

論文内容の要旨

博士論文題目 同次系の安定性解析と制御系設計に関する研究

氏名 中村 文一

(論文内容の要旨)

同次システムには不連続なものも数多く存在する。例えば、スライディングモード制御器のロバスト性を維持しながら有限時間整定性を有する高次スライディングモード制御器や、特定の条件下で厳密に信号の微分を求めることが可能な厳密微分器などが不連続な同次システムである。ところが、不連続な同次システムについてはほとんど研究がなされてこなかった。また、非ホロノミックシステムに対する時不変同次制御器についてはこれまで議論がされていなかった。

本論文では、最初に基本的な概念である連続な同次システムの持つ性質について説明し、同次性の非常に有用な応用例である同次有限時間整定制御について考察した。次に、不連続な同次システムに対し、ディファレンシャル・インクルージョンを用いて安定性解析を行った。まずこれまでに得られている2つの安定なディファレンシャル・インクルージョンに対する Lyapunov の定理の逆定理を整理し、ディファレンシャル・インクルージョンの平衡点に関して議論した。その後、同次ディファレンシャル・インクルージョンを新たに提案し、同次ディファレンシャル・インクルージョンに対する Lyapunov の定理の逆定理を与え証明した。さらに、同次 Lyapunov 関数を用い漸近安定なディファレンシャル・インクルージョンの収束性能と同次ディファレンシャル・インクルージョンのロバスト性を明らかにした。続いて、不連続な同次システムの代表例である高次スライディングモード制御器と厳密微分器について安定性の解析を行った。さらに、代表的な非ホロノミックシステムであるチェインドシステムとマルチジェネレータを有する非ホロノミックシステムに対し、不連続な時不変同次有限時間整定制御器を設計し、安定性を証明した。この手法は、これまで提案されている手法と異なり、有限時間で整定し、制御入力が無限大に発散する特異点を持たない上に、制御則の構築が簡単であるという優れた特徴を持つ。

氏名	中村 文一
----	-------

(論文審査結果の要旨)

同次系は、近年制御理論において非常に重要な役割を果たしているシステムである。同次システムは非線形システムではあるが、線形システムと同様に、局所的な性質が大域的な性質と一致するという非常に良い性質をもっているうえに、線形システムにはない、有限時間整定制御器が構成できる、あるいは制御器を設計することが非常に困難なシステムとして知られている非ホロノミックシステムに対する制御則の設計にも適用可能などといった良い性質を持っている。本論文の主な成果は次の3点である。

1. これまで Lyapunov 関数の存在が保証されていなかった不連続な同次システムに対し、あらたに同次ディファレンシャル・インクルージョンを導入し、安定な同次システムには必ず同次 Lyapunov 関数が存在することを証明した。また、システムの同次次数が平衡点への収束速度に関係することを明らかにした。
2. 厳密な微分器に対して同次性を利用することにより、安定性が保証できる範囲を理論的に明らかにした。
3. 非ホロノミックシステムは連続な時不変状態フィードバックでは安定化できないことが知られている制御器の構成が難しいシステムである。このような非ホロノミックシステムに対し、不連続な同次制御器を提案し、大域的に特異点が存在せず、有限時間で整定するという非常にすぐれた特徴をもつことを明らかにした。

以上のように、本論文は、同次システムの安定性解析と制御系設計法を示したものとして、システム制御の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。