

機械学習を利用した DTM 音色検索フィルタの 提案と音色づくり支援システムへの適用

齋藤創^{†1} 大場みち子^{†2}

概要: 近年, ユーザ投稿型メディア(CGM)による創作活動の一環として, PC を用いて作曲を行う DTM(DeskTop Music)と呼ばれる活動が活発化している. DTM 作曲者が作曲を行うプロセスの一つとして, 楽曲に適する音色を作成する「音色づくり」と呼ばれる作業がある. 過去の執筆者の研究では, DTM 作曲者が任意の音色を作るための情報(音色づくり情報)にメタデータを用いて記録および共有する音色づくり支援システム(TASS: Timbre Adjustment Support System)を開発した. しかし, DTM 作曲者ごとの主観的な音色の表現に差異があるため, DTM 作曲者が求める音色づくり情報を効率よく検索できていないという問題がある.

本研究では, 音色づくり情報をより効率よく検索可能にすることを目的とする. 目的達成のため, DTM 作曲者ごとに機械学習を行うことで, DTM 作曲者ごとの音色の主観的表現を反映する検索フィルタを作成する. 検証実験により, 本研究で利用する機械学習アルゴリズムを決定する. 次に, TASS に採用した検索フィルタを適用し, DTM 作曲者ごとに適切な音色づくり情報を検索可能なシステム(TASS v2)を開発する. TASS v2 利用時のアクセスログおよび TASS v2 に対するフィードバックを取得し, システムの有効性を検証する. また, 検索フィルタ利用する場合としない場合での対照実験を行い, TASS v2 の検索フィルタに関する有効性を検証する.

キーワード: DTM, 作曲, 音色づくり, メタデータ, 機械学習, 検索フィルタ

Development Searching Timbre Information System for DTM Applied Machine Learning

HAJIME SAITO^{†1} MICHIKO OBA^{†2}

Abstract: Recently, an activity called DTM with composing music on a PC as a part of creative activities by consumer generated media (called CGM) have become more active. As a process for composers composing DTM composers, there is a work called "timbre adjustment" that creates timbres suitable for the song they have created. In my previous study, I developed a Timbre Adjustment Support System (TASS) as a system that can record and search by attaching metadata to timbre adjustment information. On the other hand, There are some differences in subjective timbre expression for each DTM composer. It is one of the factors that make retrieval difficult, after all it is not possible to present the timbre adjustment information required by the DTM composer.

In this paper, I aim to make the timbre adjustment information more efficiently searchable. To achieve the objective, I create a searching filter reflecting the subjective expression of the timbre of each composer by the Machine Learning that used the acoustic feature and the atmosphere data DTM composer used. I decide the machine learning algorithm for creating the searching filter by some experiments. I apply the searching filter to TASS and develop a system (TASS v2) that can search appropriate timbre adjustment information for each DTM composer. I acquire the access log when using TASS v2 and feedback to TASS v2, and then verify the effectiveness of the system. In addition, I will experiment with both using and on using the searching filter, and verify the effectiveness of the searching filter of TASS v2.

Keywords: DTM, Compose, Timbre Adjustment, Metadata, Machine Learning, Searching Filter

1. はじめに

近年, YouTube, ニコニコ動画等の CGM(Consumer Generated Media)の広がり[1]と, 初音ミクを代表とする VOCALOID や CUBASE 等の DAW(Digital Audio Workstation)の認知度および操作性の向上により, PC を用いて作曲する DTM(DeskTop Music)が活発化している. DTM での作曲プロセスの一つに「音色づくり」と呼ばれる作業がある. DTM 作曲者は作成したい音色の音色づくりを行うための情報(以下, 音色づくり情報)を検索し, 利用す

る場合が多い. しかし, 音色づくり情報を検索する際, 作曲者ごとに音色の主観的な評価が異なり, 音色の表現方法が異なるため, DTM 作曲者が求める音色の音色づくり情報の検索が困難であるという問題がある.

本研究は, DTM 作曲者が音色づくり情報を効率よく検索可能にすることで, 効率的な音色づくりができるようにすることを目的とする. 目的達成のため, 次の2点を目標とする.

^{†1} 公立はこだて未来大学 大学院
Future University Hakodate Graduate School
^{†2} 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

①: DTM 作曲者が効率よく音色づくり情報を検索可能にする検索フィルタの作成

②: 作成した検索フィルタを適用したシステムの構築

2. 音色づくり支援システム TASS

本章では、本研究の土台となる執筆者自身の研究(以下、自研究)[2]で開発したシステムに関して述べる。

2.1 システム概要

自研究では、音色づくりを行うための情報を登録および検索可能な Web システムとして TASS(Timbre Adjustment Support System: 音色づくり支援システム)[3]を構築した。TASS では、DTM 作曲者が音色を作成した際、作成した音色づくり情報をすばやく検索可能にするため、次のメタデータを付与して記録可能とした。

●ソフトウェア音源

音色づくりに用いられるソフトウェア音源

●ジャンル

作成した音色に適する音楽のジャンル

●雰囲気

作成した音色を表現する雰囲気

メタデータを活用することで、データの性質を的確に反映した検索が可能になる。

2.2 機能

TASS では前述したメタデータを用いて、音色づくり情報の登録、検索、閲覧を可能とした。TASS の主要な機能として、音色づくり情報の登録、検索、閲覧機能に関して次に述べる

2.2.1 音色づくり情報登録機能

本機能では、DTM 作曲者が作成した音色づくり情報を前述したメタデータを付与して登録することが可能である。DTM 作曲者は音色づくり情報に適するメタデータの他に、音色づくり情報のタイトル、音色のサンプルとなるオーディオファイル、音色づくり説明用画像、および音色づくり情報の説明文を登録することが可能である。

2.2.2 音色づくり情報検索機能

本機能では、登録した音色づくり情報をソフトウェア音源、ジャンルのメタデータおよびキーワードを用いて検索し、該当の音色づくり情報を一覧表示する。この時、雰囲気を用いた音色づくり情報の絞り込みと、オーディオファイルの連続再生を可能とする。ソフトウェア音源、ジャンル、キーワードを用いた検索画面例を図 1 に示し、雰囲気を用いた音色づくり情報の絞り込み画面例を図 2 に示す。

図 1 より、登録されたソフトウェア音源とジャンルを用いた検索が可能である。音色づくり情報のタイトルと作成方法の説明文に含まれるキーワードを入力して検索することも同様に可能である。

図 2 より、雰囲気による絞り込み検索では、曾根らの提唱する音色を表現する因子行列[4]を用

いて直感的に音色の雰囲気を入力し検索可能とする。



図 1 音色づくり情報検索画面

Figure 1 The Timbre Adjustment Information Search Page.

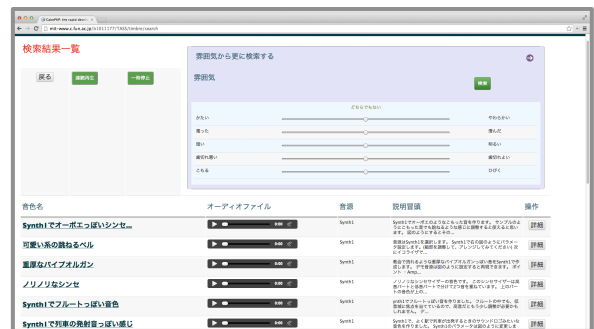


図 2 雰囲気検索画面

Figure 2 The Atmosphere Search Page.

2.2.3 音色づくり情報閲覧機能

本機能では、音色づくり情報登録機能にて登録した音色づくり情報の詳細を表示する。音色づくり情報閲覧画面を図 3 に示す。



図 3 音色づくり情報詳細画面

Figure 3 The Timbre Adjustment Information Page.

図 3 より、本機能ではタイトルやメタデータとして登録されたジャンル、雰囲気、ソフトウェア音源を確認可能とし、音色づくり方法の説明用画像は、複数登録可能とした。

2.3 問題点

TASS の有効性を検証する実験により、TASS は音色を再現して利用する音色づくりの効率化に有効であることを確認できた。一方、雰囲気のみを用いた検索では、DTM 作曲者ごとに音色の主観的評価に差異があり、TASS では適切な音色づくり情報を提示できていないということが判明した。

3. 課題・課題解決アプローチ

本章では、研究目的に対する課題とその課題の解決アプローチに関して述べる。

3.1 課題

音色づくりを円滑に行うためには、音色づくりをするために十分な情報を容易に検索可能とする必要がある。しかし、音色という概念には厳密な定義が存在せず[5]、音色を表現するための指標が存在しないため、DTM 作曲者ごとに音色の表現方法が異なるという問題がある。この結果、DTM 作曲者ごとに主観的な音色表現になり、差異が生じるため、現状の TASS では DTM 作曲者が求める適切な音色づくり情報を検索できず、効率的な音色づくりを行うための阻害要因となっている。

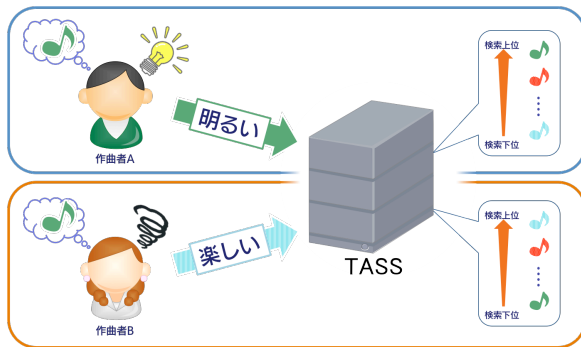


図 4 研究課題図

Figure 4 The Figure of Research Issue.

本研究における課題の具体例を図 4 に示す。ここでは、二人の DTM 作曲者が、ある同一の音色をそれぞれ「明るい」と「楽しい」と表現した場合、TASS では「明るい」と検索した場合は検索結果の上位として提示され、「楽しい」と検索した場合は検索結果の上位には提示ないという場合がある。この様に、現状の TASS では、ある DTM 作曲者には求める音色の音色づくり情報が提示されるが、もう一方の DTM 作曲者には上手く提示することができない。

3.2 課題解決アプローチ

課題解決アプローチを図示したものが図 5 である。音色の表現を検索項目として用いる場合、DTM 作曲者ごとに音色の表現傾向が異なる。図 5 より、機械学習を用いることで、DTM 作曲者ごとの音色表現の傾向を学習する。学習結果を基に検索フィルタを作成し、TASS に適用することで、作曲者の主観による音色の表現でも適切な音色づくり情報を検索可能にする。

本研究では、DTM 作曲者が入力した音色の表現を表すデータに対して、音色を定量的に表現するデータとして実際に DTM 作曲者が閲覧した音色づくり情報に紐付けられているオーディオファイルの音響特徴量を用いた学習を行う。音色の表現を表すデータとオーディオファイルの音響特徴量に関する詳細を次に示す。

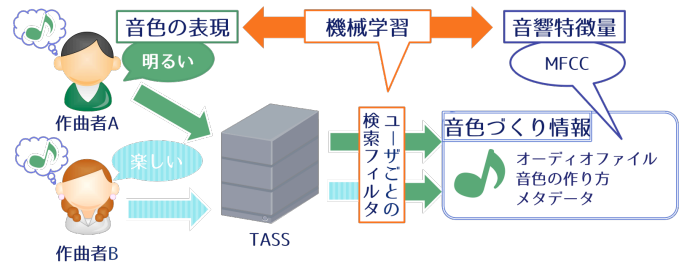


図 5 課題解決アプローチ図

Figure 5 The Figure of Problem Solving Approach.

(i) 音色の表現を表すデータ

本研究では、音色の表現方法の簡易化と標準化を図るため、音色の表現を表すデータとして HEVNER の形容詞クラスタ[6]を利用する。HEVNER の形容詞クラスタは、音声の感性を表す複数の指標を C1~C8 の 8 つのクラスタに分類している。DTM 作曲者は各クラスタに対してどの程度該当しているかを入力する事で、任意の音色の表現が可能になる。本研究では、雰囲気を表すデータとして DTM 作曲者の主観で入力した 8 次元ベクトルを「雰囲気データ」と定義する。

(ii) オーディオファイルの音響特徴量

本研究では、音色を数値的に評価し機械学習に利用するため、音響特徴量として MFCC(メル周波数ケプストラム係数:Mel-Frequency Cepstrum Coefficients)[7]を利用する。MFCC とは、人間の聴覚特性を考慮しつつスペクトルの外形を表現する音響特徴量である。MFCC は音声認識や楽器の同定等の音色を機械的に判別する処理に用いられており、MFCC を用いることで、音色を定量的に判別することが可能になる。

3.3 機械学習アルゴリズム

本研究では、機械学習に掛かる計算処理が少なくかつ検証が容易であるという観点から、SVM と回帰式を検索フィルタ作成時に利用する機械学習アルゴリズムの候補として、検証を行うこととする。

(i) SVM

SVM(Support Vector Machine)とは機械学習アルゴリズムにおけるパターン認識手法の一つであり、主に判別アルゴリズムや推定アルゴリズムとして利用される。SVM はパターン認識アルゴリズムであるため、本研究では SVM での音色表現を詳細化した粒度をレベル数と定義し、SVM での機械学習により DTM 作曲者が入力した雰囲気データがどのレベルに属しているのかを学習する。図 6 はレベル数の具体例である。

図 6 より、レベル数が多いほど音色表現の網羅性(音色表現の自由度等)は高くなる。音色表現の網羅性が低い場合、DTM 作曲者が音色を十分に表現できず、検索フィルタの精度低下の原因になる可能性がある。一方、レベル数が大きくなると判別項目が増加するため、同様に検索フィルタの精度が低下する恐れがある。精度の高い検索フィルタを作

成するためには、可能な限りレベル数が大きくかつ判定精度が高い状態を維持する必要がある。





レベル数	例	網羅性	処理速度
2	 明るくはない 明るい	↓ 低い 高い	↑ 早い 遅い
3	 明るくはない とても明るい		
4	 明るくはない とても明るい		
5	 明るくはない とても明るい		

図 6 SVM レベル分類例

Figure 6 The Example of SVM Level Classification.

(ii) 回帰式

本研究では次の変数を定義し、回帰式を作成する。

$x \in (1,2,3, \dots, 8)$ $C \in (C_1, C_2, C_3, \dots, C_8)$: 音色表現クラスタ

f_x : 検索フィルタ N : 入力された音色表現クラスタ数

m : 閲覧情報のmfcc I_x : 入力された雰囲気データ

P_x : 1 回前の検索フィルタ 初期値は C_x のスカラー

\hat{P}_x : 2 回前の検索フィルタ 初期値は C_x のスカラー

DTM 作曲者の雰囲気データの入力の特性から回帰式(1)を作成し、回帰式(1)を用いて検索フィルタを作成し、検証する。検証の詳細は 3.4 節で述べる。検証結果を基に、回帰式(1)を改良した式が回帰式(2)である。回帰式(1)(2)の詳細を次に述べる。

$$f_x = \begin{cases} P_x & (if \ I_x = 0) \\ P_x + (|m| - P_x) \times \frac{|C_x - m|}{|C_x|} \times \left(1 + \frac{I_x}{100}\right) & (if \ I_x \neq 0 \ \cap \ |m| < |C_x|) \dots (1) \\ P_x + (|m| - P_x) \times \left(1 + \frac{I_x}{100}\right) & (if \ I_x \neq 0 \ \cap \ |m| \geq |C_x|) \end{cases}$$

$$f_x = \begin{cases} P_x & (if \ I_x = 0) \\ P_x + (|m| - P_x) \times \frac{|C_x|}{|C_x - m|} \times \left(1 + \frac{I_x}{100}\right) \times \left\{ \frac{10 - (N - 1)}{10} \right\} \\ + (|m| - \hat{P}_x) \times \frac{|C_x|}{|C_x - m|} \times \frac{1}{2} & (if \ I_x \neq 0 \ \cap \ \overline{C_x - m} \neq \vec{0}) \dots (2) \\ P_x + (|m| - P_x) \times \left(1 + \frac{I_x}{100}\right) \times \left\{ \frac{10 - (N - 1)}{10} \right\} \\ + (|m| - \hat{P}_x) \times \frac{1}{2} & (if \ I_x \neq 0 \ \cap \ \overline{C_x - m} = \vec{0}) \end{cases}$$

回帰式(1)では、雰囲気データの該当要素が入力されない場合、検索フィルタに反映させないように設定する。閲覧した音色づくり情報と変更前の検索フィルタの差が大きいほど検索フィルタが大きく更新されるように設定する。一方、事前検証により、回帰式(1)では、入力される値に大きく影響を受けたため検索フィルタの精度に大きく個人差が現れる事が判明した。

回帰式(1)による検索フィルタの精度の個人差を小さくするため、回帰式(2)を作成した。回帰式(2)では、回帰式(1)

による検索フィルタの精度の個人差を小さくするため、更に 2 回前の検索フィルタの値を用いることで次元数を増やし、入力値の影響による検索フィルタの過度な変更を防ぐ。雰囲気データの要素の内、入力されている(値が 0 ではない)要素数が多いほど、検索フィルタへの変更が小さくなるように設定する。

3.4 検証

本研究では、SVM、回帰式(1)、回帰式(2)を評価し、どの機械学習アルゴリズムが適切であるかを検証した。

検証では、A, B, C の 3 名の被験者に対して、25 種類の音色を提示し、それぞれの音色の雰囲気データを取得した。取得した雰囲気データを Leave-One-Out 法を用いて検証した。本研究では、学習データにより作成された検索フィルタに対して、評価データを入力し、評価データのもととなる音色づくり情報が検索できる状態を検索可能と定義した。Leave-One-Out 法により、全事例のうち学習結果(本研究における検索フィルタ)を用いて評価データが検索可能となる割合を一致率として算出した。

表 1 に各アルゴリズムの一致率をまとめ、レベル数が 20 の場合と回帰式(1)(2)の一致率をグラフ化したものが図 7 である。図 7 の凡例の内「全体」は、各アルゴリズムの全体での一致率を示しており、この一致率が高いほど本研究で用いる機械学習アルゴリズムとして優れていると判断する。凡例の内の「個人差」に関しては、被験者の内最も一致率が高かった被験者の一致率と最も低かった被験者の一致率の差を表している。この指標により、値が小さければ小さいほど属人性が低くなり、多様な DTM 作曲者に適用可能であると考えられる。

表 1 機械学習アルゴリズム一致率まとめ

Table 1 The Summary of Conformity Rate of Machine Learning Algorithm.

		一致率(%)				
		被験者			全体	
		A	B	C		
SVM	レベル数	2	49.5	66.5	62.0	59.3
		3	54.5	60.0	45.0	53.2
		4	50.0	58.0	41.5	49.8
		5	50.5	59.5	39.0	49.7
		20	50.5	51.5	40.5	47.5
回帰式	(1)	84.2	41.2	44.4	55.6	
	(2)	70.6	56.3	75.0	67.9	

表 1 より、SVM を用いた場合の一致率はレベル数が小さいほど高く、レベル数が大きくなるに従って一致率が低下した。一方、レベル数が 1 と 2 の場合の減少値と、レベル数が 5 と 20 の場合の減少値を比較すると、前者は 6.1 ポイント減少しているのに対して、後者は 2.2 ポイントのみの減少となった。

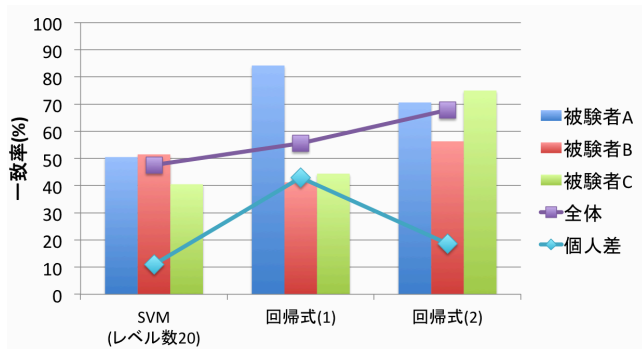


図 7 一致率まとめグラフ

Figure 7 The Graph of Conformity Rate.

図 7 より、全体の一致率は回帰式(2)が最も高くなるということが確認できた。一方、レベル数 20 の SVM を用いた場合、個人差は最も小さくなったが、全体の一致率が最も低くなるということが判明した。

以上の結果から、SVM を用いる場合、レベル数が増加するほど減少値が小さくなっており、表現の網羅性を考慮するとレベル数が 20 の場合が最も適当であると判断した。しかし、SVM での一致率の全体平均は 50% を下回り、非常に精度が悪いため、本研究で用いる機械学習アルゴリズムとしては適切ではないということが判明した。一方、回帰式(2)を用いた場合、全体平均での精度が最も高くなり、かつ個人差も大きくならないため、本検証では、回帰式(2)が最も適したアルゴリズムであると判断した。

4. 提案システム

本研究では、3章で述べた回帰式(2)を TASS に適用させ、TASS v2(以下、本システム)[8]を開発した。

4.1 機能詳細

本システムの主要な機能として、音色づくり情報登録機能、音色づくり情報検索機能、音色づくり情報閲覧機能に関して、それぞれの詳細を次に述べる。

(i) 音色づくり情報登録機能

本機能では、DTM 作曲者は音色づくり情報のタイトル、利用しているソフトウェア音源、音色づくり情報の著作権表明、音色づくりの手法に関するテキストならびにサンプルとなるオーディオファイルの入力およびアップロードを必須項目とする。

(ii) 音色づくり情報検索機能

本機能では、ユーザがログイン時に 3章で述べた検索フィルタを用いた音色づくり情報の検索が可能である。ログイン時の音色づくり情報の検索画面を図 9 に示す。

図 9 に関して、本機能ではキーワード、ソフトウェア音源、ジャンルおよび音色の雰囲気を入力することで、該当の音色づくり情報の検索が可能となる。ログイン時に本機能を用いた場合、検索フィルタによる検索結果を機械学習での検索結果と題して提示する。



図 9 音色づくり情報検索画面(ログイン状態)

Figure 9 The Search Page of Timbre Adjustment Information.

(iii) 音色づくり情報閲覧機能

本機能では、登録された音色づくり情報を閲覧することが可能となる。音色づくり情報閲覧画面を図 10 に示す。



図 10 音色づくり情報詳細画面

Figure 10 The Page of Timbre Adjustment Information.

この画面では音色づくり情報のタイトル、サンプルオーディオファイル、ライセンス表明、登録日時、該当するジャンル、利用しているソフトウェア音源、音色づくり手法の説明テキストおよび説明画像を表示する。

5. 検証

本研究では、本システムの有効性を確認し、本研究の目的が達成されたかどうかを検証する。検証手法とその結果、考察に関して次に述べる。

5.1 手法

本研究では、2016年12月8日に TASS v2 をリリースし、DTM 作曲者が実際に利用可能にし、同年12月25日までの

アクセスログを取得し実際に利用したユーザからのコメントを集めた。

本研究では検索フィルタを用いることで適切な音色づくり情報が提示され、音色検索の時間が短くなるかどうかを検証するため、被験者 α , β , γ に対して5つの音色を提示し、検索フィルタを用いた場合と用いなかった場合で、検索結果の上位3件に含まれる割合(ヒット率)と実施時間を検証した。実験は3度行ない、各実験は10分経過もしくは提示された音色を全て発見時に終了とした。各実験の条件を次に示す。

実験 A: 検索フィルタを用いずに検索

実験 B: 検索フィルタを用いて、実験 A で提示しなかった音色5つを提示

実験 C: 検索フィルタを用いて、実験 A で提示した音色を並べ替えて提示

5.2 結果

アクセスログから、本システムへの平均セッション時間は15分26秒であり、ユーザからは次のようなコメントを得た。

- (i) 音色づくり情報をオープンソースとして共有できるのは良い
- (ii) 登録されているデータ(音色づくり情報)が少ない
- (iii) 音色づくり情報に対してフィードバック(「いいね!」のようなもの)があると良い

検索フィルタの評価実験に関して、表2は実験 A, B, C の結果をまとめたものである。

表 2 実験結果一覧表
 Table 2 The Table of Experiment Results.

			実験		
			A	B	C
所要時間	被験者	α	11分03秒	8分30秒	8分20秒
		β	8分43秒	8分17秒	7分00秒
		γ	8分31秒	6分57秒	5分07秒
	平均	9分26秒	7分55秒	6分49秒	
ヒット率	被験者	α	0.0%	20.0%	40.0%
		β	20.0%	20.0%	0.0%
		γ	0.0%	40.0%	20.0%
	平均	6.7%	26.7%	20.0%	

表2より、検索フィルタを用いた実験 B, C の方が実験 A より所要時間が短くなることが判明した。また、一致率に関しても、検索フィルタを用いた場合の方が高くなることが示された。

5.3 考察

5.4 節の結果から、機械学習を用いた検索フィルタにより音色づくり情報の検索時間を縮小することはでき、効率的な音色づくりを行うことが可能となるということが判明した。一方、現在本システムが有する音色づくり情報が十

分に登録されておらず、実際に利用するためには音色づくり情報をより多く登録する必要があるということが判明した。

6. おわりに

本研究は、DTM 作曲者毎に音色に対する表現方法が異なるため、効率よく音色づくり情報を検索できないという課題に対して、DTM 作曲者が音色づくり情報を効率よく検索可能にすることで、効率的な音色づくりができるようにすることを目的とした。

目的達成のため、機械学習を用いて DTM 作曲者ごとに適用させた検索フィルタを作成し、これを適用したシステムとして TASS v2 を構築した。TASS v2 を用いることで DTM 作曲者が効率よく音色づくり情報を検索可能となるかを検証した。検証の結果、ユーザの主観による音色の検索という新しい検索方法として、DTM 作曲者の雰囲気の入力特性を考慮した回帰式での機械学習により得られた検索フィルタが有効であることが示された。

今後の課題として、現状の TASS v2 には十分な音色づくり情報が登録されておらず、実際に利用するためにはより多くの音色づくり情報を登録する必要があることが判明した。今後は、音色づくり情報の拡充に関するアプローチを検討し、TASS v2 が DTM 作曲者にとってより効率的な音色づくりを支援するシステムとして成熟させる。

参考文献

- [1] 辰巳直也, 馬場隆, 森勢将雅, 片寄晴弘, “ロックボーカルレゾネータ Vocaloid 歌唱をロックボーカリスト風の歌い方に変換するシステム”, 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理, vol. 2012, no. 12, pp. 1-6, Jan. 2012.
- [2] 齋藤創, 大場みち子, “メタデータを活用した DTM(DeskTop Music)での音づくり支援システムの構築”, presented at the 情報処理学会第 77 回全国大会, 2015.
- [3] 齋藤創, “CakePHP: the rapid development php framework: Timbre”, TASS. [Online]. Available: <http://180.43.174.135/b1011177/TASS/Timbre>. [Accessed: 26-Dec-2016].
- [4] 曾根敏夫, 城戸健一, 二村忠元, “音の評価に使われることばの分析”, 日本音響学会誌, vol. 18, no. 6, pp. 320-326, Nov. 1962.
- [5] 難波精一郎, “音色の定義を巡って”, 日本音響学会誌, vol. 49, no. 11, pp. 823-831, Nov. 1993.
- [6] K. HEVNER, “experimental studies of the elements of expression in music”, American Journal of Psychology, vol. 48, pp. 246-268, 1936.
- [7] 千葉祐弥, “Q: さまざまな音響特徴量それぞれの使い方や意味を教えてください”, 音響学会ペディア. [Online]. Available: http://abcpedia.acoustics.jp/acoustic%feature%_2.pdf. [Accessed: 30-Dec-2015].
- [8] 齋藤創, “TASS: 音色づくり情報一覧”, TASS. [Online]. Available: <http://180.43.174.135/g2115015/TASS%v2/timbres>. [Accessed: 03-Nov-2016].