



Title:	High-Precision Control for a Stewart Platform With Prescribed Disturbance-Rejection Performance
論文名（和訳）	所定の外乱除去性能を有するスチュワート・プラットフォームの高精度制御
Authors:	王翰韬（中国地質大学 大学院生），余錦華（東京工科大 教授），川田誠一（中国地質大学 教授），岩崎誠（名工大 教授）
Journal:	IEEE Transactions on Cybernetics
掲載年月	2026 年 5 月

研究概要：本論文では、スチュワート・プラットフォームの外乱除去性能を向上させる、所定性能コントローラに基づく等価入力外乱（PEID）手法を提案する。この PEID 手法は、外乱推定誤差が所定の時間内に有界な領域へ収束することを保証するものである。外乱推定誤差の有界幅は任意に小さく設定でき、収束時間も事前に指定することが可能である。安定性条件は、PEID に基づく制御系を 3 つのサブシステムに分割して導出し、所定性能コントローラに基づく補償器の設計にはバリア・リアプノフ関数が用いられる。また、システムパラメータを設計し、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アルゴリズムも構築する。スチュワート・プラットフォームを用いた実験により、提案する PEID 手法の有効性と優位性が実証された。

研究背景：制御系の制御性能を高めるために、アクティブ外乱抑制手法は注目されている。一方、外乱の特性は前もって知らないため、従来の手法では制御誤差について、主に大域的一様有界かつ最終有界でしか保証されないため、理論上安定な制御系でも、制御誤差が大きい故、実用的でないこともある。このような問題点を解決し、あらかじめ指定された制御性能が実現可能な制御系設計を検討することは重要である。

研究成果：本研究では、著者が先に提案した等価入力外乱手法と違い、非線形なバリア関数を制御入力に導入することにより、外乱除去誤差の上限は任意に小さく設定することが可能にし、さらに、外乱除去誤差の収束時間も事前に指定できるようにした。構築した制御系（図 1）設計手法をスチュワート・プラットフォームに適用し、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（表 1）。

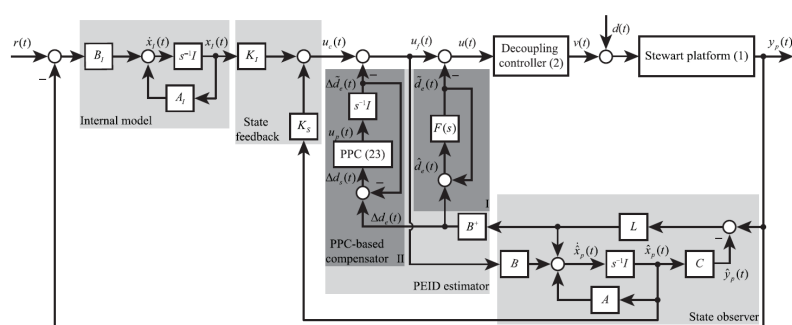


図 1 提案した制御系

Index	Approach	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
IAE	PEID	0.66	0.71	0.71	0.01	0.01	0.45
	EID	1.98	1.98	1.35	0.04	0.04	0.55
	SMC-EID	1.38	1.38	1.38	0.03	0.03	0.52
	FTSO	1.34	1.34	1.34	0.02	0.02	0.50
	MEID	1.03	1.03	1.03	0.02	0.02	0.48
ITAE	PEID	24.02	24.07	24.07	0.11	0.11	1.15
	EID	25.47	25.47	25.47	0.20	0.20	1.32
	SMC-EID	24.80	24.80	24.80	0.16	0.16	1.25
	FTSO	24.78	24.78	24.78	0.15	0.15	1.23
	MEID	24.41	24.41	24.41	0.13	0.13	1.20

表 1 補償結果 [IAE (integral of absolute error)と ITAE (integral of time absolute error)]

社会への影響： パラレルロボットとしてスチュワート・プラットフォームは、食品、医療、電子部品ラインなど広く使われている。その応用範囲をさらに広げるために、各種外乱を決められた時間内に決められた精度まで抑えられなければならない。本研究は、それを実現する一手法を提案した。

專門用語：

スチュワート・プラットフォーム：6本の伸び縮みする脚で台を支える並列ロボット機構であり、6自由度を持つ機構として使われる。剛性が高く、重いものを支えながら高精度に動かしやすいという特徴を持つ一方、制御や計算はやや複雑である。

バリア関数：「状態がある範囲を絶対に超えないようにしたい」ときに，その制約に近づくほど値が急に大きくなる関数である。