることを目指してきたが、他のソロ作品やミクスト音楽作品がスピーカーを使用している中で、この作品だけスピーカーの音響が存在しないことが、かえって音響的な違和感を引き起こすことがわかった。

7. まとめ

ミクスト音楽表現においては、楽器から発せられるアコースティックな音響とラウドスピーカーから発せられる電子音響の、サウンドの調合や空間配置による聴取デザインが課題となる。チェンバロのハイブリッド化を通じて、何をどのように鳴らすのかという本質的な本質的な次元においてハイブリッドなサウンドを構築すべく、楽器の音響的特質や歴史を踏まえて作品の制作に当たった。その音楽書法を考慮する上で、バロック期におけるダングルベールやクーランらのチェンバロ音楽と、20世紀後半に半導体技術によって小型化した音源チップのシンセサイザーで作られた 8bit サウンドを考慮し、マイクロなレベルでは高速アルペジオ等による擬似的な和音や複雑な音色の生成、マクロには疑似対位法と呼べる双方の立体的な音楽書法を重ね合わせるという切り口において、ハイブリッド化した楽器の弦の振動とトランスデューサーの振動の境界において、一歩先のハイブリッド・サウンドを構築しようと試みた。

8. 今後の課題と展望

楽器演奏と電子音響のインタラクションにおいて、Ableton Live のテンポ追従システムを使おうと当初考えていたところ、テクノをベースとした音楽書法においては、演奏によるテンポの揺れとの共存が難しく、演奏者がイヤフォンでクリック音を聞きながら演奏する方法を取った。しかし、クリック音は演奏家にとってストレスであり、楽器から発せられるハイブリッド・サウンドへの意識を削ぐことにもなりかねない。また電子音響においては、数小節毎に電子音響のイベントを細分化し、制作者がコンピュータ「奏者」として室内楽的にチェンバロ奏者とタイミングを合わせる方法を取ったが、より自然なインタラクションを実現するためには、スコアフォローなどの手法を活用して、より良い方法を検討することが重要と考える。演奏者の表現力や即興性を尊重しつつ、より自然な音楽体験を提供できる手法を探求していきたい。

9. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科研費 [JP23H00591] の支援を受け実施された。

10. 参考文献

- Houlès, Fabien. 2017. "Le premier quatuor à cordes hybride: L'exemple de Smaqra de Juan Arroyo", l'Harmattan.

Maisonhaute, Jeanne. 2018. "Le TanaCello, un instrument polyvalent dans l'apprentissage du violoncelle" n° 6 - *Techniques et méthodes innovantes pour l'enseignement de la musique et du traitement de signal*, Revue Francophone d'Informatique et Musique.

Thorn, Seth D., Lahey, Byron 2019 "A Haptic-Feedback Shoulder Rest for the Hybrid Violin", Proceedings of the 2019 International Computer Music Conference The International Computer Music Association.

IMAREV (Instruments de Musique Actifs avec REglages Virtuels, Projet de l'agence nationale de recherche en partenariat avec l'IRCAM, Co-ordinateur du projet Adrien Mamou-Mani.

紀井利臣 2020 「中世から楽器に使用された木材の性質と音響論」跡見学園女子大学人文学フォーラム 18 巻 p. A50-A62.

ナショナル ジオグラフィック 研究室に行ってみた。国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 本田学 第3回 ピアノが高周波音を出さず、チェンバロが出すのはなぜなのか 2014. <https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nmg/article/20140129/381790/> 2024 年 2 月 1 日アクセス

松宮圭太 2019 「ハイブリッド楽器の研究 - 『したたり』ピアノと電子音響のための(2019)の創作意図と表現方法を巡って」先端芸術音楽創作学会会報 Vol.11 No.3 pp.34-38.

松宮圭太 2023 「弦楽器のハイブリッド化と音響の制御」先端芸術音楽創作学会会報 Vol.15 No.2 pp.21-26.

三島 郁 2012 記譜における身体性とその規範化 鍵盤楽器用アルマンドの記譜と当時の作曲法にみられる音型の成り立ちより 日本音楽表現学会 『音楽表現学』10 巻 p. 1-14.

水野みか子 2023 「伝統器楽アンサンブルに支援される音色表現 弦楽四重奏とエレクトロニクスのための『Fogged River』」先端芸術音楽創作学会会報 Vol.15 No.2 pp.27-30.

11. 参考作品

Michael Levinas. 《Les Désinences》pour piano augmenté et claviers midi. 2014.

Juan Arroyo. 《SAYNATASQA》for TanaCello. 2014

松宮圭太. チェンバロと電子音響のための《ダングルボール讃》2011, 2019 改作.

<https://keita-matsumiya.com/ja/hommage-a-danglebert1/> 2024 年 2 月 1 日アクセス

松宮圭太. ピアノと電子音響のための《したたり》2019. <https://keita-matsumiya.com/ja/shitadari/> 2024 年 2 月 1 日アクセス

松宮圭太. ヴァイオリンと電子音響のための《水中の橋》2020. <http://keita-matsumiya.com/ja/underwater-bridge/> 2024 年 2 月 1 日アクセス

松宮圭太. スネアドラムと電子音響のための《五月雨》2021. <http://keita-matsumiya.com/ja/samidare/> 2024 年 2 月 1 日アクセス

12. 著者プロフィール

松宮圭太 (Keita MATSUMIYA)

作曲家。2018 年より大分県立芸術文化短期大学専任講師。愛知県立芸術大学音楽学部卒業。東京藝術大学大学院先端芸術表現専攻修了。ロームミュージックファンデーション奨学生としてパリ国立高等音楽院作曲科高等第一課程、第二課程および楽曲分析クラス修了。IRCAM 作曲研究課程を経て、フランス国民教育省の派遣によりカサ・デ・ヴェラスケスにてアーティスト・イン・レジデンス。第8回武生作曲賞受賞、第8回デステロス作曲コンクール佳作、第87代在マドリッド・フランス・アカデミー芸術会員。情報と即興への関心から、作曲制作における音響オブジェ、数理モデル、身体の理の相互協調を模索する。創作は多岐に渡り《ギター小協奏曲》(ソフィア王妃芸術センター 2017)、ハイブリッド・ヴィオラのための《奇想曲》(アルス・ムジカ、ブリュッセル 2015)、舞台音楽《阿修羅》(大駱駝艦・壺中天 2015)、混声合唱、二台ピアノ、鍵盤打楽器と電子音響のための組曲《土と炎》(多治見少年少女合唱団・バロー文化ホール 2023) など。

城一裕 (Kazuhiro JO)

1977 年福島県生まれ。東京藝術大学芸術情報センター [AMC] 助教、情報科学芸術大学院大学 [IAMAS] 講師を経て、2016 年 3 月より九州大学芸術工学研究院准教授。山口情報芸術センター [YCAM] 専門委員 (非常勤)。博士 (芸術工学)。専門はメディア・アート。音響学とインタラクシオンデザインを背景とした現在の主なプロジェクトには、参加型の音楽の実践である「The SINE WAVE ORCHESTRA」、ありえたかもしれない今をつくりだす「車輪の再発明」、音・文字・グラフィックの関係性を考える「phono/graph」などがある。



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/> をご覧頂くか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。