

# プラスチック部品の不良品判別の自動化法

吉原郁夫<sup>a)</sup>・東上床武史<sup>b)</sup>・山森一人<sup>c)</sup>・関根誠<sup>d)</sup>・安永守利<sup>e)</sup>

## Automatization of Visual-inspection of Plastic Products

Ikuo YOSHIHARA, Takeshi HIGASHIUWATOKO,  
Kunihito YAMAMORI, Makoto SEKINE, Moritoshi YASUNAGA

### Abstract

Most manufacturers intend to convert visual inspection to discriminate automatically between proper products and improper products containing some extraneous materials, because visual inspection is somewhat time consuming.

This paper proposes a method to judge automatically if a product contains undesirable materials. Firstly, a CCD camera obtains pictures of the product laid on a platform under an LED array. Secondly, the pictures are processed to purge shades and noises for higher discrimination. Lastly, whether it contains extraneous materials or not is easily judged comparing with a certain threshold value. In case that threshold-base discrimination is difficult, more pictures are taken under different lightning conditions and the system judges again.

**Keywords:** LED, image process, visual inspection, binarization, threshold

## 1. はじめに

我々は、製造時の製品検査の合理化の問題に取り組んできた。本研究で取り上げるのは小さなプラスチック製品の検査である。これまで従来より行われている目視検査の改善のため、照明装置に取り付けられたLEDのどれとどれを点灯すれば必要な照度が得られ、かつ見易いかを遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて決定する方法を開発済みであった。本研究ではその成果を引き継ぎ、目視検査と同様の照明を行ったとき製品の良品、不良品を自動判別しようというものである。

閾値を基準とする2値化だけで画像を判別する方法<sup>1)</sup>では、光の反射や影などの影響のため、精度よく異物を判定することは難しい。われわれは、影、反射光を取り除くことにより2値化情報だけで異物判定の精度を高める方法を考案した。

## 2. 異物検出方法

検査は以下の様に行うと想定する。検査対象のプラスチック製品はベルトコンベアで運ばれてきて、LEDで照明

- a) 情報システム工学科 教授
- b) 情報システム工学科 学生
- c) 情報システム工学科 准教授
- d) ㈱ベテル技術部
- e) 筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授

された検査台に置かれる。プラスチック製品は、CCDカメラで撮影され、その画像から異物の有無を自動的に判定される。

検査するプラスチック製品は量産品であるから検査時間の短縮は大きな課題である。そのため判定を1次判定、2次判定の2段階に分けることにする。1次判定では少ない画像で判定する粗判定であり、異物あり、異物なし、ありなし不明の3つに分ける。2次判定では、より多くの画像から異物ありなしが不明と判定された製品を異物あり、異物なしの何れなのかを判定する。2次判定でも異物のありなしを判定できない場合、目視検査で最終判定を行うことにする。

### 2.1 検査対象

本研究で検査対象とするプラスチック製品を図2.1に示す。この製品はおおむね円柱状であるが一部に溝があり、端が太くなっている。製品サイズは、全長が75mm、端の太い箇所の直径が25mmである。先端、中央、底の3つの部分に分けた画像を図2.2に示す。これ以降プラスチック製品のことを製品サンプルと呼ぶ。

以下、検出方法の流れを簡単に説明する。異物ありの画像を図2.3、異物なしの画像を図2.4に示す。

#### step-1 画像取得

製品サンプル1つにつき画像を13枚取得する。

### step-2 画像の前処理

白黒を反転し、平滑化処理を行う。

### step-3 画像の2値化処理

前処理後の画像の全画素に対し画素値が閾値 150 より大きい場合 0、小さい場合 255 にする。

### step-4 判定処理

黒の連結画素が 5 個以上ある場合、異物ありと判定し、5 個未満の場合、異物なしと判定する。

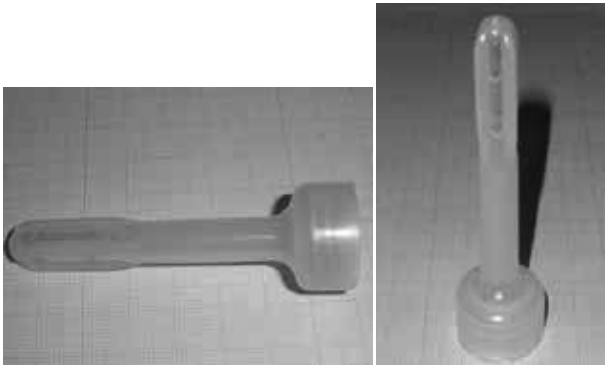


図 2.1. 製品サンプルの概観

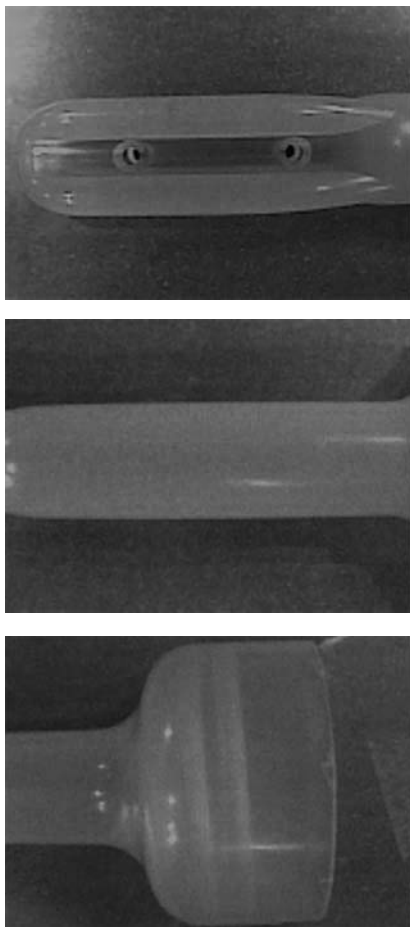


図 2.2. 製品サンプルの3つの部位

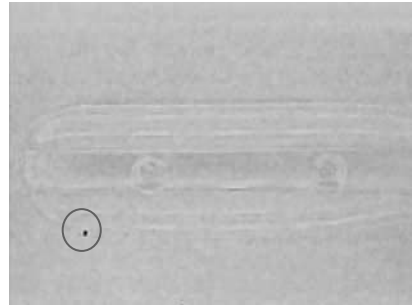


図 2.3. 異物ありの画像例

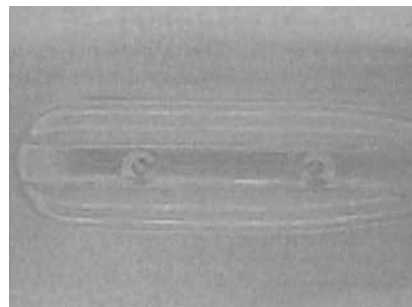


図 2.4. 異物なしの画像例

## 2.2 照明装置

照明装置は図 2.5 に示すように LED を平板上に並べたものであり、この平板は縦 140mm、横 230mm の長方形をしており 142 個の LED が並んでいる。142 個の LED は縦 9 個、横 16 個、ただし中央部の 2 個は除いて配置されている。点灯すべき LED を適切に選び輝度を調整することで最適な照度分布が得られる。ここで、LED は輝度を 16 段階に変更できる。CCD カメラでモノクロ画像を取得する。

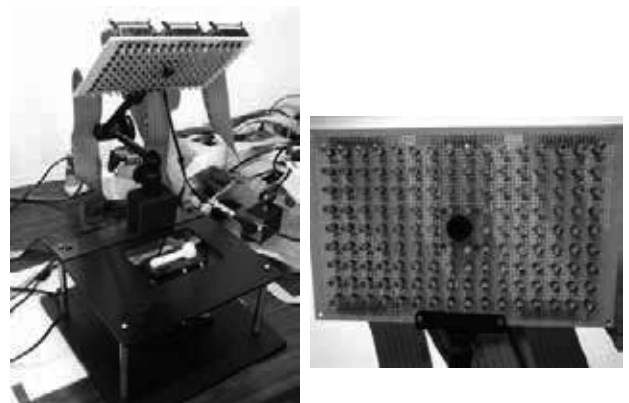


図 2.5. 照明装置

## 2.3 画像取得

### 2.3.1 取得枚数

製品サンプル全表面を撮影できる最小枚数を調べたところ、先端部 4 枚、中央部 4 枚、根本部 5 枚であった。し

かし、製品サンプルの先端には、穴やくぼみがあり、異物の判定が難しい。より正確な判定を行うには、光をあてる方向と強さをさまざま変えて取得した画像が必要である。

- 先端部を45度ずつ横に回転させ8枚
- 中央部を90度ずつ横に回転させ4枚
- 根本部を72度ずつ横に回転させ5枚

以上のように、穴やくぼみがある先端部分の枚数を増やすことにより正確に判定ができると考える。

しかし、検査時に照明の角度や位置を動かすのは、時間がかかり効率が悪い。そこで、LEDの点灯箇所や照度を変えることで、その代わりとする。

### 2.3.2 背景色の変更

背景色と反射の違う画像を比較して、円で囲まれている部分にある異物の見え方がどう変わるか確かめた。異物の見え方により、適、可、不適の3種類に分け評価する。

図2.6は背景色なしの画像である。図2.7は背景色が白色の画像である。図2.8は背景色が黄色の画像である。図2.9は背景色が赤色の画像である。

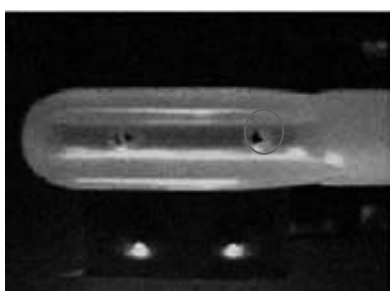


図 2.6. 背景色なし



図 2.7. 背景白色

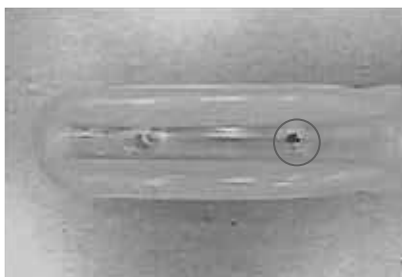


図 2.8. 背景黄色

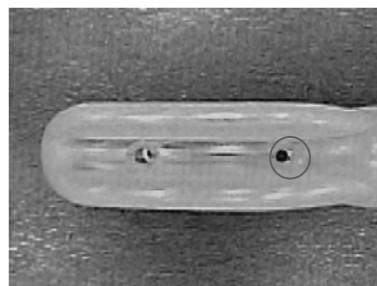


図 2.9. 背景赤色

4つの画像を比べると、穴付近にある異物が、異物と判定できない画像があり、検査対象の穴やくぼみが背景色の影響を受け、判定が難しいことがわかる。結果を表2.1に示す。黒色異物を判定するには、白色で、中程度光を反射するものが適当と判明した。

表 2.1. 背景色と反射による見え方の違い

紙の色 \ 紙の反射	紙の反射		
	反射大	反射中	反射小
色なし	不適	不適	不適
白色	不適	適	可
黄色	不適	可	不適
赤色	不適	不適	不適
青色	不適	不適	不適
緑色	不適	不適	不適

### 2.4 前処理

- 白黒の反転

処理前の画像では、各画素の輝度値が高く、異物があっても変化が分かりづらい。そこで、各画素の画素値を最大値の255から引いた値にすることで、背景の画素値を小さくし、異物があったときその変化が際立つようにする<sup>2)</sup>。

- 平滑化処理

図2.10に示す3×3のマスクパターンを使用して平滑化処理を行う<sup>3)</sup>。平滑化処理後の画像を図2.11に示す。

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 16 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \times \frac{1}{24}$$

図 2.10. 平滑化マスクパターン

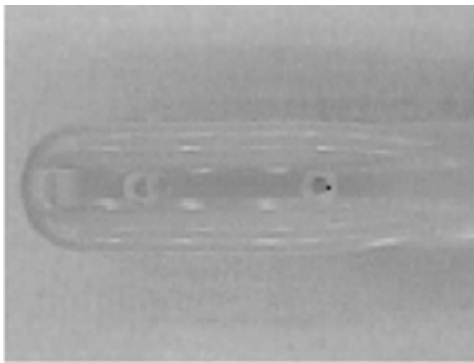


図 2.11 平滑化処理後の画像

## 2.5 影と反射光

ある画素とその4近傍の画素値の差を求め、それぞれ差の絶対値をとり、上下と左右毎に合計し、上下の画素差の合計と左右の画素値の差の合計を比べた。その結果、影部分は、横方向は小さく、縦方向は横方向の2倍以上大きいことが分かった。そこで、画素値の差が、縦方向が横方向の2倍より大きい場合、その画素は判定対象外とする。

前処理後の画像で、反射光の部分は、画素値が小さい。そこで、1画素毎の画素値の平均をとり、各画素の画素値が平均より小さい場合、その画素は判定対象外とする。

## 2.6 2値化処理

前処理後の画像の画素値が閾値150より大きい場合、画素値を0、小さい場合、画素値を255にする<sup>6)</sup>。図2.12に処理結果を示す。

## 2.7 判定処理

製品全てを詳しく検査しては効率が悪い。また、製品の多くは、異物のない良品であり、判定もしやすい。そこで、判定を2つに分ける。1次判定では、少ない画像で確実に良品と判定できるものを除き、検査対象数を減らす。2次判定では、画像を増やし、1次判定で異物の有無が判定できなかった製品だけを詳しく検査する。以上の様に判定を2つに分けることで、検査時間を短縮できる。

取得した画像を2値化し、連結領域が5個以上あるかないかを予め確認しておく。その結果と判定結果を比較する。

1次判定では、黒の連結画素が5個以上あり、結果と一致している場合は異物あり、黒の連結画素が5個未満で結果と一致している場合は異物なしと判定し、次の製品検査に移る。どちらも結果と一致しない場合は異物ありなし不明と判定し、2次判定に移る。

2次判定では、3つの照明パターンを使って取得した画像3枚に対し、1次判定と同じ処理を行う。3枚の画像中1枚でも異物ありと判定された場合、異物ありなし不明と

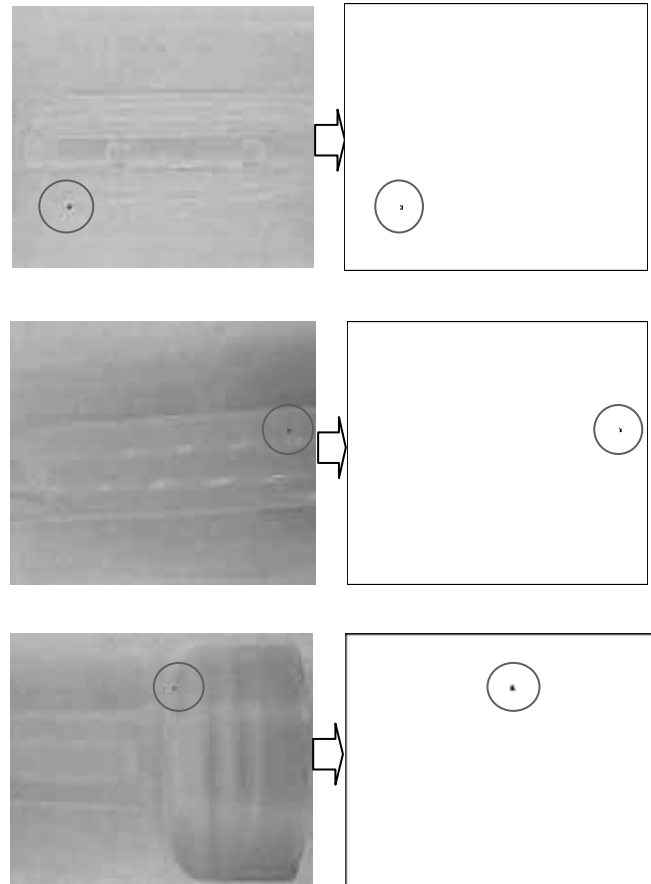


図 2.12. 2値化処理後の画像

する。3枚全てで異物ありと判定された場合は異物あり、3枚全てで異物なしと判定された場合は異物なしとする。判定後、次の製品検査に移る。

## 3. 異物判定実験

1次判定で、異物あり、異物なし、異物のありなし不明の3つに判定する。その後、異物のありなし不明と判定された製品を使い、異物あり、異物なし、異物ありなし不明の判定を行い、適中率を求める。

### 3.1 実験概要

2次判定では、黒の連結画素が5個以上あると判定された画像枚数によって以下の様に判定する。

- 3枚異物ありと判定された場合、異物ありと判定
- 2枚異物ありと判定された場合、異物ありなし不明と判定
- 1枚異物ありと判定された場合、異物ありなし不明と判定
- 0枚異物ありと判定された場合、異物なしと判定

以下の2つの割合の合計を適中率とする。

- 異物が含まれる製品サンプルを正しく異物ありと判定している割合

- 異物が含まれない製品サンプルを正しく異物なしと判定している割合

以下の2つの割合の合計を誤り率とする。

- 異物が含まれる製品サンプルを誤って異物なしと判定している割合
- 異物が含まれない製品サンプルを誤って異物ありと判定している割合

### 3.2 実験条件

製品サンプル 50 個を使用する。このうち 30 個は異物あり、20 個は異物なしである。1 次判定の結果、異物のありなし不明とされた製品サンプルを使い 2 次判定を行う。

### 3.3 実験結果と考察

1 次判定の結果、表 3.1 に示すように、7 個の製品サンプルが異物ありなし不明と判定された。本来 2 次判定では、異物ありなし不明の製品の判定をするが、本研究では、1 次判定の精度を確かめるため、1 次判定で異物ありと判定された製品も判定する。2 次判定の結果、表 3.2 に示すように、異物ありは、30 個中 30 個正しく判定できており、1 次判定が正しく判定されていたことが確認できた。異物ありなし不明は、7 個中 3 個、異物なしと判定され、2 次判定で適中率が 92% に上がったが、異物ありなし不明の製品が 4 個残った。そこで 2 値化処理の閾値を変えて判定し、適中率が変わるかどうか確かめた。

2 値化処理の閾値を 100 から 200 まで 10 ずつ変えて判定した。結果、表 3.3、図 3.1 に示すように閾値 160 で適中率が最大になり、誤り率が最小となっている。表 3.3 を見ると、閾値 160 で、50 個中 48 個正しく判定でき、適中率が 96% となっている。以上のことから適中率を向上させることができたといえる。

表 3.3. 閾値と適中率

閾値	異物ありと判定(個)	異物なしと判定(個)	適中率
100	30	15	90%
110	30	15	90%
120	30	15	90%
130	30	16	92%
140	30	16	92%
150	30	16	92%
160	30	18	96%
170	26	18	88%
180	19	18	74%
190	15	19	68%
200	14	15	66%

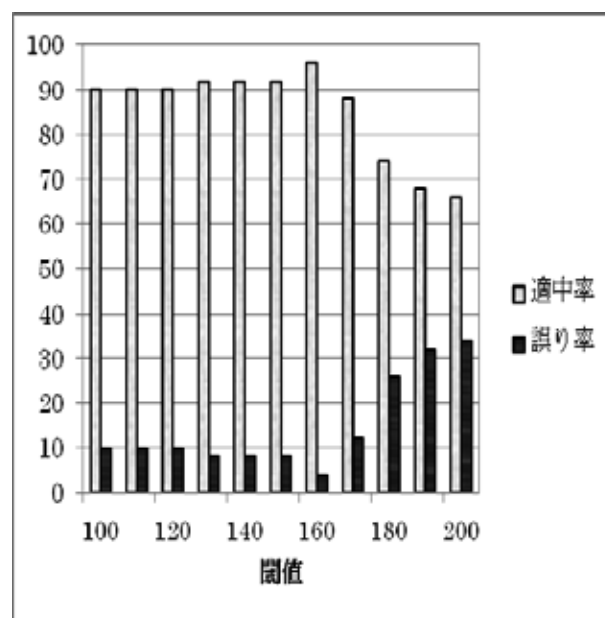


表 3.1. 1 次判定結果

	異物あり 30 個	異物なし 20 個
異物ありと判定	30 個	0 個
異物なしと判定	0 個	13 個
異物ありなし不明と判定	0 個	7 個

表 3.2. 2 次判定結果

	異物あり 30 個	異物ありなし 不明 7 個
異物ありと判定	30 個	0 個
異物なしと判定	0 個	3 個
異物ありなし不明と判定	0 個	4 個

図 3.1. 適中率と誤り率

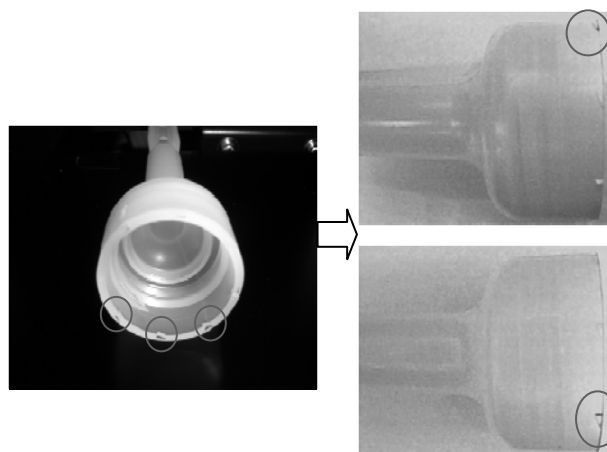


図 3.2. 誤検出

誤判定の原因について考察した。図 3.2 の円で囲んだ箇所には、小さな穴があいており、照明の当て方によって濃い影ができる。この影は、異物と酷似しており、本研究での画像処理では判定ができない。左右または下から照明をあてることができれば影を除去できるのではないかと考える。

#### 4. おわりに

本研究ではプラスチック製品の不良品判定の自動化を行った。

影や反射光の影響を除去した後、2 値化処理を行い、黒の領域を異物として判定する。1 次判定で異物あり、異物なし、異物ありなし不明を判定する。異物ありなし不明と判定された箇所を照明パターンを変え画像を 3 枚取得する。その 3 枚の画像を使い 2 次判定を行い、異物ありと判定された枚数により、異物あり、異物なし、異物ありなし不明に分けた。1 次判定では、誤り率が高かったが、2 次判定では誤り率を下げる事ができた。製品サンプル 50 個中、48 個正しく判定でき、適中率は 96%となり、適中率の向上が確認できた。

今後の課題としては、黒色異物だけでなく、黄色や赤色、白色などの異物の自動判定をすること、穴やくぼみ部分にできる影の処理を徹底することで判定の精度向上などが考えられる。

#### 参考文献

- 1) 昌達慶仁: 詳解 画像処理プログラミング、ソフトバンククリエイティブ、2008
- 2) 鳥脇純一: 画像理解のためのデジタル画像処理、照晃堂、1988
- 3) 田村秀行: コンピュータ画像処理・応用実践編 3、総研出版、1992
- 4) 芦田、永井、岡本、宮尾、山本: “情景画像からの文字抽出”、電子情報通信学会論文誌、Vol.J88-D-II、No.9、2005、pp.1817-1824.
- 5) 酒井幸市: 画像処理とパターン認識入門、森北出版、2006
- 6) 谷口慶治: 画像処理工学 基礎編、共立出版、1996