

ソーシャルメディアでの信頼リンク生成における媒介者影響の時間減衰分析

高橋浩規 †

八田圭斗 ‡

熊野 雅仁 †

木村 昌弘 †

† 龍谷大学 理工学部 電子情報学科

‡ 龍谷大学 大学院理工学研究科 電子情報学専攻

1 はじめに

ソーシャルメディアにおけるユーザ達の信頼ネットワークは情報拡散やオピニオン形成に大きな役割を果たしている。その進化の分析は重要である。信頼リンク形成に関しての最も基本的な分析の一つは、媒介者が存在するユーザ間の信頼リンク生成ダイナミクスを分析することである。信頼リンク生成においては、遠い過去の媒介者と最近の媒介者ではその影響度が異なるはずである。本研究では、信頼リンク生成における媒介者影響の時間減衰を分析するモデルを提案する。実データを用いた信頼リンク予測実験により、対数的減衰モデルなどの単純な時間減衰モデルと比較して提案モデルの有効性を実証するとともに、媒介者影響の時間減衰パターンの特徴を明らかにする。

2 信頼ネットワーク進化のモデル

正の整数 t に対して、期間 $I_t = (t_0 + (t-1)\Delta t, t_0 + \Delta t]$ 内に生成された信頼ネットワークを $G_t = (V, E_t)$ とする。ここに、 V はノード集合であり、初期時刻 t_0 におけるソーシャルメディアサイト内のユーザ全体の集合を表している。 $E_t (\subset V \times V)$ は、期間 I_t 内に生成された信頼リンク全体の集合である。 Δt はあらかじめ指定する正定数であり、期間の長さを表している。ここでは、自己リンクや多重リンクは存在しないとする。信頼ネットワークの時系列 G_1, \dots, G_t が与えられたとき、信頼リンク候補 $(u, v) \notin E_1 \cup \dots \cup E_t$ に対して、期間 I_{t+1} 内に信頼リンク (u, v) が生成される確率 $P_{t+1}(u, v)$ のモデル化を考える。

2.1 媒介者

本研究では、媒介者が存在するユーザ間の信頼リンク生成ダイナミクスを分析する。媒介者には次の4タイプが存在することに注意する(図1参照)。ノード $w \in V$ が期間 I_t でノード $u \in V$ からノード $v \in V$ へのタイプ1媒介者である、タイプ2媒介者である、タイプ3媒介者であるおよび、タイプ4媒介者であるとは、それぞれ、 $(u, w), (w, v) \in E_t$ であるとき、 $(u, w), (v, w) \in E_t$ であるとき、

E_t であるとき、 $(w, u), (w, v) \in E_t$ であるときおよび、 $(w, u), (v, w) \in E_t$ であるときである。

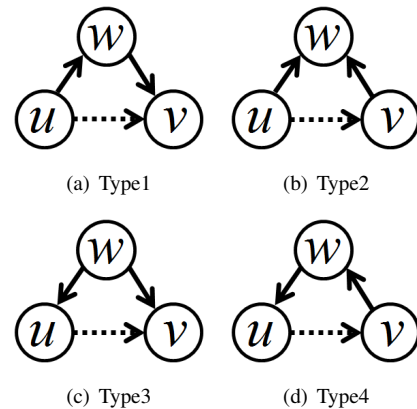


図1: ノード u からノード v への媒介者 w の4タイプ

2.2 A-ME モデル

信頼ネットワーク進化における媒介者タイプ情報の効果を分析するモデルとして、Hatta ら [1] は A-ME モデルを導入した。A-ME モデルでは、期間 I_t での媒介者をもつ信頼リンク候補 (u, v) に対して、信頼リンク生成確率 $P_{t+1}(u, v)$ を

$$P_{t+1}(u, v) = \frac{1}{1 + \exp(-\phi \cdot Y_t(u, v))}$$

とモデル化する。ここに、 $\phi = (\phi_0, \phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4) \in \mathbf{R}^5$ はパラメータベクトル、 $Y_t(u, v) = (1, y_{t,1}(u, v), y_{t,2}(u, v), y_{t,3}(u, v), y_{t,4}(u, v))$ は特徴量ベクトル、 $\phi \cdot Y_t(u, v)$ はそれらの内積を表す。 $i = 1, 2, 3, 4$ に対して、 $y_{t,i}(u, v)$ はノード u からノード v への期間 I_t でのタイプ i 媒介者の総数である。

3 提案モデル

本研究では、A-ME モデルを拡張して、信頼ネットワーク進化における媒介者影響の時間減衰パターンを分析するモデルを提案する。我々は、期間 I_{t+1} での信頼リンク候補 (u, v) に対して、信頼リンク生成確率 $P_{t+1}(u, v)$ を

$$P_{t+1}(u, v) = \frac{1}{1 + \exp(-\theta \cdot X_t(u, v))}$$

とモデル化することを提案する。ここに、 $\theta = (\theta_{0,0}, \theta_0, \theta_1, \dots, \theta_t)$ はパラメータベクトルであり、 $X_t(u, v) = (1, x_t(u, v), x_{t-1}(u, v), \dots, x_{t-t}(u, v))$ は特徴ベクトルである。

Analyzing Temporal-Decay Patterns of Mediator Influence for Trust-Link Creation in Social Media

Hiroki TAKAHASHI†, Keito HATTA‡, Masahito KUMANO† and Masahiro KIMURA †

†Department of Electronics and Informatics, Ryukoku University

‡Division of Electronics and Informatics, Ryukoku University

ℓ はあらかじめ指定する正整数であり、どのくらい過去まで媒介者の影響を考慮するかを表している。 $\theta_{0,0} \in \mathbf{R}$ である。 $\tau = 0, 1, \dots, \ell$ に対して、 $\theta_\tau = (\theta_{\tau,1}, \theta_{\tau,2}, \theta_{\tau,3}, \theta_{\tau,4}) \in \mathbf{R}^4$ であり、 $\mathbf{x}_{t-\tau}(u, v) = (y_{t-\tau,1}(u, v), y_{t-\tau,2}(u, v), y_{t-\tau,3}(u, v), y_{t-\tau,4}(u, v))$ である。

4 実験

実データを用いて、提案モデルの信頼リンク予測性能を評価し、信頼ネットワーク進化における媒介者影響の時間減衰効果とそのパターンの特徴を調べた。

4.1 実験データと設定

実験では、製品レビューサイト Epinions* のデータ [1] を分析した。特に、信頼リンクがコンスタントに生成され、かつクラスター係数も安定していた、2009年1月から2010年12月までのデータを用いた。期間の長さ Δt を3ヶ月、提案モデルにおいて $\ell = 4$ とし、2つのデータセット D1 と D2 を構築した。各データセットには、初期時刻 t_0 および、期間 I_1, \dots, I_7 における Epinions データが含まれている。 G_1, \dots, G_6 を学習用データとし、 G_7 を評価用データとした。初期時刻 t_0 は、D1 では2009年1月1日午前0時、D2 では2009年4月1日午前0時とした。

4.2 信頼リンク予測

提案モデルの信頼リンク予測性能を、過去の媒介者の影響を A-ME モデルに組み込んだモデルとの比較により評価した。ここに、比較したモデルでは、時間減衰関数 $f(\tau)$ を導入し、それを用いて過去の期間 $I_{t-\tau}$ での媒介者を重みづけし和をとることにより、A-ME モデルの特徴量ベクトルに組み込んでいる。実験では、時間減衰関数 $f(\tau)$ として、 τ が0のときのみ1で他では0である関数 (A-ME モデルに対応) 線形減衰関数、指数減衰関数、対数的減衰関数および、定数関数 (媒介者の時間情報を考慮しないことに対応) を調べた。

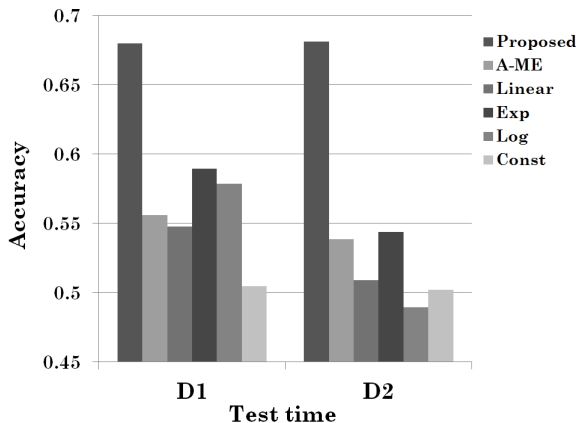


図 2: 信頼リンク予測精度

*<http://www.epinions.com>

表 1: AUC の結果

	D1	D2
Proposed	0.706	0.709
A-ME	0.624	0.604
Linear	0.657	0.567
Exp	0.655	0.608
Log	0.657	0.517
Const	0.642	0.508

図 2 に、予測精度を accuracy で評価した結果を示す。また、予測精度を ROC 曲線に基づき、AUC で評価した結果を表 1 に示す。

以上より、提案モデルによる予測が最も精度が高いこと、また、時間減衰関数を用いて過去の媒介者の影響を組み込んだモデルは A-ME モデルよりも予測性能が高くなりうるということがわかる。

4.3 時間減衰パターン分析

図 3 に、提案モデルを用いて媒介者影響の時間減衰パターンを調べた結果を示す。媒介者の影響度 $|\theta_\tau|$ は、期間 $\tau = 0$ (最近) のものが最も強いが、 τ が大きくなる (過去にさかのぼる) ほど弱くなるとは必ずしも言えないことがわかる。

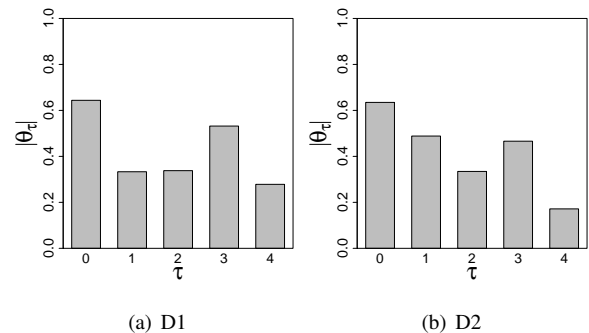


図 3: 媒介者の影響度の時間減衰パターン

5 まとめ

信頼リンク生成における媒介者影響の時間減衰を分析するモデルを提案し、Epinions データを分析した。A-ME モデル、線形減衰モデル、指数減衰モデル、対数的減衰モデルおよび、媒介者の時間情報を考慮しないモデルと比較し、提案モデルの信頼リンク予測における有効性を示した。また、提案モデルを用いて媒介者影響の時間減衰パターンの特徴を明らかにした。

参考文献

[1] Hatta, K., Kumano, M., Kimura, M., Satio, K., Ohara, K., and Motoda, H.: Analyzing mediator-activity effects for trust-network evolution in social media, *Proceedings of the 13th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence (PRICAI'14)*, LNAI 8862, Springer, pp.297-308 (2014).