

氏名	おう 黄	とう 冬	りょう 亮
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)		
学位記番号	情 博 第 37 号		
学位授与の日付	平成 13 年 3 月 23 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	情報学研究科数理工学専攻		
学位論文題目	Studies on Identification of Continuous-Time Systems Based on $\delta$ -Operator Model (デルタオペレータモデルによる連続時間システムの同定に関する研究)		
論文調査委員	(主査) 教授 片山 徹 教授 酒井英昭 教授 杉江俊治		

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、主として連続時間システムの同定問題に関して、デルタオペレータモデルを用いて、開ループ系および閉ループ系に対する部分空間同定法、およびロバスト制御系設計への応用を目的とした連続むだ時間システムのモデル集合の同定法に関する研究成果をまとめたもので、各章の内容は以下の通りである。

第 1 章は序論であり、本論文で取り扱うシステム同定問題の背景と最近の同定理論の展開について述べ、さらに各章の内容を要約している。

第 2 章では、連続時間システムの古典的同定手法である SVF (State Variable Filter) 法、積分方程式法および PMF (Poisson Moment Functional) 法の長所と短所についてまとめている。つぎに、シフトオペレータモデルに基づく一般的な離散時間モデルはサンプリング周期が短いとき退化するため、連続時間システムの同定モデルとしては利用できないことを指摘し、この欠点がデルタオペレータモデルを導入することにより克服できることを述べている。

第 3 章では、まず標準的な離散時間システムの部分空間同定法である MOESP (Mimo Output Error State sPace) 法、N4SID (Numerical algorithm for Sub-space State Space System IDentification) 法および確率実現理論に基づく部分空間法について述べている。数値例によって各方法の比較を行ない、後者の同定法は MOESP 法や N4SID 法より良い同定結果を与えることを示している。また、確率実現に基づく同定法を閉ループ同定に適用して、プラントの入出力結合過程に対する状態空間実現を求め、しかる後代数演算によって閉ループ系のプラントモデルを推定するアルゴリズムを考案している。この場合、推定されたモデルは一般に高次元であり、しかも不安定となる可能性があるので、平衡低次元化法を拡張した既約分解に基づく FBR (Fractional Balanced Reduction) 法を利用している。

第 4 章では、連続時間システムの開ループ部分空間同定について論じている。まず連続時間システムをデルタオペレータモデルで近似し、部分空間法の一般的な手順によって拡大入出力方程式を得る。この拡大入出力方程式は入出力データの高階の近似微分を含むので、状態空間フィルタを利用した効果的なデータ行列の構成法を提案している。拡大入出力方程式に MOESP 法を適用することにより、連続時間状態空間モデルに対する近似的な同定アルゴリズムを導いた。さらに同定精度を向上させるために新たに補助変数行列を用いる方法を提案し数値例によって本手法の利点を示している。

第 5 章では、連続時間システムの閉ループ同定について述べている。ここでは、双対 Youla パラメトリゼーションの方法を利用して、閉ループ同定問題を開ループ同定問題に変換している。つぎに、第 4 章で提案したデルタオペレータ部分空間同定法を適用して、入出力結合過程の状態空間モデル求め、それに基づいて閉ループ系のプラントモデルを代数的に求める方法を提案している。また数値例により提案手法の有効性を確認している。

第 6 章では、連続むだ時間システムのモデル集合の同定問題について考察している。ロバスト制御系を設計するためには、公称モデルとその不確かさの上界が必要不可欠である。ここでは、連続むだ時間システムに対して、モデル集合を推定する方法を与える。まず、微分差分方程式で表される連続むだ時間システムに対する近似離散時間デルタオペレータモデルを導

出する。このモデルに対して遺伝アルゴリズムとセットメンバーシップ同定法を適用してシステムのむだ時間およびパラメータの公称値とその限界を推定する方法を提案している。さらに提案した同定手法を I-PD 制御系の同定とロバストコントローラ的设计問題に適用して本手法の有効性を検証している。

第7章では論文のまとめを行うとともに、将来の研究課題について言及している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、主に連続時間システムの同定問題に対していくつかの異なる側面から行った研究をまとめたものであり、得られた成果は次の通りである。

1) デルタオペレータモデルに基づいて、連続時間システムに対する部分空間同定法を提案している。まず連続時間状態空間モデルを近似的なデルタオペレータモデルに変換し、ついで標準的な部分空間法の手順にしたがって拡大入出力方程式を導出し、MOESP法を適用することにより、元の連続時間状態空間モデルに対する近似的な同定アルゴリズムを導いている。さらに同定精度を改良するために新たに補助変数法に基づく方法を考案して、数値シミュレーションによりその有効性を確認している。

2) 離散時間閉ループシステムの同定に関して、確率実現理論に基づく部分空間同定法を提案している。この方法では、問題をプラントの入出力結合過程の状態空間実現を求める開ループ問題に変換して、得られた状態空間実現から閉ループ系内のプラントモデルを推定する方法を導いている。

3) 連続時間閉ループシステムに対して、双対 Youla パラメトリゼーションを利用して閉ループ同定問題を開ループ同定問題に変換し、デルタオペレータ部分空間同定法を適用する方法を提案している。離散時間系の場合と同様に、開ループ同定の結果から閉ループ系内のプラントモデルを推定する手法を与えると共に数値例により提案手法の有効性を確認している。

4) ロバスト制御への適用を意図して、連続むだ時間システムに対するパラメトリックなモデル集合を推定する方法を提案した。微分差分方程式で記述されるシステムの近似離散時間デルタオペレータモデルに対して、遺伝アルゴリズムとセットメンバーシップ同定法を適用することにより、システムのむだ時間とパラメータおよびその限界を推定するアルゴリズムを導いている。さらに、提案手法を I-PD 制御系の同定とロバストコントローラ的设计へ応用することによって本手法の有効性を検証している。

以上要するに本研究はデルタオペレータを利用して連続時間システムの同定手法を新たに提案したものであり、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(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成13年2月9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。