

令和元年6月11日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00306

研究課題名(和文)人間関係分析のための知識発見アルゴリズム

研究課題名(英文) Knowledge discovery algorithms for social network analysis

研究代表者

犬塚 信博 (Inuzuka, Nobuhiro)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：10221780

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：人のネットワークを分析するためのアルゴリズムを検討し、社会ネットワーク分析、形式概念分岐、帰納論理プログラミング、パターンマイニングのアプローチによって効果的手法を開発した。ネットワークでは対象が無限定につながっているといった構造的長を有し、対象を単位として方法では扱えず、新たなアプローチが必要である。個人を中心に考えるエゴセントリックネットワークやこれを論理的パターンとして扱う新たな方法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

データ分析において現在は統計的に扱うことが主流であるが、論理的、形式的方法はデータを理解することに役立ち、重要な立場である。これまでこの枠組みでは独立した個物の性質を扱ってきたが、対象が複雑につながりあうネットワークに潜むパターンを扱うことが困難であった。本研究はこうした課題を扱い、関連するいくつかの立場から可能性を探った。人のネットワークは、SNS等のサービスにおいてさまざまな推薦を行うなど、応用の可能性も大きい。

研究成果の概要(英文)：In order to deal with social networks by individual patterns we developed new effective algorithms by approaches including social network analysis, formal concept analysis, inductive logic programming and pattern mining. Network has a character that objects are connected to others without borders, and then it is difficult to treat conventional algorithm that is based on individual objects. Our new algorithms are based on ego-centric networks and a logical method to treat the networks as logical patterns.

研究分野：人工知能

キーワード：社会ネットワーク分析 帰納論理プログラミング 形式概念分析 パターンマイニング

1. 研究開始当初の背景

コンピュータ技術やインターネット環境の発展によって、自動的なデータ分析によって様々な分野で自動的な発見を行う技術が進展してきている状況において、SNSのような人々の活動を支援する分野においても、そうしたパターン発見のアルゴリズム、すなわちデータマイニングの技術の開発が急がれている状況があった。データ分析においては、統計的手法が成功をあげてきた一方で、形式的・記号的手法においても優れた手法が開発されてきたが、社会学的方法との融合には至っていなかった。

この分野で有望な帰納論理プログラミングの方法は、データの複雑な構造を扱うことに成功してきていた。しかしながら、人のネットワークのように、無限定につながりが広がる領域(開いた構造)においては、課題が多く、挑戦的課題であり、また、応用の可能性が高い分野である。また、これ以外にパターンマイニングの方法や形式概念分析の方法は、形式的・記号的分析手法として有望であり、これらを融合した分析方法を探ることを目的とした。

また、もともと社会学分野で研究が進められてきた社会ネットワークにおいて、エゴセントリックネットワークのアイデアは、ネットワークを局所部分に切り取る方法であり、その分析と組み合わせた手法の開発が有望と考えられた。

また、社会ネットワーク分析の方法がコンピュータ科学においても注目を集め、ネットワークの構造的特徴と、その広がりや解釈といった意味内容との関係を探る方法についても注目が集まっていた。

2. 研究の目的

人間関係に関してパターンを発見する分析方法を形式的・記号的アプローチによって確立することを目的とした。人のネットワークには、個別の状況とは別に、ネットワークとして有する特徴的パターンが含まれていることがそれまでの研究で得られていた。これは統計的にも見られる特徴であるが、個別の局所的パターンにおいても特徴的パターンがあらわれる。しかしながら、そうしたパターンを体系的に調査するためにはパターンを抽出し、表現する方法が必要であり、形式的・記号的発見手法が適切である。

そこで本研究では、これまでに代表者が研究してきた帰納論理プログラミングの方法を発展させ、ネットワークのパターンマイニングの方法を探る必要がある。帰納論理プログラミングは自然言語と同等な高い表現力を有する一階述語論理を用いて、データに潜むパターンを見つける枠組みである。この方法は高い表現力の一方で探索コストが大きいと、効率的なアルゴリズムが求められる。ネットワークは、対象が連結され、無限定に広がっている。こうした対象はこれまで帰納論理プログラミングが扱ってきた領域とは異なっており、アルゴリズム論的にも興味深い研究対象である。

さらに、パターンの複雑さから、他の手法と並行して研究を進めることとした。すなわち、形式概念分析の方法及びエゴセントリックネットワークの方法である。形式概念分析は、対象と属性から定義される概念の構造を調べる方法であるが、代表者らはすでにこれをネットワークの分析に活用する方法を開発していた。しかし、きわめて複雑な構造となり、構造を俯瞰する方法の開発が必要であった。また、エゴセントリックネットワークは、広がるネットワークを局所のネットワークの構造毎に分析する方法である。これらの方法を組み合わせ、人のネットワークを形式的・記号的に分析する方法を開発することが目的である。

また、これらのメインの研究プログラムと並行して、ネットワークの構造的長がネットワーク上を活動する人の行動やネットワークの広がりによつてどのような影響を持つのかについての研究や、記号的データマイニングの方法を用いた人の行動パターンの研究についても進めた。こうしたネットワークの振る舞いの全体の理解やパターンマイニングの研究が、研究の進展につながると考えられたためである。

3. 研究の方法

2つの研究プログラムを中心に研究を進めた。すなわち、帰納論理プログラミングによるエゴセントリックネットワーク分析と形式概念分析に基づくネットワークデータの可視化である。

(1) 帰納論理プログラミングによるエゴセントリックネットワーク分析

帰納論理プログラミングはデータに潜むパターンを論理式によって表現した形式で抽出、枚挙する枠組みである。論理式の性質が克明に判明しているため、これを利用して効率的なアルゴリズムが開発されてきた。われわれは、データに潜む基本パターンの組み合わせでパターンを探る方法をこれまでに開発してきている。

しかし、ネットワークの開いた構造では、この方法を適用できない状況にあり、基本パターンの考え方を考える必要があった。基本パターンをエゴセントリックネットワークとし、これの重ねあわせで、パターンを作り出す方法を基本的な発想とし、アルゴリズムを構成する。こ

の基本アルゴリズムを実際のネットワークに適用できるよう改良するのがこの研究プログラムである。

(2) 形式概念分析に基づくネットワークデータの可視化

形式概念分析の方法は、対象とその属性からなるデータセットに対して、ある対象集合が共通して有する属性の集合について、この属性集合を共通して有する対象のものと対象集合に一致する場合、この対象集合と属性集合が概念を構成すると考える。このとき、データに含まれる概念の全体が、包含関係による順序において束の構造となる。

ネットワークデータに対して、ネットワークのつながりの構造から属性を構成し、これに形式概念の方法を適用する手法をこれまでに開発していた。この方法でネットワークのエゴセントリックネットワークに形式概念分析を適用することは可能であるが、束構造がきわめて複雑になる。これを見通しよい形式に簡約化したり、構造的指標によって評価したりすることによって全体を解釈することが可能となる。これがもう1つの研究プログラムである。

(3) その他のアプローチ

これ以外に、関連する研究アプローチを考慮して研究を進めた。人の行動が人との関係をつかむ1つの方法である。そこで、行動を観察する行動量のデータから行動のパターンを抽出する方法を関連して進めた。また、社会ネットワーク分析と関連して、ネットワークを通じたコミュニケーションとネットワーク構造の関係を探る研究についても進めた。

4. 研究成果

(1) 帰納論理プログラミングによるエゴセントリックネットワーク分析に関する成果

エゴセントリックネットワークを基本パターンとして、ネットワークの頻出パターンを枚挙するアルゴリズムを設計、実装した。このアルゴリズムは2006年に発表したボトムアップマイニングアルゴリズム MAPIX の考えをベースにしたものである。すなわち、データから基本パターンを抽出し、これを組み合わせて枚挙するものである。ただし、MAPIX では、組み合わせる際、頻度が小さいパターンの組み合わせは、頻度を超えないため、閉包性の性質を利用して枝狩りが可能であるが、このアルゴリズムにおいてはそのままこの性質が成り立たず、工夫が必要であった。様々な枝狩り手法を組み合わせて効率化を図ることを進めた。また、パターンの頻度を計算する際にパターンとネットワークのマッチングを行うアルゴリズムの工夫を行うなど、細かな調整を集積してある程度の規模のネットワークへの適用を可能とした。しかしながら、依然として規模が限定される結果となっている。

(2) 形式概念分析に基づくネットワークデータの可視化に関する成果

形式概念束はデータの複雑化に伴って規模が大きくなり、全体を見通すのが困難になる。人のネットワークデータは、人間関係という不安定なデータであるため、ある意味のノイズを広い、そのため、複雑な束構造となってしまう。そこで、ノイズをそぎ落としてすっきりとした簡約化をしていくことが望ましい。

本研究では、概念束を簡約化するための方法を検討した。すでに、多くの簡約化の方法が提案されている。しかしながら、いずれの方法も一面を扱っており、方法のよさの全体像が理解されていなかった。そこで、方法を見通しよく比較するため、簡約化に関する様々な指標を考案し、比較を行った。安定性や代表性などの観点で重要な概念が簡約化の後も保存されるかどうか、また、逆に残る概念がどのような性質を持つか、もともと存在した構造的性がどの程度保存されるかといった観点である。

また、形式概念束が複雑な場合、これを簡単にするもうひとつの方法は束を複数の部分に分解する方法である。分解の方法は代数的に定義されるいくつかのものが、単純にいくつかの部分に分ける方法、また、全体の構造を示す部分とその内部に分けるわけ方などがある。しかしながら、分解という観点で見通しよくまとめた研究は少なく、まず、分解法の全体をまとめた。次に、分解法の評価を行うため、分解によってオリジナルの束に含まれていた情報がどれだけ保持されているかどうかを調査した。もちいた情報は概念自身と概念間の含意関係である。多くの分解がこれらの情報を保持できるが、その条件に強弱があることがわかった。また、実際に分解を適用するための条件にも強弱があり、常に適用できるわけでない。比較的多くの場合に分解が可能な方法があることもわかった。

(3) その他のアプローチにおける成果

人の行動をスマートフォンの加速度センサーのような行動量計によって解釈・把握し、行動のパターンとして取り出す研究を行った。信号処理の技術で行動のパターンを認識する研究はあるが、行動の原始的なパターンを高度素として定義し、行動素の列を文字列としてそのパターンを抽出する方法を提案した。文字列として頻出するパターンのルールを取り出し、ルールの現れ方を人のグループに対応付けられることを明らかにした。すなわち、人の行動のパターンによって人のグループを構成することができ、人のつながりをここから解釈できる可能性が

ある。この方法は歩行などの日常的行動やスポーツ等に応用が可能である。

人のつながり方を分析するため、人のつながりがどのように発生するのかに関するモデル化の研究も実施した。友人関係は友人になることによる利得を中心にモデル化する功利的モデルが従来から提案されてきていたが、社会ネットワーク分析の考え方を取り入れ、構造的モデルを検討した。構造的モデルとは、各人の特性によって友人関係が結ばれるのではなく、たとえば、すでに夕人である2人の間に、友人関係が生まれるように、これまでにある友人関係の結ばれ方によって新たな友人関係が生まれるという考え方である。こうしたモデルによって実際の友人関係の推移についていくつかの現象が説明できることが明らかになった。

また、コミュニティのような社会構造において、人のリーダーシップがどのように人の活動に影響を与えるかについて、人のネットワークをモデルとして検討する研究を行った。ネットワークにおける構造的長とその人がリーダーとして活動したときの影響力に関係があることが明らかになった。コミュニティ活動やボランティア活動のモデルとして活用が可能な成果である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

深谷有吾、石樽隼人、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、属性間の関連度を用いた分解による概念束の単純化、情報処理学会数理モデル化と応用(TOM)、掲載決定、2019、査読有り
Kosuke Shima, Koichi Moriyama, Atsuko Mutoh and Nobuhiro Inuzuka, Physical and Behavioral Characterization of Human Groups Classified Using Symbolic Pattern Analysis, Procedia Computer Science (Elsevier), vol. 126, 2018, 1206-1215, 査読有り

島孔介、森山甲一、武藤敦子、犬塚信博、加速度データの文字列表現に基づく行動中の動き方に着目した人のグループ分け、情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM)、10巻、2号、2017、51-58、査読有り

Atsuko Mutoh, Yuta Imura, Ryumaru Kato, Tohgoroh Matsui, Nobuhiro Inuzuka, A model of friendship networks based on social network analysis, Artificial Life and Robotics (Springer Japan), vol.21, No. 2, 2016, 165-170, 査読有り

〔学会発表〕(計 17 件)

島孔介、森山甲一、武藤敦子、犬塚信博、ラジオ体操の区切りを利用しない加速度データの文字列表現と人の動作分析、情報処理学会モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会 (MBL)、2019

石樽隼人、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、属性情報の図示に基づく概念束分解手法の比較、情報処理学会知能システム研究会 (ICS)、2019

森遼太、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、01 包摂に基づくネットワークパターンマイニングアルゴリズムの効率的実装、情報処理学会第 80 回全国大会、2018

Yuta Izumi, Atsuko Mutoh, Koichi Moriyama, Nobuhiro Inuzuka, A Friendship Generation Model Considering Affiliations, IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2018

菱田祥吾、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、松井藤五郎、ネットワークの構造的制限を導入した友人関係形成モデルの提案、情報処理学会第 79 回全国大会、2017

賀川祐耶、武藤敦子、松井藤五郎、森山甲一、犬塚信博、他者との関係に基づくコミュニティ活動リーダー決定モデル、情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会 (MPS)、2017

賀川祐耶、武藤敦子、松井藤五郎、森山甲一、犬塚信博、人の繋がりに着目したコミュニティ活動の活性化への関わり度合いの分析、情報処理学会第 79 回全国大会、2017

菅田貞治、武藤敦子、森山甲一、坂田美和、犬塚信博、友人関係ネットワークの変化に対応した関係構築中心性の提案、情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会 (MPS)、2016

甲村啓伍、武藤敦子、松井藤五郎、森山甲一、犬塚信博、ネットワーク構造を導入したコミュニティ活動モデル、情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会 (MPS)、2016

荒谷康太、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、グループ活動による友人関係の形成とネットワーク構造の変化、情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会 (MPS)、2016

島孔介、犬塚信博、山口陽平、ラジオ体操に現れる特徴的動作の発見とその関係の分析、情報処理学会知能システム研究会 (ICS)、2016

Kosuke Shima, Atsuko Mutoh, Koichi Moriyama, Youhei Yamaguchi, Nobuhiro Inuzuka, Analysis of characteristic motions and their relations in radio gymnastic exercises, IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics, 2016

三木友祐、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、友人関係ネットワークを用いたコミュニティの時間推移の分析、情報処理学会第 78 回全国大会、2016

寺町太貴、石樽隼人、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、形式概念束の簡約化のための概念間の距離に関する検討、情報処理学会第 78 回全国大会、2016

石樽隼人、寺町太貴、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、形式概念間の距離を用いた概念束の簡素化の評価、人工知能学会第30回全国大会、2016
森遼太、武藤敦子、森山甲一、犬塚信博、ネットワーク構造のパターンマイニングにおける誘導部分グラフ同型に基づくパターンマッチング、人工知能学会第30回全国大会、2016
Tatsuki Ito, Sadaharu Sugata, Atsuko Mutoh, Nobuhiro Inuzuka, Transition of Local Structures of Friendship Networks, 3rd International Conference on Applied Computing and Information Technology/2nd International Conference on Computational Science and Intelligence, 2015

〔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)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。