

成形プラスチックフレームのビス穴検査システムにおける正常ビス穴および異常ビス穴の判別のための判別閾値自動決定法の性能解析との改善に関する研究

人工知能研究室 濱高 将紀

1. はじめに

射出成形プラスチックフレーム(以後、PFと略記)の成形時に、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)。このような異常ビス穴が成形されているPFを発見する手段として、人手によるサンプル検査が行われている。しかし、サンプル検査では異常ビス穴の見落とし発生が報告されている。この問題を解決するため、著者は画像処理によるビス穴検査システムの研究を行っている。



図1 ビス穴

ビス穴検査システムは、撮像画像のビス穴内部に対応する画素数に対して正常ビス穴と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。判別閾値を決定するためには、大量に撮像したサンプル画像から同じ力所に成形されたビス穴ごとに、ビス穴内部に対応する画素数の分布を作成し、統計的に決定しなければならない。

この問題を解決するため、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た(1)。この手法は、前述した手法に比べ、少数のサンプル画像(以後、サンプルと略記)から判別閾値を決定することが可能であると考えられる。判別閾値自動決定法に用いるサンプル数を16として、決定した判別閾値を用い、判別閾値自動決定法の有効性検証実験を行った。実験の結果、一部のビス穴に関して有効な判別閾値の決定ができなかった。原因として、判別閾値自動決定法に用いるサンプル数が少ないことで、正規母集団における母標準偏差の不偏推定量の信頼度が低くなったと考えられた。そのため、判別閾値自動決定法に用いるサンプル数を増加させることで、この問題が解決できると考えられる。

本論文では、判別閾値自動決定法に用いるサンプル数を段階的に増加させ、再度判別閾値自動決定法の有効性検証実験を行う。この実験の結果から判別閾値自動決定法に用いるサンプル数と、決定した判別閾値が有効となるビス穴の成形力所数の相関関係を検証する。

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、完全に貫通していない非貫通ビス穴の2種類である。これらのビス穴は、PF内の計49カ所に成形され、それぞれビス穴番号が定義されている。49カ所のビス穴の内、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の構成

検査方法として、まず複数のWEBカメラを用いて、特定の範囲内のビス穴の撮像を行い、その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)。

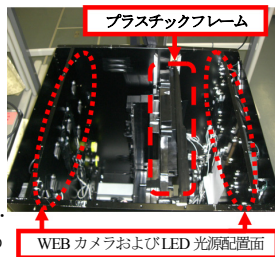


図2 実験筐体内部

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(以後、集団Sと略記)を撮像する。次に集団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が判別可能な判別閾値 TH_S を、統計的に決定する。

式[1]において、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_S を算出する。

$$\sigma_S = \frac{\Gamma((n-1)/2)S}{\Gamma(n/2)\sqrt{2/n}} \quad [1]$$

ここで、 n は、PFサンプル数を表し、 S は、サンプルの正常ビス穴画素数における標本標準偏差を表す。

次に TH_S および σ_S を用い、式[2]により閾値決定係数 N を求める。

$$N = \frac{\bar{X}_S - TH_S}{\sigma_S} \quad [2]$$

\bar{X}_S 集団Sにおける正常ビス穴画素数の平均値を表す。

次に、集団Sとは別に撮像したサンプル集団(以後、集団Pと略記)を用いて、 σ_P を式[1]により算出する。

最後に N および σ_P を式[3]に用い、判別閾値 TH_P を決定する。

$$TH_P = \bar{X}_P - N\sigma_P \quad [3]$$

\bar{X}_P は集団Pにおける正常ビス穴画素数の平均値を表す。

5. サンプル数増加時の判別閾値自動決定法の有効性検証実験

実験条件として、判別閾値自動決定法に用いる集団Sおよび集団Pのサンプル数を20から100まで20刻みで段階的に増加させ、判別閾値自動決定法により決定した判別閾値を用いて実験を行う。

本実験では、正常ビス穴検査用画像および異常ビス穴検査用画像として撮像した各100サンプルに対して検査を行う。ここで、決定した判別閾値を用いた検査成功率が100.0%となったビス穴カ所に対して、判別閾値自動決定法が有効と定義する。また、有効となるビス穴箇所数の最大値は、PF内に成形される計49カ所となるため、理想値は49となる。

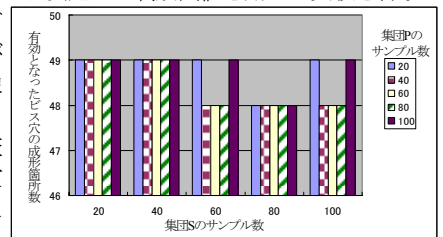


図3 正常ビス穴の検査において判別閾値自動決定法が有効となったビス穴箇所数

実験の結果、本条件を通して判別閾値自動決定法は、ビス穴番号 T7, T18, T19, A4, A8, B1, B4 以外のビス穴に関して有効だった。しかし、図3、図4に示すように、集団Sおよび集団Pのサンプル数を20から100まで20刻みで段階的に増加させた場合、サンプル数と決定した判別閾値が有効となるビス穴の成形力所数に相関関係はないことが判明した。

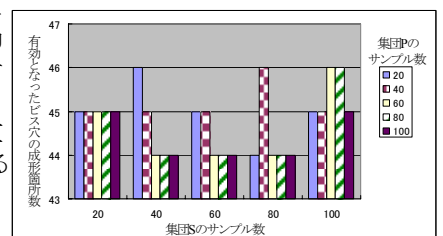


図4 異常ビス穴の検査において判別閾値自動決定法が有効となったビス穴箇所数

実験の結果、本条件を通して判別閾値自動決定法は、ビス穴番号 T7, T18, T19, A4, A8, B1, B4 以外のビス穴に関して有効だった。しかし、図3、図4に示すように、集団Sおよび集団Pのサンプル数を20から100まで20刻みで段階的に増加させた場合、サンプル数と決定した判別閾値が有効となるビス穴の成形力所数に相関関係はないことが判明した。

6. おわりに

本論文では、判別閾値自動決定法に用いるサンプル数を段階的に増加させ、判別閾値自動決定法の有効性検証実験を行った。実験の結果、判別閾値自動決定法は、ビス穴番号 T7, T18, T19, A4, A8, B1, B4 以外のビス穴に関して有効であることが確認できた。しかし、集団Sおよび集団Pのサンプル数を20から100まで20刻みで段階的に増加させた場合、サンプル数と決定した判別閾値が有効となるビス穴の成形力所数に相関関係はないことが判明した。

今後は、本実験において有効な判別閾値を決定できなかった7個のビス穴に関して更に解析を継続する。

参考文献

- 濱高将紀, 竹田史章, “成形プラスチックフレームのビス穴検査システムにおける判別閾値決定法の改良”, 2009 高速信号処理応用技術学会研究会講演論文集, pp5-6, 2009