

# 時代・文化に応じた色-印象知識による文化財画像メタデータ自動抽出システムの実現方式

An Implementation Method of an Image Metadata Extraction System by using Historical and Cultural Semantics of Color

板橋 美子<sup>†</sup> 佐々木 史織<sup>+</sup>  
吉田 尚史<sup>†</sup> 清木 康<sup>‡</sup>

Yoshiko ITABASHI<sup>†</sup> Shiori SASAKI<sup>+</sup>  
Naofumi YOSHIDA<sup>†</sup> Yasushi KIYOKI<sup>‡</sup>

本稿では、画像データを対象として、時代・文化に応じた色のセマンティクスを色-印象知識として与えることにより、時代・文化に応じた印象語をメタデータとして自動抽出するシステムの実現方式を示す。具体的には、対象画像データの色彩分布を特徴ベクトルとして求め、時代・文化・様式に色-印象を対応付けた知識を用いて印象語との相関を計量し、印象を表現する単語群をメタデータとして自動抽出する。さらに、絵巻物など特定の様式・時代背景で作成・編集された一連の画像データ群を対象とする場合、画像を特徴づける色を強調した色彩分布を用いて相関を計量することにより、画像毎に異なる印象を抽出する。本方式により、電子図書館や電子美術館などにおいてデジタルアーカイブされた大量の文化財画像データを対象として、時代・文化に応じた印象語群をメタデータとして自動的に付与することが可能となる。

In this paper, we propose an implementation method of a metadata extraction system for image data of cultural property by using historical and cultural semantics of the relation between color and impression as existing knowledge. First, we set multiple color-impression matrices according to historical and cultural semantics. Second, we create a color histogram from target image data as a feature vector, and convert a set of weighted impression-words by the correlation calculation of the color-impression matrix and the feature vector, for each era or culture. Third, for an image data collection manufactured in a specific format and background, we highlight minor color used in the collection and extract appropriate impression-words. By our method, we can extract impression-words as metadata according to historical and cultural semantics of color from a large number of image data of cultural property in digital archives, such as electronic library or electronic museum,

<sup>†</sup>正会員 慶應義塾大学 SFC研究所  
[itabasiy\\_naofumi@sfc.keio.ac.jp](mailto:itabasiy_naofumi@sfc.keio.ac.jp)

<sup>+</sup>正会員 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
[sashiori@mdbl.sfc.keio.ac.jp](mailto:sashiori@mdbl.sfc.keio.ac.jp)

<sup>‡</sup>正会員 慶應義塾大学環境情報学部 [kivoki@sfc.keio.ac.jp](mailto:kivoki@sfc.keio.ac.jp)

automatically.

## 1. はじめに

マルチメディア技術の普及により、画像、音声、動画等様々な形態の多量のデータが製作され、重要な文化財の画像コレクションも、時代や様式について分類されてデータベース化されている。このようなデータを検索するために、画像が人間に与える印象に着目して、画像データの内容を表現するメタデータを自動的に抽出する技術が研究されている [1] [2] [3]。

画像が与える印象は、画像に使用される色や配色に大きく左右される。したがって、色、配色から印象を計量することが可能と考えられる [3] [4] [5]。画像の色彩情報から印象を抽出するには、画像からヒューリスティクスを用いて3色あるいは数色からなる配色を抽出する方法 [6] と画像に使用されるすべての色を分析の対象にして印象を重み付けられた単語群として抽出する方法 [3] がある。構図や様式が大きく異なる画像に適用するには後者が有効である。

しかし、画像の色彩分布からの印象抽出を、同一の方法を背景となる時代、文化や様式の異なる文化財画像に適用すると、色の分布の違いや色の持つ意味の違いや画像コレクション毎の色の分布の偏りに起因して、有効なメタデータが得られないことがあるという課題がある。

本稿では、絵画等の文化財データについては、製作された時代、製作様式は既知であるとし、時代・文化に応じた知識を反映する手段を提供し、共通する製作様式での色彩の分布の偏りを考慮して、他の画像に存在しない色の印象を重視して印象を抽出する方法を提案する。

本稿では、この方式を実際の電子図書館においてデジタルアーカイブされた文化財データに適用し、実験によりこの方式の実現可能性および有効性を検証する。

## 2. 提案方式

### 2.1 本システムの特徴

文化財の画像からの印象抽出では、次のような問題がある。

- (1) 色彩の与える印象は、時代によって大きく異なるものもある [7]。
- (2) 文化財には、特定のテーマに基づく連作や、同一の様式で製作されたものがある。このような文化財の画像の特定の色に重要な意味づけがされている場合や、同一の色の背景が用いられている場合がある。
- (3) 文化財の画像には、様式や時代背景などの理由で色の出現頻度にコレクション毎に大きく偏りがある。

本システムの第一の特徴は、問題(1)に対して、文化財の画像に適用する色と印象の対応を記述する色-印象マトリックスの時代・文化毎の設定を可能とした点である。

第二の特徴は、問題(2)に対して、既知の画像群の色の使用に関する知識が得られる場合、それを重要色、背景色の知識として組み込んで印象語を抽出することを可能にした点である。

第三の特徴は、問題(3)に対して、個々の画像の印象を決定付ける特徴色が、出現する画像数の少ない色であるという仮説に基づき、コレクションの画像群における色の出現頻度を反映した、特徴色の重み付けをおこなった点である。この方式により、画像群の色に関する知識が得られない場合においても個々の画像の印象語を抽出することを可能にした。

2.2 色-印象マトリックス

色-印象マトリックスは、色と印象語との関連付けを数値として示し、本システムの実現上の重要な要素である。

色-印象マトリックスは、印象を表現するのに十分な基本色  $m$  色を選択し、各印象語を表現する配色に現れる基本色の頻度を数値化したものを印象語-色ベクトル  $e_i = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{im}\}$  として表現し、それを適用する画像から抽出する可能性のある印象語  $n$  語を網羅して作成した  $n$  行  $m$  列のマトリックスである。画像に適用する  $n$  語の印象語の印象語-色ベクトルを行ベクトルとする (図 1)。

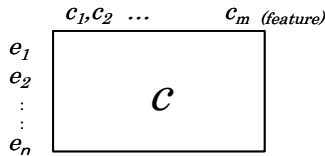


図 1 色-印象マトリックス C  
Fig.1 Color-Impression Matrix C

色-印象マトリックスは、色彩心理学や対象となる文化の美術、服飾などの情報から作成する。文化財の作成された時代に適用できる色-印象マトリックスを作成するには、その時代の文化に関する専門家や文献等の知識を反映したものを作成しなければならない。

2.3 システム構成

本システムは、以下の4つの機能によって構成される。

- (機能1) カラーヒストグラム生成機能
- (機能2) 印象語抽出機能
- (機能3) 重要色強調, 背景色削除機能
- (機能4) 特徴色による重み付け機能

機能3, 4は、実行時に適用の有無を選択する。以下、個々の機能を説明する (図 2)。

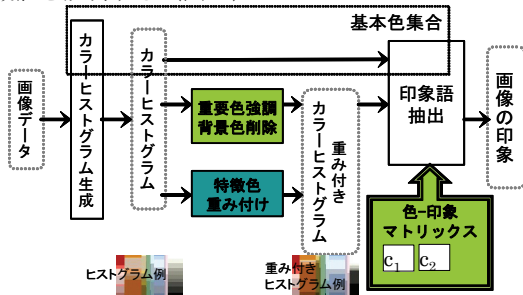


図 2 システム構成  
Fig.2 Image Metadata Extraction System Architecture

(機能1) カラーヒストグラム生成機能

画像ファイルを入力して、画像の各画素の色からシステムで設定された  $m$  個の基本色についてカラーヒストグラムを作成する。ここでは、各画像  $d$  における基本色  $c_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) の画素数を求め、各画像の全画素数で正規化し、面積比として算出したものを用いる。このカラーヒストグラムを画像の特徴ベクトル  $h$  とする。

$$h = (h_1, h_2, \dots, h_m)$$

本システムでは、図 2 中の例のように、矩形の中の色面積比として可視化する。

(機能2) 印象語抽出機能

画像  $I$  と印象語  $e_k$  の相関量  $I_k$  は画像の特徴ベクトル  $h$  と印象語-色ベクトル  $e_k = \{e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{km}\}$  を用いて次のように計算できる。相関量は、印象語の重みを正規化するためにコサイン尺度を用いる。

$$I_k = \frac{\sum_{i=1}^m h_i \cdot e_{ki}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m h_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m e_{ki}^2}}$$

$h_i$ : 画像の色  $C_i$  のヒストグラム要素  
 $e_{ki}$ : 印象語  $e_k$  の色  $C_i$  の重み

(機能3) 重要色強調, 背景色削除機能

対象画像群によっては、特定の色が特に重要な意味や印象を持つことがある。また、絵巻物などの一連の画像群では背景として使用される共通する色を特定できる場合がある。

このような色の集合が既知の場合、重み付け対象の色の集合  $c^h = \{c^{h_1}, c^{h_2}, \dots\}$  として指定して、集合ごとに重み付け係数を定義することにより、重要色の強調と背景色の削除をおこなう。

$$c_i \in c^h \quad h'_i = w^h \cdot h_i$$

$$c_i \notin c^h \quad h'_i = h_i$$

$h_i$ : 画像の色  $C_i$  のヒストグラム要素

$h'_i$ : 画像の色  $C_i$  の重み付け後のヒストグラム要素

$w^h > 1$ : 重要色重み付け係数

$w^h < 1$ : 背景色重み付け係数

(機能4) 特徴色による重み付け機能

特定の様式・時代背景で描かれた一連の対象画像群を対象として、印象への寄与は画像群に現れる画像数が少ないほど高いという仮説にもとづき、カラーヒストグラム中の各値に重みをつける。この重み付け係数を *IIF* (Inverse Image Frequency) と呼ぶ。重み付けは次のような手順でおこなわれる。

- (1) 同一の様式・背景で作成された画像群を選定する。
- (2) 画像群に含まれる全画像のカラーヒストグラムを作成する。
- (3) カラーヒストグラムの各色毎に、一定の閾値以上の面積で含む画像数を集計する。
- (4) 各色  $c$  に対して、重み付け係数  $IIF(c)$  を以下のように算出する。

$$n(c) \neq 0 \quad iif(c) = \log \left( \frac{N}{n(c)} \right) \quad \begin{matrix} \varepsilon: \text{色面積比の閾値} \\ N: \text{全画像数} \end{matrix}$$

$$n(c) = 0 \quad iif(c) = 0 \quad \begin{matrix} n(c): c \text{ が } \varepsilon \text{ 以上存在} \\ \text{する画像数} \end{matrix}$$

- (5) 算出した重み付け係数により、重み付け後のカラーヒストグラムを得る。

$$h'_i = iif(c_i) \cdot h_i$$

$h_i$ : 画像の色  $C_i$  のヒストグラム要素

$h'_i$ : 画像の色  $C_i$  の重み付け後のヒストグラム要素

3. 実験

本方式の実現可能性および有効性を検証するため、以下の実験環境を設定し、各機能の組み合わせによる実験を行った。

**実験 1** 実験用に作成された一連のテーマを持った 10 枚の画像を対象に、重要色強調, 背景色削除, 特徴色による重み付けの各機能を適用して印象語を抽出し、重み付けの効果进行评估する。

**実験 2** 江戸時代の役者絵の画像 [10] を対象に、現代色彩心理学における研究成果を反映した色-印象マトリックスと江戸時代の色-印象知識を反映したマトリックスを適用して印象語を抽出する。さらに、特徴色抽出の画像群の指定を変えることによる抽出印象の違いを評価する。

**実験3** 室町時代の「お伽草子」の「烏帽子折草子」の挿絵 37 枚 [11] を対象とし、また、特徴色による重み付けによる印象のばらつきと、コンテキストとの関連を評価する。

なお、メタデータ抽出のための基本色としては、カラーイメージスケール [8] による有彩色 120 色、および、無彩色 10 色の計 130 色を用いる。

実験で使用した色-印象マトリックスの基本は、カラーイメージスケール [8] の印象語 180 のうち、和風の印象語 80 を使用している。なお、和風の印象語の選択は、参考文献 [9] による。

特徴色による重み付けの閾値については、5%~0.5%の範囲で予備実験を実施し、1%の値を使用している。

ヒストグラム生成方式については、画像の各画素のRGB値についてHSV値に変換し、カラーイメージスケール [8] の代表色 130 色のRGB値に対して、HSV空間の円錐モデルで最も近い色を選択して、画像全体の 130 色の占める各割合を算出した。

**3.1 実験1**

**3.1.1 実験方法**

実験1は、実験用に作成された源平合戦をモチーフとする 11 色からなる画像 10 枚を対象として、ヒストグラムの重み付けをおこない、背景色削除と重要色強調、特徴色抽出の効果を評価した。図3は実験に使用した画像で、源氏の白旗、

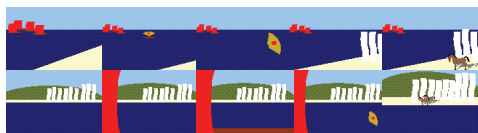


図3 実験1の画像  
Fig.3 Images for Experiment 1

平家の赤旗、金の扇などが描かれている。

色-印象マトリックスは基本のマトリックスに、画

像の扱うモチーフに依存した、平家方（あざやかな赤）と源氏方（純白）という印象語と色の関係を追加した。

重要色強調の重み付けとして、平家方と源氏方を表現する、あざやかな赤と純白の2色の重みを2倍にする。背景色削除重み付けとして、空と海に使用される3色の重みを0とする。

重み付け後の画像の特徴ベクトルと印象語の特徴ベクトルのコサイン尺度が高いものを10件ランクする。なお、コサイン尺度が0.2未満のものは、強い相関がないものとして切り捨てる。

**3.1.2 実験結果**

表1に10個の画像について現れる要素の数と、各手法での検出数にまとめた。源氏方と平家方に関しては、背景色と重要色の知識を使用した場合によく検出され、知識を与えられない要素については、特徴色による重み付けによりよく検出される。重み付けをおこなわない場合は、空と海の色を反映した「さわやかな」のような印象が主に検出された。

表1 画像に即した印象語を検出した画像数(実験1)

Table 1 Detect Image Count For Impression (Experiment 1)

	画像数	配色を反映した印象語を検出した画像数		
		原ヒストグラム	背景色と重要色の重み付け	特徴色による重み付け
源氏方	7	5	7	6
平家方	8	3	5	4
扇	3	0	1	2
馬	1	0	0	1
山	5	0	0	4

**3.2 実験2**

実験2は、東京都立美術館の江戸時代の浮世絵コレクション 1020 枚を対象として、色-印象マトリックスの現代版と江戸版による抽出印象の違いと、特徴色抽出の集合を変えるこ

とによる、抽出される印象の違いを例により示す。



図4 画像例(3枚組) †  
Fig.4 Image Examples(3 Image-Set)

図4は、東京都立中央図書館特別文庫室の貴重資料画像データベース [10] のコレクションの内「天地人寿々む舞玉」3枚組 ‡ である。

表2の2,3列にカラーイメージスケールに基づく現代の色彩感覚に基づく色-印象マトリックスと実験用に作成した浮世絵の彩色の情報を反映した江戸版のマトリックスによる抽出印象の違いを示す。強い赤と暗い灰色の中心の配色を持つこの画像からは、現代人の感覚では重厚なイメージの印象語が抽出される一方、江戸時代の彩色ではよりダイナミックではなやかな印象語が抽出されていることが分かる。

3,4,5列には、特徴色による重み付けによる印象語抽出が、特徴色算出の画像群の選択によってどのように働くかを示す。特徴色による重み付けが画像群内での違いを強調する働きをすることがわかる。

表2 現代版と江戸版の色-印象マトリックスの適用例  
Table 2 An Example of Impression Words from Color-Impression Matrix For Different Eras

	現代版	江戸版 重み付けなし	江戸版 特徴色重み (1020枚による)	江戸版 特徴色重み (3枚組内の特徴)
左	タフな(0.427)	大胆な(0.453)	あてやかな(0.507)	温雅な(0.480)
	円熟した(0.349)	あてやかな(0.438)	大胆な(0.500)	なごやかな(0.474)
	豊潤な(0.348)	情熱的な(0.418)	情熱的な(0.466)	おおらかな(0.446)
	鈍っぽい(0.340)	円熟した(0.349)	豊かな(0.380)	堅実な(0.435)
	あてやかな(0.340)	豊潤な(0.348)	豊潤な(0.375)	くつろいだ(0.431)
中央	重厚な(0.391)	円熟した(0.318)	豊かな(0.401)	風格のある(0.411)
	フォーマルな(0.372)	風格のある(0.297)	大胆な(0.384)	
	円熟した(0.318)	大胆な(0.263)	円熟した(0.375)	
	理知的な(0.317)	冷静な(0.260)	あてやかな(0.360)	
	がっしりした(0.300)	緻密な(0.254)	情熱的な(0.360)	
右	フォーマルな(0.460)	大胆な(0.369)	大胆な(0.546)	風格のある(0.458)
	理知的な(0.427)	情熱的な(0.324)	情熱的な(0.495)	温雅な(0.438)
	重厚な(0.401)	冷静な(0.313)	あてやかな(0.478)	奥ゆかしい(0.412)
	モダンな(0.356)	円熟した(0.276)	豊潤な(0.364)	おおらかな(0.395)
	神聖な(0.353)	あてやかな(0.265)	豊かな(0.344)	格調のある(0.384)

青字：3枚中の共通の印象語，赤字：3枚で異なる印象語

**3.3 実験3**

**3.3.1 実験の目的**

同一の時代背景と様式を用いて作成された実際の文化財のコレクション(京都大学電子図書館 貴重資料画像サイトの烏帽子折草子 [11] の挿絵画像 37 枚)を対象として、特徴色の重み付けにより、コレクション内の画像に対して、個々に異なる印象を抽出でき、その印象が画像のコンテキストに対して関連があることを示す。

色-印象マトリックスとしては、基本のマトリックスを用い、現代と共通する和風の配色感覚で分析をおこなった。特徴色重み付けは、13の草子の102枚の画像をすべて使用した。

**3.3.2 実験結果**

「烏帽子折草子」は、牛若丸の旅の物語を、持っている笛の由来を含めて展開していて、挿絵が37枚含まれている。37枚の画像に対して抽出された印象語上位10語をカラーイ

†東京都立図書館の貴重画像ライブラリ 5714-C051(1)-(3) 「天地人寿々む舞玉」東京都立中央図書館より掲載許可済

メーグスケール [8]により分類(casual, chic, classic, classic-dandy, clear, cool-casual, dandy, elegant, formal, gorgeous, modern, natural, pretty, romantic, wild, dynamic)する. 図 5 に, 37 枚の印象の分布を示す.

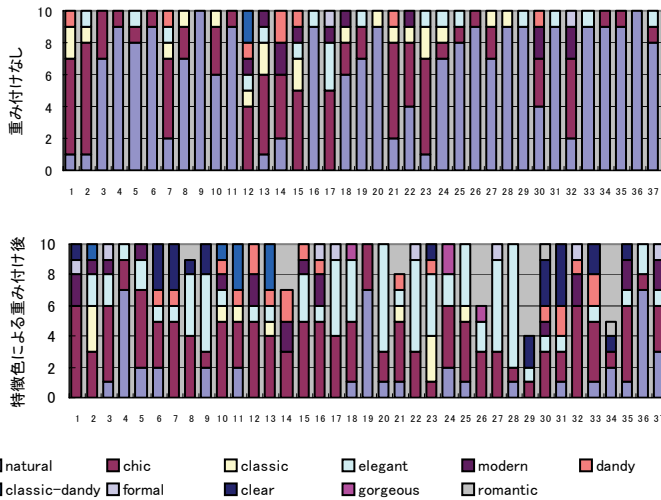


図 5 方式による画像の支配的な印象の違い(実験 3)  
Fig.5 Image Count For Group of Impression Words(Experiment 3)

特徴色による重み付けをおこなわず抽出される印象は, コレクションの配色を反映した natural な印象が支配的である(図 5 上). 特徴色による重み付けをおこなうと, 様々な異なる印象が抽出できる(図 5 下).

「豊潤な」のような gorgeous と分類される印象語と「清らかな」のような clear と分類される印象語は, 特徴色による重み付けなしでは抽出できない. 前者(gorgeous)は, 3 枚の絵で検出され, いずれも天皇が本来の身分に近い形で登場する, 宮中にいる場面(18), 流鏑馬の神事(24), 帝の還御(26)の場面である. これらの画像は重み付けなしでは, natural な印象が支配的になる. 後者(clear)は, 白との組み合わせの配色から検出され, 本来の身分での牛若丸の登場(1, 6-9, 29)や盗賊の本拠地の白壁(30-31, 33-35)などから検出されている.

chic な印象が強いとされた画像は人物が多く, elegant な印象が支配的とされた絵には, 神仏や霊の出現など異界の存在がある場面が多い. 画像ごとに抽出される異なる印象は, コンテキストと関連が認められる.

#### 4. まとめ

本稿では, 画像を対象として, 時代・文化に応じた色のセマンティクスを色-印象知識として与えることにより, 時代・文化に応じたメタデータを自動抽出するシステムの実現方式を示した.

本方式により, さまざまな時代に製作された文化財の画像のカラーヒストグラムを作成してデータベース化することによって, 文化背景に即し, かつ, 個々の画像を識別する印象語を抽出することが可能な基盤を実現した.

今後は, 本方式を, 大規模データを対象に適用し, 解析的・定量的な評価方法, 色-印象マトリックスの生成方式を検討し, 本方式の適用領域に関する検証を行う予定である.

#### 【謝辞】

本システムの実現にあたり, 貴重なアドバイスをいただいた慶應義塾大学 政策・メディア研究科 倉林修一さんに感謝の意を表す.

#### 【文献】

- [1] Michael S. Lew, Nicu Sebe, Chabane Djeraba, LIFL, France, Ramesh Jain: "Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges," ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMCCAP), Volume 2, Issue 1, pp. 1 - 19, (February 2006).
- [2] M. L. Kherfi, D. Ziou, A. Bernardi: "Image Retrieval from the World Wide Web: Issues, Techniques, and Systems," ACM Computing Surveys (CSUR), Volume 36, Issue 1, (March 2004).
- [3] 小谷 拓矢, 清木 康, 北川 高嗣: "色彩情報による静止画像メタデータ生成方式と意味的画像検索への適用," 電子情報通信学会 第9回データ工学ワークショップ(DEWS'98)論文集, 1998.
- [4] Yasushi Kiyoki, Takashi Kitagawa, Takanari Hayama: "A metadata system for semantic image search by a mathematical model of meaning," ACM SIGMOD Record, Volume 23 Issue 4, December 1994.
- [5] 北川高嗣, 中西崇文, 清木康: "静止画像メディアデータを対象としたメタデータ自動抽出方式の実現とその意味的画像検索への適用," 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.43, No.SIG12, pp. 38-51, 2002.
- [6] Kozaburo Hachimura: "Retrieval of Paintings Using Principal Color Information," Proc. CPR96, Vol.3, pp.130-134, 1996
- [7] 長崎盛輝: "日本人はいかに色に生きてきたか 色・彩飾の日本史," 淡光社, 1990.
- [8] 小林重順: "カラーイメージスケール改定版," 講談社, 2001.
- [9] 小林重順: "配色イメージワーク," 講談社, 1995.
- [10] 東京都立図書館: "貴重画像ライブラリ," <http://metro.tokyo.opac.jp/tml/tpic/>
- [11] 京都大学電子図書館: "貴重資料画像 挿絵とあらすじで楽しむ お伽草子," <http://ddb.libnet.kulib.kyoto-u.ac.jp/exhibit/otogi/cover/index.html>

#### 板橋 美子 Yoshiko ITABASHI

慶應義塾大学 SFC 研究所 上席研究員(訪問). 1980 お茶の水女子大学理学部物理学卒業. 1980~2003 三菱電機株式会社勤務. 2005 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士前期課程修了. マルチメディアシステムの研究・開発に従事. 情報処理学会, 日本データベース学会各会員.

#### 佐々木 史織 Shiori SASAKI

慶應義塾大学政策・メディア研究科助手. 2003 慶應義塾大学法学研究科博士課程単位取得退学. 国際関係データベースシステムの研究・開発に従事. 日本国際政治学会, 日本データベース学会各会員.

#### 吉田 尚史 Naofumi YOSHIDA

駒澤大学グローバル・メディア・スタディーズ講師および慶應義塾大学 SFC 研究所 上席研究員(訪問), 2001 筑波大学大学院博士課程工学研究科修了, 工学博士. 2001 慶應義塾大学政策・メディア研究科講師, 2006 より現職, データベースシステム, マルチメディアシステム, 医学情報システムに関する研究に従事. 日本データベース学会, ACM, IEEE, 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 慶應義塾大学工学研究科博士課程修了, 工学博士. 1984~1996 筑波大学電子・情報工学系講師, 助教授を経て, 1996 慶應義塾大学環境情報学部助教授, 1998 同教授. 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. ACM, IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会各会員.