

略画自動生成システムの試作

濱田 準一 玉木 明和 加藤 清史

九州工業大学 工学部 電気工学科

〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1

あらし 我々はコンピュータの芸術分野への応用としてコンピュータによる絵画の自動生成システムを作成中である。本システムはTVカメラやビデオカメラから入力画像を取り込みそれにエッジ検出や領域分割などの画像処理を施し抽出された特徴から内部表現を作成する。そして、内部表現の中から必要なものだけを表示した略画を生成する。現在、より良い自動生成システムを目指し、種々の処理方法を開発中であり、次のことを行っている。入力画像の中の物体の輪郭を円弧の一部として認識し、それを円弧として表示する。また、強調したい部分だけを色付けし、他の部分は白黒の濃淡画像として表示する。

和文キーワード 略画生成, 画像処理, エッジ検出, 領域分割

Trial Production of Automatic Sketch Generation System

Junichi Hamada Akikazu Tamaki Kiyoshi Kato

Kyushu Institute of Technology, Faculty of Engineering

1-1 Sensui Tobata Kitakyushu, 804, JAPAN

Abstract The authors try to make an automatic sketch generation system by using computer for its application to the artistic field. In the system, the inner expression is made of the features, which are extracted from input image by means of the edge detection, the region segmentation and so on. The inner expression consists of the short line segments and the arcs of the circle and ellipse, as which the contours of objects are recognized. The sketch is produced as the output image generated by using the information of the inner expression. In order to emphasize the objects, the authors put the colors on the area to be emphasized in the gray image.

英文 key words sketch production, image processing, edge detection, region segmentation

1 まえがき

我々は、コンピュータの芸術分野への応用を考えコンピュータによる絵画の自動生成システムの作成を試みている。芸術分野への応用として似顔絵を生成するPICASSOシステム^[5]がある。それは、目や眉などを入力しそれらを変形し似顔絵を生成する。我々は既に簡単な画像処理によって線画を生成するシステムを開発した^[4]。現在、より高度なシステムを目指した処理方法を開発中である。本システムは、TVカメラやビデオから画像を取り込みそれに前処理として画像の平滑化を行い、小領域に分割して分散の値を求める。前処理が終わると線処理と色処理を個別に行う。すなわちエッジ検出や領域分割などの画像処理を施し、検出された特徴から線と色による内部表現を各々作成する。その後内部表現に対しユーザの指示により内部表現を変化させ出力画像を生成する。本システムでは、入力画像から内部表現を自動的に作成し、出力画像を作り出す。また直線、楕円を認識を行いそれにより描画を行う。

2 内部表現作成までのシステム概要

内部表現作成までの処理の流れの概略を示す

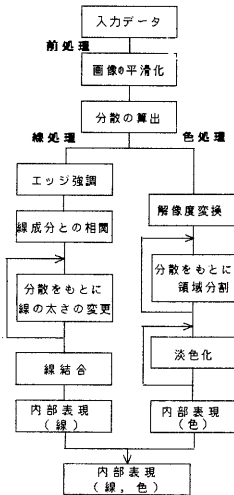


図 2.1 内部表現作成までの処理の流れ

3 各処理について

入力データ

R, G, B 各々 512 × 480 画素, 256 階調 (0 ~ 255) である。

前処理

① 画像の平滑化

ビデオから画像を取り込んだ場合インターレース走査の影響を除去する必要があり画像の平滑化を行う。式 (3.1) の様に各画素 $f(i, j)$ とその上下の画素との平均をとる。 $\bar{f}(i, j)$ を平滑化された画素とする。

$$\bar{f}(i, j) = f(i, j-1) + f(i, j) + f(i, j+1) / 3 \quad (3.1)$$

② 分散の算出

入力画像を小領域に分けその小領域として分散を算出し、パラメータの決定に使用する。

線処理

① エッジ強調処理

エッジ強調処理としてラプラシアンフィルタをかける。ラプラシアンフィルタをかけると、エッジの前後で値が変化する。エッジは値が 0 となるところに存在するが、負の部分をも 0 で置き換えたものをエッジ強調の結果とする。R, G, B それぞれで値を求め、その平均値を求める。エッジ強調された値を 256 レベルに規格化する。すなわち、その値の最大値を求め、その 80% 以上であれば 255 にそれ以下を 0 ~ 254 に等分割する。

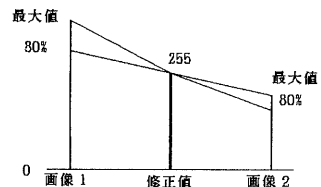


図 3.1 ラプラシアン値の修正

② 微小線成分との相関

エッジ強調した画像からエッジの傾きを抽出するため、図 3.2 の様な 8 つの傾きの微小線成分を用意する。これらの線成分とエッジ強調画像から切り出した同じ大きさの部分画像との相関をとれば、最も相関値の大きい線成分がその場所におけるエッジの傾きであると考えられる。また、分散の大きさにより 12 × 12, 8 × 8 及び 6 × 6 の長さの微小線成分から 2 つを組み合わせると線による内部表現を作成した。



図 3.2 8 つの傾きの線成分

閾値による線成分の変化

8つの線成分との相関のうちで最大のものをその部分領域での相関値と呼ぶ。線成分表示のための閾値を設定し、相関値が閾値よりも低い線成分については描画せず、閾値を越えた部分領域に微小線成分を表示する。また、相関値の大きさによって太さに変化をつけることができ閾値から相関の最大値までを線の太さの種類(5種類)で割って、それぞれ割り当てる。

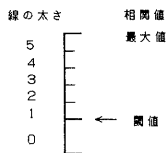


図 3.3 線の太さ

③線結合

直線結合あるいは曲線結合を行う。

これまでの処理では、線の長さは線成分の長さしかないが、線成分が重なって長い線を表している場合、それらを結合して1本の直線にする。アルゴリズムは、ある線成分の示す方向を探し、図 3.4 に示す距離、傾きの差、隔たりが小さい線成分があれば、1つの直線として結合する。

この3つのパラメータによって、結合するかどうかを判定する。走査する方向は、1方向だけだが、後方も走査する。

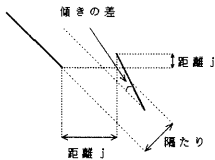
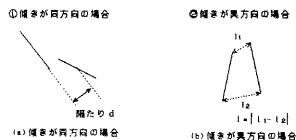


図 3.4 線の位置関係のパラメータ

直線結合のみでは緩い曲線も直線とみなしてしまう問題がある。したがって曲線結合を行う。結合する線成分の走査は、直線結合と同じである。曲線結合法としてHermite法を用いる。



$$k = d \times n_1 \quad (3.2) \quad k = n_2 / l \quad (3.3)$$

(但し n_1, n_2 は定数)

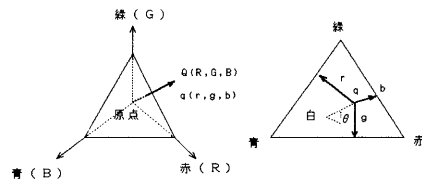
図 3.5 線結合のパラメータ決定法

カーブの緩急を表すHermite法におけるパラメータ k は式(3.2)、式(3.3)に示すように決定する。

色処理

①色の概念

カラー画像処理において色の分類はRGB表色系を用いると便利である。赤、緑、青、の濃度値が、R、G、Bである画素Q (R, G, B)について考えてみる。Q (R, G, B)は、図 3.6 に示すように、色ベクトル空間内の1点で表される。R、G、Bを同じ割合で変化させても、色合いは変化せず、明るさだけが変わるので、Q (R, G, B)と原点を結ぶ距離は明度に関係する。Q (R, G, B)が原点に近づくにしたがって明度は低下する。



(a)色ベクトル空間 (b)色三角形
図 3.6 色ベクトル空間と色三角形

また、色ベクトル空間の(1, 1, 1)面を用いると、色相と彩度を表すことができる。(1, 1, 1)面と色ベクトルの交点 $q (r, g, b)$ の座標は、次の式で与えられる。

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad b = \frac{B}{R+G+B} \quad (3.4)$$

図 3.6 (b) に r, g, b と正三角形(1, 1, 1)面との関係を示すこの正三角形を色三角形と呼ぶ。色三角形の中心は白(灰または黒)である。中心から $q (r, g, b)$ までの距離は彩度に関係し、方向角 θ は色相に関係する。

色ベクトル空間を用いる場合には、3次元表示が必要であるが、色三角形の場合2次元表示でよい。色ベクトル空間や、色三角形はカラー画像の濃度値を知ることができる。

略画に着色することを考える。最も簡単な方法は、原画像の上に線成分を置くというものがあるが、絵画的表現からはほど遠いものになる。また最も高度なものは、線成分を考慮しながら実際に筆を動かしたように色をつけていくとい

う方法である。線成分は線の傾きを示している
ので、この方法が実現できれば理想的である。
しかし、本研究では線画を作ることが目的であ
るので、ここでは簡単な領域分けを行い、その
領域内を1色にすることで代用する。また領域
分割の結果得られた各領域のR, G, Bの値を
増加させることにより色を淡くし、水彩画的雰
囲気を出す。

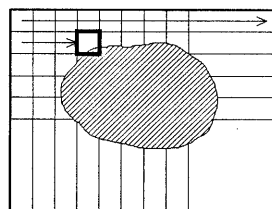


図3.7 閾値を決める小領域

②解像度変換

入力画像としては、512×480である。
これを256×240、128×120と解像
度を変化させる。線処理で生成される線画は正
確なエッジを表現するので色による描画は補助
的なものでよい。このため、おおまかに領域分
割ができればよい。処理の高速化のため解像度
変換は有効である。解像度変換によってまとめ
られた画素の値の平均を用いて領域分割を行う。

③分散をもとに領域分割

色処理をする際、濃度値が一定となる領域に分
けなければならない。

領域分割は、単純領域併合方で行う。類似度
を比べるパラメータにはR, G, B, r, g, b, θなど
がある。通常、色の違いによって物体を分離す
る場合には、明るさを無視した(r, g, b)を用い
ればよい。しかし、ここでは物体を分離するこ
とが目的ではなく、色が違っているところを分
割するので、(R, G, B)を利用する。もとなる
点の色を(R_i, G_i, B_i)とすると、調べる先の
色(R, G, B)との差dとして、

$$d = \sqrt{(R - R_i)^2 + (G - G_i)^2 + (B - B_i)^2} \quad (3.5)$$

を用いた。領域分割の方法は、最初の点のR, G,
Bを記憶し、これと調べる先の画素との色の差
dがある値以下のとき併合するというものである。
分散の値が大きい部分は領域の併合を行わず細
かい領域に分割するため、閾値を下げて処理を
行う。領域中の最初に処理される点の属する小
領域、図3.7で太線で囲まれた小領域の分散
によって計算された閾値によってその領域全部
について処理を行う。

④淡色化

領域分割処理で分けた領域毎にR, G, Bの
平均を出し、それをその領域の色として領域全
体を1色に着色する。

R, G, B, それぞれの値を増加し淡色化を
行い生成した略画を水彩画のようにする。また、
色が濃すぎると線画がよく見えなくなる。色を
淡くするという事は、色度は変えずに明るさ
を増すということであり、(r, g, b)の値があ
まり変化しない方がよい。

閾値の決定方法

線画表示の閾値によって生成された略画の良
さが左右される。そのため、閾値を入力して良
い略画であるかどうかを、目で見ても判断しな
ければならない。良い略画というのは情景を表
現するために必要な線がよく出ており、不要な
線があまり出ていないことである。このために
閾値の評価を行う。

4 楕円、直線の認識

微小線成分の集合を用いて評価関数により直
線は傾き、切片をまた楕円であれば中心、長軸、
短軸、回転角を求める。評価関数として楕円の
評価関数を示す。

評価関数とその利用方法

種々の形は曲線(楕円の一部)及び直線の組
合せにより表現できるので、物体の境界を楕円
の一部及び直線として認識する。画像全体を部
分領域に分割し、その領域内にある微小線成分
を、1つの集合としてその微小線成分集合が直
線と楕円を構成していると考えられる。これらの
微小線成分の集合を用いて、式(4.1)の評価関数
により楕円の中心及び長軸、短軸を求める。回
転角αは0度とした。式(4.2)のf_iは、中心(X,
Y)の楕円上の点(x_i, y_i)に傾きm_iの微小

線成分があるとするときの誤差を示す。また、式(4.3)の g_i は、中心 (X, Y) 長軸 a 、短軸 b の楕円上の点と微小線成分の存在する点 (x_i, y_i) との誤差を示す。中心 (X, Y) 長軸 a 、短軸 b の計算は、式(4.1)の評価関数で X, Y, a, b についてそれぞれ偏微分をとりその微分係数により X, Y, a, b を変化させて式(4.1)の値が極小となる中心 (X, Y) 及び長軸 a 、短軸 b を求める。また描画に際して全部を楕円や直線として描いたのでは、不要なものまで描き出すので、楕円や直線の一部であると認識し、その部分領域内にあり閾値以下の楕円や直線を描く。

楕円の評価関数

$$E = \sum_{i=1}^n [p (f_i(X, Y, a, b, \alpha)^2) + g_i(X, Y, a, b, \alpha)^2] \mu_i \quad (4.1)$$

$$f_i(X, Y, a, b, \alpha) = \frac{(a^2 \tan^2 \alpha + (b^2 - a^2) m_i \tan \alpha + b^2)}{(x_i - X) + (b^2 m_i \tan^2 \alpha + (b^2 - a^2) \tan^2 \alpha + a^2 m_i) (y_i - Y)} \quad (4.2)$$

$$g_i(X, Y, a, b, \alpha) = a^2 \frac{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2 + (b^2 - a^2)}{(x_i - X) \cos \alpha + (y_i - Y) \sin \alpha} - a^2 b^2 \quad (4.3)$$

- m_i : 点 (x_i, y_i) での微小線成分の傾き
- I : 部分領域内の点の集合
- p : f_i, g_i の重要度を示すパラメータ
- μ_i : 線分らしさを表す重み

5 本システムと人間の描画モデルとの比較

人間の描画モデル

このモデルは、対象となる情景と絵を見比べながら描画するためクローズループを形成している。人間が観ている情景に対応する入力画像から、ウィンドウにより小区画を切りとる。これは人間が情景全部を同時に見るわけではなく、情景中の一部分だけを見ていることを示している。次に、変換器でウィンドウ内画像に線画抽出などの線形あるいは非線形変換を施し、内部表現を作成する。これと人間の描いている絵に対応する出力画像のウィンドウ成分に変換器をかけて作成した内部表現とを評価器で比較する。内部表現には2つの画像を比較するための情報が入っている。評価の結果により抽象表現が作成される。次に絵を描くためのアクターが動作する。これは人間の腕、あるいは道具に対応する。評価器によってこの抽象表現を変更すれば

出力画像も変化する。抽象表現というのは人間の場合であると、頭の中にある実際に描こうとする線などのイメージと考えればよい。ここまでで一回目のループが終了する。この後、再び出力画像を変換し、入力画像の内部表現と比較するというループを繰り返す。このループをいつ終了するかについても評価器で判断することになる。人間はこの判断を主観的、感覚的に行っているため、判断基準の設定は困難である。

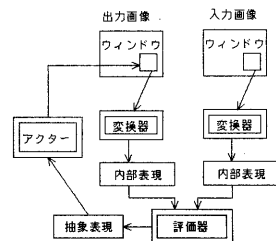


図5.1 人間の描画モデル

本システムの描画モデル

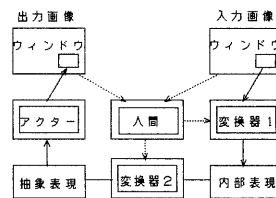


図5.2 本システムの描画モデル

人間の描画モデルでの出力画像からの変換器、内部表現作成を本システムの描画モデルでは人間が行いまた評価器の部分は、変換器2で行う。図5.2に本システムの描画モデルを示しモデルと処理手順を対応させると次のようになる。

- 変換器1 : エッジ強調, 領域分割
- 内部表現 : エッジ強調画像, 領域分割画像
- 変換器2 : 相関, 長さ, 太さ, 淡色化
- 抽象表現 : 相関, 長さ, 太さ, 淡色化の結果
- アクター : 描画(線, 色)

目的とする描画モデルはクローズループを形成する。しかし本システムの描画モデルは人間を介してクローズループを形成している。評価というのは、判断基準の設定が困難であるため現段階においてこのシステムには、評価器の部分が存在しない。評価法として以下の事を検討している。評価の一つの基準としてDOG

フィルタを通して入力画像と出力画像を比較し、出力画像を変化させるパラメータを決定する。また数値的評価方法の1つとして出力画像に対してエッジ強調処理を行い微小線成分で置き換えた画像に対して楕円、直線の一部を認識する。これらを入力画像から得られたものと比較することにより評価を行う。

6 内部表現作成までの結果

本実験に使用した入力画像を図6.1にエッジ強調処理を施した後、微小線成分に置き換えた画像を図6.2(a),(b)にまた線の太さを変化させた画像を図6.3に線結合を行った画像を図6.4にそれぞれ示す。

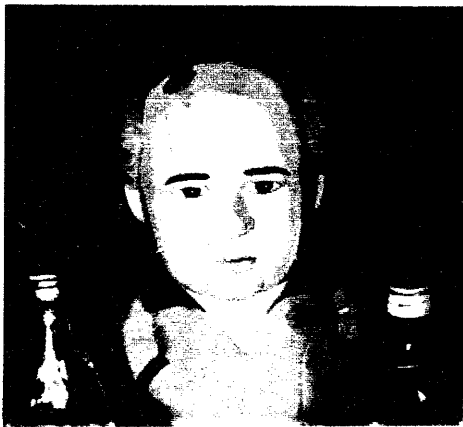


図6.1 入力画像



図6.2(b) 6×6 と 12×12 の微小線成分による線画



図6.3 線の太さを変化させた画像



図6.2(a) 6×6 と 8×8 の微小線成分による線画



図6.4 線結合をした画像

領域分割後明るさを増して淡色化を行った画像を図6.5に、微小線成分の集合より楕円と直線を認識しそれにより描画を行った線画を図6.6に示す



図6.5 淡色化を行った画像



図6.6 楕円と直線による線画

7 内部表現作成後の処理

内部表現作成後の処理の流れを図7.1に示す

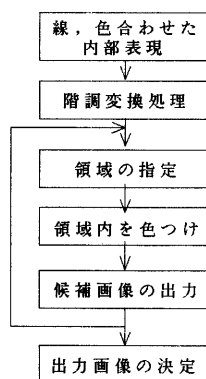


図7.1 内部表現作成後の処理

色処理により得られた内部表現を16階調白黒濃淡画像に階調変換を行う。その画像に対してユーザの指示に従い描画を行う。ユーザが強調したい部分にのみ色つけされた略画を生成する。すなわちユーザが色つけをしたい領域を指定し、その領域のみに色つけを行う。これを繰り返すことによりユーザの好みの画像を出力画像として得ることができる。

内部表現作成後16階調白黒濃淡画像に階調変換した画像を図7.2に、指定した領域にのみ色つけをした画像を図7.3に示す。

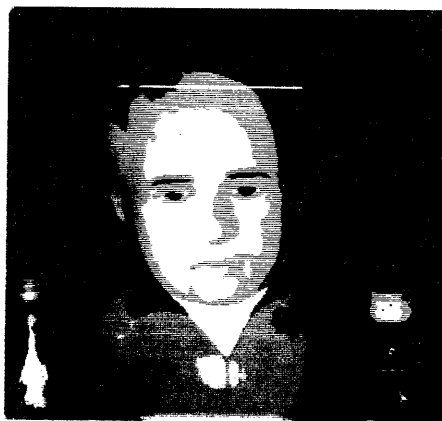


図7.2 16階調の画像



図7.3 指定した領域にのみ色つけをした画像

8 結果の検討

微小線成分に置き換えた画像は微小線成分の長さが 8×8 、 6×6 の組合せによる線画よりも 6×6 、 12×12 の組合せによる線画の方が長い直線部分がはっきりでておりよい画像である。線の太さを変え線結合を行うとよりはっきりした線画となりよい結果が得られた。楕円と直線による描画では、大きい曲線部分が認識されていないことや傾きの違う直線が認識されている。また、淡色化を行った内部表現画像に対し16階調に階調変換を行い色つけをする。これによりユーザの好みの略画の生成ができた。パラメータを決定する際の評価に関しては、現在検討中である。

9 むすび

略画自動生成システムの試作を行った。入力画像に対して線、色処理を行い線、色、それぞれの内部表現を作成する。それに対し必要な情報と不要な情報（描画を行う際重要度が低いもの）とに区別して、ユーザが必要としている情報のみを用いて描画を行う。またそれにより出力画像を変化させ、最適な絵（ユーザの好みの絵）を出力画像として出力する。今回は、色に注目し白黒濃淡16階調にしてその画像に対し必要な領域にのみ色つけを行う方法を用いてユ

ーザが色つけを行いながら描画するシステムを作成した。これによりあらかじめ内部表現を作成した後にその内部表現に手を加えて出力画像を決定するようなシステムの足掛かりができた。今後これを更に進め入力画像を入力すれば出力画像として略画が出力されるシステムを作成していく。そのためには、前に述べたように評価を行う必要がある。

参考文献

- [1] 濱田：“画像処理に関する研究”平成3年度九州工業大学工学部情報工学科卒業論文
- [2] 濱田， 玉木， 加藤：“計算機による線画生成システム—円弧による物体表現—”，平成4年度電気関係学会九州支部連合大会， p743
- [3] 濱田， 玉木， 加藤：“計算機による線画生成システム—楕円と直線による物体表現—”，平成5年度電気関係学会九州支部連合大会， p725
- [4] 玉木， 加藤：“コンピュータによる略画生成の試み”九州工業大学研究報告（工学）第64号，平成4年，pp10-17
- [5] 村上， 輿水， 中山， 福村：“錯視を用いた似顔絵生成システムPICASSOについて”，情報処理学会論文誌， Vol.34, No10, pp2106-2116 (Oct.1993)
- [6] 村上， 輿水， 中山， 横井：“画像処理の基本技法”技術評論社（昭61.8）