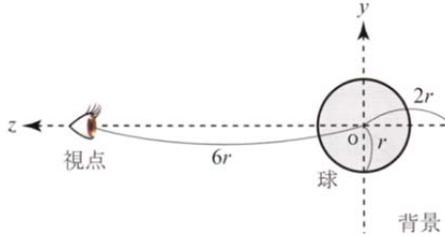
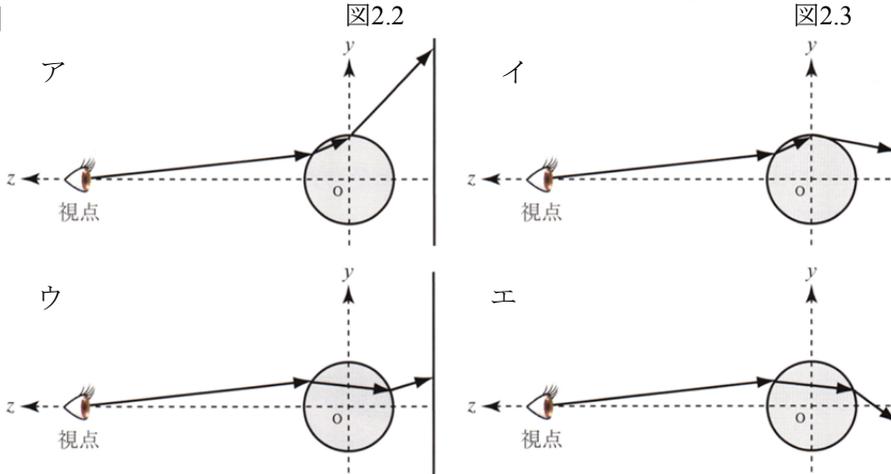


- (b) 図2.2のように半径 r の球を原点に、背景を $z=2r$ に配置し、レイトレーシング法を用いて作成された画像が図2.3である。球のまわりの空間は屈折率1.0の空気であり、球は屈折率2.0の透明な物質でできている。このとき、視点 $(0, 0, 6r)$ から発した平面 $x=0$ 上のレイの経路を正しく表しているものはどれか。ただし、球面での反射はないものとする。



【解答群】



- (c) レイトレーシング法において、鏡のような完全鏡面反射特性をもつ物体表面に入射したレイは、図2.4に示すように面の法線ベクトル N に対して入射角 θ と等しい角度で反射する。物体表面から視点方向に向かう方向ベクトルを V とするとき、この正反射方向ベクトル R を求める式はどれか。ただし、面の法線ベクトル N は単位ベクトル(大きさが1のベクトル)とし、 $N \cdot V$ はベクトル N と V の内積を示す。

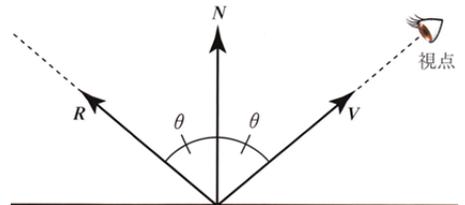


図2.4

【解答群】

- ア. $R = (N \cdot V) N - V$ イ. $R = 2(N \cdot V) N - V$
 ウ. $R = (N \cdot V) N + V$ エ. $R = 2(N \cdot V) N + V$

- (d) 図 2.5 の画像では、鏡面反射や屈折などにもなって生じる集光現象などが表現されている。このような効果を、2 段階のレイトレーシングを行うことにより計算する、大域照明モデルに分類される手法はどれか。



図2.4

【解答群】

- ア. フォトンマップ法 イ. ディプスバッファ法
 ウ. ラジオシティ法 エ. スキャンライン法

【問3】

以下は、レンダリング手法に関する問題である。球体へ付与する陰影について、(a)～(d)の問いに最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) 物体が光源によって照らされると、物体と光源の幾何学的関係によって反射光が変化し、図3.1のように物体表面上に明暗が生じる。このような明るさを求める処理を何とよぶか。



図3.1

【解答群】

- ア. モデリング イ. テクスチャリング ウ. レイトレーシング
 エ. シェドウイング オ. シェーディング カ. デプスキューイング

- (b) 図3. 鏡面反射の計算にフォンのモデルを用いて生成した球の画像を示している。フォンのモデルでは、鏡面反射光の強さを以下の式(3.1)で求める。

$$I = ks I_i \cos^n \gamma \quad (3.1)$$

ここで、 ks は定数、 I_i は入射光の強さ、 γ は視線方向と入射光の正反射方向のなす角である。いま、このモデルのパラメータを変更し、図3.2の画像を得た。これは図3.1の画像を得たときと比べて、どのパラメータをどのように変更したと考えられるか。



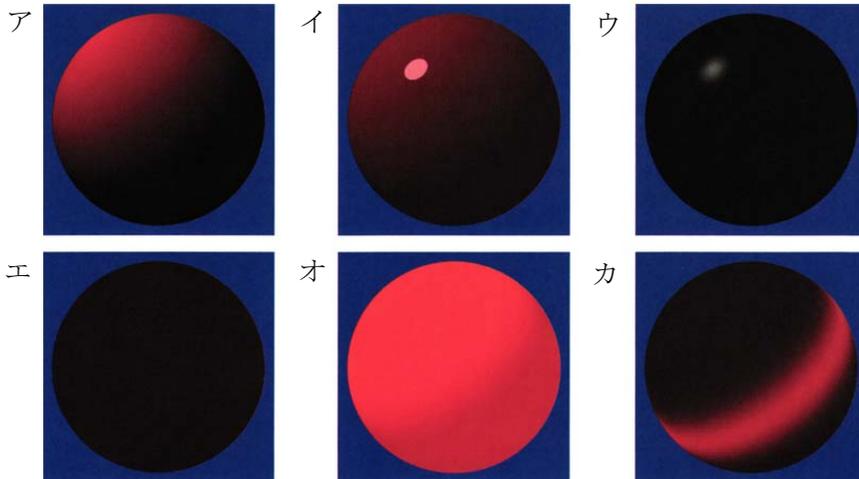
図3.2

【解答群】

- ア. ks を大きくした。 イ. n を大きくした。 ウ. I_i を大きくした。
 エ. ks を小さくした。 オ. n を小さくした。 カ. I_i を小さくした。

- (c) 図3.1において、直接光を取り除き環境光成分だけを描写した場合、球体の明暗はどのようになるか。

【解答群】



- (d) 図3.3において、球面上の点Pは点光源により照明されている。点Pにおける拡散反射光成分は、点Pから点光源へ向かう単位ベクトルLと点Pにおける外向き法線ベクトルNのなす角 θ 、および点Pと点光源の距離 r を用いて求めることができる。その明るさは θ および r とどのような関係にあるか。

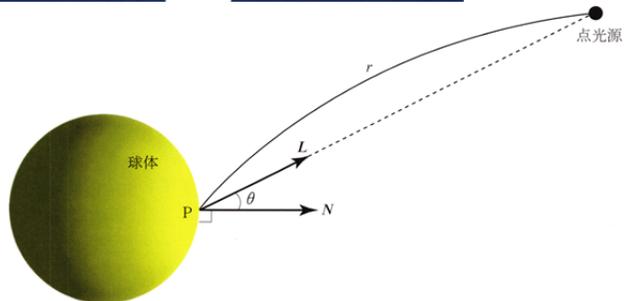


図3.3

【解答群】

- ア. $\cos\theta$ に比例し r^2 に比例する。 イ. $\cos\theta$ に比例し r^2 に反比例する。
 ウ. $\sin\theta$ に比例し r^2 に比例する。 エ. $\sin\theta$ に比例し r^2 に反比例する。
 オ. $\tan\theta$ に比例し r^2 に比例する。 カ. $\tan\theta$ に比例し r^2 に反比例する。

【問4】

以下は、影付けの表現に関する問題である。[]に最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

平行光源や点光源による影は直射光がまったく当たらない本影のみであるから、隠面消去と同様の処理で比較的簡単に影付けを行うことができる。レイレーシング法における影付けは、各画素に表示される可視点と光源をむすび、光源からの光を遮る物体があるかどうかを調べることで実現できる。図4.1で示すように点Aは光源との間に遮へい物

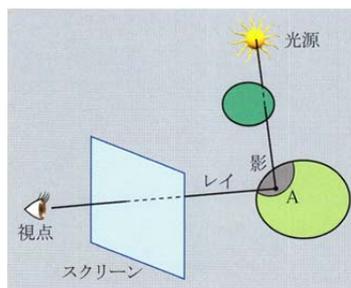


図4.1

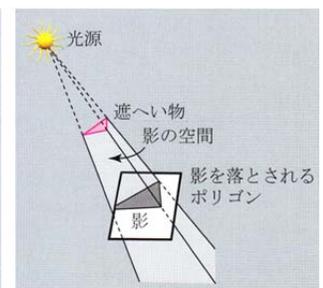


図4.2

があるので影になる。この方法は最も簡単な影付けの方法であるが、[(a)]ごとに判定を行う必要があるため、ほかの方法と比べて処理が多くなる傾向がある。

シャドウポリゴン法による影付けは、光源と遮へい物によって生じる影の空間を考え、これをモデリングの際に物体データに付け加えておく方法である。ここで、影の空間は[(b)]とよばれる(図4.2)。

Zバッファ法を用いた2段階法による影付けは、画像空間においてZバッファ法を用いて影となる画素を決定する方法である。まず、[(c)]を視点(投影の中心)としてZバッファ法を用いて光源から可視面までの距離を画素ごとに求める。これをマップとして記憶する。たとえば、図4.3<1>に示すシーンから得られるマップは、図4.3<2>のようになる。ただし、暗い画素は距離値が小さいことを示している。

つぎに第2段階として、視点から見たときの物体を表示する際に、各画素に表示される可視点に対応する記憶されたマップの値を参照し、その値と光源から可視点までの距離を比較する。この距離がマップの値より[(d)]、光源と可視点の間に遮へい物が存在することを意味するため、影と判定される。この方法は、[(e)]を利用して高速に影付けを行うことができる。

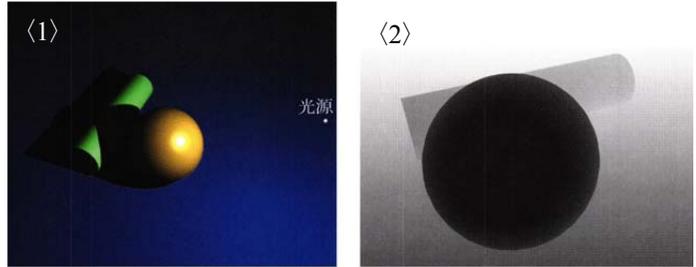


図4.3

【aの解答群】

- ア. 画素 イ. 物体面 ウ. 物体の稜線 エ. スキャンライン

【bの解答群】

- ア. ビューボリューム イ. シャドウレイ ウ. シャドウマップ エ. シャドウボリューム

【cの解答群】

- ア. 原点 イ. スクリーンの中心 ウ. 光源位置 エ. 物体の重心

【dの解答群】

- ア. 等しければ イ. 等しくなければ ウ. 短ければ エ. 長ければ

【eの解答群】

- ア. レンジファインダ イ. グラフィックスハードウェア
ウ. ビデオキャプチャ エ. 分散レイトレーシング

【問5】

以下は、スムーズシェーディングに関する問題である。スムーズシェーディングとは、曲面をポリゴンの集合で近似してレンダリングするときに、ポリゴンの頂点で求まる情報から、ポリゴンの内部における輝度値を補間近似する方法の総称である。図5.1は、円柱の円周方向を均等に256等分し、スムーズシェーディングを行った例である。この図を基準とし、[]に最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

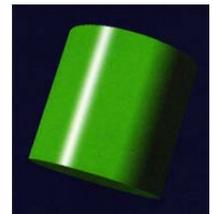


図5.1

- (a) 円柱の円周方向を均等に6分割、8分割、16分割してポリゴンで近似したとき、それぞれ図5.2の<1>、<2>、<3>のようになった。図5.2のシェーディング方法を[]とよぶ。

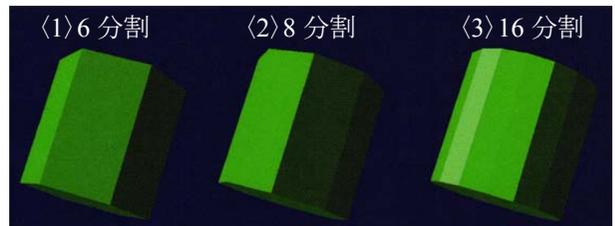


図5.2

【解答群】

- ア. アンチエイリアシング
イ. コンスタントシェーディング
ウ. シャドウイング
エ. グローシェーディング
オ. フォンシェーディング

- (b) 円柱の円周方向を均等に6分割、8分割、16分割してポリゴンで近似したとき、それぞれ図5.3の<1>、<2>、<3>のようになった。図5.3のシェーディング方法を[]とよぶ。

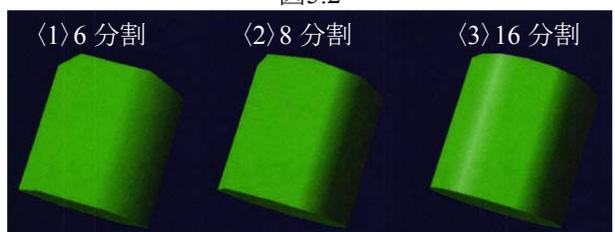


図5.3

【解答群】

- ア. アンチエイリアシング イ. コンスタントシェーディング ウ. シャドウイング
- エ. グローシェーディング オ. フォンシェーディング

(c) 円柱の円周方向を均等に6分割, 8分割, 16分割してポリゴンで近似したとき, それぞれ図5.4の〈1〉, 〈2〉, 〈3〉のようになった。図5.4のシェーディング方法を[]とよぶ。

【解答群】

- ア. アンチエイリアシング
- イ. コンスタントシェーディング
- ウ. シャドウイング
- エ. グローシェーディング
- オ. フォンシェーディング

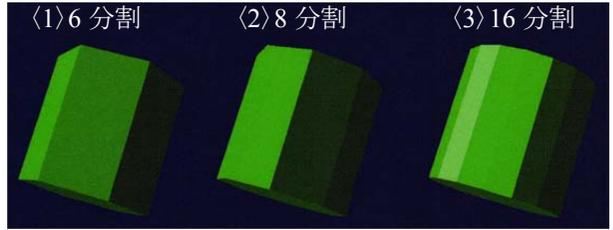


図5.4

(d) 設問(c)の方法では, ポリゴン頂点において []を求めておき, ポリゴン内部では, []を補間により求め, シェーディングを行う。

【解答群】

- ア. 法線 イ. 反射率 ウ. 輝度 エ. 屈折率 オ. 環境光

【問6】

以下は, シェーディングモデルに関する問題である。[]に最も適するものを解答群から選び, 記号で答えよ。

(a) 図6.1では, 各透明球の[]を変化させることで, 透過による歪みを変化させている。

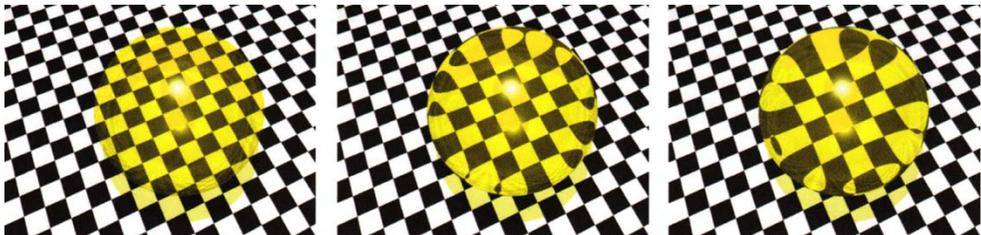


図6.1

【解答群】

- ア. 透過率 イ. ハイライト ウ. テクスチャ エ. 屈折率 オ. 鏡面反射

(b) 図6.2に示す球体は, よく磨いた金属を表現しており, 周囲の球の映り込みやシャープな[]が生成されるように設定している。

【解答群】

- ア. 半影 イ. ハイライト ウ. 拡散反射
- エ. ザラザラ感 オ. 散乱光

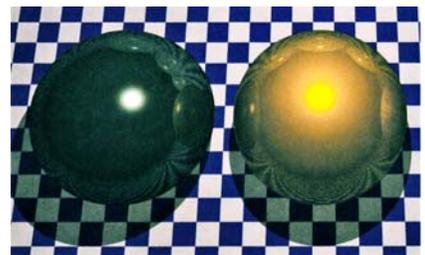


図6.2

【問7】

以下は, レンダリングに関する問題である。[]に最も適するものを解答群から選び, 記号で答えよ。

(a) 3次元の物体が光源によって照らされたとき, 光の照射方向と面の向きにもとづいて, 物体表面の明るさを計算し, 物体の陰影を表現することを[]という。

【解答群】

- ア. マッピング イ. シャドウイング ウ. シェーディング エ. レイトレーシング オ. 隠面消去

(b) 光源から出た照明光が物体にさざぎられることによって生じる暗い部分(影)を表現することを[]という。

【解答群】

- ア. マッピング イ. シャドウイング ウ. シェーディング エ. レイトレーシング オ. 隠面消去

- (c) 物体の陰影を表現する基本モデルでは、3種類の異なる反射成分を足し合わせて物体表面の明るさを計算する。これらのうち、石膏の表面のようにどの方向から見ても物体面の輝度が一定となり、ランバートの余弦則に従う反射は[]である。

【解答群】

ア. 拡散反射 イ. 鏡面反射 ウ. 天空光 エ. 環境光 オ. 屈折光

- (d) 直接光が当たらない物体表面が真っ暗にならず、わずかに明るく見えるのは、周囲の物体面からの反射光によって物体が間接的に照らされているからである。反射光の計算にあたり、これを一定値で近似したものが[]である。

【解答群】

ア. 拡散反射 イ. 鏡面反射 ウ. 天空光 エ. 環境光 オ. 屈折光

- (e) []のモデルでは、視点方向と正反射方向のずれ角を γ として、物体表面で発生する反射光の強さを $\cos^n \gamma$ に比例するものとして計算する。このとき、 n 値を変化させることで図7.1～図7.3のような鈍い反射から鋭い反射までを表現することができる。

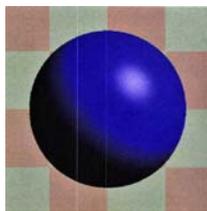


図7.1

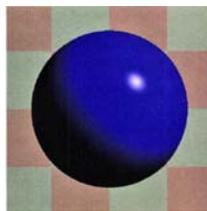


図7.2

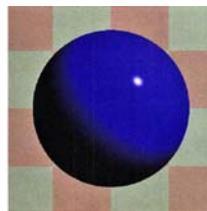


図7.3

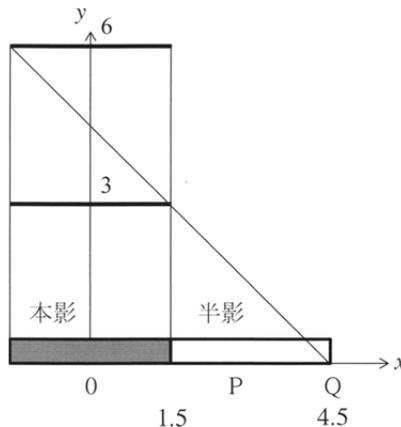
【解答群】

ア. グロー イ. フォン ウ. クック・トランス エ. ブリン

【解答1】

(a) ウ (b) ア (c) ウ (d) イ

- (a) 点光源や平行光線で照明する場合と異なり，面光源や線光源で照明すると，光源からの光が一部だけ遮られる領域が発生します．この領域を半影とよびます．
- (b) 右図のように作図することで，本影領域，半影領域を求めることができます．図よりPは半影領域にあることがわかります．
- (c) 同じく右図より，4.5となります．
- (d) アは正方形S直下が本影となっておらず，ウ，エは半影をとまっています．したがって，イが正解答となります．影のない領域でも，光源から離れるにつれて暗くなっていきます．



【解答2】

(a) ア (b) エ (c) イ (d) ア

- (a) レイが屈折率 n_1 の物質から n_2 の物質に進入する際，レイの入射角 θ_1 および屈折角 θ_2 には $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ という関係があります．これをスネルの法則といいます．
- (b) スネルの法則より，屈折率の小さい物質から大きい物質へ光が進む場合は，入射角 θ_1 と屈折角 θ_2 の大小関係は $\theta_1 > \theta_2$ となり，その逆の場合は $\theta_1 < \theta_2$ となります．よって，屈折率1.0の空気中にある視点から発したレイが屈折率2.0の球に進入するときには，入射角より屈折角が小さい，すなわち法線に近づく方向にレイが進み，球から出射するときは入射角より屈折角が大きい，すなわち法線から遠ざかる方向にレイが進みます．作成された画像の球への映り込みが反転していることから，レイの経路が確認できます．したがって，正解答はエとなります．
- (c) 完全鏡面反射では光は面の法線に対して入射角と等しい角度で反射します．図2.4において，この正反射方向のベクトル R は，視点方向へ向かうベクトル V の入射点における法線方向の大きさ $N \cdot V$ の2倍の大きさをもった法線ベクトル $2(N \cdot V) N$ と視点方向へ向かうベクトル V の逆方向のベクトルを合成したものになります．したがって，正解答はイになります．
- (d) レイトレーシング法を拡張したフォトンマップ法は代表的な大域照明モデルの解法の1つであり，鏡面反射をもつ物体や屈折の生じる透明な物体がシーンに含まれている場合に，それらによって生じる集光現象(コースティック)も表現することができます．フォトンマップ法では，フォトンマップの構築とフォトンマップを用いた描画の2段階のレイトレーシングを行って画像を作成します．したがって，正解答はアになります．

【解答3】

(a) オ (b) オ (c) エ (d) イ

- (a) 物体が光源によって照らされたとき，それぞれの場所の明るさを求める計算処理を，シェーディング(陰影付け)といいます．また物体により光がさえぎられてできる影を計算する処理は，シャドウイング(影付け)といいます．ほかの選択肢は，陰影をつけるための方法ではありません．
- (b) フォンのモデルによる鏡面反射光は，入射光の正反射方向と視線方向とのなす角 γ の余弦 $\cos \gamma$ の n 乗に比例した分布になります．ここで n が大きいほどこの分布は狭まり，小さいほど広がります．図3.2では鏡面反射光が広がっているため， n が小さくなったことがわかります．
- (c) 環境光があることによって，物体に直接光が当たらない部分が真っ暗にならないようにすることができます．
- (d) この環境光は，周囲からくる一様な光と考えることができます．このため，環境光による陰影は，視点や光源の位置，および面の法線ベクトルの方向によらず一定となります．また，環境光成分はつねに加算されるので，図3.1の最低輝度より暗いはずですが，したがって，正解答はエとなります．
- (e) 拡散反射成分は，計算点における法線と，光源方向ベクトルのなす角の余弦によって決まります．ここで光源が点光源のとき，光が光源から放射状に広がるため，光の強度は光源からの距離の2乗に反比例することに注意が必要です．

【解答4】

(a) ア (b) エ (c) ウ (d) エ (e) イ

- (a) レイトレーシング法による影付けの問題です。処理は簡単ですが画素ごとに処理するため、ほかの手法と比べて処理時間がかかる傾向があります。
- (b) シェドウボリュームによる影付けの問題です。シェドウボリュームを用いる手法は、光源と遮へい物との位置関係から3次元空間でのシェドウボリュームを求め、シェドウボリューム内に入っている物体面は影の領域と判定する方法です。
- (c)(d)(e) シェドウマップによる影付けの問題です。ゲームなどでよく利用される手法です。光源の位置からレンダリングを行い、そのZバッファの深度情報を利用して影付けを行います。光源から見た可視点の深度が、対応するマップの値より大きい場合には、可視点は影にあると判定されます。ZバッファはGPUなどのハードウェアにより求めることができるので、高速な影付けを行うことができます。

【解答5】

(a) イ (b) エ (c) オ (d) ア

- (a) コンスタントシェーディングは、ポリゴンの各面を同じ(コンスタントな)輝度で塗りつぶす方法です。
- (b) グローシェーディングは輝度補間とよばれています。つまりポリゴンの各面について、頂点の輝度を求めたあと、面の内部の輝度を補間によって求めます。頂点の輝度を補間するために、面内部のどの位置においてもその輝度が近傍と比べて格段に異なることはありません。
- (c)(d) フォンシェーディングは別名「法線補間」とよばれています。面の内部の輝度を計算するためには、まず面の内部の法線ベクトルを面頂点の法線ベクトルの補間により計算します。つぎに面の内部の輝度をその法線ベクトルと光源位置、光量などから計算します。法線を使うことで、ハイライト部が比較的明瞭に出ます。

【解答6】

(a) エ (b) イ

- (a) 屈折率を変化させることで、透過率の高い物体の質感を変化させることが可能です。たとえば、ほとんど背景の画像が変化しない空気の入った薄いガラス瓶から、背景の画像が歪むガラス球といった違いを表現できます。
- (b) 金属表面の鏡面を表現する場合、いちばん特徴的なのは入射光によるハイライトです。各球体には、金属表面に見られるようなシャープなハイライトが得られるように、表面の反射モデルのハイライト特性が設定されています。

【解答7】

(a) ウ (b) イ (c) ア (d) エ (5) イ

- (a)(b) 物体が光源によって照らされたとき、物体表面に現れる陰影を計算で求める処理をシェーディング、その物体に光がさえぎられた結果としてほかの物体表面にできる影を計算で求める処理をシェドウイング(影付け)とよびます。陰(shade)と影(shadow)の違いを理解することが大切です。
- (c)(d) 基本的なシェーディングモデルでは、物体面の明るさを、環境光による反射、拡散反射、鏡面反射の各成分の和として計算します。環境光による反射は周囲の物体から間接的に照らされた結果生じる反射光をモデル化したもの、拡散反射は石膏や白墨のようにすべての方向に等しく反射する反射光をモデル化したもの、鏡面反射はプラスチックや金属のように視線方向によって強度が変わる反射光(ハイライト)をモデル化したものです。
- (a) 鏡面反射成分の計算モデルに関する問題です。最も基本的なモデルは、視点方向と正反射方向のずれ角を γ として物体表面で発生する反射光の強さを $\cos^2\gamma$ に比例するものとして計算するもので、これをフォン(Phong)のモデルとよびます。さらに精密な反射モデルとして、ブリン(Blinn)やクック・トランス(Cook-Torrance)のモデルがあります。また、グロー(Gouraud)シェーディングは、ポリゴンで表現された曲面を滑らかに見せるスムーズシェーディングの手法です。なお、スムーズシェーディングの別手法としてフォン(Phong)シェーディングがありますが、フォンの反射モデルと混同しないように注意してください。