

氏 名	濱井 禧价
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博乙第4027号
学位授与の日付	平成17年 3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文の題目	最小次元オブザーバの設計法とスライディングモード制御則の双対関係およびその応用
論文審査委員	教授 井上 昭 教授 鈴木 和彦 教授 五福 明夫

学位論文内容の要旨

本論文は以下に述べる2つの設計アルゴリズムに注目し、それらの間に双対関係があることを明らかにした。

1つはオブザーバの設計である。オブザーバに関しては数多くの研究がなされ、すでに産業界でも広く利用されている。その設計手法は数多く提案され実プラントに適用されている。しかしながらそれらの手法は制御系との適合性と、系全体の安定性を考えて設計する必要がある、適切なパラメータを決定するのにいずれの手法もGopinath形式への変換が必要となる。

もう1つはスライディングモード制御における切換超平面の設計である。スライディングモード制御に関してはその外乱に対し強いロバスト性を有していることから機械システムなどの制御に広く用いられている。希望の特性を切換超平面として設計することによりシステムは等価的に希望の特性に拘束されて制御が行われる。

本論文では、最小次元状態オブザーバの極を示す伝達関数が、双対制御系に対して、上述のスライディングモード制御系の切換超平面の上を滑っていくときの特性を表す伝達関数と同じであることを示し、最小次元状態オブザーバの設計とスライディングモード制御系における切換超平面の設計とが双対の関係にあることを示した。

さらに、明らかになった双対性を用い、オブザーバの新しい設計法、および、スライディングモードの切換超平面の新しい設計法を提案した。

本論文の構成は、1章では問題の背景と必要理由を述べる。2章ではオブザーバの構成および設計法、切換超平面の構造および設計法を整理した上で、それらの間の双対性が存在することを示した。3章では、スライディングモード制御の切換超平面の設計から、双対性を利用して最小次元オブザーバの新しい設計法を導出し、例題に適用し提案手法の有効性を示した。すなわち、切換超平面の設計手法の中で(i)固有ベクトル配置による設計法、(ii)システムの零点を利用する設計法、の2つの方法でオブザーバを構成し、シミュレーションを行ない有効性を示した。4章では逆に最小次元状態オブザーバの設計法から双対性を利用したスライディングモード制御の切換超平面の設計法を導出し、3次元の例題に対して、数値シミュレーションを行い、従来最も広くスライディングモード制御の切換超平面の設計法として用いられているシステムの零点を利用する設計法と、本章で提唱する部分スライディングモード制御則とを比較し、本手法の有効性を示した。

論文審査結果の要旨

システム制御理論には、制御と観測の間に双対性という重要な概念がある。本論文では新たに、次の 2 つの設計法の間に関係があることを明らかにした。すなわち、最小次元オブザーバの設計とスライディングモード制御における切換超平面の設計である。

オブザーバはすでに産業界でも広く利用されており、その設計手法は数多く提案され実プラントに適用されている。しかしながらそれらの手法は制御系との適合性と、系全体の安定性を考えて設計する必要がある、適切なパラメータを決定するのにいずれの手法も Gopinath 形式への変換が必要となっていた。

一方、スライディングモード制御はその外乱に対し強いロバスト性を有していることから機械システムなどの制御に広く用いられており、希望の特性を切換超平面として設計することによりシステムは等価的に希望の特性に拘束されて制御が行われるが、切換超平面の設計が課題となっていた。

本論文では、最小次元状態オブザーバの極を示す伝達関数が、双対制御系に対して、上述のスライディングモード制御系の切換超平面の上を滑っていくときの特性を表す伝達関数と同じであることを示し、最小次元状態オブザーバの設計とスライディングモード制御系における切換超平面の設計とが双対の関係にあることを示している。

さらに、明らかになった双対性を用い、すでに得られているスライディングモード制御の設計法から、オブザーバの新しい設計法を、および、その逆に、最小次元オブザーバの設計法からスライディングモードの切換超平面の新しい設計法を導出した。導出された設計法はいずれも、実用的に有効な手法であり、産業界への応用が期待される。

以上のように本論文の研究成果は、システム制御工学の分野において理論的に新しい展開を与え、かつ、実用性に優れており、博士(工学)の学位論文に値するものと認める。