

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11927

研究課題名（和文）ソーシャルネットワークに対する低負荷でかつ高速な人物探索法の構築

研究課題名（英文）Design of the Low-Load Method to Fast Find a Specific Person in Social Networks

研究代表者

作元 雄輔（Sakumoto, Yusuke）

関西学院大学・工学部・准教授

研究者番号：30598785

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ソーシャルネットワークにおける特定の人物を効率的に発見する探索法の構築を行った。効率的な探索法を実現するために、フラッディングではなくランダムウォークを活用する方法を検討した。まずは、人物探索問題を探索者と探索目標者のランデブー問題として定式化し、その問題をランダムウォークを用いて解いた場合の性質を理論的に解析した。次に、解析的に明らかにした性質を用いて、短い探索時間で探索者と探索目標者が出会うためのエージェントの設計を行った。さらに、構築した人物探索法の有効性を、人工ネットワークおよび現実のネットワークを用いたシミュレーション実験を通じて明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、必要な人とそれを求める人とがソーシャルネットワーク上で効率的に出会うことを目的とした探索技術を構築した。その探索技術は、例えば、災害などの非常事態が発生した際に、救助を求める人と救助が可能な人を結びつけることに役立てられる。また、その探索技術を設計する際に構築した解析方法および設計法は、他のネットワーク技術の構築に役立てることができる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we proposed a search method for efficiently discovering a specific person in a social network. In order to realize an efficient search method, we focus on a method that utilizes a random walk instead of flooding. First, we formulated the person search problem as a rendezvous problem between a searcher and a search target, and theoretically analyzed the properties of the problem when solved using a random walk. Then, we designed an agent that enables the searcher and the target to meet in a short search time using the analytically clarified properties. Furthermore, the effectiveness of the proposed person search method was clarified through simulation experiments using synthetic networks and actual social networks.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：グラフ理論 ランデブー問題 探索技術 ソーシャルネットワーク ランダムウォーク

(2) 理論解析結果に基づく人物探索法の設計

課題(1)で明らかにした、複数のランダムウォークの初回接触時間の性質に基づいて、人物探索法で用いるランダムウォークエージェントの設計を行う。ランダムウォークは、現在のノードから次のノードに遷移する確率によってその特性が大きく変化する。特に、人物探索法に対しては、多くの隣接ノードから適切な次ノードを選択していかないと、支援エージェントと探索エージェントが短い時間で出会うことができない。そのため、本研究では、それらのエージェントがランダムウォークする際に用いる遷移確率を課題(1)の解析結果に基づいて設計する。

(3) 人物探索法の有効性評価

課題(2)で設計した人物探索法の有効性を実験的に明らかにする。まず、代表的なランダムネットワークモデルを用いて生成した人工的ネットワークを用いたシミュレーションにより、人物探索法の性能を評価する。その際に、探索時間だけでなく探索の際に訪れたノード数をカウントすることで、システムに与える負荷を調べる。次に、実際のソーシャルネットワークを用いたシミュレーションを実施し、実ネットワークに対する有効性を評価する。

4. 研究成果

(1) ランダムウォークを用いた探索の理論解析

文献[2]では、スペクトラルグラフ理論に基づいて、異なるノードから開始した複数のランダムウォークが同一のノードで初めて出会うまでの時間(初回接触時間)の期待値を導出した。その期待値に基づく、初回接触時間の性質として次のことを明らかにした。

- ① 各ランダムウォークの遷移確率におけるばらつきが大きいくほど、異なるノードから開始した複数のランダムウォークの初回接触時間は短くなる。
- ② 初回接触時間の期待値は、ランダムウォークの開始ノードにあまり依存しない。

上記の解明した性質が正しいことを、代表的なランダムネットワークモデルであるバラバシ=アルバートモデル(BAモデル)およびエルデシュ=レーニィモデル(ERモデル)を用いて明らかにした。

(2) 理論解析結果に基づく人物探索法の設計

文献[3]では、文献[2]で明らかにした初回接触時間の性質に基づいて人物探索法における支援エージェントおよび探索エージェントが用いる遷移確率を設計した。

文献[2]の解析結果で明らかにした性質①に基づく、初回接触時間を小さくするためには、遷移確率におけるばらつきを大きくすることが望ましいとされる。そのため、各ノードの次数を活用し、隣接ノードの次数の大きさに応じて遷移確率を大きくするような計算式を求め、その計算式に基づいて隣接ノードにランダムに遷移するエージェントを設計した。スケールフリーネットワークでは次数のばらつきが極端に大きいため、このようなエージェントを設計することで、ソーシャルネットワークにおいて短い時間で探索が完了することが期待される。

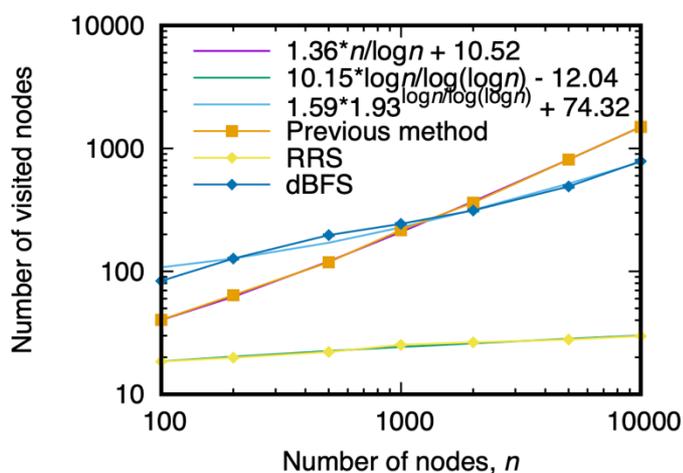
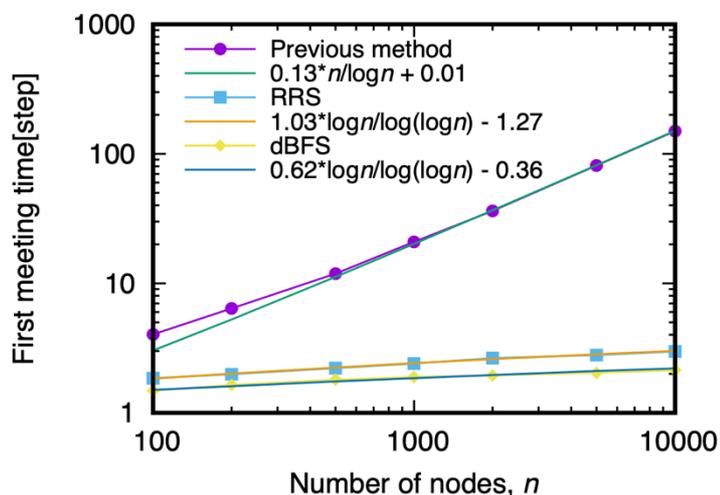
(3) 人物探索法の有効性評価

文献[3]では、設計した遷移確率に基づいて各エージェントがランダムウォークを行うことで効率的に探索が行えることをシミュレーション実験により明らかにした。その際に、比較対象となる探索法として、フラッディング探索(dBFS: distributed Breath-First Search)を用いた。各エージェントがフラッディング探索を行うことで、理論上最速で目的とするノードを発見することができる。ただし、探索において膨大なノードを訪れないといけなため、システムに与える負荷は大きい。

文献[3]では、バラバシ=アルバートモデル(BAモデル)によって生成された人工的なネットワークを用いたシミュレーションによって、提案する人物探索法(RRS: Random-walk based Rendezvous Search)を用いた場合の探索時間が、理論上最速であるフラッディング探索(dBFS)と同程度の探索時間を有することを明らかにした。具体的には、RRSはdBFSネットワークのノード数に対する探索時間のオーダーが、スケールフリー性を有するネットワークに対しては同じであることを明らかにした。一方で、RRSが探索の際に訪れるノード数は、dBFSに比べて非常

に小さいことを明らかにした。このことから、人工的なネットワークに対して、提案する人物探索法 (RRS) が有効であることを示した。

また、文献[4] では、Facebook のコミュニケーション履歴に基づいて構成されたアメリカの 100 大学の学生関係者からなるソーシャルネットワークを用いたシミュレーション実験を実施し、実ネットワークに対する人物探索法の有効性が示されている。実験を通じて、人物探索法を効率的に使用することが可能となるパラメータ設定を明らかにしている。このことから、提案する人物探索法は実社会における利用にも十分役立てられることが期待される。



- [1] L. Lovász, "Random walks on graphs: a survey," *Combinatorics, Paul Erdős is eighty*, vol. 2, pp. 353–398, 1996.
- [2] Yusuke Sakumoto and Hiroyuki Ohsaki, "Graph Degree Heterogeneity Facilitates Random Walker Meetings," *IEICE Transactions on Communications*, vol.E104-B, No.6, pp.604-615, June 2021
- [3] Fumiya Toyoda, Yusuke Sakumoto and Hiroyuki Ohsaki, "Proposal of an Efficient Blind Search Utilizing the Rendezvous of Random Walk Agents," in *Proceedings of the 44th IEEE Signature Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2020)*, pp.584-591, July 2020.
- [4] 吉成冬馬, 辻 七海, 作元 雄輔, 大崎 博之, "現実の社会ネットワークに対するランダムウォークを用いたランデブー探索の有効性評価," *電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会 技術研究報告 (IA2022-60)*, pp.64-66, Dec. 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 SAKUMOTO Yusuke, OHSAKI Hiroyuki	4. 巻 E104.B
2. 論文標題 Graph Degree Heterogeneity Facilitates Random Walker Meetings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 604 ~ 615
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2020EBP3093	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 SAKUMOTO Yusuke, AIDA Masaki	4. 巻 E104.B
2. 論文標題 Wigner's Semicircle Law of Weighted Random Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 251 ~ 261
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2020EBP3051	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 Sakumoto Yusuke, Taniguchi Ittetsu	4. 巻 28
2. 論文標題 Fast Directional Energy Interchange Used in MCMC-based Autonomous Decentralized Mechanism toward a Resilient Microgrid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 75 ~ 85
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjip.28.75	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34件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Keita Tatebe and Yusuke Sakumoto
2. 発表標題 A Study on an Autonomous Adaptive Mechanism for the Robustness of the User's Location-Aware Resource Assignment against Demand Fluctuation
3. 学会等名 the 12th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nanami Tsuji, Fumiya Toyoda, Yusuke Sakumoto and Hiroyuki Ohsaki
2. 発表標題 Spectral Formula for the Expected First Meeting Time of Diverse Random Walks on a Graph
3. 学会等名 the 46th IEEE Signature Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Eriko Segawa and Yusuke Sakumoto
2. 発表標題 Preliminary Study for the Impact of Small Eigenvalues on Laplacian Anomaly Detection of Dynamic Networks
3. 学会等名 the 46th IEEE Signature Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂口翔太郎, 建部圭太, 作元 雄輔, 谷口 一徹
2. 発表標題 EVユーザ間での円滑な電力融通を実現するための価格提示の検討と有効性評価
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 2023年

1. 発表者名 長尾 優宇, 瀬川 絵里子, 作元 雄輔
2. 発表標題 クラスフスヘクトルを用いたテンソラルネットワークの異常検出方法に対する効率性の評価
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 2023年

1. 発表者名 瀬川 絵里子, 作元 雄輔
2. 発表標題 行列近似を用いたラブラシアン行列の各固有値・固有ベクトルに対する有用性の考察
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 2023年

1. 発表者名 吉成冬馬, 辻 七海, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 現実の社会ネットワークに対するランダムウォークを用いたランデブー探索の有効性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻 七海, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 異なる遷移確率を持つランダムウォークに対する初回接触時間の理解に向けて
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬川絵里子, 作元 雄輔
2. 発表標題 行列の各固有値・固有ベクトルに含まれる情報量を調べるための行列近似に基づく分析方法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 作元 雄輔
2. 発表標題 スペクトラルグラフ理論とその応用
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 2022年

1. 発表者名 建部 圭太, 作元 雄輔
2. 発表標題 ユーザからの資源要求量の変動に対して適切な資源割当を維持するための自律調整機構の検討
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 2022年

1. 発表者名 瀬川 絵里子, 作元 雄輔
2. 発表標題 なぜラプラシアン行列の小さい固有値を用いるとテンポラルネットワークの異常が検出しやすくなるのか?
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 2022年

1. 発表者名 Toshitaka Kashimoto and Yusuke Sakumoto
2. 発表標題 For Designing Autonomous Decentralized Method of User-Aware Resource Assignment in Large-Scale and Wide-Area Networks
3. 学会等名 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fumiya Toyoda and Yusuke Sakumoto
2. 発表標題 The Effect of Agents' Diversities on the Running Time of the Random Walk-Based Rendezvous Search
3. 学会等名 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大石 悠貴, 谷口 豊明, 瀬川 絵里子, 作元 雄輔
2. 発表標題 ラブラシアン行列の固有値を用いた特異な脳構造を持つ被験者の検出に向けた一検討
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 2022年

1. 発表者名 豊田 郁弥, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 ランダムウォークを用いたランデブー探索に対する適切なパラメータ設定の検討
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 2022年

1. 発表者名 辻 七海, 豊田 郁弥, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 異なる遷移確率を持つ複数ランダムウォークの性質の解明に向けた実験的検討
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 2022年

1. 発表者名 瀬川 絵里子, 谷口 豊明, 作元 雄輔
2. 発表標題 ラブラシアン行列の固有値を用いたテンポラルネットワークの異常検出に対する改良方法の提案
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 2021年

1. 発表者名 辻 七海, 豊田 郁弥, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 スペクトラルグラフ理論を用いた遷移確率と移動頻度が異なる多様な複数ランダムウォークの解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田 郁弥, 作元 雄輔
2. 発表標題 エージェントの多様性がランダムウォークを活用したランデブー探索の実行時間に与える影響
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 2021年

1. 発表者名 Fumiya Toyoda, Yusuke Sakumoto and Hiroyuki Ohsaki
2. 発表標題 Proposal of an Efficient Blind Search Utilizing the Rendezvous of Random Walk Agents
3. 学会等名 The 43th IEEE Signature Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toyoaki Taniguchi and Yusuke Sakamoto
2. 発表標題 A Study on the Effect of Triads on the Wigner 's Semicircle Law of Networks
3. 学会等名 The 12th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊田 郁弥, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 大規模なネットワークにおけるランデブー型ランダムウォーク探索の有効性に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榎本 紀尚, 作元 雄輔
2. 発表標題 ネットワークのスケールフリー構造が自律分散型のコンテンツレプリカ配置制御に与える影響
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 2020年

1. 発表者名 豊田 郁弥, 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 大規模な未知のネットワークに対するランダムウォークを用いたランデブー探索の有効性の評価
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 2020年

1. 発表者名 大石 悠貴, 谷口 豊明, 作元 雄輔
2. 発表標題 脳コネクトーム分析に対する WSD (Weighted Spectral Distribution) の利用可能性に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 第18回 通信行動工学第2種研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大石 悠貴, 谷口 豊明, 作元 雄輔
2. 発表標題 WSD(Weighted Spectral Distribution)を用いた脳ネットワーク分析手法の構築に向けた検討
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 2021年

1. 発表者名 谷口 豊明, 作元 雄輔
2. 発表標題 トライアドが存在するネットワークに対する正規化ラプラシアン行列の固有値分布の普遍性に関する考察
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 2021年

1. 発表者名 作元 雄輔
2. 発表標題 ウィグナーの半円則を満たす重み付きネットワークの条件導出
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 作元 雄輔, 大崎 博之
2. 発表標題 グラフスペクトルに基づくランダムウォークの解析 - グラフの次数ばらつきが初回接触時間に与える影響 -
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiya Toyoda, Yusuke Sakumoto
2. 発表標題 Investigation on the First Meeting Time of Random Walk Agents with Heterogeneous Transition Probability for Optimal Rendezvous Search
3. 学会等名 IEICE Workshop on Internet Architecture and Applications 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口 豊明, 作元 雄輔
2. 発表標題 ネットワークのトライアドがウィグナー半円則に与える影響
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 2020年

1. 発表者名 榎本 紀尚, 作元 雄輔
2. 発表標題 ICNにおけるコンテンツレプリカの自律分散的配置手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊田 郁弥, 作元 雄輔
2. 発表標題 ランダムウォークエージェントのランデブーを活用した効率的なブラインド探索の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2020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
---------------------------	-----------------------	----

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