

# ウェーブレット変換による動的カラー画像のハンドリング

松山佐和 (法政大学), 小口雄康 (法政大学), 斎藤兆古 (法政大学), 国井利泰 (法政大学)

## Handling Technique of the Dynamic Color Computer Graphics by the Wavelets Transform

Sawa Matsuyama, Yuko Oguchi, Yoshifuru Saito, Toshiyasu L.Kunii

### ABSTRACT

One of the distinguished properties of the discrete wavelets transform is that the major dominant factors can be extracted from the data. We have applied this property to the data compression and reducing the noise data. In the present paper, we have tried to shrink and enlarge the color image data in static as well as dynamic states by means of the vector wavelets transform. Key idea is that the color image data are represented in terms of the 3-dimensional vector data by corresponding the red, green and blue orthogonal components of the image to the 3-dimensional orthogonal x, y and z components. Several examples demonstrate the usefulness of our new method to work out the graphical communication tools.

**Keywords:** Wavelets transform, Three dimensional vector data, Color image data

### 1. はじめに

近年の個人用計算機、いわゆるパソコンは、その低価格化と高性能化により爆発的に普及し、その結果、数年前までは限られた研究者間の情報伝達手段であった e-mail や www などの新しい情報伝達手段を社会的常識としつつある。その上、コンピュータが伝達する情報は、手紙文の延長であるテキストの情報から、より情報量が豊富な映像情報へ変わりつつある。画像の情報は単純な静止画像情報であってもテキストのみの情報に比較すると、より説得性の高い明快な情報を提供できる。最近では、更に高度な情報を提供する動的映像情報の提供・発信を個人レベルで可能とする技術が期待されている。

映像情報は豊富な情報を有する反面、計算機ハードウェアにかかる負担が極めて大きい。単純な静止画像ですらテキスト情報に比較して大きな信号量を有しているからである。このことは、動的な画像情報を扱えば更に巨大な信号量となることを意味している。動的画像情報を伝達するためには、画像の持つ本質的情報のみを抽出しハードウェアに対する負担を低減し、人間の有する視覚情報処理能力に適合した画像データハンドリング技術の開発が必要となる。本論文は、カラー画像を構成する R,G,B 信号の直交性に着眼し、カラー画像へ 3 次元ウェーブレット変換を適用することで、動的映像信号をハードウェアへ負担の少ない情報量へ削減し、人間の視覚情報処理能力に応じて再現する方法を提案する。すなわち、本論文は、新しい動的映像信号伝達手段を実現する方法について述べるものである。

### 2. ベクトルデータのウェーブレット変換

1 次元のウェーブレット変換は、一般に、

$$S = WV \quad (1)$$

で表される。ここで、 $V$  は  $n$  次の列ベクトル、 $S$  はウェーブレット変換スペクトラム、 $W$  は  $n \times n$  のウェーブレット変換マトリックスである。次に、列ベクトル  $V$  が  $x, y, z$  方向の 3 成分  $X, Y, Z$  からなるベクトル

$$V = X + Y + Z \quad (2)$$

であるとき、ウェーブレット変換スペクトラムは、(1)および(2)式より

$$S = W(X + Y + Z) \quad (3)$$

となる。ここで  $X, Y, Z$  は互いに直交するベクトルであるから、(3)式は

$$S = WX + WY + WZ \quad (4)$$

となる。すなわちベクトルのウェーブレット変換スペクトラムはそれぞれの成分のウェーブレット変換となる。

次に、2次元のウェーブレット変換は

$$S = W_m \cdot M \cdot W_n^T \quad (5)$$

で与えられる。ここで、 $S$  はウェーブレット変換スペクトラム、 $M$  は  $m \times n$  の長方形マトリックス、 $W_n$  および  $W_m$  はそれぞれ  $n \times n$ 、 $m \times m$  のウェーブレット変換マトリッ

クスである。これをベクトルのウェーブレット変換に発展させる。ここで、 $M$  が  $x, y, z$  方向の 3 成分  $X, Y, Z$  からなるベクトル

$$M = X + Y + Z \quad (6)$$

であるとき、(5)、(6)式よりウェーブレット変換スペクトラムは、

$$S = W_m \cdot (X + Y + Z) \cdot W_n^T \quad (7)$$

となる。 $X, Y, Z$  は直交するベクトル成分であるから、(7)式は

$$S = W_m \cdot X \cdot W_n^T + W_m \cdot Y \cdot W_n^T + W_m \cdot Z \cdot W_n^T \quad (8)$$

となる。2次元のウェーブレット変換においてもベクトルのウェーブレット変換は1次元の場合と同様に各成分のウェーブレット変換の和となる。

3次元のウェーブレット変換は、3次元マトリックスの転置行列を

$$[H_{lmn}]^T = H_{nlm} \quad (9)$$

で表すと、

$$S = [W_l \cdot [W_m \cdot [W_n \cdot H_{lmn}]^T]^T]^T \quad (10)$$

で与えられる。ここで、 $S$  はウェーブレットスペクトラム、 $H$  は  $l \times m \times n$  の直方マトリックス、 $W_l, W_m, W_n$  は、それぞれ  $l \times l, m \times m, n \times n$  のウェーブレット変換マトリックスである。ここで、 $H$  が  $x, y, z$  方向の 3 成分  $X, Y, Z$  からなるベクトル

$$H = X + Y + Z \quad (11)$$

であるとき、(9)、(10)式より

$$S = [W_l \cdot [W_m \cdot [W_n \cdot (X + Y + Z)]^T]^T]^T \quad (12)$$

が得られる。ここで  $X, Y, Z$  はそれぞれ直交するベクトルであるから(12)式は、

$$\begin{aligned} S = & [W_l \cdot [W_m \cdot [W_n \cdot X]^T]^T]^T \\ & + [W_l \cdot [W_m \cdot [W_n \cdot Y]^T]^T]^T \\ & + [W_l \cdot [W_m \cdot [W_n \cdot Z]^T]^T]^T \end{aligned} \quad (13)$$

となる。すなわちベクトルデータのウェーブレット変換スペクトラムは各成分のウェーブレット変換スペクトラムを成分とするベクトルである。

### 3. カラー画像のベクトル化

カラー画像の R,G,B データはそれぞれ独立し、直交するデータである。このことからカラー画像の画素データを R,G,B の値を成分とする 3 次元ベクトルとみなすことができる。このベクトルの大きさは 0 から 1 の範囲である。

この画素データ (3 次元ベクトル) に、静止画像を扱う場合は 2 次元ウェーブレット変換を、動画を扱う場合には 3 次元ウェーブレット変換を適用する。

### 4. 静止画像の圧縮・拡大

ここで取り上げるサンプル画像データを Fig.1 に示す。画像の大きさは 128×94 ピクセルである。Fig.1 の R,G,B データを 3 次元ベクトルとして表示したのが Fig.2 である。このデータの数を 2 のべき乗に揃えるために 0 を補って 128×128 の大きさにしている。以後、ここで扱うデータは 2 のべき乗に揃えられたものであり、データを画像として表示する場合にはその補った部分は省いている。



Fig.1 Original Color Image Data

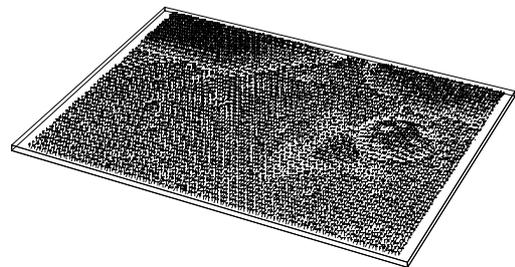


Fig.2 Original Vector Data

このサンプルデータをウェーブレット変換する。得られたウェーブレット変換スペクトラムのマザーウェーブレット近傍の 4 分の 1 の要素を残し他の要素を 0 にして逆変換する。ウェーブレット変換スペクトラムの圧縮率については松山ら<sup>2),3),4)</sup>によって確かめられている。ウェーブレット変換の基底関数にドビッシーの 2,4,6...次を使用した。2~8 次についてそれぞれの復元後の画像を Fig.3 に示す。また、この時の復元率 (元の画像データと復元後の画像データの相関係数<sup>1)</sup>) を Fig.4 に示す。基底関数の次数が増すと相関係数は大きくなり、8,10 次で上限になっている。

次にウェーブレット変換スペクトラムのマザーウェーブレット近傍の 4 分の 1 の要素のみを逆変換し、作

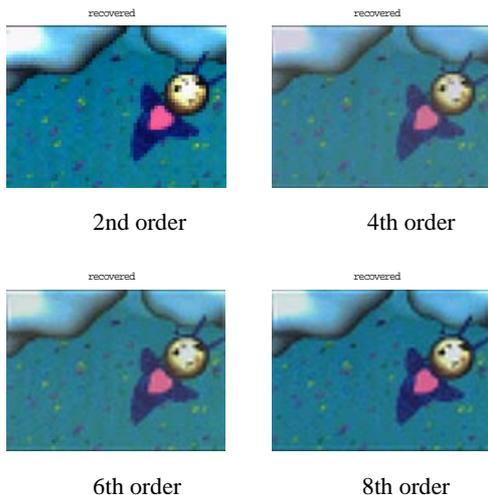


Fig.3 Recovered Color Image data(128×128) by the Daubechies Base Function

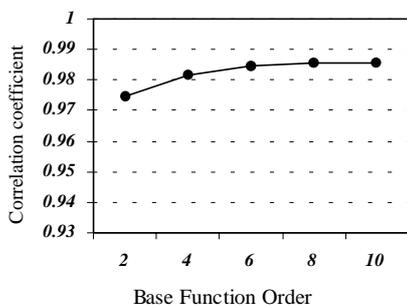


Fig.4 Correlation Coefficients

成された圧縮画像を Fig.5 に示す。この画像の大きさは 64×64 (64×47)に圧縮されている。この画像を保存しておけば圧縮画像のままの利用も可能であり、また必要であれば、圧縮画像をウェーブレット変換しそのス

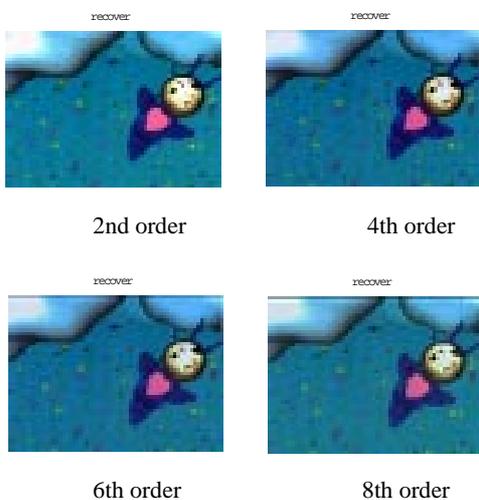


Fig.5 Shrunk Color Image Data(64×64) by the Daubechies Base Function

ペクトラムに 0 の要素を補って逆変換すれば Fig.3 の画像に戻すこと、すなわち拡大することができる。

1 枚ごとの画像データの圧縮が可能であれば、動画像においても、その情報量を縮小でき、動画像のハンドリングに効果が期待できる。

### 5. 動画像の枚数の圧縮・拡大

ここに 64 枚の動画像が 2 組ある。1 つは氷の下をクリオネが泳ぎ回る様子をあらわしたものでその 1 部を Fig.6 に示す。もう一つは流水の上の動物がクリオネ、キタキツネ、アザラシ、カニと変化していくもので基本となる画像を Fig.7 に示す。ここで前者を動画 1、後者を動画 2 と呼ぶ。この動画像データは小冊子「めぐるめくオホーツクの世界」に収められたものである。

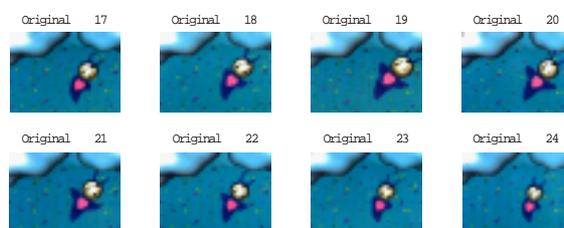


Fig.6 Original Dynamic Image Data 1

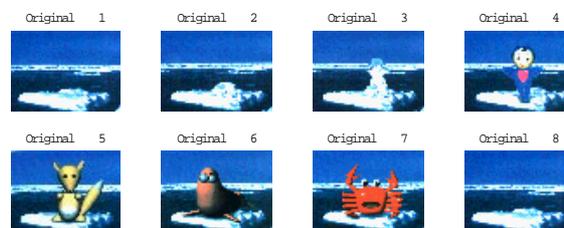


Fig.7 Original Dynamic Image Data 2

静止画像については、平面上の 3 次元ベクトル分布として扱ってきたが、今度は動画像を時間軸方向（画像の変化）が加わった 3 次元空間の 3 次元ベクトル分布<sup>5)</sup>とし、ウェーブレット変換を適用する。2 次元空間（1 枚の画像）における圧縮・拡大については前説で述べたので、ここでは時間軸方向の圧縮・拡大について吟味する。

動画 1 では、64×128×128 個の画素データをウェーブレット変換し得られたウェーブレットスペクトラムを時間軸方向、すなわち画像の枚数を 2 分の 1 に圧縮し、逆変換して復元した。結果の一部を Fig.8 に示す。相関係数は 0.982 とかなりいい値が得られるが、動画としての見た目はさほどいいとはいえない。これは動画として見るときの人間の目が肥えているからだろうか。

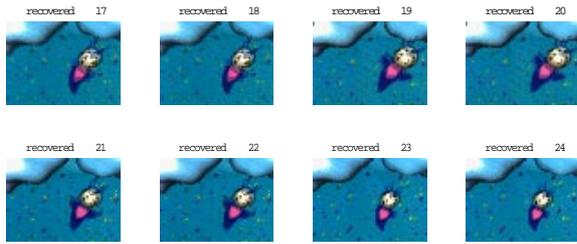


Fig.8 Recovered Dynamic Image Data 1

動画 2 では、例えばクリオネからキタキツネに変化する過程では、元の動画はクリオネの背後にキタキツネの影が現れ、順にクリオネが消えてキタキツネに変わっていくように構成されている (Fig.9)。Fig.7 の基本の画像データ 8 枚をウェーブレット変換し得られたウェーブレットスペクトラムに 0 を補って画像枚数を拡大し逆変換して各画像間を補間する画像を作成した。クリオネとキタキツネへ変化する部分の作成された補間画像データが Fig.10 である。この結果は元の画像 Fig.9 に十分置き換えられるものである。

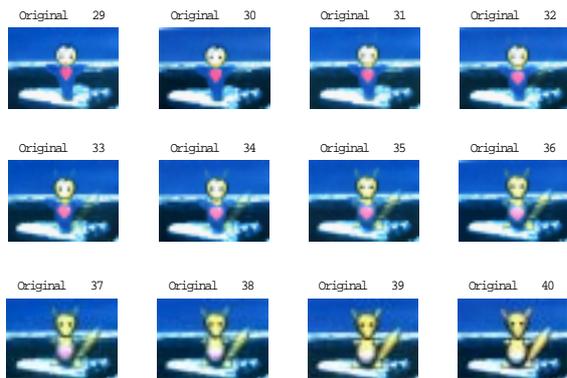


Fig.9 Original Dynamic Image Data



Fig.10 Enlarged Dynamic Image Data

## 6. おわりに

本稿では、ベクトル画素データの R,G,B データを 3 次元ベクトルとみなし、静止画像データに 2 次元ウェーブレット変換を適用し、データの支配的なベクトル分布を抽出し静止画像データが圧縮・拡大可能であることを示した。また、動画像データに 3 次元ウェーブレット変換を適用し、同様に動画像データの圧縮が可能でありデータの補間も動画の作成法によっては可能であることを示した。

最後に、動画像データの使用を快く許可して下さった、北海民友新聞社社長小野哲氏に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 斉藤兆古著：Mathematica によるウェーブレット変換, 朝倉書店, 1996.
- 2) 松山佐和, 小口雄康, 斉藤兆古：ウェーブレット解析のベクトルデータへの適用, 計算工学講演会論文集, Vol.2(1997), No.2, 375-378.
- 3) 松山佐和, 小口雄康, 斉藤兆古：ウェーブレット変換の気象データへの応用, 計算工学講演会論文集, Vol.2(1997), No.2, 359-362.
- 4) S.Matsuyama, Y.Oguchi and Y.Saito: Applications of the Wavelet Transform to the Meteorological Vector Data, 1998 ASME FEDSM, June 21-25, 1998, Washington, D.C.
- 5) 松山佐和, 小口雄康, 宮原晋一郎, 斉藤兆古：三次元ウェーブレット変換の応用, 日本シミュレーション学会 第 19 回電気・電子工学シンポジウム論文集, 211-214, 1998.