

氏名	逸見 知弘
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第2898号
学位授与の日付	平成17年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Nonlinear Control of Underactuated Linked Mechanical Systems (リンク型劣駆動機械システムの非線形制御)
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

本論文では、非線形劣駆動システムの制御問題について述べる。劣駆動システムとは、入力の数よりもシステムの自由度、すなわち出力の数が多いシステムのこと、システムの軽量化・低コスト化等の観点から産業・工業の分野で注目されている。

そこで非線形劣駆動システムの代表的な例題である直列二重倒立振子システムと Acrobot を用いて、非線形劣駆動システムの制御問題を取り扱う。直列二重倒立振子とは台車の上に、自由に動く振子が二本直列に連結されたもので、台車を左右に動かすことで2本の振子と台車の位置を制御するシステムである。また Acrobot とは鉄棒の体操選手をモデルとした2リンクのロボットで、リンク間の結合部にのみ入力を与えることができるシステムである。

第2章、第3章では、直列二重倒立振子の制御問題として、正順・逆順の振り上げ制御問題を考える。正順振り上げとは、台車に連結された第一振子を振り上げ、その状態を保ちながら第二振子を振り上げる問題で、逆順振り上げとは、振子を正順の逆の順序で振り上げる制御問題である。両問題とも、一方の振子を安定化しながら、別の振子を振り上げるという困難な問題で、特に逆順振り上げ制御は正順よりも、第一振子振り上げ時に非線形性が大きく困難な制御問題である。

第4章の Acrobot の制御問題では、従来に比べ構造をより人間に近づけるため、リンク間の結合部に制限を持たせたモデルを用いた振り上げ制御を考える。機械的に制限がある場合と、制御則設計の際にソフト的に制限を持たせる2つを考える。さらに体操選手の技である“Tap Swing Forward”を模した制御則を提案する。

第5章では、入力外乱に対するロバスト性を持つ部分線形化手法として、部分的に線形化されたシステムを安定にする制御則を、従来のPD制御ではなく、入力外乱に強いスライディングモード制御を用いる手法を提案する。

最後に第6章にて、本論文において提案した手法、および数値シミュレーション、実機実験の結果をまとめる。

論文審査結果の要旨

少ない数の入力変数で多くの制御量を制御する劣駆動系で、かつ、特性が非線形のシステムは機械システムに多く見られるが、これら非線形劣駆動システムの制御は、従来の制御理論では行うことが不可能であるため、制御の緊急の課題となっている。

本研究では、非線系劣駆動システムの代表的なシステムである直列二重倒立振子システムとAcrobotを用いて、非線系劣駆動システムの制御問題を扱っている。直列二重倒立振子とは台車の上に、自由に動く振子が二本直列に連結されたもので、台車を左右に動かすことで2本の振子と台車の位置を制御するシステムである。またAcrobotとは鉄棒の体操選手をモデルとした2リンクのロボットで、リンク間の結合部にのみ入力を与えることができるシステムである。

まず、直列二重倒立振子の制御問題として、正順・逆順の振り上げ制御問題を取り上げている。両問題とも、一方の振子を安定化しながら、別の振子を振り上げるという困難な問題で、特に逆順振り上げ制御は正順よりも、第一振子振り上げ時に非線形性が大きく困難な制御問題である。本研究では、両問題に対して、1つの制御則を与え、前者では実験で、校舎ではシミュレーションで制御則の有効性を示している。

つぎに、Acrobotの制御問題では、従来に比べ構造をより人間に近づけるため、リンク間の結合部に制限を持たせたモデルを用いた振り上げ制御問題に対して、体操選手の技である”Tap Swing Forward”を模した制御則を提案し、有効な実験結果を示している。

最後に、入力外乱に対するロバスト性を持つ部分線形化手法として、部分的に線形化されたシステムを安定にする制御則を、従来のPD制御ではなく、入力外乱に強いスライディングモード制御を用いる手法を提案している。

以上のように本論文の研究成果は、機械システムの制御問題に対して独創性と実用性に優れた結果を与えており、博士(工学)の学位論文に値するものと認める。