

モノクロレンダリングのためのテクスチャ描画手法

関谷英明 島田繁広 近藤邦雄 佐藤尚 島田静雄

hide@kc.ics.saitama-u.ac.jp

埼玉大学

浦和市下大久保 255

モノクロの線画イラストレーションには、絵画的美しさだけでなく、情報伝達能力に非常に優れている面がある。これに着目して、CADなどに見られる多面体近似した三次元形状モデルの形状、陰影、質感などの様子を線画を用いてより分かり易く伝達する手法について述べる。

本論文では、各種線画イラストレーションを観察することにより、対象物の特徴を強調して描画する手法を分析し、描画手法としてまとめた。さらに、それらの手法に従った画像を計算機を用いて生成するため、質感をテクスチャを用いて表現するアルゴリズムを提案し、それを実装した作画システムを開発した。

TEXTURE DRAWING METHOD FOR MONOCHROME RENDERING

Hideaki Sekiya Shigehiro Shimada Kunio Kondo
Hisashi Sato and Shizuo Shimada

Saitama University
255 Shimookubo, Urawa, Saitama, Japan 338

Monochrome pen-and-ink illustration can communicate not only pictorial beauty but also what an object has characteristic information well. We pay attention to it and introduce a series of graphics algorithms which render image so as to communicate forms, shades and textures.

We observed some pen-and-ink illustration and analyzed methods of drawing characteristic information which used emphasized effects. Then we developed interactive graphics tool with this algorithms.

1 はじめに

ペン画などに代表される線画モノクロイラストレーションが注目を集めている。線画モノクロイラストレーションは写実性という点ではカラーイラストレーションより劣るが、

- (1) 色彩に関する知識、技術を必要としない
- (2) 作画コスト、印刷コストが安い
- (3) 情報伝達という点で、カラー画像より優れた面がある
- (4) 芸術性という点で、カラー画像とは違った魅力がある

といった利点がある。これらに注目して、(3)の特徴を生かした、対象物の特徴を素早く正確に伝えることのできる画像を生成する研究がなされており、白黒画像の特徴強調、省略による理解しやすい画像を生成する研究^{[1][2]}が行なわれている。

このような画像は、表現内容を受け手に正しく伝えること、理解するまでの時間が短いことを目的として生成されており、実際に利用されている例としてテクニカルイラストレーションがある。テクニカルイラストレーションは、次のような特徴をもつ線画である。

- (1) 立体形状を正確に伝達できる
- (2) 無機的ではなく、絵画的美しさを兼ね備える
- (3) 機械図面と違い、読むのに専門知識を必要としない
- (4) 材質などの質感を伝達することでよりわかりやすい図にする
- (5) 物体の特徴を短時間で理解できる

テクニカルイラストレーションは工業製品の説明書などでしばしば使われるもので、フォルム、陰影、質感などの情報を伝えることを目的としている。それらの特徴を強調、省略し表現することで、カラー画像に比べそれらを正しく短時間で理解できる利点がある。しかし、作画のほとんどが人手によって描かれているため、次のような問題点が生じている。

- (1) 画質が描き手の経験やセンスに大きく左右される

- (2) 描画時間がかかる
- (3) 描き直しや変更などの作業に手間がかかる

といった問題点がある。(1)は、陰影や質感の効果的な表現方法が定まっていないことから、描き手が数多くの作画経験を踏むことでそれらを身に付けなければ、よい図が描けないことが原因となっている。(2)は、線画の特徴として、面を点や線を描き加えることで表現するため、カラーイラストレーションに比べ細かいペンタッチが非常に多くなるためである。(3)はモノクロ線画に限ったことではないが、作業効率に大きく影響する。このように、人手によるモノクロ線画は、いくつかの問題点がある。これらの問題点を解決するには、立体を表現したモノクロイラストレーションの長所を生かす描画ルールのアルゴリズム化によって、作画を自動化することは有効であると考えられる。しかし、現在のところこのような描画システムは見られない。

本論文では、これらの分析から、線画テクニカルイラストレーションを対象として、経験やセンスを持った熟練者の表現手法を分析し、表現ルールをまとめ、このルールに従ったモノクロイラストレーションを描くための、テキストチャを用いたアルゴリズムを提案する。さらに、それを用いて対象物の特徴がよく表れているモノクロイラストレーションを、誰でも簡単に作画することのできるシステムを構築することを目的とする。

2 線画表現の分析

テクニカルイラストレーションなどの線画の有用性は、対象物の特徴情報の伝達能力に優れているところにある。画像によって対象物の持つ特徴を正確に伝達するには、

- (1) 外形や、面と面のつながり方(形状)
- (2) 奥行きや、影の付き方(陰影)
- (3) 表面の手触り、硬さ(質感)

の表現が不可欠である。これらを伝えることで、見えない部分の形状や、触れて感じることでない手ざわりなどを受け手に理解させることができる。線画は、白黒2値しか用いないため、実物の持つ色彩の微妙な変化でこれらを表現することはできない。

そのため、これらの要素を表現するのに、リアルなカラー画像とは異なった手法を用いており、それぞれ次のような手法を用いている。

2.1 線による表現

人は、実際に物体を見た時に明暗や色彩の変化によって周囲と物体、面の境目を判別する。しかし、線画では色を用いて表現することはできないので、対象物を線で囲むことでその形状を表現する。面と面が接触している辺のうち、一方の面が見えないものを輪郭線、両方が見えるものを内形線と呼ぶ。線による表現では、太く描いた部分ほど強調される。これらの線の描画ルールは、強調描画手法として以下のようにまとめられている。^[1]

- (1) 陰になる部分の線を太くする。これを陰輪郭線という。
- (2) 輪郭線は、陰輪郭線に比すこし細くする。
- (3) 輪郭線と交わる線分は、交点部よりわずかに離す。
- (4) 内形線を細く描く。稜線を構成する2つの面が可視面であるとき、その稜線を内形線という。
- (5) 小さな丸みを持つ稜線はハイライトが生じる。このハイライト線を細く切れた線で示す。
- (6) 輪郭線と内形線が生じる曲線では、太さ変化を付ける。

図1(a)に、輪郭線を描いて形を強調した表現例を示す。

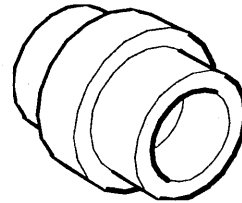
2.2 トーンによる表現

線画では面の中に点や線を描き込んでいく表現が多く見られる。同じようなパターンの線や点を細かく並べて面を埋めると、その面にグレーの濃淡が生じる。パターンの疎密によって明るいグレー、暗いグレーのようなトーンの効果を出すことができ、このトーンを用いて、物体の陰影の様子を表現している。

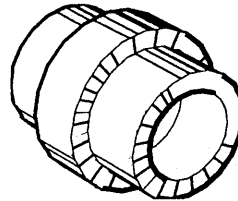
また、この時に用いたトーンには、点や線の組合せによって、陰影表現の他に、質感を表現する役割

もある。このトーンを表面の凹凸や固さに応じて構成することで、質感を表現することができる。

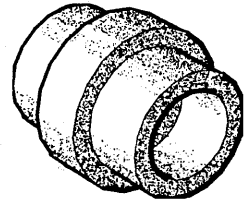
この時に用いられる線や点のトーンはさまざまなものが使われるが、特にテクニカルイラストレーションでよく使われるのが図1(b)のように平行線を並べたもので、この手法を用いると、面が均一な感じになり、表面が滑らかで硬い質感を与える。また、図1(c)のように点を連続して打ったドットパターンもよく使われる。これはハッチングとは逆にざらざらとして柔らかい質感を与える。



(a) 輪郭線による表現



(b) 線による表現



(c) ドットによる表現

図1: 特徴を表現したイラスト図の例

3 テクスチャによる質感表現アルゴリズム

本章では、前章で述べた描画手法をもとに、線画テクニカルイラストレーションを計算機を用いて描画するアルゴリズムについて述べる。

3.1 アルゴリズムの特徴

本章で提案する描画アルゴリズムは、3次元形状モデルを透視変換した投影図に、強調描画手法を適用し、テクニカルイラストレーションとして描画す

るものである。従来のCADソフトなどが出力した投影図は、質感表現に乏しいものであったが、強調表現によってそれを補うことができる。

本アルゴリズムは、次のような表現技術を持っている。

- (1) 対象物の各面に、自動的に陰影を付ける
- (2) 対象物の質感を描き分ける

(1)の機能によって、線画を描画する時に面内に施す点や線などのトーンの濃淡制御が自動化される。この作業は、人手で行なうと多くの時間を必要としたが、同じような形の点や線を繰り返し描く単調なものなので、計算機による自動化は有効である。(2)の機能は、描きたい質感に応じて適切な点や線のパターンをテクスチャとして生成し、物体の各面に施すことで実現するものである。

3.2 処理の手順

アルゴリズムのテクスチャ描画までの処理は、図2のようになる。

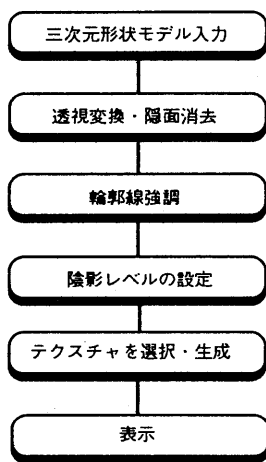


図2: テクスチャ描画処理

物体ごとに質感を設定し、面の輝度値や質感に応じたテクスチャを作成しそれを用いてフラットシェーディングをするという順序になる。

3.3 テクスチャの生成

本アルゴリズムでテクスチャを生成をするときには、二種類のデータが必要である。一つは面データで、これはテクスチャを施す面の頂点の座標値、Lambertの余弦則を用いて求めた面の輝度である。もう一つは、質感データで、これは描画する物体が何でできているかという情報である。

質感データをもとに、強調描画手法に従ってテクスチャパターンを選択する。さらに、面の輝度からパターンの密度を決定する。表示は、面を透視変換し、隠面消去をした後、生成したテクスチャをクリッピングして表示する。

3.4 テクスチャパターンの選択

本アルゴリズムでは次のようにテクニカルイラストレーションによく用いられる材質別に特徴を考察し、それに基づいてテクスチャパターンを選択する。

3.4.1 金属

直接反射光が強く発生するため、光源からの光を強く受ける部分はより明るくなり、それ以外の部分は暗くなる。その結果面はハイライトが強調され、強く鋭いハイライトとなり、全体的に高いコントラストを持つ。直線的なパターンであるハッチングを用いてシャープな感じを出すテクスチャが有効である。図3は、金属の最も暗い面からハイライトまでの変化の様子を表したものである。

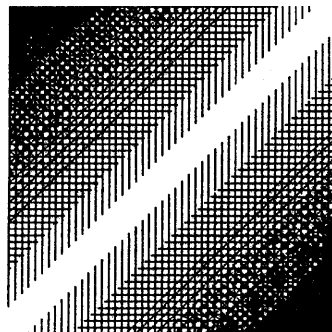


図3: 金属の表現

3.4.2 ゴム

ゴムは表面の直接反射光はほとんどなく、弱く鈍いハイライトとなり、コントラストは弱い。テクスチャパターンはゴム特有のざらつきを表現するためにドットを用いて表現する。図4は、金属と同様にゴムについて表現したものである。

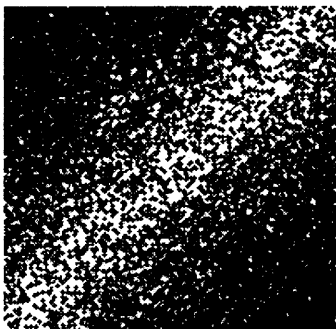


図 4: ゴムの表現

3.4.3 皮革

皮革は表面に特有の光沢があり直接反射光が強いため、金属と同様にハイライトが強調されコントラストが高い。表面のしわなど独特な質感はテクスチャで短線を用いて模様を描画することで表現する。図5は皮革について変化の様子を表現したものである。

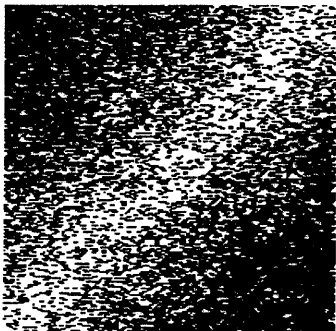


図 5: 皮革の表現

4 レンダリングシステム More

本節では、前節で述べたアルゴリズムを実装した、レンダリングシステムについて説明する。

4.1 特徴

レンダリングシステム More は 3 次元形状モデリングしたデータを読み込んで透視変換した投影図に対し、各種強調描画手法を施すためのシステムである。入力ファイル形式は独自フォーマットの他、DXF ファイルフォーマットをサポートしている。出力デバイスにはディスプレイの他、ページ記述言語 PostScript 対応プリンタが使用でき、画像をディスプレイ上でインタラクティブに変更しながら描画できる。図6に本システムのシステム構成を示す。

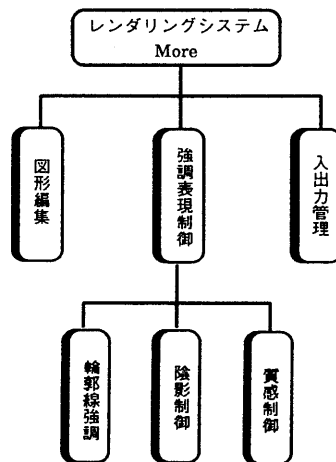


図 6: システム構成

4.2 動作環境

レンダリングシステム More は、Xlib および OSF/Motif を用いて作成されており、X11R4～6 での動作を確認している。入力デバイスにはマウスを用いる。

4.3 ユーザーインターフェイス

本システムは描画に関しては全自動なので 2 次元ドローイングツールのようなものはない。ユーザは

メニューから機能を選ぶだけでよい。機能としては透視変換、隠面除去の他に輪郭線強調、ハッチング、ドット、短線による陰影、質感表現がある。

質感を描く場合は、ユーザからの材質の指定を受け、描画する。

5 作画例と評価

次に、前節で述べたアルゴリズムを実装したシステムを作成し、ワイヤーフレームモデルにテクスチャを施してレンダリングした例を図を示す。図7はハッチングを、図8はドットをそれぞれ施したものである。図7の方は硬い質感、図8の方は軟らかい質感がそれぞれ感じられる。さらに、図9にフレームに金属、タイヤにゴム、サドルに皮革の質感を施したものを示す。それぞれ違うパターンを施したところは違った材質に見え、質感が描き分けられている。

6 結論

本研究では、モノクロの線画を、計算機上でテクスチャを用いて生成するためのアルゴリズムについて提案し、ワイヤーフレームモデルに対して適用するシステムを作成し作画実験を行なった。この結果次のことがわかった。

- (1) 面にテクスチャを用いてグレーのトーンを表現することで、白黒2値の線画でも陰影を表現できた。
- (2) 各材質の特徴に応じてテクスチャを制御することで、違った質感を描き分けることができた。

参考文献

- [1] 島田他：ドット・ラインシェーディングによる白黒画像のための強調描画手法、グラフィックスとCADシンポジウム論文集、pp41-47 (1994.9)
- [2] 島田他：3次元形状のための白黒画像の強調描画手法、Visual Computing '95 予稿集、pp108-109 (1995.6)
- [3] Michael P.Salisbury, Sean E.Anderson, Ronen Barzel, David H.Salesin : Interactive Pen-and-Ink Illustration, Proc. SIGGRAPH'94 (1994)
- [4] Georges Winkenbach, David H.Salesin : Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration, Proc. SIGGRAPH'94 (1994)
- [5] Siu Chi HSU, Irene H.LEE : Drawing and Animation Using Skeletal Strokes, Proc. SIGGRAPH'94 (1994)
- [6] T.Saito, T.Takahashi : Comprehensible Rendering of 3-D Shapes, Proc. SIGGRAPH'90, vol.24, No.4, pp.197-206 (1990)
- [7] A.L. グブティル：ペンで描く、マール社 (1979)
- [8] 近藤 邦雄：インタラクティブレンダリング法による3次元形状に関する研究 (1987)
- [9] 近藤、神原、他：レンダリングのための対話型線画表現法、図学研究第55号、pp11-15 (1992.3)
- [10] 神原、他：3次元形状表現のための白黒画像の描画法、情報処理学会論文誌、Vol.34、No.8、pp1762-1769 (1993.8)
- [11] A.L. グブティル：ペンで描く、マール社 (1979)
- [12] 近藤 邦雄：インタラクティブレンダリング法による3次元形状に関する研究 (1987)
- [13] 近藤、神原他：レンダリングのための対話型線画表現法、図学研究第55号、pp11-15 (1992.3)
- [14] 神原、他：3次元形状表現のための白黒画像の描画法、情報処理学会論文誌、Vol.34、No.8、pp1762-1769 (1993.8)

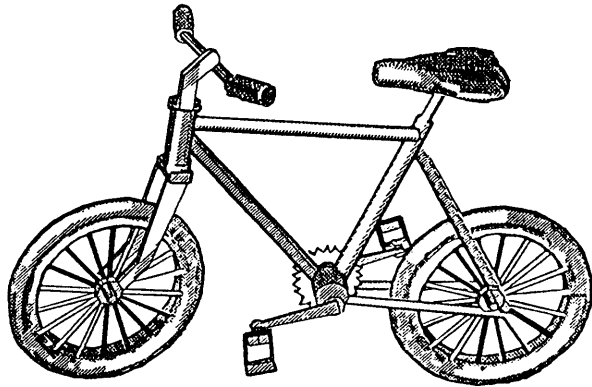


図 7: ハッチングでの表現

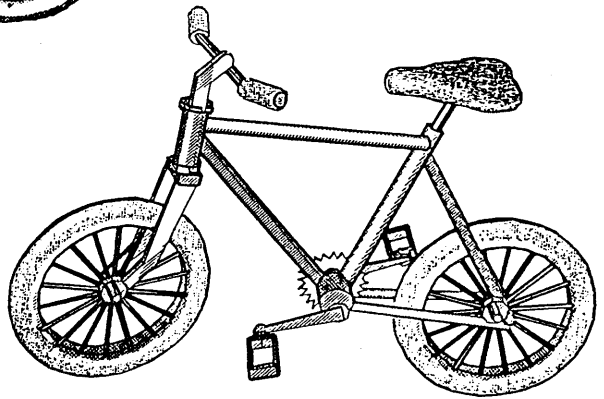


図 9: 違った質感の表現

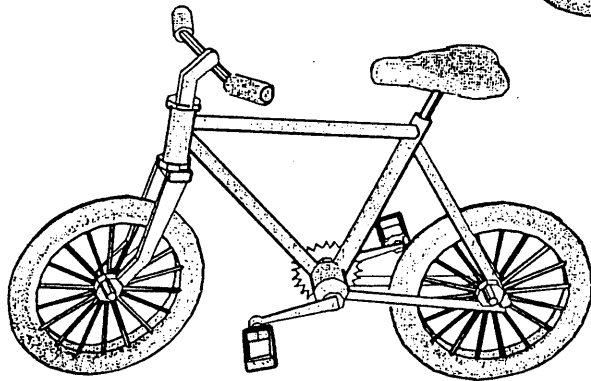


図 8: ドットでの表現