

## 信頼リンク生成における媒介者の役割の分析

八田 圭斗† 小野 景子‡  
† 龍谷大学理工学研究科電子情報学専攻

熊野 雅仁‡ 木村 昌弘‡  
‡ 龍谷大学理工学部電子情報学科

### 1 はじめに

信頼関係についてのソーシャルネットワークの分析は、バイラルマーケティングや信頼できる情報ソースの発見、高品質なユーザコンテンツの提供などに応用できることから重要である。

本研究では、製品レビューサイトの Epinions\* データを用いて、バランス理論とステータス理論に基づきトライアド構造に着目する従来アプローチを拡張して、ユーザ間の媒介者数が、そのユーザ間の信頼リンク生成に及ぼす影響を分析する。また、Crandallら [1] が、ユーザ行動の類似性と社会的紐帯の相互作用を発見したことに従い、ユーザ間に信頼リンクが生成される前後において、そのユーザ間の媒介者数に特徴的な変化パターンが見られるかどうかを分析する。

### 2 信頼リンク生成における媒介者

ユーザをノードとしたネットワークを考える。ただし、ユーザ  $u$  がユーザ  $v$  に信頼表明をしているとき  $u$  から  $v$  へ信頼 (trust) リンクが結ばれているとし、 $u$  が  $v$  に不信表明をしているとき  $u$  から  $v$  へ不信 (distrust) リンクが結ばれているとする。本研究では、バランス理論とステータス理論に基づいて、ノード  $u$  からノード  $v$  への信頼リンクが生成されるための条件を考える。 $u$  から  $v$  への信頼リンクは生成されていないが、あるノード  $w$  が存在して、 $u$  と  $w$  および  $v$  と  $w$  の間にはリンクが存在しているとする。このような  $w$  を  $u$  と  $v$  の媒介者と呼び、媒介者の数が  $u$  から  $v$  への信頼リンク生成に及ぼす影響を分析する。ここに、リンクには向き (F/B) と信頼 (p)・不信 (m) ラベルが存在するので、媒介者は一般には 16 種類に分類される。

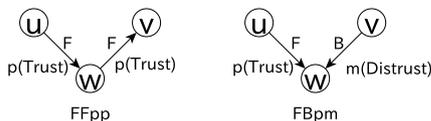


図 1: FFpp 型媒介者と FBpm 型媒介者

例えば  $u$  から  $w$  へ信頼リンクがあり、 $w$  から  $v$  へ信頼リンクがあるとき、 $w$  は FFpp 型媒介者と呼び、また、 $u$  から  $w$  へ信頼リンクがあり、 $v$  から  $w$  への不信リンク

があるとき、 $w$  は FBpm 型媒介者と呼ぶ (図 1 参照)。ただし、不信リンクが存在しえないような状況下では、媒介者は 4 種類のみで分類されることに注意する。

### 3 分析法

#### 3.1 信頼リンクの予測

信頼リンクの予測精度により、媒介者数が信頼リンク生成に及ぼす影響を分析する。媒介者の種類ごとに、信頼リンクの予測精度を、適合率

$$Precision(x) = \frac{TP(x)}{M(x)}$$

により調べる。ここで、 $M(x)$  は、観測期間において、与えられた種類の媒介者数が  $x$  以上でありかつ、信頼リンクが結ばれていないノードペアの数であり、 $TP(x)$  は、その内、評価期間に信頼リンクが結ばれたノードペアの数である。

#### 3.2 媒介者数の変化

ノードペア間に信頼リンクが結ばれた時刻を 0 とし、その前後 100 日間における媒介者数の変動パターンを、媒介者の種類ごとに調べることににより、媒介者数が信頼リンク生成に及ぼす影響を分析する。

### 4 実験

#### 4.1 実験データ

Epinions におけるユーザの Trust を信頼リンクとし、ユーザの Block を不信リンクとした。また、製品に対するレビュー投稿をアクティビティとした。

まず、1999 年 7 月から 2012 年 10 月の不信リンクを含まない Epinions データを用いた (データセット 1)。ノード数 27,837、信頼リンク数 218,616、アクティビティ数 809,521、アクティビティの選択枝数 540 である。媒介者数の分布は図 2 のように冪乗分布となった。

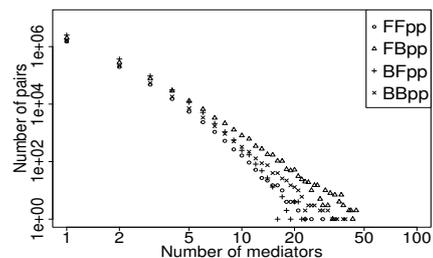


図 2: 媒介者数の分布

次に、2001 年 1 月から 2003 年 8 月の不信リンクを含む Epinions データを用いた (データセット 2)。ノード数

#### How mediators affect creating trust links

Keito HATT†, Keiko ONO‡, Masahito KUMANO‡ and Masahiro KIMURA ‡

†Division of Electronics and Informatics, Ryukoku University

‡Department of Electronics and Informatics, Ryukoku University

\*http://www.epinions.com \*\*http://konect.uni-koblenz.de

131,827, 信頼リンク数 717,667, 不信リンク数 123,705 である (Konec\*\* より取得).

信頼リンクの予測では, 評価期間を 3ヶ月とし, 観測期間は 3ヶ月と 12ヶ月の 2通りに設定した.

#### 4.2 他手法との比較

媒介者数が信頼リンク生成に及ぼす効果を, アクティビティによるユーザ類似度に基づいたリンク予測との比較において調べた. ユーザの類似度としては, アクティビティの選択肢とその回数によるユーザのアクティビティベクトルを用いるものと, 文章生成モデルである HDP-LDA から推定されたユーザの潜在興味ベクトルを用いるもの [2] を調べた.

#### 4.3 信頼リンクの予測精度に関する結果

まず, データセット 1 を用いて, 媒介者数と適合率の関係性を調べた. 図 3 に FFpp 型媒介者の結果を示す. 観測期間 3ヶ月の方が予測精度が高く, 媒介者数が多いほど適合率が向上することが確認できた. 図 4 に観測期間 3ヶ月と設定した結果を示す. FFpp 型媒介者による適合率が最もよい結果となった.

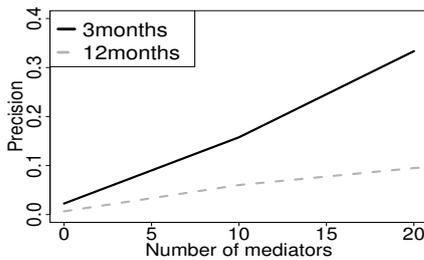


図 3: FFpp 型媒介者数と適合率

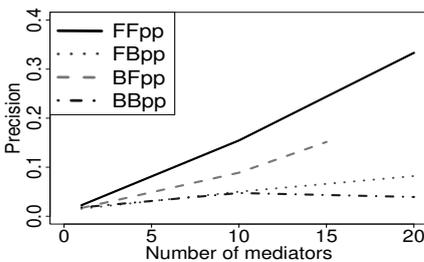


図 4: 媒介者数と適合率

次に, データセット 1 を用いて, ユーザ類似度と適合率の関係性を図 5 に示す. ここに, 観測期間は 3ヶ月である. 図 4 と図 5 を比較すると, FFpp 型媒介者による適合率の方がかなり高いことが観察される.

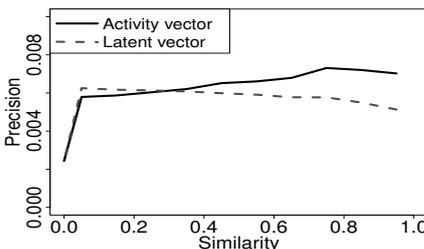


図 5: アクティビティ類似度と適合率

#### 4.4 媒介者数の変化に関する結果

信頼リンクが生成される前後における FFpp 型媒介者数の変化を, データセット 1 を用いて調べた (図 6 参照). ここに, 縦軸は, 信頼リンクが生成された 100 日前からの媒介者の増加数を表している. 2008 年と 2009 年の変化が特に大きい, どの観測期間においても, 信頼リンクが生成される前後において, FFpp 型媒介者が急激に増加することが見て取れた.

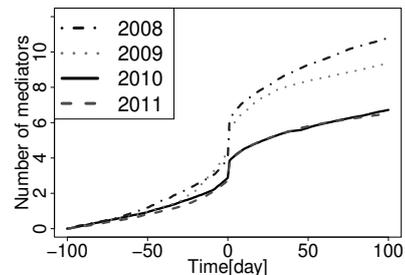


図 6: 信頼リンクが生成される前後の FFpp 型媒介者数の変化

図 7 にデータセット 2 を用いて, 信頼リンクが生成される前後における媒介者数の変化を示す. 図 6 と同じく, 縦軸は, 信頼リンクが生成された 100 日前からの媒介者の増加数を表している. FFpp 型と FBpp 型媒介者の数は, 信頼リンクが生成される前後において他の媒介者と比べ急激な増加が観察される.

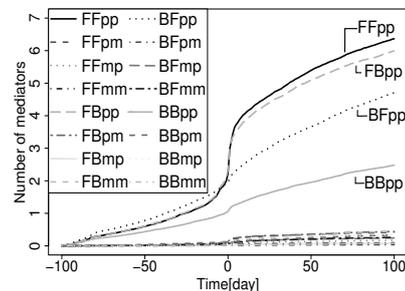


図 7: 信頼リンクが生成される前後の媒介者数の変化

### 5 まとめ

ユーザ間の媒介者とそのユーザ間の信頼リンク生成に及ぼす影響を Epinions データを用いて分析し, FFpp 型媒介者の数が信頼リンク生成において重要な役割を果たしていることを示した. また, FFpp 型と FBpp 型の媒介者数は, 信頼リンクが生成される前後において急激に増加するという, 特徴的な変化パターンをもつことを示した.

#### 参考文献

[1] D. Crandall, D. Cosley, D. Huttenlocher, J. Kleinberg, and S. Suri. Feedback effects between similarity and social influence in online communities. KDD '08, pp. 160–168, 2008.  
 [2] T. Kamei, K. Ono, M. Kumano, and M. Kimura. Predicting missing links in social networks with hierarchical dirichlet processes. IJCNN '12, pp. 1816–1823, 2012.