

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 Ontological Descriptions for Subjective Data in Researches on Color Emotions

村松 慶一[†] 戸川 達男[‡] 小島 一晃[§] 松居 辰則[§]
Keiichi MURAMATSU Tatsuo TOGAWA Kazuaki KOJIMA Tatsunori MATSUI

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、色彩研究における大きな関心のひとつである。特に、主観的に報告された色彩感情と明度、彩度、色相といった客観的な色彩の属性との関係は、実験データに基づいた数理的なモデルとして表わされ、色彩感情に関する知見が積み重ねられている。色彩感情は形容語の対を両極とした評定尺度を用いて測定される定性的なデータであり、色彩の性質は色空間における座標のように定量的なデータである。これらのデータは統計モデルに基づいて解釈されるため、それらを明示的に記述し共有することで色彩感情に関する知見を体系的に理解することができる。また、色彩感情や色彩の性質の概念を明確に区別することは工学的な視点からも関心のあるテーマである。なぜならば、色彩感情を明確に記述することで、コンピュータベースのシステムの上で人間の色彩感情に関する知識を適切に扱うことができるようになるからである。例えば、ある色彩感情に適した配色デザインを支援するシステムを構築する際には、主観的に報告された定性的なデータである色彩感情の概念が明示されていることが望ましい。

これを実現するための一つの方法は色彩感情のオントロジーを構築することである。人工知能の視点からオントロジーは「概念化の明示的記述 [1]」と定義され、さらに知識ベースの視点から「人工システムを構築する際のビルディングブロックとして用いられる基本概念/語彙の体系 (理論) [2]」とされる。すなわち、オントロジーとは人間と計算機の両者から理解可能な知識記述のための共通基盤であり、「対象世界をどのように捉えたか (概念化したか) を明示し、一貫性を持って知識 (インスタンスモデル) を記述するための共通概念や規約を提供するもの [3]」である。

1.2 研究の目的

本研究の目的は、色彩感情のオントロジーを構築することで、主観的に報告される実験データを明示的に記述することである。それによって、色彩感情に関する知識を共有し利用する基盤を提供する。色彩感情に関する知識として統計モデルによって表現される、色彩感情とその色彩がもつ属性の関係を上げる。上位オントロジーを参照しながら、主観的データの解釈を与える統計モデルをオントロジーに定義すると共に、いくつかの研究で得られている色彩感情の知識を統計モデルのインスタンスモデルとして記述する。

二節では、色彩感情を測定する際に用いる評定尺度と統計モデルに着目しながら、色彩感情に関する知識を記述する際の課題を明確にする。三節では、オントロジー工学のアプローチに基づく上位オントロジーの記述について概観すると共に、設定した課題に対する解決策を明確にする。四節では、評定尺度の関係構造を統計モデルとして記述するオントロジーについて説明する。

2. 色彩感情に関する知識記述の課題

色彩感情の知識は統計モデルとして表現され、その変数は評定尺度によって報告される主観的データと色彩の客観的データである。本研究で解決する課題は、統計モデルにおいて (1) 評定尺度における評定値がどのような色彩の属性の影響をどれだけ受けているかということを確認に記述すること、(2) 色彩の明度、彩度、色相という属性と、色彩が感情を生起させる属性を記述することである。この節では、色彩感情に関する研究を概観しながらこれらの課題について説明する。

2.1 評定尺度の評価的次元と記述的次元

色彩刺激に対する反応は Semantic Differential (SD) 尺度のような評定尺度を用いて測定されることが多い。その場合に、結果的に色彩感情はある評定尺度上の値として表出される。評定尺度が何を測定しているかということを確認に方法のひとつは、因子分析や主成分分析のような統計モデルへ当てはめることである。様々な色彩刺激に対する複数の評定尺度の値について因子分析を行うことで、いくつかの評定尺度に共通した要因が抽出される。

例えば、Ou ら [4] はイギリス人と中国人の被験者において「動的な-静的な」、「重い-軽い」、「あたたかい-冷たい」など 10 個の SD 尺度を用いた単色の評定結果を因子分析し、活動性 (colour activity)、重さ (colour weight)、温度 (colour heat) という三つの因子を抽出した。さらに、「重い-軽い」の評定値を目的変数、CIELAB 色空間の L^* を説明変数とした回帰分析の結果 $HL = -2.1 + 0.05(100 - L^*)$ というモデルが得られており、色彩の明度によって説明されることが明らかになっている。

Gao と Xin [5] の指摘によれば、色彩感情における関心が大きく二つのカテゴリに分けられ、ひとつは「心地よい-心地よくない」や「良い-悪い」といった色彩の評価的次元を扱う色彩嗜好であり、もうひとつは「あたたかい-冷たい」、「明るい-暗い」、「重い-軽い」といった記述的次元を扱うものである。Gao ら [6] は記述的次元を表す評定尺度のみに焦点を絞り、香港、日本、タイ、台湾、イタリア、スペイン、スウェーデンという 7 つの国と地域で単色に対する色彩感情の評定を行った。使用した評定尺度は「明るい-暗い」、「やわらかい-かたい」、「あたたかい-冷たい」などの 12 個である。その因子分析の結果から 3 因子が抽出され、それぞれの因子は CIELCh 色空間の

[†]早稲田大学大学院人間科学研究科・学振 DC

[‡]早稲田大学人間総合研究センター

[§]早稲田大学人間科学学術院

L^* , C^* , h と良く対応したことから明度 (lightness), 彩度 (chroma), 色相 (hue) に対応する因子と解釈された。

また, 我々は Gao らの研究 [6] で用いられた記述的次元の評定尺度のうち「明るい-暗い」, 「やわらかい-かたい」, 「あたたかい-冷たい」, 「濁った-澄んだ」, 「重い-軽い」, 「鮮やかな-くすんだ」の評定値が「快-不快」の評定値と相関すること, さらに「好きな-嫌いな」, 「良い-悪い」, 「快い-不快な」などの評価的次元の評定尺度との因子分析から記述的次元の評定尺度が少なからず評価的な因子を共有していることを実験的に確認した [7]。このことから, これらの評価的次元と記述的次元の評定尺度の区別は絶対的なものではなく, 程度の問題であると考えられる。したがって, 統計モデルとして表現される色彩感情の知識をオントロジーに基づいて記述するためには, その評定尺度における評定値がどの因子の影響をどれだけ受けているかということが明確になれば良いと考えられる。

2.2 感情状態を測定する評定尺度

Sivik [8] によると「あたたかい-冷たい」のようにその色がどうであるかということは人々の間で比較的一致する一方で, 「好き-嫌い」のように感情的な評価的変数は非常に文脈に依存し普遍性が極めて低いが, それでも色彩実験のための一般的な実験環境においてはそれを無視することができない。先述の Ou ら [4] の研究においても, 「緊張した-リラックスした」と「好き-嫌い」の評価的次元の評定尺度では文化差が見られ, 活動性, 重さ, 温度の因子とは別の要因の影響が考えられる。

色彩に対する感覚的な性質が記述的次元の評定尺度に表出されると考えるならば, 評価的次元の評定尺度には色彩によって生起する感情の性質が表出されていると解釈することができる。例えば, 感情状態を測定するためにあらかじめ構成された評定尺度を用いることで, その測定の枠組み [9] において色彩感情が記述される [10]。その枠組みとは, Pleasure-Arousal-Dominance という感情の三つ次元における, それぞれ正負の 8 通りの組み合わせで感情状態を記述するというものであり, その測定には 47 個の評定尺度が使用される。この研究における Pleasure, Arousal, Dominance の次元と色彩属性との関係についての重回帰分析によると, Pleasure, Arousal, Dominance はすべて明度と彩度の二つの変数で説明され, 色彩属性との関連が示されている。

これと同様に感情の三つの次元を想定した色彩感情の研究として, Self-Assessment Manikin (SAM) 尺度を用いた単色の評定実験が挙げられる [11]。SAM 尺度は Lang [12] 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おり, Valence, Arousal については先述の感情状態を表す Pleasure, Arousal と非常に高い相関がある [13]。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 SD 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。

この研究で用いられた単色の刺激は 5 つのトーンに分類されており, それぞれのトーンにおける彩度の水準と Valence, Arousal, Dominance の評定値との間に正の相関が見られた。さらに, 彩度の順にならべたトーンと Valence, Arousal, Dominance の評定値との間には逆 U 字の関係が見られた。この知見からも, 感情の状態を表す Pleasure/Valence, Arousal, Dominance は明度と彩度の両者と密接な関係があると考えられる。

感情の状態を表す Pleasure, Arousal, Dominance は, SD 尺度の因子分析によって一般的に得られる評価性, 活動性, 力量性と相似であるとされている [9] が, 記述的次元の評定尺度に表出される色彩の明度および彩度とは直接的に対応しないことからそれらとは別のもので捉えられる。特に Pleasure と Arousal に関しては神経生理学的な系との対応が指摘されており [14, 15], むしろそれによって色彩刺激によって生起する神経生理学的な状態を表していると考えられる。さらに, これら次元は形容語の転用可能性にも表れている。楠見 [16, 17] によると, 感覚を表す形容詞は, その感覚が引き起こす感情に転用して使われることが多く, この転用を支えているのは感覚形容語の意味空間と気分の意味空間が「快-不快」, 「強-弱 (覚醒-睡眠)」の次元で同型性を持っているためである。前項で述べた, 記述的次元の評定尺度が評価的な意味で評定に用いられることも, この意味空間の同型性から理解することができる。したがって, 色彩感情のオントロジーにおいては, 色彩に対する感覚的な性質である明度, 彩度, 色相に加えて, 感情的な性質である Pleasure, Arousal, Dominance という概念を明確に区別する必要がある。

3. オントロジー工学のアプローチ

ここでは前節で挙げた課題を解決するために適用するオントロジー工学によるアプローチを説明する。具体的には, 色彩感情の知識は統計モデルとして表現されるため, 既存の上位オントロジーにおける表現に関する概念と性質を表す概念の定義について説明する。

3.1 法造におけるロール概念の記述

オントロジー構築環境の一つである法造¹の特徴はロール概念の記述をサポートしていることである。法造においてノードは全体概念として表わされ, 部分概念は part-of または attribute-of というスロットとして表わされる (図 1)。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。例えば, 教師ロールは人間のインスタンスが担う役割であり, 学校というコンテキストに依存していることが表現される。この役割を担うインスタンスのクラスについての制約がクラス制約である [18]。このように基本概念と合わせてロール概念を記述することで, コンテキストによる概念の違いを明確にすることができる。色彩感情の知識記述においてもロール概念を適用することによって, 統計モデルというコンテキストにおいて変数が原因系と結果系のどちらの役割を担っているかということを明確することができる。

¹<http://www.hozo.jp/>

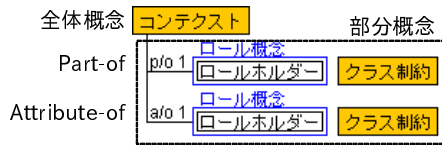


図 1: 法造における全体概念, 部分概念とルール概念

3.2 YAMATO における表現に関する概念

ルール概念を用いた概念体系として, 上位オントロジーの一つである YAMATO (Yet Another More Advanced Top-level Ontology)²が挙げられる. YAMATO で定義されている概念の中で本稿が主に言及するものを図 2 に示す. YAMATO において実在物はその存在に必要なものによって, 具体物, 抽象物, 準抽象物に分けられる. 具体物は 3D 空間と時間が必要なものに対して抽象物はどちらも必要とせず, 準抽象物は時間のみを必要とする. 状態や行為は具体物の生起物として捉えられ, ものとは区別される. 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 [19]. 表現関連の下位には表現と複合表現が定義されており, 前者は後者の部分概念である component ロールのクラス制約となる. 表現関連の部分概念として形態が表現形態クラスのインスタンスによって, 内容が命題クラスのインスタンスによって担われる. 命題の下位クラスは, 基となる内容が表現関連よりも先に存在しているか否かで表現-secondary と表現-primary とを区別して定義している. 例えば, 事実, データや思考が表現-secondary に定義されている. 色彩感情の知識が表現される統計モデルは変数同士の関係が数学的な記号によって明示されていると考えられ, YAMATO で定義されている表現の概念を参照することによって定義することができると考えられる. ただし, 統計モデルにおける変数も同様に数学的な記号によって表わされるが, 対象世界にある色彩の性質を参照していることが明示される必要がある. 性質に関する概念とその表現については次項で説明する.

3.3 YAMATO における性質に関する概念

YAMATO の最大の特徴として, 性質に関する概念とその表現についての定義が挙げられる [20]. 特に, 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. 具体的には, 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と定義されている. ただし, 一般的な色名は周波数の区間によって定義され, 色の本質的な属性値はカテゴリカルの下位概念として定義される.

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

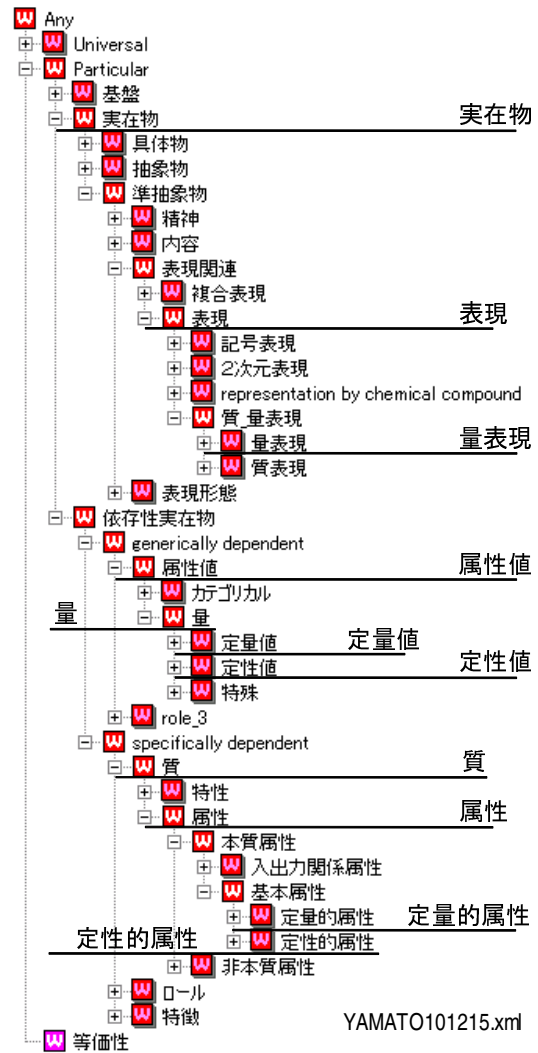


図 2: YAMATO における概念の階層構造

さて, YAMATO における性質に関する表現は測定という行為によって対象物の質が表現に変換されたものと定義されている. 測定の部分概念として表現が担う結果ロールがあり, その表現の部分概念である内容ロールのロールホルダーが性質測定値として定義される. 測定誤差を含む実験データをインスタンスとして記述する場合には, 測定した性質すなわち真の値と性質を記述したデータが区別されると考えられるべきであり [21], 表現-secondary の下位概念であるデータが性質測定値を担うと考えることができる.

色彩研究で用いられる CIELAB のような色空間の座標は, 等エネルギースペクトルに対して三原色で等色して得られた等色関数によって定義されるため, 定量値の下位概念として定義されるのが妥当であると考えられる. また, 神経生理学的な状態と対応する感情の状態については, 生理指標を用いて定量的に表現されるため定量的属性および定量値の下位概念として定義されるのが妥当であろう. したがって, これらの性質は YAMATO にお

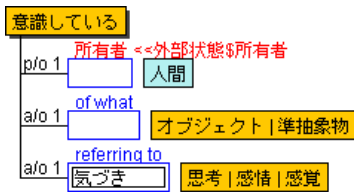


図 3: 意識している状態と気づきの内容

いて定義される他の性質概念と同様にデータを内容とする表現として記述されると考えられる。ただし、性質に関する表現では単位が明示されるなければならないが、色空間の座標に関しては単位を定義することが出来ない。

3.4 本研究への適用方法

前節で設定した課題(1)については、YAMATOにおける表現関連の下位概念として統計モデルの定義を行うことで記述が可能である。また、課題(2)についてはYAMATOにおける性質に関する概念に基づいて定義することが可能である。表現としての統計モデルやその変数が参照する客観的データについてはYAMATOを参照することで直接的に解決されるが、主観的データの記述についてはYAMATOに定義されていないため本研究で改めて定義する必要がある。次節では、本研究で構築したオントロジーにおける評定尺度の概念化について説明し、統計モデルとしてどのように変数の関係が記述されるかということインスタンスの記述例と共に示す。

4. 色彩感情のオントロジー構築

4.1 内容としての感情・感覚と評定尺度の記述

我々はこれまでにYAMATOの下に「意識している (being aware)」状態と共に内容としての感情と感覚を定義した[22]。Baruss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[23]と定義される。主観的な気づきは「個人に生起する思考、感情、感覚の流れ(stream)[24]という主観的意識であり、行動的な明示的知識は行動的意識である[24]。ここで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。これら二つの意識はYAMATOのもとでは外部状態 (external state) として定義することができる(図3)。何について意識しているかということは、オブジェクトあるいは準抽象物が担う of what ロールによって表現される。また、主観的な気づきは思考、感情、感覚が担うものとして表現される。感情や感覚は主観的な報告によって表現される前からその内容が存在していると考えられるため、事実、データ、思考と同様に表現-secondaryの下位概念として定義している。

二節で述べたように、色彩感情は評定尺度に表出されると考えられるため、オントロジーでは思考、感情、感覚を内容とした表現として記述することができる(図4)。評定尺度は複数の評定尺度上の点を部分概念として持つ複合表現であり、評定尺度上の点は内容ロールとして思考、感情、感覚を部分概念として持つ表現である。ここ

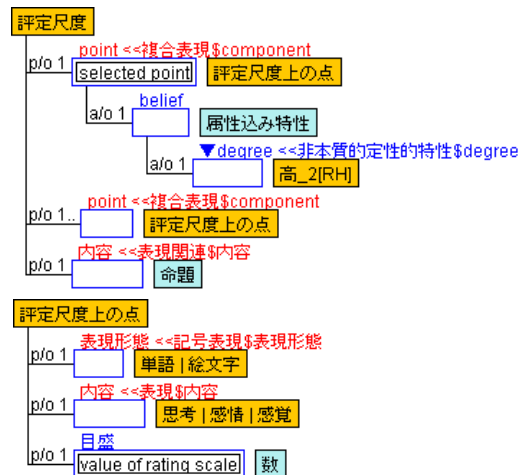


図 4: 評定尺度と評定尺度上の点

で評定するという行為(図5)を考えると、評定尺度上の点は確信度をもって選ばれると考えることができ、選ばれた評定尺度上の点に設定されている目盛の数がいわゆる評定値である。すなわち、評定するという行為は対象についての行為者の確信度を表現に変換するというものであり、評定点は測定の結果と同様にデータとして存在することになる。ただし、評定尺度上の点で表わされる評定値のクラス制約は数であり、測定に用いられる単位とは関連付けられない点でYAMATOにおける性質に関する表現とは異なる。

オントロジーにおいて属性の存在自体と人間の知覚は独立して考えられる[25]ことから、色彩刺激が生起させる知覚を明度、彩度、色相と呼び、感情を Pleasure, Arousal, Dominance と名づけられていると考えることができる。したがって、色空間の座標や生理指標などの客観的データとして捉えられる色彩属性に対応する形で、評定尺度によって報告される主観的データが定義される。主観的データは形容語の対を両極とした個々の評定尺度によって対象物の属性が変換されたものであり、その因子分析によって得られた共通因子の呼び名が明度、彩度、色相, Pleasure, Arousal, Dominance である。

対象物の属性が評定尺度の値へ変換された結果は評定尺度上の点における確信度として定義することができる。これは内容ロールを担う思考、感情、感覚に対するものであり、目盛ロールを担う数として表出される。したがって、評定尺度上の点の内容ロールを感情が担うならば評定者の感情に従って評定され、Pleasure, Arousal, Dominance と呼ばれる色彩刺激が感情状態を生起させる属性を反映していると解釈することができる。また、内容ロールを感覚が担うのであれば、同様に評定者の感覚として明度、彩度、色相と呼ばれる色彩の属性を反映していると考えられる。このように、評定尺度上の点の部分概念によって、そこに表出される色彩感情の区別が可能である。

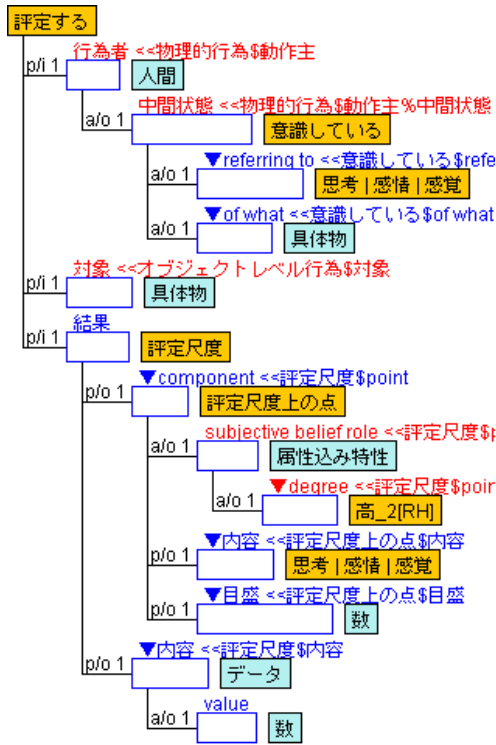


図 5: 評定する行為

4.2 統計モデルにおける色彩感情

色彩研究において評定値は統計モデルの変数として表現され、変数同士の関係が記述される。変数は表現の下位概念として定義され、その下位概念の観測変数と潜在変数はそれぞれ実際に観測された変数と統計モデルにおいて仮定された変数である(図6)。変数がどのような属性値を示しているかということは、部分概念の value of ロールにおいて定義される。観測変数の内容ロールはデータがクラス制約であるのに対して、潜在変数では無いことを示す None である。変数同士の関係は複数の変数を変数ロールとして持つ統計モデルとして表現され、複合表現の下位概念として定義される(図7)。この統計モデルの下位概念は、変数が相互に対称である相関関係と、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きく分けられる。さらに、目的-説明の下位概念として線形回帰モデル、主成分分析モデル、因子分析モデルを定義した。線形回帰モデルと因子分析モデルは一つの目的変数に対して複数の説明変数を持ち、主成分分析モデルは複数の目的変数に対して一つの説明変数を持つ。因子分析モデルにおける説明変数を担った潜在変数が共通因子であり、複数の共通因子によって観測変数の担う目的変数が説明されることが記述される(図8)。

4.3 統計モデルのインスタンス

図9は先述の Gao ら [6] と我々 [7] が行った因子分析の結果を、オントロジーの因子分析モデルによって記述した例である。図中の重い-軽い評定値はそれぞれのモデルにおいて活動性因子、重さ因子、明度因子、彩度因子

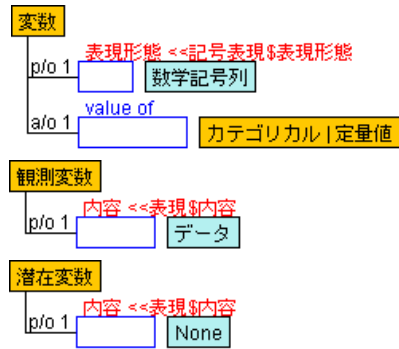


図 6: 統計モデルにおける変数

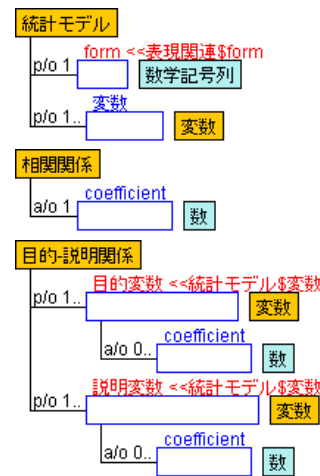


図 7: 統計モデルにおける相関関係と目的-説明関係

および好み因子によって説明されている。それぞれの因子の係数は因子負荷量を表しており、その値の正負は因子分析に用いた他の評定尺度の極性に依存するため、ここでは絶対値の大きさのみが意味を持つ。このようにして、それぞれの統計モデルにおいて、評定尺度に表出される色彩感情がどのような因子かどれほどの影響を受けているかということが明確に記述される。

このように色彩感情の知見をオントロジーに基づいて記述することは、色彩感情の概念の共有と利用に有用である。変数における value of ロールは YAMATO で定義されている属性値をクラス制約としているため、色彩感情の統計モデルから属性値や属性をたどることが可能である。例えば、明度因子という変数がどの色空間の座標を指しているのかということや、あるいは Pleasure 因子という変数がどのような生理指標を指しているかということがクラス制約をたどることで解決される。

逆に、色彩感情を表すと考えられる定性的属性から、どのような統計モデルが色彩感情の知見として得られているかということを探することも可能である。例えば、「重い-軽い」という定性的属性は YAMATO において擬似定性的属性の下位概念として定義され、量の下位に定義される大小関係を比較コンテキストにおける large ロール

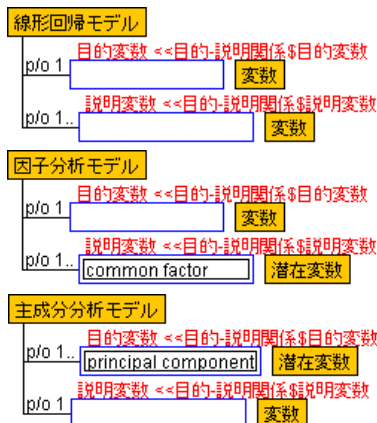


図 8: 目的-説明関係の下位概念

または small ロールのロールホルダーを参照する。通常の定性的属性は定性値を参照するが、この比較コンテキストにおいては、threshold ロールを担った定量値によって大小関係が比較される。したがって、「重い」というロールホルダーが threshold としている定量値を統計モデルの記述から探せばよい。ただし、色彩感情における「重い-軽い」と YAMATO で既に定義されているグラムの単位で表わされる重さ属性および属性値とは明確に区別して記述しておく必要がある。

4.4 色彩感情オントロジーの利用

本研究で構築した色彩感情のオントロジーでは、評定尺度の値として表出される色彩感情という主観的データの記述を行った。これにより、客観的データとして測定される色彩の属性と共に統計モデル上での関係を明確に記述することが可能である。色彩感情オントロジーの利用については、(1) 参照オントロジーとしての利用と (2) コンピュータベースのシステムによる配色支援ツールとしての利用が考えられる。

まず、参照オントロジーとしての利用について述べる。これまでに主観的データを取り扱ったオントロジーとして程度表現のオントロジー (DEX)³が開発されている [26, 27] が、程度表現の間で程度値の概念を共有することが目的であり、評価対象の属性値との関係までは明確に記述することが出来ない。また、本研究で一部を扱った感情の概念については、Human Emotions Ontology (HEO)⁴が開発されており [28]、心理学における感情の概念を幅広く網羅しているが、メタデータが付与される対象の属性との関係までは定義されていない。本研究で構築したオントロジーは上位オントロジーである YAMATO に基づいて記述されており、主観的データに関する定義自体は色彩感情以外にも適用可能である。したがって、本研究のオントロジー及び YAMATO を参照オントロジーとして利用することで、それらのオントロジーを適切にマッピングすることが可能であると考えられる。

³<http://s-web.sfc.keio.ac.jp/intap-public/2008/03/dex>

⁴<http://www.semmedia.dibet.univpm.it/heo>

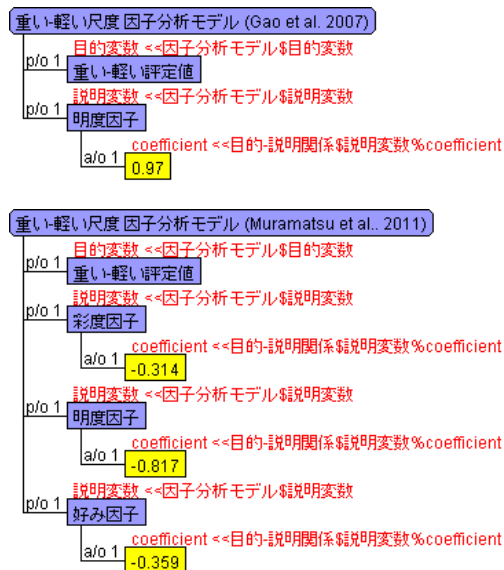


図 9: 因子分析モデルのインスタンス

次に、配色支援ツールとしての利用について、発展研究における課題と共に述べる。本稿で取り上げた事例は因子分析モデルのみであるが、構築したオントロジーでは相関関係として単相関と重相関、目的-説明関係として因子分析モデル、主成分分析モデル、線形回帰モデルが定義されている。これらの統計モデルは変数と係数からなる項の線形結合によって表現されており、既存の色彩感情に関する研究の多くがインスタンスモデルとして記述することが可能である。色彩感情に関する研究はいまだ発展途上であり、インスタンスモデルが数多く蓄積されることによって、それぞれの色彩感情が一般的に持つべき構造が同定され、オントロジーとして記述することが可能であると考えられる。

しかしながら、色彩感情に関する研究では、色彩に対する人間の非線形な感度を表現するために指数関数、対数関数や三角関数を用いてモデル化する研究例がある。線形結合で表わされる統計モデルにおいては、影響力を示す係数の大きさのみを比較することでそれぞれの評定値を同定することが可能であるが、非線形なモデルにおいてはそれらの関数による影響力を評価しなければならない。そのようなインスタンスモデルから共通な構造を見出し、色彩感情をオントロジーとして記述するためには定性的な振舞いを捉える必要がある。つまり、現状のインスタンスモデルでは係数を定量的に記述しているが、これを一般化してオントロジーとする際には係数を定性値化するということである。このことは発展研究の課題であり、今後はより多くの統計モデルをカバーする予定である。

色彩の属性から対応する色彩感情を検索することは、現段階の定量値によって影響力が表現されるインスタンスモデルの記述から可能であるが、その逆の方向の検索は難しい。しかし、係数あるいは変数の影響力が定性的に記述されたならば、与えられた色彩感情に最適な色彩

の属性を検索することが可能である。つまり、一つの色彩感情といくつかの変数との関係が定性的な演算子によって記述された場合には、解の探索は定性推論における状態内の制約充足問題となるからである。したがって、色彩感情に最適な色彩の属性を検索することによって、配色支援ツールとして利用することができると考えられる。定量的な記述である色彩感情の知識を定性値化して知識記述することは単に情報を落とすというわけではなく、逆にオントロジーによる理論的な制約を付加することで効率的な解の探索を可能にするのである。

5. おわりに

本研究は色彩研究における色彩感情に関する知見を記述するために、評定尺度と統計モデルに着目してオントロジーの構築を行った。色彩感情が表出される評定尺度と尺度上の点を定義すると共に、その値が表現される統計モデルを定義した。これによって、統計モデルにおいて変数がどのような共通因子の影響を受けるかということが記述され、目的変数と説明変数が参照する属性値が明確に記述された。評定尺度によって測定される主観的データが上位オントロジーに基づいて記述されたことで、色彩感情に関する知見を体系的に理解する助けとなるだけでなく、その知見をコンピュータベースのシステムへ実装する際の概念の見通しが改善されたと考えられる。

ただし、本稿で扱った色彩感情の知見では、因子分析のように変数と係数のみで統計モデルが表現されるものに限られた。実際の色彩感情に関する知見の中には、変数に対して指数、対数や三角関数などを用いる数理的なモデルが提案されており、今後はそれらへの対応が課題である。その解決策として、数理的なモデルの振舞いを定性的に捉えて記述することが考えられる。そのためには、数理的なモデルのインスタンスを数多く収集し、オントロジーにおける記述数を増やしていく中で、探索的に検討する必要がある。

参考文献

- [1] Gruber, T. R.: A translation approach to portable ontology specifications, *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, pp. 199–220 (1993)
- [2] Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., and Ikeda, M.: Task ontology for reuse of problem solving knowledge, In *Proceedings of Knowledge Building & Knowledge Sharing 1995*, pp. 46–59, (1995)
- [3] 古崎 晃司: ドメインオントロジーの構築と利用, 情報知識学会誌, Vol. 19, No. 4, pp.296–305 (2009)
- [4] 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)
- [5] Gao, X.-P. and Xin, J. H.: Investigation of human's emotional responses on colors, *Color Research and Application*, Vol. 31, No. 5, pp. 411–417 (2006)
- [6] Gao, X.-P., Xin, J. H., Sato, T., Hansuebsai, A., Scalzo, M., Kajiwara, K., Guan, S.-S., Valdeperas, J., Lis, M. J. and Billger, M.: Analysis of cross-cultural color emotion, *Color Research and Application*, Vol. 32, No. 3, pp. 223–229 (2007)
- [7] 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, 日本色彩学会第42回全国大会予稿集, (2011, 発表予定)
- [8] Sivik, L.: Color systems for cognitive research, In *Color categories in thought and language*, ed. by Hardin, C. L. and Maffi, L., Cambridge University Press (1997)
- [9] Mehrabian, A.: Framework for a comprehensive description and measurement of emotional states, *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, Vol. 121, No. 3, pp. 339–361 (1995)
- [10] Valdez, P. and Mehrabian, A.: Effects of color on emotions, *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 123, No. 4, pp. 394–409 (1994)
- [11] Suk, H.-J. and Irtel, H.: Emotional response to color across media, *Color Research and Application*, Vol. 35, No. 1, pp. 64–77 (2010)
- [12] 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)
- [13] Bradley, M. M., Lang, P. J.: Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential, *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, Vol. 25, No. 1, pp. 49–59 (1994)
- [14] Russell, J. A.: Core affect and the psychological construction of emotion, *Psychological Review*, Vol. 110, No. 1, pp. 145–172 (2003)
- [15] Posner, J., Russell, J. A., and Peterson, B. S.: The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology, *Development and Psychopathology* Vol. 17, No. 3, pp. 715–734 (2005)
- [16] 楠見 孝: 共感覚に基づく形容表現の理解過程について—感覚形容語の通様相的修飾, 心理学研究, Vol. 58, No. 6, pp. 373–380 (1988)
- [17] 楠見 孝: 感情概念と認知モデルの構造, 感情と行動・認知・生理, 土田 昭司・竹村 和久(編), 誠信書房 (1996)
- [18] Kozaki, K., Kitamura, Y., Ikeda, M., and Mizoguchi, R.: Development of an environment for

- building ontologies which is based on a fundamental consideration of “Relationship” and “Role”, In *Proceedings of the Sixth Pacific Knowledge Acquisition Workshop*, pp. 205–221 (2000)
- [19] Mizoguchi, R.: Tutorial on ontological engineering - Part 3: Advanced Course of Ontological Engineering, *New Generation Computing*, Vol. 22, No. 2, pp. 193–220 (2004)
- [20] Mizoguchi, R.: YAMATO: Yet Another More Advanced Top-level Ontology, In *Proceedings of the Sixth Australasian Ontology Workshop*, pp. 1–16, (2010)
- [21] 榎屋 啓志, 田中 信彦, 脇 和規, 榎田 達矢, 古崎 浩司, 溝口 理一郎: 上位オントロジーに基づく生物表現型データ記述の考察, 第24回人工知能学会全国大会予稿集, 1B5-4 (2010)
- [22] 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)
- [23] Baruss, I.: Metanalysis of definitions of consciousness, *Imagination, Cognition and Personality*, Vol. 6, No. 4, pp. 321–329 (1987)
- [24] Baruss, I.: Overview of consciousness research, *Informatica: An International Journal of Computing and Informatics*, Vol. 24, No. 2, pp. 269–273 (2000)
- [25] 垂見 晋也, 古崎 晃司, 來村 徳信, 溝口 理一郎: 性質データの相互運用のための性質・属性・特性に関する考察-ナノテク材料分野の性質記述を例として-, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 5, pp. 579–592 (2010)
- [26] 細見 格: 程度表現オントロジーの提案 (1) コンセプトと設計, 第15回セマンティックウェブとオントロジー研究会, SIG-SWO-A603-02 (2007)
- [27] 森田 幸伯: 程度表現オントロジーの提案 (2) 情報家電での適用例, 第15回セマンティックウェブとオントロジー研究会, SIG-SWO-A603-03 (2007)
- [28] Grassi, M.: Developing HEO Human Emotion Ontology, In *The Proceedings of BioID MultiComm 2009*, LNCS, vol. 5707, pp. 244–251 (2009)