

利用者名：工学部 機械工学科 教授 余 錦華



Title:	Disturbance Rejection for Control Systems Using a Barrier-Function-Based Equivalent-Input-Disturbance Approach
論文名 (和訳)	バリア関数に基づく等価入力外乱手法を用いた制御系の外乱抑制
Authors:	王翰韜 (中国地質大学 大学院生), 余錦華 (東京工科大 教授), 王紹然 (中国地質大学 大学院生), 川田誠一 (中国地質大学 教授), 岩崎誠 (名古屋工業大学, 教授)
Journal:	IEEE Transactions on Industrial Informatics
掲載年月	2026 年 4 月

研究概要：本論文では、制御システムの擾乱抑制性能を向上させる、バリア関数に基づく等価入力外乱（EID）手法（BEID）を提案する。バリア関数を用いた補償器により、EID 推定誤差を任意に小さな領域内に収めることが可能となる。これにより、外乱の上界値を知ることなく、良好な外乱抑制性能を確保できる。BEID に基づく制御システムを 3 つのサブシステムに分割することにより、安定性条件を導出する。また、状態フィードバックゲインおよびオブザーバゲインを決定するためのシステムパラメータ設計アルゴリズムを構築する。スチュワート・プラットフォームの制御システムを用いた実験により、BEID 手法の有効性と優位性を実証する。

研究背景：アクティブ外乱抑制手法を用いることにより、制御系の外乱抑制性能が向上可能であるが、通常、外乱の内部モデルはわからないため、外乱を完全に抑えることはできず、補償誤差が残る。そのため、望みの外乱抑制性能を前もって指定することができず、問題になっている。

研究成果：本研究では、バリア関数を制御系設計に導入し、それにより外乱抑制精度を直接に指定することを可能にした。これは、外乱抑制性能を前もって設計できることを実現し、見通しのよい外乱抑制制御系を構築した。また、それを実現する制御系（図 1）設計法も併せて提案した。スチュワート・プラットフォームを用いて、この手法と従来の各種アクティブ外乱抑制手法のステップ応答（図 2）を比較し、本手法の有効性と優位性を示した。

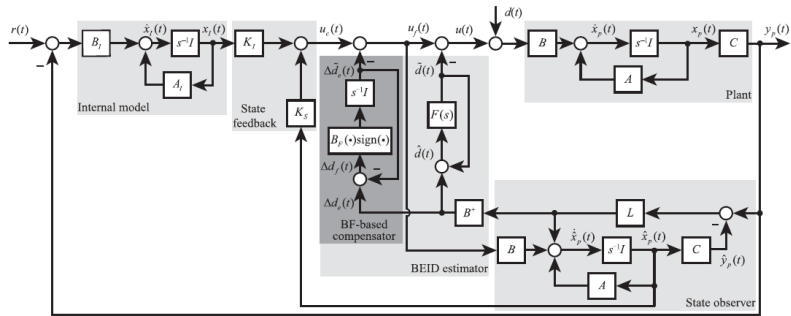


図 1 提案した制御系構造

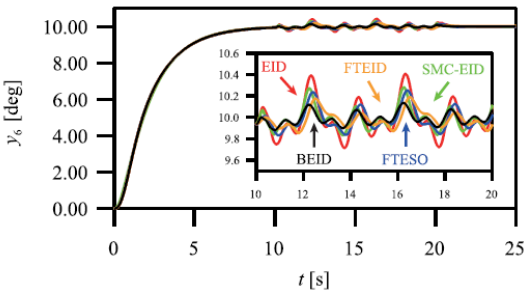


図 2 各種手法のステップ応答結果の比較例

社会への影響：目標入力信号は既知なので、それに対する制御性能は設計できるが、外乱は前もって知らないため、それに対する抑制性能を設計するのは難題であった。本研究は、バリア関数に基づく等価入力外乱手法（BEID）を提案し、未知の外乱に対しても外乱抑制性能を指定し設計できるように成功した。本手法により、制御精度に関する要求の厳しい精密加工などにおける制御系の設計の見通しを格段に高め、システム制御の高精度に大きく寄与する。

専門用語：

等価入力外乱手法：シャと共同研究者が提案した新しいアクティブ外乱抑制手法であり、外乱に関する先見的な情報を必要としなく、外乱抑制システムの構造がシンプルであり、外乱抑制性能が容易にチューニングできるなどの特徴を持つ。

バリア関数：バリア関数は、制約条件を満たさない点に無限大のペナルティを与える関数である。主に最適化や制御で、安全領域の外側を「通れない壁」として表現するために使う。