

B207 知的可視化動画像認識手法による電子回路部品の識別

中島 由晴[○], 早野 誠治, 齋藤 兆古 (法政大学)

堀井 清之 (白百合女子大学)

Electric/Electronic Circuits Inspection by Means of the Smart Visualized Dynamic Image Cognition

Yoshiharu NAKAJIMA, Seiji HAYANO, Yoshifuru SAITO and Kiyoshi HORII

ABSTRACT

The principal purpose of our research is to cognize an each of the distinct electric/electronic circuit elements by measuring the electromagnetic field distributions around electric/electronic devices along with the dynamic image cognition methodology.

In this present paper, we apply our non-destructive testing method to inspect the soundness of electrical/electronic circuits when the radiating dynamic magnetic field distributions accompanying with their operation are regarded as the dynamic images. As a result, it is revealed that our methodology is a quite effective inspective methodology for the soundness of electrical/ electronic devices.

Keywords: Dynamic magnetic field distribution, Nondestructive testing, Dynamic image cognition

1. 結 論

近年、パーソナルコンピューターや携帯電話などの精密機器だけでなく、冷蔵庫や炊飯器などの家電製品にもマイクロコンピューターを搭載した電子回路が組み込まれるようになってきている。この様なデジタル制御回路は、その有用性から、今後、より多くの電気・電子機器へ組み込まれるであろう。

他方、マイクロコンピューターを搭載した電子回路の大きな問題点は、電気/電子機器の異常動作や故障がハード・ソフトウェア的な問題点の何れに起因するのかの診断である。仮に、ハードウェア的な問題点がマイクロコンピューターの動作を司る単一の部品の場合、最初からマイクロコンピューター構成部品中の1回路素子を特定化することは比較的困難である。また、予め製品の検査工程で全ての電気/電子機器を構成する素子個々の健全性を評価することは不可能である。

以上のような社会的状況を鑑み、筆者らは動作中の電気・電子機器周辺磁界分布を測定することで電気・電子機器を構成する個々の部品や回路の健全性を評価可能とする計算機支援型電気・電子機器非破壊検査装置の開発を行っている。本論文では、その第2段階として、計算機やテレビディスプレイに使用されている電子回路基板上の空間で測定される時間領域磁界測定による電気・電子回路の識別を試みる。

電気・電子回路基板上で測定された時間領域動的磁界分布から個々の回路特有な特徴を抽出する手段として、筆者らは測定された電子回路基板上の時間領域磁界分布をモノクロの動画像とみなし、動画像認識手法を適用する。動画像認識手法は、計算機スクリーン上の2次元直交座標上の動画像から動画像を構成する全てのフレームを合成し、輝度のヒストグラムを生成し、画像の幾何学的特異点の変形や画像を構成する画素数、スクリーン上の対象画像の配置や角度などに無関係となる画像の普遍量を抽出することに基づく。このようなハードウェアに依存する性質を削減した可視化情報の普遍量を、本論文では画像の固有パターン(Eigen pattern)と呼ぶ^{1,2)}。

本論文の構成は以下の通りである。第2章では、動画像から固有パターンを抽出する方法について述べる。第3章では、抽出された固有パターンを用いた動画像認識手法について述べる。第4章では、実際にテレビや計算機ディスプレイに使用されている電子回路基板上の磁界分布から固有パターンを求め、電子回路基板の識別を行う。第5章はまとめである。

2. 動画像認識法

2.1 静止画像固有パターン

静止画像が p 個のピクセルから成り、 i 番目の輝度を M_i とすると静止画像 I_{Mono} は、輝度分布の集合で有るから、式(1)で表現される。

$$I_{\text{Mono}} \in M_i, \quad i = 1, 2, \Lambda, p \quad (1)$$

この画像 I_{Mono} の輝度をダイナミックレンジ D の分布に正規化した正規化画像 I_{Mono}^D へ変形する。

$$I_{\text{Mono}}^D \in \text{Round} \left[D \times \frac{M_i}{\text{Max}[I_{\text{Mono}}]} \right], \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

ここで関数 Round と Max はそれぞれ、[]内を整数化する演算、及び、[]内から最大値を取り出す演算である。さらに式(2)から、0 から D まで、それぞれの成分値を取る画素数を計数して輝度ヒストグラムを生成し、これをベクトル形式の配列データと見なし、静止画像 I_{Mono} の固有パターンベクトル E_{Mono} とする。これはスクリーンを構成する画素数や基準座標依存性を削除した対象映像固有の特徴量である。実際に静止画像から固有パターンを抽出した一例を Fig. 1 に示す。固有パターンの性質上、画像内の対象物や画像自身の角度が変化しても固有パターンが一定の値をとることがわかる。

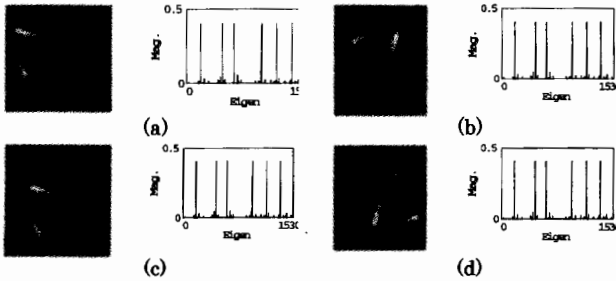


Fig. 1 Example of Static Images and its Eigen Pattern

- (a) No.1 (left: Test image, right: Eigen pattern),
- (b) No.2 (left: Test image, right: Eigen pattern),
- (c) No.3 (left: Test image, right: Eigen pattern),
- (d) No.4 (left: Test image, right: Eigen pattern)

2.2 動画像固有動画像固有パターン

固有パターンを動的可視化情報へ適用することを考える。動的可視化情報は複数のフレーム画像データによって構成されるので、フレーム画像データ全体を通した画素の情報から普遍量を抽出する必要がある。

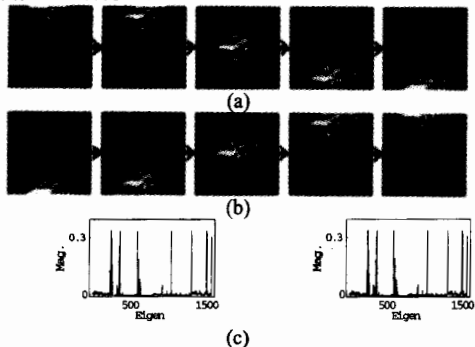


Fig. 2 Eigen Pattern of Animation Image
(a) Test image No.1, (b) Test image No.2,
(c) Eigen patterns (left: No.1, right: No.2)

そこで、アニメーションを構成する全フレームを重ならないように合成した全フレームの合成静止画像を作成し、この合成静止画像から固有パターンを抽出する。固有パターンはスクリーン上の可視化情報の位置や角度に依存しない量であるため、合成静止画像から抽出した固

有パターンは、動的可視化情報中のフレーム移動情報を削減することが可能となる。Fig. 2 に同一対象が異なる方向へ移動するアニメーション画像から固有パターンを抽出した結果を示す。Fig. 2(c)の固有パターンはいずれも同値であることから、合成画像から抽出された固有パターンはスクリーン上の可視化情報の位置・角度のみならず、フレーム移動情報も削減した普遍量であることがわかる。

3. 固有パターンの一致性評価

本論文における動画像認識とは、予め複数の可視化画像から固有パターンを抽出し、画像データベースを構築しておく。その後、認識処理対象として与えられる未知の入力画像から固有パターンを抽出し、画像データベースと入力画像間の固有パターンの一致性を線形システム方程式で評価し、入力画像を画像データベースのいずれかの画像と同定するものである。

画像データベースに n 個の固有パターンが得られるとすれば、システム行列 C は、

$$C = [E_1, E_2, \Lambda, E_n] \quad (3)$$

で与えられる。従って、入力画像の固有パターンを E_x とすると、次の線形システム方程式が得られる。

$$E_x = C \cdot X \quad (4)$$

式(4)における解ベクトル X は、画像データベースの各固有パターンの重みを要素とする n 次のベクトルである。固有パターンが第 2 節で述べた固有ベクトルで構成されており、且つ、各固有ベクトルがダイナミックレンジ D で正規化した分布をヒストグラム化したものであることから、固有パターンの次数はダイナミックレンジ D である。この次数を m とすると、次数 m は、画像データベースに登録されている固有パターンの個数 n よりも大きいと仮定すれば、システム行列 C が m 行 n 列の長方形列となり、解ベクトル X の導出に最小自乗法を適用することができる。

$$X = [C^T C]^{-1} C^T E_x \quad (5)$$

ここで、式(5)で得られる解ベクトル X の第 j 番目の要素が 1 で、他の要素がすべて 0 であるならば、固有パターン E_x が画像データベースの固有パターン E_j に等しい。よって入力画像を固有パターン E_j の画像と同定できる。

4. 電気・電子回路基板の識別

4.1 画像データベース

ここでは、基板上において測定された動磁界分布から、第 2 章で述べた方法でそれらの固有パターンを抽出し、第 3 章で述べた動画像認識手法を用いてテレビ・計算機ディスプレイに使用されている電子回路基板の識別を試みる。Fig. 3 は計算機ディスプレイに使用されている 4 個の供試電子回路基板を示す。

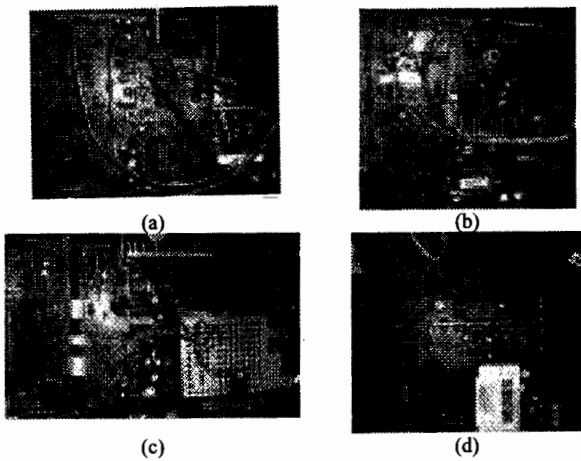


Fig. 3 Tested Electronic Circuit Boards Built in the Computer Displays
(a) No.1, (b) No.2, (c) No.3, (d) No.4

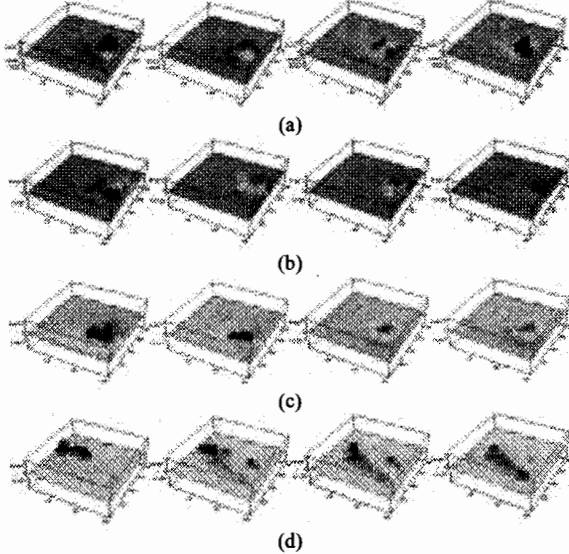


Fig. 4 Sample Animation Frames of the Visualized Magnetic Field Distributions Constructing Database Animation Images (61-81pixel)

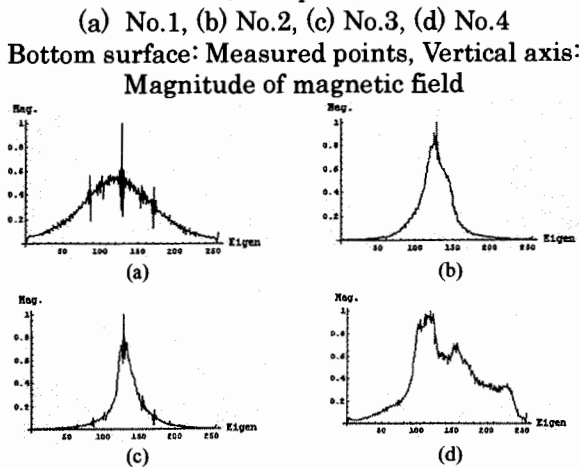


Fig. 5 Eigen Patterns of the Database Animation Images
(a) No.1, (b) No.2, (c) No.3, (d) No.4

これらの電子回路基板の直上を 30 cm×40 cm の範囲を縦・横共に 5 mm 間隔で、ソレノイド型サーチコイル

を用いて、基本波の一周期について磁界分布を測定した。測定された磁界分布例を Fig. 4 に示す。Fig. 4 の磁界分布から抽出された固有パターンを Fig. 5 に示す。本論文では、これらの可視化動磁界分布から画像データベースを構成する。

4.2 入力画像

Fig. 6 に認識対象となる入力アニメーションのサンプルフレーム画像を示し、入力アニメーション画像から抽出した固有パターンを Fig. 7 に示す。Fig. 6 は、Fig. 3 に示す電子回路基板の直上を 30 cm×40 cm の範囲を縦・横共に 1.5 cm 間隔で、ソレノイド型サーチコイルを用いて、基本波の一周期について磁界分布を測定して得られる。すなわち、これらは測定間隔の粗い実験で得られる動磁界分布である。

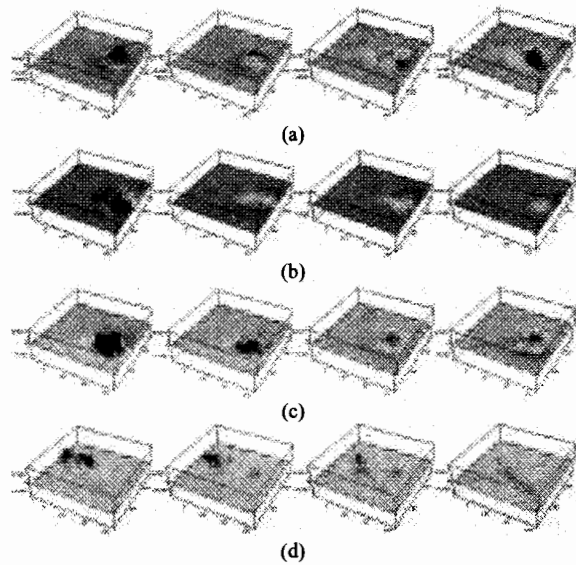


Fig. 6 Tested Sample Animation Images (20-27pixel)

(a) No.1, (b) No.2, (c) No.3, (d) No.4
Bottom surface: Measured points, Vertical axis: Magnitude of magnetic field

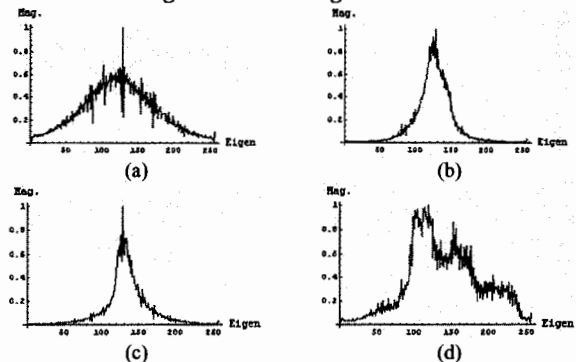


Fig. 7 Eigen Patterns of the Tested Animation Images

(a) No.1, (b) No.2, (c) No.3, (d) No.4

4.3 認識結果

Fig. 5 のデータベース及び Fig. 7 の入力画像、それぞれの固有パターンを用いて式(5)から解ベクトル X を求め、解ベクトル中の最大値をとる要素で Fig. 3 中の電子回路を同定する。認識結果を Fig. 8 に示す。図中の横軸

は画像データベースの番号であり, Fig. 3 の番号と対応している. Fig. 8 の入力画像は粗い磁界分布の測定にも拘らず, 解ベクトルは正解を示す要素が支配的となり, いずれも正しい認識結果が得られた.

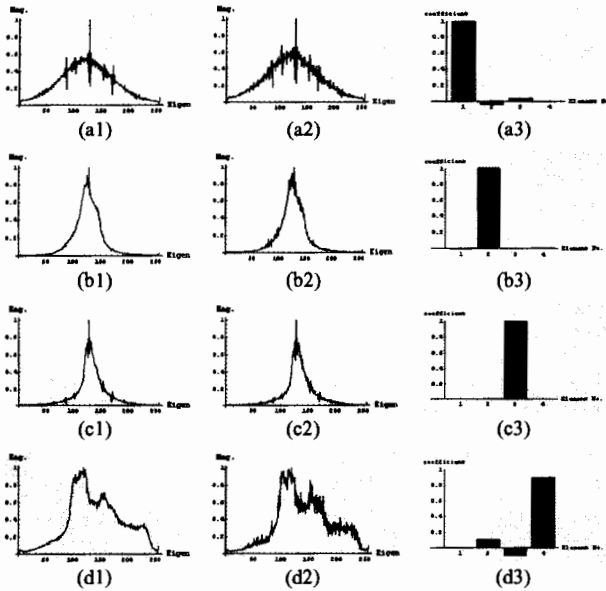


Fig. 8 Cognized Results
 (a1)-(d1) Database eigen patterns,
 (a2)-(d2) Cognized eigen patterns,
 (a3)-(d3) Solution vectors

5. まとめ

マイクロコンピュータを搭載した電気/電子機器の大きな問題点は, 電気/電子機器の異常動作や故障がハード・ソフトウェア的な問題の何れに起因するのかの診断である. 仮に, ハードウェア的な問題点がマイクロコンピュータの動作を司る単一の部品の場合, 最初からマイクロコンピュータ構成部品中の1回路素子を特定化することは比較的困難である. また, 予め製品の検査工程で全ての電気/電子機器を構成する素子個々の健全性を評価することは不可能である.

筆者らはこのような現状を鑑み, 動作中の電気/電子機器周辺磁界分布を測定することで電気/電子機器を構成する個々の部品の健全性を評価可能とする計算機支援型非破壊検査装置の開発を提案している. 本論文では, 実際に計算機ディスプレイに使用されている電子回路基板の周辺磁界分布を測定し, それぞれの電子回路基板の識別を試みた.

その結果, 電子回路から発生する磁界分布を動画像と見なし, 動画像認識手法を適用することで, 比較的粗い測定で得られる磁界分布から個々の電子回路基板が識別可能であることを示した.

参考文献

- 1) 若林健一, 早野誠治, 齋藤兆古, 國井利泰: 画像の固有パターンと画像認識への応用, 可視化情報, Vol. 19, No. 1 (1999) pp. 91-94.
- 2) 佐藤隆紀, 早野誠治, 齋藤兆古: 動画像認識手法の提案と電子・電磁機器の非破壊検査への応用, 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-01-222 (2001).