

< 修 士 論 文 >

生産情報活用によるプラスチック製品の
品質推定手法の検討

(要 旨)

滋賀大学大学院

データサイエンス研究科

データサイエンス専攻

修了年度 : 2020 年度

学籍番号 : 6019104

氏 名 : 太田 康之

指導教員 : 杉本 知之 教授

提出年月日 : 2021 年 1 月 20 日

1. 研究背景・目的

2018年の中国における海外ごみの輸入禁止の施行やSDGsの推進により、国内では、プラスチック排出物削減に対する社会的要請がより一層高まっている。プラスチック製中空容器等を事業の中核としている生産者は、この社会的要請に応えるために不良品の削減に努めており、そこでは、不良品の大半を占める黒点や肌荒れの外観不良をいかに抑えるかが重要となる。黒点は、プラスチックの熱酸化劣化反応によって生じ、経験的に生産設備内での発生が知られており、黒点不良の予防策や発生時の対処方法がウェブなどで報告されている。しかし、実際の生産設備での発生過程について報告された事例はほとんどなく、この理由としては、設備内の可視化が困難であることや酸化防止剤等による熱酸化劣化を低減させる手法が発達したことなどが推察される。しかし、酸化防止剤の処方が禁じられている特殊な用途が依然としてあり、該当業者において黒点不良は、依然として不良の主要因であり、生産者の創意工夫によって低減の取組みがなされている。一方、IoT技術の進展によって、生産設備の稼働状況を示すモニタリングデータの取得が容易になってきており、予兆保全を目的に稼働状況を監視する用途が多数提案されている。このようなモニタリングデータを押出機の特長把握に用いる研究は存在するが、不良発生に関して用いた研究事例はほとんどないようである。本研究では、1. 実際の生産設備における黒点不良の発生状況調査、2. 同時期の稼働状態のモニタリングデータの観察、3. 単位時間当たりの黒点不良数とモニタリングデータの関係による生産設備系内での黒点発生要因の検討、を目的として、黒点不良数と生産設備モニタリングデータの関係は回帰分析手法を適用した。

2. 分析手法

研究対象は多層押出成形機 X 号機とし、対象期間は 2019 年 8 月 1 日～2020 年 7 月 20 日とした。対象データは成形日誌（帳票）の黒点不良数とモニタリングツールにより日次ごと 1 ファイルで出力される X 号機のモニタリングデータのうち温度制御系の電流値を除く 51 変数とし、データ長は、黒点不良数データ：6,599 点、モニタリングデータ：24,609,193 点であった。黒点不良の調査では、時系列データの観点による時系列成分分解、自己相関係数を確認し、不良発生の頻度分布を可視化した。モニタリングデータの調査では、欠測期間、定期的な変動の背景、対象期間中の黒点多発期や設備故障、設備更新などのイベント、製品の製造条件についての記述統計を与えた。さらに、黒点不良と各変数間および各変数同士の相関係数の比較を行い、いくつかの変数同士の推移や、イベント発生時の変数の変動を調査した。黒点不良データとモニタリングデータの関係は、それぞれ 1 時間、1 秒間隔のデータであり、双方の関係のために、標準化を施したモニタリングデータを 1 時間毎に平均、標準

偏差、歪度の3種類の統計量に縮約した。

回帰分析手法では、統計モデリングとして正規分布を仮定した最小二乗法（OLS）とそのLasso法による解法と、ポアソン分布を仮定した一般化線形モデルによる回帰分析手法、回帰木、ランダムフォレスト回帰を適用することで、黒点不良の要因分析とその予測精度を分析した。

説明変数は、モニタリングデータ 51 変数から要約統計量に変換した 153 個の変数とイベント有無を表わす 5 つのダミー変数、これら 153 変数とダミー 5 変数との 765 個の交互作用変数からなる合計 923 変数を用意して、交互作用項の有無での統計モデルについて、各手法の適用を行った。回帰木、ランダムフォレストモデルは交互作用項なしとした。モニタリングデータを学習データとテストデータに分割し、ハイパーパラメータのチューニングでは学習データを 5 重の交差検証法を用い、各モデルにテストデータをあてはめて、平均二乗予測誤差を算出し、最小の予測誤差を与えるモデルを選択した。

3. 分析結果

期間中の生産は、同一寸法、同一主原料で色違いの製品 N と製品 C の 2 種類があり、不良発生の傾向として製品 N に黒点不良の発生が偏る一方、製品 C は肌荒れ不良の発生が偏っていた。

黒点不良、肌荒れ不良の時系列成分分解から各不良の発生頻度は、まったくのランダムではなく、毎日 16 時頃に周期性成分のピークが表れ、毎日の 16 時停止後の再稼働時に不良数が増加しやすいことが分かった。また黒点不良は自己相関係数が高く、不良が一旦発生すると、その傾向が長引くことが分かった。

モニタリングデータ 51 変数と黒点不良との相関係数は 0.3～-0.1 程度と弱い相関だった。51 変数を黒点不良との相関係数の大きき順に並べると、変数間で非常に高い相関を示す 2 つのグループを確認した。そのグループは、スクリー駆動系の変数群と温度制御系の変数群とに分けられ、スクリー駆動系の変数群の方が黒点不良との相関が強いことを見出すことができた。

黒点不良回帰では、欠測を除去した 6,199 時点でモデルを構築することができ、交互作用項ありの Lasso モデル (lss_923) を最良のものとして選択した。923 変数のうち 48 変数が選択され、このうち 35 変数は交互作用項の変数であった。lss_923 の要因分解図を作成し考察することで、実現場での問題解決につながる新たな知見を得ることができた。

以上