

研究報告

身体性を意識した3次元空間作曲アルゴリズムのフレームワーク開発 A composition algorithm based on an idea of embodiment and physicality

キム ジヌン

Jinwoong Kim

東京藝術大学, 先端芸術学科

Tokyo University of the Arts, Intermedia Department

概要

本論文では、コンピュータによって引き起こされたアルゴリズム作曲の環境変化と身体性について論じ、開発中の作曲アルゴリズムについて紹介する。実際の演奏者がいなくても、それに代わるイメージとサウンドがあれば、リスナーが身体性を感じることができると考え、実効性のあるアルゴリズム作曲システムを目指す。

1. はじめに

1.1. アルゴリズム作曲とコンピュータ

一連の演算のプロセスを通じて音楽を作るアルゴリズムによる作曲のアイデアは、紀元前ピタゴラス時代からあり、変化、発展してきた。これに音楽史上、大きな変化をもたらした道具はコンピュータであり、アルゴリズムの作曲に大きな影響を与えた。1950年代のLezaren HillerやLeonard Isaacsonを皮切りに、Robert Baker、Iannis Xenakisなどの作曲家がコンピュータを使ってアルゴリズム作曲を始め、コンピュータの普及につれ、さらに広がりを持つようになった。ツールの進歩に従いとアルゴリズム作曲の作業環境も変わった。特に、現在において、アルゴリズム作曲と他の芸術分野が全てデジタル信号という共通基盤を使用するようになり、アルゴリズム作曲と他の芸術との融合がより密接に進んでいる。

1.2. 環境の変化と身体性

本研究の作曲アルゴリズムでは音楽の身体性に注目する。ここでの身体性とは、物理的な事件に起因するイベント（たとえば楽器演奏）が持っている性質のことである。したがって、本研究では物理的な演奏行為から発生した音、その演奏行為が身体性を持っていると考え、それを見たり、聴いたりすることで我々は身体性を感じることと仮定する。このような観点から

見ると、前述のアルゴリズム作曲を取り巻く環境的な変化は、身体性に関して重大な変化を引き起こしたと考えられる。アコースティック音楽は、スタイルに関係なく物理的な演奏行為が必ず必要になるため、それ自体、常に身体的なものであるが、電子、コンピュータ音楽では信号処理によって音が生成されるため、物理的な演奏行為に比べ、身体性が弱まると考えられる。

2. 作曲アルゴリズム

2.1. 概要

本研究で設定した仮説は、実際の物理的な演奏がなくとも、それに代わるイメージとサウンドがあれば、リスナーが身体性を感じることができるというものである。そのため、この作曲アルゴリズムシステムは固定された形態（楽譜やテープ）での音楽ではなく、音楽をリアルタイムで生成するアニメーション形式の作品を指向する。

2.2. 特徴

本研究の作曲アルゴリズムは、3つのキーワード（身体性、視覚化、ビジュアルプログラミング）で説明することができる。

2.2.1. 身体性

本作のアルゴリズム作曲システムの中心キーワードである身体性は、前述したように物理的な事件に起因するイベントの持つ性質をいう。アコースティック音楽の演奏状況をよく観察すると、(1) 物理的な空間 (3次元) (2) 力、速度、時間といった物理パラメータ (3) 人間の演奏とリアルタイムで発生する音とのインタラクション、といった要素が演奏行為を構成していることがわかる。本研究では、この三つを音楽の演奏で発生

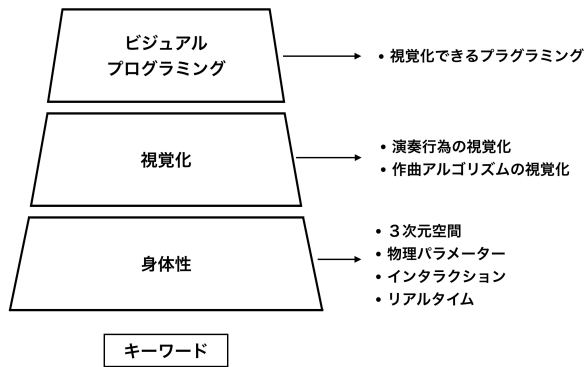


図 1: フレームワークのキーワードとキーワードから得た特徴。身体性を元にして視覚化、またビジュアルプログラミング要素を追加した。

する身体性の要素と見て、これらを作曲アルゴリズムシステムに統合する。ゲームエンジンを使用することでシステムの開発が容易になるため、本研究では Unity エンジンに基づいて作曲フレームワークを設計した。

2.2.2. 視覚化

1. 音楽の構造/形式の視覚化

このアルゴリズム作曲システムを使用する作曲家は、機能が異なる 4 つのオブジェクト (ミュークリアス、オペレーター、ノード、エッジ) を配置することで、音楽スタイルを設計する。したがって作品は、画面上に配置されたオブジェクトを通じて楽譜を見るように、一般的な音楽の構造および形式が把握される。本研究ではこれを音楽構造、形式の視覚化する。

2. 音楽進行 (演奏行為) の視覚化

このアルゴリズム作曲システムで作曲家が音楽を設計し、作品を創作する際、音楽はあらかじめ決めたオブジェクトの機能 (移動、速度変更など) にしたがって、リアルタイムで生成される。音楽のスタイルは最初に作曲家が設計を行うが、実際の音楽は Unity エンジンで生成されたアニメーション内でリアルタイムで生成される。本研究では、このようなオブジェクト間の動きおよび、インタラクションを一つの演奏行為とみなし、これを音楽進行の視覚化として表現する。

3. ビジュアルプログラミング言語

本作曲のアルゴリズムのイメージ (アニメーション) の具現はビジュアルプログラミングシステムで構築した。視覚化の対象が音楽の構造という点で、プログラ

ムを視覚的に見せるビジュアルプログラミングの特性が合致する。ビジュアルプログラミングはシステムがデータをどこで、どのように、いつ処理するのか、即時にかつ論理的に表すため、音楽進行を容易に視覚的に理解できる。

2.3. 作曲アルゴリズムのメイン構成要素

本作曲アルゴリズムは、現段階で、ミュークリアス (Nucleus)、オペレーター (Operator)、エッジ (Edge)、ノード (Node) の 4 つの要素を持っている。

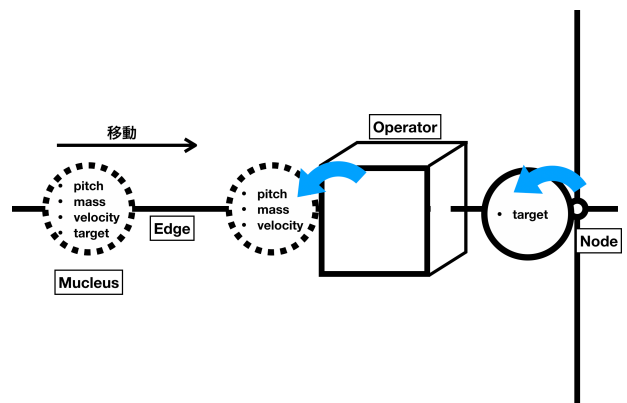


図 2: 作曲アルゴリズムの要素と音を発生させる原理

現段階の作曲アルゴリズムはミュークリアス (Nucleus)、オペレーター (Operator)、エッジ (Edge)、ノード (Node)、4 つの要素を用いて楽曲を作る。基本的に音楽に関する情報を持っているミュークリアスがエッジの通じて移動しながら色々なオペレーターによってその情報が変換される。

2.3.1. ミュークリアス (ミュークリアス)

ミュークリアスは音楽と細胞の合成語として名付けたオブジェクトで、本作曲アルゴリズムで音楽を生成し、アニメーションを実現する上で必須のピッチ (pitch)、質量 (mass)、ベロシティ (velocity)、移動ターゲット (target) データを管理する役割を持つ。ミュークリアスバリエーションは、指定されたベロシティに移動し、データをオペレーターに伝達したり、オペレーターによってデータが変更することもできる。

2.3.2. ノード (Node) とエッジ (Edge)

グラフ理論から借用した概念のノードとエッジはそれぞれミュークリアスが移動する経路 (エッジ) とミュークリアスの移動ターゲットを指定する役割 (ノード) を

担当する。ミュークリアスがエッジに沿って移動し、ノードに出くわす場合、ノードに指定されたターゲットの方に移動経路を変更する。作曲家はエッジとノードで多様な経路を設定することで、音楽フレーズの長さを管理したり、特定の音楽の構造などを設計することもできる。

2.3.3. オペレーター (Operator)

各自のオペレーターはそれぞれ違う機能を持っていて、ミュークリアスとぶつかると、指定された機能を行う。

1. サウンドオペレーター (Sound Operator):

音を発生する機能を持つオペレーター。音符の役割。このオペレーターを配置することによって楽曲フレーズのリズムを設計する事ができる。音の長さ（音符の種類）は各自 Sound Operator の属性で決める。音の高さ（ピッチ）はミュークリアスのピッチ情報を読み取って決める。音の大きさはミュークリアスの質量と速度を用いて決める。ミュークリアスの質量が重く、速度が早いほど音量が大きくなる。

2. ノーマルオペレーター (Normal Operator):

ミュークリアスのピッチ情報を変更するオペレーター（音程適用）。作品でノーマルオペレーターを管理することによってメロディー、音階、インターバル・クラスコンテンツ (Interval-Class Content) などを決める事が可能。

3. ピッチオペレーター (Pitch Operator):

オペレーターの属性で設定されたピッチをミュークリアスのピッチ情報に変えるオペレーター。ノーマルオペレーターの組み合わせでメロディーが作られる。作品の中でピッチオペレーターを用いる手法によってピッチクラス (Pitch-Class) を決める事ができる。

4. 質量オペレーター (Mass Operator):

ミュークリアスの質量を変えるオペレーター。本フレームワークでは質量をミュークリアスの大きさで表す。

5. 加速度オペレーター (Acceleration Operator):

ミュークリアスのベロシティを変えるオペレーター。質量オペレーターと同時に音符の強弱 (dynamics)

を変化させる。

6. スタートオペレーター (Start Operator):

ミュークリアスを生成するオペレーター。

7. エンドオペレーター (End Operator):

ミュークリアスをなくすオペレーター。

3. 作品創作例

3.1. Mucleus-Dynamic and Static(2019)

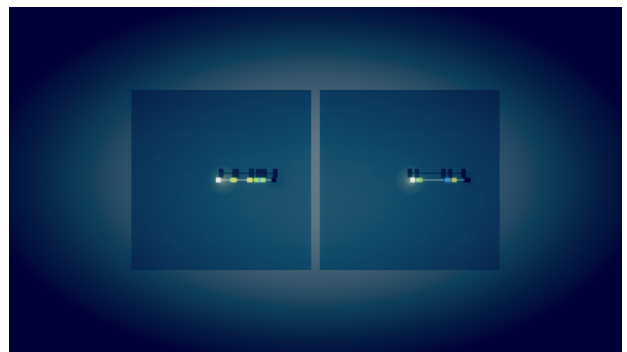


図 3: Mucleus-Dynamic and Static(2019)

この作品は本システムの開発初期に制作したものである。画面をダイナミック (Dynamic) とスタティック (Static) という二つのコンセプトに分け、左側はミュークリアスとオペレーターが動くように設定し、右側はミュークリアスだけ動くように設定した。ミュークリアスは生成と消滅を繰り返すが、意図的に両方を比較させることで、ダイナミックな変化を強調した作品。

3.2. Mucleus-Cubes(2019)

この作品は「持続的に変化を行う反復」というコンセプトで制作したものである。エッジをキューブの形で作り、ミュークリアスをランダムに移動させるアルゴリズムを用いた。この作品を制作する際は作曲アルゴリズムのフレームワークをより改善し、本稿で報告した段階になった。

4. まとめ

本研究では総合芸術としてのアルゴリズム作曲のあたらしい可能性に注目し、身体性という音楽の本質的な属性を念頭に作曲アルゴリズムを開発した。距離、

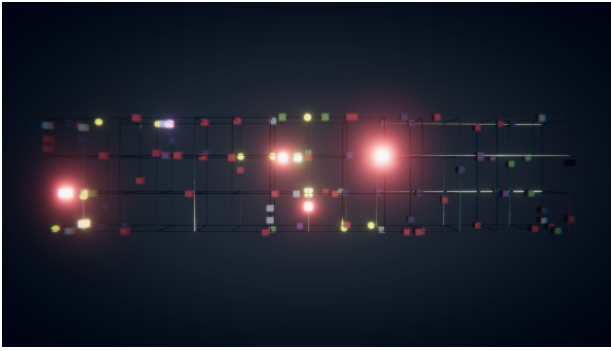


図 4: Mucleus-Cubes(2019)

速度、時間など物理で使用するパラメータと 3D アニメーションを用い、オブジェクトを移動させ、オブジェクト間のインタラクションを通じて音を発生させた。2つの作品を制作して、音楽だけを聴く時より、アニメーションのを加えて作品を鑑賞した時の芸術的なおもしろさを感じることができた。引き続き、3D アニメーションの利点を生かすよう、システム上のカメラの視点について検討していきたい。今後、3D 空間内でカメラの時点変化とともに音も一緒に変わるような効果を与えることで、作曲アルゴリズムでどのような芸術的な効果をあげることができるのか研究を進める。

5. 参考文献

- Nierhaus, Gerhard. (2009) Algorithmic composition: paradigms of automated music generation. Springer Science & Business Media.
- Straus, Joseph N. (2016) Introduction to post-tonal theory. WW Norton & Company.
- Burkholder, J. Peter, Donald Jay Grout, and Claude V. Palisca. (2019) A History of Western Music: Tenth International Student Edition. WW Norton & Company.
- Laitz, Steven Geoffrey. (2012) The complete musician: An integrated approach to tonal theory, analysis, and listening. New York: Oxford University Press.
- Rowe, Robert. (2004) Machine musicianship. MIT press.
- Guttag, John. (2016) Introduction to computation and programming using Python: With application to understanding data. MIT Press.
- Dourmashkin, Peter A. (2014) Classical mechanics: Mit 8.01 course notes. Wiley Custom Learning Solutions.

Maurer, John. (1999) "A brief history of algorithmic composition." Unpublished manuscript. Available at <https://ccrma.stanford.edu/~blackrse/algorithm.html>

6. 著者プロフィール

Jinwoong Kim

メディアアーティスト、作曲家。東京藝術大学先端芸術学科博士課程。



この作品は、クリエイティブ・コモンズの表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際 ライセンスで提供されています。ライセンスの写しをご覧になるには、<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> をご覧頂るか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。