

## ポリゴンモデルのイラスト風半透明表現

伊藤 翔愛      藤代 一成      大野 義夫

慶應義塾大学 理工学部 情報工学科

## 1 背景と目的

近年様々な2Dテクスチャマッピングの手法が提案されてきたが[1],そこでは不透明および透明なオブジェクト表現が扱われている一方で,半透明なオブジェクトは表現されていない.半透明物体は実生活でよく見かけられるため,これを表現できるようにすることで,より多くのシーンにおける2次元画像を生成することが可能となる.

本研究では,テクスチャを用いて半透明なオブジェクトをイラスト風,特に砂絵風に表現する手法を提案する.ここでは,不透明なテクスチャを用いて半透明なオブジェクトを表現することを目的としている.不透明なモノクロ調のテクスチャで半透明効果を出すためには,背景の明るさを考慮して明るさを調整したテクスチャを貼ることが重要となる.本手法では簡易的なトゥーンシェーディングを用いてテクスチャの明るさの基準を決定し,オブジェクトの厚みを考慮して,各ポリゴンに明るさを相対的に調整したテクスチャを貼り付ける.そうしてできた画像を従来法による画像と比較して,本手法の半透明効果を検証する.

## 2 半透明の表現

ここでは,本手法において重要な,テクスチャの明るさを決定する方法について説明する.

## 2.1 テクスチャの明るさ

本手法では,テクスチャの明るさを決定する方法としてNewellの公式を用いている.Newellの公式では,半透明な面が重なって見える部分のRGB値を算出することができるため,これをテクスチャの明るさに適用する.

## 2.2 明るさの修正

実際の半透明物体は,その厚みが増せば増すほどその物体の色が主となり,背景にある物体の色の影響は小さくなっていく.本研究では,これをテクスチャの明るさに置き換えて考慮し,オブジェクトの厚みは,視点からレイを飛ばしたときにオブジェクト内を通過する経路長で表現する(図1).明るさの修正には,

$$k = \frac{1}{dist1 + dist2} \quad (1)$$

という係数をNewellの公式に加えるという方法をとる.ここで, $dist1$ は視点から注視するポリゴンまでの距離,

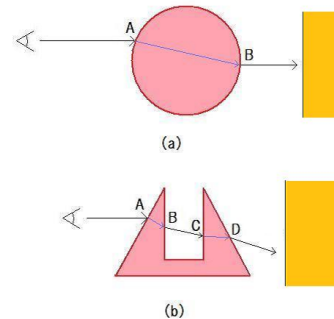


図1: オブジェクトの厚みの定義. オレンジ色の部分は背景. (a) 青色で描かれたAB間の経路長を厚みとして使用する. (b) オブジェクト空間オブジェクトと数回に分けて通過する場合は, AB間, CD間でそれぞれの係数を使用して修正する.

$dist2$ はオブジェクトの厚みを表す.この係数は,“オブジェクトが厚いほど暗く感じる”,“視点からオブジェクトまでの距離が遠いほど,その先の景色が見えにくい”という経験則に基づく.オブジェクト内の光の減衰はvolume rendering equationで考慮できるが,ここでは計算量を考慮して,オブジェクト中の経路長のみを計算に用いることとした.図2(b)のように複数区間にわたって通過する場合は,まずCD間について修正してから,AB間について修正するといったように,後方から順に修正を施していく.この場合の係数 $k$ は,各区間で個別に算出する.

また,可視ポリゴンの明るさの決定には簡易的なトゥーンシェーディングを用いる.通常のシェーディングではなく,光源方向のベクトルとポリゴンの法線ベクトルとの内積の値を用い,光源の影響を少数のクラスに分けて考えることで,テクスチャそのものと合わせてイラスト風効果を出すことができる.

この流れをまとめたアルゴリズムを次に示す.

## FOR ポリゴン DO

#Newellの公式(係数 $k$ による修正を含む)

$$b_p = \alpha_0 C_0 + (1 - \alpha_0) \{ \alpha_1 k C_1 + (1 - \alpha_1) \alpha_2 C_2 \}$$

#簡易的なトゥーンシェーディング(クラス数: 8)

#クラスに応じて明るさを補正

$$b'_p = b_p + a_i$$

ENDFOR

ここで、 $k$  は式 (1) で定めた係数、 $b'_p$  はポリゴンの (修正後の) 明るさ、 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  は、それぞれ視点から見て手前のポリゴン、奥のポリゴンおよび背景の不透明度、 $C_0, C_1, C_2$  はそれぞれの (本来の) 明るさ、 $a_i$  はクラスごとの明るさの補正值を表す。明るさのクラス分けは、基本的に前述の内積によって行っているが、ポリゴンの影となる部分は、例外として最も暗くなるクラスに分類する。また、クラス数やクラスごとの範囲および補正值は、試行錯誤により、表 1 の値に設定した。

表 1: 簡易的なトゥーンシェーディング

クラス番号	値の範囲	補正值
0(明るい)	(0.9, 1.0]	+40
1	(0.7, 0.9]	+80
2	(0.2, 0.7]	+40
3	(0.0, 0.2]	+10
4	(-0.1, 0.0]	-5
5	(-0.5, -0.1]	-10
6	(-0.8, -0.5]	-20
7(暗い)	[-1.0, -0.8]	-40

### 3 実験結果

対象のオブジェクトには Stanford 3D Scanning Repository から Stanford Bunny を使用した (図 2)。

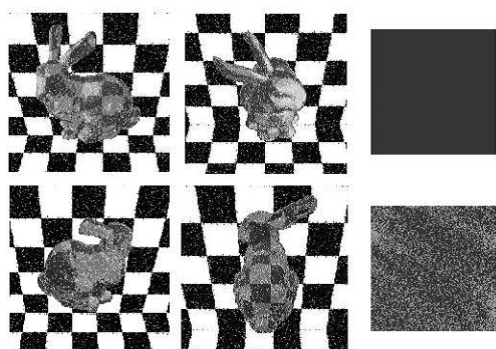


図 2: 色の明るさの修正後、テクスチャを貼った画像。左, 中央: オブジェクトを 4 方向から見た図。右上: 設定したポリゴンモデルの色, 右下: 使用したテクスチャ

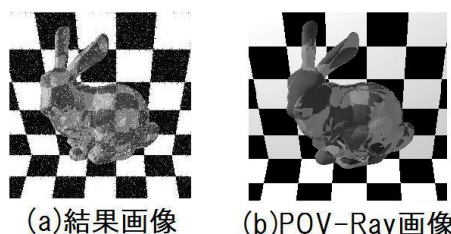


図 3: 本手法による画像と POV-Ray 画像の比較。屈折率はともに 1.02

結果画像を、POV-Ray で生成した画像と比較する (図 3) と、

- イラスト感は強い

- 半透明感は多少劣る

といった違いがある。オブジェクトの内部構造を考慮していないため、POV-Ray で生成した画像と模様が異なっているが、本題であるテクスチャによる半透明感は表現できている。しかし、2.2 項で述べたように、係数  $k$  など経験則に基づく部分があるため、必ずしも良い結果になるとは限らない。また、屈折率を大きくしすぎると半透明感は失われる (図 4)。

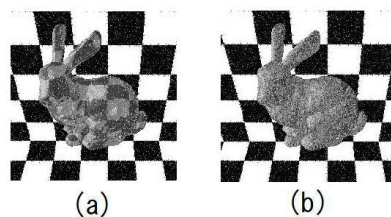


図 4: 屈折率による比較。(a) 屈折率: 1.02 (b) 屈折率: 2.00

### 4 まとめと今後の課題

本稿では、テクスチャの明るさの決定を中心とした、オブジェクトのイラスト、特に砂絵風の半透明表現を提案した。しかし現時点では、係数  $k$  は経験則によって決定していて、明るさの修正も、少数のポリゴンの重なりにはしか対応しておらず、光源と視点ポリゴンモデルを挟んで反対側にある場合なども表現できない。また、モノクロ調のテクスチャで表現しているため、カラーで表現できるようにする必要もある。さらに、どのような画像を半透明と感じるかについては見る側の個人差があるため、より多くの人々が半透明と感じる画像の探求も必要である。

また、今回の実験では反射については考慮していない。実際の半透明物体にはこれらの要素が加わるため、リアルなイラスト感を出すためには反射も考慮する必要があるが、重視しすぎると逆にイラスト感が損なわれることも考えられる。

### 参考文献

- [1] Yongjin Kim, et al.: "Line-art Illustration of Dynamic and Specular Surfaces," *ACM Trans. Graph.* 27, 5, Article 156 (December 2008).
- [2] Victoria Interrante, et al.: "Illustrating Transparent Surfaces with Curvature-Directed Strokes," in *Proc. IEEE Visualization 96*, October 1996, pp. 211-218.
- [3] Takafumi Saito: "Real-time Previewing for Volume Visualization," in *Proceedings of the 1994 Symposium on Volume Visualization*, October 1994, pp. 99-106.