

光線追跡法とスムーズシェーディングを用いた 透明な回転体の表示法について†

堀内 浩一†† 横井 茂樹†† 鳥脇 純一郎††

本文では、自由形状曲線を直線の回りに回転させてできる回転体で、かつ、透明な物体の表示について検討する。ガラス製のびんやガラスはこの種の物体の典型例である。ここではまず、高速化のために断面形状を折れ線表現し、同時に光線追跡法の過程にスムーズシェーディング技法を組み入れて曲面の滑らかさを保ちつつ表示する方法（方法1）を提案し、その性質と応用上の留意点について述べる。すなわち、スムーズシェーディングにおける曲面の法線ベクトルの修正は追跡される光線の振舞いに大きな誤差を生じる場合があるため、この現象が検出されたらそこで追跡を打ち切るようにする。次に、本方法と比較するために、自由形状曲線の回転体を厳密に表示する方法として、断面形状を3次B-スプライン曲線を与え、数値計算を利用した交点計算を用いて光線追跡表示する方法（方法2）を検討する。実際の表示例によれば、表示画像の質は後者が非常に良いが、計算時間は前者の約20倍を要する。方法1は、断面形状の与え方に注意すれば比較的良好な画像が得られ、また、計算時間は非常に少ないため、画質に特に厳しい要求がなければ実用的に十分利用可能である。

1. はじめに

コンピュータグラフィックスにおいて、透明物体をリアルに表示することは重要な問題である。その手法として光線追跡法^{1),2)}がある。

これによれば、追跡光線と物体表面との交点さえ計算できれば任意の物体の表示が可能である。しかし、光線追跡法を任意形状物体に適用すると、しばしば膨大な計算時間を要する。そこで、物体形状の適当なサブクラスを導入して、それに対する光線追跡法の高速化が検討されている³⁾。例えば、多面体⁴⁾、球や円盤を平行移動してできる物体⁵⁾、回転体⁶⁾などの検討例があるが、まだ極めて不十分である。

本論文では、ガラス容器など実際の場面で有用性が高いと考えられる自由形状をもつ透明な回転体を、筆者らのグループで開発した改良光線追跡法により表示する方法について検討する。

自由な形状の曲線を表現する方法としては、スプライン曲線、ベジェ曲線、B-スプライン曲線などが用いられる。このうち、スプライン曲線は点列を与えてそれらを通る曲線を発生させるもので、曲線の形状の予測がしにくく、形状設計には不向きである。ベジェ曲線、B-スプライン曲線は制御点を与えてそれらによ

て定まる滑らかな曲線を描くものである。これらを用いて自由曲線を描くとき、制御点を試行錯誤的に与えて生成を繰り返し、求める形に一致させるのにかなりの努力を要する。また、これらの曲線はいずれも高次多項式で与えられるため、その回転体を光線追跡により表示するには交点計算において高次方程式を解く必要が生じ大変な計算量を要することになる。

これに対し、自由曲線を折れ線で表現し、その回転体として表示できれば形状入力作業は簡単になり、交点計算も2次方程式の求解で良く非常に実用的である。ところが、実際に折れ線で表現した透明回転体を表示すると折れ線の繋ぎ目で背後の物体像が不連続に変化し不自然な像となる。

これに対し、我々是不透明な多面体を滑らかにみせる目的で開発されたスムーズシェーディング技法を取り入れることにより、ほぼ実用的な表示結果を得た。

なお、曲線の回転体の交点計算の高速化の工夫については、これまで、Kajiya⁶⁾が述べているが、この方法は曲線に外接する長方形を順次分割して交点の存在位置を確定していくものであり、スプライン曲線などに適用すると計算量は非常に多くなる。

2. 折れ線により形状定義しスムーズ シェーディングを利用した表示法

断面形状を折れ線で表現した物体を光線追跡法で表示し、さらに、その際折れ線の繋ぎ目で生じる陰影の不連続変化にはスムーズシェーディング技法を光線追跡法に導入して滑らかに見せる方法について述べる。

† A Method for Rendering Transparent Solid of Revolution by Using Ray Tracing and Smooth Shading by KOICHI HORIUCHI, SHIGEKI YOKOI and JUN-ICHIRO TORIWAKI (Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Nagoya University).

†† 名古屋大学工学部情報工学科

2.1 断面形状の定義と交点計算

断面形状は、図1に示すように断面曲線を折れ線近似することにより与える。r軸およびa軸は、それぞれ回転すべき形状の半径方向および回転軸方向を表す。この平面上で折れ線のおおのをおをセグメントと呼ぶ。

各セグメントの端点を順次時計まわり方向（物体内部を右側に見るよう）に $q_i = (r_i, a_i)$, ($i=1, 2, \dots, n$) のように与えると、これを $x-y$ 平面に垂直で点 $(x_0, y_0, 0)$ を通る直線の周りに回転させてできる回転体は、次式で表される。

$$(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 = \frac{(r_{i+1}-r_i)x + (a_{i+1}r_i - r_{i+1}a_i)^2}{a_{i+1}-a_i}, \quad (1)$$

$$a_{\min} \leq z \leq a_{\max}, \quad (2)$$

$(i=1, 2, \dots, n-1).$

ただし、 $a_i \neq a_{i+1}$ とし、かつ、 a_{\min} および a_{\max} は次式で与えられる。

$$a_{\min} = \min(a_i, a_{i+1}),$$

$$a_{\max} = \max(a_i, a_{i+1}).$$

次に、光線追跡法における追跡光線は、 (x_d, y_d, z_d) を追跡光線の始点、 (x_v, y_v, z_v) を単位方向ベクトルとして次の式で表される。

$$x = x_v s + x_d,$$

$$y = y_v s + y_d,$$

$$z = z_v s + z_d, \quad (s > 0). \quad (3)$$

式(1)に式(3)を代入すると s に関する2次方程式を得る。この方程式を解析的に解き、 $s = s_0$ ($s_0 > 0$) を求め、この s_0 が式(2)、すなわち次の式(4)を満たせば、この光線は曲面に交わる。

$$a_{\min} \leq z_v s_0 + z_d \leq a_{\max}. \quad (4)$$

また、 $a_i = a_{i+1}$ のとき、つまり $x-y$ 平面に水平な円盤状の平面となるときは、物体は式(1)および(2)の代わりに次の式で表される。

$$r_{\min}^2 \leq (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 \leq r_{\max}^2, \quad (5)$$

$$z = a_i. \quad (6)$$

ここで、 r_{\min} および r_{\max} は次式で与えられる。

$$r_{\min} = \min(r_i, r_{i+1}),$$

$$r_{\max} = \max(r_i, r_{i+1}).$$

式(6)を式(3)に代入し、次の式(7)を得る。

$$s = \frac{a_i - z_d}{z_v}. \quad (7)$$

式(3)および(7)から得られる x および y が式(5)を満たせば、光線が曲面と交わるとする。これらの計算

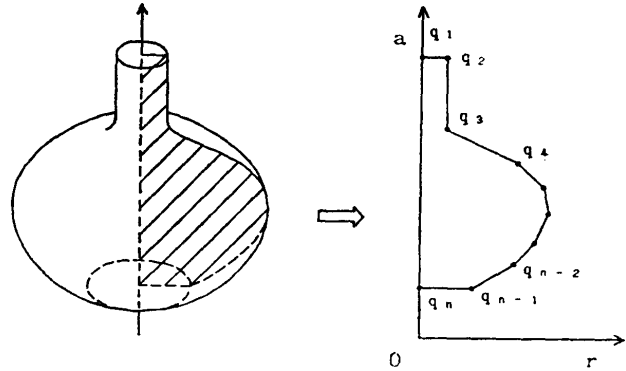


図1 断面形状の折れ線近似
Fig. 1 Piecewise linear approximation of cross section.

を各セグメントごとに行い、最も小さな s_0 を求め、始点に最も近い交点とする。

こうして求められた交点を (x^*, y^*, z^*) , i^* (i^* は交点のある曲面に対応するセグメント番号) とする。この交点における曲面の外向き法線ベクトル $n = (x_n, y_n, z_n)$ は次の式で表される。

$$x_n = (x^* - x_0)S,$$

$$y_n = (y^* - y_0)S,$$

$$z_n = -A(Az^* + B)S, \quad (8)$$

$$A = \frac{r_{i^*+1} - r_{i^*}}{a_{i^*+1} - a_{i^*}}, \quad B = \frac{a_{i^*+1}r_{i^*} - r_{i^*+1}a_{i^*}}{a_{i^*+1} - a_{i^*}},$$

$$S = a_{i^*} - a_{i^*+1}.$$

ただし、 $a_{i^*} = a_{i^*+1}$ のときは次のようになる。

$$x_n = 0,$$

$$y_n = 0,$$

$$z_n = r_{i^*+1}^2 - r_{i^*}^2. \quad (9)$$

このとき、回転体の回転軸に関する対称性を利用し

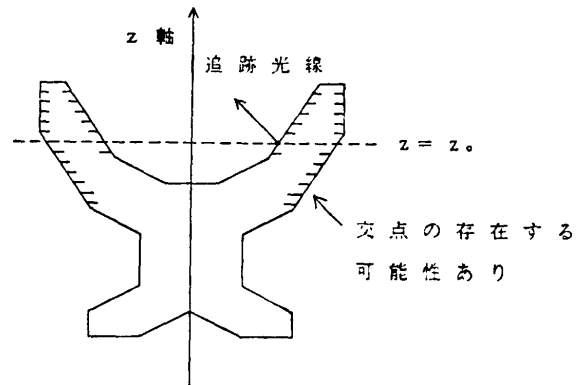


図2 z軸方向における交点存在範囲の限定
Fig. 2 Limiting the interval in the z-axis where cross points exist.

て次のような計算量削減の工夫を行っている (図2). 各セグメントによる曲面は z 座標値の一定範囲内に存在するため, z 軸方向に関する限定が可能である. 例えば, 追跡光線の方向ベクトルが平面 $z=z_d$ に関して上側を向いているならば, 各セグメントで定まる曲面の中で平面 $z=z_d$ より上にある部分を持たないものは交点が存在しないので, それ以外の曲面についてのみ調べればよい.

2.2 曲面の表示とスムーズシェーディングの適用

上で得られた像と追跡光線との交点とそこでの法線ベクトルを用いて, 光線追跡法で対象物を表示できる. しかしこのまま表示すると, 折れ線の繋ぎ目で法線ベクトルが不連続のため, 表示された曲面には不自然な折れ目が発生する. これを防ぐため, 回転体の表面上の法線ベクトルを連続的に変化させるスムーズシェーディング技法⁷⁾を利用することにより, 滑らかな表示を行う. すなわち, 図3のように折れ線の各セグメントの両端位置での法線ベクトルを補間し, 隣合う面にわたって滑らかに変化するように修正する. この修正された法線ベクトル N^* を, 追跡光線と回転体の表面との交点での法線ベクトルとし, 光線追跡法による透明物体表示に適用されたことはなかった.

ここで, N^* は次の手順で求める (図3). ① あるセグメントの点 $P^*=(x^*, y^*, z^*)$ からそのセグメントの両端の点 P_1, P_2 を求める. ② 各点における法線ベクトル n_1, n_2, n_3 を求める. ③ 各セグメントの両端での法線ベクトル N_1, N_2 を求める. ④ 比 $m:l$

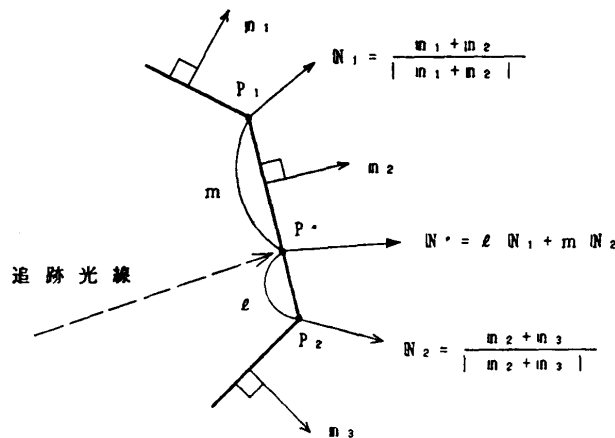


図3 スムーズシェーディングのための法線ベクトルの修正
Fig. 3 Revision of normal vector for smooth shading.

を求める. ⑤ $N^*=lN_1+mN_2$ を求める.

このうち, ①の点 P_1 および P_2 の座標 (x_k, y_k, z_k) , ($k=1, 2$) はそれぞれ次のように表される.

$$\begin{cases} x_k = \frac{x^* - x_0}{C} r_k + x_0, \\ y_k = \frac{y^* - y_0}{C} r_k + y_0, \\ z_k = a_k, \end{cases} \quad (10)$$

$$C = \sqrt{(x^* - x_0)^2 + (y^* - y_0)^2},$$

$$r_k, a_k = \begin{cases} r_1^*, a_1^* & : k=1 \text{ の場合} \\ r_{i+1}^*, a_{i+1}^* & : k=2 \text{ の場合} \end{cases}$$

なお, ④の比 $m:l$ は各点の座標から簡単に求まる.

2.3 問題点とその対策

この方法を適用する際に注意すべき点とその対策について述べる.

(1) スムーズシェーディングの問題点

スムーズシェーディング技法を用いて修正した法線ベクトルは, 実際に形状を定義した折れ線を回転させてできる面の法線ベクトルとは異なるため, 追跡光線と曲面との交点では, いわば修正された法線ベクトルで定まる仮想的な表面を考えることになる. そして, 光線追跡法における反射および屈折の計算はこの仮想的表面に対して行われるため, 以下のような矛盾した場合が起こりうる.

① 実際は物体の外部から入射した追跡光線が物体の内部から入射したことになる場合 (図4(a)).

② 物体の外部から入射した追跡光線による反射光は物体の外部へ反射しなくてはならないが, 物体の内部へ“反射”する場合 (図4(b)).

③ 物体の内部から入射した追跡光線による透過光は物体の外部へ透過しなくてはならないが, 物体の内部へ“透過”する場合 (図4(c)).

これらの現象は元の折れ線を回転した曲面の法線ベクトルと修正された法線ベクトルが大きく異なる部分, つまり面と面の繋ぎ目付近の極めて限られた部分で起こる. これの発生後も形式的にそのまま光線追跡を続けると, 光線は全く間違った経路をたどったり光線追跡法における積算減衰率²⁾が1より大きくなる部分が生じて不自然な陰影値を与えてしまい, 表示画像にはノイズが入ったようになる.

これらの現象は, 修正前の法線ベクトルを N , 修正された法線ベクトルを N' , 入射方向ベクトルを I , 反射方向ベクトルを R , 透過方向ベク

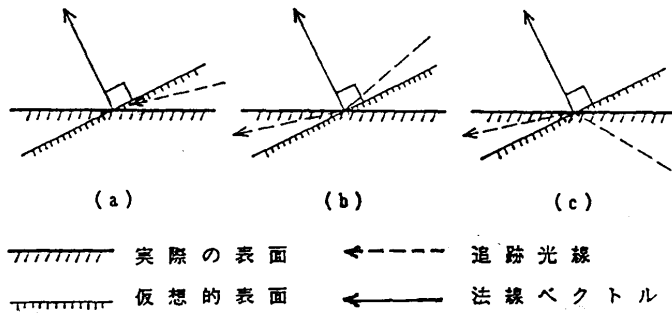


図4 仮想的表面と光線の反射, 屈折
Fig. 4 Ray reflection and refraction on imaginary surface defined by revised normal vector.

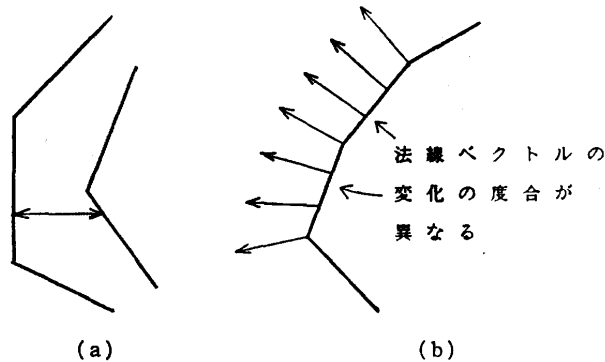


図5 折れ線近似の欠点
Fig. 5 Defect of piecewise linear approximation.

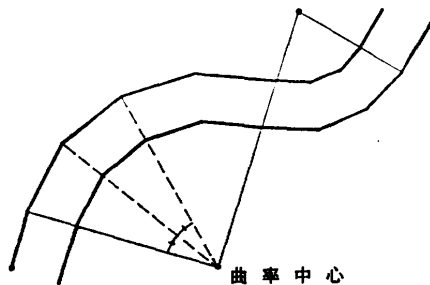


図6 歪みを防ぐための折れ線近似
Fig. 6 Piecewise linear approximation to avoid distortion.

トルを T とすると, 次のいずれかの条件を満たすときに発生する.

$$\begin{aligned} (I, N') &\geq 0, \\ (R, N) &\leq 0, \\ (T, N) &\geq 0. \end{aligned} \quad (11)$$

そこで, こうして上記の現象の発生が検出されたときには, その先の光線追跡は全く無意味であるとみなし, 光線追跡をそこで打ち切るという対策を加えた.

なお, これらの不自然な現象は透明物体の表示において光線追跡法と共にスムーズシェーディング技法を利用したときに固有な問題ではなく, スムーズシェーディング技法の利用一般に起こりうる. このことは, 従来指摘されてはいなかったが注意を要する問題である.

(2) 折れ線表現の問題点

断面形状の定義によっては, 折れ線表現に起因する歪みなどの不自然さが生成画像に発生することがある. この原因としては次のことが考えられる. 一つは, 断面形状が折れ線のため物体の厚さが不連続になること (図5 (a)). もう一つは, スムーズシェーディングを行っても折れ線の繋ぎ目で法線ベクトルの変化の度合が不連続になり, 曲率までは連続にならないこと (図5 (b)) である.

これを完全に防ぐことは難しいが, 次のようなことに注意して折れ線近似すれば, ある程度防ぐことができる. つまり, 連続する折れ線のなす角度があまり急にならないようにすることと, その角度がなるべく一定になるようにすることである. また, 透明な回転体の代表的な例であるびんやガラスなどに多く

見られる, 断面形状が円弧により構成されるものに限れば図6に示すような方法がある. 同一円弧内では曲率を一定にするために, 円弧を等分割することにより折れ線近似する. また同様に, 厚さを一定にするために, 対応する円弧は曲率中心に対し相似になるよう定義する.

もう一つ有効な方法は折れ線をできるだけ細かく与えることである. これにより上述の二つの問題が起こりにくくなる上に, 回転体の外形も滑らかになる利点があるが, その反面, 細かさに比例して計算量も増加する.

3. 断面のスプライン近似の利用

前章で考察した方法と表示結果および処理時間を比較するために, 断面形状をB-スプライン曲線で定義し, 光線追跡法により表示するという方法を試みた. 自由形状を数式で記述する方法として, B-スプライン曲線は制御点による優れた制御性と, 曲線セグメント間の優れた接続性を持っている⁹⁾. このうち3次多項式で表される3次B-スプライン曲線は, 曲線セグ

メントの接続点において位置、傾きおよび曲率まで連続であるという性質を持ち比較的単純であるので、実際の応用にしばしば用いられている。したがって、ここでは3次B-スプライン曲線を用いた。なお、スプライン曲線の回転体を光線追跡表示する試みは文献9)でも報告されている。

3.1 3次B-スプライン曲線

3次B-スプライン曲線は図7に示すように、形状を制御する順序付けられた点列(制御点) q_1, q_2, \dots, q_n により決定され、区間 $[0, 1]$ の値をとるパラメータ t の関数として各セグメントごとに異なる次の3次多項式により表される。

$$P_i(t) = N_1(t)x_i + N_2(t)x_{i+1} + N_3(t)x_{i+2} + N_4(t)x_{i+3},$$

$$(0 \leq t \leq 1, i = 1, 2, \dots, n-3). \tag{12}$$

ここで、 x_i は点 q_i での x 座標、 $N_1(t) \sim N_4(t)$ は各セグメントごとに定まった t に関する3次多項式であるが、詳細は文献10)に譲る。

3.2 断面形状の定義と交点計算

前節で述べた断面形状を定義する (r, a) 平面上で、断面曲線が $(R_i(t), A_i(t))$ ($R_i(t), A_i(t)$ は3次B-スプライン曲線、 $i = 1, 2, \dots, n-3$) で表されるとする。前節のセグメントの端点 q_i の代わりに、スプライン曲線を定める制御点 $q_i = (r_i, a_i)$, ($i = 1, 2, \dots, n$) を与えればよい。前節と同様にこれを回転させてできる回転体は、各セグメントごとに次の式で表される。

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R_i(t)^2, \tag{13}$$

$$z = A_i(t). \tag{14}$$

ここで、光線追跡法における交点計算は次のように行われる。式(13)に光線追跡法における一本の追跡光線を表す式(3)を代入すると、 t に関する6次方程式となり、したがって、この方程式を数値計算で解くようにする。これにより、 $0 \leq t \leq 1$ なる実数解を求め、式(3)および(14)より求めた次式に代入する。

$$s = \frac{A_i(t) - z_d}{z_v}. \tag{15}$$

この計算を各セグメントごとに行い、 $s > 0$ なる最も小さな s を求め、始点に最も近い交点とする。このとき、前節と同様に回転体の回転軸に関する対称性を利用して高速化を図る。

こうして求められた交点を $(x^*, y^*, z^*), i^*, t^*$ とすれば、その点での外向き法線ベクトルは次の式で表される。

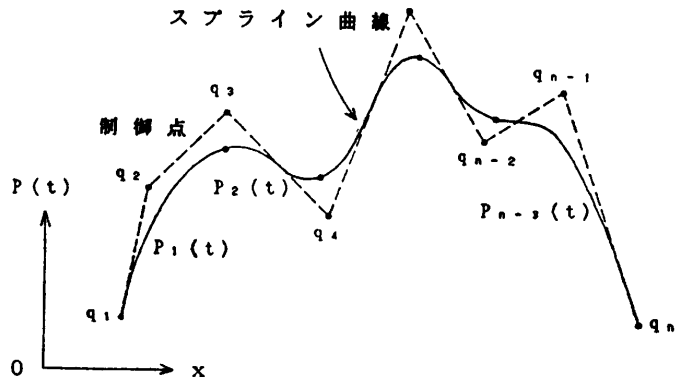


図7 3次B-スプライン曲線
Fig. 7 Cubic B-spline.



(a) 方法1 (ガラス)



(b) 方法2 (ガラス)

図8 表示例1

Fig. 8 Example of rendered image 1.

$$\begin{aligned}x_n &= A'^*(t^*) (x_0 - x^*), \\y_n &= A'^*(t^*) (y_0 - y^*), \\z_n &= R'^*(t^*) \sqrt{(x^* - x_0)^2 + (y^* - y_0)^2}.\end{aligned}\quad (16)$$

ここで、 $A'^*(t)$ および $R'^*(t)$ はおのおの $A^*(t)$ および $R^*(t)$ の一次導関数である。

4. 表示結果と検討

以上述べた方法により表示した画像の一例を次に示す。計算には名古屋大学大型計算機センターの FACOM M-382 を用い、折れ線の繋ぎ目におけるノイズの発生を防ぐため計算はすべて倍精度 (64 ビット) で行った。表示用のグラフィックディスプレイには 512×512 画素、1 画素当たり R, G, B 各 8 ビットのものを用いた。また、交点計算における 6 次方程式の求解には上記センターの数値計算ライブラリープログラム (Garside・Jarrat・Mack 法による実係数代数方程式の解法) を用いた。このサブルーチンは演算時間の高速化に工夫が払われている¹¹⁾。

まず、図 8 に両方法による表示の一例を示す。断面曲線の表現におけるセグメント数は (a) では 31, (b) では 12 であるが、2.3 節で述べた注意には特に留意していない。このときの計算時間は (a) が約 1 分 40 秒, (b) が約 31 分であった。

両者を比較すると、方法 2 は表示画像の階調変化が大変滑らかで極めて自然な感じに見える。しかし、断面曲線を目的の形にするためにかなりの試行錯誤を要する。また、交点計算の計算量が非常に大きく (方法 1 に比べて約 18 倍)、実用的ではない。一方、方法 1

は計算量が少なく済むが、この例のように特に注意を払わずに断面形状を入力した場合、2.3 節で述べた理由から、ガラスを通して見える格子の床に歪みが見られ不自然な感じを与える。

次に、方法 1 により、2.3 節で述べた注意を払いながら表示した例を図 9 に示す。この例では床の模様の歪みはほとんど目立たない。このときのセグメント数は 42 である。

さらに、実際のガラス製品の設計図面に基づいて、前記 2.3 節の諸注意を払って点列を入力し、方法 1 で表示した例を図 10 に示す。(a) は 58 セグメント、(b) は 86 セグメントで与えられ、計算時間はおのお

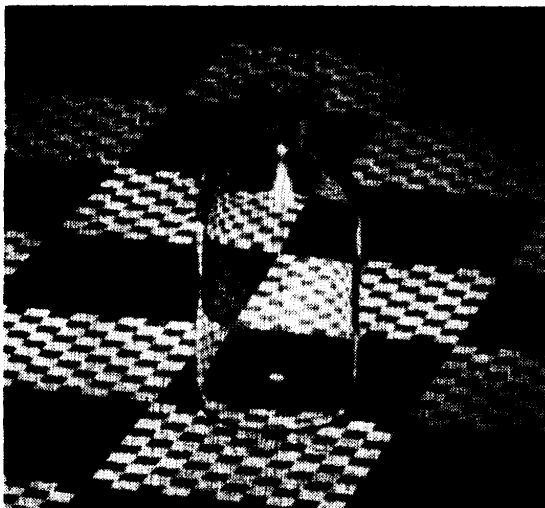
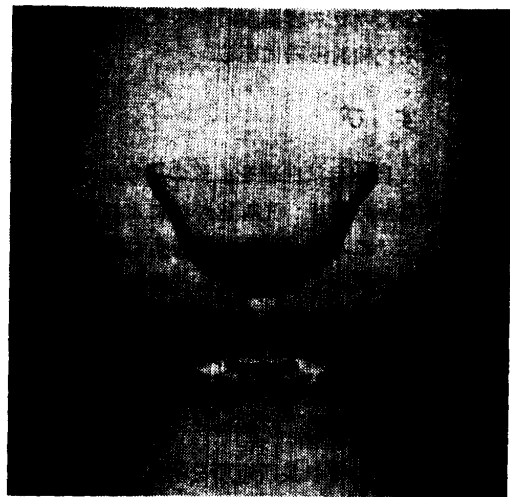
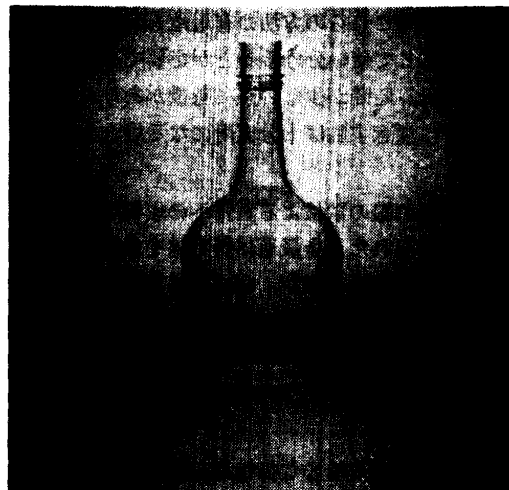


図 9 表示例 2

Fig. 9 Example of rendered image 2.



(a) サンデーの器



(b) ブランデーのボトル

図 10 表示例 3

Fig. 10 Example of rendered image 3.

の約2分、約3分であった。この例は実際の製品カタログ¹²⁾に近いシーン設定で表示されたものであり、ガラスメーカーから製品紹介に十分利用可能との評価を得ている。

ここで、折れ線の数が非常に多く必要であると折れ線表現法の高速計算のメリットがなくなるおそれがあるが、特に複雑な形でなければ、B-スプライン曲線の場合に比べ少なくとも1けたの計算時間の短縮は可能と考えられる。

以上のことから、特に厳密な画像が要求されないときは、2.3節で述べたことに注意しつつスムーズシェーディングの効果を活かすように断面形状を定義すれば、方法1は十分利用可能と考えられる。なお、本方法を基にしたガラス容器設計システムが現在ガラスメーカーで実用化検討段階にある。

5. むすび

本文では、自由形状曲線を直線の周りに回転させてできる透明な回転体を、光線追跡法により表示する方法を開発した。これは、断面形状を折れ線表現で与えることにより計算量を減少させ、光線追跡法にスムーズシェーディング技法を組み合わせたことにより滑らかに見せる方法(方法1)であり、これを、断面形状を3次B-スプライン曲線で厳密に表現する方法(方法2)と比較検討した。

本文では、それぞれ長所短所を明らかにし、また、この検討の中でスムーズシェーディング技法において従来明瞭にされていない問題点も指摘した。また、実際の表示例でこれらの方法の有用性も示した。両方法は目的に応じて使い分けが必要であるが、特に方法1は計算時間が少ない点に特徴があり、断面形状の与え方に注意すれば十分実用になる場合も多いと考えられる。

なお、折れ線の数による画質への影響の評価、断面曲線が与えられたとき最適に折れ線を求める問題等、検討すべき問題であるが、さまざまな形状およびさまざまなシーン設定の条件で調べる必要があり、膨大な実験を要すると考えられる。現段階ではまだ十分なデータを得ていないが、今後本方法の実用化に応じて検討していきたい。

謝辞 日頃大変熱心な御指導御討論をいただき鳥脇研究室の皆様へ感謝いたします。また、ガラス製品に関して貴重な資料を御提供くださった(株)石塚硝子の野口勝正氏および広瀬健二氏に感謝いたします。な

お、本研究の一部は文部省科研費(多元知識情報)による。

参考文献

- 1) Whitted, T.: An Improved Illumination Model for Shaded Display, *CACM*, Vol. 23, No. 6, pp. 343-349 (1980).
- 2) 安田, 横井, 鳥脇, 鶴岡, 三宅: 透明物体表示のための改良光線追跡法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 25, No. 6, pp. 953-959 (1984).
- 3) 横井, 鳥脇, 安田: コンピュータグラフィックスにおける光線追跡法のアルゴリズムについて, *電子通信学会パターン認識と学習研究会資料*, PRL 85-92 (1986).
- 4) 倉繁, 横井, 鳥脇: コンピュータ・グラフィックスによる宝石の表示の試み, 第1回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, pp. 89-98 (1985).
- 5) van Wijk, J. J.: Ray Tracing Objects Defined by Sweeping a Sphere, *EUROGRAPHICS '84*, pp. 73-82 (1983).
- 6) Kajiya, J. T.: New Techniques for Ray Tracing Procedurally Defined Objects, *Proc. SIGGRAPH '83*, pp. 91-102 (1983).
- 7) Phong, B. T.: Illumination for Computer-Generated Images, *CACM*, Vol. 16, No. 6, pp. 311-317 (1975).
- 8) 山口: 形状処理工学 I, II, 日刊工業新聞社, 東京 (1983).
- 9) van Wijk, J. J.: Ray Tracing Objects Defined by Sweeping Planer Cubic Splines, *ACM TOG*, Vol. 3, No. 3, pp. 204-237 (1983).
- 10) 堀内, 横井, 鳥脇: 透明な回転体の表示法の検討とその応用, 第1回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, pp. 115-123 (1985).
- 11) 二宮, 門脇: 実係数代数方程式の一解法, 第16回情報処理学会全国大会論文集, p. 445 (1975).
- 12) 石塚硝子: '86 Aderia Glass Catalogue (1985).

(昭和61年4月1日受付)

(昭和62年5月13日採録)



堀内 浩一

昭和37年生。昭和59年名古屋大学工学部電子工学科卒業。昭和61年同大学院修士課程修了。同年松下電器(株)入社。在学中コンピュータグラフィックスの研究に従事。

**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. 同年名古屋大学助手. 昭和 53 年三重大学工学部電子工学科助教授. 昭和 57 年名古屋大学工学部情報工学科助教授. 現在に至る. 画像処理とコンピュータグラフィックスおよびその医学応用に関する研究に従事. 工学博士. 電子情報通信学会, 日本 ME 学会, 日本形成外科学会各会員.

**鳥脇純一郎 (正会員)**

昭和 14 年 7 月 20 日生. 37 年名古屋大学工学部電子工学科卒業. 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, 45 年同助教授, 49 年名古屋大学大型計算機センター助教授, 55 年豊橋技術科学大学情報工学系教授, 58 年名古屋大学工学部電子工学科教授を経て, 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「現代確率論の基礎」(オーム社) (共著). 電子情報通信学会, ME 学会, 医療情報学会, 米国 IEEE 各会員.