

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	システム蘇生変換による出力制約を考慮した非線形システムの制御
Title(English)	Control of Nonlinear Systems subject to Output Constraints via System Revival Transformation
著者(和文)	木村駿介
Author(English)	Shunsuke Kimura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10786号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三平 満司,藤田 政之,山北 昌毅,早川 朋久,畑中 健志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10786号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	木村 駿介	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	三平 満司	教授	畑中 健志	准教授
	審査員	藤田 政之	教授		
		山北 昌毅	准教授		
		早川 朋久	准教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「システム蘇生変換による出力制約を考慮した非線形システムの制御」と題し、全6章からなっている。

第1章「序論」では、論文の研究背景と目的について述べている。車両に代表される移動体の位置および姿勢の制御では、システムが有する非線形性から成る非ホロノミック拘束と移動可能領域から決まる出力制約を共に考慮しなければならない。そこで本論文では、非線形性に対する課題と出力制約に対する課題を分割して扱う手法としてシステム蘇生変換とこの変換を用いた制御則設計法を提案し、これを用いた出力制約を有する非ホロノミックシステムに対する不連続状態フィードバック制御則の設計法を提案することを本研究の目的とすると述べている。

第2章「準備」では、本論文で述べる制御理論に必要な用語の定義とその性質を紹介している。まず、制御対象である一般的な非線形システムと、その中でも非ホロノミックシステムについて、それらの定義や性質を示している。また、特殊な制御 Lyapunov 関数として一般化同次制御 Lyapunov 関数と局所半凹制御 Lyapunov 関数の定義、局所半凹制御 Lyapunov 関数設計法の一つである多層最小射影法の定義を示している。

第3章「一般化同次局所半凹制御 Lyapunov 関数」では、出力制約を考慮しない非ホロノミックシステムに対する安定化制御問題を扱っている。この問題に対して、一般化同次局所半凹制御 Lyapunov 関数を定義し、非ホロノミックシステムの正準系の一つである Brockett integrator を安定化するための一般化同次局所半凹制御 Lyapunov 関数を提案し、その原点を漸近安定化する制御則の設計法を示している。また、非ホロノミックシステムの代表例である2輪車両型移動体のシステムが Brockett integrator に変換できることを利用し、2輪車両型移動体のシステムに対して漸近安定化制御則を設計している。この提案制御則の有効性、妥当性、および先行研究に対する優位性を、数値シミュレーションと実機実験で確認している。さらに、提案制御則が簡素な切り替え法則で有限時間収束することを証明するとともに、モデル化誤差に対するロバスト性の高さや定常誤差の少なさを実験的に検証している。

第4章「システム蘇生変換」では、出力制約を考慮した一般的な非線形システムに対する安定化制御問題を扱っている。この問題を解決するために、座標変換の前後で状態方程式の形を保持するシステム蘇生変換を提案している。ここではシステム蘇生変換の性質を明らかにするとともに、既存の安定化制御則に出力制約を付加する制御則設計法を提案し、システム蘇生変換を適用後の制御則に関しても安定性が保たれることを証明している。その後、非線形システムの一つのクラスである入力アフィンシステムに対して、システム蘇生変換の設計法を提案している。設計の際に必要な左逆行列と左零因子の存在性及びその導出方法、さらにそれらの連続性についても考察している。以上の理論を線形システムと非ホロノミックシステムへ適用した例題をとおして、システム蘇生変換と制御則の設計手順、およびその数値シミュレーションの結果を示し、提案手法により出力制約を付加できることを示している。

第5章「2輪車両型移動体の移動領域制約制御」では、第4章で述べたシステム蘇生変換を第3章で述べた一般化同次局所半凹制御 Lyapunov 関数に基づく制御則に適用した結果を示している。この適用例をとおして、システム蘇生変換に基づいた制御則が出力制約の境界付近で過大な制御入力を要求する問題点を指摘し、これを解決するために飽和関数に基づく写像を新たに導入することによる入力制約を考慮した制御則の設計を提案している。実機実験を通して、入力制約を考慮しない制御則ではモデル化誤差などにより出力拘束の境界付近で挙動が不安定となることを確認し、それに対して提案する入力制約を考慮した制御則を用いることにより境界付近でも挙動が不安定にならないことを実験的に示している。さらに、システム蘇生変換に加えて多層最小射影法を用いることにより、システム蘇生変換で得られる出力制約を拡張する手法を提案し、システム蘇生変換だけでは実現が困難であった出力制約に対して、2輪車両型移動体の安定化が達成可能となることを数値シミュレーションにより示している。

第6章「結論」では、本研究で得られた知見を総括し、今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、非線形システムの制御において、非ホロノミック拘束と出力制約による困難を分割する方法として、一般化同次局所半凹制御 Lyapunov 関数とシステム蘇生変換を提案し、制御則の設計、出力制約の保証、および安定性の解析を行い、2輪車両型移動体に対する数値シミュレーションと実機実験によってその有効性を示したものであり、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容