HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Controller Design with Hysteresis Mechanism and Sliding-Sector [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	野中, 涼
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12200号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/61855
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryo_Nonaka_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　野中　涼

学　位　論　文　題　名

A Study on Controller Design with Hysteresis Mechanism and Sliding-Sector
（制御器設計におけるヒステリシス機構とスライディングセクタに関する研究）

オン/オフやアクセル/ブレーキといった離散的で限られた入力しか持たないシステムや, 切換超平面へシステムを拘束するスライディングモード制御では入力が頻繁に切り換わるような制御則となる場合がある. このときスイッチング性能やシステムの特性によっては, 入力の高速な切り換えによるチャタリングが発生し, システムに悪影響を及ぼすことがある. 本論文ではシステムの安定化に際して, 入力が不連続に切り換わらざるを得ないようなシステムに対する制御則と, その制御入力の切り換えにおけるチャタリングの緩和に関する研究についてまとめる. 本論文では, ステアリング角制限を持つ四輪車両の制御と高次スライディングモード制御について取り扱う.

ステアリング制約が存在する場合, 四輪車両の移動可能な方向は常に車両の前方と後方に限定される. 二輪車両の場合は超信地旋回によってその場で任意の方向を向くことができるが, ステアリング角制限ある四輪車両では不可能である. そのため前進と後進を繰り返す切り返しの操作によって, これを解決する必要がある. 本研究では四輪車両の切り返しを自動的に実現する制御則と, そこで生じるチャタリングを軽減するヒステリシス機構について提案する.

また, 古典的なスライディングモード制御をより高次の相対次数に一般化した高次スライディングモード制御では, システムに対して加わる外乱や, システムのパラメータ変動などの不確実性に対するロバスト性を発揮することが知られている. さらに同次性を持つ高次スライディングモード制御則は, 出力の有限時間整定性が保証できるという実用的な性質を持っている. これまでいくつかのクラスの高次スライディングモード制御が提案されているが, その中に安定なパラメータの構成的な設計法が見つかっていないクラスの制御則があった. 本研究では, このクラスに対して新しい高次スライディングモード制御則と, その設計パラメータの構成法を提案する. さらに, スライディングモードにおけるいくつかのチャタリング回避策をスライディングセクタを定義することで自然に統合できることを示す.

本論文の各章の内容は以下のとおりである.

第一章では, 本研究の背景と目的を述べた. また, 第二章では本論文で必要となる数学的な記法や制御理論における基礎的知識をまとめた. 第三章ではステアリング角に制限のある四輪車両に対する障害物回避制御を示した. まず四輪車両のモデルと障害物について問題設定を与え, そこでのナビゲーション関数の設計法を提案した. 得られるナビゲーション関数をもとにして制御リアプノフ関数を設計し, そこからステアリング角に制限のある四輪車両の制御則を導出した. その制御則によって四輪車両を目標点へ到達させられることを証明した. 提案した制御則は自動的に切り返しを行うことでステアリング角の制限を解消することができた. さらに制御リアプノフ関数に基づくヒステリシス機構を提案し, 切り返しで生じる前進と後進のチャタリングに対して適用した. 最後に, 提案する障害物回避制御の有効性を小型の四輪車両を用いた実験結果から示した. 第四章では, 有限時間整定性やロバスト性を有する高次スライディングモード制御について, パラメータ設計を構成的に

行うことのできる新しい手法を提案した. はじめにこれまでに提案されてきた高次スライディングモード制御を 3 つのクラスに分類して紹介した. そして, 従来法では安定なパラメータの設計が困難であったクラスの制御則に対して, その問題点について説明し, それを解決する新しい制御則を提案した. 提案した制御則について, 安定なパラメータが存在し, それが構成的に設計可能であることを証明した. 第五章では, 高次スライディングモード制御における実際の制御器の設計について, いくつかの異なる性質の制御器が第四章で提案した新しいスライディングモード制御則によって統合されることを示した. ここではまず, 古典的なスライディング面の定義を拡張したスライディングセクタを定義した. スライディングセクタの導入によって, 原点以外で連続な入力を持つ制御器, 古典的な符号入力による制御器, ヒステリシスを持つような制御器が自然に導かれることを示した. さらに, 相対次数が 1 次の場合,2 次の場合の具体的なパラメータ設計と, より高次の任意の相対次数に対する一般的なパラメータ設計手法について述べた. 最後に, 数値シミュレーションの結果から提案するスライディングセクタによる制御の有効性を確認した. 第六章では結言として, 各章の結果の要点をまとめ, 得られた結論を述べた.

以上まとめると, 本学位論文では, ステアリング角に制限を持った四輪車両に対して, 切り返しを含んだ障害物回避制御則と, それに対する適切なヒステリシス機構の導入について提案した. また, 新しい高次スライディングモード制御と, その制御則の構成的な設計手法, スライディングセクタに基づく制御器の設計方法について提案した. これらより, 入力が不連続に切り換わる制御則における不要なチャタリングの緩和策を示した.