

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03118

研究課題名(和文) ネットワーク上の時間軸をもった最適化問題とその応用

研究課題名(英文) Optimization problems with time and it's applications on networks.

研究代表者

繁野 麻衣子 (SHIGENO, Maiko)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：40272687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,000,000円

研究成果の概要(和文)：ネットワーク構造と時間軸という2つの視点から包括的にアルゴリズム構築を行った。ネットワークフロー問題に対する理論研究や、実社会でのネットワーク構造のある問題でのアルゴリズム構築をおこない、一方で、時間軸からのアプローチとしてオンラインスケジューリングのモデリングとアルゴリズム開発もおこなった。時間と共に刻々と変化するようなデータに対しては、ビックデータ解析との融合として、解析後不足部分をネットワーク構造で補ったり、機械学習を繰り返す、あるいは最適化を繰り返すといった手法が柔軟性のある解を得る一つの方法として有効であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

通信ネットワークや交通ネットワークに見られるネットワーク構造をモデル化しその上でアルゴリズムを構築したり、抽象化した問題で理論構築をすることで、今後の社会システムでの問題解決やシステム設計に役立つと期待される。これらの結果は学術的にも計算量の面でこれまでに未解決とされていたアルゴリズムを構築するなどネットワーク最適化分野にも貢献している。変化の目覚ましい近年の社会においては、時間とともに変化する要素を取り込むことが大切であり、この時間軸の扱いについて広い視野からの成果を導いたことは、社会システムの分析などで活用されると期待される。

研究成果の概要(英文)：Our study has investigated algorithms from two points of view of network structure and time base. Both theory on network flow problems and practical algorithms for network optimization on the basis of real world problems were developed. In addition, modeling and solving methods for online scheduling were discussed from the time base approach. As link together big data analysis and our network research, we confirmed efficiency of a method using network structure for the parts not identifying by data analysis, a method performing iteratively machine learning for imbalanced data, and a method solving iteratively optimization problems for finding flexible solutions.

研究分野：組合せ最適化

キーワード：ネットワーク アルゴリズム 最適化理論 数理工学 応用数学 データ分析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ネットワーク上のフローに関する最適化問題は 1950 年代の Ford-Fulkerson の研究に始まり、今日まで精力的に研究され、アルゴリズム開発が行われてきている。そして、その理論は、1990 年代後半から盛んとなってきた社会ネットワーク分析に対する指標や構造解析にも適用されてきている。また、大規模なデータが蓄積されている昨今、これらのデータを用いた大規模なネットワーク上の問題を高速に解くためのアルゴリズム開発も行われている。このように、ネットワーク上の最適化問題は、様々な広がりをもち多方面で適用されている。一方、アルゴリズム理論に関しては、1990 年代前後にはスケールン技法や強多項式アルゴリズムの解析技法などが駆使され、精力的にアルゴリズムの改善がなされていた。現在も 1990 年代当時の勢いはないものの、様々なアイデアや技術によりアルゴリズムの改良がなされており、理論的な発展を遂げている。これら理論的な発展を体系的に捉えることで、アルゴリズム開発に弾みをつけ、ネットワーク解析やビックデータ解析への応用を推進することが、これからのネットワーク最適化分野での課題といえる。

2. 研究の目的

広い意味でのネットワークに対する近年の研究では、ネットワークの時間的な変化や情報などの時系列での流れが着目されている。例えば、社会ネットワークでのネットワーク形成や情報伝達、また、フロー問題と関連した避難経路問題などがある。そこで、本研究ではネットワーク最適化問題の中でも、時間軸をもった問題に焦点をあてる。時間軸をもったネットワーク最適化問題という切り口で、対象問題を眺望し、共通で使えるアルゴリズム理論の抽出や一般化を目指す。具体的には、ネットワーク上のフローの流れに時間をもった動的流や、時間と共に情報が伝播する場合の配置問題、ネットワーク上の情報拡散ゲームなどを対象とする。

具体的には、ネットワーク資源の割当において需要が時間とともに発生する場合を扱う。例えば、通信ネットワークにおいて次々と発生する要求に対して通信サービスを提供する場合が想定される。これまでに、要求がすべて分かっている場合とそうでない場合の通信量の差異については研究を重ねているが、時間とともに変化するフローに対する効果的な扱い方を検討する。

さらに、情報が時間と共に拡散する情報伝播問題や情報拡散ゲームを考える。情報伝播問題では、伝播の条件を与えた上で、グラフ上の全てのノードに情報を伝播させるための最小初期ノード数とそのときの配置を与える。この問題では、特殊なグラフに対してはそのグラフの性質を用いて、また、一般的には代数的な性質により最小初期ノード数を与えている。一方で、情報の伝播の様子は特殊なフローとして扱えることより、フローの分析手法を取り入れることで、最小初期ノード数が正確に求められるグラフのクラスを拡張する。情報拡散ゲームにおいても、ナッシュ均衡の存在性が分かっているグラフが限られているために、情報伝播問題との関係性も利用してより広いクラスのグラフでの解明を試みる。

一方で、一見ネットワークモデルと捉えられていない問題に対しても、時間軸の重要性がある実社会の問題に取り組み、それら問題を解決するアルゴリズム開発から、時間軸の扱いについてのフレームワークを得て、実際のデータで検証することも目指す。

以上の理論的な結果を時間軸という共通軸をもって鳥瞰し、アルゴリズム開発に必要な共通理論の発掘に努める。そして、得られた理論結果を顧客の購買行動データの時系列解析へ応用する。スマートフォンのアプリケーション使用データの解析では、アプリケーション同士の関連性ととも、時系列での利用変化も重視しており、時間軸をもったネットワーク分析の手法の適用性が期待できる。また、時間軸をもったネットワーク問題に対する新たな問題提起の可能性もあり、ネットワーク最適化アルゴリズムとビックデータ解析アルゴリズム各々の開発の相乗効果を狙う。

3. 研究の方法

ネットワーク上の時間軸をもった個々の最適化問題への集中的な研究と他分野への拡散的な研究を行うために、「個別の問題に対する高速アルゴリズムの開発」「時間軸を持つ問題の共通の性質の抽出とアルゴリズム構築技術の枠組みの確立」「社会ネットワーク分析、ビックデータ解析への応用」の 3 つの研究課題に臨む。

(1) 「個別の問題に対する高速アルゴリズムの開発」では、動的流や情報拡散問題などの具体的な最適化問題を対象とする。ネットワークの資源割当においては、通信ネットワークや輸送ネットワーク上で、需要が変動するときの時間とともに変化するフローに対する効果的な扱い方を検討する。さらに、情報拡散ゲームやグループテストング問題では、時間による情報の違いがあるが、グラフの構造を利用して、ゲーム論的、組合せ論的アプローチをおこなう。

(2) 「時間軸を持つ問題の共通の性質の抽出とアルゴリズム構築技術の枠組みの確立」では、ネットワーク構造をもたない問題も含めて時間軸が重要となる問題のアルゴリズムを眺望し、共通の性質を抽出して、時間軸の扱いに対する枠組みの確立を目指す。最適化分野全般、特にネットワーク構造を陽にもたない問題へのアルゴリズムの拡張、あるいはそれら問題からのアルゴリズムの特殊化を検討する。また、オンラインスケジューリング問題にもネットワークアルゴリズム的な考え方の適用を検討する。

(3)「社会ネットワーク分析、ビッグデータ解析への応用」では実データの解析を繰り返しながら、そこで必要となる最適化問題との関係性を抽出してアルゴリズム開発に努める。時間変化を抽出する重要性や時間とともにデータの質が変化するときの扱いなどに着目して、データ解析方法の新たな切り口を見つける。

4. 研究成果

(1)ネットワークフローに対する理論的な結果としては、ネットワーク上のフローに対し流れる時間を考慮した動的流の一つである、与えられた流量を流し切る最短時間を求める最速流問題に対する強多項式時間アルゴリズムを構築した。提案アルゴリズムは基本的にはスケーリング技法を用いている。この他、需給ネットワーク分割問題や最短辺素パス問題に対する多項式アルゴリズムの開発もおこなった。

(2)通信ネットワーク資源の割当問題に対しては、需要があらかじめすべてわかっている静的なケースを対象とした。まず、光ネットワークにおいて要求を最大に収容する問題を扱った。要求を到着順に収容するという制約を加えることで公平性を保ち、この問題に対する厳密解法とヒューリスティック解法を提案し、実際のネットワークをモデルにしたグラフ上でそれら解法の精度を比較した。さらに、次世代光ネットワークとして注目されているエラスティックネットワーク上で通信路決定とスロット割当問題を扱い、需要を効率よく収容するための最適化問題を緩和して解くことで、高速に最適解が得られることを示した。そして、代表的なヒューリスティックアルゴリズムの挙動を比較し、通信路の選択方法と需要の割当順序について検討をした。さらに、通信の粒度を考慮した場合のネットワーク設計問題に対して、光パス基準の定式化を行い、頑強なネットワーク設計のためのアルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムは、過去のデータなどを用いてコスト設定、頻度分析と複数段階を経て、将来の需要に備えることが特徴である。複数の需要シナリオを準備し、これらで資源配分問題を解くことで、これらシナリオで複数回選択された資源を選ばれやすくするコストを設定し、その上で、別のシナリオで再度複数回解くことで選択頻度を求め、この頻度に合わせて資源を設置している。この手法に対して、いくつかのネットワークでその有効性を検証した。

(3)交通ネットワーク上では、まず、会員制タクシーの時間指定のある乗客の割当問題を扱い、配送計画問題の一種ではあるが時間設定が厳密であることにより問題が解きやすくなり実データの規模に十分耐えうるアルゴリズムを示した。さらに、相乗りタクシーの乗客の割当とタクシー走行ルートの決定においても、タクシー基準と乗客基準で異なるモデルを構築し、実際の立地データで比較検討するとともに、乗客定員の上限別にアルゴリズムを提案した。特に、乗車定員が3人以上のときには、目的地を一つに設定することでヒューリスティックアルゴリズムが効果的であることを示した。さらに、相乗りによる移動時間の変化を考慮した料金配分の妥当性について議論した。遠回りによる時間ロスを料金配分で補填し、相乗りによる利得の再配分が効果的であることを示した。一方、時間枠付き配送計画問題において、対象企業の特徴である分割配送可能である条件と一定期間ルート変更できないという条件のもとで、柔軟性のある配送ルートを構築するアルゴリズムを提案した。これは、(2)の通信ネットワークの資源配分と同様に、将来の需要が不確定の中、複数のシナリオで問題を解き、コストをうまく設定することで、柔軟なルートを求めている。この他、時空間ネットワークを用いたモビリティシェアリング問題に対するアルゴリズム開発を行った。

(4)時間とともにネットワーク上を情報が伝播するモデルに対して、ゲーム論的アプローチにより解析した。情報が伝播・拡散する競合ゲームにおいて、ネットワーク上での情報拡散過程を2つのルールでモデル化し、その競合ゲームの純粋ナッシュ均衡の存在性の相違を、パスグラフやサイクルグラフといった簡単なグラフ上で示した。さらに、ノードに重みがある情報拡散ゲームでもパスグラフ上で純粋ナッシュ均衡の存在の特徴づけを与えた。一方、通信ネットワークでの故障診断などに応用があるネットワーク上のグループテストングに対して、1回に連結した部分グラフのみがテストできるという条件のもと高々1本の故障箇所を見つける問題について、完全グラフ、格子グラフ上でほぼ最適なテスト回数となるテスト方法について議論した。

(5)時間的要素の扱いに着目し、オンラインスケジューリングの一事例である調理工程スケジューリングのモデル化及びアルゴリズム作成を行った。まず、対象企業における一人の調理員が担当する一連の調理工程をモデル化をし、基本的なディスパッチングルールを適用して妥当性を比較した。そして、調理工程では、加熱中のものがいつ着手可能になるかなどの将来の情報を利用することができるため、先の状況を見極めて、作業にすぐ着手するか間をあけて作業するかを比較して評価値のよい方を採用することで、全体として、好ましいスケジュールが作成できることを示した。さらに、実問題では非常に複雑なモデルとなり最終的な解への影響要因が判断できないことから、モデルを簡素化して、スケジュールリング結果に影響を及ぼす要因を抽出することを試みた。結果として、調理器具を増やすことで逆に非効率になるケースがあることを示した。

(6) 時間的変化を扱うデータ解析においては、スマートフォンのアプリケーション使用履歴データを用いてアプリケーションの使用状況変化の特性を明らかにした。アプリケーションのライフサイクルを定義することで時間的特徴の抽出に成功した。また、訪問修理において故障状況から必要部品を予測する問題に対しては、使用頻度の高い部品に対しては判別分析を行い、使用頻度の少ない部品に対しては、判別分析で抽出した部品との組み合わせを考慮したネットワークを作成して、その上で必要部品を判断する手法を提案した。このように、ビックデータ解析との融合をするなかで、故障診断やアクセスログ解析のような陽性データが非常に少ない不均衡データに対しては、機械学習を多段階に行う手法の有効性を示し、実データを用いて検証した。

以上のようにネットワークフロー問題に対する理論的研究と、実社会でのネットワーク構造のある問題に対するアルゴリズム構築の両面からネットワークアルゴリズムの研究を進め、一方で、時間軸からのアプローチとしてオンラインスケジューリングのモデリングとアルゴリズム開発もおこなった。時間と共に刻々と変化するようなデータに対しては、ビックデータ解析との融合として、解析後不足部分をネットワーク構造で補ったり、機械学習を繰り返す、あるいは最適化を繰り返すといった手法が柔軟性のある解を得る一つの方法として有効であることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Song Luo, Yuji Matsuura, Ying Miao, Maiko Shigeno	4. 巻 38
2. 論文標題 Non-adaptive group testing on graphs with connectivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Combinatorial Optimization	6. 最初と最後の頁 278-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10878-019-00379-0	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 Takeito Yoshida, Masaki Yano, Kenichiro Horikawa, Keita Sato, Shota Minami, Maiko Shigeno	4. 巻 12
2. 論文標題 Modeling and Evaluating Taxi Ride-sharing for Event Trips	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 1-11
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 Fujiwara Kazuki, Shigeno Maiko, Sumita Ushio	4. 巻 7
2. 論文標題 A New Approach for Developing Segmentation Algorithms for Strongly Imbalanced Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 82970 ~ 82977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2019.2923524	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 藤原和樹, 繁野麻衣子, 住田潮	4. 巻 12
2. 論文標題 不均衡データに対する多段階学習を用いた アンサンブルモデルによる2クラス分類アルゴリズムの提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 10-17
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 安東 弘泰; 高原 勇; 大澤 義明	4. 巻 64
2. 論文標題 大学を拠点とするモビリティサービス	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 447-452
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 Choi Jihoon, Eoh Soogang, Kim Suh-Ryung, Lee Jung Yeun, Sano Yoshio	4. 巻 254
2. 論文標題 The partial order competition dimensions of bipartite graphs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 47 ~ 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2018.06.025	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 Takayama Koki, Kobayashi Yusuke	4. 巻 806
2. 論文標題 A strongly polynomial time algorithm for the maximum supply rate problem on trees	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 323 ~ 331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2019.05.014	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 Takayama Koki, Kobayashi Yusuke	4. 巻 -
2. 論文標題 On the number of edges in a graph with many two-hop disjoint paths	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	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.dam.2020.01.003	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 堀川健一郎, 南翔太, 佐藤啓太, 渡邊英理, 吉田岳人, 矢野正基, 繁野麻衣子	4. 巻 23
2. 論文標題 イベント参加者のためのライドシェアサービスの支払い料金配分設計	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 デンソーテクニカルレビュー	6. 最初と最後の頁 159 ~ 166
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 Enomoto Hikoe, Hachimori Masahiro, Nakamura Shun, Shigeno Maiko, Tanaka Yuya, Tsugami Masaaki	4. 巻 244
2. 論文標題 Pure-strategy Nash equilibria on competitive diffusion games	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dam.2018.03.031	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 KIMURA Yuki, SHIMIZU Kengo, TSUBOI Tetsuya, HASEGAWA Daisuke, ISHIKAWA Kouji, KIMURA Keisuke, TANAKA Miku, OZEKI Kazunori, ZHOU Jieying, SHIGENO Maiko	4. 巻 12
2. 論文標題 An approach to cooking process scheduling for a family restaurant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jamdsm.2018jamdsm0076	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 周 潔瑩, 坪井 哲也, 長谷川 大輔, 石川 浩司, 木村 恵介, 田中 未来, 大関 和典, 繁野 麻衣子	4. 巻 11
2. 論文標題 調理手順スケジューリングモデルに対するルール設計と検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)	6. 最初と最後の頁 63 - 74
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 Umesha Perera, Maiko Shigeno, Ushio Sumita	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of Segmentation Algorithm for Identifying Lifecycle of Smartphone Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Business and Information	6. 最初と最後の頁 267-294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6702/ijbi.201809_13(3).0001	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 Miyagawa Yasutaka, Watanabe Yosuke, Shigeno Maiko, Ishii Kiyu, Takefusa Atsuko, Yoshise Akiko	4. 巻 31
2. 論文標題 Bounds for two static optimization problems on routing and spectrum allocation of anycasting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Switching and Networking	6. 最初と最後の頁 144 ~ 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.osn.2018.10.008	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 Kobayashi Yusuke, Sako Ryo	4. 巻 47
2. 論文標題 Two disjoint shortest paths problem with non-negative edge length	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Operations Research Letters	6. 最初と最後の頁 66 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orl.2018.11.012	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 Kobayashi Yusuke	4. 巻 746
2. 論文標題 NP-hardness and fixed-parameter tractability of the minimum spanner problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 88 ~ 97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2018.06.031	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 Ito Takehiro, Kakimura Naonori, Kamiyama Naoyuki, Kobayashi Yusuke, Okamoto Yoshio	4. 巻 37
2. 論文標題 Reconfiguration of maximum-weight b-matchings in a graph	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Combinatorial Optimization	6. 最初と最後の頁 454 ~ 464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10878-018-0289-3	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 Takayama Koki, Kobayashi Yusuke	4. 巻 10823
2. 論文標題 A Strongly Polynomial Time Algorithm for the Maximum Supply Rate Problem on Trees	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Frontiers of Algorithmics Workshop (FAW 2018), LNCS	6. 最初と最後の頁 54 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-78455-7_5	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 山田匡規, 木村雅, 高橋直希, 吉瀬章子	4. 巻 63
2. 論文標題 ラストマイル・モビリティシェアリング -最適化モデルによる運用分析-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 386-393
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 Takehiro Ito, Naonori Kakimura, and Yusuke Kobayashi	4. 巻 92
2. 論文標題 Complexity of the multi-service center problem	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 28th International Symposium on Algorithms and Computation	6. 最初と最後の頁 48:1-48:12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ISAAC.2017.48	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 Ito Takehiro, Kakimura Naonori, Kamiyama Naoyuki, Kobayashi Yusuke, Okamoto Yoshio, Shiitada Taichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Tight Approximability of the Server Allocation Problem for Real-Time Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 3rd International Workshop on Algorithmic Aspects of Cloud Computing	6. 最初と最後の頁 41-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-74875-7_4	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 Fujishige Satoru, Sano Yoshio, Zhan Ping	4. 巻 6
2. 論文標題 The Random Assignment Problem with Submodular Constraints on Goods	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Economics and Computation	6. 最初と最後の頁 1~28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3175496	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 Cho Jung Rae, Park Jeongmi, Sano Yoshio	4. 巻 33
2. 論文標題 T-neighbor Systems and Travel Groupoids on a Graph	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Graphs and Combinatorics	6. 最初と最後の頁 1521~1529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00373-017-1850-z	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 Yosuke Watanabe, Kiyoo Ishii, Toshiki Sato, Atsuko Takefusa, Tomohiro Kudoh, Hidemoto Nakada, Maiko Shigeno, Akiko Yoshise,	4. 巻 10
2. 論文標題 Routing and Wavelength/sub-wavelength path assignment to maximizing accommodated traffic demands on optical networks	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jamdsm.2016jamdsm0038	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 Masahide Saho, Maiko Shigeno	4. 巻 69
2. 論文標題 Cancel-and-tighten algorithm for quickest flow problems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Networks	6. 最初と最後の頁 179-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/net.21726	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32件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Naoto Kimura, Maiko Shigeno, Ushio Sumita, Sota Usui, Ken Watanabe, Ryo Watanabe and Wenda Zhang
2. 発表標題 A case study on route planning for vehicles to improving loading efficiency
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken Watanabe, Shota Minami and Maiko Shigeno
2. 発表標題 Routing and fare distribution for taxi ride-sharing with little dissatisfaction
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 繁野麻衣子
2. 発表標題 タクシーサービス活性化のためのOR的アプローチ
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuzhu Wang, Shin-ichi Kanoh and Akiko Yoshise
2. 発表標題 Two approaches for solving hard conic optimization problems
3. 学会等名 NACA- ICOTA2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Kanoh and Akiko Yoshise
2. 発表標題 A centering ADMM for SDP and its application to QAP
3. 学会等名 ICCOPT 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawawa Keiga, Ando Hiroyasu
2. 発表標題 A Simulation Study of Energy Propagation in Bio-Mimetic Networks
3. 学会等名 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikuma Higashikozono, Shunya Asaba, Maiko Shigeno, Ushio Sumita
2. 発表標題 On an Effective Carrying Set of Repair Parts for a Housing Equipment Company to Minimize Cost per Repair Call: Text Mining and Combinatorial Optimization Approach
3. 学会等名 International Conference on Business and Information (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木 佑真, 石井 紀代, 工藤 知宏, 繁野 麻衣子, 竹房 あつ子, 吉瀬 章子
2. 発表標題 多様なサービスを柔軟に提供する光伝送網設計の一手法
3. 学会等名 スケジューリングシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤原和樹, 繁野麻衣子, 住田潮
2. 発表標題 不均衡データに対する多段階学習を用いたアンサンブルモデルによる2クラス分類アルゴリズムの提案
3. 学会等名 情報処理学会第122回数理モデル化と問題解決研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川瀬 康平, 青井紀之, 吉瀬 章子
2. 発表標題 引越しの配送における運搬車数の最小化
3. 学会等名 スケジューリングシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Umesha Perera, Maiko Shigeno, Ushio Sumita
2. 発表標題 Development of segmentation algorithm for identifying lifecycle of smartphone applications
3. 学会等名 International Conference on Business and Information (BAI) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Kimura, Kengo Shimizu, Tetsuya Tsuboi, Daisuke Hasegawa, Kouji Ishikawa, Keisuke Kimura, Miku Tanaka, Kazunori Ozeki, Jieying Zhou, Maiko Shigeno
2. 発表標題 Improvements in cooking process scheduling for family restaurants
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 張蓉, 平田崇博, 繁野麻衣子
2. 発表標題 予約制タクシーの配車スケジューリング
3. 学会等名 スケジューリング・シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮川穂貴, 渡部洋介, 繁野麻衣子, 石井紀代, 竹房あつ子, 吉瀬章子
2. 発表標題 エラスティック光ネットワーク上のエニーキャスト通信のためのRSA問題に対するグリーディーアルゴリズムの比較
3. 学会等名 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 周潔瑩, 坪井哲也, 長谷川大輔, 石川浩司, 木村恵介, 田中未来, 大関和典, 繁野麻衣子
2. 発表標題 調理手順スケジューリングモデルに対するルール設計と検証
3. 学会等名 情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田岳人, 矢野正基, 堀川健一郎, 佐藤啓太, 南翔太, 繁野麻衣子
2. 発表標題 共通の目的地をもつ顧客によるタクシー相乗りのためのモデル作成と評価
3. 学会等名 情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南翔太, 堀川健一郎, 佐藤啓太, 渡辺英里, 吉田岳人, 矢野正基, 繁野麻衣子
2. 発表標題 イベント参加者のためのライドシェアサービスの支払い料金配分設計
3. 学会等名 サービス学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李天陽, 繁野麻衣子
2. 発表標題 サイクルグラフ上の重み付き情報拡散ゲームの純粋戦略ナッシュ均衡
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Hachimori
2. 発表標題 Partitioning simplicial complexes and their h-triangles
3. 学会等名 International Symposium on Operations Research and Game Theory: Modeling and Computation, Indian Statistical Institute (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八森正泰
2. 発表標題 Nonpure な単体的複体におけるマトロイド構造の考察
3. 学会等名 Japanese Conference on Combinatorics and its Applications
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小出 健人, 久野 誉人, 佐野 良夫
2. 発表標題 社会的安定性を考慮した一般化安定結婚問題の効率的解法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 須田 雄士, 山中 健雄, 安東 弘泰, 岡田 幸彦
2. 発表標題 オンラインニュースサイトにおけるネットワーク中心性尺度の活用
3. 学会等名 応用数理学会2017年度年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐野良夫
2. 発表標題 グラフの最小固有値とグラフ構造
3. 学会等名 近畿大学数学教室講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐野良夫
2. 発表標題 グラフの固有値と辺着色
3. 学会等名 2018年軽井沢グラフと解析研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Umesha Perera, Maiko Shigeno, Ushio Sumita, Yoshitsugu Yamamoto
2. 発表標題 Development of Statistical Approach for Estimating Key Competitive Performance Measures of Smartphone Applications
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 エラスティック光ネットワーク上のエニーキャスト通信に対する ヒューリスティックアルゴリズム
2. 発表標題 宮川穂貴, 渡部洋介, 石井紀代, 竹房あつ子, 工藤知宏, 繁野麻衣子, 吉瀬章子
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2017年春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 多名賀寛, 高原勇, 川本雅之, 吉瀬章子
2. 発表標題 交通ネットワーク上における水素ステーションの最適配置モデル
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村雅志, 多名賀寛, 川本雅之, 吉瀬章子
2. 発表標題 時空間ネットワークを用いたモビリティの運行パターン比較
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高山 功輝, 小林 佑輔
2. 発表標題 需給ネットワーク分割問題における供給率最大化アルゴリズム
3. 学会等名 日本応用数理学会2017年研究部会連合発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八森 正泰
2. 発表標題 単体的複体の分割可能性とh-triangle
3. 学会等名 日本応用数理学会2016年度年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安東弘泰, 小林幹
2. 発表標題 時間遅れフィードバックによる多粒子系の拡散制御
3. 学会等名 第59回自動制御連合講演会, システム制御情報学会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山本芳嗣（編著）安東弘泰，小林佑輔，佐野良夫，繁野麻衣子，八森正泰 他著	4. 発行年 2019年
2. 出版社 東京化学同人	5. 総ページ数 360
3. 書名 基礎数学	

〔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	八森 正泰 (HACHIMORI Masahiro) (00344862)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	安東 弘泰 (ANDO Hiroyasu) (20553770)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	佐野 良夫 (SANO Yoshio) (20650261)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	小林 佑輔 (KOBAYASHI Yusuke) (40581591)	京都大学・数理解析研究所・准教授 (14301)	
研究分担者	吉瀬 章子 (YOSHISE Aki ko) (50234472)	筑波大学・システム情報系・教授 (12102)	