



Title: Two-Degree-of-Freedom Spatial Robust Preview Repetitive Control for Rotational Systems
(回転系の2自由度空間ロバストプレビュー繰返し制御)

Authors: Yujian Zhou, Jinhua She, Haruki Shimizu, Shijie Guo, Feng Wang, Yong He, Seiichi Kawata, and Makoto Iwasaki

(周宇健(中国地質大学)、余錦華(東京工科大 工学部 教授)、清水春樹(東京工科大学)、
郭士傑(河北工業大学)、王峰(中国地質大学)、何勇(中国地質大学)、川田誠一(中国地質大学 教授)、
岩崎誠(名古屋工業大学))

Journal: IEEE Transactions on Industrial Electronics DOI: 10.1109/TIE.2025.3544175 (2025) 1-11

掲載年月: 2025 年 5 月

研究概要: 本論文では、空間周期信号に対するロバスト追従と外乱除去を保証する回転システムの2自由度(2DOF)空間ロバストプレビュー繰返し制御(2DOFSRPC)法を提案する。時間領域における線形系は空間領域において非線形となるため、まず厳密フィードバック線形化手法を用いて線形化を行う。次に、空間領域における2自由度繰返し制御系を構築し、プレビュー制御とロバスト制御を融合した制御系設計を行う。

研究背景: 回転系は、周期的信号の追従や周期的外乱の除去がよく要求される。このような周期信号は本質的に空間に関するものであり、時間に関するものではない。しかし、空間に関する制御系設計は非常に難しいため、従来からそのような周期信号を時間領域における周期信号と見立てて制御を行ってきた。その場合、回転速度変動による周期変動の取り扱いは問題となっている。

研究成果: 本研究では、回転系は本質的に空間に関する周期的信号の追従や除去を行わなければならないことに注目し、時間領域を空間領域に変換する手法を用いて、制御問題を空間で統一して検討するフレームワークを構築し、空間領域においてロバスト制御、プレビュー制御と厳密線形化手法を融合した制御系設計手法を提案する。

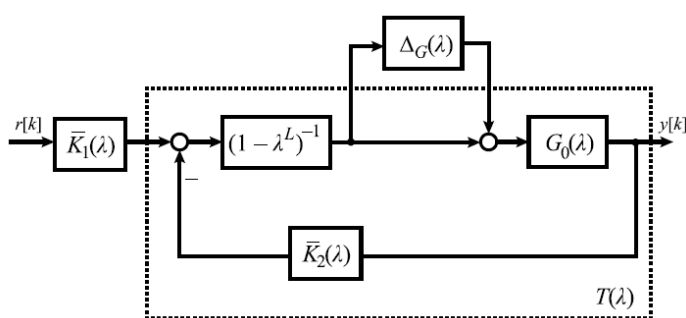


図1 2自由度空間ロバストプレビュー繰返し制御系

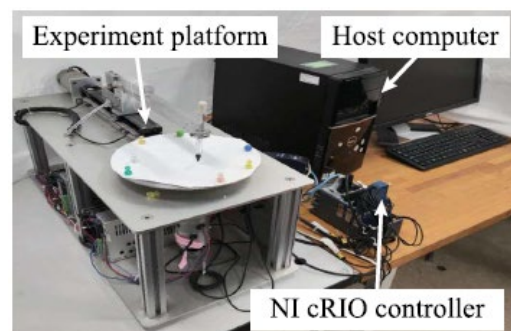


図2 実験システム

社会への影響: マシニングセンターやモーションキャプチャシステムのような回転系は、スマートグリッド、機械加工、バイオテクノロジーやサービス産業など多くの分野で広く使われている。空間作業における周期信号に関する制御は、従来から時間領域における繰返し制御手法が検討されてきた。しかし、回転速度の変動やシステムの不確かさにより時間領域における信号周期の変動を引き起こし、制御精度に大きな影響を与える。本研究で得られた成果を適用することにより信号周期の変動を完全に抑えられ、制御の超高精度が実現可能となる。

専門用語:

繰返し制御: 繰返し制御はロボットの繰返し動作に現れる周期的な目標信号への追従や、モータなどの回転系で生じる回転むらとい

う周期的な外乱の除去に有効な制御系である。基本的なアイデアはサーボ系に要求される「内部モデル原理」であり、周期信号発生器と呼ばれるモデルをフィードバック制御器に持たせるサーボ系となっている。

2 自由度制御系：システムに関連する信号として、外生信号と計測信号という二つのカテゴリーに分けることができる。それぞれに制御器を使って情報処理をすることにより、システムのフィードバック性能と目標追従性能に代表される各種制御性能が独立に設計可能となり、このような制御系は 2 自由度制御系という。