

令和元年6月14日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01243

研究課題名(和文) 動的ネットワーク解析を用いた企業間ネットワークの形成と経営成果との関連の実証研究

研究課題名(英文) An Empirical Study on relationship between inter-firm network and corporate performance using dynamic network analysis

研究代表者

伊藤 孝夫 (Ito, Takao)

広島大学・工学研究科・特任教授

研究者番号：00280264

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)：本研究では、動的ネットワークのモデルを用いて、系列というネットワークを取り上げ、合理的な企業間関係とともに、ネットワークの変化の測定を行った。本研究で開発したネットワークベースのDEAモデルをはじめ、Fragilityという脆弱性指標を主とする脆弱性モデルや複雑系理論を取り入れた勢いの測定モデルを完成している。また、多次元ネットワークを用いた企業間関係の予測は、従来の予測方法よりもはるかに高精度のことが確認することができた。さらに、AIや機械学習のモデルを開発するための画像処理の論文を多数発表し、企業間関係のロボティックな関係を解明することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したDEAモデルをはじめ、脆弱性モデルや勢いの測定モデルを用いれば、今後多次元ネットワークの予測モデルを開発していくことが可能であり、不確実性の環境における企業間関係をはじめ、意思決定や戦略の策定などについても、人工知能などのAIのツールを用いれば、合理的な企業間関係の構築ができ、斬新な企業経営モデルを構築することができることを確認できた。

研究成果の概要(英文)：This study analyzed the inter-firm relationship and measured the changes of networks using dynamic network model. Three useful models including the network-based DEA model, Fragility model, and momentum model have been developed and proposed in this research. In addition, it is much more accurate to predict using our models compared with all other conventional prediction method. Furthermore, for developing AI and machine learning, many papers referred to image processing have been published. Based on these results, we shed light on a new pattern of robotic relationship between transaction and cross shareholdings in this research.

研究分野：経営情報論

キーワード：企業間関係 ネットワーク

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

企業経営の研究は大きく企業内部の経営資源の合理的な配分と企業の外部環境との調整の二つに分けられる。近年、外部環境との調整として、日本の企業グループである系列の研究が盛んに行われている。伊藤孝夫は 1980 年代から①ネットワーク構造の研究（中心度や密度等）をはじめ、②複雑系理論の分析（オートマトンや極限周期軌道理論の研究開発等）、③GIS とその応用研究、④遺伝的アルゴリズムとその応用研究、⑤ネットワーク形成理論とその応用研究および、⑥空間モデルの研究開発に積極的に取り組み、WSEAS や AROB など多くの国際大会で、日本の企業グループにおける企業間の取引ネットワークと持株ネットワーク等に関する研究発表を行ってきた。

実際の企業ネットワークを取り上げる場合、ネットワークの構成要素は企業ばかりでなく、銀行や政府機関なども含まれている。企業間関係だけでも、取引関係のほか、資本関係、人的関係など多重の関連を同時に持つ場合が多い。いままでの研究成果からわかるように、このような企業ネットワークは内部経営資源の利用の必要性や環境の変化に合わせて常に変動している。そのため、複雑系理論や確率の統計手法を用いて、企業グループ全体の生成・発展（衰退）のプロセスや個別企業の取るべき戦略的行動とそのパターンを分析する必要がある。したがって、いままでの中小規模・単ノード単連結という単純ネットワークの研究手法は極めて限定的であるといわざるを得ない。つまり、企業の経営成果を改善するためには、大規模・多ノード多連結を持つネットワークに対処できる方法を用いて、企業間関係を解明する必要がある。現在、欧米では大規模・多ノード多連結・不確実性を持つネットワークの生成・発展（衰退）プロセスを同時に処理できる最先端の動的ネットワーク解析の手法は都市計画、交通管理、金融市場の予測及び社会ネットワークの構造分析など広範囲にわたって研究されているが、グループ企業とそれにおける個別企業の戦略的行動への応用研究はまだ少ない。日本ではこのようなアプローチはほとんど見当たらない。このような研究は海外の代表的な学者 McGuire や Gerlach らの研究手法とは異なっているが、企業グループの生成プロセスと個別企業の戦略的行動を解明しようとする目的は同じである。これらの先行研究の成果と比較するため、主に地域の代表企業であるマツダ(株)の部品協力会洋光会を研究対象として取り上げている。これまでの研究はすべて事前に設定された単ノード単連結のものにすぎない。より効果的な結果を得るには、動的ネットワーク解析が強く求められる。情報化の進展とともに、複雑な社会構造におけるネットワーク組織と個別企業の戦略的行動を、多ノード多連結とネットワークの生成と発展プロセス観点から研究する重要性がますます顕著になってきた。本研究の着想段階から、マツダ株式会社の藤川和久常務執行役員と中村哲人購買本部副部長兼購買管理部長をはじめ、Carnegie Mellon University の著名な Kathleen 教授、Drexel University の Anderson 教授、NJIT の Mehta 教授や Passerini 教授らと意見交換を行い、本研究のアプローチに関する具体的な資料とアドバイスを受けた。

### 2. 研究の目的

本研究は、2009 年度の基盤研究（ネットワーク形成理論）と 2012 年度の基盤研究（3 次元空間グラフ理論）で得られた結果をもとに、大規模・多ノード多連結（Multi-node, Multi-plex）・不確実性を持つネットワークを動的にとらえる定量的分析の新しいアプローチである動的ネットワーク解析（DNA, Dynamic Network Analysis）を用いて、企業グループのネットワークの生成・発展（衰退）のプロセスを解明するとともに、売上高や利益などの企業の経営成果（Corporate Performance）との相関分析を通じて、個別企業の取るべき戦略的行動とそのパターンを明らかにすることを目的としている。

### 3. 研究の方法

本研究ではデータ収集の利便性や先行研究の成果との比較のため、主に完成車メーカーのマツダ(株)のネットワーク組織洋光会を研究対象として取り上げる。マツダ企業グループの取引、持ち株及び人的交流のデータを収集し、ORA ソフトを用いて、持ち株と取引の 2 重のネットワークモデルを構築した。また、SIR モデル、SDSs モデル、NPD モデル及び ND モデルを用いて、マツダ企業ネットワークの構造とその変化を解明し、個別企業への影響、個別企業の取るべき戦略的行動を解明するために、新たな指標とモデルを開発した。具体的には、SIR モデルと SDSs モデルを用いて、Fragility という脆弱性指標を開発し、マツダの洋光会のネットワーク企業の脆弱性とその推移を測定した。また、トヨタの協豊会のネットワーク企業の脆弱性指標をも測定し、両者の比較研究を行い、時系列の変化を明らかにした。また、ND モデルと NPD モデルを取り上げ、ネットワーク企業の効率や有効性測定を測定し、経営成果との関連分析を行った。

### 4. 研究成果

研究成果については、多岐にわたっている。まず、新たな指標である脆弱性指標について、それを用いて完成車メーカーのマツダ(株)のネットワーク組織洋光会の脆弱性の測定を行った。また、比較するために、トヨタの協豊会のネットワーク企業の脆弱性をも測定した。2007 年の完成車メーカーのマツダのネットワーク組織洋光会の脆弱性は次の通りである。

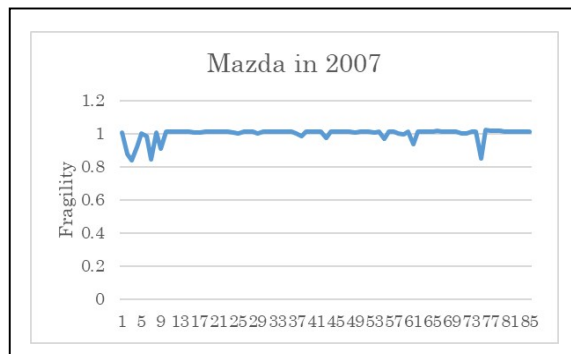


図1 2007年のマツダのネットワーク組織洋光会の脆弱性

連結度の場合、取引の数が増えれば増えるほど、売上高が増えると思われるが、脆弱性の場合、その値が低ければ低いほど売上高が増えるとの仕組みを明らかにした。脆弱性の定義から、取引増ではなく、全体における企業のポジションの安定性が売上高増に寄与することを解明した。2004-2007年のマツダとトヨタの脆弱性指標と売上高の関連を下図に示す。

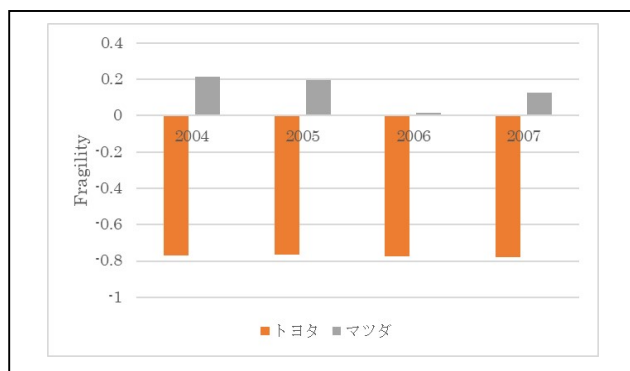


図2 2004-2007年のマツダとトヨタの脆弱性指標と売上高の関連

次に、DEAモデルについては、マツダのネットワーク組織洋光会の効率の測定を行った。その結果は次に示す。

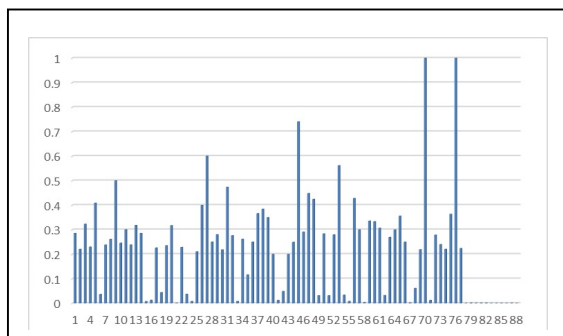


図3 マツダのネットワーク組織洋光会の効率の測定

上記の効率の測定は、ネットワークにおける企業のポジションを解明するだけでなく、企業の効率改善に具体的な方向を示すものでもあった。本研究では、NPDモデル及びNDモデル等のベースに、差異基準値を提案し、その有効性を示した。事例としてのユニプレスの差異基準値は下図に示す。

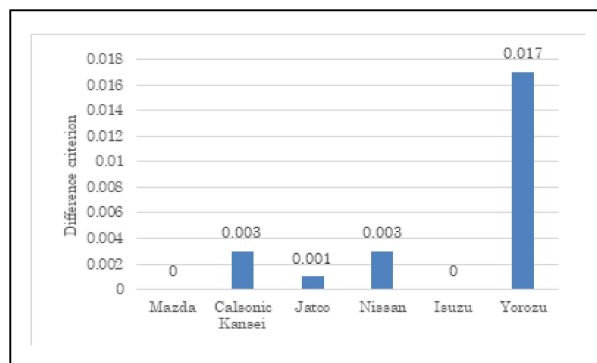


図4 ユニプレスの差異基準値

さらに、多次元ネットワークを用いた企業間関係の予測は、回帰モデルや移動平均モデルなど従来の予測方法よりもはるかに高精度のことができたので、今後多次元ネットワークの予測モデルを開発していくことが可能である。協力者たちと一緒に、グラフ理論をベースとする組織構造の理想的なモデルを開発しながら、AIや機械学習のモデルを開発するための画像処理の論文を多数発表したほか、企業間関係のロボティックな関係を解明した。企業間関係をはじめ、意思決定や戦略の策定などについても、不確定性の環境においても、人工知能などのAIのツールを用いれば、合理的な企業間関係の構築ができ、斬新な企業経営モデルを構築することができることを確認したため、本研究の基本目的を達成したといえよう。今後、人工知能と機械学習を導入した多次元ネットワークのモデルの開発と予測モデルの構築のための応用研究を行い、本研究のさらなる発展に挑戦していく予定である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 11 件)

1. Seigo Matsuno, Shinya Tagawa, Yasuo Uchida, Tsutomu Ito, and Takao Ito, The TCE-RBV Framework for Information Systems Outsourcing: Empirical Testing using Survey Data in Japan, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 3, No.3, pp. 205-208, Dec. 2016, <https://doi.org/10.2991/jrnal.2016.3.3.14> (査読有り)
2. T. Ito, K. Takahashi, K. Morikawa, T. Ito, R. Mehta, S. Matsuno, and M. Sakamoto, Fragility in Network Systems: An Empirical Investigation, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol.4, Issue 1, pp.81-86, Atlantis Press, July 2017. <https://doi.org/10.2991/jrnal.2017.4.1.18> (査読有り)
3. M. Kumano, T. Ito, and T. Ito, A Determinants Analysis of the Michinoeki in Japan, *International Journal of Economics and Management Systems*, Vol. 2, pp.287-291, November, 2017. (査読有り)
4. S. Matsuno, Y. Uchida, T. Ito, T. Ito, A survival analysis of the Japanese information service industry, *Procedia Computer Science*, 121 (2017), pp.291-296, December, 2017, Elsevier. (査読有り)
5. T. Ito, K. Takahashi, K. Morikawa, T. Ito, R. Mehta, M. Sakamoto, and S. Ikeda, Measuring Efficiency using Dynamic Network-Based Data Envelopment Analysis, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol.4, Issue 3 pp.254-259, December 2017. <https://doi.org/10.2991/jrnal.2017.4.3.16> (査読有り)
6. S. Matsuno, Y. Uchida, T. Ito and T. Ito, Lifespan of information service firms in Japan: a survival analysis, *International Journal of Information Systems and Project Management*, Vol. 6, No. 1, pp. 61-70, March 2018. (査読有り)
7. Makoto Sakamoto, Yu-an Zhang, Masamichi Hori, Haruka Tsuboi, Satoshi Ikeda, Kenji Aoki, Tsutomu Ito, Takao Ito, Yasuo Uchida, and Tsunehiro Yoshinaga, k-Neighborhood Template A-Type Two-Dimensional Bounded Cellular Acceptors, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol.4, Issue 4, pp.270-274, Atlantis Press, March 2018. <https://doi.org/10.2991/jrnal.2018.4.4.3> (査読有り)
8. T. Hiraoka, H. Nonaka, M. Kumano, S. Nishimura, T. Ito, A Correlation Analysis between Information Related to the Number of Customers and the Agriculture, Forestry, and Fisheries of Michi-no-eki in Japan, *Journal of Institute of Industrial Applications Engineers*, Vol. 6, No. 4, pp. 173-178, October 25, 2018. (査読有り)

[学会発表] (計 26 件)

1. T. Ito, K. Takahashi, K. Morikawa, T. Ito, R. Mehta, S. Matsuno, M. Sakamoto, Measuring Fragility and its Implications in Network System, *Proceedings of The 2017 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS*, 549-553, Miyazaki, Japan, Jan. 27-29, 2017. (査読有り)
2. Y. Takeshita, M. Sakamoto, T. Ito, T. Ito, S. Ikeda: Reduction of the search space to find perfect play of 6×6 board Othello, *Proceedings of The 2017 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS*, 675-678, Miyazaki, Japan, Jan. 27-29, 2017. (査読有り)
3. M. Yoshimura, T. Ito, M. Sakamoto, T. Ito, Y. Shinano, S. Ikeda, An efficient structure of organization with complete individual guidance, *Proceedings of The 2018 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS*, 264-267, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, February 1-4, 2018. (査読有り)
4. E. C. A. Carreón, H. Nonaka, T. Hiraoka, M. Kumano, T. Ito, M. Hirota, Emotional Contribution Analysis of Online Reviews, *Proceedings of The 2018 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS*, 359-362, B-Con Plaza, Beppu,

- Oita, Japan, February 1-4, 2018. (査読有り)
5. M. Sakamoto, T. Shinoda, T. Ito, A Proposal of Interactive Projection Mapping Using Kinet, Proceedings of The ICT-ROBOT 2018 International Conference on ICT Robotics, 211-214, BEXCO, Busan, Korea, September 6-8, 2018. (査読有り)
  6. T. Ishizu, M. Sakamoto, T. Toyota, M. Hori, T. Shinoda, A. Takei, T. Ito, Hidden-Surface Processing for Interaction of Hand and Virtual Objects Using Leap Motion Controller, Proceedings of The ICT-ROBOT 2018 International Conference on ICT Robotics, 215-218, BEXCO, Busan, Korea, September 6-8, 2018. (査読有り)
  7. M. Sakamoto, M. Hori, T. Shinoda, T. Ishizu, T. Akino, A. Takei, T. Ito, A Study on Applications for Scientific Experiments using the VR Technology, Proceedings of The ICT-ROBOT 2018 International Conference on ICT Robotics, 219-222, BEXCO, Busan, Korea, September 6-8, 2018. (査読有り)
  8. Minoru Kumano, Tsutomu Ito, Takao Ito, Toru Hiraoka, and Hirofumi Nonaka, Determining the Key Factors of Michinoeki in Yamaguchi Area, Proceedings of The 2019 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 136-139, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 10-13, 2019. (査読有り)
  9. Minoru Kumano, Tsutomu Ito, Takao Ito, Toru Hiraoka, and Hirofumi Nonaka, Discovering the Characteristics of Michinoeki in Japan, Proceedings of The 2019 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 140-143, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 10-13, 2019. (査読有り)
  10. Takao Ito, Tsutomu Ito, Rajiv Mehta, Seigo Matsuno, Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, An Analysis of Robotic Relationship between Transaction Network and Cross-shareholding Network in Yokokai, Proceedings of The 2019 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 144-147, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 10-13, 2019. (査読有り)
  11. Masamichi Hori, Makoto Sakamoto, Takahiro Ishizu, Satoshi Ikeda, Amane Takei, Takao Ito, Yu-an Zhang, A Study on Tourism Support Application Using the Virtual Technology, Proceedings of The 2019 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 233-236, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 10-13, 2019. (査読有り)
  12. Takahiro Ishizu, Makoto Sakamoto, Takaaki Toyota, Masamichi Hori, Satoshi Ikeda, Amane Takei, Takao Ito, Yu-an Zhang, Proposal for Interaction Techniques for Intuitive Virtual Objects Manipulation in Augmented Reality, Proceedings of The 2019 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 237-240, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 10-13, 2019. (査読有り)
  13. Satoshi Ikeda, Mamoru Yoshimura, Makoto Sakamoto, Takao Ito, An efficient structure of organization with complete group guidance, Proceedings of The 2019 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, 246-249, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 10-13, 2019. (査読有り)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：松野 成悟

ローマ字氏名：Matsuno Seigo

所属研究機関名：宇部工業高等専門学校

部局名：経営情報学科

職名：教授

研究者番号（8桁）：30290795

研究分担者氏名：坂本 真人

ローマ字氏名：Sakamoto Makoto

所属研究機関名：宮崎大学

部局名：工学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：50196101

研究分担者氏名：池田 諭

ローマ字氏名：Ikeda Satoshi

所属研究機関名：宮崎大学

部局名：工学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：70282796

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※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。