

博士学位論文審査報告書

大学名 早稲田大学
研究科名 人間科学研究科
申請者氏名 村松 慶一
学位の種類 博士（人間科学）
論文題目 感性の共通理解に向けた知識記述基盤の構築
—色彩科学と学習科学における意識内容のオントロジー記述—
Development of the Foundation of Describing Knowledge toward Common
Understanding of Human Sensibility
-Ontological Descriptions of the Contents of Consciousness Concerned in Color
Sciences and Learning Sciences-
論文審査員 主査 早稲田大学教授 松居 辰則 博士（理学）（早稲田大学）
副査 早稲田大学教授 齋藤 美穂 博士（人間科学）（早稲田大学）
副査 早稲田大学教授 菊池 英明 博士（情報科学）（早稲田大学）
副査 早稲田大学元教授 戸川 達男 工学博士（東京大学）
副査 北陸先端科学技術大学院大学教授
溝口 理一郎 工学博士（大阪大学）

本研究の目的は、情報化社会における技術と人の共生を指向して、「人間の感性を“理解”したコンピュータの振る舞いを実現することが課題の一つである」という問題意識から、人と人、人とコンピュータ、コンピュータとコンピュータが人の感性についての“理解”を共有するための知識基盤を構築することにある。具体的には、対象領域として、色彩科学と学習科学をとりあげ、そこでの人の意識内容をオントロジー工学の手法を用いて記述可能であることを示すことにある。本研究では、人間の感性それ自体が未解明であるため、analysis-by-synthesisによるアプローチを採用し、そこで求められる「感性情報処理の対象領域のドメインモデル」と「感性として人間が備えている概念とを適切に対応づけた知識記述」の双方を学際的な研究方法論で解決を図っている。

本論文は全6部で構成されている。第I部の序論に続いて、第II部では感性を捉える枠組みについて進化論からの知見を交えて議論を行っている。ここで心の構造に対する基本的な考え方を述べた上で、第III部では感性の測定についての実験的な検討を行っている。それらを受けて、第IV部では感性の表現に関するオントロジー構築として色彩感情に関する心理的属性、データ記述、モデル表現のオントロジー構築と適応可能性について述べている。第V部では感性が動作や行為を通して表出される過程を記述するためのオントロジー構築と妥当性について述べている。最後に、第VI部の結論ではオントロジー構築の過程と成果を総括すると共に、各対象領域における貢献と適応限界、今後の発展可能性について述べている。以下、各部の内容と成果についての詳細を述べる。

第II部では、本研究で対象とする感性の範囲と捉え方について明確にしている。本研究では、美的感性に焦点を当て美的感性を表す現象として美的体験を題材としている。美的体験は個人の心的過程において美的な世界が成立するものと解釈され、その世界は主観と客観の関係のうちに理解されるとされている。そこで、美的体験に関する理論を踏まえ、感性を捉える枠組みの提案とそれに基づいた知識記述を行うことを論点としている。まず、第4章では、美的体験が意識の過程であることに着目し、意識の内容すべてを要素とする“content space”（CS）という概念空間の中で美的体験が包括的に捉えられることを論じている。次に第5章では、美的体験の機能の目的を明らかにすべく、美的体験の過程を認知の対象、認知の内容という二つの視点から考察している。そして、人類とその他の霊長類、さらに化石人類や石器などから推測される認知能力を論じた文献を参照して、現生人類（ホモサピエンス以降）と旧人類の認知能力の比較を議論している。その結果、道具の製作と使用において積極的に意識を感情に向けることが美的感性の起源と考えられる、との結論を得ている。第6章では、芸術を鑑賞する際の美的体験の過程についての記述を行っている。具体的には、鑑賞者の意識の流れをフローチャートに整理した上で、意識の内容をタスクフローとして記述している。その成果として、生の自覚（鑑賞者の感情体験）の仕方によって優美と崇高という2つの美のタイプの区別が表現可能となることを示している。

第III部では色彩科学を対象領域として色彩感情を題材としている。ここでは、感情状態として捉えられる色彩感情と、潜在的態度としての色彩感情との測定を行っている。どちらもCSの要素として捉えられる物理的刺激と感情との対応関係の検討が目的である。まず、第7章での実験ではドイツでの既往研究と同じ刺激と評定尺度を用い、日本の大学生、大学院生18名を対象とした印象評価実験を行い、構造方程式モデリングによって感情の次元と色彩属性の関係のモデル化と比較を行っている。その結果、「両国に共通して色彩に対する感情状態の次元は主に明度と彩度の影響を強く受けているがその構造には大きな差異がある。しかし、両者の差異への文化の影響は明確でない」という結論を得ている。次に、第8章の実験では感情誤帰属手続きを用いて色彩配色に対する反応を大学生および大学院生28名を対象に測定している。その結果、SD法等によって顕在的態度として測定される反応とは異なる知見（「彩度のコントラストが高いこと」に対して高いポジティブ反応が見られる）を得ている。

ここまでの部において、第IV部以降で構築されるオントロジー構築の方針として、意識の内容を表現すること、対象物が物理的性質と同時に心理的性質をもつこと、感情の状態と評価的次元の評価軸を記述対象から除外すること、評定尺度による測定結果を記述対象にすること、をあげている。この方針は人工感性の捉え方を明確にし、コンピュータへの実装を想定する上で本質的である。

第IV部においては色彩感情を題材とし、対象領域のドメインモデルに規約を与えるためのオントロジーを構築している。第9章では、意識の内容である色彩感情を表現するために上位オントロジーであるYAMATO（Yet Another More Advanced Top-level Ontology）を拡張し

心理的属性と主観評価値の概念を定義している。これにより評定する行為と共に評定尺度を定義でき、意識上の性質の概念が表現として表出されることを記述可能としている。さらに、第10章では測色値、主観評価値などのデータ記述と、それらの関係を説明する統計モデルのオントロジー記述を行っている。具体的には、心理物理量である測色値のデータ記述は心理的属性の概念に基づくものと定義し、さらに、統計モデルにおける変数間の関係を定義することによって、心理量と心理物理量の関係を明示的に記述可能としている。この章では構築したオントロジーの適応可能性に関する評価を行っている。その結果、色彩感情に関する学術論文(27件)で用いられている心理量に関する形容語対の評定尺度(174個)が、本オントロジーで定義された16個の概念のみで約74.4%が説明可能であることを確認している。このことは本オントロジーが十分な適応可能性を有していることを示している。

第V部では、第IV部で示したオントロジー記述の方法の妥当性(別の対象領域にも適用可能であること)の検証を目的として、学習科学(学習者の心的状態)を対象領域にしたオントロジーの構築を行っている。まず、第11章では、四択問題を回答中の学習者の心的状態(回答に対する確信と選択に対する迷い)と行動(コンピュータ画面上の視線情報)を取得する実験を大学生5名を対象に実施し、ノイズが少なかった3名分58試行のデータから心的状態と行動の関係を命題化している。次に、第12章では学習者の心的状態と行動の関係を表すためのオントロジー構築を行っている。ここでは、多肢選択問題を回答するというイベントを定義し、その中で学習者の行動と意識の内容を位置づけている。さらに、学習者の意識の内容を明確にするために、学習に関連する感情理論を導入しオントロジーの説明能力の向上を図っている。その結果、第IV部で示したオントロジー記述の方法の妥当性(別の対象領域にも適用可能であること)を確認している。

第VI部では、本研究での感性の共通理解へのアプローチの発展可能性について論じている。具体的には、人間とロボットとのインタラクションの深化への応用、学習支援システムにおけるメンタリングの自動化等より高度な知能化への応用、デザイン支援システムの知能化への応用等の可能性を示し、総じて、人工知能研究における記号接地問題解消への貢献の可能性を論じている。また、そのためには多くのオントロジーを共有するための枠組みの開発の必要性など、今後の課題も明確に示されている。

なお、本論文(一部を含む)が掲載された主な学術論文は以下のとおりである。

- [1] Keiichi MURAMATSU, Tatsuo TOGAWA, Kazuaki KOJIMA, Tatsunori MATSUI: Structural Equation Modeling for Relationships between Color Attributes and Dimensions of Emotional State, *International Journal of Affective Engineering*, Vol.12, No.2, pp.251-257(2013).
- [2] 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, Vol.10, No.2, pp.231-238(2011).
- [3] 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, Vol.8, No.3, pp.819-828(2008).

※その他，関連の学術論文4件，国際会議報告（査読有）11件．

本研究はオントロジー構築の対象と範囲を進化論を交えた議論により明確にし，必要な実験によってその精緻化を試みており，さらに，オントロジー工学（工学的手法）によりその知見を纏めている点は極めて学際性の高い研究である．そもそもオントロジー工学は「知識を構成する基本概念に立ち戻って「知識を積み上げる」ための方法論」であって，物理的世界（工学分野，医療分野，生物学など）において顕著な成果が見出されている．これに対して，本研究は心理的世界にオントロジー工学の方法論を導入し，人間の心の理解に適用しようとする挑戦性の高い研究としても高く評価することができる．

以上より，本論文は，博士（人間科学）の学位を授与するに十分値するものと認める．

以上