

311 ウェーブレット変換によるベクトル動画像の生成

松山佐和[○](法政大学), 小口雄康(法政大学), 松山志保(ウェザーマップ)
斎藤兆古(法政大学), 國井利泰(法政大学)

Vector Fields Animation by Wavelets

Sawa Matsuyama, Yuko Oguchi, Shiho Matsuyama
Yoshifuru Saito, Tosiyasu 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 wind vector image data by the three dimensional discrete wavelets transform. Several examples demonstrate the usefulness of our new method to work out the graphical communication tools.

Keywords: Wavelets transform, Three dimensional vector data, Vector image data

1. はじめに

近年、e-mail や www などの新しい情報伝達手段が社会的通念となり、個人用計算機いわゆるパソコンの低価格化と高性能化による爆発的普及とあいまってインターネット社会へと突入している。コンピュータにより伝達される情報は、テキスト情報から、より情報量が豊富な映像情報へ変化している。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し、e-mail や www による静止画像、さらには動画像の送付も一般化しつつある。

画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べると大きな信号量を有しており、動的な画像情報における信号量は巨大となる。

ウェーブレット変換はデータの本質的な特徴を抽出する一手法として知られている¹⁾。我々は動的画像情報の伝達におけるハードウェアに対する負担を低減するため、ウェーブレット変換により画像の持つ本質的な情報のみを抽出し、人間の視覚情報処理能力に適合した動画像情報の生成技術の開発を試みている²⁾。本稿では、ベクトル画像データにウェーブレット変換を適用し、情報量の少ないベクトル画像から人間の視覚情報処理能力へ応じてベクトル動画像を生成する一方法を述べる。

2. ベクトル画像の風データ

ここではベクトル画像データとして 250hPa 高度の風データ (NCEP/NCAR 再解析データ月平均、 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$) を使用する。このデータは東西成分、南北成分の2成分を持つベクトルデータである。Fig.1 から Fig.4 は北半球の春夏秋冬を代表する1月、4月、7月、10月の風の様子を1994年について示したものである。北半球、南半球の夏と冬のジェット気流の特徴がよく表われている。日本上空での夏のジェット気流の風速は約30m/sec.であり、冬は50~60m/sec.である。また、南半球での冬のジェット気流の風速は40~50m/sec.である。ここではウェーブレット変換のデータ数を 64×128 個とするため、変換の対象の範囲を南緯 77.5° から北緯 80° 、東経 0° から西経 42.5° としている。

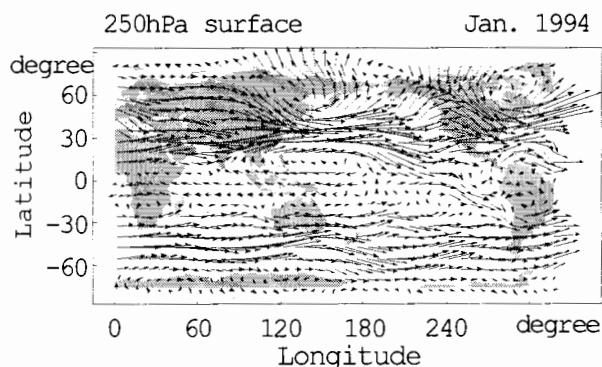


Fig. 1 Wind Data (Jan. 1994)

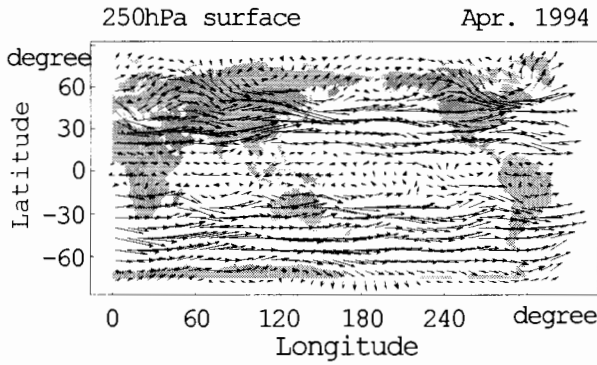


Fig. 2 Wind Data(Apr. 1994)

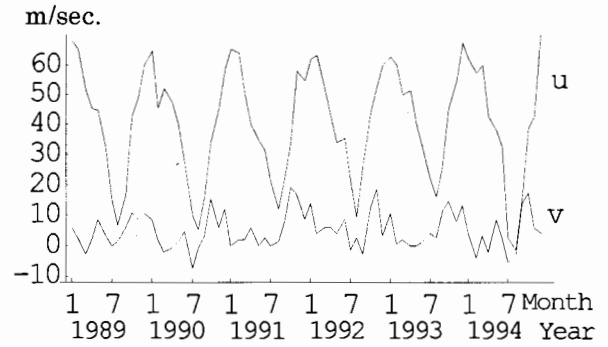


Fig. 5 Wind Data(140E, 35N)

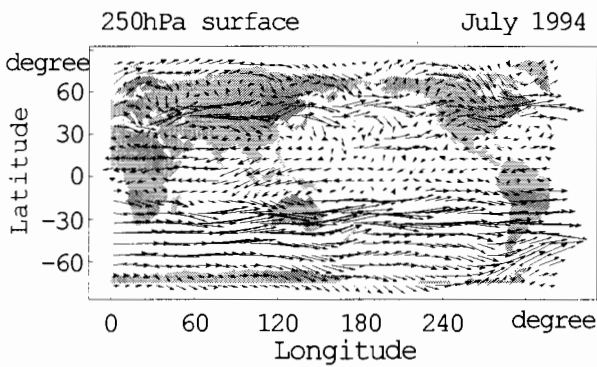


Fig. 3 Wind Data(July 1994)

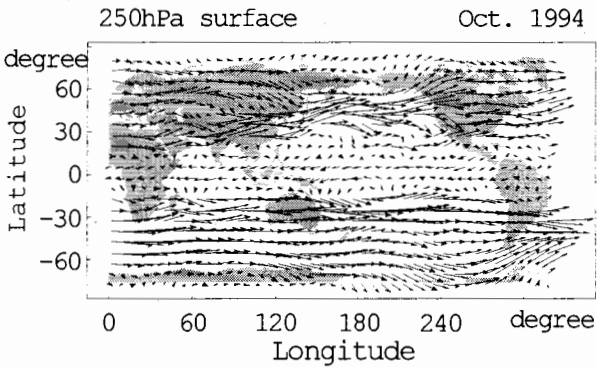


Fig. 4 Wind Data(Oct. 1994)

Fig.5 は日本の上空の東経 140°、北緯 35° の地点での 1989 年 1 月から 1994 年 12 月の 6 年間の月平均風速を図示したものである。u は東西成分、v は南北成分である。風速の変化が周期 1 年であることがよくわかる。また、Fig.1 から Fig.4 にも表われているように、南北成分に比べて東西成分が非常に大きい。

3. ベクトル画像のウェーブレット変換

一般に、1次元のウェーブレット変換は、

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

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。

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

$$[H_{lmn}]^T = H_{nlm} \quad (2)$$

で表すと、

$$S = [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot H_{lmn}]^T]^T]^T \quad (3)$$

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 2 成分 U, V からなるベクトル

$$H = U + V \quad (4)$$

であるとき、(3)、(4)式より

$$S = [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot (U + V)]^T]^T]^T \quad (5)$$

が得られる。ここで U, V はそれぞれ直交するベクトルであるから(5)式は、

$$S = [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot U]^T]^T]^T + [W_n \cdot [W_m \cdot [W_l \cdot V]^T]^T]^T \quad (6)$$

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 U, V 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。

風のベクトル動画像のウェーブレット変換は、ベクトルの成分を東西成分と南北成分に分け、それぞれをウェーブレット変換し、得られたウェーブレット変換スペクトラムを 2 成分とするベクトルをウェーブレット変換スペクトラムとすればよい。

4. ベクトル動画像の生成

少ない画像情報を元にして情報量の多い画像データを生成する方法として、次の 2 つの方法を試みる。既存の情報量の多い画像データをウェーブレット変換により圧縮しておき復元する方法と、少ない画像データをウェーブレット変換して拡大し情報量の多い画像データを生成する方法である。以下にこの 2 つの方法について述べる。

4.1 ベクトル動画像の圧縮

1992 年 3 月から 1994 年 10 月までの 32 か月分の風データをベクトル動画像データ 32 枚分とみなし、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を、ここでは時間経過（画像の枚数）に着目して、スペクトラムのマザーウェーブレット近傍の要素を抽出し圧縮する。次にウェーブレット変換スペクトラムの残りの要素をゼロとして逆変換し動画像データを復元する。

ウェーブレット変換スペクトラムの圧縮率については斎藤ら^{2),3)}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 2~12 次を使用した場合の復元率（元の画像データと復元後の画像データの相関係数¹⁾）を Fig.6 に示す。この例では圧縮率 0.5、0.25 共に基底関数の次数が増すと相関係

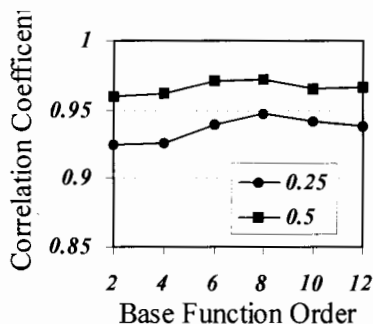


Fig. 6 Correlation Coefficients

数は大きくなり、8 次で最大に達している。基底関数にドビッシーの 8 次を使用した場合の復元されたベクトル動画像の一枚（1994 年 7 月の風）を圧縮率 0.5 と 0.25 について Fig.7 と Fig.8 に示す。元の画像（Fig.3）と比較してみると非常によく復元されていることがわかる。

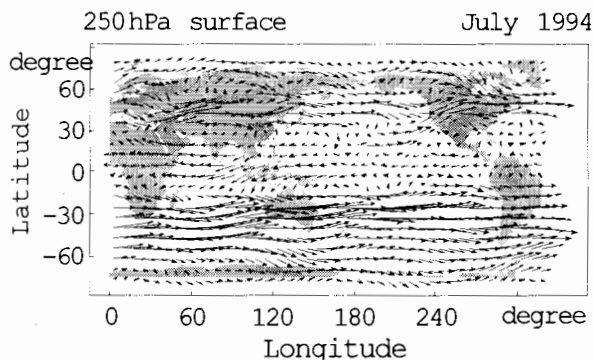


Fig. 7 Recovered Wind Vector Image data by the 8th Daubechies Base Function Compressed Ratio 0.5 (July 1994)

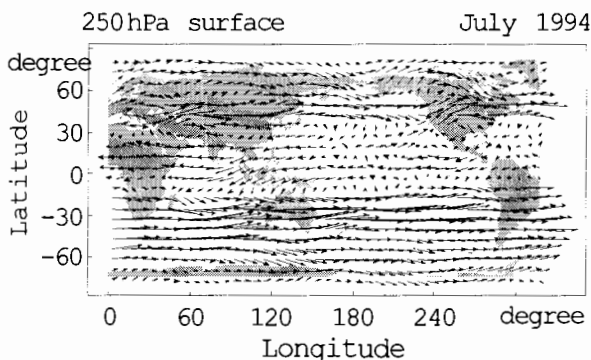


Fig. 8 Recovered Wind Vector Image data by the 8th Daubechies Base Function Compressed Ratio 0.25 (July 1994)

次に、ベクトル画像データ一枚の圧縮について 1994 年 7 月の例を示す。基底関数にドビッシーの 8 次を用いて 2 次元のウェーブレット変換を行い 0.25 に圧縮して逆変換し、復元した画像が Fig.9 である。復元率は 0.99 である。画像一枚ごとの圧縮と時間経過方向の圧縮を合わせると、動画像全体では 0.25 × 0.25 の圧縮を可能とする。

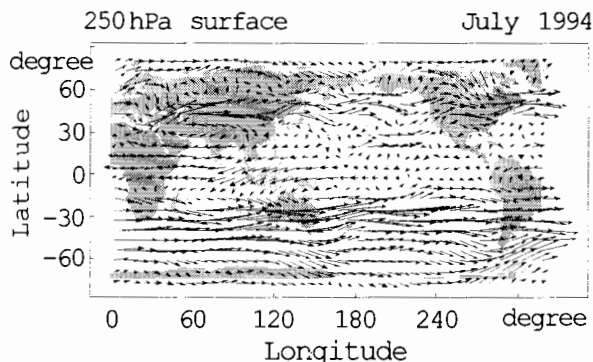


Fig. 9 Recovered Static Wind Vector Image data by the 8th Daubechies Base Function Compressed Ratio 0.25 (July 1994)

4.2 ベクトル動画像の拡大

1991年から1994年の4年間の1月、4月、7月、10月のベクトル画像データ16枚分を基本のベクトル動画像データとし、このデータ間を補って人間の視覚情報能力に合わせたベクトル動画像を生成する。

まず、基本のベクトル動画像16枚分のデータをウェーブレット変換する。ここでも時間経過(画像の枚数)に着目して、得られたウェーブレット変換スペクトラムの時間軸方向の後ろにゼロを補い、32枚分のデータ量のウェーブレット変換スペクトラムとする。それを逆変換し32枚の動画像データを生成する。基底関数にドビッシーの8次を使用した場合の生成されたベクトル動画像の一枚、1994年1月と4月の間の風をFig.10に示す。

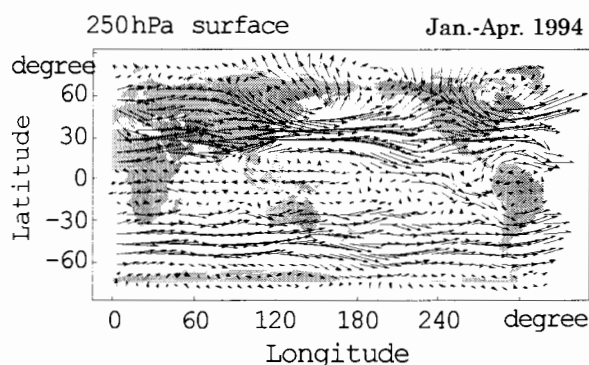


Fig. 10 Enlarged Wind Vector Image data by the 8th Daubechies Base Function (Jan.-Apr. 1994)

同様にウェーブレット変換スペクトラムにゼロを補って64枚分に拡大した場合に生成されたベクトル画像をFig.11に示す。

これらの画像を動画像としてみた場合、スムーズに補間されている。

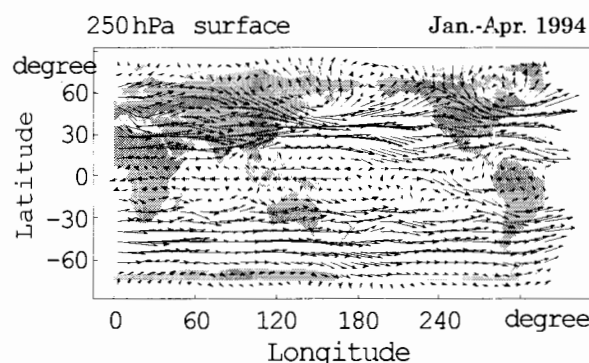


Fig. 11 Enlarged Wind Vector Image data by the 8th Daubechies Base Function (Jan.-Apr. 1994)

5. おわりに

本稿では、ベクトル動画像データとして風データを使用し、このデータに3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た画像データの圧縮および、動画像データの拡大による動画像データ生成する方法を示した。人間の視覚情報能力に考慮すれば、ある程度十分な結果が得られたといえる。

参考文献

- 1) 斎藤兆古著: 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, 斎藤兆古: 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.
- 3) 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.
- 4) 松山佐和, 小口雄康, 斎藤兆古, 國井利泰: 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, 可視化情報, Vol. 19, Suppl., No. 1, 83-86, 1999.