

氏 名	ナッタポーン NATTHAPHON SHOWCHAIYA ショウチャイヤ
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2138 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 化 学 工 学 専 攻
学位論文題目	Inferential Control System Design for Distillation Process (蒸留プロセスのための推定制御システムに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 橋 本 伊 織 教 授 田 門 肇 教 授 大 嶋 正 裕

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、化学産業界で広く利用されている多成分連続蒸留塔を具体的な対象として、製品品質をオンライン測定可能なプロセス変数から推定するためのモデル構築方法、および品質推定モデルを利用したフィードバック制御系の設計方法についてまとめたものであり、5章から構成されている。

第1章は序論であり、プロセス制御の現状と課題を整理すると共に、近年ますます要求が厳しくなっている高品質化を実現するための一手法として、特に推定制御に関する既存の研究を概観し、本研究の位置づけを明確にしている。

第2章では、運転データに基づいて品質推定モデルを構築するために必要な統計的手法について解説している。化学プロセスを対象とする場合、単一の装置にも数多くの測定変数が存在し、かつそれらの測定変数が強い相関関係を持つことが多い。このため、モデル構築に際しては多重共線性の問題を取り扱わなければならない。本章では、多重共線性の取り扱いという観点から、各種線形回帰手法を整理している。

第3章では、多成分蒸留塔の製品組成をオンライン測定可能なプロセス変数から推定できる組成推定モデルを、PLSを利用して構築する方法について検討した。組成推定モデルの構築と評価を行った結果、今回対象とした蒸留塔については、還流量、リボイラー熱負荷、リボイラー圧力を入力変数として利用することにより、塔内温度測定段数を合計5段程度としても、十分に高い精度で製品組成を推定できることを明らかにした。さらに、定常状態モデル、静的モデル、動的モデルの3種類の組成推定モデルを比較し、プロセスの動特性を考慮した動的モデルの利用によって推定精度を大幅に改善できることを示した。一方、モデル構築用データの作成方法について検討した結果、推定制御実施時に高い性能を発揮できる推定モデルを構築するためには、塔内温度設定値を変更してモデル構築用データを取得する方法が有効であることを示した。これは、モデル構築用データ作成期間と推定制御実施期間との運転状態を同じようにするためであり、第4章において、特にカスケード型組成推定制御を利用する際に有効であることを明らかにした。

第4章では、構築した動的 PLS モデルに基づいて計算される製品組成推定値を制御量として利用する製品組成推定制御について検討した。単純な組成推定制御系を採用した場合、組成制御を強くすると推定精度が低下してしまうという状況が発生したため、期待に反して塔内温度制御よりも制御性能を改善することはできなかった。そこで、製品組成をフィードバック制御すると同時に、原料外乱および塔他端における操作が製品組成に与える影響をフィードフォワード的に補償するために、塔内温度制御と製品組成制御を併用したカスケード制御系が有効であることを示した。また、組成推定精度と制御性能を共に向上させるために、モデル構築と制御系設計の繰り返しが有効であることを明らかにした。

さらに本章では、相関解析によって、定常状態モデルおよび静的モデルが未来の製品組成を予測する効果を有すること、すなわち、定常状態モデルあるいは静的モデルを利用して算出した製品組成推定値と未来の製品組成測定値が高い相関を持つことを示した。これは蒸留塔に特有の性質であり、本論文ではフィードフォワード効果と呼ぶ。蒸留塔がその特性上有するフィードフォワード効果を積極的に活用して制御性能を向上させるために、将来の製品組成予測値を制御量とする予測推

定制御を提案した。カスケード制御と予測推定制御を組み合わせることによって、モデル構築と制御系設計の繰り返しを行うことなく、非常に優れた制御性能を実現できることを示した。

第5章は総論であり、本研究全体を通して得られた成果をまとめ、今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、化学産業界で広く利用されている多成分連続蒸留塔を具体的な対象として、製品品質をオンライン測定可能なプロセス変数から推定するためのモデル構築方法、および品質推定モデルを利用したフィードバック制御系の設計方法についてまとめたものである。得られた主な成果は以下の通りである。

品質推定モデルの構築に関しては、推定制御系の性能を向上させるために、1) 塔内温度設定値を変更してモデル構築用データを取得する方法が有効であること、2) 塔内温度だけでなく、塔内圧力、還流量やリボイラー熱負荷を入力変数として用いることが有効であること、3) プロセスの動特性を考慮した動的モデルの利用が有効であること、4) モデル構築と制御系設計の繰り返しが有効であること、などを明らかにした。また、推定制御系の構築に関しては、塔内温度制御と組成推定制御とを組み合わせたカスケード制御系を採用することによって、組成推定値を制御量とするだけの単純な制御系よりも高い制御性能が実現できることを示した。さらに、蒸留塔がその特性上有するフィードフォワード効果を積極的に活用して制御性能を向上させるために、将来の製品組成予測値を制御量とする予測推定制御を提案した。カスケード制御と予測推定制御を組み合わせることによって、モデル構築と制御系設計の繰り返しを行うことなく、非常に優れた制御性能を実現できることを示した。

以上のように本論文は、多変量解析手法を利用した推定モデルの構築方法および推定制御系の新しい設計方法を提案するとともに、それらの蒸留プロセスへの適用を目指したものであり、学術上、実際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。また、平成14年1月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。