

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03284

研究課題名（和文）外界情報活用による自動車エンジンの個性化最適制御手法

研究課題名（英文）Efficiency Optimization of Automotive Engines by Dynamical Control of Near Boundary

研究代表者

申 鉄龍（SHEN, TIELONG）

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：70245794

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、交通流や環境などの外界情報のリアルタイム遷移特性をモデル化し、それに基づいて自動車動力システムのエネルギー効率向上のための最適化制御手法を構築することである。具体的には、ガウス過程回帰やベイズ学習、極限学習機械などの手法を活用してエンジン・パワートレイン制御に向けた外界条件遷移挙動のモデルと予測アルゴリズムを構築し、モデルに基づいてドライバーデマンドや走行ルート及び交通環境などの実状況に適した動力システムの個性化最適制御系設計手法を開発した。さらに、動力システム制御のためのエンジンのオンボード燃焼制御や極値探索アルゴリズムを開発し、実験ベンチにおいて実験検証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自動車動力システムの制御は、個別な対象として考えるのではなく、IoTの一要素として外部環境変化に適応できる各々車両の挙動と特性に適する最適化を目指すべきである。本研究の成果はコネクティド環境を見据えた社会のモビリティのためのエネルギー効率向上課題をシステム最適化と制御の視点から挑戦し、次世代自動車動力システムだけではなく、その高効率化実現のためのエンジンの高精度制御手法を提案したものである。理論的な視点からいうと自動車動力系にとって外界環境の挙動には不確かさが多く、確率性も強い。また、パワートレインそのものも非線形系である。本研究成果はこのようなシステムの最適化制御手法を示したものである。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research is to develop a modeling methodology for describing the external information and real-time traffic behavior, and to construct an optimal engine control strategy for improving efficiency of automotive powertrains by utilizing the model. In detail, engine and powertrain control-oriented predictive models of external environment are constructed by using Gaussian process, Bayesian learning and extreme learning machine. Then, with the models, several design approaches to optimal control of automotive propulsion system are developed that individually meet the driver's demand, driving route and the traffic environment. Furthermore, on-board control algorithms for combustion control and extremal seeking are proposed according to the optimal powertrain management and experiment validation is conducted with a production engine.

研究分野：制御工学

キーワード：パワートレイン制御 ハイブリット自動車 エンジン 最適制御

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

テレマテックス(Telematics)という言葉に代表される自動車の情報化は、自動車そのものをサイバー空間に繋げ、情報ネットワークと現実の物理世界が一体になるいわゆる IoT(Internet of Things)を成すことによって、社会全体の省エネ化や環境改善のための技術革新に新たな可能性をもたらしていた。一方、急速に発展してきた自動車エンジン・パワートレイン制御の電子化は、その主役を担う電子制御ユニット(ECU)が強力な情報処理能力を持つようになり、ハイブリッド自動車などパワートレインの電氣化傾向は、自動車の動力システムを複雑にするとともに、制御によって如何にその効率を向上させるかが挑戦課題とされていた。エンジン効率 50%以上の実現を目指す JST 戦略的イノベーション創造プログラムが注目されており、自動車産業界でも燃費競争と 2020 年 EURO7 実施に向けてよりクリーンな自動車動力システム開発に力を投じていた。

一方、車両位置、車速、加速度、走行ルート等の情報やエンジン動作状態などをデータ化し、テレマテックスサービスを提供する社会環境が整備されつつあるにしても、それを利用しているのは行政運輸関連機構や車両管理、保険会社などに限られ、自動車の動力系・エンジン制御にその情報を活用して燃費と排気性能を向上させる技術開発の動きはまだまれであった。もちろん、ITS 分野ではすでに人と道路と車両とを情報ネットワークで繋ぎ、事故回避や安全支援運転から自動運転、交通管理システムとの協調による車両運送効率や快適性の向上上問題への挑戦が始まっていたが、各々車両の動力系に着目し、人・ルート・車両の情報ネットワークだけではなく、外界環境情報をアクティブに活用して、人・ルート・車両の個性に特化した個性化最適制御技術に期待が寄せられていた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、交通流や環境などの外界状況のリアルタイム遷移特性をモデル化し、それに基づいて自動車動力システムのエネルギー効率向上のための最適化制御手法を構築することである。自動車動力系は大規模な量産製品であるが、それを搭載する各々の車両を運転する人、走行ルート及び環境には個体差が大きい。一方、同一車両にとって毎日走行するルートと環境が重複することも多い。本研究は、内燃機関エンジンを含む動力系を対象に、人・ルート・環境などの外界状況に馴染む個性化によってエネルギー効率とエミッション性能の最適化を図るパワートレイン・エンジン制御手法を開発する。本研究では、外界情報の蓄積とリアルタイム変化をモデル化し、自動車動力系のマネジメント及びそれに伴うエンジン統括最適化制御に反映させることによって、量産車量それぞれの最適性を実現する個性化最適制御理論を構築し、量産エンジンを用いた産業開発レベルの Engine-in-the-loop システムにおいて実証実験を行うことによって、エンジン制御のための産業基盤技術確立に貢献する。

### 3. 研究の方法

本研究は、エンジン・パワートレイン制御系設計に向けた外界条件のモデル化から着手し、それを活用したエンジン最適制御系設計手法を構築することによって、個性化自動車動力システムの制御技術を確立する。外界情報要素の抽出とそのモデル化には、解析的手段の他に機械学習などの手法を用いるとし、外界情報を考慮した制御系最適化設計にあたっては、モデルベースのシステム論的解析手法と統計学習、極値探索など近年新しい発展を遂げたモデルフリーの最適化手法を融合して新しい制御手法の創出を目指す。モデル化のためのデータ採集や制御手法の検証実験は、交通流等外界状況のシナリオを確率的に模擬できる Engine-in-the-loop 実験環境

において実施する。

#### 4. 研究成果

本研究の主な成果は、交通流や環境及びそれらの影響を受けるドライバーのパワーデマンドに対して、エンジン・パワートレインをリアルタイムで最適化するための制御系設計手法を構築することである。具体的に対象とするシナリオによって得られた制御策は異なるが、制御系は図 1 に示す一般化構造を有する。各ブロックはそれぞれの目的に応じて学習または最適化問題として定式化し、その解をアルゴリズム化する。得られた成果の概要は以下のとおりである。

##### (1) 外界環境遷移のモデリングと予測手法

走行環境やルートの変化に対して、車両と環境、交通インフラと車両間 (V2I) の通信情報のデータ蓄積と学習に基づいて、エンジン負荷の予測手法を提案した。また、車両間 (V2V) 車両環境間のリアルタイム情報に基づくドライバーのデマンド遷移予測モデルをガウス過程回帰とベイズ学習アルゴリズムを適用することによって構築し、アルゴリズムのリアルタイム性を検証した。さらに、極値探索法をベースにエンジン制御マップのリアルタイム学習アルゴリズムを開発し、ノックや未着火等サイクル発生確率の予測アルゴリズムを開発した。

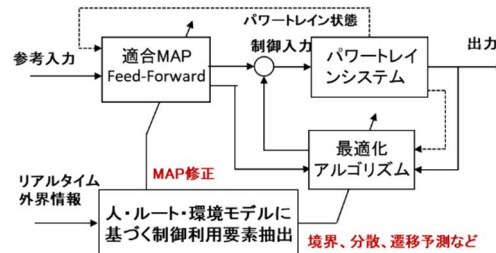


図 1. 外界情報を活用するパワートレイン制御系の構造

##### (2) ハイブリッドパワートレインの効率最適化制御手法

パワートレインの電氣化に伴い、ハイブリッドパワートレインが自動車動力システムの主流になりつつある。前述の外界環境遷移モデリングと予測手法をもとに、パワートレインの最適制御アルゴリズムを開発した。主なアルゴリズムとして、パワートレイン過渡運転時の効率最適制御手法、Value-function 学習に基づく動力分配問題の解法、区間車両密度の確率遷移特性学習によるエネルギー消費最小化アルゴリズム、強化学習に基づくエネルギー管理問題の解法、合流シナリオに向けた燃料消費最小化分散制御手法、ドライバー挙動予測に基づくモデル予測最適制御アルゴリズム等を構築し、Engine-in-the-loop ベンチにおいて実験検証結果を実施した。

##### (3) エンジン最適化制御手法

内燃機関であるエンジンの効率は運転条件や熱環境に応じて異なる。負荷と熱環境の変化特性を予測することによって、エンジンを動力学システムとしてその運動を制御し、定常状態だけでなく過渡時も高品質化高効率化を実現することに挑戦し、以下の制御手法を開発した。走行ルートの外界情報蓄積と予測によるエミッション最適化制御アルゴリズム、ハイブリッドパワートレインのエネルギー管理向けのエンジン過渡制御手法、ベータ分布を用いたノック確率制御アルゴリズム、強化学習によるモデルフリー始動制御手法、EGR ループの過渡制御手法。これらの制御アルゴリズムを量産のハイブリッド自動車用エンジンを用いて検証実験を行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 18件 / うちオープンアクセス 0件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yahui Zhang, Xun Shen, Tielong Shen  | 4. 巻<br>61              |
| 2. 論文標題<br>A Survey on Online Learning and Optimization for Spark Advance Control of SI Engines                              | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>SCIENCE CHINA Information Sciences   | 6. 最初と最後の頁<br>1-21      |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11432-017-9377-7  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Yahui Zhang, Jinwu Gao, Tielong Shen   | 4. 巻<br>29              |
| 2. 論文標題<br>Probabilistic Guaranteed Gradient Learning-Based Spark Advance Self-Optimizing Control for Spark-Ignited Engines  | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems  | 6. 最初と最後の頁<br>4683-4693 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TNNLS.2017.2767293   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |
| 1. 著者名<br>Xun Shen, Yuhu Wu, Tielong Shen  | 4. 巻<br>61              |
| 2. 論文標題<br>Logical control scheme with real-time statistical learning for residual gas fraction in IC engines                | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>Science China Information Sciences   | 6. 最初と最後の頁<br>1-13      |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11432-017-9268-2  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |
| 1. 著者名<br>Xun Shen, Tielong Shen   | 4. 巻<br>11              |
| 2. 論文標題<br>Chance-constrained optimization for torque tracking control with improving fuel economy in spark-ignition engines | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration   | 6. 最初と最後の頁<br>65-371    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.9746/jcmsi.11.365   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Tielong Shen, Mingxin Kang, Jinwu Gao, Jiangyan Zhang and Yuhu Wu                           | 4. 巻<br>5           |
| 2. 論文標題<br>Challenges and solutions in automotive powertrain systems, Journal of Control and Decision | 5. 発行年<br>2018年     |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Control and Decision   | 6. 最初と最後の頁<br>61-93 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/23307706.2017.1399092   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>131-18    |
| 2. 論文標題<br>Air Path Dynamics Control and Efficiency Optimization for Gasoline Engines with EGR | 5. 発行年<br>2018年   |
| 3. 雑誌名<br>JSAE Paper   | 6. 最初と最後の頁<br>1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Fuguo Xu, Jiangyan Zhang and Tielong Shen                                | 4. 巻<br>115-18    |
| 2. 論文標題<br>Putting HEV Powertrain Dynamics into a Road Traffic Simulation Platform | 5. 発行年<br>2018年   |
| 3. 雑誌名<br>JSAE Paper   | 6. 最初と最後の頁<br>1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する      |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, Xi-Ming Sun, Xudong Zhao, and Tielong Shen   | 4. 巻<br>100           |
| 2. 論文標題<br>Optimal control of Boolean control networks with average cost: A policy iteration approach | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Automatica  | 6. 最初と最後の頁<br>378-387 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.automatica.2018.11.036  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, and Tielong Shen   | 4. 巻<br>63            |
| 2. 論文標題<br>A Finite Convergence Criterion for the Discounted Optimal Control of Stochastic Logical Networks | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Automatic Control  | 6. 最初と最後の頁<br>262-268 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TAC.2017.2720730  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, and Tielong Shen   | 4. 巻<br>29              |
| 2. 論文標題<br>Policy Iteration Algorithm for Optimal Control of Stochastic Logical Dynamical Systems | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems                               | 6. 最初と最後の頁<br>2031-2036 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TNNLS.2017.2661863  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>141        |
| 2. 論文標題<br>Lyapunov-based Nonlinear Feedback Control Design for EGR-Loop of Gasoline Engines | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control                               | 6. 最初と最後の頁<br>1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1115/1.4042146  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Mitsuru Toyoda, Tielong Shen   | 4. 巻<br>42            |
| 2. 論文標題<br>A Receding Horizon D-optimization Approach for Model Identification-oriented Input Design and Application in Combustion Engines | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>Applied Mathematical Modelling   | 6. 最初と最後の頁<br>175-187 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>j.apm.2016.10.013  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Jinwu Gao, Yuhu Wu, Tielong Shen  | 4. 巻<br>112             |
| 2. 論文標題<br>On-line Statistical Combustion Phase Optimization and Control of SI Gasoline Engines | 5. 発行年<br>2017年         |
| 3. 雑誌名<br>Applied Thermal Engineering   | 6. 最初と最後の頁<br>1369-1407 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.applthermaleng.2016.10.183                                | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Mingxin Kang, Yuhu Wu, Tielong Shen  | 4. 巻<br>18            |
| 2. 論文標題<br>logical control approach to fuel efficiency optimization for commuting vehicles | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Automotive Technology                                   | 6. 最初と最後の頁<br>535-546 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s12239-017-0053-1                                      | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, Tielong Shen   | 4. 巻<br>25              |
| 2. 論文標題<br>Policy Iteration Approach to Control of Residual Gas Fraction in IC Engines under the Framework of Stochastic Logical Dynamics | 5. 発行年<br>2017年         |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Control Systems Technology   | 6. 最初と最後の頁<br>1100-1107 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TCST.2016.2587247   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Jinwu Gao, Tielong Shen  | 4. 巻<br>12            |
| 2. 論文標題<br>Cylinder Pressure Sensor Based Real-time Combustion Phase Control Approach for SI Engines | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems                                  | 6. 最初と最後の頁<br>244-250 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/tee.22371  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Jiangyan Zhang, Jinwo Gao, Tielong Shen  | 4. 巻<br>60         |
| 2. 論文標題<br>Adaptive idling control scheme and its experimental validation for gasoline engines | 5. 発行年<br>2017年    |
| 3. 雑誌名<br>Science China Information Sciences   | 6. 最初と最後の頁<br>1-10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11432-016-0296-3  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する       |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Jinwu Gao, Yahui Zhang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>22              |
| 2. 論文標題<br>An on-board calibration scheme for map-based combustion phase control of spark-ignition engines | 5. 発行年<br>2017年         |
| 3. 雑誌名<br>IEEE/ASME Transactions on Mechatronics   | 6. 最初と最後の頁<br>1485-1496 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TMECH.2017.2696788   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, Mitsuru Toyoda, Tielong Shen             | 4. 巻<br>11              |
| 2. 論文標題<br>Linear dynamic Games with polytope strategy sets | 5. 発行年<br>2017年         |
| 3. 雑誌名<br>IET Control Theory & Applications                 | 6. 最初と最後の頁<br>2146-2151 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1049/iet-cta.2016.1667       | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Yahui Zhang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>15          |
| 2. 論文標題<br>Cylinder pressure-based combustion phase optimization and control in spark-ignited engines | 5. 発行年<br>2017年     |
| 3. 雑誌名<br>Control Theory and Technology   | 6. 最初と最後の頁<br>83-91 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11768-017-6175-1   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |



|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Yahui Zhang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>8           |
| 2. 論文標題<br>In-cylinder Pressure Pegging Algorithm Based on Cyclic Polytropic Coefficient Learning | 5. 発行年<br>2017年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Automotive Engineering   | 6. 最初と最後の頁<br>79-86 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.20485/jsaeijae.8.2_79  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Tielong Shen, Mingxin Kang, Jinwu Gao, Jiangyan Zhang, Yuhu Wu | 4. 巻<br>5           |
| 2. 論文標題<br>Challenges and Solutions in Automotive Powertrain Systems     | 5. 発行年<br>2017年     |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Control and Decision                                | 6. 最初と最後の頁<br>61-93 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/23307706.2017.1399092                | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Xun Shen, Yuhu Wu, Tielong Shen   | 4. 巻<br>61         |
| 2. 論文標題<br>Logical control scheme with real-time statistical learning for residual gas fraction in IC engines | 5. 発行年<br>2018年    |
| 3. 雑誌名<br>Science China Information Sciences,   | 6. 最初と最後の頁<br>1-13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11432-017-9268-2   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>豊田充, 申鉄龍                                | 4. 巻<br>53            |
| 2. 論文標題<br>ベイズ学習に基づく確率論理システムの最適化                  | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>計測自動制御学会論文集                             | 6. 最初と最後の頁<br>539-546 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.9746/sicetr.53.539 | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Mingxin Kang, Tielong Shen  | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>Model Predictive Control for Automotive Gasoline Engines                   | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of 13th IEEE International Conference on Control and Automation | 6. 最初と最後の頁<br>654-659 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/ICCA.2017.8003137                                 | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Yahui Zhang, Tielong Shen  | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>On-board Map Learning-based Combustion Phase Control in Spark-ignited Engines | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of 1st IEEE Conference on Control Technology and Applications      | 6. 最初と最後の頁<br>287-292 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/CCTA.2017.8062477                                    | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Fuguo Xu and Tielong Shen   | 4. 巻<br>69              |
| 2. 論文標題<br>Look-ahead Prediction-based Real-time Optimal Energy Management for Connected HEVs | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Vehicular Technology   | 6. 最初と最後の頁<br>2537-2551 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TVT.2020.2965163  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Bo Zhang, Jiangyan Zhang, Fuguo Xu, Tielong Shen  | 4. 巻<br>266         |
| 2. 論文標題<br>Optimal control of power-split hybrid electric powertrains with minimization of energy consumption | 5. 発行年<br>2020年     |
| 3. 雑誌名<br>Applied Energy  | 6. 最初と最後の頁<br>1-167 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.apenergy.2020.114873  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Bo Zhang, Wenjing Cao, Tielong Shen   | 4. 巻<br>17            |
| 2. 論文標題<br>Two-stage on-board optimization of merging velocity planning with energy management for HEVs | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Control Theory and Technology   | 6. 最初と最後の頁<br>335-345 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11768-019-9129-y   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, Daizhan Cheng, Bijoy K. Ghosh, Tielong Shen                              | 4. 巻<br>21              |
| 2. 論文標題<br>Recent Advances in Optimazation and Game Theoretic Control for Networked Systems | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>Asian Journal of Control  | 6. 最初と最後の頁<br>2493-2512 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/asjc.2303   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Jinwu Gao, Yahui Zhang, Jiangyan Zhang, Tielong Shen  | 4. 巻<br>40         |
| 2. 論文標題<br>Adaptive internal model-based control of RGF with online map learning and statistical feedback law | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>IEEE/ASME Transactions on Mechatronics  | 6. 最初と最後の頁<br>1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TMECH.2019.2962733  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する       |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>4          |
| 2. 論文標題<br>Nonlinear observer-based exhaust manifold pressure estimation and fault detection for gasoline engines with exhaust gas recirculation | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Engine Research   | 6. 最初と最後の頁<br>1-16 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1177/1468087419882125   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>141        |
| 2. 論文標題<br>Lyapunov-based Nonlinear Feedback Control Design for EGR-Loop of Gasoline Engines | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control                               | 6. 最初と最後の頁<br>1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1115/1.4042146  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>17            |
| 2. 論文標題<br>Nonlinear Observer-based Control Design and Experimental Validation for Gasoline Engines with EGR | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Control Theory and Technology  | 6. 最初と最後の頁<br>216-227 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11768-019-8212-8  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   | 4. 巻<br>10            |
| 2. 論文標題<br>Air Path Dynamics Control and Efficiency Optimization with Scenario Approach for Gasoline Engines | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Automotive Engineering  | 6. 最初と最後の頁<br>284-291 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.20485/jsaeijae.10.3_284   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                      |
|--|----------------------|
| 1. 著者名<br>Fuguo Xu, Tielong Shen   | 4. 巻<br>12           |
| 2. 論文標題<br>MPC-Based Optimal Control for Diesel Engine Coupled with Lean NOx Trap System | 5. 発行年<br>2019年      |
| 3. 雑誌名<br>SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration                   | 6. 最初と最後の頁<br>94-101 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.9746/jcmsi.12.94  | 査読の有無<br>無           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Jiangyan Zhang, Fuguo Xu, Yahui Zhang, Tielong Shen  | 4. 巻<br>31         |
| 2. 論文標題<br>ELM-based Driver Torque Demand Prediction and Real-time Optimal Energy Management Strategy for HEVs | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>Neural Computing and Applications  | 6. 最初と最後の頁<br>1-19 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00521-019-04240-7   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する       |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Yui Nishio, Tielong Shen  | 4. 巻<br>4          |
| 2. 論文標題<br>Model predictive control with traffic information-based driver's torque demand prediction for diesel engines | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Engine Research  | 6. 最初と最後の頁<br>1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1177/1468087419851678  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yahui Zhang, Xun Shen, Yuhu Wu, Tielong Shen  | 4. 巻<br>20              |
| 2. 論文標題<br>On-board knock probability map learning-based spark advance control for combustion engines | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Engine Research  | 6. 最初と最後の頁<br>1073-1088 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1177/1468087419858026  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhu Wu, Xi-Ming Sun, Xudong Zhao, and Tielong Shen   | 4. 巻<br>100           |
| 2. 論文標題<br>Optimal control of Boolean control networks with average cost: A policy iteration approach | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Automatica  | 6. 最初と最後の頁<br>378-387 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.automatica.2018.11.036  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

[学会発表] 計33件(うち招待講演 7件/うち国際学会 26件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Xun Shen, Tielong Shen  |
| 2. 発表標題<br>Probability-constrained optimal control of combustion engines |
| 3. 学会等名<br>The 37th Chinese Control Conference (国際学会)                    |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Yahui Zhang, Jinwu Gao, Tielong Shen                               |
| 2. 発表標題<br>Combustion Control of Spark-ignition Engines based on Map-learning |
| 3. 学会等名<br>The 37th Chinese Control Conference (国際学会)                         |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Kai Zhao, Yuhu Wu, Tielong Shen  |
| 2. 発表標題<br>tochastic Knock Control with Beta Distribution Learning for Gasoline Engines             |
| 3. 学会等名<br>The 5th IFAC Conference on Engine and Powertrain Control, Simulation and Modeling (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Jiangyan Zhang and Tielong Shen  |
| 2. 発表標題<br>Receding horizon optimal control of PHEV with demanded torque estimation model           |
| 3. 学会等名<br>The 5th IFAC Conference on Engine and Powertrain Control, Simulation and Modeling (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Yui Nishio, Tielong Shen  |
| 2. 発表標題<br>Stochastic MPC of diesel engines using traffic information-based prediction of driver's torque demand |
| 3. 学会等名<br>The 5th IFAC Conference on Engine and Powertrain Control, Simulation and Modeling (国際学会)              |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Jinwu Gao, Yahui Zhang, Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Cyclic RGF regulation using adaptive IMC approach and statistical feedback criterion                                   |
| 3. 学会等名<br>The joint 9th IFAC Symposium on Robust Control Design and 2nd IFAC Workshop on Linear Parameter Varying Systems (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Fuguo Xu, Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>A Traffic-In-Loop Simulation System for Validation of Emission Control Strategy in Diesel Engine |
| 3. 学会等名<br>The 1st IEEE International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (国際学会)                |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Zhenhui Xu, Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Constructive Lyapunov Stabilization with Approximate Optimality for A Class of Nonlinear Systems |
| 3. 学会等名<br>The 2018 European Control Conference (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 发表者名<br>Jiangyan Zhang, Fuguo Xu, Yahui Zhang, Tielong Shen  |
| 2. 发表标题<br>Receding Horizon Optimal Control of Hybrid Electric Vehicles using ELM-based Driver Acceleration Rate Prediction |
| 3. 学会等名<br>The 9th International Conference on Extreme Learning Machines (国际学会)   |
| 4. 发表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 发表者名<br>Fuguo Xu, Jiangyan Zhang, Yahui Zhang and Tielong Shen                               |
| 2. 发表标题<br>Driver Acceleration/Deceleration Demand Prediction Based on Extreme Learning Machine |
| 3. 学会等名<br>18th International Conference on Control, Automation and Systems (国际学会)              |
| 4. 发表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 发表者名<br>Weihai Jiang, Xun Shen and Tielong Shen   |
| 2. 发表标题<br>Lyapunov-based Control Design for EGR-Loop of Gasoline Engines under Combustion Chance Constraint |
| 3. 学会等名<br>Symposium for Combustion Control (国际学会)   |
| 4. 发表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 发表者名<br>Weihai Jiang, Tielong Shen   |
| 2. 发表标题<br>Experimental Research on the Transient Control of the EGR System in Spark-ignition Engines |
| 3. 学会等名<br>Conference on Automatic Control, Mechatronics and Industrial Engineering (国际学会)            |
| 4. 发表年<br>2018年   |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tielong shen  |
| 2. 発表標題<br>Machine Learning in Automotive Powertrain Control                           |
| 3. 学会等名<br>The 9th International Conference on Extreme Learning Machines (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tielong Shen  |
| 2. 発表標題<br>Connected Powertrains: A New Paradise of Control Technology |
| 3. 学会等名<br>CCA Form on Connected vehciles (招待講演)                       |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tielong Shen                                      |
| 2. 発表標題<br>Connected Powertrain Control                      |
| 3. 学会等名<br>AI and Smart Manufacturing Forum, Yangzhou (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>趙愷, 申鉄龍                         |
| 2. 発表標題<br>FPGAを用いたELMアルゴリズムの実現と燃焼位相推定への応用 |
| 3. 学会等名<br>2017JSAE学術講演会講演予稿集 (春季)         |
| 4. 発表年<br>2017年                            |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>趙愷, 申鉄龍,                                     |
| 2. 発表標題<br>最尤推定に基づく確率点火時期制御とCPU-FPGA Dual-Platformによる実現 |
| 3. 学会等名<br>第28回内燃機関シンポジウム                               |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊田充, 申鉄龍                     |
| 2. 発表標題<br>離散化近似解法を用いたHEVエネルギーマネジメント最適化 |
| 3. 学会等名<br>第60回自動制御連合講演会講演論文集           |
| 4. 発表年<br>2017年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Xun Shen, Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Neural-Network-based vehicle torque demand forecasting                                     |
| 3. 学会等名<br>Proceedings of the 17th International Conference on Control, Automation and Systems (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Fuguo Xu, Mitsuru Toyoda, Yuji Yasui, Hideki Matsunaga, Atsushi Kato and Tielong Shen |
| 2. 発表標題<br>Optimal Control Design for Lean NOx Trap Regeneration in Diesel Engines               |
| 3. 学会等名<br>SICE, Kanazawa (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Kazumichi Oda, Shuhei Toda, Mingxin Kang, Tielong Shen                           |
| 2. 発表標題<br>H-infinity Control Design with Linearized Mean-value Model of Combustion Engines |
| 3. 学会等名<br>Proceedings of the 36th Chinese Control Conference (国際学会)                        |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tielong Shen                                     |
| 2. 発表標題<br>Real-time optimization of automotive powertrains |
| 3. 学会等名<br>Chinese Control Congress 2017 (招待講演) (国際学会)      |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>申鉄龍                              |
| 2. 発表標題<br>自動車動力システムの高効率化制御手法               |
| 3. 学会等名<br>計測自動制御学会中部支部H29チュートリアル講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2017年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Combustion Engine Control: Model-based and model-free Approaches |
| 3. 学会等名<br>Advanced & Engine Control Symposium 2017 (招待講演) (国際学会)           |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Challenges and Solutions in Automotive Powertrain Control Applications |
| 3. 学会等名<br>Distinguished Lecture in CCDC2017 (招待講演) (国際学会)                        |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Bo Zhang, Fuguo Xu, Tielong Shen                                  |
| 2. 発表標題<br>A Real-time Energy Management Strategy for Parallel HEVs with MPC |
| 3. 学会等名<br>IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (国際学会)               |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Zhenhui Xu, Linjun Pan, Tielong Shen |
| 2. 発表標題<br>強化学習に基づくエンジンの最適制御手法                  |
| 3. 学会等名<br>JSAE学術講演会講演予稿集 (秋季)                  |
| 4. 発表年<br>2019年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shota Inuzuka, Fuguo Xu, Bo Zhang, and Shen Tielong                 |
| 2. 発表標題<br>Reinforcement Learning Based on Energy Management Strategy for HEVs |
| 3. 学会等名<br>IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (国際学会)                 |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Fuguo Xu and Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Look-Ahead Traffic-Based Optimal Velocity Planning for Parallel HEVs            |
| 3. 学会等名<br>the 9th IFAC International Symposium on Advances in Automotive Control ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Bo Zhang, Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>An Optimal Energy Management Strategy for Parallel HEVs                                      |
| 3. 学会等名<br>Proceedings of the 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shota Inuzuka, Fuguo Xu and Tielong Shen                             |
| 2. 発表標題<br>Energy management strategy with deep reinforcement learning for HEVs |
| 3. 学会等名<br>SICE International Symposium on Control Systems ( 国際学会 )             |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Linjun Pan, Shigeyuki Urano, Toshiya Hashimoto, Tielong Shen                       |
| 2. 発表標題<br>Cooperative Transient Control for Acceleration Mode of Hybrid Electric Powertrains |
| 3. 学会等名<br>19th International Conference on Control, Automation and Systems ( 国際学会 )          |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Yahui Zhang, Fuguo Xu, Tielong Shen   |
| 2. 発表標題<br>Traffic Information-enabled Intelligent ECMS for Plug-in Hybrid Electric Vehicles |
| 3. 学会等名<br>the 38th Chinese Control Conference (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|  |
|--|
| 申研究室<br><a href="http://www.shenlab.jp/">http://www.shenlab.jp/</a><br>申研究室<br><a href="http://shenlab.jp/">http://shenlab.jp/</a> |
|--|

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)              | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)        | 備考 |
|-------|--|------------------------------|----|
| 研究分担者 | 曹 文静<br>(Cao Wenjing)<br>(40824751)    | 上智大学・理工学部・助教<br><br>(32621)  |    |
| 研究分担者 | 張 亜輝<br>(Zhang Yahui)<br>(90816175)    | 上智大学・理工学部・研究員<br><br>(32621) |    |
| 研究分担者 | 鈴木 隆<br>(Suzuki Takashi)<br>(20206494) | 上智大学・理工学部・教授<br><br>(32621)  |    |

## 6. 研究組織（つづき）

|                   | 氏名<br>(研究者番号)   | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                | 備考             |
|-------------------|---|--------------------------------------|----------------|
| 研究<br>分<br>担<br>者 | S H E N X u n<br><br>(Shen Xun)<br><br>(90823378)             | 上智大学・理工学部・研究員<br><br><br><br>(32621) | 削除：2018年12月25日 |
| 研究<br>分<br>担<br>者 | K A N G M i n g x i n<br><br>(Kang Mingxin)<br><br>(30757357) | 上智大学・理工学部・研究員<br><br><br><br>(32621) |                |