

■2群 (画像・音・言語) -3編 (コンピュータグラフィックス)

3章 コンピュータグラフィックス応用

(執筆: 張 英夏・中嶋正之) [2012年10月 受領]

■概要■

レンダリングとは、入力データから新しい画像を作成することを意味する。第1章では、3次元ポリゴンデータから画像を作成する方法について述べた。本章では、数値データを可視化する方法について述べる。また、画像処理技術を取り入れることによって、画像同士の合成や実写との合成を行う方法について述べる。

【本章の構成】

3-1節では、ポリゴンデータ以外の入力データに対し可視化を行う手法について説明する。3-2節では、映像特殊効果と題し、実写とCGの合成や画像同士の合成手法について述べる。

■2群 - 3編 - 3章

3-1 ビジュアライゼーション

(執筆著：張 英夏・中嶋正之) [2012年10月 受領]

1-2節では、3次元ポリゴンモデルに対するレンダリング手法について説明した。一方で、例えばCTデータなどのボリュームデータや2-1節で説明したような物理シミュレーションデータなど、明確に形状として定義されていない情報についても、情報のもつ特徴を理解しやすいように視覚化して提示する手法が必要である。このように、情報を画像もしくは映像に変換する技術をビジュアライゼーション (Visualization) または可視化と呼ぶ。狭義としては、ボリュームデータ (Volume Data) を可視化する手法を意味し、本節ではこの場合について述べる。

ボリュームデータとは、3次元空間で定義された数値データである。数値データとは、大きく分けてスカラーデータ、ベクトルデータ、テンソルデータに分類することができる。スカラーデータ (Scalar Data) とは、値の大きさのみをもつデータであり、方向情報はもたない。例えば、質量や密度などがスカラーデータである。ベクトルデータ (Vector Data) は、値の大きさ及び方向に関する情報をもっているデータを意味する。例えば、速度や加速度などがベクトルデータである。テンソルデータ (Tensor Data) とは、線形的な量を一般化したもので、スカラーデータは0階のテンソルデータ、ベクトルデータは1階のテンソルデータといえる。

本節では、ボリュームデータから得られる3次元スカラーデータの可視化に絞って説明する。

可視化の方法としては、ボリュームの断面画像を表示する方法、ボリュームの中で等値面を抽出しレンダリングする方法、ボリュームの内部まで表示することを目的としたボリュームレンダリングなどの手法がある。

3-1-1 断面画像による表示方法

断面画像 (Cut Plane) を表示する方法は最も簡単な方法で、あるボリュームデータを二次元平面で切ったときの断面におけるデータを可視化する方法である。可視化の方法としては、値の大小を色で表現した擬似カラーによる数値表現 (Pseudo-color Coding)、同じ値をもつ位置を曲線で繋げた等高線 (Isoline) による表現、値を高さのみならず3次元として表示するハイトフィールド (Height Field) による表現などがある。

3-1-2 等値面による表示方法

等しい値をもつデータ集合、つまり等値面 (Isosurface) を抽出し、3次元的な表面を作成する方法である。等値面を作成する処理を等値面化 (Isosurfacing) と呼ぶ。等値面の生成方法としてはマーチングキューブ法 (Marching Cubes)¹⁾が有名である。これはアルゴリズムが非常に簡潔であるため、現在最も広く利用されている手法である。

マーチングキューブ法は、隣接した8個のボクセル (立方体の頂点となるような位置関係にあるボクセル) を一つの立方体であるとみなす。立方体の頂点にボクセルが配置されているので、頂点にボクセルの値を割り当てられる。

いま、等値面形成のためのしきい値 θ がある。立方体の各頂点に対し、その頂点における値が θ 以上だったら頂点に1を割り当てる。これはこの頂点が表面の内部に存在することを意味

する。もし頂点の値が未満だったら0を割り当て、表面の外であることを表現する。立方体が等値面と交差するパターンを考えてみる。8個の頂点の0,1の組合せを考えると、 $2^8 = 256$ 通りのパターンがあることが分かる。しかしながら、これらパターンの中には回転や反転すると同じパターンになるものが多く存在しており、これらの重複したものを無視すると15通りのパターンしか存在しない*1。図3・1にこの15種類のポリゴン生成パターンを示す。この図では、立方体の頂点に対し、0のものを黒、1のものを白で塗りつぶしている。

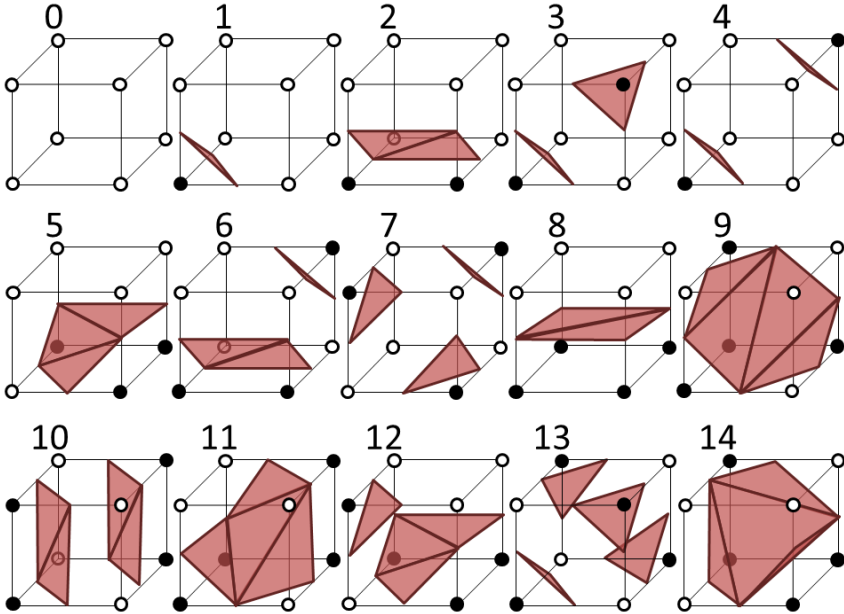


図3・1 マーチングキューブ法におけるポリゴン生成パターン

次に、実際に等値面を生成する手法について述べる。立方体に対し、しきい値 t によって各頂点に0,1が割り当てられているとする。このとき、8点の頂点の0,1を並べてみると、2進数8ビットが並んでいるとみなすことができる。この値を立方体のインデックス i とする。予め作成されているルックアップテーブルについて、インデックス i でアクセスすることで、この立方体が図3・1に記したパターンの中のどれに当てはまるかを調べることができ、立方体のどの辺で等値面と交差するか、どのようなポリゴンを生成すべきかが分かる。ここで、等値面と交差するとされた辺 e の頂点を v_1, v_2 、そして各頂点におけるデータ値を t_1, t_2 とする。なお、 $t_1 < t \leq t_2$ とする。すると、等値面との交点 v は、

$$v = v_1 + (t - t_1)(v_2 - v_1) / (t_2 - t_1)$$

*1 図3・1の生成パターンを見ると一番左上の番号0のパターンの場合、ポリゴン(等値面)は存在しない。したがって、図にはパターンが15種類あるが、ポリゴン生成パターンとしては14種類と記している参考文献も多い。

として求めることができる。最後に、他の交点と組み合わせ、ポリゴンを生成することができる。

マーチングキューブ法は、非常に単純で広く利用されているが、ポリゴンが閉じずに穴が空いてしまう場合があるという問題がある。

3-1-3 ボリュームレンダリングによる表示方法

ボリュームレンダリング (Volume Rendering) は、表面のみでなく、内部のデータまで表現する必要があるときに利用される。データが雲や煙のように半透明な場合や、物体の内部構造を把握する必要がある場合に非常に効果がある。代表的な手法として、レイキャスティング法、格子投影法、事前積分法などがある。ここではレイキャスティング法について述べる。

レイキャスティング (Ray Casting) 法は、図 3・2 に示すように、ある視点からレイを飛ばし、そのレイに沿って一定間隔でボリュームデータを再標本化する。ボクセルには予め色と不透明度が与えられている。再標本化した位置での色と不透明度は、3 重線形補間 (トリリニア (Tri-linear) 補間法) などによって計算する。実際の値の計算時には、この色と不透明度を加算していき、不透明度の総和が 1 となるか、またはレイが対象としているボリュームから抜け出たとき、その画素に対する処理を終了し、加算結果をその画素の値として表示する。

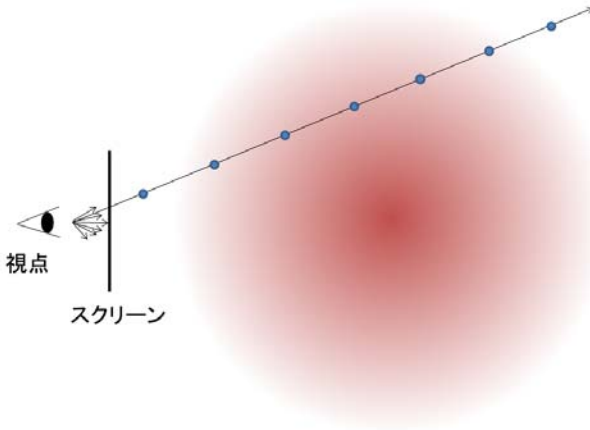


図 3・2 レイキャスティング法の概略図

■2群 - 3編 - 3章

3-2 映像特殊効果

(執筆者：張 英夏・中嶋正之) [2012年10月受領]

これまで、データから画像を生成する方法について述べた。本節では画像同士の合成や実写とCGの合成によって新たな画像を生成する方法について述べる。

3-2-1 モーフィングアルゴリズム

モーフィングアルゴリズム (Morphing Algorithm) はある物体から別の物体へ滑らかに変化する映像を生成する手法である。映像特殊効果としてのみでなく、アニメーション手法としてフレーム間の画像補間にも利用することができる。

モーフィングは、以下の3工程から構成されている。

- a) 対応関係の指定：画像AとBの部位毎の対応関係を指定
- b) 形状変化：すべての対応点の画像AからBへの変形方法を指定
- c) 画像切り替え：画像AからBへの切り替え方法の指定

a)の対応関係の指定とは、画像Aのある部分を画像Bのどの部分へ変化させるかを指定する作業である。対応を指定する方法は、画像からいくつかの特徴となる点を指定する方法、特徴ある部分を線で指定する方法、面に対応をとる方式がある。

b)の形状変形の過程は、a)の指定に基づき2枚の画像間で対応する面、線、点を移動させる作業である。

c)は、画像Aから画像Bへ滑らかに切り替えるクロスディゾルブ (Cross Dissolve)^{*2}の組合せにより構成される。

図3・3に猫と犬のモーフィング結果を示す。点对応で行い、特徴点はそれぞれ39点とした。

3-2-2 ワーピングアルゴリズム

ワーピング (Warping) とは、単一の画像上で特徴点を指定し、その特徴点の移動量を指定することで、新たな画像を生成する方法である。このワーピングは、映像への特殊効果付与のみならず、リモートセンシングによって歪みが生じた写真のレジストレーション、医学の分野など広い分野で利用されている。

3-2-3 実写とコンピュータグラフィックス画像の合成

実写とCGを合成するための手法は古くから研究されている。従来は主にクロマキー合成 (Chroma Key) という技術が利用されていた。クロマキーとは、名前の通り特定の色 (クロマ) をキーイング (Keying：色や明暗などの成分から映像及び画像の一部を抜き出す技術) する手法である。ブルーバック合成という名前で広く知られており、天気予報の予報士を天気図のCGと合成する場合やパーチャルスタジオ、映画やCMなどでも広く使われている。この場合、背景を青色の幕 (ブルースクリーン) で覆い、その前で物体もしくは人物を撮影する。後に、色情報を用いて背景をくり抜く。前景が背景の青と類似した色の場合にはくり抜きがうまくいかないため、背景を緑色の幕 (グリーンスクリーン) にすることもある。

*2 オーバーラップによる画像の切り替え。



図 3・3 猫と犬のモーフィングの例

一方で近年, そうした特定色の背景を用いずに, 写真もしくは映像から前景を分離するための手法も多く発表されており²⁾⁻⁵⁾, 合成時の違和感を軽減するための手法なども提案されている^{6),7)}.

更には, 実空間の照明条件を仮想空間内で再現することによって合成時の違和感を軽減さ

せようというイメージベースドライティング (Image Based Lighting) 手法も提案されている。これは、実空間の環境を鏡面球などで取得し、それを 3 次元モデルのライティングに利用するものである。具体的には、取得した画像をテクスチャとして環境マッピングすることで、CG 物体に実写空間での環境の影響を反映させる。明るさの強弱をより精密に再現するために、鏡面球からの画像は HDRI (High Dynamic Range Image) 形式が用いられる。

■参考文献

- 1) William E. Lorensen and Harvey E. Cline, "Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm," vol.21, no.4, pp.163-167, 1987.
- 2) Y. Y. Chuang, B. Curless, D. H. Salesin, and R. Szeliski, "A Bayesian approach to digital matting," CVPR 2001, pp. 264--271.
- 3) E. S. L. Gastal and M. M. Oliveira, "Shared sampling for real-time alpha matting," Computer Graphics Forum, vol.29, no.2, pp.575-584, 2010.
- 4) J. Sun, J. Jia, C. K. Tang, and H. Y. Shum, "Poisson matting," Transactions on Graphic, no.3, pp.315-321, 2004.
- 5) C. Rhemann et al., "A perceptually motivated online benchmark for image matting," CVPR 2009, pp.1826-1833.
- 6) A. Agarwala et al., "Interactive digital photomontage," Transactions on Graphics, vol.23, no.3, pp.294-302, 2004.
- 7) J. Jia, J. Sun, C. K. Tang, and H. Y. Shum, "Drag-and-drop pasting," Transactions on Graphics, pp.631-637, 2006.