

## コード進行クラスタリングによる楽曲のモデル化と 楽曲間類似度の評価

A Study on Music Modeling Using Chord Progression Clustering  
and Evaluation on Music Similarity

伊藤 紗†

Aya Ito

酒向 慎司†

Shinji Sako

北村 正†

Tadashi Kitamura

### 1. はじめに

現在、音楽や映像コンテンツをとりまく環境は大きく変化し、高品質で大量のコンテンツへのアクセスが容易になった。音楽に関して言えば、インターネットを介した楽曲配信サービスが普及している。これに伴い、大量の楽曲の中からリスナーの求める楽曲を検索する技術が注目されるようになり、従来のような曲名やアーティスト名などによるキーワード検索だけではなく、メロディや曲想などの音楽的な要素を用いた楽曲検索技術が望まれている。そのためには、様々な尺度で楽曲間の類似性を定める必要があり、これまでにコード進行を用いた楽曲のモデルから楽曲間の類似度を比較する手法 [1] を提案した。このクラスタリングを用いたコード進行分類に基づく手法によって、主観評価に沿った類似度を得ることが確認できている。しかし、類似していないコード進行同士が同じものとして分類されるという問題があった。そこで、クラスタリングの基準として、代表コード進行を構成するデータと、代表コード進行間の双方のばらつきを考慮することでコード進行分類の改善を図る。

### 2. 楽曲のモデル化と類似度

楽曲は音楽的に意味のある小さなまとまりに分解することができ、その繋がりにも音楽的な意味付けがなされていると考えられる。様々な楽曲に共通するこの意味のある要素を得られれば、その構成や順序関係によって楽曲を比較することができると思った。今回は、要素の累積から類似度を評価する方法を考える。

このような要素の共通性を見出す特徴として、楽曲の大局的な流れを把握するために有効と考えられるコード進行を用いると、楽曲間で共通する意味のまとまりというものは、様々な楽曲に現れるコード進行パターンであると考えられる。したがって、楽曲のコード進行をカデンツのような一連のパターンに分解し、それを分類することで楽曲間で共通している部分を見つけ出すことができる。ここでは、一般的に音楽で1つのまとまりとして区切りが良いとされる4小節ごとに楽曲を分解し、これをブロックと呼ぶことにする。様々な楽曲から得られたブロックの集合をクラスタリングすることで代表的なコード進行パターンを求め、各ブロックをこれに置き換えたものを用いて類似度を比較する。

#### 2.1 コード進行の分類

コード進行のデータ集合から共通要素を見出す方法として、長澤らのコード進行類似度 [2] を用いる。クラスタリングには LBG アルゴリズムを採用する。クラスタ中のコード進行パターンのばらつきが大きい場合は、全

く異なるコード進行が類似していると見なされ、ばらつきが極端に小さい場合には互いに類似しているコード進行パターンが別々のクラスタを形成している可能性がある。このようなクラスタが生成されることを避けるため、すべてのクラスタ内の分散が一様になることが好ましいと考え、先行研究ではクラスタ分割の停止条件としてクラスタ内分散の閾値を設定した。しかし、クラスタ内分散が閾値以下となるクラスタでも、分割した結果、新たな2つの中心間の距離が大きくなる場合には分割を行った方が好ましいと考えられる。そこで本研究では、分割の基準としてクラス内クラス間分散比を考える。以下にそれぞれを説明する。

従来法: クラスタ内分散によるクラスタリング

クラスタ数を  $k$ ,  $i$  番目のクラスタを  $C_i$ , クラスタ  $C_i$  中のプロック数を  $n_i$ , ブロック  $a$  とブロック  $b$  の距離を  $D(a, b)$ , クラスタ  $C_i$  の中心を  $medoid(C_i)$ , クラスタ  $C_i$  中の  $j$  番目のプロックを  $C_i(j)$  とし、クラスタ  $C_i$  のクラスタ内分散  $V(C_i)$  を次式で定義する。

$$V(C_i) = \frac{1}{n_i} \sum_{j=0}^{n_i-1} D(medoid(C_i), C_i(j)) \quad (1)$$

クラスタ内分散が閾値以下となったクラスタはそれ以上分割しない。この分割方法により、比較的分散の偏りが小さいコードブックが得られる。

提案法: クラス内クラス間分散比によるクラスタリング

全体のプロック数を  $n$ , 全プロックの中心を  $medoid$  で表し、クラス内分散  $\sigma_W$ , クラス間分散  $\sigma_B$ , クラス内クラス間分散比  $J_\sigma$  を式(2)-(4)で定義する。

$$\sigma_W = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} V(C_i) \quad (2)$$

$$\sigma_B = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{k-1} D(medoid, medoid(C_i)) \times n_i \quad (3)$$

$$J_\sigma = \frac{\sigma_B}{\sigma_W} \quad (4)$$

クラス内クラス間分散比が最大となるクラスタを順次分割していく。したがって、クラスタ内分散をより小さく、それぞれのクラスタ間の距離をより大きくするコードブックが得られる。

クラスタリングを行うためのコード進行間の距離尺度には編集距離を用いる。コードは例えば  $C_m$  のように、根音を表す  $C, C^\# \cdot D^\flat, \dots, B$  と他の構成音の音程を表す  $M, m, \dots, mM7$  から成っている。それぞれに

†名古屋工業大学, Nagoya Institute of Technology

について、近親調、コード間の関係から編集コストを定義し、編集距離でコード進行間の類似度を求める。

このようにして、共通の代表コード進行に置き換えられた楽曲を比較することで楽曲間の類似度を得る。ここでは要素の順序関係は考慮しないため、クラスタの出現頻度に関するヒストグラムのユークリッド距離を楽曲間の距離とする。

### 3. 評価実験

2つのクラスタリング手法の性能を評価するため、聴取実験によって得られた主観的な類似度との比較を行う。

#### 3.1 実験条件

楽曲間の主観的な類似度を得るために聴取実験を行う。基準曲1曲に対し比較対象曲5曲を用意したものデータセットとし、どの曲が基準曲に類似しているか順位付けをする。実験では基準曲と比較対象曲中の2曲を1組として提示し、基準曲に近いと感じた方を選択させた。データセットを3つ用意し、20人の評価者にそれぞれ15組分を評価させ、1組につき10個のデータから類似度を得た。

楽曲のコード進行データは ultimateGuitar.com [3] から、4拍子のポピュラー音楽を対象に収集した、Dance, Hip Hop, Pop, Punk, R & B, Rock 等のジャンルを含む50曲を用いた。また、ここでは2つの分割停止条件を比較するためクラスタ数を8と定め、そのようにクラスタ内分散の閾値を設定した。聴取実験では3ブロックのみを用いるため、1曲の中からサビ付近3ブロック分を切り出してモデル化した。

#### 3.2 実験結果

クラスタリングの様子を図1に示す。図1(a)はクラスタ内分散の閾値を155に設定した場合、図1(b)はクラス内クラス間分散比を最大とするクラスタから順次分割した場合を示しており、ノード下の数字は分割の順序を表している。また、これらのコードブックを用いてモデル化した楽曲の客観的距離と、聴取実験によって得られた主観的類似度との関係を図2に示す。

#### 3.3 考察

図1より、2つの手法でクラスタリングの過程が大きく異なることがわかる。例えば、図1(a)では末端となるクラスタAは図1(b)では5クラスタに分割されている。クラスタAのmedoidは頻出するコード進行であるため、他の類似していないブロックが含まれていたとしてもクラスタ内分散は小さくなる傾向にあることが原因である。この結果から、コード進行をクラスタリングする際のクラスタ内分散は、そのクラスタの最適性を示しているとは限らないと言える。

また、図2から、(a), (c)と比較して(b), (d)の方が、客観的距離と主観的類似度との相関が高くなることがわかり、クラスタ内分散を基準とする場合よりもクラス内クラス間分散比を基準とする場合で主観的類似度に近い類似度を得られることがわかる。

### 4. むすび

コード進行クラスタリングの際にクラスタ内分散だけでなくクラス内クラス間分散比を考慮することで、より妥当な分割ができ、主観評価との相関も向上することが

示された。今回の実験ではクラスタ数を一定としたが、今後はデータの内容や量に応じて適切な分類がなされるような、クラスタ数の最適性を考慮した分類基準およびクラスタリング手法が必要である。また、コード進行を既知とする手法は実用的ではないため、音響信号から直接的にコード進行あるいはそれに類した特徴を抽出することにより実用性のある類似曲検索への発展を試みる。

### 参考文献

- [1] 伊藤綾他，“コード進行を用いた楽曲のモデル化と楽曲間の類似度に関する研究”，2009年電子情報通信学会総合大会講演論文集，A-15-1, p.237, 2009.
- [2] 長澤槙子他，“ポピュラー音楽クラスタリングのための近親調を用いたコード進行類似度の提案”，IPSJ SIG研究報告，Vol.2007, No.37, pp.69-76, 2006.
- [3] <http://www.ultimate-guitar.com/>

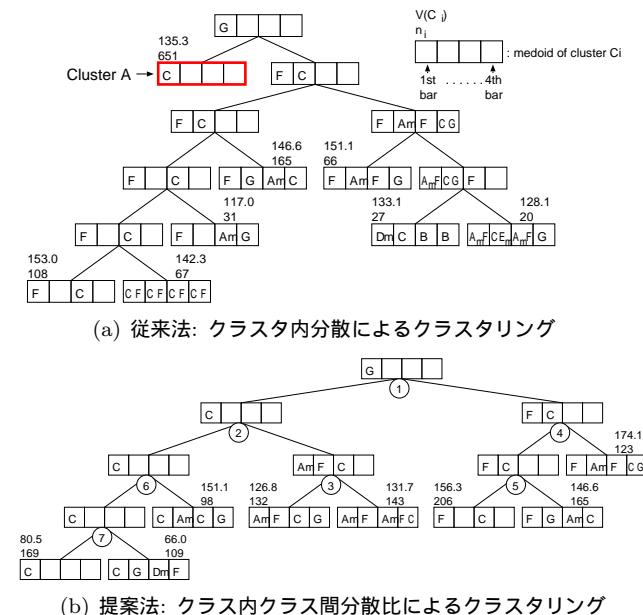


図1: クラスタ分割の様子

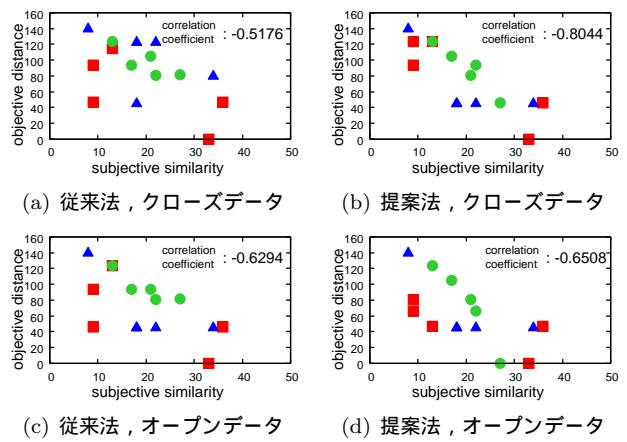


図2: 客観的距離と主観的類似度の関係