

爬虫類皮革の質感表現の一手法

東海彰吾[†] 安田孝美[†]
横井茂樹[†] 鳥脇純一郎[†]

本論文はコンピュータ・グラフィクス (CG) における爬虫類皮革の表現手法について述べたものである。CG の分野では自然物の表現方法に対する関心が深まっており、さまざまな対象について研究が行われている。しかし、生物、特に爬虫類などの動物に関する研究は、これまでにほとんど行われていない。ヘビやトカゲ、あるいはワニなどの爬虫類の皮革はハンドバックなどの製品として利用される比較的身近な対象であり、その表現手法は皮革製品のデザインや各種の映像制作などへの利用が考えられる。本論文では爬虫類皮革の最も顕著な特徴であるウロコの並びによる模様を注目し、特にワニの皮革の表現方法を中心に、ポロノイ分割などの幾何学的な手法を用いた爬虫類皮革の表現方法について述べる。具体的には、(1)シードの配置と移動とを工夫した2段階のポロノイ分割を用いてウロコの模様を多角形で表現し、(2)この多角形にベジェ曲線で設定した断面形状を用いて立体的な皮革データを生成し、(3)生成した皮革データを曲面にマッピングして表示を行うものである。本手法による皮革データを製品形状にマッピングして表示することにより、製品デザインへの応用の可能性を確認した。

A Method for Rendering Skins or Leathers of Reptiles

SHOGO TOKAI,[†] TAKAMI YASUDA,[†] SHIGEKI YOKOI[†]
and JUN-ICHIRO TORIWAKI[†]

In this paper, we discuss a method for rendering skins or leathers of reptiles such as lizards, snakes, crocodiles, etc. with computer graphics. Leathers of reptiles that are used for a handbag or a belt are constituted by many scales, and these scales make characteristic pattern. The scale pattern of the leather can be generated by Voronoi division and Bezier curves. The detailed explain is as follows. The first step is to make polygons of scale pattern by Voronoi division. The second step is to make a three-dimensional leather model from the scale pattern and a cross section defined by Bezier curve. The last step is to map the leather pattern onto surfaces. Rendering industrial leather products such as handbag or belt with our proposed method, we confirmed that our method is useful for industrial design.

1. はじめに

コンピュータ・グラフィクス (CG) の分野では、計算機による物体の形状、質感、動きなどのよりリアルな表現を目指して、さまざまな表現手法が提案されている。最近では、特に岩石や火炎などの自然物や自然現象、あるいは人間や動植物などの生物を対象とした表現手法の研究が盛んに行われている^{1)~4)}。人間以外の動物を対象とした研究としては、キリンやシマウマなどの体表面の模様をリアクション-ディフュージョンを用いて生成する方法が報告されている^{5)~7)}。しかし、製品材料として使用される動物の皮革そのものの

表示については、人間が描いたり、実際に撮影した皮革のマッピングによる表示が行われている程度であり、質感表現のためのモデルについての報告はない。著者らは、CG による人間の皮膚や動物の皮革の質感表現について研究を行っており、本文では、爬虫類の皮革 (主としてワニ皮革) を対象として、その形状特徴に注目した幾何学的手法による皮革テクスチャの生成と、これを用いた皮革の質感表現の一手法について述べる。本手法は、皮革製品など工業デザインへの応用が可能である。

ところで、計算機によりテクスチャを生成する技術としては、以下の2種類に大別できる。1つは、信号処理的な方法でテクスチャを生成するもので、フーリエ変換等を用いた手法や雑音成分を利用した生成手法などが報告されている^{8)~12)}。これは汎用性が高い手法

[†] 名古屋大学工学部情報工学科
Department of Information Engineering, Faculty
of Engineering, Nagoya University

であるが、個々の対象の質感をきめ細かく表現するには限界がある。もう一方は、テクスチャの生成手順に個々の対象の持つ特徴のモデル化を積極的に導入する方法であり、人間の皮膚や石垣パターンの生成が報告されている^{13),14)}。これは対象の高度な質感表現を得るのに必要な手法であるが、この方向で皮革を扱うことのできる手法は報告されていない。

2. 爬虫類皮革の特徴

一般に、皮革が製品材料として利用される爬虫類としては、ヘビ・トカゲ・ワニなどがあり、財布やハンドバッグなどに加工される。爬虫類皮革の最大の特徴はウロコによる独特の文様であり、動物の種類によってもさまざまなウロコの形状や並びがあり、これが材質感に大きく影響している。図1は実際のワニ皮革(腹部)¹⁵⁾であるが、一面に隙間なく並んだウロコの文様(以下、ウロコ・パターン)が見られ、まず基本的に、

- (1) 1つ1つのウロコはほぼ四角形で、その配列は規則正しい。
- (2) 左右のパターンの境界部分に独特の文様(左右の接合文様)が生じている。
- (3) ウロコの大きさが、中央から左右端に行くにつれて小さく変化している。
- (4) 立体形状はほぼ偏平で、境界部分は溝になっている。

のような特徴が観察される。さらに、細部に注目すると

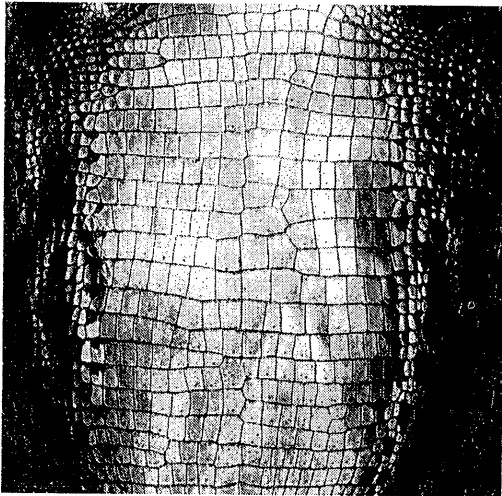


図1 実際のワニ皮革(腹部)
Fig. 1 Skin of crocodile's body.

(5) ウロコの配列に分岐・融合が起こっている。

(6) ウロコ自体の形状も、場所により変化している。

などの性質が見いだされる。これらの特徴は一般のワニにも見られる特徴であり、本文では基本的なワニ皮革の特徴である上記特徴(1)~(4)に着目し、CGによる皮革テクスチャの表現手法を提案する。

3. 皮革テクスチャの生成

提案する皮革テクスチャの生成は次の2段階の処理により行われる。まず、(1)ボロノイ分割を利用してウロコ・パターン(線図形)の生成を行う。次に、(2)ウロコの立体形状を設定して立体的な皮革テクスチャを生成する。

3.1 ウロコ・パターンの生成

基本的ウロコ・パターンの生成には、ボロノイ分割を用いる(図2)。ボロノイ分割とは、平面上に配置された有限個の基準点(これをシードと呼ぶ)が与えられたとき、最近傍則によって平面を排反な多角形群に分割する手法である¹⁶⁾。ボロノイ分割により生成される図形に対してシードの配置を制御することにより、細胞の配列のようなパターンの生成が可能である。これらのパターンを個々のウロコと対応させることができることから、皮革テクスチャの生成手法の1つとしてボロノイ分割は有効であると考えられる。しかし、一般に個々の領域をさまざまな形状に分割するボロノイ分割では、各領域がほぼ四角形の規則正しい配列となるワニ皮革のようなウロコ・パターンの形状生成に直接適用することは、困難である。そこで、先に述べた皮革の特徴を実現するために、シードの配置と変位方向を制御するボロノイ分割を2段階で使用することによってワニ皮革のウロコ・パターンを生成する。なお、ウロコ・パターンは、縦方向に y 軸、横方

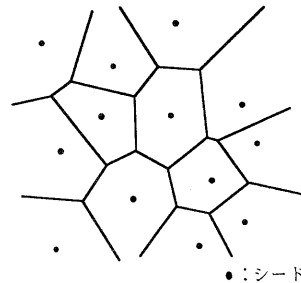


図2 ボロノイ分割
Fig. 2 Voronoi-division.

向に x 軸を取った正方形領域の中に生成することとする。2段階の分割では、まず(1) y 軸方向の分割を、次に(2) x 軸方向の分割を行い、これにより、ほぼ四角形のパターンの生成を行うことができる。この2段階処理はともに以下に示す4つの処理から構成される。

処理1：シードの配置

各段階で特有のシードの配置を行うが、基本的に格子点上の等間隔な配置とする。ここでは生物の大局的に見た規則的な部分の表現のため、等間隔の格子点を考える。

処理2：シードの移動

シードの間隔 D に対する変位度 a と値域 $[-1, 1]$ の一様乱数 Rnd を用いて、シードの変位量 M を次式のように求める。

$$M = D \cdot a \cdot Rnd \quad (1)$$

これは、生物の局所的に見た不規則な部分の表現となる。

処理3：ポロノイ分割

計算幾何学的アルゴリズム¹⁷⁾を用い、連続平面上での分割を行う。

処理4：揺らぎ処理

生体らしさの表現のために行い、分割によって得られた多角形の各辺を中点変位法¹⁸⁾を用いた疑似フラクタルにより変形するものである。

これらの処理を、三角格子点と正方格子点に対して行い生成したパターンを図3に示す。シードの移動量の違いによって生成されるパターンは変化するが、適当な変位度を与えることにより、ワニ皮革(図3(f))やヘビ皮革(図3(b))のようなパターンを得ることができる。しかし、先に述べたワニ皮革の特徴を考えると、このままではワニ皮革のパターンとしては、不適當であると考えられる。

以下では、ワニ皮革のウロコ・パターンの生成のための2段階の処理手順を具体的に述べる。

(1) 縦方向の分割処理(図4)

第1段階では、縦方向の分割と中央部の重なり合いパターンの生成を行う。縦方向の分割は、 y 軸に平行にシードの列を配置したポロノイ分割を行うことによって得られる。また、中央部のパターンを作るために初めのシードの配置を中心軸の両側に軸に関して対

称な位置にしている。以下に縦分割の処理手順を示す。

処理1： y 軸に平行で中心軸から等距離(d)の2直線上に等間隔にシードを置く。

処理2：乱数を用い、 y 軸に平行な方向へ式(1)の変位量だけ各シードを移動する。

処理3：シードを基準にしてポロノイ分割を行う。

処理4：ポロノイ多角形の辺に対し、疑似フラクタルを用いて揺らぎ処理を行う。

縦方向の分割処理により生成される図形パターンを図5に示す。これにより、ワニ皮革に見られる、中央部の重なり合いパターンが生成されていることがわかる。このそれぞれの多角形に対して次の横方向の分割処理を施す。

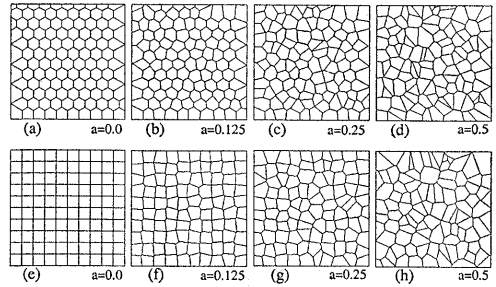
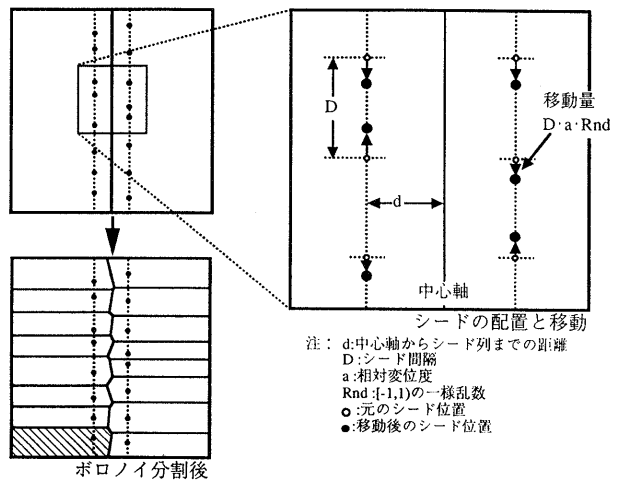


図3 三角格子(a-d)および正方格子(e-h)を基としたパターン生成例
Fig. 3 Generated pattern examples based on (a)-(d): triangle-mesh, (e)-(h): square-mesh.



注： d : 中心軸からシード列までの距離
 D : シード間隔
 a : 相対変位度
 Rnd : $[-1, 1]$ の一様乱数
 \circ : 元のシード位置
 \bullet : 移動後のシード位置

図4 縦方向の分割処理
Fig. 4 Vertical division process.

(2) 横方向の分割処理 (図 6)

第2段階では、第1段階で生成されたパターン(多角形)の内部を横方向に分割して、最終的なパターンを作る。横方向の分割は、 x 軸に平行なシード列からボロノイ分割を行うことによって得られる。ただし、中心から両端に向かってパターンのサイズを小さくするために基準のシードの配置間隔を順に小さくする。以下に第2段階の手順を示す。

処理1: x 軸に平行にシードを置く。この際、シードの間隔は左右の両端に近づくほど狭くする。

処理2: 乱数を用い、 x 軸に平行な方向へシードを移動する。

処理3: シードを基準にして第1段階の多角形の内部でボロノイ分割を行う。

処理4: 分割後の多角形の辺に対し、疑似フラクタルを用いて揺らぎ処理を行う。

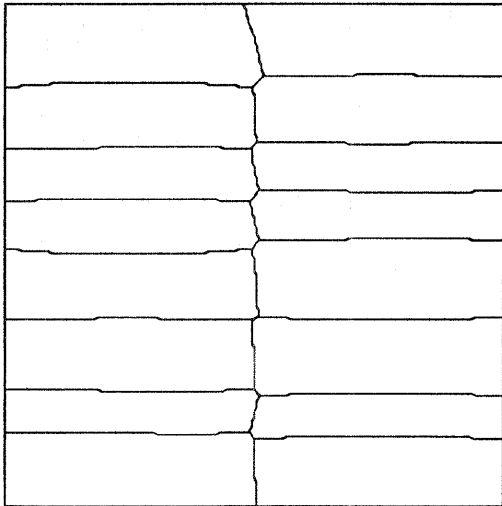


図 5 縦方向分割後のパターン
Fig. 5 A pattern example after vertical division process.

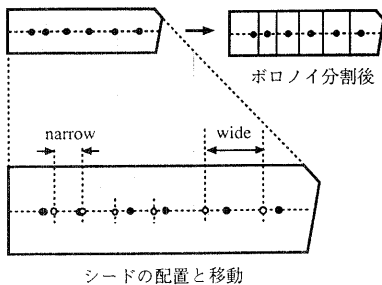


図 6 横方向の分割処理
Fig. 6 Horizontal division process.

これら2段階の処理により生成されたウロコ・パターンの線図形の一例を図7に示す。このパターンは多角形群であり、個々の多角形がウロコに対応している。生成されたパターンは、2章で述べたワニ皮革のウロコ・パターンの特徴(1)~(3)をほぼ満たしている。

各パラメータの、生成されるパターンへの影響を図8~10に示す。以下の処理では図7のパターン生成に用いた $d=1.0 D$, $a=0.25$, $p=0.015$ のそれぞれの値を用いる。

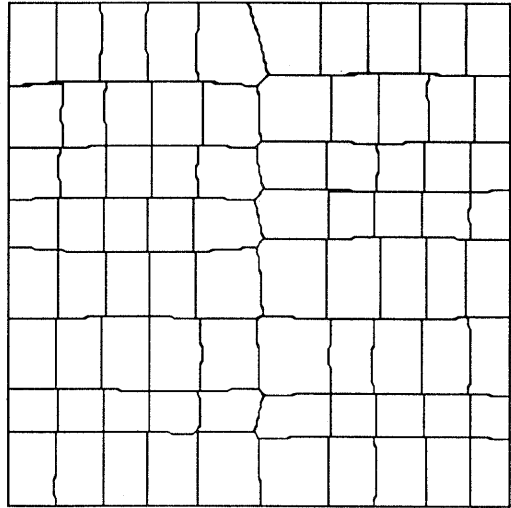


図 7 横方向分割後のパターン
Fig. 7 A pattern example after both vertical and horizontal division process.

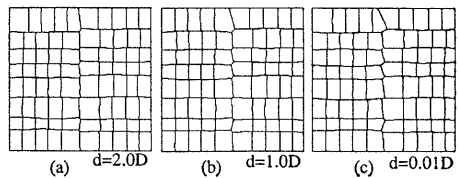


図 8 中心軸からの距離の影響
Fig. 8 Effect of the distance from center line (parameter d).

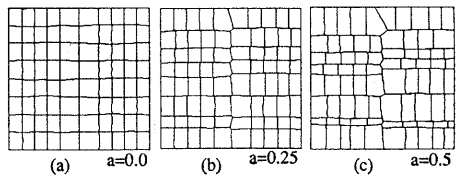


図 9 相対変位度の影響
Fig. 9 Effect of the relative variance (parameter a).

3.2 立体形状の設定

前節で生成された平面的なウロコ・パターンに立体形状を与えることにより、三次元の皮革テクスチャを生成する。皮革テクスチャの立体形状は、3次ベジェ曲線により与えられたウロコの断面形状により設定する。3次ベジェ曲線は以下の式で与えられる。

$$P(t) = (1-t)^3 p_0 + 3t(1-t)^2 p_1 + 3t^2(1-t) p_2 + t^3 p_3$$

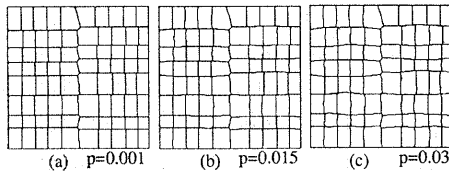


図 10 揺らぎ処理の大きさの影響
Fig. 10 Effect of the perturbation.

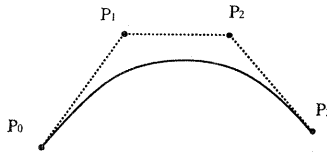


図 11 3次ベジェ曲線
Fig. 11 Bezier curve.

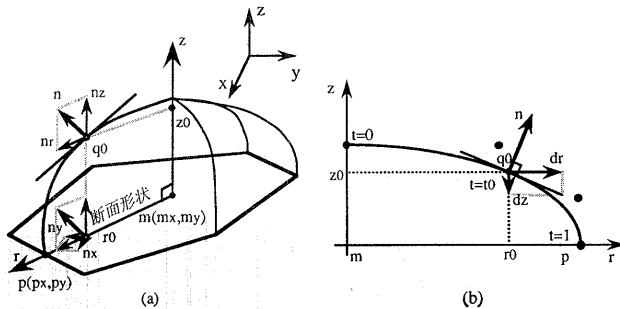


図 12 立体形状と法線ベクトルの設定
Fig. 12 Calculation of 3D-shape and normal vectors.

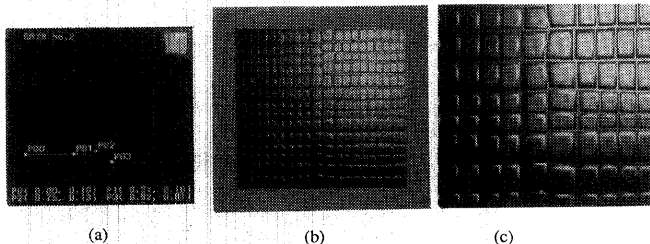


図 13 凸な皮革テクスチャ表示例
(a) 断面形状, (b) 皮革テクスチャ, (c) 拡大図
Fig. 13 Convex leather texture.
(a) sectional shape, (b) texture, (c) close-up of (b).

$$(0 \leq t \leq 1) \quad (2)$$

これは、4個の制御点 (P_0, P_1, P_2, P_3 : 位置ベクトル) によって設定される曲線である (図 11)。この曲線を用い、以下の手順で立体形状を設定する (図 12)。

まず、ウロコ・パターンのある1つの多角形について、頂点の座標からその重心 $m(m_x, m_y)$ を求める。 m から多角形の辺上の一点 $p(p_x, p_y)$ の方向に r 軸を取り、この軸上にベジェ曲線を断面形状として与える (図 12 (a))。曲線上の任意の点 q_0 の位置 (r_0, z_0) は、曲線のパラメータ $t=t_0$ ($0 \leq t_0 \leq 1$) を式 (2) に代入することにより計算される。また、シェーディングの際に重要となる法線方向のベクトル $n(n_x, n_y, n_z)$ は、式 (2) を t で微分して得られる式 (3) より求められる dr, dz (図 12 (b)) および、 r 軸の $x-y$ 平面上での方向ベクトル (n_x, n_y) から求められる。なお、各変数の間には式 (4) の関係が成り立っている。

$$\frac{d}{dt}P(t) = 3\{-(t^2-2t+1)p_0 + (3t^2-4t+1)p_1 - (3t^2-2t)p_2 + t^2 p_3\} \quad (3)$$

$$\begin{cases} n_x = p_x - m_x \\ n_y = p_y - m_y \\ n_r = \sqrt{n_x^2 + n_y^2}, \quad n_z = -\frac{dr \cdot n_r}{dz} \end{cases} \quad (4)$$

これを、多角形の各辺について計算し、3.1 節で生成されたすべての多角形について同様の処理を行うことにより、皮革テクスチャ全体の形状が決定する。本文では、試行錯誤的に定めた断面形状を用いており、図 13 および図 14 は、凸あるいは凹なウロコを想定した断面形状と、生成された立体的な皮革テクスチャの表示例である。ウロコ・パターンの多角形の辺の部分 (図 12 (a) の点 p) では、2章で述べた特徴 (4) の溝ができるように制御点を工夫する必要がある。また、複数のベジェ曲線を接続して用いることにより不連続な断面形状を含む、より複雑な形状を扱うことも可能である (図 15)。図 13, 14, 15 の断面形状のベジェ曲線の制御点の座標値を表 1 に示す。

4. 製品モデルとマッピング

CG による皮革製品の生成を考えた場合、曲面などによる製品形状の構成とそ

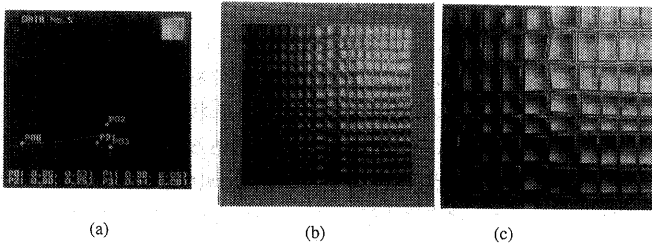


図 14 凹な皮革テクスチャ表示例
(a) 断面形状, (b) 皮革テクスチャ, (c) 拡大図
Fig. 14 Concave leather texture.

(a) sectional shape, (b) texture, (c) close-up of (b).

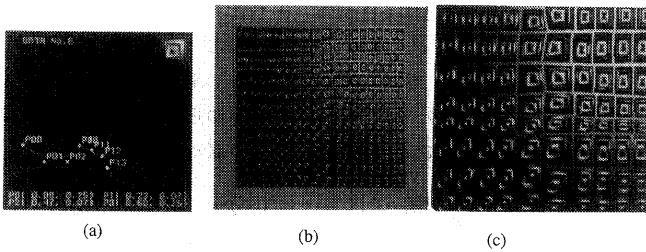


図 15 2つの曲線を接続した断面形状による皮革テクスチャ表示例
(a) 断面形状, (b) 皮革テクスチャ, (c) 拡大図

Fig. 15 Sectional shape of two curve segments and leather texture.
(a) sectional shape, (b) texture, (c) close-up of (b).

表 1 断面形状のベジエ曲線の制御点

Table 1 Control points of Bezier curves for sectional shape.

図番号	曲線数	制御点の座標
図 13(a)	1	(0.0, 0.1), (0.51, 0.1), (0.75, 0.13), (0.92, 0.0)
図 14(a)	1	(0.0, 0.03), (0.8, 0.05), (0.9, 0.25), (0.94, 0.0)
図 15(a)	2	(0.0, 0.25), (0.23, 0.07), (0.47, 0.07), (0.6, 0.25) (0.6, 0.25), (0.73, 0.2), (0.85, 0.13), (0.9, 0.0)

の曲面への皮革テクスチャの貼り付け (マッピング) が重要な問題となる。本研究では3次ベジエ曲面による製品のモデリングを行った。3次ベジエ曲面は以下の式で与えられる (図 16)。

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 p_{ij} B_i(u) B_j(v)$$

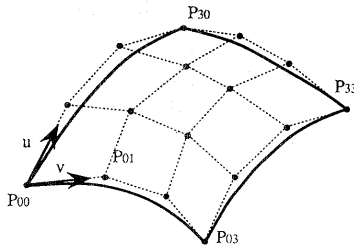


図 16 3次ベジエ曲面
Fig. 16 Bezier surface.

$$B_k(u) = \frac{3!}{k!(3-k)!} u^k (1-u)^{3-k} \quad (0 \leq u, v \leq 1) \quad (5)$$

この曲面は、16個の制御点 ($P_{00} \sim P_{33}$: 位置ベクトル) によって設定され、曲面上の座標 (軸・値) が皮革テクスチャのマッピングに適している。つまり、曲面上の点は2つの座標値 ($0 \leq u, v \leq 1$) を持ち、皮革テクスチャの平面上の座標値 (x, y) との対応をとることができる。これにより曲面上のある点に、皮革テクスチャのどの部分をマッピングするかが決定できる。ただし、曲面の形状を決定する16個の制御点の与え方によっては、 u, v の値は空間座標からみると、かなり歪んだものとなることがあり、マッピング後の皮革テクスチャにも影響がでる。そこで、空間座標の値も利用してマッピングすべき皮革テクスチャ上の座標値を決定している。現段階では、ほぼ短冊状の曲面に対する皮革テクスチャ上の長方形領域のマッピングが可能である。

皮革テクスチャのマッピングには、直接立体形状を用いない簡易的な手法であるバンプマッピング¹⁹⁾を利用する。

5. 表示結果

製品を構成する曲面はポリゴンのパツ

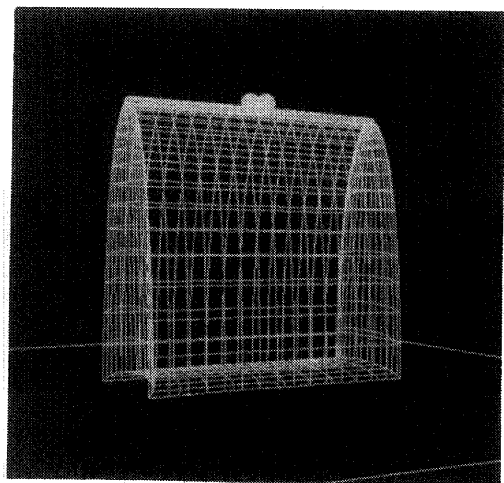


図 17 製品形状モデル (ワイヤフレーム)
Fig. 17 Wire-frame image of handbag model.

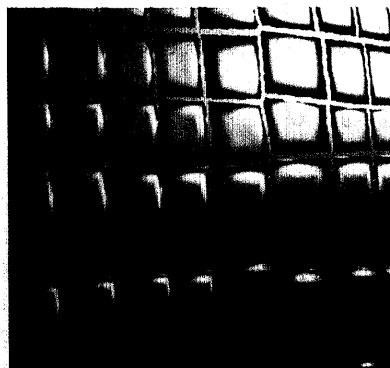
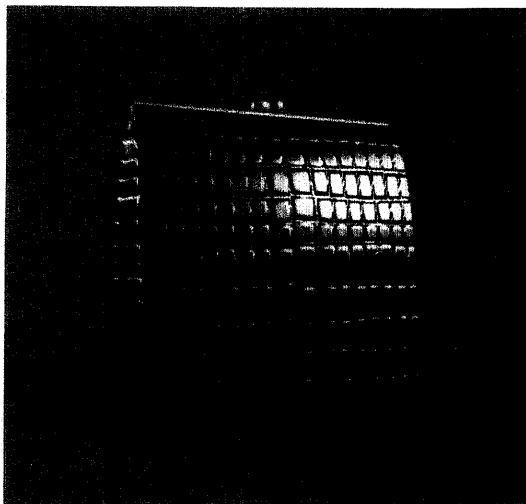


図 18 表示例—ハンドバッグ

Fig. 18 Mapped handbag and its close-up.

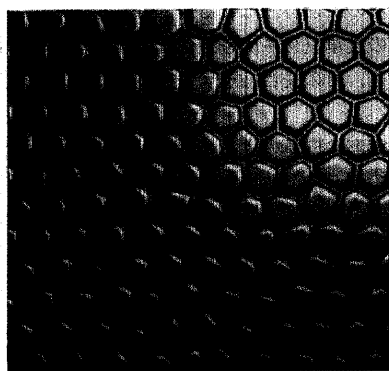


図 19 表示例—ベルト

Fig. 19 Mapped belt and used leather texture (generated from Fig. 3(b) and Fig. 13(a)).

チ群で表されており、各パッチに対して、その頂点に3次元の座標値と曲面の法線ベクトル、およびマッピングに必要な u, v の値を与えておく。パッチ内部の点に関するパラメータは、頂点におけるそれらの値から線形補間により求める。皮革テクスチャのマッピングは、シェーディングの際に行い、陰面消去にはZ-バッファ法を用いる。なお、ポリゴンの影の処理やアンチエイリアシングなどは行っていない。

図 17, 18 はハンドバッグを想定した皮革製品形状(ワイヤフレーム)と、試作した皮革テクスチャ(図

13(b)) をマッピングして表示した例である。製品の形状は、先に述べた3次のベジェ曲面によるセグメント7個、球形のセグメント2個により構成されている。シェーディングには、プリンのモデル²⁰⁾を用い、皮革および金具はそれぞれ試行錯誤的に求めた反射パラメータにより陰影付けを施している。なお、光源は2個の点光源を用いた。また、図 19 はウロコ・パターンとして三角格子を利用した図 3 (b) のパターンを、断面形状として凸な断面である図 13 (a) を用いた皮革テクスチャを用いたヘビ革のベルトの表示例で

ある。

本研究では SGI 社の IRIS-Crimson (CPU : R4000, 85 MIPS), プログラム言語は C を使用した。図 18 の生成に要する時間は、約 2 分である。

6. む す び

爬虫類の皮革の質感表現の一手法として、ポロノイ分割を利用した皮革テクスチャ生成のための CG モデルについて述べ、これにより生成された皮革表示例を紹介した。表示実験の結果、本文で提案した皮革テクスチャ生成モデルは、爬虫類皮革の形状表現においてほぼ満足のいく結果が得られた。しかしながら本モデルは完成されたものではなく、以下に示す課題を今後解決することにより、より実物に近い表示が可能となると考えられる。

(1) 本文では、ウロコの配列と形状に着目したが、各種のパラメータは試行錯誤的に決定したものであり、皮革の反射特性などもほとんど考慮されておらず、実際の皮革(ワニ皮革製品など)との比較検討が必要であり、その妥当なモデルを得ることは重要である。

(2) 実際の皮革のさらに複雑な配列や形状を表現するためのモデルの改良が必要である。例えば、実際には複雑な分布をしているウロコの法線ベクトルが、モデルでは断面形状の面上に存在しており、より自然なテクスチャとするためには、フラクタル手法の導入などの考慮が必要である。また、本文で考慮しなかった特徴への対応も必要である。

(3) 今回提案したポロノイ分割によるウロコ・パターン生成法の生物学的妥当性についての検討も必要であり、より厳密なモデルにするためには、パターンの発生要因も考慮する必要がある。

(4) 実際の皮革製品は、ほぼ平面である皮革材料から立体形状を作り出すため、皮革テクスチャのマッピングに際しては、展開図と立体形状との関係を知る必要がある。

(5) 実際の皮革加工の仕上げ方の違いなどの質感に与える影響が考えられ、それを考慮した皮革テクスチャについても考えて行きたい。

(6) 本文では、主としてワニ皮革を対象にしたが、一般によく利用される牛や羊など、他の皮革に対する質感表現の手法の研究も重要であり、これらの対象に対する本手法の応用などについても考えたい。

謝辞 ご指導いただいた石井智海氏(花王(株)文理

科学研究所)、基本的な実験・考察をしていただいた名古屋大学工学部の倉地忠彦氏(現(株)リンクス)に感謝します。また、日頃からご討論いただく鳥脇研究室の皆様にも感謝します。

参 考 文 献

- 1) 安田孝美, 横井茂樹: 布独特の材質感を表現するシェーディング・モデル, 日経 CG, No. 41, pp. 150-159 (1990).
- 2) Miller, G.S.P.: The Motion Dynamics of Snakes and Worms, *Computer Graphics*, Vol. 22, No. 4, pp. 169-178 (1988).
- 3) 動物, 植物の CG 表現とその応用, 情報処理学会研究会報告, グラフィクスと CAD, 91-CG-52 (1991).
- 4) 渡辺保日児, 末永康仁: 三角柱と房のモデルによる頭髮像の生成, 信学論, Vol. J73-D-II, No. 3, pp. 367-373 (1990).
- 5) Turing, A.M.: The Chemical Basis of Morphogenesis, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 237, pp. 37-72 (1952).
- 6) Turk, G.: Generating Texture on Arbitrary Surfaces Using Reaction-Diffusion, *Computer Graphics*, Vol. 25, No. 4, pp. 289-298 (1991).
- 7) Witkin, A. and Kass, M.: Reaction-Diffusion Textures, *Computer Graphics*, Vol. 25, No. 4, pp. 299-308 (1991).
- 8) Lewis, J.P.: Texture Synthesis for Digital Painting, *Computer Graphics*, Vol. 18, No. 3, pp. 245-252 (1984).
- 9) Haruyama, S. and Barsky, B.A.: Using Stochastic Modeling for Texture Generation, *IEEE CG & A*, Vol. 4, No. 3, pp. 7-19 (1984).
- 10) Perlin, K.: An Image Synthesizer, *Computer Graphics*, Vol. 19, No. 3, pp. 287-296 (1985).
- 11) Perlin, K. and Hoffert, E.M.: Hypertexture, *Computer Graphics*, Vol. 23, No. 3, pp. 253-262 (1989).
- 12) Lewis, J.P.: Algorithms for Solid Noise Synthesis, *Computer Graphics*, Vol. 23, No. 3, pp. 263-270 (1989).
- 13) 石井智海, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎: 表面の微細形状に注目した皮膚の質感表現の一手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 5, pp. 645-654 (1991).
- 14) Miyata, K.: A Method of Generating Stone Wall Patterns, *Computer Graphics*, Vol. 24, No. 4, pp. 387-394 (1990).
- 15) 大石: ワニの民, メラネシア芸術の人びと, 冬樹社 (1983).
- 16) 伊理(監), 腰塚(編), ほか: 計算幾何学と地理情報処理, 共立出版, 東京 (1986).
- 17) 杉原厚吉: パターン認識の道具としてのポロノイ

イ図構成算法の整備, 情報処理学会研究会報告, グラフィックスと CAD, 89-CG-37, 1-8 (1989).

- 18) Fournier, A., Fussell, D. and Carpenter, L.: Computer Rendering of Stochastic Models, *Comm. ACM*, Vol. 25, No. 6, pp. 371-384 (1982).
- 19) Blinn, J.F.: Simulation of Wrinkled Surfaces, *Computer Graphics*, Vol. 12, No. 3, pp. 186-192 (1978).
- 20) Blinn, J.F.: Models of Light Reflection for Computer Synthesized Pictures, *Computer Graphics*, Vol. 11, No. 2, pp. 192-198 (1977).

(平成4年10月6日受付)

(平成6年1月13日採録)



東海 彰吾 (正会員)

昭和43年生。平成3年名古屋大学工学部情報工学科卒業。平成5年同大学院博士課程前期課程修了後、同後期課程に進学し現在に至る。コンピュータ・グラフィックスにおける自然物の質感表現に関する研究に従事。



安田 孝美 (正会員)

昭和34年生。昭和57年三重大学工学部電気工学科卒業。昭和62年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了。同年同大学工学部情報工学科助手。平成5年同大学情報文化学部助教授となり、現在に至る。この間、昭和56年、日本学術振興会特別研究員。工学博士。CG, VRの基礎手法とその各種応用に関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本 ME 学会各会員。



横井 茂樹 (正会員)

昭和24年生。昭和46年名古屋大学工学部電気工学科卒業。昭和52年同大学院博士課程修了。名古屋大学助手, 三重大学助教授, 名古屋大学工学部助教授・教授を経て, 平成5年同大学情報文化学部教授となり, 現在に至る。工学博士。画像処理, コンピュータ・グラフィックスの基本手法とその医学応用に関する研究に従事。電子情報通信学会, コンピュータ・グラフィックス学会, 日本 ME 学会, 日本形成外科学会, 日本コンピュータ支援外科学会各会員。



鳥脇純一郎 (正会員)

昭和14年生。昭和37年名古屋大学工学部電子工学科卒業。昭和42年同大学院博士課程修了。同年4月名古屋大学工学部助手。以後、昭和45年同助教授, 昭和49年名古屋大学大型計算機センター助教授, 昭和55年豊橋技術科学大学情報工学系教授, 昭和58年名古屋大学工学部電子工学科教授を経て, 昭和60年4月より同情報工学科教授。工学博士。パターン認識, 画像処理, グラフィックス, および, それらの医学情報処理への応用に関する研究に従事。著書「パターン認識の画像処理」(朝倉書店), 「認識工学」(コロナ社)。電子情報通信学会, 日本 ME 学会, 医療情報学会, 人工知能学会, IEEE 各会員。