パターン情報の圧縮伸張アルゴリズム

1R－8

黄 文明　大坪 紘一　青柳 宣生
東洋大学 工学部

1 はじめに

膨大な量のパターン情報はそのままの形で処理するにはメモリ容量、通信速度などの関係から実用的ではない。本発表は、パターン情報の圧縮アルゴリズムとその復元伸長アルゴリズムを述べる。この圧縮処理は、イメージの色変化点の相対位置のδ列に分解し、分解処理は、カオスを発生させるような写像関数を用いてδを自己符号化形成を行い、符号化語をつなぎ合わせて、コードデータにする符号化処理である。伸長処理では、自己符号化された可変長符号のビット列から各符号語を切り出してもとの１次符号語に変換する復号処理ある。画質劣化を少ないし、高圧縮率と伸長の速さが得る。

2 パターン情報の符号化処理

決定論的力学系にみられる不規則でかつ複雑な軌道は、カオスと総称されている。カオスを呈する最も簡単な力学系は、１次元差分方程式

$$x_{n+1} = f(x_n) = ax_n(1 - x_n) \qquad (0 \le a \le 4)$$

で記述される離散時間の区間力学系である. 空間I=[0,1] からＩへの写像はロジスティック写像と呼ぶ。関数ｆ（ｘ）に対し

$$f^n(x) = f(f^{n-1}(x)) = x$$

かつ

$$f^k(x) <> x \quad (k = 1,2,\ldots,n-1)$$

を満たす点$x = x_{n,i}(i = 1,\ldots,n)$はｆのｎ周期点と呼ばれ、$g(x; f^n) = df^n(x)/dx$とすると、$|g(x_{n,i}; f^n)| < 1$であれば、$x_{n,i}$は安定である。ロジスティック写像は、$a > 1$のとき二つの１周期点（不動点）$x_{1,0} = 0$, $x_{1,1} = (1 - 1/a)$を有する。任意の初期値x_0に対し、x_nのｎから無限大までの挙動はパラメータａにより著しく異なる。すなわち、

１）$0 \le a \le 1$　のとき、安定な１周期点$x_{1,0}$へ単調減少

２－１）$a_0 = 1 \le a \le a_1 = 3$のとき、安定な１期点$x_{1,1}$に収束

２－２）$a_1 < a \le a_2 = 1 + \sqrt{6}$のとき、安定な２周期点$x_{2,i}(i = 1,2)$に収束

２－ｎ）$a_n < a \le a_{n+1}$のとき、安定な2^n周期点$x_{2^n,i}(i = 1,\ldots,2^n)$に収束

ただし、$a = a_n$では、$g(x_{2^{n-1},i}; f^{2n-1}) = -1$となるので、安定な$2^{n-1}$周期点が一斉に不安定となり、当時に安定な$2^n$周期点が新たに生じる。

離散的な時系列x_jから、離散的な数列x_kへの次のようなフーリエ変換にする

$$\hat{x}_k = \frac{1}{\sqrt{n}}\sum_{j=1}^{n} x_j e^{(-i\frac{2\pi jk}{n})}$$
$$(k = 1,2,\cdots,n, i = \sqrt{-1})$$

Δtを単位時間とみなすのは、変数ｊを整数とすることに対応する。その逆変数は次の式のようになる

$$x_j = \frac{1}{\sqrt{n}}\sum_{k=1}^{n} \hat{x}_k e^{(i\frac{2\pi kj}{n})}$$
$$(k = 1,2,\cdots,n, i = \sqrt{-1})$$

従って、x_jは次のような周期関数となる

$$x_{j+n} = x_j$$

次にイメージの色変化点の相対位置のパターン情報x_jの自己相関関数は

$$\psi_m = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_j x_{j+m}$$

である。時間単位をΔtに戻しておけば

$$\psi_m = \psi(m \cdot \Delta t)$$

である。それは、ある時刻と、それより$m \cdot \Delta t$後の時刻での値の積の平均である。したがって、相関関数が得られる限り、パターン情報は符号予測可能である。これは、カオスを発生させるような写像関数の持つ、自己符号を形成、カオス自身を使って与え

The Algorithm with Compressin Decompressin of Pattern Information

Wenming HUANG, Kouichi OOTUBO, Nobuo AOYAGI
Faculty of Engineering, Toyo University

られた写像関数を実現する最適なjとmを探すことである。すなわち、jの大きいところから出発して、mをスキャンさせ、その都度実現させたいものとの差を求めながら所望の誤差内に収まるまでmを下げてゆくやり方で情報量を圧縮することができた。

この圧縮方法のアルゴリズムは、以下のような流れ図になっている。

入力画像
↓
パターン情報 x_j の自己相関関数を得る
↓
パターン情報の符号予測
↓
カオス写像関数を得る
↓
自己符号化を形成
↓
符号化語をコードデータにする

3 パターン情報の復号処理

上式 $x_{j+n}=x_j$ より、x_j の周期はnであるから、自己相関関数もやはり周期である

$$\psi_m=\psi_{m+n}$$

カオス写像関数から、フーリエ逆変換を使って

$$\psi_m=\frac{1}{n^2}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k,k'=1}^{n}\hat{x}_k\hat{x}_{k'}e^{[i\frac{2\pi}{n}(jk+(j+m)k')]}$$

$\hat{x}_{k'}=\hat{x}_{n-k'}$ として、j,k' について総和をとると

$$\psi_m=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}|\hat{x}_k|^2\cos(\frac{2\pi mk}{n})$$

つまり、自己相関関数は、$|\hat{x}_k|^2$ のフーリエ変換になっている。S_k を $S_k=\sum_{m=1}^{n}\psi_m\cos(\frac{2\pi mk}{n})$ として、$|\hat{x}_k|^2$ と ψ_m の逆関数を求めておく

$$S_k=\sum_{l=1}^{m}|\hat{x}_l|^2\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n}\cos(\frac{2\pi mk}{n})\cos(\frac{2\pi ml}{n})$$

に、mについての和が幾何級数であることから

$$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{n}\cos(\frac{2\pi mk}{n})\cos(\frac{2\pi ml}{n})$$
$$=\frac{1}{4}[\delta_{k+l}^{(n)}+\delta_{k-l}^{(n)}+\delta_{-k-l}^{(n)}+\delta_{-k+l}^{(n)}]$$

となる。ここで、$\delta_j^{(n)}$ はjが零、又はnの整数倍のとき1で、それ以外では常に零である関数とする。さらに

$$|\hat{x}_{n-l}|^2=|\hat{x}_l|^2$$

の対称性を用いると、結局求める逆変換は

$$S_k=|\hat{x}_k|^2=\sum_{m=1}^{n}\psi_m\cos(\frac{2\pi mk}{n})$$

となる。このように得られた逆変換関数のようなカオス再帰写像関数により、自己符号化された可変長符号のビット列からつなぎ合わされた符号化語を切り放すして、元の1次符号語に変換された。これは、復号処理の伸張アルゴリズムである。

この伸張方法のアルゴリズムは、以下のような流れ図になっている。

符号化語をコードにされたデータ
↓
符号化語を切り放す
↓
カオス写像関数を得る
↓
自己相関関数の逆変換を得る
↓
元の1次符号化に変換
↓
再生画像

4 おわりに

カオス理論では、複雑に見えるデータや図形(画像)などから単純なルールを見つけだし、法則化するのである。本研究はある程度の規則性を探し出して、画像の圧縮と伸張の機能を持たらした。

詳細は当日に発表する。

参考文献

[1] M. Kunt,M. Benard and R. Leonardi, "Recent Results in High-Compression Image Coding", *IEEE Trans. Circuits & Syst.*,Vol.CAS-34,No.11,1987,pp.1306-1336

[2] 原島博監修, "画像情報圧縮", オーム社

[3] P. ベルジェ, Y. ポモウとCh. ビダル 著, 相澤洋二訳, "カオスの中の秩序", 産業図書