実データに基づいたインタラクティブな鉛筆画ツール

立花裕美*　伊東謙太郎**　村上恭子**　鶴野玲治**

*九州芸術工科大学大学院　**九州芸術工科大学

■はじめに

NPR(ノンフォトリアリスティックレンダリング)には、描画ストロークの生成に注目したもの[1,2]、画材や支持体の構造や特性をシミュレートするもの[2,3]、対話的なインタフェースでユーザーの描画操作を支援するもの[4,5]などがある。本研究では、インタラクティブな操作による、高速かつ現実の質感と描画感に近い鉛筆画の表現を目的とし、以下のような件について解決していくものである。

(1) スタイラス状デバイスからの入力
(2) 支持体の凹凸
(3) 鉛筆芯の硬度・先端の面積
(4) 筆圧
(5) 塗り重ね
(6) 消しゴムの動き

■鉛筆・支持体について

一般に鉛筆は芯の硬度に応じて色の濃度が異なる。JIS(日本工業規格)では柔らかくて濃い6Bから硬くて薄い9H、HBとHの中間にFをいれた17段階で分類されている。また、様々な削り方と持ち方の組み合わせにより、紙面と芯の接触面積、付着が決まると考えられる。本法では筆圧・硬度を0.0～1.0の間で濃淡を表す。支持体に関しては、多くの種類の紙、キャンバス、木材、その他、鉛筆で描くことのできるさまざまな種類を想定し、さらに実時間での処理に対応させるため、現実に存在するものから直接データを取得する。

■筆跡の生成

入力された点列の間をつなぎ、描画ストロークとする。鉛筆跡のような質感を出すため、このストロークの両側に適当な乱数を使って幅に揺らぎを与える。

■付着率の決定

実際の鉛筆の筆跡を生成するにあたり、点の位置、濃淡値、透明度、支持体の凹凸などをモデル化してシミュレートすることは、処理量やデータ精度などの点で、リアルタイムなシステムとしては問題が残る。そこで、本研究では支持体の実画像から、紙面の形状を取得する方法[2]を利用し、付着率の手がかりとする。ただしパステルと鉛筆との粒子の細かさ、特性、目的などの違いから、取得するのは凹凸ではなく、実際に鉛筆で塗りつぶした状態の画像情報とする。

■付着率データの作成

用意した支持体（図1-(1)）に対し、図1-(2)(3)(4)のように、弱い筆圧0.1～0.4)、中程度筆圧(0.5～0.9)、強い筆圧(1.0)の三種類のデータを作る。それぞれ、鉛筆を一番寝かせた状態で軽い筆圧で塗り潰したもの、さらに鉛筆を芯が半分ふれる程度に寝かせ多方向に塗り潰したもの、鉛筆を立てて強い筆圧で多方向に塗り潰したものである。

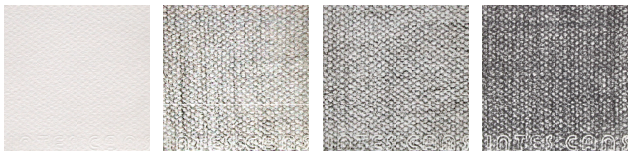

図1　筆圧ごとの支持体上の付着率分布データ

左から順に、(1)支持体　(2)弱い筆圧　(2)中程度の筆圧　(3)強い筆圧

■描画

実際に描かれる点(ピクセル)には「濃度」と「透明度」との属性を与える。それぞれ濃度は筆圧・鉛筆の硬度によって決定し、筆圧・鉛筆の硬度・重ね描きの回数の関数とする。付着の閾値は、筆圧に応じて可変とし、閾値より高い濃度の点のみを描画する。

An Interactive pencil sketch tool based on real support medium data
Hiromi Tachibana, Kentaro Ito, Kyoko Murakami and Reiji Tsuruno
Kyusyu Institute of Design

```
if(筆圧==1.0){閾値=230;}
if(筆圧<1.0 && 筆圧>0.5){ 閾値=(250-(1.0-筆圧)*200);}
if(筆圧<=0.5 && 筆圧>0){ 閾値=(250-(0.6-筆圧)*200); }
透明度=(1.1-硬度)*0.05+((筆圧+0.1)-0.1)*0.01;
濃度減衰値=((硬度+0.1)-0.1)*50;
点の描画回数=10/(筆圧*2);
描こうとする点の座標を p(x, y)とする。
If (付着率データ内の p の濃度 < 閾値){
  If (画面上の p の濃度 >=付着率データ内の p の濃度){
    If (画面上の p の濃度 >=付着率データ内の p の濃度){
    ・点Pに濃度（付着率データ内の p の濃度+濃度減衰
    値）で透明度 alpha の点を打つ
    ・点の描画回数をカウントする。
    }}}
```

図 2 描画処理

また、点ごとに重ね描きの回数を保持し、各硬度・圧力での塗り潰しの限界を設定することで、線が濃くなりすぎないよう制御する。

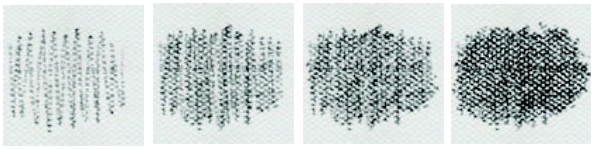

図 3 塗り重ね効果

■消しゴム効果

応用として、塗りつぶす前の支持体データを利用し、消しゴムを作る。描画と同様、通過回数、圧力により透明度を変化させ、現実の消しゴムのように徐々に消すことができるようにする。

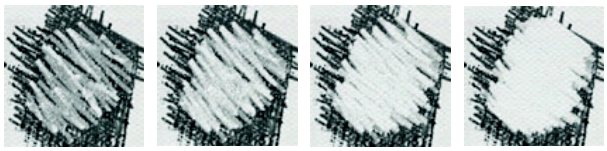

図 4 消しゴム効果

■実験・結果

図 5 は、本技法を用いてキャンソン紙を支持体として、硬度 0.1 の鉛筆と、消しゴムでインタラクティブに描いたものである。筆圧に応じて本物に近い筆跡と、消しゴムの効果が得られていることがわかる。

また、図 6 は、支持体として、五円玉の上にコピー用紙を置いた状態を想定して描いたものである。五円玉の凹凸が、鉛筆の筆跡に反映されていることが確認できる。

■まとめと今後の課題

本手法により、支持体の凹凸を反映したインタラクティブな鉛筆の線描、および、消しゴムの効果が確認できた。これらは PentiumIII-1GHz、Windows2000 の PC で、VisualC++6.0 によって動作しており、750×750 画素のウインドウ内において十分にリアルタイムな処理が可能である。現在、実際の描画感を上げるため、筆圧の自動取得および、支持体からの手ごたえ感の再現、描画音の適正化などの準備を進めている。また、本方法は、鉛筆以外の硬筆画材、たとえばパステルやチョークなどの応用も可能であると考えられる。

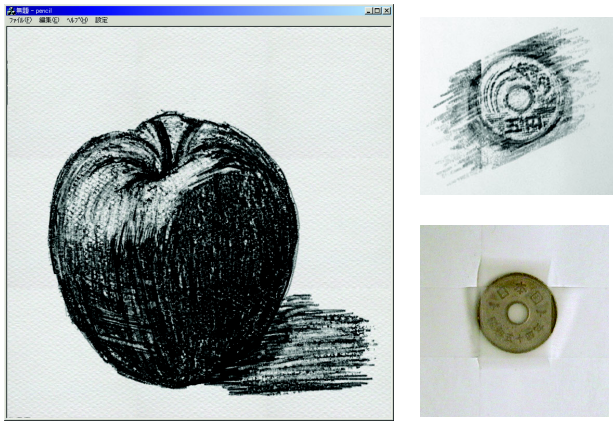

図 5 林檎の描画

図 6 裏に五円玉を貼り付けたコピー用紙への描画

■参考文献

[1] Sousa, M.C., and Buchanan,J.W.: Computer-Generated Graphite Pencil Rendering of 3D Polygonal Models, Computer Graphics Forum 18, 3(proc. EUROGRAPHICS99), pp195-208,1999

[2] Murakami,K. Tsuruno,R.: Pastel-like Rendering Considering the Properties of Pigments and Support Medium, Conf.Abst.and Appl., (SIGGRAPH2002 Sketch and Application), pp227, 2002

[3]Takagi,S., Nakajima,M., Fujishiro,I.: Volumetric Modeling of Additional Techniques in Colored Pencil Drawing., Conf.Abst. and Appl., (SIGGRAPH2000 Sketch and Application), pp276, 2000

[4] Bill,B. Vincent,S. Ming,C.L Dinesh Manocha : DAB: Interactive Haptic Painting with 3D Virtual Brushes, Conf., (proc. SIGGRAPH2001), pp461, 2001

[5]"COREL PAINTER"(日本語版), COREL.inc. (software)