

構造的類似の視覚化と操作を通じた自己理解の促進

Supporting self-understanding by visualization and manipulation of structure similarity

森田 純哉 永井 由佳里
Junya Morita Yukari Nagai

北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

This paper presents a computational system that calculates similarities of graphics created by a user. The aim of similarity computation is to support self-understanding of a user. The system computes the structure similarity and surface similarity and provides detailed visualizations of similarity computation. Additionally, a user can control a set of parameters to simulate their own creation process. The paper presents results of a preliminary experiment in which participants freely used the system. Based on the results of the experiment, future directions of this study are discussed.

1. はじめに

類似性の計算は、計算機による知的処理において、中心的な要素である。実際、人工知能の領域においては、類推、事例に基づく推論、パターン認識、クラスタリング、情報検索など、多様な領域において、類似性の計算が研究されてきた。その一方で、人間の認知システムにおいても、類似性は重要な役割を果たす。認知科学の領域では、帰納推論、学習、カテゴリ化、記憶検索などの領域において、人間の類似性認知が研究されてきた [大西 01]。

本研究は、これまでの人工知能や認知科学の研究で取り組まれてきたように、計算機による類似性と人間による類似性の関係を検討する。ただし、従来の認知科学における研究とは異なり、計算機によって人間の類似性認知を再現することを目指さない。その代わりに、「類似性をめぐる計算機と人間の差異」を前提とし、「計算機による類似性の計算を利用した人間の自己認識の促進」を目指す。

「類似性をめぐる計算機と人間の差異」という前提は、我々の周囲にある「知的処理」を実装したシステムに目を向ければ、納得されることである。顔認識技術や、カラオケの採点システムなど、人間の知的作業を代替するシステムは、現代人の生活と切り離せないものになっている。これらのシステムは、年々、精度を向上させているものの、その使用の中で、計算機特有の「癖」に気づかされることは少なくない。特に、2007年に発表され、利用数が数千万を越えたとされる携帯ウェブサイト「顔ちえき!」*1は、類似性をめぐる計算機と人間の差異を、端的に体感できるアプリケーションである。このサイトは、携帯電話機付属のカメラによって撮影された顔画像（典型的にはユーザ自身の顔画像）に対し、それと「類似している有名人」の名前を返す。「顔ちえき!」は、類似性の計算に、実用化されている顔認識技術を利用するものの、その出力は、ユーザが普段考えたこともなかった名前であることが多い。そして、驚くべきことに、「顔ちえき!」のユーザは、そのような出力をネガティブなものとして捉えず、その意外性を楽しんでいる。

このような事例を考慮すれば、類似性をめぐる人間と計算機の差異は、単純な計算アルゴリズムの問題として捉えられな

い。筆者らは、むしろ、この差異の原因について、人間側の要因に注目している。人間の類似性の認知には、自身ですら意識しない暗黙的な観点が反映される。文脈や状況、あるいは個人の保持する経験により、何と何が類似しているのか、どこが、どの程度、類似しているのかに関する人間の判断は変化する。特に、自身の顔画像のようなデータに対する類似性の認知には、良くも悪くも感情的な思い入れが反映されるだろう。

それに対して、計算機による類似性の計算は、人間とは異なり、経験や状況に由来する暗黙的な観点を持たない。その代わり、計算機の出力は、アルゴリズムやパラメータの設定により変化する。つまり、計算機の出力を変化させる要因は、人間のそれに比べ、明示的なものである。よって、類似性の認知をめぐる人間と計算機との対比により、類似性の背後にある観点が浮き彫りになる。別の言葉を用いれば、計算機による類似性の計算を参照することで、人間は自己の暗黙的な観点を理解することができる。これが、先述した本研究における目的の由来である。さらに、筆者らは、以下、3つの特徴をもつ類似性の計算が、人間の自己理解を支援すると考える。

- 構造的類似性に基づく類似性の計算
- 類似性の詳細な視覚化
- 計算のパラメータをユーザ自身が操作できる機能の提供

第1の特徴は、認知科学における類似性・類推の研究を背景とする。この分野は、人間の類似性の認知に影響する観点をとらえるために、表層的類似と構造的類似を区別してきた。ここで、表層的類似は、要素が保持する属性の共有を意味し、構造的類似は、要素間の関係構造の共通性を意味する [Forbus 94, Gentner 83]。そして、この分野における実証研究では、人間が構造的類似を発見することが困難であること、一旦構造的類似性を発見した後はそれを良いものと判断することが示されている [森田 05]。このような成果を考慮すれば、人間の自己理解を促すためには、人間にとって意外ではあるが、了解可能な構造的類似の計算が適しているといえるだろう。

第2、第3の特徴は、人間の類似性認知と計算機の出力を対応付けるための足場がけである。つまり、人間が、計算機の出力を有効に活用するためには、計算結果の詳細な理由を知る必要があると考える。その対象のどこがどの程度類似しているのかという情報を受け取ることで、人間は、それと対応付する人

連絡先: 森田純哉, 北陸先端科学技術大学院大学, 〒 923-1292

石川県能美市旭台 1-1, j-morita@jaist.ac.jp

*1 <http://www.j-magic.co.jp/j/kaocheki/>

間の自己の観点を知ることができるだろう。また、必要に応じて、自身の類似性の認知を、ユーザ自身が再現できることも有効と考える。そのことにより、自身の暗黙的な観点が浮き彫りになり、ユーザの自己理解が深まると考えられる。

2. 対象課題

本研究では、美術・デザイン領域における平面構成の学習という課題を設定し、前節で述べた目的を達成するためのシステムを構築する。平面構成とは、幾何図形などの単純なオブジェクトを、平面上に配置することでグラフィックを描く表現技法、ないし課題である。

平面構成において、制作者が行う操作は、類推研究における先の知見と整合的である。制作者は、作品に配置するオブジェクトの属性を選択し、オブジェクト間の関係構造の調整を行う。特に、平面構成では、属性の選択に比べ、関係構造の調整が重視される。作品に含まれる複数のオブジェクトが適切な関係をもつことで、統一感のあるグラフィックが構成される。

本研究では、この課題における基礎スキルを学習する状況として、事例に基づく制作を設定する。具体的には、平面構成の作品を手本として学習者に提示し、そこに含まれる特徴を流用したオリジナル作品を構成させる。そして、学習者の製作した作品と手本との類似性を計算する。計算された結果を学習者へ提示することで、学習者が自身の制作における観点を認識することの支援をおこなう。

3. 観点の発見支援システム

本研究において提案するシステムは、事例に基づく平面構成の制作環境と構成された作品を分析する環境から構成される。図1と図2にそれぞれのスクリーンショットを示す。本研究では、学習者が、この2つの環境を循環的に利用する状況を想定する。つまり、制作のプロセスの中で、学習者は自身の制作物を分析することが求められる。以下、それぞれの環境を説明する。

3.1 制作の環境

ここで用いる環境は、[森田 07]において構築されたものである。この環境において、ユーザは、提示される手本事例（右パネル）を参考に、自身の作品（左パネル）を構成する。グラフィックは、幾何図形を平面に配置することで構成される。平面上には、最大で25の図形を配置できる。幾何図形の属性は画面下のメニューによって選択される。ここで選択可能な属性は、x軸方向の位置、y軸方向の位置、サイズ、濃度、形状の5次元である。

3.2 分析の環境

制作環境の右下に配置される「類似度計算」ボタンを押すと、分析環境が立ち上がる。この環境において、学習者は、自身の制作したグラフィックと手本事例との表層的類似度と構造的類似度を受け取る。別の言葉を用いれば、学習者は、制作において、自分がどのように手本を参考にしたのか（手本に対する観点）を、計算機によって推定されることになる。[森田 07]において開発されたものと基本的に同じである。以下、この環境のユーザインタフェース部を主に説明する。

3.2.1 グラフィック表示部

制作環境上で表示されるものと同じグラフィックが、分析環境の左側に表示される。

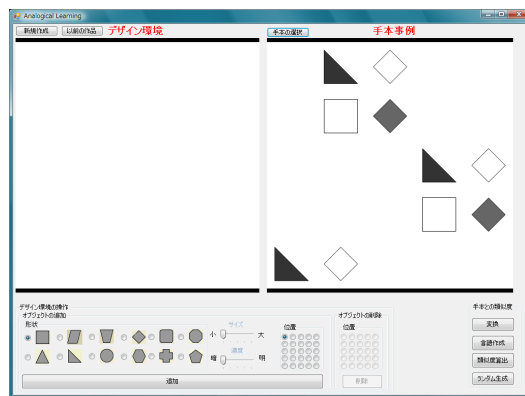


図 1: 事例に基づく制作の環境。

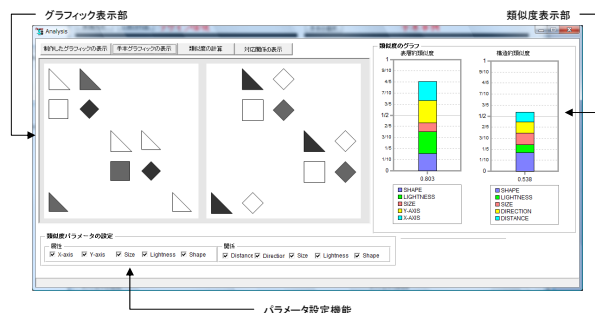


図 2: 制作されたグラフィックを分析する環境。

3.2.2 類似度表示部

分析環境の右側に、グラフィック間での類似度が、積み重ね棒グラフの形で表示される。先述したように、本研究では構造的類似度を計算する。また、それに加え、構造的類似度と対比させる目的で表層的類似度についての計算結果をユーザに示す。2つの類似度ともに、0から1の範囲で値をとる。以下、それぞれの類似度の計算方法を簡単に示す。

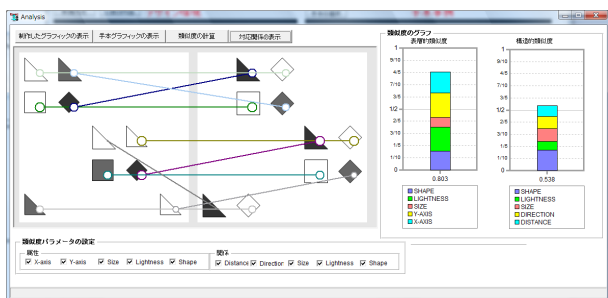
- 表層的類似

グラフィック中のオブジェクトは、X軸の位置 (X-AXIS)、Y軸の位置 (Y-AXIS)、サイズ (SIZE)、濃度 (LIGHTNESS)、形状 (SHAPE) の5次元の属性において値を持つ。本システムにおける表層的類似度とは、それぞれのグラフィックの制作において選択された値の共有度を表すものである。グラフ上では、属性値の共有度が、属性の各次元で色分けされて視覚化される。

- 構造的類似

グラフィック中で、任意の2つのオブジェクトは、距離 (DISTANCE)、方向 (DIRECTION)、サイズの差 (SIZE)、濃度の差 (LIGHTNESS)、形状の異同 (SHAPE) という5次元の関係において値を持つ。構造的類似度の算出では、グラフィックの全オブジェクト（ノード）が、これらの関係（エッジ）によって、相互に連結されたグラフ構造を仮定する。そして、2つのグラフ構造の間で、オブジェクトが1対1に対応付けられる最大の共通構造を推定する。構造的類似度とは、推定された共通構造の大きさである。グラフ上では、推定された共

パラメータの初期設定における対応関係



パラメータ変更後の対応関係

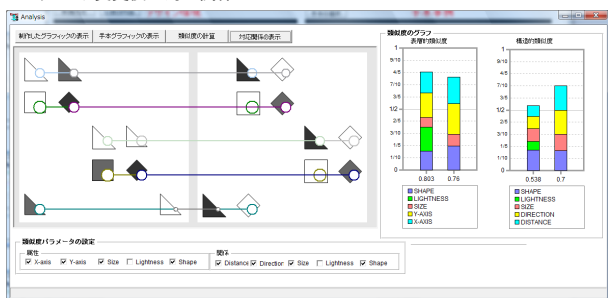


図 3: 分析環境における対応関係の表示。

通構造に、各関係の次元が含まれる度合いが色分けされて示される。

また、構成されたオブジェクト間の対応は、「対応関係の表示」ボタンを押すことで、グラフィック表示部に視覚化される。図 3 に示される 2 つのスクリーンショットは、対応関係の表示例である。ここで、オブジェクトの上におかれた円の大きさは、オブジェクト間での対応の強度を示している。たとえば、図 3 上部のスクリーンショットにおいて、制作したグラフィックの中央に位置するオブジェクトと手本事例の左下部に位置するオブジェクトの対応は、他の対応に比べ、強度が低いものになっている。

3.2.3 パラメータ設定機能

分析環境下部に並ぶチェックボックスを操作することで、ユーザは類似度の出力を変化させることができる。たとえば、X 軸の位置 (X-AXIS) を除いた表層的類似度を知りたい場合や、方向 (DIRECTION) を除いた構造的類似度を計算したい場合に、この機能を使うことができる。なお、パラメータの初期設定は、全ての次元を表層的類似度と構造的類似度の計算に含めるものである。つまり、分析環境が立ち上がった直後は、全てのボックスにチェックが入っている。

初期設定からパラメータを変更した後、画面上部の「類似度の計算」ボタンを押すと、類似度表示部に、新たな積み重ね棒グラフが追加される。図 3 の上部は、初期状態において計算される分析環境の状態、図 3 の下部は、明るさ (LIGHTNESS) のチェックを外した後の分析環境の状態を示している。図 3 上部に比べ、図 3 下部は、表層的類似度が低下し、構造的類似度が増加したことがわかる。さらに、構造的類似度の計算に基づくオブジェクト間の対応も、方向や距離などの位置情報を反映するものに変化している。

3.3 期待される効果

ここで示してきたように、本研究で提案する分析環境は、類似度を詳細に視覚化する機能を備える。これにより、学習者

は、自身が制作したグラフィックが、手本とどのように類似していたのか、あるいはどのような観点で手本を参考にしていたのかを理解できると考える。

また、表示される類似度に違和感を抱いた場合、パラメータ設定を変更することで、その原因を主体的に探索することができる。その結果、学習者は、自身の作品、あるいは手本事例の新たな特徴を見ることができるようになると考える。たとえば、図 3 上部の出力に違和感を抱いた学習者が、図 3 下部の出力を受け、それを自分の意図通りの出力と考えた場合、その学習者は、自身の制作に、明るさに対する注意が欠けていたことに気づく。

4. 評価実験と今後の課題

本稿では、著者らが開発を進める自己認識の支援システムを示した。現在、提案するシステムを被験者に試用させる予備的な評価実験を実施している（原稿執筆時の被験者は 3 名）。

予備実験では、被験者に、15 分から 20 分間で、図 1 に示される手本事例を参考とした平面構成の制作をさせた。その後、被験者は、類似性の計算アルゴリズムやパラメータの詳細など、本システムの仕様に關わる説明を 10 分間ほど受けた。そして、システムを自由に用いた上で、自身の制作過程を振り返り、その結果をレポートとしてまとめた。システムの試用時間とレポートの記述時間は、合わせて 30 分から 40 分間であった。

現在までに実施された予備実験により、改善すべき問題点がいくつか明らかになっている。例えば、1 名の被験者は、システムを用いている間、パラメータの設定を繰り返すのみで、出力される結果を注意深く観察することをしなかった。実験後、この被験者は、システムが自身の想定した意図を再現しないことに不満を述べた。つまり、この被験者は、類似性をめぐる計算機と自身の差異を、自己を振り返る機会として生かさず、ネガティブなものとして捉えてしまった。この事例は、「計算機による類似性の計算を利用した人間の自己認識の促進」という本研究の目的を達成する上での大きな障壁を示す。今後、このような障壁を取り除くために、システムの内部処理をより透明化し、その使用状況に關わる検討を重ねる予定である。

参考文献

- [Forbus 95] Forbus, K., Gentner, D., and Law, K.: MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval, *Cognitive Science*, Vol. 19, pp. 141.205 (1995).
- [Gentner 83] Gentner, D.: A theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, Vol. 7, pp. 155.170 (1983).
- [森田 05] 森田 純哉, 三輪 和久: “ 計算機モデルによる Open-end な状況での認知の分析 ”, *人工知能学会論文誌*, Vol. 20, No. 4, pp.306-317 (2005) .
- [森田 07] 森田 純哉, 永井 由佳里, 田浦 俊春: “ 認知モデルを利用したデータ解析: グラフィックデザインにおける類推 ”, *日本認知科学会第 24 回大会*, 476-481 (2007).
- [大西 01] 大西 仁, 鈴木 宏昭: 類似から見た心, 共立出版 (2001).