

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11167

研究課題名(和文) モバイルエージェントのための自己安定アルゴリズムに関する研究

研究課題名(英文) A study on self-stabilizing algorithms for mobile agents

研究代表者

大下 福仁(Ooshita, Fukuhito)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：20362650

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、外乱の起こりやすい環境において、複数のモバイルエージェント(自律的に移動する計算オブジェクト)が安定的に協調動作を行なうための分散アルゴリズムを開発した。具体的には、ソフトウェアエージェントモデル(計算機ネットワークを移動するエージェントのモデル)、自律移動ロボットモデル(実世界のモバイルロボットのモデル)、個体群プロトコルモデル(ナノスケールシステムなどの低性能デバイス群のモデル)において、さまざまなタスクに対する多数の分散アルゴリズムを提案した。そのうちのいくつかは自己安定アルゴリズムであり、システムが矛盾を含む状況に陥ったとしても、自動的に正常な状況へ復旧できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、モバイルエージェントを協調動作させるための多数の高効率・高信頼な分散アルゴリズムを提案した。提案したアルゴリズムは、工場・倉庫等で実用化が進むモバイルロボット、農業・物流等で導入が進むドローン、今後広まると期待される自動運転車などが構成するシステムに適用することができる。そのため、本研究成果により、上記のシステムの高効率化・高信頼化を実現することができる。

研究成果の概要(英文)：We have developed distributed algorithms for mobile agents (i.e., computing objects that can move autonomously) in environments with various disturbance. In this work, we have focused on a software agent model (for software agents in computer networks), a mobile robot model (for mobile robots in real environments), and a population protocol model (for nano-scale systems with low-functional devices), and have developed distributed algorithms for various tasks. Some proposed algorithms are self-stabilizing, that is, they make a system recover automatically even if the system becomes inconsistent.

研究分野：分散アルゴリズム

キーワード：モバイルエージェント モバイルロボット 個体群プロトコル 自己安定 ビザンチン故障

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、自律的に移動する複数の計算オブジェクトが、外乱の起こりやすい環境で協調動作するシステムの重要性が高まっていた。具体的には、自律移動ロボットが被災地等の危険な場所で様々なタスクを実行するシステム、多数のソフトウェアエージェントが安価な IoT 機器を移動しながら情報の収集・解析を行なうシステムなどが挙げられる。このような外乱の多い環境において、安定的に動作するシステムを実現するために、その動作を実現するアルゴリズムが必要であった。

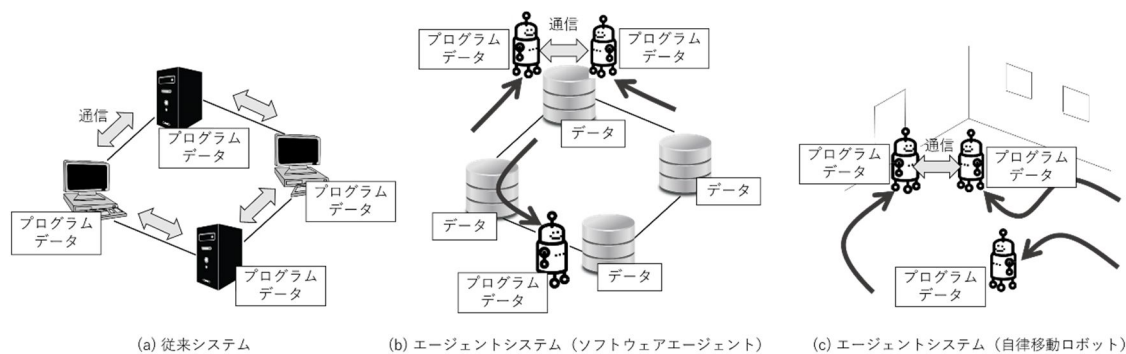


図 1：従来システムとエージェントシステム

本研究では、自律的に移動する計算オブジェクトをモバイルエージェント(以下、エージェント)として抽象化し、多数のエージェントが協調して動作する、外乱に対して頑健な分散アルゴリズムの実現を目指した。図 1 は従来システムとエージェントシステムの概要を示している。従来システム(図 1(a))では、各計算オブジェクト(プログラムとデータをカプセル化したもの)が固定されており、ネットワーク上で近くの計算オブジェクトと通信を行なって協調的に動作する。一方、エージェントシステムでは、ソフトウェアエージェント(図 1(b))やロボット(図 1(c))などのエージェントが自律的に移動し、他エージェントに近づいたときに通信を行なうことで協調的に動作する。

本研究では、外乱に対して頑健な分散アルゴリズムとして、自己安定アルゴリズムに注目した。自己安定アルゴリズムとは、外乱によってシステムが矛盾を含む状況に陥ったとしても、自動的に正常な状況へ復帰できるアルゴリズムである。従来システムに対する自己安定アルゴリズムの研究は多数存在していたが、エージェントシステムに対する自己安定アルゴリズムの開発はほとんど進んでいなかった。

2. 研究の目的

本研究では、エージェントシステムにおける自己安定アルゴリズムの開発を大きく進めるために、効率的な自己安定アルゴリズム設計手法の確立を目指す。具体的には、以下の2つの方向性で、設計手法の確立を試みる。

(1) エージェントの基本タスクに対する自己安定アルゴリズム設計手法の開発

エージェントシステムでは、全エージェントの集合、全ノードの探索など、多くのアプリケーションで利用される基本タスクが多数存在する。これらの基本タスクは、エージェントに特化したものであり、従来システムのアルゴリズムを応用することができない。そのため、これらのエージェントに特化した基本タスクに対しては、全く新しい自己安定アルゴリズムを開発する必要がある。本テーマでは、エージェントに特化した基本タスクに対する、汎用的な自己安定アルゴリズム設計手法の開発を目指す。

(2) 従来システムからエージェントシステムへのアルゴリズム変換手法の開発

エージェントシステムで利用される基本タスクの中には、リーダ選択タスクのように従来システムで自己安定アルゴリズムの研究が多く行われているものがある。過去の研究成果をエージェントシステムにも適用できれば、そのようなタスクを効率的に実行することができる。本テーマでは、従来システムの自己安定アルゴリズムをエージェントシステムへ効率を保ったまま変換する手法の開発を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、エージェントシステムのモデルとして、これまでに多くの研究がなされている以下の3つに着目した。

(1) ソフトウェアエージェントモデル

本モデルは、計算機ネットワークを移動するエージェントをモデル化したものである。エージェントが存在する環境は、計算機をノード、通信リンクを辺としたグラフでモデル化される。エージェントは、同じノードにいるエージェントと情報交換を行ない、データを保持しながらグラフ内を自由に移動することができる。

(2) 自律移動ロボットモデル

自律移動ロボットモデルは、実世界のモバイルロボットをモデル化したものである。ロボットが存在する環境は、ユークリッド空間またはグラフとしてモデル化される。各ロボットは、その観測範囲に存在するロボットの相対的な位置と状態を観測でき、自身を基準として相対的に移動先を決めて移動することができる。

(3) 個体群プロトコルモデル

個体群プロトコルモデルは、ナノスケールシステムなどの低性能デバイス群をモデル化したものである。本モデルのエージェントは「個体」と呼ばれ、各個体はその移動方向を制御することができず、環境中を受動的に移動する。これは、ナノデバイスが溶液中を漂う状況などを表している。個体が別の個体と接触すると「交流」が発生し、その2つの個体で状態が変化する。本モデルでは、交流の繰り返しによって、タスクを行う必要がある。

上記の3つのモデルにおいて、まず、自己安定アルゴリズムを開発するための基盤とするために、さまざまな基本タスクに対するアルゴリズムの開発を行なった。そのうえで、各基本タスクに対する自己安定アルゴリズムの開発を行ない、それらを統合した設計手法の開発を行なった。それと並行して、従来システムからエージェントシステムへのアルゴリズム変換手法の開発を行なった。

4. 研究成果

ソフトウェアエージェントモデル、自律移動ロボットモデル、個体群プロトコルモデルの3つのモデルにおいて、さまざまな基本タスクに対するアルゴリズムを提案した。また、一部のモデル、基本タスクに対しては自己安定アルゴリズムやその設計手法を提案した。一方で、アルゴリズム変換手法については提案することができなかった。主要な成果は以下の通りである。

(1) ソフトウェアエージェントモデル

動的ネットワークにおける探索アルゴリズム

本研究では、外乱の起こりやすい環境をリンクの接続状況が変化する動的ネットワークとしてモデル化し、その上で動作するエージェントが探索タスクを実行するためのアルゴリズムを開発した。探索タスクとは、ネットワーク中の全ノードを少なくとも1度訪問するタスクである。探索タスクを実現することで、ネットワーク中の情報の収集などに応用することができる。

まず、動的トラスネットワークにおける探索タスクについて研究を行なった [Gotoh et al., TCS 2021]。本研究では、「全ての行リングと列リングにおいて、各時刻で使用不可能なリンクがたかだか1つである」という条件を満たす動的トラスネットワークを対象とした。このような動的トラスネットワークに対して、探索タスクを実現するために必要なエージェント数を明らかにし、最小エージェント数・最短時間で探索タスクを完了するアルゴリズムを提案した。

次に、動的リングネットワークにおける探索タスクについて研究を行なった [Gotoh et al., Algorithms 2020]。本研究では、各時刻で使用不可能なリンクがたかだか1つであるような動的リングネットワークを対象とした。本研究では、(H,S)-view と呼ぶ、H ホップ先の情報を S 時間先の未来まで取得できるという能力を提案し、(H,S)-view が探索タスクの実現可能性、実行時間に与える影響を明らかにした。

動的ネットワークにおける集合アルゴリズム

本研究では、動的リングネットワークにおいて、集合タスクを実行するためのアルゴリズムについて研究した [Ooshita et al., SSS 2018]。集合タスクとは、初期状態で複数のノードに散らばっているエージェントを、1つのノードに集合させるタスクである。集合タスクを実現することで、全エージェントが集まり、情報共有やその後の作業分担を行なうことができる。

本研究では、動的リングネットワークで最も弱い条件(アルゴリズムの開発が難しい条件)である、「すべてのノードの組 a,b について、いずれ a に滞在するエージェントが b に移動できるようにリンクが使用可能となる」という条件が成り立つことのみを仮定している。まず、このモ

デルにおいて、集合タスクを実現することが不可能であることを示した。そのうえで、弱集合タスクを実現するアルゴリズムを提案した。ここで、弱集合タスクとは、全エージェントを隣接する2ノードに集合させるタスクである。また、本モデルでは弱集合タスクに対する自己安定アルゴリズムの実現が不可能であることも示している。

ビザンチン故障に耐性をもつ集合アルゴリズム

本研究では、ビザンチン故障が発生しうる環境において、短時間で集合タスクを実行するアルゴリズムを開発した。ビザンチン故障とは、ソフトウェアのバグ、クラッキングなどをモデル化したものであり、ビザンチン故障を起こしたエージェントはアルゴリズムに従わず、任意の動作を行なう。まず、エージェントが各ノードに（他のエージェントが消せない）情報を残すことができるという仮定のもとで、既存研究より高速なアルゴリズムを提案した [Tsuchida et al., IEICE Trans. 2020]。次に、既存研究より多数の正常なエージェントが存在するという仮定のもとで、既存研究より高速なアルゴリズムを提案した [Hirose et al., ICDCN 2021]。

自己安定探索アルゴリズム

本研究では、ノードに情報を残すことができるという仮定のもとで、1台のエージェントに対する自己安定探索アルゴリズムを提案した [Sudo et al., arXiv 2021]。すなわち、初期状況でエージェントと各ノードがどのような情報を持っていても、いずれエージェントが全てのノードを訪問できるアルゴリズムを提案した。既存研究と比較して、探索に要する時間を短縮している。

(2) 自律移動ロボットモデル

視界に制限のあるライト付きロボットのための探索・集合アルゴリズム

本研究では、ロボットが存在する環境をグラフでモデル化し、集合・探索タスクを実現するために必要なロボットの能力・台数を明らかにした。ここで、ライト付きロボットとは、定数種類の色を発信する能力をもつロボットである。

まず、環境をリンググラフとしてモデル化し、ロボットの視界を1（隣接ノードのみ観測可能）ライトの色数を2として探索タスクを実現するアルゴリズムを開発した。その結果、ロボットが同期している場合、同期していない場合に対して、探索タスクの実現に必要なロボットの台数を明らかにした [Ooshita and Tixeuil, Information and Computation 2021]。さらに、ロボットの視界を2以上とした場合についても、探索タスクの実現に必要なロボットの台数を明らかにした [Nagahama et al., SSS 2019]。

また、環境をグリッドグラフとしてモデル化し、ロボットの視界、ライトの色数、同期の有無が異なる14種類の設定で探索タスクを実現するアルゴリズムを提案した [Nagahama et al., APDCM 2021]。このうちの6個のアルゴリズムは、最小のロボット台数で探索タスクを実現している。

さらに、環境をリンググラフとしてモデル化した場合に対して、集合タスクを実現するアルゴリズムも提案した [Kamei et al., OPODIS2019]。本研究では、たかだか4色のライトを用いることで、従来のアルゴリズムより多くの初期配置に対して集合タスクを実現できることを示した。

ビザンチン環境における自己安定アルゴリズム設計手法

本研究では、ビザンチン故障が発生しうる環境における汎用的な自己安定アルゴリズム設計手法として、Forgive & Forget フレームワークを提案した [Ashkenazi et al., CCPE 2021]。本フレームワークでは、正常なロボットがビザンチン故障を起こしたロボットを検知し、そのロボットを捕獲することで、故障の影響をその他のロボットに与えないようにしている。また、捕獲したロボットを定期的に逃すことにより、初期状況で間違ったロボットをビザンチン故障として認識していても、いずれ正常に動作するようになり、自己安定性を実現している。

(3) 個体群プロトコルモデル

漸近最適時間のリーダー選挙アルゴリズム

本研究では、リーダー選挙タスクを実現する漸近最適時間のアルゴリズムを提案した [Sudo et al., IEEE TPDS 2020]。リーダー選挙タスクとは、全ての個体の中から1個の個体をリーダーとして選択するタスクである。多数のアルゴリズムがリーダーの存在を前提としており、リーダー選挙タスクを行なうことでそのようなアルゴリズムを利用することができるようになる。本研究では、個体数を n とするとき、各ノードの状態数が $o(n)$ であり計算時間が $O(\log n)$ （漸近最適）であるリーダー選挙アルゴリズムを世界で初めて提案した。

緩安定リーダ選挙アルゴリズム

本研究では、リーダ選挙タスクを実現する緩安定アルゴリズムを提案した。緩安定アルゴリズムでは、リーダを短時間で選択し、そのリーダを長時間維持することができる。自己安定アルゴリズムはリーダを（故障が発生しない限り）永遠に維持するため、緩安定アルゴリズムは自己安定アルゴリズムより少し弱いアルゴリズムである。しかし、本研究のモデルでは、リーダ選挙タスクに対する自己安定アルゴリズムを実現できないことが証明されているため、緩安定アルゴリズムは実現できる最良の性質であるといえる。

交流が発生しうる個体ペアに制限がある場合について、多項式時間でリーダを選択し、そのリーダを指数時間維持する緩安定アルゴリズムを提案した [Sudo et al., IEEE TPDS 2019]。このアルゴリズムでは、個体に固有の識別子が存在するか、個体に乱数生成器が備わっていることを仮定している。その後の研究では、これらの仮定を必要としないアルゴリズムも提案している [Sudo et al., IEICE Trans. 2020]。

また、任意の個体ペアで交流が発生しうる場合について、対数多項式時間でリーダを選択し、そのリーダを十分に長い多項式時間維持する緩安定アルゴリズムも提案した [Sudo et al., TCS 2020]。

グループ分割アルゴリズム

本研究では、個体群を同サイズの2つのグループに分割する2分割タスクについて考察した。とくに、特別な個体である基地局の有無、交流の発生パターンに対する仮定（強公平/弱公平）、非対称遷移の有無、自己安定性の有無（初期状態が一定/任意）の4種類の仮定の組み合わせについて、2分割アルゴリズムの実現可能性を明らかにし、実現可能である場合は最適な状態数を明らかにした。

まず、任意の個体ペアで交流が発生しうる場合について、2分割アルゴリズムの実現可能性と最適な状態数を完全に明らかにした [Yasumi et al., IEICE Trans. 2019][Yasumi et al., OPODIS 2019]。各設定における最適な状態数は以下の通りである。ここで、Pは個体数の上界を表す。

		初期状態が一定		初期状態が任意	
		強公平	弱公平	強公平	弱公平
基地局あり	非対称遷移あり	3	3	4	P
	非対称遷移なし	3	3	4	P+1
基地局なし	非対称遷移あり	3	3	不可能	不可能
	非対称遷移なし	4	不可能	不可能	不可能

次に、交流が発生しうる個体ペアに制限がある場合について、初期状態が一定の場合に対して、2分割アルゴリズムの実現可能性と必要な状態数の上限を明らかにした [Yasumi et al., OPODIS 2020]。各設定における必要な状態数の上限は以下の通りである。ここで、Pは個体数の上界を表す。また、*印はその状態数が最適であることを示している。

		初期状態が一定	
		強公平	弱公平
基地局あり	非対称遷移あり	3*	3P+1
	非対称遷移なし	3*	3P+1
基地局なし	非対称遷移あり	4*	不可能
	非対称遷移なし	5*	不可能

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Gregory Benassy, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue	4. 巻 -
2. 論文標題 Eventually consistent distributed ledger despite degraded atomic broadcast	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Concurrency and Computation: Practice and Experience	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) 10.1002/cpe.6199	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 Fukuhito Ooshita and Sebastien Tixeuil	4. 巻 -
2. 論文標題 Ring exploration with myopic luminous robots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information and Computation	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.ic.2021.104702	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 Tsuyoshi Gotoh, Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa	4. 巻 850
2. 論文標題 Exploration of dynamic tori by multiple agents	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 202-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2020.11.004	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 Yotam Ashkenazi, Shlomi Dolev, Sayaka Kamei, Fukuhito Ooshita, and Koichi Wada	4. 巻 -
2. 論文標題 Forgive & Forget: Self-stabilizing swarms in spite of Byzantine robots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Concurrency and Computation: Practice and Experience	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) 10.1002/cpe.6123	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 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Taisuke Izumi, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa	4. 巻 31
2. 論文標題 Time-optimal leader election in population protocols	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	6. 最初と最後の頁 2620-2632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPDS.2020.2991771	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 Tsuyoshi Gotoh, Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, and Toshimitsu Masuzawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Dynamic ring exploration with (H, S) view	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Algorithms	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) 10.3390/a13060141	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 Masashi Tsuchida, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue	4. 巻 E103-D
2. 論文標題 Byzantine-tolerant gathering of mobile agents in asynchronous arbitrary networks with authenticated whiteboards	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1672 ~ 1682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019EDP7311	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 Masahiro Shibata, Norikazu Kawata, Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa	4. 巻 822
2. 論文標題 Move-optimal partial gathering of mobile agents without identifiers or global knowledge in asynchronous unidirectional rings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 92 ~ 109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2020.04.002	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 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Loosely Stabilizing Leader Election on Arbitrary Graphs in Population Protocols without Identifiers or Random Numbers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 489 ~ 499
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019FCP0003	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 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, Toshimitsu Masuzawa, Ajoy K. Datta, and Lawrence L. Larmore	4. 巻 806
2. 論文標題 Loosely-stabilizing leader election with polylogarithmic convergence time	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 617 ~ 631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2019.09.034	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 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, Toshimitsu Masuzawa, Ajoy K. Datta, and Lawrence L. Larmore	4. 巻 30
2. 論文標題 Loosely-Stabilizing Leader Election for Arbitrary Graphs in Population Protocol Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	6. 最初と最後の頁 1359 ~ 1373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPDS.2018.2881125	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 Hiroto Yasumi, Naoki Kitamura, Fukuhito Ooshita, Taisuke Izumi, and Michiko Inoue	4. 巻 9
2. 論文標題 A population protocol for uniform k-partition under global fairness	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Networking and Computing	6. 最初と最後の頁 97-110
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計26件(うち招待講演 1件/うち国際学会 21件)

1. 発表者名 Shota Nagahama, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Terminating grid exploration with myopic luminous robots
3. 学会等名 23rd Workshop on Advances in Parallel and Distributed Computational Models (APDCM) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jion Hirose, Junya Nakamura, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Gathering with a strong team in weakly Byzantine environments
3. 学会等名 22nd International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirotō Yasumi, Fukuhito Ooshita, Michiko Inoue, and Sebastien Tixeuil
2. 発表標題 Uniform bipartition in population protocol model with arbitrary communication graphs
3. 学会等名 24th International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jion Hirose, Masashi Tsuchida, Junya Nakamura, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Brief announcement: Gathering with a strong team in weakly Byzantine environments
3. 学会等名 27th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroto Yasumi, Fukuhito Ooshita, Michiko Inoue, and Sebastien Tixeuil
2. 発表標題 Uniform bipartition in population protocol model over arbitrary communication networks
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 Jion Hirose, Masashi Tsuchida, Junya Nakamura, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Gathering for mobile agents with a strong team in weakly Byzantine environments
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 Hiroto Yasumi, Fukuhito Ooshita, Michiko Inoue
2. 発表標題 Uniform partition in population protocol model under weak fairness
3. 学会等名 the 23rd International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sayaka Kamei, Anissa Lamani, Fukuhito Ooshita, Sebastien Tixeuil, and Koichi Wada
2. 発表標題 Gathering on rings for myopic asynchronous robots with lights
3. 学会等名 the 23rd International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yotam Ashkenazi, Shlomi Dolev, Sayaka Kamei, Fukuhito Ooshita, and Koichi Wada
2. 発表標題 Forgive & Forget: Self-stabilizing swarms in spite of Byzantine robots
3. 学会等名 the 11th International Workshop on Parallel and Distributed Algorithms and Applications (PDAA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gregory Benassy, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Eventually consistent distributed ledger relying on degraded atomic broadcast
3. 学会等名 the 11th International Workshop on Parallel and Distributed Algorithms and Applications (PDAA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Tsuchida, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Black hole search despite Byzantine agents
3. 学会等名 the 21st International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Gotoh, Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, and Toshimitsu Masuzawa
2. 発表標題 Exploration of dynamic ring networks by a single agent with the H-hops and S-time steps view
3. 学会等名 the 21st International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Taisuke Izumi, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa
2. 発表標題 Logarithmic expected-time leader election in population protocol model
3. 学会等名 the 21st International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Nagahama, Fukuhito Ooshita, and Michiko Inoue
2. 発表標題 Ring exploration of myopic luminous robots with visibility more than one
3. 学会等名 the 21st International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shlomi Dolev, Sayaka Kamei, Yoshiaki Katayama, Fukuhito Ooshita, and Koichi Wada
2. 発表標題 Brief announcement: Self-stabilizing LCM schedulers for autonomous mobile robots using neighborhood mutual remainder
3. 学会等名 the 21st International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yotam Ashkenazi, Shlomi Dolev, Sayaka Kamei, Fukuhito Ooshita, and Koichi Wada
2. 発表標題 Brief announcement: Forgive & Forget: Self-Stabilizing Swarms in Spite of Byzantine Robots
3. 学会等名 the 21st International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shlomi Dolev, Sayaka Kamei, Yoshiaki Katayama, Fukuhito Ooshita, and Koichi Wada
2. 発表標題 Brief announcement: Neighborhood mutual remainder and its self-stabilizing implementation of Look-Compute-Move robots
3. 学会等名 the 33rd International Symposium on Distributed Computing (DISC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Taisuke Izumi, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa
2. 発表標題 Brief announcement: Logarithmic expected-time leader election in population protocol model
3. 学会等名 the 38th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Shibata, Norikazu Kawata, Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, and Toshimitsu Masuzawa
2. 発表標題 Partial gathering of mobile agents without identifiers or global knowledge in asynchronous unidirectional rings
3. 学会等名 the 26th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長濱将太, 大下福仁, 井上美智子
2. 発表標題 視界に制限のあるライト付きモバイルロボットによるリング探索
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 2019年

1. 発表者名 Fukuhito Ooshita and Sebastien Tixeuil
2. 発表標題 Ring exploration with myopic luminous robots
3. 学会等名 The 20th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fukuhito Ooshita and Ajoy K. Datta
2. 発表標題 Brief announcement: Feasibility of weak gathering in connected-over-time dynamic rings
3. 学会等名 The 20th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fukuhito Ooshita
2. 発表標題 Computational power of myopic robots on graphs
3. 学会等名 2nd Workshop on Self-organization in Swarm of Robots (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuichi Sudo, Fukuhito Ooshita, Hirotsugu Kakugawa, Toshimitsu Masuzawa, Ajoy K. Datta, and Lawrence L. Larmore
2. 発表標題 Loosely-stabilizing leader election with polylogarithmic convergence time
3. 学会等名 The 22nd International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉川裕美, 首藤裕一, 大下福仁, 角川裕次, 増澤利光
2. 発表標題 ラインおよびリングを形成する基地局を用いた仲介型個体群プロトコル
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 河田倫和, 柴田将拡, 首藤裕一, 大下福仁, 角川裕次, 増澤利光
2. 発表標題 匿名単方向リングにおける部分集合問題に対する移動数最適な匿名エージェント乱択アルゴリズム
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 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	井上 美智子 (Inoue Michiko) (30273840)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授 (14603)	

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			
フランス	ソルボンヌ大学	国際情報処理科学大学院		
米国	ネバダ大学ラスベガス校			
イスラエル	ネゲヴ・ベン＝グリオン大学			