

氏 名	堀 田 和 之
	ほつ た かず ゆき
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 180 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	プロセス動特性の近似表示法

論文調査委員 (主 査) 教授 井伊谷 鋼一 教授 水科 篤郎 教授 吉岡 直哉

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、プロセス動特性の近似線形モデルを作成する方法およびその熱移動プロセスへの応用に関する研究で、総序の他2編7章からなっている。

総序においては、プロセス動特性およびそれに関連する分野での現在までの研究を展望し、それらとの関連において本研究の性格について論じ、かつ研究内容の概要をのべている。

第1編は簡単な線形数式モデルの作成法を一般的に論じたものであり、3章より構成されている。まず第1章では普通モーメント法と呼ばれている方法を取りあげ、特にその方法の中でモデルの関数形を決定するための手段を開発し、さらにパラメータを数値計算するための便法を考案している。

第2章では減衰する指数関数を実験応答曲線に乗じたもののモーメント(修正モーメント)を利用する方法、すなわち従来のモーメント法を拡張することについて論じている。この新しく導入された修正モーメントは普通のモーメントにくらべて比較的高周波部における系の特性を代表するものであることを論証し、これら修正モーメントを組み合わせて定義される種々の新しい特性量を提案し、それらが概ね単調な系の動的おくれ次数、主要角周波数帯域幅、および時定数の大きさの分布等を簡単な機械的計算によって推定するのに役立つことを示している。なおこの章では単調な系に対する新しい形のモデルを提案し、そのパラメータを修正モーメントを用いて決定するための計算法についてものべている。

第3章においては、非定常規則入力を用いる動特性の測定法が実用しやすいという利点の反面、主として高周波部の測定精度に種々の問題を含むことを指摘し、それらに対する現実的な対策を提案し、さらにそれらを実用した実験結果についてのべている。

本論文の第Ⅱ編は、熱移動プロセスの動特性の実験ならびに解析とその結果の第Ⅰ編の方法による単純化、およびアナログ計算機によるそのシミュレーション等についてのべており4章よりなっている。まず第1章では胴側の蒸気で管側の液体を熱する形式の多管式熱交換器の動特性を解析し、それをアナログ計算機で分布定数系としてシミュレートした結果を実験と比較している。第2章では第1章の解析の結果、

および新しく導入した交換熱流束に対する動的モデルを第Ⅰ編第1章の方法で簡単化し、この形式の熱交換器の実用的なモデルを完成している。多管式熱交換器に関するこれらの研究結果の応用として、第3章では二つの熱交換器を含む冷凍系をとりあげ、その動特性をアナログ計算機でシミュレートして実験と比較した結果について述べている。第4章においては、時間と共に温度が変動する流体と熱交換する固体内の温度伝播の様子が、従来の厳密ではあるが複雑な数学的な解によらずとも、第Ⅰ編第1章の方法による高々4個のパラメータを持つ近似モデルによって工学的に十分な精度であらわしうる事を述べている。取扱った固体の形状は球、長い円柱、有限長の円柱と角柱および平面か円筒か球殻の形状をした固体壁などである。また球および長い円柱以外の幾何学的に2以上の自由度を持つ立体に関しては、外部流体温度のステップ変化に対する立体内の温度応答が、熱伝導における Newman の方法を根拠として自由度1の立体のモデルとアナログ計算機の乗算要素を組み合わせることによって簡単に表現しうることを述べている。

なおこれらの固体内温度伝播の動特性を実用上集中定数系として扱うことの可否を判定するために従来の Biot の定数に相当する量をダイナミックスの立場から見直した一つの無次元量を提案し、この量をパラメータとして各立体に対するモデルを一般的な形に表現している。

論文審査の結果の要旨

プロセス工業における制御方式が、3動作調節計による局部フィードバック制御から、計算機を中心として、フィードフォワード制御を併用した総合的制御へと移行するにつれて、特にプロセス動特性の数式モデルによる簡単な表現が必要となるであろう。本論文は容量に限界のある現在の計算機にも適合するような簡単な形で近似度の高い近似線形数式モデルを容易に作成する方法を理論的ならびに実験的に検討したものである。線形動的モデルを求める方法に関する従来の研究はモデルの関数形を仮定し、そのパラメータを数値的に決定する方法を論じたものが多かった。しかしモデルの良否はむしろモデルの関数形の仮定のしかたによって大きく左右されるものである。この点本論文ではモーメントおよび新しく導入した修正モーメントを用いてモデルの関数形を推定する方法を考案し、それが熱移動プロセスに応用された場合有効なことを示した点に特徴がある。特に筆者の考案した τ - θ 平面は、低次のモーメントを用いて定義される二つの無次元量を両軸とする直角座標面であって、これが系を近似表示する低周波モデルの関数形を推定するのに役立つ。また修正モーメントから誘導される、筆者が次数判定数と呼ぶ量は系のおくれ次数に相当することが示され、かつこの次数判定数を用いると単調な系の時定数の大きさの分布も推定でき、モデルの関数形を推定するための一助となる。

第Ⅰ編第3章の内容は、動特性の測定実験に関連する極めて実際的な問題に対する現実的な対策を取扱ったもので、実用上の意味を持つものである。

第Ⅱ編の熱交換器の動特性に関する研究の中、管側液体の流量変化に対する系の応答を線形化法で論じた部分、および胴側を気液の飽和平衡槽であると仮定してその動特性を取扱った部分は、それぞれそれぞれが発表された時点においては斯界での最初の試みであって、それらによって概略の動特性の解析的推定が可能になった。また従来の熱交換器の動特性の研究は、流体出口温度応答の解明にのみその努力が注がれ

ていたが、化学プロセスにおいてはむしろ交換熱流量の過渡的变化がプロセスの状態変化を支配する量として重要な意味を持つ。したがって本論文はこの点に関する解析を行ない、それを実用的な形にまとめた点にも特徴がある。

本論文で取扱っている固体内への温度伝播の問題はステップや正弦波等の特定入力に対しては古くから厳密に解かれていたものであるが、それを各々の固体と雰囲気流体の幾何学的形状および熱的特性による係数を用いて本論文で誘導したような簡単な近似モデルの形に表現しておく、たとえばそのモデルをアナログ計算機でシミュレートする等の方法で任意の入力に対する固体内の任意の点の温度応答が容易に得られるので、その工学的実用価値が高いのである。なお従来はプロセス機器の動特性を論ずる場合、固体内の熱抵抗は固体が流体と接する部分の境膜伝熱抵抗に比して無視されることが多かったが、本論文ではその事の妥当性を判定する基準も提出されている。

以上のように本論文は理論面においては特筆すべき点は少ないが、工学実験あるいは実用面においては大きい有効であるいくつかの創意を含み、精度の高い簡単な近似線形モデルを実験または理論的解析結果から容易に求めることのできる一般的方法を開発し、かつこの方法を応用して工業的に重要な二、三のプロセスに対する実用的なモデルを完成した。これを要するに、現在動特性認知に関する実用的手法の開発が不十分なために制御理論の実際への応用が阻害されがちな状況よりみて、これらの結果はプロセス工業の発展に資するところ大であり、学術上、工業上寄与するところが少なくなくない。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。