

抽象画を対象にした画像特徴量と感性語の関係に関する ファジィ推論機構の構築と評価

Construction and Evaluation of a Fuzzy Inference System for the Relationship Between Image Features and Kansei Adjectives in Abstract Paintings

福田 晃登^{*1}, 小島 一晃^{*2}, 松居 辰則^{*1}
Akito FUKUDA^{*1}, Kazuaki KOJIMA^{*2}, Tatsunori MATSUI^{*1}

^{*1} 早稲田大学

^{*1} Waseda University

^{*2} 帝京大学

^{*2} Teikyo University

Email: fukuda.akito@akane.waseda.jp

あらまし：絵画に対する印象と画像特徴量との関係を定量的な表現を用いて説明することは、印象形成メカニズムの理解につながる。しかし現状、その対応関係は十分に明らかになっていない。とくに絵画に対する印象は、複数の画像特徴量の相互作用の影響を受けるため、両者の関係を厳密に定式化することは困難である。そこで本研究では、対象とする画像および画像特徴量を限定した上で、複雑な関係を解釈可能な形で表現できるファジィ推論システムを用いて、画像特徴量から印象を予測するモデルを構築する。

キーワード：抽象画, 画像特徴量, 感性語, 印象評価, ファジィ推論システム

1. はじめに

本研究では、画像から定量的に算出できる指標(画像特徴量)に着目する。その上で、抽象画を対象として、画像特徴量と印象との関係をファジィ推論システム(FIS)により解釈可能な形で定式化することを目的とする。特に、画像および画像特徴量を限定することで、両者(画像特徴量と印象)の関係を明示的に示すことを特徴とする。

一般に、画像に対する印象は複数の画像特徴量間の相互作用の影響を受けるため両者の関係の厳密な定式化は困難である。先行研究の多くでは、画像特徴量が十分に統制されることなく、両者の相関性で説明するにとどまっている。

そこで、本研究では、画像に対する解釈が比較的均一化される抽象画に限定し、特徴量の操作とその結果との関係の説明性が高い画像特徴量に限定した上で画像刺激群を作成した。その上で、画像刺激群と感性語の強度の対応関係を印象評価によって調査した。そして、これらの結果を用いて画像特徴量から印象を予測するファジィ推論システム(FIS)を構築した。

2. 画像刺激群と感性語の強度の対応関係の調査

2.1 画像刺激群の作成

抽象画は、Redies and Bartho⁽¹⁾の研究で用いられた各組3枚の曲率が異なるバージョン(図1)をもつ

16組の抽象画群の中から、配色・形状の特徴が比較的異なる3組を利用した。この3組に対し、さらに色相平均、彩度平均、色相エントロピーの3種の画像特徴量を3水準で操作し、その全組み合わせとして243枚の画像刺激を作成した。この画像特徴量のセットは、Redies and Bartho⁽¹⁾により、上記の抽象画に対する印象の分散を一定程度説明できることが報告されている。



図1 実験に用いた1組の曲率3バージョン

2.2 手続き

作成した画像刺激を用いて、印象評価実験をオンラインで実施した。実験では、98名の被験者が画像刺激を閲覧し、SD法により評価項目(感性語)について受け取った印象を回答した。評価項目は事前のアンケート調査から、抽象画の表現に適した「暖かい-冷たい」のような形容詞対18対を採用した。

2.3 分析

次に、感性語ごとに画像特徴量が持つ説明力の程度を分析するため、各刺激について被験者が回答した評価項目の値(感性語の強度)の平均を目的変数、

4 つの画像特徴量の値を説明変数として重回帰分析を実施した。

結果、調整済み決定係数は 0.13~0.66 の範囲であった。このうち 0.26 以上の 8 組の画像特徴量と感性語の強度の対応データ (Cohen⁽²⁾) の基準に従い、説明力が高いと判断したものを FIS の構築に用いた。

3. FIS の構築

画像特徴量と感性語の強度の対応を FIS で再現するため、前章で収集・抽出した両者の対応データを教師データに用いて、4 つの画像特徴量の値から、8 対の感性語の強度を予測する FIS を、感性語ごとに構築した。本 FIS は、次の 2 つの要素から構成される。(1)「色相平均が高く、彩度平均が低く...ならば、『暖かい-冷たい』の強度を 5 にする」といった If-then ルール (2) ルール内の「高い」「低い」などの言語ラベルごとに、入力値を当てはまりの度合い (0~1) に変換する関数。以上の構成に基づき、本 FIS は次の手順で推論を行う。

1. 各入力値がルールの言語ラベルにどの程度当てはまるかを数値化する。
2. ルールごとにその当てはまりの度合いを一つにまとめ、ルールの適合度として算出する。
3. 適合度を結論 (『暖かい-冷たい』の強度を 5 にする) の節) の重みとみなし、ルールごとに結論を重み付けした値を算出する。
4. 複数ルールの結論を重み付き平均で統合して、最終的な予測値を出力する。

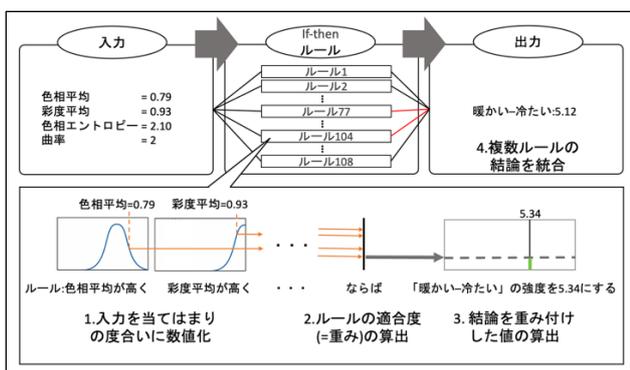


図 2 FIS の推論例

図 2 の入力例では、2 つのルールが正の重みを持ち、それぞれが強度 5.34 (重み 0.60)、強度 3.42 (重み 0.08) を算出する。これらを統合した結果、「暖かい-冷たい」の強度の予測値は 5.12 となる。

このように、FIS は推論過程を自然言語に近い表現で明示できる。よって、画像特徴量の値 (入力)

と感性語の強度 (出力) の複雑な関係を解釈可能な形で表現でき、本研究が目指す定式化への枠組みに適すると考え採用した。

4. FIS の評価

前章で構築した FIS を対象に、汎化性能を評価した。具体的には、新規被験者に対して第 2.2 節と同様の印象評価実験を実施し、被験者が回答した感性語の強度の平均 (=実測値) と FIS の予測値の間の予測誤差を測定した。なお、予測誤差の指標には NRMSE (Normalized Root Mean Squared Error) を用いた。また比較として、第 2.3 節の重回帰モデルでも同一入力に対して NRMSE を測定した。

結果、全ての感性語で FIS の NRMSE は重回帰モデルの NRMSE より小さかった。また、「暖かい-冷たい」と「明るい-暗い」の FIS では、予測値が実測値の変動を概ね捉える傾向が見られ、一定の汎化性能が示唆された (図 3)。

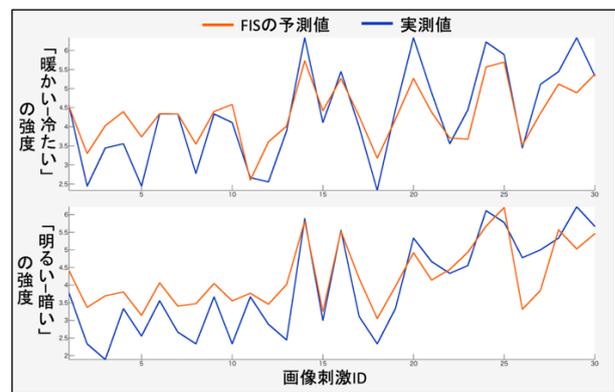


図 3 FIS の予測値と実測値のグラフ

5. まとめと今後の課題

本研究では、統制条件下で画像特徴量から印象を予測するモデルを構築し、両者の関係の定式化を試みた。その結果、一部の印象では予測誤差が小さく、画像特徴量と印象の関係が一定程度モデル化できている可能性が示唆された。一方で、他の印象では予測誤差が大きく、関係の表現は限定的であった。この原因として、FIS の構築においてサンプル数と調整可能なパラメータが限られていた点が挙げられる。したがって今後は、モデル改良により予測精度の向上を図る必要がある。さらに、得られた画像特徴量と印象の対応がどの程度妥当かを確認するため、先行研究の知見や既存手法との比較を通じて、定式化された関係をさらに検証することが課題である。

参考文献

- (1) Redies, C. and Bartho, R.: "Statistical image properties and aesthetic judgments on abstract paintings by Robert Pepperell", *Journal of Vision*, Vol.23, No.6, 1 (2023)
- (2) Cohen, J.: "Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)", Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ (1988)