



未知の振動特性を持つステージの高速・高精度位置決め ～高速・超精密位置決め制御系を力学モデルなしで簡単に設計する～

<概要>

豊橋技術科学大学機械工学系ロボティクス・メカトロニクス研究室の佐藤海二教授らの研究チームは、運動機構やそれを設置した機械台の力学モデルやモデルパラメータが未知であっても、10nm オーダの超精密位置決め制御系を簡単に設計できる方法を明らかにしました。この設計法は、摩擦特性を含む未知の非線形特性を補償し、高速・高精度に目標位置に到達させる NCTF 補償器と、高速駆動により起振される未知の振動特性を速やかに補償する振動抑制補償器をもつ制御系を提供します。その設計は簡単で、制御系設計に関する専門的知識や力学特性の情報なしで、設計することが可能です。

<詳細>

工作機械や半導体製造装置に代表される産業機械において、機構の位置決め精度と高速応答性は、装置性能を左右する基本かつ重要な特性です。しかし要求精度が高くなると、機構やそれを載せる機械台に起因する、従来問題とならなかつた微動特性が問題となります。高速な応答は大きな反力を発生するため、機構各部を励振します。微動振動の抑制には能動制振装置の利用やハードウェア的な改良が効果的ですが、応用範囲が制限され、コストが増大してしまいます。詳細な力学特性の情報を利用したコントローラを利用する方法も有効ですが、必要な労力、時間を増大させ、専門家に調整依頼する必要があります。そこで、ハードウェアはそのまま利用し、事前に力学特性情報を必要とせず、簡単なコントローラ設計・調整により、振動を効果的に抑制し超精密位置決めを実現する方法を提示しています。

制御系は、佐藤教授が提案している Nominal Characteristic Trajectory Following (NCTF) 制御系と、バンドパスフィルタや微分補償器からなる振動抑制補償器より構成され、順次決定されます。補償器の役割は単純明快で、調整する変数が少なく、専門的知識なしで簡単に決定できます。前者は、指定の入力信号に対する開ループ応答波形を組み込み、2 個のゲインを手順通りに調整することで設計できます。後者は 2 個のゲインを順次決定すれば完了します。得られた制御系は、摩擦特性に代表される顕著な非線形特性を持つ機構でも超精密な位置決めを実現します。また後者は他の制御系と組み合わせて利用することも可能です。提示された制御系設計法の有効性は、実験により実証されています。

<開発秘話>

産業機械の高加速・高速化と精度向上の要求は、ますます高くなっており、高性能な産業機械を開発する際の重要な課題となっています。本研究は、大学研究室の知見を実社会で役立てたいと考える佐藤教授と、大学と協力して課題を解決したいという NEOMAX エン

エンジニアリング株式会社の考えが一致し、共同で取り組んで実施されました。当初の目標を達成し、その基本成果をこの論文で示しました。

<今後の展望>

論文では、性質が異なる 2 種類の振動を抑制するように制御系が調整されていますが、さらに多くの周波数の異なる振動が生じる場合や、抑制したい振動の基準が異なる場合、振動の性質が異なる場合などもあります。対応できる場合を増やし、最終的にこれらの問題を総合的に解決する方法を明らかにしたいと考えています。

<論文情報>

Kaiji Sato, Ryouhei Hisamatsu, Kaoru Akamatsu (2023). Controller design for high-speed, ultra-precision positioning of a linear motion stage on a vibrating machine base stage control on a vibrating base. Precision Engineering,

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2022.11.008>

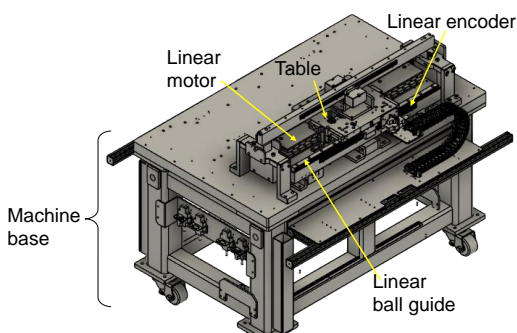


図 1 : 実験で用いた超精密ステージの概要

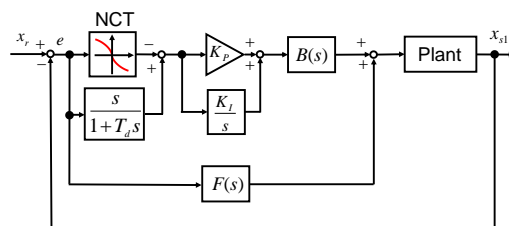


図 2 : 提案する制御系の構成

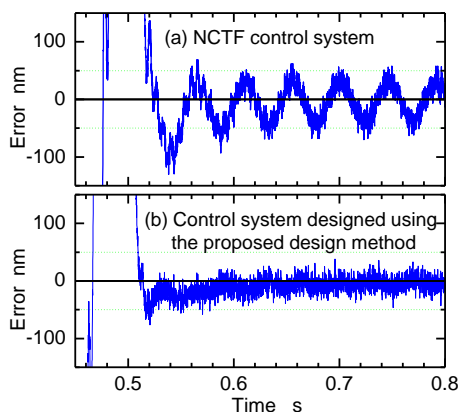


図 3 : 提案する制御系の効果

- (a) 従来の NCTF 制御系の誤差
- (b) 提案する制御系の誤差



本件に関する連絡先
 広報担当：総務課企画・広報係 高柳・岡崎・高橋
 TEL：0532-44-6506 FAX：0532-44-6509