

インタラクティブレンダリングのための質感表現法

近藤 邦雄、佐藤 尚、尚 鳳武
埼玉大学工学部情報工学科

本研究の目的は、対話的に質感表現を行なう手法を考案し、意図した質感の特徴を高速に、かつ強調して表現することが可能な工業意匠製品のための表現システムを作成することである。そして意図した濃淡付けを行ない、さらに質感表現のために表面加工や模様を加えることにより一つの画像を得ることを目標としている。このために、1) 実物の質感の見えかた、イラスト図の質感表現を分析し、質感表現条件を明らかにする。2) 濃淡変化生成のための有理表現された2次曲線による濃淡表現法、3) 質感特徴パターン生成を対話的に行なうための手法を開発する。これによって、わずかな人の指示によって、表現したい質感の特徴を高速に、また強調して作画することが可能となった。

Exaggerated Representation of Textures for Interactive Rendering

KONDO Kunio, SATO Hisashi, Shang Feng Wu
Dept. of Information and Computer Sciences (DINCOS)
Faculty of Engineering, SAITAMA University (SUN)
255 Shimo-okubo, Urawa, Saitama, 〒338

This paper describes a very effective exaggerated method of textures for interactive rendering. A system for easily and quickly drawing high quality pictures with textures is discussed. Three rules of texture representation are presented on the basis of investigation by designers in industrial design fields. The topics described are: 1) shading control curve using rational quadratic curve segments; 2) generation of characteristic texture patterns; and 3) texture exaggeration curves. Highlight areas are emphasized by reflection representation of interactive shade control. The present method enables us to render high quality pictures with textures easily and quickly.

1. まえがき

3次元形状は幾何学的に拘束があり、人手では正確な作画が行ないにくい。形状設計において構想段階ではラフスケッチやポンチ絵を描きつつ試行錯誤によって自分の考えをまとめていく。このようなときに利用できる形状描画システムはCADにおける知的で創造的な作業を支援するものとして重要なものである。

従来から行なわれている物理法則による陰影計算は対話的に作図ができず、意図した表現がしにくいという問題があった。このため、作画する図に対して表現したい情報の強調、省略を行なうことはできない。

本研究の目的は、対話的に質感表現を行なう手法を考案し、表現したい質感の特徴を高速にかつ強調して表現することが可能な工業意匠製品のための描画システムを作成することである。意図した濃淡付けを行ない、さらに質感表現のために表面加工や模様を加えることにより一つの画像を得ることを目標としている。

このとき人が通常行なう作画法を整理し必要なパラメータとそれらから計算して濃淡などを生成する方法を提案する。人は自分の望んだ形、色、濃淡になるようにパラメータを画面上で指示をすることにより、意図した画像が得られるような描画法を構築することにある。

本研究では、このことを実現するために次のことを行なう。1) 実物の質感の見えかた、イラスト図の質感表現を分析し、人の作画法によるパターンの評価ならびに表現法の充実をはかる。このためにイラストレーターの描いたイラスト、実物の写真を集め、どのような質感特徴パターンが必要かを調査する。2) 反射の程度を変更するために有理表現された2次曲線による濃淡表現法を提案する。3) 質感特徴パターン生成を対話的に行なうための手法を提案する。ここでは、パターンを描画する範囲を指定する強調曲線と表現する材質に対応するパラメータ

を構築した。

これらの点において、従来の物理モデルを用いて材質を表現するような方法や、実物をスキャナ入力し、立体にその画像をはめ込むマッピング手法とはまったく異なるものであり、これらが本研究の特徴である。

以下、本論文では、第2章で質感表現の分析、第3章では濃淡制御による表面粗さ表現、第4章では質感特徴パターンの生成、5章では作画実験について述べる。

2. 質感表現の分析

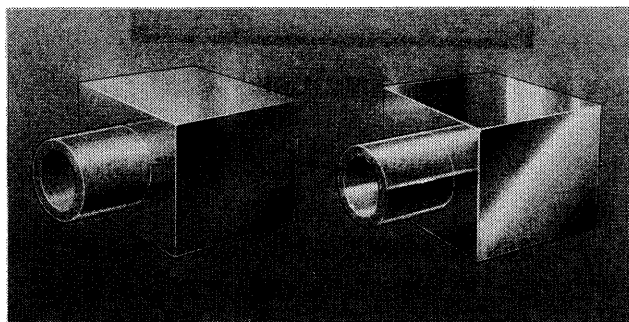
工業製品の説明をするために、その製品の一部分を透明にして、構造を分りやすく示したいというとき、写真では本当に製品の一部分を透明にした物を作らなくては撮影はできないが、イラストレーションでは自由に特定の部分を透明にできる。また、まだ作られていない製品でもイラストレーションでは、絵として他人に示すことができる。また、質感表現も自由で、一部分だけ材質をかえることも、透明にする事も可能である。また分りやすくするために図形の外形に補助線を入れたり、ハイライトを強調していたり、さらに濃淡の比率を変えることも可能である。

本研究では、このようなイラスト図において質感が区別できるような表現を取扱うことにする。

人が自分の手で質感表現をしようとするとき、まず質感とは何かをよく理解していなければならない。われわれは、様々なものがそれぞれ独特の材質をもって存在している。我々は経験から、それらがどんな性質のものであるかはだまかには知っている。硬い金属、柔らかい布、冷たく透明なガラス、あたたかい人肌といったぐあいに、多くの人が共通した材質感をもって認識している。それらの感覚は知識として固定されてきた。これらの知識に一致しない表現を行うと異なった

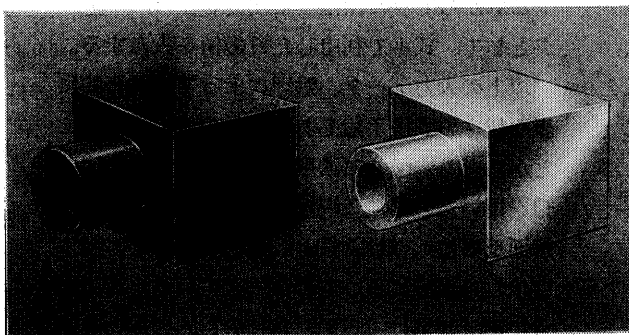
材質感として理解されてしまう。

主にイラストレーションの表現に使われている質感表現は、現実に近い条件で計算機によって作画された画像とは大きく異なっている。図1に芸術系の大学でレンダリングの基礎技術を教育するときに学生に提示している質感表現例である。



プラスチック

金属



ゴム

アルミ

図1 質感表現例

金属では、ハイライトは、強く、鋭く入っており、プラスチックでは、弱く鈍くはいつており、ゴムなどでは、鈍くはいつている。つまりハイライトを強く（明るく）鋭く（小さく）入れると、材質は硬く、表面は、滑らかになって

いるように感じられる。また、弱く鈍く（大きく）すると、材質は柔らかく、表面は粗くなっているように感じられる。

このような表面粗さの表現は拡散反射や鏡面反射の違いを表すことであり、濃淡付けの変化をゆるやかな感じから急激な変化の表現の変えることで可能となる。

この表面表現は基本的なものであるが、表面模様の違いも大きく影響する。この模様は人為的な加工によるものと自然物の模様がある。これらの多くは見慣れたものであり、デザイナーはそれらを区別して表現したり、描かれたものからそれらの材質を理解することが可能である。また一般の人でも描かれたものから材質を理解することはできる。つまり、表面模様を理解する共通のパターンが存在するといえる。この質感パターンを質感特徴パターンと呼び、特に表現したい部分を強調して描くことを行う。

さらに質感を的確に表現するには上記の要素の他に、材質の持つ色を考えてやればよい。材質には、基本的にその物独特の色があるものである。その色を使って濃淡表現を行えば、よりその材質の持つ特徴を明確に表現することができる。

以上をまとめると、イラスト図やデザイナーの作画法から質感の違いを示すために表現する場合、区別が容易になる条件は、1) 表面粗さの違い、2) 加工方法・表面模様の違い、3) 色の違いとなる。ここでは、この条件を質感表現条件と呼ぶことにする。本研究では、この質感表現条件のうち、第1の条件を有理2次曲線を用いて濃淡を制御する手法、第2の条件を質感特徴パターンの生成手法を用いて質感表現法を確立した。次にこの2つの手法について述べる。

3. 濃淡制御による表面粗さ表現

3.1 濃淡変化生成のための 有理表現2次曲線セグメント

表面粗さの表現は、ハイライトや陰影の範囲や濃淡の変化に関係があり、これらの成分がすべて互に影響し合っていると考えられる。従って、粗さを表現するために、濃淡付けを効果的に行うことが必要である。

表面粗さ、反射を表現する濃淡付けを行うとき、大きく分けて2つの方法がとられる。その1は、与えた色をなめらかに補間するように塗っていく方法、その2は、ある色を背景色とし、一部分ずつの色を修正する方法である。その1は筆者らが提案した濃度分布曲線に自由曲線を用いることで実現できる。1,2,3,)

以下では、その2を用いた粗さの違いを表現するための濃淡付け変更法として用いた有理表現の2次曲線の制御法と粗さ表現手順を説明する。

本研究では、人の意志に応じて濃淡の強さを制御し、表面の反射状態を表現する。このために、2次曲線の値を濃淡に対応させ、その形を変化させることによって濃淡変化を作り出す。この濃淡制御のために曲線を指定するための点列に対して、少ない影響しか受けない状態から非常に強く影響を受けるような表現が可能なパラメータを利用できる次の有理表現された2次曲線セグメントを用いる。⁵⁾

$$P = (P_0 + a_1 * T + a_2 * T * T) / (1 + e_1 * T + e_2 * T * T) \quad (1)$$

$$a_1 = -2 * P_0 + (2 + e_1) * P_1$$

$$a_2 = P_0 - (2 + e_1) * P_1 + (1 + e_1 + e_2) * P_2$$

$$(0 \leq t \leq 1)$$

$e_1=0, 10, 100, 100, e_2=0$ として作画した例を図3に示す。

e_1, e_2 が、 $e_1=0, e_2=0$ のとき放物線、 $e_1=1, e_2=0$ のとき双曲線、 $e_1=0, e_2=1$ のとき楕円となる。このように、式1で示される有理2次曲線式は、一般に2次Bezier曲線式で表現される放物線だけでなく、双曲線や楕円も計算可能である。

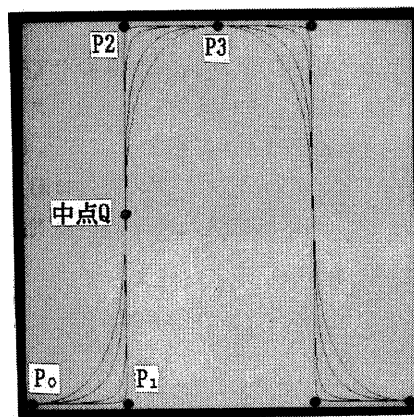


図3 有理2次曲線

3. 2 表面反射を表現する濃淡変化制御

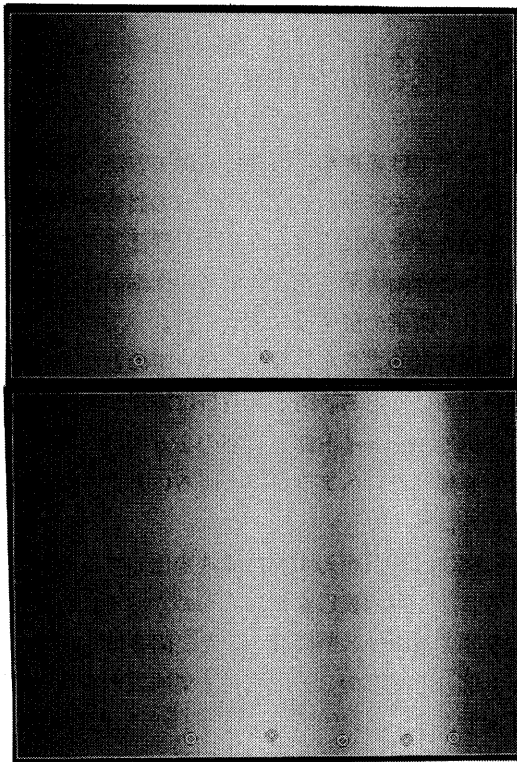
表面反射を表現する濃淡変化制御の実現のために、上述の2本の2次曲線セグメントの接続を利用する。このために次のような制御データの入力と処理を行う。まず、図3に示すように制御データとして、2次曲線制御点を4点入力する。次に点P1, P2の中点Qを求める。この点Qで2本の2次曲線が接続できる。

これからできた濃淡を変化させるためのデータとして、式1で利用した e_1 の値を入力する。

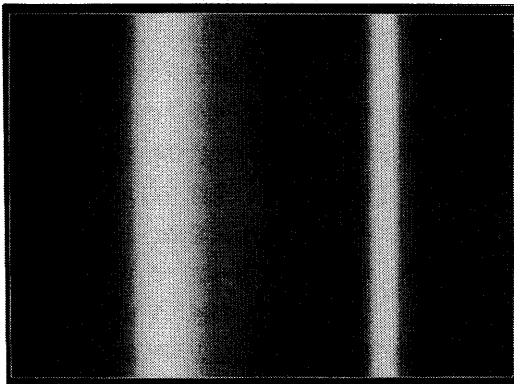
以上の入力データ、処理によって、対話的に表面粗さの表現手段である反射の表現を行うことができる。図4に濃度分布曲線と有理2次曲線を用いたの濃淡表現例を示す。拡散反射から鏡面反射に近づけようとしたものである。図1に示した質感に近いものができている。このように濃淡制御によって、各種の質感の違いを表現する第1の条件を満たすことができる。

4. 質感特徴パターンの生成

4. 1 質感特徴パターン



(a) 濃度分布曲線による濃淡付け



(b) 有理2次曲線による濃淡付け

図4 表面粗さ表現

質感特徴パターンとは、質感を表現するための表面模様であり、前述の表面粗さの違いを表す濃淡付けされた面に加える白黒画像データである。この質感特徴パターンを用いて、第2の

質感表現条件である表面模様の区別を明確に判別できる表現法を提案する。

この質感特徴パターンの生成には、大きく2つの処理が必要である。第1は表面加工や模様の生成、第2はパターンの強調部分を指定する範囲と強調の具合を決定する表現強調曲線の計算である。この2つの処理によって、作成されたパターンは、単純な模様でなく、作成者の意図によって強調したいイラスト部分が効果的に表現ができる。この点が従来のテクスチャマッピングで用いる実物画像のテクスチャパターンとまったく異なる。

第1の処理で作成する模様は表したい材料の加工方法や材料がもつ特有の模様であり、すべての模様をひとつの方法で生成することは現在の段階では実現されていない。本研究では特徴パターンを生成するために、デザイナーの描画法を分析し、機械的な作図処理を計算機処理で実現できるようにする材質、表面模様表現に適した必要なパラメータをまとめることを行った。このパラメータを選択することによって、意図に合った質感の作図が可能である。

第2の強調範囲、強調具合を表現する処理は、表現強調曲線と範囲指定線分を用いて行う。表現強調曲線とは、特徴パターンと濃淡画像の合成割合を決めるものである。したがって、一般に直線や2次曲線、自由曲線など各種の線種を用いることができる。本研究では、2次曲線セグメントを用いて表現強調曲線を生成した。範囲指定はフリーハンド線分を用いて、表現強調曲線の両端の位置を設定するようにした。

また、質感特徴パターン法では、第1の生成法がなく実物画像を利用したい場合はテクスチャパターンを白黒画像として取込んで第2の処理を行うことによって、パターン生成の処理を省略することも可能である。この実物画像利用はテクスチャプレートと呼ばれる実物を用いて、それを紙の下にして鉛筆などでこすって、模様を浮き出させるフロッタージュ法と同一のデザイン手法のシミュレーションとなる。

ここでは、工業デザイン分野でよく見かけるヘアライン、梨地の質感特徴パターンの生成について述べる。

4.2 質感特徴パターンの生成例

質感特徴パターンの生成のために、どのようなパラメータを与えることが必要であるかを実物の写真、イラスト図をもとに調査し、整理した。その結果を以下に示す。

(1) ヘアラインの質感特徴パターンのパラメータ

1) ラインの色の強さ、強調曲線の指定：ラインの凸凹の量を表現

2) ラインの間隔および、3) ラインの幅：加工程度の違いを表現

4) 強調曲線の影響範囲を示す2本の線分：ヘアラインの描画範囲を決定するデータである。これはヘアラインの長さを指定することに対応する。この範囲をもとに乱数で長さや描く位置を変化させる。

(2) 梨地の質感特徴パターンのパラメータ

1) 表示画素の色の変化具合：地の凸凹の量を表現するもので、色を強調曲線に従って色の濃さを加減算する。色変更画素は乱数で決定する

2) 表示画素の大きさ：表面の粗さの区別（凸凹の範囲が大きくなる）を行う。ここで表示画素とは表示のために扱う単位で、画面上で任意の大きさを指定できる。最小の大きさは画面の一画素である。

3) 強調曲線の指定と2本の線分による領域指定：梨地の描画範囲を決めるデータである。

この2つの例から分るように、人手で経験的に行っている各種の操作を計算機処理に置き換えるためには、1) 表現すべき内容を分析し入力パラメータとして整理すること、2) すべてを自動的に行うのではなく、意図した作画を可能にするために表示画像に対して、直接、対話的にパラメータの変更ができることが必要である。

5. 質感表現の作画実験

ここでは表面粗さの違い、加工方法・表面模様の違いを区別するための2つの質感表現条件を満たすために作成した手法を評価するために行った作画実験を示す。以下の作画例は、縦横300画素の解像度で作成した。

図5はヘアラインを背景色一定のところに描いたものである。図6は背景に濃淡がある場合の例でハイライト部と暗部の2カ所にヘアラインを描いた。ヘアラインの明るいところは白とした。

図7は背景がわずかに濃淡変化しているところに広く梨地表現を試みたものである。色変化をする画素を3割程度とした。図8はハイライト部分と暗部の2カ所に広く梨地表現を行った例である。

6. まとめ

インタラクティブな質感表現を行なうために、様々なイラスト図、実物の質感分析を行い、人が理解し区別できる質感表現条件を明らかにした。そしてこの質感表現条件のうち、第1の条件を満たすために有理2次曲線を用いて濃淡を制御する手法、第2の条件を満たすための質感特徴パターンの生成手法を用いた質感表現手法を開発した。これによって、わずかな人の指示によって、表現したい質感の特徴を高速に、また、強調して作画することが可能となった。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費の補助を受けて行われた。

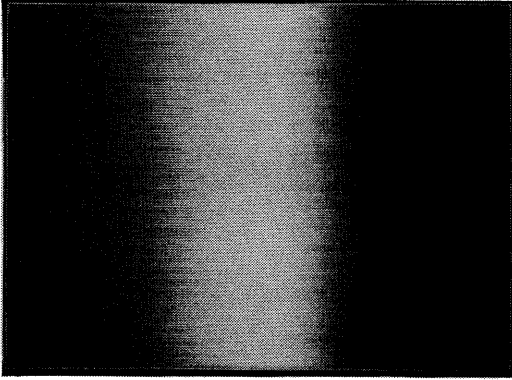


図5 ヘアラインの描画例

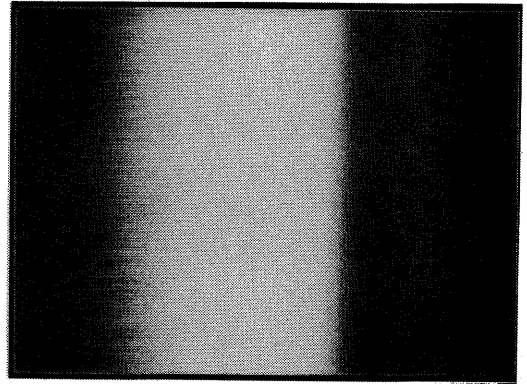


図6 ヘアラインの描画例

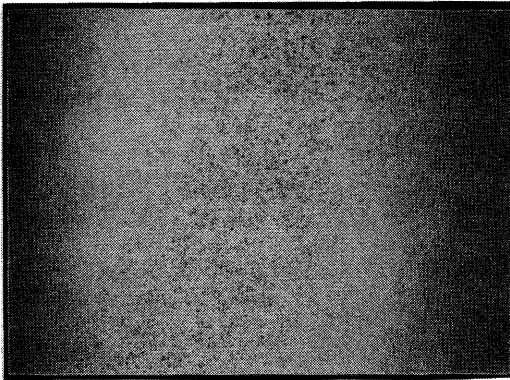


図7 梨地の描画例

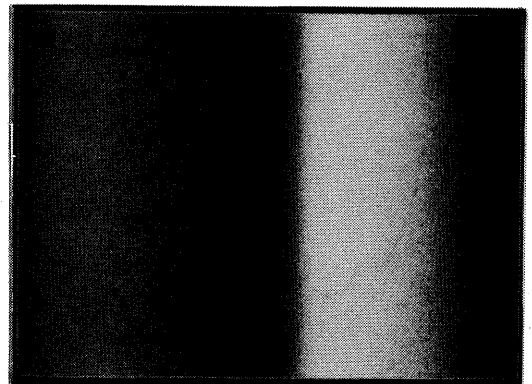


図8 梨地の描画例

参考文献

1. 近藤、木村、田嶋：レンダリングのための対話型透視図作画手法 情報処理学会論文誌 1988.8, vol29.No8, 721~728
2. 近藤、木村、田嶋：レンダリングのための濃淡表現 図学研究、Vol.39
3. 近藤、木村、田嶋：インタラクティブレンダリングシステムによる 情報処理3次元形状の表現 1985, Vol.26, No11, 1401
4. 近藤、木村、田嶋：An Interactive Rendering Technique for 3-D Shapes EUROGRAP HICS'85
5. 芳田、小野、田嶋：大学教養コンピュータ図学、コロナ社、1976