

# 時空間画像処理による均一色セル分割 NPR 動画の生成

## Generating Non-Photorealistic Movies with Homogeneous Color Cells by Spatio-Temporal Image Processing

常 セン†      井上 光平†      浦浜 喜一†  
Chang Jian      Kohei Inoue      Kiichi Urahama

**あらまし** 静止画を均一色セルに分割する NPR 画像処理を動画に拡張して、入力動画の時空間画像処理によって、ちらつきの少ないモザイクタイル動画やパブル動画、ステンドグラス動画等を自動的に生成する手法を提案する。

### 1. まえがき

ポロノイ分割や画像セグメンテーションなどによって、画像を均一色のセルに分割するタイプのノンフォトリアリスティックレンダリング(NPR)技法が提案されている。ポロノイ分割はモザイクタイル画[1]に、セグメンテーションはステンドグラス画など[2]に応用されている。人手を要せず自動的に処理される手法[3]に比べ、ユーザの補助入力を要する方法[2]は精緻な結果が得られるが、ユーザの負担が大きい。

本論文では、静止画に対する自動処理技法を動画に拡張する。動画の NPR 処理では時間コヒーレンスが問題になり、フレームの時間連続性を考慮せずにフレームごとに静止画処理をただけではちらつき(フリッカ)の大きい NPR 動画になってしまう。

本論文では、均一色セル分割型の NPR 処理について、動画を時空間画像で表し、ビデオ全体を統合的に 3 次元画像処理することによってちらつきの少ない NPR 動画を自動的に生成する手法を提案する。まず、静止画の 2 次元アポロニウス分割技法[4]を 3 次元時空間画像に拡張してモザイクタイル動画とパブル動画を生成し、次に静止画の 2 次元モードフィルタ[3]を 3 次元の時空間画像に拡張してステンドグラス動画を生成する。

このように本論文では、手描き風動画とは異なる新規な動画エフェクト処理という広義の NPR について、ちらつきの少ない動画生成法を提案する。

### 2. 時空間アポロニウス分割によるモザイクタイル動画とパブル動画

まず最初に、乗法的重み付きポロノイ分割の 1 種であるアポロニウス分割[4]を動画に拡張してモザイクタイル動画とパブル動画を作る。

#### 2.1 静止画のアポロニウス分割とパブル画像

まず、動画処理の基礎となる静止画のアポロニウス分割法について、動画への拡張を踏まえた新しい手法を提案する。従来法としては、エッジからの距離変換を用いて静止画をアポロニウス分割する手法が提案されている[4]が、この手法では画像からエッジを検出する必要があり、エッジを安定に自動抽出するのは一般に難しく、特に動画ではエッジがフレームごとにはらつくとフリッカの原因になる。

† 九州大学大学院 芸術工学研究院

そこでここでは、エッジ検出を用いずにアポロニウス分割を求める方法を提案する。

本提案法では、ポアソンディスクサンプリングを拡張した手法で一様色円板を画像中に配置する。まず、1 個の母点をランダムに打ち、その母点からの色の誤差がしきい値(以下の実験では 50 とした)以下の最大半径の一様色円を求め、続いて既抽出の円と重ならない一様色円を次々に抽出する。次に、抽出した各円の中心を母点とし、半径を母点の重みとして画像をアポロニウス分割する。

更に、このアポロニウス分割をパブル画像に変換する。アポロニウス分割の各セルを内包する円を求め、それらを球に変換する。球の中心の(x,y)座標は内包円の中心の(x,y)座標とし、z 座標は内包円の半径にする。そして、z 軸の負の方向から見た画像をレンダリングする。このレンダリング画像は泡で覆われたような画像になることから、文献[5]と同じくパブル画像と呼ぶ。

#### 2.2 時空間アポロニウス分割とパブル動画

以上は 1 枚の静止画をアポロニウス分割する場合である。これを動画に拡張し、時空間画像を 3 次元アポロニウス分割する。3 次元の時空間直方体のなかに拡張ポアソンディスクサンプリングで一様色球を配置し、球の中心を母点とし、半径をその母点の重みとして時空間画像をアポロニウス分割する。各フレームのセル分割は、この 3 次元アポロニウス分割された時空間画像の各時刻での断面として得られる。各フレームでのセル境界を黒い線にすればモザイクタイル動画ができる。図 1 の入力ビデオをモザイクタイル動画に変換した結果を図 2 に示す。

次に、このセル分割された各フレームを上記の手順でパブル画像に変換する。それらのパブル画像をフレームとして連結したものがパブル動画であり、多数の泡が不

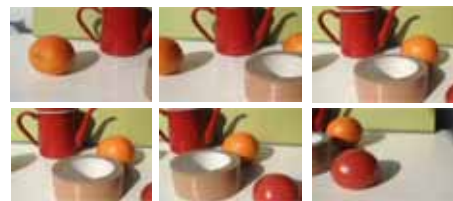


図 1: 入力ビデオ

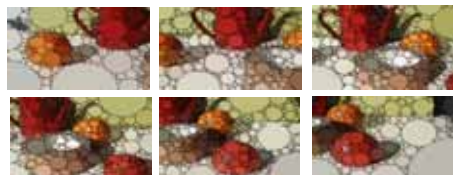


図 2: モザイクタイル動画

規則に発生し、移動して消滅するような動画になる。図 1 のビデオのパブル動画を図 3 に示す。

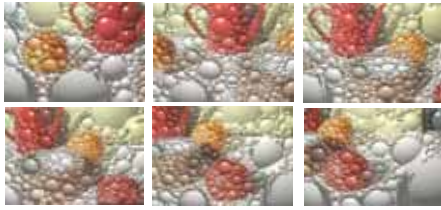


図3: バブル動画

### 2.3 時間コヒーレンスの検証

以上の時空間アポロニウス分割法の時間コヒーレンスへの効果を検証するために、各フレーム別々にアポロニウス分割を適用する方法も実験してみた。以下この方法をフレームアポロニウス分割(FAT)と呼び、時空間アポロニウス分割をSTATと略称する。まず入力ビデオからの誤差を検証した。母点の数は両者とも同じ(総数 6000)にした。誤差が2.1節で述べたしきい値以下の画素は色が同じとみなし、入力動画とアポロニウス動画とで色が異なる画素の割合を求めたところ、FATでは13.2%であり、STATでは20%であった。すなわち入力ビデオからの誤差はFATのほうが小さい。これは、FATではフレーム毎に誤差が小さくなるように母点が配置されるためである。次に、ちらつき度合いの簡便な指標として、時刻が隣接するフレーム間で色が異なる画素の割合を求めた。この指標には運動による変化分もふくまれてしまうが、それは手法によらず共通なので、ちらつきの大まかな指標になると思われる。この指標値はFATでは35.6%であり、STATでは14.2%であった。実際に動画を見てみてもSTATのほうがちらつきは有意に小さかった。このように、時空間画像処理は入力画像からの誤差は大きい、ちらつきの小さいNPR動画の生成に有用であることが確認された。

## 3. 時空間モードフィルタによるステンドグラス動画

ポロノイ分割でステンドグラス風画像を生成している例もある[6]が、実物のステンドグラスではハンダ線は滑らかな曲線である場合が多い。ハンダ線が任意曲線になるような画像領域分割によるステンドグラス生成法も提案されているが、ユーザの補助入力を要するもの[2]が多い。ここでは、自動的な手法であるモードフィルタによる静止画の任意形状セル分割法[3]を動画に拡張して、ステンドグラス動画を生成する。

### 3.1 減色モードフィルタ

動画処理の基本となる静止画のステンドグラス風画像への変換では、入力画像の色をクラスタリングして(以下の実験では8色に)減色し、次に2次元モードフィルタをかけて境界線を滑らかにして、最後に色領域の境界線をハンダ風に盛り上げ、領域内部にガラス風テクスチャを付ける。ここでのモードフィルタは単純な処理であり、各画素を中心とするウィンドウ(以下の実験では $5 \times 5$ とした)内で最も数が多い色に中心画素の色を置き換えるのをある回数(以下の実験では10回)繰り返すものである。

### 3.2 時空間モードフィルタ

これを動画に拡張する。時空間アポロニウス分割と同じく、モードフィルタを3次元に拡張して時空間画像に適用する。すなわち全フレームの全画素の色をクラスタリングして減色した時空間画像に $5 \times 5 \times 3$ ウィンドウの3次元モ

ードフィルタをかけ、各フレームにガラス風テクスチャとハンダ線風盛り上げを付けてステンドグラス動画にする。図1のビデオのステンドグラス動画を図4に示す。

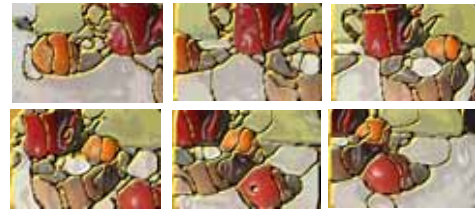


図4: ステンドグラス動画

### 3.3 時間コヒーレンスの検証

この時空間モードフィルタについても時間コヒーレンスへの効果を検証した。2.3節と同じように、各フレーム別々にモードフィルタをかける方法も実験して、誤差と時間コヒーレンスを比較した。以下、別々にモードフィルタをかける方法をFMFと呼び、時空間モードフィルタをSTMFと略称する。色数とウィンドウは両者とも同じにした。この方法の場合、色が量子化されているので、色が同じかどうかの検出は簡単である。減色した入力動画とモードフィルタ動画とで色が異なる画素の割合を求めたところ、FMFでは5.8%であり、STMFでは8.6%であった。すなわち2.3節のアポロニウス分割と同じく、入力ビデオからの誤差はFMFのほうが小さい。これは2.3節と同じくSTMFでは隣接フレームも加えて平滑化されるためである。次に、隣接するフレーム間で色が異なる画素の割合は、FMFでは19.1%で、STMFでは9.5%であり、動画を実際に見てもSTMFのほうがちらつきは小さかった。このように、2.3節と同じくモードフィルタでも時空間画像処理はちらつきの小さいNPR動画の生成に有用であることが確認された。

## 4. むすび

動画を時空間画像として表し、全フレームを統合して3次元画像処理することによってちらつきの少ない均一色セル分割タイプのNPR動画を自動的に生成する手法を提案し、モザイクタイル動画やバブル動画、ステンドグラス動画などを作成した。本手法は手描き風の動画を生成するものではないが、新規の動画エフェクトの生成法として有用と思われる。時空間処理法を改良して時間コヒーレンスを更に向上させることが今後の課題である。

### 参考文献

- [1] G. M. Faustino and L. H. de Figueiredo, "Simple adaptive mosaic effects", Proc. SIBGRAPI, pp.315-322, 2005.
- [2] S. Brooks, "Image-based stained glass", IEEE Trans. Vis. Comput. Graph., 12, pp.1547-1558, 2006.
- [3] 井上, 浦浜, "減色モードフィルタによるステンドグラス風画像の生成", 映情学誌, 58, pp.1519-1521, 2004.
- [4] 辻本, 井上, 浦浜, "乗法的重み付きポロノイ図に基づくステンドグラス風画像", 信学論, J88-A, pp.96-98, 2005.
- [5] 景, 井上, 浦浜, "均一色セル分割タイプの非写実的画像の合成", Proc. NICOGRAPH, pp.49-54, Nov. 2006.
- [6] 芳賀, 西田, "ポロノイ図を用いた画像のステンドグラス化手法", 情処グラフィクスとCAD研, CG-104, pp.13-16, 2001.