

複数の音符列から構成される音楽データを対象とした印象メタデータ抽出方式

An Impressionistic Metadata Extraction Method for Music Data with Multiple Note Streams

石橋 直樹^{*}
中神 康裕^{*}

清木 康^{*}
佐藤 聡^{*}

Naoki ISHIBASHI
Yasuhiro NAKAGAMI

Yasushi KIYOKI
Akira SATO

本論文では、高域ネットワークに散在する未知楽曲を対象とした検索を実現するために、楽曲の与える印象を表すメタデータの抽出方式を提案する。提案方式は、個々の楽器に対応する音符列から、印象を表す形容詞群、および、それらと個々の音符列の相関量を動的に抽出し、また、音符列毎の印象を合成することで、楽曲のメタデータとして動的に定義する。本論文では、実現システムを用いて、提案方式の実現可能性、および、有効性を示す。

In this paper, we propose an automatic extraction method of metadata that represent impression for music data on the global area network. The proposed method dynamically extracts adjectives and correlations according to each instrument of a datum, and it dynamically integrates the results of each instrument to generate the metadata of the datum. We clarify feasibility of the proposed method with an implemented system.

1. はじめに

現在、多数の音楽データベース群が広域ネットワークに散在している。また、音楽データベース群を対象に、音符の配列自体を直接検索する方式[6][13]、楽曲名、作曲者名などの楽曲情報を静的に定義する[4]ことで楽曲検索を実現する方式などが提案されている。これらの方式では、音符配列、または、作曲者、演奏者、曲名など、楽曲をあらわす属性値が不明である楽曲の検索の実現が困難である。

このような背景に応じて、楽曲の印象や、感情価を用いた検索方式が提案されている[3][7][8][9][10]。また、本論文の前提となっている方式として、ピアノ曲の印象に対応するメタデータの自動抽出方式、および、その意味的連想検索方式[5][14]、発想標語を用いたクラシック音楽の意味的連想検索方式[2]が提案されている。[5][14]の印象メタデータ自動抽出方式は、1) 単一の音符列から構成され、かつ、2) 多くの主観において印象が一点に定まる短い音符列を対象として、楽曲データから、印象メタデータを自動的に抽出する。これは、これらの方式で用いている音楽心理学研究[1]が、1, および、2の条件を満たす楽曲群を対象として、印象語との相関を求めていることによる。このため、文献[5][14]の印象メタデータ自動抽出方式(以下単にシングルトラック方式)は、多重奏曲、ポップスなど、複数の音符列から構成され、かつ、時間的に構造、または、印象が変化する楽曲群への適用が困難である。以下、楽曲を構成する個々の

音符列を、『トラック』と定義し、以下参照する。

本論文では、複数の音符列から構成され、かつ、時間的に構造、または、印象が変化する楽曲を対象とした、印象メタデータの抽出方式を提案する。本論文で提案する印象メタデータの抽出方式の本質は、各時区間、各音符列に、形容詞、および、その形容詞との相関量で表現された印象メタデータを抽出し、それら部位毎の印象メタデータを動的に合成することで、楽曲に対応する印象メタデータの抽出を実現している点にある。

提案方式の主要な特徴は、楽曲の与える印象の個人差を計量する枠組みを提供する点にある。本方式は、複数のトラックから構成され、かつ、時間的に印象が変化する複雑な楽曲を対象とした場合、楽曲の主要トラック、主要時区間の選択、および、それらの総合的評価に個人差が生じるため、楽曲の与える印象に個人差が生じるといふ仮説を前提としている。従って、提案方式では、楽曲の主要トラック、主要時区間の選択や、楽曲の総合的評価を行う枠組みを、メタデータ抽出方式の基本機能群として設計・構築する。利用者は、それぞれの主観に応じ、これらの基本機能、および、それらで用いるパラメータ群を組み合わせ、メタデータを抽出することにより、主観に対応する印象メタデータの抽出が可能となる。

2. 印象メタデータの抽出方式

提案方式は、本節で示す基本機能群を用いて、単位音符列と形容詞群の相関量を格納したマトリクス構造のメタデータを生成する。さらに、そのメタデータを対象として、各利用者固有の集約演算を適用し、楽曲に対応する印象メタデータを動的に抽出する(図1)。

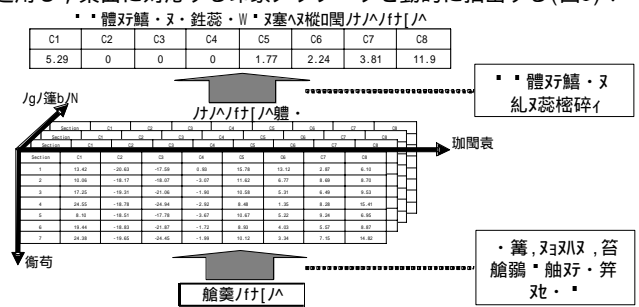


図1 メタデータ生成の流れ
Fig.1 A Data Flow for the Metadata Extraction

本方式は、楽曲分割機能(F1)、印象メタデータ抽出機能(F2)、印象メタデータ合成機能(F3)の3機能から構成される。これらは複数の音符列から構成される楽曲を対象とした印象メタデータ抽出システムの基本機能であり、まず楽曲を対象にF1を適用し、以降F2、F3の順で適用される(図2)。

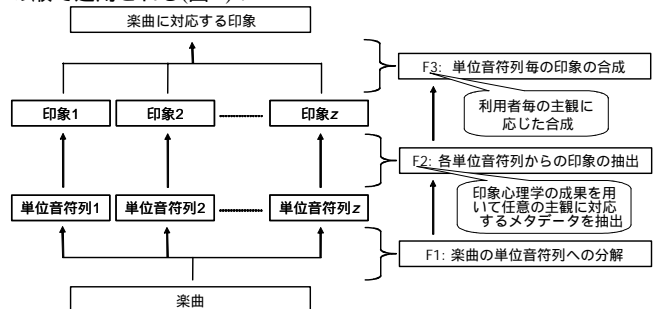


図2 提案方式概要
Fig.2 An Overview of the Proposed Method

2.1 楽曲分割機能

(F1) $f_{division}(M_h, S_j, U_k) \{T_{[h,1,1]}, \dots, T_{[h,f,g]}\}$
F1は、楽曲 M_h を、 $f \times g$ 個の単位音符列 $T_{[h,m,n]}$ に分解する。 h は楽曲の識別子、 m は時区間、 n はトラックの識別子を表す。 S_j は、時区間に分割するための分割機能を表し、 j はその識別子を表す。また、楽譜、音色などに応じたトラック分割機能を、 U_k として定義

^{*} 正会員 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 naoki@mdl.sfc.keio.ac.jp
^{*} 正会員 慶應義塾大学環境情報学部 kiyoki@mdl.sfc.keio.ac.jp
^{*} 慶應義塾大学 SFC 研究所 gami@infoworks.co.jp
^{*} 正会員 筑波大学学術情報処理センター akira@cc.tsukuba.ac.jp

する。k は、トラック分割機能の識別子を表す。この機能により、F2において用いる音楽心理学研究の成果に応じた、単位音符列が生成され、既存の音楽心理学研究[1][11][12]へ適用可能となる。

2.2 印象メタデータ抽出機能

$$(F2) f_{extract}(T_{[h,m,n]}, P_i) \{I_{[h,1,m,n]}, \dots, I_{[h,e,m,n]}\}$$

F2は、音符列 $T_{[h,m,n]}$ を、印象メタデータの表現に変換する機能で、e 個の形容詞群との相関量 $I_{[h,l,m,n]}$ を出力する。I は形容詞の識別子を表す。印象空間 P_i は、印象語群、および、音符列との相関量を有する。すなわち、提案方式は、既存の音楽心理学研究をこの P_i として実現することにより、任意の音楽心理学研究に応じた印象メタデータ抽出を行う枠組みを有する。

2.3 印象メタデータ合成機能

$$(F3) f_{aggregate}(Q_s, R_t, \{I_{[h,1,1,1]}, \dots, I_{[h,e,t,g]}\}) \{K_{[h,1]}, \dots, K_{[h,e]}\}$$

F3は、マトリックス構造で表された印象メタデータを合成する機能で、形容詞との相関量 $K_{[h,l]}$ を出力する。Q はトラック間合成機能を表し、s はその識別子を表す。R_t は時区間合成機能を表し、t はその識別子を表す。複数の単位音符列が構造化された複雑な楽曲では、トラック毎の重要度、時区間毎の重要度などに応じて、楽曲の与える印象が、主観毎に異なる。従って、提案方式は、主観毎に合成機能を選択的に利用できる枠組みを有するため、異なる主観に対応する印象メタデータの生成を実現する。

3. 印象メタデータ抽出の実現方式

本方式の実現として、Standard MIDI File(以下単に SMF)を対象楽曲データの構造として用い、実装を行った。

3.1 楽曲分割機能

(DM1) トラック分割機能

トラック分割機能として、SMF の各トラックを、音符配列群として分解する機能を実現した。

(DM2) 時区間分割機能

SMF 上の分割点を明示的に与える事で、楽曲データを時間的に分割する機能を実現した。

3.2 印象メタデータ抽出機能

Hevner の研究[1]を用いたシングルトラック方式[5][14]を拡張した印象メタデータの抽出機能を実現した。Hevner の研究は、楽曲の構造を規定する要素(以下楽曲構造要素と記す)として、調性(key)、テンポ(tempo)、音高(pitch)、リズム(rhythm)、和声(harmony)、旋律(melody)の6つに着目し、この6つの楽曲構造要素と、8つの印象語群(図3)によって表現される印象との相関関係を検証した。8つの印象語群は、図のように、印象語間で類似性があるものを隣接するよう円形に配置された。Hevner は、楽曲構造要素と、印象語群によって表現される印象との相関関係を調べ、印象語群によって表現される8つの印象に対する各楽曲構造要素の相対重要性を示した(表1)。

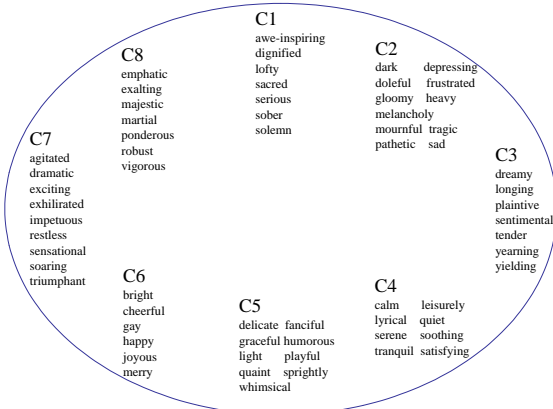


図3 Hevner により定義された形容詞群
Fig.3 Adjectives Defined by Hevner

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Key	長調	短調	短調	長調	長調	長調	---	---
	14	20	12	3	21	24		
Tempo	遅い	遅い	遅い	遅い	速い	速い	速い	速い
	14	12	16	20	6	20	21	6
Pitch	低い	低い	高い	高い	高い	高い	低い	低い
	10	19	6	8	16	6	9	13
Rhythm	固定	固定	流動	流動	流動	流動	固定	固定
	18	3	9	2	8	10	2	10
Harmony	単純	複雑	単純	単純	単純	単純	複雑	複雑
	3	7	4	10	12	16	14	8
Melody	上昇	---	---	上昇	下降	---	下降	下降
	4			3	3		7	8

表1 Hevner の印象語群に対する楽曲構造要素の相対重要性
Table 1 The Relative Importance of the Musical Structure Elements Corresponding to the Impressionistic Words

提案方式は、以上の Hevner の研究成果を用いたシングルトラック方式[5][14]を対象として、次に示す印象メタデータクリーニング機能を加えることで、複数の楽器、時間的な構造変化を有する複雑な音楽データを対象とした印象メタデータの抽出へ、適用可能とした。

印象メタデータクリーニング機能は、相関量 $I_{[h,l,m,n]}$ が低い印象語群を、印象メタデータから排除する。提案方式では、Hevner の研究を用いて複数の音符列から得られた印象メタデータを合成し、楽曲の印象メタデータを生成するため、相関量の低い印象語群が、印象メタデータの合成において累積し、結果の精度を低下させてしまう。したがって、本実現では、有意と認められる相関量の下限を、閾値 r として定め、相関量が r より低い印象語群は、印象メタデータから排除する。印象語群との相関量 $I'_{[h,l,m,n]}$ は、次式から求める。

$$I'_{[h,l,m,n]} = \begin{cases} I_{[h,l,m,n]}, & I_{[h,l,m,n]} \geq r \\ 0, & I_{[h,l,m,n]} < r \end{cases}$$

3.3 印象メタデータ合成機能

(IM1) トラック間合成機能

(Step-A) トラック重要度の反映

トラックの重要度は、音量の平均が大きいトラックほど重要度は高く、音高の平均が高いトラックほど重要度は高く、また、演奏の時間が長いトラックほど重要度は高いという前提において、以下の3種類の要素を重み付け決定要素とした。なお、ここで述べるトラックの重要度とは、トラックによる楽曲の印象に与える影響の大小を示すもので、重み付け決定要素はそれぞれ、0~a の範囲で正規化する。本論文の実験では、 $a=1$ とした。

- 音量の平均値, $V_{[h,m,n]}$
- 音高の平均値, $mn_{[h,m,n]}$
- 演奏時間, $p_{[h,m,n]}$

重み付け決定要素は、トラック毎に抽出し、音量、音高に関しては、そのトラック内での最大値で割ることにより求めた。また、これらの重み付け決定要素を用いて、次の重み付け関数を設計・実現した。 $W_{[h,m,n]}$ はいずれかの重み付け決定要素、 c はそれぞれの関数が用いる定数を表す。

- 線形関数, $I''_{[h,l,m,n]} = I'_{[h,l,m,n]} \times W_{[h,m,n]}$
- n 次関数, $I''_{[h,l,m,n]} = I'_{[h,l,m,n]} \times W_{[h,m,n]}^c$
- 指数関数, $I''_{[h,l,m,n]} = I'_{[h,l,m,n]} \times c^{W_{[h,m,n]}}$
- 対数関数, $I''_{[h,l,m,n]} = I'_{[h,l,m,n]} \times \log_c(W_{[h,m,n]} + 1)$

(Step-B) トラック毎の印象メタデータの合成

トラック毎の重要度を反映し、重み付けられたトラック毎の相関量 $I''_{[h,l,m,n]}$ から、時区間 m に対応する相関量 $J_{[h,l,m]}$ を生成する。本論文の実験では、次式で示すように、印象語群毎の和を求めることで、印象語群との相関量を生成する。

$$J_{[h,l,m]} = \sum_{n=1}^g I''_{[h,l,m,n]}$$

(IM2) 時区間合成機能

時区間合成機能は、時区間毎の印象メタデータ($J_{[h,1,1]}, \dots, J_{[h,8,g]}$)を合成し、楽曲に対応する印象メタデータ($K_{[h,1]}, \dots, K_{[h,8]}$)を生成する。本実現では、次式で示すように、各時区間の印象の総和が、楽曲の印象

に相当すると仮定し、時区毎に生成された印象メタデータを合算する方式を構築した。

$$K_{[h,l]} = \sum_{m=1}^f J_{[h,l,m]}$$

4. 実験

4.1 実験 1

4.1.1 実験手法

本実験の有する 3 種類の重み付け決定要素, 3 種類の重み付け関数の全組み合わせから, 各被験者それぞれに適した重み付け決定要素, 重み付け関数を抽出する。

本実験では, 複数のトラックから構成され, かつ, 時間的に印象が変化しない 154 の短い楽曲データ集合を対象として, 2 名の被験者それぞれの主観に最も近似する重み付け決定要素, および, 重み付け関数を抽出する。正解データは, 2 名の被験者が, それぞれ, 対応する形容詞群(C1~C8)を主観により任意個選択・設定した。

各楽曲の印象メタデータ $K_{[h,l]}$ において, 最大の相関量を得た印象語を, 提案方式, および, シングルトラック方式の出力メタデータと捉え, また, その印象語が正解メタデータ $A_{[h,l]}$ として設定されている楽曲を, 本実験における適合楽曲と定義すると, 適合楽曲の比率(以下適合楽曲率と記す)は, 全楽曲中の適合楽曲数により求められる。また, 各重み付け決定要素, 重み付け関数の差を明確にするため, 印象メタデータクリーニング機能の用いる相関量の閾値 r を高く設定($r=10$)し, 適合楽曲率を用いて評価した。

4.1.2 実験結果と考察

各被験者の設定した正解メタデータが異なり, かつ, 最も適合する重み付け決定要素が被験者毎に異なることが確認された。被験者 1 の主観では, 重み付け決定要素として演奏時間, 重み付け関数として指数関数が適合した(表 2)。被験者 2 の主観では, 重み付け決定要素として音量, 重み付け関数として指数関数が適合した(表 3)。この結果より, 以降の実験では, これらのパラメータを用いる。

	音高	音量	演奏
線形関数	0.4805	0.4480	0.4610
n 次関数	0.3961	0.4935	0.4285
指数関数	0.4025	0.4415	0.4220
対数関数	0.5389	0.5649	0.5779

表 2 重み付け決定要素と重み付け関数(被験者 1)

Table 2 The Weighting Elements and Functions for the Testee 1

	音高	音量	演奏
線形関数	0.4220	0.4090	0.4155
n 次関数	0.2857	0.3636	0.2597
指数関数	0.2532	0.2402	0.2467
対数関数	0.5129	0.5649	0.5389

表 3 重み付け決定要素と重み付け関数(被験者 2)

Table 3 The Weighting Elements and Functions for the Testee 2

4.2 実験 2

4.2.1 実験手法

提案方式とシングルトラック方式を比較することで, トラック間合成機能の有効性, および, 実現可能性を評価する。

本実験では, 提案方式が有するトラック間合成機能の有効性を検証するため, 実験 1 で用いた 154 の楽曲データ集合を対象として, 印象メタデータクリーニング機能の用いる閾値 r を, 0~14 の範囲で連続的に推移させ, 提案方式, および, シングルトラック方式を用いて印象メタデータ抽出を行う。なお, シングルトラック方式については, 実験データが有するヴォーカル・メロディのみを選択的に使用し, 適用するものとした。

更に, 提案方式, および, シングルトラック方式が抽出する印象メタデータの評価を行う指標として, 次に示す適合率 G , および, 再現率 H を用いる。これらの値は, 正解メタデータ $A_{[h,l]}$ において定義された印象メタデータと, 提案方式, シングルトラック方式の抽出する印象メタデータ $K_{[h,l]}$ の類似性を計量する指標である。

$$G = \frac{\sum_{h=1}^{154} \sum_{l=1}^8 E_1((K_{[h,l]} > 0) \wedge (A_{[h,l]} = true))}{\sum_{h=1}^{154} \sum_{l=1}^8 E_1(K_{[h,l]} > 0)}$$

$$H = \frac{\sum_{h=1}^{154} \sum_{l=1}^8 E_1((K_{[h,l]} > 0) \wedge (A_{[h,l]} = true))}{\sum_{h=1}^{154} \sum_{l=1}^8 E_1(A_{[h,l]} = true)}$$

$$E_1(p) = \begin{cases} 1 & \text{if } p = true \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

4.2.2 実験結果と考察

第 1 に, 複数楽曲から構成される楽曲データを対象として, 両被験者共に, 提案方式が, シングルトラック方式に比べ, 高い再現率を有することが確認された(図 4)。同図では, 提案方式の結果を MT, シングルトラック方式の結果を ST としてプロットしている。

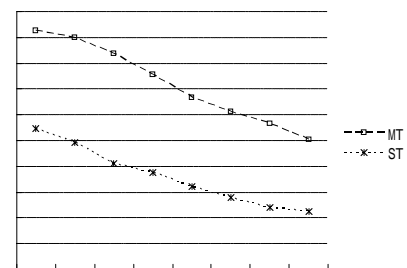


図 4 MT および ST の再現率(被験者 1)
Fig.4 Recall of MT and ST for the Testee 1

第 2 に, 印象メタデータクリーニング機能の用いる相関量の閾値 r を増加させることで, 抽出されるメタデータ数を減少させ, 誤った印象メタデータを排除可能であることが確認された(図 5)。

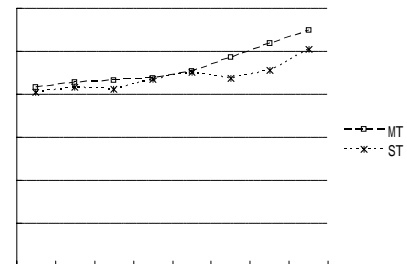


図 5 MT および ST の適合率(被験者 1)
Fig.5 Precision of MT and ST for the Testee 1

被験者 2 の結果においても同様の結果を得たことから, 提案方式の有するトラック間合成機能が, 既存の方式に比べ, 複数のトラックから構成される楽曲を対象として, 印象メタデータを, 有効に抽出することを確認した。

4.3 実験 3

4.3.1 実験手法

トラック間合成機能 時区間合成機能を有する提案方式, および, トラック間合成機能のみを有する方式を比較することで, 時区間合成機能の有効性を評価する。

評価には, 時間的に印象が変化する 15 の長い楽曲集合, 楽曲集合に対応する 2 名の被験者の正解メタデータ, 実験 2 で用いた再現率,

および、適合率を用いる。

4.3.2 実験結果と考察

第1に、提案方式は、時区毎の印象メタデータを生成し、それらを合成することで、より多くの正解を、印象メタデータとして抽出した(図6)。同図では、提案方式の結果を時間分割、トラック間合成機能のみを有する方式の結果を時間非分割と記し、マッピングした。同図は、時間的に構造が変化する楽曲データ全体を対象として、相対的に短い単位音符列を前提とした Hevner の研究成果を適用することが、困難であることを示している(同図における時間非分割)。すなわち、楽曲全体を対象としてトラック間合成機能を適用することで、本来時間的に変化する調、リズム、テンポ、ピッチなどの楽曲構造要素が、統計的に集約、もしくは、相殺されてしまうことに起因すると考えられる。

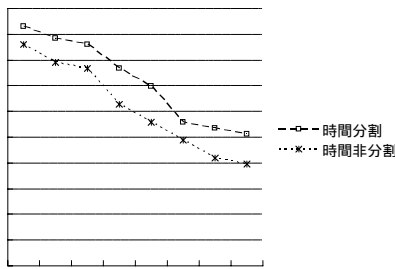


図6 時間分割方式および時間非分割方式の再現率(被験者1)
Fig.6 Recall of the Temporal Combine Method for the Testee 1

第2に、適合率に大きな変化は観測されなかった(図7)。しかしながら、第1、第2の結果、および、被験者2の結果においても同様の結果を得たことから、提案方式が、既存の方式に比べ、不正解を増加させず、正解を増加させたことが確認された。

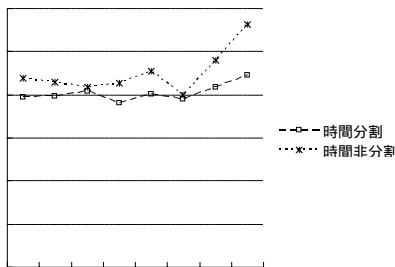


図7 時間分割方式および時間非分割方式の適合率(被験者1)
Fig.7 Precision of the Temporal Combine Method for the Testee 1

以上のことから、提案方式の有する時区間合成機能が、印象メタデータの動的な抽出において、有効であることを確認した。

5. 結論

本論文では、複数の音符列から構成され、かつ、時間的に構造が変化する楽曲データを対象として、印象を表す形容詞群、および、その形容詞群との相関量を動的に抽出する印象メタデータの抽出方式を提案した。本方式の特徴は、複数の楽器表現によって構成される楽曲を対象として、楽器毎、時区毎の音符配列に音楽心理学の成果を適用することにより、印象語との相関量を動的に計算し、また、音符列毎に計算された印象語との相関量を主観に応じ動的に合成することにより、楽曲に対応する印象メタデータを抽出する。本論文では、実験により、提案方式と従来方式を比較することで、提案方式の有効性、および、実現可能性を示した。

【謝辞】

本研究に当たって貴重な御助言を頂いた筑波大学教授の北川高嗣氏、慶應義塾大学講師の吉田尚史氏、伊地智麻子氏、また、実験システムの構築において御支援頂いた筑波大学の高木秀幸氏、慶應義塾大学の大前寛子氏に感謝の意を表します。本研究の一部は、日本学術振興会学術創成研究プロジェクト「人文社会科学と自然科学を連携するメタレベル知識ベースシステムの開発」によるものである。ここに記して謝意を表します。

【文献】

- [1] Hevner, K.: "Experimental Studies of the Elements of Expression in Music," American Journal of Psychology, Vol.48, pp.246-268 (1936).
- [2] 伊地智 麻子, 清木 康: "発想標語を用いたクラシック音楽メタデータ生成による意味的連想検索方式," 第12回データ工学ワークショップ(DEWS2001)論文集, 4B-4 (2001).
- [3] 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," 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.12, pp.3201-3212 (2001).
- [4] ISO: "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s -- Part 3: Audio," ISO 11172-3 (1993).
- [5] Kitagawa, T. and Kiyoki, Y.: "Fundamental Framework for Media Data Retrieval Systems Using Media-lexico Transformation Operator - In the Case of Musical MIDI Data", Proceedings of THE TENTH EUROPEAN-JAPANESE CONFERENCE ON INFORMATION MODELLING AND KNOWLEDGE BASES, (2000).
- [6] 小杉 尚子, 小島 明, 片岡 良治, 串間 和彦: "大規模音楽データベースのハミング検索システム," 情報処理学会論文誌, Vol.43 No.02, pp.287-298 (2002).
- [7] 熊本 忠彦, 太田 公子: "印象に基づく楽曲検索: 検索ニーズに合った印象尺度の設計," 情報処理学会研究報告, NL-147-6, pp.35-40 (2002).
- [8] 熊本 忠彦, 太田 公子: "印象に基づく楽曲検索のための音楽作品データベース構築システム," 人工知能学会全国大会(第16回)論文集, 1E4-04, pp.1-4 (2002).
- [9] 小川 潤, 佐藤 聡, 北上 始: "感性に基づく音楽作品のための類似度計算方式," 情報処理学会 データベースと Web 情報システムに関するシンポジウム (DBWeb2000) 論文集, pp.229-234 (2000).
- [10] 佐藤 聡, 菊池 幸平, 北上 始: "音楽データを対象としたイメージ検索のための感情値の自動生成," 情報処理学会研究報告, DBS-118-8, FI-54-8, pp.57-64 (1999).
- [11] 谷口 高士: "音楽作品の感情測定尺度の作成および多面的感情状態尺度との関連検討," 心理学研究, Vol.65, No.6, pp.463-470 (1995).
- [12] 梅本 堯夫: "調と表現," 「音楽心理学」, pp.237-256, 誠信書房 (1966).
- [13] 柳瀬 隆史, 高須 淳宏, 安達 淳: "メロディからの特徴抽出による曲検索システム," 電子情報通信学会 第10回データ工学ワークショップ(DEWS1999)論文集, 2B-5 (1999).
- [14] 吉野 太智, 高木 秀幸, 清木 康, 北川 高嗣: "楽曲データを対象としたメタデータ自動生成方式とその意味的連想検索への適用," データベースシステム, No.7, pp.109-116 (1998).

石橋 直樹 Naoki ISHIBASHI

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科助手。2000年同大学院同研究科博士課程単位取得後退学。データベースシステム、マルチメディアシステムの研究開発に従事。日本データベース学会、ACM、情報処理学会各会員。

清木 康 Yasushi KIYOKI

慶應義塾大学環境情報学部教授。1983年同大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。データベースシステム、知識ベースシステム、マルチメディアシステムの研究に従事。日本データベース学会、ACM、IEEE、情報処理学会、電子情報通信学会各会員。

中神 康裕 Yasuhiro NAKAGAMI

慶應義塾大学 SFC 研究所訪問研究員。中神情報技術研究所代表。マルチメディアシステム、音楽情報処理の研究開発、および、適用事業に従事。

佐藤 聡 Akira SATO

筑波大学学術情報処理センター講師。1996年筑波大学大学院工学研究科電子・情報工学専攻退学。博士(工学)。データベースシステム、空間情報処理、音楽情報処理に関する情報に従事。日本データベース学会、情報処理学会、電子情報通信学会、地理情報システム学会各会員。