

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06501

研究課題名(和文) 実践的モデルフリー設計を実現するスマート適応制御系構築に関する総合的研究

研究課題名(英文) Research on a Development of Smart Adaptive Control Systems Realizing Practical Model Free Design

研究代表者

水本 郁朗 (Mizumoto, Ikuro)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授

研究者番号：30239256

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、適応的、データ指向的制御系設計法に関して、これまでの研究成果を拡張する形で、スマートな適応制御システムとしての基本的な設計法の体系化の検討を行った。特に、システムのASPR性に基づいた適応出力フィードバック制御手法をベースに、モデルフリーな新しい制御系設計の体系化が実現できた。この研究により、制御対象のモデルを用いずに、これまでの蓄積されたデータ、現在の操業データさらには未来のデータや未知外乱に隠されたデータをフルに活用したモデルフリー制御系システムとしてのスマート適応制御システム実現へ向けての検討が行えた。さらに、開発した制御システムの有用性を実験的に検証しその有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今日の産業界において、生産性の向上、省エネルギー・省力化など、製品の品質の向上と生産コストの削減が喫緊の課題となっており、高性能かつ実践的な制御手法への期待が高まっている。本研究は、これらの要望に応える制御技術として、これまでの適応制御やデータ指向型の制御の概念にとらわれない、過去、現在および未来の情報をフル活用したモデルフリーなスマート制御システム設計法の構築・体系化を目指すものである。このスマート制御系設計法の体系化を実現することで、今後さらに必要とされる生産性の向上、省エネルギー・省力化など、製品の品質の向上と生産コストの削減を実現する制御システムの実現が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we consider developing a smart adaptive control system by expanding adaptive and/or data-driven control strategy. Especially, we developed novel model free control system design scheme based on the almost strictly positive real (ASPR) based adaptive output feedback control scheme, which has been well recognized as a practical control method with simple controller structure and robustness with respect to systems uncertainties and disturbances. Moreover, we tried to design robust control system for uncertain disturbances without disturbance model and achieved some positive results. With these results, we were able to investigate the realizability of the considered smart adaptive control system using data in present, past and future. In this research, we also tried to apply the proposed methods to experimental pilot systems and validated the effectiveness of the developed smart adaptive control.

研究分野：制御工学

キーワード：適応制御 PFC モデルフリー設計 データ駆動型制御 適応予測制御

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、産業界においては、国際競争の激化などの煽りを受けて、高品質、生産性の向上、省エネルギー・省力化など、製品の品質の向上と生産コストの削減が、より一層重要視されるようになってきている。これらの問題を解決する上で、制御技術は製品の高度化、知的化、さらには製造システムの高度化、知的化を支える重要な技術として再認識されてきており、制御システムのさらなる高機能化・知能化が求められている。しかし、実際の多くの産業分野で使われている制御手法の多くは、未だに PID 制御手法が主流である。この理由の一つは、PID 制御手法が、構造が簡単で、制御器パラメータの物理的意味が明確、また、対象とするシステムの正確な数式モデルが分からなくても、現場の技術者の経験に基づく制御器の調整により、容易に不確かさや外乱に対するロバスト性のある制御系設計が可能である、ということである。一方で、産業界において、より高性能な制御器に対する期待が、近年、製品の高性能化、知能化さらには省エネ化の観点から一層高まっているのは上述の通りである。しかしながら、従来の高性能化を達成する制御系設計は、何らかの形で対象とするシステムの数式モデルに依存しており、高度な制御系を実現するためには、設計で用いるモデルの構造を十分に検討したうえで制御系が設計されなければならないのが現状である。このことは製品の開発時間およびコストパフォーマンスの面からはマイナスの要因となっている。また、設計された制御系の性能も使用されるモデルの構造に大きく依存することとなり、汎用性の面からも何らかの新しい概念に基づく制御系設計法の確立への期待が日々高まっている。

このような背景から、計測自動制御学会および電気学会において、この 10 年の間「実践的適応学習制御調査研究会」や「データに基づく適応型スマートシステム調査専門委員会」等により、意欲的に新しい概念に基づいた制御システム(スマート制御システム)の構築に関する調査研究が行われてきており、特に、種々のデータを基にした新たな適応的な制御系設計の取り組みは、従来型の適応・学習制御の枠組みを超えて、制御性能の一層の向上および安全性に向けた新しい制御系設計の枠組みになり得ると考えられている。しかしながら、これまでの研究の多くは、適応型の制御手法やデータ指向型の制御手法などのスマート制御システムを目指した手法が個別に提案、検討されたものであり、何れも制御対象のモデルへの依存度を低減し、不確かな制御対象に対する制御性能の一層の向上および安全性を常に担保する制御系の設計という方向性は共通しているにも拘わらず、それらのモデルフリーの観点からの体系的な議論は不十分であり、モデルによらない制御手法を統合したより簡単かつロバスト性、高性能性に優れた体系的かつ革新的なスマート制御システムの開発には未だ至っていないのが現状であった。

2. 研究の目的

今日の産業界において、生産性の向上、省エネルギー・省力化など、製品の品質の向上と生産コストの削減が喫緊の課題となっており、より高度なかつ実践的な制御手法への期待が高まっている。

本研究では、これらの要望に応える制御技術として、これまでの適応制御やデータ指向型の制御の概念にとらわれない、過去、現在および未来の情報をフル活用したモデルフリーなスマート制御システム設計法の構築・体系化を目指すものである。

基本となる制御手法は、これまでも申請者らが中心となり研究を行ってきた手法であるが、この研究を発展かつ統合させる形で、モデルフリー・単純・高性能・安全な制御システムの設計法の確立・体系化を行い、実用的かつ実践的でありかつスマートな制御系の構築を目指す。さらに、確立されたスマート制御システムの実用性を確認するために、機械系、プロセス、電気系の種々のパイロットプラントに適用し、実証的に検証する。

3. 研究の方法

本研究では、初めに、適応的、データ指向的制御系設計法に関して個別に、それぞれのこれまでの研究成果を拡張する形で、スマートな適応制御システムとしての基本的な設計法の体系化を目指す。

適応的手法においては、構造が単純でロバスト性に優れているという点で実践的な適応制御手法として知られているシステムの ASPR 性に基づいた適応出力フィードバック制御手法をベースに、モデルフリーな新しい設計法の体系化を図った。データ指向的手法においては、これまで一般化分散制御、最小分散制御、PID 制御手法などに対して個別に提案されていた蓄積された操業データを基にしたモデルフリー制御系設計法の体系化を図り統一的な概念の確立を目指した。さらに、外乱に対するロバスト性の検討として、外乱モデルに依存しない外乱モデルフリーな適応的かつデータに基づくロバスト制御系設計法の検討を行った。

最終的に、これらを統合する形で、制御対象のモデルを用いずにこれまでの蓄積されたデータおよび現在の操業データさらには未来のデータや未知外乱に隠されたデータをフルに活用したこれまでの適応・学習制御の枠組みにとらわれないモデルフリー制御系システムとしてのスマート適応制御システムの構築を目指す。なお、本研究では、開発したスマート適応制御システムの有用性を種々のパイロットプラントにより、実証的に検証し、近未来での実用化の検討を行った。

具体的には、各年度で下記のような計画で研究を遂行した。

(1) 平成 29 年度の研究計画・方法

平成 29 年度は、適応的およびデータ指向的手法に関して個別にそれぞれのこれまでの研究成果を拡張する形でスマート適応制御システムの基本的設計法の体系化を目指した。具体的には、以下の項目に対して、個別に検討を行った。

適応的モデルフリー制御系設計に関する検討

適応的手法においては、構造が単純でロバスト性に優れているという点で実践的な適応制御手法として知られているシステムの ASPR 性に基づいた適応出力フィードバック制御手法をベースに、モデルフリーな新しい設計法の体系化を図った。この研究では、これまでの研究成果を基に対象システムの ASPR 化を実現するために必要不可欠な並列フィードフォワード補償器 (PFC) の設計を含めた制御系全体の制御対象のモデルによらないモデルフリーな適応的設計法の提案を行った。

データ指向的モデルフリー制御系設計

蓄積されたデータを有効に活用し、さらに操業データを効果的にモニタリングすることでデータに基づく適応的(データ指向型)制御系を構成する手法が現在までいくつか検討されており、申請者もこれまでデータに基づく制御系構築を行っている。ただ、これまでの手法は、それぞれ個別の制御手法に対するものであった。そこで、データ指向的手法においては、これまで種々の制御手法に対して個別に提案されていた蓄積された操業データ(大容量データ)を基にしたモデルフリー制御系設計法の理論的拡張を行い、操業データに基づくモデルフリー制御系設計法の統合的な設計法の確立を目指し、(a) データ指向型モデルフリー制御系設計法の検討、(b) モデルフリー出力予測器の検討を行うことで、データ指向型のスマート制御系設計法の検討を行った。

(2) 平成 30 年度以降の研究計画・方法

平成 30 年度以降は 29 年度に個別に理論的な検討を行った、適応型およびデータ指向型モデルフリー制御系設計法の拡張を行い、それぞれの特徴を生かす形での統合を図ることで制御手法のスマート化の実現を目指した。また、並行して検討を行っていた外乱ロバストを達成する手法を補償器として組み込むことで、実用的なスマート適応制御系の構築を行った。構築したスマート適応制御手法の有用性を数値シミュレーションおよび実機での実証実験により検討し、スマート制御系構築のための総合的な検討を行った。具体的には、以下の点に重点を置き拡張した。

実用・実践的なスマート適応制御系設計法の体系化

29 年度に検討を行った適応型モデルフリー出力フィードバック制御系とデータ指向型モデルフリー制御系設計法とをもとに、2 自由度の制御系構造をベースにしたスマート制御系設計法を検討し、モデルフリー設計法を実現するスマート適応制御手法の開発をおこなった。

実証実験による検討

研究により構築したスマート適応制御手法の有効性および実用性を実験室レベルの実験装置 (a)タンクプロセス実験装置、(b)磁気浮上システム実験装置により検証した。

4. 研究成果

本研究では、適応的、データ指向的制御系設計法に関して、これまでの研究成果を拡張する形で、スマートな適応制御システムとしての基本的な設計法の体系化の検討を行い、特に、構造が単純でロバスト性に優れているという点で実践的な適応制御手法として知られているシステムの ASPR 性に基づいた適応出力フィードバック制御手法をベースに、モデルフリーな新しい設計法の体系化が実現できた。さらに、外乱に対するロバスト性の検討として、外乱モデルに依存しない外乱モデルフリーな適応的かつデータに基づくロバスト制御系設計法の検討を行い一定の成果が得られ、制御対象のモデルを用いずにこれまでの蓄積されたデータおよび現在の操業データさらには未来のデータや未知外乱に隠されたデータをフルに活用したモデルフリー制御系システムとしてのスマート適応制御システム実現へ向けての検討が行えた。さらに、本研究では、開発したスマート適応制御システムの有用性を種々のパイロットプラントにより、実証的に検証しその有用性を確認した。

具体的には、以下の項目について成果が得られた。

(1) 制御対象のモデルフリーな適応並列フィードフォワード補償器 (PFC) の実現

安定な適応出力フィードバック制御系を構成する上で重要なシステムの概強正実 (ASPR) 化を実現するために必要な並列フィードフォワード補償器はこれまでその多くがモデルに依存したものであり、かつ、オフラインで設計されたものであった。本研究では、この PFC を適応的にオンラインで自動的に調整する適応 PFC 設計法を開発した。

(2) モデルフリー適応パラメータ調整法の実現

適応制御手法において、適応ゲイン等のパラメータを如何に決定するかは重要な課題であった。この問題に対し、入出力データを用いた最適パラメータ決定法の検討を行い、その可能性について検証した。

(3) 適応出力予測器の開発と適応予測制御系の実現

過去の入出力データを用いるのみでなく、未来の情報を用いることでよりロバストかつ高性能な制御系実現の可能性が上がる。未来のデータ取得のためには、予測器を構成する必要がある。しかし、従来、予測器構成のためには正確なシステムのモデル、また、外乱の予測が必要であっ

た．本研究では，PFC を併用した新しい拡張系に対する構造の簡単かつロバストな出力予測器設計法の検討を行い，ロバスト適応出力予測器を開発した．開発した予測器では，不確かな制御対象に対し，準モデルフリーかつ外乱に対してロバストな予測制御器が実現できる．

(4) スマート適応制御系の実現

開発した種々のモデルフリー設計法を統合する形で，2 自由度構造のスマート適応制御系構築の検討を行った．提案したスマート適応制御系では，適応 PFC により制御系全体の安定性を適応出力フィードバックにより保証し，さらに，適応出力予測器を用いた出力予測制御器をフォワード制御として用いることにより，出力追従特性の制御性能が向上した適応制御系が実現できた．図 1 に最終的に開発したスマート適応制御系のブロック線図を示す．2 自由度構造とすることで，より，ロバストな適応制御系が構成できる．

(5) 種々のロバスト設計法の検討と実証実験による検証

実用化に向けて，入力制限下でのロバスト制御系設計法の検討および開発した適応制御手法の有効性および実用性を数値シミュレーションおよび実際の実機実験により検証し，実用化への検討を行った．具体的には以下の検討検証を行い，検証した．

入力制限下での提案手法の Anti-windup 化の検討．

研究室所有の非線形 3 タンクプロセス実験装置により，新しく開発したスマート適応制御手法の有用性の検討を実験的に行い，公称モデルに大きな不確かさが存在する場合を想定することで，開発したスマート適応制御手法の制御性能を確認することができた．

研究室所有の磁気浮上実験装置により，メカニカルシステムへの適用可能性について，実験的検討を行い，実現したスマート適応制御手法の有用性の検証ができた．

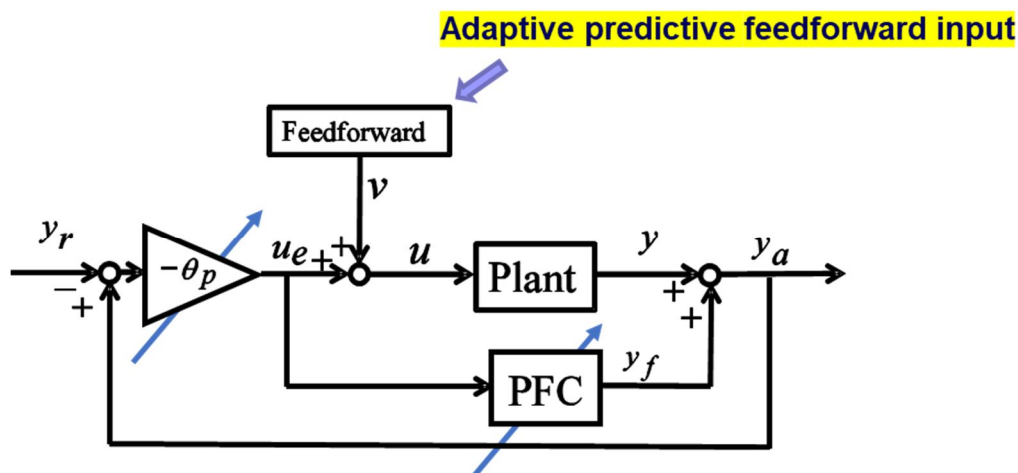


図 1 適応予測フィードフォワードを導入したスマート適応制御系

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 杣木奨太, 水本郁朗	4. 巻 139
2. 論文標題 入力飽和を有するシステムに対するAnti-Windup 補償器を付加した出力フィードバック適応制御系設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 293 ~ 299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.139.293	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Seiya Fujii and Hiroshi Mita	4. 巻 58
2. 論文標題 Output Feedback-Based Output Tracking Control with Adaptive Output Predictive Feedforward for Multiple-Input/Multiple-Output Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 11382-11391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.9b00107	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Satoshi Murakami and Shiro Masuda	4. 巻 -
2. 論文標題 ASPR Based Adaptive Output Feedback Control with an Output Predictive Feedforward Input for Continuous-Time Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 57th IEEE Conference on Decision and Control	6. 最初と最後の頁 613 ~ 619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CDC.2018.8619255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ikuro Mizumoto1, Shota Momiki	4. 巻 -
2. 論文標題 Augmented Anti-Windup Control for PI Control System via ASPR based Adaptive Output Feedback with a PFC	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)	6. 最初と最後の頁 650 ~ 655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤井聖也, 水本郁朗	4. 巻 138
2. 論文標題 入力直達項をもつ多入出力システムに対する適応フィードフォワードを併用した適応出力フィードバック制御系設計	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 556 ~ 565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.138.556	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Nobuyuki Kawabe, Masahito Hayashida, Masato Sano	4. 巻 9
2. 論文標題 ASPR based adaptive output tracking control with adaptive parallel feedforward compensator and its validation through experiments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematics in Engineering, Science and Aerospace (MESA)	6. 最初と最後の頁 65-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Nobuyuki Kawabe, Masato Sano, Masahito Hayashida	4. 巻 12
2. 論文標題 Control of a Magnetic Levitation System by ASPR based Adaptive Output Feedback Control with an Adaptive Parallel Feedforward Compensator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 245-254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.12.03.245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高木太郎, 藤田健汰, 水本郁朗	4. 巻 30
2. 論文標題 SACと適応PFCを用いた適応制御系のツインロータヘリコプタに対する一構成法とその検証	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 システム制御情報学会論文誌	6. 最初と最後の頁 379-385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5687/iscie.30.379	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taro Takagi, Ikuro Mizumoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Parameter Optimization with Input/Output Data via DE for Adaptive Control System with Neural Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of The 2018 International Conference on Artificial ALife and Robotics	6. 最初と最後の頁 338-341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Nobuyuki Kawabe	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive Output Feedback Based Output Tracking Control for Uncertain Nonlinear Systems Via T-S Fuzzy Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of 56th IEEE Conference on Decision and Control (CDC)	6. 最初と最後の頁 891-896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CDC.2017.8263772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Nobuyuki Kawabe	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive Output Feedback Based Output Tracking Control with Adaptive Parallel Feedforward Compensator	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of 20th IFAC World Congress	6. 最初と最後の頁 5486-5492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ifacol.2017.08.987	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Seiya Fujii, Ikuro Mizumoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive Output Feedback Control with Predictive Feedforward Input based on Extended Output Estimator	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of 6th International Symposium on Advanced Control of Industrial Processes (AdCONIP)	6. 最初と最後の頁 116-171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村上智史, 水本郁朗, 増田士朗	4. 巻 139
2. 論文標題 モデルフリー-PFCを用いた予測制御入力を有する適応出力フィードバック制御とその実用性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 1167-1174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.139.1167	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 kuro Mizumoto, Yusuke Makimoto, Shiro Masuda	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive Output Feedback Control with an Adaptive Predictive Feedforward Input for Continuous-Time Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 13th IFAC Workshop on Adaptive and Learning Control Systems (ALCOS 2019)	6. 最初と最後の頁 216-221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikuro Mizumoto, Kazui Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive Anti-Windup Control System Design for ASPR-based Adaptive Output Feedback Control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 13th IFAC Workshop on Adaptive and Learning Control Systems (ALCOS 2019)	6. 最初と最後の頁 37-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuto Tanaka, Seiya Fujii, Kota Akaike, and Ikuro Mizumoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Design of Cerebellar Model Articulation Controller Based Parallel Feedforward Compensator for Output Feedback Control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the SICE Annual Conference 2019	6. 最初と最後の頁 217-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Seiya Fujii, Satoshi Uchida, Ikuro Mizumoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive Output Feedback Control and Adaptive Design of Statical PFC for Discrete-Time MIMO systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 12th Asian Control Conference (ASCC)	6. 最初と最後の頁 643-648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 村上智史, 増田士朗, 水本郁朗
2. 発表標題 入出力データを用いたPFC設計法による予測フィードフォワード入力を有するASPR性に基づいた適応出力フィードバック制御
3. 学会等名 平成30年電気学会電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 初木奨太, 水本郁朗
2. 発表標題 入力飽和を有する制御対象に対するAnti-Windup適応出力フィードバック制御系設計
3. 学会等名 第61回自動制御連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上智史, 増田士朗, 水本郁朗
2. 発表標題 予測フィードフォワード入力を有するASPR性に基づいた適応出力フィードバック制御による磁気浮上システムの制御
3. 学会等名 第61回自動制御連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上智史, 牧本雄介, 水本郁朗, 増田士朗
2. 発表標題 連続時間における適応予測制御入力を有するASPR性に基づいた二自由度適応出力フィードバック制御
3. 学会等名 電気学会制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧本雄介, 村上智史, 水本郁朗, 増田士朗
2. 発表標題 適応予測フィードフォワード入力を有する適応出力フィードバック制御による磁気浮上装置の制御
3. 学会等名 第6回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上智史, 増田士朗, 水本郁朗
2. 発表標題 予測フィードフォワード入力を有するASPR性に基づいた連続時間出力フィードバック制御
3. 学会等名 電気学会 制御研究会 スマートシステムと制御技術シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎木奨太, 佐野雅人, 水本郁朗
2. 発表標題 入力飽和を有するシステムに対するAnti-Windup 補償器を付加した適応出力フィードバック制御系設計
3. 学会等名 電気学会 制御研究会 スマートシステムと制御技術シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Nonaka, Eiji Mori, Makoto Kumon, Ikuro Mizumoto
2. 発表標題 Control System Design for Linearized System of a Quadrotor by a Combination of ASPR Based Output Feedback and Back-Stepping Strategy
3. 学会等名 SICE International Symposium on Control Systems (ISCS) 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤池宏太, 田中悠翔, 水本郁朗
2. 発表標題 カーネル法による適応PFCを有するASPR性に基づく出力フィードバック制御
3. 学会等名 電気学会電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中悠翔, 水本郁朗
2. 発表標題 CMACによるPFCを有する適応出力フィードバックによるディーゼルエンジン燃焼制御
3. 学会等名 第62回自動制御連合講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----