

自己組織化マップを用いた三次元画像構成の簡単な手法

坂本 隆、広岡 一
法政大学大学院システム工学専攻

3次元画像は我々の認識に多くの分野で有用なイメージ処理の手段であるが、ここでは Kohonen による自己組織化マップ (SOM) と鳥や魚の集団運動のコンピュータグラフィックス (VOID) などに用いられてきた力学法則を組み合わせたニューラルネットモデルを用いて、写真などの平面画像情報から3D画像が自己組織的に構築されることを示す。

1. はじめに

人間の脳は、人間に限ったことではないかもしれないが、視覚情報処理の優れた能力を持つ。立体視は言うにばず、一枚の写真画面からでさえ、その3次元的イメージを創造さえする。いかにして脳は三次元イメージを作りだすのだろうか。この問題は脳の視覚情報処理の解明を待たねばならないが、近年マルチメディアの発展に伴い、様々な分野で実物体を3次元コンピュータグラフィックスに表現しようという関心が集まっている。現実のシーンのモデル化を目指すインターネット、3Dゲーム、映画などのバーチャルリアリティのためのアプリケーションのみならず、歴史的文化財の保存、分子構造など科学的情報の視覚的説明など3次元的イメージの有用性は多くの分野であげられる。多視点からのカメラ画像とレンジファインダによる距離情報の組み合わせによる3次元画像の構成プログラムなど多くの試みがなされているが、プログラムにはかなり複雑な数値処理を用いるのが現状である。

ここではニューラルネットのモデルの一つとして、巡回セールスマン問題などの最適化問題などへの応用に有用性を与えてきた Kohonen の自己組織化マップが、3次元グラフィックスの構成にも有用な手法を与えることを報告する。脳における情報処理は生物システムに広く見出される自己組織のような比較的単純な数値モデルを用いていると考えられる。自己組織とは集団を構成する個々の作用体間の局所的な相互作用からグローバルなレベルでの構造、パターンとか創発的形質の出現するメカニズムである[1]。数枚の写真画像からニューラルネットの自己組織化マップを用いて立体画像を構成する手法を、ここでは設計図のように平面図、側面図などから3次元画像の構成などより単純な例で説明するが、任意の方向や距離から撮られた数枚の写真画像から3Dグラフィックスの表示などより一般的に場合へも拡張が可能である。

2. 方法

Kohonen の自己組織化マップ (SOM) を用いた3Dグラフィックスの手順を以下に示す。Kohonen の自己組織化マップは教師データなしの競合学習モデルと言えるものであり、出力群となるニューラルネットと学習データの入力集合によって構成される。

(M1) 写真画像から、対象画像の抽出。

ここでは、説明を簡単にするために、対象物体の正面画像、側面画像、平面画像が与えられるとする。空間

の座標軸を正面、側面、平面の画像情報にたいして 集合

$$A(y_0, z_0) = \{ (y_0, z_0) | (y_0, z_0) \text{ 正面画像} \},$$

同様に側面図、平面図を集合 $B(x_0, z_0), C(x_0, y_0)$ とする。

(M2) 平面画像の3次元空間情報への拡張。

M1で与えられた平面情報を対象の存在空間へ拡張した集合 $A'(x, y_0, z_0), B'(x_0, y, z_0), C'(x_0, y_0, z)$ の積集合 $D(x, y, z) = A' \cap B' \cap C'$ を作る。例えばここでは正面図については

$$A'(x, y, z) = \{ (x, y_0, z_0) | X \}$$

他も同様にして空間情報に拡張される。この積集合 D が対象物体の存在領域すなわち入力層の学習情報を与える。

(M3) Kohonen の SOM を用いて構成空間 D に張られたニューラルネット $W_{ijk}(x, y, z)$ の網状構造の形成。

M3-1) 集合 D 内の領域に立方格子点に n 個のニューロン (ノード) $W_{ijk}(i, j, k = 1, \dots, N)$ を配置。

M3-2) 空間内の任意の点 $L(x, y, z)$ をランダムに抽出、 $(x, y, z) \in D$ ならば、この点に最も近いノード W_{ijk} をこの点に近づける。

すなわち式

$$W_{ijk, \text{new}}(x, y, z) = W_{ijk}(x, y, z) + R(L - W_{ijk}(x, y, z))$$

に従い変更する。ここで R は学習率を表し、ここでは

$$R = e^{-0.01 \times \text{count}}$$

とする。Kohonen の SOM の特徴は、もっとも近いノード (勝利ノード) だけでなく、それ以外の近い値をもつ近傍の k 個のノードも選択され、上式に従い L に近づけられる。ここでは $k=R(n+1)/3$ を用いる。学習率 R がほぼ0になるまで繰返し、ノード $W(x, y, z)$ に集合 D の空間情報が学習される。

(M4) 力学モデルによる境界への接近。

しかし3Dグラフィックスのためには、存在空間 D の表面、すなわち境界 D にいかにノードを近づけることが重要である。空間からのランダムな点の抽出を多数回繰返しても境界上の点を選択する確率は少ない。ここでは格子内部のノードから格子表面のノードへ静電的斥力が働くとして、境界表面に格子表面のノードを近づける。これにより集合 D の境界まで表面ノードを移動させることが可能となる。ここでは全てのノードが同じ電荷をもつときに働く静電気力に類似した斥力モデルを用いノード W_v は他の全てのノードから以下のような力を受け領域表面へ移動する。。

$$\vec{F} = \frac{1}{n \times (1 - R)} \sum_{i=1}^n \frac{\vec{W}_i(x, y, z) - \vec{W}_v(x, y, z)}{(W_i(x, y, z) - W_v(x, y, z))^2}$$

(M5) 学習された $W_{ijk}(x, y, z)$ のうち表面のノードを残

し、三次元ワイヤーモデルへの入力情報が作られる。ここではこれを DirectX を用いて 3 次元モデルに描画する。(M6) 元の画像にあわせ、各ノードに画素情報を与えポリゴンをカラー表示する。

3. 応用例

2 で作成されたプログラムを用いて描かれる 3D 画像のいくつかの例を表示する。

(G1) 楕円体 $a^2x^2 + b^2y^2 + c^2z^2 = 1$

このような数式表現が可能なときには、存在空間 D は $D = \{(x, y, z) | a^2x^2 + b^2y^2 + c^2z^2 \leq 1\}$ で表され、(M1)、(M2) のプロセスは省略できより便利である。(M3)以降をおこなえばよい。Fig. 1 は (M3) のプロセスのみから得られるワイヤーモデルである。これに (M4) の赤緑プロセスを加えたのが Fig.2 である。

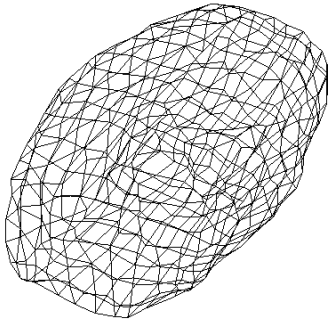


Fig. 1 3D graphics of a spheroid constructed until the process M4, given in Method..

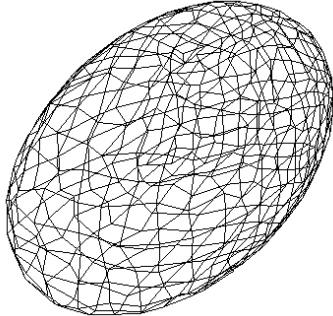


Fig.2 The same graphics of Fig.1 with the process M5

図からも見られるように、SOM のみならず M5 の過程が表面を構成するのに非常に有効である。上記グラフィックスは $10 \times 10 \times 10$ のノードを用いて描いたものである。

(G2) コーヒーカップ

Fig.3 のスクリーンショットの図に見られるようにコーヒーカップの上方と 2 直交側面の 3 方向から撮られた写真画面から、(M2) により学習空間情報集合 D を構成することから得られた三次元画像が Fig.4 である。ここでは $30 \times 30 \times 30$ のノード配列を用いるが、各ノードに 3 次元座標、色情報を与えると一般の Windows PC ではメモリーとれる最大に近い。ただし計算は数分で収束する。

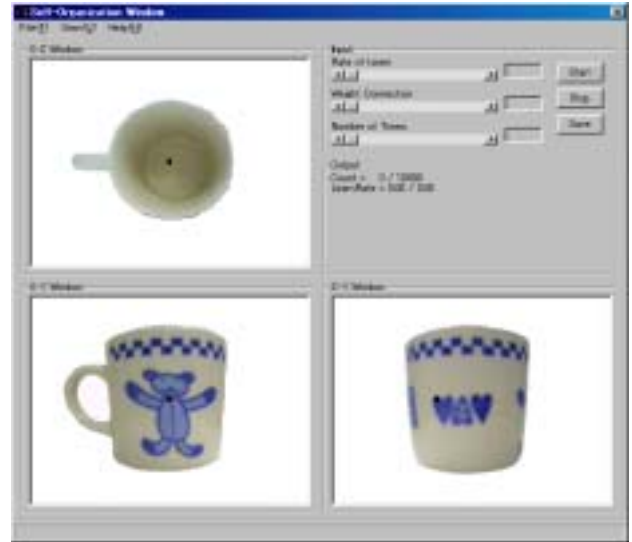


Fig.3 Three photographs of coffee cup from upper and 2 sides.



Fig.4 3D graphics constructed from 3 photographs of Fig.3.

4 結論として

ここでは自己組織化マップが 3D グラフィックスの構成にも有用な手段となりうる可能性を示すために、原理的なアルゴリズムの説明とそれによって描かれた例を与えている。しかしより一般的な物体に対しては、ここで与えた存在集合 D の構成や物体固有のトポロジ的の形状を考慮したノードの結合などへの考察が必要である。

参考文献

- [1] S.Camazine et al. Self-Organization in Biological Systems. Princeton Univ.Press, 2001.
- S.Johnson, Emergence: The Connected Lives of Ans,Brains,Cities and Software. Allen Lane/Scribner.

キーワード.

3次元グラフィックス、自己組織、コホーネンの自己組織化マップ、ニューラルネット

Summary.

Easy Way of 3-Dimensional Graphics with Self-Organization Call

Takashi Sakamoto, Hajime Hirooka
Department of System Control Engineering, Hosei University

In many fields, the representation of 3 dimensional graphics gives a very useful tool in practice. Here we propose an easy method to reconstruct a 3D graphics from two dimensional informations, such as photographs, with neural-net model, combining the concepts of Kohonen's self-organization map and simple dynamical law. This algorithm of self-organization will give a possibility of easy way to reconstruct of 3D graphics.

Keywords.

3D graphics, Self-Organization, Kohonen's SOM, Neuralnet Model