

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04395

研究課題名（和文）大規模ライドシェアシステムに対する非線形力学系理論を用いた経路制御手法

研究課題名（英文）A Routing Method Using Nonlinear Dynamical Theory for Large-scale Ride-share Systems

研究代表者

木村 貴幸（Kimura, Takayuki）

日本工業大学・基幹工学部・准教授

研究者番号：80579607

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：自動運転技術の発展や環境保全の観点などから、ライドシェアシステムの導入に関する気運が高まっている。動的な環境を車両が知覚し瞬時に最適な処理を選択する、自律分散処理などの開発が進められているが、これらの中でも特に、混雑なく運搬車を目的地へ移動させる経路制御の実現は、効率の良いシステムを実現するための重要な役割を担う。以上の背景に鑑み、本件研究では、ライドシェアシステムにおける最適化問題の一つである、カープーリング最適化問題に関して、乗合形態を考慮したグループ決定法をまず提案した。さらに、種々の状況を考慮したネットワークの新たな最短経路制御手法の一つとして、記憶効果を用いた経路制御手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、環境保全のみならず持続可能な社会の形成を担うカーシェアリングにおいて、目的地までの最短経路制御手法を提案するといった社会的意義を持つ。これを実現するために、カーシェアリングにおける経路制御問題をカープーリング最適化問題として定義し、この最適化問題に対する効率的な解法を実現している。始点と終点を結ぶのみの単純な経路制御手法の開発とは異なり、カープーリング最適化問題は乗合携帯を考慮するため、乗車グループ決定問題とそれに依存した最短経路探索問題など、複数の最適化を同時に満たす手法の開発といった学術的意義をもつ。

研究成果の概要（英文）：The development of automated driving technologies and environmental protection has led to a growing interest in the introduction of ride-sharing systems. Among them, the implementation of routing control, which guides the vehicle to the destination without congestion, plays an important role in realizing an efficient system. This research first proposed a group decision method for the carpooling optimization problem, which is one of the optimization problems in ride-sharing systems, and developed a routing method using memory effects as one of the new shortest path control methods for networks that consider various situations.

研究分野：組合せ最適化，メタヒューリスティック，非線形理論，複雑ネットワーク

キーワード：カーシェアリング 組合せ最適化 メタヒューリスティック

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究計画では、大規模ライドシェアシステムにおいて移動者の移動時間を劇的に減らす新たな経路制御手法を開発する。ICT 技術や自動運転技術の発展、さらには環境保全の観点などから、ライドシェアシステムの導入に関する気運が高まっている。動的な環境を各車両が知覚し、瞬時に最適な処理を選択する自律分散処理などの開発が進められているが、これらの中でも特に、複数の乗り合い形態を持つ車両を混雑なく移動させる経路制御の実現は、効率の良いライドシェアシステムを実現するための重要な役割を担っている。以上により本研究では、ライドシェアシステムにおいて移動者全体の移動時間を短縮する新たな経路制御手法の開発を行う。

2. 研究の目的

申請者らはこれまでに、パケット通信網モデルに対して、決定論的カオスを用いた経路制御手法を提案し、提案手法が高い送信完了率を保つことを明らかにしている[1]。本手法は最急降下の機構を用いず、解を探索するため、計算量が少なく、他問題への応用が容易である。そこでこの手法を、ライドシェアシステムが導入された交通網に対する経路制御手法として適用することが、本研究計画の眼目となる。まず予備実験として、100 顧客程度のライドシェアシステムが導入された小規模交通網に対して評価を行った。車両の移動戦略として、この実験では最短経路戦略とし、総車両到着数を評価した。この結果、乗り合い数が多い運搬車は、乗り合い人の乗車と下車のための経由が必要となり、これらの経由の増加により混雑が発生するため、総車両到着数が減少することを明らかとした。そこで本研究計画では、非線形力学系理論を用いることにより、混雑を回避する効率的な経路制御手法の開発が目的となる。

3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するために、本研究課題では、主に以下の研究項目を遂行し、提案手法の評価を行った。

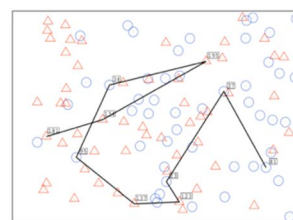
- (1) カープーリング最適化問題に対するグループ決定法を用いた探索手法の提案
従来法[2]では、乗合者数の増加に対して出発目的地間の組合せ移動経路数が爆発的に増加してしまう。そこで、ドライバーの位置情報を元に、顧客グループを予め決定し、経路探索回数を抑える手法を提案した。
- (2) 記憶効果を用いた経路制御手法の提案とその有効性の解析
ネットワーク上の混雑を可能な限り回避する経路制御法として、記憶効果を用いた手法を提案した。種々のネットワークに対して、提案した経路制御方法の有効性を明らかにした。
- (3) 種々の経路制御手法を用いた場合の有効性の検討
ネットワーク内におけるノードの接続状況に応じて、実装する経路制御手法を切り替える手法を提案した。これにより、平均到達率が高く、かつ平均移動時間が短くなる経路制御手法を実現した。

4. 研究成果

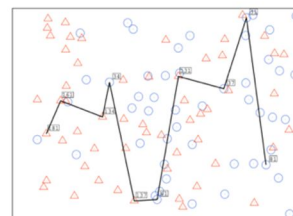
研究の方法で述べた各研究項目に対応する研究結果を以下に述べる。

- (1) 「カープーリング最適化問題に対するグループ決定法を用いた探索手法の提案」に対する研究成果
車両渋滞による環境汚染を解決する方法の一つとして、カープーリングサービスの導入がある。カープーリングとは、複数の乗合者が一台の車を共有し、通勤等を行う移動形態を指す。カープーリングにおいて移動距離が最小となる経路を求める問題は、カープーリング最適化問題と呼ばれる[2]。この問題は、NP 困難な組合せ最適化問題に属するため、乗客数の増加に対して、その組合せ経路数は指数関数的に増加する。従って、列挙的な戦略を用いた最適解の算出は困難となる。従来研究[2]では、運転手が一人を対象としたカープーリング最適化問題に対して、メタヒューリスティック手法の一つであるタブー探索法[3]を用いた手法を提案している。しかし、乗客の入れ替えを繰り返す毎に全移動可能経路を探索するため、乗客数が増加すると計算時間

が指数関数的に増加する。このため、高速なマッチングが求められるカープーリングに対して、短時間で近似解を探索することが難しい。この問題を解決するために、我々はまず、乗客グループを予め決定することにより、短時間で経路を探索する改善手法を提案した。しかしこの研究では、運転手が一人の問題を扱っており、運転手が複数の問題を解くことができない。また、使用した評価指標は、距離情報のみを考慮しているため、探索精度が低いという問題が残る。そこで、運転手が複数の場合におけるグループ決定法と、精度向上を目的とした乗客の距離情報と移動方向を考慮する評価指標を新たに提案した。図1は、先行研究(距離情報)と提案手法(距離情報と移動方向)により決定された、カープーリング移動経路の一例を表す。図1において、青の丸は住宅、赤の三角は職場を表している。図1より、乗客の移動方向を考慮することで不必要な迂回をすることなく、効率的な経路を構築している。



(a) 距離情報



(b) 距離情報と移動方向

図1 生成経路の一例

(2) 「記憶効果を用いた経路制御手法の提案とその有効性の解析」に対する研究成果

通信網や交通網などのネットワークにおける混雑が社会発展の大きな障害となっている。特にコンピュータネットワークにおいては、利用者が増加し続けており、パケット遅延やパケット混雑などの深刻な問題が発生している。このような背景から、ネットワーク内を流れるパケットの分布などのリアルタイムかつグローバルな情報を用いた経路制御手法が実現されているが、これらの情報が常に瞬時に取得できるとは限らない。そのため、ローカル情報のみを考慮した経路制御手法として、送信履歴情報を考慮した経路制御手法を提案した。さらに、非線形時系列解析の研究分野で用いられるサロゲート法[4]を用いて、送信履歴情報のダイナミクスを解析し、送信履歴情報のどのような働きが手法の性能に起因しているのか明らかにした。数値実験の結果から、提案手法は送信履歴情報を用いたことによる送信経路選択の多様化により、パケットの経路制御手法として一般的に用いられている最短経路制御手法の問題点であるパケット混雑を解消した。更に、サロゲート法を用いた解析の結果、1次や2次の統計量だけでは表現できない送信履歴情報の複雑なダイナミクスが通信ネットワークにおけるパケット混雑の回避に有効であることを示唆する結果を得た。

(3) 「種々の経路制御手法を用いた場合の有効性の検討」に対する研究成果

(2)で提案した記憶効果を用いた経路制御手法は、移動物体のノード間の送り返しや、余分な移動が生じることが明らかとなった。これらの問題が解決されれば、手法の更なる性能向上が見込まれる。そこで、ネットワークの局所的な結合状態に応じて、経路制御アルゴリズムを変更することで手法の改善を図った。具体的には、ネットワーク内で他のノードとの結合数が多いハブノードでは、最短ホップ距離を用いた経路制御手法を使用し、それ以外のノードでは記憶効果を用いた経路制御手法を使用した。これにより、物体が移動を開始するネットワークの端末では経路の分散を重要視した経路制御を行う一方、移動中は移動ホップ数の最小化を図る経路制御を行うことが可能となった。数値実験の結果から、ノード間の送り返しや余分な移動が改善され、従来法と比較して改良法は平均到達率が高くなり、かつ平均移動時間が短くなることが明らかとなった。

< 参考文献 >

[1] Y. Morita and T. Kimura, "An improved routing algorithm using chaotic neurodynamics for packet routing problems," *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE*, Vol. 9, pp. 95-106, 2018.

[2] J. Xia, K. Curtin, W. Li, and Y. Zhao, "A New Model for a Carpool Matching Service," *PLOS ONE*, Vol. 10, e0129257, 2015.

[3] F. Glover, "Tabu search-part I," *ORSA Journal on computing*, Vol. 1, No. 3, pp. 190-206, 1989.

[4] H. Kantz and T. Schreiber, "Nonlinear time series analysis," Cambridge University Press, 2003.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Konosuke Hiraki, Jun Adachi, Takafumi Matsuura, and Takayuki Kimura | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 An effective routing strategy using congestion signaling for various types of communication networks | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE | 6. 最初と最後の頁 436 ~ 448 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/nolta.14.436 | 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 Akinori Yoshida, Yutaka Shimada, and Takayuki Kimura | 4. 巻 566 |
| 2. 論文標題 Efficient routing strategy with transmission history information and its surrogate analysis | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Physica A: Statistical Mechanics and its Applications | 6. 最初と最後の頁 125597 ~ 125597 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.physa.2020.125597 | 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 Misa Fujita, Takayuki Kimura, and Touru Ikeguchi | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Solving the Steiner tree problem in graphs by chaotic search | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE | 6. 最初と最後の頁 90-108 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/nolta.11.90 | 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35件（うち招待講演 0件／うち国際学会 13件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 郭 豊愷, 對馬 帆南, 足立 淳, 松浦 隆文, 木村 貴幸, 池口 徹 |
| 2. 発表標題 公職選挙ポスター掲示問題に対する発見的解法の開発 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 郭 豊愷, 對馬 帆南, 足立 淳, 松浦 隆文, 木村 貴幸, 池口 徹 |
| 2. 発表標題 minmax型の目的関数を用いた公職選挙ポスター掲示問題の解法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jun Adachi, Takafumi Matsuura, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 Performance evaluation of chaotic search with stochastic solution transitions for various types of Electric Vehicle Routing Problems with Time Windows |
| 3. 学会等名 2023 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松崎 友亮, 足立 淳, 松浦 隆文, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 多目的最適化問題に対する成功履歴を使用した差分進化法 SHADEの性能評価 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 足立 淳, 平木 幸之助, 松浦 隆文, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 電気自動車を用いた時間枠制約付き配送計画問題に対する改良大近傍可変探索法の提案 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 平木 幸之助, 足立 淳, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 複雑ネットワークにおける混雑信号を適用させた重力パスルーティング戦略 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 足立 淳, 松浦 隆文, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 部分充電を許容する充電所を用いた電気自動車による時間枠制約付き配送計画問題に対するカオス探索法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会複雑コミュニケーションサイエンス研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 足立 淳, 松浦 隆文, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 確率的な解遷移を導入したカオスニューラルネットワークによる時間枠制約付き電気自動車配送計画問題に対する解探索手法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Konosuke Hiraki, Jun Adachi, Takafumi Matsuura, and Takayuki Kimura, |
| 2. 発表標題 An effective routing strategy with congestion signaling for communication networks |
| 3. 学会等名 2022 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Jun Adachi, Konosuke Hiraki, Takafumi Matsuura, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 Performance evaluation of Tabu Search method and Adaptive Large Neighborhood Search method in the Electric Vehicle Routing Problems with Time Windows |
| 3. 学会等名 2022 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 足立 淳, 鈴木紗衣, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 最適な充電方法を用いた電気トラックによる時間枠制約付き配送計画問題 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 足立 淳, 松浦隆文, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 電気自動車による時間枠制約付き配送計画問題に対する局所探索に関する一考察 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 平木 幸之助, 足立 淳, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 トラフィックネットワークに対する複数の経路制御手法を用いた場合の性能調査 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hisashi Abiko, Takayuki Kimura, and Takafumi Matsuura |
| 2. 発表標題 Ride-Sharing Problem with One Attribute for Passengers |
| 3. 学会等名 2020 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kosei Takahashi, Toshichika Aoki, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 An Approximate Method Using Distance Information for Carpooling Optimization Problems |
| 3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Akinori Yoshida, Toshichika Aoki, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 Efficient Algorithm for Packet Routing Problems Using Transmission History Information and Its Surrogate Analysis |
| 3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toshichika Aoki, Hideyuki Kato, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 Structural Investigation of Synchronizability on Optimized Power Grids Using Second-order Kuramoto Model |
| 3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yoshiya Uchino, Toshichika Aoki, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 Performance Investigation for a Routing Method Using Chaotic Neurodynamics |
| 3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Misa Fujita, Takayuki Kimura, and Touru Ikeguchi |
| 2. 発表標題 The Relationship Between Average Firing Rates and Performance of the Chaotic Search for Solving the Steiner Tree Problem in Graphs |
| 3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryu Uto, Toshichika Aoki, and Takayuki Kimura |
| 2. 発表標題 A study of information diffusion in social networks |
| 3. 学会等名 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kosei Takahashi, Toshichika Aoki, Takayuki Kimura, and Tohru Ikeguchi |
| 2. 発表標題 An Effective Tabu Search Method with a Limited Search Space for Carpooling Optimization Problems |
| 3. 学会等名 The 13th Metaheuristics International Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toshichika Aoki, Hideyuki Kato, Takayuki Kimura, and Tohru Ikeguchi |
| 2. 発表標題 Optimization of Synchronizability in Power Grids Using a Second-order Kuramoto Model |
| 3. 学会等名 The 13th Metaheuristics International Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Akinori Yoshida, Masaya Kaneko, Toshichika Aoki, Takayuki Kimura, and Tohru Ikeguchi |
| 2. 発表標題 Efficient Algorithm for Packet Routing Problems Using Transmission History Information |
| 3. 学会等名 The 13th Metaheuristics International Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田実沙, 木村貴幸, 池口徹 |
| 2. 発表標題 媒介中心性を使用したShortest Path Heuristic |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 青木 俊親, 加藤 秀行, 木村 貴幸 |
| 2. 発表標題 Simulated Annealingを用いた最適電力網の構築 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 海老沢大樹, 吉田章統, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 ネットワーク頂点間距離を考慮した経路制御手法の性能調査 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 安彦久志, 木村貴幸, 松浦隆文 |
| 2. 発表標題 相乗りタクシーにおける乗客の乗車拒否を考慮した顧客割当てのシミュレーション |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 吉田章統, 青木俊親, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 送信履歴情報を用いた混雑解消法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 對馬帆南, 木村貴幸, 松浦隆文 |
| 2. 発表標題 自転車再配置問題に対する実行可能解と実行不可能解の探索を動的に変化させる解法の提案 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋昂靖, 青木俊親, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 カーブリング最適化問題に対する局所探索法を用いたグループ決定法による解法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 内野與也, 青木俊親, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 種々の確率分布を考慮したカオスニューロダイナミクスを用いた経路制御手法の性能調査 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 青木俊親, 加藤秀行, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 Simulated Annealingを用いた最適化電力網におけるネットワーク特徴量 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田実沙, 木村貴幸, 池口徹 |
| 2. 発表標題 ネットワーク中心性を使用したShortest Path Heuristic |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 宇戸龍, 青木俊親, 木村貴幸 |
| 2. 発表標題 異なるネットワーク構造に対する情報拡散に関する一検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 對馬帆南, 木村貴幸, 松浦隆文 |
| 2. 発表標題 ソフトな制約付き自転車再配置問題に対する解法の研究 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019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 | 松浦 隆文 (Matsuura Takafumi) (70579771) | 日本工業大学・先進工学部・准教授 (32407) | |

| | 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 協力者 | 吉田 章統 (Yoshida Akinori) | | |
| 研究 協力者 | 高橋 昂靖 (Takahashi Kousei) | | |

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 |
|-------|---------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 内野 與也 (Uchino Yoshiya) | | |
| 研究協力者 | 足立 淳 (Adachi Jun) | | |
| 研究協力者 | 松崎 友亮 (Matsuzaki Yusuke) | | |

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 |
|---------|---------|
| | |