

インフレーター生産工程における高圧バルブ故障の予兆検知技術

市川博教^{*1}，木納雄一^{*2}，田中琢郎^{*3}

Detection Technology to Predict High Pressure Valve Failure in the Inflator Manufacturing Process

Hiroataka Ichikawa^{*1}, Yuichi Kino^{*2}, Takuro Tanaka^{*3}

1. はじめに

豊田合成では自動車用エアバッグのインフレーターを生産している。インフレーターとはエアバッグを膨らませるためのガス噴出装置で、金属容器に不活性ガスを高圧で封入し、起動用部品を組み付けている。インフレーター生産工程では、ガスを昇圧機にて昇圧した後、ガス制御装置及び高圧バルブを介してインフレーターに封入している(図-1)。豊田合成ではインフレーターに封入するガス質量を保証しているが、高圧バルブが故障するとガス質量がばらつき不良になり(図-2)、また高圧バルブを交換するための設備停止時間が発生する。今回、この問題解決に向けた取り組みとして、高圧バルブの故障を事前に検知する予兆検知技術を紹介する。

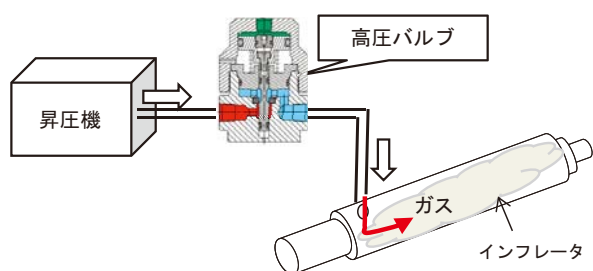


図-1 工程概略



図-2 ガス質量不良率推移

2. 高圧バルブ故障の特徴

現在、高圧バルブ故障に関して2つの問題を抱えている。1つ目は、故障頻度がバラバラであること。高圧バルブは高精密度部品であり、高圧下で繰り返し摺動するため、数十マイクロン単位での部品精度バラつきにより故障頻度が変わり、定期交換が出来ない。

2つ目は、故障箇所が外から検知できないこと。高圧バルブ故障は内部部品の摩耗が原因であるため、分解しなければ確認できない。仮に分解して点検する場合も交換と同じ手間暇がかかるため、現状バルブが故障してからガス質量不良の増加を合図に交換をしている。

そこで、今回バルブが故障する前の休日を使ってバルブ交換することを狙い、故障の1週間前までに予兆を検知するシステム構築を図る。

3. 問題解決に向けた取り組み

高圧バルブ故障の問題解決に向けて、高圧バルブ故障具合を事前に予兆検知し部品交換するため、今回3つのステップを設定した。

- 1) 高圧バルブ故障の定量化
- 2) 予兆検知に必要な情報の絞り込み
- 3) 予兆検知するシステム構築

1) 高圧バルブ故障の定量化

まず、高圧バルブの正常時に比べ故障時のガス質量ばらつきが大きいことを突き止め、高圧バルブ故障をガス質量ばらつきの定量値に置き換えた。

2) 予兆検知に必要な情報の絞り込み

次にガス質量ばらつきに関わる因子から予兆検知に必要なデータが何かを原理原則に基づき精査

*1 SS生産技術部 SS第3生技室

*2 豊田合成(張家港)科技有限公司 生産技術部

*3 マシンエンジニアリング部設備開発室

を実施。高圧バルブ故障の影響をまとめた関連図を作成し、さらにランダムフォレスト解析手法(図-3)を使って故障への影響度を算出し影響の大きい3因子に絞り込んだ。

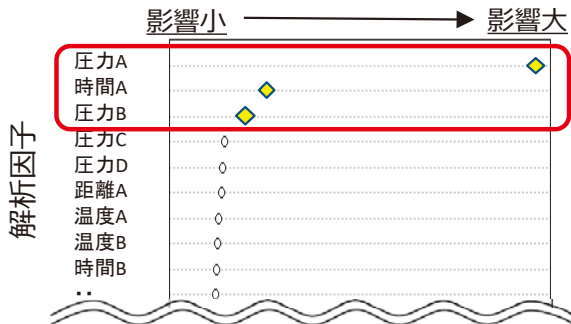


図-3 ランダムフォレスト解析結果

3) 予兆検知するシステム構築

絞り込んだ3因子を元に、今回サポートベクターマシン(以下、SVM)と呼ばれる機械学習の手法を使い検知システムを設計した。SVMとはOKやNGのデータを分類する手法で非常に識別能力が高い。まず、正常な状態を機械に学習させることでOKエリアの境界を設定し、その後絞り込んだ3因子データを入力すると境界からどの程度離れているかの距離を算出でき正常度として出力する(図-4)。このシステムを使用し故障間際の量産データを解析した。故障の8日前に正常度が変化しており、故障始めの微小変化を捉えることができている(図-5)。

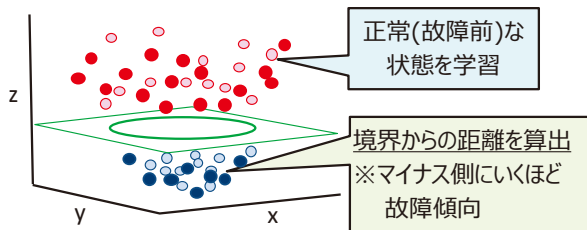


図-4 SVMイメージ図

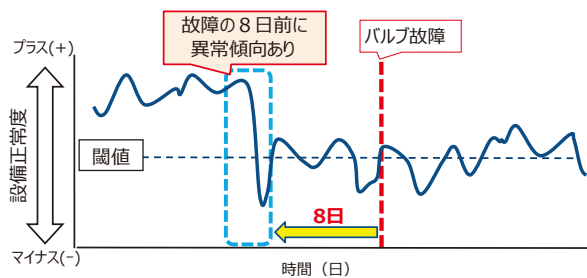


図-5 機械学習解析結果

4. まとめ・謝辞

今回、ランダムフォレストを用いた因子の絞り込みとSVMを用いることで、目標である高圧バルブ故障の1週間前までに予兆を検知できるシステム開発が完了した。

最後に、本技術の開発に際し、ご支援、ご指導いただきました関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

著者



市川博教



木納雄一



田中琢郎