

令和 3 年 4 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K17663

研究課題名（和文）越境企業間ネットワークの分析による企業のグローバル戦略の時間発展の研究

研究課題名（英文）Understanding Global Trade Strategy by Studying Complex International Networks

研究代表者

久野 遼平（Hisano, Ryohei）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・講師

研究者番号：60725018

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的はグローバルな企業関係のデータ、主に海外の通関データや大企業の多層的グローバルネットワークのデータなどを統計的関係学習の応用や新規手法の開発などを通じて分析し、国際企業関係における企業のグローバル戦略の時間発展の実態に迫っていくことである。データの制約などを通じて後者の実態に迫る部分について画期的なものを生み出せたわけではないが、統計的関係学習の新規手法開発については大いに進展した。今後は本研究全体で考案した手法の紹介や応用を広く展開していく。

研究成果の学術的意義や社会的意義

グローバルサプライチェーンは企業の競争環境にも影響を及ぼしており、こうした潮流は新たなビジネス機会を生むと同時に様々な経営課題や政策課題を惹起する。そのため国内外における企業間取引の実態を多角的な基礎データと適切なモデルから定量的に把握することは、学術のみならずビジネスや政策においても重要な課題である。本研究課題によって創られた手法は多角的にデータを分析することを可能としている応用面で様々な発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：The current research aimed to develop new methodologies of analyzing information-rich networks, focusing mainly on the customs data and global supply chain. By doing so, I sought to better understand the evolution of the worldwide supply chain. Due to the limitation of datasets that I was able to obtain, I could not fully explore the potential of the developed approach using real datasets. However, I developed many valuable models even beyond the bipartite setting of the customs data. In the future, I plan to utilize this model using big real-world data to answer the critical questions that this research started.

研究分野：ネットワーク学習

キーワード：ネットワーク学習 グローバルサプライチェーン ノレッジグラフ

1. 研究開始当初の背景

現代ではグローバルサプライチェーンと呼ぶに相応しい国際的な分業体制が形成されつつある。国境を跨ぐ財の取引は飛躍的に増え、今や財の付加価値は国境を跨ぐグローバルネットワークで創造されることが常態である。グローバルサプライチェーンは企業の競争環境にも影響を及ぼしており、こうした潮流は新たなビジネス機会を生むと同時に様々な経営課題や政策課題を惹起する。そのため国内外における企業間取引の実態を多様な基礎データと適切なモデルから定量的に把握することは、学術のみならずビジネスや政策においても重要な課題である。

2. 研究の目的

グローバル化の進展と共に企業は国境を跨ぐグローバルネットワークで増々活動するようになってきている。こうした状況は経営戦略の変化やグローバルな政策課題など新たな問題を生む事が懸念され、近年取得可能となったビッグデータを活用した統計的・計算科学的研究を通じて、実証的にその実態に迫る事は喫緊の課題である。本研究の目的は統計的關係解析の観点から主に海外の通関データや大企業の多層的なグローバルネットワークのデータなどを定量的に分析する事と、統計的關係分析における新規分析手法の開発を通じて、国際企業関係における企業のグローバル戦略の時間発展の実態に迫ることである。

3. 研究の方法

統計的關係分析における新規分析手法の開発について次の3つの課題を達成することを当初の方法論とした。第1に多層的關係で結ばれているマルチプレックスネットワークにおけるリンク張り替えを予想できるモデルを開発し、それを応用することでグローバルネットワーク上の企業関係における戦略の変化に考察を与えることである。企業間の関係は本質的に多層的なものである。仕入・販売関係以外にも戦略的アライアンス関係、関係会社、特許のライセンス関係、競合関係など多様な企業関係がグローバルネットワークを彩る。「戦略的アライアンス関係を結ぶ事が将来の仕入・販売関係にいかなる影響を与えるか」などの問題は単一の関係しか考慮しない従来のモノプレックスネットワークの手法では限界があり、この点を改善する予定であった。特にマルチプレックスネットワークの研究は統計学的にもネットワーク科学的にもまだまだ先行研究が少なく、技術的な発展の余地は数多く残されている。第2に外生ショックの企業関係の張り替え行動への影響を分析することである。ネットワークのショック伝播に関する従来研究の多くは、データの取得可能性の都合から、ネットワークのリンク構造は不変であると仮定している。そのため外生ショックとリンク構造の張り替えを明示的に分析したものは少ない。国内サプライチェーンにおいて外生ショックと企業関係の張り替え行動を分析した数少ない研究は申請者も過去に実施しており、分析をグローバルネットワークに拡張し、グローバルリスクに考察を与える。第3に企業ネットワーク、財同士の関係、企業と財の関係など、複数ネットワーク間同士に關係構造がある、クロスグラフ関係を分析できる手法を開発し、複数ネットワーク同士の関係を明らかにすると同時に、将来に対する予想モデルを構築することである。これは一つ一つのネットワークをベースにした予想と異なり、より多くの情報を用いる事で予測精度の向上が期待できると同時に、グローバルネットワークにおける企業と財などの繋がりを考慮できるようになり、例えば「グローバルネットワークにおいて稀少資源や紛争鉱物の取引量がどれくらい今後も上昇するか」など具体的なシナリオ分析が可能になる。

4. 研究成果

本研究の新規分析手法の開発のポイントは、変化、取引財、重量の情報など通常のネットワークよりも多様な情報を含むネットワーク分析の一例として越境企業間ネットワークを分析する手法を開発することにある。そのため申請研究の初年度は越境企業間ネットワークでも顕著に観察されるリンク形成ならびにリンク切断の問題に焦点を当てた研究を実施した。国を跨ぐ企業関係は移ろいが激しく、国内サプライチェーンのように長期関係が主たるものというわけではない。そのため新規リンクの形成ならびに既存リンクの切断を予測できるようになることは、グローバルサプライチェーンのリスクを評価する上で非常に重要な課題であると言える。初年度はこの点に目をつけてネットワークのリンク形成ならびにリンク切断過程に関して基礎的なモデルを構成する事に注力し、開発に成功した。開発したモデルは通関データに代表される越境企業間取引以外でも使用できる汎用的なアルゴリズムであり、モデルの検証に関しては国内企業ネットワークなど他のデータも利用した。その結果、特にリンクの切断問題に関して既存モデルよりも精度が出るモデルを開発する事に成功した[1-2]。無論、リンク切断の問題は依然精度改善の余地が残されており今後は取引財の情報など他の情報も含んだアプローチも検討していく予定である。本年度は上記の研究活動以外にもアウトリーチ活動にも積極的に取り組んだ。具体的には越境企業間ネットワークにおける企業の社会的責任に焦点を当てたOECDの政策フォーラムにパネリストとしても登壇してきた。ビジネスマンや政策関係者が主たる顔ぶれの中でグローバルサプライチェーンを用いた取引構造の分析に関して学術的な立場から発表並びに討論を

行った。

2年目は昨年度の成果を踏まえ日米通関取引の企業関係や取引内容、企業の産業構造などの異質な情報を考慮した取引関係の変遷モデルを構築する予定であった。そうすることによって日米の貿易環境の変化に関連する企業関係の変遷を深く浮かび上がらせることが可能になり本研究課題の目的を達成する上では必須のステップと言える。しかし2年目の中頃に異質な情報を活用する研究に関して、上記の日米通関取引に限定せずもっと大きな枠組みで分析する手法を開発する方法に見当がついた。そのため今年度は通関取引に限定せずより大きなデータベースの中で異質な情報を考慮できるモデルの構築に努めた。データベースは世界中の上場企業およびその周辺の企業を対象とし企業関係も仕入れ・販売関係以外にも債務・債権関係、ライセンス関係など多様なものを含むものとした。また企業や財以外にも人や株式の所有構造の情報もデータベースの中にも含めることにし情報量は飛躍的に増大した[3]。このデータベースの中で通関取引に焦点を絞った研究に最初から取り組むこともできたが、通関取引を分析する上で活用できるデータベースの情報量は他の問題設定に比べて比較的に小さくなってしまった。また異質な情報の活用を検討していく上で、最初は広範にデータベースを活用したモデルを構築した方が見通しがよくなると判断したため2年目はより大きくデータベースを有効活用できる投資除外リストの予想問題に焦点を当てた。その結果として異質な情報を含んだデータベースを用いることによって飛躍的に予想精度が向上することを示すことができた。一見すると本研究に関係しないように思えるが、異質な情報を含むデータベースの分析に対して洞察を得ることができるモデルを構築した功績は大きく同様のアプローチで通関取引も分析できるようになる。

3年目は2年目の発展として多様な情報を含むネットワークに関する分析手法の開発に取り組んだ。これは本研究が主として対象とするデータよりも一般的なデータを対象にした分析手法であるが、より一般的な状況に対応した分析手法を開発したことで、本研究の一層の発展が期待される。また並行してテンポラルネットワークの分析手法開発についても精力的に取り組んだ。開発した新しい手法は通関データなど経済データで観測される経験的規則性を考慮できるもので本データの分析に相応しいものである。今後はこれまで開発してきた両手法を元に通関データを本格的に分析していく予定である。本研究課題において最も課題になっているのは分析手法の開発に力を注ぎすぎ、実証分析としての深掘りがあまり進んでいないことと、国内外における発表活動が十分にできていないことである。今後はテンポラルネットワークに根差したモデルのさらなる開発と並行して、これまで開発したモデルを活用することで、本研究課題の実証分析を進める。また、経済取引であることを加味してマッチングに根差した実証分析も追加で新たに行っていく予定である。

研究の最終年度は本来なら学会発表にあて国内外を飛び回る予定であった。特にスイスの共同研究者が同様の二部グラフに対する分析を行っていることがわかったため詳細をつめに渡航する予定であった。しかしながらCOVID-19の影響が思いのほか長引いたためなかなかそうはいかず、自宅で研究を細々と進めることに方向転換せざるをえなかった。新規の業績としては初年度の業績を拡張する形で新たにネットワークの潜在構造を推計する手法を考案した[4]。論文投稿も済みであり複雑系ネットワークの国際会議においても発表済みである。同手法はエッジ交換可能性に着目した極めてシンプルなモデルである。そのためテンポラルネットワークのみならず異質情報ネットワークやネットワークの集団にも容易に拡張可能であり今後の発展が期待される。

通関データなど二部グラフの設定を超えて豊富な情報を含むネットワークデータに対しても様々な分析をできるようになったのが一番の成果である。今後はこうして新たに創ったモデルや知見を元に異質情報ネットワーク(ノレッジグラフ)やネットワークの集団への分析に繋いでいく。さらに最終年度で始めたもう一つ大きなこととしては、本研究全体で考案した手法の紹介や応用を広く説明するために著書の執筆にもとりかかった。ネットワーク学習全般を対象としているため年度内には終わらなかったが、引き続き執筆していく予定である。基礎理論やモデルの解説だけでなく本課題で分析したデータも用いた応用例も掲載していく予定である。

[査読付き論文]

[1] Ryohei Hisano, “Semi-supervised Graph Embedding Approach to Dynamic Link Prediction”, CompleNet 2018, Northeastern University, Boston, March 4-8, 2018. In: Sean Cornelius, Kate Coronges, Bruno Gonçalves, Roberta Sinatra, Alessandro Vespignani (Eds.), **Complex Networks IX. Springer Proceedings in Complexity, page 109-121, 2018, 13 pages.**

[2] Ryohei Hisano, “Learning Topic Models by Neighborhood Aggregation”, **IJCAI 2019, Macao, China, Aug 10 -16, 2019, 8 pages.**

[3] Ryohei Hisano, Didier Sornette, Takayuki Mizuno, “Prediction of ESG compliance using a heterogeneous information network”, *J Big Data* 7, 22 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00295-9>, 19 pages.

[4] Wenning Zhang, Ryohei Hisano, Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, “Nondiagonal Mixture of Dirichlet Network Distributions for Analyzing a Stock Ownership Network”, **Springer International Publishing, Complex Networks & Their Applications IX, 10.1007/978-3-030-65351-4, 12 pages.**

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ryohei Hisano, Didier Sornette, Takayuki Mizuno	4. 巻 7
2. 論文標題 Prediction of ESG compliance using a heterogeneous information network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Big Data	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Ryohei Hisano	4. 巻 2019
2. 論文標題 Learning Topic Models by Neighborhood Aggregation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IJCAI 2019	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ryohei Hisano	4. 巻 1
2. 論文標題 Semi-supervised Graph Embedding Approach to Dynamic Link Prediction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Complex Networks IX. Springer Proceedings in Complexity	6. 最初と最後の頁 109-121
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-319-73198-8_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 4件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 久野遠平
2. 発表標題 ノレッジグラフを用いた社会的責任投資
3. 学会等名 第11回計算社会科学とその周辺セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryohei Hisano
2. 発表標題 Learning Topic Models by Neighborhood Aggregation
3. 学会等名 IJCAI 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田崇裕, 久野遼平, 大西立顕
2. 発表標題 トピック間の階層構造を考慮したGaussian LDAの構成
3. 学会等名 研究報告自然言語処理 (NL), 2019-NL-241
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久野遼平
2. 発表標題 Predicting Adverse Media Risk using a Heterogeneous Information Network
3. 学会等名 キヤノングローバル戦略研究所 (CIGS) : 経済・社会の分野的横断研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryohei Hisano
2. 発表標題 Predicting News Events using a Heterogeneous Information Network
3. 学会等名 3rd ETH Zurich-UTokyo Strategic Partnership Symposium on the United Nations Sustainable Development Goals and Innovation
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryohei Hisano
2. 発表標題 Analyzing Economic Texts using Network Based Topic Models
3. 学会等名 23rd International Conference on Computational Statistics, Aug 28-31, 2018, Iasi, Romania. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryohei Hisano
2. 発表標題 Semi-supervised Graph Embedding Approach to Dynamic Link Prediction
3. 学会等名 Complenet 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takayuki Mizuno, Ryohei Hisano
2. 発表標題 Technology Session Panelist
3. 学会等名 5th Global Forum on Responsible Business Conduct (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久野遼平
2. 発表標題 機械学習による景気ウォッチャー調査の分析～基礎と応用～
3. 学会等名 内閣府セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------