

射出成形プラスチックフレームビス穴検査システムにおける判別閾値自動決定法を用いた判別閾値最適化のための各ビス穴画素数の解析

人工知能研究室 鳥養 悟史

1.はじめに

射出成形によるプラスチックフレーム（以降、PFと略記）の成形時、金型の破損により、ビス穴が正常に成形されない場合がある(図1参照)。このような不良品を発見する手段として、人手による抜取検査が行われているが、不良品の見落としが発生している。この問題を解決するため、著者は画像処理による成形PFビス穴検査システムの研究を行っている。



図1 ビス穴

本システムによる検査を行うには、正常ビス穴および異常ビス穴を判別するための判別閾値を決定する必要がある。この判別閾値は、大量に撮像したPF内に成形されるビス穴の周辺画像(以降、サンプルと略記)からビス穴内部に対応する画素数のヒストグラムを作成し、統計的に決定しなければならない。

そこで、著者は正規母集団における母標準偏差の不偏推定量を用いた統計的手法による判別閾値自動決定法を提案してきた[1]。これまでの研究において、判別閾値自動決定法の有効性検証実験を行った。しかしながら一部では、判別閾値自動決定法に用いるサンプル数が少なかつたので適切な判別閾値が決定できなかつたと考えられる場合が存在した。そこで、サンプル数を段階的に増加させ、再度有効性検証実験を行った。検証の結果、サンプル数と判別閾値が有効となるビス穴成形箇所数に相関関係がないことが判明した。ゆえに、判別閾値自動決定法に使用する各ビス穴画素数の分布形に相違があつたのではないかと考えた。

本論文では、過去の実験から得られた各ビス穴の画素数のデータ解析を行い、判別閾値自動決定法より決定した判別閾値が有効であつたビス穴と有効でなかつたビス穴のデータ分布形としての相違を明らかにする。

2.検査対象

検査対象となるビス穴は、黒色のPFに成形される完全に貫通している貫通ビス穴と、貫通していない非貫通ビス穴であり、PF内の計49カ所に成形されている。これらのビス穴の内、貫通ビス穴は32個(ビス穴番号T1からT32)、非貫通ビス穴はPFのおもて面に8個(ビス穴番号A1からA8)、うら面に9個(ビス穴番号B1からB9)成形されている。

3.ビス穴検査システム

検査方法として、まず複数のWEBカメラを使用して、特定の範囲内のビス穴の撮像を行う。次に範囲内におけるビス穴の中心位置を特定する。特定した中心位置より、ビス穴周辺の画像を切り出す。この切り出した画像をグレースケール画像に変換し、2値化を行う。この2値化画像のビス穴内部に対応する画素数

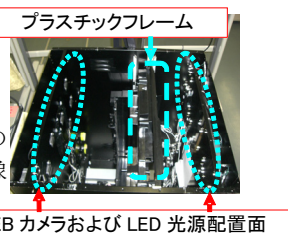


図2 実験筐体内部

から判別閾値を用いて、正常および異常ビス穴の判別を行う。また、使用する19台のWEBカメラおよびLED光源は、実験筐体内部の側面に配置する(図2参照)。

4.判別閾値自動決定法

判別閾値自動決定法は、まず、サンプル集団S(以降、集団Sと略記)の撮像を行う。そして、集団Sからビス穴内部に対応する画素数の分布を作成し、集団Sの各ビス穴の正常ビス穴画素数および異常ビス穴画素数の判別が可能となる判別閾値 TH_s を目視で決定する。次に、式(1)を用いて集団Sの正常ビス穴画素数における正規母集団の母標準偏差の不偏推定量 σ_m を算出する。

$$\sigma_m = \frac{\Gamma((n_s - 1)/2)}{\Gamma(n_s/2)\sqrt{2/n_s}} \sigma_s \quad (1)$$

n_s は、集団Sのサンプル数を、 σ_s は、集団Sの正常ビス穴画素数における標準偏差を、 Γ は、ガンマ関数をそれぞれ示す。また、 TH_s および、 σ_m を用いて式(2)により閾値決定係数 N を算出する。

$$N = \frac{\bar{X}_s - TH_s}{\sigma_m} \quad (2)$$

\bar{X}_s は集団Sにおける正常ビス穴画素数の平均値を示す。最後に N および、 σ_m を式(3)に代入し、判別閾値 TH_m を決定する。

$$TH_m = \bar{X}_m - N\sigma_m \quad (3)$$

ただし、正規母集団の母平均の推定量は、 $\bar{X}_m = \bar{X}_s$ とする。

5.判別閾値最適化のための各ビス穴画素数の解析

判別閾値自動決定法より推定した判別閾値が有効であつたビス穴と有効でなかつたビス穴の画素数に対して以下の式を使用して分散、歪度、尖度の値を算出し、推定できたビス穴と推定できなかったビス穴の違いを調べる。式(4)により歪度 g および式(5)により尖度 k を算出する。

$$g = \frac{m_3}{s^3} = \frac{1}{s^3} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (4) \quad k = \frac{m_4}{s^4} = \frac{1}{s^4} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (5)$$

s は標準偏差を、 m はモーメントを、 X_i はビス穴画素数を、 \bar{X} はビス穴画素数の平均値を、 n はビス穴画素数のサンプル数をそれぞれ示す。

また、判別閾値自動決定法より推定した判別閾値が有効であつたビス穴と有効でなかつたビス穴の分布形を作成する。(図3、図4に参照)。

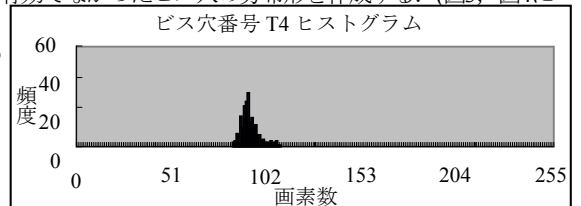


図3 判別閾値が推定できたビス穴のヒストグラム

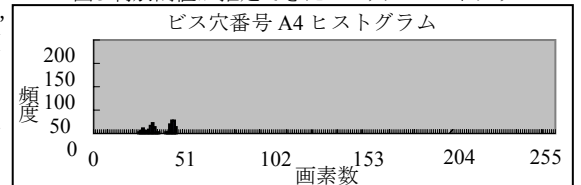


図4 判別閾値が推定できなかったビス穴のヒストグラム

解析の結果、貫通ビス穴に対しては分布形および分散、歪度、尖度の値で推定できたビス穴と推定できなかったビス穴の原因が解明できなかった。また、非貫通ビス穴に対しては歪度、尖度で原因を解明することができなかったが、ビス穴内部の画素数の分布形の範囲が45以下で、分散の値が10未満のビス穴、ビス穴内部の画素数の分布形の範囲が100以上で、分散の値が10以上のビス穴およびビス穴内部の画素数の分布形の範囲が45以上かつ100未満のビス穴が有効な判別閾値が推定可能であることが解明した。

6.おわりに

本論文では、判別閾値自動決定法より推定した判別閾値が有効であつたビス穴と有効でなかつたビス穴の相違を解析した。解析の結果、貫通ビス穴に対しては分布形および分散、歪度、尖度の値で推定できたビス穴と推定できなかったビス穴の原因が解明できなかった。しかし、非貫通ビス穴に対しては歪度、尖度で原因を解明することができなかったが、分布形の範囲および分散の値で有効な判別閾値が推定可能であることが解明した。

参考文献

[1]鳥養悟史, 竹田史章“成形プラスチックフレームビス穴検査システムにおける判別閾値自動決定法の改善に関する研究”, システム制御情報学会第54回研究発表講演論文集, pp278-279 2010