

筆勢を考慮した鉛筆ストロークベースレンダリングのための基礎研究

溝口泉† 村上恭子† 鶴野玲治†
†九州芸術工科大学大学院芸術工学専攻
‡九州大学大学院芸術工学研究院

本研究では、鉛筆の質感を持ったストロークに“筆勢”という概念を付加することを目的としている。まず、実際に描かれた筆勢の「ある」「ない」ストロークを参照し、その特徴を得る。次にこの特徴から、テクスチャや全体の形状をパラメータ制御できる一本のシンプルなストロークモデルを提案する。

Rendering of Pencil Stroke Considering Vigor

Izumi Mizoguchi† Kyoko Murakami† Reiji Turuno†
Graduate School, Kyushu Institute of Design†
Faculty of Design, Kyushu University‡

The purpose of this paper is generating realistic pencil-like strokes by taking vigor of pencil into consideration. First, we scan some real strokes and investigate characters of vigorous strokes and non-vigorous strokes. Next, with those characters, we generate one simple stroke model whose figure and texture can be control with some parameters.

1.はじめに

ノンフォトリアリスティックレンダリングに関する研究の分野として、油彩・水彩・ペン画・パステルなどの絵画の質感を表現するものがある。鉛筆画風画像生成もそのひとつで、これまでに、Sousa ら[SB99,SB00]の鉛筆の先端をポリゴンで表現し、鉛筆の硬さや傾き、画用紙の凹凸などのパラメータにより、付着する黒鉛の量をシミュレートしたものや、矢野ら[YY03]による、画用紙表面への黒鉛の付着しやすさを表すテクスチャスクリーンと、実際の鉛筆画に見られる輝度分布を近似した近似ヒストグラムを用いた手法、茅ら[MNY102]による一枚の入力画像からホワイトノイズ画像とベクトル場をつくりだし、LIC 法によって鉛筆画を生成する手法などが提案されてきた。それぞれはストロークのパターンや経路の与え方のモデリングおよびレンダリングである。一方、現実の鉛筆デッサンでは、ストロークは個々の物理的なエレメントとしてではなく、「筆勢」というある種、感覚的な概念で語られることが多い。本研究ではこの「筆勢」を取り扱い、「ストロークの「筆勢」の変化による、質感やスピード感の表現」を目的としている。もっともシンプルな形として、筆勢の「ある」ストロークと「ない」ストロークそれぞれの特徴を抽出し、パラメータ制御可能な形でモデリングを試みる。

2.筆勢

筆勢という概念は、デッサンにおいて特に重要な要素として取り扱われる。一般に筆勢のあるストロークとは図1-a に示したように素早く引いた線のことを表し、筆勢のないストロークとは図1-b のようにゆっくりと引かれた線のことを表す。筆勢のあるストロークは主に、図2-a のように表面が滑らかな質感を表す場合や、図2-c のようにスピード感を表現する場合などに、筆勢の無いストロークは、図2-b のように表面にごわつきのある質感の表現やスピード感を押し殺した表現などに多く用いられる。

鉛筆デッサンの視点では、鉛筆ストロークは「筆圧」と「筆勢」の組み合わせによって構成される。この分類は NPR としての鉛筆デッサンにおいても、重要な要素のひとつとなると考えられる。



図 2-a 筆勢のある例[T91] 図 2-b 筆勢がない例 [T91]

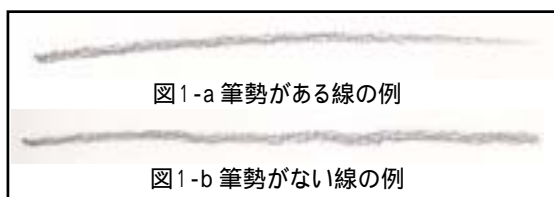


図 1 実際の鉛筆ストロークによる筆勢の例



図 2-c 筆勢を効果的に使った例[T91]

3. 実際のストローク

3.1 調査方法

筆圧が「強い」「弱い」という量で扱われるのに対し、筆勢は「ある」「ない」という二値で扱われる。筆勢のモデルを生成していくにあたり、両者の特徴を決定づける要素を抽出するため、実際の鉛筆ストローク画像の分析を行う。具体的には鉛筆デッサンに習熟した人に依頼し、数回描いてもらったものから、最も特徴を出していると思われるものをサンプルとして選ぶ。まず、水平方向に一直線に引かれたストロークという条件で、筆勢の「ある」「ない」という二種類を用意し、それぞれの特徴を調査する。調査項目は以下の通りである。

- ストローク中心の軌跡
- ストローク幅の変化
- ストロークの始点から終点までの濃度変化
- ストロークの幅方向の濃度変化

3.2 調査結果

ストロークの中心の軌跡

図 3 のようにストロークのエッジと中心を算出しその軌跡をグラフに表す

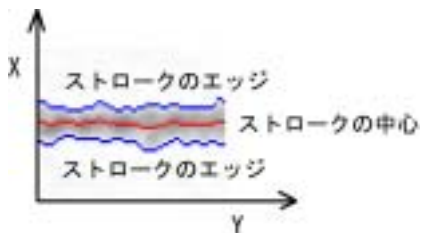


図3 ストロークのエッジとストロークの中心

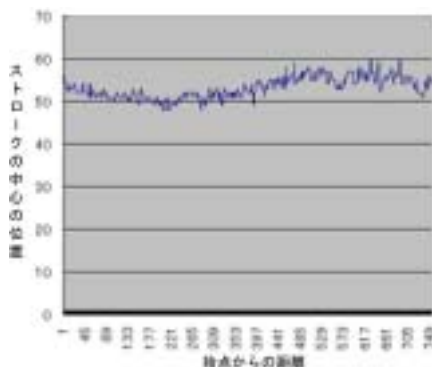


図4 筆勢のあるストロークの中心の軌跡

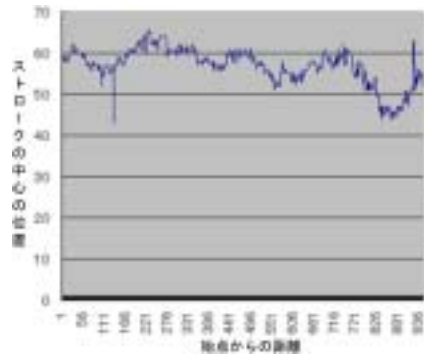


図5 筆勢のないストロークの中心の軌跡

図 4 と図 5 に筆勢の「ある」「ない」それぞれのストロークの中心の軌跡を示す。この2つを比較すると、筆勢のあるストロークの中心の軌跡は緩やかでほぼ直線に近いのに対し、筆勢のないストロークでは、手ブレの影響と思われる揺らぎが多く現れている。

ストローク幅の変化

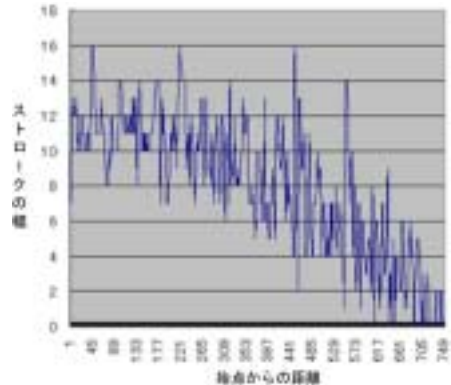


図6 筆勢のあるストローク幅の変化

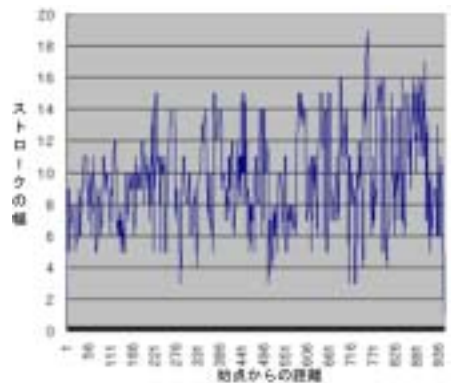


図7 筆勢のないストローク幅の変化

図 6 と図 7 にストローク幅の変化の比較を示す。筆勢のあるストロークでは、始点からしばらくはほぼ一定であるが、ある距離付近を過ぎるとストローク幅の減衰の勢が増すのに対し、筆勢のないストロークでは、変化の幅は大きい、全体的にほぼ横ばいである。

ストロークの始点から終点までの濃度変化

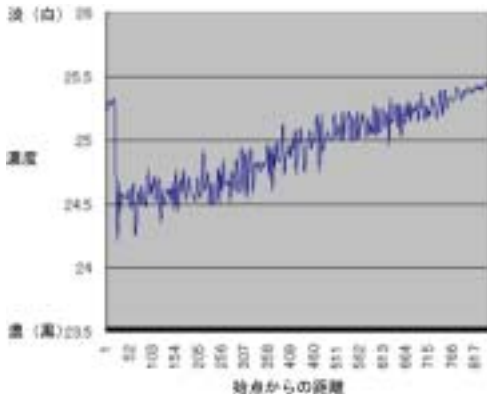


図8 筆勢のあるストロークの始点から終点までの濃度変化

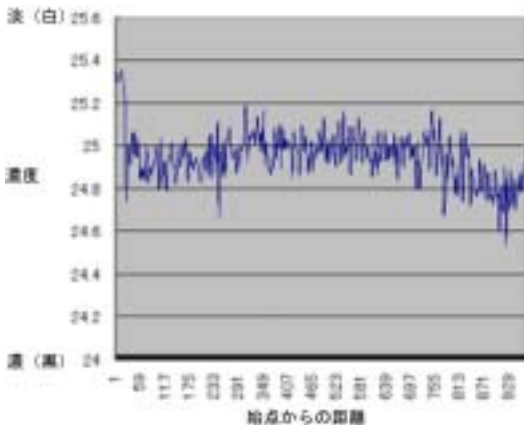


図9 筆勢のないストロークの始点から終点までの濃度変化

図8と図9はそれぞれの濃度変化である。筆勢のあるストロークでは始点から終点に行くに従い、その距離に応じて濃度は薄くなっているのに対し、筆勢のないストロークでは、始点からの距離に関係なくほぼ横ばいである。

ストロークの幅方向の濃度変化

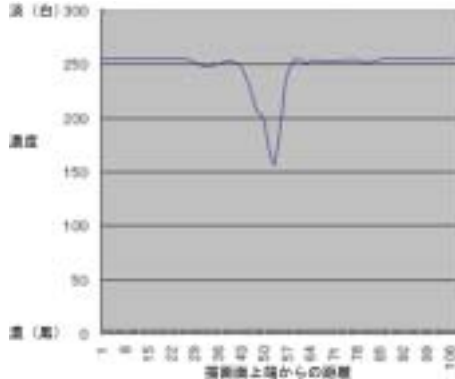


図10 筆勢のあるストロークの幅方向の濃度変化例

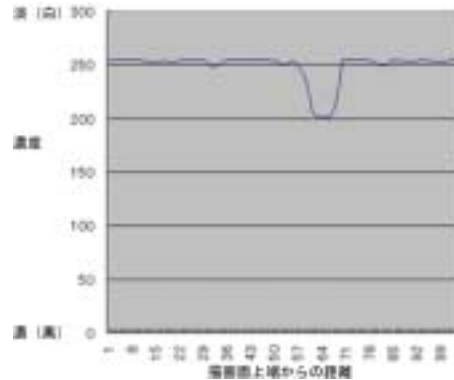


図11 筆勢のないストロークの幅方向の濃度変化例

図10と図11は横断方向の濃度変化である。筆勢のある・ない両方のストロークにおいて、最も濃度の高い点(領域)を中心に概ねV字型に濃度が減少しており、双方に顕著な差は認められない。

これらの調査より、筆勢の「ある」「ない」それぞれのストロークの特徴を以下のように推測する。

筆勢のあるストロークの特徴

- ストロークの中心のブレは少なく、変化が緩やかである(特徴A)
- ストロークの幅は、始点からしばらくは、ほぼ一定であるが、ある点付近を境に減衰の速度が増す(特徴B)
- ストローク中の濃度は、始点からの距離に比例して薄くなる(特徴C)

筆勢のないストロークの特徴

- 手ブレの影響と思われる変化の波が多く現れる(特徴D)
- ストロークの幅と濃度は、ほぼ一定である(特徴E)

共通の特徴

- 基準となる点(領域)を中心として、V字型に濃度が減少していく(特徴F)

以上のことを考慮して、ストロークを生成していく。特に筆勢のあるストローク生成アルゴリズムについてのみ考える。

4.ストローク生成アルゴリズム

4.1 支持体のシミュレート

次に、上記の特徴を実装したストロークを生成するところで、実際に鉛筆デッサンを行う場合、支持体である紙の凸部分に黒鉛が付着し、凹部分は白く残る。これらの現象は鉛筆テクスチャを決定する主な要素となる。以下に筆者らは村上らの初期の方法[MT02]を応用し、以下のようにレンダリングを行う。

支持体となる紙の画像を図 12 のようにグレースケールイメージへ変換し、各ピクセルの色の値を算出する

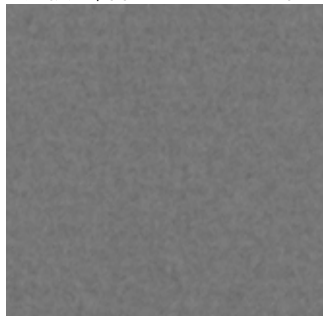


図 12 支持体となる紙のグレースケールイメージ

算出された値のうち、最大値と最小値を求めその間を 8 階調に分割する。それを可視化したものを図 13 で示す。本研究ではこの階層化された値を、ストローク描画時に黒鉛付着率の指標として用いていることで、支持体のテクスチャを強調したストロークの生成を可能としている

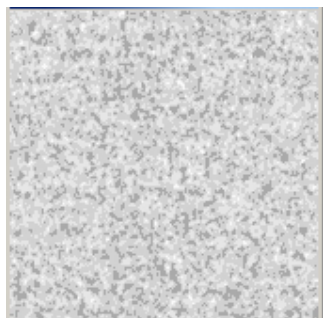


図 13 8 階調に分けられた支持体のイメージ

ストロークの描画領域へ、黒鉛付着率の値、及び後に述べる筆圧を適用させることによりストロークを生成する

4.2 筆圧マップの作成

筆勢のあるストロークを生成する上で、「特徴 C」及び、共通の特徴である「特徴 F」の 2 つの濃度変化に関する特徴を実装する必要がある。筆者らは、

『濃度の変化 = 筆圧の変化』

と考え、「濃度の変化」を「筆圧の変化」という物理的外力の変化として扱うことで、筆圧マップを作成する。

図 14 はストロークの始点からの距離による筆圧の減衰を表したものである。始点からの距離に応じて筆圧を減衰させることで、特徴 F を表現する。



図 14 始点からの距離による筆圧の減衰

図 15 は、図 14 にストロークの中心からの距離による筆圧の減衰を考慮し、加えたものである。ストロークの

中心からの距離に応じて筆圧を減衰させることで特徴 C を表現する。



図 15 筆圧マップ

筆圧のマップは、同時にストロークの範囲(描画範囲)を決定するものであり、ここに、先に述べた支持体のデータを適用することでストロークを生成する。図 15 にその例を示す。

図 15 の筆圧マップは、図 14 の筆圧マップと図 13 の階調化された支持体のデータを適用して生成されたものである。

図 16 筆圧マップの適用例

本研究におけるストロークは、与えられた制御点を基に Catmull-Rom spline を用いて生成し、曲線へ適用できるようにする。図 17 にその適用手順を示す。

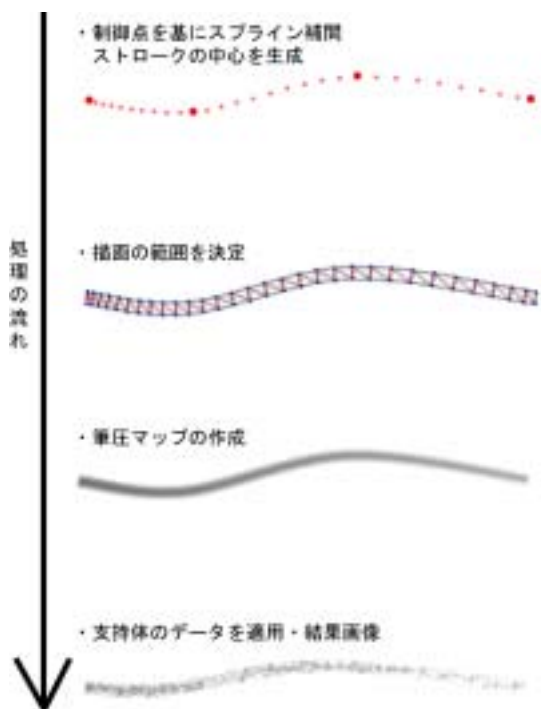


図 17 曲線のストローク生成手順

筆圧マップを作成、適用することで、筆勢のあるストロークにおけるトーンの減衰については表現されていると考えられる。しかし、生成画像と実際のストロークとを比較してみると、後方部分に違和感がある。これは筆勢のあるストロークのもうひとつの特徴である、「特徴 B: ストロークの幅は、始点からしばらくは、ほぼ一定であるが、ある点付近を境に減衰の速度が増す」という要素を考慮しておらず、ストロークが徐々に先細りしていく『テーパ』の効果を表現できていないためである。

4.3 テーパの表現

テーパを表現するために、以下の処理を行う。

図 18 のように、ストロークをテーパ「なし」部分と、テーパ「あり」部分に分割する。

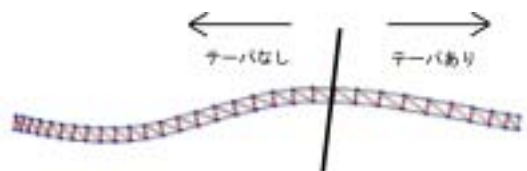


図 18 ストロークの分割

テーパ「あり」部分のエッジをストロークの先端に収束するように変化させ、図 19 のように筆圧の影響する範囲(描画の範囲)を再定義する。



図 19 描画範囲の再定義

再定義された領域に筆圧マップ及び、支持体のデータを適用することにより、画像を生成する。図 20 に本研究の処理による結果画像、図 21 に実際の線をそれぞれ示す。



図 20 本研究結果画像



図 21 実際の線

5.まとめと今後の課題

本研究では、物体の質感やスピード感を「筆勢」を考慮した鉛筆ストロークによるレンダリングにより表現するための基礎研究として、筆勢の「ある」「ない」両方のストロークに対し調査を行い、その特徴を抽出、表現を試みた。

筆圧マップの適用やストローク領域の分割再構成により、筆勢のあるストロークの「濃度変化」や「テーパの表現」について実際の線に近い結果画像を得ることができた。

しかし、筆勢のないストロークにおける中心の「ゆらぎ」表現や、硬い芯と大きな筆圧による紙面の押しつぶしの表現、レンダリングのための入力データのバリエーションなど、多数の課題も残っている。

参考文献

- [SB00] Sousa M.C. and Buchanan J.W. : "Observational models of graphite pencil materials", Computer Graphics Forum, 19(1) pp.27-49, 2000
- [YY03] 矢野類子,山口泰:「画用紙テクスチャを反映した鉛筆画風画像の生成法」Visual Computing グラフィクスとCAD 合同シンポジウム予稿集, pp69-74, 2003
- [MNYI02] 茅暁陽, 長坂良恭, 山本茂文, 今宮淳美, 「LIC 法を利用した鉛筆画の自動生成」, 芸術科学会論文誌, 1(3):147-159.2002
- [Tok91] 東京武蔵野美術学院監修, 鉛筆デッサン, グラフィック社
- [App] COREL PAINTER, COREL. Inc.
- [MT02] K.Murakami and R.Tsuruno: Pastel-like Rendering Considering the Properties of Pigments and Support Medium, SIGGRAPH2002 Conference Abstracts and Applications, p227, 2002