

審査の結果の要旨

氏名 金子弘昌

「長期運用が可能な高精度ソフトセンサー手法の開発およびプロセス管理への応用」と題された本論文は、ソフトセンサーの実用化へ向けた問題点および課題点を対象として各種ソフトセンサー手法の開発を目的とした研究であり、全8章より構成されている。

第1章は序論であり研究背景と研究目的を述べている。本論文ではソフトセンサーモデルの劣化を防ぎメンテナンス負荷を軽減すること、それに関連したモデルの単純化のための変数選択を行うこと、プロセス管理の観点から適切にソフトセンサーモデルの適用範囲を設定すること、それにより新しいデータに対するモデルの予測精度を正確に推定すること、そして異常値検出と診断を精度良く行うことを目的として設定している。ソフトセンサーが対象とする多くの系においてプロセス変数間に非線型関係が存在するため、そのような非線型性に対応可能なソフトセンサー手法の開発も目指すとしている。

第2章ではモデル劣化を低減するためモデルを更新することに着目し、モデル更新用データに異常値が混入することを防ぐため、そして複数の通常状態間におけるプロセス変数間の非線型関係に対応するため、ソフトセンサーの適用範囲を考慮したソフトセンサー開発を行っている。ケーススタディを通して、適切に回帰モデルの更新と選択をしながら高い予測性能を持つモデルが構築可能であることを確認している。

第3章ではソフトセンサーの長期運用および実用化の観点からメンテナンスの問題も取り上げ、モデルを再構築せずにモデル劣化を防ぐことを試みている。モデルの劣化要因を推定した後に予測を行うことと、モデル劣化の影響を受けないソフトセンサーモデルを構築することの二つのアプローチについて述べている。そして各プロセス変数について、ある時間の値とそれよりある単位時間だけ前の値との間で計算される時間差分を導入し、プロセス変数の時間差分の間で構築する時間差分モデルを提案している。この手法による実データを使用した解析を通して、長期間モデルを再構築せずに、モデルを更新した場合とほぼ同程度の予測性を持つモデルが得られたことを確認している。

第4章では第3章で開発された時間差分モデルのプロセス変数間に非線型性

が内在する場合への応用について述べている。そして、物理モデルおよび非線型回帰分析手法によってあらかじめ非線型性を抽出した後に、時間差分モデルを構築することを提案している。ポリマー重合プラントにおける実測データを用いて、従来手法に対する提案手法の優位性を確認している。

第 5 章ではモデルをメンテナンスする際の負荷の軽減と理解のし易いモデル構築のため、プロセスの動特性を考慮した上でプロセス変数を選択する手法を開発している。ケーススタディを通して、提案手法を用いることで動特性を踏まえて変数選択できることと解釈の容易なモデル構築が可能であることを確認している。実際には提案手法の各パラメータを変化させ、回帰係数等の出力値を確認することで、プラントの特性およびプロセスの知識を考慮に入れた最適化が可能になる。

第 6 章では予測データからソフトセンサーモデルへの距離と予測精度との関係を定量的に求めることについて述べている。事前にモデルとの距離と予測誤差の標準偏差との関係をモデル化することで、そのモデルに新しいデータのモデル構築用データとの距離を入力し、そのデータの予測誤差の標準偏差を計算することが可能となる。実際のプラント運転データを用いた解析により、新しいデータが測定された時のプラントの状態がモデル構築用データと異なる状態のときに誤アラームを防止可能であることと、実際の異常を精度良く検出できることを確認している。

第 7 章では第 3 章の時間差分モデルの精度向上と、第 6 章の予測誤差推定モデルにおけるモデル劣化問題の解決のため、プロセス変数の時間差分に基づくアンサンブル予測と予測精度の推定について述べている。複数の時間差分間隔で計算された予測値の加重平均が最終的な予測値であり、それらの標準偏差が予測誤差の指標である。蒸留塔を対象としたケーススタディを通して、プロセス変動直前および直後において他のモデルより良好な予測ができることと、提案する指標により、従来と比較して新しいデータの予測誤差を正確に推定できることを確認している。

第 8 章は結論と研究展望である。本研究を通して得られた成果をまとめており、今後の課題と展望について述べている。

本論文で開発されたソフトセンサー手法は、ケーススタディとして用いた蒸留塔およびポリマー重合プラントのみでなく、他のプロセスにも応用できると考えられる。研究成果によりソフトセンサーが実用的に利用できるようになり製品品質を即時に管理可能になることで、従来の容易に計測可能な変数のみによるプロセス管理を大きく革新できるといえ、プロセスシステム工学および化学システム工学への貢献は極めて大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。