

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00763

研究課題名（和文）他者とのインタラクションを考慮したモデル予測型知能の創出と自動運転車両への実装

研究課題名（英文）Development of Model Predictive Interactive Intelligence and Its Application to Autonomous Drive

研究代表者

鈴木 達也（Suzuki, Tatsuya）

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：50235967

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,100,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、説明可能な他者モデルとそれに基づく予測、さらには予測に基づいた制約付き最適化ベースの行動決定手法を統合した知能をモデル予測型知能と呼び、小型のパーソナルモビリティへの実装を想定してその有用性を検証した。特にモデル予測型知能の中に、自己との因果関係を明記した周辺他者の行動モデルを持つことで周辺他者とのインタラクションを考慮した知能を実現することが可能となった。さらには、他者モデルの中でも特に他者の判断モデルに焦点を当て、その判断エントロピーに注目することで他者がより判断しやすい状況を作り出すよう自己の行動を決定する制御手法を創出し、検証実験において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

本研究では、知能化機械に求められる高次の知能として、他者とのスムーズなインタラクションを行う知能の実現を目指した。そのため、他者モデルを明示的に組み込んだモデル予測型のアーキテクチャを提案し、他者の判断のエントロピーをできるだけ小さくするという制御スキームを提案した。この考え方はいわゆる「説明可能なAI」の一翼を担う考え方となる。提案した手法を小型のパーソナルモビリティに実装し、歩行者とのインタラクションを伴う検証実験によりその有用性を検証した。この成果はパーソナルモビリティにとどまらず、今後は一般道でのレベル4を目指す自動運転の制御アーキテクチャの基本的な考え方になると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this project, a model predictive intelligence was developed, which exploits the model of others, behavior prediction based on others' model and real-time optimization. The proposed control architecture was implemented on a small personal mobility. The others' model embedded in the proposed architecture played an important role to realize an interactive intelligence between the vehicle and others. In this project, a model of decision making was particularly focused on and a new cost function of decision entropy of others has been defined. Since the decision entropy is a measure of the uncertainty of the decision of others, a natural human-like interaction between vehicle and others has been achieved by minimizing the decision entropy of others. The usefulness of the proposed architecture has been demonstrated by implementing on a real personal mobility which has interaction with pedestrians.

研究分野：システム制御

キーワード：モデル予測型知能 パーソナルモビリティ インタラクション 他者モデル 自動運転

1. 研究開始当初の背景

機械学習や認識技術の向上により、機械の知能化は今後ますます加速する。機械の知能化を積極的に押し進め、人間がより生き生きと暮らせる社会づくりをすることは人類にとって喫緊の重要課題である。特に自動車のここ数年の知能化はめざましく、今後は単なる機能の向上ではなく、人間と適切な関係を築ける知能化自動車が望まれる。一方で、データと深層学習をベースとした AI が最近注目を集め、その可能性に期待が高まっている。しかしながら、自動車運転のような動的に変化する環境下で高い安全性を実時間で実現しなければいけないタスクに深層学習ベースの AI を適用する場合、そのブラックボックス的な表現がゆえに、信頼性等の検証が著しく難しい。また周辺他者から見た時に、その挙動が自然なものであるかどうかは、自動運転が社会的に受容されるかどうかの重要な要素であり、この観点から見ても不透明な要素が多い。このように考えたとき、データに基づく AI のみではなく知識型 AI との融合も重要であるとの指摘も多く、「説明可能な AI」に向けて、今後多くの議論が巻き起こると予想される。

一方で知能化機械に求められる高次の知能として、**他者とのインタラクションを伴う知能の実現**が挙げられる。インタラクションのタイプは様々であるが、特に運転行動などにおいては周辺他者とのリアルタイムでの合意形成が重要な機能となり、Level 4 の自動運転を実現するカギになると思われる。インタラクションを伴うマルチエージェント系に関する研究はこれまでも多くあるが、自動車運転のように**高い実時間性と安全性、さらには他者への配慮**が求められるようなドメインでの体系化・実証はまだなされていない。周辺他者との間でリアルタイムに合意形成を行うためには、自己との因果関係が明記された周辺他者の行動モデルが必要で、それに基づく予測と安全性や他者への配慮を担保したある種の最適化を組み合わせたことが必要となる。また、他者とのインタラクションを考慮する場合、現状の自動運転のように、まず望ましい参照経路を経路計画器で生成し、それに追従する制御器を設計するというロボティクス的なアプローチでは限界がある。これは、他者とのインタラクションを考慮する場合、経路計画と制御を分離することが困難となるためであり、自動運転のアーキテクチャそのものを見直す必要がある。これらの課題に対する明示的な統一的枠組みを構築することができれば、合流やレーンチェンジ、交差点での右左折等、**現在の自動運転車の挙動と人間の運転による挙動が大きな差異を見せているシーンにおける有効な理論的フレームワーク**となり得る。さらには移動ロボットや電動車いす、小型のパーソナルモビリティ等、周辺他者とのインタラクションを伴う様々な知能化機械系に適用可能となる。

2. 研究の目的

データに基づく AI と知識型 AI を融合するカギは「モデル」の概念であると考えられる。モデルを用いて適切に予測し、予測結果に基づいてある種の最適化計算により行動を決定する。本研究では、説明可能、かつデータにより**アップデート可能な他者モデルとそれに基づく予測、さらには予測に基づいた制約付き最適化ベースの行動決定手法を統合した知能をモデル予測型知能**と呼び（図 1 参照）、自動車運転を対象としてその有用性を検証する。モデル予測型知能はこれまで制御工学の分野で開発されてきたモデル予測制御（実時間で

の制約付き最適化)と情報処理の分野で開発されてきた機械学習(システム同定)を融合し、深層学習型 AI とも知識型 AI とも異なる**第三極の AI**の枠組み構築を目指すものとも言える。特にモデル予測型知能の中に、自己との因果関係を明記した周辺他者の行動モデルを持つことで周辺他者とのインタラクションを考慮した知能を実現することができる。本研究では、他者モデルの中でも特に**他者の判断モデル**に焦点を当て、その**判断エントロピー**に注目することで他者がより判断しやすい状況を作り出すよう自己の行動を決定する制御手法を創出する。「判断」はこれまで知識型のルールベースでその機能が記述されることがほとんどであったが、本研究ではその**数理モデル化に取り組むことで最適化問題との融合**を可能にする点に大きな学術的独自性がある。これが実現できれば、他者への配慮が説明可能な形式で実現されることになり、知能化機械が人間と共生する上での不可欠な重要な特性の一つとなる。**図 1**に本研究で提案する「他者とのインタラクションを考慮したモデル予測型知能」のアーキテクチャを示す。

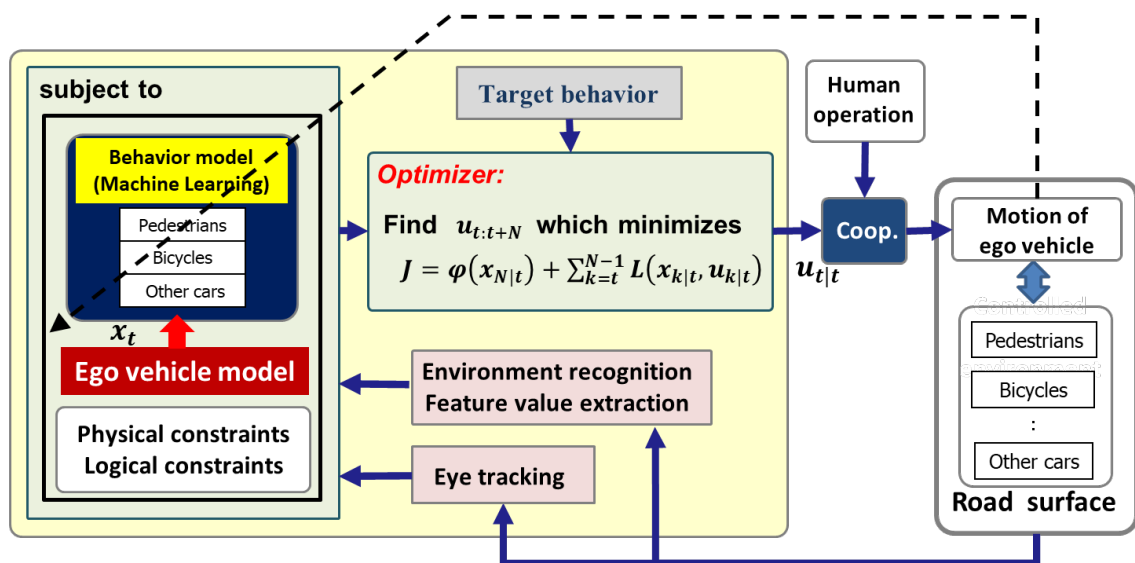


図 1 他者とのインタラクションを考慮したモデル予測型知能のアーキテクチャ

3. 研究の方法

① 自車両の行動による影響を明記した周辺他者の行動モデルの選定・構築

周辺他者、例えば他車両や歩行者の行動は自車両の行動の影響を受ける。すなわち、他者の行動を適切に予測するためには、自車両の行動結果を入力とした他者の行動モデルが必要となる。ここで行動モデルとしては、連続・離散混在型のハイブリッドな動的システムモデルを用いる。行動モデリングへの応用を考えた際、行動における判断が離散論理的、動作が連続的な動的挙動とそれぞれみなせることから、**ハイブリッド動的システムモデルによる行動表現は表現能力の高さとモデルの持つ意味の理解しやすさを併せ持ったモデル**と言える。この点がニューラルネットワークと比べたときのハイブリッド動的システムモデルの大きな特長である。

② データに基づいた行動モデルのパラメータや構造の機械学習

行動予測モデルの機械学習はモデル予測型知能のコア技術の一つであり、制御工学の分野ではシステム同定問題と呼ばれ、様々な議論がなされてきた。ハイブリッド系の場合、離散構造(判断)を規定するパラメータと連続挙動(動作)を規定するパラメータの両方を同

時に推定する必要がある。本研究では、離散状態遷移が確率的であるとの仮定のもと、確率測度を離散状態遷移に埋め込んだハイブリッド動的システムモデルを提案し、運転行動の予測モデルとして有用であることを示す。

③ 行動モデルを用いた予測と実時間での制約付き最適化による行動決定

予測情報に基づく実時間での制約付き最適化による行動決定は、モデル予測型知能のもう一つのコア技術である。運転行動への適用を考える場合、100[msec]以内での処理が求められるが、離散変数を多く含むモデルを持つ場合、その実現は容易ではない。そこで本研究では、離散状態遷移にあらかじめ複数の「シナリオ」を用意し、想定したシナリオの範囲内で離散状態遷移と動作の最適化を行う手法を検討する。

また、自動車運転では特に、安全性の確保と他者への配慮が重要となる。本研究では、評価関数に判断のエントロピーを組み込むことを考える。判断モデルに付与する確率測度をsoftmax関数で記述することで解析的にあいまいさを取り扱うことが可能となり、最適化問題へと帰着できる。

④ 実現された知能の検証と評価

本研究では、インタラクションを伴う行動として、小型のパーソナルモビリティと人とのインタラクションシーンを取り上げる。

4. 研究成果

① 自車両の行動による影響を明記した周辺他者の行動モデルの選定・構築

ハイブリッド動的システムモデルの入力として自車両の挙動情報を定義することで、自車両の行動結果を入力とした周辺他者、すなわち他車両や歩行者等の行動モデルを構築する。また、判断モデル、すなわち離散状態遷移に確率測度を埋め込むことによって、判断のあいまいさを定量的に表現可能となった。

② データに基づいた行動モデルのパラメータや構造の機械学習

モデルが持つ確率測度のエントロピーを計算することで判断のあいまいさを定量的に表現可能であることを明らかにした。本研究では、このモデルと検定に基づく変数選択手法を融合し、パラメータのみではなくモデルの離散構造（状態数）や連続系の構造（説明変数）をも同定可能な機械学習法（システム同定手法）を開発した。さらにはそれらのオンラインでの実行についても検討し、図1における他者の行動モデル（Behavior modelのブロック）をオンラインでアップデート、分類、蓄積できるような新たな学習法の枠組み構築に取り組んだ。

また、データ取得に関しては図2に示すようなマルチプレイヤー型のドライビングシミュレータを開発した。現時点で代表者の研究室には同時可能稼働でリアルタイム通信により同

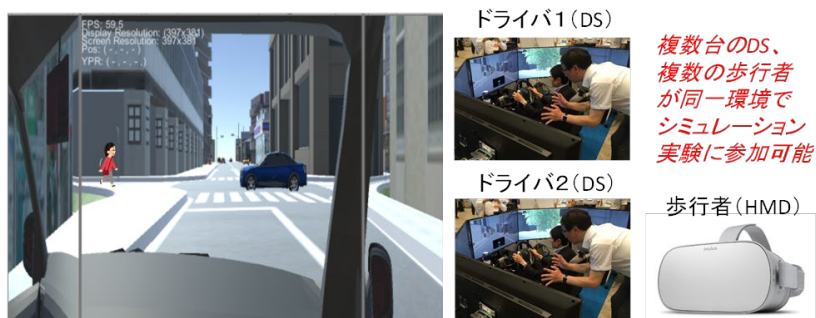


図2 マルチプレイヤー型シミュレータ

じ交通環境を共有できるシミュレータが3台ある。加えて実際の歩行者もヘッドマウント

ディスプレイ（HMD）を着用することで交通環境を共有する形でシミュレーションに参加できる環境を構築した。これにより、実車では計測が困難なインタラクションを伴う行動が計測でき、インタラクション行動の基礎データ取得が可能となった。

③ 行動モデルを用いた予測と実時間での制約付き最適化による行動決定

本研究では、離散状態遷移にあらかじめ複数の「シナリオ」を用意し、想定したシナリオの範囲内で離散状態遷移と動作の最適化を行う手法を開発した。想定するシナリオの数は、最適性と計算時間のトレードオフを調整するパラメータとなる。

また、自動車運転では特に、安全性の確保と他者への配慮が重要となるが、他者への配慮に関しては、その定式化すらまだなされていない。本研究では、②で述べた「**他者が持つ判断のあいまいさ（エントロピー）**」を最小化しよう自己の行動を決定することが他者への**配慮になる**、との着想のもと、評価関数に判断のエントロピーを組み込んだモデル予測制御を開発した。具体的には、判断モデルに付与する確率測度を softmax 関数で記述することで解析的にあいまいさを取り扱うことが可能となり、最適化問題へと帰着させた。

さらに、提案するモデル予測型知能では、通常の自動運転で必須とされている経路計画は明示的には行わない。これは、複雑な交通環境の場合、参照経路の計算と制御量決定のための最適化計算を個別に実行するときの計算コストがあまりにも大きいためである。本研究で提案するモデル予測型知能では、**制約条件を満たす中で他者への配慮を実現する制御量を、経路計画を明示的に実行することなく直接計算する**（結果的に経路は最適化内部の変数として計算される）ことが可能となった。



図 3 PMと人のインタラクション実験

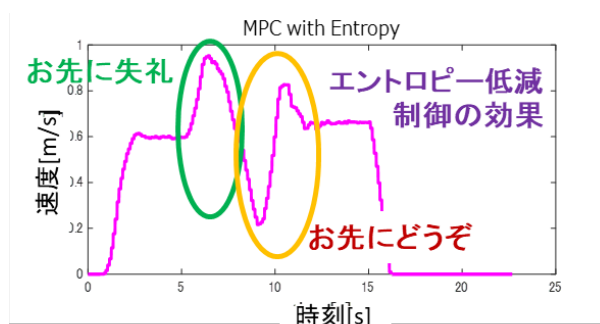


図 4 実験結果（PMの生成速度）

④ 実現された知能の検証と評価

②や③で得られた成果を図4に示すパーソナルモビリティ（PM）に搭載し、その有効性を検証した。図3が実験の環境であり、図4にPMの生成速度を示す。結果は大変興味深く、提案するモデル予測型知能により、PMは単に歩行者に道を譲るだけではなく、安全が十分に確認できる場合には、歩行者より先行して、いわゆる「お先に失礼」的な行動をとることが確認できた。これは、歩行者の「判断エントロピー」を低減する仕組みがモデル予測型知能に組み込まれることで、より**他者への配慮を意識したインタラクションが可能**となったことを意味しており、（PMが遠慮しすぎないという意味で）人間同士のインタラクションにより近いインタラクションが可能となることを検証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件／うち国際共著 12件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Vu, Manh-Dung, Nagiri Sueharub, Aoki Hirofumi, Suzuki Tatsuya, Van Quy Hung Nguyenc, Itou, Shouji, Hattori Akira	4. 巻 13
2. 論文標題 Proposal of Risk Estimation Index from Driver Behaviour for Approaching and Overtaking Vulnerable Road User	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Automotive Engineering	6. 最初と最後の頁 74～82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20485/jsaeijae.13.2_74	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Muraleedharan Arun, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 7
2. 論文標題 Real-time Implementation of Randomized Model Predictive Control for Autonomous Driving	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Vehicles	6. 最初と最後の頁 11～20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIV.2021.3062730	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Nwadiuto Jude C, Yoshino Soichi, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 9
2. 論文標題 Variable Selection and Modeling of Drivers' Decision in Overtaking Behavior Based on Logistic Regression Model with Gazing Information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 127672～127684
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2021.3111753	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Bui, HaSend mail to Bui H, Muraleedharan Arun, Sinha Srishti, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Design of Fail-safe Model Predictive Controller for Sudden Changes in Driving Scenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE ITSC 2021	6. 最初と最後の頁 790～797
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ITSC48978.2021.9564565	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 該当する

1. 著者名 Yamaguchi Takuma, Ishiguro Tatsuya, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Model Predictive Path Planning for Autonomous Parking Based on Projected C-Space	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE ITSC 2021	6. 最初と最後の頁 929 ~ 935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITSC48978.2021.9564599	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 Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya, Harada Kota, Saigo Shintaro, Inoue Satoshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Quantitative Driver Acceptance Modeling for Merging Car at Highway Junction and Its Application to the Design of Merging Behavior Control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 329 ~ 340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2019.2957391	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Aoki Mizuho, Honda Kohei, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Comparative study of prediction models for model predictive path- tracking control in wide driving speed range	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2021	6. 最初と最後の頁 1261 ~ 1267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IV48863.2021.9575868	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 Shimojo Asaya, Ninomiya Yuki, Matsubayashi Shota, Miwa Kazuhisa, Terai Hitoshi, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 Vol. 12213
2. 論文標題 Decision-Making in Interactions Between Two Vehicles at a Highway Junction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 104 ~ 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-50537-0_9	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 Le Anh Son, Suzuki Tatsuya, Aoki Hirofumi	4. 巻 4
2. 論文標題 Evaluating driver cognitive distraction by eye tracking: From simulator to driving	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transportation Research Interdisciplinary Perspectives	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trip.2019.100087	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 該当する

1. 著者名 Matsumuro Miki, Miwa Kazuhisa, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya, Makiguchi Minoru	4. 巻 74
2. 論文標題 Drivers' driving style and their take-over-control judgment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour	6. 最初と最後の頁 237 ~ 247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trf.2020.08.009	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 Chen Keji, Pei Xiaofei, Okuda Hiroyuki, Zhu Maolin, Guo Xuexun, Guo Konghui, Suzuki Tatsuya	4. 巻 106
2. 論文標題 A hierarchical hybrid system of integrated longitudinal and lateral control for intelligent vehicles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ISA Transactions	6. 最初と最後の頁 200 ~ 212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isatra.2020.07.009	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 該当する

1. 著者名 OKUDA Hiroyuki, SUGIE Nobuto, SUZUKI Tatsuya, HARAGUCHI Kentaro, KANG Zibo	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Simultaneous Realization of Decision, Planning and Control for Lane-Changing Behavior Using Nonlinear Model Predictive Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2632 ~ 2642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2020EDP7039	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 NGUYEN Duc-An, NWADIUTO Jude, OKUDA Hiroyuki, SUZUKI Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Modeling Car-Following Behavior in Downtown Area based on Unsupervised Clustering and Variable Selection Method*	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE SMC2020	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SMC42975.2020.9282910	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 該当する

1. 著者名 Honda Kohei, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-task Model Predictive Control based on Continuation with Intermediate Mode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE ITSC2020	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITSC45102.2020.9294663	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 Muraleedharan Arun, Tran Anh-Tuan, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Scenario-based model predictive speed controller considering probabilistic constraint for driving scene with pedestrian	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE ITSC2020	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITSC45102.2020.9294176	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 該当する

1. 著者名 Chen Keji, Yamaguchi Takuma, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya, Guo Xuexun	4. 巻 -
2. 論文標題 Realization and Evaluation of an Instructor-Like Assistance System for Collision Avoidance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2020.2974495	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 山口拓真、奥田裕之、鈴木達也	4. 巻 32
2. 論文標題 Piecewise ARXモデルに基づくインタラクティブな運転行動のモデリングと解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報	6. 最初と最後の頁 -
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 Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya, Harada Kota, Saigo Shintaro, Inoue Satoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantitative Driver Acceptance Modeling for Merging Car at Highway Junction and Its Application to the Design of Merging Behavior Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2019.2957391	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Muraleedharan Arun, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Improvement of Control Performance of Sampling Based Model Predictive Control using GPU	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2019	6. 最初と最後の頁 1999/2004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IVS.2019.8813807	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 該当する

1. 著者名 Tran Anh Tuan, Kawaguchi Masato, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 A model predictive control-based lane merging strategy for autonomous vehicles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2019	6. 最初と最後の頁 594/599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IVS.2019.8814171	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 該当する

1. 著者名 Nwadiuto Jude, Chin Hyuntai, Okuda Hiroyuki, Suzuki Tatsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis and Modeling of Real World Car-Following Driving in Downtown Area Based on Variable Structured Piecewise Linear Model*	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE ITSC 2019	6. 最初と最後の頁 1211/1216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITSC.2019.8916962	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 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔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
研究分担者	山口 拓真 (Yamaguchi Takuma) (30745964)	名古屋大学・工学研究科・助教 (13901)	
研究分担者	奥田 裕之 (Okuda Hiroyuki) (90456690)	名古屋大学・工学研究科・准教授 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------