5U－10

ウェーブレット変換を用いた画像生成 *

古沢 実†　阪井 和男‡　向殿 政男†

†明治大學 理工学部 情報科学科　‡明治大學 法学部†

キーワード：ウェーブレット,IFS, フラクタル圧縮

要旨

画像からの定性的な「意味」をルールとして抽出し、このルールを用いて新たな画像を生成する手法を提案する。自然画像のフラクタル的な構造をウェーブレット変換を用い、生成規則を見つける。その規則から新しく画像を創造する。

1 はじめに

自然画像におけるフラクタル構造の規則性を見つけることによって、画像を圧縮するフラクタル圧縮が最近注目されている [1]。画像圧縮では原画像を忠実に再現することを目的としているのに対し、ここでは新たな画像の創造を目指している。すなわち画像を単にビット列とは考えず、画像の「意味」を定性的に抽出し、オブジェクトとして画像を作ることを目的としている。

フラクタル構造をもつ自然画像のサンプルとしてシダの葉を用いる。シダの画像を、スケール離散のウェーブレット変換で変換する。スケールを離散的にとることにより、その画像の自己相似的性を見い出すことができる。この相似性から定性的な生成規則を見つける。さらにその生成規則をもとに画像を生成する。このようにしてできた画像は元のシダの画像の生成規則と似ているが全く別の新しい画像となる。

2 Iterated Function System

以下ではフラクタル構造をもつ自然画像のサンプルとして IFS[1](Iterated Function System) で生成したシダの画像を用いる。IFS は Georgia Institute of Technology の Barnsley たちが開発したアフィン変換を利用した画像圧縮の方法である。アフィン変換とは簡単にいえば、

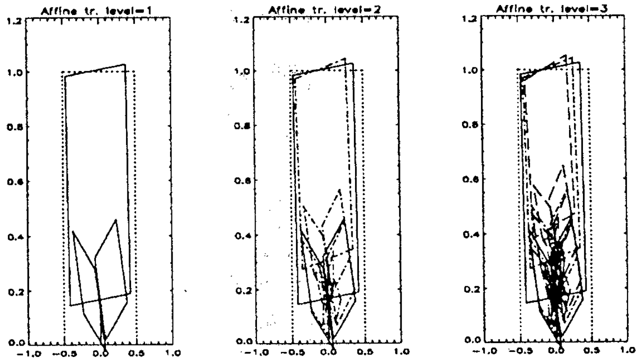

図 1: シダのアフィン変換

縮小、回転、反転、並行移動からなる変換である。ここでは元より小さくなる縮小アフィン変換を用いる。シダは、図1左のような3つのアフィン変換によって作成する。点線部内にランダムに点を1つとり、その点から3つの変換を確率的に繰り返すことにより、その軌跡をプロットすれば図2左上のような元のシダの画像が得られる [2]。

3 ウェーブレット変換

ウェーブレット変換 [3] は基底関数 ϕ のスケール a を変えることにより、画像 $f(t)$ に対し対応するスケールでの特徴を見つけることができる。

$$T_\phi(a,b) = \frac{1}{\sqrt{c}} \int \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t)dt \qquad (1)$$

ウェーブレット係数 $T_\phi(a,b)$ は、$f(t)$ に含まれる $\phi(\frac{t-b}{a})$ の成分の" 強さ" である。$\phi(t)$ はウェーブレット関数と呼ばれるが以下では基底関数として原点の周りに局在化した次式で現されるメキシカンハットを用いる。

$$\phi(t) = (1-t^2)e^{-t^2/2} \qquad (2)$$

我々はこれを2次元に拡張し、スケール a を離散的にとる ($a = 2^j$)。このような基底を用いると、もとの画像 $f(t)$ の相似構造を調べることが可能になる。

*Image Generating System Using Wavelet Transform

†Minoru FURUSAWA†,Kazuo SAKAI‡,Masao MUKAIDONO†,

†Meiji University Dpt.Computer Science, ‡School of Law

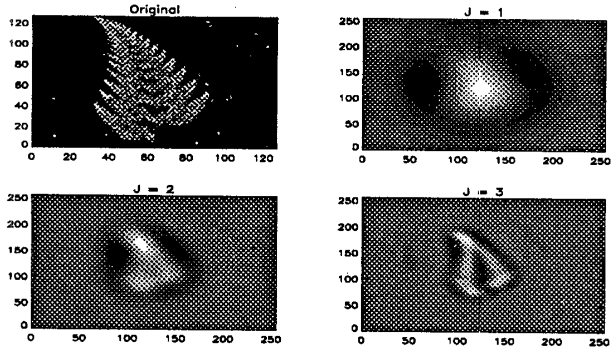

図 2: シダの画像のウェーブレット変換

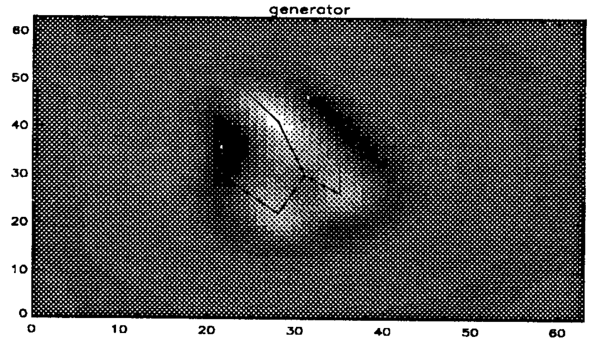

図 3: シダの生成ルール抽出

実際にシダの画像のウェーブレット変換した結果が図2で、スケール $a(=2^j)$ を $j=1,2,3$ と変えている。$j=2$ では $j=1$ での縮小画像が3つに分かれる。この2つの画像 $(j=1,2)$ から、シダの生成規則を解析する。生成規則を見つけ、それに従い新しい画像を生成する。これからは $j=1$ の画像を initiator とし、$j=2$ の画像を generator とする。

4 ルールの抽出と画像生成

initiator と generator には自己相似関係があり、その関係がシダの形状を決定する。さらにそのルールが分かればルールを繰り返すことにより、新しい画像を創造することができる。

ルールの抽出には initiator の画像を基にそのアフィン変換で generator を生成し、具体的には次のステップで行なう。

1. initiator と generator のそれぞれの頂点を求める。
2. generator の各頂点の高さをそれぞれの比率にする。
3. generator の各頂点に対し以下のステップを行なう。
   (a) ininiator をステップ2で求めた比率で縮小する。
   (b) initiator の頂点と generator の頂点を重ね合わせ、initiator を回転させその積の和をとる。
   (c) ステップ (b) での値が最大になる角をその頂点の回転角 θ とする。

以上のステップで図3ように各頂点への方向ベクトルと、次のステップで向かう方向ベクトルが得られる。この方向ベクトルと initiator,generator を使って、画像を生成する。

上記のパラメータから IFS を使って図4のような骨組みができる。左上がレベル1の生成結果で、順にレベルをあげている。これはウェーブレット変換と対比すると、$j=1,2$ の画像で $j=3,4,5$ を作ったことになる。このようにレベルをあげれば、無限に細かい解像度で画像を作ることができる。

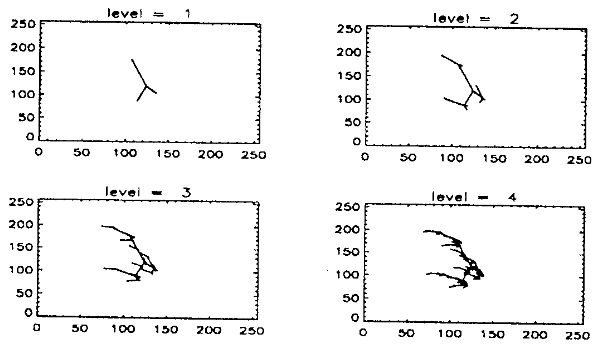

図 4: 生成ルールからのシダの生成

5 まとめ

今回は IFS 画像を使ったが、任意の自然画像もこの手法で可能であろう。アフィン変換の縮小、回転のルールを抽出できたが、反転も容易である。ウェーブレット変換で見い出したフラクタル構造から画像のルールを定性的に抽出することができた。

参考文献

[1] 徳永隆司, "Fractal Image Coding Thechniques based on IFS", Proc. of Inter. Conf. on Fuzzy Logic & Neural Networks, vol. 2/2, pp.951-954(1992)

[2] Barnsley M., "Fractals Everywhere", Academic Press(1990)

[3] 「特集" ウェーブレット信号の新しい表現"」, サイエンス社, 数理科学 (1992)