

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18127

研究課題名(和文) コミュニティ検出における2部グラフ制約緩和の統計物理学的研究

研究課題名(英文) Statistical mechanical study on relaxation of the bipartite constraint in community detection of graphs

研究代表者

川本 達郎 (Kawamoto, Tatsuro)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究員

研究者番号：10791444

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、2部グラフ上でのグループ構造の推論アルゴリズムの理解を深めることを目的として進めてきた。当初は、2部グラフという構造を制約とみなし、その条件を緩和した場合の振る舞いを調べる方策を検討していたが、まずはその周辺にあるアルゴリズムについての問題を一つ一つ解決する必要に気づき、研究を進めた。具体的には、貪欲アルゴリズム、経路ベースのアルゴリズム、スペクトル法についての性能評価について研究し、成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究代表者は、グラフ推論を用いて、自由記述式アンケートを分析する方法を提案しており、本研究はそのための理論研究という位置付けであった。自由記述式アンケートは、社会調査を行う上で大変重要である。社会の実態を正確に捉えるために、将来的に本研究の成果が役立てば良いと考えている。

研究成果の概要(英文)：The goal of this research was to obtain a deeper insight into inference algorithms of group structures on bipartite graphs. We initially considered to work on revealing the effects caused by relaxing the bipartite constraint on a graph. As we proceed, however, we realized a need to work on algorithmic issues on graphs and obtained several results in that direction (greedy algorithms, path-based algorithms, spectral method, etc.).

研究分野：情報統計力学

キーワード：グラフ分割 ネットワーク 統計推論

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、グラフ構造を用いた自由記述式アンケートの分析法を提案しており、それにはグラフ分割アルゴリズムを使用する。この分析には、2部グラフの分割問題を考えるのが、一つの自然な見方である。2部グラフの分割問題において、各種アルゴリズムの理論的理解を深めたいというのが、本研究の背景であった。当初は、2部グラフという構造を制約とみなし、その条件を緩和した場合の振る舞いを理論的に調べる方策を検討していた。

## 2. 研究の目的

本研究は、2部グラフ上でのグループ構造の推論アルゴリズムの理解を深めることを目的として進めてきた。特に、どのような条件で特定のアルゴリズムが期待された性能を示すのか・どのようなアルゴリズム上の困難があるのかを、理論的に明らかにし、それを改善する手法を提案する手がかりを得ることを目的とした。

## 3. 研究の方法

2部グラフに注目した解析を行う前に、1部グラフの場合について、グラフの分割アルゴリズムについての問題を一つ一つ解決する必要に気づき、研究を進めた。情報統計力学的なアプローチ等を用いて、検出限界と呼ばれる限界値を理論的に計算することをベースの方法とした。基本的には解析計算がメインであり、手元のPC環境で実行した数値実験により、検証を行った。

## 4. 研究成果

本研究の成果として、以下の論文出版・学会発表を行なった。

論文：

"Counting the number of metastable states in the modularity landscape: Algorithmic detectability limit of greedy algorithms in community detection"

Tatsuro Kawamoto and Yoshiyuki Kabashima

Phys. Rev. E 99, 010301(R) (2019).

発表：

日本物理学会 2018 年秋季大会

著者：川本 達郎、樺島 祥介

題目：“ グラフ分割評価関数における準安定状態の個数評価 ”

9月9日 2018 年

日本物理学会 2019 年秋季大会

著者：川本 達郎

題目：“ グラスマン代数を用いたキルヒホッフ恒等式の導出 ”

NetSci-X Tokyo (oral)

Jan 20, 2020

“ Robustness of spectral clustering for networks with an overlapping community structure ”

Chihiro Noguchi, Tatsuro Kawamoto

NetSci-X Tokyo (poster)

Jan 21, 2020

“ Numerical performance assessment for inference of block models with multiple edge labels ”

Ryutaro Hashimoto, Tatsuro Kawamoto

5. 主な発表論文等

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

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Tatsuro Kawamoto and Yoshiyuki Kabashima   | 4. 巻<br>99                  |
| 2. 論文標題<br>Counting the number of metastable states in the modularity landscape: Algorithmic detectability limit of greedy algorithms in community detection | 5. 発行年<br>2019年             |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review E, Rapid Communications  | 6. 最初と最後の頁<br>010301-010305 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1103/PhysRevE.99.010301  | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tatsuro Kawamoto  |
| 2. 発表標題<br>Evaluating a detectability threshold in community detection from the modularity landscape |
| 3. 学会等名<br>NetSci2018 Satellite Symposium SINM（国際学会）   |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>川本達郎                    |
| 2. 発表標題<br>グラフ分割評価関数における準安定状態の個数評価 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2018年秋季大会         |
| 4. 発表年<br>2018年                    |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>川本達郎                    |
| 2. 発表標題<br>グラスマン代数を用いたキルヒホッフ恒等式の導出 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2019年秋季大会         |
| 4. 発表年<br>2019年                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Chihiro Noguchi  |
| 2. 発表標題<br>Robustness of spectral clustering for networks with an overlapping community structure |
| 3. 学会等名<br>NetSci-X 2020 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Ryutaro Hashimoto  |
| 2. 発表標題<br>Numerical performance assessment for inference of block models with multiple edge labels |
| 3. 学会等名<br>NetSci-X 2020 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|  | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|  |                           |                       |    |