

色鉛筆画風画像生成における色鉛筆選択方法および描画ツール Colored Pencil Selection and Drawing Tool for Drawing Colored Pencil Style Images

藤田 まどか† ヘンリー ジョハン† 松井 一‡ 西田 友是†
Madoka Fujita Henry Johan Hajime Matsui Tomoyuki Nishita

1 はじめに

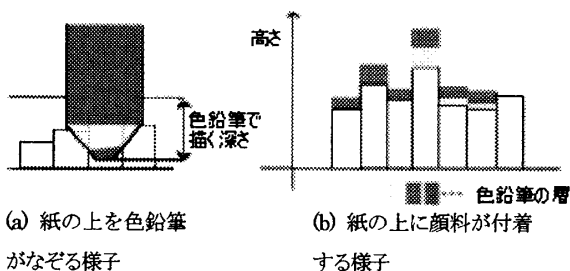
Non-Photorealistic Rendering の分野の絵画風画像レンダリングの中に色鉛筆画風画像レンダリングがある。色鉛筆画は油絵や水彩画とは違い、パレットの上で色を混ぜることはせずに直接紙の上にストロークを描いて混色を行う。すなわち、ある色を生成するためには限られた色鉛筆のセットから複数の色鉛筆を組み合わせて色を作成する。その複数の色鉛筆の組み合わせを使ってストロークを描く。このため、色鉛筆画を描く際にはストロークの描き方や色の選び方が重要となる。そこで、本研究では2色以上の色鉛筆の組み合わせ決定手法と色鉛筆画像を生成するための描画ツールについて提案する。ここではストロークは松井ら[3]の手法を使った輪郭に沿ったストロークとHertzmannら[2]の手法を使ったユーザの描いたストロークに似たストロークを多数生成させ塗ることができる。

2 関連研究

色鉛筆画風画像レンダリングの分野には次のような関連研究がある。高木ら[4]は紙のマイクロ構造を計測してボリュームで表現し、その上の色鉛筆の顔料の移動をシミュレートした。山本ら[5]は色の並置による効果を印刷でインクを混ぜてカラー画像を再現させる技術を使って表現した。しかし、この色鉛筆の組み合わせ決定手法は時間がかかり、また2色しか選ぶことができない。松井ら[3]は画像中の物体の領域の輪郭に沿ったストロークを生成し、より色鉛筆画らしい結果を出した。この研究では3色以上の色鉛筆の適切な組み合わせを選ぶことには言及していない。

3 ストロークのモデル

ストロークのモデルは松井ら[3]の手法を利用する。この手法では紙の凹凸は格子状のハイトフィールドで表される。紙の上を色鉛筆でなぞり色鉛筆の顔料同士が格子上で重なってできる色は、各顔料の厚さを求めてKubelka-Munkの式[1]を使い計



算される。ハイトフィールドの高さは $[0, 1]$ で表され、それに色鉛筆を深さ $[0, 1]$ で描くことによって格子上に顔料が付着する(図1)。顔料の厚さは松井ら[3]の手法を使って求める。

4 色鉛筆の選択

ある色が入力されるとその色に一番近い色鉛筆の組み合わせを選択する。組み合わせは色を塗る順番も考慮する。この組み合わせの決定のアルゴリズムは前計算と実行時の計算からなる。

4.1 前計算

前計算の段階であらかじめ色鉛筆の組み合わせによって作られる色を全て計算する。このとき3節のストロークモデルを使い、色鉛筆で描く深さを0.0から1.0まで段階的に変えていって付着する顔料の厚さを計算する。計算結果として出てきた混色と色鉛筆の組み合わせとストロークの深さを1つのデータとして持つ。その組み合わせによる混色はHSV色空間上に変換する。ある色を生成するのに複数の組み合わせが考えられる場合は1つだけ組み合わせを考える。

4.2 HSV色空間での保存

描画時に色鉛筆の組み合わせを探索するとき、全ての組み合わせと比較していたのでは効率が悪い。そこで適切な組み合わせを効率よくHSV色空間内から探索するために4.1節で計算されたデータはそのデータ内の混色の情報を基に以下の手順で保存される。

- HSV色空間は色相・彩度・明度を持っている。4.1節の計算された混色の結果は色相に対して十分にあるのでまずはHSV色空間内を色相によって分割する(図2(a))。
- 分割された色相の領域内を彩度・明度を使ってkd-treeを作り、データをkd-tree内に保存する(図2(b))。

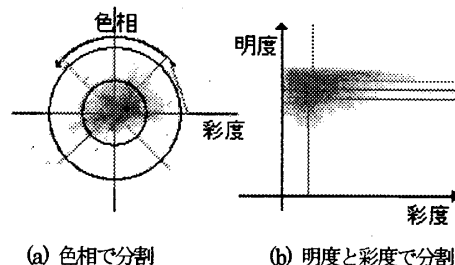


図2. HSV色空間の領域分割

4.3 組み合わせの探索

計算の大部分は前計算の段階で行われるので、実行時にはHSV色空間から組み合わせを探索するだけでよい。そのため、まずは色相の近い領域を求めた後、明度と彩度でkd-tree内を探索すればよい。選択された色鉛筆の組み合わせは一番下に塗る

† 東京大学

‡ (株) 東芝

色を下塗り・輪郭を描くのに使用し、それ以外の色でストロークを描く。

5 色鉛筆描画ツール

この節では色鉛筆画を描くための描画ツールについて述べる。

5.1 描画ツールの機能

本手法ではユーザは自由に曲線を描くことや、閉領域を描くことで輪郭を表現し、その閉領域内を塗りつぶすことができる。また、画像をファイルから読み込んで自動的に領域分けや輪郭の抽出を行うこともできる。閉領域を塗りつぶす場合は領域の色を指定して、指定した色になるように4節で提案した手法を使って色鉛筆の組み合わせを決定させるか、ユーザが個々の色を決めて塗るか選ぶことができる。領域を塗りつぶすときは松井ら[3]の手法を使用する。また5.2節で述べるようにある特定のストロークをユーザが描いたストロークを基にして生成することもできる。

5.2 Example-Based なストロークの生成

領域上にある特定のストロークを多数描きたいときはユーザが元となるストロークを描く。Hertzmann ら[2]によって提案されたユーザによる入力ストロークからそれに似た新しいストロークを生成する手法を使って多数のストロークを生成し領域内に配置する。このとき、領域内に配置する線の向きの乱雑さ、数、拡大・縮小率などはユーザに入力させる。また、ストロークの描く方向をユーザが手動で入力することもできる。

6 結果

実験では14色の色鉛筆のセットを使用した。

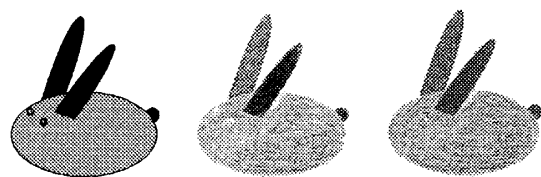
6.1 2色の組み合わせと3色の組み合わせ

2色の組み合わせと3色の組み合わせを選択したときの前計算と実行時の計算時間を表示する。

表1. 前計算の比較

	前計算 時間	保存される 組み合わせ数
2色の組み合わせ	3秒	10,228
3色の組み合わせ	609秒	930,222

前計算のときに計算する組み合わせ数は2色の組み合わせで $14^2 \times 10^2 = 196,000$ 通り、3色で $14^3 \times 10^3 = 2,744,000$ 通りなのでHSV色空間内に保持する際にかかなり圧縮されていることが



(a)入力画像 (b)2色の組み合わせ (c)3色の組み合わせ

図3. 2色と3色で描画した結果の比較

分かる。このことと、領域分割により実行時の探索時間はどち

らも約1秒以内にすることができた。

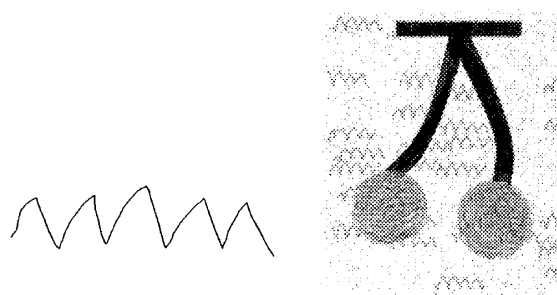
図3に2色と3色の組み合わせで描いた場合の結果画像を示す。4節で入力された色に近い色鉛筆の組み合わせを選んだあとは実際にストロークを生成するときは松井らの手法[3]を使用している。

6.2 描画ツールを用いた結果



(a) 輪郭を描いた画像 (b) 色塗りを終えた画像

図4. 描画ツールを用いた結果の一例



(a) 入力したストローク (b) 結果

図5. Example-Based なストロークを描いた画像

描画ツールを使用して描いた結果を表示する。図4の(a)はユーザがフリーハンドで輪郭を入力した結果で、(b)は閉領域内を4節の方法を使って色塗りした結果である。図5はユーザが描いたストロークをもとに5.2節の手法を使ってストロークを生成させた結果である。

7 おわりに

色鉛筆画風画像レンダリングの3色までの色鉛筆の組み合わせの効率的な選択の仕方と色鉛筆画を描くための描画ツールについて提案した。描画ツールでは多数のExample-Basedなストロークを生成できるようにした。

今後は色鉛筆画風に描かれた画像のアニメーションの応用について研究をしていく予定である。

参考文献

- [1] C. S. Haase, G. W. Meyer, "Modeling Pigmented Materials for Realistic Image Synthesis", *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 11(4):305-335, 1992.
- [2] A. Hertzmann, N. Oliver, B. Curless, S. M. Seitz, "Curve Analogies", *Proc. Eurographics Workshop on Rendering 2002*, pp. 1-13, 2002.
- [3] H. Matsui, H. Johan, T. Nishita, "A Method to Create Colored Pencil Style Images by Drawing Strokes Based on Boundaries of Regions", *Proc. Computer Graphics Interface 2005*, pp. 148-154, 2005.
- [4] S. Takagi, I. Fujishiro, M. Nakajima, "Volumetric Modeling of Colored Pencil Drawing", *Proc. Pacific Graphics 99*, pp. 250-258, 1999.
- [5] S. Yamamoto, X. Mao, A. Imamiya, "Colored Pencil Filter with Custom Colors", *Proc. Pacific Graphics 2004*, pp. 329-338, 2004.