

論文内容の要旨

博士論文題目 複数の制御器を用いたプロセス制御系の設計に関する研究
氏名 坂倉 義康

(論文内容の要旨)

近年、化学産業では国際競争の激化や環境問題、資源問題への意識の高まりから、より安定かつ高効率なプラントの運転が求められている。プロセス制御でも、従来対象としてきた運転条件がほとんど変化しない場合の定常運転ばかりでなく、頻繁な運転条件の変更がある場合の安定運転や緊急対応操作の自動化などが求められるようになってきている。しかし、化学プロセスは一般に非線形性が強いため、従来使われてきた固定パラメータの線形制御系を単独で適用した場合、広い運転領域内で頻繁に変更される運転条件にうまく対応できない場合がある。

運転条件が頻繁に変更されるプロセスのダイナミクスは大きく変化することが多い。このようなプロセスのモデル化は制御系設計では大きな負担になる。しかし、すでに代表的な運転条件下での運転データや物理モデルをもとにモデルが作られている場合も多い。これらを積極的に利用することを考えることは意味がある。一方、制御アルゴリズムとしては、色々な表現形式のモデルを利用できるモデル予測制御が融通性に富んでいる。既存モデルを利用するアプローチとモデル予測制御を融合した制御方式が広い運転範囲をカバーする手法として有用であると考えられる。本研究ではこの知見にもとづいて非線形動特性を有する化学プロセスを対象として、すでにあるモデルを利用した新しい二つの制御方式を考案し、具体的な設計手法を提案することを目的とした。

一つ目の制御方式として、モデルが一つしかない場合に、この一つのモデルに対して設計パラメータが異なる複数の制御器を設計し、これらを並列に並べてうまく結合する制御系を提案した。この制御系を設定温度が大幅に変化する化学反応器の温度制御問題に適用したところ、一つのコントローラのみを使う場合と比較して良好な制御結果が得られることがわかった。また、この制御方式を用いると、一つのモデル予測制御器の設計パラメータを連続的にスケジューリングする方法とほぼ同様の性能が得られることを示した。

二つ目の制御方式として、複数の局所モデルそれぞれに対して適切なモデルベース制御器を設計し、それらを並列に並べてうまく結合する制御系を提案した。液面レベル制御問題に適用したところ、パラメータを固定した単独のコントローラを用いる場合に比べて、よい制御性能が得られることを明らかにした。また、運転条件が極端に変化する化学反応器の温度制御にも適用し、その効果を確認した。

氏名	坂倉 義康
----	-------

(論文審査結果の要旨)

化学反応速度が反応温度に関して強い非線形の関係があるなど、プロセス制御の対象の多くが非線形特性をもつ。また近年の多品種少量生産にみられるように品種の切り替えに伴って操作条件の変更も頻繁に起こる。このような背景のなかで、制御対象のダイナミクスも操作条件によって大きく変化する。操作条件ごとにダイナミクスを精度よく同定することは、よりよい制御性能をえるための基本であるが、現実にはモデリングのためのコストなどが制約となって、必ずしも実行されていない。しかし、このような状況においても、ある特定の条件下で求められた動的モデルが一つあるいは複数個存在する場合も多い。本研究は、このような状況において、すでにあるモデルを有効に使うことで制御性能をよくする方法を提案し、その効果を評価したものである。本論文では複数のコントローラが並列に結合された2つの制御系が提案されている。

一つ目は、局所的に挙動が合うモデルが一つある場合、実プロセスとこのモデルの出力のズレの大きさにもとづいて、ロバスト性の異なるコントローラを複数個設計して、これらを並列に結合した制御系である。実プロセスに適用するときは、線形結合係数を調整する。この制御系を設定温度が頻繁に変わる化学反応器に適用してその有効性を示した。また、ゲインスケジューリングに近い性能が簡単に得られることを示した。

二つ目は、局所的に合うモデルが複数個ある場合、各局所モデルにふさわしいコントローラを設計して、これらを並列に結合した制御系である。モデル化誤差の大きさに依存してコントローラの重みが変わる。結合係数としてガウス曲線を規格化したソフトマックス関数を用いている。また、調整用のパラメータを用いた新しいコーディネーション法を提案した。この制御系を反応器の液面が大きく変化する場合の温度制御に適用して、その有効性を示した。

提案している二つの制御系は、操作条件が頻繁に変更してダイナミクスが大幅に変化するプロセスの制御系として実用的な方法を提供するものとして期待できる。

以上のように、本論文は、運転条件の変更に伴ってダイナミクスが大きく変化するプロセスに対する制御系設計の具体的方法を示したものとして、システム制御の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。