

時間領域一次元信号の特徴抽出と可視化

野嶋 悟士[○], 齊藤 兆古(法政大学大学院), 堀井 清之(白百合女子大学)

Feature Extraction and Visualization of 1D Time Domain Signal

Satoshi NOJIMA, Yoshifuru SAITO and Kiyoshi HORII

ABSTRACT

Ferromagnetic materials, i.e., iron steel and its composites, are widely used as the frame parts of various artificial products and constructions such as a building, bridge and so on. Because of its mechanical property, iron steel is most popular in use for the frame materials to maintain their mechanical strength. On the other side, nondestructive testing of iron steel is an extremely important way in order to keep their mechanical reliability.

One of the deterministic differences between the ferromagnetic and nonmagnetic materials is that all of the ferromagnetic materials when applying external magnetic field attracts major magnetic field; and also magnetization process of ferromagnetic materials always accompanies with the Barkhausen effect. The Barkhausen effect is a phenomenon caused by movement of the magnetic domains.

In order to carry out the nondestructive inspection of the iron structure, this paper proposes a signal cognition methodology by means of the fluctuation frequency analysis to the Barkhausen signals. Some initial examples of our method demonstrate one of the potentials of our method.

Keywords: Barkhausen phenomenon, 1/f Fluctuation, Signal cognition

1. 緒論

多くの時間領域一次元信号はオシロスコープで電気信号として可視化される。音声信号や計算機のクロック信号などが代表例である。これらの信号の中で、人間の可聴周波数である音声信号はキーボードを経由せずに計算機へコマンドを入力可能とするため、計算機と人間間の有力なインターフェイスと考えられ、これを実現するために音声認識・識別方法が鋭意研究開発されている。

本研究では、音声認識・識別の一方法として音声の 1/f ゆらぎ周波数特性応用を提案する。さらに音声認識・識別技術を非破壊検査で使われる Acoustic Emission (AE) や強磁性体のバルクハウゼンノイズなどの可視化解析を試みる。

2. 時間領域一次元信号の解析

2.1 バルクハウゼン信号

多くの金属材料中で、鉄は最も広汎に使われる構造物である。鉄は機械的性質が制御可能であり、コスト的にも安価である。これが広汎に使われる理由であろう。鉄は磁性体であり、磁性体の磁化過程は、可逆的磁壁移動、非可逆的磁壁移動、さらに可逆的回転磁化領域へ分類さ

れる。磁化曲線で考えれば、レイリーの法則が成り立つ範囲が可逆的磁壁移動による磁化過程範囲であり、非可逆的磁壁移動による磁化過程は不連続な磁壁移動で磁化されるために再現性は無く、周辺へ比較的高周波の磁界変化を与える。これがバルクハウゼン現象と呼ばれる磁性体特有の現象である²⁾。

Fig.1 に示すように磁性体の周辺へコイルを巻き、磁石を運動させるとバルクハウゼン現象に起因する磁界の時間変化によってコイルに電圧が誘起する。この電圧を増幅してスピーカーへ入力すればスピーカーからバルクハウゼンノイズ (Barkhausen noise) が聞かれる。本論文ではバルクハウゼン現象に起因する電圧をストレージデジタルオシロスコープによって記録する。

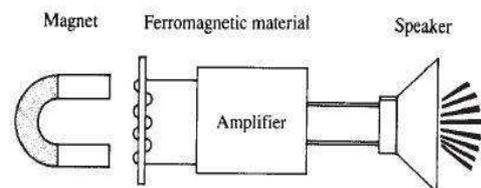


Fig.1 Barkhausen Signal Generation

2.2 1/f ゆらぎ

1/f ゆらぎとは自然界の鳥のさえずりや小川のせせらぎなどに存在する特有の周波数特性である。信号のパワースペクトラムが周波数に反比例する場合、すなわち、フーリエパワースペクトラム対周波数の両対数グラフの傾きが-1になるものを特に「1/f ゆらぎ」と呼ぶ。本論文では、信号のゆらぎ周波数分布を信号の「固有の情報」として捉える。

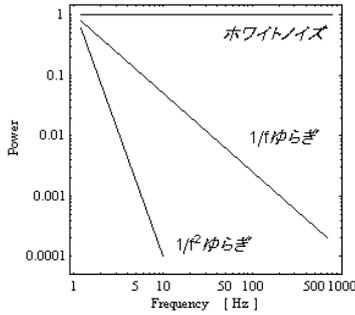


Fig.2 Typical Sample Power Spectrum

2.3 パワースペクトラム

高さ 75mm、直径 3.05mm の鉄釘を最も単純な供試構造材として取り上げた。供試材に太さ 0.2mm のホルマル線を 6 層、1000 回巻いてサーチコイルとした。

環境ノイズの位相は変化するが周波数成分の振幅は変化しないと仮定して、バルクハウゼン信号のパワースペクトラムから空芯のサーチコイルに誘起する電圧のパワースペクトラムを差分して環境ノイズを削減した。その結果として得られるバルクハウゼン信号のパワースペクトラム対周波数特性を Fig.3 に示す。

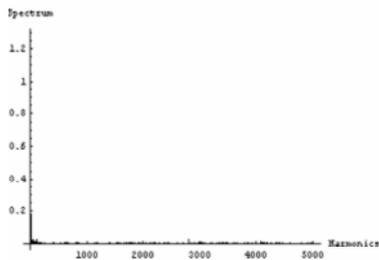


Fig.3 Power Spectrum vs. Frequency Characteristic of Barkhausen Signal

Fig.3 の縦軸と横軸、それぞれの対数をとって描かれる周波数特性を Fig.4 に示す。Fig.4 から、釘のバルクハウゼン信号は低周波領域と高周波領域に 2 分されたゆらぎ周波数特性を持つことが判る。Figs.5,6 に示すように、低周波と高周波領域、それぞれのゆらぎ周波数特性を 1 次関数の傾きで近似する。最小自乗法によって得られた両者の傾きはそれぞれおよそ -1.5 と -0.03 であった。この結果から、釘のバルクハウゼン信号は $f^{1.5}$ ゆらぎ周波数特性を有する低周波部分と殆どホワイトノイズである高周波特性からなることが判明した。

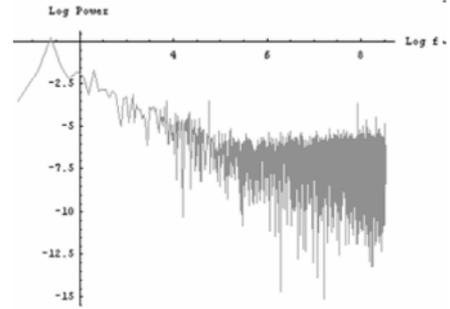


Fig.4 Power Spectrum of An Iron Nail's Barkhausen Signal

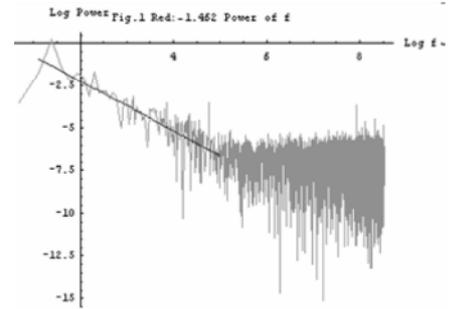


Fig.5 Gradient Calculation of Low Frequency Range by 1st order Least Squares

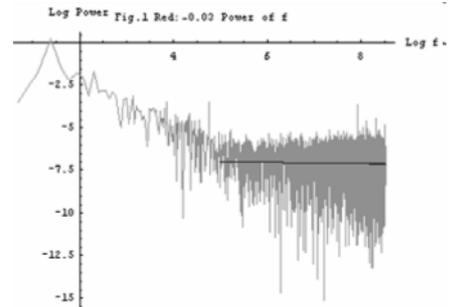


Fig.6 Gradient Calculation of High Frequency Range by 1st order Least Squares

3. まとめ

本論文ではバルクハウゼンノイズの特徴を可視化する一方法としてゆらぎ周波数解析を用いる方法を提案し、その妥当性を最も簡単な構造材である鉄釘を用いて検証した。その結果、供試鉄釘の固有情報は低周波領域で呈する $f^{1.5}$ ゆらぎ周波数特性と考えられることを述べた。

参考文献

- 1) 寺西正晃、丸山和夫、早野誠治、齊藤兆古：自然界の画像が持つ 1/f 周波数成分の可視化、可視化情報シンポジウム、2005 年 7 月、B108
- 2) 勝又理毅、早野誠治、齊藤兆古：バルクハウゼン現象の可視化法に関する一考察、可視化情報シンポジウム、2003 年 7 月、B203