Vol.2018-MUS-121 No.20
2018/11/21

既存セットリストの遷移情報を用いたダンスミュージックの再生順自動決定

大野木 俊樹[1,a)]　大谷 紀子[2]

概要：昨今のダンスミュージックのイベントは，1 つのイベントで数万人を動員するほどに成長しており，消費者の DJ や DJ ミックスに対するニーズが高まっていることがうかがえる．一方，消費者が自分好みの DJ ミックスを制作する場合，専門的な知識や機材が必要となり，個人が自由に DJ ミックスを楽しむ際の障壁となっている．DJ ミックス制作はミックスと選曲の 2 つの専門的知識を要する行為により行われるが，ミックスについては自動化サービスがリリースされるなど，問題は解決されつつある．しかし，選曲においては多くの関連研究やサービスなどが公開されているものの，未だ確立された手法は提案されていない．特にダンスミュージックにおける選曲は，他のジャンルと違い特異な性質を持つにも関わらず，有力な選曲手法は見られない．本研究では，DJ ミックス制作の障壁の解決を目的として，楽曲の適切な選択と配置を自動化する手法を提案する．

1. はじめに

リアルタイムで曲を選び，音を止めることなく音楽をかけ続ける DJ への消費者の関心が高まっている．関心の高まりは，数万人規模を動員するダンスミュージックイベントが世界各地で催されていることからみてとれる．また，YouTube ではダンスミュージックが 1 年で合計 3 億回以上再生されている [1]．さらに DJ ミックスのシェアリングサービスである MixCloud では 1700 万人の月間アクティブユーザ数を記録している [2]．DJ ミックスとは，複数曲の音出力を止めることなく連続的につなぎ合わされたコンテンツである．市場の動向をみると，消費者が個人でもダンスミュージックや DJ ミックスを楽しむ環境やサービスを求めていることがわかる．

DJ が客の前で曲をかけることを DJ プレイという．DJ プレイは，2 曲の音出力を止めず連続的に再生するミックスと，次曲を決める選曲の 2 つの行為からなる．一般消費者が個人で DJ ミックスを楽しむ方法として，DJ プレイによって生成された既存の DJ ミックスから好みのものを探して聴くことと，消費者自身で DJ ミックスを作成することが考えられる．前者は，前述の MixCloud や YouTube などでお気に入りの DJ ミックスを検索して楽しむという一般的な方法で障壁は低いが，後者は機材を揃えたり，選曲の知識や経験が要求されたりなど，障壁が高い．消費者が個人で DJ ミックスを制作して楽しむ場合，ミックスについては Pacemaker と呼ばれる音楽アプリケーションの自動ミックス機能などを用いて手軽に楽しむことができるものの，選曲についての適切な手法は確立されていない．

本研究では，一般消費者がより手軽に DJ ミックスを楽しむための環境構築を目的として，楽曲の適切な再生順を決定する手法を検討する．再生順決定のために，既存の複数のセットリストにおける楽曲の遷移を抽出し，新たに生成されるプレイリストの再生順に反映する．

2. DJ の基礎知識と選曲セオリー

本節では，研究内容の説明に先立って，DJ の選曲における基本的な知識や一般的なセオリーについて述べる．

2.1 選曲時における DJ の考慮事項

DJ にとって選曲は非常に重要な行為である．沖野は“ DJ 選曲術 ” [3] で，良い選曲のために DJ が考慮すべき点として以下の 4 つを挙げている．

- 選曲のテーマ
- セットリスト全体のストーリー
- 楽曲の前後の関連性と意外性
- 自分のスタイル

選曲のテーマとは，「音楽の時間旅行と世界旅行」を掲げた選曲など，表現したい世界観のようなものであり，選

1 東京都市大学大学院環境情報学研究科
Graduate School of Environmental and Information Studies, Tokyo City University
2 東京都市大学メディア情報学部
Faculty of Informatics, Tokyo City University
a) g1783106@tcu.ac.jp

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

曲の目的や聴かせる対象を踏まえてテーマを考慮すべきと述べている．選曲のストーリーでは，ひとつのセットリストに含まれる各曲のテンポや雰囲気の抑揚などを考慮し，セットリストを起承転結のある構成にすべきと述べている．楽曲の前後の関連性と意外性では，テンポが大きく変わる選曲を避けたり，違和感のないミックスとなるように調を考慮した選曲をするべきと述べている．一方，偉大な DJ のミックスでは意外性のある選曲が行われているとも述べており，前の曲との関連性を保ちながらも，聴者の予想の範囲を超える選曲を盛り込むべきとしている．最後に，DJ 自身が自分のスタイルをどのように表現するかが重要であると述べている．

2.2 一般的な選曲セオリー

DJ の選曲では，沖野の DJ 選曲術のほかにも，俗説的ではあるが一般にいわれている選曲セオリーが存在する．ダンスミュージックを扱う一般的な DJ プレイは，フロアもしくは会場にいる客を踊らせることを目的としているため，DJ には客のダンスを妨害しないような選曲が求められる．ダンスを妨害しない最も基本的なテクニックは，そのとき再生されている曲と似た，もしくは関連度が高い楽曲を選ぶことである．本研究では一般的なセオリーの中でも，あらゆる音楽ジャンルにおいて考慮される BPM と調の 2 つの指標について着目する．

2.2.1 BPM を考慮した選曲

BPM（Beat Per Minutes）とは，楽曲の速度を表す値である．一般的に，再生されている曲の BPM の値が同じ，あるいは近い曲を選曲することが望ましいとされる．**図 1** は，あるセットリストの BPM の遷移を表したグラフであるが，隣り合う曲の BPM の値が 5 以上の変動は，16 回の遷移のうち，12 曲目から 13 曲目と，15 曲目から 16 曲目の 2 回だけであることがわかる．

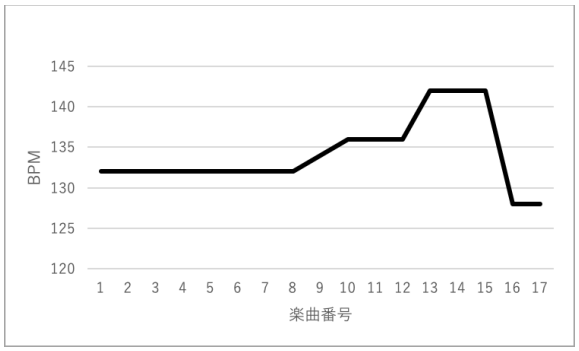

図 1 セットリストにおける BPM の遷移の例

2.2.2 調を考慮した選曲

調を考慮した選曲では，一般的に，Harmonic Mixing（以下 HM）を考慮した選曲することがよいとされる．HM とは調を五度圏状に並べた Harmony Circle（以下 HC）において近傍に位置する調に遷移する選曲手法である．HC 上では，C Minor は 5A，E ♭ Major は 5B というように，調は 1 から 12 の数字とアルファベット A，B の組で表される．再生中の曲と数字が同じでアルファベットが異なる調，あるいはアルファベットが同じで数字が 1 だけ異なる調の曲を次曲として選択するのが HM である．先に挙げた E ♭ Major は C Minor と数字が同一でアルファベットが異なるので，E ♭ Major から C Minor の遷移は HM に従っているといえる．

一方，1 時間から 2 時間のセットリストでは HM に従わない選曲をする傾向がある．図 2 と図 3 は，既存セットリストにおける調の遷移を矢印で表したものである．HM に忠実に選曲した場合，矢印は隣接する領域を指すことになるが，2 つのセットリストでは離れた調への遷移が頻繁に発生しており，遷移パターンは両者で大きく異なる．したがって，調の遷移パターンにも DJ もしくはセットリストの特徴が現れると考えられる．

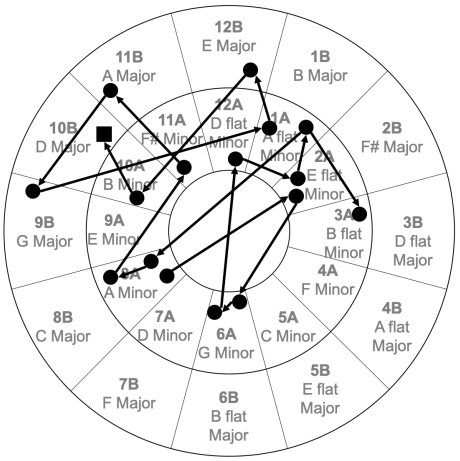

図 2 セットリストにおける調の遷移の例 (1)

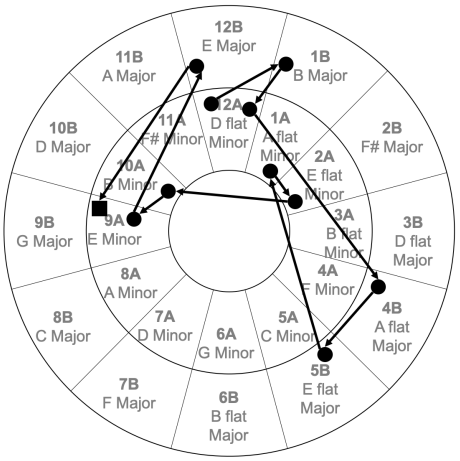

図 3 セットリストにおける調の遷移の例 (2)

3. 関連研究と方法

再生順決定手法の最終的な出力はプレイリストであるが，プレイリスト生成のためには選曲が必要である．本節ではコンテンツ選択とプレイリスト生成に関連する研究について述べる．

3.1 コンテンツ選択

コンテンツの選択では，推薦システム等で用いられる楽曲や画像といったコンテンツへのスコアリング手法が用いられることが一般的である．協調フィルタリングは代表的な手法のひとつで，音楽推薦に限らず，幅広い分野で応用されている．最近では楽曲情報やアーティスト情報などをグラフ表現し，ランダムウォークを用いて楽曲の期待値を計算する手法などが植田らにより提案されている [4]．また，入手済みのコンテンツを推薦するなど，一般的な推薦手法では必ずしも求める結果が得られていないため，ユーザが未接触でかつ嗜好に適合したアイテムを出力する手法なども提案されている [5]．

3.2 プレイリスト生成

既存のプレイリスト生成には，楽曲が再生される順序は考慮せず，条件に合致する楽曲を単に並べて出力する方法と，楽曲の再生順を考慮したプレイリストを出力する方法とがある．提供側が指定した範囲に含まれるユーザの嗜好に合う曲をプレイリストとする Spotify や iTunes などで採用されている「あなたにオススメの〜」，「この曲に似た曲の〜」などのサービスは前者に相当する．一方，後者の方法としては，プレイリストの最初と最後の楽曲をユーザに入力させ，プレイリストの開始から終了までの曲調が滑らかな遷移をするように選曲する手法が提案されている [6]．また，楽曲の音情報を解析して連続する楽曲間の距離を求め，総距離が最短となる楽曲の組み合わせをプレイリストとする，最適解探索アルゴリズムを適用した手法も提案されている [7]．

3.3 既存手法の問題点

既存のプレイリスト生成手法により生成されるプレイリストのうち，再生順を考慮する手法は，選ばれる楽曲，楽曲の並びともに単調なものになる．しかし，2.1 節に記した通り，ダンスミュージックの選曲では，雰囲気の遷移や抑揚，および聴者にとっての意外性を盛り込むことが重要である．楽曲単独の特徴ではなく，楽曲の遷移を評価指標としてプレイリストを生成することで，DJ のような選曲が実現されると考えられる．

4. 提案手法

本研究では，沖野の DJ 選曲術と選曲セオリーを前提とした特徴抽出モデルを構築し，抽出した特徴をもとに，再生楽曲の再生順を決定する手法を提案する．以降でセットリストからの特徴抽出方法と，再生順の決定方法について述べる．

4.1 セットリストの特徴抽出

BPM と調の両者について，セットリスト全体の遷移傾向を獲得する全体分析と，連続して再生される 2 曲の変化を獲得する詳細分析を行い，セットリストを 38 次元の特徴ベクトルで表現する．キーと調の遷移を特徴ベクトルに組み込むため，**表 1** に示すように，キーと調を数値化する．

表 1 キーと調の数値表現

値	キー	調
1	A ♭	B Major, A ♭ Minor
2	A	F# Major, E ♭ Minor
3	B ♭	D ♭ Major, B ♭ Minor
4	B	A ♭ Major, F Minor
5	C	E ♭ Major, C Minor
6	D ♭	B ♭ Major, G Minor
7	D	F Major, D Minor
8	E ♭	C Major, A Minor
9	E	E Major, G Minor
10	F	D Major, B Minor
11	G ♭	A Major, F# Major
12	G	E Major, D ♭ Minor

4.1.1 セットリスト特徴のベクトル表現

セットリストの特徴ベクトル $\vec{V}$ は式 (1) のように表される．

$$\vec{V} = (v_1, v_2, v_3, \cdots, v_{38}) \tag{1}$$

v_1〜v_8 は，全体分析によって得られた BPM およびキーの全体的な遷移を表す．v_9〜v_{38} は，詳細分析により得られた BPM および調の特異な遷移を表す．なお，以降はセットリストに含まれる楽曲の数を N，i 曲目のキー，調，BPM をそれぞれ k_i，t_i，b_i とする．

4.1.2 全体分析

全体分析では，セットリストにおける再生順と BPM，キーの関係を単回帰分析により把握する．例として，セットリストの BPM の遷移と，単回帰分析により得られた回帰直線を**図 4** に示す．

説明変数を再生順，目的変数を BPM としたときの単回帰式を式 (2)，説明変数を再生順，目的変数をキーとしたときの単回帰式を式 (3) のように表す．

$$pred_b(i) = a_b \times i + b_b \tag{2}$$

$$pred_k(i) = a_k \times i + b_k \tag{3}$$

v_1〜v_4 は式 (4)〜(7) で表すことができる．

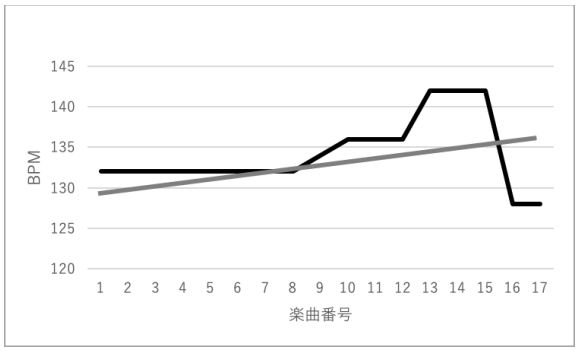

図 4 BPM の遷移と回帰直線

$$v_1 = pred_b(0) \tag{4}$$

$$v_2 = pred_b(0.5N) \tag{5}$$

$$v_3 = pred_b(N) \tag{6}$$

$$v_4 = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\{b_i - pred_b(i)\}^2 \tag{7}$$

v_5〜v_8 は，式 (4)〜(7) で $pred_b$ を $pred_k$，b_i を k_i としたものになる．

4.1.3 詳細分析

詳細分析では，セットリストにおける連続した 2 曲の BPM および調の遷移に着目し，出現頻度が低い遷移を抽出することで特徴を獲得する．BPM と調の遷移頻度を評価するために用意した複数のセットリストにおいて，BPM が b_i から b_j に遷移する回数を $freq_b(b_i, b_j)$，調が t_i から t_j に遷移する回数を $freq_t(t_i, t_j)$ と表現するとき，i 番目の曲から $i+1$ 番目の曲への BPM と調の遷移評価値はそれぞれ式 (8)，(9) により算出される．

$$f_b(i) = \frac{freq_b(b_i, b_{i+1})}{\sum_{k=1}^{12}\sum_{j=1}^{12} freq_b(j,k)} \tag{8}$$

$$f_t(i) = \frac{freq_t(t_i, t_{i+1})}{\sum_{k=1}^{12}\sum_{j=1}^{12} freq_t(j,k)} \tag{9}$$

$f_b(i)$ が $f_b(1)$〜$f_b(N-1)$ において r 番目に小さいとき $rankb(r)$ の値を i とし，$f_t(i)$ が $f_t(1)$〜$f_t(N-1)$ において r 番目に小さいとき $rankt(r)$ の値を i とすると，v_9〜v_{23} は式 (10)〜(12) で r の値を 1〜5 にしたときの式で表される．

$$v_{3r+6} = f_b(r) \tag{10}$$

$$v_{3r+7} = \frac{rankb(r)}{N} \tag{11}$$

$$v_{3r+8} = b_{rankb(r)+1} - b_{rankb(r)} \tag{12}$$

v_{24}〜v_{38} は式 (10)〜(12) で f_b を f_t，$rankb$ を $rankt$，b_i を t_i にしたものになる．

4.2 再生順決定

再生順を決定するにあたり，ユーザは先頭曲，再生時間，基準とするセットリスト，および再生候補曲集合を指定する．再生候補曲集合に含まれる楽曲には整数の識別番号が付与されている．

再生順は遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm: GA）により決定する．入力された再生候補曲集合に含まれる楽曲数が M のとき，染色体は長さ M の整数列であり，各遺伝子は互いに異なる楽曲の識別番号とする．指定された再生時間におさまる範囲内で染色体の先頭から順に遺伝子の値を取り出したものを個体が表す再生順とみなす．

基準とするセットリストの特徴ベクトルを $\vec{A}$，個体 I の表す再生順の特徴ベクトルを $\vec{B}$ としたとき，個体 I の適応度 $score(I)$ は式 (13) により算出する．

$$score(I) = \frac{\vec{A}\cdot\vec{B}}{|\vec{A}||\vec{B}|} \tag{13}$$

5. 評価実験

提案手法の有効性を確認するため，入力セットリストと出力された再生順の BPM と調の遷移を比較する評価実験を実施した．

5.1 施行条件

実験に使用したパラメータを**表 2** に示す．ジャンルがトランスで，BPM が 126〜142 の 100 曲を所有するユーザを想定し，**表 3** の曲が先頭曲として指定されたときの再生順を決定する．

表 2 GA のパラメータ

名前	値
個体数	100
世代交代数	1000
突然変異確率	0.1

表 3 先頭曲

項目	詳細
名前	Dominator (Extended Mix)
作者	Armin van Buuren, Human Resource
BPM	132
調	A Minor

入力セットリストの情報を**表 4** に，BPM，キーおよび調の遷移を**図 5** に示す．BPM は緩やかに上昇したのち降下し，キーと調は値の上昇と減少を繰り返していることがわかる．

表 4 入力セットリスト

項目	詳細
イベント名	Ultra Miami 2016
DJ	Armin van Buuren
収録曲数	17

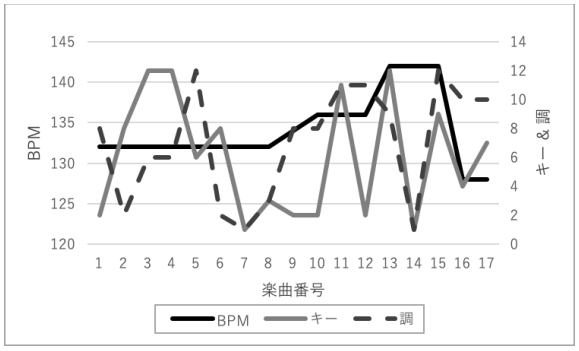

図 5 入力セットリストの各要素の遷移

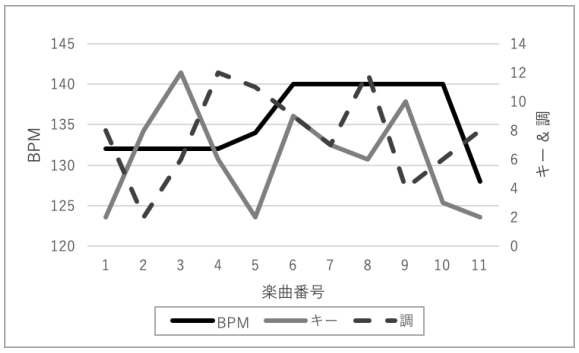

図 6 出力再生順における各要素の遷移

5.2 出力結果

出力された再生順の BPM，キーおよび調の遷移を**図 6** に示す．出力された再生順では，BPM の遷移は入力セットリストと同じく曲が進むにつれて緩やかに上昇して最後は 120 台後半に落ちている．またキー，調ともに楽曲数の差により限度はあるものの，値が上下するという特徴は反映できている．

6. おわりに

本研究では，消費者が手軽に DJ ミックスを楽しむことができる環境の構築を目的として，一般的な DJ の選曲セオリーと既存セットリストの BPM と調の遷移特徴を基に，進化計算アルゴリズムを用いて楽曲の再生順を決定する手法を提案し，問題の解決を試みた．

提案手法による再生順決定を施した結果，BPM，キー，調ともに良好な結果が得られた．今回は詳細な遷移の情報を 5 つ取得して再生順決定に組み込み，悪くない結果を得ることができたものの，より多くの楽曲情報をもつセットリストが入力され，かつユーザによる出力の再生時間設定が長くなったとき，入力セットリストの特徴が反映された曲順とは言いがたくなる恐れがある．特徴抽出では取得範囲を広げることで，入出力のスケーリングに対応する必要がある．また，使用したデータについて，BPM は値であるためそのまま用いたものの，キーと調については，音高と HC に基づいて数値に変換した．今後はキーと調の表現方法についても検討を重ねる必要がある．さらに，調が同じでも雰囲気が違う曲も存在するので，BPM や調に加えて，別の特徴を抽出して再生順決定手法に反映させることも検討する必要がある．

今回行った評価は入力セットリストと出力された再生順をグラフの比較によって行ったため，客観的な指標を定めることが急務の課題である．また，出力結果が入力セットリストに類似しているかを判断するためには，被験者実験を行う必要がある．今後は評価方法についても詳細に検討を進める必要がある．

参考文献

[1] Low Tone : ELECTRONIC DANCE MUSIC STATISTICS 2017 to 2018, and 2019 (2018). https://www.lowtone.co/articles/edm-statistics/
[2] Variety.com : SoundCloud Competitor Mixcloud Relaunches Website (2017). https://variety.com/2017/digital/news/mixcloud-website-relaunch-1201958183/
[3] 沖野修也：DJ 選曲術，リットーミュージック (2006).
[4] 植田聖司，欅 淳志，宮崎 純：プレイリスト生成における遷移確率を用いたスコアリング手法の提案，*DEIM Forum*, Vol. 8 (2017).
[5] 村上知子，森紘一郎，折原良平：推薦の意外性向上のための手法とその評価，人工知能学会論文誌，Vol. 9, pp. 428–437 (2008).
[6] Flexer, A., Schnitzer, D., Gasser, M. and Widmer, G.: Playlist Generation Using Start and End Songs, Vol. 6, pp. 173–178 (2005).
[7] Pohle, T., Pampalk, E. and Widmer, G.: Generating Similarity-Based Playlists Using Traveling Salesman Algorithms, Vol. 6 (2005).