

解 説

視覚感性の工学的なモデル化とその情報提供サービスへの応用

加藤 俊一*

(2008.5.2 受理)

KANSEI Engineering for Advanced Image Media Service

Toshikazu KATO*

This paper introduces a basic concept of computational modeling of perception processes for image media data. Such processes are modeled as hierarchical inter- and intra-relationships amongst information in physical, physiological, psychological and cognitive layers in perception. Based on our framework, this paper introduces some algorithms for content-based image media retrieval for advanced image media services. This paper also discusses consensus building in collaborative creative work using image media.

Keywords: KANSEI engineering, Hierarchical modeling of KANSEI, Physical, Physiological, Psychological and Cognitive level modeling, Similarity retrieval, Content-based retrieval, Subjective criteria.

本稿では、人間が画像などのマルチメディア情報を受容し、解釈し、生成し、外界に働きかける過程を、物理・生理・心理・認知的な知覚の階層間の対応関係として工学的にモデル化する方法論とその情報提供サービスへの応用について論じる。このモデル化により、利用者一人一人によって異なる感性、すなわち、情報の主観的な判断基準に適用できる感性的な情報提供サービスを構築できる。

本稿では、感性の各レベルに対応したモデルによって、画像特徴量を利用した例示検索、主観的な基準を模倣した類似検索、主観的なイメージ語による感性検索の内容検索の実現法を紹介する。また、応用例として、複数のデザイナーと顧客が共同作業的にデザインを進めるデザイン支援システムの試みを紹介する。

キーワード: 感性工学, 感性の階層的なモデル化, 物理的・生理的・心理的・認知的レベルのモデル化, 類似検索, 内容検索, 主観的基準

1. はじめに

我々は、人間が五感を通して物事を感じ取る過程を工学的にモデル化すると共に、そのモデルを利用して、情報提供サービスを高度化するための研究開発を展開してきている。

研究の当初は、パターン認識の対象を多様化することや、類似度の評価を柔軟に行えるようにすることに主眼があった^{1,2)}。しかし、研究の進展とともに、人間の知覚における判断や解釈に個人差があることが明らかとなり^{3,4)}、また、社会的・産業的にも、情報提供サービスにおいて画一的な検索ではなく、利用者一人一人の判断や解釈の仕方と親和性の良い情報処理が強く期待されるようになってきた。

このような背景から、我々は特に近年、五感に対応した知覚過程のマルチメディア性、これら知覚過程の間での相互作用を考慮したマルチモーダル性、知覚過程の個人性の計測・分析・

モデル化と、その情報提供サービスへの応用に関する研究開発を進めている。

本稿では、我々が研究開発してきた視覚感性の階層的なモデル化の考え方(多次元ベクトル空間法)を、風景写真、テクスチャ画像、3次元物体モデルなどのコンテンツに応用し、物理レベルの類似検索から、生理レベルの感性(誰が見ても似ている)、心理レベルの感性(ある人の基準で似ている)、認知レベルの感性(ある人の基準でのイメージ語表現と適合する)の各レベルでどのような情報処理が可能となるかを紹介する。

本稿ではまた、画像メディアをコミュニケーションにおける「漠然としたイメージを伝えるためのメディア」と捉え、視覚感性情報処理による合意形成支援などへの応用の試みについても紹介する。

2. 感性の工学的なモデル化

2.1 感性・感性工学の基本概念

原田らは、感性 Kansei を、「ひらめき、直観、快/不快、嗜好、好奇心、美意識および創造の源としての脳の高次機能」として定義している⁵⁾。これは、ここに列挙されたような人間に特有と考えられる特質を、脳内でのこれらの情報処理の総称と

* 中央大学理工学部経営システム工学科
〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

* Dept. of Industrial and Systems Engineering, Chuo University
1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8551, Japan
E-mail: kato@indsys.chuo-u.ac.jp

して定義しようという考え方である。一方、脳内で行われる情報処理には、記憶、演繹、推論、連想などの機能も知られている。従ってこの説明は、感性を直接的に定義しているわけではない。

感性情報処理の分野では、井口らは、感性を、「人間の知能の情緒的な側面」として定義した⁶⁾。また、対象とする感性情報を、シンボル感性情報（一つの形容詞で客観的に表現できる情報）、パラメータ感性情報（形容詞空間において1ベクトルとして表現される情報）、パターン感性情報（多次元パターン情報、楽器の音色、物の質感など、物理量であるが同定の難しい情報）、イメージ感性情報（人間の心に湧く心象、具象としては表現しにくい主観・直感など）と分類した。この段階的・階層的な考え方は、画像処理における「キャプチャリング→特徴抽出→特徴空間上への写像→認識」の各過程との整合性が良く、感性情報処理の対象となる感性情報を意味や形式面から整理した先駆的な考察といえる。一方、「情緒」などの、より定義の難しい概念・計測の難しい現象に依存しているともいえる。

ビジネスの分野では、長沢は、感性を「外界の刺激が感覚受容器に伝えられた後に発生する感覚→知覚・認知→感情・情動→言語などによる表現までの一連の情報の流れ」と定義している⁷⁾。

また、長町は、このような感性を対象とした工学（感性工学）を「生活者がモノを購入する際にもつイメージや感性を製品設計に翻訳する技術」と定義した⁸⁾。これらの定義は、感性を感覚に由来する人間の情報処理過程に基づいて説明すると共に、製品の色・形状などの特性との関係（例：自動車と言えば、スポーティさと、フロントグリルの形状、フロントガラスの傾斜、エンジンの吹き上がり音、ボディの色の対応関係）をアンケート調査などから求めて、製品の設計などに応用しようという、実務的・実用的なアプローチといえる。一方、関係付けは個別的になりがちのため、人間の感性のメカニズムをどのように解明し、モデル化し、应用到に利用するのかの普遍的・一般的な指針を得ることは難しい。

我々は、知覚過程における解釈の主観性や個人差が生じる理由に注目し、これらを工学的にモデル化して情報処理に応用することを目指してきた。その立場からは、感性を「人間がマルチメディア情報を取捨選択する際に示す主観的な評価基準」と定義できる（Fig. 1）⁹⁾。この場合、感性のモデル化とは「個々の利用者あるいは利用者のグループがマルチメディア情報を解釈（あるいは表出）する過程で示す主観的な特徴を客観的に計測し、マルチメディアコンテンツの客観的・物理的な特徴との対応関係・相関関係を数理的に表現し、シミュレーションを可能にすること」である。

2.2 感性の階層的なモデル

感性のメカニズムは複雑であるが、例えば視覚に関する感性の場合、情報提供サービスへの応用などに限定して考えると、次のように単純化してモデル化することが可能である。

(a) 物理レベル：人間が対象をどう観察するかとは関係なく、対象の物理的な記述により、ある対象と別の対象が、ほとんど同じ特徴を有しているかどうかを判断することができる。いわ

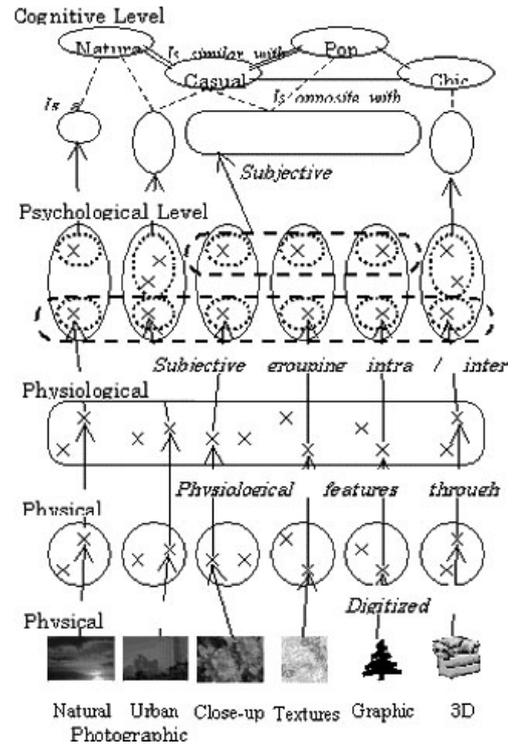


Fig. 1 Hierarchical modeling of visual perception process.

ゆる機械による対象のデジタル化・キャプチャリングや、パターン認識に相当する。

(b) 生理的レベル：人間の視覚系（初期視覚）にはエッジ・コントラスト・自己相関・空間周波数など種々の特徴抽出機構があることが知られている。これは、視覚的情報が、生体の特徴抽出機構によりパラメータ化されて知覚されることに相当する。これを計算機により真似るには、これらの特徴を抽出するフィルタを（それぞれ）用意し、対象からの刺激をパラメータ化すればよいと考えられる。

(c) 心理的レベル：人間は解剖学的には同一の目の構造を持ち、特徴抽出機構の働きも同様であるにもかかわらず、時として人により異なった判断をする。対象とする画像・映像を類別する際や、画像間の類似度を与える際などに、その差は顕著に現れる。これは、種々の特徴量の評価の重みが人によって異なるためと考えられる。これを計算機により真似るには、主観的な類似度に基づくグルーピングなどを個々人に教示してもらい、個々人毎に、これら特徴量への重み付けを統計的に推定すればよいと考えられる。

(d) 認知的レベル：あるグループの対象から得られる視覚的情報をどう解釈するか、即ち、どのような概念のラベル（印象語、イメージ語）を割り当てるかも、時として人により異なった判断をする。個々人によって、種々の特徴量と概念の対応関係が異なると考えられる。これを計算機により真似るには、各グループに共通な特徴と、各イメージの度合いの相関を統計的に推定すればよいと考えられる。

3. 感性のモデル化と感性検索への応用

3.1 物理的なレベル

対象の物理的な記述の類似度から、類似の特徴を持つ対象を検索する手法は、従来のパターン認識の延長線上で考えることができる。ここでの技術的な課題は、対象の種類の多様化を図ること（より普遍的な特徴量の考案）と、ロバストなマッチングを実現すること（ノイズや変動に強い特徴量と、マッチングアルゴリズムの考案）が課題となる。

我々は、知覚感性の対象とするコンテンツを多様化し、ロバストな検索を実現する研究の一環として、3次元物体に対する特徴記述方式と類似検索アルゴリズムの研究開発を進めている¹⁰⁻¹³⁾。

3次元物体の形状を記述して類似検索を行う手法として、我々は、物体を多面体近似した際の頂点密度の分布に基づく記述・検索法を考案し、3次元物体の類似検索研究を活性化する契機となった^{10,11)}。しかしこれらの手法は、回転や物体の方向の正規化の点で制約が大きかった。

そこで我々は、物体をポリゴン近似により表現した場合の任意の二面の間での法線ベクトルのなす角、相対的な距離、相対的な面積の和を基本的な物理的特徴量とする方式を考案した。これにより、物体の大きさ、位置、正規化の方向に依存しない、また、ポリゴン近似の粗さ・細かさの影響をほとんど受けない物体の例示検索アルゴリズムを開発した^{12,13)}。

約2,500個の物体モデルに対して再現率、適合率を評価すると、それぞれ71.5%、61.4%の精度を実現させることが出来た(Fig. 2)。

3.2 生理的なレベル

知覚感性のモデル化に関しては、前述のような、機械に都合の良い計測・特徴記述法ではなく、人間の視覚系や聴覚系にみられる特徴抽出や、これら情報の集約化の仕組みを真似る必要がある。

我々は、そのような仕組みの一つとして、外界からの刺激に対して応答する神経回路や、興奮を集約しつつ伝達する役割の神経節にもみられる神経回路として、刺激の同時入力に関わる側抑制の仕組みに注目し、これらの機能を組み込んだ特徴抽出、および、学習アルゴリズムを開発した^{14,15)}。

特に視覚刺激の検出から初期視覚過程に相当すると考えられる段階までの過程では、我々は、側抑制回路を高次の局所的コ

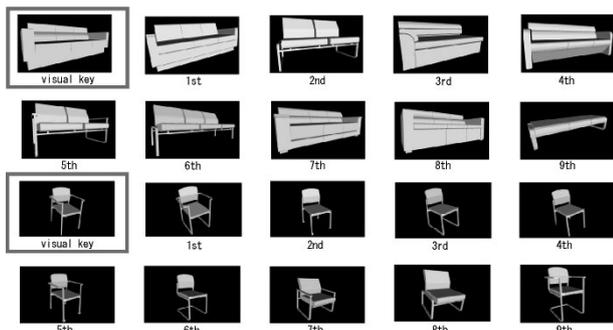


Fig. 2 Similarity shape retrieval of 3D objects.

ントラストとして数理的にモデル化し、これを生理的なレベルでの画像特徴とする特徴記述の手法を開発してきている。特に、2次のコントラスト（3点間）に注目して、生理的なレベルでの類似画像の検索機能、心理的なレベルでの画像の主観的な分類基準の学習や類似検索機能に用いた。

約14,000枚の画像データに対する評価実験を通じて、2次のコントラストによる特徴記述の能力やノイズ・画質の変化に対するロバスト性の評価を行い、有効性を実証した。

比較のために、同一の検索キーを利用した際に、我々の特徴量と、カラーヒストグラム（画像の広域的な画像特徴量の一つ）や、高次自己相関特徴（画像の局所的な画像特徴量としてパターン認識によく利用される）に基づく類似検索結果とを並べて示す(Fig. 3)。

3.3 心理的なレベル

我々は主観的な分類（心理的なレベルでの知覚に相当）の基準の学習過程のモデル化も進めている。

階層的・段階的に与えた画像集合の分類規準（主観的な基準）を目的変数、多重解像度の画像をそれぞれ均等なサイズのメッシュに分割し、これらメッシュの2次の局所コントラスト（客観的な物理量）を説明変数とし、さらにこれら説明変数間にも高次のコントラスト（N個の説明変数間）の概念を導入して、統計的な判別学習を行うアルゴリズムを開発した。ま



(a) Higher order local contrast feature



(b) Global color histogram feature



(c) Higher-order local auto-correlation feature

Fig. 3 Results of similar retrieval based on graphical features.

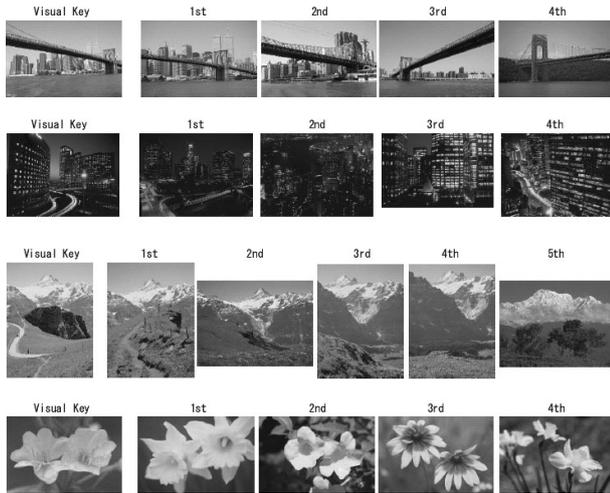


Fig. 4 Similarity retrieval based on statistically learned subjective criteria.

た、情報理論における記述長最小化原理 (MDL; Minimal Description Length) を導入することにより、主観的な分類基準を学習する上で有効な説明変数群を選択できるようにした。その結果、個々の利用者が、どの解像度で、画像中のどの部分領域に注目して、分類を行っているかなどの、注目画像領域のモデル化も可能となった¹⁴⁻¹⁶⁾。

このような特徴量とアルゴリズムから構成された主観特徴空間 (心理レベルの知覚感性に相当) では、非常に高精度の類似検索が可能となった。1,000 枚の画像に対する学習精度の比較実験では、適合率、再現率それぞれ、画像特徴量として優れた性質を持つと評価されている大津・栗田らによる高次自己相関特徴による場合が 40.3%, 37.3%, 画像検索でよく利用されるカラーヒストグラムによる場合が 34.2%, 33.8% であるのに対して、我々の方式では、74.1%, 68.5% という高精度を実現することができた (Fig. 4)。

3.4 認知的レベル

主観的な解釈 (認知的なレベルでの知覚に相当) の基準の学習過程のモデル化を進めている。

例えば、イメージ語とその重みの組合わせで表現した解釈 (主観的な解釈) を目的変数、画像から抽出される 2 次の局所コントラスト (客観的な物理量) を説明変数とし、これらの間の相関関係を分析することにより (例、正準相関分析や SVM)、ドメインの異なる画像とこれに対応するイメージ語との関係を推定することが可能となる (Fig. 5)^{4,16)}。

3.5 カテゴリーに横断的な類似検索法

人間が主観的に類似性を感じる場合には、おなじカテゴリー (intra-category) に属するコンテンツ間 (例：風景写真と風景写真、テキストチャとテキストチャなど) に類似性を感じる場合だけでなく、異なるカテゴリー (inter-category) に属するコンテンツ間 (例：風景写真、テキストチャ、グラフィックシンボルなど) に何らかの類似性を感じる場合がある。

後者のような知覚感性のモデル化の手法として、分布が共通する傾向の物理特徴量を推定・発見し、これをキーとして類似検索するアルゴリズムを試作・評価中である (Fig. 6)¹⁷⁾。



Fig. 5 Retrieval by subjective impression words by SVM modeling method (©Amana.jp).



Fig. 6 Inter-categorical similarity retrieval. Upper: Key images from flower and CG photos Lower: Retrieved results from interior photos

4. 共同作業における合意形成支援

我々は、これらのモデル化の枠組み・アルゴリズムを実証的に評価するために、複数のデザイナーと顧客とが共同作業的にデザインを進める、デザイン支援システムの試作を行っている (Fig. 7)。

意匠のデザインやコーディネートは、知的でかつ創造的な作業である。このような作業の過程では、

- (a) 過去の事例も含めたデザインに関する幅広い情報の収集
- (b) 顧客やデザイナーが考える感性的な観点からの情報の整理や取捨選択
- (c) 顧客や共同作業するデザイナー間での感性的な意見のすり合わせ

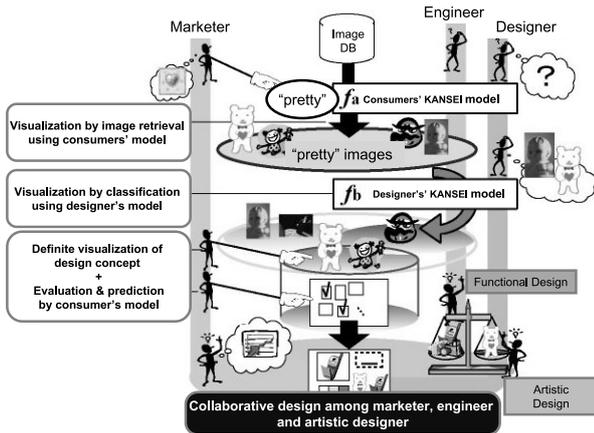


Fig. 7 Overview of consensus building in CSCW system.

が必要である。これらの準備の下に、

(d) 顧客の意向に沿った具体的な造形

(e) 顧客へのプレゼンテーション

が行われる。一からデザインを起こす場合、上記の準備段階に全工程の70~80%程度の時間が費やされることが多い。

このような知的単純作業に時間を費やさざるを得ないのは、資料収集（すなわち、マルチメディア情報の取捨選択）、消費者の感性の理解、共同作業する人々（例：マーケット分析者、エンジニア、工業デザイナー）の間での感性的な特性の相互理解、デザインの絞込み、レンダリング（3次元グラフィックスによる描画）、プレゼンテーション作成（3次元仮想空間の作成）、それぞれの作業に、感性的な情報処理が必要なためである。

ここで資料収集などの作業は、デザイナーの感性モデルを構築・利用することにより、データベースやインターネット上の膨大なデータの中から、自動的にデザイン作業に必要なコンテンツなどを高速かつ自動的に収集することが可能となる。

また例えば、作業中のコンテンツ群を、各人の感性モデルをお互いに利用して、視覚的に分類・整理の仕方の違いを比較することにより、消費者の感性の理解や、共同作業する人々の間での感性的な特性の相互理解に役立てることが出来る。

このように、感性のモデル化、感性検索を利用した感性の違い（多様性）の可視化などの技術を効果的に適用することができれば、知的・創造的活動の生産性を大幅に高められると共に、品質を向上させることも期待できる。

5. むすびにかえて

21世紀社会の新しいパラダイムは「多様性と共生」であるといわれている。人と人・社会（人間の集まりで構成される環境）、人と人工物・人工的な環境の「共生」を支援するためには、情報システムにおけるサービスに、これらの間での多様性の違いを認識・理解させるための技術が必要となる。

1980年代以降のマルチメディア情報のデジタル統合化技術、及び、その後のマルチメディアインタフェース技術の発展で、文字・音声・画像・映像・力覚などの本来はアナログ的な情報が、標本化定理の意味で等価なデジタル情報に符号化され、統合化されて、蓄積されるようになり、また、遠隔地との間で高

速に送受することが可能となった。これにより、コミュニケーションにおける距離、時間、情報の量的な側面におけるギャップが克服されるようになった。

一方、1990年代の後半以降、ブロードバンド通信網によるインターネットやモバイル通信網の拡大・普及にともない、情報通信の大衆化が爆発的に進んだ。多様な背景を持つ人々が情報通信機器を身近に利用するようになり、コミュニケーションの相手や形態も多様化が進んできた。これにともない、メッセージ伝達の効果や情報の価値的な側面が注目されるようになった。

大量のメッセージを、高品質（信号的に正確）でかつ意味的に正確に伝達しても、それが受け手にどのような効果を生じさせるかは、受け手の価値観に依存する。また、送り手と受け手の間で、価値観が大きく異なれば、送り手にとっては価値ある情報も受け手にとっては価値のないものともなりうる。

このようなコミュニケーションギャップの克服のためには、送り手と受け手それぞれの価値観（情報を評価する基準）のモデル化技術、相互の価値観にマッチしたメッセージの表出・理解技術などが必要となる。これが、コミュニケーションの課題において感性工学・感性情報処理が果たすべき中心的な役割であるといえる。

参考文献

- 1) 加藤, 下垣, 藤村: “画像対話型商標・意匠データベース TRADEMARK”, 電子情報通信学会論文誌, Col. J72-D-II, No. 4, pp. 535-544, 1989.
- 2) K. Hirata, T. Kato: “Query by Visual Example-Content based Image Retrieval-”, Proc. of International Conference on Extending Database Technology EDBT'92, pp. 56-71, 1992.
- 3) 栗田, 下垣, 加藤: “主観的類似度に適応した画像検索” 情報処理学会論文誌, Vol. 31, No. 2, pp. 227-237, 1990.
- 4) 栗田, 加藤, 福田, 坂倉: “印象語による絵画データベースの検索”, 情報処理学会論文誌, Vol. 22, No. 11, pp. 1373-1383, 1992.
- 5) 原田昭: “6th Asia International Design Conference”, <http://www.6thadc.com/>, 2003.
- 6) 井口征士: “感性情報とは何か”, 重点領域「感性情報処理」A班(編), “感性情報・感性情報処理とは何か 論集”
- 7) 長沢伸也: “感性工学とビジネス”, 日本感性工学会誌 Vol. 1, No. 1, pp. 37-47, 1999.
- 8) 長町三生(編): “感性商品学”, 海文堂, 1993年.
- 9) 加藤俊一: “感性によるアプローチ”, 西尾章治郎(編) 岩波講座マルチメディア情報学 8, 2000年.
- 10) 鈴木, 加藤, 築根: “主観的類似度に適応した3次元多面体の検索”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J82-D-I, No. 1, pp. 184-192, 1999.
- 11) 鈴木, 加藤, 大津: “同値類に基づく回転不変特徴量を用いた3次元物体モデルの類似検索”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J86-D-II, No. 8, pp. 1234-1243, 2003.
- 12) 惣田, 加藤: “不変特徴量を用いた3次元物体の形状類似検索”, 電子情報通信学会技術報告書: パターン認識・メディア理解 (PRMU) Vol. 103, No. 296, pp. 85-90, 2003年9月
- 13) 向江, 加藤: “3次元物体の形状と質感に対する感性のモデル化”, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 47, SIG 8, pp. 134-146, 2006年6月
- 14) 多田, 加藤: “階層的分類を用いた視覚感性のモデル化と類似画像検索への応用”, 情報処理学会論文誌, データベース,

Vol. 44, No. SIG 8 (TOD18), pp. 37-45, 2003年6月

- 15) 多田, 加藤: “類似する画像領域の特徴解析と視覚感性のモデル化”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J87-D-II, No. 10, pp. 1983-1995, 2004年10月
- 16) Masahiro Tada, Toshikazu Kato: “Visual Impression Modeling Using SVM for Automatic Image Classification”, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC' 06), SPM16-05, 2006 Taipei Taiwan
- 17) 寒川, 多田, 加藤: “カテゴリ分類に横断的な類似検索システムの試作と評価”, 映像情報メディア学会技術報告書: メディア工学・映像表現&コンピュータグラフィクス研究会 Vol. 28, No. 27, pp. 29-32, ME2004-69, AIT2004-101 (May, 2004)



加藤俊一 (かとう としかず)

京都大学工学部情報工学科卒業 (1980年), 同大学院工学研究科博士後期課程修了 (1987年). 工学博士. 1986年より, 通産省工業技術院・電子技術総合研究所 (現, 独法・産業技術総合研究所) に入所. マルチメディア情報処理, マルチメディアデータベース, ヒューマンインタフェース, ヒューマンメディア技術の研究に従事. 1996年より中央大学理工学部経営システム工学科教授. 現在の専門は, 感性工学, 画像の認識・理解, マルチメディア工学, HCI (ヒューマンコンピュータインタラクション), 人工知能. 日本感性工学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本建築学会, IEEE の各会員.