

創作ノート

パラメータ化による音響評価要素の操作
「作品9 ソロフルートと音響合成のための室内楽」より
Operate elements of sound-evaluation using parameters
Cased by [Work No.9 Chamber Music for Solo Flute and Synthesize]

伊地知 昂大

Kodai IJICHI

名古屋学芸大学大学院

Nagoya University of Arts and Sciences

概要

2023年9月に制作した「作品9 ソロフルートと音響合成のための室内楽」はフルートの長い持続演奏音にコンピューターで生成した音響処理をリアルタイムに施すライブ・エレクトロニクス作品である。

電子音響音楽の誕生によって可能になった、音響に含まれる数値情報の操作によって音楽構造化する作曲手法を主題に定めている。デジタル技術と音楽の融合により、音に関する数値を別の要素へ転換することが可能になった背景を利用し、本作では、本来であればエンベロープに使われる数値の変化をフルートの演奏音に対するFFT変換によるフィルター効果でのイコライジング周波数の増減に適応させた。本作には具体的な音階等による楽曲進行は存在せず、その場で生成される音色の違いによって音楽構造化を実現させている。楽曲構成の根幹を担う音の変化の差異を電子音の音色決定に用いられているエンベロープの数値によって決定させた作品である。

[Work No.9 Chamber Music for Solo Flute and Synthesize] created in September 2023 is a Live-Electronics Performance work. This performance is a musical composition in which the operator treats the Acoustic process to the long tone a flute player plays.

Combination of digital technology and music enables us to convert sound-related values to other elements. The theme of this work is a compositional approach using sound-related values. In this work, numerical value changes, which are usually used with Envelope generators (A-D-S-R with synthesizers), are used for equalizing with Fast-Fourier-Transform (FFT).

In addition, the music progresses without musical scales—the produced difference of timbre constructs as music pieces

occasionally.

The feature of this work is that the music is composed with the Envelope value defining the difference of timbre.

1. 制作背景、電子音楽とパラメータ

本作品は電子音響音楽におけるエンベロープジェネレーターをデジタル音響処理のパラメーターに当てはめ、パラメータの変化によって音楽構造化したものである。その背景には音楽要素のパラメータ、特にエンベロープの数値変化をそれ以外の音楽要素に応用する表現の研究がある。

1.1. 音楽におけるパラメータ

音楽要素に含まれるパラメータについて、W・ギーゼラー著「20世紀の作曲 現代音楽の理論的展望」によると、

素材とは、響きと時間の複合体の「扱いは得る」ようにされた現象である。それゆえ、素材それ自体もやはり複合的であり、その部分的な構成要素、すなわちパラメーターを明らかにすることが必要となる。統計学から起こったこの概念では、まず第1に、振動数や振幅、持続時間、音響スペクトルといった、客観的に把握可能な物理学的な観察データが示されねばならなかった。その概念は1950年代に、知覚や表象によってもたらされた音響的特性にまで広がった。すなわち、(思いつくままの諸要素を記せば) 音高、音価、音色、強度、オクターヴの位置、アーティキュレーションなどや、また「音群」作法で言えば、音群の持続、音

集合、音の密度、音域、などの事象である。
(ギーゼラー, 1988)

とある。1950年ごろに音楽における素材のパラメータが注目され始めたが、それはこの時代にパラメータ=数によって音楽要素の構造化がされるようになったからである。

沼野雄司著「現代音楽史 闘争しつづける芸術のゆくえ」によると、セリエル技法に希望を見出した作家は調性という使い古されたシステムからの脱却を目指しながらも作り出すものを創作と呼ぶために対位法や和声法のような「制約」が必要だと考えていた。そこで一本の貫く糸として数による十二音技法を取り入れた。(沼野, 2021) 十二音技法を取り入れた作曲家たちは全体の統一のために数を音楽に導入し、そこからは歴史が証明しているように数によるシステムによって多様な楽曲が生み出されていった。

1.2. 素材パラメータと構造化の統合

素材のパラメータを明らかにすることは音楽構造化にパラメータが用いられるようになったからであるが、電子音楽においてこの両者に共通したパラメータという言葉が用いられる点を利用して素材の生成、操作からその構造化までを一貫させる手法も存在していた。

この例として、K・シュトックハウゼンの「習作II」は数による音楽形式の構造化と音響パラメータの操作が統合されたものの代表であろう。彼は完璧に数によってコントロールされた音響群による統べられた音楽を目指し、セリエル技法を音素材にまで厳密に適用するためにパラメータによって操作可能な電子的な音を駆使して作曲をした。例えば音高に関しては100Hzから $25\sqrt{5}$ の間隔で上昇する81段階の周波数スケールが用いられており、その一定間隔で並ぶ正弦波の5つずつの組み合わせによって混合音が合成されている。この5という数値に絡めて高さが設定された音の間隔も $25\sqrt{5}$ になっており、音価と音高が共通に数によって規定付けられている。この作品は作曲の1つのパラメータである音高の数比の関係を、数の規定の追求のために音楽構造にも適用させている。電子音楽特有のパラメータという言葉の共通性が、要素と要素を連携させて扱うためのものとして機能している。

1.3. エンベロープの全体への転用

本研究は音楽構造全体に転用させるために扱う音楽要素のパラメータとしてエンベロープの概念を選択した。

エンベロープは素材レベルで見たときの唯一の時間情報であり、それを楽曲表現に応用することに新規性を見出した。この研究において、エンベロープを「時

間によって変化するパラメータ」として捉える。1.1. 章、1.2. 章で述べた素材のパラメータを用いた全体の構造化の方法論を利用し、エンベロープのパラメータを音楽構造化に転用させる表現の可能性を追求する研究の第1段階としての出力が次章より論ずる、「作品9 ソロフルートと音響合成のための室内楽」である。

2. 「作品9 ソロフルートと音響合成のための室内楽」について

2.1. コンセプト

本作品、「作品9 ソロフルートと音響合成のための室内楽」は本稿冒頭の概要にも論述した通り、筆者の研究の第1段階の出力として制作されたものである。

電子音楽では音素材の時間的推移情報としてエンベロープの概念が広く使われている。そしてエンベロープも含め全ての要素が共通のパラメータという基準によって扱われている。

作品の背景にある研究は、エンベロープを「時間によって変化するパラメータ」として捉え、音楽のパラメータにある共通性を利用して音楽構造化に応用することで音楽表現を追求するものである。今作では研究の段階的な実践として時間による推移の要素は扱わず、推移した上下の変化量を別要素に当てはめることを狙った。

1章で例にあげた「習作II」はトータル・セリエリズム的に事前に設定した全てに適用できるパラメータによって音色から構造化までを一貫する作品であった。本作品は、音楽構造を認識させる役割を持った音色構成の決定のためにパラメータを利用し、そのパラメータの決定は事前に記譜した書面に基づいてリアルタイムに入力される。

2.2. ハードウェアセッティング、システム

舞台上には1人のフルート奏者と、音響プログラミングを操作し、音響合成をリアルタイムに施すオペレーター1人の合計2人が登壇する。2人は完全に向かい合う形ではなく、ハの字の形に机を設置し完璧な対面でもなければ相互作用が0の状態でもない、その中間の様相を呈している。このセッティング形式は当初は完全にフルート奏者とPCオペレーターが向かい合う形であったが、リハーサルをしていく中で最終的な形に変化していった。

フルートの発音部にコンデンサーマイクを設置し、それが全体PAシステムに入力される。そこからPAミキサーのAux回線から舞台上にあるステージボックスを通して音響プログラミングが作動しているノートPCへオーディオインターフェースを経由して入力される。ノートPC内で作動している音響処理の最終的な音声

出力は4chとなっており、オーディオインターフェースによって全体PAシステムへと再度入力される。会場には四隅にスピーカーが1つずつ、計4つ配置されており、最終的な音はそこから出力される。

会場PA卓に音響担当者は配置しているが、あくまで出力ボリューム調整とハウリング対策に役割を留めており、各出力チャンネルのレベルは舞台上のPCオペレーターが担当する。

ステージ上のPCによって起動している音響合成は事前に記譜された書面に従ってオペレーターが操作しており、フルート奏者も作曲者によって記された譜面に従って演奏している。この譜面とプログラムの関係については後の2.4.章で記述する。

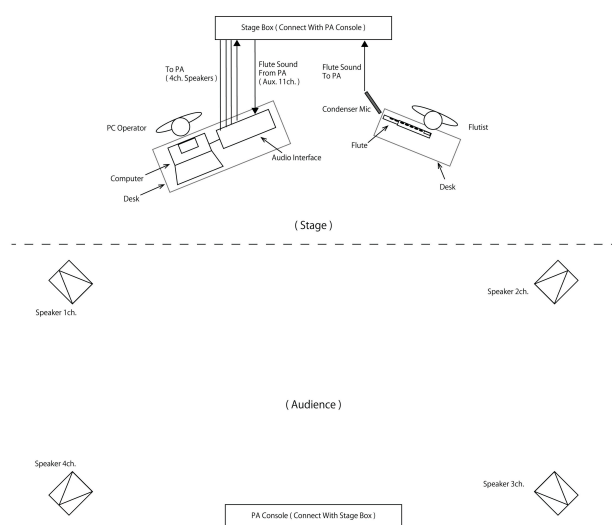


図 1: ステージセッティング図

2.3. ソフトウェアシステム

次に、舞台上のPC内で作動している音響合成のプログラミングについて述べる。音響合成はMax8 (Cycling'74)によって構築している。このシステムは大別して第1、第2の2つのセクションに分類される。第1セクションではMax8に備わっているオブジェクトにオペレーターが入力することによって数値のリストを作り出す。第2セクションではそれらの数値からFFT処理による音響合成をフルートの演奏音に施し、音楽構造化を行う。

2.3.1. 第1セクション 打点による操作入力

1つ目はオペレータによる操作を受け付けるセクションである。ここでオペレーターはMax8内に存在して

いる「function」オブジェクトを利用して、数値を入力する。「function」オブジェクトは枠内に複数の点を打ち込み、その点の0から最大値の幅で水平方向における位置を表したx座標、-1から1の幅で垂直方向の位置を表したy座標の数値を出力する機能を持っている。今回は最大値を7に設定、7点の打点によって図形の描画が完成するように設定した。

このオブジェクトはx座標、y座標をセットで一気に入りにリストの形で出力するが、座標セット間の数値の差異によって変化を作ることができる。この変化量が音響合成による音色変化を操作している。今回、入力による誤差を解消するために7つの点のx座標は全て打点した順に1から7の自然数になるようプログラム内で規定した。

今回は「function」オブジェクト内に7つの点を描画し、それによって生まれる形を「順行型」「逆行型」「反行型」「反行型の逆行型」の4つの形に計算式を用いて展開した。座標計算による図形の展開については2.5.章にて詳しく述べる。

2.3.2. 第2セクション FFT処理によるイコライジング

2つ目は「function」オブジェクトで生成された4図形の頂点の座標数値の変化を受け付け、フルートのコンデンサーマイクからの入力音に対してFFT処理、音色の変化を行うシステムが動作している。このシステムでは入力されたフルート音の周波数分布を0Hzから44100Hzの範囲内でFFT処理にて解析する。その周波数を7分割し、対象の周波数帯の音を増減させるEQを働かせている。つまり、7バンドのEQが働いているのと同様である。7バンドへの決定は制作における実験にて検証したフルートと音響合成の相性によるものであり、7バンドという決定から「function」オブジェクトの7に関する設定がされた。このEQのどのバンドを操作するかをx座標が、指定された帯域の音量増減を「function」オブジェクトで出力されたy座標が決定している。

4つの型に展開された「function」オブジェクトから、それぞれ送信された7つのx座標、y座標の数値セットによって4種類のFFT処理による音色変化が行われ、4つ全てが異なるスピーカーチャンネルから出力される。その対応は以下の通りである。

- 「順行型」によって形成されたEQ処理後の音声は再生チャンネル"1ch"
- 「逆行型」によって形成されたEQ処理後の音声は再生チャンネル"2ch"
- 「反行型」によって形成されたEQ処理後の音声は再生チャンネル"3ch"
- 「反行型の逆行型」によって形成されたEQ処理後の音声は再生チャンネル"4ch"

第2セクションにおける数のFFT処理への入力については2.6章で詳細を記述するが、第1セクションより送られた座標数値を受け取り、音色の変化のための数値として転用させているセクションである。このパラメータによるセクション間のやりとりには1.2章で述べた電子音楽によるパラメータの共通性が活用されている。

第1セクションでオペレーターが7つの座標を「function」オブジェクトに入力し、それによって4つの型の線図形が形成される。それらは数値のセットとして第2セクションに送られる。第2セクションではフルートの音に対してFFT処理が行われており、第1セクションからの数値に基づいてイコライジングによる4種類の音色変化が施される。生成された4種類の音は会場内に設置されたスピーカーからそれぞれ異なるチャンネルを通して出力される。

2.4. 記譜法とプログラムシステムの対応

前章で述べたソフトウェアプログラムは特殊な記譜法によって操作方法が事前に決められており、それによって舞台上のオペレーターは音響処理を施す。また、音響処理の対象となるフルートの演奏も作曲家が事前に記した譜面によって指示されている。

2.4.1. 音響合成用譜面

オペレーター用の譜面は下に添付されている「譜例1」(図2)の通りだが、指示書のような体裁をとっている。ここに登場する「X, Y」は前章に述べた「function」のx座標、y座標の数値に対応している。「n」は「function」内の入力によって数値が出力された回数、つまり打ち込んだ7点によって「function」内に直線図形が完成した回数を指す。オブジェクト譜面上半分の $x = 0$ 「 $0 \leq X \leq 7, -1 \leq Y \leq 1$ 」「Draw “n” Times on Max Patch at Any Time You Want.」「 $0 \leq X \leq 7$ 」は数値の条件を指定している。よって、「function」内でのx座標の数値は0から7の整数となり、y座標の数値は-1から1の範囲の数となる。この指示により、ある程度音色は制限されることになる。

「譜例1」の下にある表の形をしている部分は、上で規定した「X」の数値、そして描画回数の「n」、作品開始からの経過時間である「T」の数値を利用して「function」オブジェクトのy座標の値「Y」を導き出す4つの式を示している。オペレーターは経過時間「T」、そして「function」オブジェクトの描画回数「n」に従って4つの式から1つを選択する。例えば、作品開始から5分時点で「function」オブジェクトへの描画回数が4回目であれば、「T」は7以下、「n」は偶数であるので、左上の式にオペレーターが定める「X」の数値を代入し、「Y」の数値を導き出し、

「function」オブジェクトに「X」をx座標として、「Y」をy座標として入力する。このy座標の数値はフルートに対する音響合成の音色生成を決定づけている。これについては2.6章で詳しく記述する。

この式、譜面の特徴は作品が始まってからの経過時間が音色に影響する点にある。ここで決定される数値「Y」は「T」によって大きく左右される。式の中で「X」によって作られた数、左上の式であれば「 $(1-X/10)$ 」の項に経過時間をかけることによって、導き出される「Y」の数値の絶対値は大きくなり、その結果、FFTのシステムによって行われるイコライジングの増減は大きくなる。つまり、経過時間が増えるに連れて、音色のレンジが大きくなる展開が式の中に含まれている。

No.9 -Chamber Music for Solo Flute and Synthesizer-
Kodai UCHI

For Max Operate
 $0 \leq X \leq 7, -1 \leq Y \leq 1$
Draw “n” Times on Max Patch at Any Time You Want.

$0 \leq X \leq 7$ is whole number ≤ 7

| | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------------|
| T | $T \leq 7$ | |
| "n" is an even number | "n" is an even number | |
| $Y = t * (1 - X/10) / 5$ | $Y = t * (1 - X/10) / 10$ | |
| "n" is not an even number | "n" is not an even number | |
| $Y = t * (X/10 - 1) / 5$ | $Y = t * (X/10 - 1) / 10$ | |
| | $7 < T$ | T = Time (min) |

図2: 「譜例1」音響合成用譜面

2.4.2. フルート奏者用譜面

本章では、フルート奏者が作中で演奏する「譜例2」(図3)について記述する。フルート奏者には、同段内での音高の移動にはすべて倍音奏法を用いるように指示をしている。倍音奏法とは同じ運指の形のまま、フルートの管内に吹き込む息の量を増やしていくことによって【(基音) → (基音の1オクターブ上の音) → (基音の1オクターブ上の音の5度上の音)】へと音を「飛ばす」ことができる。例えば、Cの音の指の形のまま息圧を上げていくと、次は1オクターブ上のC音、そしてG音と音が移っていく。音階的に音を移高させること「ノンリニア」と表すならば、倍音奏法によって音高を操作することは「リニア」的と言えるだろう。譜面内の「You Can't Change Your Finger Form While Your Performance.」がその該当部分である。これは作曲上の

狙いがあり、具体的な音階よりも音響的な素材要素としてフルートの演奏音を使用したかったためである。音響的に利用することによって、フルートの音階ではなく、音響合成の音色の変化によって楽曲の進行を観客に意識させることを狙った。この狙いはフルート譜面内のデザインにも反映している。譜面を一読して、真っ先に目が行くのが五線譜の途中が白塗りされている点であろう。これは、音階をあまり意識せずに音を移動させて欲しいという制作者の意図を含んでいる。五線譜の横線軸は音階を示す基準となり、これで音符という記号の位置が判明するからこそ、音高を識別することができる。その基準を歯抜きにして排除することによって、具体的な音高情報を排除された音響として演奏時にも意識の段階で扱われることを狙った。

次に、各音符の上下に存在している特殊な装飾記号と、特異的なテンポ・拍子設定である。音符の上に乗っている数字とフェルマータは、「秒数指定のフェルマータ」の意味である。フェルマータは元々「程よく音を伸ばす」という意味であるが、その伸ばす時間を2秒と指定している。これはJ・クラムの記譜法を引用している。音符の下の「+ → ○」は「+から○まで、徐々に変化させる」という意味である。これは現代音楽の標準的な記譜法に由来しており、その段の最初の音から最後の音まで徐々に響きとして変化させて欲しい、という意図を含めている。ここにも、フルートの音を響きの形で利用したいという作曲上の用途が存在している。最後に、通常ではあまり見られないテンポ、拍子設定についてである。この設定は、譜面構想の初期段階では設けていなかった。特殊なフェルマータと口頭でのディレクションによって時間指定、実時間に従った作品進行であることを伝えたが、その際にフルート奏者がテンポと拍のカウントによってフェルマータの長さを測っていたため追加した。

この実時間ベースによって進行するフルート譜面は、音響合成プログラムによってフルート音が操作され、それが音楽構造となる本作の前提が存在するためである。通常の記譜法であれば時間に関する記述は冒頭に述べた通り相対的な表現しか存在せず、実時間によって進行する音響プログラムと連携させるには不具合が生じることがある。それを解消するために、スコアフォロー機能をプログラムに搭載させ楽器演奏とプログラムの動作を繋げる手法が多く取られる。しかし、その手法ではあくまで器楽音によってトリガーされたプログラムが動作するという構図になり、楽器及び演奏者が音響合成を操作するというある種の支配構造が生まれ、本作には適さないという考えに至った。そのため、音響合成プログラムに合わせて実時間に基づいた記譜法を考案した。

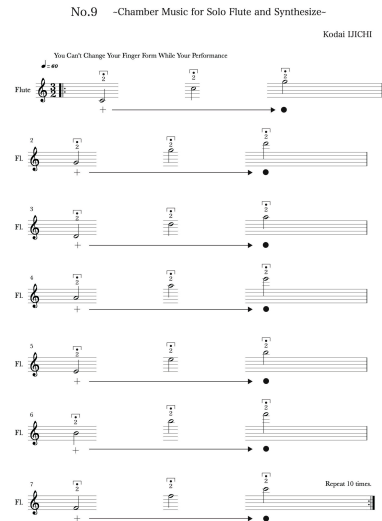


図3: [譜例2] フルード奏者用譜面

2.5. 線図形の音楽構造のためのセリエル的展開

ソフトウェアシステム内の第1セクションにてオペレーターがプログラム内の「function」オブジェクトに入力して描画された線図形は数字情報のパラメータとしてFFT処理をするセクションへと送られるが、その前に2.3.1.章で述べたように、「順行型」「逆行型」「反行型」「反行型の逆行型」の4つの形に展開される。これらの形は、現代音楽の伝統的な手法である十二音技法に倣ったものである。

「順行型」は入力された図形の形そのままの型である。「逆行型」は図形を左右反転させ、「順行型」を逆から読んだものである。「反行型」は「順行型」の図形を上下反転させたものであり、「反行型の逆行型」は「順行型」を上下左右逆に展開させた。

この展開技法は音響合成プログラムの表現幅を拡げるために採用した。そもそものセリエリズムでは音列による表現の拡張のために旋律という素材を一つの形として捉え、構造化のために4つの展開形式が使われている。この図形的な捉え方による拡張の方法と今回の図形入力による音色操作の間に共通性を見出し、オペレーターの打点によって形成された線図形を4つのセリエルの形に展開し、音楽構造化の材料とした。

そしてこの展開が可能になったのは、描画される図形がx座標、y座標のデータを持った点によって構築されているからである。数によって座標を操作することができるので、計算式によって形を自由に変形することが可能である。ここにもパラメータによって要素を制御している利点が存在している。

ここからは実際の展開方法、図形の制御について述

べる。まず、本作で描画による入力には前にも述べたとおり Max8 内に実装されている「function」オブジェクトを利用した。ここで入力された7つの点によって一つの直線状の図形を描画する。それぞれの点を持っている座標点の情報を「function」オブジェクトの最大値の数と比較したり、絶対値をとる計算プログラムを事前に用意することで入力された図形をリアルタイムに反転させたり、反行させたりすることが可能になる。この計算処理については下図に解説する。下図の解説では3点に簡略化したもので図形を描画している。

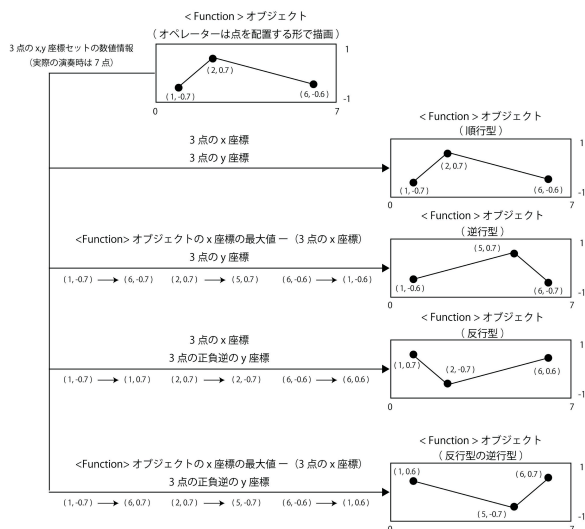


図4: 「function」オブジェクトの展開

ここで4つに展開された「function」オブジェクトのそれぞれから数値情報が吐き出され、音響合成プログラムの第2セクション、FFT変換のイコライジング操作のパラメータとして使われる。

2.6. 入力されたパラメータのFFT変換への適応

2.3.、2.5. 章で述べた通り、4つに展開された「function」オブジェクトのそれぞれから7つの数値セットをシステムの第2セクションが受け取り、フルートの演奏音に対してリアルタイムでFFT処理、イコライジングを行う。フルートの入力音をFFT処理にて解析、それを0~44100Hzの枠内で7分割する。そしてオペレータによって入力される数値情報に基づいて分割した周波数帯の指定と、その帯域の増減が行われる。

受け取った数値情報は7点の座標データなので、x座標、y座標の7セットの状態第2セクションに送信される。7点間の座標の差をそれぞれ取ることで、x座標は横の推移情報となり、y座標は縦の差分情報となる。今回は2.1. 章で述べた通り上下の変化量に該当

するy座標の情報のみを扱った。x座標は操作するEQのバンドの指定にとどめた。

第2セクションに入力されるy座標の上下情報は設定した「function」オブジェクトに基づき、-1から1の間を取る。これに対し、fft処理によって作動するEQも0を基準に最大音量を1、最小音量を-1としている。「function」オブジェクトの数値とFFT処理によるEQの数値が共通であるため、y座標の数値をそのままEQの増減の決定に転用している。

入力された数値は7つの座標セットであるが、そのうちの1点のx座標が1、y座標が0.8、であれば0~6300Hzの周波数帯の音量が入力された音を0として0.8まで持ち上げられる。2.5. 章で用いた3点に簡略化した図を用いてシステムの解説図を下に掲載する。ここでは3点による入力であるため、便宜上EQも3バンドとして扱うが、本来は7バンドである。

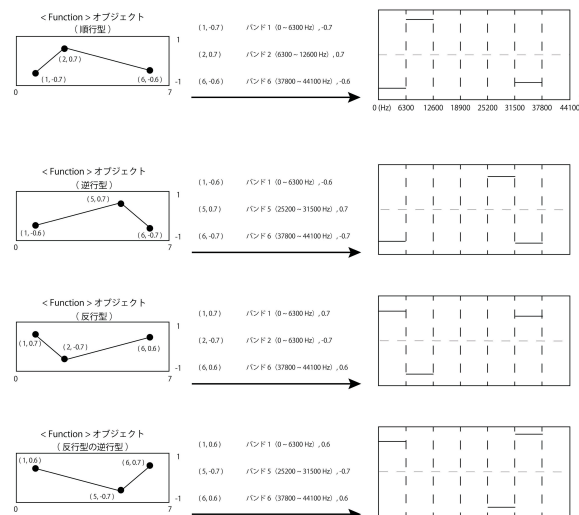


図5: 座標数値のEQへの転用

前章にあげた通り、第1セクションにて1回の図形描画で同時に4種類に展開された図形が生成され、それぞれから7点の座標セットの数値リストが送られる。そこから4つのEQの形が生成され、4種類の音響合成が生み出され、2.3.2. 章で述べた通り会場の4隅に設置されたスピーカーからそれぞれバラバラに音声出力される。この4つのEQによる音の重なりが音楽作品としての音の複雑さ、厚みを作っている。そして、EQの形がリアルタイムの入力によって変化していくことで音楽構造を実現している。

3. まとめ、今後の展望

本作では時間によって変化するパラメータを音楽構造へと転換することを狙う研究の第1段階として、時間によって変動する横の動きは考えずに上下の推移量のみを扱った。それにより、本作では線図形の描画に基づく音色変化を行うシステムへと結果的にはなったが、素直にパラメータの変化量を取り扱うことは可能になった。

そのため、次作品以降では横の推移による変動、つまり今作で実現した増減の変化に時間による動きを付与することを狙う。その実現に向けて、研究の中でパラメータにおける時間情報、さらには音楽にとってのパラメータは何なのかについて追求する。現時点では音楽要素間で共通の基準と認識しているが、古来の記譜法と圧倒的に区別可能な点が両者の間には存在していると考え、その分岐点を明らかにする。

4. 謝辞

本作の実現にあたり作曲段階から実際の演奏におけるまで、制作者に音楽的、そしてフルート奏者として多くの知見をご提供頂き、また完璧に制作者の意図を把握した状態で初演を実現して下さった田中咲名氏へ深く感謝致します。

5. 参考文献

ヴァルター・ギーゼラー 佐野光司訳 (1988) 『20世紀の作曲 現代音楽の理論的展望』B章 音響現象と音楽的素材 (c) 素材の部分規定としてのパラメーター, 33, 音楽之友社.

沼野雄司 (2021) 『現代音楽史 闘争しつづける芸術のゆくえ』4章抵抗の手段としての数十二音技法の再発見-解凍された頽廢音楽, 114-119, 中公新書.

6. 参考作品

カールハインツ・シュトックハウゼン (1954) 『習作II』

7. 著者プロフィール

伊地知昂大 (Kodai LJICHI)

名古屋学芸大学 大学院 メディア造形研究科メディア造形専攻 修士課程所属。

幼少期から楽器演奏に触れていたが、大学入学時に電子音楽・サウンドを用いたパフォーマンスと出会い、

以後、音楽を本格的に専攻するようになる。主に作曲・演奏パフォーマンス・舞台音響を鈴木悦久氏らに師事。専門分野は電子音響音楽。

「時間変化パラメータによるメディア表現」をキーワードに研究を行い、プログラミングによる作曲やラップトップ、電子楽器などを使用した演奏パフォーマンスの活動を行っている。



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。