

樹木の葉をたどりながら奏でる自動作曲システム

久下 大介*・梅村 祥之*

(令和 4 年 11 月 1 日受付)

Melody generation by tracing leaves of trees

Daisuke KUGE and Yoshiyuki UMEMURA

(Received Nov. 1, 2022)

Abstract

For the purpose of developing core technologies for generating multimedia content that links movies to music, we have developed an automatic music composition system that links music with the traced motion of the leaves of trees depicted in CG. Digital signages and room interiors displaying movies with music are examples of the application of this technology. Using the network analysis tool “igraph”, we generated CG images of two branches with leaves. By tracing the leaves of the two CG branches, two series of notes with various pitches and durations, determined by the shapes of branches and leaves, were generated. Finally, polyphonic music with CG movies were generated.

Key Words: Automatic Composition, Computer Graphics, Network Analysis Tools, Multimedia Content Generation

1. はじめに

自動作曲技術^{[1][2]}の中に、Computer Graphics を基に曲を生成する手法が存在する。その中でも、幾何学図形のように規則性のある CG から曲を生成するタイプ^{[1][3]}、もしくは植物の CG のようにランダム性が大きく関わる CG から曲を生成するタイプが存在する^[4]。1つ目のタイプは、規則的な図形から曲を生成するため、生成される曲に規則的な旋律パターンが出現する特徴がある。2つ目のタイプは、1つ目のタイプと比較し、ランダム性が大きく関わるため、生成される曲に変則的な旋律パターンが出現する特徴がある。

本研究は、2つ目のタイプである。具体的には、樹木の枝の CG を基に曲を生成する。近年、大型商業施設などでデジタルサイネージを目にする。商業施設では主に企業や商品を広告するために利用されるが、室内インテリアとし

て映像や音を楽しむための小型のデジタルサイネージ^[5]も開発されている。本研究は、映像と音楽が連動したコンテンツ生成技術を開発するに際しての要素技術の開発を目的とする。ここで、CG の動きと音楽の連動は感性にとって重要である。従来研究^[4]は、L システムを用いて CG を生成し、それを基に曲を生成するシステムである。しかし、CG が静止画であるため、CG と音楽が連動したマルチメディアコンテンツになっていない。そこで、CG の動きと音楽が連動した自動作曲システムを提案する。

以下、生成方法を述べ、生成例を示す。また、CG の動きと音楽が連動することの印象を簡単なアンケートで調査する。調査した結果を示す。

2. 生成方法

本システムでは 2 旋律の演奏を行う。枝の CG を 2 本生成する。2 本の枝の CG の葉をたどることで、それぞれ異

* 広島工業大学情報学部情報工学科

なる時系列を発生させる。時系列に対応する音高と音価を生成して演奏する。以下、各モジュールの詳細について説明する。

2.1 枝のCG生成

樹木の枝のCGを描画するために、ネットワーク解析ツール“igraph”^[6]を用いる。igraphを用いる利点は、後述する葉の繋がりからグループを決定することにある。これによって、たどる葉の順序を直感的に分かりやすい順序に設定できる。igraphが提供する優先結合を用いたランダムグラフを生成するsample_pa関数はpsumtreeアルゴリズムによって枝に似たCGを生成^[7]できるため、これを本システムのCGとして流用する。sample_pa関数に葉の数を与え、CGを描画した一例を示す(図1)。以下、この枝のCGを“枝1”と称する。葉の位置と葉同士の繋がり確率的アルゴリズムによって決定する。したがって、同じ葉の数でも葉の位置と葉同士の繋がり変更される。ランダム性によって変更された枝を示す(図2)。以下、この枝のCGを“枝2”と称する。この2つの枝から異なる音符列を得て、2旋律として演奏する。

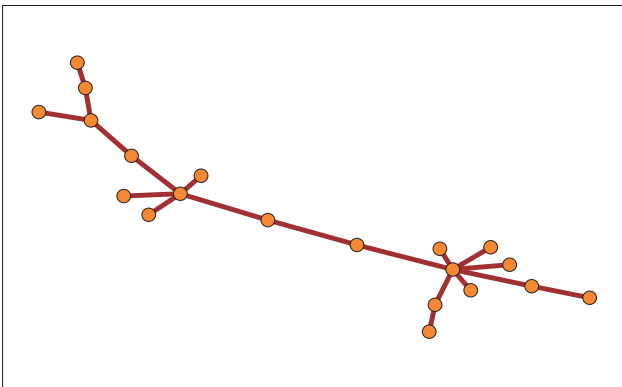


図1 枝1 葉の数20

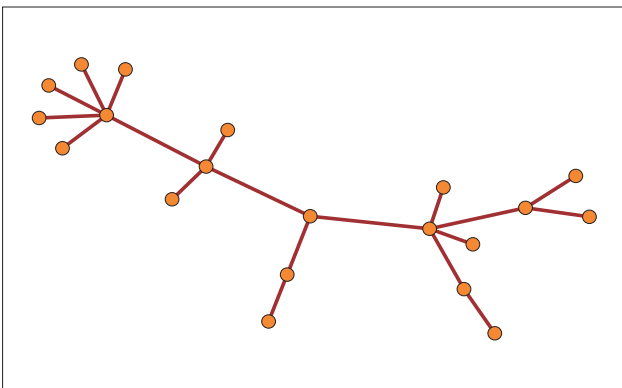


図2 枝2 ランダム性によって形状を変更した枝

2.2 音高の設定

本システムで生成する曲はイオニアンモードとエオリアンモード^[8]である。イオニアンモードとは、主音をCと

したとき、C, D, E, F, G, A, Bの7音を使用する旋法である。明るい雰囲気曲を生成する特徴がある。エオリアンモードとは、主音をCとしたとき、C, D, E \flat , F, G, A \flat , B \flat の7音を使用する旋法である。暗い雰囲気の曲を生成する特徴がある。枝の下部に弦の固定端を4点配置する(図3)。固定端と各葉を直線で結ぶ。弦楽器をイメージして“弦”と称する。弦が短いほど高い音、長いほど低い音に設定する(図4)。固定端は、最初に一番左の固定端から演奏が始まり、枝の葉をたどり終わると右隣の固定端での演奏に移る(図5)。4点配置する理由は、音高輪郭に関する一般的な特徴を持たせるためである。

文献^[9]によれば、一般に、音高輪郭にはアーチ型、軸型、充填型の3つのタイプがあるとされる。アーチ型は、低い音高で始まり、音高が上昇して最も高い位置に至り、その後、下降して低い音高で終了するタイプである。軸型は、音高の上昇と下降を何度も繰り返すタイプである。周期の短いアーチ型の音高輪郭を何度も繰り返すと考えることもできる。充填型は、低い音高で始まり、急激に上昇して最高点に達した後、ゆっくり下降して、低い音高で終了するタイプである。したがって、アーチ型との違いは、最高点の位置が曲の先頭近くか中央かの違いという見方も出来る。

本生成法において、アーチ型の音高輪郭を繰り返す機構とする。枝1を使って、音高輪郭がアーチ型になる理由を述べる。後述する葉をたどる順序は、左端の葉から右端の葉へ遷移する順序である。図6に示すように、弦の長さは、最初は長く、徐々に短くなり、最も短くなった後に、徐々に長くなる。つまり、音高の変化は、低い音高から徐々に高くなり、最も高くなった後に、徐々に低くなる。葉をたどり終わると、次の固定端に移り、演奏が続く。そのため、音高の上昇と下降を繰り返す。次章で実例を用いてアーチ型の箇所を示す。なお、音楽理論に従って、主音で始まり主音で終わる曲が自然なため、演奏の最初と最後の音をCに設定する。音域はC1からC6に設定する。

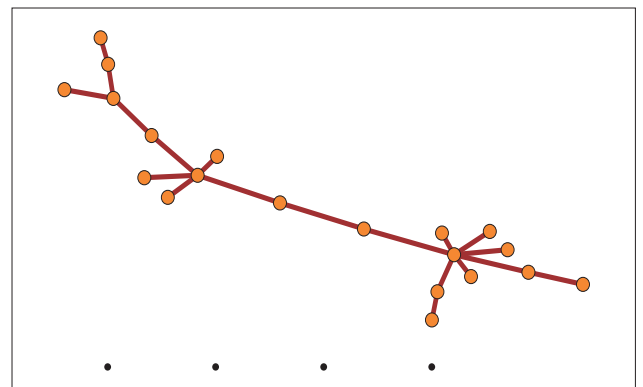


図3 固定端の配置

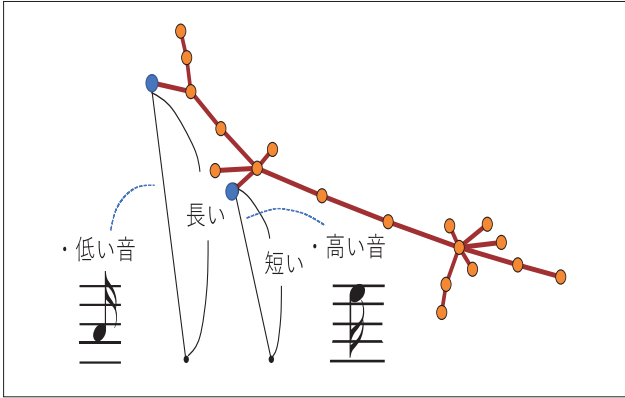


図4 音高の設定

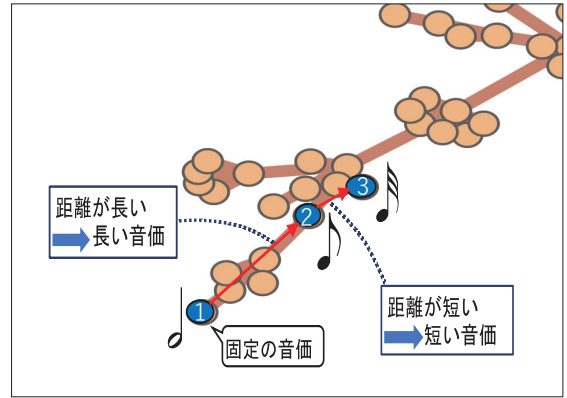


図7 音価の設定

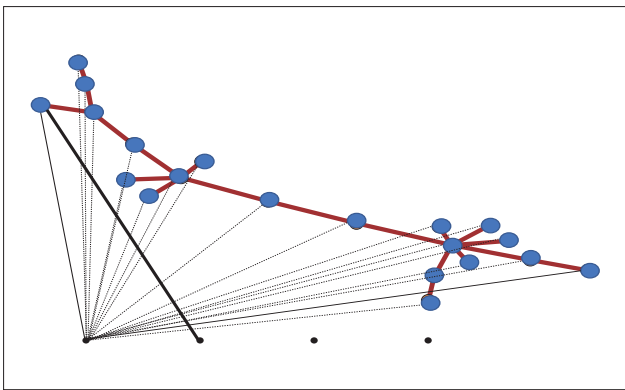


図5 固定端の順序

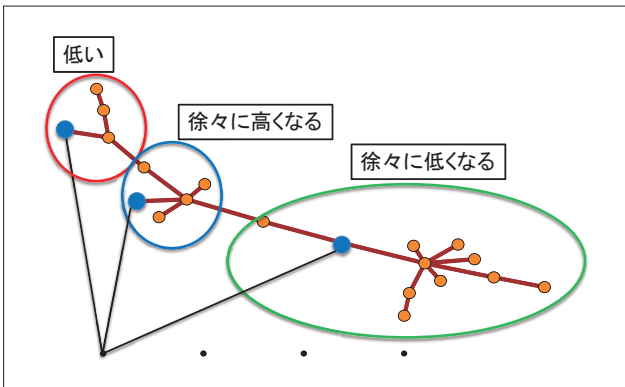


図6 枝1とアーチ型の対応

2.3 音価の設定

演奏の最初の音符の音価を、2分音符に設定する。図7のようにそれ以降の音価は、葉同士の距離に応じて設定する。例えば、2番目の葉の音価は、1番目の葉と2番目の葉との距離が短い場合は短い音価、長い場合は長い音価に設定される。以下、同様に続いてゆく。使用する音価は、付点2分音符、2分音符、付点4分音符、4分音符、付点8分音符、8分音符、付点16分音符、16分音符の8種類である。

2.4 たどる葉の順序

枝には葉の繋がりからグループが設定される。図8に①から⑤の5グループを設定した例を示す。このグループは、ネットワーク解析ツール igraph のエッジの媒介性に基づいたコミュニティ検出によって決定する。グループ内の葉をたどる順序は、葉の x 座標の昇順である。グループ間の順序も左端のグループから右側のグループへ配置された順序とする。この様子を示す(図9)。

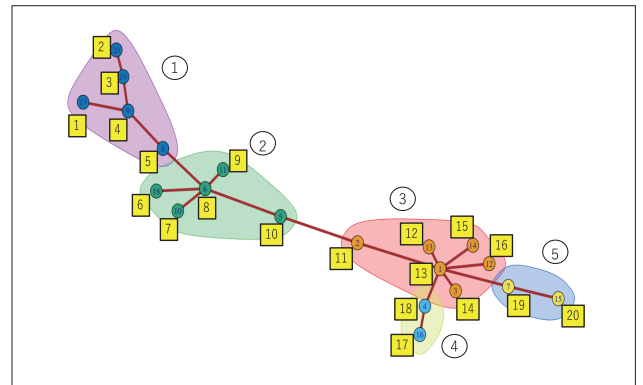


図8 葉をたどる順序

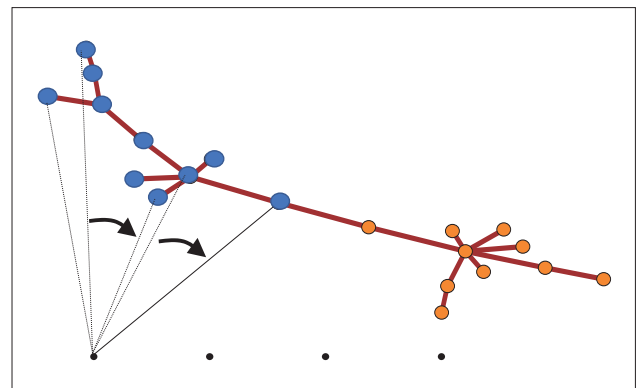


図9 葉をたどる様子

2.5 ルート音

これまで述べた内容は主旋律の生成に関する説明である。それに加えて、コードのルート音を全音符で演奏す

る。現在、コード進行として代表的な5種類のコード進行を用意している。カノン進行 (C→G→Am→Em→F→C→F→G)、王道進行 (F→G→Em→Am)、小室進行 (Am→F→G→C)、4-1-5-6 進行 (F→C→G→Am)、Let It Be 進行 (C→G→Am→F) である。演奏されるルート音に応じて、2旋律の音高をそのコードの構成音に変換する。これは、不協和音を生じさせないための処理である。

2.6 多旋律のための同時演奏と演奏の強制終了

本節で、システムの実装にともなうプロセス間通信に言及する。

本システムで生成される曲は2旋律にコードのルート音を加えた多旋律の曲である。演奏するためにはそれらを同時に演奏する必要があり、図10に示す4プロセスを並列動作させる。枝1、枝2、コードのルート音の3個の音を同時に演奏するためにサーバを用いる。サーバは3個のプロセスが準備完了すると、各プロセスに演奏開始を伝える文字コードを送信する。それを受信した各プロセスは演奏を

開始する仕組みである。

また、演奏は片方の枝の演奏が終了すると、もう他方の枝の演奏を強制的に終了させて同時に演奏を終了させる。そのため、各プロセスの状態を共有ファイルで受け渡す。

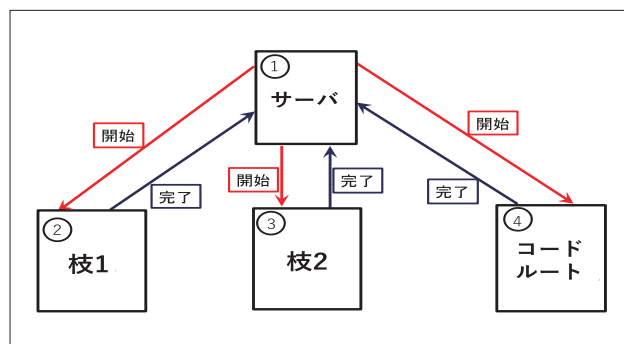


図10 同時演奏の仕組み

3. 生成例

3.1 実行画面

システムの実行画面を図に示す(図11)。風景画像は曲の雰囲気に合わせて設定する。

・カノン進行

図12 カノン進行 楽譜

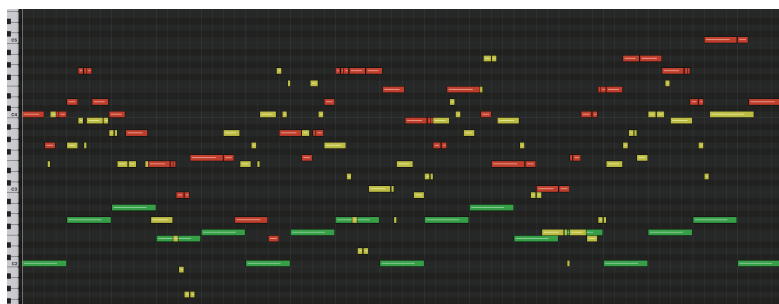


図13 カノン進行 ピアノロール



図11 実行画面

3.2 楽譜とピアノロール

ランダム性によって形状を変更した枝から500曲生成し、その中からなるべく多様な3曲を実験者が選ぶ。葉の数は全ての曲で20に設定する。また、全てイオニアンモードである。生成した曲の楽譜とピアノロールを3曲示す(図12から図17)。これら3曲はインターネットで公開しており、視聴できる^[10]。

前章で述べた、アーチ型の箇所について実例を用いて示す。図12の楽譜の第9小節から第13小節を見ると、アーチ型であることが確認できる。

・小室進行

図14 小室進行 楽譜

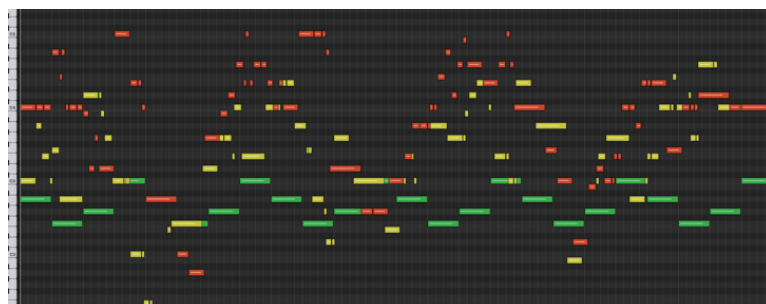


図15 小室進行 ピアノロール

・ 4-1-5-6 進行

図16 4-1-5-6 進行 楽譜

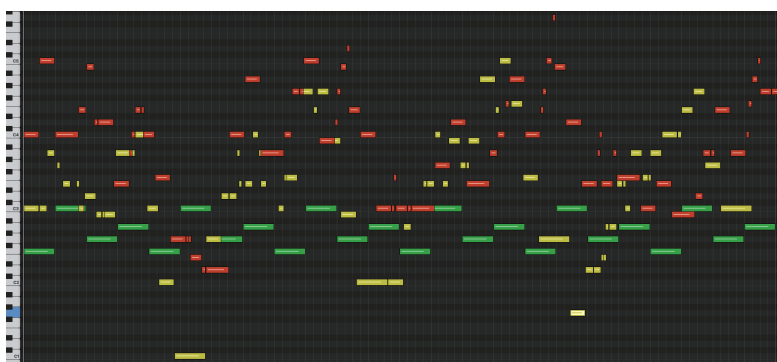


図17 4-1-5-6 進行 ピアノロール

4. 生成曲の評価

4.1 音高クラスの出現頻度

音高クラスの出現頻度は、音楽の特徴を表す代表的な特性である^[11]。本システムで行う音階やコードの処理は音楽理論に従っている。そのため、生成曲と既存曲の音高出現頻度が類似すると期待される。

そこで、本システムで生成した曲と楽曲コーパスの音高クラスの出現頻度を比較し、生成曲と既存曲がどの程度類似するのか確認する。生成曲の分析には5種類のコード進行を各100曲生成した計500曲を使用する。音符数は80000音符である(図18)。一方、Essen コーパス^[12]のヨーロッパ曲6202曲より、長調の曲5441曲音符数266165音符から分析した音高クラスの出現頻度(図19)と比較する。その際、調をハ長調に移調して分析した。

両者を比較すると、Cを除いて、D、E、Fの出現頻度順が一致し、また、G、A、Bの出現頻度順も一致した。

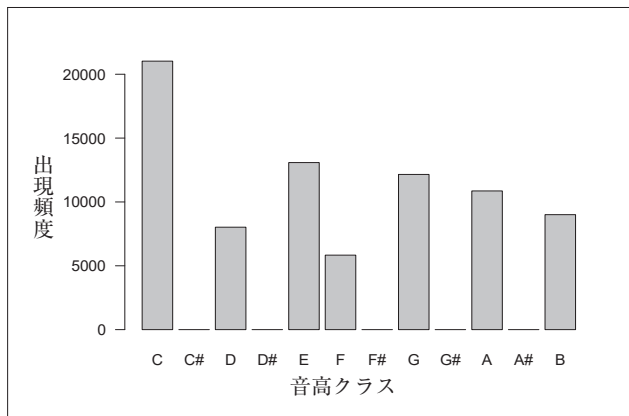


図18 生成曲 音高クラスの出現頻度 ヒストグラム

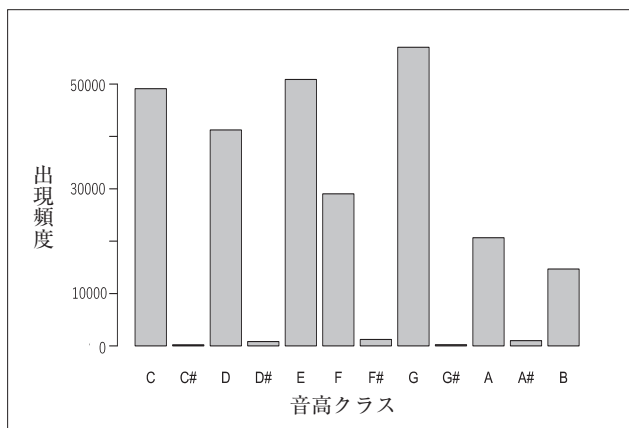


図19 コーパス 音高クラスの出現頻度 ヒストグラム

4.2 CGの動きと音楽の連動することによる付加価値

大学生5名を評価者とし、CGの動きと音楽が連動することによってどのようなメリットがあるのかをアンケート調査した。鑑賞する作品は1作品であり、再生時間は1分15秒、

スピーカーによる受聴とした。まず、CGの動きがない作品を鑑賞してもらい、その後、CGの動きと音楽が連動した作品を鑑賞してもらった。CGの動きと音楽が連動することに関してどのように感じられたのか感想を聞いた。その結果、5名全員からCGの動きがあることで音高の変化が理解しやすいという感想を得た。また、その内2名から、観て、聴いて楽しめる作品になっているという感想を得た。

この結果から、CGの動きと音楽が連動することによって、音高の変化について直感的に理解しやすく、観て、聴いて楽しめるという可能性が見いだされた。

4.3 生成曲の主観評価

実験者1名を評価者とし、生成曲50曲の品質と多様性について主観評価を行った。曲の生成条件は、コード進行をカノン進行、葉の数を20とし、樹木の形状をランダムとした。試聴した結果、多くは単調な印象であった。しかし、その中には3曲、晴れやかで清々しい印象を感じる曲があった。良い評価となった曲3曲をインターネットで視聴できるように提供する^[13]。単調な曲は同音進行が続き、音高の変化に乏しい特徴があった。そうした特徴は機械処理によって判別できる可能性が高い。そうであれば、生成曲を後処理によって取捨選択し、良い曲のみを生成できる可能性がある。そのため、良いと感じる曲の割合が少ないのは問題ではないと考えられる。多様性を主観評価した結果、多様性は乏しいと感じた。

5. まとめ

映像と音楽が連動したコンテンツ生成技術を開発するに際しての要素技術として、CGで描かれた樹木の葉をたどる動きと音楽が連動した自動作曲システムを開発した。CGの生成にはネットワーク解析ツール“igraph”を用いた。CGと音高の対応が分かりやすいシステムを実現できた。また、生成曲の中に良い印象を感じる曲があった。その中の何曲かをインターネットで提供している。多様性に関しては十分ではないため今後の検討課題としたい。

文献

- [1] 松原正樹, 深山覚, 奥村健太, 寺村佳子, 大村英史, 橋田光代, 北原鉄朗: 創作過程の分類に基づく自動音楽生成研究のサーベイ, コンピュータ ソフトウェア, Vol.30, No. 1, pp.101-118 (2013)
- [2] 梅村祥之, 富士直斗: 地図標高データを用いたメロディ生成法, 情報処理学会, 第123回音楽情報科学研究会, Vol.2019-MUS-123, No.14 (2019)
- [3] 梅村祥之: 美しい幾何学図形を素材とした自動作曲

- 法, 広島工業大学, (2022),
<https://www.it-hiroshima.ac.jp/news/2021/11/post-1968.html>
- [4] Peter Worth, Susan Stepney: Growing Music: musical interpretations of L-Systems, EvoMUSART workshop, EuroGP 2005, Lausanne, Swizerland (2005).
- [5] GREEN HOUSE: SMALL DIGITAL SIGNAFE,
<https://www.green-house.co.jp/digitalsignage/smallsize/#10inch>
- [6] Get started with R igraph, <https://igraph.org/r/>.
- [7] R igraph manual pages, https://igraph.org/r/doc/sample_pa.html
- [8] Mattia G. Bergomi, Alessandro Portaluri: Modes in modern music from a topological viewpoint, arXiv: 1309.0687 [math. AT] (2013).
- [9] Synder, R.: Music and memory, The MIT Press (2000), 須藤貢明, 杵鞭広美 (訳): 11 メロディ, In 音楽と記憶, 音楽之友社, pp.162-165 (2003).
- [10] https://www.youtube.com/watch?v=3i38Mn_4jpo
- [11] Temperley, D.: Music and Probability, The MIT Press (2007).
- [12] ESAC Data Homepage, <http://www.esac-data.org/>
- [13] <https://www.youtube.com/watch?v=KxFrwR7cx1o>