

Title	イノベーション・ネットワークの可視化：地域クラスターのイノベーション創発力の分析
Author(s)	坂田， 一郎； 梶川， 裕矢； 武田， 善行； 松島， 克守； 橋本， 正洋
Citation	年次学術大会講演要旨集， 23： 900-905
Issue Date	2008-10-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7709
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

イノベーション・ネットワークの可視化 ー地域クラスターのイノベーション創発力の分析ー

○坂田一郎, 梶川裕矢, 武田善行, 松島克守 (東京大学), 橋本正洋 (NEDO)

はじめにー取引ネットワークと地域経済

地域クラスターに関する先行研究によれば、企業間や産学官をつなぐネットワークは、活発なイノベーション創造の母体としての地域クラスターの重要な構成要素と考えられている。

本研究では、イノベーション・ネットワークの中核を取引ネットワークとして捉える。現実の取引の存在は、比較的強固で実効的な関係の存在を示しており、その上を流れる情報・知識の質が高いと考えるからである。従って、我々の地域クラスターのとらえ方は、知的クラスター計画等よりも、M. ポーターの提唱したそれに近いといえる¹。また、つながりとしては他に、共同研究や人的な交流も考えられ、補完的な分析を行うことも考えうるが、一般的に明文の契約が存在する取引以外のつながりを客観的、悉皆的に特定することは難しいという制約も存在する²。

その上で、ネットワーク分析の手法を用いて、モノづくり分野における取引ネットワークの姿をマクロ、セミマクロ、ミクロの3つの角度から客観的に特定し、可視化を行う。また、幾つかの地域を比較して議論を行う。

このようなネットワークの姿の客観化や可視化に関する研究は、ネットワークの規模や構造と地域力との関係についての議論を深めるに当たって、貢献が出来るものと考えている。

1. ネットワークと地域力

ネットワークと地域力の関係は、理論的にどのように整理できるのでしょうか。坂田ほか(2006)によれば、信頼感と互恵的な意識が内包され、適切なアーキテクチャを持ったネットワークの存在は、2つのメカニズムを通じて、地域のイノベーション力を高める。第一は、情報・知識のスピルオーバーを早め、また、その流通量を増やすことである。流通が活発になれば、異なる情報・知識の融合や濃縮の確率も高くなる。また、スピードや量に加え、流れる情報・知識の多様性も重要である。流れる情報等の幅が広いほど、創造性とそれによって生じる革新的な事業の創出力が高まると考えられる。この点に関し、Lester&Piore(2004)は、アメリカのような先進国経済において、創造性の真の源泉となる能力とは、組織の壁や知識・文化的な領域の壁を超えて、異質な人々と共存、交流する能力を意味すると述べている。

メカニズムの第二は、組織やセクターを超えた共同事業を容易にすることである。情報や知識の恒常的な流動が存在し、それへのアクセスが可能な状態となっていれば、自社に不足し外部調達を必要

¹「知的クラスター創成事業」は、先端的・基盤的な研究開発に重点を置いている。「産業クラスター計画」は、特に初期において産学官又は企業間の共同研究開発に重点を置いていた。その後、販路開拓、金融面等の支援も次第に強化しつつある。

²例えば、特許を共有する企業群を分析することにより、共同研究ネットワーク（ただし、特許の審査期間がタイムラグとして存在）を特定することは可能であるが、筆者らのインタビューによると、モノづくり分野では、ノウハウや営業秘密の流出を防ぐため、特許として出願されない共同研究成果も多いことがわかっており、ネットワーク分析と対象とするには難しさがある。

としている資源の存在場所や利用状況を容易に特定できる。また、情報、知識の流動を通じて、産業が革新する方向性の共有と信頼感の醸成が出来ていれば、外部資源の獲得、協働に向けた取引コストを下げることに繋がる。

坂田ほか(2007)は、このようなネットワークが生み出す地域力の大小は、そのアーキテクチャによって左右されるとの議論を行っている。近距離交流と遠距離交流をバランスよく促すアーキテクチャが地域力を高める可能性がある。

近距離交流とは、事業や保有技術に関して近い特性を持った企業等の間での密で継続的なやりとりである。遠距離交流は、は事業の特性が異なる遠い存在との間の弱い、臨時的で固定的でない結合である。両者がバランスよく可能となる環境があれば、漸進的なイノベーションと革新的なそれが同時に触発されることになる³。

次に、ネットワーク分析の手法を導入し、近距離交流と遠距離交流という切り口をネットワーク指標等に翻訳することで、取引ネットワークの客観的な評価を行う。

2. ネットワーク分析の枠組み

2.1 ノードとリンクのデータ、対象地域

中核産業及びそれらの関連・支援産業に属する企業等をノードとし、それらの間の組織的なつながりをリンクとする。ノードの情報は、地域・業種情報をもとに、NTT タウンページと帝国データバンクへの登録情報に依り、企業の持つ取引データ等の属性データを得ている。

データベースに登録されているのは、主要な企業であり、このデータが示すのは域内の「主要なノード」と捉えておく必要がある。域内の複数の支店や工場が存在する場合には、それらを合わせて一つとみなしている。

次に、これら域内におけるノード間の関係、具体的には、直接に主要な取引関係が存在するものを「リンク」と定義する。リンクのデータは、同じ情報源に依り、企業の自己申告に基づき、仕入れ先、販売先、それぞれ主なものを5社まで登録したものである。この方法により、重要度の低い取引を排除することで、本質的に意味のある関係だけを抽出した。

これらノードとリンクによって、ネットワークを描くことが可能となる。ノードは組織、リンクは実際に契約が存在するものに限定をしていることから、我々が分析対象とするのは、組織的で、かつ、取引の実態が存在するネットワークである。

分析対象は、比較的近い業種（電機電子系を中心としたモノづくり）に属する複数のネットワークである。近い業種を選ぶことで、業種差によるバイアスを小さくすることができる。対象地域としては、京都モノづくりを中心とする。京都では、島津製作所、オムロン、ローム、村田製作所、堀場製作所等、技術力が高く世界に注目される企業群が育ち、それらは今なお本社を置いてアクティブに活動している。また、インフルエンサーである堀場雅夫氏を中心に、1980年代から、地域単位で知識経済への適応を目指し、起業家をシステムチックに育成する仕組みを整備してきた地域である⁴。同時に、京都の主要企業の活動範囲は地域にとどまらず、世界市場と直接つながり、世界各国と分業関係を作り上げている。主な対象業種は、鉄鋼、金属、ゴム・プラスチック製品、音響及び通信・コンピュータ機器、一般機械、その他電機機械、精密機械器具、医薬及び医療器械器具、金融・保険・証券、専門サービス、教育機関等である。

比較する対象としては、中京地域の電機電子（自動車を除く）、北部九州電機電子、長野モノづくりを選定した。それぞれ規模は異なるが、やはり、全国的に注目されており、かつ、フィールドワーク等により、その基本特性がある程度知られているクラスターである。

2.2 分析手法：マクロ、セミマクロ、ミクロ

分析手法としては、ネットワーク分析を用いる。ネットワーク分析は、Watts と Strogatz による1998年のNature紙上での論文発表以来、注目を浴び、幅広い分野で利用されている手法である。

³ 近距離、遠距離の言葉の使い方は西口(2006)等とは若干異なる。

⁴ 例えば、京都高度技術研究所の創設、目利き委員会活動、アランKプロジェクトの推進

我々は Watts と Strogatz によるマクロな分析の枠組み(1998)を超えて、最近開発された指標も活用して、多面的な評価を試みる。具体的には、マクロ、セミマクロ、ミクロの3つの視点から体系的・客観的な分析を行う。

マクロについては、ネットワークの特徴量を算出する。具体的には、まず、'small-world'性を測るために必要なクラスタリング係数(C)、ノード間の平均パス長(L)、そしてこれらに関してランダムリンクの場合の理論値 (C_r , L_r) との比率 (C/C_r , L_r/L) である。例えば、水平分業が進んでいる場合、受注先の多様化が進んでいる場合、系列間の溝が浅い場合、系列の末端にある中小企業の割合が少ない場合は、これらの値は大きくなる傾向がある。次に、ネットワーク内に形成された小モジュールについて、グループ化の程度を示すモジュラリティ Q である。その最大値 Q_{max} を求める。

次にセミマクロの分析である。 Q_{max} となる時点 (モジュラリティ Q が最大) で、ネットワークを複数のモジュールに分割する。各モジュールは、密な取引関係を持つ、すなわち近距離交流をしているノードの集合体である。全体のネットワークは、モジュール群とそれらの間をつなぐリンクによって構成されたものと捉え直すことが出来る。どのような性格の小集団が形成されているのか、各モジュールについて、構成企業の系列、業種等の特性を分析することによって特定する。

ミクロについては、ネットワーク内で、どのような企業が中核的なノードとなっているかを分析する。一つの方法は、取引関係の多さ、すなわち、ノードが持つリンク数に着目し、リンク数上位のノードを抽出することである。今一つは、ネットワーク内におけるノードの位置づけをモジュール内リンク数、モジュール外リンクを区別することで分析する方法である。我々は、Guimera et al.(2005) が提唱した枠組みである「Z P マトリックス」を用いて分析を行う。Z 値は先に述べた近距離交流 (モジュール内の密な結集) について、P 値は遠距離交流 (密に結集するモジュールの壁を越えて、それらの間をつなぐ) について、個々のノードが果たす役割の大きさを示すものである。

なお、詳細は、坂田ほか(2007)を参照されたい。

3.分析結果－ 'small-world' Networks 化した京都クラスター

マクロの分析結果を表1として示した。 C/C_r , L_r/L いずれの指標においても中京の電機電子が最も高い値を示しており、京都は、最小であることがわかる。いずれも Watts&Strogatz(1998)の判断基準に照らすと⁵、'Small-World' Networks に分類される。

C/C_r と L_r/L 数値は、 n と l 、すなわち、ネットワークの規模と対応関係が強い。加えて、京都の数値が低くでていることには、今一つ原因がある。それは、 n/l が小さいことである。このことは、すなわち、京都府域外に主要な取引先が多く存在することを示している。域外、特に、主要市場や製造業の重要な集積地とつながりを持つことは、地域ネットワークに流れ込む情報の量や質を高める効果を持つ。従って、この結果は、京都のネットワークが低劣位であることを示したものとは必ずしもいえない。しかしながら、 C/C_r について、中京や北部九州の電機電子との差異が大きいことから、近距離交流については、規模の大きいクラスターが優位にあることは否めないであろう。

Q_{max} については、4 地域・分野ともに、グループ化が進んでいることを示している。京都モノづくりは、長野と比較すると、グループ化の程度が緩やかであり、モジュール間の溝が浅い。

(表1)

	n	l	n/l	C/C_r	L_r/L	Q_{max}
北部九州電機電子	3147	12740	4.05	20.2	0.804	0.599
中京電機電子	7914	34162	4.32	35.2	0.846	0.584
長野モノづくり	1933	10018	5.18	12.5	0.809	0.668
京都モノづくり	1063	4134	3.89	8.1	0.769	0.688

(備考)中京と京都は2007年、北部九州と長野は2005年

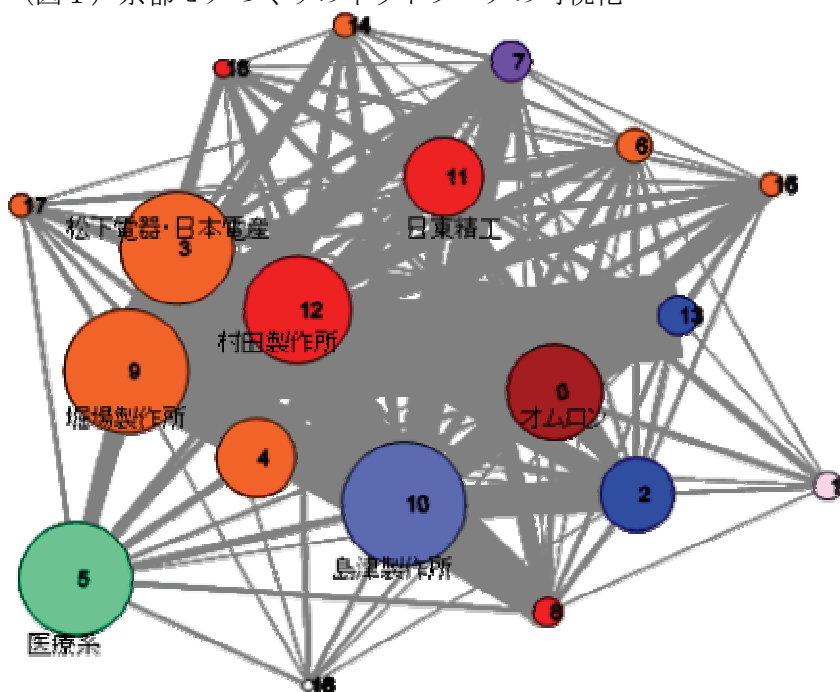
⁵ L_r/L は 0.66 以上、 C/C_r は 5.6 以上である。

次に、ネットワークの平均的な姿から、ネットワークの内部構造の議論へと移りたい。京都について、セミマクロの分析結果を示したものが図1である。業種別に色づけを行い、また、各モジュールの中で、リンクを多く集めるハブ企業を表示してある。これによって、近距離交流と遠距離交流の複合的な構造がみえてくる。

京都には、主要なモジュールが18存在し、その中で、ノード（企業）数が概ね100程度の大モジュールは4つである。また、電機・電子系、機械系、精密機械系のモジュールが複数出来ていることがわかる。それぞれのモジュール内でリンクを多く集めるハブ企業は、島津製作所、堀場製作所、村田製作所、オムロン、日本電産等、京都を代表する、京都本社の企業である。

また、モジュールを統合する構造としては、医療系のモジュール no.5 を除き、大規模なモジュール群が全体ネットワークの中心近くにあって、それらが比較的密につながった構造であるといえる。他方、京都市は、京都バイオシティ構想を推進しているが、医療系企業群（スズケン、テルモ、武田薬品等）は、電機電子や機械系と強くつながっておらず、ポテンシャルを活用できていない。

（図1）京都モノづくりのネットワークの可視化



他の3地域について同様な分析をしてみると（図は省略）、北部九州電機電子は、企業系列の影響の強いグループ化がなされており、また、中京電機電子は、業種別のグループ化がなされている。長野モノづくりは、業種別・経済圏別のグループ化がなされている。

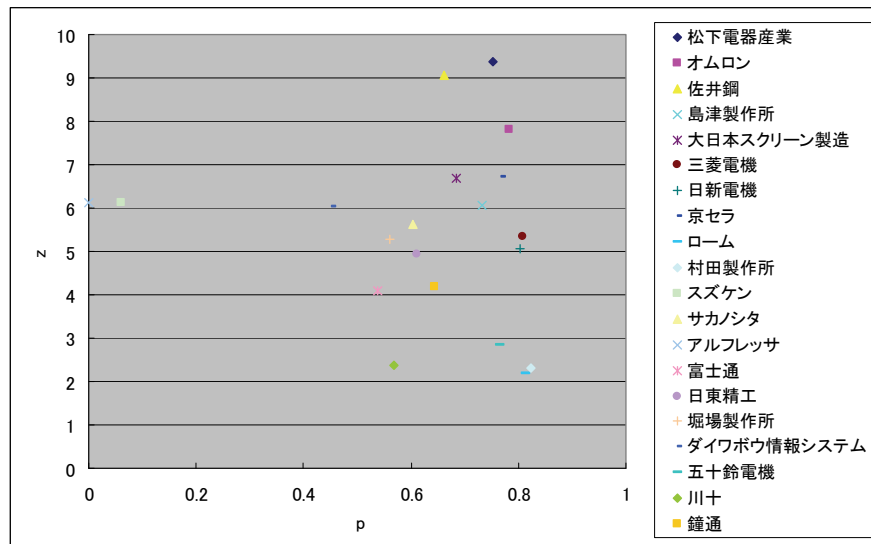
京都モノづくり・ネットワークの内部構造は、これらの中では、北部九州電機電子に近い構造であると考えられる。ただし、京都は地場企業が各モジュールの中核となっていることに比べて、北部九州電機電子の中核ノードの多くは、東京に本社を置く総合電器メーカーの支店や分工場である。

3番目に、ZPマトリックスを用いて、ミクロ的な分析結果を示す。右側の企業は、先に示したモジュール間をつなぐコネクター機能が高い企業であり、遠距離交流を仲介している企業である。上方の企業は、モジュール内で存在感の高い企業であり、近距離交流の中心企業（ハブ）であるといえる。右上に位置する機能は、両機能ともに高いコネクターハブである。

強力なコネクターハブとなっているのは、松下電器、オムロン、島津製作所、大日本スクリーン製造、京セラ、続いて、堀場製作所、佐井鋼等である。コネクター機能は最上位企業に劣るがハブ機能が高いのは、アルフレッサ、スズケンである。両社は医療分野の有力な専門商社であるため、この結

果は予想されたものである。他方、ハブ機能は最上位企業に劣るが、コネクタ機能が高いのは、村田製作所、五十鈴電機、川十といった地場企業である。電機、電子、機械系の著名企業がネットワークの鍵を握る構造であることがわかる。その意味では、セミマクロ分析の結果と整合的であるが、ZPマトリックス内の位置づけは、必ずしも属しているモジュールの大きさやリンク数にそのまま比例するものではない。例えば、堀場製作所は、最大モジュールであるモジュール no.9 に属しているが、ZPマトリックス上は、更に右上に位置する企業が7社も存在する。

(図2) 京都モノづくりのZPマトリックス



次に、セミマクロ分析から近い構造にあることが判明した北部九州電機電子のZPマトリックスを示したものが図3である。

コネクタハブの位置にある企業の多くは、東京に本社を置く総合電機メーカーである。具体的には、東芝、富士通、日本電気、三菱電機、松下電器産業、日立製作所である。地場では、安川電機の値が高い。また、総合電機以外では、凸版印刷、大日本インキのような部材を提供する大企業や三井物産等がコネクタハブとなっている。

モジュール内でリンク数を多く獲得している中核企業がコネクタともなり、ZPマトリックス上、重要な位置を占めているという点は、京都と類似しているといえる。

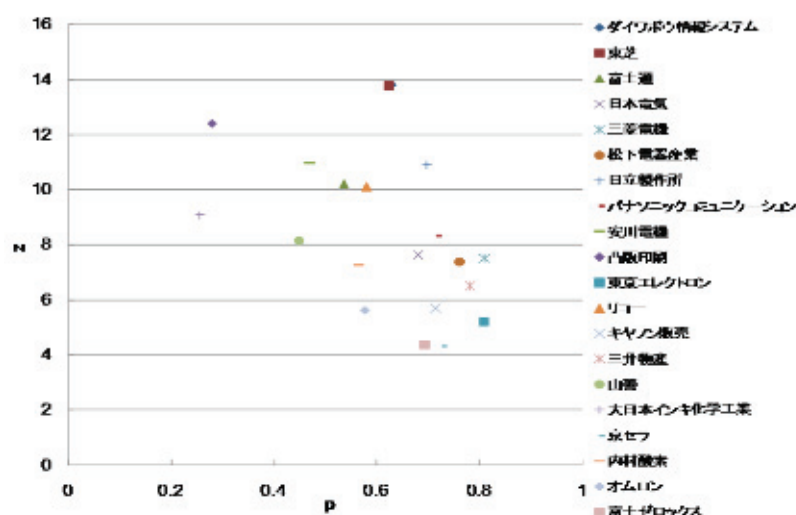
4. 結論

ネットワーク分析の手法を応用することにより、地域の取引ネットワークの姿を比較可能な形で客観的に示すことが出来ることが明らかになった。

本研究で分析対象として、4地域・分野には、‘small-world’ networks と呼ばれるネットワーク構造が出来上がっている。それは、近距離交流と遠距離交流をバランス良く促すものであることから、イノベーション創発に適した構造であるといえよう。

他方、内部構造を可視化してみると、3つのタイプがあることが判明をした。業種依存型、系列依存型、地域依存型である。京都モノづくりは、セミマクロの構造としては、北部九州電機電子に近い。このタイプの場合、系列グループ間の壁を低めることで、ネットワーク構造を改善できる余地がある。

(図3) 北部九州電機電子のZ Pマトリックス



ノードレベルのミクロの分析を行うと更に、ネットワークの性格が明瞭になってくる。京都モノづくりと北部九州電機電子は、セミマクロの構造は近いが、コネクタースターハブを特定すると、京都は、地場本社の企業が多数を占めているのに対し、北部九州電機電子は、東京本社企業の支店や分工場が多い。ネットワークのマクロ指標上は、北部九州電機電子の方が上位であるが、支店や分工場からの情報と比べ、本社から流れ出る経営情報の重要性は高いことから、情報の質は京都の方が高いと評価することが適切である。

今後、ネットワーク上を流れる情報の質や京都のような海外を含めた域外との結びつきが強いクラスター・ネットワークの分析、評価する手法を開拓することが課題である。

(主要な参考文献)

- [1] R. Guimera, L. Sales-Pardo & L.A.N. Amaral, Modularity from fluctuations in random graphs and complex networks, Physical Review E 70 025101 (2004)
- [2] R. Guimera, L. A. N. Amaral, Functional cartography of complex metabolic networks, Nature, 433, 895-900 (2005)
- [3] R.K. Lester & M.J. Piore, Innovation The Missing Dimension(邦訳 「イノベーション・曖昧さとの対話による企業革新」), Harvard University Press (2004)
- [4] M.E.J. Newman, Fast algorithm for detecting community structure in networks, Physical Review E 69,066133 (2004)
- [5] Y. Takeda, Y. Kajikawa, I. Sakata and K.Matsushima, An analysis of geographical agglomeration and modularized industrial networks in a regional cluster: A case study at Yamagata prefecture in Japan, Technovation(2008)
- [6] D. Watts and H. S. Strogatz, Collective dynamics of 'small world' networks, Nature 393, 440-442 (1998)
- [7] 坂田一郎・梶川裕矢・武田善行・柴田尚樹・橋本正洋・松島克守, 地域クラスターのネットワーク形成のダイナミクスー12 地域・分野のネットワーク・アーキテクチャの比較分析, 経済産業研究所 Discussion Paper Series 07-J-023 (2007)
- [8] 坂田一郎・梶川裕矢・武田善行・柴田尚樹・橋本正洋・松島克守, 地域クラスター・ネットワークの構造分析ーSmall-World Networks 化した関西医療及び九州半導体産業ネットワーク, 経済産業研究所 Discussion Paper Series 06-J-055 (2006)
- [9] 西口敏広, トポロジーで考えるネットワーク. 一橋ビジネスレビュー 54 巻 2 号, 120-132(2006)