

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700220

研究課題名(和文) 確率的ソーシャルネットワーク理論の体系化

研究課題名(英文) Schematization of probabilistic social network theory

研究代表者

安田 宗樹 (Yasuda, Muneki)

山形大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：20532774

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：当該研究計画では確率・統計の考え方に基づいたアプローチを用いて、ソーシャルネットワーク上での複雑なデータの推定を可能にする理論モデルを定式化し、そのモデルを実際のシステム上で活用するための統計的機械学習アルゴリズムや確率的推定アルゴリズムを含む、一連の計算処理アルゴリズムを開発した。更に、提案した確率的ソーシャルネットワーク理論を、道路ネットワークにおける交通量推定システムに応用した。提案システムは一部の交通情報からネットワーク全体の交通量を推定することができる。宮城県仙台市の交通データを用いて提案システムを検証し、高精度で交通予測が可能であることを実証した。

研究成果の概要(英文)：In this research, the mathematical model, that enable us to perform complex inferences on social networks, and the algorithms, involving statistical machine learning algorithms and probabilistic inference algorithms, for the model were developed. The proposed model and algorithms for the model were applied to solve the traffic inference problem on a real traffic network. The proposed traffic inference system allows us to reconstruct traffics on the entire network using partial information of traffics. The effectiveness of the inference system was verified by using the traffic data of Sendai-shi, Miyagi-prefecture, Japan.

研究分野：確率的情報処理

キーワード：ソーシャルネットワーク 統計的機械学習 データマイニング 確率的ナウ・キャスト推定 統計的数理解析 アルゴリズム 情報統計力学

1. 研究開始当初の背景

近年の通信インフラの整備による高速インターネット・携帯電話の個人レベルでの急速な普及や交通事情の整備により、人や情報の移動が高速化・広範囲化し、人・情報・お金などの結びつきが全世界を網羅するほどに広がってきている。ソーシャルネットワークとはそのような社会的な結びつきの構造を分析し活用する分野であり、古くから社会学や人間学といった学問分野において研究されてきている。ソーシャルネットワークは通常ノードとリンクで構成されるグラフにより表現される。ノードとは例えば個人の人であったり個々の企業であったりするネットワークを構成する要素を指しており、リンクは要素同士の結びつきを表している。ソーシャルネットワークの構造分析は2000年ごろから盛んになった「複雑ネットワーク分野」へとつながり、多くのソーシャルネットワークの構造についての性質（例えばスケールフリー性など）が次々と明らかとなってきた。その意味でソーシャルネットワークの構造分析についてはある程度確立され始めていると考えられる。その状況で、ソーシャルネットワークに対して次に要請されるのは、構造を踏まえたネットワークの活用である。ネットワークの活用はソーシャルネットワーク系において多くの利益をもたらす（例えば個人または企業における最適行動選択や Amazon.com などのインターネット商取引の際の関連商品紹介の最適化、交通渋滞回避など）。しかしながら、ネットワークのサイズの大きさやネットワーク構造の複雑さ、現実のデータがもつ不確実さ（データの欠損やデータのランダムネスなど）など多くの障壁があり、活用に対する方法論についてはまだまだ確立されているとは言い難い。

一方で大規模ネットワーク上での確率モデルを扱う、いわゆる確率的情報処理分野がベイジアンネットワークなどに代表される確率推論システムや機械学習などの分野を中心に近年急速な発展を遂げている。確率的情報処理システムはデータを確率的に扱うので、例えばデータの欠損やデータのランダムネスに対して頑健で、また膨大な量のデータを効率的に取り扱えるといった利点がある。またブリーフプロパゲーション（確率伝搬法）などの統計的近似計算理論の発展によりかなり大きなサイズのシステムも実用的に扱えるようになってきたというのも確率的情報処理分野がその裾を広げてきている理由のひとつである。上述からわかるように、確率的情報処理分野はネットワークの活用という意味でのソーシャルネットワーク分野からの要請に応え、大きな発展をもたらした。そのような背景からソーシャルネットワーク分野と確率的情報処理分野との融合が少しずつ注目を集めはじめている。

2. 研究の目的

研究代表者はこれまでマルコフ確率場上のブリーフプロパゲーションと統計的機械学習理論を中心に研究を進めてきた。マルコフ確率場はネットワーク上に定義される確率モデルであり、要素間の複雑な関連性を表現することができる確率モデルである。ブリーフプロパゲーションは確率モデル上での統計量（平均や分散・共分散など）を近似的に計算するためのアルゴリズムであり、統計的機械学習理論はデータからネットワーク構造や要素間の関連性を発見するためのデータマイニング手法である。また研究代表者は複雑ネットワークの構造分析に関する研究も行っており、ネットワークの構造と確率的情報処理分野両方の知見を併せ持つ。

当該研究は、研究代表者の知見を活かしソーシャルネットワーク上での確率的推定・確率的データマイニング・機械学習などを含む、ソーシャルネットワークの確率的情報処理の理論体系を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

当該研究課題は以下の方法により遂行される。

(1) ソーシャルネットワーク上での確率的情報処理システムの定式化

マルコフ確率場の考え方を応用し、一般のソーシャルネットワークに対する確率的なネットワークシステムを定式化し、提案システム上での汎用的な計算処理アルゴリズムを開発する。そしてそれらの開発を通して、確率的ソーシャルネットワーク理論の数理背景の整備を行う。

(2) 提案理論の現実のソーシャルネットワークシステムへの適用

提案した確率的ソーシャルネットワーク理論を現実のネットワークシステムへ適用し、理論から構築されるシステムの有用性を検証する。

4. 研究成果

本研究課題によって得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 確率的ソーシャルネットワークシステム上での高性能統計処理アルゴリズムの開発

ブリーフプロパゲーションに基づく統計的近似計算アルゴリズム理論を拡張し、従来の手法を超える汎用型統計処理アルゴリズムの開発に成功した。従来の手法は閉路を含むネットワーク上で性能を大きく落とすが、

提案手法は閉路の存在に対して頑健であり、より多くの種類のネットワークシステムへと適用が可能な方法となっている。当アルゴリズムは確率ネットワークシステム上での推論アルゴリズムの基礎を成すものである。また、上記の成果とは別に、モンテカルロ積分法に基づく新しい統計処理アルゴリズムを開発した。開発アルゴリズムは従来法を圧倒的に上回る性能を示す方法であり、特に、機械学習などのデータサイエンスへの今後の貢献が期待される手法となっている。

(2) 道路交通の確率的ナウ・キャストシステムの提案

ナウ・キャストとは一部の道路状況から道路網全体の交通量の推定を行うことである。研究代表者はマルコフ確率場の考えを基礎とした、確率的ナウ・キャストシステムの開発に成功した。開発システムは非常に高精度で交通量推定が可能なシステムであり、実際に宮城県仙台市の道路交通網に対して適用し、検証を行っている。(本成果はジャーナルのウェブページにて特別な記事として紹介された。)

当成果は確率的システムの定式化し、定式化したモデルに対する機械学習アルゴリズムや統計的近似計算アルゴリズムの開発を一貫通貫的に経て得られたものであり、当該研究が掲げる確率的ソーシャルネットワークシステムの成功例となっている。

また、提案した確率的ナウ・キャストシステムの数理解析も行い、提案システムの統計的性能の定性的・定量的評価を行っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計10件)

(1) Muneki Yasuda: Monte Carlo Integration Using Spatial Structure of Markov Random Field, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.84, No.3, pp.034001, 2015. (査読有)

DOI: 10.7566/JPSJ.84.034001

(2) Shun Kataoka, Muneki Yasuda, Cyril Furtlehner and Kazuyuki Tanaka: Traffic data reconstruction based on Markov random field modeling, Inverse Problems, Vol.30, pp.025003, 2014. (査読有)

DOI: 10.1088/0266-5611/30/2/025003

(3) Muneki Yasuda: A Generalization of Improved Susceptibility Propagation, Journal of Physics: Conference Series, Vol.473, pp.012006, 2013. (査読有)

DOI: 10.1088/1742-6596/473/1/012006

(4) Muneki Yasuda and Kazuyuki Tanaka: Susceptibility propagation by using

diagonal consistency, Physical Review E, Vol.87, Issue 1, pp.012134, 2013. (査読有)

DOI: 10.1103/PhysRevE.87.012134

(5) Kazuyuki Tanaka, Muneki Yasuda and D. M. Titterton: Bayesian image modeling by means of a generalized sparse prior, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.81, No.11, pp.114802, 2012. (査読有)

DOI: 10.1143/JPSJ.81.114802

[学会発表](計22件)

(1) Shun Kataoka, Takuto Kobayashi, Muneki Yasuda and Kazuyuki Tanaka: Community Detection based on Markov Random Field using Node Attributes, Proceedings of 2014 International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control & Automation Intelligent Agents, Web Technologies & Internet Commerce Innovation in Software Engineering (CIMCA-IAWTIC'14), pp.38-43, 2014. (査読有)

2014年12月10-12日, Web会議.

DOI: 無し (CD-ROM)

(2) Muneki Yasuda: Effective Mean-Field Inference Method for Nonnegative Boltzmann Machines, Proceedings of 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR2014), pp.3600-3605, 2014. (査読有)

2014年8月24-28日, Stockholm.

DOI: 10.1109/ICPR.2014.619

(5) 安田宗樹: マルコフ確率場の空間的性質を利用したモンテカルロ積分法, 日本物理学会第69回年次大会 (査読無)

2014年3月27-30日, 東海大学(神奈川県・平塚市)

(4) Muneki Yasuda, Shun Kataoka, Yuji Waizumi and Kazuyuki Tanaka: Composite Likelihood Estimation for Restricted Boltzmann machines, Proceedings of 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR2012), pp. 2234-2237, 2012. (査読有)

2012年11月11-15日, つくば国際会議場 (茨城県・つくば市)

ISBN: 978-1-4673-2216-4

(3) Muneki Yasuda and Kazuyuki Tanaka: Mean Field Approximation for Fields of Experts, Proceedings of 4th Young Scientist Meeting on Statistical Physics and Information Processing (YSM-SPIP) in Sendai, Special Issue of Interdisciplinary Information Sciences, Vol.19, No.1, pp.113-119, 2013. (査読有)

2012年3月21-23日, 東北大学(宮城県・仙台市)

DOI: 10.4036/iis.2013.113

〔図書〕(計0件)
〔産業財産権〕
出願状況(計0件)
取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

[http://www.adv-pip.yz.yamagata-u.ac.jp/
~muneki/index.html](http://www.adv-pip.yz.yamagata-u.ac.jp/~muneki/index.html)

研究業績等はすべて上記のホームページで
公開している。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 宗樹 (YASUDA MUNEKI)
山形大学 理工学研究科・准教授
研究者番号：20532774