



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Finding Core Communities in Social Networks [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	幸若, 完壮
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11971号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59955
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Sadamori_Koujaku_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 幸若 完壮

審査担当者 主 査 教 授 工藤 峰一
 副 査 教 授 今井 英幸
 副 査 教 授 杉本 雅則
 副 査 准教授 瀧川 一学

学位論文題名

A Study on Finding Core Communities in Social Networks
(ソーシャルネットワークにおける核コミュニティの発見に関する研究)

ソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) は, mixi や Facebook, LinkedIn など, インターネットを介して人と人を結びつけるサービスの総称である. 現在, 利害や興味を共有する人同士でコミュニケーションをとる主要な手段となっている. 社会インフラとしての SNS の浸透とともに, SNS を利用した集団行動の解析が盛んになってきている. これはまた, 時々刻々と集まる膨大なデータ (ビッグデータ) の有効利用という側面も持つ. 本研究では, そうした動的ネットワークをグラフ時系列として抽象化した上で, どのような (互いに連絡が密な) “コミュニティ” が存在し, またそれらの形態変化がいつどのようにして起きたかを解析するための方法論を検討している. この解析は SNS の分析だけでなく, コンピュータネットワークにおける資源割当や故障診断, 研究者ネットワークによる研究動向の分析, たんぱく質間の相互作用の解析, など幅広い応用を持つ. 本研究では主に, コミュニティの安定的な抽出およびコミュニティに基づく変化の検出を論じている.

コミュニティの研究は, 1950 年代における社会科学的考察, 1970 年代のグラフ理論による抽象化を経て現在は, 計算機による大規模実問題での分析・利用の段階に来ている. コミュニティの発見は, 静的なグラフにおいて密につながっている部分グラフを見つける問題として定式化される. また, スター構造など特殊な形態のコミュニティの発見も重要になっている.

研究の二つの方向性として, 所与の部分グラフのコミュニティらしさを評価する方式と, 全体グラフを密な部分グラフに分割する方式がある. 本研究では, まず, 前者について検討を行っている. 密な部分グラフの理想形はすべてのノードが互いにつながっている「完全グラフ (クリーク)」である (ここではエッジに重みのない無向グラフを対象とする). しかし, 実際のネットワークにおいてはごく小さな部分クリーク (2 ノードクリークなど) しか存在しないため, そのままではコミュニティの定義としては使えない. そこでこれまで, クリークの条件を様々に緩和することが検討されてきた. 本研究ではつながりの均質性を要求した新しいクリーク緩和モデルを提案し, その有効性を比較・論証している.

もう一方の方向性として, グラフ分割に関しても成果を挙げている. これまでに提案されている分割の基準は概ね, 分割要素である部分グラフ内部ではつながりが密に, 異なる分割要素の間ではつながりが疎になることを要請している. しかし, どのノードもいずれかの分割要素に属させることを要請すると, 雑音 (偶発的に発生するエッジ) の多い実際のグラフにおいては妥当な分割を与えないという問題があった. そこで, 著者は, 分割の対象としないノードの存在を許した上で, この問題を最

適化問題として定式化するとともに自然な最適化基準を提出している。また、その最適化問題の解として先に説明した緩和クリークが自然に導出されることを示した。

さらに、本研究では、コミュニティの形態変化に注目してグラフ時系列における変化を検出する試みを行っている。これは、一時刻経ても所属するコミュニティが同じであるノード対の数に注目して変化量を計算し、閾値処理により変化があったかどうかを検出するものである。先のコミュニティ検出手法が高いノイズ耐性を持ち、また、発見するコミュニティの強度をパラメータにより調整できるため、これまでの方式と比べて、より細かな変化を検出することができることを現実のデータを用いた実験により示している。

総括として著者は、クリーク緩和モデルとして ρ -dense core と名づけたモデルを提案し、これまでに提案されている種々のモデルとの関係を明らかにすることで、 ρ -dense core がコミュニティの定義としてより妥当であることを示した。さらに、分割によるコミュニティの発見においても ρ -dense core が最適であることを示した。応用として、パラメータ ρ を 2 段階で調整することで、これまで抽出が難しかった主導的なリーダ集合 (コア) を持つコミュニティ (core-periphery 構造) を発見できることを示した。また、これらの実用的有効性を複数の実際のデータにより確認している。

これを要するに、著者は、動的ネットワーク解析において、コミュニティ発見の方法論を発展させるとともにコミュニティに注目して変化を検出することの有効性を示した。よって著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。