

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：12102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K23337

研究課題名（和文）友人関係と興味関心の変化の相互作用を捉えたソーシャルネットワークの長期予測モデル

研究課題名（英文）Forecasting Social Networks Utilizing Mutual Effects of Friendship and Their Interests

研究代表者

伊藤 寛祥（Ito, Hiroyoshi）

筑波大学・図書館情報メディア系・助教

研究者番号：90875741

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的はソーシャルネットワークの変化を長期的に予測できる数理モデルの考案である。本研究では研究期間において、主に(1)人間関係の変化と興味関心の変化の相互作用のモデル化に基づく予測モデルの考案、(2)ネットワーク中の人の価値関数と行動方策のモデル化に基づく解釈性の高い予測モデルの考案に取り組んだ。各研究成果において、既存の予測モデルを上回る予測精度の実現、および人間にとって解釈可能な予測結果が出力可能であることを実験的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究が対象とするソーシャルネットワークは、SNSにおけるユーザの友人関係や、研究者間の共著ネットワークなど多様なデータを表現可能であり、ソーシャルネットワークの変化を予測することで、友人関係の変化、各人の興味関心の変化が予測可能になる。SNSの普及に伴い、ソーシャルネットワーク分析による価値創造への需要が高まる中、このような予測ができることで、コンテンツに対してどれだけの人が関心を抱くかを予測することによるマーケティングへの活用や、社会動向の変化の予測に応用可能である。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to devise mathematical models capable of long-term prediction of changes in social networks. Throughout this study, efforts were primarily directed toward: (1) developing prediction models based on the modeling of the mutual effects between changes in human relationships and shifts in interests; (2) creating interpretable prediction models based on the modeling of individuals' reward functions and behavioral strategies within the network. In each research, we empirically demonstrated the achievement of predictive accuracy surpassing existing models and the ability to generate predictive results that are interpretable to humans.

研究分野：データマイニング

キーワード：時系列データ解析 グラフデータマイニング 機械学習 ソーシャルネットワーク予測

### 1. 研究開始当初の背景

スマートフォンが普及し、Twitter や Facebook などの SNS が発展したことで、個々が情報を発信し、プラットフォーム中で人々が友人関係としてつながり、情報をシェアする環境が現代社会に深く浸透している。SNS 中の人間関係はソーシャルネットワークとして表現され、そこからデータを加工・抽出し、情報の新しい価値を見出す研究が近年盛んに行われてきた。ソーシャルネットワークにおいて発信される情報やそこでのやり取りは、現実社会における社会動向の変化を反映しており、ソーシャルネットワークの特性の変化をキャッチすることで、現実社会における社会動向をセンシング・予測することに活用され、近年学术界・産業界において大きな注目を集めている。しかしながら、これまでの多くの研究はソーシャルネットワークを静的なデータとして捉えており、それらの時間的な変化の特性については十分に検討されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的はソーシャルネットワークの変化を長期的に高精度に予測できる数理モデルの考案である。ソーシャルネットワークの変化とは、ユーザ間の友人関係の変化、ユーザの興味関心・発信するコンテンツの変化を指す。特に、マーケティングへの活用を意識し、予測結果および予測の過程について人間が解釈可能なモデルを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、予測のための数理モデルの構築を行い、モデルの動作検証のための生成データおよび現実世界のソーシャルネットワーク、ソーシャルメディアデータを対象にモデルの妥当性の検証を行った。本研究期間では主に、(1)人間関係の変化と興味関心の変化の相互作用のモデル化に基づく予測モデルの考案、(2)ネットワーク中の人の価値関数と行動方策のモデル化に基づく解釈性の高い予測モデルの考案に取り組んだ。

### 4. 研究成果

#### (1)人間関係の変化と興味関心の変化の相互作用のモデル化に基づく予測モデル

本研究では、人間関係の変化と興味関心の変化の相互作用を捉えたソーシャルネットワークの予測モデルである手法を考案した。このモデルの基本的なアイデアは、人間関係の変化と興味関心の変化は互いに関連しており、これらを同時にモデル化することで、より高精度な予測が可能になるというものである。より具体的には、ソーシャルネットワークにおけるエッジの生成とエッジを通じた潜在的な特徴の伝搬の過程を数理的にモデル化し、観測済みのネットワークから予測のためのパラメータを学習することで予測を実現した。

図1は2つのコミュニティが統合していく合成データと、分裂していく合成データを入力した際に提案手法によってどのような予測が行われるかを示した図である。ノードの色はそのノードがもつ属性を表しており、ここでは「赤」と「青」のふたつの属性が存在する。「紫」はその両方の属性を持つことを示している。この図を見ると、提案手法はコミュニティの統合と分裂のパターンをもっともらしく予測できることが分かる。

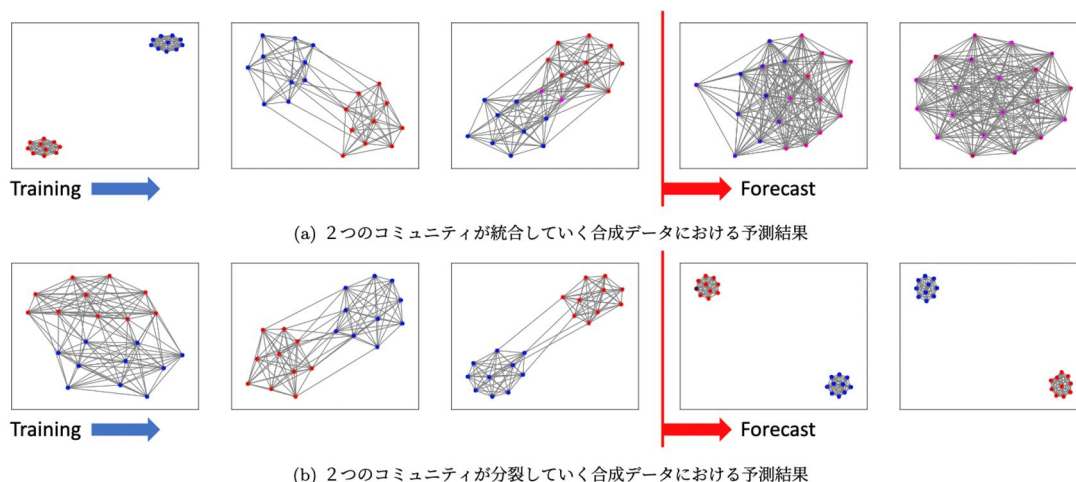


図1.合成データにおける予測結果

図2は各予測時刻におけるエッジの予測精度(左図)と属性値の予測精度(右図)を示した図である。赤色の線(DualCast)は本研究の提案手法である。この図を見ると、提案手法は他の予測手法よりも高い精度で予測可能であることを示している。特に、エッジの情報のみを用いたモデル

ル・属性値の情報のみを用いたモデルと比較して提案手法は高い精度を実現していることから、ソーシャルネットワークの構造と興味関心の変化の相互作用を捉えることによって予測精度が向上するということが示唆される。

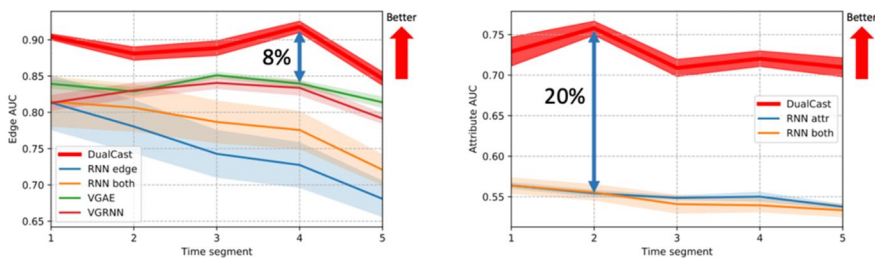


図 2. 各予測時刻におけるエッジの予測精度（左図）と属性値の予測精度（右図）

(2) ネットワーク中の人の価値関数と行動方策のモデル化に基づく解釈性の高い予測モデル

本研究ではネットワーク中の人々がどのようなネットワークの状態を好ましいと感じるかという報酬関数をモデル化し、人間はその報酬関数を最大化するようにネットワークを変化させるという仮定のもとで、ソーシャルネットワークの将来のグラフ構造を予測する手法を考案した(図 3)。このモデルでは、報酬関数が陽にモデル化されてデータから推定されるため、推定された報酬関数を用いることで各人がどのようなネットワークの状態を好むかを解釈できるようになるほか、各人がどのような方策でその報酬を最大化しようとするかについても解釈可能になる。

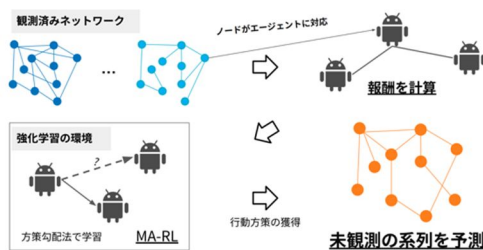


図 3. 研究(2)の手法の概要

本研究では手始めに、報酬関数として 属性が類似している人とエッジが多いほど報酬が高く、エッジが多いほど負担を感じて報酬が減るという 2 つの報酬関数を導入し、これらをネットワークから学習して予測に活用するモデルを構成した。

図 4 は DBLP と NIPS データに対して提案手法を適用した際に学習されたパラメータの平均と標準偏差を示しており、 $\alpha$ 、 $\beta$  はそれぞれ前述に対する各人の重みの大きさを示している。結果を見ると各データセットにおいてパラメータの傾向が違ってくるのが分かり、ネットワークを形成する際の報酬関数の違いを解釈することができる。図 5 は異なるデータセットでのエッジの予測精度を示しているが、それぞれ既存手法と同等以上の予測精度が実現できた。

$$r_i(\mathcal{G}^{(t)} | \psi_i) = \sum_{n_j \in N(n_i)} \alpha_i \text{sim}(n_i, n_j) - \beta_i \text{cost}(n_i, n_j)$$



	alpha	beta
DBLP	0.47±0.047	0.50±0.006
NIPS	0.36±0.003	0.51±0.002

図 4. 各データセットにおける学習されたパラメータの違い

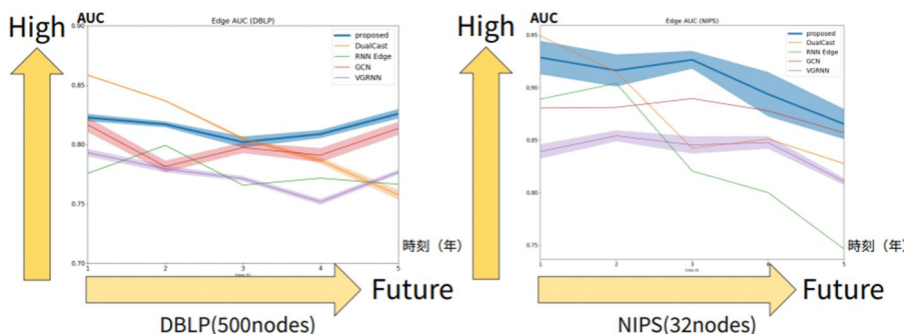


図 5. 各予測時刻におけるエッジの予測精度 DBLP データ（左図）と NIPS データ（右図）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 中村 礼音, 伊藤 寛祥, 森嶋 厚行
2. 発表標題 ニューラルトピック将来予測モデルの構築
3. 学会等名 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三宅 健太郎, 伊藤 寛祥, Christos Faloutsos, 森嶋 厚行
2. 発表標題 マルチエージェント強化学習に基づくソーシャルネットワークの将来予測手法
3. 学会等名 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroyoshi Ito, Christos Faloutsos
2. 発表標題 DualCast: Friendship-Preference Co-evolution Forecasting for Attributed Networks
3. 学会等名 2022 SIAM International Conference on Data Mining, SDM 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平澤嶺, 伊藤寛祥, 松原正樹, 森嶋厚行
2. 発表標題 Joint Non-negative Tensor Factorization に基づく共通・非共通トピックとその時間推移の抽出
3. 学会等名 第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2022)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤寛祥, Christos Faloutsos
2. 発表標題 動的なソーシャルネットワークにおける興味関心の伝搬を考慮した将来予測
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021)
4. 発表年 2021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		
米国	カーネギーメロン大学		