

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00265

研究課題名(和文) MaaS+CV時代の次世代交通システムに向けたインフラと制度の設計

研究課題名(英文) Infrastructure and design for next-generation transport systems in the MaaS+CV era

研究代表者

井料 隆雅 (Iryo, Takamasa)

東北大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：10362758

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,900,000円

研究成果の概要(和文)：MaaS (Mobility-as-a-Service)とCV (Connected Vehicle)を組み合わせた次世代交通システムに向けたインフラと制度の設計手法の確立を目指した。MaaSの輸送効率向上に向け相乗りを伴う需要応答型交通の分析手法を構築し、MaaSとCVの組み合わせで実現する交通制御手法を、信号制御などの制御手法と経験的プロセスによる最適化手法により提案した。これらの基盤として動学モデルの特性分析も行った。以上の知見を統合し、大規模ネットワークを対象とした次世代交通システムの性能評価ツールを開発し、MaaSとCVの適切な組み合わせの方策を探るケーススタディを行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は以下のトピックに貢献を加えたという点で学術的貢献がある：(a)進化ゲーム理論やマルコフ連鎖による動学モデルの特性分析手法、(b)DRTの交通システムとしての特性を解析する方法論開発と施策評価、(c)CVによる信号制御から各種制度およびインフラにわたる動的な最適化手法の提案。これらの学術的成果は実際の交通システムにも大きく貢献するという点で社会的な意義も大きい。MaaSは近年実装が始まっているが交通システム全体でのその便益の評価はほぼされていない。提案手法はどのような施策が都市交通システムを改善するか(あるいは改善しないか)を予測するための重要な手がかりとなることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：We aimed to establish methods for infrastructure and regulation design of next-generation transport systems combining Mobility-as-a-Service (MaaS) and Connected Vehicles (CVs). First, method analysing characteristics of DRT (Demand Response Transport) with shared rides was developed to improve the transport efficiency of MaaS. We have proposed methods for traffic controls that can be realised through the separation of user and transport operators by MaaS and CV through control methods including lane number adjustment as well as signal controls, and an optimisation method based on heuristic processes. We also studied the characteristics of dynamic models based on evolutionary games and Markov chains as methodologies to support the above methods. Integrating the above findings, a performance evaluation tool for next-generation transport systems for large-scale networks was developed, and a case study was conducted to explore measures for the appropriate combination of MaaS and CV.

研究分野：交通工学，交通ネットワーク分析，交通ビッグデータ分析，交通シミュレーション

キーワード：Mobility as a Service Connected Vehicle 次世代交通システム インフラストラクチャ設計 制度設計 需要応答型交通 インフラストラクチャ設計

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 (共通)

1. 研究開始当初の背景

道路インフラの計画運用の方法論は膨大に蓄積されているが、多くの場合、車を動かす「輸送主体」と、「どこかに行きたい」という移動の需要を持つ「利用主体」(利用者)は同一、すなわち、「車を動かす人と車に乗る人は同じ」(いわゆる自家用車の利用)と考えることが多かった。バス・タクシー・営業用貨物車のような営業車は台数で見れば少数派であり、道路交通システムの整備や運用で包括的に考慮されることはほとんどなかった。

近年この「動かす人=乗る人」の構造は大きく崩れつつある。個々の利用主体の需要に合った移動手段を提供するモビリティサービス(MS)が自家用車の代替として急速に普及を始め、ライドシェアのようにビジネスとして成立しているものもある。近い将来、自動運転技術などの普及で輸送主体と利用主体の分離が進行し、「動かす人=乗る人」という想定が、道路インフラの計画運用において通用しなくなることも予想される。

MSのような輸送サービスには利用主体と輸送主体の適切なマッチングが不可欠である。これを実現するものとして近年 MaaS (Mobility-as-a-Service) が注目されている。MaaS は個々の利用者の需要に応じ複数の輸送サービスを束ね単一サービスとして提供(場合によっては課金も)する³⁾。MaaS 自体は輸送主体ではなく(MaaS と輸送主体が同一会社等のことはある)、もっぱら輸送主体と利用主体を媒介する機能を提供するところがポイントである。輸送主体と利用主体の分離は交通制御の高度化にも有効と考えられる。利用主体の大多数を占める一般公衆が複雑な交通制御を理解し受容することは困難である。車両の運用を輸送主体が専門的に行うことにより、高度かつ複雑な交通制御の実行可能性は著しく高まる。例えば他の交通手段との接続を要する車両を優先して通行させるような、車両間の連携を要するきめ細かい交通制御の導入も期待できる。上記のような高度な交通制御の実現には、車両間の相互通信を可能とする Connected Vehicle (CV) の普及が欠かせない。CV は自動運転実現のための重要な要素とされることもあり、今後急速に普及し将来的には道路インフラの一部となることが期待される技術でもある。

以上のような MaaS と CV が「利用主体」「輸送主体」「道路インフラ」を相互につないで構成される交通システムを「次世代交通システム」と名付ける。これは、道路インフラの利用効率を向上させ、環境負荷を低下させ、利便性を向上させる潜在力を持っている。将来、旧来の自家用車主体の道路交通を完全に置き換えることも十分に想定される。

次世代交通システムの性能向上には、民間のイノベーションを活用する一方で、政府は道路インフラと制度を適切に整備運用することに徹するのが適切であろう。政府と民間の役割分担には多くのパターンがありうるが、本研究では以下で示す典型的な状況のみを考える：

1. 利用主体：個々人が自己の効用を最大化するように自由に意思決定を行い行動する。
2. 輸送主体：民間の経営主体が収益を最大化するように自由に意思決定を行い行動する。
3. 道路インフラ：政府の設計による(政府が整備計画を立案し実行する)。
4. CV による交通制御：政府が制御のルールを設計する。

このような場合でも次世代交通システムに対し政府がどのようにインフラと制度を設計すればよいかについては、我々の知見は極めて少ない。本研究では特に、(A)MaaS の制度、(B)利用主体と輸送主体の分離下での交通制御、(C)次世代交通システム向けの道路ネットワークの計画手法、の3つをどうすればよいのか? を研究の「問い」とする。以下でこれらについて詳細を示す。

(A)について、MaaS の実装や普及も民間による情報通信技術のイノベーションによるところが大きいかもしれないが、収益を優先するあまり利用主体を外部不経済の高い輸送主体とマッチングし、交通システム全体の効率を下げる問題も無視できない。例えば営利企業がライドシェアと MaaS を一体的に運営している場合には、バスや電車が利用者減に見舞われ減便や路線廃止を招き、道路の混雑は一層悪化してしまうかもしれない。適切な制度設計の必要性は自明である。

(B)について、交通制御に関する研究は、交通信号にせよ混雑課金にせよ膨大な知見の蓄積があり、CV による実装についての研究も多いが、それらは基本的に輸送主体(=車両)の効率(車両の総走行時間など)の向上を目指すものであった。しかし利用主体と輸送主体が分離されると、車両に着目した制御は必ずしも適切ではなくなる。例えば回送車両と複数名乗車する車両とは等価ではなくなるし、個々の輸送主体の速度を向上しても、それらの乗り継ぎが悪ければ利用主体の利便性は向上しない。車両ではなく利用主体に着目した交通制御の研究は、バス優先の信号制御など限定された分野を除いてほとんど見当たらない。

(C)について、現行の道路ネットワーク計画手法(交通量配分や交通流シミュレーションなど)は、利用主体と輸送主体の分離も CV などによる高度な交通制御も想定していない。大規模な道路ネットワーク上で運用される次世代交通システムの性能を計算できるツールの開発が、次世代交通システムに最適なインフラを設計するために必須である。

2. 研究の目的

1. で示した研究の背景を受けて以下のように設定した。

- (A) MaaS の制度の差異による次世代交通システムの性能の違いを明らかにする。
- (B) 利用主体と輸送主体の分離下において、CV による効果的な交通制御手法を提案する。
- (C) 大規模ネットワークを対象とした次世代交通システムの性能評価ツールを開発実装する。

3. 研究の方法

本研究では研究全体にわたって次世代交通システムの特性を記述する数理モデルを構築し、それを解析的あるいは数値的手法により解析した。まず(A)に関して MaaS や MS、(B)に関して CV による交通制御に関する数理モデルの構築と分析をし、それらを併せたものを分析することにより、次世代交通システムの特性を分析した。最終的に(C)を開発実装してそれによる結果を分析した。本研究ではこれらの各目的を達成するために以下の各項で示す複数の理論的および数値的アプローチに基づく研究を行い、これらの知見を組み合わせることで各目的の達成を図った：

- (1) 需要モデルと組み合わせた MS における最適な容量制御に関する分析
- (2) MS と CV による効果的な交通制御手法との組み合わせによる効果の分析
- (3) 乗り合いを想定する MS の各種分析
- (4) 交通制御の最適化に関する分析
- (5) 進化ゲームによる意思決定モデルの特性分析
- (6) 制度設計における経験的プロセスに基づく最適化手法
- (7) 次世代交通システムの性能評価ツールの開発およびケーススタディ

本研究では、次世代交通システムを自家用車主体の都市交通が招く道路混雑を緩和する手段の一つとしてとらえている。研究開始当初には、実社会でサービスが提供されている一般的な MS (タクシーと同等のライドシェアサービス) は混雑緩和に有用となりうると想定し、主に需要と供給の対一のマッチングに重点を置いて MS と MaaS の分析を行おうとした。一方で MS に関する研究は本研究の期間中に世界的に見て急速に進展しており、それらの追加調査や本研究内で実施した予備的な分析の結果、一般的な MS は混雑という面で負のインパクトがあることが想定よりはるかに多いことが分かってきた。例えば 2020 年に刊行された Oh らの研究^[1]では、シンガポールにおけるケーススタディで MS による混雑悪化の可能性を示唆している。このことは MS の需要が公共交通の需要と競合することにより発生するとされている。

上述の問題を回避するには MS の輸送効率の向上が公共交通との組み合わせを図るしかない。輸送効率を向上させるには、対一のマッチングではなく、1 台の車両が複数の旅客を輸送する (= 乗り合い) しかない。研究目的(A)での「制度」として計画時は課税や補助金等の経済的制度によるマッチングの効率化を主に想定していた。しかし輸送効率の向上にはこれらのような経済的制度よりも、むしろ、効率的な乗り合いが実現できる状況を知った上でそれを促進する制度の導入が必要である。また(B)(C)でも公共交通を含む多様な交通手段の想定はしていたものの、乗り合いによる輸送効率の向上にはそれほど重点をおいていなかった。しかし上述した問題により、これらを前提としたまま研究を遂行しても期待する次世代交通システムの実装にはつながらないことが明らかになった。以上の理由により、(A)を含む各目的の確実な達成に向けて、特に需要応答型の乗り合いサービス (以降、Demand Responsive Transport を略した DRT と呼ぶ) や公共交通に関する分析に当初計画していた研究方法よりも重点を置いた。

4. 研究成果

3. の(1)から(7)までの成果を各節で示し、(8)でそれらを取りまとめて得られた知見を最終的な成果として示す。(8)では研究成果の学術および社会的な意義や今後の課題についても触れる。

(1) 需要モデルと組み合わせた MS における最適な容量制御に関する分析

この研究は容量制約のあるネットワークにおける MS (ここでは SAV (Shared Autonomous Vehicle) を想定している) の運用を、社会的に最適な状態を求める線形計画問題としてモデル化し、それを用いて最適な容量制御を提案するものである。線形計画問題により SAV を解析するアプローチは既存研究でも多くみられる。この分析でのポイントは偏りのある需要を想定した需要モデルとの連成をしたことと、MS の負のインパクトのひとつである回送交通の管理を考慮したこととの 2 点である。また MS の道路インフラとして重要な「待機スペース」(駐車場) をモデル内で考慮できるようにしている。

分析の結果、SAV の総台数が少なく、回送の必要性があるときには、回送交通の影響により双方向の容量確保が望ましいことや、時間的に集中する需要がシステム最適配分において到着パターンに「ムラ」を生むことがわかった。この結果は、特に需要が偏在する状況において、従来の交通計画では考慮することのなかった回送交通に対応する計画立案について一定の知見を与える。特に SAV がピーク時の需要の分だけ用意できず回送が必要となる状況では、従来のピーク時の混雑方向だけでなく、逆方向の容量拡張にも資源を割くべきことを示している。双方向に通行できる一般的な道路区間において、需要に応じて車線数などの主要な構造を方向別に偏らせることはもちろん現実的ではない。しかし交差点改良のような事例において、どの交差点のどの枝から容量拡張をすべきか、という意志決定は、方向別に意思決定する (すなわち、需要に応じて特定の枝に対して優先的に投資する) ことはごく一般的である。そのような場合においては、SAV の普及が容量拡張に関する意志決定に大きく影響するようになるだろう。

(2) MS と CV による効果的な交通制御手法との組み合わせによる効果の分析

交通制御のうち特に信号制御を対象とし、既存の適応型信号制御として知られる P_0 ^[2] に MS や公共交通に対する優先制御の実装を追加しその効果を検証した。 P_0 は交通状況に応じて青信号の時間を動的に調整する手法である。交差点への各流入路にプレッシャーと呼ばれる指標を交

通状況や飽和交通流率などを元に設定し、プレッシャーが等しくなるように青信号を調整する。提案手法では CV により一般車両と優先車両を分けて検知できるという前提のもとに、優先車両が存在する流入路により大きいプレッシャーを与えるようにしている。

P_0 は車両の経路選択の存在を考慮するという特徴がある。ネットワーク内での適応型信号制御を考慮する際には車両の経路選択と信号制御のあいだの相互作用の考慮が欠かせない。 P_0 はこの点を考慮した数少ない手法の 1 つである。経路選択を考慮した際の適応型制御において問題となるのは、優先車両が存在する流入路に対して単に多くの青時間を出しても、それにより削減した遅れ時間が、より早い経路を好む一般車両によって埋め立てられることがあるということである。よって長期的に安定した(準静的な)交通状態だけを考えると一般車両に対して何ら優先をしていない結末となりうる。このため優先制御の効果は動的な環境でのみ発揮されることが予想される。このことを考慮し提案手法の評価は動的な交通流の変動を考慮した方法論で行った。

提案手法の評価を交通流シミュレーションで行ったところ、優先制御により優先車両が一般車両よりも平均的には短い旅行時間を達成することができることがわかった。ただし提案手法の準静的な状況での効果は期待できないため、ラッシュ時のような限定的な状況にのみ有効である。この問題を解決するには専用車線や Smart lane changing のような方法で信号交差点での First-in-first-out の制約を緩和することが有効である。

(3) 乗り合いを想定する MS の各種分析

前章の冒頭で説明したように本研究では一般的な MS よりも DRT や公共交通に関する分析に当初計画よりも重点を置くこととした。しかしこれらの分析は既存研究の成果では不足が多い。特に DRT については多数の配車手法が提案されているがそれらが実現する輸送効率の特性は包括的には知られていない。また需要モデルと連成した上での輸送効率の分析も調べた限りではほぼ行われていない。特にこれらの点について重点的な分析を行った。

DRT に関する分析においては運営者と旅客の費用に加えて道路ネットワークへの影響を考慮した目的関数を定式化した最適配車問題を定式化し、その解の特性を解析的および数値的手法により調べた。いくつかの分析の結果、主に以下の 2 点の知見を得ることができた：(a) DRT は同時に多数の旅客が乗車することによる輸送効率の向上を意図しているが、実際には 1 台の車両への同時乗車人数は必ずしも多くない。(b)(a)の特性は需要の特性により大きく変わる。(a)については、多くの場合、例えば n 人の旅客を定員の制約がない車両 1 台で運ぶという設定で最適配車問題を計算しても、多くの場合、最大乗車人数は n に線形に比例するのではなく、 n の概ね 0.5 乗程度にしか比例しないことがわかった。このことは場合によっては数十名の旅客がいても最大乗車人数は数名程度にしかならないことを意味する。(b)については、DRT サービスの提供による混雑への外部性に対する政策目標による評価の差(例えば、混雑に対する外部性を考慮した課金等を DRT 運営者に課すか否かなど)による顕著な差は少なくとも検証した範囲では見られなかった。一方で需要モデルによる差は大きく、一般的に需要が時間方向に柔軟である場合には乗り合いが抑制される一方で、空間的に柔軟である場合は促進される傾向があった。このほか、乗り合いによる迂回率(=最短経路の何倍乗車時間が増加したか)は、数値計算の結果では大きくても 2 から 3 程度であることもわかった。一方で、旅客が乗車時間に無頓着という極端なケースであれば、以上の法則はかならずしも成立せず、最大乗車人数は大幅に増えることもある(極端な場合は、全員を乗車させてから全員を降車させることになる)ことがわかった。

上述の DRT の配車最適化問題を応用した公共交通の運用の最適化についても分析を行った。公共交通の運用については膨大な研究蓄積があるものの、複数の車両を異なる路線に同時に投入できる前提のもとで路線と時刻表(停車や通過を含む)を同時に最適化する方法は知る限り見当たらない。通勤時のような単一終点需要における分析を数値的手法により行い、主に次の知見を得ることができた：(a) 車両を複数利用できるときは、いわゆる遠近分離と呼ばれる階層的な路線および運行計画が多くの場合に最適となる。(b) 利用者の待ち時間費用が相対的に大きい場合には、最適な路線は遠方から目的地に単調に近づく形状以外にも、サービス対象領域を回遊するように運行し、乗車時間が長くてもサービスの頻度を向上させるようになる。これらの結果は、次世代交通システムにおける公共交通の性能を向上させることに貢献することが期待できる。

(4) 交通制御の最適化に関する分析

(2)で述べたように CV による交通制御においては乗り合いサービスや公共交通の車両のような優先車両に対して一定の容量を優先的に割り当てることが効果的である。一般車両の容量を確保してこれを実現するには一般車両に対する制御の効率化が欠かせない。本研究では(2)でも述べた適応型信号制御 P_0 の制御方法の特性の理論的調査のほか、近年台頭している DQN (Deep Q-Network) による最適制御を経路選択が存在する状況で実装することを行った。特に後者については GAN (敵対型生成ネットワーク) を用いることによる性能向上を示すことができた。

(5) 進化ゲームによる意思決定モデルの特性分析

一般的な交通システムにおいてはさまざまな主体が意思決定を行う。本研究では各構成要素の意思決定は進化ゲーム理論で記述するとしていた。進化ゲーム理論では、各構成要素は、他の構成要素の過去の意思決定に反応し、自身の効用や利益(政府の場合は全体性能)を最大化する

ように意思決定を日々更新する。これはマルコフ連鎖として記述できる。この枠組みにより構築したモデルの特性を2つのアプローチから分析した。

1 つめは公共交通とMSを組み合わせた次世代交通システムを模した通勤交通のシミュレーションの安定性解析である。仙台市の道路網を簡単に模したネットワークを用いて通勤者が行動を日々どう変動させるかをマルコフ連鎖により記述し数値的に解析した。結果、交通システムは安定的な状態には到達せず、混雑のレベルや通勤者の行動も日々変動を繰り返す状況が観測された。このことは、次世代交通システムの解析において、交通システム分析で伝統的に用いられてきた均衡解析(=安定的な状態の存在を前提とし、その状態のみを計算する)が必ずしも適用可能でないことを示す。このことは伝統的なボトルネックモデルではすでに知られていたが、MSが存在しても同様であることを具体例により示せた。

2 つめはマルコフ連鎖により記述された交通システムがマルコフ連鎖の定常状態に収束する速度の解析である。次世代交通システムでは施策を交通状況に適応させて動的に変動させることが多い。このとき施策適用から定常状態に至る時間を知ることが適切な施策の設計に必須である。マルコフ連鎖混合時間と呼ばれる概念を基に収束速度を定義し、その計算方法と代表的な交通システムのモデルにおける値を解析的および数値的に示した。結果、基本的には各主体の意思決定の更新スピードに比例して収束する一方で、主体間の相互作用によってその速度は増減し、特に複数均衡解があるようなシステムで大幅な収束速度の低下が見られることがわかった。

上記のほか、意思決定モデルの特性の理論的側面の理解を深めるために、伝統的なボトルネックモデルにおける均衡状態およびその安定性に関する理論的解析を行った。

(6) 制度設計における経験的プロセスに基づく最適化手法

次世代交通システムにおいてはCVなどによる観測値を活用した経験的プロセス(例えば強化学習など)による最適制御の活用が欠かせない。一方で一般的な経験的プロセスはシステム内のパラメータを頻繁に変更する必要がある。しかしパラメータの中には、利用者の受容性や、制御そのものにかかるコストが高い(例えばレーン数の変更など)などの理由により頻回の変更ができないものもある。提案手法は交通システムを1状態変数+1制御変数に単純化することにより、少ないパラメータの変更回数でシステムを最適な状態に近づけることができる。この手法はMaaSの制度の最適化やCVに基づくインフラ構造の制御などに応用が可能である。

(7) 次世代交通システムの性能評価ツールの開発およびケーススタディ

研究代表者が過去に開発した高並列交通流シミュレータFastDUEを用いた次世代交通システムの性能評価ツールの開発とケーススタディを行った。ツールは2種類あり、1つはCVによる適応型信号制御の評価ツール、もう一つはDRTを含む次世代交通システムの評価ツールである。前者については関西圏を対象としたケーススタディにより適応型信号制御 P_0 の渋滞緩和効果を大規模ネットワークで示した。後者については仙台圏でのケーススタディを行った。このケーススタディではCVによるDRTへの容量配分とDRTの提供量のあいだのトレードオフも分析している。分析の結果、渋滞緩和に向けた調整方法は自明ではなく、適切な政策パラメータの設定が重要であることを示す結果を得た。DRTの利用率は数%程度であった(この数字は現状でのバスの利用率に近い)が、混雑時に転換した利用者が多いために一定の渋滞緩和効果を得られた。

(8) 研究成果のとりまとめと学術的・社会的意義、および今後の課題

(1)から(7)をあわせて研究の各目的について以下のように達成した:(A) MaaSの輸送効率向上に向け、特にDRTの評価評価の方法論を示し一定の知見を得た。(B) MSの需要を考慮しつつ、信号制御を主とし、レーン数調整なども含めたCVによる制御手法、および経験的プロセスによる最適化手法を提案できた。(C) 次世代交通システムの性能評価ツールを開発し、実際の都市を模した大規模ネットワークにおけるケーススタディを示した。本研究の成果は、進化ゲーム理論やマルコフ連鎖による動学モデル、DRTの交通システムとしての特性やそれを前提とした施策評価、CVによる信号制御から各種制度およびインフラにわたる動的な最適化手法の提案、の主に3つの側面から新たな知見を加えたということで学術的な意義がある。またこれらの提案は実際の交通システムの進化に大きく貢献するという点で社会的な意義も大きい。

乗り合いを伴う交通サービスの解析手法は研究途上であり学術的に重要な課題である。社会的には労働力などの資源不足が交通システムの持続性を悪化させる状況が最近目立つ。これらの資源の有効活用も目指す次世代交通システムの提案が社会的に求められる課題といえよう。

参考文献

- [1] Oh, S., et al. Assessing the impacts of automated mobility-on-demand through agent-based simulation: A study of Singapore. Trans. Res. A, 138, 367–388, 2020.
- [2] Smith, M., Traffic signal control and route choice: A new assignment and control model which designs signal timings. Trans. Res. C, 58, 451-473, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Iryo Takamasa, Watling David, Hazelton Martin	4. 巻 in press
2. 論文標題 Estimating Markov Chain Mixing Times: Convergence Rate Towards Equilibrium of a Stochastic Process Traffic Assignment Model	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Transportation Science	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） 10.1287/trsc.2024.0523	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 Satsukawa Koki, Wada Kentaro, Watling David	4. 巻 155
2. 論文標題 Dynamic system optimal traffic assignment with atomic users: Convergence and stability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 188 ~ 209
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.trb.2021.11.001	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 Akamatsu Takashi, Wada Kentaro, Iryo Takamasa, Hayashi Shunsuke	4. 巻 148
2. 論文標題 A new look at departure time choice equilibrium models with heterogeneous users	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 152 ~ 182
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.trb.2021.04.003	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 佐津川功季, 和田健太郎	4. 巻 -
2. 論文標題 動的ネットワーク交通流解析と確率進化ゲーム理論	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第33回RAMPシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 15-32
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 井料隆雅	4. 巻 -
2. 論文標題 交通システムの不安定性とその安定化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第33回RAMPシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1-13
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19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Koki Satsukawa, Takamasa Iryo, Naoki Yoshizawa, Michael J. Smith, David Watling
2. 発表標題 Adjustment process of adaptive signal control strategies with route choices: a case study with Policy P0
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Dynamic Traffic Assignment (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hinomi Masuno, Takamasa Iryo, Daisuke Kamiya
2. 発表標題 Extraction and characterisation of potential destinations using GPS data in tourist areas
3. 学会等名 The 27th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Joshua Teguh Santoso, Takamasa Iryo
2. 発表標題 Optimal vehicle capacity of a demand responsive transport with schedule costs
3. 学会等名 The 27th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉澤尚輝, 井料隆雅
2. 発表標題 経路選択を考慮したGANによる適応型信号制御パラメータの最適化
3. 学会等名 第21回ITSシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羽生昇平, Joshua Teguh, Santoso, 井料隆雅
2. 発表標題 DRT配車経路問題の最適化手法の性能比較
3. 学会等名 第21回ITSシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 周毅愷, 和田健太郎
2. 発表標題 シェア型自動運転時代のマーケット型交通渋滞マネジメント法
3. 学会等名 第21回ITSシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koki Satsukawa, Kentaro Wada and Takamasa Iryo
2. 発表標題 Stability analysis of a departure time choice problem with atomic vehicle models
3. 学会等名 The 25th International Symposium on Transportation and Traffic Theory (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 仁平剛瑠, 井料隆雅
2. 発表標題 DRT最適配車問題を応用した 公共交通の路線と時刻の同時最適化
3. 学会等名 第69回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Riki Kawase
2. 発表標題 Risk-averse Dynamic System Optimal Traffic Assignment for Ride-sharing Systems
3. 学会等名 9th International Symposium on Transport Network Resilience (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takamasa Iryo
2. 発表標題 Stability and Instability in DTA
3. 学会等名 Dagstuhl Seminar 22192: Dynamic Traffic Models in Transportation Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Santoso Joshua Teguh, 井料隆雅
2. 発表標題 需要応答型交通の車両定員と運行方法に関する一考察
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 吉澤尚輝, 佐津川功季, 井料隆雅
2. 発表標題 経路選択を考慮した適応型信号制御の動学解析
3. 学会等名 第66回土木計画学研究発表会 2022年11月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井料隆雅, 浦田淳司
2. 発表標題 Shared autonomous vehicleを前提とした需要偏在下のネットワーク計画問題
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 吉澤尚輝, 佐津川功季, 井料隆雅
2. 発表標題 経路選択と時間価値の異質性を考慮した自律分散型信号制御の評価
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 和田健太郎, 渡邊大樹, 周毅愷, 赤松隆
2. 発表標題 シェア型自動運転車のための通行権取引制度の自律分散的なインプリメンテーション
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 佐津川功季, 和田健太郎
2. 発表標題 ポテンシャル・ゲームに基づく動的システム最適配分の確率安定性解析
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 渡邊大樹, 赤松 隆
2. 発表標題 クラウドソーシング配送システムにおける効率的マッチング
3. 学会等名 第40回交通工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田翼, 渡邊大樹, 赤松 隆
2. 発表標題 オークションを用いたクラウド・ソーシング配送システム
3. 学会等名 第18回 ITS シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松原大雅, 井料隆雅
2. 発表標題 大規模道路網を対象とした混雑に適應する信号制御方策の評価
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	河瀬 理貴 (Kawase Riki) (00943771)	東京工業大学・環境・社会理工学院・助教 (12608)	
研究分担者	瀬谷 創 (Seya Hajime) (20584296)	神戸大学・工学研究科・准教授 (14501)	
研究分担者	和田 健太郎 (Wada Kentaro) (20706957)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	佐津川 功季 (Satsukawa Koki) (40867347)	金沢大学・融合科学系・講師 (13301)	
研究分担者	原 祐輔 (Hara Yusuke) (50647683)	東北大学・情報科学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	浦田 淳司 (Urata Junji) (70771286)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	赤松 隆 (Akamatsu Takashi) (90262964)	東北大学・情報科学研究科・教授 (11301)	

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1件

国際研究集会 International workshop on methodologies towards sustainable and flexible city transport systems	開催年 2024年～2024年
---	--------------------

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			
英国	University of Leeds			
ニュージーランド	University of Otago			