

Title	拘束システムに対するリファレンスガバナの構成法に関する研究
Author(s)	小木曾, 公尚
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44976
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	小 木 曾 公 尚
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 8 6 9 2 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 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	拘束システムに対するリファレンスガバナの構成法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 太田 快人 (副査) 教授 池田 雅夫 教授 古荘 純次 教授 藤田喜久雄 教授 潮 俊光

論 文 内 容 の 要 旨

線形制御理論は、制御させたい対象物が線形システムとして特徴づけられることを利用して発展している。その一方で、実際の制御系に必ず存在する拘束条件（飽和要素、非線形要素の一つ）の影響により制御性能が劣化する現象はよく知られている。しかしながら、従来の線形制御理論の枠組みで拘束条件を直接扱うことは困難な問題である。そこで本研究では、不変集合理論を用いることでそのような問題を扱い易くし、拘束条件を陽に考慮した制御法の確立を行っている。具体的には、外部からの参照入力を整形することで拘束条件の飽和現象を回避し、最適な制御性能が達成される制御手法を確立している。この参照入力を整形する機構はリファレンスガバナと呼ばれる。本論文は、リファレンスガバナの構成法に関する研究成果をまとめたものであり、以下に示す 8 章から構成される。

第 1 章では、拘束条件を考慮した制御手法の重要性とその研究背景について述べている。本研究の目的は、拘束条件を有する制御系（拘束システム）に対するリファレンスガバナの構成法であり、実機の制御系を検証装置として用いて現実的な範囲で設定されるサンプル周期下で制御実験を行うことの重要性について述べている。

第 2 章では、拘束条件を破ることで応答に現れる現象（ワインドアップ現象）を数値例により確認し、拘束システムに対する制御法であるアンチワインドアップ制御法およびリファレンスガバナに関する研究経緯について述べ、そのなかで位置づけられる本研究の主題について記している。

第 3 章では、有限時間区間の参照入力整形で無限時刻先まで拘束条件の達成を保証し、かつ制御性能（追従誤差）を考慮したオフライン処理によるリファレンスガバナの構成法について述べている。整形後の入力を決定する問題は、不変集合の性質を有する最大出力許容集合を導入することで計算可能な最適化問題として表せることを示している。また、数値例から本手法の有効性を示している。

第 4 章では、第 3 章の手法の検証実験を行うため、RC ヘリコプタのヨー軸周り姿勢制御系に適用してその結果を示している。また、アンチワインドアップ制御法も適用し比較研究を行っている。

第 5 章では、システムの状態情報を積極的に用いることがモデル化誤差やノイズに対して有用であるという観点から、凸二次計画問題の最適性条件を用いて、区分的状態アフィン関数で表されるリファレンスガバナの構成法について述べている。また、数値例や実験装置を用いて有効性の検証や考察を行っている。

第 6 章では、計算機の資源や性能が有限であることに着目し、実装されるデータ量を調整できるリファレンスガバ

ナの構成法について述べている。拘束システムの変数をブロッキングすることで、数サンプルに一度参照入力を整形する手法を実現している。また、数値例や実験装置を用いて有効性の検証や考察を行っている。

第7章では、モデル化誤差やノイズをパラメトリックな動的不確かさとして捉え、この不確かさを有する線形時変な拘束システムに対するリファレンスガバナの構成法について述べている。これは第3章の構成手順に基本的に従い、オフライン処理により参照入力を決定する構造となっている。また、本手法の有効性を確認するため数値例による検証を行っている。

第8章では、リファレンスガバナの特徴および得られた研究成果を整理し、さらに今後の検討課題について述べて本論文を総括している。

論文審査の結果の要旨

入力や状態に拘束をもつシステムの制御に関する研究は、応用できるシステムの多い重要な問題でありながら、アドホックな制御方法が多い分野である。本論文では、状態変数空間の不変集合に注目することによって、参照入力を整形する仕組み（リファレンスガバナ）を構成する方法を新規に提案し、サンプル周期の短い機械システムに適用してその効果を示している。おもな成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 拘束条件を無限区間にわたって達成することを保証する参照入力整形の機構（リファレンスガバナ）の構成方法を新規に提案している。この方法は、不変集合である最大出力許容集合という概念を用いることにより、凸計画問題を解くことに帰着するものである。
- (2) システム状態を知ることによって、オンラインでの参照入力整形を実現するために、区分的アフィン関数で表現できるリファレンスガバナの構成法を提案している。提案法は、パラメトリック凸二次計画問題の最適性条件を利用するものである。
- (3) 実装されるデータ量に応じて、計算機の資源や性能を有効に活用するための方法として、システム状態のブロッキングを応用する方法を述べている。本論文での手法は、サンプル時間と計算量の関係を考慮しつつ、実用的な実装方法を与えている。
- (4) 以上の提案方法を、サンプル周期の比較的短い機械システムに適用できることを、模型ヘリコプタのヨー軸回り姿勢制御を例にとり、実証している。

以上のように本論文は、拘束をもつシステムに対する参照入力整形という問題をシステムティックに扱う方法を提案したものであり、学問的意義は大きい。また得られたリファレンスガバナは、新規性があり、実用的にも重要であり、制御工学あるいはさらに機械工学の進歩に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。