

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月10日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2007～2012年度

課題番号：19100004

研究課題名(和文) 実空間における複合感性と状況理解の多様性のロボティクスのモデル化とその応用

研究課題名(英文) Robotics modeling of diversity of multiple KANSEI and situation understanding in real 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

研究成果の概要(和文)：

知覚感性のモデル化では、主観的なイメージの推定やイメージに適合するコンテンツの検索精度(適合率)90%程度を実現した。また、教示データ数が従来比1～10%程度でも、データの補間により高精度の統計的学習を行う手法を開発した。知識コンテンツなど抽象度の高い対象に対しても、主観評価データの集積と評価者との対応付けにより、適切なコンテンツを検索することに道を拓いた。また、実空間内での行動の分析から、利用者が興味・関心をもつ商品とその属性を推定することも可能とした。

研究成果の概要(英文)：

We have achieved high accurate mathematical modeling of subjective perception processes for image estimation and information retrieval on multimedia and multimodal contents. We have developed effective algorithms starting with a small set of learning examples by automatic interpolation and completion mechanism. We have also developed knowledge contents retrieval method based on the users groups and their subjective evaluation comments on knowledge contents, As a typical application, we have developed Smart Shop system to support decision making in shopping based on each consumer's Kansei model to demonstrate and evaluate our ideas and practical algorithms.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	13,600,000	4,080,000	17,680,000
2008年度	12,300,000	3,690,000	15,990,000
2009年度	13,600,000	4,080,000	17,680,000
2010年度	12,800,000	3,840,000	16,640,000
2011年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
総計	62,000,000	18,600,000	80,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学

キーワード：感性情報処理、感性ロボティクス

## 1. 研究開始当初の背景

実空間内での人間の状態の計測・認識技術と行動支援への応用の研究の多くは、人間の姿勢等の物理的状态、緊張等の生理的状态、人間を取り巻く物理的環境の計測技術とユ

ビキタス情報ネットワーク技術との融合に重点を置いており、一人一人の主観的かつ知的な行動に現れる多様性の計測・理解・モデル化とその応用は必ずしも志向していない。海外でも、人間の姿勢等の物理的状态、疲

劣等の生理的状態、周囲の物理的環境の計測技術と、身体障害者や高齢者の身体的行動を支援するための支援技術（バリアフリー化、ユニバーサルアクセス化を含む）に重点を置いている。

実空間内で人にやさしい知的行動支援を実現するためには、物理的・生理的な計測技術とユビキタス情報ネットワーク上に、支援される側である一人一人が実空間で示す多様な知的行動とニーズを計測・理解・モデル化する技術の実現が重要となるが、そのような研究開発は十分ではなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、実空間における複合感性と状況理解の多様性のロボティクスのモデル化とその応用技術を確立する。モバイル・ウェアラブル・ユビキタス情報環境を連動させつつ、人間に心理的・身体的な負担をかけずに、複合的な感性を計測・理解・モデル化する技術を高度化する。また一人一人が自身の状況を主観的に認識する過程、知識の体系の多様性モデル化する技術と融合させる。

## 3. 研究の方法

本研究では、感性情報学的なアプローチとロボティクスのアプローチの各研究課題を相互に関連付けながら、総合的に進めた。

### (1) 感性情報学的なアプローチ

一人一人の知的行動に認められる多様性の構造を、ロボットの知的・柔軟な制御システムに模して記述・利用するための技術を研究開発した。

#### (1-a) 複合感性による知覚過程の多様性のモデル化

マルチメディアコンテンツや五感に訴える商品等を主観的・感性的に知覚・評価過程に現れる、一人一人で異なる情報の評価尺度の特性を分析し、数理的なモデル化の技術を開発した。本研究では特に、センシングや提示技術の研究開発が比較的進んでいる視覚・聴覚・触覚に焦点を絞り、これらの三感覚が相互に影響する複合感性の系を対象にモデル化を試みた。

研究期間中に新たに得た着想・知見として、複合感性による知覚過程の状態の分析に脳血流などの指標による脳活動計測を利用し、マルチモーダル知覚過程でどの情報（刺激）が優位となっているか、また、その情報（刺激）と主観的な評価との相関関係の分析も行った。

これにより、様々なコンテンツや商品が、一人一人にどのように主観的に知覚・評価されるかを推定することや、あるイメージで受け入れられるようにコンテンツや商品の特性をデザインすることを可能にする。

#### (1-b) 状況の主観的認識過程の多様性のモ

デル化

一人一人が置かれた TPO (Time, Place, Occasion) 等の状況は、その人を取り巻く物理的・身体的状況のみならず、その人のライフスタイルや定常的・非定常的な行動の文脈にまで基づいて解釈される。本研究では複数の TPO センサー群を併用した物理的・生理的な計測に基づいて、一人一人の定常的な行動パターンをモデル化し、その主観的な状況認識を高精度に推定する技術を開発する。

これにより、ユビキタスセンサー群や利用者が携帯する TPO センサー群からの物理的・生理的な計測値や行動履歴から、「その個人にとってのその状況の意味・意思決定に至る段階」等の主観的解釈を推定し、それに適切な情報サービス・情報コンテンツを取捨選択し、適合した方法で利用者に提示できるようにする。

#### (1-c) 対象世界に関する知識体系の多様性の研究

一人一人が持つ知識体系は、経験や学習の履歴によって多様であると共に、様々な状況の文脈下で利用される知識の集合も異なっている。本研究では、一人一人が関心を持つ知識コンテンツ、および、それへの主観評価を抽出・推定・表現する技術を開発する。またコミュニティ内で、知識コンテンツに対して共通する特性を持つ人を、効率よく発見する手法などを開発する。

### (2) ロボティクスのなアプローチ

実空間での一人一人の知的行動に認められる多様性を、実空間内の情報環境のロボティクスの制御により、人間の受動的・能動的な観測を通して、人間に負担をかけずに計測・モデル化する技術を開発する。

#### (2-a) 個人特性のロボティクスのな観測・モデル化

人間が携帯する TPO センサー群や実空間内のユビキタスセンサー群、コミュニケーションロボット群を連動させ、一人一人の知的行動の履歴を受動的に観測したり、人間に情報を能動的に投げかけてそれに対する反応（例：無視、関心、採用等）を観測したりする過程を通じて、その知覚過程・状況認識過程での情報間の対応付けの違い、知識体系の違いを動的に計測・モデル化する技術を開発する。

これにより、人間に身体的・心理的な負担をかけることなく、一人一人の知的行動に見られる多様性を効率よくモデル化すると共に、実空間内で的確に情報提供サービスなどを行えるようにする。

#### (2-b) 複数人数参加時の状況認識技術

主観的な特性の異なる複数の人が同じ実空間内にいる場合の場の状況を推定する技術、また、実空間全体へのサービス・情報提示と、個人へのサービス・情報提示を両立

させる技術の開発を試みる。

### (3) 実問題を模したプロトタイプと実証評価

現実の社会で解決が必要とされる課題を模した実問題を複数設定し、その中で各要素技術とシステム化技術を研究開発・評価検証する。そのようなプロトタイプと総合評価実験として、実店舗を模したスマートショップを構築し、店舗内での被験者の個々の行動（例：立ち止まる、触る、手に取る、サイネージを見るなど）の検出、また、一連の行動パターン（例：立ち止まる、触る、手に取る、サイネージを見るなど）の検出、また、一連の行動パターンの計測と、これらの情報の蓄積（個人の行動履歴）により、被験者の知覚感性において重視される商品属性や具体的な属性値の推定を行った。併せて、ウェブショッピング等、実空間とは異なるサイバー空間上での購買行動（例：ウェブページのブラウジング、閲覧、リンクをたどるなど）と一連の行動パターンの計測からも被験者の知覚感性において重視される商品属性や具体的な属性値の推定を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 感性情報学的なアプローチでの成果

#### (1-a) 複合感性による知覚過程の多様性のモデル化

視覚・聴覚刺激に対する知覚感性の過程を数理的にモデル化する技術（局所高次自己コントラストに基づく特徴量と、競合学習のアルゴリズム）を開発した。これにより、刺激の強さだけに依拠して知覚されるのではなく、他との対比で特徴的な部分に注目して知覚・認知する過程のモデル化を精緻化することができた（雑誌論文2-4, 8, 学会発表6, 7, 特許2, 6, 7）。

統計的学習を信頼性を保証しつつ行うためには、ビッグデータなどの膨大なデータの母集合と教示学習用のサンプルが必要となる。しかし、一般の利用者にとっては、そのようなデータの収集や、教示用データの整備には多大な量力がかかる。本研究ではまた、教示学習に際して大量の教示データを用意するなどの負担を軽減するアルゴリズムの開発を進めた。具体的には、ラフな分類と比較的少数の教示データを用意するだけで、対象の特徴に基づいて、システムが自動的に、物理的な特徴量の相違に基づいて、教示されたデータの詳細な分類や、統計的分析・学習に耐えられるように教示データの補完を行うアルゴリズムを開発した。教示用のデータ数で1~10%、自動補完の確認のためのチェック作業を含めても、従来の10%程度の工数で、同程度の学習精度を実現することができた（学会発表8, 特許1, 新聞報道1）。

マルチメディア・マルチモーダルな刺激が相互に影響して統合的に知覚される過程をモデル化するために、コントラスト情報量に

基づく特徴抽出・競合学習の基礎的な手法を考察・検討した。

この考察・検討の裏付けとして、統合的知覚の中で、どの刺激が優位に作用しているかを客観的（生理的）に判断するため、fNIRSによる光トポグラフィを用いた脳血流計測により、例えば、視覚刺激が単に映像として知覚されているのか、言語・意味を伴って知覚されているのかを、脳活動の部位と活性度の計測により判定する手法を開発した。

被験者の興味の対象の推移により、注目する情報（刺激）に合わせて脳の活性の高い部位が変化することが観測された。また、興味を持って視聴しているマルチメディア情報に対しては、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。これは、従来の心理評価（アンケートによる回答）によらずに、被験者が好評価をしているマルチメディア情報（刺激）とその中の主要な要因を、客観的に計測できる生理的な指標に基づいて推定することに道を開いたと言える（学会発表2, 3）。

#### (1-b) 状況の主観的認識過程の多様性のモデル化

被験者（消費者）が示す個々の行動の意味・意図は、被験者毎に、行動パターン（長期の行動履歴に認められる行動の傾向）は行動の系列（短期間の行動履歴）から判断する必要がある。

本研究では、カメラ、RFIDなどのユビキタスセンサー群、GPS、加速度センサーなどのウェアラブルセンサー群から、被験者の行動を検出すると共に、行動履歴を取得・蓄積し、行動パターンの類型化を行えるようにした。また、この類型化に基づいて、個々の行動の主観的意味・意思決定上の段階の推定を行えるようにした（雑誌論文7, 9）。

各種センサー値から物理的状況のボトムアップ推定、また、行動の目的（サービス）からサービスに関する状況のトップダウン検出を統合した状況推定のモデルの検討を進めた。

これにより、店舗内での購買時や、ある地域エリア内での観光時に、各種センサー群からの物理的な計測値や行動履歴から、適切な情報サービス・情報コンテンツを取捨選択し、利用者に提示できるようにした（学会発表5, 9, 10）。

#### (1-c) 対象世界に関する知識体系の多様性の研究

知識コンテンツに対する主観評価用のタグ構造を整備し、コミュニティの中で、類似の考え方をする人のグループ化、その人達に適したコンテンツのグループ化、信頼感・親近感の分析などのアルゴリズムを開発した。

興味の対象（知識コンテンツ）が近い利用者群や、ある対象（知識コンテンツ）に対し

て同じような解釈・評価をする利用者群を抽出することが可能となった。その結果、知識コンテンツに対する感性や、コミュニティ内での人対人の関係性のような高次の感性のモデル化と、これらに適合するコンテンツを精度よく検索・共有する技術を実現できた（雑誌論文1, 5, 6, 特許5）。

## (2) ロボティクス的なアプローチ

### (2-a) 個人特性のロボティクス的な観測・モデル化

人間が携帯するウェアラブルセンサー群や実空間内のユビキタスセンサー群、コミュニケーションロボット群を連動させ、一人一人の知的行動の履歴を受動的に観測する仕組み（パッシブセンシング）を開発した。

一方、人間（被験者）から、より効率的に感性的な判断の情報を引き出すために、アンケートなどの直接的なインタラクションが用いられてきた。しかし、これは大きな身体的・心理的な負担感を伴う。

本研究ではさらに、人間に主導権を持たせながらも、情報を能動的に投げかけて（例：携帯機器への情報提示、デジタルサイネージへの情報提示）とそれに対する反応（例：無視、関心、採用等）を観測する仕組み（間接的なインタラクションによるアクティブセンシング）を開発した（学会発表1, 4）。

これにより、人間に大きな身体的・心理的な負担をかけることなく、一人一人の知的行動に見られる多様性を効率よくモデル化すると共に、的確に情報提供サービスに連動する仕組みを開発した（雑誌論文7, 9, 学会発表9, 10）。

### (2-b) 複数人数参加時の状況認識技術

複数の人が同じ実空間内において相互作用する場合の状況を推定する技術、感性のモデル化技術に関しては、基礎的な検討にとどまった。

これは、ユビキタスセンサー群では、人間が非常に近接した状態（例：セールの売り場内など）での動作・行為の主体の識別が難しいことが一因である。

また、複数の人が相互作用する状態（例：親子で買い物など）では、意志決定の過程にも相互作用が生じることがわかった。

## (3) 実問題を模したプロトタイプと実証評価

店舗内での消費者の購買支援システムを例に、感性モデルの構築、すなわち、被験者の知覚感性において重視される商品属性や具体的な属性値の推定を可能とした。また、比較のため、ウェブショッピング上での購買支援システムも試作し、購買行動の計測からも被験者の知覚感性において重視される商品属性や具体的な属性値の推定を行った。

店舗内での行動観測から推定される被験者の感性的な特性と、サイバー空間上での行

動観測から推定される被験者の感性的な特性にはかなりの一致性が見られた。また、一致しない部分は、素材感（手触り感）などサイバー空間上では知覚することが難しい情報（刺激）、実空間とサイバー空間の「動きやすさ」の違いなどに理由を求めることができた（特許3, 新聞報道2）。

また、モバイル・ウェアラブル情報機器を身につけて「文京区内での観光支援」を行うプロトタイプシステムを試作し、状況の推定と共に、個々の利用者の感性（興味・関心）に適合した観光場所・休憩場所などのレコメンデーションを行うサービスとして、本研究で開発したアルゴリズムの妥当性を確かめた（特許4）。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計12件；全て有査読）

[1] 北川頌悟, 篠原勲, 加藤俊一, “各個人の得手不得手意識を考慮したWeb学習支援システムの拡張方式の提案”, 日本感性工学会論文誌, 第9巻, 第2号, pp. 285-291, 2010年2月

[2] 井上敬文, 田崎幸彦, 加藤俊一: “感性の可視化による共創支援の試み —グラフィックデザイン支援への応用—”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 9, No. 2, pp. 329-33, 2010年2月.

[3] 武田泰弘, 加藤俊一: “ベイヤー型カラーフィルターアレイのための確率的エッジ知覚モデルを用いた高周波成分の抽出”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 9, No. 2, pp. 335-343, 2010年2月.

[4] 井上敬文, 加藤俊一: “共同作業における配色・デザイン支援ツールの開発—感性の多次元空間表現によるイメージ語間の関係の抽出—”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 643-650, 2009年02月.

[5] 岩脇宏和, 矢野絵美, 篠原勲, 加藤俊一: “コンテンツの共通点から感じる人同士の親近感のモデル化の試み —キャンパスコミュニティエイドへの応用—”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 659-666, 2009年02月.

[6] 北川頌悟, 篠原勲, 加藤俊一: “個々の知識に着目したタグ付け情報共有を用いたWeb教材学習支援システム”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 731-740, 2009年02月.

[7] 今村直生, 荻野晃大, 加藤俊一: “ユビキタスインタフェースを用いた消費者の行動パターンの理解”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 741-748, 2009年02月.

[8] 重松利季, 加藤俊一: “教示データの自動分類による学習の効率化—全域的特徴と

構造的特徴の利用-”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 837-842, 2009年02月.

[9] 須藤健太, 龍田成示, 杉原良平, 加藤俊一: “ウェアラブルセンサを用いた利用者のTPO推定と情報提供サービスへの利用”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 843-850, 2009年02月.

〔学会発表〕(計206件;内、有査読52件)

[1] Terumasa Tajima, Toshikazu Kato: “Analysis of Customer Preference through Unforced Natural Passive Observation”, HCI International 2013, Las Vegas, USA, July 2013 (採録決定)

[2] Shinsuke Mitsui, Atsushi Maki, Toshikazu Kato: “Relationship Analysis between Subjective Evaluation and NIRS-based Index on Video Content”, HCI International 2013, Las Vegas, USA, July 2013 (採録決定)

[3] Satoru Iteya, Atsushi Maki, Toshikazu Kato: “Responses Analysis of Visual and Linguistic Information on Digital Signage Using fNIRS”, HCI International 2013, Las Vegas, USA, July 2013 (採録決定)

[4] Toshikazu Kato: “User Modeling through Unconscious Interaction with SmartShop”, HCI International 2011, Orlando, USA, July 2011

[5] Akihiro Ogino, Taketo Kobayashi, Yusuke Iida, Toshikazu Kato: “Smart Store Understanding Consumer’s Preference through Behavior Logs” HCI International 2011, Orlando, USA, July 2011

[6] Masashi Murakami, Toshikazu Kato: “Design of Auditory Processing and Subjective Classification for Music”, Proc. of KEER2010 (International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2010), pp. 1618-1625, Paris, France, Mar. 2010.

[7] Yasuhiro Takeda, Toshikazu Kato: “Computational Modeling of Visual Perception and its Application to Image Enhancement”, Proc. of KEER2010 (International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2010), pp. 1763-1777, Paris, France, Mar. 2010.

[8] Kazuki Yasukawa, Toshikazu Kato: “Development of Image Retrieval System from a Few Key Images”, Proc. of KEER2010 (International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2010), pp. 2208-2222, Paris, France, Mar. 2010.

[9] Naoki Imamura, Hiroaki Ssuzuki, Kenji Nagayasu, Akihiro Ogino, Toshikazu Kato: “Modeling Customer Preferences for

Commodities by Behavior Log Analysis with Ubiquitous Sensing”, Proc. of KEER2010 (International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2010), Paris, France, pp. pp.1200-1213, Mar. 2010.

[10] Akihiro Ogino, Naoki Imamura, Toshikazu Kato: “Modeling of Human Interest in Products by Observing Behaviors of Customer in a Store”, Proc. of KEER2010 (International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2010), pp. 2072-2081, Paris, France, Mar. 2010.

〔産業財産権〕

○出願状況(計7件)

[1] 名称: 画像解析装置、画像解析方法、画像検索システムおよびプログラム

発明者: 加藤俊一、三澤雄太、安川和希、印部勉、上坂俊輔(学校法人中央大学)

権利者: 学校法人中央大学

種類: 特許

番号: 特願2011-188548

出願年月日: 2011年8月31日

国内外の別: 国内

[2] 名称: 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

発明者: 加藤俊一、武田泰弘(学校法人中央大学)

権利者: 学校法人中央大学

種類: 特許

番号: 特願2010-41370(特開2011-182001)

出願年月日: 2010年2月26日

国内外の別: 国内

[3] 名称: 意思分析サーバ、意思分析方法、プログラムおよび意思分析システム

発明者: 加藤俊一、荻野晃大、今村直生(学校法人中央大学)

権利者: 学校法人中央大学

種類: 特許

番号: 特願2009-206284(特開2011-59802)

出願年月日: 2009年9月7日

国内外の別: 国内

[4] 名称: 利用者情報提供システム及び利用者情報提供方法

発明者: 加藤俊一、篠原勲、岩脇宏和(学校法人中央大学、共同印刷株式会社)

権利者: 学校法人中央大学、共同印刷株式会社

種類: 特許

番号: 特願2009-168921(特開2011-22905)

出願年月日: 2009年7月17日

国内外の別: 国内

[5] 名称: 情報提供システム

発明者: 加藤俊一、北川頌悟、篠原勲(学校法人中央大学、共同印刷株式会社)

権利者：学校法人中央大学、共同印刷株式会社

種類： 特許

番号： 特願 2008-21028(特開 2009-181428)

出願年月日： 2008年1月31日

国内外の別： 国内

[6] 名称： 情報処理装置、感性モデル化システム、感性モデル化方法およびプログラム

発明者： 加藤俊一、荻野晃大（学校法人中央大学）

権利者：学校法人中央大学

種類： 特許

番号： 特願 2007-199851(特開 2009-37345)

出願年月日： 2007年7月31日

国内外の別： 国内

[7] 名称： 音響処理のための情報処理装置、音響処理方法、プログラム、および音響検索システム

発明者： 加藤俊一、村上昌志、川口和夫（学校法人中央大学）

権利者：学校法人中央大学

種類： 特許

番号： 特願 2007-199332(特開 2009-36862)

出願年月日： 2007年7月31日

国内外の別： 国内

〔その他〕

ホームページ等：

<http://www.hm.indsys.chuo-u.ac.jp/>

新聞報道等：

[1] 日刊工業新聞「感性モデルを簡単作成」,2012年8月30日

[2] 日刊工業新聞「中央大、アパレルショップ向けシステム開発－顧客の嗜好をビデオ判定」,2011年7月18日

## 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

坂根 茂幸 (SAKANE SHIGEYUKI)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：10276694

梅田 和昇 (UMEDA KAZUNORI)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：10266273

庄司 裕子 (SHOJI HIROKO)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：30286174