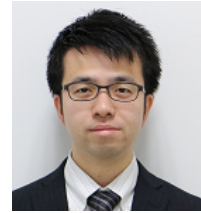


研究タイトル： 能動的外乱除去制御器を応用した クワッドロータの高精度飛行制御に関する研究



氏名： 田中 諒 / TANAKA Ryo E-mail: rtanaka@kurume-nct.ac.jp
 職名： 准教授 学位： 博士 (工学)

所属学会・協会： 電気学会, 計測自動制御学会, IEEE

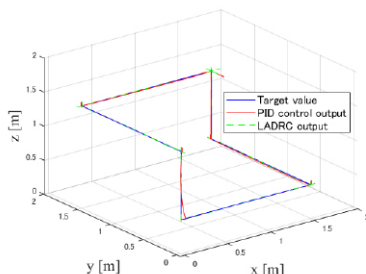
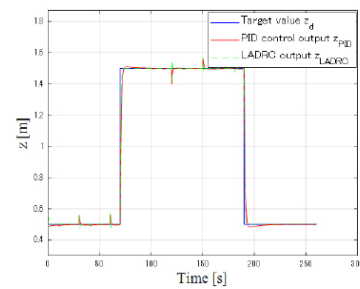
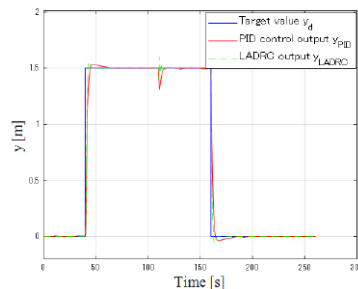
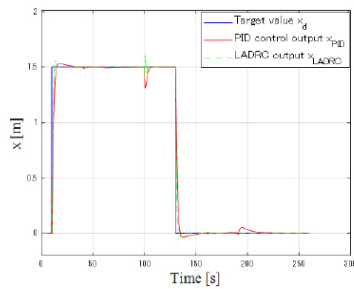
キーワード： クワッドロータモデリング, 能動的外乱除去制御器, 拡張状態観測器, 制御系設計

技術相談
 提供可能技術：
 ・システム制御理論 (古典制御理論, 現代制御理論) に基づく制御システムの安定解析
 ・MATLAB/Simulink, Octave ソフトウェアを用いた制御系設計
 ・能動的外乱除去制御器を応用した種々の制御対象に対する制御系設計
 ・制御対象の数理モデルに依らない, モデルフリーな制御系設計

研究内容： 能動的外乱除去制御器を応用したクワッドロータの高精度姿勢制御に関する研究

近年, クワッドロータをはじめとする小型無人航空機と人工知能 (AI) や身の回りのあらゆるモノがインターネットにつながる仕組みをもつ IoT などを活用し, 測量・物流・点検など, 多くの分野で労働力が補われており, 今や小型無人航空機を応用した技術は国内において必要不可欠な要素技術の一つとなっている。飛行前方の障害物に迅速に認識し, 衝突回避を自律的に行ったり, 複雑な環境を認識し, 飛行経路を自ら生成しながら自律飛行したりするためには, ガイダンス (G), ナビゲーション (N) および制御システム (C) が重要な役割を果たす。本研究では制御システム (C) に着目し, ガイダンス (G) システムから指示される様々な目標値や命令と, ナビゲーション (N) システムから伝送される現在の機体の位置や飛行速度, 姿勢などをもとに, 三次元空間を自在に飛行する制御系を設計することで, 地上座標系における x, y, z 軸方向の変位, およびこれらを回転軸とした回転角 (ロール, ピッチ, ヨー) の 6 つの制御信号を同時に制御できる。なお, クワッドロータのモデリングは, ①機体フレームは剛体である, ②機体フレームは対称である, ③機体フレームの重心と機体座標系の原点は一致している, ④プロペラは剛体である, ⑤推力と抗力はプロペラの回転数の 2 乗に比例すると仮定し, オイラー・ラグランジュ法あるいはニュートン・オイラー法により導出する。

下図に PID 制御 (先行研究), および能動的外乱除去制御器 (LADRC, 提案法) を応用した, 目標経路の追従結果を示す。また, 下表に 6 つの制御信号に対する ISE 値, ITAE 値を示す。これら指標は, 値が小さいほど目標経路の追従性能がよいことを意味する。クワッドロータの数理モデルをもとに設計される PID 制御に対し, クワッドロータの数理モデルを要しない LADRC の方が優れた制御性能を有することを, MATLAB/Simulink を用いた数値シミュレーションにより確認している。また, 100 秒, 110 秒, 120 秒時にそれぞれ x, y, z 軸方向に吹く風に煽られることを想定した未知外乱に対しても, 本提案法の方が優れた外乱除去性能を有することを同時に確認している。

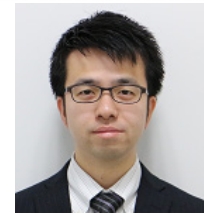


PID			LADRC		
制御信号	ISE	ITAE	制御信号	ISE	ITAE
変位 x	4.4919	5.977×10^2	変位 x	3.3030	2.649×10^2
変位 y	4.4404	6.165×10^2	変位 y	3.3023	3.641×10^2
変位 z	0.9768	3.445×10^2	変位 z	0.8428	1.989×10^2
ロール ϕ	0.1218	63.81	ロール ϕ	0.0051	15.49
ピッチ θ	2.2855	6.535×10^2	ピッチ θ	0.0889	1.233×10^2
ヨー ψ	4.7620	7.101×10^2	ヨー ψ	4.6869	7.031×10^2

提供可能な設備・機器：

名称・型番 (メーカー)

研究タイトル： 台車型倒立振子の特性値再測定を要しない能動的な外乱除去制御器設計に関する研究



氏名： 田中 諒 / TANAKA Ryo E-mail: rtanaka@kurume-nct.ac.jp
 職名： 准教授 学位： 博士(工学)

所属学会・協会： 電気学会, 計測自動制御学会, IEEE

キーワード： 台車型倒立振子, 能動的な外乱除去制御器, 拡張状態観測器, 制御系設計

技術相談
 提供可能技術：
 ・システム制御理論(古典制御理論, 現代制御理論)に基づく制御システムの安定解析
 ・MATLAB/Simulink, Octave ソフトウェアを用いた制御系設計
 ・能動的な外乱除去制御器を応用した種々の制御対象に対する制御系設計
 ・制御対象の数理モデルに依らない, モデルフリーな制御系設計

研究内容： 台車型倒立振子の特性値再測定を要しない能動的な外乱除去制御器設計に関する研究

倒立振子は自動制御を体系的に学習するために広く利用される実験装置の一つである。大学や高等専門学校などにおける学生実験や、大学や高等専門学校のみならず、民間企業や研究所などにおいても、新たな制御理論の有効性を検証するための基礎的研究などで広く利用されている。この倒立振子を用いた高精度な自動制御を成し遂げるために、PD制御、ファジィ制御、スライディングモード制御など、これまで数多くの制御手法が考案されてきた。これらの制御器は、制御対象の数理モデルに基づき、設計されることが一般的であるが、制御対象の特性が大きく変化すると、制御系が不安定に陥ることがあるため、このような場合には制御対象の特性値を再測定してから制御器を設計し直す必要がある。そこで、制御対象の特性変化及び未知外乱に対して極めて優れた頑健性を有し、制御対象の数理モデルが未知の場合でも設計可能な革新的な制御器として、能動的な外乱除去制御器(Active disturbance rejection control: ADRC)が近年注目を集めている。本研究では、台車の変位及び振り子の角度に対する制御器をそれぞれ設計し、これらをカスケード接続した制御系に対し、安定化させる制御器パラメータや設計可能な条件を明らかにすることを目的とする。本研究が確立すると、ロケットの姿勢制御やセグウェイ、自転車型ロボットの不倒停止制御など、種々の制御対象に対して広く応用できると考えており、より広い学術、科学技術あるいは社会などへの波及効果が期待できる。

図1に台車型倒立振子の高精度姿勢制御のための、カスケード型制御系のブロック図を、図2, 3に台車の重さをノミナル時と比べて1.5倍とし、特性を変化させたときのPD制御(従来法)とLADRC(Linear ADRC, 提案法)に対する台車の変位と振り子の角度の出力波形をそれぞれ示す。図2, 3より、台車型倒立振子の数理モデルを要するPD制御よりも、台車型倒立振子の数理モデルを要しないLADRCの方が、台車の変位及び振り子の角度とともに、この特性変化に対して優れた頑健性を有することを、MATLAB/Simulinkを用いた数値シミュレーションにより確認している。また、10秒時に振り子を手で突くことを想定した未知外乱に対しても、本提案法の方が優れた外乱除去特性及び制御対象の特性変化に対する頑健性を有することも同時に確認している。

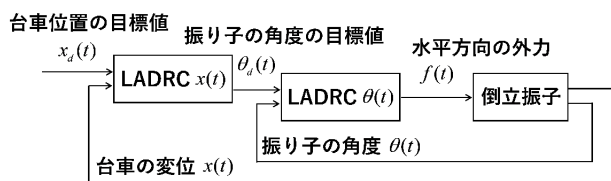


図1 台車型倒立振子の制御のためのブロック図

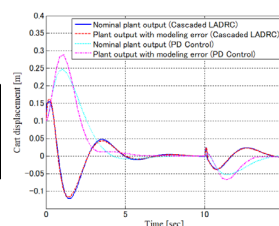


図2 台車の変位の波形

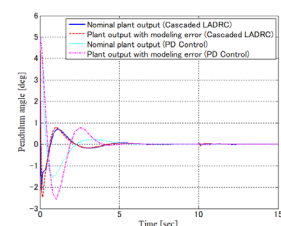


図3 振り子の角度の波形

提供可能な設備・機器：

名称・型番(メーカー)

名称・型番(メーカー)	