

ソーシャルネットワークのコミュニティ構造 に基づいた情報媒介者発見手法の開発

吉田 哲也*

**A study on detecting information mediators among communities
based on the community structure of a network**

Tetsuya Yoshida*

Various kinds of network have been widely used as social infrastructures for communicating information among nodes. However, interaction among nodes in a network can also have negative aspects, such as computer viruses or epidemics. Since information is propagated among subgraphs (communities) along links in a network, utilization of community structure seems effective for detecting information mediators among communities. We developed community structure based node scores in terms of a vector representation of nodes in a network. By regarding the community structure in terms of nodes, a vector representation of each node is constructed based on a quality measure of communities. Two types of node score are proposed based on the direction and the norm of the constructed node vectors. Experiments using synthetic and real-world networks are conducted, and the results are encouraging.

1. はじめに

現在、様々な種類のネットワークが情報交換の基盤として活用されている。従来からのコンピュータネットワークや人間同士の交友関係などに加えて、近年ではソーシャルネットワークサービス上での人間関係なども広く活用されている。ネットワークにおける接続関係を通じて遠隔地にある情報などの活用が可能である反面、インフルエンザ等の感染症やコンピュータウイルス、悪質なデマなどの蔓延にもつながる恐れがある。

人間をノード、接触関係をリンクとするネットワークにおけるウイルスなどの蔓延防止を考えると、ウイルスに感染した人（ノード）にワクチンを接種してネットワークから除外することでネットワーク全体への蔓延を防止することが望ましい。しかし、一般にはネットワークのサイズに比べて使用可能なワクチンの量が少ないことが多い。このため、少ないリソースを有効活用するためには、ネットワークから除外する対象（人）を効率的に選択することが重要となる。

ネットワークにおけるリンクを通じて交換される情報は、情報を共有するコミュニティから別のコミュニティへの伝播を通じてネットワーク全体に蔓延することが多い。このため、コミュニティ間で情報を媒介するノードを同定することが重要となる。我々は、効率的なネットワーク分断に向けてネットワークのコミュニティ構造に着目し、コミュニティ間を媒介するノードを情報媒介者とみなして同定し除去する手法の開発を行った。ネットワークのリンクに着目する従来の手法とは異なり、開発した手法ではネットワークのノードに着目してコミュニティ構造をとらえる。このため、ネットワークからのコミュニティ発見における評価指標として広く用いられるモジュラリティ (1) に基づいてノードの表現（ノードベクトルと呼ぶ）を構築し、構築したノードベクトルに基づいて除去すべきノードを選択する手法を開発した (2)。さらに、この手法を発展させ、コミュニティ構造を反映したノードベクトルの分布に基づいた手法を開発した (3, 4)。開発した手法を人工ネットワークおよび実世界ネットワークに適用し、中心性など他手法との比較を通じて有効性を確認した (5)。

2. 開発手法

ネットワークにおけるコミュニティ構造に対する評価指標であるモジュラリティの最大化は、モジュラリティ行列と呼ばれる行列の最大固有値に対応する固有ベクトルの計算に帰着できることが示されている。そこで、モジュラリティ行列

2013年3月31日 受理

*豊田理研スカラー

(北海道大学大学院情報科学研究科)

のスペクトル分解を考え、正の降順固有値に対応する固有ベクトルを用いた近似分解を用いて各ノードに対するベクトル表現を構築し、ネットワーク構造を反映したベクトル表現の分布に基づいたノードスコア (IVDおよびCCIVD) を提案した。IVDはノードベクトル間の角度に基づくものであり、CCIVDはIVDにノードベクトルのノルムを反映したものである。また、ネットワークからのノード除去に対しては、中心性などのノード評価値に基づくノード除去戦略として単計算、再計算という2つの戦略を考案した。単計算は初期ネットワークに対するノード評価を用いる戦略であり、再計算はノードが除去された時点のネットワーク構造に基づいて評価値を更新する戦略である。

3. 評価実験

提案法を人工ネットワークおよび実ネットワークに適用し、他手法との比較を通じて評価を行った。実験では、コミュニティ構造を Barabasi-Albert モデル (6) を用いて生成した人工ネットワーク、および GML (graph markup language) で表現され公開されている実ネットワークを使用した。

先行研究に従い、評価値の高いノードをネットワークから逐次的に除去するたびに、ネットワークに残るノード数の割合 p に対してネットワークにおける最大連結成分 (LCC) の大きさの割合 S を評価した。図1に他手法との比較結果を示す。図1の各グラフで横軸は割合 p 、縦軸は割合 S に対応し、 p の変化に応じて急速に S が小さくなるほど性能が高いことを表す。図1で左側のグラフは人工ネットワークに対する結果、中央と右側のグラフは実ネットワークに対する結果である。また、上段のグラフはノード除去戦略として単計算を用いた場合、下段のグラフは再計算を用いた場合である。

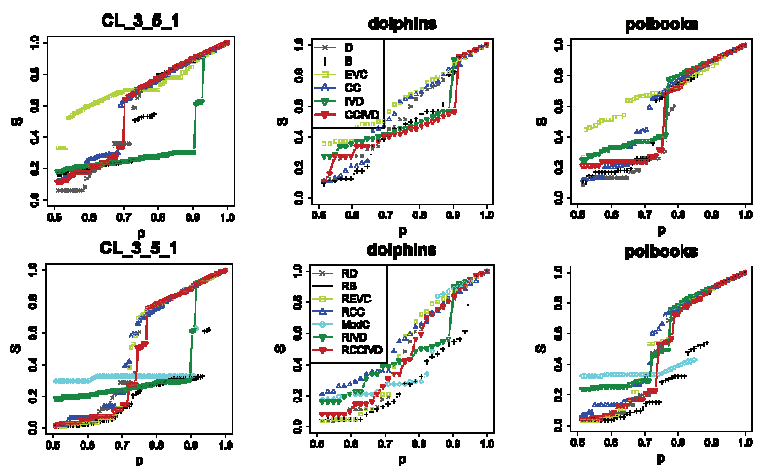


図 1. 実験結果

図1に示すように、人工ネットワークに対しては IVD (緑線) は他手法とほぼ同等な性能を示したが、CCIVD (赤線) は IVD には及ばなかった。他方、実ネットワークに対しては、IVD, CCIVD とともに他手法とほぼ同等な性能を示した。これらの結果より、開発した手法の有効性を確認した。

4. おわりに

本研究では、ネットワークのコミュニティ構造に着目し、コミュニティ間を媒介するノードを情報媒介者とみなして同定し除去する手法の開発を行った。開発した手法を人工ネットワークおよび実ネットワークに適用し、他手法との比較を通じて有効性を確認した。しかし、開発手法におけるパラメータの決定規範は今後の課題として残されている。

最後になりましたが、研究助成を賜りました公益財団法人豊田理化学研究所ならびに関係者各位に深く感謝致します。

REFERENCES

- (1) Clauset, A., Newman, M. E. J. and Moore, C.: Finding community structure in very large networks, *Physical Review E*, Vol. 70, No. 6, p.066111 (2004)
- (2) Yoshida, T. and Yamada, Y.: Immunization of Networks via Modularity based Node Representation, *Proc. 4th International Conference on Intelligent Decision Technologies (IDT' 12)*, vol.2, pp.33-44 (2012)
- (3) 吉田哲也, 山田佑: コミュニティ構造に基づくノード表現を用いたネットワーク分断法, *情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会 Vol.2012-MPS-88 No.2* (2012).
- (4) Yoshida, T., and Yamada, Y.: Community Structure based Node Scores for Network Immunization, *Proc. 12th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence (PRICAI 2012)*, LNAI 7458, Springer-Verlag, pp.899 - 902 (2012)
- (5) Yamada, Y. and Yoshida, T.: A Comparative Study of Community Structure Based Node Scores for Network Immunization, *Proc. 2012 International Conference on Active Media Technology (AMT 2012)*, LNCS 7669, Springer-Verlag, pp.328 - 337 (2012)
- (6) Barabasi, A. L. and Albert, R.: Emergence of scaling in random networks, *Science*, Vol. 286, pp. 509-512 (1999).