

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：32641

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650110

研究課題名(和文) マルチモーダル感性認知機構の高効率なモデル化と実環境快適化への応用

研究課題名(英文) Development of effective modeling methods of cognitive images for multimodal information and its application to image coordination of space

研究代表者

加藤 俊一 (KATO, Toshikazu)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：50297107

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：マルチメディア・マルチモーダルな刺激から利用者が感じるイメージを、それらのコントラスト・情報量に基づいて高精度にモデル化する手法を開発した。利用者が主観的に感じるイメージ、快適感・集中感などの感性的・心理的な状態を、被験者に大量の回答を強いることなく、少数の事例の選択や、被験者の自然な行動・姿勢から推定する手法を開発した。これらを用いて、複合的な刺激により室内の印象をイメージに近づけられる仕組みを開発した。

研究成果の概要(英文)：We developed precise methods for modeling subjective images of multimedia and multimodal information based on the contrast and entropy among the components. We developed efficient modeling methods by automatic clustering and semi-automatic interpolation of learning examples from small size of seeds. We also developed estimating method of emotional states, such as comfortable, interested, boring, and concentrating, through ubiquitous sensing and analysis of user's behavior log. For an application of the method, we developed a pilot system for coordinating total images of a space controlling multimedia environment.

研究分野：感性情報学

キーワード：感性情報処理 感性データベース 感性認知科学・感性心理学 感性脳科学 ユビキタスセンシング

1. 研究開始当初の背景

写真・音楽などのマルチメディアコンテンツを対象に、特徴量を自動的に抽出し、これを類似検索・イメージ検索などのサービスに応用する研究開発が国内外で活発になってきている。

我々は、知覚感性のモデル化の観点から、感覚神経系にみられる側抑制などのコントラスト抽出・強調の機能を数理的にモデル化し、写真・音楽などのコンテンツを例に、画像の色調や構図などの特徴、音としての波形や音楽としての曲調や曲の構成などの特徴を抽出する手法や、情報の競合的な取捨選択の仕組みを統計的学習によりモデル化するアルゴリズムを開発してきた。

しかしながら、一人一人の利用者のマルチモーダルな感性認知過程を高精度にモデル化するためには、利用者から多様な刺激の組合せに対する膨大な学習用教示データを得る必要があり、産業的な応用は、實際上、難しかった。

2. 研究の目的

本研究では、視覚・聴覚など多感覚にまたがるマルチメディア情報を、感覚間で相互に影響しあいながら主観的に解釈する、マルチモーダルな感性認知過程を、実環境内での物理的な刺激・脳活動を含む生理的な指標・主観評価の関連性の分析を裏付けとしつつ、高効率にモデル化する技術を開発する。

また、非常に少数の教示データの種から、システムが自動的にデータベースから教示データ群を補間・補充し、高効率に精度の高い知覚感性モデルを構築するアルゴリズムを開発する。さらに、これを人間の生活する実環境の快適性の向上に応用する技術を開発する。

3. 研究の方法

上記の目標を実現するために、以下のサブテーマを立て、相互に関連付けながら研究を進めた。

(a) マルチモーダルな感性の学習方式

多感覚の相互作用や総合的なイメージのモデル化を、各感覚刺激の物理量ではなく、各感覚の中でのコントラスト(対比)に基づく特徴量や、様々なレベルでの特徴量間の対比に基づき、全体としての知覚への影響を統合・推定する方式を試みた。

(b) 物理的な刺激・生理的な指標・主観評価の関連性の説明

実環境内のマルチメディア刺激(視覚・聴覚など)に関しては、刺激の物理的特徴量を計測するとともに、感覚神経系の働きを経て知覚される生理的特徴量の推定値を求めた。また、人間の生理的な指標に関しては、環境内での利用者の視線、心拍、脳血流などの変化を計測した。これらの特徴量、指標と主観評価との関連性を分析し、優位に働いている感覚刺激や、マルチモーダルな統合過程の推

定を行った。

(c) 利用者に負担の少ない教示学習方式

利用者が非常に少数のコンテンツを教示データの種として提示するだけで、システムが種として与えられた教示データ間の特徴の共通点・相違点を分析・分類し、類似の性質をもった多数のコンテンツを自動的にデータベースから検索して補間・補充して、教示データ群とする機能を開発した。

また、ユビキタスセンサー、ウェアラブルセンサーを連動させた観測により、利用者の物理的な状態と共に心理的、感性的な状態を推定する手法を開発した。

(d) 空間演出への応用

リラックス感などを、照明、BGV、BGMなどにより、個人に最適にキャリブレーションされた状態で演出できる実空間制御システムの試作を行った。

4. 研究成果

(a) マルチモーダルな感性の学習方式

多感覚の相互作用や総合的なイメージのモデル化のために、物理的・生理的な特徴量の設計と、それらの特徴量を統合した競合的な情報処理と統計的学習方式を開発した。

例えば、低レベルの知覚においても、側抑制や順応などによって生じる色対比や明暗対比効果により、人間は物理的特徴量とは異なった色・明るさを生理的特徴量として受け取っていると考えられる。このような過程に合わせた特徴量、学習方式が必要となる。

本研究では、刺激の物理的な計測とともに、側抑制・順応などの感覚神経系の働きを経て受容される刺激を数理的にモデル化した。

具体的には、各感覚刺激の強さ(パワー)ではなく、各感覚の中での信号間のコントラスト(対比)に基づく情報量と、感覚間での情報量の対比に基づいて、全体としての知覚への影響の強さを統合することにより、各感覚での知覚感性のモデル化方式と、複数の感覚でモデル化を分離して行える方式の試作を行った。

例えば、多色配色の中で人間に強く知覚される色の抽出過程を、ベースカラー・アクセントカラーの考え方に基づいて分析した。面積が主要な因子となるベースカラーに対して、面積が少なくても彩度差の高い刺激に対してアクセント性を感じ、全体のイメージ(印象)の知覚に大きな影響を与えるようなモデル化を行った。

その結果、大きな面積の色成分から全体イメージを推定する従来の手法に比べて、対比効果を考慮したモデル化手法により、大幅に全体イメージの推定精度を高めることができた。カラーコーディネイトの分野などで経験的に語られている配色の方法論を、より正確に、数理的に定式化することができた。これらの計測値と主観評価との関連性を分析し、被験者の主観的な興味の有無と計測値との関係を手掛かりに、マルチモーダルな統合

過程の推定を進めた。

このような方式を、複数の商品を複数配置して作成したブランドイメージ写真、ポスター、文字・写真などの複合コンテンツからなるデジタルサイネージ、照明とBGMによる空間演出などを対象に、評価実験を行い、有用性を確認した。

(b) 物理的な刺激・生理的な指標・主観評価の関連性の解明

実環境内のマルチメディア刺激（視覚・聴覚など）に関しては、物理的な計測（物理的特徴量）とともに、側抑制・順応などの感覚神経系の働きを経て受容される刺激を数理的にモデル化（生理的特徴量）した。人間の生理的な指標に関しては、環境内での利用者の視線、心拍、脳血流などの変化を計測した。

視覚・聴覚に関するマルチメディア・マルチモーダルな情報の例として、デジタルサイネージ（写真＋文字）、CMビデオ（動画＋音楽・音声）、室内環境を題材に、これらの刺激に対する被験者の主観評価と、生理的な反応（光トポグラフィによる脳血流、心拍）の測定を可能とする実験環境を構築した。

これを用いて、脳活動に関しては活性部位・程度の推定を行う実験環境を構築した。また、様々なサイネージやCMビデオに対して、被験者が受ける印象の強さ・興味の度合い（心理的な尺度）と相関の良い生理的な指標の発見を試みた。また、人間の無意識の応答反応として、視線と滞留時間、脳血流と脳活動の部位の精密な計測を行った。

被験者の興味の対象の推移により、写真に注目する際には視覚や、言葉としての文字に注目する際には言語野の領域に活性が高まっていることが観測された。また、興味を持って視聴しているCMビデオに対しては、前頭前野の活性が高まり、退屈している場合には、活性が高まっていないことが観測された。視覚・聴覚に関するマルチメディア・マルチモーダルな情報が、被験者にどのように評価されているかを、従来のアンケートによる回答によらずに、客観的に計測できる生理的な指標に基づく推定に道を開いた。

(c) 利用者に負担の少ない学習方式

精度の高い感性のモデル化のためには、個々の被験者から膨大な主観評価データを取得（アンケート調査など）する必要があるが、被験者への負担は大きく、また、情報処理過程を個々の利用者に適合化させた情報サービスを実現する上で障害となる。

本研究では、具体的には、利用者が提示する10枚程度の例示画像から、システムが自動的に共通する特徴を発見して数グループに分類し、またグループ毎に、そのグループ内で共通する特徴を持つ多数の画像をデータベースから検索することにより、教示データ群を半自動的に構成し、構造化（細分類）する手法を開発した。

精度の高い学習を行うためには、教示データ群に含められた教示データ候補画像の内

から、利用者は検索された結果の中で不適切な画像を除くだけでよい。システムは、このようにして補充された画像集合を教示データとみなして、統計的分析を適用してモデル化する。

インテリア・ファッションなどの配色から受けるイメージを学習する過程を例に、利用者が提示する10枚程度の例示画像から、システムが自動的に共通する特徴を発見して数グループに分類し、またグループ毎に、そのグループ内で共通する特徴を持つ多数の画像をデータベースから検索し、検索された結果の中で不適切な画像を除くという relevance feedback の一種となる手法を開発し評価した。

ファッション写真、商品写真などを対象に、上記の手法を適用し、丁寧に教示データを与えて学習させた場合に比して、同程度の学習精度を実現するのに、約1/100程度の教示データで、工数（作業時間）は1/4に低減することができた。

一方、空間内に配置したセンサー群（画像センサー、RFIDなど）を連動させて、被験者の行動を追跡・観測することにより、行動履歴を取得する実験環境を構築した。

具体例として、店舗内での被験者の移動、滞留 look、商品への接触 touch、手に取る take の行為を検出（パッシブ観測）し、その度合いを統計的に分析することにより、被験者の心理的な状態や商品に対する興味・関心の程度を推定することを試みた。このような購買行動からの興味・関心の推定では、個々の行為の正確な検出と共に、どのような行動履歴の中の一つの行為であるのかによって、解釈を変える必要がある。本研究では、店舗内での被験者の look, touch, take の頻度・時間の比率の統計的な分析により、どの商品に興味・関心を持つのかを推定するだけでなく、判断の際に重きを置く属性（および属性値）を70～80%程度の精度で推定可能とした。

本研究ではまた、デジタルサイネージに関連情報を提示し、それに対する被験者の自然な反応を取得すること（アクティブ観測）で、パッシブ観測の際の数分の1の短時間・短い行動履歴でも、同程度の精度の興味・関心の推定を行えるようにした。

本研究では、視覚センサーにより被験者の姿勢や体動を自動的に検出し、疲労感、さらには、従事している作業への集中度を推定する仕組みを試作した。また、ウェアラブルセンサーにより位置、加速度などを連続的に検出することで、例えば観光旅行中の被験者の身体的な疲労度を推定し、適切な休憩やさらなる運動を提案するサービスの試作も行い、それらの有用性を評価した。

(d) 空間演出への応用

住宅のリビングルームを模した部屋を構築し、環境雑音などのあるもとで、照明の調節、BGMの付与により、空間の印象を、利用者が希望する快適なイメージや作業への集

中度が高まるイメージに近づけるための制御機構の研究開発を行い、個人の感性的な特性に適合した制御方式の試作とその評価実験を実施した。

また、利用者の感性モデルに基づいて絞り込んだ検索結果だけでなく、利用者が感じ期待する意外性の面からも適合性を評価するアルゴリズムを開発し、許容範囲でかつ意外性も感じられるデータの検索も可能とした。

利用者に身体的な負担をかけずに心理状態を計測する技術として、多様な着座姿勢・体の動きとその時の心理状態（作業への集中度など）の相関関係を調べた。その結果、個人差が認められるが、快適性や作業への集中度を高める効果のある照明光の色調・明度、BGM の曲調・テンポのあることがわかり、また、作業への集中度の指標となりうる姿勢・行動もあることがわかった。

以上に見るように、全研究期間を通じて、(a) 個人ごとの感性的な特性を、各利用者（被験者）に少ない負担で計測・モデル化する手法、また、利用者の感性モデルへの適合度だけでなく、意外性の観点を含めた検索アルゴリズムを開発した。

(b) マルチモーダルな環境の下で、照明、BGM・環境音が、利用者に与えるイメージのモデル化を進め、複合的な刺激により室内の印象をイメージに近づけられる仕組みを開発した。

(c) 利用者の知覚過程の特性や、快適感・集中感などの感性的・心理的な状態を、被験者に大量の回答を強いることなく、少数の事例の選択や、被験者の自然な行動・姿勢から推定する手法を開発した。

(d) 以上により、マルチモーダル感性認知機構の高効率なモデル化に基づく実環境の快適化などへの応用に道を開いた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 1 件)

<招待講演>

[1] 加藤俊一：“画像の見え方と魅せ方”，日本画像学会年次大会(第 113 回) Imaging Conference JAPAN 2014, 横浜, 2014 年 6 月 11-13 日, キーノートスピーチ, 2014 年 6 月 13 日.

[2] 加藤俊一：“視覚感性の多様性のモデル化とイメージ情報処理への応用”, 日本色彩学会視覚情報基礎研究会, 第 22 回研究発表会, 特別講演, 2014 年 12 月 6 日.

[3] 加藤俊一：“感性の工学的なモデル化 - モノ・コト・カンケイを魅力的にする技術 - ”, 日本音響学会 2015 年春季研究発表会, 東京, 2015 年 3 月 16-18 日, 特別講演, 2015 年 3 月 17 日.

<査読あり>

[4] Terumasa Tajima, Yusuke Iida, Toshi-

kazu Kato: "Analysis of Customer Preference through Unforced Natural Passive Observation", 15th HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, July 21-26, 2013, Proceedings, Part III, pp 466-474, 25 July 2013.

[5] Satoru Iteya, Atsushi Maki, Toshikazu Kato: "Responses Analysis of Visual and Linguistic Information on Digital Signage Using fNIRS", *ibid*, Proceedings, Part V, pp 411-420, 25 July 2013.

[6] Shinsuke Mitsui, Atsushi Maki, Toshikazu Kato: "Relationship Analysis between Subjective Evaluation and NIRS-Based Index on Video Content", *ibid*, Proceedings, Part IV, pp 459-466, 26 July 2013

[7] Hitoshi Ikeda, Toshikazu Kato: "Supporting User's Continued Effort for Health by Estimating Mental Loads of Actions", *ibid*, Proceedings, Part II, pp 163-167, 24-26 July 2013.

[8] Shimon Niwa, Toshikazu Kato: "Modeling Relationship between Visual Impression of Commodities and Their Graphical Features", 5th IASDR 2013, Tokyo, 26-30 August 2013, Paper No.2149-1, 29 August 2013.

[9] Mika Okuzawa, Toshikazu Kato: "Estimation of Dominant Attributes of Product for Each Customer through Behavior Observation of Shopping", *ibid*, Paper No. 1798-1, 29 August 2013.

[10] Shungo Uchida, Toshikazu Kato: "Estimation of Dominant Features of Commodities Based on Purchasing Behavior Analysis", *ibid*, Paper No. 2150-1, 29 August 2013.

<査読なし>

[11] 射手矢賢, 加藤俊一：“生理的指標に基づく商品への興味度合いの推定” 映像情報メディア学会, 研究会 ME AIT, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.36, No.19 (ME2012 70-79/AIT2012 91-100), pp.9-12, 2012 年 5 月 16 日 .

[12] 三井慎介, 加藤俊一：“生理指標を利用した映像コンテンツの客観的評価方法の提案”, *ibid*, pp.15-17, 2012 年 5 月 16 日 .

[13] 田島輝将, 加藤俊一：“購買での行動パターンに基づく商品への興味度の推定 ~ 購買行動中の興味の変化を考慮した手法 ~ ”, *ibid*, pp.23-25, 2012 年 5 月 16 日 .

[14] 三澤雄太, 加藤俊一：“少ない配色パターンからの感性のモデル化”, 日本感性工学会, 第 14 回大会, 東京, 2012 年 8 月 30 日-9 月 1 日 . A3-2, 2012 年 8 月 30 日 .

[15] 印部勉, 加藤俊一：“ベースカラーとアクセントカラーによる感性モデルの構築”, *ibid*, A3-5, 2012 年 8 月 30 日 .

[16] 三井慎介, 加藤俊一：“映像の主観評価と NIRS の客観的指標の関係の分析”, *ibid*,

D4-3, 2012年8月31日。
[17] 射手矢賢, 加藤俊一: “生理的指標に基づく情報推薦内容の有効性の検討”, *ibid*, D4-7, 2012年8月31日。
[18] 初山祐亮, 北川頌悟, 加藤俊一: “学習者の姿勢の計測による学習に集中する度合いの推定の試み”, *ibid*, E4-4, 2012年8月31日。
[19] 後藤康利, 加藤俊一: “音楽に対する聴取者のリラックス効果の計測”, *ibid*, G5-5, 2012年8月31日。
[20] 村上昌志, 加藤俊一: “音楽の主観的分類のための特徴量の検討”, *ibid*, P2-17, 2012年8月31日。
[21] 笹瀬綾子, 加藤俊一: “幼児の心情と行動パターンの対応関係の継続的な分析 —母子間のコミュニケーション支援を目的として—”, 第23回日本乳幼児医学・心理学会, 北海道大学, 2013年10月26日。
[22] 青山祥貴, 加藤俊一: “両眼視差に基づいた質感のモデル化の提案”, 日本感性工学会, 第15回大会, 東京, A31, 2013年9月6日。
[23] 阿久津裕介, 加藤俊一: “コーディネートの感性モデルを利用したファッションレコメンド”, *ibid*, B34, 2013年9月6日。
[24] 亀井諭, 加藤俊一: “コンピテンシーを用いた客観的な学習能力の評価に向けた行動の調査”, *ibid*, E74, 2013年9月7日。
[25] 梶谷知嗣, 高橋直己, 加藤俊一: “例示画像補完による画像検索システム”, *ibid*, P37, 2013年9月5-7日。
[26] 田川遼介, 北川頌悟, 加藤俊一: “視線計測を用いた注視時間に基づく商品の購買決定要因の推定”, *ibid*, P39, 2013年9月5-7日。
[27] 大石遼平, 加藤俊一: “Passive-Aggressive 学習を用いた嗜好推定”, *ibid*, P62, 2013年9月5-7日。
[28] 阿久津裕介, 高橋直己, 加藤俊一, 豊田成人, 越野誠也, 大高瞳: “ファッションにおける情報推薦に利用する色特徴量の分析”, 第16回日本感性工学会大会, 東京, 2014年9月4日~6日, B34, 2014年9月6日。
[29] 高橋直己, 加藤俊一: “色対比を考慮したグラフィックデザインの知覚的な色の計測方法”, *ibid*, A32, 2014年9月6日。
[30] 丹羽志門, 小林晴行, 加藤俊一: “電子化された文章書類における読みやすさのモデル化”, *ibid*, B54, 2014年9月5日。
[31] 小林晴行, 加藤俊一: “視線情報を用いた文章の読みやすさの推定”, *ibid*, B55, 2014年9月5日。
[32] 池田仁, 加藤俊一: “各個人の負担感を考慮した努力を継続させやすい健康支援システムの提案”, *ibid*, C54, 2014年9月5日。
[33] 内田駿吾, 加藤俊一: “消費者の購買行動に基づく商品属性に対するの興味推定”, *ibid*, C55, 2014年9月5日。
[34] 関根麻耶, 加藤俊一: “ユビキタスセンサを用いた仮想店舗の来店者の購買目的に基づく嗜好推定”, *ibid*, B61, 2014年9月6日。
[35] 田川遼介, 射手矢賢, 加藤俊一, 牧敦:

“fNIRS を用いた視覚・言語情報に対する視覚野・言語野間のファンクショナルコネクティビティの解析”, *ibid*, D61, 2014年9月6日。
[36] 高橋直己, 加藤俊一: “広告写真を用いたブランドイメージの分析: 色対比効果を考慮したベースカラー・アクセントカラー推定”, 日本色彩学会視覚情報基礎研究会第22回研究発表会, 1-2, 2014年12月6日。
[37] 西條友喜, 加藤俊一: “価格に対する認知心理の状態を反映する生理指標の実験的検討”, 第10回日本感性工学会春季大会, 京都, 2015年3月28-29日, 3B-01, 2015年3月28日。
[38] 福井優太, 加藤俊一: “音楽推薦における意外性の推定技術の研究”, *ibid*, 2A-03, 2015年3月28日。
[39] 丹羽志門, 加藤俊一: “文章レイアウトの画像特徴に基づく読みやすさのモデル化及び推定”, *ibid*, 4B-03, 2015年3月28日。
[40] 池田仁, 加藤俊一: “主観的負担感とその個人差を考慮した健康支援手法の提案”, *ibid*, 4C-04, 2015年3月29日。
[41] 関根麻耶, 加藤俊一: “実店舗における消費者のウィンドウショッピングの行動分析”, *ibid*, 1D-04, 2015年3月28日。

〔図書〕(計 1件)

[1] 椎塚久雄(編): “感性工学ハンドブック —感性をきわめる七つ道具—”, 加藤俊一: “感性ロボティクス”, pp.451-461, 朝倉書店, 2013年

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)

〔その他〕

研究室ホームページ:
<http://www.hm.indsys.chuo-u.ac.jp/>
研究成果発信を含む研究活動の紹介:
<https://www.facebook.com/HumanMedia>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 俊一 (KATO, Toshikazu)
中央大学・理工学部・教授
研究者番号: 50297107

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

荻野 晃大 (OGINO, Akihiro)
京都産業大学・コンピュータ理工学部・准教授
研究者番号: 40407870

多田 昌裕 (TADA, Masahiro)
近畿大学・理工学部・講師
研究者番号: 40418520