

和音進行に基づく楽曲間類似度の計算

高松航[†] 飯塚泰樹[†]

膨大な楽曲からリスナーがまだ知らない好みの曲を推薦することは、リスナーの聴取経験を広げることに役立つと考えられる。そのためには、リスナーが好んで聞いている楽曲と類似した楽曲を探す必要がある。本研究では、旋律ではなく和音進行をもとに楽曲間の類似度を計算する手法について提案する。筆者らは音楽の和音進行を、出現する順に並んだ和音列として取り出し、それを文書における文字列や単語列と同様にコンテキストを含んだデータとして扱うことで、自然言語処理における文書間類似度の計算手法を応用することを試みた。本稿ではその最初の実験結果を報告する。

Calculation of the Music Similarity based on Chord Progression

WATARU TAKAMATSU[†] YASUKI IIZUKA[†]

It is thought that to recommend music, which listeners prefer and never know, is useful for giving listeners comprehensive listening experience. Looking for music similar to listeners' favorite music is required to do this. In this study, we propose a calculation method of the music similarity based on the chord progression, not on melody. We attempted to apply the calculation method of the document similarity in natural language processing to the music. For this purpose, we extracted the chord sequences in the order they occur in the music, and we regard the chord sequence as context data like word or character string in the document. This paper reports the first experiment result.

1. はじめに

近年、CDの形で年間に発売される新譜の数は10000枚以上である[1]。それらのCDを一年間ですべてチェックすることはほぼ不可能であり、自分の好みに合う曲を漏らさずに発見することは極めて難しい。こうした状況下で、似た楽曲を分類したりクラスタリングしたりすることによって自分の好みの曲を知ることができればチェックすべき曲に見当が付き、時間を有効に使うことができるだろう。現在普及している音楽分類技術にはソニーの12音解析やケンウッドのムードプレイリストなどがある[2]。ソニーは12音解析によってスピード感やジャンル、ムードなどの数十種類の特徴量から取り込んだ音楽の分類や定額制音楽配信サイトでの似た楽曲の提供というサービスを行っている。一方でLast.fmのように、楽曲の分析ではなく複数の鑑賞者のデータをもとに協調フィルタリングを用いておすすめ曲を提示するサイトも存在する。

しかし、これらのサービスによって提示される曲にはテンポや雰囲気など楽曲の表面的な部分が似ている曲が多く含まれている。ここで楽曲の表面に現れにくい、和音進行などの音楽の内部構造に基づく類似性を重視すれば、鑑賞者が一聴しただけでは似ていると気づかないような楽曲を提供でき、鑑賞者の新たな音楽の発見に大きく貢献できるだろう。

和音進行は和音の推移によって表すことができるので、和音を出現する順に並べることで文字列のように扱うことができる。音楽にN-gramを用いる研究には、音符1個を

言語における1文字とみなして単音からなる楽曲の雰囲気の類似度を測るもの[4]や、調を考慮した機能と声部を1文字とみなして和声の言語モデル化を行うもの[3]、音価のみを取り出して作ったN-gramを用いてリズムとテンポの推定するもの[5]などが存在する。そこで筆者らは、和音列で表された音楽に対し、和音の種類と相対的な根音の音高によるN-gramから音楽間の類似度の計算を行うことを考えた。

本論文では2章で楽曲を和音列に変換しそれを解析する手法を述べ、3章で実際に解析を行った結果を記す。

2. 楽曲の解析手法

本章では本研究で用いる楽曲の解析手法の説明を行う。

2.1 本研究で使用する楽曲

本研究では演奏時間が長く十分なデータを得やすいこと、声部が多く和音をとらえやすいことの2つの理由から、クラシック音楽のうち交響曲を解析対象として扱う。交響曲のデータとして読み込むものは、クラシック音楽の愛好家によってスタンダードMIDIファイル(フォーマットタイプ1)に記述されたもので、内容を見て発音・消音のタイミングやパートの情報などの点で実際の曲が再現されていることを確認したものである。

2.2 和音列の取得

和音列の取得にあたり、楽曲における1つの小節を何等分して和音を取得するかを、曲に応じて手動で指定する。この時基本的に表1に従って指定する。

分割された部分に対し、ピッチクラスごとに何個のパートがどれだけの長さ発音しているかを合計し、その値の上位4つの音に対してその組み合わせで長三和音や短三和音、

[†] 東海大学大学院 理学研究科
Graduate School of Science Tokai University

属七和音などの和音が構成されていないか調べる。もし和音が構成されていればその和音をその部分での和音とする。三和音と四和音の両方が見つかった時は四和音を優先する。和音が構成されていない時や発音されている音が2種類以下の時はその部分では和音が鳴っていないと判断する。上記の操作を繰り返すことで楽曲から(楽曲の小節数×分割数)個の出現する順番に並んだ和音の列を取得する。

表 1 分割規則 緩徐楽章などは括弧内の分割数を用いる。

拍子	分割数	拍子	分割数	拍子	分割数
$\frac{2}{2}$	2	$\frac{4}{4}$	4	$\frac{6}{8}$	2
$\frac{3}{2}$	3	$\frac{6}{4}$	2	$\frac{9}{8}$	3
$\frac{2}{4}$	2	$\frac{9}{4}$	3	$\frac{12}{8}$	4
$\frac{3}{4}$	1(3)	$\frac{3}{8}$	1(3)		

2.3 本研究での楽曲の解析方法

本研究では取得した和音列を文書における単語列と同等のものとみなして解析を行う。ここで連続するN個の和音を和音N-gramと定義し、楽曲内の和音N-gramの出現頻度を解析に用いるものとする。ただし根音の違いを区別すると調性の違いの影響を大きく受けてしまうため、Nが2以上の時は前後の和音の根音の差(半音何個分上か)と和音の種類のみを和音N-gramの情報とする。つまり、コードネームで「C G」の順に和音が並んでいる場合は「長三和音 半音7つ上の長三和音」と表される。ただし減七の和音は3種類しか識別できない(Cdim7, D#dim7, F#dim7, Adim7を構成するピッチクラスはいずれもC, D#, F#, Aである)ため減七の和音は前の音との根音の差が最も小さくなるものを根音とする。

和音N-gramの出現頻度から楽曲ごとのベクトルを作り、コサイン類似度によって楽曲間の類似度を比較する。

3. 解析結果

3.1 解析の内容

前章の解析方法に基づいて、ベートーヴェンとブラームスのすべての交響曲、モーツァルトの交響曲第39番、第40番、第41番、ハイドンの交響曲第94番、第100番、第101番を対象に各楽章を1つの楽曲として解析を行った。和音の取得には前章に記した和音列の取得方法をもとに開発したプログラムを用いている。和音取得時の小節内の分割は基本的に表1に従ったが、曲に応じて和音の取得がより正確に取得できるよう分割する数を適宜変更した。

プログラムによって取得した和音列はCSVファイルで出力され、そのファイルをもとにExcelで解析を行った。

まず、取得した和音列に対して、根音を無視した和音の種類ごとの出現頻度の計算を行い、楽曲ごとに和音の出現

傾向を調べた。

次に、楽曲ごとに和音列をもとに和音2-gramを要素としたベクトルを生成した。ベクトルの各要素の値は2-gramの出現回数とし、出現する2-gramは全部で1003種類だったため、ベクトルは1003次元のベクトルとなった。こうして得られたベクトルに対してコサイン類似度を計算することで楽曲間の類似度を調べた。

3.2 楽曲ごとの解析

楽曲内の和音の種類別に出現頻度を求めたところ図1に示す結果となった。図中縦軸の最初のアルファベット2文字は作曲家を表すものでmoはモーツァルト、haはハイドン、beはベートーヴェン、brはブラームスを示し、続くハイフンでつながれた2つの数字x-yは交響曲第x番の第y楽章であることを示す。この表に示されるデータは同じ和音の連続は出現回数に加えていないものである。長調の曲(be5-4, be6-1, be7-1, br3-2, br4-3など)では出現する和音の約50%が長三和音か属七和音であり、短調の曲(mo40-1, be3-2, be6-4, be7-2, br3-3, br4-4など)は長三和音の割合が25%ほどで少なく、短三和音の割合が多くなっていることが読み取れる。その中で長三和音よりも短三和音が多い曲はbe3-2, br3-3, br4-4の3曲だけであった。また、ブラームス以外の作曲家による曲は長三、属七、短三、短七の四種の和音が全体の75%を占めるものが多いが、ブラームスの曲はそれらの割合が少なく導七などの和音が多めに使用されていることがわかる。

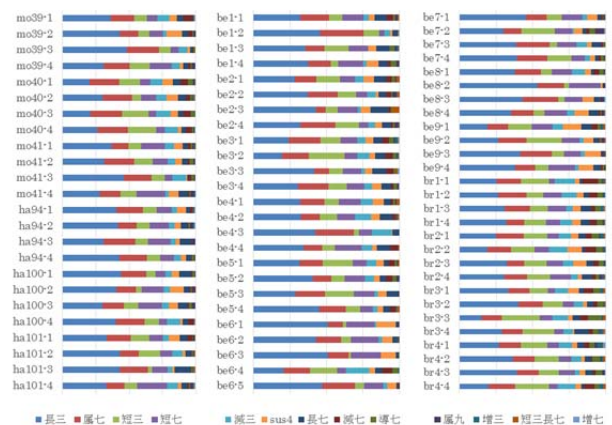


図 1 楽曲内での和音種類別の出現頻度。

縦軸のアルファベット2文字は作曲家を表し (mo:Mozart ha:Haydn be:Beethoven br:Brahms), 続くx-yは交響曲第x番の第y楽章を意味する。

3.3 楽曲間の解析

和音2-gramを用いて楽曲同士のコサイン類似度を計算して色分けしたものを図2に示す。図中の各列各行は一つ一つの楽曲を表し、異なる曲が交差するところにその2曲間のコサイン類似度に応じて、その数値がすべての組み合

わせの平均値に近いものは白く、平均値より高いほど緑色が濃く、低いほど赤色が濃く表示されている。図中の左端の列は各行の楽曲を、上端の行は各列の楽曲を図1の縦軸と同様の表記方法で表している。類似度が最も高いものは be6-2, be9-4 間で 0.92, 全体の類似度の平均は 0.60 となった。また、長調と短調で分けた時の類似度の平均値を示したものが表2である。ただし、調性の判断が難しい曲は含まれていない。表を見ると長調と短調の曲を組み合わせたものの類似度よりも、長調の曲同士や短調の曲同士の類似度の平均値のほうが高くなっていることから調性によって和音 2-gram の出現傾向が異なっていると考えられる。楽曲ごとに類似度の高い楽曲をまとめたものが表3である。表中のセルの背景色は作曲家ごとに異なる色が塗られており、ベートーヴェンは白、モーツァルトは黄、ハイドンは赤、ブラームスは緑となっている。表を見るとブラームスの楽曲は他のブラームスの楽曲と、ハイドンの楽曲は他のハイドンの楽曲と類似度が高くなっていることが読み取ることができる。このことから作曲家によって使用する和音進行の傾向に違いがあると考えられる。



図2 楽曲間類似度。

表2 調性による楽曲間類似度の平均値。

	長調	短調
長調	0.66	0.49
短調	0.49	0.56

表3 楽曲ごとの類似度上位3曲。

セルの背景色は作曲者で次のように分かれています。

(Beethoven: 白 Mozart: 黄 Haydn: 赤 Brahms: 緑)

	1位	2位	3位
be1-1	be9-1	be3-4	be2-2
be1-2	be2-2	ha100-4	ha94-4
be1-3	ha94-4	be2-2	be1-2
be1-4	be9-4	ha100-1	be6-3
be2-1	br2-4	br2-3	br4-2
be2-2	be1-2	ha94-4	ha100-4
be2-3	be6-1	be9-4	be1-4
be2-4	be1-2	be3-4	be2-2
be3-1	be3-4	mo40-1	mo41-4
be3-2	mo40-4	be9-2	be5-1
be3-3	ha100-1	be9-4	be7-1
be3-4	be2-2	be1-2	ha94-4
be4-1	be9-4	be8-1	be7-1
be4-2	be8-1	be9-4	be6-2
be4-3	be9-3	be8-1	be6-5
be4-4	be9-4	be5-2	be6-2
be5-1	be7-4	be5-3	mo40-4
be5-2	be9-4	be5-4	br3-2
be5-3	be5-1	be7-2	be3-2
be5-4	be8-2	ha100-1	be7-4
be6-1	be9-4	be6-3	be6-2
be6-2	be9-4	be7-1	be8-2
be6-3	be9-4	be7-1	ha94-1
be6-4	be3-2	be3-1	br4-1
be6-5	be5-4	be7-1	be8-2
be7-1	be9-4	be6-2	be5-4
be7-2	be5-1	be3-3	br2-3
be7-3	be8-3	be1-2	mo39-3
be7-4	be5-4	be7-1	ha100-1
be8-1	be9-4	ha94-4	be2-2
be8-2	be5-4	be7-1	be6-2
be8-3	be1-2	be7-3	mo39-3
be8-4	be9-4	be6-2	be8-1
be9-1	be3-1	br2-3	br4-1
be9-2	be3-2	mo40-4	be5-1
be9-3	be8-1	be8-3	be1-2
be9-4	be6-2	be7-1	be6-3

4. おわりに

本研究ではスタンダード MIDI ファイルに記録されたクラシック音楽データから和音列を取得し、得られた和音列に対して解析を行った。研究によって調性や作曲者によって和音の進行に傾向があることが予想されたが、使用したデータがドイツとオーストリアの作曲家による交響曲のみと限定したものであったので、今後は他の国の作曲家の楽曲や、さまざまな種類の楽曲について調べていく必要がある。また、和声の言語モデル化には 3-gram モデルが有効であることが確認されている[3] ので類似度の計算にも 3-gram が有効ではないかを調べていく。

解析前に筆者らはそれぞれの楽曲間で類似度に大きな差が出ると考えていたが、実際にはどの曲とも類似していない楽曲やどの曲とも類似している楽曲が現れてしまい、想定していたような結果は得られなかった。今後はより正確に和音を取得する方法や、より実際の感覚にあった類似度を計算する方法などの検討を進めていく方針である。

参考文献

- 1) 一般社団法人 日本レコード協会 | 各種統計
http://www.riaj.or.jp/data/others/n_catalog/arec_n.html
- 2) Sony Japan | 技術情報 | 音楽解析技術 12 音解析技術
http://www.sony.co.jp/SonyInfo/technology/technology/theme/12toneanalysis_01.html
- 3) 川上大輔, 金子仁美, 嵯峨山茂樹: "和声ラベルデータの作成と和声進行の統計解析," 情報処理学会研究報告, 2010-MUS-84-6, pp1-6, 2010.
- 4) 澤井賢一, 平田祥人, 富岡亮太, 合原一幸: "時系列解析手法を用いた楽曲間類似度," 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-76-12, pp63-68, 2008.
- 5) 武田晴登, 西本卓也, 嵯峨山茂樹: "テンポ曲線と隠れマルコフモデルを用いた多声音楽 MIDI 演奏のリズムとテンポの同時推定," 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.1, pp.237-247, 2007.