

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330365

研究課題名(和文) ソーシャルネットワーク上でのユーザ間の動的信頼モデルの構築

研究課題名(英文) A dynamic trust model between users in social networks

## 研究代表者

武藤 伸明 (Mutoh, Nobuaki)

静岡県立大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：40275102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、商品などのアイテムをレビューするユーザを主たる対象として、これらユーザから構成されるソーシャルネットワーク上でのユーザ間の動的信頼モデルを構築し、動的信頼モデルから得られるユーザ間の信頼レベルを既存の情報拡散や意見形成モデルに組み込み、将来の情報への広がりや意見のシェアなどの高精度予測を可能にした。さらに、ユーザ間の動的信頼モデルを土台にした不正スコアのレビューなどを抽出する時間的事件検出法や、時間的・空間的減衰モデルに基づくレビュー対象オブジェクトの公正なランキング手法、レビュー対象カテゴリのランキング手法、時間的な信頼を考慮したレビューデータの区間分割法などを確立した。

研究成果の概要(英文)：The word of mouth information of online review sites are affecting various activities from person to person. In review sites, it may occur that the future review tendency of an item changes a lot by one review. In this study, we propose a dynamic trust model between users who review the items on the online review site, in order to allow for high-accuracy prediction of information diffusion and share of opinions between such users. Based on the dynamic trust model, we established a method for change-point detection in time series data of online review sites, a ranking method equipped with some temporal or special dynamics of either the exponential decay or the power-law decay, an extraction method of categories containing significantly large numbers of highly ranked objects, and so on.

研究分野：組合せ論、グラフ論、観光情報学

キーワード：動的信頼モデル オンラインレビューサイト レビューランキング 時間的事件 時間的・空間的減衰関数 レビューカテゴリ 時間的区間分割 ネットワーク構造特性

### 1. 研究開始当初の背景

インターネット上のレビューサイトでの口コミ情報などは、オンライン環境での購買行動をはじめとし、ユーザ間で多様な活動に影響を及ぼしている。具体的には、多くのユーザから信頼されているユーザにより、ある商品に対して、好みであるとのレビューが投稿されれば、その商品の販売が大幅に促進されるようなことも起こり得る。よって、消費者に宣伝と気づかれぬように宣伝行為をするステルスマーケティング (stealth marketing) に関する注目も集まっている。

このようなインターネット上での商品に関する情報の拡散や、どのような商品が好まれるかの意見形成の仕組みは、ウェブ情報学において極めて重要な研究対象と言える。これらに対し、本研究分担者は、一般的な数理モデリングの視点での研究を展開してきた [1]。ただし、これらの研究では、ユーザ間の信頼 (トラスト: trust) や評判 (レピュテーション: reputation) レベルは、どのペア間でも互いに一樣と単純化してモデリングしている。よって、精緻な情報拡散や意見形成の分析には限界があると考えられる。特に、ユーザ間の信頼関係が時間とともに変化する動的 (ダイナミック) な側面も考慮し、ソーシャルネットワーク上でのユーザ間の動的信頼メカニズムを数理モデリングする本研究の着想に至った。

[1] 木村, 斉藤, 中野, 元田. 社会ネットワークにおける有力ノード抽出のための情報拡散モデルの学習. 人工知能学会論文誌, 25, 215-223, 2010.

### 2. 研究の目的

本研究では、商品などのアイテムをレビューするユーザを主たる対象として、これらユーザから構成されるソーシャルネットワーク上でのユーザ間の動的信頼モデルを構築する。そして、動的信頼モデルから得られるユーザ間の信頼レベルを既存の情報拡散や意見形成モデルに組み込み、将来の情報の広がりや意見のシェアなどの高精度予測を可能にする。さらに、ユーザ間の動的信頼モデルを土台にした不正スコアのレビューなどを抽出する異常値 (anomaly) 検出法を確立する。このようなモデルや手法により、多様な企業活動や社会活動の効率化や適正化に貢献することを目的とする。

### 3. 研究の方法

商品などのアイテムや、人などのエージェントをオブジェクトとし、ユーザからのオブジェクト自体への信頼や評判の推定については、既に多様なアプローチと手法により研究が展開されている [文献 2]。これに対して、本研究では、ソーシャルネットワーク上でのオブジェクトに対応するノードではなく、リンクに対応するユーザ間での個別関係の信頼レベル推定に焦点を充てる。一方、本研究

でも、多くの従来の信頼や評判の推定研究と同様に、その基本枠組みとしてベイズ統計モデリングを採用する。つまり、評判スコア (本研究では、信頼レベル) をベータ分布として定式化する。ただし、そのベータ分布のパラメータは、ソーシャルネットワーク上でのユーザ間のインタラクションなどを通して動的に変化するとして、ユーザ間の動的信頼モデルを構築する点を特色とする。また、これらパラメータの更新には、計算神経科学分野で広く採用されている、ヒトの脳などでのシナプス可塑性 (ヘブ則) に基づく、正と負の強化に基づく学習と類似した枠組みを採用する。

本研究で構築するモデルの評価には、機械学習やデータマイニング分野などで標準的に採用されているように、あるユーザがレビューした結果により、どのユーザが将来的にその商品を購入 (レビュー) するかの予測性能を重要な指標として用いる。ただし本研究では、このような定量的な評価指標だけでなく、知識発見の観点より、ユーザ間の動的信頼モデルに対する解釈の可能性についても積極的に評価する。すなわち、ユーザ間の動的信頼メカニズムの本質について探求する。

本研究で構築するユーザの動的信頼モデルの利用と応用の一環として、既に述べているように、情報拡散モデルや意見形成モデルにユーザ間の信頼レベルを組み込むことで、これらモデルの高度化を計る。

不正スコアのレビューなどを抽出する異常値 (anomaly) 検出法の確立も目的とする。異常検出に関しても、既に多様なアプローチでの手法が提案されている [文献 3]。ただし、このような従来研究における課題の一つは、単なる外れ値を求めるだけでなく、状況や内容、さらにはモデルに応じて、値が異常かどうか判断することが重要と指摘されている。このような状況や内容を与えるモデルとして、本研究で構築するユーザ間の動的信頼モデルを利用する。

[文献 2] Josang, A., Ismail, R., Boyd, C.: A survey of trust and reputation systems for online service provision. Decision support systems 43, 618-644, 2007.

[文献 3] Chandola, V., Banerjee, A., Kumar, V.: Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41, 1-58, 2009.

### 4. 研究成果

#### (1) 重要な時系列的イベントの抽出法

本研究の目的の達成のため、まず、重要な時系列的イベントの抽出法を確立した。レビューサイトにおいて、あるユーザがあるアイテムにレビューすることにより、そのアイテムのレビュー傾向が大きく変化することが発生するが、このような時系列的イベントやそれらを頻りに誘発するようなユーザを発見することを目的として、ユーザの基本評点行動として多項分布モデルを仮定し、

尤度比検定の枠組みで変化点検出問題を定式化した。さらに、この問題を実用的な時間で解くために、貪欲法と局所改善法を組み合わせた近似解法を提案した。また、この手法を基盤としての、重要な情報を発信しているレビューやユーザの検出法や、「やらせ」や「さくら」などの異常ユーザの検出法を構築した。化粧品レビューサイトである@cosmeより入手したデータセットを対象に計算機実験を行い、本手法による時系列イベントの抽出が実際に有効であることを確認した。

#### (2) 時間減衰ダイナミクスを導入した、Z-スコアに基づくアイテムランキング法

ソーシャルネットワーク上でのユーザの意見形成過程について、時間減衰ダイナミクスをもつ意見形成モデルが提案されているが、本研究では、レビューサイトにおけるユーザのアイテムに対する評点行動の分析と評価を目的として、Z-スコアに基づくアイテムランキング法に、指数的とべき乗的時間減衰ダイナミクスを導入した、Z-スコアに基づくアイテムランキング法を提案した。書籍に関するレビューサイトであるブックログと、映画に関するレビューサイトであるYahoo!映画よりの入手したデータセットを用いて、提案法の有効性を確認した。

#### (3) 動画共有サイトにおける、動画が有する集客能力に依存しないランキング生成手法

動画共有サイトにおける楽曲動画のランキングについて、一般に、楽曲動画は再生数、コメント数、マイリスト数の推移を基にランキングされるため、上位にランクインするためには、動画投稿者や動画内容に高い集客能力が求められる。ゆえに、集客能力が乏しい楽曲動画は、楽曲そのものが優れていても、上位になることが困難である。本研究では、ユーザが動画を再生してマイリストに登録する行動をベルヌーイ試行であると仮定し、動画がマイリストに登録された割合を統計的に有意な評価値として正規化し、さらにその評価値の推移を取ることで、動画が有する集客能力に依存しないランキングを生成する手法を提案した。ニコニコ動画から取得した楽曲動画データを対象にした計算機実験により、提案手法が従来手法に比べて明確な差別化ができていることを確認した。

#### (4) 動画共有サイトにおける重要な楽曲カテゴリの抽出法

(3)の動画共有サイトにおける動画評価手法を発展させ、重要な楽曲カテゴリ(タグ)を抽出する問題に取り組んだ。具体的には、Mann-Whitney の二軍順位統計量を多群に拡張した方法、および、その拡張である統計量を提案した。また、評価値の時間的推移の類似度を計算することによるクラスタリング手法を提案した。ニコニコ動画の楽曲動画データを用いた計算機実験により、提案手法

の特性を明らかにした。

#### (5) データの内容分布による時系列データの区間分割手法

(1)の単一のトピックについての変化点検出手法を発展させ、時刻間隔や頻度の変化がなく、データの内容分布が変化するようなデータに対して適用可能な、時系列データの区間分割手法を提案した。地域振興イベントである第7回静岡おまちバルで設置したFree Wi-Fi Spotのアクセスログデータを用いて計算機実験を行い、本手法によって、アクセス分布の変化を基に、アクセスログを有意に分割することができることを確認した。

#### (6) ユーザ間の潜在ネットワークの構築、および、それを用いたユーザ群の類型化手法

レビューサイトでは、ユーザ同士が互いのレビューを参考にしながら購買活動を行っているため、その関係をネットワークと捉えることが可能である。ユーザ間のリンクの結合を、商品などのアイテム軍に対するレビュー評点から予測し、ユーザ間の潜在ネットワークを構築する手法、および、それを用いたユーザ群の類型化手法を確立した。化粧品のレビューサイトである@cosmeに投稿されたレビューデータを用いた計算機実験により、本手法の有益性を示した。

#### (7) 空間的減衰関数を用いたオブジェクトのランキング手法

非公表の手法、または、レビュー投稿数や平均評点のような素朴なソーシャル情報によって生成されるレビューサイトランキングの欠点を解消するための、仕組みが明確でナイーブな情報のみで依存しないようなランキング手法として、ユーザの基本評点行動として多項分布モデルを仮定し、投稿されたレビュー数とその平均評点を統計モデルに基づいて変換した評価値を提案した。特に、レビューサイトにおいては、オブジェクトの実際の位置によっても不平等性が生じる可能性が高いが、この不平等性の解消のため空間減衰関数を用いたランキング法を提案し、提案手法が地域による不平等性を低くすることを示した。観光レビューサイトTripAdvisorにおける日本の観光スポットのレビューデータを用いた計算機実験により、提案手法は、従来のランキング手法に比較して、地域によるランキングの不平等性を低下させることを示した。

#### (8) 時期的な信頼を考慮したデータの区間分割法

レビューサイトにおいては、オブジェクトが登録された時期によって有利不利が生じる可能性が高く、これを解決するために時間減衰関数を用いる手法が提案されている。この考え方を進め、レビュー時系列データの評点分布の変化に着目しての、時期的な信頼を

考慮したデータの区間分割法として、基本多項分布法、異常区間除去法、信頼区間採用法の三手法を提案した。TripAdvisor のレビューデータを用いた計算機実験により、特に信頼区間採用法が、レビュー投稿数やレビュー平均評点といったナイーブな情報に依存しにくい性質を持っているため、新たな評価値としての有用性が期待できることを示した。

#### (9) ネットワークの構造分析法の新規提案

大規模なソーシャルネットワークの特徴的な構造特性を見出すため、特に有向非巡回性の高い構造を持つネットワークを対象に、異なる特性を有する人工ネットワーク構成法、Bottom-k Sketch による可到達ノード数推定法、および、到達ノード数分布のプロットによるネットワーク構造分析法を提案した。大規模な実ネットワークとして Stanford Large Network Dataset Collection から得た実ネットワークを用いた評価実験で、構造特性が到達ノード数分布に明確に反映されることを確認し提案法の有望性を示した。

### 5 . 主な発表論文等

#### 〔雑誌論文〕(計 1 件)

[1] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. 評点時系列データの区間分割法. 日本データベース学会論文誌, Vol.12, No.3, pp.1-6, 査読有. 2014.2.

#### 〔学会発表〕(計 17 件)

[1] 山岸祐己, 斉藤和巳. レビューサイトにおける異種情報に基づく変化点検出法. 第 27 回人工知能学会全国大会 (JSAI2013), 富山国際会議場, 2013.6.4.

[2] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. レビューサイトにおける異常検出を用いた重要ユーザ選定法. 第 12 回情報科学技術フォーラム (FIT2013), 鳥取大学鳥取キャンパス, 2013.9.4.

[3] 木村唯香, 斉藤和巳, 武藤伸明. Zスコアに基づくアイテムランキングのブックログサイトでの評価. 第 100 回知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS), 慶応義塾大学日吉キャンパス, 2013.10.25.

[4] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. レビュー評点時系列データの変化点に基づくアイテムとユーザの分析. 第 6 回 Web とデータベースに関するフォーラム (WebDB2013), 京都大学百周年時計台記念館, 2013.11.28.

[5] 山岸祐己, 斉藤和巳. 統計モデルに基づく楽曲動画のランキング手法. 第 6 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2014), 淡路夢舞台&ウェスティン淡路, 2014.3.5.

[6] 山岸祐己, 斉藤和巳. 統計モデルに基づく楽曲動画の評価推移分析. 第 28 回人工知能学会全国大会 (JSAI2014), ひめぎんホール (愛知県民文化会館), 2014.5.14.

[7] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. A Comparison of Video Ranking Methods Based on a Time Series Analysis of Tags Using Multi-category Order Statistics. ネットワークが創発する知能研究会 (JWEIN2014), 電気通信大学 80 周年記念会館, 2014.8.22.

[8] 鈴木優伽, 伏見卓恭, 武藤伸明, 斉藤和巳. ユーザ評点データによるネットワーク構造推定. 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014), 筑波大学筑波キャンパス, 2014.9.3.

[9] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. 順位統計量に基づく楽曲動画のタグ付け傾向の分析. 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014), 筑波大学 筑波キャンパス, 2014.9.4.

[10] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. 時間減衰を考慮した統計モデルに基づく動画のランキング手法. 第 7 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2015). 磐梯熱海ホテル華の湯, 2015.3.2.

[11] 山岸祐己, 斉藤和巳, 武藤伸明. アクセスログデータの区間分割に基づくユーザ行動分析. 情報処理学会第 77 回全国大会. 京都大学 吉田キャンパス, 2015.3.19.

[12] 山岸祐己, 斉藤和巳. 位置情報を考慮した統計モデルに基づく観光スポットのランキング手法. 第 29 回人工知能学会全国大会 (JSAI2015), 公立はこだて未来大学, 2015.5.30.

[13] 山岸祐己, 斉藤和巳. 統計モデルに基づく観光スポットの評価における空間的信頼減衰パラメータの推定. 第 12 回観光情報学会全国大会 (STI2015), 近江町交流プラザ, 2015.6.19.

[14] 山岸祐己, 斉藤和巳. レビュー評点時系列データの区間分割に基づく時期的信頼を考慮したランキング手法. 第 12 回ネットワーク生態学シンポジウム (NETECO2015), 静岡県伊東市 山喜旅館, 2015.8.3.

[15] 山岸祐己, 斉藤和巳. 評点時系列データの信頼区間と異常区間の検出に基づくランキング手法. ネットワークが創発する知能研究会 (JWEIN2015), 日本大学理工学部駿河台キャンパス, 2015.8.19.

[16] 山岸祐己, 斉藤和巳. 時空間情報を考慮した統計モデルに基づく観光スポットのランキング手法. 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), 愛媛大学城北キャンパス, 2014.9.4.

[17] 山岸祐己, 斉藤和巳. 人工ネットワークでの Bottom-k Sketch による可到達ノード数推定評価. 情報処理学会第 78 回全国大会. 慶応義塾大学矢上キャンパス, 2016.3.11.

#### 〔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〕

特になし

6．研究組織

(1)研究代表者

武藤 伸明 (MUTOH NOBUAKI)

静岡県立大学・経営情報学部・教授

研究者番号：40275102

(2)研究分担者

斉藤 和巳 (SAITO KAZUMI)

静岡県立大学・経営情報学部・教授

研究者番号：80379544

池田 哲夫 (IKEDA TETSUO)

静岡県立大学・経営情報学部・教授

研究者番号：60363727

大久保 誠也 (OKUBO SEIYA)

静岡県立大学・経営情報学部・助教

研究者番号：90422576

(3)連携研究者

なし