

3次元ウェーブレット変換の電磁界分布データへの応用

松山 佐和, 小口 雄康
法政大学計算科学研究センター

宮原晋一郎, 斎藤 兆古
法政大学工学部

ウェーブレット変換は波形データの周波数解析やノイズ成分の低減、画像データの圧縮などに適用されている。1次元および2次元ウェーブレット変換の適用例はこれまでも数多くあるが、3次元ウェーブレット変換の適用例はまだ少ない。本稿では3次元離散値系ウェーブレット変換の具体的な応用として誘導加熱コイルが生ずる3次元電磁界分布データを取り上げ、3次元電磁界分布データをウェーブレット変換することにより、支配的な電磁界ベクトルが抽出され、データの圧縮およびノイズ成分の低減が可能であることを示す。

1. はじめに

近年、ビルの超高層化が進み防災上の対策として直火の使用が禁止されている。このため調理等に必要となる熱源の多くは電気的な方法で得られている。特に誘導加熱は、直火が30%程度の熱効率であるのに対し、70%以上の熱効率であるため、広汎に利用されている。誘導加熱は熱効率を向上させ省エネルギーに寄与するのみならず、被加熱対象へ直接接触せず加熱可能である。しかし一方で誘導加熱は誘導加熱器周辺へ磁界を分布するため、環境電磁界(Electromagnetic Compatibility)的な問題を喚起している。

離散値系ウェーブレット変換の特徴は、データの特性を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に抽出すること、および、多重解像度解析によりデータの各レベルにおける特徴を抽出することにある^[1]。1次元および2次元ウェーブレット変換は波形データの周波数解析やノイズ成分の低減、画像データの圧縮などに適用されてきている。筆者らはウェーブレット変換をベクトルデータへ応用し、1次元ベクトルデータである潮流データおよび2次元ベクトルデータである風データをウェーブレット変換し、ベクトルデータの圧縮、ノイズ低減に有用であることを報告した^{[2],[3],[4]}。

本稿では、3次元離散値系ウェーブレット変換の具体的な応用として、誘導加熱コイルが生ずる3次元電磁界分布の例を報告する。この例においても1次元および2次元ウェーブレット変換の適用例と同様に支配的な磁界ベクトルの抽出に成功した。換言すれば、誘導加熱器の環境電磁界的問題解決への一方途が判明した。

2. 電磁界分布データのウェーブレット変換

ここで使用する3次元電磁界分布データは誘導加熱コイルが生ずる3次元周辺磁界分布であり、宮原ら^[5]により測定されたものである。Fig.1に測定の実験装置を示す。装置の特性は次の通りである。

励磁コイル： 測定面 20×20cm
電流分布面 20×20cm
通電範囲 ドーナツ状面

内側半径 2cm、外側半径 10cm
通電電流 0.3A
サーチコイル： 巻き数 90Turn
半径 5cm
線の太さ 0.2mm

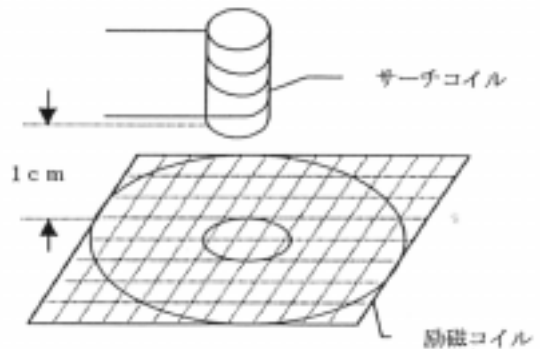


Fig.1. 電磁界分布測定実験装置

測定点はx,y方向には10点ずつで、10×10個、z方向には1cmから4cmまで1cmづつ4点で計400点である。測定された電磁界分布データはFig.2である。

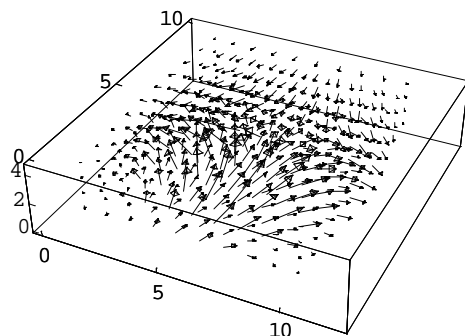


Fig.2. 測定された電磁界分布データ

3次元ベクトルデータのウェーブレット変換をこの電磁界分布データに応用する。このデータをウェーブレット変換するためゼロベクトルを補い、データ数を $16 \times 16 \times 4$ とした。このゼロを補った電磁界分布データがFig.3である。ここで、電磁界分布データを成分ごとにウェーブレット変換しウェーブレット変換スペクトラムを求める。ここでは基底関数にドビッシェの2次を使用している。Fig.4にウェーブレット変換スペクトラムのベクトル分布を示す。モデルデータのシミュレーションの場合と同様に大きなベクトルがマザーウェーブレット近傍に集中している。

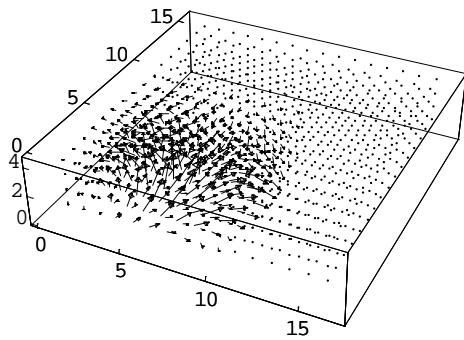


Fig.3. 電磁界分布データ (データ数 $16 \times 16 \times 4$)

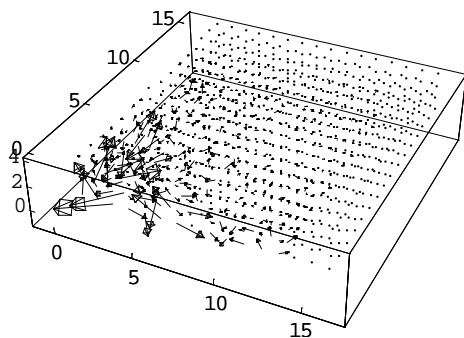


Fig.4. 電磁界データのウェーブレット変換スペクトラム (基底関数にドビッシェの2次を使用)

次に電磁界分布データを圧縮してみる。Fig.4のウェーブレット変換スペクトラムで、マザーウェーブレット近傍の $8 \times 8 \times 4$ の部分直行列を残し他の要素をゼロとみなす。すなわち、データを8分の1に圧縮する。Fig.5が8分の1に圧縮されたウェーブレット変換スペクトラムを逆変換して再現された電磁界分布データである。Fig.5のベクトルデータは、明らかにFig.3の元の電磁界分布データにほとんど一致している。再現されたデータの再現率を斎藤^[1]は相関係数を用いて評価している。この方法を用いて求めた再現率は0.94であり、よい再現性を示している。圧縮時にゼロとみなされた部分はベクトルの絶対値が小さく方向もランダムでノイズとみなされる。

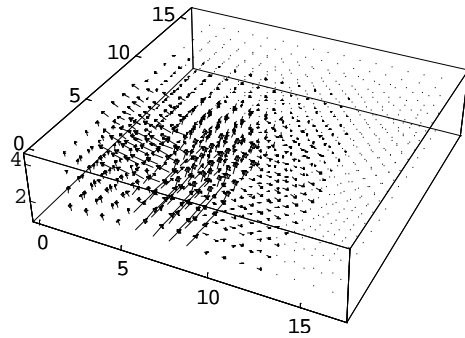
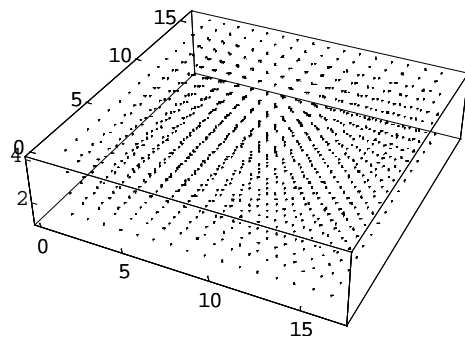
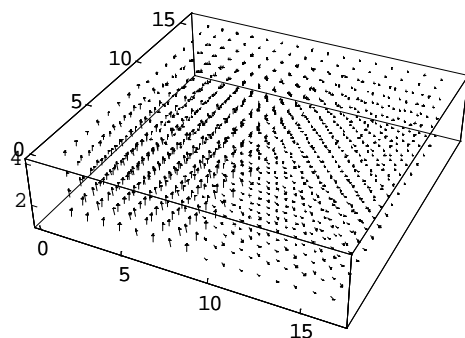


Fig.5. 8分の1に圧縮されたデータから再現された電磁界分布データ

次に多重解像度解析による圧縮を試みる。多重解像度解析は各レベルの部分ウェーブレットスペクトラムを逆変換して得られたものである。Fig.6に各レベルの部分スペクトラムを再現したものを示す。(1)はマザーウェーブレットで再現されたデータで、(2)以降は各レベルの部分スペクトラムを逆変換して再現したものである。

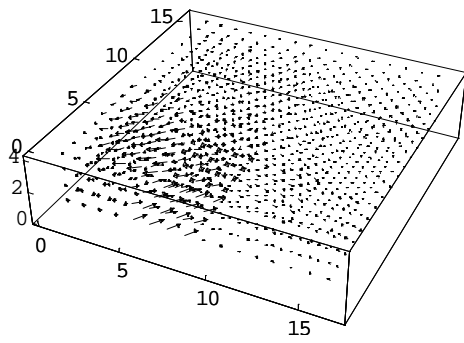


(1) マザーウェーブレット

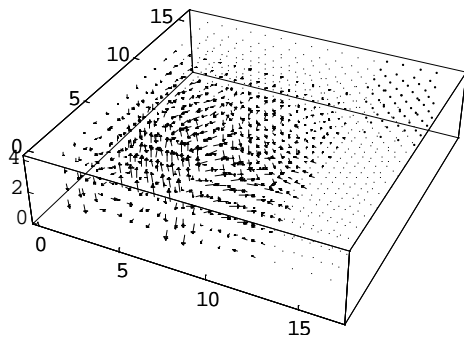


(2) レベル1

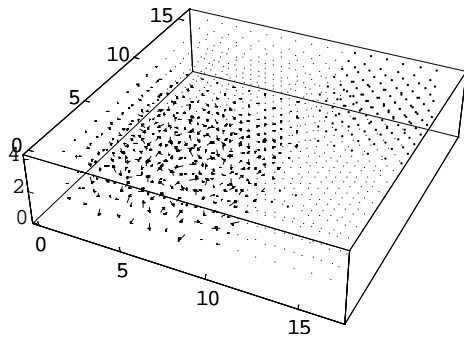
Fig.6. 多重解像度解析(1)から(5)は各部分スペクトラムを逆変換して得られた電磁界分布データ (続く)



(3) レベル 2



(4) レベル 3



(5) レベル 4

Fig.6. 多重解像度解析(1)から(5)は各部分スペクトラムを逆変換して得られた電磁界分布データ

高周波部分で再現される電磁界分布データはベクトルの絶対値が小さく、方向がランダムであり、電磁界分布データの主要部分ではないとみなせる。この部分を除いて再現した電磁界分布データが Fig.7 である。この電磁界分布データの再現率は 0.95 であり、Fig.3 の元の電磁界分布データとほとんど一致しているといえる。

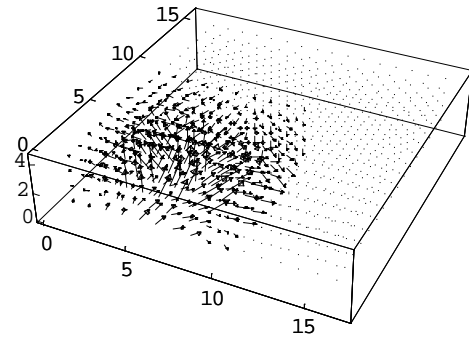


Fig.7. Fig.6 の高周波部分を除いて圧縮されたデータから再現された電磁界分布データ

3. おわりに

本稿では、3次元電磁界分布データにウェーブレット変換を適用し、1, 2次元のデータと同様にデータの支配的なベクトル分布が抽出可能であり、データ圧縮にも有用であることを示した。データ圧縮の方法としては、マザーウェーブレット近傍のスペクトラムの大きさに着目した単純な圧縮法と多重解像度解析を用いてノイズ成分を除去する方法を取り上げた。その結果いずれの方法を用いても圧縮効果には大差ないこと、また、元のデータの25%程度のデータで十分再現されることが判明した。

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, 9.
- [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] 宮原晋一郎, 早野誠治, 齊藤兆古, 増田則夫, 遠矢弘和, "電気・電子機器の周辺電磁界分布可視化システム", マグネティックス研究会資料, 1998, 41-45.

キーワード.

ウェーブレット変換、ノイズ低減、ベクトルデータ圧縮、3次元電磁界

Summary.

Applications of the Wavelets to the Three Dimensional Magnetic Fields

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

Shinichiroh Miyahara, Yoshifuru Saito
College of Eng., Hosei University

Wavelets transform is suitable method to analysis for the various waves in time and space. Conventional wavelets transform have been mainly applied to the one and two dimensional variable phenomena, but three dimensional wavelets transform has been rarely proposed and used even if the physical phenomena always exhibit the three dimensional properties. In the present paper, we have developed a way of the three dimensional discrete wavelets transform and applied the three dimensional magnetic fields caused by an induction heating system. As a result, we have succeeded in extracting the major dominant vector components and clarified that this extraction of the major dominant magnetic fields from the raw measured vectors essentially accompanies a noise reduction function of the wavelets transform.

Keywords.

Wavelets transform, Noise reduction, Vector data compression, Three dimensional magnetic fields