

コンピュータを用いた絵画生成

佐々木 睦子

理化学研究所・情報科学研究室

コンピュータを用いて、いかにコンピュータらしい美しい絵を生成できるか、その可能性を試みた。そのためにコンピュータ・アート用のシステムを作成した。出力にプロッタ（白黒）を想定したART-3システム（Artistic Realistic Technician-3の略）とカラーグラフィック用のART-4システムである。これらのシステムは画素でキャンバスを塗りつぶして絵をかくが、画素のサイズ、密度、画素自身の形および画素の色を関数で制御する。

ARTシステムによるいくつかの作品例を呈示し、コンピュータ・アートの種々の面について議論する。

Generating Beautiful Pictures by Computers

Mutsuko K. Sasaki

The Institute of Physical and Chemical Research
Hirosawa, Wako-shi, Saitama 351-01, Japan

This article discusses how to generate beautiful and computer-like pictures by computers and a possibility of computer art. So far, I have developed a series of computer art systems. The ART-3 (Artistic Realistic Technician #3) is designed for black-and-white pictures to be drawn by a plotter, while the ART-4 system under development is for color graphics. These systems draw small pattern elements on the canvas, and mathematical functions control the size, color, density, or selection, of the pattern elements. By showing several pictures drawn by the ART-3, we discuss various aspects of computer art.

1. まえがき

コンピュータによる絵画の生成は、1960年初頭にアメリカで始まって以来、種々の試みがなされてきた。絵を生成する方法にはいろいろあるが、筆者は関数法と名づけた手法を用いている。本稿では関数法について説明し、関数法のARTシステムで作った作品を示す。

2. コンピューターで絵画を生成する手法

絵画を生成する主な手法を、おおよそ現れた年代順に列挙すると、

- (1) ワイヤフレーム法
多数の線（直線あるいは曲線）の集合により絵を生成する
- (2) データ変換法
データのある規則（たとえば関数による写像）に従って変換する
- (3) アルゴリズム法
DO文やIF文を組み合わせたプログラムにより絵を生成する
- (4) バッチワーク法
ある規則に従って細片を継ぎ接ぎして絵を生成する
- (5) 関数法
数式により、画素のサイズや密度等を制御して絵を生成する
- (6) フラクタル法
部分を拡大すれば元になるような規則で基本パターンを画面に塗って絵を生成する
- (7) レイ・トレーシング法
光源と視点の位置、物体の位置とその光の透過率および反射率等から各画素ごとに適当な色を算出して絵を生成する

等が考えられる。なお、この分け方は筆者の勝手な分類法であるため、他の観点からの分け方も考えられる。

3. 関数法ARTシステムの概略

現在、多くの人が行っている手法には、フラクタル法やレイトレーシング法が挙げられる。フラクタル法は正にコンピュータらしい従来にない型の絵を生成するが、非常に多くの人手がけており、筆者は別の方法を模索する道を選んだ。レイトレーシング法で作られた作品の多くは、現実のものがそこにあるかのごとくリアルで、まるで写真を見ているような感じの作品が多い。それはそれで興味深いものだが絵としてみると面白味に欠ける。

そこで、1つの絵の中に自然界に存在する花や蝶や鳥そのものと、仮に具象であっても完全に数学関数で生成したものを混在させ、現実的でありながら、妙に現実とかけ離れた想像力をかきたてられるような絵を生成出来るARTシステムを開発してみようと思いたった。ARTとはArtistic Realistic Technicianの略である。

この立場では、数学関数は計算機で取り扱うのに適しているという利点も見逃せない。

ARTシステムでは手描き図形を原図形として受付ける。手描き図形は、輪郭線だけをポリゴンとして入力する。このシステムでは、キャンバスがX方向とY方向の2次元のメッシュで覆われていると想定しているので、キャンバス上に置かれたポリゴンの内部のメッシュ上の点に、画素（/、-、+、*…等）をかく事により絵を描いている。

ARTシステムにおける作画手順は次のようになっている。

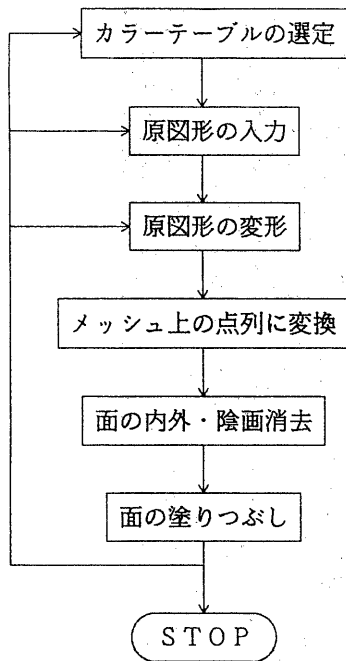


図1 ARTシステムの作画手順
(ただし、カラーテーブルの選定は
ART-4のみ)

このシステムの利点は、キャンパスの画面を塗りつぶす為のfunctional pattern brushが豊富に揃っていることである。筆は大別すると次の3種に分けられる。

- ① uniform texture brush
(一様テクスチャー筆)
格子上的点に等間隔で一種類の画素を
一様に描いていく
- ② random texture brush
(ランダムテクスチャー筆)
格子上的点に一種類の画素をランダム
に描いていく
- ③ functional pattern brush
(関数パターン筆)
格子上的点に、関数で制御して画素の
サイズと色を決めてかく

このシステムで取扱える図のタイプは6種類である。

- ① 線図形
- ② 不透明で穴のあいていない面図形
(1度かいた所は2度とかけない)
- ③ 不透明で穴のあいている面図形
- ④ 透明で穴のあいていない面図形
(重ねがきができる)
- ⑤ 半透明な面図形
(1度かいた図形内でも、まだかかれていない格子点にはかける)
- ⑥ 隠れ面判定用のメモリをクリアする面図形

実際にはこれらのタイプを種々に組み合わせさせて絵を作成している。

1つのカラーテーブルは100色が基本であるが、雲や煙のようにグラデーションを必要とする場合は、基本の100色の外にグラデーションの色(単色で100段のグラデーション)を使えるようになっている。全体的に赤みがかった絵にするか、青みがかった絵にするかは、関数の値を規格化する事により容易にきめられる。カラーテーブルを種々に変える事により、同じ図でも全く違った雰囲気にする事ができる。

4. 関数法ARTシステムの作品例

図2～5はARTシステムを用いて描いた絵である。経費節約のためモノクロの絵にしたので、ART-4ではなく、ART-3システムを用いている。

図5の富士山と山脈の部分は、random texture brushを用いている。その外の炎や水面や空はすべてfunctional pattern brushで塗りつぶしている。

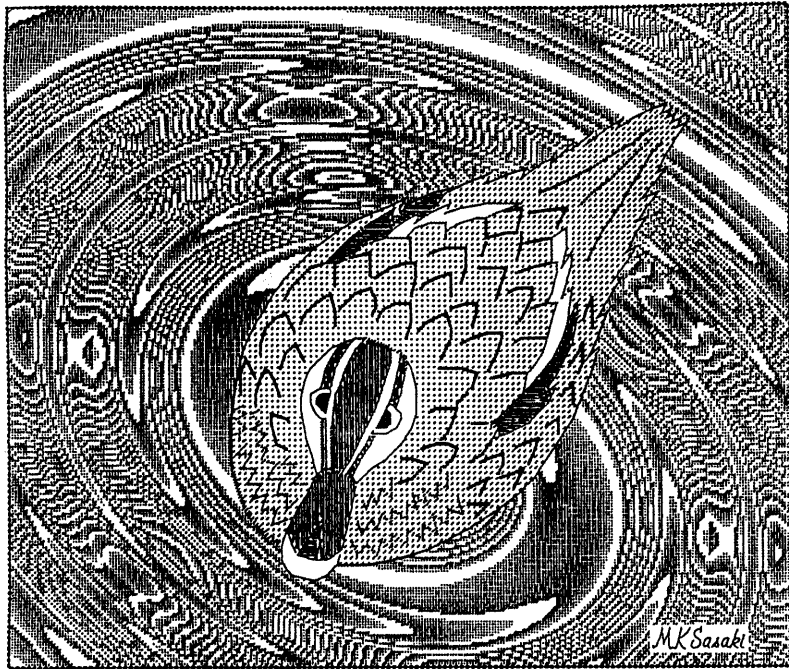


図2 カルガモ #1



図3 蝶の行進

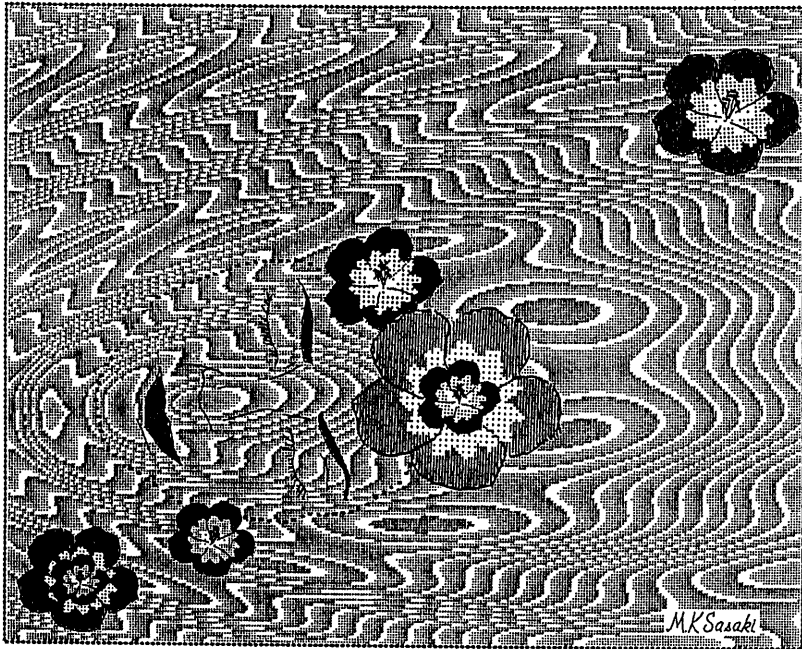


図4 花の命

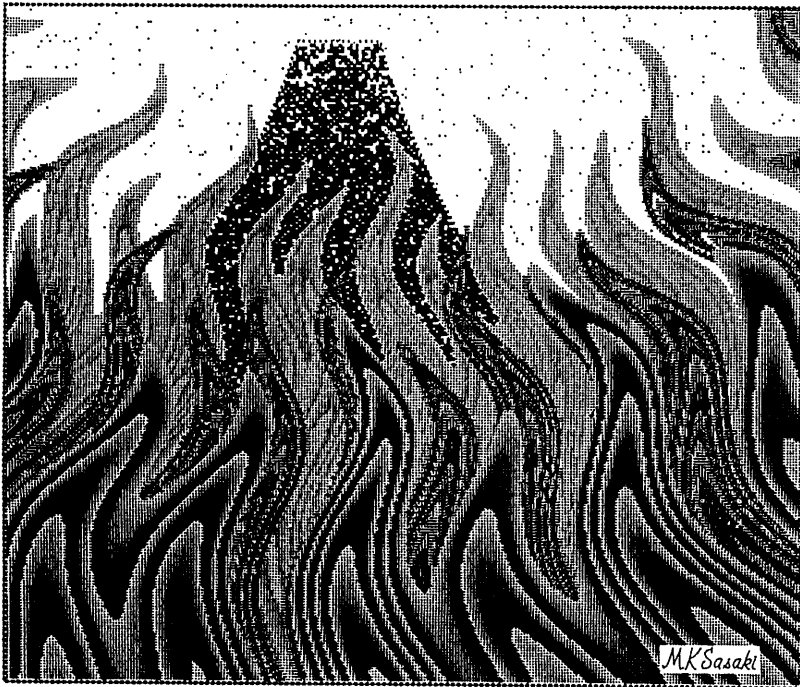


図5 炎の富士

因みに、図4の波の関数形は

$$\begin{aligned}y &:= 1.7y \\ \theta &:= \operatorname{atan2}(y, x) \\ r &:= \sqrt{0.5x^2 + y^2} \\ f &:= 6.0(1.1 + \cos(ar)) + (1.1 + \cos(br\theta)) \\ f &:= f_{\text{mean}} + c_{\text{amod}}(f, 1.0)\end{aligned}$$

図5の炎の関数形は

$$\begin{aligned}r &:= \sqrt{y^2 + 0.8x^2} \\ x &:= 30x / (0.5 + r) \\ s_r &:= \sin(1.5r / (0.5 + 0.03r)) \\ f &:= 2.8 - 10 \exp(-(0.003r^2 - 0.01y) / a) \\ &\quad + 1.5 \sin(b(x - s_r)) + \sin(0.6b(x - 0.8s_r)) \\ f &:= f_{\text{mean}} + c_{\text{amod}}(f, 1.0)\end{aligned}$$

である。関数はA, B, Cの3つのパラメータで制御できる。

構図の良否を判断する知能は入れてないので、人間がきめる。

5. コンピュータ・アートの今後の課題

人が絵を描く時は、自分の目と心で見たものを、もろもろの思いを込めて1筆ずつ丹念に塗り込めて行くものである。従って悲しみにくれている時は、色のみならず筆のタッチも悲しいタッチになる。画面からは悲しみににじみ出て悲しい風情を呈し、見る人の心までも悲しみの淵に沈めてしまう。さらに、ダヴィンチの絵が端的に示すように、人間の描く絵は微細な点まで丁寧に描かれ、それが高度な繊細さをかもし出す。

これに対しコンピュータは、人間が入力したデータに基づいて、何の感情も交えずにただ機械的に描くだけである。それに加えて機械の精度の制約も受ける。これでは、コンピュータで描く絵は到底大家の絵の足元にも及ばない。

ではどうしたら良いであろうか？ まず第

1に考えられる事は、計算機が最も得意とする数式的特性、正確さ、規則正しさ、数式やアルゴリズムによる制御等をより伸す方向で進めて行くのが1つの方向であろう。このようにして描かれた絵は冷たい印象を受けるかもしれないが、整然として知的な絵になるであろう。

次に、キャンパスにかくのとは違って、計算機ではパラメータを変えるだけで瞬時にいろいろな絵を出せるのであるから、出来るだけ数多く出力して、その中から気に入ったものを選べばかなり良い絵が作れるのではないか。

第3に、筆のタッチは変えられないが色はR, G, Bの混ぜ方で無限に作れるのであるから色に凝ってはどうかという事である。カラーグラフィックでは色が光のため作った色の彩度が落ちないという利点もある。

このようにして、人間にはないコンピュータの特徴を最大限に生かすことであろう。

以上は、現在の技術的課題であるが、将来に目を転じるとさらに大きな課題がある。それはコンピュータによる美的感覚や喜怒哀楽の感情表現の問題である。

美しいものを見た時、多くの人が美しいと感動し、悲しい絵を見た時、多くの人が悲しい絵であると感じるという事は、分析しにくい美とか悲しみにもある種の規則性があるのではないかと考えられる。

喜怒哀楽より、もう少しやりやすいものとして構図が考えられる。数年前、コンピュータに構図の知能を与える事を考え、構図を主要な構成物の分布という観点からとらえて定式化したのが、非常に難しいと感じた。しかし、全く不可能というわけではないと思われる。

美や喜怒哀楽の概念を定式化して入力すれば、コンピュータで描く絵も大家の絵により近づけるのではないかと考える。

6. ART-4システムの改良の方向

コンピュータで絵をかく時の得意点と不得意点を考慮すると、システムの改良の方向として次の2点が挙げられる。

まず第1に、関数の筆を増してふんだんに使えるようにし、いかにもコンピュータならではの整然とした美がさらに多く出せるようにする。

第2に、カラーグラフィックでは色を簡単に数多く作れるという利点を生かして、カラーテーブルを各種作る。例えば、寒色を多く含み悲しみを現わせるカラーテーブルとか、暖色が多く、喜びを現せるカラーテーブル等々。

謝 辞

本システムで作品を作るために使用したSun-4/330 GXPの使用に当り、お世話になった富士通の小田氏と理研の計算機室の相馬室長、堀木氏その他の方々に深謝致します。

参考文献

- [1] Sasaki, M. K. and Sasaki, T. (1978) Computer Art System ART-3, Comp. Graphics & Art, pp.4-11.
- [2] Knowlton, K. C. (1970) EXPLOR-A Generator of Images from Explicit Patterns, Local Operations, and Randomness, Proceedings of 9th Meeting of UAIDE.
- [3] Mandelbrot, B. B. (1977) Fractals-Form, Chance, and Dimension, Freeman and Company, San Francisco.
- [4] Sasaki, M. K. and Sasaki, T. (1982) Towards an Intelligent Computer Art, Picture Engineering, Springer-Verlag, pp. 286-302.
- [5] Sasaki, M. K. and Sasaki, T. (1986) Techniques in Computer Art, The Visual Computer, Springer-Verlag, pp. 106-111.
- [6] Schubert, C. (1985) Vector Graphics for the Graphic Designer and the Artist, Computer Graphics-Visual Technology and Art, Springer-Verlag, pp. 335-346.
- [7] Sasaki, M. K. (1991) Computer Art Using Mathematical Functions, Forma, 6, pp. 99-108.