

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19947

研究課題名（和文）ハーモニーの感性情報モデル構築に基づく楽曲分析

研究課題名（英文）Analysis of Musical Compositions based on Models for Harmonic Texture

研究代表者

植村 あい子 (UEMURA, Aiko)

日本大学・生産工学部・助教

研究者番号：00707862

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,500,000円

研究成果の概要（和文）：ハーモニーを中心に楽曲分析や楽曲生成を行い、以下のような成果が得られた。

- ・聴覚特性と音響分析を結び付けたモデルを用いて、コード進行の時間方向の接続、メロディの制約、和音の同時性の面から改善を行った。LSTM-VAEに不協和音ペナルティを単純なネットワーク構造として追加することで、従来法に比べ三和音や7thコードといった標準的な和音数が増加し、非標準和音や不協和音の数が減少することが確認できた。
- ・ポピュラー音楽のピアノ譜面からバラード風の編曲を行うシステムを提案した。分散和音や音符削減などのバラード変換ルールを設計し、結果から本システムがバラードらしさを高めることができることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の深層学習による楽曲生成や編曲の手法では、リハーモナイズされたデータが少ないこともあり、データから生成された結果が潜在空間内の周囲の学習データで補完されて、メロディに合わない不協和音が生成されるといった問題があった。本研究では協和性を考慮した新たな手法を提案しており、当該分野への一定の貢献をもたらしたと考える。また、本研究の結果を応用することで、コードの響きのコントロールをユーザが行ったり、ユーザが提示されたコード進行を参考にして好みの進行を探索したりするシステムに応用できると考えている。

研究成果の概要（英文）：We conducted music analysis and music generation by focusing on harmony. The main achievements are as follows:

1. We combined human auditory characteristics and acoustic analysis to improve a harmony generation model for considering chord progression, melodic constraints, and chord simultaneity. Our objective evaluation demonstrates that the number of standard chords increased, and the number of non-standard and dissonant chords decreased.
2. We proposed a system for arranging popular music from piano scores in the style of ballads. We designed ballad transformation rules such as broken chords and note reduction. Experimental results demonstrate that our system can enhance ballad-likeness.

研究分野：音楽情報処理

キーワード：音楽情報処理 自動作曲 作曲支援 音楽生成

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

我々は音楽を聴くとき、ハーモニーについては楽曲内の展開や構造である情報と、響きや印象といった感性的な情報をやり取りしている。前者については従来の音楽理論で扱われてきたが、非機能が同様であっても、非和音が付与されることで響きが違って聴こえる和音が存在する。従来の和音認識では、印象に影響する非和音はノイズ情報として扱われていた。また、印象は音響特徴量と形容詞対と対応付けての推定が多いことから、既存の音響特徴量からそのまま和音の響きを捉えるのは不可能であった。

近年、個人で制作した音楽や動画作品が YouTube やニコニコ動画などで発表されるようになった。しかし、これらコンテンツの創作には、専門知識や制作用ソフトウェアを使いこなす技能が要求され、コンテンツ作成に興味があるアマチュアにとってハードルが存在する状況である。響きや印象といった感覚は、アマチュアにも理解しやすく、楽曲制作システムにおいて楽曲情報の手がかりとしてスキルレベルに適した入力に利用することができる。そこで本研究は、ハーモニーの響きを手掛かりに楽曲生成ができる簡便なインタフェース作成への基礎検討として、聴覚特性と音響分析を結び付けたモデルを用いて楽曲分析を行う。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、ハーモニーの響きや印象といった感性的な情報を、聴覚特性と音響分析を用いてモデル化・システム化することで、科学的に解き明かすことである。ユーザがハーモニーの響きを手掛かりに楽曲を探索したり、ユーザが好みに応じて響きを制御したりする楽曲生成への応用が期待できる。

### 3. 研究の方法

リハーモナイズされたコード進行を対象として聴覚特性と音響分析をベースとしてモデルを設計・実装する。リハーモナイゼーションとは、メロディは変更せずに元のコードを別のコードに置換し、曲の雰囲気に変化を付ける操作のことをいう。リハーモナイズされた楽曲は、楽曲間で機能と和声はある程度共通するものの、聴いた際の印象が異なるという特徴がある。この響きの異なるコード進行データを用いた生成モデルを分析・設計することで、ハーモニーの響きの手がかりを得る。

### 4. 研究成果

聴覚特性と音響分析を組み合わせたモデルを用いて楽曲分析や楽曲生成を行い、いくつかの成果が得られた。ここでは代表的なものを報告する。

本研究では、リハーモナイズされたコード進行を用いて、コード進行の時間方向の接続、メロディの制約、和音の同時性の面からハーモニー生成モデルを構築した。従来の深層学習を用いたモーフィングによるコード進行の生成手法では、リハーモナイズされたコード進行データが少ないこともあり、潜在空間内の周囲の学習データで補完されてメロディや時間方向の接続が合わない不協和音が生成されてしまうという問題があった。この問題を解決するために、Variational Autoencoder (VAE) と Long Short-Term Memory (LSTM) をベースに、メロディ情報や和音構成音から計算される2音の共起性をネットワークに追加し、不協和を抑制するモデルを設計した。

理想的な協和度は、Cook らが提案する2音の不協和音度 [Cook+2006] (図1(a)) に基づいて定義した (図1(b))。図1から、不協和音の音程 (短二度、長二度、長七度、短七度) および増四度について協和度が低くなっていることがわかる。一方で協和性の高いユニゾンと完全五度の値は高くなっていることも確認できる。

メロディとコードのクロマベクトルから12音中の2つの音程の共起性を算出する。LSTM-VAEに各音程の共起性のノードを追加し、協和度との損失を計算した。

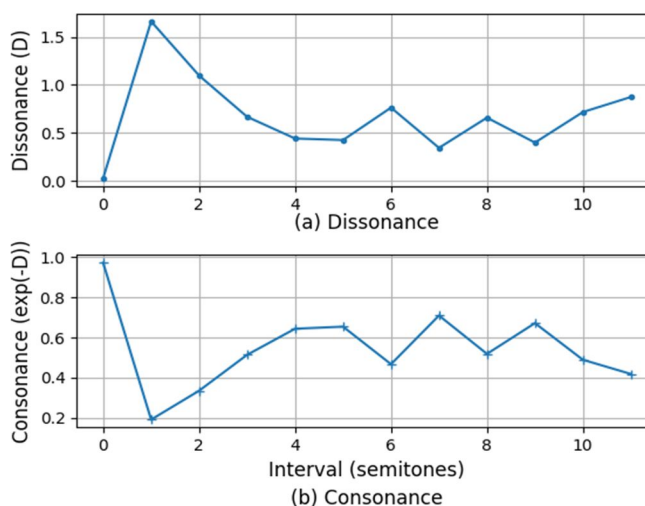


図1 (a)不協和度曲線と(b)不協和音曲線から算出した協和度

各 2 音の共起ベクトルと理想的な協和度との損失が少なくなるにつれて、各和音構成音が調和するように近づくことが期待できる。

### 【評価実験】

評価実験では、84 曲のメロディ（5 アレンジ以上ついているデータ）の MIDI データを使用し、生成された合計 11,400 個のコード進行を分析した。コード進行は、曲 $z_1$ とその他のスタイルの曲 $z_2$ のモーフィングを行うことによって得た。潜在空間上で生成されるコード進行 $z$ は以下のように表現される。

$$z = (1 - \alpha)z_1 + \alpha z_2 \quad (1)$$

実験では $\alpha$ を 0.25 ずつ変化させた。また、曲のスタイルを設定できるため、各コード進行を次の 3 つのスタイルのもと生成した。

- $z_1$  に対してスタイル $s_1$ で生成
- $z_2$  に対してスタイル $s_2$ で生成
- $s_3 = (s_1 + s_2)/2$ のスタイル $s_3$ で生成

#### (1) 再構築の精度

学習データに対するピアノロールの再構築結果を評価するために、380 曲の各時刻におけるコサイン類似度を計算した。比較手法は共起性のノードを追加していない LSTM-VAE の手法とし、平均 0.913（標準偏差：0.270）となった。提案手法でも 0.913（標準偏差：0.270）となり、両手法とも再構築はできていることを確認した。

#### (2) モーフィングによる生成結果の分析

全 11,400 のコード進行について一般的な和音（三和音や 7th コード）、非標準的な和音や複雑な和音の割合、そして垂直方向の不協和音音程の割合を算出した。提案モデルでは一般的なコードが増えて、一方で非標準的な和音や不協和が少なくなることが期待される。

図 2 に標準的な和音の割合、図 3 に非標準的な和音や複雑な和音、不協和音程の割合を示す。提案モデルを使用した場合、比較手法に比べ標準的な和音数が増加した。加えて、非標準的な和音、複雑な和音、不協和音の数が減少することも確認できた。これらのことから、一部の和音（非標準的な和音や複雑な和音など）が改善され、標準的な三和音に変化した可能性が考えられる。また、共起ベクトルと協和度のテンプレートの使用は、学習中にモデルに影響を与えることが示唆された。

しかし、提案手法ではクロマベクトルを元に計算したため共起ベクトルでは 5 半音と 7 半音を区別することはできず、オクターブの変化を認識できていなかった。今後、共起ベクトルは 1 オクターブ以上の音程にも対応する必要がある。

このたびの生成結果例は個人ホームページ（<https://uemaik.org/demo/reharmodemo/>）で公開した。今後は専門家のフィードバックを取り入れながら改善を図るとともに、響きのコントロールに協和度を用いる拡張も考えている。

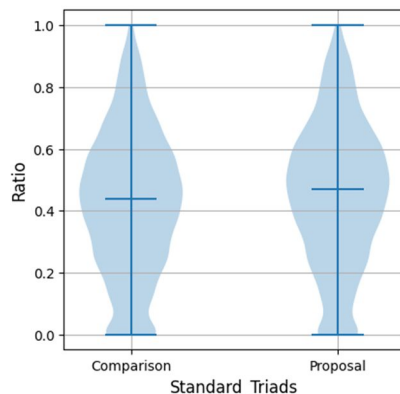


図 2 標準的な和音の割合

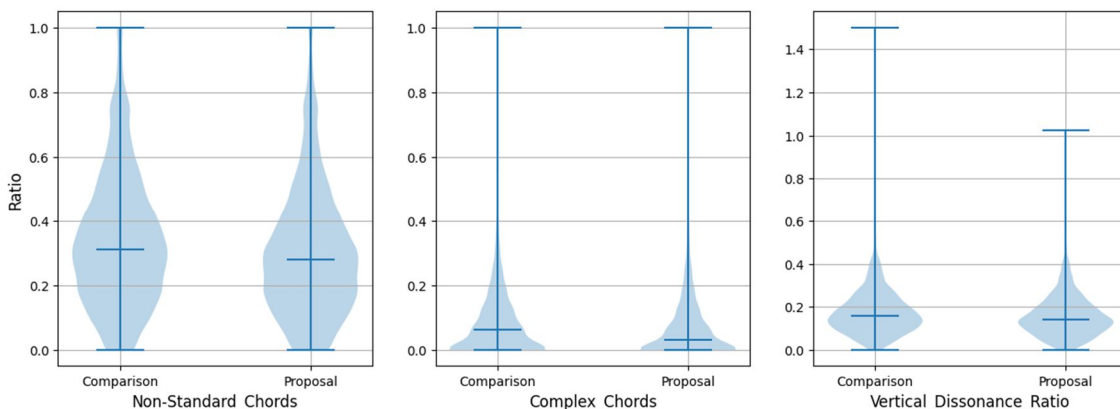


図 3 非標準的な和音、複雑な和音、垂直方向の不協和音音程の割合

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 半田 尚暉, 植村あい子, 吉田典正
2. 発表標題 歌声の歌詞認識を用いた空耳楽曲の分析
3. 学会等名 情報処理学会 第136回音楽情報科学研究会 第9回国際会議既発表・デモ・萌芽・議論セッション
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Aiko Uemura and Tetsuro Kitahara
2. 発表標題 Morphing-Based Reharmonization with VAE: Reducing Dissonance with Consonance-Based Loss Function
3. 学会等名 AI Music Creativity 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Homma, Aiko Uemura and Tetsuro Kitahara
2. 発表標題 Are Theme Songs Usable for Anime Retrieval?
3. 学会等名 The 4th IEEE International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (Demo) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Misato Watanabe, Yosuke Onoue, Aiko Uemura and Tetsuro Kitahara
2. 発表標題 Suiview: A Web-based Application that Enables Users to Practice Wind Instrument Performance
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aiko Uemura and Tetsuro Kitahara
2. 発表標題 Morphing-Based Reharmonization using LSTM-VAE
3. 学会等名 The 2020 Joint Conference on AI Music Creativity (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mio Kusachi, Aiko Uemura and Tetsuro Kitahara
2. 発表標題 A Piano Ballad Arrangement System
3. 学会等名 The 2020 Joint Conference on AI Music Creativity (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田原花蓮, 植村あい子, 北原鉄朗
2. 発表標題 遺伝的アルゴリズムを用いたファミコン風自動編曲システムの生成
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 音楽情報科学 (MUS)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------