様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５年　５月２５日現在

機関番号：１３９０１
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2019～2022
課題番号：１９Ｈ０２２６０

研究課題名（和文）多様化する都市活動・交通評価のためのシミュレーションプラットフォームの構築

研究課題名（英文）Development of simulation system for evaluating diversified urban activity and transportation

研究代表者
三輪　富生（Miwa, Tomio）

名古屋大学・未来材料・システム研究所・准教授

研究者番号：６０４２２７６３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　13,200,000円

研究成果の概要（和文）：テレワークや自動運転車の普及などによって多様化が進む日々の活動や交通行動を予測・分析するための様々な分析手法の構築を行った．この結果，テレワークが進むと，曜日ごとの通勤交通量が異なることや買い物や外食が減少する一方で仕事や家族団らんの時間が増加することが示された．また，自動運転車は普及開始から20年ほどで，8割の自家用車が自動運転車となること，自動運転タクシーより自家用自動運転車としての普及が大きいことが示された．その他，自動運転車の普及により，車両間の協調的な走行によって交差点における交通流を制御でき，信号による制御よりも効率が高まること等が示された．

研究成果の学術的意義や社会的意義
多様化が進む社会活動や実用化が進む新たなモビリティ―を背景に，交通量の発生から配分までを単純なモデルで評価し，平日と休日の行動の違いに焦点を当てた従来の交通計画手法は見直しが必要である．本研究では，そのような社会における，社会活動，居住地，交通需要，交通行動を予測する数理モデルを構築した．また，自動運転車の普及予測や交通流を評価するシミュレータを開発し，様々な分析を行った．これらの研究から，多くの学術的意義の高い研究成果が得られた．また，これからの交通計画における交通需要予測法やモビリティの運用方法を提案できたことは社会的意義が高い．

研究成果の概要（英文）：This research project established various analysis methods for predicting and analyzing daily activities and traffic behavior, which are becoming more diversified due to the spread of telecommuting and autonomous vehicles. As a result, it was shown that as a telecommuting spread, commuting traffic varies by day of the week, shopping and eating out decrease, but work and family reunion time increase. It was also shown that 80% of private vehicles will be autonomous vehicles in about 20 years from the start of their spreading, and that household-owned autonomous vehicles will be more popular than autonomous taxis. In addition, it was shown that with the spread of autonomous vehicles, it becomes possible to control traffic flow at intersections through cooperative driving between vehicles, which is more efficient than control using traffic signals.

研究分野：交通計画

キーワード：交通需要予測　交通行動分析　交通量配分　交通シミュレーション

※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。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

テレワークなどの柔軟な働き方，高齢者の社会進出，自動運転車サービスによる子供の自動車移動など，日々の活動や交通行動は多様化していく．この結果，居住地の分散や交通需要の増加が生じ，加えて自動運転車による新たな交通管理が可能となる．そのような中で，コンパクトな都市の実現可能性や中山間地域の持続可能性，それらのための都市交通システムの有効性が評価できる，新しい都市活動・交通シミュレーション技術の開発が必要である．

２．研究の目的

テレワークが普及した際の，市民の活動の変化や居住地変更を分析し，将来の都市活動の動向を予測する．また，居住地選択のような長期的意思決定，交通手段選択のような短期的意思決定などのモデル化を行い，新たな交通サービスが提供された場合の居住地分布や交通行動の変化を把握する手法を開発する．さらに，自動運転車の普及予測や自動運転車によって構成される交通流の管理方法を評価できるシミュレータを構築し，将来の交通状況の変化を予測する．

３．研究の方法

本研究は，以下の 5 つの項目について実施する．

（１）テレワークの普及に伴う，将来の社会活動変化の予測
（２）新たな交通サービスが提供された場合の居住地・交通行動予測モデルの構築
（３）自動運転車の普及予測モデルの構築
（４）ミクロシミュレータの構築と自動運転車による交通流の制御モデルの構築
（５）より精緻な交通管理に資する交通移動体データの解析モデルの構築

４．研究成果

（１）テレワークの普及に伴う，将来の社会活動変化の予測

テレワークの普及が日々の活動に与える影響を把握するため，2020 年 11 月に Web アンケート調査を実施した．得られたデータを分析することで，テレワーク実施日や通勤日が不均一に分布することや（図１），テレワーク実施可能な条件，テレワークの希望日数と職場で許容される日数の差異とその要因などについての多くの知見を得た．また，テレワーク実施日と勤務先への通勤日の活動内容と時間を，回答の相関と不確実性を考慮した離散連続モデルによりモデル化した．これを用いて分析したオフィスへの通勤頻度(5-テレワーク頻度)と活動時間の関係より，テレワーク頻度が増加すると買い物や外食の活動時間は減少するが，仕事時間や家族団らんの時間は増加することが示されるなど(図２)，交通計画の入力情報として重要な知見が得られた．

（２）新たな交通サービスが提供された場合の居住地・交通行動予測モデル

本研究では新たな交通サービスとして，鉄道と自動運転車を取り上げた．まず，2011 年に名古屋市で開業したあおなみ線および地下鉄名城線東側区間について，PT 調査データを用い，開業前後の居住者特性の変化を DID モデル（Difference-in-difference）を構築した．これによる分析の結果，従来からの居住者特性によって地域住民の変化が異なること等が示された．

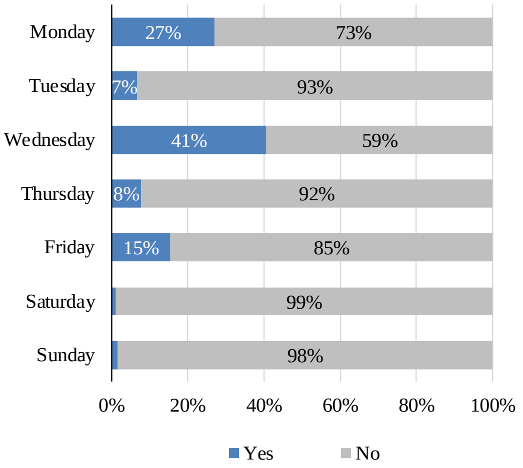
自動運転車サービスの提供による交通行動変化については，自動運転タクシーが利用可能な状況に置行ける行動変化についてのアンケート調査を名古屋市周辺で実施した．その後，得られたデータを用い，交通手段選択モデルを構築し，それを内生化した交通均衡配分モデルを構築した．名古屋市周辺の交通ネットワークに適用し，様々な自動運転車専用レーンが設置された場合の自動運転タクシーや従来の交通サービスの需要量の変化を分析した（図３）

（３）自動運転車の普及予測モデル

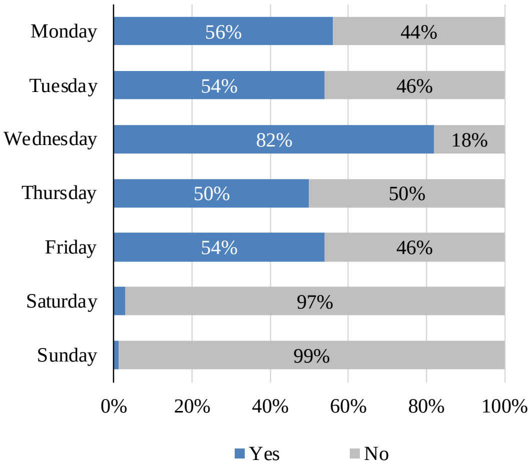
自動運転車の普及形態には，自家用自動運転車と自動運転タクシーが想定できるが，どのような形態で，またどの程度の速度で普及が進むかについては十分な知見が得られていない．そこで，自動運転車の保有形態と利用についてのアンケート調査を 2022 年に実施した．得られたデータから，保有形態と利用距離に関する離散連続モデルを構築した．さらに，自動運転車と手動運転車が混在する交通状況を扱う均衡配分モデルを構築し，交通状況と保有・利用行動との相互影響を考慮して，自動運転車の普及予測を行った．分析の結果から，普及から 20 年ほどで 8 割の自家用車が自動運転車となること，自動運転タクシーより自家用自動運転車としての普及が大きいことが示された（図４，図５）．

（４）ミクロシミュレータの構築と自動運転車による交通流の制御モデルの構築

自動運転車が普及すると，交差点における交通流の制御について，従来の信号制御によらない新たな制御が可能となる．本研究では，交差点での進路が交錯しない車両群を同時に流入させる，より簡便な制御方法を提案した．また，既存の交差点に設置されている右折レーンの活用や，交差点に進入させる車両グループ（世代）の更新についても提案し，セルラーオートマトンによるマイクロシミュレータを開発してその効果を検証した．この結果，車両グループの更新の効果は非常に高く，従来の信号交差点よりも総旅行時間を大きく削減できる可能性が示された．

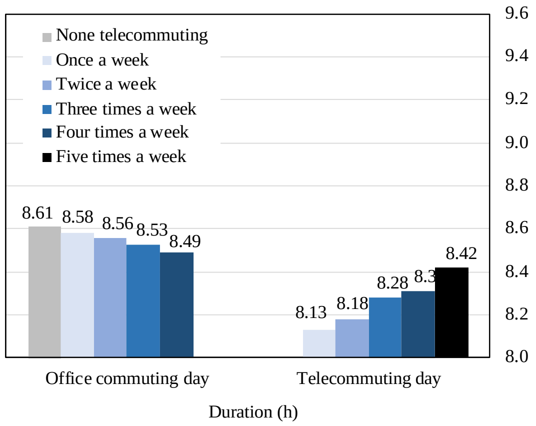


(a) 週 1 日通勤する場合

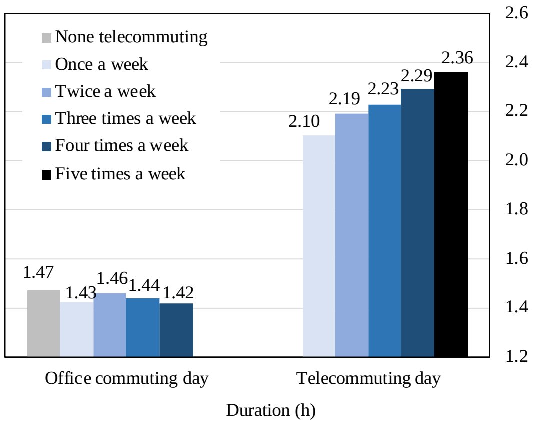


(b) 週 3 日通勤する場合

図１　テレワーク実施日数と通勤日の関係

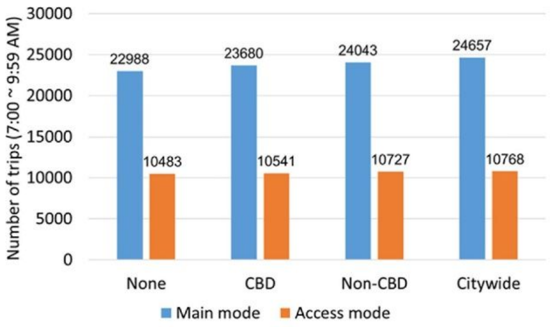


(a) 仕事時間

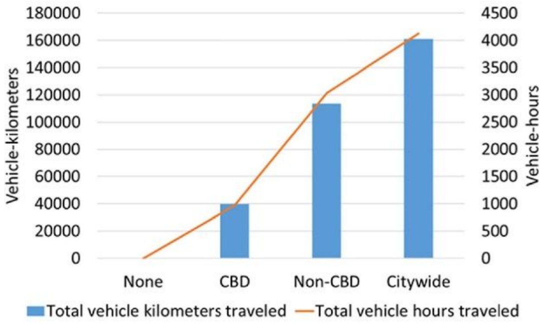


(a) 家族団らんの時間

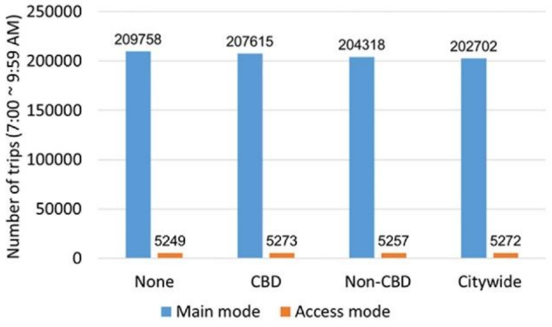
図２　オフィス勤務日数と活動時間の関係



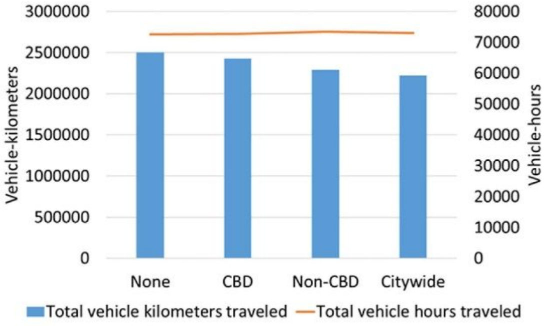
(a) Number of trips using ATs



(c) Total VKT and VHT in dedicated lanes



(b) Number of trips using cars



(d) Total VKT and VHT in non-dedicated lanes

図３　自動運転タクシーサービスの需要予測分析結果

また，交差点に流入する車両間のコンフリクトを予測し，個別車両間で協調行動をとる手法についても分析を行った．特に，制御対象車両の旅行時間のみを考慮した場合と周辺車両への影響を

考慮した場合との比較分析を行った．協調制御行動を選択する機械学習モデルを構築して分析を行った結果，周辺車両への影響を考慮することの効果は大きくないことが示された．

（５）より精緻な交通管理に資する交通移動体データの解析モデルの構築

将来の交通政策における重要な交通データであるプローブデータを用いた，様々な技術の開発を行った．例えば，異なる交通手段間の競合関係の分析技術，潜在的交通需要の予測手法，非負値テンソル因子分解による交通パターンの特徴把握技術（図７）などである．

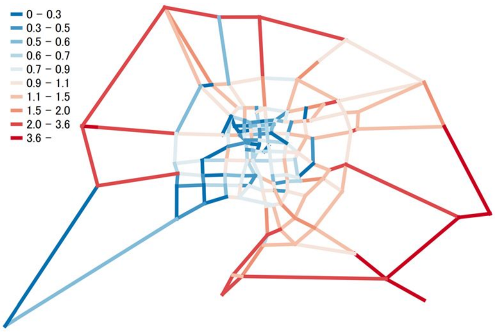


図４　自動運転車普及後の道路混雑
（名古屋市周辺の幹線道路網）

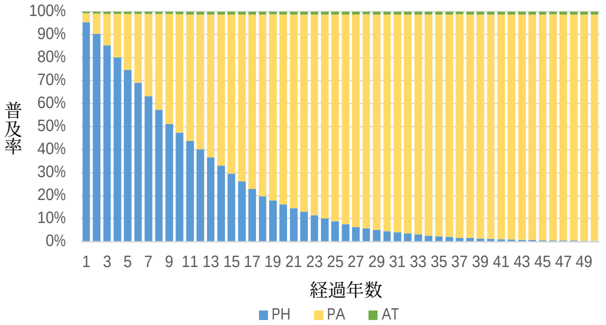
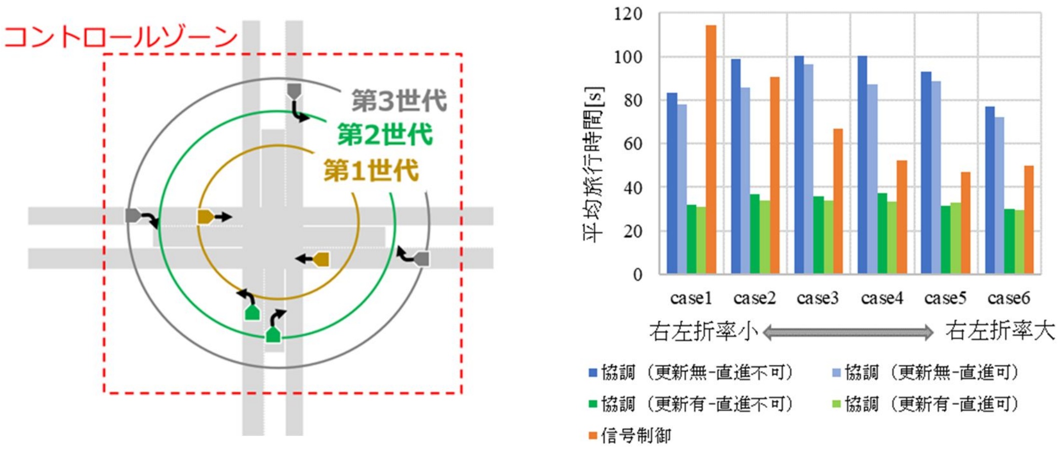


図５　自動運転車の形態別普及予測



(a) 交差点に同時進入する車両グループ

(b) 協調制御効果（2400 台/時）

図６　無信号交差点における自動運転車の協調制御シミュレーション

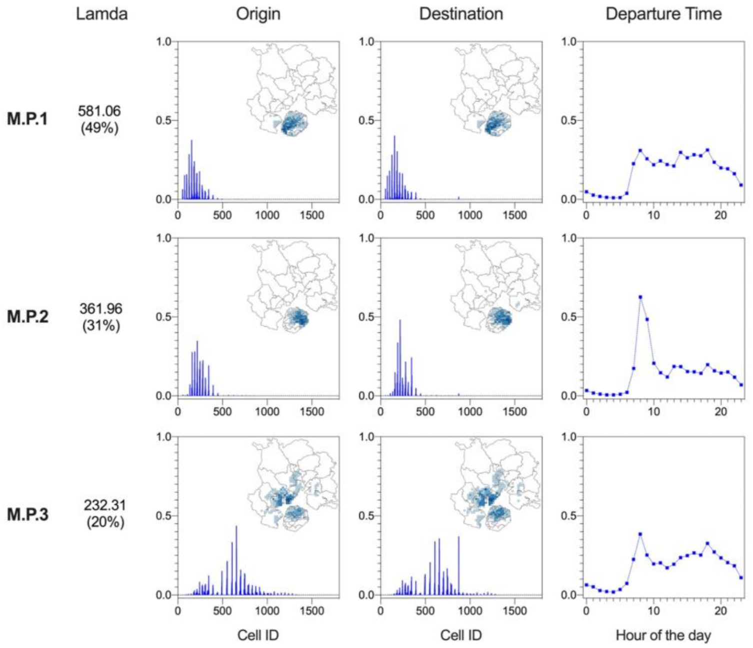


図７　非負値テンソル因子分解によるプローブデータを用いた交通パターン把握

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計12件（うち査読付論文　12件／うち国際共著　1件／うちオープンアクセス　7件）

１．著者名 Katagiri, S., Miwa, T., Tashiro, M. and Morikawa, T.	４．巻 11
２．論文標題 Effect of optimization time-scale on learning-based cooperative merging control at a nonsignalized intersection	５．発行年 2023年
３．雑誌名 IEEE Access	６．最初と最後の頁 32857-32868
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2023.3263118	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 Liang, J., Miwa, T., Wang J. and Morikawa, T.	４．巻 9
２．論文標題 Impact of Telecommuting on Japanese Citizen's Travel, Activities, and Residential Locations: Experiences and Future Expectations under COVID-19 Pandemic	５．発行年 2023年
３．雑誌名 Asian Transport Studies	６．最初と最後の頁 100105
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.eastsj.2023.100105	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 中垣 弦一郎, 田代 むつみ, 三輪 富生, 森川 高行	４．巻 9
２．論文標題 単独交差点における協調制御シミュレーションと右折レーン活用効果の検証	５．発行年 2023年
３．雑誌名 交通工学論文集	６．最初と最後の頁 A_229-A_237
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14954/jste.9.2_A_229	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 Wang, J., Miwa, T. and Morikawa, T.	４．巻 167
２．論文標題 Recursive decomposition probability model for demand estimation of street-hailing taxis utilizing GPS trajectory data	５．発行年 2023年
３．雑誌名 Transportation Research Part B	６．最初と最後の頁 171-195
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.trb.2022.11.014	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 Mori, K., Miwa, T., Abe, R. and Morikawa, T.	４．巻 166
２．論文標題 Equilibrium Analysis of Trip Demand of Autonomous Taxi Services in Nagoya, Japan	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Transportation Research Part A	６．最初と最後の頁 476-498
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tra.2022.10.009	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 Wang, D., Miwa, T. and Morikawa, T.	４．巻 83
２．論文標題 Interrelationships between Traditional Taxi Services and Online Ride-hailing: Empirical Evidence from Xiamen, China	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Sustainable Cities and Society	６．最初と最後の頁 103924
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scs.2022.103924	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 Wnag, J., Wang, L., Miwa, T., Jiang, M. and Morikawa, T.	４．巻 14
２．論文標題 Understanding Travel Mode Choice in Future Robo-taxi Available Society	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies	６．最初と最後の頁 1019-1038
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11175/easts.14.1019	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 Wang, L., Jiang, M., Miwa, T. and Morikawa, T.	４．巻 14
２．論文標題 Investigation on Railway Investment-Induced Neighborhood Change and Local Spatial Spillover Effects in Nagoya, Japan	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Journal of Transport and Land Use	６．最初と最後の頁 715-735
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5198/jtlu.2021.1763	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	4．巻
Wang, D., Miwa, T. and Morikawa, T.	10
2．論文標題 Comparative Analysis of Spatial-temporal Distribution between Traditional Taxi Service and Emerging Ride-hailing	5．発行年 2021年
3．雑誌名 International Journal of Geo-Information	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） 10.3390/ijgi10100690	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	4．巻
Wang, L., Miwa, T., Jaing, M. and Morikawa, T.	154
2．論文標題 Heterogeneous residential distribution changes and spillover effects by railway projects: The case study of Nagoya, Japan	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Transportation Research Part A	6．最初と最後の頁 145-163
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tra.2021.10.004	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	4．巻
Wang, L., Jiang, M., Miwa, T., Bardaka, E. and Morikawa, T.	6
2．論文標題 Preliminary study on transit-induced residential gentrification in Nagoya, Japan	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Asian Transport Studies	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.eastsj.2020.100022	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	4．巻
Wang, D., Miwa, T. and Morikawa, T.	20
2．論文標題 Big Trajectory Data Mining: A Survey of Methods, Applications, and Services	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Sensors	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） 10.3390/s20164571	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 －

〔学会発表〕　計12件（うち招待講演　0件／うち国際学会　4件）

1．発表者名 田島怜路，三輪富生，鶴見直樹，森川高行
2．発表標題 蓄積されたリンク旅行時間情報を活用したプローブカーデータのマップマッチング
3．学会等名 土木学会中部支部研究発表会
4．発表年 2023年

1．発表者名 中垣弦一郎，田代むつみ，三輪富生，森川高行
2．発表標題 右折レーンを活用した無信号交差点における協調制御
3．学会等名 第42回交通工学研究発表会
4．発表年 2022年

1．発表者名 Liang, J. and Miwa, T.
2．発表標題 Travel and Activity Behavior in Telecommuting Era
3．学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021（国際学会）
4．発表年 2021年

1．発表者名 Wang, D., Miwa, T. and Morikawa, T.
2．発表標題 Comparing Mobility Patterns Between Traditional Taxis and Ride-Hailing Services Using Non-Negative Tensor Factorization
3．学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021（国際学会）
4．発表年 2021年

１．発表者名 Wang, L., Miwa, T., Jiang, M. and Morikawa, T.
２．発表標題 Railway-induced Heterogeneous Residential Distribution and Spatial Spillover Effects: The Case in Nagoya City
３．学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Wang, J., Wang, L., Miwa, T., Jiang, M. and Morikawa, T.
２．発表標題 Understanding Travel Mode Choice in Future Robo-taxi Available Society
３．学会等名 The 14th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies 2021（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 五藤大貴，三輪富生，森川高行
２．発表標題 自動運転車と手動運転車の混雑への非対称性と経路選択の違いを考慮した交通均衡配分
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 片桐紳太郎，田代むつみ，三輪富生，森川高行
２．発表標題 決定木による自動運転車の交差点協調制御の検討
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
田代むつみ，施展華，三輪富生，森川高行

２．発表標題
コネクテッドカーの交差点協調制御に関する研究

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
五藤大貴，三輪富生，森賢太郎，森川高行

２．発表標題
複雑な交通手段選択を考慮した交通量配分モデルに関する基礎的研究

３．学会等名
第63回土木計画学研究発表会

４．発表年
2021年

１．発表者名
森賢太郎，三好壱晟，三輪富生，森川高行

２．発表標題
名古屋市における自動運転タクシーサービスの需要量に関する均衡分析

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
施展華，市岡佑樹，田代むつみ，三輪富生，森川高行

２．発表標題
自動/手動運転混在環境における無信号交差点での協調制御

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	森川　高行 (Morikawa Takayuki) (30166392)	名古屋大学・環境学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	山本　俊行 (Yamamoto Toshiyuki) (80273465)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・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