

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14982

研究課題名（和文）企業倒産が取引ネットワークに与える影響と自発的なレジリエンスの評価

研究課題名（英文）The impact of bankruptcy on trading networks and spontaneous resilience

研究代表者

尾崎 順一（Ozaki, Jun'ichi）

東京工業大学・情報理工学院・助教

研究者番号：40846739

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、企業間取引ネットワークにおける企業倒産のダイナミクスに注目し、分析およびモデル化を行った。株式会社帝国データバンクのCCRデータを用いて分析を進めた結果、企業倒産のみではなく、部分的な倒産も考慮しなければ主要な統計則を再現できないことが明らかになった。部分的な倒産とは、例えば民事再生法の適用時などに企業規模が急激に縮小する現象を指す。この現象は主要な統計則に現れる程度には重要であり、急遽その解析とモデル化が求められた。これらの結果を踏まえ、企業倒産に加えて部分的な倒産も取り入れた企業間取引ネットワークの時間発展モデルを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において提案された新しいネットワーク時間発展モデルは、企業売上推定のアルゴリズムと並列することによって日本の企業間取引ネットワークの主要な統計則（次数分布、売上成長率分布など計7つ）を完全に再現した。先行研究においては企業ネットワークの一部の性質のみを説明し、また別のモデルではテント型の成長率分布（ラプラス分布）を説明するのみといったアドホックな、部分的な説明に留まっていた。本研究はこれらの重要な問題を同時に解決し、複雑ネットワークと企業の統計則を橋渡しする統一的な見方を与えるものであると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on the dynamics of corporate bankruptcies in inter-firm trading networks and conducted their analysis and modeling. The analysis results using CCR data from Teikoku Databank, Ltd. revealed that the major statistical laws cannot be reproduced without considering not only corporate bankruptcies but also partial bankruptcies. Partial bankruptcy refers to the phenomenon of a sudden decrease in the size of a company, for example, when the Civil Rehabilitation Law is applied. This phenomenon is significant enough to appear in the major statistical laws, necessitating its analysis and modeling. Based on these results, we proposed a time evolution model of inter-firm trading networks that incorporates partial bankruptcies in addition to corporate bankruptcies.

研究分野：社会・経済物理学

キーワード：社会・経済物理学 複雑ネットワーク 企業間取引ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

現代において経済の本質的な部分を担っている企業間取引を複雑ネットワークとしてモデル化し、その上での物品やサービス、資金の輸送を考えることにより企業活動を捉える研究が盛んに行われてきた。例えば Barabási らの複雑ネットワーク生成モデルから派生した三浦らのモデル[Miura, et al., *PRL*, **108**, 168701 (2012)]は企業ネットワークの次数分布、平均成長率の再現に成功し、定常的な企業ネットワークの平均的な構造の生成過程を解明した。また現実のネットワークデータを用いた研究では、井上らがサプライチェーン上におけるショックの伝播モデルを提案し、災害の経済的損失の推定に成功している[H. Inoue and Y. Todo, *Nat Sustain* **2**, 841 (2019)]。またそれらの研究から派生し、応用上重要な課題である災害や企業倒産といったショックからどのように回復するかがレジリエンスという文脈において研究されている[J. Gao, et al., *Nature* **530**, 307 (2016)]。

しかし、それらのモデルは企業の内部構造や取引内容などの重要な詳細を無視し、一様なものとして扱う近似の下で考えられており、実際の経済活動における取引ネットワークの非均一性を理解するには不十分である。また、現実において企業は主体的に行動し、何らかのショックに対応して取引の切り替えを行うレジリエンスが至るところにおいて見受けられる。例えば実際の企業の倒産においては企業の一部は他企業に吸収され、倒産はその企業売上すべての損失を意味しない。倒産企業と取引を行っていた企業は自社の生産活動を維持するため、倒産企業の一部を合併または子会社化することにより、ビジネスに対する損害をできるだけ抑えようとするのが実務において行われているのである。

また、当初は企業ネットワークのダイナミクスのミクロプロセスについての未解明点も多く残されていた。特に、企業についての研究は主に、複雑ネットワークとしての企業ネットワークと、企業の売上成長率分布のような統計則に二分されており、両者にまたがり総合的に理解するような研究はあまり行われては来なかった。前者の研究としては例えば三浦らのモデル[Miura, et al., *PRL*, **108**, 168701 (2012)]、後者は Stanley らの分析[M. Stanley, et al. *Nature* **379**, 804 (1996)]があった。つまり、複雑ネットワークのダイナミクスモデルによっては、売上に関する企業統計則は最も基本的なものさえ説明されておらず、研究の余地は十分に残されていた。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、サプライチェーンの維持のために行われる企業のダイナミクスについて、特に企業倒産に着目した詳細なモデル化を行う。株式会社帝国データバンクが保有する企業取引ネットワークの時系列データを活用し、企業倒産のカテゴリライズ、また企業倒産が起こった場合に周りの企業がどう取引先を代替するかを業種や取引の属性の条件づけのもと推定する。それらをモデル化することにより、まず学術的には企業ネットワークのミクロプロセスを明らかにすることができ、また実社会への応用としては企業倒産の実際の影響をより詳細に含めたシミュレーションによるリスク評価が可能となる。

また、企業ネットワークのダイナミクスのミクロプロセスについてより多くを突き詰め、実用に耐える時間発展ネットワークのモデルの開発を目指す。企業倒産とネットワークダイナミクスは切り離すことはできず、したがってあらゆる種類の企業倒産を取り込んだネットワークダイナミクスモデルは必須であると考えられた。特に、実社会への応用についてはレジリエンスの効果を含めた長期間のシミュレータとして用いることが可能となる。

3. 研究の方法

本研究では、企業間取引ネットワークにおける企業倒産のダイナミクスに注目し、分析およびモデル化を行った。データは株式会社帝国データバンクの CCR データを用い、主に 2011 年～2020 年のデータ (COVID-19 パンデミック直前までのデータ) を用いた。このデータセットには、ほぼ全ての主要な日本企業の財務情報 (年間売上高、従業員数、借入金など)、企業情報 (設立・創業日、持株比率など)、企業間取引レベルのデータが含まれている。この期間では日本経済は分布の意味ではほぼ定常状態となっており、モデリングにおいて有用であると考えられたためである。

4. 研究成果

株式会社帝国データバンクのCCRデータを用いて分析を進めた結果、企業倒産のみではなく、部分的な倒産も考慮しなければ主要な統計則を再現できないことが明らかになった。部分的倒産 (partial bankruptcy) とは、例えば民事再生法の適用時などに企業規模が急激に縮小する現象を指し、特に大企業においては完全な倒産よりも部分的倒産が多く、会社の分割や一部ビジネスの放棄により企業規模が大幅に縮小する。この現象は主要な統計則に現れる程度には重要であり、急遽その解析とモデル化が求められた。そこで、当初の研究計画を一部変更し、優先的に重要であるこの課題に取り組んだ。これらの分析を踏まえ、企業倒産に加えて部分的な倒産も取り入れた企業間取引ネットワークの時間発展モデルを提案した。以下、本モデルとその結果について述べる。

本研究において提案された新しいネットワーク時間発展モデルは、企業売上推定のアルゴリズムと並列することによって日本の企業間取引ネットワークの主要な統計則 (次数分布、売上成長率分布など計7つ) を完全に再現した。先行研究においては企業ネットワークの一部の性質のみを説明し、また別のモデルではテント型の成長率分布 (ラプラス分布) を説明するのみといったアドホックな、部分的な説明に留まっていた。本研究は初めて同時にこれらの重要な問題を解決し、複雑ネットワークと企業の統計則を橋渡しする統一的な見方を提供するものと考えている。具体的には、以下の5つのプロセス(a)-(e)によって企業ネットワークのダイナミクスを再現する：(a) 消滅プロセス(b) 生成プロセス(c) 合併プロセス(d) 部分的消滅プロセス(e) 分裂プロセス。以上の5つのプロセスを、それぞれ確率を設定して繰り返す。これを売上推定のアルゴリズムである重力相互作用モデルと並列すれば、現実の分布を満たす企業ネットワークの時系列が得られる。1つの最適なパラメータセットによって、(1) ベキ指数-1.3の次数分布、(2) 毎年一定割合の企業の消滅、(3) 平均的な企業の指数的成長、(4) 新規生成企業の優先的接続、(5) ベキ指数-1の売上分布、(6) 次数-売上のスケーリング関係、(7) 対象なテント型の売上成長率分布、が実データと一致することを確かめた。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Ozaki Jun'ichi, Viegas Eduardo, Takayasu Hideki, Takayasu Misako	4. 巻 14
2. 論文標題 Integration of B-to-B trade network models of structural evolution and monetary flows reproducing all major empirical laws	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4628
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-024-54719-0	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

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Jun'ichi Ozaki, Hideki Takayasu, and Misako Takayasu
2. 発表標題 An application of firm-level Input-Output analysis: tracking money stream and categorizations of firms
3. 学会等名 ICES 2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 尾崎順一、高安秀樹、高安美佐子
2. 発表標題 売上変動の企業間取引を介した波及効果の推定
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾崎順一、高安秀樹、高安美佐子
2. 発表標題 非ジブラ則を満たす企業間取引の時間発展モデル
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾崎順一、Eduardo Viegas、高安秀樹、高安美佐子
2. 発表標題 種々の主要な経験則を満たす企業間取引ネットワークの統合モデル
3. 学会等名 JSAI 2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Jun'ichi Ozaki, Eduardo Viegas, Hideki Takayasu, Misako Takayasu
2. 発表標題 Integrated model of B-to-B trade network reproducing all major empirical laws: from structural evolution to monetary flows
3. 学会等名 87. Annual Meeting of DPG and DPG Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024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
---------	---------