

コード進行に注目した J-POP 音楽の可視化

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られる。そこで本論文では、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 30 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、また、ユーザテストによってどのような評価を得られたかを紹介する。

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、既知の楽曲を頼りに未知の楽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。また、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。

そこで我々は、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。

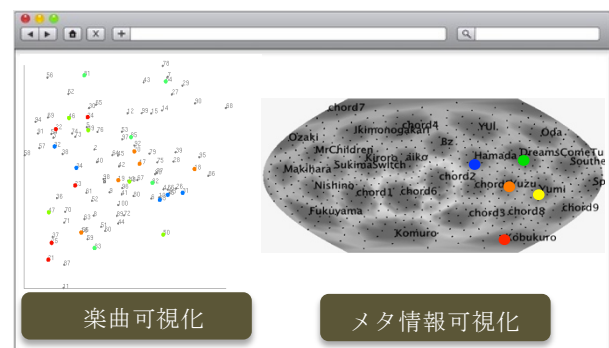


図 1. 可視化画面

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。

本研究による可視化手法の概要は既に提案済である[1]。本報告では主に、本手法の適用事例やユーザテスト結果について紹介する。

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

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

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なされていない。

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氣的効果により、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、電力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、

サクソ、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

表 1. コード進行一覧

Chord1	C F G	Chord11	Fm C
Chord2	F G7 Em Am	Chord12	F E Am
Chord3	Am F G C	Chord13	Gm C F
Chord4	Am Dm G Am	Chord14	A Dm
Chord5	C Am F G7	Chord15	D G
Chord6	F G Am Am	Chord16	C F C F
Chord7	C Am Dm G7	Chord17	Am G F E
Chord8	Am Em F G7	Chord18	C D
Chord9	C G Am Em F C F G	Chord19	Am Em F C
Chord10	F Fm		

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19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。

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 Geodesic SOM (Spherical Self-Organizing Map) を適用してメタ情報を可視化する。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、メタ情報可視化に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。

4. 実行結果

我々は表 2 にある 30 組のアーティスト (表 2) について各 10 曲ずつ、計 300 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
槇原敬之	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
絢香	Every Little Thing
ZARD	プリンセス・プリンセス
ポルノグラフィティ	MISIA
THE BLUE HEARTS	LINDBERG
FUNKY MONKEY BABYS	岡本真夜

図 2 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音量平均値、縦軸がテンポを割り当てている。図 2(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 2(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。

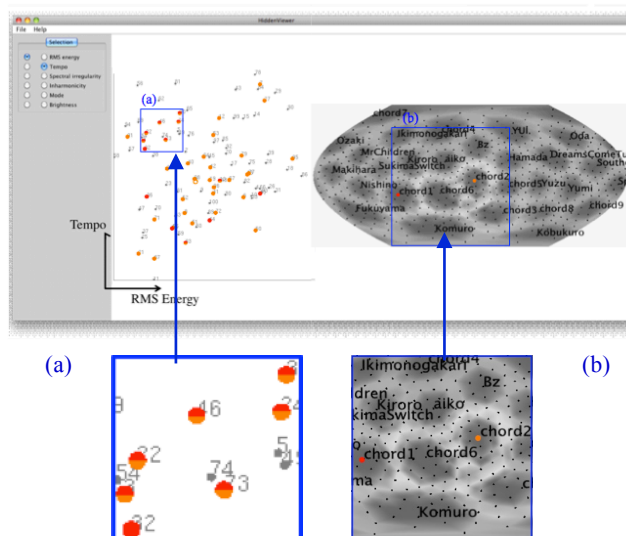


図 2. 可視化例 1

また、別の実行例として図 3 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 3(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、図 3(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か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。

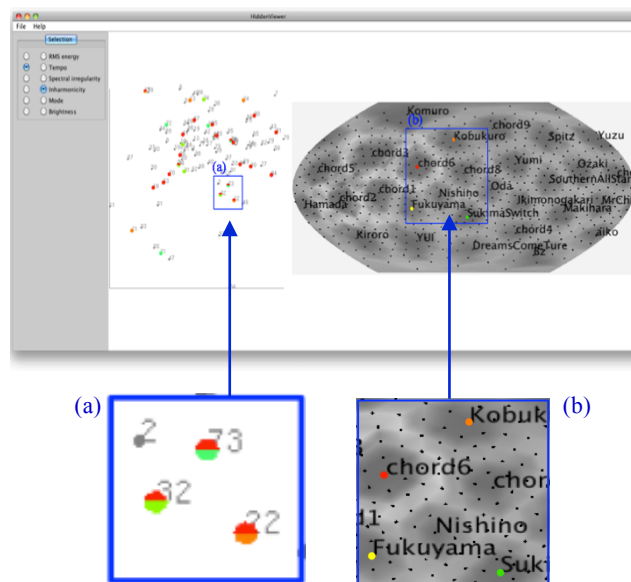


図 3. 可視化例 2

5. ユーザテスト

我々は、アーティストの類似関係の精度検証、楽曲の類似関係の精度検証の2種類のユーザテストを実施した。

5.1 アーティストの類似関係の精度検証

このユーザテストでは、右側のメタ情報可視化画面から読み取れるアーティストの類似関係と、ユーザが楽曲を聴いて感じるアーティストの類似関係の合致度を確認した。

まず以下の事前準備を実施した。メタ情報可視化画面上で、基準となるアーティスト（図4の赤い★）をランダムに選んだ。それに対して、画面上で隣接している（≒類似度の高い）アーティスト（図4の赤い●）と、画面上で離れている（≒類似度の低い）アーティスト（図4の赤い▲）を1組ずつ選び、計3組のアーティストを1セットとした。同様の処理によってこれを合計5セット用意した。結果として、図4および表3にて赤、オレンジ、黄色、緑、青で示す5セットをユーザテスト用いた。

被験者には、メタ情報可視化画面を提示せずに、基準となるアーティスト名と、その他2組の比較アーティスト名のみを提示した。そして、それぞれのアーティストの楽曲群（各10曲）を聴いてもらい、基準アーティストと各比較アーティストとの類似度を表4に示す5段階で評価してもらった。この設問にて、アーティスト間の類似度は提示せず、各セット内で比較アーティスト2組を提示する順番もランダムにした。

以上のユーザテストを3人の被験者に対して実施した結果を表5に示す。全体的に、上の行の「類似度が高い比較アーティスト」は「似ている」、下の行の「類似度が低い比較アーティスト」は「似ていない」と評価されていることがわかる。このことから、アーティストの類似度において、コード進行の使用傾向から計算した類似度は、楽曲を聴いて感じる印象の類似度とおおよそ合致していると言える。

一方で、セット1で評価が逆転している箇所については、各アーティストの曲の印象に差が小さい、アーティストが同性の方が似ている印象を受けた、といった意見があった。また、同じアーティストでも、激しい曲からバラードまで幅広く含まれている場合、一様に似ているとは言えず「どちらでもない」を選択したという意見があった。したがって、アーティストの性別や根本的な曲調の差をどのように類似度に反映させていくか、改良する必要があると考える。

- ★：基準アーティスト
- ：類似度の高い比較アーティスト
- ▲：類似度の低い比較アーティスト



図4. メタ情報可視化における評価セットの位置

表3. アーティスト類似関係精度検証における評価セット

	★	●	▲
セット1	コブクロ	Kiroro	福山雅治
セット2	LINDBERG	岡本真夜	Every Little Thing
セット3	B'z	ポルノグラフィティ	aiko
セット4	尾崎豊	浜田省吾	松任谷由実
セット5	絢香	いきものがかり	Funky Monkey Babys

表4. ユーザテストの評価基準

5	とても似ている
4	似ている
3	どちらとも言えない
2	似ていない
1	全く似ていない

表5. アーティスト類似関係精度検証の評価結果

	●			▲		
セット1	4	3	5	3	4	2
セット2	4	4	5	2	3	2
セット3	3	4	4	2	1	1
セット4	3	4	5	1	1	2
セット5	4	5	4	2	2	2

5.2 楽曲の類似関係の精度検証

このユーザテストでは、左側の楽曲可視化画面から読み取れる楽曲の類似関係と、ユーザが楽曲を聴いて感じる楽

曲の類似関係の合致度を確認した。

まず以下の事前準備を実施した。右側のメタ情報可視化画面で「コード進行の使用傾向の類似度が高く、隣り合っているアーティスト」を2組選択した。この操作によって左側の楽曲可視化画面にてハイライトされた該当曲の中から、異なる色で近くに表示されている2楽曲を見つけ、片方を基準となる楽曲(図5の★)、もう一方を比較楽曲(図5の●)とした。また、基準楽曲の近くに表示されていてハイライトされていない1楽曲を2つ目の比較楽曲(図5の▲)とした。つまり1つ目の比較楽曲は楽曲特徴量だけでなくコード進行の面からも基準楽曲に似ている楽曲、2つ目の比較楽曲は楽曲特徴量のみが基準楽曲と似ていてコード進行は似ていない楽曲となる。以上により選出した基準楽曲と2つの比較楽曲の計3曲を1セットとする作業を反復し、合計10セット(表6)を用意した。

被験者には、可視化画面を提示せずに、基準となる楽曲と、その他2つの比較楽曲を提示し、それぞれの楽曲を聴いて、基準楽曲との類似度を各比較楽曲に対して表4に示す5段階で評価してもらった。この設問にて、アーティストの類似度は提示せず、各セット内で比較楽曲2曲を提示する順番もランダムにした。

以上のユーザテストを3人の被験者に対して実施した結果を表7に示す。下の行の「楽曲特徴量のみが似ている比較楽曲」に対して、上の行の「コード進行の面からも似ている比較楽曲」の方が、安定して「似ている」の評価を得ていることがわかる。このことから、アーティストの類似度に引き続き、楽曲の印象の類似度においても、本研究の特徴であるコード進行を用いた分析は有効であると考えられる。

一方で、どちらの比較楽曲も「似ていない」と評価されている例もある。一因として、楽曲特徴量の値が近くても類似度が低いと評価されている可能性が考えられる。したがって、本研究で採用する楽曲特徴量を再検討するために、楽曲特徴量単独でもユーザテストを実施する必要がある。

表6. 楽曲類似関係精度検証における評価セット

	★	●	▲
セット1	ここにしか咲かない花 (コブクロ)	ひとつぶの涙 (Kiroro)	fragile (EveryLittle Thing)
セット2	今すぐ kissme (LINDBERG)	FOREVER (岡本真夜)	十七歳の地図 (尾崎豊)
セット3	ultra soul (B'z)	Mugen (ボルノクラフィティ)	道標 (福山雅治)
セット4	丘の上の愛 (浜田省吾)	シェリー (尾崎豊)	チェリー (YUI)
セット5	心の花を咲かせよう (いきものがかり)	おかえり (絢香)	またあした (EveryLittle Thing)
セット6	君がいない (ZARD)	涙のキッス (サザンオールスターズ)	桜の時 (aiko)
セット7	夢じゃない (スピッツ)	ただそれだけの風景(スキマスイッチ)	時の足音 (コブクロ)
セット8	またあした (EveryLittle Thing)	カブトムシ (aiko)	運命のルーレットを廻して (ZARD)
セット9	KISS (プリンセスプリンセス)	その先へ (Dreams come true)	MONEY (浜田省吾)
セット10	君って (西野カナ)	蛍 (福山雅治)	赤い糸 (コブクロ)

表7. 楽曲類似関係精度検証の評価結果

	●			▲		
セット1	4	4	5	2	1	1
セット2	3	4	2	1	1	1
セット3	4	4	4	2	2	1
セット4	5	4	4	3	4	2
セット5	4	5	4	2	3	4
セット6	3	4	4	2	1	2
セット7	3	4	4	2	2	3
セット8	3	2	3	1	1	2
セット9	4	4	4	1	2	1
セット10	3	2	4	4	2	2

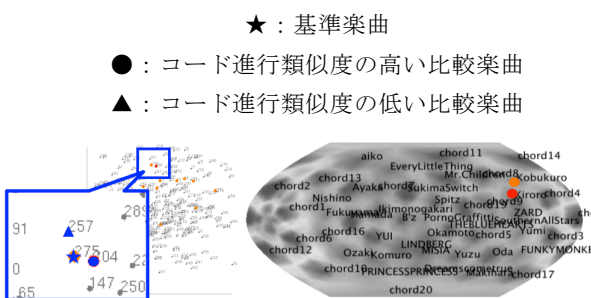


図5. 可視化画面における評価セットの一例

6. おわりに

我々は、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ている。本報告では、J-POPを対象とした可視化による実行例、およびユーザテスト結果を示した。ユーザテスト結果から、コード進行に基づいたアーティストの類似度と楽曲の類似度は、ユーザが楽曲を聴いて得る印象とおおよそ合致していることを確認した。

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、文字列としては異なるコード進行であっても、構成音が共通しているために響きも似ている、というコード進行が多く存在する。構成音が共通しているために同じ機能を有するとして置換して使われることがあるコードを俗に「代理コード」と呼ぶ。例えば表8のように、頻出コード進行の一部を代理コードで置き換えたコード進行が曲中で使われていた場合も、頻出コード進行が含まれているとみなすべきであると考えられる。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。そのため、より柔軟にコード進行を検出する必要がある。

表 8. コード進行検出汎用化の例

頻出コード進行	F G E Am	Am Dm G Am
似た響きをもつ コード進行	Dm G E Am	Am Dm Em Am

また、現時点での実装では、コード進行に付加されたテンションを楽曲特徴量の Inharmonicity で抽出し楽曲の類似関係に反映することはできているが、メタ情報にテンションを組み込んでアーティストの作曲傾向を可視化することはできていないので、これも考慮したい。特定のアーティストや特定のジャンルの楽曲において、特定のテンションが頻繁に使われる場合があることを考えると、曲やアーティストの個性を発見するためにテンションは非常に重要な要素であると考えられる。

コード進行検出の汎用化に際してさらに検討しないといけない点として、表1に示す頻出コード進行がディアト

ニックコード（楽曲の音階の構成音だけで構成されるコード）のみを対象としている点、また楽曲全体のコード進行をいったん移調して同一の調にして処理を進めていることから部分転調などに対応できない点があげられる。頻出コード進行パターンについてはディアトニックコード以外のコードも適用可能であるので拡張を進めたい。また楽曲全体を単一の調に移調するのではなく、局所ごとに適応的に移調するなどの実装を試したい。

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, Sound 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>