

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870151

研究課題名（和文）レジリエンスと企業の生存戦略を考慮したサプライネットワークの構造解析と設計提案

研究課題名（英文）Structural analysis and design of supply networks considering both industrial resilience and firms' surviving strategies

研究代表者

鬼頭 朋見 (KITO, Tomomi)

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：50636107

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、実世界の企業間取引が織り成すサプライネットワーク構造を、産業全体のレジリエンスや効率性の観点と、個々の企業の生存性の観点の両方から解析し、それらを両立し得る構造的特徴の解明と設計提案への示唆の導出をおこなった。企業間取引関係を捉える大規模実データの収集・整理、およびその複雑ネットワーク解析により、複雑な産業構造に企業それぞれが持つ資源制約やポートフォリオ戦略が反映されていることが明らかになった。本研究ではさらに、国家間取引と企業間取引の共通点と相違点を定量的に明らかにし、また倒産した企業のポートフォリオの特徴も示し、企業戦略への示唆を得た。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to understand the structural properties of inter-firm supply relationships, from perspectives of both industrial resilience and individual firms' surviving strategies. Starting from collecting large-scale empirical data capturing complex inter-firm trade networks, the project was proceeded by complex network analysis of the big-data, and application of the method developed in the study of international trade. The results elucidated the common and different features of inter-firm and inter-national trade relationships. Furthermore, it was found that the industrial network structure reflects the diversification of firms' resource limits and their portfolio building strategies. Our analysis also identified the characteristics of portfolios of firms that bankrupted, suggesting how firms should build their portfolios for survival.

研究分野：生産工学

キーワード：サプライネットワーク レジリエンス 企業戦略 ポートフォリオ 多様性 ビッグデータ ネットワーク解析

1. 研究開始当初の背景

企業間の供給・取引関係が織り成す関係性のネットワーク(サプライネットワーク)が如何に形成されているかを理解することは、産業のレジリエンス(何か起きた時の頑健性や回復性)を知り、また頑健な産業構造を構築するために非常に重要である。ネットワーク科学分野の研究発展により、ネットワークの構造がその機能(リスクに対するレジリエンス、効率性など)に影響することが明らかになっており、特にサプライネットワーク構造の定量的理解と、その構造をより頑健にするための設計提案への要求は高まっている。一方で、各企業にとっては、産業のレジリエンスはもちろん重要ではあるものの、資源制約がある中で他者と競争しなくてはならず、どのようなポートフォリオを作って生存していくかという戦略の方が重要である。現実のサプライネットワーク構造は、このような企業の多様な戦略の複雑な絡み合いを反映していると考えられ、企業個々の視点を無視して全体のレジリエンスを議論することはできない。

2. 研究の目的

本研究は、サプライネットワークを全体のレジリエンスと企業の生存性の両観点から解析し、二つを両立し得る構造の設計提案を実現する事を目的とする。

そのために、既存研究におけるサプライネットワーク構造に関する議論をまず把握し、従来のアプローチでは十分に追究されてこなかった、「全体構造のマクロ的解析」と「個々の企業戦略のミクロ的議論」の間にある隔離を陽に認識する。次に、実世界の企業間取引関係を捉えるデータを収集・解析することで、実構造の理解を行う。この際に、複雑ネットワーク科学分野で用いられている様々な手法や理論を精査し、産業・サプライネットワークという対象への新たな適用を実現する。これによって、従来手法では見えてこなかった企業間取引関係の形成原理への示唆を導くとともに、将来よりレジリエントな産業を構築し、また企業が今後、持続的発展を遂げていくための設計提案を目指す。

3. 研究の方法

まず、既存研究における関連議論を調査し、既存知見とその不足点をまとめる。

次に、現実の企業間取引関係を捉える実データを収集する。本研究では、日本の自動車メーカーと部品1次サプライヤの間の取引関係の詳細な情報(取引内容、取引量など)の時系列データを収集することとする。また、それを補完する企業個々の情報を別途収集する。

データの準備が整った段階で、そのデータを元にコンピュータ上に複数の異なるネットワークを構築する。すなわち、サプライヤ=自動車メーカー間の供給関係ネットワーク、

サプライヤ=製造部品の関係性ネットワーク、部品間の近接性ネットワーク、である。

これらのネットワークをそれぞれ、適した複雑ネットワーク解析の手法で分析する。この際に、国際貿易の研究分野で提案され発展した新たなネットワーク分析手法を活用するなど、当該分野にとって新たな分析アプローチの導入もおこなう。

4. 研究成果

まず、経営学、経済学、オペレーションズマネジメント分野における関連研究を調査した。これらの分野において、サプライネットワークの構造とその構造がもたらす性質や機能についての既存知見を概観したところ、様々な問題点が明らかになった。

まず、用語の不統一性である。分野あるいは研究者によって用語の使い方にばらつきがあり、同じものを表すのに統一された用語が確立されていないケースが多々あった。それによって、研究者は体系的な知識を十分に収集することができず、研究分野全体の遅延をもたらしている可能性がある。次に、ネットワーク科学知識の誤解・誤用である。ネットワーク科学の数理的な指標や理論の多くは、数学・物理学・生物科学分野の研究者によって提案されてきた。それらの社会科学への応用の有効性は、すでに様々な研究によって示されている。しかしながら、サプライネットワーク研究においては、数理的な知識の不足から、これらの指標・理論の本質を十分に理解しないまま実データに適用し、結果に誤った解釈を与えている研究が非常に多く見られた。

このような状況を是正すべく、本研究では、濫用されている用語の整理・体系化と、ネットワーク科学知識の正しい理解の普及を目指し、学会論文を執筆し、複数の国際会議発表をおこなった。今後さらなる研究を進め、そのせいかも踏まえてこれらの学会論文を精査・改善し、将来の学術論文投稿も目指している。

次に、大規模な実データを収集し、整理する作業を数ヶ月かけておこなった。元データは紙媒体で複数刊に渡り発行されている資料集であり、情報の抽出・電子化には多大な労力を要した。さらに、データに登場する各企業について、それぞれインターネットで調べ、資本関係、規模、経営状況などの追加情報を収集する作業も行った。このようにして構築したデータベースは、本プロジェクトの終了後も研究を発展させる上で重要となるため、本研究でその基礎作りができたと考えている。

構築した実データをもとに、まず個々の自動車部品の市場(自動車メーカーとその1次サプライヤの間の取引関係構造)を分析し、比較を行った。その結果、複数の市場構造パターンが定性的にであるが検出された。本研究ではさらに、それらの違いを生み出す要因に

ついて、追加収集したデータからの説明を実現した。この成果は、国際会議及び学術論文で公表した。

さらに、自動車産業全体が伸び悩み、サプライヤの淘汰が進んでいく世界的流れの中で、自動車部品市場の構造が、年を経てどのように変化していったのかについての分析を行った。その結果、顕著な数の部品市場が、ある共通する変化のパターンを見せることが明らかとなった。これはすなわち、部品市場の将来変化予測、ひいては企業の生存・淘汰の予測が実現できる可能性を示唆する結果である。これについて、本研究では複数の学会発表と学術論文発表を行い、関連分野の専門家との議論をおこなった。

本研究での大きなブレークスルーとして、次におこなった分析が挙げられる。上記の「将来予測」をヒントに、ネットワーク科学分野の研究を調査した結果、国際貿易関係を分析するために提案された理論・手法（引用文献 及びその継続研究）に行き着いた。この理論・手法をサプライネットワークに応用すれば、各企業の能力に応じたポートフォリオ構成が、如何に産業全体の形成に影響しているか、またその中で、どのような企業が淘汰されてしまうのか、淘汰されないためには企業はどんな製造戦略を持てば良いのか、といったことが包括的・定量的に追究可能となる。

この着想をもとに、本研究ではまず、当該既存理論・手法をそのまま所有の企業間取引関係データに適用し、同様の結果が得られるのかを確認した。その結果、企業間関係においては概して、国家間貿易関係と同様の特徴が見られたが、一部異なる特徴も検出された。この違いが何によってもたらされるのか、本研究ではさらに追究し、企業間の資本関係や長期の取引関係が、自然淘汰に逆らうような企業の生存を可能にしている可能性を明らかにした。この成果を、学術論文と国際会議論文で発表したことで、様々な海外研究者との議論が実現され、将来の共同研究計画も実現した。

さらに、実際に淘汰されてしまった企業のポートフォリオを解析し、上記の理論・手法でその予測が可能であったか否かを調べた。あいにく所有のデータにおいては、倒産企業はごく少数しか含まれておらず、有意な結果とは言い難いが、それでも少なくともこれらのケースに関しては、予測が可能であったことが示された。また、このような企業が淘汰されていくことにより、市場全体としてはレジリエンスが向上していることもわかった。これは、生態系の持続可能性を測る指標（引用文献 など）を適用することによって明らかになった結果であり、本研究の領域横断的特長が生かされたことの証である。この成果は、学術論文にて公表した。

このように、本研究では発展の途中の複数の段階で、様々な発見・成果を生み出すこと

ができ、それらの成果を多くの国際会議発表論文及び学術論文として公表することができた。また、当初想定していた以上に、本研究には今後の発展可能性があることが次第に明らかになってきた。よって、今後も様々な実データを収集し、本研究で培った知識と分析技術を生かした発展研究を継続する所存である。

本研究は、そのような発展を実現するための大きな足掛かりとなった。また、本研究期間中に議論を交わした海外の研究者らとも良好な関係構築ができており、今後は国際的な共同研究をさらに進め、複数の分野でより多くの成果の発表ができるようになることを期待される。

<引用文献>

Hidalgo CA, Klinger B, Barabási A-L, Hausmann R: “The Product Space Conditions the Development of Nations,” *Science* 317:482-487.

Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM: “The Nested Assembly of Plant-Animal Mutualistic Networks,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Issue 100, pp.9383-9387, 2007.

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 6 件)

- 1) T.Kito, T.Ogata: “Firms’ strategies and patterns of their interdependencies: An emergent synthesis perspective”, *Procedia CIRP*, pp. 68-73, 2017.
- 2) T.Kito, S.New, F.Reed-Tsochas: “Detangling complexity of supply relationship formations: Firms’ portfolio diversification, products’ ubiquity, and their dynamics in the Japanese car industry”, *Proceedings of the 5th World Production and Operations Management Conference (P&OM)*, Havana, Cuba, September 6th-10th, 2016.
- 3) T.Kito: “Towards capturing heterogeneity of supply network structures and their temporal transitions: An investigation of supply relationships in the Japanese automobile industry”, *Evolutionary and Institutional Economics Review*, pp.1-15, 2015.
- 4) T.Kito, S.New, K.Ueda: “How automobile parts supply network structures may reflect the diversity of product characteristics and suppliers’ production strategies”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 64(1):

423-426, 2015.

- 5) 鬼頭：『2部ネットワークの投影による自動車部品の特性とサプライヤのポートフォリオの多様性解析』, 人工知能学会論文誌, Vol.30, No.6, 2015.
- 6) T.Kito, K. Ueda: "The implication of automobile parts supply network structures: a complex network approach," CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol.63, Issue 1, pp.393-396, 2014.

〔学会発表〕(計 14 件)

- 1) T.Kito, S.New, F.Reed-Tsochas: "Hierarchy, modularity and community: Empirical analysis and modeling of global industrial supply networks", International School and Conference on Network Science (NetSci) 2017, Indianapolis, Indiana, United States, June 19th-23rd, 2017 (採択決定).
- 2) T.Kito, S.New, F.Reed-Tsochas: "Detangling complexity of supply relationship formations: Firms' portfolio diversification, products' ubiquity, and their dynamics in the Japanese car industry", 5th World Production and Operations Management Conference (P&OM), Havana, Cuba, September 6th-10th, 2016.
- 3) T.Kito, S.New, F.Reed-Tsochas: "The building blocks and organizing principles of supply network complexity", International School and Conference on Network Science (NetSci) 2016, Seoul, South Korea, May 30th – June 3rd, 2016.
- 4) T.Ogata, T.Kito: "Patterns of cooperative rhythm production between people through auditory and visual signals", The 2016 Conference on Complex Systems, Amsterdam, The Netherlands, September 19th – 22nd, 2016.
- 5) T.Kito, S.New, F.Reed-Tsochas: "Towards modeling inter-firm networks: Empirical analysis and characterization of automobile parts supply relationship formations", 2nd Annual International Conference on Computational Social Science, Evanston, Illinois, United States, June 24th-26th, 2016.
- 6) T.Kito, T.Ogata: "Firms' strategies and patterns of their interdependencies: An emergent synthesis perspective", 10th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Napoli, Italy, July 20th - 22nd, 2016.
- 7) T.Kito: "Capturing the heterogeneity and dynamics of supply relationship formations in the Japanese automobile

industry", NetSci-X, Wrocław, Poland, January .11th – 13th, 2016.

- 8) T.Kito, S.New: "Revisiting the scale-free discussion: The non-scale-free property of supply networks and the underlying principles", International Conference on Socio-economic systems with ICT and Networks, Tokyo, Japan, March 26th – 27th, 2016.
- 9) S.New, T.Kito: "Supply network resilience: A review and a critique of recent research", Proceedings of the 2015 Annual Cambridge Manufacturing Symposium, Cambridge, United Kingdom, September 24th-25th, 2015.
- 10) S.New, T.Kito: "Ontology for supply network modelling: Boundaries, nodes and links", Proceedings of the 22nd EurOMA Conference, Operations Management for Sustainable Competitiveness, Neuchâtel, Switzerland, June 26th-July 1st, 2015.
- 11) S.New, T.Kito: "Supply network modeling: boundaries, nodes and links", Proceedings of the 7th Annual Conference of Operations Management and Strategy Association, Tokyo, Japan, June 12th – 14th, 2015.
- 12) 大川、鬼頭、菅野、古田：『プロダクトスペースによる自動車部品製造ポートフォリオの企業戦略分析』、第59回システム制御情報学会研究発表講演会、中央電気倶楽部、大阪、2015年5月20日～22日。
- 13) 鬼頭：『自動車産業サプライネットワークの組成と頑健性』、第2回金融ネットワーク研究会、芝倶楽部、東京、2014年6月6日～7日。
- 14) 鬼頭：『2部ネットワークの投影による自動車部品サプライヤのポートフォリオ解析』、ネットワークが創発する知能研究会、電気通信大学、東京都、2014年8月21日～23日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鬼頭 朋見 (Kito Tomomi)

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：50636107