

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26380470

研究課題名(和文) 地域成長戦略のためのあたらしい生産ネットワーク構造のデザイン

研究課題名(英文) Design of the production network structure for regional innovation strategy

研究代表者

川上 敬 (Kawakami, Takashi)

北海道科学大学・工学部・教授

研究者番号：10234022

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：ものづくり企業が地方・地域に立地しながらグローバルな生産環境の中で、製品の付加価値創出の意味で地理的距離のへだたりを超越できるような、あたらしい生産ネットワーク構造のデザインを文理融合型の研究手法により試みた。先進事例分析をベースに成功要因や駆動因子の関係性をモデル化し、経営資源マップを構築し、特に「ヒト」に関する資源要素を構造的にとらえることで、「ヒト」の育成・教育についても有効な指針が得られた。また、最適化理論に基いた生産ネットワーク構造シミュレータには、グラフ理論をさらに適用することによって、具体的な企業例に対しても付加価値を生む生産ネットワーク構造をデザインすることが可能となった。

研究成果の概要(英文)：We are designing a new production network structure for the manufacturing companies locating in regional areas that overcome physical difficulties made from geographical distant. This research is accomplished in terms of creating value added products by the fusion research of social science and information science. Based on the case studies of advanced global companies, we modeled relationships of success factors and driving factors, and constructed a management resource map. Effective guidelines of human training and education are also derived by capturing various resource elements related to human resources. It can be applied to strategic decision making of companies. In addition, we applied the mathematical graph theory to the already developed production network structure simulator based on the computational optimization theory. It is possible to automatically design a new production network structure which creates adds value against geographical distance for a certain company.

研究分野：情報科学

キーワード：生産ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

我が国の製造業は、長く苦しい不況に耐えてきたが 2013 年末からのアベノミクスや円安といった好材料の下、復活の兆しを見せ始めている。しかしながら真の復活にはものづくりに関する成長戦略が適切に実現される必要がある。特に首都圏や中京圏を除いた地方・地域においては、その地域特性にあったものづくり成長戦略がなければ益々苦しい状況に追いやられると考えられる。以前はものづくり企業の地域的活性化には特に産業集積による効率化やイノベーションが有効な方法論として認識されてきたが、いくつかの特異なケースを除き、多くの地方圏では必ずしも成功しないことが明らかになってきた。特に我々の居住する北海道地区などは伝統的にもものづくり産業が弱く、また首都圏などの大都市圏から地理的な距離が大きいため産業集積には不利であった。つまり実体としての「モノ」を取扱う製造業では、地理的距離がコストに直接的に反映し、容易に乗り越えることはできない。また東北地域に精緻に作られていたサプライチェーン網の脆弱性についても東日本大震災により明白となってしまうため、生産ネットワークの頑健性も求められるようになってきた。

本研究で対象とするものづくり企業の立地戦略に関する問題は、経営学分野で多く議論されてきたが、そのモデル化や理論展開では曖昧な要素や恣意的な要素を多く含み、本来有効なツールとなるはずのコンピュータを用いたモデル化とシミュレーションはほとんど実践されてこなかった。また中小企業の企業間や産学の連携をネットワークとして理解しようとする試みも行われてきたが、やはり計算論的なネットワーク理論を適用している例は少ない。

このような背景のもと我々は、これまで計算論的な手法があまりとられてこなかった経営学の問題に、従前の社会科学的手法に加えて、数理情報学や複雑ネットワークといったシステム工学や情報科学の手法を適用し、より精緻な理論を構築することにより、北海道のような地方・地域を活性化する新しい生産ネットワーク構造に関する理論の提案を行いたいとの着想に至り、この目的を達成するため、これまで以下の研究成果をあげてきた。

(1) 国内の分散的産業集積手法の成功事例の調査とその分析

地理的に分散した生産拠点をネットワーク結合し競争力のある生産活動をすでに実現している国内の企業を先進事例として調査・ヒアリングを行い、その構築段階での成功要因や駆動因子を分析・整理した。具体的には北海道に本拠地のある製麺・製粉企業である(株)菊水や江別製粉(株)、グローバルに生産展開している工作機械メーカーの森精機(株)(現 DMG 森精機)、ヤマザキマザック(株)等について調査・分析し、成否を決定する要因として

ネットワーク化された生産拠点群の有する経営資源の多様度が付加価値の創出に強い影響を与えることを明らかにしている。

(2) 地理的へだたりを超え付加価値を生む次世代型生産ネットワーク構造のモデル化

上記(1)の結果から各生産拠点の有する経営資源を数理的にベクトル表現し、それらが結合した生産ネットワーク構造の創出する付加価値を経営資源の関数としてモデル化した。またこのモデルに対して仮想の生産拠点群を入力として、最も適切な分散型生産ネットワーク構造をシミュレーションにより導出可能であることを示し、この手法の有効性を明らかにしている。

以上のことから本助成による研究では中央依存型経済および大企業先導型の産業構造からの脱却を図り、これまで弱い立場にあった地方・地域の成長戦略に繋がる新しい生産ネットワーク構造のデザインを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究では地域産業活性化の効果を生むために、地域にある企業が地域に密着しながら地理的空間内に分散された生産拠点や連携企業などと生産ネットワーク構造を形成し、その多様な経営資源を連携融合することで高い付加価値を創出する生産構造を、実践的かつ理論的に明らかにしようとするものである。そのための課題は以下の二点に集約される。

・付加価値創出の駆動因子となる経営資源の調査・分析および経営資源マップ作成

すでに先行研究で明らかにしてきた、グループ化や合併などにより「地理的へだたりを付加価値へと転換する次世代型生産ネットワーク構造」をすでに実現している国内企業の先進事例分析をベースに、さらに多くの成功・失敗事例について調査・分析する必要がある。特にあまりうまくいかなかった失敗事例を調査分析することにより、これまで明らかにしてきた成否を決める要因や駆動因子の関係性をより精緻なものとする。

これにより最も明らかにしたい事は、地理的へだたりがあっても付加価値を生む要因と予想される多種多様な経営資源についての詳細なマップを構築することである。従来、経営資源とは「ヒト、モノ、カネ」と称され曖昧な形のまま扱われるが、単に「ヒト」といっても従業員数から算出される労働力のような定量的なものから、従業員の技術力やモチベーションといった定性的なものまで考慮されるべきである。この多様な経営資源を生産文化論の考え方を導入し、定性的な資源についても最小要素にまで分解しリストアップし、各経営資源要素間の依存関係や相互作用関係を整理し全体を経営資源ネットワークとしてのマップとして表現する。経営資源マップの作成によって、資源がどこに存在するか、資源と資源の関係性が一目で把握

できるようになるので、企業の戦略的な意思決定に応用することが期待できる。

・数理情報学的手法による、付加価値を創出する生産ネットワーク構造のデザイン

申請者はすでに、分散された複数の生産拠点が有する経営資源をもとに生産ネットワークをモデル化し、最適化理論を適用することで生産ネットワークとして組入れる候補の中でどの拠点を選択することが適切なのかを計算論的に導出するシミュレータを開発している。

そこで上記の経営資源マップとのシステム統合を行い、グラフ理論などの離散数学をベースにした数理情報学的手法を用いてシステムの理論構築を図る。それによって具体的な企業例や製品例に対しても自動的に地理的へだたりから付加価値を生む新しい生産ネットワーク構造をデザインすることが可能となる。これまで明らかにしてきた生産ネットワークの理論的成長過程理解はものづくり成長戦略の戦略論といえるが、本研究の進展によって戦術論としての有効性も示していきたい。すなわち「成長した生産ネットワーク」の有利な出力、つまり製品を同定し、グラフの頂点に属性を持たせて、それらの属性から構成される評価関数を製品ごとに設定出来るようにする。

3. 研究の方法

本研究はこれまでの研究成果をもとに、さらに有用な理論およびシステムの構築を図る。すなわち研究目的で述べた2つの課題()に対して、「成功/失敗事例」を取り上げその要因をより深く探る社会科学的方法(湯川担当)と、グラフ理論やシミュレーション技術を駆使し、具体的な製品や企業に関する行動指針を提示する数理情報学的方法(川上担当)を文理融合させることで、疲弊した地方・地域の成長戦略を導出することが期待される。

4. 研究成果

本研究に関連してこれまで明らかにしてきた研究成果は以下にまとめられる。

(1)生産文化論および仮想地域集積の考え方を援用し、従来の地域集積から仮想地域集積へのパラダイムシフトについて論じ、その蓋然性を示した。

すなわち、地域集積は多くのメリットを生む地理空間的な現象として知られている。地理空間的距離がもたらす弊害を集積により解消し、地域産業の活性化を図るものである。しかしながら地域集積は近接エリア内に同種の企業等が集まっているため、同質化や独占化などのデメリットも同時に有する。このため、より付加価値を創出できる新しい集積概念が模索されている。一方、生産文化論が論じる「文化の違いを考慮した生産システム」の構築概念として仮想地域集積が提案されている。仮想地域集積とは、距離と時間の

制約条件を克服して、一群の緊密にグループ化されたメーカーがあるシステム規模(地方規模・一国内規模・大陸規模・世界規模など)で生産活動を展開することと定義されている。仮想地域集積は、地理的距離のへだたりが高付加価値を産出するような生産ネットワーク構造であり定量的に評価できる経営資源のみではなく定性的な経営資源も含めネットワーク化することにより、単なる立地戦略とは付加価値の創出の如何によって区別される。

(2)ケーススタディから仮想地域集積に向けた事例を調査分析し、まとめた。

すなわち、遠隔地域の文化や風土に立脚したものづくりを行う企業との連携の場合、一見すると同じ製品を製作していたとしても近接地域の企業との連携からは得られないメリット、つまり、付加価値の大きさが距離のデメリットを凌駕することにつながる。このような仮想的な地域連携の明確な実現例はいまだ存在しないが、部分的にはその萌芽とみなすことができるケースを調査研究した。工作機械メーカーの森精機では、欧州と米国に主要生産拠点を置き、広域ネットワークを形成している。2007年にはスイスのDIXI machines社を買収し、ヨーロッパ向け生産拠点を確保した。しかしながら森精機の部品をスイスに送るのは膨大なコストがかかり、距離の隔たりから生じるデメリットとなっていた。これを解消したのが、2009年のドイツ・ギルデマイスター社との資本提携であり、製品ラインアップや保有技術の拡充、調達や購買における共同化、顧客基盤の強化など、メリットが多く発生した。さらに米国カリフォルニアに自社の開発拠点であるデジタルテクノロジーラボラトリを展開し、日本との時差を利用して、日本の設計チームが作成した設計データを日本の夜間に当たる時間帯に米国で解析し、その結果を日本にフィードバックしている。森精機の事例は、拠点を遠隔地に確保することで、距離的、時間的に製品の付加価値を高めている好例といえる。森精機の事例によって、空間の隔たりがデメリットではなく、経営資源の強みをより明確に打ちだしつつ、その地域の特性を活かして付加価値を創出するネットワークになりえる可能性が示唆されたと考えられる。

この事例研究から地理的へだたりがあっても付加価値を生む要因である経営資源についてのマップを構築した。生産文化論の考え方を導入し、多様な経営資源を定性的な資源も含めて各経営資源要素間の依存関係や相互作用関係を整理し全体を経営資源ネットワークとしてのマップとして表現することができた。

(3)あたらしい生産ネットワーク構造モデルを仮想地域集積として構築した。

付加価値創出の意味で適切な仮想地域集

積構造を計算論的に求めることを目的としている。ここではある企業やグループが有する工場等の拠点をノードとし、物流や情報の流れをリンクとして表現したネットワーク構造を意味する。またこの集積構造は従来の地域集積と同様に時を経ながら次第に成長・拡大してゆくものを想定し、ネットワーク構造の成長過程としてモデル化した。この問題を最適化問題として考え、仮想地域集積構造の望ましさを度合を示す目的関数を最大化するような最適集積構造をモデルに対して求めることができる。

目的関数の具体的な構造はいくつか想定することができるが、ケーススタディや生産文化論の見地から見ると、経営資源の多様さが付加価値を創出する駆動要因となっているように考えられる。すなわち、ある時点の生産ネットワーク構造では有していない経営資源要素を補完できるようなノードあるいはサブネットワークを結合し、ネットワーク構造を成長させることにより付加価値が創出されると仮定した。すなわち、ある集積構造の特徴量として経営資源ベクトルを定義し、多様な経営資源を有しているほど高い付加価値を創出できるものとする。ここには原材料や個々の生産機械、資金、労働力の量などの定量的な資源から、労働者の技術力やモチベーション、文化、風土、地域的嗜好などの定性的な項目までを要素とする。

(4)構築したモデルを実装したシステムを用いてコンピュータシミュレーションを実行し、結果を検証した。

本研究では、付加価値創出の意味で、生産拠点群の適切なネットワーク構造を計算論的に求めることを目的としているため、上記の方法論に基づき提案手法の有効性を検証する。そのために付加価値を増大させるあたらしい生産ネットワーク構造を導出可能とする、ネットワーク構造設計・検証システムを試作した。このシステムに対して、仮想の拠点データを用いて、コンピュータシミュレーションを行い、ネットワーク構造の導出過程を検証した。実施したコンピュータシミュレーションの結果から初期構造からスタートして漸次的に拠点を結合し、ネットワークが拡張されていることが確認できた。また、各拠点は有している経営資源ベクトルが異なるため、選択・結合される拠点は必ずしも地理的に近い位置にある拠点とは限らないこともシミュレーション結果から確かめられている。

(5)経営資源において特に「ヒト」「人材」による競争優位性について明らかにした。

製造業における世界的な競争が激化するなか、日本は変化に備えなければならない。この点に関して、「産業バリューチェーン」のコンセプトを採用し、潜在的に重要な解決策になる可能性を明らかにした。その目的は

緩やかに標準化され、自由にアクセスできる知識ネットワークを実装することで、ドイツでは「インダストリー4.0」の枠組みの中ですでに始まっている。本来の「インダストリアルバリューチェーン」と「インダストリー4.0」は技術面のみに焦点を当てており、経営資源として人材育成の標準化についてはほとんど研究が行われていない。そこで我々は製造業における組織間の人材育成を同期化することを目指し、産業バリューチェーンネットワーク間の相互作用に基づいたフレームワークを提案した。

その結果として日本の製造業は、インダストリー4.0, IoT, ビッグデータ, 人工知能による急速な環境変化に伴い、ハードウェアだけでなくソフトウェアに対してもバリューチェーンとしての疎結合ネットワークは、人材資源育成の基準づくりの可能性を生み出すことを示した。これらの基準を様々な製造業間で共有することで、同期的な人材資源育成を適用することができることを明らかにした。

(6)生産ネットワーク構造に確率的な要素を加えより広範な業態に対応するモデルを構築した。

上記(3)(4)では企業やグループが有する工場等の拠点をノードとし、物流や情報の流れをリンクとして表現したネットワーク構造をモデル化し、付加価値を生む要因を目的関数として最適なネットワーク構造をコンピュータシミュレーションにより実行したが、これらのノード間に発生する物流やデマンドを発生する頻度による確率で表現し、物流の量や原材料の価値などだけではなく、その発生確率も考慮に入れたモデルを構築した。このモデルに対して事前戦略、モンテカルロシミュレーション、局所最適化法(LOC)の手法を組み合わせることにより、よりコストを軽減し、なおかつ付加価値を生むネットワーク構造を導出可能とした。

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 2件)

Keiko Yukawa, Takashi Kawakami: A Manufacturing Network Simulation for Overcoming Geographical Distance Making the Best Use of Regional Management Resources, International Journal of The Japan Society for Production Management, Vol.2, No.1, 査読無, pp.69-74, Dec. 2014.

Keiko Yukawa, Takashi Kawakami: Synchronous Human Resource Development through Building Value Chain Networks within Manufacturing Network Industries, International Journal of

Japan Society for Production Management,
査読無, Vol.3, No.1, pp.25-30, Dec.
2015.

〔学会発表〕(計 2件)

小林秀,川上敬,大江亮介,:確率的需要のある店舗群に対する最適拠点配置に関する研究,2016年度ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集,横浜,2016年6月9-11日.

湯川恵子,川上敬:生産文化の違いがもたらす熟練技能の競争優位性,日本経営診断学会第49回全国大会講演論文集,pp.21-24,愛知工業大学自由が丘キャンパス 2016.10.8.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1)研究代表者

川上 敬 (KAWAKAMI, Takashi)

北海道科学大学・工学部・教授

研究者番号: 10234022

(2)研究分担者

湯川 恵子 (YUKAWA, Keiko)

神奈川大学・経営学部・准教授

研究者番号: 20420763