

茨城大学工学部

清水研究室

URL: <http://www.mech.ibaraki.ac.jp/>

■研究テーマ

- 柔軟構造を含む機械システムの運動と振動の制御
- 人間の筋骨格系を模倣したロボットの力学的特性の解明と運動制御

■キーワード

柔軟構造、機械システム、振動制御、運動制御、エネルギー法

■産業界の相談に対応できる技術分野

振動制御、運動制御、ロボット制御

■主な設備

フレキシブルリンクロボットアーム、長尺物の非接触支持システム



清水年美 准教授

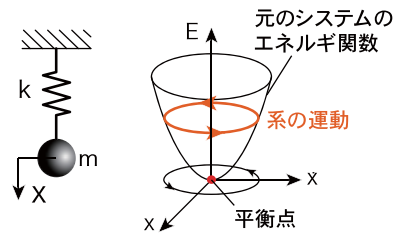
連絡先
茨城大学工学部 清水年美 e-mail: toshimi@mx.ibaraki.ac.jp
茨城大学産学官連携イノベーション創成機構 TEL: 0294-38-5005 FAX: 0294-38-5240 e-mail: ccrd-ju@mx.ibaraki.ac.jp

研究概要

柔軟構造を含む機械システムの運動と振動を同時に制御可能な制御系設計法

本研究室では、柔軟構造を含む機械システムを対象に、システムの運動と柔軟構造に現れる振動を同時に制御することを目的として、エネルギー法に基づいた制御系設計法に関する研究を行っております。エネルギー法は、閉ループ系のエネルギーが単調減少するように制御則を設計する制御系設計法で、線形・非線形、集中定数系・分布定数系にかかわらず適用できます。図1にエネルギー法による制御系設計の概要を示します。エネルギー法ではポテンシャルエネルギーの整形により目標状態を閉ループ系の平衡状態に移し、ダンピングの挿入により目標状態を安定化します。

柔軟構造を含む機械システム的具体例として、長尺物の非接触支持システム(写真1)とフレキシブルリンクロボットアーム(写真2)を取り上げ、これらの運動と振動の制御を行っています。長尺物の非接触支持システムでは、変形・振動しやすい長尺物を安定に非接触支持するために、長尺物の上下方向の位置



(a) 元のシステムのエネルギー特性

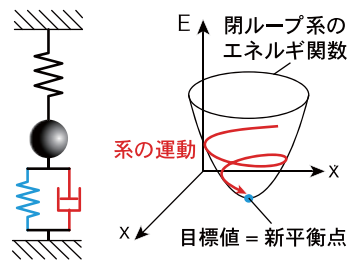


図1 エネルギー法による制御系設計の概要

決め制御と同時に長尺物に生じる弾性振動の制御を行っています。フレキシブルリンクロボットアームはリンクの剛性が低く、駆動時にリンクが変形・振動するようなロボットアームのことを指します。このようなロボットアームに対して、手先位置を目標位置に収束させると同

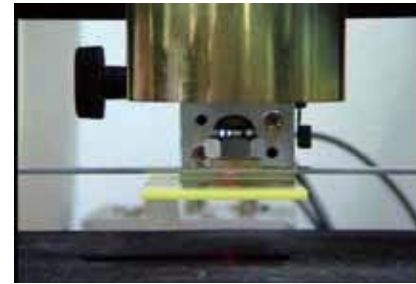


写真1 長さ1m、厚さ2mm、幅1cmの長尺物を非接触支持するシステム

時にリンクに生じる振動を抑える制御を行っています。

特徴と強み

あらゆる振動モードに対する振動制御とスピルオーバーによる不安定化の回避

エネルギー法は従来の制御系設計法と比べて以下の優位性があります。

【すべての振動モードを制御できる】

柔軟構造を含む機械システムの運動と振動を制御するには、柔軟構造に含まれる振動を考慮した制御系設計が有効になります。一方、柔軟構造の振動は無数の振動モードが重ね合わさったものとして現れます。しかし、従来の制御則ではすべての振動モードを考慮できないため、高次の振動モードを無視して制御系設計が行われます。従って、制御可能な振動モードは限定されます。これに対し、エネルギー法ではすべての振動モードを考慮に入れた制御系設計が可能のため、理論上すべての振動モードを制御することができます。

【スピルオーバーが生じない】

従来の制御系設計では、制御対象とする機械システムには高次振動モードが存在しないと仮定して制御則を設計しますが、実際のシステムには高次振動モードが存在します。そのため、制御入力をシステムに加えたときに高次振動モードが励起され、システムが不安定になることがあります。これをスピルオー



写真2 試作中のフレキシブルリンクロボットアーム

バーと呼びます。スピルオーバーは高次振動モードを無視することにより生じる現象なので、従来の制御系設計法ではスピルオーバーを回避することは困難です。これに対し、エネルギー法ではすべての振動モードを考慮して制御設計を行うため、スピルオーバーが発生することはありません。

【パラメータ変動に対してロバストである】

従来の制御系設計法で設計した制御則では、制御対象システムのパラメータが変動すると閉ループ系が不安定になることがあります。これに対し、エネルギー法で設計した制御則ではシステムのパラメータが変動しても不安定になることはありません。

今後の展開

設計ノウハウの蓄積と理論解析に基づく制御系設計法の確立

エネルギー法による柔軟構造を含む機械システムの制御系設計は、従来の制御法にはない特徴をもつ一方、制御則の導出には高度な数学的・物理的考察とノウハウが必要になります。また、従来の制御系設計法では指数安定性を容易に示すことができますが、エネルギー法では指数安定性を保証することは極めて困難です。フレキシブルリンクロボットアーム、非接触支持システムなどの制御系設計を通じて設計ノウハウを蓄積すると同時に、理論的側面からエネルギー法を用いた制御系設計法の体系化を目指しています。