

Title	Data Space Approach for Control System Analysis and Design
Author(s)	朴, 雲埴
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46966
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	朴 雲 埴
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19850 号
学位授与年月日	平成 17 年 11 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子制御機械工学専攻
学位論文名	Data Space Approach for Control System Analysis and Design (データ空間アプローチによる制御系解析と設計)
論文審査委員	(主査) 教授 池田 雅夫 (副査) 教授 太田 快人 助教授 浅井 徹 教授 藤井 隆雄

論文内容の要旨

本論文では、システム制御理論における新たな枠組としてデータ空間アプローチ (Data space approach) を提案し、線形時不変システムに対する入出力データに基づく安定解析及び制御系設計法を開発した。

第 1 章では、対象システムからの情報として唯一入出力時系列データしか得られない場合、伝達関数や状態方程式のような数式モデルを用いる必然性はないという本研究の動機について述べ、データ空間アプローチによる制御系の解析と設計法を開発するという目的を明らかにした。

第 2 章では、任意に加える入力に対して、動的システムが生成する出力はシステムのダイナミクスによりその自由度が制限され、その入出力データからなるベクトルは、入出力空間のある部分空間内にすべて収まるように拘束されることから、幾何学的な情報である部分空間をデータ空間におけるシステム表現として導入した。

第 3 章では、線形時不変システムから初期値応答 (零入力応答) として得られる出力の時系列データを有限個集めて構成した列フルランクのデータ行列を用いて、開ループシステムの安定性を判別するための条件を導いた。また、閉ループシステムに対しても同様に、制御応答として得られる制御対象の入出力データを有限個集めて構成した列フルランクのデータ行列を用いて閉ループ安定性を判別するための条件を与えた。このデータに基づく安定解析は、システムの振舞いに注目して安定性を考えるリアプノフの方法の枠組で行われた。

第 4 章では、対象システムのすべての動的モードを励起するような入力を加え、そのとき得られる開ループ入出力データを直接用いて安定化コントローラを求めるというデータ空間アプローチによる制御系設計法について述べた。フィードバック制御が制御対象のダイナミクスによって決まる拘束に加え、もう一つの拘束を入出力空間に与えることに注目し、そして閉ループデータ空間が開ループデータ空間の一つの部分空間としてその中に含まれるという幾何学的包含関係をデータに基づく閉ループ安定条件に取り入れることによって、データに基づく安定化可能条件を導出した。その条件は非凸な解空間を持つ非線形行列不等式として得られ、その解を求めるのは計算困難な問題となるが、ランク条件付きの線形行列不等式に変換し、LMI 緩和と線形近似手法を応用した計算アルゴリズムを用いてその求解を行った。結局、その解から安定化コントローラのパラメータを計算することができた。

第 5 章では、一入力出力システムの安定解析の結果を各入力と各出力の次数が同一である基本的な多入力多出力システムに拡張した。

第6章では、結論として本研究の成果と今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

現在の制御理論では、伝達関数、状態方程式や入出力差分方程式のような数式モデルに基づいて制御系解析や設計を行う方法が主流である。そのような数式モデルは、対象システムについて入出力データのみが入手可能な情報である場合、システム同定法によって導かれる。システム同定のためは、入出力データがシステムの動特性に関する必要かつ十分な情報をもっていることが前提である。もしそうであるなら、数式モデルを経ず、入出力データを直接用いる制御系解析や設計法が存在しても不思議ではない。

本論文は、その視点に基き、データ空間アプローチと呼ばれる、入出力の時系列データを直接用いる制御系解析・設計法を有限次元線形時不変一入力一出力システムに対して提案している。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 任意の入力に対して動的システムが生成する出力はその自由度が制限され、その入出力データからなるデータベクトルは、入出力空間のある部分空間にすべて拘束されるという観点に基づいて、その部分空間をデータ空間におけるシステムダイナミクスの捉え方として、解析だけでなく、設計にも用いている。
- (2) 有限次元線形時不変システムの初期値応答（零入力応答）として得られる有限個の出力データを用いて、開ループ安定性を判別するための条件を与えている。また、有限次元線形時不変コントローラを適用して構成された閉ループ系の制御応答として得られる有限個の入出力データを用いて、閉ループ安定性を判別するための条件を与えている。
- (3) 閉ループシステムが拘束するデータ空間は、開ループシステムが拘束するデータ空間の部分空間として常にそのなかに含まれるという幾何学的包含関係に着目して、データに基づく安定化可能性条件を導出している。この条件に基づいて、安定化コントローラを求める設計方法を開発している。

以上のように本論文は、線形時不変システムに対する入出力時系列データに基づく制御系の安定解析及び安定化法の基礎を確立し、学術的に極めて有用な知見を与えている。入出力時系列データに基づく従来の設計法が制御入力の時系列を発生しようというものであるのに対し、本論文はコントローラの設計法を与えており、ロバスト制御等への展開も期待できるため、これからの制御工学の発展に貢献するところが大きいと考えられる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。