

Title	直交多項式行列に基づいた連続時間線形システムの安定性と低次元近似に関する研究
Author(s)	長岡, 浩司
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/1413
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

【2】

氏名・(本籍)	長岡浩司
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 7805 号
学位授与の日付	昭和 62 年 6 月 22 日
学位授与の要件	基礎工学研究科物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	直交多項式行列に基づいた連続時間線形システムの安定性と 低次元近似に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 有本 卓 (副査) 教授 坂和 愛幸 教授 須田 信英 助教授 木村 英紀

論文内容の要旨

離散時間線形システム理論において、「単位円周上の直交多項式行列」の概念は、様々な問題に対する統一的枠組みとして非常に重要である。この概念の連続時間理論における対応物として、「虚軸上の直交多項式行列」を考えることが出来るが、その役割についてはこれまでほとんど明らかにされてこなかった。本論文では、多項式行列の安定性および Mullis-Roberts 型低次元近似という二つの問題に関し、連続時間理論における上記の概念の有効性を示す。

本論文は、3つの大きな部分から成る。先ず Part I では、列既約 (column reduced) な多項式行列の連続時間安定性について考察する。手本とすべき既存の離散時間理論は、強正則 (strictly regular) と呼ばれる特別なクラスの多項式行列にしか適用できないため、先ず準備として、列既約多項式行列の一般論を展開する。これによって、従来取り扱いが不便だった列既約な多項式行列についても、強正則な場合と類似した手法の適用が可能になる。次に、任意に与えられた列既約多項式行列 $C(s)$ に対し、ある種の内積 ($C(s)$ が安定な場合には虚軸上の積分によって表される) を導入し、それに関する直交系として直交多項式行列を定義する。その構造を詳しく調べることによって、 $C(s)$ が安定であるための必要十分条件を明らかにする。この条件は、Routh-Hurwitz の方法や Lyapunov の方法等の安定性判別法の一般化と見なせる。その応用として、Schwarz 行列および Routh 近似の多入力多出力システムへの拡張や、多項式行列の双対 (Anderson 等によって導入された) の直交多項式行列を用いた構成法等が得られる。これらの結果は、多項式行列の代数的構造と安定性とが相互に関係する様な問題において、直交多項式行列の概念が有用であることを示している。

Part II で扱うのは、Mullis-Roberts 型近似である。Mullis and Roberts は、離散時間システムの

低次元近似法として、変形最小二乗近似 (modified least squares approximation, M L S A) と補間近似 (interpolatory approximation, I A) という 2 種類の方法を考え、これらの性質や相互関係を明らかにした。これらは単位円周上の直交多項式行列 (のある種の一般化) と密接に関係する。本論文では、連続時間システムに対して M L S A および I A の対応物を定義し、それらの性質、アルゴリズム、状態空間表現等について調べる。その考察結果によれば、連続時間の Mullis-Roberts 型近似は、離散時間の場合に比べて、よりシンプルな構造を持つ。特に、連続時間の M L S A は I A に含まれることを示す。また、ブロック線図を用いて任意の次数の近似システムをフレキシブルに構成する方法を与える。

Part III では、Part I および Part II の内容に関し、離散時間の結果が、標本周期を 0 とする極限において、どの様にして (あるいは、どの様な条件のもとで) 連続時間の結果に極限移行していくかを明らかにする。これは、形式的な「離散-連続」対応に、物理的な意味付けを与えるものである。

論文の審査結果の要旨

1970年代におけるデジタル信号処理の理論的な発展は、離散時間線形システムの安定判別やモデルの低次元近似、線形予測モデルに基づくスペクトル推定、等の基本問題が「単位円周上の直交多項式行列」の概念で統一的に把握できたことに基づいている。他方、連続時間線形システムでは、これに対応する概念は「虚軸上の直交多項式行列」であるが、これが連続時間線形システムの基本問題で演じるべき役割については未だ明らかにされていなかった。

本論文は、虚軸上の直交多項式行列を一般的な枠組みで構築するとともに、これが連続時間システムの安定判別や Mullis-Roberts 型の近似の問題で本質的な役割を演じることを明らかにしている。すなわち、強正則な多項式行列よりも一般的なクラスとして列既約な多項式行列を取り上げ、それらのある種の内積を導入することによって直交多項式行列を定義している。そして、その構造の詳細を明らかにすることによって Routh-Hurwitz の方法や Lyapunov の方法の一般化と見なせる安定判別法を得ている。また、副産物として、Schwarz 行列や Routh 近似の多入力多出力システムへの拡張が求められることを示している。次いで、離散時間線形システムの ARMA 近似のアルゴリズムとして知られている Mullis-Roberts の方法の連続時間版を見出している。この場合、変形最小二乗近似の意味での Mullis-Roberts 型近似が補間近似の意味でのそれに含まれることを示すとともに、任意の近似システムの回路構成法を与えている。

その他、標本周期を 0 とする極限において、離散時間システムに対する上述のアルゴリズムや結果が連続時間システムに極限移行する様子を明らかにし、離散時間と連続時間のシステム間の形式的な対応に物理的な意味付けを与えている。

以上のごとく、本研究は、制御理論とデジタル信号処理の基礎理論としての線形システム理論に重要な知見を加えるとともに、制御系設計論に大きく寄与しており、博士論文として価値あるものと認める。