Vol.2016-MUS-110 No.17
2016/3/1

コード進行・メタ情報・楽曲特徴量に基づく音楽可視化

上原美咲[†1]　伊藤貴之[†1]　高塚正浩[†2]

概要：楽曲群における曲どうしの印象やアーティストどうしの個性についての関連性を，短時間で効率的に把握する一手法として「可視化」が有用であるといえる．また，楽曲を分析するにあたり，楽曲特徴量に加え，楽曲の基礎となっているコード進行も非常に役立つ要素であると考える．そこで本報告では，楽曲群のコード進行・メタ情報・楽曲特徴量の統合可視化の一手法を提案する．本手法ではまず，可視化の対象となる各楽曲から楽曲特徴量を抽出する．一方で各楽曲からコード進行を抽出して文字列データとし，あらかじめ設定した数種類の頻出コード進行の有無を文字列検索によって検出する．以上の情報を，楽曲特徴量に基づいて楽曲群を配置した図と，コード進行やメタ情報の共起性を表現した図を用いて可視化する．本報告では 20 組の J-POP アーティストを対象として，本手法によってどのような傾向が可視化できたかを紹介する．

キーワード：コード進行，楽曲特徴量，情報可視化，楽曲推薦

1. はじめに

音楽プレイヤーの大容量化により，私達は日常生活において数多くの楽曲を気軽に持ち歩くことができるようになった．また，オンライン音楽配信サービスも普及し始め，好きなだけ音楽を聴いて楽しむことができる時代になった．一方で，一般的に未知の音楽は実際に聴かなければどんな曲かわからないため，内容把握に時間がかかり，たくさんの未知の楽曲の中から聴きたい曲を選ぶのが困難な場合もある．短時間で効率の良い選曲を支援する一手段として，楽曲群における曲どうしの印象やアーティストどうしの個性についての関連性を表現する「可視化」は非常に有用であるといえる．これによって，曲どうしがどれくらい似ているか，アーティストどうしがどれくらい似た作曲傾向にあるかを視覚的に知ることができ，曲の内容を推測することができるため，選曲の手がかりとなる．楽曲を分析する際には，デンポやサウンドなどの楽曲特徴量に加え，楽曲進行の基礎となり曲の印象に大きな影響を与えるコード進行も役立つ要素であると考えられる．

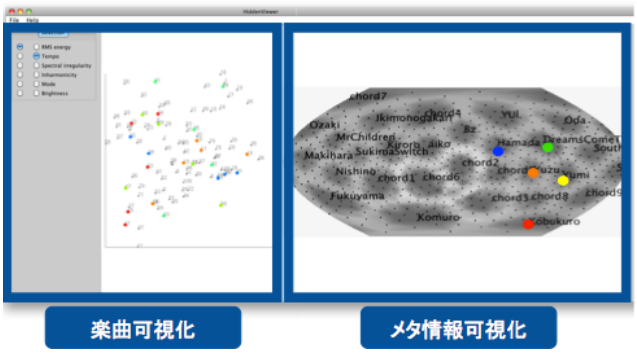

図 1. 可視化画面

我々は，ポップス楽曲群のコード進行・メタ情報・楽曲特徴量の統合可視化を提案している[1]．本手法での可視化には，以下の 2 種類の可視化画面を同一ウィンドウ中で左右に並べたものを使用する（図 1）．

楽曲可視化：楽曲特徴量に基づいて楽曲群を配置した可視化画面．

メタ情報可視化：コード進行やメタ情報の共起性を表現した可視化画面．

本手法が想定するユーザ操作は以下のとおりである．まずメタ情報可視化で示されたアーティストとコード進行の関連性を見て，興味のあるものをユーザが選択すると，それに連動して，選択された属性に該当する楽曲が楽曲可視化でハイライトされる．ここで楽曲可視化の座標軸に楽曲特徴量を割り当てることで，コード進行やメタ情報と同時に楽曲特徴量との関係も観察できる．本報告ではこの可視化手法の拡張について紹介する．具体的には，メタ情報可視化に Geodesic SOM (Spherical Self-Organizing Map) を採用することでその一覧性を向上する．さらに新しい機能として，詳しく知りたい楽曲を選択すると，その楽曲を中心に，他の楽曲が類似度の高いものから順に同心円上に表示される機能を紹介する．

本研究が目指す用途として，ユーザの日常的な音楽鑑賞における選曲効率を向上する他に，次のような応用も考えられる．ユーザが好む楽曲における楽曲特徴量やコード進行の共通点を導き出し，それをもとにユーザの音楽嗜好に合わせた楽曲推薦ができる．また，時代や曲調などに関連したコード進行の流行について知識を得ることができる．作曲を学んでいる学生にとっては，各アーティストのコード進行の傾向分析に役立つ．以上のほかにも，可視化に適用している散布図の操作が自在であることから，さまざまな応用が期待できる．

†1 お茶の水女子大学
Ochanomizu University
†2 シドニー大学
University of Sydney

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

2. 関連研究

可視化は音楽の内容を短時間で理解する際に役立つ手段であり，実際に音楽可視化を対象とした調査も行われてきた[2][3]．音楽の可視化には，1 曲を詳しく可視化する研究[4][5]と，楽曲群全体を可視化する研究の 2 種類があり，本研究は後者にあたる．

楽曲特徴量に基づいた楽曲群の可視化は，これまでに多く研究されている．Pampalk[6]は楽曲群の楽曲特徴量に基づく類似性を SOM で学習し，クラスタを島に見立てて可視化した．後藤ら[7]は，画面上を動いている楽曲の中から，ユーザが興味のあるものをインタラクティブに操作することができるシステムを構築した．また，草間ら[8]は楽曲特徴量に基づいて各曲の印象画像を生成し，一覧表示した．これらの研究は，楽曲特徴量を用いて楽曲群を表現しているが，可視化結果から直接楽曲特徴量を読み取ることはできない．

楽曲特徴量を具体的に読み取ることのできる例として，齋藤ら[9]，Zhu[10]の研究が挙げられるが，コード進行は考慮されていない．これまで 1 曲の構成を可視化する研究[11][12]にはコード進行が用いられてきたが，本研究のように楽曲特徴量とコード進行の両方を考慮した楽曲群の可視化は，我々がサーベイする限り前例が少ない．

3. 提案手法

本手法は大きく分けて，楽曲特徴量の抽出，コード進行の検出，2 種類の可視化画面の生成，楽曲類似度の表示の 4 段階で構成される．詳細について以下に論述する．

3.1 楽曲特徴量抽出

まず各楽曲から楽曲特徴量を抽出する．楽曲特徴量の抽出には，数値解析ソフトウェア MATLAB の上に実装された楽曲特徴分析パッケージ MIRtoolbox[13]を用いる．MIRtoolbox で抽出可能な特徴量のうち，現時点の我々の実装では以下の 6 つの特徴量を使用する．

RMSenergy は，音響エネルギーの二乗平均平方根である．この値は，コンプレッサーやリミッターなどの電気的効果により音響出力がほぼ一定に制御される最近のポップス，ロック，電子音楽などで高くなる傾向がある．一方で，バラード，クラシック音楽，その他非電子音楽など，音響出力が演奏者によって変化する音楽では値が低くなりやすい．したがって，RMSenergy は，曲のジャンルや楽器に応じて曲を分類するのに役立つ．

Tempo は，音響ピークまたはハーモニー変化の周期的なパターンから算出することができ，リスナーの好みを推定するのに重要な値である．

Brightness は，主に楽器の倍音からもたらされる 1500Hz 以上の周波数の音響エネルギーが占める割合である．この値によって，オーケストレーションやレコーディング設定に応じた曲の分類ができる．豊かな倍音をもつバイオリン，サックス，シンバルなどの楽器を効果的に曲のアレンジに使っている曲ほど高い値になる．

Mode は，major または minor のハーモニーによって占有される時間の割合を表す値であり，楽しさや悲しさによって曲を分類することができる．

Spectral irregularity は，スペクトルの連続するピークの変化の程度を表し，音楽のダイナミクスを測定することができる．

Inharmonicity は，倍音外のエネルギーの量を表している．現代のクラシック音楽やジャズ，ポップスでは，インハーモニックトーンが比較的頻繁に使われていることから，この値を用いることで，伝統的な音楽と現代的な音楽を分類することができる．

3.2 コード進行検出

次に各楽曲中における頻出コード進行の有無を検出する．ここで用いる頻出コード進行とは，表 1 にある J-POP によく使われる代表的なコード進行 9 種類のことを指す．まず，インターネット上にある J-POP コード進行公開サイト[14]から各曲のコード進行を公開する HTML ファイルを入手し，コード記載部分を抽出することで文字列データを生成する．後にコード進行を比較しやすいようにするため，全ての楽曲の調性を C メジャーに移調しておく．この文字列データに対して文字列検索を実行し，頻出コード進行と一致する文字列があった場合にはそのコード進行が含まれている曲とする．

表 1. コード進行一覧

Chord1	C F G
Chord2	F G7 Em Am
Chord3	Am F G C
Chord4	Am Dm G Am
Chord5	C Am F G7
Chord6	F G Am Am
Chord7	C Am Dm G7
Chord8	Am Em F G7
Chord9	C G Am Em F C F G

3.3 可視化画面の生成

可視化には，図 1 に示す 2 種類の可視化画面を用いる．図 1(左)に示す楽曲可視化では散布図を採用しており，各プロットが楽曲を表している．横軸と縦軸には，3.1 節で示した楽曲特徴量のうち 2 値を割り当てている．ユーザは 2 軸に割り当てる特徴量を随時選択できる．

一方で図 1(右)に示すメタ情報可視化では，各プロットが

「作曲者が A である」や「コード進行パターン C が含まれている」といった属性を表している．ここで楽曲の総数を n とし，3.2 節で検出した頻出コード進行の各々について，そのコード進行が含まれていた曲には真を，含まれていなければ偽を記録し，n 次元ベクトルを生成する．同様に，特定のリスナーが気に入ったか否か，特定のアーティストの曲であるか否かといったメタ情報についても，n 曲に対して真または偽の 2 値を列挙する．以前の実装[1]では多次元尺度法に基づく散布図を用いてメタ情報を可視化してきたが，現在の実装ではこれを Geodesic SOM (Spherical Self-Organizing Map) に差し替えてメタ情報を可視化する．データを構成する標本（本研究ではメタ情報）間の距離のみを保って平面上にデータを配置する多次元尺度法に比べ，SOM ではデータ空間上での標本間の隣接性を保持するような可視化結果を得やすい．また，多次元尺度法による可視化結果では標本を示すドットが画面上で重なりやすいのに対して，SOM では格子状に並んだニューロンに標本を割り当てるため，標本の画面上での重なりを避けられる．これによって視認性を高くし，またポインティングデバイスでの特定操作を容易にする．これらの理由から，Geodesic SOM を採用し，メタ情報を可視化した．SOM の画面上で近くに配置された属性を観察することで，例えばどの作曲者がどんなコード進行パターンを多用し，どのリスナーの好みに近いかということが読み取れる．

また我々が実装する可視化手法では，メタ情報可視化で興味のある属性をマウスで選択すると，楽曲可視化にて該当する曲が色付けられるという機能も備えている．この機能を利用することで，楽曲特徴量の面からも各楽曲を詳しく観察することができる．

3.4 楽曲類似度の表示

本報告で提案する追加機能として，特定の楽曲を基準とした楽曲類似度の表示画面をあげる．3.3 節までに紹介した機能でメタ情報の関連性や任意の 2 つの楽曲特徴量から楽曲観察をした上で，特に興味をもった楽曲をユーザが対話操作指定したときに，本節の機能を適用する．この機能では全ての楽曲特徴量を考慮した楽曲類似度を確認することができる．楽曲類似度の計算には Geodesic SOM 上での測地距離を用いる．まず，3.1 節で抽出した楽曲特徴量のデータをもとに，楽曲群を Geodesic SOM で学習する．次に，隣り合うニューロンどうしのユークリッド距離に従って，全てのニューロン間の辺に重み付けをする．その上でプリム法（最小全域木問題）を用い，任意の楽曲からその他全ての楽曲までの測地距離を求めて，楽曲間の類似度とする．そしてユーザが楽曲可視化にて選択した楽曲を中心として，類似度の高い曲ほど小さい半径の同心円上に表示する．図 2 に表示例を示す．Geodesic SOM 上での測地距離を用いることで，楽曲間の隣接性を考慮した類似度を算出することができる．

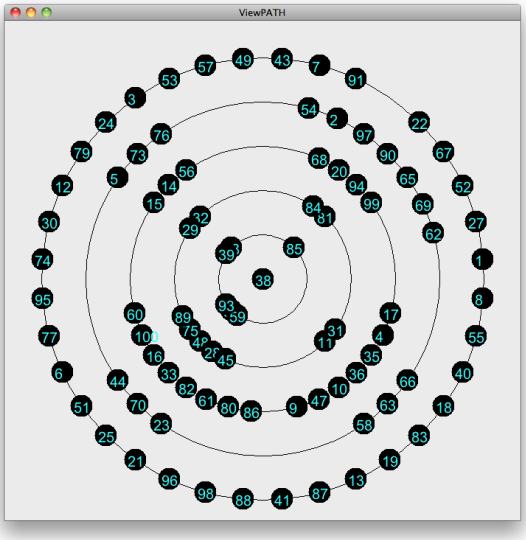

図 2. 楽曲類似度の表示例

4. 実行結果と考察

我々は表 2 にある 20 組のアーティスト（表 2）について各 5 曲ずつ，計 100 曲の J-POP を選曲して可視化した．

表 2. アーティスト一覧

Mr.Children	サザンオールスターズ
いきものがかり	ゆず
コブクロ	B’z
福山雅治	小室哲哉
槙原敬之	小田和正
Kiroro	尾崎豊
松任谷由実	YUI
スキマスイッチ	Aiko
西野カナ	浜田省吾
Dreams come true	スピッツ

図 3 が可視化結果である．メタ情報可視化には 20 組のアーティストと 9 種類のコード進行に対応する 29 個の点が表示されている．ユーザがメタ情報可視化画面でカーソルをドラッグすると，ドラッグ操作の軌跡に近い点にそれぞれ色が割り当てられる．それと同時に，選択されたメタ情報（アーティストやコード進行）に該当する楽曲が，楽曲可視化画面にて色付けられる．これにより，ユーザは興味のあるメタ情報のセットをインタラクティブに選択し，楽曲特徴量の面からも関連性を観察することができる．

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

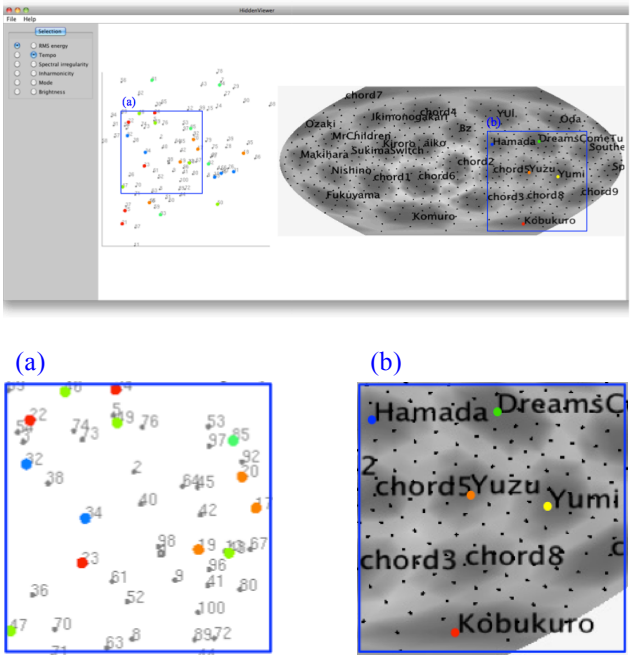

図 3. 可視化結果

図 4 は，興味深い傾向が読み取れた一例である．ここでは，メタ情報可視化にて Chord1 と Chord2 を選択し，楽曲可視化の横軸に RMSenergy, 縦軸に Tempo を割り当てている．図 4(b)のように Chord1 は赤，Chord2 はオレンジに対応しており，楽曲可視化画面にて赤とオレンジの 2 色ともに色付けられた楽曲が図 4(a)に集中していることから，Chord1 と Chord2 を含む楽曲は音量平均値が小さく，テンポが速い傾向であることが読み取れる．

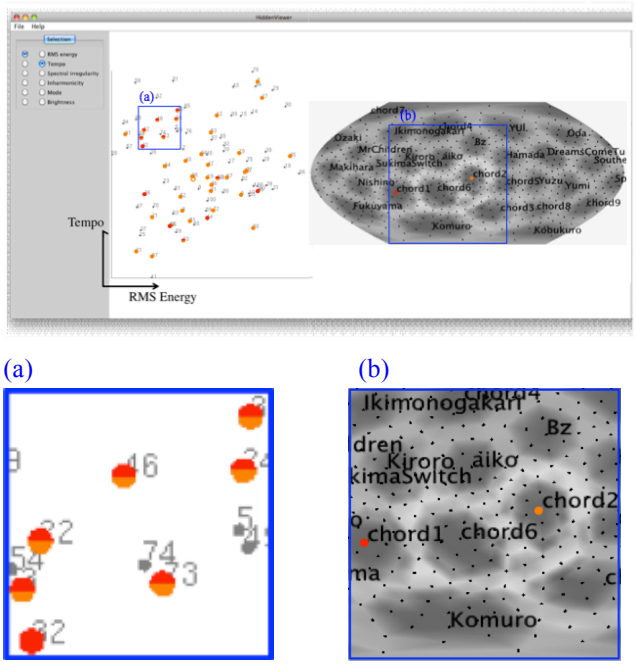

図 4. 可視化例

また，別の実行例として図 5 があげられる．ここでは，Chord6 と 3 組のアーティスト（コブクロ，福山雅治，スキマスイッチ）がメタ情報可視化画面にて選択されており，これらの点は，図 5(b)のように赤，オレンジ，黄緑，水色で色付けられている．それと同時に，楽曲可視化画面にて，横軸に Tempo，縦軸に Inharmonicity を割り当てた時，図 5(a)のように赤とその他 3 色のうちの 1 色の両方ともに色付けられている点が一カ所に集中して表示されている．このことから，3 組のアーティストが同じコード進行を使って作曲した楽曲は，楽曲特徴量の面でも似ており，楽曲の印象が非常に似ているということがわかる．

この他にもユーザは可視化画面を自由に操作し，さまざまな角度から楽曲群を観察することができる．

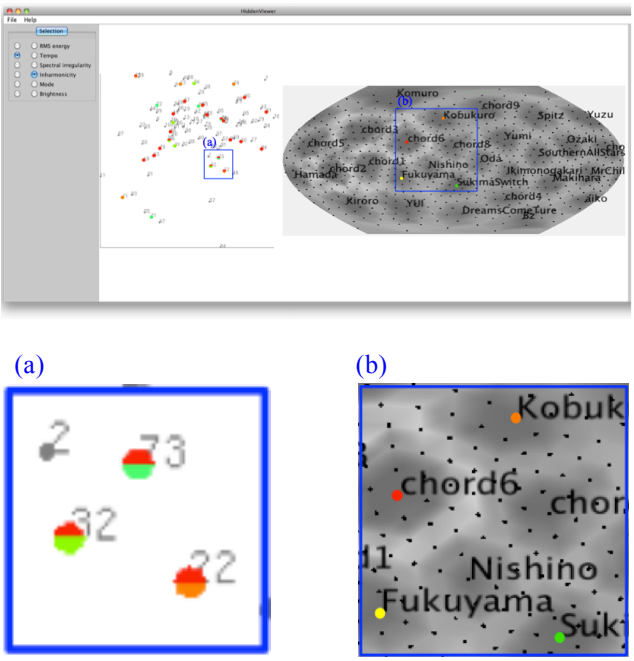

図 5. 可視化例

5. おわりに

本報告では，楽曲特徴量を基に楽曲の関連性を表現する可視化画面と，コード進行やアーティストの関連性を表す可視化画面を同一ウィンドウ上に左右に並べ，その 2 つの可視化画面をユーザがインタラクティブに操作することができる手法を提案した．また，J-POP を対象とした可視化による実行例を紹介した．

今後の課題として，以下の点に取り組みたい．

- ユーザの嗜好の組み込み
  現時点で我々は，アーティストとコード進行のみをメタ情報として扱っているが，ユーザの嗜好とアーティスト，コード進行，楽曲特徴量との間にも，興

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

味深い関連性があることが期待できる．したがって，被験者の好きな曲を調査し，その情報を現在のデータセットに加え，可視化結果を再度観察しようと考えている．

- コード進行検出の汎用化
  コード進行の中には，違うコード進行でも似た響きをもつコード進行が多く存在するが，現時点の文字列検索によるコード進行検出では，それらを認識することはできないため，より柔軟に検出する必要がある．また，コード進行に加えてテンションも扱っていきたい．特定のアーティストや特定のジャンルの楽曲で，あるテンションが頻繁に使われるという場合があり，曲やアーティストの個性を発見する際に，テンションは非常に重要な要素であると考えられる．

謝辞　本研究を進めるにあたり，株式会社 J トータルミュージックには J-POP のコード進行を提供していただきました．ここに感謝致します．

参考文献

1) M. Uehara, T. Itoh, Pop Music Visualization Based on Acoustic Features and Chord Progression Patterns Applying Dual Scatterplots, Sound and Music Computing Conference (SMC2015), pp. 43-48, 2015.
2) J. Donaldson, P. Lamere, Using Visualization for Music Discovery, International Symposium on Music Information Retrieval, 2009.
3) J. Holm, Visualizing Music Collections Based on Metadata: Concepts, User Studies and Design Implications, Tampere University of Technology, 2012.
4) H.-H. Wu, J. P. Bello, Audio-Based Music Visualization for Music Structure Analysis, Sount and Music Computing, 2010.
5) A. Hayashi, T. Itoh, M. Matsubara, Colorscore - Visualization and Condensation of Structure of Classical Music, Knowledge Visualization Currents: from Text to Art to Culture, Springer Edit Volume, ISBN-978-1-4471-4302-4, 2012.
6) E. Pampalk, Islands of Music: Analysis, Organization, and Visualization of Music Archives, Master Thesis, Vienna University of Technology, 2001.
7) M. Goto, T. Goto, Musicream: New Music Playback Interface for Streaming, Sticking, Sorting, and Recalling Musical Pieces, 6th International Society for Music Information Retrieval, pp. 404-411, 2005.
8) K. Kusama, T. Itoh, Abstract Picture Generation and Zooming User Interface for Intuitive Music Browsing, Springer Multimedia Tools and Applications, Vol. 73, No. 2, pp. 995-1010, 2014.
9) Y. Saito, T. Itoh, MusiCube: A Visual Music Recommendation System featuring Interactive Evolutionary Computing, Visual Information Communication and Interaction Symposium (VINCI'11), 2011.
10) J. Zhu, Perceptual Visualization of a Music Collection, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 1058-1061, 2005.
11) P. Ciuha, B. Klemenc, D. Solina, Visualization of Concurrent Tones in Music with Colours, ACM International Conference on Multimedia, pp. 1677-1680, 2010.
12) M. Goto, K. Yoshii, H. Fujihara, M. Mauch, T. Nakano, Songle: A Web Service for Active Music Listening Improved by User Contributions, 12th International Society for Music Information Retrieval, pp. 311-316, 2011.
13) O. Lartillot, MIRtoolbox, http://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/mirtoolbox
14) J-Total Music, http://music.j-total.net/index.html

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan