

イラスト描画支援の実現に向けた 図形分解手法及び描画順決定手法の提案

齊川 聡基^{†1,a)} 竹川 佳成^{†2,b)} 平田 圭二^{†2,c)}

概要：本研究では、イラストを図形分解し、描画順を決定することで、模写の手順を生成し、初心者のイラスト描画を支援する。イラストの図形分解については、手本の各パーツを単純幾何図形（二等辺三角形、長方形、楕円）に近似することで実現する。図形の描画順決定手法は、Hongbo らが提案する描画順決定手法 [1] を参考に、Simplicity, Anchoring, Similarity, Proximity といった、視覚的ゲシュタルトや描画の特徴に着目した。

キーワード：描画支援, 図形分解, 描画順決定

1. はじめに

イラストの基礎練習として模写がある。模写とは、手本をまねて描画する練習方法である。手本を見ずに一から描画するより描画難度が低いため、基礎練習としてよく用いられる。プロの描画手順や教則本の模写手順 [2][3][4] では、図 1 に示すように、手本のパーツを単純な図形の組み合わせで描画し、手本の概形をとり、手本と同じ形状になるように細部を描画する。また、図形を描画する際にも、胴体→肩→腕→手の順で大きなパーツから描画したり、パーツごとに階層的に描画したりするなどのルールがあり、正しい順番で描画することで、再現度の高い模写が可能である。しかし、初心者には、手本を図形の組み合わせとして簡略化することや、図形の描画順を決定することは難しい。

そこで本研究では、イラストを図形分解し、図形描画順を決定することで、模写の手順を生成し、初心者のイラスト描画を支援する。

本論文の構成は以下の通りである。第 2 章では関連研究

について述べる。第 3 章ではイラストの図形分解手法について、第 4 章では図形の描画順決定手法について説明する。第 5 章ではまとめについて述べる。

2. 関連研究

2.1 イラスト描画支援に関する研究

デッサンやイラストの描画支援に関する事例は多数存在する。曾我ら [5] は画用紙に描いたデッサン画を自動診断し、アドバイスを生成するシステムを開発した。描画対象のデータと学習者が描画したデッサン画をシステムに入力する。それぞれ画像処理を用いて特徴量を抽出し、描画対象の特徴量とデッサン画の特徴量の差分を算出する。デッサンにおける主要な誤りを登録したデータベースを構築し、算出した差分をデータベースをもとに、デッサン画の誤り部分や種類、程度を導出する。その後、アドバイスデータベースから導出した誤りの場所、種類、程度に応じて、学習者にアドバイスを与える。学習者に与えるアドバイスには形状に関するものもある。

山田ら [6] はアニメや漫画の人物キャラクターの模写を入力として、どの程度正確に模写できたかを表す評価値を出力する機能を実装した。キャラクターの顔画像とその模写画像を比較し、目や鼻などの各パーツの配置の差や目の大きさの差など、6つの採点基準をもとに点数化している。

以上 2つの研究はどちらも描画が不十分である部分をアドバイスや点数によって提示するが、上手く描画できていない部分を指摘するのにとどまっておらず、どのようにすれば形状を上手く描画できるかは提示していない。本研究では、手本の各パーツを幾何図形として提示することで、ど

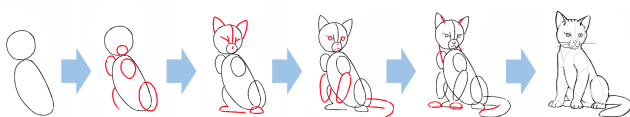


図 1 教則本における模写の手順 [2]

^{†1} 現在、公立はこだて未来大学大学院

^{†2} 現在、公立はこだて未来大学

a) g2118016@fun.ac.jp

b) yoshi@fun.ac.jp

c) hirata@fun.ac.jp

のような幾何図形で描画すれば上手く描けるか具体的に提示する。この点において従来の研究と異なる。

2.2 図形近似に関する研究

Hse ら [7] はユーザがフリーハンドで描画した図形がどんな図形であるか判別し、直線や曲線のぶれを補正し、整った図形を生成する PowerPoint 用パッケージを開発した。認識可能な図形は長方形、三角形、楕円、ハート形など 13 種であり、システムの処理は Symbol Recognition 部, Segmentation 部, Beautification 部という 3 つのコンポーネントから構成されている。Symbol Recognition 部では、ユーザ図形が 13 種の図形のどれかを図形の描画順、ストローク数、ストローク方向などから判断する。Segmentation 部では、ユーザ図形と Symbol Recognition 部で判定した図形テンプレートのフィッティングを行い、最もずれが小さい位置にユーザ図形の特徴点を設定する。Beautification 部では、ユーザ図形の特徴点を用いて、底辺の長さ、高さや半径などのパラメータを求め図形を近似する。しかし、図形の補正は単一の図形を描画した場合にのみ適用可能であり、本研究のように複数の図形が組み合わさった構造のイラストを近似することはできない。

2.3 イラスト描画順決定に関する研究

Hongbo ら [1] は、線画イラストからプロのアーティストの描画順を生成するシステムを開発した。線画イラストを入力すると、線同士の距離や、線の長さから、そのイラストの描画順を決定し、描画の手順がアニメーションとして出力される。描画順決定のルール例としては、よりストロークの長い線から描画する Simplicity や、似ている線を連続して描画する Similarity などがある。しかし、Hongbo らのアルゴリズムは線で構成されたイラストにのみ適用でき、本研究で対象としている図形で構成されたイラストには適用できない。本研究では、描画順決定のルールを図形群に適用できるように、Hongbo らのアルゴリズムを改良し、図形群の描画順を決定する。

3. イラストの図形分解手法

本研究におけるイラストの図形分解手法は以下の 4 つの手順から構成される。

- (1) 閉領域抽出
- (2) 直線及び曲線の分離
- (3) 直線部分のパーツ分け
- (4) 図形近似

2 値化されたイラストを入力とし、図 2 に示すように、イラストの各部分、例えば目や耳、顔の輪郭ごとに幾何図形で近似する。近似する幾何図形は二等辺三角形、長方形、楕円の 3 つとする。この 3 つの図形は、イラストのパーツとしてよく用いられている。また、普段イラスト描画をし

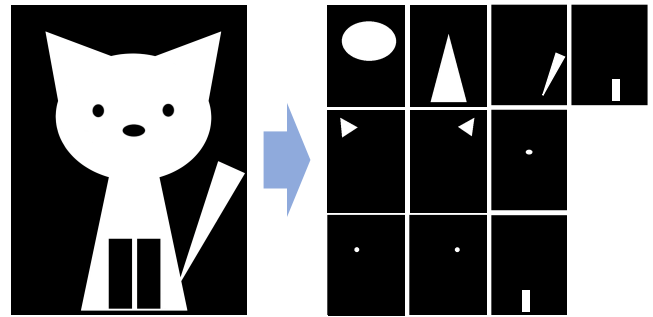


図 2 イラストと幾何図形群の例

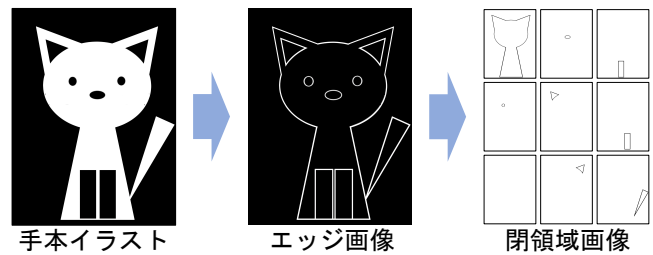


図 3 閉領域分割

ない人であっても、比較的描きなれた図形であるため、図形分解の近似図形として用いる。二等辺三角形は鋭角や鈍角を持つパーツの近似、長方形は直角を持つパーツ、楕円は曲線を持つパーツを近似する。

3.1 閉領域抽出

エッジの角度、曲がり具合などの状態によって近似図形を決定するため、入力画像からケニー法 [8] によってエッジを抽出する。さらに抽出されたエッジを閉領域ごとに分割する。閉領域とは線で閉じられた部分であり、図 3 の右図のように分割される。閉領域ごとに図形で近似することで、近似する幾何図形の決定を容易にする。

3.2 直線及び曲線の分離

閉領域画像を直線で構成される部分と曲線で構成される部分に分割する。閉領域画像からハフ変換 [9] を用いて直線を認識する。

ハフ変換とは、その画像上で定めた閾値以上の点を通る直線を認識する手法である。画像上のどのような点でも、その点を通る直線は無数に存在し、それぞれが様々な方向を向く。それらの直線の中で、あらかじめ設定した閾値以上の点を通るものを、その画像に合った直線として決定するという方法である。

図 4 に示すように、ハフ変換によって認識された部分を直線部分として、認識されなかった部分を曲線部分として抽出する。この処理を閉領域画像それぞれに適用する。つまり、閉領域画像が n 枚存在するとき、直線部分画像、曲線部分画像は n 枚ずつ生成される。

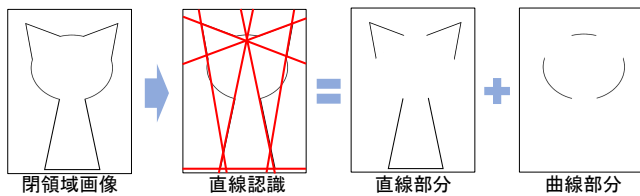


図 4 直線及び曲線の分離

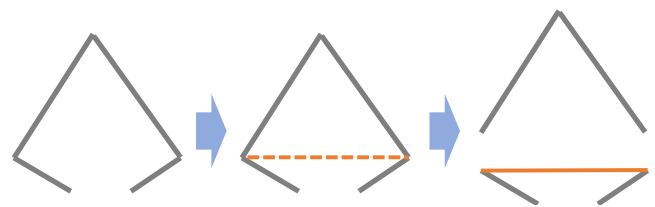


図 7 特定な形状の分割

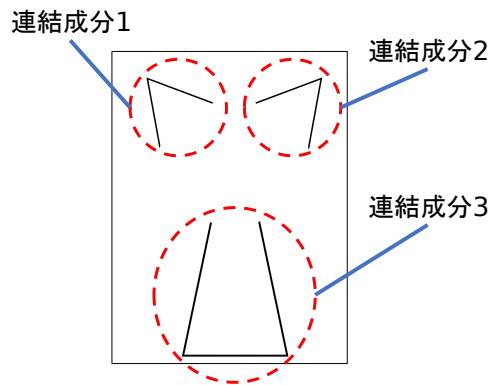


図 5 連結成分例

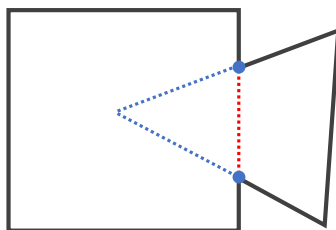


図 6 凹点による分割例

3.3 直線部分のパーツ分け

手順1で分離した直線部分を連結成分、凹点や特定の凸点で分割し、1パーツとする。以下で、その詳細について述べる。

3.3.1 連結成分ごとの分割

直線部分を連結成分ごとに分割する。画像上の任意の画素に対してその周辺の画素を参照し、範囲内に同じ画素値を持つ画素があれば、それらは連結しているとみなし。その画素群を連結成分と呼ぶ。例えば、図5では連結成分が3つ存在する。

3.3.2 凹点による分割

連結成分ごとに分割した直線部分を凹点でさらに分割する。連結成分の中には、図6のように、同じ連結成分に含まれていながら、複数の図形で構成される成分が存在する場合がある。このままでは、図形近似の工程で、適切な図形近似ができないため、連結成分を1つずつ参照し、凹点部でさらに分割する。分割した連結成分をを1パーツとする。

3.3.3 特定な形状の分割

図7のように、パーツの中で、角を3つ含み、角のうち1つ以上の角が直角でないものを分割する。分割したそれ

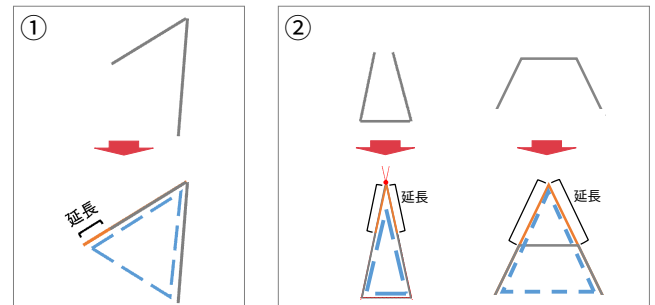


図 8 二等辺三角形による近似

ぞれを新たなパーツとする。

3.4 図形近似

直線部分は二等辺三角形または長方形で、曲線部分は楕円で近似する。近似の要件としては、近似対象の形状をできるだけ失わないことである。この要件は、近似パーツのエッジに新たに辺を加える、辺を延長するという2つの方法で満たす。近似対象の図形を二等辺三角形や長方形に近似する手法は3.4.1節および3.4.2節で詳細に説明する。楕円にの近似する方法は渡辺ら[10]の楕円認識手法を用いた。なお、直線部分の近似では、直線部分から角を検出し、その角度が直角であれば長方形として近似し、直角でなければ二等辺三角形として近似する。

3.4.1 二等辺三角形への近似

二等辺三角形を用いた近似では、3.3節で分割したパーツごとに近似する。二等辺三角形で近似するパーツには、①角が1つ含まれる場合、②角が2つ含まれる場合が考えられる。①のときは、角から伸びる2本線分のうち、短い辺を、もう一方の辺と同じ長さになるまで延長し、その端点同士を線分で結ぶことで二等辺三角形として近似する。②のときは、2本の線分をそれぞれ交点まで延長し、頂点ABCを持つ三角形ABCを作成する。そのとき、三角形ABCが二等辺三角形であれば、そのまま近似結果として出力するが、二等辺三角形になっていなければ、三角形ABCの3辺のうち、最も長さの差が少ない2辺を選び、①と同様の方法を用いることで、二等辺三角形とする。

3.4.2 長方形への近似

長方形を用いた近似では、二等辺三角形の近似と同様に、パーツごとに近似する。まず、パーツの辺の中で、直角を成す2辺で、長さの合計が最長である辺の組を抽出する。

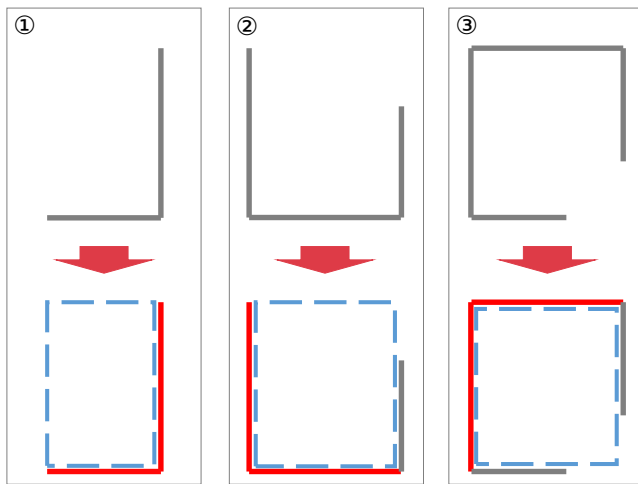


図 9 長方形による近似

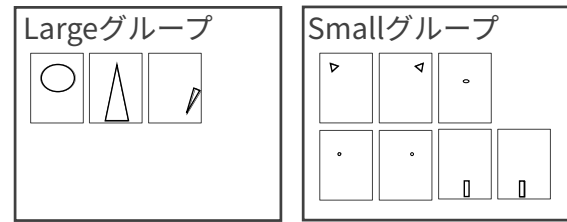


図 11 Size にもとづく分類

4.1 Size

この要素は Hongbo の描画特徴の 1 つである Simplicity に準じて作成した。ある幾何図形の面積が、パラメータ ωL より大きければ Large グループ、小さければ Small グループに分類する。ここでの L は、入力されたすべての図形の中で、最も面積の大きい図形の面積である。 ω は重み ($\omega \in [0, 1]$) である。描画順としては、まず、Large グループの図形を全て描画してから、Small グループの図形を描画する。面積の大きい図形を先に描画することで、イラスト全体のバランスがとりやすくなる。図 11 に示すように、 $\omega=0.3$ とした場合、顔の輪郭の楕円、胴体の三角形、尻尾の三角形が Large グループに、目や鼻の楕円、耳の三角形、足の長方形が Small グループに分類される。

4.2 Anchoring

描画開始点が決まっている図形を attachment 図形、他の図形の描画開始点を自身の辺上を含むものを anchor 図形とする。描画開始点とは、その図形を描画する際の始点となる部分である。二等辺三角形や長方形の描画開始点は頂点であるが、楕円の描画開始点は人によって異なるため、Anchoring は二等辺三角形と長方形にのみ適用する。頂点が別の図形の辺上にあるとき、それらを Anchoring の関係にあるものとしてタグ付けする。描画順決定の際には、anchor 図形を、その図形と Anchoring 関係にある attachment 図形より先に描画する図形として設定する。Anchoring による描画開始点の制限例を図 12 に示す。attachment 図形を先に描画してしまうと、anchor 図形の描画開始点の候補は描画領域上のすべて(図 12 右の青部分)になってしまう。しかし、anchor 図形を先に描画することで attachment 図形の描画開始点が anchor 図形の辺上(図 12 中央)に制限されるため、描画開始点を定めやすくなる。描画開始点は図形の位置を決定する際に非常に重要である。描画開始点を正確に定めることによって、図形を正しい位置で描画できる。Small グループ図形に Anchoring を適用すると、ほとんどが Large グループ図形の attachment 図形になりやすい。しかし、Large グループ図形→Small グループ図形の描画の流れは、前節の Size によって既に決定されているため、Anchoring を Small グループの図形に適用するのは、ほとんど効果がない。よって、Anchoring は Large グループ図形にのみ適用する。

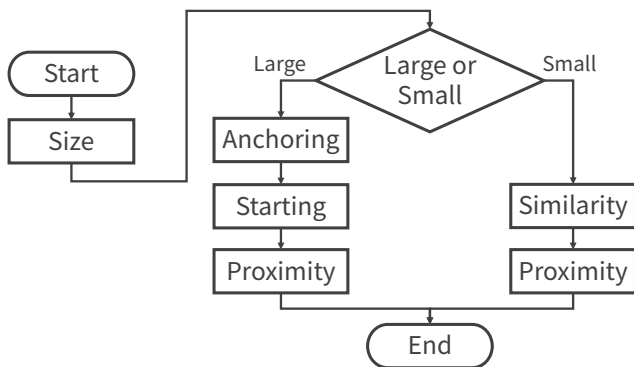


図 10 描画順決定の流れ

そして、選んだ 2 辺と同じ長さ、傾きの対辺をそれぞれ作成することで、長方形として近似する。長方形で近似するパーツの状態としては、①直角が 1 つ含まれる場合、②直角が 2 つ含まれる場合、③直角が 3 つ含まれる場合が考えられるが、長方形を作成するには、直角を成す 2 辺があれば、それぞれの対辺を作成することで長方形を作成できる。近似対象の形状を損なわず、最も大きい長方形で近似するには、直角を成す辺の組の中で、最長の組み合わせを選ぶことで、これを実現できる。

3.4.3 楕円への近似

曲線部分は渡辺ら [10] の手法を用いて楕円で近似する。近似の際は中心座標、長軸半径、短軸半径、x 軸に対する長軸の傾きを取得する。

4. 描画順の決定

本研究で提案する描画順決定手法は Hongbo らの手法 [1] を参考とした。本手法では、4 つの視覚的ゲシュタルトや描画の特徴を用いる。描画順決定の流れを図 10 に示す。また、図 2 の幾何図形群を入力した場合を例として、以下に描画順決定手法の詳細を説明する。

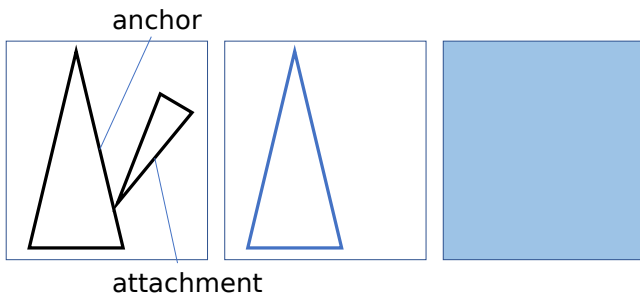


図 12 Anchoring による描画開始点の制限

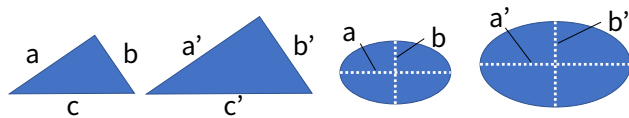


図 13 相似図形の判定方法

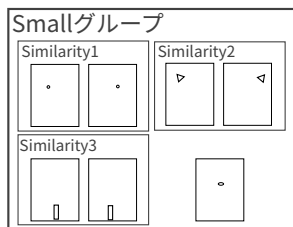


図 14 Similarity にもとづく分類

4.3 Similarity

描画した図形と類似する図形を連続して描画することで、先に描画した図形の形状を今から描く図形の参考にできる。本研究では、相似な関係にある図形を類似な図形とする。それぞれの図形の中で n 番目に長い辺同士で比の値を求め、集合 S に加える。 n は二等辺三角形の場合は $1 \leq n \leq 3$ 、長方形の場合は $1 \leq n \leq 4$ 、楕円の場合は $1 \leq n \leq 2$ である。図 13 のように、集合 S の要素は、 a/a' 、 b/b' 、 c/c' のようになる。集合 S に含まれる比の値の中で、最大値と最小値の差が閾値以下ならば、その図形の組は相似とする。今回は閾値を 0.1 とし、類似な図形をまとめた結果を図 14 に示す。Large グループの図形は、手本の顔全体、体全体などを表す図形が主であるため、Similarity による描画順の制御の対象としない。

4.4 Starting

最初に描画する図形を決定する。最初に描画する図形は、後に描画する図形の大きさや位置の基準となる。そのため、Anchoring における attachment でない図形の中で、最も面積の大きい図形を選ぶ。図 15 の例では、顔の輪郭の楕円を、最初に描画する図形として設定する。

4.5 Proximity

直前に描画した図形に距離が近いものから描画すること

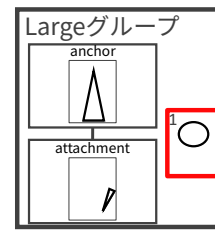


図 15 Starting にもとづく最初に描画する図形の結果

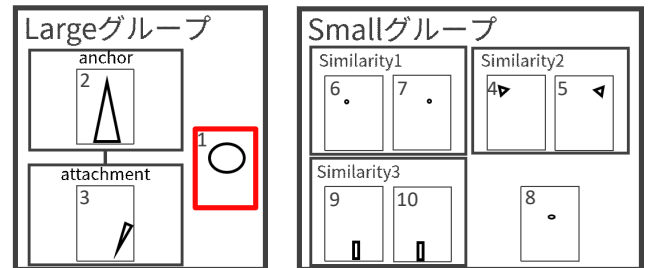


図 16 Proximity による描画順の結果

で、直前に描画した図形との相対的な位置や、大きさの関係を把握しながら描画できる。Large グループと Small グループにおいて、描画順を決定する。Proximity によって決定した最終的な描画順を図 16 に示す。

Large グループ

それぞれの図形の重心を算出し、直前に描画された図形の重心との距離を比較する。重心距離が最も近いものを次に描画する図形として設定する。また、描画順を決定する際、4.2 節の描画順と競合した場合は Anchoring の描画順を優先する。図 17 のように 2 番目に描画する図形を決定する際は、最初に描画する楕円(青線)との重心距離を比較する。

Small グループ

Large グループと同じく、図形の重心を算出し、重心距離によって、次に描画する図形を決定する。Small グループで最初に描画する図形としては、4.4 節で設定した最初に描画する図形との重心距離を比較し、最も近い図形を設定する。ただし、4.3 節でまとめられたグループは、それぞれのグループごとに重心を算出する。図 18 のように、グループ内の図形群の重心から中心点を算出する。算出した中心点をグループの重心として距離を比較する。Similarity グループが次に描画する図形として選ばれた場合は、グループ内の図形を連続して描画する。

5. まとめ

本研究ではイラストの模写手順の生成を目的として、イラストを幾何図形の組み合わせに分解する手法と図形の描画順を決定する手法を作成した。今後の課題として、図形分解手法については、より複雑な形状を持つイラストに対応が挙げられる。また描画順決定手法の課題としては、

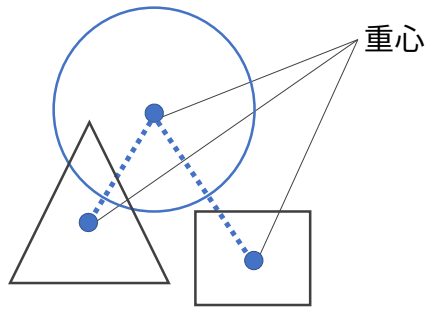


図 17 重心距離の比較

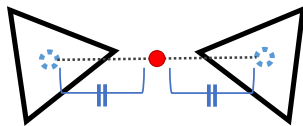


図 18 Similarity グループの重心

Similarity グループ生成手法の改良が挙げられる。

今後の予定としては、図形分解手法を改良し、より複雑な形状の入力に対応可能な手法を目指す。また、描画順決定手法については、被験者を用いた実験を行う予定である。具体的な内容としては、描画順決定手法を用いて決定した描画順と、ランダムに並べ替えた描画順で被験者に模写をしてもらう。出来上がったイラストを手本と比較し、手本との類似度を算出することによって評価し、手法の有用性を確かめる。

謝辞

提案手法について適切な助言をしてくださった寺井あすか准教授(公立はこだて未来大学)に感謝いたします。また、本研究において、数々の情報や助言を与えてくださった小山裕己様(産業技術総合研究所)に厚く御礼を申し上げ、感謝する次第です。なお、本研究はJSPS 科研費JP15K00279の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Fu, H., Zhjou, S. and Liu, L., Mitra, N.: Animated Construction of Line Drawings, *Proceedings of ACM SIG-GRAPH ASIA*, Vol. 30, No. 133 (2011).
- [2] ジャック・ハム, 島田照代(訳): 動物の描き方, 嶋田出版(1988).
- [3] ジャック・ハム, 島田照代(訳): 人体のデッサン技法, 嶋田出版(1987).
- [4] A. ルーミス, 北村孝一(訳): やさしい人物画, マール社(1976).
- [5] 曾我真人, 松田憲幸, 高木佐恵子, 瀧 寛和, 岩城朝厚, 辻 達也, 大西隆裕, 吉本富士市: 自動診断助言可能な鉛筆デッサン学習支援システム, 情報処理学会インタラクショナル論文集, pp. 27-28 (2005).
- [6] 山田太雅, 棟方渚, 小野哲雄: 人物キャラクターの模写における絵の評価システムの提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム(2015).
- [7] Hse, H., Newton, R. A.: Recognition and beautification of multi-stroke symbols in digital ink, *Computers and*

- Graphics*, Vol. 29, No. 4, pp. 533-546 (2005).
- [8] Canny, J.: A computational approach to edge detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-8, pp. 679-698 (1986).
- [9] Hough, P.: Method and means for recognizing complex patterns, United States Patent Vol. 3069654 (1962).
- [10] 渡辺孝志, 島山雅充, 木村彰男: ハフ変換を用いた接線情報の抽出と欠損楕円の検出, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J82-D-II, No. 12, pp. 2221-2229 (1999).