

DPを用いたカラーテクスチャ画像のパッチワーク生成

1 P-1

城田 英明 東海林 健二

宇都宮大学

1. はじめに

コンピュータグラフィクスでは、3次元物体表面上に、木目、大理石模様などの模様すなわちテクスチャを張りつけ、その3次元物体の質感を高めようとする技法が現在盛んに用いられている。しかしながら、テクスチャマッピングを行なうのに十分な大きさ(広さ)の自然テクスチャ画像をどのようにして用意するのかという問題点がある。そこで、サンプル画像から十分に大きなテクスチャ画像を作り出すことが必要となる。

本研究では、カラーのサンプルテクスチャから必要な大きさのテクスチャを生成する一手法として、サンプルテクスチャから適当なパッチを切り出し、それを繰り返し配列する手法を提案する。そして、テクスチャの構成要素の2次元配列の方向と周期を求め、これをパッチの配列方向と周期に一致させる。そして、パッチワークの継目上で色の跳躍が最小となるようなパッチを、サンプルテクスチャ画像中のどの位置でどのような形状で取ればよいかを動的計画法(DP)で決定するものである。

2. パッチの切り出し

2. 1. アフィン変換による変形

パッチを切り出す処理を容易にするため、ベクトル対  $v_1, v_2$  の写像  $v'_1, v'_2$  がそれぞれ、水平方向、垂直方向を向くように、サンプルテクスチャをアフィン変換により変形する。そのための  $2 \times 2$  のアフィン変換行列  $A$  は、ベクトル対の大きさ  $|v_1|, |v_2|$  に最も近い整数値をそれぞれ  $n_1, n_2$  とすると、

$$v'_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ n_1 \\ n_2 \\ 0 \end{bmatrix} = A \cdot v_1$$

$$v'_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ n_1 \\ n_2 \\ 0 \end{bmatrix} = A \cdot v_2$$

を満たす行列として求める。

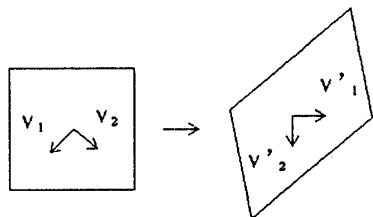


図1. アフィン変換によるサンプルテクスチャの変形

図1のようなベクトル対が与えられたとすると、正方形のサンプルテクスチャの領域は、アフィン変換によって、傾いた平行四辺形の領域になる。

2. 2. 縦方向継目の決定

傾いた平行四辺形の画像では扱いにくいので、2辺が

水平の平行四辺形を切り出す。以下では、平行四辺形とそれ自身を  $|v'_1|$  だけ水平方向にずらしたものが重なりあった領域に対して処理を行なうので、ここでは、重なりあった領域の面積  $S$  が最大となる平行四辺形を切り出すことにする。つまり、2辺が水平の平行四辺形として、底辺の長さを1、高さを  $h$  とすると、  
 $S = (1 - |v'_1|) \cdot h$   
 が最大となるようなものを選ぶ。

次に、図2のように、この切り出した画像に、それ自身を水平方向に  $|v'_1|$  だけずらした画像を重ね合わせ、重なった部分を上辺から下辺に向かって切り取る。切り取り線は、継目に沿って両者のR、G、Bの画素値の差の2乗の和を累積したものが最小になるものをDPにより選ぶ。この2つの画像は、位置のみが異なる同じ画像であるから、2つの切り取り線で囲まれた部分を取り出すことができる。これを横方向単位画像と呼ぶ。

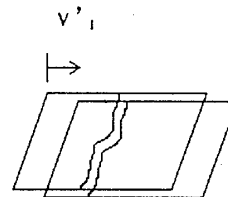


図2. 縦方向継目の決定

DPによって、継目を求めるときに、許される継目として、ある画素へは、隣接した左上、真上、右上、の3種類を考慮することとし、これを原始パスと呼ぶことにする。縦座標を  $i, 0 \leq i \leq h-1$  とする。そして、点  $(i, j)$  における2乗誤差を  $e(i, j)$ 、上の辺  $(i=0)$  から点  $(i, j)$  までの誤差の累積値を  $g(i, j)$  とすると、初期条件は、  
 $g(0, j) = e(i, j)$   
 DP方程式は

$$g(i, j) = \min \{ g(i-1, j-1) \\ g(i-1, j) \\ g(i-1, j+1) \\ + e(i, j) \}$$

となる。計算手順としては、いちばん上  $(i=0)$  から計算を始め、左上、真上、右上の画素のうち、誤差の累積  $g$  の最も小さい位置から現在の位置へ原始パスを伸ばし、その誤差の累積  $g$  に現在の位置の誤差  $e$  を加え、これを現在の位置までの誤差の累積として現在の位置の誤差の累積  $g$  に書き込み、以上の操作を繰り返していく。この操作が一番下の最終行で終了した後、最終行の各画素のうち、そこまでの誤差の累積  $g$  が最小になっている

画像の位置から原始パスを逆にたどり、最適な継目を決定する。

2. 3. 横方向継目の決定

図3のように、横方向単位画像を横に繰り返し並べて作った画像とそれ自身を $|v'_2|$ だけ下にずらした画像を重ね合わせ、最適継目を求めることを考える。この場合、画像は横方向の繰り返し画像であるから、そこから、単位長さ $|v'_1|$ の区間で切り出した画像だけを処理対象とし、左辺から右辺にいたる最適継目をもとめればよい。ただし、単位長さ $|v'_1|$ で横方向に繰り返した画像の最適継目は、やはり、周期 $|v'_1|$ の繰り返しとなる。従って、重なりあった領域を横切る最適継目は、左側の始点と右側の終点の縦座標を一致させる必要がある。そのため、左辺から右辺にいたる最適継目は、ある縦座標の始点と終点について最適継目を求め、これを全ての縦座標の始点と終点で繰り返し、このようにして求めた複数の最適継目から、誤差の累積が最小のものを選ぶ。

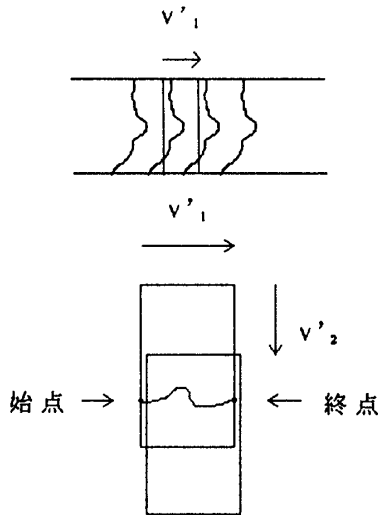


図3. 横方向継目の決定

具体的には、点 $(i, j)$ における2乗誤差を $e'(i, j)$ 、始点から点 $(i, j)$ までの誤差の累積を $g'(i, j)$ とすると、始点と終点をそれぞれ $(k, 0)$ 、 $(k, |v'_1|)$ としたときの初期条件は、

$$g'(i, 0) = \begin{cases} e'(i, 0) & (i = k) \\ \infty & (i \neq k) \end{cases}$$

DP方程式は、

$$g'(i, j) = \min \left\{ \begin{aligned} &g'(i-1, j-1) \\ &g'(i, j-1) \\ &g'(i+1, j-1) \\ &+ e'(i, j) \end{aligned} \right\}$$

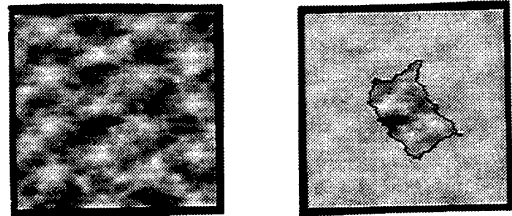
となる。この計算を $j = |v'_1|$ まで行い、終点 $(k, |v'_1|)$ での誤差の累積 $g'(k, |v'_1|)$ をもとめる。そして、始点と終点の縦座標 $k$ を変化させて、これを繰り返し、誤差の累積が最小となる始点と終点の縦座標 $k$ をもとめる。このときの継目が求める最適継目である。最後に、最適継目とそれ自身を上 $|v'_2|$ だけずらした継目によってかこまれ、さらに、たて方向の2本の継目によっても囲まれた部分を取り出す。これがアフィン変換された最適パッチである。

アフィン変換行列を $A$ とすると、このアフィン変換された最適パッチを $A^{-1}$ でアフィン変換したものが最終的に求める適当なパッチとなる。しかし、一般に、画像の

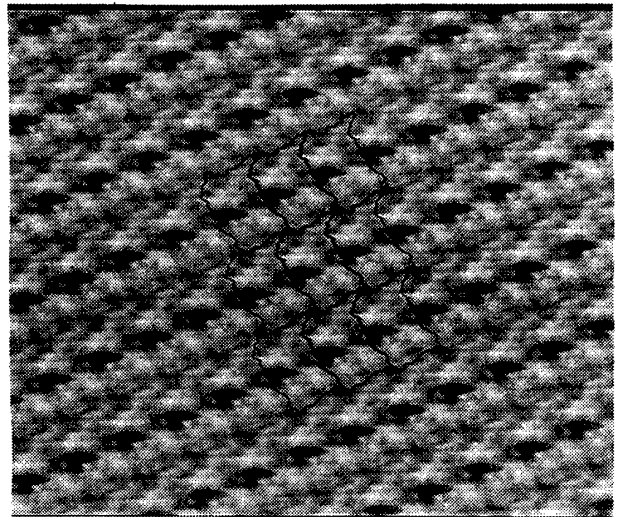
アフィン変換を繰り返すと、ぼけが生じる。そのため、実際は、アフィン変換されたパッチを取り囲む輪郭線を $A^{-1}$ でアフィン変換して、その輪郭線でサンプルテクスチャを切り出すことにより、ぼけのないパッチを求めている。

3. 実験

いくつかのカラーテクスチャに対して、パッチワーク生成の実験を行った。図4に、サンプルテクスチャとして生地を用いた場合の実行結果の例を示す。



(a) サンプルテクスチャ (b) 最適パッチ



(c) 生成されたパッチワーク

図4. パッチワークの生成例

4. むすび

実験の結果、ほとんどの場合、継目の目立たないテクスチャを生成することができることがわかった。しかし、周期性の弱い画像の場合、もとの画像と生成されたパッチワークの印象が違ってくることが多い。

[参考文献]

- (1) 「フーリエ変換を用いたテクスチャの構造解析」  
著者 松山、三浦、長尾  
情報学論、23、2、pp142-149  
(1989-03)