

ウェーブレット変換による三次元磁界ベクトルデータ処理

松山 佐和, 小口 雄康
法政大学計算科学研究センター

遠藤 久, 関島 大志郎, 斎藤 兆古
法政大学工学部

離散値系ウェーブレット変換によるデータ解析法としては、データの特性が集約されるウェーブレットスペクトラムのマザーウェーブレット近傍要素のみを取り出すデータ圧縮、および、多重解像度解析による時間・周波数領域にまたがる解析があげられる。これを利用し、さまざまな測定データの圧縮とノイズ低減法を提案してきた。本稿では、これらの知見を応用し、スイッチング・レギュレータ上に生じる磁界の測定データの解析法としてウェーブレット変換をとりあげ、空間・時間の両領域にまたがる大容量3次元磁界ベクトルデータの解析を試みた。ここに離散値系ウェーブレット変換による大容量データ処理の1方法を示す。

1. はじめに

近年、環境電磁工学上からも電気電子機器周辺に生じる電磁界の解析が重要になってきている。電磁界は3次元ベクトルであるため、時間・空間的分布を解析するには多大なデータ量を扱うことになる。離散値系ウェーブレット変換は、ウェーブレット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特性を集約しデータ圧縮、および、データのノイズ低減に有用である^[1]。既に、1次元、2次元、3次元離散値系ウェーブレット変換をベクトルデータに適用したベクトルデータの圧縮、ノイズ低減の応用例を報告している^{[2],[3],[4],[5]}。本稿では、平面上に分布する3次元磁界ベクトルが時間変化する場合において空間・時間の両領域にまたがる3次元ベクトルデータ処理を離散値系ウェーブレット変換で行う方法について報告する。

2. 磁界分布データ

3次元ベクトルデータのウェーブレット変換を磁界分布データに応用する。ここで、使用するデータはスイッチング動作中のフィルムトランスを用いたDC/DCコンバータ周辺に生じる磁界分布を測定したものである。Fig.1は磁界分布を測定したDC/DCコンバータで

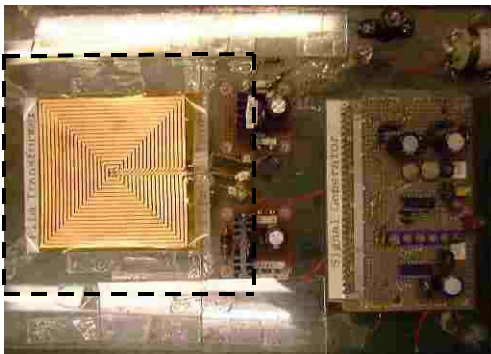
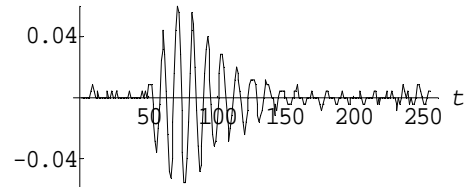


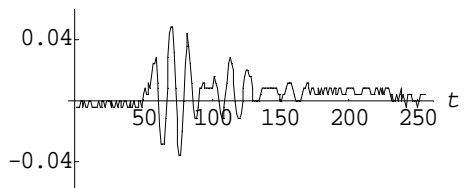
Fig.1. 磁界を測定したDC/DCコンバータ

ある。破線で囲まれたフィルムトランス上の平面に 35×35 個の測定点を取り、1パルス分の入力に対する磁界変化を500時刻点に分割して測定したものである。測定されたデータ数は $35 \times 35 \times 500$ であるが、ここで使用するデータは時刻に関して前半に相当する $35 \times 35 \times 256$ である。このデータは3次元空間に分布する3次元ベクトルであるためデータの全体的な特徴を図示するのは難しい。そこでデータを部分的に図示することで特徴を示すことにする。

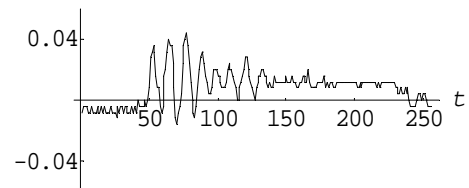
Fig.2は測定平面の中心付近の1点における磁界ベクトルの時間変化を各成分毎に表したものである。時



(a) x成分



(b) y成分

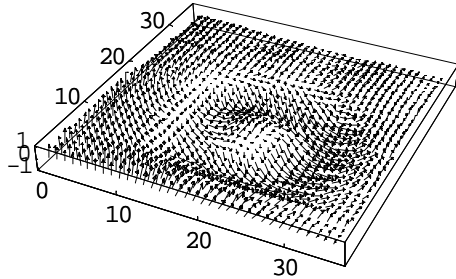


(c) z成分

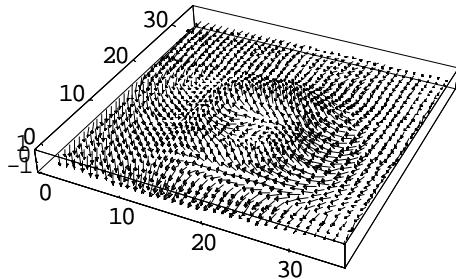
Fig.2. 測定平面の中心付近の時間変化

刻 50 から 150 付近で大きなベクトル値を示し振動しているのが分かる。

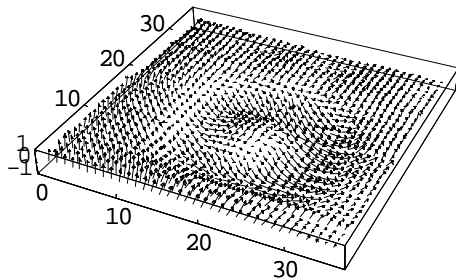
Fig.3 は大きなベクトル分布を示す時刻 71、76、82 における測定平面上のベクトル分布を示したものである。ベクトルが時刻とともに振動する様子が分かる。



(a) 時刻 71



(b) 時刻 76



(c) 時刻 82

Fig.3. 測定平面上の磁界の時間変化

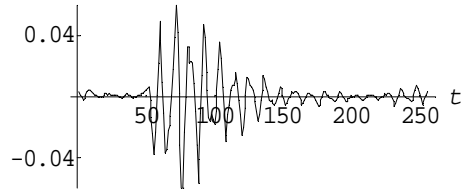
3. 磁界分布データのシミュレーション

磁界分布データに、1次元、2次元、3次元の離散値系ウェーブレット変換を順次適用してみる。

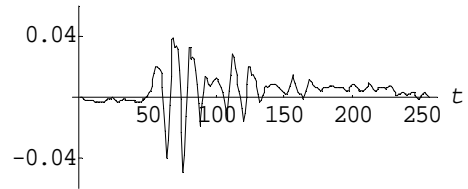
3.1 1次元ウェーブレット変換

Fig.2 に示した 1 測定点の磁界変化ベクトルデータについてウェーブレット変換する。1次元のベクトルウェーブレット変換によるデータ圧縮とノイズの低減について

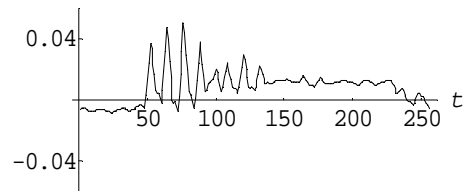
では既に報告されており^{[2],[3],[4]}、使用する基底関数と復元率の関係についても同様に報告されている。ここでは、この結果に基づき同手法で圧縮・復元する。Fig.4 は基底関数にドビッシーの 6 次を使用し、圧縮率 25% で圧縮し復元したものである。復元率は 0.93 を示し、ノイズもよく低減されている。Fig.5 は圧縮率 25% の場合についてドビッシーの基底関数の次数による復元率を示したものである。



(a) x 成分



(b) y 成分



(c) z 成分

Fig.4. 25% に圧縮後復元した磁界分布データ

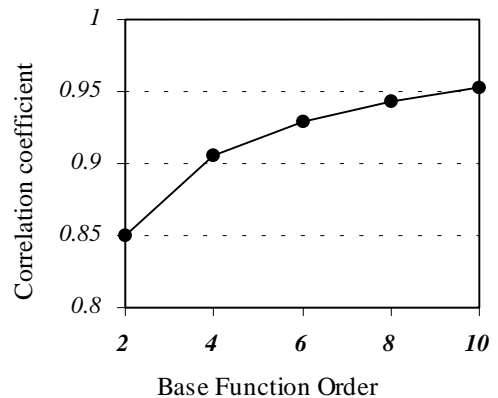


Fig.5. 25% に圧縮後復元した 1 測定点の磁界分布データの基底関数の次数による復元率

3.2 2次元ウェーブレット変換

Fig.3 に示した測定面のデータについてウェーブレット変換する。ウェーブレット変換の対象とするためデータ数を 32×32 に減らしている。2次元のベクトルウェーブレット変換についても既に確認されているとおり^{[2],[3],[4]}である。基底関数にドビッシーの6次を使用した場合には圧縮率25%で復元率0.99を示し非常によく復元されている。またノイズも低減されている。Fig.6にその結果を示す。基底関数にはドビッシーの6次を使用している。Fig.7は25%に圧縮したものを復元した場合のドビッシーの基底関数の次数と復元率を図示したものである。次数4で復元率が高いのはデータ数が 32×32 であることとデータ数が少ないため高次の基底関数を使用する効果がないことを示している。

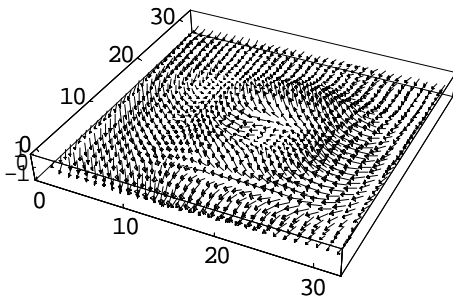


Fig.6. 25%に圧縮後復元した磁界分布データ (時刻 76)

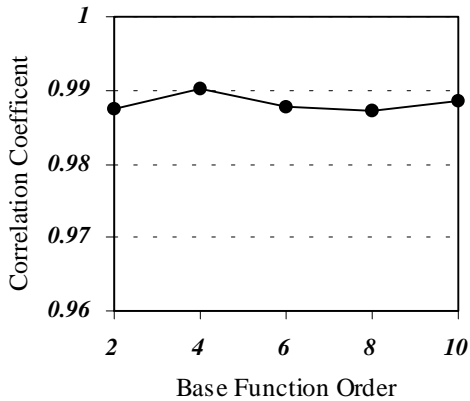


Fig.7. 25%に圧縮後復元した平面磁界分布データの基底関数の次数による復元率

3.3 3次元ウェーブレット変換

磁界データの時間変化をも含めて、データ全体をウェーブレット変換する。3次元のベクトルウェーブレット変換についても既に確認されているとおりである^[5]。1平面上のデータの圧縮については前項で述べたので、ここでは時間軸方向の圧縮について検討する。基底関数に

ドビッシーの6次を使用した場合には、圧縮率25%で復元率0.93である。復元されたデータ全体は3次元空間上の3次元ベクトルであり図示は難しいので、時刻76の1平面のみをFig.8に示す。Fig.9は25%に圧縮した後復元した場合のドビッシーの基底関数の次数と復元率を図示したものである。ここでの時間変化方向のデータ数は1次元ウェーブレット変換(3.1項)と同じであるためFig.5と同じ傾向を示している。

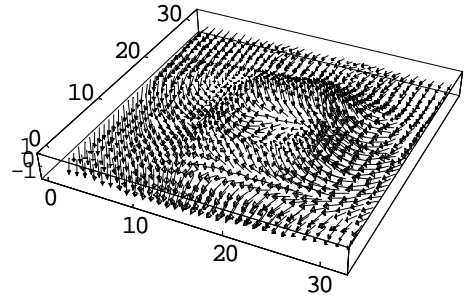


Fig.8. 時間軸方向を25%に圧縮後復元した磁界分布データ (時刻 76)

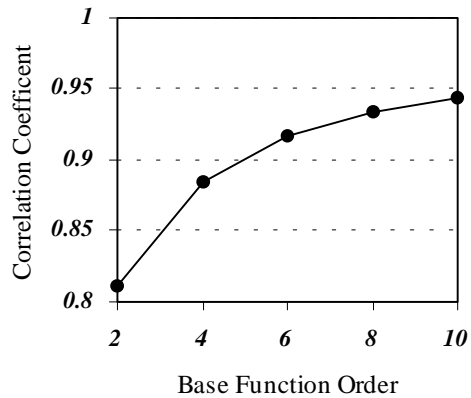


Fig.9. 25%に圧縮後復元した磁界分布データの基底関数の次数による復元率

3.4 ウェーブレット変換によるデータ補間

離散値系ウェーブレット変換を用いて磁界分布データの時間軸方向にデータの補間ができるか試みた。測定した磁界ベクトルから特徴を表すデータをサンプリングし、そのデータをウェーブレット変換して、元の測定データと比較してみる。データをサンプリングする方法として1平面上のベクトルデータの大きさを目安とした。時間平面の特徴を表す値として各平面毎にベクトル成分($32 \times 32 \times 3$)の自乗和を計算したものがFig.10である。時刻46から140までを図示している。

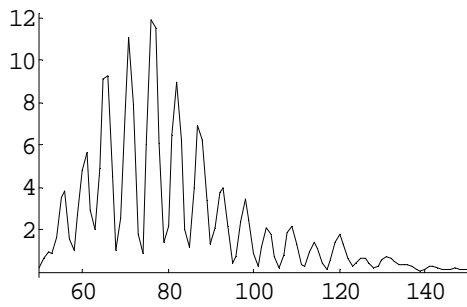


Fig.10. 各時間平面のベクトル成分の自乗和

このデータの特徴を保持するように 32 個の平面分布データを選ぶ。サンプリングした平面ベクトルデータの成分の自乗和を Fig.11 に示す。

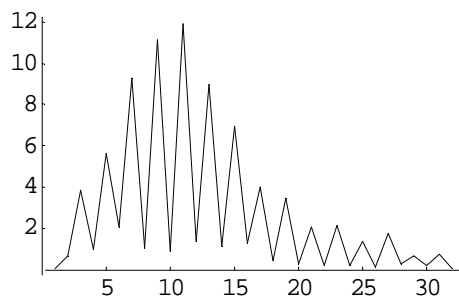


Fig.11. サンプリング平面のベクトル成分の自乗和

サンプリングした 32 平面のベクトルデータ (データ数 $32 \times 32 \times 32$) を時系列データとしてウェーブレット変換する。得られたウェーブレットスペクトラムの時間軸方向にゼロを補って $32 \times 32 \times 64$ のウェーブレットスペクトラムとし、これを逆変換して 64 平面のデータを得る。ベクトルの大きさはデータを引き伸ばした分だけ小さくなっている。補間された個々の平面ベクトルを図示するのは難しいので、平面のベクトル成分の自乗和を Fig.12 に示す。また、同様に 128 平面に補間した場合について平面のベクトル成分の自乗和を Fig.13 に示す。ここでは基底関数にドビッシーの 6 次を使用している。

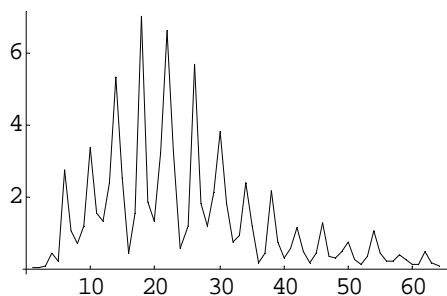


Fig.12. 補間後の 64 平面のベクトル成分の自乗和

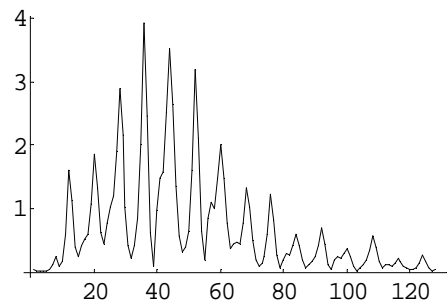


Fig.13. 補間後の 128 平面のベクトル成分の自乗和

どちらの場合も非常によく補間されているといえる。ここではサンプリングするデータを予め都合よく決めているが、無作為に抽出したデータから、うまく補間データが作成できるとはいえない。

4. おわりに

本稿では、DC/DC コンバータ周辺に生じる 3 次元磁界ベクトルの空間・時間変化データに離散値系ウェーブレット変換を適用し、これまでのシミュレーション結果と同様にデータの支配的なベクトル分布が抽出され、データの圧縮およびデータ圧縮によるランダムデータの除去が可能であることを示した。また、時間変化に関してウェーブレット変換によるデータ補間にもデータの特徴と、それに合わせた適切な基底関数を選ぶことにより適用可能であることを示した。

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, 1998, 211-214.

キーワード:

ウェーブレット変換、3次元ベクトルデータ、電磁界測定データ

Summary.

Three Dimensional Magnetic Fields Data Analysis by the Wavelets

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

Hisashi Endo, Daisiro Sekijima, Yoshifuru Saito
College of Eng., Hosei University

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 in measured data. In the present paper, we apply the discrete wavelets transform to the three dimensional-magnetic fields measured over a switching regulator. The measured magnetic fields are the three-dimensional in space and time dependents. Thereby, in order to handle these magnetic field data, it is essentially required to use a computer installing an enough memory. We propose one of the methodologies to process a large amount data based on the discrete wavelet transform.

Keywords.

Wavelets transform, Three dimensional vector data, Measured magnetic fields