

顔の3次元表示と表情の変化に関する研究*

3C-7

藤田一人 木村晋二 渡邊勝正†

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科‡

1 はじめに

コンピュータグラフィックスを利用して3次元の顔画像を表示するには、主に既存のデータベースから画像データを読み込んで表示する方法がとられている。しかし、この方法ではそれぞれの表情に対する画像データが必要になり、さらに表情の変化に至っては変化するまでのフレーム数の画像データが必要であり、多くの記憶領域が必要となってくる。

本稿では、必要な入力データが少なく、かつ滑らかな画像を作成できるメタボール法に注目し、この方法でのデータを三角形近似することや、顔のオブジェクト化による画像データの再利用などにより、必要な記憶領域の削減とさまざまな表情の作成に対応するための手法について述べる。

また、3次元図形の可視化にはさまざまなレンダリング技術（ライティング・モデル、3次元テクスチャマッピング、隠面自動消去）が自動的にこなされる Advanced Visual Systems 社の AVS (Application Visualization System) を用いる。

2 メタボール法

メタボール法では、表示物体を置くための3次元空間を1つのスカラー場と考え、その空間内の各点にスカラー量（濃度）を定義し、この等濃度面を実際の表示曲面とする¹⁾。そして、メタボールとは、3次元空間のある1点を中心に球状に広がる濃度分布によって定義されるものであり、一般には中心の濃度が最大で、距離が離れるに従って減少し、ある1点を過ぎると0になるようにする。（図1）

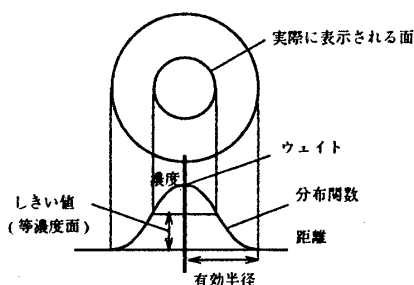


図1: メタボールの例

ここで、濃度分布を表現するものを分布関数 $W(r)$ と呼び、中心の濃度をウェイト、表示曲面となる濃度の値をしきい値、濃度が0になる距離を有効半径という。

2.1 分布関数

メタボール法では、いろいろな分布関数が提案されているが、本稿ではその中で比較的次元の低い2次関数を区分的に接続した分布関数を用いる^{[1],[2]}。

$$W(r) = \begin{cases} W_0 \cdot \{1 - 3 \cdot (r/b)^2\}, & 0 \leq r \leq b/3 \\ (3 \cdot W_0/2) \cdot \{1 - (r/b)\}^2, & b/3 \leq r \leq b \\ 0, & b \leq r \end{cases}$$

ここで、 W_0 : 濃度中心での濃度値
 r : 濃度中心からの距離
 b : 小球の半径 (定義域)

2.2 負のメタボールの導入

普通のメタボールでは、ウェイトが正であり、濃度中心から離れるに従って濃度の値が減少するものであるが、負のメタボールはウェイトに負の値を与えたメタボールであり、これにより濃度中心から離れるに従って濃度の値が増加するものである。

すなわち、負のメタボールを利用することにより、画像の表面をへこませる働きがあり、正のメタボールでは表現しにくいへこんだ形状を少ない数のメタボールで表現できる。

3 顔画像データの生成

2章で述べたメタボール法を用いて顔画像を作成するが、一般的な方法ではピクセル毎に濃度の値を計算しなければならないために、計算時間がかかり過ぎる。

そこで本稿では、計算時間削減のために、あるドットピッチの3次元の点データの集合に対してメタボール法を適用する。そして、得られた点データを三角形のポリゴンで近似して顔画像を作成する。

3.1 ポリゴン近似アルゴリズム

以下に顔画像データのポリゴン化の手順を示す。

1. メタボール法を用いて、顔画像を構成するための3次元空間の点の集合を求める。
2. 1で得た点集合をz平面毎に分割し、2次元の点集合の階層を構成し、各階層でのしきい値（等濃度面）の輪郭を作成する。
3. 2で得た平面の輪郭をもとに、すべての平面において隣接する2平面間で三角形のポリゴンを用いて結合する。

3.2 データ生成の高速化

1. 差分データの利用

まず、差分データのために、現在表示されている顔

*3 Dimensional Figures of Face and a Change in Facial Expressions

†Kazuhito FUJITA, Shinji KIMURA, Katsumasa WATANABE

‡Graduate School of Information Science, NARA Institute of Science and Technology

画像（表情）の3次元空間の濃度データをメモリ上に保存しておく。表情の変化の際にメタボールの移動、増加、減少などの変化が小さい場合には、全体の濃度値を計算する代わりに濃度値が変更されたメタボールのみ計算し、現在の濃度データに追加する。また、メタボールの移動では、移動前のメタボールのウェイトを符号反転したメタボール（負のメタボール）を追加して差分データを求め、さらに移動後のメタボールを追加して高速化をはかる。

2. 計算範囲の縮小

各メタボールが影響を及ぼす範囲はそのメタボールの有効半径に依存するので、この有効半径を用いてオブジェクトの濃度存在範囲を求め、その範囲のみ濃度値の計算をすることにより計算量を削減する。当然ながら、メタボールの追加についても有効半径内のみ濃度値を計算するようにする。

4 顔のオブジェクト化

3章で述べたように、顔画像の作成にメタボール法を用いているが、この方法では顔を1つの物体として捉えたと少しの顔画像（表情）の変化に対しても、すべてのデータについてポリゴン化を再実行しなければならぬ。

そこで、そのような少しの変化に対してできるだけ計算量を少なくするために、顔画像をオブジェクト化して図2のようなクラス階層を構成する。これにより、階層間には has-a あるいは part-of の関係が成り立ち、オブジェクト指向的な考えを取り入れることが可能となる。

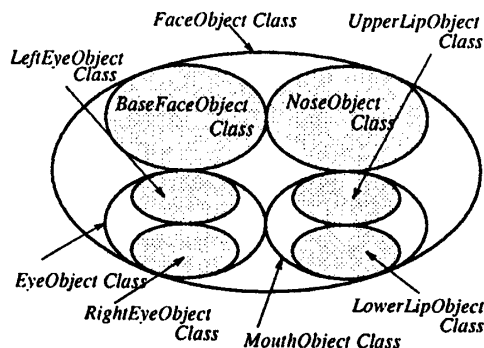


図2: 顔のクラス階層

ただし、図2において網の掛かったクラスは具象クラスであり、網の掛かっていないクラスは抽象クラスとする。

5 画像生成の例

3章、4章で述べてきた方法を用いて作成した初期状態の顔画像を図3に示す。この画像は、AVS上で表示しているカラーの顔画像を Gray Scale で Postscript ファイルに出力したものである。

また、各オブジェクトに用いたメタボールの個数（正、負）と、三角形のポリゴンの数を表1に示し、各オブジェクトの画像データの計算時間を表2に示す。ここで、計算時間には、AVSが画像を表示する時間は含ま

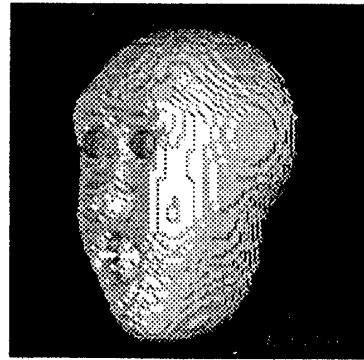


図3: 斜め45度から見た顔画像

れていない。この表示時間は、ポリゴンの個数に比例する時間がかかり、この例の場合には、一番時間のかかった BaseFace Object で約1.5秒であった。

表1: メタボール数の比較

オブジェクト	全体	正	負	ポリゴン
BaseFace	18	10	8	14309
Nose	9	9	1	1241
Lip(U,L)	9	3	6	702
RightEye	2	2	0	409
LeftEye	2	2	0	409

表2: 各オブジェクトの計算時間（秒）

BaseFace	Nose	Lip	RightEye	LeftEye
9.26	1.84	1.55	1.25	1.31

【システム構成】:

HP社のHP 9000 / 735

(Memory 128 Mbyte, クロック周波数 90 MHz)

+ AVS

6 おわりに

本稿では、メタボール法に基づく顔画像の生成法について述べた。さらに、メタボール法をそのまま用いたのでは計算時間が膨大に掛かるので、メタボール法のデータをポリゴン化して計算データ量を少なくし、さらに、負のメタボールの導入や顔のオブジェクト化により必要なメタボール数を削減し、差分データや計算範囲の縮小を行ない高速化をはかった。

今後は、オブジェクト毎に独立していることを利用して並列化し、表示時間の高速化をはかることが考えられる。

参考文献

- [1] 西村, 平井, 河合, 河田, 白川, 大村: “分布関数による物体モデリングと画像生成の一手法”, 信学論(D), Vol. J68-D, No.4, pp.718-725 (昭60-04)
- [2] 村上伸二, 市原英也: “メタボール法による3次元図形の表示について”, 信学論(D), Vol. J70-D, No.8, pp.1607-1615, Aug. 1987.