



Title: Robust Disturbance-Rejection Design for Systems With Uncertainties, Disturbances, and Noise
(不確かさ、外乱、ノイズを含むシステムのためのロバストな外乱抑制設計)

Authors: Zewen Wang, Jinhua She, Daiki Sato, and Seiichi Kawata
(王澤文 (中国地質大学)、余錦華 (東京工科大 工学部 教授)、佐藤大樹 (東工大 准教授)、川田誠一 (中国地質大学 教授))

Journal: IEEE Transactions on Industrial Informatics 21 (2025) 2134-2143

掲載年月: 2025 年 3 月

研究概要: 本論文では、計測ノイズを考慮しつつ、制御出力に対する不確かさや外乱の影響を効果的に減衰させるロバスト修正等価入力外乱(RMEID)設計アルゴリズムを提案する。修正等価入力外乱 (MEID) 推定とロバストフィードバックを含むロバスト外乱除去フレームワークを示す。本アプローチの有効性は、メカトロニクス制御システムを含むケーススタディを通じて実証された。

研究背景: アクティブ外乱抑制手法の中、著者らの提案した等価入力外乱手法は、外乱オブザーバーや拡張状態観測器に比べ、システム構成などが優れており、様々な修正案が提案されてきた。しかし、システムパラメータに不確かさがある場合は、ロバストな安定条件を導出する必要があり、修正等価入力外乱手法を用いたロバスト制御システムの設計手法を検討することが必要である。

研究成果: 修正等価入力外乱手法に基づく外乱抑制制御系を安定化させるために、ロバストフィードバック制御則を構築した。ロバスト安定性と制御性能を同時に保証される線形行列不等式を導出し、それを解くことにより制御系のパラメータが求められる。メカトロニクスシステムの代表例である 2 慣性系を用いて、他手法と比較することにより本手法の有効性と優位性を示した。

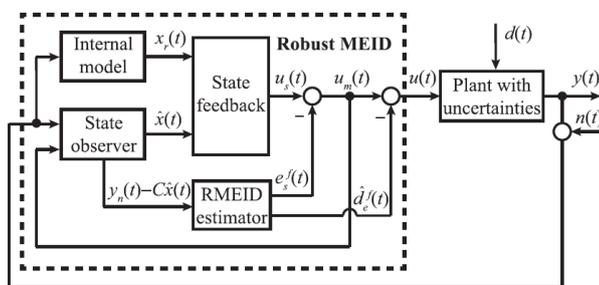


図 1 提案した制御系構造

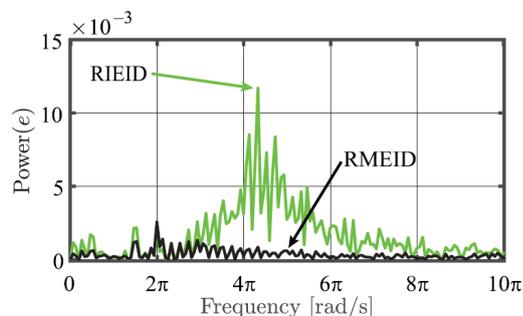


図 2 制御誤差の FFT

社会への影響: 本手法を用いることにより、メカトロ系の外乱抑制性能の向上が図れるだけでなく、環境が大きく変わる状況においてもメカトロ系の安定運行や制御性能の維持を実現する手法を示し、自然環境という不確かさの多い状況においてもロボットの安定稼働に寄与する。

専門用語:

等価入力外乱手法: シヤ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。

ロバスト制御: システムにモデリングしていないダイナミクスや非線形特性を持つシステムに対して、粗い数学モデルに基づく制御システムでも安定かつ所定の性能を満足するよう制御するシステム設計法である。