

スケール練習のための楽譜生成システムの試作

大川 真由子^{1,a)} 姜 楊禹辰^{1,b)} 北原 鉄朗^{1,c)}

概要: 本論文では、初級演奏者を対象とした、楽器の基礎練習用楽譜を生成するシステムを提案する。練習用楽譜は単調でパターンに欠ける傾向があり、練習意欲の減衰の原因となっている。その解決策としてマルコフモデルを使用し、入力したコードとキーに合うスケール楽譜の自動生成を試みる。スケールの決定方法は、指定したコードの構成音すべてがキーのダイアトニックスケールに含まれる場合はそのキーのスケールを、含まれない場合はコードの構成音をすべて含むスケールの中から、キーのダイアトニックスケールと最も共通音の多いものを選択している。実験の結果、入力したコードとキーに合っていて、一般的なスケールの楽譜とは違った楽譜が出力された。

1. はじめに

楽器の演奏技術を向上させるにあたって欠かせないのが、基礎練習と呼ばれる練習である。人や楽器、練習メニューによって基礎練習の目的は異なるが、音色を作ったり、指をスムーズに動かしたり、鍵盤感覚を把握したりするためなど、基礎練習を行うことで基本的な技術の習得、向上が可能になる。基礎練習には様々なメニューがあり、例としてスケールやロングトーン、ハーモニー練習が挙げられる。しかし、基礎練習の楽譜は譜面が単調であり、バリエーションが少ない傾向にあるため、長い時間継続的に練習をすることが困難である。

練習意欲維持を目的とした研究や、新たに練習用楽譜を生成する研究は数多く行われている。例えば加藤らは、楽曲のピアノロール画像と練習パターンのピアノロール画像を学習してモデルを作ることで、ユーザが入力する MIDI データを練習パターンの楽譜画像の変換を実現した [1]。村井らは、練習意欲維持を目的として、選択した練習曲と MIDI データで入力した伴奏曲を、作成した規則に従って編曲することで、練習曲に伴奏を付けるシステムを開発した [2]。大島らは、ピアノ初心者の子供の練習意欲維持のために、親とピアノデュオを簡単に行うことのできるシステムを開発した [3]。LN Casey らは、経済的理由で個別指導が受けられない音楽初心者から中級者に向けて、レベルに応じた練習曲を生成するシステムを考案した [4]。

本研究では、基礎練習のなかでもスケールの練習に着目

し、ユーザが自分の好きな曲のコード進行を与えると、その曲の伴奏に合わせてスケールの練習ができるシステムの実現を目指す。本稿では、その第一段階として、指定したコードとキーに合うスケールの楽譜を生成するシステムを試作する。既存の研究とは異なり確率モデルを用いることで、設定する確率を変化させると出力される楽譜も変化し、多様な楽譜の生成が可能になる。

2. 提案システム

本システムは、マルコフモデルを利用して入力したコードとキーに合うスケールを楽譜として出力するシステムである。具体的には、次の制約のもとで行う。

- 8小節とし、1小節ごとにコード（和音）を1つ与えるものとする。現在の実装では、メジャーコードとマイナーコードの計24種類のみに対応とする。
- キー（調）を入力として与える。
- 生成される楽譜は、奇数小節目は上昇、偶数小節目は下降するスケールとする。
- 生成される楽譜に含まれる音符はすべて8分音符とし、休符はないものとする（つまり、常に8つの音符で1小節である）。

キーの情報がユーザから与えられているので、スケール練習の楽譜を生成する最も簡単な方法は、与えられたキーのダイアトニックスケールをそのまま当てはめることである。しかし、ノンダイアトニックコードがあったときにそのままダイアトニックスケールを当てはめると、不協和音の原因となる。そこで、コードに合わせてスケールを変えつつ、確率モデルを用いて音符間の遷移を制限することで、コード進行にあったスケール練習用の楽譜を作成する。

¹ 日本大学 文理学部 情報科学科

^{a)} okawa@kthrlab.jp

^{b)} jan@kthrlab.jp

^{c)} kitahara@kthrlab.jp

2.1 小節ごとの最初および最後の音高の決定

各小節の最初の音高は、当該小節のコードの構成音からランダムに選ぶ。各小節の最後の音高は、当該小節の最初の音高の1オクターブ上の音高とする。

2.2 スケールの決定

小節ごとに、次の方法でスケールを決定する。

- 当該小節のコードの構成音がすべて、指定されたキーのダイアトニックスケールに含まれる場合
指定されたキーのダイアトニックスケールを採用する。
- 当該小節のコードの構成音のいずれかが、指定されたキーのダイアトニックスケールに含まれない場合
 - (1) 当該コードの構成音のすべてを含むダイアトニックスケールを12種のキーから探索し、列挙する。
この際、平行調の関係にある調はスケールの構成音が一致するため、12種のキーのみ探索対象とするので構わない。
 - (2) (1)にて列挙したスケールから、指定されたキーのダイアトニックスケールと最も共通音が多いものを探す。
 - (3) (2)にて得られたスケールを採用する。

2.3 遷移確率の定義

スケール内の音であり、次の音と現在の音の音高差が半音1つ分か2つ分であるという2つの条件を満たすとき、十分に高い確率遷移を与えるように遷移確率を定義する。 n 番目の音符の音高を q_n 、 $n+1$ 番目の音符の音高を q_{n+1} としたとき、その遷移確率 $P(q_{n+1}|q_n)$ は、次のように定義する。

$$P(q_{n+1}|q_n) = \alpha P_1(q_{n+1}|q_n) P_2(q_{n+1}|q_n)$$

$$P_1(q_{n+1}|q_n) = \begin{cases} 0.8\alpha_1 & (q_n, q_{n+1} \text{がスケール内の音}) \\ 0.2\alpha_1 & (\text{上記以外}) \end{cases}$$

$$P_2(q_{n+1}|q_n) = \begin{cases} 0.7\alpha_2 & (q_{n+1} - q_n = 1 \text{ または } 2) \\ 0.2\alpha_2 & (\text{上記以外}) \end{cases}$$

ここで、 $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ は個々の確率の総和を1つにするための正規化係数である。また、 $P_2()$ における条件「 $q_{n+1} - q_n = 1$ または 2 」は奇数番目の小節のためのものであり、偶数番目の小節では q_{n+1} と q_n が反対になるものとする。

2.4 音符列の生成

上で定義した遷移確率を用いて、各小節の最初と最後の音符に対して、最も確率が高くなる残りの音符の列をピタビアルゴリズムで求める。

3. 実験例

楽曲ドライフラワーなどで使用されているサブドミナントマイナーと呼ばれるコード進行(1)と、カノン進行と呼ばれるドイツのヨハン・パッヘンベルが作曲したカノンで使用されているコード進行(2)で実験を行った。コード進行(1)の入力キーを「C」、入力コードは「C Dm Fm G C Dm Fm G」とし、コード進行(2)の入力キーを「D」、入力コードは「D A Bm F#m G D G A」とした。



図1 (1)で生成された楽譜



図2 (2)で生成された楽譜

これらの入力から生成された楽譜は図1、図2の通りである。図1では、入力コードのうち「C Dm G」がキー「C」のダイアトニックコードであるため、そのコードが入力された小節ではCのダイアトニックスケールが出力されている。一方、入力コード「Fm」はキー「C」のノンダイアトニックコードであるため、Fmが入力された小節はb3つで形成されるスケール(CmまたはEb)が出力されている(本来は臨時記号がいずれもb3つになるべきだが、楽譜表示に用いたMuseScoreの処理により、AbがG#で表示されている)。このコード進行では同じコードを2回ずつ入力しており、図1の上段と下段の比較から、最初と最後の音はコード構成音からランダムで選択されていることがわかる。

一方で図2は、入力コードのすべてが入力キー「D」のダイアトニックコードであるため、すべての小節でDのダイアトニックスケールが出力されている。最初と最後の音が違ってはいるが、有名なコード進行はダイアトニックコードが頻繁に用いられているため出力されるスケールが入力キーと同じものになりやすく、目的であった多様なスケールの出力にはなっていなかった。

4. おわりに

本稿では、多様な基礎練習用の楽譜を生成することを目的として、指定したコードとキーから自動でスケールの楽譜を出力するシステムを試作した。これによって、普段練習している楽譜とは違ったスケールの楽譜の出力が可能になった。また、確率モデルを用いているため遷移確率を変化させることで、同じ入力でも異なる楽譜を出力することが可能である。

しかしながら、目的とするシステム完成までには多くの課題が残されている。まず、現在は出力されるパターンがメジャーとマイナーのダイアトニックスケールのみに限られている。このままでは入力するキーとコードを変化させても多様な楽譜の生成とは言えない。そのため、遷移の仕方が異なるパターンの追加や、音長とリズムが変化するようにシステムを変更する必要がある。そして、今回出力された楽譜は不協和音を考慮しておらず、実際に入力コードと楽譜を演奏すると、表拍で不協和音となるとときに違和感がある。そのため、隠れマルコフモデルを使用して不協和音の出力確率を下げることを検討する必要がある。今後はこれらの課題を解決し、ユーザが好きな楽曲の伴奏に合わせて、楽器演奏の基礎練習を継続して行うことができる楽譜を生成したい。

謝辞

本研究は、科研費 22H03711, 21H03572 の支援を受けた。

参考文献

- [1] 加藤綾規, 陶山晴南, 廣瀬友亮, 堀之内陽介, 久野文菜, 濱川礼. 深層学習を用いたコルトー式ピアノ練習パターン自動生成システム手法と実装「Artificial Cortot」. 情報処理学会研究報告. Vol. 2020-MUS-127, No. 11 (2020).
- [2] 村井孝明, 西本一志. 楽器の練習意欲維持のために練習曲を他楽曲の伴奏に編曲するシステム. 情報処理学会研究報告. Vol. 2015-HCI-162, No. 11 (2015).
- [3] Chika Oshima, Kazushi Nishimoto and Norihiro Hagita. A Piano Duo Support System for Parents to Lead Children to Practice Musical Performances. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, Vol. 3, Issue 2, Article 9 (2007).
- [4] Lauren N. Casey and Benjamin T. Fine. Understanding the Language of Music: From an Etude Generation Perspective. *Celebration of Excellence in Research and Creative Activity (CERCA)* (2022).