

差動磁気センサーのウェーブレットノイズ処理とリサージュ図形 による信号波形評価

河内 裕記[○]、早野 誠治、斎藤 兆古(法政大学工学部)

Visualizing Processing of a differential Magnetic Sensor Signals

By the Wavelet Transform

H.KOCHI[○], S.HAYANO, Y.SAITO

Abstract

This paper proposes a Lissajous's diagram visualization method based on a multi-resolution analysis of the discrete wavelets. We apply our approach to a signal processing of a differential type magnetic position sensor for the metallic objects. We apply a wavelet transform to the sensor output signals in order to work out a Lissajous's diagram. As a result, we have succeeded in extracting the distinct signal characteristics. Thus, it is revealed that our Lissajous's diagram methodology based on the wavelets transform may become one of the distinguished methodologies for a signal processing technique.

Keywords: Wavelet transform, Magnetic sensor, Signal processing

1. まえがき

磁気センサーには、大きく分けて材料の特性を利用した、いわゆる、ホールセンサーのように物性応用に基づく形式とコイルを巻いて作成するコイル形式へ分類される。ホールセンサーは、AV機器のみならず、コンピュータで代表される映像情報処理機器へ広範に使われている。他方、コイル形式は、ECT (Eddy Current Testing) 応用などで使用される代表的磁気センサーであり、原子炉の熱交換器を始め多くの金属構造物に対する非破壊検査に使われている。コイル型磁気センサーの中で、差動コイル型磁気センサーは、出力信号が直接差動コイルで微分演算されるため、信号処理用電子回路への依存性が低く、且つ、高感度である。しかしながら、得られる信号が微分演算処理を受けているため、信号波形の解析に一定の習熟度を必要とする。また、外部の磁界やセンサーの機械的精度によるセンサー信号への影響などを考慮

に入れた解析を必要とする。

本論文では、差動コイル型磁気センサーのセンサー出力信号をウェーブレット変換とリサージュ図形を用いて解析する方法を提案する。センサー信号にはセンシングターゲットによる信号と多くの誤差信号を含んでいる。このセンサー信号をウェーブレット変換の多重解像度解析により基本波から高調波に分解し、さらにリサージュ図形を描くことにより、位相情報を削除する。差動コイル磁気センサーのセンサー信号は時間領域の1次元信号であるが、ウェーブレット変換とリサージュ図形を併用し2次元的可視化情報へ変換することにより、信号処理の一方法として有効であることを報告する。

2. コイル型磁気センサーの信号処理

2.1 差動コイル型磁気センサーの動作原理

差動コイル型磁気センサーの構成図を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 で、中央のコイルに励磁電流を通电することでコイル軸方向へ流れる磁束を形成する。他方、上下の両端の励磁コイルをはさんだサーチコイルは差動接続され、両者を共通に同一の磁束が貫いた場合、出力電圧は生じない。しかし、サーチコイル間の中心からずれた位置にアルミなどの導体が存在すると、導体に流れる渦電流の磁界が上下の差動コイルに平等に鎖交せず、差動接続されたサーチコイルに電圧が誘起する。従って、差動コイルに誘起する電圧を測定すれば、軸上の導体の位置が検出できる。これが差動コイル型磁気センサーの原理である。

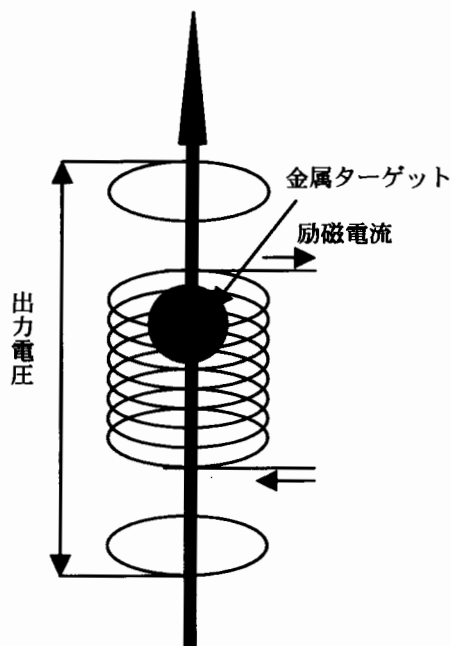


Fig. 1. Schematic diagram of the differential coils magnetic sensor.

2.2 実験装置の諸定数

実験に用いた差動コイル型磁気センサー及び測定ターゲットの諸定数を Table. 1 に示す。サーチコイルは上下同一仕様ものを差動接続とした。

Table. 1. Various constants of the differential coils magnetic sensor

励磁コイル	コイル直径：18.4mm 導線の直径：0.4mm 長さ：55mm 巻き数：120回
サーチコイル	コイル直径：18.4mm 導線の直径：0.4mm 長さ：19mm 巻き数：30回(上下同一仕様)
ターゲット	直径12.7mmのアルミ球

2.3 差動コイル型磁気センサーの出力信号

Fig. 2 にターゲット金属が中心から 5cm 離れたところにある場合の出力信号を示す。励磁電流は周波数 100kHz の正弦波であり、同じ測定を 2 度行った。(a: 1 回目、b: 2 回目) 本来は全く同じ信号を得られることが望ましいが、実際は外部の磁界による影響や磁気センサーの機械的精度による誤差などが含まれるため、全く同一の信号を得ることは不可能である。また、実験ごとに時間差が生じるため、Fig. 2 のように出力信号が異なる。このような波形からターゲットに起因する出力信号を取り出し可視化することが本論文の目的である。

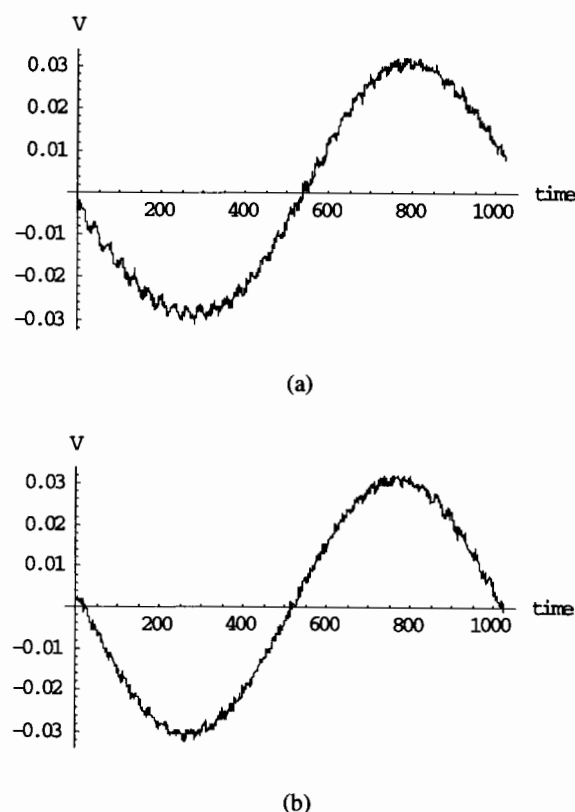
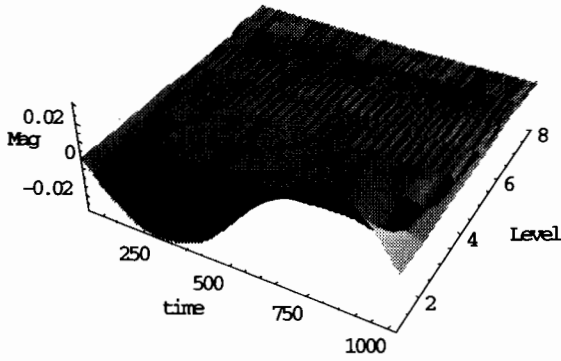


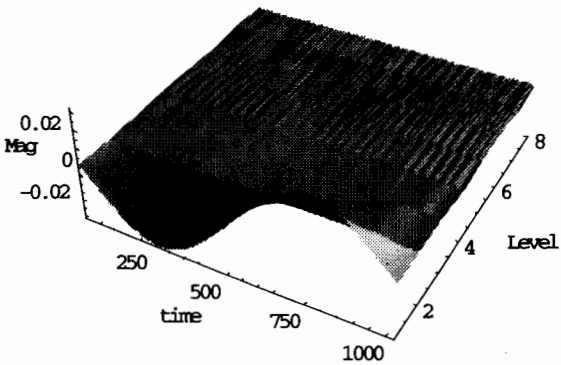
Fig. 2. Sensor out signal waveforms.

2.4 ウェーブレット多重解像度解析

Fig. 2 の信号をドビッシーの 16 次基底を用いてウェーブレット変換を行い、さらにその結果へ多重解像度解析を適用した結果を Fig. 3 に示す。これは、時間・周波数(レベル)に跨った情報である。第 1 レベルで基本周波数である正弦波が現れ、順次レベルが上がるに従って高周波が表示されていることがわかる。Fig. 3 より、2 回の実験で低レベル領域で同様な波形が描かれているが、高レベル領域になるに従い両者間の出力信号の相違が現れている。従って、ターゲット金属の存在による出力信号は低レベル領域に現れていると考えられる。



(a)



(b)

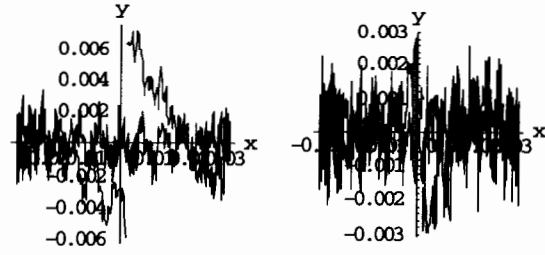
Fig. 3. The results of wavelets multi-resolution analysis.

2.5 リサージュ図形解析

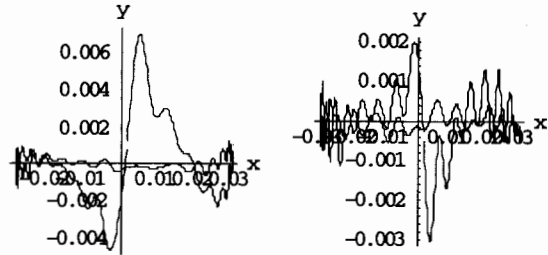
Fig. 4(a)にFig. 3で示したウェーブレットの多重解像度解析で第1レベルを横軸に、第2レベルから第8レベルまでの和を縦軸にとって、リサージュ図形を描いた結果を示す。左図が1回目、右図が2回目の実験である。この図からは両者の信号で共通の部分を把握するのは難しい。これは、このリサージュ図形が、外部による磁界による影響や機械的工作精度による影響と思われる高レベル領域の信号をも含んだ結果であるためである。Fig. 4(b)は横軸に第2から第4レベルまでの和をとって描いた結果である。同様にFig. 4(c)は第3レベルまでの和を、Fig. 4(d)は第2レベルを横軸にとった場合のリサージュ図形である。この結果から、ターゲット金属の存在に起因するセンサー信号は、第3レベルあたりまでであることが分かる。

よって縦軸に第1レベル、横軸に第2レベル、または第2レベルから第3レベル付近の比較的低周波領域をと

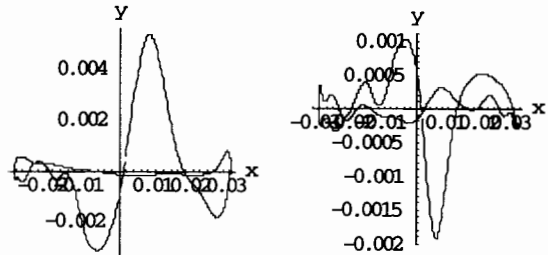
り、リサージュ図形を描くことによって、位相情報を削除し、ターゲット金属に起因するセンサー信号を可視化できることが分かる。



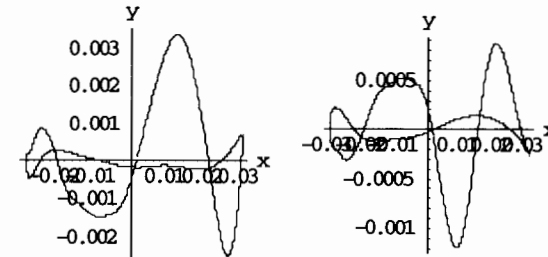
(a) the sum of level 2-8.



(b) the sum of level 2-4.



(c) the sum of level 2-3.



(d) the level 2.

Fig. 4 Lissajous's diagram by taking the level1 and the other level signals respectively to the x and y axes.

3. まとめ

本論文では、差動コイル型磁気センサーに関する動作原理を述べた後、外部による磁界や機械的工作精度に起因する誤差信号を含んだ差動コイルセンサー出力信号の

例を示した。このようなノイズを含んだセンサー信号から、センサー本来の出力信号を抽出する信号処理方法を本論文で提案した。具体的にはセンサー出力信号のウェーブレット多重解像度解析結果の第1レベルを横軸に、第2レベル以降を縦軸とするリサージュ図形を描くことにより、2次元的可視化情報に変換した。本論文で示したセンサー信号は、金属ターゲットに起因するセンサー信号が比較的low周波領域に存在するため、このlow周波領域を用いてリサージュ図形を描いた。その結果、金属ターゲットに起因するセンサー信号は、ウェーブレット多重解像度解析の第1レベルから第3レベル付近までに存在し、ウェーブレット変換の多重解像度解析とリサージュ図形を併用することで、金属ターゲットに起因する信号を可視化できることが判明した。

参考文献

- 1) 河内裕記, “差動コイル型磁気位置センサーの開発,” 1998年度法政大学卒業論文.
- 2) 齋藤兆古, “ウェーブレット変換の基礎と応用”, 朝倉書店, 1998年5月.
- 3) 緑川洋一, 早野誠治, 齋藤兆古, “ウェーブレット変換によるノイズフィルタ評価の検討”, 電気学会論文誌A, Vol.117-A, No.2, 128-133, (Feb.1997).