わかりやすいフラクタル符号化

—そのからくり—

for information

井田

孝†

キーワード：画像符号化，画像圧縮，フラクタル，自己相似，力学系

フラクタル符号化(図1)は，神秘的で，つかみ所のない画像符号化方式として知られています．そこで，画像符号化の初心者でも直感的理解が得られるよう，できるだけ簡単な言葉を用いてこの符号化方式を説明することに挑戦しました．

Q：フラクタル符号化の圧縮再生原理は？

A：図2に示したように，平面上の点に縮小変換(変換後に2点間の距離が近づく変換)を繰り返すと一点に収束することが知られています．これと同じです．ここで，画素が2個だけの画像を考えてください．その画素値を横軸と縦軸としたとき，平面上の点は画像と1対1に対応します．図2は，どの画像から出発してもそれに縮小変換を反復すると，ある画像に収束する様子を表しているといえます．この収束画像を再生画像とするのがフラクタル符号化です．

実際の画像，例えば256×256画素の画像では，65536次元に拡張すればよいわけです．縮小変換としては，図3に示したフラクタル変換Fを用います．様々な画像に対してFを反復し，その結果，唯一の画像に収束していく様子を図4に示します(図2と対比するように描きましたが，縦軸，横軸は特に意味はありません)．Fのパラメータは適当に周期的に設定したので図のような規則的なパターンの画像に収束しました．

図1 任意の画像から原画像が再生される

図2 2次元空間での縮小変換

図3 フラクタル変換

Q：原画像が再生されるようにするには？

A：収束画像は変換によってもはや変化しない画像ですから，原画像がFによって変化しないようにFのパラメータを決めればよいのです．そのために原画像において，親ブロックから

切り出した画像データに画面内，画素値方向に縮小変換を施し，それが子ブロックとほぼ等しくなるように，親ブロックの位置と画素値の変換係数を試行錯誤的に求めます．子ブロックと親ブロックの例を図5に示します．特にA，B，Cの部分などを見ると図柄が

† 株式会社東芝 研究開発センター

“Fractal Coding: Fundamental and Mechanism” by Takashi Ida (Corporate Research and Development Center, Toshiba Corporation, Kawasaki)

図4 画素数次元空間での縮小変換

図5 子ブロックと親ブロック

図7 可変ブロックサイズ

図6 平均値分離法

相似なブロックが選ばれていることがわかります。すべての子ブロックに対して親ブロックを求めることにより、図1のように、原画像にほぼ等しい画像が再生されるようになります。どの画像から出発しても互いに近づきあい、やがて中央の画像に収束します。

Q：なぜ情報圧縮ができる？

A：画像パターンの冗長性を利用しています。画素値の羅列の代わりに、このブロックは、この部分と同じ図柄であるという情報をFのパラメータとして符号化します。このとき、参照の根源を用意しなくても、互いを参照しあうことにより全体を再生できるのがメリットです。縮小変換だからこれが可能になります。

Q：可逆符号化は可能？

A：Fによって原画像が全く変化しないようにできれば原画像を完全に再生できるのですが、通常は誤差が発生

します。誤差を減らすために画面内の回転や鏡像反転を行うこともあります。このような単純な変換の組合せでは誤差をゼロにするのは困難です。また、誤差を減らすために、縮小率を1に近づけすぎると、画像の再現性が悪くなり、かえって再生画像の画質は劣化します。

Q：圧縮率を上げるにはどうすればいい？

A：平坦な子ブロックは親ブロックを求めないでブロック平均値だけを符号化するというブロックのタイプ分類、平均値分離法²⁾(図6)、可変ブロックサイズ³⁾(図7)などが有効です。

〔文 献〕

- 1) M. Barnsley and L. Hurd: "Fractal Image Compression", AK Peters, Wellesley (1993)
- 2) N. Lu: "Fractal Imaging", Academic Press, San Diego (1997)
- 3) Y. Fisher, editor: "Fractal image compression: Theory and application", Springer-Verlag, New York (1994)

井田 孝

1987年、早稲田大学理工学部電気工学科卒業。1989年、同大学院理工学研究科修士課程修了。同年、(株)東芝に入社。研究開発センターにて、画像符号化やフラクタルを利用した画像処理に関する研究に従事。