

論文内容の要旨

博士論文題目

コンパクト集合への最小射影法と二輪車両の障害物回避制御問題への適用

氏名 福井善朗

非線形制御において、非可縮多様体上で定義されたシステムの漸近安定化問題が研究されている。この問題を考える上での主な障害は、非可縮多様体上で定義されたシステムの目標点を大域的漸近安定化する静的な連続状態フィードバックは存在しないことである。これにより、非可縮多様体上で定義されたシステムに対してフィードバック制御系設計を行う場合、時変あるいは不連続な漸近安定化制御を設計する必要がある。

この問題に対し、なめらかではない制御 Lyapunov 関数の設計法である最小射影法と、制御則設計法が提案されている。また、応用例としてホロノミック移動体の静的障害物回避制御や、剛体の姿勢角制御も提案されている。ところが、非ホロノミック拘束を持つ二輪車両の障害物回避問題に対して最小射影法の適用は行われていない。

非ホロノミック拘束を持つシステムの制御を行うために、コンパクトな目標集合の安定化を考えることが行われている。しかし、最小射影法は、コンパクトな目標集合の安定化問題に適用できない問題点があり、適用できるよう拡張可能であるかどうかは未検証である。

そこで、本論文では最小射影法をコンパクトな目標集合への安定化問題に適用できるよう拡張を行う。応用例として二輪車両の障害物回避制御則を提案し、実機・シミュレーションによる有効性確認を行う。

第 2 章では可微分多様体や、多様体の非可縮性などの数学的概念の導入を行う。第 3 章では微分不可能な制御 Lyapunov 関数の設計法である最小射影法を紹介し、コンパクト集合への安定化問題に適用できないことを確認する。第 4 章では非可縮多様体上で定義されたシステムに対するコンパクトな目標集合の漸近安定化問題を定式化し、コンパクト集合への最小射影法を提案する。提案法により車両の障害物回避問題に対して集合への制御 Lyapunov 関数を設計可能であることを示す。第 5 章では厳密でない集合への制御 Lyapunov 関数を使った二輪車両の障害物回避制御則を提案する。提案する障害物回避制御は静的な状態フィードバック制御であり、解析的に導出している点、大域的制御を実現できている点、予期せぬ障害物の移動に対しても対応可能である点で優れている。

氏名	福井 善朗
----	-------

(論文審査結果の要旨)

従来の多くの非線形制御理論においては、比較的扱いやすい条件、すなわち可縮多様体上の問題だけを取り扱っていた。これは、非可縮多様体で定義されたシステムでは、目標点を大域的漸近安定化する静的な連続状態フィードバックが存在しないためである。近年、このような問題に対し、なめらかではない制御リアプノフ関数の設計法である最小射影法と制御則設計法が提案され、ホロノミック移動体の静的障害物回避制御などに応用されている。

本研究ではこれを非ホロノミック高速を持つシステムの制御へ拡張し、その有効性を二輪車両の障害物回避問題において示したものである。

本研究ではまず、コンパクト集合への安定化問題には従来の最小射影法は適用できないことを示した。そして、適用できるように拡張した最小射影法を提案した。さらに、この提案法により二輪車両の障害物回避問題に適用できることを示した。

本研究では次に、厳密ではない集合への制御リアプノフ関数を使った二輪車両障害物回避制御則を提案した。さらに、この提案手法が静的な状態フィードバック制御であり解析的に導出可能である点、大域的制御を実現している点、予期せぬ障害物の移動に対しても対応可能であるという優位性を持つことを示した。

以上をまとめると、本論文は、従来の枠組みを拡張する、コンパクト集合への最小射影法を提案しており、かつその有効性が二輪車両の障害物回避制御問題によって確認されている。これは非線形制御理論の拡張に大きく寄与するものであり、博士(工学)の学位に値するものと認められる。