

パステルの質感を持つストロークのレンダリング技法に関する研究

村上, 恭子

<https://doi.org/10.15017/458912>

出版情報 : Kyushu University, 2004, 博士（芸術工学）, 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第4章

CGによるパステルストロークを用いた
リアルタイムドローイングツール

本章では、第2章で提案したストロークを改良し、ドローイング用のストロークを生成する手法を提案する。ドローイングで用いられるストロークは、ユーザにとって馴染み深い実際の画材の代用となるものであるため、画材の性質をできるだけ忠実に再現したもの、そしてできるだけレスポンスが速いものが好まれる。通常、画材の性質を考慮したストローク生成では、画紙と画材との相互作用のシミュレーションや画材のシミュレーションに処理時間がかかり、リアルタイムでの生成が困難である [SB99, SB00, TNF99, RMN03]。本研究第2章で提案したストロークにおいても、粉粒状の顔料をパスに沿って配置する処理に非常に時間がかかり、このままリアルタイム描画システムにとして実装するのは困難である。よって本章では、パステルの質感を表現するために最も影響力のある画紙のテクスチャに着目し、これを複数枚用いることによって、画材及び画材と画紙との相互作用のシミュレーション処理の代用とする手法を提案する。ストローク生成処理は粒子ベースからポリゴンベースへと変更し、ストローク位置と筆圧をペントブレットからの入力により与える。

4.1 画紙モデルの再構築

第2章では、画紙モデルとして、ある一定方向から光を当てた紙面から得た Height Field を用い、これをそのまま紙面の付着率として用いることで、ある程度リアルなストロークを得ることができている。その理由についてまず考察する。

図4-1に紙面の断面とそのHeight Fieldの模式図を示す。紙面上にストロークを描くと、

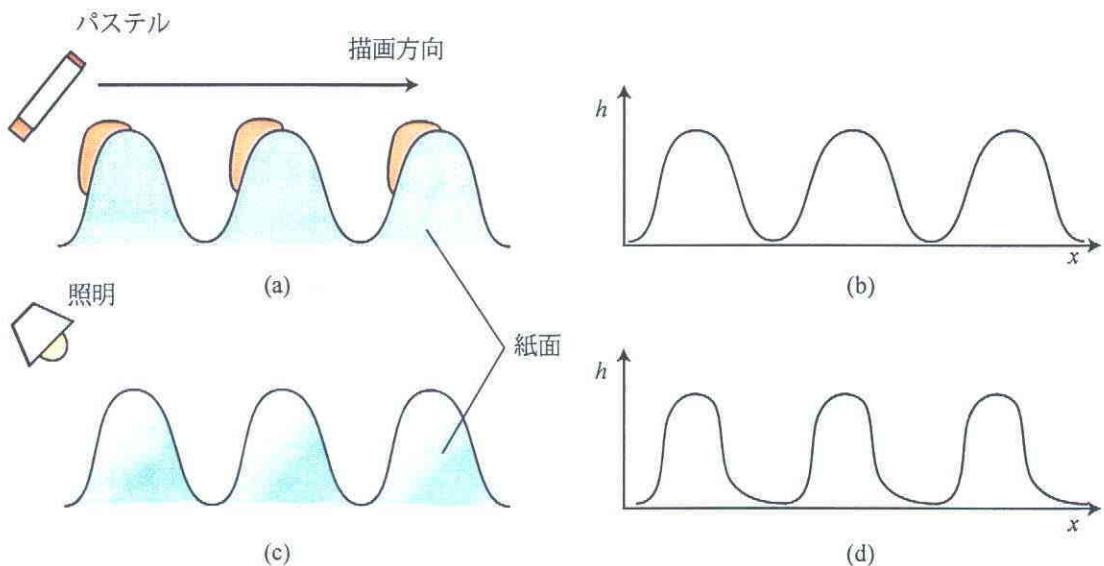


図4-1. 紙面の状態と Height Field の断面図。

(a) 紙面へ描画を行った際の顔料の付着状況、(b) (a) の Height Field、(c) 紙面に特定の方向から光を当てた場合の紙面に見られる明暗、(d) (c) の明暗値を Height Fieldとしたもの。Height Field の軸 h は紙面の高さ [0–1]、 x は平面を示す。

パステルは紙面に高低差のある部分で削り取られ、顔料が紙面に付着する。つまり、顔料が最も多く付着するのは紙面の最高部ではなく、ストロークが進んできた方向のやや低部となる(a)。そのため、Height Field を紙面の高さそのものとして用いた場合(b)、リアルなストロークを得るには、ストロークの方向や描画材と紙面との関係性を考慮した綿密なシミュレーションが不可欠である。

ところで、ある方向から一定の角度で光を当てて撮影した紙面には、紙面の凹凸の作り出す陰影ができる。この陰影の最も明るい部分は紙面の最高部ではなく、光源方向のやや低部となる(c)。

ストロークが紙面を横切る場合、その力はストロークの進む方向である水平方向と、筆圧のかかる方向である垂直方向とに分けられる。紙面に当たられる光はこの合力と類似していると考えられる。この考えに基づくと、被照射紙面の明暗値を Height Field に変換し、Height Field の値を顔料の付着率として(d)、一定の方向からのストロークによる顔料付着をシミュレートできるはずである。

第2章の実験及び第3章では、ストロークはある一定時間経過後、自動生成される。そのため、ストロークが描かれた方向をユーザは認識しておらず、ストローク上に紙面のテクスチャとのある程度の相互作用が見られれば十分であった。しかし、リアルタイムな描画ツールにおいて、どのようにパスを描いても常に同じテクスチャが見られると、不自然さを感じる。よってここでは、一枚の紙面を光源を移動させつつ撮影することで、任意のストローク方向に対する任意の顔料付着のシミュレートを行う。しかし、実際には全方向からのテクスチャの取得は不可能であるため、12方位からの照明によるキー テクスチャを取得し、これを補間することで対応する。

4.1.1 紙面テクスチャの取得

紙面の画像は図4-2に示すような装置で取得する。カメラは地面に水平に置かれた紙面の真上に設置され、光源は紙面から仰角45度の適当な位置に設置する。光量は、紙面にテクスチャの陰影が認められる範囲で調節する。紙面を30度ずつ回転させながら撮影し、360度の回転で12枚のビットマップ画像を得る。カメラのレンズによる歪みが少ないので、画像中央部分のみを同一の大きさで切り取り、紙面テクスチャとする。これらの紙面テクスチャの濃度値 Value は、撮影状況によっては濃度変化のない部分を含むため、各画像において以下の式で補正する。

$$Value \leftarrow (Value - min) * 255 / (max - min)$$

ここで、max, min はそれぞれ各元画像内の最大濃度値、最小濃度値である。修正後の画像12枚を、それぞれ光源からの光の方向ベクトル L （光方向ベクトル）を持つ Height Field 群として、スクリーン上に繰り返し隙間無く並べる。

本研究では、紙面のテクスチャとして画用紙・キャンソン紙・マーメイド紙・コットン紙・

ワトソン紙の五種類の紙面を取得している。図4-3に取得した紙面とHeight Fieldの例を示す。サンプルの大きさは、取得した紙面からレンズによる歪みが生じている部分を除去した結果による。

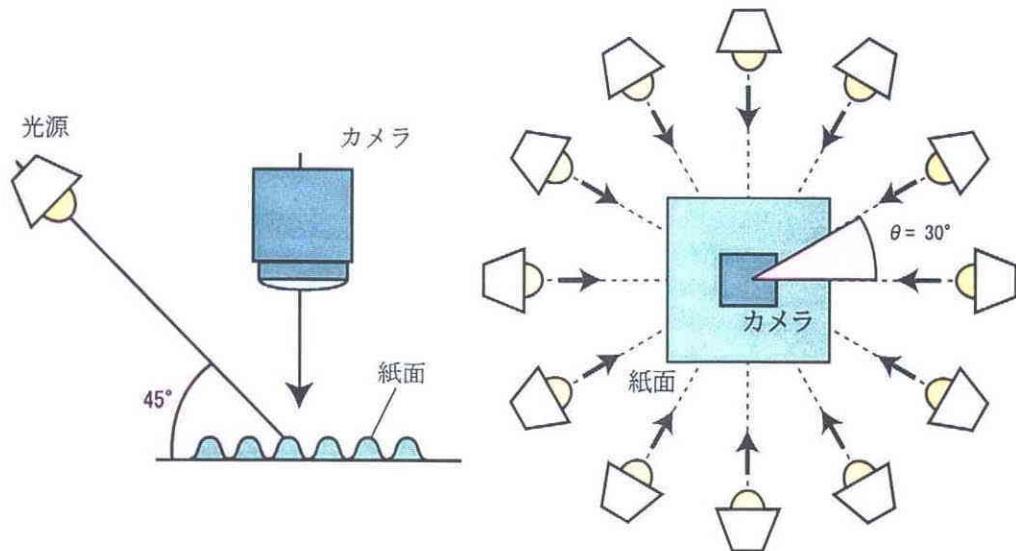


図4-2. 紙面データの取得。

カメラ・光源・紙面を上図のように設置して紙面を撮影し、データを取得する。実際には紙面を回転させながら撮影することで擬似的に光源の移動を行う。右図の各光源から紙面への矢印は光の方向ベクトル L である。

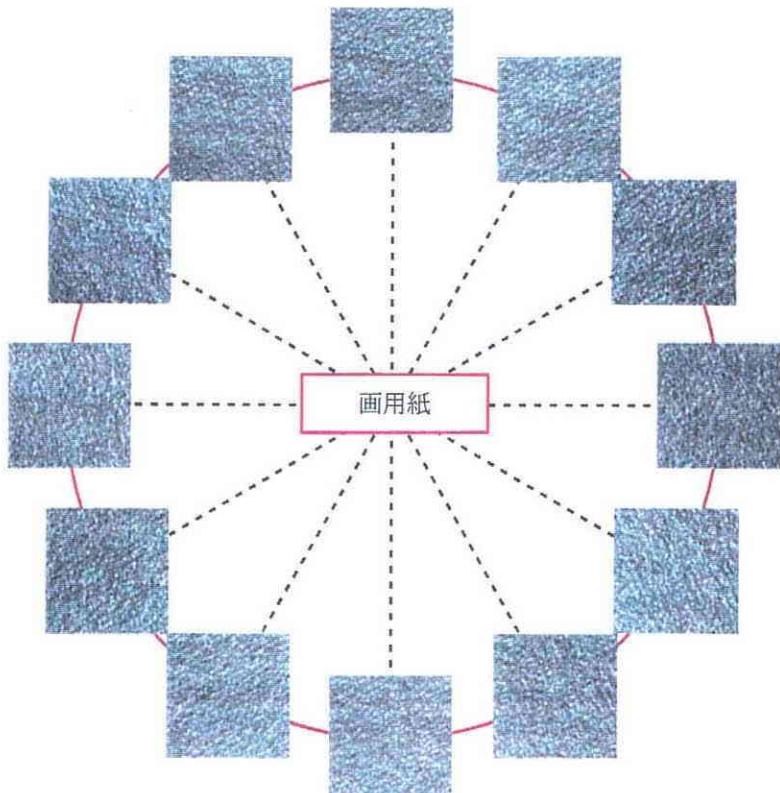


図4-3. Height Fieldの例(画用紙)。

取得した12枚の紙面データからHeight Fieldを取得する。

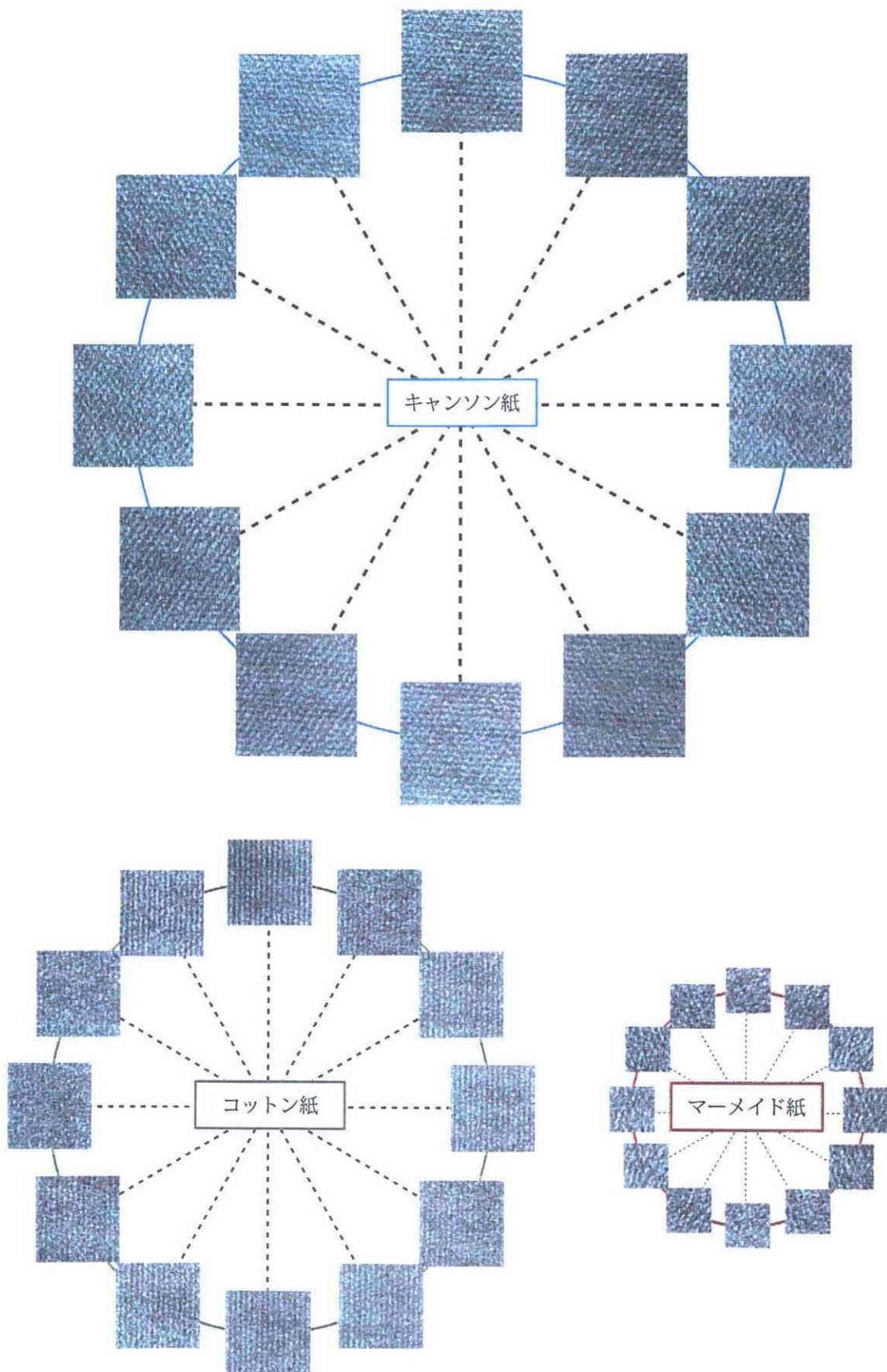


図4-4. Height Field の例 (キャンソン紙・コットン紙・マーメイド紙).

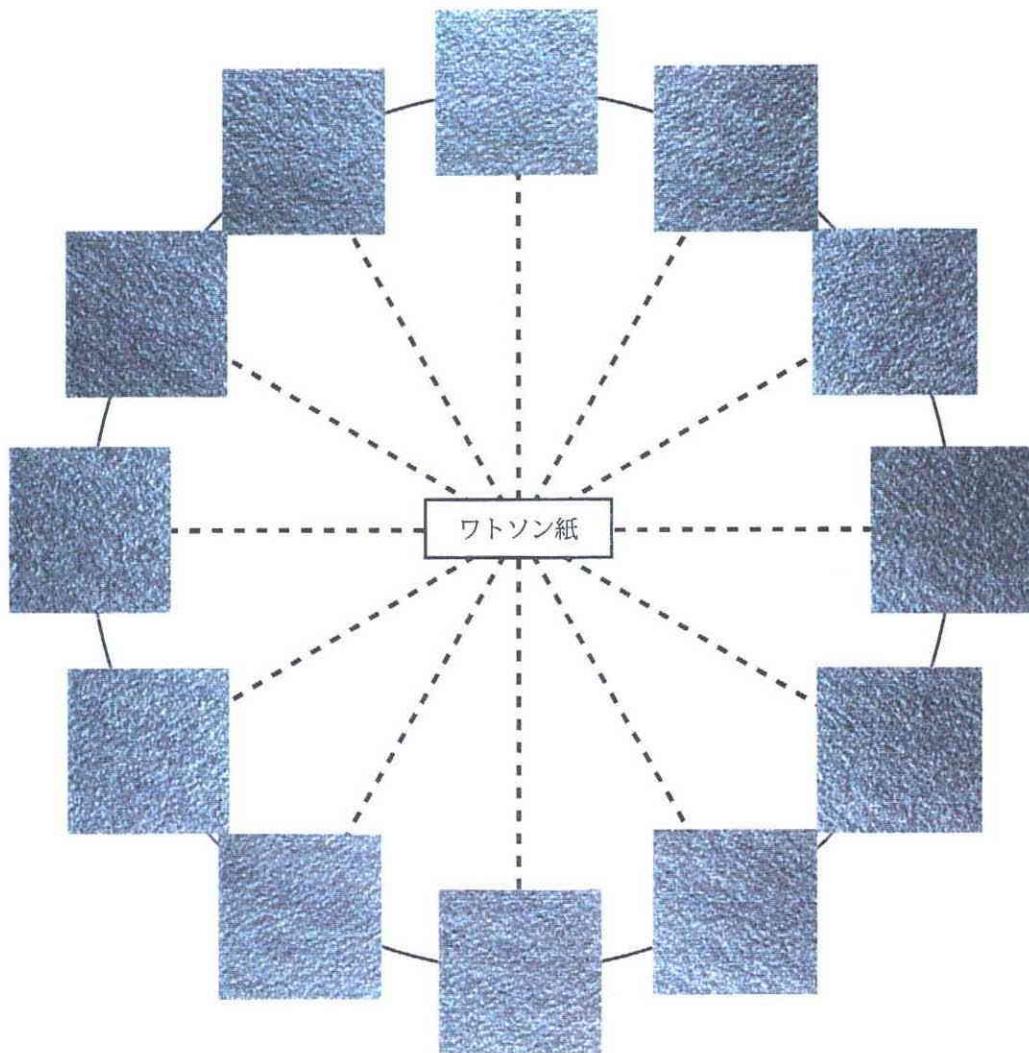


図4-5. Height Field の例 (ワトソン紙).

4.2 ストローク生成

図4-6にストローク生成手法を示す。ストロークは、ペンタブレットによるコントロールポイントの入力から Catmull-Rom スプラインを生成し、法線方向両側に幅をつけ、一次元の断面の連続体として生成する。コントロールポイントが存在する断面をセグメント断面とし、セグメント断面間の断面は三角ポリゴンの補間ににより定義する。各セグメント断面には最大筆圧値点を設定する。最大筆圧値点はセグメント断面上で c 方向に移動し、 c は $0 \sim 1$ の値を取る。これは、ストロークを描画した際、断面の形状や手ぶれなどでその内部に生じる筆圧の分散が起こり、同一断面でも顔料付着量が変化する様子をシミュレートするものである。 c の値の算出には Perlin noise[Per85] を用いている。各断面での最大筆圧値は、セグメント断面での最大筆圧値を線形補間することで求められ、各断面において、最大筆圧値点と幅の両端点との間で線形補間あるいは二次曲線による補間を行い、ストローク

ーク上の全ての点での筆圧値を求める。このとき、ストロークの向かう方向ベクトル s (ストロークベクトル) と、圧力値の移動方向ベクトル p (圧力ベクトル) を各断面において求めておく。

次に、ストローク上に現れる顔料の量を決定する閾値 G を決定する。 G はストロークベクトルによって選択される Height Field h_s と、圧力ベクトルによって選択される Height Field h_p によって算出される。まず、ストローク上のある点において、ストロークベクトル s に最も近い値の光方向ベクトル L を持つテクスチャ T_1, T_2 を選択し、以下の式で h_s を決定する。

$$h_s = h_1 * (1 - \text{ratio}) + h_2 * \text{ratio}$$

$$\text{ratio} = \cos^{-1}(|s - L_1|) / \cos^{-1}(|L_1 - L_2|)$$

ここで h_1, h_2 は T_1, T_2 上で h_s と同位置にある Height Field 値である。同様に圧力ベクトル p を用いてテクスチャを選択し、 h_p を得る。最終的な閾値 G は h_s と h_p との平均値となる。

顔料は、筆圧 F が $1 - G$ よりも大きいときにストロークバッファに保存される。このとき、アンチエイリアスのため、 F と $1 - G$ の値が近い時にはその値に応じた透明度を与える。

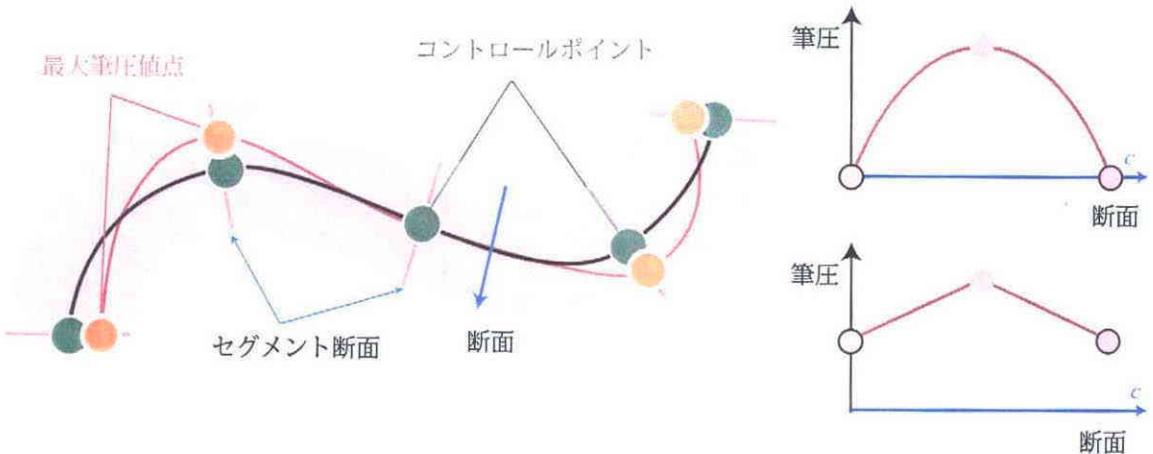


図 4-6. ストロークの定義。

4.3 併用材の表現

パステルで描画を行う場合に併用される画材として代表的なものは、消しゴムとブレンダーである。紙面上に付着したパステル粒子を取り去る消しゴムには、主に紙面を傷つけない練り消しが用いられ、紙面上のパステル粒子を細かく碎いて広げるブレンダーにはパステルブラシやティッシュ、あるいは指が利用される。

4.3.1 練り消しの表現

練り消しの形状は、ストロークの生成(4.2)と同様の方法で定義され、ストロークバッファ内に保存されている顔料を筆圧に応じて取り除く。実際の描画では、練り消しは僅かに紙面のテクスチャを押しつぶすため、練り消しのストロークが通過した部分の Height Field の値を僅かに減らし、顔料の付着率を下げる。

4.3.2 指によるブレンディング

ブレンディングの範囲は、やはり(4.2)と同様の方法で定義される。また、Sousaら[SB00]の手法と同様に、ブレンダーである指に付着した顔料を保存する領域であるブレンディングバッファを用意し、ブレンディングバッファの大きさによって紙面上の顔料を捕獲する量を変化させる。

4.4 ドローイングツールへの適用

4.4.1 実験

以上の手法を用いて生成したストロークを、実際のパステルのストロークと比較する。

図4-7(a)は画用紙に描いたストロークの例である。ストローク上には、丸い穴が開いているように見える部分が存在する。これは、もともとの紙面では見られないが、ストロークと紙面との相互作用の中で生成されるものである。本手法では、この現象を観察することができる。

コットン紙の例(図4-7(b))では、この紙面の特徴である、縞模様が反映されている。ワトソン紙(図4-8(c))・マーメイド紙(図4-8(d))の例でも、それぞれ紙面の特徴の生かされたストロークを描くことに成功している。しかし、キャンソン紙の例(図4-8(e))では、紙面の特徴である格子模様が生かされず、ごく筆圧の弱いものにその傾向が示されているだけに留まっている。キャンソン紙の紙面テクスチャ上ではその紙面の特徴が視認できるため、濃度値の補正処理において特徴が失われたと考えるのが妥当である。ストロークに現れる紙面の特徴をどのように抽出するかは、今後の課題となる。図4-9はブレンディング効果の例である。実際のパステルで行われたブレンディングと比較した場合に違いが目立つ。パステル画において柔らかな雰囲気の表現に重要な効果であるため、今後改良していく必要がある。図4-10はこれらのストロークを用いて描いた絵の例である。描画にはOpenGLを用い、Pentium4 2.0 GHz CPU 搭載 Windows PC でリアルタイムに生成された。ストロークが重なる部分では、後から描いたストロークの色が優勢になるような形で、ハードウェア依存のアルファブレンディングを行っている。ストロークの幅

や色、筆圧によっては、クレヨン、パステル、色鉛筆のような表現も可能である。

4.4.2 まとめ

本章では、パステルの質感を持つストロークをリアルに、リアルタイムに生成する手法を提案した。被照射紙面と紙面への顔料付着部分との類似性に着目し、紙面と描画材との相互作用のシミュレーションを12方向からの被照射紙面で代用した。結果画像から、本技法によるストローク生成は有効であると言える。しかし、紙面の種類によってはその特徴を得ることができたとは言い難いものもあり、紙面のキャプチャ手法や適用手法にはまだ改善の余地があると言える。また、今回生成したストロークはパステルのみを対象として生成した。しかし、描画材によって作られるストロークのほとんどは画紙や画布の影響を受けるため、本技法の他の画材への応用も可能であると考えられる。

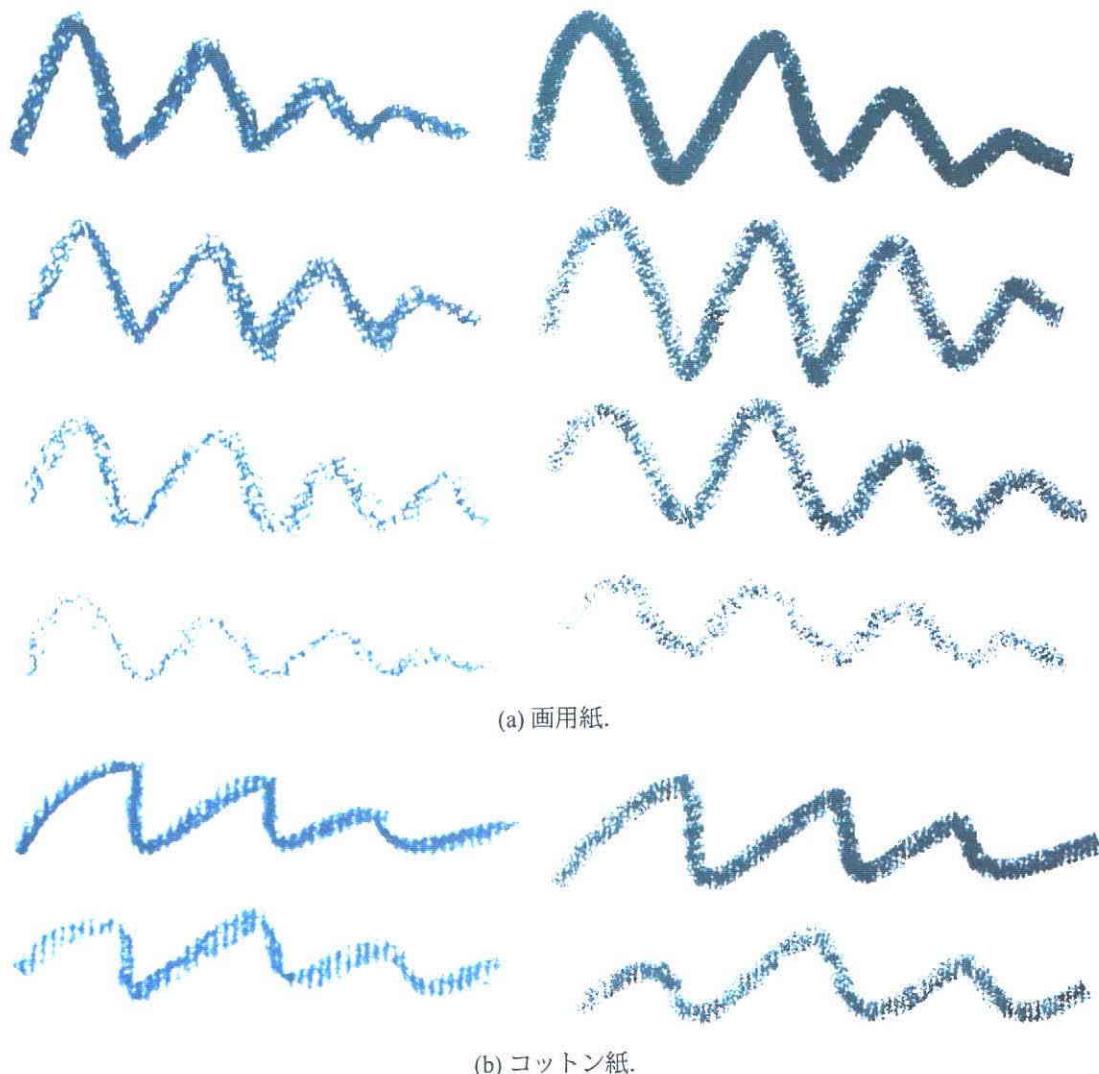


図4-7. 実際のパステルのストロークと本技法で生成したストロークとの比較1。

各紙面の例において、左が実際のパステルストローク、右が本技法によるストローク。

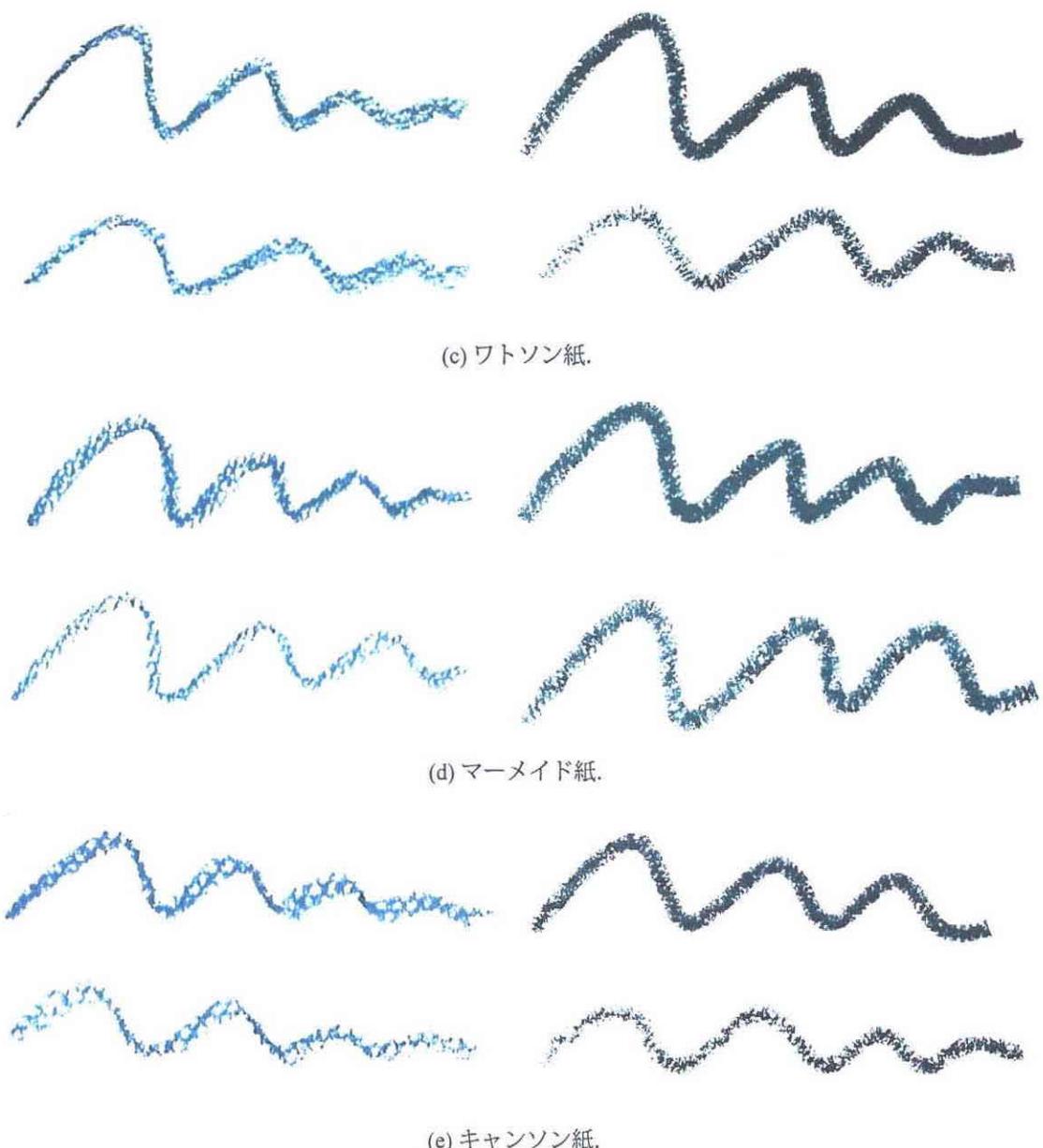


図4-8. 実際のパステルのストロークと本技法で生成したストロークとの比較2.
各紙面の例において、左が実際のパステルストローク、右が本技法によるストローク。

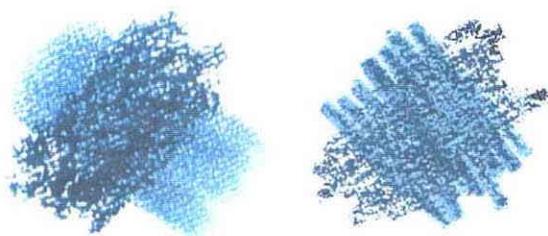


図4-9. ブレンディングの適用例。
左が実際のパステルを指を用いてぼかしたブレンディング、右が本章のブレンディング効果。



図4-10. 本章において制作したアプリケーションによる描画例。