

## 領域階層による抽象化した鉛筆画の生成

齊藤 卓也\*, 茅 暁陽\*\*

\*山梨大学大学院医学工学総合教育部コンピュータ・メディア工学専攻

\*\*山梨大学大学院医学工学総合研究部

人が絵を描く場合は重要な箇所を詳細に、背景や重要でない部分はだまかきで描く。本研究では、既存のLIC法を利用した鉛筆画生成法を拡張し、このような特徴をもつ鉛筆画を写真などの2次元入力画像から生成することを目的とする。実際の鉛筆画の描画過程では、背景などがだまかきで描かれてから詳細が描き加えられていくケースが多いことを踏まえ、提案手法ではまず入力画像を異なる詳細度で領域分割し、だまかきから詳細に至る領域の階層を作成する。そして、階層ごとに描画パラメータを変化させてストローク画像を生成する。描画の際は、領域ごとに、ユーザが指定した重要領域からの距離に合わせて適切な階層のストローク画像を選択し合成することで、重要箇所が強調され、それ以外の部分が省略された鉛筆画を作成する。

## Generating Abstracted Pencil Drawing Using Hierarchical Segmentation

Takuya Saito, Xiaoyang Mao  
University of Yamanashi University

Abstraction is a very important technique for artists to effectively convey the motives of paintings and drawings. An artist usually does not paint all parts of a picture in the same style, but rather tries to draw viewers' attention to the important areas by only showing the fine details in those areas while painting other parts in a rougher style. In this study, we extend the existing LIC based pencil drawing filter to partially simulate such kind of abstraction effect. To provide local control to the degree of details and drawing styles, our technique first builds a hierarchy consisting 3 layers which are the segmentations of the input image in an increasing degree of details. Then stroke images from rough to fine styles are created for the layers of the hierarchy. After a user specifies an important area, the resulting abstracted pencil drawing is generated by selecting appropriate layers of stroke image for different areas according to their distance to the user specified important area.

## 1. はじめに

抽象化は絵画において主題などの情報をより効果的に表現するための重要な手法である。見る人の注意を重要箇所に向けさせるために、画家は通常シーン全体をありのまま一様なタッチで描画するのではなく、重要と思われ、または主題と密接に関連のある箇所を詳細に、背景や重要でない部分を大まかに、または省略して描かないようにする。抽象化の方法は絵画の種類や画家のスタイルによって異なるため、コンピュータによる絵画調画像生成においてこのような抽象化効果を忠実に再現することは困難である。Doug DeCarloらは、視線追跡装置を用いて観察者の視線を記録し、注視した位置からの距離に合わせて色の変化の詳細度を制御することで抽象化した画像を生成する方法を提案した[1]。一方 Winnemöllerらは、コントラストの強い領域は注目箇所であると仮定し、非等方拡散フィルタを用いることにより、高いコントラストをもつ領域をさらに強調し、コントラストの低い領域の詳細を抑えた絵画調画像の生成に成功した[2]。本研究では Mao らが開発した LIC 法を用いた鉛筆画生成法[3]を拡張し、抽象化効果の実現を試みる。ここで、画像内の重要箇所はユーザが対話的に指定すると仮定する。人がシーンを認識するときには対象物ごとに意味を読み取っていることを考え、提案手法ではまず色差により画像の領域分割を行い、領域単位で強調または省略を行う。次節ではまず Mao らが開発した LIC 法に基づく鉛筆画生成法について概説する。第3節で提案手法の手順を示した後、第4節で各ステップの実現方法について説明する。そして、第5節で結果を示した後、第6節で今後の研究方向を示し、本論文をまとめる。

## 2. LIC法を利用した鉛筆画の自動生成法

LIC (Line Integral Convolution) 法は 1993 年に Cabral と Leedom によって提案された 2 次元流れ場の可視化手法である[4]。ホワイトノイズ画像をベクトル方向沿ってぼかすことで流れの軌跡を可視化する。Mao らは、この LIC 法により可視化される流れの軌跡が鉛筆画によって描かれるストロークに似ていることに着目し、LIC 法を利用して写真を鉛筆画に自動変換する方法を開発した。図1に示すように、Mao らの方法ではまず入力画像の濃淡に対応したホワイトノイズとストロークの方向を示すベクトル場を生成し、LIC 法を適用することでストローク画像を作成する。

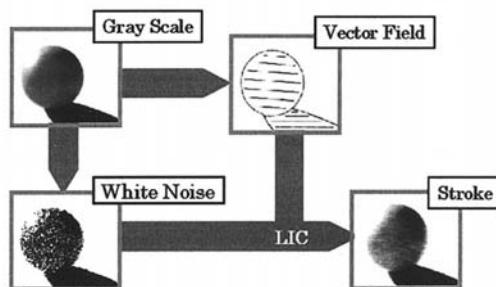


図1 LIC法によるストローク画像作成

## 3. 提案手法

詳細度を局所的に制御するために、提案手法ではまず色差の閾値を変化させながら得られた異なる詳細度の領域分割結果から領域の階層を作成し、階層ごとにストロークの描画パラメータを設定する。描画の際は、ユーザが指定した重要箇所からの距離に応じて適切な層を選択し、異なる領域のストローク画像を合成させる。この流れを示したものが図2であり、アルゴリズムは以下の7つのステップで構成される。

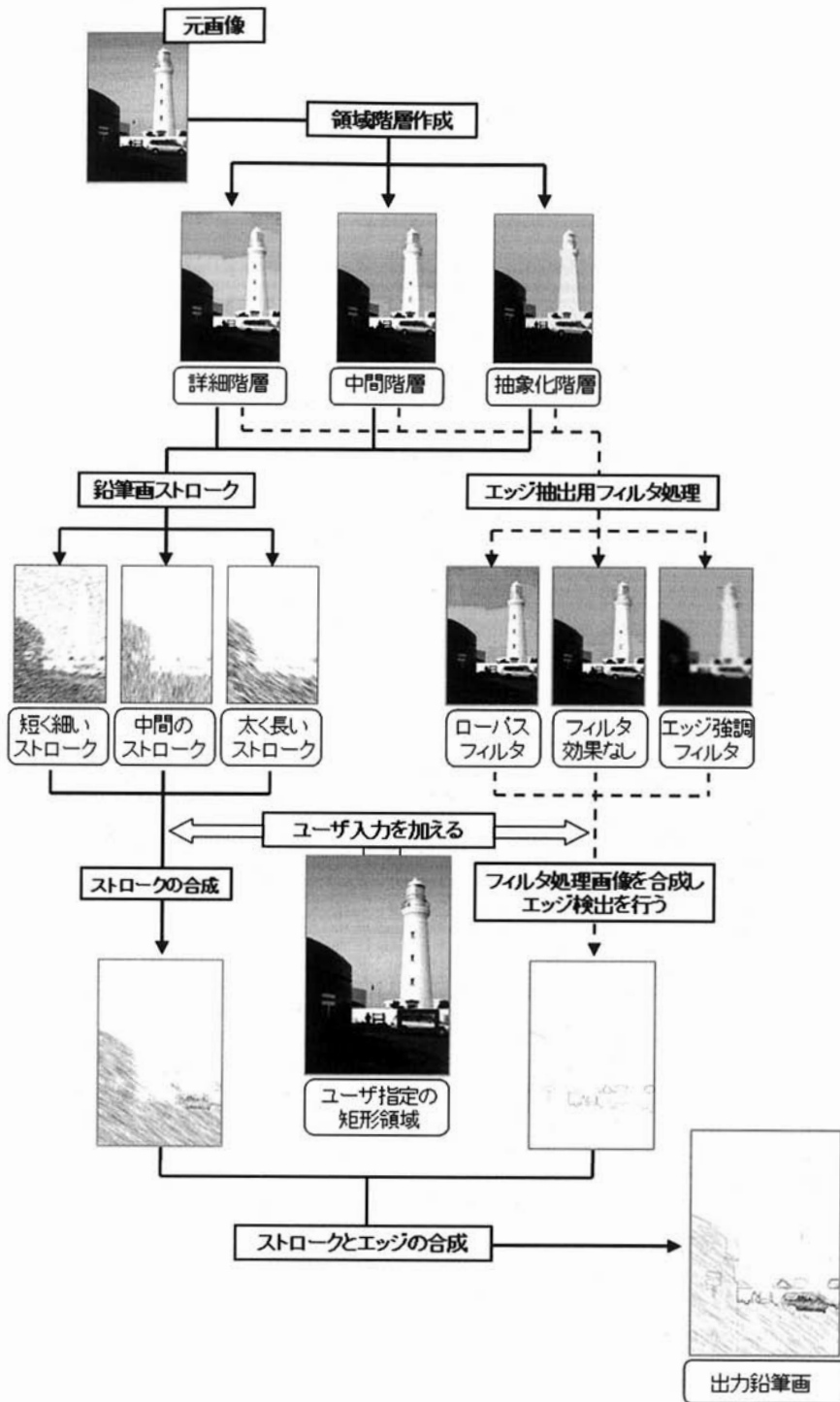


図2 鉛筆画出力を得るための流れ図

1. 入力画像から、詳細度の異なる層からなる領域の階層を作成する。
2. 層ごとにストロークの太さ・濃度を変化させ、LIC法を適用してストローク画像を生成する。
3. 1. で得られた領域階層の上の層（大まかに描かれる層）にローパスフィルタ、下の層（詳細に描く層）にエッジ強調フィルタを施し、エッジを得るためのカラー画像の階層を作成する。
4. 注目箇所からの距離に応じて層を選択し、ストローク画像を合成することで注目箇所に近いほど詳細に、遠く離れるほど大まかに描いたストローク画像を得る。
5. 同様に注目箇所からの距離に合わせて3. で得られたエッジ検出用カラー画像階層から適切な層を選択し合成することで注目箇所に近いほどエッジが強調、遠く離れるほどエッジが押さえられているエッジ検出用のカラー画像を生成する。
6. 5. で得られたエッジ検出用の合成画像からエッジを検出する。
7. 4. で得られたストローク画像に6. で得られたエッジを加えることで鉛筆画を生成する。

## 4. 実現方法

### 4.1 領域階層の作成

領域階層の作成には、最初に詳細度の異なる複数の領域分割結果を用意する必要がある。これは、1つの領域に統合されるピクセルの色範囲を表す閾値を変えることによって実現できる。色差の比較には、人間の視覚特性に近い  $L^*a^*b^*$  表色系を用いている。

領域の階層を構築するために、異なる詳細度を持つ領域間のリンク付けを行う。詳細度の異なる2つの階層で細かい領域を持つ階層を子

とし、大きく広い領域を持つ階層を親とする。具体的には、それぞれの階層の領域マスクを用意し比較判定をすることで、子のピクセルが一番多く重なっている領域を親の階層から選出し、その領域を親領域としてリンク付けを行う。その結果、元画像全体を1つの領域とする層がルートであり、閾値が小さくなるにつれてリーフに近づく階層構造が得られる。この階層を用いることで、詳細に描きたい場所と大まかに描きたい場所との変化を階層の切り替えによって行うことができる。

### 4.2 階層に合わせたストロークの描画方法

階層ごとに、鉛筆画での描き方を変えることで抽象化した画像を生成する。変更するパラメータとして、ストロークの太さ・長さ・方向・濃さ、それに輪郭線の太さ・濃さが挙げられる。このパラメータの変化により、機械で描いたような一様な描き方をなくし、手描きの鉛筆画により近づけさせることができる。描画パラメータはユーザが対話的に設定することができるが、デフォルトでは広く抽象化されている領域は水平方向の太いストロークで長く描き、詳細に描かれる領域は斜めの細く短いストロークを使用する。

### 4.3 詳細度に合わせたストローク層の合成

領域の詳細度は、ユーザにより指定した矩形領域（重要領域）からの距離によって決定される。低い詳細度を持つ領域は上の階層のストローク画像を使用し、詳細化範囲に入っている領域は下の階層のストローク画像を使用して描き加える。この方法により、抽象化によって大まかに描きたいところは大きな範囲で描画され、細かく描く箇所はその指定範囲に近づくに連れてリンクをたどり徐々に階層を切り替えていくことで細かく描き加えられていく。

層ごとのストローク画像を加えていくことで最終画像を得るため、濃度の和が入力画像の濃度と等しくなるように層ごとのストロークの濃さを設定する必要がある。今回の実装では3つの層を使用し、各層は等しい割合で入力画像の濃度の3分の1の濃度を持つ。従って、結果の画像においては、詳細に描かれる領域は入力画像のトーンを反映するが、大まかに描かれる部分は入力画像よりも薄く表現されることとなる。階層ごとの濃さの割合を変えることで描き方に変化をもたらすことも可能である。

#### 4.4 エッジ検出

エッジは、詳細に描く領域ほど強く細かに描き、重要でない領域においては薄くおおまかに描く必要がある。そこで、領域階層の上に位置するほど大きなサポート範囲をもつ Gaussian フィルタを施したエッジ検出用カラー画像の階層を用意する。そして、4.3節で述べたストローク層の合成と同様にユーザが指定した重要領域からの距離に合わせて、エッジ検出用カラー画像階層から適切な階層を選択し合成することでエッジ検出用カラー画像を得る。その画像に対して Canny フィルタを施しエッジを検出する。

### 5. 結果

3つの層で構成される領域階層を構築し、重要な箇所はユーザが矩形領域で指定するものとして実装した結果の例を図3に示す。図3(a)は元画像であり、図3(b)は手前のポストの一部、図3(c)は奥の車を囲む領域を重要箇所と指定した場合の結果である。それぞれにおいてポストまたは車が詳細に濃く描かれ、強調されていることが分かる。このように詳細に描く箇所を変更することで、同じ入力画像から異なるモチーフをもった画像を生成ができる。実行

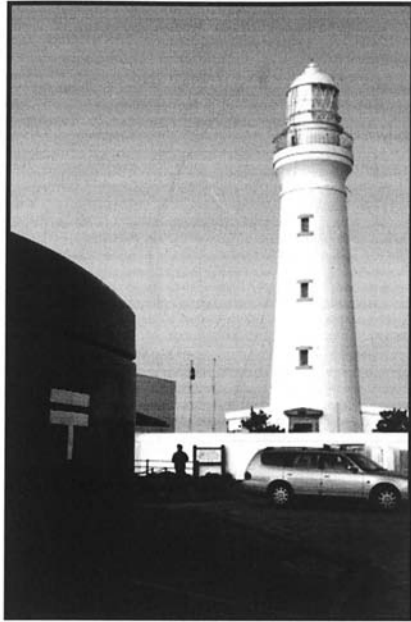
時間は、Intel Core2 CPU6600 @2.40GHz 2.39GHz で 325×497 の画像を用いた場合、ファイル読み込みから階層領域を作成するまでに 15.783[秒]、ユーザ入力から出力鉛筆画を得るまでに 1.642[秒]を要した。

### 6. まとめ

異なる詳細度の領域の階層を構築し、階層ごとにストロークを変化させることで抽象化した鉛筆画を生成する手法を提案・実装した。今後の課題としては、より人間が描く鉛筆画に近づけさせるために、ストロークの太さ・濃さなど階層ごとの最適な描画パラメータの自動設定があげられる。また、実際の鉛筆画において必ずしも強調したい箇所が濃いストロークで描かれるわけではなく、周囲とのコントラストを利用して強調を行うことが自然である。今後はこのような効果も表現できるように提案手法を拡張する予定である。

### 参考文献

- [1] Doug DeCarlo, Anthony Santella. “Stylization and Abstraction of Photographs”, SIGGRAPH 2002, pp.769-776, 2002.
- [2] Winnemöller H, Olsen S. and Gooch B. “Real-Time Video Abstraction”, ACM SIGGRAPH 2006, pp.1221-1226, 2006.
- [3] 茅暁陽, 長坂好恭, 山本茂文, 今宮淳美. “LIC 法を利用した鉛筆画の自動生成法”, 芸術科学学会論文誌 Vol.1 No.3, pp147-159, 2001.
- [4] B.Cabral and L.C.Leedom. “Imaging vectorfields using line integral convolution”, ACM SIGGRAPH 93, pp.263-272, 1993.
- [5] 2000 ピクセル以上のフリー写真素材集 <http://sozai-free.com/>



(a)



(b)



(c)

図3 注目箇所を変えて描画した鉛筆画  
入力画像は[5]に掲載されているものを使用した。