

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01551

研究課題名(和文)大都市高速道路網における交通流変動特性の解明とミクロ・マクロ階層的制御法の開発

研究課題名(英文) Multi-scale hierarchical congestion control strategies based on stability properties of day-to-day traffic flow patterns in metropolitan express networks

研究代表者

赤松 隆 (Akamatsu, Takashi)

東北大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90262964

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、(A)大都市高速道路網における交通状態の変動特性を実証的に明らかにし、その実際的な変動条件下で、(B)頑健かつ効果的な渋滞制御法を開発することを目的としている。(A)では、交通流状態のwithin-day/day-to-dayの変動特性を明らかにし、利用者の経路およびOD選択行動パターンのday-to-day安定性を明らかにした。また、(B)では、動的システム最適(DSO)配分と動的利用者均衡(DUE)配分の基本特性を解明し、その結果を応用することによって、ランプ制御およびダイナミック・プライシング法を含む新たな階層的混雑制御法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、首都圏高速道路網における長期観測データを基に交通状態のwithin-day/day-to-dayの変動特性を分析し、1)渋滞の空間的分布、2)日内の混雑状態推移パターン、3)利用者の経路および起終点選択行動パターン等のday-to-day安定性を明らかにした。そして、その安定性を踏まえた動的なネットワーク交通流の予測・規範モデルを構築し、それらモデルの特性・関係を理論的に解明した。さらに、その理論の応用として、新たなランプ流入制御および動的な混雑課金法を開発した。この理論的成果は汎用性が高く、大都市圏高速道路網における渋滞を解消する交通制御法の基礎となると期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study analyses the within-day/day-to-day variability of traffic conditions based on long-term observation (traffic counter) data on the metropolitan expressway network, and reveals the day-to-day stability of 1) the spatial distributions of congestion, 2) the patterns of transition between the spatial distributions of congestion within a day, and 3) the route choice and OD demand patterns of users. Based on these stability properties, we develop dynamic traffic assignment (e.g., dynamic user equilibrium and system optimal assignment) models of network flows, and theoretically clarifies the characteristics (e.g., regularities of traffic/queuing patterns) and relationships between these models. As an application of the theory, novel hierarchical control strategies for congestion mitigation, which includes dynamic ramp control and dynamic congestion pricing, are developed.

研究分野：交通計画，交通工学

キーワード：交通流 渋滞 MFD 制御

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

道路網の渋滞は、我国のみならず、世界中の大都市で、今なお解決の待たれる問題である。この問題に対して、従来、ランプ流入制御、信号制御、混雑料金制度等の様々な渋滞抑制法が提案されてきた。しかし、それらの手法で用いられる(ネットワーク内部のミクロ状態を記述した)予測/制御モデルの入力データ及びパラメータは、一般に、時々刻々の確率的変動をとまなう。また、モデル内で記述される交通流の状態変数間の関係も、利用者の(予測不可能な詳細要因による)確率的な選択行動を反映し、不確実である。従って、これらの不確実性が大きければ、確定的な予測/制御モデルに基づく従来の交通流制御法の効果は、確率的変動リスクに曝され、頑健性に乏しい。

この問題に対して、近年、ネットワーク全体の性能(スループット)を頑健に評価しうる可能性を持つ Macroscopic Fundamental Diagram (MFD) を状態モニタリング指標として用いたマクロ流入制御法が提案されている。ここで、MFD とは時刻毎にネットワーク全体の平均密度と平均交通量をプロットしたときに現れる関数関係であり、再現性の高い well-defined MFD の存在が確認されている。しかし、このマクロ流入制御法で仮定されている「対象エリア内における交通流状態の均質性」は、必ずしも普遍的ではない。実際、ネットワーク内(ミクロ・レベル)交通流状態の不均質性や交通需給条件の相違によって、ばらつきやヒステリシス・ループを伴った MFD が頻出し、マクロ制御の適用が難しい/非効率な状態を招きうるといった事実が、最近の研究で指摘されている。すなわち、MFD に基づく naïve なマクロ流入制御法のみによって制御の頑健性と効率性を両立することは、一般には困難である。

上述の交通流制御における入力データおよび利用者行動モデルの不確実性問題に対処するためには、まず、以下の問いに答える必要がある： 1) 制御モデルの入出力となる交通状態変数では、日内(within-day)の動的変化および日間(day-to-day)変化の確率的変動はどの程度か？ 制御問題での利用に耐えうる適切な確率過程モデルは？ 2) 利用者の(集計的な)行動パターンは定常的か/day-to-dayの確率的変動はどの程度か？ これらは、制御法構築の前提に関わる基本的問いであるが、長期間データに基づく信頼性の高い分析結果は、従来研究では、ほとんど示されていない。次に、交通状態変数の確率変動特性とその適切な確率過程モデルが与えられれば、交通流制御の頑健性/効率性問題は以下の問いに帰着する： 3) 確率的制御/ロバスト制御理論の導入によって、ミクロ・レベルの流入制御法を頑健化できないか？ 4) マクロ流入制御法の適用が難しい/非効率な場合に、交通流状態を安定化し、ネットワーク全体の性能(MFDの最大容量)を向上させる(何らかの)方法は存在しないだろうか？

2. 研究の目的

本研究の目的は、(A) 大都市高速道路網における交通状態の変動特性を実証的に明らかにし、その実際的な変動条件下で、(B) 頑健かつ効果的な渋滞制御法を開発することである。

より具体的には、目的(A)の実証分析は、(1) 交通状態の変動特性の特徴づけ、(2) 利用者行動パターンの安定性検証、から構成される。前者では、(B)で用いるモデルの入出力となる状態変数を対象として、長期間・大量の観測データを基に、within-day および day-to-day の確率的変動特性を明らかにする。後者では、交通流状態を決定する基本要因である利用者の経路・OD 選択行動パターンの day-to-day 安定性を、行動モデル・パラメータの安定性の観点から、明らかにする。目的(B)の交通流制御モデルの開発は、(1) 頑健なミクロ交通流制御法の開発、(2) ミクロ・マクロ階層的制御法の開発、から構成される。前者では、(A)で明らかとなる交通状態・利用者行動の確率的変動特性を考慮したミクロ・レベルの交通流制御法(頑健化されたランプ流入制御モデルおよび混雑料金による需要管理モデル)を開発する。後者では、MFDに基づくマクロ・レベルの流入制御モデルにミクロ交通流制御モデルを組み込んだ階層的制御法によって、制御性能の向上と安定化を目指す。

3. 研究の方法

本研究の実証分析 (A) の対象は、首都高速道路網である。利用データは、1年間にわたる毎日の1分間隔・全リンクの交通流観測データ・セットである。(A) で分析対象とする主な交通状態変数は、*a)* ランプ流入・流出交通量、*b)* 渋滞パターン、および *c)* MFD である。*a)* と *b)* は、ミクロ制御モデルの基礎となる動的配分モデルの入力/出力変数である。*b)* と *c)* は、(B) のミクロ制御モデルとマクロ制御モデルをつなぐネットワーク性能推計モデルの入力/出力変数である。ここでは、まず、様々な時間・空間の集約化パターンに対して、基本的統計量を算出する。次に、機械学習/クラスタリング解析等の方法によって day-to-day データを曜日・天候・事故規制等の属性で分類した上で、各状態変数の変動特性および適切な時間・空間的粒度を明らかにする。そして、それらの結果を基に、各状態変数の適切なモデルを構築する。(A) の利用者行動パターンの安定性検証では、まず、Markov 型交通配分の枠組に基づく動的な経路選択モデルを構築し、リンク観測量のみに基づく効率的な (*i.e.*, 大規模な時空間ネットワークでも実行可能な) パラメータ推定法を開発する。次に、このモデルのパラメータの day-to-day 移転可能性を確認することによって、利用者行動パターンの安定性/変動特性を分析する。

(B) では、第一段階として、ネットワーク内の交通状態の不均一性(渋滞パターン)と確率的変動特性を考慮したミクロ・レベルの交通流制御法を開発する。より具体的には、まず、動的システム最適(DSO)配分と動的利用者均衡(DUE)配分を関係づける理論的基礎を整備する。そして、その理論を拡張することによって、ランプ流入制御や混雑料金/通行権取引を用いた交通流制御問題を構築し、その特性を解明する。さらに、それらモデルに状態変数の確率の変動を導入した確率制御問題を構築し、その特性(解の安定性)を明らかにする。次に、第二段階では、まず、MFDに基づくマクロ・レベルのネットワーク流入制御法をロバスト化(交通状態の確率の変動を考慮)したモデルを開発する。最後に、このマクロ制御法と第一段階で開発したミクロ制御法を組み合わせた階層的交通流制御法を開発する。

4. 研究成果

(1) 目的 (A) に対する第一の研究成果は、首都高速道路網における渋滞パターン(空間分布・推移過程)には安定的な規則性が存在すること、および、その規則性が Macroscopic Fundamental Diagram (MFD) と対応付けられることを明らかにしたことである。具体的には、時々刻々、道路網上で出現している渋滞空間分布は、年間を通して少数の典型的な分布タイプ(図1の M1, M2, D1, D2, E1, E2) に限定され、その日内状態推移過程も、年間を通して少数の推移パターン(図2の Pattern 1 ~ Pattern 4) に限定されることを示した。また、これらの推移パターンによって MFD の形状が異なること、および MFD 曲線上の各区間とその区間における渋滞空間分布タイプとの間に対応関係があること(図3)を明らかにした[学会発表: 酒井・赤松(2018), 馬場・酒井・赤松・井上(2020); 発表論文: 酒井・赤松(2018, 2019), 吉田・井上(2019)]。

(2) 目的 (A) に対する第二の研究成果は、Network-GEV モデル (state of the art の離散的選択モデル) に基づく動的な経路選択(確率配分および確率均衡配分)モデルとその効率的計算法・パラメータ推定法を開発し[発表論文: Oyama-Hara-Akamatsu(2020)], さらに、その方法を用いて、day-to-day 経路選択行動の変動特性を実証的に明らかにしたことである。ここで開発された配分モデルの計算法は、等価最適化問題と加速勾配法のアイデアに基づいており、従来の(より汎用性の劣る配分モデルの)解法よりも遥かに計算効率が高く、大規模道路網にも実適用可能であることが数値実験により示された。また、観測データから各日・時間帯に対応する経路選択(交通費用に対する感度)パラメータを推計し、そのパラメータ系列の変動には頑健な規則性があることを明らかにした: 1) 渋滞空間分布から定義される混雑度(道路網の混雑レベル)増加に伴い、パラメータ値は減少する; 2) 日内の混雑推移パターンから定義される混雑度(日単位の混雑レベル)増加に伴い、パラメータ値は減少する; 3) 混雑推移パターン別のパラメータの日内推移過程は年間を通じて安定的である[学会発表: 石川・酒井・赤松(2019a), 馬場・井上

(2020), 増田・井上 (2019), 石川・酒井・赤松 (2019b); 発表論文: 馬場・井上 (2021)]

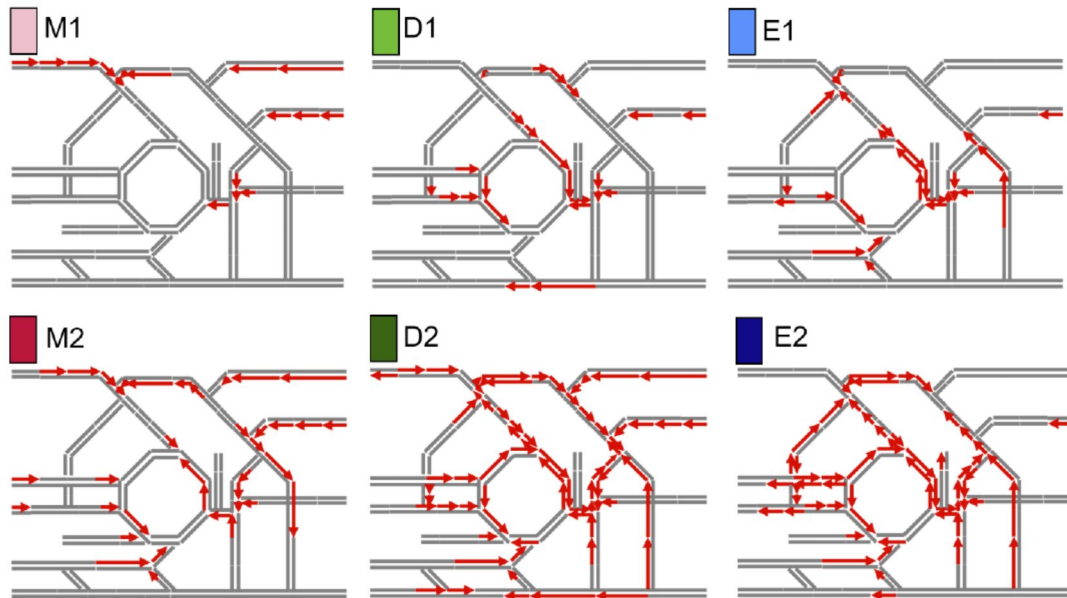


図1 首都高速道路網における代表的な渋滞空間分布タイプ

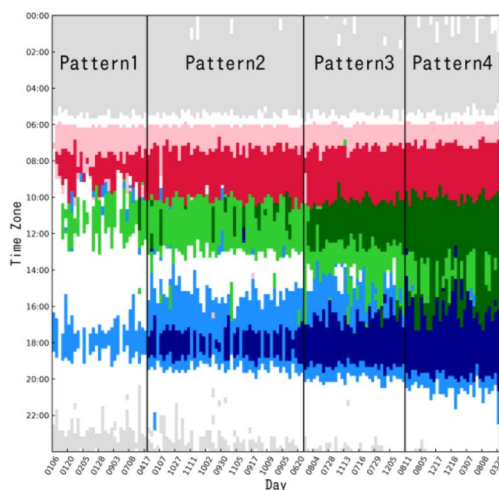


図2 代表的な日内状態推移パターン

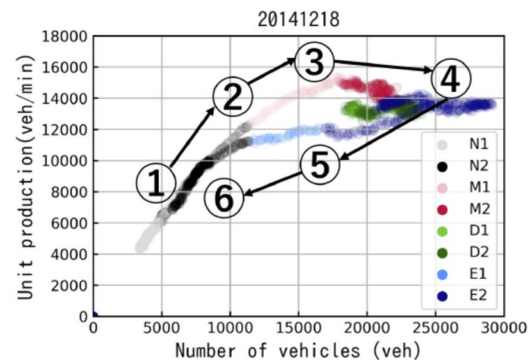


図3 MFD と状態推移の対応 (12月8日)

(3) 目的 (B) で構築する制御法の基礎理論として, 経路・出発時刻選択を内生化した動的均衡配分 (DUE-SDR) モデルとその効率的計算法を開発した. より具体的には, DUE-SDR モデルが混合線形相補性問題として定式化でき, さらに等価な二次計画問題に帰着することを明らかにした上で, Frank-Wolfe 法を用いて解くアルゴリズムを開発した. 提案解法を Sioux-Falls ネットワークに適用し, 未知変数が数万個に及ぶ問題に対しても, 実用的な時間内に均衡解が求められることが示された[学会発表: 河向・赤松 (2018), 河向・酒井・赤松 (2019), 清水・長江 (2019); 発表論文: 河向・赤松 (2018), 長江・赤松・清水・符 (2021)]

(4) 目的 (B) でのミクロ制御法として, コリドー型および環状ネットワークにおける動的均衡 (DUE) 配分と動的システム最適 (DSO) 配分の解析解 (図4,5) および両者の対応関係を解明した. より具体的には, DSO 配分を対象に動的計画法の枠組みを活用した解析的解法を構築し, スケジュールコスト関数に関する緩い仮定のもとで, DUE 状態と DSO 状態が (両者を結びつける解析的な関係式によって) 1 対 1 対応する (i.e., DUE 配分の解析解が, DSO 配分の解析解を経由して導出できる) ことを明らかにした. そして, この理論の応用として, DSO 状態を達成するダイナミック・プライシングおよびランプ流入制御問題の解法を開発した [学会発表:

酒井・赤松 (2019, 2020a, 2020b) ; 発表論文 : Fu-Akamatsu-Satsukawa-Wada (2021) , 酒井・赤松・佐津川 (2021)] .

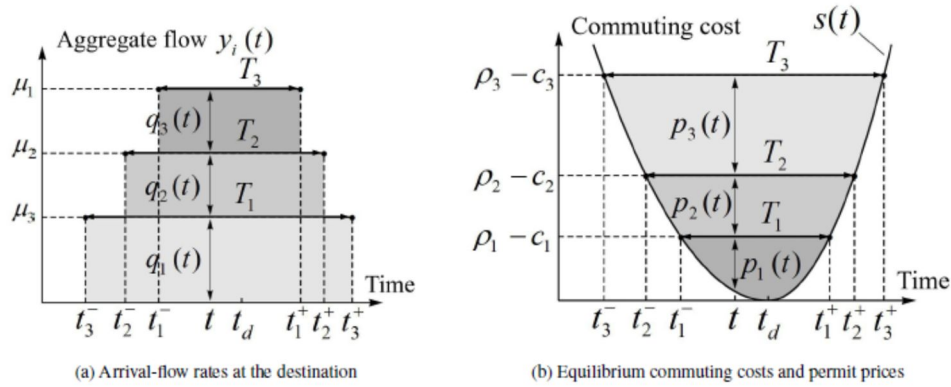


図4 DSO 配分の解 (Many-to-One OD パターンの場合)

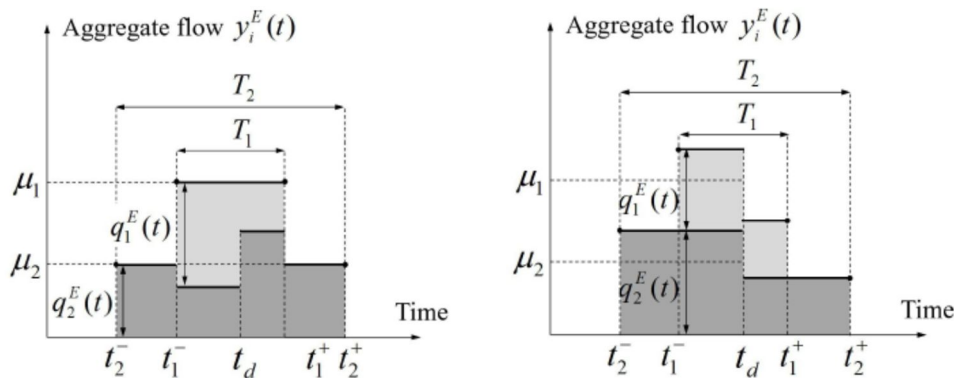


図5 DUE 配分の解 (左 : Many-to-One , 右 : One-to-Many)

また、利用者の異質性を考慮した場合についても、Monge-Kantorovich 最適輸送問題の理論を活用することによって、DUE と DSO 配分を結びつける解析的な関係および両者の解析解を明らかにした [発表論文 : Akamatsu-Wada-Iryo-Hayashi (2021)] . さらに、Benders 分解を活用した信号制御法も開発した [学会発表 : 佐々木・長江 (2019)]

(5) 目的 (B) での交通状態の変動に頑健な制御法の理論として、DUE 配分および DSO 配分 (を実現する進化ダイナミクス・制御法) の確率安定性を明らかにした . より具体的には、まず、DUE 配分問題を atomic な車両が各自の交通費用を最小化するように経路を探索する戦略型ゲームとして定式化し、DUE 配分の分解特性と unidirectional network の概念を基に、そのゲームが weakly acyclic game であることを証明した . この事実を活用し、unidirectional network 上での DUE 状態が確率安定であることが明らかとなった . 次に、DSO 配分問題についても、DSO 状態の収束性と安定性を明らかにした . 具体的には、DSO 配分問題を atomic な車両が各自の動的限界費用を最小化するように経路を探索する戦略型ゲームとして定式化し、そのゲームがポテンシャル・ゲームであることを示した . この性質を活用し、(局所あるいは大域的) 最適交通状態への収束性および確率安定性を明らかにした . 最後に、上述の結果および固定的な混雑課金制度との比較に基づき、交通状態の変動に頑健な day-to-day 進化的課金の実装法を示した [学会発表 : 佐津川・和田 (2020) ; 発表論文 : Satsukawa-Wada-Watling (2021), Satsukawa-Wada-Iryo (2019) , 長江・水谷 (2020)] . また、DUE 配分の逆問題から MFD を半解析的に導出する方法を基に、MFD によるマクロ制御とミクロな渋滞制御法を統合的に結びつけた理論を開発した [発表論文 : Wada-Satsukawa-Smith-Akamatsu (2019)] . さらに、ミクロ・マクロ階層制御のプロトタイプとして、DSO 配分問題を階層的に分解することによって最適解を得る階層制御法を開発した [発表論文 : Osawa-Fu-Akamatsu (2018)] .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Takashi Akamatsu, Kentaro Wada, Takamasa Iryo, and Shunsukle Hayashi	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 Haoran Fu, Takashi Akamatsu, Koki Satsukawa, Kentaro Wada	4. 巻 2102.01899
2. 論文標題 Dynamic traffic assignment in a corridor network: Optimum versus Equilibrium	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1-39
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 馬場 静羽, 井上 亮	4. 巻 7
2. 論文標題 交通変数間の関係を反映した深層学習による地域の交通状態の短期的予測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 交通工学論文	6. 最初と最後の頁 A_110-A-118
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_110	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 和田 健太郎	4. 巻 76
2. 論文標題 動的交通均衡配分理論の近年の進展	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3	6. 最初と最後の頁 I_21-I_39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpm.76.5_I_21	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 長江 剛志, 赤松 隆, 清水 廉, 符 皓然	4. 巻 76
2. 論文標題 経路・出発時刻同時選択型の動的利用者均衡配分の求解法：二次計画問題アプローチ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3	6. 最初と最後の頁 264-281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.3_264	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 Koki Satsukawa, Kentaro Wada, and David Watling	4. 巻 2101.00116
2. 論文標題 Dynamic system optimal traffic assignment with atomic users: Convergence and stability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1-25
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 Yuki Oyama, Yuske Hara, and Takashi Akamatsu	4. 巻 2009.02033
2. 論文標題 Markovian traffic equilibrium assignment based on Network Generalized Extreme Value model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1-35
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長江 剛志, 水谷 大二郎	4. 巻 76
2. 論文標題 連続主体ポテンシャル・ゲームの確率的進化動学と定常分布推定法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3	6. 最初と最後の頁 138-155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.2_138	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 Kentaro Wada, Irene Martinez, and Wen-Long Jin	4. 巻 113
2. 論文標題 Continuum car-following model of capacity drop at sag and tunnel bottlenecks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transportation Research Part C: Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 260-276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trc.2019.05.012	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 和田健太郎, Jian Xing, 大口敬	4. 巻 72
2. 論文標題 連続体交通流理論に基づく高速道路サグ部におけるCapacity Drop現象の実証分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 165-171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.72.165	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 Kentaro Wada, Koki Satsukawa, Mike J. Smith, and Takashi Akamatsu	4. 巻 126
2. 論文標題 Network Throughput under Dynamic User Equilibrium: Queue Spillback, Paradox and Traffic Control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 391-413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trb.2018.04.002	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 酒井 高良, 赤松 隆	4. 巻 75
2. 論文標題 首都圏高速道路網における渋滞パターンと Macroscopic Fundamental Diagram の安定性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3	6. 最初と最後の頁 97-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.75.97	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 Koki Satsukawa, Kentaro Wada, and Takamasa Iryo	4. 巻 125
2. 論文標題 Stochastic stability of dynamic user equilibrium in unidirectional networks: Weakly acyclic game approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 229-247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trb.2019.06.007	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 吉田 幸司, 井上 亮	4. 巻 75
2. 論文標題 道路リンクの接続関係を考慮した畳み込みニューラルネットワークによる自動車交通量の短期予測の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3	6. 最初と最後の頁 I_1059-I_1067
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.75.I_1059	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 Minoru Osawa, Haoran Fu, and Takashi Akamatsu	4. 巻 117
2. 論文標題 First-best Dynamic Assignment of Commuters with Endogenous Heterogeneities in a Corridor Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 811-831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trb.2017.09.003	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 河向 隆志, 赤松 隆	4. 巻 16
2. 論文標題 出発時刻・経路同時選択を内生化した動的利用者均衡配分の効率的アルゴリズム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ITS シンポジウム 概要集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM
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 酒井 高良, 赤松 隆	4. 巻 57
2. 論文標題 首都圏高速道路網における渋滞パターンの時空間規則性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木計画学研究・講演集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM
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23件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 酒井高良・赤松 隆
2. 発表標題 多起点多終点コリドーネットワークにおける動的利用者均衡配分
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 馬場静羽・酒井高良・赤松 隆・井上 亮
2. 発表標題 テンソル分解を用いた首都圏高速道路網における渋滞特性抽出
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 酒井高良・赤松 隆
2. 発表標題 多起点多終点コリドーネットワークにおける動的システム最適配分
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 馬場静羽・井上 亮
2. 発表標題 交通変数間の関係を反映した深層学習による地域の交通状態の短期的予測
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 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 和田健太郎
2. 発表標題 Stochastic stability in dynamic traffic congestion games
3. 学会等名 一橋大学経済理論ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tianyang Han, Kentaro Wada and Takashi Oguchi
2. 発表標題 Large-scale traffic data imputation using matrix completion on graphs
3. 学会等名 The 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田健太郎
2. 発表標題 動的交通均衡配分理論の近年の進展
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田拓弥, 和田健太郎, 大口敬
2. 発表標題 高速道路サグ部における渋滞時捌け交通量低下現象の実証分析
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 佐々木勇人・長江剛志
2. 発表標題 複数信号の系統制御問題に対する Benders 分解アプローチ
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 清水廉・長江剛志
2. 発表標題 一起点多終点ネットワークにおける経路・出発時刻同時選択型の動的利用者均衡配分
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 長江剛志・付芸
2. 発表標題 Point-queue モデルを用いた多起点一終点型の動的交通配分:システム最適と利用者最適
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 酒井高良・赤松 隆
2. 発表標題 環状ネットワークにおける動的システム最適配分
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 石川裕太郎・酒井高良・赤松 隆
2. 発表標題 首都圏高速道路網における動的 OD 分布パターンの規則性
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 和田健太郎, Jian Xing, 大口敬
2. 発表標題 連続体交通流理論に基づく高速道路サグ部におけるCapacity Drop現象の実証分析
3. 学会等名 第 17 回 ITS シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Masuda, Ryo Inoue
2. 発表標題 Short-term traffic volume prediction at a signalised intersection using LSTM
3. 学会等名 GeoComputation 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河向隆志・酒井高良・赤松 隆
2. 発表標題 経路・出発時刻の選択を内生化した動的利用者均衡配分の効率的解法
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 石川裕太郎・酒井高良・赤松 隆
2. 発表標題 首都圏高速道路網における経路選択パターンの規則性
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 増田 亮, 井上 亮
2. 発表標題 交通信号制御を反映した深層学習による都市内の短期交通量予測の検討
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 河向 隆志, 赤松 隆
2. 発表標題 出発時刻・経路同時選択を内生化した動的利用者均衡配分の効率的アルゴリズム
3. 学会等名 第16回 ITS シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takara Sakai and Takashi Akamatsu
2. 発表標題 Spatio-temporal Regularities of Traffic Congestion Patterns in the Metropolitan Expressway Network
3. 学会等名 The 5th CWRU-Tohoku Joint Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井 高良, 赤松 隆
2. 発表標題 首都圏高速道路網における渋滞パターンの時空間規則性
3. 学会等名 第57回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haoran Fu and Takashi Akamatsu
2. 発表標題 Dynamic Traffic Assignment in a Corridor Network: Optimum vs. Equilibrium
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Dynamic Traffic Assignment (国際学会)
4. 発表年 2018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	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	長江 剛志 (Nagae Takeshi) (30379482)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	井上 亮 (Inoue Ryo) (60401303)	東北大学・情報科学研究科・准教授 (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
---------	---------