

創作ノート

光のフィードバックを用いた楽器の制作
—視聴覚同期と空間を介した即興的表現—

Construction of a Musical Instrument Using Optical Feedback
—Improvisational Expression Through Audiovisual Synchronization and
Spatiality—

相崎 玲穂

Reon Aizaki

九州大学

Kyushu University

城 一裕

Kazuhiro JO

九州大学

Kyushu University

概要

本研究は、オーディオミキサーの出力を入力に戻すことで音を生成するフィードバック楽器である No-input Mixer を光によって拡張し、同一の信号によって生まれる視聴覚の同期と、それがライブパフォーマンスにおける演奏者・観客・空間の関係性に与える影響を、制作と実践を通して明らかにすることを目的とする。

No-input Mixer は、フィードバックが装置内部で完結する閉じた構造をもつ楽器である。本研究では、この信号伝達経路に光を導入することで、音と光が同一の信号に基づいて物理的に同期する楽器を制作し、ライブパフォーマンスにおける新たな音楽表現の可能性を探究した。

まず、音のフィードバックを用いた先行作品の分析を行い、フィードバックの生成と制御において、入力と出力の間に存在する空間的条件が重要な役割を果たしていることを確認した。次に、音と光が同期するデバイスやサウンドアートの事例を検討し、「視聴覚の同期」という観点から、本楽器制作の理論的背景を整理した。

その上で、2度のライブパフォーマンスの実践を通じ、視聴覚の同期、予測不可能性、メディアの可視化、そしてライブパフォーマンスにおける楽器としての在り方について考察を行った。

その結果、音と光が同期していることにより、演奏者が光の状態に対して行う身体的な操作が、直接的に音の変化として反映されることが明らかになった。また、演奏環境の制約によって、光源や太陽電池の配置、さらには演奏者の身体と空間との関係が、演奏内容に強く影響することが示された。

以上より、光のフィードバックを用いた演奏は、視聴覚を同期したことによる演奏者による空間への物理

的介入と、環境を含むシステムとの相互作用を通じて、ライブパフォーマンスにおける演奏者・観客・空間の関係性を再定義する可能性を有することを結論づける。

This research aims to expand the No-input Mixer—a feedback instrument that generates sound by feeding the output back into the input—using light. Through creation and practice, it seeks to reveal the synchrony of sound and vision produced by the same signal and its impact on the relationship between performer, audience, and space during live performance.

The No-input Mixer is an instrument with a closed structure where feedback is contained entirely within the device. This research introduced light into this signal transmission pathway, creating an instrument where sound and light physically synchronize based on the same signal, thereby exploring new possibilities for musical expression in live performance.

First, an analysis of previous works using sound feedback confirmed that spatial conditions between input and output play a crucial role in feedback generation and control. Next, examining devices and sound art examples where sound and light synchronize, the theoretical background for this instrument's creation was organized from the perspective of “audiovisual synchronization.”

Subsequently, through two live performance practices, we examined audiovisual synchronization, unpredictability, media visualization, and the instrument's role within live performance.

The results revealed that synchronized sound and light directly translate the performer's physical manipulation of light states into audible changes. Furthermore, con-

straints in the performance environment demonstrated that the placement of light sources and solar cells, as well as the relationship between the performer's body and the space, strongly influenced the performance content.

Therefore, we conclude that performance using light feedback holds the potential to redefine the relationship between performer, audience, and space in live performance. This is achieved through the performer's physical intervention in the space, enabled by audiovisual synchronization, and through interaction with the system, including the environment.

1. はじめに

本研究は、オーディオミキサーの出力を入力に戻すことで音を生成するフィードバック楽器である No-input Mixer (Mudd, 2023) を光によって拡張し、同一の信号によって生まれる視聴覚の同期と、それがライブパフォーマンスにおける演奏者・観客・空間の関係性に与える影響を、制作と実践を通して明らかにすることを目的とする。本研究では、No-input Mixer の信号伝達経路に光を導入することで、音と光が同一の信号に基づいて物理的に同期する楽器を制作し、ライブパフォーマンスにおける新たな音楽表現の可能性を探究した。

2. フィードバック

以下「フィードバック」という現象の定義を明確にし、その一般的な活用例について記述する。あわせて、音楽の分野においてフィードバックを用いた代表的な作品の事例を取り上げ、フィードバックの創造的な活用について論じる。さらに、フィードバックそのものを楽器とした No-input Mixer について詳述する。

2.1. フィードバックとは

一般的に、フィードバックとは同一のシステム内において、出力として生成された信号の全てまたは一部が再び入力へと戻され、システムの挙動に継続的な影響を与える構造のことを指す。音響の分野では避けられるべき現象として認識されているが、一方で身の回りのさまざまなシステムを構成する技術として登場する。フィードバックには、ネガティブフィードバック(負帰還)とポジティブフィードバック(正帰還)の2種類があり、前者は主に増幅回路に用いられ、後者は発振回路やヒステリシスコンパレータに用いられる。

負帰還とはシステムの一部を入力に戻し、入力の変化を抑制する方向に作用させるフィードバックのことである。システムで扱われる要素が波や交流電圧であるならば、帰還した信号は入力信号と逆位相になる。

負帰還増幅回路は、増幅回路の特性によらず帰還回路の特性で全体の利得 (gain) が決定されるため、以下のような利点がある(末松安晴, 1999)。

- 温度や電源電圧の変動などによる増幅回路の利得の変化に対して安定になる。
- 増幅回路内部のひずみ・雑音を減少できる。
- 帯域幅を広げられる。(ただし利得は低下する。)
- 入力インピーダンスや出力インピーダンスが変わる。

このような特性から、オーディオアンプや出力を目標値に近付くように操作を行う自動制御などに用いられている。

またノイズキャンセリングにもフィードバックが使われることがある。ノイズキャンセリングとは、ノイズになる音の成分に対して逆位相の音を発生させ、イヤホンから出力することでノイズを相殺し、周囲の騒音を軽減する技術である。フィードバックを用いたノイズキャンセリングでは、鼓膜に近い位置にマイクを配置し、鼓膜に到達する雑音を正確に收音することでより正確な伝達関数の測定が出来るため、低域までより深く雑音を除去することができる。

正帰還とはシステムの一部を入力に戻し、入力の変化を促進させる方向に作用させるフィードバックのことである。ごくわずかな変化でも、大きくさせることができるので、電子工学では電流や電圧を比較するコンパレータや特定の周波数を増幅させる発振回路に用いられる。

2.2. 音楽におけるフィードバック

マイクとスピーカーが空間に存在するとき、マイクが音を拾い、その音をアンプによって増幅しスピーカーから出力される。その音をマイクに入力されるという循環される行為によってフィードバックが発生する。ハウリングが忌避される原因として、20世紀初頭に形成されたハイファイ(高忠実性)という音響的価値観による影響が挙げられる。ハイファイは、もともとはレコードに録音された音が原音と変わらないことを、企業がアピールするための言葉であったが(谷口文和, 2015)、現代ではスピーカーから発せられる音を原音により近づけたいという一種の嗜好を表す言葉になった。このハイファイの思想は、録音媒体や再生装置といった音の伝達過程に存在するメディアを意識上から透明なものにした。しかし、マイクとスピーカー、空間といった要素が相互に作用し合うことで生じるハウリングは、そのメディアを再び可視化させる。この点において、ハウリングはハイファイ的価値観と根本的に対

立する現象であり、それゆえに排除の対象となってきたと考えられる。

1960年以降、透明化したメディアを意識化しようという実践が行われるようになった。その芸術運動のなかで、フィードバックを音楽の対象にする試みが行われた。以下にその実践の代表的な作品を挙げる。

2.2.1. 『Pendulum Music』 Steve Reich

Steve Reichによる1968年の作品『Pendulum Music』は、音響フィードバックを楽曲の構成要素として全面的に採用した先駆的な事例である。本作品では、天井からケーブルで吊るされたマイクが振り子のように揺動し、床に上向きに設置されたスピーカーの上空を通過することでフィードバック音が生成される。特筆すべきは、本作品ではフィードバックが唯一の音源であり、演奏者が存在しないという点である。本作において、人間の介入は振り子の初期位置を決めることのみであり、作曲家の恣意や演奏者の感情から切り離された、純粋な物理現象としてのフィードバック変化が提示される構造となっている。



図1: 『Pendulum Music』 Steve Reich (https://youtu.be/fU6qDeJPT-w?si=W_GaMVhKgATVHTmS) より引用

2.2.2. 『Machine Gun』 Jimi Hendrix

ライヒがフィードバックを人間から切り離された客観的な「プロセス」として提示した一方で、同時代のポピュラー音楽において、この現象を奏者の身体表現と不可分な楽器奏法へと昇華させたのが Jimi Hendrix である。特に1970年の『Machine Gun』における演奏は、フィードバックをギターという楽器の「空間的な拡張」として扱った象徴的な事例といえる。

エレキギターにおけるフィードバックは、スピーカーから出力された音がギターのボディや弦を物理的に振

動させ、その振動が再びピックアップに拾われるという、電氣的・機械的なループによって発生する。Jimi Hendrixはこの現象を単なるノイズとして退けるのではなく、アンプとギターの間には存在する「空間」を操作することで、音色を制御する新たなパラメータとして取り込んだ。

Jimi Hendrixが確立したこの奏法は、後世のギタリストたちに多大な影響を与え、現在ではフィードバックは標準的な演奏技法として広く受け入れられている。これは、ライヒが示した「自律的な物理現象」としてのフィードバックが、ヘンドリックスの手によって、奏者のジェスチャーに直接応答する「表現媒体」へと統合された過程を示している。

2.2.3. 『Music Stands』 Cathy van Eck

Cathy van Eckの『Music Stands』(2011)は、譜面台・マイク・スピーカーの物理的配置を演奏者が微細に調整することで、音響フィードバックが生じる条件そのものに関する作品である。演奏者は音を直接制御するのではなく、フィードバックが発生・変化しやすい状態を探索し、維持や変化を繰り返す。本作は、フィードバックを自律的なプロセスとして完全に委ねるのでも、表現的ジェスチャーによって即時的に制御するのでもなく、両者の中間に位置づけられる実践である。

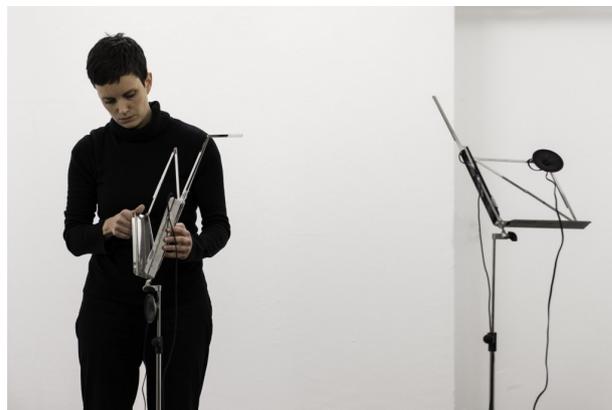


図2: 『Music Stands』 Cathy van Eck (<https://www.cathyvaneck.net/musicstands/>) より引用

2.3. No-input Mixer

No-input Mixerは、ミキサーの入力を出力に戻すことで、フィードバックを発生させる楽器であり、他のフィードバックとは異なり空間を介さない特徴がある。この楽器では、ミキサーのGAINやEQ、ボリュームを変化させることでフィードバックを制御するが、これ

らのパラメータが複雑に絡まることで、予測できない挙動が生まれる。Tom Mudd は、No-input Mixer を用いた演奏において、フィードバックの挙動が本質的に不安定であり、その予測不可能性が演奏者にとって重要な創造的要素となっていることを指摘している。ノブやフェーダーといった操作はフィードバックの状態に影響を与えるが、回路内の非線形な相互作用によって、音の変化はしばしば不連続かつ予期しない形で現れる。

このような特性により、No-input Mixer における制御は、音の結果を直接指定する行為というよりも、フィードバックが発生・維持・変質する条件を探索する行為として成立する。Mudd はこの関係を、演奏者と装置の「絡み合ったエージェンシー (entangled agency)」として捉えており、演奏者が一方的に装置を支配する主体ではなく、装置の振る舞いに応答しながら演奏を進める存在であることを示している。No-input Mixer は、フィードバックを単に制御すべき不安定要素として扱うのではなく、予測不可能性や即時性を含んだプロセスとして音楽表現に取り込む実践であるといえる。この点において No-input Mixer は、他のフィードバック作品と連続的な関係にありながらも、回路内部で完結するフィードバック構造を通じて、演奏者と装置の関係性をより先鋭的に示す事例として位置づけられる。

3. 光と音のデバイス

以下、No-input Mixer の光による拡張の先行事例として、光と音を独立した現象として捉えずに、両者の相互変換ないしは同期による装置および作品の事例を示す。

3.1. Photophone

光を音に変換する技術の歴史的起源として、アレクサンダー・グラハム・ベルによる「Photophone」について記述する。

Photophone は、電話機の発明で知られるアレクサンダー・グラハム・ベルによって 1880 年に発明された、光のビームを用いて音声を伝達する装置である。後に発明される電話が、電線を通る変調された電気信号によって音声を伝達する有線通信であったのに対し、Photophone は変調された「光」そのものを媒体とする無線通信システムであった。

初期の Photophone の送信機には、薄い鏡（柔軟な平面鏡）が用いられた。話者が鏡の裏側に向かって声を出すと、音声の振動によって鏡が微細に振動する。この振動によって、鏡に反射した太陽光などの光束は散乱または集光を繰り返し、結果として光の強度が時間的に変調される。一方、受信機側にはセレン光電池

などが用いられ、光音響効果 (photoacoustic effect) を利用して、変調された光の強弱を再び可聴域の空気振動 (音) へと変換する仕組みとなっていた (Bell, 1880)。これは現代の光ファイバー通信の原始的な形とも言えるが、ベル自身はこの発明を電話以上に重要なものと捉えていたとされる。

ベルの発明から 100 年以上を経て、この原理を通信手段ではなく、環境を認識するための「聴覚的なレンズ」として再解釈した作品が「Sound Lens」である。Sound Lens は、メディアアーティストの岩井俊雄らによって 2000 年代初頭より制作・使用されているデバイスであり、この装置は、アナログな電子回路と受光器としての「太陽電池」によって構成されている。太陽電池は通常、発電のために用いられるが、ここでは光の強弱を電気信号 (電圧変化) に変換するセンサーとして機能している。

体験者は、このレンズ状のデバイスを手に持ち、都市の風景にかざす。街灯、電光掲示板、テレビの画面など、都市に溢れる人工的な光は、人間の目には連続して光っているように見えても、実際には電源周波数やリフレッシュレートによって高速で点滅している。Sound Lens を通すことで、その不可視の明滅がノイズやドローン音として可聴化される。つまり、この作品において太陽電池は、空気振動を拾うマイクの代わりに、空間の光の強さの時間変化を拾う「光のマイク」としての役割を果たしている。これは、本研究における「光を音の入力源とする」アプローチと直接的にリンクする重要な先行事例である。



Toshio Iwai - "Sound Lens" Tour in Tokyo
Photo by Nick Cutler (<http://nomus.com/dailyphoto/190801.html>)

図 3: sound lens を用いて東京の光の音を聞く (<https://digicult.it/digimag/issue-070/urban-escapism-part-2-sound-lens-rhodomancy-by-toshio-iwai>) より引用

一方で、即興演奏家でありサウンド・アーティストの suzueri は、通信技術としての Photophone に着目し、2025 年に開催された展示会『第 18 回 shiseido art egg

すずえり(鈴木英倫子)展「Any girl can be glamorous」において、Photophoneの原理を応用したアート作品を発表している。本展示では、ハリウッド黄金期に「世界で最も美しい女優」と称される一方で、周波数ホッピング方式の開発を通じて、後のWi-FiやBluetoothの基礎となる通信技術に関与したヘディ・ラマーの人物像が主軸として扱われている。

展示作品の一つでは、Photophoneにおける光による音声伝送の原理が参照されている。白熱電球は一見すると単に点灯しているように見えるが、その光には音声情報が含まれており、受信機をかざすことで、ラマーが出演した映画の台詞や歌声を聴取することができる(図8)。この作品においてPhotophoneは、音声を光の変調として伝達する通信技術として機能しており、通常は知覚されることのない通信の過程を、視覚と聴覚の双方において経験可能な形で提示している。

このように、suzueriの展示作品では、Photophoneが単なる歴史的技術としてではなく、光と音が同一の情報に基づいて生成・伝達される構造を示すための装置として再解釈されている点に特徴がある。



図 4: Photophone を用いた作品 (https://note.com/plastic_girl/n/n49fb6e8ecfe5) より引用

3.2. Synchronomy

視覚と聴覚の完全な同期を、フィルムというメディアの物理的特性を用いて実現した歴史的な作品として、カナダのアニメーション作家ノーマン・マクラーレンによる1971年の作品『Synchronomy』が挙げられる。本作品は、映画フィルムの音声記録方式である「オプティカルサウンド」の仕組みを用いている。オプティカルサウンドとは、フィルムの側面に設けられた「サウンドトラック」と呼ばれる領域に、音波を光の濃淡や面積の変化として写真録音する技術である。通常、映写機内の光電管がこのトラックを通過する光の変化を読

み取り、電気信号を経て音へと変換する。本作品では、縞模様のパターンをフィルムのサウンドトラック部分に撮影することで音を生成し、同時にその全く同じパターンを映像フレームにも配置して視覚化している。つまり、映像として見ることができるカラフルな縞模様や矩形の動きは、スピーカーから流れている電子音の波形そのものである。

本作において特筆すべきは、スクリーンに映し出される映像と、スピーカーから流れる音が、全く同一のソースから生成されているという点である。通常の映像制作における同期は、独立した映像と音を編集によって合わせるという二元的なプロセスである。しかし、本作品では同一のものから音と映像を同時に生成しているため、本質的に視聴覚が同期しているといえる。

この「ソースの同一性」による構造的な同期は、本研究における光のフィードバック楽器の原理と酷似している。マクラーレンがオプティカルサウンドというメディアの構造を通じて視聴覚を統合したように、本楽器もまた、光の明滅がそのまま音の信号となるフィードバックを通じて、視覚と聴覚を分かちがたい単一の物理現象として提示しているのである。

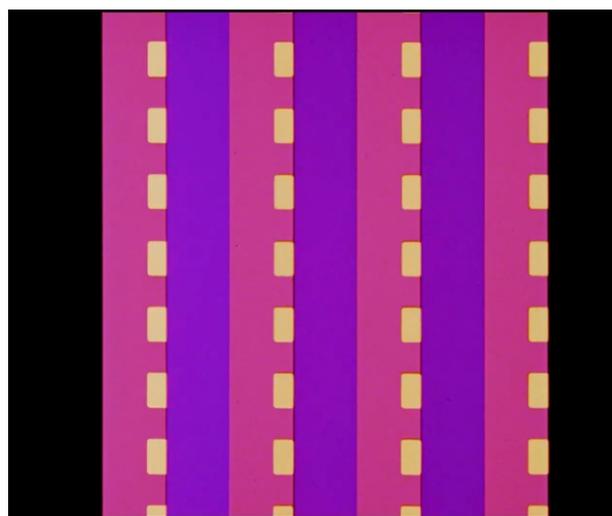


図 5: Synchronomy(https://www.youtube.com/watch?v=_UA40sL06sU) より引用

3.3. OPRTON

本研究の「光のフィードバック楽器」の直接的な先行事例であり、かつ最も重要な参照点として、伊東篤宏による「OPTRON」を取り上げる。OPTRONは、1990年代後半に制作された、蛍光灯を音源とする自作楽器である。

OPTRONの発音原理は、本来は照明として空間を照らすために設計された蛍光灯の機能を、意図的に不

安定な状態に置くことで電氣的なノイズを引き出す点にある。具体的には、40ワットの市販のインバータ式蛍光灯をベースとし、その内部に管内放電を制御するためのスイッチや調光器を組み込んでいる。

演奏者は、手元の2つのON/OFF用のスイッチを連打することで高速な点滅を作り出したり、電圧を変化させる調光器を操作して放電の強弱を変化させたりする。このとき、蛍光灯内部で発生する電氣的な放電ノイズがアンプを通して大音量のノイズサウンドとして出力される。つまり、OPTRONにおける「音」は、マイクで拾った空気振動ではなく、光を生み出している電気エネルギーそのものの可聴化である。

この構造により、OPTRONでは「光の明滅」と「音の強弱・音色」が物理的に完全に同期する。光が激しく明滅すれば音も断続的なパルスとなり、光が弱まれば音も変化する。ここでは、光と音が別々の要素として演出されているのではなく、放電という同一の現象の異なる側面、つまり視覚と聴覚として提示されている。

このアプローチは、本研究が目指す「光のフィードバック」において、光の変化と音響の変化が密接に結びついている点と共通しており、メディアの本来の機能を逸脱させることで新たな表現を獲得するという意味でも、極めて重要な先行モデルであると言える。



図 6: OPTRON (<https://www.audio-technica.co.jp/always-listening/articles/people-make-own-instruments-04/>) より引用

3.4. Brutalist Noise Ensemble

Brutalist Noise Ensemble は、複数の機械装置や自作電子回路を用い、それらの動作音や電氣的挙動を素材として構成されるパフォーマンスおよび作品群である。本節では、Brutalist Noise Ensemble において、音と光がどのような構造によって結びつけられているのかを具体的に整理する。

同グループの作品では、モーター、リレー、ソレノイドなどの電気機械的装置が用いられ、それらの駆動に伴って発生する振動音や衝撃音が音響素材として利用される。同時に、装置の動作状態や電気信号の変化に応じて、ランプやLEDが点灯・消灯するなどの視覚的变化が生じる。ここで重要なのは、音と光が独立した素材として編集的に対応づけられているのではなく、同一の電氣的挙動や機械的動作を起点として、それぞれが結果として生じている点である。

すなわち、機械装置が作動するという単一の事象に対して、その物理的結果として音が発生し、同時に電氣的状态の変化が光として知覚される。この構造において、光は音の視覚的補足ではなく、また音が光を説明するものでもない。両者は、同一のプロセスから派生する異なる知覚的結果として並置されている。

Zareeiはこの作品の背景となる概念として、自著の中で「sound-based brutalism (音響的ブルータリズム)」という用語を提唱している。ブルータリズムとは、1950年代から70年代にかけて建築分野で流行した様式であり、コンクリートやガラスといった素材の質感を装飾なしにそのまま露出させ、その荒々しく無骨な物質性を強調することを特徴とする。Zareeiはこの思想をサウンドアートに適用し、「高度に秩序化・組織化された表現様式を通じて、音響的(および視覚的)な形態における『反美的』素材の物質性に焦点を当てた作品」と定義している。

「Brutalist Noise Ensemble」においては、音響を生成する機構とその素材そのものが鑑賞者に対して剥き出しの状態提示される。素材から発せられるノイズに同期して、特定の周波数特性を持たない「白色光」が明滅する。ここでは、日常に溢れる視聴覚的なノイズが素材として用いられ、それらが並行して活性化されることで、素材が持つ潜在的な美学が浮き彫りにされる。

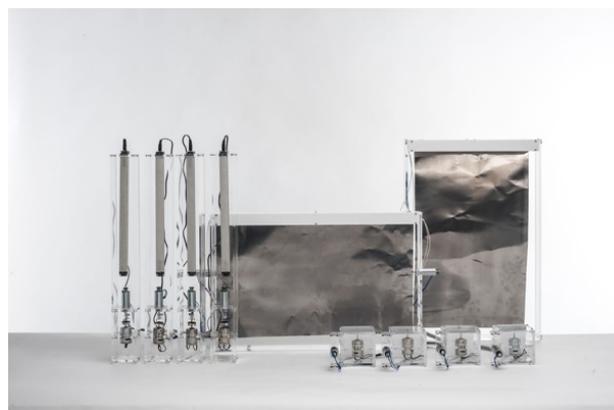


図 7: OBrutalist Noise Ensemble

4. 制作

4.1. 制作の動機

4.1.1. No-input Mixer への関心

本楽器に使われている No-input Mixer との出会いは、2023 年度の大学の授業「応用音楽表現演習」（講師：日野浩志郎、城一裕）であった。この授業では「楽器に潜む音楽」というコンセプトのもと、「受講生各々の持ち寄る楽器（電子楽器含む）に潜む音を探り、その音ならではの音楽の演奏と作曲について実践的に学ぶ」というものであった。その授業で先生が例に挙げられていた 1 つが No-input Mixer であった。普段は楽器として扱われることがなく、むしろ音をコントロールするための道具であるオーディオミキサーが、フィードバックという不安定な現象を扱う「楽器」になり得るという事実に興味を持った。またミキサーの種類や個性差によって生成される音が異なったり、演奏者によっても操作の微妙な違いによっても結果が大きく異なったりする点にも関心を持ち、授業内で No-input Mixer を用いた表現を探ることにした。

音楽の表現方法として、2 台の No-input Mixer を複数人で操作し合うという演奏方法を考えた。これは、No-input Mixer がオシレーターのようなサウンドを出したり、周期的に音を刻んだりすることに注目したものであり、交互に No-input Mixer を操作することで音楽を作ることを目的にした。演奏には以下のようなテキストスコアを用意した。また参加者には基本的な操作のみを教え、それ以外は自由に演奏してもらった。

参加人数 無制限

1. 2つのグループ(A,B)に分かれる
2. AがNo-input Mixerを操作し、音を生成する
3. Bがその音に合わせてNo-input Mixerを操作する(30秒)
4. 再びAがその音に合わせてミキサーを操作する(30秒)

これを全員繰り返す

短い演奏時間であったものの、No-input Mixer が予測不可能な挙動を示し、演奏者がそれを制御しようとする様子が音として確認できた。しかし、ミキサーというインターフェースでは楽器と演奏者のインタラクションを表現しきれないのではないかと考えるようになった。たとえば、演奏者と楽器のインタラクションによって音楽が生まれたとしても、観客からは単なる結果としての音楽として捉えられる恐れがあり、非常に勿体無いことだと考えた。そこで、この問題を解決する方法を探ることにした。

4.1.2. 可聴化

本楽器における光の入力に太陽電池を用いるという発想も大学の授業にて得た。2024 年度「音響生成演習」（講師：城一裕）という授業にて、ポストデジタル以降の音を生み出す構造の一つとして太陽電池を学んだ。

太陽電池とは、光起電力効果によって入射した光に応じた電圧を発生させる素子である。入射光の強さが時間的に変化する場合、その変化は太陽電池の出力電圧にも反映され、電圧は時間とともに変動する。一方で、音は空気の振動として知覚される現象であり、私たちはそれを聴覚を通じて経験している。マイクは空気中の振動を対応する電圧の時間変化へと変換する装置であり、この点に着目すると、太陽電池は光における「マイク」といえる。

その授業での学生発表にて、リモコンの赤外線やスマホのストロボを太陽電池に当てたり、LED レーザーと太陽電池の間に自転車の車輪を置き、回転させたりすることで音を発生させる作品を見た。これらの作品は、いわば光の点滅の「可聴化」であり、光源と太陽電池の間にある空間を音として知覚できるものへと変容させていた。光を遮る、あるいは光源を動かすといった物理的な介入が、ダイレクトに音響の変化として現れる様子を目の当たりにし、筆者は「空間そのものを楽器の内部回路の一部として扱う」という可能性を強く感じた。

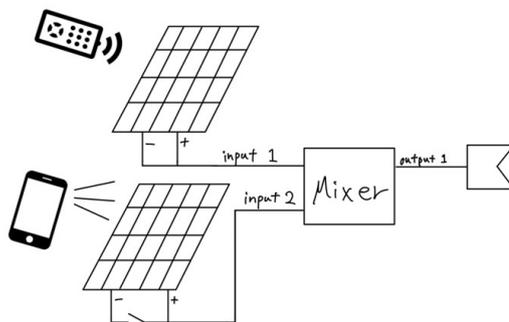


図 8: リモコンの赤外線とスマホの発光を可聴化する装置

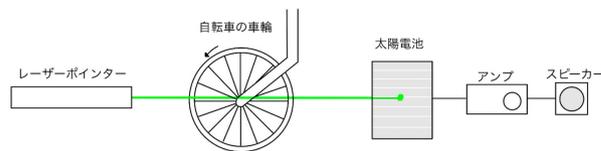


図 9: 車輪の運動を可聴化する装置

ここで、前述の「No-input Mixer」におけるフィードバックの概念と、太陽電池による「光のマイク」として

の性質が結びついた。従来の No-input Mixer は、オーディオケーブルという閉ざされた経路の中で電気信号が循環する。しかし、この経路の一部を「光」に置き換え、ミキサーから出力された電気信号で光源を点滅させ、その光を太陽電池で受光して再びミキサーの入力へと戻せば、物理空間を介在させた「光のフィードバック」が構築できると考えたのである。

この手法の最大の利点は、フィードバックという本来目に見えない現象を、光の明滅として視覚化できる点にある。さらに、光源と受光部の間に手をかざしたり、レンズや鏡を用いたりすることで、電気信号の循環に対して物理的・空間的な干渉が可能になる。これは、筆者が No-input Mixer に感じていた「演奏者と楽器のインタラクションがわかりづらい」という問題が解決できると考えた。

以上の動機に基づき、筆者は No-input Mixer の不安定な音響特性を維持しつつ、光を介することで視聴覚の構造的同期と空間的な操作性を備えた「光のフィードバック楽器」の制作に着手した。

4.2. 本楽器について

本楽器は、No-input Mixer の入力に太陽電池を、出力に白熱電球または LED レーザーを接続することで構成されている。

図 10 は白熱電球を接続した構成図を示している。音の電気信号によって白熱電球を発光させるためには、ハイインピーダンス接続に対応したパワーアンプが必要となるため、本作品では YAMAHA MA2030a を採用した。また試作段階では、図 11 に示すような簡易的なソケットを用いていたが、ライブパフォーマンスでの使用を見据え、さらに空間的な操作を可能にすることを目的として、デスクに固定可能なアーム型ソケットを採用した(図 12)。

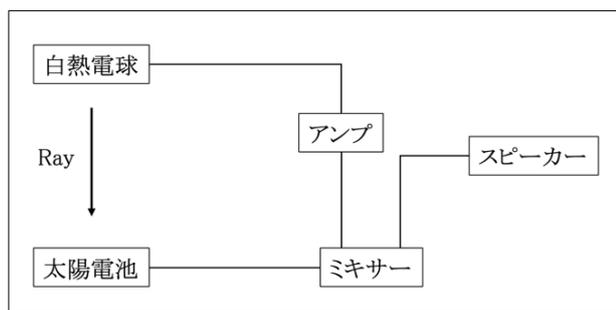


図 10: 白熱電球の構成図

次に、LED レーザーの構成図を図 13 に示す。白熱電球と異なり、アンプを用いる必要はないが、LED には発光する最低電圧が存在する。そのため 4.5 V の電圧を印加することで、音の信号による電圧変化が、LED が発光する領域で起きるように調整した(図 14)。

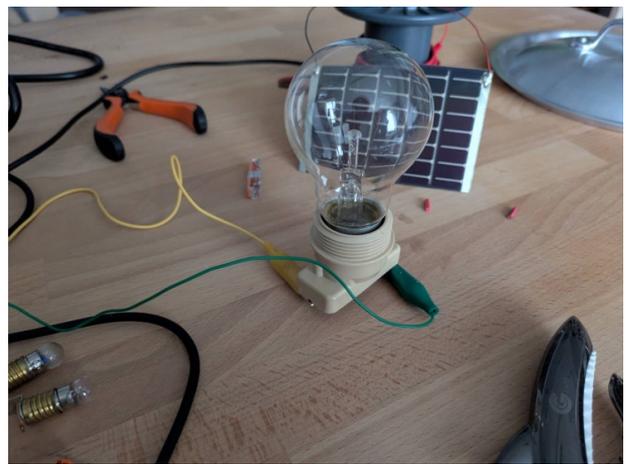


図 11: 試作段階の白熱電球と太陽電池

5. 実践

本研究における実践として、2025 年 6 月 23 日および同年 10 月 31 日に、九州大学大橋キャンパス音響特殊棟録音スタジオにてライブパフォーマンスを実施した。これらの実践では、会場全体を暗転させ、本楽器が発する光のみを視覚情報として提示する構成とした。これにより、観客は、光と音の同期という本実践の主題により強く注意を向けることが可能となる。

5.1. 演奏方法

ライブに向けて想定していた演奏方法を白熱電球とレーザーに分けて以下にまとめる。

5.1.1. 白熱電球

(1)No-input Mixer としての操作

第 1 章第 2 節で述べた通り、ミキサーの EQ やゲインを操作することで、フィードバックの挙動を変化させる。これはシステム全体の基礎的な挙動を制御する役割を担う。

(2) 白熱電球と太陽電池の距離操作

白熱電球と太陽電池の距離を物理的に変化させる操作である。距離を近づけることで受光量を増大させ、フィードバック・ゲインを上昇させることを狙いとする。これは音響フィードバックにおける「マイクとスピーカーの距離」の変化と同様の作用をもたらすことを期待している。

(3) 白熱電球の角度操作

白熱電球の照射角度を変化させる。太陽電池に対する光の入射角を変えることで、実効的な受光面積を変化させ、フィードバックの掛かり具合を微細に調整することを試みる。



図 12: アーム型ソケット

(4) 身体による遮蔽

太陽電池の一部または全体を手で覆うことで、光の入力を物理的にカットする操作である。身体的な動作を演奏に組み込むことを意図している。

5.1.2. レーザー

(1) No-input Mixer としての操作

白熱電球と同様、電気的なパラメータ操作により基本的なフィードバックの状態を形成する。

(2) レーザーを散乱させる

点光源であるレーザーの特性を変化させるため、凹凸のあるガラスコップを光路に介入させる手法を用いる。ガラスの曲面や厚みの変化によってレーザー光を太陽電池上で複雑に散乱・屈折させることで、照射条件を変えることを意図したものである。

(3) レーザーと太陽電池の間に遮蔽物を置く

レーザーと太陽電池の間に物体を介入させ、光路を遮断する操作である。レーザーはビーム状であるため、例えば、レーザーと太陽電池の間で、手を振ることによって、受光状態を断続的に切り替えることができると考える。

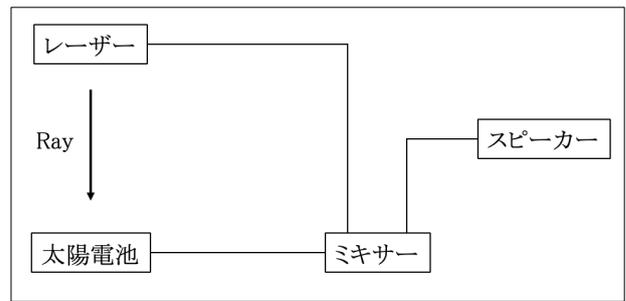


図 13: LED レーザーの構成図

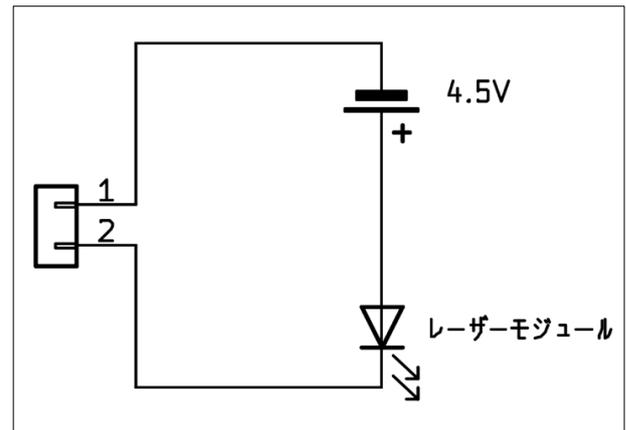


図 14: LED レーザーの回路図

これらの操作に共通する点は、太陽電池に照射される光の照度を変化させることである。本実践では、音響フィードバックにおいて空間的条件の変化が音色に影響を与えるのと同様に、光のフィードバックにおいても空間的操作によって音色を変化させることが可能かを検討した。具体的には、「太陽電池全体に照射される光の照度を変化させる」こと、あるいは「照射される太陽電池の面積を変化させる」ことによって、太陽電池の応答特性が音楽的表現として利用可能かを確認することを目的とした。

5.1.3. 第1回パフォーマンス

2025年6月19日から26日にかけて開催された学生作品発表展「refractive mediums」の関連ライブイベントにおいて、1回目の実践を行った。中間発表として位置付けられた本イベントでは、白熱電球による光のフィードバックのみを用いたパフォーマンスを行い、予測不可能性が強く現れる本楽器を演奏する際に、演奏者自身がどのような振る舞いを取るのかに着目した。



図 15: 演奏中の様子

5.2. 第 2 回ライブパフォーマンス

2025 年 10 月 31 日に開催された freq 主催のライブパフォーマンス&トークセッション内にて、第 2 回の実践を行った。レーザーによるフィードバックを新たに加え、白熱電球とレーザーそれぞれによって生成される音の差異や、ライブ環境における視覚的印象、すなわち観客からの見え方にどのような違いが生じるのかを検証することを目的とした。

また本イベントは「誤用のススメ」という題目のもと、伊東篤宏および城 一裕との共演によって行われた。本来は楽器として設計されていない対象が楽器として扱われることに対する、楽器性や音楽体験に関する知見を得ることも、本実践の重要な目的の一つである。

会場の設営は第 1 回と変わらないが、観客には事前に演奏者に近づくことを推奨した。これは、演奏中何が起きているかを直接見てもらうためである。

5.3. 第 3 回ライブパフォーマンス

2026 年 1 月 26 日に九州大学音響設計コースのテクニカルスタッフである堀桂太主催の実験・電子音楽のライブイベント「-PULSE-」が開催され、3 回目のライブパフォーマンスの実践を行った。過去 2 回の実践から得られた経験をもとに、新たな演奏方法を模索するという目的を設定した。それまで、白熱電球のシステムと LED レーザーのシステムはそれぞれ独立して操作していたが、今回は白熱電球の光をレーザーのシステムに影響を与えるように演奏を行った。

6. 考察

ライブパフォーマンスを通して得られた知見を整理し、本楽器の表現特性および演奏行為のあり方について以下の 4 点について考察を行った。

1. 信号の同一性による構造と同期と物理的介入
2. 予測不可能性
3. 機器の特性の可視化・可聴化
4. ライブパフォーマンスにおける楽器

6.1. 信号の同一性による構造と同期と物理的介入

光と音が同一の信号によって生成される本楽器においては、光への操作がそのまま音響信号への操作となる。例えば、太陽電池を手で覆うといった行為は、音を操作するという演奏そのものであり、同時に演奏者の身体は楽器の一部として機能する。

さらに、この関係は一方向的なものではない。No-input Mixer を操作して音を変化させることは、同時に光源の発光状態にも影響を与え、光と音は相互に影響し合いながら変化する。このように、本楽器において視覚と聴覚は、因果的に分離できない単一のプロセスとして結びついている。

以上のことから、本楽器における「信号の同一性」は、視聴覚の完全な同期を実現するだけでなく、演奏者の身体的行為を信号処理の一部として取り込む構造を生み出している。この構造こそが、光のフィードバックを用いた本楽器の表現的特性を規定する重要な要因である。

6.2. 予測不可能性

本楽器がもつ予測不可能性は、No-input Mixer に通じる性質を備えつつも、暗転した環境下において演奏者の視覚情報を制限することで、より複雑なものとなっている。本実践のライブパフォーマンスでは、会場を暗転させ、外部光を極力排除する環境が意図的に設定された。その結果、演奏者は点滅する光のみを手がかりとして楽器を操作することになり、視覚情報が大きく制限された状態で演奏を行う必要があった。このような環境は、演奏者の身体的な操作精度にも影響を与え、意図した操作とは異なる結果を生じさせる要因となっていた。これは、即興演奏家であり、No-input Mixer の先駆的演奏者である中村としまるが No-input Mixer に対して「対等なパートナー」と語ったように (T. Mudd, 2023)、本楽器においても、楽器が演奏者の動きや感覚を制限することによって、単に演奏者が楽器を操作するという一方的な関係を排除し、楽器と演奏者の立場を対等なものにしている。

6.3. 機器の特性の可視化・可聴化

本楽器における光のフィードバックは、光源や太陽電池といった機器が本来備える固有の物理特性を顕在化させる。とりわけ、白熱電球と LED レーザーでは、

生成される音はそれぞれの特性を反映したものとなった。白熱電球の場合、フィラメントの熱慣性によって光量の変化が緩やかとなり、結果として低域成分が強調された連続的なサウンドが生成される。一方、レーザーでは半導体素子の高速な応答性により、高域ノイズや瞬間的な変化が鋭敏に反映される。このように本楽器は、光源の物理特性そのものを、音と光の両側面から可視化・可聴化する装置として機能している。

また、暗闇で行われるライブパフォーマンスでは、観客の意識が発光する光源とそれに照らされる太陽電池に向けられる。つまり、本楽器は演奏される際の環境を制限することによって、自身の存在を強く明らかにし、光源や太陽電池が信号生成に直接関与していることを明確に示している。

6.4. ライブパフォーマンスにおける楽器

本楽器における楽器性は、ライブパフォーマンスという状況との関係の中で立ち上がっていた。本実践では外部の光を遮断し、楽器が発生させる光のみが視覚情報として提示される環境を意図的に構築した。このような状況下では、観客の視覚的注意は必然的に光の挙動へと集中し、音の変化と同期して生起する光の明滅や強度の変化が、演奏の進行や状態を示す重要な手がかりとして機能していた。この点において演奏環境そのものを含めて楽器が成立しているといえる。暗転した空間、限定された視覚情報、点滅する光といった要素が組み合わさることで、音と光の関係性が強調され、ライブパフォーマンス全体が視聴覚的に統合された体験として立ち現れていた。

7. 結論

楽器制作および演奏実践を通じて、光と音が同一の信号から生成されることによる視聴覚の同期は、演奏者の身体的な操作をフィードバック・システムの内部に取り込む構造をもつことが示された。すなわち、光を変化させる行為と音を変化させる行為が分離された操作ではなく、同一の事象として成立している点に本楽器の特徴がある。演奏者が光源と太陽電池の間に存在する空間を変化させることで音が変わり、同時に No-input Mixer の操作によって音が変わると光の状態も変化するという、双方向的な関係が形成されていた。このような構造は、視覚と聴覚を編集的に同期させる先事例とは異なり、同一ソースに基づく構造的な視聴覚同期を実現している点において、独自の音楽表現をもたらしている。これにより、演奏行為は音響操作に限定されるものではなく、空間への身体的介入を含むものとして再構成され、演奏者と楽器、さらには演奏空間との関係性に新たな操作性と知覚の在り方が提示さ

れた。また、本楽器は、その演奏における環境の制約によって、光源と太陽電池の存在や楽器と人間のインタラクションを強く印象づけるものとなった。暗闇で行われるライブパフォーマンスにおいて、発光する光源と照らされる太陽電池は、音を生成する素材であると同時に、その存在を強く誇示している。また暗闇という環境は、演奏者の自由を制限するものであり、演奏者と楽器のインタラクションを強要するものであった。以上のことから、本楽器は単なる音響生成装置にとどまらず、音と光、演奏者とシステム、素材と表現との関係を再考するための装置として機能しているといえる。その点において、本研究は現代の音楽表現における一つの可能性を提示するものとなった。

8. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科研費 [23K17267][JP23K25288] の支援を受け実施された。

9. 参考文献

- T. Mudd (2023) 「Playing with Feedback: Unpredictability, Immediacy, and Entangled Agency in the No-input Mixing Desk.」 『Proceedings of ACM CHI '23』 No.243. 1-11.
- Cathy van Eck (2017) 『Between Air and Electricity. Microphones and Loudspeakers as Musical Instruments』, Bloomsbury Academic.
- 末松安晴, 藤井信生 (1999) 『電子回路入門』 実数出版
- Alan Chamberlain (2018) 「Surfing with Sound: An Ethnography of the Art of No-Input Mixing: Starting to Understand Risk, Control and Feedback in Musical Performance.」 『AM '18: Proceedings of the Audio Mostly 2018 on Sound in Immersion and Emotion.』 Article No.32, 1-5
- 久保田晃弘, 畠中実 (2018) 『メディア・アート原論：あなたは、いったい何を探し求めているのか?』, フィルムアート社
- 谷口文和, 中川克志, 福田裕大 (2015) 『音響メディア史』 ナカニシヤ出版
- Bell, Alexander Graham (1880) 「The photophone」 『Science』 11. 130-134.

10. 参考作品

- Steve Reich (1968) \textyen it Pendulum Music.
- Jimi Hendrix (1970) \textyen it Machine Gun.

Cathy van Eck (2011) ¥it Music Stands.

岩井俊雄 (2000) Sound Lens.

Norman McLaren (1971) ¥it Synchrony.

伊東篤宏 (1998) OPTRON.

Mo Zareei (2015) ¥it Brutalist Noise Ensemble.

11. 著者プロフィール

相崎玲穂 (Reon AIZAKI)

2002 年生まれ。九州大学芸術工学部芸術工学科音響設計コース在籍。大学の授業で太陽電池の音を生成する仕組みに出会い、太陽電池を音楽に応用することを模索している。その中で光によるフィードバックを探求し、自身の自作楽器やサウンドアートに取り入れている。

城 一裕 (Kazuhiro JO)

1977 年生まれ。博士 (芸術工学)。英国ニューカッスル大学 CultureLab、東京藝術大学芸術情報センター [AMC]、情報科学芸術大学院大学 [IAMAS] を経て、2016 年 3 月より九州大学大学院芸術工学研究院音響設計部門准教授。専門はメディア・アート。現在の主なプロジェクトには「LifeintheGroove」、「TheSINEWAVEORCHESTRA」、「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/> をご覧くださいか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。