

素人のための手描きキャラクタ改良支援システム A Support System for Improving Beginners' Hand-Drawn Characters

森 啓年[†] 岩崎 慶^{††} 高木 佐恵子^{††} 吉本 富士市^{††}
Hirotooshi Mori Kei Iwasaki Saeko Takagi Fujiichi Yoshimoto

1 まえがき

描画の素人にとって、高品質な絵を描くことは容易ではない。コンピュータの支援により、素人が高品質な作品を容易に製作できれば、多くの人にとって福音となる。しかし、絵の一般的な評価基準を作り、それに基づいて素人の絵を評価・修正することは極めてむずかしい。そこで、素人の作品を解析して特徴を抽出し、その特徴を利用して素人が描いた拙い絵を修正し、素人の絵を高品質にすることを考える。

描画作品には様々なものが存在するが、ここでは、絵本や漫画のキャラクタについて、顔の輪郭線と顔パーツ（目、鼻、口）を取り上げる。その理由は、顔はキャラクタの最も重要な要素であり、輪郭線や顔パーツの描き方によって大きな影響を受けるからである。コンピュータを用いた輪郭線の描画については、最近、様々な方法が提案されている [1-4]。しかし、そのいずれも素人の作品の特徴を抽出して、素人の作品制作に利用することは考えられていない。また、既存のグラフィックツールには、素人の作品の特徴を抽出して利用する機能はない。

以上の背景から、筆者らは、素人の手描き曲線の特徴を利用して、素人が描いた拙い手描き曲線を高品質な手描き風曲線に修正する支援システムを提案した [5-6]。このシステムを用いて生成された手描き風曲線は、元の手描き曲線の概形的な特徴をある程度保ちながら、素人の特徴を持っている。しかしながら、その支援システムには顔パーツを修正する機能はなかった。

本稿では、輪郭線だけでなく顔パーツも修正できるシステムを提案する。また、提案システムで生成した手描き風曲線の例をあげ、その有効性を示す。なお、ここでは輪郭線および顔パーツの濃淡は一定とする。

2 提案システムの概要

本稿で対象とする手描き曲線は、顔の輪郭線と顔パーツから構成されているものとする。また、顔の輪郭線は骨格線と太さから構成され、顔パーツは目、鼻、口から構成されているものとする。

本稿で提案するシステムは、図1に示すとおり、特徴抽出サブシステムと修正サブシステムから構成されている。前者は、素人の絵と素人の絵から、輪郭線及び顔パーツの特徴をそれぞれ抽出する。後者は、それらの特徴を用いて、素人の絵の輪郭線および顔パーツを修正して高品質な手描き風曲線を生成する。

輪郭線の特徴は、その骨格線の特徴と太さの特徴とする。骨格線の特徴は、その曲がり具合と複雑さとする。また、太さの特徴は輪郭線のゆらぎと幅とする。さらに、顔パーツの特徴はそれらの配置と大きさとする。

輪郭線の修正は、まずその骨格線を修正してから太さを修正する。ここで、骨格線は、抽出した素人の骨格線の特徴を素人の骨格線の特徴に近づけて修正する。また、輪郭線の太さは次の方法で修正する。

1. 輪郭線のゆらぎは、輪郭線の幅をスペクトル解析し、その特徴を用いて修正する。

2. 輪郭線の幅は、絵の大きさと輪郭線の平均幅を用いて修正する。

以上の方法で修正された骨格線と輪郭線の太さを統合すると、修正された輪郭線が生成される。

顔パーツの修正は、素人の顔パーツの配置と大きさを、素人の顔パーツの配置と大きさの特徴を用いて修正する。

提案システムで生成された素人の手描き風曲線は、素人の元の手描き曲線の印象と素人の手描き曲線の印象の両方を持っている。どちらの印象をより強く持つかは、輪郭線および顔パーツの特徴パラメータで制御できる。

3 輪郭線の修正

3.1 骨格線の修正

まず、素人と素人の手描き曲線のそれぞれについて、以下の処理を行う。

1. 輪郭線の画像データを細線化して骨格データを取得する。本稿では、簡単のため、輪郭線は分岐していないものとする。
2. B スプライン曲線を用いて骨格データを近似し、輪郭線の骨格線を生成する。
3. 骨格線から曲がり具合と複雑さの特徴を抽出する。

次に、素人の骨格線の特徴を、素人の骨格線の特徴へ近づけることによって、素人の骨格線を修正する。この操作は、骨格線の形そのものを近づけることを意味しない。すなわち、通常は両者の特徴が近づいても両者の形そのものは異なっている。

ここで、骨格線の曲がり具合は、曲率の符号変化数で測る。また、骨格線の複雑さは、骨格線の偏角と動径、及び動径の差分のフラクタル次元で測る [5-6]。

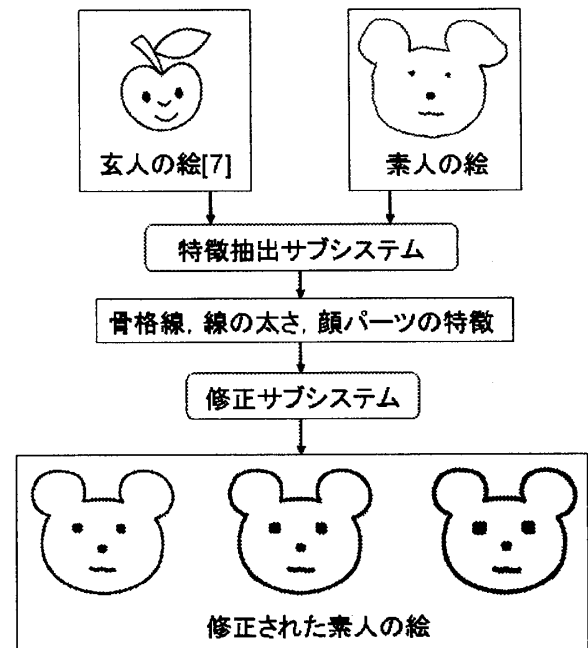


図1: 提案システムの概要

[†] 和歌山大学大学院システム工学研究科 (現在, (株) シティ・コム)

^{††} 和歌山大学システム工学部

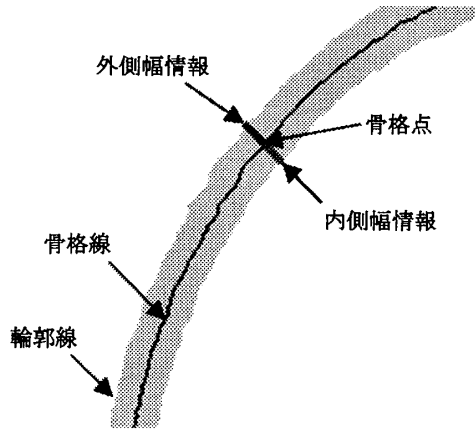


図 2: 輪郭線の幅情報

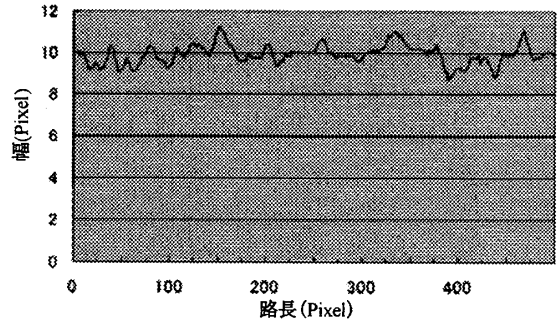


図 3: 外側幅情報の例

3.2 輪郭線の太さの修正

絵の印象は、線の太さによって大きな影響を受ける。したがって、線の太さを制御することは重要である。図2のように、輪郭線の太さは骨格線を基準に外側と内側に分けられる。そこで、まず骨格線の法線と輪郭線の両側との交点を求める。次に、骨格線の路長を横軸とし、骨格線上の点から外側の交点までの距離を縦軸としてプロットする。これを、外側幅情報と呼ぶ。同様に、骨格線上の点から内側の交点までの距離を縦軸としてプロットしたものを、内側幅情報と呼ぶ。図3は外側幅情報の例である。外側幅情報と内側幅情報に分けて扱う理由は、両者は似ているが微妙に異なっており、それが輪郭線の印象を左右すると考えたからである。

ところで、お手本となる玄人の絵と改良したい素人の絵は、大きさが異なっている場合が多い。そのため、絵の大きさを考慮して輪郭線の太さを調節する必要がある。本稿では、その調節を素人の輪郭線の骨格線で囲まれた範囲の面積と、玄人のそれとの比を用いて実現する。

輪郭線のゆらぎを修正するアルゴリズムは、以下のとおりである。

1. 骨格線に囲まれた範囲の面積を求める。素人のその面積を S_b 、玄人のその面積を S_e とする。
2. 次の式で、玄人の輪郭線の幅情報を素人の絵の大きさに合わせて変換する。

$$\delta'_e = (S_b/S_e)\delta_e. \quad (1)$$

ここで、 δ_e および δ'_e は、それぞれ変換前および変換後の幅情報である。添え字 e , b は、それぞれ玄人 (expert)、素人 (beginner) を意味する。

3. 素人の両側の幅情報を、フーリエ変換により周波数領域へ変換する。同様に、2. で変換された玄人の両側の幅情報を周波数領域へ変換する。
4. ハイパスフィルタを用いて、素人の幅情報と玄人の幅情報の高周波領域をそれぞれ抽出する。ここで、抽出する高周波領域は 64~1024Hz とする [5-6]。
5. 素人の高周波成分を玄人のそれと置き換え、修正されたスペクトルを得る。
6. 逆フーリエ変換により、素人の修正されたスペクトルを空間領域に戻す。

輪郭線の幅を修正する方法は、以下のとおりである。玄人の輪郭線の平均幅を W_e とすると、素人の面積 S_b にバランスする玄人の平均幅 W'_e は次式で与えられる。

$$W'_e = (S_b/S_e)W_e. \quad (2)$$

このとき、調節後の素人の平均幅 W'_b は

$$W'_b = qW'_e + (1-q)W_b \quad (0 \leq q \leq 1) \quad (3)$$

で求めることができる。ここで W_b は修正前の素人の平均幅である。また、 q は平均幅を調節するパラメータである。パラメータ q が 1 に近づくと、素人の平均幅は玄人の平均幅 W'_e に近づき、それが 0 に近づくと、素人の平均幅は調節前の平均幅 W_b に近づく。

4 顔パーツの修正

4.1 配置の修正

顔パーツの配置を修正するための特徴量として、顔の大きさと顔の重心に対する顔パーツの配置を考える。本稿では、顔の大きさは、輪郭線の骨格線で囲まれた範囲の面積とする。また、顔の重心 G は骨格線で囲まれた範囲の重心とする。なお、顔パーツの配置は、顔の表情や向きによって微妙に変化する。そこで、玄人と素人の絵で、顔の表情や向きは同一であると仮定する。

顔パーツの配置の特徴量は、次の二つとする (図4)。

1. 重心 G を通る水平軸と、重心 G から各顔パーツの重心に至る線分とのなす角度 θ 。
2. 重心 G から各顔パーツの重心までの距離 p と d の比。ここで、 d は重心 G と各顔パーツの重心を通る直線が輪郭線と交わる点を R とするとき、 G から R までの距離である (図4)。

このとき、素人の絵の修正された角度 θ'_b は

$$\theta'_b = m\theta_e + (1-m)\theta_b \quad (0 \leq m \leq 1) \quad (4)$$

で求めることができる。ここで、角度 θ_e は、玄人の絵の重心 G_e を通る水平軸と、その重心 G_e と各顔パーツの重心を結ぶ線分とのなす角である。同様に、角度 θ_b は、素人の絵の重心 G_b を通る水平軸と、その重心 G_b と各顔パーツの重心を結ぶ線分のなす角である。

また、素人の絵の重心 G_b から顔パーツの重心までの修正された距離 p'_b は

$$p'_b = np'_e + (1-n)p_b \quad (0 \leq n \leq 1) \quad (5)$$

で求めることができる。ここで、 p_b は、素人の絵の重心 G_b から顔パーツの重心までの距離である。また、 p'_e は、玄人の絵の重心 G_e から顔パーツの重心までの距離を、素人の絵のそれに換算した値であり、次式で与えられる。

$$p'_e = (d_b/d_e)p_e. \quad (6)$$

ここで、 p_e は玄人の絵の重心 G_e から各顔パーツの重心までの距離である。また、 d_e は玄人の絵の重心 G_e から出た

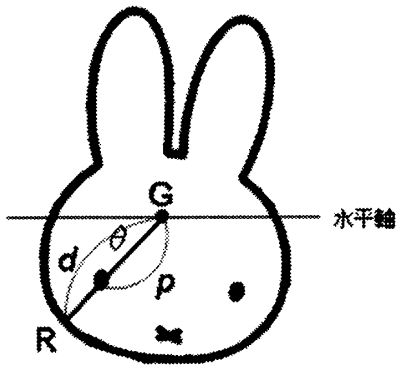


図4: 顔パーツの特徴量

直線が各顔パーツの重心を通り骨格線と交わる点 R_e までの距離である。同様に、 d_b は素人の絵の重心 G_b から出た直線が各顔パーツの重心を通り骨格線と交わる点 R_b までの距離である。

式(4)および式(5)を用いて素人の絵の顔パーツの配置を修正したとき、パラメータ m, n が1に近づくると玄人の特徴を持つ顔パーツの配置に近づく。逆に、それらが0に近づくると、修正前の顔パーツの配置に近づく。

4.2 大きさの修正

素人の絵の顔パーツの大きさを修正するため、特徴量として顔の大きさと顔パーツの大きさの比を考える。ここで、顔パーツの大きさは、その面積とする。このとき、素人の絵の、修正後の顔パーツの大きさ A'_b は、

$$A'_b = uA'_e + (1-u)A_b \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (7)$$

で求めることができる。ここで、 A_b は素人の顔パーツの大きさである。また A'_e は、素人と玄人の顔の大きさの比を用いて、玄人の顔パーツの大きさを変換した値であり、次の式で与えられる。

$$A'_e = (T_b/T_e)A_e \quad (8)$$

ここで、 A_e は玄人の顔パーツの大きさである。また、 T_e と T_b は、それぞれ玄人と素人の顔の大きさである。

式(7)を用いて素人の絵の顔パーツの大きさを修正したとき、パラメータ u が1に近づくると玄人の特徴を持つ顔パーツの大きさに近づき、それが0に近づくると修正前の顔パーツの大きさに近づく。

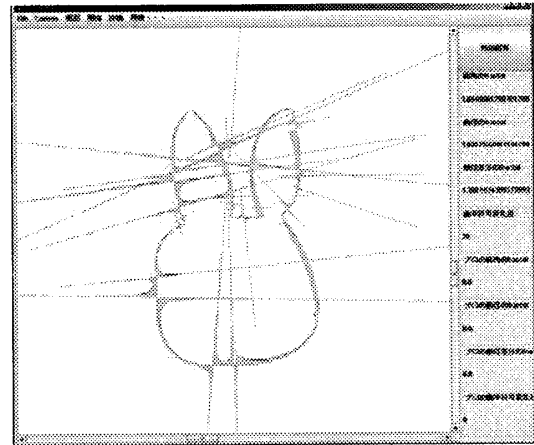
5 実験

5.1 提案システムのプロトタイプ

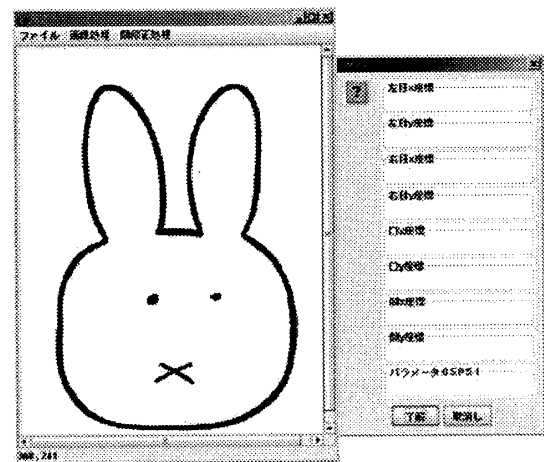
以上で述べた手法を用いて、素人の手描き曲線の改良を支援するシステムのプロトタイプを作成した。図5はそのユーザインタフェース(画面)である。図5(a)は骨格線を修正するツールの画面である。右側に骨格線の特徴(曲率の符号変化数とフラクタル次元)が表示され、それを目安に骨格線を修正できる。画面上の骨格線に垂直な線は曲率プロファイルであり、骨格線のうねりを表している。図5(b)は顔パーツを修正するツールの画面である。右側のウィンドウは、各顔パーツの座標値と特徴パラメータを入力するためのものである。それらの値を用いて、素人の絵の顔パーツは自動的に修正される。

5.2 実験結果

図6(a)は玄人の絵[7]であり、図6(b)は素人の絵である。表1は、それらの骨格線の特徴量(曲率の符号変化数



(a) 骨格線の修正



(b) 顔パーツの修正

図5: プロトタイプシステムのインタフェース

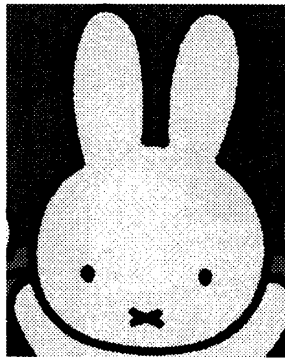
とフラクタル次元)とその修正結果である。また、図7(a)は図6(b)の骨格線(修正前の素人の骨格線)、図7(b)は修正された素人の骨格線である。

骨格線を修正するとき、素人と玄人の特徴を比べ、最も差のある特徴に注目して修正した。図7(a)(修正前)と図7(b)(修正後)を比較すると、修正前には多かった曲線のうねりが修正後には少なくなり、玄人の骨格線のように滑らかな曲線になっており、形のバランスも整っている。

次に、輪郭線の太さと顔パーツを修正した結果を示す。図8(a)~(d)は、太さの特徴パラメータ q と顔パーツの特徴パラメータ m, n, u の値をそれぞれ0.25, 0.5, 0.75, 1.0に設定して修正した例である。ここで、顔パーツの大きさの修正は、パーツの外側から均等にピクセルを削除する方法で行った。そのため、口の厚みは大きく変わっているが、口の長さは少ししか変わっていない。パラメータを大きくすると素人の絵の印象に近づき、逆にパラメータを小さくすると玄人の絵の印象に近づいている。これらのパラメータは、別々の値にすることも可能であるが、本実験ではすべて同一とした。この例に示すとおり、提案方法は、お手本となる玄人の絵と修正したい素人の絵が大きく異なっても適用が可能である。

表 1: 骨格線の特徴量 (曲率の符号変化数とフラクタル次元)

作品	フラクタル次元			曲率の 符号 変化数
	偏角	動径	動径の差分	
素人の絵	1.68586	1.55944	1.81069	32
修正後の 素人の絵	1.69559	1.57615	1.77397	8
玄人の絵	1.67692	1.64429	1.74455	8



(a) 玄人の絵 [7]



(b) 素人の絵

図 6: 玄人の絵と素人の絵

6 むすび

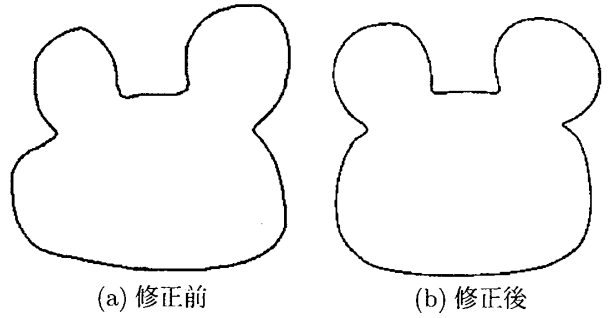
本稿では、玄人の手描き曲線の特徴を用いて素人の拙い手描き曲線を修正し、高品質な手描き風曲線に改良するシステムを提案した。手描き曲線の特徴を、輪郭線の特徴と顔パーツの特徴に分けて扱った。輪郭線を骨格線と太さに分け、前者の特徴は曲率の符号変化数とフラクタル次元とし、後者の特徴は、輪郭線のゆらぎと輪郭線の平均幅とした。顔パーツの特徴は、顔の重心から顔パーツの重心までの線分の長さとして角度、および顔パーツの大きさとした。

提案システムのプロトタイプを作成して、素人の手描き曲線を修正する実験を行った。その結果、素人が描いた手描き曲線を、高品質な手描き風曲線へと修正できることがわかった。生成される曲線に修正前の絵の印象を残す程度は、パラメータで調節できる。

今後の課題としては、以下のことがあげられる。まず、骨格線を修正する作業を自動化することである。次に、輪郭線が分岐している絵にも適用できるように、アルゴリズムを改良することである。さらに、線の太さだけでなく、その濃淡も修正できるようにすることである。最後に、提案手法を顔以外の絵にも適用できるように、一般化することがあげられる。

参考文献

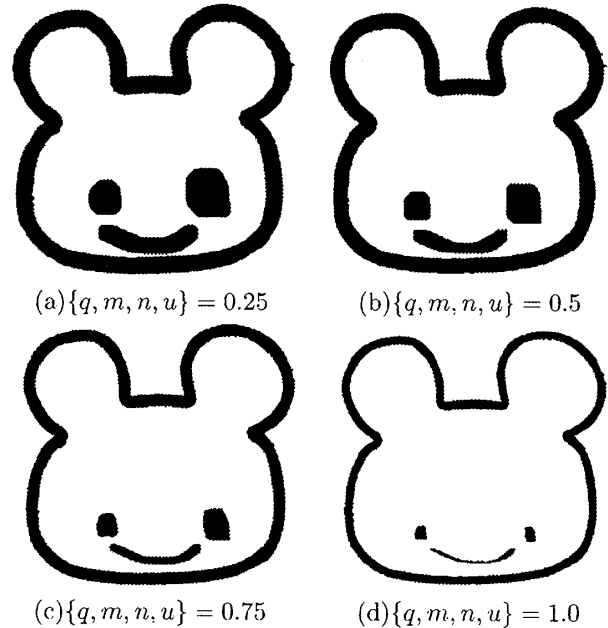
- [1] J.D. Northrup and L. Markosian: Artistic silhouettes, a hybrid approach, Proc. NPAR 2000, pp.31-38, ACM Press, 2000.
- [2] 加藤洋, 桑原明栄子, 牧野光則: セルアニメーションCGにおける感性的輪郭線表現作成支援システムの



(a) 修正前

(b) 修正後

図 7: 骨格線の修正



(a) $\{q, m, n, u\} = 0.25$

(b) $\{q, m, n, u\} = 0.5$

(c) $\{q, m, n, u\} = 0.75$

(d) $\{q, m, n, u\} = 1.0$

図 8: 輪郭線と顔パーツを修正した手描き風の曲線

提案, 第 19 回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, pp. 15-20, 2003.

- [3] 小林宏嗣, 小山敏之, 中丸幸治, 大野義夫: 3次元CGにおける多様な輪郭線の表現, 第19回NICOGRAPH論文コンテスト論文集, pp. 27-32, 2003.
- [4] 岡部雄太, 齋藤豪, 中嶋正之: HMMを用いた線の毛筆調レンダリングに関する研究, Visual ComputingグラフィクスとCAD合同シンポジウム2005予稿集, pp. 81-86, 2005.
- [5] T. Morimoto, H. Mori, K. Iwasaki, S. Takagi and F. Yoshimoto: A support system for generating hand-drawn-like curves, IWAIT2005, pp. 515-520, 2005.
- [6] H. Mori, K. Iwasaki, S. Takagi and F. Yoshimoto: A method for improving unskillful hand-drawn curves, IWAIT2006, pp. 355-360, 2006.
- [7] 野間佐和子: ディック・ブルーナのすべて, 講談社, 1999.