

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11271

研究課題名（和文）大規模社会ネットワーク分析におけるリンクの疎構造を利用した多項式時間解法の開発

研究課題名（英文）Development of polynomial time solution method using sparse structure of links in large-scale social network analysis

研究代表者

高野 知佐（Takano, Chisa）

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60509058

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）：固有ベクトルの符号決定処理が指数時間となる問題を克服し、多項式時間で社会ネットワーク構造を推定する方式を検討した。また、対称行列を用いてノード間のある種の非対称相互作用から生成されたネットワーク上のダイナミクスを記述するための新しい振動モデルを提案した。さらにLaplacian行列の固有値0の縮退によって引き起こされる炎上現象のメカニズムとその特性を調査した。ネットワーク上の振動ダイナミクスの共鳴を使用してラプラシアン行列を間接的に決定する方法を提案した。その他、DDoS攻撃におけるパケット損失を防ぐ方式を提案し、リソースの負荷分散とデータ転送効率を向上させる経路選択コスト算出法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情報NWの発展によりオンラインソーシャルネットワーク(OSN)上の活動が持つ影響力が高まっている。その影響は情報NW自身の安定運用への影響にとどまらず、実社会にも大きな影響を与えている。特に、OSN上で発生するネット炎上などの爆発的なダイナミクスは、情報NWの負の側面として大きな社会問題になっている。人間関係のリンクの強さは、電子メールのようなトラフィック量とは必ずしも一致しないため、リンク構造をトラフィック観測から直接知ることはできない。直接観測できないOSNの構造を、間接的に推定するためにはどうすればよいだろうか？本研究の核心をなす学術的「問い」を大きな視点から表現したものである。

研究成果の概要（英文）：We overcame the problem that the sign determination process of the eigenvectors became exponential time, and estimated the social network structure in polynomial time.

We also proposed a new vibration model for describing the dynamics of the network generated from some kind of asymmetric interaction between nodes using a symmetric matrix. Furthermore, the flame phenomenon caused by the regression of the eigenvalue 0 of the Laplacian matrix We investigated the mechanism and its characteristics. We proposed a method to indirectly determine the Laplacian matrix using the resonance of the vibration dynamics on the network. In addition, we proposed a method to prevent packet loss in DDoS attacks and proposed a route selection cost calculation method to improve resource load balancing and data transfer efficiency.

研究分野：ネットワーク分析，情報ネットワーク，分散制御

キーワード：社会ネットワーク 振動モデル ユーザダイナミクス グラフ理論

## 1. 研究開始当初の背景

情報ネットワークの発展により個人の情報流通が活性化しており、オンラインソーシャルネットワーク上の活動が持つ影響力が高まっている。その影響は、年始のおめでとうメールのような情報ネットワーク自身の安定運用に対する影響にとどまらず、実社会の活動にも大きな影響を与えるようになってきている。特に、オンラインソーシャルネットワーク上で発生する「ネット炎上」などの爆発的なダイナミクスは、情報ネットワークの普及がもたらす負の側面として大きな社会問題になりつつある。人間関係のリンクの強さや重要性は、それらが交換する電子メールのメッセージ数のようなトラフィック量とは必ずしも一致しないため、リンクの構造をトラフィックの観測から直接知ることはできない。直接観測できないソーシャルネットワークの構造を、間接的に推定するためにはどうすればよいだろうか？これは、本研究の核心をなす学術的「問い」を大きな視点から表現したものである。

## 2. 研究の目的

以下の7つの課題に対する目的を列挙する。

- (1) 並列計算と圧縮センシングを組み合わせることで、固有ベクトルの符号決定処理が指数時間となる問題を克服し、多項式時間で社会ネットワーク構造推定の実現を目指す[1]。
- (2) 対称行列を用いてノード間のある種の非対称相互作用から生成されたネットワーク上のダイナミクスを記述するための新しい振動モデルを提案する。提案モデルは、よく知られている2つのノード中心性の新しい拡張モデルとなっていることを示す[2][3]。
- (3) オンラインネットワーク上の情報の流通やアクティビティの伝播に対して、ユーザの興味時間が共に減衰する振動モデル(減衰振動モデル)を提案し、その減衰振動が固有振動数のどのような関数になりうるかについて考察する[4]。
- (4) 固有値0の縮退によって引き起こされるユーザーダイナミクスが上記の条件の1つの特定の例であることを明らかにする。また、縮退した固有値によって生成される炎上現象のメカニズムとその特性を調査する。さらに、数値シミュレーションを通じてLaplacian行列の固有値0の縮退によって引き起こされる炎上現象のメカニズムとその特性を調査する[5][6][7]。
- (5) ネットワーク上の振動ダイナミクスの共鳴を使用してその固有値と固有ベクトルを推定することにより、ラプラシアン行列を間接的に決定する方法を提案する[8]。
- (6) DDoS攻撃検知から対策適用までの期間のDDoS攻撃の被害を小さくするため、この期間もサービスが継続できるように正常な通信のパケット損失を防ぐDDoS攻撃緩和システムを提案する[9]。
- (7) 情報ネットワーク(NW)を取り巻く環境の変化に伴い、従来のNW制御では実現できない、柔軟な転送制御やNWリソース管理(負荷分散やQoS制御)手法が求められている。本課題では、NWリソースの有効利用や安定運用を目的に、リソースの負荷分散とデータ転送効率をNW性能指標として、これを向上する経路選択コスト算出法を提案する[10]。

## 3. 研究の方法

- (1) 基本的に、分枝限定法を使用し各固有ベクトルの符号を決定する。これは特別なことではなく、計算の複雑さ自体を軽減するものではない。主なアイデアは以下の通りである。n個の異なる固有ベクトルの符号決定問題を解く必要があるため、元のn個の異なる問題から $n^2 - n$ 個の異なる符号決定問題を生成し、同時に解決する。各符号決定問題の解決にかかる時間は、ケースによって異なる。最悪の場合、指数関数的な時間が必要になるが、アイデアとしては $n^2 - n$ 個の異なる符号決定問題からn個の異なる固有ベクトルのみを決定することである[1]。
- (2) ネットワークダイナミクスを記述する振動モデルについてノード中心性の新しい指標として、各ノードの振動エネルギーと運動エネルギーを提案する。振動エネルギーと運動エネルギーによって提案された指標は、各リンクの重みを適切に割り当てることにより、様々なノード中心性に対応できると考えられる。特定の情報伝播の特性に合うモデルを提案しているわけではなく、いわゆるminimalモデルを追求したものである。モデルは、ユーザの状態を表現する方法とユーザ間の相互作用を記述する部分からなり、
  - (I)各ユーザの状態を一次元のパラメータで表現する
  - (II)ユーザ間の相互作用のルールとして、
    - 隣接ユーザ間の状態の差が0ならば相互作用は発生しない
    - 隣接ユーザ間の状態の差が小さくなるように復元力が働く
    - 復元力の大きさは、隣接ユーザ間の状態の差の単調増加関数である

といった条件を想定している。提案する振動モデルは、上記のモデルにおいて復元力の大きさが隣接ユーザ間の状態の差に「比例」するように線形化したものである。そのため、多くの非線形なユーザ間相互作用が基本的に線形モデルの特性を含んでいて、線形なユーザ間

相互作用モデルは極めて普遍性の高いモデルである [2] [3].

- (3) 身の回りの振動現象をでは、一般に振動の減衰係数は一定値ではなく、振動数に依存することが知られている. これまでネットワーク上の振動モデルでは減衰係数  $\gamma$  を定数としていたが、本論文では減衰係数が振動数に依存するとした場合について考察する. 提案する振動モデルの運動方程式に現れる減衰係数  $\gamma$  は、周波数に依存しない定数である. 減衰係数が周波数に依存する場合の減衰振動モデルを次の 2 つの方針によって検討する. 方針 1: ノード間の減衰力は、元のソーシャルネットワーク構造にリンクが存在するノード間でのみ作用, 方針 2: 減衰係数の固有振動数  $\omega$  への依存性は、どのソーシャルネットワーク構造でも同じルールに従う. これら 2 つの方針を満たす減衰行列  $\Gamma$  を導出する方法を検討することで目的を達成する [4].
- (4) 有向グラフ上のネットワークの波動方程式, およびネットワークの基礎方程式における縮退した振動モードは、無向グラフや対称化可能な有向グラフのラプラシアン行列とは異なり、独立した振動モードの解として表すことができないため、最小の解析単位としてジョルダン標準型で表したラプラシアン行列における一つのジョルダン細胞に注目してユーザダイナミクスを解析する. 続いて、ラプラシアン行列とネットワークの基礎方程式を実現するために、パウリ行列と呼ばれる代数構造をネットワークの基礎方程式に導入し、平方根行列がジョルダン標準型で表される構造を持つとき、対応するラプラシアン行列もジョルダン標準型で表されることを示す. 最後に、分断されたサブネットワークを記述するユーザダイナミクスの方程式の構造が、固有値の縮退によるネット炎上のモデルと類似した構造を持つことを利用し、孤立したサブネットワークのユーザダイナミクスの特性を調べ、ユーザダイナミクスの強度の増大が起こる可能性があることを数値計算シミュレーションによって示す [5] [6] [7].
- (5) ネットワーク共振法と呼ばれるネットワークの構造を推定する方法を提案する. ネットワーク共振法の枠組みでは、外部摂動に対するネットワークの反応からネットワーク構造を推定する. ネットワーク上の振動ダイナミクスに対し、ラプラシアン行列の固有値と固有ベクトルを推定することにより、ネットワークの構造を推定する. ここで、固有ベクトルは成分の絶対値を推定するための技術を組み合わせ、それらの符号を決定することによって推定することができる [8].
- (6) DDoS 攻撃時サービスが継続できるように正常な通信の packets 損失を防ぐ DDoS 攻撃緩和システムを提案している. 提案システムはネットワーク基盤上で自律分散制御である拡散型フロー制御を応用したトラヒック制御を行うことによって、DDoS 攻撃の複数の攻撃元から攻撃対象となるサーバ向きの大量のトラヒックを緩和し、正常通信を継続できるようにする. 提案方式では、ノードのバッファ使用量と下流ノードのバッファ使用量の差に応じて、フィードバック情報から求める転送レートを算出する. この転送レートをを用いることで、ネットワークの輻輳回避を目的とした自律分散型フロー制御を実現し、バッファ使用量の平滑化を実現する [9].
- (7) ネットワークリソースの有効利用や安定運用を目的に、リンク特性 (帯域使用率や帯域幅) とノード特性 (CPU 使用率や転送処理能力) という複数メトリックを動的に考慮するコスト算出手法を提案し、負荷分散、データ転送効率といったネットワーク性能を局所的に向上させることができることを示す. また、ネットワーク全体のリソースの負荷分散とデータ転送効率が向上できるように、リンクとノードの特性に加え、ネットワークトポロジを考慮したコスト算出法 (以降、トポロジ反映手法) を提案する. この手法では、グラフ理論で定式化されているノードの中心性を測る指標の 1 つである情報中心性の概念を利用したものである. ノード特性をリンク特性に変換し本来のリンク特性と統合することでリンク特性、ノード特性に加えてトポロジ情報も考慮したリンクコストを算出することが可能となる. さらに情報中心性をを用いることで、トラヒックが集中しやすいノードであるハブノードへの負荷の集中を回避することができる [10].

#### 4. 研究成果

- (1) 各固有ベクトル要素の符号を効率的に決定する方法を提案した. Barabasi-Albert モデル (BA モデル) によって生成されたネットワークモデルを使用して、提案方式の計算コストを評価する. BA モデルには 3 つの初期ノードがあり、追加の各ノードには 3 つのリンクがある. カウントされる計算ステップ数は、各要素の相対的な符号の組み合わせを表すバイナリ検索ツリー内のブランチ選択の総数である.  $n(n-1)$  個の符号決定問題を生成し各問題の最適解を検索する最初のステップを順番に実行する. すべての問題の最初のステップが決定されると、2 番目のステップの処理が実行される. 最適なソリューションが見つかる

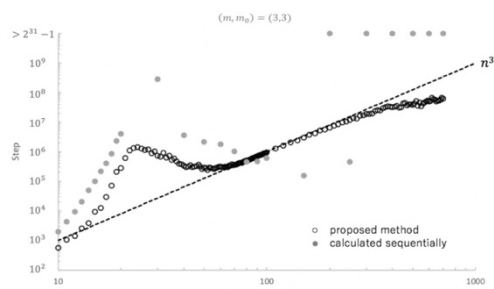


図 1 符号決定アルゴリズムに必要な計

までプロセスを繰り返し、 $n$ セットの符号判定問題が完了すると処理を終了する。提案手法と単純剪定・停止手法の計算コストを比較する。結果、提案手法では $n$ が十分に大きい場合の計算量はおよそ  $O(n^3)$  であることがわかった(図1)。一方、単純な逐次計算手法では膨大な計算数を回避することは不可能で、ステップ数が  $2^{\{31\}}-1$  を超えることもある。これらの比較から、提案手法は多項式時間で計算可能で、単純な分枝限定法よりも計算コストを削減することがわかった。

- (2) 提案モデルの振動解と現実のネットワークダイナミクスとの関係をシミュレーションにより評価解析する。振動解は複素数であり、観測可能な量ではない。実数部分のみに注目したとしても負の値も取りうるため、振動解からネットワーク上のアクティビティを表す指標を作ることが必要となる。本課題では、振動エネルギー  $E_i$  を指標としてシミュレーション評価する。ネットワークモデルとして、重み付き有向グラフを想定し、アクティビティのソースノードはランダムに選択されるものとする。各リンクの重みを以下の2パターンで設定する：

Case (1)：全頁の重み付き有向リンクのリンクの重み

Case (2)：各リンクの重みをリンクを通る最短経路の数異なるノード中心性が同じフレームワークで説明可能

評価の結果、提案する指標  $E_i$  は、よく知られた次数中心性、媒介中心性を一般化した概念となり、媒介中心性は、あるノードが他のノードの最短経路上に位置する程度を表す指標であることがわかった(図2)。その他の中心性として、固有ベクトル中心性、PageRankも提案する振動モデルで記述可能であることも確認している。

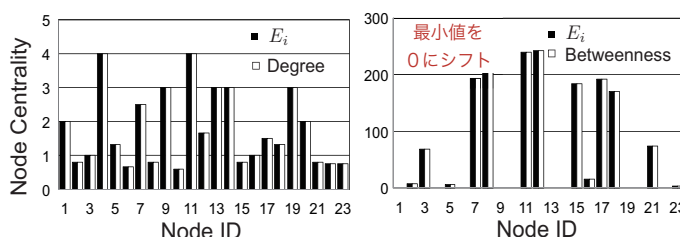


図2 ノードの振動エネルギーとノード中心性

- (3) 減衰係数のいくつかの固有振動数依存パターンに対して、それに対応するネットワーク構造を評価する。簡単なネットワークモデルを用いて、減衰行列の与え方についてのケーススタディを行った。減衰係数が固有振動数に依存するネットワーク上の減衰振動モデルについて、減衰係数の合理的な可能性について議論した。固有振動数に依存する減衰振動モデルでは、自然な仮定のもとで減衰係数がラプラシアン行列の固有値の1次関数の形に限られることがわかった。減衰係数が固有振動数に依存することは、ソーシャルネットワークの構造を明らかにするネットワーク共鳴法[8]の簡素化にも応用できる。
- (4) 実数固有値を持つ縮退した振動モード間の結合によるユーザダイナミクスの増幅メカニズムを明らかにするため、一つのジョルダン細胞に注目してモデル化したネットワークの基礎方程式を解析した。ネットワークの基礎方程式の解が持つ位相の時間発展に注目し、位相の虚部が常に負の値をとることでユーザの状態を表す解の振幅が増加し続けることを数値計算シミュレーションにより明らかにした。さらに、孤立したオンラインコミュニティに生じるユーザダイナミクスに着目し、そのダイナミクスを記述する方程式がネット炎上現象を記述する方程式と類似していることを用いて、ユーザダイナミクスが活発化する方向に変化する可能性があることを示した。この特性は、孤立したコミュニティを表すサブネットワークが完全グラフとなり、且つ、リンクの重みがすべて等しくなるという条件のもとで発生することが予想されていた。数値計算シミュレーションの結果から、実際にユーザの振動モードの振幅の大きさが増加することを確認した。この結果は、オンラインソーシャルネットワークのユーザダイナミクスを理解する上で興味深い現象を示しており、この現象の理解を進めることで、将来、オンラインコミュニティの分断を緩和する技術に結びつく可能性がある。

- (5) 数値実験を通じてネットワーク共振法がネットワークの構造を推定できることを示す。変位  $x_i(t)$  はモデルでは観測できない状態値であり、振幅  $a_i(\omega)$  (または振動エネルギー  $E_i$ ) しか観測できないため、シミュレーションでは振幅が与えられていると仮定していることに注意。まず、提案手法の有効性を検証するために、単純な無向ネットワークを使用する。このネットワークでは、各リンクの重みを区

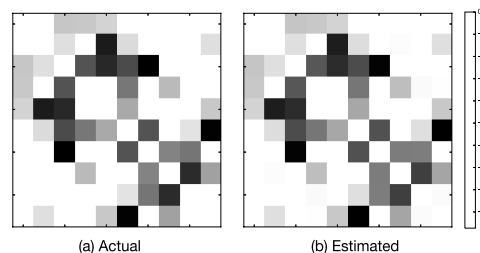


図3 ラプラシアン行列の成分比較

間 (1, 10) の均一なランダム数に設定する. ノード  $i$  の質量はすべての  $i$  に対して 1, 外力の強度  $F$  は 1, 減衰係数  $\gamma=0.005$ , パラメータ  $k=2$  とする. 全ノードの振幅は観測可能であると仮定し, ノード 1, 2, 3 だけに外力を入力する. 実験結果を図 3 に示す. それぞれ実際のラプラシアン行列と推定されたラプラシアン行列の非対角成分を示している. この結果から, 提案手法はネットワークからのリアクションを観察することで, リンクの存在と強度を正しく推定できることがわかった. 相対誤差は 0.0293 である.

- (6) 提案システムは既存の緩和装置を用いてフィルタリングすることを想定しているため, 「ミチゲーション段階」までの時間に焦点を当てて  $b_n$  のバッファ容量の違いやトポロジの違いによる全  $b_n$  のバッファの使用効率を調べる. 測定結果として 10 パターンのトポロジでのバッファ使用率の分散の経時変化を評価した. 結果, 10 パターンの全ての分散がシミュレーション開始後数秒で下降し, その後は横這い, もしくは緩やかに減少していることがわかった. このことから, バッファ容量のばらつきの大きさにかかわらず, 拡張した転送レート算出式を用いることで各  $b_n$  のバッファ使用率の平滑化を数秒で行うことができることを明らかにした[9].
- (7) 提案モデルにおける評価をシミュレーションで行った. トポロジはノードを 16 個とし,  $4 \times 4$  の格子状モデル, BA モデル, ランダムモデルを用いる. 評価の結果, どのネットワークモデルにおいてもリンク・ノード特性手法よりトポロジ反映手法が多くフローを許容できていることがわかった. これはトポロジを考慮することにより, フローが集中しやすいノードであるハブノードへのフローの集中が軽減されたためである. さらに, 再計算時間毎に差がないことから少なくとも 15 フロー流れるまで再計算しなくても結果が変わらないことがわかる. さらにプロトタイプシステム (実機) に提案手法を実装し, 評価を行った. 結果, プロトタイプシステムでもシミュレーションと同様にどのネットワークモデルにおいてもリンク・ノード特性手法よりトポロジ反映手法が多くフローを許容できていることがわかった[10].

#### 引用

- [1] Naoki Hirakura, Chisa Takano and Masaki Aida, "Method for efficiently orthogonalizing the eigenvectors of the Laplacian matrix to estimate social network structure," Nonlinear Theory and its Applications, IEICE (NOLTA), (Special Section on Fundamentals and Applications of Complex Communications and Multimedia Functions), vol. 11, no. 1, pp. 60-67, January 2020.
- [2] Chisa Takano and Masaki Aida, "Revealing of the underlying mechanism of different node centralities based on oscillation dynamics on networks," IEICE Transactions on Communications, vol. E101-B, no. 8, pp. 1820-1832, 2018.
- [3] Chisa Takano and Masaki Aida, "Discussion of Frequency-Dependent Decay Rate for Damped Oscillation Model in Social Networks," The 5th International Workshop on Smart Wireless Communications (SmartCom 2018), Bangkok, Thailand, Oct. 30-31, 2018. (Invited)
- [4] Chisa Takano and Masaki Aida, "Decay characteristics of user dynamics in online social networks," IEEE Access, vol. 8, pp. 73986-73991, April 2020.
- [5] Takahiro Kubo, Chisa Takano and Masaki Aida, "New model of flaming phenomena in on-line social networks caused by degenerated oscillation modes," IEICE Transactions on Communications, vol. E102-B, no. 8, pp. 1579-1589, August 2019.
- [6] Takahiro Kubo, Chisa Takano and Masaki Aida, "Evaluation of user dynamics created by weak ties among divided communities," Nonlinear Theory and its Applications, IEICE (NOLTA), (Special Section on Computation with Nonlinear Dynamics), vol. 12, no. 2, pp. 157-174, 2021.
- [7] 久保 尊広, 高野 知佐, 会田 雅樹, "孤立したオンラインコミュニティにおけるユーザダイナミクスの活性化特性," 電子情報通信学会論文誌 B, vol. J105-B, no. 3, March 2022.
- [8] Satoshi Furutani, Chisa Takano and Masaki Aida, "Network resonance method: Estimating network structure from the resonance of oscillation dynamics," IEICE Transactions on Communications, vol. E102-B, no. 4, pp. 799-809, April 2019.
- [9] 平空也, 高野 知佐, 前田香織, "拡散型フロー制御を用いる自律分散的な DDoS 攻撃緩和システム," 情報処理学会「超スマート社会を支えるコンピュータセキュリティ技術」特集論文, vol. 59, no. 9, pp. 1656-1665, 2018.
- [10] 大柿かほる, 高野 知佐, 前田香織, "リンク・ノード特性とトポロジ情報を考慮した経路選択コスト算出法の提案と実験的評価," 電子情報通信学会論文誌 D (特集号 学生論文), vol. J104-D, no. 04, pp. vol. J104-D, no. 4, pp. 285-296, April 2021.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kubo Takahiro, Takano Chisa, Aida Masaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Evaluation of user dynamics created by weak ties among divided communities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 157 ~ 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.12.157	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 大柿 かほる、高野 知佐、前田 香織	4. 巻 J104-D
2. 論文標題 リンク・ノード特性とトポロジー情報を考慮した経路選択コスト算出法の提案と実験的評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 285 ~ 296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2020PDP0033	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 Takano Chisa, Aida Masaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Decay Characteristics of User Dynamics in Online Social Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 73986 ~ 73991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2988471	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 Hirakura Naoki, Takano Chisa, Aida Masaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Method for efficiently orthogonalizing the eigenvectors of the Laplacian matrix to estimate social network structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 60 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.11.60	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 Takahiro Kubo, Chisa Takano and Masaki Aida	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 New model of flaming phenomena in on-line social networks caused by degenerated oscillation modes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1579-1589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBT0002	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 Satoshi Furutani, Chisa Takano and Masaki Aida	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 Network resonance method: Estimating network structure from the resonance of oscillation dynamics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 799-809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3160	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 Yusuke Sakumoto, Tsukasa Kameyama, Chisa Takano and Masaki Aida	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 Information propagation analysis of social network using the universality of random matrix	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 391-399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3098	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 平空也, 高野 知佐, 前田香織	4. 巻 59
2. 論文標題 拡散型フロー制御を用いる自律分散的なDDoS 攻撃緩和システム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会「超スマート社会を支えるコンピュータセキュリティ技術」特集論文	6. 最初と最後の頁 1656-1665
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 Chisa Takano and Masaki Aida	4. 巻 E101-B
2. 論文標題 Revealing of the underlying mechanism of different node centralities based on oscillation dynamics on networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1820-1832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2017EBP3370	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 久保 尊広、高野 知佐、会田 雅樹	4. 巻 J105-B
2. 論文標題 孤立したオンラインコミュニティにおけるユーザダイナミクスの活性化特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 283 ~ 293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2021GWP0024	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 KIKUCHI Shinichi、TAKANO Chisa、AIDA Masaki	4. 巻 E105.B
2. 論文標題 On the Strength of Damping Effect in Online User Dynamics for Preventing Flaming Phenomena	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 240 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2021CEP0007	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47件(うち招待講演 2件/うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Shinichi Kikuchi, Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 Technology to counter online flaming based on the frequency-dependent damping coefficient in the oscillation model
3. 学会等名 2020 International Conference on Emerging Technologies for Communications (IEICE ICETC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Kazuki Nakamura, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida
2. 発表標題 Throughput Characteristics Evaluation of Media Access Control SP-MAC in Multi-hop WLAN Environment Considering Capture Effect
3. 学会等名 13th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON '20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Aida, Ayako Hashizume, Chisa Takano and Masayuki Murata
2. 発表標題 Polarization model of online social networks based on the concept of spontaneous symmetry breaking
3. 学会等名 The 32nd International Teletraffic Congress (ITC 32) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小畑 博靖, 足立 悠輔, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 隣接チャンネル干渉下における無線LAN間のスループット公平性の向上を目指したMAC切り替え制御方式の検討
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

1. 発表者名 東 優介, 高野 知佐, 前田 香織
2. 発表標題 SNS上で発生する爆発的事象の特性分析
3. 学会等名 第22回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内海 祐真, 前田 香織, 高野 知佐, 大石 恭弘
2. 発表標題 Moving Target Defense手法の偵察攻撃の複雑化に関する比較評価
3. 学会等名 第22回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Aida, Chisa Takano and Masaki Ogura
2. 発表標題 On the fundamental equation of user dynamics and the structure of online social networks
3. 学会等名 Sixth International Winter School and Conference on Network Science (NetSci-X 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 Universality of nodal degree correlation in twitter follower relationships
3. 学会等名 Sixth International Winter School and Conference on Network Science (NetSci-X 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshiki Miura, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida
2. 発表標題 A Media Access Control Method based on Capture Effect considering Throughput Fairness among WLAN Systems
3. 学会等名 The 8th Korea-Japan Joint Workshop on Complex Communication Sciences (KJCCS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Koichi Nagatani, Chisa Takano and Masaki Aida
2 . 発表標題 Spectral analysis of user interests for experimental verification of the oscillation model for OSNs
3 . 学会等名 IEEE BigData 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Rio Kawasaki, Chisa Takano and Masaki Aida
2 . 発表標題 User-density dependent autonomous clustering for MANET based on the Laplace equation
3 . 学会等名 The11th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems ( INCoS 2019 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hiroyasu Obata, Chisa Takano and Kenji Ishida
2 . 発表標題 Modeling of Transmission Rate Based on Experimental Evaluation on Multi-Rate Wireless LAN for Safe and Secure Life
3 . 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems ( ISCAS2019 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Koichi Nagatani, Chisa Takano and Masaki Aida
2 . 発表標題 Experimental study on detecting the omen of flaming phenomena in online social networks: Theory testing of the oscillation model for online user dynamics
3 . 学会等名 IEEE INFOCOM 2019 Workshop on the Communications and Networking Aspects of Online Social Networks ( CAOS'19 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 会田 雅樹, 高野 知佐, 村田 正幸
2. 発表標題 自発的対称性の破れの概念を用いたオンラインソーシャルネットワークの分極化モデル
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 2020年

1. 発表者名 川崎 莉央, 高野 知佐, 会田 雅樹
2. 発表標題 MANETのためのラプラス方程式に基づく高速自律分散クラスタリング
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 2020年

1. 発表者名 中村 一貴, 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 キャプチャ効果を考慮した無線LANマルチホップ環境における結合振動子の同期現象に基づくメディアアクセス制御SP-MACのスループット特性評価
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 2020年

1. 発表者名 遠藤 文瑠, 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治,
2. 発表標題 マルチレート伝送を考慮したアドホックネットワーク環境における伝送レート利用率とスループットの特性評価
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 2020年

1. 発表者名 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 WLAN密集環境におけるスループット公平性を改善する数理モデルに基づくキャプチャ効果を用いたメディアアクセス制御
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 2020年

1. 発表者名 小田木 良介, 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 無線LAN環境における配信範囲を限定した移動アクセスポイントによる情報配信制御
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 2020年

1. 発表者名 森田 万裕, 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 AP移動を考慮した無線LAN環境におけるメディアアクセス制御SP-MACのスループット向上に関する検討
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 2020年

1. 発表者名 大柿 かほる, 高野 知佐, 前田 香織
2. 発表標題 複数メトリックを考慮したコスト算出法の提案とOpenFlowへの適応性の評価
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東 優介, 高野 知佐, 前田 香織
2. 発表標題 Twitter における炎上・バズ事象の特性分析手法の提案
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaoru Ogaki, Chisa Takano and Kaori Maeda
2. 発表標題 A Proposal of a routing method based on cost calculation method considering multiple metrics and its evaluation using OpenFlow networks
3. 学会等名 IEICE IA2019 - Workshop on Internet Architecture and Applications 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森田 万裕, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 無線LAN環境下におけるAP移動を考慮した結合振動子の同期現象に基づくメディアアクセス制御の特性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 WLAN間のスループット公平性を改善するキャプチャ効果を用いたメディアアクセス制御
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 2019年

1. 発表者名 会田 雅樹, 高野 知佐, 小蔵 正輝
2. 発表標題 ユーザダイナミクスの基礎方程式とオンライン社会ネットワークの構造について
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 2019年

1. 発表者名 高野 知佐, 会田 雅樹
2. 発表標題 振動モデルを利用したオンライン社会ネットワークにおけるユーザダイナミクスの理解
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 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東 優介, 高野 知佐, 前田 香織
2. 発表標題 隣接ノードの次数分布を利用したTwitterユーザのフォロー志向分析
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 2019年

1. 発表者名 Koichi Nagatani, Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 Experimental verification for detecting omen of flaming phenomena in online social networks
3. 学会等名 The 7th Japan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences 2019 (JKCCS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Inoue, Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 User-density dependent autonomous clustering in MANET
3. 学会等名 The 21st International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2018 (WPMC'18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 Discussion of Frequency-Dependent Decay Rate for Damped Oscillation Model in Social Networks
3. 学会等名 The 5th International Workshop on Smart Wireless Communications (SmartCom 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Kubo, Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 A new model of flaming phenomena in on-line social networks caused by degenerated oscillation modes
3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Hirakura, Chisa Takano and Masaki Aida,
2. 発表標題 Efficient orthogonalizing the eigenvectors of the Laplacian matrix to estimate social network structure
3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Chisa Takano and Masaki Aida
2. 発表標題 Damped oscillation model with frequency-dependent decay rate in social networks
3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Izumikawa, Yoshiki Miura, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, Tutomu Murase, and Kenji Ishida
2. 発表標題 A Media Access Control Using Capture Effect for Bi-Directional Flows over Densely placed WLANs
3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Aida, Chisa Takano and Masayuki Murata
2. 発表標題 Generation mechanism of flaming phenomena in on-line social networks described by perturbation of asymmetric link effects
3. 学会等名 IEEE/IFIP International Workshop on Analytics for Network and Service Management (AnNet 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Tsurumi, Mayu Morita, Hiroyasu Obata, Chisa Takano and Kenji Ishida
2. 発表標題 Throughput Control Method between Different TCP variants based on SP-MAC over WLAN
3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎 莉央, 高野 知佐, 会田 雅樹
2. 発表標題 ラプラス方程式に基づくユーザ密度を反映したMANETの自律分散クラスタリング
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 2019年

1. 発表者名 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 スループットの公平性向上を目指したキャプチャ効果を用いた無線LANメディアアクセス制御の改良
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 2019年

1. 発表者名 河合 海人, 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 隣接チャンネル干渉下におけるキャプチャ効果を考慮した 無線LANメディアアクセス制御のスループット特性評価
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 2019年

1. 発表者名 市場 充, 三浦 圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 WLANシステム間のスループット公平性を考慮した キャプチャ効果を用いたMAC切り替え制御方式
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 高野 知佐, 会田 雅樹
2. 発表標題 社会ネットワークにおけるユーザダイナミクスの減衰特性
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 三浦圭輝, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治
2. 発表標題 DCF端末混在環境におけるキャプチャ効果を用いたメディアアクセス制御のスループット特性評価
3. 学会等名 第20回IEEE広島支部学生シンポジウム (20th HISS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷 航一, 高野 知佐, 会田 雅樹
2. 発表標題 ネット炎上発生の予兆検出のための理論的枠組
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高野 知佐, 会田 雅樹
2. 発表標題 固有振動数に依存した減衰係数をもつ社会ネットワーク上の減衰振動モデル
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 会田 雅樹, 高野 知佐, 村田 正幸
2. 発表標題 無線分散ネットワークにおける進行波のうなりを利用した新しい自律制御のコンセプト
3. 学会等名 電子情報通信学会 知的環境とセンサネットワーク研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大柿かほる, 高野 知佐, 前田香織
2. 発表標題 スペクトルグラフ理論による複数メトリックを考慮する経路制御コスト算出法の提案
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

高野 知佐 HP <a href="https://sites.google.com/view/hiroshima-cu-ctakano/">https://sites.google.com/view/hiroshima-cu-ctakano/</a> 会田 雅樹 HP <a href="http://exmgai ty.sd.tmu.ac.jp/~aida/index_j.html">http://exmgai ty.sd.tmu.ac.jp/~aida/index_j.html</a> 高野 知佐のHP <a href="https://sites.google.com/view/hiroshima-cu-ctakano/">https://sites.google.com/view/hiroshima-cu-ctakano/</a>
---

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	會田 雅樹  (Aida Masaki)  (60404935)	東京都立大学・システムデザイン研究科・教授   (22604)	

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