

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

Ontological Descriptions on Color Attributes and Emotional States for Kansei Interaction

村松慶一^{1*} 戸川達男² 小島一晃³ 松居辰則³
Keiichi MURAMATSU^{1*}, Tatsuo TOGAWA², Kazuaki KOJIMA³, Tatsunori MATSUI³

¹ 早稲田大学大学院人間科学研究科・日本学術振興会特別研究員 DC
¹ Graduate School of Human Sciences, Waseda University & JSPS Research Fellow
² 早稲田大学人間総合研究センター
² Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University
³ 早稲田大学人間科学学術院
³ Faculty of Human Sciences, Waseda University

Abstract: The color research has much interest in exploring an emotional response to a color stimulus, which is referred to as color emotions. In general, knowledge on color emotions is represented as statistical models, and be implemented in computer-based systems such as a communication agent. In this paper, we ontologically specified basic concepts of perceptual quantities, color space and statistical models. We then discuss how our ontology can improve interaction between human and computer based on communication strategy which is proposed in Human-Robot Interaction.

1 はじめに

1.1 研究の背景

色彩刺激に対する感情的な反応は色彩感情と呼ばれ、その性質を明らかにすることは色彩研究における大きな関心のひとつである。単色に対する評定の因子分析の結果から CIELAB 色空間座標である L^* , a^* , b^* や、メトリック知覚量である C^* , h を用いた予測式が提案されている [1]。このような測色量から色彩感情の予測を可能にする知見に基づいたデザイン支援システムが開発されている [2]。その他にも、配色に対する色彩感情を判定するシステム [3] のモジュール化と共にロボットへの実装が行われている [4]。この研究では人間と感覚を共有できるパートナーロボットの実現を目指しており、色彩感情に関する知識を利用することによって人間とコンピュータのインタラクションがより深化することが期待されている。具体的には、人間の感覚や感情に対する理解に根差した、いわば感性的なインタラクションをコンピュータが行うことである。

ロボットが人間と同じ感覚を共有していることを人間に推測させることによって、人間はロボットとのコミュニケーションに引き込まれることが実験的に確認され

ている [5]。具体的には、ロボットがとるコミュニケーション戦略として、話題となっている対象物やその状態に関する情報の発話 (informative utterance) に比べて、その対象物に関する感覚的発話 (affective utterance) の方がより人間をコミュニケーションに引き込む傾向にある。ロボットを含んだコンピュータがこのコミュニケーション戦略を取るためには、対象物に関する知識が必要であると共に、それが人間と共有される必要がある。特に、対象物そのものやその状態に関する知識に加えて、対象物に対して人間が抱く感覚ないし感情に関する知識をいかにして共有するかということが大きな問題であると考えられる。

1.2 研究の目的

本研究では、人間とコンピュータのコミュニケーションにおいて感覚や感情が共有されることを目指し、色彩感情に関するオントロジーの構築を行う。前出の色彩研究 [1, 3] などで色彩の評定に用いられている形容詞の多くはこれまでに記述を行った [6]。本研究では、特に感情状態の次元について色彩を評価した研究 [7] に基づいて誘意性、覚醒性、支配性と色彩属性 (明度、彩度、色相) との関係について記述する。その上で、コンピュータのコミュニケーション戦略のために本研究

*連絡先: 早稲田大学大学院人間科学研究科 松居研究室
〒 359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15
E-mail: kei-mura@ruri.waseda.jp

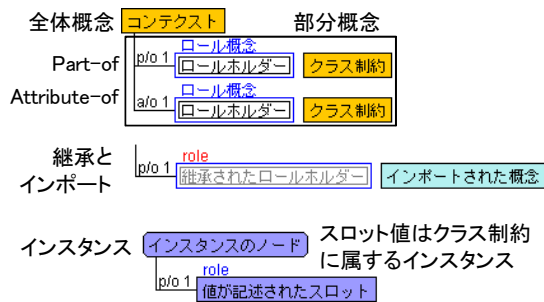


図 1: 法造におけるノードとスロットの凡例

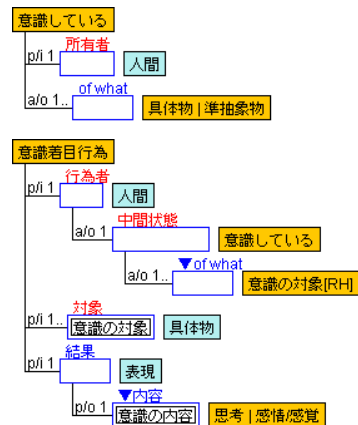


図 2: 意識している状態 (上) と意識着目行為 (下)

のオントロジーがどのように利用可能であるかについて論じる。

2 構築環境と上位オントロジー

2.1 法造におけるロール概念の記述

本研究では、オントロジー構築環境の一つである法造¹を用いた。法造はロール概念の記述をサポートしており、ノードとスロットは図1のように表わされる。法造はロール概念を用いて全体概念に依存した部分概念を記述し、その役割を担った基本概念をロールホルダーと呼ぶ。また、継承されたロールホルダーと他のオントロジーからインポートした概念を参照するクラス制約は図1下段のように表わされる。本研究では、次項で説明する上位オントロジーをインポートし、その下に色彩感情に関する概念を記述した。

2.2 YAMATO における表現と性質

ロール概念の理論に立脚した上位オントロジーとして、YAMATO (Yet Another More Advanced Top-level Ontology)² [8] が挙げられる。YAMATO の特徴の一つとして、小説、詩、絵画、音楽、手続き、シンボルといった表現関連の定義が挙げられる [9]。表現関連の部分概念である形態のクラス制約は表現形態、内容のクラス制約は命題である。表現関連の下位には表現と複合表現が定義されており、後者の部分概念の一つである component ロールを前者が担う。

YAMATO の最大の特徴として性質に関する概念とその表現の概念についての定義が挙げられ、他の上位オントロジーにおける性質に関する概念の相互関係が定義されている。実在物の性質は属性が属性値をとることで記述される。質の下位概念には特性と属性が定

義されており、前者は属性と属性値を含めた概念である。属性の下位には基本属性、さらに下位に定量的属性と定性的属性が定義されている。また、属性値の下位にはカテゴリカルと量、さらに量の下位に定量値と定性値が定義されている。例えば、色の属性は定量的属性の下位概念であり、その属性値として周波数量をとることが定義される一方で、一般的な色名の概念はカテゴリカルの下位概念で定義され、その属性値は周波数の区間によって区別される。

3 色彩感情のオントロジー構築

3.1 意識している状態と行為

Barušs によれば意識は「意図性に特徴づけられたすべての主観的な気づきと、状況、精神状態あるいは行為についての行動的に明らかな明示的知識 [10]」と定義される。この定義には主観的意識と行動的意識の二つを示している。すなわち、個人に生起する思考、感情、感覚という主観的な気づき为主観的意識であり、行動的な明示的知識が行動的意識である [11]。後者は前者の操作主義的概念 (operationalization) であり、行動的意識は客観的な立場から主観的意識を推測する操作のための定義である。

YAMATO のもとでは外部状態 (external state) と動作主状態行為 (actor state action) を用いて意識の状態と内容を概念化することができる [12]。2 に「意識している」状態の構造を示す。上位概念である外部状態の所有者ロールについてクラス制約が人間に特殊化されている。何について意識しているかということは、具体物あるいは準抽象物が担う of what ロールによって表現され、ある行為の中で何かに意識しているという行動的意識を定義することが出来る。2 に示し

¹<http://www.hozo.jp/>

²<http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/hozo/ontology/upperOnto.htm>

た「意識着目行為」の部分概念は行為者、対象、結果である。具体物が担う対象ロールのロールホルダーが「意識の対象」であり、行為者が意識している状態の of what ロールのクラス制約となる。あくまで客観的な立場をとれば、行為者の主観的意識は表現されて初めて観察することができると考えられる。したがって、結果ロールを担う、表現の内容ロールのロールホルダーとして「意識の内容」を定義することができる。

3.2 意識上の属性と属性値

このように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。

そこで、意識の上でのみ捉えられる属性と属性値を図3のように「意識上の属性」と「意識上の属性値」として概念化した[6]。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”を感じるときに、輝度という測光量の増加に従って明るさ (brightness) の量が増加すると考える場合である。また、等しい明度 (lightness) 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3)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

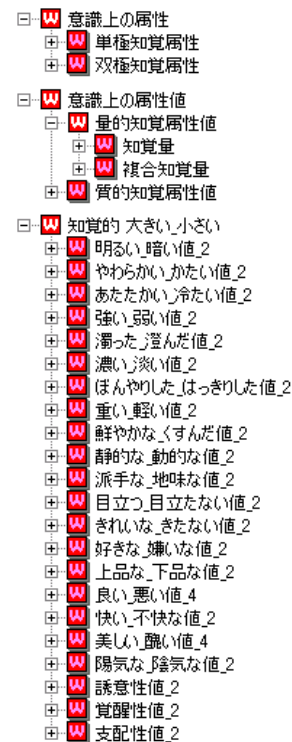


図 3: 意識上の属性と属性値の階層

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か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。

感情状態の次元として捉えられる誘意性、覚醒性、支配性は、属性として双極知覚属性の下位概念として定義され、定量的な属性値としては複合的知覚量、定性的な属性値としては質的知覚属性値の下位概念として定義される。また、知覚的 大きい-小さいの下位概念としてもそれぞれ定義され、複合的知覚量が担う閾値によって質的知覚属性値の大小関係が定義される。

3.3 評価尺度を用いた主観評価

評価尺度を用いて主観的性質の評価を行うことを想定して、「評価する」という行為 (図4) を考える。評価尺度を用いて対象物に対する意識上の属性および属性値の評価を行うことは、行為者の意識の上で捉えられた対象の性質を表現に変換することである。結果ロー

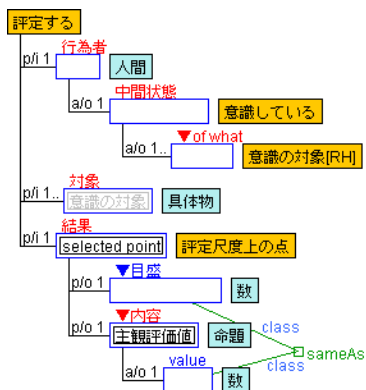


図 4: 評定する行為

ルのクラス制約である評定尺度上の点は評定尺度の部分概念として定義されており [13], その内容が「主観評価値」である。YAMATO では質を表現に変換する行為である「測定」において「性質測定値」が定義されており, 測定に用いられる単位と関連付けられている。一方で, 主観評価値の数値は評定尺度上の点に設定された目盛と同じクラスになるというように, 質的知覚属性値の表現である評定尺度と関連付けられている。

3.4 色彩感情の表現モデル

前節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。本節では, 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 [13] と, CIE 表色系と呼ばれる測色量に基づいた色空間モデル [6] について取り上げる。図 5 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

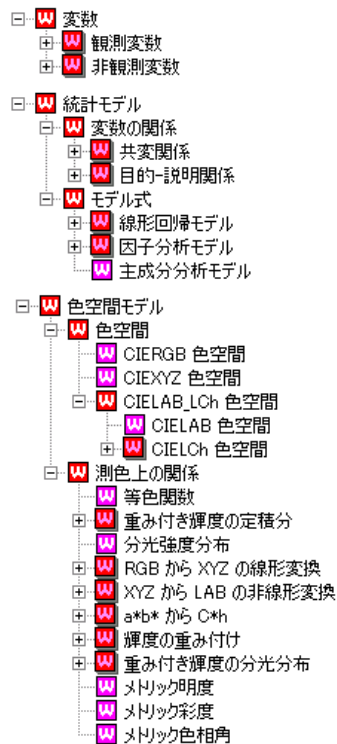


図 5: 変数, 統計モデル, 色空間モデルの階層

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 CIERGB, 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 インスタンスの記述と利用

4.1 統計モデルのインスタンス

ここでは, 構築したオントロジーに基づき, 具体的な色彩感情の知見をインスタンスとして示す。村松ら [7] の研究では感情状態を表す Self-Assessment Manikin (SAM) 尺度を用いて 25 の単色について評定実験が行われた。その実験結果から評定値を目的変数, CIELAB 色空間座標およびメトリック知覚量を説明変数として

構造方程式モデリングを行うことで、重回帰式と決定係数(式1)を推定している。

$$Valence = 0.678L^* + 0.752C^* (R^2 = 0.837)$$

$$Arousal = 0.710C^* - 0.211h (R^2 = 0.710) \quad (1)$$

$$Dominance = -0.752L^* + 0.611C^* (R^2 = 0.660)$$

SAM 尺度は Lang[14] によって提案された尺度である。この尺度は Valence, Arousal, Dominance という 3 系列のマネキン画像から構成されている。例えば、Valence 尺度では一番左が最も低い Valence を表し、右へ行くにしたがって高い Valence を表すようにマネキン画像が並べられている。被験者は自分の感情を自分で評定し、そのマネキンから最も近いものを選ぶことで被験者の感情が評定される。SAM 尺度は形容詞対を用いる尺度とは異なり、非言語の形式であるため対象に関連した反応を直接的に評定することができ、文化的な要因に左右されにくいとされる。

SAM 尺度に対する色空間のメトリックによる重回帰式のインスタンスは図 6 として表わされる。上から順に Valence, Arousal, Dominance の評定値が目的変数となっているモデルを表わしており、それぞれについて座標とメトリック知覚量が説明変数となることが係数と共に記述されている。それぞれの変数は主観評定値と性質測定値を参照しており、色彩感情を表現するモデルを適切に記述することができたと考えられる。

4.2 色彩感情オントロジーの利用

対象物の色彩を話題とした人間とコンピュータのコミュニケーションにおいて、色彩感情に関するオントロジーによって人間とコンピュータで概念を共有することができると考えられる。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識(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共有することが可能になると考えられる。

色彩感情オントロジーは人間とコンピュータ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)と内容としての色彩感情とを結びつける役割を果たす。これは人間とコンピュータ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共感することで理解していると考えられる。人

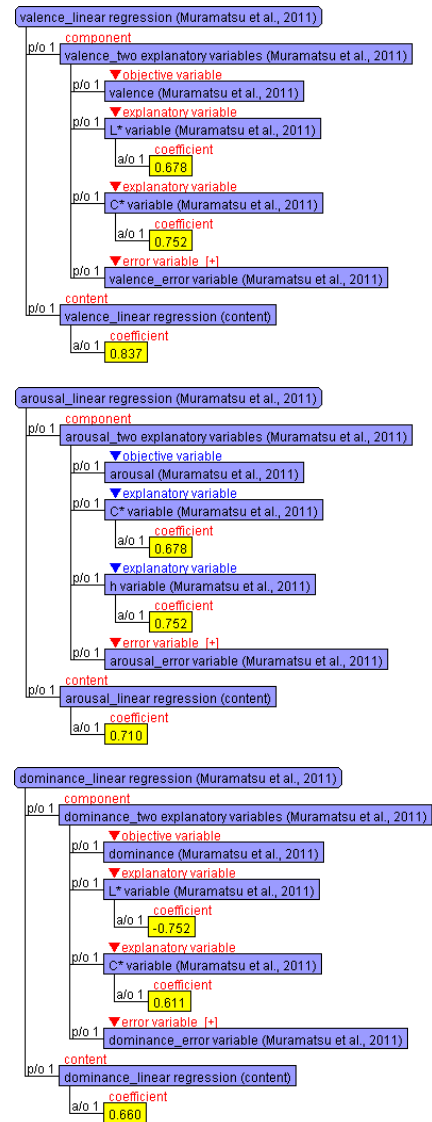


図 6: 重回帰分析のインスタンス

間とコンピュータのインタラクションにおいては、計算機に実装された形式的な知識(例えば、統計モデルなど)がオントロジーによって人間の解釈と内容的に対応づけられることで、コンピュータは人間の共感と同等の理解が可能になると考えられる。

人間を会話に引き込むためのロボットのコミュニケーション戦略[5]において、ロボットが同じ感覚を共有していることを人間に推測させるために感覚的発話(affective utterance)が重要である。これを実現するためには、話題となっている対象物やその状態に関する知識だけでなく、人間が対象物をどのように感じるかという知識が必要である。本研究で構築したオントロジーでは、心理物理量である測色値から計算される色空間座標、心理量である色彩感情をインスタンスとして記

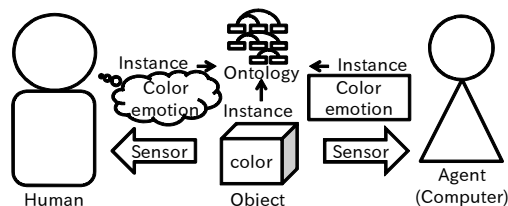


図 7: オントロジーに基づくインタラクション

述することが出来るため(図 7), でコンピュータから人間の色彩感情を“理解”するための概念的基盤として有用であると考えられる。

5 おわりに

本研究では, 色彩感情オントロジーの構築し, 実際の研究から得られている知識について記述例を示した。その結果, 統計モデルとして表わされる色彩感情の知識は適切にインスタンスとして記述されていると考えられる。このことによって, 対象物の色彩に対して人間が感じる色彩感情をコンピュータに“理解”させることができると考えられ, 人間とコンピュータのインタラクションがより深化することが期待される。今後の展望としては, オントロジーに基づいたインタラクションの有効性について実験的に検討したい。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(特別研究員奨励費 22・5624)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Ou, L.-C., Luo, M. R., Woodcock, A. and Wright, A.: A study of colour emotion and colour preference. Part I: Colour emotions for single colours, *Color Research and Application*, Vol. 29, No. 3, pp. 232-240 (2004)
- [2] Ou, L.-C., Luo, M. R. and Cui, G.: A Colour Design Tool Based on Empirical Studies, In *Undisciplined! Design Research Society Conference 2008*, pp.16-19 (2009)
- [3] 徳丸正孝, 山下一美: ファジー推論を用いた配色のイメージ判定システムの構築, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J83-D-II, No.2, pp.680-689 (2000)
- [4] 徳丸正孝, 村中徳明: 配色のイメージに関する感性を持ったロボットの開発, 日本感性工学会研究論文集, Vol.7, No.4, pp.741-748 (2008)
- [5] 今井 倫太, 鳴海 真里子: 人間の五感を利用したロボットとのコミュニケーションへの没入の実現, 計測自動制御学会論文集, Vol.42, No.4, pp.342-350 (2006)
- [6] 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, 視覚情報基礎研究会 第 9 回研究発表会 論文集, pp.7-10 (2011)
- [7] 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, G33 (2011)
- [8] Mizoguchi, R.: YAMATO: Yet Another More Advanced Top-level Ontology, In *Proceedings of the Sixth Australasian Ontology Workshop*, pp. 1-16, (2010)
- [9] Mizoguchi, R.: Tutorial on ontological engineering - Part 3: Advanced Course of Ontological Engineering, *New Generation Computing*, Vol. 22, No. 2, pp. 193-220 (2004)
- [10] Barušs, I.: Metanalysis of definitions of consciousness, *Imagination, Cognition and Personality*, Vol. 6, No. 4, pp. 321-329 (1987)
- [11] Barušs, I.: Overview of consciousness research, *Informatica: An International Journal of Computing and Informatics*, Vol. 24, No. 2, pp. 269-273 (2000)
- [12] Muramatsu, K., Togawa, T., Kojima, K. and Matsui, T.: Proposal of A Framework to Share Knowledge About Consumer's Impressions, In *Proceedings of ICAART 2011 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence*, pp.388-393 (2011)
- [13] 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 第 2 分冊, pp.405-412 (2011)
- [14] Lang, P. J.: Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications, In *Technology in mental health care delivery systems*, ed. by Sidowski, J. B., Johnson, J. H., and Williams, T. A., Ablex Pub. (1980)