

# 信頼の構造:社会ネットワークの構造に基づく Trust モデル

## Trust Model based on Social Network Structures

森 純一郎\*<sup>1</sup>    武田 英明\*<sup>1\*2</sup>    石塚 満\*<sup>1</sup>  
 Junichiro Mori    Takumi Tsujishita    Mitsuru Ishizuka

\*<sup>1</sup>東京大学                      \*<sup>2</sup>国立情報学研究所  
 The University of Tokyo    National Institute of Informatics

The so-called "Web of Trust" is one of the ultimate goals of the Semantic Web. Research on the topic of trust in this domain has focused largely on digital signatures, certificates, and authentication. At the same time, there is a wealth of research into trust and social networks in the physical world. In this paper, we describe an approach for integrating the two to build a web of trust in a more social respect. This paper describes the applicability of social network analysis to the semantic web, particularly discussing trust metrics using social network structures.

### 1. はじめに

近年, Web 上ではソーシャルネットワークと呼ばれるサービスが注目を集めている. ソーシャルネットワークは, 実社会での友人や知り合いなどの人間関係を Web 上に取り込んだ実世界志向の Web コミュニティである. 実社会において人間関係を通してや情報や財やサービスの伝播が行われるのと同様に, Web においてもソーシャルネットワーク上において人の関係に根ざした情報やサービスの流通や共有が今後はますます盛んになるであろう. そのような状況の中で, 重要となることの一つは信頼という概念である. 例えば, セマンティック Web においては信頼 (trust) を 9 つの技術階層の最上位層に位置づけ, Web 上における多種多様な情報の中で最終的にどの情報を用いればよいかを情報の信頼性に帰着することが意図されている.

本論文では, ソーシャルネットワーク上における信頼を構造的なつながりの強さと定義しエッジクラスターリング係数を用いた信頼のモデルを提案する. 以下では, 2 章においてソーシャルネットワークを用いた信頼の従来研究について説明し, 本論文で提案する信頼の定義についての述べる. 3 章においてソーシャルネットワークの構造に基づく信頼のモデルについて述べる. 最後に 4 章で, まとめを行う.

### 2. ソーシャルネットワークと信頼

Web およびユビキタス環境の爆発的な普及により, ユーザの多様な情報が取得できるようになってきており, ユーザをとりまくソーシャルネットワークも多様なかたちで取得可能になってきている.

イベント空間情報支援プロジェクトでは, 2003 年から人工知能学会の全国大会で学会の参加者の学会参加やコミュニケーションを活発にするための学会支援システムを構築・運用している. システムでは, Web 上からの自動で抽出した研究者間の関係やユーザが登録した知り合い関係から, ユーザの持つ多様な関係をシステム上で再現している (図 1). また, 同プロジェクトでは, 学会会場内にセンサを配置し, ユーザの位置情報から関係を抽出する試みもおこなっている.

ユーザをとりまくソーシャルネットワークが自動で抽出できるようになってきている現在, 信頼をネットワーク上で扱

連絡先: 森 純一郎, 東京大学大学院情報理工学研究所, 東京都文京区本郷 7-3-1, 03-5841-6755, jmori@mi.ci.i.u-tokyo.ac.jp

おうと研究がなされてくるようになってきている. ソーシャルネットワーク上で信頼を考える際に重要なものは信頼の輪 (Web of Trust) というネットワーク構造である. 多くの人が信頼している人は信頼できるし, その人が信頼している人もまた信頼できる可能性が高い. この考えに基づき, ソーシャルネットワーク上でどのように信頼性をどのように定義し計算するかに関しては, これまでにいくつもの研究が行われている. Richardson らは信頼 (trust) と belief に分け, 前者を人の人に対する信頼, 後者を人の自身の言明に対する信頼と定義している [3]. Golbeck らは信頼のあるドメインにおける Reliability もしくは Credibility と定義している [1]. ソーシャルネットワーク上で信頼の計算に関して, 多くの研究はドメインに応じて定めた数値的な信頼を何らかの方法でネットワーク上を伝播させるものである.

信頼とは主観的に数値化することによって定義されるものなのだろうか. 山岸は特定の相手に対する信頼のもととなる情報として以下のものを挙げている [4].

- 相手の一般的な人間性  
(人柄, 評判, 社会的な地位や役割など)
- 相手が自分に対して持っている感情や態度
- 相手にとっての自己利益

信頼に関する従来研究は, はじめの二つの要素を主観的に数値化した上で計算したものである. 本論文では, 信頼を判断するための情報として相手にとっての自己利益に着目する. つまり, 相手を信頼することを相手が利己的にふるまえば自分がひどい目にあってしまう状況で, 相手が利己的にふるまうことはないだろうと期待することと考える. そのような期待を高めるためには, 相手の意図についての情報が必要とされながら, その情報が不足しているような不確実な状態 (山岸はこれを社会的な不確実性の高い状態と呼んでいる) を減らす必要がある.

社会的な不確実性を減少させるという点で信頼を捉えると, ソーシャルネットワークにおいて人と関係を結ぶということは, 社会的な不確実性の大きな社会的環境におかれた人たちが, 特定の関係の内部で社会的な不確実性を低めるために形成している関係と考えることができる. また, 社会的な不確実性の大きな環境では, 他者から信頼されることが自己利益につながる可能性が大きい. 例えば, 他人から信頼される人間が取引やつきあいの相手として選ばれるようになるだろう. 人とつながりを持つということは, 相手からの信頼を得るために信頼を裏切ると自

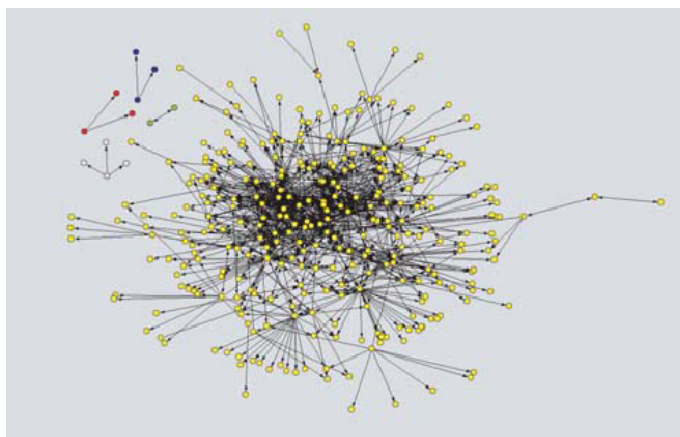


図 1: 人工知能学会全国大会参加者の知り合いネットワーク

分自身の利益が損なわれてしまう状態を作り出すことともいえる。特定の相手との間に安定的な関係が存在すれば、そこでは裏切りのようなリスクが減少する。このことは、囚人のジレンマにおいて特定の相手との間に永続的な関係が存在すれば相互協力が成立する応戦戦略が有効であることからわかる。

### 3. 相互のつながりとしての信頼モデル

2章での議論に基づき、本論文ではソーシャルネットワークにおける信頼を2者間の構造的なつながり強さをとらえる。構造的につなりの強い2者は互いに社会的な不確か性がない関係にあり、互いに信頼しているという考えである。人々が内部で協力しあっている程度が、コミュニティ間で協力しあっている程度よりもずっと強いような状態では、コミュニティの内部での相互協力が簡単に成立しており、内部の仲間とだけつきあっている限りは、人に利用されたり搾取されたりするリスクは少ない。その時点でコミュニティ内の安定的な状態\*2が互いに信頼を生んでいると考えることができる。

相手との構造的なつながりを密にするには、自分との間に相互コントロール関係にある第3者を通して、相手との間になるべく多くの間接的なコントロール可能性を手に入れることが重要である。直感的に述べると「切っても切れない仲」をつくることである。これに基づき、2者間に存在する間接的なリンクの数を2者の構造的なつながりと捉え、それをエッジクラスタリング係数により計算する。エッジクラスタリング係数は2者間の間接的なリンクの数を評価する指標であり、ネットワークのノード  $i$  と  $j$  の間のエッジクラスタリング係数  $C_{i,j}^{(g)}$  は、つぎのように求めることができる。

$$C_{i,j}^{(g)} = \frac{z^{(g)}_{i,j} + 1}{s^{(g)}_{i,j}}$$

ここで、 $g$  は2者間のリンクのホップ数であり、 $z^{(g)}_{i,j}$  と  $s^{(g)}_{i,j}$  はそれぞれ2者間に実際に存在する  $g$  ホップのリンクの数、2者間でとりうる  $g$  ホップのリンクの数である。 $g$  が3の場合には

\*2 山岸は、現在のような成熟した社会において集団主義的な社会における信頼を安心と呼び、信頼を育成するのに有利な環境ではなく、逆に、信頼の育成を阻害する環境だとしているが、Web上のソーシャルネットワークは実社会に比べると発達途上の未成熟な共同体であり、その点で山岸が安心と呼ぶ信頼が機能すると考える。

クラスタリング係数は以下のように求まる。

$$C_{i,j}^{(3)} = \frac{z^{(3)}_{i,j} + 1}{\min[(k_i - 1), (k_j - 1)]}$$

ここで  $k_i$  はノード  $i$  が持つエッジの数である。例えば図2において  $A, B$  間の  $C_{A,B}^{(3)}$  は  $3/\min(5, 4)$  として計算する。

クラスタリング係数を用いて本論文で提案する2者間の構造的なつながりに基づく信頼  $T_{i,j}$  は以下のように計算することができる

$$T_{i,j} = \sum_k w_k C_{i,j}^k \quad (k \geq 3)$$

ここで  $w_k$  は各クラスタリングの重みである。 $k$  が小さいほどエッジクラスタリング係数は短いパスでの2者間の間接的なつながりをあらわすため、重み付けは大きくなる。エッジクラスタリング係数はネットワークからのコミュニティ抽出などにも利用されており [2]、ネットワークにおける互いの安定的な構造状態が信頼を生むという本論文の仮説に適したものである。

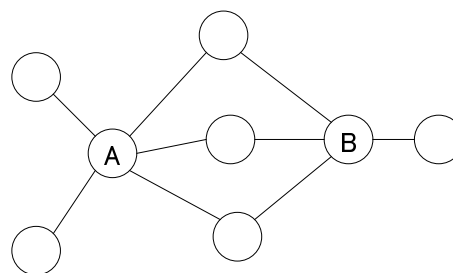


図 2: エッジクラスタリング係数の例

### 4. むすび

本論文ではソーシャルネットワークにおける信頼を2者間の構造的な結びつきの強さとして捉えた信頼のモデルについて述べた。従来の信頼の研究が扱っていた信頼の主観的な評価に対して、提案モデルはネットワークの構造が規定するような信頼であり、2者間の構造的な制約に基づくものである。

Web上にはさまざまソーシャルネットワークが存在しており、また近年ではセンサーデータからも人の関係が抽出可能になってきている。現在は、提案した信頼のモデルをさまざまなソーシャルネットワークに適用しモデルの妥当性の検証を行っている。さらに、今後は提案したモデルを用いた信頼の計算手法や応用について研究を行っていく。応用としては、信頼に基づくソーシャルネットワーク上でのコンテンツの配信・共有やエージェント間のリソースの分配、タスク委譲などが考えられる。

### 参考文献

- [1] Gobeck, J. and Hendler, J.: Inferring reputation on the semantic web, *Proc. WWW2004* (2004).
- [2] Radicchi, F., et al.: Defining and identifying communities in networks, *PNAS*, 101(9) (2004).
- [3] Richardson, M., et al.: Trust Management for the Semantic Web, *Proc. ISWC2003* (2003).
- [4] 山岸俊男: 信頼の構造, 東京大学出版会 (1998).