

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：32687

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11254

研究課題名(和文) IoTの展開に向けた動的な構造化コンテンツ指向ネットワークに関する研究

研究課題名(英文) Research on Structured Dynamic Content-Centric Networking for IoT Development

研究代表者

吉田 紀彦 (Yoshida, Norihiko)

立正大学・地球環境科学部・教授

研究者番号：00182775

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)：インターネットからIoTへの展開に伴い、ネットワーク経路制御の抜本的な改善を図るべく、情報指向ネットワーク(ICN)、特にコンテンツ指向ネットワーク(CCN)が注目されている。ICNはIPアドレスでなく、データやコンテンツの識別子を用いて経路制御を行う。しかしCCNは、センサやデバイスが多数になる状況で通信量が過大になる、モバイルIoTへの対応が難しい、という課題を持つ。本研究は、構造化P2P技術、および我々自身が開発したモバイル対応Publish/Subscribe技術を用いて、CCNの上記2つの課題を解決することを目的とし、従来のCCNと比較して性能改善を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

IoTは、生活・社会・産業のインフラストラクチャとして広く、また深く浸透しつつあり、従来型のインターネットの仕組みに起因する非効率性が顕在化する中から、その抜本的な効率化と改良が急務となっている。本研究の成果は、それに寄与貢献するものであり、学術的にも社会的にも意義は極めて大きいと考えている。特に、本研究の学術的な成果として論文を国際学術誌に4編、国際学術会議に6編、国内学会の査読無しの全国大会などに18編発表したが、この内の国際学術誌論文3編は発表後1年を経ない内にそれぞれ海外の第三者の論文から引用されており、高い評価を得られたものと考えている。

研究成果の概要(英文)：Network evolution from the traditional Internet to IoT has raised a new paradigm in routing. Information Centric Networking (ICN), or Content Centric Networking (CCN) in particular, conducts network routing not using an IP address but using an ID of data contents. However, one of the issues in CCN is that it incurs excessive network traffic, and another is that it does not work well on mobile IoT. To solve these two, we have used a technique invented for structured peer-to-peer networks, and a technique to improve mobile publish-and-subscribe. We examined and proved that our results exceeded the traditional CCN in regard to the network traffic congestion.

研究分野：計算機ネットワーク

キーワード：情報指向ネットワーク 構造化ピアツーピア 自律分散ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

インターネットも含む計算機ネットワークや携帯機器のモバイル・ネットワークなどにおいて、通信相手を特定した送信者・受信者間の通信に加えて、必要なデータやコンテンツを配信・取得する「コンテンツ共有」の比重が大きく高まり、ネットワーク通信の大半を占めるようになってきている。人のインターネットから Internet of Things (IoT) への展開に伴い、センサやアクチュエータなど多数の端末(ホスト)がネットワーク接続されて、大量のセンサデータや制御データが授受されることから、コンテンツ共有技術の重要性が飛躍的に高まっており、従来の技術である Content Distribution Networks (Content Delivery Networks ともいう。CDN) や Peer-to-Peer (P2P) などを越えて、さらに抜本的な効率化や改善を図ることが急務となっている。これに向けて有力と目されている技術の一つに、情報指向ネットワーク (Information-Centric Networking, ICN) がある。ICN では、ネットワーク上の所在を特定する「アドレス」でなく、コンテンツの識別子である「名前」を用いて、経路制御を行う。これによって、コンテンツ管理を所在情報から切り離すとともに、経路制御と融合させる。すなわち、CDN や P2P、また、分散オブジェクト管理の関連技術である Data Distribution Service (DDS) などと比較して、次のような特長を持つ。(1) アプリケーション層でなくネットワーク層で機能する、(2) DNS を無用にする、(3) コンテンツ共有に必要な経路制御を、アドレスに基づく経路制御の上で二段重ねに行うのではなく、直接に行うことで最適化する、(4) コンテンツ共有の効率化に必要なレプリカ(恒常的な複製)やキャッシュ(一時的な複製)の配置管理や最適化を、経路制御と融合した形で可能にする。以上から、ICN は次世代インターネットの基盤技術の一つとして期待されており、基本構成はすでに RFC として規格化されている。ICN には、中央に管理機構を持つ方式(狭義の ICN と、ルータ間で分散協調的に動作する方式の 2 つがあり、スケラビリティの観点から中央管理機構を持たない後者が望ましいこと、上記の内でも最も注目されて活発に研究されていることから、本研究では特に Content-Centric Networking (CCN、コンテンツ指向ネットワークと訳される)に焦点を当てる。

CCN では名前を用いた経路制御の実現のために、コンテンツの提供側とそれをリクエストする要求側との間で照合を行なって通信を確立するという、一種の「分散ランデブー」の枠組みを用い、階層化した名前付けをして、各ルータでコンテンツごとに、提供側ホストへの経路、要求側ホストへの経路、キャッシュを管理する。このため、大きく次のような課題を持つ。(1) 経路情報が構造化されておらず、制御のための通信量が過大になる。特に、ホスト数が膨大になる IoT においては、大きな課題となる。解決策として、構造化 P2P で用いられる分散ハッシュ表の技術を適用することが考えられるが、現在のところ、目立った事例はない。(2) IoT では端末やデバイスなどが動的に移動するモバイル環境への対応も重要である。しかし CCN では、経路情報の動的更新が必要となることから、対応が難しい。解決策として例えば、Mobile Ad hoc Networks でのリアクティブな(=必要に応じた)経路制御の応用、Mobile IP 技術の応用などが提案されているが、過大な通信オーバーヘッドや追従性の限界などの問題が残っている。このような課題は持つものの、IoT の重要な要素技術であるセンサ・ネットワークにおいて、CCN に似た経路制御に基づく Directed Diffusion が代表的な方式の一つとなっていることから、IoT の根幹に CCN が重要な親和性を持つことは明らかと言える。

2. 研究の目的

本研究では CCN という次世代ネットワーク技術について、特に IoT の深化・展開に資することを念頭に、再構成を施して効率および適用性の向上を目指す。具体的には、上記 2 つの課題の解決に向けて、次の 2 項目を目的にすえる。(1) 構造化 P2P の分散ハッシュ表を応用して経路情報を構造化し、ネットワークを効率化する。分散ハッシュ表は、CCN でも用いられているメッセージ拡散に基づく単純な「やみくも探索」に比べて、大幅な通信量の削減を可能にする。本研究では構造化 P2P の内でも、Plaxton 木というデータ構造に基づいて柔軟なネットワーク構造を許す Tapestry に注目する。そして、CCN の名前階層に対応させた階層化を Tapestry に導入し、それに基づいて CCN ルータの仕組みを再構成する。(2) 車々間通信における我々の成果である「確率的 Publish/Subscribe」を適用して、CCN のコンテンツ管理を再構成し、高いモビリティへの追従性を実現する。Tapestry はネットワーク内のノード移動に対して、構造化 P2P の内でも最も頑健である。加えて我々は、Delay Tolerant Networking における確率的ゴシップングの手法を基礎に、いわゆる分散 Publish/Subscribe 通信において、コンテンツおよびリクエストの拡散を確率的に制御する方式を考案した。そして、多数の車両が広域・高速で移動する状況でも、コンテンツ到達度の期待値を 100% 近くまで持ち込めることを、シミュレーションでの予備実験で明らかにした。そこで、本手法を新たに CCN に適用し、コンテンツ・キャッシュとリクエストを確率的に分散させることで、広域移動や高速移動にも対応させる。モバイル IoT において、経路制御を行うルータは通常は移動しないが、Ad hoc Network のようにホスト相互で経路制御を行いつつ移動する場合にも、本手法は適用できる。また、確率的 Publish/Subscribe ではコンテンツ側とリクエスト側とが双対になっており、モバイル IoT においてデータ提供側、要求側ホストそれぞれの移動が混在するような場合にも適用できる。これらは本研究の重要な特徴であり、他のモバイル IoT の研究に対する大きな優位性となる。CCN など ICN の IoT への適用は、世界的にも様々な研究が活発に進んでいるが、そこで必要

な CCN の改良に向けて構造化 P2P を適用する試みは、我々の知る限りでは他に類がなく、学術的に斬新と言える。また、確率的 Publish/Subscribe は我々独自の手法であって、その新規性・独創性は世界的にも評価を得ており、本研究はその CCN への応用とも位置づけられる。IoT は産業や社会の重要なインフラストラクチャとして、社会的にも多大な期待を集めており、本研究は IoT の深化・展開、そして浸透に、ネットワーク構成技術という方向から寄与貢献するものである。

3. 研究の方法

本研究は、動的計算機ネットワークを専門とする吉田が、分散協調処理を専門とする松本と協力し、吉田研究室の大学院生が随時、研究を補助する形で遂行した。当初は 2018～2020 年度の計画であったが、コロナ禍の影響もあり、2 度の延長を経て、2022 年度に完了した。また、2021 年度に吉田は埼玉大学から立正大学に移ったが、埼玉大学の研究室の大学院生については研究指導を継続した。

研究はどのテーマについても概ね、基本設計 → シミュレータないしプロトタイプの実装 → 動作検証・性能評価、の流れで進めた。実装は、自作プログラムを開発するか、または、Software Defined Networking (SDN) ネットワーク・エミュレータ Mininet および代表的実装である OpenFlow の構築ツール Ryu を組み合わせて用いた。いずれの場合も、事前検証を十分に重ねて、バグなどの不具合を抑えた。

なお、コロナ禍による研究室の利用制限、研究打合せのオンライン化、発表機会の大幅な削減などは、どの研究者にも多かれ少なかれ影響したと思われるが、それ以外の遅滞は特になく、コロナ禍の沈静化に伴い、概ね順調に進められるようになった。

4. 研究成果

(1) 本研究の前提として、CCN も含む ICN にとって最も重要な事項の一つでありながら、ほとんど議論されていない問題について取り組んだ。CCN も含む ICN では、コンテンツの識別子が経路制御を支配するので、コンテンツの内容を正しく反映することと、効率的な経路制御を可能にするものの両面から、識別子を適切に与える必要がある。そこで、まず文書コンテンツについて、自動要約技術を応用することで、機械学習などを用いずに高速に、コンテンツの内容を適切に反映する識別子を与える手法の基礎を固め、成果を 2019 年に国際学会で発表した。

(2) 構造化 CCN の実現に向け、構造化 P2P である Tapestry の基盤となっている抽象的データ構造 Plaxton 木について、その基本形を CCN に組み込む方式を 2020 年までに設計した。プロトタイプを試作して動作確認することで実現性を検証し。その概略は国内学会の全国大会と関連研究会で、2020 年に 2 回の講演依頼を受けて発表した。その後、2022 年に Tapestry に基づく CCN の最初のプロトタイプを完成させた。そして、動作を検証した上で、従来の CCN との性能比較を行い、優位性を確認した。この成果はまず 2023 年の国内学会の全国大会で発表した。図 1 に動作の概要、図 2 に従来の CCN との packets 数の比較を示す。

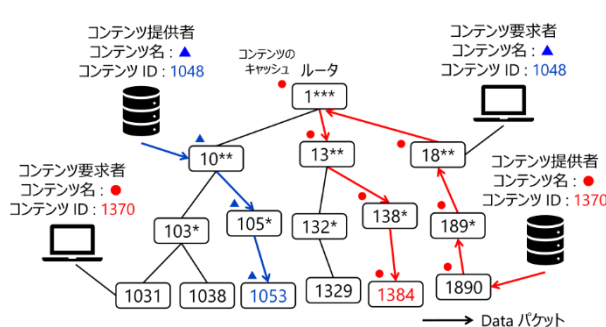


図 1(a): コンテンツの Publish (提供)

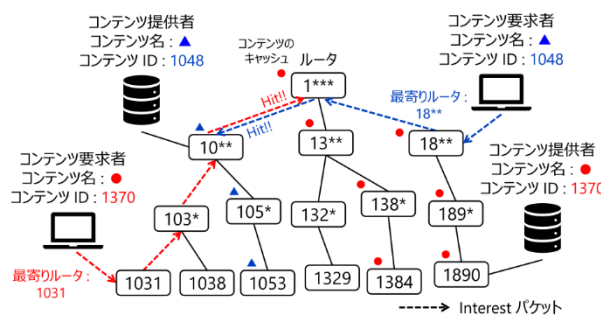


図 1(b): コンテンツの Subscribe (探索)

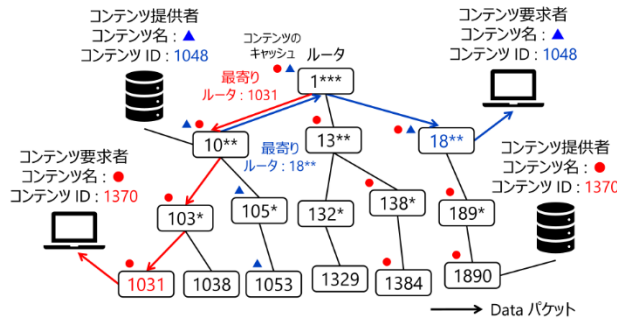


図 1(c): コンテンツの Subscribe (取得)

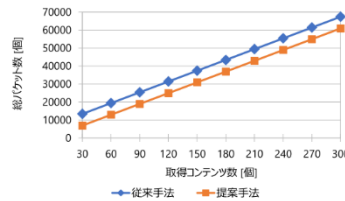


図 2: 従来型 CCN と構造化 CCN のパケット数の比較

上記の構造化 CCN において、特に可用性の保証やネットワーク障害の影響の抑止に向けて、複数の木を一つに畳み込む冗長構造を導入し、その効果も検証した。この事項は当初の研究目的および計画を越えた成果と言える。現在は、以上の成果を総合して、国際学術論文誌ないし国際学術会議への投稿に向けて準備中である。また、Software Defined Networking (SDN) による実装方式に関しても、可用性を確保する方式、および付随してセキュリティを保全する方式について取り組み、その成果 2 件を 2022 年に国内学会の全国大会で発表した。

(3) ICN の内でも特に CCN は、Publish/Subscribe 技術を活用して経路制御を行う。まず、Publish/Subscribe 技術一般という見地から、すでに確立された応用である IoT のセンサ・ネットワークの Directed Diffusion を題材に取り上げて、モビリティへの対応方式を考案し、2018 年に国際学術会議で発表した。この成果はほぼそのまま CCN にも適用できるものであり、確率的 CCN 経路制御の実現に向けて、基礎的な設計を完成させ、シミュレーションによる予備的実験で検証した。

このモビリティ対応についての成果を、IoT のアクチュエータネットワークにも適用を試み、成果を 2022 年に国際学術論文誌に発表した。2023 年の時点ですでに海外第三者の論文から参照されている。さらに、移動予測によって追従性能を高めていくことに取り組み、Kalman フィルタなどの活用も含めて方式を設計し、プロトタイプ実装による基本的な性能評価まで行なった。この成果は 2021 年に国内学会の全国大会で発表した。これら発展的な成果を構造化 CCN に組み込む目処も立っている。

また、モビリティ対応において重要となるコンテンツ・キャッシュの扱いについても、研究成果を 2019 年に国内学会の全国大会で簡単に発表した。関連して、接続性が不安定または保証されないネットワークについても、どのように経路制御やデータ配送を行うかという観点から Message Ferry の技術に着目し、研究成果を 2021 年に国内学会の全国大会で発表した。

派生的な成果、深く関連する成果として、以下がある。

(4) CCN の具体化においては、少なくとも移行期においては、既存のインターネット (IP ネットワーク) 上にオーバーレイ・ネットワークとして実装する可能性を考慮する必要がある。それは 2 つのネットワークが貼り合わされた重層構造となるので、経路制御のありかたや最適化も、個々の層ではなく、両層にまたがる形で考える必要がある。そのような研究が相互依存ネットワーク (Interdependent Networks) という新しい分野で進んでいるので、我々自身も本研究に密接に関係するテーマとして取り上げ、その成果を 2018 年に国際学術会議で発表した。

また、ネットワーク資源の動的な割当ては、最適化のために不可欠な技術であり、最新の移動体通信 (5G) で本格的に導入されているスライシングにおいては、今以上に困難な問題となる。これについて、進化ゲーム理論の適用という今まで検討されてこなかった方向から取り組み、成果を 2022 年に国内学会の全国大会で発表した。

(5) IoT の深化と展開に関連して、Edge Computing ないし Fog Computing と呼ばれる技術との関連が、極めて重要になってきている。これは大規模 Cloud の周辺、デバイス・ネットワークとの境界領域 (Edge) に Cloudlet や Micro Datacenter などと呼ばれる極小規模の Cloud を多数配置して、相互に連携させる

ことで、負荷分散およびデバイス側からみた即応性の向上を図る技術である。本研究において IoT の深化と展開に向けて P2P に基づく CCN を構築していく上でも、この Edge/Fog Computing の技術や可能性を無視できず、相互の影響や関連を追求していく必要がある。そこで、その前段階として、P2P と Edge/Fog Computing との共存や統合化、特にモビリティへの対応の可能性について、準備的な考察および検討を進めた。この成果は 2020 年に国内学会の全国大会で簡単に発表した。また、負荷分散方式について、研究成果を 2021 年に国内学会の全国大会で発表した。

(6) 構造化 CCN も含む自律分散的なネットワークにおいて、ネットワークを構成する各参加ノード (CCN においてはルータ) の積極的な協調の誘引と (利己的ないし悪意ある) 不適切なノードの排除が、運用効率、さらにはセキュリティ保全の観点から極めて重要である。この課題に向け、協調的ノードの選別 (不適切ノードの排除)、および協調の公平な誘引という 2 つの観点から、それぞれ成果を 2022 年および 2023 年に国際学術論文誌に発表した。前者は 2023 年の時点ですでに海外第三者の論文から参照されている。

(7) セキュリティ保全の問題は、ネットワーク運用の観点から、極めて重要である。認証などに有用な分散台帳技術を IoT 向けネットワーク RPL に、ブロックチェーンなどより軽量な形で展開する技術について成果を上げ、2021 年に国内学会の全国大会で発表した。一方、おとりを用いたセキュリティを、ユーザビリティを低下させずに保全する効果的な方策を考案し、その成果をまず 2019 年に国内シンポジウムで発表して、発表学生が奨励賞を受賞した。さらに内容を拡充して、2021 年に国際学術会議で発表した。引き続き、国際学術論文誌へ投稿準備中である。

(8) P2P は本質的に自律分散的なネットワークであり、P2P の応用展開を真に確実なものにするには、そのような自律分散系における自己組織化のプロセスについて、解析を進める必要がある。本研究でも、自己組織化のマイクロなモデル化と、個体間相互作用をどこまで簡約できるかという観点から考察と実験を行い、成果を 2019 年に当該分野の最高峰の国際学会に併設されたワークショップで発表した。そして、中央集権と自律分散との相転移をモデル化する新たな枠組みを提唱し、その成果を 2022 年に国際学術論文誌に発表した。2023 年の時点ですでに海外第三者の論文から参照されている。

(9) ネットワーク・システムの構築や制御などに用いるプログラミング言語と技術に関して、例外処理など、これまで部品化と再利用が不可能であったコードについても、それを可能にする Algebraic Effects という仕組みの研究に取り組み、オブジェクト指向言語での実現についての成果を 2020 年に国内学会の全国大会で発表し、その内容を拡充した成果を 2021 年に国際学術会議で発表した。引き続き、国際学術論文誌への投稿準備中である。

以上の成果は、その度ごとにウェブなどで社会に向けて公表してきており、特に幾つかは公表後一年を経ない内に海外第三者の論文から参照されるなど、早々の評価を受けつつある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Tatsuki Sawada, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida	4. 巻 12(2)
2. 論文標題 Phase Transition Model between Swarm Behavior and Territorial Behavior	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.47260/jcomod/1221	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 Noriko Matsumoto, Masaya Hiraide, Norihiko Yoshida	4. 巻 12(3)
2. 論文標題 Trust Management in Growing Decentralized Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.47260/jcomod/1231	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 Shun Murata, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida	4. 巻 12(3)
2. 論文標題 IoT Actuator Networks Based on Inverse Directed Diffusion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Computations & Modelling	6. 最初と最後の頁 13-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.47260/jcomod/1232	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 Noriko Matsumoto, Koki Taguchi, Norihiko Yoshida	4. 巻 13(1)
2. 論文標題 Auction-Based Participation Promotion in Decentralized Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Mathematics & Bioinformatics	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.47260/jamb/1311	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 2件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 小熊 崇将, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 構造化P2Pを応用した分散型ICNの効率化
3. 学会等名 電子情報通信学会 2023年総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小村 武, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 分散アンサンブル学習による複数IDS間の協調
3. 学会等名 電気学会 令和5年全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 飯浜 夕貴, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 コンテンツ配信ネットワークのSDNによる動的負荷分散
3. 学会等名 電気学会 令和5年全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yu Aoike, Masaki Kamizono, Masashi Eto, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida
2. 発表標題 Decoy-File-Based Deception without Usability Degradation
3. 学会等名 IEEE 8th Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryu Noguchi, Noriko Matsumoto, Yoshihiko Yoshida
2. 発表標題 Implementing Algebraic Effects and Handlers on Non-functional Programming Languages
3. 学会等名 IEEE 8th Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村 千晃, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 SDNコントローラの連携によるネットワーク異常検知
3. 学会等名 電気学会 令和4年全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 尚哉, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 SDN障害対策におけるプロアクティブ方式とリアクティブ方式の融合
3. 学会等名 電気学会 令和4年全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長嶋 幸之介, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 進化ゲーム理論を用いたネットワークスライスの割り当て
3. 学会等名 電気学会 令和4年全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 紀彦
2. 発表標題 分散型ICNの構造化に向けて
3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年総合大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 紀彦
2. 発表標題 分散型ICNの構造化とその展開
3. 学会等名 電子情報通信学会 情報指向ネットワーク技術特別研究専門委員会 第18回ICN研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 雅也, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 CCNにおける移動予測に基づいた事前キャッシュ配置
3. 学会等名 電気学会 令和3年全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相澤 聡至, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 エッジコンピューティングにおけるタスクの相互依存度を考慮した割り当て
3. 学会等名 電気学会 令和3年全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田 篤, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 DAGに基づく分散台帳のRPL上の実装
3. 学会等名 電子情報通信学会 2021年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野 厚志, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 Message Ferryにおけるノード性能を考慮した経路制御
3. 学会等名 電気学会 令和3年全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野口 龍, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 C#におけるAlgebraic Effectsの実装の試み
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会 第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koji Samejima, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida
2. 発表標題 Automatic Text Summarization Using Semantically Extended Word Position Information
3. 学会等名 17th International Conference on e-Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuki Sawada, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida
2. 発表標題 Phase Transition Model between Swarm Behavior and Territorial Behavior
3. 学会等名 Workshop on Computational Approaches to Social Dynamics: Data, Modeling, Simulation, and Hybrids (in 2019 Conference on Artificial Life) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青池 優, 神園 雅紀, 衛藤 将史, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 欺瞞機構に伴う利便性低下を防止するためのおとりファイル非表示化 (奨励賞受賞)
3. 学会等名 情報処理学会 コンピュータセキュリティシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原 大和, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 Peer-to-Peer型オーケストレーションによるEdge/Fog Computingのモビリティ対応
3. 学会等名 電気学会 令和2年全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shun Murata, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida
2. 発表標題 Directed Diffusion Applied to Actuator Network in IoT
3. 学会等名 15th International Conference on WWW/Internet and Applied Computing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taira Miyao, Noriko Matsumoto, Norihiko Yoshida
2. 発表標題 Cascade Failure on SDN as Interdependent Networks
3. 学会等名 15th International Conference on WWW/Internet and Applied Computing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤田 樹, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 群れ行動と縄張り行動の相転移モデル
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 木村 祐貴, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 車々間通信と信号機間協調による適応型信号機制御
3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 切上 太希, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 Wake-up Radioを用いたワイヤレスセンサネットワークにおけるDenial of Sleep攻撃への対応
3. 学会等名 2019年暗号と情報セキュリティシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤堀 優毅, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 Content Centric Networking上のストリーミングにおけるキャッシュ管理手法の提案
3. 学会等名 電気学会 平成31年全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋 拓也, 松本 倫子, 吉田 紀彦
2. 発表標題 MANETにおけるCooperation Enforcementの改良
3. 学会等名 電気学会 平成31年全国大会
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	松本 倫子 (Matsumoto Noriko) (90447277)	立正大学・地球環境科学部・助教 (32687)	

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
---------	---------