

Self-Organizing Map による外観検査システムの開発

池田桂子[†] 安永守利[†] 山口佳樹[†] 山本頼寿[†]
筑波大学大学院 システム情報工学研究科[†] (株)ヤマモトシステムデザイン[‡]

1 はじめに

外観検査は一般的に機械で行うことが難しく、通常検査員の目視によって行われている。このため、外観検査は製造工程全体のボトルネックとなることが多く、機械化の進展が期待されている。

そこで、本研究では、Self-Organizing Map(自己組織化マップ。以下、SOM)[1]を利用した検査システムを提案する。SOMは大脳皮質の視覚野をモデル化したニューラルネットワークであり、その振る舞いは人間が物を見たときの神経細胞の反応と対応づけられる。よって、SOMでは検査員が目視で行うのと近い感覚で判断を行うことができると考えられる。SOMの特徴は、高次元データを2次元マップ上にクラスタリングし、視覚化することである。製品の外観を画像データとし、SOMでクラスタリングすることで、検査員と同等な外観検査が実現できると考えた。

2 Self-Organizing Map

SOMは教師なし学習アルゴリズムであり、高次元のデータ(ベクトル)群を低次元(通常2次元)のマップ上に写像する。このとき、類似データはマップ上の近傍の位置に配置され、データの類似度がマップ上の距離として視覚的に表現される。

以下、SOMのアルゴリズムの概要を述べる[2]。マップとして2次元配列のノードを定義する。各ノードは、参照ベクトルと呼ばれる n 次元のベクトルを持つ。 (i, j) 番目の参照ベクトルを $m_{i,j} = (\mu_{ij1}, \mu_{ij2}, \dots, \mu_{ijn})$ とし、初期値をランダムで与える。SOMに与える入力ベクトル $x = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ も n 次元である。

ある入力ベクトル x をマップに入力したとき、

$$\|m_{k,l} - x\| = \min_{i,j} \|m_{i,j} - x\| \quad (1)$$

となる (k, l) 番目のノードが勝者ノードに選ばれる。勝者ノードとその近傍のノードでは、次式に従って「学習」を行い、参照ベクトルの値が入力ベクトルに近づくよう変更する。

$$m_{i,j} := m_{i,j} + \alpha(i, j)\{x - m_{i,j}\} \quad (2)$$

ここで、 $\alpha(i, j)$ は参照ベクトルの変更の大きさを定義する近傍関数である。この値は、勝者ノードから

離れるに従って小さくなる。様々な入力ベクトルに対し「学習」を行うことで、マップ上に似た性質のノード(参照ベクトルの値が近いノード)が連続的に分布する。つまり、類似ベクトルが近傍に配置され、視覚化されたクラスタが形成される。

クラスタリングが終了したSOMに対して、新たな入力ベクトルを与えたとき、その入力ベクトルがどのクラスタに属するのか、外部から判断することが可能である。SOMは、新たな入力ベクトルに対しても、データの類似度によって勝者ノードを決定するため、視覚的に入力ベクトルが属するクラスタを決定することができる。また、SOM自身はクラスタの境界を設定しないため、判断基準は外部から設定可能である。

3 実験に用いた検査対象製品

本研究において実験の対象にした検査対象製品を図1に示す。実際に検査員によって外観検査が行われている歯科用注射針である。実際の検査では、数項目の検査項目があるが、本研究では先端部の「バリ」の有無のみを検査項目とする。合格品と不合格品の先端部の拡大画像を図2に示す。

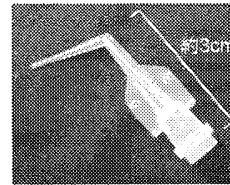


図1 検査対象製品

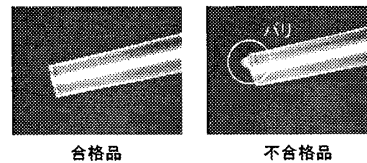


図2 合格品と不合格品の比較

4 画像前処理

本研究では、画像データをSOMの入力データとするが、データサイズが大きい場合、膨大な計算時間がかかってしまう。また、クラスタリングを行う際、特徴の現われていない部分のデータは不要である。そこで、画像データをSOMに入力する前に、特徴点の抽出とデータサイズの削減を行う前処理が必要となる。以下、本研究で行った前処理について説明する。

まず、対象製品の先端を顕微鏡で拡大したキャプチャ画像を得る。ここで、先端部以外のデータは必

Development of a Visual Inspection Equipment System based on Self-Organizing Map

[†] IKEDA Keiko, YASUNAGA Moritoshi, YAMAGUCHI Yoshiki

[‡] YAMAMOTO Yurihisa

[†] University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

[‡] Yamamoto System Design Corp.

要ないので、先端部のみ 100×100 ピクセルを切り出す。この画像に対して 2次元 FFT を行い、周波数成分の 100×100 データとする (図 3)。2次元 FFT を行うことで、キャプチャ時の製品の位置ずれの影響が少なくなり、バリの特徴が高周波成分として現れる効果が期待できる。

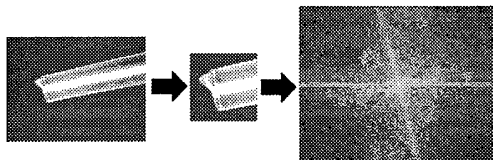


図 3 前処理

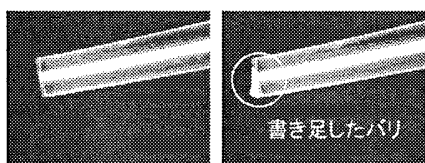


図 4 検証用画像

2次元 FFT 後のデータから、さらにバリの特徴が現われている高周波成分を切り出す。この切り出し部分を決定するために、合格品の画像に描画ソフトを用いてバリを書き足した画像を用意し (図 4)、この二つの画像に対して 2次元 FFT を行った。ふたつのデータの差の絶対値をとり、値が大きい部分を切り出し範囲に決定した。

このように決定した範囲を切り出し、最終的に 36×36 データとした。SOM では、このデータを $36 \times 36 = 324$ 次元のベクトルとして扱う。

5 実験環境

本研究では SOM を C 言語を用いて実装した。マップの大きさは 100 ノード \times 100 ノードとし、マップの中心と端で「学習」の振る舞いが異なるのを防ぐため、マップをトーラスとした [3]。対象製品は、すでに目視検査で合格・不合格が判定済みのものを用意した。実験では、合格品・不合格品 50 データずつ (合計 100 データ) を用いて、学習データ数を 80 (合・不合格品ともに 40 データずつ)、テストデータ数を 20 (合・不合格品ともに 10 データずつ) としたクロスバリデーション法による実験を行った。SOM の学習回数は 40 回とした。また、近傍関数には通常ガウス関数が用いられるが、本研究では計算の簡略化のため、参照ベクトルの変更の大きさが勝者ノードとの距離に比例する関数を定義した。なお、入力データが属しているグループの情報、SOM には与えていない。

6 実験結果および考察

実験結果を表 6、図 5 に示す。表 6 は、入力データのうち、誤って判断されたデータの割合を示している。学習が終了した時点で、各ノードの参照ベクトルと最も一致する入力ベクトルのグループを、そのノードが属するグループとし、テストデータがそれぞれ正しいグループに属しているか評価した [4]。

合格品を不合格品と誤判断した割合は 8% であったものの、不合格品を合格品と判断した割合は

16% と高く、外観検査の観点、特にスクリーニングの立場からはこの割合を 0% に近づけることが大きな課題である。学習データの誤判断の割合を調べたところ、不合格品を合格品と誤判断した割合は 0% であったものの、合格品を不合格品と誤判断した割合は 3.5% であった。これは、まだ学習が完全ではないことが原因と考えられる。また、不合格品のテストデータが誤判断されるパターンが多く、これはバリの形状の差によって、正しく判断されないデータが存在している可能性がある。今後、SOM のパラメータを変え、学習の方法を変更することや、データの切り出し方法の更なる検討を要する。

表 1 テストデータを用いた実験結果 (誤判断の割合)

合格品を不合格品と誤判断	8%
不合格品を合格品と誤判断	16%

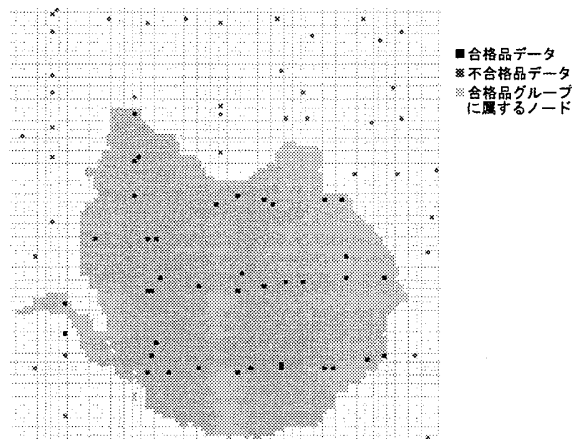


図 5 学習後のマップ

7 まとめと今後の課題

本研究では、SOM を利用した外観検査システムを開発し、その実験を行った。実験の結果、合格品と不合格品のデータがクラスタリングされることを確認した。一方、テストデータにおいて、不合格品を合格品と誤判断する割合が 16% と高く、改良の必要がある。

今後の課題として、学習方法の変更、および SOM パラメータの変化によるクラスタリングの振る舞いを評価し、システムの実用化を目指す。

参考文献

- [1] T. コホネン (徳高平蔵, 岸田悟, 藤村喜久郎訳), “自己組織化マップ”, シュプリンガー・フェアラーク東京, 1996 年。
- [2] 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 山川烈監修, “自己組織化マップ応用事例集”, 海文堂, 2002 年。
- [3] 伊藤正博, 三好力, 増山博, “トーラス状自己組織化マップの学習とその特徴”, 第 16 回ファジィシステムシンポジウム論文集, pp.373-374, 2000 年。
- [4] 池田和隆, 橋本良仁, 石黒雄大, “音・振動情報による官能検査の自動化方法”, 松下電工技法 Vol.54 No.2, pp.42-48, 2006 年。