

内容に基づく音楽探索・推薦方式の実装

竹川 和毅[†] 土方 嘉徳[†] 西田 正吾[†]

[†] 大阪大学大学院 基礎工学研究科システム創成専攻

〒 560-8531 大阪府豊中市待兼山 1-3

E-mail: †takegawa@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp, ††{hijikata,nishida}@sys.es.osaka-u.ac.jp

あらまし 近年、インターネット上での音楽データの流通が盛んになりつつある。しかし、流通する音楽の量が増えた結果、これらの音楽データをチェックして、自分の好みに合う音楽を探す労力も大きくなりつつある。このような問題を解決する手段のひとつとして、情報フィルタリングシステムがある。本研究では、音楽の探索インタフェースと、音楽推薦のためのユーザプロファイルの編集インタフェースを持つ、MIDI データを対象とした音楽探索・推薦システムを提案する。本システムにおいてユーザプロファイルの可視化と音楽特徴空間の可視化を相互補完的に利用することにより、受動的な推薦のためのユーザプロファイルの編集作業に役立つ情報（音楽属性に関する情報）をユーザに提供し、またユーザの普段の好みとは異なった音楽を探索するための手がかりを提供する。本稿では、提案したシステムの詳細について解説し、提案システムの有効性を確かめる為に実施した被験者実験の結果を示す。被験者実験により、我々の提案システムが有効であることが確認できた。

キーワード 音楽推薦, 内容に基づく情報フィルタリング, MIDI データ, ユーザインタフェース

Implementation of a Content-based Music Search and Recommendation Method

Kazuki TAKEGAWA[†], Yoshinori HIJIKATA[†], and Shogo NISHIDA[†]

[†] Graduate School of Engineering Science, Osaka University

1-3 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka 560-8531, JAPAN

E-mail: †takegawa@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp, ††{hijikata,nishida}@sys.es.osaka-u.ac.jp

Abstract Recently, the turn volume of music data on the Internet has increased rapidly. This has increased the user's cost to find music data suiting their preference from such a large data set. Information filtering is one of the solutions for this problem. In this paper, we propose a music recommender system with a search function which has a music search interface and a profile edit interface. By exploiting the visualization of the user profile and the visualization of the feature space of music in a mutually complementary manner, the system provides useful information for editing the user profile, and provides hints to search music data. In this paper, we explain about the detail of the proposed system, and show the result of the experiment for certificate of effectiveness of our system. From the experiment, we can find the effectiveness.

Key words music recommender, content-based filtering, MIDI data, user interface

1. はじめに

近年、インターネット上での音楽データの流通が盛んになりつつある。その結果、ユーザはこれまで手に入りにくかったような音楽も購入できるようになり始めた。しかし、流通する音楽の量が増えた結果、これらの音楽データをチェックして、自分の好みに合う音楽を探す労力も大きくなりつつある。このような問題を解決する手段の一つとして、情報フィルタリングシ

ステム（または情報推薦システム）がある [1] [2]。情報フィルタリングシステムとは、膨大な情報の中からユーザの好みや興味にあった情報をユーザに提供するシステムである。

情報フィルタリングを実現する方式には、内容に基づくフィルタリングと協調フィルタリングがある [3] [4]。内容に基づくフィルタリングは、推薦対象（以降、アイテム）を内容に基づきモデル化し、ユーザの好みや興味も同様にモデル化する（これをユーザプロファイルと呼ぶ）。そして、両モデルを比較す

ることで、推薦するか否かを決定する [5]。協調フィルタリングは、アイテムの内容を見ない方式である。ユーザが各アイテムに 5 段階などで評価付けを行うことで、ユーザ - アイテム間の評価値による行列が作成される。この行列を基にユーザ間の類似度を計算し、好みの類似したユーザグループが高く評価したアイテムで、対象ユーザがまだ取得していないアイテムを推薦する [6]。

このうち協調フィルタリングは、コンテンツの内容を解析する必要がない点から、音楽や映像などのマルチメディアデータに対しても適用されてきた [7] [8]。協調フィルタリングの推薦性能は高く、多くの商用の e-market プレースにおいても採用されてきた。しかし、協調フィルタリングには以下のような問題が存在する。

- (1) first-rater 問題
- (2) sparsity 問題
- (3) 推薦傾向の単一化の問題

first-rater 問題とは、まだ誰も評価付けしていないアイテムは推薦されないという問題である [6]。sparsity 問題とは、各ユーザが評価付けしたアイテムが少ないと推薦性能が低下するという問題である [6]。そして、推薦傾向の単一化の問題とは、推薦されるアイテムがどれも似たようなアイテムあるいは対象のユーザがすでによく知っているアイテムが多くなるという問題である [9]。協調フィルタリングは、その高い推薦性能が逆に単一的な推薦に留まってしまおうという結果をもたらしている。

(1) や (2) の問題は協調フィルタリングのアルゴリズムの本質に関わるものである。そのため、これらの問題に対してはマルチメディアデータのモデル化の困難さはあったとしても、内容に基づくフィルタリングの重要性は依然として存在する。(3) の問題に対しては、アイテムに元々つけられているジャンルなどの分類の相違性により推薦を多様化する方式 [9] などが考案されているが、受動的な推薦だけでなく、能動的な探索を組み合わせるような直接的な方法も有効と考えられる [10] [11]。

筆者らは、マルチメディアデータに対する内容に基づくフィルタリングの重要性から、音楽データ（実際には MIDI データ）を対象とし、決定木を用いた内容に基づくフィルタリング方式を開発してきた [12] [13]。本方式では、ユーザプロファイルの構築に決定木を用いることで、学習したユーザプロファイルをユーザにとって理解可能なようにし、誤って学習した箇所をユーザが編集すれば、より高い推薦性能を得られるようにした。しかし、一般に MIDI データから抽出できる音楽の特徴量には、コードや音符間の音高差など、イメージすることが難しいものも多い。そのため、音楽について詳しく知らないユーザにとっては、その編集はたやすいものではなかった。また、得られる音楽はユーザプロファイルに基づき推薦されたものに限られるため、いつもの自分の嗜好とは違う音楽を得ようとすれば、そのようなユーザプロファイルを自分で編集して作成せざるを得なかった。

そこで本研究では、音楽を能動的に探索可能なインタフェースと、受動的に音楽を推薦してもらうためのユーザプロファイルを編集可能なインタフェースとを持つ、MIDI データを対象

とした音楽探索・推薦システム (c-baseMR) を提案する。本システムでは、従来手法のように、ユーザプロファイルの学習に決定木を用いることで、ユーザによる編集を可能とする。さらに、ユーザに任意の音楽特徴量 (音楽の属性) を選択させて、選択された属性から構成される特徴空間上に音楽データの分布を可視化する。この可視化により、能動的に音楽を探索する手がかりやユーザプロファイルを編集する手がかりをユーザに与える。

具体的には、本特徴空間上では、ユーザが好きだと判定した音楽、ユーザが嫌いだと判定した音楽、システムが好きだと判定した音楽、システムが嫌いだと判定した音楽が分けて可視化され、ユーザがまだ聞いたことがない領域の曲が探索できるようになっている。その際ユーザは、特徴空間の軸の意味を考慮して曲を視聴することで (例えばよりテンポの速い曲やマイナーコードの多い曲などを実際に視聴することで)、それぞれの特徴量が実際に曲にどのように影響するのかを確かめながら曲を探索することができる。さらに、ユーザプロファイルと本特徴空間の間にはリンクが貼られており、ユーザプロファイルの編集インタフェースの操作に応じて本特徴空間にマッピングするデータを絞り込むことができたり、本特徴空間上の軸や部分空間を指定することで、それをユーザプロファイルの編集に反映させたりすることができる。

このように、ユーザプロファイルの可視化と音楽特徴空間の可視化を相互補完的に利用することにより、受動的な推薦のためのユーザプロファイルの編集作業に役立つ情報 (音楽属性に関する情報) を提供し、また自分の普段の音楽の好みとは異なった音楽を能動的に探索するための手がかりを提供することとする。本論文の構成は、次のようになっている。

本稿では、まず音楽の探索・推薦の対象を MIDI データの音楽とした理由について述べる。そして本システムの設計コンセプトについて述べ、インタフェースの具体的な機能とその操作方法を説明する。その後、システム評価のための事前実験について述べ、最後にまとめと今後の課題について述べる。

2. MIDI データから抽出する特徴量

2.1 MIDI データを対象とした理由

一般に、携帯型音楽プレーヤーやインターネット上の音楽販売サイトで扱われている音楽データは MP3 などの音声データファイルである。音声データファイルは演奏・発声された音声信号をそのまま記録できるために、広く音楽視聴で用いられている。また、曲を作曲 / 演奏するためのデータ形式として、MIDI がある。これはデジタル演奏機器に対して演奏させる音楽の演奏情報 (すなわち楽譜情報) を記録するものである。

音声データファイルからは、パワースペクトルの特徴やメルケプストラム (MFCC) [15] などの特徴量が抽出できるが [16]、それらは人間が直感的に音楽の特徴として認識するのは困難なものである。これに対して、MIDI は楽譜情報であるので、そこから抽出される特徴量も、テンポやコードなど、音楽に馴染

表 1 音楽の特徴量

| | |
|-------|---|
| 曲全体 | 1. 拍子, 2. 調性, 3. 平均テンポ, 4. リズム, 5. キー 6. メジャーコードの割合, 7. マイナーコードの割合 8. sus4 コードの割合 |
| CH ごと | 9. 音色 (メロディ) 10. 平均音高差 (メロディ, ベース, コード) 11. 平均音長 (メロディ, ベース, コード, ドラム) 12. 平均音長差 (メロディ, ベース, コード, ドラム) |

みのある人であれば、どのような雰囲気音楽かを推定することはある程度可能なものである。本研究では、単に音楽を推薦するだけでなく、人が意味のある空間上で音楽データをその特徴から探索できるようにするために、また推薦のためのユーザプロフィールを人が編集できるようにするため、データ形式として MIDI を採用する。

ビジネス的には MIDI データ形式よりも音声データ形式の音楽データを推薦できるようにする方が価値が高い。しかし、特に日本のようにカラオケが普及している国においては、発売されるほとんどの曲はカラオケのシステムにも登録される。カラオケのシステムは、オクターブやテンポを変更させることができることが必須条件であるので、曲のデータ形式は MIDI となっている。そこで、カラオケのシステムのデータを用いて推薦する曲名を特定し、その曲名をキーに実際に推薦する音声データ形式の音楽データファイルを選択すれば、上記のニーズには応えられるものと考えている。

2.2 抽出する特徴量

本研究では、MIDI の特徴量として、岩濱ら [12] [13] の研究で用いられている特徴量を用いる。岩濱らは、ユーザの曲の嗜好を推測するためには、曲の局所的な特徴量ではなく、曲全体の特徴を表す特徴量が必要になると考えた。そのような特徴量を網羅的に扱うために既存の音楽情報推薦および音楽情報検索に関する研究で一般的に用いられているものや伝統的に音楽の分類に用いられているものを集め、その中から曲全体の特徴を表すことのできるパラメータ形式のものを特徴量の候補とした。そして、その候補の中から実験により有効であると判断された 20 種類の特徴量をフィルタリングに用いる特徴量としている。表 1 に本研究で用いる音楽の特徴量を示す。

表 1 の特徴量のうち、1~3 と 9~10 は、MIDI データ中に明示的に書かれているものである。また、11 と 12 は MIDI データ中のノートオンイベント、ノートオフイベントとこれら 2 つのイベント間のデルタタイムから得られる。9~12 の特徴量はチャンネル (以下 CH) ごとに抽出する。本研究では、メロディ、コード、ベース、ドラムの 4 つの CH について、特徴量を算出する。これは、本研究が対象としている音楽はポップスであり、ポップスは主に上記の 4 つのパートから構成されているからである。4 の特徴量は、音の長い音符が多いか短い音符が多いかを表した特徴量であり、池添ら [14] が用いている方法により抽出する。5~8 の特徴量を抽出するためにコード推定を行う。本研究では、コードの推定は半小節ごとに行う (ポップスのコー

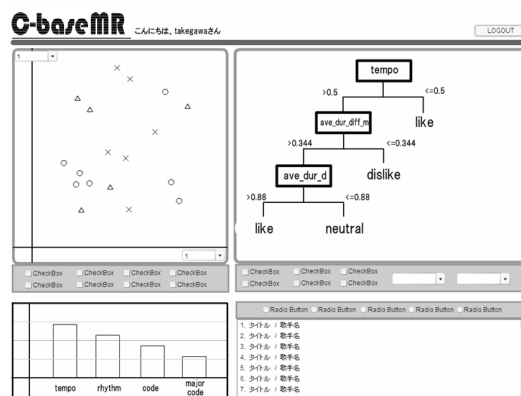


図 1 インタフェース画面

ドの切り替えは短くても半小節単位までであることが多い)。まず、半小節内にある音を集める。次に、集めた音の中からその半小節のコードのルート音を計算する。そして、ルート音と残りの集められた音の関係からコード型の推定を行う。また、キーはコード型の推定の際に計算したルート音により推定する。

3. 設計コンセプト

システムを設計するにあたって、次のような機能や操作を考える。

ユーザが、ユーザプロフィールの編集、能動的な音楽データの探索、そしてそれらを行う上で必要となる音楽属性の参照を行えるようにするには、それらに対応する編集画面、探索画面、参照画面を同時に参照できるようにすることが良いと思われる。さらに、それらの画面間でインタラクティブに参照・操作可能なインタフェースを提供することが良いと思われる。そこで、図 1 のようにそれぞれの画面を重なりなく配置することで、3 種類の情報を一度に閲覧可能なようにそれぞれの画面での操作などがほかの画面にどのように影響するかがすぐに分かるインタフェースにする。ユーザプロフィールの編集のためには、ユーザプロフィールをユーザが理解可能な形式で表現する必要がある。ユーザプロフィールのモデル化には様々な機械学習アルゴリズムが適用されてきたが [17]、その中でも決定木 [18] は分類ルールがユーザにとって理解可能であると言う利点がある。そこでユーザプロフィールを決定木でモデル化し、可視化することとする (プロフィール編集画面と呼ぶ)。これにより、ユーザは自分がどの音楽属性に注目し、音楽の好き嫌いを判別しているのが分かる。なお、決定木ではクラス間の関連をモデルとして表現できないため (「好き」「嫌い」の程度など)、クラスは「好き」「嫌い」「どちらでもない」の 3 種類とする。

能動的な音楽データの探索のためには、複数ある音楽属性からユーザが選択した 2 つの属性を軸とした特徴空間を表示し、そこに各音楽データをマッピングすることで、音楽データの分布を可視化するものとする (探索画面と呼ぶ)。ここで、マッピングする音楽データは評価済みのものも、未評価のものも含

んだすべてとする。これにより、音楽属性の軸とその値を見ながら、音楽データを探索できるようにする。

注目する音楽属性を決定するには、どの音楽属性が好みと関連しているかを把握することが重要と考えられる。そこで、音楽属性と好みとの関連を相関係数として計算し、それらを棒グラフで可視化するものとする（属性選択画面と呼ぶ）。

音楽の探索においては、「自分が好きなタイプの曲だとは思っていなかったが、聴いてみたら良かった」という曲を発見することが重要となる。そこで、探索画面においては、これまでに評価した音楽データと決定木による音楽推薦の結果を、それぞれ「好き」「嫌い」「どちらでもない」に分けて表示する。さらに、特徴空間を決定木の分類ルールに従って分割して表示するものとする。これにより、例えば『まだ評価していない「どちらでもない」という推薦結果を得た音楽データ』など特定の種類の音楽データを集中的に探索することができる。

決定木を編集する際には、中間ノードにおいて属性を指定し、リンクにおいて閾値となる属性値を指定する必要がある。この時、どの属性を用いて、どのぐらいの閾値にすべきかを自分の音楽的な知識や経験だけから決めるのは難しい。可視化した特徴空間における分布を見て、いくつかの音楽データを視聴して決定するのが簡単かと思われる。この作業には、特徴空間上で決定木における属性と閾値となる値をマウスで選択できると便利である。そこで特徴空間を構成する軸の一方のある箇所をクリックすることで、属性と値を選択できるようにする。

音楽の属性とユーザの好みとの関連をグラフ化しておけば、探索やユーザプロファイルの編集にどの属性を使えばよいか分かる。しかし、探索画面やユーザプロファイル編集画面でいちいち属性名をキーボードから入力したり、マウスでドロップダウンリストなどから選択するのは手間となる。そこで、属性選択画面において、画面上である音楽の属性のグラフをクリックすることで、探索画面における軸の選択、あるいはユーザプロファイル画面における中間ノードの属性の選択ができるようにする。

音楽データを探索する際には、現在のユーザプロファイル、すなわち決定木の一部に適合するものだけ集中的に行いたい場合があると思われる。例えば、決定木の左側の部分木のルールには納得しているものの、右側の部分木のルールには納得しておらず、そのルールが正当かどうかを探索して確認したい場合である。この場合、その部分木で使用される音楽属性で、特徴空間を再構成してくれると便利である。そこで、決定木上でのマウスによる中間ノードの選択に合わせて、特徴空間を自動で構成し直すこととする。具体的には、部分木で用いられている属性を行きかけ順で探索画面における軸に割り振り、その部分木の上位ノードで絞り込まれた音楽データのみをその特徴空間上にマッピングする。

以上を踏まえて、本システムの設計コンセプトを画面の表示に関するコンセプトと画面間の関連に関するコンセプトに分けて以下に示す。

（表示に関するコンセプト）

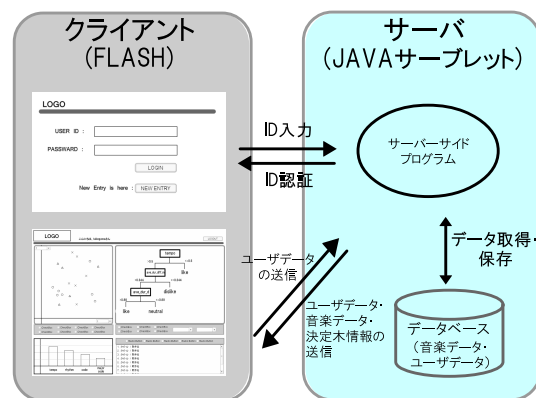


図2 システムの構成

- ユーザプロファイル、特徴空間における音楽データ分布、ユーザの嗜好と音楽属性の相関の3種類を可視化する。
- 推薦アルゴリズムに決定木を用い、ユーザプロファイルを決定木でモデル化する。
- 音楽データの分布の可視化には、ユーザまたはシステムが選択した2つの属性から特徴空間を構成し、そこに全ての音楽データをマッピングする。
- ユーザの嗜好と音楽属性の相関は、相関が高い順に棒グラフで表示する。

（画面間のリンクに関するコンセプト）

- 音楽データの分布の可視化においては、決定木による推薦結果や分類の閾値も反映させる。
- ユーザプロファイル（決定木）の編集時における属性と属性値の選択は、音楽データの分布を可視化した画面上において、マウスによる軸と値のクリックの操作で行えるようにする。
- 決定木の編集時における属性の選択と、音楽データの分布の可視化の際に軸に用いる属性の選択は、ユーザの嗜好と音楽属性の相関を可視化した画面上のマウス操作で行えるようにする。
- 決定木上でのマウス操作から、可視化する特徴空間の領域を絞り込むことができるようにする。

4. システムの実装

設計コンセプトに基づいてシステムを実装する。以下で実装するシステムの構成と本システムで提供するインタフェースの具体的な機能について説明する。

4.1 システムの構成

本システムの構成は図2のようになる。クライアントは

FLASHで、サーバはJAVAサーブレットで実装する。サーバはユーザデータ（曲への評価「好き」「嫌い」「どちらでもない」

の3段階)と音楽データ(曲情報・曲の特徴量)を保有するデータベースを備えている。曲の特徴量は、我々が実装したプログラムを用いて事前に抽出する。特徴量抽出プログラムの入力はMIDIデータ、出力は20種類の特徴量である。

システムにおける処理の流れを以下に説明する。まず、クライアントのログイン画面でユーザがIDとパスワードを入力し、サーバはユーザ認証を行う。IDとパスワードが適正なら、ユーザデータと音楽データをデータベースから取得してクライアントへと送信する。また同時にサーバはユーザデータと音楽データに基づいて決定木を構築するための計算を行い、決定木構造と葉ノードの値を格納した配列の形式でクライアントへと送信する。IDとパスワードが適正でない場合は、クライアントにIDとパスワードを再入力しログインをやり直すようにリクエストを送信する。

クライアントにユーザデータと音楽データ、決定木が送信されると、図1のようなインタフェース画面が表示される。このインタフェース画面において、ユーザは新たな音楽を探索したり、システムが提示した決定木を編集して新たな推薦を受ける。ユーザが新たな曲を評価付けし、評価をクライアントからサーバへと送信した場合はその評価に基づいてサーバが決定木の再構築の計算を行い、更新された決定木がクライアントへと送信される。4.2節でインタフェースの具体的な機能と操作方法について詳しく説明する。

4.2 インタフェースの具体的な機能と操作方法

本システムのインタフェースは大きく以下の2つのモードに分けられる。

- データ表示モード
- ユーザプロフィール編集モード

データ表示モードでは、ユーザプロフィールを元に推薦された音楽データをユーザに提示する。また、プロフィール編集画面に決定木で表されたユーザプロフィールを、探索画面に音楽特徴空間を、属性選択画面にユーザの嗜好と属性の相関グラフを表示する。なお、このモードではプロフィール編集画面でプロフィールを編集することはできない。我々が想定するこのモードの使い方としては、まずユーザは推薦リストから気になる曲を選択し、視聴する。何度も推薦リストから試聴し推薦に飽きたら、今度は探索画面から気になる曲の探索を行う。特徴空間の軸は、ユーザの嗜好と特徴量の相関グラフからもしくは決定木で使われている属性からマウスにより選択する。また、推薦の精度が低い場合には、ユーザプロフィールで推薦の根拠を確かめることができる。ここで、システムによって提示されたユーザプロフィールと自分が考える音楽の好み異なる部分があり、ユーザプロフィールを編集したいと思えば、プロフィール編集モードに切り替える。

ユーザプロフィール編集モードでは、ユーザプロフィールや音楽特徴空間、またユーザ嗜好と属性の相関グラフとの相関グラフなどのデータをユーザに提示する。このモードでは、ユーザ

はそれらのデータを考慮しながら、既存のユーザプロフィールの属性や属性値に変更を加えたり、新たに属性を追加したり、逆に削除したりしてユーザプロフィールを編集し、編集したユーザプロフィールを用いてこれまでとは異なる新たな音楽の推薦を受ける。

これらのモードはインタフェース画面右上の切り替えボタンにより、ユーザが明示的に切り替えて使用する。以下で2つのモードの機能と操作方法について詳しく説明する。

4.2.1 データ表示モード

データ表示モードの機能と操作方法是以下ようになる。

- 決定木からの特徴空間に表示するデータの絞込み
決定木のノードをクリックすることで、特徴空間上でそのノードに属している音楽データのみを表示する。
- 決定木からの特徴空間の再構成
決定木のノードをドラッグし、特徴空間の真ん中付近にドロップすることで、特徴空間の軸の属性を選択したノード以下の属性に変更し、特徴空間を再構成する。
- 特徴空間の軸となる属性の選択
特徴空間の軸となる属性は、(1)それぞれの軸付近にあるコンボボックスから選択する、(2)属性選択画面の属性をドラッグし、設定したい軸付近へとドロップする、(3)プロフィール編集画面の決定木のノードをドラッグし、設定したい軸付近へとドラッグする、の3通りのいずれか方法によって選択する。
- 試聴・評価用ウィンドウの表示
特徴空間上の音楽データをダブルクリックすることで試聴・評価用のウィンドウを表示する。
- 指定した領域の拡大
特徴空間上でドラッグにより領域を指定することで、指定した領域を拡大して表示する。
- 音楽リストからの特徴空間上の音楽データの確認表示
音楽リスト内の音楽をシングルクリックすることで特徴空間上の該当データの色が変化し、ユーザはクリックした音楽の特徴空間での位置を知ることができる。また、ダブルクリックをすると試聴・評価用のウィンドウを表示する。

- ユーザプロフィールの更新

「再構築」ボタンを選択することで、前回構築したユーザプロフィールにユーザが新たに付けた評価も加味した新しいユーザプロフィールを構築する。

4.2.2 ユーザプロフィール編集モード

ユーザプロフィール編集モードの機能と操作方法是以下ようになる。

- ノードの属性の選択
ユーザプロフィールのノードの属性は、(1)特徴空間の軸をドラッグし、編集したいノードへとドロップする、(2)属性選択画面の属性名をドラッグし、編集したいノードへとドロップ

する，(3) 編集したいノードをクリックし，プロファイル編集画面の下の操作パネルにあるコンボボックスから選択する，のいずれかの方法により選択する．

- リンクの属性値の選択

ユーザプロファイルのリンクの属性値は，(1) 特徴空間の軸上をクリックし境界線を希望の閾値に移動してから，境界線をドラッグしてプロファイル編集画面の編集したいリンクへとドロップする，(2) 編集したいリンクをクリックし，プロファイル編集画面の下の操作パネルにある 0~1 の目盛り (属性値バー) を動かす，の 2 つの方法によって決定する．

5. システムの評価

本研究の提案システムが，ユーザが新たな好みの音楽を探索したり，ユーザプロファイルを編集するための支援に対して有効であるかどうかについて検証する．まず，提案システムの評価実験の前に音楽特徴に関する事前実験を行った．そして，実際に提案システムの評価の為の本実験を行った．

5.1 事前実験

システムの評価実験の前に音楽特徴に関する事前実験を行う．具体的には，ユーザが音楽特徴の値の大きさを意識しながらいくつかの音楽データを実際に試聴することで，理解できる音楽特徴が増えるかについて検証する．

5.1.1 実験方法

ユーザ 12 人と MIDI データ 300 曲を用いて，7 種類の音楽特徴 (拍子・調性・リズム・平均テンポ・メジャーコードの割合・音色 (メロディ)・平均音高差 (メロディ)) のそれぞれに関して以下の手順で実験を行う．ここで用いている音楽特徴に関しては，コード関連の音楽特徴の中からひとつ，複数のチャンネルが存在する音高差，音長差関連の音楽特徴の中からひとつをランダムに選択し，そのほかの音楽特徴と合わせて 7 種類とした．

(1) ユーザがある音楽特徴 F に対してその音楽特徴 F が平均値である音楽データを 1 曲試聴する．

(2) (1) で試聴した音楽データを参考にしてユーザが判定対象の音楽データを 1 曲試聴し，その曲の音楽特徴 F の大きさを 3 段階で答える．

(3) 次に特徴空間の可視化を用いて，音楽特徴 F についてユーザが音楽特徴の可視化の中から自由に曲を選択して試聴する．

(4) (2) と同様に，ユーザが判定対象の音楽データを 1 曲試聴し，その曲の音楽特徴 F の大きさを 3 段階で答える．

上記の手順から，ユーザが各音楽特徴について特徴量の値の大きさを意識しながら音楽データを試聴することによって，試聴する前に比べてどれくらい音楽特徴の理解が深まっているかを

表 2 質問の正解数 (個)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | 平均 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 手順 (2) | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.58 |
| 手順 (4) | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4.33 |

表 3 アンケートの結果 (Yes の数)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | 平均 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 質問 1 | 4 | 4 | 3 | 5 | 1 | 2 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3.25 |
| 質問 2 | 4 | 2 | 3 | 6 | 3 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3.58 |
| 質問 3 | 6 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 4 | 4 | 6 | 4 | 5 | 4.83 |

見る．また，上記手順の (1) と (3) の前と (4) の後の計 3 回，ユーザに対して「今の段階で音楽特徴についてイメージできていますか？」という質問をして Yes か No かで答えてもらう．(それぞれを質問 1，質問 2，質問 3 とする．)

5.1.2 実験結果

表 2 に上記の手順 (2)(4) での問題の正解数を示す．また，表 3 はユーザへのアンケート結果を示す．表 2 より，音楽特徴の特徴量の大きさを意識しながら音楽を試聴する方 (手順 (4)) が正解数が多くなり，音楽特徴の理解が深まっていることが分かった．手順 (2) での正解数と手順 (4) での正解数に有意差があるかどうかを調べるために t-検定 (片側) を行った．その結果，有意水準 $\alpha = 0.05$ で有意差が見られた．また表 3 より，ユーザは音楽特徴の値の大きさを意識しながら試聴をした方が音楽特徴をイメージしやすいことが分かった．上と同様に，質問 1 と質問 2 の間，また質問 2 と質問 3 の間で Yes の数に有意差があるかを t-検定 (片側) を行った．その結果，質問 1 と質問 2 の間には有意差は見られなかったが質問 2 と質問 3 の間には有意水準 $\alpha = 0.05$ で有意差が見られた．これらから，音楽特徴の値の大きさを意識しながら試聴をすることでユーザが音楽特徴を理解しやすくなることが示され，よってユーザが特徴空間を用いて音楽を探索することで音楽特徴の理解が深まると言える．

5.2 本実験

提案システムの評価実験を行う．具体的には，音楽データ分布・相関グラフ・ユーザプロファイルの可視化を用いることで，ユーザが新たな音楽データの探索やユーザプロファイルの編集をしやすくなるかについて検証する．

5.2.1 実験方法

ユーザ 10 人と MIDI データ 300 曲を用いて，ユーザにシステムを自由に使用してもらい，可視化を利用したユーザとそうでないユーザの振舞いの違いや，推薦された音楽の精度などの各指標を比較する．ユーザを 5 人づつ 2 グループに分け，一方のグループを可視化がある場合，もう一方のグループを可視化がない場合とする．MIDI データは 150 曲を学習データ，もう 150 曲を性能評価用のテストデータとする．

実験は，データ表示モードの利用とプロファイル編集モード

表 4 実験結果 (データ表示モード)

| | 可視化あり | 可視化なし |
|-------------|-------|-------|
| 実験時間 | 32'21 | 31'31 |
| 試聴数 | 17 | 14.4 |
| 操作数 | 62 | 78.4 |
| 軸の組み合わせ | 9.8 | 16.2 |
| 試聴数/分 | 0.52 | 0.47 |
| 操作数/分 | 1.89 | 2.39 |
| 操作数/曲 | 3.5 | 5.2 |
| 試聴数/軸の組み合わせ | 1.95 | 1.06 |
| 精度 | 0.52 | 0.5 |

表 5 実験結果 (プロファイル編集モード)

| | 可視化あり | 可視化なし |
|---------|-------|-------|
| 実験時間 | 16'01 | 16'48 |
| 操作数 | 49.2 | 68.4 |
| 編集作業数 | 17.8 | 47.4 |
| 操作数/分 | 2.94 | 4.25 |
| 編集作業数/分 | 1.07 | 2.91 |
| 精度 | 0.44 | 0.27 |

の利用の 2 つのタスクに分けて行う。

5.2.2 実験結果

表 4 にユーザがデータ表示モードを利用して音楽を探索した時の結果を示す。各数値は 5 人の平均値を、また精度はユーザが試聴した音楽の内、好きな音楽の割合を表している。ここでは、可視化ありのグループのユーザはインタフェース中の全ての操作が行えるのに対して、可視化なしのグループのユーザはユーザプロファイルが非表示になっているためプロファイル編集画面に関する操作は行うことができない。

可視化なしのユーザは、可視化ありのユーザと比べて実験時間や試聴数はあまり差がないものの、操作数や軸の組み合わせ数が多い。そのため、単位時間あたりの操作数や試聴 1 曲あたりの操作数が大きくなっており、可視化ありのユーザに比べて 1 曲の試聴をする為にかかる労力が多くなっている。また、可視化ありのユーザの方が軸の組み合わせあたりの試聴数が多くなっており、音楽データの探索を行う際に用いる音楽特徴を絞って効率的に探索ができています。

表 5 にユーザがプロファイル編集モードを利用して自分のプロファイルを編集した時の結果を示す。ここで、精度は編集後のプロファイルによって推薦された音楽の内、好きな音楽の割合を表している。ここでは、可視化ありのグループのユーザはインタフェース中の全ての操作が行えるのに対して、可視化なしのグループのユーザは特徴空間が非表示になっているため探索画面に関する操作は行うことができない。

どちらのユーザも実験時間はほぼ同じであるが、可視化なしのユーザは操作数・編集作業数共に可視化ありのユーザに比べて多くなっている。これは、特徴空間を参照できない場合だと編集の手がかりを得ることができず、闇雲に編集作業を繰り返しているからであると考えられる。プロファイル編集後に推薦

された音楽の精度は可視化ありのユーザの方が高くなっており、ユーザの労力に対する推薦の結果は可視化なしのユーザに比べて大きく向上をしている。また、ランダムに音楽を推薦した場合の精度は 36% であるため、可視化ありの場合はユーザがユーザプロファイルを編集することによってランダムな推薦よりも推薦の精度が向上している。

これらの評価実験から、提案システムの可視化を用いることによりユーザの労力を減少させることができた。さらに、プロファイル編集モードの場合はユーザの労力が減少した上に、推薦の結果を向上させることができた。

6. ま と め

本稿では、まず本研究の背景と情報フィルタリングの基礎について述べ、次に、本研究の目的と提案するシステムについて述べた。そして、システム的设计コンセプトと具体的な機能について詳細を述べ、実装したシステムのデモを紹介した。最後に、システムの評価実験を行い、提案システムの有効性を示した。

今後は更に被験者の数を増やして、より細かにシステムの有効性について検証をしていき、システムの改善点や追加の機能などを検討していく予定である。

文 献

- [1] P. Resnick, and H.R. Varian, "Recommender Systems", *Comm. of the ACM*, vol.40, no.3, pp.56-89, 1997.
- [2] S. Loeb, and D. Terry, "Information Filtering", *Comm. of the ACM*, vol.35, no.12, pp.26-81, 1992.
- [3] N. Ramakrishnan, "PIPE: Web Personalization by Partial Evaluation", *IEEE Internet Computing*, vol.4, no.6, pp.21-31, 2000.
- [4] D. Riecken, "Personalized Views of Personalization", *Comm. of the ACM*, vol.43, no.8, pp.26-158, 2000.
- [5] 土方嘉徳, "情報推薦・情報フィルタリングのためのユーザプロファイリング技術", *人工知能学会誌*, vol.19, no.3, pp.365-372, 2004.
- [6] 梅木秀雄: ネットワークコミュニティ形成支援技術, *人工知能学会誌*, Vol.15, No.6, pp.943-950, 1999.
- [7] Shardanand, U. and Maes, P.: Social Information Filtering: Algorithms for Automating "Word of Mouth", *Proc. of CHI'95*, pp. 210-217, 1995.
- [8] Hill, W., Stead, L., Rosensterin, M., and Furnas, G.: Recommending and Evaluating Choices in a Virtual Community of Use, *Proc. of CHI'95*, pp.194-201, 1995.
- [9] Cai-Nicolas Ziegler, Sean M. McNee, Joseph A. Konstan, Georg Lausen: Improving Recommendation Lists Through Topic Diversification, *Proc. of WWW'2005*, pp.22-32, 2005.
- [10] 藤森洋昌, 土方嘉徳, 西田正吾: 協調フィルタリングにおける近傍グループの可視化と推薦への飽きを考慮した評価, 第 12 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2004), pp.25-30, 2004.
- [11] 後藤孝行, 後藤真孝: Musicream: 楽曲を流してくっつけて並べることのできる新たな音楽再生インタフェース, 第 12 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2004), pp.53-58, 2004.
- [12] 土方嘉徳, 岩濱数宏, 西田正吾: 決定木を用いた内容に基づく音楽情報フィルタリング, *インタラクシオン 2005*, pp.253-260, 2005.

- [13] Yoshinori Hijikata, Kazuhiro Iwahama, Kazuki Takegawa, Shogo Nishida: Content-based Music Filtering System with Editable User Profile, Proc. of ACM SAC'2006, pp.1050-1057, 2006.
- [14] 池添剛, 梶川嘉延, 野村康雄: 音楽感性空間を用いた感性語による音楽データベース検索システム, 情報処理学論文誌, Vol.42, No.12, pp. 3201-3212, 2001.
- [15] James F. Blinn: What's the Deal with the DCT?, IEEE Computer Graphics & Applications, Vol.13, No.4, pp.78-83, 1993.
- [16] George Tzanetakis, Perry Cook: MARSYAS: A Framework for Audio Analysis, Organised Sound, Vol.4, No.30, pp.169-175, 2000.
- [17] 杉本雅則: 情報収集システムにおけるユーザモデリングと適応型インタラクション, 人工知能学会誌, Vol.14, No.1, pp. 25-32, 1999.
- [18] J.R. Quinlan: C4.5 Programs for Machine Learning, Morgan Kaufmann, 1993.