

音楽情報の検索

帆足啓一郎†

1. ま え が き

オーディオ符号化技術の進歩や、携帯電話を含めた携帯型音楽再生デバイスの普及により、音楽コンテンツのデジタル配信サービスの利用が増えている。日本レコード協会の統計¹⁾によれば、2008年の有料音楽配信売上実績はインターネット(PC)とモバイルを合わせて約905億円を達成し、音楽ソフト全体売上額の約20%を占めるまでに伸びている。

こうした背景により、音楽情報検索技術の重要性が近年ますます増している。音楽情報検索技術の発展がなければ、無限とも思えるほどの規模の音楽の中から、聴きたい・買いたい楽曲を探すことはできない。そればかりか、購入した楽曲をすべて持ち歩けるようになった今、ユーザが自ら保有する音楽の中からですら、聴きたい楽曲を見つけることも難しい。したがって、音楽情報検索は、現在のユーザの音楽体験を支えるためには必要不可欠な技術であるといえる。

音楽情報を検索する際の目的は、以下の二つに大別することができる²⁾。

- (1) 厳密検索：ある特定の楽曲の情報を得たいユーザに対し、その特定の楽曲の情報を検索する。
- (2) 曖昧検索：気分・雰囲気合った楽曲を聴きたいなど、曖昧な検索要求に対し、適合している楽曲もしくは楽曲群を検索する。

(1)の厳密検索については、検索したい楽曲のタイトルやアーティスト名が既知であれば、その情報をテキストで直接入力すれば良いが、タイトル・アーティスト名が不明な場合には当然対応できない。そのため、楽曲の音響信号(例：テレビ・ラジオ放送で流れる音楽)を入力として検索を行う音楽認識方式³⁾や、ユーザが検索したい楽曲(の一部)

を歌声として入力するハミング検索方式⁴⁾などといった技術が開発されている。近年の技術進歩により、これらの技術は数百万曲規模の膨大な検索対象楽曲データを対象とした、高速かつ高精度な検索が可能になっており、すでに多くの実用例がある。以上の背景により、本稿では曖昧検索に関連する音楽情報検索の研究動向に焦点を絞り、解説を行うこととする。

2. 音響的特徴に基づく検索

2000年代始め頃から急速に広まった音楽のデジタル化にとともに、楽曲から直接音響的特徴を抽出して、その類似性などに基づいた検索技術に関する研究が多く発表されるようになった。本章では、音響的特徴に基づく音楽情報検索技術において、利用されている特徴解析手法、ツール、およびシステムの事例について、それぞれ解説する。

2.1 音楽特徴解析手法

音楽情報が記号で表現されているMIDI形式の場合、一般に音楽の三要素といわれる「リズム」、「メロディ」、「ハーモニー」など、音楽理論に則った特徴の抽出は(比較的)容易である。しかし、楽譜情報などが予め与えられていない楽曲の音源から、こうした特徴を正確に抽出することは非常に難しい。

そのため、初期の研究では、音楽的な特徴抽出は行わず、楽曲の音響信号を直接利用した方式が提案されていた。例えば、Loganは、音声認識における特徴として利用されているMFCC(メル周波数ケプストラム係数)を、音楽を表す特徴として利用した研究を発表している⁵⁾。また、Footeは音楽から抽出されたMFCCをベクトル化するTreeQという方式を提案し、音楽の自動分類における有効性を示している⁶⁾。これらの方式では、音楽理論において体系化されている音楽の特性を無視し、音楽解析を信号処理の問題として扱っている点が特徴的といえる。そして、最近の音楽情報検索関連研究でも、このようなアプローチを採用している手法は多い。

その一方、音楽ならではの特徴を利用した研究事例も、

† 株式会社KDDI研究所

"Recent and Technologies in Multimedia Retrieval (5): Retrieval of Music Information" by Keiichiro Hoashi (Intelligent Media Processing Lab., KDDI R&D Laboratories, Inc., Fujimino)

近年増加している。特に検索において近年重用される特徴としては、楽曲のテンポ情報、および、異なるオクターブで発生する音を同一として取り扱い、半音階ごとの音の強さを示すクロマベクトル⁷⁾などがあげられる。これらの特徴は、音楽から抽出された低次元特徴から算出される中次元の特徴と捉えることができる。現状の中次元特徴算出では、自動採譜が可能なほどの高い精度で音楽的な特徴が抽出可能な方式は確立されていない。しかし、分析対象の楽曲の特徴をざっくりと捉えるには、現状の方式でも充分有効であるため、上記のMFCCなどの低次元特徴量と併せて、検索対象楽曲の音響的な特徴を表す手法として活用されるケースが多い。

2.2 特徴解析ツール

音楽情報科学の研究コミュニティでは、音楽の特徴を解析するためのツール類の共有が活発に行われており、現在までに数多くのツールが公開されている。近年の音楽情報検索分野の発展は、こうしたツールの存在により支えられているといっても過言ではないだろう。

現在、公開されている代表的なツールとしては、MARSYAS^{*1}、jAudio^{*2}、MIRtoolbox^{*3}、CLAM^{*4}などがあげられる。これらのツールでは、前述の低次元特徴量(例：MFCCの次元ごとの平均値・分散、パワー値など)に加え、テンポ情報などといった中次元特徴が抽出できるものもある。さらに、EchoNest社^{*5}は音楽を解析するためのWeb API^{*6}を公開しており、解析対象楽曲ファイルのURLもしくはファイルそのものを送信して、その解析結果を得ることができる。

2.3 検索システム

上記の特徴抽出方式などを適用した、音響的特徴に基づく音楽情報検索システムでは、主に以下の二つの形式による検索手法を実装している。

- (1) 音楽分類：楽曲間の類似性に基づき、検索対象楽曲を複数のカテゴリーに分類し、その結果をメタ情報として各楽曲に付与する。ユーザは、例えば分類結果(カテゴリー名など)を指定することにより、楽曲を検索する。
- (2) Query-by-example：ユーザが聴きたい楽曲のサンプルを持っており、その楽曲を類似検索のクエリとして入力する形式。検索結果として、クエリ楽曲との類似度が高い楽曲のリストなどが出力される。

音楽分類方式では、検索システムのユーザにとって理解しやすい分類基準の設定が重要である。検索対象楽曲が大



図1 「にたうた検索」アプリのスクリーンショット

規模かつバラエティに富んでいる場合は、ジャンルへの自動分類が直感的かつ有効と考えられる。音楽のジャンル分類については、MIREX (Music Information Retrieval Evaluation eXchange) というワークショップにおいて提供されているテストコレクションをベースに、さまざまな手法が評価されている⁸⁾。例えば、前述のMARSYASには、特徴解析の一機能として、MIREXにおいて高い精度を達成したジャンル自動分類機能が実装されている。さらに、MIRtoolboxでは、MIREXの課題として設定された、音楽から想起される感情 (Emotion) に基づく分類機能の開発が進められている。

一方、Query-by-example方式の例としては、筆者らが開発した「にたうた検索™」システムがあげられる。本システムでは、前述のTreeQ手法⁶⁾をベースに、検索対象楽曲の特徴を考慮した特徴空間再構築処理を適用することにより、高精度な検索を実現している⁹⁾。なお、本システムはWeb上に公開されており(図1)、本稿執筆時点において、Jamendo社^{*7}の楽曲約2,000曲を対象とした音楽情報検索システムを実際に試すことができる^{*8}。

3. Webマイニングを活用した検索

画像検索の分野では、Web画像の検索結果や、Flickr^{*9}などの画像共有Webサイト上に公開されている大量の画像とその周辺情報を利用した画像検索方式に関する研究事例が近年多く発表されているが、同様のトレンドは、音楽情報検索の分野でも広まりつつある。ただし、音楽は画像と異なり、一般的なWeb検索により、楽曲そのものを含めた音楽コンテンツにたどり着くことが困難である。そのため、

*1 <http://marsyas.info/>

*2 <http://sourceforge.net/projects/jaudio/>

*3 <https://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/mirtoolbox>

*4 <http://clam-project.org/>

*5 <http://the.echonest.com/>

*6 <http://developer.echonest.com/>

*7 <http://www.jamendo.com/>

*8 <http://nitauta.kddilabs.jp/>

*9 <http://www.flickr.com/>

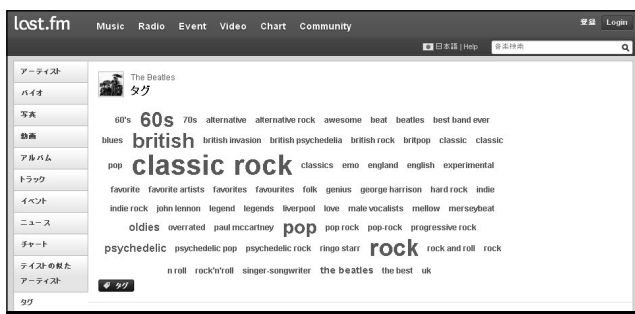


図2 Last.fmのソーシャルタグの例

The Beatlesに付与されたタグ情報(文字サイズはタグの人気度を示す)。

音楽情報検索(を含む音楽分野全般)においてWebマイニングを活用するための情報源は、現時点では限定されている。本章では、音楽情報検索分野におけるWebマイニング技術を活用した技術について紹介する。

3.1 ソーシャルタグ活用

画像の分野におけるFlickrのように、音楽コンテンツに対するソーシャルタグ情報を共有するためのWebサイトとして代表的な存在になっているのがLast.fm^{*10}である。Last.fmでは、著名なアーティストによる楽曲を含む、数多くの音楽情報が公開されている。そして、会員登録しているユーザであれば、誰でも好きなアーティストもしくは個々の楽曲に対し、タグを付与することができる。図2に、Last.fm上で、The Beatlesに付与されているソーシャルタグを、タグクラウド形式で表示している例を示す。これらのタグ情報は、Last.fmが公開しているAPIを利用して取得することが可能である。こうした背景にともない、ソーシャルタグを活用した音楽情報検索に関する発表が近年急速に増えている。

音楽に限らず、ソーシャルタグを扱うためには、いくつかの課題が存在する。その中でも重要な課題の一つとして、タグ情報の曖昧性があげられる。ソーシャルタグは、一般ユーザが自由に付与できる点が大きなメリットとなっているが、その自由さゆえ、表記揺れや誤りが頻繁に発生する。また、同じ意味を示すタグであっても、単数形と複数形のタグが混在していたり(例:“Vocalist”と“Vocalists”),別のタグが付与されていたり(例:“Vocal”と“Voice”)するケースが多い。さらに、音楽の場合、付与されているタグ情報が楽曲の音響的な特徴に関するものばかりとは限らない。例えば、アーティストの名前や出身地など、直接楽曲とは関係のないタグも多く付与されている。したがって、ソーシャルタグを活用した音楽情報検索システムを構築するためには、大量のタグ情報の中から、いかにして有意なタグ情報が抽出できるかが重要なポイントとなる。

Levyらは、Last.fm等から収集したソーシャルタグを対象に、潜在的意味解析(LSA: Latent Semantic Analysis)¹⁰⁾

*10 <http://last.fm/>

を適用することにより、ソーシャルタグの意味空間を構築する手法を提案した¹¹⁾。本手法により、ソーシャルタグに含まれるさまざまなノイズが抑制され、重要なタグ情報の抽出を可能としており、ソーシャルタグ情報から、音楽をジャンルやムードといった基準で分類することができる。また、Laurierらは、Last.fmのソーシャルタグを対象にLSAを適用した後、クラスタリング処理を行った結果として得られたクラスタに属する楽曲のタグと、前述のMIREXにおいて提供されている専門家による音楽の分類結果を比較し、高い相関があることを確認している¹²⁾。この結果から、ソーシャルタグを解析することにより、専門家による音楽分類と遜色ない結果の算出が可能であることが示されたといえる。

ソーシャルタグに対するもう一つの課題として、いわゆる「cold-start問題」があげられる。文献13)によれば、Last.fmで最もタグが多いアーティストには約25,000件のタグが付与されている一方、全体の92%以上にあたるアーティストには一つもタグが付与されていない。そのため、単純にソーシャルタグに基づいて検索を行った場合、人気のあるアーティストや楽曲の発見には有効である一方、タグが付与されていない大多数の音楽情報を検索することは難しい。

このCold-start問題を解決するための手法として、オートタギング、すなわち、タグが付与されていない楽曲に対し、自動的にタグを付与する技術の研究が進んでいる。Eckらによる研究では、Last.fmのソーシャルタグデータから、タグが付与されている楽曲とその音響的な特徴(MFCCなど)を学習データとし、付与頻度が高い重要なタグごとに分類器を構築する手法の評価を行っている¹⁴⁾。同様のアプローチは、文献15)16)などでも提案されている。

3.2 Webサービス利用履歴活用

Webマイニング技術を音楽情報検索に応用したもう一つのアプローチとして、Web上での音楽配信・試聴サービスにおいて蓄積された、ユーザのさまざまな利用履歴を活用する方法があげられる。

例えばLast.fmでは、前述のソーシャルタグ機能に加え、各ユーザの楽曲の試聴履歴や、楽曲・アーティストに対する評価などを付与する機能が提供されており、会員登録しているユーザであれば、これらの機能の利用履歴はユーザIDとともに蓄積されている。Last.fmでは、こうした履歴を解析することにより、指定したアーティストに対する類似アーティスト(Similar Artists)を閲覧する機能がある。また、楽曲、ユーザ、タグについても、類似情報を提示する機能が実装されており、いずれもAPIとして公開されている。

解析対象となる履歴情報が十分に大きくなれば、その履歴情報を解析することにより、音楽を検索するために有効な情報を得ることも可能となる。この方向性を突き詰めると、大量のユーザの履歴を解析することにより、2章で述

べた楽曲の音響的特徴解析技術を適用せずとも、実用的な検索システムが構築可能であるという結論にたどり着く可能性もある。

上記の発展を裏付けるいくつかの研究例が発表されている。Kimらは、Last.fmのAPIから得られる情報を利用したタグ伝播(Tag Propagation)アルゴリズムを提案している¹⁷⁾。この研究では、未知のアーティストに対するオートタギングを行うための方法として、アーティスト間の類似度を算出し、類似していると判断されたアーティストに頻繁に付与されているタグを、当該アーティストのタグとして付与する手法を提案している。アーティスト間の類似度算出方法として、Last.fmでのユーザ利用履歴に基づく協調フィルタリングと、アーティスト間の音響的類似性に基づく方法を含む複数の手法によるオートタギング精度の比較を行っている。評価実験の結果、ユーザ履歴に基づく協調フィルタリング方式が最も高い精度を達成した一方、音響的特徴に基づく手法の精度が比較した手法の中で最も精度が低いという結果が報告されている。

さらに、Slaneyらは、米Yahoo!の音楽配信サービスのユーザ約38万人によって与えられた150万件のレーティング情報(楽曲ごとに5段階の主観評価)の類似性を元に楽曲を検索する方式と、音響的類似度に基づいて類似楽曲を検索するQuery-by-example方式のそれぞれの検索結果を、被験者による主観評価実験によって比較した¹⁸⁾。その結果、レーティング情報に基づく検索方式が、音響的特徴を利用した検索よりも圧倒的に高い評価が得られたことから、高精度な類似楽曲検索システムを実現するための情報源として有効なのは音響的特徴ではなく、ユーザの評価履歴情報であると結論づけている。

3.3 Webマイニング方式の課題

上記の研究を含めた、近年のWebマイニング技術の隆盛により、音楽情報検索の分野におけるContent-basedな特徴解析技術の実用性について、疑問視する意見があがりつつある。同様の流れは、さほど高度な特徴解析技術を利用せずとも、Webから収集した大量の画像データに基づき、高精度な画像検索システムを構築している“80 Million Tiny Images”²⁰⁾などの研究が発表されている画像検索の分野でも見られる。

Webマイニングによって得られる情報を活用する方式が有効であることは間違いない。しかし、音楽というコンテンツの特性を考慮すると、Webマイニング方式に基づく検索システムにはまだ解決すべき課題がある。具体的には、以下の特性と課題があげられる。

(1) 音楽の地域性

世界中のユーザからの履歴情報が蓄積されるWebサイトでは、全世界で人気のあるアーティストや楽曲に関連する情報は多く集まる一方、認知度が低いアーティストについては十分なタグ情報が得られない問題がある。こうした傾

向は、特に英語圏以外のアーティストにおいて顕著に見られる。例えば、Last.fmで情報を閲覧できる日本人アーティストのほとんどに付与されているタグとして“Japanese”、“J-pop”などがあげられる。これらのタグは、日本人のアーティストを検索したい外国のユーザには有効と思われるが、日本人ユーザにとってはほとんど意味をなさない。

(2) ユーザによる差異

Web上から収集される情報には、多数のユーザの情報に基づく総意が表れる。その結果、万人に共通した情報(例：アーティストの性別等の属性情報、楽曲のジャンル名等)は精度良く得られるものの、ユーザによって差異が存在するような細かい情報の抽出は困難である。例えば、クラシック音楽に詳しいユーザであれば、クラシックの楽曲に対し、細かいジャンルや演奏技法についてのタグを付与することは可能であるが、ポップスを好む大多数のユーザは、単純に“Classic”などといったタグを付与すると思われる。この情報を単純に集約すると、クラシック愛好家が望む結果が得られる検索システムの実現は難しい。

以上のような問題を解決し、ユーザの細かい音楽嗜好に適合した音楽情報検索システムを実現するためには、Webマイニング方式の工夫が不可欠である。例えば、ソーシャルタグや利用履歴の情報をそのまま解析するだけでなく、各情報を提供したユーザの属性情報を考慮した分析手法が有効であろう。また、より細かい検索を実現するためには、前述の音響的特徴解析技術との組合せも検討すべきと考える。また、音響的特徴解析技術においても、より高度な特徴をより高い精度で抽出できる技術の開発が必要である。

4. 可視化システム

最近の音楽情報検索分野での重要なトレンドの一つとして、検索システムの可視化(Visualization)技術があげられる。音楽はそもそもオーディオであるため、画像情報と異なり、可視化が難しいコンテンツである。しかし、検索システムはユーザに対し、何らかの方法で音楽の検索結果を視覚化して提示する必要がある。これに加え、音楽が元来持っているエンタテインメント性も相まって、近年は数多くの面白い可視化システムが発表されている。以下、検索方式ごとに代表的な可視化システムの例を示す。

4.1 音響的特徴を利用した可視化

楽曲の音響的特徴を利用した可視化システムに関する初期の取組みの代表的なシステムの一つがIslands of Musicである²¹⁾。このシステムでは、楽曲の音響的な特徴を元に、自己組織化マップにより、地図を模した2次元平面上に楽曲を配置し、類似楽曲から構成されるクラスターを、海に浮かぶ島のような形式で楽曲を表示している。

筆者らは、楽曲の特徴量を3次元空間上に可視化したシステムを提案している(図3)²²⁾。本システムでは、ユーザ

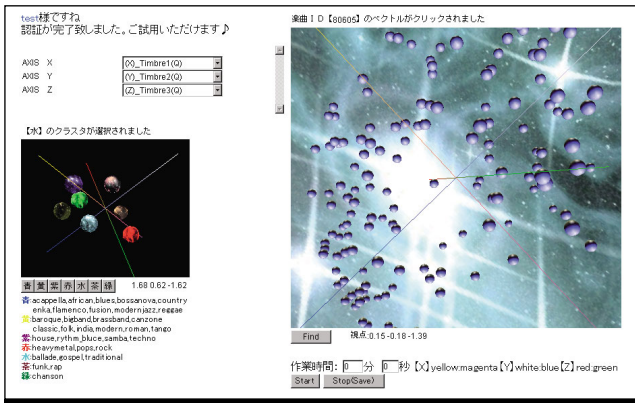


図3 Hoashiraによる音楽情報検索の3D可視化システムのスクリーンショット

画面の左下と右側にマクロ特徴空間と局所の特徴空間(選択したクラスタ内の楽曲情報)がそれぞれ表示される。

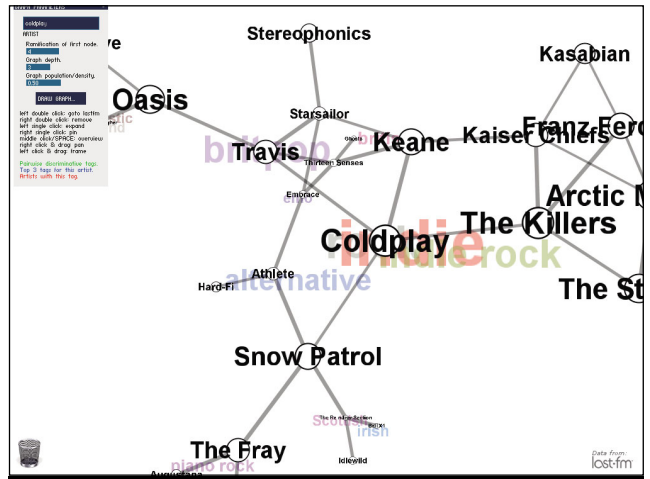


図5 RAMAによるLast.fmのアーティスト間関係の可視化の例
類似アーティスト同士は線でつながられ、背景にソーシャルタグ情報が表示されている。

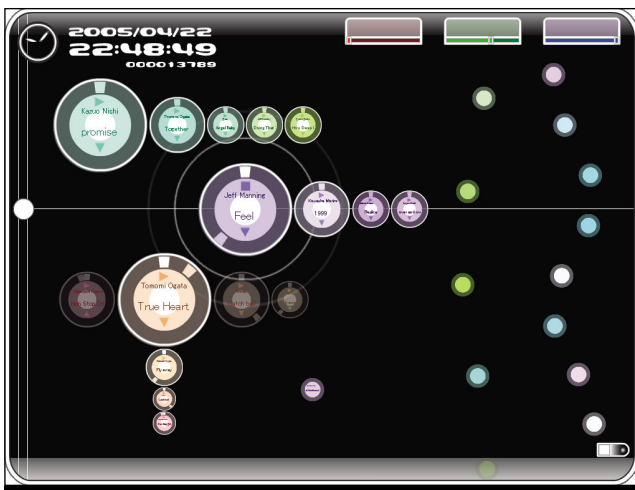


図4 Musicreamのスクリーンショット

各楽曲が円盤として示されており、円盤を「くっつける」形で類似楽曲を発見するとともに、複数の楽曲から構成されるプレイリストを作ることができる。

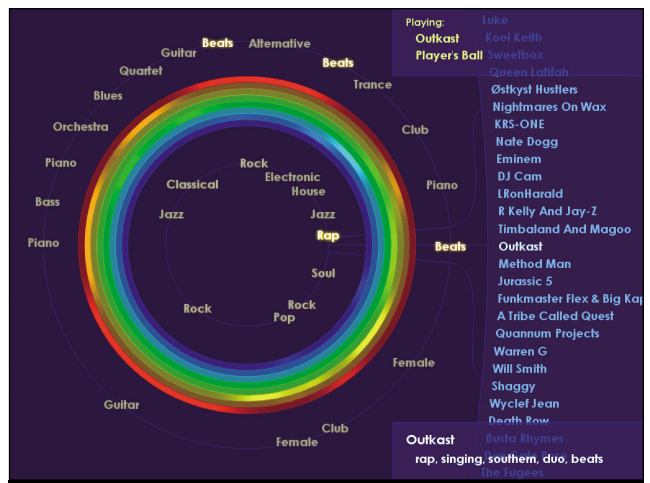


図6 MusicRainbowのスクリーンショット

画面の虹色の円内には、その場所に配置されたアーティストのジャンル情報が示される。画面右側には、選択したアーティスト(この図では「Outkast」)との類似アーティストの一覧が表示される。

がより直感的に可視化特徴空間を掌握するための工夫として、検索対象楽曲全体をクラスタリングした結果を示すマクロ特徴空間と、各クラスタに属する楽曲が可視化されている局所の特徴空間の表示、および、特徴空間を構成する3軸を複数の特徴の中から選択できる機能がそれぞれ実装されている。

GotoらによるMusicreamは、継続的に再生される音楽ストリームの中からの楽曲発見を促すインターフェースである(図4)²³。このシステムでは、データベース内の楽曲が円盤という形で表現されており、画面上部から次々と降ってくる。ユーザは円盤の色(楽曲の雰囲気を示す)を元に、好きな円盤をマウスで選択することにより、楽曲を試聴できる。さらに、似ている楽曲=円盤同士はくっつきやすくなっているため、選択した円盤を他の円盤に近づけるとい

直感的な操作により、楽しみながら類似楽曲を発見することができる。

4.2 楽曲Web情報を利用した可視化

Webマイニングによって得られた音楽情報を可視化した音楽検索システムも多く提案されている。例えば、Last.fmのAPIから取得可能なソーシャルタグや類似アーティストの情報を元に、アーティスト間の相関関係を可視化しているアプリケーションは、RAMA²⁴など多数開発されている(図5)。

楽曲の音響的な類似性とWebから得られた情報を併せて可視化するシステムも多く開発されている。MusicRainbow²⁵(図6)では、楽曲の音響的な特徴が類似しているアーティストが近くなるよう、画面中心の円周上にアーティストを配置し、選択したアーティストに関連するWebページに類出

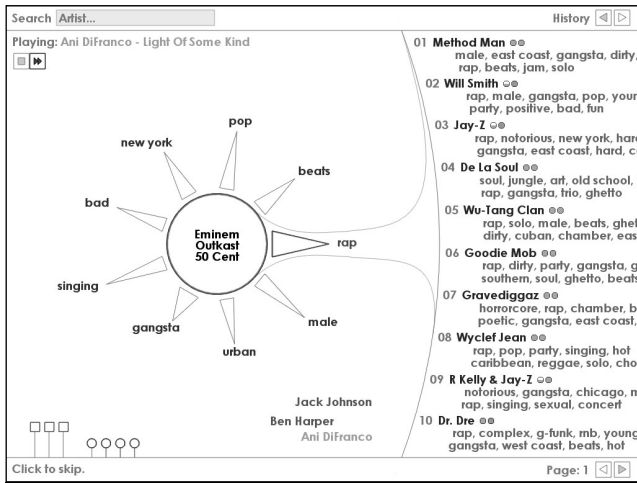


図7 MusicSunのスクリーンショット

画面の「太陽」内には検索クエリとなるアーティスト名、周囲にはクエリアーティストに関連するキーワード、右側には選択されたキーワード(この図では「rap」)に関連したアーティストの情報が表示される。

するキーワードを表示することにより、アーティスト情報を検索することができる。MusicSun²⁶⁾(図7)では、アーティスト同士の音響的類似性、関連Web情報の類似性(アーティスト名によるWeb検索の結果、得られたWebページ内でのキーワード共起情報などから算出)に加え、ユーザが着目したキーワードとの関連性が高いアーティストを、画面内の太陽から発せられる「光線」として表示する。このインタフェースにより、ユーザの興味に即した形で、アーティスト検索をインタラクティブに行うことができる。

なお、2009年10月に神戸にて開催された音楽情報検索に関する国際会議ISMIR 2009^{*11)}のチュートリアル(Using Visualizations for Music Discovery)に関連して、音楽情報の可視化システムの情報をまとめたWebサイト^{*12)}が公開されているので、併せて参照されたい。

5. 今後の展開

これまで述べてきた通り、音楽情報検索については数多くの研究が発表されている。しかし、これらの研究成果は、本稿執筆現在、iTunes Storeなどの商用音楽配信サービスにおいて活用されるまでには至っていない。この背景には、ユーザの履歴に基づくレコメンド技術が十分な効果をあげていることも考えられるが、楽曲の音響的特徴解析などの高度な技術を、ユーザが満足するような形で提供する方法についての考察がまだ不十分であるともいえる。前述のISMIR 2009の基調講演²⁷⁾にて提唱されたグランドチャレンジでも述べられた通り、今後は実ユーザを志向した検索システムの研究開発を進めるべきであろう。

文献1)によれば、現状、音楽CD販売も含めた日本国内

の音楽市場は縮小傾向にある。ユーザの多様化や、違法サイトも含めたデジタル配信の普及などといった現象が、その要因といわれているが、米国などにおいては、実は市場全体の縮小傾向は観測されていない。音楽情報検索の研究傾向のみからの判断は難しいが、Webマイニングに基づく研究成果が多数出ている欧米のオープンな音楽情報環境と、音楽関連情報の利用が厳しく制約されている日本国内の状況を比較すると、その一因を垣間見ることができると考えている。音楽情報がより幅広く利活用されるようになれば、国内音楽市場全体の活性化につながられる研究成果が得られる可能性は高い。今後の音楽ビジネス発展のためにも、研究のためのデータ共有など、音楽産業と研究者との協力関係がより一層進むことを期待する。

6. むすび

本稿では、音楽情報の検索に関連する研究の動向と、代表的な研究事例についてそれぞれ紹介した。4章にて紹介したシステムのスクリーンショット画像を提供いただいた産業技術総合研究所の後藤真孝氏、ならびに本稿の内容について議論いただいた東北大学の伊藤彰則教授、産業技術総合研究所の吉井和佳氏に深謝する。(2010年2月5日受付)

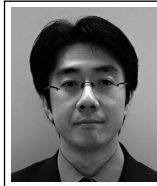
〔文 献〕

- 1) 日本レコード協会：“日本のレコード産業2009”，<http://www.riaj.or.jp/issue/industry/pdf/RIAJ2009.pdf>
- 2) 帆足，上月，菅谷：“楽曲配信サービスを支える音楽情報検索技術”，信学誌，88，7，pp.529-534 (2005)
- 3) P. Cano, E. Battle, T. Kalker, J. Haitsma: "A Review of Audio Fingerprinting", Journal of VLSI Signal Processing, 41, 3, pp.271-284 (2005)
- 4) 小杉，櫻井，山室，申間：“SoundCompass: ハミングによる音楽検索システム”，情報学論，45，1，pp.333-345 (2004)
- 5) B. Logan: "Mel Frequency Cepstral Coefficients for Music Modeling", Proc. of ISMIR 2000, http://ismir2000.ismir.net/papers/logan_paper.pdf (2000)
- 6) J. Foote: "Content-based Retrieval of Music and Audio", in Multimedia Storage and Archiving Systems II, Proc. SPIE, 3229 (1998)
- 7) M. Goto: "A Chorus Detection Method for Musical Audio Signals and Its Application to a Music Listening Station", IEEE Trans. Audio, Speech and Language Processing, 14, 5, pp.1783-1794 (2006)
- 8) S.J. Downie: "The Music Information Retrieval Evaluation Exchange (2005-2007) : A Window Into Music Information Retrieval Research", Acoustical Science and Technology, 29, 4, pp.247-255 (2008)
- 9) K. Hoashi, K. Matsumoto, F. Sugaya, H. Ishizaki, J. Katto: "Feature Space Modification for Content-based Music Retrieval Based on User Preferences", Proc. ICASSP 2006, pp.517-520 (2006)
- 10) S.C. Deerwester, S.T. Dumais, T.K. Landauer, F.W. Furnas, R.A. Harshman: "Indexing by Latent Semantic Analysis", Journal of the American Society of Information Science, 41, 6, pp. 391-407 (1990)
- 11) M. Levy, M. Sandler: "A Semantic Space for Music Derived from Social Tags", Proc. of ISMIR 2007, pp.411-416 (2007)
- 12) M. Levy, M. Sandler: "Learning Latent Semantic Models for Music from Social Tags", Journal of New Music Research, 37, 2, pp.137-150 (June 2008)
- 13) P. Lamere: "Social Tagging and Music Information Retrieval",

*11 <http://ismir2009.ismir.net/>

*12 <http://visualizingmusic.com/>

- Journal of New Music Research, 37, 2, pp.101-114 (2008)
- 14) C. Laurier, M. Sordo, J. Serra, P. Herrera: "Music Mood Representations from Social Tags", Proc. of ISMIR 2009, pp.381-386 (2009)
- 15) D. Eck, T.B. Mahieux, P. Lamere: "Autotagging Music Using Supervised Machine Learning", Proc. of ISMIR 2007, pp.367-368 (2007)
- 16) M.D. Hoffman, D.M. Beli, P.R. Cook: "Easy as CBA: A Simple Probabilistic Model for Tagging Music", Proc. of ISMIR 2009, pp.369-374 (2009)
- 17) F. Wang, X. Wang, B. Shao, T. Li, M. Ogihara: "Tag Integrated Multi-label Music Style Classification with Hypergraph", Proc. of ISMIR 2009, pp.363-368 (2009)
- 18) J.H. Kim, B. Tomasik, D. Turnbull: "Using Artist Similarity to Propagate Semantic Information", Proc. ISMIR 2009, pp.375-380 (2009)
- 19) M. Slaney, W. White: "Similarity Based on Rating Data", Proc. ISMIR 2007, pp.479-484 (2007)
- 20) A. Torralba, R. Fergus, W.T. Freeman: "80 Million Tiny Images: A Large Data Set for Nonparametric Object and Scene Recognition, IEEE Trans. PAMI, 30, 11, pp.1958-1970 (2008)
- 21) E. Pampalk, A. Rauber, D. Merkl: "Content-based Organization and Visualization of Music Archives, Proc. of ACM Multimedia 2002, pp.570-579 (2002)
- 22) K. Hoashi, S. Hamawaki, H. Ishizaki, Y. Takishima, J. Katto: "Usability Evaluation of Visualization Interfaces for Content-based Music Retrieval Systems", Proc. ISMIR 2009, pp.207-212 (2009)
- 23) M. Goto, T. Goto: "Musicream: Integrated Music-listening Interface for Active", Flexible and Unexpected Encounters with Musical Pieces, IPSJ Journal, 50, 12, pp.2923-2936 (2009)
- 24) L. Sarmento, F. Gouyon, B.G. Costa, E. Oliviera: "Visualizing Networks of Music Artists with RAMA", Proc. of WebIST 2009 (2009)
- 25) E. Pampalk, M. Goto: "MusicRainbow: A New Interface to Discover Artists Using Audio-based Similarity and Web-based Labeling, Proc. ISMIR 2006, pp.367-370 (2006)
- 26) E. Pampalk, M. Goto: "MusicSun: A New Approach to Artist Recommendation", Proc. ISMIR 2007, pp.101-104 (2007)
- 27) J. S. Downie, D. Byrd, T. Crawford: "Ten Years of ISMIR: Reflections on Challenges and Opportunities", Proc. ISMIR 2009, pp.13-18 (2009)



ほあし けいいちろう
帆足啓一郎 1995早大・理工・情報卒業。1997、同大学院修士課程修了。同年、国際電信電話(株)入社。現在、(株)KDDI研究所にて、マルチメディア情報検索、データマイニング等の研究に従事。2001～2005年、早大メディアネットワークセンター非常勤講師。FIT2004ヤングリサーチ賞受賞。博士(工学)。