

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01742

研究課題名(和文)リアルタイム群集流動制御に関する基盤技術の研究開発

研究課題名(英文)Research and development of basic technologies for real-time crowd flow control

研究代表者

巳波 弘佳 (Miwa, Hiroyoshi)

関西学院大学・工学部・教授

研究者番号：40351738

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：大規模災害時の避難誘導のみならず，平常時における群集事故の回避や混雑解消のためにも，群集誘導の必要性が高まっている．そこで本研究では，膨大な数の人が限られた領域に集中し，通信ネットワークが必ずしも十分に機能せず，正確な地図や混雑状況も把握できない状況において，個々人が持つスマートフォンなど携帯通信機器がリアルタイムに移動方向を提示することによって群集全体を適切に制御する，リアルタイム群集流動制御技術の確立を目的として，群集流動制御の数理モデルの構築，制御アルゴリズムの設計を行い，シミュレーションにより有効性を示した．

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本大震災をはじめ，近年世界的に相次ぐ大規模災害や，津波を伴う広域での被災が予想される南海トラフ地震等への対策を通して，災害時の迅速な状況把握・情報共有・適切な避難誘導の必要性が認識されている．また，台風などの自然災害や事故による鉄道やバスなど公共交通機関の麻痺時，都心部の大規模イベント開催時，大規模ショッピングモールの繁忙時など，平常時においても群集事故の回避やスムーズな混雑解消のための適切な誘導の必要性が認識されている．このような状況における群集の流動を制御する方法は，社会的にも必要性が高い．また，群集流動制御に関する理論的アプローチは少なく，得られた知見は学術的にも有益である．

研究成果の概要(英文)：The necessity of crowd guidance is increasing not only for evacuation guidance in large-scale disasters but also for avoiding crowd accidents and clearing congestion in normal times. Therefore, in this study, a mathematical model of crowd flow control was constructed and a control algorithm was designed, and the effectiveness was shown by simulation, for the purpose of establishing a real-time crowd flow control technology that appropriately controls the whole crowd by presenting the movement direction in real time by mobile communication devices such as smart phones owned by individuals in a situation where a huge number of people concentrate in a limited area, and the communication network does not always function sufficiently, and the accurate map and congestion situation can not be grasped.

研究分野：数理工学

キーワード：群集流動 劣通信環境 DTN 最適化 アルゴリズム

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災をはじめ、近年世界的に相次ぐ大規模災害や、津波を伴う広域での被災が予想される南海トラフ地震等への対策を通して、災害時の迅速な状況把握・情報共有・適切な避難誘導の必要性が認識されている。また大規模災害時だけでなく、台風などの自然災害や事故による鉄道やバスなど公共交通機関の麻痺時、都心部の大規模イベント開催時、大規模ショッピングモールの繁忙時など、平常時においても群集事故の回避やスムーズな混雑解消のための適切な誘導の必要性が認識されている。このような群集の流動を制御するために、これまでは、最適化理論やシミュレーションに基づく建築設計・都市計画・避難経路計画がなされてきた。しかし、特に大規模災害時には建物や道路の損壊や火災、そして津波などによって予期せぬ箇所が通行不能となる可能性が高く、平常時でも障害物によって予期せぬ箇所での滞留が発生するという問題がある。その上、特に都市部においては、群衆は周辺地域の地図を把握しているとは限らない。さらに、特に大規模災害時には通信インフラが損傷を受け、被災者は孤立した状態に置かれる。このような事前の想定や準備が困難な状況に対して、群集流動を効果的に制御する方法はなかった。

一方、近年のスマートフォンの普及や、現在急速に進む IoT の導入など、ICT 技術の進展と普及により状況が大きく変化してきている。つまり、群集流動を制御するために、様々な IoT 機器からのセンシング情報なども利用し、スマートフォンやデジタルサイネージなどを活用して個々にリアルタイムに適切な移動方向を提示するシステムの実現が可能となりつつある。また、災害時や通信混雑時など劣通信環境における情報流通手段として、DTN (Delay- and Disruption-Tolerant Networking)の研究開発が近年世界的に進んでいる。

このような背景、および周辺状況から、群集流動の効果的な制御方法を確立することが求められていた。

2. 研究の目的

本研究は、これまでの研究代表者らの研究成果を統合・発展させ、リアルタイム群集流動制御技術(図1参照)を確立することを目的とした。これは、膨大な数の人や車両が限られた領域に集中し、情報流通が必ずしも十分に機能せず、正確な地図や混雑状況も把握できない状況において、様々な IoT デバイスからのセンシング情報なども利用して、スマートフォンなど携帯通信機器やデジタルサイネージなどにより個々にリアルタイムに適切な移動方向を提示するシステムの実現のために必要な基盤技術である。

目的の実現のために、リアルタイム群集流動制御法、劣通信環境における情報流通技術、ビッグデータに基づく群集流動推定・周辺環境推定、群集流動制御に適したネットワーク設計・復旧計画、現実的な状況を想定したシミュレーションによる性能評価に関する研究を中心に取り組んだ。

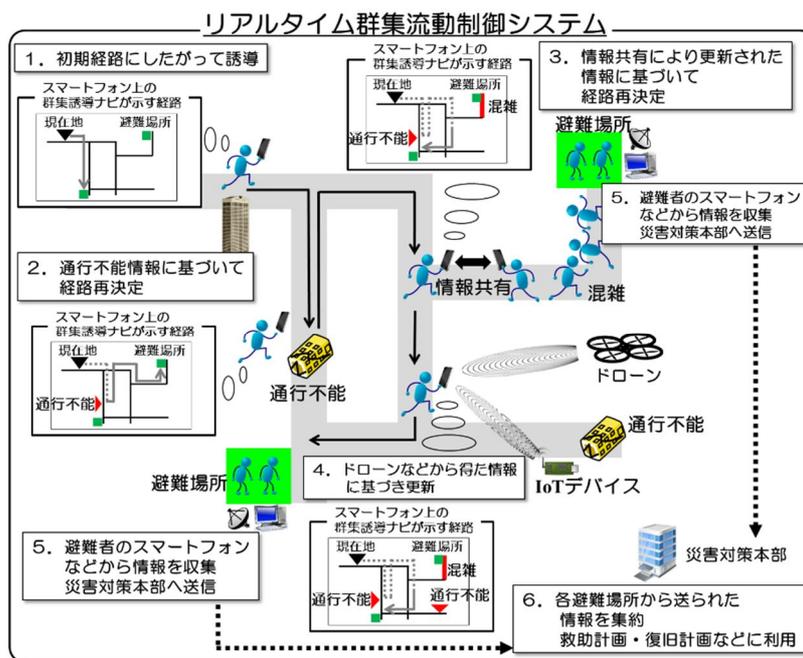


図1 リアルタイム群集流動制御

3. 研究の方法

目的の実現のために、本研究では特に下記の5つの研究項目に取り組んだ。

(1) リアルタイム群集流動制御法

個々のノード(人や車両)が局所的な情報に基づき分散的に実行することにより、群集全体が自己組織化されて適切に流動が制御される、リアルタイム群集流動制御アルゴリズムを設計する。

(2) 劣通信環境における情報流通技術

特に災害時のような劣通信環境において、(1)のリアルタイム群集流動制御で個々のノードが利用する情報は多い方が望ましい。そこで、蓄積搬送型通信に加えIoTデバイスやドローンから得た情報を総合的に活用し、情報流通の効率性をさらに高める技術を研究開発する。そのために、ノード移動特性の利用により情報流通の効率性を高められるという成果に基づき、ドローンなど情報収集・中継機能を持ったノードの移動経路を適切に制御して得られる情報も活用する。

(3) ビッグデータに基づく群集流動推定・周辺環境推定

上記(2)で収集される情報は、欠測値や異常値、さらに観測遅延も含む不完全なビッグデータである。(1)で用いる際には、群集流動状況(集合・離散の動的挙動)や被災状況などの周辺環境の推定情報として整理される必要がある。そのために群集流動状況推定法、および欠測値や異常値や入力遅延に対して頑健な機械学習による周辺環境情報推定法を設計する。

(4) 群集流動制御に適したネットワーク設計・復旧計画

道路等のネットワーク構造や、IoTデバイスなどの配置によって、リアルタイム群集流動制御の効果は異なる。そこで、制御に適したネットワーク構造設計や機器等の配置設計を行う。災害後は迅速に道路等の被災区間が復旧されるが、リソースは限られているため、優先順位付けが必要である。そこで(2)や(3)の方法で得られる情報も活用した復旧優先順位決定法を設計する。

(5) 実データに基づく現実的な状況を想定したシミュレーションによる性能評価

現実の道路網などの地理的条件や、実データに基づく現実的な人の行動パターンを取り込んだシミュレーションによって、提案するリアルタイム群集流動制御技術の有効性を評価する。

4. 研究成果

本研究により、主に以下の成果を得た。

(1) 劣通信環境における情報流通を考慮したリアルタイム群集流動制御法

局所情報のみから群集流動を制御するアルゴリズムを設計した。これは、各地点周辺の渋滞や、災害時の火災や建物倒壊等による通行不能情報に基づいて、各ノードが自律的に情報収集し、互いに近接情報共有することで目的地までに迅速に移動できる経路を各時点で決定するものである。

(2) ビッグデータに基づく群集流動推定・周辺環境推定

GPSデータ等の人流データを発災時の人口分布の設定および平常時における人口流動の設定に使用し、アドホック無線通信の有無によるリアルタイム群集流動制御の効果の検証、および災害時における避難行動の特徴の解析についても検討を行った。さらに実データから人口分布と人口流動を集計するためのシステムを実装し、日本および米国における人流データを用いて災害からの復興の地域間比較を行った。

また、人間を含む生物のモビリティとその数理モデルに関して、まず、ヒューマンモビリティを考慮した人間関係ネットワーク生成モデルを構築した。これまでに様々なモデルが提案されているが、移動と遭遇を考慮したものはほとんどなかった。遭遇頻度分布がべき乗測にしたがうHomesick Levy Walkモデルに基づく移動・個々人の特性・遭遇時の特性の変化を考慮したモデルによって生成されるネットワークがスケールフリー性を持ち、現実のネットワークの持つ性質と整合性があることを示した。また、人間を含む生物のモビリティとその数理モデルに関して、ミクロ的には各要素の持つ値が変化しているにも関わらず、マクロ的な視点ではスケールフリー性が維持されるメカニズムを調べた。再現できるモデルを検討し、数値実験によりその妥当性を評価した。これらのモデルや知見は群集流動の推定に寄与するものである。

さらに、トラフィック行列推定の解法として知られる逆関数法において、計測データの変動が逆関数法における推定結果に与える影響を抑制するのではなく、その影響の様子を把握することによって推定精度の向上を可能とする方法を設計した。この成果は、不完全データからの群集流動推定の適用範囲拡大に寄与するものである。

一部の観測情報から個々の詳細な情報を推定する方法に関して、集約ネットワークフロー流量から、個々のフロー流量を推定する方法を検討した。集約ネットワークフロー流量の計測データをリサンプリングし、複数のリサンプルデータを用いた推定結果のばらつき傾向やそれらの推定結果から再構成された集約フロー流量分布と元々の計測データを用いて導出された経験集約フロー流量分布の乖離度合を評価することで推定するものである。

(3) 群集流動制御に適したネットワーク設計・復旧計画

主にリンク・ノード保護による高信頼化設計法に関する研究と、復旧順序決定に関する研究を行った。

前者は、一部のリンク・ノードを保護することによって、ネットワーク全体の信頼性を向上させることを目的とした設計問題である。これに対して、まず、故障確率を導入し、条件が満たされる確率を所望以上にするためのコストを最小化する最適化問題として定式化し、NP 困難性を証明し、アルゴリズムを設計した。さらに、リンク付加のみ、もしくはリンク保護のみで行うよりも、リンク付加と保護を両方適切に組み合わせることによってコストを抑えられる可能性があることに着目し、リンク付加と保護を組み合わせたネットワーク設計問題を定式化し、NP 困難性を示し、条件を限定した場合に多項式時間で解けることを示した。これらのネットワーク設計アルゴリズムにより、ネットワーク全体の信頼性に関する多様な評価尺度にも対応できるようになり、コストと信頼性のトレードオフを考慮した設計がより柔軟にできるようになった。

後者は、地震の際の余震など断続的な故障が発生する状況において、故障したリンクやノードの復旧順序の差異がネットワーク全体の信頼性に大きく影響する問題に着目し、復旧順序を決定することを最適化問題として定式化した。この問題が NP 困難であることを証明し、アルゴリズムを設計した。また、現実のネットワークトポロジを用いて評価実験を行い、提案アルゴリズムの有効性を示した。

(4) 実データに基づく現実的な状況を想定したシミュレーションによる性能評価

これまで検討した様々なアルゴリズムをシミュレーションによって性能評価した。

交通車両に適用した場合について、交通車両数、近接情報を共有する交通車両の割合、通行止め回数、移動時間と距離の分布に与える影響を調べた。Wilcoxon 符号付き順位検定を用いて近接情報共有を行わない場合と比較した結果、道路ネットワークの規模が大きく通行不能箇所が多い場合において、近接情報共有型車両の割合が 25% の場合においても移動時間や移動距離の短縮の効果に有意性があることが確認できた。また、都市部を想定したグリッド状の道路ネットワークにおいて、近接情報共有のない対応するシナリオと比較して、分布に有意差があるシナリオを発見した。その結果、近接情報を共有する車両の割合が 50% を超えると、道路網の規模や車両数が十分に大きい場合に、分布に大きな違いが生じることが確認された。また、道路閉鎖の回数が増えると、より大きな違いが確認された。

これらの知見は、本研究で設計したリアルタイム群集流動制御法の有効性を示すと同時に、その有効領域等も解明するものである。

本研究に関して、電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会から優秀研究賞を受賞し、電子情報通信学会ネットワークシステム研究会のネットワークシステム研究賞については 2 度受賞した。さらに、ネットワーク設計に関する研究成果に対して、電子情報通信学会ネットワークシステム研究会、情報ネットワーク科学研究会からそれぞれ招待講演に選ばれた。さらに、群集流動制御の数理モデルに関する研究成果に対して、国際会議 INCoS2018 の Best Paper Award を受賞した。また、日本および米国における人流データを用いて災害からの復興の地域間比較に関する研究成果に対して、SIGSPATIAL2018 のワークショップにおいて招待講演に選ばれた。これらは、本研究の成果が国内外で高く評価されていることを示している。

今後の展望として、本研究成果の実用化を念頭に、交通車両を対象にしたアプリケーションを想定した、より具体的なシステム開発も検討したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 K.Uji, H.Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Network Design Method by Link Protection considering Probability of Simultaneously Link Failure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems	6. 最初と最後の頁 pp.113-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-29035-1_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 -
1. 著者名 Y.Morino, H.Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Network Design Method Resistant to Cascade Failure Considering Betweenness Centrality	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems	6. 最初と最後の頁 pp.360-369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-29035-1_35	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 H.Yano, H.Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Optimization Problem for Network Design by Link Protection and Link Augmentation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Internet, Data and Web Technologies	6. 最初と最後の頁 pp.516-521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-39746-3_52	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 K. Uji, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Reliable Network Design Problem Considering Cost to Improve Link Reliability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-98557-2_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 T. Yamasaki, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Method for Determining Recovery Order for Successive Node Failures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-98557-2_32	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 N. Fukae, A, Fujihara, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Model for Generation of Social Network Considering HumanMobility	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-98557-2_27	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 A. Fujihara	4. 巻 -
2. 論文標題 PoWaP: Proof of Work at Proximity for a crowdsensing system for collaborative traffic information gathering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Internet of Things	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.iot.2019.02.006	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 A. Fujihara	4. 巻 -
2. 論文標題 Proposing a System for Collaborative Traffic Information Gathering and Sharing Incentivized by Blockchain Technology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-98557-2_16	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 T. Ohtsuki, S. Tanimoto, M. Sekiyama, A. Fujihara, H. Yamamoto	4. 巻 382
2. 論文標題 Pareto-Zipf law in growing systems with multiplicative interactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics Letters A	6. 最初と最後の頁 1456-1459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physleta.2018.04.003	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 T. Yamasaki, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Method for Determining Recovery Order Against Intermittent Link Failures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-65636-6_36	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 K. Uji, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Method for Finding Protected Links to Keep Robust Network against Link Failure Considering Failure Probability	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-65636-6_37	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 D. Irie, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Network Design Method by Link Protection to Keep Connectivity and Communication Quality to Servers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-65636-6_38	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 K. Hikita, H, Miwa	4. 巻 -
2. 論文標題 Evacuation Guidance Method by using Augmented Reality and Digital Signage	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative System	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) 10.1007/978-3-319-65636-6_32	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 Shimon Kase, Masato Tsuru, and Masato Uchida	4. 巻 -
2. 論文標題 Accurate OD Traffic Matrix Estimation Based on Resampling of Observed Flow Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference 2018 (APSIPA-ASC 2018)	6. 最初と最後の頁 pp.1574-1579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APSIPA.2018.8659531	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 S. Amita and A. Fujihara	4. 巻 -
2. 論文標題 A Performance Evaluation of Vehicular Swarm Intelligence for Seamless Route Guidance using Opportunistic Networking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 Ninth International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW)	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) 10.1109/CANDARW53999.2021.00008	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22件（うち招待講演 3件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 宇治, 巳波
2. 発表標題 階段状リンク正常確率向上コスト関数の下での保護リンク決定問題
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢野, 巳波
2. 発表標題 リンク付加とリンク保護の組み合わせによるネットワーク設計問題
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 巳波弘佳
2. 発表標題 情報ネットワークにおける新たな最適設計制御問題
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 企画シンポジウム(情報ネットワークとその科学)(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Fujiwara
2. 発表標題 Towards Prediction of Complex Geospatial Phenomena
3. 学会等名 ACM SIGSPATIAL(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大勝章平, 加藤直樹, 照山順一, 東川雄哉, 巳波弘佳
2. 発表標題 媒介変数表示される重みに対する最大後悔最小化1-センター問題
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 2018年

1. 発表者名 鎌田義史, 巳波弘佳
2. 発表標題 配電網の故障パターン列挙による保護配電線区間決定法
3. 学会等名 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇治槻, 巳波弘佳
2. 発表標題 同時故障確率を考慮した保護リンク決定問題
3. 学会等名 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森野友真, 巳波弘佳
2. 発表標題 媒介中心性を考慮したカスケード故障に耐性のあるネットワーク設計法
3. 学会等名 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三柳海渡, 巳波弘佳
2. 発表標題 ネットワークの直径縮小のための辺重み決定問題
3. 学会等名 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原明広
2. 発表標題 CDRデータを用いた人の行動分析とその理論
3. 学会等名 平成30年度 統数研共同研究集会「社会物理学の新展開」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原明広
2. 発表標題 1次元ホームシック・レヴィ飛行の非平衡定常状態の解析
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野 翔, 内田 真人
2. 発表標題 論文引用ネットワークを利用した類似研究者検索手法
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川 翔大, 内田 真人
2. 発表標題 Q&Aサイトにおける回答者クラスタリングに基づく質問マッチング
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 巴波弘佳
2. 発表標題 信頼性の高いネットワークの設計とは？
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宇治槻，巴波弘佳
2. 発表標題 信頼度の高いネットワークを実現する保護リンク決定法の高速度化
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎強志，巴波弘佳
2. 発表標題 リンク故障確率を考慮した断続的リンク故障に対する復旧順序決定法
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇治槻，巴波弘佳
2. 発表標題 リンク正常確率を考慮した信頼度の高いネットワークを実現する保護リンク決定法
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深江政太, 巳波弘佳
2. 発表標題 モビリティを考慮した人間関係ネットワーク生成モデル
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 入江大史, 巳波弘佳
2. 発表標題 重要ノードとの連結性と品質を維持するための保護リンク決定
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加瀬史門, 宮田高道, 鶴正人, 内田真人
2. 発表標題 観測データのリサンプリングによる解候補の生成と選別に基づいたODトラヒック行列推定の精度向上
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土井裕貴, 鶴正人, 内田真人
2. 発表標題 ODトラヒック行列推定における逆関数法の一般化
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 網田昇悟, 藤原明広
2. 発表標題 近接情報共有型交通車両群誘導法の性能評価 ~ 近接情報共有型車両の割合の影響 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会
4. 発表年 2021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	藤原 明広 (Fujihara Akihiro) (70448687)	千葉工業大学・工学部・准教授 (32503)	
研究分担者	内田 真人 (Uchida Masato) (20419617)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	
研究分担者	藤原 直哉 (Fujiwara Naoya) (00637449)	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
---------	---------