

論文内容の要旨

博士論文題目 判別分析と独立成分分析によるシステムの品質評価手法に関する研究
氏名 鈴木 新

(論文内容の要旨)

近年、コンピュータの高性能化により、従来は困難であった大量のデータ処理や複雑なデータ解析が短時間で実行できるようになった。

データ解析技術の進歩によって、産業界では統計的手法を利用した品質評価が行われるようになっていった。品質評価に利用される統計的手法に MT システム (品質工学) と独立成分分析があり、特に新しい手法として注目されている。双方とも、多変量解析でよく知られた主成分分析と密接に関連した手法であり、高精度化のために多数のパラメータを扱うような品質評価への適用が期待されている。

そこで、本論文は MT システムと独立成分分析に基づく新しい品質評価手法を提案する。特に実応用の立場から、外乱の影響の下でのシステムの振る舞いに着目し、3種類の手法を提案する。また、その効果を実験によって評価する。

まず、伝熱システムのように応答が遅いシステムの品質評価について論じる。応答の遅いシステムの評価では、外乱の分離のために必要なデータ量の蓄積に多くの時間を必要とする。このような場合、外乱を分離するよりも外乱の影響を受けたデータから評価ができれば、短時間で評価できるので実用上望ましい。そこで、判別分析と類似する MT システムを用いて、外乱の影響を受けたデータを含んだ基準空間を作成し、基準空間からの距離によって品質を評価する。

次に、独立成分分析でよく知られた信号分離法を改良し、外乱と入力信号が混合して観測されるセンサ信号から外乱の影響を除去することによってシステムのパラメータ変化をリアルタイムで検出する手法を提案する。この手法は機械システムの故障検出に有用であるため、柔軟構造体による実験を行って効果を確認する。

最後に、家電機器などの組み込み温度制御システムでは、消費者によって使用方法や使用環境が様々に変化する。特に季節や地域による外気温の変動は、制御性能に影響を及ぼすので外乱と考えられる。外乱の影響によって性能が悪化すれば、不良品とみなされて返品などの商品クレームになる可能性もある。そこで、設計工学の分野で利用されるタグチメソッドを制御パラメータの設計に適用し、外気温変動に強い組み込み温度制御システムの設計手法を提案する。

氏名	鈴木 新
----	------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、判別分析と独立成分分析という多変量解析における新しい手法を品質評価に適用し、特に動的に変化する現象を伴う品質の評価手法を開発し、その有効性を実験によって検証したものである。近年の統計的な信号処理・解析技術の進展により、センサを追加する等のハードウェア構成の変更によらず現象を定量的に解析し、評価することが可能になりつつある。本研究では、品質評価において重要となる良品・不良品の識別を、時間の変化に着目することによって高速・高精度に達成する手法を開発したものであり、主な成果としては以下の3点に要約される。

1. 断熱体の品質を、定常状態でなく加熱に対する過渡応答によって評価する手法を開発した。従来、魔法瓶などの断熱特性は放熱の様子を十分長く観測することによって評価していたが、加熱方法を変更し、過渡応答をマハラノビスの距離に基づいて比較することにより、従来と同等の精度を得つつ評価に要する時間を短縮することに成功した。
2. 柔軟構造体の振動をモニタし、ボルト緩みや破損等による構造の劣化を早期に検出するアルゴリズムを独立成分分析の手法に基づいて開発した。このような劣化は、もし外乱を直接計測できれば検出可能であるが、そのためにはセンサを追加する必要がある。そこで、限られた個数のセンサのみで未知なる外乱源を推定し構造係数をリアルタイムで同定することを提案手法により可能にした。
3. 調理家電における組込み温度制御系に対して、外気温の影響を受けにくいロバストなPID制御器の設計をタグチメソッドに基づき行う手法を開発した。これによりノイズの影響を防ぎ高い品質の製品を提供することが可能となった。

以上のように、本論文は高速かつ高信頼性を有する品質評価手法を3種、提案し、それぞれ実験によって有用性を検証しており、学術的のみならず産業界への貢献は大きい。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。