

# 文字列化した楽譜データを用いた作曲者の特徴的な同時発音パターンの抽出

三浦準也<sup>1</sup> 高本綺架<sup>1</sup> 吉田光男<sup>1</sup> 梅村恭司<sup>1</sup>

**概要**：楽曲の楽譜情報から作曲者を判定する取り組みがある。作曲者判定では、メロディや和音進行などの時系列情報を用いる手法が一般的である。しかし、各作曲者にはそれぞれ好みの音の組み合わせがあるとすると、瞬間的に同時に鳴っている音の情報のみを抽出しても作曲者を判定できるのではないかと考えた。本研究では、楽譜情報を文字列化することで、楽曲中で同時に発音される音程のパターンを機械的に抽出し、その中から作曲者の特徴的な同時発音パターンを抽出することを試みた。評価として、抽出した同時発音パターンの出現頻度のみを用いて作曲者判定の実験を行った結果、先行研究の手法と同程度の正解率を得ることができた。よって、本手法で抽出した同時発音パターンの出現頻度は作曲家らしさの尺度として妥当性があると考えられる。

## Extraction of the Composer's Characteristic Simultaneous Notes Pattern using the Score Data Converted into a String

JUNYA MIURA<sup>†1</sup> AYAKA TAKAMOTO<sup>†1</sup>  
MITSUO YOSHIDA<sup>†1</sup> KYOJI UMEMURA<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

楽曲の楽譜情報から作曲者を判定する取り組みがある。先行研究では、楽譜情報からメロディを抽出して分析する手法[1][2]や、和音進行を抽出して分析する手法[3]など、時系列情報を用いる手法が一般的である。しかし、各作曲者にはそれぞれ好みの音の組み合わせがあるとすると、瞬間的に同時に鳴っている音の情報のみを抽出しても作曲者を判定できるのではないかと考えた。実際に、和音を構成する音の組み合わせが作曲者固有の情報であることを示唆する研究成果が存在する[4]。文献[5]では、和音頻度に関連する特徴を含む特徴量群を提案しており、これらの特徴群は「作曲家らしさ」の尺度として妥当性を持つと考えられる。

本研究では、楽曲の楽譜情報から同時に発音される音程のパターンを機械的に抽出し、その中から作曲者の特徴的な同時発音パターンを抽出することを試みる。加えて、抽出した同時発音パターンの出現頻度のみを用いて作曲者判定の実験を行うことで、抽出した同時発音パターンが特徴的な同時発音パターンと言えるかどうかを考察する。

### 2. 提案手法

#### 2.1 作曲者の特徴的な同時発音パターンの抽出

学習データとなる楽譜情報から同時発音パターンの出現頻度を求め、作曲者ごとに特徴的な同時発音パターンを抽出することを試みる。

文字列検索を用いて同時発音パターンの出現を特定するために、図1のように楽譜を文字列データに変換する。

楽譜データにおいて、鳴っている音が変わったタイミングで楽譜を分割し、それぞれのタイミングで 88 鍵盤の各鍵について音が鳴っていれば 1、音が鳴っていなければ 0 として文字列化する。こうして得られた文字列を連結することで楽譜を文字列データに変換する。この文字列データに対して文字列検索を行うことで特定の同時発音パターンの出現頻度を計算できる。例えば、長三和音に当たるパターンの出現頻度は“10001001”という文字列の出現頻度になる。

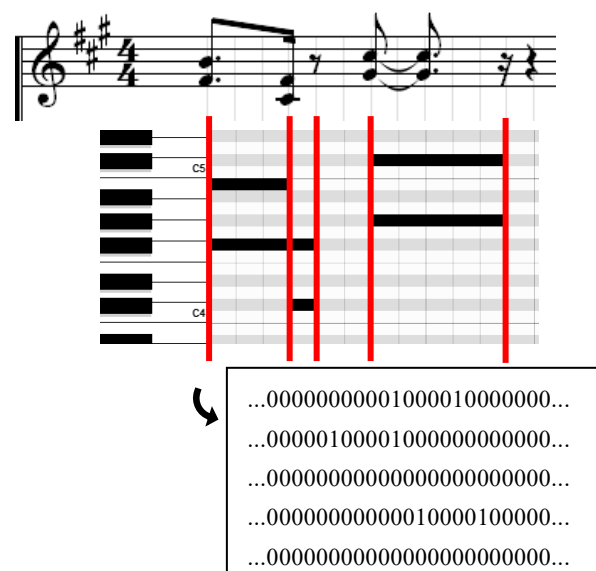


図1 楽譜データの文字列化手法

<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学情報・知能工学系

次に、文字列化した楽譜情報から同時に発音される音程の組み合わせを表す文字列を抽出する。本研究では、ある楽曲において2音以上が程度近い音程で同時に鳴っているパターンをすべて同時発音パターンと呼ぶ(本研究が対象とする音程のパターンは、音楽的な知識によらず機械的に抽出するため、「和音」ではなく「同時発音パターン」と呼んで区別する)。そこで、以下の条件をすべて満たす部分文字列をすべて検索する。

- “1”で始まり“1”で終わる
- 部分文字列の長さが5文字以上24文字以下  
もしくは、片手または両手で押さえている鍵盤の左端・右端を抽出するために、
- “0000000000001”で始まり“1000000000000”で終わる
- 部分文字列の長さが29文字以上48文字以下  
という条件で抽出することも考える。

こうして得られた部分文字列の出現頻度をすべて計算し、さらに出現頻度を元文字列の長さで割ることで、部分文字列の出現確率を計算する。この結果、ある楽曲における任意の同時発音パターンの出現確率が計算できる。ただし、今回使用する学習データでは一人の作曲者につき複数の楽譜データが存在するため、作曲者が同じ楽譜をすべて連結してから同時発音パターンの出現確率を計算する。このようにして、ある作曲者における任意の同時発音パターンの出現確率をすべて計算する。

次に、得られた部分文字列すべての集合から、各作曲者において特に出現確率が高いものを抽出する。まず、各作曲者について、ほかの作曲者と比較してその人が最も出現確率が高い文字列の集合を計算し、特徴的な同時発音パターンの候補とする。その文字列の集合の中から、その作曲者の曲において1回以上出現した曲数が学習データ中の半数以上の曲で出現した文字列のみを抽出する。最後に、その作曲者における出現確率が高い上位5つの文字列を抽出する。こうして抽出された文字列を、それぞれの作曲者に特徴的な同時発音パターンとする。

## 2.2 特徴的な同時発音パターンの出現頻度を用いた作曲者判定

特徴的な文字列の出現頻度を用いてナイーブベイズ分類器による作曲者判定を行う。実験に使用する楽譜データを学習データとテストデータに分割し、学習データを用いて前節の手法で特徴的な同時発音パターンの集合とそれらの出現確率を計算したのち、テストデータに含まれる楽譜データの分類を行う。用いた手法は単純な多項モデルによるナイーブベイズで、文字列の出現数には1を加えるラプラススムージングを行う。

## 3. 実験

本実験では、Bach, Beethoven, Chopin, Debussy, Mozart, Satieの6人の作曲者によるピアノ楽曲各15曲、計90曲の楽譜データを用いる。使用した楽曲のリストを付録A.1に示す。各作曲者の楽曲15曲を3分割し、10曲を学習データ、5曲をテストデータとして用いる交差検証を行う。11~15曲目をテストデータとして残りを学習データとする分割をFold 1、6~10曲目をテストデータとして残りを学習データとする分割をFold 2、1~5曲目をテストデータとして残りを学習データとする分割をFold 3とする。

Fold 1における学習データから1で始まって1で終わる文字列を抽出する提案手法を用いて特徴的な文字列を抽出した結果を付録A.2に、抽出結果を五線譜に表したものを付録A.3に示す(図では同時発音パターンの最低音をドとして表記しているが、実際には音高を区別しないことに注意する)。同様に、学習データから0000000000001で始まって1000000000000で終わる文字列を抽出する提案手法を用いて特徴的な文字列を抽出した結果を付録A.4に、抽出結果を五線譜に表したものを付録A.5に示す。このようにして、以下の3種類の特徴的な文字列の集合が得られる。

- パターンA: 1で始まって1で終わる文字列の集合
- パターンB: 0000000000001で始まって1000000000000で終わる文字列の集合
- パターンC: 0000000000001で始まって1000000000000で終わる文字列から前後の0を取り除いた文字列の集合

前段で得られた3パターンの特徴的な文字列による作曲者判定の実験結果を付録A.6に示す。また、同じデータを用いて圧縮類似度(CDM)を用いた作曲者判定[6]を行った結果も併せて示す。圧縮類似度を用いた作曲者判定では、16分単位で文字列化を行い、圧縮アルゴリズムはbzip2、判定には最近傍法を使用した。

最終的な評価結果として、データセットの分割を変えながら特徴的な文字列の出現頻度による作曲者判定とCDMによる作曲者判定を行った結果を表1に示す。先行研究であるCDMを用いた作曲者判定の正解率は約48%であるのに対し、提案手法による作曲者判定の正解率は51%から56%となっていることから、提案手法はCDMによる既存手法と同程度の正解率となっていることがわかる。

表1 作曲家判定実験の交差検証結果

	パターン A	パターン B	パターン C	CDM
Fold 1	16 曲/30 曲	18 曲/30 曲	14 曲/30 曲	17 曲/30 曲
Fold 2	15 曲/30 曲	12 曲/30 曲	15 曲/30 曲	13 曲/30 曲
Fold 3	19 曲/30 曲	19 曲/30 曲	17 曲/30 曲	13 曲/30 曲
Average	50 曲/90 曲 (55.56%)	49 曲/90 曲 (54.44%)	46 曲/90 曲 (51.11%)	43 曲/90 曲 (47.78%)

#### 4. 結論

本研究では、楽曲中で瞬間的に同時に鳴っている音に着目し、文字列化した楽譜データを用いて作曲者の特徴的な同時発音パターンを抽出する手法を提案した。評価として、提案手法で抽出した同時発音パターンの出現頻度のみを用いて作曲家判定の実験を行った結果、圧縮類似度を用いる先行研究の手法と同程度の正解率を得ることができた。よって、本手法で抽出した同時発音パターンの出現頻度は作曲家らしさの尺度として妥当性があり、各作曲家には特徴的な同時発音パターンがあると考えられる。

#### 参考文献

- [1] Wołkowicz, J., Kulka, Z., Kešelj, V., “N-gram-based approach to composer recognition,” Archives of Acoustics, Vol. 33, No. 1, pp. 43–55, 2008.
- [2] 能登楓, 竹川佳成, 平田圭二, “暗意実現モデルに基づき作曲家識別を行う HMM について,” 研究報告音声言語情報処理 (SLP), Vol. 2018, No. 18, pp. 1-6, 2018.
- [3] 高松航, 飯塚泰樹, “同時発音パターン進行に基づく楽曲間類似度の計算,” 研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2014-MUS-103, No. 19, pp. 1-3, 2014.
- [4] 高本綺架, 吉田光男, 梅村恭司, 市川裕子, “作曲家判定タスクのために分析すべき楽曲の長さ,” 研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2017-MUS-116, No. 19, pp. 1-5, 2017.
- [5] 長谷川隆, 西本卓也, 小野順貴, 嵯峨山茂樹, “楽譜情報からの作曲家らしさ認識のための音楽特徴量の提案,” 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 3, pp. 1204-1215, 2012.
- [6] 足達花絵, 岡部正幸, 梅村恭司, “楽曲判定における和音の転回情報の効果,” 研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2013-MUS-101, No. 5, pp. 1-5, 2013.

#### 付録

##### 付録 A.1 楽曲データ一覧

J.S.Bach	
ラベル	タイトル
Ba01	無伴奏ヴァイオリンのためのパルティータから「シャコンヌ」BWV1004
Ba02	フランス組曲 第 5 番, BWV816
Ba03	G 線上のアリア
Ba04	2 声のインベンション第 1 番 BWV772
Ba05	2 声のインベンション第 2 番 BWV773
Ba06	2 声のインベンション第 3 番 BWV774
Ba07	2 声のインベンション第 4 番 BWV775

Ba08	2 声のインベンション第 5 番 BWV776
Ba09	2 声のインベンション第 6 番 BWV777
Ba10	2 声のインベンション第 8 番 BWV779
Ba11	カンタータ第 140 「目覚めよと呼ぶ声あり」
Ba12	平均律クラヴィア集第 1 番
Ba13	平均律クラヴィア集第 2 番
Ba14	平均律クラヴィア集第 3 番
Ba15	平均律クラヴィア集第 6 番
Beethoven	
ラベル	タイトル
Be01	エリーゼのために
Be02	ピアノソナタ 第 14 番(月光) 第 1 楽章
Be03	ピアノソナタ 第 14 番(月光) 第 2 楽章
Be04	ピアノソナタ 第 14 番(月光) 第 3 楽章
Be05	ピアノソナタ 第 8 番(悲愴) 第 1 楽章
Be06	ピアノソナタ 第 8 番(悲愴) 第 2 楽章
Be07	ピアノソナタ 第 8 番(悲愴) 第 3 楽章
Be08	ピアノソナタ 第 17 番(テンペスト) 第 1 楽章
Be09	ピアノソナタ 第 17 番(テンペスト) 第 2 楽章
Be10	ピアノソナタ 第 17 番(テンペスト) 第 3 楽章
Be11	6 つのバガテル 第 1 番 Op.126-1 ト長調
Be12	6 つのバガテル 第 2 番 Op.126-2 ト短調
Be13	6 つのバガテル 第 3 番 Op.126-3 変ホ長調
Be14	6 つのバガテル 第 4 番 Op.126-4 ロ短調
Be15	6 つのバガテル 第 5 番 Op.126-5 ト長調
Chopin	
ラベル	タイトル
Ch01	エチュード Op.10-3 「別れの曲」
Ch02	エチュード Op.10-4
Ch03	エチュード Op.10-5 「黒鍵」
Ch04	エチュード Op.10-12 「革命」
Ch05	エチュード Op.25-9 「エオリアン・ハーブ」
Ch06	エチュード Op.25-12 「大洋」
Ch07	ワルツ Op.18 「華麗なる大円舞曲」
Ch08	ワルツ Op.64-1 「子犬のワルツ」
Ch09	ワルツ Op.69-1
Ch10	マズルカ Op7-1
Ch11	マズルカ Op.33-2
Ch12	前奏曲 Op.28-15 「雨だれ」
Ch13	ポロネーズ 第 6 番 Op.53 「英雄ポロネーズ」
Ch14	ノクターン Op.9-1
Ch15	ノクターン Op.9-2
Debussy	
ラベル	タイトル
De01	前奏曲集第 1 巻より 「亜麻色の髪の乙女」
De02	前奏曲集第 1 巻より 「沈める寺」
De03	アラバスク 1 番
De04	アラバスク 2 番




付録 A.4 000000000001 で始まって 100000000000 で終わる特徴的な文字列の抽出結果

Bach
000000000001000000001000000000000
0000000000001000000000000000001000000000000
00000000000010000000000000000001000000000000
00000000000010000000000000000001000000000000
00000000000010000000000000000001000000000000
Beethoven
0000000000001000001000000000000
0000000000001001001000000000000
0000000000001000000000000100000000000
000000000000100100000000000001000000000000
Chopin
000000000000100000000000000100000000000
00000000000010000000000000000100000000000
000000000000100000000000000100000000000
0000000000001000000001001000000000000
000000000000100001000100000000000
Debussy
0000000000001000000100000000000
00000000000010000100000000000
000000000000100000010000100000000000
00000000000010010000100000000000
0000000000001000000100000000100000000000
Mozart
00000000000010001000000000000
00000000000010000000100000000000
0000000000001000000000100000000000
0000000000001000000000000000100100000000000
000000000000100010000000000000100000000000
Satie
000000000000100000000000100000000000
000000000000100010000100000000000
00000000000010001001000000000000
000000000000100001001000100000000000
000000000000100100001000100000000000

付録 A.3 1 で始まって 1 で終わる特徴的な文字列の抽出結果の五線譜表現

Bach




Beethoven



Chopin



Debussy



Mozart



Satie



付録 A.5 0000000000001 で始まって 1000000000000 で終わる特徴的な文字列の抽出結果の五線譜表現

Bach



Beethoven



Chopin



Debussy



Mozart



Satie



付録 A.6 作曲者判定の実験結果

	パターン A	パターン B	パターン C	CDM
Ba11: Bach	Bach	Bach	Bach	Bach
Ba12: Bach	Mozart	Bach	Mozart	Bach
Ba13: Bach	Mozart	Bach	Mozart	Bach
Ba14: Bach	Bach	Bach	Mozart	Bach
Ba15: Bach	Mozart	Bach	Mozart	Bach
Be11: Beethoven	Bach	Mozart	Mozart	Bach
Be12: Beethoven	Beethoven	Beethoven	Beethoven	Bach
Be13: Beethoven	Beethoven	Mozart	Bach	Beethoven
Be14: Beethoven	Debussy	Debussy	Debussy	Bach
Be15: Beethoven	Mozart	Mozart	Mozart	Mozart
Ch11: Chopin	Debussy	Debussy	Debussy	Mozart
Ch12: Chopin	Chopin	Mozart	Chopin	Chopin
Ch13: Chopin	Debussy	Beethoven	Debussy	Mozart
Ch14: Chopin	Beethoven	Beethoven	Beethoven	Mozart
Ch15: Chopin	Chopin	Beethoven	Chopin	Beethoven
De11: Debussy	Debussy	Debussy	Debussy	Debussy
De12: Debussy	Debussy	Debussy	Debussy	Debussy
De13: Debussy	Debussy	Debussy	Bach	Satie
De14: Debussy	Debussy	Debussy	Debussy	Beethoven
De15: Debussy	Mozart	Mozart	Mozart	Mozart
Mo11: Mozart	Beethoven	Mozart	Mozart	Mozart
Mo12: Mozart	Mozart	Mozart	Mozart	Mozart
Mo13: Mozart	Bach	Bach	Bach	Mozart
Mo14: Mozart	Mozart	Mozart	Mozart	Mozart
Mo15: Mozart	Mozart	Mozart	Mozart	Mozart
Sa11: Satie	Beethoven	Beethoven	Chopin	Mozart
Sa12: Satie	Satie	Satie	Satie	Satie
Sa13: Satie	Debussy	Satie	Debussy	Satie
Sa14: Satie	Satie	Satie	Satie	Satie
Sa15: Satie	Satie	Satie	Satie	Debussy
正解率	16/30=53.33%	18/30=60.00%	14/30=46.67%	17/30=56.67%