

Title	時変システムの解析と時変制御系設計に関する研究
Author(s)	井上, 正樹
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59235
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	井上正樹
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 25496 号
学位授与年月日	平成24年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	時変システムの解析と時変制御系設計に関する研究
論文審査委員	(主査) 准教授 浅井 徹 (副査) 教授 金子 真 教授 大須賀公一 教授 森島 圭祐

論文内容の要旨

従来、線形時不変システムの制御には時不変コントローラが用いられてきた。本論文は、時変のコントローラを採用してより広い枠組みで制御問題を取り扱うことで、時不変コントローラでは実現し得ない高性能の制御を目指すものである。時不変システムと時変コントローラから構成される時変閉ループ系を指定した任意の時間関数オーダーで減衰させる制御法を考案した。論文は以下の7章から構成される。

第1章では、研究の背景とその意義、研究目的を述べた。

第2章では、状態方程式で記述された時変システムを対象として、方程式の解のノルムが指定した時間関数より速く減衰することを表現する λ 漸近安定性という定義を導入した。そして、その定義のもとで解の減衰オーダーの解析法を与えた。特に、線形時変システムに対しては、Liapunov 微分方程式形式の必要十分な安定条件を導出した。

第3章では、第2章の解析法をもとに、状態フィードバックと出力フィードバックによる制御法を考案した。それぞれについて時変閉ループ系を λ 漸近安定にする時変コントローラの存在条件と設計法を与えた。提案した条件と設計法は Riccati 微分方程式の形で導いており、デジタルコンピュータを用いれば数値計算で解くことができる。また、コンピュータを用いることで、時変コントローラを実システムに実装することも可能である。数値例で提案手法の有効性を検証した。

第4章からは、状態方程式に対する結果をディスクリプタ方程式の場合に拡張した。まず準備として、ディスクリプタ方程式と状態方程式の関係について考察した。

第5章では、 λ 漸近安定性をディスクリプタ方程式に対して定義した。そのもとで、線形時変システムの λ 漸近安定条件を、線形行列微分不等式(微分 LMI)の形で導出した。

第6章では、第5章の結果をもとに、ディスクリプタ変数フィードバックコントローラとディスクリプタ方程式形式の出力フィードバックコントローラによる λ 安定化可能条件を導出した。条件は微分 LMI の形で与えており、その解を用いて閉ループ系を λ 漸近安定にする時変コントローラを構成できる。最後に、実機への実装を考慮して、状態方程式形式のコントローラによる制御手法を導いた。ディスクリプタ方程式形式のコントローラをそのまま実装することは難しいが、状態方程式形式ならばそれが可能である。

第7章では、以上を総括し、今後の展望を述べた。

論文審査の結果の要旨

従来、線形時不変システムの制御には線形時不変のコントローラが用いられることがほとんどであった。本論文は、時不変系よりも広い枠組みで制御問題を考えることにより時不変系では扱えていなかった制御性能の解析手法を与え、さらにコントローラのクラスを時不変から時変に拡張することで、時不変コントローラでは実現し得ない高い制御性能を達成することを目的とするものである。主結果は、線形時不変システムと線形時変コントローラから構成される閉ループ系の状態が指定した任意の時間関数オーダーで減衰するか否かの解析と、そのようなオーダーで状態を減衰させる制御則の設計を行うための代数的な手法を提案したことである。

まず、Liapunov の安定判別法をもとに、状態方程式で表現された時変システムを対象に状態の減衰オーダーの解析手法を与えている。特に、線形時不変システムに対しては、線形行列微分方程式や線形行列微分不等式に基づく解析法を導いており、計算機を用いての数値的な求解が容易である。つぎに、閉ループ系の状態を指定した任意の時間関数オーダーで減衰させる時変コントローラの設計方法を提案している。コントローラが存在条件と設計法は Riccati 微分方程式の形で導いており、数値的に時変コントローラを計算できる。また、対象システムがある種の可制御性を持っていれば Riccati 方程式が解を持つことを明らかにするなど、設計可能性についての理論的な考察も加えられている。

さらに、以上の状態方程式に対する解析法と設計法をディスクリプタ方程式の場合に拡張している。ディスクリプタ方程式には、物理システムの各パラメータの持つ意味や構造を損なうことなく容易に方程式を得られること、また、状態方程式よりも広いクラスの制御対象を扱うことができるといった利点がある。導いた解析法や設計法は、線形行列微分不等式や一般化 Riccati 行列微分方程式の形であるため、状態方程式に対する結果と同様に計算機を用いた解析やコントローラ設計が可能である。

以上のように、本論文は理論的な研究であるだけでなく、計算機を用いた解析・設計のしやすさや実システムでの扱いやすさなど実用性も考慮しており、制御工学への貢献は大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。