

視覚混合を考慮した貼り絵風画像生成法

A Generation Method for Colored-Paper-Mosaic Images Considering Visionary Mixture

杉田純一† 高橋時市郎†
Junichi Sugita Tokiichiro Takahashi

1. まえがき

2次元の入力画像から貼り絵風画像を自動生成するノンフォトリリスティックレンダリング(NPR)手法として、著者らは、既に、階層的 Poisson Disk Sampling 法(HPDS 法)[1]を用いて色紙を貼る位置や大きさを決定し、千切った色紙のテクスチャを決定した位置に貼ることで貼り絵風画像を生成する手法[2]を提案した。この手法では貼り重ねる色紙の色に入力画像の色を用いていた。しかしながら、実際の貼り絵では、貼られる色紙の色数は有限であるが、筆者らの手法も含めて、これまで報告された貼り絵風画像生成手法[3][4]では、貼る色紙の色については入力画像の色を用いていた。

一方、貼り絵の中でも、細かく千切った色紙を貼る点描技法では、視覚混合[5][6][7]という光学現象を利用して複数の色紙を空間的に配置(色彩分割)することで、色紙にはない色を表現している。

そこで、本稿では、貼り絵の代表的な画材である市販の折り紙 50 色[8]の金色・銀色を除く 48 色から色紙の色を選択し、複数の色紙を空間的に配置・組み合わせ、視覚混合の効果を表現する手法を提案する。視覚混合効果により、視覚的印象のみならず、表現技法としてもより実際の貼り絵に近い表現が可能となったので報告する。

2. 関連研究

Kim と Pellacini[9]は、入力画像とタイルの色の差を考慮したモザイク画像生成法を提案しているが、視覚混合を考慮していない。

村田ら[10]は誤差拡散法を用いてカラー画像を有限個のガラススタイルで表現する手法を提案している。この手法は限られた色タイルで入力画像に近い結果を得る為の手法であり、視覚混合とは目標が異なる。

3. 貼り絵風画像生成手法の概要

提案手法は、入力画像と同じ大きさのキャンバスに、図 1 のような千切った色紙を模したテクスチャ画像を貼り重ねることで貼り絵風の画像を生成する。図 1 の黒い部分は色紙の色のある部分、その周辺の白い部分は色紙を千切った時に表面の塗料の下に白い紙が露出する効果を模したものである。画像の縁の灰色部分は色紙のない部分である。

貼り絵を生成する作業は、(1) 台紙に貼る色紙の位置と大きさを決める作業、(2) その色を決める作業、の 2 段階からなる。次章 4 章で色紙の位置と大きさの決定法について説明した後、5 章で色紙の色の選択方法について述べる。

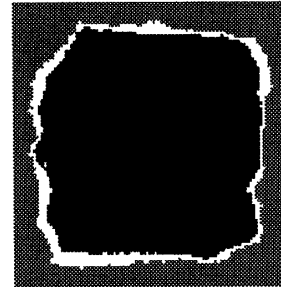


図 1 色紙テクスチャ

4. HPDS 法による色紙の配置法

4.1 概要

色紙を貼る位置を、階層的 Poisson Disk Sampling 法(HPDS 法)を用いて決定する。本手法では、HPDS 法の円(Disk)を色紙と考え、色紙を貼る位置とその大きさ、すなわち色紙の配置を決定する。HPDS 法で決定した円の配置順にしたがって、色紙をランダムに回転させながら貼り重ね、貼り絵風画像を生成する。

HPDS 法により、色紙を画像全体に偏りなく配置することができる。

4.2 円(Disk)の配置判定[2]

まず、半径 $r=r_{\max}$ の円を考え、その中心となる点をランダムに配置する。既に配置された点の集合を $\{S_k\}$ とし、次に配置しようとする点を S_j とする。既に配置された任意の点 $S_i \in \{S_k\}$ と点 S_j を中心とする円の半径をそれぞれ r_i, r_j とする。さらに、2点 S_i と点 S_j の間の距離を d_{ij} とする。この時、 $d_{ij} > \alpha(r_i + r_j)$ ならば点 S_j を配置可能(図2(a))とし、 $d_{ij} < \alpha(r_i + r_j)$ ならば点 S_j を配置することは不可能(図2(b))とする。円をある回数連続して配置することが不可能であった場合、半径 $r=r_{\min}$ となるまで r を 1 画素小さくして、再び上記のアルゴリズムを繰り返す。

こうして決定した円の中心位置に半径 r の値に応じて拡大縮小した色紙を貼り合わせていくことで、貼り絵風画像が生成される。

ここで、パラメータ α の値を変更することで色紙の重なりを制御することができる。すなわち、 α の値を 1 以下にすれば色紙を重ねて描画することができ、 α の値を 1 以上にすれば色紙と色紙の間隔を開けて描画することができる。また、半径 r の最大値 $r_{\max}$ と最小値 $r_{\min}$ を変えることで、色紙の最大と最小の大きさを決定することができる。大きい色紙で貼りたい場合は $r_{\max}$ の値を大きくし、小さい色紙で貼るのが嫌な場合は $r_{\min}$ の値を大きくすればよい。このように提案手法では、ユーザが対話的にパラメータの値を変更することで、様々なバリエーションの貼り絵風画像を生成することができる。

†東京電機大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

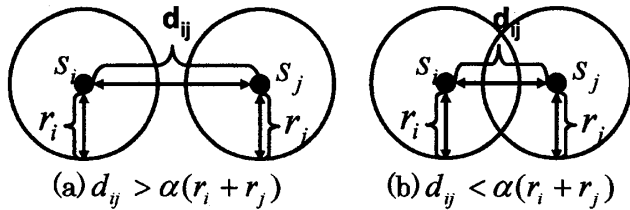


図2 HPDS法による円の配置判定

4.3 色差による円(Disk)の配置判定

HPDS法により決定した位置に色紙を貼り合わせただけでは、入力画像のエッジが表現されない。そこで、色差による円の配置判定処理を加える。ここで、画素 i のRGB値を (R_i, G_i, B_i) 、画素 j のRGB値を (R_j, G_j, B_j) としたとき、色差 C_{ij} を (R_i, G_i, B_i) と (R_j, G_j, B_j) の市街地距離(city block distance)

$$C_{ij} = |R_i - R_j| + |G_i - G_j| + |B_i - B_j| \quad ①$$

と定義する。

HPDS 法により配置可能と判定された点を中心とする半径 r の円を考える。この円の内部の全画素と円の中心の画素との色差が、ある閾値 t より大きいかどうかを比較する。小さい場合はこの円は配置可能とする。大きい場合は円の内部に色差の大きい領域が存在することになるので、この円は配置不可能と判定する。この結果、色差の大きい領域は小さい色紙で、色差の小さい領域は大きい色紙で貼られるようになる。この処理を付加することによって、入力画像のエッジ近傍の表現力が増すので、メリハリの効いた貼り絵を生成することができる[2]。

5. 色紙の色の選択法

5.1 概要

色紙を貼る位置とその大きさが決定したら、次に、色紙の色を決める必要がある。従来手法[2][3][4]はいずれも入力画像の色(RGB 値)をそのまま色紙の色としていた。

しかしながら、前に指摘したように、実際の貼り絵では色紙の色は有限である。有限の色からどの色を選択するかによって、視覚的效果も大きく異なり、貼り絵らしさにも影響してくる。

ここでは、市販の折り紙[8]の色、48色(図3)の中から色を選択する手法について述べる。

5.2 最近傍色を選択する手法

色を選択する最も簡単な方法は、HPDS 法の円の中心の位置に対応する入力画像の画素の色と、市販の折り紙48色の画素値との市街地距離を式①により計算し、距離が最も近い色紙の色(最近傍色)を選択する方法である。

5.3 視覚混合を考慮した色の選択法

実際の貼り絵の作品では、遠くから見ると1色に見えるが、近づいて見ると複数色の色紙で貼られていること

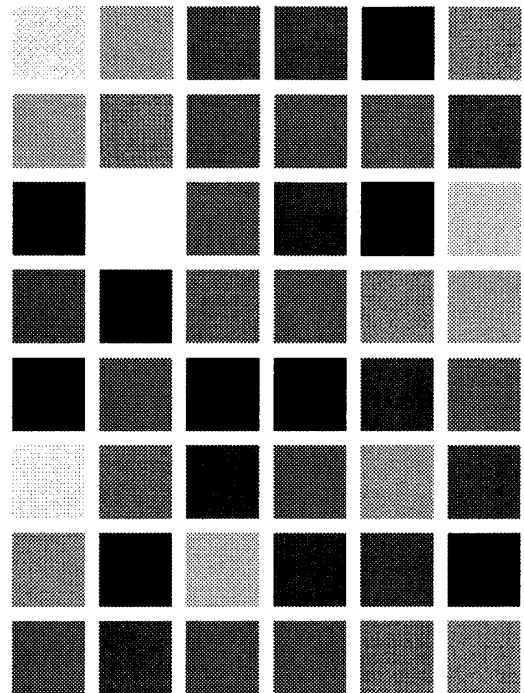


図3 折り紙の色48色



図4 視覚混合の例

がある。このように、隣り合わせに置かれた二つ以上の色彩が遠くから見ると混じり合ってひとつの色に見える光学現象を視覚混合[5][6][7]といい、視覚混合の効果を実現する為に、複数色を並置することを色彩分割という(筆触分割ともいう)。視覚混合は主に、色彩の鮮やかさを重視したクロード・モネをはじめとする印象主義の画家たちによって、絵画に応用されている。図4は山下清の貼り絵作品『桜島』の一部を拡大したものである。この作品でも視覚混合が効果的に用いられている。

そこで、視覚混合の効果貼り絵風画像生成で実現する方法を提案する。

まず、色彩分割を行うために、図1に示した千切られた色紙1枚をさらに細かく m 枚の小さな色紙に分割する。これを色紙片と呼ぶ。色紙1枚を細分割すると画像全体が小さな色紙片で貼られることになるが、視覚混合の効果は点描画のように、色紙片1枚1枚がある程度小さいと実現されないの、むしろ有用だと考えられる。しかし、もともと小さい色紙を更に細分割することは好

ましくないで、ある大きさより小さい色紙は細分割されないよう閾値を設定する。すなわち、HPDS法の円の半径 r がある大きさより小さい場合は細分割を行わないようにする。ここでは、 $r=16[\text{pixel}]$ 以下の色紙は細分割を行わないようにした。

次に、入力画像の色との距離が近い色紙を 48 色の中から k 色選択する。選択された k 色で、分割された m 枚の色紙片の何枚かを塗りつぶして貼る効果表現するが、選択された k 色のうち、どの色で何枚塗りつぶすかは入力画像の色との距離に応じて決定される。すなわち、距離が近い色ほど貼られる色紙片の枚数多く、距離が遠いものほど少なくなる。そのアルゴリズムを以下に述べる。

入力画像のある画素の色が C であるとき、 C との距離が近い順に色紙の色をそれぞれ $C_1, C_2, \dots, C_k$ とする。 C と $C_1 \sim C_k$ との距離をそれぞれ $D_1 \sim D_k$ とする。

このとき C_i ($i=1 \sim k$) で貼られる色紙片の枚数 m_i を次式により求める。

$$m_i = m \times \frac{D_{k+1-i}}{\sum_{j=1}^k D_j} \quad (2)$$

式②により色紙片の枚数が決定された後、ランダムに色紙片を貼り重ねることによって色彩分割を表現する。

このように、色 C_i ($i=1 \sim k$) である色紙片をそれぞれ m_i 枚貼ることによって色彩分割を行い、視覚混合効果を表現する。図5は $m=16, k=3$ としたときの一例である。

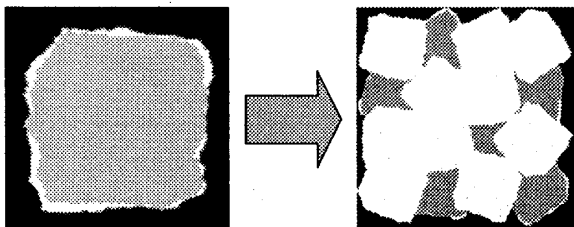


図5 色紙の細分割による色彩分割表現

6. 実験結果

本稿で提案した貼り絵風画像生成手法の有効性を検証するため、視覚混合効果を考慮した色紙の色の選択法を用いて、2次元画像から貼り絵風画像を生成し、従来手法と比較した。いずれの例も、色紙を貼る位置と大きさはHPDS法により決定している。

図6(a)は入力画像である。図6(b)は入力画像の色を選択した従来手法による貼り絵風画像の生成例である。図6(c)は、5.2節で述べた、折り紙の色の中から入力画像の色に最も近い色を選択した例である。視覚混合効果との比較をする為、小さめの色紙で生成した。図6(d)が本稿で提案した、視覚混合効果を取り入れた例である。

図6(b)は色紙の色が入力画像の色そのものであるため、貼り絵らしさに欠ける。これに比べ、図6(c)、図6(d)は折り紙の色で色紙が貼られている為、実際の貼り絵の表現に近いと言える。さらに、図6(d)は複数の色紙の色が光学的に混ざり合い、遠くから見ると視覚混合の効果を

実現できていることがわかる。図6(d)と図6(c)を比べると、図6(d)の方が、視覚混合の効果により色彩表現が豊かになっている。すなわち、従来手法に比しても、色彩的表現力が豊かになると同時に、貼り絵らしさも格段に向上していると言える。

7. むすび

視覚混合を考慮した貼り絵風画像生成法を提案した。1枚の色紙を複数枚の小さな色紙片に細分割し、入力画像の色との距離が近い複数の色の色紙片を距離に応じて貼ることにより、視覚混合の効果を実現した。実際に市販されている折り紙 48 色の中から色を選択して視覚混合効果を実現したところ、色彩的に見て十分な絵画としての表現力を実現できることを示した。

本稿では画像全体に対して視覚混合の効果を実現する手法を提案したが、実際の貼り絵作品では部分的に視覚混合が用いられていることがある。視覚混合の効果を部分的に適用する為の領域分割手法を検討する。また、視覚混合効果に用いる色の間の距離に RGB 値の市街地距離を採用したが、他の色空間についても検討の余地がある。これらは今後の課題である。

謝辞

視覚混合についてご教示賜った、本学 師井聡子助手に感謝する。

参考文献

- [1] Michael McCool and Eugene Fiume: "Hierarchical Poisson Disk Sampling Distributions", Graphics Interface '92, pp.94-105 (1992)
- [2] 杉田純一, 高橋時市郎: "色紙の重なりを考慮した貼り絵風画像生成法", Visual Computing/グラフィックスと CAD 合同シンポジウム 2006 予稿集, pp.201-206(2006)
- [3] ヘンリー・ジョハン, 松井一, 芳賀俊之, 土橋宜典, 西田友是: "領域ベース・ストロークベースのアート風画像生成法", 信学論, J88-D2, 2, pp.358-367 (2005)
- [4] 井上光平, 浦浜喜一: "カラー楕円板近似に基づく貼り絵風画像の生成", 信学論, J88-A, 11, pp.1376-1380 (2005)
- [5] ポーラ美術館学芸部: "色彩の瞬き スーラの点描主義からマティスのフォーヴィスムまで", ポーラ美術館 (2004)
- [6] Josef Alber 著, 白石和也訳: "色彩構成—配色による創造", ダヴィッド社(1978)
- [7] 大日本印刷,
http://www.dnp.co.jp/artscape/reference/artwords/k_t/visio_nary_mixture.html
- [8] (株)トーヨー, 50色おりがみ,
<http://www.kidstoyo.co.jp/>
- [9] Junhwan Kim and Fabio Pellacini: "Jigsaw Image Mosaics", ACM SIGGRAPH'02, pp.657-664 (2002)
- [10] 村田彰, 棚橋英樹, 山本和彦: "誤差拡散による限られた色タイルの選択", 電子情報通信学会総合大会 1996 講演論文集, A-386, pp.387(1996)



(b)入力画像の色を用いた貼り絵風画像生成例



(d)視覚混合を考慮した貼り絵風画像生成法



(a)入力画像



(c)近傍色を用いた貼り絵風画像生成例

図6 貼り絵風画像生成例