

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04068

研究課題名（和文）動的ネットワークフローに基づく最適避難計画の理論基盤構築

研究課題名（英文）Establishing theoretical foundation of optimal evacuation planning based on dynamic networkflows

研究代表者

加藤 直樹 (Kato, Naoki)

兵庫県立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：40145826

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、動的ネットワークフローの枠組みを現実の避難計画に適用するための理論基盤を構築することである。動的ネットワークフローは、ネットワーク各所での横断時間や滞留時間を表現できるため、交通渋滞による避難時間の遅延を直接的に扱うことができる。本研究では、最速避難流問題と最適避難施設配置問題について、ネットワーククラスの拡張や避難者分布の不確定要素を考慮するなど、現実の問題設定に沿った最適化問題として定式化し、高速アルゴリズムの開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、避難計画に対して多くの研究がなされているが、実応用を目指す研究はシミュレーションを用いる定性的アプローチが中心である一方、理論研究の多くは現実への適用を真には考慮できていない。本研究は、現実の避難計画を策定するための理論基盤構築を目指している点で、世界的に類を見ない独自性を有している。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to establish a theoretical foundation for applying the framework of dynamic network flow to real-world evacuation plans. Dynamic network flow can represent traversal times and dwell times in road networks, making it possible to directly address delays in evacuation times caused by traffic congestion, which is a critical issue in actual disaster evacuations.

In this study, we focused on the crucial problems of evacuation planning, specifically the quickest transshipment problem and the optimal evacuation facility location problem. We formulated these as optimization problems that align more closely with real-world scenarios by considering the extension of the network class in question and the uncertainties in evacuee distribution during disasters. We successfully elucidated the combinatorial structure of these problems and developed fast polynomial-time algorithms based on this understanding.

研究分野：オペレーションズ・リサーチ / 理論計算機科学 / 組合せ最適化

キーワード：最速避難流問題 最適避難施設配置問題 動的ネットワークフロー 不確定的状況下での最適化 数理最適化問題

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。

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の東日本大震災では、津波によって多くの犠牲者が出たが、その際、津波に対するハード対策の限界が露呈し、ソフト対策としての避難の問題が注目を集めるようになった。それに相俟って、「津波防災地域づくりに関する法律」の制定、災害対策基本法の改定などにより、避難施設の整備が進み、これまで遅々として進まなかった津波避難タワーの設置や津波避難ビルの指定が加速化している。また、「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置および避難誘導について(第3版)」においても、避難施設の整備・避難路の確保・避難訓練等の事前準備の重要性が指摘されている。

津波・洪水・原発事故など、緊急を要する大規模災害に対する避難計画を策定する場合、考慮すべき重要な問題として交通渋滞による避難時間の遅延が挙げられる。実際、東日本大震災においては、交通渋滞に起因する逃げ遅れにより多くの犠牲者が出たことが知られている。しかし、現状の避難計画においては(避難時間) = (移動距離) / (移動速度) と算定するなど、交通渋滞による避難時間の遅延が考慮されていない。一方で、マルチエージェントシミュレーションを用いることで都市における交通渋滞を表現することができるが、結果より得られる知見は定性的なものに留まり、避難計画の妥当性を定量的に保証するものにはなり得ない。

そこで、理論計算機科学において知られている、各頂点に避難者数(あるいは避難所の可能収容数)、各辺に容量と時間が与えられた無向グラフ上で定義される動的ネットワークフローを導入する。ネットワーク各所での横断時間や滞留時間を表現できるので、実際の災害において重大な問題である交通渋滞による避難時間の遅延を直接的に扱うことができる。動的ネットワークフローに関して、これまでいくつかの重要な結果が知られているが、計算時間や計算領域が非常に大きい、ネットワーククラスが限定されているなど、現実の問題にそのまま適用することは困難である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、動的ネットワークフローの枠組みを現実の避難計画に適用するための理論基盤を構築することである。特に本研究では、「誰をどこに逃がせば良いか」という問いに対応する最速避難流問題と、「避難施設をどこに配置すれば良いか」という問いに対応する最適避難施設配置問題を扱う。これらの問題について、より現実に沿う設定を考慮した上で、問題に潜む組合せ構造の解明、およびそれに基づく高速アルゴリズムの開発を目指す。また同時に、市販の最適化ソルバーを用いて避難計画を容易に策定できる環境構築を目指し、問題の線形計画・整数計画などによる汎用的定式化の可能性を探る。

3. 研究の方法

本研究では、最速避難流問題と最適避難施設配置問題について、基礎理論の研究を深化させると同時に、より現実に即した問題設定をフィードバックすることで、さらなる理論展開を試みる。特に、実際の避難計画の観点から、確定的入力に対する問題と不確定的入力に対する問題を扱う。

4. 研究成果

(1) 最速避難流問題に関する主な成果として、以下の4件を挙げる。

格子状ネットワークにおける津波避難を想定した最速避難流問題

本研究では、ネットワークにおける最速避難流問題のうち、津波避難を想定した特殊な設定の問題を扱う。具体的には、各辺の容量と輸送時間が単一の格子ネットワークにおいて、定められた津波の進行方向と逆向きの移動を許さない避難を考える。避難地点が1つの場合、Higashikawaら(2023)によるアルゴリズムより高速な多項式時間アルゴリズムを開発した。避難地点が2つの場合、避難完了時間はHigashikawaら(2023)の結果より高速で求まることを示し、さらに限定した場合は線形計画問題に帰着できることを示した。本結果は国際会議 The 23rd Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC2023)にて発表された。

パス状ネットワークにおける混合避難問題

混合避難問題とは、徒歩・自動車など定数個の手段を用いる場合において、各ソースにいるすべての避難者がシンクに到達するまでの時間を最小化する問題である。フローが整数値のみを取るモデルに対しては、Hanawaら(2018)によって問題のNP困難性が示されている一方で、フローが実数値を取り得るモデルに対しては、問題の計算困難性が示されていない。本研究では、対象を単一シンクを持つパス状のネットワークに限定し、さらに最適解が特定の構造をもつ場合、問題が多項式時間で解けることを示した。本結果は国際会議 The 23rd Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC2023)にて発表された。

最速避難流問題に対する劣モジュラ関数最小化を陽に行わない高速アルゴリズム

辺の容量、避難所の個数、避難所の次数が定数であるネットワークを対象とする最速避難流問題に対する多項式時間アルゴリズムを提案した。提案手法により、劣モジュラ関数最小化アルゴリズムをブラックボックスで用いずに最速避難流問題を解くことができるネットワーククラスの拡張に成功した。本結果は査読付き国際会議 The 16th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCOA2023)に採録されたうえ、特集号への招待を受けている。

平均避難時間最小化フローの性質

普遍的な最速フローは、避難完了時間を達成しつつ、避難完了までの任意の時刻において、避難完了している累積人数を同時に最大化する理想的なフローであるが、一般のネットワークでは存在しない例があることが知られている。本研究では、代替的なフローとして平均避難時間最小化フローを提案し、普遍的な最速フローの存在するネットワークにおいては、任意の平均避難時間最小化フローが普遍的な最速フローであることを示した。この結果は、普遍的な最速フローが存在するための必要十分条件が平均避難時間最小化フローによって説明される可能性を示唆している。本結果について、日本OR学会2023年春季研究発表会にて発表された。

(2) 最適避難施設配置問題に関する主な成果として、確定的入力を扱った問題について3件()および不確定的入力を扱った問題に対する1件の成果()を挙げる。

パス状ネットワークにおける平均避難時間最小化型の施設配置問題

パス状ネットワークにおける平均避難時間最小化型の施設配置問題に対する多項式時間アルゴリズムを開発した。本研究では、部分パスにおける（片方の端点への避難に関する）平均避難時間を効率的に計算できるデータ構造を開発し、動的計画法の枠組みと組み合わせることで、初の多項式時間アルゴリズムを与えた。また、辺容量一定の場合に対してはさらに高速なアルゴリズムを示しており、既存の結果を改良している。本結果は国際学術誌 Theoretical Computer Science に採録された。

また、さらに研究を進めることにより、問題が「リンクコストに凹モンジュ性を有する完全有向非巡回グラフにおける最小 k -リンクパス問題」に帰着されることを示し、最小 k -リンクパス問題に対する既存のアルゴリズムを適用することで高速アルゴリズムを開発した。リンクコストの計算については、各クエリ計算を劣線形時間で行えるデータ構造を新たに開発して用いている。本結果は、前述のアルゴリズムの計算量を大きく改善しているだけに留まらず、「同じ場所にいる避難者は同じ施設に避難する」という仮定を緩和した一般の設定においても適用できる。本成果は、査読付き国際会議 The 14th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCOA2020)にて発表された。また、国際学術誌 Theoretical Computer Science の同会議による特集号に招待され、採録された。

パス状ネットワークにおける避難完了時間最小化型の施設配置問題

「同じ場所にいる避難者は同じ施設に避難する」という仮定を緩和した一般的なフローモデルについて、パス状ネットワークおよびサイクル状ネットワーク上の避難完了時間最小化施設配置問題に対する初の多項式時間アルゴリズムを開発した。本結果は査読付き国際会議 The 21th Symposium on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS2021)にて発表された。

格子状ネットワークにおける避難完了時間最小化型の施設配置問題

辺の容量および辺の長さが一定である格子状ネットワークを対象とする避難完了時間最小化施設配置問題に対して初の多項式時間アルゴリズムの開発に成功した。本結果は、査読付き国際会議 The 29th International Computing and Combinatorics Conference (COCOON2023)にて発表された。また、国際学術誌 Theoretical Computer Science の同会議による特集号への招待を受けている。

パス状ネットワークにおける総避難時間に基づく最大後悔最小化型の施設配置問題

各頂点の避難者数が共通の媒介変数に対する線形関数として付与されるパス状ネットワークにおいて、総避難時間に基づく最大後悔最小化問題シンク配置問題に対する多項式時間アルゴリズムを開発した。本成果は、査読付き国際会議 The 15th International Conference and Workshops on Algorithms and Computation (WALCOM 2021)にて発表された。

(3) 本研究課題に関連した研究成果として以下の2件を挙げる。

定められた直線上に施設配置される制約を持つ最大被覆施設配置問題に対する研究

最大被覆施設配置問題とは、平面上に正の重みを持つ n 個の点が与えられた時、平面上に k 個の施設を配置し、施設から定められた距離以内に距離 d 以内の点集合の重み和を最大にする施設配置を求める問題である。この問題は一般に NP 困難であるが、施設が定められた直線上に配置されるという制約を有するとき、最適な施設配置を求める

$O(n^2)$ 時間アルゴリズムを提案した．本結果は査読付き国際会議 The 16th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCOA2023)にて発表された．

大阪梅田地下街における浸水からの垂直避難に対する避難領域分割手法の開発

世界的にみて大規模で複雑な地下街である大阪梅田地下街における浸水からの垂直避難における避難完了時間を短縮する避難領域分割手法の開発を行った．避難シミュレーションを用いた既存研究では，避難者の場所から最も近い階段を使って接続ビルへ垂直避難する想定であったが，いくつかの接続ビルで収容者数をオーバーしてしまう問題があった．

一般的な避難者の行動は，出口に向かって最短経路で集まる動きをするが，この動きは出口を根とする木状ネットワークにおける動的ネットワークフローとみなせ，理論的に避難完了時間が求められることが知られている．そこで，避難完了時間を最小化する領域分割問題を混合整数計画問題として定式化し，既存のシミュレーションと同じ条件で最適化を行った．その結果，避難完了時間を最短経路で割り当てた場合と比較して 12 分以上短縮することに成功した．このような避難完了時間を最小化するための領域分割を実空間の問題で行った研究の例はなく，本研究の成果は新規性が高いものである．本成果は国際学術誌 The Review of Socionetwork Strategies に採録された．

- (4) 総括的な結果として最適避難施設配置問題に関する既往研究を網羅したサーベイ論文を執筆し，査読付国際学術誌 The Review of Socionetwork Strategies に採録された．本論文は，当該分野における世界初のサーベイ論文であり，当該分野の発展に寄与することが期待される．さらに，最適避難施設配置問題に対する研究代表者らの近年の結果について概説記事を執筆し，Springer から出版された書籍「Sublinear Computation Paradigm - Algorithmic Revolution in the Big Data Era」の第 5 章に採録された．

上記サーベイ論文および書籍は，いずれもオープンアクセスであることから多くの読者が目を通すことが期待されるなど，本研究課題による成果を大きく発信するものである．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Higashikawa Yuya, Katoh Naoki, Teruyama Junichi, Watase Koji	4. 巻 873
2. 論文標題 Almost linear time algorithms for minsum k-sink problems on dynamic flow path networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 87 ~ 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2021.05.003	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 Robert Benkoczi, Binay Bhattacharya, Yuya Higashikawa, Tsunehiko Kameda, Naoki Katoh, Junichi Teruyama	4. 巻 OAS1cs96
2. 論文標題 Locating evacuation centers optimally in path and cycle networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 21th International Symposium on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems (ATMOS2021)	6. 最初と最後の頁 13:1-13:19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/OAS1cs.ATMOS.2021.13	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 Higashikawa Yuya, Katoh Naoki, Teruyama Junichi, Watase Koji	4. 巻 LNCS12577
2. 論文標題 Almost Linear Time Algorithms for Minsum k-Sink Problems on Dynamic Flow Path Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 14th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCO2020)	6. 最初と最後の頁 198 ~ 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-64843-5_14	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 Fujie Tetsuya, Higashikawa Yuya, Katoh Naoki, Teruyama Junichi, Tokuni Yuki	4. 巻 LNCS12635
2. 論文標題 Minmax Regret 1-Sink Location Problems on Dynamic Flow Path Networks with Parametric Weights	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 15th International Conference and Workshops (WALCOM 2021)	6. 最初と最後の頁 52 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-68211-8_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 Benkoczi Robert, Bhattacharya Binay, Higashikawa Yuya, Kameda Tsunehiko, Katoh Naoki	4. 巻 806
2. 論文標題 Minsum k-sink problem on path networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 388 ~ 401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2019.05.047	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 Higashikawa Yuya, Katoh Naoki	4. 巻 13
2. 論文標題 A Survey on Facility Location Problems in Dynamic Flow Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 163 ~ 208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-019-00047-z	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 Yamamoto Ryo, Takizawa Atsushi	4. 巻 13
2. 論文標題 Partitioning Vertical Evacuation Areas in Umeda Underground Mall to Minimize the Evacuation Completion Time	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 209 ~ 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-019-00037-1	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 Higashikawa Yuya, Katoh Naoki, Teruyama Junichi, Tokuni Yuki	4. 巻 LNCS14461
2. 論文標題 Faster Algorithms for Evacuation Problems in Networks with a Single Sink of Small Degree and Bounded Capacitated Edges	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCO A 2023)	6. 最初と最後の頁 29 ~ 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-49611-0_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 Maegawa Hiroki, Katoh Naoki, Tokuni Yuki, Higashikawa Yuya	4. 巻 LNCS14461
2. 論文標題 The Line-Constrained Maximum Coverage Facility Location Problem	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCO A 2023)	6. 最初と最後の頁 406 ~ 418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-49611-0_29	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 Higashikawa Yuya, Nishii Ayano, Teruyama Junichi, Tokuni Yuki	4. 巻 LNCS14422
2. 論文標題 Sink Location Problems in Dynamic Flow Grid Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 29th International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2023)	6. 最初と最後の頁 155 ~ 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-49190-0_11	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20件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 馬場崇仁, 瀧澤重志
2. 発表標題 複数の連結した建物群からの一斉退館時間を最小化する出口の領域分割方法
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬場崇仁
2. 発表標題 複数の出口を有する建物群から最速に退館するためのアルゴリズムの比較
3. 学会等名 建築情報学会 建築情報学生レビュー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中陽子
2. 発表標題 南海トラフ巨大地震における大阪市の津波浸水想定域からの2次避難開始時刻の最適化
3. 学会等名 建築情報学会 建築情報学生レビュー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Robert Benkoczi, Binay Bhattacharya, Yuya Higashikawa, Tsunehiko Kameda, Naoki Katoh, Junichi Teruyama
2. 発表標題 Locating evacuation centers optimally in path and cycle networks
3. 学会等名 21st Symposium on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀧澤重志
2. 発表標題 大阪市全体の南海トラフ大地震による2次避難所の地域割当の経過報告
3. 学会等名 津波による浸水区域外における災害時避難所等の確保に向けた取り組み 第14回官学連携WG
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 馬場崇仁, 瀧澤重志
2. 発表標題 複層階を有する教育施設からの利用者の一斉退館シミュレーション
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演(関東)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuya Higashikawa, Naoki Katoh, Junichi Teruyama, Koji Watase
2. 発表標題 Almost Linear Time Algorithms for Minsum k-Sink Problems on Dynamic Flow Path Networks
3. 学会等名 The 14th International Conference Combinatorial Optimization and Applications (COCO A 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Fujie, Yuya Higashikawa, Naoki Katoh, Junichi Teruyama, Yuki Tokuni
2. 発表標題 Minmax Regret 1-Sink Location Problems on Dynamic Flow Path Networks with Parametric Weights
3. 学会等名 The 15th International Conference and Workshops on Algorithms and Computation (WALCOM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀧澤重志
2. 発表標題 大阪市全域を対象とした2次避難所割りあて問題について：その2
3. 学会等名 津波による浸水区域外における災害時避難所等の確保に向けた取り組み 24区説明会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀧澤重志
2. 発表標題 2次避難者の避難所への割りあて
3. 学会等名 第17回津波浸水域外での災害時避難所確保計画検討ワーキング
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 戸國友貴, 加藤直樹, 照山順一, 東川雄哉, 藤江哲也
2. 発表標題 避難者数が媒介変数に依存する最大後悔最小化1-シンク配置問題
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戸國友貴, 加藤直樹, 照山順一, 東川雄哉, 藤江哲也
2. 発表標題 避難者数が媒介変数に依存する最大後悔最小化1-シンク配置問題
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピューテーション研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀧澤重志
2. 発表標題 シミュレーションと最適化による都市スケールの避難計画の支援技術
3. 学会等名 「震災対策技術展」大阪 -自然災害対策技術展- (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀧澤重志
2. 発表標題 シミュレーションと最適化による大阪市を対象とした避難計画支援技術
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会「危機管理と社会とOR」研究部会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Higashikawa
2. 発表標題 An Improved Algorithm for Minsum k-Sink Problems on Dynamic Flow Path Networks
3. 学会等名 The 30th European Conference on Operational Research (EURO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Takizawa, Yutaka Kawagishi
2. 発表標題 Optimizing Evacuation and Return Routes on Tsunami Disaster in Osaka City
3. 学会等名 The 5th International Workshop on Innovative Algorithms for Big Data (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀧澤重志, 川岸裕
2. 発表標題 大阪市における南海トラフ地震に起因する津波からの最速避難計画手法
3. 学会等名 日本建築学会第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Robert Benkoczi, Yuya Higashikawa, Risa Ishikawa, Naoki Katoh
2. 発表標題 Mixed Evacuation Problem on Path Networks
3. 学会等名 The 23rd Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuya Higashikawa, Junichi Teruyama, Yuki Tokuni, Azusa Yamamoto
2. 発表標題 Efficient Algorithms for Quickest Transshipment Problems in Grid Networks Motivated by Tsunami Evacuation
3. 学会等名 The 23rd Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation (WAAC 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 増田康佑, 加藤直樹, 東川雄哉
2. 発表標題 平均避難時間最小化フローを用いた緊急避難計画に関する研究
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2023年春季研究発表会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 N. Katoh, Y. Higashikawa, H. Ito, A. Nagao, T. Shibuya, A. Sljoka, K. Tanaka and Y. Uno	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer Singapore	5. 総ページ数 418
3. 書名 Sublinear Computation Paradigm: Algorithmic Revolution in the Big Data Era	

〔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	東川 雄哉 (Higashikawa Yuya) (20749486)	兵庫県立大学・情報科学研究科・准教授 (24506)	

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
研究分担者	瀧澤 重志 (Takizawa Atsushi) (40304133)	大阪公立大学・大学院生活科学研究科・教授 (24405)	
研究分担者	藤江 哲也 (Fujie Tetsuya) (40305678)	兵庫県立大学・情報科学研究科・教授 (24506)	
研究分担者	照山 順一 (Teruyama Junichi) (40709862)	兵庫県立大学・情報科学研究科・准教授 (24506)	

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		
	カナダ	Simon Fraser University	University of Lethbridge