

# 先端芸術音楽創作学会 会報

## 今号のコンテンツ

**研究報告** “Arioso immodicus II for Zephyros” における緊張度構造を利用したアルゴリズム作曲について 中川 善裕 (埼玉工業大学)

**研究報告** 群の生成系としての音程スケール 田中 翼, 古川 聖 (東京芸術大学)

**作品解説** サウンド/パフォーマンス・ハイブリッドによる音楽 – 自作作品の創作手法  
小坂 直敏 (東京電機大学)

**研究報告** 音叢による音楽—今史朗《偏光》におけるクラスター技法 中村 滋延 (九州大学)

**作品解説** 声と身体動作を用いた参加型サウンドインスタレーション Body/Shout/Sequence  
の制作 松村誠一郎 (東京工科大学)

**作品解説** 自動演奏ピアノを用いたアンサンブル作品 鈴木 悦久 (名古屋市立大学)

**Research Report** Multimedia suite: Blind | The world where I can't be but you  
live in  
畠山 晶子 (ブラウン大学)

**Lecture** The Visual Music of Matthew Greenbaum  
マシュー・グリーンバウム (テンプル大学)

**連載** SuperCollider チュートリアル (1) 美山 千香土 (ケルン音楽舞踏大学)

## 研究報告

# “ARIOSO IMMODICUS II FOR ZEPHYROS” における 緊張度構造を利用したアルゴリズム作曲について ALGORITHM COMPOSITION USING THE STRUCTURE OF TENSION DEGREE OF “ARIOSO IMMODICUS II FOR ZEPHYROS”

中川 善裕

Yoshihiro NAKAGAWA

埼玉工業大学人間社会学部情報社会学科

Department of Informational Society Studies, Saitama Institute of Technology

## 概要

2012年12月に発表された“*Arioso immodicus II for Zephyros*”は、ゼフィロスというスライド付きトランペットの為の作品であり、コンピュータを用いて作曲された。この楽曲における創作手法について解説する。

“*Arioso immodicus II for Zephyros*”, which was performed on December 2012, was composed by using a computer for *Zephyros* which is the trumpet with a slide. I will explain creation method in this piece.

## 1. はじめに

“*Arioso immodicus*”はトランペット奏者の曾我部清典氏の委嘱により作曲された作品で、Iが2004年に、IIが2012年12月に同氏により初演されている。この作品は、ゼフュロス [1] というピストンとスライドの2つの音程制御機能を持つ創作楽器の為に作曲された作品である。当初、この2つの音程機能を用いることにより、微分リズムや不完全連符を用いた非拍節的リズムを歪んだ空間性を“うた”の中に取り入れることを目的として作曲されたが、IIでは、Iの基本的な素材は受け継ぎながらも、音列、リズム、拍構造などのパラメータ処理を、コンピュータを用いて制御する手法を試みている。この曲は現在、ワークインプログレスとして様々な手法を用いながら作品を追加してゆく事が検討されている。

## 2. 楽的背景

作曲という行為は、音楽に内在する様々なパラメータの変化を、作曲者が意識的、或いは無意識的な思考によって、時間軸上に具体化する芸術行為と言える。作曲家が作品を創る際に、作曲家はそれらのパラメータから

主知的にいくつかを選択し、時間的な変化を与えることで作品が形成されると言える。本作品では音楽におけるリズムの役割を重要視し、旋律を“うた”という極めて単純化された形式に当てはめることで、他の音楽的な要素に聴衆の耳が向かうよう設計された。特にこの作品においてはリズムを重視し、音楽における緊張度を変化させる主要な要素としての役割をリズムに与えることにした。例えば、“*Arioso immodicus*”におけるリズムは、定拍的なパルスが、音符の付加、削減等により一定しない拍節構造を発生させることで、緊張度の変化を引き起こしている。また、不完全な連符を用いる事で歪んだ空間を発生させ、緊張度の増減を生み出す役割を果たしている事になる(図1)。ここでは一定しないパルスが音楽を構成するうえで重要な役割を果たしている。



図1. Arioso immodicus I

## 3. 音楽におけるパルス

音楽とは、音楽上の時間的な変化とそこに内在する統一性との相克の上に成り立つ芸術であると考えられる。音楽が時間的に変化する際、音高、音強、リズム、音色等のパラメータがそれぞれ、単独で、あるいは相互に関連し合いながら音響的に変化を成してゆく。この中の、リズムに着目してみると、リズムはパルスの上に存在し、そのパルス上で変化することによって、安定感と変化による多様性を確保できると考える事ができる。基本的にパルスは、楽曲構成上の大きな変化を要請されない限り、変化する事は無く、一定の安定した状況を音楽に与

えることに貢献しその役割を果たす。もちろん、テンポの変化によるパルスの不安定化は、楽曲構成上、段落上の区切りを導いたり、心理的な高揚感、収束感を演出する事は有るものの、基本的に不安的な状態を嫌うパラメータである。“Arioso immodicus I”では、このパルスの問題に着目し、不完全連符を用いてパルスの不安定化を図り、その変化による音楽的緊張感を構成上の主要な要件とした。

リズムは変化の度合いが減少し、一定の間隔で発音する単純なリズムになる事により限りなくパルスに近づく。“Arioso immodicus II”では、リズムをパルスと見立てる事により、連符の変化、不完全連符の導入と音間隔の休符の増減による緊張感の演出を図った。

#### 4. MAX による実装

II を作曲するにあたって、コンピュータを用い音楽上のパラメータの処理を行うこととしたが、プログラムの実装に際しては、I の冒頭の小節の音列構造を用いつつ、非拍節リズム、完結しない連符を、それぞれ緊張度を考慮しながら統合的に制御すると方法を模索した。制作システムは、各パラメータの計算処理を Max[2] で行い、LilyPond[3] で処理された内容を楽譜化する手法を用いた。

実装に際しては、楽曲上の構成を考慮し、3つの音楽的なブロック用プログラムが作成された。1つ目は「完全連符部」とも呼ぶべき“音程が固定された、1拍から4拍までの拍数の開始と終了の際に休符を持つ音形”(図2)。

2つ目は“複数の音高による不完全な連符を持つひと続きの音形”である「不完全連符部」(図3)。

3つ目は「挿入部」としての役割を果たす“最高音、足を踏み鳴らす、叫ぶ、というパフォーマンスを行う部分”。この3種類のプログラムによって作成されたデータを活用して作品を構成した。各ブロックにおいては、開始休符、終了休符、連符種、連符内休符、連符種の連関を、それぞれ確率テーブル、マルコフ連鎖等を用いてデータ作成を行った。



図 2. 完全連符部

#### 5. おわりに

当初、各パラメータの緊張度を統合的に利用し、前後関係や楽曲構造に反映させ、緊張度を構造的に利用し



図 3. 不完全連符部

てゆく方法を模索していたが、本作では最終的に、各ブロックで作成されたデータを、作曲者が取捨選択し再構成するという方法を採用した。作曲者の内的な思考を実際のプログラミングに反映させるのは、無意識的、意識的な思考の具体化と共に、音楽的パラメータの相互関係を把握する(または主知的に設定する)必要があり、その明確化が今後の課題となるだろう。

#### 6. 参考文献

- [1] ゼフュロス <http://www.jade.dti.ne.jp/~ebakos/zephyros/zephyros-J.html>
- [2] Max <http://cyclimg74.com/>
- [3] LilyPond <http://www.lilypond.org/>

#### 7. 著者プロフィール

##### 中川 善裕 (Yoshihiro NAKAGAWA)

1959年札幌生まれ。北海道教育大学札幌校教員養成課程(音楽)、東京芸術大学音楽学部作曲専攻、同大学院音楽研究科作曲専攻修士課程卒業。これまで作曲を木村雅信、南弘明、黛敏郎、林光の各氏に師事、電子音楽法を南弘明氏に師事した。1989年、長谷川良夫賞受賞(東京芸術大学)、同年、第58回日本音楽コンクール作曲部門(室内楽)入選、2003年、第25回交響楽振興財団作曲賞入選・奨励賞受賞。現在、埼玉工業大学人間社会学部情報社会学科デジタル表現コース(教授)、東京芸術大学音楽環境創造科(非常勤講師)、洗足学園大学音楽音響デザインコース(非常勤講師)において後進の指導にあたっている。日本電子音楽協会、日本作曲家協議会、各会員。

研究報告

群の生成系としての音程スケール  
INTERVAL SCALE AS GROUP GENERATORS

田中 翼, 古川 聖

Tsubasa TANAKA, Kiyoshi FURUKAWA

東京藝術大学

Tokyo University of the Arts

概要

本稿の目的は、音階の概念と対になる「音程スケール」という概念を提案することである。通常、音階を指定することは、出現しうる音高とそうでない音高を定めることを意味する。このとき、出現しうる二つの音高の間には音程が生じるが、それは音高を指定した結果、付随的に現れるものにすぎない。ここで逆の考え方をとり、出現しうる音程とそうでない音程を先に定め、音高を二次的とするような「音階」の概念を考えてみるとどうなるだろうか？本稿ではそのような概念を「音程スケール」と名付ける。そしてその可能性を探るため、音程スケールに基づくと解釈できるような楽曲の実例を挙げ、分析する。また音程スケールが代数学における群と関連が深いことを示し、群の生成の観点からその特徴を論じる。

The purpose of this paper is to propose the concept of “interval scale,” which is related to the concept of musical scale. Specifying a scale usually means determining the pitches that can and cannot appear. When we specify a scale, the intervals between two possible pitches are also determined; however, these intervals are only the results of specifying possible pitches, and they are usually of secondary importance. Here, what if we consider the inverse concept (i.e., the concept that determines possible intervals prior to possible pitches)? We call such a concept “interval scale.” In order to explore the possibility of this concept, we highlight musical pieces that can be interpreted as being based on interval scales and analyze the pieces. Moreover, we show that interval scale is related to group, which is an algebraic concept, and discuss its features from the viewpoint of group generation.

1. 音程スケールとは

音高と音程という概念は共に、音の高さに関係する点で共通性がある。12平均律においては、ピッチクラスの

集合と音程のクラスの集合は共に  $\mathbb{Z}_{12} = \{\bar{0}, \bar{1}, \bar{2}, \bar{3}, \bar{4}, \bar{5}, \bar{6}, \bar{7}, \bar{8}, \bar{9}, \bar{10}, \bar{11}\}$  となる。これらの数字はピッチや音程を、半音単位の個数を12で割った余りによって、オクターブの違いを同一視した類を表す。

音高の  $\mathbb{Z}_{12}$  は絶対的な音の高さを、音程の  $\mathbb{Z}_{12}$  は相対的な音の高さを表すが、音の高さという共通する部分があるため、両者の扱われ方には優先度の違い、あるいはコンフリクトが存在すると考えられる。例えば記譜法においては、音高は直接音符で表記されるが、音程は音符と音符の間から間接的に読み取られることになる。これは、音高が音程よりも優先度が高く扱われていることを意味すると考えられる。また、音階や和音は通常、音高の集合として指定される。音階の各要素間には音程が生じるが、それがどのような音程かは通常明示化されず、音程はやはり二次的なものとして扱われる。音程行ベクトル (interval vector) の概念 [1] においてはピッチクラスの内包する全ての音程が問題にされるが、それは、あるピッチクラス集合が決まった後からその中の音程の構成要素が分析されるにすぎない。このように、多くの場合において、音高は音程よりも優先される傾向があると考えられる。

ただし、音程が重視される場合もある。数字付き低音における和音の扱いは、和音をピッチの集合としてとらえず、ベース音からの音程度数によって表記することで、和音の転回形の差異を表している。このケースは、音高よりも音程が優先的に表記される例となっている。数字付き低音においては、和声の機能からは解釈しにくい和音が理解しやすくなることもある。

このように音高と音程をどちらを優先させるかによって、異なる音楽の見方が得られると考えられる。そのような問題意識のもと、本稿では音楽理論の基礎である音階について、音高よりも音程を重視した「音程スケール」という概念を提案し考察する。通常、音階を指定することは、出現しうる音高とそうでない音高を定めることを意味する。このとき、出現しうる二つの音高の間には音程が付随的に生じるが、音程はあくまで二次的であり、音

高を指定することの方が優先される。我々が提案する音程スケールとは、それとは逆の考え方をとり、出現しうる音程とそうでない音程を定めるものである。 $n$  平均律における音階がクロマティックスケール  $\mathbb{Z}_n$  のある部分集合であるように、我々は  $n$  平均律における音程スケールを、クロマティックな音程スケール  $\mathbb{Z}_n$  のある部分集合として定義する。

本稿の構成は以下の通りである。2章では音程スケールに基づいていると解釈できるような楽曲の実例を挙げて分析し、この概念の有用性を示す。3章では、音程スケールの理論的側面を扱い、群と呼ばれる代数的構造との関係を示し、群論的考察から音程スケールの作曲への応用において重要な2つの定理を示す。4章では、2章で挙げる楽曲例との関連で、12音音列を含む一般の音列に対して音列操作のなす群を定義し、音列操作が音程スケールに与える影響関係について議論する。5章では結論と今後の課題を述べる。

## 2. 音程スケールに基づく楽曲例

本章では音程のスケールに基づいていると解釈できるような2つの楽曲例を取り上げ、音程スケールの作曲への応用における有用性を示す。

### 2.1. リゲティ「エチュード第二番（開放弦）」

リゲティの作品『ピアノのためのエチュード第2番「開放弦（“Cordes à vide”）」』[2]は「開放弦」というタイトルからもわかるように、完全5度音程の上下行（5と7の音程）を中心に楽曲が作られている。図1にこの曲の冒頭を示す。



図1. リゲティ「エチュード第二番」冒頭。数字は半音を単位とした音程を表す。

第2小節目の終わりまでの8分音符の旋律的音程を全て集めると  $\{5, 6, 7, 8\}$  という音程スケールが構成される。これは要素数が少なく、音程が連続しているという特徴をもつ。音程6および8は5と7にそれぞれ隣接することで、完全5度の動きを緩やかにトランスポートすることを可能にし、同じピッチクラスへの膠着を防ぐ役割を担っていると考えられる。他方、ピッチに関しては、右手パートの二つ目のスラーの終わりの時点までには全てのピッチクラスが早くも出現するため、クロマティッ

クスケール  $\mathbb{Z}_{12}$  に基づくと解釈できる。音程スケールに基づくとき、音高のスケールがクロマティックになるのは偶然ではない。なぜなら例えば7のみの音程だけでも、五度圏をたどることで全てのピッチクラスが出現しうるからである。逆に言えば、クロマティックな無調音楽であっても、実は要素数の小さい音程スケールが使用され、響きがコントロールされているケースが想定されうる。この曲はそのようなケースであり、ピッチにおいて無調であるにもかかわらずある種の協和的な響きのする楽曲が実現している。それは音程スケールのもたらした効果だととらえることができるだろう。

### 2.2. ベルク「ヴァイオリン協奏曲」の音列

柴田南雄は文献[3]において、シェーンベルクが12音技法や無調という言葉を使っておらず、「相互の間の関係のみに依存している12個の音による作曲の方法」と称していたことに注意を向けている。そして、12音音楽といえども調性感をも積極的に包含する可能性があり、12音音列の機械的適用を超えた未知の秩序を見いだしようというスタンスで12音音楽を論じている。また小鍛冶邦隆は文献[4]において、調性音楽と無調音楽の接点における創作の方法を探るため、ベルクの「ヴォツェック」の分析を行っている。ここで手がかりになっているのは「調的要素」としての音程である。このように、音程の分析は無調音楽の中の調性感を理解する手がかりになると考えられる。

ここでは、12音音楽における調性感にとっての音程の重要性を良く示す例として、ベルクの「ヴァイオリン協奏曲」の12音音列をとりあげてみよう（図2）。



図2. ベルク「ヴァイオリン協奏曲」の12音音列。

この音列の構成法は容易に見てとれる。始めは長三度と短三度の音程が規則的に現れ、最後の三つの音程が全音となっている。これらの音程を集めた集合は  $\{2, 3, 4\}$  という音程スケールをなす。長短の三度音程や、全音の音程は、調性音楽の特徴を表す重要な音程であり、それがこの曲の調性感につながっていると考えられる。

このような音列とは対極的に、0を除く11種類全ての音程が出現する総音程音列という考え方がある。これは音程スケール  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\}$  に基づく音列として捉え直すことができる。これによって、ピッチだけでなく音程についても全ての種類を偏りなく用い、調性感を持たないような組織化がもたらされると考えられる。いずれにしても音程スケールの概念は、無調音楽や12音音楽の響きをコントロールする原理として有用

だと考えられる。

### 3. 群論的考察

前章では実際の楽曲の背後に音程スケールを見いだした。リゲティ作品の音程スケール  $\{\bar{5}, \bar{6}, \bar{7}, \bar{8}\}$  やベルク作品の音程スケール  $\{\bar{2}, \bar{3}, \bar{4}\}$  は要素数が少なく、連続しているという特徴を共有する。音程スケールの選び方は多数ある中で、このような選択はどのような意味があるのだろうか？また、音程スケールを実際に用いて音楽作品を作る場合、適切な音程スケールをどのように選択すれば良いだろうか？このような問題への対処の指針を得るため、本章では、 $n$  平均律における  $\mathbb{Z}_n$  の中での音程スケールについて数学的考察を行い、大域的な見地から音程スケールの理解を深めていく。

#### 3.1. 音程のなす群

$n$  平均律のピッチクラス集合およびピッチ間の音程のクラスの集合は共に  $\mathbb{Z}_n = \{\bar{0}, \bar{1}, \dots, \overline{n-1}\}$  になる。数学的には  $\mathbb{Z}_n$  は単なる要素の集合であるだけでなく、任意の2つの要素の足し算が定義された群という代数的構造を持つ（詳細は後に定義する）。しかし、 $\mathbb{Z}_n$  をピッチクラスの集合としてみたときには、群としての  $\mathbb{Z}_n$  の足し算に音楽的な意味を見いだすことは困難である。つまりピッチクラス A とピッチクラス B を足した結果が別のピッチクラスを表すというような足し算（例えば  $n = 12$  のとき、 $\bar{2} + \bar{10} = \bar{0}$ ）を考えても、そこに何の意味があるのかが解釈しにくい。他方、 $\mathbb{Z}_n$  を音程のクラスの集合としてみると、音程 A と音程 B を足すと音程 C になる（例えば3半音 + 4半音 = 7半音）というように、足し算が自然な意味をもつ。したがって群論的には、ピッチクラスの集合ではなく、音程のクラスの集合としての  $\mathbb{Z}_n$  が興味深い対象である。

#### 3.2. 巡回群と五度圏

$\mathbb{Z}_n$  は  $n$  個の要素をもち、それらのあらゆる元は  $\bar{1}$ ,  $\bar{1} + \bar{1} = \bar{2}$ ,  $\bar{1} + \bar{1} + \bar{1} = \bar{3}$ ,  $\dots$ ,  $\bar{1} + \bar{1} + \dots + \bar{1} = \overline{n-1}$  というように、 $\bar{1}$  という最小単位の音程上昇を表す一つの元を一つづつ足していくことで尽くされる。そして、 $n$  個足したとき、最初の  $\bar{0}$  という地点に戻り、循環する。このように、群  $G$  が一つの元  $g \in G$  の  $n$  個までの和の循環によって尽くされる群は位数  $n$  の巡回群と呼ばれる。そしてこの  $g$  は巡回群の生成元と呼ばれる。

一般に、生成元の取り方は  $\bar{1}$  だけとは限らない。例えば12平均律における五度圏は、完全5度音程を表す元  $\bar{7}$  によって  $\{\bar{0}, \bar{7}, \bar{2}, \bar{9}, \bar{4}, \bar{11}, \bar{6}, \bar{1}, \bar{8}, \bar{3}, \bar{10}, \bar{5}, \bar{0}\}$  というように  $\mathbb{Z}_{12}$  が巡回群として逐次的に生成されていく過程と解釈できる。しかし、全音を表す音程  $\bar{2}$  を生成元に取り

うとすると、 $\{\bar{0}, \bar{2}, \bar{4}, \bar{6}, \bar{8}, \bar{10}\}$  と、偶数しか出現しないため  $\mathbb{Z}_{12}$  全体をカバーできず、生成できない。しかし、部分集合としての  $\{\bar{0}, \bar{2}, \bar{4}, \bar{6}, \bar{8}, \bar{10}\}$  はそれ自体群（部分群という）となり、 $\bar{2}$  はその生成元となっている。

#### 3.3. 五度圏の拡張としての音程スケール

このような生成は、二つ以上の元を用いて行うこともできる。すなわち、始めの基準ピッチクラスを  $\bar{0}$  として、前の音程に新たな音程のクラス  $\bar{a}_j \in \mathbb{Z}_{12}$  を足す、というふうにして音程のクラスの系列  $\{\bar{0}, \bar{a}_1, \bar{a}_1 + \bar{a}_2, \bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3, \dots\}$  を作っていくことで、様々な音程の系列を生み出すことができる。複数の元のときは、五度圏のような一通りの経路ではなく、複数の経路の可能性がある。その具体例がリゲティの楽曲において  $\{\bar{5}, \bar{6}, \bar{7}, \bar{8}\}$  の音程スケールによって生み出された図1のような旋律パターンや、ベルクの音列なのである。そして、あらゆる可能な経路のうちに出現する音程を全て集めた集合は、一つの元から生成された巡回群と同じように、ある群を生成することを示すことができる（次節以降参照）。このように、音程スケールに基づく旋律（音列）とは、逐次的に群を生成する過程そのものである。

ここで問題は、音程スケールに基づく旋律が最終的に生成する群とはどのようなものかということである。それは先にみたように  $\mathbb{Z}_n$  全体になることもあれば、出現しない音程のある、より小さな部分群になることもあるだろう。それは具体的な音程スケールの選択にかかっている。そこで次節以降では、音程スケールの選択がそこから生成される群とどのような関係にあるのかを明らかにしていく。そこで得る2つの定理は、音程スケールを用いて作曲する際に有用な知識となるだろう。

#### 3.4. 群論の基礎的概念

**定義 1** (群). 集合  $G$  の任意の元  $a, b$  に対し、ある二項演算  $ab$  が定義されており、 $ab \in G$  (演算について閉じている) とする。このとき  $G$  が群であるとは、この演算が次の三条件を満たすときにいう:

1.  $G$  の演算は結合法則を満たす。すなわち、任意の元  $a, b, c \in G$  に対して  $(ab)c = a(bc)$  が成り立つ。
2.  $G$  に単位元が存在する。すなわち、ある  $e \in G$  が存在し、任意の  $a \in G$  に対し、 $ae = ea = a$  となる。
3.  $G$  の任意の元に対して逆元が存在する。すなわち、任意の  $a \in G$  に対し、 $ab = ba = e$  となる  $b \in G$  が存在する。

$\mathbb{Z}_n$  は群の典型的な例の一つである。 $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_n (0 \leq a, b \leq n-1)$  とすると、 $a+b$  を  $n$  で割った余り  $c$  によ

て,  $\bar{a} + \bar{b} = \bar{c}$  という  $\mathbb{Z}_n$  の中での足し算 “+” が自然に定義できる. このとき単位元は  $\bar{0}$ ,  $\bar{a}$  の逆元は  $\overline{n-a}$  ( $\bar{n} = \bar{0}$ ) である. この逆元は  $-\bar{a}$  とも表記する.

**定義 2** (部分群, 群の位数). 群  $G$  の部分集合  $H$  がそれ自体群になっているとき  $H$  を部分群という.  $G$  の元の個数を  $G$  の位数という.

**定義 3** (巡回群, およびその生成元と位数).  $x \in G$  を  $k$  個演算 (演算を + で表記する) したものを  $x+x+\cdots+x$  を  $kx$ ,  $x$  の逆元を  $k$  個演算したものを  $(-x)+(-x)+\cdots+(-x)$  を  $-kx$ ,  $e$  を  $0x$  と書く. 群  $G$  のすべての元が, ある  $k \in \mathbb{Z}$  に対して  $kx$  で表せるとき,  $G$  を  $x$  で生成される巡回群といい,  $x$  を  $G$  の生成元という. このとき,  $G = \langle x \rangle$  と書く. このような  $x$  に対し  $kx = e$  となる最小の自然数  $n$  が存在するとき  $n$  を元  $x$  の位数という.

**定義 4** ( $S$  の生成する群, 群の生成系).  $G$  の部分集合  $S$  を含む最小の部分群を  $S$  の生成する部分群といい  $\langle S \rangle$  で表す.  $S$  は  $\langle S \rangle$  の生成系という.

$\langle S \rangle$  は必ず存在し, 次の  $T$  に一致する. すなわち,  $G$  の部分集合  $S$  元およびその逆元, 単位元を任意の個数足し合わせた元の集合  $T$  を次のように定義する:  $\{\epsilon_1 s_1 + \epsilon_2 s_2 + \cdots + \epsilon_r s_r \mid s_j \in S, \epsilon_j = \pm 1, r = 1, 2, \dots\}$ . これらの元は  $S$  を含み, かつ  $S$  を含む任意の群に含まなければならない集合である. また, この集合が群になることはすぐに定義から確認できる. したがってこれは  $S$  を含む最小の部分群であり, 定義から  $T$  は  $\langle S \rangle$  に一致する. このように  $\langle S \rangle$  は構成的に表示できる.

### 3.5. 音楽的概念の群論的定義

**定義 5** ( $n$  平均律の音程クラス, 音程スケール). 音程に関する  $\mathbb{Z}_n$  の要素を  $n$  平均律の音程クラス (あるいは誤解がなければ単に音程) と呼ぶ. また  $\mathbb{Z}_n$  の部分集合 (ただし要素数は 1 以上) を  $n$  平均律の音程スケールと呼ぶ.

**定義 6** (音程スケールの生成する半群). ある  $n$  平均律の音程スケール  $IS_n$  の元を任意の個数足し合わせたものの集合  $\{s_1 + s_2 + \cdots + s_r \mid s_j \in IS_n, r = 1, 2, \dots\}$  を  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  と表記し, 音程スケール  $IS_n$  の生成する半群と呼ぶ.

半群とは, 群の定義において, 単位元および逆元を持つという条件を除外した代数的構造である. 例えば, 整数の集合  $\mathbb{Z}$  が群であるのに対し, 自然数の集合  $\mathbb{N}$  は逆元としての負の整数および単位元  $0$  を持たないため半群である.  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  は, 音程スケールが生み出すことのできる音程を全て集めた集合である. 次節ではこの半群が各要素の逆元や単位元を持ち, 群になることを示す.

ここで表記上の約束事を述べておく.  $IS_n$  は  $n$  平均律

における, ある音程スケールをのこととする.  $IS_n$  は元の個数を  $i$  として  $\{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_i\}$  とも表記する. ただし  $x_j$  は  $0$  から  $n-1$  までの整数である. また  $IS_n$  のすべての元の最大公約数, すなわち  $\gcd(x_1, x_2, \dots, x_i)$  を  $d$  と表記する. ただし  $i=1$  のとき  $\gcd(x_1) = |x_1|$  とする ( $x_1$  が  $0$  または負の整数のときも含めてそのように定義).  $\langle IS_n \rangle$  が  $\mathbb{Z}_n$  に一致するとき,  $\langle IS_n \rangle$  はクロマティックであるという.

### 3.6. 補助的な命題

本節では後の論述に必要な二つの補助的命題を示す.

**補題 1.**  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  は群  $\langle IS_n \rangle$  に一致する.

*Proof.* 既に述べたように  $\mathbb{Z}_n$  は巡回群である. したがって, 巡回群の定義より, 位数  $n$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) の巡回群  $G$  の任意の元  $s$  は  $ns = e$  を満たす. また  $(n-1)s + s = ns = e$  より  $(n-1)s$  は  $s$  の逆元  $-s$  になる.  $s \in \langle\langle IS_n \rangle\rangle$  ならば  $(n-1)s \in \langle\langle IS_n \rangle\rangle$  なので,  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  には  $s$  の逆元が含まれる. したがって  $\langle IS_n \rangle$  の任意の元は  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  の元として書き表すことができ,  $\langle IS_n \rangle \subseteq \langle\langle IS_n \rangle\rangle$  となる. また  $\langle IS_n \rangle \supseteq \langle\langle IS_n \rangle\rangle$  は構成的な表示による定義より明らかである. したがって  $\langle IS_n \rangle = \langle\langle IS_n \rangle\rangle$  となる.  $\square$

この補題より,  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  の群としての生成系は音程スケール  $IS_n$  だと考えて良い. また半群  $\langle\langle IS_n \rangle\rangle$  が群になるということは, 音楽的には, 逆元によって音程移動の後戻りができることが保証されたことを意味する.

**補題 2** (ユークリッドの補題の一般化).  $i > 0$  であり, 各  $y_j$  は整数とする. このとき,  $\gcd(y_1, y_2, \dots, y_i) = d$  ならば  $a_1 y_1 + a_2 y_2 + \cdots + a_i y_i = d$  となるような整数の組  $a_1, a_2, \dots, a_i$  が存在する.

*Proof.* この命題は, ユークリッドの補題と呼ばれる有名な命題を一般化したものである. 数学的帰納法で命題を証明する.  $i=1$  のときは  $\gcd(y_1) = |y_1|$  より  $a_1 = 1$  または  $a_1 = -1$  とすれば命題が成り立つことがわかる. いま,  $i = k$  ( $k \leq 1$ ) のとき命題が成り立つと仮定する.  $i = k+1$  のときの命題の前提が成り立っているとすると  $\gcd(y_1, y_2, \dots, y_k, y_{k+1}) = d$ . これにより,  $\gcd(y_1, y_2, \dots, y_k)$  を  $D$  とおくと,  $\gcd(y_1, y_2, \dots, y_k, y_{k+1}) = \gcd(D, y_{k+1}) = d$  である. したがって  $k=2$  のときの命題により,  $AD + By_{k+1} = d$  となる整数の組  $A, B$  が存在する. また,  $i = k$  のとき命題が成り立つので,  $(a_1 y_1 + a_2 y_2 + \cdots + a_k y_k) = D$  となる  $a_1, a_2, \dots, a_k$  がとれる. 左辺を  $AD + By_{k+1} = d$  の  $D$  に代入すると,  $A(a_1 y_1 + a_2 y_2 + \cdots + a_k y_k) + By_{k+1} = d$  となる. こ

こでの  $y_i$  の係数をみれば,  $i = k + 1$  のとき命題が成り立っていることがわかる. 以上, 数学的帰納法により, 任意の  $i \geq 1$  に対して命題が証明された.  $\square$

### 3.7. 音程スケールに関する定理

前節で示した補題を用いて二つの重要な定理を示す. また, 第二の定理から導かれる系として,  $\langle IS_n \rangle$  がクロマティックになる条件に関わる実用上重要な帰結を示す.

**定理 1** (最大公約数による巡回群).  $\langle IS_n \rangle$  は  $IS_n$  の最大公約数  $d$  の音程クラス  $\bar{d}$  によって生成される巡回群  $\langle \bar{d} \rangle$  に一致する.

*Proof.*  $IS_n$  の全ての元は  $d$  の倍数だから  $\langle IS_n \rangle \subseteq \langle \bar{d} \rangle$  であることはすぐわかる. 次に  $\langle IS_n \rangle \supseteq \langle \bar{d} \rangle$  であることを示す. そのためには  $\bar{d} \in \langle IS_n \rangle$  であることを示せば良いが,  $IS_n$  の元  $x_1, x_2, \dots, x_i$  の最大公約数を  $d$  とすると, 補題 2 より  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_ix_i = d$  となる整数の組  $a_1, a_2, \dots, a_i$  がとれる. よって  $a_1\bar{x}_1 + a_2\bar{x}_2 + \dots + a_i\bar{x}_i = \bar{d}$  となり, 左辺は  $\langle IS_n \rangle$  の構成的な表示式で表現できるから  $\bar{d} \in \langle IS_n \rangle$  が成り立つ.  $\square$

この定理は,  $\langle IS_n \rangle$  が  $\bar{d}$  によって定まり, 分類できることを示す. 例えば  $\mathbb{Z}_{14}$  において,  $\{0, 8, 10\}$  および  $\{6, 8\}$  という両音程スケールは最大公約数 2 を持ったため, 同じ  $\langle 2 \rangle = \{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12\}$  という部分群の生成系であることがわかる.

**定理 2** (位数公式).  $\langle IS_n \rangle (= \langle \bar{d} \rangle)$  の位数は  $\frac{n}{\gcd(d,n)}$  である.

*Proof.*  $xd$  が  $n$  の倍数になる最小の  $x (\geq 1)$  が  $\bar{d}$  の位数である. そこで,  $xd = kn$  とおく ( $k \geq 0$ ).  $d \neq 0$  のとき,  $d = d_1 \gcd(d, n)$ ,  $n = n_1 \gcd(d, n)$  とおくと,  $x = \frac{kn_1}{d_1}$  である (ただし  $d_1$  と  $n_1$  は互いに素である).  $x$  が整数であり,  $d_1$  と  $n_1$  は互いに素であることから,  $k$  は  $d_1$  の倍数でなければならないが,  $x$  の最小性より  $k = d_1$  でなければならない. したがって,  $x = n_1 = \frac{n}{\gcd(d,n)}$ .  $d = 0$  のときは  $k = 0$  であり,  $xd = kn$  を満たす最小の  $x (\geq 1)$  は 1 である. また  $\gcd(0, n) = n$  だから公式が成り立つ.  $\square$

この定理から, 部分群がクロマティックになる条件に関する次の二つの系が導かれる.

**系 1** (クロマティックになる条件).  $\langle IS_n \rangle$  がクロマティックになる必要十分条件は  $d$  が  $n$  と互いに素であることである.

*Proof.* 定理 2 より,  $IS_n$  がクロマティック  $\iff \gcd(d, n) = 1 \iff d$  が  $n$  と互いに素.  $\square$

この系より, 特に  $n$  が素数で  $d > 0$  のときは,  $d$  と  $n$  が互いに素なので  $\langle IS_n \rangle$  が常にクロマティックになることがわかる.

**系 2** (連続する 2 元を含む場合).  $IS_n$  が連続する二つの元  $\bar{x}, \overline{x+1} (x = 0, 1, \dots, n-1)$  を含むとき,  $\langle IS_n \rangle$  はクロマティックになる.

*Proof.*  $x$  と  $x+1$  は互いに素だから  $d = 1$ . よって定理 2 から  $\langle IS_n \rangle$  の位数は  $n$  となり,  $\langle IS_n \rangle$  は  $\mathbb{Z}_n$  に一致する.  $\square$

### 3.8. 定理の意味

以上の群論的考察から, 本章の冒頭の問題に立ち戻り, 示した定理と系の意義を考えてみる.

適切な音程スケールを選択する方法については次のことがいえる. 定理 1 と系 1 から, もしピッチがクロマティックであることを志向しないならば,  $n$  と互いに素でない  $d$  を選んでその倍数から音程スケールを構成し, 最終的に  $d$  が最大公約数になるように調整すれば,  $\langle IS_n \rangle$  を一定にコントロールできる. また  $\langle IS_n \rangle$  の位数は定理 2 から計算することができる. ただしこの場合, 位数は  $n/2, n/3$  などといった極めて制限された個数のピッチクラスしか出現しない. したがって, たとえば 24 平均律の調律でありながら, 12 平均律の音しか使用しないといった不経済をもたらすため, そもそもその調律を使用する意義が弱まる恐れがある. しかし曲中のあるセクションを部分群内の音程に限定して作曲したり, 声部ごとに異なる部分群を用いるといった手法をとるなどの際には,  $n$  と互いに素でない  $d$  の使い道があるだろう. クロマティックであることを志向するならば,  $n$  と互いに素な  $d$  を選び, その倍数の中から音程を選んで音程スケールを構成し, 最終的に  $d$  が最大公約数になるように調整すればよい. 特に  $d = 1$  と設定する場合は系 2 より, 連続する二つの音程などの互いに素な二つの元をとり, その後に他のいくつかの元を加えるのが有力な構成法となるだろう.

系 1 は, ある音程スケールが, 無調音楽や 12 音音列の生成が可能であるかを判定する際に用いることのできる点で非常に重要である.

系 2 は, リゲティおよびベルクの例のような, 要素数が少なく, 連続している場合のミニマルな場合でさえ, ピッチがクロマティックになることを意味する. このような要素数が極端に少ない音程スケールは, 音程の偏りが大きくなり, 響きの個性を出すのに有用だと考えられるが, あまり要素数が少ないと単調な旋律しか生成でき

ないだろう。したがって、リゲティおよびベルクのケースは  $n = 12, d = 1$  において効率的にある種の色彩感をもつ無調音楽を生成しながら、単調になりすぎないように他の音程を付加した音程スケールの選択だった、という一つの解釈が成り立つと考えられる。

#### 4. 音列操作と音程スケール

12 音音列に対する、順行 ( $e$ )、逆行 ( $i$ )、反行 ( $r$ )、逆行の反行 ( $ir = ri$ ) という操作は、クラインの四元群という位数 4 の群と同型であることは良く知られている。この群は、巡回群ではない群の中で最も位数の小さなものである。本章では、これらの操作を  $n$  平均律における一般の音列に対する操作として改めて定義し、音列操作が、音程スケールに及ぼす影響を明らかにする。

**定義 7** (音列の音程スケール).  $n$  平均律における  $m$  音の音列を、あらゆる  $(n, m)$  ( $n, m \in \mathbb{N}$ ) の組み合わせについて集めた集合を  $X$ , あらゆる  $n \in \mathbb{N}$  に対する  $n$  平均律の音程スケールをすべて集めた集合を  $Y$  とする ( $X, Y$  において  $n$  が異なるが実質的に同じ元の場合は同一視する). 写像  $IS: X \rightarrow Y$  を、音列  $x \in X$  において  $x$  内の各音から次の音への音程を全て集めた集合 (ただし要素の重複をのぞく) に対応付ける写像とする。このとき、 $IS(x)$  を音列  $x$  の音程スケールと呼ぶ。

**定義 8** (順行, 逆行, 反行,  $K$ ).  $Map(X, X)$  を集合  $X$  からそれ自身への写像全体の集合とする。このとき、 $e, i, r$  を  $Map(X, X)$  の元として、 $e$  を恒等写像、 $i$  を音列  $x \in X$  をその逆行 (ただし音列の最初のピッチと最後のピッチの中間点で折り返す) に対応させる写像、 $r$  を音列  $x$  をその反行に対応させる写像と定義する。 $m_1, m_2 \in Map(X, X)$  の写像の合成を  $m_1 m_2$  とすると、 $ii = e, rr = e$  (反行の反行および逆行の逆行は順行) および、 $ir = ri$  (逆行の反行は反行の逆行に等しい) が成り立つ。これは反行、逆行の性質上明らかである。そして  $e, i, r, ir$  は写像の合成の演算に関してクラインの四元群になる ( $e$  は単位元、 $i, r$  はそれ自身が逆元であり、 $(irir = irri = iei = ii = e$  より  $ir$  の逆元はそれ自身)。この群を  $K$  と表記する。また  $K$  の元  $k$  によって音列  $x$  を写像した先を  $k \cdot x$  として、演算記号  $\cdot$  を用いて表す。

**定義 9** (音程スケールの反転  $inv, B$ ).  $Map(Y, Y)$  の元としての  $inv$  を、 $\mathbb{Z}_n$  に所属する任意の音程スケール  $y \in Y$  に対して、 $y$  の各要素音程  $\bar{y}_i \in \mathbb{Z}_n$  を  $\overline{n - y_i}$  に置き換えた音程スケールに対応付ける写像とする。また、 $E$  を  $Map(Y, Y)$  の恒等写像とする。このとき、写像  $inv$  を、音程スケールの反転とよぶ。 $inv$  は二回繰り返すと元に戻る。したがって、 $m_1, m_2 \in Map(Y, Y)$  の写像の合成を  $m_1 m_2$  とすると、 $m_1 m_2 = E$  が常に成り立ち、

$\{E, inv\}$  は写像の合成の演算に関して位数 2 の巡回群となる ( $E$  は単位元で  $inv$  の逆元はそれ自身)。この群を  $B$  と表記する。また  $B$  の元  $b$  によって音程スケール  $y$  を写像した先を  $b \circ y$  として、演算記号  $\circ$  を用いて表す。

**定義 10** ( $K$  から  $B$  への準同型写像  $f$ ). 写像  $f: K \rightarrow B$  を以下のように定義する:  $f(e) = E, f(i) = inv, f(r) = inv, f((ir)) = E$ . このとき  $f$  は準同型写像である。すなわち、任意の  $k_1, k_2 \in K$  に対し、 $f(k_1 k_2) = f(k_1) f(k_2)$  が成り立つ (このことは  $B$  における  $E$  と  $inv$  の定義からすぐに確認できる)。

**定理 3** (音列操作と音程スケールの操作の関係). 任意の音列  $x \in X$  に対して次の四つが成り立つ:

1. 順行の音程スケールはもとの音程スケールに一致する;  $IS(e \cdot x) = E \circ (IS(x))$ .
2. 反行の音程スケールはもとの音程スケールの反転に一致する;  $IS(i \cdot x) = inv \circ (IS(x))$ .
3. 逆行の音程スケールはもとの音程スケールの反転に一致する;  $IS(r \cdot x) = inv \circ (IS(x))$ .
4. 逆行の反行の音程スケールはもとの音程スケールに一致する;  $IS((ir) \cdot x) = E \circ (IS(x))$ .

すなわち、まとめると、任意の  $k \in K, x \in X$  に対して  $IS(k \cdot x) = f(k) \circ (IS(x))$  であり、次の可換図式が成り立つ:

$$\begin{array}{ccc} K \times X & \xrightarrow{f \times IS} & B \times Y \\ \downarrow & & \downarrow \circ \\ X & \xrightarrow{IS} & Y \end{array}$$

*Proof.* まず準備として、音列  $x \in X$  に  $IS$  を施す操作を次の三つの手順、 $\alpha, \beta, \gamma$  の合成として表す: 手順 1.  $x = [x_1, x_2, \dots, x_j]$  から隣接する要素の差のリスト  $\alpha(x) = [x_2 - x_1, x_3 - x_2, \dots, x_j - x_{j-1}]$  を作る。手順 2.  $\alpha(x)$  の各要素を  $\mathbb{Z}_n$  の元に変換する。これを  $z = \beta(\alpha(x)) = [x_2 - x_1, x_3 - x_2, \dots, x_j - x_{j-1}]$  と表記する。手順 3. リスト  $\beta(\alpha(x))$  から重複する要素を省いた集合を作る。これを  $\gamma(z)$  とする。すなわち、 $IS(x) = \gamma(\beta(\alpha(x))) = \gamma(z)$  である。

**1. の証明:**  $IS(e \cdot x) = IS(x), E \circ (IS(x)) = IS(x)$  であるから 1. が成り立つ。

**2. の証明:**  $\alpha(i \cdot x) = [-(x_2 - x_1), -(x_3 - x_2), \dots, -(x_j - x_{j-1})]$  だから、 $\beta(\alpha(i \cdot x))$  は  $z$  の各要素をその逆元に置き換えたリストである。これを  $w$  と置くと、2. の左辺 =  $\gamma(w)$  である。2. の右辺は  $inv \circ (IS(x)) = inv \circ (\gamma(\beta(\alpha(x)))) = inv \circ (\gamma(z))$  であるが、 $inv$  は定義上、集合の各要素の逆元を集める操作であり、要素に重複があるリストに対しては最後に重複を除いた集合をとるというように定義を拡張すると、 $inv \circ (\gamma(z))$  は  $inv \circ (z) = \gamma(w)$  に一致する、したがって 2. の左辺 =

右辺が成り立つ。

**3. の証明** :  $\alpha(r \cdot x) = [x_{j-1} - x_j, x_{j-2} - x_{j-1}, \dots, x_1 - x_2] = [-(x_j - x_{j-1}), -(x_{j-1} - x_{j-2}), \dots, -(x_2 - x_1)]$  だから, 2. の証明より, これは  $\alpha(i \cdot x)$  の各要素を逆順に読んだリストである。これを  $\gamma(\beta())$  で操作して集合をとるとき, 要素の順番は無関係になる。したがって 3. の左辺  $= \gamma(\beta(\alpha(r \cdot x))) = \gamma(\beta(\alpha(i \cdot x))) = IS(i \cdot x) = inv \circ (IS(x))$ 。

**4. の証明** :  $\alpha((ir) \cdot x) = [-(x_{j-1} - x_j), -(x_{j-2} - x_{j-1}), \dots, -(x_1 - x_2)] = [x_j - x_{j-1}, x_{j-1} - x_{j-2}, \dots, x_2 - x_1]$  だから, これは  $\alpha(x)$  を逆順に読んだリストであり,  $\alpha((ir) \cdot x)$  と  $\alpha(x)$  は  $\gamma(\beta())$  をとると集合として一致する。したがって 4. の左辺  $= \gamma(\beta(\alpha((ir) \cdot x))) = \gamma(\beta(\alpha(x))) = IS(x) = E \circ (IS(x))$ 。 □

この定理は, 音列の領域での操作  $k$  (可換図式の左側) が音程スケールの領域での操作  $f(k)$  (可換図式の右側) に対応することを示し, 音程スケールの操作は群  $K$  と  $B$  間の準同型写像  $f$  によって単純化される関係にあることを示している。

### 5. まとめ, 今後の課題

本稿では, 音程スケールの概念が,  $n$  平均律  $\mathbb{Z}_n$  の部分群の生成系としての意義をもつことを示し, 生成される部分群が, 音程スケールの各要素の最大公約数  $d$  で特徴付けられることを示した。また, 無調音楽や 12 音音楽への応用上重要な知識として, 音程スケールの生成する部分群がクロマティックになる必要十分条件を示した。これらの結果は, 音程スケールを作曲に応用する際, 音程スケールの選択を考える上で有用な手がかりとなるだろう。さらに, ベルクの 12 音音列から導き出された音列の音程スケールを一般の音列に対して定義し, 音列に対する順行, 反行, 逆行, 反行の逆行という操作のなす群が, 音列の音程スケールの恒等写像と反転の為す群への群準同型によって単純化される関係にあることを示した。

今後の課題としては, 音程スケールを用いた実際の作曲と, 作曲への応用のための技術の開発がある。例えば, ベルクのヴァイオリン協奏曲は「ある天使の思い出」に捧げられており, その背景には, ベルクが可愛がっていたマノン・グロピウスの死がある。したがって, マノンの死へのベルクの感情がこの曲に反映されていると考えられ, それが音程スケールの選択にも関係していると考えられるのは自然であろう。すると, 音程スケールが諸感情を表現する力をどれくらい持つかという問題が現れる。我々は現在, 音程スケールや通常の音階に対して人間の意図した感情を付与させる機械学習モデルの研究を行っている。その研究が成功すれば, 音程スケールは無調音楽における感情表現の手段として応用できるだろう。

また音程スケールを作曲に応用する場合, ある音程ス

ケールを選択し, それに基づく 12 音音列その他の音列が必要になるケースが想定できるが, そのような音列を発見するのは困難な場合がある。そのためそのような条件を満たす音列の存在判定法や, 存在する場合, 実際にコンピュータによって探索するアルゴリズムの研究が有用だと考えられる。実際, 12 音音列において  $\bar{0}$  以外の全ての音程をもつ総音程音列をコンピュータ・プログラムによって生成する研究は過去に行われてきた [3]。この問題を一般の音列および一般の音程スケールに拡張して捉え直すことで, 音程スケールを用いた作曲の支援に貢献できる可能性がある。

### 6. 参考文献

- [1] Allen Forte: *The Structure of Atonal Music*, 1973 (森あかね (訳) 無調音楽の構造, pp.27-44, 音楽之友社, 2012) .
- [2] György Ligeti: *Études pour piano premier livre*, pp.14-19, SCHOTT, 1986.
- [3] 柴田 南雄: 音楽の骸骨の話: 日本民謡と 12 音音楽の理論, pp.93-171, 音楽之友社, 1978.
- [4] 小鍛冶 邦隆: 作曲の技法: バッハからヴェーベルンまで, pp.107-122, 音楽之友社, 2008.
- [5] Douglas Jarman: *The Music of ALBAN BERG*, pp.136-137, University of California Press, 1979.
- [6] 三宅 敏恒: 入門代数学, pp.1-35, 培風館, 1999.
- [7] 田村 孝行: 半群論, pp.1-12, 共立出版, 1972.

### 7. 著者プロフィール

#### 田中 翼

京都大学理学部数学系卒業。東京大学大学院情報理工学系研究科修士課程了。2011 年より東京藝術大学大学院美術研究科先端芸術表現専攻博士課程在籍。研究領域はアルゴリズム作曲および楽曲生成のための音楽理論。日本学術振興会特別研究員, JSSA, IPSJ, IEEE 各会員。

#### 古川 聖

作曲家, メディアアーティスト, 東京藝術大学先端芸術表現科教授, 理化学研究所客員独立主幹研究員。主要作品にマルチメディアオペラ「まだ生まれない神々へ」, インタラクティブ CD-ROM 「スモールフィッシュ」 (Hatje Cantz 出版), 音楽作品集 (CD) 「数による音楽」 (フォンテック社) など。

作品解説

サウンド／パフォーマンス・ハイブリッドによる音楽—自作作品の創作手法  
SOUND/PERFORMANCE HYBRIDIZATION AND ITS MUSIC:  
MY CREATION METHODOLOGY

小坂 直敏

Naotoshi OSAKA

東京電機大学

School of Science and Technology for future life, Tokyo Denki University

概要

筆者は、構造的な音色を音楽の素材として用いている。この全体の概念を説明し、特にサウンドハイブリッドを中心に述べる。サウンドハイブリッドとは、一つの音の中のさまざまな知覚要素の一部を他の音から借用するので、二つの音を対象としたときは、クロス合成ともいわれる。この考えをさらに推し進めて、一つの音色に他の楽器の演奏法を掛け合わせるなど、デジタル信号処理により実現可能となった合成音・演奏音を用いた自作音楽作品について解説する。これは、一作品のアイデアではなく、多くの作品に応用可能な手法であり、音響合成技術の目指す方向性の一つでもある。

用語: 音色トリル、音色変調、拡張音脈、循環相似、パフォーマンスハイブリッド、演奏モーフィング

Sound hybridization is a synthesis technique that creates sound which is composed of perceptual factors from various sounds. It is also called cross synthesis when two sounds are involved. My own creation methodology is introduced, which is an advanced sound hybridization, that is, sound synthesized by hybridizing timbre with the sound of performance techniques is used, enabled by digital synthesis techniques. This is not an idea adopted by a specific piece, but a methodology permeated throughout pieces of my own. Moreover, it is one of the directions of sound synthesis technology applications.

1. はじめに

筆者は、新たな音色を新たな音楽の中心的要素と位置づけ多くの作品、あるいは作品シリーズを創作している。それらには、水の音を素材としたシリーズ（さんずい）、音で音を綴る「音の音」、動植物の画像を音楽にした「今若冲」、歌唱ではなく別の形で音声音楽に融合

した「音声転写」などがある。これらはデジタル信号処理技術を用いることにより、新たな音色を合成することが前提である。音色はかつて音楽の構造的には付随的なものであったが、20世紀に入ってから音楽構造の本質的な要因の一つとしてその重要性が高まった。

また、音合成技術の発展と同時に近年の情報処理技術の発展により、デジタル信号処理が高速に実行可能となり、新たな音色の考案が音楽創作と演奏のいずれにも多大な寄与をするようになった。

そこで本稿では、筆者が音楽に深く関わりを持たせたい音色に関する全体の構想について紹介し、次にこの一つに位置づけられるサウンド／パフォーマンスハイブリッドについて述べ、あわせて作品事例を紹介する。

2. 特徴的な構造を持つ音色とその音楽

一次元的な知覚である音の高さや大きさ、長さと異なり、音色は多次元的であり、その定義からして難しい。しかし、一方で日常用語であり、直感的な理解もまた可能である。筆者は、音色の中でも、明確な、また特徴的な構造を有す音色に魅せられてきた。

2.1. 自然音の音色構造

構造的な音色は自然音（環境音）と合成音に大別できる。自然音（環境音）で筆者が特に注視してきた音素材は、水の音全般、鳥のさえずり、などがある。これらは、みな連続的かつ高速な音色変化がある。また、音を時間的に伸張（ディスク、テープの遅回し、あるいはサンプリングレート変換に相当）することによりその聞こえを拡大させると、これまでに良く知られている別の音色が聞こえることがある。また素材にこのような簡単な処理を施すと、聞こえが循環し、元に戻ることもある。これを音色の循環相似とよぶ。

音声の連続かつ高速の音色変化は、言語としてとらえ

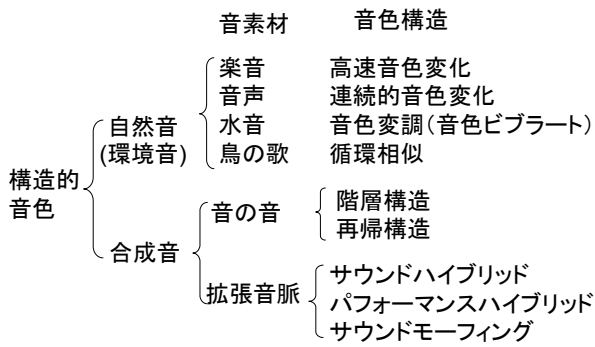


図 1. 自作品で対象とする特徴的な構造を持つ音色

ると、これはあらためて話題にすることではないが、音楽的側面から考えると多分に特徴的である。

同様に、楽音のビブラートの中でも尺八のコロコロのように、**音色トリル**とよぶべきトリルや揺り、ビブラートがある。これは、高速に変化すると同時に音色が周期的に繰り返すもので、**音色変調**ともよべる。

音楽的には、これらの素材を選び、それらの音色の構造的側面を生かしながら制作する。作曲するときの視点は素材との出会い、観察などが本質的である。バイオリンとコンピュータのための「零の崩し」[p1]は水音の循環する音色を含んだ素材を主題にしたものである。

## 2.2. 合成音の音色構造

上記分類の自然音が素材の持つ構造的性を発見することに大きな意義があるのに対し、合成音は、音合成技術により音に新たに構造を付与するものである。筆者は複数の音で階層的に音を作る「音の音」と、一つ（ひとまとまり）の音（音脈）という範囲で構造を持つ音とに大別している。

### 2.2.1. 音の音

一一一一一 を一の一と読み、また、二二二二二を二の一と読むとすると、これらは文字を階層的に捉え、前者は一を、また後者は二を素材として上位階層でより大きな一を書いている。音も同様に、階層的に音を構成するよう合成することを考える。これにさらに再起構造を導入すると、先に述べた循環相似となる。

### 2.2.2. 拡張音脈

ひとまとまりの音としての知覚を逸脱せずに、複数の音の要素を併せ持つ音をここでは**拡張音脈** (extended sound stream) とよぶ。これらは、サウンドハイブリッド、パフォーマンスハイブリッド、およびサウンドモーフィングに分かれる。

## 2.3. 自然音と合成音との関係

これらは相互に関係している。自然音で魅力的な構造があれば、それを合成音で実現しようとし、また、合成音で新たな方式が誕生すると、これを楽器演奏で模倣させる、新たな奏法の提案が可能となる。サウンドハイブリッドとモーフィングは新たな楽器奏法として開拓可能である。

## 3. サウンド/パフォーマンスハイブリッド

サウンドハイブリッドは混声音ともよばれ、80年代後半から使用されてきた。しかし、その定義が明確とは言えない。概ねの了解事項としては、一つの音のさまざまな知覚要因を他の音から借用するような合成音である[1]。サウンドハイブリッドは、音のモーフィングと同様、デジタル信号処理技術によって達成される合成音という点が特徴である。また、類似した概念にパフォーマンスハイブリッドがある。

### 3.1. サウンドハイブリッド

クロス合成はサウンドハイブリッドの具体的な例である。これは楽器に喋らせる場合など、音声以外の音色を持ちながら音韻性を付与された音をいう。湯浅譲二の作品にその例がある [p 2]。この例ではホワイトノイズなどの雑音を音源として、これに音声の音韻性を付与することにより、クロス合成を達成している。

音声工学の分野でLPC技術が発展し、音声を音源と音韻フィルタに分解する、という考え方が一般的になって以来、音源をノイズや他の楽音としてこれに人の音声から分析して得られる音韻性を付与する、という手法が一般的となり、クロス合成が達成された。

その後、クロス合成も音韻性を与える音源にさまざまなアイデアが必要となった。現在では音源に単一音源でないオーケストラ音など多くの周波数情報を含むもの、また、水の泡の音のように、音源を特定できる特徴的な音色などが選ばれている。現在では、合成音の音韻の明瞭性を向上させることが重要な技術目標となっている。

### 3.2. パフォーマンスハイブリッド

パフォーマンスハイブリッドは、ある楽器の音色に、その楽器ではできない演奏表情や、他の楽器で特徴的な演奏表情を転写するものである。サウンドハイブリッドの例として音韻性付与するケースが良く知られているため、これを狭義に捉え、演奏表情の付与を別なエフェクトとして筆者が定義したものである。具体的には音高に関わる演奏法の付与が考えられる。ビブラート、装飾

音、歌唱におけるコブシの付与などが該当する。

### 3.3. サウンドモーフィング

モーフィングはコンピュータグラフィクスで確立されたエフェクト手法で、ある画像から別の画像まで連続的に変形していくものである。90年代初頭から映画やコマーシャルで用いられ始め、現在では、あらゆる場所で用いられこの用語は知らずとも、エフェクトを知らぬ者はないほど多用されている。

音のモーフィングはこのCG技術同様のアナロジーで合成音化しもので、技術も補間技術を用いて音色と音色の連続的な補間を行う技術として開発された[2,3]。また、これらの評価体系なども文献[4]に論じた。

マスキングに同時マスキング(周波数マスキング)と継時マスキングとあるように、ハイブリッドに同時ハイブリッドと継時ハイブリッドと区分すると、モーフィングは継時ハイブリッドに相当する。すなわち、ひとまとまりの音、という枠組みの中で二つ(あるいはそれ以上複数の)異なる知覚要因があり、それらが同時に存在している場合と、時間とともに変化している場合とに分けることができる。後者は、連続的に変化しない場合は、ひとまとまりの音、という枠組を逸脱するため、ここでの定義からはずれ、またエフェクトとして特徴的ではなくなるため、モーフィングであることが必然となる。以下、上記のエフェクトを応用した楽曲について述べる。

## 4. 楽曲事例

### 4.1. サウンドハイブリッドの楽曲例

ヴァイオリンと電子音響のための「Max との対話」[p3]においてサウンドハイブリッドを実現した。これは、Max Mathews 逝去に際し、コンピュータ音楽の創始者である氏への思いを作品にしたもので、中では同氏の音声と雑音とのクロス合成を行っている。ここでの技術は新たな手法はなく、音源と音韻フィルタを掛け合わせたものである。音韻フィルタは音声からFFTによるスペクトル包絡を算出し、この特性を音源に付与した。

この他、チェロとコンピュータのための音声転写[p4]がある。この作品は前作と同様、コンピュータパートはクロス合成による雑音等音源への音韻性の付与を行っている。また、弦楽器のパートは、2.3で紹介したように、音声を意識した演奏法として、短時間内の音色変化を狙い、sul tast, sul pont から ordinaire への急減な変更、バルトークピチカートなど、破裂子音と母音の音韻などを擬似した演奏法をいくつか課した。

これらの弦楽器演奏法は、音声による音韻の提示に比べて、その種類も少なく、類似性もさほどない。すなわち、音韻の種類は縮退しており、音韻と対応した演奏法は

不可能である。しかし、縮退した範囲で、摩擦音、破裂音などの大分類で対応させ、短時間内でこれらを接続していけば意図した表現が可能となる。

この他に謡とコンピュータのための「音・能・音」[p5]でもサウンドハイブリッドを用いている。

### 4.2. パフォーマンスハイブリッドの楽曲例

楽曲例としてピアノとコンピュータのための Morphing Collage[p6]がある。P2では、笙の音色に尺八の演奏表情を転写した合成音を用いた。

文献[5]の技術を用いてデジタル笙をモデル化し、笙の合成音を作成した。笙は、音のピッチを揺らすことはできず、機構上ビブラートやポルタメントはできない。一方、尺八は西洋楽器のビブラートやトリルと対応する揺りと呼ばれるさまざまな種類のピッチの揺らぎ(シェーキング)奏法がある。この二つを組み合わせることにより、笙の音色をより拡張することが可能になる。

同作品の中では、尺八の演奏音からピッチ系列を推定し、これを用いて笙の合成時のパラメータとして付与した。実際の尺八演奏音では、揺りの中の微視的な音色も変化していることが想像されるが、ここではピッチ系列だけを変更し、音色は特に変更していない。

### 4.3. サウンドモーフィングの楽曲例

楽曲例として、「フルートとコンピュータのための鏡石」[p7]を挙げる。これは、フルート音と声とのモーフィングをテーマにしたものである。

図2にモーフィングを中心的に用いた部分の譜を示す。フルートパートは演奏者がフルート音から奏者の地声までをモーフィングする(演奏モーフィング)。フルートの演奏からシームレスに地声に移行する奏法は2.3で述べた高度な演奏法として、新たに本作品で発案した。

また、コンピュータパートは、あらかじめ録音しておいたフルート音とフルート奏者とは別のソプラノの歌声の間のモーフィングや、フルート音とフルート奏者の地声との演奏モーフィング収録音の音ファイルをオフラインで流す。両方のパートは掛け合いながら進行していく。音色の連続的変化がどのように起こっているかを感じさせることを狙いとし、リアルタイムかオフラインか、演奏者の音かコンピュータの音か、演奏者本人の声か別人の声か、などを考えさせるための楽句である。

この他、「フルート、バイオリン、チェロ、ピアノ、コンピュータのための prosody++」[p8]にも木管と音声へのモーフィング音を用いている。

## 5. おわりに

構造的な音色の使用を特徴とする音楽について述べた。特に、ひとまとまりの音の範囲でさまざまな音の要因を複合させる合成音のエフェクトを拡張音脈と総称し、具体的にサウンド／パフォーマンスハイブリッド、およびモーフィングについて解説し、これらの楽曲事例について述べた。今後は、「音の音」の概念を追求し、これを用いた楽曲を制作していく予定である。

**Mirror Stone Scene 6**

The image shows a musical score for 'Mirror Stone Scene 6' with two systems of parts: Flute and Computer. The first system shows the Flute part with a long note marked 'm' and the Computer part with a corresponding note. The second system shows the Flute part with a note marked 'm' and a glissando marked 'gliss', and the Computer part with a note marked 'm' and a glissando marked 'gliss'. The third system shows the Flute part with a note marked 'm' and a glissando marked 'gliss', and the Computer part with a note marked 'm' and a glissando marked 'gliss'. A legend at the bottom indicates 'm: morphing' and '\*: muraiki'.

図 2. 鏡石のモーフィング部分の譜面

## 6. 参考文献

- [1] Naotoshi Osaka, “The role and realization of sound morphing and sound hybridization in computer music,” The Proceedings of ACMP 2011, Tokyo.
- [2] Naotoshi Osaka, “Timbre morphing and interpolation based on a sinusoidal model,” Proc. of ICA/ASA joint meeting, pp.83-84, Seattle, June 1998.
- [3] Naotoshi Osaaka, “Timbre interpolation of sounds using a sinusoidal model,” Proceedings of ICMC 95, pp. 408-411, Banff, Canada, Sep. 1995.
- [4] Marcelo Caetano and Naotoshi Osaka, “A formal Evaluation Framework for Sound Morphing,” Proceedings of ICMC 2012, Ljubljana, Slovenia.
- [5] Takafumi Hikichi, Naotoshi Osaka, and Fumitada Itakura, “Sho-So-In: Control of a physical model of the sho by means of automatic feature extraction from real sounds,” Journal of New Music Research, Vol. 33, No.4, pp.355-365, 2004.

## 7. 演奏

[p1] 小坂直敏、雪の崩し—バイオリンとコンピュータのための、コンピュータ音楽アンデパンダン・コンサー

ト、音楽情報科学研究会 主催、神戸ジーベックホール、1991.8.4.

[p2] Joji Yuasa, “The nine levels by Ze-ami for seenteen players and computer generated quadraphonic tape,” commissioned by IRCAM (1988), NEUMA records (1997)

[p3] Naotoshi Osaka, “A dialogue with Max for violin and electroacoustics,” ACMP 2011., Dec. 2011.

[p4] 小坂直敏、音声転写—チェロとコンピュータのための電子音響音楽シンポジウム & コンサート 日本電子音楽協会 主催、日本音楽学会、愛知県芸術劇場 小ホール 初演, 2009. 5.9.

[p5] 小坂直敏、音・能・音 — 謡と電子音響のための、日本現代音楽協会 主催 現音・特別音楽展 2011 新しい音楽のカタチ 軌跡と未来—2days コンサート、謡：青木 涼子 浜離宮朝日ホール 小ホール. 2012.1.21.

[p6] Naotoshi Osaka, “Morphng Collage for piano and computer,” organized by Ensemble Vivo, Tokyo Opera City, Dec 19, 2002.

[p8] 小坂直敏、鏡石—フルートとコンピュータのための、コンピュータ音楽の現在、日本コンピュータ音楽協会 主催、神戸ジーベックホール初演、1996.7.13.

[p8] Naotoshi Osaka, Prosody++ for flute, Violin, Cello, piano and computer, MUSIANA 95,(Japan Today), Louisiana Museum, Denmark, 初演、1995.9.3.

## 8. 著者プロフィール

### 小坂 直敏 (Naotoshi OSAKA)

昭 51 早大・理工・電気卒。昭 53 同大大学院修士課程了。同年日本電信電話公社(現 NTT)入社。以来通話品質の研究、音声対話の研究、コンピュータ音楽あるいはマルチメディア創作のための音響研究などに従事。平 6 早大より博士(工学)。平 8-14 コミュニケーション科学基礎研究所音表現およびメディア表現研究グループリーダー、平成 15 東京電機大学・工 教授。メディアコンテンツのための音響情報処理の教育と研究に従事。また、音楽制作および発表活動も行う。日本音響学会、電子情報通信学会、情報処理学会、ICMA, IEEE 日本電子音楽協会 各会員。現在、東京電機大学 未来科学部 教授。本学会 会長。

研究報告

音叢による音楽 — 今史朗《偏光》におけるクラスター技法  
MUSIC FOR TONE PLEXUS:  
CLUSTER CHORDS IN “POLARIZATION” BY SHIRO KON

中村 滋延

Shigenobu NAKAMURA

九州大学大学院芸術工学研究院

Faculty of Design, KYUSHU UNIVERSITY

概要

今史朗は1972年に《弦の音叢による偏光》を弦楽合奏とヴィブラフォンのために作曲した。この作品はいわゆる音群的音楽様式による作品である。彼は音群を音叢と名付けた。そうすることで他の作曲家の音群的音楽との差別を意識したのである。この作品に見られる音叢による音楽の特徴は以下の通りである：(1) 四分音クラスターは用いられず、代わりに全音クラスターが半音クラスターとともに用いられている；(2) 音群的音楽様式にはめずらしく、拍節リズム構造がある；(3) ミニマルミュージックのように単純な音型反復がある。

In 1972, Shiro Kon composed “Polarization for Plexus of Strings,” which takes the style of a “textural composition,” for strings and vibraphone. Kon referred to the sound mass as the “tone plexus.” The tone plexus characterizes the textural composition of Shiro Kon, which can be described as follows: (1) Instead of using quarter-tone clusters, a combination of whole-tone and semitone clusters is used; (2) the metrical rhythmic structure, which is not commonly found in other textural compositions, is employed in the work; and (3) the work incorporates the elements characteristic of minimal music, which involves the simple reiteration of small units such as figures, motifs, and cells.

1. はじめに

本発表の目的は、今史朗<sup>1</sup>（コン・シロウ、1904～1977）が1972年に作曲した《弦の音叢による偏光》（以下、《偏

<sup>1</sup> 今史朗についてのまとまった資料は現時点では、中村滋延『作曲家・今史朗の音楽創作史研究——忘れられた作曲への再評価の試み』Vol.1,（私家版）2013しかない。それと同じ内容が下記のサイトにアップロードされている。http://kon.nkmrsgnb.info/

光》)の作品分析を通して、今史朗の音群的音楽<sup>2</sup>の特徴の一端を示すことである。その際、今史朗がタイトルの中で使用した「音叢」という言葉に焦点をあてる。

今史朗は自身の音群的音楽の様式を示す複数の作品のタイトルに「音叢」という言葉を用いている。《偏光》以外に、1967年作曲の《弦の音叢による三つの短詩》、同じく1967年の《弦の音叢を背景とする金属音のひびき》がそれである。《偏光》は今史朗の音叢様式の最後を飾る作品であり、音群的音楽としての今史朗の独自性が見られる。

作曲者である今史朗は1937年頃から1977年に亡くなるまで福岡を拠点にして前衛の立場から創作活動を展開した。1970年の大阪万国博ではサントリー館のために委嘱を受けて電子音楽《生命の水》を作曲しているが、全国的にはほとんど無名のままで今日に至っている。そこで今史朗再評価のための研究をはじめたのである。この研究は作品上演機会の創出を含む、幸いなことに《偏光》の上演機会を、2013年6月21日の福岡銀行本店ホールでの「永野哲 音楽生活40周年記念演奏会—福岡の作曲家達—」において創出することができた。上演のためには楽譜の校訂が不可欠であり、校訂には当然作品分析を伴うことになる。この作品分析が本発表の内容に大きく関わっている。

2. 編成

《偏光》は弦楽合奏とヴィブラフォンという編成のために作曲されている。しかしオリジナルスコアには個々の楽器数（奏者数）の特定に関する指示は書かれていない。ヴァイオリンが4段、ヴィオラが2段、チェロが2段、コントラバスが2段、ヴィブラフォンが1段で書かれている。ヴァイオリン、ヴィオラ、チェロの各段に

<sup>2</sup> 音群的音楽とは音響テクスチャ（複数の楽器や音を作り出すその瞬間の響きの全体の表象）の変遷、音群の状態変化を音楽内容とする音楽。

は divisi (分奏) の指示が書かれている部分があるので、ヴァイオリンは 8 人、ヴィオラとチェロはそれぞれに 4 人の奏者が少なくとも必要であることがわかる。

今回の校訂楽譜ではこのことを踏まえて、ヴァイオリンを 8 段、ヴィオラを 4 段、チェロを 4 段、コントラバスを 2 段、ヴィブラフォンを 1 段で書いた。2013 年 6 月 21 日の福岡での演奏会では各段 1 名ずつの 18 名の弦楽奏者と 1 名のヴィブラフォン奏者の計 19 名によって演奏される。

ヴィブラフォンを除いた弦楽合奏の同質的な音色は、クラスター<sup>3</sup>を構成するのに適している。多くの場合、クラスターは楽器群ごとに単位を構成し、その集合で全体的なクラスターを構成する。《偏光》では、時に全体クラスターの構成に参画しない楽器や楽器群があり、それは構造の「彩り」として認識されることになる。

### 3. 記譜法

すでに述べたように、《偏光》のスコアは近代五線記譜法の範囲内で記譜されている。拍子は四分の四拍子である。今史朗の以前の音群的音楽に見られたようなペンデレツキ風のクラスター記譜法によるスコアとは異なっている。

ペンデレツキ風のクラスターは二つの音高間を均質な音程間隔で音高を配置し、それらを同時に鳴らすものである。多くの場合は半音間隔で配置するが、弦楽器などの場合は四分音間隔で配置することもある。四分音間隔によるクラスター和音はキーンとした響きで、ひじょうに硬質な印象を与える。そのクラスター記譜法は、最高音と最低音の間を黒く塗りつぶし、それを水平方向に棒状に延ばして書き、持続時間を秒数で提示するものである。そこには拍節は存在せず、様々な内容のクラスターの時間軸状での組み合わせによって音楽が構成される。

近代五線記譜法の中での拍節に基づいて音楽が書かれることによって、単位の明確な楽節反復・楽句反復・音型反復が音楽内容の主要要素のひとつとなっているのである。

### 4. クラスター構造

この曲におけるクラスターの音高構造は 3 種類に大きく分類できる。クラスターを構成する最低音と最高音の間を全音間隔で均等に埋めた「全音クラスター」、半音間隔で均等に埋めた「半音クラスター」、全音クラスターの集合の結果として半音の積み重ねになる「結果半

音クラスター」の 3 種類。なお、全音クラスターと半音クラスターには最低音と最高音の間を均等間隔に埋めていないクラスターがある。それらのクラスターを「全音クラスター (非均等)」と「半音クラスター (非均等)」と区別してとらえることもできる。

クラスターの時間構造は、「持続音」として演奏されるものがもっとも多い。その際、音量一定、音量漸次増大、音量漸次減衰の 3 種の方向性がある。

クラスターの音高構造を時間軸上の音列に移し替え、それを非周期的リズムで反復し続けたものを「内部運動を伴う持続音」として認識することができる (譜例 1)。この方向性にも音量一定、音量漸次増大、音量漸次縮小の 3 種がある。音高の異なる短い持続音が複数継起すると「旋律」として感じることができる。旋律は楽節反復、楽句反復、音型反復のいずれかの形態で出現する<sup>4</sup>。



図 1. 譜例 1：リピート記号の中の音を非周期リズムで反復し続ける

### 5. 構成

オリジナルスコアには 3 カ所にアルファベット記号が練習番号のように記されている。しかしそれらは練習番号としては番号間に含まれる小節数が多すぎて実用的ではない。そのため校訂に当たっては新たに練習番号をつけることになった。

練習番号をつける箇所は、General Pause (G.P.=全楽器の休止) があつたり、音量に大きな差があつたり、音域が急に変化したり、楽器の数が急に変化したりするところ、すなわち音楽内容に大きな変化があるところである。このようにして練習番号をつけると、それは一つの音楽的まとまりを表す記号となる。すなわち音楽区分としての認識を保証するものとなる。

以下、音楽区分ごとに音楽内容を描写する。アルファベットは練習番号を表し、数字は小節数を表す。

冒頭 (1-9)：クラスターは全音クラスターの集合による結果半音クラスターである。アクセントとしての低音弦のグリッサンド (譜例 2) に導かれて、高音域における全音クラスター持続音がアクセントの余韻として鳴る。この持続音の裏で低音弦のピチカートや打楽器の効果音が音楽内容に彩りを添える。

A(10-17)：ヴィブラフォンのアクセント的音型で始まる。各楽器群は全音クラスター (非均等) を構成し、

<sup>3</sup> クラスター (cluster) は、英語で「房」「集団」「群れ」を意味し、音群的音楽においては構成単位のひとつとしてとらえられることができる複数の音の群れのことである。

<sup>4</sup> 便宜上、3 小節以上の単位を楽節、2 小節の単位を楽句、2 小節以下の単位を音型としている。

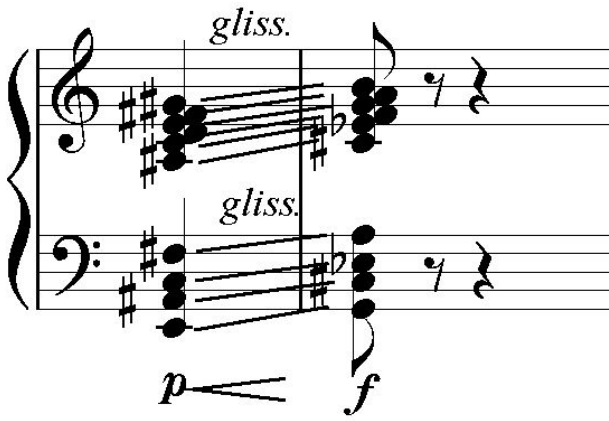


図 2. 譜例 2

徐々に楽器群が増えていき、結果半音クラスターを形成する。この持続音の裏で低音弦のピチカートや打楽器的效果音、そしてヴィブラフォンが音楽内容に彩りを添える。クラスターの方向性は音量漸次増大で、その到達点で G.P. が挿入され、明瞭に段落を形成する。

B(18-27)：非同期で開始される半音クラスター（非均等）持続音とチェロの旋律断片の組み合わせの裏で、コントラバスのピチカートやヴィブラフォンが音楽内容に彩りを添える。音楽内容は楽節反復（5小節×2）から成る。反復の際には長2度上に移置される。

C(28-35)：区分 C は区分 B の変奏である。違いは楽節が4小節に短縮され、また楽節の最初にヴァイオリンの強烈なピチカート音型が鳴らされることであり、コントラバスが省かれていることである。クラスターの方向性は音量漸次減衰で、その到達点が ppp の再弱音である。

D(36-47)：ヴィオラの ff のトレモロによる半音クラスター持続音で始まることで、前の区分とは大きな段差をつくる。トレモロの半音クラスター持続音はヴァイオリンに移り、そこにまたヴィオラが加わるというように推移していく。その裏ではチェロの半音クラスターの半音階下行音型や、ピチカート及び打楽器的效果音が音楽内容に彩りを添える。

E(48-55)：トレモロの半音クラスター持続音は前の区分から連続して鳴る。そこにチェロとヴィブラフォンの全音クラスター（ただし、わずか2音）による音型反復（2小節×4回）が彩りを添える（譜例3）。クラスターの方向性は音量漸次減衰で、到達点 ppp で収束する。

F(56-62)：トレモロによる全楽器の半音クラスター持続音が ff で鳴りはじめ、前の区分とは明瞭に段差を形成する。その持続音が鳴り終わると、ヴァイオリンパートのみが残り、そのまま半音階で下行する。

G(63-72)：半音クラスターの持続音が楽器群ごとに重なりあう。5小節で楽節を形成し、その楽節は楽器群と

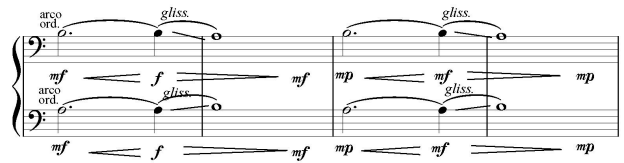


図 3. 譜例 3

音高を変えて反復される。

H(73-81)+I(82-90)：ヴィブラフォンが半音クラスターを「内部運動を伴う持続音」として演奏し続ける。その上にコントラバスを除く楽器群が半音クラスターの楽句反復を演奏し続ける。楽句は拍節に基づく周期的リズムで、反復の効果を高める（譜例4）。クラスターの方向性は音量漸次増大で、その到達点で G.P. が挿入され、明瞭に段落を形成する。



図 4. 譜例 4

J(91-102)：3つの半音クラスター持続で1小節の音型が形成され、それが音型反復となって演奏され続ける。それを背景にしてチェロが4小節の旋律（譜例5）を奏で、それがそのまま楽句として反復される。この作品中、唯一、一般的な意味での「旋律」として明確に認識できる一瞬である。



図 5. 譜例 5

K(103-114)：中低音域で半音クラスター持続の2小節単位の音型を形成し、その音型が4回反復される。それを背景にして中高音域の半音クラスターが鳴り続ける。

L(115-125)：中高音域で半音クラスター持続の1小節単位の音型を形成し、その音型が8回反復される。その背景としてチェロによる半音クラスターが内部運動を伴う持続音として演奏され続ける。音量漸次増大の到達点

で全音音階下行をはじめ。

M(126-133)+N(134-146): ヴァイオリンによる半音クラスターが内部運動を伴う持続音として演奏され続ける。それを背景にして、2拍単位の音型反復(譜例6)が楽器の数を増やしつづ演奏され続ける。音量漸次減衰してG.P.に至り、段落を形成する。

図 6. 譜例 6

O(147-153)+P(154-159):半音クラスターが音型反復として演奏され続ける。初めは低音弦のみでの音型反復であるが、徐々に高音域の方へ楽器を増やしていく。また、反復の際には半音上に移置され続け、反復間隔を短縮し、さらにテンポを上げていき、音量漸次増大で *fff* に到達し、ひとつの音高 (f) に収斂する。

Q(160-166):前の区分で到達した音高を半音上に移置2回移置して音高 (g) に到達する。そうして冒頭のアクセントとしての低音弦のグリッサンド(譜例3-2)が再現されて終わる。

## 6. まとめ

今史朗の《偏光》はクラスター構造を形成しやすいように同質的な音色による合奏の形態によって作曲されている。そのクラスター構造においては四分音クラスターは用いられていない。その意味で、鉱質的な響きはない。むしろ全音音階クラスターの多用によって幾分柔らかくひびく。

伝統的な近代五線記譜法によって書かれていることで、クラスターは単なる持続ではなく、拍節構造の基づく楽節反復、楽句反復、音型反復の形態で現れる。

音叢という概念は、クラスターの響きの柔らかさと、クラスターが楽節・楽句・音型の形態をとるところから導き出されており、そのことが今史朗の音群的音楽の特徴の一端を示している。

(本研究は、日本学術振興会平成24～26年度科学研究補助金基盤C・課題番号24520161の研究助成を得て行われている。)

## 7. 著者プロフィール

### 中村 滋延 (Shigenobu NAKAMURA)

1950年生まれ。作曲家、メディアアーティスト、音楽評論家、映画研究者。交響曲四曲を含む100曲近くのクラシック系現代音楽を作曲。また「音楽系メディアアート」という領域を創成し、映像重視のコンピュータ音楽やサウンド重視の映像アートを多数制作、内外で発表。文筆活動・イベント企画にも積極的に取り組む。現在、九州大学大学院教授(芸術工学研究院コンテンツ・クリエイティブデザイン部門)。2010年福岡市文化賞受賞

作品解説

声と身体動作を用いた参加型サウンドインスタレーション  
**BODY/SHOUT/SEQUENCE** の制作  
**THE PRODUCTION OF THE INTERACTIVE SOUND INSTALLATION  
 “BODY/SHOUT/SEQUENCE” USING PARTICIPANTS’ VOICE AND  
 BODY MOTION**

松村 誠一郎

Seiichiro MATSUMURA

東京工科大学デザイン学部

School of Design, Tokyo University of Technology

概要

本稿では、鑑賞者の発した声と身体動作を利用し、音と映像のシーケンスを生成する体験型サウンドインスタレーション作品“Body/Shout/Sequence”についての紹介を通じて、展示の場における鑑賞者の「参加のしやすさ」と、その出力結果が鑑賞者自身による「表現」となるクリエイティブな環境についての提案を行なう。作品の実装には Pure Data (Pd-extended) を用いており、本来は緻密な作業が必要なストップモーションムービーとサンプリング音で構成されるサウンドシーケンスの生成を、同時にかつ簡易的に体験可能な環境を実現している。

In this paper I introduce the interactive sound installation piece “Body/Shout/Sequence” and suggest the creative environment that can facilitate interaction between audience and the piece, provides the process of audience’s expression at the exhibition venue. The implementation, using Pure Data(Pd-extended), makes it possible to create easily the sequence of recorded sound and captured pictures like a stop motion animation by audience’s participation with their own voice and body motion.

1. はじめに

音楽演奏の経験の少ない、いわゆる音楽初心者 (Musical novice) を対象に、彼ら自身の作品の体験や操作によって音響/音楽を生み出すことを可能とするインタラクティブな作品やシステムがこれまでに多数制作、発表されてきた。Jam-O-drum (Blaine et al.) [1], Reactable (Jorda et al.) [2], Echtler らの音楽制作の協同環境 [3] などは、独自のタッチ検知システムやタッチスクリーンを用いて、複数の参加者がビデオゲームを操作する感覚で

音楽を創造することを可能としている。さらに音やパラメータを操作する感覚をより低減した体験型のシステムも発表されている。PlaySoundGround (St. Clair et al.) [4] はフィジカルな遊具で参加者が遊ぶ行為をセンサーで検知し、そのデータが Max/MSP のプログラムのパラメータに受け渡されることによって音響/音楽が生成される環境を実現している。

いずれの作品も、参加者と作品/システムとのインタラクション、参加者の行為や操作から得られるデータとそれらを音響生成部のどのパラメータに割り当てるかのマッピングが音響/音楽の生成にとって重要な要素となっている。このマッピングはコンピュータ音楽分野において必要不可欠な要素で、コンピュータ音楽の「楽器」のインターフェイスと音響生成部のパラメータへのマッピングの自由度は非常に高い。このマッピングの独自性とチューニング、そして音響生成部のシステムの設計がコンピュータ音楽における楽器の特徴を決定づける。そしてオリジナリティのある音響/音楽の生成や円滑な演奏をもたらし、さらには作曲の一部を形成するに至っている [5][6][7]。しかし一方で、マッピングと音響生成部の自由度の高さゆえに、コンピュータ音楽のシステムはしばしば鑑賞者や参加者にとってあらゆることが実現可能な一種のブラックボックスとなってしまう、「透明性」が確保されていない側面も議論されてきている [8][9]。例えば、システムをブラックボックスとみなす立場から前述の作品やシステムを論ずると、操作の状態/結果を聴覚に加えて視覚情報でも確認できるようになっているが、ここで参加者が確認しているのは操作に対するシステムの反応、すなわちブラックボックスであるシステムの処理結果であり、その入力と出力の因果関係は制作者によって意図的に設計されたものである。制作者/演奏者は了解しているが、しばしば参加者/鑑賞者はその因果関

係の理解に努めなければならないケースがある。特に参加型の作品の場合は、パラメータを操作する参加者と生成された音響の間に心理的な「距離感」が存在するケースが散見される。

本研究の制作作品“Body/Shout/Sequence”は、作品とのインタラクションを通して参加者が容易に音響と映像のシーケンスを生成することを可能とする参加型サウンドインスタレーション作品である。同時に、参加者の声と身体動作を素材として扱うことで、インタラクションにおける参加者の入力行為と生成される音響/映像との間の因果関係を、参加者自身が見渡して理解可能な状態を目指したものである。

## 2. 作品のインタラクション

本作品は参加者の声のデータとポーズをつけた身体全体を撮影した画像データを素材に用いて、音のシーケンスを伴ったストップモーションアニメーションを再生できるインタラクティブアート作品である。

白色の木製の壁の前に参加者が立ち、マイクに向かって大音量の声を入力すると、録音と壁の中央に設置された Web カメラによる鑑賞者自身の撮影が同時に行なわれる。2 コマ以上撮影をすると、その素材で構成された音のシーケンスを伴ったストップモーションアニメーションがプロジェクターで正面の壁に投影されて再生が始まる。マイクは固定されていないため、参加者はカメラの前で様々なポーズを取りながら手に持ったマイクで声を録音し、自分自身を撮影することができる。撮影枚数が 8 コマに達すると、連続する 8 コマのストップモーションアニメーションの再生が始まる。この間は声の入力は受け付けず、あらかじめ再生速度の変化を設定したシーケンスに従って再生される。一定時間経過後にアニメーションが終了し、再び録音/撮影の待機状態に戻る。音響のシーケンスは参加者の声で構成されており、ループ再生されることによってリズムを伴ったシーケンスが生成される。

## 3. 作品システムの構成

本作品の実現には、マイクロフォン (Shure 社 SM58)、オーディオインターフェイス (Native Instruments 社 Komplett Audio6)、USB 接続 Web カメラ (Buffalo 社 130 万画素 BSW13K08HBK)、スピーカー (Fostex 社 PM0.4n)、プロジェクターを組み合わせ、Pure Data[10] の拡張版である Pd-extended 0.42.5 を用いて制作したプログラムが動作する Apple 社 Macbook Pro (15 インチ, Core i7 2.2GHz) を用いた。Pd-extended では音声の録音と再生の他に、画像と映像を扱うための GEM ライブラリを活用している。

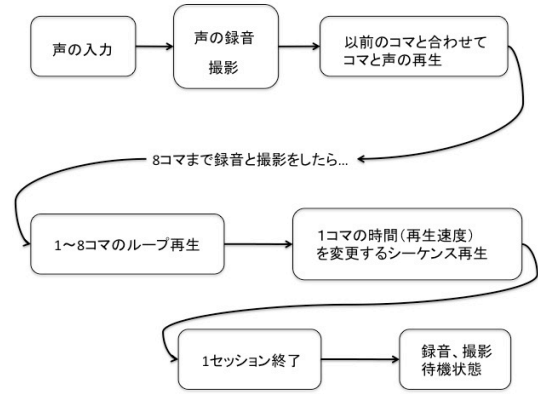


図 1. 作品体験のフロー図

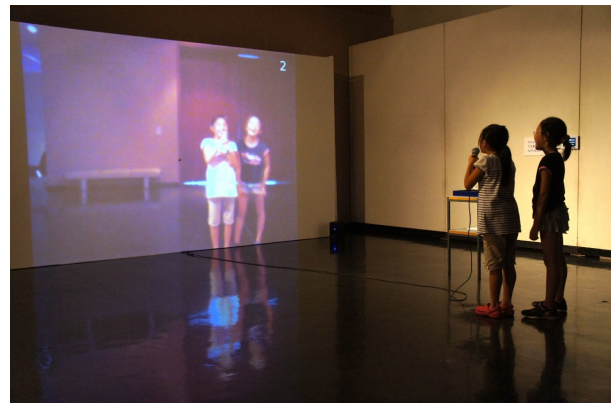


図 2. Body/Shout/Sequence の展示風景 (千葉県立美術館)

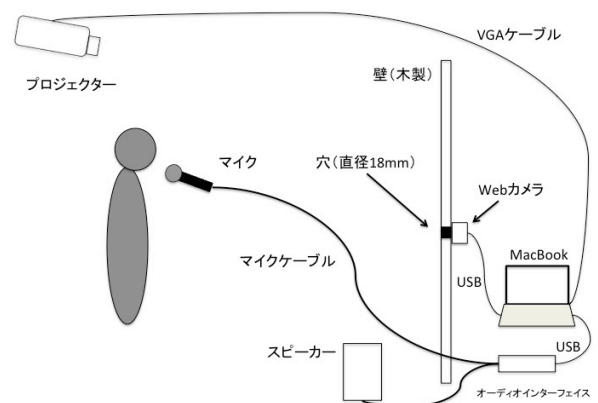


図 3. システム構成

プログラムは常時バッファ（アレイ）に、マイク入力  
の音声を記録している状態を継続している。入力音声の  
音量が設定した閾値（スレッシュホールド）を越えた瞬間か  
ら 80 ミリ秒前を開始時点とし、そこから 500 ミリ秒間  
を録音の有効部分として音響シーケンス再生用のバッ  
ファに記録する。これは閾値を越えた瞬間からの録音開  
始だと声のアタック部分が録音されず、参加者の音声全  
体の正確な再生ができないためである。

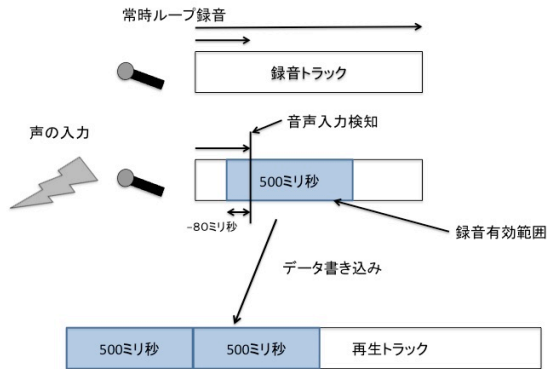


図 4. 録音処理

USB カメラでの撮影画像は画像用のバッファに記録  
され、ストップモーションアニメーションシーケンスの  
再生に用いられる。8 コマのループシーケンスが開始後、  
1 コマ当たりの再生時間は表 1 のように変化して再生さ  
れてから終了する。

ミリ秒/コマ	8 コマ全体の再生回数
250 ミリ秒	4 ループ
125 ミリ秒	8 ループ
100 ミリ秒	8 ループ
400 ミリ秒	1 ループ
80 ミリ秒	4 ループ

表 1. 1 コマあたりの再生時間

#### 4. 考察

本作品は 2012 年 7 月 14 日～9 月 2 日の期間に千葉  
県立美術館、2012 年 7 月 27 日～8 月 26 日の期間に福  
井県立美術館において、それぞれ開催された「魔法の美  
術館」展に出品した。1 ヶ月以上の長期の展示期間を通じ  
て、マイクケーブルの断線と交換というトラブルが発生  
した以外のハードウェア、およびソフトウェアのトラブ  
ルは発生せず、参加者と作品とのスムーズなインタラク  
ションを継続して実現していた。各展示会場で 3～4 時

間、参加者の行動を観察して気づいた点は以下の事項で  
ある。

-ストップモーションアニメーションが流れていない  
と、参加者が最初にマイクに声を入力するのに躊躇する  
シーンが少なからず見受けられた。しかし、一度体験が  
始まると即座に作品の機能を理解するため、円滑なイン  
タラクションが発生していた。また、体験している様子  
を見て別の参加者の体験につながっていく場面も多く見  
られた。

-マイクというフィジカルなインターフェイスの提示  
は、参加者に手に持って声を録音するという意識への導  
入となっていた。

-再生スピードが速くなると 1 つ 1 つの声の内容がわ  
からないほど再生時間が短くなるが、それがリズムのあ  
る音響シーケンスを生み出すのに効果的であった。

-体験が終わって参加者がマイクを台に置く際に音  
を発してしまい、録音と撮影がされる誤動作がしばしば  
発生していた。

#### 5. まとめ

参加型のサウンドインスタレーションとして  
Body/Shout/Sequence のシステムを実装し、長期の展  
示を実施した。この作品の展示の観察を通して、目標で  
あった入力と出力の因果関係を参加者が即座に理解で  
きる状態は達成されたと言える。今後の課題は、展示に  
おけるオペレーションの円滑化であり、マイクを台に置  
く際の誤作動への対処、参加者に対して作品の体験開始  
を誘導するための機能の実装等、前述の問題点の解決の  
ための改良が必要である。具体的にはマイクを置く台に  
厚手のスポンジを敷く、音量の検知用の入力音に対して  
ローパスフィルターを通過させて誤動作の発生を抑制  
する等の手法が考えられる。本作品はループ再生が終了  
すると最後のコマの画像が表示した状態で静止してし  
まうため、その状態を見た鑑賞者にどのような現象が発  
生する作品なのかがわかりにくい。そこで体験開始の誘  
導のために、一定時間の音声の入力がなかった場合に過  
去に入力された画像のコマと音声のアニメーションを  
自動的に選択して再生する機能を付加することを検討  
している。

#### 6. 参考文献

[1] Blaine, T. and Perkis, T., Jam-O-Drum, A Study  
Interaction Design, Proceedings of ACM DIS 2000  
Conference, NY: ACM Press, 2000.  
[2] Sergi Jorda, Günter Geiger, Marcos Alonso, Martin  
Kaltenbrunner, The reacTable: exploring the synergy  
between live music performance and tabletop tangi-

- ble interfaces, Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction, pp. 139-146, 2007.
- [3] Niklas Klügel, Marc R. Frieß, Georg Groh, Florian Echtler, An Approach to Collaborative Music Composition, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 32-35, 2011.
- [4] Michael St. Clair, Sasha Leitman, PlaySoundGround : An Interactive Musical Playground, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 293-296, 2009.
- [5] Perry R. Cook, Principles for Designing Computer Music Controllers, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 3-6, 2001.
- [6] Andy D. Hunt, Marcelo M. Wanderley, Matthew Paradis, The importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 88-93, 2002.
- [7] Atau Tanaka, Mapping Out Instruments, Affordances, and Mobiles, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 88-93, 2010.
- [8] Sidney Fels, Ashley Gadd, Axel Mulder, Mapping transparency through metaphor: towards more expressive musical instruments, Journal Organised Sound Volume 7 Issue 2, pp. 109-126, 2002.
- [9] Tim Murray-Browne, Di Mainstone, Nick Bryan-Kinns, Mark D. Plumbley, The Medium is the Message: Composing Instruments and Performing Mappings, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 56-59, 2011.
- [10] Pure Data Portal Site <http://www.puredata.info/>

新進芸術家海外研修制度メディア芸術部門助成, ポーラ美術振興財団在外研修助成によりオランダデンハーグ王立音楽院ソノロジー研究科に留学. ヨーロッパを中心にインスタレーション作品展示及びライブパフォーマンス活動を行なう. 文化庁メディア芸術祭, アジアデジタルアート大賞等で受賞.2010年より全国を巡回展示する「魔法の美術館」展にて定期的に出展を行なっている. 著作に“Pd Recipe Book -Pure Data ではじめるサウンドプログラミング” (BNN 新社, 2012年) があり, ビジュアルプログラミング環境 Pure Data を日本で普及させるためのポータルサイト Pure Data Japan を, 2013年2月に美山千香士氏と共同で発足.

## 7. 著者プロフィール

### 松村 誠一郎 (Seiichiro MATSUMURA)

現在, 東京工科大学デザイン学部准教授. 博士 (Ph.D 学際情報学).

慶応義塾大学環境情報学部卒業後, サウンドデザイナーとしてゲーム会社に勤務.2000年に東京大学大学院学際情報学府修士課程に入学. サウンドを軸としたインタラクティブアート作品の制作と研究を進める.2006年同大学院博士課程後期修了.2003年~2005年に文化庁

作品解説

自動演奏ピアノを用いたアンサンブル作品  
ENSEMBLE WORK THROUGH THE USE OF AN AUTOMATIC PIANO  
PERFORMANCE SYSTEM

鈴木 悦久

Yoshihisa SUZUKI

名古屋市立大学

Nagoya City University

概要

演奏者同士のアンサンブルとは、音楽記号や演奏する音響を通じた意思疎通の連続である。演奏者は相手奏者が演奏する一音一音を、楽曲との関係性や時間軸上での構成を分析し、前の演奏と次の演奏との関係を判断し演奏する。伝統的な即興演奏では、この意思疎通を音楽記号の解釈ではなく、体系化された音楽様式を規則として捉え、この規則に則って演奏者同士が意思疎通を行い、楽曲を構成していく演奏形態である。

「自動演奏ピアノを用いたアンサンブル作品」は、人と人が行う伝統的な即興演奏の演奏過程を、コンピューターと人に置き換えた作品である。コンピューターのシーケンスに人が追従するという形式は避け、人とコンピューターとのやり取りにより演奏できるよう楽曲の規則を定義、構成した。

本論文では、この楽曲のシステムについて、そしてシステムと即興演奏の規則との関係性について論じる。

Ensemble work between fellow musicians is defined as the flow of written musical characters or mutual improvisation through acoustic interaction. Each musician listens to every sound created by the other musicians, analyzing the relationships of composition or structure along a specific time axis. The players sense the relationship between what was played previously and what comes next, and then they begin to play. Traditional musical improvisation is “composed” according to given rules. Mutual understanding between the musicians does not indicate a similar interpretation of the notes to be played. However, within a given musical style the musicians communicate by complying with the basic rules of music.

“Ensemble Work Through the Use of an Automatic Piano Performance System” is improvisational work where traditional improvisation between human musicians is re-

placed by an improvisation process between a human and a computer.

I deliberately avoided a situation where a human conforms to a sequence created by the computer. Instead, I defined and constructed rules of musical composition in order for the human and the computer to improvise more organically.

In this thesis, I deal with the system of music composition as well as the relationship between the system and the rules of improvisation.

1. はじめに

初期の自動演奏ピアノをはじめとする自動演奏機は、ロール紙にパンチングした演奏データを基に、機械式で鍵盤や発音部を動作させ、音楽の再生させるために作られた。現在では、電子楽器間の通信プロトコルであるMIDIによってデジタルデータを送信し、リアルタイムに動作させる事が可能になり、ライブエレクトロニクスやアルゴリズムコンポジションといった、コンピューター音楽の作品で用いられている。

本稿でとり挙げる「自動演奏ピアノを用いたアンサンブル作品」は、このリアルタイムに動作させる事のできる現代の自動演奏ピアノの特徴を生かし、演奏者と自動計算機とのアンサンブルを、自動演奏ピアノを通じて行う作品として提案し、その手法と問題点について考察する。

2. 演奏者の解釈と楽曲の構成

演奏には、作曲者が楽譜に記した音符と表奏記号を解釈する演奏と、即興演奏のように、音楽様式が持つ旋律のシステムやリズム構造を規則として解釈する演奏の2種類に大別する事ができる。楽譜には演奏すべき音程と音価が音符として記されており、演奏者は表奏記号とし

て示された、テンポ、音強、アーティキュレーション、発想記号を、音と音との相対的な関係の範囲内で解釈する。即興演奏では、演奏すべき音程と音価が音符として示される事は無く、音楽様式が持つ旋律のシステムやリズム構造が規則として示されているため、演奏者は楽譜によって示される解釈の範囲よりも、広い範囲の音楽における構成要素を解釈する必要がある。

複数人の演奏者が行うアンサンブル形式の演奏では、上述の演奏の解釈に他の演奏者の解釈が介在する。そのため演奏者は、演奏の最中においても自身の解釈に他の演奏者の解釈を付加し、他の演奏者との関係性に基づいた連続的な解釈を行うことでアンサンブルを成り立たせている。楽譜に示された楽曲では、音程と音価が正確に記されていることから、演奏者同士の解釈の変化が音楽の構成に影響を及ぼす事は無い。しかし複数人での即興演奏では、音程、音価が記されず規則として示されているため、演奏者同士が行う連続的な演奏規則の解釈によって音楽が構成されている。この演奏における解釈が音楽の構成に関わる事が、楽譜における演奏の解釈と即興演奏における演奏の解釈の相違点だと考察される。

### 3. 楽曲「自動演奏ピアノのためのアンサンブル作品」の解説

#### 3.1. 演奏規則とゲームのルール

「自動演奏ピアノのためのアンサンブル作品」では、上述した即興演奏における演奏規則の連続的な解釈が楽曲を構成する要素として機能している点に着目した。この連続的な解釈を行う事と類似するものの一つに、ゲームの進行が挙げられる。ゲームは、プレイヤー同士が進行に必要なルールを把握し、相手との関係や勝敗などの目的によってゲームを進行させる事で成り立つ。この、即興演奏における演奏規則の解釈と楽曲構成の関係と、ゲームにおけるルールの解釈とゲーム進行との共通点について考察し、演奏規則をゲームのルールとして機能させたのが、本楽曲である。つまりこの楽曲で定義した規則は、演奏者が行う演奏規則の解釈を、ゲームを解くためのアルゴリズムとして自動計算機に解釈させる事で、演奏者同士で行うアンサンブルを、演奏者と自動計算機とのアンサンブルとして置き換え、機能させるための規則である。

#### 3.2. 楽曲 ピアニストのためのゲームピース「Chromatist」の規則

「自動演奏ピアノのためのアンサンブル作品」は、2004年に作曲したピアニストのためのゲームピース「Chromatist」で用いた規則を用いられている。この作品では、ピアノを演奏するにあたっての指使い、例えば

音階を演奏する際、親指で黒鍵を演奏しない、または小指で黒鍵を演奏しないといった、ピアノ奏者ならば身体的に解釈している演奏の規則を用いた。この運指の規則に従った上で半音階のスケールを演奏し、ピアノの鍵盤によるゲームを解く事で楽曲が構成される。ゲームの規則では、決められた初期地点“一点ハ音 (C4)”の音から右手で上行形の半音階を、左手で下行形の半音階を演奏し、右手では2オクターブ上の“三点ハ音 (C6)”，左手では2オクターブ下の“は音 (C)”を到達地点として演奏する。この際、左右の手の音程差が次に演奏する手の演奏する半音の数に相当する。音程差と進める半音の数は以下となる。

- 完全1度 → 半音1つ分
- 短2度、長2度 → 半音2つ分
- 短3度、長3度 → 半音3つ分
- 完全4度 → 半音4つ分
- 完全5度 → 半音5つ分
- 短6度、長6度 → 半音6つ分
- 短7度、長7度 → 半音7つ分

注) オクターブ以上離れた音程はオクターブ以内に置き換える。

この半音階を演奏し到達地点に向かうには指をくぐらせる必要がある。その際に指をくぐらせられるのは、右手と左手が同じ指で演奏している時に限る。指の番号については図1に示す。

演奏する指	指の番号	自動演奏ピアノに示す黒鍵
親指	1	嬰ハ (C#)
人差し指	2	嬰ニ (D#)
中指	3	嬰ヘ (F#)
薬指	4	嬰ト (G#)
小指	5	嬰イ (A#)

図1. 指の対応表

例えば、左手が半音2つ分演奏し、“一点ハ (C4)”から“変ロ (B3)”へ進み、演奏している指は3の指とする。次に演奏する右手は、右手の“一点ハ音 (C4)”と左手の“変ロ (B3)”との音程差である長2度分の半音の数、すなわち半音2つ分を演奏し“一点ニ (D4)”へ進み、指は3の指となる。(図2) さらに次の左手は“変ロ (B3)”と“一点ニ (D4)”の音程差長3度分の半音の数である、半音3つ分進める事ができ、“ト (G3)”となる。(図3)

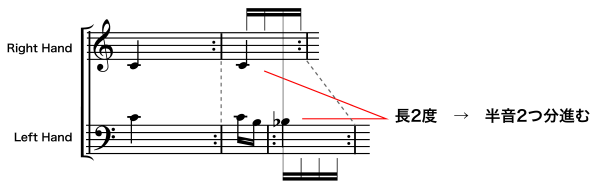


図 2. 譜例 1

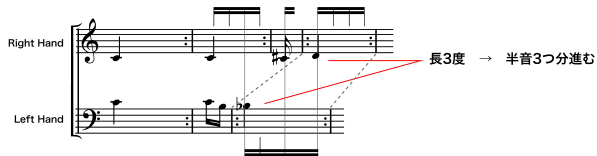


図 3. 譜例 2

ここで、進む前に右手と左手が同じ指で演奏していたため、指をくぐらせる事ができる。つまり最初に 1-2-3 の指で演奏し、次は指をくぐらせて 1-2-3 の順の運指で演奏する事となる。(図 4) しかし、いつも指をくぐらせられるとは限らない。その場合は、小指や親指で黒鍵を演奏せずに途中で半音階を逆行して演奏する。そして、次に指をくぐらせやすい音程差になるように考慮し、指定の半音の数だけ演奏する。演奏するリズムは、演奏する半音は十六分音符で演奏し、辿り着いた音で速やかに四分音符で演奏する。これにより、左右の手のリズムにずれが生じ、リズムの変化を求める事ができる。(fig. 4) この運指の規則とゲームの規則を繰り返し、右手は“三点ハ音 (C6)”，左手は“は音 (C)”の到達地点にたどり着くまで演奏する。

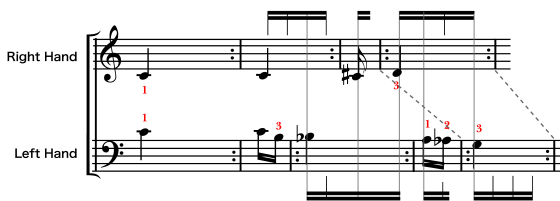


図 4. 譜例 3

### 3.3. 楽曲「Chromatist VS version」の規則

この楽曲の右手と左手の演奏を、右手を自動演奏ピアノ、左手をピアノ奏者に置き換えたのが「自動演奏ピアノのためのアンサンブル作品」の最初の作品となる「Chromatist VS Version」である。先に到達地点へ辿り着いた方が勝者と定義し演奏者と自動演奏ピアノが対

戦する事で、自動計算機が計算する目的とピアノ奏者が演奏する目的を明確にした。しかし、自動演奏ピアノは実際の手を持っていないため、どの指で演奏しているかを示す必要がある。そこで、自動演奏ピアノに対し、演奏している指を示すには、空いている方の手、すなわちピアノ奏者であれば右手で、初期地点“一点ハ音 (C4)”より高音域の黒鍵を演奏する事で示した。(図 4) また、自動演奏ピアノが演奏する指は、初期地点“一点ハ音 (C4)”より低音域の黒鍵が演奏され、ピアノ奏者へ示される。この黒鍵を演奏する上で、演奏された黒鍵に止まる事はできないという規則を追加し、黒鍵の演奏規則がゲームの進行、すなわち楽曲の構成に関わるように留意した。

## 4. 規則を用いた演奏と即興演奏

民族音楽では、楽譜などの記譜によって構成される形式だけでなく、アフリカやインドの民族音楽に見られるように、演奏規則を定義し、演奏者同士のアンサンブルによって構成される事に重点を置いている。例えば、アフリカ音楽のポリリズムは、一方の演奏者のリズムをモチーフとして別の拍子のリズムを演奏し一つのリズムとして構成する方法と、ザンビアのベンバ族が演奏する「ングワイ」(2 台の太鼓のための合奏曲)に見られるような、リズム形をずらして音楽を構成する方法がある [1,2]。この場合、旋律やリズム構造を身体的に解釈し、即興的に楽曲が展開される点に特徴がある。また、インド伝統音楽では、基本となる旋律のシステム「ラーガ」と、周期の理論に基づくリズムのシステム「ターラ」を用いて、演奏者同士が即興的に楽曲を構成する。演奏者同士が即興的に演奏する上で、その複雑さと正確さが演奏者の技量を示す指標となっていることが大きな特徴と言えるだろう [1,2]。これらの即興演奏では、音楽が持つ旋律のシステムやリズム構造の要素を体系化した規則として機能させ、演奏者の身体を通じて音楽を構成、構築するものと考察する事ができる。

## 5. 自動演奏ピアノを用いた楽曲のアンサンブルにおける有効性

前述した「自動演奏ピアノのためのアンサンブル作品」の規則では、これら伝統音楽の即興性を参照し、演奏者同士のアンサンブルを、人と自動計算機に置き換える試みとした。例えば、身体的に解釈される規則の一つとして、ピアノ奏者が身につけているであろう運指の規則を演奏の規則として用い、楽曲構成に必要なゲームの規則と関連づける事で、即興演奏の持つ演奏の評価と同様な評価を与える事ができる。つまり、いかに規則を正確に解釈し、演奏する事ができているかという点におい

て、この作品では、人と自動計算機を音楽作品の演奏という点で同等に評価できるものとする。そしてこの作品では、演奏される音と音との関係性により、次に演奏される音が決まるという性質において、双方のやり取りが正確である前提でしかアンサンブルが成り立たない。これは、自動計算機を用いたアンサンブル作品を作曲する際のアルゴリズムを決める上で、有効な手段と考える事ができる。すなわち、伝統音楽における即興音楽のような、音楽を体系化した演奏規則を、演奏のアルゴリズムとして機能させれば、人と人が演奏するアンサンブルと同様に機能すると考察することができる。このアンサンブル方法は、自動計算機のためのアンサンブル方法として有効に機能させる事が可能であると言える。

## 6. 「自動演奏ピアノを用いたアンサンブル作品」の対外評価

「Chromatist VS version」の次に作曲し、同様の演奏規則と楽曲構成のためのゲームの規則を用いた「自動演奏のための組曲」は、各規則の役割を示す楽章が加えられ、全5楽章で構成した作品である。この楽曲は第3回 AAC サウンドパフォーマンス道場（2008年）にて優秀賞を受賞した。

## 7. 今後の展開

人と人が行うアンサンブルには、演奏の規則だけではなく、音が連続的に変化する要素も、次の演奏を導く要素となっていると考えられる。例えば音の強弱の変化や速度の変化が、次の音との関係性を示唆する機会が多く見られる。これまでの作品では、音楽を構成する上での規則のみを扱ってきたが、これら音の連続性による構成の前後関係を用いる事で、より多様な音楽的表現を、自動計算機と人との演奏に取り入れる事ができると考える。今後の展開として、この音の連続的变化を解析しアンサンブル作品の構築に取り組む予定である。

## 8. 参考文献

- [1] 藤井知昭, 水野信男, 山口修, 櫻井哲男, 塚田健一, ”民族音楽概論”, 東京書籍, 1999, p.162-166, p.214-227
- [2] 拓殖元一, 塚田健一, ”はじめての世界音楽”, 音楽之友社, 1992, p.28-30, p.86-90

## 9. 著者プロフィール

### 鈴木悦久 (Yoshihisa SUZUKI)

1975年生。1998昭和音楽大学音楽学部器楽学科打楽器専攻卒業。2004岐阜県立情報科学芸術大学院大学修了。打楽器奏者を経て、演奏者同士の関係から成る楽曲を研究、作曲する。2006アルスエレクトロニカデジタルミュージック部門ホノラーメンション受賞 (Mimiz名義)。2008 AAC サウンドパフォーマンス道場優秀賞。

## Research Report

# MULTIMEDIA SUITE: BLIND | THE WORLD WHERE I CAN'T BE BUT YOU LIVE IN

Akiko HATAKEYAMA

Computer Music and Multimedia, Department of Music, Brown University

### ABSTRACT

From my personal experience, I have learned creating music and multimedia art enables me to project my consciousness and unconsciousness. As a result, it promotes physical and mental wellness. Expressing topics such as childhood memories, family relations, and unconsciousness by using non-verbal mediums of audio recording, improvisation, visual images, lighting, and space provides positive effects. These effects are related to the outcomes of creative arts therapies. Investigating metaphors embedded in my multimedia suite, *Blind | The world where I can't be but you live in*, leads to self-insight, and it helps the process of discovering defense mechanisms that may live inside of me.

### 1. INTRODUCTION

*Blind | The world where I can't be but you live in* reflects my exploration in life and expresses my unconscious emotions and thoughts. Creating art and music has been a personal journey of self-discovery. The act of creation helps me to understand who I am and where I came from. The journey never ends because I always make new discoveries through creating art — and consequently new questions arise. The recent discovery I had is that so many things that I do as an adult are tied to my family and childhood experiences. As a result, I am currently working on tracing my family relationships and revisiting events from my childhood. It may seem like these are obvious paths to take (especially to the Westerners) in order to consider my identity, but it took a long time for me to come to this realization.

I focus on releasing the emotions and thoughts that I hold inside, through my work. As a result, creating art has brought me comfort and insight. If my work also resonates with audience members and evokes feelings and memories within them, I would be thrilled. Connecting

my philosophy to the psychological and social aspects of my work in conjunction with academic investigation of these aspects made me realize my strong interest in music and creative arts therapy within the context of psychology. Studying creative arts therapy — a combined field of art and science — is part of my ongoing research. It played an important role in the content and concept of this piece.

### 2. ABOUT THE PIECE

I composed this work to illustrate a metaphor of an arc of life — from one's arrival to this world, to one's departure to another world. It is structured as a suite, in four sections plus a transition, but each section could stand as an individual piece. The first two sections consist of a combination of fixed media video and electro-acoustic music. By using the image related to my family and myself, along with abstract animations, these sections represent my relationships with my family, and the realizations about them that I had as an adult. I feel that the physical distance between us (we currently live very far away from each other) has influenced the feeling of the distance in our emotional connections. I do not know if it has made the distance shorter, longer, or neither, but I am aware that I now greatly cherish the connections with them. Also, the physical distance brought me a chance to develop a new way to approach my relationships with my family. The electro-acoustic music that features acoustic piano audio recordings paired with video represents the long path that has brought me to my new realizations and new approach.

In the last two sections, I strived to make the performance space a place where my past and present, and my consciousness and unconsciousness meet. The custom electro-acoustic instrument that I built connected my physical movements to sound by pulling thread. The speed of my movements became the speed of music. It is a metaphor for the action of digging up memories - of trying to find things without knowing what they actually

were. This instrument also controlled light intensities in the space to create a space that reflects my fluctuating emotions and thoughts about the past and present.

### 3. STRUCTURE

The suite is made of four sections and transitional music.

- けむり Kemuri — voice, flute, Pianica, Moog, digital video on fixed media
- あいだ Aida — piano, digital video on fixed media
- Transitional music — processed piano on fixed media
- みちに虹 Michi ni niji — voice, toy glockenspiel, custom-made controller, light dimmer
- ひぐれ Higure — voice, atoharp, flute, Moog, Pianica

### 4. SECTIONS

#### 4.1. けむり Kemuri

*Kemuri* is a piece of farewell music, wishing him a safe journey to a safe place. The gradual and swelling textural development by layering and altering tracks projected my image of him rising to the skies, surrounded by guardian-angel-like figures. There were differences in spatial depths that surrounded the death, and I sensed the birth of a time gap between him and I since his time had stopped. The video represents these depths and a combination of motion and stillness (the time gap). I kept the visibility of the content of the video very low. This was a reflection of my mental state that I was not entirely ready to show what I was going through, and a reflection of the image that I received imagining what his world was like. By showing movements in a restrained visible world, I wanted to speak to the unknown sides of my and the audience's minds. Experiencing phenomena near the threshold of visibility and the slow manifestation of the images could guide one's mind in multiple ways. One could keenly focus on the movements in the video, one could obviously diverge from what one is watching, and one could make up images of their own to fill in the absence of image in the video. In any case, my aim was to bring up my and their personal experiences and memories through experiencing *Kemuri*.

#### 4.2. あいだ Aida

In *Aida*, I took an approach to create dynamics by layering parts rather than playing each part with huge dynamic ranges. As a result, the music gradually built up. Overall, I avoided dramatic level and tempo changes in order to mirror the flow of my time. Time flows without ruffling the smooth surface. This dimension of my and other people's lives always moves forward. However, underneath the surface, countless events happen, and our emotional states constantly fluctuate. *Aida* partially represents my current relationship with my family. Our time passes regardless of our geographical distance, and I know that our life is not the same everyday. It is really not flat. But, I am not the one experiencing my family's life, and they are not the ones experiencing mine. We do not even observe each other much because of the distance. The music may seem to be flat to some listeners, but this is a metaphor of a forward motion of time that conceals the internal turmoil of people who I love. I used the word "aida" in the context of something close to the meanings of the words between, middle, or distance.

#### 4.3. みちに虹 Michi ni niji

I saw an oil mark on a black pavement near my apartment in Providence. The sunlight made it iridescently shine, and seeing it sent me back to the time when I was a child. I was too small to know what the rainbow things on the pavement were, but they mesmerized me. My friend and I wanted to recreate the same beautiful rainbows, so we carefully poured seven different pigments into a puddle. They settled in the bottom of the shallow water, and no rainbows appeared. We stirred the water, but it simply made it muddy. By thinking about this memory, other memories from my childhood came back.

*Michi ni niji* was the first piece in the suite in which the dim light revealed the performance space, and I as a performer appeared in front of the audience. By singing a cappella while holding the instrument / controller, I revealed my live voice. The physical existence of the performer (myself) and the presence of human voice transformed the performance space in to a ritualistic space.

#### 4.4. ひぐれ Higure

*Higure* conveys the feelings of later life, which includes wisdom, fatigue, resignation, acceptance, and relief. It represents the final phase in the arc of a person's life, and

my own life, as I imagined it to be. Tension and calmness coexist. The very slow tempo illustrates the time of decline in life. There is not much energy left, but one is doing one's best to live and getting ready to depart to another world. It is slow as if someone is resisting the flow of time. Time does not go backwards. The piece represents the mortal nature of the world and my relief at being surrounded by and yet able to escape from memories. It, too, is emotional to hold a ritual to send off lost ones and someone who I may lose in the future. That someone can be me as well.

## 5. THE INSTRUMENT - HAKO (BOX)

In *Aida*, the act of pulling thread from the Box was a metaphor of recalling hidden memories. I usually cannot guess what would trigger memories. Sometimes it seems to be random, and other times the connections of triggered memories are clear. Retrieving one memory could take a long time, but once I recall it, numerous memories flow out. There are times that I hesitate to unleash certain memories, too. It varies. The musical tempo changes tied to the physical motion of pulling were parallel to how retrieving memories works. The thread (effort and traces of recalling memories) lay on the floor forming a web, as if old memories hopelessly tried to capture the new memories without letting them slip away. It too, was a ritualistic act to protect the lost ones in the past (Figure 1).



**Figure 1.** The performer pulling the thread from *Hako* in *Michi ni niji*

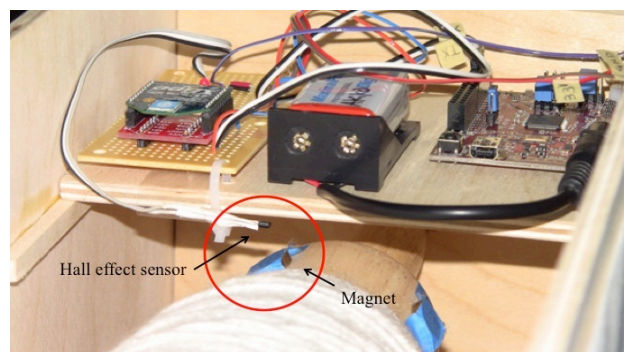
The Box also controlled the intensity of light in the space by sending MIDI data to the DMX light dimmer through LanBox (DMX controller). By placing the lights near the floor, I created a localized and intimate but somehow solitary space. Lighting up the performer from below cast shadows on the walls. The shadows amplified my movements, and they made my identity unstable by doubling my figure.

I designed the enclosure of the instrument to look simple in order to leave myself and the audience free for interpretations (Figure 2). Depending on our different emotional states, the instrument would remind us of different things. Making the instrument wireless was necessary for free mobility and its clean appearance in order to create a ritualistic environment.



**Figure 2.** *Hako*

When a magnet on a spinning dowel passed over a Hall effect sensor on the electronic circuit, the Max patch triggered a bang (Figure 3). Since there were four equidistant magnets on the spinning dowel, it captured the time differences between the magnets and averaged these four values (one revolution). This averaged value was set to be the time period for the metro object. This metro determined the tempo of playing back the glockenspiel sound samples. If the spinning dowel was still, and no bang was coming for more than one second, the metro paused. Thus, the audio stopped, too.



**Figure 3.** Hall effect sensor and magnets on the spinning dowel

## 6. CONCLUSION

It was an absolute pleasure to produce *Blind | The world where I can't be but you live in*. I experienced both

the pain and the serenity of creation by undergoing the process of making this multimedia suite. As a result, I am able to move on. Even though writing never defeats experiencing my works of art as a creator and as an audience member, retrospectively investigating my own compositional decisions and their backgrounds led me to numerous discoveries. I emphasized the importance of undertaking creative processes alone as a form of self-expression because this is what I am currently working on. However, I was never truly alone during the process. The support I received from my community was amazing. Without this support, I would not have been able to be in the mental and emotional state even to wish to create. I am a social creature. Thus, this piece included all of my surrounding.

Getting to know my art might be the best way to get to know me, and I get to know myself through the creation of art. If I were capable of expressing myself through speech or writing, I would probably not make music or art. *Blind* | *The world where I can't be but you live in mirrored who* I was as an artist and a person. This piece is, in a way, a record of me at this point of my lifetime, whether I know it or not.

## 7. AUTHOR'S PROFILE

### Akiko HATAKEYAMA

Akiko is a composer, singer, and video artist. She is interested in crossing boundaries between traditionally written music, electronics, improvisation, computer based live interactivity, and visual components. Storytelling, memories, nature, and food often play an important role in Akiko's work, and she most often finds beauty in simplicity. She obtained her B.A. in music from Mills College and received her M.A. in Experimental Music/Composition at Wesleyan University. Since September 2011, Akiko has been engaged in PhD study in the MEME program at Brown University. Her principal instructors are Alvin Lucier, Anthony Braxton, Ronald Kuivila, Maggi Payne, Chris Brown, Todd Winkler and Butch Rovin.

Lecture

## THE VISUAL MUSIC OF MATTHEW GREENBAUM

MATTHEW GREENBAUM

Temple University, Philadelphia, USA

### ABSTRACT

私がアニメーション・ビデオに取り組み始めたのは、伝統的なオペラの限界を超え、小さな空間の中でアニメーションの登場人物たちに舞台の空間を提供するためである。メゾソプラノとアニメーション・ビデオのための *ROPE AND CHASM* はこうしたメディアを使った私の最初の作品であり、ニーチェの『ツァラトゥストラはこう語った』の一部に基づく。さらに、このメディアを用いて、テナーサクソンのための *BITS AND PIECES* など作曲し、同時に、楽器などを伴わないビジュアルのみのビジュアル音楽を制作した。ここで視覚的要素と音楽的動きの対位法は決定的に重要である。私にとって、共感的な効果の出現は非常に印象深く、音と視覚的要素それぞれのアタックのパターンは、しばしば目と耳によって統合された単一の対位法的テクスチャーとして解釈される。これらの作品で用いられているビジュアルの素材は、形態変化のアニメーションに加えて、私が住んでいるマンハッタン北のヨークビルの写真を大幅に処理したものがほとんどである。音の素材は、コンピュータによって合成された音、加工した環境音、私自身の作品を処理した音、そして加工した *MIDI* 楽器の音である。

I began working with video animation to get beyond the limitations of conventional opera, so that I could create animated characters a stage environment in a small space. My first piece in this medium was *ROPE AND CHASM*, a setting of parts of Nietzsche's *Also Sprach Zarathustra* for mezzo-soprano and video animation. I've gone on to compose other works in this medium, including *BITS AND PIECES* for tenor saxophone, as well as a number of works that are purely visual music. Counterpoint between visual and musical activity plays a crucial role; it struck me that there is an effect of synesthesia where attack patterns in each of the media are often interpreted by the eye and ear as a single contrapuntal texture. The visual materials in these pieces are almost always very reworked photographs of Yorkville in northern Manhattan, where I live, together with shape animation and sound materials

purely computer-generated sound, manipulated environmental sound, reworkings of my own instrumental pieces and an occasional refashioned MIDI instrument.

### 1. INTRODUCTION

I was born in 1950 in New York, where I still live. I studied with Stefan Wolpe, a great composer whose music should be better known. He was born in Berlin in 1902, was a refugee from Hitler, and had taken part in the Berlin Dada, the Anti-fascist left, and finally settled in New York, where he became an important figure in the new music community. I also studied with Mario Davidovsky, whose *Synchronisms*—works for acoustical instruments and pre-recorded electronic sound—were widely influential.

I began working with video animation to get beyond the limitations of conventional opera, so that I could create a stage environment and animated characters in a small space. My first piece in this medium was *ROPE AND CHASM*, a setting of parts of Nietzsche's *Also Sprach Zarathustra* for mezzo-soprano and video animation. Later works include *BITS AND PIECES* for tenor saxophone, and other works for solo instrument and video. I've also created a number of pieces of purely visual music.

Counterpoint between visual and musical activity plays a crucial role in all of these works. I was struck by the fact that there is an effect of synesthesia where attack patterns in each of the media are interpreted by the eye and ear as a single contrapuntal texture. In particular, dense textures in each medium seem to form a general contrapuntal web. My goal has been to create a unified perceptual field where one medium cannot be separated from the other.

Visual materials in these pieces are reworked photos, shape animation, and text animation. Sound materials include computer-generated music, manipulated environmental sound, reworkings of my own instrumental pieces and an occasional refashioned MIDI instrument.

## 2. A FEW GENERAL THOUGHTS ON THE CURRENT STATE OF NON-COMMERCIAL ART IN THE US

The notion of “contemporary music” has changed dramatically since my studies with these formidable composers and idealists, who believed that in the transcendent capacity of art, its rootedness in history, and the necessity of separating it from the world of commerce. That is why so many of us pursued university careers; at that time the university was regarded as a bastion of humanism and disinterested study. Unfortunately, many American universities have become indifferent or hostile to serious art, partially through the abuse of postmodern skepticism, and—more dangerously—because of an increasingly dominant corporate bureaucratic model.

On a less pessimistic note, the internet and social media—which have undermined totalitarian states and made knowledge universally and immediately accessible—have allowed composers, theorists and performers to form “affinity groups” that transcend national boundaries, and such impediments to distribution and communication as publishers, record companies and other ossified commercial entities. How to keep authentic culture alive and flourishing seems to be a universal and immediate problem.

### 3. SELECTED WORKS

#### 3.1. BITS AND PIECES

BITS AND PIECES (2012) for tenor sax and video) can be performed in four ways: for sax and video; for sax and electronic sound; for video alone; or for electronic sound alone. The electronic sound portion uses non-Western instrument samples (digeridoo, murchang, saron barong, etc.)

Visual elements include reworked stills of a fossil, a human eye, a mouth, teeth, and a few animated objects designed to be rather repulsive and intrusive, which serve to break through the impersonal and inorganic affect of computer animation and remind the viewer/listener of their possession of a human body.

The video material of AUTOMAT (2012) (ACA) is based on a series of photos of the East River Promenade and a former industrial area in Queens. Their hectic activation as video is supported by a similar process of reinterpretation of a few passages from my instrumental works. I was surprised to find that sections of

the work look like Abex paintings in motion, which adds another note of nostalgia, as does the fragmentary “DELICATESSEN” sign (and its subset “ESSE.” )

#### 3.2. TRANSCENDENTAL ASSEMBLY

TRANSCENDENTAL ASSEMBLY for solo electronic sound (2012) is an electronic reinterpretation of a previous work, WILD ROSE, LILY, DRY VANILLA for mezzo and chamber ensemble, on an incomplete poem of Ralph Waldo Emerson, the great American Transcendentalist philosopher. The electronic version is a kind of multiplication of forces of the original chamber piece, and is meant to have the effect of crowds of voices in celebration. The original vocal line was mined for phonemes and pitch inflections, which were manipulated through time-stretching, transposition, and resonance to create a new speech vocabulary for the electronic version.

#### 3.3. WILD ROSE, LILY, DRY VANILLA

WILD ROSE, LILY, DRY VANILLA is a setting for mezzo and chamber ensemble of an incpomplet poem of Emerson, composed for the Cygnus Ensemble’s Emerson Bicentennial. It is scored for flute, oboe, violin, cello, banjo and guitar. The text is reminiscent of monologues in Shakespeare’s A Midsummer Night’s Dream; much of it sounds like a magical incantation, especially the litany of herbs and other plants at the conclusion

#### 3.4. HEADSHOT

HEADSHOT is based on a casual fifteen-second long video of the composer in a New York Starbucks. The composer’s head is targeted for ever-more extreme variations until the contents of the head overwhelm its form. The musical score is derived from the environmental sound of the video fragment and follows a parallel process of variation. There is no narrative in the conventional sense; the visual content is completely based on principles of musical development. However, there are a few dominant themes; aging; self-concealment and destruction; the unbridgeable chasm between one’s physical appearance and interior life. A fragment of Heraclitus appears in the middle of the work: “What we see when we are awake is death; what we see when we are asleep is sleep.” This is countered by the repeated word “Chai,” [*life*] in Hebrew.

#### 4. AUTHOR'S PROFILE

### Matthew GREENBAUM

MATTHEW GREENBAUM was born in New York City in 1950. He studied composition with Stefan Wolpe and Mario Davidovsky and holds a Ph.D. from the CUNY Graduate Center. Greenbaum's awards, fellowships and commissions include the Serge Koussevitzky Music Fund/Library of Congress, the Mary Flagler Cary Charitable Trust, the American Academy of Arts and Letters, Meet the Composer, the Fromm Foundation, the Guggenheim Foundation, the Martha Baird Rockefeller Fund and the New York Foundation for the Arts and the Penn Council on the Arts. Performances of his works include the Darmstadt Summer Festival, the Leningrad Spring Festival, the Jakart Festival (Indonesia), Hallische Musiktage, Ensemble SurPlus (Freiburg), Nuova Consonanza (Rome), Ensemble 21 (Odense), the Da Capo Chamber Players, Cygnus, Parnassus, Fred Sherry, Marc-Andr? Hamelin, David Holzman, Stephanie Griffin, the Momenta Quartet, Network for New Music, the New York New Music Ensemble, the Group for Contemporary Music, Orchestra 2001, Christopher Taylor and the Riverside Symphony, and the Houston Symphony. His works are published by Tunbridge Music and the American Composers Alliance. Recordings are available from Antes and CRI. An Il-Greenbaum recording is available on the Centaur label. Greenbaum is also a video animation artist. Works in this medium include ROPE AND CHASM for mezzo and video animation, an hour-long setting of excerpts from Nietzsche's Also Sprach Zarathustra; AUTOMAT for video animation/electronic music, and BITS AND PIECES, for tenor sax and video animation.

Dr. Greenbaum is a professor of composition at Temple University.

### WILD ROSE, LILY, DRY VANILLA

Ralph Waldo Emerson

Where the fungus broad and red lifts its head  
Like poisoned loaf of elfin bread  
Where the aster grew with the social goldenrod  
In a chapel which the dew  
Made beautiful for God  
The maple street

In the houseless less wood  
O what would nature say  
She spared no speech today  
The fungus and the bullrush spoke  
Answered the pine tree and the oak  
The wizard South blew down the glen and  
Filled the straits and filled the wide,  
Each maple leaf turned up its silver side.  
All things shine in his damp ray  
And all we see are pictures high.  
Many a high hillside  
Which oaks of pride  
Climb to their tops  
And boys run out upon their leafy ropes.  
In the houseless wood  
Voices loud after  
Ev'ry shrub and grapeleaf rang with fairy laughter.  
I have heard them fall  
Like the strain of all King Oberon's minstrelsy  
Would hear the everlasting.  
And know the only strong you must worship fasting.

You must listen long  
Words of the air  
Which birds of the air  
Carry a loft below around  
To the isles of the deep  
To the snow capped steep  
To the thundercloud  
To the loud bazaar  
To the harem of Caliph and Kremlin of the Czar!  
Is the verse original?

連載

## SUPERCOLLIDER チュートリアル (1) SUPERCOLLIDER TUTORIALS (1)

美山 千香士

Chikashi Miyama

ケルン音楽舞踏大学

Hochschule für Musik und Tanz Köln

### 概要

本連載では、リアルタイム音響合成環境の SuperCollider(SC) の使い方を、同ソフトを作品創作や研究のために利用しようと考えている音楽家、メディア・アーティストを対象にチュートリアル形式で紹介する。

SuperCollider(SC) is a realtime programming environment for audio synthesis. This article introduces SC to musicians and media artists who are planning to utilize the software for their artistic creations and researches.

### 1. SUPERCOLLIDER とは

#### 1.1. 概要

**SuperCollider(SC)** は James McCartney によって開発が始められた、リアルタイム音響合成とアルゴリズム作曲のためのプログラミング環境である。当初は有償ソフトウェアとして販売されていたが、2002 年より GNU General Public License(GPL) に基づくフリーソフトとなり、現在は有志により開発が進められている。

#### 1.2. 特徴

##### 1.2.1. テキストベースのオブジェクト指向言語

SC では、Max や Pd 等の GUI を用いた音響合成プログラミング環境と異なり、**SC Language** という専用の言語を用いてテキストベースでプログラミングを行う。SC Language は Smalltalk を基調とするインタプリタ型オブジェクト指向プログラミング (OOP) 言語であるため、OOP 言語に精通したユーザーはカプセル化、継承、多態性などの OOP のプログラミング技法を利用して SC での音響合成プログラムを行う事ができる。

##### 1.2.2. マルチ・プラットフォーム

SC は Mac、Windows、Linux、FreeBSD で動作するマルチ・プラットフォームなソフトウェアであるため、

様々な環境で柔軟に運用する事ができる。特に、最近注目が高まっている、Raspberry Pi[1](図 1) など安価なシングルボード・コンピュータ上でも SC は稼働するため、音を自動生成するプログラムを基調としたサウンド・インスタレーションや組み込み分野での活用も期待されている。



図 1. Raspberry Pi

##### 1.2.3. クライアント・サーバーモデル

SC は実際に音を生成する **scsynth** と、音生成のための命令の送信やイベント処理等を行う **sclang** という自律的な 2 つのソフトウェアから構成されており、この 2 つのソフトウェアはクライアント・サーバーモデルを形成している (図 2)。

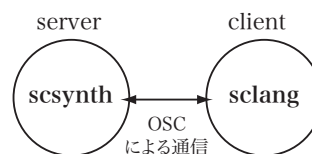


図 2. クライアント・サーバーモデル

scsynth と sclang は CNMAT の開発した **Open Sound Control(OSC)**[2] というプロトコルを用いて通信を行うため、複数の sclang から scsynth をコントロールするこ

と、また、sclang の代わりに OSC を送信できるソフトウェアをクライアントとして用いる事も可能で、例えば Max や Pd から scsynth に OSC メッセージを送り、音の生成を促す事も可能である(図 3)。サーバーとクライアントは両方同じマシンでも、ネットワークで繋がった別々のマシンでも稼働させる事ができる。

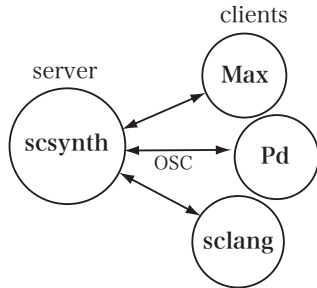


図 3. scsynth は様々なクライアントから制御可能

### 1.3. 動作確認環境

当記事掲載のソースコードは Mac 版の SC3.6.5 を使って動作確認を行っている。また、操作は基本的に Mac 版の SC についてのみ解説する。Win 版、Linux 版の SC を使っている場合は、若干操作が異なる可能性があるので留意されたい。

### 1.4. 情報元

本連載以外に自主的に SC を学ぼうというユーザーのために、以下、SC に関する情報源を紹介する。SC の日本語の情報は現在のところまだ潤沢とは言い難いが、英語のものは充実してきている。

#### 1.4.1. ヘルプ・ファイル

SC のヘルプ・ファイルはかなり綿密に情報が記載されており、これをあたる事で大体の疑問が解決される。各ヘルプに実行可能なコードが複数紹介されているので、音を出しながら仕組みを理解していく事ができる。また、ヘルプ・ブラウザ(後述)のサブメニュー、「Browse」タグをクリックすると、テーマごとにドキュメントがリストされるので、ここから「Tutorials」を選べると「Getting-Started」や「Mark.Polishook\_tutorial」といったチュートリアルを見つける事ができる。これらをひと通り勉強することで SC の基本的なしくみを理解することが可能である。

#### 1.4.2. The SuperCollider Book

MIT Press から出版されている The SuperCollider Book[3] は SC のバイブル的書籍であるが、この本は

多くの著者が SC に関する様々なテーマについて執筆したものをまとめたもので、初心者がステップ・バイ・ステップで SC を習得するのに適しているとは言い難い。むしろ中級者以上がさらなる SC の活用法を学ぶのに適した本といえる。

#### 1.4.3. SuperCollider Japan

日本の SuperCollider のポータルサイト [4]。tn8 氏と umbrella\_process 氏によって運営されている。SC に関する最新のニュースが日本語で読める他、日本語の wiki やフォーラムもあり、上級者に SC に関する質問をする事もできる。また、SC のワークショップの情報なども掲載されている。

## 2. ダウンロードとインストール

### 2.1. ダウンロード

SC は現在 sourceforge.net にホストされている。<http://supercollider.sourceforge.net> にアクセスし、「Download SuperCollider for Mac, Linux, or Windows」のリンクをクリックし、自分の環境にあったものをダウンロードする。

### 2.2. インストール

Mac の場合は、ダウンロードが完了すると「ダウンロード」フォルダの中に「SuperCollider-3.6.5-OSX-universal.dmg」というディスクイメージができるので、これをダブルクリックし展開する。すると、図 4 のよう

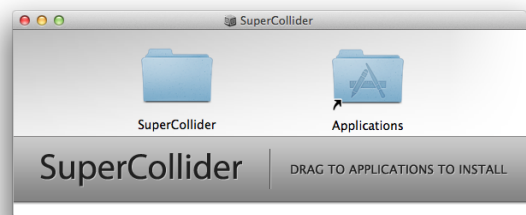


図 4. アプリケーションフォルダにドラッグ

なウインドウが表示されるので、単純に SuperCollider のフォルダをアプリケーションフォルダにドラッグする。これでインストールは完了である。

### 3. 音を出すには

#### 3.1. アプリケーションの起動

アプリケーションフォルダ内の SuperCollider フォルダの中に「SuperCollider」というアプリケーションがあるので、そのアイコンをダブルクリックするとアプリケーションが立ち上がり、図 5 のような画面が表示される。



図 5. SC のウインドウ

SC のウインドウはデフォルトで 4 つの部分から構成されており、左部分が実際にコードを書き込んでいく、**コード・エディタ**、右上がヘルプを表示する**ヘルプ・ブラウザ**、右下がエラーやメッセージを表示する**ポスト・ウインドウ**、そして最下部が現在の SC の状態を表示する**ステータス・バー**と呼ばれる。

#### 3.2. 正弦波を鳴らす

それでは、手始めに 440 Hz の正弦波を鳴らすコードをプログラムし、実行してみる。

##### 3.2.1. コーディング

まず、以下のコードをウインドウ左部の**コード・エディタ**にそのまま書き写す。

##### ソースコード 1. 正弦波

```
1 {
2   SinOsc.ar;
3 }.play
```

##### 3.2.2. サーバーの立ち上げ

コードを書き終わったら、サーバー (scsynth) を立ち上げる。サーバーを起動するには、メニューの「Language」

から「Boot Server」を選ぶ(ショートカットは [Cmd+B])。サーバーが立ち上がる前は図 6 上のように、ステータス・バーの「Server:」の項が白だが、立ち上がると図 6 下のように緑色になる。



図 6. SC サーバーのステータス

##### 3.2.3. コードの実行

サーバーが起動したらいよいよコードを実行する。[Cmd+A] でコードの全体を選択し、[Cmd+Return] を押すと、440 Hz の正弦波がコンピュータのスピーカーから聞こえるはずである。もし、聞こえてこない場合は以下の点をチェックする。

- コンピュータのスピーカーのボリュームは上がっているか、ミュートされていないか
- オーディオ・インターフェースなど音に関連した外部装置が繋がっていないか
- サーバーが正常に稼働しており、ステータスが緑色に表示されているか

##### 3.2.4. 音を止める

上記のコードで生成される正弦波は自動的に止まらない。これを強制的に停止させるには「Language」メニューから「Stop」を選ぶか、そのショートカットの [Cmd+] を入力する。**SinOsc** はその名の通り、正弦波のオシレーターであり、デフォルトで 440 Hz の正弦波を生成する。このように SC には音を生成する SinOsc のような「部品」が沢山用意されており、基本的にこれらの「部品」を組み合わせる音作りを行う。SC ではこの「部品」の事を **Unit Generator**、略して **UGen** という。SC において、SinOsc のように音を生成するだけでなく、分析したり、加工したりする役割を持つ「部品」は全て UGen である。UGen を実際に使うには、UGen の名前の後に **.ar** か **.kr** を付加する必要がある。**.ar** を付加した場合、**オーディオ・レート**で、.kr で作った場合 **コントロール・レート**でその UGen は動作する。コントロール・レートで動作する UGen からの出力は音として聞くことは出来ないが、その出力を利用してオーディオ・レートで動作する他の UGen のパラメータをコントロールする事が可能である。また、コントロール・レートの UGen は信号の出力頻度がオーディオ・レートの UGen に比べ低いため、CPU 負荷が軽い。

### 3.3. 周波数、振幅の操作

SinOsc.ar はデフォルトで 440 Hz の正弦波を生成するが、この周波数を変更するにはソースコード 2 のように SinOsc.ar の後にカッコを付け SinOsc.ar(880) のように書く。

ソースコード 2. 周波数の変更

```
1 {
2   SinOsc.ar(880);
3 }.play
```

これで先ほどの音より 1 オクターブ高い 880 Hz の音が生成されるようになる。この「880」という数値のように括弧の中に入れて出力を変化させるものを**引数 (arguments)** という。引数の値がその UGen にどのように作用するのかは、ヘルプ・ファイルを見て確認する必要がある。

```
1 {
2   SinOsc.ar(880);
3 }.play
```

図 7. ヘルプ・ファイルを見る

ヘルプ・ファイルを開く方法は図 7 のように、まずヘルプ・ファイルを見たい UGen を選択し、「Help」メニューから「Look Up Documentation for Cursor」を選択するか、そのショートカットの [Cmd+D] を入力する。するとヘルプ・ブラウザにその UGen に関するヘルプ・ファイルが表示される。

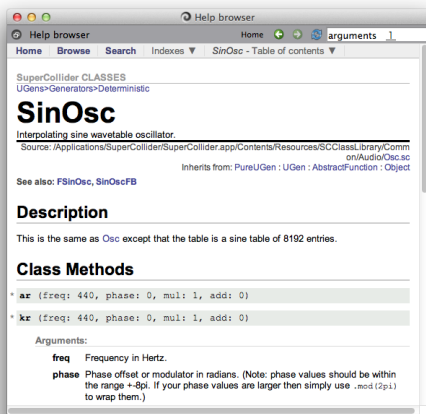


図 8. ヘルプ・ファイルで引数をチェックする

ヘルプ・ファイルの Class Methods の項目に図 8 のように .ar や .kr の後にどのような引数を書くことができるのかが説明されている。このヘルプ・ファイルによる

と、SinOsc は最大 4 つまでの引数を取ることができ、それぞれオシレータのパラメータ、*freq*、*phase*、*mul*、*add* を設定しているのが分かる。各引数には初期値が設定されており、引数を書かなかった場合はその初期値が用いられる。ソースコード 1 では、全ての引数がかかれていないので、*freq* の初期値である 440 が用いられた。そのため、440 Hz、つまり「ピアノの真ん中のラ」(A4) の音が生成された。また、この正弦波の音を小さくするには、1 より少ない数を SinOsc.ar の第 3 引数、*mul* に指定し、乗算を行えば良い。例えば 0.1 を指定すると正弦版の出力に 0.1 が乗算され、正弦波の振幅が 1/10 になり、音の聞こえも静かなものになる。

ソースコード 3. 振幅を小さくする

```
1 {
2   SinOsc.ar(880, 0, 0.1);
3 }.play
```

#### SinOsc

正弦波を生成するオシレータ。

.ar(freq, phase, mul, add)  
.kr(freq, phase, mul, add)

*freq* ... 周波数を Hz で指定  
*phase* ... 位相をラジアンで指定  
*mul* ... 出力値にこの値を掛ける  
*add* ... 出力値にこの値を足す

### 3.4. 波形の可視化

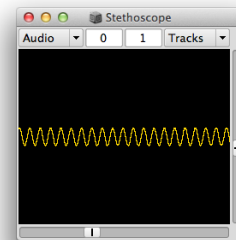


図 9. 波形を可視化する

今までのコードではコードの最後に .play が書かれていたが、この代わりに .scope を使うと、図 9 のように音の生成と同時に波形を表示させる事が可能である。

ソースコード 4. 波形の可視化

```
1 {
2   SinOsc.ar(880, 0, 0.1);
3 }.scope
```

### 3.5. グリッサンドを作る

これまでのプログラムは周波数や振幅が定数によって固定されていたが、**Line** を用いると、周波数などのパラメータを一定時間をかけて徐々に変化させることが可能となる。例えばソースコード 5 を実行すると、440 Hz から 880 Hz まで 10 秒かけて周波数が上昇するので、グリッサンドを作る事ができる。

ソースコード 5. グリッサンド

```
1 {
2   SinOsc.ar(Line.kr(440, 880, 10), 0, 0.1);
3 }.scope
```

ここで用いられている **Line** は **.ar** ではなく **.kr** である、このようにパラメータを操作するための **UGen** にはコントロール・レートの **.kr** を使う事が可能である (**.ar** の使用も可)。

#### Line

ライン・ジェネレータ。初期値から目的値に所要時間をかけて徐々に値を変化させる。

```
.ar(start, end, dur, mul, add, doneAction)
.kr(start, end, dur, mul, add, doneAction)
```

*start* ... 初期値  
*end* ... 目的値  
*dur* ... 所要時間  
*mul* ... 出力値にこの値を掛ける  
*add* ... 出力値にこの値を足す  
*doneAction* ... 所要時間が経過した時に行う処理を指定

### 3.6. クレッシェンドを作る

**Line** の出力を周波数に適用すれば、グリッサンドが作れるが、これを振幅に適用すればソースコード 6 のようにクレッシェンドを作る事も可能である。

ソースコード 6. クレッシェンド

```
1 {
2   SinOsc.ar(880, 0, Line.kr(0, 1, 10));
3 }.scope
```

### 3.7. マウスでパラメータをコントロールしてみる

さらに **SinOsc** の引数はマウスでリアルタイムにコントロールする事も可能である。

ソースコード 7. マウスによるコントロール

```
1 {
2   SinOsc.ar(MouseX.kr(440, 880), 0, 0.1);
3 }.scope
```

ソースコード 7 で使われている **MouseX** は、マウスの現在の X 座標を引数で指定した範囲にスケールして出力するので、マウスカーソルを画面左端に配置すると 440 Hz の正弦波、右端に配置すると 880 Hz の正弦波が生成され、左右に動かすとそれにとまって正弦波の周波数が変化する。

#### MouseX, MouseY

マウスカーソルの X,Y 軸上の位置をスケールして出力。

```
.kr(minval, maxval, warp, lag)
```

*minval* ... 最小値  
*maxval* ... 最大値  
*warp* ... 最小・最大値間補間方法。0 で線形、1 で指数補間  
*lag* ... ラグ要素、多いほど値の出力が滑らかになる

### 3.8. 他のオシレータを使ってみる

**SC** には予め、**SinOsc** の他にも様々な種類のオシレータが含まれている。ソースコード 8、9、10 はそれぞれ鋸歯状(ノコギリ)波、矩形波、三角波のオシレータによる音の生成を行なっている。

ソースコード 8. 鋸歯状波

```
1 {
2   Saw.ar(880);
3 }.scope
```

ソースコード 9. 矩形波

```
1 {
2   Pulse.ar(880);
3 }.scope
```

ソースコード 10. 三角波

```
1 {
2   LFTri.ar(880);
3 }.scope
```

**SC** にはこの他にも様々なオシレータがある。ひと通りオシレータの音を聞いてみたい場合は、ヘルプ・ブラウザの上方にあるタブ、「search」を選び「Tour of UGens」というキーワードでファイルを検索すると「Tour of UGens」というファイルが見つかる。このファイルには、**SC** で使える主要なオシレータが羅列されているので各オシレータの音を順番に試す事ができる。

## 4. 複数の音を同時に出す

### 4.1. UGen の出力を足す

複数の音を同時に出すには単純に 2 つ以上の **UGen** の出力を足す。ソースコード 11 では 400 Hz と 500 Hz

の正弦波を同時に聞くことができる。

ソースコード 11. 複数の音を同時に鳴らす

```
1 {
2   SinOsc.ar(400, 0, 0.1) + SinOsc.ar(500, 0, 0.1);
3 }.scope
```

#### 4.2. 変数を使う

UGen の出力を直接足す他にも、出力を一度 a や b などの**変数**に代入し、後に足す事もできる。変数はアルファベット 1 文字の小文字の場合は事前に宣言する必要はない。ソースコード 12 の例では、400 Hz の正弦波を変数 a に、500 Hz にの正弦波を変数 b に代入し、4 行目で a と b の加算を行っているため、ソースコード 11 のプログラムと同じ結果が得られる。

ソースコード 12. 変数の利用

```
1 {
2   a = SinOsc.ar(400, 0, 0.1);
3   b = SinOsc.ar(500, 0, 0.1);
4   a + b;
5 }.scope
```

SC は {} 内の最後の行に書かれている音を生成する。例えば、ソースコード 13 のようにもし最後の行に a+b の代わりに、b のみを書いた場合、その前に a と b を足していたとしても b、つまり 500Hz の正弦波しか聞えない。

ソースコード 13. 最後の行に b を置く

```
1 {
2   a = SinOsc.ar(400, 0, 0.1);
3   b = SinOsc.ar(500, 0, 0.1);
4   a + b;
5   b;
6 }.scope
```

#### 4.3. 長三和音を作る

現在まで音の高さは全て周波数によって指定してきたが、ある数値に対して.midicps を付加すると、SC はその数値を MIDI ノート・ナンバーとして解釈し、周波数に変換する。故に、MIDI ノート・ナンバーを用いて 12 音平均律でピッチを指定する事も可能である。例えば、ソースコード 14 を実行すると 220 Hz の正弦波が聞こえてくるが、これは、57 が MIDI ノートナンバーで A3(ピアノの真ん中のラより 1 オクターブ低いラ)であり、それが.midicps で周波数値=220 に変換されているためである。

ソースコード 14. .midicps

```
1 {
2   SinOsc.ar(57.midicps, 0, 0.1);
3 }.scope
```

これを利用し、C4 の 60、E4 の 64、G4 の 67 にそれぞれ.midicps を送り、周波数値に変換し、3 つのオシレータに引数として渡し、出力される信号を全て加算すると、長三和音を作る事ができる。

ソースコード 15. 長三和音

```
1 {
2   a = SinOsc.ar(60.midicps, 0, 0.1);
3   b = SinOsc.ar(64.midicps, 0, 0.1);
4   c = SinOsc.ar(67.midicps, 0, 0.1);
5   a + b + c;
6 }.scope
```

### 5. 参考文献

- [1] *Raspberry Pi*, <http://www.raspberrypi.org>(アクセス日 2013 年 6 月 3 日)
- [2] Wright, M. and Freed, A. "Open Sound Control: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizer" *ICMC 1997* プロシーディングス pp.101-104, 1997
- [3] Wilson, S., Cottle, D. and Collins, N. (eds), *The SuperCollider Book* The MIT Press, 2011
- [4] *SuperCollider Japan*, <http://supercollider.jp>(アクセス日 2013 年 6 月 3 日)

### 6. 著者プロフィール

#### 美山 千香士 (Chikashi MIYAMA)

作曲家、電子楽器作家、映像作家、パフォーマー。国立音楽大学音楽デザイン学科より学士・修士を、スイス・バーゼル音楽アカデミーよりナッハ・ディプロムを、アメリカ・ニューヨーク州立バッファロー大学から博士号を取得。Prix Destellos 特別賞、ASCAP/SEAMUS 委嘱コンクール 2 位、ニューヨーク州立大学学府総長賞、国際コンピュータ音楽協会賞を受賞。2004 年より作品と論文が国際コンピュータ音楽会議に 12 回入選、現在までに世界 18 カ国で作品発表を行っている。2011 年、DAAD(ドイツ学術交流会) から研究奨学金を授与され、ドイツ・カールスルーエの ZKM で客員芸術家として創作活動に従事。近著に「Pure Data-チュートリアル&リファレンス」(Works Corporation 社)がある。現在ドイツ・ケルン音楽舞踏大学電子音楽スタジオ非常勤講師。  
<http://chikashi.net>

## 会告

### ■先端芸術音楽創作学会運営体制

#### 運営委員

##### 事務局

会長：小坂直敏 (東京電機大)

副会長：古川聖 (東京芸大)

広報 (研究会)：寺澤洋子 (筑波大)

広報 (イベント)：有馬純寿 (帝塚山学院大), 柴山拓郎 (東京電機大)

広報 (Web)：喜多敏博 (熊本大)

会計：森威功 (東京芸大)

会報：安藤大地 (首都大)

#### 一般

石井紘美 (英国シティ大), 今井慎太郎 (国立音大),

今堀拓也, 川崎弘二,

中村滋延 (九州大), 西野裕樹 (シンガポール国立大),

沼野雄司 (桐朋学園大), 水野みか子 (名古屋市立大),

高岡明 (玉川大), Cathy Cox (玉川大),

Michael Chinen

#### 在外国メンバー

Mara Helmuth (University of Cincinnati, U.S.A.),

Karen Wissel (Growth in Motion, Inc., U.S.A.),

Mark Battier (Sorbonne, France)

### ■電子ジャーナルへの投稿を歓迎します

原稿は原稿執筆要領に沿って書いていただき、編集委員まで送付して下さい。また、詳細については編集委員までお問い合わせ下さい。

編集委員：安藤大地 dandou[at]sd.tmu.ac.jp

原稿は以下のカテゴリに分類されます。

- 原著論文 研究論文。査読を経て採録されたものが掲載されます。
- 研究報告 研究の予稿。査読はなし。通常の学会の研究会の予稿に相当。
- 会議報告 国際会議等の参加報告。
- 解説 既に知られている重要な技術、概念、研究動向を読者にわかりやすく伝える記事。
- 連載 何回か継続して綴られる原稿。解説や報告などさまざまな区分が個々の原稿にはあるが、全体を連載として区分する。
- インタビュー 作曲家、音楽家へのインタビュー。
- 書評 読者へ紹介したい単行本の感想、評論など。
- 報告 自身のあるいは研究室の活動報告など。
- 作品解説 自作品の哲学、用いているシステム紹介、音楽理論などを作品の中で特筆すべき内容を解説する。プログラムノートを発展させ、より学術的にしたもの。

このほかのカテゴリも必要に応じ、作成したいと考えています。上記に当てはまらないものは編集委員にご相談下さい。

### ■研究会の参加費について

非会員の場合は研究会参加が有料となりました。参加費500円を徴収いたします。

### ■研究会への発表募集

研究会の講演発表を募集します。詳細は別途ご案内いたします。内容は電子ジャーナルの原稿のカテゴリと同等なものです。また、それ以外の話題がありましたら、運営委員までご相談ください。

### ■第15回研究会

日時：2013年6月29日(土) 13:00 - 18:10

会場：東京芸術大学 上野キャンパス 美術学部中央棟 第3講義室

#### プログラム

##### ○1件目

講演タイトル：“Arioso immodicus II for Zephyros”における緊張度構造を利用したアルゴリズム作曲について

発表者：中川 善裕 (埼玉工業大学)

##### ○2件目

講演タイトル：群の生成系としての音程スケール

発表者：田中 翼, 古川 聖 (東京芸術大学)

##### ○3件目

講演タイトル：サウンド／パフォーマンス・ハイブリッドによる音楽—自作作品の創作手法

発表者：小坂 直敏 (東京電機大学)

##### ○4件目

講演タイトル：音叢による音楽—今史朗《偏光》におけるクラスター技法

発表者：中村 滋延 (九州大学)

##### ○5件目

講演タイトル：声と身体動作を用いた参加型サウンドインスタレーション Body/Shout/Sequence の制作

発表者：松村 誠一郎 (東京工科大学)

##### ○6件目

講演タイトル：自動演奏ピアノを用いたアンサンブル作品

発表者：鈴木 悦久 (名古屋市立大学)

##### ○7件目

講演タイトル：Blind | The world where I can't be but you live in

発表者：畠山 晶子 (ブラウン大学)

##### ○8件目

講演タイトル：THE VISUAL MUSIC OF MATTHEW GREENBAUM

発表者：マシュー・グリーンバウム (テンブル大学)