

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330344

研究課題名(和文)大規模取引ネットワークにおける深層学習を用いた取引推薦手法に関する研究

研究課題名(英文)Deep Learning Approach for Supply-chain Network Analysis

研究代表者

森 純一郎 (MORI, Junichiro)

東京大学・政策ビジョン研究センター・准教授

研究者番号：30508924

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、大規模な企業間の取引ネットワークの分析に基づき、ネットワークにおける企業間の新たな提携・連携先の発見支援、および頑健で持続可能なサプライチェーンの構築支援を目的とする。そのために、機械学習手法である深層学習を用いて、企業間の取引に関わる大規模な異種のビッグデータから取引構造の潜在的な特徴量の抽出を行い、取引構造を汎用的にモデル化する手法の研究を行った。その上で実際に取引先の推薦サービスを提供するシステム構築を行った。これにより、企業の取引予測に有用な潜在的な特徴量を設計するための知見やレジリエントな取引ネットワークをデータに基づいて構築するための知見を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Aiming at supporting business partner recommendations and designing sustainable supply-chain networks, we propose the method to analyze customer-supplier networks using a machine learning approach. In particular, we extracted latent features from the structure of large and heterogeneous customer-supplier networks using representation learning. And we obtained the learning model which generalizes the structure of the customer-supplier networks. We also developed the business partner recommendation system based on the model. Finally, our results showed the important latent features for predicting potential business partners from a customer-supplier network. Those features can be also utilized for designing resilient supply-chain networks.

研究分野：知能情報学

キーワード：取引ネットワーク 機械学習 ネットワーク分析

1. 研究開始当初の背景

企業間に形成された密な取引構造は、組織を超えた協働や情報交換を促進し、産業の競争力の向上に寄与してきた。特に、地域に集積した企業間のネットワークである「地域クラスター」は、イノベーションを産み出す源泉として、産業政策上注目されてきた。海外においてはアメリカ・シリコンバレーやオースティン等の地域が有する競争力や、ドイツの“隠れたチャンピオン”と呼ばれる中小・中堅企業が有する国際競争力は、域内に形成された企業間の密なネットワークと深く関連している。現在では、産業の競争力や持続的な発展のためには、企業間のネットワーク構造を正しく理解すること、それらのネットワークを適切に構築していくことが重要であると広く認識されている。

我が国においては、各地域において集積された地域クラスターを中心に企業間ネットワークは経済の発展に寄与してきた。一方、近年は東日本大震災における被災地域の中核的な中小企業の生産停止によって被災地以外のサプライチェーンにも大きな影響が生じ、産業を支える中小企業の重要性が改めて認識され、企業では事業継続計画の策定のための自社のサプライチェーンの見直しが進んでいる。これらの背景を受けて、経営学、政策学、情報工学など分野横断的な研究として、企業間ネットワーク構造の定量的な分析、さらにデータ分析に基づき企業間の新たな提携や連携を支援する研究が近年国内外で行われている。その中で、数十万-数百万の企業からなる大規模な企業間ネットワークの情報、さらにウェブやデータベースなど異種の膨大な情報源からの企業に関する様々な情報といったビッグデータをどのように分析・活用し、企業間の新たな提携・連携の支援に資する知識を抽出するかは、重要な課題となっている。特に、大規模災害のような緊急時においてもレジリエントなサプライチェーン構築の支援は社会要請ともなっている。本研究では、機械学習手法である Deep Learning (深層学習)を利用して、企業情報、取引情報、ウェブ情報といった大規模の複数異種のデータから企業間取引構造のモデル化を行った上で、企業間の新たな提携・連携等の取引先を推薦する手法の研究を行う。

2. 研究の目的

本研究では、企業間取引に関わる大規模な異種のデータから、深層学習を用いて取引構造をモデル化する手法とその応用システムについて、具体的に以下の項目について研究を行う。

- (1) 深層学習を用いて、企業情報、取引情報、ウェブ情報等の大規模な異種のビックデータから取引構造の潜在的な特徴量を抽出する技術

- (2) 企業間の取引ネットワーク全体のレジリエンスを考慮した、企業間の新たな提携・連携等の取引先を推薦する技術

まず(1)について、企業の取引に関わる複数、異種の大規模な情報源から収集したデータから、企業間の取引構造のモデル化に重要な特徴量を明らかにする。これまでの私の研究では限定された情報を用いて取引関係の予測に有用な特徴量が存在することを明らかにしている。本研究では、大規模で異種な情報源からのデータを元に、企業間の取引構造をモデル化するためのより汎用的な特徴量の抽出手法について明らかにする。

次に(2)について、先の震災時のような状況下においても回復性があり持続可能な企業間の取引ネットワークを構築するために、ネットワーク全体の最適性を考慮しながら、企業間の個々の取引先を推薦する手法を明らかにする。具体的には、ネットワークのレジリエンスに関わる大域的な指標を最適するように、取引先を推薦する手法を研究開発する。さらに、実際に取引先推薦サービスとしてシステム構築することで手法の有効性の検証を行う。

3. 研究の方法

企業間取引に関わる大規模な異種のデータから、深層学習を用いて取引構造をモデル化する手法とその応用システムについて、次の2つの主たる技術(1)および(2)を大目標として研究開発を行う。各技術は具体的に以下に示す研究項目を行うことで実現を目指す。

- (1) 深層学習を用いて、企業情報、取引情報、ウェブ情報等の大規模な異種のビックデータから取引構造の潜在的な特徴量を抽出する技術
企業間の取引に関する大規模な複数異種の情報源からのデータ収集と大規模な取引ネットワークを分析する手法の設計と実装
深層学習を用いて取引構造に関する潜在的特徴量を抽出する手法の設計と実装
潜在的特徴量を用いた取引関係予測の学習器の設計と実装
- (2) 企業間の取引ネットワーク全体のレジリエンスを考慮した、企業間の新たな提携・連携等の取引先を推薦する技術
取引ネットワーク全体の回復性や持続可能性を定量化し、それらを最適化する取引先推薦手法の設計と実装
企業間の取引構造モデルに基づく取引先推薦システムの設計と実装
実証実験による手法およびシステムの評価および改善

各研究項目の実施にあたっては、これまでの研究成果の蓄積を十分に活用し、本研究を実施する。まず、連携研究者とともに私は、企業間の取引に関するデータとして、既に多様な業種について、全国の地域クラスターにおける数万社の企業の所在地、従業員数、業種等の属性情報ならびに取引情報を保有し、取引ネットワークの分析を行っている。さらに、各企業の製品や技術情報を企業のウェブページから独自に収集し、データベース化し保有している。本研究の実施にあたってはこれらの既保有データを拡充することで、効率的なデータの収集を行う。

次に、取引先構造モデルと取引先予測の学習器について、これまでの研究において私は、数十万の特徴量を利用した取引先構造モデルを構築し、取引予測の学習器の実装を行った。本研究においては、その研究成果を拡張し、本研究で取り扱う大規模な特徴量を扱える学習器の設計と実装を行う。さらに、取引先推薦システムの構築にあたっては、企業の新たな連携・提携先の発見支援のために私が構築し、すでにサービス提供を行っているウェブシステム「SMEET」を活用し、本研究で研究開発を行う取引先推薦の機能を実装した上で、同システムを通して研究開発期間内の早期の段階から複数の実証実験を行う。

4. 研究成果

平成 26 年度は、それまでの研究成果として、すでに保有している国内数万社の企業の属性情報、取引情報、ウェブから取得した製品・技術情報に加えて、各企業の市場情報、さらに出願特許情報から詳細な製品・技術情報の収集を行った。収集した情報に基づき、まず各企業の仕入先と販売先という取引関係をリンクとした大規模な取引ネットワークの抽出を行った。その上で、ネットワークのノードとなる各企業に対して、その企業のデータの関連づけを行った。企業のデータは所在地、従業員数、業種、売り上げ、利益等の基本的な属性情報、ウェブや特許情報から収集した製品・技術情報、そして市場情報を含む。属性情報および市場情報は、構造化されたテキスト・数値データであり、共通のスキーマに基づいて管理する。一方、製品・技術情報は基本的に非構造的なテキストデータであるため、自然言語処理により特徴語を抽出し多次元のベクトルデータとして管理する。

抽出した数万-数十万社の間の取引ネットワークのリンク情報とネットワークの構造情報（リンクの有無、ネットワーク中心性、モチーフ、コミュニティ等）を数百万から数千万の次元からなる入力として、深層学習の Greedy Layer-wise 学習により、非線形な変換を行い、取引ネットワークを特徴付ける低次元の潜在的な特徴量を抽出した。抽出された特徴量は、実際の取引構造をよりよく表現する本質的な潜在表現と考えられる。また、

取引ネットワークのノード情報である各企業の製品・技術情報についても特徴語とその複数の重みからなる数千万次元の入力に対して、深層学習により潜在的な特徴量の抽出を行った。属性情報や市場情報といった、他のノード情報についても同様に、超高次元の入力から低次元の特徴量の抽出を行う。深層学習においては、膨大な入力データ及びパラメータを扱う必要があり、GPGPU や並列計算機を用いた効率的な処理を行った。

平成 27 年度は、平成 26 年度の研究に行った、深層学習を用いた取引構造をモデル化するための潜在的な特徴量の抽出に基づいて、企業間の取引関係を予測するための学習器の設計と実装を行った。そのために、取引ネットワークにおいて、取引が存在する関係を正例、存在しない関係を負例として、複数の学習データセットを作成した。学習データセットに対して、線形関数や非線形なカーネル関数など複数の学習器の検討を行い、取引構造の潜在的な特徴量を用いた取引関係予測手法とその精度について知見を得た。

さらに、平成 28 年度に至っては、大規模災害のような緊急時においても取引ネットワーク全体がレジリエントであるために持つべき回復性や持続可能性等の性質について、サプライチェーンの専門家と議論し、それらの性質を定量化した。その上で、取引関係予測に基づいて取引先推薦を行う際に、ネットワーク全体のレジリエンスに関する指標を最適化するような定式化を行った。これにより、ネットワーク全体の最適性を考慮しながら、企業間の個々の取引先を推薦する手法の設計と実装を行った。

これらの研究成果は、複数の国際学術論文や学会発表としてまとめた。また、研究の知見は、経済産業省と内閣府地方創生推進事業の地域経済分析システム (RESAS) へも取り入れられている。質の高い企業間取引データの入手の難しさから、本研究のような、大規模な取引ネットワークデータに対して機械学習を用いた分析は、国内外においても萌芽的な研究であり、今後は取引ネットワークの時系列変化や国内外の取引を考慮した分析などの研究の展開が考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

Masanao Ochi, Yuko Nakashio, Yuta Yamashita, Ichiro Sakata, Kimitaka Asatani, Matthew Ruttely, and Junichiro Mori, Representation Learning for Geospatial Areas using Large-scale Mobility Data from Smart Card, International Workshop on Pervasive Urban Applications In Conjunction with ACM Ubicomp 2016, 査読有, 2016, pp. 1381-1389

DOI:10.1145/2968219.2968416
Yi Zuo, Yuya Kajikawa, and Junichiro Mori, Extracting of business relationships in supply networks using statistical learning theory, Heliyon, 査読有, Vol.2, 2016, e00123
DOI:10.1016/j.heliyon.2016.e00123
Junki Marui, Nori Nozomi, Takeshi Sakaki, and Junichiro Mori, Empirical Study of Conversational Community using Linguistic Expression and Profile Information, The 2014 International Conference on Active Media Technology (AMT2014), 査読有, 2014, pp. 286-298
DOI:10.1007/978-3-319-09912-5_24
Shino Iwami, Junichiro Mori, Ichiro Sakata, and Yuya Kajikawa, Detection method of emerging leading papers using time transition, Scientometrics, 査読有, Vol.1, 2014, pp.1515-1533
DOI:10.1007/s11192-014-1380-x

〔学会発表〕(計5件)

小林真輝人, 森純一郎, 取引ネットワーク情報を用いた企業の成長分析と企業間の関係抽出, 人工知能学会全国大会, 2017年5月23日~2017年5月26日, ウィンクあいち(愛知県名古屋市中村区)

金子大輝, 森純一郎, 新聞記事上の分散表現の時系列変化と企業業績の連動性, 人工知能学会全国大会, 2017年5月23日~2017年5月26日, ウィンクあいち(愛知県名古屋市中村区)

株田達矢, 森純一郎, 生存時間解析モデルを用いたベンチャー企業の成長予測, 人工知能学会全国大会, 2016年6月6日~2016年6月9日, 北九州国際会議場(福岡県北九州小倉北区)

伊藤諒, 森純一郎, 企業のウェブ情報を用いた取引マッチング支援システムに関する研究, 人工知能学会全国大会, 2016年6月6日~2016年6月9日, 北九州国際会議場(福岡県北九州小倉北区)

伊藤諒, 森純一郎, テキスト情報を用いた企業間取引推薦システムの構築と評価, 第7回テキストマイニングシンポジウム, 2015年9月10日~2015年9月11日, コンベンションルームAP渋谷道玄坂(東京都渋谷区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 純一郎 (MORI, Junichiro)
東京大学・政策ビジョン研究センター・准教授
研究者番号: 30508924