

論文内容要旨 (和文)

平成 19 年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 知能機械システム講座

学生番号 07522304

氏 名 吳 淑晶



(英文の場合は、その和訳を () を付して併記すること。)

論文題目 ディスクリプタ離散時間非線形系のモデル追従形制御系の設計

ディスクリプタ離散時間システムは対象システムの動的な部分を記述する常微分方程式と、システムを構成する各要素間の総合関係を記述する代数方程式で構成され、かつ対象システム内物理変数や定数、物理的構造を保存できる数式表現である。この定式化は線形ディスクリプタシステムのモデル追従形制御系力設計法を拡張したもので非線形部の伝達関数の零点(線形零点)が安定かまたは可安定条件を満たさなければならない。制御対象が非線形である場合、逆系の安定性はもとの制御対象の線形部と非線形部の両者に複雑に関係するが、非線形部の性質を積極的に使うことにより、閉ループを安定にできる可能性がある。制御対象において、あらかじめ安定なシステム行列を設定し、残りの線形部を非線形部に含めることにより制御対象の零点が不安定でも結果的に閉ループ系を安定にすることができる。内部状態の有界性は、制御則を構成するのに必要な状態変数フィルタなどの動的系を含めた全状態方程式を求め、これらの2次形式の時間微分を調べることで示される。

状態空間表現によく似たシステムの記述方法にディスクリプタシステム(または中間標準形, singular system, semistate equation, implicit system, generalized statespace system, 微分代数方程式系など)があるが、これらの表現形式は数学的に共通の特徴を持っており統一的に議論することができる。

モデル追従形制御系の設計(MFCS)は大久保によって内部状態有界の設計方法が開発された。MFCSは内部状態がすべて有界に保持すれば、 $k \rightarrow \infty$ で制御対象出力とモデル出力の誤差 $e(k) \rightarrow 0$ にするような設計法である。非線形MFCSの制御理論の研究は、今日盛んな研究分野の一つであり、設計法が種々提案されている。これに対し、離散時間系より連続時間系の方が圧倒に多い。

しかしながら、現実にはたくさんの離散時間系が応用されている、その応用範囲は工学に止まらず、社会、経済など多くの分野に及んでいる。とくに、デジタル計算機の普及、連続時間系より離散時間系を取り扱う場合の方が多くなりつつあり、性能の改善、質の向上を図っている。たとえば、通信、放送分野ではアナログ通信、アナログ放送からしだいにデジタル通信、デジタル放送に移り変わっている。さらに、連続時間系としての取り扱いが難しい場合、たとえば、薬学、化

学療法の中で離散時間系数学モデルはよく使われる。これは、臨床実験の観測データはおおかた離散の時刻に測定されるからである。そのため、離散時間系に対する研究は実用かつ重要になってきた。

近年、離散時間システムに対する研究は種々提案されている。とくに、ディスクリプタ離散時間システムの解析と設計において、注目されている。しかしながら、ディスクリプタ離散時間システムのモデル追従形制御系の解析と設計はまだ少ない。

本論文では、ディスクリプタ非線形離散時間系に重点に対し、モデル追従形制御系の設計法を考察し、数値例を使ってその有効性を示した。シフト演算子 z を導入し、 z に関する多項式行列の簡単な代数演算で制御系が設計でき、設計パラメータを特別な値に選ぶことにより、簡単な構造を持ったモデル追従形制御系を構成できることなど優れた特徴を持っている。

本設計法では、次の条件を満たせば、内部状態が有界なモデル追従形制御系が設計できる。

- (1) 非線形関数 $f(v(k))$ は既知であるものとし、設計条件を満足する。
- (2) 制御対象は可制御、可観測である。
- (3) システムの不変零点が安定である。

本論文では、大久保が提案した方法に基づいて、その設計法を連続時間系から離散時間系へ拡張する。

第1章は緒論であり、モデル追従制御系を設計するときに、使う数学の基礎知識をまとめ、非線形システムを概説し、モデル追従制御系の定義について説明する。

第2章ではデジタル制御理論及び応用、離散時間システムの時間領域と z 領域での解析、離散時間システムのリアプノフ方程式、可制御、可観測などについて、離散時間システムの設計基礎を説明する。

第3章ではディスクリプタシステム理論を述べる。

第4章ではディスクリプタ離散時間非線形系のモデル追従形制御系の設計を説明する。

第5章では外乱を考慮した離散時間線形系のモデル追従形制御系の設計について検討する。

第6章ではロバスト制御入門を考察する。

第7章ではロバスト性を考慮した離散時間非線形系のモデル追従形制御系の設計を述べる。

第8章では本論文の内容をまとめる。

Lyapunov 方法はあくまでも一つの十分条件しか与えないから、本論文においては、設計したシステムの内部状態の有界性に関する定理は十分条件である。それで、本論文の定理の条件を満たさない場合は、設計したシステムの内部状態の有界性について結論できない。たとえば、非線形関数について $\gamma > 1$ 時、本論文の定理は使えない。この場合に、普通の二次関数形の Lyapunov 関数を使って、その内部状態の有界性は証明することは困難である。今後の予定として、 $\gamma > 1$ 時、特殊な方法あるいは特殊な Lyapunov 関数を見つけると考えられる。

論文内容要旨 (英文)

平成 19 年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 知能機械システム講座

学生番号 07522304

氏 名 吳 淑晶



論文題目

Design of Model Following Control System for Nonlinear Descriptor
System in Discrete Time

Singular systems, also commonly called generalized or descriptor systems in the literature, appear in many practical situations including engineering systems, economic systems, network analysis, and biological systems.

Ubiquity of discrete time brings a mass of disturbance to the control system. At time when there is an input signal, the control system could not immediately feedback influence of the input signal on the output. The discrete time resulted in unpredictable outside disturbances to the system, and therefore, it is the dynamic element that is hardest to control in the control system. Since 1950s, many scientists have devoted themselves to study the method to overcome negative influence of discrete time. Some studies have already made on design method for model following control system (MFCS) with discrete time developed according to Okubo's model following control theory. As for control theory, study on descriptor system has attracted more and more attention, and researches on the descriptor system with discrete time have achieved plentiful and substantial results, but no articles about the control system for descriptor system with discrete time have been reported. The paper studied model following design on the difference differential equation configured by the control system, established input signal that could automatically compensate discrete time of the system, and thereby effectively removed influence caused by outside disturbances on the control system.

Model following control system (MFCS) is one of the control methods which can make the response of control object follow the reference model, therefore, it is widely used in many fields however, almost all of previous studies on MFCS are based on state-space approach and few studies of MFCS based on descriptor system has been found, Tang first time elaborated based on the descriptor system MFCS design method.

The problem of the discrete time has received considerable attention in recent years. Discrete time as a source of instability and poor performance often appears in many dynamic systems, such as, chemical processing system, biological system, environmental system, electrical network and power system. Design of model following control system (MFCS) for nonlinear descriptor system in discrete

time and disturbances is discussed. It was proposed by S. Okubo for a family of plants with separable linear and nonlinear part. In this paper, the method of MFCS will be extended nonlinear descriptor system in discrete time. In this case, this method has verified by a numerical example and simulations. A new criterion is proposed.

In this paper, we propose a design of model following control system with disturbances. We can prove that all the internal states are bounded and output error converges to zero asymptotically. For the nonlinear descriptor system in discrete, using the method in this paper to design model following control system, all internal states are bounded if the next conditions are satisfied.

- (1) The nonlinear function $f(v(k))$ is available.
- (2) Assume that control system is controllable and observable, i.e.
- (3) The invariant zeros of the system are stable.

The aim of the control system design is to obtain a control law which makes the output error zero and keeps the internal states be bounded .

This paper is organized as follows

In chapter 1 the expressive force of descriptor discrete time and the previous studies on model following control system (MFCS) are introduced.

In chapter 2 design basics of the nonlinear system in discrete time is described. This method can deal with not only the systems described by state space model, but also those that can not be described by state space model of which the algebraic equation is nonlinear. In this sense, it has more wider applications than state space approach.

In chapter 3 design theory of the descriptor system is given.

In chapter 4 a design method of model following control system for nonlinear descriptor system in discrete time is proposed.

In chapter 5 a new design method of model following control system in discrete time with disturbances is proposed. It is desirable to remove the condition which is a constraint of design. By using the property of nonlinear party positively, the whole system can be stable based on stable of linear part.

In chapter 6 this chapter is the robust control theory.

In chapter 7 a design method of model following control system for nonlinear descriptor system with robust in discrete time is proposed.

In chapter 8 this chapter is the conclusion of this research.

This is a topic in the future that the condition of nonlinear parameter which is bigger than $\gamma > 1$ will be proved and analyzed.