

スマート金型の応用展開に関する研究（第2報）

企業連携

西嶋隆*、山田俊郎*、松原早苗**、岩田英司†、奥田智裕†、林達彦†

Application development of smart mold system (II)

NISHIJIMA Takashi, YAMADA Toshio, MATSUBARA Sanae, IWATA Eiji, OKUDA tomohiro and HAYASHI Tatsuhiko

当センターでは、県内製造業の金型によるものづくりの高品質化・効率化を支援するため、県内企業と連携し、スマート金型（情報技術を活用した金型）の開発に取り組んでいる。令和元年度までにおいては、主に射出成形金型を対象としてきたが、令和2年度より更なる応用展開として、プレス金型を扱う企業と連携し技術開発を行った。本開発では深絞りプレス成形を対象とし、NG品の発生をプレス工程にて即時に検出するスマート金型の開発を目標とした。本報ではNG品を判定するための、オンライン判定システムの設計・試作ならびに本年度に実施した試験用金型によるセンサデータ収集の一例を報告する。

1. はじめに

県では県内製造業のものづくりのスマート化を推進しており、その一環として、平成28年度から金型による製造業の高品質化・効率化の支援を実施している。当センターでは令和元年度までに、主に射出成形金型を扱う企業と連携し、情報技術を金型に適用したスマート金型を開発し、金型内部の圧力やガスベントの状態、型の縮まり具合等の金型内部状態の見える化を図った¹⁾。

本年度からは、更なる応用展開としてプレス金型を扱う企業と連携し、深絞り成形を対象としてNG品をプレス時に判定するスマート金型の開発に取り組んでいる。

本報では、シングルボードPCを用いたNG品のオンライン判定システムを提案し、その設計・試作及び、連携企業にて製作した試験用金型を用いて実施したデータ収集の一例について報告する。

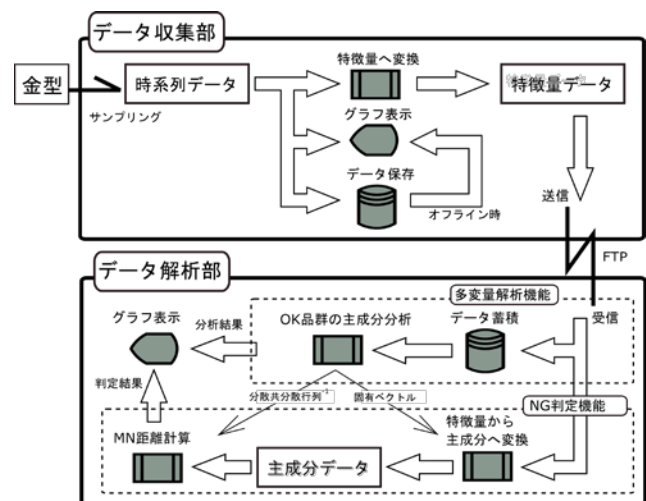


図1 オンライン判定システムの概要図

2. オンライン判定システム

2.1 設計

オンライン判定システムの要求仕様としては、対象のプレス加工サイクルより短い周期でNG判定をすることや、NG品の発生割合が低く十分な数のデータが得られないことから、OK品の成形時のセンサデータをもとに、その異常値としてNG品を判定することが求められる。また、設備導入のコストも抑えることが望まれる。

本システムでは、金型内部のスプリング力やダイスの荷重等の各種の時系列データから、あらかじめ有効と考えられる多数の特徴量を決定し、特徴量を変量とした多変量解析によりNG品を検出する方法を採用した。これにより、膨大な時系列データをそのまま扱うことなく、多数の特徴量を主成分へと次元圧縮することで、NG判

定時の計算負荷を低減する。

NG判定にはOK品の主成分ベクトルの平均とサンプルの主成分ベクトルのマハラノビス距離²⁾から判定する。

ハードウェアはシングルボードPCに実装し、設備導入の低コスト化を図る。

2.2 システム概要

図1にオンライン判定システムの模式図を示す。本システムは金型のセンサデータを取得するデータ収集部とデータの多変量解析とNG判定を行うデータ解析部から構成する。

データ収集部は、プレス加工の1サイクル毎に、金型のセンサ出力を取得・ノイズ除去を行い、時系列データから特徴量を算出し、結果をデータ解析部に送信する。併せて、時系列データのグラフ表示・保存を行う。また、保存した時系列データの再表示や特徴量を表示するため、オフラインで使用できる当該機能も設けた。

データ解析部は二つの機能があり、一つは、特徴量デ

* 技術支援部

** 情報技術部

† 株式会社加藤製作所

ータを蓄積し、蓄積した OK 品データの多変量解析を行う。具体的には、変量を特徴量としたデータを主成分分析し、設定した累積寄与率までの主成分数へ次元圧縮する。ここでは、特徴量から主成分へ変換する固有ベクトルおよび主成分の分散共分散行列の逆行列を得る。この機能は OK 品の傾向を記憶するものであるため、NG 判定の機能を使う前に実行する必要がある。

もう一方は、サンプルの NG 判定を行う機能であり、主成分分析で得られた OK 品データの固有ベクトルを用い、サンプルの特徴量を主成分へ変換した後、OK 品データの主成分ベクトルの平均とサンプルの主成分ベクトルのマハラノビス距離を計算する。

NG 品の判定は、OK 品の主成分ベクトルと、その平均ベクトルとのマハラノビス距離の 2 乗値の分布が、主成分の数を自由度とするカイ 2 乗分布に従うため、この分布の上側有意確率を設定して行う。

2. 3 実装

設備の導入コストや開発の利便性を踏まえ、データ収集部とデータ解析部は共にラズベリーパイ 4 を採用した。開発には python を用い、各種パッケージを活用した。

データ収集部には 24bit $\Delta\Sigma$ AD コンバータ (MAX11254) を採用し、歪ゲージ 1ch、ロードセル 3ch の時系列データを最大約 2kHz で取得する。また、熱電対用デジタルコンバータ (MAX31855) を採用し、金型温度を計測する。

データ解析部は、FTP サーバを設け、データ収集部からのファイル更新イベントにてデータ蓄積やサンプルの NG 判定を行う。

多変量解析機能としては、任意のタイミングで蓄積した特徴量データの主成分分析を実行するソフトウェアを実装し、実行画面に主成分分析の結果 (第 2 主成分までの散布図) とマハラノビス距離のヒストグラムと閾値ラインを表示する。

NG 判定機能としては、サンプルの第 1、第 2 主成分の散布図プロットとマハラノビス距離のヒストグラムへのプロットを行い、視覚的に NG 品を把握できるものとした。図 2 に過年度に実施したスマート金型 (射出成形) の特徴量データ (N=999 個) を適用した時の実行画面の一例を示す。

3. 結果と今後の展望

本年度は、オンライン判定システムの設計・試作とともに、連携企業において試験用金型を製作し、試作したデータ収集部を用いた深絞り成形時のデータ収集を実施した。

特徴量の選定に際し、NG 品の生成原因として、プレス時のダイスに作用する力のアンバランスが関連していると考えられたため、金型内部のダイス上部にロードセルを 3 個設置し、特徴量としてダイスの回転モーメントを計算した。図 3 にデータ収集部を用い、オフラインにて特徴量を計算した際の実行画面の一例を示す。

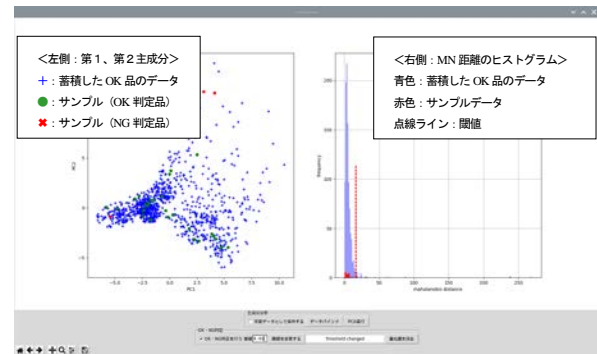


図 2 データ解析部の実行画面の一例

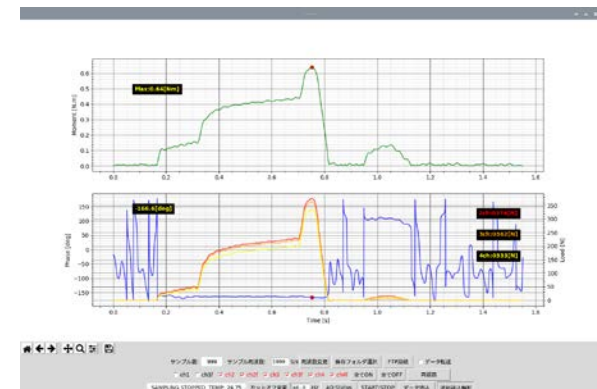


図 3 データ収集部の実行画面の一例

(上: 回転モーメント、下: 回転モーメントの角度と時系列データ)

現段階では、試作したデータ収集部を用い、OK 品が成形された際の特徴量と実験的に NG 品を成形した際の特徴量の比較等を行い、NG 品生成の検出に有効な特徴量の検討を行っている。

今後は、NG 品検出に有効と考えられる特徴量を決定するためのデータ収集と、オンライン判定システムの検証実験を進め、生産現場における高品質化・効率化に貢献したい。

4. まとめ

県内プレス加工企業と連携し、深絞り成形の NG 品をオンライン検出するスマート金型の設計・試作を実施し、以下の結果を得た。

- 1、オンライン判定システムの要求事項からシステムの設計・試作を実施した。
- 2、試験用金型を製作し、試作したデータ収集部を用いてプレス加工時のセンサデータを収集し、特徴量の選定を試みた。

【参考文献】

- 1) 山田ら, 岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.1, pp87-90, 2020
- 2) 例えば, 救仁郷誠, 品質工学 Vol.9, No.1, pp13-21, 2001