

氏 名	はた なか たけ し 畑 中 健 志
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 257 号
学位授与の日付	平 成 19 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	Analysis and Control of Systems with State and Input Constraints (状態や入力に拘束を有するシステムの解析と設計)
論文調査委員	(主 査) 教 授 太 田 快 人 教 授 福 嶋 雅 夫 教 授 杉 江 俊 治

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、状態や入力に拘束を有する制御システム（拘束システムともいう）の新しい解析および設計方法について考察するものであり、本文は6章から成り立っている。

第1章は、序論であり、拘束システムの制御問題の重要性に言及した後に、正確な問題記述と計算複雑度との関連について論じ、本論文の研究目的を明確に示している。

第2章は、拘束システムの制御に関して序論で論じた問題点を具体的な例を用いて示すとともに、本論文で重要な道具立てとなる最大出力許容集合ならびに目標値信号を整形するレファレンスガバナに関して、これまでに得られている結果を概観している。

第3章では、不確かな拘束システムに対する確率的出力許容集合の構成について論じている。確率的出力許容集合は確率的に拘束を許容する初期状態から構成される集合である。まず、時不変な不確かさに対して確率的出力許容集合を定義し、ランダム化手法に基づいてその集合の構成法を提案している。次に、確率的出力許容集合の概念を時変な不確かさに拡張し、その構成法を提案している。さらに数値例を用いて確率的出力許容集合の制御問題への適用可能性について検証している。

第4章では、センサーノイズや観測不可能な状態をもつ線形および非線形の拘束システムに対して、目標値整形を行うリファレンスガバナアルゴリズムを提案している。状態オブザーバを用いて、真の状態がその内部に存在する楕円体集合を求め、状態量の代用にすることによってアルゴリズムが構成されている。修正目標値の計算は、線形システムに対してはある線形計画問題を、非線形システムに対しては実装を単純化するために導入された緩和問題を、それぞれオンラインで解くことに帰着できることを示している。さらに、修正目標値がステップ目標値に有限ステップで一致し、かつ状態が所望の平衡点に収束するための十分条件を導出している。最後に、数値例を用いて提案法の有効性を示している。

第5章では、外乱を受ける拘束システムに対するオフラインリファレンスガバナを提案している。設計問題は、状態が任意の外乱に対して最大出力許容集合に整定されるという制約の下で、最悪ケースの H_1 あるいは H_2 ノルム性能指標を最小化する問題として定式化している。この設計問題は、 H_1 ノルム指標を用いる場合は線形計画問題に、 H_2 ノルム指標を用いる場合には凸計画問題に帰着され、既存の数値計画アルゴリズムを用いて効率的に解くことができるものである。さらに、提案法の有効性を数値例によって示している。

第6章は、結論として以上の各章の内容を要約し、今後の課題について述べている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

制御システムには、入力や状態量に大きさの制約が加わることが多く、このようなシステム（拘束システム）を制御することは、工学的に重要な問題である。本論文では、拘束システムの制御に関して、厳密な問題定式化と計算複雑度の関係を議論することにより、計算可能な解析・制御方法を提案したものであり、下記の成果を得ている。

1. 不確かな拘束システムに対して、確率的に拘束を許容する初期状態の集合である確率的出力許容集合について構成方法を示した。まず、時不変な不確かさに対して確率的出力許容集合を定義し、ランダム化手法に基づいてその集合の構成法を提案した。次に、確率的出力許容集合の概念を時変な不確かさに拡張し、その構成法を提案した。さらに数値例を用いて確率的出力許容集合の制御問題への適用可能性について検証した。
2. センサーノイズや観測不可能な状態をもつ線形および非線形の拘束システムに対して、目標値整形を行うリファレンスガバナアルゴリズムを提案した。状態オブザーバを用いて、真の状態がその内部に存在する楕円体集合を求め、状態量の代用にすることによってアルゴリズムが構成されている。修正目標値の計算は、線形システムに対してはある線形計画問題を、非線形システムに対しては実装を簡単化するために導入された緩和問題を、それぞれオンラインで解くことに帰着できることを示した。さらに、修正目標値がステップ目標値に有限ステップで一致し、かつ状態が所望の平衡点に収束するための十分条件を導出した。これらの結果の有効性を、数値例を用いて検証した。
3. 外乱を受ける拘束システムに対するオフラインリファレンスガバナを構成した。設計問題は、状態が任意の外乱に対して最大出力許容集合に整定されるという制約の下で、最悪ケースの H_2 あるいは H_∞ ノルム性能指標を最小化する問題となり、それぞれ線形計画問題、凸計画問題を解くことに帰着されることを示した。提案法の有効性は数値例によって検証している。

以上のように本論文は、限られた計算量で拘束システムの制御問題を解くための解析・設計手法を提案したものであり、その成果は学術上、応用上寄与するところが大きい。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19年2月22日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。