

# 技術革新がもたらす繊維・アパレル産業の企業間取引ネットワークの変遷

信州大学 小粥勇作, ○信州大学 松村嘉之, 武蔵野大学 星野雄介  
要旨

本研究は、繊維・アパレル産業における企業間取引ネットワークのダイナミクスの解明を目指した研究である。企業間取引における取引関係の分析を目的として複雑ネットワーク分析を試みた。また、ネットワーク分析のみでは把握が困難な定性的側面である技術革新によって関係性が変化し得ることを考慮して、マルチ・エージェント・シミュレーションを試みた。その結果、主体間の距離関係に適用される技術革新の進歩によって、ネットワーク構造上のハブへ取引関係が集中する可能性が示された。

## 1. 研究背景と先行研究

一般的に繊維・アパレル産業の企業間取引は、河川流に例えて、原材料の川上・企画・製造の川中・小売業の川下と呼称されている[1]。原材料の製造から、製品の流通、販売に至るまでのこれらの企業群の取引関係は複雑であり、中間業者の整理や垂直的統合の必要性が古くから議論されていた[2]。

では、どのようにして複雑な取引関係が自律的に発生していったのか。これらの企業間取引ネットワークの変遷の起源としては、京都、越前、尾州など各地域に各産業が立ち上がり、19世紀後半ごろまでに個別的に産業クラスターが構成されたのがルーツである。これらの産業クラスターも、かつては各地域に根差した固有な性質を有していたことが経営学や統計学に基づいて分析されている[3]。しかし、貿易摩擦に連動して変動相場制が導入されたことで経済システムが世界に開かれて以来、人件費高騰や原材料費削減を目的として産業の国外流出が発生したことが分析されている[4]。

これらの繊維・アパレル産業の企業間取引に関連した研究の多くは、精緻な集計や統計学に基づいたデータ分析や経営・経済学的な洞察に基づいている。しかし著者らは、このような産業研究に対して創発システムの科学の手法が応用可能なことを確認してきた[5]。これらの手法によって、ミクロ・マクロレベルで記述される複雑な関係性の変化を分析し、再実験することが可能な現状となっている。

## 2. 二つの研究仮説

産業における企業間取引には言うまでもなく、物流システムが含まれる。物流システムにおいては、構成主体間の距離関係や、物資の輸送といった技術により構成される。これらの距離関係が最適化されることによって、経済的な功利がもたらされる。つまり、物流システムの革新によって、産業構造に影響を与え、企業間取引ネットワークもまた影響を受けるはずである。そこで本研究では、二つの研究仮説に基づき、繊維・アパレル産業の企業間取引ネットワークに関する研究を試みた。以下に二つの研究仮説を述べる。

- ① 繊維・アパレル産業における企業間取引ネットワークの構造の数量的性質とは、どのようなものであるか。
- ② 技術革新は企業間取引ネットワークの変遷に、どのような影響を与えたのか。

## 3. 繊維・アパレル産業のデータとネットワーク分析の方法

本研究では、繊維・アパレル産業の企業間取引ネットワークに関する大元の情報源として、専門誌[6]を用いる。専門誌に掲載された企業名と仕入先企業名からネットワーク構造を生成し二次統計的にデータ分析を試みた。なお、総取引数は約2000社とし、対象年度は2011/12から2015/16とする。

複雑ネットワーク分析[7]に際しては、ネットワークの各構成主体である各企業における取引先数 $k_i$ に着目する。本研究では、統計的性質に着目して度数分布の解析に着目した。ネットワーク分析の概念図を図1に示す。図1は、企業名 $i$ から生じる取引先 $j$ について点と線を用いてネットワークを生成し、取引先数 $k_i$ を算出する過程を示している。この取引先数 $k_i$ のリストから頻度分布である確率密度関数 $p(k)$ を作成し統計的に解析する。

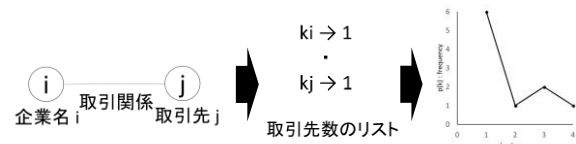


図1. 企業間取引におけるネットワーク分析を示した概念図

## 4. モデル構成とシミュレーション設定

ここで用いるモデリングとしては、エージェント・ベース・モデルの手法である[8]。エージェントは $0 \leq i \leq N$ まで用意される。各エージェントは、経済的な影響力を表すパラメータである得点 $U_i(t)$ を持ち、一次元的な空間に設置された。したがって、各エージェントにおける空間把握は、マンハッタン距離 ( $r_{ij} = |i - j|$ ) に基づく。また、エージェント同士は何らかの取引を得点 $U_i(t)$ において生じさせる。この取引モデルとしては、空間的な影響力を示す左辺第一項と、得点による正と負の単位ベクトルによる左辺第二項の線形和の式  $U_i(t+1) = U_i(t)/r_{ij} + e_{ij}$  とした。この際生じる取引先相手の決定ルールとしては、 $Pr(j) = p(j_{u \max}) + q(j_{ui < uj}) + r(j_{rand})$ , ( $p = q = r = 1/3$ ) という確率的モデルとした。

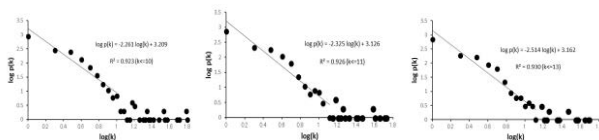
以上のモデル設計から、シミュレーション実験を設定する。技術革新を表す係数 $w$ はエージェント間の距離 $r_{ij}$ に乗算される。 $w = \{ 1, 0.8, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.01 \}$  と変化させることで、係数が高い状態⇨距離関係が原始的な状態から、係数が低い状態⇨距離関係が近代的な状態を想定する。また、エージェントの

個体数は $N=1500$ ，エージェントが有する初期得点としては， $U_i(0) = \text{rand}[0,100]$ とした．ネットワークのデータについては，全エージェントの得点総和が最大の時刻を用いた．

## 5. 結果

### 5.1 仮説①：複雑ネットワーク分析の結果

繊維・アパレル産業を対象とした複雑ネットワーク分析の結果として，度数分布を各年度について図2に示す．これらの分析結果から，ネットワーク構造は多数の取引先を有するごく少数のハブ企業に対して，少数の取引先を有する多数の企業により構成された，スケール・フリー性を有することが明らかとなった．また，両辺対数変換を施した分布関数に対して最も当てはまりの良い(決定係数が最も高い)線形モデルを仮定した回帰分析の結果，べき指数(線形モデルにおける傾き)は，-2.3(2011年から2014年)から-2.5(2016年)に変化したことが明らかとなった．これらの分析結果から，度数分布の密度関数は， $p(k) \sim k^{-\gamma}$ と推定された．なお，この密度関数はロング・テール領域のカットオフを含む．また，べき指数の減衰から取引関係のネットワーク構造が集中化していることが示された．



(Left : 2011/12, Center : 2013/14, Right : 2015/16)

図2 カットオフ付き両辺対数変換後の度数分布

### 5.2 仮説②：シミュレーション実験の結果

説明変数である技術革新を表す係数 $w$ を変化させ，その都度計算を実行するというシミュレーション実験の結果得られたネットワーク構造として図3を示す．これら結果から，技術革新を表す係数 $w$ に関して，ネットワーク構造のハブ・エージェントへの取引関係の集中化が，パラメータの変化に対応して連続的に出現していることが分かる．したがって，企業間の距離関係に関する技術革新が進むにつれて，ネットワーク構造は集中化していると言える．

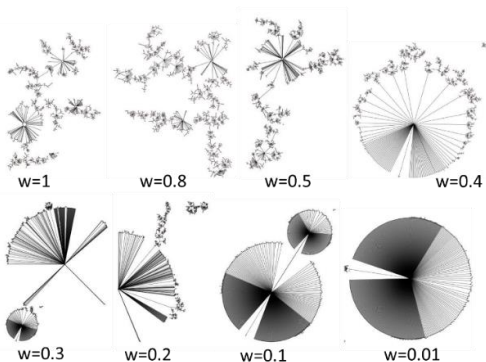


図3 技術革新を表す係数 $w$ を変化させた際に生じたネットワーク構造(全エージェントについて利得総和最大時点)

## 6. 考察

データ分析の結果からは，繊維産業の企業間取引ネットワークの統計的性質は，多数の取引先を持つ少数の企業に対して少数の取引先を持つ多数の企業により構成されていることを示す，べき乗則が確認された．また，べき指数の減衰が確認された．以上のことから，企業間取引ネットワークにおけるハブ企業への影響力は各年度において見られるが，近年上昇傾向にあるということが解釈できる．

一方，シミュレーション実験に結果からは，技術革新を表す係数 $w$ を1から0.01まで変化させた各場合において，多数のハブ・エージェントによって構成されたネットワーク構造から，少数のハブ・エージェントへの連続的な集中化が生じたことが示された．このことは，かつては距離関係が十分に最適化されず，各地域別に産業としてコミュニティやハブが生じたことと類似し，近年では少数のハブへと影響力が全体へと浸透しているという状況と酷似する．

以上二つの観点から，主体間の距離関係を最適化するための技術革新が進展することで，取引関係のネットワークは集中化したことが考えられる．

## 7. 結論

本研究では，以下の成果が得られた．

- ① 繊維・アパレル産業のネットワーク構造における統計的性質はべき乗則であることを，取引先数の分布を示す度数分布に基づいた統計的解析によって定量化した
- ② 企業間取引ネットワークの変遷を説明するための仮説モデルを提唱し，企業間の距離関係における技術革新が進展することでネットワークが集中化することを示した
- ③ 実データの分析とシミュレーション実験の整合性に関しては，集中化という側面からは解釈上の一致を得た

本研究の分析結果と歴史的事実を踏まえ，技術革新を有した少数派による支配と圧倒的多数の被支配という構図の，一極集中型の取引ネットワークが生じる可能性を著者らは示唆する．

## 参考文献

- [1] アパレル産業概論，繊維産業構造改善事業協会(1996)
- [2] Paul L. Robertson, Richard N.Langlois, "Innovation, Networks, and Vertical Integration", Forthcoming in Research Policy, 24(4):543-562,(1994)
- [3] Hideki Yamawaki, "The Evolution and Structure of Industrial Cluster in Japan", Small Business Economics, 18:121-140(2002)
- [4] Hiroyuki Itami, "日本の繊維産業、なぜこれほど弱くなってしまったのか(Japanese textile industry, Why has it so weak)", NTT publishing, (2001)
- [5] 上田完次, 創発とマルチエージェントシステム, 培風館(2007)
- [6] FASHION BUSINESS DATA BANK, Senken Shimbun company (Japan), 2011/12,2013/14,2015/16.
- [7] Re' ka Albert, Albert-La'szlo' Baraba'si, Statistical mechanics of complex networks, REVIEWS OF MODERN PHYSICS, 74(1):47-97,(2002)
- [8] Nigel Gilbert, Klaus G. Troitzsch, "Simulation for the social scientist", Open University Press,(1999)