

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510217

研究課題名(和文) 3次元空間グラフ理論を用いた企業グループの構造分析に関する実証研究

研究課題名(英文) An Empirical Study on Structural Analysis of Keiretsu using 3-Dimensional Spatial Graph Theory

研究代表者

伊藤 孝夫 (ITO, TAKAO)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・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) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、1986年から2007年までのマツダ系列企業グループの取引データと持ち株データを収集し、個別企業の中心性、影響力、有効規模を測定し、ネットワークにおけるすべての企業間の距離の測定、企業のポジションと戦略的行動との関連、個別企業の戦略的行動の時系列の変化、企業の経営業績との因果関係を解明した。具体的には、DECやIDEなどの空間モデルを開発し、企業行動の感度分析を行うとともに、極限周期軌道理論を用いて、勢いの指標としての速度と加速度を開発し、空間モデルと勢い指標の有効性を検証し、3次元空間における企業グループと個別企業との関連と、個別企業の振る舞いと企業の経営業績の関係を解明した。

研究成果の概要(英文)：In order to identify the behaviors of membership companies in a specific group, data of transactions and cross-shareholdings of Mazda's Yokokai from 1986 through 2007 have been collected in this study. Not only centrality, influence, effective size and other network indexes, but also the Euclidean distances in 3-dimensional space, the linkage between individual companies and their strategic behaviors, the changing trend of strategic behaviors of the individual companies and their corporate performance have been analyzed. Specifically, as typical spatial graph model, the model of DEC and IDE have been developed, and sensitivity analysis of individual companies have been performed. The relationship between the Euclidean distance among all membership companies in 3-dimension space and their corporate performance have been elucidated. Furthermore, as the index of IKIOI (momentum), accelerated velocity using limited cycle theory has been proposed and tested in this study.

研究分野：経営工学

キーワード：ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

ネットワーク組織の研究テーマは企業間関係である。経営業績を改善するためには、企業間関係と合わせて個別企業のと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。伊藤孝夫は工学的な手法を用いて経営組織の問題を解決するように積極的に取り組んでいる。2007年度の萌芽研究と2009年の基盤研究(C)で、複雑系理論とゲーム理論をネットワーク組織研究に導入し、マツダ企業グループにおける中核企業の析出とその行動パターンの解明に成功した。大学の教育に積極的取り組んでいると同時に、ネットワーク形成理論に関する最先端の研究を行っている。

本研究の着想段階から、Stanford Universityの著名なJackson教授をはじめ、Drexel UniversityのAnderson教授やNJITのMehta教授やPasserini教授などと意見交換を行い、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

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システム的な観点から研究する重要性がますます顕著になってきた。本研究は、今までのグラフ理論をベースにしながら、研究対象であるノード(企業)を、3次元の埋め込み空間に組み込み、3次元空間の数理モデルを用いて、3次元空間における個別企業の位置情報の特定をはじめ、ユークリッド距離や位置情報と企業の戦略的行動との関係を解明することを目的としている。

3. 研究の方法

企業間の取引関係をはじめ、ネットワーク組織の中心状況と有効サイズ、個別企業の戦略的行動と取引との関連、個別企業の戦略的行動と外部環境との関連、ネットワーク組織における個別企業の戦略的行動の時系列的傾向の変化および、個別企業の戦略的行動の分類と経営業績との関連を明らかにするため、The SPA Model、3D Network-Based Topological Data modelやSpatial Graph Modelなどの空間グラフ理論における代表的な数理モデルを検討し、DEAやIDE等の空間モデルを開発し、企業間関係と個別企業の戦略的行動の関係を解析した。

4. 研究成果

上記のモデルと新たに開発したモデルを用いて、個別企業の連結とマツダ企業グループの構造分析、企業の連結と企業の経営業績との実証研究、および企業間関係と外部環境の変化と、グループの構造変化と企業の経営業績との関連分析のほか、3次元空間を構築し、マツダグループの空間モデルにおける個別企業のプロット(図1;2012年度のIDE空間モデルの事例)、ユークリッド距離と企業

の経営成果の回帰分析結果(表1;2012年度の事例)、3次元空間における洋光会グループの企業間ユークリッド距離(図2;1983年度の事例)、洋光会グループと完成車メーカーにおける複数年度の加速度の測定結果(図3)、洋光会グループと完成車メーカーにおける規模と加速度による企業分布図(図4)などを測定し、企業経営との関連を明らかにした。

具体的には、The SPA Modelをはじめ、3D Network-Based Topological Data Model、Spatial Graph Modelを検討し、影響力をはじめ、速度・加速度、ケイパシティ、空間距離、類似性、中心状況を測定すると同時に、DEAモデルをはじめ、IDE、DECなどの3次元空間モデルを開発し、経営成果との関係分析を行った。図1からわかるようにネットワーク指標を利用して構築された3次元埋め込み空間は2次元の平面よりも企業間関係を解明するために有効な手段の一つであることを明らかにした。

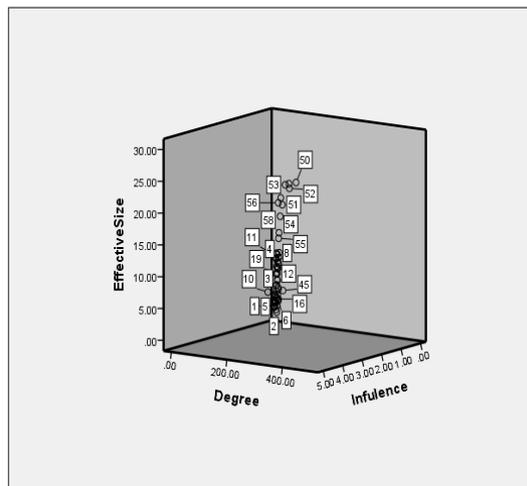


図1 マツダグループの空間モデルにおける個別企業のプロット

表1 ユークリッド距離と企業の経営成果の回帰分析結果

	Correlation Coefficient	Standard coefficient	Adjusted R ²	DW Ratio
2006	-0.2158**	-0.4615**	0.45033	1.9195
2007	-0.2109**	-0.6153**	0.60834	1.9908
2008	-0.1673**	-0.3748**	0.35668	1.7213
2010	-0.0208**	-0.4937**	0.48193	1.5901
2011	-0.2697**	-0.6994**	0.69322	2.0825
2012	-0.2756**	-0.7564**	0.75145	2.3309

Note: ** p<0.01;* p<0.05

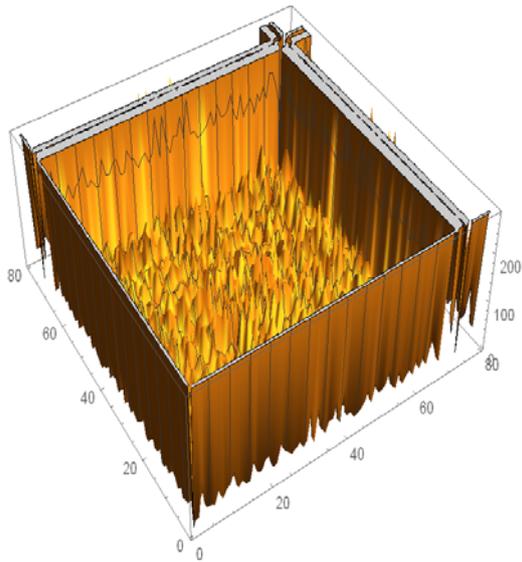


図2 3次元空間における洋光会グループの企業間ユークリッド距離

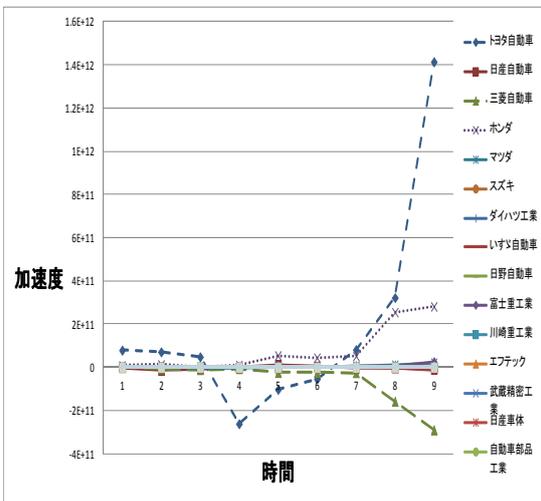


図3 洋光会グループと完成車メーカーにおける複数年度の加速度の測定結果

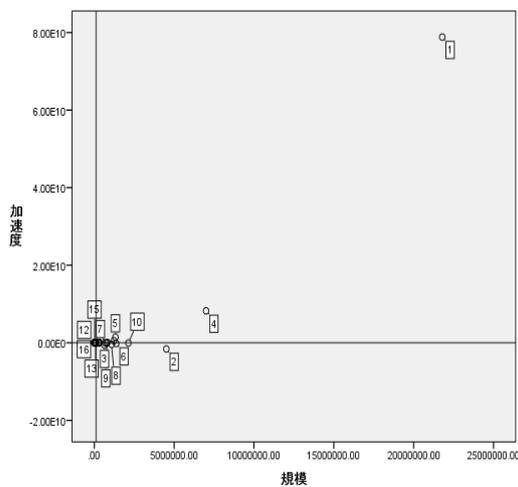


図4 洋光会グループと完成車メーカーにおける規模と加速度による企業分布図

本研究では、ユークリッド距離を用いて、部品メーカー或いは完成車メーカー同士の距離関係は比較的近似することを明らかにし、企業のクラスター分析が有効であることを証明することができた。図2は1983年度の一例である。また、表1に示すユークリッド距離と経営成果との関係を計算した結果からわかるように、両者の相関係数はほとんど統計的に有意の負であり、両者の反比例の関係を証明することができ、取引または資本関係の距離の近接が企業の経営成果に大きな影響を与えることが分かった。さらに、極限周期軌道理論を用いて、同一グループの企業の実績・加速度を計算し、企業の実績・加速度と企業規模との正の相関関係を解明したと同時に、成長企業（規模の小さい企業で実績・加速度の高い企業）と要注意企業（規模の大きい企業で実績・加速度の低い企業）は各企業グループに存在し、企業のクラスター分析で企業の分布を図4のように示すことができた。同時に、影響力や中心状況、有効規模などの指標は経営成果との関係をも明らかにすることができた。

本研究においては、2次元平面における戦略を策定する際には、一つの企業の取引または持ち株の微量の変化が周辺企業またはネットワーク全体に与える影響を、3次元空間においても解析することができ、取引または持ち株の戦略的変更とその影響を予測し、より合理的な経営戦略案を作成することができるようになった。また、2次元平面における各個別企業のポジションの測定、たとえば、連結度や近接度などを、3次元空間でも測定することができ、取引と持ち株のネットワークにおける企業の中心状況と周辺状況と企業の経営成果との関連の優位性を検証することができた。

さらに、22年間の時系列のデータを用いて計算した結果、毎年大きなばらつきがあることを明らかにした。とくに変動をもたらす主な原因としての90年代はじめのバブル経済の崩壊や2008年のアメリカ発のリーマンショックを検証することができ、企業グループの構造変化と個別企業の対応を明らかにした。

本研究の研究成果からわかるように、ネットワーク形成理論を用いた本研究は、従来の定性的分析をメインとするアプローチにとって補助的な役割を果たすばかりでなく、企業間の空間におけるポジション、ユークリッド距離の関係を数量的に把握すること重要なアプローチの手法である。

本研究の計画当初において、外向連結度指標は、取引ネットワークにおいて、部品を販売することを意味するので、企業の経営成果に正の影響を与えるという仮説を立てていたが、実際はこの仮説はほとんど成立しないのがわかった。これは、企業間取引の部品価格との関連のほか、部品の販売はその年ではなく、成果は数年後に現れるというタイムラ

グが存在することが考えられるので、更に検証する必要がある。また、埋め込み空間における企業間の関係は重層的なネットワークを構成しており、取引と資本のネットワークのほか、人間ネットワークや地域ネットワークなど、ネットワーク間の関係を解明する必要があると考えられる。

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 16 件)

- ① T. Ito, M. Sakamoto, S. Ikeda, R. Mehta, and Y. Uchida, A Comparative Study of Inter-firm Transactional Relationship between Kyohokai and Yokokai, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Volume 1, Issue 2, pp. 179-183, Atlantis Press, December 2014 (査読有)
- ② T. Ito, M. Sakamoto, R. Mehta, and S. Ikeda, Examining Inter-firm Relationships Using Network-Based DEA: A Case Study of Mazda Yokokai, *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, Volume 8, 2014, pp. 516-521, November 2014 (査読有)
- ③ Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, Takao Ito, Rajiv Mehta, Seigo Matsuno, Shinya Tagawa, Victor D. Berdonosov, An Empirical Examination of Inter-firm Capital Relationships in Mazda's Yokokai using the IDE Spatial Model, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Volume 1, Issue 2, pp. 150-154, Atlantis Press, September 2014 (査読有)
- ④ V. D. Berdonosov, Takao Ito, Concerning Parameterization of Artificial Systems "Growth-curve" (S-curve), *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, Vol. 6, No. 1, pp. 24-35, AICIT, April 2014 (査読有)
- ⑤ Rajiv Mehta, Ralph E. Anderson, Takao Ito, and Joana Mazur, Determinants and consequences of cooperation in international strategic distribution channel alliances, *Contemporary Management Research*, Vol. 9, No. 4, pp. 363-369, Academy of Taiwan Information Systems Research, December 2013 (査読有)

ほか 11 件

[学会発表] (計 34 件)

- ① S. Ikeda, T. Ito, M. Sakamoto, A Mathematical Model of Hierarchical Organization, Proceedings of the

- international conference on Pure Mathematics and Applied Mathematics (PM-AM2015), pp. 423-432, Vienna, Austria, March 15-17, 2015 (査読有)
- ② Takao Ito, Rajiv Mehta, Tsutomu Ito, Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, Seigo Matsuno, Yasuo Uchida, Inter-firm Transactional Relationship in Yokokai using IDE Spatial Model: An Empirical Investigation, Proceedings of the international conference on Pure Mathematics and Applied Mathematics (PM-AM2015), pp. 32-36, Vienna, Austria, March 15-17, 2015 (査読有)
- ③ Takao Ito, Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, Rajiv Mehta, and Tsutomu Ito, An Empirical Research on Inter-firm Capital Relationship in Yokokai Using IDE Spatial Model, Proceedings of The 2015 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, pp. 360-363, Jan. 10-12, 2015, Oita (査読有)
- ④ M. Sakamoto, S. Tagawa, T. Ito, S. Matsuno, R. Mehta, V. Berdonosov, and S. Ikeda, An Empirical Examination of Inter-firm Capital Relationships in Mazda's Yokokai using the IDE Spatial Model, Proceedings of The 2014 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, pp. 288-291, Jan. 11-13, 2015, Oita Japan (査読有)
- ⑤ M. Sakamoto, M. Hasama, T. Ito, Y. Uchida, R. Mehta, Y. Park, and S. Ikeda, A Comparative Study of Inter-firm Transactional Relationship between Kyohokai and Yokokai, Proceedings of The 2014 International Conference on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, pp. 292-295, Jan. 11-13, 2014, Oita Japan (査読有)
- ⑥ T. Ito, S. Tagawa, S. Matsuno, Y. Uchida, M. Sakamoto, S. Ikeda, R. Mehta, An Analysis of Network Structure in Mazda's Yokokai using the DEC Spatial Model, Proceedings of the 2013 International Conference on Business Administration, Marketing and Economics (BAME 2013), Recent Advances in Business Administration, Marketing and Economics, pp. 77-81, September 28-30, 2013, Venice, Italy (査読有)
- ⑦ Takao Ito, Seigo Matsuno, Rajiv Mehta, Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, An Analysis of Inter-firms Distances and Corporate Performance using DEC Spatial Model, Proceedings of the 2nd International Conference on Integrated Systems and Management for

Energy, Development, Environment, and Health (ISMAEDEH '13), pp. 80-85, April 23-25, 2013, Morioka City, Iwate, Japan (査読有)

- ⑧ Takao Ito, Seigo Matsuno, Rajiv Mehta, Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, A Research on Inter-Firms Relationship using Network-Based DEA -A Case Study of Mazda Yokokai-, Proceedings of the 2nd International Conference on Integrated Systems and Management for Energy, Development, Environment, and Health (ISMAEDEH '13), pp. 92-97, April 23-25, 2013, Morioka City, Iwate, Japan (査読有)
- ⑨ Takao Ito, Seigo Matsuno, Rajiv Mehta, Makoto Sakamoto, Satoshi Ikeda, Measuring Efficiency of Firms in Yokokai using the IDCBI Spatial Model, Proceedings of the 2nd International Conference on Integrated Systems and Management for Energy, Development, Environment, and Health (ISMAEDEH '13), pp. 116-122, April-25, 2013, Morioka City, Iwate, Japan (査読有)

ほか 25 件

〔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：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 孝夫 (ITO TAKAO)
広島大学・大学院工学研究院・特任教授
研究者番号：00280264

(2) 研究分担者

坂本 真人 (SAKAMOTO MAKOTO)
宮崎大学・工学部・准教授
研究者番号：50196101

池田 諭 (IKEDA SATOSHI)
宮崎大学・工学部・准教授
研究者番号：70282796