

# ウェーブレット変換によるダイナミック画像のハンドリング

松山 佐和, 小口 雄康  
法政大学計算科学研究センター

斎藤 兆古, 國井 利泰  
法政大学工学部, 法政大学計算科学研究センター

カラー画像データを、R,G,B 画素データを 3 成分とする 3 次元ベクトルデータとみなし、ベクトルウェーブレット変換を適用する。離散値系ウェーブレット変換の特徴は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要素にデータの平均的特性を抽出することにある。この特徴がベクトルデータの圧縮およびノイズ低減に応用されている。ここでは、ウェーブレット変換によるカラー画像データの情報量の縮小と人間の視覚能力に応じた再現方法を提案する。

## 1. はじめに

近年、低価格化と高性能化により爆発的に普及したパソコンは、その名のとおりに個人用計算機となっている。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が社会的常識となりつつある。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が、計算機ハードウェアにかけられ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。動的な映像情報を扱えば更に巨大な信号量となる。動的映像情報を伝達するためには、画像の持つ本質的な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。ここでは、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、すなわち、新しい動的映像信号伝達手段を実現する一方法について述べる。

## 2. ベクトルデータの離散値系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。ここで、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

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

で表すと、

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

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

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

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、

$$S = [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot X]^T]^T]^T + [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot Y]^T]^T]^T + [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot Z]^T]^T]^T \quad (13)$$

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. カラー画像データのベクトル化

カラー画像を示す 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。ここでは R,G,B の値を0から1の範囲で表しているため、ベクトルの大きさは0から1の範囲である。

静止画像を扱う場合は、この画素データ(3次元ベクトル)に2次元ウェーブレット変換を適用し、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・縮小・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  $128 \times 94$  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。実際の計算では、データの数に2のべき乗に揃えるために0を補って  $128 \times 128$  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るが、データを画像として表示する場合にはその補った部分を省いている。



Fig.1. オリジナルカラー画像

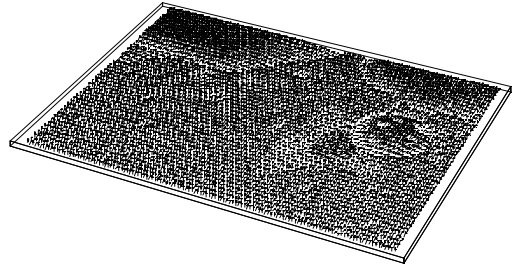


Fig.2. オリジナルベクトルデータ

Fig.1 および Fig.2 に示したオリジナル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はドビッシューの2,4,6...次を使用した。基底関数の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。

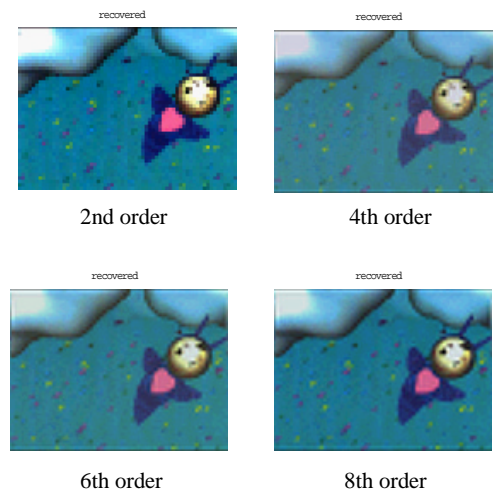


Fig.3. 復元後のカラー画像(128×128)

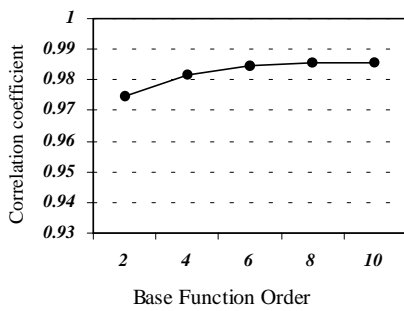


Fig.4. 基底関数の次数による復元率

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、作成された縮小画像を Fig.5 に示す。この画像の画素数は  $64 \times 64$  ( $64 \times 47$ ) に縮小されている。この画像を保存しておけば縮小画像のままの利用が可能である。

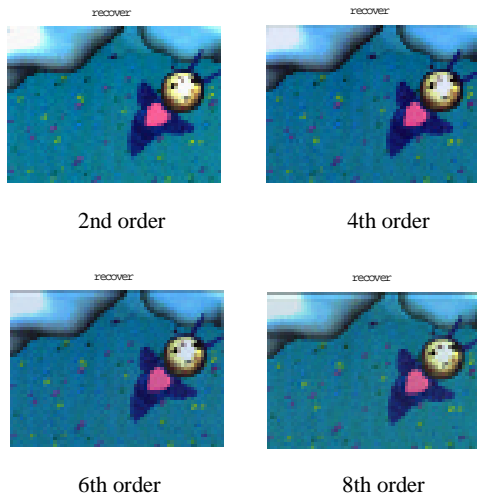


Fig.5. 縮小されたカラー画像( $64 \times 64$ )

また必要であれば、縮小画像をウェーブレット変換し得られたスペクトラムに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。

静止画像データの圧縮が可能であれば、動画においても、1コマ毎の情報量を縮小できるため、動画のハンドリングに効果が期待できる。

### 5. 動画の枚数の圧縮・拡大

ここに64枚の動画が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1つは流氷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。この動画データは小冊子「めくるめくオ

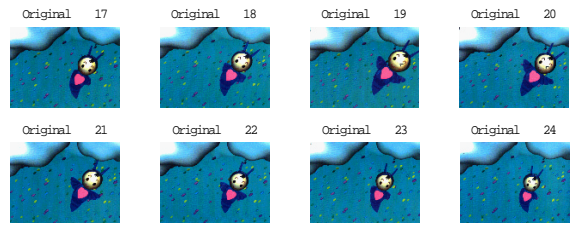


Fig.6. オリジナル動画像 1

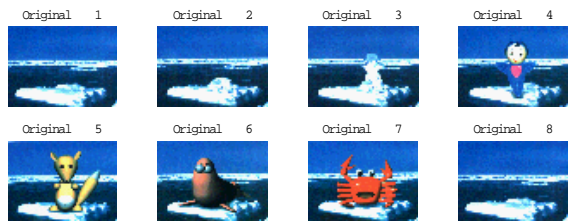


Fig.7. オリジナル動画像 2

ホーツクの世界」に収められているものである。

静止画像については、前節で平面上の3次元ベクトル分布として扱ってきた。今度は動画を時間軸方向(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>とみなし(Fig.8) 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・縮小・拡大については前節で述べたので、ここでは時間軸方向の圧縮・縮小・拡大について吟味する。

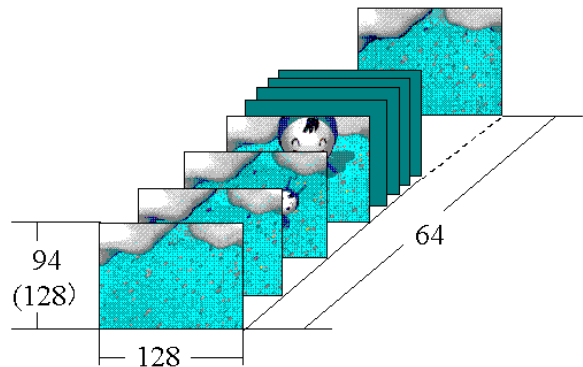


Fig.8. 3次元空間のベクトル分布とみなした動画像

動画1では、 $64 \times 128 \times 128$  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におけるマザーウェーブレット近傍の2分の1を残し他を0として逆変換して復元した。すなわち画像の枚数を2分の1に圧縮した。その結果の一部を Fig.9 に示す。相関係数は0.98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

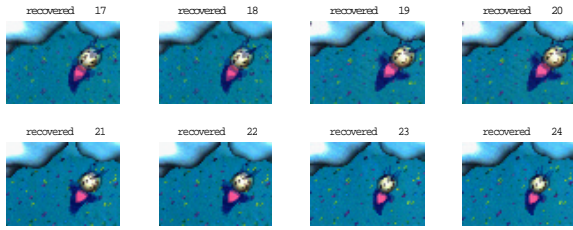


Fig.9. 復元された動画像 1

動画として見るときの人間の目が優れているからだろうか。

動画 2 の基本となる画像は Fig.7 に示されているが、基本となる画像と画像の間、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.10)。この変化の過程をウェーブレット変換により構成することを試みた。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.11 である。この結果は元の画像 Fig.10 に十分置き換えられるものである。

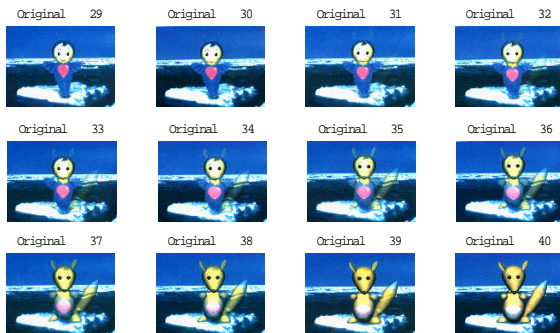


Fig.10. オリジナル動画像 2



Fig.11. 補間された動画像 2

## 6. おわりに

本稿では、カラー画像の画素の R,G,B データを 3 次元ベクトルとみなし、静止画像データには 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・縮小・拡大可能であることを示した。また、動画データには 3 次元ウェーブレット変換を適用し、同様に動画データの圧縮・縮小・拡大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、動画データの使用を快く許してくださいました、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] 齊藤兆古著, "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, 齊藤兆古, "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, 齊藤兆古, "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, 齊藤兆古, "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.

キーワード.

ウェーブレット変換、カラー画像、縮小、拡大

-----

Summary.

## **Handling Technique of the Dynamic Computer Graphics by the Wavelets**

Sawa Matsuyama, Yuko Oguchi  
Computational Science Research Center, Hosei University

Yoshifuru Saito, Tosiyasu L.Kunii  
College of Eng., Hosei University, Computational Science Research Center, Hosei University

One of the distinguished properties of the discrete wavelets transform is that the major dominant factors can be extracted from the 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, Color image data, Enlarge data, Shrink data