

A Study on Non-Photorealistic Rendering Technique for Visualization of Dyeing Cloth

森本, 有紀
九州大学大学院芸術工学府

<https://doi.org/10.15017/10322>

出版情報 : 九州大学, 2007, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第一章

序論

1. 1 本研究の背景

1. 1. 1 NPR

CG で写実感のあるフォトリアリスティックな 3 次元アニメーションの表現研究が進められたのは 1970 年代のことであり、以来写実的な表現は CG 分野における主題となり大きく発展してきた。その後、写実的な表現ではなく画材のシミュレーションやデータをわかりやすくするための表現などが登場し、それらは「Non-Photorealistic Rendering : NPR」として今日では CG の中の一分野として確立している。NPR は様々な視点で分類される。以下は Craig Reynolds による分類である[15]。

(a) Painterly Rendering

(油絵などの絵画調レンダリング (図 1-1 (a)))

(b) Sketching, Pen-and-Ink, Engraving and related high-contrast rendering styles

(写生、ペン画、彫刻、その他コントラストの高い表現スタイル)

(c) Stylized Depiction to Enhance Legibility

(わかりやすさを強調するための描写 (図 1-1 (b)))

(d) Stylized Halftoning

(グレイスケールやカラー画像を限られた色数の小さな点のパターンで表す表現)

(e) Real Time Techniques or at least, those running at interactive rates

(リアルタイム、または少なくともインタラクティブの速度で動く NPR の手法)

(f) Interactive Techniques

(インタラクティブに NPR 表現を行う手法)

(g) 3D Modeling Based on 2D Sketch Input

(2 次元のスケッチ入力を元に 3 次元のモデリングを行う手法)

(h) Toon Shaders/Plug-Ins and related “cel-look” effect

(2 次元の手描きアニメーション、あるいはマンガやイラスト風の作画調のレンダリング技術やペイントソフトウェアに組み込む部品のソフトウェア)

(i) Painterly Image Processing Techniques

(画像処理による絵画調表現、2 次元画像を絵画調にする手法)

(j) Simulation of Traditional Artistic Media

(墨絵、タイル画など伝統的な芸術表現やシミュレーション)

(k) Silhouettes

(物体のエッジを用いた表現)

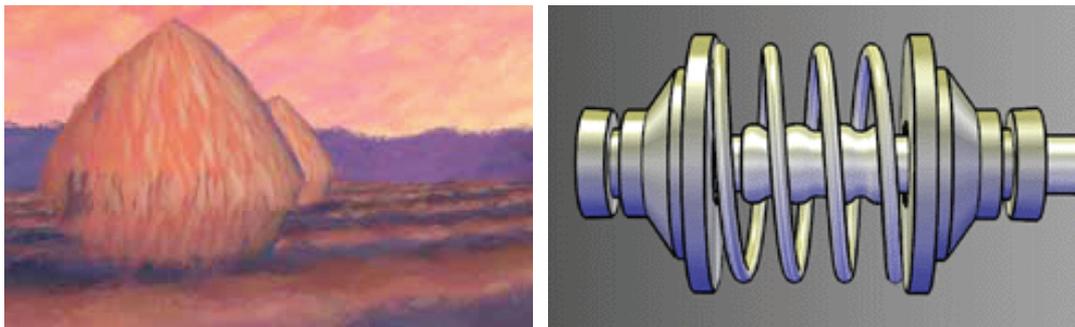
(l) Non-traditional perspective for viewing and modeling

- (ビューイングやモデリングのための今までとは違う透視図法を用いた NPR)
- (m) Stylized Motion and its Depiction
(動きの定型化と描画)
- (n) Scientific Visualization
(科学的な視覚化)
- (o) Computer Graphic Effect for Traditional Cel Animation
(セルアニメーションのための CG 効果)

これらを目的という視点で見ると、以下のように再分類できる。

- (A) 伝統的な手描き画材の再現 : (a) (b) (e) (f) (i) (j) (m)
- (B) 見やすさの向上 : (c) (d) (k) (n)
- (C) 3D 物体や 3D 空間の 2D 平面での表現 : (g) (h) (l) (o)

このうち、本研究に最も関連の深いものは(A)画材の質感表現である。この分野の研究の多くは画材のシミュレーション技法が論点であり、NPR 研究の中でも特に大きな流れとなっている。



(a) 絵画のアニメーション表現[16]

(b) わかりやすい表現のための NPR [17]

図 1-1 NPR の例

1. 1. 2 浸透性画材の NPR

画材のシミュレーションにも様々なものがあるが、特に染色に関係のあるものとして水彩画や墨絵などの浸透性画材の NPR があげられる。これらに関連して、筆によるストロークの描画表現や、絵の具や炭の色素が液体として画紙に染み込み、拡散する画材のシミュレーションの研究などが進められている。また、画家自身の絵を描く行為を反映するためにインタラクティブなインターフェースの提案も多い。

初期の墨絵風表現 (図 1-3 (a)) は筆によるストロークで表現されている[18]。この論文では筆の毛に対してインクを蓄える量を設定し、筆の移動によってインクの量が減ることによって筆のかすれたストロークなどを表現している。しかし、インク自身が

紙の上、または中を移動することは考慮されなかった。

その後、墨絵や水彩表現はストロークだけでなく、ストロークから派生する色素の拡散を考慮するモデルへと発展した。これらの研究では紙は2次元のセルの配列で表され、セル間での水と色素の移動をセルオートマトンによってシミュレートしている。その際、画紙の繊維によってセル間の結びつきの強さを決定することや、画紙の厚みによってセルの染料保有量を決定することで自然な拡散表現を行っている[1, 4, 6]。Curtis ら[7]は、水彩絵具を想定し、かすれ、重ね塗り、染み込み、にじみなどの表現を提案している。にじみのモデルは“絵の具の流れ”、“紙に対する色素の着脱”、“絵の具の紙への染み込み”の三つの要素で表現されている。支持体である紙の影響を高さとして考慮しながら、流体方程式を用いた物理ベースの手法によって、水彩画調の“にじみ”をリアルに表現している(図1-3(b))。Cho ら[8]は Lattice Boltzmann Equation を用いて Absorbent paper を想定したリアルな拡散による描画を GPU(Graphics Processing Unit: GPU)を用いてリアルタイムに表現する手法を提案している(図1-3(c))。また、Kunii ら[3]は墨絵の表現において Fick の法則(※)に基づき、陰解法によって拡散の計算を行った。彼らは紙の場所によって異なる繊維の方向や時間に沿って変化する墨の濃度によって、可変の拡散係数の値を考慮した拡散モデルを提案している。Kunii らの論文では Fick の法則を用い、インクの濃度によって変化する拡散係数を用いるところが第五章で紹介する本研究のモデルとの類似点である。更に我々は染色化学理論に基づき、濃度だけでなく繊維や染料の要素を取り入れた拡散係数の決定を行う。このように水彩画、墨絵風 NPR では物理ベースの手法によってリアルな表現が実現されている。

また、数少ない染色の表現研究としてろうけつ染めの NPR がある。Wyvill らは与えた蠟の範囲から距離によって蠟のヒビをシミュレートし、ろうけつ染めの表現を行っている[11]。その結果、実際のろうけつ染めの特徴を捉えたろうけつ染め風画像を数秒で作ることができる(図1-4)。しかし、布内での染料の拡散を時間軸に沿って表現するという我々の目的にはこの手法はそぐわない。

※Fick の法則は濃度勾配を下って粒子が移動する拡散現象を表す基本法則である。



(a) 墨絵表現[18]

(b) 水彩画表現[7]

(c) 東洋絵の具の表現研究[8]

図1-3 浸透性画材の NPR



図1-4 ろうけつ染めのシミュレーション[11]

1. 1. 3 布の表現研究

布への染み込みを計算するためには、布自体の特性を考慮しなければならない。Dragoら[19]は油絵における柔軟な布のキャンバスの表現を行っており、布の劣化や重力による変形を考慮しながら布を構成する縦糸と横糸の浮き沈みを定式化し、代表的ないくつかのキャンバスの織り布構造を3次元モデルで再現している(図1-5)。しかし、これらの研究では布繊維内での染料の拡散は考慮していない。

既存の布の質感表現研究では双方向反射分布関数(Bidirectional Reflectance Distribution Function: BRDF)を用いて光の反射特性を表現したもの[20-22]などがあるが(図1-6(a))、本研究では光の反射モデルについては扱っていない。2003年にAdabalaらが提案した手法[23]は布の糸を構成する更に細かい繊維の幅やその撻りの強さをパラメータとして与えることによって糸目単位のテクスチャを作り、WIF(Weaving Information File)に基づいてマッピングを行うことで布を表現している(図1-6(b))。本研究の第五章のモデルではこれを参考にし、レンダリングを行う。

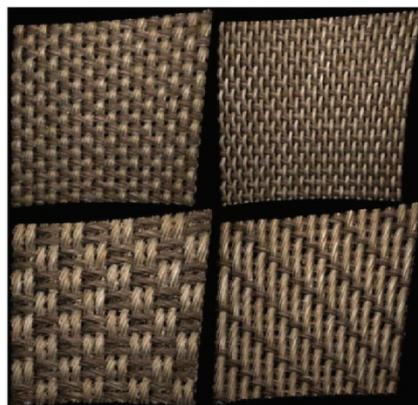


図1-5 油絵キャンバスの表現[19]



(a) サテン及びベルベットの質感表現[22]

(b) 織布の表現[23]

図 1-6 布の表現研究

1. 1. 4 染色化学分野での研究

染色現象は「平衡論 (熱力学)」と「速度論」に分けて研究され、解釈されてきた[12, 13]。平衡論では、仕込んだ染料量に対し、平衡染着量はどのように変化してゆくのかを議論している。平衡染着量を知ることは染色濃度のコントロールはもちろん、染着の本質や、堅牢度とも関係付けられる重要な事柄である。一方、速度論では染色はどのくらい時間をかければ終了するのか、染色速度にはどのような因子が関係するのか、が議論された。これはまだらを作らず、できるだけ効率よく染色するために速度のコントロールが重要であるからである[24]。本論文第四章及び五章ではこれらの理論に基づき、Fick の拡散方程式、拡散係数を求める染色速度論のモデル、平衡論の吸着モデルによって染色のビジュアルシミュレーションモデルを構築する。

1. 2 本研究の目的

本研究の目的は NPR における画材としての布染色モデルの確立である。2. 2 で紹介するように、染色技法には柄をそのままプリントし、ほとんど染料の拡散が起こらないようなものから、染料の拡散によって独特の風合いを表現するものなど様々なものがある。前者は工業分野でよく使われており、ここでは染色らしさは求められず、意図したデザインを正確に表現することが求められる。後者のような染色表現は他の描画や絵画の手法では表現するのが難しく、その特徴は染色技法によってしか表現されていない。その模様は布内での染料の物理的な拡散と染色技法による幾何学的な要素の組み合わせである。本研究では染色の中でも特にこの後者の染色表現を目的とし、これまでにほとんど扱われなかった染物の CG 表現を目指すものである。主に基礎となる布繊維内での染料の拡散に着目して研究を行い、染色技法による染料の分布などを扱う枠組みを提案す

る。染料の分布を与える部分ではいくつかの擬似的染色表現を提案する。

本研究では、実際の染色から視覚的に影響を与えると考えられる要素を取り出す。そして、それらにヒントに染色風画像の生成法を提案する。この要素とは染色過程・染色技法・染料と布、そしてこれらの要素をパラメータとして起こる染料の拡散などの物理的現象である。これらの要因によって染色独特の視覚的特徴が作り出される。本研究ではそれぞれの要素と物理現象を統合した染物表現を appearance ベース、physics ベース、そして染色理論を考慮した physics ベースの三つモデルによって実現する。そして、それぞれのモデルの実験、比較、考察を行う。