

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02268

研究課題名（和文）自動走行車両への介入挙動制御による交通流の最適化

研究課題名（英文）Optimization of freeway traffic flow with exogenous control of autonomous vehicles

研究代表者

塩見 康博（Shiomi, Yasuhiro）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：40422993

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、(1) 交通流モデルの高度化、(2) 交通状態推定手法の高度化、(3) マネジメント技術の高度化 に取り組みました。(1) に関しては、全車両走行軌跡データを用いた現象分析とAIによるモデル構築を行い、従来モデルより高精度に車両挙動を再現できることを確認しました。(2) についてはミクロ交通流シミュレーションと定点・移動体観測のデータ同化システムを構築しました。(3) については走光型視線誘導システムや車線変更制御システムを対象とし、シミュレーション評価によってその有効性を確認しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高速道路での交通渋滞は経済損失だけでなく、事故のリスクも増大させるため、現在の道路インフラを有効に活用した上で、その解消を目指すことが必要です。また、今後の自動運転車両の普及を想定すると、それらを活かした新しいマネジメント手法が可能となります。本研究では、交通シミュレーション上での試論ではありませんが、その有効性を定量的に示した点、および、それを社会実装するに当たって必要となる諸技術を開発した点に社会的意義があります。学術的には、全車両走行軌跡データなどのオープン化が進む中で、そのデータ分析手法を提案するとともに、データ駆動型の新しいモデル化手法を提示した点に大きな意義があります。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed three key components for traffic management on freeways: (1) data-driven traffic flow models, (2) a microscopic-level data assimilation system for traffic state estimation, and (3) an advanced active traffic management system.

Regarding (1), we analyzed the behaviors of individual vehicles and traffic dynamics using comprehensive vehicle trajectory data. Based on this analysis, we developed a data-driven car-following model, which demonstrated a higher accuracy in reproducing vehicle behavior compared to conventional models. For (2), we constructed a data assimilation system that integrates micro traffic flow simulation with fixed-point and/or probe vehicle observations. As for (3), we proposed operating algorithms for the pace-maker light systems and dynamic lane-guidance system. Through simulation analysis, we confirmed the positive impact of these systems on smoothing traffic flow.

研究分野：交通工学

キーワード：交通渋滞 高速道路 介入制御 自動運転 データ駆動型モデル 交通状態推定 交通流シミュレーション 車線変更

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

高速道路における交通渋滞は、経済的損失、生産性の低下、事故リスクの増大と事故発生によるさらなる渋滞の悪化、CO2 排出量の増大、などをもたらす。これらの社会に対する負の影響は極めて大きく、国内だけでなく世界的にみても渋滞問題の解決は喫緊の課題となっている。

従来の交通渋滞対策は大きく、1) 交通容量の物理的拡張、2) 交通状況に関するリアルタイム情報提供、3) 交通状況に即応した動的な交通流制御、の3段階に分類される。とりわけ、3点目の動的な交通流制御は、アクティブトラフィックマネジメント (Active Traffic Management、以下、ATM) と称され、2000年代中盤以降、欧米を中心に広く実務展開されている。しかしながら、従来の ATM には、1) 事象が発生してから的事後制御となるため、制御効果が限定的となる、2) 一定区間に存在する全車両の挙動を強制的に変化させるものであり過制御となる可能性がある、という2点の重大な課題があった。

一方、近年では将来的なコネクティッド車両や自動走行車両(両者をまとめて、Connected and Autonomous Vehicle と言われることが多く、以下では CA 車両と略す)の普及を見越し、一般車両との混在下における CA 車両への介入制御についての研究が精力的に進められているが、これらの既存研究では、1) 制御対象とする車両群の状態が極めて理想的に把握されていることを前提としている、2) 進行方向への CA 車両制御にとどまっておき、一般車両の挙動も進行方向の加減速調整に限定されている、という課題を残している。CA 車両への介入制御による交通流の最適化を社会実装するためには、交通流マネジメント理論を進化させることが必要である。

### 2. 研究の目的

本研究では、近い将来の CA 車両の普及期を対象に、一般車両と CA 車両が混在した状況を想定し、交通管制などの全体統括システムからの CA 車両への介入制御を行うことで高速道路における交通流を動的に最適化するための理論を構築する。とりわけ、観測データの利用可能性や一般車両と CA 車両の相互作用など、現実的な制約条件のもとで渋滞発生の抑制やショックウェーブの緩和に資する交通流マネジメント手法の確立を目指す。具体的には、以下3点のテーマに取り組んだ。

- ・ テーマ1: 全車両走行軌跡データを用いたデータ駆動型の車両挙動モデルの構築
- ・ テーマ2: 多種データの融合利用による動的な交通状態推定手法の開発
- ・ テーマ3: ルールベース・強化学習による CA 車両の挙動制御アルゴリズムの構築

### 3. 研究の方法

#### (1) データ駆動型の車両挙動モデル

阪神高速道路がオープンデータとして提供している Zen Traffic Data (ZTD) には、阪神高速 11 号池田線の 4.5kp~3.2kp にかけて、各日1時間、合計5時間分の全車両の走行軌跡データが含まれている。図1に走行軌跡図の例を示す。このデータを構造化し、深層学習により車両ごとに、その1秒後の加速度を出力するモデルを構築した。ここでは、データの構造化方法の観点で深層学習 (Deep Neural Network, DNN)、

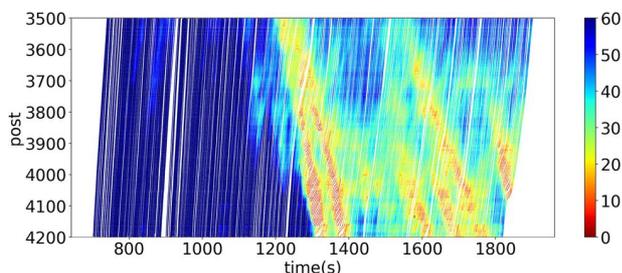
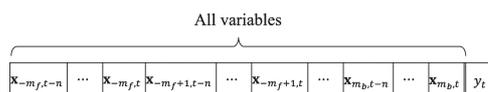
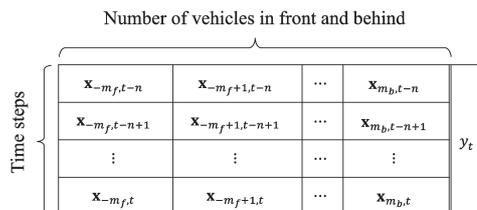


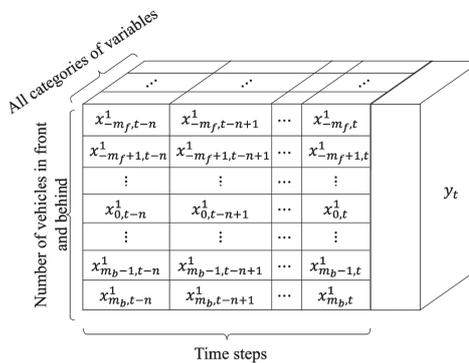
図1 ZTD による車両走行軌跡



(i) DNN model



(ii) LSTM model, 1DCNN model



(iii) 2DCNN model

図2 データの構造化のイメージ

長・短期記憶ネットワーク( Long Short-Term Memory, LSTM), 1次元畳み込みニューラルネットワーク( One Dimensional Convolutional Neural Network, 1DCNN), 2次元畳み込みニューラルネットワーク( Two Dimensional Convolutional Neural Network, 2DCNN)を適用し,それぞれの推定精度を比較した.各モデルでのデータの構造化のイメージを図2に示す.この際,車両の走行環境を表す入力変数として,前方N台までの走行速度・相対速度・車間距離・速度変化の過去t秒前からの値,縦断勾配,曲率などを候補とした.その上で,ランダムフォレストによる諸変数の重要度評価に基づき,前方5台まで,過去3秒までのデータを入力変数として設定した.

(2) ミクロ交通流シミュレーションに基づく動的な交通状態推定手法

ミクロ交通流シミュレーターVISSIMを用い,データ同化システムを構築した.その計算フローを図3に示す.構築したシステムでは,パーティクルフィルタを用い,上流から流入する交通需要,VISSIM内で車両挙動を制御するパラメータ(最大加速度と希望安全車間距離)も同時に推定するものである.5分のタイムステップごとに観測断面で収集される平均速度,密度データをシミュレーションと同化させ,その中で最も尤度の高いパーティクルを推定された交通状態とし,その状態から次の5分間をシミュレートする,という所作を繰り返すことで,リアルタイムにミクロな交通状態の推定が可能となる.ただし,計算時間を短縮するため,推定すべきパラメータ,すなわち境界条件としての流入交通量,最大加速度,希望安全車間距離はこの順に,独立して推定することとした.

(3) 個別車両の挙動制御アルゴリズムの構築

ここでは,ルールベースのアルゴリズムと強化学習ベースのアルゴリズムの2つのアプローチに取り組んだ.

前者に関しては,データ分析の結果に基づき,ランプ合流部でのコンフリクトの緩和のために,交通状態を検知し,特定の条件に当てはまる場合に上流区間で追越車線への車線変更を促す,というアルゴリズムを考案した.その上で,ZTDのデータ収集区間の交通状態をVISSIMにより再現し,シミュレーションによって提案アルゴリズムの有効性を検証した.アルゴリズムのフローチャートを図4に,そして対象区間の交通状態再現性検証結果を図5に示す.

後者の強化学習に基づくアルゴリズムに関しては,ランプからの合流車両を想定し,当該車両の加減速度,および車線変更意思,および車線変更行動を外生的に操作することで,シミュレーション環境内で定義された報酬関数に応じて決定される車両挙動の検証を行った.構築した強化学習のフレームワークを図5に示す.安全性・快適性・自車速達性・全体効率性の4つの異なる報酬関数を設定することで,それによる車両挙動の差異と全体の交通流に及ぼす影響を検証した.なお,ここでは車両挙動の外生化機能,およびホットスタート機能が必要となるため,シミュレーションソフトウェアとしてMicroAVENUEを用いた.

## 4. 研究成果

### (1) データ駆動型の車両挙動モデル

経験的にハイパーパラメータを調整の上,全データを学習用・検証用に分割した.それぞれのデータ数は238,634,および59,659となった.学習過程と推定精度はそれぞれLoss Plotの収

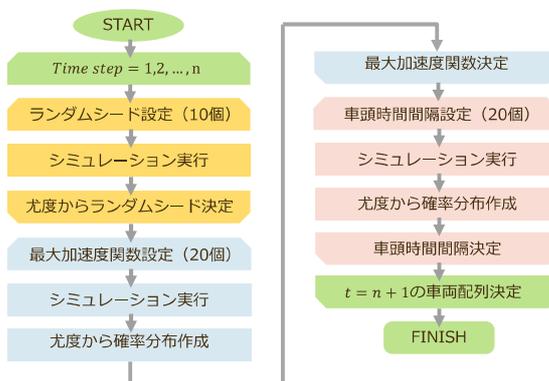


図3 データ同化システムの計算フロー

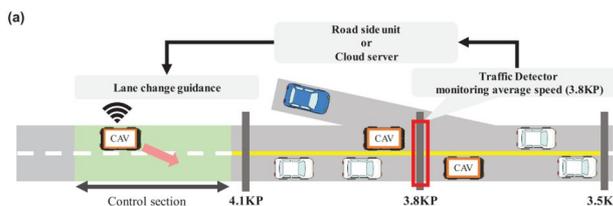


図4 ルールベースの車両制御アルゴリズムの概要

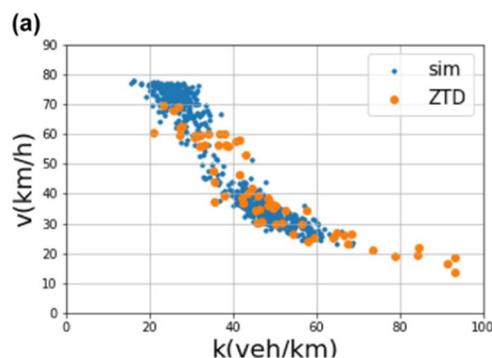


図5 現況再現性の検証



図6 強化学習のフレームワーク

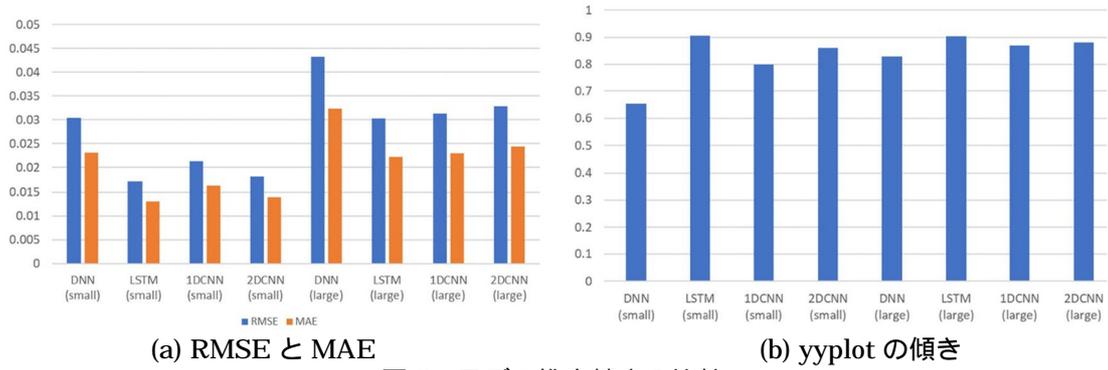


図 7 モデル推定精度の比較

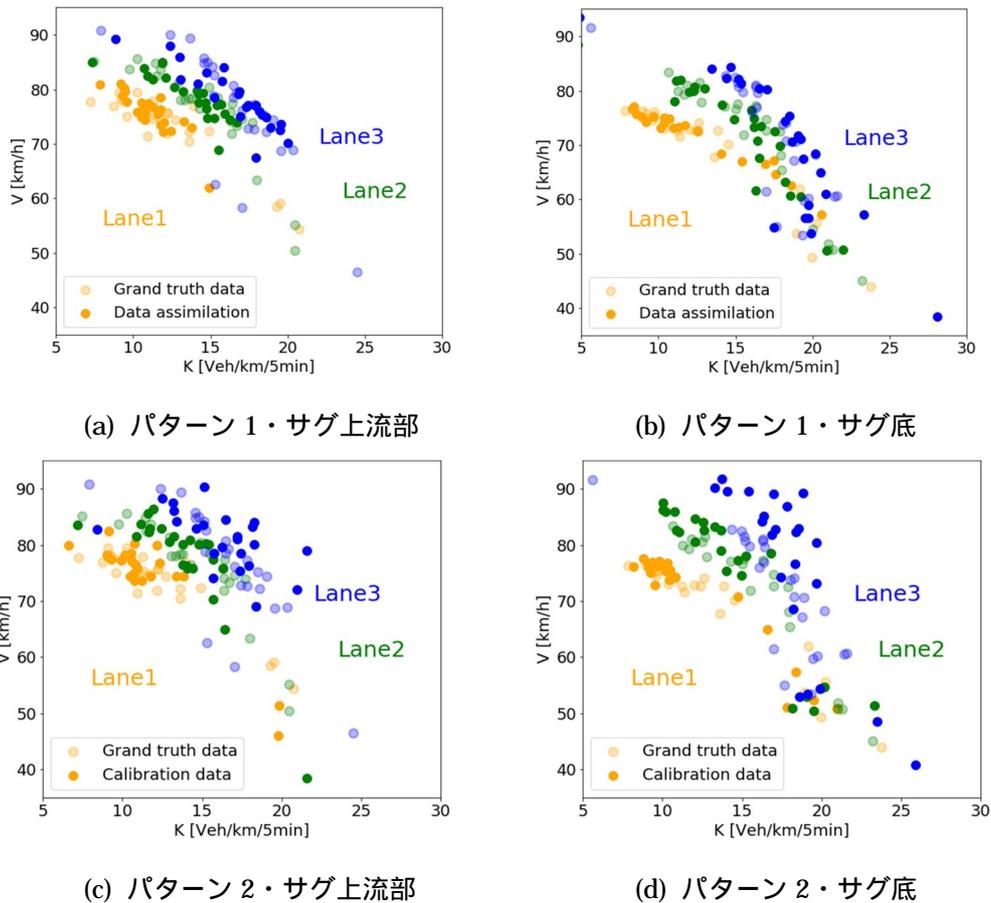


図 8 データ同化の推定精度の比較

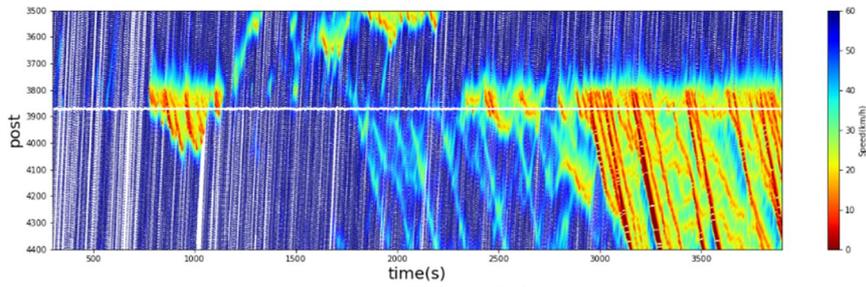
束状況, yplot, RMSE, および MAE を用いた。また, 学習に当たっては車両挙動の違いを考慮し, 小型車と大型車に分割し, それぞれで学習を行った。Loss Plot により, いずれも過学習が発生していないことを確認した。

モデルごとの RMSE, MAE, yplot の傾きを図 7 に示す。小型車と大型車を比較すると, RMSE と MAE では小型車の方が高精度(推定結果との誤差が小さい)である一方で, yplot の傾きでは大型車の方が 1 に近く, バイアス無く推定できていることが分かる。これは, 大型車は一般的に職業ドライバーが運転しているため, 車両挙動の多様性が低いことが影響していると考えられる。次にモデルによる差異に着目すると, LSTM が最も精度が高く, 次いで 2DCNN の精度が高い。すなわち, 時系列的な変動傾向を明示的に考慮することの重要性が示唆された。

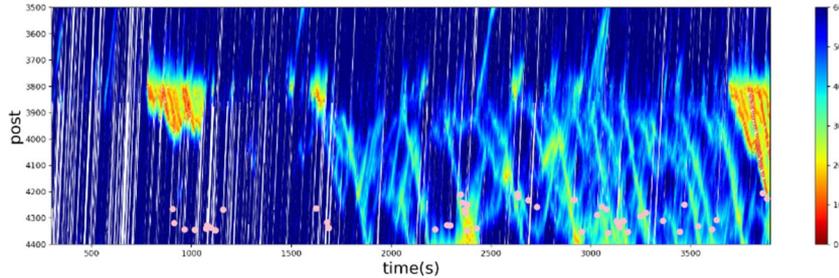
(2) ミクロ交通流シミュレーションに基づく動的な交通状態推定手法

交通状態推定の精度を検証するため, VISSIM を用いて擬似的なサグを有する区間のシミュレーション結果を Grand truth データとした。また, VISSIM 内の追従パラメータの影響を検討するため, Grand truth データと同じ追従パラメータを用いた場合(パターン 1)とパーティクルフィルタにより追従パラメータの同時推定を行った場合(パターン 2)の 2 パターンの分析を行った。渋滞が発生するサグ底地点, および渋滞が延伸するサグ上流地点における密度-平均速度の Grand truth とデータ同化推定値の比較を図 8 に示す。

この結果, パターン 1 では概ね正確な推定が行われているものの, サグ上流での渋滞の延伸が表現されておらず, 流入交通量を過小に推定している可能性がある。パターン 2 では, 追従パラメータの初期値の影響で自由流時にはサグ底地点で速度を過大に評価しているが, 渋滞の発

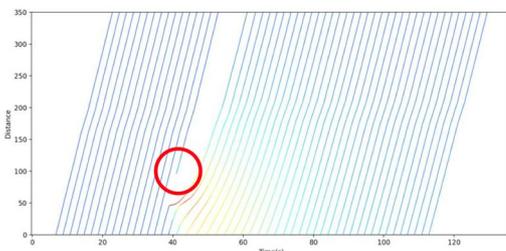


(a) 車両制御なし

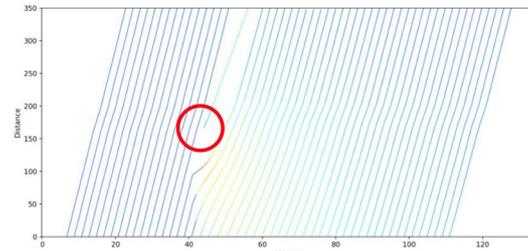


(b) 車両制御あり

図9 走行車線におけるシミュレーション結果



(a) 安全性制御



(b) 効率性制御

図10 合流車両・周辺車両の走行軌跡

生は再現できていることが分かった。以上より、データ同化におけるマイクロシミュレーションの有用性が示された。

### (3) 個別車両の挙動制御アルゴリズムの構築 ルールベースの車両制御

経験的な分析により、合流地点での60秒間平均速度が40km/h~60km/hとなった場合に上流区間のCA車両に車線変更指示を与えるという設定とした。CA車両は指示を受けたのち、周辺の状態に対して車線変更可能な場合に、車線変更を実施する。

CA車両混入率を1%~10%で変化させた上で、それぞれの混入率に対して制御のあり/なしの評価を行った。その結果、混入率が上昇するにつれ、走行車線での旅行時間は減少するものの、追越車線では旅行時間に変化はなく、全体として交通状態の改善に寄与することが明らかとなった。図9にはその例として、CA車両混入率を9%に設定した場合の、車両制御あり/なしでの走行車線における走行軌跡を示す。なお、図中のピンク色のドットはCA車両の車線変更地点を表す。これより、上流側で車線変更をすることにより、合流地点での速度低下が抑制され、ストップアンドゴー状態の発生を大幅に減少させていることが明らかとなった。

#### 強化学習ベースの車両制御

4つの報酬関数を用いて学習された合流挙動の例として、安全性制御（PICUDが0以上となり、かつ、なるべく早くに合流できるよう学習したケース）と効率性制御（自分自身の旅行時間を最小にするよう学習したケース）での車両走行軌跡を図10に示す。これより、報酬関数の設定によって異なる挙動が再現されていることが分かる。また、4つの報酬関数と全車両の平均旅行時間の関係（図11）より、効率性制御、および全体効率性制御によって旅行時間が改善していることが分かる。これにより、強化学習を適用することにより、全体最適を実現する車両挙動の探索が可能であることが示された。

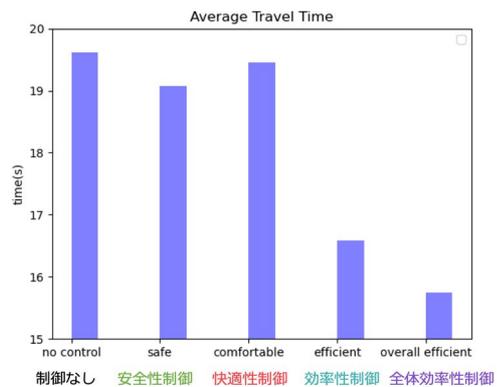


図11 ZTDによる車両走行軌跡

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 服部 友哉、塩見 康博	4. 巻 8
2. 論文標題 都市高速道路合流部における車線利用率と旅行時間の関係に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_159 ~ A_168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.8.2_A_159	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 高田 啓介、森本 裕治、吉井 稔雄、坪田 隆宏	4. 巻 42
2. 論文標題 エリア交通流状態を用いた巨視的渋滞発生の検出手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 交通工学研究発表会論文集	6. 最初と最後の頁 519 ~ 522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jsteproceeding.42.0_519	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 TSUBOTA Takahiro, YOSHII Toshio, KURAUCHI Shinya, XING Jian	4. 巻 77
2. 論文標題 EFFECT OF TRAFFIC ACCIDENT INFORMATION PROVISION ON EXPRESSWAY NETWORK CONSIDERING INFORMATION TYPES	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_985 ~ I_993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.77.5_I_985	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 吉井 稔雄、奥原 瑠依、坪田 隆宏	4. 巻 7
2. 論文標題 交通事故の影響による MFD 形状変化分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_201 ~ A_206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.7.2_A_201	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 坪田 隆宏、吉井 稔雄、白柳 洋俊、倉内 慎也	4. 巻 6
2. 論文標題 交通事故リスク情報提供による安全性向上効果の定量評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_270 ~ A_279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.6.2_A_270	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 Takahiro TSUBOTA, Toshio YOSHII, Jian XING	4. 巻 Volume 1 Issue 1
2. 論文標題 PREDICTION OF TRAFFIC ACCIDENT LIKELIHOOD ON INTERCITY EXPRESSWAY BY CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Intelligence, Informatics and Infrastructure	6. 最初と最後の頁 11-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.1.1_11	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 塩見 康博	4. 巻 45
2. 論文標題 高速道路における動的速度マネジメントについて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IATSS Review (国際交通安全学会誌)	6. 最初と最後の頁 172 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24572/iatsreview.45.3_172	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 Shiomi Yasuhiro, Sakai Shiho, Terasawa Hiroko	4. 巻 -
2. 論文標題 Intuitive Representation of Traffic Flow Dynamics: Application of Data Sonification	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS)	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/FISTS46898.2020.9264851	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 Seo Toru	4. 巻 -
2. 論文標題 Calibration-free traffic state estimation method using single detector and connected vehicles with Kalman filtering and RTS smoothing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)	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/ITSC45102.2020.9294229	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 田平優太, 塩見康博	4. 巻 75
2. 論文標題 追従時の相対速度変動に着目した走光型視線誘導システムの影響分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 I_637 ~ I_646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.75.6_I_637	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 松ヶ谷 玲弥, 塩見 康博, シンジャン, 糸島 史浩, 甲斐 穂高	4. 巻 6
2. 論文標題 個別車両データを用いた都市間高速道路における交通流特性の経年変化に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_121 ~ A_130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.6.2_A_121	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 Mariko Nakai and Yasuhiro Shiomi	4. 巻 -
2. 論文標題 Dynamic calibration of microscopic traffic simulation at sags	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 24th HKSTS international conference	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 橋本申, 吉井稔雄, 坪田隆宏, 全邦釘	4. 巻 75
2. 論文標題 ディープラーニングを用いた高速道路の路面劣化予測モデル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 I_547 ~ I_554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.75.6_I_547	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 寺田 弘明, 柳原 正実, 小根山 裕之	4. 巻 7
2. 論文標題 自動運転車混在下における走光型視線誘導システムの交通流への影響分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_216 ~ A_225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.7.2_A_216	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 川田 怜央, 柳原 正実, 小根山 裕之	4. 巻 42
2. 論文標題 自動運転車混在下の渋滞流における走光型視線誘導システムの効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 交通工学研究発表会論文集	6. 最初と最後の頁 601 ~ 607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jsteproceeding.42.0_601	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 -

〔学会発表〕 計22件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Seo, T., Tago, Y., Shinkai, N., Nakanishi, M., Tanabe, J., Ushirogochi, D., Kanamori, S., Abe, A., Kodama, T., Yoshimura, S., Ishihara, M., and Nakanishi, W.
2. 発表標題 Evaluation of large-scale complete vehicle trajectories dataset on two kilometers highway segment for one hour duration: Zen Traffic Data
3. 学会等名 2021 International Symposium on Transportation Data and Modelling (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬尾亨
2. 発表標題 モデルフリー・経験則フリーな交通状態推定
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 文山草, 瀬尾亨, 布施孝志
2. 発表標題 Link Transmission Modelと移動体観測を組み合わせた交通状態推定手法の開発と検証
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 服部友哉, 塩見康博, 佐野正彦, 松永弘明
2. 発表標題 ミクロ交通流シミュレーションを用いた都市高速における動的車線マネジメントに関する研究
3. 学会等名 第19回ITSシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Kinoshita and Yasuhiro Shiomi
2. 発表標題 Data-driven modeling of car-following behavior on freeways considering spatio-time effects: a comparison of different neural network structures
3. 学会等名 第20回ITSシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本想, 花房比佐友, 塩見康博
2. 発表標題 強化学習を用いた高速道路における制限速度制御手法の構築
3. 学会等名 第66回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 篠原祐吾, 花房比佐友, 塩見康博
2. 発表標題 高速道路合流部における自動運転車両の戦略的制御
3. 学会等名 第66回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野正彦, 松永弘明, 入江喜朗, 高本聡, 橋本洋介, 塩見康博
2. 発表標題 都市高速における追従応答性を考慮した車両制御技術の適用可能性に関する研究
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中井万里子, 塩見康博
2. 発表標題 ミクロ交通流シミュレータを用いたデータ同化による高速道路サグ部の交通状態推定
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塩見康博
2. 発表標題 車両挙動モデリングにおけるHamiltonian Neural Networkの適用可能性
3. 学会等名 第61回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬尾亨, 杉本佳昭
2. 発表標題 プローブカーと感知器のデータに基づくキャリブレーション不要な交通状態推定手法
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井健吾, 瀬尾亨, 布施孝志
2. 発表標題 自動運転車両の車間距離データに基づく混合交通流の車線別状態推定
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井万里子, 塩見康博
2. 発表標題 ミクロ交通流シミュレータを用いたデータ同化による高速道路サグ部の交通状態推定
3. 学会等名 第60回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田平優太, 塩見康博
2. 発表標題 追従時の相対速度変動に着目した走光型視線誘導システムの影響分析
3. 学会等名 第59回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田昌平, 瀬尾亨, 井料隆雅
2. 発表標題 プローブカー軌跡とショックウェーブ理論を用いた自由流領域の交通密度推定
3. 学会等名 第60回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞貝憲史, 田子裕亮, 瀬尾亨, 中西航
2. 発表標題 大規模車両軌跡データ解析のための基礎的ライブラリの開発
3. 学会等名 第60回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬尾亨
2. 発表標題 自動運転時代の交通システム理論：展望と課題
3. 学会等名 G空間EXPO (CSISシンポジウム)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 StephanieWanjiku GITURU, Toshio YOSHII, Takahiro TSUBOTA, Hirotooshi SHIRAYANAGI
2. 発表標題 A Study on the Characteristics of MFD determined by Probe Data
3. 学会等名 The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Colombo, Sri Lanka (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirotooshi SHIRAYANAGI, Shinya KURAUCHI, Takahiro TSUBOTA and Toshio YOSHII
2. 発表標題 Effect of Attentional Disengagement on Driver Inattention While Driving on Expressway
3. 学会等名 The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Colombo, Sri Lanka (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤はるな, 柳原正実, 小根山裕之
2. 発表標題 車線変更時における運転行動・運転意図とストレス指標の関係分析
3. 学会等名 第65回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤はるな, 柳原正実, 小根山裕之
2. 発表標題 ストレス指標を考慮した車線変更時における運転意図と運転挙動の関係分析
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳原正実, 近藤はるな, 小根山裕之
2. 発表標題 車線変更時におけるドライバーのストレス指標の時間変化と要因に関する研究
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Wada, K., Seo, T., and Shiomi, Y	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 4226
3. 書名 International Encyclopedia of Transportation	

〔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	柳原 正実 (Yanagihara Masami)  (20739560)	東京都立大学・都市環境科学研究科・助教  (22604)	
研究分担者	服部 宏充 (Hattori Hiromitsu)  (50455581)	立命館大学・情報理工学部・教授  (34315)	
研究分担者	吉井 稔雄 (Yoshii Toshio)  (90262120)	愛媛大学・理工学研究科(工学系)・教授  (16301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	瀬尾 亨  (Seo Toru)  (90774779)	東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授    (12608)	

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