

時間とクロマが循環する音楽をトラス面上で制作するシステム

湊 祥輝* 宮下 芳明*

概要. 楽譜やピアノロールは時間と音高が直交する二次元ユークリッド空間であり、それらの循環構造を生かした音楽が存在する。クロマはオクターブの中で分類される音の相対的な位置を表し、音高が1オクターブ変化するごとにクロマが循環する。また、短い旋律をループさせる、時間的な循環を主体としたミニマルミュージックという音楽形態が存在する。本研究では、旋律とクロマの循環を効果的に表現した記譜法を提案することで、新たな音楽表現を生み出すことを目的とする。そこで、トラス面とシェパードトーンを利用し、旋律とクロマが循環する楽曲制作システムを試作した。トラスの構造を利用することで、循環するクロマと時間を縦方向と横方向に表現して楽曲を制作することが可能となった。またシェパードトーンを用いることで、12音で無限音階をはじめとしたオクターブ間の上昇や下降を含む楽曲の制作を可能にした。本稿では、このシステムがもたらす楽曲制作における新たな表現の可能性について考察する。

1 はじめに

楽曲には時間とクロマの2つのループ構造を持つものがある。短い旋律のループで形成されるミニマルミュージックは、時間的な循環を持つ例である。また、クロマはオクターブを離散的に分ける相対的な音のカテゴリを表し、西洋音楽では1オクターブをCからBの12種に分類する。音高が1オクターブ上昇または下降するたびにクロマが循環する。

Shepard[5]は、音高の知覚について、図1のように螺旋を用いた説明を行った。音高はピッチとクロマによって知覚されるとし、螺旋の高低でピッチ、底面の位置で12種のクロマを表した。また、同じクロマに分類される音を1オクターブずつ複数重ね合わせたものをシェパードトーンという。シェパードトーンは、高さは異なるが同じ音に聞こえるという性質を持つ。このアイデアを発展させたものとして、無限音階がある。シェパードトーンで形成された旋律について最も低い音をフェードイン、最も高い音をフェードアウトさせることで生成され、同じ音源をループ再生したときに音高が上昇し続けて聞こえる錯聴を引き起こす。

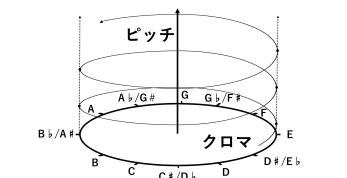


図 1. ピッチとクロマの三次元螺旋モデル

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 明治大学

楽譜として一般的である五線譜や、DTMで用いられるピアノロールは縦軸に音高、横軸に時間を表現したユークリッド平面である。これに対して、図形楽譜や文字譜などの記譜法は特定の表現に特化することで特徴的な音楽の制作や演奏が容易になった。

本稿では、前述したクロマと時間のループ構造に着目した新しい記譜法とそれによる新しい音楽表現についての考察を行う。提案システムでは、二次元ユークリッド空間に表されていた楽譜を曲面に拡張し、トラス面に音を記して楽曲制作を行う。また、出力する音にシェパードトーンを用いることで、オクターブ間の上昇や下降を含む音楽を12音で表現することを可能にした。このシステムを用いて、クロマと時間の循環構造を持つ楽曲の制作を行った。

2 関連研究

2.1 時間軸が一つの直線で表されない音楽表現

楽曲の表現方法として、一次元に表現したシークバー、二次元に表現したピアノロールや五線譜などがあり、これらを拡張した研究が行われている。時間軸を複数の直線で表したシステムとして、青木らはInception Sequencer[12]を提案した。加えて、楽曲を円形のシーケンサで扱ったoverbug[13]、dial[14]、Iris[2]がある。これらによって、ポリリズム的な表現やループを用いた楽曲制作が可能となった。また、シークバーを紐として捉えたSeek Rope[9]やSeekRopes[11]は、一次元の時間軸で表された音楽を切り分け、組み替えることを可能にした。

2.2 非平面での音楽表現

VR空間上で音楽を扱ったシステムとして、勝本らの空間に音源を配置し空間定位を含めた3次元楽譜[10]や渡辺らの楽曲の任意の箇所についてブラウジングや編集を行うtutti[15]がある。これらは時間

軸を空間上に投影することで新たな表現方法を可能にした。

また、実空間上のオブジェクトを用いた研究として、Block Jam[3] や Radear[1] がある。これらによって、ユーザは手でオブジェクトを動かしながら楽曲を制作することが可能となった。また、ZOOM が販売した ARQ Aero Rhythm Trak AR-96[6] は、 32×5 のタッチパッドをトーラス面上に表した電子楽器であり、音を割り当てることでリズムパターンの生成が可能である。

2.3 クロマを用いた分析と表現

楽曲の分析や表現にクロマを用いた研究がある。宮下らは楽曲について各クロマの発音頻度を分析するクロマプロファイル [7] を行い、楽曲の調性的特徴、作曲者の個性について分析した。後藤は複数のオクターブにおける各クロマのパワーを加算した 12 次元クロマベクトルを用いてサビ区間の検出 [8] を行った。また、音声解析プラグインである Spiral[4] は、スペクトルを螺旋状に表現することで楽曲を構成するクロマの視覚的な理解が可能になった。

2.4 シェパードトーンを用いた作品

シェパードトーンを用いて、無限音階を表現した楽曲がある。Pink Floyd の「ECHOES」はその 1 つである。また、ゲームにおいてスーパーマリオ 64[16] ではステージ上の無限に続く階段に合わせて音高が上昇し続けて聞こえる音楽を流している。また、Christopher Nolan の「ダンケルク」では音高が無限に上昇し続ける楽曲を劇中に用いることで、観る者に緊張感を与えている。

3 提案システム

提案システムは、トーラス面上に音を配置することで楽曲を制作するものである。フィールド・スライダ・トリガーと呼ばれる 3 つのオブジェクトの操作によって楽曲制作を行う。フィールドは記譜が行われるオブジェクトで、曲面で構成される。本稿では、曲面としてトーラス面を使用している。これは、トーラス面が図 2 のように a と b の 2 方向のループを持つため、時間とクロマの 2 種類のループを表すのに適しているからである。また、スライダはフィールド上を a 方向に動く。トリガーはフィールド上に配置され、スライダと重なることでその位置に対応する音を出力する。実装は Unity にて行った。

3.1 音の入力

フィールドとなるトーラス面上にトリガーを配置することで楽曲制作を行う。フィールドは図 2 における a 方向に時間を表し、b 方向にクロマを表す。フィールドを a と b の 2 方向で分割することで、各領域にトリガーを割り当てて楽曲制作を行う。フィー

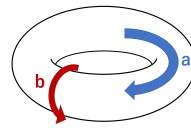


図 2. システムに用いる円環

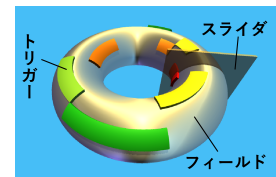


図 3. システム外観

ルドの a 方向の分割する数は 4, 8, 12, 16, 32 の中から選択することができ、ループを構成する旋律の長さを決めることができる。また、b 方向に 12 分割され、クロマによって決まった位置にトリガーが配置される。トリガーにはシェパードトーンで構成された C から B までの 12 音が割り当てられる。

3.2 音の出力

空間上を動く平面状のスライダの速度を設定することができる。またスライダは、トーラス面上を a 方向に移動しトリガーと重なることで、その位置に対応する音を出力する。スライダがトーラス面上を周り続けることで、ある一定の長さを持った旋律を繰り返す楽曲が生成される。

3.3 利用例

提案システムを用いて、図 4 をはじめとした利用例を実装した。トーラス面上にオブジェクトを配置する手法により、時間の循環とクロマの循環が視覚的にわかりやすく表現された。ループする旋律の終点付近から音高が上昇または下降しているとき、無限音階によって旋律が上昇または下降し続けて聞こえた。また、ループの中で転調を行うことで音高の上昇の仕方に変化をつけた。

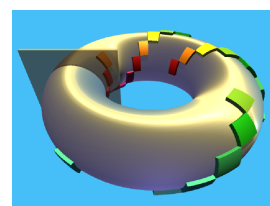


図 4. システムの利用例

4 おわりに

本稿では、トーラス面上への記譜とシェパードトーンの利用により楽曲制作を行うシステムを提案した。トーラス面の端がない性質により、旋律とクロマの循環構造を持つ楽曲を表現することが容易になった。

今後の研究では、トーラス以外の曲面をフィールドに用いて、更なる表現が可能であるかを検証する。1 つの例として、バスケット曲面を利用により、楽曲の分岐を表現できると考えられる。

参考文献

- [1] D. G. Arellano and A. McPherson. Radear: A Tangible Spinning Music Sequencer. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pp. 84–85. Zenodo, June 2014.
- [2] V. Malmberg. Iris: A Circular Polyrhythmic Music Sequencer. p. 63, 2010.
- [3] H. Newton-Dunn, J. G. Hiroaki Nakano. Block Jam: A Tangible Interface for Interactive Music. pp. 383–393, 2003.
- [4] Photosounder. SPIRAL. <https://photosounder.com/spiral/>. Accessed: 2022-11-21.
- [5] R. N. Shepard. Circularity in Judgments of Relative Pitch. In *The Journal of the Acoustical Society of America*, pp. 2346–2353, 1964.
- [6] ZOOM. ARQ Aero Rhythm Trak AR-96. <https://zoomcorp.com/ja/jp/digital-instruments/digital-instruments/arq-ar-96/>. Accessed: 2022-11-20.
- [7] 宮下芳明, 西本一志. MIDI データからのクロマプロファイルの抽出と分析. 情報処理学会研究報告: 音楽情報科学, pp. 97–101. 情報処理学会, 2003.
- [8] 後藤真孝. リアルタイム音楽情景記述システム: サビ区間検出手法. 科学技術振興事業団さがけ研究 21 「情報と知」領域/産業技術総合研究所, 2002.
- [9] 佐藤剛, 宮下芳明. Seek Rope: 曲げて切って結べるシークバー. インタラクション 2010 論文集, pp. 197–200, 2010.
- [10] 勝本憲治, 吉田悠一, 才脇直樹, 西田正吾. 3次元空間楽譜の構築. システム制御情報学会論文誌, pp. 295–302, 2003.
- [11] 青木惇季, 宮下芳明. SeekRopes: 複数スライダとシークロープによる音楽制作. インタラクション 2011 論文集, pp. 429–432, 2011.
- [12] 青木惇季, 宮下芳明. 複数時間軸を用いたコンテンツ制作環境. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2011 論文集, pp. 390–391, 2011.
- [13] 的場寛, 中村滋延. ループの構築と崩壊による音楽構成. 情報処理学会研究報告, 2008.
- [14] 的場寛, 中村滋延. dial: 音・映像構成のためのロータリーシーケンサ. 研究報告音楽情報科学 (MUS), 2011.
- [15] 渡辺綾子, 藤代一成. tutti: 音楽データのブラウジング・編集向け3次元空間インタフェース. 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS), pp. 35–40, 2001.
- [16] 任天堂. スーパーマリオ 64. https://www.nintendo.co.jp/n01/n64/software/nus_p_nsmj/index.html. Accessed: 2022-11-20.

未来ビジョン

楽曲制作を通じたインタラクション

提案システムについて、空間内にアバタを配置し、複数のユーザが協力して楽曲を制作できるツールにすることを考えている。そして、様々な場所で人と関わりながら作品制作を行うことが娯楽の一種として扱われる未来を期待し、その一例として本手法を提案した。

近年、AI は作品の制作支援に用いられ、深い専門知識を持たないユーザでもより高度な作品が制作可能となった。また、画像生成などに見られるように、支援にとどまらず、人間が筆を握らずとも制作者が人間なのか AI なのか見分けのつかない作品を作ることも可能になっている。自動作曲においては、画像生成と比較してまだ不自然さは残る。しかし、ほとんどの人間よりも素早く多様な旋律を生み出すことができる上に、あと数年でより自然で新しい楽曲を作れるようになると予測できる。

本研究は、同じ曲を聴く人との繋がりだけでなく、同じ曲を作る繋がりを形成するために用いられることを期待している。音楽ジャンルの多様化により誰もが知る曲が少なくなったように、AI によって多様な作品が無数に生み出されるようになった後、好みの楽曲を通じて人と繋がることは難しくなると考えられる。そんななか、共同制作を行うことによる人との関わりが重要視されるのではないか。シェパードトーンを用いて少ない音数の入力を行い、円環を用いて短い旋律のループによる楽曲制作を行ったのは、様々な人が知識の差なく音楽表現を可能にする意味もある。

また、制作するものは作品に限らず、それを制作する環境自体も制作するべきである。本研究ではフィールドとして円環を採用した。フィールドに曲面を用いることで、制作空間が繋がり、人々が出会い、交流しやすくなる。そして、円環や実世界にとどまることなく、作品制作に最適な環境自体も作品として制作することでより多様な表現が可能となるだろう。