

令和元年6月14日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K03602

研究課題名(和文)自動車産業における供給連鎖網の頑健性と脆弱性：ネットワーク分析による実証研究

研究課題名(英文) Robustness and Weakness of Supply Chain in the automobile industry: An Empirical Study Based on the Network Analysis

研究代表者

岡本 哲弥 (Tetsuya, Okamoto)

滋賀大学・経済学部・教授

研究者番号：10411042

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、部品サプライヤーから自動車メーカーに至る供給連鎖網を企業間ネットワークとして捉え、ネットワーク分析を適用することによって、自動車産業における頑健性や脆弱性を生むメカニズムの解明を試みた。特に、(1)国内1次サプライヤーとメーカーの多対多の取引ネットワーク、(2)国内自動車メーカー間の提携ネットワーク、(3)メーカーの海外直接投資国ポートフォリオに焦点を当てて分析した結果、取引、提携、海外進出に関して一定の類型化できるとともに、同質化の傾向も伺われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の分析枠組みによって、トライアド(3社)以上の企業が相互に関連しながら、事業が営まれるような現実の企業行動等をネットワークとして抽出するため、これまでに見出されなかったネットワーク構造に潜む相互作用のメカニズムの検討することが可能である。また、実践的にも取引、提携、海外進出等をどのように展開すると、競争力を維持・向上でき、逆にリスクを回避できるかについての示唆が得られる。

研究成果の概要(英文)：This research tried to understand the mechanism that generate robustness and weakness of the supply chain in the automobile industry, applying network analysis. I analyzed (1) numerous pairs of transactions between manufacturers and suppliers, (2) partnerships among manufacturers in Japan, and (3) FDI (foreign direct investment) Portfolios of manufacturers. As a result, I found that the transactions, partnerships and FDI portfolios could be categorized, and they tended to be homogenized.

研究分野：商学

キーワード：自動車産業 密度 メーカー サプライヤー ネットワーク分析 二部グラフ 接続行列 オーバーラップ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

昨今のサプライチェーンは、最終組み立て工場の海外展開や、海外の安価な人件費や低い関税を活用した部品調達のため、そのネットワークも国境を越えて複雑化・大規模化している。自動車業界の場合、部品サプライヤーは数百社にも及ぶとされている。そのなかには1社や数社で高いシェアを持つ企業もある。特に日本の有力メーカーは各段階で部品ごとに必要な量や納入タイミングを厳密に定めているJIT (Just in Time) で、部品の在庫を極限まで減らしコストを切り詰めてきた。2011年の東日本大震災ではこのような工場が被災して、サプライチェーン全体が影響を受ける脆弱性を露呈した。タイの大洪水でも部品工場が同地域に集積していたため、完成車の生産に影響が及んだ。被災企業と直接取引がなく、およそ無関係と思われる企業にまで影響が及んでいる。その製造業を支えてきた生産方式において、その一部に綻びが生じるとネットワークの他の構成員に伝わる。これはつながることは生産性の源泉であるとともに脆弱性を合わせもつことを示唆しており、企業間ネットワークに潜む競争優位のみならず脆弱性やリスクを明らかにすることが求められる。

自動車産業には、製品開発やトヨタ生産方式に関する多くの研究蓄積がある。さらに、トヨタなどの自動車メーカーと部品サプライヤーとのダイアドの企業間関係に焦点を当てた研究も多く存在する。それらの企業間関係論では、分析対象がダイアド取引に還元された実証研究が多く、近年、メーカーもしくはサプライヤーを焦点企業としたエゴセントリック・ネットワークへと分析視角は広がってはいるものの、実証分析にあたっての要素還元的な限界を脱し切れていないというのが基本的な問題意識である。

一方、ネットワーク分析の分野では、1988年にD. J. Watts&S. H. Strogatzによって、一見非常に遠い関係のノード(他人)であったとしても、実際は中間に少数のノード(人)を介してつながっているという状況を称してスモールワールドという概念が提示された。冒頭のサプライチェーンの事例は、企業社会もスモールワールドであることを示唆している。さらに、2000年にはR. Albert&A. L. Barabasiによって確率モデルを織り込んだスケールフリー・モデルが提案されるなど発展が著しい。経営学、マーケティング分野へのネットワーク分析の導入も、進展しつつあるが、自動車産業において、企業をネットワークのノードと捉え、グラフ理論に基づくネットワーク分析を適用した例は数少ない。

2. 研究の目的

本研究は、自動車産業を対象とし、部品サプライヤーから自動車メーカーに至る供給連鎖網(サプライチェーン)を企業間ネットワークとして捉え、近年著しく発展してきたネットワーク分析を適用することによって、自動車産業のサプライチェーンにおいて、頑健性や脆弱性を生むメカニズムを解明することを目的としている。本研究では、特に、1次サプライヤーとメーカーの多対多の取引ネットワーク、自動車メーカー間の提携ネットワークなどに焦点を当てる。

3. 研究の方法

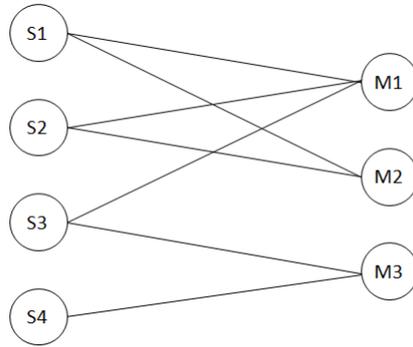
本研究は社会ネットワーク分析に基づき、主に二部グラフの特徴を利用して、企業間の取引構造や自動車メーカーの海外進出の構造について、次の分析手法を適用する。

(1) 接続行列と二部グラフ

節点とその節点の属性の関係を表わした行列を接続行列 (incidence matrix) という。一般的に、属性数を m 、節点の数を n とすると、接続行列 A は、次の左式のように表現できる。ここで、 a_{ij} は節点 i の属性 j を表わしており、対応関係がある場合は1、対応関係がない場合は0の値を取る。また、行列の行成分と列成分を入れ替える操作(転置)を施した行列は転置行列と呼ばれ、行列 A の転置行列は tA のように表現され、図1の右式になる。

図1 サプライヤーとメーカーの二部グラフ

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nm} \end{pmatrix} \Leftarrow \text{transpose} \Rightarrow {}^tA = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \cdots & a_{i1} & \cdots & a_{n1} \\ a_{12} & a_{22} & \cdots & a_{i2} & \cdots & a_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ a_{1j} & a_{2j} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{nj} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1m} & a_{2m} & \cdots & a_{im} & \cdots & a_{nm} \end{pmatrix}$$



接続行列の図示には、二部グラフ (bipartite graph) が用いられる。節点を左側に、属性を右側におき、それぞれの対応関係に従って両者を連結させる。

例えば、S1、S2、S3、S4 のサプライヤー4 社と M1、M2、M3 のメーカー3 社の取引の有無の関係について、サプライヤーを節点、メーカーとの取引関係を属性として捉えると、図 1 のように二部グラフで表現できる。さらに、接続行列として表現すれば次のようになる。また、その A の転置行列 tA は次のようになる。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \leftarrow \text{transpose} \Rightarrow {}^tA = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(2) 節点間および属性間ネットワーク

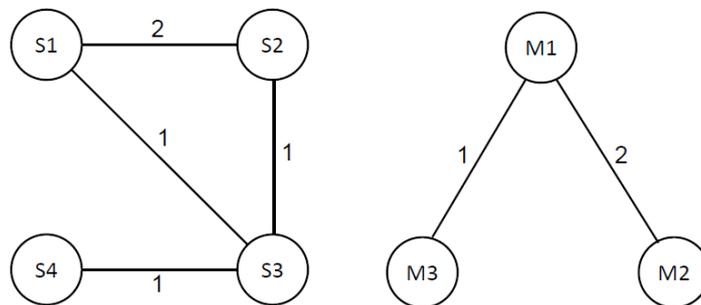
行列 A (節点×属性) に右から転置行列 tA (属性×節点) を掛けると、ネットワークの節点同士の関係構造を示す「節点×節点」の行列ができる。逆に、転置行列 tA (属性×節点) に右から行列 A (節点×属性) を掛けると、属性同士の関係を示す「属性×属性」の行列ができる。図 1 のサプライヤーとメーカー取引関係の例について計算すると次のようになる。

$$A{}^tA = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$${}^tAA = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

求められた行列の対角要素は、各メーカー (またはサプライヤー) と取引のあるサプライヤー (またはメーカー) 総数を示している。その他の要素は、メーカー (またはサプライヤー) 同士で共通に取引のあるサプライヤー (またはメーカー) 数を示している。

図 2 サプライヤー間ネットワークとメーカー間ネットワーク



上記の計算結果から、図 2 のように、企業間関係を重み付き無向グラフとして表現できる。図 2 の左側のグラフでは、サプライヤー間で共通して取引のあるメーカーがあれば辺が引かれ、

辺の上の数字は共通して取引のあるメーカー数を表わしている。右側のグラフでは、メーカー間で共通して取引のあるサプライヤーがあれば辺が引かれ、その辺の上にはそのサプライヤー数が示されている。

(3) ネットワーク密度

メーカー数を m 、サプライヤー数を n とすると、サプライヤー間のネットワークの密度(重み無し)は、分子を辺の総数、分母を nC_2 とする分数で表現できる。メーカー間のネットワーク密度(重み無し)は、分子を辺の総数、分母を mC_2 とした分数で表現できる。また、サプライヤー間のネットワーク密度(重み有り)は、分子を辺上の重みの合計、分母を $nC_2 \times m$ とする分数で表現できる。同様に、メーカー間のネットワーク密度(重み有り)は、分子を辺上の重みの合計、分母を $mC_2 \times n$ とする分数で表現できる。

4. 研究成果

(1) 部品サプライヤーと自動車メーカー間のネットワーク構造の変動

1次サプライヤーと自動車メーカーの多対多の取引構造に対してネットワーク分析を時系列に展開し、各自動車メーカーの購買ポジションの推移を明らかにした。(株)アイアールシーによって1993年以降発行されてきた「日本自動車部品産業の実態」を用いて、1993年、2004年、2013年の3時点の自動車部品サプライヤーの協力会加盟状況のデータからメーカー間誘導ネットワークを抽出し、サプライヤーの重複度(行列)の分析を進めた。その結果、ここ20年間の自動車メーカーと部品サプライヤーの取引構造において、次の3点の結果を得ることができた。

第1に、自動車メーカー別の協力会加盟サプライヤー数は減少していないなかで、いずれかの国内メーカー協力会へ加盟するサプライヤー総数は大幅に減少してきた。第2に、第1の点の結果として部品サプライヤーが同時に複数の協力会に加盟するオーバーラップが大幅に増加しており、取引サプライヤーの同質化が示唆される。最後に、メーカー間サプライヤー重複度行列に対する多次元尺度法、クラスター分析によって、商用車、軽自動車といった取り扱われる車種ごとにメーカー間の位置関係は近づく傾向にあった。

(2) 部品サプライヤーと自動車メーカー間のネットワーク密度

自動車メーカーと1次サプライヤーの多対多の関係を部品市場ごとに分析するために、岡本(2012)で得られたサプライヤーとメーカーのネットワーク密度の対称性と寡占度を示す特徴を利用し、分析を進めた。

指標間について相関分析を行なった結果、誘導ネットワークの密度は、サプライヤー数とは負の相関があり、ハーフィンダル指数や上位3社集中度とは正の相関がみられ、誘導ネットワーク密度は寡占度を示す傾向がある。第2に、サプライヤーとメーカーの双対誘導ネットワーク密度間に高い正の相関が確認され、双対誘導ネットワーク密度には対称性があるといえる。

(3) 自動車メーカーの海外直接投資の類型化

本研究の問題意識は、グローバル化が急速に進展してきた自動車産業において、海外進出国のポートフォリオは、メーカー間でどの程度共通し、またメーカーごとにどのような特徴があるのか、という点にあったため、自動車メーカーがグローバルに展開を進める生産拠点(国)に焦点を当てている。方法論に関しては、株式会社フォーインが発行する「世界自動車統計年刊」からデータ・セットを作成し、ネットワーク分析を適用したうえで、さらに、多変量解析(多次元尺度法、クラスター分析)を適用し、自動車メーカーの進出(生産)国の類似性からメーカーの類型化を行うこととした。結果的に、22の自動車メーカーは海外直接投資先によって「多国籍型」「準多国籍型」「限定拠点型」「日系中堅型」「中国型」に類型化されることが明らかになった。

(4) 国内自動車産業におけるOEMのネットワーク分析

国内自動車メーカー間のOEMを対象にネットワーク分析を適用することで、自動車産業におけるOEMに潜むメカニズムについて考察を行っている。その結果、業界の市場地位に関して、リーダーであるトヨタ(グループ)に対抗すべく、ホンダを除くチャレンジャー以下の企業は相互に競争しつつも、品揃えを補完すべく協働的OEMを相互に展開していることが明らかになった。

(5) 部品サプライヤーの取引品目間のオーバーラップ

本研究では、サプライヤーが複数の部品市場に跨り部品を納入する状況を実証的に把握し、どの程度のサプライヤーが複数の部品を納入しているのか、どのような品目間でオーバーラップが生じているのか、をアソシエーション分析にもとづき分析している。

全体的には、部品間の連動性が要求される擦り合わせ型の品目群や類似性の高い品目でオーバーラップが発生する傾向が高いことが確認された。多くのオーバーラップは同一の部品カテゴリー内で発生しているが、外装品と内装品間などでは部品カテゴリーを越えてオーバーラップが見られた。これらの結果は、部品サプライヤーにとってどの品目間で範囲の経済が発生するのかを示唆している。

(6) 部品サプライヤーの取引品目間のオーバーラップ

本研究では、自動車産業において、各メーカーはどこに海外直接投資をしているのかに焦点を当て、メーカー間の参入国間のオーバーラップと、国家間のメーカーの生産拠点のオーバーラップについて実証的に分析を行った。

その結果、メーカー間の生産国の類似性から、メーカーの出生国及びメーカーの規模が生産拠点の重層性に影響していること、生産国間のメーカー進出先の類似性からは、地域(エリア)によるクラスターがゆるやかに形成され、多数のメーカーが進出している国は地域を越えて類似していることが明らかになった。

(7) 自動車デザインとノスタルジア

自動車の商品デザインとノスタルジアの関係をコンセプトカーのアンケート調査を通じて分析している。

その結果、現在市販されていないコンセプトカーにおいても、そのデザインにノスタルジアを覚えるうること、ノスタルジア性向の高い人が、旧車をモチーフにしたクルマを好むという関係がみられないこと、クルマのデザインにおけるノスタルジア性は、今回取り上げたいずれのデザインにおいても選好にポジティブな影響があることが確認された。そのため、消費者のノスタルジア性向の関わりなく、クルマのデザインのノスタルジア性は消費者の選好を高めるのに有効であると考えられる

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

岡本哲弥、自動車メーカー間の部品サプライヤーのオーバーラップ 3 時点における所属ネットワークの変動、商品開発・管理研究、査読有、12 巻、2016、14-23

岡本哲弥、企業間取引における双対誘導ネットワークの相関 自動車部品市場を対象として、経営学論集、査読無、第 86 集、2016、(44) 1-2

岡本哲弥、自動車産業における進出国によるメーカーの類型化、経営学論集、査読無、第 87 集、2017、(03) 1-2

岡本哲弥、自動車産業における部品サプライヤーの取引品目間のオーバーラップ、経営学論集、査読無、第 88 集、2018、(60) 1-2

〔学会発表〕(計6件)

岡本哲弥、企業間取引における双対誘導ネットワークの相関 - 自動車部品市場を対象として -、日本経営学会、2015

岡本哲弥、自動車産業における進出国によるメーカーの類型化、日本経営学会、2016

岡本哲弥、国内自動車産業における OEM のネットワーク、商品開発・管理学会、2017

岡本哲弥、自動車産業における部品サプライヤーの取引品目間のオーバーラップ、日本経営学会、2017

岡本哲弥、自動車メーカーの生産拠点国の重層性、日本商業学会、2018

岡本哲弥、ノスタルジアと商品デザイン：コンセプトカーのアンケート調査を通じて、商品開発・管理学会、2019

〔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：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(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。