

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24年 5月17日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21650047

研究課題名（和文） 感性を”測る”ためのツール開発を目指した感性表出オントロジーの構築

研究課題名（英文） Construction of the Ontology for KANSEI Representation towards Development the Tools to Measure Humans' KANSEI

研究代表者

松居 辰則（MATSUI TATSUNORI）

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号：20247232

研究成果の概要（和文）：本研究では人間が感性を表出する際の心の振る舞いを記述することによって、感性を”測る”ためのツールを開発を行った。具体的には（1）感性表出オントロジーの構築、（2）ニューラルネットワークを用いた感性を測るツールの開発、を行った。いずれも色彩感情を対象領域にしており、多色配色に対して人間がもつ印象のコンピュータによる自動計算に一定の評価を得た。ただし、オントロジーとツールの完全な連携は今後の課題である。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed the tools to measure humans' KANSEI by construction of the ontology in which the mental states that human represent KANSEI were described in structure. Concretely, we launched following two studies, as (1) Construction of the Ontology for KANSEI Representation, and (2) Development of the Tools to Measure Humans' KANSEI by Neural Network. In these both studies, the target domain was focused on color emotion of human, as a result we found some possibilities and effectiveness of automatic evaluation of humans' KANSEI by computer simulation. However, the sophistication of combination between the KANSEI ontology and the neural network will be an important future work.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
23年度	900,000	270,000	1,170,000
22年度	1,200,000	360,000	1,560,000
21年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性計測評価・色彩調和・感性表出・オントロジー

1. 研究開始当初の背景

本研究の目的は人間が感性を表出する際の心の振る舞いを記述することによって、感性を”測る”ためのツールを開発することにある。そのためには次の二つのサブゴールが設定される。（1）感性表出タスクオントロジー

（以下、感性 ONT）の構築、（2）感性を測るツールの開発である。まず（1）について、本研究では感性を表出することをひとつの問題解決（タスク）として捉える。その上で「対象について述べた印象」から感性を表出するというタスクに関する知識を抽出し、その構

造をタスクオントロジーとして記述する。次に(2)では、その感性 ONT を参照しながら多次元な尺度を構成することが可能であると考えられる。また、人工神経回路網(ニューラルネット等)を用いた対象と印象の関連付けや、定性的シミュレーションによる心の変化の可視化を試みる。このような方法によって感性を測ることができれば、感性を表出することについてのより一般的な理解と共に、感性を理解するための新しい方法論を提案することができる。

以下では、本研究の代表的な成果である(1)感性表出オントロジーの構築、(2)感性を測るためのツールの開発、の2つについて研究成果等の詳細を述べる。

【感性表出オントロジーの構築】

2. 研究の目的

本研究では、コンピュータと人間が色彩感情に関して、より「深い」部分で概念を共有することを目的として色彩感情オントロジーの構築を行う。このオントロジーを用いることで、数理的モデルに対する人間が行う解釈と同等の解釈をコンピュータが行えるようになると考えられる。ただし、現段階ではオントロジーの対象世界は単色に対する感情概念に限定している。具体的には、実際の知識の具体例として色彩感情に関する数理的モデルを取り上げその記述例を示すことでオントロジーの評価を行う。その上で、コンピュータと人間のインタラクションにおいて色彩感情オントロジーがどのように発展可能かについて論じる。

3. 研究の方法

(1) 意識上の属性と属性値

意識の対象と意識の内容という概念を定義することによって、人間が色に対して感じる明度、彩度や色相と、物の属性の区別が可能である。色の三属性というように明度、彩度、色相があたかも属性として一般的に捉えられるが、それらは物理的な性質ではなく人間が意識を通して認識した心理量である。すなわち、意識の対象が意識の上での属性および属性値を持っているため、心理量が意識の内容となると考えられる。意識の上でのみ捉えられる属性と属性値を図1のように「意識上の属性」と「意識上の属性値」として概念化する。これらはそれぞれ YAMATO における質と属性値の下位概念として定義される。意識上の属性では referring to ロールのスロットを継承し、YAMATO における定量値と定性値の関係に相似する「量的知覚属性値」と「質的知覚属性値」を参照している。

量的知覚属性値は「知覚量」と「複合知覚量」に分けられる。人間が感じていることを定量的に測定することは不可能であるため、本来は意識上の属性値は定性的であると考えられる。しかし、人間によってどのように意識されているかという観点からは、感覚量あるいは心理量と呼ばれている量的な概念が認

められる。例えば、光に対して「明るさ」を感じる時に、輝度という測光量の増加に従って明るさの量が増加すると考える場合である。また、等しい明度でも彩度が高い色の方が「明るく」感じるように、複数の知覚量が統合されたものとして捉えられる心理量が複合的知覚量である。

意識上の属性は「単極知覚属性」と「双極知覚属性」に分けられる。単極知覚属性は性質が「あること」ないし「ないこと」を起点として一方向に表わされる概念であるに対して、双極知覚属性は性質の「中程度」を起点にして二方向に表わされる概念である。単極知覚属性と双極知覚属性が参照する属性値の関係は、「知覚的 大きい_小さい」(図1)という比較コンテキストにおいて定義される。この概念のスロットは、YAMATO における「特殊」の下位概念で定義されている「大きい_小さい」と同等であり、それぞれのクラス制約が意識上の属性値の下位概念を参照している。「知覚的 大きい」と「知覚的 小さい」の大小関係はそれぞれの value ロールのクラス制約である量的知覚属性値が閾値と比べて大きい小さいかによって決まる。この時に、大きいロール、小さいロールのクラス制約に双極知覚属性が参照する属性値、value ロール、閾値ロールに単極知覚属性が参照する属性値をとることで、それらが表している方向が定義される。



図1 意識上の属性と属性値の階層(左)

図2 変数、統計モデル、色空間モデルの階層(右)

(2) 色彩感情の表現モデル

(1)では心理量と物理量の区別を行った。

色彩研究において、これらの定量的な関係はモデルとして表現される。ここでは、主観評価の実験データに基づいて色彩の三属性と色彩感情の関係を表すのに用いられる統計モデルと、CIE表色系と呼ばれる測色量に基づいた色空間モデルについて取り上げる。図2に変数、統計モデル、色空間モデルとその下位概念を示す。これらはすべてYAMATOにおける複合表現の下位階層に位置付けられ、componentとして複数の表現を持つ。

「変数」はデータを内容として持ち、「観測変数」は測定値を表す変数である。内容ロールのクラス制約は性質測定値と主観評価値である。これらは測定という行為によって変換された命題としての量である。これに対して、「非観測変数」は測定値以外がcomponentロールを担う変数であり、解釈の上で属性値を参照しない。「統計モデル」の下位概念は「変数の関係」と「モデル式」に分けられる。変数の関係は二つの変数ロールを担う変数が相互に対称である「共変関係」と、説明変数から目的変数を予測あるいは説明するという方向性を持った「目的-説明関係」の二つに大別される。モデル式は目的-説明関係をクラス制約とした複数のcomponentを持ち、下位概念に「線形回帰モデル」「因子分析モデル」「主成分分析モデル」が定義される。

「色空間モデル」は「色空間」と「測色上の関係」に分けられる。componentロールのクラス制約は変数および色空間モデルである。色空間としてCIEXYZ, CIEXYZ, CIELAB, CIELChが定義されており、componentロールを継承したcoordinateロールは測色上の関係の下位で定義されたロールホルダーがクラス制約となっている。測色上の関係は数学的な変換式の表現である。そのinputロールとoutputロールも同様にcomponentロールを継承しており、outputのロールホルダーがinputのロールホルダーによって導出されることを定義している。

4. 研究成果

(1) 色彩感情オントロジーの利用

本研究が対象とする色彩感情に関するインタラクションにおいても、オントロジーによるアプローチが有効であると考えられる。色彩の三属性と評定値の関係を説明するために用いられる統計モデルが知(インスタンス)であり、その知識が前提としている心の捉え方に関する概念がオントロジーに当たる。本研究で構築したオントロジーを用いることで、affective computingや感性情報処理の分野で開発されているシステムで色彩感情に関する知識を扱う際に、計算機によって人間と同様の解釈が可能になると考えられる。例えば、前項で取り上げた「色空間の座標と心理量の変数が対応する」ことは色空間に関する概念が共有されたといえ、「明度が大きいほどSoftと評定される」ことはいわゆる人間の心に関する概念が共有されたといえる。

そのようなシステムでは色彩感情を形式的に処理するため、人間が抱いている色彩感情とは内容的に乖離しているといえる。色彩感

情オントロジーは人間と計算機の両者から理解可能な形で概念を記述することで、実際に処理される知識(インスタンス)における形式と内容を結びつける役割を果たす。これは人間と計算機のインタラクションを人間と人間のそれに近づけることの可能性を意味している。人間と人間のインタラクションでは、相手の色彩感情を自分のそれをモデルとして同一視することで理解していると考えられる。人間と計算機のインタラクションを考えた場合には、計算機に実装された形式的なモデル(例えば、統計モデルなど)に基づくことでユーザーの色彩感情を「理解」することができる。この際に、オントロジーは計算機が持つ形式的なモデルと、それに対する人間の内容的な解釈に共通の概念的基盤となることで、人間とシステムは深い部分、すなわち内容レベルでのインタラクションを行うことができるようになって考えられる。

(2) 総論

色彩感情と色彩の三属性との定量的関係が議論されている。7つの国と地域で行った単色に対する評定の因子分析の結果からCIELAB色空間のメトリック量である L^* , C^* , h と良く対応する3因子が抽出されている。また、二色配色の美しさ評定については L^* , C^* , h の平均、差を用いた予測式が提案されている。これらの知見は測色量から色彩感情を予測し、コンピュータと人間のインタラクションを円滑にするために有用である。例えば、 O_u らは数理的モデルに基づきユーザの色彩感情を反映させるデザイン支援システムを開発している。このような支援システムにおいて、大きな課題は人間と深い部分でインタラクション、すなわち内容レベルでのインタラクションを行うことであり、人工知能研究では内容指向アプローチとして注目されている。具体的には、システムの知識処理においてコンピュータと人間が概念レベルで知識を共有することが求められる。その解決策として、知識工学では概念体系であるオントロジーを構築し、それに基づいた知識記述を行うというアプローチがとられている。しかし、色彩感情のような人間の主観的な概念に関するオントロジーはまだ構築されていない。本研究では、コンピュータと人間が色彩感情に関して、より深い部分で概念を共有することを目的として色彩感情オントロジーの構築を行った。このオントロジーを用いることで、数理的モデルに対する人間が行う解釈と同等の解釈をコンピュータが行えるようになって考えられる。本研究では、実際の知識の具体例として色彩感情に関する数理的モデルを取り上げ、その記述例を示すことでオントロジーの評価を行った。その上で、コンピュータと人間のインタラクションにおいて色彩感情オントロジーがどのように発展可能かについて論じた。

【感性を測るためのツールの開発】

2. 研究の目的

我々が生活を営む現代社会は、物質的に恵まれ、ネットワーク化により膨大な情報も容易に手に入れることができる。それに伴い、われわれの商品価値は、機能や品質といった技術的側面から見た目や使いやすさといった感性的側面に移り変わりつつある。しかし、膨大な情報の評価は、われわれの時間と労力に大きな負担を与えてしまう。そのため、この負担を代行する手段として、コンピュータによる感性評価を本研究の目的とした。人間の感性イメージに最も貢献度が高い「色彩」と人間の脳機能をモデルとした「ニューラルネットワーク(以下 NN)」を利用し、人間の脳機能に適合したモデルを構築する。

3. 研究の方法

(1) 印象評価実験

人間の脳活動領域に対応する力量性、活動性、評価性という感性次元(因子)が本研究においても抽出されることを確認するために、図3に示す刺激画像に対して、被験者に11の評価項目に回答してもらった。また、評価中の視覚特性と感性との関係性を知るために Eye Mark Recorder により視線運動を計測した。その結果、バリマックス回転後に得られた3つの因子は、色彩感性研究において多く抽出され、行場による感性次元(因子)とも一致する力量性、活動性、評価性に対応していた。印象評価実験により得られた因子が、感

性次元に適合することから、提唱される脳活動領域と機能に基づき、各因子に対する次元を NN により構成することとした。これにより、脳機能に適した役割を果たすことが期待される。特に、評価性次元で有意に活性化する脳領域の眼窩前頭前野は、非常に個体差が大きく、情動や報酬値の判断を担っている。感性研究において、美的表現に対する報酬系の関与が提唱されることから、評価性次元において報酬値を適用するシミュレーションも試みるものとする。また、視線運動の計測結果から、被験者全体の平均注視時間が16箇所の色位置に対して3箇所程度に70%以上集まっており、被験者毎の傾向をみると、1~2箇所の異なる位置に集まることが分かった。そのため、注視位置と時間には、被験者の生理的特徴が存在すると判断し、NNに適用するものとする。

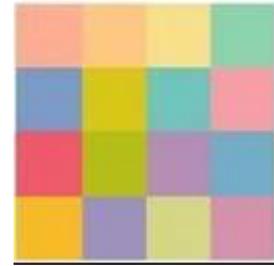


図3. 16色配色画像の例

(2) 学習・評価シミュレーション

人間の感性プロセスは6つの階層に分類され、各階層に属する感性評価語が定義されている。その感性評価語と本研究において使用した評価項目を比較すると、評価性次元の項目が、力量性/活動性次元の項目よりも高い階層であることが分かる。そのため、感覚・知

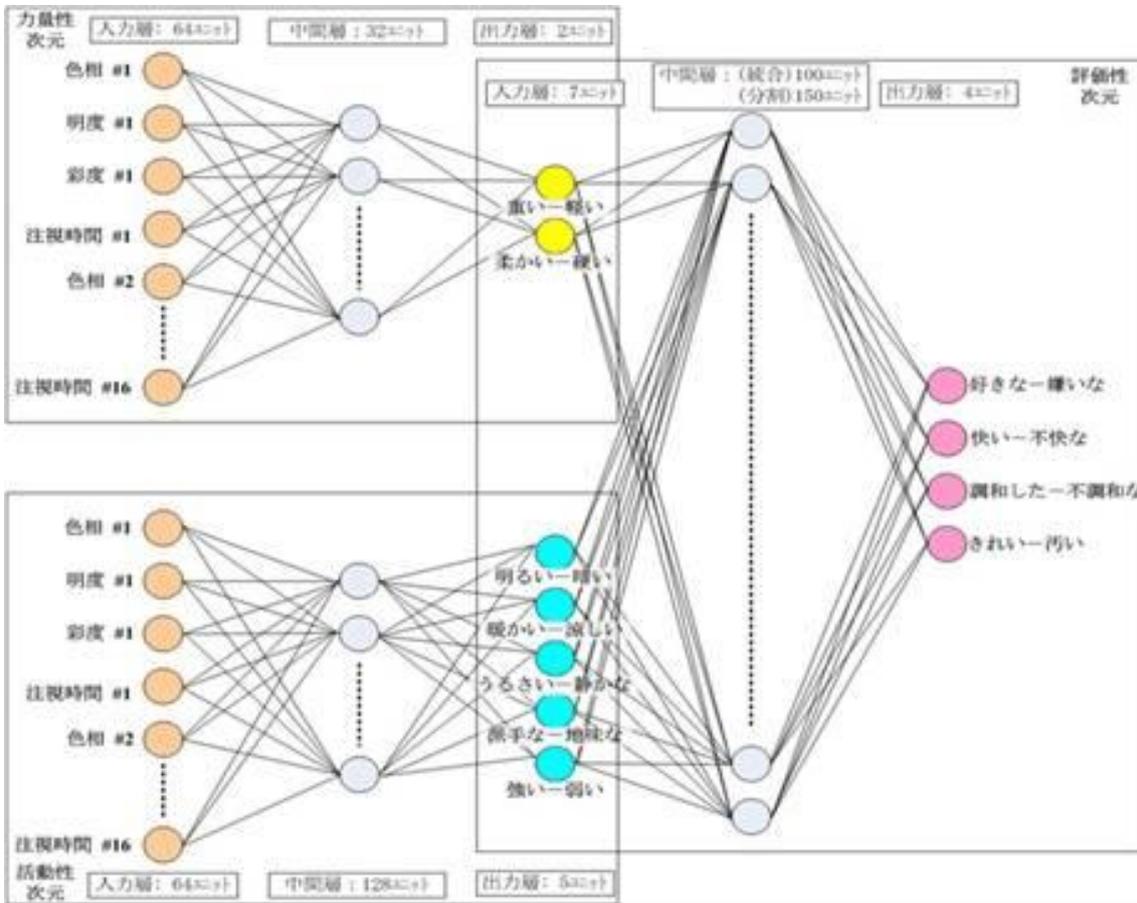


図4. 感性次元に基づく NN 構成

覚の低次の階層位置づけられる力量性/活動性次元と嗜好や情緒の高次の階層に位置づけられる評価性次元を図4のように配置する。各次元への入出力層は、各因子の観測変数を対応する次元の出力とし、感覚受容としての物理的特徴（色相、明度、彩度）と視覚特性としての注視時間を力量性/活動性次元の入力、これらの次元からの出力を評価性次元の入力とする。中間層の素子数、学習係数、慣性係数は、試行錯誤的に評価し、学習による2乗誤差が最小となるものを適用した。

また、シミュレーションは、被験者全体の評価データを統合した構成と被験者毎の評価データを分割した構成により実施し、結果を比較した。それぞれのシミュレーション構成による各次元の平均正答率を表1に示す。また、評価性次元は、図4に示すように力量性/活動性次元のNN出力値を入力とするが、その出力値の正答率に影響することを懸念し、実際の被験者回答を入力とする比較実験も行う。正答率が、被験者回答を入力とする評価性次元において最も高いことから、NNが高次の感性評価に適合していると考えられる。前述したように、評価性次元の感性評価への関与が期待される報酬値を適用したシミュレーションを比較実験として行った。印象評価実験のアンケート調査により得た被験者の好きな色と刺激画像に配色された各色との色相差、明度差、彩度差を用いて、これらを最小とする時、報酬系の+の評価値が最大となると仮定し、それらを評価性次元の入力層に加えて実験を行った。結果として、NNの出力値を入力とする評価では、約8%程度の改善が見られたが、被験者回答を入力とする評価では改善が見られなかった。しかし、この8%の改善は、力量性/活動性次元から得られた正答率の低いあいまいなデータを用いた評価における改善であることから、個体差の大きい脳領域による報酬値の判断により被験者個性の識別に大きく寄与したものと考えられる。

表1. 評価正答率

感性次元	統合 (%)	分割 (%)
力量性	51.95	56.39
活動性	52.78	59.33
評価性 (NN 出力値)	40.42	47.36
評価性 (被験者回答)	64.45	62.5

4. 研究成果

人間の高次脳機能である感性評価をコンピュータ上で実現することを目的とし、印象評価実験を行った。実験データを因子分析した結果、先行研究における感性次元と同様の力量性、活動性、評価性が得られた。また、先行研究における感性プロセスの階層構造に基づき、感性次元を分類すると、力量性/活動性次元に対して、評価性次元が高い階層に位置付けられることが分かった。そのため、NNを図2に示す構成とし、シミュレーションを実施した。その結果、感性次元を適用しない場合と比較して、2乗誤差は極めて小さく、評

価正答率も被験者回答を入力とする評価性次元で15%以上の向上が見られた。これにより、感性次元を適用したNNによるコンピュータ上での感性評価の代行が、実現に近づけたと言えるが、実用化に向けて報酬値の最適な利用方法および他の有効な特徴量に対する検討が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- ① 村松慶一, 松居辰則, コンテントスペースの概念に基づく美的感性と心の構造の理解, 日本感性工学会論文誌, 査読有, Vol.8, No.3, 2009, pp. 819-828.
- ② 江藤香, 松居辰則, 椋田實, 樺澤康夫, ケアプラン策定過程におけるノウハウ情報共有システムとその教育的な効果, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.51, No.11, 2010, pp.2123-2140.
- ③ 小川浩二, 村松慶一, 松居辰則, ニューラルネットワークを用いた色彩の印象評価シミュレーション構築, 日本色彩学会誌, 査読有, 2010, Vol.34, No. Supplement, pp.46-47.
- ④ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 印象に関する知識記述のための感情誤帰属手続きを用いた特性の抽出, 日本感性工学会論文誌, 査読有, 2011, Vol.10, No.2, pp.231-238,
- ⑤ 小川浩二, 村松慶一, 松居辰則, 多層連結ニューラルネットワークを用いた色彩感性評, 日本色彩学会誌, 査読有, 2011, Vol.35, No. Supplement, pp.70-71.
- ⑥ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 色彩感情における記述的尺度と評価的尺度の関係構造に関する実験的検証, 日本色彩学会誌, 査読有, 2011, Vol.35, No. Supplement, pp.32-33.

[学会発表] (計23件)

- ① Keiichi MURAMATSU, Tatsuo TOGAWA, Kazuaki KOJIMA, Tatsunori MATSUI, Content-oriented Approach to Knowledge Description of Aesthetic Experience, In Proceedings of the Kansei Engineering and Emotion Research International Conference 2010 (KEER2010), 査読有, 2010, pp.856-865.
- ② Kaoru ETO, Minoru MUKUDA, Yasuo KABASAWA, Tatsunori MATSUI, Externalization Method and Its Evaluation of Know-how Information for Care Planning Processes by Awareness of Novices, In Proceedings of the International Conference on Knowledge Management and Information Sharing (KMIS2010), 査読有, 2010, pp.201-206.
- ③ Kaori TANAKA, Tatsunori MATSUI, Kazuaki KOJIMA, Experimental Study on Appropriate Reality of Agents as a Multi-modal Interface for Human-Computer Interaction, In

- Proceedings of the 14th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2011), 査読有, 2011, Vol. 2, pp.613-622 .
- ④ Keiichi MURAMATSU, Tatsuo TOGAWA, Kazuaki KOJIMA, Tatsunori MATSUI, Ontological Approach to a Structure of Color Emotion: Description of Relationships among Rating Scales, In Proceedings of the AIC 2011 Midterm Meeting of the International Colour Association (AIC2011), 査読有, 2011, pp. 597-600.
- ⑤ Koji OGAWA, Keiichi MURAMATSU, Tatsunori MATSUI, Construction of Simulation for Kansei Evaluation of Colors by Using Linked Multiple Neural Networks, In Proceedings of the AIC 2011 Midterm Meeting of the International Colour Association (AIC2011), 査読有, 2011, pp.613-616.
- ⑥ Keiichi MURAMATSU, Tatsuo TOGAWA, Kazuaki KOJIMA, Tatsunori MATSUI, Proposal of A Framework to Share Knowledge About Consumer's Impressions, In Proceedings of the 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2011), 査読有, 2011, Vol.1, pp.388-393.
- ⑦ 田中かおり, 小島一晃, 松居辰則, デフォルメを段階付けされた擬人化エージェントに対する印象評価, 日本認知科学会第26回大会発表論文集, 2009.
- ⑧ 村松慶一, 戸川達男, 松居辰則, 美的体験に関する内容指向の知識記述の試み, 第11回日本感性工学会大会予稿集, 2009, 2G1-6.
- ⑨ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 印象に関する知識記述のための感情誤帰属手続きを用いた特性の抽出, 第12回日本感性工学会大会予稿集, 2010, 2A1-4.
- ⑩ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 情報処理の観点に基づいた印象に関する知識表現, 人工知能学会第59回先進的学習科学と工学研究会, 2010, pp. 13-18.
- ⑪ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 行為者の気づきに基づいた印象に関する知識表現, 人工知能学会第22回セマンティックウェブとオントロジー研究会, 2010, SIG-SW0-A1001-05.
- ⑫ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 内容指向アプローチによる印象に関する知識記述の試み, 第24回人工知能学会全国大会予稿集, 2010, 1B4-2.
- ⑬ 田中かおり, 松居辰則, 小島一晃, 人間への類似度を段階付けされた顔画像と音声の印象評価, 第24回人工知能学会全国大会論文集, 2010, 3C1-2,
- ⑭ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 感性的なインタラクションに向けた色彩と感情状態の記述, 人工知能学会第25回セマンティックウェブとオントロジー研究会, 2011, SIG-SW0-A1102-07.
- ⑮ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 深い Human-Computer Interaction のための色彩感情オントロジーの構築, 日本色彩学会視覚情報基礎研究会第9回研究発表会論文集, 2011, pp.7-10.
- ⑯ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 色彩感情研究における主観的データのオントロジーに基づく記述, 第10回情報科学技術フォーラム 講演論文集, 2011, 第2分冊, pp.405-412.
- ⑰ 田井真直子, 小島一晃, 松居辰則, 画像の写実性が反力のふさわしさの評価に与える影響, 第13回日本感性工学会大会予稿集, 2011, F58.
- ⑱ 田和辻可昌, 小島一晃, 松居辰則, 擬人化エージェントに対する帰属と印象の相互変化の構造分析, 第13回日本感性工学会大会予稿集, 2011, G44.
- ⑲ 能條由佳, 村松慶一, 小島一晃, 松居辰則, 絵画のモチーフの位置が印象に与える影響についてー葛飾北斎「富嶽三十六景」を題材としてー, 第13回日本感性工学会大会予稿集, 2011, G32.
- ⑳ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 色彩属性と感情状態の次元に関する構造方程式モデル, 第13回日本感性工学会大会予稿集, 2011, G33.
- ㉑ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 評定尺度の関係に着目した色彩感情の構造, 人工知能学会第24回セマンティックウェブとオントロジー研究会, 2011, SIG-SW0-A1101-05.
- ㉒ 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則, 色刺激に対する印象と感情における関係構造の考察, 第25回人工知能学会全国大会, 2011, 3G1-3.
- ㉓ 小川浩二, 村松慶一, 松居辰則, ニューラルネットワークを用いた色彩に対する感性次元の構築, 電子情報通信学会技術報告 (NC), 2012, Vol.111, No.241, pp. 89-94.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松居 辰則 (MATSUI TATSUNORI)

研究者番号: 20247232

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし